

主題

マレーシアにおけるオイルパーム・プランテーションを中核とした
エコインダストリーパークの創設

副題：バイオマス利用の内発的発展への可能性について

平成 15 年 9 月 3 日

早稲田大学大学院アジア太平洋研究科

後期博士課程

学籍番号：4000S012-1

氏名：神波 康夫

論文指導委員会

主指導教員

早稲田大学大学院アジア太平洋研究科 教授 原 剛

副指導教員

早稲田大学大学院アジア太平洋研究科 教授 阿部 義章

早稲田大学大学院アジア太平洋研究科 教授 西川 潤

上智大学 名誉教授 柳瀬 睦男

	ページ
I. 研究の目的	1
II. まえがき	
III. バイオマス	5
III. 1. バイオマスの定義	5
III. 2. バイオマスの組成、特徴、欠点	5
III. 2. 1. 組成	
III. 2. 2. バイオマスの特徴	
III. 2. 3. バイオマスの欠点	
III. 3. バイオマスの資源量	7
III. 3. 1. 物質循環	
III. 3. 2. エネルギープランテーション及びオイルパームプランテーション の位置づけ	
III. 4. 世界のバイオマス利用について	8
III. 4. 1. バイオマス利用の全体像	
III. 4. 2. アメリカのバイオマス利用	
III. 4. 3. 欧州のバイオマス利用	
III. 4. 4. 日本のバイオマス利用	
IV. バイオマスを利用したゼロエミッション・エコインダストリーパークと 内発的発展の整合性	13
IV. 1. ゼロエミッション・エコインダストリー・パーク	13
IV. 1. 1. ゼロエミッションの考え方	
IV. 1. 2. 日本におけるゼロエミッションへの取り組み状況	
IV. 1. 3. ゼロエミッション・エコインダストリーパークの例	
IV. 2. 内発的発展	16
IV. 2. 1. 内発的発展の解釈 1	
IV. 2. 2. 内発的発展の解釈 2	
IV. 2. 3. 内発的発展の解釈 3	
IV. 2. 4. 内発的発展の解釈 4. 内発的発展と地域開発	
IV. 2. 5. 内発的発展の解釈 5. 内発的発展と外向的発展	
IV. 2. 6. 内発的発展の解釈 6. 内発的地域振興	
IV. 2. 7. 内発的発展の解釈 7. NAIC 型、NIES 型	
IV. 2. 8. 内発的発展の解釈 8. 中間技術（適正技術）	
IV. 2. 9. 本検討における内発的発展の定義	
IV. 3. バイオマスと内発的発展の整合性	22
IV. 3. 1. マレーシアにおけるパームオイル産業の発展方式について	

	ページ
IV. 4. 持続可能な発展	24
IV. 5. まとめ	26
V. エントロピーとバイオマス	28
V. 1. エントロピー的観点からのバイオマス利用の有用性評価	28
V. 2. まとめ	28
VI. マレーシアにおける外発論的技術導入による事業の失敗例	30
VI. 1. 事業の目的	30
VI. 2. 事業形態	30
VI. 2. 1. 事業規模	
VI. 2. 2. 事業内容	
VI. 3. 事業撤退の経緯	31
VI. 4. 外発的発展ゆえの失敗原因	31
VI. 5. まとめ (外発的発展法の教訓)	33
VII. 目標とするバイオマス利用パームオイル産業の内発的発展の形態と他 プログラムの整合性	35
VII. 1. 目標及び対象とするバイオマス利用パームオイル産業の内発的発展の形態	35
VII. 2. 他プログラムの例	35
VII. 2. 1. フィリッピンの例	
VII. 2. 2. 日本 ODA	
VII. 2. 3. 欧米	
VII. 3. まとめ	36
VIII. パームオイル及びマレーシアのパームオイル産業	37
VIII. 1. パームオイル	37
VIII. 1. 1. 生産量および用途の概要	
VIII. 1. 2. 他植物油とパームオイルの比較	
VIII. 1. 3. まとめ	
VIII. 2. マレーシアのパームオイル産業	38
VIII. 2. 1. パームオイル産業のマレーシア国内経済への寄与(2000年)	
VIII. 3. マレーシアオイルパーム農場の現状と課題	45
VIII. 3. 1. オイルパーム農場面積と将来展望	
VIII. 3. 2. 熱帯雨林からパームオイル農場への変換による環境への影響	
VIII. 3. 3. 二酸化炭素の固定能力の喪失量	
VIII. 3. 4. 熱帯雨林の推定経済価値とオイルパーム農園からの 推定経済価値の比較	
VIII. 3. 5. 生物多様性への影響	

VIII. 3. 6. 土壌流出への影響	
VIII. 3. 7. まとめ	
VIII. 4. マレーシア農業とパームオイル農業の位置づけ	54
VIII. 4. 1. マレーシア農業におけるパームオイル農場の成り立ち	
VIII. 4. 2. independent smallholder (独立自作農家) の役割	
VIII. 5. マレーシアオイルパーム産業	58
VIII. 5. 1. オイルパームプランテーション	
VIII. 5. 2. オイルパームの性質	
VIII. 5. 3. オイルパームプランテーションにおける作業	
VIII. 5. 4. パームオイル農園で発生するバイオマス廃棄物	
VIII. 5. 5. 幹(Oil Palm Trunk:OPT)の発生量、物性	
VIII. 5. 6. 葉・茎(Oil Palm Fronds : OPF)の発生量、物性	
VIII. 6. ミル工場	62
VIII. 6. 1. プロセスの概略	
VIII. 6. 2. ミル工場における廃棄物	
VIII. 7. パームカーネル・クラッシャー工場	66
VIII. 7. 1. プロセスの概略	
VIII. 8. リファイナリー	67
VIII. 8. 1. プロセスの概略	
VIII. 8. 2. リファイナリーからの廃棄物	67
VIII. 9. オレオケミカルプラント	
VIII. 9. 1. プロセスの概略	
VIII. 9. 2. オレオケミカルプラントからの廃棄物	
VIII. 10. オイルパーム製品の生産コスト概算	69
VIII. 10. 1. 森林開拓農地化費用	
VIII. 10. 2. 農園作業に必要な車両への投資	
VIII. 10. 3. 従業員用宿舎への投資(4,000ha estate 農園基準)	
VIII. 10. 4. ミル工場への投資	
VIII. 10. 5. 一般管理費	
VIII. 10. 6. 投資額の合計	
VIII. 10. 7. FFB生産コスト	
VIII. 10. 8. ミル工場プロセスコスト	
VIII. 10. 9. パームオイル (CPO) の全製造コスト (農場からミル工場まで)	
VIII. 10. 10. コスト計算結果 (1982年現在) と現在のコスト比較	

	ページ
VIII. 1 1. オイルパームバイオマス廃棄物の物性、用途的特性およびコスト 又は廃棄処理コスト推定	72
VIII. 1 1. 1. オイルパーム樹の更新について	
VIII. 1 1. 2. オイルパームバイオマス廃棄物の輸送コストについて	
VIII. 1 1. 3. Oil Palm Trunk(O P T)	
VIII. 1 1. 4. OPF	
VIII. 1 1. 5. EFB	
VIII. 1 1. 6. Fiber	
VIII. 1 1. 7. Shell	
VIII. 1 1. 8. POME	
VIII. 1 1. 9. Glycerol residue	
VIII. 1 2. オイルパームバイオマスの現在応用又は想定応用用途のコスト解析	75
VIII. 1 2. 1. OPT	
VIII. 1 2. 2. OPF	
VIII. 1 2. 3. OPT/OPF	
VIII. 1 2. 4. EFB	
VIII. 1 2. 5. Fiber、Shell	
VIII. 1 2. 6. Shell	
VIII. 1 2. 7. OPT,OPF,EFB	
VIII. 1 2. 8. POME,EFB,(Fiber,Shell)	
VIII. 1 2. 9. POME	
VIII. 1 2. 10. POME,EFB,Fiber,OPT,OPF	
VIII. 1 2. 12. Glycerol	
VIII. 1 2. 13. マレーシアのパームオイル産業におけるバイオマス廃棄物の 利用状況のまとめ	
IX. オイルパームバイオマスを用いたゼロエミッション・ エコインダストリー・パークの前提	97
IX. 1. バイオマス利用製品選択の第一段階前提	97
IX. 2. バイオマス利用製品選択の第二段階前提	98
X. オイルパーム・バイオマス廃棄物を利用したゼロ・エミッション・ インダストリー・パークの検証	99
X. 1. 検証に用いる因子	99
X. 1. 1. 内発的発展評価因子の具体的内容	
X. 2. 検証モデルの作成	100
X. 2. 1. 新規事業(雇用)、コスト削減	

X. 2. 2. 資源	
X. 2. 3. 技術	
X. 2. 4. 地域内循環、市場	
X. 2. 5. 環境維持・改善	
X. 2. 6. 移入品代替	
X. 2. 7. 加工度 u p	
X. 3. オイルパームプランテーションーミル工場の能力決定と 発生廃棄物量決定	106
X. 3. 1. ミル工場の FFB 処理能力とオイルパームプランテーション 面積を決定	
X. 3. 2. 本検討地域の住民数	
X. 3. 3. 本検討地域の売り上げ（プランテーション及びミル工場）	
X. 3. 4. 廃棄物発生量	
X I. 内発的発展因子を用いた各バイオマスの用途評価	109
X I. 1. Felled-OPT,OPF	109
X I. 1. 1. 農園でのマルチ使用	
X I 1. 2. パルプ、紙、ボード利用	
X I. 2. Pruned-OPF : 飼料	110
X I. 2. 1. 経済効果(新規事業、経費削減)	
X I. 2. 2. 雇用	
X I. 2. 3. 環境維持・改善	
X I. 2. 4. 資源、技術、市場（地域内循環）	
X I. 3. Pruned-OPF : マルチ・肥料	114
X I. 3. 1. 経済効果（新規事業、経費削減）、雇用	
X I. 3. 2. その他の内発的評価因子	
X I. 4. Shell, Fiber : ミル工場の燃料	114
X I. 4. 1. 経済効果（新規事業、経費削減）、雇用	
X I. 4. 2. 環境維持・改善	
X I. 4. 3. 資源、技術、市場、地域内循環	
X I. 5. EFB(Fiber, Shell)焼却・余熱利用 P OME 蒸発肥料化	115
X I. 5. 1. 経済効果（新規事業、経費削減）	
X I. 5. 2. 雇用	
X I. 5. 3. 環境維持・改善	
X I. 5. 4. 資源、技術、市場、地域内循環	
X I. 6. EFB,POME : EFB 繊維化後、POME を吸収させ肥料利用	117

X I . 6 . 1 . 経済効果（新規事業、経費削減）	
X I . 6 . 2 . 雇用	
X I . 6 . 3 . 環境維持・改善	
X I . 6 . 4 . 資源、技術、市場、地域内循環	
X I . 7 . EFB：ミル工場の燃料	119
X I . 7 . 1 . 経済効果（新規事業、経費削減）、雇用	
X I . 7 . 2 . 環境維持・改善	
X I . 7 . 3 . 資源、技術、市場、域内循環	
X I . 8 . EFBの繊維化・MDF,PB利用	120
X I . 8 . 1 . 経済的効果（新規事業、経費削減）	
X I . 8 . 2 . 雇用	
X I . 8 . 3 . 環境維持・改善	
X I . 8 . 4 . 資源、技術、市場、地域内循環	
X I . 8 . 5 . 移入品代替	
X I . 8 . 6 . 加工度 u p	
X I . 9 . POMEのバイオガス利用	121
X I . 9 . 1 . 経済的価値（新規事業、経費削減）	
X I . 9 . 2 . 雇用	
X I . 9 . 3 . 環境維持・改善	
X I . 9 . 4 . 資源、技術、市場、地域内循環	
X I . 10 . POMEの生分解性ポリマー（PHA）利用	122
X I . 10 . 1 . 経済的効果（新規事業、経費削減）	
X I . 10 . 2 . 雇用	
X I . 10 . 3 . 環境維持・改善	
X I . 10 . 4 . 資源、技術、市場、地域内循環	
X I . 11 . Shellの活性炭利用	124
X I . 11 . 1 . 経済的効果（新規事業、経費削減）	
X I . 11 . 2 . 雇用	
X I . 11 . 3 . 環境維持・改善	
X I . 11 . 4 . 資源、技術、市場、域内循環	
X I . 12 . 投資額、経済効果、雇用	127
X II . 各用途の総合評価	129
X II . 1 . 内発的発展因子評価点	129
X III . ゼロエミッション・エコインダストリーパークを完成させるための 各用途組み合わせに対する内発的発展の評価	131

	ページ
XⅢ. 1. オイルパームプランテーションで発生バイオマス利用における バイオマス利用組み合わせ	131
XⅢ. 2. ミル工場で発生バイオマス利用におけるバイオマス利用組み合わせ	131
XⅣ. まとめ	133
XⅣ. 1. 内発的発展を満足するバイオマス利用法の選択	133
XⅣ. 2. 内発的発展を満足するバイオマス利用の選択	133
XⅣ. 3. 内発的発展を満足するバイオマス利用法の選択因子と それを満足するバイオマス利用法及び組み合わせ	133
XⅣ. 4. 選択されたバイオマス利用法の経済効果	134
XⅣ. 5. CO ₂ 排出枠獲得について	134
参考文献	136
謝辞	140
資料編	141
1. 写真	
[写真-1] ～ [写真-12]	
2. 図	
[図-1] ～ [図-42]	
3. 表	
[表-1] ～ [表-117]	

I. 研究の目的

パームオイル産業より排出される各種バイオマス廃棄物を「ゼロエミッション・エコインダストリー・パーク」を創製することにより、有効に利用し、製品化することが地域の内発的発展に寄与する可能性を検証する。

II. まえがき

人類は、地球が持っている自然資本である生命を支える生態学的な機能や天然の資本の直接的または間接的な寄与の下で繁栄してきた。しかし、その繁栄の結果、現在、地球の生態自身を維持してゆくに必要な機能である地球の本来持っていた生態学的システムや天然の資本が瀕死の状態となり、自然資本が不足しつつある。そして、この不足がこれからの人類の繁栄に歯止めをかけ、成長の限界の重要な要因になりつつある¹⁾。この失われ、不足しつつある生態系の機能の中で人的な資本（例えば科学技術）で代替可能な生態学的機能があるかもしれないが、それを利用することは現実的でない。何故ならば、地球の生態系が1年間に提供してくれる価値を市場価値として表せば36兆ドル、高めの推定では58兆ドル(1998年ドル)と計算²⁾されている。この数字は1998年の世界の総生産(GWP)が39兆ドル、日本のGDP3.8兆ドルであったことと比較すればいかに巨額であるかが判る。この生態系が1年間に提供してくれる価値の内、例えば、廃棄物の吸収及び処理を2.3兆ドル、保水と浄化を2.8兆ドルと計算しており、海洋の生態系、特に沿岸部では20.9兆ドル、陸地の生態系は12.3兆ドル、森林の生態系は4.7兆ドル等と計算されている。ただし、これ等の数字はあくまでも市場的な価値として計算されたものであり、生命そのものを維持するサービスが考慮されていない。このような自然資本の不足が現在、人間社会に直接的・間接的に悪い影響を与えつつある。その影響の表れとして、具体的には①資源・エネルギー不足問題、②環境問題（汚染、温暖化、砂漠化等）、③食料不足問題であり、その結果として④人口急増問題、⑤貧富の格差拡大（貧困問題）が顕在化し、更に、現在の人類の繁栄は⑥エネルギー多消費型経済に基づいているという多様な問題が[図-1]に示すように、お互いに影響を与えながらも、互いに影響を受け、複雑に関連して存在している。そして、「内発的発展」と言う発展手段が、特に発展途上国におけるそれらの解決の選択肢の一つとして提案されている。本研究はマレーシアのオイルパーム産業から大量に排出されるバイオマス廃棄物を有効利用する「ゼロエミッション・エコインダストリーパーク」を確立することが発展途上国における内発的発展の手段となりえるかについて検証するものである。以下にその背景をさらに詳しく述べる。

産業革命以降、バイオマスの化石資源である石炭、そして石油の利用技術開発によって経済が発展してきたと言っても過言ではない。そして、その発展に寄与してきた技術は大量消費に耐え得る化石資源が将来とも存在し続けることを前提とした技術であった。しかしながら、21世紀に入った現在、①経済発展、特に人口が急増および人口の多い開発途上国の経済発展による石油需要拡大による有限な化石資源の供給能力の限界³⁾、②化石資源掘削による環境破壊、そして③化石資源を使用することによる環境汚染、地球温暖化という地球規模での問題が明確になって来ている。そして、これ等の問題は1国だけの努力で解決でき得る問題ではなく、全世界が一致協力して取り組まなければならない問題である。

このような状況において、これら諸問題を解決又は軽減してゆくためには1987年の環境と開発に関する世界委員会（ブルントランド報告）において提唱された持続可能な開発、即ち、「将来の世代がそのニーズを満たすための能力を損なうことなく現代のニーズを満たす開発」を実行し、充たして行く必要がある。そのための手段の一つとして、環境に大きな影響を与えている石油を主とする化石

資源の需要を低減化させること即ち、現在の資源多消費型生活様式（特に先進国の）の根本的な見直しと消費形態の変更が有効な手段であり、急用な課題である。このような状況の中で、有限な化石資源の代替資源的役割が果たすことが出来る資源の開発とその利用法の開発が重要な役割を果たすことが期待されている。

そして、その代替資源を想定する時には持続可能な資源であること、すなわち、再生可能な資源であって、その資源の利用は環境への負荷軽減に寄与するものであることが要求される。そして、そこで生じる環境への負荷は自然環境の自浄能力内のものでなければならない

さらに、そのような資源選択の制限の中で、代替資源としては、現在の産業が有機物資源である化石資源（**Hydrocarbon**）を利用するシステムの上に成り立っている限りにおいては、化石資源に替わり得る現在のシステムの変更が最小限に止まる有機物資源であることが最も望ましい。再生可能な資源としては太陽光を基にした自然から得られる有機物資源(**Carbonhydrate**)としての植物性と動物性がある。しかし、自然界において植物を食する動物性は植物性の上位にあり、有機物資源として有効利用するには限界がある。即ち、牛、豚、家禽、魚類の飼料穀物（植物性資源）からの蛋白質に変換される効率は1以下（牛：14%、豚：25%、家禽、魚類：50%）である。これより、自然から与えられる資源を有効に利用することを考えた場合、地球上に存在する有機物資源としては植物より与えられる植物性バイオマス資源に限られる。バイオマスは植物が太陽光をエネルギー源としてクロロフィル（葉緑素）を媒介にして二酸化炭素と水を結びつける光合成で得られる有機体である。本研究における有機物資源としての検討対象は、[図-2]に示されるバイオマスの中で生産系から発生するバイオマスを対象とするのではなく、未利用資源系に分類される中の農林・水産・畜産系に分類されている農産物を対象とする。更に具体的には、マレーシアで大規模に発達しているパームオイル産業から大量に排出されているオイルパームバイオマス廃棄物である。

バイオマスは再生可能な資源であり、さらに、それらに含まれる成分から①食料（**Food**）、②繊維（**Fiber**）、③飼料（**Feed**）、④肥料（**Fertilizer**）、⑤燃料（**Fuel**）、⑥ファインケミカルス（**Fine chemicals**）、そして⑦工業原料（**Industrial resources**）などの6 F1Iへの用途展開が可能である。

しかし、このバイオマス資源を工業原料として利用を考えた時に①食料生産との融合、そして、②大量に、③安定的に、そして④安価に供給されることが重要である。特に、将来の食料不足が危惧されるようになって来ている現在、工業用原料としてバイオマス資源確保のために農場を使用することは極力避けるべきであり、食糧生産と競合せず共存・融合することが非常に重要である。そのためにも、農産物資源等の収穫から利用の間に発生する未利用のバイオマス廃棄物またはその工程から発生する副産物を有効に利用することが重要である。そして、このような4つの条件を備えたバイオマス未利用資源の中で期待されるのが、商品作物を目的として運営されている大規模熱帯雨林プランテーション産業から排出されるバイオマス資源である。本研究は、この大規模熱帯雨林プランテーションのなかでパームオイルを目的商品作物としているパームオイル産業から廃棄物として排出されているバイオマス資源に注目した。何故ならば、

1. 場所的に集中して大量に発生する。

具体的に発生する廃棄物として、プランテーションにおける葉と茎(**Oil Palm Fronds:OPF**.今後、**OPF**とする)、幹 (**Oil Palm Trunk:OPT**.今後、**OPT**とする)、そして、パームオイル搾油工場（以下、ミル工場とする）から排出されるパームオイル搾油後の空果実房（**Empty Fruit Bunch : EFB**.今後、**EFB**とする)、繊維(**Methocarp Fiber** : 今後、**Fiber**とする)、殻 (**Shell** : 今後、**Shell**とする)、有機物を大量に含んでいるミル工場廃液(**Palm oil mill effluent : POME**.今後、**POME**とする)などで

ある。[表-1]にマレーシアパームオイル産業の2000年における廃棄物発生量を記した。マレーシアパームオイル産業より排出されるバイオマスの乾燥重量約4000万トンは日本の一般廃棄物（一般ゴミ+し尿）が8100万トンであるから、この一般廃棄物の50%が水分だとした場合4050万トンとなり、ほぼ同じ量となることから、いかに大量のバイオマスが単一のマレーシアパームオイル産業から排出されているかを示している。

2. 年間を通してバイオマスを安定的に得ることが可能である。

通常、農作物は収穫期に限られているために、年間を通してバイオマスを安定的に得ることは困難である。しかしながら、オイルパームは[表-2]に示されるように、単位面積当たりの搾油して得られるパームオイル量は10-11月が収穫量最大ピークで、2-3月は収穫量最低のピークにはなるが、得られるオイルパーム果実房(Fresh Fruit Bunch: FFB、今後、FFBとする)が1年中平均して収穫されていることを示している。そして、これにともない、農園における剪定・収穫時発生する OPF、ミル工場で発生する EFB、Fiber、Shell、POME がバイオマス廃棄物として1年中平均して発生することを示している。このため、原料安定供給の面で優れている。

3. 安価に入手可能である

パームオイル産業から排出されている OPF、OPT、EFB、Fiber、Shell、POME の内、Fiber と Shell は現在、殆ど全てのミル工場に必要な蒸気及び発電用蒸気発生のための燃料として用いられている。しかし、その他のバイオマス廃棄物は各種用途に試験的に展開が図られているに過ぎず、本格化されたものはない。そして、殆どが処理費用を払って廃棄物として処理されている。この為、これらバイオマスの入手は輸送費程度の負担のみで安価に入手が可能であると言われている⁴⁾。

4. 環境にやさしい

バイオマスは化石資源と比べて含有硫黄、含有窒素成分が少ないため、燃料として利用する際に発生する NO_x、SO_x 量は一桁低い数値となり、環境汚染を低く抑えることが可能である。更に、バイオマスが燃料として用いられても、発生する二酸化炭素はバイオマスが大気中二酸化炭素を光合成で固定化したものであるから、大気中の二酸化炭素濃度をあげることにはならない（カーボンニュートラル）。

このように、オイルパームバイオマスは資源として大きなメリットを持っているが、しかしながら、一般的にバイオマスのデメリットとしては水分含有量が高くかさ密度が高い、エネルギー密度（単位面積当たりに収穫されるエネルギー量）が低い、すなわち、「広く、薄く」存在していることが上げられる。このため、バイオマスを資源として利用する場合には、広い範囲からの集荷が必要になる。そこで、バイオマスを原料として利用するためにはバイオマス輸送費として経済的に利用可能な範囲（マレーシアにおけるオイルパームバイオマス廃棄物の場合、最大でも20km以内と計算されている）で大量に入手可能な環境が必要である。[表-3]にバイオマスの発熱量と軽油、重油などの発熱量の比較および組成の対比を示した。組成から明らかなように、カーボン当たりの発熱量で比較すると石油は勿論のこと石炭よりも低く、この理由はバイオマス有機物中にはエネルギーに寄与する水素分が少ないからである。バイオマスのエネルギー密度（重量あたり）は化石資源から得られるエネルギー資源と比べて半分以下である。このことから、バイオマスを遠距離輸送して使用することは輸送コスト削減のためには得策ではなく、バイオマスが発生する場所の近くに利用工場を設置することが望ましい。このことは利用工場が農村での立地となり、必然的に地域開発の役割を果たしえることになり、まさに内発的発展の1要素をバイオマスが持っていることを示している。

このような背景のもと再生可能でカーボンニュートラルなバイオマスを工業原料として使用する

エコロジカルな「パームオイル産業を中核としたゼロエミッション・エコインダストリー」を設立することは下記項目にとって重要な役割を果たすことが出来る。

1. 化石資源代替として地球温暖化の原因物質である CO₂ 排出削減に寄与する
2. 再生産可能と環境に優しいエコフレンドリーな資源であることより持続可能な産業が可能である
3. 資源の有効利用が図れる
4. 必然的に農村地域にバイオマス利用工場を設置することになり、農村地域に雇用の機会を与えることになり、地域活性化及び発展に繋がる。即ち、地域で発生するバイオマスを利用するという特色を活かし、地域に根付いた産業の発展＝内発的発展となることが出来る。

引用文献)

- 1) 佐和隆光 (監訳) エイモリ・B・ロビンス、L・ハンター・ロビンス (2001) 自然資本の経済.. 日本経済新聞社 253p
- 2) Robert Costanza et al.(1997) “The value of the world’s ecosystem services and natural capital”. NATURE VOL.387 May 253p
- 3) 小山茂樹(1999)検証・エネルギー問題のすべて「石油はいつなくなるか」.時事通信社 65-100p
- 4) Southern Acids(M) Berhad 社 Senior Plant Manager Mr Wong Fok Gee 氏よりの情報

Ⅲ. バイオマス

Ⅲ. 1. バイオマスの定義⁵⁾

本研究における「バイオマス」の定義について記す。

バイオマスの定義は①「太陽エネルギーを蓄えた様々な生物の総称」、②「重量又はエネルギー量で示す生物体の量、あるいはエネルギーや工業原料などの資源として見た生物体」、③「樹木の全部又はその一部を通常チップとして得られる木産物質」など各種の表現があり厳密に定義されていない。

バイオマスをエネルギー資源という見方をすると「ある一定量を集積した動植物資源とこれを起源とする廃棄物の総称(但し、化石資源は除く)」とすることが多い。従って、農・畜産作物、木材、海藻などの従来型の農林産資源廃棄物のみならずパルプスラッジ、黒液、アルコール発酵残渣等の有機性産業廃棄物、厨芥や紙くずなどの一般都市ごみ、下水汚泥などが含まれる。我が国においては平成14年1月25日付で「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法(新エネ法)施行令」の一部が改定され「バイオマス」が初めて新エネルギーとして認知された。改正政令においてバイオマスは「動植物に由来する有機物であったエネルギー源として利用できるもの(原油、石油ガス、可燃性天然ガスおよび石炭ならびにこれ等から製造される製品を除く)」とされている。

本研究においてバイオマスは単にエネルギー資源としてではなく上記定義②と同じに捉えており、次の3点を満足するものと定義する。

- ①動植物由来の有機物(ただし、本研究では植物由来の有機物のみである)
- ②エネルギー源、工業原料などの資源として利用できるもの
- ③現在、製品を目的とする原料として利用されずに廃棄されているもの

Ⅲ. 2. バイオマスの組成、特徴、欠点

Ⅲ. 2. 1. 組成

バイオマスの組成はグルコース、ヘミセルロース、リグニン、スターチ、蛋白質、その他の有機物そして、その他の無機物に分類できる。これらの特性を以下に記す。

1. セルロース

D-グルコース ($C_6H_{12}O_6$) が規則正しく β -グルコシド結合した多糖類である。分子式は ($C_6H_{10}O_5$)_n で示され、n で表される重合度は約数千~数万と幅広く分布している。水に不溶で酸やアルカリにも耐性が高い。

2. ヘミセルロース

D-キシロース、D-アラビノース(いずれもペントース: 5多糖類)、D-マンノース、D-ガラクトース、D-グルコース(いずれもヘキソース: 6多糖類)を構成ユニットとする多糖類であるペントースがヘキソースより多く、平均分子式は ($C_5H_8O_4$)_n と表される。セルロースが規則性のある鎖状構造をしているのに対し、ヘミセルロースは分岐した構造を持ち重合度nは50~200とセルロースより小さい。ヘミセルロースの中で最も多いのはキシランであり、広葉樹で30%、針葉樹で10%(いずれも乾燥重量あたり)程度存在する。セルロースに比べて分解しやすく、多くはアルカリ溶液に溶ける。

3. リグニン

フェニルプロパンとその誘導体を構造ユニットとし、これらが三次元的に結合した化合物である。リグニンは木材の20~40%(乾燥重量あたり)存在する。複雑な三次元構造を持ち、微生物や化学薬品による分解を受けにくいことから、植物の骨格形成体、保護材として機能している。

4. スターチ(澱粉)

スターチもセルロースと同じく、**D-グルコース**（と、一部マルトース）を構成ユニットとする多糖類である。セルロースがβ-グルコシド結合で繋がっているのに対し、スターチはα-グルコシド結合で繋がっている。セルロースは水に不溶であるがスターチは熱水に可溶な部分と不溶な部分に分けられる。可溶部分をアミロースと呼びスターチの**10～20%**を占め分子量は**1万～5万**程度である。不溶部分はアミロペクチンと呼ばれ、スターチの**80～90%**を占め、分子量は**5万～10万**である。

5. 蛋白質

アミノ酸が高度に重合した高分子化合物である。蛋白質はセルロースやスターチなどの炭水化物系構成成分に比べると含有割合は小さい。

6. その他有機物

セルロース、ヘミセルロース、リグニン**はバイオマスに普遍的に存在する成分であるが、これら多糖類、炭水化物に比べ量的に少なく、また、存在が種によって偏在するがバイオマスに含まれるものとしてグリセリドがある。これはグリセリンの脂肪酸エステルで、モノ、ジ、トリグリセリドがあるがトリグリセリドは油脂（脂肪）としてバイオマスに多く存在している。**

その他に少量ではあるがアルカロイド、ピグメント（色素）、レジン（樹脂）、テルペン、ステロール、テルペノイド、ワックスなどがある。少量ではあるが生物化学的特異性を有するものが多く、化学品、薬品として極めて付加価値が高く、多方面での有効利用が図られている。

7. その他無機物

含まれる無機物（灰分）としてはカルシウム（**Ca**）,カリウム（**K**）,リン（**P**）,シリカ（**Si**）,アルミニウム（**Al**）,バリウム（**Ba**）,鉄（**Fe**）,チタン（**Ti**）,ナトリウム（**Na**）,マンガン（**Mn**）,ストロンチウム（**Sr**）などである。どの金属が多く含まれるかはバイオマスの種類によって異なる。燃焼後に残る灰分を肥料として利用することが可能であり、循環型のバイオマス生産サイクルに有用である。但し、廃棄物系バイオマスには工業品由来の金属・無機物が含まれている可能性があるから、その利用には注意が要する。

バイオマスに普遍的に含まれている組成は上記1～3項目である（樹木、草木では構成比が異なるが）。穀物には澱粉が多く含まれている。パームオイル（パーム油脂）は上記6項目のその他有機物で分類されている中に含まれるトリグリセリドである。トリグリセリド及びパームオイル産業より排出されるバイオマス廃棄物の組成は後述する。

III. 2. 2. バイオマスの特徴

1. 有害な硫黄、窒素分の含有量が少なく、石炭の**1/10**以下である。
2. バイオマス燃焼による **SO_x**（硫黄酸化物）,**NO_x**（窒素酸化物）発生量が少なく、触媒毒成分も少ないため、バイオマスの化学変換して利用する場合には有利である。
3. 燃焼後の灰分は、石炭の場合 **10%**前後を含むのに比べ、バイオマス灰分は **1%**ないしそれ以下で少なく、生成した灰分は炭酸カリウムなど有用肥料成分を含んでいる。
4. バイオマス利用による分散型のエネルギー供給は小規模で地域単位の供給となる。このため、今後需要増加が予想される送電線から遠く離れた場所で暮らす人々への重要な手段である。

III. 2. 3. バイオマスの欠点

1. バイオマスは希薄に存在するため、収穫、集荷にコストがかかる。
2. 空隙率が高く、輸送は殆ど空気を運ぶ状態になる。例えば、1トンの石油と同じエネルギーを得るための容積は粉碎した樹皮でカバ樹皮が**10**倍、松樹皮で**25**倍、また木材チップで**14**倍である。この倍数だけ、集荷・輸送・貯蔵のためにコストがかさむことになる。

3. 上記理由により、原料を調達・輸送するには量的に限度がある。このため、バイオマス燃料を利用する発電プラントの場合、発電規模を余り大きくすることが出来ない。
4. 貯蔵倉庫は同熱量の石油に比較して **30-50** 倍の容積を必要とする。
5. 木質バイオマスはエネルギー密度が低いので発電効率も低くなる。更に、木材に水分が含まれているために、その水分を蒸発させるに必要なエネルギー分だけ余計にエネルギーが必要になる（火力発電所の発電効率は石炭原料が約 **35%** であるのに対して、バイオマス原料利用プラントでは **14~18%** と火力発電所の半分以下である）。
6. 農業作物の収穫に季節変動があるために、1年中安定的に入手は困難である。このため、その廃棄物を原料として利用する場合には、1年間に必要な量を確保するか、確保できた量、例えば半年間の確保量での工場稼働で収支が合うような事業計画でなければならない。
7. 長期に貯蔵すると物性・成分変化があり長期貯蔵には不向きである。また、長期貯蔵にはコストがかかる

III. 3. バイオマスの資源量

地球上には陸上に乾燥重量で約 **1.8** 兆トン、海洋中には約 **40** 億トンそして土壌中には陸上バイオマスに匹敵する量のバイオマスが存在している。現在、全世界の年間のエネルギー総消費量 **$30 \times 10^{20} \text{J}$** （石油換算で約 **80** 億トン）で、これは、**200** 億トンのバイオマス乾燥重量（約 **80** 億トン炭素量：、エネルギー量 **$30 \times 10^{20} \text{J}$** （ジュール））に相当する。このことより、陸上バイオマス量は世界の年間エネルギー消費量の **90** 倍に相当する。また、地球上で新たに光合成によって生産されるバイオマス量は陸上で約 **1150** 億トン/年、海洋で約 **550** 億トン/年で、世界のエネルギー年間消費量の約 **10** 倍になる。

また、炭素固定量の見方からすると、バイオマス中の平均的な炭素含有量は **45** 重量%程度と考えられる。例えば、日本で有効利用されていないバイオマス資源は年間約 **7700** 万トンと推定されており、このバイオマス資源は炭素換算で約 **3500** 万トン、即ち、二酸化炭素換算で **127** 百万トンとなる。**1997** 年における日本の二酸化炭素排出量が **1231** 百万トンであるから、日本で有効利用されていないバイオマス資源を利用することによって約 **10%** の二酸化炭素の排出が抑制できる。

III. 3. 1. 物質循環から見た元素

地球上の炭素は大気圏、海洋、陸上植生、地圏に分散して存在し、これ等の間を炭素は気体、無機炭素、有機炭素と型を変えながら循環している。炭素のほかの元素として窒素は生物の生態を構成する重要な元素であり、大気の約 **80%** 以上を占める主成分であるが、生物はこれを直接取り込み同化できないが、一部の根粒菌、藍藻、細菌などは同化が可能で、これ等によって生じたアンモニアや硝酸塩が生物によって利用されている。

III. 3. 2. 炭素循環

現在、人間生活において炭酸ガスの放出は化石燃料消費とセメント生産 ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ で CO_2 が大量に発生する) における炭素換算で **55** 億トン・C、土地利用の変化で **11** 億トン・C の合計 **66** 億トン・C が大気中に毎年排出される。これに対して、海洋、陸上植生における吸収は陸上植物生態系が **14** 億トン・C、海洋に **20** 億トン・C で合計 **34** 億トン・C が大気から吸収され、差し引き **32** 億トン・C が大気中に残留していることになる。

陸上、海洋生態系ではそれぞれ独自の生態系内の循環があり、その収支は生態系の活動の指標であると共に地球的規模での循環の一過程を担っている。このために、環境汚染などによる循環の一過程

の分断、破壊は全地球の炭素収支、バイオマス生産における森林生態系(森林生物部と土壌を含む系)での炭素循環に重要な影響を与える。

Ⅲ. 3. 3. エネルギープランテーション及びオイルパームプランテーションの位置づけ

エネルギープランテーションとは、従来の食糧や建材、素材を生産することを主目的とするのではなく、エネルギー用途を主目的にした成長の早い木質系あるいは草本系を栽培し、5～10年の短いサイクルで伐採し、これよりエネルギーを製造しようとするものである。バイオマスエネルギープランテーションは石油ショック以降の1970年代後半に提案された構想であり、現在、スウェーデン、アメリカ、カナダ、オーストラリアなどが大型化・実用化の実証化試験を実施している。バイオマス種としてはユーカリ(成長量:20トン/ha・年 乾燥重量)、ハイブリッドポプラ(10～15トン/ha・年 乾燥重量)等の樹木類やサトウキビ(～30トン/ha・年 乾燥重量)、ソルガム(～15トン/ha・年 乾燥重量)などが候補に上げられている。なお、ちなみに各場所のバイオマス量は熱帯多雨林では22トン/ha・年(乾燥重量)、温帯落葉樹林12トン/ha・年(乾燥重量)、耕地6.5トン/ha・年(乾燥重量)そして沼地・沼沢地30トン/ha・年(乾燥重量)である。

ここで、上記エネルギープランテーションの対象作物にされているバイオマス種のバイオマス生産量と、今回検討対象としているマレーシアのオイルパーム産業より排出されるバイオマス廃棄物を比較してみる。マレーシアのオイルパーム産業より排出されるバイオマス廃棄物は乾燥重量で約4000万トン排出される。オイルパーム栽培面積を340万haとすると、11.8トン/ha・年(乾燥重量)となる。これはパームオイルという目的バイオマス(バイオマスは廃棄物と定義したが、ここでは炭酸同化作用によって植物によって生産された炭水化物と言う意味)を製品として搾油した後の残りのバイオマス廃棄物が上記バイオマスエネルギープランテーションに想定されているバイオマス種の生産量とほぼ同じ収穫量になっており、しかも、上記エネルギープランテーションは数年に1回しか収穫できないが、オイルパームバイオマスは毎年11.8トン/ha・年(乾燥重量)を安定的に生産されていることから原料として有利であり、オイルパーム産業からのバイオマス廃棄物利用もエネルギープランテーション産業として捉えることが可能である。

Ⅲ. 4. 世界のバイオマス利用について⁶⁾

マレーシアのパームオイル産業を例にしたエコインダストリー・パークにおけるバイオマス廃棄物利用の検討に入る前に、オイルパーム廃棄物のようなセルロース系廃棄物が、世界および日本において、どのような利用のされ方をしているか、そして、使用されようとしているかについて記す。

[図-3]に米国のエネルギー省がまとめたバイオマスを利用して生産可能な物質・製品を示す。なお、この図にはオイルパーム・バイオマス廃棄物利用で検討した建築用資材(パーティクルボードなど)や肥料への利用は記載されていない。この理由は米国にとってセルロース系バイオマスは第一にエネルギー資源として、そして、第二に石油化学代替原料として付加価値製品への原料としての捉え方のためである。この認識は先進諸国共通のものである。バイオマスをエネルギー資源として発電に用いた場合の特徴及び制約条件を従来の他発電と比較して[表-4]に示した。バイオマス発電は、資源利用と言う意味で化石燃料発電と比較するとNO_x、SO_x発生量が少なく、カーボンニュートラルな資源であることからエコフレンドリーが最大の特徴である。更に、森林破壊を伴わずに、現在利用されずに廃棄物として排出されるバイオマス(例えば、今回検討対象であるオイルパームバイオマス廃棄物)が大量に、しかも、安定して入手できれば発電用資源として大きな特徴になりバイオマス利用として最適な利用法と考えられる。

更に、アメリカ、EU 共にバイオマス利用を「再生可能なエネルギー資源（バイオマス）は土着のものである。したがって、エネルギー輸入の依存を軽減し、供給の安全性を増加させる」とエネルギー安全保障の見方から捉えているのが特徴的である。

III. 4. 1. バイオマス利用の全体像

1. 世界的にバイオマス資源は再生可能な資源として地球温暖化（特に炭酸ガス効果）の抑制に大きく貢献しえるクリーンなエネルギー資源として捉えられて利用開発が進められている場合が多い。[表-4] で明らかのように、他発電に比べ制約条件等にバランスが取れており、唯一の課題はバイオマスの安定可能供給量である。

2. バイオマス利用の選択はエネルギー自給率と農業自給率から判断できる。日本のように農業自給率が低い国では、食料資源である澱粉質、糖質はエネルギーとしてではなく食料としての利用することが好ましく、食料収穫後のセルロース系残渣を原料の基質としたエタノールへの変換技術によりエネルギー原料とすることが必要である。

3. セルロース系原料を基質とするエタノールへの変換技術は糖化工程の開発が今後さらに必要とされており、やや長期的な展開になる。

4. 農産物輸出国であるアメリカ、ブラジルは供給力のある作物（ブラジル：サトウキビ、アメリカ：トウモロコシ）の澱粉を原料として用い、エタノール発酵技術を用いて石油代替液体燃料の生産を行っている。

5. EU は「持続可能なエネルギー供給」を目指してバイオマス利用を促進している。エネルギー源として、熱分解、ガス化、コージェネレーションそして燃焼技術などの多岐にわたる技術開発を実施し、年間に炭酸ガス **1600** 万トンの削減を目標にしている。

III. 4. 2. アメリカのバイオマス利用

アメリカ政府はバイオマスエネルギー関連技術の発展は①米国農業地帯における新たなビジネス機会の創出（農村地域の経済振興）、②エネルギー安全保障そして③温暖化などの環境問題改善に大きな可能性を持っているという認識の基に **1999** 年クリントン大統領令 **13134** 号「バイオ製品・バイオエネルギー発展と促進（**Developing and Promoting Biobased Products and Bioenergy**）」を発令した。連邦政府がバイオエネルギーに対する技術、市場の発展を支援することでバイオエネルギー産業を効率的に発展させることを目的にしている。そして、「**2010** 年までにバイオマス製品とバイオマスエネルギーの利用を3倍にする。それによって、農村地域では年間 **200** 億ドルの所得を創出する。温室効果ガスの排出はバイオマス利用によって年間1億トン、自動車 **7000** 万台分を削減する」としている。そして、石油輸入の減少はエネルギー安全保障に役立つとの認識に繋がっている。

1. 技術開発

①. 直接燃焼

コスト面から林業廃棄物、森林残余物、麦わらなどの農林廃棄物の有効利用を優先している

②. エタノール生産

植物繊維（トウモロコシ等）を原料としたエタノール生産。輸送用燃料代替と化学用原料に期待している。そして、エタノール生産 **10** 億ガロン（1ガロンを4リットルとすると、**40** 億リットル）にあたり、**17,000** 人の雇用を生み、米国電力研究所の試算では **500** 万エーカー（2百万ha）の土地を使って生産し得る電力は全米電力消費の6%となり、それによって農村地域の所得を **120** 億ドル向上させるとしている。

Ⅲ. 4. 3. 欧州のバイオマス利用

欧州委員会は **1997** 年に「再生可能エネルギーに関する白書」を作り太陽光、風力発電と共にバイオマス発電の設置と再生可能エネルギーの普及促進を進めることを決めた。また、欧州バイオマス協会は **1995** 年に①熱電併給バイオマス施設、②液体バイオ燃料、③バイオガス施設の開発を定め、**124** 億ユーロがバイオマス利用に投資されている。EU の行動計画によれば、バイオマスを使ったコジェネレーション（熱電併給）はあらゆる再生可能なエネルギーの中で最も大きなポテンシャルがあるとされている。その理由は、バイオマスエネルギーが、①太陽光や風力のように自然条件に左右されないため、発電所において高い稼働率が可能（太陽光や風力をエネルギー源とする発電所の稼働率は太陽光で約 **12%**、風力で約 **20%** に対して、バイオマスエネルギー源発電所は稼働率が **70%** に達する）、②熱と電力の両方が供給できるため、エネルギー総合効率が高い、③原料生産に当たって雇用吸収力が高い、の **3** 点を挙げている。

バイオマスだけで **2010** 年におけるエネルギー消費の **8.5%** を賄うとしており、内訳は農林産廃棄物で **3000** 万トン、エネルギー作物が **4500** 万トン、家畜生産・汚泥処理・埋め立てなどにとまなうメタンガスなどのバイオガスが **1500** 万トンとしている。

Ⅲ. 4. 4. 日本のバイオマス利用

国内バイオマス資源は林産、農水系そして廃水処理汚泥などの廃棄物がほとんどで、バイオマス・ニッポン総合戦略の資料によると量と利用状況は以下の通りである。

- ①. 木質系廃材：製材工場残材（**610** 万トン）ほぼ全量エネルギー源に利用。建設廃材（**480** 万トン）4割程度利用。間伐材など林地残材（**390** 万トン）殆ど未利用
- ②. 下水汚泥（**7600** 万トン）：6割が建設資材や堆肥に利用。
- ③. 家畜排泄物（**9100** 万トン）：8割が堆肥に利用。
- ④. 食品廃棄物（**1900** 万トン）：9割が未利用
- ⑤. 紙（**3100** 万トン）：**1400** 万トンが古紙回収されずに未利用。
- ⑥. 黒液（製紙工場廃液。乾燥重量で **1400** 万トン）：エネルギーとして利用

これらの廃棄物は減容化、無害化などの処理過程で副産物として得られるものが活用されている状況である。北欧諸国の場合、土地が比較的平坦で紙・パルプ産業が盛んであり、チップや間伐材などの木材資源が安く得られ、また、冬期間が寒冷で熱供給の需要が高いなどの背景がある。しかし、日本においてはこれ等の利用は化石資源利用と比べて経済性に優れているとは言えず、むしろ、廃棄物処理の側面からの経済性（処理コストの優位性）の観点から利用されている。また、これ等の工場は廃棄物処理行政上の廃棄物処理としての意味合いが強いために、処理工程からの副産物を如何に効率的にとるかでなく、減容化、二次生成物の安定化に力点が置かれてきた。しかし、**2002** 年1月に「新エネルギー利用促進特別措置法」の政令改定があり、**12** 月には「バイオマス・日本総合戦略」が閣議決定された。そして、①地球温暖化防止、②循環型社会の形成、③競争力のある新たな戦略的産業の育成、④農林漁業、農山漁村の活性化のためにバイオマス資源の利活用を促進する必要があると規定し、**2010** 年を目途に[表-5]に示す具体的目標を掲げている。この戦略の特徴はバイオマス資源の利用法をエネルギー資源としてだけでなくバイオマスを科学的に変換して得られる製品利用をも目標としている。

1. 日本の間伐材利用の可能性について⁷⁾

現在、日本において安い外材輸入により、国内の森林荒廃が問題になっている。このような状態の中で森林維持管理に必要な間伐時に発生する枝等（間伐材）の資源は、間伐の推進と同時に森林所有

者の利益に繋がる木質バイオマスエネルギーの利用法の開発検討が推進されている。

①. 間伐材の単位面積当たり得られる量

間伐材はこの種類、年齢、場所によって異なるがモデルケースとして**30年**の杉（土地肥沃度：中）で**1ha**あたり約**60m³**（立木材積**30m³**、間伐率は材積率で約**20%**、この内の幹材積率**70%**）となる。杉の場合、1 m³の乾燥重量は約**380 kg**（広葉樹の場合、1m³は**600~700 kg**）であるから、**1ha**当たりから得られる杉間伐材の乾燥重量は約**22**トンとなる。これはⅢ. 3. 2. 節に示されているパームオイル産業から排出されるバイオマス廃棄物の**11.8**トン・乾燥重量/haをしのぐ多さである。

②. 間伐材から得られるエネルギー量

乾燥木材は約**5kWh**の熱量が得られる。**1m³**の乾燥杉材から約**2MWh**のエネルギーが得られる。これより**1ha**の杉林の間伐材から**120MWh**のエネルギーが得られることになる。これは灯油**12000**リットル相当になる。但し、伐採直後の生木ではこの**40%**の熱しか出ない。このため、生木の場合、**1ha**の杉林の間伐で得られる熱エネルギーは**50MWh**（灯油**5**キロリットル）と計算される。

（**5 k Wh/kg**発熱する乾燥木材は、エネルギーをかけて乾燥させるか、自然乾燥であれば薪などの場合、**2**年程度かけて得られるもので**4 k Wh/kg**の乾燥程度になる）

③. 間伐材のコスト

間伐材は「現在、捨てられているからただである」ということにならず、林業経営の中で行われている間伐であるから、値段がつかなければ売人はいないであろう。但し、現状ではいくらの値段になるか不明である。

ただし、現在、燃料として使われ始めている木質ペレットの原料（製材や製紙から排出されるおが屑、樹皮など）との競合において値段が決まる可能性がある。岩手県の木質ペレット製造の場合の工場出荷価格は**20**円/kg程度で、製造コストの大部分は電気代と人件費で原料コストは殆どゼロに近い。（**20**円/kgという価格は灯油などの価格競争の中で生まれたもので、もともと廃棄物で価格ゼロであったものだから、これ以上に原料代などをコスト参入させると灯油などの価格競争力がなくなるために、原料コストをゼロにしているものと思われる）

間伐材利用には必然的に間伐材の収集・輸送・人件費の経費がかかり、現状の木質ペレット製造費にこれら費用を含む原料代が含まれていないで計算されているとなると実際の製造コストは更に高くなり、間伐材の利用推進は難しいと思われる。

2. バイオマス利用例⁸⁾

①. 燃料利用

現在の利用例は全て燃料としての利用法である。得られる蒸気をそのまま利用および蒸気発電し、廃熱利用などされている。木質よりエネルギーを取り出すのに下記**2**方法がある。

②. 木質系廃棄物の燃焼ボイラ・蒸気タービン発電

海外では、すでに広く普及しており、スウェーデン、ノルウェーで実際に稼働している。比較的大きな発電(約**200Kw**以上)規模で経済効果が発揮できる。このため、大量の木屑、おが屑が必要となる。

③. 木質系廃棄物ガス化発電

木質系廃棄物を加熱することにより、熱分解してガス化し、そこから取り出した可燃性ガスを燃料としてガスエンジンを運転して電力を得る方式である。この方式は上記の方式に比べると比較的設備が簡素化できバイオマス資源のローカルエネルギー資源としての活用に有効で、小規模発電に効果的な設備である。

日本においても木屑発電を考えたとき、木屑を1箇所に集荷することを前提に発電設備を計画するために原料の輸送コストがかかり、経済的メリットを出すことは難しいと言われている。このため、ローカルエネルギーとして位置づけ、ごく限られた地域の電力供給施設として位置づける方が適切である。

④. 木屑（製材廃材）燃焼発電例（場所：岡山県、木屑 20t/hr、1950kw/hr）

i. 燃料

原木を製材する前工程で発生するイ. 樹皮、ロ. 製材段階で発生するおが屑、ハ. 製材端材、ニ. チップ、ダストチップ、ホ. かんな掛けで発生するかんな屑である。

ii. 木屑発生場所

木屑発生場所：イ. 小・中断面集成材工場（10万m³/年）、ロ. 製材工場（14000m³/年）、ハ. 大断面集成材工場（4000m³/年）

iii. 設備費用

ボイラ発電設備総工費：集塵サイロ、防音設備を含めて約10億円

iv. 利用

発電による事業所内電力供給、工場工程用（ホットプレス、木材乾燥など）、冷暖房

* 1. 課題

季節要因、景気変動などの変動要因によって工場内のユーティリティ使用量が変動するために蒸気・電気を事業所内だけでは消費しきれないために、工場外（地域）への熱供給、売電などの問題解決が必要である。

⑤. 木屑ガス化法発電装置例（三重県美杉村）

i. システム

原料供給ホッパーガス発生装置－除塵装置－ガス冷却装置－エンジン－発電機

ii. 使用原料

杉おが屑：含水率35%湿潤状態.原料消費量：51.6kg/時間. 見かけ比重：162kg/m³. 発熱量：3390kcal/kg

iii. エネルギー発生量（安定運転、1時間中）

おが屑総発熱量：174900kcal. 発電量(28.6kW)：24600kcal. 温水(63℃)：42900kcal. 温風(40℃)：34300kcal. 給湯(45℃)：1100kcal

これらはいずれも木屑が発生する事業所での有効利用である。しかし、岩手県林業技術センターの情報によると、山村活性化のために厚生施設（プール、保育園、老人ホームなど）などで、最近、木質ペレットを燃料利用し間伐材を有効利用する活動がスタートしている。しかし、これは間伐材利用産業よりは地域産業（木材産業）より発生した資源（木材）を有効に利用し、地域内で先ず消費場所を手右京することにより、新たな事業（木質ペレット）を育てようとするものである。

引用文献)

5) 社団法人日本エネルギー学界編(2003)バイオマスハンドブック.2p

6)新エネルギー・産業技術総合開発機構（平成12年度）主要国におけるバイオマスエネルギー開発への取り組みに関する調査.

7) 岩手県林業技術センター企画指導部深沢氏よりの情報

8)社団法人日本エネルギー学会(2003)バイオマスハンドブック.オーム社.200-258p

IV. バイオマスを利用したゼロエミッション・エコインダストリー・パークと内発的発展の整合性

バイオマス利用したゼロエミッションのインダストリアル・パークと内発的発展そして持続可能性の相関は[図-4]に示したように考えられる。即ち、農村地域における経済的貧困を解決する1手段として収入及び雇用の多角化になり得る内発的発展の手法を採用し、その発展を持続的発展にするための選択肢として地域に多量に存在するバイオマスの利用を検討するものである。そして、マレーシアの農村において発展しているオイルパーム産業からのバイオマス廃棄物を利用したゼロエミッション・エコインダストリー・パーク創製は内発的発展のための重要な選択肢の一つということが出来る。更に、バイオマス有効利用の選択は化石資源代替として有機物資源を有効利用するという意義もある。

以下に、この考え方に至る経緯・根拠を記す。

IV. 1. ゼロエミッション・エコインダストリー・パーク

IV. 1. 1. ゼロエミッションの考え方⁹⁾

ゼロエミッションは1992年のリオデジャネイロ地球サミットで採択された「アジェンダ21」を受け、国連大学が1994年に「国連大学ゼロエミッション研究構想」を立ち上げたときに始まると言われている。自然の生態系は相互に排出されるものを有効に利用しながら成り立っており、ゼロエミッションの考えはこれからヒントを得たものである。産業構造（経済構造）を生態系に似せて再構築し、廃棄物を完全にゼロにできないにしても無限にゼロに近い「産業生態系」の構築を目標にしている。そして、そのゼロエミッション実現のためには次の原則を守らねばならないとしている。

1. 再生可能な資源は再生される資源量を上回って消費しない
2. 再生不可能な資源は、資源の利用効率（生産性）を向上させるとともに、再生可能でクリーンな代替資源を開発し、その生産量に見合う範囲で消費できる
3. 自然界の許容限度を超えて廃棄物を放出しない
4. 経済活動、日常生活の場で出来るだけ脱物質化を図る
5. 地上に資源とエネルギーを使用して造られた既に存在するストック資源の有効活用を図る（地上ストック：地上の様々な人工物、道路、建物、自動車など）
6. 価格に環境コストを内部化させ、環境効率の高い市場経済を作る

そして、さらに、このようなゼロエミッションを実現するため方策として以下の3項目を原則としている。

1. 地域循環の原則：地域に必要な資源・エネルギーは地域で調達する（分散型エネルギー体制）。地域で排出される廃棄物は地域で処理する原則。地域で生産、製造されたものは出来るだけ地域で消費する原則
2. 住民参加の原則：地域住民の循環型社会構築の強い気概
3. 地域文化の保存と新しい付加価値の創造

IV. 1. 2. 日本におけるゼロエミッションへの取り組み状況

日本において持続可能な経済成長を確保するために地球環境問題、廃棄物問題などの環境制約そして資源的制約を克服するために循環型経済システムの構築が必要になってきた。そのために循環型経済システムのためにゼロエミッションを完成させるためのアプローチを始めた。このように、ゼロエミッションとは「従来の廃棄物も未利用の資源であると考え、付加価値を高めるために反応・分離・精製などの変換操作を加えて他の生産プロセス、あるいは他の産業で原料として利用する」資源循環の工業システムと捕らえられている。そして、国はその実現のために下記のような法律等を順次作り、

その推進を図ろうとしている。

- ① 再生資源利用促進法（1991年制定・施行）
- ② 容器包装リサイクル法（1995年制定、2000年完全施行）
- ③ 家電リサイクル法（1998年制定、2001年完全施行）
- ④ 産業構造審議会業種別・品目リサイクルガイドライン（1990年策定・開始）
- ⑤ 使用済み自動車リサイクル法（1997年策定・2000年公布）
- ⑥ 循環型社会形成推進基本法（2001年1月完全施行、2003年に基本計画策定予定）
- ⑦ 資源有効利用促進法（2001年4月施行）
- ⑧ 廃棄物処理法の改正（2001年施行）
- ⑨ 建設リサイクル法（2002年5月施行）
- ⑩ 食品リサイクル法（2001年5月施行）
- ⑪ グリーン購入法（2001年4月施行）

このように、国の施策においてゼロエミッションとして一般的に使われている概念は「インプット側の資源生産性向上に繋がる全ての活動」そして、「アウトプット側の廃棄物ゼロに向けた活動」として捉えられており、上記のゼロエミッション3原則（地域循環の原則、住民参加の原則、地域文化の保存と新しい付加価値の創造）の思想は未だ反映されていない。この理由は、ゼロエミッションの考えが上記のような法律等に示されているように、廃棄物の発生を出来るだけ少なくするためのリサイクル利用の延長線上から始まったためであると思われる。その例として、日本の産業界がゼロエミッション活動に取り組んでいる例を示す。また、地域（島）としてゼロエミッションに向けて国際連合大学鈴木基之副学長が研究代表者をしている屋久島のプロジェクトの概要を示す。

1. キリンビールのゼロエミッション活動の例¹⁰⁾

これは「事業所から不要なものとして排出される全てのものが資源として利用される」という、1事業所内のリサイクル利用の延長線上で上記3原則の考え方は含まれていない。

①工場から出てゆく排出物は、気体、液体、固体に分けられるが、ゼロエミッションの対象は固体廃棄物とし、処分のための埋め立てや単純な焼却は行わない

②固体の中でも、特別な管理が必要な危険なものは安易なリサイクルはせず、安全で確実な最終処分をする例外品とする

③再利用のサイクル用途はサーマル、マテリアルを問わない。

2. リコーのゼロエミッション活動例¹¹⁾

この例も「ゴミゼロ工場（リサイクル率100%）を目標に、環境負荷の低減とコスト削減を行う」というリサイクル利用による環境負荷・コスト削減である。

①産業廃棄物を100%再資源化する

②事業系一般廃棄物を100%再資源化

③焼却時に発生する灰や生活系廃棄物（糞尿汚泥）を含め、事業所全ての排出物を100%再資源化する。

3. 屋久島プロジェクトの例¹²⁾

現在の屋久島における廃棄物処理は焼却か埋め立てで、焼却によって生じるエネルギーを回収して有効利用したり、他のリサイクル利用活動も行われていない。このような非循環型社会の屋久島において、地理的に閉鎖された屋久島という地域内で利用可能資源を有効利用する循環型技術を確立することによって循環型社会システムを作ることを目指している。

具体的な活動方針は

①林業、農業、畜産業及び水産業などの産業系と人間の生活系から発生する有機廃棄物、廃水処理から出てくる有機スラッジなどを未使用資源として位置づけ、これらに何らかの変換技術を活用することにより付加価値を与え、エネルギー源を創製すると共に、人間の生活活動に悪影響を与えない新素材を創製し、物質循環に組み入れる

②資源を有効に利用して自然との共生が図れる地域づくり

このようなシステムの完成を目指して有機性廃棄物の処理から資源（エネルギー、炭化物）の回収システム等の構築を目指して平成 13 年から検討が進められている。現在は地域から発生する有機系廃棄物（生活ゴミ、剪定枝、豚糞尿等）をメタン発酵しメタンとメタン発酵残渣を有機物にする試験システムを構築した段階である。

しかし、ここにおいても技術開発が優先されており、技術の選択やシステム構築についての検討の場に住民の参加はなく、ゼロエミッション 3 原則のうち、住民参加の原則の考えは希薄である。

IV. 1. 3. ゼロエミッション・エコインダストリーパークの例

上記したように、日本の企業においては、未だ、1 事業所内での廃棄物リサイクルによる有効利用によって系外への排出をできるだけゼロに近づけるゼロエミッションを試みている段階である。しかし、屋久島の場合は島と言う地域全体の複数の発生源から出てくる廃棄物を最適化処理して再利用するように試みられている。そして、屋久島の中で発生したものを屋久島の中で利用するものであり、この中に住民参加の循環型社会にすれば内部循環を完結した前記のゼロエミッション 3 原則に非常に似通ったシステムになってくる。また、各事業所がゼロエミッション・エコインダストリー・パークを目指すためには、各事業所からの廃棄物の再資源化のために 1 企業の枠組みを超えて幾つかの企業が各事業所の廃棄物を相互に有効利用する枠組の形成が必要となる。さらに、各社の廃棄物の相互利用の結びつきだけでなく、エネルギー、水などを含めた共同管理を行うことにより、効率的な物質・エネルギー利用システムが構築することが出来る。このような考え方の例として、異業種の工場が相関的に廃棄物を供給し、相互に産業廃棄物（副産物）の受け皿の役割を果たしているデンマークの首都コペンハーゲンの西部の町カルボー¹³⁾が有名である。これは、[図-5]に示されるように、エコインダストリー・パークの主体は火力発電所、石油精製工場、製菓工場そしてタイル工場の 4 工場からなる。しかし、ゼロエミッションを完結させるためには、これ等 4 つの工場だけでは満たされていない。このパークからの最終廃棄物となる汚泥処理場の汚泥をコンポスト化して周辺の農場への製品にしたり、火力発電所から出るフライアッシュをセメント工場の原料に利用するようにしてゼロエミッションを達成している。また、このエコインダストリー・パークは単に廃棄物の相互有効利用だけでなく、パークの余剰蒸気を周辺自治体の熱源として供給してエネルギーの有効利用を図っている。通常、工場では利用価値の無くなった低位エネルギーの蒸気は煙突から捨てられてしまうが、周辺自治体にとっては利用価値のある蒸気を供給することは、地域への寄与と同時に資源有効利用としての価値もあり、このエコインダストリー全体として、内発的な発展形式を取っているように見える。しかしながら、このカルボーの例も先に示した麒麟、リコーの例よりはゼロエミッションにするためのネットワーク作りは幅広くなっているが「ゼロエミッションの 3 原則」のうち、住民参加の原則を満たしていない。この原因は利益追求型である企業は元来、住民参加型の性質を持っていないためであると考えられる。そして、従来、この住民不参加が公害問題を引き起こさないようにする抑止力を失わせ、産業の発展＝自然破壊・環境破壊の構図を取ってきた原因である。その構図を改善そして解消するためにゼロエミッション 3 原則に住民参加の項目が加えられている。しかしながら、このような原則を

全ての企業に当てはめて評価することは困難で一律的な評価はかえって評価結果を無意味なものにしてしまう危険があると考え。何故ならば、企業には多種多様な業種と形態があり、原則に当てはまりやすい業種（第一次産業及びそれに関する業種など）もあれば、当てはまりにくい業種（第二次産業など。ただし、従来、この産業が産業の発展＝自然破壊・環境破壊の原因となってきたのである）がある。そして、第二次産業を主とする既存の企業活動の中に組み込まれるゼロエミッション活動に住民が直接的に参加することは非常に困難である。そこで、「ゼロエミッションの3原則」に1歩でも近づく方策としてここでの住民参加とは「企業の環境経営を評価する環境監査に住民が参加すること」とし、「ゼロエミッション」の評価に3原則の①地域循環と③の地域文化の保存と新しい付加価値創造の2項目の中で住民への寄与、地域への寄与がどの程度なされているかを評価する因子とすることが適当であると考え。

本研究の対象は一次産業と二次産業がつながっている地域であることから「ゼロエミッションの3原則」に叶う「地域循環の原則にのっとった再生可能なクリーンな資源（オイルパームバイオマス廃棄物）の利用による地域消費の製品化の事業による地域振興によって住民・地域への寄与」及び「地域資源の循環利用に利用者の立場だけでなく、資源の供給者として参加する」ことを原則とするゼロエミッション・インダストリー・パークの創設の可能性を検討するものである。

IV. 2. 内発的発展

従来の成長拠点方式のような「先進国の持っている開発途上国に必要な技術やノウハウを移転することによって開発途上国の発展のための時間と資金を節約しながら、速やかな発展を遂げる」という外発的発展は、開発途上国で多くの失敗をしてきた。この失敗の理由は、後発がゆえに工業製品の大半を輸入に頼らなければならない。その輸入に必要な外貨は自国が保有する天然資源か農産物の輸出によって賄うしかない。そして、この輸入を減らすためには技術集積度の低い産業から順次出発して技術蓄積をしながら輸入代替・国内生産に移行する。そして、輸入技術は「導入・定着・改良」の技術蓄積プロセスを経て、開発途上国の発展のための蓄積となる。しかしながら、これは先進国への「追跡的工業化」（キャッチアップ型工業化¹⁴⁾）方法であり、開発途上国にとって技術蓄積のための「積み重ね型工業化」が必要となる。しかしながら、最近の金融グローバル化や急テンポの技術革新は、着実な技術の積み重ね速度以上の速度で発展している。このため、開発途上国は何時までも開発途上国であり、開発途上国の問題は何時までも解決されずに現在に至っている。また、ブラジルの経済学者セルソ・フルタドはこのような状況における低開発国の近代化を次のように述べている¹⁵⁾。「近代化を基礎付ける資本蓄積と生産法における技術進歩が国内に欠如しているにもかかわらず、それより洗練された消費のパターンを私的公的領域で採用している。周辺国内で資本蓄積がなく、技術水準が低いのに生活様式だけ西欧並みにしようとする、生活が近代化するほど資本と技術において外国への従属を深めることになる。生活のスタイルにおける近代化—例えば、電気家具製品、自動車などの普及—は進歩の指標でなく従属と低開発の誘引となり、国内の社会的不均等を増大させる」。このような開発途上国で起きている消費経済が先行している国内の経済的・技術的空洞化問題の解決策の選択肢として提案されているのが国内に独自の発展の基礎を作ろうとする「内発的発展」と考える。

そこで、本研究において用いる「内発的発展」を定義するために、以下に従来、報告されている内発的発展の定義、解釈及び内発的発展例を要約し、それらから、マレーシアにおいてバイオマスを利用したエコインダストリーパークを内発的発展の手段とする場合の必要な因子を確定する。

IV. 2. 1. 内発的発展の解釈－1

内発的発展について、鶴見和子は様々の立場の学者や集団の解釈を次のように紹介している¹⁶⁾。

1. イギリスの経済学者グドレイ・シアズ：全ての人間のパーソナリティの可能性を実現することを目標とし、その条件として貧困と失業をなくし、所得配分と教育機会均等することである。また、経済面においては食料、工業製品、資本そして技術の他国依存を出来るだけ最小限にとどめる。

2. ブラジルの社会学者フェルナンド・H・カルドゾ：発展とは外国への従属がより少なく、自国内で資本が蓄積され、自国内で工業を興す活力が沸き起こり自力で経済成長できる状態を言う。

3. ハマーショルド財団：人間集団が自分たちの持つもの－自然環境、文化遺産、男女のメンバーの創造性－に依拠し、他の集団との交流を通して自分たちの集団をより豊かにすることである。そうすることによってそれぞれの発展の様式と生活の様式とを自立的に作り出すことが出来る。そのような要件とは、①食べ物、健康、住居、教育など人間が生きるための基本的要件を充足させること、②それぞれの社会のそれぞれの地域の共同体の人々の共同によって発展をはかること。このことを内発的、自力更生という、③それぞれの地域の自然環境と調和を保つように発展を図ること、④「もう一つの発展」とはそれぞれの社会内部で構造変革を必要とする。

4. 鶴見和子：目標において人類共通であり、目標達成への経路と創出すべき社会のモデルについては多様性に富む社会変化の過程である。共通目標とは地球上全ての人々および集団が衣食住の基本的要求を充足し、人間としての可能性を十全に発現できる条件を作り出すことである。それは現存の国内および国際間の格差をうみだす構造を人々が協力して変革することを意味する。そこにいたる経路と目標を実現する社会の姿と人々の暮らしの流儀とは、それぞれの地域の人々及び集団が固有の自然生態系に適合し、文化遺産(伝統)に基づいて外来の知識・技術・制度などを照合しつつ自立的に創出する。

IV. 2. 2. 内発的発展の解釈－2

西川は上記の鶴見の定義を「後発社会にとって先進社会の模倣に止まらない、自己の社会の伝統の上に立ちながら、外来のモデルを自己の社会の条件に適合するように作り変えてゆく発展のあり方」と再定義し、更に、内発的発展の特性を次の4点にまとめて分析している¹⁷⁾。

1. 内発的発展は経済学のパラダイム転換を必要とし、「経済人」に代え、人間の全人的発展を究極の目的として想定している。

2. 内発的発展は他律的・支配的発展を否定し、分かち合い、人間開放など共生の社会作りを指向する。

3. 内発的発展の組織形態は参加、協同主義、自主管理等と関連している。

4. 内発的発展は地域分権と生態系重視に基づき自立性と定常性を特徴としている。

この例として、アジアの内発的な人間開発論者であるタイの「社会参加型仏教」の開発僧やカンボジアの僧侶たちの近代化と開発より取り残された人々に対する自立支持活動、環境保全活動、協同組合形成による村興し運動、スリランカの「サルボダヤ・シュラマグーナ（覚醒と非暴力）運動」を紹介している¹⁸⁾。

IV. 2. 3. 内発的発展の解釈－3¹⁹⁾

中国の社会学者である費孝通は中国における郷鎮企業の発展様式として蘇南模式、民権模式、温州模式そして耽車模式の4つを上げている。

注) 郷鎮企業：もともとは、人民公社時代の社体企業から出発している。したがって、当初は郷有民営、村有民営という形態が中心であった。1984年ころから民有民営企業が次第に増え始めた。最近は

脱農化した経営者が一般的である。

1. 地租南模式は人民公社時代の社隊工業（公社や生産大隊、生産隊が経営した工業）から町村が企業を受け継ぎ、集団的な経済実体を保ちながら郷鎮工業になって引き続き発展していった。従って、蘇南の農村の工業化は人民公社制度の中から始まり、資金は農民の蓄積による。

2. 民権も初期は家庭副業から成長した「庭院経済」（農家が母屋周辺の空き地を利用して行う経済作物の栽培、養豚養禽、魚介類の養殖などの副業から発達した商品経済）からの発展で、集団的な資金蓄積が出来なかったため、県財政からの投資で経済作物の加工工場が建てられ、その工場を核に発展していった。

3. 温州模式は貧しい地域で、貧困に迫られて出稼ぎに行った人々（労働大軍）がよそで儲けたお金を故郷に送り、それが蓄積され「家庭工場」を発展させる資金となった。この「家庭工業」から始まり工場まで発展させ、郷鎮工業を興した。

4. 耽車模式は家ごとの多少の蓄えによって、大量の投資を必要としない筋肉労働のみによって経営できる「家庭企業」が出現し、そこから簡単な設備機械の小型工場に発展した。

このように、これら郷鎮工業は農民の貧しさからの脱却のために産まれた施策であり、内発性を含んでいる。しかし、その後の更なる発展のためには近代化された製造技術、工場管理の知識及び市場情報がなければならない。そして、内発的郷鎮企業が外部と関わり始め、外向型と内発型とが結びつき、混合した方式が出現し、新しい発展方式の段階となった。そして、これらは郷鎮企業が発展したものであるとの認識し、「例え、技術、設備、情報、人材、資金を外部から導入しても、その地域の生活を土台にしている限り内発的発展である」、「外国の資本、技術が導入されても良い、人材が提供されても良い。設備が入っても良い。しかしながら、にもかかわらず、内発型として発展することが出来る」としている。これは内発的な郷鎮企業が主体になって、外国資本を地域の住民のために役立てることで、なし得ているからである。

IV. 2. 4. 内発的発展の解釈－4. 内発的発展と地域開発

地域開発の地域という言葉において、鶴見和子はジェシー・バーナードのコミュニティー概念の3要素²⁰⁾を参考にして次のように記している。

3要素とは「場所」、[共通の紐帯]そして「相互作用」であり、「場所」は定住地、定住者、定住性、「共通の紐帯」は共通の価値、目標、思想等、「相互作用」は定住者間の相互作用と定住者と地域外からの漂泊者との相互作用との双方を含む関係性と解釈している。内発的発展の単位としての地域はこのような3要素からなる土と水とに基づいて定住者が生活を営む場所としている。

しかし、従来の国際協力による地域開発における地域はこのような視点とは異なった地域の捉えかたであった。すなわち、その開発方式の典型的な過ちとして **Robert Chambers** が述べているように²¹⁾、開発途上国政府の立案した開発計画にのっとりたマクロレベルでの農村総合開発プロジェクトであった。世界銀行は農村地域の貧困対策として小規模農業と農家が主要な対象として、例えば、**1973**年からの**13**年間で**498**件の農村開発プロジェクトに**500**億ドル（1件当たり約**1**億ドル）を使い、その内、地域開発プロジェクトは**40%**を占めた。しかし、このようなプロジェクトはその地域実情にあったプロジェクトであるか否かを確認することなく、開発国政府から提出された先進国の開発の関する観念に適合する大規模開発による地域振興であったため、多くの場合が失敗に終わった。その理由は下記にまとめられている。

1. 管理上の問題：組織、制度上そして管理上の複雑さ
2. 実現性の問題：プロジェクト実行に必要なとされた実効性のある技術パッケージの不在

3. 実行上の問題：資金供給を先行させ、パイロットプロジェクトを行わないまま、いきなり達成目標の高い大規模事業を行った。

このようなマクロ的な開発でなく、ミクロ的な開発形式をとろうというのが内発的發展であると考ええる。そして、このミクロ的な因子としては上記 3 課題の反省のもとで①自主性、②地域に則したプロジェクト(資源、技術)、③地域に実効性のあるプロジェクト(市場、雇用)の 3 因子が含まれている。

本研究の「ゼロエミッション・インダストリーパーク」における地域とは「バイオマス廃棄物発生場所とそれを有効利用のための加工場所を含めた地域」であり、これら 3 因子を満たそうとするものである。具体的には嵩高なバイオマス廃棄物の輸送コストの制限から決められる最大で 20Km 以内である(20km はマレーシアにおける FFB を農園から搾油工場まで運ぶ経済的的最大距離)。これは物理的な定義の仕方であるが、オイルパーム農場、ミル工場(パームオイル搾油工場)およびその周辺はオイルパームを中心として構成させた地域で、殆どパームオイル産業に直接又は間接に関連した地域社会である。この地域社会が鶴見が定義した「場所」、[共通の紐帯]、「相互作用」の要件を満たすことを検証する。

IV. 2. 5. 内発的發展の解釈－5. 内発的發展と外向的發展

鶴見は「西欧の手本をそのまま借用する外発的發展がある。しかし、それだけでない。地域の自然体系に適合し、社会構造、精神構造の伝統に基づいて地域住民の創意工夫によって、新しい生産や流通の組織や、衣食住の暮らしの流儀を創造する内発型的發展もまた同時に進行する。外発型と内発型とは、1 つの社会の中の異なる地域あるいは生活領域に併存する。後発社会における内発的發展の可能性を探るのが内発的發展論の主旨である」²²⁾と述べており、内発的發展の中に外発的發展の要素を含んだ発展方式について示したものである。そして、内発的發展と外発的發展の外に「外向的」という考え方について、中国産業における費孝通の考えを紹介している²³⁾。それによると、内発的發展をとる企業には次のような 3 つのタイプに分けられる。

1. 内発型企業：資金、経営、運輸、販売は国内の投資に依存する。
2. 外向型企业：資金、経営、運輸、販売は国外の投資に依存する。
3. 内発型と外向型との結合型企业

このiiiは更に次の 3 つに分類されると鶴見は考える。

- ①外向型が内発型を支配、従属させる
- ②内発型と外向型が一つの企業の中で役割分担して併存する
- ③内発型が主体になって、外向型を内発的發展の目標である地域住民の生活を豊かにするために役立つ。

このような考え方が生まれるにいたった理由は、従来、外発的というと外国の側に主導権のある資本・技術・設備がクローズアップされ、内発的發展との対立のみが中心であった。しかし、中国経済で発展しつつある様式の一つを説明するのに「内発的の中に外発的因子を中和させた発展様式」として説明するのに必要になった。即ち、近代工業が発達する現在、外向的は内発的發展との結合された型として捉え、「国内経済と国際経済を相互に接合して、外発性の資金・技術・設備・人材を導入することにより中国産業の質を高め、利潤を高める」外向的發展が中国政府によって奨励され定着してきたからである。

費孝通は「内発的發展も外向的發展もそれぞれの地域の特徴を基礎としている。たとえ、外部から技術・設備・情報・資金を導入しても、その地域の生活を土台にしている限り、内発的發展は内発的發展である。そして、外向的發展にしても、その地域の固有の伝統・産業・環境を無視できない」と説明

している。

IV. 2. 6. 内発的発展の解釈－6. 内発的地域振興²⁴⁾

内発的な地域振興とは地域が地域に存在する資源、労働力、伝統的技術など、地域に内在するポテンシャルを最大限に活用して主体的に工業化を推し進めることを言う。具体的には

1. 地域で生産された財は可能な限り地域内で流通させ、消費させる。
2. 地域外から購入している財で、地域内で生産可能なものは出来るだけ地域内生産に切り替える。
3. 地域内で加工度を高め、地域外に販売する。このことは同時に、加工度を高めた分だけ地域内循環が拡大する。
4. 都市と農村を連結した定住圏の形成

しかし、この考えの中では、経済の地域循環には限界があることを認めており、広域的（全国、国際的）な経済循環に依存せざるを得ないので、地域内循環を補完する存在として地域外に独自の財を供給する産業が必要としている。

このような内発的地域振興を実行するに当たっての戦略として

1. 経済の地域内循環を可能な限り循環させる。
2. バランスの取れた地域的産業構造を指向する。
3. 諸産業の有機的結合、特に農業と工業のつながりに配慮する（農業－工業間のリサイクル）
4. 産業と住民生活との地域内リサイクルに配慮する。
5. 地域の風土的特性、地域の資源、地域の労働力を最大限に活用する。

IV. 2. 7. 内発的発展の解釈－7. NAIC 型、NIES 型²⁵⁾

NAIC 型はタイの第 6 次経済計画において重視された工業化の方式である。農業依存度の高い地域において、農業を振興し農産物を加工して移出する。より付加価値の高い製品への移出代替である。加工を通じて技術の蓄積と技術開発をとまなう後方関連効果を生じ、工業化が進展する。農業離脱が生じて、農村に新たな雇用の機会が生まれるために農村離脱は進まず、徐々に工業化が進む。この方式は優れた内発的発展方式である。

NAIC 型が発展して **NIES** 型になる。**NIES** 型は技術、資源、資金などを外国から導入し、製品を加工し輸出するタイプの工業化である。効率的な先進国へのキャッチアップを目指す。工業化の基礎となる技術の進歩は次のようになる。

導入 → 模倣 → 改良 → 応用 → 開発

市場との関係から製品の流れは次のようになる。

輸入 → 輸入代替（国産化） → 輸出

この **NIES** 型は内発的で、かつ外向的なケースや外発的なケースもある。

IV. 2. 8. 内発的発展の解釈－7. 中間技術（適正技術）^{26)、27)}

大規模化、高速化、資源多消費といった特徴を持つ近代技術は人間生活に多くのメリットを与えたが、反面、自然破壊・環境汚染という非常に大きな負の遺産を残すことになった。この負の遺産を出来るだけ小さくするために近代技術の見直しが必要になった。このような中で、従来の小技術である伝統技術と、大技術である近代技術との間の大きさの技術は、伝統技術と近代技術の中間に位置し、両者を融合した「生態系に易しく、省資源型」技術と言える。と同時に「それぞれの地域の社会的・経済的・文化的条件に適合し、人々が広く参加でき、人々のニーズを的確に満たすと共に環境に負担をかけない」適正な技術であることが必要である。そして、中間技術として適正な技術を選択することが重要である。

IV. 2. 9. 本検討における内発的発展の定義

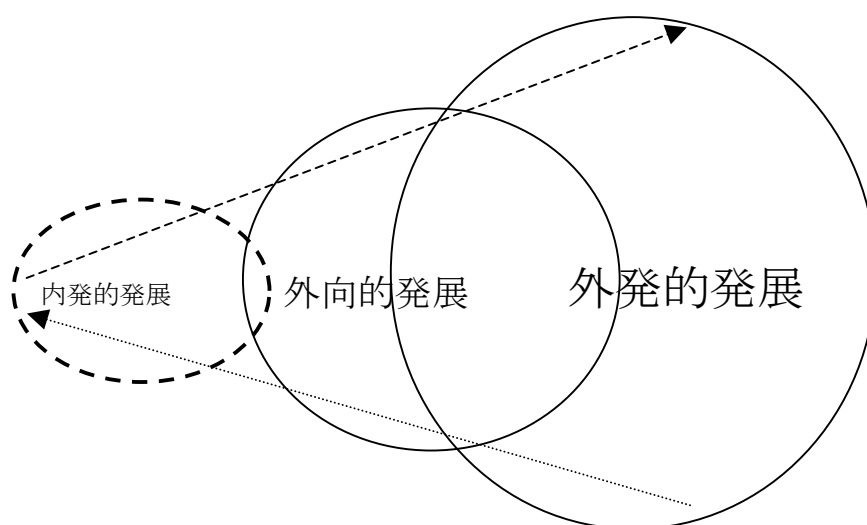
以上、「内発的発展」に関連する代表的な定義、考え方について8つの例を記し、これらを[表-6]にそれらの要素としてまとめた。

従来の発展途上国の発展手段としてとられたきた「外発的発展」(キャッチアップ型工業化論)は実は、発展途上国の発展への寄与よりも先進国にとっての発展のために都合が良かった事実、そして、その反省に基づき、真に発展途上国の発展に役立つ発展方式の選択肢として提案されているのが「内発的発展」であると考え。この「内発的発展」を成功させるためには以下の2点が必要と考える。

1. 発展途上国の利益を主体とする発展方式であること
2. そのためには、発展途上国外からの影響を受けにくい産業形態であること

しかしながら、現在のようにグローバル化された世界に組み込まれてしまっている発展途上国にとって、国外と隔絶された産業形態はありえないし、また、外向的、外発的産業を国内に抱え、国内経済はそれらに頼った経済になっている。そのような産業構造の中で「内発的発展」の位置づけを下記の概念図のように考える。即ち、「外発的発展」的産業から出てくる各種要求(規模、品種、品質、数量、価格、納期など)を直接に対応しなければならない状態は外部からの因子が発展の様式に影響を大きく与えることから「内発的発展」を採りにくい。そのために、外発的発展的産業と内発的発展的産業の間にそれら外発的各種要求を吸収するクッション的役割を果たす外向的発展的産業が存在することにより内発的発展的産業が存在し易くしえると考え。

そして、マレーシアにおいては、まさに、この形態を採ることができる産業形態を採っている。即ち、マレーシアにおける「外向的発展」はパームオイル産業、天然ゴム産業などの一次産業およびパームオイル加工産業、天然ゴム加工産業などの二次産業である。「外発的発展」とは、世界の主要な家電メーカーが合弁会社を作り、製造して海外に輸出している白物(冷蔵庫、洗濯機、クーラーなど)や半導体産業であり、「外向的発展」のユーザーの一部でもある。○の大きさは産業の大きさを概念的に記したものである。そして、「内発的発展」は、このパイをどのように大きくしてゆくかの議論でなく、



く、地域にとっての重要度をどのように大きくして、マレーシア産業の中に位置付けてゆくかが課題

である。

このような状況の中で、上記したような多くの人が提案している「内発的発展の要素」を各国・各地の発展の種類、成り立ち、程度などが異なる様式に、一様に当てはめて「内発的発展」を評価することは難しい。例えば、産業が殆ど育っていない場所で、これから発展を図るときに「内発的発展」として採る手法と、マレーシアのように、既にある程度、産業発展が進んでいる状態で、しかし、解消しなければならない問題（例、経済的貧困、地域格差）を抱えており、その解決策の選択肢として「内発的発展」手法をとる場合とは異なる。即ち、後者は既にある産業（または産業の一部）に住民・労働者・地域に寄与する手法、場所を作り出す、または体質を改善するための「内発的発展要素」であることが必要である考える。

即ち、マレーシアのオイルパーム産業を例とする本検討の背景は下記の通りである。

1. パームオイル産業は世界第一位の輸出国にまで成長している産業である。
2. パームオイル産業からは大量のバイオマスが有効利用されることなく農村地域に排出されている。
3. 農村地域に、このバイオマス利用による新事業は地域に雇用の創出、収入源の多様化の可能性がある。
4. このバイオマス利用による新事業に内発的因子を持つ事業を選択することは、結果的に農村地域に雇用をもたらす、持続可能な発展をもたらす。

即ち、ここで想定する内発的発展はパームオイル産業という外向的産業のクッションの存在と協調しつつ存在する内発的発展である。このことより、[表-6]より内発的発展に必要な因子をと次のようにまとめた。

1. 自給率を高め、他国依存を最小限にし、地域文化を活用し、地域共同体によって発展
①地域内資源、技術の活用。地域市場、地域内循環、移入品代替、加工度 up
 2. 自然環境の維持、改善
 3. 人間として可能性を十全に発現できる条件を整える
①経済的効果：新規事業（雇用機会拡大）、経費削減
- これらをこれからのバイオマス利用検討における「内発的発展」の評価因子とする。

IV. 3. バイオマスと内発的発展の整合性

バイオマスおよびオイルパームバイオマスの特徴を[表-7]に示す。先にも記したように、一般的にバイオマスは再生可能であり、環境に優しく、有機物であるという特徴を持っているが、これを原料として利用する場合には、希薄に存在、エネルギー密度が低い、資源発生に季節的な量的変動などの致命的な欠点がある。しかし、オイルパームバイオマスは同じ欠点を保有しつつも、場所的に集中し、大量に発生し、しかも、資源の発生に季節変動がないという特徴があり、原料として利用し易くなっている。この特徴を生かした利用がIV. 2. 9. 節に示した内発的発展因子とどのような整合性があるかを[表-8]に示した。

1. 自給率を高め、他国依存を最小限にし、地域文化を活用し、地域共同体によって発展
地域資源である嵩密度の高いバイオマス廃棄物利用は地域的立地が必然となるために地域共同体の発展に寄与する。更に、**地域文化**である農業（パームオイル）の廃棄物を用い、**地域の技術**を用い、**地域市場**で消費する**地域循環型製品**(肥料、飼料、燃料等)をバイオマス利用商品の選択肢とすることで可能である。
2. 自然環境の保護と改善

バイオマスは**再生可能資源**（カーボンニュートラル）であり、**環境に優しい資源**（環境汚染物質の排出が化石資源に比べて少ない）であるから該当する。

3. 人間として可能性を十全に発現できる条件を作り出す

バイオマスを利用した**新規事業の創製**により、地域に**雇用機会を増大**させ、また、廃棄物利用による経費削減により企業体質の改善により労働者の**給与及び雇用の安定化**に寄与できる。

以上より、バイオマス利用により、新規事業を創設する可能性があることが判った。また、再生可能な資源であるバイオマス利用は「地域文化である農業（パームオイル）の廃棄物を用い、地域の技術を用い、地域市場で消費する製品(肥料、飼料、燃料等)をバイオマス利用商品の選択」の具体的化することによって内発的発展の手段となり得ることが判った。

これからの議論は、パームオイル産業から排出されている全種類のバイオマスの全量を利用して、上記「内発的発展」の定義を満足させるためのバイオマス利用の最適組み合わせを検討することである。

IV. 3. 1. 現在のマレーシアにおけるパームオイル産業の発展方式について

マレーシアにおける現在のパームオイル産業をIV. 2. 9. 節で決めた「内発的発展因子」で評価してみる。

1. 自給率を高め、他国依存を最小限にし、地域文化を活用し、地域共同体によって発展

① . 地域内資源、技術の活用。地域市場、地域内循環、移入品代替、加工度 up

地域資源、そして技術も地域技術になっているから満たしている。また、アレーシアは世界の植物油全体約13%の輸出国であり、自給率、移入品の代替も満足している。更に、オイルの商品価値を高めて輸出する加工度 up の努力は進められている。

しかし、輸出を主目的で進められているパームオイル産業であるから地域市場、地域内循環の面では満たされていない。即ち、国内の市場、国内循環は生産されるオイルの僅か**10%**以下である。このため、パームオイル産業の経済は海外の植物油市場に大きく左右され、これが直接に労働者を直撃し低賃金、不安定賃金そして雇用の不安定の原因になっている。

2. 自然環境の維持、改善

熱帯雨林を破壊しオイルパームプランテーションを造成したこと、及び、プランテーション後の表面土壌の侵食、農薬被害、排出される廃棄物による汚染など多くの環境問題を抱えている。

3. 人間として可能性を十全に発現できる条件を整える

①. 経済的効果：新規事業（雇用機会拡大）、経費削減

パームオイル産業によって雇用機会が増大してきたことは事実である。しかしながら、[図-6]に示すように、オイルパームプランテーションの約**60%**を占める私的企業はマレーシアがイギリス植民地から独立した後、プランテーションの運営方式にイギリス植民地の運営方式をそのまま引き継ぎ、労働者への利益還元意識が殆どないことが農村地域の貧困の問題に一因となっている。プランテーション労働者の殆どが変動する日給制であり、固定給制ではない。そして、その日給は日毎に次のように決まる。

$$\text{日給} = \alpha (\mathbf{M} \times \mathbf{Er} \times \mathbf{V})$$

ここで

α : 係数

\mathbf{M} :労働者のその日の働き具合、オイルパーム果実 (**FFB**) の収穫量 (k g)

\mathbf{Er} (**Extraction Rate**) :オイルパーム果実から抽出されるパームオイルの収率 (%)

V:オイルパームの市場における取引価格をパームオイル抽出率 **1%**に換算された数値

Er,V は労働者の本質的責任ではないにもかかわらず、収率変動リスク、価格変動リスクを労働者に転化する方法で日給が決められる。このため、組合との協定で一応、最低賃金 **RM35/日**は決められているが、その額は必ずしも支払われない。この問題は貧困に関する本質的な問題の一つであるが、ここではその問題は検討の主題ではないので検討から外す。

以上より、現在のパームオイル産業は「内発的発展的産業」とは位置づけられない産業である。

先に記したように本検討は上記の既存パームオイル産業を内発的発展の因子を持つ産業に全面的に変換しようとするものではない。すなわち、[図-6]にパームオイルプランテーションの所有者構成図を記したが、今回の検討対象としているのは **Estate** と呼ばれるプランテーションでなく、残りの約 **40%**を占める独立小規模 (**Independent Smallholding**) 及び政府 (**Federal Scheme**)・州管理 (**State Scheme**) プランテーション (これ等の成り立ちについては後で詳述する) である。そして、これらにとって、プランテーション又は搾油工場近隣に内発的発展的バイオマス有効利用加工場を付設することにより、農民の新規事業への参加を可能にし、新規事業創製と経営安定化のための **1** 手段となり得る。そこで本検討では現在の事業の活動方式の改善・変換が可能な事業を提案するものである。即ち、この提案は農民を新規事業に原料販売とそこで生産される製品の需要家という位置づけを作ることにより新規事業への参画の可能性を作り、同時に新規事業・コスト削減を行うことにより新規雇用機会を増やし、収入機会を多様化することにより地域を活性化すると同時に、経営を安定化させて労働者賃金の安定と賃上げを可能にしようとするものである。技術的には既に開発された技術を用いることが可能であり、製品は地域内消費を主体に置いた製品を開発することが望まれる。しかしながら、一部は製品を域外 (海外) 販売に依存する事業も選択肢となる。

IV. 4. 持続可能な発展

1987 年の環境と開発に関する世界委員会 (ブルントランド報告) は持続可能な開発を提案し、「将来の世代がそのニーズを満たすための能力を損なうことなく現世代のニーズを満たす開発」と定義している。そして、**1992** 年にリオデジャネイロで開かれた地球サミットで持続可能な発展を図るための **2500** 件を超える行動勧告が提案された「アジェンダ 21」が採択された。ここでは環境、経済および社会の懸案事項を単一の政策枠組みに統合すると言う画期的な役割を果たした。しかし、**2002** 年のヨハネスブルク・サミットにおいて国連事務総長のコフィー・A・アナンは「約束だけでは目標が達成できないことが明らかになり、持続不可能なやり方が現在も苦境をもたらしている」と言っているように行動勧告は有効に遂行されてこなかった。そして、現在も地球規模的な環境問題、貧困問題等が改善されずに続いている。今後、持続可能な開発によって地球の持つ能力以上に天然資源の利用を増やさずに、さらに、環境問題・貧困問題の克服に向かって世界全体の人々の生活を向上させることが求められている。そのために、ヨハネスブルク・サミットにおいて「持続可能な開発のために以下の3つの主要分野で全世界が行動を統合する必要がある」としている。

1. 経済成長と公平性：今日の相互連関的でグローバルな経済システムでは、責任ある長期的な成長を促進する一方、置き去りにされる国家やコミュニティが出ないようにするために総合的なアプローチが要求される。

2. 天然資源と環境の保全：環境遺産と天然資源を守り、将来の世代に引継いで行く為には、資源の消費を減らし、汚染に歯止めをかけ、自然生息地を保全するために経済的な解決策を開発しなければ

ならない。

3. 社会開発：世界中の人々には仕事、食料、教育、エネルギー、健康管理、水および衛生設備が必要である。このようなニーズに対処する一方で世界共同体は文化的・社会的多様性という豊かな構造と労働者の権利が尊重され、社会のあらゆる構成員がその将来の決定に役割を担う力を与えられるようにしなければならない。

さらに、これらに不可欠な要素として使われる言葉に5つのEがある。それらは**Ecology, Economy, Energy, Education**そして**Ethics**である。最近、これらの内で後者の2つの言葉**Education**と**Ethics**の実践が、特に教育（一般教育、性教育、技術教育等）が発展のための重要要素と認識されるようになってきている。

このような持続可能な発展および社会を目指す具体的な方法として **Donella H. Meadow**²⁸⁾ らは **Herman Dalay**²⁹⁾の提示する3つの条件（IV. 1. 1.節. ゼロエミッションの原則の1～3）を満たしていることが必要であるとし、さらに次のようなガイドラインを提唱している。

1. 指標の改善：真の環境コストを含んだ価格付けを行い、**GNP**などの経済指標においてコストと便益、自然資本の減耗と所得を混同しないように改める。

2. 環境への圧力への対応に要する時間を短縮する：効果的対応のために必要な制度と技術をあらかじめ整えておくと同時に、創造的、批判的思考、社会的システムを設計しなおす能力を身に付ける教育をする。

3. 人口と物的資本の幾何級数的成長を減速させ、最終的に停止させる：持続可能で望ましい人口や工業生産レベルを明確にし、成長でなく発展の概念を核とした明確に定められた目標を定める。絶え間ない物理的拡大を必要としない人間の存在目的のビジョンである。

更に、アジェンダ21実施計画(97)の「生産及び消費形態の変更」にエネルギーと原料の効率的な利用について触れられており、「開発途上国の自発的な能力開発と経済発展を促すことにより、これらの国々のエネルギーと原料の効率的利用を推進する方策を採用するよう国連機関を奨励すべきである」としてされている。

以上のような持続的発展の考え方はIV. 1. 1. 節で述べたゼロエミッションを実現させるための原則と非常によく一致している。

マレーシアは2001年における一人当たりの国民総所得を為替レートで比較すると東南アジアにおいて香港(25,920ドル)、シンガポール(24,740ドル)、ブルネイ(24,620ドル)についで4位であるが3,640ドルと3位のブルネイの約1/7と格差は非常に大きく、まだまだ低い所得水準にある。また[表-24]に示すように、都市部と農村部の所得格差は1:1.7であるが、農民の所得は都市部の約1/5と低く、地域の所得格差が大きい。更に、マレーシアの全貧困世帯の75%が農村に存在しており、農村部の所得の低さを表している。

本研究で提案する「バイオマス廃棄物を利用するゼロエミッションのエコインダストリー・パーク」は、このような農村地域に雇用を創出することによる地域発展（社会開発）への寄与、廃棄物利用による潜在的な資源を原料として有効利用し、資源消費を最小限化による環境への圧力の低減を可能とするものと考えることができる。これは上記の考えに則していると同時に、地域開発について **Lo & Kamal**³⁰⁾ が述べている「工業化の条件が未熟なアジア諸国では、工業発展を中心的な拠点における成長の起爆剤とする成長拠点方式は近代工業施設の離れ小島をあちこちに産出すのみで、これ等諸国が最も必要としている雇用吸収効果を作り出すことは出来なかった。成長拠点論は地域開発のために部分的に有効であったに過ぎない。アジアの現実に対応するためには都市部と農村部の双方を併行し

て進めてゆく地域開発政策が必要である」という議論に則したものと言える。

IV. 5. まとめ

以上より、下記の項目を満足することによって内発的発展が達成されると定義した。そして、発生するバイオマスを全種類、全量有効利用する方法を選択し、組み合わせることでゼロエミッション・エコインダストリーパークを達成しながら、これらの項目を満足するオイルパームバイオマスの利用法を選択して組み合わせることが必要であることを明確にした。

1.. 自給率を高め、他国依存を最小限にし、地域文化を活用し、地域共同体によって発展

①地域内資源、技術の活用。地域市場、地域内循環、移入品代替、加工度 up

2. 自然環境の維持、改善

3. 人間として可能性を十全に発現できる条件を整える

①経済的効果：新規事業（雇用機会拡大）、経費削減

これらをこれからのバイオマス利用検討における「内発的発展」の評価因子とする。

1.. 自給率を高め、他国依存を最小限にし、地域文化を活用し、地域共同体によって発展

①地域内資源、技術の活用。地域市場、地域内循環、移入品代替、加工度 up

2. 自然環境の維持、改善

3. 人間として可能性を十全に発現できる条件を整える

①経済的効果：新規事業（雇用機会拡大）、経費削減

今後、これらの因子をバイオマス利用が「内発的発展」に合致しているか否かを評価する際に用いる。そのため、これら因子を「内発的発展評価因子」と呼ぶ。

引用文献)

9) 三橋規宏(2001)ゼロエミッションのガイドラインー廃棄物のない経済社会を求めてー.国連大学ゼロエミッションフォーラムブックレット 5-10p

10) 高野慶明(2002)ゼロエミッションの継続的工場.ゼロエミッション構築技術.9月別冊オーム社 3p

11) 奥勇次郎(2002)“ごみゼロ工場”への挑戦.ゼロエミッション構築技術.9月別冊オーム社、11,12p

12) 藤田晋輔(2001)“屋久島におけるゼロエミッションプロジェクトー有機系複合廃棄物資源回収型パイロットプラントー”.ゼロエミッションシンポジウム2001国際連合大学 研究事例発表1

13) Indigo Development(1996),Industrial Ecology Action,URL:<http://www.indigodev.com/Cases.html#kalundborg>

14) 末広昭(2000)キャッチアップ型工業化論.アジア経済の奇跡と展望.名古屋大学出版会 4-9p

15) Celso Furtado(1973)“Underdevelopment and Dependence:The Fundamental Connection”,Working Paper No.17,Center of Latin American Studies,University of Cambridge.4p

16) 鶴見和子(2000)内発的発展論の展開.筑摩書房 7-10p

17) 西川潤(2000)人間のための経済学.開発と貧困を考える.岩波書店.16-17p

18) 西川潤(編)(2001)アジアの内発的発展.藤原書店 29-88p

19) 宇野重昭ら編(1994)内発的発展と外向的発展.東京大学出版会 251-276p

- 2 0) 鶴見和子(2000)内発的発展論の展開.筑摩書房 25p
- 2 1) **Robert Chambers(1997)**(野田直人他監訳)参加型開発と国際協力.明石書店 65-100p
- 2 2) 宇野重昭・鶴見和子(編)(1994)内発的発展と外向的発展.東京大学出版会 103p
- 2 3) 鶴見和子(2000)内発的発展論の展開.筑摩書房 99p
- 2 4) 清成忠男(1978)地域主義の時代.東洋経済新聞社 63-72p
- 2 5) 宇野重昭・鶴見和子(編)(1994)内発的発展と外向的発展..東京大学出版会 148p
- 2 6) 清成忠男(1978)地域主義の時代.東洋経済新聞社 57-58p
- 2 7) 西川潤(編)(2001)アジアの内発的発展.藤原書店 176-181p
- 2 8) **Donella H.Meadow et.al**(茅陽一監訳)(1991)限界を超えて.ダイヤモンド社.274-275p
- 2 9) **Herman Dalay(1991)Institutions for a Steady-state Economy.Steady State Economics.**
Washington DC Island Economy Press
- 3 0) **Lo F & Kamal S(1978)Growth Pole Strategy and Regional Development Polisy Pregamon.**
265p

V. エントロピーとバイオマス

V. 1. エントロピー的観点からのバイオマス利用の有用性評価

熱力学の第二法則（エントロピーの法則）は環境、資源などを統一的に支配している物理法則であると同時に自然現象の方向を定める法則であり、次のように表されている。

「物質とエネルギーは一つの方向のみに、すなわち使用可能なものから使用不可能なものへ、あるいは利用可能なものから利用不可能なものへ、あるいはまた、秩序化されたものから無秩序化されたものへ変化する」。即ち、エントロピーは一種の資源・エネルギー利用準位の測定法で、低準位の利用可能なエネルギーが高準位の利用不可能な形態に変換してゆく度合い（エントロピーの増加）を測ることができる。これを資源（陸上のストック：再生不可能な資源）を利用した発展で生じている環境問題にあてはめると次のように解釈できる。「経済活動はエントロピー的に低い状態のものを一時的な効用に変換して、最終的に高エントロピーという形で自然（生態サイクル）に戻すという自然のサイクルを利用しつつもそれを破壊している行為（無秩序な状態にする行為）である。」

現在の経済活動は低エントロピーの物質・エネルギーを効用に変換し自然の持つ変換能力をはるかに超える速度で廃棄物（高エントロピー）に変えている。さらに、現在の再生不可能な資源に立脚した技術の進歩はより多くの資源を、さらにより短い時間でエントロピー増大に変換させている。このことが自然の蓄えを枯渇させる速度を速め、さらに多くの廃棄物と無秩序を生み出すことになっている。これが、現在の全地球的な環境問題を発生させている過程である。この無秩序な増大を最小限に食い止めるためには再生可能な資源を使用し、その再生可能資源の生産速度と同程度以下の使用速度により自然界（生態サイクル）に重大な損害を及ぼさないような範囲にとどめるべきである。この解決策であり再生不可能な資源に替わりえるものとしては太陽エネルギー技術（ソフト・エネルギーパス）がある。太陽エネルギーとしては①太陽熱、②太陽光、③風力、④波力、⑤バイオマスなどがある。しかしながら、地球上の我々が利用し得る太陽エネルギーは希薄に存在することから、集中的に大量にエネルギーを必要とする都市や産業・技術的な社会を支えるエネルギーとして利用することは不可能である。また、太陽エネルギーだけに依存しようとする、従来型の石油と電気に頼った技術と経済を大転換する必要があるこのため、資源・エネルギーの節約と大都市のようなエネルギー集中利用の社会的形態の変換を大々的に進めなければならない。希薄に存在する太陽エネルギー利用の最適はなシステムは小規模なシステムである。このような再生可能である太陽エネルギーを利用した小規模システムの新しい時代について **Jeremy Rifkin**³¹⁾ は「より少ないことは、より豊かなことだ」として低エントロピー文化への必要を述べている。バイオマス利用は再生可能な資源を小規模システムで行うもので、このシステムは低エントロピー文化となりえる。

V. 2. まとめ

以上、バイオマス利用はエントロピー的観点から有効であることを確認した。すなわち、バイオマス利用は個々には小規模な利用価値ではあるが、エントロピーを最大限に達することのない再生可能な資源・エネルギーとして有効に利用しようとするものである。

しかしながら、利用しえるバイオマス資源は希薄に存在している。その希薄に存在する資源を経済的に濃縮して利用できるのは、既にバイオマスである農産物事業が成り立っている産業に着目することが有効である。そして、この農産物事業から排出されている廃棄物を有効に利用することは、廃棄物として一時的に上昇している農産物事業のエントロピーを引き下げる効果もある。

本検討は熱帯雨林地帯に大規模に発達しているパームオイル産業に着目し、そこから大量に排出さ

れているオイルパームバイオマスを有効利用して内発的發展に結び付けようとするものである。このことはエントロピーの減少にも大きな役割を果たすことが予想される。

引用文献)

3 1) **Jeremy Rifkin**(竹内均訳) (平成 9 年) エントロピーの法則,地球の環境破壊を救う英知,祥伝社
256-261p

VI. マレーシアにおける外発論的技術導入による事業の失敗例

マレーシアにおいて、発展の形態として外発的發展手法である自国の資源を利用し、海外より技術と資本を導入した事業の失敗例を記す。そして、IV. 5. 節で決めた内発的發展因子がこの失敗の中にいかに欠如していたかを明らかにすることが目的である。

この失敗例は、私が所属していた日本最大手の化学会社（A社）がマレー資本と組んで行った事業であり、会社設立後 **19** 年、操業開始後 **12** 年で A 社はマレーシアから撤退した。私はこの撤退理由となった事件について現地でその問題解決を担当した。ここに記載することは実際に経験したことに基づくものである。

VI. 1. 事業の目的

マレーシアの錫鉱山から排出される錫鉱石を取除いた後の重砂鉱物に含まれるゼノタイム、モナザイトから希土類元素を化学的に抽出して販売を目的とする（希土類元素は蛍光体、磁石などに利用される工業的に重要な元素で、戦略的にも重要な元素である）。

なお、A社にとっては希土類元素を使った蛍光体製品（印画紙、カラーテレビのカラー蛍光体）や磁石製品（モーター用磁石など）を販売することが目的であり、当時、会社の事業規模拡大のために職域拡充として、色々な新規事業（新エネルギー事業、医薬事業、診断機器事業、記憶材料など）をスタートさせていた内の一つがこの希土事業であった。

また、この事業をスタートさせる時に、ちょうど第一次オイルショック直後で、原料をどのように確保するかが事業にとって重要な課題であった。そして、原料から製品までの一貫生産体制を作ることが社内では望まれていた。この希土事業は A 社にとって原料から製品までの一貫生産体制を作り上げた最初の例であった。

VI. 2. 事業形態

事業の形態・概要を[図-7]に示す。

VI. 2. 1. 事業規模

ゼノタイムから酸化イットリウム（赤の蛍光体）を取り出す会社が **1975** 年に資本金約 **1.1** 億円（日本側出資比率：**35%**）で設立された。年産約 **150** トンの能力を持ち、売上高は約 **4** 億円（'86年3月期）であった。ついで **1979** 年に中重希土の炭酸又は塩化希土（磁石などに利用）を取り出す会社が **1979** 年に資本金約 **2.7** 億円（日本側出資比率：**28%**、ただし、最初の設立された会社も **20%** 出資しているので結果的には **35%** 出資となる）で設立された。年産 **4000** トンの能力を持ち、売上高は約 **3** 億円（'92年3月期）であった。日本側からの出向者は **2** 名（副社長と技術部長）、全従業員は両社合わせて約 **30** 名であった。

VI. 2. 2. 事業内容

希土類元素は高純度（用途によって異なるが **99.99%**～**99.999%**は当たり前）で利用される。このため、希土類メーカーは目的の希土類元素を高純度にして蛍光体利用メーカー、磁石製造メーカー等に出荷しなければならない。マレーシアで粗精製された粗希土は市場（需要場所）に近い日本（アジア地域のユーザーに）出荷）又はヨーロッパ（ヨーロッパ、アメリカユーザーに）のA社精製工場に運ばれ、高純度化処理されて一次加工され最終ユーザーに販売された。高純度になればなるほど付加価値が高く、利益率は高くなる。このことより、マレーシアの粗制製品の価値は低く、利益率は低いことになる。別の見方からすると、日本の会社は出来るだけ多くの利益を自分の国内会社に落ち

るようなシステムを採っていた訳である。

VI. 3. 事業撤退の経緯

撤退の原因は公害問題である。先に記したが利用する原料はマレーシアの錫鉱山廃棄物である。この廃棄物(モナザイト)にはもともと核燃料物質であるトリウム (ThO_2) が6～7%含まれている。Thは核燃料物質であると同時に、核変換しながら放射性物質である色々な娘各種を作る。このため、モナザイトから中重希土を取除いた後の残土は核燃料物質、放射性物質としての管理が必要になる。しかし、マレーシア政府は ^{232}Th が増殖炉で核分裂性物質(核燃料物質)である ^{233}U に核変換することが出来ることから、これを核エネルギー資源として位置づけた(当時は世界的に原子力発電所の建設が盛んで、ウランウム資源供給の将来的不安があった。このため、Thが将来の核燃料になり得ると考えられていた。ただし、当時も今もThをUに変換させた核燃料を使用する原子炉(Th炉と呼ばれる)の技術開発はなされていない)。そして、中重希土抽出後の残渣はマレーシア政府の財産であるとして、その貯蔵する備蓄場はマレーシア政府が責任を持って決めることになっていた。しかしながら、この政府が場所を決めるごとに備蓄場反対運動が起きて、場所が決まらなかった。会社設立から操業までに7年もかかったのはその理由である。1982年に政府の許可の下で仮の備蓄場を工場敷地内に設置して工場を稼働させた。しかし、工場近くの住民の中で奇形児が生まれた原因がこの工場からの放射線によるものだとして工場反対運動に発展した。そして、'85年に工場近くの住民が損害賠償と工場の操業停止を求める訴訟を起こされた。'92年にマレーシア高等裁判所が操業停止命令の判決を出されたが、'93年にマレーシア最高裁判所が操業停止の判決を無効とした逆転判決を出した。しかしながら、このような状況の中、中国の希土事業への進出などで世界的に希土市況が悪化したため、A社はこの事業から撤退を決定した。

撤退後もこの廃棄物はマレーシア政府のものであるにもかかわらずA社がその備蓄場の建設・管理の責任を負わされていた。A社は備蓄場を建設後、管理基金として工場のあった州政府に約200億円支払い、管理移管を行った。しかし、工場跡地は更地にして返却しなければならず、撤退決定後10年経つにもかかわらず、工場解体許可が出ないためにA社社員が解体申請業務のためにいまだに常駐している。

VI. 4. 外発的発展ゆえの失敗原因

このような結果になった事業をIV. 5で決定した内発的発展因子で評価したものを[表-9]に示す。これからもわかるように、失敗は外発的手法をとったための典型的な失敗例であり、以下にさらに詳細に記す。

1. 技術

[図-7]に示したように、粗精製希土は希土精密精製工場へ販売の市場はあるが、付加価値の高い実際の製品は高純度に精製した希土類元素であり、このJ.V.で生産される製品である粗精製品は不付加価値の低い製品でしかない。しかも、その粗精製技術も日本A社からの移転技術であり、技術的自立がありえなかった。

2. 自国環境基準への認識の甘さ

マレーシアの基準は国際原子力機関(International Atomic Energy Association:IAEA)の基準をそのまま採用しており、放射線管理基準は示されていたが、具体的な施設、建屋などの実施基準は明確に規定されてなかった。例えば、日本においては放射性物質を含有し、放射性希ガスを発生するモナ

サイトから希土類元素を抽出する施設は、その取り扱い場所の放射能濃度が例え基準値以下であってもグローボックスのような密閉構造内で取り扱うことが要求される（これは作業員が放射性希ガスを呼吸を通して体内に蓄積され体内被曝の原因になる危険性があるからである）。そして、その施設からの排気は希ガス吸着塔を通して管理基準以下の放射能濃度を確認しながら大気に放出する管理法を採らねばならない。しかし、マレーシアの原子力研究所は「取り扱う施設（部屋）に放射性希ガス濃度が管理基準濃度以上にならないよう風通しの良いオープンな構造にする」という指導であった。そして、結果としてその部屋の境界で基準値が守られていれば良いとしていた。この工場は当然のことながらマレーシアの環境基準、管理基準のもとに設計・運転され、境界において管理基準値を満足していた。これに対し、先進国の管理基準（今回は日本の基準）を採択しないで稼働している工場は先進国からの公害輸出であるとする日本の一部学者が反対運動を指導し、日本及びマレーシアで反対運動が大きくなった。日本 A 社本社前やマレーシア工場周辺では反対運動のデモがあり、これが、日本の新聞、雑誌に大きく取り上げられた。この工場を日本の放射性物質取り扱い事業所の基準を満足するように改装するための資金の出資については、マレーシアの基準を守っているとして反対するマレーシアパートナー及び事業性の問題、そして、企業イメージのダウンからも続けることは困難と判断して、94年にマレーシアにおける希土事業から撤退を決意した。

マレーシア政府は国際原子力機関の基準ではあるが自国の環境基準にして法律にしている訳であるから、外国からの活動家による騒ぎに対して「自国法律による統治」という毅然たる態度を示せないところに開発途上国の政治家、法律家の弱さがあり、ここにも国としての外発的な因子が現れている。

3. 自力で成長の意識が薄い（日本側への依存が強かった）

合弁会社のパートナーは設備投資の際の環境に関する基準はマレーシア基準で投資を主張し、もし、日本基準に改装するのであれば日本側が負担することを要求した。マレーシアサイドはこの問題は日本サイドの問題として、その対処を日本 A 社に求めた。マレーシアサイドにとっても、自社の問題であるが、問題解決を相手側に依存しようとするのは、当に外発的発展方式の現れである。

4. 地域発展の基礎がなかった

合弁会社の組織として研究所を持っていたが、そこではあくまでも工程管理が目的で、工程の技術開発などはなされていなかった。そのため、粗精製技術及び製品の付加価値を高める精密生成の技術開発のシステムはマレーシアになく、また、さらに付加価値を高める高純度希土類元素を用いた製品開発を行うシステムがなかったために、マレーシア側に技術の芽がなかった。

5. 市場の他国依存（国内市場がない）

国内、近隣諸国（東南アジア）にほとんど市場がなかった。そして、粗希土製品の販売先は全て、A 社向けであった。

6. 日本 A 社の認識の甘さ

A 社はマレーシア国内であるから、マレーシアの法律を守ることが原則であると考えた。日本の基準で工場を設計し、建設したら（これは、放射性物質取り扱い施設として耐震、火災など建設上の全部を含む）、コスト的にペイせず、マレーシアに原料があったとしても事業はやらなかったであろう。安い人件費と同時に日本に比べると環境管理基準の低いことからのコスト安が魅力でマレーシアに進出した判断に根本的な認識のなさ、甘さがあったことは否定できない。

ちなみに、この事件と相前後して先進国（アメリカ、カナダ、オーストラリア等）の企業は環境汚染問題で希土粗精製事業への進出断念や事業から撤退した。現在は先進国の各企業は粗精製希土を購

入して精密精製するか、精密精製技術を中国に技術移転し、精密精製希土類元素を輸入して蛍光体や磁石の高付加価値製品を製造する事業に移行した。現在、粗精製希土は中国が殆ど供給を独占しており、先進国はこれを購入して精密精製を行っている。しかしながら、この状態は違った意味での先進国の公害輸出の形をとっていると言える。この問題は中国自身の問題ではあるが、中国の粗精製工場は先進国並みの環境基準で操業していない。その結果、中国に環境汚染を負わせているおり、先進国は付加価値の高い事業を行っている。このような低い環境基準による低コストという競争力で世界のコンペチターを駆逐した中国自身にとって、環境安全にコストをかけない生産が必要である粗精製希土事業を見直す必要であるであろう。そのためには、その上に成り立っている蛍光体事業や磁石事業などの希土を原料に用いている企業はコストの高い粗精製希土を利用しても事業が成り立つように事業を見直すべきである。そして、更にその上の蛍光体や磁石を利用するメーカー（例えば、電機メーカー）もコストの高い蛍光体や磁石を利用しても成り立つ事業にすべきである。即ち、「粗精製希土—精密精製希土—蛍光体、磁石—蛍光体、磁石利用メーカー—最終ユーザー」の全体が環境への負担を適切に負担する構造を作るべきである。このような考え方はIV. 1.1.節に記した「価格に環境コストを内在化させ、環境効率の高い市場経済を作る」のゼロエミッション実現の3つの原則のうちの一つにもなっている。そして、このような貿易を行うための方策として生産費に基づいた価格形成に努め、互恵的な貿易を行う規律を作ることが必要である。その手法の一つとして欧米や日本のNGOはオールタナティブ貿易(AT:alternative trade)と呼んで、①生産者がどういう状態で生産しているか、②原価構成は適切か、③どれだけの輸送保険費用がかかるか、④販売コストはどうかなどの全てのコストを公開し、消費者が貿易の仕組みをわかるようにしている。西川³²⁾も「アジアの内発的発展」の中で述べているように、このような方式は国際市場貿易の中で、従来の市場原理や需要と供給の原理によって行われている貿易形態に取って代わることはありえないかもしれない。現在、ISO (International Organization for Standardization:国際標準化機構)活動がこのような環境汚染をしながら事業を行っていることにメスを入れる役割を果たそうとしている。即ち、購入側は購入品が環境基準を満足して生産されたものであることを生産者側に求めている。しかしながら、購入側は環境基準を守るためのコストを適切に負担する姿勢は無く、コスト負担は未だ、弱いものが負担する形になっている。強い立場は環境基準を満足した製品を購入することでISOを遵守していると満足しているのでなく、環境基準にかかっているコストも適切に負担して初めてISO遵守であり、また、ISOにも環境基準を守るためのコストを購買側が適切に負担しているかどうかの基準を入れるべきである。

VI. 5. まとめ (外発的発展法の教訓)

[表-9]にこの事業を内発的評価因子で評価した結果を示す。地域の資源を使って新規事業を興し、地域に雇用機会をつくって地域に経済的寄与をしてきた事業であるが、[表-9]に記されるように、技術、販売の事業の重要部分をA社に握られていた外発的発展の悪い典型であった。更に、この商品が国内の移入品代替的性格はなく、市場をすべて海外に頼らなくてはならなかったため、マレーシアサイドは自力で発展の余地は全くなかった。このため、事業や技術の継続性がなく、日本A社が撤退した後にマレーシアサイドには技術も市場も何も残らない結果となった。

以上より、地域(国内)における事業の継続性(内発的発展)に必要なのは、地域資源を地域技術で加工し、地域市場で販売する地域循環型とし、そこに雇用を生み出す事業の選択が重要であることを示している。そして、本検討の目的であるオイルパームバイオマス廃棄物を利用して内発的発展を目指すことにおいて、ここにおける教訓はその利用法が内発的発展の選択肢となりえるか否かについ

てIV. 5. で求めた内発的発展の因子を用いて評価することが妥当であることを示している。

引用文献)

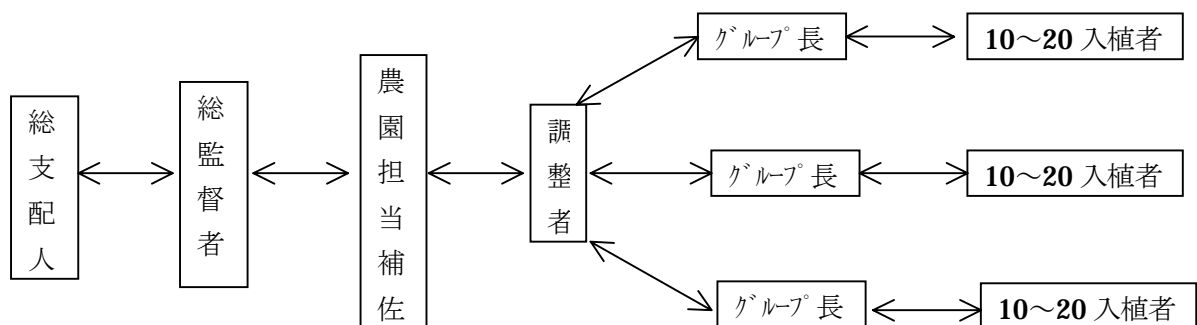
3 2) 西川潤 (編) (2001)アジアの内発的発展.藤原書店 311p

Ⅶ. 目標とするバイオマス利用パームオイル産業の内発的発展の形態と他プログラムの整合性

Ⅶ. 1. 目標及び対象とするバイオマス利用パームオイル産業の内発的発展の形態

Ⅳ. 5. 節で定義した内発的発展因子を満足させるためのパームオイル産業の形態について記す。マレーシアにおけるパームオイル産業より排出されるオイルパームバイオマス廃棄物を有効に利用する内発的発展の本検討対象は[図-6]に示す **Independent Smallholder, FELDA Scheme** そして **State Scheme** が対象であり、イギリス植民地時代のプランテーション経営を引き継いでいる **Estate** は今回の対象から除く。本検討対象としている現在の各 **Scheme** の農民とパームオイル産業の関係を[図-8]に示す。農民はパームオイル産業の構成員ではあるが、単に **Smallholder, Group Smallholder** として **FFB** を供給する位置づけであり、産業への強い参加ではなかった。しかしながら、バイオマス廃棄物の利用の仕方をⅣ. 5. 節で定義した内発的発展因子を満足する方式を選び、農村に工業をもたらすことにより、[図-9]に示すように、**FFB** の提供者であると同時にバイオマス廃棄物の原料の提供者であり、その廃棄物を用いた製品の利用者としてバイオマス産業に参加することが出来るようになる。そして、まず、**Independent Smallholder, FELDA Scheme** そして **State Scheme** のパームオイル産業が内発的発展方式を採る産業に転換することを目標している。

そして、この **Scheme** は効率的な運営（技術指導、資材購入、作業 等）のために、下に示すように幾つかのグループが集まって1ブロックを作り、ブロック組織でなされている。



1入植者当たり約4~5haであることより、1グループは50~100haの栽培面積になる。なお、農園で収穫された **FFB** からパームオイルを搾油する工場（ミル工場）のマレーシアにおける平均処理能力は18.8万トン・**FFB**/年であるから、約10,000haの農園が必要である。1グループ100haとすると100グループが1ブロックとなる。

今回の検討においては、この1ブロックを内発的発展対象の1単位として検討する。

Ⅶ. 2. 他プログラムの例

上記のように、農村に工業をもたらす考え方の「発展のプログラム」の他の例を以下に記す。

Ⅶ. 2. 1. フィリッピン³³⁾の例

1993年に米国カリフォルニアで開催されたフィリッピン・オルタナティヴ・フォーラム会議で「オルタナティヴな発展を図るに必要なプログラム」が提案された。そのプログラムで下記4プログラムが必要であるとされている。

1. 農村発展の優先
2. 農工業の相乗的発展
3. 持続可能な工業化

4. アジア太平洋指向の貿易・工業化

1では農地改革の徹底と農民の協同組合の支援、2では都市中心の工業化を改め、農業に奉仕する産業を興し、労働力を吸収する、3では地方の工業化を進める際に、十分に環境に配慮する、4では保護主義の強い先進国を排し、アジア太平洋の近隣諸国との地域経済協力を提唱している。

ラモス政権下で「フィリピン 2000 年計画」、「中期フィリピン開発計画 1993－1998」に基づき、「輸出指向経済は経済のパイを拡大し、民衆のエンパワメントはパイの増大を助け、その公平な分配をもたらす」として実施された施策が、1997 年以降のアジア通貨危機等の影響を受け、見直しを迫られる結果となった。そして、このような外発的発展的な輸出指向の経済政策は、民衆のエンパワメントによる地域産業を育成することにつながらなかった。このようなことは、経済状態においては天然資源に恵まれるマレーシアとは異なるが、輸出指向産業の課題と農村工業の必要性という意味では同じである。そして、上記の「オールタナティブな発展を図るに必要なプログラム」は、マレーシアにおけると同様に地域産業の育成に必要である。

VII. 2. 2. 日本 ODA

2000 年の日本の ODA 白書によるとマレーシア援助についての日本とマレーシアの共通の認識から重点分野として、下記 3 分野が取り上げられている。

1. 環境保全

2. 貧困撲滅と地域振興

急速な経済発展により、絶対貧困は減少したものの、セクター間や地域格差が拡大した。相対的な貧困問題が顕在化しているため、下記 3 項目を優先的に対処する。

①地方振興(経済・社会基盤整備)、②農業振興、③農村工業振興

3. 人材及び中小企業の育成

以上のことから地域振興では農村における工業振興が重要課題となっており、農村地域に発生するバイオマス廃棄物を利用して新たな産業を振興しようとする本検討が手段として目的としていることに合致していることを示している。

VII. 2. 3. 欧米

III. 4 節において具体的に記されているが、欧米においては農村市域で発生するバイオマスの利用が農村地域の振興、雇用振興にとって重要な施策と捉えられて積極的に推進されている。

以上より、オイルパームバイオマスの利用はマレーシアの農村地域の工業振興策として大きな可能性を持っており、内発的発展因子を満足する利用法を選択することにより農村発展の有効な手段となる。

VII. 3. まとめ

農村における工業振興はマレーシア、フィリッピンなどの開発途上国だけでなく、欧米においても重要性を増しており、その手段が農村で発生するバイオマスの利用を用いた産業を主体にしている。このようにバイオマスを利用した農村における工業振興は世界的な潮流である。本検討はオイルパームバイオマス廃棄物を利用して新規産業を創製することによりマレーシアにおける農村地域の振興を目的にしており、このことは選択肢として間違っていないことを示している。

引用文献)

3 3) 西川潤 (編) (2001) アジアの内発的発展 藤原書店 207-227 p

VIII. パームオイル及びマレーシアパームオイル産業

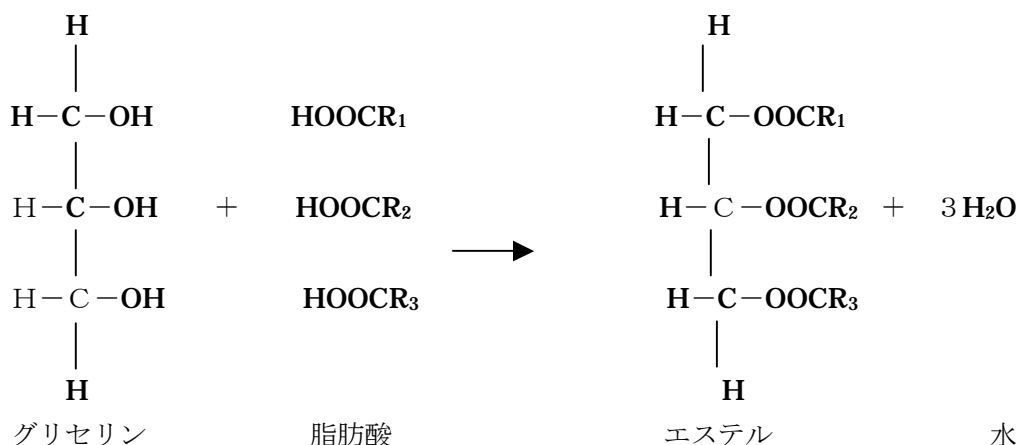
オイルパームバイオマスの利用が内発的発展の選択肢になりえることを確認した。そこで、オイルパームバイオマス及びオイルパームバイオマス利用の各論に入る前にパームオイル及びマレーシアのパームオイル産業の全体像について記す。

VIII. 1. パームオイル（パーム油脂）

VIII. 1. 1. 生産量および用途の概要

油脂としては植物油脂と動物油脂があるが、世界の油脂生産量（植物油脂＋動物油脂）を[表－10]に示す。パームオイルは全油脂（植物油脂＋動物油脂）の**21%**、植物油脂の**27%**を占めている。油脂は下記に示すように**1**個のグリセリンと**3**個の脂肪酸が結合したエステル混合物で出来ている。各動植物油によって脂肪酸の種類、割合が異なる。このため、物性、化学的性質そして栄養的にも異なっている。

2000年における油脂の生産量は約**114**百万トン、この内**80%**が植物油である。植物油の中で最大の生産量は大豆の**25**百万トン、ついでパーム油（パーム油＋パーム核油）の**24**百万トンである³⁴⁾。日本における油脂総需要は**1998**年で**284**万トン（内、植物油**83%**）である。この植物油の約**90%**が食用に用いられている³⁵⁾。食用の用途は家庭用および業務用油と加工用がほぼ**50%**ずつである。加工用としては、マーガリン用(**14%**)、ショートニング用(**17%**)、マヨネーズドレッシング用(**20%**)そしてラード用その他(**12%**)である。非食用で使用されている代表格は石鹼・洗剤で主にパーム油、ヤシ油に使用されており、植物油脂を分解して得られる（下記化学式参照）脂肪酸と苛性ソーダを主原料にして作られる。そのほかに油性塗料や新聞の印刷に使われている植物油インク、ゴム加工、ラテックス加工、プラスチックの可塑剤、潤滑油そして医薬品の分野にも用途が広がっている。[表－11]に化学工業における油脂の適用可能範囲を記した。また、最近は石油に変わるエネルギー源としてディーゼル燃料代替を目的にしてパーム油またはそのメチルエステルが検討されている。



VIII. 1. 2. 他植物油とパームオイルの比較

[表－12]に各植物油の市場価格、[表－13]に各油脂に含まれる脂肪酸成分、[表－14]に単位面積当たりの各植物油の収穫量、[表－15]に各植物油栽培時に使用される肥料、農薬量そして、栽培地の土中や水中に放出される肥料、農薬量を示した。[表－16]に各植物油の生産コストをそれぞれに比較して示した。各油脂の価格は需要と供給のバランスにももちろんよるが、[表－13]に示されて

いるように、各油脂によって含まれる脂肪酸が異なり、この各種脂肪酸の需要が各油脂の需要となる。[表-1 4]に示されるように、パームオイルの単位面積当たりの収穫量は大豆油の 7 倍、菜種油の 5 倍、ココナッツ油の 10 倍と他の植物油に比較して非常に大きい。この特徴は、これからの農地不足と食料不足問題にとって大きなメリットになる。また、[表-1 5]に示されるように、油脂単位収穫量あたりの肥料、農薬の使用量はパームオイルでは少なく、また、使用量が少ないことより環境（水中と大気）中に放出される窒素成分、りん成分、硫黄成分が少なく環境汚染の面でも他油脂栽培に比べて優位にある。このような変動費が少なくて済むことなどから[表-1 6]に示すように生産コストが最も安くなる。ただし、生産コストに人件費を含んでいるが、マレーシアの人件費は他植物油栽培地（アメリカ、ドイツ、フランス）の約十分の一であるから³⁶⁾、固定費的には一番安く、これから製造コストが安くなることは必然であるが、単位面積当たりの収量、肥料、農薬の使用量からして、実質的にも生産コストが他植物油に比べ低いと考えてよい。

以上より、単位面積当たりの収量、生産コスト、肥料・農薬使用量およびそこから放出される環境汚染物質等でパームオイルは他植物油に比較して優れた植物油といえる。そして、将来が心配されている農地不足と人口増加に伴う食料不足にとって油脂供給の面で重要な役割を果たし得ることが予想される。

VIII. 1. 3. まとめ

パームオイルは世界で生産される植物油の約 26%を占める。年間を通じて収穫が可能のために単位面積あたりの収穫量は他植物油に比べ5~7倍と高く、生産コストも他植物油に比べ約20%と非常に低くなっている。このように、生産性が高く、コストが安い特徴は将来の耕地面積不足、食料不足の課題を緩和させる際の非常に大きなメリットとなる。

VIII. 2. マレーシアのパームオイル産業

マレーシアは1年を通じて気温は21℃~32℃で、平均気温は26℃から27℃である。国は大きくは半島マレーシアと東マレーシア（ボルネオ島の北部、サバ州、サラワク州がある）の2つに分かれている。国土32,855千ha、人口約22百万人（マレー系65.1%、中国系26.0%、インド系7.7%）、1995-2000年の人口の年率変化率は2.0%、経済指標として、1人あたりのGNPは1997年でUSD4,469（タイ:USD2,821）、年間GDP成長率は1997年7.8%、森林面積は2000年19,292千ha、1人あたりの森林面積は2000年時点で0.88ha（インドネシア:0.5、フィリピン:0.08、タイ:0.24）である。気候区はボルネオ島山岳地帯の西岸海洋性気候をのぞいて熱帯雨林気候である。

マレーシアにおける2000年のパームオイル産業の全体図及び流れを[図-1 0]、[図-1 1]に示す。さらに、[図-1 2]にパームオイルの製品までの利用工程図を示した。パームオイル産業は育苗会社から始まり、i.パームオイル農場、ii.ミル工場（パームオイル搾油工場）、iii.パームカーネル・クラッシャー工場、iv.リファイナリー・分離工場（精製工場）、v.オレオケミカル工場そしてvi.パームオイルを利用した最終製品（ex.マーガリン、石鹸）製造会社から成り立っている。[図-1 3]にはオイルパームからの全バイオマスを用い、想定される加工処理プロセスによって得られる想定最終製品を示した。

以下にパームオイル産業のマレーシア経済への寄与と上記i~vに分類されるパームオイル産業の各工程につき詳細に記述する。

VIII. 2. 1. パームオイル産業のマレーシア国内経済への寄与(2000年)

先ず、パームオイルのマレーシアにおける経済的位置づけについて述べる。

1. パームオイル製品の生産量、輸出量・額と GDP に占める割合

国土の約 10%、農業用地の約 50%にあたる 3.4 百万 ha（内、約 87%が成熟パーム樹農地。成熟パーム樹農地とは **FFB** を収穫することが可能になったパーム樹農地のこと。植え替えてから 2～3 年は **FFB** を収穫できないので、成熟パーム樹農地と分けて統計がとられている）の農場から約 60 百万トンの **FFB** を収穫し、粗パームオイル(**Crude Palm Oil:CPO**.今後、**CPO** という)を約 1.1 百万トン、粗パーム核油(**Crude Palm Kernel Oil : CPKO**.今後、**CPKO** という)を約 1.4 百万トン、そしてパーム核ケーキ(**Palm Kernel Cake:PKC**。今後、**PKC** という。主に動物用の飼料)の粗製品を約 1.6 百万トン生産している。[表－17]に主要製品と輸出量及び額を示した。[表－18]にマレーシアの各経済活動の GDP を示したが、オイルパーム産業全体としての輸出総額 **RM14,9400** 百万、**Gross Domestic Product(GDP)**で **RM7,783** 百万、農業全体の GDP である **RM20,865** 百万の約 37%、全産業 GDP の 2.3%にあたる。

2. パームオイル産業の農村部経済的貧困解消への役割

オイルパーム産業は従来、錫と天然ゴムの産業に頼ってきたマレーシア経済の多様性を増やすと同時に農村の経済的貧困の状態を解消する手段としての役割を期待され、政策的に重点化された産業である。[表－19]に示すように 1970 年のマレー半島における農業分野の農業世帯数の内、貧困世帯数は約 70%がであった。(1970 年における **Poverty line** は約 **RM170/household**)

農村における経済的貧困の主たる原因は土地を持たず、小作農で資金を持っていない、さらに農産物による収入が少ないのが原因であった。このため、政府系の機関(**FELDA : Federal Land Development Authority**,**FELCRA : Federal Land Consolidation & Rehabilitation Authority**, **RISDA : Rubber Small Holders Development Authority**)や州政府機関は土地を開拓し、初期にはゴムの木を植え、後にオイルパームの木を植え、土地を持っていない結婚している 21-50 才の貧農に優先的に入植を促し、その栽培方法まで指導して農家の収入アップを図った。即ち、

- ①. 換金作物と入植のための土地開発
- ②. 土地を持たない人々の彼等の生活の質を上げるための入植
- ③. 入植者の経済状態改善のために公的施設とサービス支援を含む総合的開発
- ④. 入植者家族が独立した積極的で責任ある市民になるよう励ますために社会的・精神的活動を実施する
- ⑤入植者たちに適正な収入が得られるように加工、販売、輸送などの施設・設備を提供し、また、その役割を果たす。

例えば、[表－20]に示すように **FELDA** と **State Programm** は **5th Malaysia Plan(1986-1990)** で **335745ha** の新しい土地を開墾し、**119,300** 家族を入植させ、そして入植者数は **715,800** 人に上る。[表－21]に 1975 年から 1999 年までの貧困家庭数について農業と非農業、農村と都市部に分けて比率の推移を示し、また、マレーシアにおける貧困ラインの推移と **FELDA** 入植者の月収を示した。**FELDA** 入植者の収入は最も土地保有面積が少ない入植者(**4.1ha**)でも国の貧困ラインの閾値の月収では上回っている。ここで **FELDA** の年収が年度によって変化がある。この理由は入植者が農園で収穫される **FFB** を **Mill** 工場に売って収入を得ており、ミル工場側の **FFB** 購入価格は搾油した後の製品である **CPO** の市場価格で決まり、この市場価格の変動が **Oil Palm** 入植者の月収の変動に繋がっているためである。この表にマレーシアの **Povety line** を記したが、月収がこの数値を上回って入るが入植した後でも依然として厳しい生活であることがわかる。また、[表－22]に 1970 年～1997 年までの各農業分野における貧困家庭数及びその割合の推移を比較して示した。オイルパームの貧困の割合

は1970年の30%から1980年には8.2%にまで下がり、他農業と比較すれば貧困家庭の少なさが判る。農業分野全体では、貧困の割合が1970年の68.3%が1990年で21.1%、1997年で11.8%まで下がっている³⁷⁾。ちなみに、マレーシアにおける農業において420,000のSmallholderがいると見積もられていて、この内、26%は貧困ライン以下である。この理由は保有土地の面積が小さすぎるからである。[表-23]に各種農業のSmallholderの平均の保有面積を示した。米作で年2期作を行い3.4t/haの収穫で年収がRM2,535であり、貧困ラインを超えることは出来ないでいる。

[表-21]よりFELDA入植者の2000年の平均年収はRM15792 (RM1316×12)になる。ここで、この年収が彼等にとって十分な金額であるかどうかを検証してみる。FELDAはある単位面積で開発して、そのブロックに何組かの入植者が入り営農を行う。そして、このブロックを維持するのはこのときに入った入植者全体の責任で行う。FELDAはこのブロックを1単位として管理し指導を行っている。入植者たちはこの単位ブロック全体収入から仕事分担などに応じて収入を得る。しかし、これを1入植者として計算すると次のようになる。FELDAの入植者の栽培面積が平均4.1haについて計算する。(FELDAは1958年に設立され、1960年にオイルパームの植樹が始まりスタートのほんの初期の段階は5.5-6ha/入植者であったが、直ぐに4ha/入植者となり、それ以来は、1入植者の持つ面積は明確になっていない。ただ、[表-21]でもわかるように、作業面積が多ければ単位面積当たりの収入も上がっている。初期入植者の高齢化による離農、作業効率化のための機械化に適合するためなどの理由により、最近では1入植者が保有する面積は大きくなっている傾向にあると聞く。) 2000年の実績は単位面積(ha)当たりのFFB収穫量が18.33t、1%oil抽出当たりのFFB価格がRM9.79/t、oil抽出率18.86%でありから、2000年における1入植者あたりの収入は

$$\begin{aligned} \text{収入} &= 18.33 \text{ トン} \cdot \text{FFB/ha} \times 18.86\%(\text{oil extraction rate : OER}) \times \text{RM}9.79/1\% \text{OER} \\ &= \text{RM}3,380 / \text{ha} \cdot \text{年} \end{aligned}$$

このRM13537.80の数字と先のFELDAの数字RM15792は比較手に良く一致しているから、この計算は妥当だと考えてよい。これより、FELDAの数字は1入植者当たり収穫したFFBを売って得たであろう収入と考えてよい。しかし、実際には最低でも次の支出がある。

支出：RM1,750～2,260/ha・年（肥料代、FFB移送代、一般管理費）

ただし、人件費は入植者自身が作業するため、新たな支出が発生しないため支出から除外する。

収支＝

$$\begin{aligned} &\text{RM}3,380 / \text{ha} \cdot \text{年} - \text{RM} (1,750 \sim 2,260) / \text{ha} \cdot \text{年} \\ &= \text{RM} (1,630 \sim 1,120) / \text{ha} \cdot \text{年} \end{aligned}$$

しかし、実際にはこのほかに、機械の維持費、FELDAに払わねばならない開発コストの分担金などがある。このため、Government Schemeの農民にとっても現在のFFBを売って得られる収入だけでは決して楽でない。このため、schemeでの仕事のほかに家族が外で仕事をして補充しているのが普通である。更に、先にも記したが、FFBの価格はCPO価格と連動して決まる1%oil抽出当たりのFFB価格とFFBからのoil抽出率で決まる。Oil抽出率が年によってそれほど変動しないとすると、FFB価格は1%oil抽出当たりのFFB価格に大きく影響を受ける。例えば、2000年にはこれがRM9.79/トンであったが、(1999年にはRM15.30/トンであった)これは非常に低い水準であったため、農民に相当の影響を与えたようである。Borneo News 2001年9月20日付けに次のような記事がある。「昨年(2001)のパームオイル低価格のために、237,564農民がPoverty line以下の収入になった。このために、Gua MusangのOil palm Schemeの3つの学校では600人の生徒が試験を受けるための費用が払えなかった(マレーシアでは試験を受けるために受験料を払う必要がある)」と伝えている。(2

4万人はオイルパーム農家の約40%に相当する)

上記の給料は **FELDA** のものだから **Government Scheme** と **State Scheme** の入植者（自分で土地を持っている者）はほぼこの数字と同じと考えてよい。しかし、自分で土地を持っていない **Private Estate** 労働者の賃金環境は更に厳しいようである。これらの労働者は月給額が確定しておらず、**CPO** の市況と労働者の働き具合（採取した **FFB** の数、大きさ、重さ）そして農園単位面積当たりの収穫量によって決められる。このため、最近年間の月給は **RM312~RM650** と変動し平均は **RM440** のことである。現在、組合(**National Union of Plantation Workers:NUPW**)が月給を上記因子に関係なく固定給にするように交渉中であるがこれを拒否していた **Malaysian Agricultural Producers Association(MAPA)**は漸く最低賃金として月額 **RM325** で合意した³⁸⁾。しかし、これは[表-21]に示されている **Poverty line** よりも低い額である。この低い額で **NUPW** が合意したということが現状ではさらに低い賃金で働かされているということをあらわしている。

先に労務省の規定で、**Estate** には学校、病院等の福利厚生施設を義務付けられており、それにより農村部の生活環境改善されていると記したが、これは表向きの話して実際に守られていないようである。貧困の家庭は子供も労働力であり、子供の教育と健康維持は無視されているようである。即ち、現在の **Estate** の労働条件は「イギリスは植民地時代のプランテーション管理システムを残して去った」で言い表されている。**Private Estate** の多くは上記の規定を守らずに[**The double standard**]で管理を行い、行政もこれを深くチェックしない。何故ならば、これ等大規模 **Private estate** の大株主は政府であるからと記されている³⁹⁾。

[表-23]に示されているように、パームオイルを含めた各作物を狭い土地を持って自分で経営している農村の貧困層である小規模農家は少ない収穫量と収穫物の低価格で貧困ライン以下にある。[表-24]に示すように全貧困世帯の75%は農村に存在し、農民の平均収入では農園労働者は最も恵まれた収入を得ているが、しかし、農村部の40~55%であり、他農民は農村部平均賃金の三分の一から四分の一である。これを都市部の所得に比べれば15~23%に過ぎない。

このような農村部の土地を持たず、もちろん資金もない **hardcore** の貧困部分の人たちに **FELDA** のパームオイルプランテーションは働く場を与えきた。そして、金銭的には **CPO** の相場に大きく左右され、安定しない収入と貧困ラインギリギリの収入状態に置かれているが、充分ではないにしても **Hard core Poverty** の貧困解消に向けた役割を果たしてきたことは認められる。また、これは大規模 **Estate** の **Golden Hope** 社の例であるが、賃金以外の給付は医療、教育、住宅などで、プランテーション内にある診療所の治療には診察料はかからない。電気・水道の供給、最低限度の住むための家、医療的行為で各労働者世帯が得ている福利厚生費は **RM205** と試算されており、これは農園労働者月収の50~70%にあたる。全ての **Estate** でないにしても、このようなことを通しても生活環境改善に貢献をしているところもある。

しかし、そのパームオイル産業の貢献が貧困という面では未だ十分な役割を果たしているとは言えない。植民地的経営をしている **Estate** の問題は別にして、**FELDA** 等の **Government Scheme** の **Groupsmall holder** は従来通りの **FFB** を生産し、ミル工場で搾油後、リファイナリーで精製して販売するという経済活動だけでは、現在の問題の解決は困難と思われる。その解決手段の1つとして提案しているのが本研究課題である。本研究は全く新しい産業を貧困解消のために内発的發展として役割を果たそうとするものでなく、従来存在するパームオイル産業の商品ターゲットを、従来廃棄物として捨てられていたものを利用することにより多様化し、事業内容の多様化による経営体質改善によって雇用を生み出すと同時に労働者の生活環境を改善しようとするものである。

3. オイルパーム産業の雇用の推定

オイルパーム産業は[図-11]に示したようにプランテーション、ミル工場（搾油工場）、**refinery plant**（精製工場）、芯破碎工場（**Kernel Crusher**）及びオレオケミカル（高付加価値化）工場とからなる。これらのそれぞれの雇用数及び全体雇用総数の統計数値は発表されておらず、入手することが困難である。このため、プランテーションからオレオケミカル工場までの各工程における就労人員については以下のように推定した。推定結果を[表-25]に示す。

i. プランテーション

ここの推定作業ではプランテーション面積が判っていることより、**land-man ratio**(労働効率:ha/人)を推定することにより、全体の労働者数を求める。プランテーションは私営農園、政府スキーム、州スキームのグループ小規模農家そして独立小規模農家の3つに大別できる([図-6]参照)。後述するが、これ等農場の成り立ちが異なるために各プランテーションにおける **land-man ratio** が異なることが予想される。このため、ここでは、私営農園、グループ小規模農家、独立小規模農家の3つに分けて検討を行う。

i-1. 私営農園

① 推定根拠情報

①-1. ゴールデンホープ社西部プランテーションの例：[表-26]

①-2⁴⁰⁾. マレー半島における1労働者当たりのオイルパーム農園面積 (ha/労働者)

1960年：3.5 1971年：4.0 1980年：6.0 1985年：6.3

1986年農園の労働者数：102,000人

内、**16%：various administrative position 16,320**

31%：engaged on some form of contract basis 31,620

エステートの雇用において、1家族当たり**1.3人**が雇用されている

ここで、上記**1985年**の**6.3**の数字は以下のようにして確かめられた。上記1家族当たり**1.3人**雇用から私営農園労働者数は**132,600人**。私営農園の面積**778000ha**。これらより **land-man ratio (ha/worker) = 6.3**が得られる。

①-3⁴¹⁾. **1997年**：オイルパーム エステートにおける日給、月給の労働者は**104,600人**

land-man ratio：8.2

オイルパーム エステートに働く労働力は産業における労働力の**40%**

②ha/worker 推定

②-1. 仮定：[表-26]中、管理部門の人員を農園部門、工場部門の人員比で割り当てる

：①-2の1家族当たり**1.3人**が私営農園に雇用されていることをここでも踏襲する

②-2. 推定計算

上記①-2、①-3のデータをグラフ上にプロットすると[図-14]のように

$Y=0.125X+3.5 \cdots (1)$ (ただし、ここで**1960年**を**X=0**とする)

の直線で表される。

①-1のデータがこの直線状に乗るかを下記に用に確認する。

農園部門人員：農園部門管理(**20人**)+農園労働者(**320人**×**1.3=416人**)=**436人**

land-man ratio：ゴールデンホープ社西部プランテーション面積(**3254.58ha**)÷**436人**=**7.5ha/人**

(1)式において、**1993年**の座標は(**33,7.6**)となり、上記計算結果と良く一致している。これより、

(1) 式を用いて 2000 年に外挿して **land-man ratio** を求めると **8.5** となる。

③結果

以上より、ここでは **land-man ratio 8.5ha/人**を採用することにする。**Private Estate** の **worker** は **1942452ha/8.5ha/人=228523≒228500** 人

i - 2. **Group Smallholder**

①推定根拠情報

- ①-1⁴²⁾. **1970年 74,800ha 18700** 入植者 4 h a /入植者
 1986年 644,900ha 161200 入植者 4 h a /入植者
①-2⁴³⁾ **1997年 681,500ha 115,000** 入植者 6 h a /入植者
①-3 **2001年 FELDA** 入植者保有面積(**4.1ha,4.9ha,5.7ha**)別の収入の記載
 ([表-20]参照)から平均所有土地面積: 5 h a

②推定結果

最も新しいデータの[表-21]より、グループ小規模農家平均所有面積を **5ha** とした。

③結果

- FELDA** : **674948ha / 5 ha/settler ≒ 135,000** 人
FELCRA : **132354ha / 5 ha/settler ≒ 26,500** 人
RISDA : **41561ha / 5 ha/settler ≒ 8,300** 人
State Scheme : **235565 / 6 ha/settler ≒ 47100** 人

i - 3. 独立小規模農家

①. 推定根拠情報

ゴム農園のほぼ **82%(1.4 百万 ha)**は独立小規模農家に占められている。そして、独立小規模農家の所有土地面積は **2-3ha** である。オイルパーム農園において独立小規模農家はゴム農園からの変換が多い。このため、オイルパームの独立小規模農家の所有面積は一般的に小さい。**1995**年時点で平均 **1.8ha**⁴⁴⁾の情報もある。また、[表-27]に独立小規模農家の所有農場面積について **1980**年と **1986**年のデータを示した。独立小規模農家の特徴は所有面積が **2ha**以下~約 **40ha**まで大きさがさまざまである。しかし、平均すると **1980**年が **4.2ha/holder**、**1986**年は **3.7ha/holder**と下がっている。この原因は先にも記したが、小規模の多いゴムプランテーションから多くがオイルパームプランテーションに変わり、ゴムプランテーション減少=オイルパームプランテーション増加の構図になっている。この小規模ゴムプランテーションの小規模オイルパームプランテーションに引きずられて独立小規模農家の平均所有面積は下がっていることは想定できる(ゴムからの変換理由は後記)。このため、最近になればなるほど、独立小規模農家の所有面積は小さくなっていると考えられる。また、労働形態は、このような小規模農家では妻が夫と一緒に作業するのが一般的である⁴⁵⁾。[表-23]にマレーシアの小規模農家の平均土地保有面積を示したが、ここでは **Oil Palm**は **1.84ha**となっている。

[参考]単位面積当たりの収穫量で収入が決まる農業は小さいサイズの土地所有が貧困の主な原因になっている。このため、労働集約的に家族全員(妻、子供、おじいさん、おばあさん)と一緒に作業するのが普通であり、又は、農業以外に別の収入の手段を持ち、家族全員で生活を支えているのが普通である。

②. 推定結果

上記より、**1.8ha/holder**とした。

③. 結果

$$286,513\text{ha} / 1.8\text{ha/holder} = 159,174 \approx 159,000 \text{ 人}$$

以上より、オイルパームプランテーションの就労者は **159,000** 人とする。

[表-27]に独立小規模農家の土地保有面積を人種別で示した。これよりブミプトラ（マレー人を中心とする土着民）は保有面積の少ないほうに、中国人、インド人は保有面積の大きいほうに分布している。[表-28]に1995年と2000年における農業を含めた職業別労働者数を人種別で示した。これより、ブミプトラが農業に従事している（農村に居住する）割合が多いことを示している。又、[表-29]にマレーシアにおける各種農業の土地利用比較を記した。これらより、オイルパームプランテーションの就労者においては農業人口の約45%を占め、農地利用においてもオイルパーム農場はマレーシア全体の農地の50%以上を占めている。パームオイルは面積、従事者とも、農業分野で重要な役割を果たしていることを示している。

ii. ミル工場

① 推定根拠情報

現在保有のゴールデンホープ社情報を用いて以下のように推定する。

① -1. ミル工場の処理能力を[表-26]を参考にして次のように推定する。

パームオイル農場面積：**2668.5ha**

FFB 収穫量：**18.33t/ha**（2000年におけるマレーシアにおける **FFB** 収穫量平均値）

$$\begin{aligned} \text{ミル工場 FFB 処理能力} &= 2668.5\text{ha} \times 18.33 \text{ トン} \cdot \text{FFB/ha} = 48914 \text{ トン} \cdot \text{FFB} \\ &\approx 49000 \text{ トン} \cdot \text{FFB/年} \end{aligned}$$

[表-30]に示すようにマレーシアにおけるミル工場の平均 **FFB** 処理量は **18** 万トン/年である。先に記した独立小規模農家はミル工場を持たずに私営農園又は政府スキームのミル工場に処理を依頼する。ここでは、ゴールデンホープ社西部プランテーションの **FFB** 収穫量は **5** 万トン/年であるが、独立小規模農家より **FFB** 処理を依頼されるとして、マレーシアの標準的ミル工場の処理能力(**18** 万トン/年)を持っていると仮定する。更に、現在は、ミル工場と同時にミル工場で得られたパームオイルを精製するリファイナー工場併設が一般的のため、[表-26]における工場はミル工場とリファイナー工場の両方を含んでいると仮定する。

リファイナー工場は[表-31]より、稼動している **46** 工場で約 **1400** 万トンの粗精製油を処理しているから、リファイナー工場の平均処理能力は **30** 万トン・油脂/年とする。

以上より、このゴールデンホープ社西部プランテーションでは、ミル工場とリファイナー工場に管理部門の人員を割り振ると **130** 名となる。

①-2. ゴルコンダ農園の **Southern Acids Berhad** の **Senior Plant Manager** 情報

18 万トン **FFB/yr** ミル工場:約 **80** 人

30 万トン・油脂/年リファイナー工場:約 **70** 人

② . 推定結果

①-1 と①-2 は良く一致していると考えてよい。ここでは①-2 数字を採用する。

③ . 結果

$$\text{マレーシアの } 18 \text{ 万トン処理能力ミル工場 } 350 \text{ 箇所} \times 80 \text{ 人} / 18 \text{ 万トン工場} = 28000 \text{ 人}$$

iii. **Kernel Crusher** 工場

① . 推定根拠情報

カーネルクラッシャー工場の情報は非常に少なく、従業員を推定できる情報は全く得られなかった。その為、ここでは次のように推定する。この工程はミル工場から受け入れたカーネルを押しつぶしながら搾油し、カーネルオイルと残渣 (**palm kernel cake**) を分離する。カーネルクラッシャー 工場の工程をミル工場の工程と比較すると両者共 **oil** 抽出を主目的にしているが、カーネルクラッシャー工程は単にカーネルをつぶして油分と残渣を分離するだけで、ミル工場と比較すれば短く非常に簡単である。これより、カーネル単位処理量当たりが必要とする人員を (ミル工場+リファイナリー) の処理量当たり必要人員の **1/5** と仮定した。[表-3 2]より、**2000** 年に移動した **37** 工場の処理能力は **294** 万トンであったから約 **8** 万トン/yr の平均処理能力である。

② . 推定結果

上記仮定に基づくと **16** 人/8万トンカーネル

③ . 結果

マレーシアの8万トン処理能カーネルクラッシャー工場37箇所×16人
=592≒590人

iv. リファイナリー工場

①. 推定根拠情報

Golconda Estate の **Southern Acids Berhad** の **Senior Plant Manager** 情報

②. 推定結果

上記情報より、**30** 万トン **oil/yr** リファイナリー工場:約 **70** 人
結果

マレーシアの **30** 万トン処理能リファイナリー工場46箇所×**70** 人/**18** 万トン工場
=3220人

v. オレオケミカル工場

①. 推定根拠情報

Cognis Oleochemicals Sdn Bhd の **Product Development Manager** である **Dr.Yap Soon Chee** からの情報で **30** 万トン・**Oil/yr** の処理能力で従業員 **400** 人とした。

② . 推定結果

これより、全マレーシアのオレオケミカル工場労働者数は **2400** 人と推定した。詳細は[表-2 5]を参照

以上より、ミル工場以下4つのパームオイル処理工場の全労働者数は **34,160** 人となる。これにプランテーションの労働者 **604,400** 人を加算すると約 **64** 万人となる。[表-2 8]に全マレーシアの就業人口と職種別雇用人口が人種別に記されている。パームオイルプランテーションの労働者数は全農民約 **140** 万人の約 **43%** に当たり、パームオイル産業全体の労働者数はマレーシア全雇用者数約 **960** 万人の **6.7%** となる。なお、マレーシアにおいて雇用割合の高いベスト **3** は製造業が **27.6%**、公的・私的サービスを含めたサービス業が **20.3%**、卸・小売業 **17.1%** である。

VIII. 3. マレーシアオイルパーム農場の現状と課題

ここでは、オイルパーム農場に関する情報について具体的に述べる。

VIII. 3. 1. .オイルパーム農場面積と将来展望

マレーシア国土約 **33** 百万 **ha** の内、現在、農地は約 **5.4** 百万 **ha** である。[表-3 3]にオイルパーム農場の面積の過去 **25** 年の推移を示しており、**2000** 年でオイルパームプランテーション面積は既に

マレーシア全国土の内の約 **10%** (**3.4** 百万 h a) を占めるほどになっている。[表-3 4]に今後の新オイルパームプランテーション面積の拡大予測したものを示しているが、**2009** 年には現在面積の **30%**の拡大を予測している。そして、**8th Malaysian Plan 2001-2005** においても、新土地開発は約 **36.5** 万 m² が計画されている。[表-3 5]にはマレーシア (ただし、ここではマレー半島部分のみ) におけるオイルパームプランテーションとして耕作可能又は適した場所の土地面積を記した。この中で適用可能な土地として 7 百万 h a としているが、その中には保存森林として指定されていたり、森林公園等に指定されていたりする土地も含まれている。これ等をこの数値から除くとマレー半島では最大 2 百万 h a がオイルパーム農場として可能であると述べている。但し、ここで可能は単に可能という意味だけで、環境、コストなどで実際には開拓が困難な場所が含まれている。このため、上記の数値を達成するためには適用可能とした新しい土地の開拓だけでなくゴムや他の果実作物農場のオイルパームへの変換が必要だと述べている。

オイルパームプランテーションは **1990** 年時点の半島における面積は約 **2** 百万 ha であったが、**2000** 年には約 **3.4** 百万 ha に拡大しており、この **10** 年間に増えた面積は 1 百万 ha を超える。これは国土の 4. 2%以上がオイルパーム農場に変わったことを示す。[表-3 6]にゴム農園面積の減少推移をオイルパームプランテーションの増大と比較して示した。これによるとマレーシアのゴム農園は **1988** 年から **1999** 年までに **539,000ha** が減少している。このゴム農園の面積減少の原因はゴムの魅力減少による。即ち、[表-3 7]にゴムの単位面積あたりの収穫量、[表-3 8]にゴムの価格 (FOB) 変動を示した。また、[表-3 9]に農園の単位面積当たりの収入をオイルパーム農園のそれと比較して示した。これらのデータより、収穫量、価格が減少しておりゴムはオイルパームに比較して経済的魅力を失っている事がわかる。このため、植替え時期に達したゴム農園はオイルパーム農園に転換していった。**2000** 年現在でオイルパーム農場の面積は全農業に使用されている農場面積に対し既に約 **50%**を占めるに至っている。このように熱帯雨林の破壊 (開発) と同時に他農作物農園からオイルパーム農園への転換を伴って発展しているパームオイル産業であるが、今後、更に面積拡大する計画があるのにはマレーシアにとって理由がある。これは[表-4 0]に示したように、農村部は都市部に較べれば、**4** 倍以上の割合で貧困家庭が多い。このため、農村部から都市部への人口の移動が続いている。この農村部の貧困解消と都市部への人口の移動を食い止めるために、道路、上水道や電気等の基本的な農村部の各種社会的インフラの整備を実施し、住みやすくすると同時に、雇用の機会を増やすことにより農村部の貧困を解消し、農村地域の貧困根絶と都市部との地域格差是正がマレーシア政府にとって重要課題になっているからである。特に[表-4 1]に示すように原住民 (マレー人を含む) は他民族 (中国人、インド人) に較べると収入格差があり、マレー人が最も収入の少ないことがマレーシア政府にとって問題解消の最優先課題である。この格差が生まれた原因は植民地時代に採られた政策に起因している。従来、マレー人は農業に従事していた。植民地統治国のイギリスはマレー人との融和策としてマレー人を、そのまま、農村で農業に従事させ生活環境変化による不満発生を防止した。そして、プランテーションや錫鉱山経営やそれに伴う産業で厳しい労働を伴う産業にはインド人 (ゴム園やゴム産業)、中国人 (錫鉱山や錫産業) を連れてきた働かせた。このため、インド人、中国人に比べるとマレー人は農村で開発から取り残され、教育の機会、雇用機会などに恵まれずいた。このようにして生じた人種による格差が **1957** 年にイギリスから独立して以降大きな問題であった。**1969** 年 5 月にクアラルンプールで起きたマレー系と中国系の衝突によりこの問題の解決の緊急性が認識され、**1971** 年に始まる新経済計画でマレー人と原住民 (土地っ子) に対する優遇措置を明確にした「ブミプトラ政策」が本格的に導入された。「ブミプトラ政策」の主な柱は

1. 人種・地域に関わりなく貧困世帯をなくす。
2. マレー人の資本所有比率・雇用水準を高めるための社会構造の再編である。

具体的には、株式所有、雇用の面でのマレー人に対する割り当て、教育面でのマレー人と土地っ子への優遇政策

具体的には、例えば、公共機関（役所、公立学校、研究機関、公立の会社など全ての公共機関）はブミプトラが優先的に採用され、ブミプトラ以外は例え採用されても課長職以上にはなれない。ブミプトラ以外がオーナーの会社でも規模によって異なるが一定比率でのブミプトラを採用する義務がある。ブミプトラへの教育に力を入れており、国立大学への入学は成績如何にかかわらずブミプトラが人口比率以上に優先的に入学を許される。マレーシアでもっとも歴史のあるマラヤ大学ではブミプトラをあまりに優先的に入学させるとレベルが下がるためブミプトラの入学割合を人口比率に抑えている。教育省はこれに不満を持ちマラヤ大学への予算を減らし、ブミプトラを人口比率以上に優先的に入学させている他国立大学に予算を増やしているとのことである。このように、マレーシアではブミプトラ政策が徹底的に行われている。また、イスラム教徒としての優遇措置も取られており、中国人、インド人も職を得たいためにイスラム教に改宗する人が増えている。

このようにしてマレー人優遇政策であるブミプトラ政策を 30 年以上にわたって採用し、マレー人の社会的地位向上と経済的地位向上を図ってきたが、未だに民族間の所得格差是正に至っていない。特に[表-28]に示したように農村地域に多い農業に従事している経済的貧困マレー人に対する援助政策としてオイルパームを中心とした政府スキームは重要政策である。このために農業開発、土地開発プログラムが積極的にとり進められている。6th Malaysia Plan(1991-1995)では 353,730 h a の土地が再生利用されたが、更に、290,450 h a の新しい土地が開墾（森林破壊）されており、より収益性の高い果実例えばオイルパームやココアなどが植えられた。7th Malaysia Plan(1996-2000)においても 132,484ha が開墾され、高収益性の果実、主にオイルパームの栽培が奨励されており、8th Malaysia Plan(2001-2005)では先にも記したが、更に 365,269ha の新しい土地開発が計画されている。このような背景のもとでマレーシア政府の森林資源に関する考え方は、永久保存森の面積を決め、それ以外は農村開発のために環境とのバランスをとりながら積極的に利用するという考え方のように見える。しかしながら、一方で国際的な自然保護の条約を締結し環境保護の立場を見せている。

1. マレーシア全体の森林面積は 20,6 百万 ha である。
2. そのうち、Vergin Jungle Reserves(VJRs)として半島に 72 箇所 21,284ha、サバ・サラワクに 48 箇所 90,442ha、合計で 111,726ha が残っている。
3. Permanent Forest Estate(PFE)として 14.05 百万 ha を指定し、内、10.6 百万 ha を生産、保護、社会的・教育的目的がバランスよく達成できるように管理している⁴⁶⁾。
4. protection forest として 3.39ha を国立公園、自然保護地域（生物多様性に対応しマレーシア固有の動植物の保護）として管理している⁴⁷⁾。
5. 生物多様性条約の仲間入りを 1992 年にし、1994 年にマレーシアの生物資源を保護・管理し、公正な生物資源の分配が行われるようにする National Biodiversity Committee を設立、
なお、マレーシア政府はオイル パームプランテーションも森林の中に入れており、これは FAO (Food and Agriculture Organization) の森林の定義である「プランテーションも成熟した時点で樹冠率が 10~30%以上を占め、2~5 m以上の高さで成長する樹木で占められる土地領域」⁴⁸⁾を満たしてしており、京都議定書においても森林として取り扱われている。これに従うと、マレーシアの果樹作物（主にオイルパーム、ゴム、ココア、ココナッツ）は約 5 百万 h a であるから、マレーシアの国

土の約68%が森林に覆われていることになる。

但し、ここでFAOの森林の定義についてであるが、森林の炭素貯蔵の役割は樹林と土壌(有機層)の2つで果たしている。陸域の炭素の1/4は樹林で3/4は土壌(有機層)に蓄積されている。しかしながら、上記のFAOの森林の定義は単に、樹の存在だけを考慮したものに過ぎない。天然林の持つ価値は炭素貯蔵ばかりでなく生物多様性などにもその価値が認識されている現在、陸域の炭素貯蔵の3/4の役割を果たす土壌(有機層)と生物多様性を損なったバイオマスプランテーションのようなものとは森林の定義から外し、区別できるようにすべきだと考える。

VIII. 3. 2. 熱帯雨林からパームオイル農場への変換による環境への影響

熱帯雨林の破壊の大きな原因は材木の切り出しである。一般的に材木切り出しにおける経済的運営の森林最小必要面積は2,000ha/年といわれており⁴⁹⁾、この単位面積の倍数で森林破壊が進んでいると考えてよい。そして、マレーシアでは、先に示したように「自然の再生を確認しながら管理・開発を行う」という認識の下に経済開発のための森林開発をとり進めている。このような材木切り出しの他に、自然林の農地への転換と、マレーシアでは換金作物としてオイルパーム栽培が奨励されており、熱帯雨林破壊の一つの要因になっている。このような中でオイルパーム農場へのマレーシアの森林の利用変換図は[図-15]の通りであり、結局は別の目的で熱帯雨林が開拓されてもオイルパームにたどり着く恰好になっている。

熱帯雨林からの大規模なオイル・パームプランテーションへの土地利用変換に伴う主な環境因子とその変化の内容考察したものを[表-42]に示す。環境変化因子としては、①雨量、②温度、③大気中CO₂濃度、④大気汚染、⑤動植物の種の減少、⑥土壌、土壌中栄養分の流出、⑦地下水帯の水量減少、⑧水の流れの変化、⑨その他(殺虫剤、残留毒性)、⑩社会経済的観点が上げられる。ここでは③大気中CO₂、⑤動植物の種の減少、⑥土壌、土壌中栄養分の流出の三点についてその影響を考察する。

VIII. 3. 3. 二酸化炭素の固定能力の喪失量

植物の炭酸同化作用によるカーボンサイクルを[図-16]に示す。ここに示されているようにカーボンは植物個体、収穫物に固定され、落葉倒木などが腐葉土になり、大気に戻るサイクルを繰り返している。[図-17]にそれに基づいたオイルパームのカーボンサイクルを示した。これによると、パームオイルとしてカーボンが約12百万トン(3.36トン/ha・年×3.4百万ha)輸出されていることになる。

マレー半島の熱帯雨林における有機物としてのバイオマス蓄積量は場所などの条件によって異なるが乾燥重量として植物で約450t/ha、枯葉などの屑で約53t/ha、土壌中(1m深さ)で約120t/ha、合計約620t/haが代表値として表されている。これ等重量のうち、約半分が炭素の重量と考えてよい⁵⁰⁾。

パームオイルの場合、収穫の経済的効率化を図るために樹齢が20~25年になるとパーム樹は切り倒され新しいパーム樹が植林される。このため、パーム樹林は20~25年に一度、クリーンアップされてしまう。そのためにパーム樹林での有機物の平均的蓄積は次のようになる。

1. 植物(パーム樹)への有機物の蓄積量(y₁ トン/ha)

パーム樹は20年間で100トン/haのカーボンを蓄積する。これより、1年間に蓄積されるカーボン量は5トン/haとなる。

$$y_1(\text{トン/ha}\cdot\text{年}) = \alpha n \dots\dots\dots(9.2.3.1)$$

但し、

n : パーム樹の植樹されてからの年数 (年)

α : パーム樹に蓄積される有機物量 (トン/ha)

2. 葉などによる土壌表面および土壌中に蓄積される有機物量 (y_2 トン/ha)

更に、農園で蓄積される可能性のある有機物として、雄花、収穫・剪定作業などで発生する **FronDs**、収穫された果実房から果実を取除いた後の空果実房と植替え時に発生する幹と幹についている葉である。それらを含めてオイルパームプランテーション単位面積当たり存在する有機物分布を[表-43]に示した。ただし、ここでは雑草などの有機物は無いとして、全てオイルパーム寄与のものだけである。

これより、パーム樹に蓄積されている幹 (**Trunk**)、葉 (**FronDs**) そして根 (**Roots**) の部分を除いてプランテーションに廃棄物として出る量は

葉 (**FronD : 12.64 トン**) + 雄花 (**Male Inflorescence : 4.15 トン**) = **16.78 トン/ha・年 (乾燥重量)**

更に、果実房(**Oil Palm Fruit Bunch**)はプランテーションの商品作物としてプランテーション外に運び出される。この房の内、**53.2%wt**はオイルを抽出した後の廃棄物 (**Empty Fruit Bunch: EFB**)として、プランテーションに戻されるとすると

(**FronD + Male Inflorescence**) + **EFB(7.54 トン)** = **24.32 トン/ha・年 (乾燥重量)**

これらはプランテーションの中では微生物によって徐々に分解され、**3 年間**で有機物となることと土壌表面の有機物量は **48.64 トン/ha・年**となる。但し、ここでは、上記有機物の微生物分解は一次的に分解が進むとした。又、分解した有機物は全て土壌中に吸着されると仮定する。但し、土中に吸着された栄養分がどの位オイルパーム樹に吸収されるかのデータがない。そこで、熱帯雨林が土壌中に有機物として吸着できる量 (1 m 深さ迄で **120 トン/ha**) をオイルパームプランテーションの最大と仮定する。パーム樹の廃棄物から土中に供給出来る最大量は **24.3 トン/ha・年**で、パーム樹がこの栄養分を吸収しなかったとして、約6年で土中有機物吸着能力を飽和することになる。ただし、実際にはパーム樹は栄養分について吸収しているわけであるから、オイルパーム廃棄物からの供給量/(パーム樹の吸収量+余剰量)はどこかでバランスしている。以上より、オイルパームプランテーションの有機物保持量(乾燥重量換算)は

土壌表面 (約 **24.32 トン/ha・年**) + 土壌中 (**120t トン ha・年**) + α = **144.32 トン/ha・年 + α**

ただし、 α : パーム樹以外のバイオマス

また、オイルパーム樹が **20 年**で切倒されて苗木に植え替えられるサイクルをとるとするとプランテーションの有機物の最大蓄積可能量は

[パーム樹に蓄積される量 (5 トン/ha) + 土壌表面存在最大量(**24.32 トン/ha + α**)] × **20** + 土壌中有機物存在最大量(**120 トン/ha**) \cong **710 トン/ha + 20 α**

オイルパーム農園の前の熱帯雨林では植物、土壌表面、土壌中有機物として約 **620t/ha** が存在している。上記のオイルパームプランテーションの有機物蓄積量 **710t/ha** と熱帯雨林の有機物蓄積量を比較すると、ほぼ同じ量の有機物蓄積量になる。しかし、オイルパーム樹は **20 年**に **1 回**切倒される。その時点で土壌表面の有機物はゼロになってしまうと仮定し、しかし、土壌中の有機物は **120 トン/ha** を保持しているなど、プランテーションにとって有機物を損なう何の因子もないと仮定する。熱帯雨林の土壌中の有機物も **120 トン/ha** であるから、パーム樹が切倒されたとき、熱帯雨林と比較して損なわれる有機物量は **590 トン/ha** である。パーム樹を植え替えて3年目から通常のパームオイルの収穫が出来ることと仮定すると、オイルパーム樹が **29.32 トン/ha・年**で損なわれた有機物量までに達するには約 **20 年**かかる。この間に損なわれている有機物量は

$$(500 \text{ トン} \times 20 \text{ 年} \times 1/2) - 90 = 4910 \text{ トン}$$

この損失量は、製品としてプランテーションの系から外に出ているパームオイル量(3.46 トン/ha・年)を差し引いてもカバーできない量である。

以上より、20年ごとに切倒されるオイルパームプランテーションは約 245 トン/ha・年の有機物量がマイナスになる。この半分が炭素だとすると二酸化炭素として約 123 トン CO₂/ha・年の放出になる。カーボンクレジットとして US\$10/トン・CO₂ とすると、US\$1230/ha・年の損失となる。

VIII. 3. 4. 熱帯雨林の推定経済価値とオイルパーム農園からの推定経済価値の比較

森林の持つ機能は[表-4 4]に示すように、①資源的機能、②環境的包容力の機能、③一般的な人類の生活維持に必要な支援機能に分けられる。炭酸ガスの固定は③の一般的な人類の生活維持に必要な支援機能に分類されている。これ等の森林が持つ機能とオイルパーム農園の持つ機能を[表-4 5]に示すように対比して次のように考えた。

1. 森林の資源的機能価値とパームオイル製品・バイオマスの価値

オイルパーム樹から得られるパームオイルおよびバイオマスはオイルパーム樹の持つ資源的な機能から得られるものであるから森林の資源的機能と対比している。

2. 環境的包容力の機能とカーボンクレジット的価値

森林の持つ環境的包容力の機能はそれ自身が持つ一次的な効果であるのに対し、オイルパーム農園の持つ環境的な機能は、パームオイル製品およびバイオマスは再生不可能な化石燃料から製造される製品に代替し得る機能ということでは 2 次的効果と言える。しかし、環境的な機能の面で対比している。

3. 人類の生活維持に必要な支援機能と雇用創出的価値

森林の持つ社会的な機能がこの中に含まれており、オイルパーム農園の持つ社会的な価値である雇用創出的価値は対比している。

先に記したように、成熟した熱帯雨林生態系では約 450 トン/ha の炭素が蓄積されている。このような熱帯雨林の炭素貯蔵から産まれる上記各種価値の合計を Pearce^{5 1)}、Schneider^{5 2)}は \$ 1300 ~ 5700 / ha・年、Gutierrez と Pearce^{5 3)} はアマゾン熱帯雨林全体を \$ 46 billion と評価している。例えば、ここで、Pearce と Schneider の熱帯雨林の価値と熱帯雨林を切り倒しパームオイル農園に変換した場合の経済価値を比較してみる。

ここではパームオイルの経済価値を可能性のある①パームオイルの商品価値、②バイオマス廃棄物をエネルギー資源として利用した時のカーボンクレジット、③バイオマス廃棄物を利用し製品としての商品価値、④雇用創出効果の4点で評価する。

①. パームオイルの経済的価値 (V1)

$$V1(\text{RM/ha}) = (\text{Oil palm GDP}) / \text{オイルパーム栽培面積}(\text{ha})$$

2000年の Oil Palm の GDP は RM7783 million である^{5 4)}。このときのマレーシアのパームオイル栽培面積は約 3.4 百万 ha であるから、パームオイル農場の単位面積 (ha) あたりに生み出された価値は RM2,290 となる。2000年の 1 \$ = 約 RM3.8 だからドル換算で V1 は約 \$ 600/ha となる。

②. パームオイルバイオマス廃棄物のカーボンクレジットとしての価値 (V2)

ここでは、オイルパームバイオマスとして EFB, Shell, Fiber, POME を対象とし、これ等を燃料として発電に用いた場合、化石燃料が節約される。この節約された化石燃料相当分の炭酸ガスをカーボンクレジットとした。このカーボンクレジット量は次のようにして得られる。([表-4 6]参照)

$$V2(\text{US\$/ha}) = \text{廃棄物量} (\text{トン/ha}) \times \text{発電可能量} (\text{Kwh/トン}) \times 0.47 \text{Kg CO}_2 / \text{Kwh} \times \text{US\$10/トン CO}_2$$

前提

各廃棄物の発電可能量：オイルパーム・ミル工場で **Shell,Fiber** を燃料として発電している実績より求めた。

炭酸ガス発生量：ディーゼル油を用いて、ディーゼル発電したときの **Kwh** あたりの炭酸ガス発生量 (**0.47Kg/Kwh**)を用い、各廃棄物の乾燥重量当たりの発電可能量から各廃棄物からの炭酸ガス発生量

カーボンクレジットの単価：**US\$10**／トン・炭酸ガス

2000 年におけるカーボンクレジットの合計は **US \$ 15.9** 百万となり作付面積 **3.4** 百万 **ha** より、**V2** は **US\$4.7/ha** となる。

VIII. 3. 3. 節で議論したように、熱帯雨林からオイルパームプランテーションに変換することによって損なわれる有機物量から、損なわれるカーボンクレジット量 **US\$ 2 500/ha**・年であるから、オイルパームバイオマス廃棄物を燃料に用いて化石資源燃料を節約しても全く追いつかないことがわかる。そして、その熱帯雨林破壊による有機物損失によるカーボンクレジットを入れると **US\$ 2 495.3/ha**・年となる。

③. バイオマス廃棄物を利用し製品としての商品価値 (**V3**)

ここではパームオイルバイオマス廃棄物 (約 **1 5** トン/**ha**) を利用して、化学原料や燃料としてより利用価値の高いメタノールに変換したときの経済価値を評価する。

$$V3 \text{ (US\$/ha)} = \text{廃棄物量(トン)} \div 2 \times 0.53 \times \text{US\$147/トン} \div 3.4 \text{ 百万 ha}$$

前提

バイオマスからのメタノール製造可能量: ガス化メタノール法を用いると **2** トンのバイオマスからメタノール **1** トンが得られる⁵⁵⁾。

メタノールの価格: メタノールの熱エネルギーから換算すると石油 **1** トンでメタノール約 **1.9** トンに相当する。

石油価格: **20 \$** /バレル (石油 **1** トン=**7.33** バレル) とすると石油価格は **146US\$/トン** となる。

以上より、オイルパームバイオマスの商品価値 (**V3**) は **US\$547/ha** となる

④. 雇用創出効果 (**V4**)

ここでは、単位面積当たりに従事者に支払われている賃金を雇用創出効果とする。[表-25]にオイルパーム産業に関わる就労者推定値を示した。賃金は農園労働者とミル工場、カーネルクラッシャー工場、リファイナリー工場及びオレオケミカル工場の工業労働者の **2** つに分けて推定した。先にも記したが、農園労働者の賃金は政府スキームなどの労働者(自分で土地を持っている)と **Estate** の賃金労働者とは賃金が異なる。そこで政府スキームの労働者賃金を[表-20]で与えられている数字の平均である **RM700/Month** とした。また私営農園労働者賃金は平均 **RM480/月** とした⁵⁶⁾。また、工場労働者賃金は **RM700/月** とした。(これは[表-26]の農園労働者賃金と工場労働者賃金の比を用いて計算) **RM700/月** は[表-47]に示した **Malaysia Economic Statics** から引用している鉱工業労働者平均給与と非常に近い数字時になっている。(なお、[表-48]に私営農園における各職種によって異なる賃金と賃金推移例を示した。)

以上より、

$$V4 = (\text{RM700} \times 12 \times 375,900 \text{ 人} + \text{RM480} \times 12 \times 228,500 + \text{RM700} \times 12 \times 33,960 \text{ 人}) / 3.4 \text{ 百万 ha} \doteq \text{RM1400/ha} \doteq \text{\$370/ha}$$

以上より、

$$V=V1+V2+V3+V4= \$ 600/\text{ha}+(- \$ 1495.3/\text{ha})+ \$ 547/\text{ha}+ \$ 370/\text{ha} \div \$ 22/\text{ha}$$

この合計値は **Pearce、Schneider** が示した熱帯雨林の経済価値**\$1300-5700/ha** には全く及ばない。この結果より、熱帯雨林を経済作物農園に変換しても熱帯雨林が本来持っている経済価値を得ることが出来ないことを示している。

4. パームオイル生産で使用されるインプットカーボン量とアウトプットカーボン量

上記議論の中ではパームオイル栽培過程で消費されるエネルギー量を考慮しておかなければならないであろう。[表-49]にパームオイル農場におけるエネルギー消費を示した。農園でのエネルギー消費は農作業機械化によるエネルギー消費が最大ではなく、肥料としてのエネルギー消費が最大である。これ等全エネルギー消費の結果CO₂が **1249.6 k g / h a** ・年発生している。[表-46]にカーボンクレジットとして計算したバイオマス廃棄物を燃料評価したときの CO₂ 量これが **468KgCO₂/ha** を示した。これより、パームオイル栽培時に使用されるエネルギーの CO₂ 換算値はそこから得られるバイオマス廃棄物の燃料評価 CO₂ 量を上回っていることに注目すべきである。そして、この事実より、化学肥料の利用量を減らし、炭酸ガス発生量の減少につなげるには、肥料としてバイオマスを利用することが重要な **1** 手段といえる。[表-46]において、植替え時に発生する **OPT,OPF** は燃料として組み入れて計算していない。しかし、この **OPT・OPF** は CO₂ として **60-100** トン/ha であり、**20** 年で植替えを実施するとして **3-5** トン/ha・年の CO₂ 節約となる。この数値をバイオマス廃棄物燃料評価 CO₂ に加算すると **3468-5468KgCO₂/ha** ・年となり、パームオイル栽培過程のエネルギー消費による CO₂ 量インプットに対し、**3-4** 倍のアウトプットが得られる。これはエネルギーとして **182.1GJ/ha** ・年、CO₂ として **11850 k g / h a** ・年が得られる産業であると示している⁵⁷⁾。オイルパームにとって、CO₂ の固定はバイオマス廃棄物だけでなく、パームオイルとしても CO₂ を固定しており、この固定量を加算するとインプットの **9.5** 倍になる。

VIII. 3. 5. .生物多様性への影響

生物多様性条約の前文において「諸国が自国の生物の多様性の保全および自国の生物資源の持続可能な利用について責任を有することを再確認し」とある。しかし、マレーシアにおいては、農村部と都市部の貧富格差是正及び農村部の貧困解消（特にブミプトラ政策によるマレー人を中心にした原住民対象）が緊急課題であるため、「生物多様性」の議論の以前に農村開発の名の下に新しい土地の開発を実施しされている。[表-50]に **1986** 年から **2000** 年の新土地開発に対する予算配分及び **2001-2005** 年新土地開発の予算配分計画を示した。マレーシアの国土は約 **3300** 万 h a であるから、**1985-2000** 年の期間に国土の約 **2%** の森林が切り開かれたことになり、更に、**2005** 年までに約 **36** 万 ha（国土の約 **1%**）の森林が開拓されようとしている。マレーシアの熱帯雨林原生林には少なくとも **225** 種の樹木が育成している⁵⁸⁾。この原生林に生息している哺乳動物の個体数を幾つかの森林形態における個体数と比較したものを[図-18]に示す。原生林には **75** 種の哺乳動物が生息していたにもかかわらずパームオイル、ゴム農園では **11** 種の哺乳動物しか確認されていない。これはモノカルチャーの植物システムでは非常に限られた動物しか生息できなくなっていることを示している。更に、ここで枯葉や倒木の分解による栄養分のリサイクルに重要な微生物について間接的ではあるが検討する。パームオイルを十分に収穫するためのパームオイル樹の生育にとって、例えオイルパーム樹のモノカルチャー農園でも十分な微生物や無脊椎動物が土中に存在することが栄養分のリサイクルにとって重要である。[表-51]に落ち葉などによる無機栄養分のリサイクル量について森林とパームオイル農園の比較を示した。ここでオイルパームにおける **litter** はプランテーション内では剪定された **FronDs** と雄花、全体ではそれらに収穫された **EFB** を加えたものである。この結果から **FronDs** や **EFB**

を有効にマルチとして利用すればパームオイル農園における無機栄養分のリサイクルが森林とパームオイル農園とに差がほとんどないことがわかる。しかし、これは熱帯雨林が本来保有していた落ち葉等を有機物に変換する酵素や無脊椎動物がパームオイル農場に同じように存在していることを示している訳でなく、パームオイル農園独自の生態系が発現していると考えらるべきである。

また、オイルパーム果実を十分に結実するためには受粉のための十分な昆虫の数が必要である。これについてはマレーシアでは従来、マレーシアに存在していなかった外来種のウィービル (*Elaeidobius* 属) の虫媒に効果が認められたため、**1981** 年に西カメルーンから *Elaeidobius Kamerunicus* を導入し虫媒が実施されている。しかし、これはあくまでも人為的な虫の利用であり、従来の生態系を利用するという生物多様性的見地及び固有の生態系に外来種を持ち込むことによるリスク解析が出来ていないままの使用は新たな課題を持ち込んだことになる。また、病害虫被害予防のため使用されている農薬による作業員の健康被害が大きくなっている現在、使用を最小限にするために病虫害からパームオイルを守るための捕虫・捕食性の個体が十分に存在させるための自然条件の再生も重要な課題である。しかし、ここでの問題は、従来の生態系と新たなモノカルチャーの求める生態系は全く異なるものであり、従来の生態系はかえって除去されるべきものが多い。このため、熱帯雨林生態系とそれを切り開いた新しいモノカルチャー・プランテーションで求められる生態系は両立するものでない。このため、従来の生態系を維持又は回復は絶望的であり、より良い選択肢としてモノカルチャー・プランテーションで出来るだけ環境にやさしい、新しい生物多様性に富んだ生態系を確立する努力が必要と考える。

VIII. 3. 6. 土壌流出への影響

森林伐採が原因となり発生する各種問題の相互関係を[図-19]に記す。森林伐採により降雨は地表面の植物や落ち葉などの有機物堆積層を洗い流し、また、森林伐採後に有機堆積層のなくなった地表面は農作業用車両、**FFB** 収穫・運搬車両によって踏み固められ、地表面は保水性能がなくなるために地表を通して雨は地層内に浸透しにくくなる。このため、雨は表面水として流れ下る。このために、土砂を含んだ雨水は一気に川に流れ込み河川の川底を土砂は上昇させ、この川底上昇と急激な増水の原因が大きな洪水を引き起こしやすくする。

[表-52]に熱帯雨林の天然林と天然林伐採後の状態における土壌浸食データの比較を、そして[表-53]にパームオイル農場における土壌浸食のデータをパーム樹の樹齢及び農場の傾斜度そして土壌表面の状態をパラメーターにして示した。土壌表面をマメ科の植物でカバーされていても土壌浸食は天然林の数倍～約 **10** 倍に達しており、当然のことながら土壌浸食の大きさは傾斜度に大きく影響されている。パーム樹の樹齢が大きくなっても侵食度が小さくなる傾向は見られない。剪定などで切り落とされた **fronds** をマルチとして使用することで侵食防止に多少役立っているが、十分ではない。これは、一度、自然の状態の土壌表面を失った後では、降雨は土壌中に保持されがたく、マメ科の植物や **fronds** のような **2** 次的なマルチをしても降雨の流れをコントロールすることは難しいことを示していると思われる。[表-54]に傾斜度 **5** 度の場合の年間雨量約 **1430mm** のときの表流水と流送土砂による栄養分ロスを示した。[表-15]より、例えば、**リン酸肥料 (P_2O_5) が $8kg/t\text{-oil}(3.6kgP/t\text{-oil})$ 施肥されている。これを農園の **ha** あたりに換算すると約 **13.5kg·P/ha** となる。[表-54]において、**P** の流出合計が **5kg/ha** であるから、約 **40%** が流出してしまうことになる。[表-55]にオイルパーム農園に施肥される無機肥料量と流水と表土流出により失われる栄養分を比較して示した。この表で与えられている **P** のロスは **5kg/ha** と上記計算と全く同じ値を与えている。無機肥料全体として施肥された **9%** が流出しており、約 **10%** のコストをロスしている結果になっている。マレーシアの年間の**

平均降雨量は **2000–2500mm** であるから、このデータは通常より少ない降雨量の時のデータである。栄養分ロスも降雨量に比例するであろうから、ロス率は更に大きくなることが予想される。

VIII. 3. 7. まとめ

熱帯雨林を切り開き、パームオイルを生産するために広大なオイルパームプランテーションを作ったことは、自然・環境破壊そして生物多様性の喪失は全世界的に大きな損失であったことは間違いのない。しかし、元にもどれない現在の時点で、自然保護・環境改善をどのようにやってゆくかが重要である。[表-15]に油脂 **1** トン収穫するために使われている肥料・殺虫剤の量を他植物油と比較して示した。先にも示したが単位面積当たりの収穫量及び[表-15]に示される肥料・殺虫剤（他の表現をすればエネルギー）の使用量からパームオイルは他油脂の収穫と較べれば効率的で、省エネルギー作物といえる。全人類にとって植物油の必要性は食料の分野ではもちろんであるが、ファインケミカル分野、医薬、燃料分野で更に重要性が増して行くことが予想される。その中で上記のような特徴を持ったパームオイルの役割は重要になって来る。そして、マレーシアの気候条件から、栽培に適したオイルパームを選択して自国の主要な産業とすることは当然な選択である。しかし、だからと言って、これ以上の自然破壊は食い止めなければならない。後述するが、マレーシアの発展（特に、貧富の格差、農村の貧困解消）にパームオイル産業は重要な役割を担っている。自国の経済発展と自然環境維持に何とか折合いを見出して、現状で、産業として増収を図れる道を選択することが重要である。その重要な選択肢の一つが現在、廃棄物として処理されているバイオマスを資源化する産業を育てることである。

[脚注]今回、マレーシアに **1** 年間滞在して、環境破壊について感じたことを述べる。マレーシアは材木伐採、オイルパームプランテーションのための開墾で全世界より自然破壊、熱帯雨林破壊の非難を受けている。そして、他の植物油生産国（欧米）からはパームオイルは環境破壊の象徴的作物として不買運動の対象にもされている。しかし、マレーシアは経済発展のためには熱帯雨林の開拓が必要であると信じて先進国を目標に邁進している。マレーシアは急激な工業化による経済発展をしてきた。その結果、公共交通網のインフラを整備するだけの歴史的そして経済的余裕がなかったために、クアラルンプールは車であふれている（公的交通機関が発達していないマレーシアは完全な車社会であり、車がなければ動きが取れない。このため、マレーシアのどんな田舎に行ってもアスファルト舗装した立派な道路が開通しており、日本よりも道路網は整備されているように見える）。夜にはイルミネーションが煌々と灯り際限ないエネルギー浪費社会に突入している。マレーシアは「先進国がそうであるように開発途上国が同じことをして、何故、批判を受けるのであろうか」と問う。しかし、これからの発展において、最早エネルギーの浪費は許されないし、際限ない資源・エネルギー多消費型の経済発展は不可能である。どこかで、各々の国が自国の妥当な発展レベルを決めねばならない。これは内因的でなく外因的に決められるのかもしれないし、外因的に決められざるを得ないのかも知れない。しかし、そのような強制的（暴力的）解決手段になる前に持続可能な発展とは何か、発展の意味、これからの発展のターゲットを先進国が先ず、目標を具体的に設定してそれに目指した行動をとらなければならない。

マレーシアは陽炎のような先進国のレベルを必死に追いつこうとし、全世界から自然破壊の非難を受けながら、自然破壊の道を更に進むのではないかと危惧している。

VIII. 4. マレーシア農業とパームオイル農業の位置づけ

VIII. 4. 1. マレーシア農業におけるパームオイル農場の成り立ち

先にも記したが、マレーシアのパームオイル農園の発展は農村地帯の経済的貧困解消と結びついて発展してきた。[表-40]で示したように農村部と都市部の貧困を比較した場合、1995年において農村部の貧困は約28万戸で15%の割合、これは都市部の3倍以上になっていた。これが2000年は約19万戸と戸数は68%に減少したが貧困の割合は相変わらず都市部の5倍近くになっている。マレーシア政府は農村の貧困解消策の一つとして大規模土地開発を連邦政府又は州政府の公的機関、例えば**FELDA(Federal Land Development Association)**などが中心的な役割を果たしながら実施し、土地を持たなかったり、または殆ど持っていない家族を主にオイルパーム栽培を目的として入植させ生活の安定化を図った。これが下記3のグループ小規模農家である。マレーシアのプランテーション開発体制・構成を[図-6]に示した。さらにパームオイル産業発展のための技術・研究開発、生産活動援助、資金援助、販売援助などの支援機関を[表-56]に示した。このような支援体制の中、マレーシアの農業システムは下記の4つに分けられる⁵⁹⁾。これ等は独立前、独立後の自然発生的なシステム又は国の建設的計画の結果である。

1. 土地共同利用システム (Communal Land System)

先住民や土着農民の従来ながらの農耕を行っている農業である。政府は彼等を政府が実施している開発プログラムに組み込み、農村経済・地域経済に彼等の寄与を増やそうとしている。

2. 小作農業システム(the small peasant farm system)

農村に住む大部分の農民がそうであり、伝統的な田舎に定住し1-3ha位の水田又はゴム園を保有している。そして換金作物である野菜、果物、ココア、タバコ等を並作している。同時に鶏、牛、山羊などを飼って自家消費および収入の多角化を図っている。

3. 小規模自営農業システム (smallholding settlement system) :

[図-6]の **FEDERAL Scheme, SATE Scheme** に相当する。

マレーシアの政府や州などの各種土地開発プログラムにのっとり入植した人々。3-6haの土地を家族単位で働き、主にパーム、ゴム及び換金作物生産に従事している。運営のより方には3種類あり①1schemeに入植した人達は全てのエリアを一緒に作業する、②入植者が彼等に与えられたエリア(土地)だけをそれぞれに作業する、③ブロックとして決められた場所を入植者たちはグループワークで行う。これ等3つの運営法において、これらの小農家がグループを作り資材の購入等で経営の効率化をはかる。特にパームオイルにおいては、ミル工場の効率的稼働により高品質の製品が得られる。更に、公的試験施設からの技術指導を直接受けることにより収穫向上を図っている。農村開発のためには多くの国、州レベルのプログラムが実行されており小規模農業を近代化し、彼等の生活レベルを上げるとともに国の食料需要増加に対応させるのが目的である。この開発プログラムは社会構造や農業生産に大きな変化をもたらし、更に農村に雇用をもたらすと同時に技能取得の為の訓練、農業に必要な技術移転そして女性を含めた共同体への参加が図られている。この実施主体は①**FELDA (Federal Land Development Authority)**、②**FELCRA(Federal Land Consolidation and Rehabilitation Authority)**そして③**RISDA(Rubber Industries Smallholder's Development Authority)**に分けられる。これら3つの実施主体により下記のごとくに規模が異なっている。

①. FELDA (Federal Land Development Authority)

1956年7月1日に設立され、1957年に最初の土地開発を実施した。最初はゴム農園だけであり、パームオイルが含まれるようになったのは1961年からである。初期のころは400-500家族に1600-2000haの規模(3.2~5ha/家族)であったが、最近の開発では1,000-2,000家族に4,000-8,000ha(平均4ha/家族)となっている。[図-20]にグループワークシステムの組織図を示す。

このような組織に基づき、農園の運営（作業、肥料、収穫、資材購入など）の効率化を図ると同時に入植者たちの管理の役割を果たしている。

FELDA 入植者の雇用状態についてのオイルパームの情報が無いので、ここではゴムの情報を例にして、参考のために記す⁶⁰⁾。オイルパームも同様なシステムであると考えられる。

イ. 入植した当初の給料は日給制だが、月2回に分けて支払われている。日給は男女によって異なるが、男\$2.9、女性\$2.5で、1入植者家族あたり1人分だけ支払われる。しかし、作業量が多いときは1家族から何人か雇われ日給が支払われるが、その場合は上記の決められた金額よりも低くなる。ゴムの木が成長して収穫できるようになれば、その収穫に見合った給料が支払われる

ロ. 仕事は、6:00-9:00 (10分休憩)

9:10-10:30 (30分休憩)

11:00-12:00 (10分休憩)

12:10-14:00 仕事終了

ハ. 雨の日は①1日中雨の場合、給料は支払われない、②ほぼ10時まで働いて、雨が降り始めた場合、1日の給料の半分が支払われる、③お昼まで働ければ、1日分の給料が支払われる。

ニ. 入植者の主な収入は

日給(\$2.9)×20日/月=\$58.00/月

FELDA から年6%で融資されている\$69.60/月

合計\$127.60/月

入植者たちの生活費は\$120-150/月のために、ゴムが収穫できるようになるまで(オイルパームの場合はFFBが収穫できるようになるまで)厳しい生活が続くことになる。

②. FELCRA(Federal Land Consolidation and Rehabilitation Authority)

開発規模は**FELDA**に比べれば小さく、300-500haである。1家族あたりの面積は、農地再開発では1家族2haと小さいが、最近の新しく土地開発から手がけたものは1家族あたり4haである。

③. RISDA(Rubber Industries Smallholder's Development Authority)

手がけるものは比較的大きく1,000haを超えるが、隣接するsmallholderの土地を手がける際には150-200haと小さく1家族あたりでは約2haである

4. 近代的プランテーションシステム(estate)

このシステムは私企業で構成されている。農民にとって重要な雇用を供給しており国の経済に対し約30%の寄与をしている。通常、オイルパームestateとして二つの定義がある。

①. オイルパームの面積が小さくても、すでに、ゴムやココナッツ、お茶などのestateと見なされているもの

②. 個々農園が相互に隣接している又はいないに関わらず全体の合計農園広さが100エーカー以上のもの。(注:エーカー=約4046.8m²)

5. 独立小農家(independent smallholder)

上記に1~4のほかに5番目の形態として、発展段階の一つで独立小規模農家(independent smallholder)と区分されているグループがある。これ1960年代初期に発生し、1970年代に急速に伸びた。1980年代には他よりも急速に伸び続けた独立小規模農家は個人で運営する40haまでの農園と定義されているが、一般的には個々の農園の広さは小さく通常3-5haである。主に家族で運営し、そして、家族の一部は他の農業活動や農業以外の仕事にも携わっており、収入が多様化しており家族全体としては生活が安定している。植え替え伐採や植樹の時は外部のコントラクターが雇われる。収

穫された FFB (Fresh Fruits Bunch) は外部のディーラーに売られる。ディーラーは農園で FFB を引き取りに来て、これをミル工場まで運ぶ役割を果たしている。現在、ゴム園を持っており、今後、パームオイルに切り替えを希望している独立小規模農家は植え替えに必要な補助金や機械が提供される。1987年にはこの補助金は RM \$ 3,707/ha が 4ha までの広さの農地を持つ独立小規模農家に与えられた。しかし、FFBの生産を希望する場合には、勝手に Oil Palm に切り替えられるわけではなく PORLA(Palm Oil Registration and Licensing Authority)からの許可証が必要である。[表-5 7]に上記 1~5 のパームオイル・プランテーション所有者の割合と FELDA が開発した新土地のゴム農園とオイルパーム農園の面積も同時に示した。[表-3 6]にゴム農園面積減少について記したが、しかし、[表-5 7]の下表で一方ではゴム園を開発していることを示している。これについて 8th Malaysian Plan で「2000年から2005年にかけて、ゴム農園は他作物に変換され毎年 1.9%の割合でゴム生産は減っていくであろう。しかし、ゴム生産はゴム及び木材生産にとって重要な分野であり、年間少なくとも 20000ha は再植樹又は新土地開発を行ってゴム農園面積維持を図ってゆく」と述べている。

VIII. 4. 2. independent smallholder (独立自作農家) の役割

現在、マレーシアでは政府機関 (FELDA 等) などの指導のもとでパームオイル農家の経営の効率化、製品の品質安定化、技術指導を目的として、上記にも示したように自作農家のグループ化を図っている。しかし、FELDA に属している自作農家は個人での土地の所有権は認められていない。このため、小農家はこれを嫌い、個々に独立した経営を行う道を選んでいる。このような独立自作農家は資金的制約から労働集約型の経営を行い、購入材料を出来るだけ少なく抑える。この為、自作農家で得られる Fresh Fruits Bunch(FFB)の単収は 17 トン/ha とグループ小規模農家の平均単収である 18-19 トン/ha に比べれば少ない欠点を有している。この FFB は中間業者に売られる。得られる収入は典型的な小農家で RM19/man・日^{6 1)}を得ることが出来る。パームオイルの市場価格が上がればもっと多くの収入が得られるし、逆に市場価格が下がれば収入は下がる。このため、収入の不安定さが常に付きまとう。しかし、先に記したように小農家は家族の一部が外で働くことによって一定の安定した収入があるために、パームオイル市場価格の変動による収入の不安定さをカバーできる。このような小農家が増えることにより農村地域住民の生活を良くする効果がある。また、政府にとっては、このような小農家法は政府が進めているグループ化法に比べ、農地開発を行わなくて良い分だけコストがかからないと言うメリットがある。しかし、小農家は経済効率的な面^{6 2)}と資金的な面で個々には収穫した FFB から製品となるパームオイルを搾油するミル工場を持っていないという欠点がある。そのため、自作農家にとっては品質^{6 3)}や輸送費の問題から農場周囲に私営農園やグループ小規模農家のミル工場の存在が必要となる。特に収穫 FFB は出来るだけ早く搾油しないと FFB 中に存在する酵素によって油脂品質低下して商品価値を下げてしまう (VIII. 1 節で示した反応式で右から左への反応)。このため、FFB の引き取り価格が上がったときまで待つて売るという選択は出来ず、収穫したら直ぐに売ってしまわなければならない。これが独立自作農家にとっての弱点であり、独立自作農家を発展させてゆくにはグループ農家とのコンビネーションが必要である。[表-5 7]に示されているように独立小農家はその数を伸ばしている。また、[表-5 8]に私営農園、グループ小規模農家そして独立小規模農家のオイルパーム収穫までのコスト比較を示した。独立小規模農家のコストは他と比較して十分な競争力があり、更に、[表-5 8]中の管理費とその他で計算されている費目は自営の農家にとって見れば、人件費として独立小規模農家に戻ってくるものだから、実質的には更に収入が多くなることを示している。

VIII. 5. マレーシアオイルパーム産業

[図-1 1]に示すように、パームオイル産業の主な事業はオイルパームプランテーション-搾油工場(ミル工場)-リファイナリー工場、カーネルクラッシャー工場-オレオケミカル工場から成り立っている。[写真-3]に示されているようにオイルパーム果実は **Exocarp**、**Mesocarp**、**Endocarp**、**Kernel** から成り立っている。パームオイルは **Mesocarp** に含まれており、パームカーネルオイルは **Kernel** に含まれていて、両オイルともパームオイル産業の主要製品である。また、**Kernel** よりカーネルオイルを搾油した後の残りかす(**Palm Kernel Cake**)は動物用の飼料として販売される。以下に、オイルプランテーションから順次、各事業の内容を記す。

VIII. 5. 1. オイルパームプランテーション

オイルパームプランテーションについて、[写真-1]にオイルパーム農場の全景例、[写真-2]にオイルパームの樹と果実房のなっている様子と作業風景の様子、[写真-3]にオイルパーム果実房と果実を示した。

VIII. 5. 2. オイルパームの性質^{6 4)}

1. 栽培

オイルパーム樹はヤシ科のアブラヤシ属である。多年生草本で、北緯 17 度~南緯 20 度の地域にあるアフリカ、東南アジアそして中南米で栽培されている。年間雨量 1500mm~2000mm、気温は最低で 22~24℃、最高 29~30℃、日照時間が5時間以上の地域が適している。発芽した種子を鉢植えて 12~18 ヶ月育苗後、農園に植えられる。植樹密度は 132~145 本/ha であるが平均 138 本/ha のところが多い。

2. オイルパーム樹の性質

i. 葉 (FronD) : [写真-2]

樹 1 本に 36~50 枚が付いており、8 枚で螺旋状に樹を 1 周している。新しい葉は 12~24 枚/年へえる。

3. 果実 : [写真-3]、[写真-4]

花房は約 36 ヶ月目に第 12~16 番目の葉腋に現れ、やがてらせん状に新しく下部に出てくる全部の葉腋についてゆく。パーム樹は銀杏の木のように雄の木と雌の木が決まっているわけではなく、樹は花(雄花房または雌花房)を同一の樹で、ある時は雄花房だけで、ある時は雌花房だけが付く。しかし、下に出てくる新しい葉腋には逆の花房(雌花房だったら雄花房、雄花房だったら雌花房)が付く。受粉後約 5 ヶ月で果実は成熟する。果実房は 20~30 kg で、1 本のパーム樹から 10~12 個が収穫できる。果実房には果実が 1000~3000 個ついている。

[写真-3]に示されるように、**Mesocarp** (中果皮)にパームオイルが含まれており、**Endosperm**(内胚乳)にはパームカーネルオイルが含まれている。

VIII. 5. 3. オイルパームプランテーションにおける作業^{6 4)、6 5)}

ここでは、プランテーションで具体的にどのような作業がなされ収穫に至るかを簡単に記す。

1. Care and maintenance

① . 剪定・除草・収穫

剪定 : **FronD** は、**FFB** に含まれる **oil** 収穫量を多くするには剪定せずに多く残しておいた方がよい。しかし、[写真-2]でもわかるように、**FFB** は **FronD** の上に位置しており、下から **FFB** を見ようとした場合に **FronD** の影になり見にくい。**FronDs** を剪定して切り落とす目的は、**FFB** の熟度で収穫時期を目視で把握するためと **FFB** の収穫作業をし易くするためである。剪定の様子を[写真

－4]に示す。剪定で切り落とす **Fronde** の数はパーム樹齢などによって異なる。一般的には **24Fronde/ha/yr** が剪定で切り落とされる。

② . 施肥：適当でバランスの取れた施肥は成長と収穫量向上に重要である

③ . 受粉：受粉に十分な昆虫が必要である。もし昆虫が不十分な場合には手で行わなければならない、木の高い箇所での受粉作業は大変である。マレーシアでは従来、受粉用昆虫が不十分であったが西アフリカから受粉用昆虫を導入している。

④ . 病害虫の管理

2. 収穫

[写真－3]に **FFB** を、そして収穫の風景を[写真－5]に示す。

① . **9－14** 日のサイクルで熟した **FFB** を見つけて切り落として収穫する。1 **FFB** 当たり少なくとも **500g** 位の果実が熟して **FFB** からパーム樹の根元に落ちていれば収穫される。この位の状態が **FFB** の果実オイル含量が最も高く、遊離脂肪酸が例えば **0.5%** と低いので収穫時である。 **FFB** の重量は **20～30 kg / FFB** で、1年間に **4～8 FFB / 年・パーム樹** 収穫される。 **FFB** には **1000～3000** 個のパーム果実が着いている。

② . 切り落とした **FFB** と果実が地面に落ちたときに散らばった果実を集める。集めた **FFB・果実** は所定の道端まで運ぶ。

③ . 道端に集められた **FFB** をトラックなどに積み込みミル工場に運ぶ。 **FFB** の収穫は年間に **1** 本のパームオイルの木から平均して **5** 個収穫される。 **FFB** が収穫される際に剪定される **OPF(Oil Palm Fronds)** は **2** 個である。[写真－6]に②、③の様子を示した。

VIII. 5. 4. .パームオイル農園で発生するバイオマス廃棄物

パームオイル農園におけるバイオマス廃棄物は、下記の2作業をすることで発生する。

1. OPF

.パーム樹の剪定作業及び **FFB** の収穫時に生じる **OPF** で、1パーム樹あたり、1回あたり **2 OPF** が得られ、**6回 / yr** 収穫できる。

2. パーム樹の切り倒しおよび植え替え時に発生する **OPT,OPF**

パーム樹の植替えは次の理由は、①.パーム樹は年齢によるパームオイル収穫量減少、②. 樹高が高くなり過ぎることによる **FFB (Fresh Fruits Bunch)** 収穫作業性悪化の改善、③.機械化導入をしやすくしてコストを低減する。

i. パーム樹は年齢によるパームオイル収穫量減少

理由1. [表－59]に示したように樹は樹齢 **10** 歳前後が **FFB** の収穫量が最大になりその後は樹齢とともに収穫量低下する。

理由2. 病害虫によりパーム樹が枯れてしまい、その割合は樹齢が上がるにつれて上昇するために結果的に単位面積当たりの収穫量が下がる結果になる。この枯れ死が農家にとって止むを得なく植替えする主因である。樹の老齢化による収穫量低下は、それでも収穫が出来、植替え後に数年 (**3－4** 年) の無収入・低収入期間があることを考えるとそれだけで植替えの理由にはなっていないようである。

ii. 樹高が高くなり過ぎることによる **FFB** 収穫作業性の悪化と収穫量低下

[写真－5]収穫の様子を示したが、樹齢が高いほど樹の高さも高くなる。そして、高いところから **FFB** を切り落とすために作業の効率の悪さと作業員への危険性が増す。また、 **FFB** についているパームオイルを含んでいる果実が地面に飛び散る割合が多くなる。作業員は **FFB** を多く収穫することを要求されており、土表面に飛び散った果実を拾い集める時間ロスおよび作業を嫌う。この結果、1

つの **FFB** からのパームオイルの収穫量は結果的に下がり、単位面積当たりの収穫量も下がることになる。[写真-7] に植え替えの様子を示した。

iii. 機械化導入をしやすくしてコストを低減

収穫にかかる人手はパームオイルと競争関係にある大豆と比較すると、大豆の場合にはコンバインを用いた大規模収穫のため、収穫費用は **FFB** 収穫の 40 分の一以下とのことである。マレーシアの農園は収穫用機械が入って効率的に作業するだけのスペースがないために、「写真-6」に示すように収穫された **FFB** を人手もしくは牛車で集荷用トラクターが入れる場所まで運ぶ作業するような状態である。しかし、マレーシアにおいても労働力確保が難しくなっている現状で、労働力を人手に頼らず、農場の維持管理・収穫の機械化を進めることで対応し、そして同時にコスト低減を目的にするものである。このため、マレーシア政府はパームの樹齢が高い農園や単位面積当たりの収穫量が下がっている農園に補助金を出して植替えを奨励している。そして、植替えによって農作業の機械化が可能な農園にしようとするものである。例えば、[表-60]に示すように大きな **Estate** の一つである **Golden Hope** 社⁶⁵⁾ は **IFES** システム (**I**ntegrated **F**FB **E**vacuation **S**ystem : 収穫 **FFB** を直接受けたかごが機械的に移送用トレーラー又はローリーの移送用ユニットとして利用できるシステム) を採用することにより約 **RM3.5/t・FFB** を節約出来るようになった。

VIII. 5. 5. 幹(Oil Palm Trunk:OPT)の発生量、物性

1. 発生量

植え替え時に発生する年間の **OPT(Oil Palm Trunk)** 発生量を[表-61]に示す。

2. 物性

i. .高さ、体積、重量

高さ：約 9 m

体積：約 **1.76 m³**

重量：全 **OPT** 乾燥固形分 約 **274.7 kg (fresh:約 1110 kg)**

ii. 密度：**0.23gm/cc** — **0.49mg/cc** 平均 **0.37gm/cc**

密度は樹の断面方向で変化し、円周方向から中心に向かうに従い小さくなる。このことは、繊維成分は内側ほど少なくなる。また、高さ方向によっても密度が異なり、一般的に、高い方向に従い密度は小さくなる。

iii. .水分：**100—500%**

水分は円周部から中心に向かうほど高くなり、樹の高い部分の方が高くなる。全体として **78.9%** が水で乾燥固形分は **23.1%**である。

iv. 物理的性質⁶⁶⁾

①機械的強度：曲げ強度、圧縮強度、硬さともに一般的な他の材木に比べて低い。

②乾燥：[表-62]に乾燥条件と **OPT** の乾燥条件などにより発生する欠陥を示す。**OPT** は乾燥によって、粒々が表面に出てくる、ねじれるそして壊れるなどの問題が生じる。また、周辺部分と中心部分では変化の性状が異なる。これ等のことから、板として利用することは出来ない。

v. .繊維：長さは **1.02—1.97mm**、幅は **28.4—45.1 μ**、セル壁厚さは **2.1—6.3 μ**

繊維長さは樹の円周方向から中心方向に行くに従って長くなる。針葉樹繊維(**3.0—3.8mm**)に比べると短いため、プルプなどに利用する場合には、紙強度をあげるために長い繊維のものを加える必要がある。

vi. 化学成分：[表-63]に化学成分を **OPT** 各成分(**Parenchyma Tissue,Vascular Bundle** に含まれ

る)毎に比較して示す。**Parenchyma tissue**(柔組織)の消化性は麦わらと同等で、この動物用飼料に利用展開することは廃棄物処理費用発生抑制となり、繊維組織をパルプやボード材料に利用する場合の重要な要素となる。また、バイオマスは肥料としての利用も考えられ、**OPT**の栄養成分を他のオイルパームバイオマスの栄養成分と一緒に[表-64]に示す。施肥する肥料成分である窒素(N)、リン(P)、カリ(K)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)がバイオマスの中に多く含まれており、このバイオマスを農園で利用すれば肥料成分として利用でき、施肥量を節約することができる。

vii. 樹液に含まれる成分^{6,7)}: **glucose,sucrose**、ビタミン(B1,B2,C等)、ミネラル(K,Na等)。このため、樹液を砂糖シロップに変換でき、また、栄養剤、飲料用にも利用可能である

viii. その他の性質

砂糖、澱粉成分が多く含まれているためにカビや虫に侵され易い。

3. 用途

i. 材木:先にも記したが、低密度で円周方向および高さ方向で密度が変化するため、構造材としての材木として適していない。

ii. 燃料:含水量が高いため、そのまま利用することは難しい。**128%**の水分の**25mm**厚さでは空気乾燥法を用いると、で**15.7%**水分になるまでに約**2ヶ月(60日)**要する。このため、マレーシアのパームオイルの国立研究機関である**MPOB(Malaysian Palm Oil Board)**における**OPT**の利用研究優先順位では最下位に位置している。

iii. パルプ:リグニン成分が少ないことはパルプには良いことであるが、アルファセルロース成分が高いこと、アルコール-ベンゼン溶解度及び**1%**苛性ソーダ溶解度が高いことは処理薬品が多く必要になり、必要な薬品代及び廃液処理費用の面でコスト高となりパルプ製造上好ましいことではない。

iv. **MDF(Medium Density Fiber board),PB(Particle Board)**:工業用原料として最大の問題は原料の安定的供給である。**OPT**の場合、パーム樹の植替えの時(**20-25年**に**1回**)にのみ発生するために、安定的な供給は望めない。このため、工場は植替え場所を求めて移動できる可搬式で小型のものに限られてしまう。しかし、この可搬式工場は**MDF**や**PB**用に**OPT**を細断し、繊維化するだけでなく副生する廃液処理能力も持たねばならず実質的に小型化は困難である。

v. 飼料:**OPT**は**parenchyma**(柔組織)と**vascular**(維管束)がある。この両方の化学成分、消化性を[表-63]に示した。柔組織は飼料として有効である。

VIII. 5. 6. 葉・茎(Oil Palm Fronds : OPF)の発生量、物性

1. 発生量

植え替え時に発生する年間の**OPF(Oil Palm Fronds)**量を[表-61](但し、植え替え時に発生する**OPT**が約**75.5トン/ha**乾燥重量、**OPF**は**30~40Fronds/palm**で**14.5トン/ha**乾燥重量)、剪定・収穫時に発生する**Fronds**の量を[表-65]に示す。**Fronds**はパーム樹**1本**に**36~50枚**着ついている。新しい葉は毎年**12~24枚**生える。通常、剪定時に**24Fronds/ha・年**、**FFB**を収穫時に**2Fronds**が切り落とされる。**FFB**は年間に**5/年・樹**が収穫されるから、収穫の際に切り落とされる**Fronds**は**10枚/樹・年**になる。**1ha**に約**140本**のパーム樹が栽培されているとすると**14Fronds/ha・年**になる。**1Fronds**重量が**6.5kg~13.7kg**乾燥であるから、年間に**1ha**に排出されている**Fronds**は**10~20トン(乾燥重量)**となる。

2. 物性

i. 長さ、重量

長さ:樹齢によって異なるが

葉茎 668–790cm (樹齢が高くなるほど長い)

葉軸 130–150cm (樹齢が高くなるほど長い)

重量 : fresh 葉茎 6.4–13.7 kg

dry 葉軸 平均 1.26 kg (乾燥重量)

ii. .水分: fresh 葉茎 346–360%

iii. .化学成分

[表-66]に OPF の化学成分、繊維成分を他の廃棄物と比較して示した。また、単位面積当たりに発生する OPF の肥料成分を[表-67]に示す。

iv. 性質

①. セルロース部分 : 加水分解で中性糖のグルコースが得られる

②. 非セルロース部分 : 非セルロース多糖類であるアラビノキシラン (加水分解で中性糖のキシロース、アラビノースが得られる) が得られる

③. リグニン成分 (15.2%) : 他の植物に比べて少ない (温帯針葉樹、広葉樹はそれぞれ 25–30%、20–25%)

④. パルプ原料としては不適當 : 高温でアルカリ処理されると除去されてしまうアラビノキシランの成分含有量が高く、セルロースが少ないため、パルプ収率はきわめて低い。さらに、エステル基が多いためアルカリ蒸散して製造用パルプを製造するとき大量のアルカリが消費され、パルプ中に大量の有機物が溶出することから廃液処理が困難になる。

3. .用途

i. マルチとして農場の肥料・マルチ及び収穫道路や傾斜地のエロージョンの制御に利用可能である。

ii. 反芻動物の飼料 : 1997 年より JAICA (Japan International Cooperation Agency) と MARDI (Malaysian Agricultural Research and Development Institute) が OPF を動物用飼料に適用する共同プロジェクト「マレーシア実利用資源飼料化計画」を当初は 5 年計画スタートさせたが、現在も継続して実施されている。パームオイル産業副産物利用粗飼料安定供給を目的として約 3 億円で MARDI 敷地内に実証プラントを建設し、現在、実証試験を実施している。研究課題は以下の通りである。

① OPF 及び副産物の飼料製造方法開発

② 製造飼料の成分及び栄養価の評価改善

③ 製造飼料の経済的評価

マレーシア国内で 2 社がこの技術を基に試験的生産を開始しており、日本、韓国に輸出を開始している。

VIII. 6. ミル工場

VIII. 6. 1. プロセスの概略

ミル工場はオイルパーム農場から運ばれてきた FFB からパームオイルを含んだ果実を剥がし、搾油および kernel を取り出す工程である。[表-30]にマレーシアのミル工場数と処理能力を、[図-21]に工程の概略を、そして[写真-8]にミル工場及び工程の写真を示した。

FFB の果実中油脂は酵素によってグリセリンと遊離酸に分離し、この遊離酸が多いと商品価値が下がってしまう。このため、この遊離酸の増加を最小限に抑えるために FFB 収穫後、できるだけ短時間以内に搾油する必要がある。このため、FFB のミル工場への輸送時間を出来るだけ少なくし、更に Bulk である FFB の輸送費を最小限にするために農場にできるだけ近くにミル工場があることが

必要である。マレーシアのミル工場の平均的な処理能力は[表-30]より **18.8 万トン・FFB/年** (**500 時間/月稼動**だと、**30 トン・FFB/時間**) からミル工場に近接して約 **10,000ha** の農場が必要である。ミル工場のプロセスサイドからの経済的最適スケールは約 **47 万トン・FFB/年**であることから最適農場面積は **25000ha⁶⁾⁸⁾** であると言われている。

ただし、現在稼動している中小規模のミル工場は処理能力は **0.75 トン・FFB/時間**(**4,500 トン・FFB/年**、但し **500 時間/月**×**12 月**=**6,000 時間/年稼動**)で、この規模のミル工場にとって **240ha** パームオイル農場が必要となる⁶⁾⁹⁾。

1. .フローシートの説明⁷⁾⁰⁾

ミル工場の主な工程の目的・作業内容を簡単に記す。

i. Sterilizer (蒸熱滅菌)

[写真-8]に示されているように、オープン貨車(2~4 t)に **FFB** を積載し、そのまま、筒型トンネル状の蒸熱滅菌処理槽に貨車を入れる。その後、入り口蓋を閉め処理層に蒸気が導入される。**FFB** は約 **3 kg/cm²** の飽和蒸気で約1時間処理される。

①. .工程の主な目的

イ. **FFB** 中の酵素であるリパーゼを不活性化し、遊離酸の増加を防ぐ。酵素の不活性化には **55°C** 以上が必要である

ロ. **FFB** から果実を離脱しやすくする。生蒸気加熱が必要である。

ハ. 果実を軟らかくして消化(**digest**)されやすくする

ニ. **3 kg/cm²** で加圧された後、常圧に戻した時に果実の細胞膜に破壊が起こり採油が容易になる

ホ. 果実中のタンパク質などを凝固させ、また、粘性物質を分解あるいは凝固させる

ヘ. 種子 (**kernel**) も部分的に脱水され、殻の破砕が容易になる

ii. Stripper (脱果)

FFB は機械的打撃により果房茎部 (**EFB**) と採油原料となる果実に分離される。

イ. 果実の温度を低下させないようにし、次工程に入るとき果実温度が **75°C** 以上に保たれるようにする

ロ. この工程から、バイオマス資源である **EFB** が排出される

iii. Digester (消化: 搾油)

効率よく搾油するために、また、圧搾ケーキの果実繊維とナッツ (パーム核) の分離を良くするために、果実を **95-100°C** に加熱しながら攪拌して、均一含油消化果実にする。消化果実は底部から連続的にプレスに連続的に供給される。

iv. Press (搾油)

この工程では、ケーキ中の残油分が少ないことが要求されると同時に、パーム核油の原料であるナッツを破損せずに果実繊維とともにケーキ中に残存させることが重要である。

v. Settling・Centrifuge (清澄化)

プレスで得られた粗製油には水分の他に繊維などの懸濁固形物などが含まれている。プレスからの粗製油にて適量 (通常 **20~50%**) の水を加え粘度を低下させ、静置タンクで約 **85°C** に過熱される。清澄になった油はタンク上部から遠心分離機に送られる。

vi. Vacuum Dryer (乾燥)

清澄になった油に含まれる水分による、原油の貯蔵、輸送中の加水分解を防ぐために除去する必要

がある。

vii. **Nut/Fiber Separator** (ナッツ／繊維分離)

ナッツに繊維が付着残存しているとナッツは際の効率が悪くなり、またナッツ乾燥時に発火の恐れがある。

viii. **Silo Dryer** (乾燥)

ナッツの殻を破碎しやすくし、また、殻と核が剥がれやすくする

ix. **Nut Cracker** (ナッツの殻の破碎)

ナッツを遠心力で固定環に衝突させて殻を砕き核を取り出す。

x. **Cracked Mixture(C.M.) Blowing**

細かく砕けた殻やダストを除去する

x i. **Hydrocyclone** (殻・核の分離)

殻 (比重約 **1.2**) と核 (比重約 **1.07**) の差を利用して分離する

x ii. **Silo Dryer** (核の乾燥)

核には約 **20%**の水分が含まれている。貯蔵中あるいは輸送中のカビの発生を防ぐため、水分 **7%**以下に乾燥する

VIII. 6. 2. ミル工場における廃棄物

[図-2 1]にミル工場における主要成分のマスバランス、[表-6 8]に **1999** 年、**2000** 年におけるマレーシア全ミル工場から排出された廃棄物発生量を示した。

1. **.Empty Fruit Bunch(EFB)**

i. 発生量

[写真-9]に **EFB** を示した。**EFB** は[図-2 1]に示すように、**stripper** のところから排出され、その発生量を[表-6 8]に示す。水分保有状態で **FFB** 処理量の約 **22%**、乾燥重量では[図-2 2]に示されているように **FFB** 処理量の約 **7%**である。

ii. 物性

①. 化学成分

[表-6 9]に **EFB** の無機化学成分を **Shell,Fiber** の無機化学成分と一緒に示した。また、[表-7 0]に他のオイルパームバイオマスと一緒に セルロース成分の形態と化学的特長を示す。これより、**EFB1** トン (水分 **60-65%**) に含まれる無機肥料成分は、尿素 **2.8kg**、磷酸石 **0.6kg**、塩化カリウム塩 **17.2kg** そしてキーゼライト (含水硫酸マグネシウム) **6.8 kg** に相当する

iii. 用途

① . **EFB fiber : 940 kg**(オープン乾燥重量)/ha・年賀可能である。しかし、**EFB** には **fiber1** トン当たり約 **50 kg** の残存パームオイルが含まれており、含水量が **65%**と高い。水、更に[写真-9]に示したが未だ剥離し切れていない果実が存在している。このため、**EFB** を **fiber** として利用する場合には前処理としてこれ等の除去が必要であり、これらが利用上の欠点となっている。[表-7 1]にミル工場から発生するバイオマス廃棄物と一緒に **EFB** に含まれる水分、油含有量及び発熱量を示した (発熱量に関しては[表-3]も参照)。

2. **.Fiber**

Fiber は[写真-3]に示す **Mesocarp** の部分に含まれており、**Mesocarp** 中に含まれている **palmoil** を搾油後、[写真-10]に示すような状態でナッツを包んでいる状態が出てくる。そして[図-2 1]に示すように、**Nut/Fiber Separator** (ナッツ／繊維分離) でナッツから分離され排出される。

i. 発生量と物性

発生量を[表-68]に、そして、含有無機成分を[表-69]に示した。

ii. 用途

①. ボイラー用燃料

Fiber は現在、発生場所であるミル工場のボイラー用燃料として用いられている。**Fiber** に含まれる油分量、含水量、発熱量を[表-71]に示した。

3. **.Shell**

Shell を[写真-10]に示すように、**Fiber** とナッツに分けられた後、ナッツは割られ、**Shell** と **Kernel** に分けられ、[図-21]に示すように、**Hydrocyclone** で分離され排出される。**Kernel** は **Kernel Oil** 搾油のための次の工程に商品として販売される。

i. 発生量と物性

発生量を[表-68]に、そして、含有する無機成分を[表-69]に示した。

ii. 用途

①. ボイラー用燃料

Shell は現在、発生場所であるミル工場のボイラー用燃料として用いられている。**Shell** に含まれる油分量、含水量、発熱量を[表-71]に示した。

4. **.Palm Oil Mill Effluent (POME)**

ミル工場では1トンの **FFB** を処理するのに1-1.5トンの水が必要である。これ等の水は川又は掘削井戸から得る。しかし、利用には化学処理の水処理をして精製しなければならない。この水処理費用として **RM0.3-0.5/トン・FFB** が必要である。この水の半分はボイラーへの供給水として使われ、残りの半分はプロセス水（希釈水、洗浄水など）として利用される。使い終わって水の半分は **POME** として排出され、残りの半分は工程中蒸気などで失われる⁷¹⁾。[図-23]にミル工場からの **POME** 廃水処理プロセスとして使われている代表的な2例を示した。マレーシアにおけるミル工場における **POME** の85%以上が **pond system** で処理されているため、**pond system** を主体に述べる。

i. 発生量

[図-21]に示すように、**POME** はミル工場の各工程からの廃水が遠心分離/油分除去を経て排出される廃水である。発生量を[表-68]に示した。

ii. 物性

[表-72]に排水組成をそして、この廃水の事業所外への排出基準を[表-73]に示した。これより、廃水として排出するには **BOD** で **1/250**、**SS** でも **1/45** に処理しなければならない。

iii. 用途

①. バイオガス

嫌気性発酵することにより、**POME** 1 m³ 処理することにより 28 m³ のバイオガスが得られる。ここで得られるバイオガスの物性を天然ガス、**LPG** と比較して[表-74]に示す。ガスエンジンを用いると、1 m³ のバイオガスで **1.8Kwh** が発電可能である。1 m³ のバイオガスは **0.65** リットル・ディーゼル油発電量と同等であり、これより **1997** 年時点で **582** 百万リットルのディーゼル油に相当する。これは金額で **RM378** 百万相当である。

②. 飼料

乾燥 **POME** 成分を[表-75]に示す。**POME** は黄褐色スラリーで[表-71]に示したように油分1%を含有しており、固形分5%を含有しており飼料成分は含有している。しかしながら、[表-74]

に示したように **Ash** 含有量が高いため単独では飼料として用いることは出来ず、他飼料と混合してならば使用は可能である。

③ . 肥料

[表-75]に示したように **POME** は有機肥料的な成分が多量に含まれているために、パームオイル農場の有機肥料として利用することは有望である。これ等の肥料成分は、**BOD25,000 mg/リットル**,全窒素 **948mg/リットル**,リン (**P**) **154mg/リットル**,カリウム (**K**) **1,958mg/リットル** そしてマグネシウム (**Mg**) **345mg/リットル**である。但し、これを直接農場に利用すると周囲の地下水、河川水の汚染が懸念される。そのため、利用するには **BOD(biochemical oxygen demand)**レベルを **25,000** から **5,000mg/リットル**に下げることがマレーシアの環境基準で決められている。更に、この環境基準から窒素成分の負荷は年間に **650 kg-窒素/ha** 以下に制限する必要を求められている。このように利用できる濃度まで処理した **POME** を **Palm oil** 農園で使用した場合のコストは[表-76]のように試算されている。農場とミル工場の距離によって **Capital cost** が大きく影響を受けるために、ここでは **7 km** までとした。このため、**POME** を肥料として利用できるプランテーションはミル工場に近接しているところに限られる。

VIII. 7. パームカーネル・クラッシャー工場 (パーム芯破碎工場)

パームカーネルにはパームカーネルオイル (**Palm kernel oil**) が約 **50%**含まれている。この工場からは搾油されたパームカーネルオイルと絞るかすのパームカーネルケーキが製品となる。カーネルケーキの殆どは飼料として輸出されている。

VIII. 7. 1. プロセスの概略

Kernel Crusher 工場の数と処理能力を[表-32]に、そして[図-24]に工程を示す。ここではミル工場から送られてきたパームカーネルからカーネルオイルを搾油することが目的である。この工程には機械的に搾油する方法とヘキサン (**Hexane**) を用いたカーネルオイルを抽出法がある。ここではマレーシアで最も一般的な機械的方法についてのみ述べる。

1. Size reduction

ハンマーミルでカーネルの大きさを小さくした後、溝が張られた対のロールの間を通して、カーネルは更に小さくされる。ここで得られたものをパームカーネル ミール (**palm kernel meal**) と呼ばれる。

2. Cooking

次工程でオイルの抽出が効率的に出来るようにミールを調整する工程である。**Cooker** の中を水蒸気とミールが向流 (**countercurrent**) でながされ、ミールは **15~20** 分かかって **100°C**まで加熱される。

3. 搾油

スクリュータイプの押し潰し機で搾油される。ケーキ側に残るオイルは **5~6%**である。

VIII. 7. 2. 廃棄物

ここで排出される廃棄物はカーネルケーキ (**Kernel cake**) である。発生量は **FFB** の約 **2.5%**である。**2000**年のカーネルケーキの生産量は **1,639,227** トンであった。カーネルケーキはぬか類と似た栄養成分を持っている。その成分組成を **POME** の組成と比較して[表-77]に示す。これは動物用飼料として輸出されており、上記生産量のうち **1,349,932** トンは輸出され、その金額は **RM196.4** 百万であった。

よって、ここで排出される廃棄物 (**Kernel cake**) は資源利用可能なバイオマスとして利用されるため廃棄物は発生しない。

VIII. 8. リファイナリー

リファイナリーはミル工場で果実より搾油された粗油(**Crude palm oil:CPO**、**Crude Palm Kernel Oil:CPKO**)の精製 (脱臭・脱色) し、精製パームオレインと精製パームステアリンを目的とする。[図-25] にリファイナリープロセス、[表-31] にマレーシアの生産能力を示した。

VIII. 8. 1. プロセスの概略

1. 脱ガム・脱色工程

CPO 中に含まれるガム質 (リン脂質や蛋白質) を除き、色素成分 (β -カロチンを主成分とするカロテノイドが **500~700ppm** 含まれており、**CPO** の色調は赤褐色~橙色) を除去する。

2. 精製

高温-真空下で **CPO** に含まれる遊離脂肪酸 (**CPO** の約4%) を除去する。

3. 分離工程

脱ガム、脱色、精製された **CPO** をオレインとステアリンに分離する。

VIII. 8. 2. 廃棄物

1. 廃水処理

[表-78] にリファイナリー工場廃水組成を、[図-26] にリファイナリー工場からの廃水処理設備のフローを示す。運転・管理は非常に簡単であり、リファイナリープラントの運転員が同時に運転可能であり、廃水処理設備のための新たな人員は必要ない。廃水の発生量は1トンの **crude Palm Oil** を処理すると **0.5~5m³** が発生する。この廃水処理コストは変動費 (エネルギー、薬品) と固定費を入れて **1m³** 廃水処理に約 **RM0.5** と計算されている⁷²⁾。

2. 脱ガム・脱臭工程からの発生廃棄物

脱ガム・脱臭のためにオルトリン酸 (**CPO** に対して **0.05%**)、活性白土 (**CPO** に対して重量%で **1%**) が添加される。ここで不溶性にされたガム質と色素成分および **CPO0.53%** (**CPO** 全体の) が吸着した活性白土が廃棄物となる。[図-11] に示したようにリファイナリーで処理された **CPO** は **10,132,234** トン (**2000** 年) であるから、ここで使用される活性白土は年間で約 **10** 万トンである。この色素成分を吸着し、**CPO** の **0.53%** を含んだ活性白土約 **153,700t** は約 **35%** の有機物を含んでいるために肥料又は土壌改良剤となる可能性がある。しかし、性状としてねばねばしたもので取り扱いにくいためか、現段階では有効な利用法は検討されておらず、廃棄物として埋め立てされている。

3. 精製工程からの発生廃棄物

遊離脂肪酸が除去され、脂肪酸スクラバーで捕集される。その量は約 **40** 万トン (**2000** 年) である。回収された脂肪酸は製品として利用される。

VIII. 9. オレオケミカルプラント

[図-11] に示されるように、オレオケミカルプラントではリファイナリープラントから送られてきた加工パームオイル、パームカーネルクラッシャー工場そしてミル工場からの **CPO,CPKO** を受け入れ、これら油脂 (油) を脂肪酸とグリセリンに分けた後に、脂肪酸の分離精製、メチルエステル化、水素添加による飽和化、グリセリンの高純度化を行う。[表-79] に生産能力を示した。

VIII. 9. 1. プロセスの概略⁷³⁾

[図-27]にプロセスの工程図を示した。

1. 分別

トリグリセリドを脂肪酸とグリセロールに分ける工程で下記2方法が採られている。

i. Splitting

油脂又はトリグリセリドを50-55気圧、250-260℃に加熱し、塔下部より原料油脂を、塔上部より苛性ソーダ水溶液を圧入し、油と水の比重を利用して両者を向流で接触させる。油の系内の滞留時間を2-3時間とれば、塔頂部から加水分解率98-99%の脂肪酸を、また、塔下部からグリセリン水溶液が得られる。

ii. メチルアルコール法 (Methyl Alcohol Method)

メチルアルコールを直接反応させて脂肪酸のメチルエステルをすることによりグリセロールと分ける方法である。脂肪酸メチルエステルはそのまま製品となり、グリセロールは95%純度のグリセロールで工業用として製品化されるものと、さらに純度を上げる工程に廻されるものとに分けられる。

2. 脂肪酸の精製・脂肪酸派生化合物製造工程

i. Distillation/Fractionation(蒸留・分別)

水蒸気蒸留・分別により各脂肪酸に分別する。蒸留には2つの目的がある。第一の目的は蒸留によって多種類脂肪酸と不揮発成分の不純物を分け、不揮発成分は蒸留残渣として分けるものである(単蒸留)。第二の目的は多種類の混合脂肪酸を純度の高い単一脂肪酸に分離するために、それぞれの沸点の差を利用して分けるものである(精密分別蒸留)。

ii. Estrification (エステル化)

脂肪酸にメタノールをアルカリ触媒のもとで反応させてエステル化合物を得る。アルカリ触媒としては苛性ソーダ溶液が使われるのが普通である。得られる脂肪酸メチルエステルは各種誘導體製造の原料として活用でき、基幹油化学物質として重要である。

iii. Hydrogenation(水素添加)

脂肪酸の二重結合に触媒存在下で水素を付加して飽和化(二重結合をなくす)して油脂に硬さや可塑性、展延性などのレオロジー特性を付与することを目的とする。水素添加により、融点の上昇、ヨウ素価の減少、固体脂含量の増加、色調の改善、酸化安定性の工場など油脂の諸物性が変化するこの工程で使用されるニッケル触媒は脂肪酸によって被毒されるため再利用されずに廃棄物となる。

iv. amidation (アミド化)

脂肪酸にハロゲン化アシル及びエステルなどのアシル化剤と第一もしくは第二アミン類との縮合反応を行う。

3. グリセリンの精製

グリセリンの精製には活性炭-イオン交換樹脂を用いた食品、医療用を目的とした高純度精製法と蒸留を用いた工業用を目的とした粗精製法と二つがある。

VIII. 9. 2. 廃棄物⁷⁴⁾

300千トン油脂処理工場が発生する廃棄物は①加水分解時使用アルカリ水溶液を塩酸中和した食塩水溶液、②エステル化時使用アルカリ水溶液を塩酸中和した食塩水溶液、③単蒸留で発生する蒸発残渣(スラッジ)、④精密蒸留で発生する蒸発残渣(スラッジ)、⑤水素化時使用Ni触媒、⑥グリセリン精製使用イオン交換樹脂再生液、⑦グリセリン精製使用活性炭、である。廃棄物量としては全工程廃水量800m³/日、スラッジは①、②、③、④全体で600トン/年(0.2% for input)で組成は90%が水分ある。又、⑥、⑦のグリセリン残余物は300トン/年(0.1% for input)である。組成は60%

NaCl,15-20%グリセリン、20-25%石鹼そして微量の他物質を含んでいる。⑤工程からの廃触媒は10トン/月で廃触媒処理業者に引き取られ、賦活再生される。⑦工程からの廃棄活性炭は10トン/月で土壌改良剤などに利用されている。

なお、オレオケミカル工場の廃水排出基準(ppm)を[表-80]に示した。なお、基準は2つあり、A基準は工場が上水取水口の近く、市街地(人口集中地域)の近くにある場合の基準であり、B基準は工場が農村、過疎地域にある場合である。

VIII. 10. オイルパーム製品の生産コスト概算⁷⁵⁾

オイルパーム産業から排出されるゼロエミッション的なバイオマスの利用を検討するには、それら廃棄物のコストを把握しておく必要がある。ここでは、①森林開拓農地化費用、②FFB生産コスト(農場経営)、③ミル工場の搾油コストを把握し、更にこれ等工程から排出される各バイオマスにかかっているコストの概算を行う。

但し、最近のコストに関するデータを入手することは不可能である。このため、ここでは、入手可能であったもっとも最近(1982)のデータを用い、最後に消費者物価指数を用いて換算することにする。更に、投資に対する金利は1982年も現在も変わらないと仮定する。また、農園とミル工場(搾油工場)が同時に建設されるとする。先ず、必要な投資(開拓費用、農作業用車両、家屋、ミル工場)について記し、その後でオイルパーム生産のコストを記す。

VIII. 10. 1. 森林開拓農地化費用

[表-81]に森林開拓農地化に要する項目と費用を示した。開拓地を完全に農地化するためには3年半が必要なため、農地化費用としては4年までを計算している。また、農地化の際には海岸部と内陸部で次のような事情画異なるために分けて計算している。

1. 海岸部の方が道路、ドレイン、農地等の基礎を作るのに内陸部よりも多くの投資が必要である
2. 内陸部の方はパーム樹育成のために海岸部よりも肥料が60%くらい多く必要である

VIII. 10. 2. 農園作業に必要な車両への投資

ここでは、1 estateの標準的な面積である4000haの農園を基準とする。[表-82]にその農園の維持・管理に用いられる車両に必要な投資を示す。

VIII. 10. 3. 従業員用宿舎への投資(4,000ha estate 農園基準)

ここでも、4,000haの農園とそこで生産されるFFB処理設備(ミル工場)に必要な従業員数とし、[表-83]に投資額を示した。その他建屋には事務所・販売店・ガレージ・保育所・診療所・学校が含まれている。

農村の貧困解消と地域のインフラ整備を目的として福利厚生施設が義務付けられており、これが政府にとって農村発展の大きな目玉になっている。

VIII. 10. 4. ミル工場への投資

ミル工場を建設における製造能力は、そのミル工場が置かれている状況によって異なる。

1. 大規模Estateの場合

i. 年間の予想収穫量

ii. 植えられたパーム樹の樹齢分布：樹齢によって収穫量が変化し、通常は10年位がピークで収穫量が減少するため。

iii. [表-2]に示したように年間を通して一定の収穫量でなく、変動する。年間のピーク時に比較して15%の変動があると仮定する。

以上より、次のように工場の能力を決定する。

要求される能力(t/FFB/hr)=A×B/C

A：年間の最大収穫量（トン・FFB）

B：ピーク月の年間収穫量に対する割合

C：ピーク月のミル工場の最大稼働時間（通常は 500 時間）

2. 小規模 Estate かミルだけを商売にする場合

設備費は処理能力が大きくなるほど、単位処理能力当たりの単価は安くなる。処理能力は、そのミル工場がどれだけの FFB を集められるかによって決められる。（但し、他の因子として、後に触れるがミル工場は多量の水を必要とするので、供給可能な水の量も大きな因子となる。）[表-2]に FFB の月ごとの収穫量を単位面積当たりで示したが、これより、FFB の収穫量は月ごとに変化し、9-11 月が収穫量の多い月となる。ミル工場の処理能力はこの FFB 収穫量の多き月に合わせた能力にしておかねばならない。[表-2]より最大の収穫量を示しているのはサバ、サラワクの 10 月の 2.19 トン・FFB/ha・月である。

[表-84]にミル工場の FFB 処理能力と投資金額の関係を示した。今回のコスト計算対象は 4000ha の農場であるから、以上より、ミル工場処理能力は 30-36 トン・FFB/時間とした。[表-84]より、初期投資額は RM10 百万となる。

VIII. 10. 5. 一般管理費

一般管理費にはオーバーヘッド、国のオイルパーム機関への負担金、事務所費用、建屋・施設維持費、医療福祉費用、ユーティリティ（水、電気）そして土地借用代である。土地借用代は RM30/h a である。これ等を合計すると年間の一般管理費は RM300/ha となる。

VIII. 10. 6. 投資額の合計

投資額の合計を単位面積当たり（RM/h a）で表すと [表-85] のようになる。農地化委託費は内陸と海岸沿いの平均とした。また、投資に対する金利は以下のように計算した。

1. 投資金額の金利分=投資金額×50%×10%=RM464/ha

2. 運転コストの金利分=(FFB production cost + Processing cost + 一般管理費) × 25% × 10% = RM507/ha

VIII. 10. 7. FFB 生産コスト

[表-86]に私営農園と FELDA における FFB の生産コストを比較して示した。ここでの生産コストには、生育・収穫・収集そして移送までのコストが含まれている。但し、ここで FFB の収穫量を内陸土壌で 18 トン・FFB/ha、海岸沿い土壌で 22 トン・FFB/ha でコスト計算した。また、輸送費は RM14/t-FFB とした。1982 年当時のコストは RM58.7~46.2/トン・FFB (inland,coastal : 一般管理費は含まれていない。[表-86]下段に FELDA の FFB 生産コスト(1993 年現在)RM100~74/トン・FFB と比較すると 2.10~1.26 倍のコスト上昇になっている。[表-47]に示した鉱業生産者価格指数、植物油と動物油生産者価格指数では 1.12~1.21 倍の上昇であるから、FFB 生産コストは他生産品よりも高いコスト上昇になっている。[表-86]の FELDA コストの中の Joint estate cost が他の 2 つのコスト構成因子 (Upkeeping&cultivation/Fertilizer,Harvesting/collection/Transport) と同じ割合となっており、これが FELDA コストを高くしている。これを除くと FELDA コストは RM42.7~76.8/トン・FFB となり、これは先記鉱業生産者価格指数、植物油と動物油生産者価格指数上昇分にほぼ相当したコスト上昇となる。

VIII. 10. 8. ミル工場プロセスコスト

[表-87]にミル工場での加工コストを示した。ただし、ここで **FFB 購入費は RM39.78/トン・FFB、CPO(Crude Palm Oil)の抽出率を 20%、Kernel の抽出率を 6%**とした。この結果、加工コストは **RM78.5/トン・CPO** となる。

VIII. 10. 9. パームオイル (CPO) の全製造コスト (農場からミル工場まで)

FFB 生産からミル工場での搾油加工費を入れたパームオイル (CPO) の製造コストを[表-88]に示した。ここで、設備投資の償却率を次のようにした。i.農地開拓：4% ii.車両 (自動車)：20% iii.ミル工場設備：8% iv. 建屋：2.5%。これは事業規模に対する初期投資が多少大きくても、償却等の固定費分を下げて事業をやりやすくしている。

コスト構成は

	Inland Soil (RM/トン・CPO)	Coastal Soil (RM/トン・CPO)
FFB 生産コスト	2 2 5 . 8	1 7 8 . 0
ミル工場プロセスコスト	2 5 0 . 9	2 1 9 . 5
償却	8 6 . 5 (15.4%)	8 6 . 5 (17.9%)
合計	5 6 3 . 2	4 8 4 . 0

農産物を原料とする場合、収穫に季節変動があり、これに伴い稼働率も変動するがオイルパームの場合は **FFB** の収穫の季節変動が少ないことは重要なメリットになる。

VIII. 10. 10. コスト計算結果 (1982年現在) と現在のコスト比較

以上、得られたコストの正確さについて、他に入手している **Teo Cheng Hai** 氏のコスト情報と比較して確認する。[表-89]に得られている情報とまとめて記した。今回の計算で得られたコストは情報で得られている前年のコストに比べれば約15%程安くなっている。これは **Teo Cheng Hai** 氏の情報が高めに見積もっているためと思われる。この理由を次のように考える。

1. 2001年4月8日のマレーシアの新聞である **New Straight Times** の記事によると **Universiti Putra Malaisi** の **Dr. M Nasir** の市場の **CPO** 価格と需要について次のようにコメントしている。「**CPO** の価格が **RM800** であれば、生産者は儲けることが出来る。それ以上に高いと、利用者 (消費者) は他の植物油を使うようになってしまいかえって、パームオイルの需要を減少させてしまい良くない。**RM800/トン**は高くもなく、利用者の他植物油への変換をおこさせない」と述べている。このことから、2001年時点では、**CPO** のコストは **RM800** より何割か低いことが判る (コストは価格より低いから)。そうすると、[表-89]の中の **Teo Cheng Hai** 氏のコスト情報1996, 1997年の **CPO** コスト **RM870.55/トン**は市場価格より高すぎることになる。この原因を以下のように考える。**Teoh Cheng Hai** 氏は大規模 **Estate** 出身 (**Golden Hope** 社) で[表-89]のデータは大規模 **Estate** からの情報に基づいているであろう。一方、**Dr. M Nasir** は政府から援助を受けて行っている政府スキームのコストについて述べている。大規模私営農園は政府スキームに比べれば一般管理費などが高いためコストは高くなる。しかも、**Estate** の場合、労務費対策として見かけ上のコストを高くしており、**CPO** 価格が下がっても変動費 (変動費化された固定費を含む) ^{注)} を圧縮して利益を出しやすくしていることが考えられる。[表-47]の生産者価格指標を使い1982年のコストを2000年時点に換算すると **RM775/トン**となる。一方、**Teo** 氏情報の1981年コストを換算すると **RM1090/トン**となる。これより、今回計算で得られた **CPO** コストは妥当な数値を得ているといえる。

注) 先に記したが私営農園は農園労働者の賃金を月給制にせず、出来高払いの日給制にすることに

よって、本来、固定費であるが変動費化しておいて **CPO** 価格変動リスクを労働者に負担させる仕組みを採っている。このことはマレーシア農業生産者組合 (**Malaysian Agricultural Producers Association: MAPA**)がプランテーション労働者組合(**National Union of Plantation Workers:NUPW**)からの月給額を一定にするようにとの要求を拒否してきたことに現れており、更に、最近の合意した月の最低賃金 (**RM325**) はマレーシアの貧困ライン以下であることにも現れている。

VIII. 1.1. .オイルパームバイオマス廃棄物の物性、用途的特性およびコスト又は廃棄処理コスト推定

オイルパームの廃棄物は工程上から定常的に排出される廃棄物とオイルパームプランテーションの更新で発生する切倒されたオイルパーム樹からなる。

VIII. 1.1. 1. オイルパーム樹の更新について

現在、マレーシアでは、今後、新しく大規模に熱帯雨林をオイルパーム農場に開拓することによってパームオイル生産量を増大させることは困難な状況にある。このため、オイルパームを増産させる手段として、①樹齢上昇により生産性の下がったパーム樹の植替え、②**FFB** 収穫のときのオイルパーム果実ロスの最小限化技術開発、③ミル工場におけるパームオイル抽出率の改良をあげている。これ等の改善によって国全体でオイル収率が **20%**改善されると新しく **50 万 ha** の土地を開墾したことと同じことになるといわれている。①と②は農園サイドの改善点であり、先にも示したように、オイルパームは樹齢の老齢化による **FFB** の生産量が減少及び病害虫によるパーム樹枯れ死によるヘクター当たりでの生産量低下、そして樹高が高くなるための作業性低下と **FFB** の収穫量低下によりコスト高になる。現在、マレーシアにおいて約 **3.4 百万 ha** において **25 年以上**の年齢のものが **7.2%**、**20～24 年**が **20%**あると見積もられている。このため、年間に **39t・FFB/ha**、**8.6t・oil/ha** の収穫の可能性があるとところを、現在は **18.33 トン・FFB/ha**、**3.46 トン・oil/ha** となっている。このため、マレーシア政府は国全体のパームオイル生産量の増産・安定化のために樹齢 **25 年以上**の農園に植替えを奨励している (ちなみに **2001 年**の計画では **RM200 百万**の予算で **200,000ha** の植替え計画であった)。しかしながら、農園側は例え単収が下がっても、植替え費用、植替え後の数年間の無収入または、低収入を考えて植替えに踏み切らないでいる。このため国は奨励金 **RM1000/ha**、このほかに、**smallholder** には **RM6,000/ha** のローンを用意した。この制度を利用して **2001 年 7 月 10 日**までに **4300 件**の応募があり、植え替え面積は **150,000ha** に達した。**PORLA(The Palm Oil Registration and Licensing Authority)**の **1999 年**統計によると **2000 年**以降も **50,000～90,000ha** のオイルパーム農園が毎年再植樹されるだろうとしている。一方、大規模 **Estate** では機械化し易くしたり、水管理をし易くして将来の農場管理と生産性向上を目的の一つとして再植樹を行っている。そして、大規模 **Estate** の **Golden Hope** 社は保有農園面積に対する再植樹すべき面積割合について「再植樹は農場管理の面からその保有全農園面積の **4～5%**ずつ毎年再植樹すべきだ」としている。

VIII. 1.1. 2. オイルパームバイオマス廃棄物コスト及びその輸送コストについて

オイルパーム産業から排出されるバイオマス廃棄物の物性と用途を想定したときの特性およびそれらを原料として利用するまでにかかると予想されるコストについて述べる。バイオマス利用で常に付きまとう問題は高価なバイオマスのために輸送費が原料コストに大きく影響するという課題である。マレーシアにおける輸送コストについてそれぞれのバイオマス廃棄物について以下に記す。しかし、バイオマスエネルギー資源としての輸送コストのデータは非常に少ない。そこで、現在のパルプ材輸送実績⁷⁶⁾を参考のために記す。

1 m ³ のパルプ材	50 km 輸送	: \$ 14
	100 Km	: \$ 20
	200 Km	: \$ 36

パルプ材の嵩密度は不明であるが、杉材が 700 kg/m³、檜材 900 kg/m³であることより、仮に嵩密度 1 とすると 50 km の輸送費は \$ 14/トン (約 RM50/トン) となる。

VIII. 11. 3. Oil Palm Trunk(OPT)

これは植替え時にのみ発生するものであり、定常的に発生するものでない。

1. .OPT のコスト

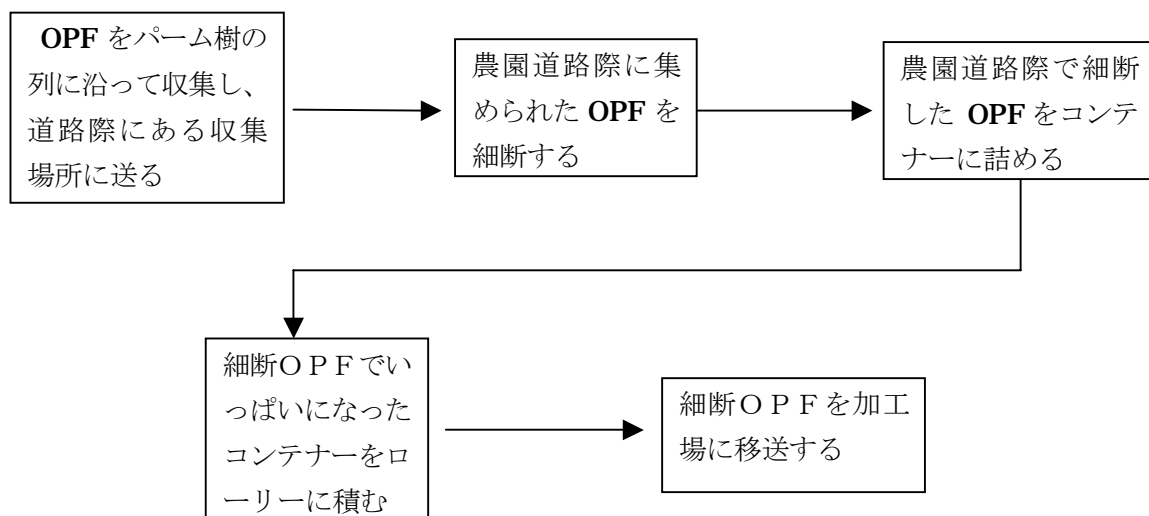
Trunk の切り倒しから移送までを含んだコストを [表-90] に示した。ここでは、チェーンソー、ブルドーザーを用いた方法を比較している。現在はトラクターとブルドーザーで引き倒すのが一般的である。また、**OPT** の処理費 (押し倒し、シュレッド、燃やすか埋める) に約 RM950/ha⁷⁷⁾ の情報もある。現在、切り倒した後の **OPT** の利用法がないために、粗く切断後、埋め立て・放置してある。そして、**OPT** が完全に分解するためには 5-6 年がかかる。これが病害虫の自然の棲家になってしまふ。このため、切倒した後で速く分解しやすくするために、薬剤 (ヒ酸ナトリウム) をパーム樹にを注入し立ち枯れさせる方法が検討された⁷⁸⁾。このことによって病害虫の発生を抑え、速やかな分解によって栄養分の役割を期待するものである。しかし、この方法のコストが MR8-12/Trunk (RM1000-1200/ha) を要するため、個人農場の一部で行われているに過ぎない。また、この方法は **Trunk** のバイオマスとして利用することを阻害するものであり、資源有効利用の面とコストの面で有効とはいえない。

VIII. 11. 4. OPF

OPF は先にも示したように、パーム樹の植替え時と、**FFB** の収穫時および剪定作業の時に発生する。ここでは **FFB** 収穫時と剪定作業で発生する **OPF** を対象にする。

1. コスト試算⁷⁹⁾

[表-91] に人手と機械化によるものとの比較を示した。[表-92] はその計算の詳細である。ここでのコスト計算の範囲は以下の通りである。



OPFにかかる費用は上記の図に示されるように①剪定作業して発生したOPFを発生源であるパーム樹から道路脇の収集場所まで運ぶ費用、②可動式細断設備を用い道路脇で細断費用（細断OPFは2-3cm）、③細断OPFをコンテナに積む費用、④細断OPF入りコンテナをローリーに積む費用、⑤細断OPFを加工する工場まで運ぶ費用の合計である。①の収集法は人手による方法と車による方法の2つの方法がある。その後の農場から利用工場までの輸送を想定した場合、OPFは見かけ密度が非常に大きいので移送前にはOPFを細断することにより体積を1/4にすることが好ましい。OPF収集にはこのように細断しながら各農場を移動して収集し、箱型ローリーで3トン/回輸送し、10回/1日で約35haをカバーする。このときの輸送コストはRM26/トン（輸送範囲10km）と見積もられている。細断なしのOPF輸送費は約RM50/トンと見積もられている。また、この方法は従来の移送請負業者の費用に比べれば少なくとも48%はコスト削減している。（従来の移送請負業者の費用は約RM50/トン。この請負業者の費用は、先にパルプ材輸送費用として概算した数値と非常によく一致している）

VIII. 11. 5. EFB

EFBは廃棄物であると言う認識のためEFBとしての価格評価はなく、EFBを廃棄又はそれを利用しようとするときに発生するコストである。

1. 廃棄物

EFBを廃棄物として処理する場合には、廃棄物処理費としてはRM8/トンがかかる。（[表-100]参照）

2. マルチ

マルチとして農場に敷く作業代としてRM5/トン⁸⁰⁾、又、農場に運ぶ費用RM9/トンと農場で敷く作業代RM1/トンの計RM10/トン⁸¹⁾の2つの価格がある。紹介されている文献にはこれらのコストの背景となる作業条件が記されていない。しかし、この2つの価格は作業条件（例えば、平地と傾斜地）の違いよると考えて良い。なぜならば、EFBは重く、硬く、滑りやすく、とげがあり、取り扱いが困難なため傾斜地での運搬・敷く作業は当然効率が悪くコスト高になる。

VIII. 11. 6. Fiber

Fiberについてコスト解析したものはない。但し、多くのミル工場では、副生成物として出てくるfiberと次の項目のShellと一緒にボイラー用燃料として使われている。Malaysia Southern Groupのミル工場を訪問したとき（Southern Acid Berhad. Senior Plant Manager Mr. Wong Fok Gee）の情報では、fiberやshellを利用していないミル工場では廃棄物処理費用をかけて処理しなければならないため、もし、引き取ってくれるなら非常にwelcomeで無料で提供してくれるとのことであった。Southern Acid Berhadでは自工場で発生するfiber、shellだけでは足りないため、近隣ミル工場fiber、shellを利用していない工場から分けてもらう際は、トラックによる輸送費を自分で持つだけで、fiber、shellの価格はタダとのことであった。輸送費は移送距離によって異なるがRM5~8/トンであるから、これがfiber,shellのコストと考えてよいであろう。

VIII. 11. 7. Shell

1. 燃料

Shellも上記fiberと同様にmill工場で燃料として使われてしまうものが殆どなためコスト解析したものはない。もし、値段がつくとしたら、上記同様に輸送費としてのRM5~8/トンであろう。

2. 活性炭⁸²⁾

現在、マレーシアで3plantが稼動して3,000t製造されている。しかし、強度、脱色性能がコナ

ツツ殻（ヤシ殻炭）から得られる活性炭に比べると劣っており、ココナツ活性炭の市場に入るとは困難な状態にある。このため、現在では水処理等で使用される場合にはヤシ殻活性炭の前段に用いられ、ヤシ殻活性炭への負荷を下げるために前処理的に使われている。今後の活性炭市場におけるすみ分けとして、もし、コストが安く、大量に製造可能になれば活性炭前処理剤として展開が可能になる。

VIII. 11. 8. POME

[図-21] のミル工場プロセス・フローに示すように、水は主に蒸気又は熱水として殺菌工程、清澄工程そして **Shell** と **Kernel** 分離工程で用いられる。大部分は廃水として回収されるが一部は蒸気として失う。そして、**FFB** を 1 トン処理してパームオイル トン得るに当たり、殺菌工程より **0.6t**、清澄工程より **2.5** トンそして分離工程から **0.25t** の合計 **3.35** トンが排出される。

1. 肥料

マレーシア **DOE(Department of Environment)** の状況報告書によると 1994 年に 275 のミル工場のうち 37% が土地利用している。**POME** を肥料として利用する場合のコストを [表-76] に示したが、このコスト評価では **POME** のコストは評価されておらず、現状ではゼロで評価されている。しかしながら、プロセス用の水は川、地下水から汲み上げられ **RM0.2~0.5** / トン・**FFB** の処理費用がかかっている。(ただし、これは **FFB** 処理費のコスト参入されて入るが)、また、[表-72] の **POME** 組成を肥料に使うには **BOD** 成分濃度 **25,000mg**/リットルを **5,000mg**/リットル以下にしなければならず、それにもコストが **RM0.3~0.6**/トン・**FFB** かかっている。

使用量は施肥のやり方 (スプリンクラー法、ポンプを使って溝に流す方法 等) によって異なるが、5-15 日おきに 1 週間に 6 日、10 万~20 万リットル/ha である⁸³⁾。

VIII. 11. 9. グリセロール残余物 (Glycerol residue)

[図-27] に示したように、30 万トン/年のパームオイル処理オレオケミカルプラントから 300 トン/年のグリセリン含有廃棄物が排出される。この廃棄物組成を [表-93] に示す。この 20% がグリセリンである。現在、この廃棄物は埋め立てられておりその費用は **RM700**/トンである。

VIII. 12. オイルパームバイオマスの現在応用又は想定応用用途のコスト解析

ここでは、各バイオマスが各種用途で利用されたときに産出される製品としてのコスト解析又は使うことによって産出される価値について解析又は推定を行う。

VIII. 12. 1. OPT

1. パーティクルボード、ファイバーボード利用

[表-94] に植替え時発生 **OPT** から得られる繊維を使用するボード工場 (**cap.66,000m³/yr**) に必要な **fiber** 量を確保するための必要オイルパーム農場面積を示した。又、植替えで平均的に発生する **OPT** と **OPF** からの繊維供給可能量は乾燥重量 **2.3** 百万トンである。標準的な **MDF(16mm** 厚さ, **760 k g/m³)**, **パーティクルボード(16mm** 厚さ, **700 k g/m³)** の必要繊維量を [表-95] に示した。これより、**OPT** 繊維から **MDF2.7** 百万 **m³**, **パーティクルボード 3.3** 百万 **m³** の製造が可能である。**OPT** 繊維をボードに利用するための繊維化プロセスを [図-28] に示した。**OPT** は水分が **550%** 含んでおるために、前処理として細断化 (**Chipping**) 処理後に脱水工程が必要である。更に、**Trunk** に含まれる髄 (**pith**) を取除き **fiber** と分ける必要がある。髄は動物用飼料として利用可能である。コストについては後述する **EFB** の繊維を用いたボードのコストを参考にすることが出来る

2. ブロックボード利用

【図-29】にブロックボード製造プロセスを示した。サイズや長さによって異なるが **1ha** のプランテーションから **15-20m³** のブロックボードが製造可能で、その価格は **RM8000-RM15000** である。一方、製造コストは **RM600RM700/m³** である⁸⁴⁾。

VIII. 12. 2. OPF

1. ボード利用

【表-94】に OPF から得られる繊維を使用するボード工場(**cap.66,000m³/yr**)に必要な **fiber** 量を確保するための必要オイルパーム農場面積を示した。又、OPF からの繊維供給可能量は乾燥重量 **5.4** 百万トンである。標準的な **MDF(16mm 厚さ,760 kg/m³)**,パーティクルボード(**16mm 厚さ,700 kg/m³**)の必要繊維量を【表-95】に示した。これより、OPF 繊維から **MDF6.3** 百万 **m³**,パーティクルボード **7.7** 百万 **m³** の製造が可能である。

2. 飼料利用

マレーシアは主に3つの民族(3つの宗教)からなっているおり、各民族それぞれによって宗教的に決して食べない肉がある。人口の一番多いマレー人はイスラム教徒であるから、豚肉は汚されるとして忌み嫌う(犬も忌み嫌う)。鶏肉、羊肉、牛肉を食べるがマレー料理店では肉料理は鶏肉、羊肉料理で牛肉料理は余り見られない。中国人はどんな種類の肉(鶏肉、牛肉、豚肉、羊肉など)でも食べる。このために、マレー人を中国料理店で見ることは殆ど無い。これは、マレー人が忌み嫌う豚肉が出るからである。インド人はヒンズー教徒で牛は聖牛として、決して食べない。インド料理店では鶏肉、羊肉の料理はあるが豚肉料理は殆ど見られない。マレー人はインド料理店には良く見かけられる。これは、多分、インド料理には豚肉料理を出さないからであろう。このような、各種類への肉需要状況において、マレーシアでは経済成長に伴い食生活の西洋化が進み、肉・乳製品の需要が急速に高まっている。これらの自給率は豚肉、鶏肉、鶏卵が **100%** を超えているがミルクは約 **4%**、牛肉約 **23%**、マトン約 **7%** と低い自給率になっている。しかしながら、熱帯雨林という気候的制限から反芻動物用の飼料の生産は不向きであり、殆どを輸入に頼っており、この輸入飼料価格が高いのが酪農を発展させない原因になっている。このため、反芻動物用の飼料の生産はマレーシアにとって魅力ある事業になり得る。

更に、穀物中心の濃厚飼料を粗飼料に転換することは重要なことであり、その粗飼料への OPF の展開は海外市場を考えると魅力ある事業である。

マレーシア国内を見ると、現在、肉牛の消費が約 **80** 万頭でその内 **70** 万頭分が輸入されている。もしこれを OPF 飼料で賄うとすると、必要プランテーション面積、必要飼料工場能力は以下のようになる⁸⁵⁾。

OPF 飼料：30%OPF、38%PKC(パームカーネルケーキ)、25%米ぬか、7%その他

OPF 剪定・収穫時排出量：2 Fronds/回 ×6 回/yr ×15kg/Fronds=180kg(M.C.)/Palm

プランテーションパーム樹植樹密度：136palms/ha より、24,480kg/ha・年

65%水分 OPF を 15%水分 OPF に調整：10,080kg(M.C.15%)/ha/年

以上より、OPF 飼料は 30 トン/ha・年となる。

1 頭に必要な OPF 飼料は 3,285kg/年 (9kg/日/頭×365)

70 万等分の必要飼料量は 3,285kg/年×70 万頭≒230 万トン

これに必要なオイルパームプランテーション面積は 230 万トン/年÷30 万トン/ha・年≒80,000ha

以上より、現在マレーシアで必要としている肉牛 70 万頭分の OPF 飼料を製造するためには、わず

か、8万m²で可能である。また、OPFの飼料としての収穫量(30トン・OPF/h a)を牛用の牧草と比較すると、牛用牧草の単位面積当たりの収穫量は10トン/h a・牧草地であるから単位面積当たり3倍の収穫効率がある。また、マレーシアのオイルパームプランテーション面積が約3.4百万haであるから、全OPFを飼料化すると10,200万トンの飼料を製造可能である。日本の牧草輸入量は152万トン・乾草であるから、いかに大量の粗飼料が製造可能であるかが判る。

[図-30]にOPF利用の飼料化プロセス、[表-96]にOPF利用の製造コスト構成および予想販売価格を示した。この結果、全コストRM296/トンに対して予想販売価格RM330/トンとしている。ここで、OPFの原料費が製造コストの46.46%、RM114.29と非常に高くなっている。[表-92]にも示したが、OPFのコストでは第一に収集、第二に輸送にかかる費用が大きい。このため、この事業はOPF発生地に出来るだけ近くに立地することが重要であり、立地条件律速の事業であることがわかる。粗飼料として麦わら、もみそして干草が対抗製品であるが、これ等の価格は世界各地によって相当に異なる。これら粗飼料の国際価格の代表例を[表-97]に示す。これより、アジア地域においてはOPF由来の資料は粗飼料として競争力のある価格であると言えることが出来る。

[表-98]のコスト計算の前提は以下の通りである。

製造能力：15トン/時間

全プロジェクトコスト：RM5.86百万

資本コスト：RM3.9百万

運転経費：RM1.96百万

資本回収期間：4年

3. マルチ・肥料

ここで評価するOPFはパーム樹の剪定・収穫作業で出てくるOPFが対象である。オイルパームは他の植物に類のないくらい太陽エネルギーを変換して自分自身(樹、葉、根等)やパームオイルを形成する能力を持っているが、このときに大量の栄養分を必要とする。栄養分は収穫物や雨と一緒に流出したり浸出したりして失われる。さらに、マレーシアの土壌は栄養分が少ないため、樹の年齢、タイミング等にもよるが、十分な栄養分を供給してやる必要がある。[表-64]にfrondsの肥料成分を示した。Frondsは約6ヶ月で半分が分解し、完全に分解するまでには12-18ヶ月かかる。ここに含まれる無機成分窒素(N),リン(P),カリウム(K),マグネシウム(Mg)を化学肥料で与えたとしてRM490/ha・年相当になる。また、OPF利用によって、土壌浸食や流出、栄養分の進出などを防ぐ役割を果たすと同時に、無機化学肥料的役割だけでなく、土中の有機窒素や有機炭素量を増やし、pHを高く保つ役割を果たしている⁸⁶⁾。

VIII. 12. 3. OPT/OPF

ここでのOPT,OPFはパーム樹の植替えによって切倒されるOPT,OPFが対象である。

1. 肥料

従来は、植替え時に発生するOPT,OPFはその場で焼却処理されていた。しかし、焼却時に発生するスモッグの問題からEnvironment Quality Act(1974)とEnvironment Quality(Clean Air Regulation:1978)により切倒されたパーム樹の幹(OPT)と葉(OPF)は焼却を禁止され、ゼロ焼却処理技術(Zero burning technique)が推奨され、採用されるようになった。そのため、OPT,OPFを農園で有効に利用する方法として、切倒された跡に裸地になり、降雨による土壌流出問題を軽減させるためにマルチとして利用する試みがなされている。これは幹をスライスし、スライスされたOPTとOPFを切倒された場所に放置することにより土壌表面をカバーしようとするものである。また、

OPT,OPF が微生物により生分解され有機物肥料となり、土壌の物理的、化学的性質を改善すると同時に、[表-64] に示されるように **OPT,OPF** 含まれる無機肥料成分がリサイクル利用される。**OPT,OPF** の微生物による生分解速度は温度や水分量により異なり、また、チップ化された大きさによっても異なる。分解速度は葉が一番速く **0.22%/日**、葉の茎とチップ化 **OPT** がほぼ同じで **0.17%/日** である⁸⁷⁾。大部分は **12~18** ヶ月で分解される。栄養分の内、**K** が最も早く溶出し始め、ついでマグネシウム (**Mg**) = カルシウム (**Ca**) > リン (**P**) > 窒素 (**N**) の順で溶出する。また、有機栄養分も無機成分よりも長い **12~24** ヶ月の期間にわたり溶出する。無機成分はその **70%**以上の栄養分が土壌に移行する。このために土壌微生物の活動が活発となり、土壌構造や性質の改善が見られる。この肥料成分 (**N,P,K,Mg**) 利用によって約 **RM960/ha** の節約が可能となる。このように利用することにより **FFB** の増収を得ることが出来、これによるメリットは **RM169/ha** になる⁸⁸⁾。[表-98] に禁止される前に行われていた焼却処理とゼロ焼却処理をコスト比較及びゼロ・バーニングの利益について記す。これより、ゼロ・焼却処理で肥料として利用した場合、その処理コストは焼却よりもかかるが、肥料としての有効性から生まれる **CPO**,カーネルの増収により、結果的にゼロ・焼却処理の方にメリットが生まれている。

更に、この時にマメ科の植物を一緒に土壌表面をカバーするために植えることが有効である。何故ならば、パーム樹を植えて3~5年で育て葉が茂るまで、土壌表面の裸地を覆い窒素固定により栄養分を土壌中にプールして、再植樹による裸地で失われる栄養分を保護する役割を果たすからである。

VIII. 1.2. 4. EFB

1. マルチ利用⁸⁹⁾

EFB のマルチ利用量は土壌の性質や樹齢によって異なるが、成熟していない木には **15-20t・EFB/ha**、成熟した木には **25-50t・FFB/ha** を用いる。[表-99] に **EFB** マルチ利用した場合のコスト解析結果を示す。**EFB** を **37t/ha** マルチングすることにより、土の **PH** が上がり、土のカリウム (**K**) ,マグネシウム (**Mg**)、カルシウム (**Ca**) のイオン交換能が上昇し、土中の **K** 濃度が上昇した。また、表面土壌の侵食はマルチしなかった場合には **27.4 kg(7.25m×50m, 5 ヶ月)**であったのがマルチすることにより **2.3 kg** に減少し、土壌の水分量が増えると同時に温度が **2~7°C**減少した。そして、土中の微生物、バクテリア等が増え、これがマルチの分解を促進し土壌改質の役割を果たしている。このような結果、**FFB** として **15%**の単収増加となった。

[表-99]では、この増収分と **EFB** をマルチに利用することによって減少する肥料使用量をプラスとして、従来のマルチなしの肥料使用にかかるコストと比較してどのくらいのメリットがあるかを比較している。この結果、肥料の節約分 **RM63.4/ha**、**FFB** 増収で **RM651/ha** となっている。但し、ここで **EFB** のマルチとして農場に敷く作業代として **RM5/トン**としている。他の情報として **EFB** を農場まで運ぶ費用が **RM9/トン**、農場に敷く費用 **RM1/トン**で合計を **RM10/トン**という情報もある。農場に敷く作業費用が **RM1/トン**は低すぎるにしても前記の作業代 **RM5/トン**にはミル工場から農場までの運搬費用が含まれていないと思われる。また、**EFB** がマルチとしてプランテーションにマルチングできる面積は、**EFB** は **FFB** の約 **20%**であるから、**1ha** 当たりの **EFB** は約 **5 トン/ha** となり、**EFB** をマルチとして **37 トン/ha** 使用の前提であるから、その農園で **EFB** マルチを使用できるのは全体の約 **14%**に過ぎない。

ただし、**EFB** は棘のようで、重く、バルキーで滑りやすいために取り扱いにくい。そして、このような性状の **EFB** を丁寧に敷かないと隙間から草が生えやすくなり、また、乾季には土地が乾燥して水遣りが必要となるなどの問題がある。更に、**EFB** のマルチ利用は害虫、特にカブトムシ (**Oryctes**

rhinoceros) の繁殖場所となり、オイルパームの成熟を遅らせる原因になっている。

2. 繊維化利用

[表-100]に EFB を繊維化により得られるメリットを記す。EFB 繊維化により、直接的には得られるメリットは EFB から回収される CPO (EFB の 0.24%) が収入となり、間接的にはここで得られた EFB 繊維をボイラー用燃料に使用可能であること、さらに、EFB 廃棄処理コスト (RM8/トン) がなくなることである。この設備を用いて EFB 繊維を製造した時のコストを試算すると以下のようなになる。但し、設備能力は EFB40,000 トン/年、初期投資は[表-100]に示されている RM1.26 百万とする。計算法はマレーシアで一般的に採用されている方式⁹⁰⁾、即ち、設備の償却は 5 年均等で償却後の資産として 10%、金利 8%、税金・保険等 2%とした。なお、この設備はミル工場隣接で蒸気・電気・水道及び労務費・一般管理費は従来のミル工場発生経費内で賄われ、今回隣接設備のために新たに発生しないと仮定した。

固定費 : RM352,800、

維持修理費 : RM150,000

合計 RM502,800

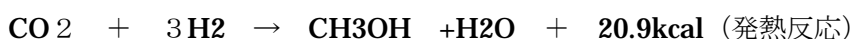
この設備より得られる EFB 繊維(48%水分含有)20,000 トン/年から得られる繊維は 11,600 トンであるから、EFB 繊維コストは (RM502,800/11,600 トン=) RM43.34/トンとなる。

i. 繊維利用試作品例

[写真-11]にファイバーマット及びその展開品、[写真-12]にファイバーマットレスを用いた成形品そしてボードの試作品例を[写真-12]に示した。CHT Natural Solutions Sdn Bhd は 2.44m 幅 × 21m 長さのマットが作れる設備をドイツから購入し試験販売を開始した。この価格は RM0.25/ft² である⁹¹⁾。

ii. メタノール生産⁹²⁾

バイオマス (CmH2On:m と n は任意) は水と酸素の混合ガスと一緒に反応温度 800~1000°C、反応時間 1~3 秒で地紙のような反応が進み、メタノールを生成する。



下段反応よりも、上段反応が先に進む。このガス化メタノール製造法では 100t のバイオマスから 42 トンのメタノールが製造される。これを発酵法のエタノール製造と比較してみる。発酵法によってえられるエタノールはバイオマスで得られる糖分のみが利用されるから、バイオマスの利用効率は非常に悪くなる。例えば、スウィートソルガムの場合、1ha あたり 210 日間で 46.6 トンのバイオマスが得られる。糖分を発酵させてエタノールを得る。糖分が約 12%であるから 5.6t で、これよりメタノールは 2.7 トンである。これよりガス化法メタノール製造法はバイオマスの有効利用法であることがわかる。

製造コストについて試算する。バイオマス 2 トンより、1 トンのメタノールが製造できる。設備費は現在の石油化学のメタノール製造設備の 2 倍と仮定すると、設備償却費は約 1 万円/トン・メタノール、運転費は約 2,000 円/トン・メタノール、それに諸経費を入れて約 2 万円/トン・メタノールと想定される。これに原料 (バイオマス) 価格を加える。現在、日本ではバイオマスは廃棄物の評価として 0 円から乾燥重量価格 3 万円程度までが考えられている。以上より、製造価格は 2~8 万円/トン・メタノールになる。先に記したように、ここで原料価格は廃棄物だからと言って 0 円にはならない。例えば、バイオマス収集・運搬に必ず費用がかかり、例えば、運搬にかかる費用は変動費だけ

で **800 円/トン**～約 **17,000 円/トン**が試算されている。

これを上記 **EFB 繊維**に当てはめると次のようになる。

メタノール生産量：**11,600 トン**×**0.42**≒**4,900 トン**

製造価格：**20,000 円/トン** ÷ **30 円/RM** +**RM43.34/トン** × 2 ≒**RM760/t**・メタノール

この値(約 **22,700 円**)は日本で製造する最低価格(**2 万円**)より若干高めの価格であり、オイルパームバイオマスの価格のメリットが生かせる分野である。

3. ボード利用

[図-3 1]に **EFB 繊維**を用いたボード製造プロセスを示した。[表-9 4]に **EFB** から得られる繊維を使用するボード工場(**cap.66,000m³/年**)に必要な繊維量を確保するための必要オイルパーム農場面積を示した。又、**EFB** からの繊維供給可能量は乾燥重量 **2.6 百万トン**である。標準的な **MDF(16mm 厚さ,760 kg/m³)**,パーティクルボード(**16mm 厚さ, 700 kg/m³**)の必要繊維量を[表-9 5]に示した。これより、**EFB 繊維**から **MDF3 百万 m³**,パーティクルボード **3.7 百万 m³**の製造が可能である。

i. 前処理

EFB の繊維は乾燥した常温では硬く取り扱いが難しいために、暖かい状態での下記の処理が効率的である。すなわち、[図-2 1]に示したようにミル工場ではオイルパーム果実を **FFB** から剥がしやすくするため及びオイルパーム果実中に含まれる酵素(リパーゼ)を不活性化して遊離脂肪酸の増加を防ぐ2つの目的のために蒸気処理される。このため、**FFB** からオイルパーム果実が除去された **EFB** は水分(65%)を含み、暖かい状態で出てくる。このため、繊維化処理する場合には、このままの状態処理できるようにミル工場サイトに繊維化設備を設置し、次の処理をすることが好都合である。

- ①. **EFB** に含まれる油分と水分の除去
- ②. 原料繊維の均質化
- ③. 原料繊維を短くする

以下にこの繊維を用いたボード工場の製造プロセスと製造コストについて示す。

ii. **D.Siempelkamp Gmbh & Co.**社提案ボード製造設備投資額例-1

D.Siempelkamp Gmbh & Co.カタログ **1999** による製造プロセスが[図-3 1]に示されている。これによると初期投資額は以下の通りである。

製造能力：**66,000m³/年**

(パーティクルボード製造工場では乾燥繊維として **46,000 トン**、**MDF(Medium density fiberboard)** 製造工場では乾燥繊維 **56,000 トン**が必要)

パーティクルボード製造工場：**RM85 百万**

MDF(Medium density fiberboard) 製造工場：**RM110 百万**

但し、土地代は含まれず、また、インフラは整備されていると仮定
従来の木質繊維利用工場の場合の初期投資額は以下の通りである。

パーティクルボード製造工場：**RM 2 百万**

MDF(Medium density fiberboard) 製造工場：**RM4.5 百万**

以上より、**EFB** を利用した **board** 製造工場の投資額は従来の木材繊維を利用した場合のパーティクルボード製造設備で約 **23 倍**、**MDF** 製造設備の約 **24 倍**になっている。**D.Siempelkamp Gmbh & Co.** は **EFB** 利用ボード製造設備の有効性について、次のように述べている。①木質繊維は購入しなければならないが、**EFB** 繊維は廃棄物であるため材料費はタダである。②.環境保護の要求は今後更に強まることが予想され、残余物利用のエコフレンドリーのビジネスは栄えるであろう。③.それ故に、オ

イルパーム繊維を利用するために必要となる余計なコストは残余物利用のために環境的に必要となるコストとして考えねばならない。④. 木質繊維の供給に不安があり、今後、木質繊維コストが上昇することが予想される。ボードメーカーは代替繊維原料を求めるから、オイルパーム繊維は高い意味を持つてくる。

初期投資額が高いことは製造当初の何年間は市場における競争力を失わせてしまう。しかし、償却が進めば固定費は減少し競争力は回復してくる。この時は変動費が競争力となり、**EFB** 繊維利用のメリットが最大限に生きてくる。更に、オイルパーム産業全体とした意義付けも大きくなるであろう。

iii. ボード製造設備投資額例－2⁹³⁾

製造能力：**30,000m³/年**

パーティクルボード製造設備：**RM54** 百万

但し、

必要用地面積：**10,000m²**

要員：**80** 名（工場労働者 **65** 人、管理・販売 **15** 人）

消耗品費：**RM41.8～57/m³**

修繕費：**RM19～38/m³**

これ等の情報と[表－9 2]のコスト計算で使用されている前提（年利息、償却、保険など）をここでも踏襲してパーティクルボードの固定費を計算してみる。

導入設備の年利息：8%、設備の償却年数：5年、償却後の設備価値：購入価格の**10%**、税金・保険等：購入価格の**2%**。

利息：**0.08 × 54,000,000 = RM 4,320,000**

償却：**(54,000,000 - 5,400,000) / 5 = RM9,720,000**

税金・保険等：**54,000,000 × 0.02 = RM1,080,000**

人件費：**RM13,323/年・人**とする（マレーシア経済統計 **2000** の鉱工業分野平均給与）

RM13,323 × 80 = RM1,065,840

固定費合計=**RM16,185,840 ÷ RM540/m³**

以上より、パーティクルボードのコストは約 **RM600** となる。現在(**2001**)のパーティクルボードの価格は約 **RM460** である（MDF は約 **RM870**）。

4. 燃料

従来、ミル工場で発生した **EFB** は焼却処理されてきたが焼却の際に煙発生量が非常に大きいため **Clean Air Act** により、**1993** 年以降の新設ミル工場で焼却が禁止されてきた。しかし、燃焼方式、集塵機設置の工夫により、燃料としての利用が可能になった。**EFB** の発生量は約 **14** 百万トン、エネルギー換算でマレーシアの必要エネルギーの **6%**（石油換算）である。

EFB を燃料にしたフィージビリテイスタデイの結果を示す⁹⁴⁾。

設備能力：**7.8MWe**（プロセス蒸気なしの最大時）**EFB** 専焼プラント

EFB 必要量：**640** トン/日

EFB 受け入れホッパーを **2** 系列設置。**EFB** はシュレツダで小塊状にカットし、乾燥処理して含水量を **65%** から **60%** 程度に調整後、バッファーサイロを経由してボイラにと投入する。ボイラ出口には集塵機を設置。

燃焼方式：**EFB** は高カリウムを含むことから、より燃焼温度の調整が容易な流動層燃焼（ミル工場では **fiber,shell** を焼却にストーカ燃焼を利用している）

初期投資：22 億円

化石燃料削減量：18,790 トン/年

温室効果ガス削減量：287,859 トン/年

内部収益率：資金は自己資金 25%とし、残りは国際協力銀行からのローンを組むことで、人件費などの変動要因もあるが、最大 8%

VIII. 1.2. 5. Fiber、Shell

1. .燃料利用

[表-68]に示したように、**fiber**、**shell** は 2000 年でそれぞれ 7.6 百万トン、3.1 百万トンがミル工場でボイラー用蒸気及びプロセス用蒸気発生のために燃料として使われている。[図-32]にミル工場エネルギー利用プロセスを示す。**Fiber,shell** は **EFB** と異なり (**EFB** の場合には水分が 65%と多いため、45%位まで乾燥する必要がある) ミル工場から排出される状態そのまま燃料として利用できるのが特徴である。このため、ボイラー用燃料として利用する場合には新たなコストを必要としないため原材料費としてはゼロである。現在、の燃料としての価値は **RM212** 百万 (全ミル工場ボイラー燃料に **RM0.65**/リットルのディーゼル油を使用し、発電コストを **RM0.23/kWh** と仮定) に相当する。これは **Fiber,Shell** の価値として **RM23/トン・fiber・shell** である。これより、**Fiber,Shell** を原料として利用する事業を検討する場合、これ以上のコスト負担で受け入れ可能な事業でなければ、**Fiber,Shell** の利用の選択肢はボイラー用燃料となることになる。ここで、1 ミル工場から排出される **Fiber,Shell** を燃料として蒸気発生・発電に用いた場合、該ミル工場の稼働に必要なエネルギーを満たせるか否かを検証してみる。

i. 検証例⁹⁵⁾

前提：ミル工場 **FFB** 処理能力；30 トン・**FFB**/時間

これより、得られる **fiber** は 4200 kg/時間,**Shell** は 1800 kg/時間

①. 得られる熱量：4200 kg・**fiber**×2,710 kcal/kg=11,382,000 kcal

1800 kg・**Shell**×4,500 kcal/kg=8,100,000 kcal

②. 蒸気発生の特効率を 65%とすると、有効エネルギー量=12,663,300 kcal

③. 1 kg の蒸気を発生させるに必要な熱量を 620 kcal とすると、得られる蒸気量=12,663,300
×1/620=20,425 kg

④. 30 トン・**FFB**/時間処理に必要な電気量 20 kw より、30×20=600 kWh

⑤. 600 kWh 電気を発電するために必要な蒸気は kw 当たり 20bar の蒸気が 30 kg
600×30=18,000 kg

⑥. 30 トン・**FFB**/時間に必要な蒸気は 1 トン・**FFB** 当たり 500 kg であるから
500×30=15,000 kg(3bar)

以上より、ミル工場を稼働させるに必要な電気量が発電でき、**FFB** を処理するために必要な蒸気が発電後の蒸気利用により賄えることがわかる。

更に、**Fiber,Shell** を燃料にして **FFB** を処理しているコストは現在、**RM35**/トン・**FFB** であるが、もし、これ等を燃料として利用しなければ必要電力の購入と蒸気発生で処理コストは約 **RM55**/トン・**FFB** に上昇するであろうと計算されている。

以上より、**Fiber・Shell** の価値は **RM100**/トン・**Fiber,Shell** ということになる。

VIII. 1.2. 6. Shell

1. 活性炭製造例⁹⁶⁾

[図-33]に shell を原料とした活性炭製造プロセスを、[表-101]にコスト構成とコスト推定値を記した。ここでは、ミル工場からの shell を直接受け入れてチャコール化からでなく、チャコール化されたものを受け入れ、賦活 (Activation) と粒状化(Granulation)を行う工程を想定している。得られる性能はヨウ素吸着能 900mg/g、カラメル脱色力 50%である。パームカーネル チャコール (Palm kernel shell Chacoal) の購入価格は約 RM420/t と仮定している。現在(1998年)の同程度の性能の活性炭市場価格はヨウ素吸着能 900mg/g のものが RM3,800/トン、1300mg/g で RM5,700/トンであるから、ココナツ活性炭と同じ土俵で競争せずにあくまでも前処理剤として位置づけられれば、RM3,800/トンにしてもこの計算では採算性の高い事業である。

i. 1250 トン/年の製造能力の人員

活性炭製造工場の必要人員を次のように計算している。

①. マネージャーと事務所スタッフ：6名

事務所長：1人、部長：1人、販売部長：1人、経理：1人、事務職員：3人、購買：1人

このオーバーヘッドコストは RM10,300/月

②. 工場(3 交替)：3 交替要員を入れて 21 人

製造部長：1人、監督者：2人 (キルン操作者)、保守管理：2人、エンジニア：1人と研究者 2人、生産現場要員：10人

交替勤務者：2人(1 交替勤)、搬出：1人

この直接人件費 (21 人) は RM8400/月

ii. 償却

プラントと機械：年 10%

運搬車：年 20%

用具：年 10%

事務所機具：年 10%

iii. 交換と補修：1年目：プラントと機械費用の 1.5%、2年目以降は前年費用の 10%増し

iv. 保険：保険対象物件費用の 1%

vi. 輸送費：最も近い港湾までの移送費 (:RM40/トン・最終製品)

2. 活性炭製造例 2⁹⁷⁾.

44 万トン FFB 処理のミル工場から排出される Shell を用いて活性炭を製造するプロセスである。

Shell(32,000t) → 炭化炉 → チャー(8,000t) → 賦活炉 → 活性炭(3,200t・yr)

この活性炭製造工程の建設費は 4 億円 (内、機器費 1.6 億円) である。

また、製造コストは以下ようになる。

ただし、ここでは原料である shell (3900kcal/kg)はエネルギー換算で購入しており単価 1.5 千円/10⁶kcal より 5.85 円/kg となっている。

原料	187.2 百万円
用役費 (電気、燃料、冷却水、工業用水、蒸気)	56.6 百万円
人件費 (10 百万円/人 × 1212)	120 百万円
補修費 (建設費の 2%)	8 百万円
税金・保険 (建設費の 4%)	16 百万円
合計	387.8 百万円

以上より、活性炭製造単価は **120 円/kg** となる。

ここでは活性炭売値を **250 円/kg** とし、売上げ **800 百万円** としている。

しかしながら、活性炭の主な市場は先進国である。世界の活性炭製造能力(1998)は **74 万トン** で製造実績はこの **85%** 以下と見られている。米国が約 **22%**、日本、中国が約 **10%**、オランダ約 **5%**、フィリピン、フランスがそれぞれ約 **3%**、その他約 **22%** の製造能力を持っている。活性炭の種類は粉末(原料はおが屑など)、粒状(原料はヤシガラ、石炭など)そして繊維状がある。市場の競争は厳しい。しかし、活性炭は環境保護に直接関係する製品であり、世界的に環境への認識が高まっている現在、市場は未だ広がってゆく可能性がある。

VIII. 12. 7. OPT,OPF,EFB

1. .パルプ用、MDF(Medium Density Fiberboard)繊維

オイルパームからの主たるバイオマスである **OPT,OPF** をパルプ原料にするための繊維化プロセス例を[図-28]に **EFB** 繊維化プロセス例を[図-31]に示した。なお、ここでの繊維収率は **OPT,OPF** で乾燥繊維として **16-17%**、**EFB** で **26-28%** であった。この繊維化コストは設備の償却を含めて **RM48/t・15%** 水分、これに収集・輸送コストとして **OPT** の繊維に **RM73/トン**、**OPF** 繊維に **RM100/トン** それぞれ加算される⁹⁸⁾。

別の **EFB** 繊維のコストについて、更に高い **RM300-RM500/トン** という情報もある⁹⁹⁾。

2. 燃料用アルコール

OPT,OPF,EFB をアルコール化した情報はない。しかし、同じような木材系廃材を燃料用アルコールに変える技術があるので、可能性ある技術として参考に記す。いずれも日本での検討である。しかし、現在はコストが高く、街路樹の剪定ゴミの処理で1トン当たり **17,000 円**、建設廃材で1~2万円である。実用化にはコスト減が必要である。

i. ヘミセルロースを硫酸存在下で熱と圧力を加えて糖に変える。次にこれに菌と酵母菌を加えて発酵させ、溜まった黒い液を蒸留するとエタノールが得られる。現在の技術(月島機械の試験プラント: 廃材4トン/日)で **800l** のエタノールを生産(材料重量の約 **15%**)。

ii. 微粉碎材料に酸素と水蒸気を加え **800~1000°C** で不完全燃焼させ、生じた水素と一酸化炭素のガスに銅・亜鉛系触媒を働かせてメタノールを作る。三菱重工の **240kg** 廃材/日の試験プラントで、原料重量の **20%** 相当のメタノールを製造。ただし規模を大きくすると **50%** 回収も可能である。

VIII. 12. 8. POME,EFB,(Fiber,Shell)

1. EFB(Fiber,Shell)焼却・POME蒸発肥料化

[図-34]に **PPOME**、**EFB(Fiber,Shell)** を利用した肥料化プロセスを示す。このプロセスの特徴は、①**EFB** に吸着している **CPO** を回収してミル工場全体の **CPO** 収率向上につなげる、②**EFB(shell,fiber)** を燃料として用い蒸気を発生させ、発電と同時に余熱で **POME** 水分を蒸発させ、凝縮水は蒸気用にリサイクルし、③**POME** 固形分は、燃焼させた **Fiber,Shell** 灰分と混合させ製品として肥料を作るプロセスである。

i. 設備能力: ミル工場 **45 トン FFB/時間** 対応(**500 時間/月,12 月/年稼動: FFB27 万トン**)、敷地面積: **50m×50m**

ii. 発生 POME,Fiber,Shell,EFB

POME:175,500 トン(65%FFB,8,775 トン 乾燥固体/年)、**Fiber:36,450 トン(13.5%FFB)**、

Shell:14,850 トン(5.5%FFB),EFB:59,400 トン (22%FFB,14,850 トン 乾燥重量,1084 トン灰分)

iii.投資額：RM2,500,000、内、設備費 RM10,000,000

iv. 収入及び経費削減

①肥料使用削減による : RM1,513,000

②CPO 回収による : RM445,500

③水リサイクルによる : RM105,600

④EFB 廃棄費用 : RM225,000

v.支出

①管理費 RM108,000

②維持管理費 RM382,000

③設備償却(年5%) RM500,000

支出合計=RM990,000

vi.肥料生産量

肥料生産量は上記 ii の固形分及び ash 発生量の総和である。[表-71]より、水分含量はFiber:42%、Shell:7%そしてFiber の Ash 成分1%、Shell の Ash 成分は2.3%¹⁰⁰⁾より、

POME 固形分：8,775 トン

EFB 灰分 : 1,084 トン

Fiber 灰分：36,450 トン×0.58×0.01=211 トン

Shell 灰分：14,850 トン×0.93×0.023=318 トン

合計 10,388≒10,400 トン

肥料生産コスト=支出合計/肥料生産量≒RM95/トン

上記の肥料削減費用をRM1,513,000としている。これは

RM1,513,000÷10,400 トン≒RM145/トンとなり、この工程で得られる肥料価値をRM145/トンと見積もっていることになる。

2. EFB/POME 肥料化プロセス

[図-35]に工程を示す。繊維化 EFB に POME を噴霧して POME 含有成分を吸着させながら、天日で乾燥して肥料にするプロセスである。

i. 27万トンFFB/年ミル工場では

排出 EFB:59,400 トン (FFB の22%)

排出 POME:175,500 トン (FFB の65%)

EFB と POME の混合割合は、水分を除いて EFB(14,850 トン)+POME(8,775 トン)

EFB に POME を混ぜるときに 60%水分 POME で混ぜるから POME は 14,625 トンとなる。

混合時：14,850 トン+ 14,625 トン=29,475 トン

(混合時に、コンポストとして、生分解性が良くなるように酵素が添加される。)

製品：26,528 トン (水分20%ロス)

[表-102]に初期投資額及び製造コストを示す。生産コストとしてRM56.55/トンとなる。これをプランテーションに使用した場合のコストメリットを[表-103]に示した。上記コンポストを6トン/ha 使用すると約4,400ha に利用可能である。全量を従来の肥料を用いた時の肥料代・施肥代に比べて約RM100/ha の節約となる。

VIII. 12. 9. POME

POME の約95%が水である。このミル工場で使われる水はFFB1トン当たり1-1.5トン使われる。

この水は河川水又は地下より汲み上げられ、化学処理して使用される。この処理費用は **RM0.3~0.5/** トン・**FFB** であるから、この水処理費用は **RM0.2~0.5/** トンとなる。**POME** は水 **95-96%**、油分 **0.6-0.7%**、パーム果実の **Mesocarp** からの有機固形分懸濁 **2-4%** からなる。

1. 肥料利用

POME を直接肥料として使用する場合には **DOE(Department of Environment)** からの指示で **BOD** を **5000mg/リットル** 以下にしなければならない。[図-23] の処理プロセスで処理された **POME** をプランテーションに送って、肥料として利用する場合のコストを [表-76] に示した。ここでは、**POME** の移送のためのパイプ敷設コストと送液のためのポンプコストを最小限にするために距離としては **3 km** 以下としている。一般的に肥料用に処理された **POME** の利用で土壌の物理的・化学的そして微生物的な性質が改良され、**FFB** の収率が **12~29%** 増えたと報告されている。

2. バイオガス

i. バイオガスについて¹⁰¹⁾

バイオガスは有機物の嫌気性発酵の際に排出されるガスで、有機物が分解して変質するプロセスである燃焼、消化、腐朽などのうちの1プロセスである。この嫌気性発酵においては熱は発生しないが可燃性のメタンガスのほかに二酸化炭素、水、そして数種類の微量ガスを出し、同時に腐植土が残る。この嫌気性発酵の現象は海、川、沼、池などの泥の中や湿地・湿原の中、空気が入らない土壌の中、ごみの集積場の中、家畜糞尿の堆積の中など、自然界に通常に起こっている現象である。**19** 世紀後半に廃水が嫌気性発酵処理で浄化されることが発見されるに至り、この嫌気性発酵処理法がクローズアップされてきた。初めてバイオガスが利用されたのは **1897** 年にインドのボンベイにあるレプラ病院で、当初は照明用として利用していたが、**1907** 年に発生ガスでエンジンを駆動させ、電気を取り出した。その後もドイツを中心にバイオガスの利用が進んだが、**1950** 年代以降、石油の入手が容易になり、安い石油が入手可能につれてエネルギー源としての地位を失っていった。しかし、**1970** 年代前半の石油ショック以降、その見直しが始まり、近年は再生可能なエネルギー資源として、特に農業バイオガス（畜産糞尿利用）利用が進んでいる。バイオガスプラントの目的の主なもので資源有効利用と環境改善に関するものは次のようなものである。

- ①. 高価値エネルギーの創出
- ②. 臭いの減少
- ③. メタン、アンモニアの空気中への拡散防止
- ④. 栄養源損出の減少

バイオガスの発生プロセスは下記のごとくである。

第一段階：加水分解

各種嫌気性バクテリアが蛋白質、炭水化物、脂肪、セルロースなどの高分子有機化合物を、その酵素の力を借りて低分子化合物（単純な糖分、アミノ酸、脂肪酸、水）に変換する

第二段階：酸化作用

酸を作るバクテリアが有機酸、二酸化炭素、硫化水素、アンモニアに分解する

第三段階：酢酸形成

酢酸バクテリアによってアセテート、二酸化炭素、水素に分解する

第四段階：メタンガス生成

メタンバクテリアによってアルカリ領域内でメタン、二酸化炭素と水が発生する
最初に被処理物を投入して、第四段階のメタンが発生するまでに数週間を必要とする。

ii. オイルパーム産業におけるバイオガス

45tFFB/hr の処理能力(27 万トン FFB/年)を持つ Mill 工場から 175,500 トン/年(65%FFB)が発生する。これを嫌気性発酵させるとバイオガスが得られる。バイオガスは 1 m³ の POME から 28m³ 得られる。バイオガス組成は

メタン (CH₄) : 60–70%

二酸化炭素 (CO₂) : 30–40%

硫化水素 (H₂S) : 微量

[表-7 4]にバイオガスの物性を天然ガス、LPG と比較して示した。また、7 m³のバイオガスは 4.51 リットルのディーゼルオイルを用いて発電するときに得られると同等の電力量が得られる。これより、POME からのバイオガスを用いた年間の発電可能量は 5,863GWh にのぼる。バイオガスを用い、ガスエンジンで発電したときのコストは RM0.13-0.14 k Wh と見積もられている。但し、この見積もり内には発酵設備費用は含まれているが、発酵設備の前段階の POME 前処理設備などは含まれていない。

また、バイオガスを発生させた後の汚泥を液肥として利用できる。POME 処理より得られる汚泥についての情報はないが、日本の新エネルギー・産業技術総合開発機構の資料¹⁰²⁾によると畜産糞尿処理 (POME の場合、BOD : 25000ppm, COD : 50000ppm、SS : 18000 に対し、例えば牛の糞尿の場合、BOD : 24000ppm, COD : 12000ppm, SS : 120000ppm) において 300m³のバイオガスを生成させて 1.2m³の液肥が副生し、年間約 440m³の液肥で肥料代として 138 万円の節約が可能としている。このことより、バイオガスを目的とするならば、副生する液肥も廃棄物にするのではなく肥料としてプランテーションに戻して利用すべきである。

iii. バイオガスの製造設備

POME の嫌気性発酵によるバイオマスプラントのデータを見出せなかったため、ここでは家畜糞尿処理設備¹⁰³⁾のデータを参考にしている。この例は肥育豚の厩舎より出る糞尿を利用し、発生するバイオガスを用いて発電し、売電する設備を想定している。4%の全固形分 (T-S : Total Solid)で 26500 ユーロ以下に抑えねば経済的事業運営は不可能と記されている (POME も T-S で約 4%である)。このバイオガス設備は 48,472m³のバイオマスを生産し、年間の総エネルギー量 290,832kwh である。

3. 生分解性プラステイック (PHA s : ポリヒドロキシアルカノエート)

i. 生分解性プラステイックの背景

石油の約 1 割が化学原料に使用され、その大半は合成高分子材料 (プラステイック) の製造に使われている。合成プラステイックは全世界で 1 億トン以上生産されており、その利便性のために世界中で大量に消費されている。プラステイックの化学的安定性は人間社会に非常に大きな貢献をしているが、反面、環境に捨てられたプラステイックは長期間環境中に分解されずに残存し、自然環境および生活環境に大きな負荷を与えている。また、プラステイック製造は多消費エネルギーであり、プラステイック素材を 1 トン製造するのに石油が約 2 トン、それに製造エネルギーとして製造されるプラステイックとほぼ同量の石油、合計 3 トン近くの石油が消費される。このように資源・エネルギー多消費型のプラステイック消費を抑える生活様式の変換が重要であるが、環境負荷への低減解決策として、人間のモラルの改善が第一である。そして、技術的課題として、リサイクル使用 (チップにして再利用又はモノマーまで戻して再利用) が重要な課題である。廃プラステイック 1 は石油 3 に相当するが、燃焼して得られるエネルギー量は石油 1 にも相当しないから、石油から製造するときよりも少ないエネルギーで高分子原料に繰り返し戻す方が資源を大切に使うことにつながる。このような状況

の中で、石油より得られる合成プラスチックの使用量を減らす対策および環境に優しいプラスチックとして開発されているのが微生物分解性プラスチック（生分解性プラスチック）である。

①. 生分解性に関する議論

生分解性の利用に関して最大の議論は「人間のモラル」の問題である。現在、合成プラスチックの物性の安定性という特長によって快適な人類の生活に大きく寄与しており、今や合成プラスチックのない人類の生活は考えられない。しかし、この安定性ゆえから起因する環境汚染が大きく取り上げられている。そしてそれに代替しえるものとして環境で容易に分解する生分解性プラスチックをという議論になっている。生分解性プラスチックの特質を利用した新たな市場があるならば、新たな雇用を生むし、人類に寄与する材料として重要な素材である。しかし、生分解性プラスチックの研究をしている人々の「合成プラスチック＝環境汚染物質」だから、「生分解性プラスチック＝環境に優しい」、「生分解性プラスチックを使用しよう」は余りに短絡的な議論である。この考え方は現在も投げ捨て、不法投棄をして合成プラスチックによる環境問題の原因を作っている人々に、更に、投げ捨て・不法投棄を促進させ、環境汚染を拡大させ、「人間のモラル」を更に低下させる恐れがある。また、生分解性プラスチックがもし使われるとしてもその物性の不安定さから合成プラスチックのごく一部の分野しか置き換わることができないという現実もある。以上より、先ず「人間のモラル向上の教育」、そして「合成プラスチックのリユース、リサイクル使用の完成」を実現させるべきである。

②. 生分解性プラスチックの長所、欠点

イ. 長所

原料を植物由来のもの（今回はオイルパームのバイオマスだから、これに当たる）に限れば、大気中の二酸化炭素を炭水化物として資源化し、それからプラスチックが製造され、利用後は廃棄しても微生物や分解酵素によって再び水と二酸化炭素に戻るから天然資源の循環利用である。その為、化石資源の枯渇にはつながらず、温暖化防止にも寄与し、さらに、廃棄物処理に手間とエネルギーが省略できるという経済的効果がある。

ロ. 欠点

a) 生分解性プラスチックの目的が石油資源の保全と温暖化防止のためなら、「植物由来の非分解性プラスチックの製造」が可能であればこちらの方が、さらに、効果的である。なぜならば、植物由来の製造にも、栽培・収穫・運搬・樹脂原料への変換にかなりのエネルギーが必要であり、ワン・パスの使い捨てでは資源の有効利用の意味がなくなる。

b) 使い捨てを習慣化させることにより、資源を大切にすることを捨てさせ、これから人類が目指さなければならない持続可能な社会生活になじまない。（使い捨ては基本的に持続可能な行為ではないから）

c) 合成プラスチックのリサイクルシステムに生分解性プラスチックが混入することにより、リサイクル系を混乱させる。

以上のように、生分解性プラスチックの汎用的利用には賛否両論がある。生分解性プラスチック固有の特徴を生かした用途で注目されており、実用化が進んでいるのは医療分野である。例えば、生態適合性と同時に生分解性を利用しインプラント材として生体内埋め込み使用である。所定期間後体内で分解してくれるために、インプラント材を取り出すための手術を必要としない患者に苦痛を与える回数を減らす大きなメリットがある。しかし、現在最も多く使われている汎用プラスチック（ポリオレフィン）ポリエステル樹脂に変わってその役割を果たせるかどうかは疑問である。例えば、現

代社会においてプラスチックは包装材として非常に大きな役割を果たしており、特に食品の貯蔵、安全性にも非常に重要な役割を果たしている。今後予想される食料不足において、食料の安全な貯蔵は重要な問題である。それ故に、化学的そして生化学的にも安定な合成プラスチックの代替として生化学的安定性に欠ける生分解性プラスチックを汎用的に利用することは得策とは考えられない。しかしながら、多様化が進むこれからの選択肢として技術開発は必要なことであり、また、そのような材料が存在することが、これからの新しい用途開発にとって重要なことである。

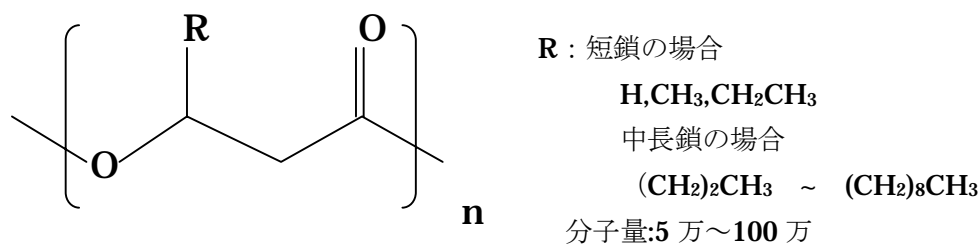
ii. 生分解性プラスチック

生分解性プラスチックとしては、①. 微生物発酵で生産されるプラスチック、②. 天然物を利用するプラスチック、そして③. 化学合成によるプラスチックの3種類がある。ここで検討しようとしている **PHA s** は①の微生物発酵で生産されるプラスチックである。

日本の生分解性プラスチックの市場は **1992** 年に **60** トンであったものが、**1998** 年に **2,000** トンとなっている。ちなみに、日本におけるプラスチックの生産量は約 **15** 百万トン、この内フィルム向けが2百万トン、容器に約 **50** 万トンが用いられている。

光合成細菌などは炭素源は豊富にあるが、窒素源やリン源などの微生物の増殖に必要な成分が不足しているような状態では炭素源をエネルギー貯蔵物質として菌体内にポリエステルで蓄積させる。

PHA s の分子式は以下の通りである。



菌体内のポリエステル蓄積量は **80%** 以上に達することがある。**POME** は[表-75]に示されるように **BOD(Biodical Oxygen Demand)**濃度が高く、窒素濃度が低いため、生分解性プラスチック生産用培地として適している。光合成菌は高濃度の有機酸廃液を希釈することなく、直接処理し生分解性プラスチックに変換できる。したがって、**POME** の **BOD** を有機酸に変換することが出来れば高い収率と含量で菌体内にプラスチックを蓄積させることが出来る。一般に、嫌気処理で **BOD** 源は加水分解された後有機酸に酸化され、最終的にはメタンガス(バイオガス)に変換される。メタン発生を抑えるためには溶液 **PH** を7以上に保つ必要があり、**PH7** までに制御すれば有機酸はメタンにならず、大部分が酢酸とプロピオン酸になって残る。[図-36]に生分解性プラスチックの生産プロセスを示す。現在、販売されている生分解製プラスチック(上記 **PHA s** と同じ種類)の生産コスト(1995年時点)は約 **6800** 円/kg (**RM230/kg**)と試算されている。化学合成によって得られる生分解性プラスチックであるが、別情報として2002年情報として米カーギルダウ社の **14000** トン/年のポリ乳酸設備がフル稼働すると樹脂原料価格として現在の **800** 円/kg から **300** 円/kg に低下する。ポリ乳酸はトウモロコシ澱粉を原料にしている。**POME** に含まれる **BOD** 利用の **PHA s** のプロセス検討を詰めればポリ乳酸と競合できるまでコストに下がるか疑問である。ただし、食料であるトウモロコシを原料とする生分解性プラスチックであるポリ乳酸が将来的にもプラスチック原料としてあり得るかは疑問が残る。以下に新エネルギー・産業技術総合開発機構平成7年度調査報告書で計算されてい

る建設費用及び製造コストを示す¹⁰⁴⁾。

なお、PHA は一般的にその性質は汎用プラスチックのポリプロピレンに似ているが、結晶性が高いために硬くて脆い点が実用上の問題点である。このため、発酵時に有機酸を添加して共重合体を形成させたり、他の樹脂とのブレンドにより物性改良を行っている。

iii. オイルパームバイオマス (POME) を用いた生分解性プラスチック製造工場

FFB440,000 トン/年の処理工場から排出される **POME** を用いた製造工場から生分解性プラスチック **500** トンが得られる。

イ) 機械設備費：**210** 百万円

ロ) 建設費：**490** 百万円

ハ) 製造費

溶剤費：メタノール **66** トン/年 クロロホルム **84** トン/年 : **23.64** 百万円/年

用役費：電気、水、蒸気等：**33.89** 百万円

人件費：**12** 人 : **120** 百万円

補修費：初期投資費の **2%** **1.4** 百万円

税金、保険：初期投資費の **4%** **2.8** 百万円

合計：**182** 百万円

以上より、製造コストは **182** 百万円/**500t**=**364** 円/kg

この計算には設備及び建設費の償却費用が入っていない。例えば、機械設備は **8** 年、建設費は **25** 年の均等償却とすると、年間に約 **46** 百万円の償却費となり、生分解性プラスチック製品として約 **90** 円/kg のアップになり、製造コストとしては **450** 円/kg を超える。この価格は上記の生産コスト (**1995** 年時点) 試算約 **6800** 円/kg に比べれば十分の一以下で、市場的な可能性を示している。

VIII. 1.2. 10. POME, EFB, Fiber, OPT, OPF

1. 化学品

バイオマスは化石資源と同じ有機物であるため、石炭または石油資源のように現在の石油化学原料の一部を供給できる可能性がある。しかし、最初に示したように、バイオマスは化石資源と決定的に異なる性質である「希薄に存在し、エネルギー密度が低い」ために、通常的に化学原料として利用している化学工場の存在を耳にしたことがない。しかしながら、[図-37]に示すように、例えば、パームオイル産業からのバイオマス廃棄物をトータル的に利用する概念的なプロセスを示すことができる。このような工程において、石油化学と一緒に、ある目的の製品だけ必要で、他は市場がないとか、コストが合わないとかで製品化しないと、廃棄物処理費用を含む変動費や固定費の全てが製品にコストが反映されてしまい、非常に価格の高いものになってしまう。このため、例えば[図-37]示される工程で、EFBを原料にして得られる製品を[表-104]である。これらの製品全体を事業製品とすべきであり、これが完成されれば、パームオイル産業から排出されるバイオマスを全量利用する、「ゼロエミッション・エコインダストリーパーク」となり得る。ただし、ここで用いられる技術及び製品市場はマレーシアにとって海外に依存しなければならないため、内発的発展の手段にはならない。このプロセスの特徴は

i. 廃棄物資源から市場価値のある製品への高い変換率である

脱色されたパルプの収率は普通、約 **47%** 以下、飼料、肥料の農業用途の収率は約 **39%** 以下であるが、このシステムではパルプの他にフルフラール、酢酸、リグニン、キシロースなどのファインケミカルと合わせると使用原料の **80%** 以上の高い回収率である。

ii. 低い投資コスト

抽出工程では環境的問題から必要な設備（硫黄スクラバー、消石灰キルンなど）が不必要なため、初期投資は少なくすむ

iii. 非木材的原料（無機成分）との両立性が良い

iv. 環境に易しいプロセスである

パルプ化プロセスでナトリウムや硫黄を使用しない。水以外で処理に必要な薬品は生分解性が高いエタノールである。更に、ここで得られるパルプは漂白のための漂白剤を使用する必要がない。

v. 小規模でも採算性が高い

クラフトミルでは **1500** トン/日以上規模であるが、このプロセスでは **100** トン/日以下でも、地域の実情に合わせて廃棄物発生場所に近く建設可能である。このため、原料コストアップを削減できる。このプロセスよりの製品は商品価値が高く、しかも、脱リグニン工程に使用されるエタノールはこのプロセス中で生産される。

vi. 市場環境によって影響を受けにくい

多くの種類の製品を生産しているために、一つの製品の市場環境が悪くても他製品でカバーできる。

VIII. 12. 12. グリセリン

1. 有用物質回収

[図-27]に示すようにオレオケミカルプラントでは約 **180** 万トン(2000年)のパームオイルを処理している。**30** 万トンのパームオイル処理でグリセリン含有廃棄物は **300** トン排出されるから年間の総排出量は **1,800** トン/年である。[表-105]に1トンのグリセリン廃棄物からの回収物質とその推定価格を示した。この回収コストが約 **RM1000/トン**・グリセリン廃棄物であり、廃棄物からの回収物質価格が **RM1000/トン**であるから回収事業としては厳しいが、廃棄処理（埋め立て）に **RM700/トン**がかかることを考えれば、グリセリン含有廃棄物よりの有用物質回収は価値がある。

VIII. 12. 13. マレーシアのパームオイル産業におけるバイオマス廃棄物の利用状況のまとめ

以上、オイルパーム産業のマレーシアの農業・産業における位置づけ、マレーシアの特に農村部における経済的貧困解消に果たしてきた役割について述べた。更に、パームオイルプランテーションによる環境破壊の影響を述べ、経済活動で得られている価値との比較を試みた。また、これからのマレーシアにおけるエコロジカルで内発的発展のための最適パームオイルバイオマス利用を検討する基礎データとして、現在のオイルパームを生産するまでの各工程におけるコスト試算を試みた。そして、オイルパーム産業から排出されているバイオマス廃棄物の量、物性及び利用の現状とそのコストを試算した。最後に、これら廃棄物の用途として今後、期待されている用途について具体的に述べ、それら用途におけるコストについても試算した。[図-38]に各廃棄物と用途及び各廃棄物との組み合わせとその用途の相関図を示した。この相関図より以下のことが言える。

1. 発生場所でその発生場所が必要としている用途に特別な加工処理をされずに使われているのは

- ①. プランテーションにおける **OPT,OPF**:マルチ、肥料
- ②. ミル工場における **Fiber** と **Shell** : 蒸気発生のための燃料

これはバルクでエネルギー密度の低いバイオマスを利用するにはコスト的に有利な利用法である。しかし、出来るだけコストをかけない利用法は更なる利用をしにくい状況を生み出し、却って利用促進を阻んでいるようである。

2. バイオが持っている固有の性質を利用し、ある程度の加工をして付加価値を高める検討が進んでいる。

- ①. 有機物、無機物：肥料、飼料
- ②. セルロース：パルプ、シート・板

この利用法における課題は、バイオマス原料の収集と輸送である。このため、発生場所の近くに前処理施設を設置し、加工工場に輸送する前に減容（**Volume reduction**）をして原料輸送コストを下げることが前提である。①は発生場所である農園、ミル工場でそのまま、又は加工処理して農園又は農村で使用する地域循環型のものであり、内発的発展方式を取り得る産業である。しかし、②の場合には、大規模生産的要素を持っている産業であるため、現実的には何箇所もの発生場所に近くに設置された前処理工程でセルロースまで加工されたものを1箇所の大規模工場に集めて生産するほうがエネルギー・人員の効率化上望ましい。しかし、この場合にはセルロースまでの加工が地域産業であっても市場は外にあるため、外向的な事業ということが出来る。

3. バイオの化学品原料としての利用

まだ、アイデア段階で、具体的には進んでいない。また、工業は地域技術から生み出されるものでなく大型になり、製品となるものも地域循環型でないため内発的発展になることは困難である。

以上の考え方を[図-39]に示す。即ち、[図-39]において左の列（並び）にあるバイオマスが本来持っている性質の内、赤枠で囲まれた性質を利用して、左の列（並び）の一番利用しやすい燃料として一部利用されている。そして、多少の加工度を上げた利用法が少しずつ試作、試験販売が進んでいる状態である。しかし、内発的発展の観点から見ると技術的高度利用に移るほど内発的発展から離れてしまう結果になる。これより、今回の検討における地域循環型バイオマス利用は青色で囲まれる用途に制限されることが予想される。

引用文献)

- 3 4) **Malaysian Palm Oil Board(2001)Malaysian Oil Palm Statistics 2000.113p**
- 3 5) 社団法人日本植物油協会ホームページ資料編 http://www.oil.or.jp/bn/html/25/25_2.html
- 3 6) (財) 海外職業訓練協会 人材養成 DB <http://www.ovta.or.jp/info/asia/Malaysia/oldhrddb/mal-s002.html>
- 3 7) : **6th,7th,8th Malaysian Plan.**
 - : **Shireen Mardziah Hashim(1998)Income Inequality and Poverty in Malaysia.Rowman &Littlefield Publishers,Inc**
 - : **Arif Simeh et al(2001) “The case study on the Malaysian Palm Oil” .Regional workshop on commodity export diversification and poverty reduction in south and south-east Asia. Bangkok 3-5 April, .**
- 3 8) **Asia Human Rights News.Malaysia:Malaysian-Wages-2002-04-08**
- 3 9) **A.Arutchelvan(2001) “Malaysian Plantation Workers” ;Bittersweet Story.http://www.hurights.or.jp/asia-pacific/no-23/04mlplntworkers.htm**
- 4 0) **Malek bin Mansoor et al(1988) “The production structure of the Malaysian oil palm industry with special reference to the smallholder subsector” . PORIM occasional paper No.24.4,5,10,14p**
- 4 1) **Gurmit Singh et al(1999)Oil Palm and the Environment.Malaysian Oil Palm Growers’ Council 3p**
- 4 2) **Malek bin Mansoor et al(1988) “The production structure of the Malaysian oil palm industry with special reference to the smallholder subsector” . PORIM occasional paper No.24.27-32p**

- 4 3) Gurmit Singh(1999)Oil Palm and the Environment.Malaysian Oil Palm Growers' Council 3p
- 4 4) www.unescap.org/rural/doc/OA/Malaysia.PDF 105p
- 4 5) Integrating Environmental Consideration into the Economic Decision making process. Volume III :Sector level East and Southeast Asia Malaysia. III .Mechanisms for integrating environmental consideration into agricultural policy104p
- 4 6) Y.B.Dato' Seri Dr.Lim Keng Yaik(2002). "Sustainable Forest Management in Malaysia" .www.mtc.com.my/publication/speech/forest.htm
- 4 7) "Tropical Forest Mapping and Monitoring in Malaysia(1999)" . Background paper presented at Global Observation of Forest Cover Workshop(GOFC) 2-4p
- 4 8) 山形予志樹ほか(2001)京都議定書における吸収源：ボン合意とその政策的含意.地球環境センター.p16
- 4 9) Gurmit Singh et al(1999)Oil Palm and the Environment. Malaysian Oil Palm Growers' Coouncil.9-23p
- 5 0) Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the Environment. Malaysian Oil Plam Growers' Council 11p
- 5 1) Pearce,D W(1991)Economic Valuation and the Natural World. Earthcan Publications , ,London
- 5 2) Schneider,R(1992) "Brazil:An Analysis of Environmental Problems in the Amazon" .Report no9104-BR,Latin America and Caribbean Region,World Bank,Washington DC
- 5 3) Gutierrez,B,Pearce,D W(1992) "Estimating the Environmental Benefits of the Amazon Forest":an Intertemporal Valuation Execise GEC Working Paper92-44, For Social and Economic Research on the global Environment.,University College London and University of East Anglia
- 5 4) Department of Statistics.Malaysia Annual National Product and Expenditure Accounts .1987-2000. 29p
- 5 5) 坂井正康 (平成 12 年) "2 1 世紀のバイオマス利用技術と資源環境・環境調和型社会への転換" バイオマスを原料とするメタノール製造技術開発の展望.バイオインダストリー協会
- 5 6) Asia Human Rights News.Malaysia:Malaysian-Wages-20 02-04-08
- 5 7) I.E.Henson(1994) "Environmental Impacts of oil palm Plantation in Malaysia" . PORIM occasional paper No.33.P18
- 5 8) Proctor,J:Anderson,J M et al(1983) "Ecological Studies in four constructing lowland rain forests in Gunung National Park,Sarawak.1.Forest environment, structure and floristics" . Journal of Ecology,71,237-260
- 5 9)Maimunah Ismail(2001), "Malaysian Women in Rural Development and Entrepreneurship" Asean Academic Press 2-3p
- 6 0) Yoshimi Komoguchi(1995) "Human Ecology in Rural Malaysia" . Institue for Applied Geography Komazawa Univ. 98-99p
- 6 1) Colin Barlow, "Oil Palm as a Smallholfer Crop" , PORIM Occasional Paper No.21 1986
- 6 2) 「最小規模のミル工場でも商業的経済性から 800－1200ha の農場からの FFB が必要である。」

このために、自作農家では自分の農園で収穫された **FFB** を処理するためのミル工場を自前で持つことはできない。(James Pletcher(1991)“The Political Economy of Palm Oil in Malaysia”, World Development)

6 3) 「**FFB** は収穫後、果実中の酵素 (リパーゼ) によってパームオイルの加水分解が起こり果実中に遊離脂肪酸が増え、パームオイル品質を下げってしまう (この傾向はハンドリング中に傷ついた果実で甚だしい: 果実は高い木の上から切り落とすため、果実は傷がつきやすい)。このため、できるだけ加水分解が少ないうちにミル工場に搬入し、蒸熱殺菌処理の必要がある。」(加藤秋男、”アーム油・パーム核油の利用” 幸書房 1993)

6 4) C.W.S.Hartley(1988)The Oil Palm. Longman Scientific&Technical 138-188p, 416-477p

6 5) H.A.J.Moll(1987)The economics of oil palm.Pudoc Wageningen.31-32p

6 6) Stephan T K Yow et al(2001) “Replanting Policies and Strategies in Golden Hope” .Proceedings of the 2001 PIPOC International Palm Oil Congress 289-294p

6 7) Anis Mokhtar et al.(2001)“SAP Harvesting During Replanting” ,MPOB Information Series No.117

6 8) I.M.D.Little and D.G.Tipping(1970),”A Social Cost Benefit Analysis of the KULAI Oil Palm State” Development Center of the Organization for Economic Co-Operation and Development

6 9) H.A.J.Moll(1987)The Economics of Oil Palm.Pudo Wageningen

7 0) PORIM(1994), “General Description of the Palm Oil Milling Process” Palm Oil Factory Process Handbook Part 1.

7 1) Ma Ah Ngan(1995) “A Novel Treatment Process for Palm Oil Mill Effluent” .PORIM Information Series N0.43

7 2) Gurmit Singh et al(1999)Oil Palm and the Environment. Malaysian Oil Palm Growers' Council 135p

7 3)Augustine S.H.Ong et al(1993)Processing in the Palm Oil Industry.MPOB.14p

7 4)Dr. Yap Soon Chee.Product Development Manager. Cognis Oleochemicals(M) Sdn Bhd より聴取

7 5)H.A.J.Moll(1987)The Economics of oil palm.Pudoc Wageningen.135-164p

7 6) 山地憲治 (編) (2000)バイオエネルギー.ミオシン出版 38p

7 7) Abdul Razak Mohd Ali et al.,(1998) “Other Potential Commercial Products from Oil Palm Residues.Utilization of Oil Palm Tree “.OPTUC 155p

7 8) Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the Environment. Malaysian Oil Palm Growers' Council. 199-202p

7 9) Hamdan A. Manap(1997), “Machinery system for in-field Collection and handling of Palm Oil Fronds” .Utilization of Oil Palm tree. Oil Palm Utlization Committee 31-37

8 0) Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the Environment.Malaysian oil palm growers' council.179p

8 1) Systematic Approach Green Environment Sdn Bhd カタログ 2002

8 2) Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the Environment.Malaysian Oil Palm Growers' Council.249p

8 3) Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the Environment. Malaysian Oil Palm Growers'

Council 153-159p

8 4) Mohamad Husin et al.(2001) “Blockboard from oil palm trunk” .MPOB information series No.126

8 5)M.Wan.Zahari(2003) “The Cattle Industry Utilizing OPF-TMR Feed in the Oil Palm Plantation” .MARDI-JICA OPF Project 3-8p

8 6)Khalid Haron et al(2001) “Nutrient Cycling and Innovative Approach of Biomass Management in Oil Palm Plantation” .Proceedings of the 2001 PIPOC International Palm Oil Congress.325-344p

8 7) Khalid Haron et al(2001) “Nutrient Cycling and Innovative Approach of Biomass Management in Oil Palm Plantation” . Proceedings of the 2001 PIPOC International Palm Oil Congress.329p

8 8) Stephan T K Yow et al(2001) “Replanting Policies and Strategies in Golde Hope” .Proceedings of the 2001 PIPOC International Palm Oil Congress.289-294p

8 9) Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the Environment.Malaysian Oil Palm Growers' Council.177-180p

9 0) Hamdan A.Manap(1998) “Machinery system for in-field collection and handling of oil palm fronds.Utilization of oil palm tree” .OPTUC.37-40p

9 1)Palm News.Healing Wounded land the Bio-mat way.07/26/2001

9 2) 速水昭彦監修(2002)バイオマス新液体燃料.化学工業日報 100-120p

9 3) Kamaruddin Hassan et al.(1998). “The Economic Feasibility of oil plam biomass moulded particle board.Utilization of Oil Palm tree.” OPTUC.51p

9 4) 井野辰夫(2002)バイオマスエネルギー利用 (パームオイル精製向上における廃棄物有効利用調査) .Power&Energy System Newsletter No.24 May 4p

9 5)A.N.Ma et al.(1986)“Biomass Energy from Palm Oil Industry” .Proc.ASEAN Conf. on Energy from Biomass.13-21p

9 6) Hoi Why Kong et al.(1998) “Production of activated carbon from palm kernel shells by steam activation. Utilization of oil palm tree “.OPTUC 223-224p

9 7) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (平成8年) 環境調和型生物化学コンビナートに関する調査 (Ⅲ) 173,174p、付表2、9

9 8)Yusof Barison et al.(1998) “Availability,Extraction and Economics of oil palm biomass utilization. Utilization of Oil Palm Tree “OPTUC.13p

9 9) Wan Hasamudin et al.(2002) “Road-maling using oil palm Fiber(EFB)” .MPOB information series No.183

1 0 0)MD Kawser et al(2000)“Oil Palm Shell as a source of Phenol” .Journal of oil palm Research Vo.12.No.1 88p

1 0 1) 浮田良則監訳 (平成14年) バイオガス実用技術.オーム社 1-15p

1 0 2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (平成13年3月) 北海道バイオガスエネルギー利用ガイド.68-77p

1 0 3) 浮田良則監訳 (平成14年) バイオガス実用技術.オーム社 170-171p

1 0 4) 新エネルギー・産業技術総合開発機構平成7年度調査報告書 NEDO-GET-9512.環境調和

型生物化学コンビナートに関する調査（Ⅲ）.50-58p、付表 4,6

IX. オイルパームバイオマスをを用いたゼロエミッション・エコインダストリー・パークの前提

ゼロエミッション・インダストリアルパークにおいて製造する製品を選択するに当たり、地域の経済的・技術的脆弱な時にスタートさせる第一段階の前提と、地域内にある程度の力をつけた後の第二段階の2つのステップを経る発展方式を想定する。ただしこの系は系外からの原材料の **input** はプランテーションにおいては、自然から得られる太陽光、雨そして肥料、栄養分（系内循環だけでは足りないから、不足分は外部から購入して利用することもありえる）、ミル工場では水であることから成り立っていることは基本である。また、両ステップにおいてもバイオマス利用の選択においては内発的発展因子を満たすものでなければならない。そして、今回は第一段階を検討対象とする。

IX. 1. バイオマス利用製品選択の第一段階前提

第一段階としての前提は下記するように地域内の力を強めることを主眼にした前提になる。

IX. 1. 1. 前提1. : 地域内資源

ゼロエミッションとする工程の範囲は農園ーミル工場の領域とする。また、その規模はミル工場の経済規模を設定し、そして、そこからミル工場に必要な F F B を供給できる農園規模を決定する。

理由：この **2** 点を決めることにより、発生するバイオマス廃棄物の量を決めることができる。そして、農園とミル工場から発生する廃棄物がパームオイル産業から排出されるバイオマスのほぼ **100%** である。

IX. 1. 2. 前提2. : 地域内技術、地域内市場、移入品代替、加工度 u p

農園ーミル工場で排出されるバイオマス利用はこの領域内で利用できる内部循環型利用法(自家消費)が順位的に高く、外部への販売を目的とした製品は第二順位とする。また、現在外部より購入しているものに代替できる製品を第一とし、さらに、その製品が外部で再加工されて逆輸入されないように加工度の高いものにする。

理由：自給率を高め、他国（又は狭義では本パーク外）依存を最小限にすることが出来る。自分の処で発生したものを処理して、自分の処で形を変えて再利用する内部循環システムの完結は自給率が高く、外部に依存しないシステムとなる。但し、内部循環で必要となるコストと外部よりの購入コストの比較は常に必要である

IX. 1. 3. 前提3. : 自然環境

自然環境の維持・改善を目標とする事業にすることが必要である。

理由：少なくとも、自然破壊をして伸びてきたパームオイル産業であるから、これからは、現状維持から改善に向けた姿勢が産業に必要である。

IX. 1. 4. 前提4. 雇用、経費削減、

上記前提1、2、3を満足させるバイオマス利用工場を創設するに当たり、新規の雇用を生み出すことも、経費削減の事業であることも重要である。

理由：新規事業は新たな雇用を生み出し、地域への収入の多角化を産出す。しかし、経費削減は既存の産業の経営体質を強化することに繋がり、それが労働者の安定雇用にも繋がる。

以上のような前提の下でバイオマス廃棄物の最適用途展開を考える時、資源的見方からの選択肢は次の **2** 点がある。

1. エネルギーとしての資源

2. 原材料としての資源

現在、世界的にバイオマスはエネルギー的資源として捉えられ、利用されているのが殆どである。

しかし、原材料利用法の選択肢は内発的発展のための手段として可能性の大きい利用法である。何故ならば、

- ①. 国のエネルギー戦略上重要である
- ②. 地域分散型エネルギー資源であり、地域振興に有効な手段である
- ③. バイオマス固有の性質：バルキーでエネルギー密度の低いバイオマス利用は発生場所での利用がコスト的に最適である
- ④. 再生型資源である
- ⑤. カーボンニュートラルでクリーンな資源である

そして、先記したように、これ等の選択肢を選ぶ上で忘れてならないのは次の項目である。

1. 経済的価値：得られる商品価値又はバイオマス利用による **Carbon finance** 的価値

2. 地域的価値：雇用創出的価値、地域への寄与

①地域経済の活性化（地域還元型経済）と同時に市場経済の中で生き延びてゆけるだけの競争力がある

②雇用創出など地域に経済的・社会的恩恵がある

3. 環境的価値

①資源利用が生態系の物質循環系の中にあり、生態系の保全を危うくする有害物質を出さない。

②環境負荷が現在成立しているエコシステムの限界範囲内であること

4. 内発的発展価値

①事業運営がビジネス、地域発展、生態系保全、循環型社会、参加者の自立などを含む包括的な視点に基づいて行われる

以上の前提および選択肢の考え方のもとで、内発的発展に寄与できるオイルパーム・バイオマス廃棄物を利用したゼロ・エミッション・インダストリー・パークとしての概念図は[図-40]のようになる。

IX. 2. バイオマス利用製品選択の第二段階前提

系外からの **input** はプランテーションに太陽光、雨そして肥料、栄養分（系内循環だけでは足りないから、不足分は外部から購入して利用することもありえる）、ミル工場に水であることから成り立っていることは第一段階前提と同じである。第一段階前提と異なるのは、

1. 第一段階で地域内で循環している製品を更に完成度を上げ、生産量を上げることによって、地域外市場を視野に入れる。

2. 第一段階の内部留保（技術、資金）を利用して、従来の地域の力では出来なかった製品に新しく展開を図る

すなわち、IV. 2. 5. 節で記されている中で、内発型と外向型との結合企業の中で、内発型が主体になって、外向型を内発型の目標である地域住民の生活を豊かにするために役立てる」の段階に相当する。そして、内部循環を重視しながらもIV. 2. 7. 節に示したNAIC型を目指すものである。

X. オイルパーム・バイオマス廃棄物を利用したゼロ・エミッション・インダストリー・パークの検証

IV. 5. 節に記したように内発的発展として必要な因子である下記項目を用いてバイオマス利用法を評価して決定する。そして、それらバイオマスの内発的発展利用法の組み合わせがゼロエミッション・エコインダストリーパークとして成立するか否かを検証する。

X. 1. 検証に用いる因子

IV. 5. 節で決定した内発的発展として検証するに必要な因子は下記項目である

1. 自給率を高め、他国依存を最小限にし、地域文化を活用し、地域共同体によって発展

①. 地域内資源、技術の活用。地域市場、地域内循環、移入品代替、加工度 u p

2. 自然環境の維持、改善

3. 人間として可能性を十全に発現できる条件を整える

①. 経済的効果：新規事業（雇用機会拡大）、経費削減

そして、これら因子をさらに具体的に示す。

X. 1. 1. 内発的発展評価因子の具体的内容

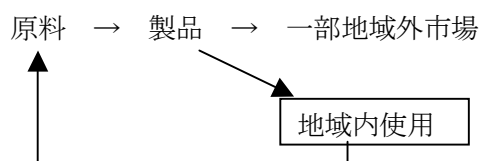
1. 地域資源、地域技術の活用

地域の資源を用い、地域に既にある技術を用い大型投資を伴わない適正技術を用いて実施出来るか。

技術、即ち「適正技術」に関することである。開発途上国に、より多くの雇用を生み出すために、従来、多額の資金を要する近代技術を移転して失敗した。これは多額の資金を要する近代技術産業を支えるための基礎産業のない発展途上国に不用意に近代技術を移転しようとしたからである。このような近代産業が先進国によって導入された主な目的は、先進国企業の開発途上国の安い労働力を使って製品の競争力をつけようとしたものである。そして、この先進国の思惑と導入された技術を吸収することによって近代化を図ろうとする開発途上国の思惑が合致した産物である。しかしながら、実際には、開発途上国では、その近代産業を支えるに必要な設備・機械は海外に頼らなければならない、それらを購入するためには基礎産業である自然資源を輸出し、外貨を稼がなければならない。このように、多額の資金を要する大量生産技術は、それを支えるに必要な一握りの雇用を生んだだけで、そこから生まれると期待された裾野を構成する新たな雇用を生み出さないばかりでなく、生態系を傷つけ、再生不可能な資源を浪費してきた。このような経験から、今後開発途上国にとって必要とする技術は「適正技術」であり、生態系の法則に則り、希少資源を無駄に浪費することなく、その場の生態系と社会の必要に適した技術であることが重要である。それを達成するためには地域の既存技術の活用であり、その既存技術を利用している既存産業の活性化が重要である。

2. 地域市場、地域内循環

生産された製品は地域が市場となって、下図のような循環型が取れる製品である。



地域内の循環は生産のために必要な資源の地域内調達と地域市場への生産物供給によって、互いに地域内の豊かさの実現に貢献し、そして、資源の地域内調達と地域内市場は輸送手段の環境負荷を抑

えることが出来、環境と地域への両方に関連し、「地域経済のグリーン化」¹⁰⁵⁾が達成される。

3. 移入品代替

外部から購入している製品を代替できる製品か。

4. 加工度 up

外部で加工されて再移入されることがないように完成された製品となっているか。

地域で生産されたものが一旦、外に出て、加工されて付加価値が商品としてサイド、地域に入って消費されるやり方は外発的発展であり、ここではあくまでも、地域で生産され消費されるものは消費形態まで地域内で処理加工することが前提である。地域内資源を利用して地域内で製造し、地域内市場で消費する資源の循環が一番の選択肢となる。また、この重要性は地域外に出たものが付加価値を付けて再度この地域に移入されることによる利益の流出を防ぐために必要である。

5. 自然環境の維持及び改善に貢献しているか

現在の自然環境を破壊することなく、現在の自然環境の改善することに貢献するか。

これは、Ⅷ-3-4. で記したように、熱帯雨林を破壊してオイルパームプランテーションを造った段階で、既に取り返しの付かない自然破壊をしている。また、オイルパームプランテーションから得られる経済的価値は熱帯雨林が本来持っていた経済価値の**0.4~1.7%**に過ぎない。これらのことから、オイルパームバイオマス利用が自然環境維持及び改善に果たす役割は重要である。

6. 経済的効果（新規事業、経費削減）

従来の事業と比べて新規の雇用を生み出しているか、又は、経費削減の効果があるか

なお、新規事業は地域に雇用を生み出し、収入源多角化のために重要な項目である。ここで新規事業とは、国内の新規事業であるか否かの評価ではなく、地域産業の振興を目的としたオイルパームプランテーション-ミル工場地域にとっての新規事業であるか否かの判定をする。経費削減は新規事業で得られた製品を利用することにより、従来よりも経費が下がるか否かを評価することを意味しており、従来、廃棄処理費用がかかっていたものが、有効利用により廃棄物処理の必要がなくなったことにより経費が下がることは入れない。また、その新規事業が事業性については、製造コストと従来の市場価格及び製品が市場煮受け売ってもらえる物性であるか否かの物性評価の比較のみにとどめる。そして、新規に雇用をどの位、生み出せるかを評価する。

X. 2. 検証モデルの作成

[表-1]に示すような全オイルパームバイオマスの種類はそれぞれに[表-106]に示す利用の可能性を持っている。これらの可能性を組み合わせると全量を有効利用しようとする[図-40]に示される組み合わせが考えられる。この図中で、赤枠はこのインダストリーパーク内で燃料として利用されるものを、緑枠は肥料又はマルチとして利用されるものを表している。赤枠、緑枠が多いほど技術、市場が内部循環型で内発的発展の要素あることを示す。そして、赤枠、緑枠が少ないほど技術、市場が外部依存型であることを示す。なお、ここで、バイオガスは近隣地域への燃料供給用と捉えれば内発的発展の要素に加えることが出来る。これらの用途をⅧ. 5, 6, 12に記載した各バイオマスの物性、用途、コストを用い、上記の検証に用いる因子を用いて概念的に○×△の3段階評価した結果を[表-107]に示す。ただし、各用途に対するバイオマスの種類は下記の通りである。

1. マルチ : 対象 **OPT,OPF**
2. 肥料 : 対象 **OPT,OPF,EFB,POME**
3. 板材 : 対象 **OPT,OPF,EFB**

4. パルプ、紙：対象 **OPT,OPF,EFB**

5. 活性炭：対象 **shell**

6. 燃料：対象 **shell,fiber、EFB**

7. 飼料：対象 **OPF**

8. バイオガス：対象 **POME**

9. 生分解性プラスチック：対象 **POME**

なお、○、△、×の評価基準は以下の通りである。即ち、各用途に記載してある評価の要件を満たしておれば、その大小によらず○とし、満たすべき要件が複数有り、全部でなく一つでも満たしていたり、マイナス要因がある場合は△、一つも満たしていなければ×とした。

X. 2. 1. 新規事業(雇用)、コスト削減

コスト削減において、有効利用することで、従来、廃棄物処理費用として支払っていた費用が発生しなくなることによる経費削減は、全ての用途に共通なことであり、ここではコスト削減因子としての評価項目に入れない。

1. マルチ用途

①新規事業 ×

プランテーションで発生したものをそのままプランテーションに放置して、そのカバー効果（マルチ）と自然に微生物分解して肥料としての役目を期待するものである。このため、新規に事業を興すもので無く、新たな雇用が発生しない。

②コスト削減 ○

コスト削減についてはマルチとして利用することにより、新たなマルチ資材を購入する必要がなくなり、さらに、分解による肥料効果により、施肥量を削減できることから○とした。

2. 肥料

①新規事業 ○

新たな処理プロセスを持った工場よりの製品だから新規事業としては○である。

②コスト削減 ○

これをプランテーションに使用することにより従来の施肥量低下し、F F B収穫量増加することよりコスト低減の役割を果たしているから○である。

3. 板材：対象 **OPT,OPF,EFB**

①新規事業 ○コスト削減 ×

新たな板製造だから新規事業としては○である。

②コスト削減 ×

OPT、OPFから繊維を取り出すときに副生する黒液（高濃度有機物廃液）の処理(**depithing**)が必要であり、現在の板製造に使われる木材繊維に比べコストが高くなる。EFBからの繊維であれば**depithing** 工程は必要ないが、それでも板製造工場の初期投資額が木材繊維使用板工場に比べ **20-30** 倍高くなることから×である。また、この事業をすることで、現在の事業の経費削減に寄与することはない。

4. パルプ、紙

①新規事業 ○

新たな板製造だから新規事業としては○である

②コスト削減 ×

パルプ、紙工場はコスト的にある程度以上の規模が必要である。このために、OPT、OPFを原料にするときには、原料発生近くにサテライト的な原料繊維製造及び副生する黒液（高濃度有機物廃液）の処理(**depithing**)設備が必要となり、何箇所ものサテライト工場からパルプ、紙工場に移送されることになり、全体として大規模な投資となる。**EFB**を原料にするには製紙工場は24時間稼働に対応できるように**EFB**発生場所であるミル工場稼働をあわせなくてはならない。しかし、夜間には**FFB**は運びこまれて来ないため24時間稼働は現実的でない。また、この事業をすることで、現在の事業の経費削減に寄与することはない。

5. 活性炭

①新規事業 ○

新たな活性炭事業であるから新規事業として○である

②コスト削減 ×

出来たものをそのまま利用できる市場を見つけることが出来ればコスト的に競争力がある。しかし、汎用的に使われているヤシガラ活性炭や石炭系に比べ、物性が劣るため物性改良、造粒などにコストがかかり、コスト的に有利になるとは考えにくい

6. 燃料

①新規事業 ×

そのまま燃料として利用されるから新規事業とは言えず、]また、新たな雇用が生まれられないため×である。

②コスト削減 ○

燃料として、従来の化石資源燃料と代替することによりコスト低減の役割を果たしているから○である。

7. 飼料

①新規事業 ○

新たな処理プロセスを持った工場よりの製品だから新規事業としては○である。

②コスト削減 ○

現在、殆どを輸入に頼っている飼料を国産にすることにより、国全体として輸入代金削減となるし、畜産農家にとっても安い試料を入手できコスト削減になるから○である。

8. バイオガス

① 新規事業 ○

新たな処理設備で新しい製品を生み出すから新規事業としては○である。

②コスト削減 △

バイオガスの利用だけでなくバイオガス発生設備の廃熱の利用、廃棄物の利用に大きく影響される。例えば、廃熱利用、発生スラッジのコンポスト化利用なしに、バイオガスを発電だけに用い売電で収益を出そうとする場合には経済的運営は不可能とされている。このため、バイオガス事業そのもののコストの不透明さと、総合的利用が必要であるとの不透明さにより△とする。

9. 生分解性プラスチック

①新規事業 ○

新たな事業であり、新規事業としては○である。

②コスト削減 ×

生分解性のプラスチックはコスト的には同じ物性を示す汎用プラスチックに比べ数倍のコスト高

になり×である。

X. 2. 2. 資源 ○

全ての用途共に、地域で発生するバイオマス廃棄物利用であるから○である。

X. 2. 3. 技術

1. マルチ ○

プランテーションで発生したものを、そこでそのまま使用する。特別な技術的要件は無いので○である。

2. 肥料 ○

コンポスト化技術等、特別な技術的要件が無いので○である。

3. 板材 ×

低品位の板材では既に保有している技術的に対応可能であるが、高級な化粧板を目指すと印刷技術など、現在保有していない技術が必要となる。また、投資も大型になる。

4. パルプ、紙 ×

現在の技術ではワラ半紙程度の物性で、簡単な包装紙くらいの需要である。需要の多い印刷・情報用、新聞向けの市場に入るには強度、色などの技術的改良が必要である。

5. 活性炭 △

汎用的に使われているヤシガラ活性炭や石炭系に比べ、物性が劣るため物性改良、造粒などの技術開発が必要である。

6. 燃料 ○

バイオマス利用であるから、焼却による大気汚染物質の放出は化石燃料使用よりも軽減される。**EFB** を利用する場合には、前もって含水率（約65%）を半分程度まで乾燥させる必要があるが、**shell, fiber** はそのまま、焼却炉に投入できるため、技術的問題はない。

7. 飼料 ○

VIII. 12. 2. 節に記したように、技術を既に保有している。また、単にOPFを飼料としているのではなく、PKC（**Palm Kernel Cake**）などを配合する総合飼料を製造する技術を持っている。

8. バイオガス ×

工業化技術は無い。

9. 生分解性プラスチック ×

工業化技術は無い。更に、得られた樹脂を目的用途に合わせる配合技術、更に成形技術などに欠けている。

X. 2. 4. 地域内循環、市場

1. マルチ ○

発生場所でそのまま利用される。

2. 肥料 ○

ミル工場に隣接して設置される肥料工場の製品は近接のプランテーションで利用される。

3. 板材 ×

製品は域外、特に海外市場が対象である。

4. パルプ、紙 ×

製品は域外、特に海外市場が対象である。

5. 活性炭 ×

製品は域外、特に海外市場が対象である。

6. 燃料 ○

ミル工場で発生したものがそのまま、ミル工場用燃料として利用される。

7. 飼料 ○

プランテーションに近接されて設置された飼料工場の製品は近隣の酪農又はプランテーション内放牧に粗飼料として供給される。また、濃厚飼料に使われている穀物が粗飼料に置き換わってゆく場合には **OPF** 原料粗飼料は世界市場として大きな可能性を持っている。

8. バイオガス ○

発生バイオガスをミル工場の燃料又は地域住民にパイプで供給可能である。

9. 生分解性プラスチック ×

製品は主に海外市場が対象となり、国内市場は期待できない。

X. 2. 5. 環境維持・改善

[表-108]にオイルパームバイオマス利用による環境への効果をまとめて記す。

1. マルチ ○

マルチ使用により、マルチ材をつたわって雨が土壌にしみこむと同時に表面土壌流出、栄養分溶出ロス防止に寄与する。土壌中の温度、湿度コントロールの役割を果たし、微生物の存在などに対する環境を浴する。また、ポリのマルチシートを使用した場合、土壌にしみこむことなく降雨がシート上を流れくんだり、表面土壌等の流出防止にはなるが洪水の危険がある。

2. 肥料 ○

コンポスト肥料利用による合成肥料、無機肥料使用量低減による化石資源エネルギー排出減量と合成窒素肥料よりの窒素酸化物排出減量等により環境汚染を低減する。

3. 板材 ×

直接的な環境への寄与はない。また、オイルパームバイオマスより繊維を取り出すときの工程で副生する有機物廃液の不適切な処理は公害問題を引き起こす。

4. パルプ・紙 ×

直接的な環境への寄与はない。また、オイルパームバイオマスより繊維を取り出すときの工程で副生する有機物廃液の不適切な処理は公害問題を引き起こす。

5. 燃料 ○

化石資源使用による大気汚染 (**NO_x**、**SO_x**) の低減とカーボンニュートラル的性質による大気中 **CO₂** 濃度上昇に寄与しない。

6. 飼料 ○

マレーシア政府は自然林を切り開いて牧草地を作ろうとしている。**OPF** を用いて飼料を作ることにより、このような目的の自然破壊をなくすことが出来る。

7. バイオガス ○

化石資源使用による大気汚染 (**NO_x**、**SO_x**) の低減とカーボンニュートラル的性質による大気中 **CO₂** 濃度上昇に寄与しない

8. 生分解性プラスチック ○

化石資源使用量の低減とカーボンニュートラル的性質。ごみになった場合の生分解性であることによる環境汚染が少ない

X. 2. 6. 移入品代替

この評価では、現在の技術で得られる物性が充分でないが、一部は代替可能の場合に△とした。

1. マルチ ○

ポリエチレン、塩ビシートなどの代替になる。

2. 肥料 ○

海外から購入している肥料の代替が可能である。

3. 板材 △

他素材の板材との代替が可能である。

4. パルプ・紙 △

針葉樹、広葉樹木材からのパルプ・紙との代替が可能である。

5. 活性炭 △

ヤシガラ活性炭、石炭系活性炭との代替が可能である。

6. 燃料 ○

化石燃料との代替が可能である。

7. 飼料 ○

濃厚飼料との代替が可能である。

8. バイオガス ○

化石燃料との代替が可能である。

9. 生分解性プラスチック ○

合成プラスチックとの代替が可能である。

X. 2. 7. 加工度 u p

製品として、物性が充分でないものは再加工されて再移入の可能性が高いために×とした。

1. マルチ ○

この使用条件においては、これが更に加工されて再移入してくる可能性はない。

2. 肥料 ○

地域でバイオマスを原料にして生産された肥料は、更に再加工されて再移入してくる可能性はない。

3. 板材 ×

商品として、表面加工されたりして再移入される可能性が大である。

4. パルプ・紙 ×

商品として、再移入される可能性が大である。

5. 活性炭 ×

商品として、物性改良されたりして再移入される可能性が大である。

6. 燃料 ○

燃料として、そのまま利用が可能である。

7. 飼料

総合飼料まで製造が可能であり、そのまま使用が可能である。

8. バイオガス ○

燃料として、そのまま利用が可能である。

9. 生分解性プラスチック ×

国内の成型加工技術は製品に付加価値をつける技術まで育っていないために、先進国で成型加工されて付加価値商品として再移入される。

以上を5段階で点数付けして評価した結果、マルチ、肥料、飼料の地域内で市場を持っており、技術的にも従来、地域が持っているものが上位になった。逆に板材、パルプ・紙、活性炭そして生分解性プラスチックのように地域内に市場が期待せず、技術がなく、そして大量生産が必要なものは評価は低い結果となった。これらの結果をもとに、先ず、現在、地域に近接して存在するプランテーションとミル工場を1地域をモデルとして規模を設定し、そこから排出されるオイルパームバイオマスを利用する内発的なゼロエミッション・エコインダストリーパークのモデルを作る。

X. 3. オイルパームプランテーション-ミル工場の能力決定と発生廃棄物量決定

X. 3. 1. ミル工場の FFB 処理能力とオイルパームプランテーション面積を決定

VII. 1. 節で記したように、今回の地域単位として1ブロックを対象としている。先にも記したが、農園と農園で収穫されたオイルパーム果実 (FFB) よりパームオイルを搾油する工場 (ミル工場) は近接して存在しており、ミル工場の FFB 処理能力は農園面積で、逆に農園面積はミル工場の FFB 処理能力で決まる。このため、1ブロックは農園-ミル工場で構成されていると考えて良い。

[表-30]より、ミル工場の FFB 処理能力を決定し、その処理能力に供給可能な FFB 生産能力を持つオイルパームプランテーション面積を決定する。

1. マレーシアのミル工場の平均処理能力

2000年のデータ¹⁰⁶⁾に基づいて決定する。

ミル工場数:350、処理能力:65,949,320 トン・FFB より、

$$65,949,320 \text{ トン/年} \div 350 \text{ 工場} = 18.8 \text{ 万トン} \cdot \text{FFB/年} \text{ (40 トン} \cdot \text{FFB/時間)}$$

2. オイルパームプランテーション面積

1ha 当たりの FFB 収量: 18.33 トンより、18.8 万トン・FFB/年を供給するのに必要な必要なプランテーション面積は

$$18.8 \text{ 万トン FFB} \div 18.33 \text{ トン} \cdot \text{FFB/ha} \approx 10,000 \text{ ha}$$

これに再植樹で FFB の収穫に寄与しない面積を考慮に入れなければならない。VIII. 1 1. 1 に示されているように、毎年そのプランテーションの4~5%の再植樹が好ましいとされている。ここでは樹齢22年で植替えするとし、毎年5%を再植樹すると仮定する。再植樹3年目から FFB 収穫が可能になるとして、10,000ha 収穫面積が必要であればプランテーション面積は約11,100haが必要となる。

以上より、上記で求められたマレーシアの平均的な FFB 処理能力を持つミル工場とその処理に必要な FFB を栽培するのに必要な面積を持つプランテーションを内発的発展のケーススタディにおける地域とする。即ち、

プランテーション面積: 11,100ha

なお、これはバイオマスを経済的に利用可能な輸送距離の範囲である半径20km以内を満足している。

ミル工場処理能力: 18.8 万トン FFB/年

X. 3. 2. 本地域の住民数

オイルパームプランテーション (11,100ha) と 40 トン・FFB/時間処理能力ミル工場の労働者数は以下のように求められる。

1. オイルパームプランテーション (11,100ha)

Government Scheme のプランテーションを例とする。[表-25]より、land-man ratio(ha/man)は5

であるから、労働者は**2,220**人である。**1**家族が平均で約**5**人であることから、このプランテーションの全住民は**11,100**人となる。

2. 40 トン・FFB/hr 処理能力のミル工場

[表-25]より、**18**万トン FFB/年の工場労働者は**80**人であるから、**18.8**万トン FFB/年のミル工場労働者数は約**84**人である。これより、1ミル工場に関連する住民は**420**人となる。

以上より、この地域の全住民は**11,520**人である。

X. 3. 3. この地域の売り上げ (プランテーション及びミル工場)

1. プランテーションの FFB 売り上げ

OER (Oil Extraction Ratio) :18.86 FFB(1% Extraction rate):RM9.79/トンより、

FFB 価格 : 18.86 × 9.79 = RM185/トン・FFB

FFB 収穫量 : 18.33 トン/ha

18.33 トン/ha × RM185/トン・FFB × 10,000ha = RM33,910,500/年

2. ミル工場の CPO の売り上げ

188,000 トン・FFB より得られる CPO 量は **35,300** トンである。CPO の価格は **Local Delivered** の数値を使うと約 **RM1,000/トン**である。以上より、ミル工場の売り上げは **RM35,300,000** となる。

以上より、この地域 (プランテーション、ミル工場) の売り上げは

RM33,910,500 + RM35,300,000 = RM69,210,500

X. 3. 4. 廃棄物発生量

11,100ha のプランテーションと **18.8** トン・FFB/年の処理能力を持ったミル工場より発生するバイオマス廃棄物量は以下の通りである。

1. Felled-OPT・OPF

136palm trees/ha, 1200kg/trunk, OPF は 15kg/Frond, 30Fronds/trunk とする。切倒される面積 (**11,100ha** の **5%**) **555ha/yr** から発生する OPT, OPF の量は

OPT : 136 × 1200 × 555 = 90,600 トン/年 (乾燥重量)

OPF : 136 × 15 × 30 × 555 = 34,000 トン/年 (乾燥重量)

2. Pruned&Harvested OPF

OPF 重量:15kg/OPF (MC65%)

OPF の剪定・収穫で切り落とされる枚数 : 2枚/回

年間に1本のパーム樹から切り落とされる回数 : 6回

1ha 当たりに植わっているパーム樹本数 : 136本/ha

15kg/OPF × 2 × 6 × 136 = 24,480kg・OPF/ha/yr

プランテーションは **10,000ha** だから、年間に選定・収穫時発生 OPF は **245,000** トンである。

3. EFB

[図-21]より、**EFB** 発生量は **FFB** 処理量の **22%**とする。

18.8万トン/年 × 0.22 = 41,360 トン/年

4. Fiber

[図-21]より、**Fiber** 発生量は **FFB** 処理量の **16%**とする。

18.8万トン/年 × 0.16 = 30,080 トン/年

5. Shell

[図-21]より、**Shell** 発生量は **FFB** 処理量の **6%**とする。

18.8 万トン/年×**0.06**=**11,280** トン/年

6. POME

[図-21]より、**POME** 発生量は **FFB** 処理量の **62%**とする。

18.8 万トン/年×**0.62**=**116,560** トン/年

以上より、本研究において設定したオイルパームプランテーションとミル工場が中核をなす「ブロック（地域）」の経済的規模、従業員とその家族数そして廃棄物発生量を[表-109]に示した。

引用文献)

105) 環境庁環境情報普及研究会監修(2000)産業のグリーン変革.東洋経済新聞社.215p

106) **Malaysian Palm Oil Board(2001)Malaysian Oil Palm Statistics 2000. 6~16p**

X I. 内発的発展因子を用いた各バイオマスの用途評価

本地域で発生するバイオマスについて、[表-105]に示される用途において、IV. 5. 節で決めた内発的発展の評価因子を用いて評価し、[図-40]に示される検組み合わせの検証を実施する。

X I. 1. 切り倒し時発生 OPT,OPF

X I. 1. 1. 農園でのマルチ使用

パーム樹を切倒した後のプランテーションは天蓋作用をしたパーム樹の葉や地面の草がないために、雨による土壌流出、栄養分の流出や浸出によるロスが大きい。このために、土壌表面をマルチングすることが重要である。

1. 経済効果（新規事業、コスト削減）

[表-64]に示したように、切倒したOPT, OPFをそのままマルチそしてそれが生分解して有機肥料と同時に無機肥料（窒素、リン、カリウム、マグネシウム、カルシウム成分）としての役目を果たすことにより、肥料として**RM960/ha**、FFBの収穫量増が**RM169/ha**の経済効果がある。本地域においては**1,110ha**が再植樹されるから、

無機肥料のコスト削減： $1,110\text{ha} \times \text{RM}960/\text{ha} = \text{RM}1,065,600$

FFB 収穫増収： $1,110\text{ha} \times \text{RM}169/\text{ha} = \text{RM}187,590$

経済効果：**RM1,253,190**

2. 雇用の創出

作業としては、[写真-7]に示したように切倒されたパーム樹を、スライスして地表面に敷く作業であり、従来の作業の一環として行われ、この利用のために新たな雇用創出はない。

3. 環境維持・改善

①スモッグ発生抑止

OPT,OPF をマルチ・肥料利用することによって従来焼却処理によって生じていたスモッグ発生がなくなる

②窒素酸化物発生削減

OPT,OPF の肥料利用により、窒素肥料の施肥量を削減できる。これにより窒素肥料の1~2%発生すると言われている酸性雨や地球温暖化原因物質である窒素酸化物（ NO_x ）の削減に寄与する。ここでは、削減に寄与する量として次のように計算できる。即ち、**OPT,OPF** から得られる窒素成分は窒素肥料（硫酸アンモニウム）として**1.6** トンに相当するから、その1~2%である**16~32 kg/ha**、これを再植樹面積全体で**800~2880**トンの窒素酸化物の発生を削減できる。

③カーボン排出量節約（カーボンクレジット）

OPT,OPF の肥料としての利用でどの位のカーボン排出量が節約されたかを、施肥に用いられる無機肥料の製造時の必要エネルギーから計算する。[表-49]に示したように年間に使用する肥料のエネルギー換算値は**11.22GJ/ha/年**、 CO_2 当量として**730 kg/ha/年**である。このときのGJと CO_2 量の換算係数は**1 kg $\text{CO}_2 = 0.0156366\text{GJ}$** である。[表-64]に無機肥料のみを使用した場合の各肥料の施肥量を示した。また、[表-64]に**OPT,OPF** から肥料として得られる量を示した。これ等より、**OPT,OPF** により得られるエネルギー値は**24.8 GJ**となり、**1590 CO_2 kg**となる。以上より、**OPT,OPF** を肥料に利用した場合のカーボンクレジット量として、約**\$ 15/ha**、これを再植樹面積**1,110ha**で**\$16,650**になる。

4. 地域内循環：資源、技術、市場

①資源

プランテーション内で廃棄物として発生したものをプランテーション内で有効利用しており、域内循環利用が完全に達成されている。

②技術

プランテーション内でブルドーザーを用いてパーム樹を押し倒し、幹をシャベルの先が刃になっているパワーシャベルで**10-15cm**厚さにスライスしてマルチとする。このため、技術的には従来のものである。

③市場

プランテーション内使用で、市場は完全に確保されている。

X I. 1. 2. パルプ、紙、ボード利用

上記用途を本検討から除外する。その理由は、工業用原料として利用する場合、以下の点を解決せねばならず実用的でないからである。

1. コスト的課題がある

- ①. 含水量が高く、嵩高なために移送にコストがかかる。このため、減容を目的として必要成分だけを取り出す前処理を発生場所に近い場所で[図-28]、[図-29]に示すような処理が必要である。
- ②. **OPT,OPF** を利用する場合、目的に不必要な髓と水が多量に含まれている。髓は飼料に水は肥料に用途があるが、もしその用途先が固定していなかったら、環境上は無処理で廃棄できないために環境基準以下にする処理設備が必要となる。このため、サテライト的可搬式前処理設備は[図-28]に示されるチップ化-ファイバー化設備に、必然的に髓・水処理設備が付帯することになる。廃棄を伴う環境に関わる設備は固定式でないで廃棄コスト、廃棄場所及び管理上の困難さ及びその設備の許認可上の制約などに問題があり現実的でない。
- ③. VIII. 1 2. 4. に示したように、ドイツの **D.Siempelkamp GmbH&Co.** の試算では初期投資は **66,000m³** 製造能力の **MDF** 工場では通常の木材繊維を利用した工場の初期投資額の **23~24** 倍するため、コスト競争力がない。
- ④. メタノール生産もVIII. 1 2. 4. VIII.、1 2. 7 節に記したように現在の石油化学のメタノール生産設備の **2** 倍の初期投資が必要である。このことより、メタノール製造工場は、原料である繊維は繊維発生場所（例えば、ミル工場）より集荷して集中的な製造工場のほうが規模の効果でコストを安くすることが可能になる。

2. 地域産業になじまない

- ①. 大量技術生産であり、中間技術を目指す地域的技術ではない
- ②. 大量生産のため、地域市場よりは海外市場を期待した事業である。

X I. 2. 剪定・収穫時発生 **OPF** : 飼料(VIII. 1 2. 2. 参照)

X I. 2. 1. 経済効果(新規事業、経費削減)

マレーシアにおいては飼料の国内生産はほとんどなく、僅かに米ぬかなどの農業副産物が利用されている程度である。しかしながら、経済発展に伴い肉・酪農製品の需要が増大している。国内飼料生産がない理由は牧草地や天然の草地がないためである。このために、輸入飼料に大きく依存しており、現在、需要が高い鶏肉と豚肉の他にはコストがかかりすぎて手が出ないのが実情である。このため、需要の増してきている牛肉・酪農製品は輸入に頼らざるを得ないでいる。

1. 計算前提

①. OPF 飼料の組成¹⁰⁷⁾

乾燥重量基準で、OPF:30%、PKC(Palm Kernel Cake):38%、米ぬか:25%、その他成分：7%

②. 飼料工場能力：8700トン/年(30トン/日×290日/年)とする¹⁰⁷⁾

必要な OPF：30 トン/日×30%=9 トン/日 15%水分
(=22 トン/日 65%水分=6380 トン/年 65%水分)

2. OPF 飼料製造工場の初期投資

先に記したが JICA が MARDI(Malaysian Agriculture Research and Development Institute)と共同で MARDI-JICA プロジェクトとして OPF 飼料試作プラントを建設した。この時はペレットと共にキューブを各 2 トン/時間設備能力で総建設費約 RM8,800,000 を要した。現在、MARDI-JICA プロジェクトの Chief Adviser をしている Dr.Sato 氏によると、「現在の設備は試験設備的意味合いがあり製造設備にすれば、投資は3～5分の一になる」との事で、3 分の一になるとして約 RM3 百とする。これを今回の 30 トン/時間に 3 分の 2 乗則を当てはめると RM11.5 となる。

3. 必要なプランテーション面積

1 Palm tree より、1 回あたり 2 OPF が得られ、6 回/yr 収穫できると
15kg/OPF × 2 × 6=180kg/年(65%水分)

Palm tree の植樹密度(136palms/ha)であるから、1ha 当たりの OPF 収穫量は
136Palm tree × 180kg=24,480kg/ha・年=10,080kg/ha・年 (15%水分)
(22 トン/日×290 日/年) ÷ 24,480kg/ha/年 ≒ 260ha

4. ケーススタディ(10,000ha)より得られる OPF 飼料

10,000ha ÷ 260ha ≒ 38 工場

38 × 8700 トン・OPF 飼料/年 = 330,600 トン・OPF 飼料

5. ケーススタディのプランテーションより供給可能な OPF 飼料で賄える頭数：約 30 万頭 (1 頭当たり年間飼料消費量：3kg/日×365 日=1,095kg/年)

330,600 トン・OPF 飼料 ÷ 1095kg・OPF/頭/年 ≒ 30 万頭

以上より、現在、マレーシアの肉牛需要は 80 万頭/年といわれている。本ケーススタディー地域で産出する OPF を用いた飼料でマレーシアが必要とする肉牛用飼料の約 37.5%を供給することになる。

6. 飼料販売額

上記の飼料工場製造能力(8,700 トン/年)を 1 地域に設置すると仮定する。

[表-96]より、販売価格を RM330/トンとする。

RM330/トン × 8,700 トン ≒ RM2,872,000

7. プランテーション農家による酪農

上記したように、プランテーションで働く人たちがプランテーション内で牛を飼うことは、彼等にとって収入を多くできる選択肢であり、さらに、下草刈りの手間や除草剤の使用が省け、また、熱帯土壌では有機物含量が低いため、牛糞がプランテーションにとって肥料の役目を果たす。このように、多面で農家にとってメリットを得ることが出来る。

例 1：ケランタン州ケマチャンにある Government Scheme のオイルパームプランテーションにおける肉牛経営を参考に¹⁰⁸⁾。

参考例

オイルパーム総面積：12,000ha

農園で働く農家数：1,200 戸（注）

肉牛を飼う農家数：261 戸

飼育されている牛の頭数：7000 頭

肉牛の飼育方法：放牧飼育で、下草とオイルパームの葉を必要に応じて切り落として与える。農園全域に放牧する

牛の繁殖：雌牛 30 頭に雄牛 1 頭を混牧する

肉牛の販売：2～3 歳で肉牛として売却。

体重：成雌で 200 kg、雄は 300kg 程度

（注）この 12,000 ha の農園で働く農家数 1,200 戸だと、10 ha / 農家となる。これは[表-25]に Government Scheme の 1 労働者あたりの保有面積を 5 ha と異なる。しかし、これは先にも記したが、農家は家族で働いており、1 家族が夫と妻の労働力と考えれば 5 ha / 労働者となり、合致する。

仮定

仮定-1. 繁殖率:70%、生育率:95%、3 年で出荷とする。(社) 大阪府畜産会の情報より、毎年 100 頭出荷するのに約 360 頭の飼育が必要とのことであった。飼育頭数の 30%が毎年出荷可能頭数とする。

仮定-2. OPF 飼料は必要飼料 (1,095kg/年・頭) の半分とする。理由はプランテーション内の下草による OPF 飼料使用量削減と乾季の下草不足の際に OPF 飼料を利用することを想定。

以上より、ケーススタディプランテーションにおける肉牛飼育の経済計算は以下のようになる。

本ケーススタディのプランテーション面積は 1,1100ha である。これより、牛の飼育頭数は上記と同じとする。

7000 頭の飼育では毎年 2100 頭が出荷可能である。価格は RM4.5/kg¹⁰⁸⁾ で、出荷は雄雌半々とする

200kg/頭×1050 頭×RM4.5/kg = RM945,000

300kg/頭×1050 頭×RM4.5/kg = RM1,417,500

合計 RM2,362,500

なお、このとき、使用される OPF 飼料は

7000 頭×1095kg/年・頭×0.5×RM330/トン=RM126,472

本ケーススタディで生産される OPF 飼料は RM2,872,000 でこの内、RM126,472 は自家消費されるから、外販分は RM2,745,527 となる。

以上より、飼料工場を作り、それを利用した肉牛生産を実施したときの収入は

飼料外販収入+肉牛出荷収入=RM5,108,028≒RM5,108,000

例 2. 400ha のオイルパームプランテーションに 100 頭の牛を放牧した例¹⁰⁹⁾

子牛の出生率が 80%以上、廃牛率 10%、12 ヶ月齢以下の死亡率 5%以下、群全体の死亡率 20%以下という条件で、年間の収支が以下のように計算されている。

収入：廃牛 10 頭 @RM3.5/kg(1 頭 300kg)	RM10,500
雌牛 23 頭 @RM4.5/kg (1 頭 250kg)	RM25,875
雄牛 35 頭 @RM4.5/kg (1 頭 250kg)	RM39,375
種牛 5 頭/3 年 @RM1,088/頭	RM3,000
除草剤節減分 @RM50.0/ha	RM20,000
合計	RM98,750

支出：育成牛の購入	@RM117/頭/年	RM1,170
種牛購入	5頭/3年 @RM2,100/頭	RM3,500
ローン返済	利子 4%	RM4,375
電牧償却、修理、薬品、その他		RM6,520
労務費	1名 @RM900/月	RM11,030
合計		RM26,365
収支	RM98,750 - RM26,365 =	RM72,385

この例を本検討に当てはめると、プランテーションは **10,000ha** であるから、規模は **25** 倍になる。

X I. 2. 2. 雇用

1. プランテーションから飼料工場まで

[表-92]より、**35ha** のプランテーション面積で **OPF** 収集し、収集した **OPF** をトラックに乗せチップング機械まで運ぶ人員が **6** 人。チップング機械の運転員が **1** 名。チップされた **OPF** を飼料工場まで運ぶローリーの運転手が **1** 名。合計 **8** 名。上記飼料工場のケーススタディのプランテーション面積が **2600ha** であるから、ここで生まれる雇用は

$$260 \div 35ha \times 8 \div 60 \text{ 人}$$

2. 飼料工場

30t/day の飼料工場を標準にする。

[図-30]において、**Dryer-Grinder-Mixer** 工程で **2** 名、**Pelletizer/Cuber** 工程で **2** 名、**Packer** で **4** 名及び物流・在庫管理 **1** 名、工場マネージャーが **1** 名の **10** 名とする。プランテーションから飼料工場までの管理もここで行うものとする。

飼料工場の雇用：**10** 名/工場

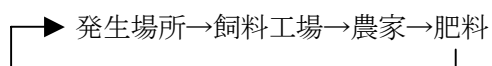
X I. 2. 3. 環境維持・改善

マレーシア政府は自然林を切り開いて牧草地を作ろうとしている。**OPF** を用いて飼料を作ることに、このような目的の自然破壊をなくすことが出来る。

X I. 2. 4. 資源、技術、市場（地域内循環）

1. 資源

マレーシアでは小規模農家が反芻動物の殆どを飼育している。しかしながら、その頭数を増やせない理由は先に記したように飼料は殆どが輸入であり、資金力のない小規模農家にとっての購入には高価である。さらに、頭数を増やすと、農業を通して得られる飼料が年間を通して十分に得られないからである。**FronD** 発生地に近く立地することにより原料である **FronD** 輸送費を低くし、製品のユーザーへのデリバリーコストを下げる両面より、**FronD** 飼料コストを低く抑えることが可能になる。そして、安い価格の **FronD** 飼料が小規模農家の購入を可能にし、この飼料不足を解消することは、地域の畜産を振興し、新たな収入源を与えることになる。そして、農家の牛糞等が肥料（コンポスト）として処理されるシステムが出来れば下図のような完全な循環システムが完成する。



2. 技術

OPF 利用飼料化はⅧ. 1 2. 2. 節に示したように、JAICA がマレーシアの農業研究所と開発研究を実施しており、実用化の段階まで来ている。

X I. 3. 剪定・収穫時発生 OPF : マルチ・肥料

土壌表面からの土壌、栄養分窓の流出防止のためと、剪定・収穫時発生 OPF の微生物分解による栄養分補給の役割を果たす。

OPF 発生量は [表-108] より **245,000** トンであるが、**6380t** を飼料用に利用することにより、マルチ・肥料として利用できるのは **238,620t** である。

X I. 3. 1. 経済効果 (新規事業、経費削減)、雇用

剪定・収穫作業で発生し、その作業の一連で木の下に敷く作業のため、新たな事業とはならないし、新たな雇用は生まれない。

[表-67]より、窒素肥料(SOA)分 **RM1,060,000**,リン肥料分 (RP) **RM87,700**,カリウム肥料分 **RM1,040,000** そしてマグネシウム肥料分 **RM204,700** で合計 **RM2,392,400** 相当になる。

X I. 3. 2. その他の内発的評価因子

剪定・収穫作業で発生し、その作業の一連で木の下に敷いて用いるために、資源、技術、市場は地域内である。移入品代替は外部からの購入品代替、加工度 up はこの用途では加工が伴わない。そして、環境維持については先記したように、貢献している

X I. 4. Shell,Fiber : ミル工場の燃料

[表-108]より、発生する shell、Fiber 量はそれぞれ、**11,280** トン/年,**30,080** トン/年である。

X I. 4. 1. 経済効果 (新規事業、経費削減)、雇用

ミル工場で発生したものをそのまま従来の作業の延長線上で燃料として利用するため、新たな事業とはならないし、新たな雇用は生まれない

1. 経費削減

先ず、発生する Shell,Fiber を燃料にして得られる電気量を計算する。ミル工場は **500hr/月**の稼働で年間 **6000** 時間稼働すると仮定する。Shell と Fiber の発生量は **1880kg/時間**と **5010kg/時間**となる。

[表-3]より、それぞれの発熱量は次のようになる。

Shell(10%moisture content): $1,880\text{kg/時間} \times 4,500\text{kcal/kg} = 8,460,000\text{kcal/時間}$

Fiber(40%moisture content): $5,010\text{kg/時間} \times 2,710\text{kcal/kg} = 13,577,100\text{kcal/時間}$

発熱量の合計 : **22,037,100kcal/時間**

蒸気発生熱効率を **65%**と仮定すると:**14,324,115kcal**

1 kg の蒸気を発生させるのに **620kcal** 必要だと仮定すると、蒸気発生可能量 : **23,100kg**

30 トン・FFB/時間を処理するに必要な電気量 : $20\text{kwh/トン} \cdot \text{FFB} \times 30 \text{ トン} \cdot \text{FFB/時間} = 600\text{kwh}$

1 kwあたり、**20bar** で **30kg** の蒸気が必要だから、**800kwh** の発電に必要な蒸気量

: $600 \times 30 = 18,000\text{kg}$ at 20bar

: 余剰蒸気($23,100 - 18,000 = 5,100$ kg)より、約 **170kwh** の電気が地域住民に供給可能である。

1 トン・FFB 処理に必要な蒸気は **500kg** だから、**30** トン・FFB/時間を処理するに必要な蒸気量

: $30 \text{ トン} \cdot \text{FFB/時間} \times 500\text{kg/トン} \cdot \text{FFB} = 15,000\text{kg/時間}$ at 3bar

以上より、ミル工場で発生する **Shell,Fiber** を燃料に用いることにより、ミル工場の稼動に必要な電気及び **FFB** 処理に必要な蒸気を供給できる。

i. **Shell・Fiber** の燃料利用による **FFB** 処理コスト低減効果

現在の **FFB** 処理コストが **RM35/t・FFB** であるが、オイルを燃料に使用すると約 **RM55/トン・FFB** に増加する¹⁰⁾。これより、**FFB** の処理コストがトンあたり **RM20** 安くなり、年間 **188,000** トン・**FFB** を処理することより、ミル工場として、**RM3,760,000** のコストメリットである。

ii. 売電による効果

マレーシアでバイオマス発電の引き取り単価は **RM0.13/kwh**~**RM0.17/kwh** である。ここでは **RM0.15/kwh** とすると

$$\mathbf{RM0.15/kwh \times 988kwh \times 390 \text{ 時間/月} \times 12 = \mathbf{RM693,576}}$$

以上より、経済効果の合計は

$$\mathbf{i + ii = \mathbf{RM3,760,000 + RM693,576} \quad \mathbf{\doteq} \quad \mathbf{RM4,450,000}}$$

なお、ミル工場で発生するバイオマス廃棄物(**shell,fiber, EFB, バイオガス**)を燃料に用いて発電可能な電気量を[表-110]に示した。これより、ミル工場で発生するバイオマスを全量燃料として発電に用いた場合、年間で約 **RM1** 百万となる。

X I. 4. 2. 環境維持・改善

1. **Shell,Fiber** 利用による **CO2** 排出削減

ディーゼル発電の際に排出される **kwh** あたりの **CO2** 量は **0.47kg/kwh** から、ディーゼルオイルを利用した場合、このミル工場で排出される **CO2** 量

$$\mathbf{: 0.47kgCO_2/kwh \times 800kwh \times 390 \text{ 時間/月} \times 12 = \mathbf{1,759,680kgCO_2/yr}}$$

カーボンクレジットを **\$10/t・CO2** とすると、このミル工場の年間のカーボンクレジット量

$$\mathbf{: \$ 1,760 \text{ (RM6,690)}}$$

2. **NOx, SOx** などの発生は化石資源燃料に比べて少ない

オイルパームバイオマスは硫黄成分は化石資源燃料に比べて **1** 桁低く、**CO2** 以外は排出されない。

X I. 4. 3. 資源、技術、市場、地域内循環

1. 資源

資源→製品→プランテーション利用のようなサイクルではないが、地域内発生資源→ボイラー→工場稼動→雇用という、結果的に地域内資源利用が地域内に別の形で寄与しており、循環利用と考えてよい

2. 技術

従来のボイラー燃焼技術であり、新たな技術導入は必要ない

3. 市場、地域内循環

ボイラー燃焼により得られたエネルギーはそのまま、工場で使用され、新たな用途先(市場)を求める必要はない。更に、余ったエネルギーは近隣の地域に供給することで余剰エネルギーの市場確保も必要ない。

X I. 5. **EFB(Fiber,Shell)焼却・余熱利用 P OME 蒸発肥料化**

X I. 5. 1. 経済効果(新規事業、経費削減)

1. 新規事業

肥料製造事業として新規事業である。

①. 設備投資

VIII. 12. 8. より、27万トン・FFB/年のミル工場に付設する **EFB(Fiber,Shell)**焼却・余熱利用POME蒸発肥料化工場の設備投資はRM25百万である。本検討においては **18.8** 万トン **FFB**/年のミル工場であるから、これより、3分の2乗速を用いて本検討 **EFB(Fiber,Shell)**焼却・余熱利用POME蒸発肥料化工場の建設費はRM19.6百万である。

②. 経費削減

[表-62]より、**EFB,Fiber,Shell,POME** に含まれる肥料成分は以下の肥料量に相当する。

	EFB (kg/ha/・)	Fiber (kg/ha・年)	Shell (kg/ha・年)	POME (kg/ha・年)	合計 (kg/ha・年)
Urea	11.7	11.3	70.5	27.2	120.7
CIRP	2.5	8.2	15.2	20.1	46.0
MOP	70.5	0.6	1.6	2.0	74.7
Kieserite	27.2	13.3	53.1	47.3	140.9

各肥料の価格は窒素肥料 **Urea(@RM335/t)**, リン肥料 **CIRP(@RM280/t)**, カリウム肥料 **MOP(@RM580/t)**, マグネシウム肥料 **Keserite(@RM400/t)**より、**EFB,Fiber,Shell,POME** に含まれる肥料成分の価値を求めると、**RM152/ha** となる。本検討のプランテーション面積が **10,000ha** であるから、得られる肥料成分によって節約される金額は **RM1,520,000** となる。これは、VIII. 12. 8節の27万トンFFB/年ミル工場で与えられている肥料削減分を本検討ミル工場能力 **18.8** 万トン **FFB**/年から比例計算して得られる数値 (**RM1.1** 百万) とよく一致している。これより、下記に示すその他の経費削減項目も能力を用いた比例計算から求めることにする。

CPO回収：RM0.3百万

水リサイクル使用：RM0.07百万

EFB廃棄削減：RM0.16百万

以上より、経費削減可能費用合計はRM2.05百万となる。

なお、支出の固定費と変動費・設備維持・補修費は3分の2乗則をあてはめ計算すると

固定費：RM85,000

変動費・設備維持・修繕費：RM300,000

設備償却(投資の5%)：RM980,000

合計 RM1,365,000

以上より、年間の利益としては RM2.05百万 - RM1.365百万 = RM0.7百万

XI. 5. 2. 雇用

[表-47]の1997年鉱工業労働者賃金はRM14,500/年となっているが、このデータはオイルパーム産業の労働者にとっては高すぎる。最近のパームオイル産業の諸文献におけるコスト計算における人件費はRM350/月~RM1,110/月で平均RM630/月より、RM7560/年を採用する。固定費RM85,000を人件費とすると、下記のように必要人員を得ることが出来る。

$$RM85,000 \div RM7560 \doteq 11 \text{ 名}$$

XI. 5. 3. 環境維持・改善

1. カーボンクレジット量

[表-49]より、パームオイルプランテーションで使用される肥料のエネルギー換算量は**11.22GJ/ha・年**で、二酸化炭素量に換算すると**730.21kg/ha・yr**である。節約される肥料は約**26.8%**であるから、**195kg/ha**の二酸化炭素が節約される。本検討のプランテーション面積**10,000ha**であるから、**1950**トン/年の炭酸ガス量となり、カーボンクレジット**\$10/t**より、**\$11,950**となる。

2. 窒素酸化物発生削減

EFB,POMEの肥料利用により、窒素肥料の施肥量を削減できる。これにより窒素肥料の**1~2%**発生すると言われている酸性雨や地球温暖化原因物質である窒素酸化物(**NOX**)の削減に寄与する。ここでは、削減に寄与する量として次のように計算できる。即ち、**EFB,POME**から得られる窒素成分は窒素肥料(硫安)として**43kg**に相当する。

3. コンポスト肥料の利用は化学肥料の使用量を少なくする。このために、化学肥料による河川(地下)水の汚染が少なくなる

X I. 5. 4. 資源、技術、市場、地域内循環

1. 資源

地域内発生廃棄物→肥料→プランテーション→バイオマスと言う、地域内完全循環使用サイクルが成り立っている。

2. 技術

大型技術は必要なく、従来技術で対応が可能である

3. 市場

市場はプランテーションであり、新たな市場開拓は必要がない。

X I. 6. **EFB,POME** : **EFB** 繊維化後、**POME** を吸収させ肥料利用

コンポスト肥料工場はミル工場に付設して設置するものとする。

発生する**EFB,POME**は[表-108]より、それぞれ**41,360**トン/年,**116,560**トン/年である。

X I. 6. 1. 経済効果(新規事業、経費削減)

1. 新規事業

コンポスト製造事業として新規事業である

①. 設備投資

VIII. 12. 8. 節及び、[表-102]より、**FFB**27万トン/年の処理工場が発生する**EFB**(**59,400**トン)、**POME**(**175,500**トン)より、**EFB/POME**肥料**26,000**トンが得られ、このときの投資額は**RM2,410,500**であった。これを3分の2乗則を用いて、本検討**18.8**万トン・**FFB**/年ミル工場敷設コンポスト肥料工場の投資額を計算すると**RM1.89**百万となる。

②. 従来使用施肥量の減少による経済効果

EFB10,340トン乾燥重量/年と**POME**の固形分**5,830**トン(5%固形分)より、**100%**収率として合計で(**EFB10,340**トン+**POME40%**水分**9700**トン)**20,000**トン/年のコンポスト肥料が得られる。ここでは[表-102]で試算されているコンポスト肥料化工場で製造するものとする。ここで得られたコンポスト肥料は、隣接するプランテーションで利用するものとする。この得られたコンポスト肥料がプランテーションで利用される量は**6t**トン/ha・年である。これより、**10,000ha**の**FFB**収穫プランテーション面積のうち**3,330ha**で利用可能である。最大のパームオイルを収穫するために施肥しなければならない窒素(**N**),リン(**P**),カリウム(**K**),マグネシウム(**Mg**)成分の量及びバランスがあり、ここで得られたコンポスト肥料だけでは足りないため、従来の肥料と組み合わせて施肥する。

ここでコンポスト肥料使用による従来肥料の使用量減少は **RM334.8/ha** である。プランテーションに使用できる面積が **3,330ha** であることより、**RM1,115,000** が節約となる。

また、[表-102]に示すように **EFB/POME** コンポストのコストは **RM56.55/トン** であるから、コストで販売したとして、売上高は下記の通りである。

$$\text{RM56.66/トン} \times 20,000 \text{ トン} = \text{RM1,133,200}$$

2. 経費削減

①. EFB の移送&処理費用なくなる

EFB を廃棄処理するために **RM10/トン・EFB** が節約できる。ここでは、**EFB** 発生量は **41,360** トン/年だから、**RM413,600/年**の節約となる。

②. POME 処理費用がなくなる.

VIII. 12. 9より、**POME** の処理費用は **RM0.3~0.5/トン・FFB** より、**FFB** 処理量が **18.8** 万トンである

から、ここでは **RM0.4/トン・FFB** とすると、**RM75,200** の節約となる

$$\text{以上より、} \text{①} + \text{②} = \text{RM488,800}$$

XI. 6. 2. 雇用

[表-102]より、**27** 万トン **FFB/yr** のミル工場に付随する **EFB/OPME** 肥料工場のオペレーターが **16** 人であることより、比例計算を用い本ケーススタディミル工場 **18.8** 万トン・**FFB/年**に付随する工場オペレーターは **11** 名である。

XI. 6. 3. 環境維持・改善

1. カーボンクレジット量

EFB,POME の肥料としての利用でどの位のカーボン量が節約されたかを、施肥に用いられる無機肥料の製造時の必要エネルギーから計算する。[表-49]に示したように年間に使用する肥料のエネルギー換算値は **11.22GJ/ha・年**、**CO₂** 当量として **730Kg/ha/yr** である。このときの **GJ** と **CO₂** 量の換算係数は **1 kg CO₂=0.0156366GJ** である。[表-15]、[表-64]に無機肥料のみを使用した場合の各肥料の施肥量を示した。また、[表-102]に **EFB,POME** から肥料として得られる量は **26,000** トン/年である。そして、**EFB,POME** コンポスト使用によって **53%**の無機肥料が節約できるから、カーボン量として **390CO₂kg/ha** となる。上記量のコンポストを施肥できるプランテーション広さは **3420ha** であるから、**1,333,800CO₂kg/年**となる。以上より、**EFB,POME** コンポストを肥料に利用した場合のカーボンクレジット量として **\$13,340** になる。

2. 窒素酸化物発生削減

EFB,POME の肥料利用により、窒素肥料の施肥量を削減できる。これにより窒素肥料の **1~2%**発生すると言われている酸性雨や地球温暖化原因物質である窒素酸化物 (**NOX**) の削減に寄与する。ここでは、削減に寄与する量として次のように計算できる。即ち、**EFB,POME** から得られる窒素成分は窒素肥料 (硫酸アンモニウム) として **43kg** に相当する。

3. コンポスト肥料の利用は化学肥料の使用量を少なくする。このために、化学肥料による河川 (地下) 水の汚染が少なくなる

XI. 6. 4. 資源、技術、市場、地域内循環

1. 資源

地域内発生廃棄物→肥料→プランテーション→バイオマスと言う、地域内完全循環使用サイクルが成り立っている。

2. 技術

大型技術は必要なく、従来技術で対応が可能である

3. 市場

市場はプランテーションであり、新たな市場開拓は必要がない。

X I. 7. EFB : ミル工場の燃料

X I. 7. 1. 経済効果（新規事業、経費削減）、雇用

ミル工場が発生したものをそのまま従来の作業の延長線上で燃料として利用するため、新たな事業とはならないし、新たな雇用は生まれない

1. 経費削減

まず、**EFB** を燃料にして得られる電気量を求める。

[表-3]より、それぞれの発熱量は次のようになる。

EFB(50%moisture content):8,840kg/時間×1,520kcal/kg=13,436,800kcal/時間

蒸気発生熱効率を **65%** と仮定すると **8,733,920kcal**

1 k g の蒸気を生産させるのに **620kcal** 必要だと仮定すると、蒸気発生可能量：**14,100kg/時間**

1 k w あたり、**20bar** で **30kg** の蒸気が必要だから、発電可能な電気量は

14,100kg÷30=470kwh

①. 売電による効果

マレーシアでバイオマス発電の引き取り単価は **RM0.13/kwh~RM0.17/kwh** である。ここでは **RM0.15/kwh** とすると

RM0.15/kwh×470kwh×390時間/月×12月=RM329,940

経済効果の合計：**RM331,000**

X I. 7. 2. 環境維持・改善

1. EFB からのメタン発生がなくなる

2. EFB 不法投棄による発火や甲虫の大量発生被害がなくなる

3. EFB 利用による CO2 排出削減によるカーボンクレジット

ディーゼル発電の際に排出される **kwh** あたりの **CO2** 量は **0.47kg/kwh** から、ディーゼルオイルを利用した場合、このミル工場で排出される **CO2** 量

：**0.47kgCO2/kwh×470kwh=220.9 k g CO2**

220.9 k g CO2×390時間/月×12月=1,033,800kgCO2/年

カーボンクレジットを **\$10/トン・CO2** とすると、このミル工場の年間のカーボンクレジット量

：**\$ 1,033**

X I. 7. 3. 資源、技術、市場、域内循環

1. 資源

資源→製品→プランテーション利用のようなサイクルではないが、地域内発生資源→ボイラー→工場稼働→雇用という、結果的に地域内資源利用が地域内に別の形で寄与しており、循環利用と考えてよい。

2. 技術

新たな技術は必要ない

3. 市場

ボイラーで得られたエネルギーは工場で使用され、余剰エネルギーは周辺地域へ供給して利用され、新たな市場開発を必要としない。

X I . 8 . EFB の繊維化・MDF,PB 利用

発生する EFB は **41,360** トン/年である。これを [図-3 1] に示される繊維化前処理設備をミル工場内に設置し、ミル工場の 1 設備として稼働させる。この繊維化前処理で得られる繊維を用いて、[表-9 5]より、**MDF11,000m³/年**又は **PB13,500m³/年**製造可能である。しかし、[表-9 4]の **MDF,PB** の製造設備能力はいずれも数万 **m³/年**の設備能力である。Ⅷ. 1 2. 4. に記されているが、**EFB** 繊維を用いた設備は従来の木材繊維を用いた製造設備に比べて初期投資額が **MDF** 設備で **24** 倍、**PB** 設備で **40** 倍以上と非常に割高になっている。このようなコスト割高な **MDF,PB** 製造工場のコストを下げるには固定費を下げ、安い変動費で製造する必要がある。このような背景の下、今回のケーススタディの設備能力が約 **1 万 m³**ではコスト競争力がない。以上よりここでは **EFB** の繊維化前処理のみを実施し、繊維として燃料、ファイバーボード、**MDF,PB**、パルプ&紙用の原料として販売する事業を考える。

3.5 トン・**EFB** から **940kg** の **EFB** 繊維が取れるから、[表-1 0 8]より、**EFB** は **41,360** トンであるからは **11,110** トンの **EFB** 繊維が取れる。

X I . 8 . 1 . 経済的効果 (新規事業、経費削減)

1 . 新規事業

① . 初期投資額

[表-1 0 0]より、ミル工場は **2 0 万トン・FFB/年**より発生する **EFB** の繊維化プロセスに対する投資は **RM1.2 6** 百万である。本検討での **1 8.8 万トン・FFB/年**のミル工場よりの **EFB** 繊維化プロセスの投資は、処理能力が **2 0 万トン**と **1 8.8 万トン**と非常に近いから、処理能力と投資額に比例関係があるとして **RM1. 1 8 4**となる。

② . EFB 繊維売上高 (製造コストで計算)

製造コスト : [表-1 0 0]より製造コストは **RM45.71/トン**

EFB 繊維量 : **11,110** トン

RM45.71/トン×**11,110** トン=**RM507,840**

2 . 経費削減

① . ミル工場全体の CPO 回収率向上 : EFB からの回収率は EFB の **0.24%**

41,360 トン/年×**0.24%**≒**100** トン CPO 価格 **RM996.5/トン**より、**RM99,650**

② . EFB 廃棄処理コストがなくなる

EFB 処理費:**RM8/トン**より、**41,360** トン/年×**RM8/トン**=**RM330,880**

以上、①+②=**RM430,530**

X I . 8 . 2 . 雇用

EFB 繊維化工程はミル工場の 1 設備としての位置づけ、従来のミル工場の 1 設備として、運転も従来のミル工場運転員が担当するために新たな雇用はない

X I . 8 . 3 . 環境維持・改善

1 . EFB からのメタン発生がなくなる

2 . EFB 不法投棄により発生している発火や甲虫の大量発生被害がなくなる

X I . 8 . 4 . 資源、技術、市場、地域内循環

1. 資源

地域発生資源→**EFB** 繊維化工場→ボード工場(パルプ、紙工場)→海外市場の流れで、資源の地域内循環はない

2. 技術

EFB 繊維工場は地域内技術で達成できる。しかし、繊維の売り先であるボード工場(パルプ、紙工場)は大規模工場となり地域技術とは言えなくなる

3. 市場

EFB 繊維の直接的な市場は国内ボード工場(パルプ、紙工場)になるであろうが、最終製品(ボード、パルプ、紙)は海外市場となり、直接的ではないが海外市場の影響を受けて不安定な需要になる。

X I . 8 . 5 . 移入品代替

国内ボード工場にとっては他繊維(針葉樹繊維、広葉樹繊維)の代替の役割を果たしているが、**EFB** 繊維を製造する地域にとっては移入品代替にはならない。

X I . 8 . 6 . 加工度 u p

繊維は加工原料であり、ボードなどの最終加工品として地域に再移入される。

X I . 9 . .POME のバイオガス利用

X I . 9 . 1 . 経済的価値(新規事業、経費削減)

1. 新規事業

POME116,560t が発生する。**1** トンの **POME** から **28.8m³** のバイオガスが得られるから、この工場より排出される **POME** から得られるバイオガスは **700m³/時間** (約 **3.34** 百万 **m³/時間**) となる。バイオガスを用いたガスエンジンでは **1 m³** のバイオガスから **1.8kwh** の電気が得られる¹¹¹⁾。

①. バイオガス設備初期投資

バイオガス製造設備は引用文献(103)より、バイオガス **50,000m³** の生産設備で **56,000** ユーロの初期投資が必要情報を用いると、**3.34** 百万 **m³** のバイオマス製造設備は化学工学における設備能力と設備費の経験的相関関係である3分の2乗則を用いると、**702, 240** ユーロとなる。**1** ユーロ=**130** 円、**1 RM=30** 円とすると、そのバイオマスの設備投資額は約 **RM3.04** 百万となる。

②. バイオガスとしての価値

天然ガスが **1.47** 円/**1000kcal** であることより求める。バイオガスは **4,740kcal/m³** であることより、約 **7** 円/**m³** となる。

$$7 \text{ 円/m}^3 \times 3.34 \text{ 百万 m}^3 = 23.38 \text{ 百万円} \approx \text{RM0.8 百万}$$

③. 電気としての価値

$$\text{バイオガスから得られる電気量} : 3.34 \text{ 百万 m}^3 \times 1.8 \text{ kwh/m}^3 = 6 \text{ 百万 kwh}$$

マレーシアでバイオマス発電の引き取り単価は **RM0.13/kwh~RM0.17/kwh** である。ここでは **RM0.15/kwh** とすると

$$6 \text{ 百万 kwh} \times \text{RM0.15/kwh} \approx \text{RM0.9 百万}$$

この値と上記のバイオガスの価値とよく一致している。発電を選ぶか、ガス販売を選ぶかは、そこにおける電力の需要の安定性である。マレーシアにおいては大きなガスタンクを必要とするガス販売よりも、バイオマス発電を推進していて、その買取に積極的である発電を選んだ方が得策である。

④. 液肥の利用

VIII. 12. 2節より、バイオガスは約 **3.34** 百万 **m³** に副生する液肥は **13,360m³** である。液肥の価

格は 10 円/リットル¹¹²⁾ を参考にすると 133.6 百万円となる。肥料は殆どが輸入で、価格も日本並とすると RM4.5 百万になる。

経済的価値 = * 2 + * 3 = RM5.4 百万

X I. 9. 2. 雇用

ドイツのシュラーデン・バイオガス有限会社の例¹¹³⁾ より (バイオガス発生 1 万 m³/day の能力のバイオガス発生プラントで 10 名が働いている)、本ケーススタディのバイオガス発生量は約 3.34 百万 m³/年であるから、ほぼ 1 万 m³/日となることより、従業員は 10 名とする。

X I. 9. 3. 環境維持・改善

1. 大気中に放出されていた POME からの温室効果ガスであるメタンが有効利用される
2. カーボンクレジットとしての価値

$0.47\text{kgCO}_2/\text{kwh} \times 6 \text{ 百万 kwh} \times 12 \text{ 月} \times 390 \text{ 時間/月} = 13,197,600 \text{ トン} \cdot \text{CO}_2$

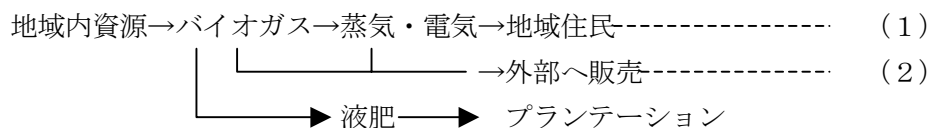
\$10/トン・CO₂ より、\$131,976,000 = RM107,160

X I. 9. 4. 資源、技術、市場、地域内循環

1. 資源

資源及びそこから得られる製品の流れは下記の流れが予想される。地域住民への直接的還元であれば (1) の流れであるし、バイオガス又はそれを使って得る蒸気・電気の外販による利益の地域住民への還元であれば (2) である。いずれにしても直接的・間接的還元が考えられる。

また、副生する液肥はプランテーションに利用でき、地域内循環である。



2. 技術

バイオガス発生 (有機物の嫌気性発酵) 技術は VIII. 1 2. 9 節に記したようにバイオガス発生のみであれば新規技術でなく、導入の必要はないであろう。しかしながら、経済性を追求するのであれば、バイオガスをとった後の廃熱利用、残渣の利用やこのバイオガスを発電に利用する場合、利用技術や効率的なガスタービン発電技術など、外部からの技術導入は必須である。

3. 市場

バイオマス利用には上記 2 利用法があるが、いずれにしても国内利用であり、海外市場依存型ではない

X I. 10. POME の生分解性ポリマー (PHA) 利用

X I. 10. 1. 経済的効果 (新規事業、経費削減)

1. 設備投資

新エネルギー・産業技術総合開発機構の平成 7 年度調査報告書 [環境調和型生物化学コンビナートに関する調査 (III)] によると、44 万トン・FFB/年のミル工場より排出される POME を用いて PHA500 t/年の生分解性プラスチック製造工場の建設費を 7 億円としている。本検討は 18.8 万トン・FFB/年のミル工場である。これより得られる PHA は 210 t/年、建設費は 3 分の 2 乗速を用いて約 4 億円となる。RM 1 = 30 円で換算すると、RM 1 3 百万となる。

2. 新規事業

FFB44 万トンの処理工場より発生する POME28,600 トンから得られる生分解性ポリマー

(PHA) の量は約 500 トンである¹¹⁴⁾。Ⅷ. 12. 9. 節に示したコスト計算を参考にして、ここの 210 トン/年のコスト計算は次のように仮定して計算する。ただし、ここで機械設備費、建設費、薬剤費、用役費単価は日本の単価と変わらないと仮定して計算する。また、薬剤、用役使用量は PHA 生産量に比例するとして計算する。人件費はⅧ. 12. 9. では 10 百万円/1 人・年で計算しているが、マレーシアでは工場労働者賃金は色々であるが、ここでは RM 40/日 (約 435 千円) で計算する。

溶剤費 (メタノール、クロロホルム)	RM331,000
用役費(電気、冷却水、プロセス水、蒸気等)	RM474,000
人件費(8 人×RM 1 4 5 0 0/年)	RM116,000
補修費 (建設費の 2%)	RM260,000
税金、保険 (建設費の 4%)	RM520,000
償却 (機械設備 : 10 年均等)	RM8,830,000
償却 (土木・建屋 : 25 年均等)	RM8,232,000
合計	RM18,763,000

以上より、償却を均等払いで行うと初年度から 10 年間の製造コストは約 RM 90/kg・PHA、11 年目から 25 年は RM46.8/kg・PHA となる。この価格はそれぞれ日本円で約 2,700 円/kg と 1,400 円/kg なる。償却が終わった時点では製造コストは約 RM8/kg(240 円/kg)となる。PHA が物性の面で競合する樹脂は PP(Polypropylene)、PET(Polyethylene terephthalate)、PC (Polycarbonate)であり、それぞれの価格は 130 円/kg、200 円/kg、350 円/kg である。これより、PHA はコスト的に厳しい状況にあるといえる。仮に、新エネルギー・産業技術総合開発機構の平成 7 年度調査報告書[環境調和型生物化学コンビナートに関する調査 (Ⅲ)]で設定している RM20/kg を販売価格とすると、売上げは以下の通りである。

$$210 \text{ トン/年} \times \text{RM} 8 / \text{kg} = \text{RM} 1,680,000$$

ただし、償却が終わる 25 年間で RM20,328,000 の損失が生じ、その後、RM20/kg で販売できたとして、損失の回収に 8 年を要する (ただし、金利ゼロとして)。

以上より、現段階で生分解性ポリマーのビジネスはマレーシアにとって魅力あるものではない。

X I. 10. 2. 雇用

Ⅷ. 12. 9 節に示したように、500 トン/年の生分解性ポリマー製造設備で 12 人の運転員を想定している。ここのケーススタディの製造能力は 210 トン/年と約 40%の能力であるが、プロセスは同じであるから能力が 40%になっても人員は 40%にはならない。500 トン/年の製造設備で 1 日 16 時間稼働で 2 直制をとるとして 1 直 6 人で 12 人であったのを 210 トン/年の能力で 1 直 4 人とすると、運転員 8 人が必要と仮定する。ただし、この生分解性ポリマー工場はミル工場に隣接しており、管理・保守はミル工場担当が生分解性ポリマー工場も担当することとする。

X I. 10. 3. 環境維持・改善

1. カーボンクレジット

生分解性ポリマーが汎用樹脂であるポリプロピレンと代替したと仮定すると、CO₂ 放出削減量は次のように計算できる。ポリプロピレンは重量の 85.7% (ただし、添加剤等が入っていないとして) が炭素量であるから、

$$190\text{t} \times 0.857 = 162.8 \text{ トン}$$

炭素として **162.8** トンが節約できるこれはカーボンクレジットとして以下のとおりになる。

$$162.8 \text{ トン} \times \$10/\text{トン} = \$1628 \text{ (RM6,190)}$$

2. 汎用プラスチックが自然界に放置されることによって生じる環境負荷軽減汎用プラスチック代替品として環境に寄与する。

X I . 1 0 . 4 . 資源、技術、市場、地域内循環

1. 資源

地域内資源→バイオポリマー→海外市場という流れで、資源としては地域内循環にならない。

2. 技術

微生物系生分解性プラスチックの基礎的な培養技術はマレーシアにある（私が留学していたマラヤ大学理学部化学科顔教授の部屋で日本の住友ゴムと共同研究を実施していた）。しかし、私の実経験（日本最大手化学会社で生分解性プラスチック開発責任者であった）からすると、最適な菌体探し、放射線当を用いた菌の突然変異による菌体内へのプラスチック蓄積効率化、菌体からプラスチックの取り出し法など、まだまだ、世界中で技術を競っている状態であり、産業とするには完成された技術はない。このため、産業とするためには、地域にとっては外部からの導入技術を行い、常に効率化のために改良検討をすす得なければならない。このため、生分解性ポリマーは地域における発展のための産業にはそぐわない。

3. 市場

生分解性プラスチックの市場は生態適合性という特徴の出せる分野を除いて、プラスチック廃棄物で問題になっている汎用プラスチックの用途では世界中でも未だ確立されていない。このため、もちろん、マレーシアに生分解性プラスチックの市場はないし、仮に市場が出来たとしても、日欧米で形成されてからマレーシアに伝播するであろう。

X I . 1 1 . .Shell の活性炭利用

ここでは、ミル工場において、燃料として **fiber** だけが用いられ、**Shell** は活性炭用原料として用いられるとする。

X I . 1 1 . 1 . 経済的効果（新規事業、経費削減）

1. 設備投資

VIII. 1 2 . 6 節に記されているように、1 2 5 0 トン/年の活性炭製造設備でRM5 百万の設備投資が報告されている。また、新エネルギー・産業技術総合開発機構の平成7 年度調査報告書[環境調和型生物化学コンビナートに関する調査 (III)]によると、4 4 万トンF F B 処理のミル工場から排出される **shell** を用いて、**3,200** トン/年の活性炭製造設備の建設費 **4** 億円（内、機器費 **1.6** 億円）と記されている。両者の生産規模と投資額の比は非常によく一致している。そこで、ここでは **3,200** トン/年の活性炭製造設備の建設費 **4** 億円（内、機器費 **1.6** 億円）を採用する。

この製造設備の製品マスバランスは次のようになっている。

原料 **shell (32000t/yr)** → 炭化炉 → チャー(**8,000t**) → 賦活炉 → 活性炭(**3,200t**)

即ち、製品の原料に対する収率は1 0 %である。

以上より、本検討で発生する **shell** は **11,280 t / y r** であるから、

原料 shell (11,280 トン) → 炭化炉 → チャー(2,820 トン) → 賦活炉 → 活性炭(1,130 トン)

得られる活性炭は 1,130 トンである。また、この生産規模における建設費は3分の2乗則を用いて計算し、約2億円(内、機器費 80 百万円)となる。

2. 新規事業

活性炭単価はⅧ. 1 2. 6 節に示した活性炭の製造原価計算を踏襲すると次のようになる。

原料	66.1 百万円
用役費(電気、燃料、冷却水、工業用水、蒸気)	20 百万円
人件費(10 百万円/人 × 1 2 1 2)	42.4 百万円
補修費(建設費の2%)	4 百万円
税金・保険(建設費の4%)	8 百万円
合計	140.5 百万円

ここに、機械・建設費の償却が入っていないのでこれを加算すると次のようになる。

機器費(8 百万円の 10 年均等)	0.8 百万
建設費(1.2 億円の 25 年均等)	4.8 百万円
合計	146.1 百万円

以上より、製造コストは約 130 円/kg(RM4.3/kg)となる。

これを新エネルギー・産業技術総合開発機構の平成7年度調査報告書[環境調和型生物化学コンビナートに関する調査(Ⅲ)]で想定単価 250 円/kg で販売したとすると売上高は下記の通りとなる。

$$250 \text{ 円/kg} \times 1130 \text{ トン} = 282.5 \text{ 百万円} = \text{RM}9.4 \text{ 百万}$$

X I. 1 1. 2. 雇用

Ⅷ. 1 2. 6 節のマレーシアの Malaysian Palm Oil Board(MPOB : パームオイル研究機関)が行った計算例1では 1,250 トン/年で、スタッフ 6 名、工場労働者が 21 名となっている。また、Ⅷ. 1 2. 6 節の日本の研究機関が行った計算例2での 3,200 トン/年で 12 名となっている。計算例1の場合、一人当たりの生産効率は 60 トン/人に対し、計算例2の一人当たりの生産効率は 267 トン/人と余りにも異なりすぎる。マレーシアにおいて、外来型工業(例えば、ナショナル、東芝、日立などの白物といわれる冷蔵庫、空調機、冷蔵庫等の生産を殆どマレーシアに移している)と異なり、パームオイル産業はまだまだ労働集約型であるため、単位労働者あたりの生産量を低く見積もり勝ちで、設備でお金をかけるよりも人間を当てる考え方が強い。このため、これだけの違いが生じているわけである。ここでは、両者の中間を採って、生産効率を 160 トン/人とする。

以上より、雇用は

$$1,130 \text{ トン} \div 160 \text{ トン/人} \doteq 7$$

X I. 1 1. 3. 環境維持・改善

1. ミル工場の燃料として Fiber だけが燃料として使われるとして、Fiber だけでミル工場の発電用及びプロセス用蒸気が賄えるか確認する。

$$\text{Fiber}(40\% \text{ 水分}) : 6,430 \text{ kg/時間} \times 2,710 \text{ kcal/kg} = 17,425,300 \text{ kcal/時間}$$

発熱量：17,425,300kcal/時間

蒸気発生熱効率を65%と仮定すると： $17,425,300\text{kcal/時間} \times 65\% = 11,326,445\text{kcal}$

1kgの蒸気を発生させるのに620kcal必要だと仮定すると、蒸気発生可能量：18,270kg

40トン・FFBを処理するに必要な電気量： $20\text{kwh/トン} \cdot \text{FFB} \times 40\text{トン} \cdot \text{FFB/時間} = 800\text{kwh}$

1kwhあたり、20barで30kgの蒸気が必要だから、800kwhの発電に必要な蒸気量

： $800 \times 30 = 24,000\text{kg at 20bar}$

これより、 $24,000 - 18,270 = 5,730\text{Kg}$ の上記が足りなくなる。

一方、滅菌処理などの1トン・FFB処理に必要な蒸気は500kgだから、40トン・FFB/時間を処理するに必要な蒸気量

： $40\text{トン} \cdot \text{FFB/時間} \times 500\text{kg/トン} \cdot \text{FFB} = 20,000\text{kg/時間 at 3bar}$

Fiberのみから得られる蒸気量は18,270kgであったから、蒸気も足りない計算になる。

この足りない分を、同じミル工場より排出されるEFBを燃料に使った場合を計算する。

XI. 6. 1. に示したように、

EFB(50%水分)： $8,840\text{kg/時間} \times 1,520\text{kcal/kg} = 13,436,800\text{kcal/時間}$

蒸気発生熱効率を65%と仮定すると： $8,733,920\text{kcal}$

1kgの蒸気を発生させるのに620kcal必要だと仮定すると、蒸気発生可能量：14,100kg/時間

1kwhあたり、20barで30kgの蒸気が必要だから、発電可能な電気量は

$14,100\text{kg} \div 30 = 470\text{kwh}$

①. 電気量に必要な蒸気量：24,000kg

これに対して、

Fiberよりの蒸気量(18,270kg) + EFBよりの蒸気量(14,100kg) = 32,370kg

②. FFB滅菌処理等に必要な蒸気量：20,000kg

上記より、蒸気量も満足している。

以上より、Shellを活性炭に用いる場合には、足りなくなる燃料源としてEFBを用いることが適当である。

2. Fiber利用によるCO2排出削減による経済効果

ディーゼル発電の際に排出されるkwhあたりのCO2量は0.47kg/kwhから、ディーゼルオイルを利用した場合、このミル工場で排出されるCO2量

： $0.47\text{kgCO}_2/\text{kwh} \times 610\text{kwh} \times 390\text{時間/月} \times 12\text{月} = 1,341,750\text{kgCO}_2/\text{年} = 1,340\text{トン} \cdot \text{CO}_2/\text{年}$

カーボンクレジットを\$10/トン・CO2とすると、このミル工場の年間のカーボンクレジット量

： $\$13,400$

XI. 1. 4. 資源、技術、市場、域内循環

1. 資源、市場、地域循環

活性炭の世界市場は年間約63万トンで、活性炭は環境保護の向上に伴って需要が増加しており、市場の殆どは先進国である。そして、地域資源利用したマレーシア国内で製造した活性炭の市場は見込めない。何故ならば、活性炭は廃液中に溶存する有機物や有害金属イオンを吸着したり、分子量や化学的性質の異なる有機物の分離精製機能を持っている。このため、精密精製分野に一部用いられているが、多くは廃水処理の最終段のポリッシャー的役割に用いられている。マレーシアではこのような活性炭を利用する排水高度処理が育っていないために市場が育っていないのが理由である。マレーシアにも活性炭工場(原料：おが屑など)は存在するがオーナーは一般的に先進国の会社である。以

上より、製品としては域内(又は国内)循環型の産業になるとは言いがたい。

2. 技術

【図-33】に示される活性炭製造プロセスは基本的には古い技術であり、先進国からの導入技術でなくても可能である。ただし、Shell を用いた活性炭は粒状活性炭のため、粒強度、粒径分布、溶出成分など、実際の使用上には多くの物性改良の要求が出され、粒状活性炭の製造にはノウハウが必要になってくる。私は以前、同じ吸着剤のイオン交換樹脂の研究開発に携わったことがあるが、吸着剤への要求は吸着能だけでなく化学工学的な面（粒度、粒度分布、表面物性等）からの要求に応えねばならず、それに応えられるノウハウの蓄積が重要である。フィリピンはヤシガラ活性炭で世界活性炭市場の約3.5%のシェアを持っているが、これには30年以上の歴史がある。これからの世界市場の伸びだけを期待して、これから新たに市場参入することは非常に困難だと考えられる。

X I . 1 2 . 投資額、経済効果、雇用

以上、15ケースについて数値として得られる投資額、経済効果、雇用について評価を行ったものを【表-111】に示す。その中から投資がともなうものだけをまとめて下表に示す。

投資額、経済効果及び雇用

	投資額	経済効果	雇用
OPF：飼料	RM11.5 百万	RM2.87 百万	70 人
OPF：放牧	RM0.6 百万/yr	RM3.8 百万	40 人
Shell：活性炭	RM6.7 百万	RM14.8 百万	80 人
EFB：繊維	RM1.2 百万	RM0.6 百万	0
EFB/POME：肥料	RM1.89 百万	RM1.26 百万	11 人
POME：バイオガス	RM3 百万	RM5.4 百万	10 人
POME：生分解性ポリマー	RM13 百万	RM2.3 百万	8 人

ただし、OPF:放牧の投資額の欄でRM0.6百万/年の意味は、育成牛、種牛の購入に必要な資金である。

上記の得られた数字からだけだと、活性炭の事業は売り上げが大きく新たに創出される雇用も大きいために最も魅力的に見える。

OPF 飼料は農園における OPF の収集と移送するときの減容のための細断作業に 60 人及び飼料工場に 10 人と、農園と工場の両方に雇用を生む。また、放牧も農園ないに雇用を生んでいる。その他は全て、工場労働者としての雇用である。但し、これらの工場はいずれも農場近くに立地されるために地域に雇用を生み出すものである。

引用文献)

1 07) Junichi Sato et al(2003) “The cattle Industry Utilization OPF=TMR feed in the oil palm plantation” . MARDI-JICA Project 8p

1 08) 社団法人畜産技術協会（平成4年）畜産技術協力推進事業 現地（マレーシア）調査報告書. 72 p

1 09) 社団法人畜産技術協会（平成 11 年）平成 10 年度国際防疫及び畜産技術協力推進事業.畜産環境現地調査報告書・マレーシア.71p

1 10)K.O.Lim(1983) “Utilization of plant matter wastes for power generation in Malaysia Energy requirements in planning and development of human settlements” . Seminur-CUM-Workshop H-2-1

1 11) Ma Ah Ngan(2002) “Oil Palm based Project types:Biomass,Biogas and Biodiesel” .First Industry workshop:Carbon Finance for the Palm Oil sector.Paper7

1 12) 京都府八木町農業公社.八木バイオエコロジーセンターの液肥販売価格

1 13) 浮田良則監訳（平成 14 年）バイオガス実用技術.オーム社 214-216p

1 14) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 平成 7 年度調査報告書 NEDO-GET-9512.環境調和型生物化学コンビナートに関する調査（Ⅲ） 177p

X II. 各用途の総合評価

以上に得られた経済的効果の結果に加えてIV. 2. 9節で決めた下記の内発的評価因子を用いて評価を行う。

ここでは、各用途に対して、これ等の評価因子を用いて「内発的発展」としての評価付けを行う。その総合点を内発的発展の充足度とする。

内発的発展の充足度=[自給率を高め、他国依存を最小限にし、地域文化を活用し、地域共同体によって発展（地域内資源、技術の活用。地域市場、地域内循環、移入品代替、加工度 u p)]+[自然環境の維持、改善]+[自然環境の維持、改善（新規事業、雇用機会拡大、経費削減）]・・・(23-1)

(23-1) 式を更に具体的に記すと、以下の世に示される。

$$\text{内発的発展の充足度} = \text{Feco. (n.b.+c.r.)} + \text{Femp} + \text{Fproc} + \text{Frepl.} + \text{Fd/t} + \text{Fd/r} + \text{Fd/m} + \text{Fenv} \dots\dots (23-2)$$

Feco. (n.b.+c.r.) : 経済的効果（新規事業による売上げの大きさ+コスト削減）

Femp : 新規事業による雇用の大きさ

Fproc : 加工度

Frepl. : 移入品代替

Fd/t : 国内技術

Fd/r : 国内資源

Fd/m : 国内市場

Fenv : 環境維持・改善

そして、各項目の持ち点を5点として、X I 及 X I I で各種用途に対して行った評価検討を点数付けした。内発的発展充足の総合点は40点である。評価結果を[表-112]に示す。

X II. 1. 内発的発展因子評価点

[表-111]で得られた結果のうちで、各バイオマス用途の上位6用途を順位で示す。

バイオマス	用途	内発的発展因子評価点
農園下草、一部剪定・収穫時発生 OPF	飼料・放牧	33.77
剪定・収穫時発生 OPF	飼料	33.17
EFB/Shell/Fiber/POME	燃料・肥料	31.97
切倒し時発生 OPT・OPF , 剪定・収穫時発生 OPF	マルチ・肥料	31.23
EFB/POME	肥料	31.23
剪定・収穫時発生 OPF	マルチ・肥料	30.81

注) 40点満点

この内発的評価因子で各バイオマスの用途を評価した結果では、バイオマス廃棄物をその発生した場所またはその発生場所近くで外来技術でなく地域に存在している技術を用いて地域内で循環利用される飼料または肥料に加工し、農園で直接的に利用される用途が高い順位となる。

1位と2位の違いは1位は放牧により収入が2位に比べて増えるため、その分経済的評価点が高くなったためである。4位と6位は農場で発生したものを、そのままそこで利用することによってマルチの役割を果たし、しかも、自然な酵素による分解で肥料になる新たな経済支出がなくて利益が得られる利用法である。**Feco. (n.b.+c.r.)**の項は肥料としてのみの効果であるから経済効果の評価は低い。が**Femp**、**Fproc**、**Frepl**、**Fd/t**、**Fd/r**、**Fd/m**、**Fenv**の各項は環境に優しく、現在購入肥料の代替の役割を果たし、完全内部循環であるために評価が高くなっている。

XIII. ゼロエミッション・エコインダストリーパークを完成させるための各用途組み合わせに対する内発的発展の評価

以上、個々のバイオマスの用途について経済的効果、雇用効果及び内発的因子を用いた評価を行ってきた。ここではこれ等のバイオマスを全て有効に利用した「ゼロエミッション・エコインダストリーパーク」が内発的発展の手法として最適な組み合わせになるように検討を行う。この意味は、最高の内発的発展評価総合点を得ることができるように、各場所で発生するバイオマスの利用法を組み合わせることである。

組み合わせは[図-40]に示すように多くの組み合わせが考えられる。そして、[図-41]に示すようなパームオイル産業の中にバイオマス利用を組み入れたエコインダストリー・パークを想定することができる。しかし、VIII. 12. 3. 節で述べた理由で **Felled-OPT/OPF**（切倒されたときに生じる **OPT,OPF**）の板材、パルプ、紙用への利用をここでの検討から除外し、VIII. 12. 4節で述べた理由で **EFB** の板材への利用をここでの検討から除外して、以下のバイオマス利用の組み合わせ評価に入る。

XIII. 1. オイルパームプランテーションで発生バイオマス利用におけるバイオマス利用組み合わせ

[表-111]で示されているようにオイルパームプランテーションで発生するバイオマスはその場で利用することが内発的発展評価因子で最適であることが明らかになったことより、下記の3用途はバイオマス利用の組み合わせの必須項目とする。

1. 切倒されたとき生じる **OPT,OPF**：マルチ・肥料に利用
2. 剪定・収穫時発生 **OPF**：飼料
3. プランテーション内：牛の放牧

この前提をもとに、ミル工場で発生するバイオマスの最適な利用組み合わせを評価する。

XIII. 2. ミル工場で発生バイオマス利用におけるバイオマス利用組み合わせ

ミル工場で発生するバイオマス利用の可能な組み合わせを5ケース[表-113]～[表-115]に示した。この3表の経済効果と内発的発展評価総合点に1事業あたりの平均点を比べたものを[表-116]に示す。ここで、内発的発展評価総合点に1事業あたりの平均点を用いたのは、組み合わせによっては1組み合わせに事業数の違いが出るため、事業数が多ければ多いほど総合点が高くなり、真の内発的発展の指標にならなくなるためである。

この結果、内発的発展評価の最も高かった2つは

Case5 ミル工場の電力・蒸気用燃料：**Shell,Fiber,EFB**。その余熱を利用して **POME** 水分を蒸発させ、蒸発残渣と燃料灰分を混合して肥料

Case1 ミル工場の電力・蒸気用燃料：**Shell,Fiber,EFB**。 **EFB,POME** は肥料

いずれも、その用途は、ミル工場用燃料と、プランテーション用肥料であった。**Case5** が **Case1** より良い評価結果であった理由は、経済効果が大きいためであるが、その分、投資は **Case1** の10倍以上になっている。しかも、経済効果は **Case1** の約2.4倍に過ぎず、また、創製される雇用は同じである。これは、**A/B**(RM百万の経済効果を生み出すに必要な投資額)、**A/C** (1人の雇用を生み出すに必要な投資額)の数値に現れている。いずれの項目においても投資額が少なく同じ効果を生むほうが好ましいから、値としては小さいほうが好ましい。両者を比較すると **Case1** の方が小さくなっており、好ましいケースである。また、IX. 1、IX. 2節で記した内発的発展の第一段階として好ましい組み

合わせである。

Case 2, 3, 4はいずれも製品の市場を外部に依存する製品が含まれているため、評価点が低くなっている。しかしながら、内発的発展第二段階として選択できるバイオマス利用といえる。

以上より、内発的発展評価点数、**A/B,A/C**を総合的に評価すると**Case1**が内発的発展の手法として最良の組み合わせであることを得た。

この組み合わせによる発展方式はIV. 2. 7. 節に記したタイの第6次経済計画において重視された工業化方式である**NAIC**型（農業依存の高い地域において、農業を振興し農産物を加工して移出する。より付加価値の高い製品への移出代替の工業化方式）と比較すると次のようになる。

	本検討形式	NAIC 型
原料	農産廃棄物	農産物
工業化	地域内	地域内
製品化目的	付加価値化	付加価値化
市場	地域内	地域外

原料が農産廃棄物か農産物かの違いで、工業化や製品化の目的は同じである。しかし、決定的に違うのは、製品の市場をどこに求めているかであり、この違いは重要である。**NAIC**型の場合には地域外に市場を得るための付加価値化であり、資源、製品の内部循環型にならない。本検討の場合には、移入品代替のための付加価値化であり、再移入を防ぐことが目的である。このために、製品は地域外の市場か求められる物でなく、地域で現在使用しているもの、または地域に不足しているものが対象になっている。このため、内部循環型であり、本検討は**NAIC**型よりも内発的発展を満足している。

以上より、本検討において**Case1**のミル工場から発生するバイオマス廃棄物の**Shell,Fiber**,は電力・蒸気用燃料に、そして**EFB,POME**は肥料に加工して利用することが、本検討地域の内発的発展に最も寄与する組み合わせであることがわかった。

XIV. まとめ

XIII章で得られたオイルパームプランテーション及びミル工場から発生するオイルパームバイオマス廃棄物を用い、内発的發展を満足させる利用法で完成させたゼロエミッション・エコインダストリーパークを[図-42]に示す。また、この内発發展的ゼロエミッション・エコインダストリーパークの事業（投資金額、製品の種類、売上げ規模、雇用規模）の全体像を[表-117]に示した。以上より、次に示す結果を得た。

XIV. 1. オイルパームバイオマス廃棄物利用の必然性

内発的發展の手段としてオイルパームバイオスを原料とする産業を選択する必然性は以下のとおりである。

1. 化石資源との代替の可能性

有機物資源として、現在の産業で主たる原料となっている有機物資源である化石資源と代替が可能である。

2. 再生可能な資源

3. 環境に優しい資源

①化石資源代替として地球温暖化の原因物質であるCO₂排出削減に寄与する（カーボンニュートラル）。

②NO_x、SO_xの発生量が少ない環境に易しいエコフレンドリーな資源である

5. 資源の有効利用が図れる（廃棄物であったものを原料として有効利用する）

6. 地域での立地

バイオマスのエネルギー密度（重量あたり）は化石資源から得られるエネルギー資源と比べて半分以下である。このことから、バイオマスを遠距離輸送して使用することは輸送コスト上得策ではなく、バイオマスが発生する場所の近くに利用工場を設置することが望ましいことがわかる。このことが必然的に農村地域にバイオマス利用工場を設置することになり、農村地域に雇用機会の選択肢を多く与えることになり、地域活性化及び発展に繋がる。即ち、地域で発生するバイオマスを利用するという特色を活かし、内部循環型の地域に根付いた産業の発展＝内発的發展とすることが出来る。

XIV. 2. 内発的發展を満足するバイオマス利用法の選択

バイオマス利用における内発的發展を満足させるためには、下記項目を満足させるバイオマスの利用法を選択する必要がある。

1. 自然環境との調和

2. 地域共同体によって発展し、自給率を高め、他国依存を最小限にし、自力で経済成長する。

3. 人間として可能性を十全に発現できる条件を作り出す。

XIV. 3. 内発的發展を満足するバイオマス利用法の選択因子とそれを満足するバイオマス利用法及び組み合わせ

上記三項目を満足するための具体的項目として下記項目を要件として定めた。そして、オイルパームバイオマスの利用法を選択することにより下記理由で要件を満足することを確認した。

1. 「自然環境との調和」の要件

①グリーンハウス効果ガスを出さない

②環境汚染物質を出さない

理由：バイオマスはカーボンニュートラルな物質であり、**NO_x**、**SO_x**の発生量が少ない。

2. 「地域共同体によって発展し、自給率を高め、他国依存を最小限にし、自力で経済成長する」の要件

①. 地域内循環、②. 地域資源、③. 地域市場、④. 地域技術、⑤. 移入品代替、⑥. 加工度 **up**

理由：バイオマスは再生可能な資源であることより、地域循環型資源として適しており、さらに、オイルパームバイオマスを飼料、肥料及び搾油工場の燃料名で地域に需要のある利用法を選択することにより、下記のごとく上記 **6** 項目を満足する。

イ. 飼料はオイルパーム農園内で放牧している反芻動物（牛、山羊、羊など）に一部利用し、残りは地域周辺粗飼料市場（「場所」、「共通の紐帯」）を通じて反芻動物飼育農家に販売する。

ロ. 肥料は地域周辺肥料市場を通じてオイルパーム農園または野菜、園芸農家に販売する。

ハ. 農園内で飼育した放牧牛は現在海外よりの輸入に頼っている肉牛市場に輸入代替商品として販売する。

3. 「人間として可能性を十全に発現できる条件を作り出す」の要件

① 経済効果（生活の安定、収入の安定）

理由：上記 ii の要件を満足する新規事業を生み出すことにより、雇用の創出、地域住民の収入の多角化を図ることができ、さらに、経費削減により企業体質が強化されることにより、従業員の雇用の安定が図れる。そして、このような安定した生活から生み出される安定した社会が結果として教育、医療、福祉の充実をもたらすことになる。

XIV. 4. 選択されたバイオマス利用法の経済効果

本検討の1ブロック当たりの経済効果として、**RM 11.37**百万の増収で従来の（オイルパーム農園とミル工場）の収入に対して約 **16%**、となる。新規事業としての雇用は121人の増加で全体で約5%増加である。但し、この増加分の内、100名は **OPF** 収集・細断と放牧に携わる農園における作業をし、21名が飼料及び肥料工場の工場労働者である。これは農園において4.5%増、工業分野の労働者としては53%の増加である。以上より、従来の農園と搾油工場である工場に新たな雇用を生み出し、このことは農村地域の農村工業振興の役割を果たしているといえる。

これをマレーシア全体に当てはめると、上記数字の340倍になる（1ブロックのオイルパーム農園面積が1万haで、マレーシア全体で3.4百万haより）。

即ち、売上げが約**4,000**百万の増加、雇用は約**40,000**人の増加となる。

これを現在のパームオイル産業の中の位置づけでは

売上げ：マレーシアのパームオイル製品輸出額の約**26.8%**に相当

雇用：パームオイル産業全体の約**6.4%**の雇用増

XIV. 5. CO₂排出枠獲得について

本検討について、全く異なる面から考えると以下のことが言える。すなわち、日本が本検討を実施するために必要な資金を供給すると、VII. 2. 2に記した日本の **ODA** の趣旨に沿ってマレーシアの農村地域の内発的発展の工業振興に寄与ができ、しかも、**CO₂** 排出枠の獲得にも寄与が可能である。以下に、**CO₂** 獲得枠の動きと本検討実施における **CO₂** 獲得枠の大きさについて記す。

現在、世界銀行が **CO₂** などの温室効果ガスの排出を抑えて地球温暖化を防止するための1手段と

して2000年に「炭素基金」を設立し、先進国からの出資を募っている。現在の基金は総額で1億8000万ドルで日本からは国際協力銀行、電力6社、三井物産、三菱商事から総額の3分の1が出資されている。出資されたお金はロシア、東ヨーロッパ、開発途上国の省エネルギー対策や植林に投資される。そして、この投資で見込まれる温室効果ガス削減量（排出枠）が出資額に応じて分配される。このような国際的な枠組みの中での排出枠獲得と同時に国として、または、1企業としても排出枠獲得の活動がなされている。

このことを本検討におけるマレーシア・オイルパームバイオマス廃棄物の有効利用に出資して、これがすべて排出枠として認められれば約2000万トン・カーボンが得られる（オイルパームバイオマスの乾燥重量の半分がカーボンと仮定）。この量は現在の日本の化学産業のエネルギー使用量のカーボン換算約2200万トン¹¹⁴⁾に匹敵する。また、日本の全炭素排出量の約7%に相当する。日本のエネルギー起源のCO₂排出量は全世界の5.7%(1994年時点)であるからオイルパームバイオマス廃棄物は0.4%に相当する。これらのことから、オイルパームバイオマス廃棄物の有効利用は大きな意義を持っていることがわかる。

以上より、現在、発展途上国であるマレーシアにおいて廃棄されているオイルパームバイオマス廃棄物の利用法を選択することにより、内発的発展の手段として非常に有効である「オイルパーム・プランテーションを中核としたゼロエミッション・エコインダストリーパーク」のシステムを可能にし、本検討の目的を達成することができた。

引用文献)

114) 通商産業省環境立地局環境政策課編（平成9年）地球環境ヴィジョン. (財) 通称産業調査会 出版部 203p

参考文献

- 1 Azman Awang et al.,(1995)Towards a sustainable Urban Environment in Southeast Asia. Institute Sultan Iskandar of Urban Habitat and Highrise
- 2 Botkin Keller(2000)Environmental Science,John Willey&Sons,Inc.
- 3 C.C.Goldthorpe(1987)“A definition and technology of plantation agriculture”. Singapore Journal of tropical Geography Vol.8 No.1 26-43
- 4 Center for Global Environmental Research (2000) Global Environmental Researches on Biological and Ecological Aspects Vol.1. National Institute for Environmental Studies Environment
- 5 Chani Salleh(2000)Urbanisation & Regional Development in Malaysia.Utusan Publications&Distributors SDN BHD
- 6 Choo Yuen May et al.,(2002)“Production of individual carotene,tocols and cholesterol-free sterol from crude Palm Oil”. PORIM Information Series No.167 PORIM
- 7 Choo Yuen May et al.,(2002)“Production of Phytonutrients Palm Oil”. PORIM Information Series No.168 PORIM
- 8 Colin Barlow(1986)“Oil Palm as a Smallholder Crop”. PORIM occasional paper No.21
- 9 Daniel D. Chiras(1998)Environmental Science.Wadsworth Publishing Company
- 10 David pearce et al.,(1995)The Economic value of Biodiversity. EARTHSCAN
- 11 Denis J.Murphy(1994)Designer Oil Palm Crops. VCH
- 12 Donal R. O’Holohan(1997)Malaysian Palm Oil. Malaysian Palm Oil Promotion Council
- 13 Donald L. Klass(1998)Biomass for Renewable Energy,Fuels,and Chemicals. Academic Press
- 14 Donald L.Klass.Fuels from Biomass and Waste. ANN Arbor Science
- 15 Donald L.Wise et al.,(1983)Organic Chemicals from Biomass. The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc.
- 16 E.E.Robertson et al.,(1977)Bioconversion: Fuels from Biomass. The Franklin Institute Press
- 17 Fadzilah Majid Cooke(1999)The Chanllenge of Sustainable Forests. Asian Studies Association of
- 18 Fatimah Wati Ibrahim et al.,(2001)Issues on Economic Growth & Quality of Life in Malaysia. Penerbit Universiti Utara Malaysia
- 19 Francis Wilson et al.,(2001)Poverty Reduction. CROP International Studies in Paverty Research
- 20 Golden Hope Plantations Berhad(1996)Towards Zero Emissions:Maximising the utilisation of the Biomass of the Oil Palm Industry in Malaysia. Golden Hope
- 21 Golden Hope Plantations Berhad(1997)The Zero Burning Technology for Oil Palm Cultivation.
- 22 Harcharan Singh Khera(1976)The Oil Palm Industry of Malaysia. Penerbit Universiti Malaya
- 23 Henry R.Bungay(1981)Energy,The Biomass Options. A Wiley-Interscience Publication
- 24 Henson I.E. et al.(1999)“The Oil Plam trunk as a carbohydrate reserve”. Journal of Oil Palm Research. Vol.11 No.2 98-113
- 25 Henson I.E.(1999)“Notes on oil palm.IV. Carbon dioxide gradients and fluxes and evapotranspiration, above and below the canopy”. Journal of Oil Plam Research Vol.2 No.1 33-40
- 26 I.E.Henson(1994)“Environmental Impacts of Oil Plam Plantations in Malaysia”. PORIM occasional paper No.33
- 27 I.M.D.Little et al.,(1999)A Social Cost Analysis of the Kulai Oil Palm Estate. Development Center of the Organisation for Economic Co-operation and Development
- 28 Jean-Paul Sajahau et al.,(1987)Plantations and Plantation workers. International Labour Office
- 29 Kamaruddin Hassan et al.,(1997)“Pulp and Paper from oil palm fibres”. PORIM Information Series No.67 PORIM
- 30 Kamarudin Hassan et al.,(1993)“Moulding of Oil Palm Particle”. PORIM Information Series No.14
- 31 Kamarudin Hassan et al.,(1995)“Planting Medium from Oil Palm Biomass:Rockwool Substitute”. PORIM Information Series No.36 PORIM
- 32 Khalid H et al.,(2001)“An Innovative technique on management of biomass during oil palm replanting”. PORIM Information Series No.141 PORIM
- 33 Kuan Kia Soong(2001)People before profits. Strategic Info Research Development SUARAM
- 34 Larry L..Anderson(1977)Fuels from Waste.Academic Press
- 35 Legal Research board(1996)Sitizenship Rules 1964. International Law Book Services
- 36 Legal Research board(2000)Employment Act 1968(Act353) & Regulations and Elders. International Law Book Services
- 37 Legal Research board(2001)Small Estate Act 1955(Act 98) & Regulations. International Law Book
- 38 M.Moo-Young(1987)Biomass Conversion Technology. Pergamon Press
- 39 Ma Ah Ngan Et al.,(1996)“A novel treatment process for palm oil mill effluent”. PORIM technology
- 40 Ma Ah Ngan.,(2000)“A novel treatment process for Palm Oil Mill Effluent”. PORIM Information Series No.43 PORIM

- 41 Mahathir Mohamad(2000)The Malaysian Currency Crisis. PELADUK
- 42 Malaysia Palm Oil Board(1999)Directory of Malaysian Palm Oil Processing Sector. MPOB
- 43 Malaysia Palm Oil Board(2000)Palm Oil Engineering. MPOB
- 44 Malaysia Palm Oil Board(2001)Palm Oil Engineering No.34. MPOB
- 45 Malaysia Palm Oil Board(2001)Palm Oil Update. XX1 No. 8 MPOB
- 46 Malaysia Palm Oil Board(2002)Review of the Malaysian Oil Palm Industry 2001. MPOB
- 47 Malaysian Palm Oil Board(2001)Review of the Malaysian Oil Palm Industries. MPOB
- 48 Malek bin Mansoor ey al.,(1988)“The production structure of the Malaysian oil palm industry with special reference to the smallholder subsector”. PORIM occasional paper.No.24. PORIM
- 49 Matrix Analytical Technologies SDN(2002)in focus Vol.26,No2. The FOSS Group Journal of technology for food,dairy and agricultural analysis
- 50 MD Kawser et al.,(2000)“Oil Palm Shell as a source of phenol”. Journal of Oil Palm Research Vol.12 No.1 86-94
- 51 Michael Kenny(1999)Planning Sustainability.Routledge
- 52 Michael L..Shule(1998)r.Utilization and Recycle of Agricultural wastes and residue. CRC Press,Inc.
- 53 Michael Leigh (2000)Borneo 2000 environment,conservation and land. University Malaysia Sarawak
- 54 Mohamad Husin et al(2001).,“Block board from Oil Palm Trunk”. PORIM Information Series No.126 PORIM
- 55 Mohd Nordin Hj. Hasan(1998)National Review on Environmental Quality Management in Malaysia
- 56 N.Siti Hasida et al.,(1990)The prospect and potential of coconut oil. MADRDI Report No.142 MARDI
- 57 O.ABU Hassan et al.,(1999)Feeds from Oil Palm. Malaysian Agriculture Research and Development Institute
- 58 Ool tl et al.,(2000)“Recovery of Glycerpl and valuable components from Glycerol residue”. PORIM Information Series No.108 PORIM
- 59 Organisation for Economic Co-operation and Development(1984)“Biomass for Energy Economic and Policy Issues”. OECD
- 60 Palm oil institute of Malaysia ((1999)Palm Oil developments No.30. PORIM
- 61 Palm oil Research Institute of Malaysia((1998)Oil Palm and the Environment. PORIM
- 62 Palm Oil Research Institute of Malaysia(1985)Proceedings of the National Symposium on Oil Palm By-products for Agro-based Industries. PORIM
- 63 Palm Oil Research Institute of Malaysia(1994)Selected Readings on Palm Oil and its uses. PORIM
- 64 Palm Oil Research Institute of Malaysia(1996)Palm Oil developments. No.25. PORIM
- 65 Palm Oil Research Institute of Malaysia(1999)Palm Oil technical bulletin Vo.5 No.6. PORIM
- 66 Palm Oil Research Institute of Malaysia(2002)Oil Palm Industry Economic Journal Vol.2 N0.1. PORIM
- 67 Peter J. Peterson et al.,Indicators of Sustainable Development in Industrialozing Countries Vol.3. LESTARI
- 68 Peter Utting(2002)The Greening of Business in Developing Countries.Zed Books
- 69 Rajanaidu N et al.,(1995)“The Oil Palm industry:Its impact on the Environment”. PORIM Information Series No.48 PORIM
- 70 Richard t. Wright et al.,(2002)Environmental Science. Person Education USA
- 71 Ridzuan R et al.,(1999)OPF-Fibre moulded Plastic composites. PORIM Information Series No.91 PORIM
- 72 Robert Knox Denton et al.,1997)Malaysia and the Original People. Allyn nad Bacon
- 73 Ropandi Mamat et al.,(2002)“Removal of trash in sterilized fruitlets in Palm Oil mill”. PORIM Information Series No.164 PORIM
- 74 Ropandi Mamat,(1995)“Activated carbon production from Oil Palm waste byproduct-Pilot plant study”. PORIM Information Series No.44 PORIM
- 75 Stanley I. Dodson et al.,(1998)Ecology.Oxford Universitypress
- 76 Suboh I.,(2000)“30t FFB technology for Oil Palm growers- A case study on coastal Area. PORIM Information Series No.116 PORIM
- 77 Teo Cheng Hai et al.,(2001)“Trade-Related Environmental Challenged for the palm oil industry”.Proceedings of the 2001 PIPOC International Palm Oil Congress EM12
- 78 The World Bank (1993)Price Prospects for Major Primary Commodities, 1990-2005 Vol.1
- 79 The World Bank (1993)Price Prospects for Major Primary Commodities, 1990-2005 Vol.2
- 80 Tom Tietenberg(2000)Environmental and Natural Resource Economics.Addison-Wesley
- 81 W.Palz et al.(1985)Energy from Biomass. Elsevier Applied Science Publishers
- 82 Wan Hasamudin Wan Hassan et al.,(2002)“Road-making using Oil Palm fibre(BIT5)”. PORIM Information Series No.183 PORIM
- 83 Zamzuri I et al.,(1999)“Commercial feasibility of Clonal oil palm planting material production”. PORIM occasional paper No.40
- 84 Zin Z.Zakaria et al.,(2000)“Current status on land application of POME in the oil palm industry”. PORIM occasional paper No.42

- 85 秋元英一(編)(1999)グローバリゼーションと国民経済の選択. 東京大学出版会
- 86 アレン. シュナイバーグ他(満田久義訳)環境と社会. ミネルヴァ書房
- 87 井上真(2003)アジアにおける森林の消失と保全. 中央法規
- 88 岩手県林業技術センター(2002)岩手県木質バイオマスエネルギーの実現に向けて. 岩手県一スウェーデン木質バイオマス交流 専門家派遣事業報告書
- 89 ウィリアム・イースタリー(小浜裕久等訳)(2003)エコノミスト 南の貧困と闘う. 東洋経済新報社
- 90 植田和弘(2000)「環境経済学」岩波書店
- 91 オーイーシーデー環境局(環境省地球環境局監訳)(2001)OECD世界環境白書 2020年の展望. 中央
- 92 大野健一他(2000)東アジアの開発経済学. 有斐閣アルマ
- 93 大林芳久(2002)建設業のグリーン戦略. 国連大学ゼロエミッションフォーラム ブックレット
- 94 茅幸二他(2001)化学と社会. 岩波書店
- 95 川田順造他(編)(1997)反開発の思想. 岩波書店
- 96 環境省(平成14年)持続可能な地域づくりのためのガイドブック
- 97 環境省(平成15年)循環型社会白書 平成15年度版
- 98 環境庁(平成12)温暖化対策税を活用した新しい政策展開. 環境庁企画調整局
- 99 環境庁地球環境部(編)(1999)地球環境キーワード辞典.. 中央法規
- 100 北島滋(1998)開発と地域変動. 東信堂
- 101 クリストファー・フレヴィン(地球環境財団他編集)地球白書2002-2003. 家の光協会
- 102 クリストファー・フレヴィン(地球環境財団他編集)地球白書2003-2004. 家の光協会
- 103 経済産業省(平成14年)通商白書2003
- 104 ゲスタ. エスピン-アンデルセン(渡辺雅男他訳)(2001)ポスト工業経済の社会的基礎. 桜井書店
- 105 国連開発計画(2000)人権と人間開発. 国際協力出版会
- 106 国連大学ゼロエミッションフォーラム(2002)持続可能な循環型社会形成を目指して. 国際連合大学高等研究
- 107 国連大学ゼロエミッションフォーラム(2003)地域における持続可能な循環型社会形成の促進手法. 国際連合大学ZEFプロジェクト
- 108 後藤尚弘他(2001)地域ゼロエミッションをめざした産業ネットワーク設計支援ツールの開発. 環境化学会誌 14(2) 199-210
- 109 古室正充他(2000)やさしくわかる環境会計. 日本実業出版社
- 110 坂井正康他(2002)バイオマス新液体燃料. 化学工業日報
- 111 佐藤元彦(2002)脱貧困のための国際開発論. 築地書店
- 112 資源エネルギー庁(編)(2001)エネルギー2002
- 113 ジョセフ・E・ステイグリッツ(鈴木主税訳)(2002)世界を不幸にしたグローバリズムの正体. 徳間書店
- 114 新エネルギー・産業技術総合開発機構(2003)バイオマスエネルギー導入ガイドブック
- 115 藤藤雄介(2000)地球環境問題とは何か. 時事通信社
- 116 シンビオ社会研究会(平成13年)明日のエネルギーと環境. 日本工業新聞社
- 117 末吉興一(2002)北九州エコタウン ゼロエミッションへの挑戦. 国連大学ゼロエミッションフォーラム ブックレット
- 118 ゼロエミッションマニュアル作成委員会(2003)ゼロエミッションマニュアルVer. 1. 国連大学ゼロエミッションフォーラムブックレット
- 119 高木保興(2000)開発経済学. 有斐閣
- 120 高月紘他(2000)現代環境論. 有斐閣ブックス
- 121 田鎖浩(1992)熱帯林再生への挑戦. 日本林業調査会
- 122 竹内和彦他(編)(1999)生物資源の持続的利用. 岩波書店
- 123 谷口政次(2001)資源採掘から環境問題を考える. 国連大学ゼロエミッションフォーラム ブックレット
- 124 地球環境研究センター(2001)陸域生態系の吸収源機能に関する科学的評価についての研究の現状. 独立法人国立環境研究所
- 125 地球環境研究センター(平成14)産業関連表による二酸化炭素排出原単位. 独立法人国立環境研究所
- 126 鶴見和子(1999)鶴見和子の曼荼羅 内発的発展論によるパラダイム転換. 藤原書店
- 127 テイ. スパイビ(岡本充弘訳)グローバリゼーションと世界社会. 三嶺書房
- 128 東野達他(2002)産業関連表による環境負荷原単位データブック. 地球環境研究センター
- 129 東洋エンジニアリング(株)(平成8年)植物油脂利用プロセスの概念設計と経済検討. (社)化学工学会
- 130 長峯晴夫(1985)第三世界の地域開発. 名古屋大学出版会
- 131 西川潤(監訳)世界開発報告2000/2001. 世界銀行
- 132 日本化成肥料協会(平成10年)有機農業と化学肥料.
- 133 日本化成肥料協会(平成11年)化学肥料Q&A.
- 134 日本環境会議(編)(2003)アジア環境白書2003/04. 東洋経済新報社
- 135 バイオマス産業社会ネットワーク(2003)バイオマス白書2003.
- 136 原後雄太他(2002)バイオマス産業社会. 築地書館
- 137 原剛(2001)農から環境を考える. 集英社新書
- 138 ハロルド・ジェームス(高遠裕子訳)グローバリゼーションの終焉. 日本経済新聞社
- 139 ピーター. F. ドラッカー(2002)ネクスト・ソサエティ. ダイアモンド社
- 140 ビョルン・ロンボルグ(山形浩生訳)(2003)環境危機をあおってはいけない. 文藝春秋

- 141 福岡克也(1995)地球環境保全戦略. 有斐閣選書
- 142 堀内行蔵(編)(1999)地球環境対策. 有斐社
- 143 マーク・ハーツガード(忠平美幸訳)(2001)世界の環境危機地帯を行く. 草思社
- 144 三石善吉(1994)伝統中国の内発的発展. 研文出版
- 145 三井情報開発(株)総合研究所(編)(2000)産業のグリーン変革. 東洋経済新報社
- 146 ムケシュ・エスワン他(永谷敬三訳)(2000)なぜ貧困はなくなるらないか. 日本評論社
- 147 村井俊治他(編)(1995)リモートセンシングから見た地球環境の保全と開発. 東京大学出版会
- 148 村本孝夫(1999)人間活動とエネルギー利用. 大学教育出版
- 149 本山美彦(1996)環境破壊と国際経済. 有斐閣双書
- 150 守口祐一(編)(1999)マテリアルフローデータブック. 地球環境研究センター
- 151 安田耕作(1999)油脂製品の知識. 幸書房
- 152 山内廣隆(平成15年)環境の倫理学. 丸善株式会社
- 153 山路敬三(2001)環境経営の実践マニュアル. 国連大学ゼロエミッションフォーラム ブックレット
- 154 横山伸也(2001)バイオエネルギー最前線. 森北出版
- 155 レスター・R・ブラウン(今村奈良臣訳)(1996)食料破局. ダイヤモンド社
- 156 レスター・ブラウン(地球環境財団監訳)(2000)地球環境データブック. 家の光協会
- 157 レスター・ブラウン(浜中裕徳監訳)(1996)地球白書1996-97. 家の光協会
- 158 レスター・ブラウン(浜中裕徳監訳)(1997)地球白書1997-98. 家の光協会
- 159 レスター・ブラウン(福田克也監訳)(2002)エコ・エコノミー. 家の光協会
- 160 ロバート・チェンバース(野田直人他訳)(2002)参加型開発と国際協力. 明石書店
- 161 ロバート・チェンバース(穂積智夫他訳)第三世界の農村開発. 明石書店
- 162 渡辺幹彦他(編)生物資源アクセス. 東洋経済新報社

謝辞

本研究を取り進めるに当り、終始、暖かくご指導下さいました早稲田大学大学院アジア太平洋研究科の原剛教授、上智大学柳瀬睦男名誉教授に心から感謝申し上げます。

また、研究の上で暖かいアドバイスを下さいました早稲田大学大学院アジア太平洋研究科の西川潤教授、阿部義章教授そして黒川一雄助教授に感謝申し上げます。

さらに、マレーシアのパームオイル産業の調査のために留学の機会を与えてくださった早稲田大学と Universiti Malaya、そして、その留学中にご指導下さいました Universiti Malaya. Department of Chemistry. Faculty of Science. Prof. Dr. Gan Seng Neon に感謝申し上げます。

また、マレーシアにおいてオイルパーム及びパームオイルの調査にご協力下さいました Malaysian Palm Oil Board. Director Engineering & Processing の Dr. Ma Ah Ngan, Publication Unit. Senior Director の Chang Kwong Choong, Malaysian Agriculture Research and development Institute の Dr. Mohd Wan Zahari, Forest Research Institute of Malaysia. Director Wood Chemistry Division の Dr. Mohd Nor M. Yusoff, Southern Acids(M) Bhd. Project & Business Development. Manager の Wong Kiong Hook, Cognis Oleochemicals(M) Bhd. Product Development Manager の Dr. Yap Soon Chee, Malaysian Rubber Board. Technology & Engineering Division. Research Officer の Devaraj Veerasamy, JURAN Institute. Managing Consultant の Teo Cheng Hai, Center for Malaysian Chinese Studies. Director の Dr. Phin Keong Voon そして、調査に便宜を払ってくださった Arachem(M) Sdn Bhd. Technology Director の Larry Lee, GSM Consultancy(M) Sdn Bhd. Manager Director の Anthony Goh の皆様に感謝申し上げます。

最後に、この調査・研究に終始、陰になり日向になり支え、励まし続けてくれたわが妻である幸子に心より感謝申し上げます。

平成 15 年 9 月 3 日

資料編

1. 写真
2. 図
3. 表

1. 写真

[写真-1] オイルパームプランテーション

[写真-2] オイルパーム果実房 (Fresh Fruit Bunch:FFB) が木になっている様子と葉 (FronD) の剪定作業の様子

[写真-3] オイルパーム果実房 (FFB) とオイルパーム果実

[写真-4] FronD の剪定作業の様子

[写真-5] オイルパームの収穫作業

[写真-6] FFB の運搬風景

[写真-7] 切倒し・再植樹の様子

[写真-8] ミル工場の工程概略

[写真-9] EFB(Empty Fruit Bunch)の写真

[写真-10] Fiber 付きナッツと Fiber を剥がした後のナッツおよびナッツを割り、Kernel を除いた後の Shell

[写真-11] EFB 繊維を用いた製品試作例

[写真-12] ボード試作品



[写真-1] オイルパームプランテーション

注) 出典 : Malaysian Palm Oil Board(2001)Clipart Image of Palm Oil and Oil Palm



オイルパーム果実房(Oil Palm Fresh Bunch : FFB)は葉 (Oil Palm Frond : OPF) の根元に一つずつ付く。

FFB は一本の木から平均5個が収穫される。

OPF は一本の木に36～50枚付いており、新しい葉は毎年12～24枚生える。

OPF は FFB 1個収穫に2枚切り落とされる。このため、1本の木からOPF は年間に10枚切り落とされることになる。



[写真-2]オイルパーム果実房(Oil Palm Fresh Fruit Bunch:FFB)の木になっている様子と葉(Oil Palm Frond:OPF)の剪定作業の様子

注) 出典 : Malaysian Palm Oil Board(2001)Clipart Image of Palm Oil And Oil Palm



果実房
(Fresh Fruit Bunch:FFB)

20～30kg/FFB
1つのFFBに果実が
1000～3000個



オイルパーム果実

外果皮 (Exocarp)

中果皮 (Mesocarp)

パームオイル、繊維を含む

内果皮 (Endocarp : Shell)

内胚乳 (Endsperm)

パーム核油を含む

[写真-3] オイルパーム果実房 (FFB) とオイルパーム果実

注) 出典: Malaysian Palm Oil Board(2001)Clipart Image of Palm Oil and Palm Oil



[写真-4]Fronde の剪定作業の様子

注) 出典 : Malaysian Palm Oil Board(2001)Clipart Image of Palm Oil and Oil Palm



【写真－5】 オイルパームの収穫作業

樹齢の大きい木は樹高が高く、作業がやりにくく効率が悪い。また、危険が伴う

注) 出典 : Malaysian Palm Oil Board(2001)Clipart Image of Palm Oil and Oil Palm



【写真－6】FFBの運搬風景

現在の農園は集荷用トラックが収穫された場所までは入れない。このため、収穫された FFB は手作業で牛車または小型トラクターの入れる集荷場所まで運ばれる。そこから大きなトラックが入ってこれるところに運ばれ、大型トラックでミル工場に移送される。

注) 出典 : Malaysian Palm Oil Board(2001)Clipart Image of Palm Oil and Oil Palm

[写真-7] 切り倒し・再植樹の様子



植え替え時、特に傾斜地では表面土壌流出の原因となる



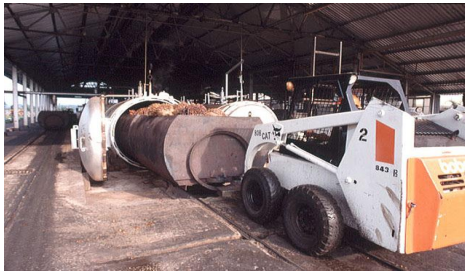
[写真・8]ミル工場の工程概略



ミル工場全体



FFB 受け入れ



蒸熱滅菌機



蒸熱滅菌された FFB



搾油機



Crude Palm Oil : CPO



搾油後の Fiber とナッツ



Shell

ナッツは割られ、Kernel と Shell に分けられる。CPO と Kernel は製品として出荷



Fiber と Shell はミル工場の Boiler 用燃料として利用



EFB

丸い粒々

果実 (Fruit) が完全に脱果されずに残っている。この残り具合がパームオイルの収率に影響する。

完全に脱果することが望ましい

[写真-9] EFB (Empty Fruit Bunch) の写真



Fiber

Fiber を剥がす



Shell (殻)

[写真-10]Fiber 付のナッツと Fiber を剥がした後のナッツ及びナッツを割り、Kernel を取り除いた後の Shell



[写真-11] EFB 繊維を用いた製品試作例



[写真-12]ボード試作品

注) 出典: Malaysian Palm Oil Board(2001)Clipart Image of Palm Oil and Oil Palm

2. 図

- [図-1]世界の抱える各問題とそれらの相互関係
- [図-2]バイオマス資源の分類
- [図-3]バイオマスを利用して生産可能な物質・製品
- [図-4]持続可能な発展・内発的発展・バイオマス利用、ゼロエミッション相関図
- [図-5]エコインダストリーパーク・デンマーク・カルボーンの例
- [図-6]マレーシアのオイルパームプランテーション構成図
- [図-7]外発的発展失敗例の事業形態
- [図-8]現在の農村とパームオイル産業概念図
- [図-9]目標とするグループ小農家、独立小農家パームオイル産業
- [図-10]2000年におけるマレーシアのパームオイル産業の物の流れ
- [図-11]粗パームオイル、粗パームカーネルオイル製品の流れ
- [図-12]パームオイル利用・全体工程図
- [図-13]パーム産業の工程及び想定製品鳥瞰図
- [図-14]プランテーションの land man ratio 変化
- [図-15] オイルパーム農場へのマレーシアの森林の利用変換図
- [図-16]植物によるカーボンサイクル
- [図-17]オイルパームによるカーボンサイクル
- [図-18]マレーシアの植物型における哺乳動物個体数
- [図-19]森林伐採が原因の各種問題の相関関係
- [図-20]FELDA のブロック・グループワークシステムの組織図
- [図-21]ミル工場プロセス・フローとマスバランスの概略
- [図-22]FFB から得られる素材
- [図-23]POME 排水処理法
- [図-24]パームカーネル・クラッシャー工程
- [図-25]リファイナリープロセス
- [図-26]リファイナリー工場廃液処理プロセス
- [図-27]オレオケミカル・プラント工程図
- [図-28]OPT,OPF の繊維化前処理システム
- [図-29]OPT 利用 blockboard 製造プロセス
- [図-30]OPF を利用した動物用飼料の製造プロセス
- [図-31]EFB 前処理工程とマスバランス
- [図-32]ミル工場のエネルギー利用プロセス
- [図-33]Shell を利用した活性炭製造プロセス
- [図-34]EFB(Fiber、Shell)燃料・POME 蒸発残渣肥料化プロセス
- [図-35]EFB/POME 利用肥料化プロセス

[図-36]生分解性プラスチックの生産プロセス

[図-37]オイルパームバイオマスのトータル的利用プロセス

[図-38]オイルパームバイオマス種類と利用相関図

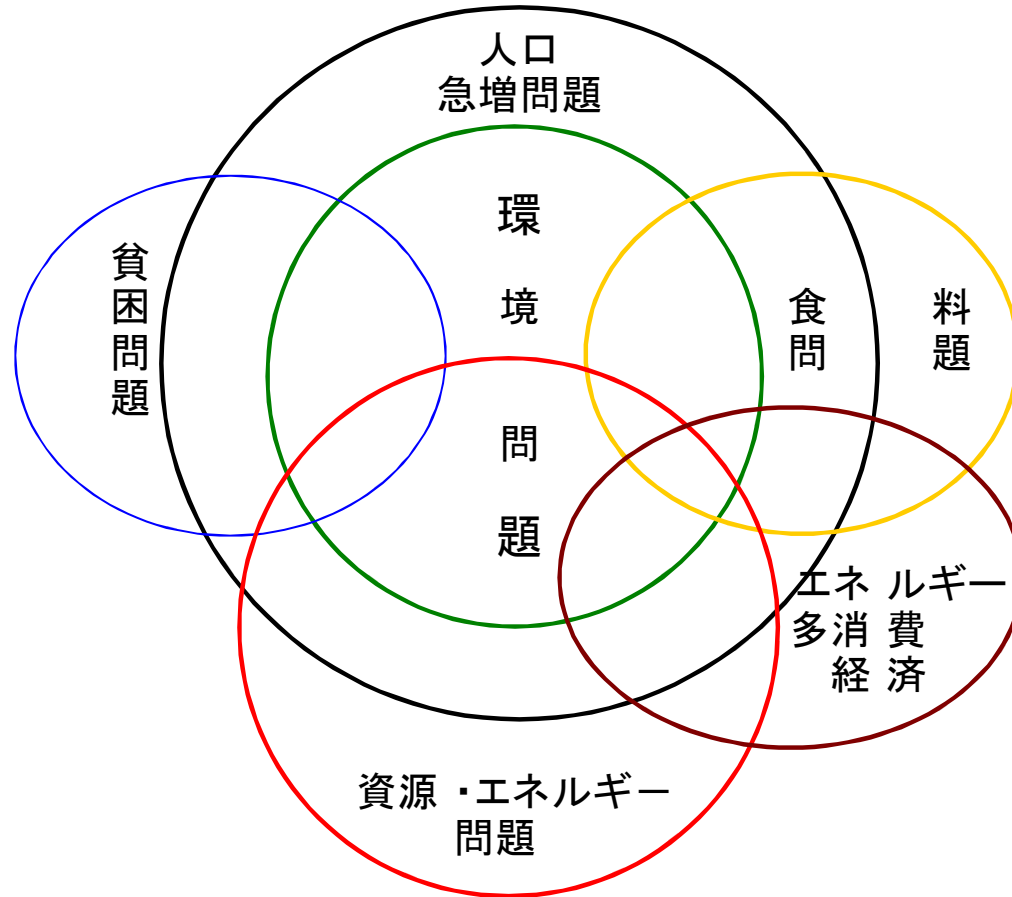
[図-39]オイルパームバイオマスの持っている性質と用途展開への考え方

[図-40]内発的発展各バイオマス利用の用途組合せ

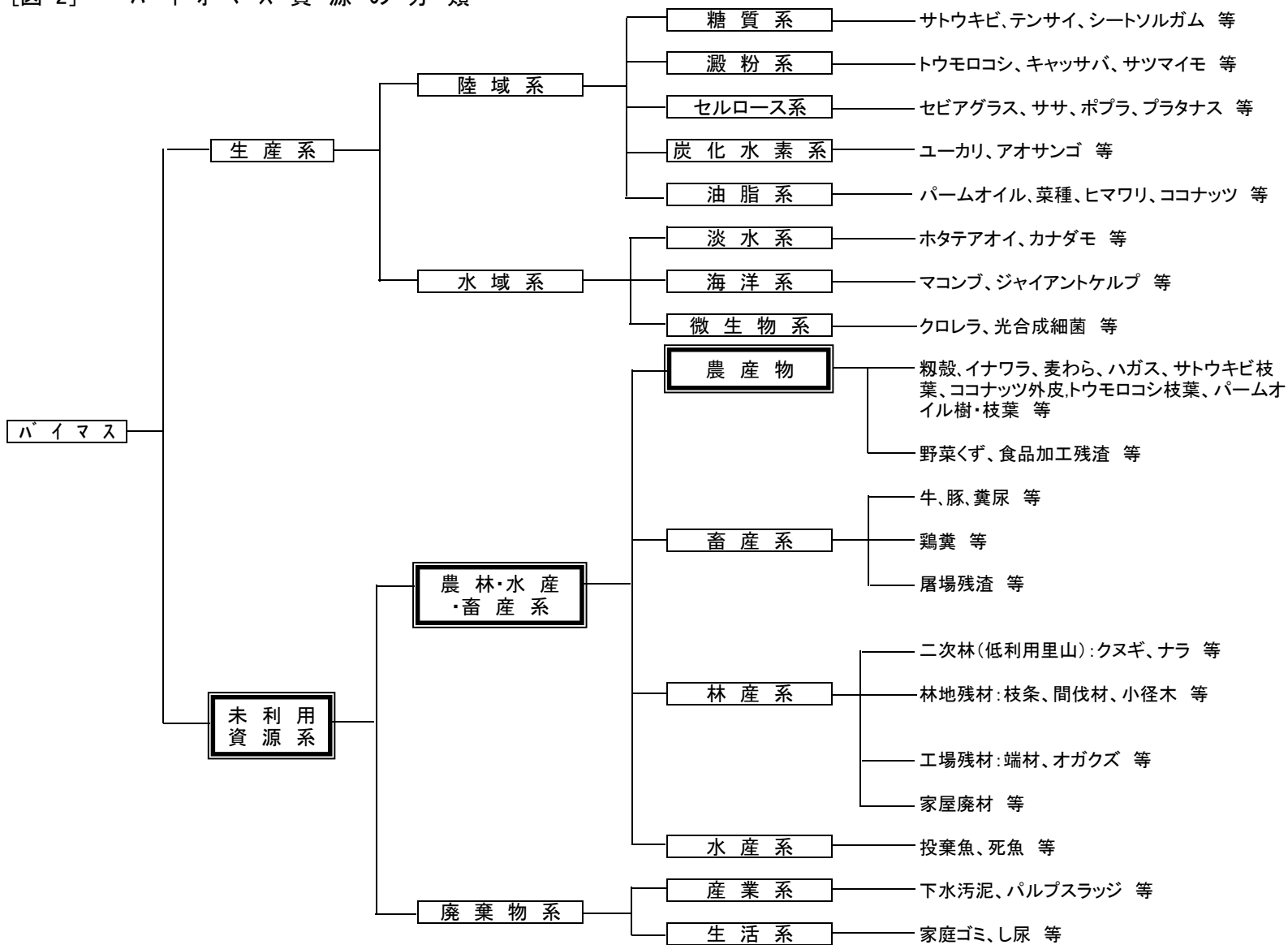
[図-41]オイルパームバイオマスを用いたゼロエミッション・エコインダストリーパーク概念図

[図-42]内発的発展的各バイオマス利用法を組み合わせたゼロエミッション・エコインダストリーパーク

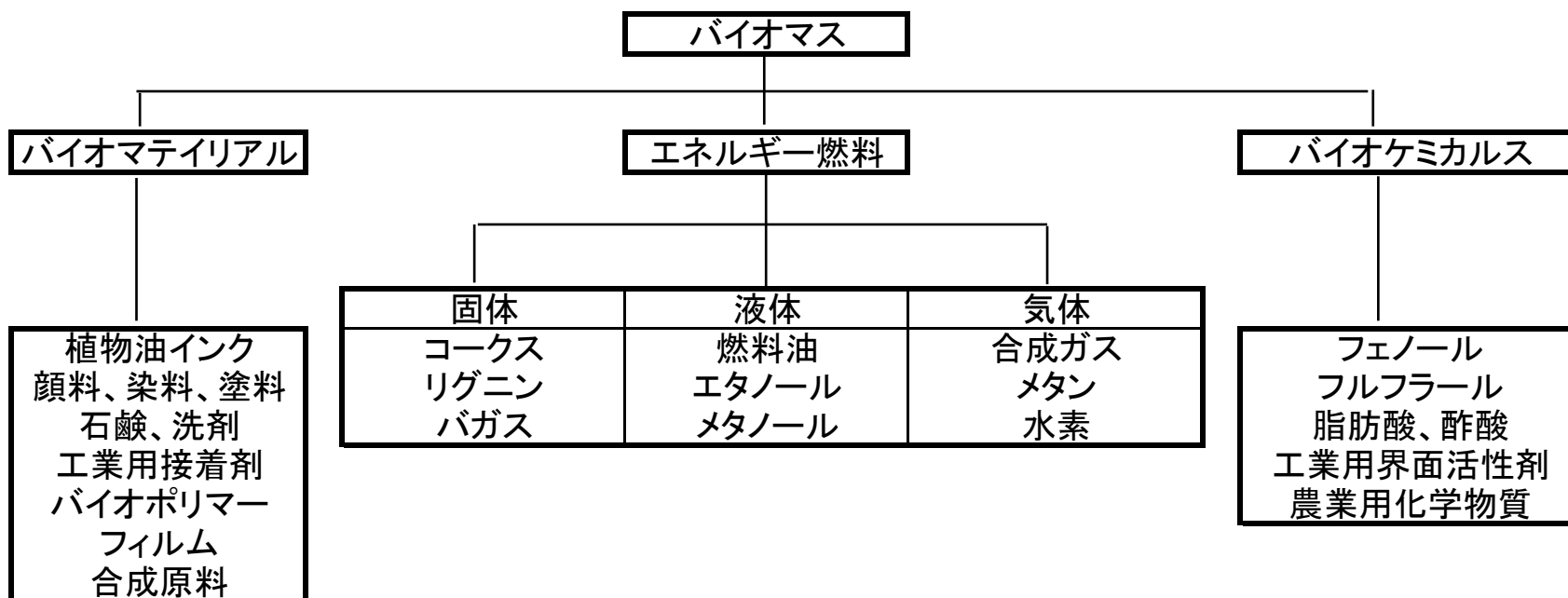
[図-1]世界の抱える各問題とそれらの相互関係



[図-2] バイオマス資源の分類

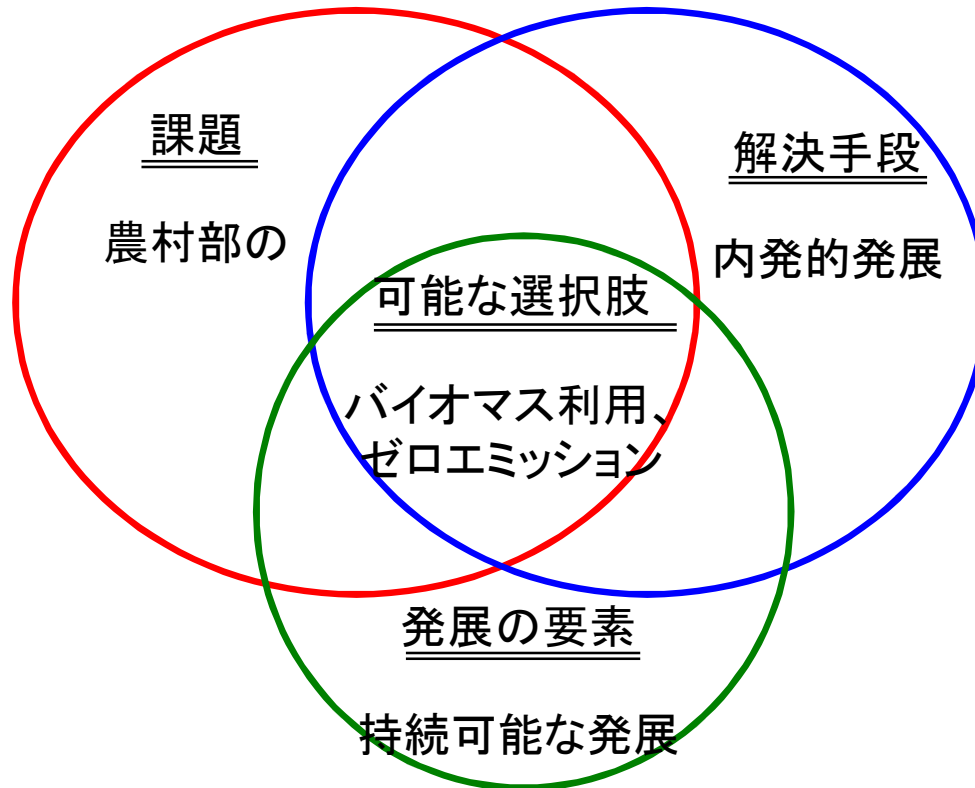


[図-3] バイオマスを利用して生産可能な物質・製品

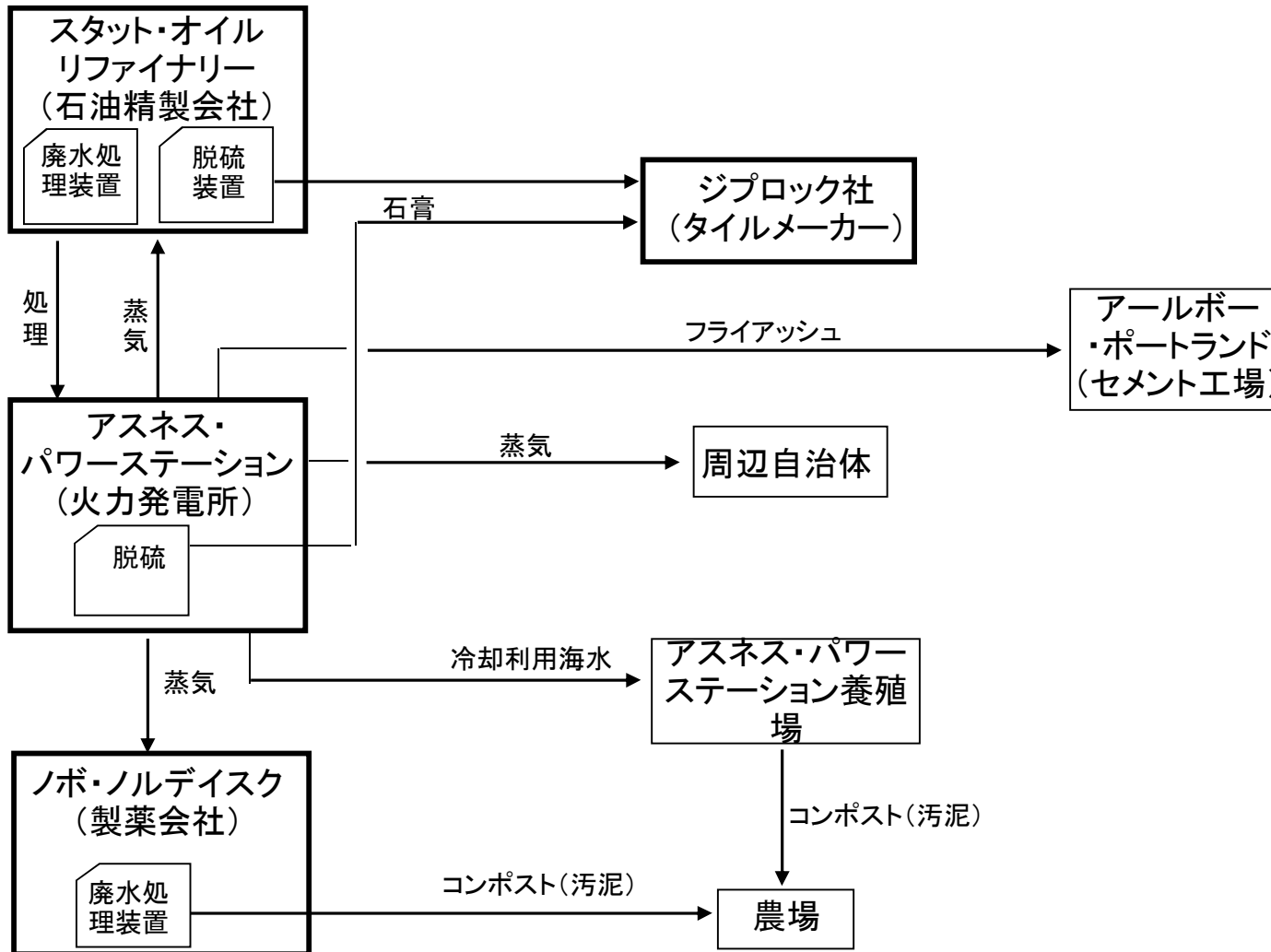


注) 引用文献: 新エネルギー・産業技術総合開発機構(平成22年度)主要国におけるバイオマスエネルギー開発への取り組みに関する調査 2p

[図一4]持続可能な発展・内発的発展・バイオマス利用、ゼロエミッション相關図

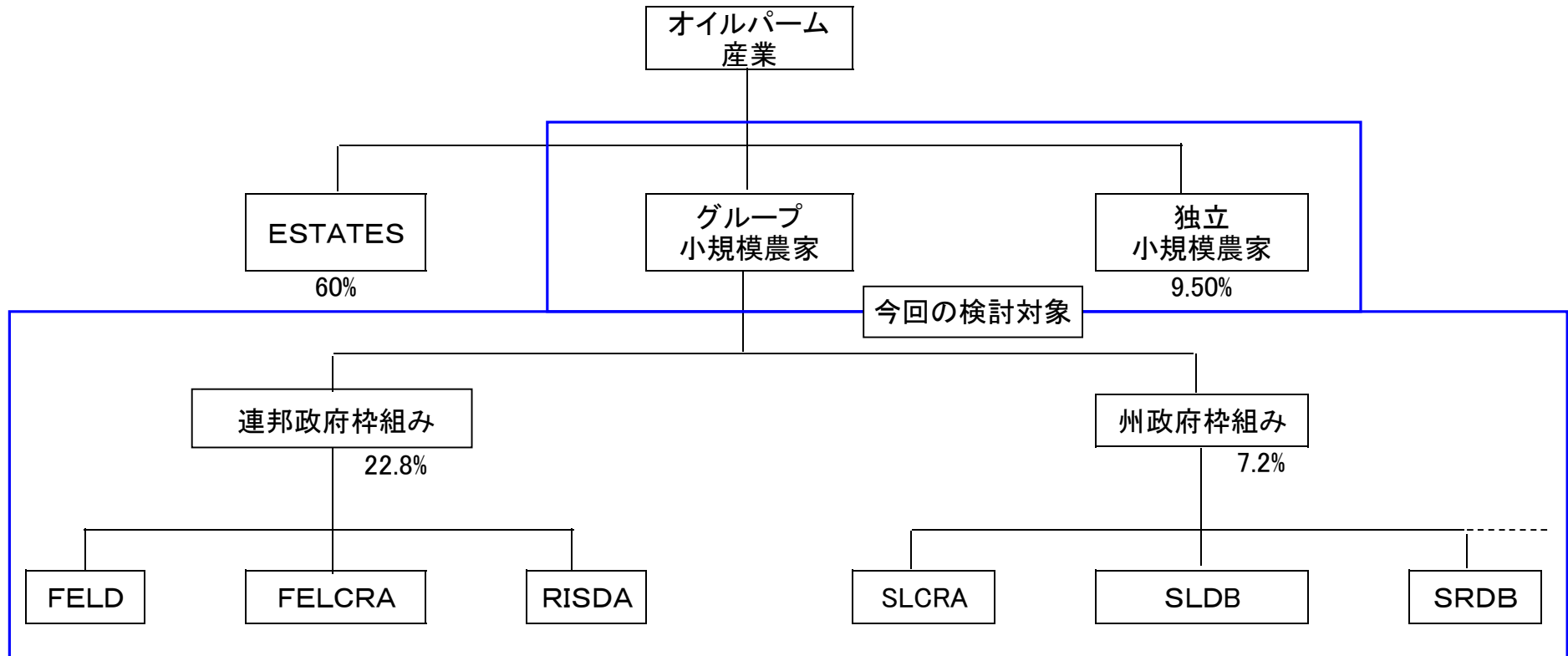


[図-5]エコインダストリーパーク・デンマーク・カルボーンの例



参考文献: 西村悟(1998)インダストリアル・エコロジーと地域振興. 産業と環境 6月号56p

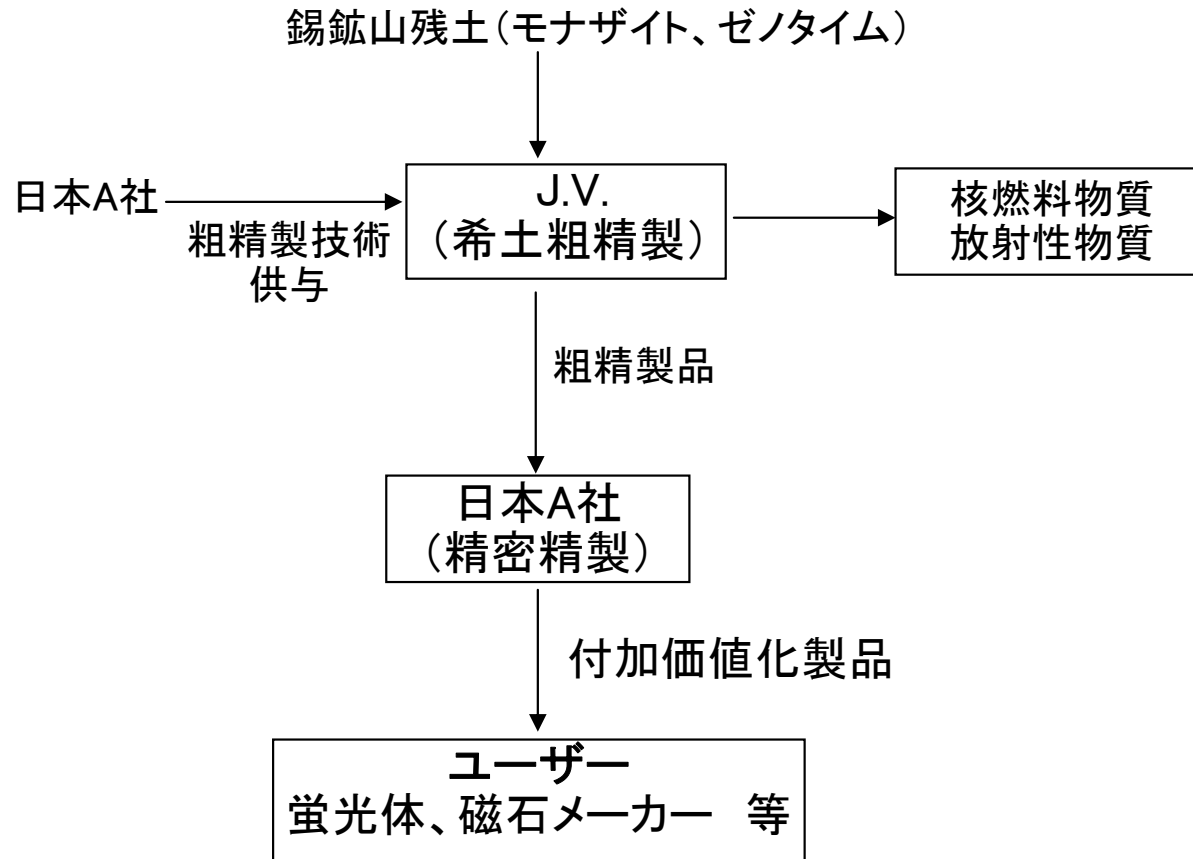
[図-6]マレーシアのオイルパームプランテーション構成図



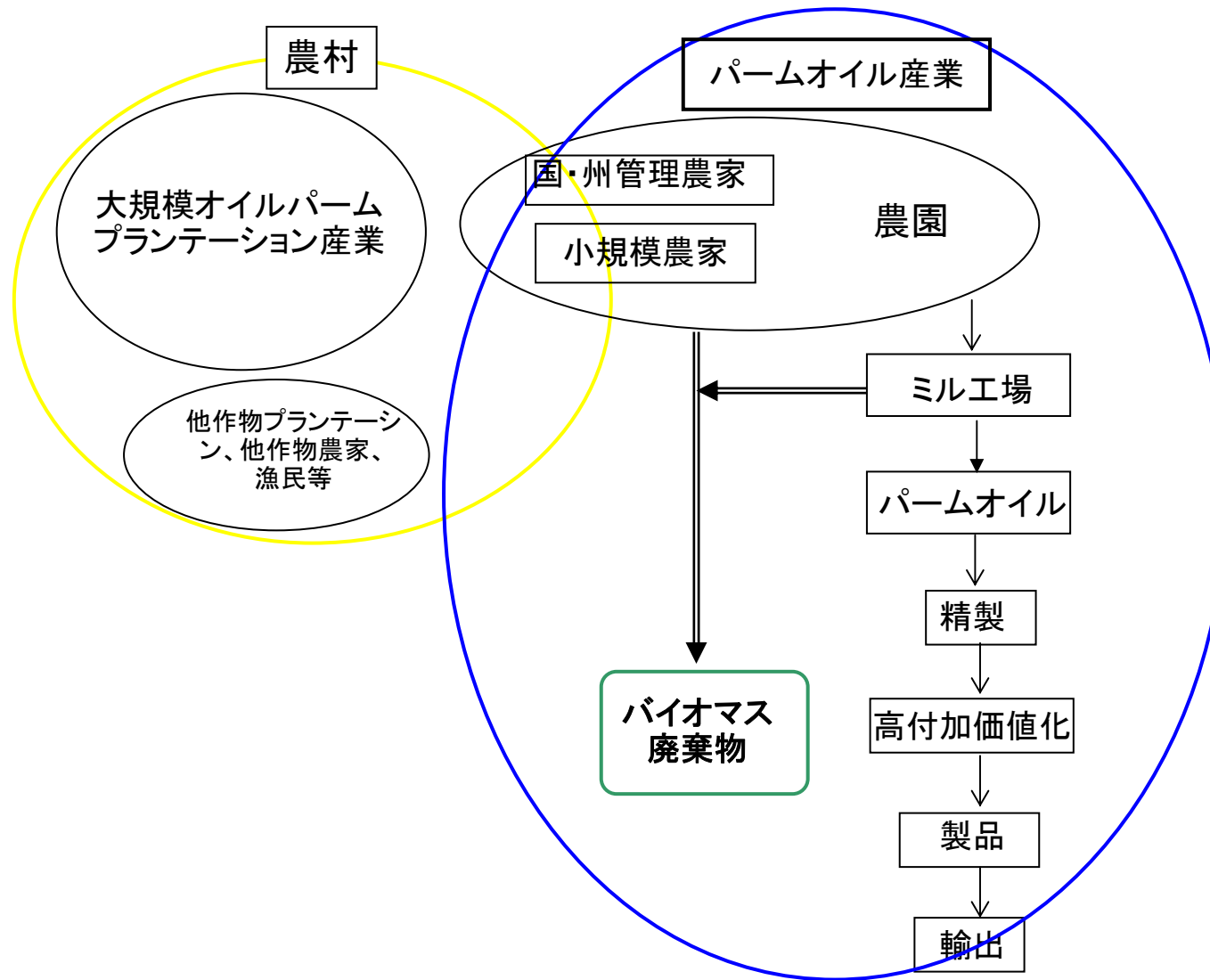
FELD:Federal Land Development Authority
FELCRA:Federal Land Consolidation and Rehabilitation Authority
RISDA:Rubber Industry Smallholder's Development Authority

SLCRA:Sarawak Land Consolidation and Rehabilitation Authority
SLDB:Saba Land Development Board
SRDB:Sarawak Land Development Board

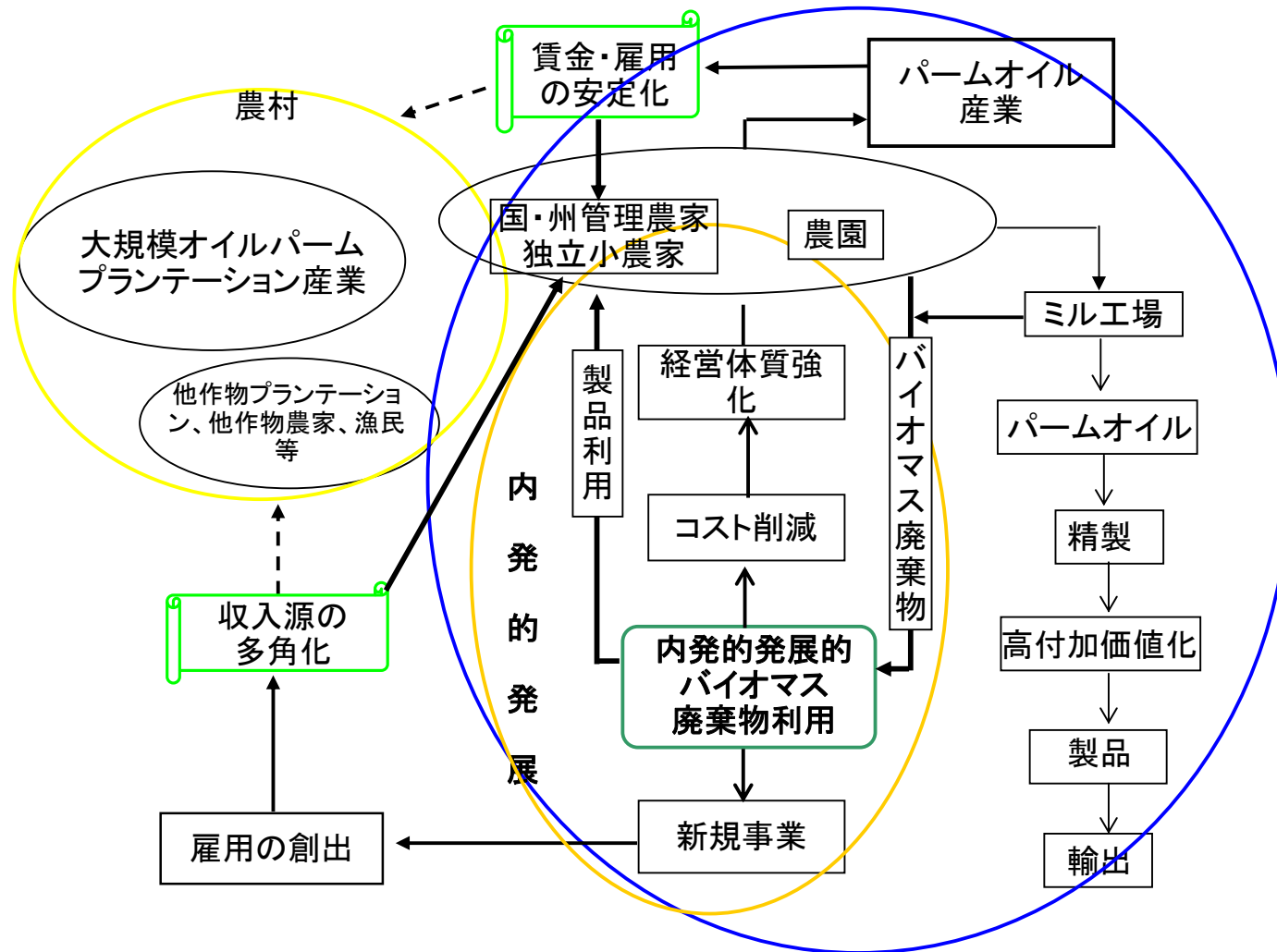
[図一7]外発的発展失敗例の事業形態



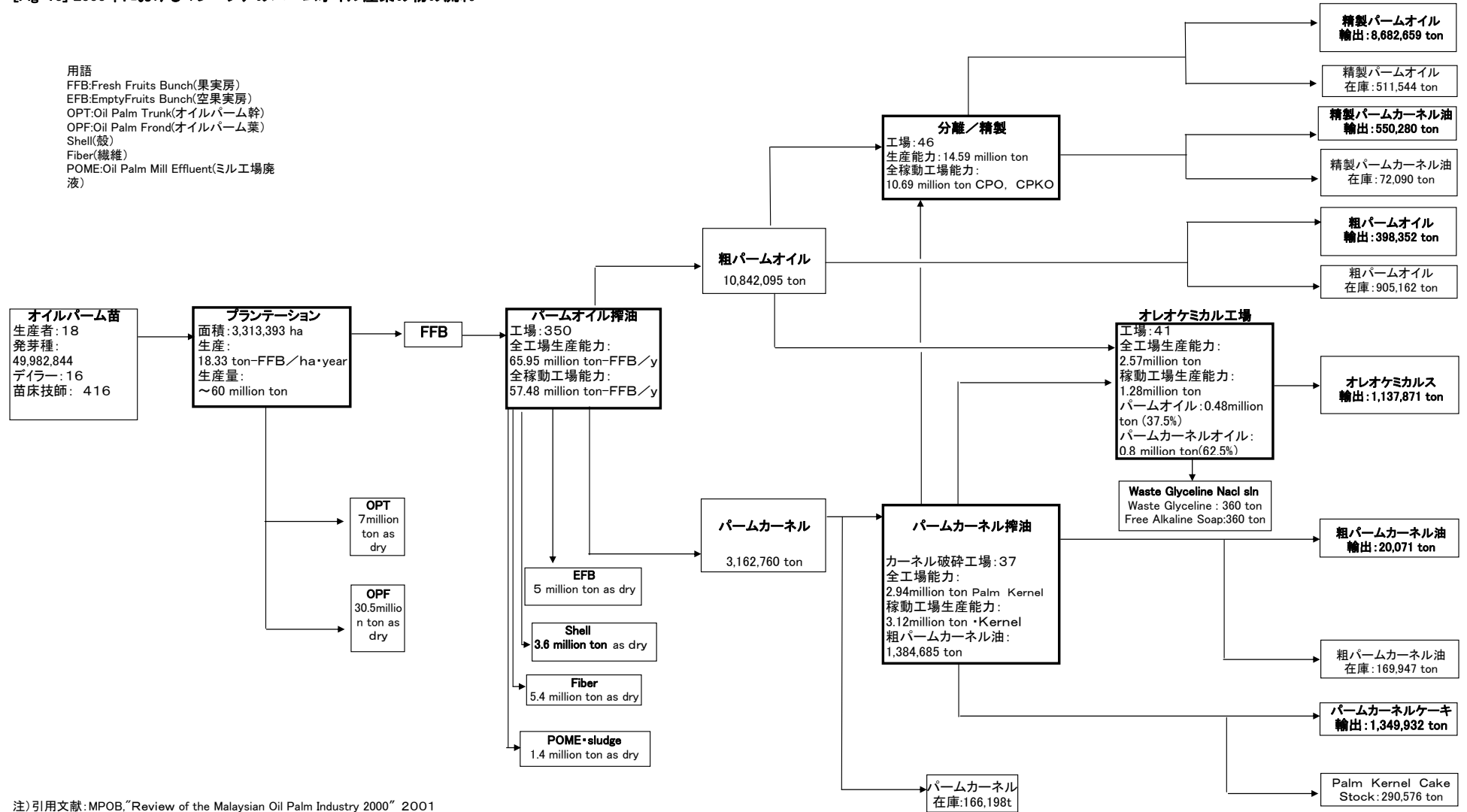
[図-8]現在の農村とパームオイル産業概念図



[図-9]目標とするグループ小農家・独立小農家パームオイル産業：
 -パームオイル産業のバイオマス利用内発的発展と農村の繋がリー

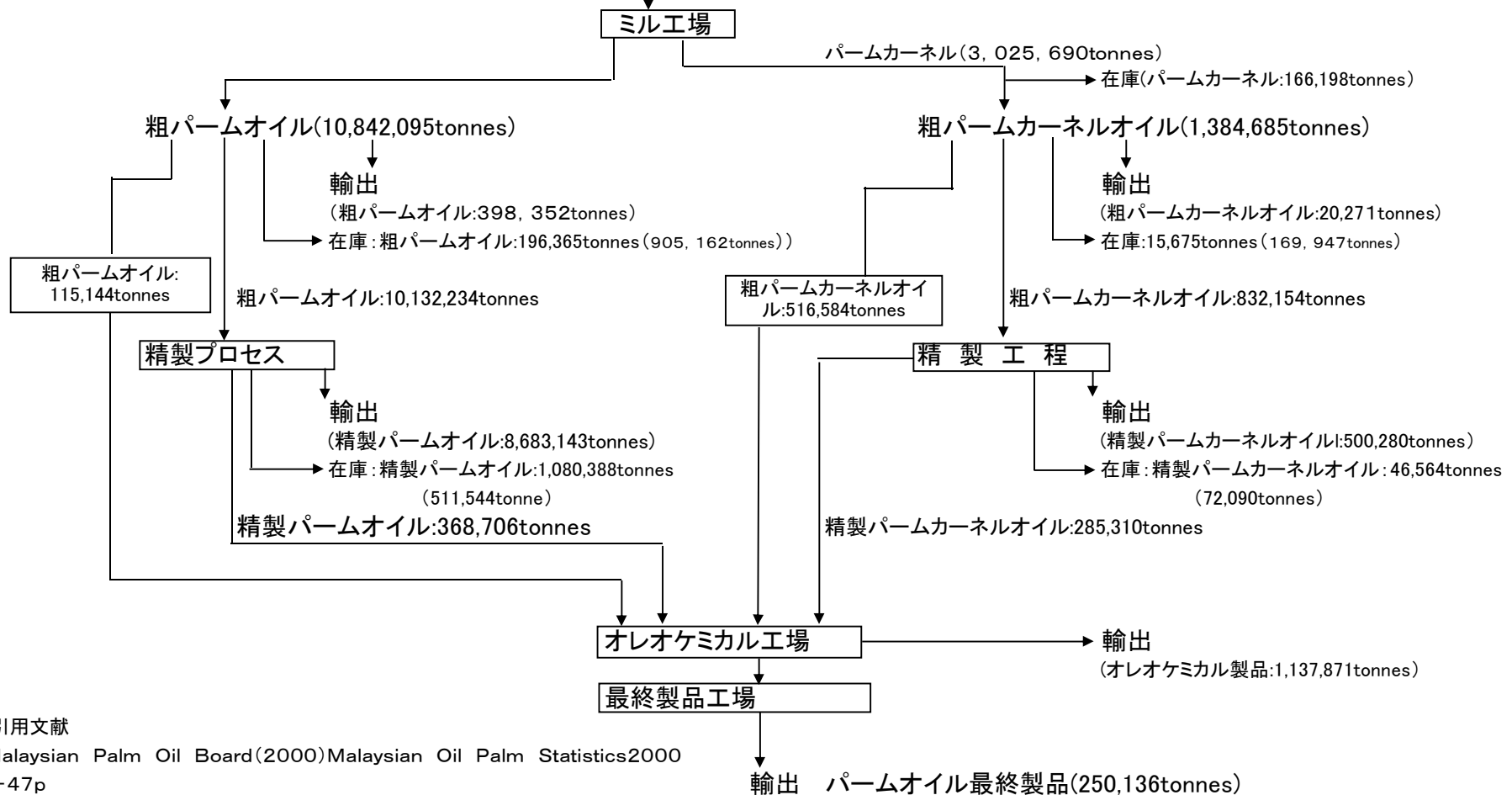


[Fig-10] 2000年におけるマレーシアのパームオイル産業の物の流れ



注) 引用文献: MPOB, "Review of the Malaysian Oil Palm Industry 2000" 2001
 MPOB, "Malaysian Oil Palm Statistics 2000 20th Edition" 2001
 Gurmit Singh et al (1999), "Oil Palm and the Environment" Malaysian Oil Palm Growers' Council 113-260p

[図-11]粗パームオイル(Crude Palm Oil)、粗パームカーネル油(Crude Palm Kernel Oil)製品の流れ(2000年)
プランテーション



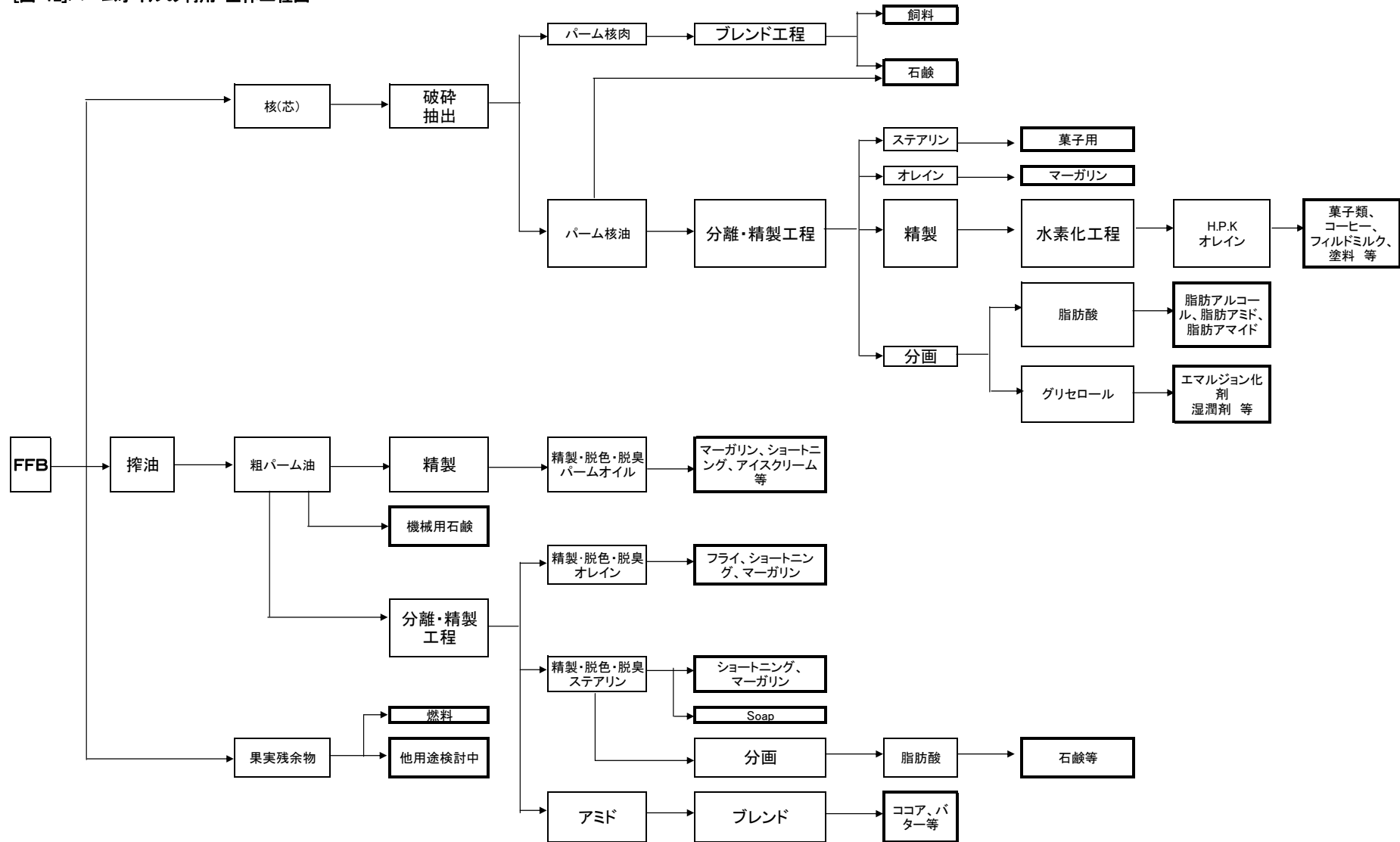
注)引用文献

1)Malaysian Palm Oil Board(2000)Malaysian Oil Palm Statistics2000
26-47p

2)Malaysian Palm Oil Board(2001)Malaysian Oil Palm Statistics2001
27-49p

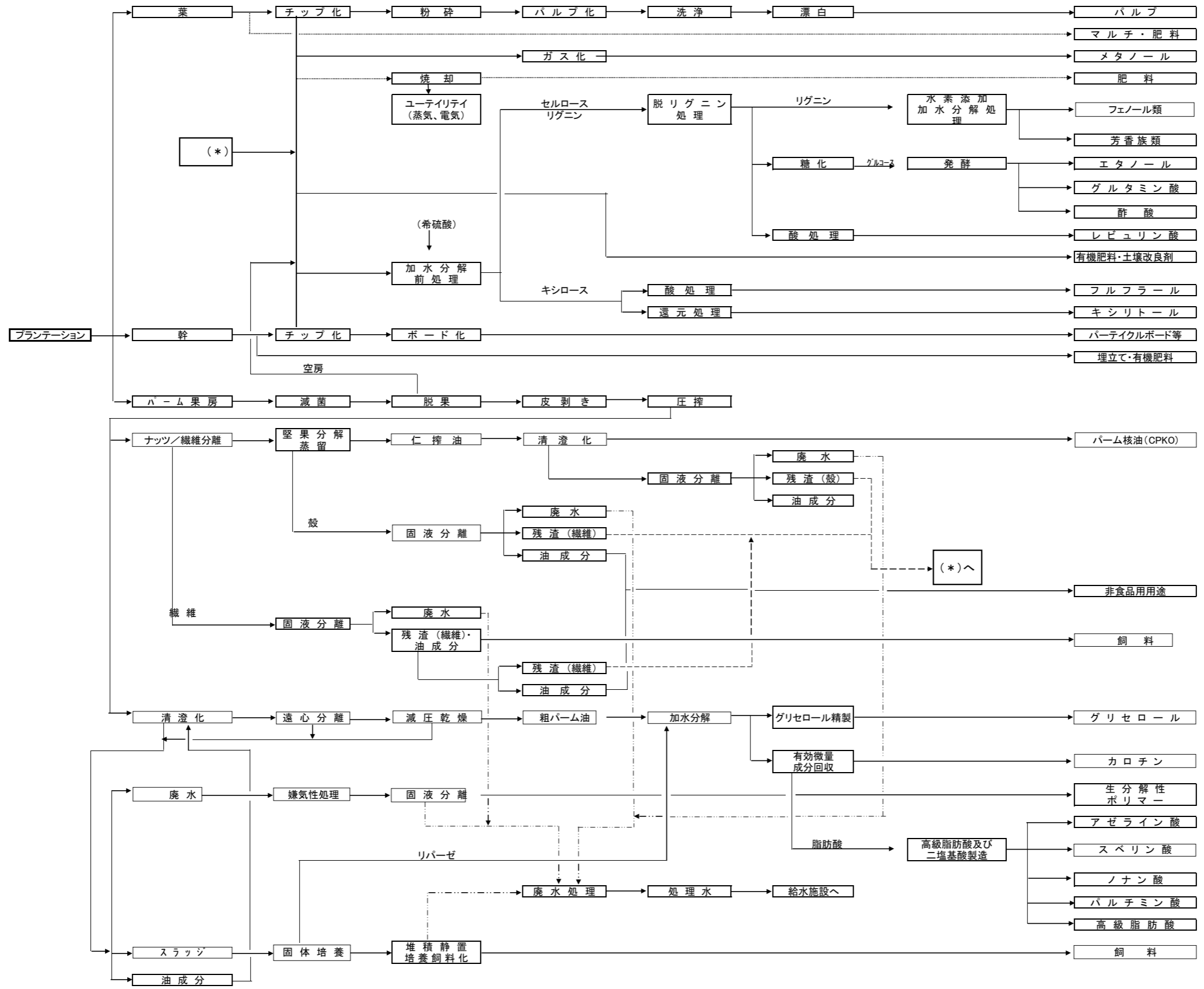
注)在庫の()内数値:上記引用文献36p記載. 但し、この数値は上図各工程マスバランスと合わず、工程ロスにしてはその差が大きすぎる。
このため、ここでは、マスバランス上の数値を在庫量とする。

[図-12]パームオイルの利用・全体工程図

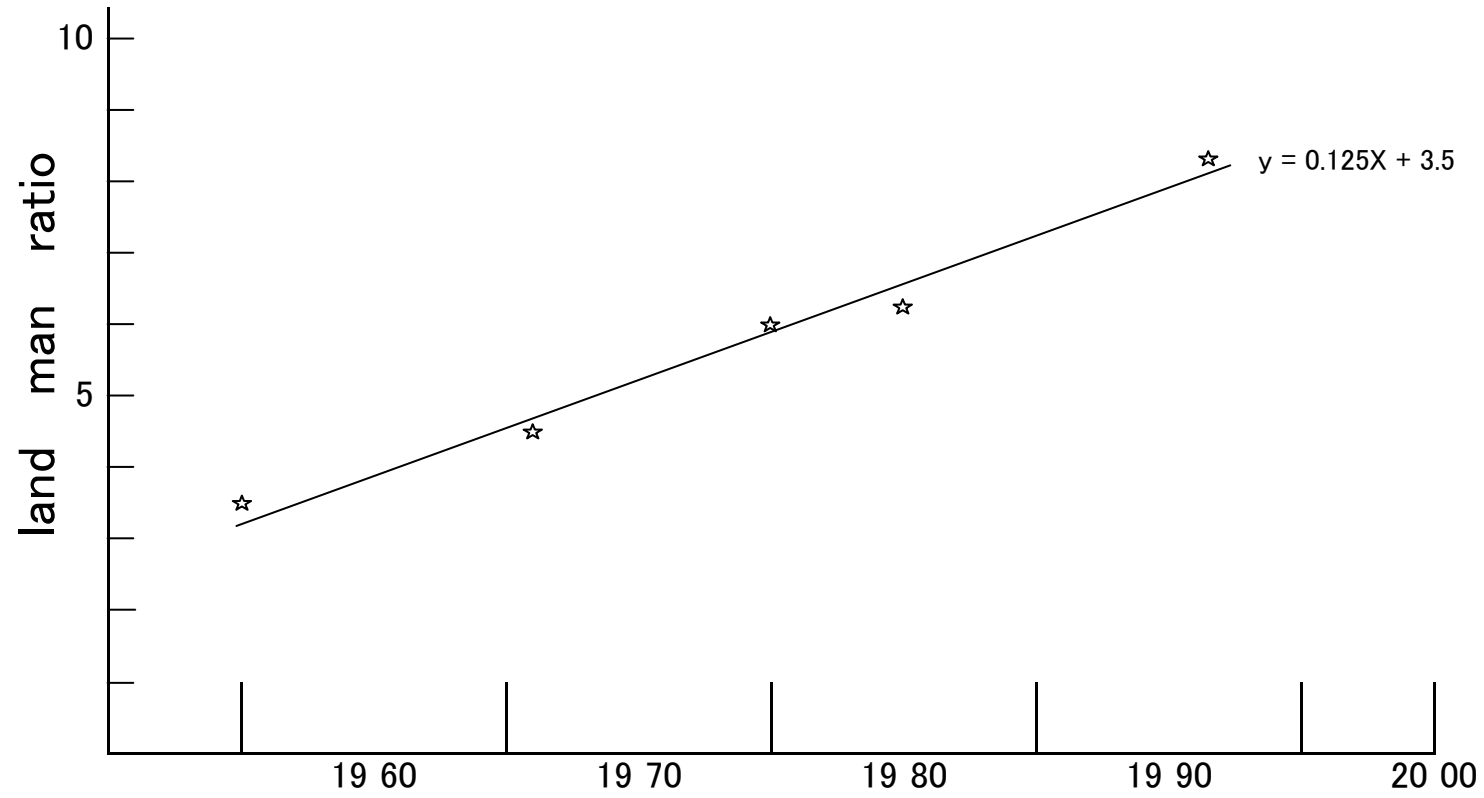


注) 引用文献: Malaysian Palm Oil Industry "Strategies for Strengthen its competitive advantage" 1986
 RDB: Research, Declour, Breech HPK: Hydrogenated Palm Kernel

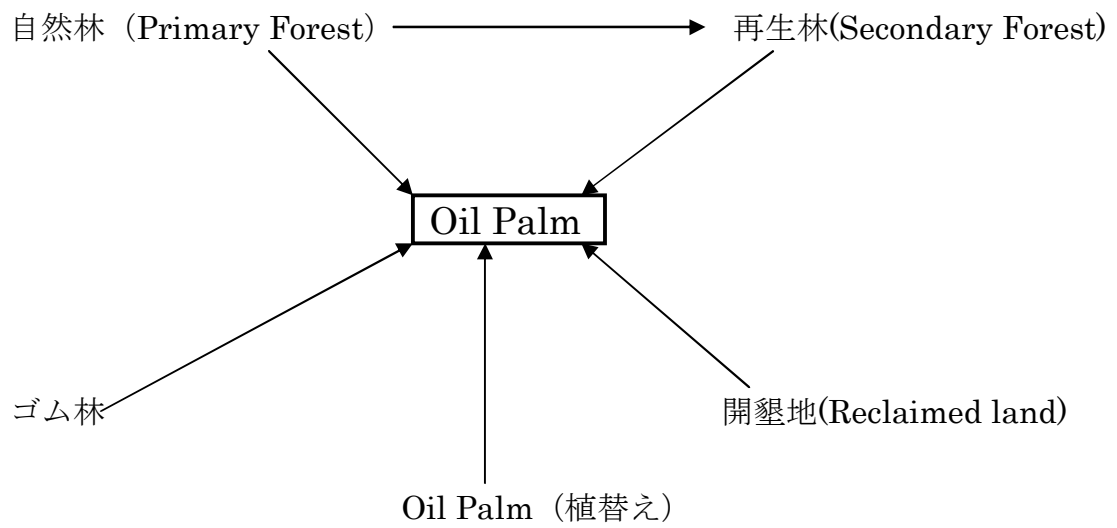
[図-13]パーム産業の工程及び想定製品鳥瞰図



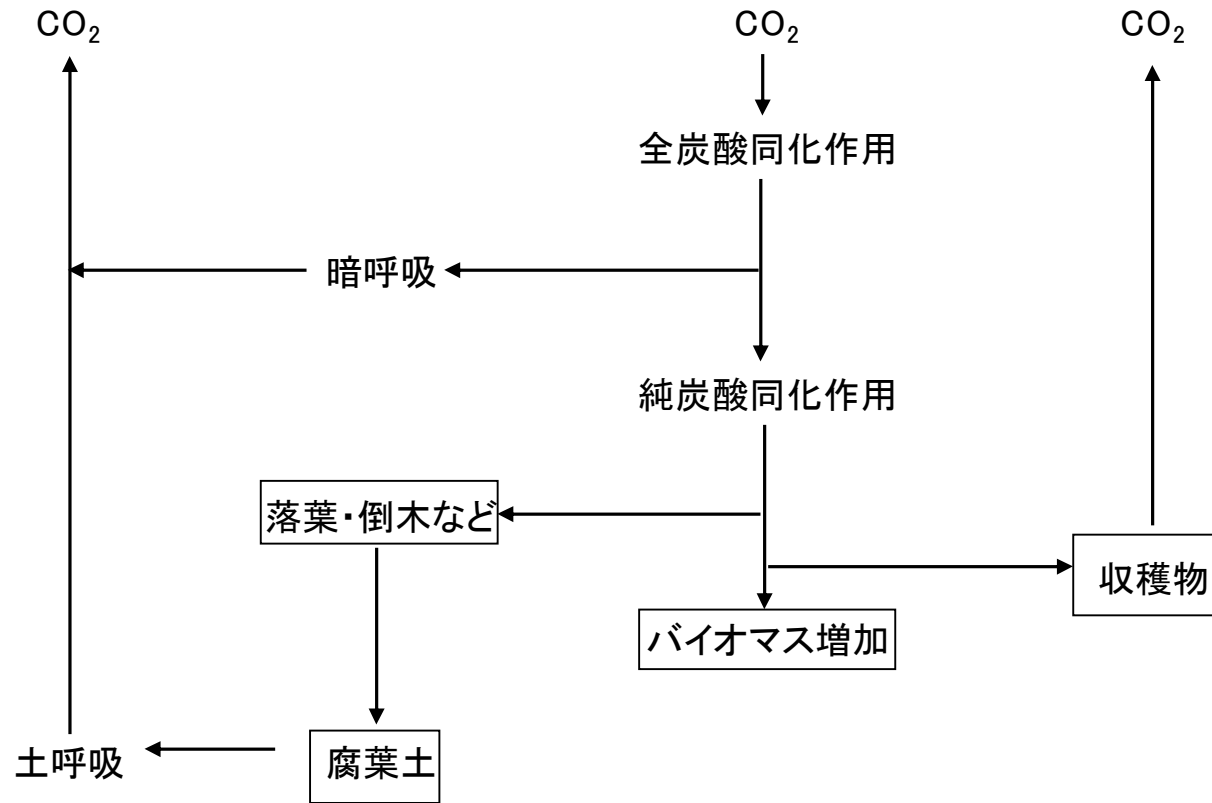
[図-14]プランテーションのland man ratio変化



[図-15] オイルパーム農場へのマレーシアの森林の利用変換図

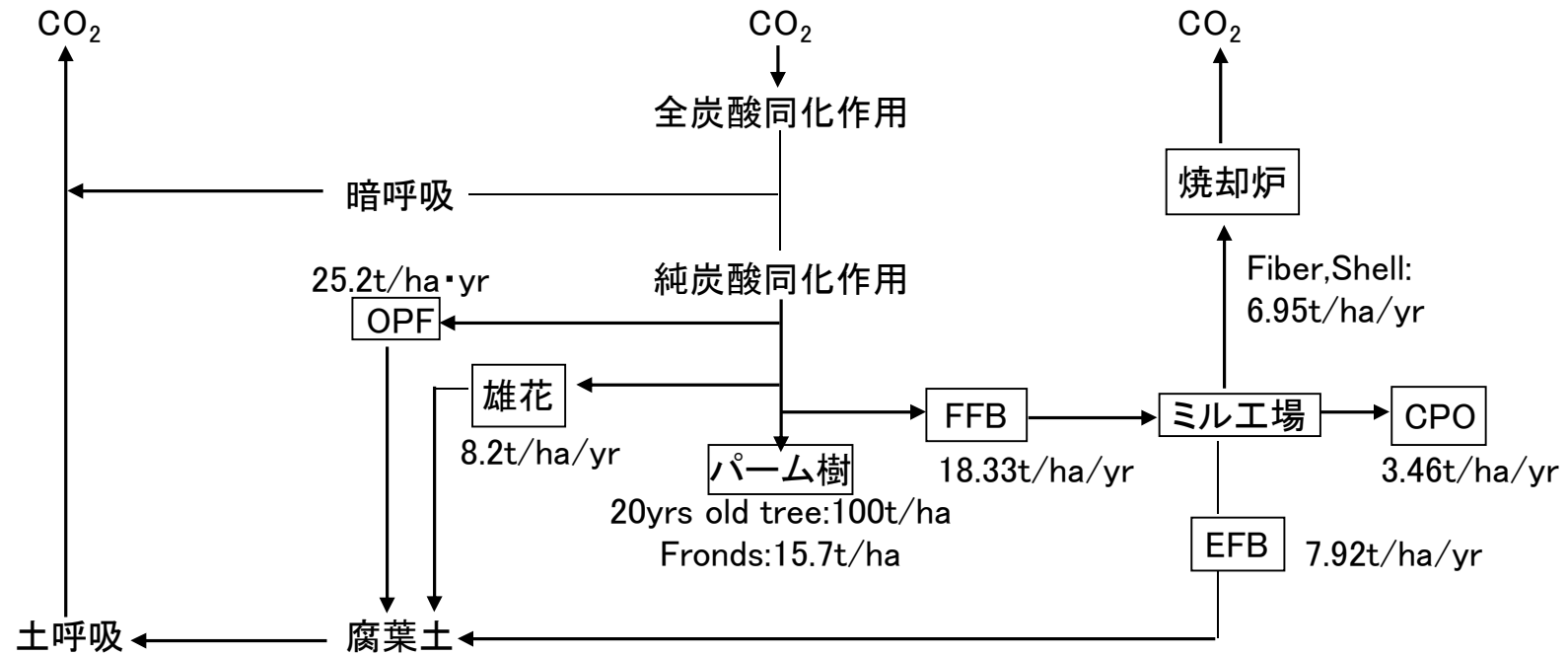


[図-16]植物によるカーボンサイクル



注) 引用文献: Gurmit Singh et al.(1999) Oil Palm and the Environment Malaysian Oil Palm Growers' Concil 10p

[図-17]オイルパームによるカーボンサイクル(as wet)

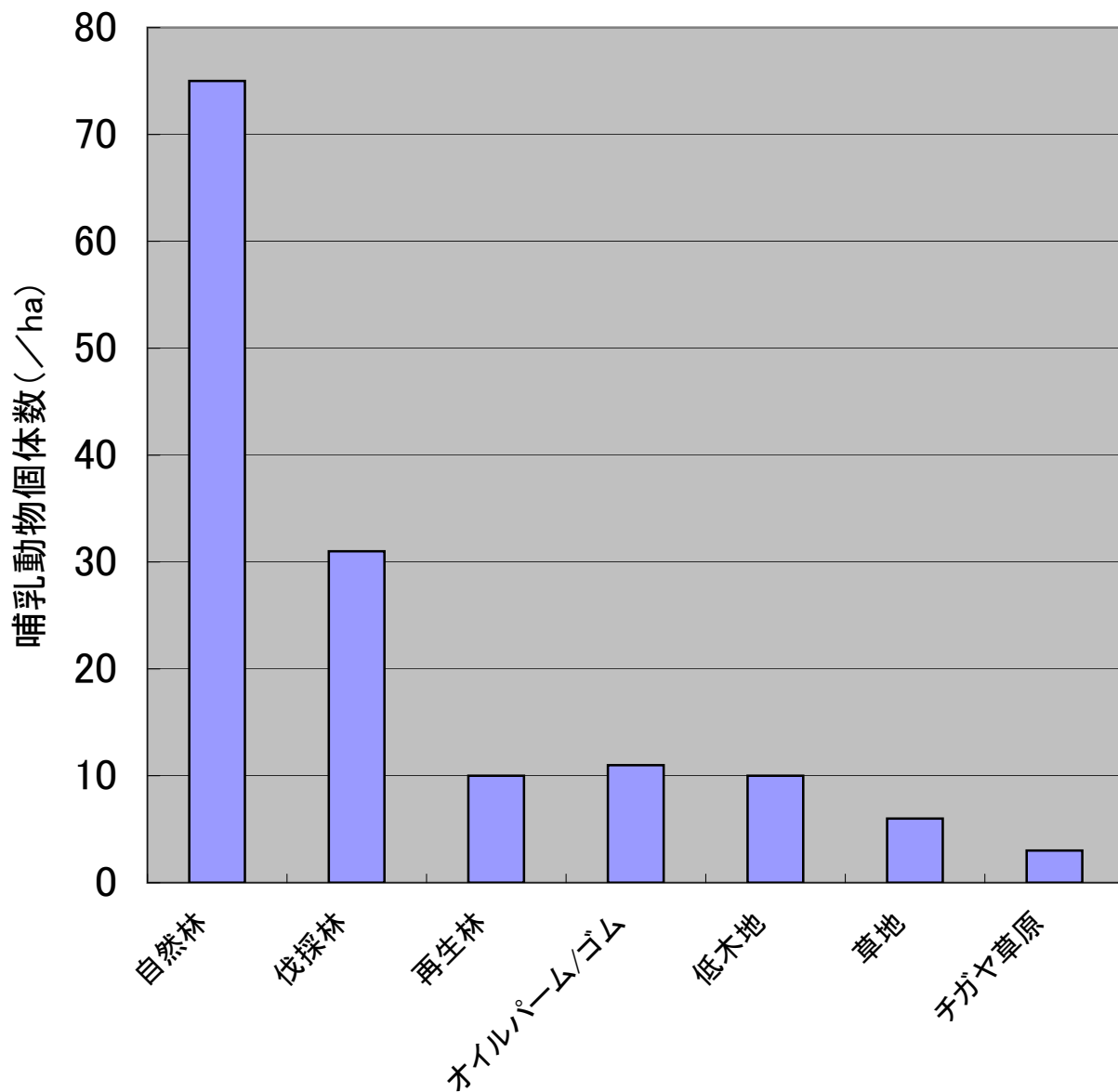


注) OPF:oil Palm Fronds FFB:Fresh Fruit Bunchs

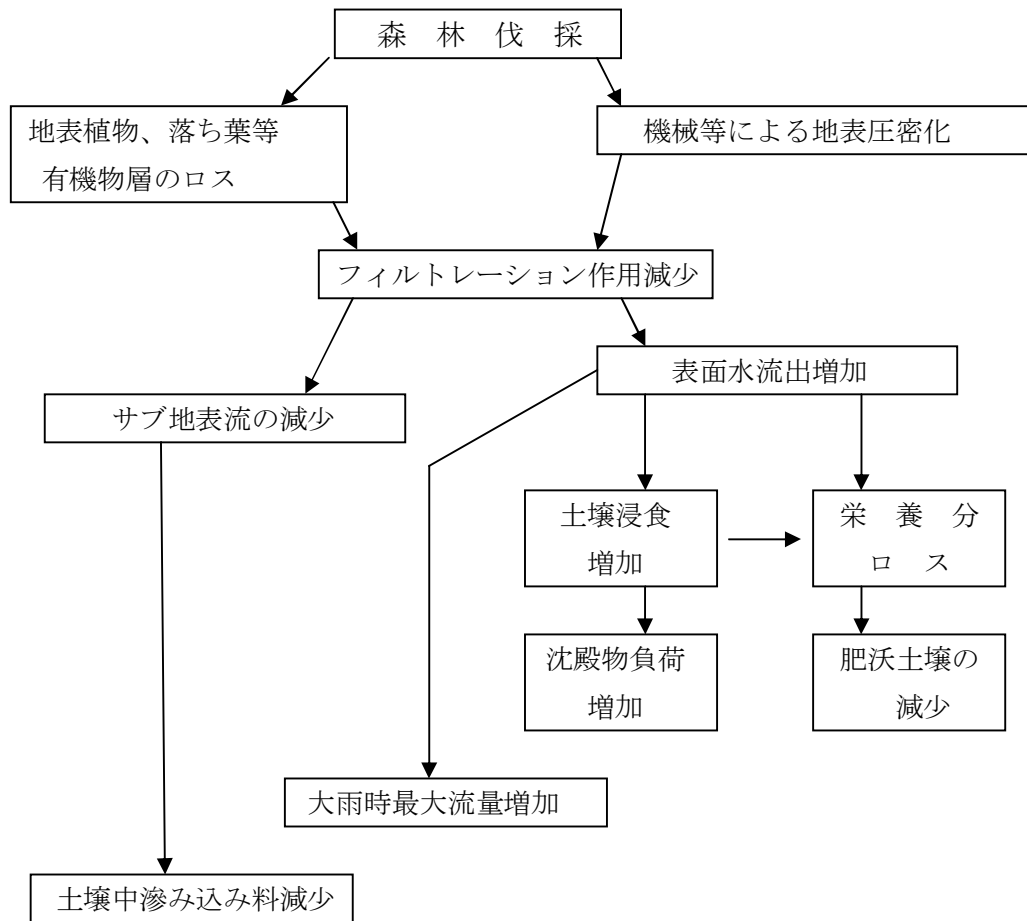
注) 参考文献

- 1) Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the Environment.Malaysian Oil Palm Growers' Council.16、19,20,21p
- 2) M.Wan Zahari et al.(2002)Utilization of Oil Palm Frond-based Diets for Beef and Dairy Production in Malaysia. 2002International Seminnar on recent advances in Animal nutriment. New Dellie,India 22 Sept. 2002
- 3) Kamarudin Hassan et al(1997)An estimated availability of Oil Palm Biomass in Malaysia. PPORIM Occasional Paper No.37. 11p

[図-18]マレーシアの植物型における哺乳動物個体数
(引用文献:I.E.Henson(1994)Env. Impacts of Oil Palm
Plantation in Malaysia. PORIM Occasional Paper No.33. 5p)

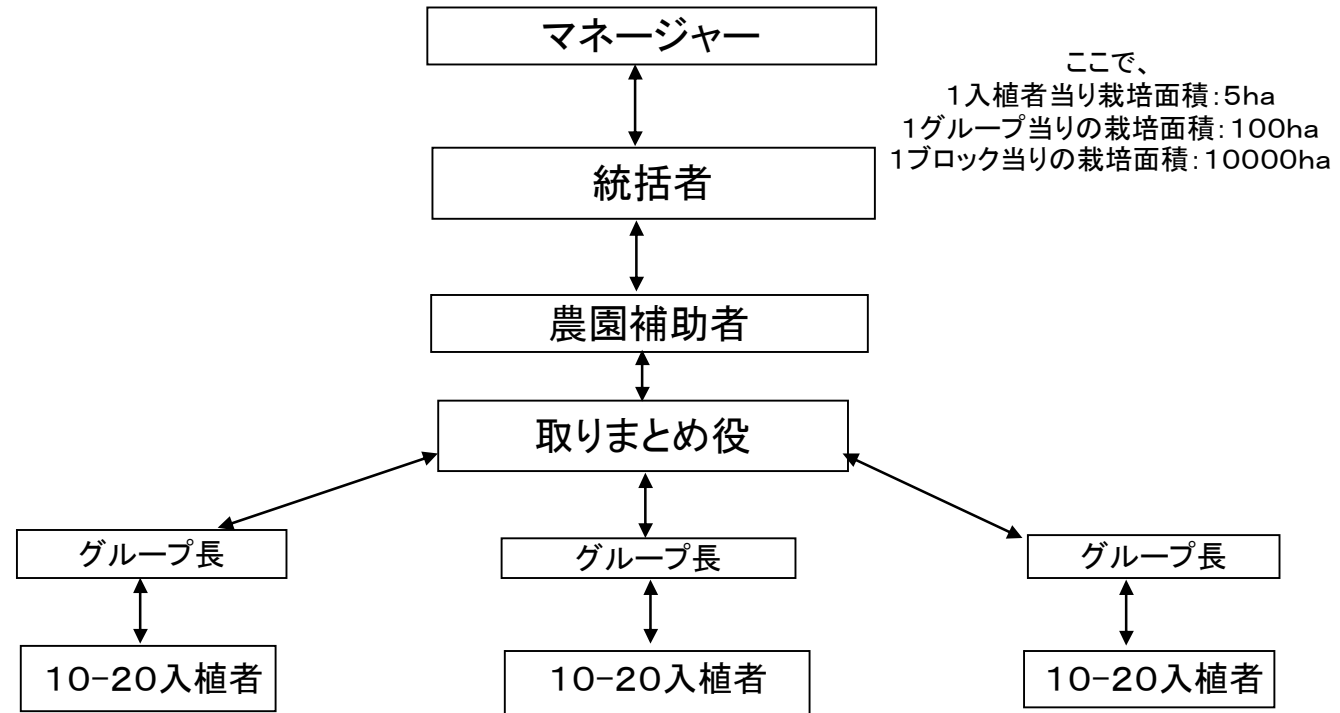


[図-19] 森林伐採が原因の各種問題の相関関係



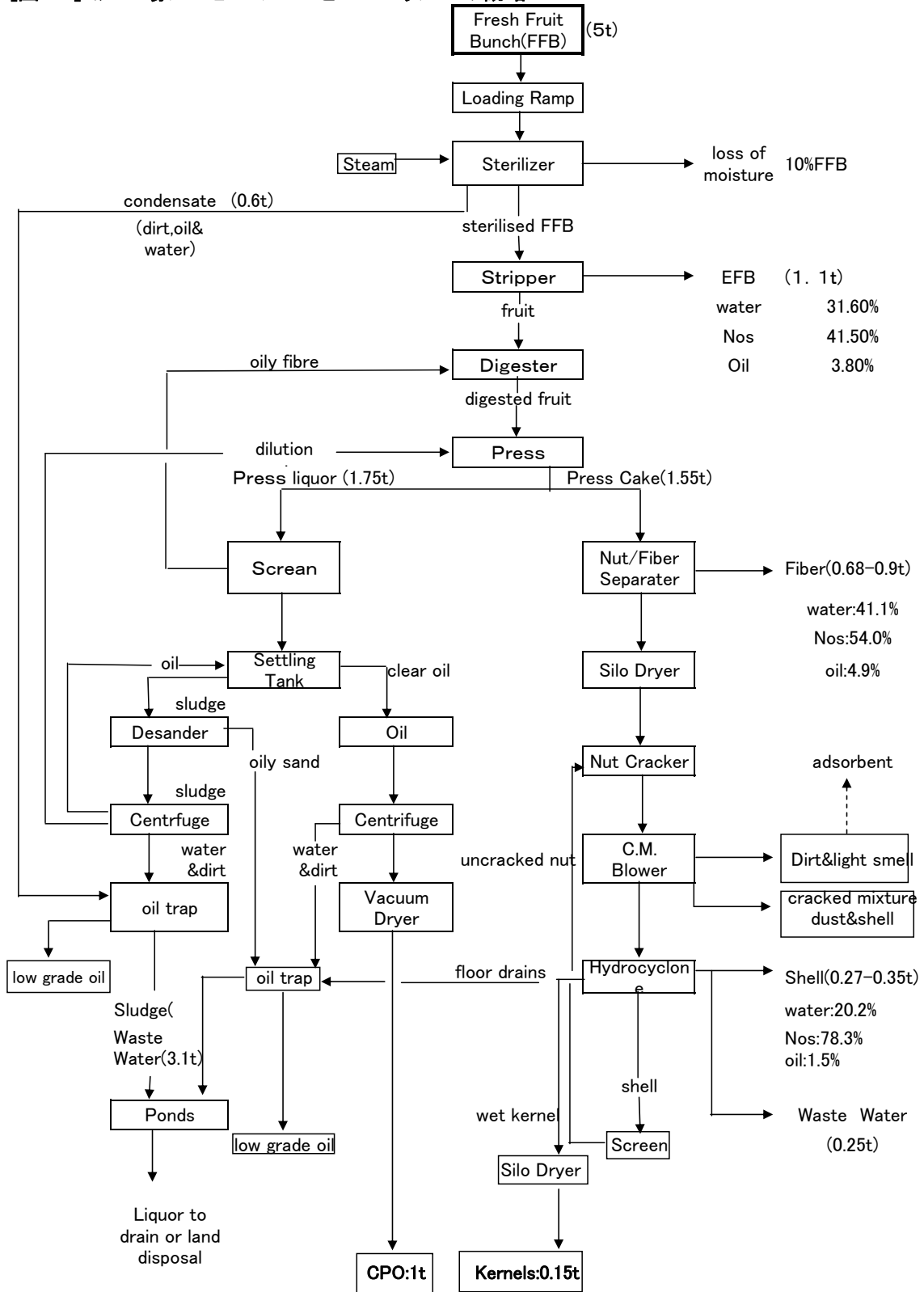
注) 参考文献 : Gurmit Singh et al(1999), "Oil Palm and the Environment" Malaysian Oil Palm Growers' Council 32p

[図-20] FELDAのブロック・グループワークシステムの組織図



引用文献) Yoshimi Komoguchi (1995) Human Ecology in Rural Malaysia.
Institute for Applied Geography Komazawa Univ. 97p

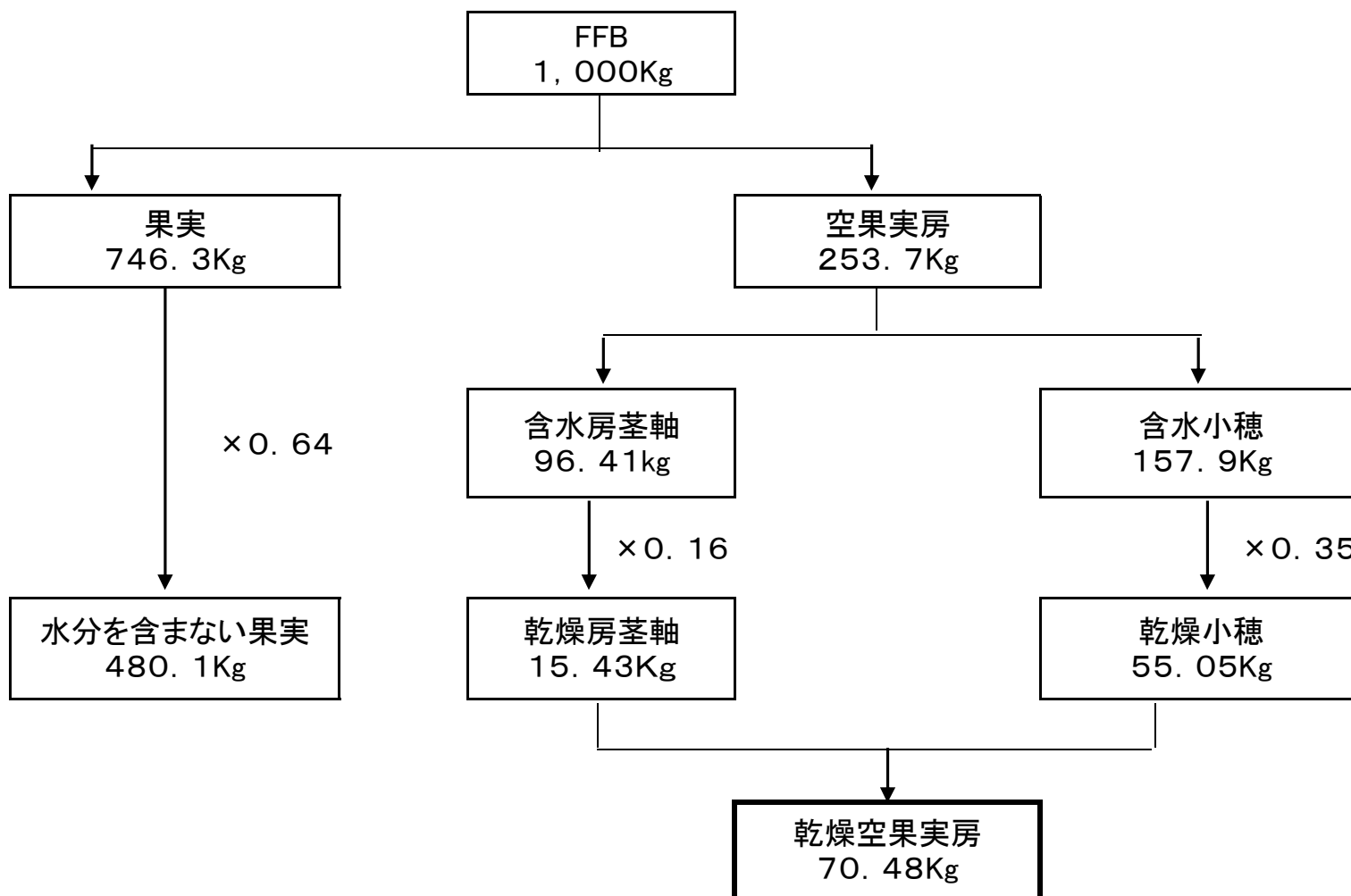
[図-21]ミル工場プロセス・フローとマスバランスの概略



*low grade oil:Secondary product

注)参考文献: Oil Palm and the Environment(A Malaysian Perspective) Malaysian Oil Palm Growers' Council 1999
 MPOB, "Malaysian Oil Palm Statistics 2000 20th Edition" 2001
 Gurmit Singh etl, "Oil Palm and Envrinment" Malaysian Oil Palm Growers' Council 1999
 MPOB, "Palm Oil Factory Process Hnadbook Part 1 General Discription of the Palm Oil Milling Process" 1994

[図-22]FFB(Fresh Fruits Bunch)から得られる素材

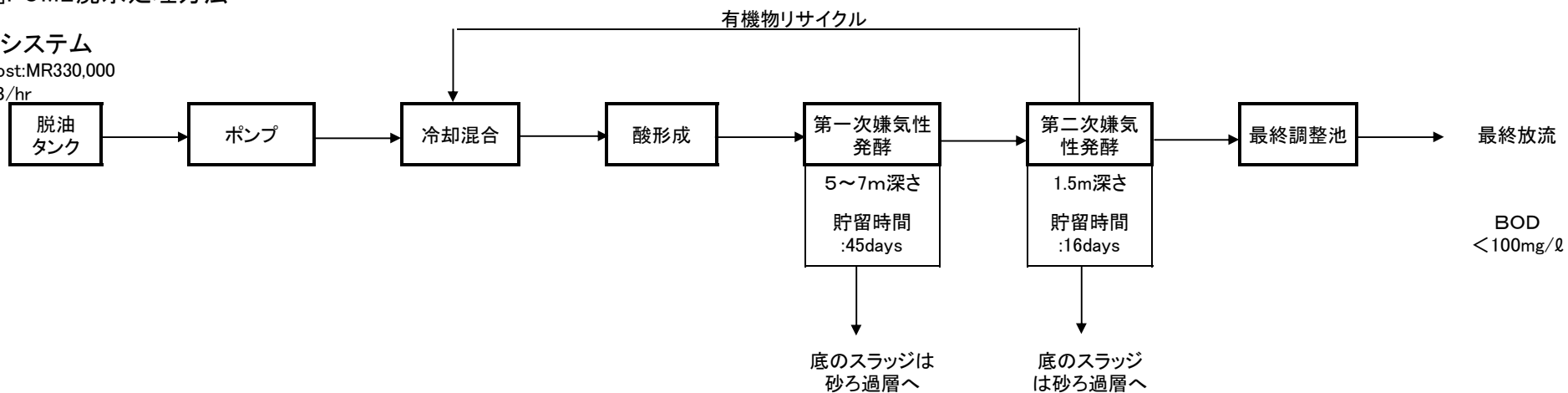


注)参考文献:Kamarudin Hasan et al(1997)An estimated availability of oil palm biomass in Malaysia.
PORIM occasional paper No.37 11p

[図-23]POME廃水処理方法

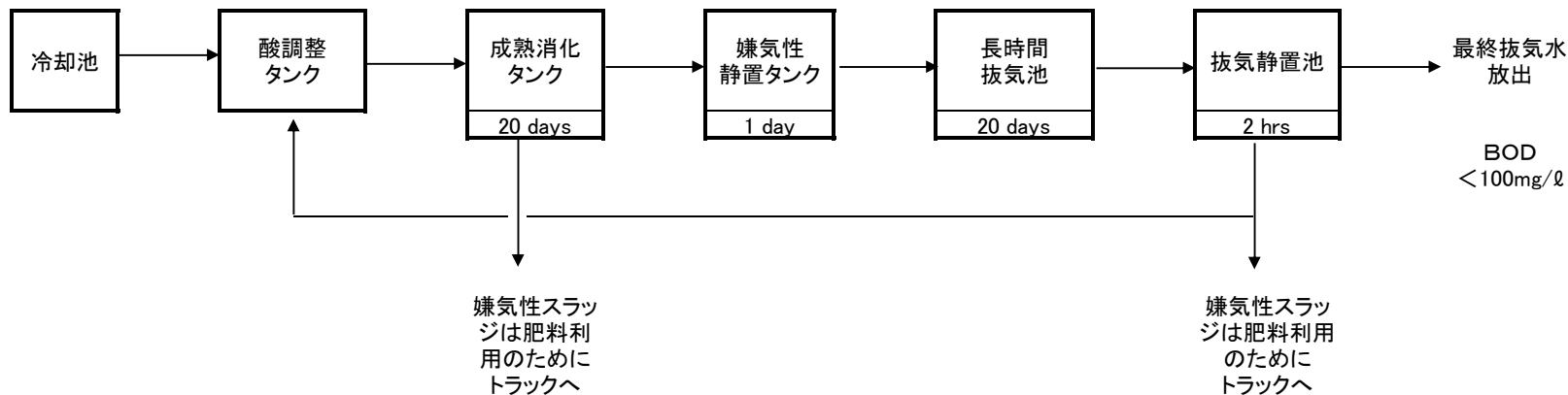
貯留池システム

Capital cost:MR330,000
at 30tFFB/hr



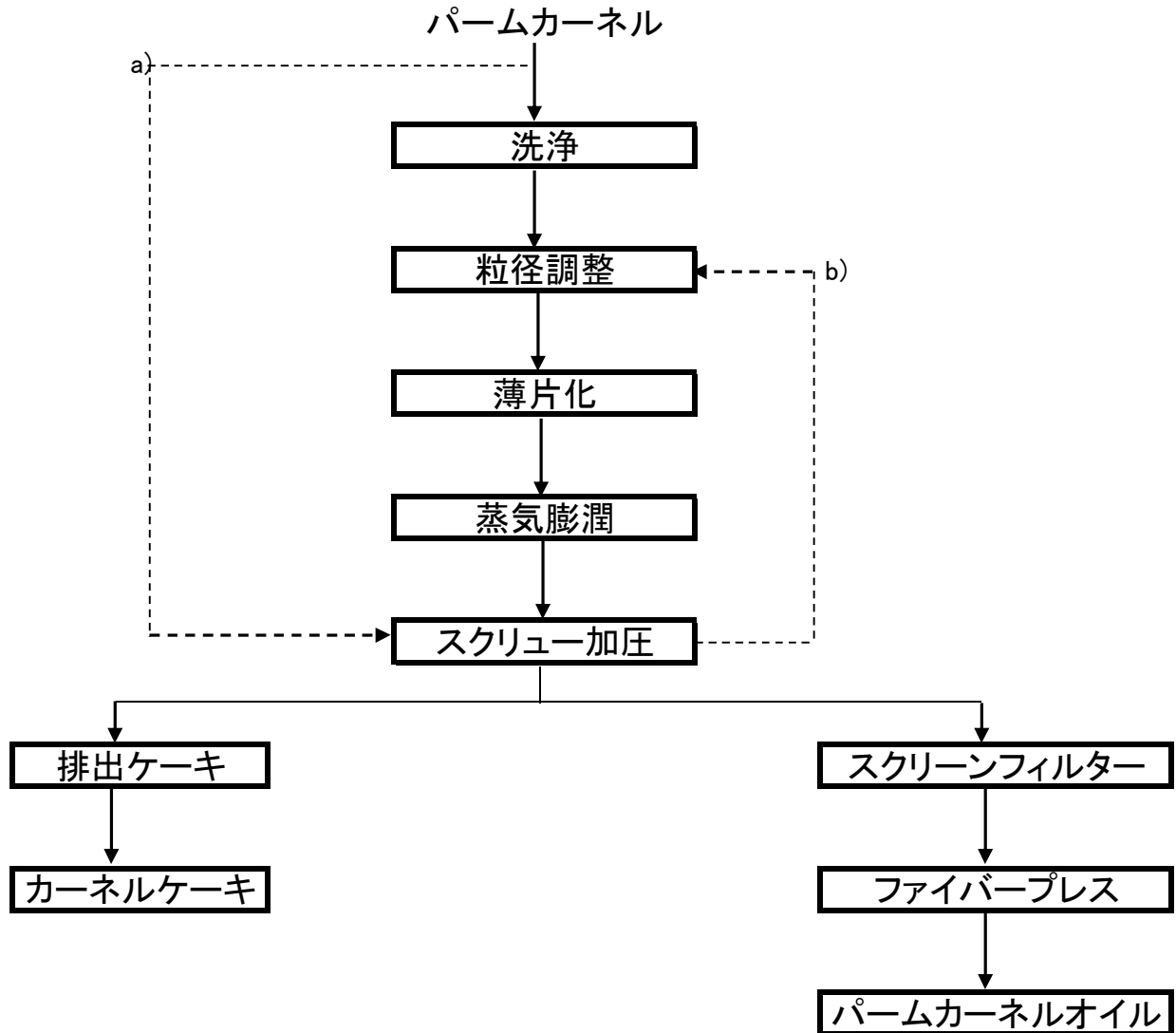
開放型消化タンクと長期抜気法

Capital cost:RM600,000
at 20tFFB/hr
Operation cost:RM0.3-0.6/tFFB



注) 引用文献:Gurmit Singh et al(1999)Oil palm and the Environment.Malaysian oil palm Growers' Council. 116-119p

[図-24]パームカーネル・クラッシャー工程



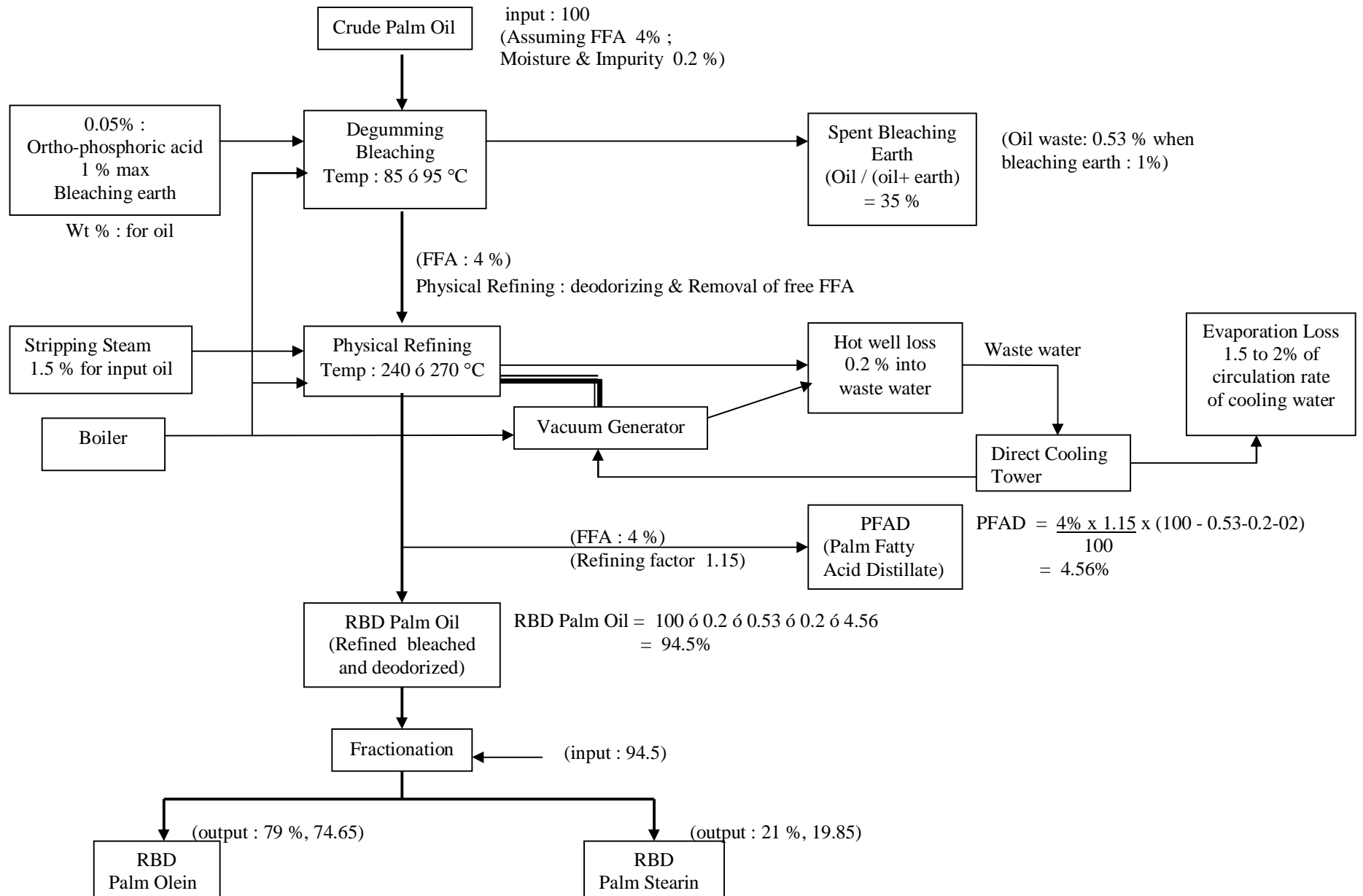
a):Direct screw pressing without Kernel pretreatment

b):Partial Kernel pretreatment followed by screw pressing

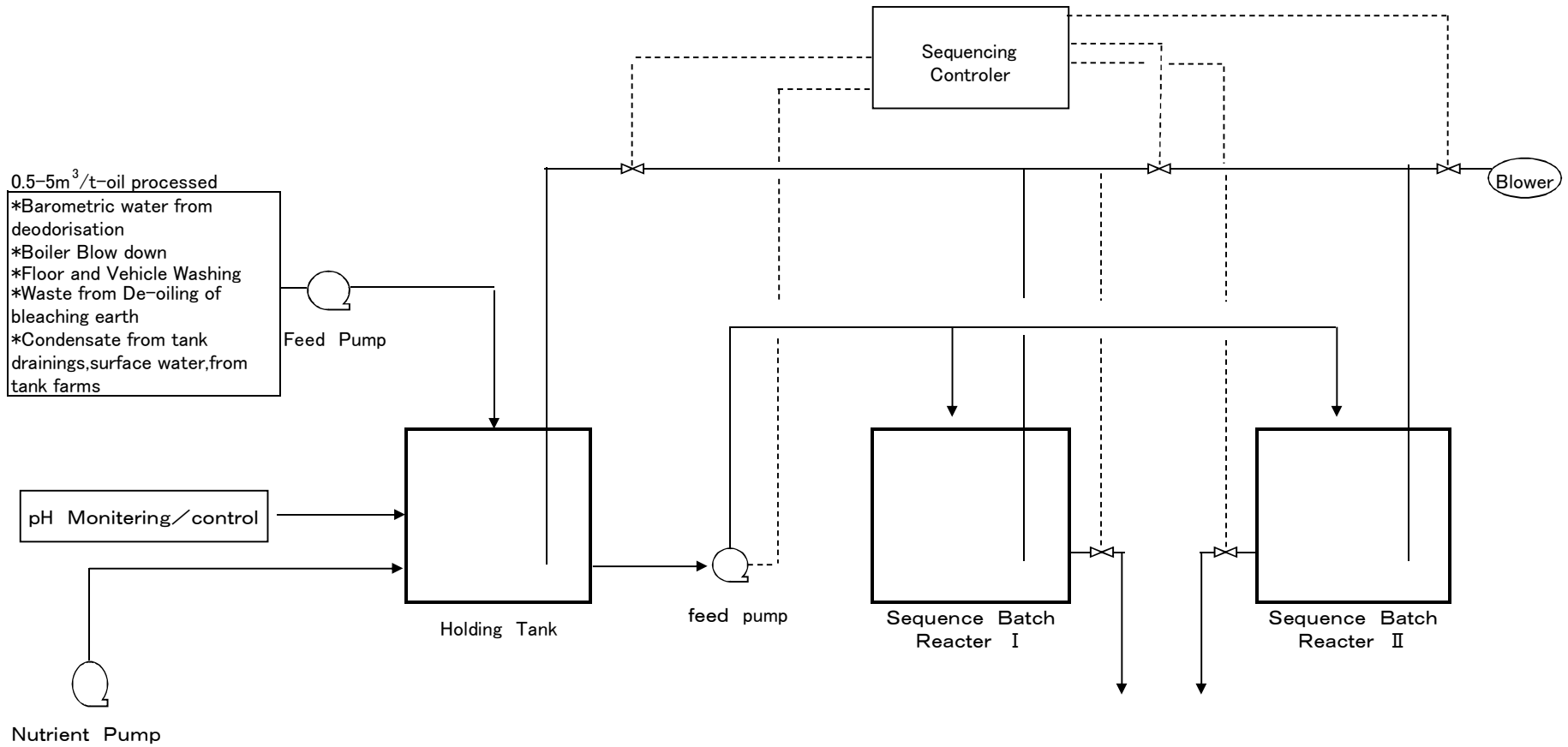
注) 参考資料: Anjuran Inwrdam et al(1997)Production of palm kernek oil.

Bengkel Latihan Workshop Serantau 24p

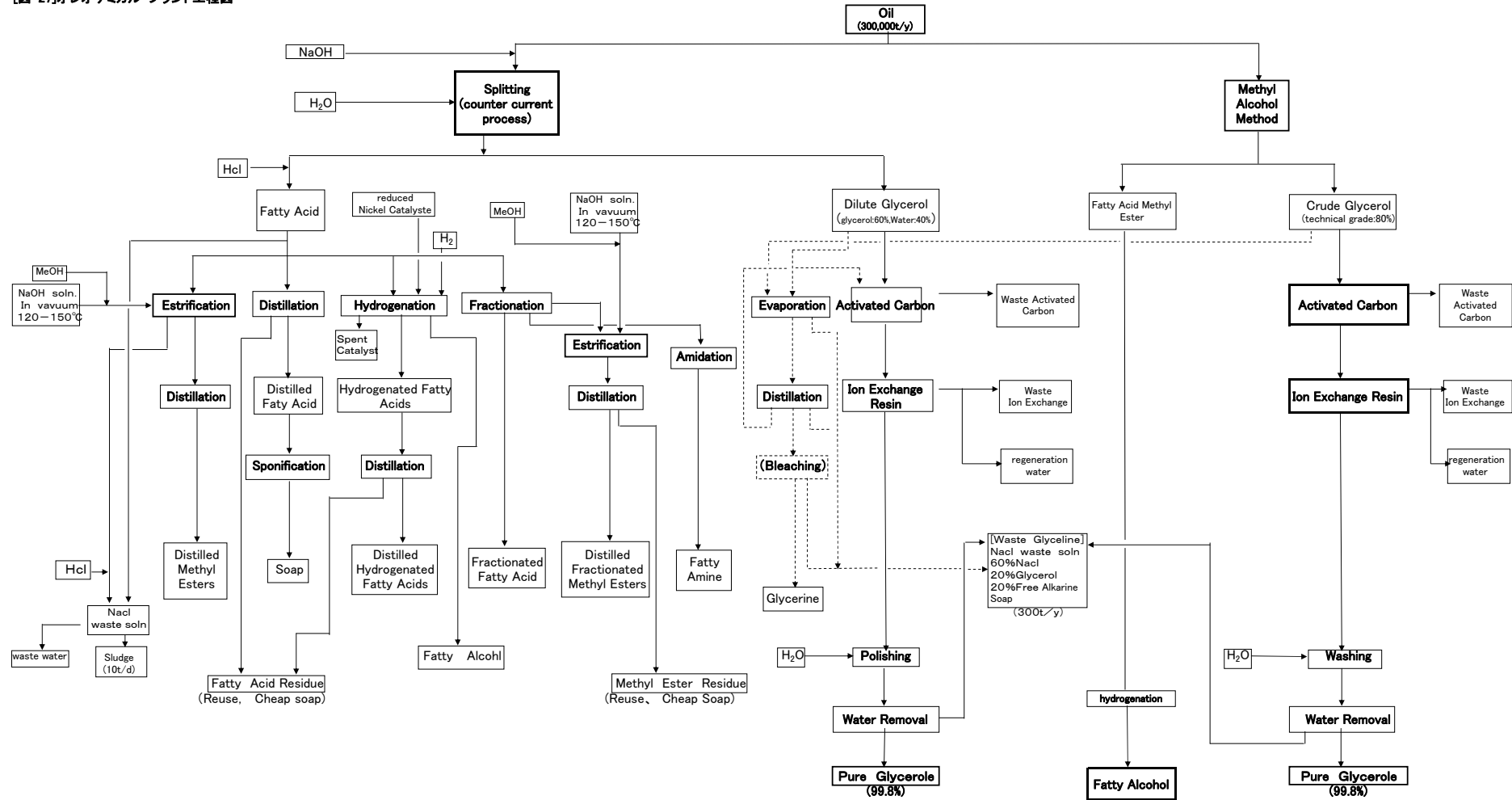
[図-25]リファイナリープロセス



[図-26]リファイナー工場廃液処理プロセス(マレーシアで一般的に採用されているSBRプロセス: Sequencing Batch Reactor)

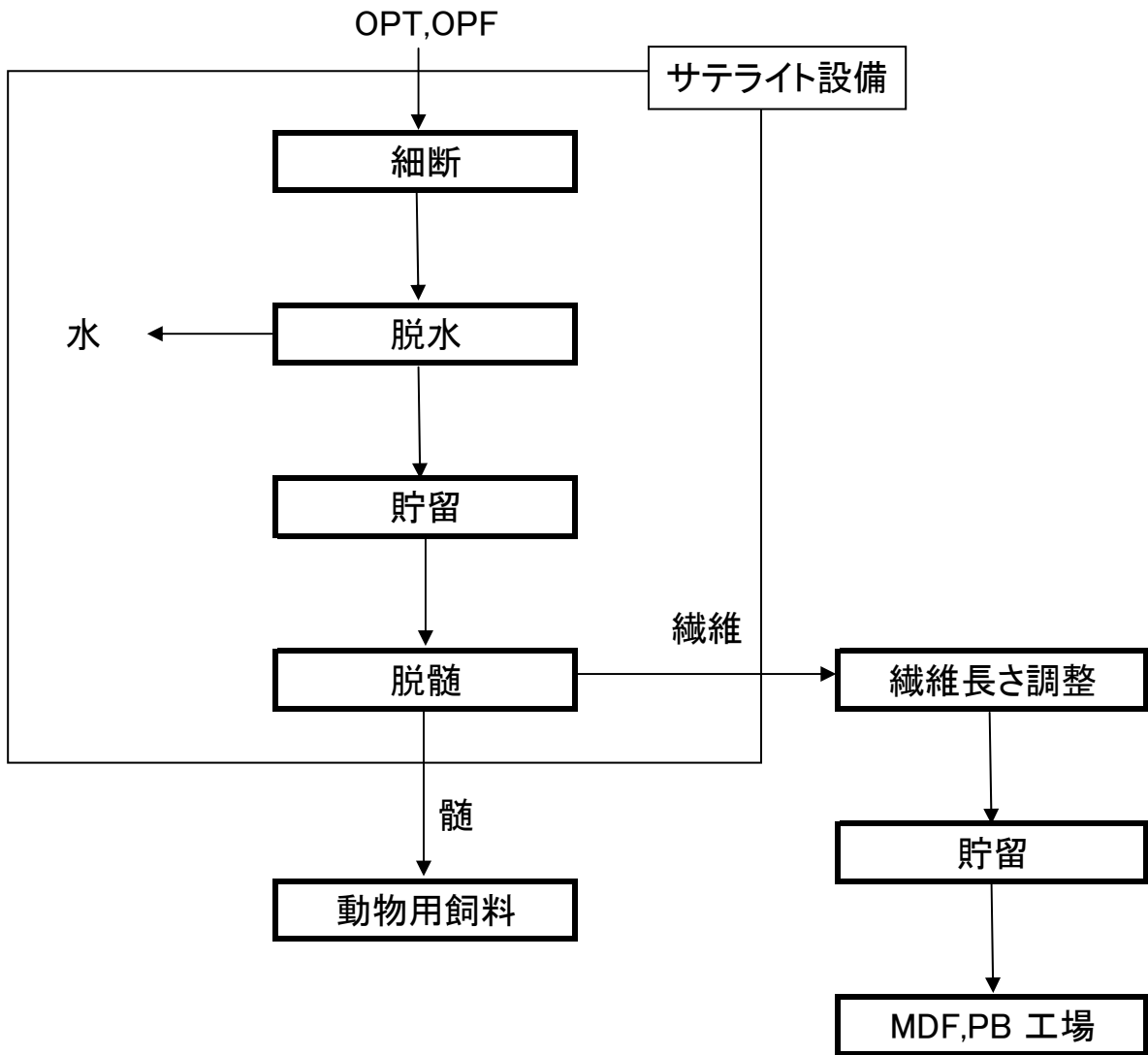


【図-27】オレオケミカル・プラント工程図



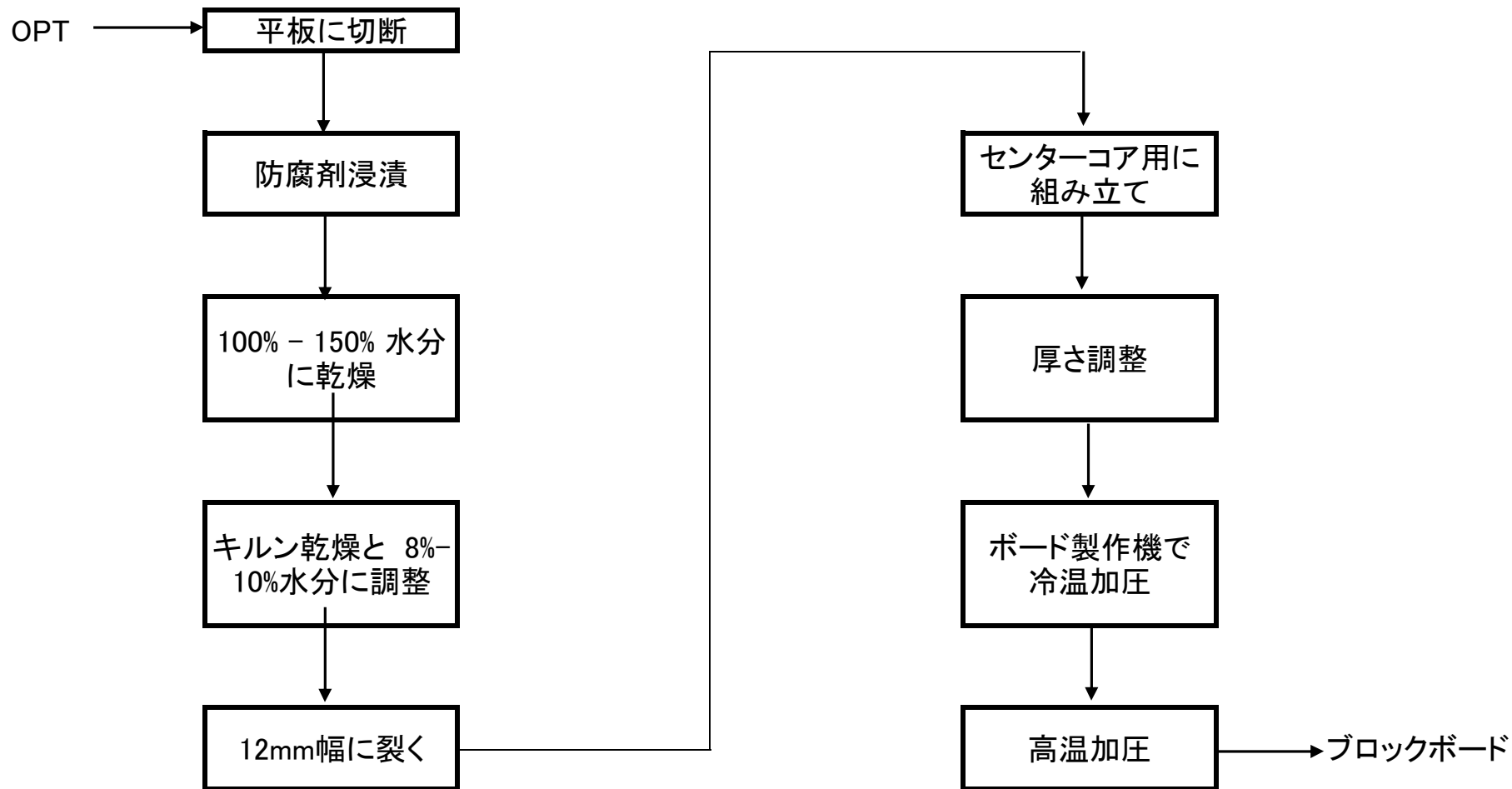
注) 出典: Cognis Oleochemicals Malaysia Sdn. Bhd Catalogue
Cognis Oleochemicals Malaysia Sdn. Bhd 訪問聴取
Oil Palm Industry in Malaysia, 1992

[図-28]OPT,OPFの繊維化前処理システム



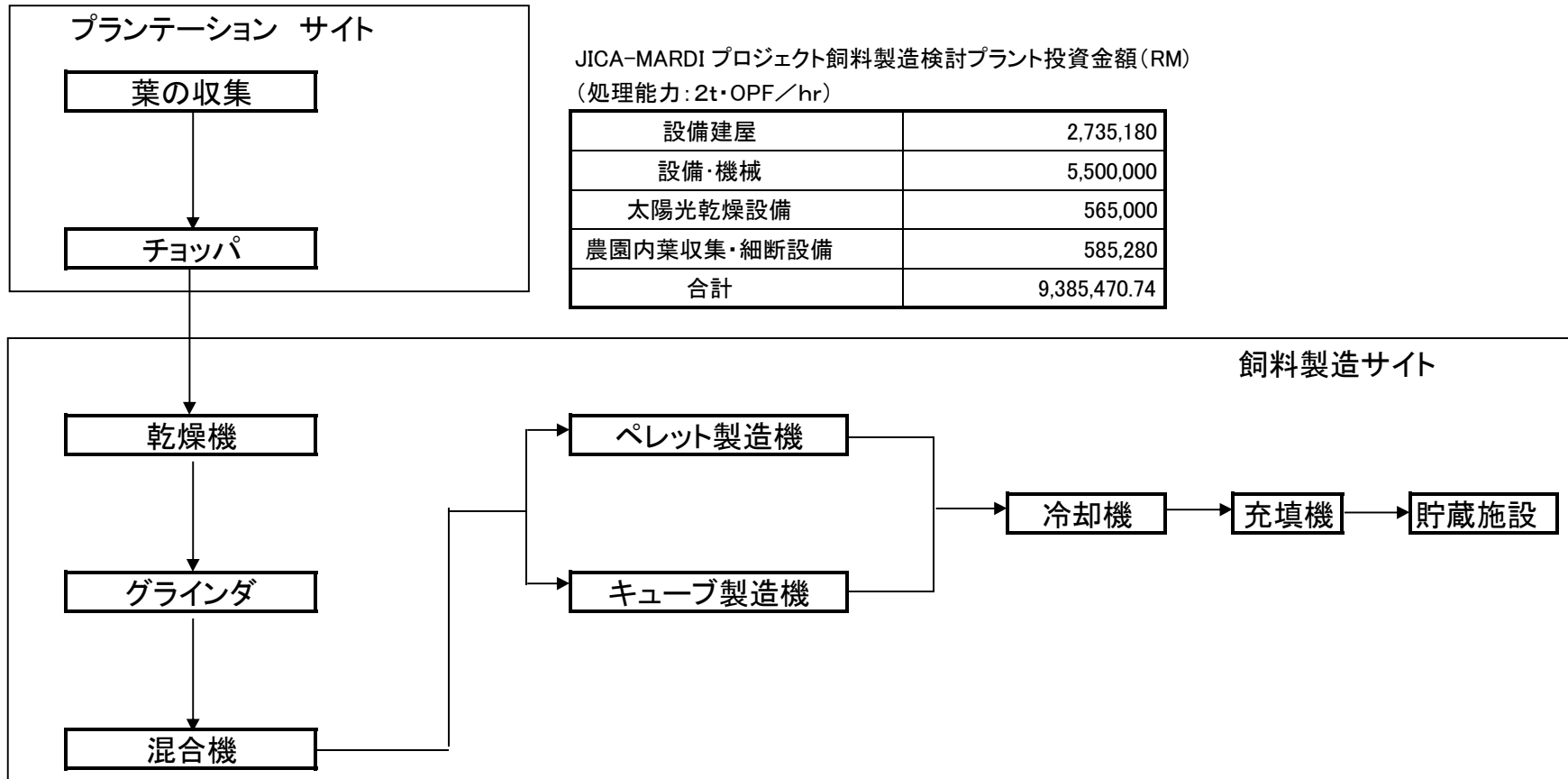
注)参考資料:G. Siempelkamp GmbH & Co. カタログ 1999

[図-29]OPT利用Block board製造プロセス



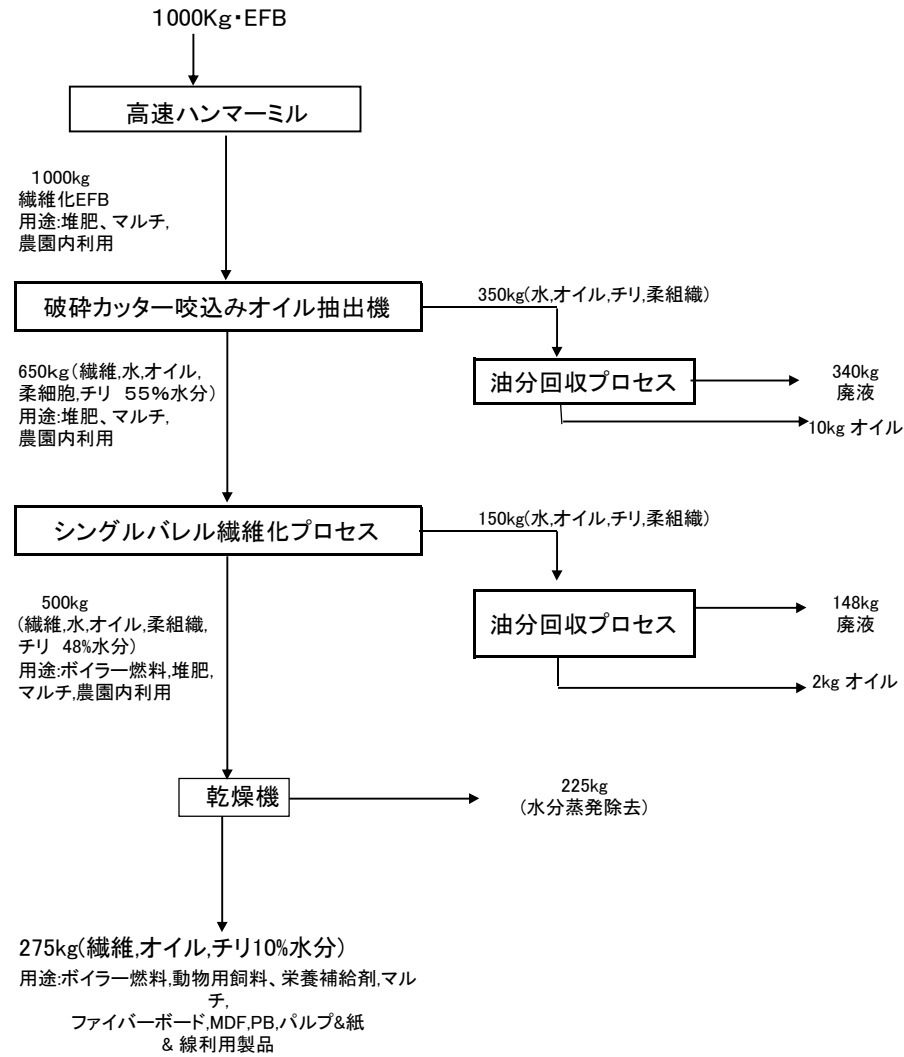
注) 引用文献: Mohamad Husin et al(2001)Blockboard from oil palm trunk.MPOB information series No.126

[図-30] Frond(葉)を利用した動物用飼料の製造プロセス

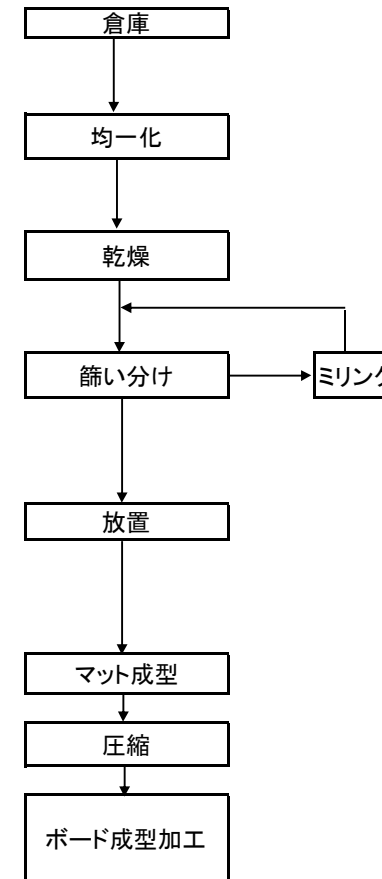


注) 参考文献: MARDI-JICA Project: Development of technology related to the processing of feed based on agro-industrial by-products of oil palm in Malaysia

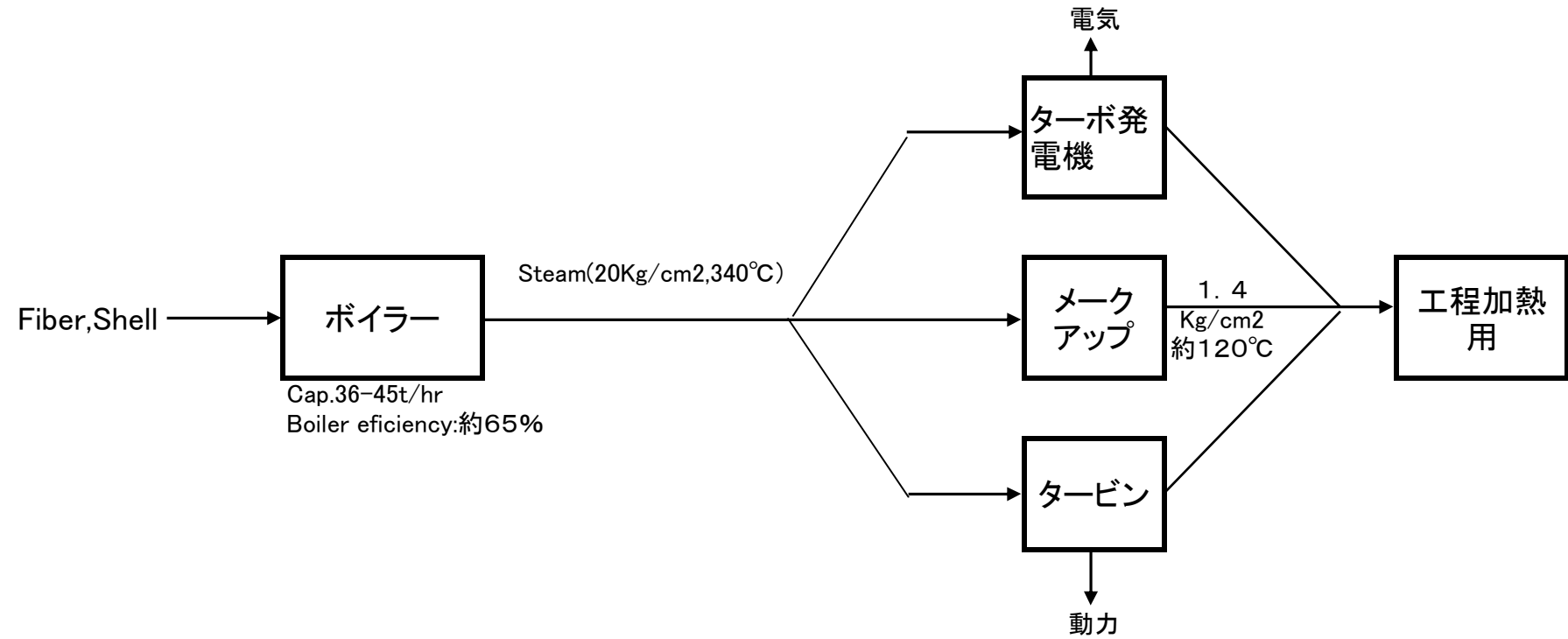
[図-31] EFB前処理工程とマスバランス



パーティクルボード(PB)工場

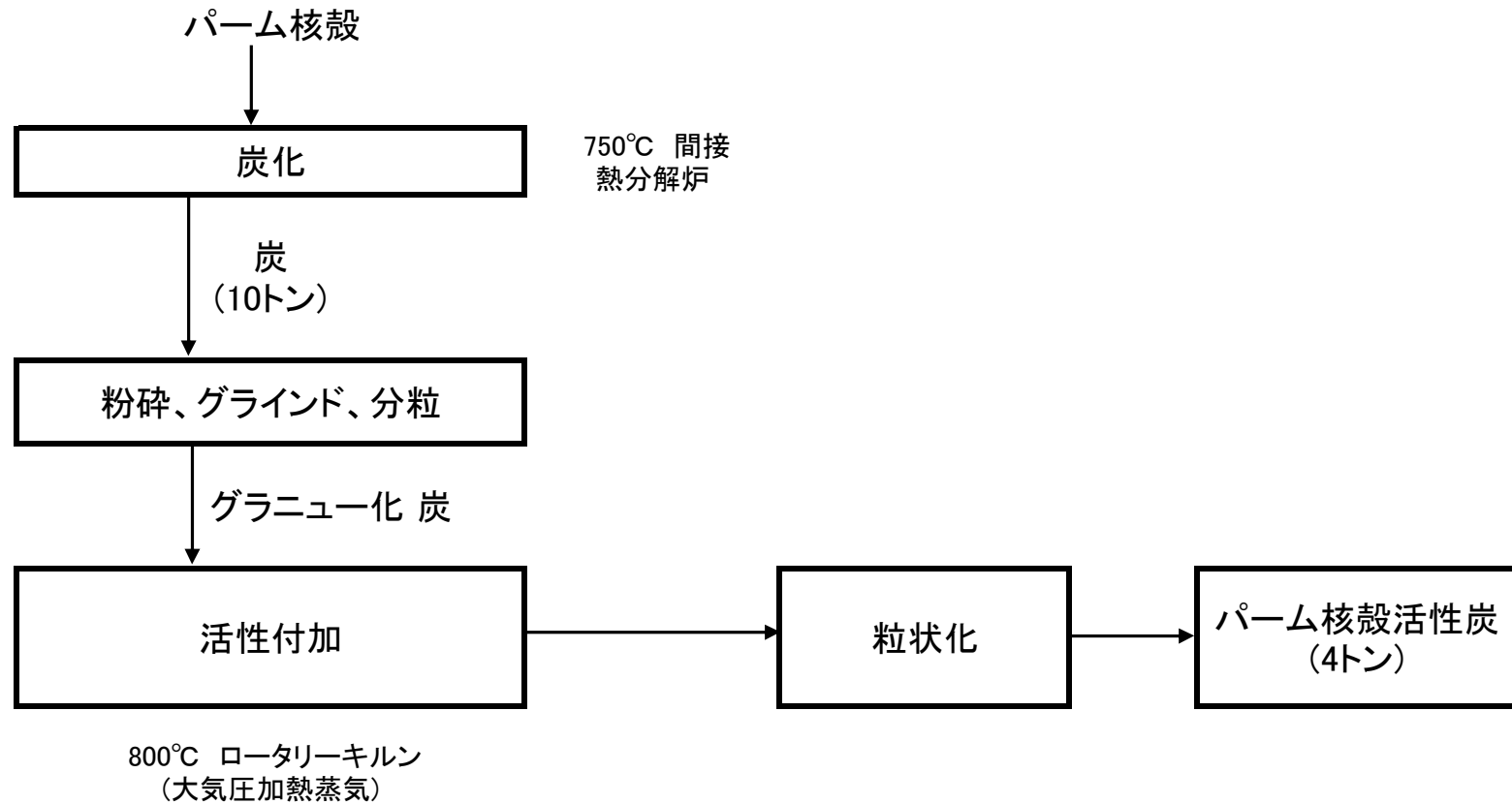


[図-32]ミル工場のエネルギー利用プロセス



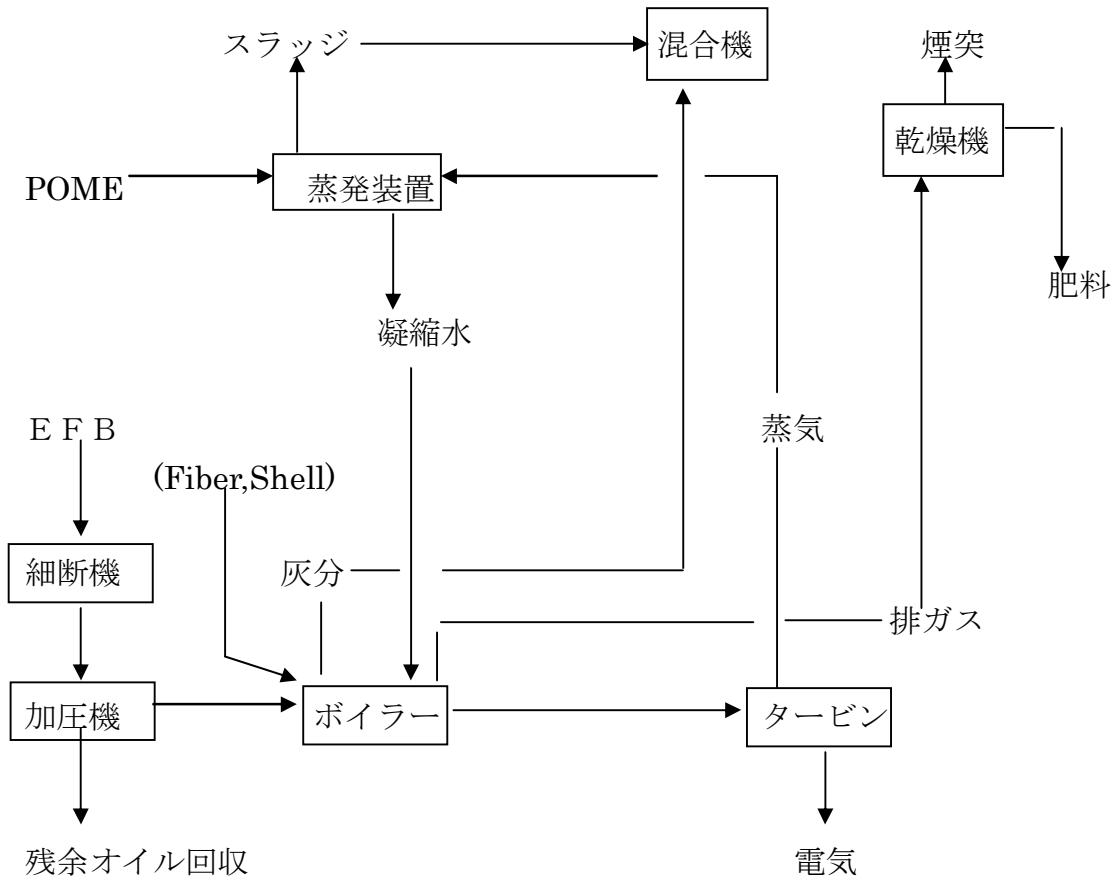
注) 参考文献: K.O.Lim(1983)Utilization of Plant Matter Wastes for Power Generation in Malaysia.Seminar-CUM-Workshop.
Asian Institute of Technology Bangkok II-2

[図-33]Shellを利用した活性炭製造プロセス



注) 参考文献: Hoi Why Kong et al (1998) Production of activated carbon from palm kernel shells by steam activation
Utilisation of oil palm tree. OPTUC 222-224

[図- 3 4]EFB (Fiber、Shell) 燃料・POME 蒸発残渣肥料化プロセス

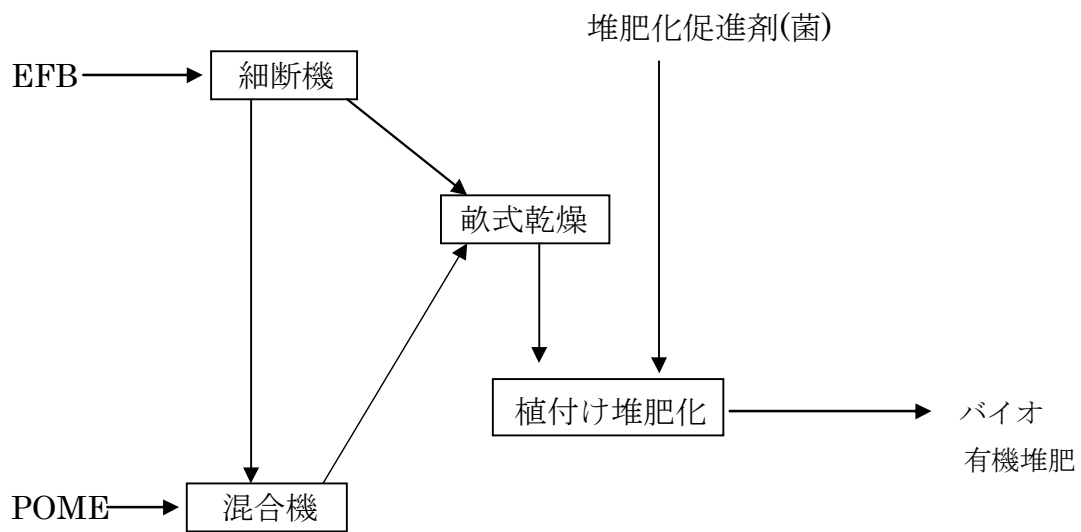


注) 参考文献 : Ir Victor Wee et al(2002)Closed loop Zero-waste management system for palm oil mill.2002 National Seminar on palm oil milling, refining technology, Quality and Environment. MPOB Paper14

注) 30t FFB/hr mill 工場では、POME19.5t/hr、蒸発装置の出口では、Solid concentrate(20% solid) 3.2t/hr と凝縮水 16.3t/hr

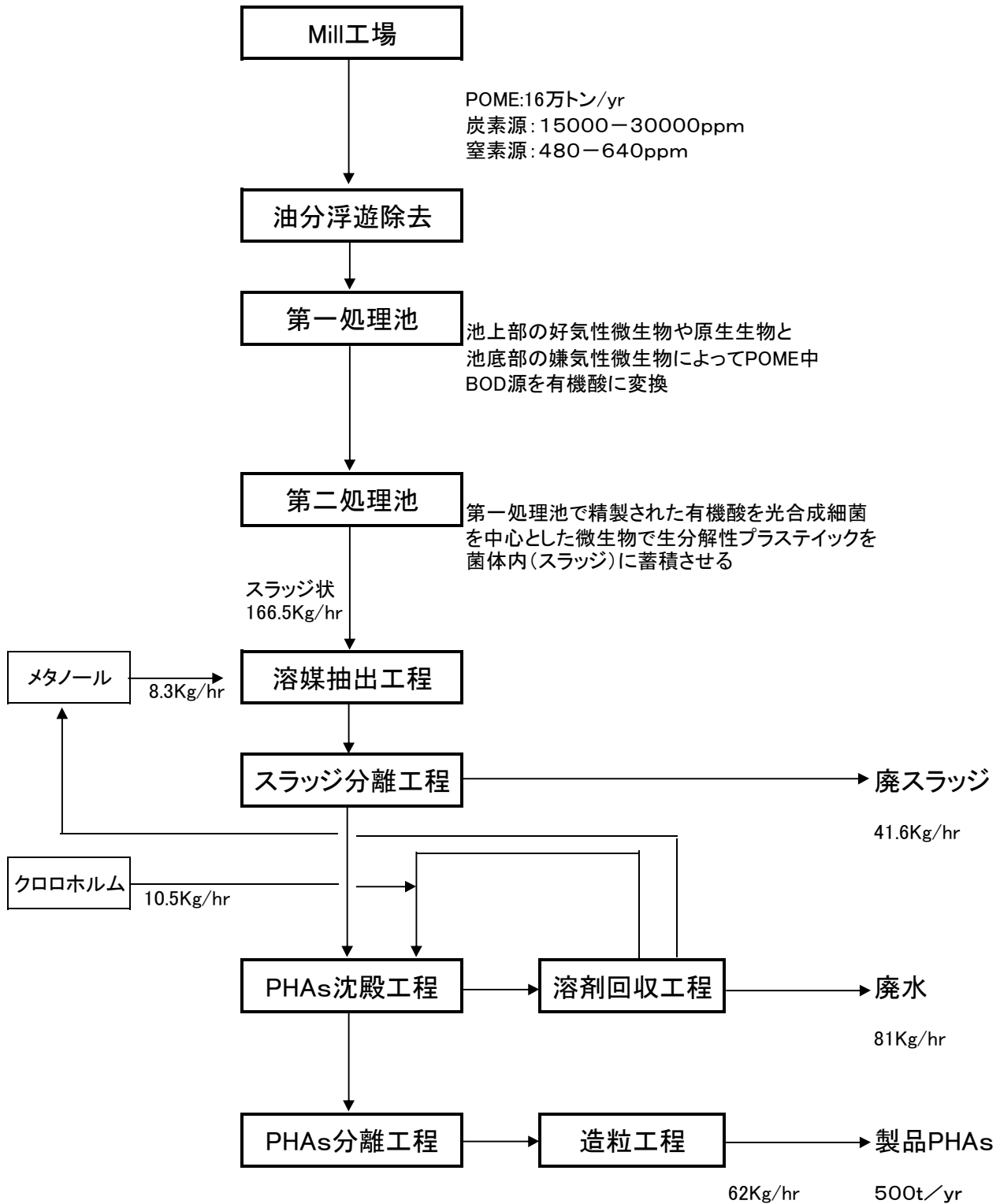
参考文献 : In Ma Ah Ngan(1995)Towards a greener palm oil industry:Energy -Environment Treatment Palm oil technical Bulliten Vol.1 No.2

[図-35] EFB/POME 利用肥料化プロセス



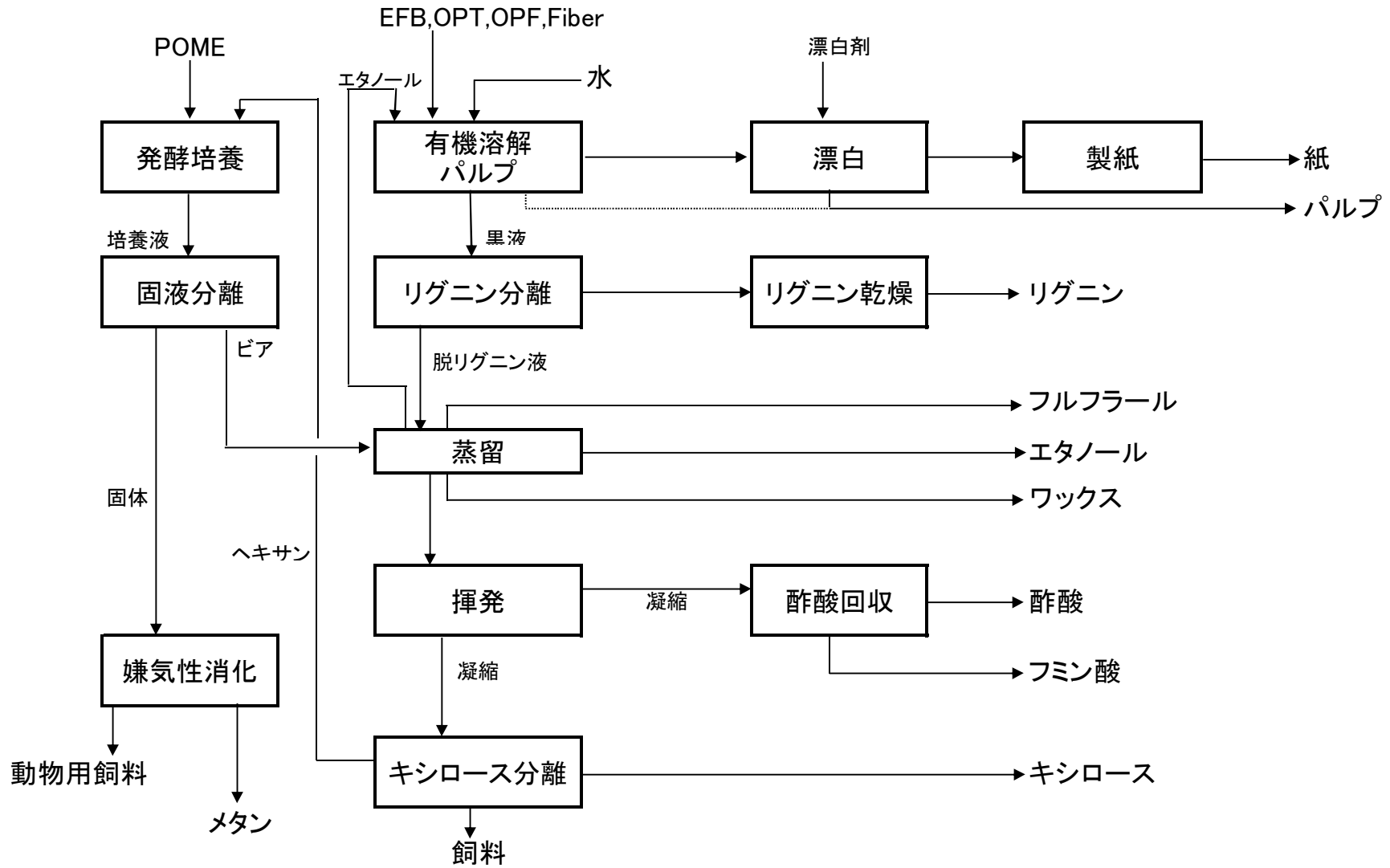
注) 参考資料 : Ststematic Approach Green Environment Sdn.Bhd カタログ 2002

[図-36]生分解性プラスチック(PHAs)の生産プロセス



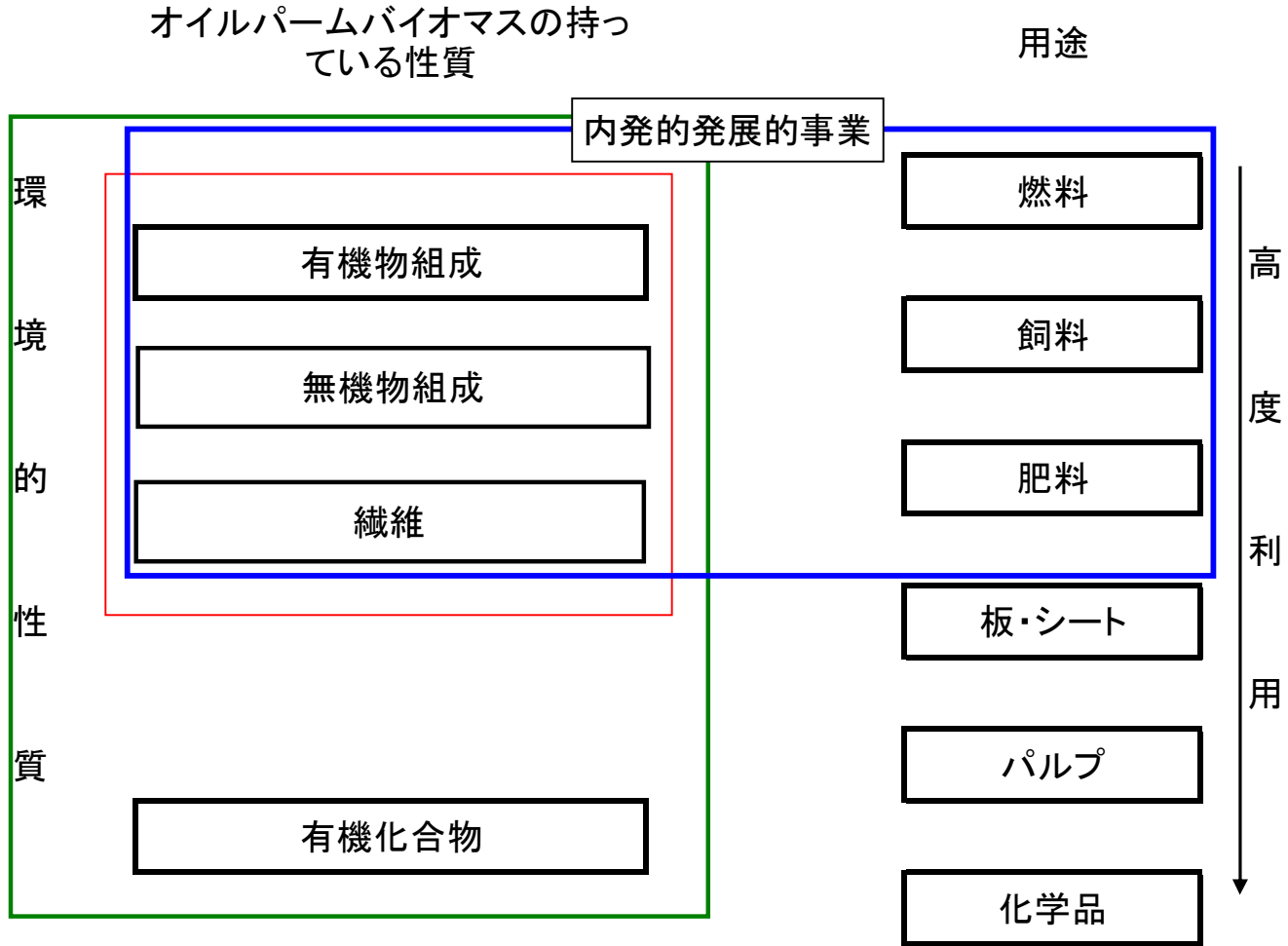
注) 引用文献: 新エネルギー・産業技術総合開発機構 平成7年度調査報告書NEDO-GET-9512 環境調和型生物化学コンビナートに関する調査(Ⅲ)55-56p

[図-37]オイルパームバイオマスのトータル的利用プロセス (Ecofiber Process)



注) 参考資料: E.Kendall Pye(2001)Production of Valuable Papermaking Pulp and Fine Chemicals from Oil Palm Residues. Proceedings of the 2001 PIPOC International Palm Oil Congress.Chemistry&Technology Conference.8p

[図-39] オイルパームバイオマスの持っている性質と用途展開への考え方

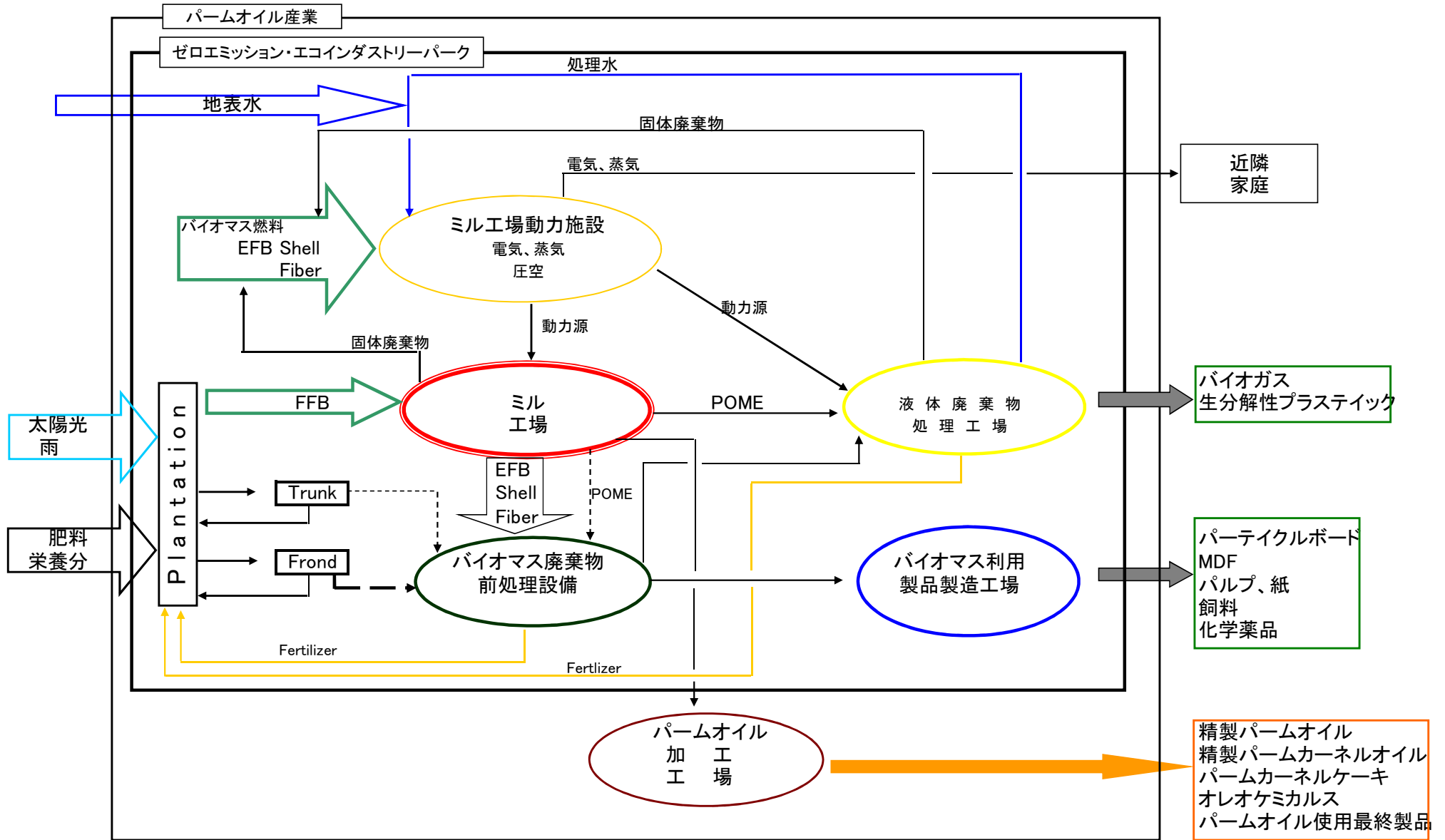


[図-40]内発的发展各バイオマス利用の用途組み合わせ

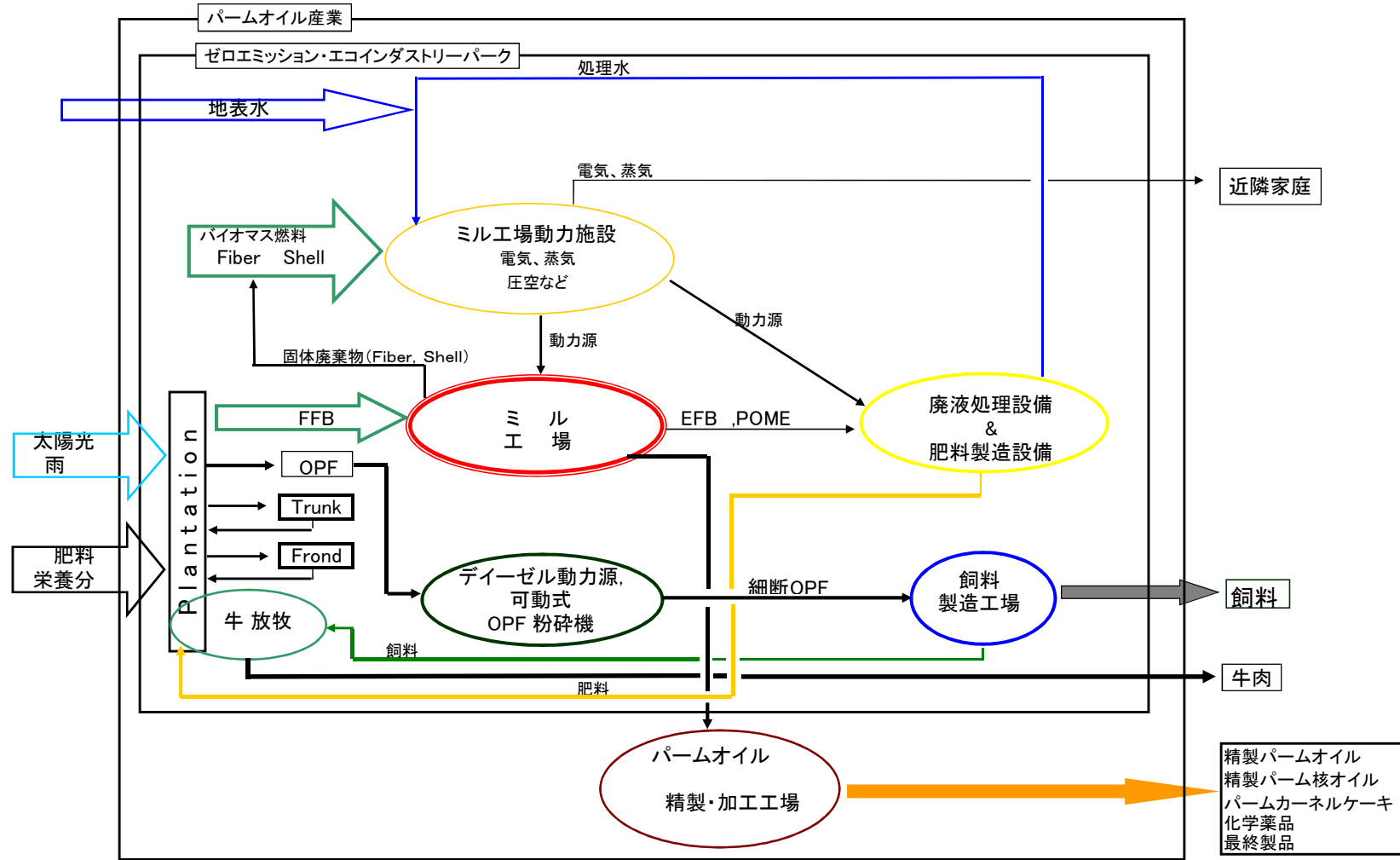
	検証 1	検証 2	検証 3	検証 4	検証 5	検証 6	検証 7
切り倒され時発生OPT	スライス後マルチ	スライス後マルチ	スライス後マルチ	スライス後マルチ	スライス後マルチ	スライス後マルチ	スライス後マルチ
切り倒され時発生OPF	マルチ	マルチ	マルチ	マルチ	マルチ	マルチ	マルチ
剪定・収穫時発生OPF	飼料	飼料	飼料	飼料	飼料	飼料	飼料
Shell	ミル工場	ミル工場	ミル工場	ミル工場	ミル	ミル	ミル
Fiber	燃料	燃料	燃料	燃料	工場	工場	工場
EFB	EFB繊維化	MDF,PB	MDF,PB	MDF,PB	燃料	燃料	燃料
POME	POME吸収肥料	蒸発処理・肥料	バイオガス	生分解性ポリマー	蒸発処理・肥料	バイオガス	生分解性ポリマー
	検証 8	検証 9	検証 10	検証 11	検証 12	検証 13	検証 14
切り倒され時発生OPT	スライス後マルチ						
切り倒され時発生OPF	マルチ	MDF,PB	MDF,PB	MDF,PB	MDF,PB	MDF,PB	MDF,PB
剪定・収穫時発生OPF	飼料						
Shell	活性炭	ミル工場	ミル工場	ミル	ミル	ミル工場	ミル工場
Fiber	ミル工場	燃料	燃料	工場	工場	燃料	燃料
EFB	燃料	EFB繊維化	MDF,PB	燃料	燃料	MDF,PB	MDF,PB
POME	蒸発処理・肥料	POME吸収肥料	蒸発処理・肥料	蒸発処理・肥料	バイオガス	バイオガス	生分解性ポリマー

MDF:Medium Density Fiberboard, PB:Particle Board

[図-41] オイルパームバイオマスを用いたゼロエミッション・エコインダストリーパーク概念図



[図-42] 内発的発展的各バイオマス利用法を組み合わせたゼロエミッション・エコインダストリーパーク



3. 表

- [表-1] パームオイル産業におけるバイオマス廃棄物発生量(2000年)
- [表-2] マレーシアにおける FFB とパームオイルの単位面積当たり収穫量
- [表-3] 各種バイオマスの発熱量
- [表-4] バイオマス発電と他発電との比較
- [表-5] バイオマス・ニッポン実現に向けた 2010 年を目途とする具体的目標
- [表-6] 内発的発展の構成因子の分類
- [表-7] バイオマスの性質とオイルパームバイオマスの特徴
- [表-8] 内発的発展とバイオマス利用の整合性
- [表-9] 内発的発展因子による事業評価
- [表-10] 世界油脂生産量
- [表-11] 化学工業における油脂適用範囲
- [表-12] 各油脂の価格変動
- [表-13] 各種油脂の脂肪酸組成
- [表-14] 植物油の単位面積当たりの収穫量比較
- [表-15] 施肥量バランス：各植物油の比較
- [表-16] 植物油生産コスト比較
- [表-17] オイルパーム製品の生産量、輸出量そして額(2000年)
- [表-18] マレーシアの各経済活動における GDP
- [表-19] マレー半島における農村世帯数、貧困世帯数そしてその割合
- [表-20] マレーシア国家プランに基づく新土地開発
- [表-21] マレーシアの貧困家庭の農村と都会の比較およびその割合の推移
ゴム単位面積当たりの収穫量推移
- [表-22] マレーシア農業分野における貧困割合の推移
- [表-23] マレーシア農業の小規模農家の土地平均保有面積
- [表-24] マレーシア農村部と都市部の所得比較
- [表-25] オイルパーム産業労働者の推定
- [表-26] プランテーションにおける労働者の職種・人員
- [表-27] ハントウマレーシアにおける独立小規模農家の保有面積の分布と人種
- [表-28] マレーシアにおける就業人口と人種の関係
- [表-29] 農産物の土地利用比較
- [表-30] ミル工場数と処理能力
- [表-31] リファイナリー工場の数と処理能力
- [表-32] カーネルクラッシャー工場の数と処理能力
- [表-33] マレーシアにおけるオイルパーム農場面積の推移
- [表-34] マレーシアにおけるオイルパーム農場面積・今後の予測

- [表-35]マレー半島におけるオイルパーム用に耕作可能又は適した面積
- [表-36]ゴム農園、オイルパーム農園面積の推移
- [表-37]ゴム単位面積当たり収穫量推移
- [表-38]ゴム FOB 価格の変動
- [表-39]ゴム農園・オイルパーム農園の単位面積当たりの収入比較
- [表-40]マレーシアの都市部・農村部における貧困の割合と貧困家庭数比較
- [表-41]マレーシアにおける各民族の月給比較
- [表-42]大規模な熱帯雨林からオイルパームプランテーションへの土地利用変換に伴う主な環境要因及びその他の変化
- [表-43]オイルパームにおける有機物分布
- [表-44]森林の持つ機能
- [表-45]森林の持つ機能とオイルパーム農園の持つ機能の比較
- [表-46]オイルパームバイオマスのカーボンクレジット
- [表-47]マレーシアにおける為替レート、消費者物価、生産者価格給料の動向
- [表-48]プランテーション労働者職種別賃金推移
- [表-49]オイルパーム農場におけるエネルギー消費
- [表-50]マレーシアの農業予算配分
- [表-51]マレーシア熱帯雨林、マメ科植物で覆われている所及びオイルパームの腐葉土による栄養分のリサイクル
- [表-52]自然林、人工林そして開拓後の土壌浸食比較
- [表-53]オイルパーム植林後の土壌浸食の例
- [表-54]オイルパーム農園における表流水と流送土砂による栄養分のロス
- [表-55]オイルパーム農園で使用される無機化学肥料の種類・量及び失われる栄養量
- [表-56]マレーシアのパームオイル産業関連機関
- [表-57]オイルパームプランテーション保有期間分類と面積推移
- [表-58]マレーシアにおける私営農園、小規模グループ農家のコストとリターン比較
- [表-59]オイルパーム樹の樹齢と FFB 収穫量変化
- [表-60]FFB の農場内移送機械化によるコスト低減
- [表-61]植替え時に発生する Trunk,Fronds の発生量
- [表-62]OPT の乾燥条件と乾燥結果及び乾燥により生じる欠陥
- [表-63]OPT の化学成分・他オイルパーム副生成物との比較
- [表-64]年間 1ha 当りのオイルパームバイオマスに含まれる肥料成分
- [表-65]剪定時に発生する Fronds の量
- [表-66]OPF の化学成分・他オイルパーム副生成物との比較
- [表-67]Fronds の単位面積当たり発生量に含まれる肥料成分
- [表-68]EFB,Shell、Fibre,POME の発生量

- [表-69]EFB,Fibre、Shell の化学成分
- [表-70]オイルパームファイバーの形態的・化学的特長
- [表-71]ミル工場から排出されるバイオマス量・水分・油分
- [表-72]ミル工場廃水の組成
- [表-73]ミル工場排出基準
- [表-74]POME からのバイオガスの性質及びエネルギー量
- [表-75]乾燥 POME の含有成分
- [表-76]POME の肥料利用コスト
- [表-77]パームカーネルケーキの化学成分組成
- [表-78]リファイナリー工場廃水成分の種類と濃度
- [表-79]オレオケミカル工場の数と処理能力
- [表-80]オレイケミカル工場からの排水排出基準
- [表-81]森林開拓農地化費用
- [表-82]農園作業に必要な車両への投資
- [表-83]必要建屋への投資
- [表-84]ミル工場の製造能力と投資額
- [表-85]農場の単位面積当たり投資合計
- [表-86]私営農園における FFB 生産コスト
- [表-87]ミル工場プロセスコスト
- [表-88]パームオイルの製造コスト
- [表-89]パームオイルの製造コスト検証
- [表-90]OPT 除去に必要な経費
- [表-91]OPF 収集・輸送コスト推定：人手と機械の比較
- [表-92]OPF のコスト
- [表-93]グリセリン廃棄物の組成
- [表-94]ボード工場に必要な繊維供給に必要な農場面積
- [表-95]MDF,PB の製造に必要な原料組成
- [表-96]OPF 飼料製造のコスト構成と将来の価格
- [表-97]各国における各種飼料の価格
- [表-98]植替え時、焼却・非焼却のメリット・デメリット比較
- [表-99]EFB をマルチ利用した場合のコスト評価
- [表-100]EFB 繊維化処理コスト試算
- [表-101]Shell を利用した活性炭製造コスト試算
- [表-102]EFB/POME 肥料化：初期投資と製造コスト
- [表-103]オイルパーム農園の向き肥料使用量及びコンポストとの組合せにおける施肥コスト比較

- [表-104] EFB を原料にした回収ケミカルとその収率
- [表-105] グリセリン廃棄物からの有用な回収物質とその価値
- [表-106] オイルパームバイオマスの種類とその可能性用途
- [表-107] オイルパームバイオマス用途の内発的発展因子による一次評価
- [表-108] バイオマス廃棄物による環境への効果
- [表-109] ゼロエミッション・エコインダストリーパークの中核の経済規模、従業員・住民数と廃棄物量
- [表-110] モデルケースにおけるミル工場の可能電気発生量
- [表-111] オイルパームバイオマス廃棄物利用法の経済的効果評価結果
- [表-112] 内発的発展評価
- [表-113] オイルパームバイオマス廃棄物の内発的利用の組合せー 1
- [表-114] オイルパームバイオマス廃棄物の内発的利用の組合せー 2
- [表-115] オイルパームバイオマス廃棄物の内発的利用の組合せー 3
- [表-116] ミル工場排出バイオマスの内発的利用組合せによる経済効果
- [表-117] ゼロエミッション・エコインダストリーパーク事業全体像

[表-1]パームオイル産業におけるバイオマス廃棄物発生量(2000年)
(tonnes as dry matter)

プランテーション	
植え替え時	
幹(Oil Palm Trunk:OPT)	7,021,900
葉(Oil Palm Frond:OPF)	1,337,500
収穫・剪定時	
葉(Oil Palm Frond:OPF)	17,850,000
ミル工場	
空果実房(Empty Fruit Bunch:EFB)	4,351,900
繊維(Fiber)	4,421,340
殻(Shell)	2,877,420
廃水(Palm Oil Mill Effluent:POME)	1,891,750
合計	39,751,810

[表-2]マレーシアにおけるFFB(Fresh Fruit Bunch)とパームオイルの月別単位面積あたり収穫量(t/ha)
粗パームオイルとパームカーネルオイルの月ごとの収穫量(t/月)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
FFB													
マレー半島	1.37	1.29	1.32	1.39	1.38	1.42	1.5	1.69	1.86	1.92	1.88	1.42	18.44
サバ/サラワク	1.4	1.17	1.15	1.17	1.22	1.22	1.17	1.5	1.92	2.19	2.11	1.83	18.05
平均	1.38	1.26	1.26	1.32	1.33	1.35	1.39	1.62	1.88	2.02	1.96	1.56	18.33
パームオイル													
マレー半島	0.25	0.24	0.24	0.26	0.26	0.26	0.27	0.3	0.34	0.35	0.35	0.26	3.38
サバ/サラワク	0.28	0.23	0.23	0.24	0.26	0.25	0.23	0.29	0.39	0.43	0.43	0.38	3.64
平均	0.26	0.24	0.24	0.25	0.26	0.25	0.26	0.3	0.35	0.38	0.37	0.3	3.46
粗パームオイル													
マレー半島	519,181	496,833	520,663	544,762	559,816	569,162	606,796	651,134	715,332	739,307	731,817	556,736	7,211,539
サバ/サラワク	250,139	215,829	222,767	234,571	259,084	248,252	240,349	301,061	395,392	443,903	433,234	385,975	3,630,556
月生産量	769,320	712,662	743,430	779,333	818,900	817,414	847,145	952,195	1,110,724	1,183,210	1,165,051	942,711	10,842,095
パームカーネル オイル													
マレー半島	72,292	77,400	83,820	76,219	86,457	77,868	88,957	91,888	95,762	101,736	100,769	93,962	1,351,130
サバ/サラワク	27,299	24,767	23,655	23,438	27,221	24,928	20,870	24,495	31,507	37,207	36,656	35,512	337,555
月生産量	99,591	102,167	107,475	99,657	113,678	102,796	109,827	116,383	127,269	138,943	137,425	129,474	1,348,685

引用文献: Malaysian Palm Oil Board(2001)Malaysian Oil Statistics 2000 20th Eddition 6p

注) 収穫量: マレー半島全10州及びサバ/サラワクにおける平均値

[表-3]各種バイオマスの発熱量(kcal/kg・乾燥重量)

バイオマス種類	kcal/kg
松	4,600
杉	4,700
杉の樹皮	4,000
ラワン	4,900
小麦ワラ	3,900
籾殻	3,400-4,000
とうもろこしの穂軸	4,300
桃の核	4,500
雑草(ヨモギ類)	4,500
バガス	4,000-4,400
オイルパーム:幹(45%)・EFB(45%)・繊維(10%) ¹⁾	4,240
オイルパーム:EFB	3,370
オイルパーム:EFB(50%水分) ²⁾	1,519
オイルパーム:繊維	3,370
オイルパーム:殻	4,950
オイルパーム:殻(10%水分) ²⁾	3,662
オイルパーム:幹(乾燥) ²⁾	4,440
オイルパーム:葉(乾燥) ²⁾	4,754
バイオガス(メタン65%、CO ₂ 35%)	4,740 ³⁾
大豆油	9,300-9,400
コーン油	8,900-9,500
菜種油	9,300
ゴマ油	8,900
落花生油	9,000-9,600
ユーカリ油	9,400-9,600
メタノール	4,800(低位)
エタノール	6,400(低位)
メタンガス	6,000kcal/m ³
ガソリン	10,500
灯油	10,300
軽油	10,200
重油	9,700

参考文献: J.B.Rodgers(1936)Agric. Eng.,17(5) 199p

B.g.Goodier et al(1980)Agric. Eng.,61(3) 20p

1)新エネルギー産業技術開発機構(平成8年)環境調和型生物化学コンビナートに関する調査(Ⅲ)平成7年度調査報告書

2)Ministry of Energy,Communication and Multimedia Malaysia(2000)Biomass-based Power generation and co-generation in the palm oil industry 13p

3)kcal/m³

[表-4] バイオマス発電と他発電との比較

	バイオマス発電	化石燃料発電	原子力発電	水力発電
排出ガス				
CO2	○	×	○	○
Nox	△	×	○	○
Sox	○	× ^{a)}	○	○
資源的制約	△ ^{b)}	△	△ ^{c)}	△
立地制約	△	△	×	×
系統安定性	○	○	○	○
負荷追従性	○	○	△	○
コスト	△	○	○	○
その他	不適切な森林管理 の場合、森林破壊	採掘地環境破壊	放射性物質の管理	流域の環境変化

注) a) 天然ガスの場合 ○

b) 意見が分かれている

c) FBR商業利用が実現すれば ○

参考文献: 山地憲治(編)(2000)バイオエネルギー ミオシン出版 39p

[表-5] バイオマス・ニッポン実現に向けた2010年をめどとする具体的目標

技術 的	含水量の低いバイオマスエネルギーに変換する技術(直接燃焼およびガス化プラント等)	バイオマスの1日処理量20t程度のプラント(数市町村を想定)	エネルギー変換効率が電力として20%あるいは熱として80%程度を実現できる技術開発
		バイオマス広域収集に関する環境が整った場合のバイオマス1日処理量100t程度のプラント(都道府県域を想定)	エネルギー変換効率が電力として30%程度を実現できる技術開発
観 点	含水量の高いバイオマスエネルギーへ変換する技術(メタン発酵等)	バイオマスの1日処理量5t程度のプラント(集落から市町村規模を想定)	エネルギー変換効率が電力として10%あるいは熱として40%程度を実現できる技術開発
	生分解性プラスチック	現時点で実用化しているバイオマス由来の生分解製プラスチックの原料価格を200円/Kg程度とする	
	素材	リグニンやセルロース等の有効活用を推進するために、新たに実用化段階の製品を10種類以上作り出す	
地域的観点		廃棄物系バイオマスを炭素量換算で、量換算で4割以上活用するシステムを	9割以上又は未利用バイオマスを炭素有する市町村を500程度構築する
全国的視点		廃棄物系バイオマス	炭素量換算で80%以上を利活用
		未利用バイオマス	炭素量換算で25%以上を利活用
		資源作物	炭素量換算で10万トン程度が利活用されることが期待される

[表-6]内発的発展の構成因子の分類

内発的発展の因子	発展の要素
<p>鶴見の定義 衣食住の基本的充足 人間としての可能性を十全に発現できる条件を作り出す</p>	<p>人間としての可能性を十全に発現できる条件を作り出す 人間の可能性発現</p>
<p>西川の定義 他律的・支配的発展を否定し、分かち合い、人間開放などの共生の社会つくりを行う 地域分権と生態系重視に基づき自立性と定常性を特徴とする 組織形態は参加、協同主義、自主管理、人間の全人的発展を究極の目的とする</p>	<p>地域分権、自主管理、人間開放などの共生の社会つくり 生態系重視 人間の全人的発展 自然環境</p>
<p>シューマッハーらの中間技術(適正技術)の定義 それぞれの地域の社会的・経済的・文化的条件に適合し、人々が広く参加でき、人々のニーズを的確に満たすとともに環境に負担をかけない 生態系に優しく、省資源方技術</p>	<p>地域の社会的・経済的・文化的条件に適合 人々のニーズを的確に満たす 生態系に優しく、省資源型</p>
<p>ハマーショルド財団の定義 人間が生きるための基本的な要件を充足。地域共同体の人々の共同体によって発展 地域自然環境と調和を保つような発展</p>	<p>地域共同体によって 自然環境との調和 地域共同体の発展</p>
<p>シアズの定義 所得配分、就業及び教育均等 自給率を高め、他国依存を最小限にする</p>	<p>自給率を高め 他国依存を最小限にする</p>
<p>カルドゾの定義 経済成長を自力で行う</p>	<p>自力で経済成長</p>
<p>清瀬の定義(地域振興) 地域内で生産された財は可能な限り地域内で流通させ、消費する 地域外から購入している財で地域内で生産可能なものはできるだけ地域内で生産に切り替える 地域内で加工度を高め地域外に販売する 都市と農村を連結した定住圏を形成する</p>	<p>自給率up、他国依存最小限、自力成長、地域内循環 地域内流通・地域内消費 移入品代替 加工度を高める</p>
<p>費孝通の定義 地域で生まれた郷鎮産業が主体になって地域住民のために役立つ</p>	<p>郷鎮産業が主体になって地域住民のために役立つ</p>

[表-7] バイオマスの性質とオイルパームバイオマスの特徴

バイオマスの性質	オイルパームバイオマスの特徴
再生可能資源	再生可能資源
カーボンニュートラル 大気中CO2濃度を増やさない	カーボンニュートラル 大気中CO2濃度を増やさない
エコフレンドリー NOX, SOX発生量が少ない	エコフレンドリー NOX, SOX発生量が少ない
有機物	有機物
希薄に存在する資源	希薄に存在する資源 しかし、均一に大量に存在
エネルギー密度が低い	エネルギー密度が低い しかし、場所的に集中して大量に発生
資源発生の変動	1年中平均して大量に発生

[表-8]内発的発展とバイオマス利用の整合性

内発的発展の要素	内発的発展の要件	オイルパームバイオマス利用の特徴・効果と対応
<p>地域共同体によって発展 自給率を高め、他国依存を最小限にする 自力で経済成長</p>	<p>地域内循環 資源、市場 加工度up 移入品代替 地域既存技術の利用</p>	<p>農業作物(地域文化)の廃棄物利用 地域内技術・消費製品の選択 (肥料、飼料、燃料 等) 地域内立地</p>
<p>自然環境との調和</p>	<p>グリーンハウス効果ガス を出さない 環境汚染物質を出さない</p>	<p>化石資源代替によるCO2発生抑制 カーボンニュートラル NOX, SOX発生量が少ない</p>
<p>人間として可能性を十全に発現できる条件 を作り出す</p>	<p>経済効果 生活安定、収入安定 教育、医療、福祉の充実</p>	<p>地域内立地 新規事業、経費削減 雇用拡大、収入の安定</p>

[表－9]内発的発展因子による事業評価

内発的発展因子	評価結果
技術(粗生成、精製)	○
市場	×
加工度	×
移入品代替	×
循環	×
自然・環境:維持、改善	△
経済的効果	○

[表-10]世界油脂生産量 (×1,000)

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
全生産量	88,520	94,425	96,709	101,022	102,774	109,768	114,393
植物油脂	68,373	74,264	76,394	80,515	81,976	87,687	91,896
大豆油	18,684	20,404	20,327	21,032	24,006	24,795	25,482
パーム油	14,304	15,210	16,282	17,903	16,844	20,562	21,730
パーム核油	1,861	1,945	2,048	2,226	2,163	2,548	2,673
ひまわり油	7,391	8,556	9,034	9,213	8,576	9,400	9,630
菜種油	9,970	10,955	11,481	11,835	12,223	13,059	14,237
綿実油	3,556	3,905	4,119	4,047	4,043	3,898	3,884
落花製油	4,309	4,423	4,546	4,497	4,545	4,687	4,555
やし油	3,015	3,350	2,867	3,322	3,305	2,388	3,286
オリーブ油	1,900	1,888	2,042	2,701	2,581	2,460	2,349
コーン油	1,675	1,855	1,843	1,885	1,930	1,991	2,051
亜麻仁油	636	701	667	689	698	730	748
ゴマ油	616	589	668	723	724	727	753
動物油脂	20,147	20,161	20,315	20,507	20,798	22,081	22,497
牛脂	7,550	7,507	7,417	7,511	7,737	8,175	8,247
バター	5,677	5,677	5,648	5,685	5,744	5,892	6,023
豚油	5,430	5,692	5,911	6,123	6,468	6,656	6,802
魚油	1,490	1,285	1,339	1,188	849	1,358	1,425

引用文献:Oil world Annual2000, 1999, 1998. Oil world Weekly 30 March 2001

Malaysian Palm Oil Board(2000)<alaysian Oil Palm Statistics 2000 20th Eddition

[表-11]化学工業における油脂適用範囲

オレオケミカル	化学工業
脂肪酸及びその誘導体	プラスティック、石鹼、洗剤、医薬、化粧品、繊維、ゴム、潤滑材など
脂肪酸メチルエステル	化粧品、洗剤、洗浄剤、燃料など
高級アルコール及びその誘導体	洗剤、化粧品、医薬、鉱油添加剤など
含窒素誘導体	洗剤、化粧品、プラスティック、繊維、燃料など
グリセリン及びその誘導体	化粧品、医薬、食品、プラスティック、タバコ、セルロース、爆薬など

引用文献:加藤秋男編(1993)パーム油・パーム核油の利用 14P 幸書房

[表－12]各油脂の価格変動(ヨーロッパ市場)

(US\$ /t)

	粗パームオイル	パームカーネル オイル	大豆油	ひまわり油	菜種油	ココナツ油	獣脂
1975	435	——	563	731	551	——	340
1980	586	669	598	633	571	674	487
1985	501	551	572	602	540	590	421
1990	290	334	447	489	422	337	348
1995	628	677	625	693	614	670	521
2000	310	444	338	392	347	450	290

引用文献:Malaysian Palm oil Board(2000)Malaysian Oil Palm Statistics 2000 20th Eddition

[表－13]各種油脂の脂肪酸組成

	脂肪酸	炭素数	やし油	パーム核油	パーム油	大豆油	牛脂
	カプロン酸	C ₆	0.2	—	—	—	—
飽和	カプリル酸	C ₈	8	2.7	—	—	—
	カプリン酸	C ₁₀	7	7	—	—	—
脂	ラウリン酸	C ₁₂	48	46.9	—	—	—
	ミリスチン酸	C ₁₄	17.5	14.1	1	0.1	3
酸	パルミチン酸	C ₁₆	8.8	8.8	42.5	10.5	29
	ステアリン酸	C ₁₈	2	1.3	4	3.2	18.5
	アラギン酸	C ₂₀	—	—	—	0.2	—
	オレイン酸	C _{18:1}	6	18.5	43	22.3	46.5
不飽和	リノール酸	C _{18:2}	2.5	0.7	9.5	54.5	3
脂肪酸	リノレン酸	C _{18:3}	—	—	—	8.3	—
	エイコセン酸	C _{20:1}	—	—	—	0.9	—

参考文献: 安田耕作他. 油脂製品の知識(1999)15P,22P 幸書房

[表－14]植物油の単位面積あたりの収穫量比較

作物	収穫物	平均含油量	最大含油率	平均収穫物収量	油収穫量
		%	%	トン/ha	トン/ha
オイルパーム	パームオイル	19.1	25	15.96	3.05
オイルパーム	パーム核	43.8	49	0.84	0.37
大豆	種	18.5	20	2.28	0.42
ピーナッツ	種	47.5	50	0.94	0.45
綿実	種	19.0	20	1.02	0.19
菜種	種	42.5	45	1.42	0.60
ひまわり	種	42.5	45	1.20	0.51
ココナッツ	コプラ	66.5	68	0.54	0.36

引用文献:Teo Cheng Hai(2000)Land use and the Oil Palm Industry in Malaysia
Project MY 0057 Policy Assesment of Malaysian Conservation Issues 6p

[表-15]施肥量バランス:各植物油の比較(油脂1トンあたり)

	パーム油	大豆油	ひまわり油	菜種油
油脂1トンを抽出するに必要な種または果実量(kg)	4540 ^(*)	5000	2500	2500
input				
窒素(kgN)	47	315	96	99
リン酸(kg P2O5)	8	77	72	42
殺虫剤・除草剤(kg)	2	29	28	11
その他(kg)	88	117	150	124
エネルギー(GJ)	0.5	2.9	0.2	0.7
output				
a)土中への放出				
窒素(kgN)	5	32	10	10
リン酸(kg P2O5)	2	23	22	13
殺虫剤・除草剤(kg)	0.4	23	22	9
b)大気中へ放出				
NOX	0.5	4	0.3	0.8
SOX	0.2	2	0.1	0.2
CO	32	205	16	50
殺虫剤・除草剤(kg)	0.1	6	6	2

注)*)FFB(Fresh Fruit Bunch)として

引用文献: The Cheng Hai(2000)Land use and the oilPalm Industry in Malaysia

Project MY0057 Policy Assesment of Malaysian conversation 30p

[表－16]植物油生産コスト比較(US\$/トン)

	大豆油	パーム油	菜種油	ひまわり油
	アメリカ	マレーシア	ドイツ	フランス
栽培費用(*)	825	158	1,167	615
加工費	165	67	86	83
合計	990	225	1,253	698

注)(*)除草剤、殺虫剤、肥料、労務費、金利を含む

引用文献: Yusof Basiron&Ariffin Darus(1996)Targeting Zero Waste in Oil Palm. Global 500 Forum 43p

[表-17] オイルパーム製品の生産量、輸出量そして額(2000)

	生産量(トン)	輸出量(トン)	輸出額(RM million)
粗パームオイル	10,842,095	398,352	341.4
加工パームオイル	10,247,378	8,682,659	9885.0
小計		9,081,011	10226.4
パームカーネル	3,162,760		
粗パームカーネルオイル	1,384,685	20,272	32.3
加工パームカーネルオイル	1,348,738	500,208	1034.0
小計		520,280	1066.3
パームカーネルカーキ製品	1,639,227	1,349,945	196.4
パームオイル最終製品	n.a	250,136	402.4
オレオケミカル製品	1,285,744	1,137,871	3033.3
他オイルパーム製品	n.a	26,619	15.2
合計		12,365,862	14940.0

参考文献: Malaysian Palm Oil Board(2000)Malaysian Palm Statistics2000 20th Eddition 26-52p

Malaysian Palm Oil Board(2001)Malaysian Palm Statistics 2001 21th Eddition 31-52p

注) オレオケミカル製品は「オレオケミカル工場で加工されたオイル」

[表-18] マレーシアの各経済活動におけるGDP(RM million)

	1987	1988	1990	1992	1994	1996	1998	1999e	2000p
農業	10,844	12,834	11,967	13,814	17,508	20,598	29,243	25,216	20,865
林業・製材業	5,341	5,706	6,153	8,144	9,194	9,040	8,463	7,399	8,378
鉱業&採石業	10,235	10,107	14,111	12,399	10,426	16,598	19,055	20,899	34,746
製造業	16,058	20,157	28,847	38,910	52,072	70,646	81,525	94,694	116,814
電気、ガス、水道業	2,129	2,300	2,643	3,295	4,858	6,560	9,188	9,827	10,510
建設業	2,818	2,866	4,649	7,396	10,909	16,641	14,507	13,987	14,080
全販売&輸入販売,ホテル、レストラン業	8,720	10,689	16,171	22,238	30,186	37,749	43,169	43,807	46,261
輸送、倉庫&通信業	5,267	5,801	7,026	9,215	12,902	16,761	19,433	20,478	22,279
金融、保険、不動産、事業所サービス業	6,239	7,032	10,707	15,018	22,946	32,716	37,774	38,129	38,748
持ち家サービス業	3,364	3,804	4,656	6,129	8,067	10,517	12,159	12,720	13,213
その他サービス業	2,163	2,387	2,916	3,841	4,949	6,534	7,837	8,418	8,598
政府サービス業	8,853	9,217	11,149	12,366	14,662	17,216	18,335	20,360	22,695
銀行手数料	3,261	3,467	6,220	7,707	10,618	16,057	22,760	22,052	22,307
輸入関税	2,316	2,936	4,305	5,625	7,400	8,169	5,316	6,459	5,826
合計	81,085	92,370	119,081	150,682	195,461	253,732	283,243	300,340	340,706

e:estimate、p:preliminary

農業の内訳

ゴム	3,247	3,804	2,539	2,233	2,239	3,209	1,996	1,415	1,217
オイルパーム	2,575	3,852	2,894	4,355	6,895	7,600	15,252	11,878	7,783
米を含むその他農産物	3,640	3,805	4,445	4,646	5,471	5,945	7,524	7,017	6,792
漁業	1,381	1,400	2,089	2,581	2,903	3,843	4,472	4,906	5,072
農業に占める オイルパームの割合(%)	23.7	30.0	24.2	31.5	39.4	36.9	52.2	47.1	37.3

注) 引用文献: Department of Statistics Malaysia(2001)Annual National Product and Expenditure Accounts 1987-2000 14-15p,28-29p

[表－19]マレー半島における農村世帯数、貧困世帯数そしてその割合(1970)

	全世帯数 (1,000)	全貧困世帯数 (1,000)	貧困の割合(%)
ゴム	350.0	226.4	64.7
オイル パーム	6.6	2.0	30.3
ココナッツ	32.0	16.9	52.8
米	140.0	123.4	88.1
他農業	137.5	126.2	91.8
漁師	38.4	28.1	73.2
私有地労働者	148.4	59.4	40.1
合計	852.9	582.4	平均 68.1

注) 引用文献: Arif Simeh(2001)The case study on the Malaysian Palm Oil. Regional Workshop on Commodity Diversification and Poverty Reduction in South and East Asia. Bangkok April 2001 6p

[表-20] マレーシア国家プランに基づく新土地開発

	第5次マレーシアプラン	第6次マレーシアプラン	第7次マレーシアプラン
	1986-1990	1991-1995	1996-2000
新土地開発	353,296	290,450	132,484
FELDA	175,745	14,930	—
州プログラム	160,000	97,000	94,662
林業局プログラム	—	1,380	779
サバ/サラワク土地開発機関	—	27,240	5,241
共同事業/私的機関	17,551	149,900	27,157
その他		—	4,686
オイルパームプランテーションの割合	88.3	—	—
ゴムプランテーションの割合	5.9	—	—
ココアプランテーションの割合	1.3	—	—
入植家族数	119,300	—	—
入植者数	715,800	—	—
オイルパーム入植者事業コスト(RM/家族)	40,500	—	—
ゴム入植者事業コスト(RM/家族)	57,400	—	—
FELDAスキーム入植者オイルパーム収入(RM/月)	380-870	491-1,374 ¹⁾	—
FELDAスキーム入植者ゴム収入(RM/月)	410-720	491-1,374 ¹⁾	—

注) Oil palmプランテーション以外、Joint-venture/private sectorはその割合に含まれない

1) FELDA settler monthly incomes range from RM491 to RM1,374 depending on the type and age of crops

引用文献: 6th Malaysia Plan 100p, 7th Malaysia Plan 239-240p, 8th Malaysia Plan 220p

[表-21]マレーシアの貧困家庭数の農村と都会の比較およびその割合の推移¹⁾ (×1000)

	半島					サバ			サラワク		
	合計	農業	非農業	農村	都会	合計	農村	都会	合計	農村	都会
1975	791.8(49.3)	582.4(68.3)	209.4(27.8)	705.9(58.7)	85.9(21.3)	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
1976	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	83.9(51.2)	78.0(58.6)	5.9(19.2)	107.1(51.7)	100.7(60.0)	6.3(16.3)
1978	835.1(43.9)	576.5(63.0)	258.6(26.2)	729.9(54.1)	105.2(19.0)	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
1979	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	(41.1)	(50.1)	(21.3)	(47.7)	(60.0)	(16.39)
1980	666.1(29.2)	443.7(46.1)	222.4(16.8)	568.5(37.7)	97.6(12.6)	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
1983	717.6(30.3)	497.6(54.9)	220.0(9.3)	619.7(41.6)	97.9(11.1)	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
1984	483.3(18.4)	n.a	n.a	402.0(24.7)	81.3(8.2)	76.0(33.1)	68.5(38.6)	7.5(14.3)	90.1(41.9)	85.9(37.3)	4.2(8.2)
1985	601.9(24.1)	379.4(42.6)	222.5(13.9)	501.5(33.1)	100.4(10.2)	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
1987	485.8(17.3)	n.a	n.a	403.2(22.4)	82.6(8.1)	89.0(35.3)	80.9(39.9)	8.1(16.4)	74.3(24.7)	69.8(29.0)	4.5(7.5)
1990	448.9(15.0)	n.a	n.a	371.4(19.3)	77.5(7.3)	99.6(34.3)	91.1(39.1)	8.5(14.7)	70.9(21.0)	67.8(24.7)	3.1(4.9)
1995	(8.7)	n.a	n.a	(14.9)	(3.6)	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
1999	(7.5)	n.a	n.a	(12.4)	(3.4)	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a

注)カッコ内:半島、サバ、サラワクにおけるOfficial poverty line以下の家族数の割合

貧困ライン²⁾

単位:RM/月・家族

	1970	1980	1987	1995	1999
半島	170	287.55(5.4)	356.17(5.14)	425(4.6)	510(4.6)
サバ	n.a	n.a	533(5.36)	601(4.9)	685(4.9)
サラワク	n.a	n.a	429(5.24)	516(4.8)	584(4.8)

注)カッコ内:家族構成員数

FELDA入植者の保有農園面積と月収(RM)³⁾

	41.ha	4.9ha	5.7ha	Average
1980	805	1085	1230	1040
1985	764	885	1203	950
1995	801	1426	2201	1439
2000	705	1232	2010	1316

参考文献: 1) Shireen Mardzuah Hashin(1998)Income inequality and Poverty in Malaysia. Rorman&Little Field Publishers Inc.,49-51p,153p

2)8th Malaysian Plan 2001-2005 57p

3)Arif Simeh(2001)The case study on the Malaysian Palm Oil. Regional workshop on commodity export diversification and

Poverty Reduction in siuth and south-east Asia 11p

1994年貧困ラインRM405/月・世帯、1995年 都市部平均収入2596/月・世帯、農村部平均収入RM1300/月・世帯 出展 7thMalaysian Plan

[表-22]マレーシア農業分野における貧困割合の推移

	1970	1975	1980	1984	1990	1997
ゴム小農家	64.7	59.0	40.0	43.4	24.1	——
オイルパーム小農家	30.3	9.1	8.2	n.a	n.a	——
ココナッツ小農家	52.8	50.9	47.1	46.9	27.1	——
米小農家	88.1	77.0	73.0	75.7	39.0	——
その他農業	91.8	78.0	64.3	34.2	n.a	——
漁民	73.2	63.0	52.0	27.7	27.2	——
私農園労働者	40.1	47.0	38.0	19.7	19.7	——
全農業	68.3	63.0	49.3	23.8	21.1	11.8

注)引用文献: Arif Smith et al.,(2001)The Case study om the Malaysia Palm Oil. Regional workshop on commodity export diverfication and poverty reduction in south and south-east Asia 6p

[表一23]マレーシア農業の小規模農家の土地平均保有面積

	平均サイズ (ha)	その他の情報
米	1.06	65%が1ha以下、1%が3ha以上
果実	0.67	
野菜	1.01	
ココア	1.07	
コーヒー	1.07	
ココナッツ	0.93	
オイルパーム	1.84	
ゴム	1.6	Smallholderがゴム林の78%を占める。77%が3ha以下である
肉牛	4頭	
ヤギ	6頭	
豚	1000頭以下	72%の生産者

注) 引用文献: www.uncecap.org/rural/doc/OA/Malaysia.PDF.(2000)IV.National Study:Malaysia 105p

[表-24]マレーシア農村部と都市部の所得比較(RM/月:1995)

	農村部	都市部
ブミプトラ	1,180	2,162
中国人	2,019	3,152
インド人	1,497	2,438

参考文献:Malaysia 1996

農民の平均月収(RM/月:1995)

小規模農家	月収
米(5.3人)	472
天然ゴム(4.9人)	481
ココナッツ(4.9人)	467
農園労働者(5.6人)	834
漁民(6.4人)	624

貧困ライン(RM/月:1995)

半島	510(4.6人)
サバ	685(4.9人)
サラワク	584(4.8人)

世帯数(×1,000:1995)

全世帯数	4,212
貧困世帯数	365
農村部貧困	

引用文献:Khor Geok Lin(2001)Quality of life in rural communities in Paninsular Malaysia Current Health and Nutritional determinations. Issues on Economic Growth & Quality of life in Malaysia. Penerbit Universiti Utara Malaysia. Sitok 144p

[表-25] オイルパーム産業労働者の推定

農場	面積(ha)	ha/人	推定労働者数
Private Estate	1,942,452	8.5	228,500
Government Scheme			
FELDA	674,948	5	135,000
FELCRA	132,354	5	26,500
RISDA	41,561	5	8,300
State Scheme	235,565	5	47,100
Small Holder	286,513	1.8	159,000
合計	3,313,393		604,400

ミル工場

稼働工場数	能力(t・FFB/yr)	1工場あたり推定人員	推定労働者数
350	65,949,320	80人/18万トン・FFB/yr	28,000

注)ミル工場平均能力を18万トン・FFB/yrとした

Kernel Crusher工場

稼働工場数	能力(t・kernel/yr)	1工場あたり推定人員	推定労働者数
37	2,941,100	16人/8万トン・kernel/yr	590

注)Kernel crusher工場平均能力を8万トン/yrとした

Refinery工場

稼働工場数	能力(t・CPO/yr)	1工場あたり推定人員	推定労働者数
46	14,598,900	70人/30万トン・CPO/yr	3,220

注)Refinery工場の平均能力を30万トン/yrとした

Oleochemical工場

稼働工場数	能力(t・oil/yr)	1工場あたり推定人員	推定労働者数
16	1,799,965	400人/30万トン・oil/yr	2,400

注)各工場の推定人員:ミル工場,Refinery工場についてはSouthern Acids BerhadのSenior Plant ManagerであるMr. Wong Fok Geeからの情報で推定。但し、ミル工場はゴールデンホープ者情報を加味して推定した
Oleochemical工場はCognis Oleochemicals Malaysia Sdn Bhd訪問時の情報

[表-26]プランテーションにおける労働者の職種・人員
 そして、1993年賃金例(ゴールデンホープ社・西部プランテーションの例)

	職業	日給	月給(27日分)	年給
管理部門	マネージャー(1人)		9,000	108,000
	主席マネージャー補佐(1人)		4,000	48,000
	マネージャー補佐(1人)		3,500	42,000
	主席事務官(1人)		1,745	20,940
	事務官(1人)		1,650	19,800
	事務官補佐(3人)		832	9,984
	農園管理職員(2人)		1,478	17,736
	農園管理職員補佐(4人)		632	7,584
	主席病院補佐(1人)		2,088	25,056
	病院補佐(1人)		1,227	14,724
	助産婦(1人)		1,038	12,456
	電話オペレーター(1人)		592	7,104
	農園警備 主席補助警察(1人)		777	9,324
	補助警察(7人)		549	6,588
	見張り人(2人)		466	5,592
農園部門	マンドレ(2人)	20.79	562	6,744
	収穫人(168人)	13.35	360	4,320
	農園労働者(150人)	10.25	277	3,324
工場部門	工場マネージャー(1人)		9,000	108,000
	工場マネージャー補佐(2人)		4,000	48,000
	工場労働者(118人)	15	405	4,860

引用文献: 鶴見良行・宮内泰介(1996)椰子の実のアジア学 292p
 西部プランテーションの面積: 3254.58ha(オイルパーム農園面積: 2668.5ha)

[表-27]半島マレーシアにおける独立小規模農家の保有面積の分布と人種 (1980)

	Up to 2.02ha			2.03 - 4.05			4.06 - 8.10			8.11 - 20.24			20.05 - 40.45			Total			平均保有面積
	ha	各人種グループで保有される面積の割合 (%)	各人種の小規模農家の数	ha	各人種グループで保有される面積の割合 (%)	各人種の小規模農家の数	ha	各人種グループで保有される面積の割合 (%)	各人種の小規模農家の数	ha	各人種グループで保有される面積の割合 (%)	各人種の小規模農家の数	ha	各人種グループで保有される面積の割合 (%)	各人種の小規模農家の数	ha	各人種グループで保有される面積の割合 (%)	各人種の小規模農家の数	
ブミボトラ	2124	43	1611	1291	26	460	617	12	108	663	13	55	317	6	11	5012	100	2245	2.2
中国人	4927	13	3296	7528	20	2409	7079	18	1200	10597	28	852	8064	21	284	38195	100	8091	4.8
インド人	491	21	337	389	17	128	277	12	51	560	25	40	527	24	18	2244	100	574	3.9
合計	7542	17	5244	9208	20	2997	7973	17	1359	11820	26	947	8908	20	313	45451	100	10860	4.2
平均所有面積	1.4			3.1			5.9			12.5			28.5			4.2			

マレーシア独立小規模農家の国内分布と人種 (1986)

	半島			サバ			サラワク			マレーシア全体			平均保有面積
	ha	各人種グループで保有される面積の割合 (%)	各人種の小規模農家の数	ha	各人種グループで保有される面積の割合 (%)	各人種の小規模農家の数	ha	各人種グループで保有される面積の割合 (%)	各人種の小規模農家の数	ha	各人種グループで保有される面積の割合 (%)	各人種の小規模農家の数	
ブミボトラ	22854	20	10940	1379	47	275	606	100	346	24839	21	11561	2.1
中国人	83127	72	18619	1437	50	115	—	—	—	84558	71	18734	4.5
インド人	5465	5	1370	—	—	—	—	—	—	5465	5	1370	4
その他	3659	3	248	76	3	3	—	—	—	3735	3	251	14.9
合計	115099	100	31177	2892	100	393	606	100	346	118597	100	31916	3.7
平均所有面積	3.7			7.4			1.8			3.7			

注) 引用文献: Malek bin Mansoor et al(1988)The production structure of the Malaysian oil palm industry with special reference to the smallholder subsector. PORIM occasional paper No.24.34p

「表-28」マレーシアにおける就業人口と職種と人種の関係(×1000)

	19 95					20 00				
	ブミプトラ (マレー人)	中国人系	インド人系	その他 ¹⁾	合計	ブミプトラ (マレー人)	中国人系	インド人系	その他 ¹⁾	合計
農業	896.6(21.8%)	174.7(7.4%)	89.6(14.2%)	331.8(37.4)	1,492.7(18.7%)	867.1(18.2%)	155.7(5.6%)	85.7(11.1%)	299.0(30.8%)	1,407.5(15.2%)
%	60.1	11.7	6	22.2	100	61.6	11.1	6.1	21.1	100
鉱業	23.3(0.6%)	8.9(0.4%)	4.3(0.7%)	4.0(0.4%)	40.5(0.5%)	23.7(0.5%)	8.6(0.3%)	4.2(0.6%)	4.7(0.5%)	41.2(0.4%)
%	57.5	20.9	10.2	11.4	100	57.5	20.9	10.2	11.4	100
製造業	1,009.0(24.6%)	614.5(26.0%)	228.5(36.2%)	173.6(19.7%)	2,027.5(25.4)	1,256.4(26.3%)	769.9(28.0%)	291.1(37.8%)	240.9(24.8%)	2,558.3(27.6%)
%	49.8	30.3	11.3	8.6	100	49.1	30.1	11.4	9.4	100
建設業	268.2(6.5%)	294.7(12.4%)	33.7(5.3%)	120.5(13.6%)	717.1(9.0%)	286.1(6.0)	290.6(10.6%)	35.8(4.6%)	142.5(14.7%)	755.0(8.1%)
%	37.4	41.1	4.7	16.8	100	37.9	38.5	4.7	18.9	100
電気・ガス・水道	48.6(1.2%)	7.0(0.3%)	7.5(1.2%)	4.3(0.5%)	67.4(0.8%)	53.4(1.1)	8.7(0.3%)	8.5(1.1%)	4.4(0.5%)	75.0(0.8%)
%	72.1	10.4	11.1	6.4	100	71.2	11.6	11.3	5.9	100
輸送	210.3(5.1%)	116.1(4.9%)	46.2(7.3%)	22.6(2.5%)	395.2(4.9%)	257.5(5.4%)	131.7(4.8%)	55.5(7.2%)	16.9(1.7%)	461.6(5.0%)
%	53.2	29.4	11.7	5.7	100	55.8	28.5	12	3.7	100
卸、小売業	483.1(11.7%)	661.7(27.9%)	80.7(12.8%)	98.0(11.0%)	1,323.5(16.5%)	607.4(12.7%)	771.7(28.0%)	105.6(13.7%)	99.5(10.2%)	1,584.2(17.1%)
%	36.5	50	6.1	7.4	100	38.3	48.7	6.7	6.3	100
金融	168.1(4.1%)	157.7(6.7%)	34.6(5.5%)	12.4(1.4%)	372.8(4.7)	230.5(4.8%)	209.5(7.6%)	50.3(6.5%)	18.4(1.9%)	508.7(5.5)
%	45.1	42.3	9.3	3.3	100	45.3	41.2	9.9	3.6	100
その他サービス業 ²⁾	1,005.5(24.4%)	331.3(14.0%)	106.2(16.8%)	119.5(13.5%)	1,562.5(19.5%)	1,194.6(25.0%)	406.9(14.8%)	133.9(17.4%)	144.3(14.9%)	1,879.7(20.3%)
%	64.4	21.2	6.8	7.6	100	63.6	21.6	7.1	7.7	100
全雇用者数	4,113.6(100%)	2,366.6(100%)	631.3(100%)	887.7(100%)	7,999.2(100%)	4,776.7(100%)	2,753.3(100%)	770.6(100%)	970.6(100%)	9,271.2(100%)
%	51.4	29.6	7.9	11.1	100	51.5	29.7	8.3	10.5	100
労働力	4,312.20	2,402.80	648	891	8,254.00	5,004.70	2,797.60	791.6	978.6	9,572.50
%	52.2	29.1	7.9	10.8	100	52.3	29.2	8.3	10.2	100

注: 1) マレーシア国民でない人たちも含める

2) 公的、私的そして共同体のサービスも含める

引用文献: 8th Malaysian Plan 2001-2005 66p

[表-29]農産物の土地利用比較(ha)

	1990	1995	2000
農産物製品			
ゴム	1,823,100	1,696,000	1,400,000
オイルパーム	2,029,464	2,540,087	3,376,664
ココア	419,793	275,000	250,000
胡椒	11,467	8,600	8,137
パイナップル	9,302	11,835	14,742
タバコ	10,168	10,539	10,045
食物製品			
米	662,617	666,321	400,000
ココナッツ	314,136	283,954	219,688
野菜	31,447	36,325	42,110
果物	177,311	244,471	345,126
その他	57,475	57,144	56,292
合計	5,546,280	5,769,189	5,368,380

注) 引用文献: 7th Malaysian Plan 1996-2000
MPOB(2000)Malaysian Oil Palm Statistics 2000 20th Edition

[表-30]ミル工場数と処理能力(t・FFB/yr) : 2000

	認可工場		設置 工場				計画、又は 建設中		合計	
	数	能力	稼動		休止		数	能力	数	能力
			数	能力	数	能力				
Johore			68	13,496,200			2	360,000	70	13,856,200
Kedah			3	300,000					3	300,000
Kelantan			9	1,396,800					9	1,396,800
Malacca & N.S.			16	2,848,000			1	144,000	17	2,992,000
Pahang	1	96,000	68	13,403,400			3	384,000	71	13,787,400
Penang			3	408,000					3	408,000
Perak			43	7,116,320			3	456,000	46	7,572,320
Selangor	1	142,000	26	3,660,800			1	142,000	27	3,802,800
Terengganu			12	2,644,800					12	2,644,800
P.Malaysia	2	238,000	248	45,274,320	0	0	10	1,486,000	258	46,760,320
Sabah	2	390,000	84	17,294,600	3	312,000	18	2,504,000	105	20,110,600
Sarawak	2	240,000	18	3,380,400			6	1,022,000	24	4,402,400
Sabah/Sarawak	4	630,000	102	20,675,000	3	312,000	24	3,526,000	129	24,513,000
Malaysia	6	868,000	350	65,949,320	3	312,000	34	5,012,000	387	71,273,320

注) 引用文献: "Malaysian Oil Palm Statistics 2000、20th Edition" MPOB 2001

[表-31]リファイナリー工場の数と処理能力

	1999		2000	
	数	能力(tonnes/yr)	数	能力(tonnes/yr)
稼動中	46	14,139,900	46	14,598,900
休止中	6	342,000	5	189,000
計画	9	2,253,530	13	3,384,130
認可合計	61	16,735,430	64	18,172,030

注) 引用文献: MPOB, "Review of the Malaysian Oil Palm Industry 2000" 2001 12p

[表-32]カーネルクラッシャー工場の数と処理能力

	1999		2000	
	数	能力(tonnes/yr)	数	能力(tonnes/yr)
稼動中	43	2,971,400	37	2,941,100
休止中	21	671,700	28	934,200
計画			4	116,980
認可合計	64	3,643,100	69	3,992,280

注) 引用文献: MPOB, "Review of the Malaysian Oil Palm Industry 2000" 2001 12p

[表-33]マレーシアにおけるオイルパーム農場面積(ha)の推移

	半島マレーシア	サバ	サラワク	合計
1975	568,561	59,139	14,091	641,791
1980	906,590	93,967	22,749	1,023,306
1985	1,292,399	161,500	28,500	1,482,399
1990	1,698,498	276,171	54,795	2,029,464
1995	1,903,171	518,133	118,783	2,540,087
2000	2,045,500	1,000,777	330,387	3,376,664

注)引用文献:MPOB, "Malaysian Oil Palm Statistics 2000 20th Edition" 2000

[表-34]マレーシアにおけるオイルパーム農場面積・今後の予測(×10⁶ha)

	半島マレーシア	サバ	サラワク	合計
2001	2.047	1.120	0.382	3.569
2003	2.077	1.287	0.412	3.776
2005	2.100	1.442	0.461	4.003
2007	2.117	1.599	0.507	4.223
2009	2.130	1.749	0.551	4.430

注)引用文献:Ma Ah Ngan(2001)Availability,Properties and Distribution of oil palm Biomass in Malaysia
Seminar on oil palm Biomass:Opportunities for Commercialisation 15-16 Oct.KL

[表-35]マレー半島におけるオイルパーム用に耕作可能又は適した面積

州	耕作に適した場所 (ha)	耕作可能な場所 (ha)			
		森林	沼地	灌木地	草地
Pahang	2,124,768	935,769	299,883	66,824	11,469
Johore	1,669,263	396,802	149,267	35,488	7,893
Perak	928,560	99,135	139,663	27,598	12,109
Terengganu	661,614	247,357	78,530	54,418	4,103
Selangor	606,912	49,381	178,146	6,447	2,840
N.Sembilan	433,037	49,895	7,806	10,658	8,068
Kelantan	338,893	107,641	257	21,161	413
Malacca	160,917	8,446	7,991	321	189
Penang	78,928	661	4,484	595	162
W.Persekutuan	-	-	-	7	-
合計	7,237,965	1,901,335	874,526	225,855	48,718

注) Available Area: include both suitable and available for oil palm

引用文献: AD-HOC Committee on Existing and Potential Oil Palm Area in Malaysia(1993),

"Existing and Potential Oil Palm Areas in Peninsular Malaysia" PORIM Occasional Paper No.29 21p

[表-36]ゴム農園、オイルパーム農園面積の推移

(単位:ha)

	1970	1980	1985	1988	1990	1992	1994	1995	1996	1998	1999	2000
ゴム農園	2,181,800	2,003,800	1,948,700	1,865,770	1,836,708	1,792,348	1,737,882	1,679,000	1,625,200	1,620,000	1,464,800	1,590,000
オイルパーム農園	320,000	1,023,306	1,482,400	1,805,923	2,029,464	2,197,660	2,411,999	2,539,900	2,692,286	3,078,116	3,313,393	3,338,300

引用文献:ゴム農園 Department of Statistics Malaysia(1999) Rubber Statistics Handbook 1999 3p

オイルパーム農園 Malaysian Palm Oil Board(2001)Malaysian Oil Palm Statistics 20011p

1970,1985,1990,1995,2000:Arif Simeh(2001)The case study on the Malaysian palm oil.Regional workshop on commodity export diversification and poverty reduction in south and south-east Asia.2p

[表-37]ゴム単位面積あたり収穫量の推移(Kg/ha)

	私企業農園	小規模農家	平均
1980	1427.7	964.2	1108.4
1990	1334.7	908.0	1010.0
1991	1340.8	914.0	1010.0
1992	1335.0	833.1	980.0
1993	1248.0	849.6	933.4
1994	1204.0	934.5	990.2
1995	1120.0	947.8	982.1
1996	1250.0	940.0	1000.0
1997	1260.0	900.0	980.0
1998	1224.0	906.0	970.0
1999	1226.0	876.0	960.0

引用文献: Department of Statistics Malaysia(1999)

Rubber Statistics Handbook Malaysia 93p

Malaysian Rubber Board(200) Malaysian Rubber Statistics 2000 59p

[表-38]ゴム(RSS1)FOB価格の変動(Sen/Kg)

年	価格
1946	92.31
1950	238.49
1955	251.68
1960	238.38
1965	154.38
1970	124.4
1975	136.69
1980	312.35
1985	188.7
1990	233.37
1995	393.61
1999	239.26

引用文献: Department of Statistics Malaysia(1999)Rubber Statistics Handbook Malaysia 123p
 Malaysian Rubber Board(2000)Malaysian Rubber Statistics 2000 63p

[表-39]ゴム農園・オイルパーム農園の単位面積当たりの収入比較
 (単位:RM/ha)

	ゴム農園	オイルパーム農園
1990	2357.04	2234.53
1995	3865.55	4866.98
1999	2296.90	5373.54

引用文献: Department of Statistics Malaysia(1999)Rubber Statistics Handbook Malaysia 93p,123p
 Malaysian Rubber Board(2000)Malaysian Rubber Statistics 2000 59,63p
 Malaysian Palm Oil Board(2001)Malaysian Oil Palm Statistics2001 10,18,81p

[表-40]マレーシアの都市部・農村部における貧困の割合と貧困家庭数比較

		1990 ¹⁾			1995 ²⁾			2000		
		合計	都会 ³⁾	農村	合計	都会 ³⁾	農村	合計	都会 ³⁾	農村
マレーシア国民のみ										
貧困割合	(%)	16.5	7.1	21.1	8.9	3.7	15.3	5.5	2.2	10.3
貧困世帯の数	× 1000	574.5	82	492.5	370.2	84.6	285.6	253.4	59.9	193.5
極貧困(Hardcore-Poverty)の割合 ⁴⁾	(%)	3.9	1.3	5.2	2.1	0.8	3.7	0.5	0.1	1.0
極貧困世帯の数	× 1000	137.1	15.5	121.6	88.4	19.2	69.2	23	3.2	19.8
全世帯数	× 1000	3,486.6	1,149.3	2,337.3	4,140.6	2,270.3	1,870.3	4,607.2	2,732.60	1,874.60
マレーシア国民以外を含む ⁵⁾										
貧困割合	(%)	17.1	7.5	21.8	9.6	4.1	16.1	6.0	2.4	11.0
貧困世帯数	× 1000	619.4	89.1	530.3	417.2	95.9	321.3	294.4	69.6	224.8
極貧困の割合	(%)	4.0	1.4	5.2	2.2	0.9	3.7	0.5	0.1	1.0
極貧困世帯数	× 1000	143.1	16.3	126.8	93.5	20.5	73.0	24.5	3.4	21.1
全世帯数	× 1000	3,614.6	1,182.7	2,431.9	4,347.8	2,357.0	1,990.8	4,906.5	2,863.1	2,043.40

1) Refer to 1989

2)Poverty estimation for 1995 is based on the following poverty line income:RM425 per month for a household size of 4.6 in Peninsular Malaysia, RM601 per month for a size of 4.9 in Sabah and RM516 per month for a household size of 4.8 in Sarawak
 Figures for 1995 are based on the preliminary data of the household incomes survey,1995

3)Except for 1990,urban areas are defined as gazetted areas and adjacent built-up areas with a combined popuration of 10,000 persons or more as in the 1991 Popuration and Housing Census. For 1990, builtup areas are classified as rural

4)hardcore poverty is estimated using half the poverty line income

5)includes noncitizens

注)引用文献:7th Malaysian Plan 1996-2000 72p

[表-41]マレーシアにおける各民族の月給比較(1970-1987:平均)

	1970	1973	1976	1979	1984	1987	1995			1999		
							Top20%	Middle40%	Bottom40%	Top20%	Middle40%	Bottom40%
マレー人系	172	242	345	513	852	868	3986	1461	572	4855	1810	742
中国人系	394	534	787	1094	1502	1430	7270	2560	1062	8470	3168	1271
インド人系	304	408	538	776	1094	1089	5100	1954	868	6456	2460	1092
その他	—	—	—	—	—	—	3106	1131	539	3242	1204	616
都会	428	570	830	1121	1541	1467	6474	2323	942	7580	2844	1155
農村	200	269	392	590	824	853	3153	1235	515	4124	1577	670
マレーシア	264	362	514	763	1095	1074	5,202	1777	693	6268	2204	865
M/C(%)	43.7	45.3	43.8	46.9	56.7	60.7	54.8	57	53.8	57.3	57.1	58.3
M/I(%)	56.6	59.3	64.1	66.1	77.9	79.7	78.1	74.7	65.8	75.2	73.5	67.9

M/C=Malay mean as a percentage of the Chinese mean

M/I=Malay mean as a percentage of the Indian mean

引用文献: Malaysia (1981:56, 1989:39), 8th Malaysian Plan 62p

[表-42]大規模な熱帯雨林からオイルパームプランテーションへの土地利用変換に伴う主な環境因子及びその他の変化

環境変化因子	変化の内容
雨量	地域的变化に有意差は見られない
温度	地域的变化に有意差は見られない
大気中CO2濃度	増えるであろう
大気汚染	農業廃棄物を燃やしたり、農場使用の機械そしてミル工場からの排出が汚染増加に繋がるであろう
動植物	生物多様性に莫大な影響
	有害個体(例:ネズミ)の増加
土壌	
物理的構造	初期に構造が壊れても修正可能である。但し、重量機械が通る道を除く
土壌中栄養分	
有機物	初期に増加するが、直ぐに減少
栄養分濃度	肥料散布により、ある成分は増加
侵食と流出	初期に増加しそれから減少
しみだし	初期に増加しそれから減少
地下水帯	伐採により蒸発発散が少なくなり、一時的に上昇するであろう
水の浸み込み	伐採より大きく減少するが、樹木を植えることにより徐々に改善される
河川水	
流量	伐採後一時的に増加する
沈殿物と栄養分の量	伐採後、侵食や流出により一時的に増加する
洪水	土石流が起こるであろう
多面因子の影響	
殺虫剤、除草剤残留	植物を保護するため過剰の使用が製品の汚染、労働者、水にも影響を与えるであろう
POME利用	適切な処理をしないで使用すると水汚染の影響が出る可能性がある
社会経済的観点	原住民の生活スタイルの崩壊
	森林資源の喪失
	観光資源の喪失
	賃金労働者の増加

注) 引用文献: I.E.Henson(1994)Environmental Impacts of Oil Palm Plantations in Malaysia.PORIM occasional paper 22p

[表-43]オイルパームにおける有機物分布

	有機物重量	乾燥重量	乾燥重量(%)
葉 (t/ha/yr)	25.2(水分49.8%)	12.64	17.3
雄花 (t/ha/yr)	8.2(水分49.8%)	4.14	5.7
幹+葉 (t/ha)	100(水分67%) + 15.7(水分49.8%)	33+7.9	56.0
房			
オイル (t/ha/yr)	3.46(水分0%)	3.46	4.7
オイル以外 (t/ha/yr)	14.87(水分49.3%) ¹⁾	7.54	10.3
根 (t/ha)	13.3(水分67%) ²⁾	4.38	6.0
合計	180.7	73.06	100.0

参考文献: Chan Kook Weng(2002)Oil palm Sequestration and Carbon Removal.

First Industry Workshop:Carbon Finance for the Palm Oil Sector. Paper4

注) 1) EFB,Fiber,shellの平均水分 2) Trunkと同じと仮定 なお,oilには水分は含まれないとした

[表-44]森林の持つ機能

資源的機能	環境的機能	人類の生活維持に必要な支援機能
材木・非木材製品	気候の調整	文化的、精神的包容力
農業製品	炭素固定	科学的データ
植物相、動物相の生息地	分解・吸収と栄養分のリサイクル	レクリエーション、ツーリズム
遺伝子プール	水害防止	
	土壌喪失の防止	

[表-45] 森林が持つ機能とオイルパーム農園の持つ機能の対比

森林	オイルパーム農園
資源的機能	パームオイル製品、バイオマスの価値
環境的包容力的機能	カーボンクレジット的価値
人類の生活維持に必要な支援機能	雇用創出価値

[表-46] オイルパームバイオマスのカーボンクレジット

	2000年排出量 (乾燥百万トン/年)	発電可能量 (Kwh/乾燥トン)	発電量 (Kwh)	相当ディーゼルオイル量 (百万ℓ)	CO ₂ 量 (百万Kg)	カーボンクレジット 単価 (US\$10/トン) (百万US\$)
OPT	6.42	n.a.	—	—	—	—
OPF	30	n.a.	—	—	—	—
EFB	4.7	77.8	365.7	124.3	171.9	1.7
Shell	3.4	102.7	349.2	18.7	164.1	1.6
Fiber	5	91.6	458	155.7	215.3	2.2
POME	42.7百万トン (as effluent)	1.8 (Kwh/m ³ バイオガス)	2214	752.7	1040	10.4
合計					1591.3	15.9

(468Kg/ha)

計算法

OPT,OPF,EFB,Shell,Fiber

乾燥廃棄物を燃料として利用して得られる発電量(A)

ディーゼル発電でのKwhに必要なディーゼルオイル量(0.34ℓ/Kwh)

ディーゼル発電したときに排出されるKwh当たりの炭酸ガス量(0.47Kg/Kwh)

炭酸ガス量=廃棄物排出量(トン)×発電可能量(Kwh/トン)×0.47CO₂Kg/Kwh

カーボンクレジット=炭酸ガス量×US\$10/トン炭酸ガス)

POME

バイオガス発生量:28.8m³/POMEトン

バイオガスを燃料として得られる発電量(1.8Kwh/m³)

炭酸ガス量=廃棄物排出量×バイオガス発生量(28.8m³/トン)×バイオガスを燃料として得られる発電量(1.8Kwh/m³)

×ディーゼル発電したときに排出されるKwh当たりの炭酸ガス量(0.47Kg/Kwh)

注)参考文献:Ma Ah Ngan(2001) Oil Palm Based Project Types,Biomass,Biogas and Biodiesel.First Industry Workshop:Carbon Finance for the Palm Oil Sector.Paper 7 Malaysian Palm Oil Board

:Ministry of Energy,Communications and Multimedia. Malaysia(1999) Biomass-based Power generation and cogeneration in the Palm Oil Industry.5,13p

[表-47] マレーシアにおける為替レート、消費者物価、生産者価格、給料の動向

	為替レート (M\$ per US\$)	消費者物価指数 (1980=100)	全生産者価格指数 (1980=100)	動物&植物油そして脂 肪生産者価格指数 (1980=100)	鉱工業労働者 年額平均給与 (RM)	オイルパーム農園 収穫労働者 年額平均給与 (RM)
1960	3.06	51.0				
1961	3.06	53.0				
1962						
1963						
1964						
1965						
1966						
1967						
1968						
1969						1428(1584)
1970	3.06	56.0				1584(1584)
1971	3.05	57.0				1752(1584)
1972	2.82	59.0			(1428/528 * ¹)	1560(900/828 * ²)
1973	2.44	65.0	52.6	61.5		1680
1974	2.41	77.0	66.1	121.2		2316(2328)
1975	2.40	80.0	61.1	84.2		2508(2328)
1976	2.54	82.0	68.8	81.1		2172(2328)
1977	2.46	86.0	76.1	112.7		2460
1978	2.32	90.0	81.4	107.4		2988
1979	2.19	94.0	91.4	122.3		3312
1980	2.18	100.0	100.0	100.0		4128(4104)
1981	2.30	109.7	103.8	97.0		3096(4104)
1982	2.34	116.0	101.3	82.2	5100(4464 * ³)	(4104)
1983	2.32	120.3	103.5	95.3		(4128)
1984		124.6	107.1	146.6		(4128)
1985		125.1	104.8	110.3		(4128)
1986		125.8	98.4	62.7		
1987		126.8	102.0	77.9		
1988		130.0	109.5	104.4		
1989		133.7	113.7	93.9		
1990		137.8	114.6	71.3	7,901	
1991		143.8	119.3	82.6	8,610	
1992		150.6	120.6	94.5	9,506	
1993		155.9	122.3	92.4	10,155	
1994		161.7	128.3	116.6	11,101	
1995		167.2	135.3	139.9	11,850	
1996	2.53	173.0	132.1	105.4	13,323	
1997	3.89	177.7	135.6	112.6	14,524	13、193
1998	3.80	187.1	150.2	109.8		
1999	3.80	192.2	145.3	125.4		
2000	3.80	195.2	149.9	167.9		
2001	3.80					

注) 参考資料: IMF 1984

: Department of Statistics, Malaysia "Malaysia Economic Statistics-Time Series 2000

鉱工業年額平均給与:

* 1: 1972年: Harcharan Singh Kohrn "The Oil Palm Industry of Malaysia" Peronbit Universiti Malaysia 1976

オイルパーム農園収穫労働者欄

1969-1981年: Colin Barlow, "Oil Palm as a Smallholder Crop" PORIM Occasional Paper No.21 1986

* 2: 1972年: Harcharan Singh Kohrn "The Oil Palm Industry of Malaysia" Peronbit Universiti Malaysia 1976

* 3: 1982年: H. A. J. Moll, "The Economics of Oil Palm" Pudoc Wageningen 1987

オイルパーム農園収穫労働者欄カッコ内数字:

Malek bin Mansoor et al(1988) The production structure of the Malaysian oil palm industry with special reference to the smallholder subsector. PORIM occasional paper No24 5p

[表-48]プランテーション労働者職種別賃金推移
 (月当たり平均賃金:RM)

職種	1987	1988	1989	1990	1993
マンドレ	427 (14.50)	440 (15.50)	443	443	562 (20.79)
収穫人	288 (12.55)	305 (12.70)	312	350	360 (13.35)
農園労働者	207 (9.00)	221 (9.60)	249	260	277 (10.25)
工場労働者	320 (12.80)	381 (13.00)	390	394	405 (15.00)

注:()内は日給

参考資料:鶴見良行・宮内泰介編著(1996)ヤシの実のアジア学.コモンズ.293p
 1987-90年 Ministry of Human Resources, Labour Indicators
 の各年版から推定。93年はゴールデンホープ社西部農園から得たもの

[表-49] オイルパーム農場におけるエネルギー消費

	エネルギー価 GJ/ha/yr	CO ₂ 等量 kg/ha/yr
肥料	11.22	730.2
殺虫剤、農薬、殺鼠剤	0.8	52.1
機械	5.14	334.5
労働者	2.04	132.8
合計	19.2	1249.6

注)前提: 1kgCO₂=0. 0156366GJ

引用文献: I. E. Henson(1994), Environmental Impacts of Palm Oil Plantation in Malaysia
PORIM Occasional Paper No.33 18p

[表-50] マレーシアの農業予算配分

単位: RM百万

	第5次マレーシア計画	第6次マレーシア計画	第7次マレーシア計画	第8次マレーシア計画
	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005
新土地開発	2117.50	1184.00	475.90	274.20
新開発地域(ha)	353,296(実績)	290,450(実績)	132,484(実績)	365,269(予定)
地域開発	657.10	930.50	807.00	570.10
現業の土地開発 ¹⁾	2415.70	3019.60	2941.90	2265.10
森林	120.80	156.40	143.80	225.20
漁業	264.40	370.00	465.30	414.30
家畜	130.90	191.40	176.30	127.50
支援サービス	1011.80	1282.50	354.30	719.00
灌漑、洪水対策 ²⁾	277.50	844.60	1929.90	2170.20
その他	329.30	236.20	844.90	1094.40
合計	7325.00	8215.20	8139.30	7860.00

注) 5th MP、6th MP、7th MP: 実績、8th MP: 予算。MP: Malaysian Plan

単位: New land development area以外: RM million

1) 農業開発プロジェクト、植え替え事業、区画整理、再生プログラムを含む

2) 農業クレジット、R&D、市場開発その他サービスを含む

引用文献: 5th MP:121p、6th MP:258p、7th&8th MP:231p

[表-51]マレーシア熱帯雨林、マメ科植物で覆われている所及びオイルパームの腐葉土による栄養分のリサイクル

	腐葉土	腐葉土中 栄養分 (kg/ha/yr)				
	tonnes/ha/yr	N	P	K	Ca	Mg
森林						
パソ地域	11.14	125.0	3.5	39.4	87.0	22.8
ガヌムラ地域						
沖積層	11.50	110.0	4.1	26.0	290.0	20.0
フタバガキ科植物	8.80	81.0	1.2	33.0	13.0	8.9
石灰岩層	12.00	140.0	4.5	16.0	370.0	33.0
テカン川地域	8.93	140.0	4.9	28.6	86.7	24.2
マメ科植物						
テカン川地域	31.30	104.0	4.2	25.0	51.7	14.2
Oil Plam						
農園 ¹⁾	10.70	78.4	11.3	102.3	66.0	29.0
農園 ²⁾	24.70	151.6	22.9	195.7	85.5	49.8

注) 1) Pruned fronds and male inflorescences

2) Pruned fronds, male inflorescences and harvested fruit bunches

引用文献: Gurmit Singh et al(1999), "Oil Palm and the Environment" Malaysian Oil Palm Growers Council 25p

[表-52]自然林、人工林そして開拓後の土壌侵食比較

場所	侵食速度(t/ha/yr)
自然林	0.03-6.2
森林プランテーション	5.9-53.4
部分的開墾	10.2
完全開墾	93.8
二次森林	18.8-54.2
開墾後、部分的にマメ科植物で覆っている	137-207

注) 引用文献: I.E.Henson(1994)、"Environmental Impacts of Oil Palm Plantation in Malaysia" PORIM Occasional Paper No.33 12p

[表-53]オイルパーム植林後の土壌侵食の例

パーム樹年齢 (植樹後)	傾斜地 (角度)	処置/ コンディショニング	侵食速度 (t/ha/yr)
2 - 4	2	マメ科植物でカバー	18.8
	5	マメ科植物でカバー	24
	9	マメ科植物でカバー	35.4
	15	マメ科植物でカバー	50
11	5	収穫用道路	14.9
		パーム並木	7.4
		パーム葉下	1.1
12	< 5	カバーセズ	12.5
12 - 16	3 - 5	カバーされていない筋	28
		パーム葉でカバーされている筋	19.7
		通常の2倍をパーム葉でカバーされた筋	16.3

注) 引用文献: I.E.Henson(1994)、"Environmental Impacts of Oil Palm Plantation In Malaysia" PORIM Occasional Paper No.33 13p

[表-54] オイルパーム農園における表流水と流送土砂による栄養分のロス

Average slope: 5度
 Annual rainfall: 1430mm
 Palm age: 11yrs

(Kg/ha/yr)

	N	P	K	Ca	Mg
流水	9.93	1.43	10.40	4.04	1.82
流送土砂	5.57	3.63	8.79	7.40	2.10
合計	15.50	5.06	19.19	11.44	3.92

注) 引用文献: I.E.Henson(1994)、"Environmental Impacts of Oil Palm Plantation
 In Malaysia" PORIM Occasional Paper No.33 14p

注)[表-53]参照

[表-55]オイルパーム農園で使用される無機化学肥料の種類・量および失われる栄養量

使用無機化学肥料量				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Kg/ha	114.2	81.6	285.6	35.4
	SOA	RO	MOP	KIES
Kg/ha	544	272	476	136
RM/mt	335	280	580	400
cost RM/ha	182.24	81.6	276.08	54.4
流水・流送土砂で失われる栄養量				
Lost Nutrient(Kg/ha)	15.5 as N	5.06 as P	19.19 as K	3.92 as Mg
	73.8 as SOA	16.9 as RO	32 as MOP	15.1 as KES
使用された量に対して失われる割合				
%	13.6	6.2	6.7	11.1
失われるコスト	24.8	5.1	18.5	6.0

注)参考資料: Systematic Approach Green Environment Sdn.Bhd カタログ
 I.H.Henson(1994)Environmental Impacts of Oil Palm Plantations in Malaysia。PORIM occasional paper No.33 14p

[表-56] マレーシアのパームオイル産業関連機関

機関	役割
MOPGC(The Malaysian Oil Palm Growers' Council)	生産者組織団体
ISP(The Incorporated Society of Planters)	生産者組織団体
FELDA(The Federal Land Development Authority)	小規模農家支援
FRLCRA(The Federal Land Consolidation and Rehabilitation Authority)	小規模農家支援
RISDA(The Rubber Industry Smallholders' Development Authority)	小規模農家支援
PORIM(The Palm Oil Research Institute of Malaysia)を改称して現在、 : MPOB(The Malaysian Palm Oil Board)	研究
MARDI(Malaysian Agricultural Research and Development Institute)	研究開発
FRIM(Forest Research Institute of Malaysia)	研究開発
PORLA(The Palm Oil Registration and Licensing Authority)	登録
PORAM(The Palm Oil Refiners Association of Malaysia)	パームオイル加工業界団体
MEOMA(The Malaysian Edible Oil Manufacturers' Association)	パームカーネル加工業界団体
KLCE(The Kuala Lumpur Commodity Exchange)	商品取引
KLCCH(The Kuala Lumpur Commodities Clearing House Sdn. Bhd.)	商品取引

注)参考文献:H. A. J. Moll, "The economics of oil palm" Pudoc Wageningen 1987

[表-57] オイルパームプランテーション保有者機関分類と面積推移

(単位: ha)

	1960	1970	1980	1986	1990	1995	1997	1999	2000	2001
私営農園	54,600	233,600 68,300 ^{b)}	554,400 582,000 ^{b)}	778,000	895,000	1,230,300	1,498,500	1,942,452	2,024,286	2,079,341
国家組織										
FELDA	—	65,200 72,000 ^{b)}	316,600 307,000 ^{b)}	470,000	603,000	675,400	681,500	674,948	598,190	612,742
FELCRA	—	800	18,900 20,000 ^{b)}	50,300	107,000	141,200	117,700	132,354	154,357	165,528
RISDA	—	8800 400 ^{b)}	20,400 24,000 ^{b)}	25,400	35,000	43,700	37,100	41,561	37,011	48,605
州組織	—	n.a.	85,500 63,000 ^{b)}	99,200	170,000	196,600	224,500	235,565	242,002	249,454
小規模農家	—	15,000	70,400 47,000 ^{b)}	120,500	174,000	228,600	260,000	286,513	320,818	343,342
Total	54,600	323400 75900 ^{b)}	1,066,200 (1,023,306) ^{a)} 1,043,000 ^{b)}	1,120,400 (1,482,399) ^{a)}	1,984,000	2,516,000	2,819,000	3,313,393	3,376,664	3,499,012

FELDA: the Federal Land Development Authority FELCRA: the Federal Land Consolidation and Rehabilitation Authority

RISDA: the Ruber Industry Smallholders Development Authority

注) 参考文献: Arif Simeh(2001) The case study on the Malaysian Palm Oil. Regional workshop on commodity export diversification

1960-1986: Malek bin Mansoor et al.(1988) The production of the Malaysian oil palm

Industry with special reference to the smallholder subsector.

PORIM occasional paper No.24 5p

1990,95,97,b): Gurmit Singh et al(1999) Oil palm and the environment. Malaysianoil palm growers' council.3p

FELDA開墾面積(ha)

	1965	1970	1975	1980	1985	1995	2000
ゴム	639	23,670	44,416	69,023	100,024	171,570	149,617
オイルパーム	1,083	15,894	85,257	196,507	306,887	675,392	685,520

注) 参考文献: Arif Simeh(2001) The case study on the Malaysian Palm Oil. Regional workshop on commodity export diversification and poverty reduction in south and south-east Asia 7p

[表-58]マレーシアにおける私営農園、小規模グループ農家、小規模農家のコストとリターン比較^a

(単位: M\$)

	Es tate ^b		Group Smallholdings ^c		Individual Smallholdings ^d	
投入労働者数 ^e man days/ha	100		na		130	
コスト ^f						
開墾と植樹	1,600 \$/ha		1,683 \$/ha ^g		1,900 \$/ha	
道、溝等	400 \$/ha		958 \$/ha ^g		300 \$/ha	
植樹に必要な材料	400 \$/ha		445 \$/ha ^g		600 \$/ha	
メンテナンス、肥料、農業材料	1,000 \$/ha		2,426 \$/ha ^g		800 \$/ha	
管理費 ^h	500 \$/ha		na \$/ha ^g		50 \$/ha	
その他 ⁱ	100 \$/ha		189 \$/ha ^g		50 \$/ha	
合計	4,000 \$/ha		5,701 \$/ha ^g		3,700 \$/ha	
収量 ^j	20 t.FFB/ha		23 t.FFB/ha		17 t.FFB/ha	
投入労働者	50 man day/ha		90 man day/ha		80 man day/ha	
コスト	\$/ha	\$/t FFB	\$/ha ^k	\$/t FFB	\$/ha	\$/t FFB
収穫と集荷費	450	22.5	686	34.1	616 ^l	36.2
メンテナンス、肥料、農業材料費	500	25	934	46.7	600	35.2
農園内輸送費	170	8.5	200	10	170	10
管理費	500	25	115	5.8	30	1.8
その他 ^l	30	1.5	73	3.7	20	1.2
合計 ^j	1,650	82.5(412) ⁿ	2,004	100.3(501)	1,436	84.4(469)
搾油コスト						
労務費	22	\$/t CPO		\$/t CPO		
メンテナンス費	30	\$/t CPO				
材料費	18	\$/t CPO				
管理費	57	\$/t CPO	195 ^o	\$/t CPO		
その他	8	\$/t CPO				
合計	135	\$/t CPO	696	\$/t CPO		
輸送コスト	35	\$/t CPO				
総コスト ^p	582	\$/t CPO	696	\$/t CPO		
収益						
総計	800 ^q	\$/t CPO	800 ^q	\$/t CPO	1,836	108.0 ^r (600) ^m
実質	218	\$/t CPO	104	\$/t CPO	406	23.6 ^s

注)引用文献: Malek bin Mansoor and Colin Barlow, "The production Structure of the Malaysian Oil Palm Industry with Special Reference to the Smallholder Subsector" PORIM Occasional Paper No.24 1988 24—25p

- a) This is estimated on the basis of available information. The performance figures refer to the 9-year "yield plateau" period from years 8 to 16. The costs for Estate and Independent Smallholdings refer to 1984, and are rounded to the nearest \$10, while the costs for Group Smallholdings refer to 1983. The return of Independent Smallholdings are calculated according to the long-term expected F.O.B. price for crude palm oil of M\$800/t. This price translates to a CIF level in N.W. Europe of M\$897/t or US\$490/t at the long-term exchange rate of R\$2.30 per US\$1.00)
- b) Estimated average of estates in coastal and inland area of peninsular Malaysia
- c) Costs under this heading taken from quoted "Agricultural development cost per hectre for oil palm" on FELDA settlement schemes and from "representative FELDA settler budget for oil palm, 4ha holding" (World Bank, 1980-6). Various social and infrastructure costs are excluded, as noted below.
- e) Including both family and hired labour and costed in the expenditure figures at \$14 per man day for group and individual smallholdings
- f) totals for years 1-4
- g) Quoted figures from source mentioned in note "c" and referring to "Land Development" and "Field Maintenance" up to year 4. "Crop Insurance", "Castration and Pollination" and "Palm sanitation" and "Frond pruning" are excluded. The original figures make no mention of "Management and Overheads", but these may be distributed over other items
- h) Including all supervision, and current infrastructure and equipment costs
- I) Including land taxes, etc. but excluding costs of original investment and interest on land values
- j) For the "plateau" period from years 8-16
- k) Quoted figures from source mentioned in note "c", "process transport", "replanting cost" and "loan repayment" are excluded. Labour costs are not quoted in the original source, but 55% of the 90 man days (per hectre) (i.e. 49 man days) are assumed to be spent on "Harvesting and Collection" and costed at \$14 per man day (see note "e" above). These costs are then added to the quoted non-labour cost of the item. The balance of 41 days is assumed to be spent on "Mainline transportation" together with "Maintenance, Fertilizer and Agrochemicals" and the relevant labour costs are added to these items
- l) 44 man days (55% of the 80 man days total) (per ha) at \$14 per man days = \$616
- m) Figures in bracket () are cost and returns per tonnes of crude palm oil, using a 20% extraction rate for estates and group smallholdings, and an 18% rate for individual smallholdings. Palm kernel outputs are ignored
- n) Including depreciation
- o) The quoted "process/transport" cost of \$38.9/t FFB, covered to the cost per tonne of crude palm oil by using by a 20% extraction rate
- p) The total of production, Milling and transport costs for crude palm oil
- q) Expected FOB price of crude palm oil, delivered at the refinery (same as expected FOB price)
- r) Assuming that individual smallholders receive for their FFB at the farm gate (i.e. the roadside) 13.5% of the above long-term forecast FOB price of palm oil. The actual proportion of the FOB price received by smallholders has ranges from about 12 to 15 %, depending on market conditions
- s) A further important measure of profit in the smallholding situation is the return to labour. Taking a gross farm-gate return per hectre of \$1,836 and deducting non-labour costs of \$250 for "Maintenance" and \$50 for "Management" and "Other", gives a net return of \$1,536 for 80 man days, or just over \$19 per man day

[表-59]オイルパーム樹の樹齡とFFB収穫量の変化

樹齡	FFB収穫量(t/ha)
0	0
1	0
2	0
3	4.52
4	7.53
5	12.55
6	16.57
7	19.08
8	19.83
9	20.34
10	20.34
11	20.09
12	20.09
13	19.93
14	19.58
15	19.58
16	19.58
17	19.33
18	19.08
19	18.83
20	18.58
21	18.33
22	18.08
23	17.83
24	17.58
25	17.33
26	16.83
27	16.83
28	16.08
29	15.58
30	14.33
31	13.58
32	12.18

注)参考文献:Azman Ismail et al(2002)The optimal age of oil palm replanting.
Oil palm Industry Economic Journal Vol.2(1)16p

[表-60]FFBの農場内移送機械化によるコスト低減(RM)

	従来(cost/t)	IFES法(cost/t)
1. 農園内集荷	4.50	4.50
2. 積み込み	2.80	——
3. 輸送	7.02	6.32
合計	14.32	10.32
節約		3.50

注)引用文献:Stephan T K Yow et al(2001)Replanting Policies and Strategies in Golde Hope.
 Proceedings of the 2001PIPOC International Palm Oil Congress.292p

[表-61] 植え替え時に発生するTrunk, Frondsの発生量('000t of Dry Matter)

	Trunk(幹)			Fronds(葉)		
	西マレーシア	サバ/サラワク	合計	西マレーシア	サバ/サラワク	Total
1985	254.90	0.70	255.60	48.56	0.13	48.69
1986	363.00	10.92	373.92	69.14	2.08	71.22
1987	462.00	30.90	492.90	88.00	5.89	93.98
1988	646.80	69.20	716.00	123.20	1.31	124.51
1989	810.60	162.80	973.40	154.40	31.01	185.41
1990	966.00	353.14	1319.14	184.00	67.26	251.26
1991	1776.60	616.73	2393.33	338.40	117.47	455.87
1992	2541.00	834.29	3285.29	484.00	158.91	642.91
1993	2982.00	1077.05	4059.05	568.00	205.15	773.70
1994	3309.60	1289.90	4599.50	630.40	245.70	876.10
1995	3120.60	1249.25	4369.85	594.40	237.95	832.32
1996	3238.20	1110.48	4348.68	616.80	211.52	828.32
1997	5216.40	935.59	6151.99	993.60	178.21	1171.81
1998	6636.00	839.66	7475.66	1264.00	159.94	1423.94
1999	6392.40	724.75	7117.15	1217.60	138.05	1355.65
2000	6367.20	654.70	7021.90	1212.80	124.70	1337.50

注) 引用文献: Mohamad b. Et al.(1986). "Availability and Potential Utilization of Oil Palm Trunks and Fronds Up to the year 2000 PORIM Occasional Paper No.20. 8p

[表-61-2] 剪定時に発生するFronds(Million tonne dry matter)

	Fronds(葉) 剪定時		
	W. Malaysia	Sabah/Sarawak	Total
1985	11.36	1.93	13.29
1986	12.19	2.02	14.21
1987	12.86	2.11	14.97
1988	13.49	2.2	15.69
1989	14.05	2.29	16.34
1990	14.55	2.37	16.92
1991	14.9	2.45	17.35
1992	15.11	2.53	17.64
1993	15.23	2.62	17.85
1994	15.28	2.7	17.98
1995	15.4	2.77	18.17
1996	15.54	2.85	19.09
1997	15.46	2.93	19.39
1998	15.18	3	18.18
1999	14.85	3.07	17.92
2000	14.7	3.15	17.85

注) 引用文献: Mohamad b et al.(1986). "Availability and Potential Utilization of Oil Palm Trunks and Fronds Up to the year 2000 PORIM Occasional Paper No.20. 4p

[表-61-3] Trunk, Frondsの単位面積当たりの発生量

	Dry wt.(t/ha/yr)
幹(切り倒し時)	75.46~84.0
葉(切り倒し時)	14.47~16.0
葉(剪定時)	10.4~11.0

但し、148palms/haの内で、85%~95%が使われると仮定

注) 引用文献: Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the Environmnt.Malaysian Oil Palm Growers' Council.43p

[表-62]OPTの乾燥条件と乾燥結果および乾燥により生じる欠陥

乾燥法	板の状態	最初の水分量(%)	最終水分量(%)	乾燥までの時間(日)	乾燥によって生じた欠陥
空気乾燥	25mm厚さ周辺と中央から	128	15.7	60	板は着色、板中心部は壊れそう
キルン乾燥	25mm厚さ周辺部と中央部からの板の混合	128	8.5	15	約40%の板が乾燥劣化
キルン乾燥	50mm厚さ周辺部と中央部からの板の混合	205	10.2	24	約40%の板が乾燥劣化

注) 引用文献: Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the Environment.Malaysian Oil Palm Growers' Council.202p

オイルパーム幹の機械加工性

加工	機械加工性	機械加工処理後の表面
かんな掛け	非常に困難	非常に粗い
のこぎり	若干、困難	粗い
横引き	若干、困難	非常に粗い
穴あけ	容易い	非常に粗い

注) 引用文献:Advances in oil Plam Research. Vol. II 1365p

[表-63]OPTの化学成分・他オイルパーム副生成物との比較(乾燥重量当たり%)

	乾燥物質	有機物質	粗プロ テイン	粗繊維	中性洗剤 繊維	酸性洗剤 繊維	灰分	リグニ ン
化学成分								
OPT	—	—	2.8	38.5	78.7	52.4	2.8	24.4
柔組織	—	96.5	3.2	—	67.4	40.3	3.5	38.5
維管束	—	98.3	1.1	—	92.0	70.1	1.7	10.2
見掛け消化率								
柔組織	49.7	49.9	48.9	—	25.5	10.5	44.0	—
維管束	19.1	14.1	58.1	—	3.9	10.0	28.6	—

注)引用文献:Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the Environment. Malaysian oil palm growers' council. 226p

[表-64]年間1ha当たりのオイルパームバイオマスに含まれる肥料成分(Kg/ha)

	N	P	K	Mg	Ca
切り倒されたパーム幹 (75.46t)	368.2	35.5	527.4	88.3	146.4
植替え時発生葉 (14.47t)	150.1	13.9	193.9	24.0	35.7
剪定時発生葉 (10.4t)	107.9	10.0	139.4	17.2	25.6
EFB(1.55t)	5.4	0.4	35.3	2.7	2.3
Fiber(1.63t)	5.2	1.3	7.6	2.0	1.8
Shell(0.94t)	3.0	0.1	0.8	0.2	0.2
Effluent(13.6t)	Raw 12.9	2.1	26.6	4.7	5.4
合計	652.7	63.3	931.0	139.1	217.4
	Urea	CIRP	MOP	Kieserite	—
肥料当量	1420	400	1860	1400	—

CIRP:Christmas Island Rock Phosphate. MOP:Muriate of Potash

注)引用文献:MPOB(2000)Advances in Oil Palm Research Voll. II.1417p

パームオイルプランテーションに使用される化学肥料の量とコスト

肥料	単価(RM/mt)	使用量(kg/ha)	単位面積当たり 肥料コスト(RM/ha)
Urea	335	544	182.24
CIRP	280	272	81.6
MOP	580	476	276.08
Kieserite	400	136	54.4
			合計:594.32

注)参考文献:Systematic Approach Green Environment Sdn.Bhd. A New Beginning in the Palm Oil Industries 15p

[表-65]剪定時に発生するFronds(乾燥重量-百万トン)

剪定時 発生葉			
	西マレーシア	サバ／サラワク	合計
1985	11.36	1.93	13.29
1986	12.19	2.02	14.21
1987	12.86	2.11	14.97
1988	13.49	2.2	15.69
1989	14.05	2.29	16.34
1990	14.55	2.37	16.92
1991	14.9	2.45	17.35
1992	15.11	2.53	17.64
1993	15.23	2.62	17.85
1994	15.28	2.7	17.98
1995	15.4	2.77	18.17
1996	15.54	2.85	19.09
1997	15.46	2.93	19.39
1998	15.18	3	18.18
1999	14.85	3.07	17.92
2000	14.7	3.15	17.85

注)引用文献: Mohamad b et al.(1986)l, "Availability and Potential Utilization of Oil Palm Trunks and Fronds Up to the year 2000 PORIM Occasional Paper No.20. 4p

[表-66]OPFの化学成分・他オイルパーム副生成物との比較(乾燥重量当たり%)

	粗プロテイン	粗繊維	中性洗剤 繊維	酸性洗剤 繊維	エーテル抽出 (新陳代謝可能 エネルギー)	灰分	MJ/Kg
Palm kernel cake	17.2	17.1	74.3	52.9	1.5	4.3	11.13
POME	12.5	20.1	63.0	51.8	11.7	19.5	8.37
OPF	4.7	38.5	78.7	55.6	2.1	3.2	5.65
OPT	2.8	37.6	79.8	52.4	1.1	2.8	5.95
EFB	3.7	48.8	81.8	61.6	3.2	—	—

注) 引用文献: M.Wan Ztahari et al.(2002) Utilization of oil-palm Frond-based diet for beef and dairy production in Malaysia.
2002 International symposium on recent animal nutrient. New Delli, India 16p

[表-67]Frondsの単位面積当たり発生量に含まれる肥料成分

葉成分	乾燥重量(t/ha)	C(t/ha)	N(Kg/ha)	P(Kg/ha)	K(Kg/ha)	Ca(Kg/ha)	Mg(Kg/ha)
葉	4.6	2.2	105	6	43	25	11.5
葉茎	10.2	4.9	31	4.4	140	22	5
合計	14.8	7.1	136	10.4	183	47	16.5
肥料当量			SOA	RP	MOP		KIES
(Kg/ha)			648	66	367		105
(RM/ha)			217	18	213		42

注) SOA:RM335/mt、RP(P2O5):RM280/mt、MOP(K2O):RM580/mt、KIES(MgO):RM400/mt

参考資料:Khalid Haron et al(2001)Nutrient Cycling and Innovative Approach of Biomass Management in Oil Palm Plantation
Proceedings of the 2001 PIPOC International Palm Oil Congress.327p

[表-68]EFB, shell, fibre, POMEの発生量(wet 百万トン/年)

年	場所	EFB	Fibre	Shell	POME
1997	半島マレーシア	7.823	4.797	1.947	23.806
	東マレーシア	3.028	1.856	0.754	9.213
	合計	10.851	6.653	2.701	33.019
2000	半島マレーシア	8.288	5.081	2.062	25.219
	東マレーシア	4.146	2.542	1.032	12.616
	合計	12.434	7.623	3.094	37.835

注)引用文献:Gurmit Singh et al(1999), "Oil Palm and the Environment" Malaysian Oil Palm Growers' Council 43-45p

[表-69]EFB,Fiber,Shellの化学成分

EFB成分

	乾燥重量		含水重量 (平均)
	範囲	平均	
灰分(%)	4.8-8.7	6.3	2.52
油分(%)	8.1-9.4	8.9	3.56
C(%)	42.0-43.0	42.8	17.12
N(%)	0.65-0.94	0.8	0.32
P ₂ O ₅ (%)	0.18-0.27	0.22	0.09
K ₂ O(%)	2.0-3.9	2.9	1.16
MgO(%)	0.25-0.40	0.3	0.12
CaO(%)	0.15-0.48	0.25	0.1
B(mg/kg)	9.1-11	10	4
Cu(mg/kg)	22-25	23	9
Zn(mg/kg)	49-55	51	20
Fe(mg/kg)	310-595	473	189
Mn(mg/kg)	26-71	48	19
C/N比	45-64	54	54

Fresh wt basis:moisture content 60-65%

注)引用文献:Gurmit Singh et al.(1999)Oil palm and the environment Malaysian oil palm growers' council 172p

灰分中の無機成分割合

	EFB	Fiber	Shell
乾燥各バイオマスに含まれるAsh割合(%)	7.3	8.4	3.2
SiO ₂	34.7	63.2	65.4
Al ₂ O ₃	1.2	4.5	2.1
Fe ₂ O ₃	1.8	3.9	3.3
CaO	3.3	7.2	3.1
MgO	2.9	3.8	3.2
Na ₂ O	0.8	0.8	0.5
K ₂ O	40.1	9	12.7
TiO ₂	0.1	0.2	0.1
P ₂ O ₅	2.5	2.8	3.3
SO ₃	8	2.8	3.2
CO ₂	0.1	2.2	3.8

引用文献:Nicholas Boon Hiatt et al.(2002)Power Generation from palm oil mill: Design and costing.2002 National Seminar on palm oil milling, Refining Technology,Quality and Environment

[表-70]オイルパームファイバーの形態的¹⁾・化学的特長²⁾

	EFB	FronD	Trunk	Hardwood	Softwood
重量平均繊維長さ (mm)	0.67	1.03	1.37	0.83	2.39
繊維径 (μm)	12.50	15.10	20.50	14.70	26.80
ルーメン幅 (μm)	7.90	8.20	17.60	10.70	19.80
ルンケル比	0.59	0.84	0.26	0.37	0.35
繊維領域(μm)	75.60	126.20	86.70	79.00	256.10
ホロセルロース	71.50	77.20	67.80		
Xセルロース	39.90	43.10	40.50		
リグニン	15.20	13.60	14.60		
ペントサン	29.00	26.80	25.10		
アルコール/ベンゼン 溶解物	1.50	1.80	1.00		
熱水溶解物	10.20	9.60	8.90		
1% NaOH溶液 溶解物	21.40	25.30	23.60		
灰分	1.00	1.20	1.50		

注) 引用文献: 1) Mohamad Husin(2002)Availability, Properties and distribution of oil palm biomass in Malaysia.

Seminar on Oil Palm Biomass: Opportunities for Commercialization Paper 1

2) Younis H. Suleman et al.(1998)Ethanol pulping of oil palm fibers. Utilization of Oil Palm Tree 127p

[表-71]ミル工場から排出されるバイオマス量・水分・油分(1997)

	量 (百万トン)	水分 (%)	油含有量 (%)	熱的価値(dry) Kcal/Kg
EFB	10.6	65	5	3,700
Fiber	6.6	42	5	4,420
Shell	2.7	7	1	4,950
POME	32m ³	95	1	————

注)引用文献:Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the environment.Malaysian Oil Palm Growers' Council. 254p

[表-72]ミル工場廃水の組成

組成	mg/l	組成	mg/l
PH	4.7	P	18
油分/グリース	4,000	K	2,270
生物化学的酸素要求量	25,000	Mg	615
化学的酸素要求量	50,000	Ca	439
全固形分	40,500	B	7.6
懸濁固形分	18,000	Fe	46.5
全揮発性固体	34,000	Mn	2
アンモニア性窒素	35	Cu	0.89
全窒素	750	Zn	2.3

注)引用文献:Gurmit Singh etl, "Oil Palm and The Environment" Malaysian Oil Palm Growers' Council 1999 115p

[表-73]ミル工場排出基準(The Environment Quality Act 1978)

	基準 (mg/l)
PH	5 - 9
油分/グリース	50
生物化学的酸素消費量	100
懸濁物質	400
アンモニア性窒素	150
全窒素	200

注)引用文献:Gurmit Singh etl, "Oil Palm and The Environment"
 Malaysian Oil Palm Growers' Council 1999 262p

[表-74]POMEからのバイオガスの性質及びエネルギー量

	バイオガス	天然ガス	LPG
発熱量(Kcal/Nm3)	4,740-6,150	907	24,00
比重	0.847-1.002	0.584	1.5
着火温度(°C)	650-750	650-750	450-500
引火限界(%)	7.5-21	5.0-15	2.0-10
燃烧酸素要求量 (m3/m3)	9.6	9.6	13.8

POME	32百万m3
バイオガス	896百万m3
電気量	1, 613百万Kwh

All gases evaluated at 15.5 ,atmosphere pressure and saturated with water vapour

LPG:Liquefied petroleum gas

注)引用文献:Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the environment.Malaysian Oil Palm Growers' Council. 255, 256p

[表-75]乾燥POMEの含有成分

	%
水分	<7
灰分	20
シリカ	8
エーテル抽出物	12
粗繊維	12
粗プロテイン	12
粗セルロース	20
NFE	28
P	0.3
K	2.5
Mg	0.7
Ca	0.8
熱量	4,400kcal/Kg

	Wet(%)	Dry(%)
水分	80%	
全窒素	0.42	2.07
アンモニア性窒素	0.03	0.15
全-P ₂ O ₅	0.19	0.96
水溶性リン(P ₂ O ₅)	0.15	0.76
全カリウム(K ₂ O)	1.29	6.51
全カルシウム(CaO)	0.023	0.12
全マグネシウム(MgO)	0.396	2
全マンガン(MnO)	0.003	0.015
全鉄	0.007	0.035
全ナトリウム	0.004	0.02

注) 引用文献: Ir. Ma Ngan(1995) Towards a Greener Palm Oil Industry:

Energy Environment interaction.Palm oil Technical Bulletin Vol.1. No.2 5p

注) 引用文献: Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the Environment.
Malaysian oil palm growers' council. 232p

[表-76]POMEの肥料利用コスト

	初期投資額(RM/ha)	運転コスト(RM/ha)
長床	1, 200－1, 700	180－220
平地	1, 300－1, 800	180－240
傾斜地の畝	1, 500－1, 800	200－240
平地の畝	750－1, 250	175－250
スプリンクラー	1, 830－3, 120	240－310
トラクター/タンクローリー/ポンプ	320－380	90－110

注)コストはミル工場とサイト間の距離による。パイプやポンプ輸送のコストを最小限にするためにミル工場からの距離を3Km以下とした。

引用文献: Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the Environment. Malaysian Oil Palm Growers' Council. 159p

18 百万トンPOMEの肥料的価値

	トン(1000)	価格(RM/t)	価値(RM million)
硫安	90.6	360	32.6
CIRP	23.4	230	5.4
塩化カリウム	82.4	370	30.5
キーゼライト	71.6	310	22.2

注) 引用文献: Yusof Basirou et al(1996) Targetting zero-waste in Oil Palm. Groval Forum 500. Towards corporate Environmental Excellence 48p

[表-77]パームカーネルケーキの化学成分組成

	Palm Kernel Cake	POME	Fiber
成分組成(原物%)			
乾物	88.5-90.3	89.2-93.3	88.3-92.0
灰分	3.6-4.0	11.2-19.2	4.9-6.4
粗蛋白質	14.4-20.4	10.6-12.4	4.7-6.1
粗脂肪	0.5-2.0	11.0-24.1	2.4-7.4
粗繊維	11.5-17.6	15.2-17.9	32.6-38.7
可溶性無窒素物	49.0-57.3	28.0-33.3	35.8-41.3
栄養価			
牛			
可消化蛋白質	11.4-20.4	1.8	0.3
可消化エネルギー	3.09-3.56	2.45-2.86	1.45-1.89
豚			
可消化蛋白質	11.5-12.7		
可消化エネルギー	2.72-3.01	2.29	
鶏			
可消化蛋白質	9.3-19.0	2.2	
可消化エネルギー	1.55-1.79	1.94	
アミノ酸組成(原物%)			
アルギニン	1.95	0.43	
ヒスチジン	0.28	0.39	
イソロイシン	0.56	0.53	
ロイシン	0.99	0.88	
リジン	0.51	0.35	
メチオニン	0.31	0.18	
フェニルアラニン	0.62	0.55	
トレオニン	0.48	0.51	
トリプトファン	0.13	0.27	
バリン	0.81	0.74	
ミネラル(乾物中)			
カルシウム(%)	0.26	0.38	0.26
リン(%)	0.44	1.34	0.09
マグネシウム(%)	0.24	0.6	0.1
鉄(mg/kg)	280	8700	1800
銅(mg/kg)	50	55	16
亜鉛(mg/kg)	51	49	20
マンガン(mg/kg)	311	120	46

注)参考文献:加藤秋男(1993)パーム油・パーム核油の利用.幸書房. 285p

[表-78] リファイナリー工場廃水中成分の種類と濃度 (mg/l)

	濃度	平均濃度
温度(°C)	30-45	35
pH	3.8-7.0	5.3
生物化学的酸素要求量	50-1500	530
化学的酸素要求量	150-3000	900
全固形分	100-2000	580
懸濁物質	50-100	80
全窒素	0-20	10
リン	1.0-10	4
油分/グリース	25-600	200

注) 引用文献: Gurmit Singh et al, "Oil Palm and the Environment" Makaysian Oil Palm Growers' Council 1999 130p

[表-79]オレオケミカル工場の数と処理能力

	1999		2000	
	No.	Capacity(tonnes/yr)	No.	Capacity(tonnes/yr)
稼動中工場	14	1,496,667	16	1,799,965
休止中工場	6	402,657	6	402,657
計画中工場	21	395,333	19	370,893
全許認可工場	41	2,294,657	41	2,573,515

注) 引用文献: MPOB, "Review of the Malaysian Oil Palm Industry 2000" 2001 13p

[表-80]オレオケミカル工場からの廃水排出基準

	A基準	B基準
化学的酸素要求量 (ppm)	50	100
生物化学的酸素要求量(ppm)	25	50
油分/グリース(ppm)		< 10
懸濁物質(ppm)		< 100
重金属		
pH		6-9

注) 2002年2月6日.Cognis Oleochemicals Malaysia Sdn Bhd 社訪問。情報聴取

[表-81] 森林開拓農地化費用

	各年費用 (MS\$/ha)				合計
	1	2	3	4	(MS\$/ha)
土地開拓 ¹⁾					
内陸土壤	850				850
海岸土壤	1050				1050
道、排水溝等 ²⁾					
内陸土壤	350				350
海岸土壤	450				450
土壤表面カバー	150				150
植樹 ³⁾	500	40			540
肥料					
内陸土壤	200	240	350	160	950
海岸土壤	120	145	250	85	600
維持管理費	320	680	600	200	1800
一般経費	300	300	300	150	1050
全内陸土壤費用	2670	1260	1250	510	5690
全海岸土壤費用	2890	1165	1150	435	5640

注) 開拓地を完全に農地化するには3年半の期間が必要

引用文献: H. A. J. Moll, "The economics of palm" Pudoc Wageningen 1987 147p

1) including clearing, felling, and burning of forest or old palms, mainly with heavy equipment

2) Establishment of new road and drainage system

3) palmの植樹密度: 138Palms /ha

[表-82]農園作業に必要な車両への投資(4, 000ha農園)

	台数	1台当たりの単価(MR1000)	合計(RM1000)
4輪車	3	30	90
トラクター	8	36	288
トレーラー	12	7.5	90
地ならし車	2	55	110
クレーンを持ったトラック	6	54	324
合計			902

注)引用文献:H. A. J. Moll(1987)The economics of oil palm Pudoc Wageningen 148p

[表-83] 必要建屋への投資(4,000ha農園)

	棟数	1棟当たりの単価 (RM1000)	合計(RM1000)
マネージャー用	1	150	150
アシスタント マネージャー用	6	95	570
その他スタッフ	30	38	1140
作業員	500	9.5	4750
その他建物			250
合計			6860

注) 引用文献: H. A. J. Moll (1987) The economics of oil palm Pudoc Wageningen 149p

[表-84]ミル工場の製造能力と投資額

能力 (t・FFB／hr)	MR(百万)
10～12	5.0
20～24	8.5
30～36	10.0
60～62	18.0

注) 引用文献: H.A.J.Moll(1987)The economics of oil palm. Pudoc Wageningen 148p

30	10.0
----	------

注) 引用文献: James Pletcher(1991) Regulation with growth: The political economy of palmoil in Malaysia.

World development Vol.19.No.6 624p

[表-85] 農場の単位面積当たり投資合計(MR/ha)

	RM/ha
農地開拓費	5665
車両費	226
ミル工場費	1670
建屋	1715
合計	9276

注) 引用文献: H.A.J.Moll(1987)The economics of oil palm. Pudoc Wageningen 149p

[表-86]私営農園におけるFFB生産コスト(RM)

	内陸 (/ha)	土壌 per tFFB	海岸 per hectare	土壌 per tFFB
維持管理と耕作				
労務費(20d/ha)	220.0	12.2	220.0	10.0
肥料 ¹⁾	325.0	18.1	190.0	8.6
その他材料	80.0	4.4	80.0	3.6
小合計	625.0	34.7	490.0	22.2
収穫				
労務費(1.3d/ha)	315.0	17.5	385.0	17.5
材料	9.0	0.5	11.0	0.5
小合計	324.0	18.0	396.0	18.0
輸送代(収集を含め)	108.0	6.0	132.0	6.0
Total	1057.0	58.7	1018.0	46.2

注)引用文献:H. A. J. Moll, "The economics of oil palm" Pudoc Wageninge 1987 150p

1)965kg/ha on inland soil、550kg/ha on coastal soils

FELDA FFBコスト(1993年現在)

			RM/t・FFB
RM/t・FFB	74~100	維持管理と耕作／肥料	32.10% 23.8~32.1
RM/ha	1750~2260	収穫／収集／輸送	36.60% 27.1~36.6
		農園相互間維持関連	31.30% 23.2~31.3

注)引用文献:Gurmit Singh et al(1999)Oil Palm and the Environment.Malaysian Oil Palm growers' Council.6-7p

[表-87]ミル工場プロセスコスト

	FFB トン当たり		製品 トン当たり	
	RM	US\$	RM	US\$
加工				
労務費(1.5d/t・製品)	5.1	2.2	19.6	8.4
材料・補修費	8.2	3.5	31.6	13.5
その他	3.7	1.6	14.2	6.1
小合計	17.0	7.3	65.4	28.0
輸送と配達	3.4	1.4	13.1	5.5
合計	20.4	8.7	78.5	33.5

注) 引用文献:H.A.J.Moll(1987)The Economics of oil palm. Pudoc Wageningen.151p

[表-88]パームオイルの製造コスト(RM)

	ha当り	FFB1トン当り	製品1トン当り
内陸土壌・操業コスト			
維持管理・耕作	625	34.7	133.5
収穫	324	18.0	69.2
輸送	108	6.0	23.1
果実房生産全コスト	1057	58.7	225.8
加工	306	17.0	65.4
輸送配達	61	3.4	13.1
一般経費	300	16.7	64.1
利子	507	28.2	108.3
小合計	2231	124.0	476.7
海岸土壌・操業コスト			
維持管理・耕作	490	22.2	85.7
収穫	396	18.0	69.2
輸送	132	6.0	23.1
果実房生産全コスト	1018	46.2	178.0
加工	374	17.0	65.4
輸送配達	75	3.4	13.1
一般経費	300	13.7	52.4
利子	507	23.0	88.6
小合計	2274	103.3	397.5
減価償却費			
土地開発	227	11.4	43.7
車両	45	2.3	8.7
搾油	134	6.7	25.8
建屋	43	2.2	8.3
小合計	449	22.6	86.5
合計			
内陸土壌	2680	146.6	563.2
海岸土壌	2723	125.9	484.0

注) 引用文献: H.A.J.Moll(1987)The economics of oil palm.Pudoc Wageningen.152p

[表－８９]パームオイル（CPO）の製造コスト検証

	CPO コスト RM/t	CPO 価格(RM/t)**) (国内)	FFB 価格 (RM/ t) **) (1%抽出)
1981	612.90 ^{*)}	964.00	8.92
1982	523.60 ^{***)}	829.00	7.32
1995	762.83 ^{*)}	1472.50	13.89
1996	865.32 ^{*)}	1191.50	11.89
1997	870.55 ^{****)}	1358.00	13.91

参考文献

*) Teoh Cheng Hai(2000)Land use and the Oil Palm Industry in Malaysia.Project MY0057'Policy Assesment of Malaysian Coservation Issues' 22p

**) Malaysian Palm Oil Board(2001) Malaysian Oil Palm Statistics. 81p

***)内陸農園と海岸沿い農園のコストの平均

****) 上記参考文献では1997年のCPO 価格を780.55と記されてあったが、ミスプリントと解釈して870.55とした。何故ならば、CPO 価格は原料であるFFB 価格に影響を受ける。FFB 価格（1%抽出率換算×オイル抽出率）は1996年RM222.5/t、1997年RM264./tと上がっており、又、生産者価格指数、人件費も上昇しておりCPO 価格が下がる要因がないためである。

[表-90]OPT除去に必要な経費(RM/幹)

	チェーンソー	ブルドーザー	シュレッディング
費用項目			
切り倒し	1.42	7.29	10.50
鋸引き	1.21	1.82	--
横滑り止め	3.24	3.24	--
積載	2.13	2.13	--
小合計	8.00	14.48	10.50
輸送	32.50	32.50	32.50
1幹当りの全コスト	40.50	46.98	42.50
全コスト/m3	28.93	33.56	30.36

注) 1trunk=275kg

引用文献: Mohamed Husin, "Availability, Properties and Distribution of Oil Palm Biomass in Malaysia" Seminar on Oil Palm Biomass Aug. 2001

注) Eon Weng Chuen(1993).An Economic Perspective of oil palm Trunk Utilization. FRIM Reportに Trunkの輸送コストRM29-34の記載

[表-91]OPF収集・移送コスト推定:人手と機械との比較
 (前提:半径10km移送距離、移送量:26t/day)

作業	機械の種類	機械化された収集法				人手による収集法			
		機械		労務費		機械		労務費	
		台数	コスト(RM)	人・日	Cost(RM)	台数	コスト(RM)	人・日	コスト(RM/day)
OPF収集	クローラートラック	2	100,000	6	180	-	-	13	390
農園でのOPF細断	9 in. dia. 細断機	1	61,000	1	30	1	61,000	1	30
細断OPF輸送	3ftローリーコンテナ	1	112,000	1	50	1	112,000	1	50
貯蔵		2	15,000	-	-	2	15,000	-	-
合計			288,000	8	260		188,000	15	470
農園外プラントへの輸送 コスト(RM/t)		26.11				26.65			

注) 引用文献: Hamdan A. Manap(1998)Machinery system for in-field collection and handling of oil palm fronds .
 Utilisation of oil palm tree.OPTU 34p

[表-92]OPFのコスト(収集・細断・加工場への移送)

1. ロードサイド収集ポイントへの全OPF集荷
①前提
i .加工工場のoutput: 2t/hr pellet(30%OPF) + 2t/hr cubes(100%OPF)
ii .Fresh OPF :65% moisture content(wet basis)
iii .Pellet、Cubeにする前に必要なOPF水分量: 15%(wetbasis)
iv .乾燥OPFの1日当たり必要量: $(2 \times 0.3+2)t/hr \times 5hr/day=13t/day$
v .wetOPFの1日当たり必要量: $13/[1-(0.65-0.15)]=26t/day$
vi .平均Fresh OPF重量: 13Kg
vii .オイルパーム樹植樹密度: 136palms/ha
viii .FFB収穫回数: 2回/月(毎2週間)
ix .パーム樹FFB生産量: 5FFB/yr
②仮定
i . OPF剪定量: FFB収穫後とに2OPF
ii . 1回の収穫作業当たり100パーム樹ごとに収穫できるFFB個数: $(5FFB/Palm)/(12months/yr)/(2rounds/mth) \times 100=21$
iii . ロードサイドからの最大輸送距離: 200mで20パーム樹列をカバー
iv . 労働者がOPFを収集できる量: 1時間当たり3列(20パーム樹/列)分のOPFを手で集める(1日6時間労働)
vi . 2人収集と1人運転手の3人収集隊が農場内輸送トラックで1時間当たり16列(1列当たり20パーム樹)分のOPFを収集。1日7時間労働
③コスト計算
i . 1日あたりに集められるOPF: $26tFresh\ OPF/day(26,000Kg/day)/13KgFronde=2,000OPF$
ii . 26tFresh OPF/dayを得るために必要なPalm樹本数: $1,000本(2,000OPF/2OPF/Palm)$
iii . 必要農場面積: $35ha(1,000palms)/(136palms/ha)/(21\%fluiting\ palms)$
a) 手作業収集コスト
1時間当たりOPF収集可能量: $3列 \times 20パーム樹 \times 2OPF \times 21\% = 25OPF$
1日当たりOPF収集可能量: $25OPF \times 6hrs/day \times 13Kg/Fronde=1.95tonnes$
26tFresh OPFを1日で集めるために必要な人数: $26/1.95=13人$
26tFresh OPFを1日で集めるために必要な人件費: $13 \times RM30=RM390$
b) 機械的収集コスト
農場内輸送トラック: 価格RM50,000/台。燃料消費(ディーゼル)10ℓ/hr
1時間当たり収集隊が集められるOPF量: $16列 \times 20palms \times 2OPF \times 21\% = 135OPF$
1日当たり収集隊が集められるOPF量: $135OPF \times 7hrs \times 13KgOPF=12.285tonnes$
収集隊の必要数: $(26t/day)/(12.285t/収集隊 \cdot 日) = 2収集隊(1収集隊; 2収集員、1運転手)$
全必要輸送コスト: $2 \times RM50,000/台 = RM100,000$
1日当たりの労務費: $3人 \times 2隊 \times RM30=RM180$
1日当たり燃料費: $10ℓ/hr \times 7hrs/day \times RM0.65/ℓ \times 2台 = RM91$

注) 引用文献: Hamdan A. Manap(1997)Machinery system for in-field collection and handling of oil pal Fronds. Utilization of oil palm tree.OPTUC 37p

2. OPFの農場でのチップング
①基礎的情報
i. 9インチ径ナイフを持ったディーゼルエンジン・移動可能OPF細断機
価格:RM61,000/台
能力:5t・chippedOPF/hr。 30t/day (5t/hr×6hr/day)
燃料消費量:12ℓ/hr
細断機運転員1人:RM30/day
②コスト試算
i. 26tOPF/day処理するために必要な細断機:26/30=0.87 1台
ii. 26tOPF処理するために必要な時間:26/5=5.2hrs
iii. 1日当たりの労務費:1人日 RM30
iv. 1日当たりの燃料費=5.2hrs/day×12ℓ/hr×RM0.65=RM40.56
3. 細断OPF移送コスト
①基礎的情報
i. 細断化Fresh OPF見かけ密度:425Kg/m ³
ii. 3tコンテナ積み降ろし可能な油圧システムを持ったローリー車。細断OPFで満たされた3tコンテナを加工場にローリーで運んでいる間に、空の3tコンテナが細断OPFを受け入れる連続サイクル利用
iii. ローリー価格:RM112,000/台
iv. 燃料費:15Km/ℓ
v. コンテナ価格:RM7,500/台
vi. 有効積載量:3t。有効積載体積:8m ³
②仮定
i. 農場から加工場への距離:半径10Km以内
ii. 行き帰りの時間:30min
iii. 農場での積み込み時間(空のコンテナを降ろし、満たされたコンテナを積む):10min
iv. 加工場でのチップの降ろし:5min
③コスト試算
i. 行き帰り、積み降ろし時間:45min.(0.75hr)
ii. 1日に可能な行き帰り、積み降ろし回数:(7hrs/day)/0.75hrs=9回
iii. 1回当たりの最大有効重量:運搬体積×見かけ密度=8×0.425=3.4≐3t
iv. ローリーが1日当たりに運べる最大有効重量:9回×3t/1回=27t/day
v. 26tOPF/dayはこぶに必要なローリー台数:26/27=0.96≐1台
vi. 1日当たりのローリー移動距離:9回往復×20Km=180Km
vi. ローリー、コンテナ購入コスト:RM112,000+2×RM7,500=RM127,000
vii. 1日当たり燃料代:180Km/10Km/ℓ×RM0.65/ℓ=RM11.7
viii. ローリードライバー給料:RM50/day

4. コスト解析
①仮定
i. 1日当たりの稼働時間
農園内運搬人:7hrs、OPF細断作業者:7hrs、年間労働日数:290日
購入設備の年間利息:8%、償却後の設備価値:購入価格の10%、税金・保険等:購入価格の2%
償却期間(均等):輸送設備 5yr、細断機 5yr、ローリー 10yr、コンテナ 5yr
エンジンオイルとフィルターのコスト:燃料コストの15%
機械修理コスト(RM/hr):設備購入コストの0.01%
②コスト試算(農園内人手OPF収集)
i. 年間固定費:RM35,792
償却:細断機(61,000-6,100)/5=RM10,980、ローリー(112,000-11,200)/10=RM10,080、 コンテナ(15,000-1,500)/5=RM2,700 合計RM23,760
利息:0.08(188,000+18,800)/2=RM8,272
税金、保険等:RM188,000(61,000+112,000+15,000)×0.02=RM3,760
ii. 1日当たりコスト:RM693.08
固定費:RM35,792/(290年間労働日数)=123.42
修繕費:0.0001[(5.2×61,000)+(7×112,000)]=RM39.56 オイル、フィルター費:15%×RM52.26=7.84
燃料費:RM52.26
労務費:RM470
iii. 加工プラント外輸送コスト
1t・Fresh OPF当たり:RM693.08/(26t/day)=RM26.65
③コスト資産(農園内機械OPF収集)
i. 年間固定費:RM60,192
償却:運搬設備(100,000-10,000)/5=RM18,000、細断機(61,000-6,100)/5=RM10,980、 ローリー(112,000-11,200)/10=RM10,080、コンテナ(15,000-1,500)/5=RM2,700 合計RM41,760
利息:0.08(288,000+28,800)/2=RM12,672
税金、保険等:RM288,000(100,000+61,000+112,000+15,000)×0.02=RM5,760
ii. 1日当たりコスト:RM678.87
固定費:RM60,192/(290年間労働日数)=RM207.56
修繕費:0.0001[(5.2×61,000)+(7×112,000)+(7×100,000)]=RM46.56 オイル、フィルター費:15%×RM143.26
燃料費:RM143.26
労務費:RM260
iii. 加工プラント外輸送コスト
1t・Fresh OPF当たり:RM678.808/(26t/day)=RM26.11

[表-93]グリセリン廃棄物の組成

	範囲(%)	平均(%)
グリセロール	15-35	23
石鹼	10-40	25
塩化ナトリウム	30-60	44
灰分	50-70	50
フリーに脂肪物質	0.5-8	3
水	1.0-10	6
PH	10、-12	11.7
概観	薄い黒褐色の粉末又はペースト状	

注)引用文献:Ool TI et al(2000).Recovery of Glycerol and Valuable components from Glycerol residue.
MPOB Information Series 108

[表-94] ボード工場に必要な繊維供給に必要な農場面積

Board工場製造能力: 66,000m³/yr

	MDF (hectares)	PB (hectares)
幹と切り落とされた葉	69,000	57,000
EFB	60,000	49,000
OPF	29,000	24,000

66000m ³ /yの能力工場に必要な繊維量	56000t	46000t
------------------------------------	--------	--------

OPT: 0.93t・繊維/ha
OPF: 1.93t・繊維/ha

マレーシアオイルパーム産業で理論的に供給できる年間繊維量(百万トン)

EFB: 2.6
剪定された葉: 5.4
切り倒された幹と葉: 2.3

注) 参考文献: G. Siempelkamp GmbH & Co. カタログ 1999

[表-95]MDF,PBの製造に必要な原料組成

	MDFの必要原料 (Kg)	パーティクルボード(PB)の必要原料 (Kg)
繊維	850	700
樹脂	85	66
硬化剤	3.5	2.6
ワックス	10.7	3.3
	16mm厚さ760kg/m ³	16mm厚さ700kg/m ³

注)参考資料:G.Siempelkamp Gmbh & Co.カタログ 1999

樹脂:尿素-ホルムアルデヒド樹脂

硬化剤:塩化アンモニウム溶液

ワックス:ワックスエマルジョン

[表-96]OPF飼料製造のコスト構成と将来の価格

OPFペレット飼料製造

コスト項目	%
収集OPF代	46.46
細断のためのディーゼル代	0.72
乾燥のためのディーゼル代	31.18
グラインディングのための電気代	3.59
ペレット化設備電気代	2.36
袋詰め代	10.11
労務費	2.70
償却と利子代	2.70
合計	100.00

将来価格

	RM/m.t
販売価格	330
製造価格	246
輸送コスト	50
全コスト/MT製品	296
マージン	34
利益率(%)	10.3

注)参考文献:Abu Hasssan Osman et al.(1998)Theeconomics of production of animal feed from oil palm fibers.
Utilization of oil palm tree. OPTUC 167-168p

[表-97]各国における各種飼料の価格

	ワラ& もみ殻		干草	
	輸入量('000m.t)	価格(RM/m.t)	輸入量('000m.t)	価格(RM/m.t)
ヨーロッパ	444.4	294.58	61.8	543.36
日本	408.8	639.97	—	—
スイス	175.0	340.97	—	—
ベルギー	93.0	177.19	—	—
オーストリア	—	—	34.3	477.57
フィンランド	—	—	13.9	432.57
ノルウェー	—	—	9.8	904.55
マレーシア	0.74	892.47	0.124	1,421.17

注) 参考文献: M.Wan Zahari(2001)Development of technology related to the processing of feed based on Agro-industrial by-products of oil palm in malaysia. MARDI-JAICA Project

[表-98] 植替え時、焼却・非焼却のメリット・デメリット比較

		償却 (RM/ha)	非焼却 (RM/ha)
コスト	1. 切り倒し/放置	770	970
	2. 焼却/再放置/焼却	85	
	3. 畝作り/穴あけ/植樹	273	302
	合計	1128	1272
利点	1. 収入(*)		
	CPO:RM800/t	—	384
	Kernel:RM400/t	—	64
	2. 支出		
	収穫コスト(RM25/t)	—	75
	加工コスト(RM20/t)	—	60
	3. 正味価値		313
	4. コスト的利益		169

(*) FFB(8 months):4.00t/ha
 CPO(at12%OER):0.48t/ha
 Kernel(at 4%KER):0.16t/ha

注) 引用文献: Stephan T K Yow et al(2001)Replanting Policies and Strategies in Golde Hope. Proceedings of the 2001 PIPOC International Palm Oil Congress.292p

再植樹におけるオイルパームバイオマスの栄養成分とその肥料当量 (Kg/ha)

	乾燥重量 (t/ha)	N	P	K	Mg
地上部分	85	577	50	1255	141
地下部分	16	65	8	129	15
合計	101	642	58	1384	156
肥料当量		A/S	CIRP	MOP	KIES
		3060	370	2770	1000

注) 引用文献: Skhalid Haron et al(2001)Nutrient Cycling and Innovative approach of Biomass Management in Oil Palm Plantation.Proceedings of the 2001 PIPOC International Palm Oil Congress.290p

再植樹におけるパーム残余物からの栄養成分 (Kg/ha)

	N	P	K	Mg
OPT	219.6	21.2	314.9	52.6
OPF	119.8	11	109.7	23.3
Total	339.4	32.2	424.2	75.9
	Urea	CIRP	MOP	KIE
肥料当量	737.9	204.8	848.4	487.5

注) 引用文献: Stephan T K Yow et al(2001)Replanting Policies and Strategies in Golde Hope.Proceedings of the 2001 PIPOC International Palm Oil Congress.290p

[表-99]EFBをマルチ利用した場合のコスト評価(1haあたり)
 通常の農園における無機肥料(Normal estate manuring:NEM)使用との比較

A) NEMより増えた修了		
FFB @ 15% × 22t		3.3t
FFB増えた分からのパームオイル増加量:@20% oil extraction		0.66t
FFB増量分からのカーネル増加量: @ × oil kernel extraction		0.20t
B) 収入増		
パームオイル増量分	@ RM850/t	RM561.00
カーネル増量分	@ RM450/t	RM 90.00
パーム製品増加価値		RM651.00
C) マルチのコスト		
EFB @ 37t × RM5/t		RM185.00
補給 N,P,K		
硫安 136Kg	@ RM275/t	RM37.40
リン鉱石 204Kg	@ RM205/t	RM41.80
カリウム塩化物 136Kg	@ RM350/t	RM47.60
施肥コスト -3 回	@ RN5/回	RM15.00
全マルチコスト		RM326.80
D) NEM コスト		
硫安 408Kg	@ RM1275/t	RM112.20
リン鉱石 204Kg	@ RM205/t	RM41.80
カリウム塩化物 408Kg	@ RM350/t	
キーゼライト 136Kg	@ RM300/t	RM40.80
ボレート-48 14Kg	@ RM1260/t	RM17.60
施肥コスト -7回	@RM 5/回	RM35.00
全NEM コスト		RM390.20
E)NEMからの節約費(D-C)		RM 63.40
F)新たに発生するコスト		
収穫、収集&輸送	@RM 27/tFFB	RM89.10
加工	@RM 28/tFFB	RM92.40
全付加コスト		RM181.50
純増利益/ha(B+E-F)		RM532.90

注) 価格:5年間平均

引用文献: Gurmit Singh et al.(1999)Oil Palm and the Environment.
 Malaysian oil palm Growers' Council. 180p

[表-100]EFB繊維化処理コスト試算

1.前提
①ミル工場能力: 60t/hr Palm oil
②年間FFB処理能力: 200,000t/yr
③年間EFB排出量: 40,000t/yr
④EFBからのpalm oil回収率: 0. 24%
⑤CPO: RM1,000/t
⑥EFB廃棄処理コスト(取り扱い&輸送): RM8/t
⑦ミル工場併設。EFB処理工場稼動のための余剰Utilityを持つ。
2. 初期投資: RM1.26百万
oilを抽出し、boiler燃料用のfiber製造(機械、プロセスラインのみ)
3. 運転コスト
①維持修理費: RM150,000
②ランニングコスト(電気、水道、蒸気等)労務費、一般管理費等は従来のミル工場運転必要経費内で賄われ、新たな経費増はない
4. 直接収入
①EFBからのOil回収: $20,000\text{t/yr} \times 0.24\% \text{OER} = 480\text{t/yr}$
②産出される収入: $480\text{t/yr} \times \text{RM}1,000/\text{t} = \text{RM}480,000/\text{yr}$
③収支: $\text{RM}480,000 - \text{RM}150,000 = \text{RM}330,000$
5. 間接収入
①48%水分含有EFB fiber 20,000t/yrはboiler用燃料に使用可能
②EFB廃棄処理コスト節約: $40,000\text{t/yr} \times \text{RM}8/\text{t} = \text{RM}320,000/\text{yr}$

注) 引用文献: Szetech Engineering SDN BHDカタログ 2002

[表-101]Shellを利用した活性炭製造コスト試算

パームカーネル殻利用活性炭製造設備の建設コスト(1250m.t/yr)

	RM
設備費	3,500,000
グラニュー化設備費	300,000
土地・建屋費	700,000
必要運転資金	500,000
合計	5,000,000

製造コスト

	RM
直接材料費	1,050/t
間接材料費	100/t
直接労務費	100,800/yr(80.64/t)
間接労務費	123,600/yr(98.88/t)
補修・メンテナンス費 (設備・プラント費の1.5%)	57000/yr(45.6/t)
工場の保険 (保険対象資産の1%)	45,000/yr(36.00/t)
輸送費	40/t
Total	1451.12/t

注)参考文献:Hoi Why Kong et al.(1998)Production of activated carbon from palm kernel shells by steam activation.
Utilisation of oil palm tree.OPTUC222-224p

[表-102] EFB/POME肥料化: 初期投資と製造コスト 27万トンFFB/yr(45t・FFB/hr)ミル工場付設

投資	設備費	Nos.	合計(RM)
設備 & 機械			
堆肥の山の攪拌機	395,000	2	790,000
補助機付き細断機	90,000	2	180,000
ホッパー/コンベヤー/プラットフォーム etc.	80,000	1	80,000
細断システム据付	12,000	1	12,000
重負荷フロントローダー	100,000	1	100,000
中負荷フロントローダー	45,000	1	45,000
積載ダンパー	45,000	2	90,000
ホールドタンク & POME用ポンプ	30,000	1	30,000
PVC配管システム/パイプ/ホース	30,000	1	30,000
堆肥カバー	1,250	250	312,500
堆肥化モニタリングシステム	18,000	2	36,000
搬入 & 設置			50,000
運賃着払い & 操作			35,000
小合計			1,790,500
プラント-サイト状況により発生する費目			
整地 等			350,000
エンジニアリング、プロジェクト管理 & コミッション費			250,000
訓練 & 教官費			20,000
全投資額			2,410,500

注) 参考文献: Systematic Approach Green Environment Sdn.Bhd(2002) A new beginning in the Palm Oil Industry 12-13p

製造コスト

		RM
運転費固定費分		
機械の償却(0 to 5yrs)	20%	358,100
整地費の償却(0 to 10yrs)	10%	57,000
人件費(RM450 × 16 × 12mths)	7200/mth	86,400
EPF(12%)	864/mth	10,368
医療、福祉費	2000/mth	24,000
一般管理費	5000/mth	60,000
保険		53,715
維持管理費	10000/mth	120,000
全運転費固定費分		769,583
変動費		
燃料費-堆肥の山の攪拌機	3,600/mth	43,200
燃料費-フロントローダー	1,600/mth	19,200
燃料費-EFB/POMEチッパー	1,200/mth	14,400
ミル工場からの電気代: 細断システム		
堆肥化促進(Enzyme)	24/kg	624,000
全変動費		700,800
全運転コスト		1,470,383
堆肥生産量		26,000t
堆肥1mt当りの生産コスト		RM56.55

(Financial cost not included)

[表-103]オイルパーム農園の無機肥料使用量及びとコンポストとの組み合わせにおける施肥コスト比較

	N	P	K	Mg
現在、無機肥料使用量(Kg/palm)	0.84	0.6	2.1	0.26
堆肥(6mt/ha)施肥中含有無機肥料(Kg/palm)	0.69	0.24	0.79	0.26
堆肥だけで不足無機肥料(Kg/palm)	0.15	0.36	1.31	0
不足分を無機肥料に換算(Kg/ha)	98 as SOA	163 as RP(P2O5)	296 as MOP(K2O)	23 as KIES(MgO)
無機肥料価格(RM/m.t)	335 as SOA	280 as RP	580 as MOP	400 as KIES(Keiserite)
不足分無機肥料コスト(RM/ha)	32.93	45.8	171.7	9.1

前提

4.5t・FFB/hr(27万トンFFB・yr)処理のミル工場より発生するFFB,POME利用コンポストを農場に適用

生産されるコンポスト:26万トン

農場で使用されるコンポストの量:6m.t/ha(以上より、コンポストが使用できる面積:4,333ha)

	無機肥料代	無機肥料施肥代 (肥料を撒く)	発生EFB全量 移送&処理費用	コンポスト肥料代	コンポスト移送施肥代	合計
無機肥料だけのコスト(RM/ha)	RM594.32/ha/yr よりRM2,575,189	RM50/ha/yrより RM216,650	RM10/t,EFB59,400t/yr より RM594,000	0	0	RM3,385,839
コンポストと足りない分の無機肥料を使用 (RM/ha)	RM259.53/ha/yrより RM1,124,543	RM91,190(*)	0	RM56.55/m.t×6m.t/haよ り RM1,470,200	RM10/t×6m.t/haよ りRM259,980	RM2,945,913

全無機肥料コスト(全て、無機肥料を使用した場合)

	パーム当り	Kg/ha	ha当り
SOA @RM335/mt	4.0	544	182.24
RP @RM280/mt	2.0	272	81.60
MOP @580/mt	3.5	476	276.08
Keserite @RM400/mt	1.0	136	54.40

注)(*)無機肥料だけの肥料重量1,378Kg.コンポスト併用無機肥料重量580Kg.この両者の比から計算

参考文献: Systematic Approach Green Environment Sdn. Bhd(2003)カタログ A new beginning in the palm oil industry...from waste to wealth & health

[表-104]EFBを原料とした回収ケミカルスとその収率

	パイロットプラント収率(%対EFB)	期待される収率(%対EFB)
漂白パルプ	46.5	45.0
リグニン(トータル)	18.5	16.0
フルフラール	1.4	1.0
酢酸	4.5	3.9
フミン酸	1.9	1.5
キシロース	1.6	1.4
低グレードオイル	5.5	4.9
合計	79.9	73.7

注) 対乾燥EFB当たり

注) 引用文献: E.Kendall Pye(2001)Production of valuable papermaking Pulp and Fine Chemicals from Oil Palm Residues.Proceedings of th 2001 PIPOC International Palm Oil ce 9p Congress.Chemistry&Technology Conferen

[表-105]グリセリン廃棄物からの有用な回収物質とその価値

(グリセロール残余物:1tから)

	推定回収量 (Kg)	単価 (RM/Kg)	金額 (RM)
グリセロール(>92%)	150	3.20	480
塩	650	0.50	325
脂肪酸	60	3.30	198
合計			1003

注) 引用文献: Ooi TI et al.(2000) Recovery of Glycerol and valuable components from Glycerol residue.
MPOB information Series 108

[表-106] オイルパームバイオマスの種類とそれらの可能性用途

	マルチ	パルプ、紙、ボード	feed	燃料	コンポスト、肥料	活性炭	バイオガス液肥	生分解性ポリマー	化学品
切倒し時発生- OPT, OPF	○	○	○		○				○
剪定・収穫時発生- OPF	○	○	○		○				○
Shell				○	○	○			
Fiber		○		○	○				○
EFB	○	○		○	○				○
POME			○		○		○	○	○

[表-107] オイルパームバイオマス用途の内発的発展因子による一次評価

用途	新規事業 雇用	コスト 削減	資源	技術	地域内循環 市場	環境維持 改善	移入品 代替	加工度up	評価点
マルチ	×	○	○	○	○	○	○	○	35
肥料	○	○	○	○	○	○	○	○	40
板材	○	×	○	×	×	×	△	×	12
パルプ・紙	○	×	○	×	×	×	△	×	12
活性炭	○	×	○	△	×	×	△	×	14
燃料	×	○	○	○	○	○	○	○	35
飼料	○	○	○	○	○	○	○	○	40
バイオガス	○	△	○	×	○	○	○	○	32
生分解性プラ ステイック	○	×	○	×	×	○	○	×	20

×:0、△:2、○:5

[表－108]バイオマス廃棄物利用による環境への効果

<p>全体的</p>	<p>1. 化石資源の節約によるCO2排出量低減</p> <p>2. カーボンニュートラルである</p> <p>3. 廃棄物として捨てられていたときに生じる問題がなくなる</p> <p>* 1. 病害虫の温床</p> <p>* 2. 発酵によるメタン発生</p>
<p>マルチ</p>	<p>表面土壌の流出防止</p> <p>土壌中栄養分の溶出防止</p> <p>土壌中温度・湿度コントロールによる土壌の劣化防止</p>
<p>肥料</p>	<p>化学肥料による環境汚染防止</p> <p>窒素肥料からの窒素酸化物発生防止</p>
<p>繊維</p>	<p>森林資源の保護</p>
<p>飼料</p>	<p>森林から牧草地への転換防止</p>
<p>燃料・バイオガス</p>	<p>NO_x,SO_xの排出量が少ない</p>
<p>生分解性ポリマー</p>	<p>難分解性プラスチックによる環境汚染軽減</p>

[表-109]ゼロエミッション・エコインダストリーパークの中核(プランテーション・ミル工場)
の経済的規模、従業員・住民数と廃棄物量(as wet)

	プランテーション	ミル工場
規模	11, 100ha	18. 8万トン・FFB／yr
製品	FFB	CPO
売上げ	RM34百万	RM35百万
従業員	2, 220人	84人
住民数(5人／家族)	11, 100人	420人
植替え時OPT	90, 600t／yr	—————
植替え時OPF	34, 000t／yr	—————
剪定・収穫時OPF	245, 000t・yr	—————
EFB	—————	41, 360t／yr
Fiber	—————	30, 080t／yr
Shell	—————	11, 280t／yr
POME	—————	116, 560t／yr

[表-110]モデルケースにおけるミル工場の可能電気発生量

前提:

ミル工場:18.8万t・FFB/yr(40t・FFB/hr)

ミル工場稼動に必要なエネルギー:電気800kwh

40t・FFB/hr処理に必要な蒸気量:20,000kg/hr

電気代単価:購入時RM0.17/kwh. 売電時RM0.15/kwh

	発生量(／yr)	発生可能熱量 (kcal/hr)	発生可能蒸気量 (kg/hr)	発生可能電気量 (kwh)	売電額 (RM/yr)
shell	11,280t	10,845,000	11,370	380	266,760
fiber	30,080t	17,425,300	18,270	610	428,220
EFB	41,360t	13,436,800	14,100	470	329,940
バイオガス	3.34百万m ³	[37,200,000]	[39,000]	1300	912,600

[表-111]オイルパームバイオマス廃棄物利用法の経済的効果評価結果

	量	用途	投資額(RM百万)	用途使用量	製品生産量(/yr)	経済的価値(/yr)	雇用
切倒し時発生OPT	90,600t	マルチ・肥料	——	90,600t	45,290t	肥料の価値 RM1.25百万	——
切倒し時発生OPF	34,000t	マルチ・肥料	——	34,000t	8,710t		——
剪定・収穫時発生OPF	245,000t	マルチ	——	238,620t	238,620t	肥料の価値 RM2.4百万	——
		飼料	11.5	6,380t	8,700t	売上げ RM2.87百万	35人
		放牧	0.6/yr	——	牛:2720頭	牛:RM3百万 除草剤節約:RM0.8百万	40人
Shell	11,280t	燃料	——	11,280t	1,773,900kw	電力の価値 RM0.3百万	——
Shell	11,280t	活性炭	6.7	11,280t	3900t/yr	売上げ RM14.8百万	7人
Fiber	30,080t	燃料	——	30,080t	2,848,700kw	電力の価値 RM0.4百万	——
EFB	41,360t	繊維	1.2	41,360t	11,110 t	売上げ RM507,840 経費削減 RM99,650	——
EFB	41,360t	燃料	——	41,360t	2,197,000kw	電力の価値 RM0.3百万	——
EFB/Shell/Fiber/POME	200,000t	燃料・肥料	19.6	200,000t	6,819,600kw 肥料:3,820t	電力の価値:RM1百万 経費削減等:RM2.75百万	11人
EFB	41,360t	肥料	1.89	41,360t	20,000t 内 EFB:51.6% POME:48.4	肥料の価値 RM0.6百万	11人
POME	116,560t	肥料		116,560t		肥料の価値 RM0.5百万	
POME	116,560t	バイオガス 液肥	3	116,560t	バイオガス:3.34百万m3 液肥:13,360m3	電力の価値 RM0.9百万 液肥 RM4.5百万	10人
POME	116,560t	生分解性ポリマー	13	116,560t	60t	売上げ RM2.3百万	8人

[表-112]内発的發展評価

発生バイオマ	用途	投資額	経済効果		雇用	加工度	移入品代替	技術		資源	市場		環境	総合評価点
			新規事業	コスト削減				国内技術	国外技術		国内市場	国外市場		
切倒し発生OPT 切倒し発生OPF	マルチ・肥料 マルチ・肥料	— —	— —	0.42 RM1.25百万	0	5	5	5	0	5	5	0	5	30.42
切倒し発生OPT・OPF 剪定・収穫時発生OPF	マルチ・肥料	—	—	1.23 RM3.65百万	0	5	5	5	0	5	5	0	5	31.23
剪定・収穫時発生OPF	マルチ・肥料	—	—	0.81 RM2.4百万	0	5	5	5	0	5	5	0	5	30.81
剪定・収穫時発生OPF	飼料	RM11.89百万	0.97 RM2.87百万	—	2.2 35人	5	5	5	0	5	5	0	5	33.17
剪定・収穫時発生OPF	放牧	RM0.6百万/yr	1 RM3百万	0.27 RM0.8百万	2.5 40人	5	5	5	0	5	5	0	5	33.77
shell	活性炭	RM6.7百万	5 RM14.8百万	—	5 80人	1	2	3	—	5	1	—	1	23.00
shell	燃料	—	—	0.1 RM0.3百万	0	5	5	5	0	5	5	0	5	30.10
Fiber	燃料	—	—	0.14 RM0.4百万	0	5	5	5	0	5	5	0	5	30.14
shell/Fiber	燃料	—	—	0.24 RM0.7百万	0	5	5	5	0	5	5	0	5	30.24
EFB/Fiber	燃料	—	—	0.24 RM0.7百万	0	5	5	5	0	5	5	0	5	30.24
EFB	繊維	RM1.2百万	0.17 RM0.5百万	0.03 RM0.1百万	0	1	2	3	—	5	2	—	3	16.20
EFB	燃料	—	—	0.1 RM0.3百万	0	5	5	5	0	5	5	0	5	30.10
Shell/Fiber/EFB/POME	燃料・肥料	RM19.6百万	0.24 RM0.7百万	1.03 RM3.05百万	0.7 11人	5	5	5	0	5	5	0	5	31.97
EFB POME	肥料 肥料	RM1.15百万	0.20 RM0.6百万 0.17 RM0.5百万	0.16 RM0.5百万	0.7 11人	5	5	5	0	5	5	0	5	31.23
POME	バイオガス・液肥	RM3百万	1.52 RM4.5百万	0.3 RM0.9百万	0.6 10人	5	5	1	—	5	5	0	5	28.42
POME	生分解性ポリマー	RM13百万	0.78 RM2.3百万	—	0.5 8人	1	5	1	—	5	1	—	5	19.28

[表-113]オイルパームバイオマス廃棄物の内発的利用の組み合わせ－1

	現在	経済 (百万)	雇用	内発的発展因子の 評価点	Case-1	投資額 (百万)	経済効果 増加分 (百万/yr)	増加雇用 (人)	内発的発展因子の 評価点
プランテーション		RM34	2220						
OPT OPF	一部、マルチ・肥料	RM1.25			マルチ・肥料		RM2.4	—	31.23
H・P－OPF	放置				飼料	RM11.89	RM2.87	70	35.97
					牛飼育	RM0.6/yr	RM3.80	40	33.77
ミル工場		RM35	84						
Shell Fiber	燃料	RM0.7			燃料		RM0.7	—	30.24
EFB	放置				肥料	RM1.89	RM1.6	11	31.23
POME	廃水								
	合計	RM70.95	2278			RM13.78 + RM0.6/yr	RM11.37	121	161.84

	現在	経済 (百万)	雇用		Case-2	投資額 (百万)	経済効果 増加分 (百万/yr)	増加雇用 (人)	内発的発展因子の 評価点
プランテーション		RM34	2220						
OPT OPF	一部、マルチ・肥料	RM1.25			マルチ・肥料		RM2.4	—	31.23
H・P－OPF	放置				飼料	RM11.89	RM2.87	70	35.37
					牛飼育	RM0.6/yr	RM3.80	40	33.77
ミル工場		RM35	84						
Shell Fiber	燃料	RM0.7			活性炭	RM6.7	RM14.8	80	23.00
EFB	放置				燃料		RM0.7	—	30.24
POME	廃水				E バイオガス・液肥	RM3	RM5.4	10	28.42
	合計	RM70.95	2278			RM21.59+ RM0.6/yr	RM29.97	200	182.03

[表-114]オイルパームバイオマス廃棄物の内発的利用の組み合わせ-2

	現在	経済 (百万)	雇用	内発的発展因子の 評価点	Case-3	投資額 (百万)	経済効果増 加分 (百万/yr)	増加雇用 (人)	内発的発展因子の 評価点
プランテーション		RM34	2220						
OPT OPF	マルチ・肥料	RM1.25			マルチ・肥料		RM3.65		31.23
収穫・剪定時発生OPF					飼料	RM11.89	RM2.87	70	35.37
					牛飼育	RM0.6/yr	RM3.80	40	33.77
ミル工場		RM35	84						
Shell Fiber	燃料	RM0.7			活性炭	RM6.7	RM14.8	80	23.00
EFB	放置				燃料		RM0.7	0	30.24
POME	廃水				生分解性ポリマー	RM13	RM2.3	8	19.28
	合計	RM70.95	2304			RM31.59 + RM0.6/yr	RM28.12	198	172.89

	現在	経済 (百万)	雇用		Case-4	投資額 (百万)	経済効果増 加分 (百万/yr)	増加雇用 (人)	内発的発展因子の 評価点
プランテーション		RM34	2220						
OPT OPF	マルチ・肥料	RM1.25			マルチ・肥料		RM3.65		31.23
収穫・剪定時発生OPF					飼料	RM11.89	RM2.87	70	35.37
					牛飼育	RM0.6/yr	RM3.80	40	33.77
ミル工場		RM35	84						
Shell Fiber	燃料	RM0.7			燃料		RM0.7	0	30.20
EFB	放置				繊維	RM1.2	RM0.6	0	16.20
POME	廃水				バイオガス・液肥	RM3	RM5.4	10	28.42
	合計	RM70.95	2304			RM16.09 + RM0.6/yr	RM17.02	120	175.23

[表-115]オイルパームバイオマス廃棄物の内発的利用の組み合わせ-3

	現在	経済 (百万)	雇用	内発的発展因子 の評価点	Case-5	投資額 (百万)	経済効果増加分 (百万/yr)	増加雇用 (人)	内発的発展因子の 評価点
プランテーション		RM34	2220						
OPT OPF	マルチ・肥料	RM1.25			マルチ・肥料		RM3.65		31.23
収穫・剪定時発生OPF					飼料	RM11.89	RM2.87	70	35.37
					牛飼育	RM0.6/yr	RM3.80	40	33.77
ミル工場		RM35	84						
Shell Fiber	燃料	RM0.7			燃料・肥料	RM19.6	RM3.75	11	31.97
EFB	放置								
POME	廃水								
	合計	RM70.95	2304			RM31.49 + RM0.6/yr	RM14.07	121	132.34

[表-116]ミル工場排出バイオマスの内発的利用法組み合わせによる経済効果

	組み合わせ用途	A:投資額 (百万)	B:経済効果増加分 (百万/yr)	C:増加雇用 (人)	A/B	A/C	内発的発展評価 総合点の 1事業あたりの平均点
Case1	Shell,Fiber:燃料 EFB,POME:肥料	RM1.89	RM2.30	11	0.82	0.17	30.73
Case2	Shell:活性炭 Fiber,EFB:燃料 POME:バイオガス	RM9.7	RM20.9	90	0.46	0.11	27.22
Case3	Shell:活性炭 Fiber,EFB:燃料 POME:生分解性ポリマー	RM19.7	RM17.8	88	1.11	0.22	24.17
Case4	Shell,Fiber:燃料 EFB:繊維 POME:バイオガス	RM4.2	RM6.7	10	0.62	0.42	24.95
Case5	Shell,Fiber,EFB:燃料 POME:肥料	RM19.6	RM3.75	11	5.23	1.78	31.97

A/B : RM1百万の経済効果を出すために必要な投資額(RM百万)

A/C : 1人の雇用を生み出すために必要な投資額

[表-117]ゼロエミッション・エコインダストリーパーク事業全体像

事業・バイオマス	バイオマス発生量	製品 (または、利用法)	製造能力 (製品量)	新たな投資額 (百万)	新たな経済効果 (百万)	新たな雇用 (人)
プランテーション						
	(面積:11,100ha)	FFB (Fresh Fruit Bunch)	18.8万トン		(FFB:RM34)	(2220)
Felled-OPT,OPF	124,600t	マルチ・肥料	124600t		肥料的価値:RM1.25	
Pruned-OPF	238,420t	マルチ・肥料	238,620t		肥料的価値:RM2.4	
飼料工場						
Pruned-OPF	6,380t	飼料	8,700	RM11.89	RM2.87	70
放牧						
Pruned-OPF(下草)		牛	2720頭	RM0.6/yr	RM3.8	40
ミル工場		CPO (Crude Palm Oil)	3.76万トン		(CPO:RM35)	(84)
Shell,Fiber	41,360	燃料	4,622,620kw		RM0.7	
肥料工場						
EFB/POME	157,920t	肥料	20,000t	RM1.89	RM1.6	11
合計	568,680t			RM13.78 + RM0.6/yr	RM11.37 + (70.25)	121 + (2304)

注)括弧内数字:従来の1ブロックにおける事業規模