

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

ファイナル・レポート

マレーシア国  
パームオイル工場の排水処理高度化・  
循環利用 案件化調査

平成26年3月  
(2014年)

阪神動力機械株式会社  
三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社  
共同企業体

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、阪神動力機械株式会社・三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社共同企業体が実施した平成25年度政府開発援助海外経済協力事業（本邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費による案件化調査の結果をまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたものではありません。

## 目次

巻頭写真.....	2
略語表.....	5
要旨.....	6
はじめに.....	16
<b>第1章 対象国における当該開発課題の現状およびニーズの確認</b> .....	<b>22</b>
1-1 対象国の政治・経済の概況.....	22
1-2 対象国の対象分野における開発課題の現状.....	25
1-3 対象国の対象分野の関連計画、政策および法制度.....	32
1-4 対象国の対象分野の ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析.....	41
<b>第2章 提案企業の技術の活用可能性および将来的な事業展開の見通し</b> .....	<b>43</b>
2-1 提案企業および活用が見込まれる提案製品・技術の強み.....	43
2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ.....	58
2-3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献.....	59
2-4 想定する事業の仕組み.....	60
2-5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール.....	63
2-6 リスクへの対応.....	65
<b>第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）</b> .....	<b>66</b>
3-1 製品・技術の紹介や試用、各種試験を含む現地適合性検証活動の概要.....	66
3-2 製品・技術の紹介や試用、各種試験を含む現地適合性検証活動の結果.....	70
3-3 採算性の検討.....	78
<b>第4章 ODA 案件化による対象国における開発効果および提案企業の事業展開に係る効果</b> .....	<b>84</b>
4-1 提案製品・技術と開発課題の整合性.....	84
4-2 ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用/活用/普及による開発効果.....	88
4-3 ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果.....	92
<b>第5章 ODA 案件化の具体的提案</b> .....	<b>93</b>
5-1 ODA 案件概要.....	93
5-2 具体的な協力内容および開発効果.....	95
5-3 他 ODA 案件との連携可能性.....	99
5-4 その他関連情報.....	101
図表リスト.....	103
現地調査資料	
英文要約	

## 巻頭写真

【本調査の概要説明会（MPOB） 2013年10月28日】



【工場視察兼現地調査（POMTEC） 2013年10月29日】







【技術紹介セミナー（PURI PUJANGGA Universiti Kebangsaan） 2013年12月18日】



【提案技術 / 阪神動力機械】



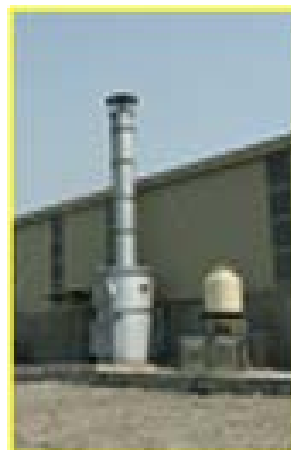
【提案技術 / 東洋スクリーン工業】



【提案技術 / 斉藤遠心機工業】



【提案技術 / 関西産業】



## 略語表

略語	意味
BOD	生物化学的酸素要求量 (Biochemical Oxygen Demand)
DOE	環境局 (Department Of Environment)
EFB	パーム空房 (Empty Fruit Bunch)
EPC	設計・調達・建設 (Engineering、Procurement、Construction)
FELDA	FELDA パームインダストリー社 または その企業グループ (FELDA Palm Industries S/B)
FFB	パーム果房 (Fresh Fruit Bunch)
JETRO	独立行政法人日本貿易振興機構
JICA	独立行政法人国際協力機構
MBR	メンブレンバイオリアクター (Membrane Bioreactor)
MJ	メガジュール (megajoule)
MPOB	マレーシアパームオイル委員会 (Malaysian Palm Oil Board)
MURC	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング (Mitsubishi UFJ Research & Consulting)
ODA	政府開発援助 (Official Development Assistance)
PKS	パーム種皮 (Palm Kernel Shell)
POM	パームオイル工場 (Palm Oil Mill)
POME	パームオイル工場排水 (Palm Oil Mill Effluent)
POMTEC	MPOB パームオイル工場技術センター (Palm Oil Mill Technology Center)
RSPO	持続可能なパーム油のための円卓会議 (Roundtable on Sustainable Palm Oil)
SS	浮遊物質質量 (Total Suspended Solid、Suspended Solid)
TOT	MPOB による技術普及スキーム (Transfer of Technology)
TSS	総浮遊物質質量 (Total Suspended Solid、Suspended Solid)
UKM	マレーシア国民大学 (Universiti Kebangsaan Malaysia)

## 要旨

(1) 対象国における当該開発課題の現状およびニーズ

### ■ マレーシアにおけるパームオイル産業の位置付け

2010年6月に発表された「第10次マレーシア計画」では今後の重点分野として12の「国家主要経済領域 (NKEA)」が定められており、パームオイル関連産業もそのうちの1つに位置付けられている。

パームオイル産業は世界市場での消費量の伸びに呼応してマレーシアの基幹産業といえる規模に成長しており、特に輸出面では2011年の輸出額が80.3 billion RM (2000年比+65.4 billion RM、+438.9%)となり一次産業総輸出額の61.8%を占めるまでに成長した。

パームオイル工場 (ミル) も国内で稼働中のもので432工場 (2012年) にのぼり、スペック上の生産能力はマレーシア全土の稼働中工場で102,342,400t FFB/yearに達する。

### ■ パームオイル工場排水に関する課題 - 法令による規制

天然資源・環境省 (Ministry of Natural Resources and Environment) の傘下組織である環境局 (Department of Environment、DOE) では、今回対象とするパームオイル工場排水の処理高度化・循環利用について、環境品質法 (Environmental Quality Act 1974) の強化 (排水基準の厳格化)、取り締まり活動の強化 (法令順守モニタリング)、水質の向上 (河川等の水質改善) を執行方針としている。

環境品質法の下位法令であるパームオイル産業向け環境規制 (Environmental Quality (Prescribed Premises) (Crude Palm-Oil) Regulations 1977) では、代表指標であるBOD値を全国共通の河川放流基準値100mg/Lとしており、環境局もこれに従って操業ライセンスを与えている。しかし、オランウータンの生息地であるサバ州や飲料水源の近くにあたるペラ州イポー地域等では、先行的に20mg/Lに上乗せされた基準を採用している。

環境局へのヒアリングによれば、パームオイル産業向けの規制 (Regulation) の見直しを行っている最中であり、2013年11月現在で環境局にて原案の策定を完了し、現在は環境会議 (Environmental Quality Council) でのレビュー下にある。今後、環境会議からのリコメンデーションと修正を受け、環境局長にて最終案が調整され、天然資源環境大臣によって最終決定、2014年第3四半期には交付する予定とのことであった。

環境局としては、BOD濃度を主要指標とする排水規制値を強化する方向 (現行のBOD濃度100mg/Lよりも低い基準値) で提案しているとのことであった。今後修正がかかる可能性もあるため、明確な数値については公開してもらえなかった。

### ■ パームオイル工場排水に関する課題 - 規制値の順守状況

環境局ではパームオイル工場に対する四半期毎の工場査察・サンプリング分析を行っており、各種法令の順守状況を確認している。2011年には延べ1,311回の査察が行われ、



排水基準の不順守を含めて多くの指摘がされている。

表 パームオイル産業における環境品質法に関する指摘件数

指摘区分	2009年	2010年	2011年
指導 (Directive)	191件	195件	223件
注意 (Notice)	364件	135件	151件
罰金 (Compound)	118件	77件	66件
提訴 (Court Action)	132件	95件	92件
ライセンス一時停止 (Licence Suspension)	0件	2件	1件
徴収金額 (総額・マレーシアリングット)	1,742,000	948,000	1,102,800

また、今回の日本側調査団にて各工場でのサンプリング採水を行い、分析機関による BOD 値分析を行った。結果として、最終放流ポイントにおける法令基準 BOD 値 100mg/L に対し、今回サンプリングを行った多くの工場では 500mg/L 前後と大幅にオーバーしている状況が確認された。好気性処理は微生物の活動によるものであるため装置や運用条件の管理不備によって成績が変わること、生産状況による排水処理施設への負荷が変動することから、少なくとも安定的に BOD 値が基準値内にコントロールできているわけではない状況が把握された。

表 パームオイル工場における水質状況 (BOD 3DAYS 30°C)

	流入原水 (mg/L)	好気ポンド 流入箇所 (mg/L)	最終放流ポイント (mg/L)
工場A	17,100	2,490	N/A ※
工場B	56,925	1,572	507
工場C	73,350	800	540
工場D	24,450	1,164	661
工場E	21,000	N/A	114
工場F	36,500	739	340

※2013年11月の調査団による採水、現地分析機関による分析結果

※異常値と考えられる分析結果であったため、N/A表示とした。採水方法の問題等がある可能性がある

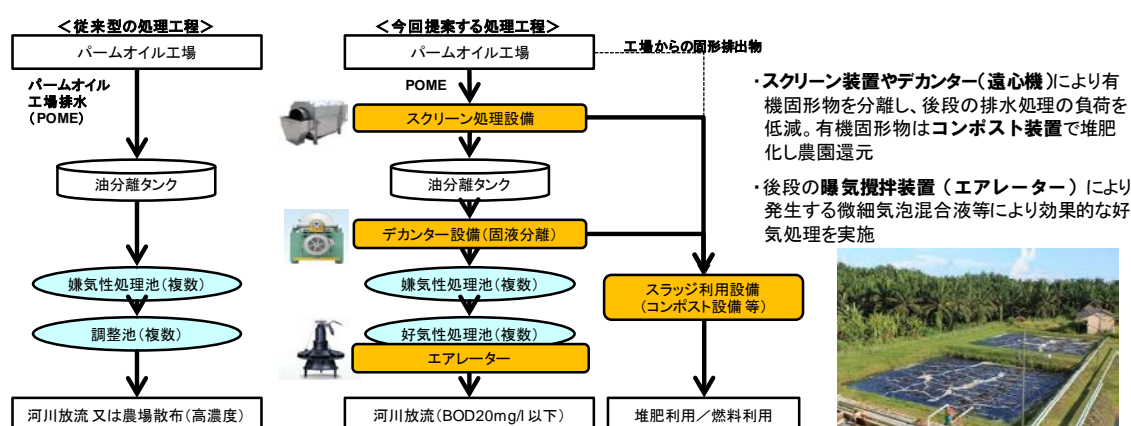
(2) 提案企業の技術の活用可能性および将来的な事業展開の見通し

■提案企業の技術活用の概要

今回提案する技術は、マレーシアにおける排水規制の強化（特に BOD 値 20mg/L を放流基準とする強化）に対応するパームオイル工場向け排水高度処理・循環利用システムである。

ほとんどのパームオイル工場では多段式の開放型ラグーンによる簡易な排水処理であり、BOD を 20mg/L まで除去することは困難である。このため、工場排水処理の前段にてスクリーン装置で夾雑物と浮遊物質（SS）を除去、または遠心分離機（スクリュードカンター等）により効果的に有機固形物を分離し、後段の好気性処理への汚濁負荷を低減したうえで、最終的に曝気攪拌設備を用いた好気性処理（活性汚泥法）によって安定的に BOD を 20mg/L 以下にして、環境中に放流するシステムを提案する。

さらに、遠心分離機から分離した固形有機物のコンポスト化設備（または燃料化設備）を導入し、工場から発生する未利用バイオマス残渣の活用を行う。堆肥は土壤改良材とするなど、循環利用型のモデルとなるようなシステムとする。

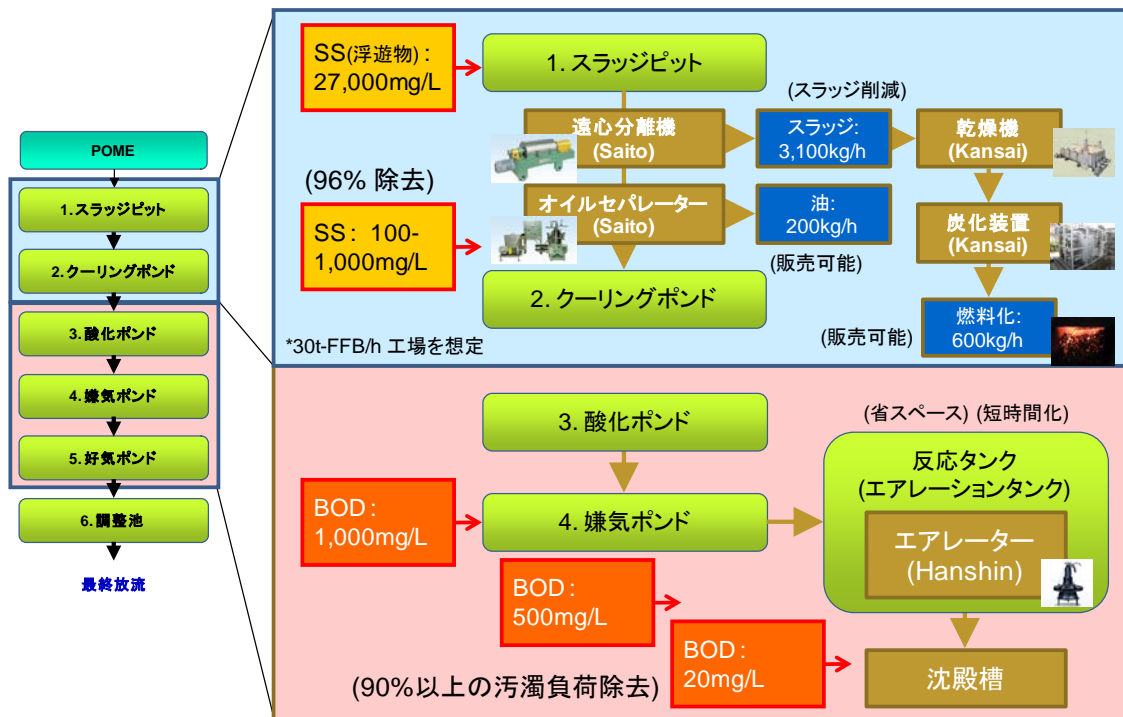


具体的には資金力がありユーティリティ設備が整う工場向けと、資金力がそれほどなくユーティリティ設備も整わない工場向けに、次のような 2 パターンの具体的システム構成とすることが有効であると考えられた。

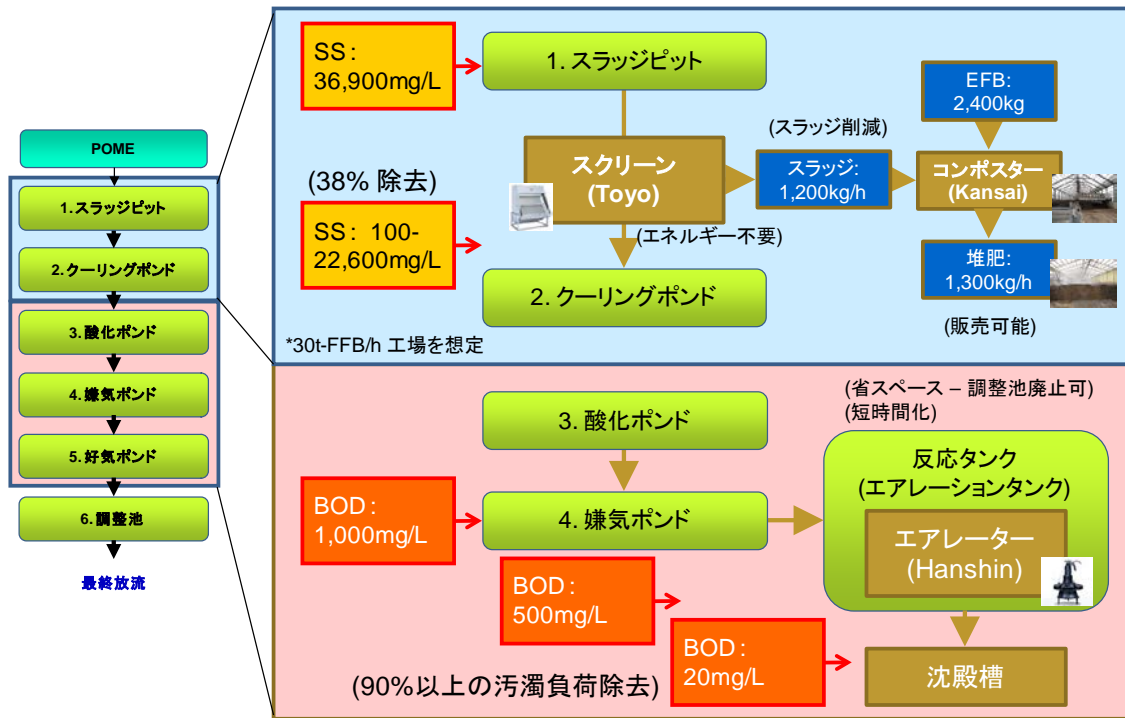
両提案に対して採算性を検討したところ、一定の採算性が得られる可能性が高いことが確認された。ただし、一つの工場の試料分析結果からの試算であり、実際の導入時には当該工場の試料分析を慎重に行う必要がある。

	提案システム概要	メリット	デメリット
提案①	遠心分離機による前処理・ エアレーターによる後処理・ 分離スラッジの燃料化 (資金力があり設備の整う工場向け)	・前処理にて汚濁負荷量を最大限に低減	・比較的大きな初期投資が必要 ・前処理で電力が必要
提案②	スクリーンによる前処理・ エアレーターによる後処理・ 分離スラッジの堆肥化 (資金力がなく、設備の整わない工場向け)	・提案①と比較すると初期投資が軽減できる ・提案①と比較すると前処理で電力が不要	・提案①と比較すると前処理の汚濁負荷量軽減能力は低い

### 提案システム① 遠心分離機 + エアレーター + 燃料化

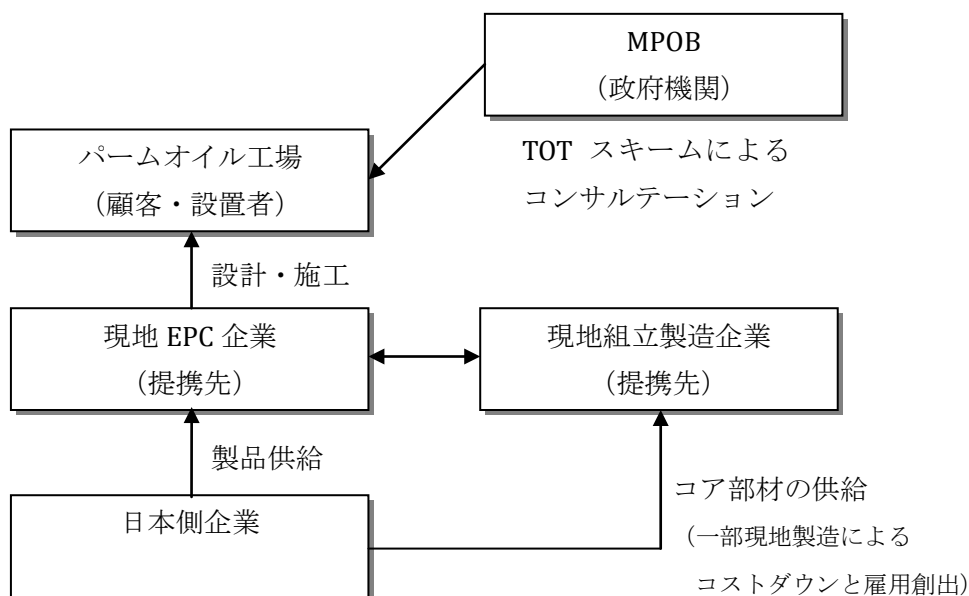


## 提案システム② スクリーン + エアレーター + 堆肥化



### ■ 事業展開の仕組み

現地での事業展開にあたっては、現地企業（EPC 企業、組立製造企業）との提携や協働を進めることが有効である。また、政府機関である MPOB の技術普及スキームを可能な限り活用し、顧客であるパームオイル工場側では技術サポートメリットを、日本企業側では紹介機能を活用できるメリットを享受する。



事業展開先としては、多工場経営を行い技術的にも先進性が高い大手資本企業、特に準国有企業であり国内最大数の工場を保有する FELDA グループを第一優先として、ショーケース工場への設備導入を図ることとしたい。その上で、まずは FELDA 社および他の大手資本企業の中のインスタシェアを高め、その後に MPOB とも協働しつつ多くの工場に展開したい。

### (3) 製品・技術に関する紹介、適合性検証

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

エアレーターについて、現地工場にて採水し水質分析を行った結果を元に、シミュレーションによって流入水質 BOD 値 500mg/L 前後、流出水質 20mg/L をターゲットとした適用検討を行った。結果として、エアレーターを利用する活性汚泥法処理の設備や処理操作等を含めて現地を考慮したトータル提案が必要であることが課題として挙げられたが、適用は可能であるとの結論を得た。

また、適合性検証として、現地調査にてスラッジピット排水やスラッジ試料の分析を行ったところ、前処理（遠心分離機、スクリーン装置）における汚濁負荷量の低減効果が一定以上はあること、燃料やコンポストに適したスラッジ成分であること等が確認された。

また、MPOB との共催によるパームオイル企業の技術者を対象とした技術紹介セミナーを行った結果、排水処理の安定化・高度化ニーズに加え、スラッジの有効活用ニーズがあることが確認できた。

#### ■採算性の検討

今回取得した試料データをベースとした場合、提案①、提案②の両ケースとも、一定

の収益性は確保できる見込みである。

ただし、収益貢献率の高いスラッジ由来の燃料や堆肥の販売ができること（ニーズがあること）、他の工場への適用の際には当該工場の排水分析を行った上で採算性を考慮する必要があることが課題として挙げられる。

なお、試算には含めなかったが、プラス要因として、排水基準の不順守による罰金や設備改善にかかるコストを回避することは可能と考えられる。

#### （４）ODA 案件化による対象国における開発効果

##### ■提案製品・技術と開発課題の整合性

DOE 及び MPOB が 2012 年 12 月までに行った BOD 値 20mg/L 以下を実現するためのフェイジビリティスタディでは、次の課題が明らかになった。

- ・ 三次高度処理プラントを導入している工場においても BOD 値 20mg/L の安定的な順守は難しい
- ・ 三次高度処理プラントの導入には数千万円の設備投資が必要となり、加えてランニングコストも必要となることから、パームオイル企業側への資金負担が大きい
- ・ ポンド処理の高度化、特に三次処理プラントへの流入水の水質の一定化は、生物処理工程の成績の安定化にとって大変重要

今回提案するエアレーターを核としたシステムでは、阪神動力機械のエアレーターの強力な曝気・攪拌力による効果的な処理、マレーシアのパームオイル工場では阪神動力機械のようなエアレーション設備を使用しているところはなく、MPOB もエアレーターに対して大きな期待を抱いているとのことであり、上記の課題に寄与するものである。

また、エアレーターの性能を最大限に発揮するために、前処理として提案したスラッジ分離のためのスクリーン技術、遠心分離（デカンター）技術についても、連続してスラッジ分離を行うものであり、ポンド処理における汚濁負荷量削減と安定したポンド能力の保持を実現するものと考えられる。

さらに、スラッジを分離するだけでなく、それらを資源（燃料又は堆肥）として有効利用する、または販売できる商品とすることを提案していることにある。また、これまで費用がかかっていたスラッジの浚渫・廃棄の一部が回避できる。このことにより MPOB が懸念する企業側へのランニングコストの単純な増大を回避することが可能である。

##### ■期待される開発効果

今回提案する ODA 案件化を進めることにより、次の効果が期待できる。

- ・ マレーシア国内における MPOB が主導するショーケース工場とすることにより、パームオイル産業全体への波及効果が期待できる。特に排水処理効果、および、付随して発生する資源循環メリットの実証を期待する。



- ・結果として、パームオイル産業全体の排水処理レベル、および、これまでは活用に限界のあった資源利用が進み、マレーシアの環境対応が向上に寄与する。
- ・同時に、排水の課題だけではなく、廃棄物の削減と有効利用を促進することにも寄与する。
- ・特に、産業振興優先の色合いがまだまだ強いマレーシアにとり、排水処理の高度化は優先度の低いテーマであるが、排水改善と公共水域の水質改善につながることで、排水処理行政の高度化に向けた一歩につながりえることも、本提案の特徴であるといえる。

#### (5) ODA 案件化の具体的提案

##### ■想定する ODA スキーム

今回提案する排水処理高度化・循環利用システムのモデル工場の適用について、次年度に「民間提案型普及・実証事業」のスキームを活用し、モデル工場への設備導入による実証事業を想定する。

特にパームオイル委員会が先行して興味を示すエアレーターについては、パームオイル工場での試験・本格稼動（年度内契約が目標）を踏まえ、前処理の固液分離、後処理のスラッジ利用を組み合わせつつ、ODA 事業の設備導入費用を利用した実際の処理工程への組み込み・実証試験を目指す。

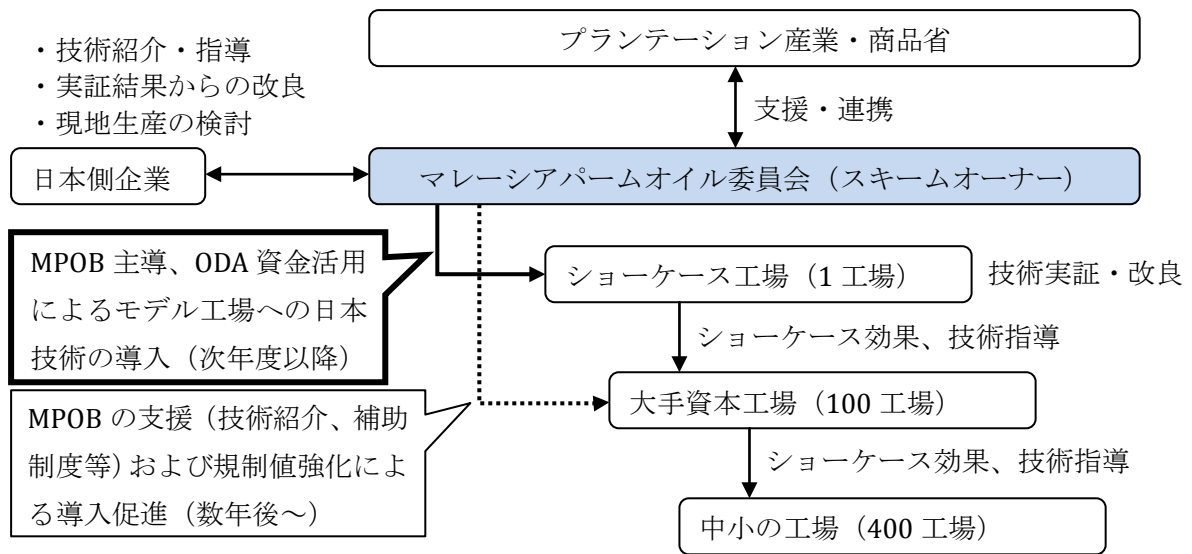
##### ■具体的な協力内容

マレーシア側カウンターパートとして、プランテーション産業・商品省（Ministry of Plantation Industries and Commodities）の傘下にあるパームオイル委員会（MPOB）を想定する。

MPOB はパームオイル工場の管理監督とパームオイル産業向けの研究開発をミッションとしており、今回の提案では排水基準を順守できる技術開発や技術紹介についての関心が高い。またパームオイル企業への技術普及スキームを有しており、技術紹介と実証試験を通じた研究開発の主体としての役割を期待する。

MPOB により研究活動に適した協力工場を実証試験機の設置場所として選定する。実証試験に供する設備は、MPOB の研究開発を目的としたものとして MPOB に供与し、協力工場の実証箇所に設置する。実証期間後は、MPOB により、当該サイトでの継続利用（ショーケース工場としての利用）、または、条件の異なる他の工場での研究を目的とした移設を行うことを想定する。

なお、MPOB から FELDA PALM INDUSTRY SDN BHD 社の KILANG SAWIT JENGA 21 を対象工場としたいという打診を受けており、今後導入システムの仕様検討を行う予定である。



# マレーシア国 パームオイル工場の排水処理高度化・循環利用 案件化調査 案件化調査

## 企業・サイト概要

- 提案企業：阪神動力機械株式会社
- 提案企業所在地：大阪府 大阪市
- サイト・C/P機関：サイト：セラングール、ジョホールバル他／CP：マレーシア・パームオイル委員会 (MPOB)

## マレーシアの開発課題

- パームオイル産業の主要産業化に伴うパームオイル工場からの排水による環境影響の懸念、排出基準の不順守企業への警告・ライセンス停止
- パームオイル工場排水への排水基準の強化意向 (BOD値20mg/L)がある一方、安定的な処理技術の不足
- 排水処理の高度化に対するパームオイル工場のインセンティブの欠如

## 中小企業の技術・製品

- 実績のある処理設備群の組み合わせ、現行の開放型ラグーン処理への追加による基準順守貢献
- 日本の下水道処理 (活性汚泥法) において実績のある **エアレータ (曝気攪拌設備)** による安定的な基準順守
- エアレータ処理を安定的に行うための **スクリーン設備** や **遠心分離機** による前工程での固液分離
- 分離された固成分 (汚泥) の **燃料化・堆肥化設備** による資源販売の可能性 (動機付け)

## 調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

- 「民間提案型普及・実証事業」のスキームを活用し、今回提案する排水処理高度化・循環利用システムをモデル工場に適用する
- MPOB主導、工場側の協力合意の下、技術面での検証 (実証) と、“ショーケース”としての活用 (普及) を図る
- 収益も生む技術の普及、排水のBOD値低減、結果として河川への影響の低減を目指す

## 日本の中小企業のビジネス展開

- 政府機関であるMPOBとの協働によるパームオイル企業・工場への効果的な技術紹介
- 技術の現地化 (具体ニーズへの対応、現地での最終組み立て等によるコストダウン) の実現



## はじめに

### (1) 調査の背景

本調査の対象国であるマレーシアにおけるパームオイル産業は、2010年6月に発表された「第10次マレーシア計画」において国家的に推進する12の重点分野の1つに位置付けられている。

パームオイル産業は世界市場でのパームオイル消費量の伸張に応じ、マレーシアにおける基幹産業に成長し、特に輸出面では2011年の一次産業総輸出額の61.8%を占める。

一方で、パームオイル産業の拡大による環境問題、特に河川の水質汚染は流域の森林破壊や生物多様性への影響面からも指摘されており、主管省庁である天然資源・環境省傘下の環境局 (Department of Environment、DOE) では、パームオイル工場排水の処理高度化・循環利用について、環境品質法 (Environmental Quality Act 1974) の強化 (排水基準の厳格化)、取り締まり活動の強化 (法令順守モニタリング)、水質の向上 (河川等の水質改善) を執行方針とし、パームオイル産業向け環境規制 (Environmental Quality (Prescribed Premises) (Crude Palm-Oil) Regulations 1977) では、代表指標であるBOD値の規制強化が検討されている。

### (2) 調査の目的

本調査はパームオイル産業において課題となっている排水管理について、パームオイル委員会およびパームオイル工場との協働により、排水処理基準の強化に適応し、河川環境の改善に寄与するため排水高度処理技術および汚泥等の循環利用技術の導入検討を行うことを通じて、民間提案型普及・実証事業、技術協力事業等の具体的なODA案件を組成することを目的とする。

パームオイル委員会および主要なパームオイル工場の技術スタッフとともに、モデル工場における現状把握 (排水処理システムの把握や水質分析等) と導入システム検討をより具体的にを行うことにより、今回提案する各種設備能力とモデル工場の技術的なマッチングだけではなく、現地側での技術知見の向上や、モデル工場以外の工場における導入可能性の評価が行える能力向上につなげる。

結果としてパームオイル委員会が主導するBOD値20mg/L実現に向けた調査研究プロジェクトとの連携を図り、マレーシア政府が主導するODA案件化の流れを作ることを目的とする。

参考 マレーシアパームオイル委員会 (Malaysian Palm Oil Board (MPOB)) : マレーシア法 (Act582、2000) により、パームオイル登録許可局およびマレーシアパームオイル研究所が合併してできた機関。マレーシア政府の関連省庁からの代表または指名された者からボードメンバーは構成される。パームオイル工場に対する許認可権限を有する。

(参考・パームオイル委員会 WEB 2012 年 12 月更新・環境に関して)

1978 年に整備された POME に関する環境規制の中で BOD は鍵となる指標である。未処理の POME では BOD 値 25,000ppm であるものを、第一世代の規制では 5,000ppm にまで引き下げることを要請し、現在では 100ppm までに引き下げられている。これを 50ppm にまで引き下げる改善努力が進行中であり、河川等への放流が行われる箇所では BOD 値 20ppm を目指して R&D が進むことが期待されている。

### (3) 調査実施上の留意事項

本調査においては、下記事項に留意して業務を進めた。

#### マレーシアパームオイル委員会との連携強化

マレーシアの政府機関としてマレーシアパームオイル委員会との連携を深めることを目標とする。また、パームオイル委員会を通じて、多くのパームオイル製造事業者に技術概要を知っていただくことを重要視する。

#### データ・事実に基づくモデル提案

現地のパームオイル工場における設備レベル・管理レベルに幅があることから、例えば水質分析を調査団側で行う等、可能な限りデータや事実の一次情報を調査団にて取得し、それらに基づくモデル提案とする。

#### 現地でも導入可能な設備仕様・設備価格の検討

今回対象とする技術は、最先端技術ではなく日本においては一定の実績を持つ普及型技術ではあるが、本調査において設備仕様や価格に関する相場を把握するとともに、現地での一部製造（コア部材の日本からの提供による組立現地化等）の可能性につき、現地企業へのヒアリングや能力確認を通じて検討する。

#### 次年度以降の ODA 化（民間提案型普及・実証事業）への展開

次年度以降に民間提案型普及・実証事業を実現することを念頭に、ODA 化後の技術普及による排水水質の改善の長期ストーリー、および、戦略的な ODA 活用について、マレーシアパームオイル委員会を中心に協議を進める。

#### (4) 調査概要

##### ① 団員リスト

氏名	所属	担当分野
川島 裕貴	阪神動力機械(株)	統括（業務主任者）
石堂 雅憲	(同上)	代表事業者・経営層交渉担当
尊田 育馬	(同上)	技術評価（エアレーター）
弓場 雄一	三菱UFJリサーチ& コンサルティング(株)	全体調整、市場調査、報告書作成
井上 武彦	(同上)	市場調査、報告書作成
呉原 章子	(同上)	市場調査、報告書作成
喜多 昭治	(同上)	市場調査、報告書作成
坪内 信行(補強)	東洋スクリーン工業(株)	技術評価（固液分離機・スクリーン）
山内 学(補強)	(同上)	技術評価（固液分離機・スクリーン）
齋藤 光生(補強)	斎藤遠心機工業(株)	技術評価（固液分離機・デカンター）
藤岡 宏貴(補強)	(同上)	技術評価（固液分離機・デカンター）
梅澤 美明(補強)	関西産業(株)	技術評価（スラッジ利用）
物部 宏之(補強)	(同上)	技術評価（スラッジ利用、全体）
南 哲朗(補強)	大阪府	水処理技術・水質管理・政策に関する助言、 現地調査支援
古崎 康哲(補強)	大阪工業大学	水処理技術に関する助言、現地調査支援



②現地調査スケジュール

項目	9月	10月	11月	12月	1月	2月
調査準備						
①基礎情報調査	■					
②関連情報収集	■					
③対処方針検討		○				
技術導入可能性調査						
①現地調査		■	■			
②技術検討			■			
③現地調査・報告				■		
ニーズ調査						
①概況調査（文献）	■		■			
概況調査（現地）			■			
②潜在ニーズ（現地）			■			
③ODA可能性検討				■		
事業化調査						
①パートナー探索			■	■		
②事業化仕組み検討				■		
③ODAスキーム検討				■		
報告書作成					■	■

③ 渡航日程

(2013年10月27日～2013年11月1日 / 渡航第1回目)

日付	主な訪問先	AM/PM	人員
10月27日(日)	出国	AM	
10月28日(月)	マレーシアパームオイル委員会 (MPOB) - 本調査の概要説明・協力依頼	AM	川島、尊田、弓場、井上、坪内、山内、斉藤、物部、南、古崎
	JICA マレーシア事務所 - 本調査の概要説明	PM	
	在マレーシア日本国大使館 - 本調査の概要説明	PM	
10月29日(火)	POMTEC (パームオイル工場) - 工場視察・現地調査 (サンプル採取)	AM	川島、尊田、弓場、井上、坪内、山内、斉藤、物部、南、古崎
		PM	
	ALS (水質分析会社) - サンプル持込・分析依頼	PM	川島、尊田、山内

10月30日(水)	Southern Edible (パームオイル工場) －工場視察・現地調査 (サンプル採取)	AM	川島、尊田、弓場、 井上、坪内、山内、 斉藤、物部、南、古崎
	Seri Ulu Langat (パームオイル工場) －工場視察・現地調査 (サンプル採取)	PM	
	ALS (水質分析会社) －サンプル持込・分析依頼	PM	川島、尊田、井上、 古崎
10月31日(木)	PMT Industry Sdn. Bhd. (EPC 企業) －情報収集・工場見学	AM	川島、尊田、弓場、 井上、坪内、山内、 斉藤、物部、南、古崎
	マレーシアパームオイル委員会 (MPOB) －調査概要に基づく意見交換	PM	
	帰国 (到着 11月1日)	PM	

(2013年11月11日～2013年11月15日 / 渡航第2回目)

1) 工場視察、現地調査班 (川島、尊田)

日付	主な訪問先	AM/PM	人員
11月11日(月)	出国	AM	
11月12日(火)	Jengka21 / Felda (パームオイル工場) －工場視察・現地調査 (サンプル採取)	AM	川島、尊田
	Dominion Square /LKPP (パームオイル工場) －工場視察・現地調査 (サンプル採取)	PM	
11月13日(水)	Sindra / Kulim (パームオイル工場) －工場視察・現地調査 (サンプル採取)	AM	川島、尊田
		PM	
11月14日(木)	ASL (水質分析会社) －サンプル持込・分析依頼	AM	川島、尊田
11月15日(金)	帰国	AM	

2) 現地政府、関係省庁折衝班 (弓場、呉原、喜多)

日付	主な訪問先	AM/PM	人員
11月11日(月)	出国	AM	
11月12日(火)	DOE (政府機関) －法令、許可制度、モニタリングに関するヒアリング	AM	弓場、呉原、喜多
	FELDA Palm Industry Sdn. Bhd. (パームオイル企業・技術部門) －現状およびニーズに関するヒアリング	PM	

11月13日(水)	JETRO マレーシア事務所 - ヒアリング	AM	弓場、呉原、喜多
	JICA マレーシア事務所 - 調査概要報告	PM	
	Spektra WaterTech Sdn. Bhd. (EPC 企業) - ヒアリング	PM	
11月14日(木)	マレーシアパームオイル委員会 (MPOB) - 法令、許可制度、支援制度に関するヒアリング、各種資料購入・収集	AM	弓場、呉原、喜多
	Sime Darby Research Sdn. Bhd. (パームオイル企業・技術部門) - 現状およびニーズに関するヒアリング	PM	
	帰国 (到着 11月15日)	PM	

(2013年12月16日～2013年12月20日 / 渡航第3回目)

日付	主な訪問先	AM/PM	人員
12月16日(月)	出国	AM	
12月17日(火)	POMTEC (パームオイル工場) - サンプル採取	AM	川島、石堂、尊田、 弓場、井上、呉原、 坪内、山内、藤岡、 物部、南
	ケリー島周辺のパームオイル工場地帯 - パームオイル工場近郊河川の水質調査	PM	
	ALS (水質分析会社) - サンプル持込・分析依頼	PM	
12月18日(水)	PURI PUJANGGA Universiti Kebangsaan (マレーシア国民大学 (UKM) 敷地内) - 技術紹介セミナー・個別商談会	AM	川島、石堂、尊田、 弓場、井上、呉原、 坪内、山内、藤岡、 物部、南
12月19日(木)	YUEN FEE ENGINEERING SDN.BHD. (組立製造企業) - 情報収集・工場見学	AM	川島、石堂、尊田、 弓場、井上、呉原、 坪内、山内、藤岡、 物部、南
	DOMINION FABRICATORS SDN.BHD. (組立製造企業) - 情報収集・工場見学	PM	
	JICA マレーシア事務所 - 調査概要報告	PM	
	帰国 (到着 12月20日)	PM	

## 第1章 対象国における当該開発課題の現状およびニーズの確認

### 1-1 対象国の政治・経済の概況

#### (1) 政治概況

マレーシアはマレー系(約67%)、中国系(約25%)、インド系(約7%)、その他(約1%)からなる多民族国家であり、民族の融和および国民統合が重要課題となっている。1970年代からは民族間の不均衡を是正するため、経済的・社会的に立ち遅れたマレー系をあらゆる面で優遇するブミプトラ政策を実施してきた。

政治体制は、9州のスルタンの中から5年任期で互選される立憲君主制をとっている。国会(連邦議会)は上院、下院の二院制であり、70議席の上院は任命制、222議席の下院は国民の直接投票によって選出される。下院は上院より大きな権限を持ち、首相は下院において多数の信任を得ている議員から国王が任命する。

マレーシアの首相は、1957年の独立以降一貫して統一マレー国民組織(UMNO)の総裁が務めており、現内閣は2009年に樹立したナジブ政権である。ナジブ首相は就任以降、「1(one, satu) Malaysia」をスローガンに掲げた民族融和や各種産業におけるブミプトラ資本規制緩和等を進めてきた。

日本国とはナジブ首相の2010年の来日時に共同首脳声明「新たなフロンティアへ向けて強化されたパートナーシップ」を発表している。共同首脳声明は、①平和と安定のための協力、②競争力強化と持続的成長のための協力、③環境・エネルギー分野での貢献のための協力、④人材育成および交流促進のための協力から構成される。特に、③環境・エネルギー分野については「日・マレーシア環境・エネルギー協力イニシアティブ」を発表し、環境分野において両国の協力の深化、および国際的な課題等について両国間で協議していくとしている。

#### (2) 経済状況

マレーシアの経済は、独立後、政府の積極的な金融政策および安定した政情を背景にこれまで堅調に発展してきた。

かつてはゴムや錫に依存したモノカルチャー経済だったが、1985年以降は外資規制緩和による工業化政策を通じて著しく発展し、以降1997年のアジア経済危機まで年平均8%以上の高い経済成長率を達成した。同危機の影響を受け1998年はマイナス成長になったものの、積極財政・金融緩和による景気刺激策、為替レートの米ドルへの固定(2005年7月に管理変動相場制に移行)、日本からの資金援助等により1999年第2四半期には回復し、2008年の世界経済危機まで年平均成長率5%以上と堅調に発展をとげた。2010年には内需の回復および中国経済に牽引され7.2%の成長率となり、以降順調に成長基調にある。

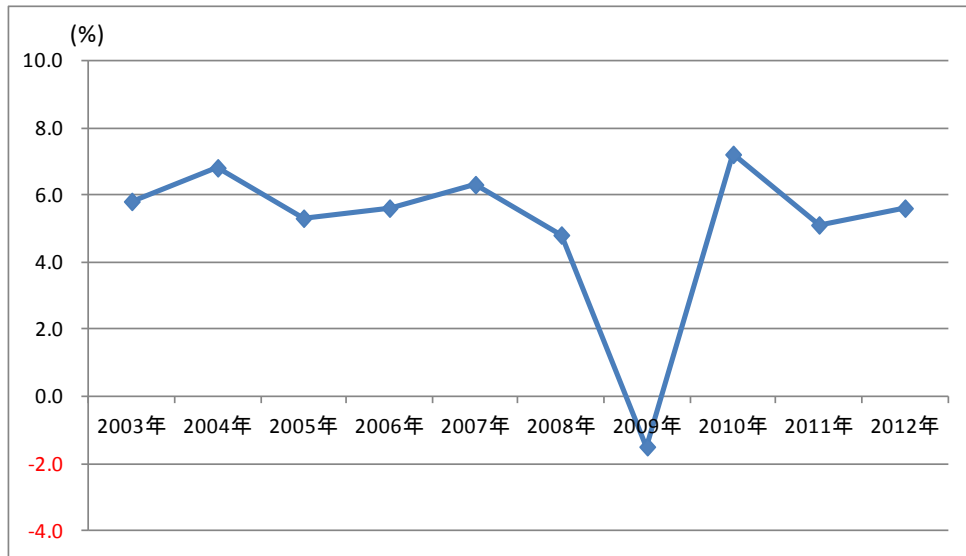


図 1 実質 GDP 成長率 (2003 年～2012 年)

(出典) JETRO 「国・地域別情報 マレーシア基礎的経済指標」

また、2010 年 6 月には 5 年間の開発予算に関する方向性を提示する「第 10 次マレーシア計画」が発表された。開発予算総額を第 9 次マレーシア計画の 2,000 億リンギットを上回る 2,300 億リンギットとし、実質 6.0%以上の経済成長の達成により 2015 年の一人当たり年間所得 38,850 リンギットを引き上げ、2020 年までに先進国入りを目指す「ビジョン 2020」(1991 年、当時のマハティール首相発表)の実現を目指すとしている。

第 10 次マレーシア計画においては今後の重点分野として 12 の「国家主要経済領域 (NKEA)」が定められており、パームオイルと関連産業もそのうちの 1 つに位置付けられている。その中でパームオイル工場排水を利用したバイオガス設備の導入等の 8 プロジェクトが「出発点プロジェクト (EPP)」として挙げられている。

表 1 第 10 次マレーシア計画における国家主要経済領域

NKEA No.	国家主要経済領域 (NKEA)
1	石油・ガス・エネルギー
2	パームオイル産業
3	金融サービス
4	流通 (卸売・小売)
5	観光
6	情報通信技術
7	教育サービス
8	電機・電子産業
9	ビジネスサービス

10	ヘルスケア
11	農業
12	クアラルンプール/クランバレー首都圏の強化

(出典) MPOB「National Key Economic Areas-Biogas Capture and CDM Project implementation for Palm Oil Mills」

表 2 パームオイル産業分野における出発点プロジェクト

EPP No.	出発点プロジェクト (EPP)	
1	パームオイルの生産性向上 および持続可能な発展に 向けたプロジェクト	パーム植え替えの促進
2		果実房 (FFB) の収穫量の増加
3		生産工程における革新的技術導入による労働者の生産性向上
4		搾油量 (OER) の増加
5		ミルにおけるバイオガス設備の導入
6		脂肪酸誘導体活用の促進
7		第二世代バイオ燃料の早期市場導入の促進
8		食品・ヘルスケア分野における活用の促進

(出典) MPOB「National Key Economic Areas-Biogas Capture and CDM Project implementation for Palm Oil Mills」



## 1-2 対象国の対象分野における開発課題の現状

### (1) パームオイル産業の概況

#### 世界市場

パーム油は他の植物油に比べ生産性・汎用性の面で優位にあり<sup>1</sup>、マーガリンやショートニング等の食用油だけでなく、石鹸、化粧品などオレオケミカルと呼ばれる化学品産業界でも広く使用されている。また、近年はバイオディーゼル燃料の原料としても注目されている。

2012年の全世界のパームオイル、パームカーネルオイルの生産量は合計58,745千t(2002年比+30,292千t、+106.5%)に達し<sup>2</sup>、世界17油脂<sup>3</sup>の生産量185,232千tの28.5%を占め最多の生産量を誇る。

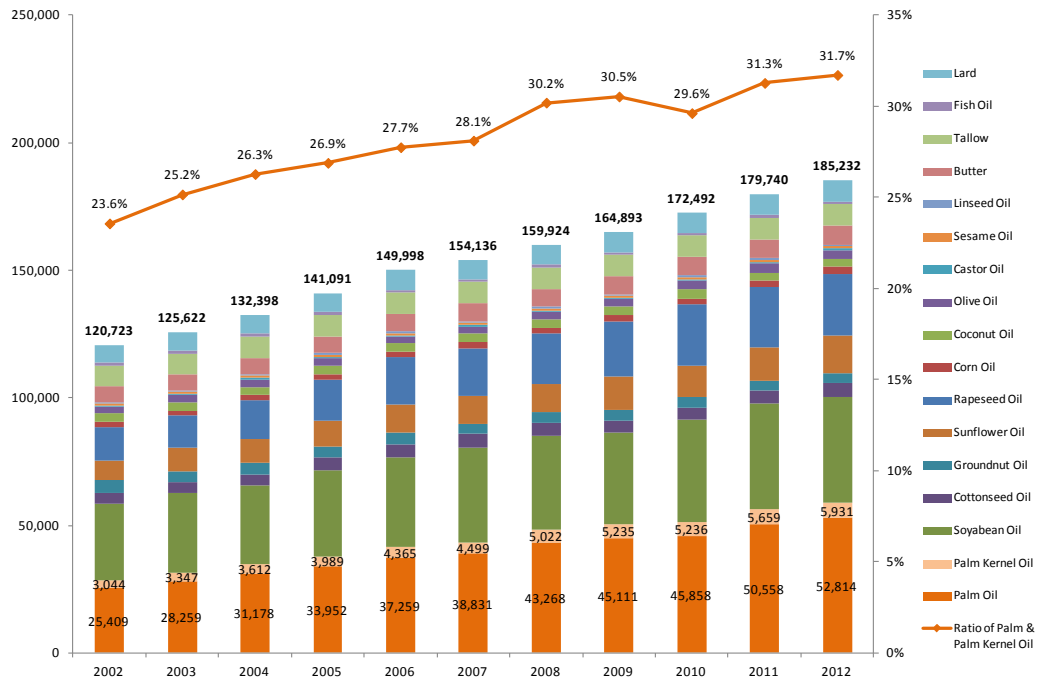


図 2 世界 17 油脂の生産量推移 (2002~2012 年)

出典：“MALAYSIA OIL PALM Statistics 2012” MPOB より MURC 加工

国別の生産量ではインドネシア 26,300 千 t (同+16,930 千 t、+180.7%)、マレーシア 18,785 千 t (同+6,876 千 t、+57.7%) の 2 か国が突出しており、2 か国で全世界の生産量

<sup>1</sup> パーム油は大豆、菜種などの植物油に比して、飽和脂肪酸(パルチミン酸)を多く持つ油として知られており、酸化、加熱に対する安定性が高いことから利用が進んでいる

<sup>2</sup> 2012年の個別の生産量は Palm Oil:52,814 千 t (2002年比+27,405 千 t、+107.9%)、Palm Kernel Oil:5,931 千 t (同+2,887 千 t、+94.8%)となる

<sup>3</sup> 17OIL&FATS:大豆油、綿実油、落花生油、ひまわり油、菜種油、ごま油、コーン油、パーム油、パーム核油、ヤシ油、バター、豚油、魚油、亜麻仁油、ひまし油、牛脂を指す

の約 85%を占めている。

表 3 国別パームオイル生産量の推移 (2002～2012 年)

	単位:千トン											2002→2012年差異	
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	増減量	伸張率
Indonesia	9,370	10,600	12,380	14,100	16,070	17,420	19,400	21,000	22,100	24,100	26,300	16,930	180.7%
Malaysia	11,909	13,355	13,976	14,962	15,881	15,824	17,734	17,565	16,994	18,912	18,785	6,876	57.7%
Thailand	600	690	735	700	860	1,050	1,300	1,310	1,380	1,530	1,600	1,000	166.7%
Nigeria	775	785	790	800	815	825	840	870	885	930	940	165	21.3%
Colombia	528	527	632	673	714	733	778	802	753	941	970	442	83.7%
Ecuador	238	262	279	319	352	396	410	429	380	495	550	312	131.1%
Papua New Guinea	316	326	345	310	365	382	465	478	500	560	530	214	67.7%
Cote d'Ivoire	265	240	270	290	281	289	285	345	330	400	360	95	35.8%
Honduras	126	158	170	237	258	265	278	280	275	320	375	249	197.6%
Brazil	118	129	142	160	170	190	210	240	250	270	310	192	162.7%
Costa Rica	128	155	180	181	189	200	202	220	230	250	290	162	126.6%
Guatemala	86	85	87	92	125	130	185	180	182	248	274	188	218.6%
Venezuela	55	41	61	63	66	70	89	84	75	60	49	-6	-10.9%
Others	895	906	1,131	1,065	1,113	1,057	1,092	1,308	1,524	1,542	1,481	586	65.5%
TOTAL	25,409	28,259	31,178	33,952	37,259	38,831	43,268	45,111	45,858	50,558	52,814	27,405	107.9%

出典：“Oil World Annual (2007 - 2012) & Oil World Weekly (14 December, 2012)” MPOB より MURC 加工

前述のように使用用途に富み、加えて相対的に安価であることから、世界市場での消費量は増加傾向にあり 2012 年には 51,493 千 t (2002 年比+26,071 千 t、+102.6%) に達する。地域別にはインド (7,562 千 t)、インドネシア (7,030 千 t)、中国 (6,050 千 t) などの新興国が上位を占めると共に、EU (5,821 千 t)、米国 (956 千 t)、日本 (584 千 t) など先進国でも 2002 年以降の 10 年間で使用量は大幅に増加しており、今後もパームオイルの使用量は一定以上の規模が見込まれる。

表 4 国別パームオイル消費量の推移 (2002～2012 年)

	単位:千トン											2002→2012年差異	
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	増減量	伸張率
India	3,549	4,151	3,396	3,309	3,075	3,839	5,378	6,789	6,714	6,826	7,562	4,013	113.1%
Indonesia	3,027	4,115	3,347	3,546	3,711	4,065	4,462	4,830	5,419	6,310	7,030	4,003	132.2%
China P.R.	2,650	5,548	3,681	4,340	5,450	5,488	5,662	6,227	5,903	6,110	6,050	3,400	128.3%
EU	3,395	3,570	3,892	4,368	4,419	4,476	5,059	5,661	5,724	5,337	5,821	2,426	71.5%
Malaysia	1,501	1,568	1,792	1,965	2,157	2,168	2,571	2,364	2,065	1,986	2,108	607	40.4%
Pakistan	1,350	1,349	1,342	1,546	1,599	1,643	1,866	1,873	1,895	1,982	2,033	683	50.6%
Nigeria	970	984	1,070	1,107	1,220	1,360	1,495	1,570	1,665	1,750	1,760	790	81.4%
Thailand	503	548	636	654	695	740	1,000	1,175	1,230	1,265	1,308	805	160.0%
USA	192	197	240	376	565	713	990	869	864	953	956	764	397.9%
Colombia	451	451	442	454	481	456	487	630	794	900	950	499	110.6%
CIS	459	517	569	315	775	833	984	788	823	849	733	274	59.7%
Japan	415	429	549	478	498	529	549	549	564	587	584	169	40.7%
Egypt	474	641	645	591	539	570	496	587	594	525	541	67	14.1%
Turkey	274	358	364	431	500	408	445	380	400	423	450	176	64.2%
Other	6,212	3,745	8,293	10,175	10,556	10,490	10,887	10,741	11,712	13,076	13,606	7,394	119.0%
TOTAL	25,422	28,171	30,248	33,655	36,240	37,778	42,331	45,033	46,366	48,879	51,493	26,071	102.6%

出典：“Oil World Annual (2007 - 2012) & Oil World Weekly (14 December, 2012)” MPOB より MURC 加工

消費上位国のうち、インド、中国、EU はパームオイルの調達を輸入に頼っており、世界最大のパーム油生産国であるインドネシアは生産量のうち約 26.7%を自国で消費している。一方で第 2 位の生産国であるマレーシアの自国での消費割合は約 11.2%で、輸出に重点を置いている。

## マレーシアにおける産業規模

マレーシアにおけるパームオイル産業は、マレーシア諸州政府の支援のもと、1917年に初めて商業的な作付けが実施された。その後、ゴム栽培依存からの脱却という政府の方針を背景に当時の連邦土地開発局（Federal Land Development Authority、2003年に民営化し、現 Felda Holdings）が大規模パーム農園を展開し、20世紀後半に急速に拡大し、2012年現在世界第2位の生産国にまで成長している。

この間、パームオイル産業はマレーシアの基幹産業といえる規模に成長しており、特に輸出面では2011年の輸出額が80.3 billion RM（2000年比+65.4 billion RM、+438.9%）となり一次産業総輸出額の61.8%を占めるまでに成長した。

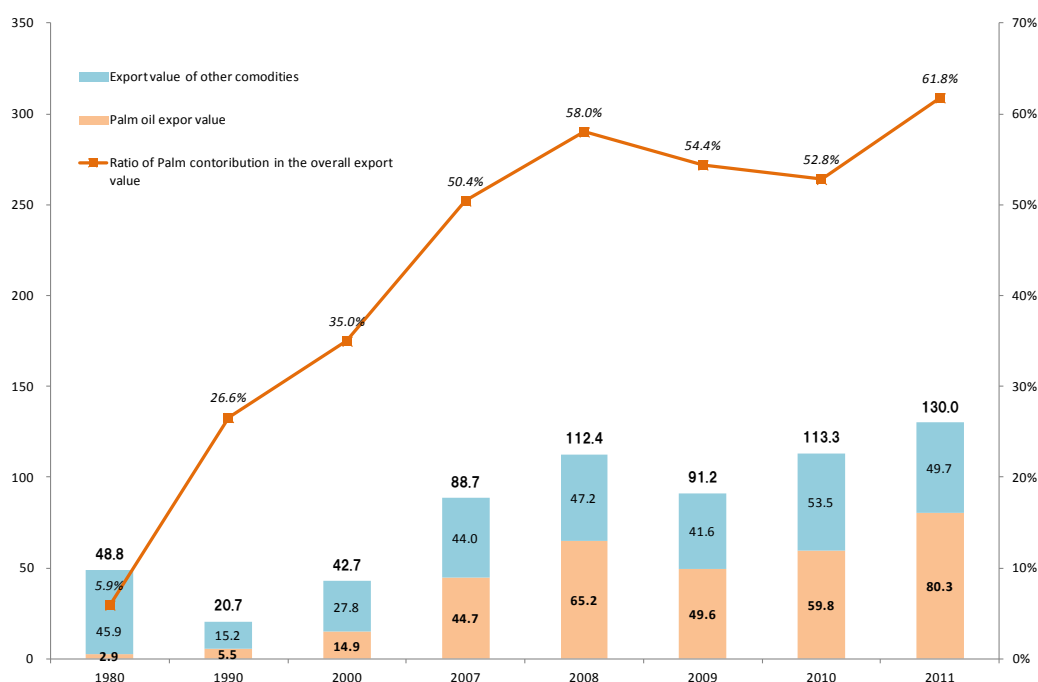


図3 マレーシアの製品別輸出額の推移（1980～2011年）<sup>4</sup>

産業規模の拡大に歩調を合わせて、パーム農園の面積はマレーシア全土で5,076,929ha（2012年）に達し、国土の約15%を占めるに至った。さらに世界的なパームオイルの消費拡大を受け、年間3%程度農園の面積は拡大を続けている。州別にはサバ（1,442,588ha）、サラワク（1,076,238ha）で面積が大きく左記の2州で全体の約3割を占める。また、ジョホール（714,130ha）、ムラカ（52,524ha）ではパーム農園の面積が州の面積の3割以上に上る。

また、パームオイル工場（ミル）も国内で稼働中のもので432工場（2012年）にのぼりスペック上の生産能力はマレーシア全土の稼働中工場で102,342,400t FFB/yearに達する。

<sup>4</sup>出典：Ministry of Primary industries Malaysia、Ministry of Plantation and industries and Commodities Malaysia 報告資料よりMURC加工

さらに計画中の工場もサバ・サラワクを中心に 32 工場、6,360,000 t FFB/year 存在しており、産業規模はさらに拡大するものと想定される。<sup>5</sup>

一方、2012 年現在マレーシア国内で稼働中のパームオイル精製工場は全土で 56 施設、スペック上の精製能力は 25,554,700t/year である<sup>6</sup>。

表 5 マレーシアパーム農園、パームオイル工場の概況 (2012 年)

	国土面積 (Ha)	油やし農園の 面積(Ha)	農園の比率	工場数				計画、または建造中 の工場数		合計	
				稼働中		未稼働		数量	精製能力	数量	精製能力
				数量	精製能力	数量	精製能力				
Malaysia	32,984,700	5,076,929	15.4%	432	102,342,400	3	432,000	32	6,360,000	467	109,134,400
	州の面積 (Ha)	油やし農園の 面積(Ha)	農園の比率	工場数				計画、または建造中 の工場数		合計	
				稼働中		未稼働		数量	精製能力	数量	精製能力
				数量	精製能力	数量	精製能力				
Sabah	7,611,500	1,442,588	19.0%	124	32,113,200			11	1,860,000	135	33,973,200
Sarawak	12,445,000	1,076,238	8.6%	58	13,192,000			16	3,630,000	74	16,822,000
Johore	1,998,400	714,130	35.7%	65	16,776,400	1	144,000			66	16,920,400
Pahang	3,596,400	700,201	19.5%	71	15,260,200			1	270,000	72	15,530,200
Perak	2,100,600	379,946	18.1%	44	10,140,800	1	96,000	1	120,000	46	10,356,800
Terengganu	1,295,500	171,493	13.2%	13	3,257,600			1	180,000	14	3,437,600
Negeri Sembilan	664,500	167,076	25.1%	15	3,509,400					15	3,509,400
Selangor	795,600	136,691	17.2%	21	3,733,600	1	192,000			22	3,925,600
Kelantan	1,492,200	137,679	9.2%	10	1,739,200			2	300,000	12	2,039,200
Kedah	942,600	84,523	9.0%	6	1,564,000					6	1,564,000
Malacca	165,000	52,524	31.8%	3	762,000					3	762,000
Penang	104,630	13,556	13.0%	2	294,000					2	294,000
Perlis	81,000	284	0.4%							0	0

出典：“MALAYSIA OIL PALM Statistics 2012” MPOB より MURC 加工

## (2) パームオイル工場排水に関する課題事例

パームオイル産業において着目されている環境課題は、残渣物を燃焼する際に排出される排ガスと、パームオイル工場から排出される高濃度排水である。排ガスについては、焼却処理の禁止（ただし、燃料用途での燃焼を除く）にて一定の対策がなされている。

排水についてマレーシア政府は、上水の未整備地域の“生活の質”の確保、および世界的に希少な自然保護（オランウータン生息地等）等の目的のために、パームオイル工場等の排水基準の強化を検討し、生活用水の水源である河川の水質改善に着手している。近年でもパームオイル工場からの排水や排出物が、漁業への悪影響、健康被害、河川水の悪臭や色素等の汚染を引き起こしている例も報告されており、対応が求められている。

### ①課題事例：Kedah 州 Bakong 川（マレーシア半島 ペナン島近郊）<sup>7</sup>

2011 年 3 月、ペナン消費者団体（CAP）はクダ州環境事務局（JAS）に対して産業廃棄物を河川に廃棄することで Bakong 川の汚染を引き起こしたパーム油製造会社に対する毅然とした措置を要求。2009 年にも CAP は JAS に改善要請したが、何の対策も取られていなかった。

<sup>5</sup> 出典：“Malaysian oil palm statistics 2012 - 32edition” Malaysian Palm Oil Borad

<sup>6</sup> 出典 “REVIEW OF THE MALAYSIAN OIL PALM INDUSTRY” MPOB and MIDA

<sup>7</sup> 出典：Berita Harian（マレーシア地元紙）2011 年 3 月 2 日

Bakong 川の水は黒く濁り、異臭を放っており、結果として流域の魚が減少する等の地域住民の生活の糧となる漁業にも打撃を与えている。CAP はこのまま放置すれば汚染区域の拡大と地域住民の健康被害を引き起こす可能性があるともみている。

②課題事例：Sabah 州 Ambual 川（ボルネオ島）<sup>8</sup>

1,000 人を超えるアンブアル村の村民達は、2008 年にアンブアル川上流に建設されたパーム油製造工場からの廃水によって汚染された河川の水を、飲料や入浴など生活用水として使うことを余議なくされている。搾油済みヤシ廃棄物をアンブアル川へ流れ込む支流へ廃棄していることが汚染の原因と考えられている。

アンブアル村の発展・治安委員会（Jawatankuasa Kemajuan dan Keselamatan）は、地下水濾過装置あるいはより上流から取水するシステム導入が必要としている。アンブアル川の水は真っ赤に変色し、時折黒くなることもある。また、川で水浴びをしたのち全身が痒くなるなどの健康被害も報告されている。

③MPOB と DOE による調査結果<sup>9</sup>

MPOB と DOE が 2011 年に共同で行った調査では、サバ州の 14 工場における排水 BOD 値、工場所在地の流域河川における上流 BOD 値、下流 BOD 値をサンプリング測定している。その結果によると、上下流の両方で採水した工場の半数では、河川水質の劣化が認められ、特に河川への直接放流を行っていた工場では、BOD 値が 6.5 倍になる事例も報告されている。

表 6 MPOB によるパームオイル工場排水、周辺河川上流・下流の水質調査結果

	BOD 規制値	放流先	BOD 測定値 (3days 30℃)			
			排水	上流	下流	差異
MILL 1	100mg/L	農場	69	3	8	▲5
MILL 2	100mg/L	農場	126	3	3	0
MILL 3	50mg/L	農場	26	2	2	0
MILL 4	500mg/L	農場	69	2	2	0
MILL 5	20mg/L	河川放流	108	2	13	▲11
MILL 6	50mg/L	農場	54	5	7	▲2
MILL 7	50mg/L	農場	38	3	4	▲1
MILL 8	100mg/L	農場	56	2	4	▲2
MILL 9	50mg/L	農場	45	4	-	-
MILL 10	100mg/L	農場	7	-	-	-
MILL 11	100mg/L	農場	26	-	-	-

<sup>8</sup> 出典：Utusan（マレーシア地元紙）2013 年 2 月 8 日

<sup>9</sup> 出典：“MPOB study on mills compliance with BOD 20ppm Requirements” Dr. Hj. Zulkifli Ad Rahman（2012 年 11 月の MPOB 主催のナショナルセミナーである POMREQ 資料）

MILL 12	100mg/L	農場	266	3	3	0
MILL 13	100mg/L	農場	209	-	-	-
MILL 14	20mg/L	農場	15	-	-	-

### (3) パームオイル産業における排水処理に関するパイロット事例

マレーシアにおける基幹産業であるパームオイル、特にその排水処理に関しては法規制の厳格化など事業者側の設備投資を促進する外部環境の変化が想定されている。事業者側の潜在的な需要に対しては日本国からも複数のメーカーが技術提案を行っており、複数のサイトでパイロット稼働が行われている。

#### MPOB 敷地内におけるパイロットプラント

MPOB では、パームオイル産業に対する各種技術の研究開発のために、敷地内にパイロットプラントエリアを設けて、パームオイル製造、オイル精製、パームオイル由来の新商品開発等の各種パイロットプラントを整備している。

その中で、排水処理に関連するプラントは下記の通り。なお、これらのパイロットプラントのいくつかは、先進的なパームオイル工場に導入されている等、マレーシアのパームオイル工場への技術導入に対して先導的な役割を果たしている。

表 7 MPOB におけるパイロットプラント（排水処理関連のみ抜粋）<sup>10</sup>

名称	概要	採用企業
活性汚泥処理	三次高度処理を目的とした、リアクタータンク方式による活性汚泥処理のためのパイロットプラント。 水の再生利用または BOD 値低減を目的としており、小スペース処理を目指す。生物処理、物理的処理、化学的処理を併用。	FELDA Sime Darby 等
生物膜処理	フィルター処理に関する研究開発を進めたことにより、好気処理にバイオリアクター（生物膜）処理を適用することが可能となった。 2007 年に実証実験がスタートしている。 (MPOB TOTNo.380)	POMTEC
フィルタプレス	BOD の低減を難しくしている処理ポンドに蓄積するスラッジを、フィルタプレスの連続処理により除去する実証プラント。 (MPOB TOTNo.343)	—

<sup>10</sup> “MPOB Pilot plant and Laboratory Facilities” MPOB 2010 より加工

バイオガス	リアクタータンクによる嫌気性処理と、そこから発生するバイオガスのエネルギー利用に関するパイロットプラント。その後工程でマイクロメディアを利用した好気性処理も組み合わせている。 BOD 値の低減とともに、将来的には排水ゼロも視野に入れる。 (MPOB 敷地内ではなくパイロット工場にて実施)	Sime Darby (マイクロメディア)
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ BOD メーター、COD メーター</li> <li>・ 溶存酸素メーター</li> </ul>	

### 株式会社クボタ <sup>11</sup>

パームオイル工場（ミル）において排出される工場廃液（POME）を膜型メタン発酵システムにより処理し、得られたバイオガスを燃料として発電し、ミルのエネルギー利用の効率化、およびパーム油産業全体が有している潜在エネルギーの回収を行うと共に将来的に厳格化が想定される排水基準値をクリアするための膜を利用した排水処理設備（MBR）を併設することにより、環境保全に資することを目的とする。

パイロットプラントは Seri Uru Langat 社のミルへ設置し、実施可能性評価を行っている。施設規模として POME 600 m<sup>3</sup>/d の処理能力を設定し、膜型メタン発酵システム+MBR 方式でのガス回収および排水処理を行う計画とした。

施設設置面積は約 4,260m<sup>2</sup> となり、既存のポンドシステムの場合の必要面積と比較して約 1/10 に減少。バイオガスの発生量は約 20,000 Nm<sup>3</sup>/d を見込み、1 時間当りの発電能力は最大 2MW となる。排水処理については、別途実施した小型実験（0.4 m<sup>3</sup>/d 処理規模）により BOD20mg/L 以下を安定的に達成できることが確認されている。

実施に当たっての課題として、既存のラグーン施設ではメンテナンスに人員・資金を投じておらず、この点に関してコスト面に加え、設備の維持管理のための運転状況の確認、定期的な水質分析・機器メンテナンスの重要性について理解を求めることが必要と指摘されている。

<sup>11</sup> 出典 “「国際エネルギー消費効率化等技術普及協力事業技術実証事業（FS）パーム油産業における膜型メタン発酵システムを用いたエネルギー回収技術実証事業（マレーシア）」調査報告書” 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（委託先）株式会社クボタ

### 1-3 対象国の対象分野の関連計画、政策および法制度

#### (1) 政策目標

##### 天然資源・環境省 環境局の政策方針

天然資源・環境省（Ministry of Natural Resources and Environment）は、天然資源マネジメント、環境保全マネジメント、国土調査マネジメントを所管している。その傘下にある環境局（Department of Environment、DOE）は、環境保全マネジメントを所管し、国家環境政策（National Environmental Policy）、気候変動政策（Climate Change Policy）、および環境品質法（Environmental Quality Act 1974）をベースとして政策運営を行っている。

その執行に当たっては、11 の政策方針と 5 つの戦略を設定し、これらの実現に向けた取り組みを行っている。

##### 環境保全のメインフィールドにおける 11 の目標（政策方針）

1. 温室効果ガスの排出削減
2. マレーシア環境パフォーマンス指数（EPI）の開発
3. 地球環境貢献に向けた地球環境ファシリティ基金（GEF）の活用
4. 環境品質法（1974 年）の強化
5. 取り締まり活動の強化
6. 水質の向上
7. 海水域の質の向上
8. 大気の水質の向上
9. オゾン層の保護
10. 環境意識やコミットメント指標の開発
11. 気候変動に関する意識の向上

##### 環境保全のメインフィールドにおける 5 つの戦略

1. 低炭素社会の促進
2. 環境パフォーマンスの測定
3. 地球環境ファシリティ基金（GEF）の基金管理
4. 環境品質法の執行
5. 環境教育・啓発

今回対象とするパームオイル工場の排水処理高度化・循環利用については、下記に詳述する環境品質法の強化（排水基準の厳格化）、取り締まり活動の強化（法令順守モニタリング）、水質の向上（河川等の水質改善）に該当している。

#### (2) 法令

パームオイル工場からの排水に関連する最も重要な法令は、“Environmental Quality Act



1974”を根拠法令に持つ”Environmental Quality (Prescribed Premises) (Crude Palm-Oil) regulations 1977”である。

また、その傘下法令として、パームオイル産業向け環境規制（Environmental Quality (Prescribed Premises) (Crude Palm-Oil) Regulations 1977）が位置付けられ、パームオイル工場はこれらの規制を受けている。

## 環境品質法（Environmental Quality Act 1974）

### ①法令体制について

環境品質法に関する責任と権限は、天然資源・環境大臣および大臣に指名される環境局長が有しており、その諮問機関として関連省庁や民間機関の代表者から構成される環境会議が大臣および環境局長を支援する形となっている。

なお、この環境品質法は、天然資源・環境省（Ministry of Natural Resources and Environment）の環境局（Department of Environment、DOE）が主管している。

Director General of Environment Quality（環境局長）（3条）

- ライセンスに関する事項（数、種類、内容、効果等）の管理
- 大臣に対する規格や基準に関する推薦

Environmental Quality Council（環境会議）（4条）

- 大臣に対する諮問・支援機関
- 大臣に指名される議長の下、天然資源・環境省、科学技術省、貿易産業省、国内流通消費省、農業・農産省、人材省、交通省、住宅地方政府省、エネルギー・グリーンテクノロジー・水資源省、保健省、サバ・サワラク州政府、石油産業省、パームオイル産業、マレーシア工業連合会、ゴム産業、高等研究機関、NGOの代表者が参加

### ②環境に関わるライセンスについて

排水を伴う工場の操業を行おうとする場合、環境局長による環境品質法 11 条に規定されるライセンス（11 条ライセンス）の獲得が不可欠である。パームオイル工場の操業においても 11 条ライセンスは必要である。

MPOB が承認するパームオイル工場操業ライセンスも、この 11 条ライセンスの取得を条件としている。そのため、DOE にてライセンスの一時停止または取り消しがあった場合、DOE から MPOB に連絡があり、MPOB でも工場操業ライセンスを一時停止または取り消しするという形が取られている。

なお、DOE へのヒアリングでは、パームオイル工場に対する排水ライセンス種類としては 11 条ライセンス 1 種類であるが、その認定にあたっては各工場の排水処理後の流出先によって、①土壌散布でのライセンス（5000mg/L）、②100mg/L でのライセンス、さらにオランウータンの生息地であるサバ州や飲料水源の近くにあたるペラ州イポー地域等、③流出先地域の環境保全要請が高い地域では 20mg/L の 3 種類の認定分類があると

のことであった。

- ・ライセンス承認者は、環境局長 (Director General of Environment Quality)。(10 条)
- ・ライセンスは発行日から 1 年間有効であり、その間に更新申請をする必要がある (12 条 (1))
- ・ライセンス条件違反を犯すと、25,000RM を超えない範囲での罰金、または 2 年を超えない範囲での禁錮、またはその両方、もしくは順守勧告日から条件に適合するまで毎日 1,000RM の罰金が科される。(16 条)
- ・ライセンスなきものは何人たりとも油分または油混合水をマレーシアの水域に流出させてはならない (27 条)
- ・何人たりとも野焼きを禁止する (29 条 A、別に一部適用除外あり)。

### ③ライセンスの取り消し、一時停止

環境に関わるライセンスは、規制順守に関するモニタリングの結果により一時停止や取り消しの処置が定められており、一定の基準順守に対する抑止効果を有している。

- ・ライセンス保有者がライセンスの条項や条件を順守できなかった場合、環境局長 (Director General) は、適切と思われる期間、ライセンスの取り消しまたは一時停止をすることができる。
- ・ライセンスの一時停止期間中に、一時停止から取り消しに処置が格上げされる。
- ・書面による通知を受領するまで、ライセンスの取り消しまたは一時停止は効力を発揮しない。(Environmental Quality (Licensing) Regulation 1977 4.)

### ④規制 (Regulation) について

環境品質法の傘下法令として整備される規制 (Regulation) は、環境大臣によって制定される。具体的には、所管省庁 (DOE) にて原案を策定、環境会議によるコンサルテーション、環境局長による最終調整を経て大臣承認へと進む。

後述するパームオイル産業向け環境規制 (Environmental Quality (Prescribed Premises) (Crude Palm-Oil) Regulations 1977) もこの規制の一つである。

- ・大臣は、環境会議からのコンサルテーションを受けた後、環境有害物質、汚染物質、廃棄物、騒音の排出、廃棄、沈殿に関する適用条件に関する規制 (Regulation)、または排出や廃棄を制限する地域を設定することができる。
- ・大臣は、追加的な規定がない限り、環境会議のコンサルテーションの後に、各種環境に関する規制 (Regulation) を作成することができる。(51 条)
- ・いずれの規制 (Regulation) も、規制される状況 (時期、場所、人、環境) の成立が規制策定の以前、以後であったかを問わず、適用される。(51 条 (2))
- ・この環境品質法の下で制定された規制は、100,000RM を超えない罰金、または 2 年を超えない懲役、またはその両方の範囲において、規制違反に対する罰則を規定す

ることができる。(51条(3))

#### ⑤環境ファンドについて

環境品質法では、環境保全に関するリサーチを目的として廃棄物に対する租税設定権限が天然資源・環境大臣に付与されている。

- ・大臣は、財務大臣と環境会議のコンサルテーションを受けた後、汚染やその防止に関連するリサーチを行うことを目的として、廃棄物発生に対する租税を設定することができる。租税額は発生させる廃棄物の種類や量によって設定される。徴収された租税は環境ファンドに組み込まれる(36A条)
- ・信託基金や政府統合ファンドとして運営される環境ファンドを設立する。ファンド資金には定期的に提供される政府資金、国内外からの寄付も組み込まれる(36B条)
- ・環境ファンドは、a)調査や研究の実施、環境監査、大臣が適切と認める汚染やその防止に関する活動、および、b)廃棄物の除去、破壊、清掃、または汚染の緩和、c)油の漏出や排出予防や処置、環境有害物質の排出予防や処置、廃棄物の排出予防や処置、d)またそれらの損害を保全するために用いられる。(36E条)

#### パームオイル産業向け環境規制 (Environmental Quality (Prescribed Premises) (Crude Palm-Oil) Regulations 1977)

環境品質法の下、パームオイル産業に特化した法令として制定されたのが“Environmental Quality (Prescribed Premises) (Crude Palm-Oil) Regulations 1977”である。

#### ①公共水域への排水基準

河川や湖沼などの公共水域への工場排水について、基準が定められている。現時点では代表指標であるBOD値は100mg/Lが全国共通の基準値となっているが、各州の規制によって20mg/L等に上乘せ規制されている地域もある(オランウータンの生息地であるサバ州や飲料水源の近くにあたるペラ州イポー地域等)。

- ・公共水域への排水基準は別表2の通りとする(12条(1)～(3))
- ・環境局長は、それが必要と判断される場合には、適用可能な規制値のいずれかの項目について、基準を引き上げることができる。(12条(4))
- ・環境局長は、1979年基準以降の規制値のいずれかの項目について、下記を満たす場合には基準を引き下げることができる(12条(5))
  - 環境保全に利益をもたらす可能性がある排水処理研究のため、必要である場合
  - 所定の規制施設の査察により、規制値が現実でないことが明らかである場合

表 8 公共水域への排水基準 \*はフィルターサンプル値

項目	単位	上限値					
		1978-1979	1979-1980	1980-1981	1981-1982	1982-1983	1984-
BOD (3days 30°C)	mg/L	5,000	2,000	1,000	500	250	100
COD	mg/L	10,000	4,000	2,000	1,000	-	-
Total Solid	mg/L	4,000	2,500	2,000	1,000	-	-
Suspended Solid	mg/L	1,200	800	600	400	400	400
Oil and Grease	mg/L	150	100	75	50	50	50
Ammoniacal-Nitrogen	mg/L	25	15	15	10	150*	150*
Total Nitrogen	mg/L	200	100	75	50	300*	200*
pH	-	5.0	9.0	5.0	9.0	5.0	5.0-9.0
Temperature	°C	45	45	45	45	45	45

### ②土壌散布の排水基準

公共水域への排水を行わず、工場を取り囲むパームオイル農場への散布や灌漑をおこなうことも許容されている。この適用を受ける工場の多くは、パーム農場の中の植栽と植栽の間に水路を設け、そこに処理排水を流している。

- ・土壌散布においては、BOD 濃度のみを管理項目とする (13 条 (2))
- ・1979 年 1 月以降にライセンスを取得または更新した規制施設からの排水 BOD 濃度は、5,000mg/L を上限値とする。(13 条 (4))
- ・環境局長は、環境影響を引き起こさないという条件を満たす場合には、上記の基準を適用しなくても良い。(13 条 (5))
- ・環境局長は、それが必要と判断される場合には、5,000mg/L よりも基準を厳しくすることができる。(13 条 (6))
- ・環境局長は、環境保全に利益をもたらす可能性がある排水処理研究のため、必要である場合には、5,000mg/L よりも基準を引き下げることができる (13 条 (7))

### ③最終放流ポイント

各パームオイル工場は、最終放流ポイントを設定する必要がある。後述する DOE による工場査察においても、設定されたポイントでの取水が行われる。

- ・この規制のために、環境局長は、ライセンスを保有する全ての規制施設の最終放流ポイントを特定する（14条（1））
- ・この規制で取り扱われる全ての規制施設の最終放流ポイントは、参照できるようにしておく。（14条（2））
- ・この規制で取り扱われる全ての規制施設の排水のBOD濃度およびその他の管理項目は、他で要求されていない限り、参照できるようにしておく。（14条（2））

#### ④四半期報告

パームオイル工場の所有者は、四半期毎に指定様式に則り、工場の運用状況や環境規制値の順守状況について環境局長あての報告を行う義務を有している。後述する DOE による工場査察の際にも照合確認される対象となるため、工場側の規制値順守への意識を高めるものであると言える。

- ・全ての規制施設の所有者は、この規制に従って規制施設の状況を四半期毎に環境局長あてに申請しなければならない。（9条）

（主な報告項目）

当該四半期の下記項目

- パームオイル生産量 (t)
- FFB 投入量 (t)
- 測定または推定の用水使用量 (m<sup>3</sup>)

毎月（または1週目、5週目、9週目）の下記項目

- 24時間の排水量 (m<sup>3</sup>)
- 1時間あたり最大排水量 (m<sup>3</sup>)
- 下記の排水基準にある項目

#### 規制・基準値のモニタリングおよび順守状況

天然資源・環境省傘下の環境局 (DOE) では、法令で定められる各パームオイル工場からの四半期報告の確認に加え、DOE 独自での工場査察による排水、排ガス分析を行っている。

工場査察は1工場当たり年4回、DOE 職員である Officer (博士号取得レベル) 1名、サポートスタッフ数名のチームで行っている。Officer は全国に約100名おり、2011年には年間延べ1,311回の査察をこなしている。なお、指摘を受けた要注意先には MPOB スタッフも査察に同行する。

最終放流ポイントでのサンプル採水は、政府機関である化学局 (Department of Chemistry) の分析ラボにて分析される。工場側の定期報告における分析値と差異がある場合には、化学局の分析結果が採用されるため、工場側からの報告書のみ頼るモニタリングではなく、客観的な評価が行われているといえる。

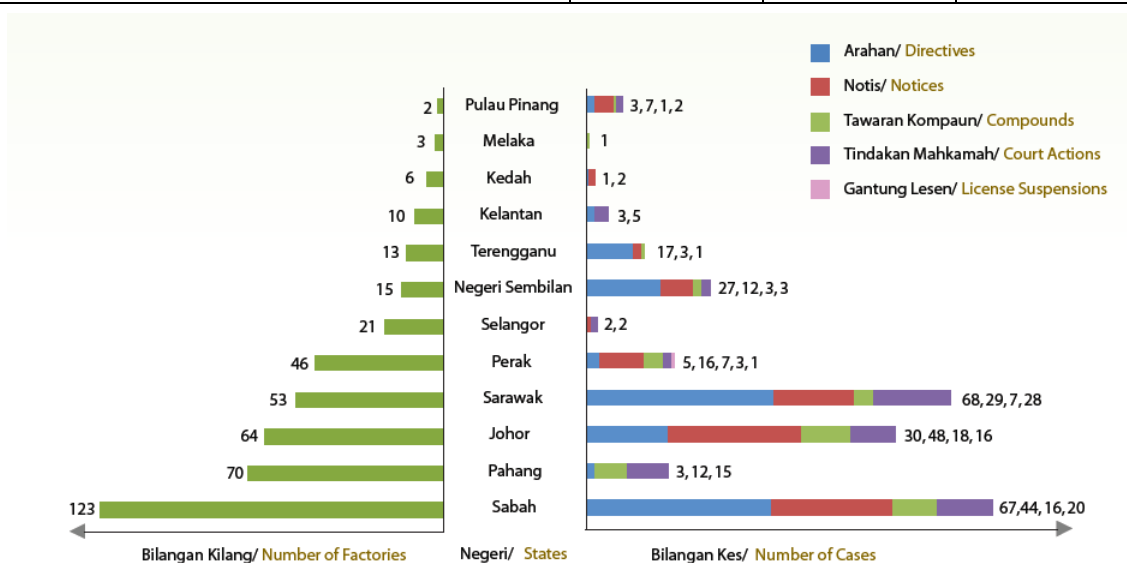
工場査察による確認や分析の結果、基準値外れが見出された場合には、DOE が下記の区

分にて指摘を行い、改善を指導する。なお、ライセンス一時停止の上に、ライセンス取り消しが位置付けられる。これらの指摘については、MPOBにも共有される。

2011年における指摘件数は下記の通り。罰金や提訴にまで進んでいる工場も少なからずあり（排ガス等、排水基準違反以外の指摘件数も含む）、これらの工場では環境対策の見直しが喫緊の課題となっている。

表 9 パームオイル産業における環境品質法に関する指摘件数

指摘区分	2009年	2010年	2011年
指導 (Directive)	191 件	195 件	223 件
注意 (Notice)	364 件	135 件	151 件
罰金 (Compound)	118 件	77 件	66 件
提訴 (Court Action)	132 件	95 件	92 件
ライセンス一時停止 (Licence Suspension)	0 件	2 件	1 件
徴収金額 (総額・マレーシアリングット)	1,742,000	948,000	1,102,800



Rajah 4.5 JAS:Tindakan Undang-Undang Terhadap Kilang Minyak Kelapa Sawit Mentah, 2011  
Figure 4.5 DOE: Legal Actions Against Crude Palm Oil Mills, 2011

図 4 パームオイル産業における環境品質法に関する指摘件数（2011年）<sup>12</sup>

### 基準値強化の可能性

天然資源・環境省の環境局（Department of Environment）へのヒアリングによれば、パームオイル産業向けの規制（Regulation）の見直しを行っている最中であり、2013年

<sup>12</sup> 出典：“Laporan Tahunan（年度報告書）” Department Of Environment

11月現在でDOEにて原案を策定し、環境会議（Environmental Quality Council）でのレビュー下にある。

今後の予定としては、この環境会議からの推薦と修正を受け、環境局長（Director General of Environment Quality）にて最終案が調整され、天然資源環境大臣によって最終決定、2014年第3四半期には交付する予定とのことであった。強化された基準値が交付されると、現在は希少生物の生息地域や、飲料水水源地等の周辺住民への生活への影響が懸念される地域にとどまる上乘せ規制値が、マレーシア全国の公共水域への排水を行うパームオイル工場に適用されることとなる。

環境局としては、BOD濃度を主要指標とする排水規制値を強化する方向（現行のBOD濃度100mg/Lよりも低い基準値）で提案しているとのことであった。今後修正がかかる可能性もあるため、明確な数値については公開してもらえなかった。

なお、MPOBとDOEでは、企業側に初期投資や運用コストの大きな負担をさせずにBOD値20mg/Lを実現するためのフィージビリティスタディを2010年から2012年にかけて行っている。

また、規制値強化の原案策定前に、水面下で環境局から業界大手企業に技術的な実現可否について相談がある。参考までに、今回の規制強化とは別に数年後の改正をにらんで、新たに色（カラー）を規制項目に盛り込むための検討が行われている。

### （3）支援制度

MPOBでは、パームオイル産業向けに技術紹介と移転を促す公式な支援スキームを有している。なお、DOEでは管理監督がその責務であることから、DOEが主催する有料の環境技術者育成セミナーを除き、支援制度を有していない。

また、パームオイル産業では収益性が高いため、MPOB、DOEとも設備導入にかかる費用補助制度は有していないとのヒアリング結果であった。

#### MPOBの技術普及スキーム（TOT）

##### ①技術に関する研究開発

MPOBはパームオイル産業への技術普及と移転を最終目的とし、適用可能技術の研究開発（探索を含む）、商品化を行っている。商品化された技術は、パームオイル産業が通常の商業契約により各工場に導入する。なお、パームオイル産業は比較的潤沢な資金力を持つとの判断から、MPOBによる導入設備に対する資金的な補助制度はない。

##### ②パームオイル産業に対する技術支援

###### ・ライセンス供与

MPOB自身は開発した技術や設備をパームオイル産業に販売することはなく、パームオ

イル企業に技術ライセンスを供与し、その後の商業契約の中での普及を期待する。なお、ライセンス供与の見返りとしてロイヤリティーを設定することがある。

・パイロットプラントでの共同開発

要望があれば、MPOB はスケールアップされたパイロットプラントレベルの共同開発をパームオイル企業とともに行う。共同開発コストは共同開発を行うパームオイル企業に負担させるケースと、適用可能な場合には政府補助金等を活用するケースがある。

・インキュベーション機能

MPOB は、パームオイル企業がフルスケールでの設備投資決定を行う前に、小規模での製品テストやマーケティング機会を提供することができる。

・コンサルテーション

MPOB は、パームオイル企業に対する技術研究者によるテクニカルサポートや、開発技術の適用に関するコンサルテーションを行っている。コンサルタント料が徴収されることがある。

③外部関係者との共同開発

MPOB は、関心の高い特定の技術開発のために、相互合意の下で外部の技術関係者（日本の技術企業も含まれる）と共同開発を行うこともある。開発された技術は、上記②に従ってパームオイル企業に普及する。

なお、外部技術関係者に対しては、MPOB がコンサルティングフィー等を徴収することはない。

これらのスキームを適用し技術の移転を行う場合には、MPOB、パームオイル企業、存在する場合には技術提供企業との間で覚書（“COLLABORATION AGREEMENT”）が、締結される。

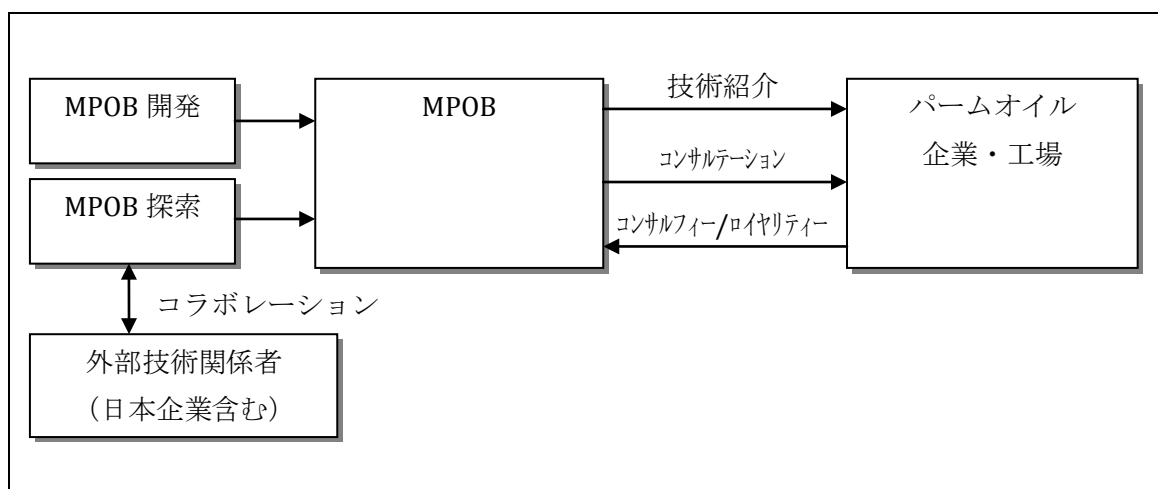


図 5 技術普及スキーム 概要図



#### 1-4 対象国の対象分野の ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析

対マレーシア ODA はインフラ施設の整備支援など同国の発展に大きく貢献してきたが、経済発展に伴い、現在マレーシアは ODA 卒業移行国となっている。しかしながら、ビジョン 2020 に基づく先進国入りに向け、森林保全、海上警備、エネルギー、人材育成等の重点分野に対して諸外国より財政支援を受けている。

表 10 諸外国の対マレーシア経済協力実績<sup>13</sup>

(支出純額ベース、合計単位：百万 US ドル)

年次	1 位	2 位	3 位	4 位	5 位	合計
2006 年	日本	英国	ドイツ	デンマーク	米国	231.12
2007 年	日本	ドイツ	米国	豪州	カナダ	192.38
2008 年	日本	英国	ドイツ	デンマーク	米国	149.63
2009 年	日本	米国	ドイツ	デンマーク	英国	132.91
2010 年	米国	ドイツ	デンマーク	豪州	韓国	-14.89

表 11 環境分野に関する日本国の対マレーシア ODA 実績<sup>14</sup>

(終了年度が 2007 年以降のもの)

No.	期間	案件名	案件種類
1	2007 年 10 月～2012 年 9 月	ボルネオ生物多様性・生態系保全プログラム (フェーズ 2)	技術協力
2	2011 年 6 月～2016 年 6 月	(科学技術)マレーシアにおける地すべり災害および水害による被災低減に関する研究プロジェクト	技術協力
3	2011 年 6 月～2016 年 6 月	アジア地域の低炭素社会化シナリオの開発プロジェクト	技術協力
4	2012 年 2 月～2012 年 4 月	森林プランテーション管理プロジェクト準備調査	協力準備調査
5	2013 年 7 月～2017 年 6 月	サバ州を拠点とする生物多様性・生態系保全のための持続可能な開発プロジェクト	技術協力
6	2013 年 11 月～2017 年 11 月	(科学技術)生物多様性保全のためのパーム油産業によるグリーン経済の推進プロジェクト	技術協力

<sup>13</sup> 出典：外務省 ODA ホームページ「国別データブック (マレーシア)」 OECD/DAC

<sup>14</sup> 出典：外務省 ODA ホームページ「国別データブック (マレーシア)」 OECD/DAC

表 12 パームオイル分野に関する国際機関の対マレーシア経済協力実績<sup>15</sup>  
 (終了年度が 2000 年以降のもの)

No.	期間	支援機関	金額	概要
1	2002 年 7 月 ～ 2010 年 12 月	UNDP/GEF	4,000,000USD (UNDP/GEF より)	パームオイル工場におけるバイオマス発電およびコジェネレーションシステムの導入促進 <アウトプット> ・ 2 件のパイロットプロジェクトの実施 ・ バイオマスエネルギープロジェクトに対する財政支援のための再生可能エネルギーファンドの設立

<sup>15</sup> 出典 : UNDP web サイト <http://www.undp.org.my/page.php?pid=99&action=preview&menu=main>

## 第2章 提案企業の技術の活用可能性および将来的な事業展開の見通し

### 2-1 提案企業および活用が見込まれる提案製品・技術の強み

提案企業の技術の適用を記述するにあたり、今回の調査で判明したパームオイル工場の処理フローや排水水質の現状についてまず説明し、その状況に対して提案企業の技術がどのように適用でき、強みを発揮するかを説明することとしたい。

#### (1) パームオイル工場排水に関する現状

##### ① 類似するパームオイル工場フロー

今回の調査において、パームオイル工場 6 か所におけるクルードパームオイルの製造工程、および排水処理の現状を視察した結果、各企業・各工場における技術方針や採用技術の差異は認められたものの、全体のフローおよびマテリアルバランスの状況については、いずれの工場も同様であることが確認できた。

#### クルードパームオイルの製造工程

クルードパームオイルの製造工程は、パーム果房 (Fresh Fruit Bunch : FFB) の不活化処理、パーム果実とパーム空房 (Empty Fruit Bunch : EFB) の分離、パーム果実からの果実部 (メソカ) と種部の分離という前処理工程を経る。

果実部 (メソカ) については、果実部 (メソカ) からのクルードパームオイル抽出、分離精製へと進み、純度の高いクルードパームオイルが製造され、オイル精製・加工工場へと送られる。

種部については、核部 (Kernel) と種皮 (Palm Kernel Shell : PKS) とに分離され、核部は核油 (Kernel Oil) 原料として、PKS は燃料として利用される。

その工程、特に不活化処理工程 (Steriliser)、分離工程 (Separator)、およびサイクロン工程から排水が発生し、パームオイル工場排水の処理工程へと送られる。

それぞれの排水の特徴としては、パームオイル果房 (FFB) をそのまま蒸し上げる不活化処理工程 (Steriliser) やサイクロン工程からの排水は、混入する油や浮遊物の濃度はそれほど高くない。他方で分離工程 (Separator) からの排水は、油や浮遊物濃度は比較的高い。

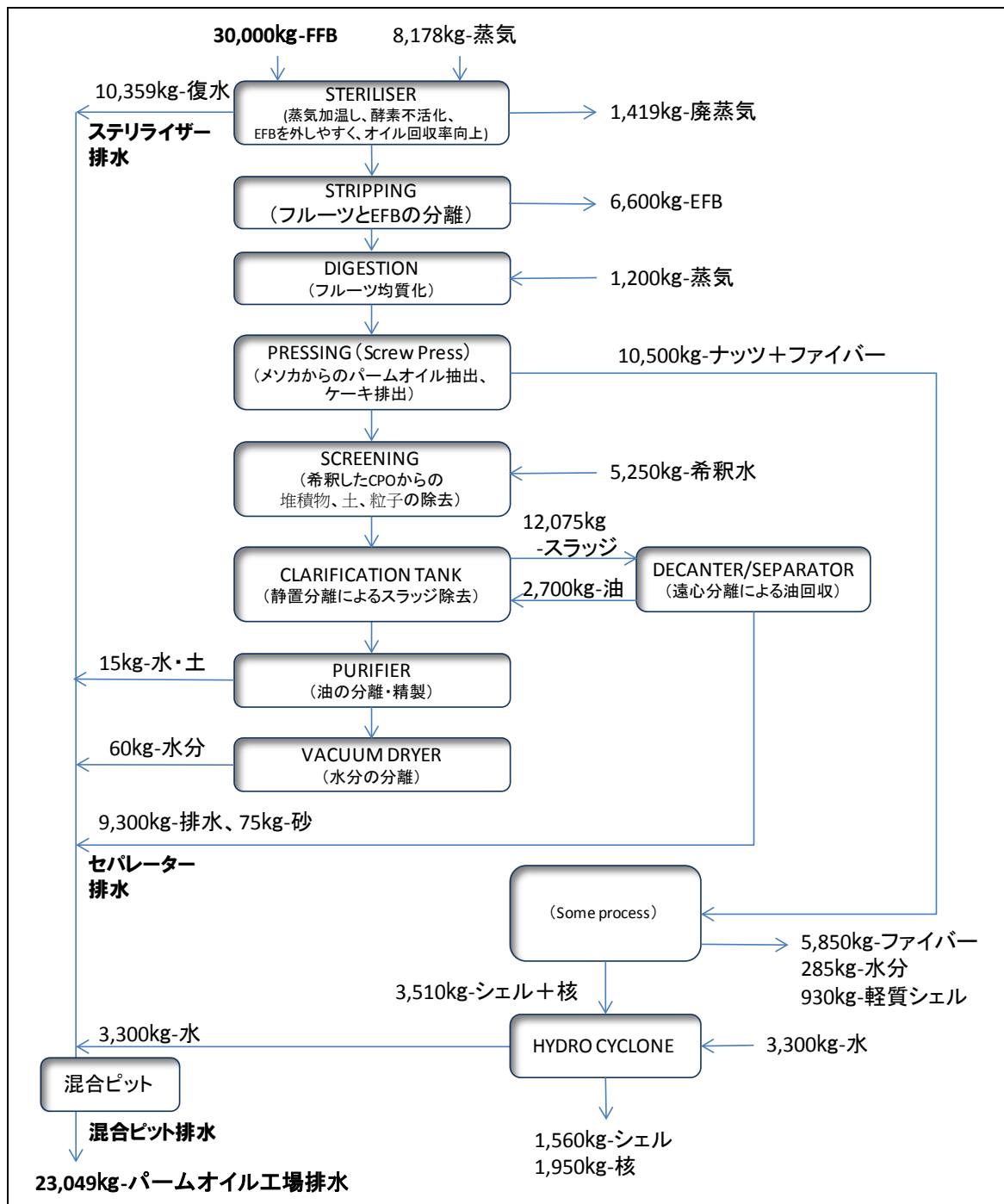


図 6 一般的なクルードパームオイル製造フローと、排水発生源工程<sup>16</sup>

### パームオイル工場排水の処理

パームオイル工場排水は、各工程からの排水が集合ピットに集められ、まだ多く含まれる油分の回収、スラッジ除去が行われる。この段階では、BOD 値は数万 mg/L というオーダーである。

<sup>16</sup> ※MPOB 提供資料を参考に作成

その後、クーリングポンドにて温度を 80℃前後にまで下げた後、概ね酸化、嫌気処理、好気処理の順でポンド（小規模）またはラグーン（大規模）の順で 80 日～120 日という時間を経て処理される。

ラグーン（またはポンド）では、処理を通してラグーン容量の半分にも相当する多量のスラッジが発生するため、1～2年に1回程度、浚渫と廃棄が行われている。



図 7 現状のパームオイル工場排水の処理フロー（フロー事例として POMTEC）

## ② 安定しない排水処理能力

今回の現地調査において、各工場の処理中および最終放流段階でのサンプリング採水を行い、分析機関による BOD 値分析（法令による排水基準に沿い、BOD 値 3days 30℃で分析）を行った。結果として、最終放流ポイントにおける法令基準 BOD 値 100mg/L に対し、今回サンプリングを行った多くの工場では 500mg/L 前後と大幅にオーバーしている状況が確認された。

関係者に対するヒアリングにおいても、好気性処理は微生物の活動によるものであるため装置や運用条件の管理不備によって成績が変わることから BOD 値が安定せずに基準オーバーをすることがあること、場合によっては行政当局による工場査察や自社サンプリング分析の前に一時的に生産量を調整したり投入水量を増加して希釈したりと基準値内に入るようにコントロールしている工場も存在すること等の情報を得ており、少なくとも安定的に BOD 値が基準値内にコントロールできているわけではない状況が把握された。

今後、BOD 規制の強化が行われた場合、工場査察時のみであっても水質の基準値内コントロールは困難または大変なロスを生じる可能性があり、パームオイル工場排水の処理高度化はいずれにせよ喫緊の課題であると考えられる。

表 13 パームオイル工場における水質状況 (BOD 3days 30°C)

	流入原水 (mg/L)	好気ポンド 流入箇所 (mg/L)	最終放流ポイント (mg/L)
工場A	17,100	2,490	N/A※
工場B	56,925	1,572	507
工場C	73,350	800	540
工場D	24,450	1,164	661
工場E	21,000	N/A	114
工場F	36,500	739	340

※2013年10、11月の調査団による採水、現地分析機関 (ALS Technichem (M) Sdn Bhd) による分析結果

※異常値と考えられる分析結果であったため、N/A表示とした。採水方法の問題等があった可能性がある

## (2) 提案する技術の適用方法

提案企業は、前述したパームオイル工場の状況を受け、BOD 値の安定した低減効果とともに、処理時間が長いため広大なスペースが必要なラグーン・ポンドの削減、廃棄が必要な大量なスラッジの発生という課題にも対応する下記の2パターンの技術システム適用を提案した。

提案①では大きな初期投資が必要ではあるが、前処理能力と資源循環利用を最大限に高めるシステムであり、排水処理の高度化を第一目的とした本共同体の提案としては推奨案として、提案②では処理能力は落ちるが初期投資を軽減したシステムを資金的に余裕のない工場に対する善後策として提案し、パームオイル工場側の多様なニーズに応えるものとする。

表 14 提案するシステムとメリット・デメリット

	提案システム概要	メリット	デメリット
提案①	<u>遠心分離機による前処理・</u> <u>エアレーターによる後処理・</u> <u>分離スラッジの燃料化</u> (資金力があり設備の整う工場向け)	・前処理にて汚濁負荷量を最大限に低減	・比較的大きな初期投資が必要 ・前処理で電力が必要
提案②	<u>スクリーンによる前処理・</u> <u>エアレーターによる後処理・</u> <u>分離スラッジの堆肥化</u> (資金力がなく、設備の整わない工場向け)	・提案①と比較すると初期投資が軽減できる ・提案①と比較すると前処理で電力が不要	・提案①と比較すると前処理の汚濁負荷量軽減能力は低い

### 提案するシステムの強み

今回提案する技術は、マレーシアにおける排水規制の強化（特に BOD 値 20mg/L を放流基準とする強化）に対応するパームオイル工場向け排水処理高度化・循環利用システムである。

ほとんどのパームオイル工場では多段式の開放型ラグーンによる簡易な排水処理であり、BOD を 20mg/L まで除去することは困難である。このため、工場排水処理の前段にて遠心分離機（スクリュードカンター等）により効果的に有機固形物を分離、またはスクリーン装置で夾雑物と浮遊物質（SS）を除去し、後段の好気性処理への汚濁負荷を低減した上で、最終的に曝気攪拌設備を用いた好気性処理（活性汚泥法）によって安定的に BOD を 20mg/L 以下にして、環境中に放流するシステムを提案する。

さらに、遠心分離機またはスクリーン装置から分離した固形有機物のコンポスト化設備（または燃料化設備）を導入し、工場から発生する未利用バイオマス残渣の活用を行う。コンポストは農業や都市緑化における土壌改良材として使用するなど、循環利用型のモデルとなるようなシステムとする。

提案企業によるシステム提案は 2 つのパターンとする。両パターンに共通する強みは次の通り。

#### ➤ 既設の排水処理工程への追加的な適用も可能であること

マレーシアには 430 を超えるパームオイル工場が存在しており、それらの工場では環境局による環境ライセンスを取得するために既に排水処理工程が整備されている。既存工程をスクラップして全面更新するような処理高度化は、実質的に困難であると考えられる。今回提案するシステムは、既存の排水処理工程に追加的に適用可能であることは、パームオイル企業にとってメリットとなる。

将来的には、新設される工場では工業型処理方式やゼロ・ディスチャージ（排水ゼロ）方式へと処理方式が革新されることも想定されるが、それまでの過渡期において既存工場での処理高度化を支える選択肢となりえる。

また、能力の高い前処理工程を導入することにより、開放型ラグーン・ポンド処理の一部を不要とする可能性があり、処理スペースや処理時間短縮にも寄与する。

#### ▶ 実績があり、取り扱いやすい要素技術であること

提案するシステムで採用している要素技術（エアレーター、遠心分離機、スクリーン装置、炭化装置、堆肥化施設等）は、日本においても十分な採用や運用の実績がある。そのため、技術的な安定度（設備面、技術者側面とも）が高く、排水処理基準の安定的な順守に貢献する。また運用面においても運用コストやオペレーション方法での洗練された配慮がある等、ユーザーフレンドリーな技術である。

マレーシアではパームオイル工場に、嫌気発酵を高度化しバイオガスを生成させエネルギー利用する方式が試験的に導入されているところがあるが、先進技術であり微生物能力を引き出すためのオペレーションの技術的難易度が高いため、現地要員だけでは効果的な運用が難しいことが指摘されている。

#### ▶ コストアップによる規制対応だけでなく、有価物や資源の創出ができること

パームオイル工場における設備投資では、厳格な規制順守よりも、収益につながる品質向上や収率向上に対する投資が優先されている。今回の提案システムでは、コストアップにつながる規制対応だけでなく、燃料化や堆肥化等の有価物生成、また油分回収の高度化による収益力向上にも寄与するものである。

また複数パターンの提案を準備したことにより、比較的大きな初期投資にて有価物や資源をより多く得たい場合と、初期投資を抑制しつつ一定の有価物や資源を得る場合のいずれにも対応が可能である。

### 提案システム①

#### 遠心分離機による前処理・エアレーターによる後処理・分離スラッジの燃料化システム

##### 1) 遠心分離機による前処理

既存の排水処理工程に対して、工場からの各排水が集合するスラッジピットの周辺にデカンター（固液分離）を設置し、固形分であるスラッジと油水分を分離する。

分離された油水分はオイルセパレーター（水、油、固形分の三相分離機）に通し、油分は二次オイルとして精油工程に戻してクルードパームオイルの収率工場に寄与、水分は排水処理の次工程であるクーリングポンドに還流させる。固形分と油分を除去した水分の汚濁負荷量は 96%以上の削減を実現する。この前工程での汚濁負荷量の削減効果は、後工程である好気処理に流入する排水の汚濁負荷量を下げ、最終的に BOD



値 20mg/L の実現に寄与する。

現地調査にてサンプリングしたスラッジピット排水（スラリー）のスピントレストでは、容積比 1%程度の微小な油分、容積比 27%の固形分が分離可能であるとの結果から、時間あたり 30t の FFB を処理するパームオイル工場では 3,100kg/h のスラッジ（含水率 80%）、200kg/h の二次オイルが得られると期待される。（試験の詳細は第 3 章参照）

## 2) 分離スラッジの燃料化

デカンターで分離されたスラッジ（固形分）は、乾燥機による乾燥工程に含水率をコントロールした上で、炭化装置に投入しバイオチャー（炭化に至る前の状態で熱量を保存した燃料物）へと加工する。バイオチャーは燃料棒形状、ペレット形状等に加工され、安定した品質の燃料として第三者への販売が可能になる。

3,100kg/h のスラッジ（含水率 80%）から、水分を除去し熱量を保存したバイオチャーは 600kg/h 程度生成できる。また現地調査にて採取したスラッジの簡易熱量分析の結果、約 27MJ/kg の単位発熱量（高位発熱量ベース）があることが判明したため、石炭と同等の燃料（日本における石炭発熱量は 22.5～29.0MJ/kg、資源エネルギー庁「総合エネルギー統計エネルギー源別標準発熱量」による）として利用することも期待できる。（試験の詳細は第 3 章参照）

なお、乾燥のために追加的なエネルギーが必要になるが、今回の現地調査にてパームオイル工場では一般的に種皮部（PKS）やパーム果実の繊維部（メソカファイバー）を工場内に設置したバイオマスボイラーで燃焼させ蒸気を発生させており、乾燥に必要な熱量を上回る余剰蒸気が未利用のまま放出されていたことを確認している。これらの余剰エネルギーを乾燥に用いることは十分に可能である。

## 3) エアレーターによる最終処理

前処理工程で汚濁負荷量を大幅に削減した排水は、既存の処理工程である嫌気処理工程を通り、好気処理工程へと流入する。好気処理工程の処理能力の高度化と安定化のために、好気処理工程を素掘りの Pond やラグーンではなく、コンクリート打ちの Pond（またはゴムシート張り、あるいは反応タンク）に切り替え、エアレーター（曝気攪拌装置）を設置する。

提案企業のエアレーターは、曝気と攪拌を効率的・効果的に行うことができ、好気性微生物の活動を活発化させる効果を持つ。これまでの実績より 90%以上の汚濁負荷量の除去が可能であり、コンクリート打ちやコンクリート張り、あるいはタンク式の管理された反応槽であれば、流入水を BOD 値 500mg/L 程度まで低減させることにより、最終放流水を BOD 値 20mg/L 程度まで低減させる能力を有している。

4) 本システムのメリット・デメリット

この提案①にあるシステムのメリットは、前処理にて汚濁負荷量を最大限に低減させることと、除去されたオイルやスラッジを最大限に活用することにある。

他方で、デカンター、オイルセパレーター、乾燥機、炭化装置といった比較的大きい初期投資が必要であること、エネルギーの追加利用が必要なことがデメリットである。

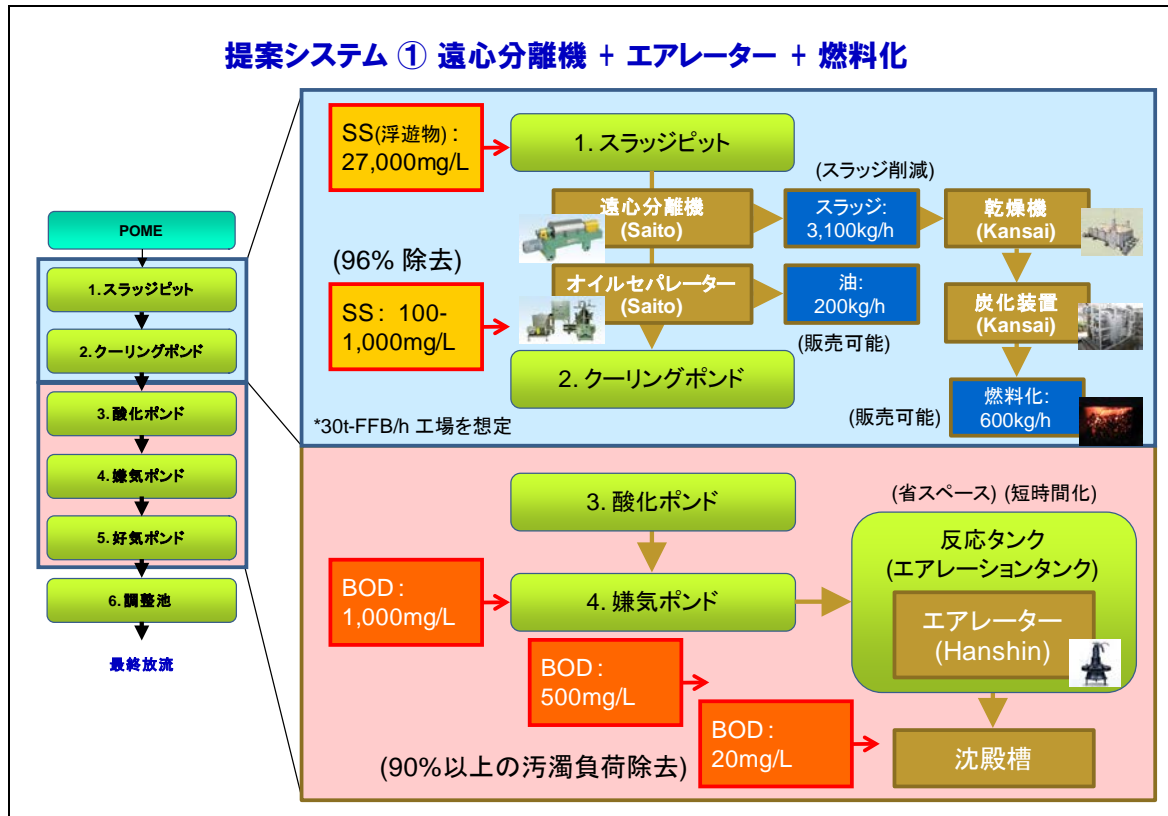


図 8 提案システム①遠心分離機+エアレーター+燃料化 概要図

**提案システム②**

**スクリーンによる前処理・エアレーターによる後処理・分離スラッジの堆肥化システム**

1) スクリーン装置による前処理

既存の排水処理工程に対して、工場からの各排水が集合するスラッジピットの周辺に傾斜型スクリーン装置による固液分離装置を設置し、固形分であるスラッジと油水分を分離する。

分離された油水分は排水処理の次工程であるクーリングポンドに還流させる。また分離されたスラッジ（固形分）は、下記2）の乾燥機・炭化装置にて利用する。

現地調査にて行ったスクリーンテスト(スリット幅 0.15mm)では、総浮遊物質量(TSS)

濃度が 36,900mg/L から 22,600mg/L に低減、約 38%の汚濁負荷量の除去が認められた。時間あたり 30t の FFB を処理するパームオイル工場では 1,200kg/h のスラッジ（含水率 80%）が得られると期待される。（試験の詳細は第 3 章参照）

## 2) 分離スラッジの堆肥化

スクリーン装置によって分離されたスラッジに、工場での余剰物となっているパームオイル空房（EFB）をチップした繊維質（ロングファイバー）を混合し、これらをコンポスター（堆肥化施設）にて 60 日間をかけて発酵および水分コントロールを施し、堆肥化する。

分離スラッジには植物の生育に必要な窒素分、リン分、カリウム分等が含まれており、堆肥化の過程で植物が吸収しやすい無機物となる。ただし、炭素分は微少であると考えられる。また分離スラッジにはセルロースやリグニン、ヘミセルロース等が含まれており、これらは土壌改良効果（保水性等）を有する。

1,200kg/h のスラッジ（含水率 80%のスラリー状）に、EFB ロングファイバーを 2,400kg/h（含水率 60%）混合し、発酵および含水率 20%までコントロールすることで、1,300kg/h の堆肥を生成することができる。

なお、堆肥化の代替として、提案①にある燃料化を採用することも可能である。

## 3) エアレーターによる最終処理

エアレーターによる最終処理は、提案①と同様である。

## 4) 本システムのメリット・デメリット

この提案②にあるシステムのメリットは、提案①と比較すると前処理に導入する傾斜型スクリーン装置の初期投資額が小さいこと、流水自体のエネルギーを利用することにより追加的なエネルギー利用が不要である（ランニングコストの抑制ができる）ことにある。また、堆肥としてスラッジを有効活用できることにある。

他方で、60 日間の所要期間が必要であり、一時期に約 2,000t の製造量が発生するため、広いスペースが必要となる。

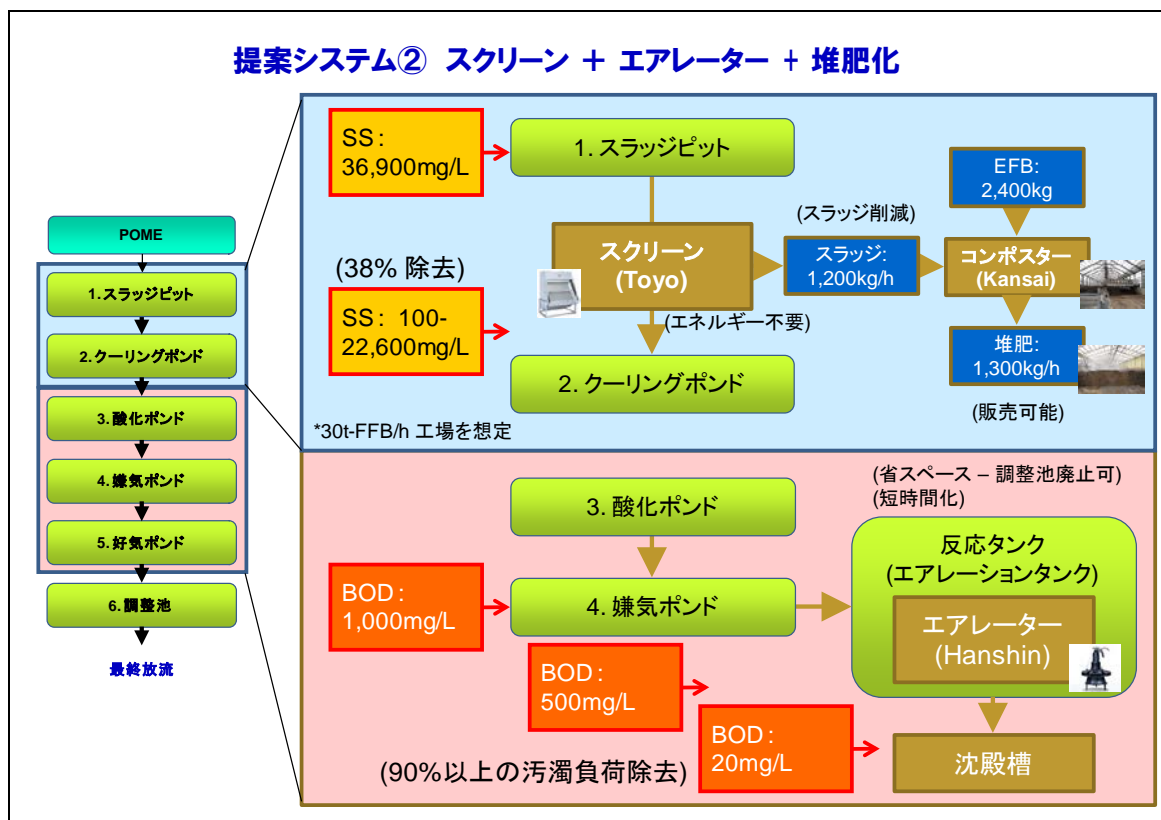


図 9 提案システム②スクリーン+エアレーター+コンポスト化 概要図

### (3) 要素技術の強み

#### ①エアレーター設備／阪神動力機械

##### <技術概要>

“アクアレータ”の曝気攪拌方法はシンプルかつダイナミックであり、ブロワから送られた空気は、独自開発の散気ロータによって細かく剪断され、強力な水流により微細気泡混合液となり吐出される。微細気泡混合液は、花卉状に分割された特殊形状の吐出口により、槽内の隅々までを曝気攪拌する。

##### ➤ 極めて高いエネルギー効率を実現

空気供給機能（ブロワ）と攪拌散気機能（アクアレータ）の動力源を分離し、後者を合理的水中機械としたことで、両者同時あるいはいずれかを任意に制御でき、エネルギー効率を大幅に高めている。

##### ➤ 様々な処理方式に対応

動力源分離により、嫌気・好気両用の水中攪拌機となるほか、嫌気・好気活性汚泥法はじめ、様々な処理方式にも対応。最終沈殿池で固液分離が確実にできる。

##### ➤ メンテナンスが容易

シンプルな構造のため、現場でのメンテナンスが可能であり、メンテナンスにか

かる時間を大幅に短縮。また、ガイドパイプに沿って置いてあるだけであり、設置・取り出し時に水抜きをする必要がない。

➤ 目詰まりしない

当社独自の目詰まりしない空気微細化機構「散気ロータ」の採用で、経年劣化を解消。安定した機能を長期にわたって保持する。

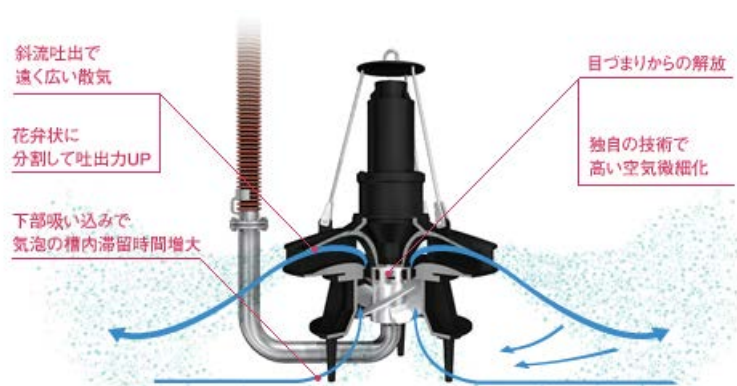


図 10 エアレーター設備の特徴

<強み>

散気板方式に対して

- ・ 強力な曝気攪拌による水流が槽底全体まで到達するため、汚泥の沈澱が生じることがない。
- ・ 回分式のように曝気の停止や、空気量の減少によって、目詰まりすることはない。

表面曝気方式に対して

- ・ 的確に、そして確実に酸素供給を行うため、効率よく曝気を行うことができ、槽内 DO 値の改善も行える。
- ・ 曝気にかかるエネルギー量は 3 割程度少なくて済む。
- ・ 槽内はもちろん、水面まで均一な攪拌ができる。堆積物が蓄積することもない。

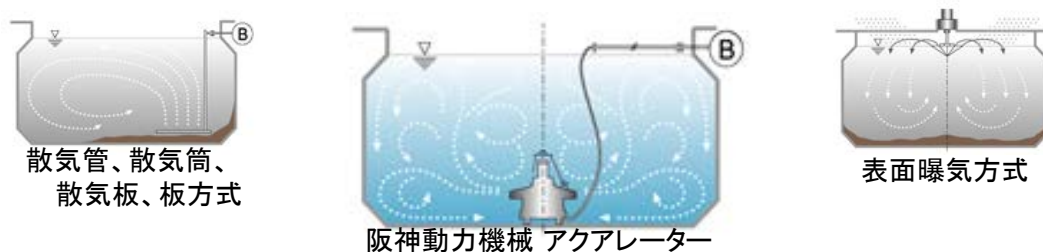


図 11 エアレーター設備の他方式に対する特性

<実績・現地での業界内での位置付け>

- ・ 国内では廃水処理施設 1,000 か所、約 10,000 台 (国内シェア 6 割程度) の導入実績。

- ・ EPC 企業へのインタビューによれば、マレーシアのパームオイル工場排水処理分野に限らず産業排水処理分野において、阪神動力機械の“アクアレタ”に類似する曝気攪拌装置は存在しないとのことであり、現地においては非常に競争力のある設備である。

## ② スクリーン装置／東洋スクリーン工業

### <技術概要>

ウルトラ TN スクリーンは、ウェッジワイヤースクリーンを使用した傾斜式の固液分離装置である。排水処理のみならず、生産工程においても分離、濃縮、回収といった目的で使用されている。このスクリーン装置は、様々な業種の脱水、濃縮、濾過などの包括的な用途に適用可能。

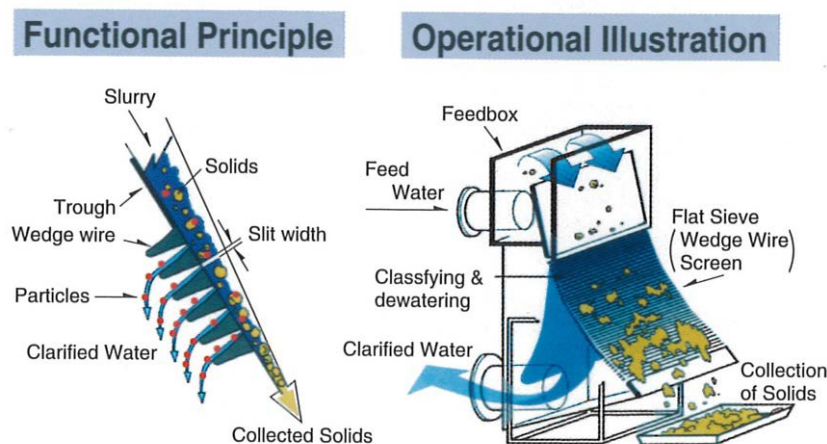


図 12 スクリーン装置の概要

### <強み>

東洋スクリーン工業にて製造されるウェッジワイヤースクリーンを採用し、他のスクリーン方式に対して下記のような強みを有している。

- ・ ウェッジワイヤーとは、逆三角形の断面をした異形線を等間隔に並べて目（スリット）を形成したものであり、通過点が表面にあることから目詰まりにしくく、目詰まりの除去も容易（メンテナンスが容易）
- ・ 全ての交差ポイントは強固に圧着溶接されており、頑丈かつ精密（ファイン）なスリットサイズが実現でき、壊れにくく長寿命であること。

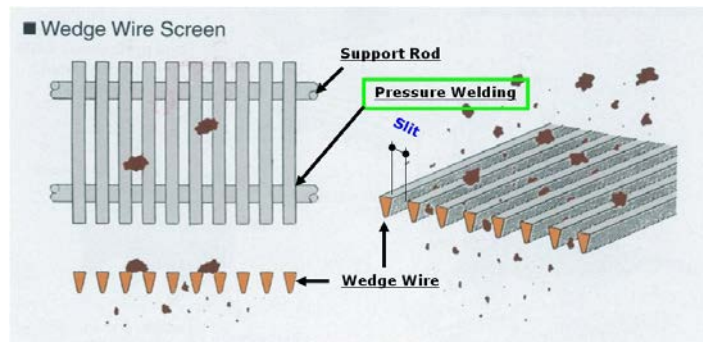


図 13 ウェッジワイヤースクリーンの特性

<実績・現地での業界内での位置付け>

- ・ 排水処理における SS 除去装置として、現在出荷実績 3 万台を超える傾斜式固液分離装置。
- ・ EPC 企業へのインタビューでは、産業排水処理分野において同様のスクリーン装置は存在している。ただし、そのような類似製品は、ウェッジワイヤー形状ではなく、丸型ワイヤー等を採用していること（現地での認知度はあまりないが、“ウルトラ TN スクリーン”の採用するウェッジワイヤーは目詰まりしにくい構造である）、スクリーンの目が破れるため数年に 1 度の交換が必要であること（“ウルトラ TN スクリーン”は、スクリーン部分がステンレスで堅牢にできておりほとんど交換の必要がない）等の相違点がある。

### ③ デカンター設備／斎藤遠心機工業

<技術概要>

遠心分離機（スクルーデカンター）は、原液を清澄液と脱水固形物に効率的に分離する無孔壁の連続遠心分離機。安定した分離・脱水性能と長期間の使用に耐えられる。

機内洗浄が容易、機械の振動・騒音が少ない、不具合時の自動制御が組み込まれる等、運転時の操作簡便性にも配慮している。

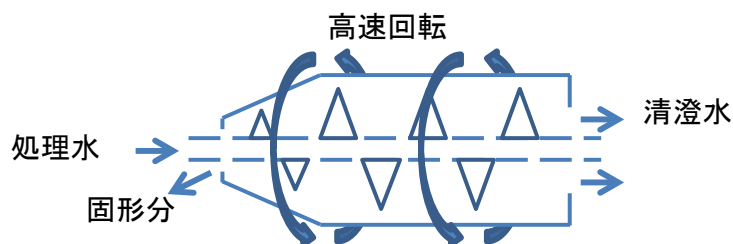


図 14 遠心分離装置の原理

<強み>

- ・ 斎藤遠心機工業は、原液に多様性のある農業・食品分野向けデカンターを得意とする国内でも数少ないメーカーである。
- ・ 対応する濃度範囲が広く (0.1~60%)、微小粒子 (数ミクロン) の分離も可能等の特長を備える。機器の選定次第では、油と水の分離もでき、油の回収率を上げることができる。

<実績・現地での業界内での位置付け>

- ・ 国内外に 600 台以上の納入実績を持つ (マレーシアのパームオイル工場を含む)。
- ・ 現地パームオイル工場においても、パームオイル製造工程のセパレーター装置としての導入実績が多数あり、現地でも製造装置メーカーの 1 社として認識されている (遠心分離機では、アルファラバル (スウェーデン) と並び高い認知度がある)。
- ・ 他方で、遠心分離機を排水処理に用いる提案については、マレーシアでも行われたことがなく、特長的な提案として受け入れられている。

④ スラッジ利用設備／関西産業

<技術概要>

関西産業は、40 年以上にわたり木質バイオマスの利活用について、コンポストや炭化物、固形燃料に加工するシステムを提案してきた。

今回提案する高水分スラッジのコンポスト化設備は、脱水乾燥機、水分調整剤の加工と混合機、好気性発酵槽や脱臭ユニットを組み合わせた環境保全型のシステム。

スラッジ燃料化装置は、日本国内では農村集落排水処理施設から排出される高水分のスラッジ原料を乾燥と炭化を 1 台の装置で完了する間接加熱型燃料化装置を販売している。加熱には余剰のバイオマスを利用することで、化石燃料の使用量を削減している。

<強み>

- ・ これまで利用のできなかつた有機資源がエネルギーまたはマテリアルとして利用可能になる。
- ・ 加熱には余剰のバイオマスを利用することで、化石燃料の使用量を削減する。
- ・ 乾燥と炭化を 1 台の装置で完了することも可能。
- ・ 原材料に応じて分析を行い、原材料の特徴を把握した上で、設計・開発を実施。そのため、原材料に応じた、燃料化や堆肥化が可能。





上側: バイオチャーを土壌改良材として使用したもの(生育が良い)

図 15 バイオチャーの堆肥化による効果事例



EFB スラッジ由来燃料棒



燃料棒の燃焼状況

図 16 バイオ燃料棒の製造事例

<実績・現地での業界内での位置付け>

- ・ 日本国内では農村集落排水処理施設から排出される高水分のスラッジ原料を燃料化する装置を納入した実績がある。
- ・ マレーシアのパームオイル工場でも堆肥化設備を導入している例はあり、またパーム残渣を工場内でのエネルギーとして利用している例もあるため、その点では差異はない。ただし、炭化技術による燃料化については、外部販売可能な燃料形状（燃料棒、粉体等）に仕立てることができる特長がある。この点については、これまでマレーシアのパームオイル産業では実例はないとのことであった。

## 2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

### (1) 海外進出の動機、自社の経営戦略における海外事業の位置付け

代表事業者である阪神動力機械では、1975年に水中機械式曝気攪拌装置「アクアレータ」を世界で初めて開発して以来、廃水処理施設の処理性能向上に寄与してきた。しかし、2013年3月現在、日本国内の下水道普及率が76.3%となる（公益社団法人日本下水道協会）など、新規の下水処理場の建設需要が見込めない状況となっている。また、民間分野で新たな需要開拓を行なっているが、デフレスパイラルのため国内では民間企業の設備投資需要が低迷している。

一方、国外市場、特にアジアの経済成長は近年著しく、今後、水処理施設や水門施設といった、公共事業の分野で投資が見込まれる。そのため、海外での案件形成・獲得を目指すこととした。プラントメーカーや商社経由等での実績も多数あるが、数十年前より台湾代理店や独自販売網を活用し、台湾や中国など海外での販売実績を積み重ねてきた。

さらに、国外販売を増やすため、2010年11月1日には営業部に海外営業課を設置し、特に海外で需要が見込まれる水処理用機器（水中機械式曝気攪拌装置、沈殿池汚泥掻寄機用駆動装置）および水門用機器を中心に営業活動を実施している。具体的には、5年後に海外関係全体で3億円程度の売上を目指す。

### (2) 海外事業展開を検討中の国・地域・都市、および当該国等を選定した根拠

阪神動力機械では、海外での事業展開地域を中国および台湾の他、経済成長率の高いタイ、マレーシア、インドネシアと想定している。

高度経済成長期には経済優先になりがちであるが、同時に環境規制・監督の強化も見込まれることから、現地ニーズに合った付加価値のある環境関連機器の市場形成が期待される。

### (3) 今後の海外（東南アジア地域）における事業展開方針

阪神動力機械では、本調査に前後しての海外展示会への出展やマレーシア・タイ等での人脈形成を継続的に行っており、その成果から東南アジア地域での案件引き合いが徐々に顕在化しつつある。

当面は輸出ベースでのビジネスを展開しつつ、現地での代理店企業、EPC企業、組立製造企業等との連携を深め、現地での市場開拓と製品サプライチェーンの形成を進めることを目標とする。

分野方針としては、本調査できっかけをつかんだパームオイル産業向け、および得意分野としている公共下水道分野向けを中心に、製品の性能訴求を引き続き行う方針。

## 2-3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献

### 関西地域への経済的貢献

提案企業の海外進出により、大阪・関西企業等の製品の販路開拓に向けた体制整備が期待できる。独力ではなかなか進出が難しい海外に対し、産官学協働、および企業連携による進出を果たすことで、新たな成功モデルの提示を行う。

大阪府・大阪市が一体となって 2013 年 1 月に策定した『大阪の成長戦略』では、“強みを活かす産業・技術の強化—世界市場に打って出る大阪産業・大阪企業への支援—”を掲げており、阪神動力機械のような中小企業等のアジア等への海外展開支援として、海外関係機関等とのネットワークを活用した販路開拓を推進する。

特に、水ビジネス分野に関しては、大阪府が（一財）海外産業人材育成協会（HIDA）と連携して 2011 年度から毎年実施の「アジア産業排水処理・施設管理の技術研修」に合わせ、マレーシア等アジアの水関連企業とのビジネス交流会を実現してきたところ。

また、大阪・関西地域は、環境装置で優れた技術を持つ企業が多いことから、経済産業省・近畿経済産業局が「関西・アジア 環境・省エネビジネス交流推進フォーラム (Team E-Kansai)」を結成し、関西主要企業 223 社（阪神動力機械含む）が会員となり、官民連携による環境分野でのアジア諸国とのビジネス展開を活発に進めているところ。本事業が実現すれば、モデルケースとして広く PR する予定である。

今回、阪神動力機械が代表企業となって、参画企業、大阪府・近畿経済産業局、大阪工業大学の産学官連携チームにより本事業を推進することで、相手国の産学官との関係構築が進み、相手国の裨益や参画企業の利益だけでなく、今後、マレーシア側からの要請される様々な環境技術ニーズが生まれることが期待でき、海外展開を望む関西の数多くの企業に波及し多大なメリットをもたらす可能性がある。本事業の実現により、関西の経済が大きく活性化するよう、関西の国の機関、地方自治体、地元産業支援機関（大阪商工会議所等）、大学が一体となって、このプロジェクトを支援していく。

## 2-4 想定する事業の仕組み

現地での事業展開にあたっては、現地企業（EPC 企業、組立製造企業）との提携や協働を進めることが有効である。また、政府機関である MPOB の技術普及スキームを可能な限り活用し、顧客であるパームオイル工場側では技術サポートメリットを、日本企業側では紹介機能を活用できるメリットを享受する。

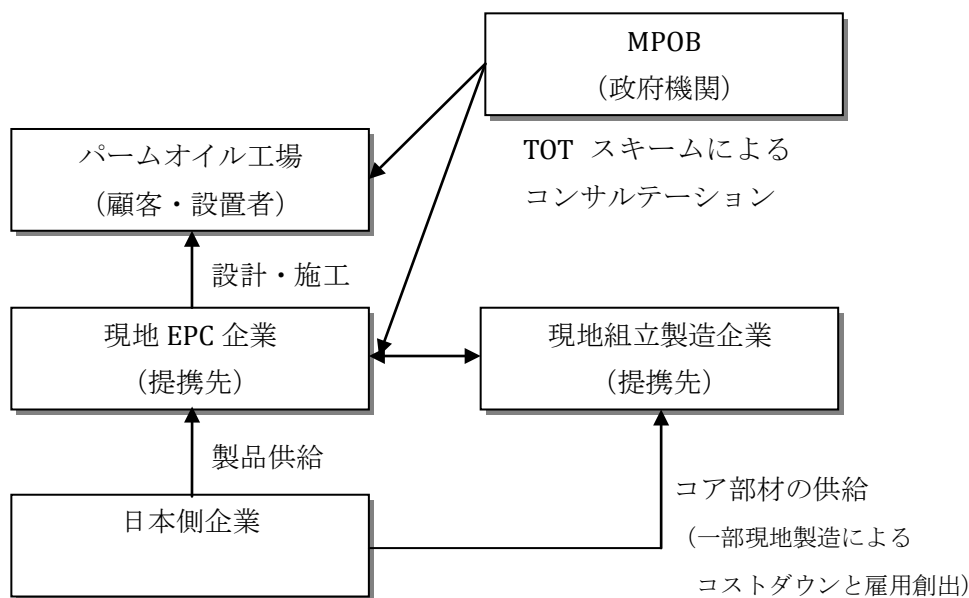


図 17 事業の仕組み・体制イメージ

### ① MPOB のコンサルテーションスキームの活用

前述した MPOB の技術普及スキーム（TOT スキーム）を可能な限り活用する。MPOB からの技術サポートやコンサルテーションにより、パームオイル企業側としては技術的な安心を得られ、日本企業としては公的機関による良い技術の紹介機能を利用できる。

### ② 現地 EPC 企業との提携

事業展開にあたり、現地でビジネスを行うためにはマレーシア国内で法人登録している企業であることが必須要件となっている。日本企業での現地法人設立と登録を待つよりも、現地企業と提携する方が早く事業に着手できることから、当面は現地 EPC 企業との提携を行い、その企業にパームオイル工場導入に関する設計、施工機能を持たせることを検討する。

本事業は設備事業であるため迅速かつ技術的に的確なメンテナンス体制の確立は必須要件でもあるため、その点からも現地 EPC 企業との提携は不可欠であると考えられる。

### ③ 現地組立製造企業（ファブリケーター）との提携

現地 EPC 企業へのヒアリングにおいても、一般的に日本企業の設備製品は、現地価格の

2～3倍であるというコメントを得ているように、今回の事業展開にあたっては現地での一部製造による設備原価の低減を図ることは必須であると考えられる。

日本企業との直接提携、または現地 EPC 企業との提携により、現地組立製造企業（ファブリーケーター）との提携を行い、日本企業側からはコア部材を供給することを検討する。

なお、EPC 候補企業、組立製造候補企業へのヒアリング結果は以下の通り。これまでラグーン処理が主流であったため、パームオイル産業向けの排水処理専門企業は育成されておらず、当面は工業排水に強みを持つ企業か、パームオイル製造プロセスに強みを持つ企業との提携が現実的な選択肢であると考えられる。

また、工業排水に関する EPC 企業やファブ리케이션企業は数多く存在していることから、本格的な事業展開に向け、今後も引き続き提携候補企業に関する情報を収集することが求められる。

企業	ヒアリング内容
A社	<p>従業員数：300名、工場面積：30,000m<sup>2</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 自社ブランド設備の製造販売、および、設備の受託製造販売を実施。</li> <li>▶ 製造企業グループの再生可能エネルギー部門として、主にパームオイル工場向けのバイオマス蒸気タービン、遠心分離セパレーター、カーネルクラッシャー、スクリュープレス、バイブレーションスクリーン等の製造も行う。</li> <li>▶ 年1回の保守整備も実施している（ただし、ユーザー企業からは修理依頼への対応が遅いことがあるとのコメントあり）。</li> </ul>
B社	<p>従業員数：50名以内、工場面積：—</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 排水処理プラントの設計、施工、運用、メンテナンスを実施。</li> <li>▶ 産業排水、家庭排水、下水処理等実績を持つが、パームオイル産業向けの排水処理実績はこれまでは多くない。</li> <li>▶ マレーシア国外からの設備輸入と、国内で製造される設備を組み合わせ、クライアントに提供している。日本製品はマレーシア相場の2～3倍の印象を持っている。ただし、B社では、特徴があり、効率が高く、取り扱いやすく、安定している設備の採用をポリシーとしている。</li> <li>▶ クライアントは、日本企業も含め環境意識の高い外資系企業が多い。</li> </ul>
C社	<p>従業員数：170名、工場面積：8,700m<sup>2</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 大型圧力装置や熱交換機の製造を主事業として実施。</li> <li>▶ パームオイル産業、肥料産業、発電所、半導体等が主たる顧客産業。日本企業とコワークすることもある。国内50%、輸出50%で、輸出先としてはベトナム、シンガポール、インドネシアが多い。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 機械加工、溶接加工、組立加工を自社工場では行っており、自社ではできない鋳物部品製造等は協力工場にて製造させている。</li> <li>▶ 設計とメンテナンスについては提携先企業が行い、C社はファブ리케이션（組立製造）に特化している。</li> </ul>
D社	<p>従業員数：50名以内、工場面積：2,300m<sup>2</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 鉄工構造物の設計、施工を主事業として実施。</li> <li>▶ 石油産業やガス産業向けの高圧配管や電気設備を含む構造物のファブ리케이션（組立製造）に強く、パームオイル工場向けの実績もある。</li> <li>▶ 通常、排水処理設備は政府に認定された設計コンサルタントに承認された承認設計図に基づいて施工が行われる。</li> <li>▶ 協力工場がいくつもあり、制御盤製造、SUS加工、手溶接、鋳物加工等、様々な技術に対応可能。</li> <li>▶ メンテナンスについてもメーカーからの技術指導と部品供給があれば、部品交換はできる。メーカーや顧客向けのメンテナンスのサービスチームを組成することもある。</li> </ul>

## 2-5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

### (1) マーケットとしてのパームオイル産業の状況と展開方針

マレーシアのパームオイル工場は、大手資本による多工場経営型と、独立資本による単独経営型に大別される。大手資本による多工場経営型の中でも、FELDA グループと Sime Darby 社は突出しており、これに Kuala Lumpur Kepong (13 工場)、IOI グループ (12 工場) を加えた上位 4 社で、工場数の 30% を占める。

表 15 マレーシアの大手資本パームオイル工場企業

企業グループ名	保有工場数	内、半島地域	内、サバ・サラワク
FELDA グループ	70 工場	51	11
Sime Darby グループ	36 工場	25	10
Kuala Lumpur Kepong (KLK)	13 工場	7	5
IOI グループ	12 工場	4	8

※地域別には、休止中工場は含まない

※FELDA 工場数が総数に足りないが、残数の所在地は確認できなかった

大手資本企業は、パームオイル関連技術陣が充実しており、規制順守に対する意識も高い。技術紹介セミナーにおけるアンケートでも、コスト以上に規制順守への意識が高いとの結果が得られた。

なお FELDA グループは、準国有企業として位置付けられ、技術開発等についても政府機関である MPOB と協働して先導的役割を果たすことがミッションとなっている。そのため、第一段階の事業展開先としては、FELDA グループを第一優先として、MPOB からのコンサルテーションスキーム (TOT スキーム) を活用した FELDA 社工場への導入を図ることとしたい。

その上で、まずは FELDA 社および他の大手資本企業の中のインスタシアを高め、その後に MPOB とも協働しつつ多くの工場に展開したい。

### (2) 事業体制

事業の実施にあたっては、上記 2-4 で述べた通り、EPC 企業および組立製造企業 (ファブリーケーター) との提携関係を構築し、MPOB の技術普及スキームを営業機能として最大限活用することを想定する。

(3) 事業展開スケジュール

時期	事業化・販売計画	投資計画
1-3 年目	<p><b>ODA スキームを活用した実証事業、技術紹介</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「民間提案型普及・実証事業」ODA 化を図り、MPOB とともにショーケース工場での技術実証を進め、MPOB の技術普及スキームへの組み込み、主に大手資本企業への技術紹介を検討する。</li> <li>・各種セミナーやワークショップ、ビジネスマッチング、技術交流会、現地訪問などを通じて、ニーズ調査を行う。</li> </ul> <p><b>現地の状況に合わせた製品・事業体制の確立</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実証結果や現地ニーズを元に製品改良・コスト改良を図る。</li> <li>・実証事業を活用しつつ、現地 EPC 企業、組立製造企業とのコンタクトを継続的に行い、本格事業展開時期における商流を確保する。</li> <li>・生成する燃料や堆肥について、マーケティングを行う。</li> <li>・計数目標：導入工場 1～2 件/年、 累計工場 約 5 工場 売上高 5 千～10 千万円/年(システム)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・先行投資として展示会や現地調査等を行う（投資額：軽微）。</li> <li>・実証事業向けの設備導入費が発生</li> </ul>
4-6 年度	<p><b>事業の本格展開</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・提携する現地 EPC 企業との契約を締結し、具体的な商流とメンテナンス体制を確立する。</li> <li>・提携企業と共にユーザー等に営業拡販を行う。</li> <li>・組立製造企業との協働、部品の現地化を進め、コスト低減を実現する。</li> <li>・インドネシア等、他の国・地域への進出を検討。</li> <li>・計数目標：導入工場 4～5 件/年 累計工場 約 20 工場 売上高 20 千～30 千万円/年</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現地組立製造企業にて設備投資が発生する可能性あり</li> <li>・特に大きな投資は発生しない。</li> </ul>
それ以降	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業を軌道に乗せ、累計工場数 100 を目指す。</li> <li>・現地法人化を検討する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・共同出資を想定。</li> </ul>



## 2-6 リスクへの対応

### (1) 法令順守・許認可リスク

進出にあたっての関連法令順守や許認可の取得が必要になる可能性がある。

- ・原則として、当面はマレーシア政府に法人登録された現地提携企業による設計・施工・メンテナンスとし、現地法人の設立や営業許可は事業が軌道に乗った段階で行うこととする。
- ・ユーザー企業側では、排水処理方法の変更による環境ライセンスの変更申請、またスラッジをリサイクルし販売するための再生事業者の許可等が必要になるが、当面は MPOB との共同研究・実証の位置付けとすることで、ライセンスや許可を伴わない運営としつつ、MPOB や DOE の指導に基づき事業の本格展開期に向けて、それら手続きについてのノウハウを習得する。

### (2) 資材調達リスク、品質リスク

現地で資材が調達できない可能性がある。また現地生産において品質保証ができないリスクがある。

- ・ODA 活用による実証試験段階では、日本における製品製造を行うこととする。
- ・また、事業本格展開期までに現地での原料調達のめどをつけ、当初は日本側の部材供給比率を高め、徐々に現地生産に移管する等の処置をとることとする。

### (3) 社会構造によるリスク

多民族社会であるマレーシアでは、政府機関はマレー系が多く、製造業企業は中華系が強い。パームオイル企業にも民族色の強い企業も存在している。そのため民族間のワークが進みにくい状況が創出されるリスクがある。

- ・政府機関と組立製造企業の間立つ EPC 企業の選定に細心の注意を払い、どちらかの民族にのみに偏った体制を構築しないように留意する。

その他、規制リスク（提案設備に対する新規法令による規制）、環境影響リスク（提案設備の導入により、環境に悪影響を与えるリスク）、社会影響リスク（提案設備の導入により、社会に悪影響を与えるリスク）等については、懸念材料はないと考える。

## 第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地

### 適合性検証活動（実証・パイロット調査）

#### 3-1 製品・技術の紹介や試用、各種試験を含む現地適合性検証活動の概要

##### (1) シミュレーションによるアクアレータ適合検証

パームオイル廃液（POME）へのアクアレータを適用した好気生物処理/活性汚泥法（ASM:Activated Sludge Method）による BOD 低減を目的として、本調査で Mill A～F の現地採水および水質分析を行なった（表 13 参照）。ここで Mill A についてはシミュレーションに必要な一部測定結果が得られなかったため、検討対象から除外する。

Mill B～F の WT, pH, TSS, BOD, CODcr, T-N (NH<sub>4</sub>-N), T-P の分析結果から、Mill C～D はマテリアルバランス含め放流水を直接使用した BOD 処理への活性汚泥法適用は問題ないと判断された。Mill B, E, F については、BOD/COD 比が低く、また Mill F では高い T-N 値が検出されている。これは Mill B は現地採水時、処理設備の再立ち上げを行なっており安定稼動していないことや、採水・分析過程による影響もあると考えられることから、Mill B, E, F への ASM 適用に際しては別途再分析を行い判断する必要がある。

好気生物処理および酸素移動性能に障害を引き起こす OG と Viscosity については、Mill B～D で OG=4～14mg/L, Viscosity=4.0cP と低い値であることから処理性能上問題ないと判断された。これは前段処理/嫌気ラグーン（嫌気生物分解反応）過程での油脂分解率が高くメタン転換が十分行なわれているためと考えられる。

以上から、本検討では 2013 年 11 月に調査団：阪神動力機械により採水・分析を行なった Mill B～D の内、Mill C,D (BOD<sub>3</sub>=540mg/L, BOD<sub>3</sub>=661mg/L)の POME (Palm Oil Mill Effluent) 最終ポイント流出水を対象として、BOD≤20mg/L を達成する ASM を試算しアクアレータの機種・台数の検討を行なった。

表 16 各 Mill における POME 最終放流ポイントの水質状況

Site	Capacity t-FFB/h	WT	pH	TSS	BOD <sub>3</sub>	BOD <sub>5</sub>	CODcr	T-N	NH <sub>4</sub> -N	T-P	OG	Viscosity
		deg C	-	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	cP
Mill A	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mill B	40	33	8.6	230	507	563	1498	293	0.06	7.22	14	4
Mill C	40	33	8.76	180	540	713	1310	108	44.22	8.63	9	4
Mill D	40	-	8.52	110	661	786	1061	129	123.12	11.82	4	4
Mill E	30	-	8.9	91	114	171	423	44	-	1.26	-	-
Mill F	45	-	8.7	1050	340	510	1140	704	-	10.2	-	-

※WT(水温)は現地測定 ※OG: Oil & Grease

## (2) サンプルング採水等による技術検証

今回提案するシステムや技術についての適合性を検証する目的で、要素技術ごとに下記の試験を行った。

### ① スクリーン 通水試験

項目	内容
対象となる要素技術	スクリーン装置
検証目的	パームオイル工場排水についてスクリーン処理可能かどうか、またスクリーン処理によってどの程度の効果があるかを検証する目的で行った
検証方法	パームオイル工場排水 3 種類（ステリライザー復水、セパレーター後の排水、スラッジピット内の混合排水）について、0.3mm メッシュ、0.15mm メッシュのスクリーンへの通水を現地サイトにて実施した また、通水前と通水後の水質を分析し、スクリーン処理による汚濁負荷の除去効果を確認した
実施時期	2013 年 10 月
実施者	東洋スクリーン工業

### ② 遠心分離機 スピンテスト

項目	内容
対象となる要素技術	デカンター、オイルセパレーター
検証目的	パームオイル工場排水について、遠心分離機やオイルセパレーターを使用した場合に油分や固体分（スラッジ）がどの程度分離可能か、また分離する場合にはどの機種を選択するのが妥当かを検証する目的で行った
検証方法	パームオイル工場排水 2 種類（ステリライザー復水、スラッジピット内の混合排水）について、サンプルング水を試験用遠心分離機にて分離させ、排水中の油分と沈降スラッジの量を測定した
実施時期	2013 年 11 月
実施者	斎藤遠心機工業

### ③ スラッジ発熱量等の簡易分析

項目	内容
----	----

対象となる要素技術	燃料化装置
検証目的	パームオイル工場排水から得られるスラッジについて、燃料化した場合に十分な熱量を得ることができるかを検証する目的で行った
検証方法	パームオイル工場からのスラッジ 4 種類(スラッジピット内、スラッジピットからのオイル回収後、クーリングポンド流入口、嫌気処理ポンドの各スラッジ) について、サンプリングしたスラッジを簡易熱量分析計にて JIS に基づき熱量、含水率、灰分を測定した
実施時期	2013 年 11 月
実施者	関西産業

### (3) 技術紹介セミナーおよび個別相談会

今回提案するシステムや技術について、パームオイル企業の技術陣（4 社）に集合いただき、要素技術の紹介、上記（1）の技術検証を受けての技術提案を行い、意見交換を行った。

項目	内容
紹介方法	MPOB による主催およびインビテーションにより、パームオイル企業 4 社の技術陣に集合いただき、技術紹介セミナーを開催した。
実施時期	2013 年 12 月 18 日 9:00～12:30
場所	PURI PUJANGGA Universiti Kebangsaan (Universiti Kebangsaan Malaysia 敷地内)
参加組織（現地側）	MPOB (Malaysia Palm Oil Board) FELDA(FGVPM) FELDA Palm Industries S/B Sime Darby Research Center Sime Darby Research S/B LKPP Corporation S/B KULIM(Malaysia) Berhad * Department Of Environment * UKM(Universiti Kebangsaan Malaysia)
参加組織（日本側）	阪神動力機械株式会社 東洋スクリーン工業株式会社 斎藤遠心機工業株式会社

	関西産業株式会社 大阪府 三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 * 在マレーシア日本国大使館 * JICAマレーシア事務所
--	---

(\*はオブザーバー参加)

### 3-2 製品・技術の紹介や試用、各種試験を含む現地適合性検証活動の結果

#### (1) シミュレーションによるアクアレータ適合検証

##### ① 検討条件

検討については、下表の流入水条件と下記のパラメータを用い ASM を設定の上、アクアレータ設置箇所である反応タンクの算出を行なった。ここで最終沈殿池の仕様・形状については本計算に含まないものとする。(下図参照)

表 17 活性汚泥法 (ASM) 検討流入水条件

Site	BOD3in (mg/L)	Common
Mill C	540	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ POM = 40t-FFB/h</li> <li>・ POME = 30.7m3/h=737m3/d</li> <li>・ POM/POME = 76.8% (Assumed)</li> <li>・ BODout = 20mg/L (Setting value)</li> </ul>
Mill D	661	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Water temp = 33 deg C</li> <li>・ Aeration time = 24h/d</li> </ul>

※Mill D の水温は Mill C と同値とした

##### ASM 設定条件および定数

- ・ Setting MLSS condition in aeration tank (XA)=3500mg/L
- ・ Ratio of VSS/SS=0.8(Assumed)
- ・ Return suspended solids : RSS (Xr)=7500mg/L
- ・ Setting DO=2.0mg/L (Aeration tank)
- ・ Yield coefficient (Y)=0.81(gVSS/gBOD)
- ・ Endogenous decay rate constant (Kd')=0.056(gVSS/gVSS · d)
- ・ Oxygen demand as BOD removed (A)=2.0(kgO2/kgBOD)

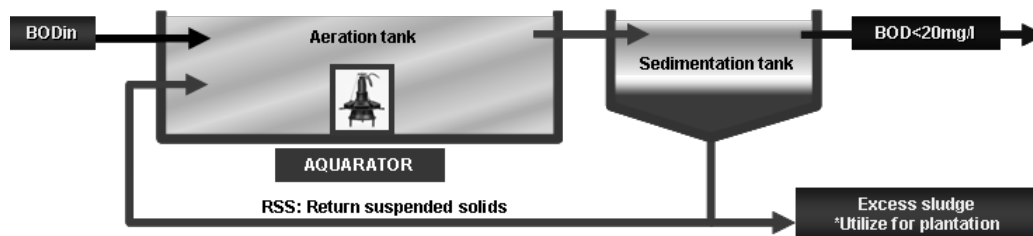


図 18 標準活性汚泥法 (ASM : Activated Sludge Method)

② 活性汚泥法 (ASM)および必要酸素量の試算結果

1) Mill C

- Aeration tank volume (VA) ≒ 990m<sup>3</sup>
- Tank size : (L)=22.0m (W)=10.0m (as WD=4.5m)
- Food to Microorganism ratio (F/M)=0.138
- Excess sludge volume =155kg/d
- $\theta = 12.2d$
- HRT =32h (≒ 1.34 day)
- Oxygen Requirement (OR) =767g-O<sub>2</sub>/d
- Standard Oxygen Requirement (SOR) =1058kg-O<sub>2</sub>/d=44.1kg-O<sub>2</sub>/h (Coefficient =1.38)

2) Mill D

- Aeration tank volume (VA) ≒ 990m<sup>3</sup>
- Tank size : (L)=22.0m (W)=10.0m (as WD=4.5m)
- Food to Microorganism ratio (F/M)=0.17
- Excess sludge volume =227kg/d
- $\theta = 17.9d$
- HRT =32h (≒ 1.34 day)
- Oxygen Requirement (OR) =945g-O<sub>2</sub>/d
- Standard Oxygen Requirement (SOR) =1304kg-O<sub>2</sub>/d=54.4kg-O<sub>2</sub>/h (Coefficient =1.38)

ここで、現場トラブルおよびメンテを考慮して、2台/2槽で検討すると1槽当りの槽形状および必要酸素量は下記となる。(下図参照)

- Tank size (AT1,AT2) : (L)=11.0m (W)=10.0m (WD)=4.5m \* 2 tanks
- Mill C : SOR=22.1kg-O<sub>2</sub>/h/unit/tank
- Mill D : SOR=27.2kg-O<sub>2</sub>/h/unit/tank

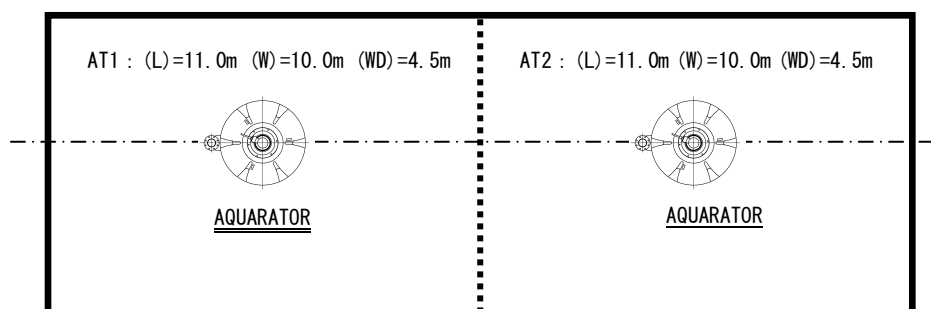


図 19 反応槽におけるアクアレータ配置概略 (各槽中心設置)

③ アクアレータ検討結果

1) Mill C

F-55 (5.5 kW) アクアレータ\*2 台 (1 台/槽)

ここで, 【酸素移動性能】・ Standard oxygen transfer rate(SOTR) =22.1kg-O<sub>2</sub>/h/unit

- ・ Q<sub>air</sub> =6.5m<sup>3</sup>/min
  - ・ Installation position = 4.5m (as water depth)
  - ・ Oxygen transfer efficiency (SOTREA)=20.3%\*
  - ・ Oxygen transfer load efficiency (SOTREL)=1.85kgO<sub>2</sub>/kWh\*
- ※SOTREA, SOTREL は理論値とする。

【攪拌性能】・ Power input (PI)=11.1W/m<sup>3</sup>(to Aeration tank)

(2) Mill D

F-75 (7.5 kW) アクアレータ\*2 台 (1 台/槽)

ここで, 【酸素移動性能】・ Standard oxygen transfer rate(SOTR) =27.2kg-O<sub>2</sub>/h/unit

- ・ Q<sub>air</sub> =7.4m<sup>3</sup>/min
  - ・ Installation position = 4.5m (as water depth)
  - ・ Oxygen transfer efficiency (SOTREA)=22.0%\*
  - ・ Oxygen transfer load efficiency (SOTREL)=1.85kgO<sub>2</sub>/kWh\*
- ※SOTREA, SOTREL は理論値とする。

【攪拌性能】・ Power input (PI)=15.2W/m<sup>3</sup>(to Aeration tank)

③. 活性汚泥法 (ASM) およびアクアレータ適用検討結果

今回の調査で得られた現地水質分析結果を基に, ASM 適用およびアクアレータの型式・台数検討を行なった。現地水質結果では, 採水量不十分や分析精度により再測定が必要な Mill もあるが, POME への ASM 適用は概ね問題ないものとする。また OG, Viscosity の分析結果値から好気生物処理および酸素移動性能も問題なく達成できると判断された。ここで, 水質状況によって BOD 処理が困難になる可能性もあることから, ASM 適用に際しては水質のモニタリング含め操作管理が重要と考える。生産量=40t-FFB/h(POME=737m<sup>3</sup>/d)の Mill C,D を対象として ASM 試算を基に, BOD 処理の検討を行なったところ, BOD ≤20mg/L に必要な酸素量を満足するアクアレータの型式・台数は以下となる。

Mill C : F-55(5.5kW)アクアレータ\*2 台 (1 台/槽)

※FFB=40t-FFB/h(POME=737m<sup>3</sup>/d),BOD<sub>3in</sub>=540mg/L

Mill D : F-75(7.5kW)アクアレータ\*2 台 (1 台/槽)

※FFB=40t-FFB/h(POME=737m<sup>3</sup>/d),BOD<sub>3in</sub>=661mg/L



ここで、攪拌検討については各投入動力密度(PI)=11.1 W/m<sup>3</sup>, 15.2W/m<sup>3</sup>の結果より、CFD流動解析を行っていないが、実績含めても十分な攪拌流が実現でき、併せて高い酸素移動性能の発揮が可能と判断された。

以上、本件では POME への ASM 適用およびアクアレータの検討を行なったが、現地では POME に ASM を適用している Mill は少なく、設備・運転管理費が低廉である酸化池(ラグーン)方式が大多数である。そのため安定的な BOD $\leq$ 20mg/L の達成を目的に本検討方式を設計提案する場合は、設備や処理操作等を含めて現地を考慮したトータル提案が今後必要と考える。

## (2) サンプルング採水等による技術検証

### ① スクリーン 通水試験

項目	内容			
試験結果の概要	①原水分析の結果			
	分析対象	TSS(mg/L)	粘度	適
	ステライザー排水	9,700	8	×
	セパレーター排水	34,300	16	×
	スラッジピット混合排水	36,900	8	○
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ステアライザー排水は浮遊固形物（TSS）が少なく、スクリーン処理で除去できるものが少ない</li> <li>・セパレーター排水は、浮遊固形物が多いが粘度が高すぎるためスクリーン処理には向かない</li> <li>・混合排水は、浮遊固形物が多く粘度が低いいためスクリーン処理に向く</li> </ul>			
	②通水試験の結果			
	分析対象	TSS(mg/L)	低減率	
	スラッジピット混合排水	36,900	-	
	処理水（0.3mm スリット）	27,200	26.3%	
処理水（0.15mm スリット）	22,600	38.8%		
<ul style="list-style-type: none"> <li>・スラッジピット混合排水について、スクリーン通水を行った結果、0.3mm スリットでは 26.3%、0.15mm スリットでは 38.8%の TSS 値の低減が見られた</li> </ul> <p style="text-align: right;">*採水ポイントは図 6 参照</p>				
適合性に関する考察	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スラッジピット混合水排水については、スクリーン処理に向く性状であることが確認でき、かつ、0.3mm スリットでは</li> </ul>			

	<p>約 26%、0.15mm スリットでは約 38%の TSS 低減率が認められた</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・パームオイル工場排水では有機性の固形浮遊物が多く、時間経過とともに起こる固形浮遊物の溶解によって BOD 濃度が上がると考えられることから、スクリーン処理によって後工程の BOD 濃度を低減する効果は十分にあるものと考えられる</li> </ul>
--	---

## ② 遠心分離機 スピンテスト

項目	内容												
試験結果の概要	①ステリライザー排水 スピンテスト												
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>分析対象</th> <th>オイル</th> <th>スラッジ</th> <th>適</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1500G、3分 (70℃)</td> <td>分離なし</td> <td>分離なし</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td>3000G、3分 (70℃)</td> <td>微少分離</td> <td>0.05 Vol%</td> <td>×</td> </tr> </tbody> </table>	分析対象	オイル	スラッジ	適	1500G、3分 (70℃)	分離なし	分離なし	×	3000G、3分 (70℃)	微少分離	0.05 Vol%	×
	分析対象	オイル	スラッジ	適									
	1500G、3分 (70℃)	分離なし	分離なし	×									
	3000G、3分 (70℃)	微少分離	0.05 Vol%	×									
<ul style="list-style-type: none"> <li>・浮上オイルは微少で、沈降スラッジは 0.05%と少なく、この原水に対して遠心分離機の設置は適さない</li> </ul>													
②スラッジピット混合排水 スピンテスト													
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>分析対象</th> <th>オイル</th> <th>スラッジ</th> <th>適</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1500G、3分 (70℃)</td> <td>微少分離</td> <td>27% Vol%</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table>	分析対象	オイル	スラッジ	適	1500G、3分 (70℃)	微少分離	27% Vol%	○					
分析対象	オイル	スラッジ	適										
1500G、3分 (70℃)	微少分離	27% Vol%	○										
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・浮上オイルは微少 (1%程度)、沈降スラッジは 27 Vol%見られた</li> <li>・スラッジを遠心分離機で脱水したところ含水率 80.8%の脱水ケーキが得られ、分離液濃度は 6,050mg/L に相当する</li> </ul> <p style="text-align: right;">*採水ポイントは図 6 参照</p>												
適合性に関する考察	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スラッジピット混合排水について、スラッジ分離の後に脱水ケーキが十分に得られることから、後工程の BOD 濃度を低減する効果の上でも、資源循環利用の観点からも、遠心分離機 (デカンター) を導入することは有効であると考えられる</li> <li>・また、遠心分離機 (デカンター) からの水分について、オイルセパレータ (三相式の分離板型遠心分離機) を用いることで、オイル回収も期待できると考察される</li> </ul>												

## ③ スラッジ発熱量等の簡易分析

項目	内容				
試験結果の概要	①各種スラッジの成分・熱量分析				
	分析対象	水分	揮発分	熱量*	適
	スラッジピット内	33.0%	78.0%	27MJ/kg	○
	ピット、オイル回収後	38.2%	67.6%	24MJ/kg	○
	冷却ポンド流入口	62.2%	79.6%	22MJ/kg	○
	嫌気処理ポンド	64.8%	67.5%	20MJ/kg	○
	<p>・いずれのスラッジについても、揮発分割合（燃焼時にエネルギーとなる割合）が高く、熱量も 20MJ/kg 以上確保できることが確認できた</p> <p>* 熱量は高位発熱量、簡易分析のため参考値</p>				
適合性に関する考察	<p>・揮発分が高く、熱量も高いと考えられることから、これらのスラッジを燃料利用することが資源循環利用の観点から有効と思われる</p>				

### （3）技術紹介セミナーおよび個別相談会

#### ①当日のアジェンダ

時間	内容		担当
8:30-9:00	受付開始		MPOB, MURC
9:00-9:10	開会挨拶		MPOB (5分) 阪神 (5分)
9:10-9:25	オープニングプレゼンテーション		MPOB (10分)
9:25-9:40	日本の水質汚濁と環境行政の経験		大阪府 (20分)
9:40-10:10	第一部/Section 1	各社紹介 - 阪神動力機械/エアレーター - 東洋スクリーン工業/スクリーン - 斎藤遠心機工業/デカンター - 関西産業/燃料化・堆肥化施設	各社 (各社 5分)
10:10-12:00	第二部/Section 2	トータルシステム提案	阪神 (10分)
		要素技術テスト結果、技術提案 - 阪神動力機械 - 東洋スクリーン工業 - 斎藤遠心機工業 - 関西産業	各社 (各社 15分)

		ディスカッション、Q&A	全員 (30分)
-12:00	閉会挨拶		MPOB
12:00-14:00	個別相談会		

## ②当日の参加者

当日の現地側参加者は、パームオイル企業 11 名、関係機関 (MPOB、DOE) から 4 名、大学関係者 1 名、コーディネーター 1 名の計 17 名、日本側は共同企業体および補強メンバーが 11 名、日本大使館より 1 名、JICA マレーシア事務所より 1 名の計 13 名、合計で 30 名であった。

No	氏名	社名	役職
1	Abuseman Ramli	FELDA (FGVPM)	Manager
2	Muhamad Shafie	FELDA (FGVPM)	Exective
3	Mohd Zukhairi Yusof	FELDA (FGVPM)	Quality & Environmental Exective
4	Zuhalmy Bin Johari	FELDA Palm Industries S/B	Chemical Engineer
5	Mohamad Zawawi Pauzy	FELDA Palm Industries S/B	Exective
6	Norhafizi Hashim	Sime Darby Research Center	Senior Engineer
7	Nik Suhaimi Mat Hassan	Sime Darby Research Center	Senior Engineer / Processing&Engineering /Processing Technology
8	Yosri Mohd Siran	Sime Darby Research S/B	Principal Chemist II
9	Rahimi Muhammad	LKPP Corporation S/B	Engineering Manager
10	Wan Adlin Wan Mohmood	KULIM (Malaysia) Berhad	Senior Manager
11	Razali Hamzah	KULIM (Malaysia) Berhad	Deputy General Manager/Mill Deelopment Department
12	Mohd Hidzir Bakar	DOE	Principal Assistant Director
13	Ahmad Saifful Salihin	DOE	Principal Assistant Director
14	Rizafizah Othaman	UKM	Senior Lecturer
15	Hj Zulkifli Ad. Rahman	MPOB	Head, Milling and Processing Unit, Engineering and Processing Research Division
16	Yahaya Hawari	MPOB	Research Officer
17	Zahari Mohamad	O'REC IND SDN BHD	Director

## ③パームオイル企業における技術ニーズ

当日、ディスカッションおよびアンケートで得られた技術ニーズは下記の通り。

これまで採用している先進技術の潮流としては、堆肥化プラント、バイオ処理プラント、バイオガス化プラントがあげられており、先進工場では試験的に工業的な排水処理が導入されているが、他方で BOD 値 20mg/L が安定的に達成できていない、ポンド処理でスラッジが大量発生するという技術的課題を持っていることが分かった。

それらに対し、パームオイル企業各社では、今回提案したシステムおよび要素技術の採用イメージを持つことができおり、一定のニーズがあることが確認できた。また、要素技術によっては日本側が考えていた用途以外のニーズがあることも確認できた。

質問項目	回答状況
現在採用している先進的な技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 堆肥化プラントの導入 (FELDA、Sime Darby、Kulim、LKPP)</li> <li>▶ バイオ処理プラントの導入 (FELDA、Sime Darby、Kulim)</li> <li>▶ バイオガス化プラントの導入 (FELDA、Sime Darby、Kulim)</li> </ul>
排水処理で直面している課題 (数字は回答者数)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 安定して BOD 値 20mg/L 以下にならない (7、F 社、S 社、K 社、L 社)</li> <li>▶ 浮遊固形物濃度が高い (2、F 社、K 社)</li> <li>▶ BOD 濃度が高い (2、F 社)</li> <li>▶ 広いスペースが必要 (1、F 社)</li> <li>▶ ポンド浚渫が毎年必要で、スラッジが大量発生 (6、F 社、S 社、K 社)</li> <li>▶ 油分が完全回収できずポンドに流入 (1、S 社)</li> <li>▶ 嫌気性ポンド処理での目詰まり (1、S 社)</li> <li>▶ 雨季における排水処理量の増加 (2、K 社)</li> </ul>
紹介技術への関心 (適用イメージ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ BOD 値 20mg/L に向けてのエアレーターの採用</li> <li>▶ 安定処理のためのエアレーターの採用</li> <li>▶ バイオ処理プラント流入水へのスクリーンの採用</li> <li>▶ より容易なオペレーションのためのスクリーンの採用</li> <li>▶ 製品化率 (スループット) の向上のためのスクリーンの採用</li> <li>▶ スラッジ・油分回収のための遠心分離機の採用</li> <li>▶ BOD コントロールのための遠心分離機の採用</li> <li>▶ 企業収益力の向上のための遠心分離機の採用</li> <li>▶ スラッジの燃料化リサイクル設備の採用</li> <li>▶ スラッジの堆肥化リサイクル設備の採用</li> <li>▶ 企業収益力向上のための堆肥化設備の採用</li> <li>▶ EFB 焼却灰の凝集剤化の検討</li> <li>▶ (これら技術のスタンバイユニットとしての採用)</li> </ul>
その他ニーズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ ポンド浚渫スラッジの燃料化</li> <li>▶ パームオイル生産工程での傾斜型スクリーンの採用</li> </ul>

### 3-3 採算性の検討

#### (1) 遠心分離機+エアレーター+燃料化 システム

##### 採算性の検討対象としたモデルケース

「遠心分離機+エアレーター+燃料化（提案システム①に該当）」システムの導入目的、比較する状況（レファレンスシナリオ）等は下記の通り。

項目	内容
導入目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放流水の水質改善とともに、最大限のスラッジの燃料化、オイル収率の向上を図ることで燃料販売収益を得る。</li> <li>・蒸気については、不活化工程で不可欠あり、生産残渣を燃料利用して自給しており、本システムにも余剰蒸気の活用を想定する。</li> <li>・電力についても、ボイラー蒸気を利用したタービン発電機を導入している例が少なくない（訪問工場では必要蒸気量の2倍程度のパーム残渣ボイラーの導入が見られ、容量的には余裕がある状況が確認された）。その余剰電力の活用を想定する。</li> <li>・初期投資や使用エネルギーが多くても、収益の高いシステムを導入する。</li> </ul>
比較する状況 （レファレンス）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・従来型のラグーン処理方式</li> <li>・生産残渣を自家発電、ボイラーで利用（電力、蒸気の自給を想定）</li> </ul>
想定メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放流水の水質改善</li> <li>・オイル収率の向上（25,000円/t、クルードオイルの1/3と想定）</li> <li>・スラッジ燃料の取得（5,000円/t、石炭価格の約半分と想定）</li> <li>・定期的なスラッジ浚渫・廃棄の回避（75円/t、ヒアリングより）</li> </ul>
想定排水量	生産工場規模：30t-FFB/h パームオイル工場排水量：23m <sup>3</sup> /h 年間稼働時間：350日×24時間=8,400時間

##### モデルケースに対応するシステム・製品

上記のモデルケースに対し、想定するシステム・製品の仕様は下記の通り。

項目	内容
エアレーター装置	エアレーター（F-75タイプ×2）、ブロワ（50kPaタイプ×2）
遠心分離装置	遠心分離機（SDI-500タイプ×3）および三相分離機（ADS-8000PSタイプ×3）
燃料化装置	乾燥機（750kgタイプ×4）、炭化設備（200kgタイプ×4）

## 採算性の検討

### ①初期費用

初期費用は、各種設備の設備費、設計・監理費、およびそれらの施工・設置費等から構成される。30t-FFB/h 規模の工場の場合、約 3 億 4,000 万円の初期投資が必要になると見込まれる。

なお、本検討ではパームオイル企業の収益性が高く設備投資のための自己資金を十分に保有しているという想定ことから、資金調達関連コストは計上しないものとする。

### ②比較する状況（レファレンスシナリオ）に対する追加ランニングコスト

ランニングコストには、設備オペレーター、および保守メンテナンスにかかるコストが想定される。今回提案する設備においては、処理に使用する消耗部品（フィルター、薬品等）はないため消耗品コストはかからない。

年間で約 1,600 万円程度のランニングコストになると想定される。

なお、乾燥機に使用される蒸気、エアレーター、遠心分離機、乾燥機、燃料化装置に使用される電力は量的にも大きくなるが（約 400 万 kWh/年）、前述の通り自給モデルを想定した場合、コストはかからない。

### ③比較する状況（レファレンスシナリオ）に対するコストメリット

コストメリットの源泉は、分離したスラッジに由来する燃料商品の販売、排水からのさらなるオイル回収によって得られた劣化オイル（オイル精製工程に戻仕入れすることを想定）、および、スラッジを分離することによりポンドに蓄積するスラッジが減量されることによる浚渫スラッジ廃棄コストの軽減である。

他方で、販売する燃料や、回収したオイルへのセールスタックス賦課（10%）を考慮し、約 500 万円の租税公課が必要になると想定する。

結果、年間で約 5,000 万円の追加的なコストメリットの創出が想定される。

### ④ユーザー側の採算性（まとめ）

本ケースにおける導入側の採算性は、ランニングコストが少なく、コストメリットが大きいことにより、大きな初期投資を短期間で回収可能なものとなっている。修正内部収益率では 4.2%であり、現在のマレーシアの政策金利（3.0%）よりは高い収益率が期待される。

資金力があり、パーム残渣による自家発電設備等の設備投資を既に行っている企業・工場向けのモデルであると言える。

ただし、電力を電力会社から調達することを想定した場合にはランニングコストが増加することにより、単年度でベースでも採算をとることは難しい。

表 18 提案①（遠心分離機+エアレーター+燃料化）の採算シミュレーション

費用項目	金額 (万円)
<b>初期費用</b>	<b>34,813</b>
設備費用	27,850
エアレーター	850
デカンター&セパレーター	15,000
乾燥設備・燃料化設備	12,000
設計・施工費用	6,963
設計・監理費用	1,393
エアレーター設置費用	170
デカ・セパ設置費用	3,000
乾燥・燃料化設置費用	2,400
<b>ランニングコスト (年間)</b>	<b>1,645</b>
人件費	1,645
運転員	252
メンテナンス (委託)	1,393
電気代	0
電力代 合計	0
<b>コストメリット (年間)</b>	<b>5,636</b>
資源販売	652
燃料販売	652
オイル回収	4,788
オイル回収額	4,788
スラッジ処理コスト 回避額	196
処理回避額	196
セールスタックス (10%)	544
<b>年間コストメリット</b>	<b>3,447</b>
<b>初期投資回数年数</b>	<b>10.1</b>
<b>排水量 1 m3あたりメリット</b>	<b>178</b>
<b>修正内部収益率</b>	<b>4.2%</b>

(2) スクリーン+エアレーター+堆肥化 システム

採算性の検討対象としたモデルケース

「スクリーン+エアレーター+堆肥化 (提案システム②に該当)」システムの導入目的、比較する状況 (レファレンスシナリオ) 等は下記の通り。

項目	内容
導入目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放流水の水質改善とともに、スラッジの堆肥化を図ることで堆肥販売収益を得る。</li> <li>・パーム残渣を利用する自家発電設備は保有しておらず、電力は外部調達となる。</li> <li>・初期投資をあまりかけずに導入できるシステムとする。</li> </ul>



比較する状況 (レファレンス)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・従来型のラグーン処理方式</li> <li>・自家発電設備などの設備投資ができていない</li> </ul>
想定メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放流水の水質改善</li> <li>・スラッジ堆肥化の取得 (5,000 円/t、日本での経験から)</li> <li>・定期的なスラッジ浚渫・廃棄の一部回避 (75 円/t、ヒヤリングより)</li> </ul>
想定排水量	生産工場規模：30t-FFB/h パームオイル工場排水量：23m <sup>3</sup> /h 年間稼働時間：350 日×24 時間=8,400 時間

### モデルケースに対応するシステム・製品

上記のモデルケースに対し、想定するシステム・製品の仕様は下記の通り。

項目	内容
エアレーター装置	エアレーター (F-75 タイプ×2)、ブロワ (50kPa タイプ×2)
固液分離装置	スクリーン装置 (TN タイプ×1)
堆肥化装置	コンポスター (×1)

### 採算性の検討

#### ①初期費用

初期費用は、各種設備の設備費、設計・監理費、およびそれらの施工・設置費等から構成され、30t-FFB/h 規模の工場の場合、約 2,500 万円の初期投資が必要になると見込まれる。(1) のケースと比較して初期投資は抑制できるため、キャッシュフローが少ない中小のパームオイル企業でも導入できる可能性がある。

なお、本検討では資金調達関連コストは計上しないものとする。

#### ②比較する状況 (レファレンスシナリオ) に対する追加ランニングコスト

ランニングコストには、設備オペレーター、および保守メンテナンスにかかるコストが想定される。今回提案する設備においては、処理に使用する消耗部品 (フィルタ、薬品等) はないため消耗品コストはかからない。年間で約 300 万円程度のランニングコストになると想定される。

また、電力は外部調達を想定する。エアレーター、コンポスターにて電力が消費されるが、スクリーン装置ではエネルギー源を必要としないため、総電力量は抑制できる (約 50 万 kWh/年、600 万円/年)。

合計で、約 900~1,000 万円の追加的なランニングコストがかかると想定される。

#### ③比較する状況 (レファレンスシナリオ) に対するコストメリット

コストメリットの源泉は、分離したスラッジに由来する堆肥商品の販売、および、

スラッジを分離することによりポンドに蓄積するスラッジが減量されることによる浚渫スラッジ廃棄コストの軽減である。

セールスタックスを加味しても年間で約 3,000 万円の追加的なコストメリットの創出が想定される。

#### ④ユーザー側の採算性（まとめ）

本ケースにおける導入側の採算性は、キャッシュアウトが少なく済むことが特徴である。初期投資の回収も短期間になる。修正内部収益率は 18.5%と想定される。

また、電力を電力会社から調達することを想定した場合においても、単年度収支でプラスとなるため十分に採用可能である。資金力が小さく、ユーティリティのそろわない工場でも導入可能なモデルである。

表 19 提案②（スクリーン+エアレーター+堆肥化）の採算シミュレーション

費用項目	金額（万円）
<b>初期費用</b>	<b>2,563</b>
設備費用	2,050
エアレーター	850
スクリーン装置	200
コンポスト設備	1,000
設計・施工費用	513
設計・監理費用	103
エアレーター設置費用	170
スクリーン設置費用	40
コンポスト設置費用	200
<b>ランニングコスト（年間）</b>	<b>989</b>
人件費	355
運転員	252
メンテナンス（委託）	103
電気代	634
電力代 合計	634
<b>コストメリット（年間）</b>	<b>3,048</b>
資源販売	2,973
コンポスト販売	2,973
オイル回収	0
オイル回収額	0
スラッジ処理コスト 回避額	74
処理回避額	74
セールスタックス（10%）	297
<b>年間コストメリット</b>	<b>1,762</b>
初期投資回数年数	1.5
排水量 1 m3あたりメリット	91
修正内部収益率	18.5%

### (3) まとめ

提案①、提案②の両ケースとも、一定の収益性は確保できる見込みである。

これらにつき採算性の確保のための条件として、スラッジ由来の燃料や堆肥の販売ができることが前提となっており、その収益寄与率は高い。現時点ではこれらの商流や需要は顕在化していないため、今後の需要開拓が不可欠である。

また、今回の試算に利用した資源化量は、技術検証の対象とした一つの工場の排水分析によるものであり、他の工場への適用の際には当該工場の排水分析を行った上で採算性を考慮する必要がある。

なお、上記の試算には含めなかったが、プラス要因として、排水基準の不順守による罰金や設備改善にかかるコストを回避することは可能と考えられる。

日本側企業としては、より高い収益性を確実に実現すべく、今後も設備費の低減に向けて、現地における組立製造を進める必要がある。

## 第4章 ODA 案件化による対象国における開発効果および提案企業の事業展開に係る効果

### の事業展開に係る効果

#### 4-1 提案製品・技術と開発課題の整合性

- (1) MPOB および DOE による規制強化に向けた BOD 値 20mg/L の実現可能性調査結果  
環境局 (DOE) によるパームオイル産業向け環境規制 (Environmental Quality (Prescribed Premises) (Crude Palm-Oil) Regulations 1977) の規制強化の動きがあることは前述したとおりであるが、それに先駆けて MPOB と DOE により、対応技術に関するフィージビリティスタディが 2012 年 12 月までに行われている。

この調査の目的は、BOD 値 20mg/L を実現するために、企業側に大きな初期投資や運用コストを負担させずにすむ先端技術を見出し、パームオイル工場排水の三次高度処理プラントのパフォーマンスを広くパームオイル産業に情報共有することにある。

この調査は、サバ州の 3 つの河川流域にある工場を対象に行われた。

MPOB および DOE による規制強化に向けた BOD 値 20mg/L の実現可能性調査概要<sup>17</sup>

#### 【フェーズ 1】

MPOB によって実施された調査で、工場側の記録とサイト訪問による三次高度処理プラントの成績に関する調査。18 工場の調査が行われた。

#### 【フェーズ 2】

DOE にて BOD 値 20mg/L 以下の順守を義務付けられた 14 工場を対象とした、MPOB と DOE の共同サンプリング調査 (3 工場はサバ州、11 工場はサラワク州)

#### 【フェーズ 3】 2011 年 10～11 月

フェーズ 1 および 2 の調査結果を受けて、三次高度処理プラントを持ち、BOD 値 20mg/L を順守できていた過去調査対象となった 6 工場 (2 工場はサバ州、4 工場はサラワク州) に対する下記項目の調査。

- 収穫閑散期と収穫繁忙期の両方を通じた処理プラントの安定性に関する調査
- 三次処理プラントの運転条件設定と運用に関する観察
- BOD 値 20mg/L の排水基準値の順守に向けた投資に関する調査

#### 【フェーズ 4】 2012 年 4～12 月

BOD 値 20mg/L 以下を安定的に順守できていた 4 工場に着目して、最も可能性の高い技術の調査。

<sup>17</sup> 出典："MPOB study on mills compliance with BOD 20ppm Requirements" Dr. Hj. Zulkifli Ad Rahman (2012 年 11 月の MPOB 主催のナショナルセミナーである POMREQ 資料)

その調査結果によると、DOEにてBOD値20mg/L以下の順守を義務付けられた14工場の内、その基準値を順守できていたのは5工場であり、9工場は基準値オーバーをしていた（フェーズ2調査）。

表 20 MPOB フィージビリティ調査 PHASE2 の結果<sup>18</sup>

BOD3 結果	工場数
100mg/L を超える	0 工場
51～100mg/L	3 工場
21～50 mg/L	6 工場
20mg/L 未満	5 工場

BOD値20mg/Lを順守できていた6工場の内、収穫繁忙期（ハイシーズン）では基準値オーバーをしている工場が2工場、収穫閑散期も収穫繁忙期も基準を順守できていた工場は4工場であった（フェーズ3調査）。さらに1週間の連続モニタリングにて基準値を概ね順守できていた工場は2工場にとどまった（フェーズ4調査）。

これらの結果から、三次高度処理プラントを導入している工場においてもBOD値20mg/Lの安定的な順守は難しい状況が分かる。

なお、ハイシーズンでも基準値を順守できていた工場では従来のポンド処理に加えて、工業的な三次高度処理プラントを保有しており、それぞれの三次高度処理プラントへの投資額は下記の通りであることが調査されている（フェーズ3調査）。

三次高度処理プラントの導入には数千万円の設備投資が必要となり、加えてランニングコストも必要となることから、パームオイル企業側への資金負担が大きいことが課題とされている。

表 21 順守工場における処理方式と投資額<sup>19</sup>

処理方式	投資額※
追加エアレーション + サンドフィルター	6,000 万円
追加エアレーション + ウルトラフィルター処理	4,200 万円
追加エアレーション + フィルター処理	5,700 万円
フロー式活性汚泥処理 + 沈殿槽	4,200 万円

※1RM=30 円で試算

MPOB では、フィージビリティスタディの結果、BOD 値 20mg/L の実現に向けた採用技

<sup>18</sup>出典：“MPOB study on mills compliance with BOD 20ppm Requirements” Dr. Hj. Zulkifli Ad Rahman より三菱UFJリサーチ&コンサルティングにて加工

<sup>19</sup>出典：“MPOB study on mills compliance with BOD 20ppm Requirements” Dr. Hj. Zulkifli Ad Rahman より三菱UFJリサーチ&コンサルティングにて加工

術として、ポンド処理の高度化、三次高度処理の導入を提唱し、パームオイル企業に対しては「企業利益のために環境対応をおろそかにしてはならない - 人も、地球も、利益も同様に重要である -」、「MPOB は DOE、州政府、技術提供者、パームオイル工場と協力しつつ、パームオイル排水が河川汚染の原因とならないように努める」、「BOD 値 20mg/L の実現に向け、各工場は先を見越して、既存のポンド処理システムの改善と三次処理システムの組み込みを行うべきである」としている。

#### 技術的対応の今後の方策について<sup>20</sup>

■ ポンド処理の高度化：三次処理プラントへの流入水の水質の一定化は、生物処理工程の成績の安定化にとって大変重要である。

▶ 少なくとも年 1 回の定期的なスラッジ浚渫、できれば連続式のスラッジ除去装置の導入

- 連続式：ベルトプレス、フィルタプレス、遠心分離機（デカンター）

- バッチ式：チューブ方式、従来型のスラッジ浚渫

▶ 追加的な調整ポンドの導入

▶ 好気処理ポンドにおける表面曝気装置の導入

▶ 時間をかけた有機物の分解・不活化に対応する三次高度処理プラントの導入

■ 可能性の高い技術：三次高度処理として、下記技術が有効

▶ 追加エアレーション + サンドフィルター処理

▶ 追加エアレーション + ウルトラフィルター処理

▶ 追加エアレーション + フィルター処理

▶ フロー式活性汚泥処理 + 沈殿槽

## (2) 提案製品・技術と開発課題の整合性

### ① BOD 値 20mg/L の安定的な実現に寄与するシステム

今回提案するシステムは、排水処理の側面では前処理におけるスラッジ分離、後処理における効果的エアレーションを軸としたものである。

MPOB では安定した基準値順守のためにポンド処理の高度化と三次高度処理を課題として挙げており、提案システムはこれらに応えるものである。MPOB も以前より阪神動力機械のエアレーターへの関心を強く持っており、両者のニーズは合致している。阪神動力機械のエアレーターの特長は、水中に沈めた本機によってエアの吐出と攪拌を同時に行うことであり、強力な曝気・攪拌力を有していることと同時に、同様の攪拌力を従来の曝気板方式と表面攪拌方式で実現する場合と比較して、運用にかかるエネルギーコス

<sup>20</sup> 出典：「MPOB study on mills compliance with BOD 20ppm Requirements」Dr. Hj. Zulkifli Ad Rahman より

トを削減できることにある。MPOB へのインタビューによれば、マレーシアのパームオイル工場ではこのようなエアレーション設備を使用しているところはなく、エアレーターに対して大きな期待を抱いているとのことであった。

また、エアレーターの性能を最大限に発揮するために、今回の調査において前処理として提案したスラッジ分離のためのスクリーン技術、遠心分離（デカンター）技術についても、連続してスラッジ分離を行うものであり、かつ、簡易試験ながら一定以上のスラッジ分離ができると確認されたことから、ポンド処理における汚濁負荷量削減と安定したポンド能力の保持を実現するものと考えられる。

## ② 導入企業側のコスト負担の軽減

今回提案するシステムの特徴としては、スラッジを分離するだけではなく、それらを資源（燃料又は堆肥）として有効利用する、または販売できる商品とすることを提案していることにある。また、これまでは費用がかかっていたスラッジの浚渫・廃棄の一部が回避できる。このことにより MPOB が懸念する企業側へのランニングコストの単純な増大を回避することが可能である。

初期投資額は MPOB 調査よりも大きくなる可能性があるが、ランニング面において商品から得られる収益や、廃棄コストの削減等によりメリットの創出が期待できることから、従来設備では導入企業側の単純なコスト増の構造となるところを、コスト回収が可能になる構造とすることができる。

他方で、初期投資額を抑えるプランとして、前処理にスクリーン装置を用いることで、初期投資及び電力費を抑制するシステムも同時に提案する。



図 20 伝統的処理、MPOB 推奨モデル、本共同体の提案の比較

#### 4-2 ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用/活用/普及による開発効果

##### (1) 提案技術のマレーシアにおける適用・活用・普及イメージ

本調査を通じて、パームオイル工場における排水処理に関する技術蓄積や新技術の取り込み意向は、複数工場を保有する大手資本企業ほど高いことが確認できた。BOD 値 20mg/L というターゲットは高い目標でもあるため、まずは大手資本企業（マレーシアに存在する工場の約 1/4 を保有）の工場に日本側技術を導入して BOD 値 20mg/L の実現を図りたい。それらの手法を、中位や下位企業に展開して底上げを図ることが有効と考えられる。

普及手法としては、MPOB の技術普及スキームを活用することを検討する（1-3 (3) 参照）。この技術普及スキームでは、優良技術と認定された技術に対して、当該技術の研究担当となった MPOB 職員が、技術紹介セミナー紹介や個社別検討を指導し、パームオイル各社による試験導入を促す。このスキームにて試験導入が行われた技術が複数（バイオガス活用、活性汚泥法等）あり、一定以上の普及効果を持つものと考えられる。

その第 1 ステップとして、ODA を活用し、MPOB が試験工場を選定し、工場側の協力合意の下、ODA 資金で日本側技術導入を導入し、MPOB による技術面での研究・検証（実証）と、“ショーケース”としての活用（普及）を図る。

日本側は、導入過程において、ショーケース工場の技術担当者への技術指導を行うとともに、MPOB との協働推進を図ることで、MPOB への技術情報の引き渡しと継続的な普及依頼を行う。

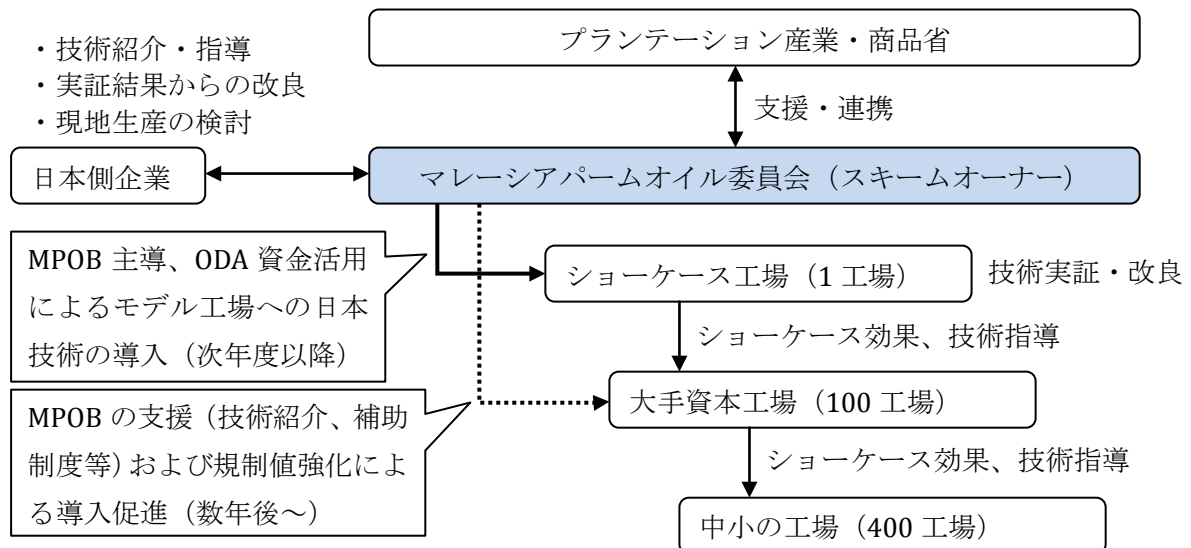


図 21 ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用/活用/普及イメージ



## (2) 提案技術の普及による開発効果

本案件の ODA 化を通じて、下記のような開発効果が期待できる。

### ①BOD20mg/L の安定的な実現手法の具体的な提示

これまで MPOB ではパームオイル工場排水の放流基準である BOD 値 20mg/L について、コスト負担が大きくなり、かつ、安定的に処理基準を順守できる技術を開発・探索し続けてきており、工業的な排水処理方式である三次高度処理プラントや、嫌気性発酵処理におけるバイオガス化プラントを提示してきた。それらに加え、本 ODA 事業の実施により、MPOB から工場側への提示する具体的な選択肢を広げることができる。

本提案技術では、三次高度処理プラントやバイオガス化プラントと比較して、初期投資を抑制し、また運用においても取り扱いやすいものであることから、本提案を採用するパームオイル企業も少なからず存在すると考えられる。そのような潜在ニーズを持つ企業に対して、実証設備によるデータや運用方法を示すことで、これら技術の普及を促進するものと考えられる。

特にスラッジの燃料化（固形燃料棒等）は、より石炭の代替性や運搬効率の面から流通を進めやすいものであり、導入企業側への収益にもつながりうるものである。

### ②排水水質の改善、公共水域の水質改善

DOE ではパームオイル工場からの排水について、規制基準値の順守を四半期毎のモニタリングによって担保してきた。他方で、本調査で確認したとおり規制基準値の達成状態は安定的なものではなく、また四半期毎であっても規制基準を順守できない工場も存在していることから、パームオイル工場排水が公共水域における水質汚濁の一因となり続けていることが想定される。

規制基準値の安定的な達成ができない要因として、生物処理（活性汚泥方式）では微生物が最も能力を発揮する環境のコントロールが難しいこと（装置や運用条件の管理不備）、パームオイル工場の稼働状況が変動することにより排水負荷が変動することにある。

本 ODA 事業を通じて本技術が普及することにより、前処理によるスラッジ分離とエアレーターによる微生物が最も能力を発揮する環境の実現が進み、これまでよりも安定的に BOD 値の規制基準を達成することが期待される。

結果として、公共水域の水質汚濁が改善されるという効果を持つ。

### ③廃棄物の削減と有用資源化

パームオイル工場では、果実繊維（メソカファイバー）、空房繊維（ロングファイバー）、種皮（PKS）、排水処理スラッジ等、パームオイル生産に伴う生産残渣が大量に発生している。現在、単位発熱量の高い種皮は燃料商品として出荷している工場もある

が、多くの工場では繊維質や種皮を自社ボイラーでの燃料使用または農場への堆肥としての散布を行っているが、有効に活用されているとはいえ、潜在的には廃棄物になりえる。また排水処理スラッジは1～2年に1回の浚渫の後、埋め立て処理されている。

現時点ではパームオイル工場からの廃棄物排出に関する問題は取り上げられていないが、有効活用が進まないことにより潜在的な廃棄物課題を抱えている状態にあると考えられる。

本提案技術の普及により、これらを燃料化または堆肥化する手法が確立されれば、生産残渣が廃棄物として排出される可能性を低減し、潜在的な環境問題の発生を事前に回避することが可能である。

表 22 パームオイル工場の生産残渣 (30t-FFB 工場を想定)

生産残渣	1時間あたり	年間
果実繊維 (メソカファイバー)	6,600kg/h	55,440t/年
空房繊維 (ロングファイバー)	5,800kg/h	48,720t/年
種皮 (PKS) - 軽質シェルを含む	2,500kg/h	21,000t/年
排水処理スラッジ	4,700kg/h	40,000t/年

※1時間あたり量は、MPOB 提供資料から試算

※年間量は 350 日、24 時間操業で試算

#### ④排水処理行政の高度化

DOE では排水処理状況の確認を四半期毎のモニタリングのみに頼ってきたが、その背景として継続的・安定的に排水基準を達成し、かつ工場側でも現実的に導入可能な技術が存在していなかったことがある。

本 ODA 事業を通じて安定的な排水処理が実現した場合、DOE としては排水基準の強化に加えてモニタリング方法の強化、例えば自動計測器による常時モニタリングの義務化等の行政手法が採用可能となる。

ご承知の通り、日本において排水処理行政が進んだ要素の一つとして、水質汚濁防止法によって特定排出事業者に対する一部項目の常時モニタリングを義務付けたことがある。マレーシアにおいて常時モニタリングの道を開くことは、結果を伴う排水処理行政の実現に一歩近づくものと考えられる。

#### ⑤ 健全な主要産業の発展

パームオイル産業は、マレーシアにおいて重要な産業に育ってきており、その産業が環境面でも健全なパフォーマンスを示すことでさらにその位置付けを高めることができる。

具体的には、EU を中心に拡大しつつある持続可能性評価（環境、自然資本や生物多様性、現地社会構造等の多面的な持続可能性に配慮した農業開発や製品製造であるかを評価するもの）がグローバル社会では主流化しつつある。木材認証制度等と並んで環境に配慮した持続可能な栽培や製造が行われたパーム油の認証制度（RSPO 認証）はその代表的な制度の一つである。

本 ODA 事業を通じた排水処理の高度化は、マレーシアのパームオイル産業の持続可能性を高め、産業全体のグローバルでの社会的地位を高めることにつながる。

また、例えばオランウータンの生息域である河川流域における排水処理の高度化によりマレーシアの環境や自然資源が保全されることにより、パームオイル産業と並んで外貨収入の柱（年間約 600 億リングット）となっている観光産業への好影響も期待される。

### 4-3 ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果

本案件の ODA 化を通じて、下記のような事業展開に係る効果が期待できる。

#### ① MPOB の技術普及スキームを活用した効果的な技術紹介機会の獲得

新規事業に多くの人員を割けない中小企業が海外への事業展開を進める際に障壁事項の一つと感じるのは、現地ニーズに関する情報収集とそれらニーズに対応した商品や技術の紹介にかかる時間、手間、コストである。特に設備事業においては、現地の状況に応じて設備能力が十分かをユーザー側が合理的に判断するのに対し、日本側の中小企業では実証設備の持ち出しにも十分なコストをかけられず、個々の実証要求に応えることができずに機会を逸することもある。

本案件の ODA 化が実現できれば、政府機関である MPOB との協働により、MPOB による普及啓発を期待でき、また多くのユーザー企業に対して実証設備によるデータ提供を行うことが可能となるため、少ない手間やコストでの情報収集と製品紹介が可能になる。

#### ② 現地ユーザー企業、EPC 企業等への技術ノウハウの移転

中小企業に限らず、海外事業で現地代理店を設定するケースは少なくない。ただし、設備事業においては、これら EPC 企業や組立製造企業（ファブリーケーター）に技術ノウハウを移転すること、特にユーザー側の事業機会の損失にもつながるため迅速な対応が求められるメンテナンスや保守については現地にて対応できる体制を確立することが必要となる。

本案件の ODA 化を通じて、MPOB によるコンサルテーションの下で現地ユーザー企業や EPC 企業の技術者との協働機会を得ることができ、技術移転を進めることが期待できる。

#### ③ 大阪・関西地域にある中小企業等へのさらなる事業機会の拡大

MPOB 技術者やユーザー企業技術者の日本への招聘と技術研修を行うことにより、技術への理解を深め、より効果的な展開に繋がることを期待される。

同時に、近畿経済産業局や大阪府が進める関西地域の水処理企業の海外進出支援と連動し、今回の共同体・補強参加企業では対応しきれない新たな技術ニーズに応える日本企業の紹介も可能である。

#### ④ 生成されるスラッジ由来バイオ燃料の輸入事業の可能性

資源循環利用の候補であるスラッジ由来バイオ燃料については、その需要も必要な要件になりえる。ODA 案件化を通じて、MPOB ともその需要者について協議しつつ、場合によっては日本での需要者探索を行うことも視野に入れる。

## 第5章 ODA 案件化の具体的提案

### 5-1 ODA 案件概要

#### (1) 想定する ODA スキーム

本調査を通じて、今回提案する排水処理高度化・循環利用システムの技術適用について一定の可能性を確認したことから、次年度に「民間提案型普及・実証事業」のスキームを活用し、ショーケースとなりえるモデル工場への設備導入による実証事業を想定する。

#### (2) 想定する ODA 事業の概要

「マレーシア国 パームオイル工場の排水処理高度化・循環利用 普及・実証事業（仮称）」として、下記の普及・実証事業を想定する。

##### ① 実証試験の実施

対象とするパームオイル工場の排水の一部をバイパスし、今回提案するシステム（または要素技術設備）を設置する。設置したシステムの運用により、バイパス排水の水質がどの程度改善するかにつきデータを取得し、本流排水との比較を通じてその効果を実証する。なお、環境ライセンスの変更が不要であるために当初はバイパス排水を対象とするが、実証試験後にはバイパスから排水全量の処理へとスケールアップすることを前提とする。

また、実証設備として設置した機器については、他のパームオイル企業にも取得データとともに公開し、本技術の普及を行う。

##### ② 製品・技術改良、コスト改良に向けた調査

実証試験と並行し、現地のニーズに合う技術・製品とするべく技術改良を検討する。具体的には不要なハイスpek機能の削除、必要な機能の追加、現地での汎用構成機器の調達、コア部材を日本から供給しての現地組み立て（又は製造）の実現に向けて、技術検討と提携企業候補との協議を重ねる。

特に提携企業（EPC 企業、組立製造企業）については、本 ODA 事業後の事業展開において現地での事業を実現可能とするべく、契約交渉や技術移転を図ることとする。

##### ③ 技術研修

MPOB、パームオイル企業、EPC 企業の技術スタッフを日本に招聘し、設備稼働事例の見学や、それら実機を使用しての設備オペレーション技術・メンテナンス技術の指導を行う。また、現地においても技術指導や実機に対するオペレーション方法・メンテナンス方法等を指導する。あわせて、製品改良に関する協議を進める。

また、DOE を招聘メンバーに加え、日本における産業排水処理行政の状況についても

紹介を行うことを検討する。

さらに、マレーシア現地において、ショーケース工場における日本側企業による技術説明や指導を行う、または MPOB が主催する年 1 回の大会で発表する等、現地での技術紹介セミナーにも発展させる。

#### ④ 循環利用製品に関するマーケティング

実証試験の結果として得られるスラッジ由来の燃料や堆肥について、生産された試作物を活用しながら、そのマーケットニーズを探索する。

諸外国では廃棄物の利用に心理的に抵抗がある地域もあり、特に下水汚泥の堆肥化などでは、需要先が無いという問題も散見されており、宗教や社会通念の観点からも、パームヤシ残渣から生産された堆肥等の利用ニーズを確認する。

候補として公共分野での使用（例えば都市緑化地域での堆肥利用等）が考えられる。

## 5-2 具体的な協力内容および開発効果

### (1) 対象となるカウンターパート機関、実施体制

本 ODA 事業化について、対象とするカウンターパートは、マレーシアパームオイル委員会 (MPOB) を想定する。

#### ① マレーシアパームオイル委員会 (Malaysia Palm Oil board)

マレーシアパームオイル委員会は、プランテーション産業・商品省 (Ministry of Plantation Industries and Commodities) の傘下組織 (Agency) であり、マレーシア法 (Act582、2000) によりパームオイル登録許可局およびマレーシアパームオイル研究所が合併してできた政府機関である。マレーシア政府の関連省庁からの代表または指名された者からボードメンバーは構成される。パームオイル工場に対する許認可権限と研究開発機能を有している。

研究開発と許認可を司るため、ODA 事業化のカウンターパートとしては最適な政府機関であり、これまで調査団とも協議を重ねてきたことから引き続きメインカウンターパートとする。

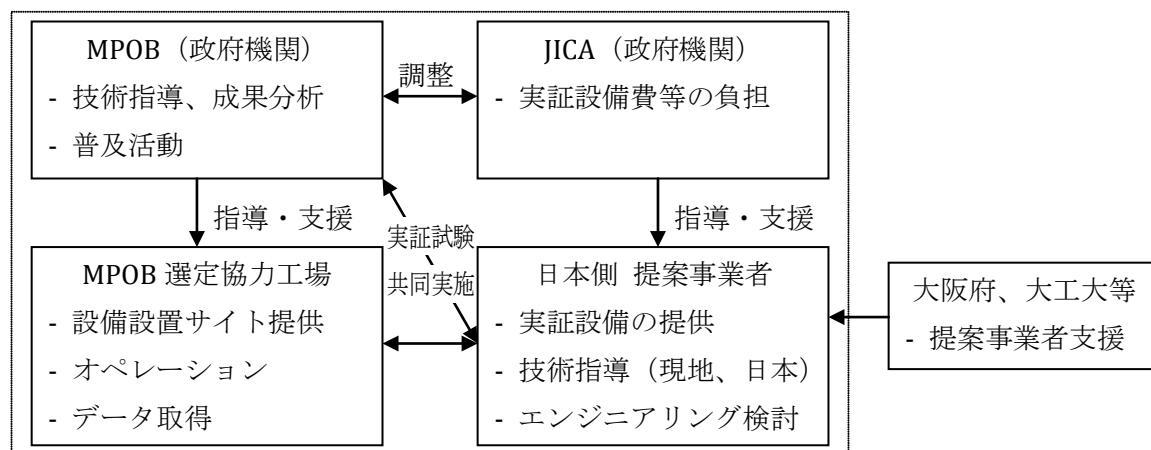


図 22 ODA 事業案 体制イメージ

#### ② 設置場所

実証試験機の設置場所は、研究活動に適した協力工場を MPOB が選定する。

設置場所の選定条件案は下記の通り。

- ・半島マレーシアの工場とする (MPOB の本部スタッフによる検証がしやすく、政情も比較的安定しているため)
- ・システムや要素技術設備の運用に必要な電気や蒸気等のユーティリティが、工場廃棄物の燃焼ボイラーから得られることが望ましい (ユーティリティに関する追加コストが抑制できるため)
- ・実証試験期間は排水の一部をバイパスして使用できること (ライセンスの変更に係る時間や手間を回避するため、処理水の水質保証を回避するため)

- ・実証試験後にはバイパスから排水全量の処理へとスケールアップすることを前提とできること（実証後の継続使用を前提とするため）

### ③ 供与設備の取扱い

実証試験に供する設備は、MPOBの研究開発を目的としたものとしてMPOBに供与し、協力工場の実証箇所に設置する。実証期間後は、MPOBにより、当該サイトでの継続利用（ショーケース工場としての利用）、または、条件の異なる他の工場での研究を目的とした移設を行うことを想定する。

実証試験に先立ち、これらの内容を踏まえた文書を取り交わす予定。

### ④ エンジニアリング企業との連携

今回の提案では、パームオイル工場排水の処理フロー全部を提案するものではなく、既存の処理フロー、特に嫌気ポンドはそのまま活用することを検討しているため、パームオイル工場排水の処理に詳しい現地エンジニアリング企業と連携し、全体調整を担当してもらうことを検討する。

具体的には、O'REC社（企業登録番号 835573-U）との連携を検討する。

## （2）目標、投入

### ① 目標および開発効果

本 ODA 事業の目標および成果を下記の通りに想定する。

上位目標：

マレーシアにおいて企業による公害対策が促進され、開発と環境の調和が図られる。

プロジェクト目標：

パームオイル排水処理に関する技術知識が向上する。

期待成果：

パームオイル産業に関連する技術者が、本提案システムに関する知識・技術を取得し、各工場への技術導入を検討・開始する。

具体的な開発効果：

- ・製品改良・コスト改良も含めて、現地パームオイル工場が容易に採用できる放流点 BOD 値 20mg/L を安定達成可能な技術を確立する
- ・パームオイル企業の上位にある大手資本企業（保有数合計 100 工場以上を目標とする）の技術スタッフに対して、技術理解を深める
- ・MPOB の技術普及スキームとの連動し、技術紹介のプロモーションを実施する
- ・現地での設計・施工（EPC 企業）、組立製造（組立製造企業）を実現可能なものとする



② 投入案（日本／マレーシア）

本 ODA 事業の投入案を下記の通りに想定する。

項目	マレーシア側（MPOB・FELDA）	日本側
体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶プロジェクト責任者（MPOB）</li> <li>▶プロジェクト担当者（MPOB）</li> <li>▶オペレーション責任者（工場）</li> <li>▶技術検証担当者（工場）</li> <li>▶設備オペレーター（工場）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶JICA プロジェクト担当者（JICA）</li> <li>▶プロジェクト統括（提案事業者）</li> <li>▶設備技術指導者</li> <li>▶その他</li> </ul>
実証試験（導入）	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶実証サイト（MPOB 選定）</li> <li>▶試験用排水・スラッジ等の提供（工場）</li> <li>▶施工設置企業との調整（MPOB、工場）</li> <li>▶関連する許認可（MPOB）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶実証設備（JICA）</li> <li>▶施工設置費用（JICA）</li> <li>▶オペレーション技術の指導（提案事業者）</li> </ul>
実証試験（運用）	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶技術指導（MPOB）</li> <li>▶電気等のユーティリティコスト（工場、MPOB）</li> <li>▶スラッジ等の運搬費用（MPOB、工場）</li> <li>▶オペレーション人件費（工場）</li> <li>▶成果分析（MPOB）</li> <li>▶普及のための公開（MPOB）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶定期的な現地確認とメンテナンス（提案事業者）</li> <li>▶成果分析支援（提案事業者）</li> </ul>
技術指導	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶技術陣の日本渡航（MPOB、工場、DOE）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶航空運賃（JICA）</li> <li>▶技術指導人員・経費（提案事業者）</li> </ul>
試験後（継続利用）	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶普及のための公開（MPOB）</li> <li>▶電気等のユーティリティコスト（工場）</li> <li>▶オペレーション人件費（工場）</li> <li>▶現地企業メンテナンスコスト（工場）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶（必要に応じた技術指導）</li> </ul>

### (3) 想定スケジュール (バーチャート)

本 ODA 事業の実施スケジュールは下記の通りに想定する。

項目	2014 年度		2015 年度		2016 年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
詳細調査・仕様確定	■					
実証契約の締結		○				
実証設備の導入		■				
実証試験の実施(12ヶ月)			■			
実証結果まとめ				■		
日本での技術研修			■			
報告書作成	□	□	□	□	□	□

□ : 実施期間

■ : 内、現地での作業等

### (4) 協力額概算、維持管理費用、機材の耐用年数等

#### ① 協力額概算

本 ODA 事業の協力額概算、維持費用については、上記 3.3 の採算性の検討で設定したモデルケース工場 (30t-FFB/h) の 1/3~1/5 程度のスケールにて排水をバイパスして実証を行うことを想定する (排水量 5~10m<sup>3</sup>/h 程度)。

提案システム①のエアレーター+遠心分離機+炭化・燃料化、および提案システム③のエアレーター+スクリーン+堆肥化の 2 ケースについて、それぞれ別の工場に導入することを検討する。

採算性検討も参考とし、機材費、輸送費、施工費 (外注費) 等で 6,000~7,000 万円を見込む。また、これらに関連する旅費、日本に技術者を招聘しての国内研修費、外部人材活用費等で 3,000~4,000 万円を見込む。合計で 1 億円の協力額を想定する。

#### ② 維持管理費用、耐用年数等

本 ODA 事業の提案により設置する設備に関しては、膜処理方式や化学的処理方式と比較すると処理に伴う消耗品はほぼ不要である。また、対象工場選定の際に、自家発電設備を有している、蒸気や電力の余剰があることを条件にすれば維持管理にかかる費用はオペレーション人員と保守メンテナンス程度となり、維持管理費用はほとんどかからないと見て良い。

耐用年数についても、いずれの設備も日本国内では 10 年程度は使用可能であり、十分な耐用年数を有しているといえる。実証終了後、設備パフォーマンスが良い場合には、バイパス排水の処理から排水全量の処理にスケールアップできることを工場選定の条件とし、引き続き設備が使用される状況を作る。

### 5-3 他 ODA 案件との連携可能性

現在、マレーシアは ODA 卒業移行国となっており、同国における ODA 案件はあまり多くない現状であるが、下記のような連携可能性がある。

#### (1) マレーシアにおける現在の ODA 事業

形態	分野課題	期間／締結年月	案件名
技協	水資源・防災	協力期間：2011年6月～2016年6月	(科学技術) マレーシアにおける地すべり災害および水害による被災低減に関する研究プロジェクト
技協	環境管理	協力期間：2011年6月～2016年6月	(科学技術) アジア地域の低炭素社会化シナリオの開発プロジェクト
有償	教育	借款契約 (L/A) 調印：2011年12月	マレーシア日本国際工科院整備事業
技協	自然環境保全-生物多様性保全	協力期間：2013年7月～2017年6月	サバ州を拠点とする生物多様性・生態系保全のための持続可能な開発プロジェクト
技協	林業・森林保全	協力期間：2013年11月～2017年11月	(科学技術) 生物多様性保全のためのパーム油産業によるグリーン経済の推進プロジェクト

#### (2) マレーシア日本国際工科院との連携

マレーシア日本国際工科院は、ODA 円借款事業によって設立された研究開発 (R&D) 能力を備えた高度教育機関である。2011年から2018年をその事業年度としている。

マレーシアにおいて、日本型の工学教育を導入した学部および大学院を設立することにより、産業界の求める実践的かつ最先端の高い技術開発・研究能力と労働倫理を備える人材の育成を図り、もって同国の国際競争力強化を通じた経済および社会の開発に寄与することを目的としている。

本提案による ODA 化事業においても、技術人材の育成は不可欠であること、パームオイル産業はマレーシア主要産業でありながら、特に排水処理を含む環境技術を高いレベルで保有している人材が少ないこと等から、その目的は合致している。

### (3) 「生物多様性保全のためのパーム油産業によるグリーン経済の推進プロジェクト」との連携

技術協力プロジェクトとして行われている「生物多様性保全のためのパーム油産業によるグリーン経済の推進プロジェクト」は、2012年に採択され4年間の協力期間が予定されているプロジェクトであり、九州工業大学、九州大学、産業技術総合研究所、およびマレーシアプトラ大学、サバ大学による研究チームが、①パーム廃液ゼロ・ディスチャージによる余剰バイオマス・エネルギーの有効利用法を示すショーケース工場の公開（ゼロ・ディスチャージの公開）、②提案ゼロ・ディスチャージ法と余剰バイオマスとエネルギーにより創出されたグリーン産業の有効性の確認（提案グリーン産業の有効性）、③余剰バイオマスとエネルギーの効果的な利用と目標地域におけるパームオイル製造に伴う環境負荷の低減に資する革新的研究の実施（バイオマス・エネルギーの有効利用と環境負荷低減）、④事業モデル有用性のサバ州政府、国内外投資家、当該地域企業への広い周知と研究成果の共有（事業モデルの有用性の周知）を研究題目として協同研究を進めるものである。

特に、九州工業大学グループ（チームリーダー：白井義人教授（九州工業大学大学院生命体工学研究科））が進めるパームオイル廃液ゼロ・ディスチャージの効用のショーケース工場での実証、グリーン事業の提案と妥当性の証明、過熱水蒸気処理と気相重合法によるナノバイオコンジット材料の開発は、パームオイル工場排水や残渣を排出せずに炭化コンポスト等の有用資源化を図ることを目指しているものであり、本共同体が目指す方向と類似性が高い。

また九州工業大学グループとは、九工大グループがサバ州（ボルネオ島）中心の活動、本共同体は主に半島マレーシアという地域的補完関係、九工大グループはゼロ・ディスチャージ（排出ゼロ）、本共同体はパームオイル工場排水の処理高度化と有効資源化（排水水質の改善）という最終目的と中間目的というバランス、九工大グループは大学主導、本共同体は民間企業主導という取組み主体の強みの補完性、九工大グループの現地カウンターパートは大学、本共同体は政府機関である等、協働することによる相互メリットも少なからずあると考えられる。

## 5-4 その他関連情報

### これまでのカウンターパート機関との協議状況

本 ODA 化提案に関して、現時点で下記メンバーとの調整を行っている。これまで、個別面談またはセミナーを通じて提案するシステムや要素技術に関する説明をしており、技術面での十分な理解はいただいている。

なお、協力工場の候補である FELDA 社については下記メンバー以外にもセミナー参加や個別面談への参加をされている方が多数いる。

組織	氏名	部門・職位
MPOB	Hj Zulkifli Ab. Rahman	Head, Milling and Processing Unit, Engineering and Processing Research Division
MPOB	Yahaya Bin Hawari	Research Officer, Milling and Processing Unit, Engineering and Processing Research Division
FELDA Palm Industries S/B	Zuhalmy Bin Johari	Chemical Engineer
FELDA(FGVPM)	Abuseman Ramli	Manager

#### ① 「民間提案型普及・実証事業」に関する紹介

MPOB に対して、個別に「民間提案型普及・実証事業」について、その目的、スキーム概要、2014 年度で想定されるスケジュール、事前の文書による合意の必要性、2013 年度事業における 1 件あたり事業予算、その内で設備費用に充当できる予算規模等について紹介をしている。

#### ② MPOB との調整状況

MPOB からは、次年度の「民間提案型普及・実証事業」を共同推進することについての同意、プロポーザル作成のために必要な協力工場との調整を行うこと等のコメントを得ている。

なお、MPOB の技術普及スキームにおいて、MPOB、パームオイル工場、技術提供企業の三者契約となる「Collaboration Agreement」の雛型様式の提示も受けており、実証事業の実施までにその内容調整が必要であるとのコメントも得ている。

#### ③ 協力工場の選定状況

MPOB より、次年度の「民間提案型普及・実証事業」の候補地として、FELDA PALM INDUSTRY SDN BHD 社の KILANG SAWIT JENGA 21 があげられている。本工場は、今

回調査でも訪問調査した工場の一つであり、特にアクアレータ設置に向けた情報収集が行われている。

FELDA PALM INDUSTRY SDN BHD 社は、FELDA ホールディングスの傘下企業である。FELDA ホールディングスは、連邦土地開発局（Federal Land Development Authority）の商業部門として 1995 年 9 月に設立、2003 年 5 月に株式公開された企業である。<sup>21</sup>

マレーシア国内に 70 工場を保有するパームオイル産業の最大手企業であり、技術者の一部は、マレーシアパームオイル産業全体の技術アドバイザーも務めている。

FELDA 社（FELDA Palm Industries S/B）については、特に排水処理について全工場を担当する主任技術者（MPOB とともにパームオイル産業全体の排水処理に関するアドバイスも行っている）への「民間提案型普及・実証事業」に関する説明、および、今後の技術的調整の必要性について説明している。

FELDA 社としては CEO の同意が必要になるとのことであり、CEO に対する事前の説明や調整が求められている。なお、この調整については MPOB が主体的に行うとのコメントを得ている。

#### ④今後の課題

現在、対象工場にどのような設備を導入するかについて、MPOB 主導にて検討いただいている最中である。今後、場合によっては現地工場の再訪問も含めて、導入設備に関する詳細設計を行う必要がある。

---

<sup>21</sup> FELDA ホールディングス BHD の株式の 51%を出資する Koperasi Permodalan FELDA（KPF）は、地域農業のコミュニティの発展を目的として 1980 年 7 月 1 日に設立された投資協同組合であり、会員は、FELDA 入植者、FELDA グループスタッフ、および入植者に関連する者に限定されている。  
FELDA ホールディングス BHD の株式の 49%を出資する FELDA グローバルベンチャーズ・ホールディングス Sdn Bhd 社は公開企業であるが、国（財務大臣）が黄金株（重要議案を否決できる権利を与えられた特別な種類株式）を保有している。 出典：FELDA ホールディングス BHD ホームページ

## 図表リスト

図 1 実質 GDP 成長率（2003 年～2012 年） .....	23
図 2 世界 17 油脂の生産量推移（2002～2012 年） .....	25
図 3 マレーシアの製品別輸出額の推移（1980～2011 年） .....	27
図 4 パームオイル産業における環境品質法に関する指摘件数（2011 年） .....	38
図 5 技術普及スキーム 概要図.....	40
図 6 一般的なクルードパームオイル製造フローと、排水発生源工程.....	44
図 7 現状のパームオイル工場排水の処理フロー（フロー事例として POMTEC） .....	45
図 8 提案システム①遠心分離機+エアレーター+燃料化 概要図 .....	50
図 9 提案システム②スクリーン+エアレーター+コンポスト化 概要図.....	52
図 10 エアレーター設備の特徴.....	53
図 11 エアレーター設備の他方式に対する特性.....	53
図 12 スクリーン装置の概要.....	54
図 13 ウェッジワイヤスクリーンの特性.....	55
図 14 遠心分離装置の原理.....	55
図 15 バイオチャーの堆肥化による効果事例.....	57
図 16 バイオ燃料棒の製造事例.....	57
図 17 事業の仕組み・体制イメージ .....	60
図 18 標準活性汚泥法（ASM：Activated Sludge Method） .....	70
図 19 反応槽におけるアクアレータ配置概略（各槽中心設置） .....	71
図 20 伝統的処理、MPOB 推奨モデル、本共同体の提案の比較 .....	87
図 21 ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用/活用/普及イメージ.....	88
図 22 ODA 事業案 体制イメージ .....	95
表 1 第 10 次マレーシア計画における国家主要経済領域 .....	23
表 2 パームオイル産業分野における出発点プロジェクト .....	24
表 3 国別パームオイル生産量の推移（2002～2012 年） .....	26
表 4 国別パームオイル消費量の推移（2002～2012 年） .....	26
表 5 マレーシアパーム農園、パームオイル工場の概況（2012 年） .....	28
表 6 MPOB によるパームオイル工場排水、周辺河川上流・下流の水質調査結果 .....	29
表 7 MPOB におけるパイロットプラント（排水処理関連のみ抜粋） .....	30
表 8 公共水域への排水基準 *はフィルターサンプル値.....	36
表 9 パームオイル産業における環境品質法に関する指摘件数 .....	38
表 10 諸外国の対マレーシア経済協力実績.....	41
表 11 環境分野に関する日本国の対マレーシア ODA 実績.....	41
表 12 パームオイル分野に関する国際機関の対マレーシア経済協力実績.....	42

表 13	パームオイル工場における水質状況 (BOD 3days 30°C) .....	46
表 14	提案するシステムとメリット・デメリット .....	47
表 15	マレーシアの大手資本パームオイル工場企業.....	63
表 16	各 Mill における POME 最終放流ポイントの水質状況.....	66
表 17	活性汚泥法 (ASM) 検討流入水条件 .....	70
表 18	提案① (遠心分離機+エアレーター+燃料化) の採算シミュレーション.....	80
表 19	提案② (スクリーン+エアレーター+堆肥化) の採算シミュレーション.....	82
表 20	MPOB フィージビリティ調査 PHASE2 の結果.....	85
表 21	順守工場における処理方式と投資額.....	85
表 22	パームオイル工場の生産残渣 (30t-FFB 工場を想定) .....	90