

マレーシア・プトラ大学

マレーシア・サバ大学

サバ州天然資源庁

マレーシア国
(科学技術協力)
生物多様性保全のための
パーム油産業における
グリーン経済の推進プロジェクト
(プラント設計・積算・施工監理)
業務完了報告書

平成 28 年 2 月

(2016 年)

独立行政法人

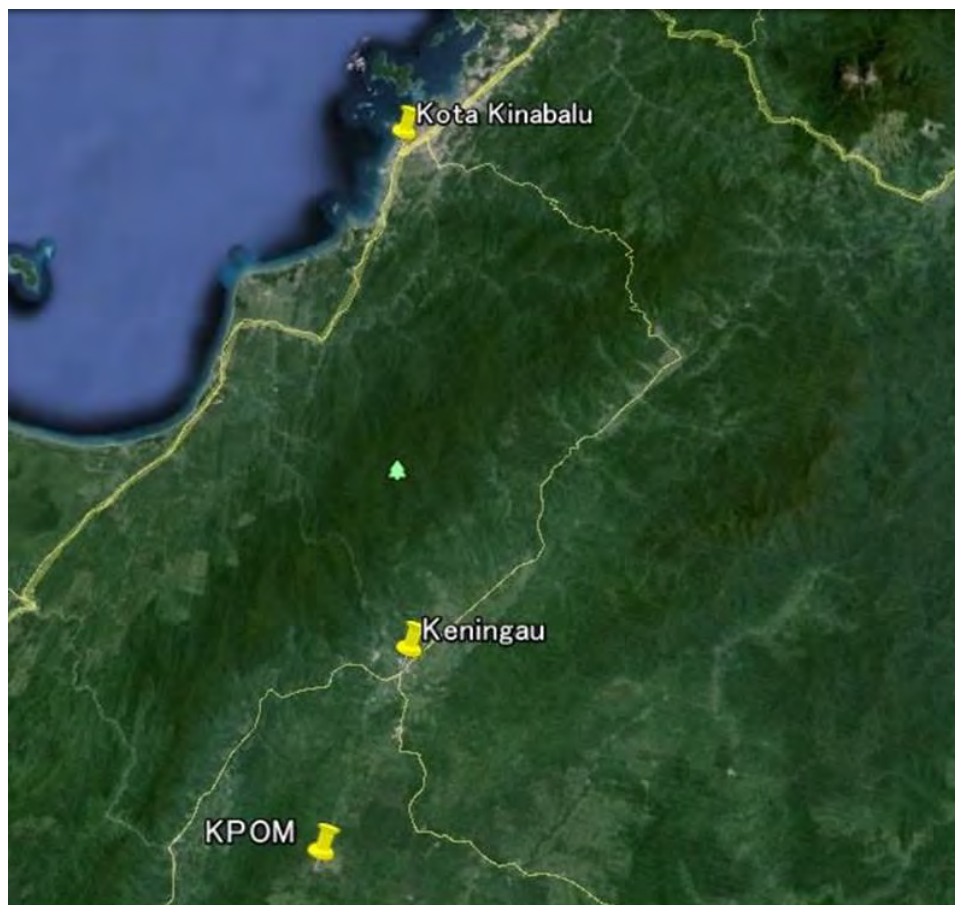
国際協力機構 (JICA)

株式会社 N J S コンサルタンツ

環 境
J R
16-034



出典: Website of Bornean Biodiversity & Ecosystems Conservation Programme Phase II (BBEC II) in Sabah, Malaysia (<http://www.bbhc.sabah.gov.my/phase2/sites.php>)



出典: Google Earth

パイロットプラント位置図 (KPOM)



パイロットプラント建設前



パイロットプラント建設後
写真 (1)



嫌気好気処理のバイオリクター



廃蒸気からのエネルギー・水回収システム



最終放流水の緑地への散布による浄化システム



雨水回収システム



コンポスト（肥料）製造システム



平窯式炭化システム

写真 (2)

目次

	ページ
パイロットプラント位置図 (KPOM)	i
写真 (1)	ii
写真 (2)	iii
目次	iv
図表	vii
略語集	x
要約	xi
第1章 調査概要	1
1-1 調査の背景	1
1-2 上位プロジェクトの概要	1
1-3 本件業務の概要	2
第2章 業務実施内容	4
2-1 インセプションレポートの説明・協議	4
2-2 相手国負担事項の確認	4
2-3 予備試験に係る SATREPS チームとの協議・方針決定	4
2-4 SATREPS チームが実施した予備試験結果の評価	5
2-5 サイト状況調査	5
2-6 施設建設・設備設置方針の検討	6
2-7 施設建設・設置設備の計画策定	6
2-8 価格調査	6
2-9 入札支援	7
2-10 製作監理・施工監理	7
2-11 施設稼働状況の確認及び施設維持管理指導	7
第3章 サイト状況調査	8
3-1 既存設備調査	8
3-1-1 工場までのアクセス	8
3-1-2 工場概要および周辺環境	8
3-1-3 工場の稼働状況	12
3-1-4 工場から排出される排水量	14
3-1-5 廃蒸気発生状況	16
3-1-6 KPOM の物質収支	23
3-1-7 KPOM の熱収支	25
3-1-8 建設用地	26
3-2 設置に係る許認可に関する法律・規則	28
3-2-1 環境法	28

3-2-2	アブラヤシ搾油工場に係る環境規則	29
3-2-3	環境影響評価に係る法令	30
3-2-4	施設建設に係る法令	34
3-2-5	機械設置に係る法令	35
第4章	環境社会配慮	37
4-1	許認可・説明	37
4-2	汚染対策	37
4-3	自然環境	38
4-4	社会環境	39
4-5	その他	40
4-6	留意点	43
第5章	施設の設計	44
5-1	嫌気好気処理のバイオリアクター	44
5-1-1	構成プロセス	44
5-1-2	蒸気釜排水の油分回収の検討	45
5-1-3	嫌気処理方式の検討	46
5-1-4	好気処理方式の検討	47
5-1-5	ポンプ型式の検討	47
5-1-6	設計計算	47
5-2	廃蒸気からのエネルギー・水回収システム（熱交換）	50
5-2-1	システムの概要	50
5-2-2	システム設計	51
5-3	最終放流水浄化システム	51
5-3-1	ウェットランド技術の概要	51
5-3-2	採用技術	53
5-3-3	設計計算	53
5-4	雨水回収システム	54
5-4-1	降雨量の設定	54
5-4-2	設計計算	55
5-5	コンポスト（肥料）製造システム	56
5-5-1	コンポスト技術の概要	56
5-5-2	設計計算	56
5-6	平窯式炭化システム	57
5-6-1	平窯式炭化システムの概要	57
5-6-2	炭化炉の建設	58
第6章	調達ロットの検討	59
6-1	調達ロットの基本方針	59
6-2	プラント製作・現地工事ロット(LOT1)	59
6-2-1	プラント製作・現地工事ロットの範囲	59

6-2-2 特殊機材.....	59
6-3 機材調達ロット(LOT2).....	60
第7章 業者選定.....	61
7-1 製作・現地工事ロット(LOT1).....	61
7-1-1 調達の流れ.....	61
7-1-2 業者選定補助.....	62
7-1-3 入札説明会開催支援.....	63
7-1-4 入札会開催支援、入札評価および契約交渉支援.....	63
7-2 機材調達ロット(LOT2).....	64
7-2-1 調達の流れ.....	64
7-2-2 業者選定補助.....	64
7-2-3 入札会開催支援、入札評価および契約交渉支援.....	65
第8章 製作監理・施工監理.....	66
8-1 製作・現地工事ロット(LOT1).....	66
8-1-1 施工監理計画書の作成.....	66
8-1-2 調達監理.....	66
8-1-3 製作監理.....	66
8-1-4 施工監理.....	68
8-2 機材調達ロット(LOT2).....	70
8-2-1 調達機材の納入検査と現地搬入.....	70
8-2-2 運転指導および安全教育.....	71
第9章 試運転および運転指導.....	72
9-1 概要.....	72
9-1-1 作業工程.....	72
9-1-2 試運転計画書.....	72
9-2 試運転および運転指導.....	72
9-2-1 安全指導.....	72
9-2-2 講義による運転指導.....	73
9-2-3 各設備の施設稼働の確認及び施設維持管理指導.....	74
第10章 施設維持管理に係る提言.....	79

図 表

図

図 3-1	KPOM 全体配置図	9
図 3-2	KPOM の概略プロセス	10
図 3-3	KPOM の月別 EEB 処理量実績(2010～2013 年)	13
図 3-4	KPOM の月別 CPO 生産量実績(2010～2013 年)	13
図 3-5	プラント用水処理設備フロー	14
図 3-6	ボイラ用水処理設備フロー	15
図 3-7	POME 集水システム	16
図 3-8	蒸気ラインフロー	17
図 3-9	蒸気釜設備プロセスフロー	18
図 3-10	蒸気釜の 2014 年 1 月 1 日から 7 月 31 日までの運転実績	19
図 3-11	蒸気釜の運転パターン	19
図 3-12	蒸気釜運転のタイム・アンド・モーション調査結果	21
図 3-13	蒸気釜の運転バッチ数と一バッチあたりに要する時間の関係	22
図 3-14	蒸気釜の蒸気注入パターン	22
図 3-15	蒸気釜の運転パターンと蒸気使用量	23
図 3-16	KPOM の物質収支	24
図 3-17	KPOM の熱収支(1 時間あたり)	26
図 3-18	パイロットプラント建設用地	27
図 3-19	マレーシアにおける環境要求事項手続きの流れ	31
図 4-1	提案するモニタリング体制	43
図 5-1	嫌気好気処理のバイオリアクター構成プロセス	45
図 5-2	重力沈殿による蒸気釜から排出される油水分離試験結果	46
図 5-3	嫌気好気処理のバイオリアクター想定物質収支	49
図 5-4	廃蒸気からのエネルギー・水回収システム構成プロセス	50
図 5-5	水平流(HF)タイプウェットランドの模式図	52
図 5-6	垂直流(VF)タイプウェットランドの模式図	53
図 5-7	VF タイプの K_{BOD}	54
図 5-8	VF タイプの積層	54
図 5-9	ケニンガウの年間降雨量の推移(1976 年～1992 年)	55
図 5-10	ケニンガウの月別平均降雨量(1976 年～1992 年の平均)	55
図 5-11	平窯式炭化システムの炭化工程	57
図 5-12	平窯式炭化システム設備外形図	58
図 7-1	業者選定の手続き(ロット 1)	61
図 7-2	業者選定の手続き(ロット 2)	64

表

表 3-1	Keningau Palm Oil Mill (KPOM) の概要	9
表 3-2	最終放流水の性状	11
表 3-3	KPOM 近郊河川の水質分析結果	12
表 3-4	プラント用水およびボイラ用水使用量	15
表 3-5	各排水の排水量	16
表 3-6	蒸気釜仕様	18
表 3-7	物質収支のまとめ	25
表 3-8	ボイラ燃料の性状と湿基準低位発熱量	25
表 3-9	1974 年環境法に基づき制定された規則・施行令	28
表 3-10	EIA が必要となる産業およびその要件	31
表 3-11	設置する施設の EIA 必要性評価結果	34
表 3-12	CIDB 登録の種類	35
表 4-1	「許認可・説明」項目に係るチェック事項とその評価結果	37
表 4-2	「汚染対策」項目に係るチェック事項とその評価結果	38
表 4-3	平窯式炭化システムに適用される排ガス基準	38
表 4-4	「自然環境」項目に係るチェック事項とその評価結果	39
表 4-5	「社会環境」項目に係るチェック事項とその評価結果	39
表 4-6	「その他」項目に係るチェック事項とその評価結果	41
表 4-7	提案するモニタリング計画(嫌気好気処理のバイオリアクター)	41
表 4-8	提案するモニタリング計画(廃蒸気からのエネルギー・水回収システム(熱交換))	41
表 4-9	提案するモニタリング計画(最終放流水浄化システム)	42
表 4-10	提案するモニタリング計画(雨水回収システム)	42
表 4-11	提案するモニタリング計画(コンポスト(肥料)製造システム)	42
表 4-12	提案するモニタリング計画(平窯式炭化システム)	42
表 4-13	「留意点」項目に係るチェック事項とその評価結果	43
表 5-1	KPOM 各工程から排出される排水とその定性的性状、および集水方法	44
表 5-2	嫌気好気処理のバイオリアクターの主な設計条件	48
表 5-3	原水性状	51
表 5-4	装置運転に必要な蒸気および冷却水条件	51
表 5-5	装置の主な設計条件および仕様	51
表 5-6	導入する 2 つのコンポスト (肥料) 製造システム	56
表 5-7	コンポスト (肥料) 製造システムの主な設計条件	57
表 6-1	LOT2 によって調達した機材の仕様	60
表 7-1	LOT1 の入札参加資格要件	62
表 7-2	入札会で提出を求めた書類	63
表 7-3	LOT2 の入札参加資格要件	64

表 7-4	入札会で提出を求めた書類	65
表 8-1	施工監理計画書の内容	66
表 8-2	主な非破壊検査比較表	67
表 8-3	実施された協議および会議	68
表 8-4	平窯式炭化システム構造変更箇所	70
表 9-1	試運転および運転指導実施工程	72

略語集

AS	Activated Sludge (活性汚泥)
BEM	Board of Engineers Civil and Structure (エンジニア局)
CCM	Companies Commission of Malaysia (会社登記所)
CIDB	Construction Industry Development Board (マレーシア建設産業開発局)
CPO	Crude Palm Oil (粗パーム油)
C/P	Counterpart (マレーシア国カウンターパート)
DOE	Department of Environment (マレーシア環境省)
DOSH	Department of Occupational Safety and Health (マレーシア労働安全衛生部)
EFB	Empty Fruit Bunch (空房)
EIA	Environmental Impact Assessment (環境影響評価)
FFB	Fresh Fruit Bunch (実房)
HDPE	High Density Poly Ethylene (高密度ポリエチレン)
IC/R	Inception Report (インセプションレポート)
JET	JICA Expert Team (JICA 専門家チーム)
JICA	Japan International Cooperation Agency (独立行政法人国際協力機構)
JICS	Japan International Cooperation System (一般財団法人日本国際協力システム)
KPOM	Keningau Palm Oil Mill Sdn. Bhd. (ケニンガウ・パーム搾油工場)
Kyutech	Kyushu Institute of Technology (国立大学法人九州工業大学)
MF	Mesocarp Fiber (中果皮繊維)
NRO	Natural Resources Office, the State of Sabah (サバ州天然資源庁)
O&G	Oil and Grease (油脂類)
OD	Oxidation Ditch (オキシデーション・ディッチ)
PK	Palm Kernel (パーム核)
POM	Palm Oil Mill (アブラヤシ搾油工場)
POME	Palm Oil Mill Effluent (アブラヤシ搾油工場排水)
R/D	Record of Discussion (政府間技術協力プロジェクト合意文書)
SATREPS	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム)
SBR	Sequential Batch Reactor (回分式活性汚泥法)
SLDB	Sabah Land Development Board (サバ州土地開発公社)
SOP	Standard Operation Procedures (標準作業要領書)
SVI	Sludge Volume Index (汚泥沈降率)
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket (上向流嫌気性汚泥床)
UMS	Universiti Malaysia Sabah (マレーシア・サバ大学)
UN-HABITAT	United Nations Human Settlements Programme (国際連合人間居住計画)
UPM	Universiti Putra Malaysia (マレーシア・プトラ大学)
VFA	Volatile Fat Acid (揮発性脂肪酸)

要 約

マレーシア・サバ州の最大河川であるキナバタンガン河流域には、ラムサール条約登録湿地を始め、森林保護区や野生生物保護区が点在しており、希少な野生生物の生息域として重要な地域である。サバ州ではパーム油産業が州の基幹産業であり、キナバタンガン河上流域には、300以上のアブラヤシ農園(140万ヘクタール)と40の搾油工場が存在する。農園で使用される農薬や、旧式の排水処理システムで稼働する搾油工場から排出される処理水等が原因で、河川の水質汚濁が発生しており、地域の生物多様性への影響が懸念されている。

九州工業大学とUPMを研究代表機関とする研究チーム(SATREPS チーム)は、アブラヤシ搾油工場におけるゼロ・ディスチャージとパーム・バイオマス残渣及び余剰エネルギーの活用による持続可能なグリーン産業創出の実証を目的として、「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」を実施している。

本件業務は、プロジェクトにおいて実証サイトとなるアブラヤシ搾油工場に対し、チーフアドバイザーの助言を踏まえ、以下を実施した。

- 調査設計業務
最適となるプラント(試験用設備)の施設・設備内容を策定するための調査を実施し、同内容の詳細設計・積算を行い、入札図書及びその関連資料を作成した。
- 入札支援業務
JICA マレーシア事務所により実施される指名競争入札業務の支援を行った。
- 施工監理業務
施工業者による製作監理および施工監理を行った。施工監理業務は、施工業者契約書及び設計図書に基づき、製作/施工現場の立会、出来形・品質・数量の確認及び各種検査等を実施した。
- 機能確認、維持管理指導
全体システムが稼働する場合の、建設・設置された施設・設備の稼働確認を行った。また施設・設備の維持管理が適切に行われるよう工場関係者及びC/Pに対し同施設・設備の維持管理指導を行った。

また施設維持管理について、SATREPS チームに対し、施設の改善・改造、運転体制・分析体制の確立、標準作業要領書の作成および実証サイトとなるアブラヤシ搾油工場との連携について提言を行った。

第1章 調査概要

1-1 調査の背景

マレーシア・サバ州の最大河川であるキナバタンガン河流域には、ラムサール条約登録湿地を始め、森林保護区や野生生物保護区が点在しており、希少な野生生物の生息域として重要な地域である。サバ州ではパーム油産業が州の基幹産業であり、キナバタンガン河上流域には、300以上のアブラヤシ農園(140万ヘクタール)と40の搾油工場が存在する。農園で使用される農薬や、旧式の排水処理システムで稼働する搾油工場から排出される処理水等が原因で、河川の水質汚濁が発生しており、地域の生物多様性への影響が懸念されている。

九州工業大学とマレーシア・プトラ大学 (UPM) は、バイオマスを原料にしたプラスチック (バイオ・プラスチック) を製造する技術を共同開発した。その上で、バイオマスの供給源としてアブラヤシに着目した。すなわち、アブラヤシの搾油工場からは安価なバイオマス (空果房 (EFB)、中果皮繊維 (メソカープ・ファイバー (MF)) 等) が通年で大量に発生し、品質も安定しているため、これを有効に活用することができれば、新しい産業の創出につながる。現在、マレーシアの多くの搾油工場は旧式の非効率な設備を使用しているため、バイオマスの大半はエネルギー源として消費されており、パーム油圧搾廃液 (POME) から生じるメタンガスや廃熱も有効活用されていない。このため、搾油工程の見直しや効率的な設備の導入を通じて生産効率を改善することで、環境負荷を軽減させるとともに、新たに発生する余剰バイオマス (EFB や MF) や余剰エネルギー (POME を効率的にメタン発酵させ、エネルギーとして活用) を有価値化して、バイオ・プラスチック、活性炭、POME由来の肥料等の新製品を開発することにより、新たなビジネスモデルを創出することが期待されている。

上記を踏まえ、九州工業大学と UPM を研究代表機関とする地球規模課題対応国際科学技術協力 (SATREPS) 「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」(以下「上位プロジェクト」) の討議議事録 (Record of Discussions: R/D) が2013年9月25日に署名され、2013年11月21日から2017年11月20日まで4年間の協力を実施中である。プロジェクトの目的は、パイロットサイトとなるアブラヤシ搾油工場における、ゼロ・ディスチャージとパーム・バイオマス残渣及び余剰エネルギーの活用による持続可能なグリーン産業創出の実証である。

本件業務は、プロジェクトにおいてパイロットサイトとなるアブラヤシ搾油工場を対象に、実証用プラント関連施設建設及び関連設備設置を、チーフアドバイザーの助言を踏まえ、適切な稼働を目的とした詳細な施設・設備内容を検討し、同施設建設及び設備設置の入札に必要な設計、積算、仕様書及び入札図書等を作成するとともに、これら成果を基に独立行政法人国際協力機構(以下、JICA という)が実施する施設建設及び設備設置に係る入札支援、及び同施工監理を行ったものである。

1-2 上位プロジェクトの概要

本調査の上位プロジェクトの概要は以下のとおりである。

(1) 実施機関

マレーシア・プトラ大学 (UPM,代表)、サバ大学 (UMS)及びサバ州天然資源庁 (NRO)

(2) 協力期間

2013年11月21日～2017年11月20日

(3) 上位目標

パーム油産業の廃液による汚染物質の軽減により、キナバタンガン河流域を含む関連地域の生物多様性が保全されパーム油産業がグリーン経済として振興する。

(4) 目標

パーム油産業が持続可能なグリーン産業に変容するために、革新的な知見と実行可能な技術によるビジネスモデルが開発され、潜在的ユーザーによって肯定的に共有される。

(5) 成果

成果1 パーム油搾油工場に設置されるゼロ・ディスチャージ試験設備において、バイオマス・余剰エネルギーのエネルギー効率改善を通してゼロ・ディスチャージの効果が実証される。

成果2 ビジネスモデルの有効性が検証され、余剰バイオマスと余剰エネルギーから新しい産業が創出される。

成果3 パーム油搾油工程に起因する環境負荷軽減のためのパーム・バイオマスとエネルギーの有効活用に関する革新的な研究が進む。

成果4 ビジネスモデルの有効性と研究成果が、サバ州政府とマレーシア国内外の投資・企業により広く共有され認知される。

1-3 本件業務の概要

(1) 本件業務の目的

本件業務は、1.2項で示した成果(1)を達成するため、プロジェクトにおいて実証サイトとなるパーム搾油工場に対し、チーフアドバイザーの助言を踏まえ、最適となるプラント(試験用設備)の施設・設備内容を検討するための調査を実施し報告書にまとめるとともに、確定した施設・設備の内容に基づき、JICA マレーシア事務所が実施する同建設・設置に係る指名競争入札の支援及び同施工監理を行うことを目的とした。

(2) 業務内容

本件業務は以下の4つの業務によって構成された。

1) 調査と設計

プロジェクトにおいて建設する施設及び設置する設備内容を策定するための調査を実施し、同内容の詳細設計・積算を行い、入札図書及びその関連資料を作成した。

2) 入札支援業務

JICA マレーシア事務所により実施される指名競争入札業務の支援を行った。

3) 施工監理業務

施工業者による製作監理および施工監理を行った。施工監理業務は、施工業者契約書及び設計図書に基づき、製作/施工現場の立会、出来形・品質・数量の確認及び各種検査等を実施した。

4) 機能確認、維持管理指導

全体システムが稼働する場合の、建設・設置された施設・設備の稼働確認を行った。また施設・設備の維持管理が適切に行われるよう工場関係者及び C/P に対し同施設・設備の維持管理指導を行った。また実施機関に対し持続的な維持管理体制に係る提言を行った。

(3) 対象工場

プロジェクトでは、当初サバ州の東側に施設の建設を予定していたが、2013 年の 3 月からサバ州の東側（キナバタンガン・セガマ河流域を含む）に安全性の問題があるため、代替地域としてサバ州西部に位置するケニンガウ近郊のパーム搾油工場をパイロットプラントの候補地とし、Keningau Palm Oil Mill (KPOM)が選定された。

第2章 業務実施内容

2-1 インセプションレポートの説明・協議

2014年8月5日~8月7日にかけて、サバ州天然資源庁(NRO)、サバ大学(UMS)、ケニンガウパームオイルミル(KPOM)およびマレーシア・プトラ大学(UPM)にそれぞれインセプションレポートの説明を実施し、業務の内容、役割分担等について理解を得た。また8月15日にはUPMのSATREPS関係者にIC/Rの説明を実施した。



UMS における IC/R 説明



KPOM における IC/R 説明



UPM における IC/R 説明



SATREPS 関係者の IC/R 説明 (於 UPM)

2-2 相手国負担事項の確認

プトラ大学、マレーシア大学及びサバ州政府と JICA の間で 2013 年 9 月 25 日に締結された本業務に係る政府間技術協力プロジェクト合意文書(R/D)によると本調査の実施にあたって、「マ」国側から下記事項について便宜供与がなされることが約束された。

- ① C/P の配置
- ② 執務スペースの確保
- ③ 免税措置
- ④ 各種許認可等

2-3 予備試験に係る SATREPS チームとの協議・方針決定

複数回に渡り予備試験および水質分析結果に係る協議を SATREPS チームとともに実施した。

SATREPS チームでは、蒸気釜から排出される排水からいかにして油分を分離するかを検討しており、重力沈殿、常圧浮上、加圧浮上、遠心分離等の技術が想定される中、技術の単純さ及び建設コストの観点から、重力沈殿による油分分離法の試験を実施することとした。

また、SATREPS チームでは排水のメタン発酵および活性汚泥の試験を検討し、そのための試料採取について、アブラヤシ搾油工場に実際に赴き、指導を行った。



予備試験用試料採取に係る指導



予備試験に係る SATREPS チームとの協議

2-4 SATREPS チームが実施した予備試験結果の評価

SATREPS チームが実施した油分分離試験によって、温度を適正にコントロールすることによって重力沈殿による油分分離が可能で、その分離に必要となる滞留時間が示唆された。その数値に基づき、蒸気釜から排出される排水から油分を分離する装置の設計数値を定めた。その詳細は5章にて詳述する。

2-5 サイト状況調査

サイト状況調査として2014年8月6～8日に第一次調査を、また9月15日に第二次調査を実施した。第一次調査においては、特にパイロットプラント建設用地の確認と、工場の使用水量および各工程から排出される汚水量の測定を実施し、その結果を設計基本数値の設定に反映した。また第二次調査においては、施設の蒸気使用量の変動を考察すべく、蒸気釜のタイム・アンド・モーション調査を実施し、蒸気釜における蒸気使用量の変動について検討を行った。また、施設建設・設備設置方針の検討作業を通じて、既存排水処理施設から汚泥および最終放流水をパイロットプラントに移送する必要が生じたため、既存排水処理施設の調査を実施した。さらに工場オーナーと「コンポスト(肥料)製造システム」の処理方式について協議を実施した。

サイト状況調査を通じ、設置に係る許認可に関する法律・規則についても調査を行った。これら結果について3章にて詳述する。



流量測定(第一次調査)



タイム・アンド・モーション調査(第二次調査)

2-6 施設建設・設備設置方針の検討

建設する施設および調達する設備の種類や特性および全体工程を鑑み、適正な調達ロットについて検討した。また各ロットにおける業者選定基準を検討した。調達ロットの検討については6章に詳述する。

2-7 施設建設・設置設備の計画策定

当初計画において、1) 嫌気好気処理のバイオリアクター、2) 廃蒸気からのエネルギー・水回収システム(熱交換)、3) 最終放流水の緑地への散布による浄化システム、4) 雨水回収システム、5) コンポスト(肥料)製造システムおよび6) 平窯式炭化システムの6施設を設置することが定められた。業務遂行の過程で、2) 廃蒸気からのエネルギー・水回収システム(熱交換)、および5) コンポスト(肥料)製造システムについて一部計画の変更が生じた。

また、5) コンポスト(肥料)製造システムについては、EFBプレス、破碎機および関連するコンベヤ等の設置、堆肥化製品の細破碎機(グラインダ)を設置することとなったほか、堆肥化方式として、UPMにて実施している方式とスクープ式堆肥化装置を並列で設置することが追加された。詳細は5章にて詳述する。



スクープ式堆肥化装置の調査



EFB プレス・破碎機調査

2-8 価格調査

必要となる資機材の価格調査を実施した。施設に設置する機器についてはできるだけ3社以上か

から見積書を入手することに努めたが、一部機器については、3社分の見積書が入手できないものがあった。これらについては、積算時に割引率を考慮することで適正な調達価格となるように配慮した。建設資機材については業者からの見積書のほか、Construction Industry Development Board (CIDB)のNational Construction Cost Centre(N3C)より示される各種単価も利用した。

設置する施設で使用する重機類については、購入のほか、リースによる手配も考慮し、リース価格の調査を行った。

積算の結果、調達コストが当初予算を大幅に上回ったため、最終的に、2) 廃蒸気からのエネルギー・水回収システム(熱交換)を九州工業大学が本邦調達することとし、また、5) コンポスト(肥料)製造システムの EFB プレス、破碎機および関連するコンベヤ等の設置を取りやめ、SATREPS チームが破碎 EFB を外部より購入することとした。

2-9 入札支援

JICA マレーシア事務所において実施される入札に際し、業者選定基準作成、業者選定補助、入札会開催支援、入札評価、契約締結等の支援を行った。

本プロジェクトでは、プラント設置設備の製造、製造プラントの現地据付・関連の現地工事およびプラント運転において供する重機類の機材調達が必要であった。

プラントの設置から現地据付までは一貫性があり、工程管理や品質管理の観点から分割は好ましくない。一方で重機類の機材調達について、プラント建設と分割することが問題になることはないため、調達ロットは、プラント製作・現地工事ロット(LOT1)と機材調達ロット(LOT2)の2つに分割することを基本方針とした。各調達ロットにおける業者選定基準について検討し、プラント製作・現地工事ロットは指名競争入札としその入札参加資格要件を設定した。機材調達ロットについては一般的な調達であることから、指名競争入札とせず、一般競争入札とした。7章にその詳細を述べる。

2-10 製作監理・施工監理

製作監理・施工監理計画書案を作成し、工程、出来形品質等について、検査・完工まで一連の製作監理・施工監理業務を行った。

工事期間内に、日本人技術者が不在となる期間においても現地エンジニアを雇用し、常時施工監理が可能な体制を整えた。また、作業員の安全衛生にも配慮し、服装(ヘルメット、安全靴等)を徹底させ、事故ゼロにて工事を完了させた。詳細は8章にて詳述する。

2-11 施設稼働状況の確認及び施設維持管理指導

工事完了後、施設・設備の稼働及び性能確認を行った。また施設の運転・維持管理に関し、チーフアドバイザーと連携の上、実施機関関係者に対して技術指導を行うとともに、実施機関に対して施工維持管理に係る提言を行った。

施設の機能確認は、モーターチェック、シーケンスチェック、水運転(排水処理のみ)、負荷運転の順に実施した。排水処理の負荷運転においては、早期の立ち上げが可能となるよう、良好な嫌気汚泥および活性汚泥を投入し、段階的に投入量を増加させ速やかな立ち上げが可能となるように計画した。詳細は9章にて詳述する。

第3章 サイト状況調査

3-1 既存設備調査

3-1-1 工場までのアクセス

対象となるアブラヤシ搾油工場である Keningau Palm Oil Mill (KPOM) は、サバ州ケニンガウから道なりにおよそ 36km 南方に位置し、そのうち約 25km は起伏の激しい未舗装路である。ケニンガウから KPOM までの道中には、ケニンガウを離れると間もなくペガラン川(Sungai Pegalan)を渡るタイドアーチ型の橋が架けられているが、大型車両に特段の支障をきたすことはない高さが確保されている。また未舗装路には鉄鋼製アイビームの上に木製の板を敷き詰めた簡易な橋が架けられている箇所があり、どの程度の耐荷重があるか不明であるものの、KPOM に FFB を搬送するトラックや CPO タンカー等、実際に重量 40 トン程度の車両が通行している。

ケニンガウから先のコタキナバルまでの道路はよく整備された山岳道路であり、交通に特段の支障は認められない。



未舗装路を走行する FFB 搬送トラック



未舗装路に架かる簡易橋

3-1-2 工場概要および周辺環境

(1) 工場概要

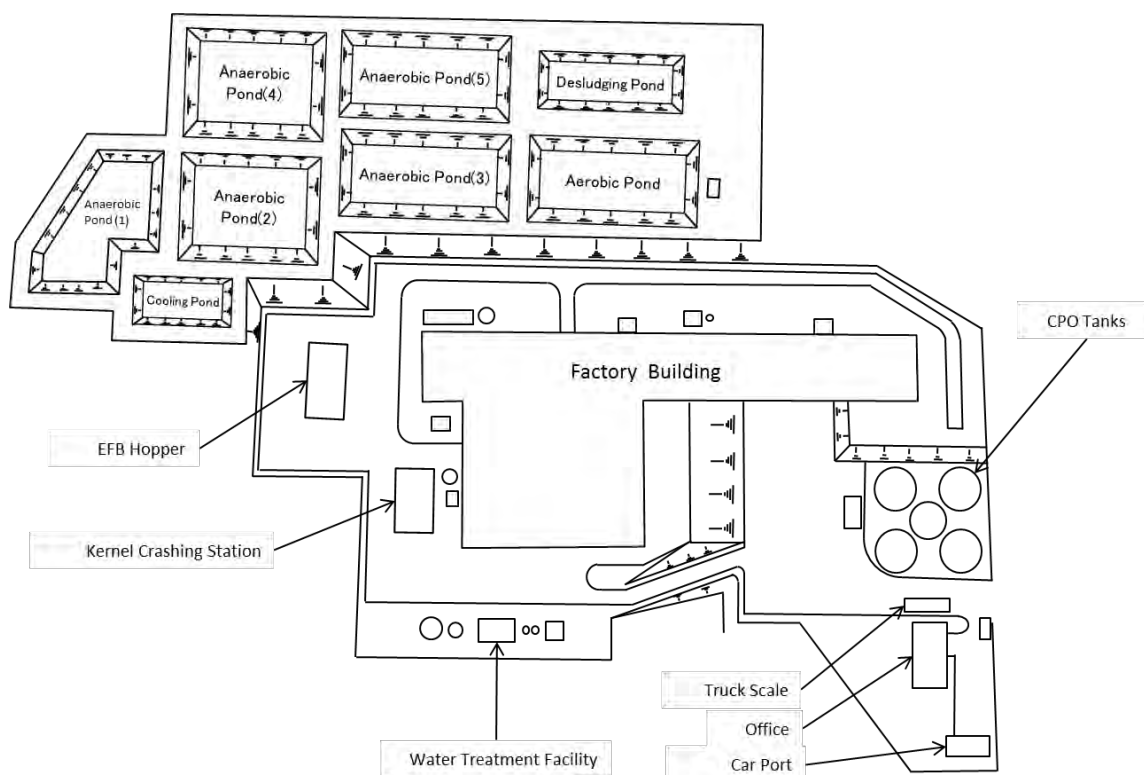
対象工場となる Keningau Palm Oil Mill (KPOM)は、2003 年より稼働している施設規模 40t-FFB/時のアブラヤシ搾油工場である。工場の概要を表 3-1 に示す。工場はサバ州土地開発公社(Sabah Land Development Board, SLDB)によって建設され、その後、Yun Fook Plantations Sdn. Bhd.に経営が移管されたが、51%の資本は SLDB が所有している。

KPOM の概略全体配置図を図 3.1 に示す。施設は工場本体(Factory Building)を中心に、周囲に関連設備となる EFB ホッパ(EFB Hopper)、種子破砕設備(Kernel Crashing Station)、CPO タンク(CPO Tank)、水処理施設、排水処理施設、管理事務所、トラックスケール等が配置される。

表 3-1 Keningau Palm Oil Mill (KPOM) の概要

工場名	Keningau Palm Oil Mill Sdn. Bhd.(KPOM)
住所	Kg. Belinin, Jalan Ansip-Dalit, P. O. Box 1733, 89008 Keningau, Sabah, Malaysia
地理学的緯経度	北緯 05°06'30.5", 東経 116°05'40.6" (Garmin 社製 foretrex301 を用い、KPOM 事務所玄関前にて調査団計測)
株主	Sabah Land Development Board (SLDB) (51%) Yun Fook Plantations Sdn. Bhd.(49%)
計画施設規模	40t-FFB/時
稼働開始年	2003 年
工場敷地面積	約 50 エーカー
FFB 供給先	自社所有のプランテーション(Yun Fook Plantations)からの供給の他、他のプランテーション(So Green, SLDB Dalit, Kenandung, Sabah Nabawan および小規模プランテーション)から年間約 11 万トンを購入
従業員数	74 名

(出典:JICA 調査団作成)



(出典:KPOM 所有の Proposed Layout Drawing に基づき、JICA 調査団一部修正)

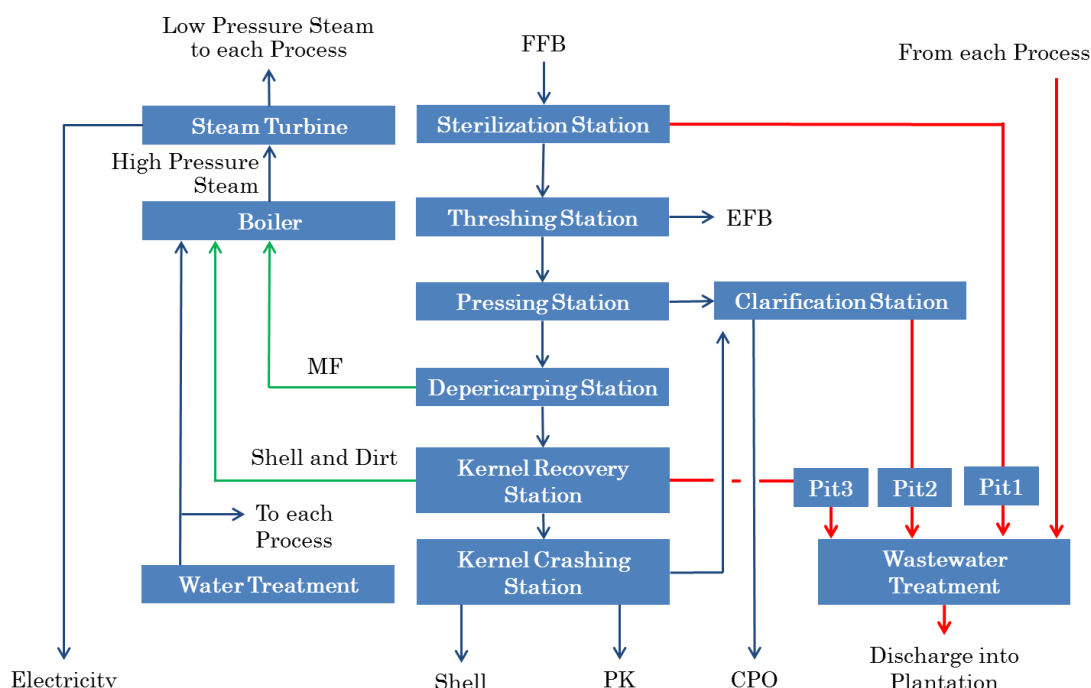
図 3-1 KPOM 全体配置図

工場の生産プロセスの概略は図 3-2 のとおりである。工場に搬入されるアブラヤシ(Fresh Fruit Bunch: FFB)は Sterilization Station (蒸気釜設備)にて低圧蒸気で蒸され、Threshing Station(分離設備)にて空房(Empty Fruit Bunch, EFB)が除去される。Threshing Station で分離されたもの(Mass Passing to Digester: MPD)は、Pressing Station(圧縮分離設備)で、蒸気添加により消化槽(Digester)にて消化進行を

促し、スクリュープレス(Screw Press)にて固液分離される。分離液は振動篩(Vibration Screen)により更に固形分を除去後、後段の Clarification Station(油精製設備)に移送される。

分離された固形物は、中果皮繊維(Mesocarp Fiber: MF)や種子その他砂利等が含まれており、これらは Depericarping Station(果皮除去設備)、Kernel Recovery Station(種子回収設備)を経て、MF、Shell 等が分離され、ボイラの燃料として活用される。また分離された種子は Kernel Crashing Station(種子破砕設備)にて破砕され、核油(Palm Kernel: PK)と殻(Shell)に分離される。Shell は MF 等とともに、一部ボイラの燃料として利用されるが、残りは市場に売却される。

一方、Clarification Station(油精製設備)では分離された水分から不純物や水分を除去し、粗パーム油(Crude Palm Oil: CPO)として、IOI 社、SEO 社等の外部のパーム油精製工場に販売される。



(出典:JICA 調査団作成)

図 3-2 KPOM の概略プロセス

KPOM で利用されるプロセス用水は、雨水利用を基本とし、水処理設備にて処理後、各工程にて用いられる。プロセス水の一部はボイラ用水として用いられ、発生した蒸気は Steam Turbine(発電設備)で発電に利用された後、低圧蒸気として各工程にて利用される。

工場の各工程からは排水が発生するが、それらは一部油分回収を行った後、冷却池(Cooling Pond)、5つの嫌気池(Anaerobic Pond)、好気池(Aerobic Pond)および汚泥池(Desludging Pond)の計8池からなるオープンラグーンシステムによって処理される。工場各所から発生する排水は、主に、3か所の POME ピットに集水され、冷却池に移送される。その後嫌気池および好気池を経て、近隣のプランテーションに散布される。

(2) 工場の環境管理状況

KPOM では、月一回の頻度で、最終放流水の水質分析を実施している。水質分析は、Multi-Service Enterprise 社に委託され、コタキナバルの分析機関(Chemsain Konsultant Sdn Bhd)にて実施されている。KPOM より入手した 2013 年 1 月から 2014 年 3 月までの分析結果を表 3-2 に示す。KPOM の BOD の規制値は 1,000mg/l 未満であるが、2013 年 2 月に一度規制値をオーバーしたことがあり、工場オーナーおよび工場長が問題であったと認識している。分析報告書によれば、TSS、T-N および NH₄⁺-N の値も高くなっているが、環境省(Department of Environment, DOE)からの指導が BOD のみであることから、これら項目を満足しようとする意識は低い。また、施設稼働後、一度も汚泥の浚渫を実施していないとのことであり、排水処理設備は十分な管理が行われているとは言い難い。

オープン・ラグーンによって構成される排水処理施設からは、処理の過程でメタンと二酸化炭素を主成分とするガス(バイオガス)が発生しているものと想定されるが、ガスの回収は行われておらず、発生するガスの全量が大気中に放散されている。なお、嫌気池(4)のみに HDPE と想定される材質のカバーで覆われているが、現在はバイオガスの回収は行われていない。

また、工場には発電用蒸気ボイラ、非常用発電機といった排気ガスを発生する設備を有しているが、排ガス処理設備は設置されていない。また、これら設備から排出される排気ガスの分析は実施されていない。

表 3-2 最終放流水の性状

Sampling Date	pH(-)	BOD ₅ (mg/l)	TSS(mg/l)	T-N(mg/l)	NH ₄ ⁺ -N(mg/l)	O&G(mg/l)	Temp (deg.C)
15/01/2013	8.0	481	18,400	773	208	N.D.	29
19/02/2013	7.3	1,120	1,010	247	132	N.D.	29
14/03/2013	7.4	672	15,400	242	99.6	N.D.	29
18/04/2013	7.6	403	6,650	246	81.1	N.D.	29
19/05/2013	7.7	196	863	142	124	N.D.	29
18/06/2013	8.0	306	2,840	298	137	N.D.	29
21/07/2013	8.2	294	1,710	291	166	N.D.	29
21/08/2013	8.3	393	2,440	382	186	N.D.	29
19/09/2013	8.4	876	10,000	640	159	N.D.	29
23/10/2013	7.8	393	1,890	308	82.1	N.D.	32
22/11/2013	7.9	792	9,430	32	175	N.D.	32
19/12/2013	8.2	834	11,800	783	149	N.D.	31
17/1/2014	8.4	392	10,700	636	200	N.D.	31
20/2/2014	8.5	487	380	375	188	N.D.	29
14/3/2014	8.4	295	637	508	200	N.D.	29
Applied Regulation		< 1,000					
Remarks	N.D. : Not Detected						

(出典：KPOM 資料より JICA 調査団作成)

(3) 周辺環境

KPOM は周辺をアブラヤシのプランテーションに囲まれており、一部 KPOM で勤務する従業員の住宅が存在するが、それ以外の居住者はおらず、建物も存在しない。

KPOM から排出される排水は前述のとおり近隣のプランテーションに散布されており、直接河川に放流は行っていないが、月一回の頻度で、KPOM 近郊の小規模河川 (Sungai Punteh)の工場から上流側および下流側の二点において水質分析を実施している。KPOM より入手した 2013 年 1 月から 2014

年3月までの分析結果を表 3-3 に示す。KPOM の下流側のみならず、上流側においても基準値(National Water Quality Standards Class III)を満足していない状況がみられる。KPOM では KPOM 上流側でも基準値を満足していないことから、KPOM からの排水ではなくその他の汚濁原因があるという認識をもっている。

表 3-3 KPOM 近郊河川の水質分析結果

Sampling Date	pH(-)		BOD(mg/l)		TSS(mg/l)		NH ₄ ⁺ -N(mg/l)		T-N(mg/l)		O&G(mg/l)		TDS(mg/l)	
	US	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US	DS	US	DS
15/01/2013	7.7	7.4	<1	<1	12	44	<0.2	<0.2	0.61	0.61	N.D.	N.D.	50	80
19/02/2013	7.5	7.3	<1	1.98	14	48	1.15	0.58	1.15	5.77	1.6	1.6	60	210
14/03/2013	7.4	7.2	<1	<1	16	19	<0.2	<0.2	3.05	2.44	N.D.	N.D.	60	180
18/04/2013	7.1	7.3	<1	<1	13	15	0.61	0.3	0.91	0.91	N.D.	N.D.	60	120
19/05/2013	7.0	7.4	<1	<1	22	19	<0.2	<0.2	1.84	1.84	N.D.	N.D.	60	100
18/06/2013	7.1	7.3	<1	<1	8	14	<0.2	<0.2	0.3	0.3	N.D.	N.D.	50	80
21/07/2013	7.0	7.4	<1	<1	17.5	20	<0.2	<0.2	2.9	1.74	N.D.	N.D.	60	90
21/08/2013	7.1	7.5	<1	<1	8	11	<0.2	<0.2	2.6	1.95	N.D.	N.D.	70	100
19/09/2013	7.0	7.6	<1	<1	17	18	<0.2	<0.2	1.22	<0.2	N.D.	N.D.	60	90
23/10/2013	7.3	7.5	<1	<1	14.5	43	<0.2	<0.2	1.22	1.82	N.D.	N.D.	-	-
22/11/2013	7.1	7.5	<1	1.66	41	51	<0.2	<0.2	1.23	1.85	N.D.	N.D.	-	-
19/12/2013	7.2	7.6	<1	<1	171	702	<0.2	<0.2	0.62	3.08	N.D.	N.D.	-	-
17/1/2014	7.1	7.5	<1	<1	10	11	<0.2	<0.2	0.64	1.29	N.D.	N.D.	-	-
20/2/2014	6.9	7.4	<1	<1	23	68	1.61	1.93	0.64	1.29	N.D.	N.D.	-	-
14/3/2014	7.0	7.3	<1	<1	19	13	<0.2	<0.2	0.63	0.31	N.D.	N.D.	-	-
Applied Regulation	5.0 - 9.0		< 6.0		< 150		< 0.9		-		N.D.		-	

Remarks US: Upstream, DS: Downstream

N.D. : Not Detected

- : Not Analyzed

(出典 : KPOM 資料より JICA 調査団作成、水質基準は National Water Quality Standards Class III による)



KPOM 近郊河川(上流部)



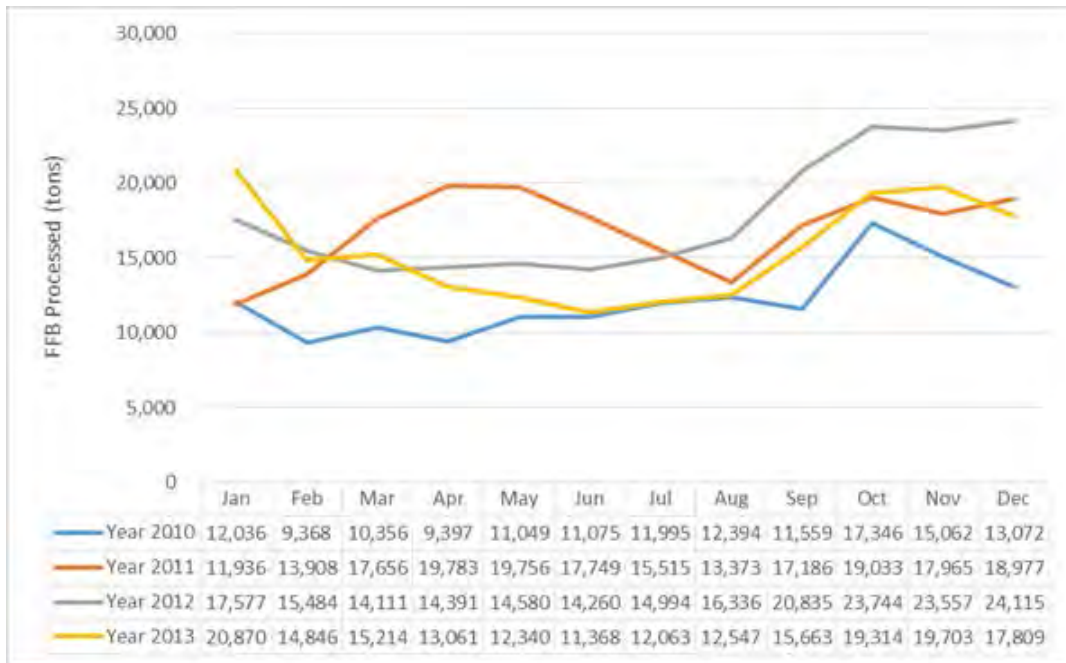
KPOM 近郊河川(下流部)

3-1-3 工場の稼働状況

2010年1月から2013年12月までのKPOMにおける実房(Fresh Fruit Bunch ; FFB)の処理実績を図 3-3 に示す。年間の FFB 処理量は 144,709~213,984t であり、平均 186,582t/年となっている。FFB 処理量は時期によって変動があり、9月から翌年1月までの処理量がやや多く、2月から8月までがやや少ない傾向がみられる。FFB 処理量の最低が2010年4月の9,397t、最高が2012年12月の24,115t となっており、月平均値を100とすると60~155の範囲で変動している。

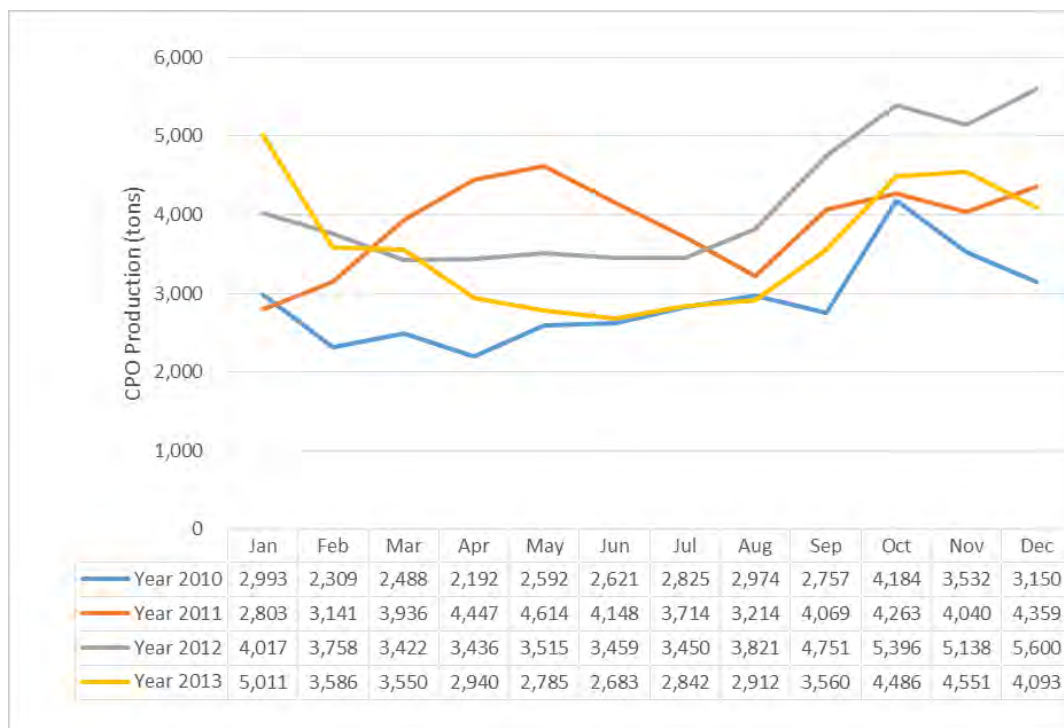
また、同期間の粗パーム油(Crude Palm Oil ; CPO)の生産量を図 3.4 に示す。CPO 生産量は FFB 処理量と比例して変動しており最低が2010年4月の2,192t、最高が2012年12月の5,600t となってい

る。FFB1t 当たりの CPO 生産量は期間全体で 233kg となっており、この数値は一般的にいわれる FFB1t 当たりの CPO 生産量 225kg よりやや高い収率である¹。



(出典：KPOM 資料をもとに JICA 調査団作成)

図 3-3 KPOM の月別 EEB 処理量実績(2010～2013 年)



(出典：KPOM 資料をもとに JICA 調査団作成)

図 3-4 KPOM の月別 CPO 生産量実績(2010～2013 年)

¹ 例えば、Department of Environment, “Industrial Processes & The Environment (Handbook No.3), Crude Palm Oil Industry(1999)”

3-1-4 工場から排出される排水量

KPOM では、用水および排水の測定のための流量計は設置されておらず、使用している用水量および排水量について把握されていない。本調査において、工場内の物質収支を把握するため、プラント用水量、ボイラ用水量及び各処理工程から排出される排水量の流量調査を実施した。

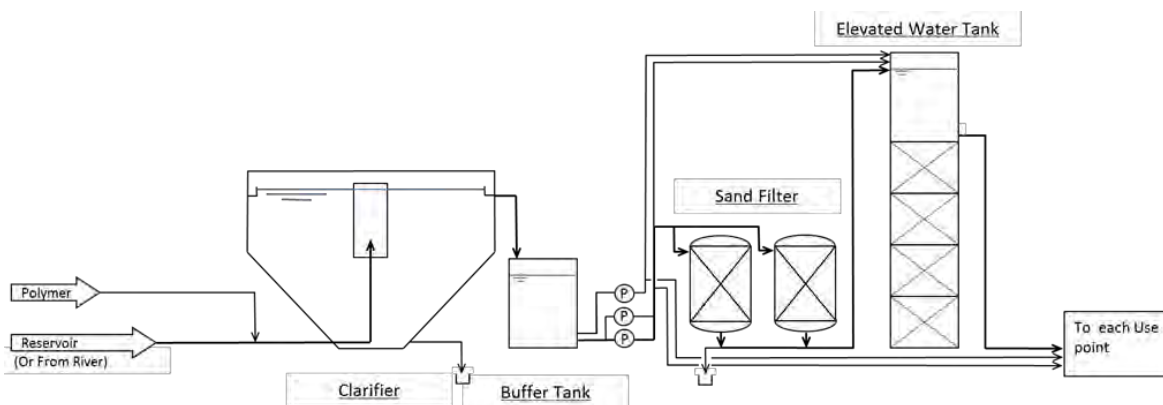
(1) 用水

1) プラント用水

KPOM では雨水または河川水を処理してプラント用水として利用している。原則として雨水を利用し、近隣の貯水池で貯留された雨水をプラント用水設備に導き処理を行った後にプラント各所に配水している。

貯水池より移送された原水に対し若干の高分子凝集剤(Polymer)を添加し、沈殿槽(Clarifier)にて固液分離が行われる。上澄水は、中継槽(Buffer Tank)を経由して、ポンプによって砂ろ過塔(Sand Filter)に移送、ろ過され、高架水槽(Elevated Water Tank)に移送され、高架水槽より各所に配水される。沈殿槽における沈殿汚泥およびろ過の逆洗水は側溝に排水される。

プラント用水設備の処理フローを図 3-5 に示す。

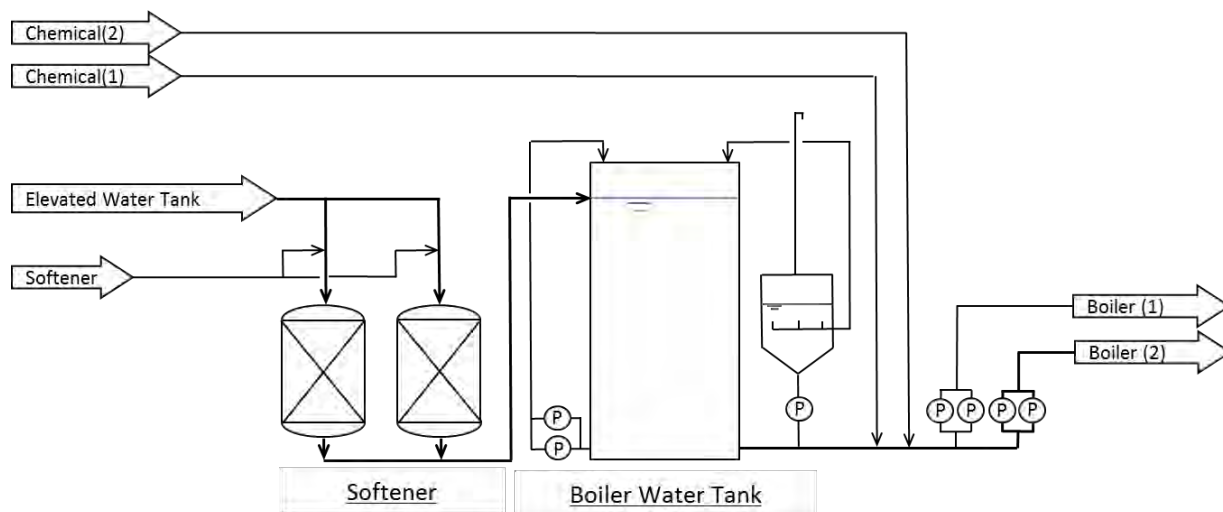


(出典: JICA 調査団作成)

図 3-5 プラント用水処理設備フロー

2) ボイラ用水

プラント用水設備で処理された水のうち、ボイラ供給水については更に軟水化、脱気といった処理が行われる。ボイラ用水設備の処理フローを図 3-6 に示す。



(出典: JICA 調査団作成)

図 3-6 ボイラ用水処理設備フロー

(2) 用水使用量

プラント用水およびボイラ用水の流量測定結果および推定される使用水量を表 3-4 に示す。

表 3-4 プラント用水およびボイラ用水使用量

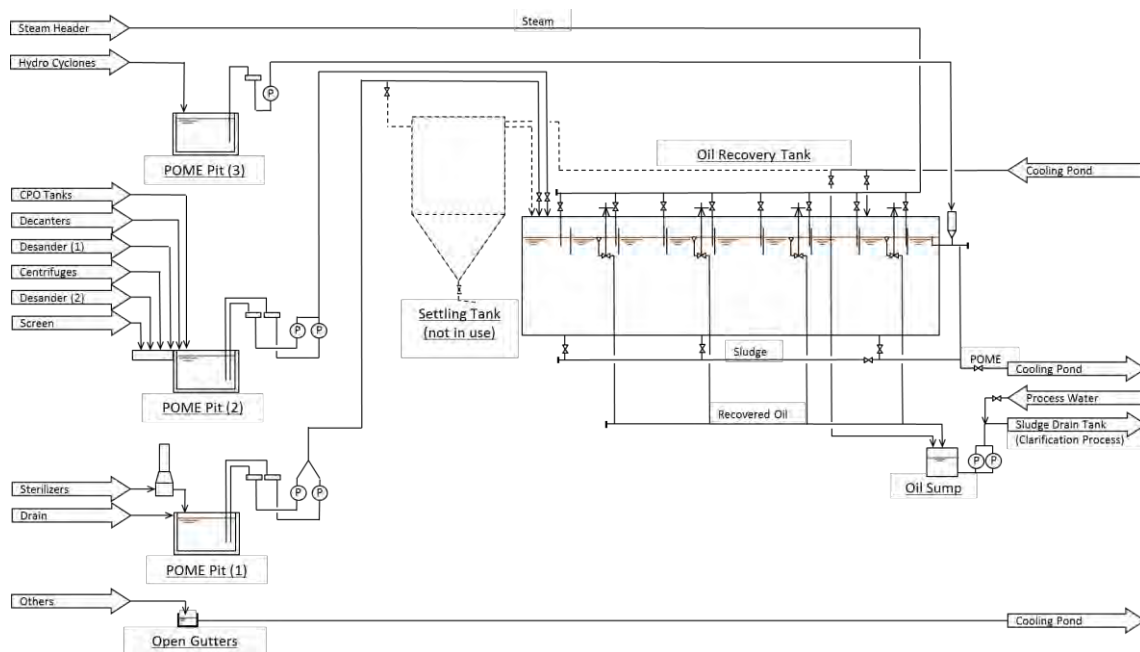
Type of Water	Flow rate	Estimated daily Water Consumption
Process Water	61.9m ³ /hr	61.9m ³ /hr x 11 hr/day=681m ³ /day
Boiler Water	19.0m ³ /hr	19.0m ³ /hr x 11 hr/day=209m ³ /day

(出典: JICA 調査団作成)

(3) 排水発生箇所

排水(Palm Oil Mill Effluent; POME)の集水システムのフローを図 3-7 に示す。工場の各プロセスから排出される汚水は 3 つの POME ピットにそれぞれ集水される。蒸気釜設備で使用される蒸気は凝縮水となり、汚水として POME ピット(1)に集水される。油精製設備では、CPO 清澄化の過程で、振動篩 (Screen)、細砂除去装置(Desander)、遠心分離機(Centrifuge)および汚泥脱水機(Sludge Decanter)より排出された汚水が POME ピット(2)に集水される。また、通常使われることはないが、CPO タンクからのスラッジを POME ピット(2)に移送できるラインが設けられている。

種子回収設備における湿式選別機(Hydro Cyclone)から発生する排水は POME ピット(3)に集水される。



(出典: JICA 調査団作成)

図 3-7 POME 集水システム

(4) 排水発生量

各排水の流量測定結果および推定される排水量を表 3-5 に示す。

表 3-5 各排水の排水量

Location	Flow rate
Transfer Pump at POME Pit 1	9.5 m ³ /hr (26.0%)
Transfer Pump at POME Pit 2	22.8 m ³ /hr (62.3%)
Screen	2.7 m ³ /hr (7.4%)
Desander	2.9 m ³ /hr (7.9%)
Centrifuge	5.5 m ³ /hr (15.0%)
Sludge decanter	11.7 m ³ /hr (32.0%)
Transfer Pump at POME Pit 3	4.3 m ³ /hr (11.7%)
Total	36.6 m ³ /hr (100.0%)

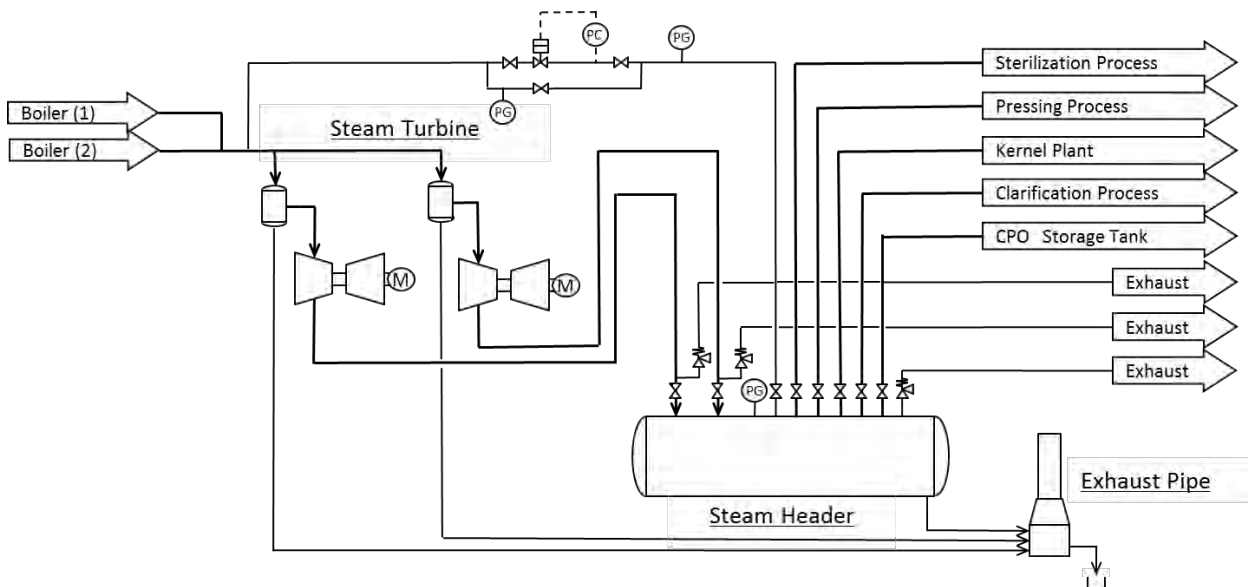
(出典: JICA 調査団作成)

3-1-5 廃蒸気発生状況

(1) 蒸気の利用状況

ボイラで発生した高圧蒸気は蒸気タービンに送られ発電に供される。蒸気タービンから排気される 0.3MPa 程度の低圧蒸気は低圧の蒸気ヘッダー(Steam Header)に送られ、工場各所に分配される。蒸気使用箇所として、図 3-8 に示すとおり蒸気釜、圧縮分離設備の消化槽、油精製設備等で利用されるが、未利用分は大気中に廃棄される。特に蒸気使用量の多い蒸気釜は回分式の運転となっているため、

廃蒸気の発生量は蒸気釜の運転に左右され常に変動している。なお、蒸気ヘッダー内の蒸気圧が低下すると、圧力調整弁が自動的に開くことによって、ボイラから発生する高圧蒸気を直接注入され圧力が一定に保たれる。



(出典:JICA 調査団)

図 3-8 蒸気ラインフロー

(2) 蒸気釜

廃蒸気の発生量は、蒸気釜(Sterilizer)の運転に大きく左右される。そのため、廃蒸気発生量を評価するためには蒸気釜の運転パターンを把握することが重要である。

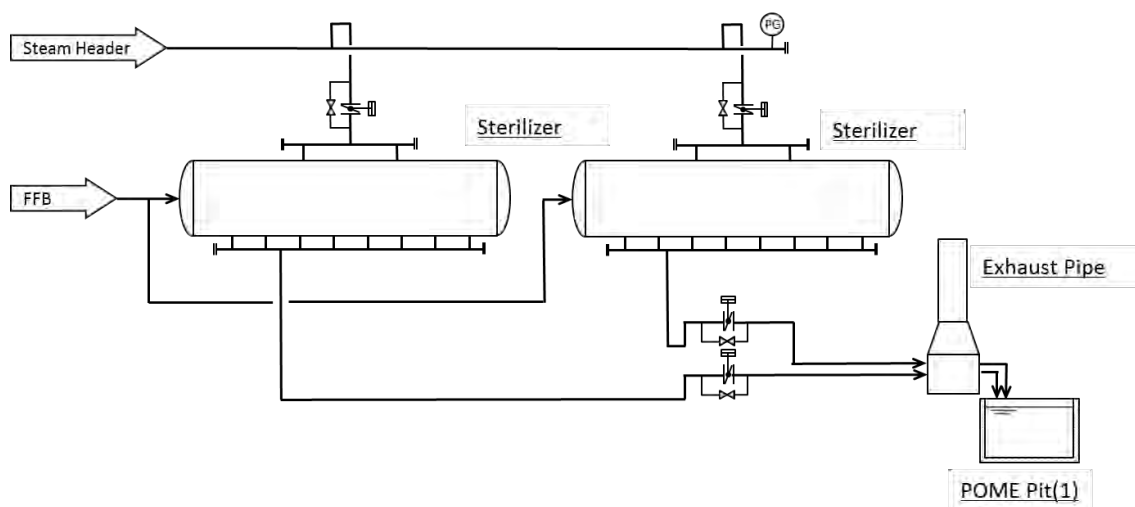
1) 蒸気釜の仕様

工場に搬入された FFB はローディングランプよりトロッコ式の荷台に積載され、蒸気釜(Sterilizer)に投入後、蒸気圧およそ 0.3Mpa の蒸気によって滅菌される。蒸気釜の仕様を表 3-6 に、蒸気釜設備のプロセスフローを図 3-9 に示す。KPOM は 2 系列の蒸気釜設備を有し、それぞれの容量は 8.24m³ である。このプロセスはバッチ処理によって行われるが、1 バッチ当たり蒸気釜に導入されるトロッコは 7 台であり、1 台当たり 8.0~8.5t 程度の FFB が積載可能であるため、1 バッチに処理可能な FFB は 56~60t となる。

表 3-6 蒸気釜仕様

項目	仕様
設置基数	2基
容量	8.24m ³
試験圧力	525kPa
設計圧力	350kPa
排気圧力	14kPa
設計温度	148℃
導入可能トロッコ数	7台/回

(出典:JICA 調査団作成)



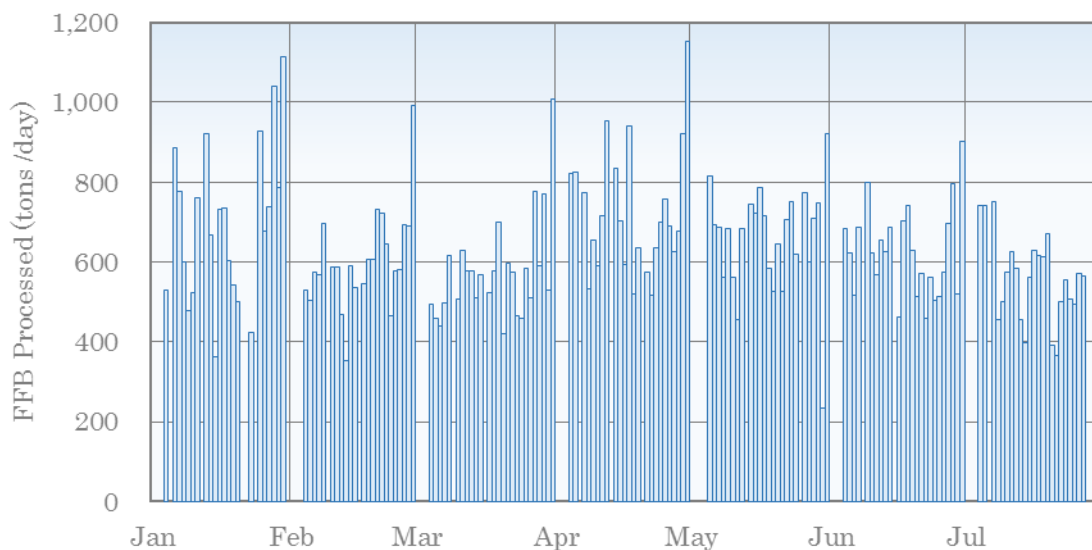
(出典:JICA 調査団作成)

図 3-9 蒸気釜設備プロセスフロー

2) 蒸気釜の運転実績

図 3-10 に 2014 年 1 月 1 日から 7 月 31 日までの 212 日間の蒸気釜の稼働実績を示す。期間中の稼働日数は 170 日、運転時間は 2,508 時間であった。期間中の FFB 処理量は 107,522t、バッチ数は 1,850 バッチであった。

稼働日一日あたりの FFB 処理量は 233.8～1,151.6t であり、平均 632.5t、稼働日一日あたりの運転バッチ数は 4～20 回であり平均 10.9 回、平均運転時間は 14.75 時間であった。これより 1 バッチ当たりの平均処理量は 58t、1 バッチ当たりの平均所要時間は 81 分、1 時間当たりの平均処理量は 42.9t と求められる。



(出典:KPOM 提供データに基づき JICA 調査団作成)

図 3-10 蒸気釜の 2014 年 1 月 1 日から 7 月 31 日までの運転実績

3) 蒸気釜の運転パターン

1 バッチの滅菌操作(Sterilization: S)は 90 分を標準としているが、FFB 投入作業>Loading: L)、滅菌後の FFB 排出作業(Unloading: U)が必要となる。また後段の処理工程が渋滞した場合、FFB 排出作業を待たざるを得ないことがある(Waiting: W)。よって運転パターンは図 3-11 のようになる。

Batch Number	Time Chart
Even Number	Sterilizer 1 L S W U L S W U L S W U L S W U
	Sterilizer 2 L S W U L S W U L S W U L S W U
Odd Number	Sterilizer 1 L S W U L S W U L S W U L S W U
	Sterilizer 2 L S W U L S W U L S W U

(出典:JICA 調査団作成)

図 3-11 蒸気釜の運転パターン

蒸気釜が 2 系列の場合、一日の運転バッチ数が偶数回の場合と奇数回の場合の 1 バッチ当たりの所要作業時間は次式にて求められる。

偶数回の場合： $(L+S+W+U) \times n/2 + W+U/n$

奇数回の場合： $(L+S+W+U) \times (n+1)/2 + n$

ここで、

L: FFB 投入作業に要する時間

S: 滅菌に要する時間

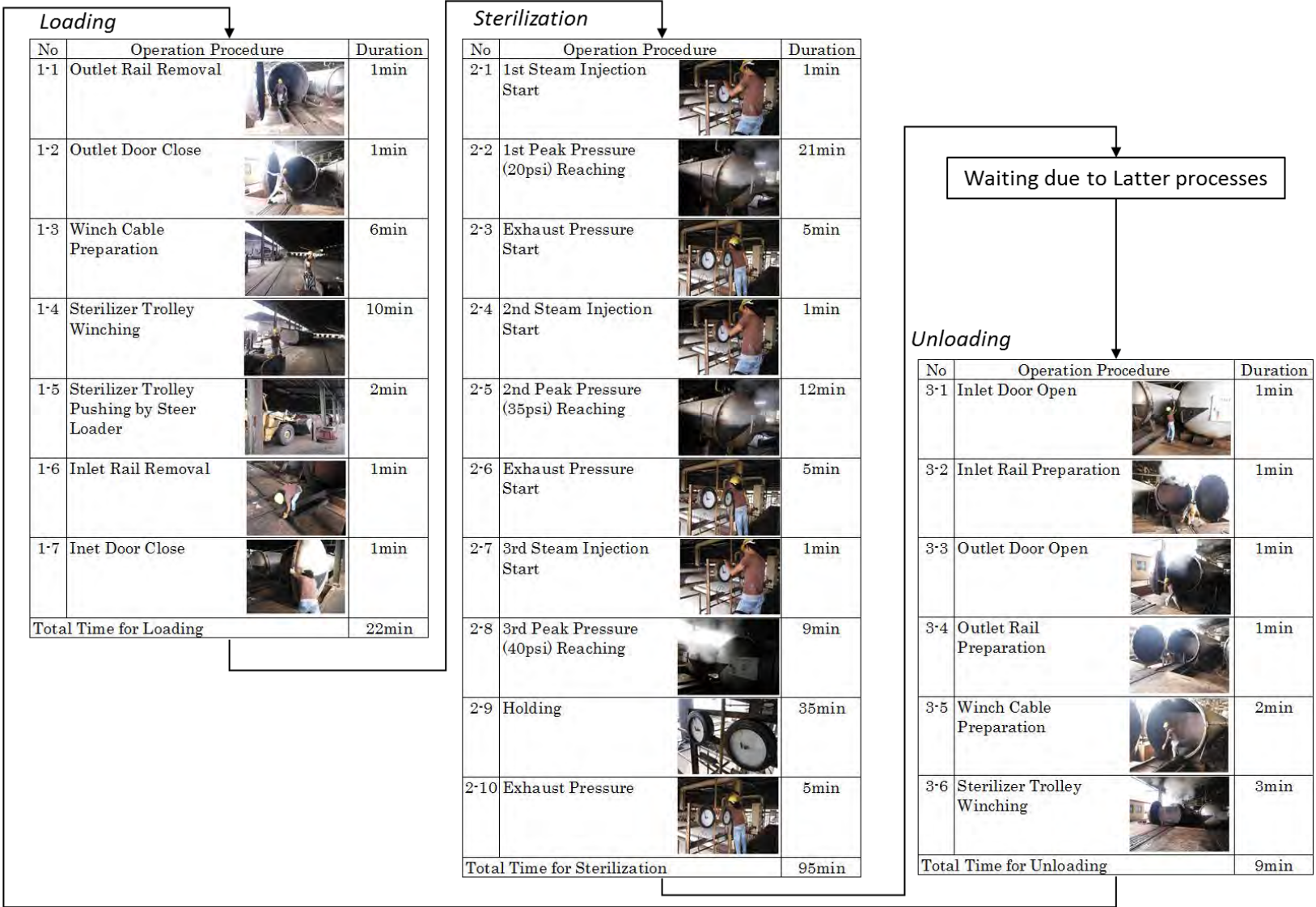
W: 後段の処理工程が渋滞することによる排出待ち時間(ノイズ)

U: FFB 排出作業に要する時間

ここで、FFB 投入作業に要する時間(L)、滅菌に要する時間(S)および FFB 排出作業に要する時間(U)について、タイム・アンド・モーションによって実際の作業に要する時間を測定した。結果を図 3-12 に示す。それぞれ、L=22 分、S=95 分および U=9 分と測定された。

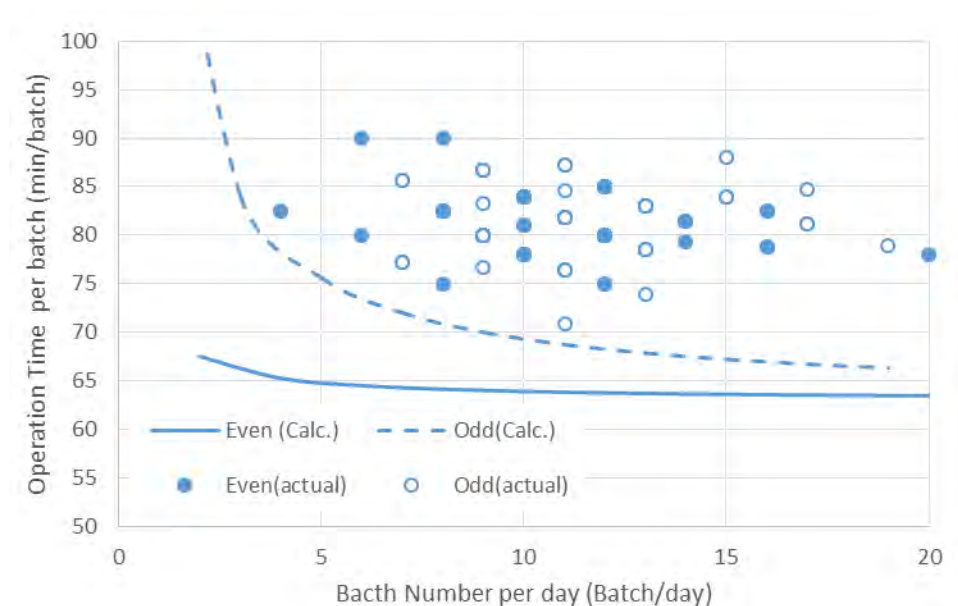
これら数値を採用し、偶数回および奇数回のそれぞれの 1 バッチ当たりの所要作業時間を計算した結果を、実際に要した作業時間と比較して図 3-13 に示す。

実際に要した 1 バッチ当たりの作業時間は、70~90 分、平均で 81 分であり、計算値よりも長くなっている。この差が、後段の処理工程渋滞による排出待ち時間(W)となり、1 バッチ平均 5~25 分の排出待ちが発生しているものと思われる。



(出典:JICA 調査団作成)

図 3-12 蒸気釜運転のタイム・アンド・モーション調査結果

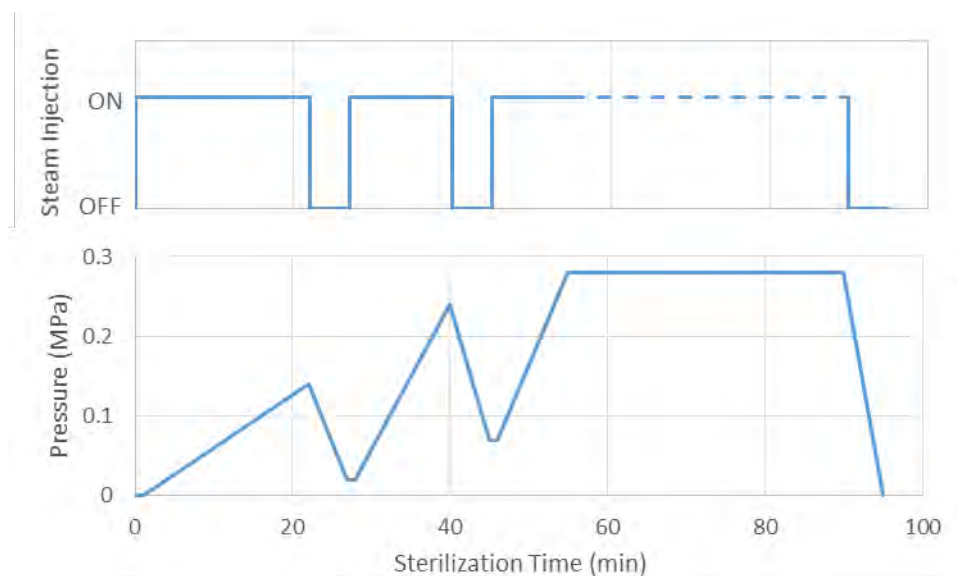


(出典:JICA 調査団作成)

図 3-13 蒸気釜の運転バッチ数と一バッチ当りに要する時間の関係

4) 蒸気釜における蒸気添加パターン

滅菌作業においてはスチームヘッドより蒸気釜に蒸気が供給され、図 3-14 に示すように三段階で加圧を行っている。まずは 20psi(約 0.14MPa)まで加圧し、一端減圧後に 35psi(約 0.24MPa)まで加圧し再度減圧する。そして 40psi(約 0.28MPa)で 35 分間維持するという操作を行っている。よって滅菌作業中においても減圧時には蒸気の注入は行われない。

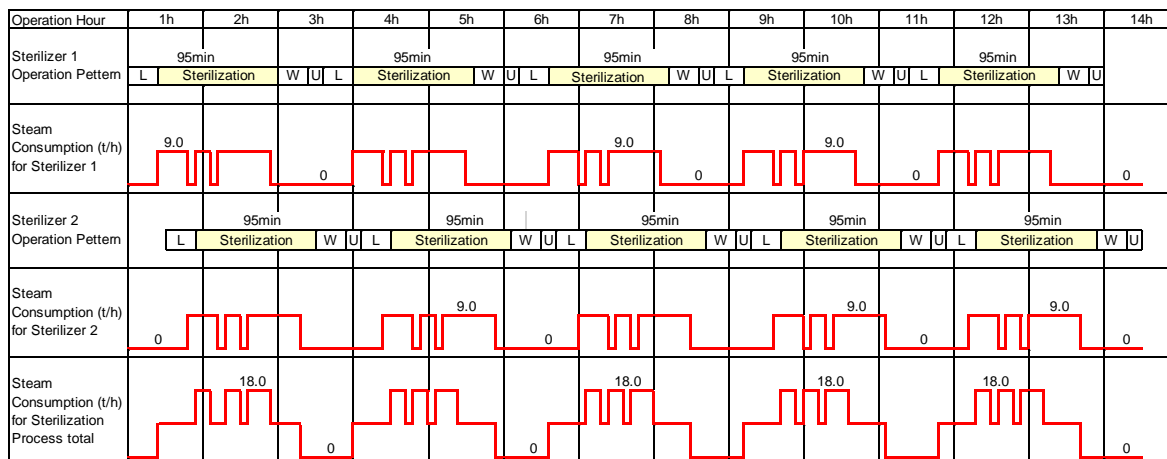


(出典:JICA 調査団作成)

図 3-14 蒸気釜の蒸気注入パターン

以上より、蒸気釜 2 系列の運転パターンおよび蒸気使用量の変動は図 3-15 のようになる。蒸気釜

1 系列にのみ蒸気を注入する場合と、2 系列同時に注入する場合があります、それによって蒸気使用量は変動する。POME Pit 1 の排水量測定結果を踏まえ、1 時間当たりの平均蒸気使用量を排水量と同量の 9.5t/hr と算定した。蒸気釜運転に係る実際の蒸気使用量は 0~18t/h の範囲で変動しているものと思われる。



(出典:JICA 調査団作成)

図 3-15 蒸気釜の運転パターンと蒸気使用量

3-1-6 KPOM の物質収支

調査結果に基づく時間当たりの KPOM の物質収支を図 3-16 に示す。また表 3-7 にその要約を示す。FFB 処理量は 42.9t/h であり、10.0t/h の CPO が生産される。FFB1t 当たりの CPO 生産量は 233kg となる。

(1) 用水量

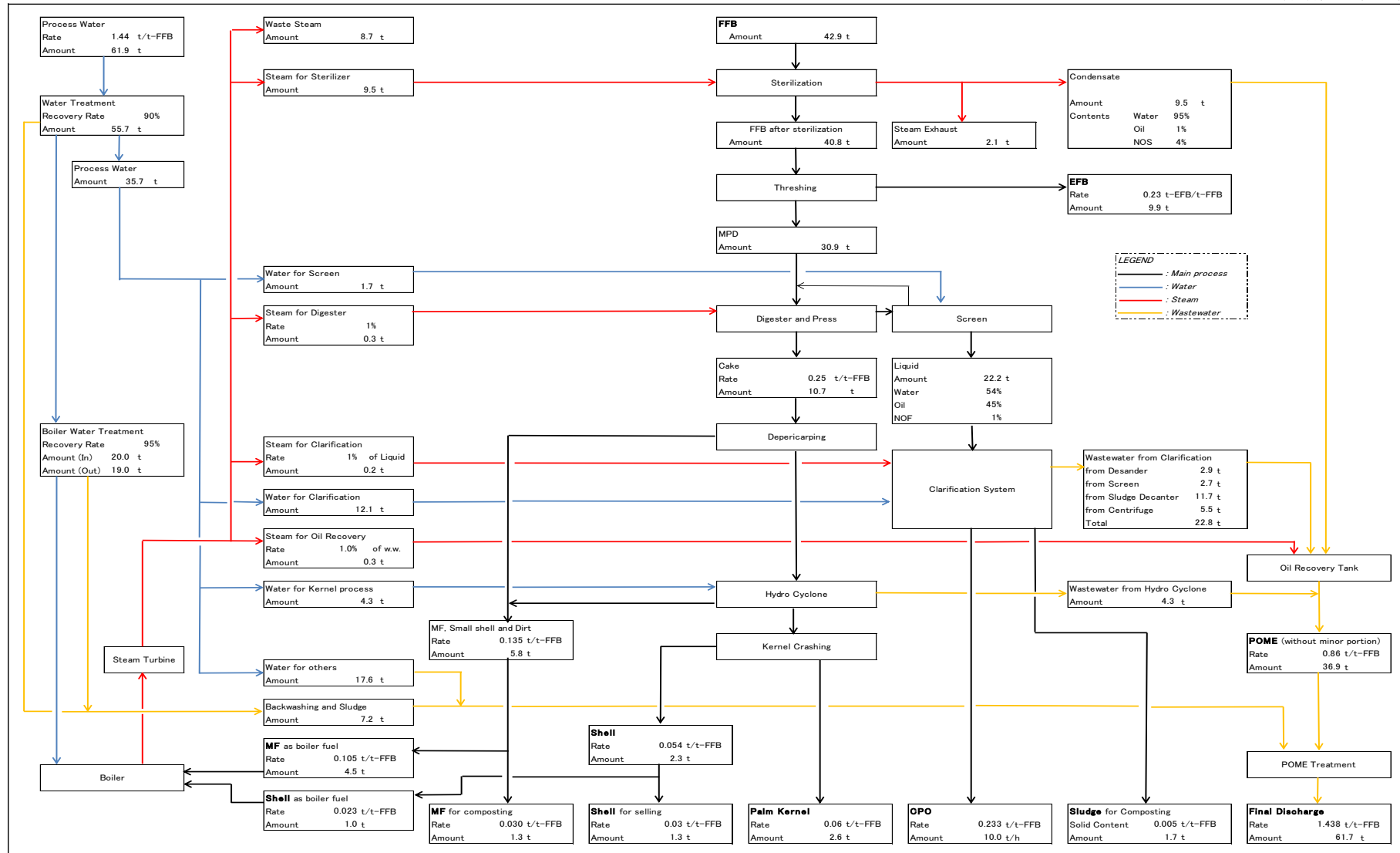
プラント用水として 61.9t/h が供給され、そのうち 19.0t/h が蒸気として供給される。

(2) 排水量

蒸気釜設備、油精製設備および種子回収設備の 3 か所から主な排水(POME)が排出される。その量はそれぞれ、9.5m³/h、22.8m³/h および 4.3m³/h であり構成比率は 26.0%、62.3%および 11.7%となる。

(3) 廃蒸気量

発生蒸気量 19.0t/h のうち、平均 9.5t/h が蒸気釜にて消費され、その他プロセスで 0.8t/h が消費され、発生蒸気の 46%に当たる 8.7t/h が大気中に排気される。ただし蒸気釜の運転状態によって、蒸気釜で消費される蒸気量は 0~18t/h の間で変動するため、直接廃棄している蒸気量も 0.2~18.2t/h の範囲で変動する。



(出典:JICA 調査団作成)

図 3-16 KPOM の物質収支

表 3-7 物質収支のまとめ

Input (t/h)		Output (t/h)	
FFB	42.9	CPO	10.0
Water	61.9	EFB	9.9
		MF	5.8
		Shell	2.3
		PK	2.6
		Sludge	1.7
		POME	36.9
		Other wastewater	24.8
		Waste Steam	8.7 (0.2~18.2)
		Exhaust from Sterilizer	2.1
Total	104.8	Total	104.8

(出典:JICA 調査団作成)

3-1-7 KPOM の熱収支

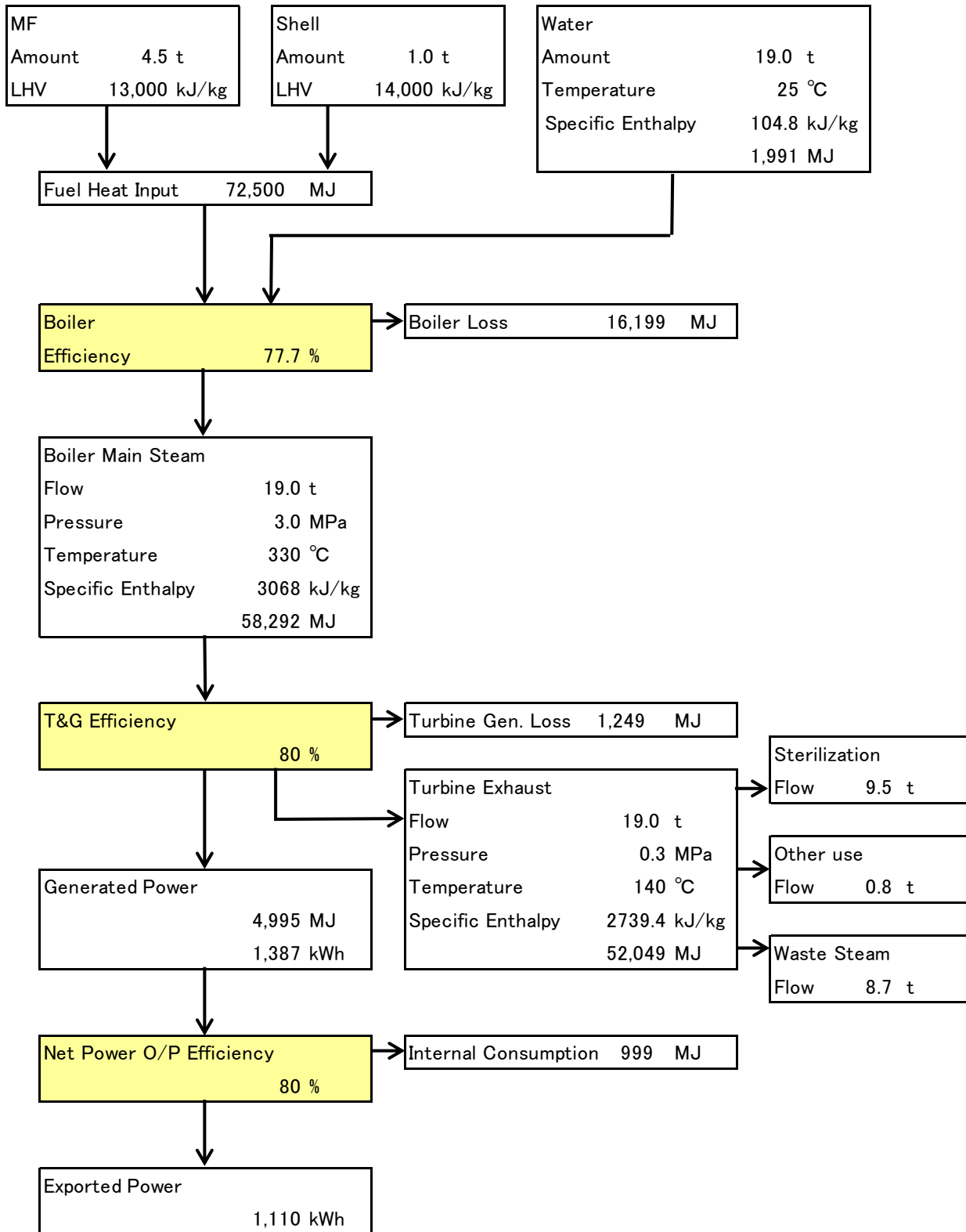
調査結果に基づき、1時間当たりの熱収支を図 3-17 に示す。なお、ボイラ燃料として用いられる MF および Shell の発熱量は、表 3-8 に示す値を採用した。

4.5/h の MF および 1t/h の Shell より、3MPa、330℃の蒸気 19.0t/h が得られ、蒸気タービン発電機にておおよそ 1,100kWh の発電が行われている。発電に利用された後の 0.3MPa の低圧蒸気は蒸気ヘッダーを介して各所にて利用され、一部は大気放出される。

表 3-8 ボイラ燃料の性状と湿基準低位発熱量

Type	Unit	MF	Shell
Combustible	%	66	73
Ash	%	4	2
Total Moisture	%	30	25
LHV (Wet Base)	kJ/kg	13,000	14,000

(出典:JICA 調査団作成)



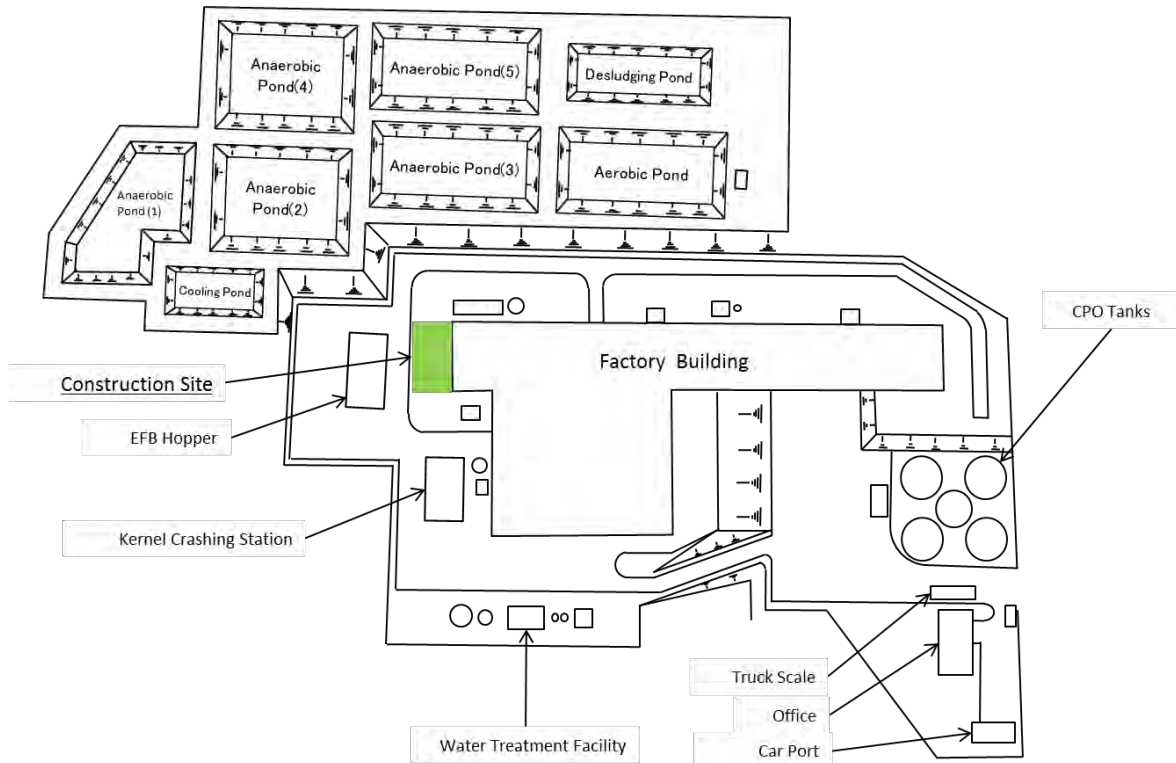
(出典:JICA 調査団作成)

図 3-17 KPOM の熱収支(1 時間当たり)

3-1-8 建設用地

サイト調査の際に、工場オーナーより建設用地として工場本棟と EFB ホッパの間に位置する敷地

を活用してもよいとの提案があった。敷地面積は41m×26m程度あり、建設の際の障害物も見当たらない。また既存施設との配管等の取合いも良好であるため、建設用地として適していると判断された。



(出典:JICA 調査団作成)

図 3-18 パイロットプラント建設用地



パイロットプラント建設用地

3-2 設置に係る許認可に関する法律・規則

3-2-1 環境法

マレーシアの環境法規制は、1974年に制定された「1974年環境法」Environmental Quality Act 1974 (Act127) “に基づいている。

この法令は許容条件に違反する、環境への廃棄物の排出を制限するもので、表 3-9 にあるように、現在まで 38 の規則・施行令が制定され、施行されている。このうち、Environmental Quality (Prescribed Premises)(Crude Palm Oil) Regulations 1977 および Environmental Quality (Prescribed Premises) (Crude Palm Oil) Order 1977 がアブラヤシ搾油工場に直接的に係る規則・施行令となっている。

表 3-9 1974年環境法に基づき制定された規則・施行令

NO.	REGULATIONS/ORDER	P.U. (A)	EFFECTIVE DATE OF ENFORCEMENT
1.	Environmental Quality (Prescribed Premises)(Crude Palm Oil) Regulations 1977	342	1st July, 1977
2.	Environmental Quality (Licensing) Regulations 1977	198	1st October, 1977
3.	Environmental Quality (Clean Air) Regulations 1978	280	1st October, 1978
4.	Environmental Quality (Compounding of Offences) Rules 1978	281	1st October, 1978
5.	Environmental Quality (Prescribed Premises)(Raw Natural Rubber) Regulations 1978	338	1st December, 1978
6.	*Environmental Quality (Sewage and Industrial Effluents) Regulations 1979 (Revoked by PU(A) 432/2009)	12	1st January 1981
7.	Environmental Quality (Control of Lead Concentration in Motor Gasoline) Regulations 1985	296	1st August, 1986
8.	Environmental Quality (Motor Vehicles Noise) Regulations 1987	244	1st July, 1987
9.	Environmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987	362	1st April, 1988
10.	Environmental Quality (Scheduled Wastes) Regulations 1989 (Revoked by PU(A) 294/2005)	139	1st May, 1989
11.	Environmental Quality (Prescribed Premises) (Scheduled Wastes Treatment And Disposal Facilities) Order 1989	140	1st May, 1989
12.	Environmental Quality (Prescribed Premises) (Scheduled Wastes Treatment And Disposal Facilities) Regulations 1989	141	1st May, 1989
13.	Environmental Quality (Prescribed Premises) (Crude Palm Oil) Order 1977	199	1st July, 1978
14.	Environmental Quality (Prescribed Premises) (Raw Natural Rubber) Order 1978	250	1st April, 1979
15.	Environmental Quality (Delegation of Powers on Marine Pollution Control) Order 1993	276	24th September, 1993
16.	Environmental Quality (Prohibition on the use of Chlorofluoro-carbons and other Gases as Propellants and Blowing Agents) Order 1993	434	25th October, 1993
17.	Environmental Quality (Delegation of Powers on Marine Pollution Control) Order 1994	537	18th December, 1994

NO.	REGULATIONS/ORDER	P.U. (A)	EFFECTIVE DATE OF ENFORCEMENT
18.	Environmental Quality (Prohibition on the Use of Controlled Substance in Soap, Synthetic Detergent and other Cleaning Agents) Order 1995	115	15th April, 1995
19.	Environmental Quality (Control of Emission from Diesel Engines) Regulations 1996	429	1st September, 1996
20.	Environmental Quality (Control of Emission from Petrol Engines) Regulations 1996	543	1st November, 1996
21.	Environmental Quality (Refrigerant Management) Regulations 1999	451	1st January, 2000
22.	Environmental Quality (Halon Management) Regulations 1999	452	1st Jan, 2000
23.	Environmental Quality (Delegation of Powers) Order 1999 (Revoked by PU(A) 365/2005)	501	15th November, 1999
24.	Environmental Quality (Compounding of Offences) (Open Burning) Rules 2000	310	21st August, 2000
25.	Environmental Quality (Delegation Of Powers) (Investigation of Open Burning) Order 2000	311	21st August, 2000.
26.	Environmental Quality (Delegation of Power) (Halon Management) Order 2000	490	29th December 2000
27.	Environmental Quality (Delegation of Powers) (Perbadanan Putrajaya) Order 2002	233	2nd June 2002
28.	Environmental Quality (Appeal Board) Regulations 2003	115	21st April 2003
29.	Environmental Quality (Declared Activities) (Open Burning) Order 2003	460	1st January 2004
30.	Environmental Quality (Control of Emissions From Motorcycles) Regulations 2003	464	1st January 2004
31.	Environmental Quality (Dioxin and Furan) Regulations 2004	104	1st May 2004
32.	Environmental Quality (Prescribed Conveyance) (Scheduled Wastes) Order 2005	293	15th August 2005
33.	Environmental Quality (Scheduled Wastes) Regulations 2005	294	15th August 2005
34.	Environmental Quality (Delegation of Powers) Order 2005	365	2nd September 2005
35.	Environmental Quality (Control of Petrol And Diesel Properties) Regulations 2007	145	1st April 2007
36.	Environmental Quality (Sewage) Regulations 2009.	432	10th December 2009
37.	Environmental Quality (Control of Pollution From Solid Waste Transfer Station and Landfill) Regulations 2009	433	10th December 2009
38.	Environmental Quality (Industrial Effluent) Regulations 2009;	434	10th December 2009

(出典 : DOE, Environmental Requirements: A Guide For Investors, 2010)

3-2-2 アブラヤシ搾油工場に係る環境規則

アブラヤシ搾油工場に対する環境規則として、1974 年環境法 51 条に基づき、アブラヤシ搾油工

場環境規則”Environmental Quality (Prescribed Premises)(Crude Palm Oil) Regulation 1977”が制定されており、この規則においてアブラヤシ搾油工場から排出される排水基準が定められている。KPOM の場合は最終放流水をアブラヤシプランテーションに散布しているため、この規則の第 13 条(Limits for parameters of effluent to be discharged onto land)に定められた値を順守する必要がある。

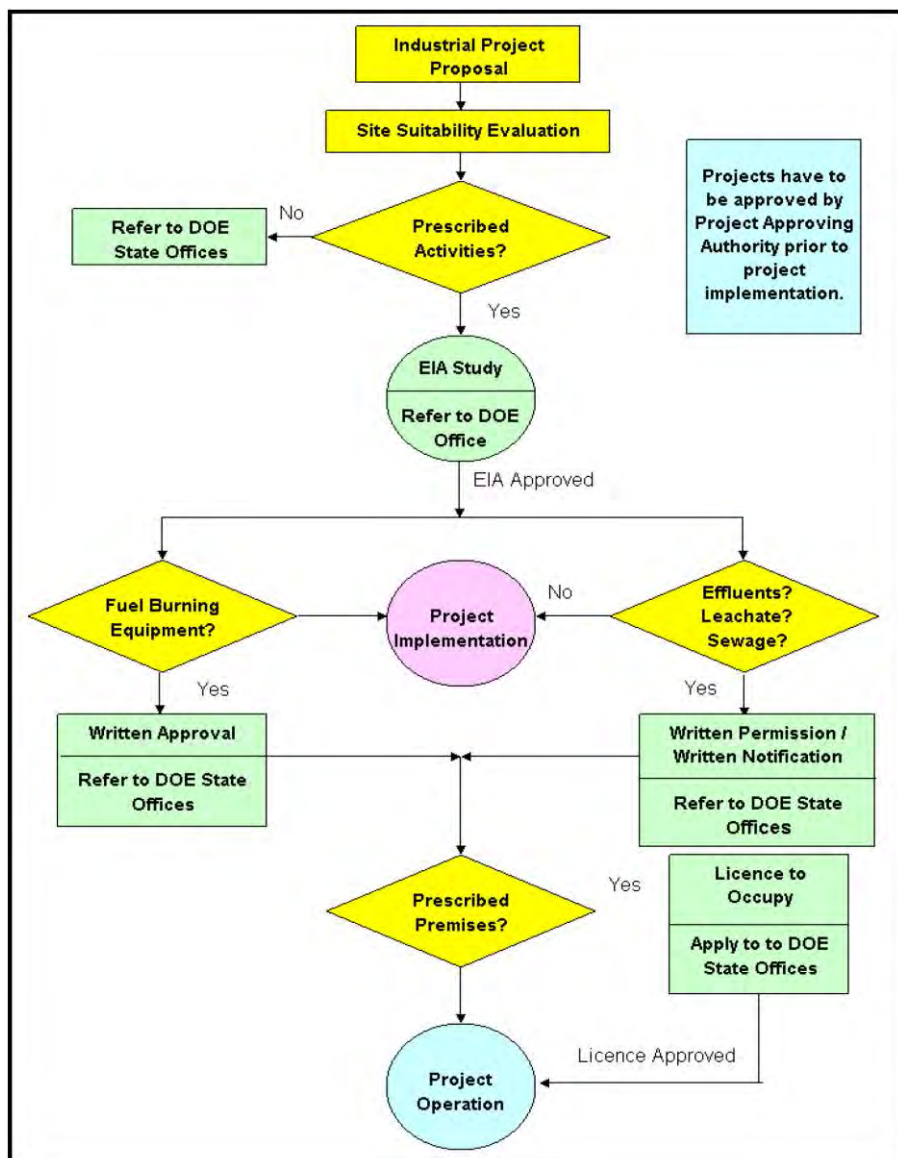
この規則によれば、順守すべき水質基準は BOD のみであり、1979 年 7 月 1 日以降に認可された施設は BOD を 5,000mg/l を上限としている。ただし、この数値はより厳しい値に設定することもできるとされており、KPOM の場合は、現在はその数値が 1,000mg/l となっている。

また、アブラヤシ搾油工場環境施行令”Environmental Quality (Prescribed Premises) (Crude Palm Oil) Order 1977 “は、1974 年環境法 18 条に基づき制定され、アブラヤシ搾油の事業を実施する者は認可を取得しなければならないことを定めている。

3-2-3 環境影響評価に係る法令

マレーシアにおける事業実施の際の環境要求事項の手続きは図 3-19 に示す流れに沿って行われる。EIA が必要とされない事業の場合は、用地適正評価のみが行われる。EIA が必要となる事業の場合は EIA 承認・認可の後に必要な許認可のための手続きを行うこととなっている。

EIA が必要となる事業は 19 の産業に渡り、それらは 1974 年環境法 34A 条に基づき制定された環境影響評価施行令”Environmental Quality (Prescribed Activities)(Environmental Impact Assessment) Order, 1987”に定められている(表 3-10)。



STEP 1

- **Site Suitability Evaluation** (for non-Prescribed Activities).
- **EIA Approval** (for Prescribed Activities).

STEP 2

Activities subject to air and water pollution control:

- **Written Permission** (Air).
- **Written Notification** (Sewage, Industrial Effluent, Leachate).
- **Written Approval** (Prescribed Premises Crude Palm Oil Mills, Raw Natural Rubber Mills, Scheduled Wastes Facilities)

STEP 3

Licence to occupy:

- Crude Palm Oil Mills.
- Raw Natural Rubber Factories.
- Scheduled Waste Treatment and Disposal Activities
- Prescribed Conveyance

(出典 : DOE, Environmental Requirements: A Guide For Investors, 2010)

図 3-19 マレーシアにおける環境要求事項手続きの流れ

表 3-10 EIA が必要となる産業およびその要件

No	産業	EIA が必要となる要件
1	農業	(a) 500ha 以上の森林を農地に開墾するための土地開発計画 (b) 100 世帯以上の再定住を必要とする農業プログラム (c) 農業の種類の変換に関わる、500ha の農地の開発
2	空港	(a) 空港の建設(2,500m 以上の滑走路を持つ) (b) 州立及び国立公園における滑走路の開発
3	排水及び灌漑	(a) 表面積 200ha 以上のダム、人造湖の建設、及び湖の人工的拡張 (b) 100ha 以上の湿地、野生生物生息地、または原生林の排水 (c) 5,000ha 以上の土地の灌漑計画
4	土地造成	50ha 以上の海岸の埋立
5	漁業	(a) 漁港の建設

No	産業	EIA が必要となる要件
		(b) 年間水揚量 50%以上の増加に関わる港の拡張 (c) 50ha 以上のマングローブ湿地林の伐採を伴う陸地ベースの養殖プロジェクト
6	林業	(a) 50ha 以上の丘陵森林地の別途土地利用への転換 (b) 市の上水道、灌漑または水力発電用の貯水池の取水地域内、もしくは州立・国立公園及び国立海上公園の隣接地内における、森林の伐採または別途土地利用への転換 (c) 500ha 以上の森林伐採 (d) 50ha 以上のマングローブ湿地林の産業、住宅、農業用途への転換 (e) 国立海上公園に隣接している島におけるマングローブ湿地林の伐採
7	住宅	50ha 以上の住宅開発
8	工業	(a) 化学 - ひとつの製品の、または複数の製品の生産能力が 100t/日以上のもの (b) 石油化学 - あらゆる規模のもの (c) 非鉄 - 一次製錬 アルミニウム：あらゆる規模のもの 銅：あらゆる規模のもの その他：50t/日以上を生産しているもの (d) 非金属 セメント：クリンカーの投入量が 30t/時間以上のも 石灰：100t/日以上焼石灰回転炉、または 50t/日以上堅型釜 (e) 鉄鋼 - 生産原料として 100t/日以上鉄鉱石を要するもの、もしくは生産原料として 200t/日以上鉄屑を使用するもの (f) 造船所 - 5,000 重量トン（積載重量）以上のもの (g) 製紙業 - 生産能力 50t/日以上のもの
9	インフラ	(a) レクリエーション用のビーチフロントに排水口を持つ病院の建設 (b) 50ha 以上の中・重工業用工業団地の開発 (c) 高速道路の建設 (d) 国道の建設 (e) 新たなタウンシップの建設
10	港湾	(a) 港湾の建設 (b) 年間貨物取扱能力の 50%以上の増加に関わる、港湾の拡張
11	鉱業	(a) 採鉱権が新たに総面積 250ha 以上の地域を対象としている採鉱 (b) アルミニウム、銅、金、タンタルの精鉱を含めた鉱石加工 (c) 50ha 以上の土砂浚渫
12	石油	(a) 油田・ガス田の開発 (b) 距離 50km 以上の海上及び陸上パイプラインの建設 (c) 油・ガス分離、加工、処理、貯蔵施設の建設 (d) 精油所の建設 (e) 商業、工業または住宅地域の 3km 以内にあり、60,000 バレル以上の総貯蔵能力を持つ、石油、ガスまたはディーゼル油の貯蔵のための製品保管所（ガソリンスタンドを除く）の建設
13	発電及び配電	(a) 10MW 以上の発電能力を持つ、化石燃料燃焼の火力発電所の建設

No	産業	EIA が必要となる要件
		(b)以下のどちらか、または両方を持つダム及び水力発電計画 (i) 高さ 15m 以上で、総面積 40ha 以上のダム及び補助建設物 (ii) 表面積 400ha 以上の貯水池 (c) 複合サイクル発電所の建設 (d) 核燃料（原子力）発電所の建設
14	採石	既設の住宅、商業、工業地域か、もしくは住宅、商業、工業開発のための許認可または承認が与えられている地域の 3km 以内にある砂利、石灰岩、シリカ珪岩、砂岩、大理石、装飾用建築石材の採石計画
15	鉄道	(a) 新たな路線の建設 (b) 支線の建設
16	輸送	高速大量輸送プロジェクトの建設
17	リゾート及びレクリエーション開発	(a) 80 室以上を持つ、沿岸リゾート施設またはホテルの建設 (b) 50ha 以上の高原避暑地リゾート施設またはホテルの開発 (c) 国立公園内の観光または娯楽施設の開発 (d) 国立海上公園として公示されている周辺水域内の島における、観光または娯楽施設の開発
18	廃棄物処理・処分	(a) 有毒・危険廃棄物 (i) 焼却プラント（敷地内）の建設 (ii) 回収プラント（敷地外）の建設 (iii) 排水処理プラント（敷地外）の建設 (iv) 安全な埋立処理施設の建設 (v) 保管施設（敷地外）の建設 (b) 都市固形廃棄物 (i) 焼却プラントの建設 (ii) 堆肥プラントの建設 (iii) 回収/リサイクルプラントの建設 (iv) 一般固形廃棄物の埋立処理施設の建設 (c) 都市下水 (i) 下水処理プラントの建設 (ii) 海洋への排水口の建設 (iii) 回収/リサイクルプラントの建設 (iv) 一般固形廃棄物の埋立処理施設の建設
19	給水	(a) 表面積 200ha 以上のダム及び貯水池の建設 (b) 4,500m ³ /日以上産業、農業または都市用給水のための地下水の開発

(出典：Environmental Quality (Prescribed Activities)(Environmental Impact Assessment) Order, 1987)

本件業務は、既存のパーム油搾油工場において、1) 嫌気好気処理のバイオリクター、2) 廃蒸気からのエネルギー・水回収システム（熱交換）、3) 最終放流水の緑地への散布による浄化システム、4) 雨水回収システム、5) コンポスト（肥料）製造システムおよび6) 平窯式炭化システムの6施設を建設するものであるが、上表に該当する可能性のある項目とその評価結果を表 3-11 に示す。これより本件業務では EIA は不要と判断された。

表 3-11 設置する施設の EIA 必要性評価結果

設置する施設	該当する可能性のある項目	評価結果
1) 嫌気好気処理のバイオリアクター	18.廃棄物処理・処分 (c) 都市下水(i)および(iii)項	対象が都市下水ではないため該当しない。
2) 廃蒸気からのエネルギー・水回収システム (熱交換)	8.工業 (a)化学	施設規模が 100kg/h と小型であり該当しない。
3) 最終放流水の緑地への散布による浄化システム	3.排水及び灌漑	人口湿地による小排水量の処理であり該当しない。
4) 雨水回収システム	3.排水及び灌漑	屋根からの雨水回収であり該当しない。
5) コンポスト (肥料) 製造システム	18.廃棄物処理・処分 (b) 都市固形廃棄物(ii)項	対象が都市固形廃棄物ではないため該当しない。
6) 平窯式炭化システム	18.廃棄物処理・処分 (b) 都市固形廃棄物(i)項	対象が都市固形廃棄物ではないため該当しない。

(出典：JICA 調査団作成)

その確認のため C/P より DOE サバ支局に照会したところ、AS PAT 1-12 FORM (Preliminary Site Assessment For Development Project)の提出を求められ、2014 年 9 月下旬に関連書類の提出を行い、2015 年 2 月に正式に建設が許可された。ただし平窯式炭化システムは Environmental Quality (Clean Air) Regulations, 1978 に定められる燃料燃焼装置(fuel burning equipment)に該当するため、運転時の排ガスデータの提出が求められた。データに基づき、DOE サバ支局と排ガス処理装置の必要性について協議することとなった。

3-2-4 施設建設に係る法令

マレーシア建設業開発庁 (The Construction Industry Development Board Malaysia: CIDB) は、1994 年建設業開発庁法”Construction Industry Development Board Act, 1994) (Act 520) ”通称 CIDB 法によって設置された機関で、マレーシアにおける建設業の開発と規制を委ねられている。

CIDB 法において建設工事とは、以下に係る建設、増築、据付、修理・修繕、メンテナンス、再開発、撤去、改装、代替、解体、または取り壊しと定義し、さらに、現場の障害物除去、土地調査および改良、造成、掘削、基礎の敷設、現場の原状回復、整地工事等の下記(a)から(e)に伴って行われる工事の一部、準備作業、または一時的な工事を含むとしている。

- ① ビル、建物、大建造物、構築物、壁、フェンス、または煙突の全体、地上、または地下の一部
- ② 道路、港湾工事、鉄道、空中ケーブル、水路、または飛行場
- ③ 排水、灌漑、または河川管理工事
- ④ 電気、機械、水道、ガス、石油化学、または電話通信工事
- ⑤ 橋、高架道路、ダム、貯水池、土工作业、パイプライン、下水道、水路、排水溝、車道、エレベーター通路、トンネル、または埋立工事

マレーシアにおいて建設工事を行う場合、すべての現地企業および外国法人は、建設工事の開始前までに CIDB への登録を行わなければならないと定められている。

CIDB 登録には、表 3-12 に示す 2 通りの種類がある。

表 3-12 CIDB 登録の種類

登録の種類	資本構成
ローカルコントラクター	<ul style="list-style-type: none"> ・ マレーシア資本70%以上の現地法人 ・ ASEAN資本51%以下およびマレーシア資本49%以上の現地法人
外国コントラクター	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外国資本30%超の現地法人 ・ 外国法人の支店

(出典：日本貿易振興機構, 2013 年度海外制度調査「建設・工事に関する制度 (マレーシア)」)

ローカルコントラクターとしての登録と外国コントラクターとしての登録の主な違いは、ローカルコントラクターが 1~3 年の登録有効期限を有することができるのに対し、外国コントラクターはプロジェクト毎の登録が必要となる点、およびローカルコントラクターがグレードと専門分野による制限があるのに対し、外国コントラクターは制限がないという点である。

ただし、外国コントラクターが、マレーシアで入札に参加する際にも、CIDB に登録（「仮登録」(Provisional Registration)）をしなければならない。この時点でマレーシア国内に法的に拠点を設立する必要はない。

しかし、プロジェクトを落札し受注した外国法人は CIDB に外国コントラクターとしての登録を行わなければならない。外国コントラクターは CIDB 登録前に会社登記所 (Companies Commission of Malaysia: CCM) にマレーシアの拠点として支店または現地法人を登記しなければならない。すなわち、マレーシアでは、外国法人が単にプロジェクトオフィスまたはサイトオフィスで建設工事を行うことは認められていない。

本件業務において建設業者を選定する際には、CIDB 登録をひとつの要件とする必要がある。

また、関係省庁への図面等の技術情報を提出できるのは、1967年エンジニア登録法（2002年改正）”Registration of Engineers Act, 1967 (Revised 2002)に基づき、エンジニア局 (Board of Engineers : BEM) に登録されたエンジニアでなければならないとされており、選定された建設業者はこれらエンジニアを雇用しているかあるいは契約することによって図面等の技術情報について問題ないことを承認してもらう必要がある。

3-2-5 機械設置に係る法令

マレーシアの労働安全衛生部(Department of Occupational Safety and Health : DOSH)は、職場での労働者の安全、衛生及び福祉の確保を担当するとともに、職場での業務によって発生する安全衛生上の危険から職場以外の人々を保護するための業務を担当している。そのために、1994 年労働安全衛生法(Occupational Safety and Health Act (Act 514)、1967 年工場・機械法”Factory and Machinery Act1967(Act139)”およびこれに基づく施行規則が制定されている。

1967 年工場・機械法によれば、この法律で定義される機械類を設置し利用する前までに、設計の承認を受ける必要がある。ここで定義される機械類には、蒸気ボイラ、非加熱圧力容器、ホイスト機

械、ガスホルダ等が含まれる。

本件業務において九州工業大学が調達する「廃蒸気からのエネルギー・水回収システム(熱交換)」は既存の蒸気供給システムに配管を接続し、蒸気を利用して排水を蒸発・凝縮させることによって清澄な処理水を回収するものである。また SATREPS チームが別途に調達を実施する過熱水蒸気発生装置への蒸気供給設備を設置する設備も含まれる。これら設備は蒸気を利用するため、設置する施設は、非加熱圧力容器に該当するため 1967 年工場・機械法に基づく承認が必要となる。「廃蒸気からのエネルギー・水回収システム(熱交換)」は、2015 年 10 月 22 日に DOSH による現場での検査が実施された。

また、「平窯式炭化システム」に設置する吊上装置も同法におけるホイスト機械に該当するため、調達の際には、留意する必要がある。

なお、「嫌気好気処理のバイオリアクター」の一設備としてガスホルダを設置するが、1967 年工場・機械法におけるガスホルダの定義は、釣鐘状の水封式(Bell-Shaped structure floating in a tank of water)であり、今回設置するガスホルダとは構造が異なるため申請の必要がない。

施設の稼働に際し、DOSH による施設全体の承認が必要となるが、施工業者経由で SATREPS チームによって申請書が提出され、2015 年 11 月 23 日に最終検査が実施され、正式に承認された。

第4章 環境社会配慮

国際協力機構環境社会配慮ガイドライン（2010年4月）に基づき、本件業務の施設建設に係る環境社会配慮事項についてチェックリストを用いて以下のとおり確認した。

4-1 許認可・説明

「許認可・説明」項目に係るチェック事項とその評価結果は表 4-1 に示すとおりである。

表 4-1 「許認可・説明」項目に係るチェック事項とその評価結果

環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮
(1)EIA および環境許認可	(a) 環境アセスメント報告書 (EIA レポート)等は作成済みか。 (b) EIA レポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIA レポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a)Y (b)- (c)- (d)-	(a)EIA は不要。別途、DOE に対して AS PAT 1-12 FORM (Preliminary Site Assessment For Development Project) を提出し承認済み (b)該当なし (c)該当なし (d)該当なし
(2)現地ステークホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a)Y (b)-	(a)工場サイトにおける説明を実施し理解を得ている。 (b)近隣に住民は居住していない
(3)代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は（検討の際、環境・社会に係る項目も含めて）検討されているか。	(a)-	(a)該当なし

(出典：主なチェック事項は JICA 環境社会配慮ガイドライン「環境チェックリスト-その他インフラ施設」に基づく)

4-2 汚染対策

「汚染対策」項目に係るチェック事項とその評価結果は表 4-2 に示すとおりである。

平窯式炭化システムは新設であるため、排ガス性状は Environmental Quality (Clean Air) Regulations, 1978 における Standard C を満足する必要がある。表 4-3 に排出基準を示す。また、これら排出基準以外に、大気汚染物質の排出削減を目的に、製造プロセス、操業方法、原材料の選択、除去装置の使用などに関して適用可能な最適な手段 (Best Practicable Means) を要求している。これらに関しては具体的な数値基準は設けられておらず、環境局長官が対象物質の排出が健康に有害な影響を与えるおそれがあると判定した場合は、工場等の所有者は最適手段を導入して当該物質の削減に取り組む必要がある。平窯式炭化炉は低酸素状態における燃焼装置である。よって、上表以外に一酸化炭素 (CO)、メタン(CH₄)、水素(H₂)等の発生が考えられるため、これら項目についても測定し DOE サバ支局と協議する必要がある。

表 4-2 「汚染対策」項目に係るチェック事項とその評価結果

環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮
(1) 大気質	(a) 対象となるインフラ施設及び付帯設備等から排出される大気汚染物質（硫黄酸化物（SO _x ）、窒素酸化物（NO _x ）、煤じん等）は当該国の排出基準、環境基準等と整合するか。大気質に対する対策は取られるか。 (b) 宿泊施設等での電源・熱源は排出係数（二酸化炭素、窒素酸化物、硫黄酸化物等）が小さい燃料を採用しているか。	(a) 不明 (b)-	(a) 平窯式炭化炉が該当。SATREPS チームにて排ガス分析を実施し、その結果をもって DOE サバ支局と協議を実施する。 (b) 該当なし
(2) 水質	(a) インフラ施設及び付帯設備等からの排水または浸出水は当該国の排出基準、環境基準等と整合するか。	(a)-	(a) ゼロ・ディスチャージであるため該当なし。
(3) 廃棄物	(a) インフラ施設及び付帯設備からの廃棄物は当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。	(a)-	(a) 廃棄物の発生はない。ただし炭化品、製品堆肥の処分先を明確にする必要あり。
(4) 土壌汚染	(a) インフラ施設及び付帯設備からの排水、浸出水等により、土壌・地下水を汚染しない対策がなされるか。	(a)Y	(a) 最終放流水の緑地への散布による浄化システムでは遮水シートを設ける
(5) 騒音・振動	(a) 騒音、振動は当該国の基準等と整合するか。	(a)Y	(a) 騒音・振動発生装置はなく、DOE 基準と整合
(6) 地盤沈下	(a) 大量の地下水汲み上げを行う場合、地盤沈下が生じる恐れがあるか。	(a)-	(a) 該当なし
(7) 悪臭	(a) 悪臭源はあるか。悪臭防止の対策はとられるか。	(a)Y	(a) 嫌気槽からの臭気発生があるが密閉構造のため漏洩しない

(出典：主なチェック事項は JICA 環境社会配慮ガイドライン「環境チェックリスト-その他インフラ施設」に基づく)

表 4-3 平窯式炭化システムに適用される排ガス基準

Parameter	Limit (Standard C)
Dark Smoke	To be shade Ringelmann Chart No.2
Solid Particles	Not exceed 0.4 g/m ³ _N
Sulphuric Acid mist or Sulphur Trioxide or both	Not exceed 0.2 g-SO ₃ /m ³ _N
Chlorine Gas	Not exceed 0.2 g-HCl/m ³ _N
Fluorine, Hydrofluoric Acid, or In-organic Fluorine Compound	Not exceed 0.02 g-HF/m ³ _N
Hydrogen Sulphide	Not exceed 5.00 ppm
Oxides of Nitrogen	Not exceed 2.0 g-NO _x /m ³ _N

(出典：Environmental Quality (Clean Air) Regulations, 1978)

4-3 自然環境

「自然環境」項目に係るチェック事項とその評価結果は表 4-4 に示すとおりである。

表 4-4 「自然環境」項目に係るチェック事項とその評価結果

環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮
(1)保護区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a)N	(a)サイトは既設アブラヤシ搾油工場である。
(2)生態系	(a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地（珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等）を含むか。 (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。 (c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) プロジェクトによる水利用（地表水、地下水）が、河川等の水域環境に影響を及ぼすか。水生生物等への影響を減らす対策はなされるか。	(a)N (b)N (c)N (d)N	(a)～(c) サイトは既設アブラヤシ搾油工場である。 (d)本施設で使用する水は原則雨水。水の使用量も極めて少ない。最終放流水は既設の排水処理設備に移送されるため、水生生物等への影響はない。
(3)水象	(a) プロジェクトによる水系の変化に伴い、地表水・地下水の流れに悪影響を及ぼすか。	(a)N	(a)該当なし
(4)地形・地質	(a) プロジェクトにより、サイト及び周辺の地形・地質構造が大規模に改変されるか。	(a)N	(a)地形・地質構造の改変はない

(出典：主なチェック事項は JICA 環境社会配慮ガイドライン「環境チェックリスト-その他インフラ施設」に基づく)

4-4 社会環境

「社会環境」項目に係るチェック事項とその評価結果は表 4-5 に示すとおりである。

表 4-5 「社会環境」項目に係るチェック事項とその評価結果

環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮
(1)住民移転	(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。 (b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。 (c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。 (d) 補償金の支払いが移転前に行われるか。 (e) 補償方針は文書で策定されているか。 (f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。 (g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。 (h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。 (i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。 (j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。	(a)N (b)- (c)- (d)- (e)- (f)- (g)- (h)- (i)- (j)-	(a)サイトが既存のアブラヤシ搾油工場であり、住民移転は生じない (b)-(j)該当なし

環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮
(2)生活・生計	(a) プロジェクトによる住民の生活への悪影響が生じるか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。	(a)N	(a) サイトが既存のアブラヤシ搾油工場であり、該当しない
(3)文化遺産	(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。	(a)N	(a) サイトが既存のアブラヤシ搾油工場であり、該当しない
(4)景 観	(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策は取られるか。 (b) 大規模な宿泊施設や建築物の高層化によって景観が損なわれる恐れがあるか。	(a)N (b)N	(a),(b) サイトが既存のアブラヤシ搾油工場であり、該当しない
(5)少数民族、先住民族	(a) 少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。 (b) 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。	(a)N (b)N	(a),(b) サイトが既存のアブラヤシ搾油工場であり、該当しない
(6)労働環境	(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。 (b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されるか。 (c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育(交通安全や公衆衛生を含む)の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。 (d) プロジェクトに関係する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。	(a)Y (b)Y (c)Y (d)Y	(a)-(d)施工管理計画策定の際に、関連法特に1994年労働安全衛生法(OSHA)の順守を定める。

(出典：主なチェック事項は JICA 環境社会配慮ガイドライン「環境チェックリスト-その他インフラ施設」に基づく)

4-5 その他

「その他」項目に係るチェック事項とその評価結果は表 4-6 に示すとおりである。プロジェクト実施期間中のモニタリング方法は、最終的には SATREPS チームによって定められるが、表 4-7～表 4-12 に SATREPS チームへの提案を示す。平窯式炭化システムの排ガスについては、測定結果を DOE サバ支局に提出し、排ガス処理装置の必要性について協議することとなっているため、SATREPS チームは速やかに排ガスを測定することが求められる。

また提案するモニタリング体制を図 4-1 に示す。特に現地での運転体制は、安全面も考慮し複数名による運転体制の構築を提案する。

表 4-6 「その他」項目に係るチェック事項とその評価結果

環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮
(1)工事中の影響	(a) 工事中の汚染（騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等）に対して緩和策が用意されるか。 (b) 工事により自然環境（生態系）に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。	(a)Y (b)N (c)N	(a)主な設備は工場における製作とし現地工事量を削減する。工事中の汚染については入札図書でその防止を義務付け、施工管理計画にて詳細を定めた。 (b),(c) サイトが既存のアブラヤシ搾油工場であり、該当しない
(2)モニタリング	(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等はどのように定められているか。 (c) 事業者のモニタリング体制（組織、人員、機材、予算等と継続性）は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。	(a)Y (b) (c)- (d)N	(a)-(c)プロジェクト実施期間中の方法は最終的にSATREPS チームによって定められる。 (d)研究のための施設であり該当しない

(出典：主なチェック事項は JICA 環境社会配慮ガイドライン「環境チェックリスト-その他インフラ施設」に基づく)

表 4-7 提案するモニタリング計画(嫌気好気処理のバイオリクター)

Monitoring Parameter	Monitoring Method	Organization and Budget
Oil Concentration, Amount of Recovered Oil	Analyzed oil concentration at POME Pit (1) and Effluent of Oil Separator once a week. Measured amount of recovered oil everyday.	Implemented by SATREPS Team with budget borne by C/P
Flow Rate, pH, BOD, COD, TSS, T-N, T-P	Analyzed pH, BOD, COD, TSS, T-N and T-P at Influent(POME), Effluent from Anaerobic Reactor and Aerobic Reactor once a week Measured each flow rate every other day.	Implemented by SATREPS Team with budget borne by C/P
Biogas Production, Methane Concentration	Measured Biogas flow rate continuously by Equipped flow meter. Measured Methane concentration by gas detector tube.	Implemented by SATREPS Team with budget borne by C/P

(出典：JICA 調査団作成)

表 4-8 提案するモニタリング計画(廃蒸気からのエネルギー・水回収システム(熱交換))

Monitoring Parameter	Monitoring Method	Organization and Budget
pH, BOD, COD, TSS, T-N, T-P	Analyzed pH, BOD, COD, TSS, T-N, T-Pat Raw Water and Condensate once a week.	Implemented by SATREPS Team with budget borne by C/P

(出典：JICA 調査団作成)

表 4-9 提案するモニタリング計画(最終放流水浄化システム)

Monitoring Parameter	Monitoring Method	Organization and Budget
Flow Rate, pH, BOD, COD, TSS, T-N, T-P	Analyzed pH, BOD, COD, TSS, T-N, T-Pat final discharge once a week. Measured flow rate every other day.	Implemented by SATREPS Team with budget borne by C/P
Yield of Napier Grass	Measured at the time of harvest	Implemented by SATREPS Team

(出典：JICA 調査団作成)

表 4-10 提案するモニタリング計画(雨水回収システム)

Monitoring Parameter	Monitoring Method	Organization and Budget
Rainfall	Measured rainfall by a simple ombrometer	Implemented by SATREPS Team with budget borne by C/P

(出典：JICA 調査団作成)

表 4-11 提案するモニタリング計画(コンポスト(肥料)製造システム)

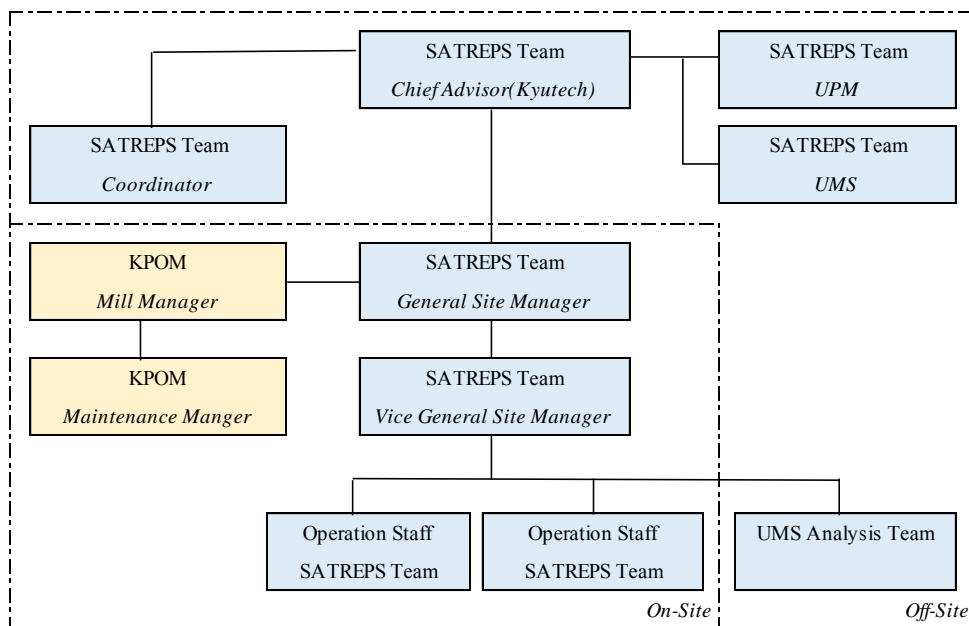
Monitoring Parameter	Monitoring Method	Organization and Budget
Amounts of Raw material and Product	Measured at the time of start and completion	Implemented by SATREPS Team
VS, MC, Ash in Raw material and Product, N, P, K in Product	Analyzed of raw material and product	Implemented by SATREPS Team with budget borne by C/P

(出典：JICA 調査団作成)

表 4-12 提案するモニタリング計画(平窯式炭化システム)

Monitoring Parameter	Monitoring Method	Organization and Budget
Exhaust Gas (O ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄ , H ₂ and parameters described in Table 4.3)	Measured during operation. Reflected comment from DOE Sabah.	Implemented by SATREPS Team with budget borne by C/P
Amount of Raw Material and Product	Measured at the time of start and completion	Implemented by SATREPS Team
VS, MC, Ash in Raw material and Product	Analyzed of raw material and product	Implemented by SATREPS Team with budget borne by C/P

(出典：JICA 調査団作成)



(出典：JICA 調査団作成)

図 4-1 提案するモニタリング体制

4-6 留意点

「留意点」項目に係るチェック事項とその評価結果は表 4-13 に示すとおりである。

表 4-13 「留意点」項目に係るチェック事項とその評価結果

環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮
他の環境チェックリストの参照	(a) 必要な場合、道路、鉄道、橋梁に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること（インフラ施設に関連して、アクセス道路等が設置される場合等）。 (b) 電話線敷設、鉄塔、海底ケーブル等については、必要に応じて、送変電・配電に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること。	(a)- (b)-	(a) 該当なし (b) 該当なし
環境チェックリスト使用上の注意	(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する（廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等）。	(a)-	(a) 該当なし

(出典：主なチェック事項は JICA 環境社会配慮ガイドライン「環境チェックリスト-その他インフラ施設」に基づく)

第5章 施設の設計

5-1 嫌気好気処理のバイオリアクター

5-1-1 構成プロセス

嫌気好気処理のバイオリアクター処理の対象となる排水は、主に 6 か所から排出され、既存の 3 つの POME ピットを経てより回収されるが、それぞれの排水の性状は表 5-1 に示すとおり大きく異なっている。

表 5-1 KPOM 各工程から排出される排水とその定性的性状、および集水方法

No	Current Collection	Origin	Process generated	Characteristics	Rate
1	POME Pit (1)	Sterilizer	Sterilization Station	- High Temperature (more than 90°C) - High Concentration - Contaminated much oil but not emulsified	26%
2	POME Pit (2) via open gutter	Vibration Screen	Clarification Station	- High Temperature (around 90°C) - Low TSS contaminated - Not much oil contaminated	7.4%
3	POME Pit (2) via open gutter	Desander	Clarification Station	- Normal Temperature (around 30°C) - Low TSS contaminated - Not much oil contaminated	7.9%
4	POME Pit (2)	Sludge Decanter	Clarification Station	- High Temperature (around 90°C) - Moderate Concentration - Contaminated oil (emulsified)	32.0%
5	POME Pit (2) via open gutter	Centrifuge	Clarification Station	- High Temperature (around 90°C) - Moderate Concentration - Contaminated oil (emulsified)	15.0%
6	POME Pit (3) through open gutter	Hydro Cyclone	Kernel Recovery Station	- Normal Temperature (around 30°C) - Low TSS contaminated - Not much oil Contaminated	11.7%
Total					100.0%

(出典：JICA 調査団作成)

POME ピット(1)に集水される蒸気釜設備からの排水は高濃度で油分が混入している。POME ピット(2)には油精製設備より排出される 4 種類の排水が集水される。遠心分離機(Centrifuge)および汚泥脱水機(Sludge Decanter)より排出される汚水は中濃度で油分が乳化した状態で混入している排水であるのに対し、振動篩 (Screen) および細砂除去装置(Desander)からは低濃度の汚水が排出される。種子回収設備における湿式選別機(Hydro Cyclone)から発生する排水は POME ピット(3)に集水され、濃度は低い。

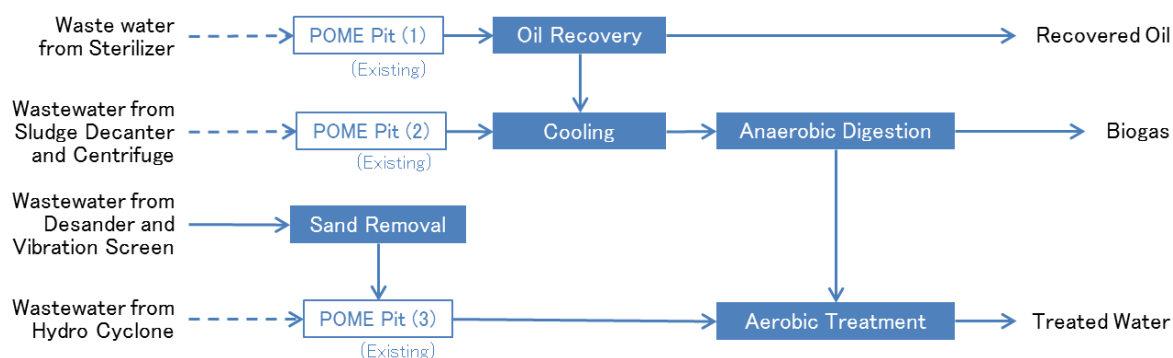
プロセスの基本設計に際し、性状の違いに基づく集水方式を検討した。POME ピット(2)にて集水される 4 つの排水のうち、振動篩 (Screen) および細砂除去装置(Desander)の排水は、種子回収設備における湿式選別機(Hydro Cyclone)から発生する排水の性状に近いものである。これら排水は低濃度であるため嫌気処理の対象としてもバイオガスの発生は見込めない。装置の小型化の観点からはこれら排水は嫌気処理を介せず直接好気処理を行った方が効率的であるため、振動篩 (Screen) および細砂除去装置(Desander)の排水は POME ピット(3)にて集水するものとした。ただし、これら排水には細かな砂が混入しているため、POME ピット(3)前段に新たに細砂除去装置を設置した。

POME ピット(1)の排水は高濃度で油分が混入しているが、乳化はしていない。この排水を直接嫌気処理した場合、嫌気発酵槽内で油分が浮上、スカムを形成し処理に悪影響を及ぼす可能性が考えられた。また一方でこの排水に含まれる油を回収することでアブラヤシ搾油工場の油生産収率が高まることが期待されるため、POME ピット(1)の排水は油分回収後に嫌気処理を行うこととした。

振動篩 (Screen) および細砂除去装置(Desander)の排水を POME ピット(3)にて集水すると、POME ピット(2)では遠心分離機(Centrifuge)および汚泥脱水機(Sludge Decanter)より排出される汚水が集水される。これら汚水にも若干の油分の混入があるが、乳化しており、エマルジョンブレイカ等の薬品を使用しない限り、油分の除去は容易ではない。しかしながら油分が乳化した状態で混入しているため嫌気発酵槽内での油分の浮上は起こらず、メタン発酵による分解が可能である。

なお、POME ピット(1)および POME ピット(2)の排水は高温であるため、直接嫌気発酵槽に投入することはできないため、熱交換によって嫌気処理が可能な温度まで冷却し嫌気処理が施される。嫌気処理後の液は POME ピット(3)の排水と混合して好気処理が行われる。

以上のプロセスを図 5-1 に示す。



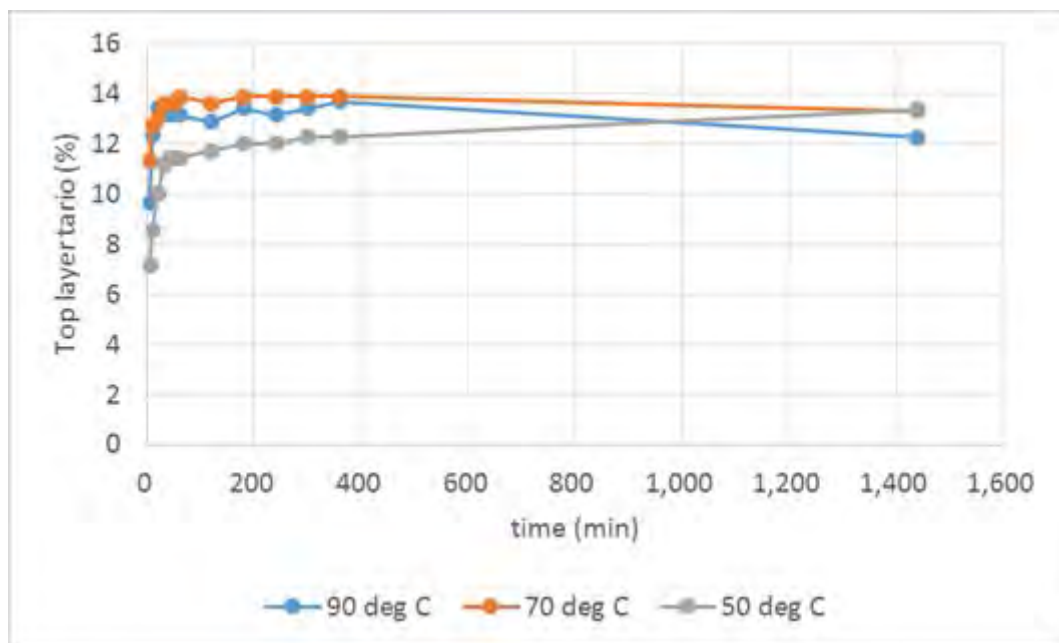
(出典：JICA 調査団作成)

図 5-1 嫌気好気処理のバイオリアクター構成プロセス

5-1-2 蒸気釜排水の油分回収の検討

POME ピット(1)の排水の油分回収方法として、常圧浮上法、加圧浮上法および遠心分離法が検討されたが、まずは最も単純で設備費および運転管理費が安価な常圧浮上法による油分分離を検討した。実際に KPOM の POME ピット(1)から試料を採取し、運転温度を 50℃、70℃および 90℃に保ち、SVI を測定した。なお、試験は SATREPS チームによって実施された。

その結果、図 5-2 に示すとおり分離界面は、液温が 70℃以上の場合と 50℃の場合とでは、明らかな差があり、70℃以上とした方がより分離しやすくなることが示唆された。また分離界面の形成には長い滞留時間は必要なく 1 時間程度でほぼ平衡状態に至ることが確認され、常圧浮上による油分回収が可能であることが確認された。



(出典：SATREPS 作成資料)

図 5-2 重力沈殿による蒸気釜から排出される油水分離試験結果

5-1-3 嫌気処理方式の検討

アブラヤシ搾油工場の排水(POME)は、オープン・ラグーンと呼ばれる排水処理システムで処理されることが多い。システムの多くは、まずは冷却池(Cooling Pond)で冷却後に嫌気池(Anaerobic Pond)にて嫌気処理が行われる。処理の過程で発生するバイオガスは大気中に放出されるが、最近では嫌気池を HDPE シート等で覆いバイオガスを回収して発電に供する例もみられるようになった。このシステムは極めて安価に建設が可能であるが、処理のための滞留時間として数十日を要するため広大な敷地が必要なうえ、処理水質も良好とはいえない。嫌気池の一般的な水深は 5m 程度であり、水深に対して嫌気池表面からの空気の巻き込みが多いため十分に嫌気的な条件を保つことができないこと、および嫌気池内の攪拌がほとんど行われないうえに、効率的に処理が行われないうえである。

一方で嫌気池の代わりにタンクを設けた嫌気処理のシステムも存在するが、その多くは気相部が開放となっており、嫌気池と同様にタンク表面からの空気の巻き込みがみられるものの、タンク表面積に対して水深が確保できるため、嫌気池よりは効率的な処理が可能である。この方式においても最近ではバイオガス回収のための天蓋付のシステムが普及されつつある。

本件業務では、密閉式タンク式による従来型の嫌気処理方式を採用した。ただし嫌気槽内の汚泥濃度を適切に管理するために沈殿槽(Settler)を設ける二槽式のシステムとした。この方式は下水処理等で広く確認されるものである。

また、嫌気処理の運転温度として 38℃前後で運転する中温発酵(mesophilic)と 55℃前後で運転する高温発酵(thermophilic)の 2 つの温度域が存在する。高温発酵では有機物の分解率が高くバイオガス発生量が中温発酵と比して若干高くなるが、排水中のアンモニア濃度の管理等よりシビアな運転管理が要求される。

本設備では嫌気処理の後段に好気処理を行う。好気処理は高温発酵の温度域では処理できないため高温発酵を採用した場合には、嫌気処理の後段で冷却する必要がある。よって、運転管理が容易で

設備構成が簡便な中温発酵を本設備では採用した。

なお、異なる産業排水処理の分野ではUASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)法等の嫌気処理の技術も広く普及している。この方式は、高負荷運転が可能であるため設備の小型化が可能である反面、排水中に混入する固形物濃度が限定されるためアブラヤシ搾油工場排水の処理には適していない。

5-1-4 好気処理方式の検討

本システムにおける好気処理として、活性汚泥法(Activated Sludge: AS)、オキシデーション・ディッチ法(Oxidation Ditch: OD)、回分法(Sequential Batch Reactor: SBR)等が考えられる。本設備は小型であるため、回分法による処理方式が最も簡便で適しているが、施設の実用化を見据え、実際の処理規模で一般的に用いられる活性汚泥法による方式を採用した。本方式は主に曝気ブロウと、曝気ブロウにてエアレーションを行う曝気槽と曝気液の沈殿分離を行う沈殿槽と沈殿汚泥を返送する返送ポンプ等によって構成される。嫌気処理液とバイオガスと向流接触された返送汚泥は、曝気槽の前段に設けるバイオマス・フィルタによって酸化処理が行われる。このバイオマス・フィルタにはアブラヤシの葉をせん断して用いる計画とした。

5-1-5 ポンプ型式の検討

施設規模は 1t/日(=1m³/日)であり、施設の規模が極めて小型であるため一般の排水処理施設で用いられるような遠心ポンプ等は採用できない。また試験設備であることから定量性が求められるため、ダイヤフラム型またはプランジャー型の定量ポンプの採用を検討した。しかしながら、対象となる排水は夾雑物を含んでおりこれらポンプの夾雑物による閉塞が懸念された。実際のアブラヤシ搾油工場(FELDA 社 Serting Hiller 工場)より排水を採取しポンプメーカー 2 社のポンプを用いて実際に移送試験を実施した。結果はいずれも良好で、小水量においても閉塞や流量が不安定になることもなく安定して運転が可能であることが確認された。また篩による夾雑物の混入度合についても調査を行ったが、特段の問題となる夾雑物の混入は認めらなかった。



ポンプ移送試験(1)



ポンプ移送試験(2)

5-1-6 設計計算

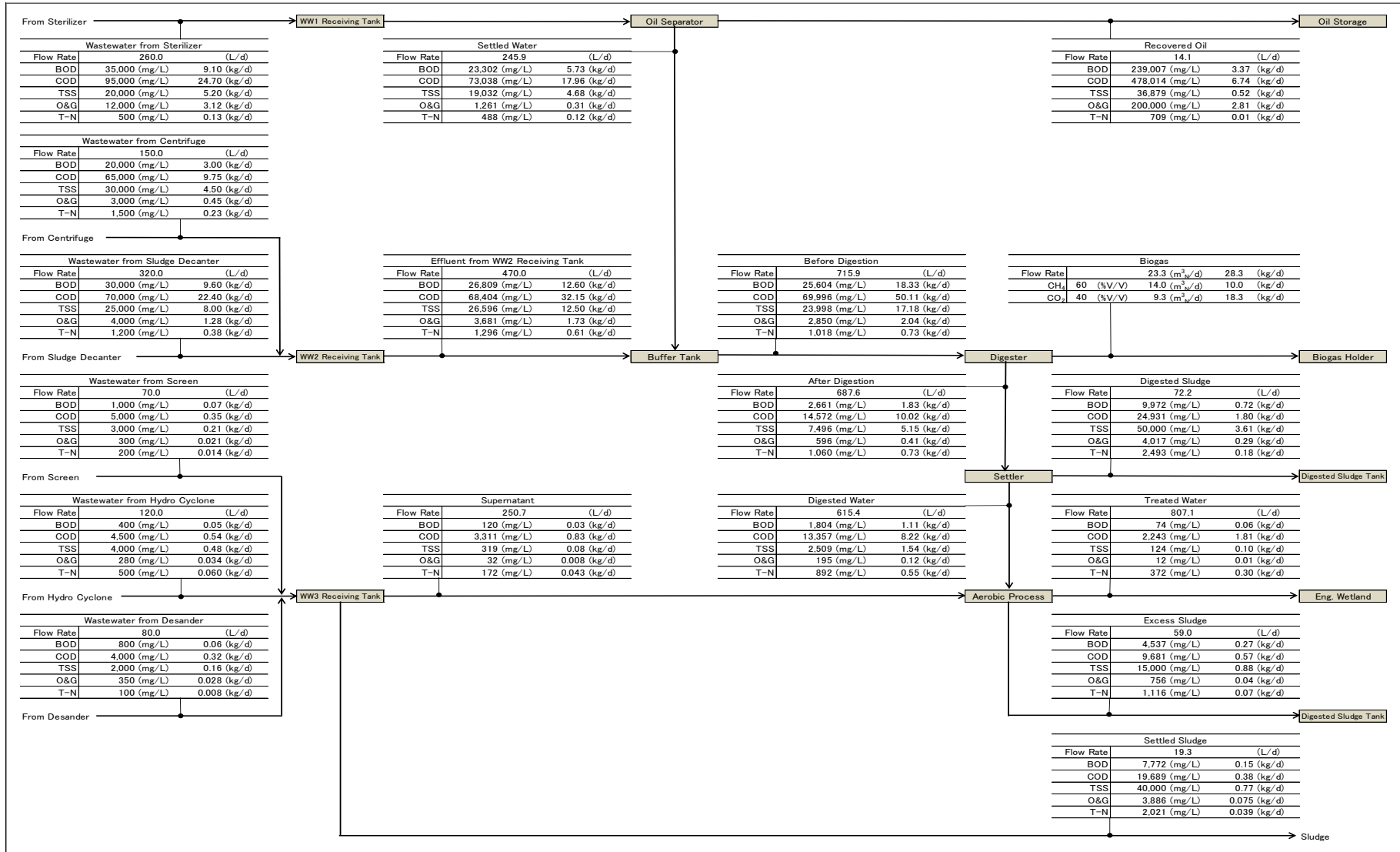
本システムの容量計算に際し、現時点までで得られている知見に基づき、各排水の水質を設定し、それに基づき図 5.3 に示す物質収支を作成した。

各種設備の主要な設計基本数値は、表 5-2 に示すとおりを設定した。

表 5-2 嫌気好気処理のバイオリアクターの主な設計条件

Process	Major Design Criteria	Adopted Figure
Oil Recovery	Retention Time	8hours
	Temperature in the tank	90°C
Anaerobic Digestion	Feeding Temperature	38°C
	Retention time of Digester	10days
	COD Loading rate of Digester	6kg-COD/m ³ /day
	Retention time of Settler	10days
	Surface loading rate of Settler	1m ³ /m ² /day
	COD removal rate	80%
	CH ₄ conversion rate	0.34m ³ _N -CH ₄ /kg-COD removed
Aerobic Treatment	BOD Loading rate of Aeration Tank	0.14kg-BOD/kg-MLSS/day
	MLSS in Aeration Tank	6,000mg/L
	Retention time of Clarifier	9hours
	Surface Loading rate of Clarifier	5 m ³ /m ² /day

(出典：JICA 調査団作成)



(出典：JICA 調査団作成)

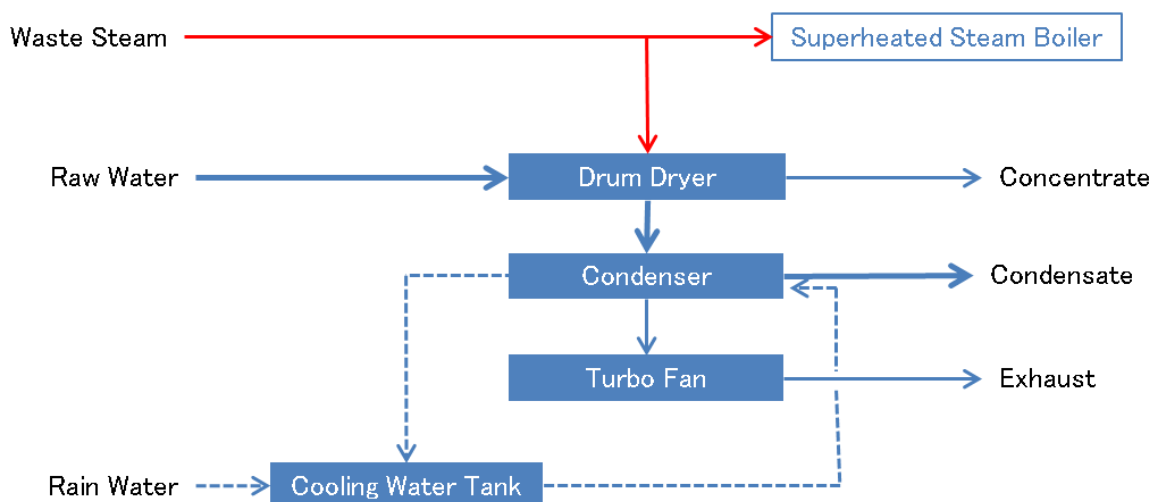
図 5-3 嫌気好気処理のバイオリアクター想定物質収支

5-2 廃蒸気からのエネルギー・水回収システム（熱交換）

5-2-1 システムの概要

KPOM では 19t/h の高圧蒸気が発生され、発電に供された後の低圧蒸気は蒸気釜設備やその他の設備で利用されているが、発生蒸気の 46%に当たる 8.7t/h は大気中に廃棄されている。ただし蒸気釜の運転状態によって、蒸気釜で消費される蒸気量は 0~18t/h の間で変動しており、廃蒸気もそれに伴って 0.2~18.2t/h の範囲で変動している。本システムは、アブラヤシ搾油工場にて廃棄されている発電後の蒸気の有効利用によりバイオマス新産業に利活用できることを実証展示するために設置する設備である。

本システムは、廃蒸気を利用し、嫌気好気のバイオリクターの処理水を蒸発・濃縮させ、工場プロセス水として再生が可能になることを示す蒸発濃縮装置(ドラムドライヤ)が主な設備となるが、別途 SATREPS チームでは、バイオマス複合プラスチック製造のための、バイオマス改質装置として過熱蒸気発生装置の設置を計画しており(但し今回のプラント建設には含まれない)、その2つが廃蒸気有効利用の手段となる。システム構成を図 5-4 に示す。



(出典：JICA 調査団作成)

図 5-4 廃蒸気からのエネルギー・水回収システム構成プロセス

廃蒸気は、過熱水蒸気発生装置およびドラムドライヤに供給される。ドラムドライヤは、回転するドラムの内部に蒸気を供給し、加熱されたドラム表面に処理対象液を薄膜状に付着させることで濃縮を行う方式である。発生する蒸発水分は、ターボファンにより吸引され、コンデンサにて凝縮される。なお、コンデンサにおいて使用する冷却水は、雨水回収システムによって回収された雨水を利用する。一方で濃縮した液は系外に排出される。

本システムで対象とする原水は、嫌気好気のバイオリクターの処理水であるが、それ以外に最終放流水浄化システム(ウェットランド)処理水および既設オープンラグーンシステムの放流水も対象とできるよう設備を計画した。

なお、当初本システムはエバポレータ方式によって計画されたが、九州工業大学が入札の際に実施した技術評価によってドラムドライヤ方式も認めることとなり、入札の結果ドラムドライヤが採用されたものである。

5-2-2 システム設計

本システム(ドラムドライヤ)は九州工業大学が調達した。設定された原水性状は表 5-3 に示すとおりである。

表 5-3 原水性状

Parameter	Adopted Figure
Temperature	25-30°C
pH	7.0 – 7.5
Biological Oxygen Demand (BOD)	70 – 200 mg/L
Chemical Oxygen Demand (COD)	1,000 – 3,000 mg/L
Total Suspended Solids (TSS)	120 – 500 mg/L
Total Dissolved Solids (TDS)	1,000 – 7,000 mg/L
Total Nitrogen (T-N)	150 - 400 mg/L
Ammonia Nitrogen (NH ₄ ⁺ -N)	30 - 100mg/L
Oil and Grease (O&G)	Not Detected

(出典：九州工業大学作成仕様書)

システム運転に必要な蒸気および冷却水の条件は表 5-4 のとおりである。また各種設備の主要な設計条件および仕様は表 5-5 のとおりである。

表 5-4 装置運転に必要な蒸気および冷却水条件

Type of Utility	Parameter	Adopted Figure
Steam	Pressure	0.2-0.3MPa(abs.)
	Temperature	133-143°C
Cooling Water	Temperature	29-32°C

(出典：九州工業大学作成仕様書)

表 5-5 装置の主な設計条件および仕様

Parameter	Adopted Figure
Equipment Capacity	Not less than 3kg/h
Concentration Rate	Not less than 10 times
Continious Operation	Not less than 5 hours
Heat Transfer Area of Drum Dryer	0.62m ²
Heat Transfer Area of Condenser	3 m ²

(出典：装置メーカー仕様)

5-3 最終放流水浄化システム

5-3-1 ウェットランド技術の概要

本システムは一般的に Constructed Wetland や Engineered Wetland 等と呼ばれ、湿地の原理を工業的

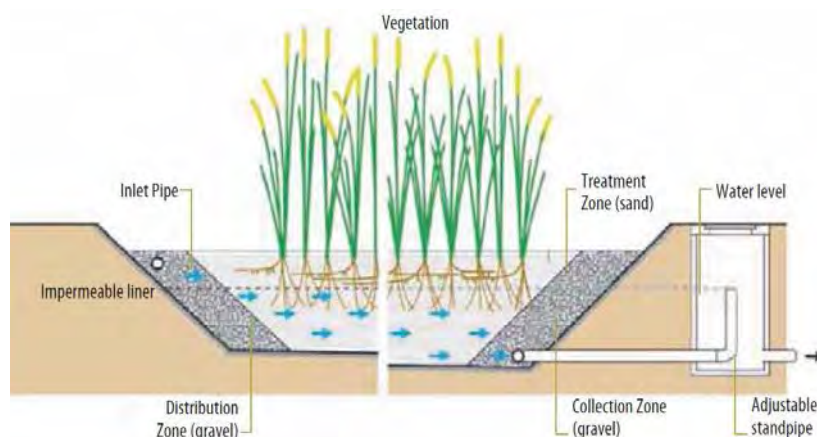
に再現したものであり、遮水シート等で遮水したエリアに植物を植生し、そこに生活排水等を通水することで浄化する技術である。以降、この技術をウェットランドと呼ぶ。

本設備は、嫌気好気処理のバイオリアクターから発生する最終放流水を原水とし、高密度ポリエチレン(HDPE)シートにて遮水し、そのエリアにネピアグラスを栽培するよう計画した。またネピアグラスは定期的に収穫され、堆肥の原料とするが、成長の過程で、固定化した大気中の窒素が堆肥の窒素分となることにより製品肥料の付加価値が向上する。

ウェットランドの設計については、UN-HABITAT が 2008 年に発行した”Constructed Wetlands Manual”に詳しく説明されている。このマニュアルによれば、工業化されているウェットランドは水平流タイプ(Horizontal flow; HF)および垂直流タイプ(Vertical Flow; VF)の2種類に分類されるとしている。HFタイプは図 5.5 に示すとおりウェットランドの一端から原水が流入し、遮水エリア内を水平に移動して、別の端から排水される方式であり、効率的に BOD、COD および TSS が除去できるものの、遮水エリア内の酸素移動量の限界から、窒素等の栄養塩の除去効果は後述する VF タイプより高くないという特徴がある。

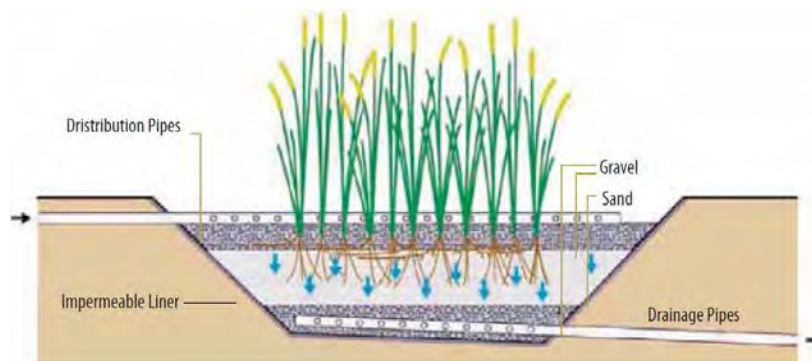
一方で VF タイプは、図 5.6 に示すとおり、遮水エリア表面全体から原水を散布し、底部に敷設された排水管より集水する方式であり、BOD や COD の高い除去効果は確保しつつ、表面全体から酸素が供給されるために窒素等の栄養塩の除去にも効果が期待できる。また、遮水エリア全面を有効に活用できることから、HF タイプよりも小さな面積とすることが可能である。このような利点から、最近では、VF タイプが採用される事例が増加している。

ただし、VF タイプにも短所はあり、それは、原水に含有する固形分(TSS)が高い場合には遮水シート内での閉塞の問題の懸念があることである。これに対応するために、HF タイプと VF タイプを組み合わせたハイブリッドタイプも開発されている。



(出典：UN-HABITAT, ”Constructed Wetlands Manual(2008)”)

図 5-5 水平流(HF)タイプウェットランドの模式図



(出典：UN-HABITAT, "Constructed Wetlands Manual(2008)")

図 5-6 垂直流(VF)タイプウェットランドの模式図

5-3-2 採用技術

本設備では、ウェットランドにおける処理原水は嫌気好気処理のバイオリアクターから発生する最終放流水である。BOD は、嫌気好気処理のバイオリアクターにて概ね除去されており、期待されるウェットランドにおける主な処理対象は窒素やリン等の栄養塩である。このことから、本設備における採用技術としては VF タイプが好ましい。VF タイプの短所である閉塞の問題については、TSS のほとんどは前段の処理で除去可能であるため、ハイブリッドタイプを考慮する必要はない。

5-3-3 設計計算

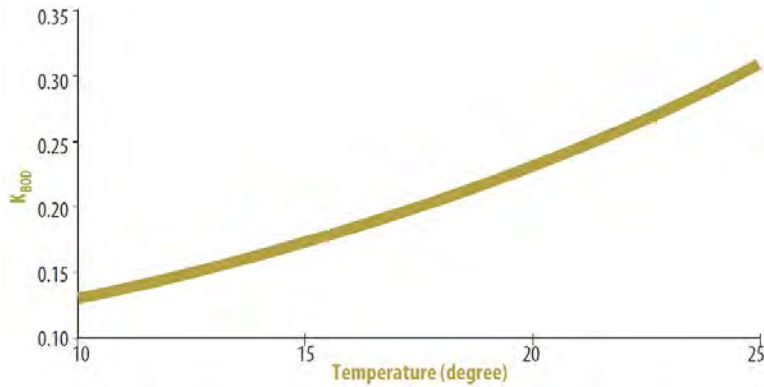
(1) 必要表面積

"Constructed Wetlands Manual(2008)"には、ウェットランドの必要面積の計算式が示されている。本設備における設計においては、本計算式によりウェットランドの必要面積を計算した。

$$A_h = \frac{Q_d (\ln C_i - \ln C_e)}{K_{BOD}}$$

- A_h = Surface area of bed (m²)
- Q_d = average daily flow rate of sewage (m³/d)
- C_i = influent BOD₅ concentration (mg/l)
- C_e = effluent BOD₅ concentration (mg/l)
- K_{BOD} = rate constant (m/d)

ここで、 $Q_d=1.0(\text{m}^3/\text{day})$ 、また保守的な観点より $C_i=100(\text{mg/L})$ 、 $C_e=10(\text{mg/L})$ と設定した。なお、 K_{BOD} は温度に依存する定数であり、VF タイプの K_{BOD} は、図 5-7 より定められる。この図より 25°C における K_{BOD} として $0.30(\text{m}/\text{day})$ と設定した。

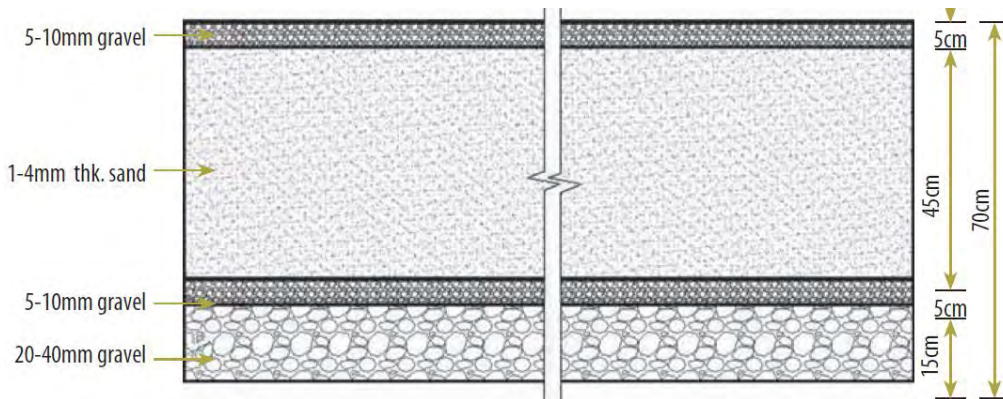


(出典：UN-HABITAT, "Constructed Wetlands Manual(2008)")

図 5-7 VF タイプの K_{BOD}

(2) 必要深さ

” Constructed Wetlands Manual(2008)”には、VF タイプの場合、有機物の除去に加え、窒素除去のためには遮水エリアの深さを 70cm とすることが推奨されており、本設備においても、70cm の深さを確保し、図 5-8 に示す積層にて建設するよう計画した。



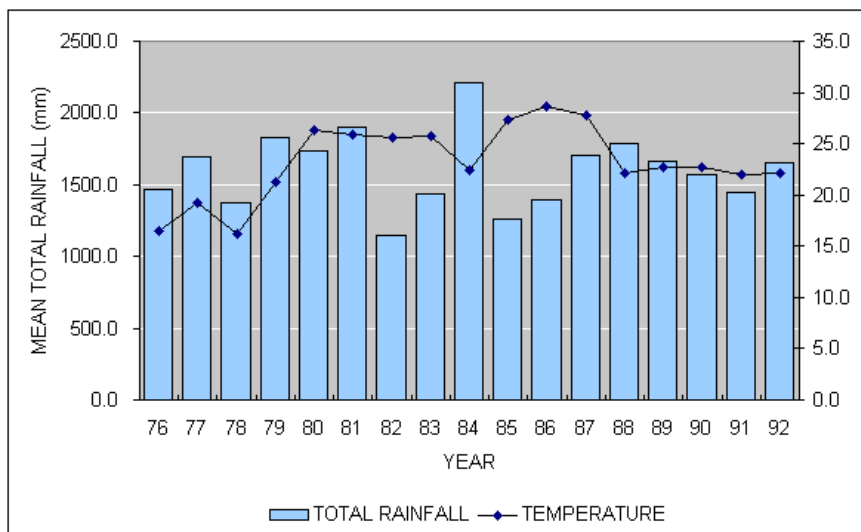
(出典：UN-HABITAT, "Constructed Wetlands Manual(2008)")

図 5-8 VF タイプの積層

5-4 雨水回収システム

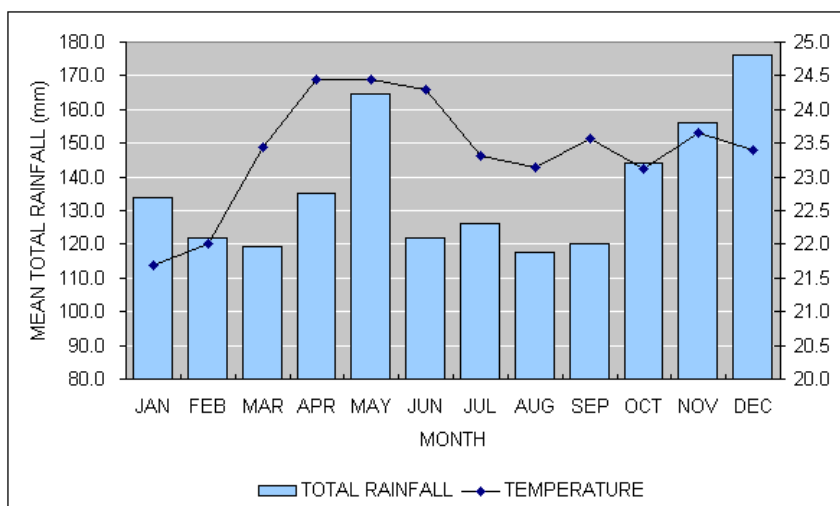
5-4-1 降雨量の設定

サバ州ケニンガウの年間降雨量の推移は、図 5-9 に示すとおり、1,200~2,300mm 程度である。月別降雨量をみると 5 月と 12 月が最も多く 160~180mm、2~3 月および 6~9 月が少なく、120mm 前後となっている(図 5-10)。



(出典：サバ州ホームページ;
http://www.sabah.gov.my/htan_caims/Climatic%20information/Stations/keningau5.htm)

図 5-9 ケニンガウの年間降雨量の推移(1976年～1992年)



(出典：サバ州ホームページ;
http://www.sabah.gov.my/htan_caims/Climatic%20information/Stations/keningau5.htm)

図 5-10 ケニンガウの月別平均降雨量(1976年～1992年の平均)

5-4-2 設計計算

雨水は、パイロットプラントに設置する屋根より回収される。屋根は、嫌気好気バイオリクター、炭化システム、廃蒸気からのエネルギー・水回収システム（熱交換）および最終放流水浄化システムに設置する屋根(屋根1)、およびコンポスト（肥料）製造システムに設置する屋根(屋根2)の2つを設置し、計画降雨量を180mm/月とし雨水を回収する計画とした。

5-5 コンポスト（肥料）製造システム

5-5-1 コンポスト技術の概要

本設備で導入するコンポスト製造システムは、圧縮脱水および破碎された EFB、排水処理施設で発生する汚泥および最終放流水浄化システムより収穫されるネピアグラスを原料として堆肥を製造するものである。設置するシステムは (1)肥料を製造する主処理設備、および(2)製造したコンポストを再破碎する後処理設備によって構成される。当初、EFB の圧縮脱水および破碎のための設備を設置する計画であったが、積算の結果、施設建設費が高額になるという理由から、外部より圧縮脱水および破碎された EFB を調達することに計画が変更された。圧縮脱水および破碎された EFB は、SATREPS チームが KPOM 近郊の油ヤシ搾油工場から調達する。

肥料を製造する主処理設備として、本プロジェクトでは2つのタイプの技術の導入が計画された。ひとつは UPM にて実施されている方式であり、もうひとつは、スクープ式と呼ばれる方式であり、KPOM オーナーが牛糞を原料とした堆肥製造で実績を有する方式である。それぞれの方式には特徴があり、その比較を表 5-6 に示す。

表 5-6 導入する2つのコンポスト（肥料）製造システム

方式	UPM 方式	スクープ式
設置例		
原料の仕込み	EFB は 1 か月に 1 回の仕込みとなる (バッチ運転)。汚泥は堆肥化過程の水分を確認しながら定期的に噴霧する。	EFB、汚泥を定期的に仕込む連続運転。攪拌によって発酵中の原料は順次移動し、原料を仕込んだ反対側より堆肥を排出。
堆肥攪拌方法	コンポストターナーと呼ばれる重機による攪拌。マニュアル運転のみ。	堆肥舎壁上に設置された攪拌機(スクープ)による攪拌。自動運転も可能。
特徴	設備構成がシンプル。堆肥原料の表面積が大きく熱放散が大きい。風乾されるため、EFB に対する汚泥添加比率をスクープ式より高くすることが可能	原料の積高が確保できるため省スペース化が可能であり、発酵温度の維持が容易。設備の大型化が容易

(出典：JICA 調査団作成)

5-5-2 設計計算

本システムの主な設計仕様を表 5-7 に示す。

表 5-7 コンポスト（肥料）製造システムの主な設計条件

Process	Major Design Criteria	Adopted Figure
Overall	EFB amount to be processed	10tons/month/unit
	Sludge amount to be processed	10tons/month/unit
	VS Reduction rate of EFB	2 % per day
	VS Reduction rate of Sludge	1% per day
Pre-treatment	Capacity	3tons per hour or more
Composting Process (UPM Type)	Retention Time	30 days
Composting Process (Scoop Type)	Retention Time	30 days
Post-treatment	Operation Hour	10hours per month or less

(出典：JICA 調査団作成)

5-6 平窯式炭化システム

5-6-1 平窯式炭化システムの概要

本プロジェクトにおける平窯式炭化システムとは、有限会社山本粉炭工業（本社：島根県益田市）が開発した山仙プール式炭化平炉である。この技術は、まず、炉内に材料を敷き詰め、着火し、材料に火が回った時点で湿潤した材料を覆い被せていく。この湿潤した材料を被せることによって、適度な水分を下部の材料（被炭化物）に供給するとともに、底部への空気の流れが制限されるため、還元的气氛が形成され炭化が進行していくというものである(図 5-11)。

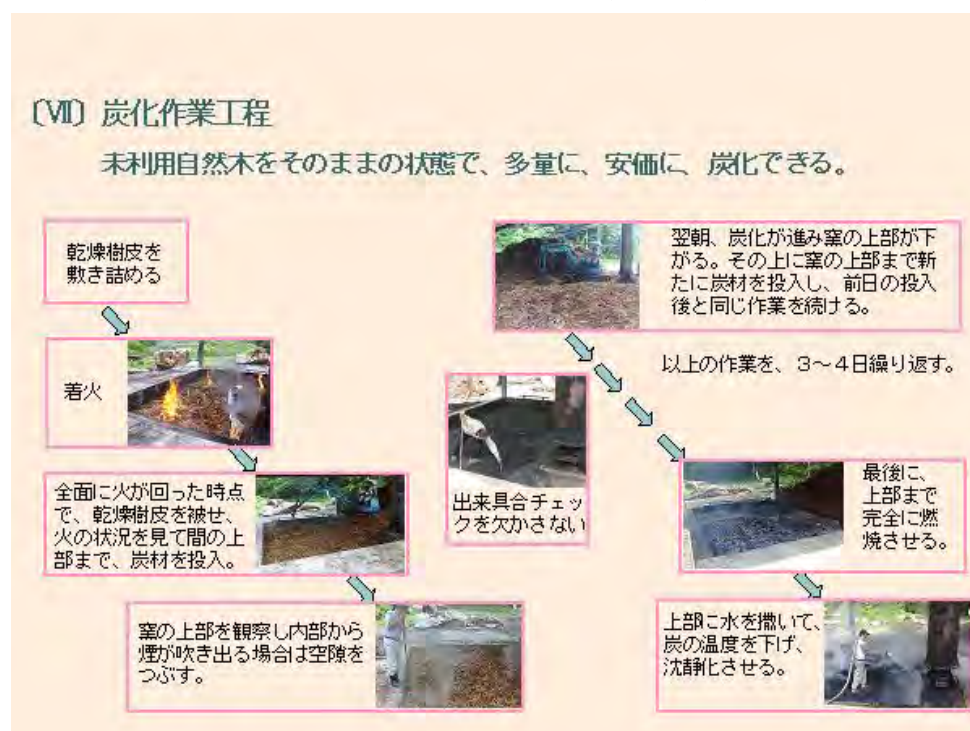
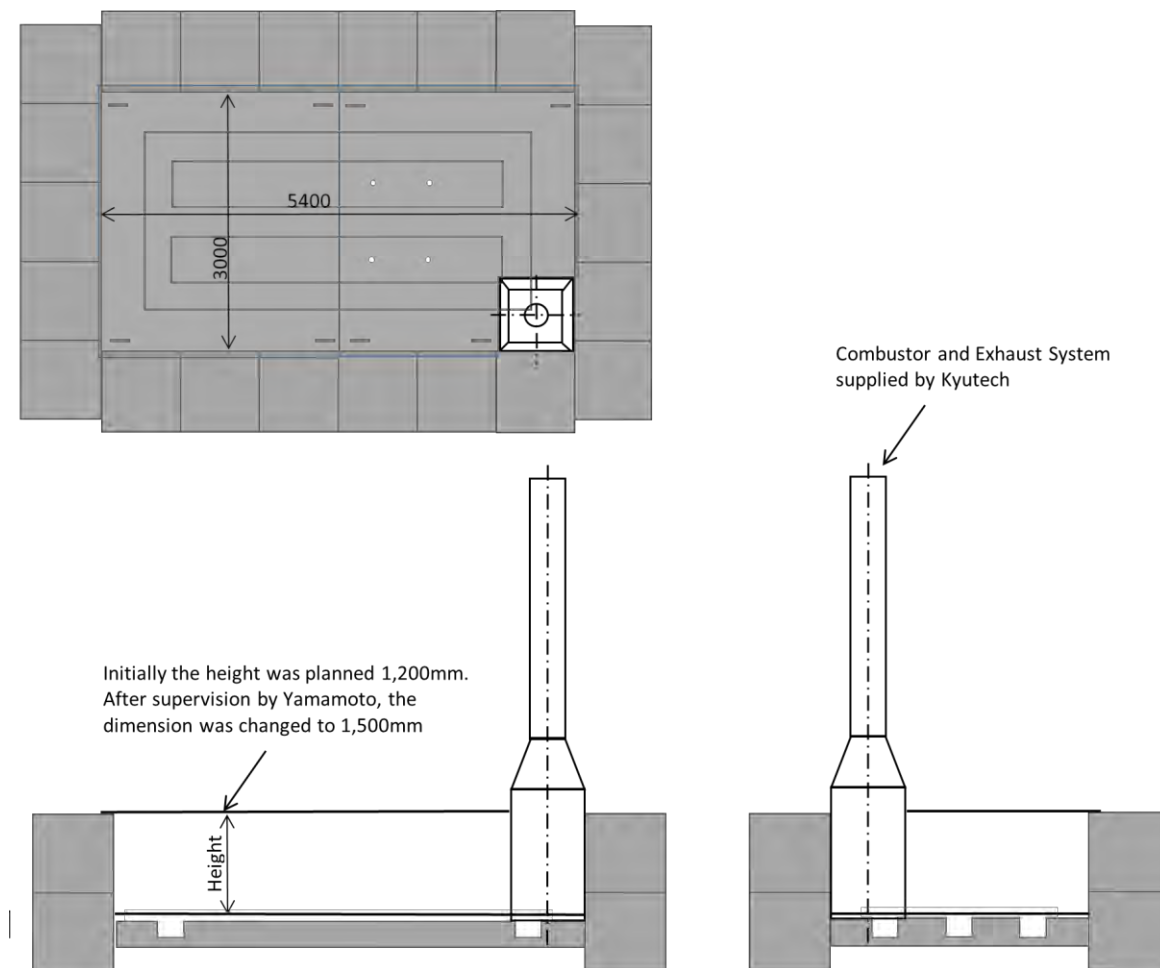
(出典：有限会社山本粉炭工業ホームページ; http://xn--y7y688a.jp/yamasen/charcoal/trade_7.html)

図 5-11 平窯式炭化システムの炭化工程

5-6-2 炭化炉の建設

本システムは、山本粉炭工業から提供される技術情報に従い、5.4m×3.0m×深さ 1.2m の炭化炉の建設が計画された(図 5-12)。炭化炉は各辺が 900mm の無筋コンクリートブロックを 2 段に積み重ねることで構成される。これら設計根拠はすべて山本粉炭工業に帰属しており、それを忠実に現地にて建設することになったが、現地において同社の指示によって 2 度の構造変更の指示が行われた。変更の内容は 8 章にて述べる。



(出典：山本粉炭工業資料に基づき JICA 調査団作成)

図 5-12 平窯式炭化システム設備外形図

第6章 調達ロットの検討

6-1 調達ロットの基本方針

本プロジェクトでは、プラント設置設備の製造、製造プラントの現地据付・関連の現地工事およびプラント運転において供する重機類の機材調達が必要となる。

プラントの設置から現地据付までは一貫性があり、工程管理や品質管理の観点から分割は好ましくない。一方で重機類の機材調達について、プラント建設と分割することが問題になることはないため、調達ロットは、プラント製作・現地工事ロット(LOT1)と機材調達ロット(LOT2)の2つに分割することを基本方針とした。

6-2 プラント製作・現地工事ロット(LOT1)

6-2-1 プラント製作・現地工事ロットの範囲

LOT1 は、LOT2 で調達する機材を除くすべての調達をカバーし、「嫌気好気処理のバイオリアクター一式」に係るプラント製造および現地据付の他、「平窯式炭化システム」、「コンポスト（肥料）製造システム」、「廃蒸気からのエネルギー・水回収システム（熱交換）」、「最終放流水の緑地への散布による浄化システム」、「雨水回収システム」を含む。

現地土木工事は別ロットとすることも検討したが、工事規模が小さく且つ僻地における工事であるため、別ロットとした場合に応札業者が複数社存在せずに入札が不成立となる可能性が高いと思われた。またプラント建設の品質確保の観点より、プラント製造業者が現地で基礎工事を実施した方が品質問題が生じた際の対応が容易であることから、現地土木工事はロット分けを行わず、本ロットに含めるものとした。

なお、受注業者が現地土木工事業者に再委託することは妨げないが、再委託の際には、JICA マレーシア事務所の承認を得ることを要求した。

6-2-2 特殊機材

本ロットには以下の特特殊な設備、機材を含むことに留意する。

(1) 廃蒸気からのエネルギー・水回収システム（熱交換）

「廃蒸気からのエネルギー・水回収システム（熱交換）」は、1967年工場・機械法に基づく検査等への対応のため、現地への設備搬入までの期間がその他設備と比して長い。本設備は最終的に、九州工業大学が日本国内で調達し、現地に支給することとなった。本ロットでは設備の現地据付と試運転を行い、設備の調達、現地までの輸送、および関連許認可の取得は含まない。

(2) コンポストターナー

肥料を製造する主処理設備として、本プロジェクトでは2つのタイプの技術を導入するが、ひとつはUPMにて実施されている方式であり、攪拌にコンポストターナーと呼ばれる重機を利用する。この機材は、ドイツ Backhus 社製のものであるが、C/Pより、UPMにおいて実施された堆肥化試験結果との比較・評価のため、UPMと同メーカーの装置の導入が希望され、事実上導入される機材は同社製の機種のみとなり、サプライヤが限定される。よって、単独ロットで調達を実施すると応札企業が自ずと限定されてしまうため、本機材の調達を本ロットに含める計画とした。

(3) 平窯式炭化システムの燃焼装置および排気装置

平窯式炭化システムの燃焼器および煙突は九州工業大学が山本粉炭工業より購入し現地に支給する計画となった。本ロットは燃焼器および煙突の据付を含むシステム全体の建設を含むが、燃焼器および煙突の調達および現地までの輸送は含まれない。

6-3 機材調達ロット(LOT2)

LOT2により、小型掘削機(Mini Excavator)、フォークリフト(Forklift)およびスキッドステアローダー(Skid Steer loader)の3機種を調達を計画した。それぞれの機材は現在 UPM において使用されている機材と同等の仕様とした(表 6-1)。調達は購入以外にリースによる調達も検討したが、リースによる調達のメリットは見出せなかった。

表 6-1 LOT2 によって調達した機材の仕様

Type of Heavy Machine	No of Unit	Specifications
Mini Excavator	1	<ul style="list-style-type: none"> - Model: Komatsu PC18MR-3 or equivalent - Flywheel Horsepower: 11.2kW - Operating weight: 1780kg - Bucket capacity: 44L
Forklift	1	<ul style="list-style-type: none"> - Model: Toyota 62-8FD15 or equivalent - Truck Weight: 2,700kg - Maximum Lifting Height: 4,000mm
Skid Steer	1	<ul style="list-style-type: none"> - Model Case SR220 or equivalent - Rated Operating Load: 1,000 kg - Engine Power: 57 kW

(出典：JICA 調査団作成)

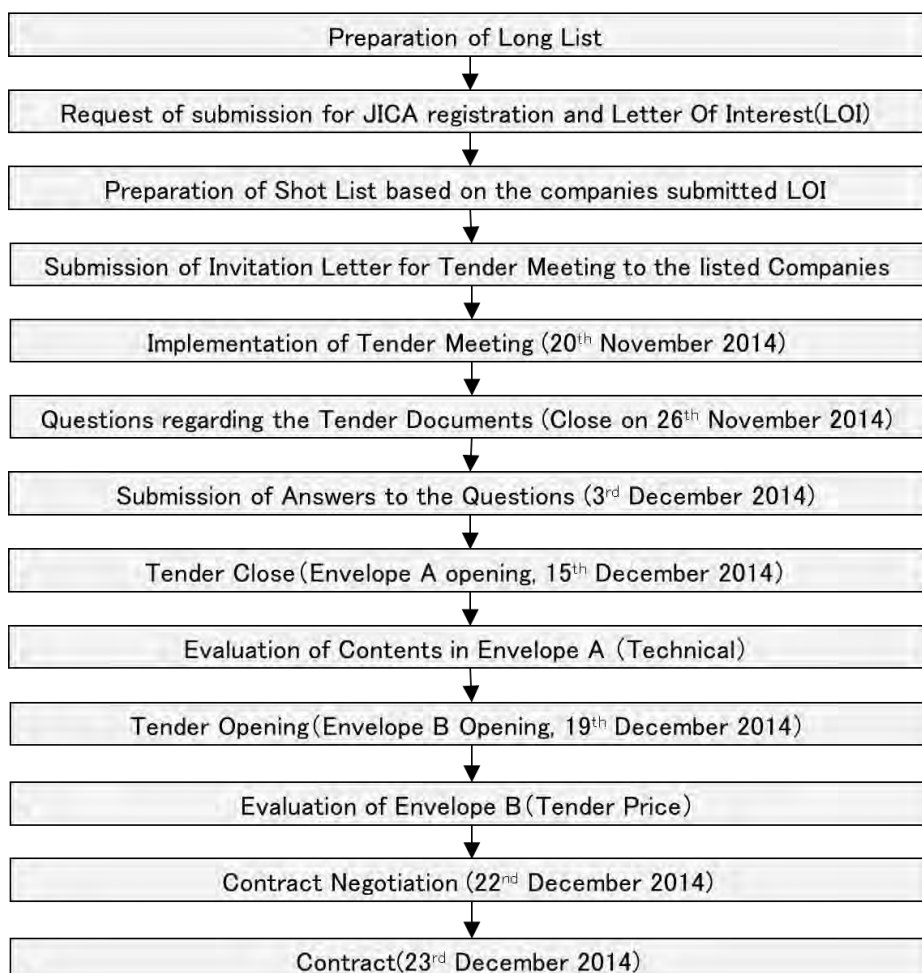
第7章 業者選定

7-1 製作・現地工事ロット(LOT1)

7-1-1 調達の流れ

ロット1における業者選定の手続きを図7.1のとおり定め業者選定を実施した。ロット1は指名競争入札とし、まずロングリストを作成し、そのリストに基づき、本入札に対する関心を問うとともに関心がある場合にはJICAマレーシア事務所への業者登録を依頼した。その際に合わせて企業自己診断による指名競争入札参加要件を満足しているか否かを確認した。関心表明提出企業で指名競争入札参加要件を満たす企業を、指名入札業者として入札説明会開催案内を送付した。入札説明会は2014年11月20日に開催し、入札図書を配布するとともに、施設建設内容の説明と入札事務手続きの流れについて説明を行った。入札説明会の後、指名入札業者からの質問を受け付け、その回答を送付した。

入札の際には、指名競争入札参加要件を満足していることを証明する書類の提出を求め、入札参加要件の確認された企業のみが応札できるものとした。



(出典：JICA 調査団作成)

図 7-1 業者選定の手続き(ロット1)

7-1-2 業者選定補助

プラント製作・現地工事ロットの入札参加資格要件として表 7-1 に示す 8 つの条件を満足する企業と設定した。

表 7-1 LOT1 の入札参加資格要件

要件	内容
会社形態および事務所所在地	マレーシアの会社法(Companies Act, 1965 (Act 125))に基づき会社登記所 (Companies Commission of Malaysia: CCM) に登記されたエンジニアリング、調達及び建設を行う建設業者(EPC)でセラランゴール州に事務所を有すること(本社、支店は問わない)。
JICA マレーシア事務所への業者登録	JICA マレーシア事務所にサプライヤ登録していること。
財務状況	直近 2 年間の財務状況が健全であること。
マレーシア建設業開発庁(The Construction Industry Development Board Malaysia: CIDB)への登録	1994 年建設業開発庁法(Construction Industry Development Board Act, 1994(Act 520))に基づき、マレーシア建設業開発庁(The Construction Industry Development Board Malaysia: CIDB)に ME (機械及び電気)及び CE(土木)の 2 つのカテゴリーにおいてグレード 7 (G7)の登録をしていること。各カテゴリーにおける専門分野は問わない。日系を含む外国企業の場合は上記登録ができないため、外国企業の場合は、入札書の提出前までに、CIDB に対して本工事に係る仮登録 (Provisional Registration) を行っていることを要件とし、また落札し受注した場合には、CIDB に外国コントラクターとしての登録を行うことを確約すること。
会社資本金	払込資本金の額が 75 万リンギット以上であること。
技術者	最低 2 名の 5 年以上の経験を有する機械工学士保持者を有すること。
工事实績(契約金額による条件)	過去 5 年間に於いて、公共か民間かを問わず、契約金額 3 百万リンギットを超える建設工事を最低一件完了していること。
工事实績(工事種類による条件)	過去 5 年間に於いて、公共か民間かを問わず、50 万リンギットを超える水処理または汚水処理施設建設を (下請けの場合も含めて) 完了していること。

(出典：JICA 調査団作成)

ロット 1 の調達で最もノウハウが必要となる部分は嫌気好気バイオリアクターの建設であるためパーム搾油工場排水処理はもとより、他の水処理、産業排水や下水処理の建設実績を有し、マレーシアのセラランゴール州に拠点を有する企業を選定しロングリストを作成した。企業選定の際にはチーフアドバイザーの意見を取り入れ、最終的に 20 社をリストアップした。

この 20 社に対し、関心表明の提出と JICA マレーシア事務所への業者登録書類の提出を求めた。関心表明の提出の際には、入札業者選定要件を満足しているか否かを自主的に確認することを求めた。

その結果、20 社中、以下の 7 社より関心表明および JICA マレーシア事務所へのサプライヤ登録の書類提出があった。

書類を提出した 7 社のうち、1 社は入札業者選定要件の一つである CIDB への登録において、登録

グレードが G7 ではなく G5 であった。また書類提出後に、今回設置される嫌気リアクターに膜分離の技術の提案ができるかどうかの問合せがあり、今回採用される技術はチーフアドバイザーのアイデアに基づくものであることを伝えたところ「辞退」との申し入れがあった。

また、他の 1 社は、入札業者選定要件の会社形態が、エンジニアリング、調達及び建設を行う建設業者(EPC)ではないこと、また工事实績で 50 万リングットを超える水処理または汚水処理施設建設の経験がないとのことであった。

以上より、書類提出のあった 7 社のうち上述の 2 社を除いた 5 社を指名競争入札への参加を認めることとした。

7-1-3 入札説明会開催支援

2014 年 11 月 20 日の午前 10 時より JICA マレーシア事務所会議室において、入札説明会を実施し、プロジェクトの概要、ロット 1 の業務内容および入札手続きおよびスケジュールについて説明を行った。入札説明会には、指名業者 5 社が出席した。

また、2014 年 11 月 25 日に希望企業を対象に、現地視察を行った。

7-1-4 入札会開催支援、入札評価および契約交渉支援

入札会は、一般財団法人日本国際協力システム(JICS)からの監督官が、入札に係る事務手続き、運営を補佐し、コンサルタントは、提出書類の技術面での検討、技術審査結果報告を行うこととした。入札会は、2014 年 12 月 15 日午前 10 時に行われ、指名業者 5 社のうち 3 社が必要書類を提出し受理された。

入札を行うにあたり、提出を求めた資料を表 7-2 に示す。まず、「Qualification Documents」、Envelope A (Copy and Original) 及び Envelope B (Copy and Original) の書類の有無を確認のうえ受理した。その後、Envelope A を開封して書類の内容を確認した。List of Equipment では、仕様との相違について比較した。

表 7-2 入札会で提出を求めた書類

Category	Required Document
Qualification Documents	1) Power of Attorney (duly signed by the legal representative of the bidders) 2) Certificate of Signature of the issuer of the said Power of Attorney (authenticated by a Public Notary in Malaysia)
[Envelope A]	3) Copy of the CIDB Provisional Registration (foreign company only) 4) List of construction record 5) Implementation Schedule 6) List of Engineers 7) List of Equipment
[Envelope B]	8) Form of Bidding 9) Bidding Price Schedule

(出典：JICA 調査団作成)

第 1 回の入札では全ての会社で入札価格を上回っていたため、第 2 回の入札を実施した。第 2 回の入札結果も、落札限度額を上回っていたため、最低入札価格を提示した Swing Water Sdn. Bhd を第一

契約交渉権者として契約交渉を行い、合意に達した。

契約交渉は、12月22日午後1時より JICA マレーシア事務所にて行われ、契約金額、契約期間(工事期間)、業務内容、前払金および保証期間(瑕疵担保期間)を確認して、契約書を作成した。

7-2 機材調達ロット(LOT2)

7-2-1 調達の流れ

ロット2における業者選定の手続きを図7-2のとおり定め業者選定を実施した。ロット2は一般競争入札とし、2014年11月21日は現地の新聞に公告し、同日から11月26日までの期間に応札希望企業に対して入札図書を配布した。入札書の提出の前に JICA マレーシア事務所への業者登録と一般競争入札参加要件を満足していることを証明する書類の提出を求めた。



(出典：JICA 調査団作成)

図 7-2 業者選定の手続き(ロット2)

7-2-2 業者選定補助

ロット2の入札参加資格要件として表7-3に示す2つの条件を満足する企業と設定した。2014年11月21日に、地元新聞3紙に入札公告を掲載した。その結果7社より参加表明があり、入札図書を配布した。

表 7-3 LOT2の入札参加資格要件

要件	内容
会社形態および事務所所在地	マレーシアの会社法(Companies Act, 1965 (Act 125))に基づき会社登記所 (Companies Commission of Malaysia: CCM) に登記された企業であること。
JICA マレーシア事務所への業者登録	JICA マレーシア事務所にサプライヤ登録していること。

(出典：JICA 調査団作成)

7-2-3 入札会開催支援、入札評価および契約交渉支援

入札会は、2014年12月16日午前10時より実施された。入札会に参加したのは、入札図書受領業者7社のうち、2社であった。

提出された入札図書の封筒を開封し、内容の審査を行った。提出を求めた資料を表7-4に示す。

表 7-4 入札会で提出を求めた書類

Category	Required Document
Qualification Documents	1) Power of Attorney (duly signed by the legal representative of the Bidder) 2) Certificate copy of Registration with JICA MALAYSIA OFFICE
Documents of BIDDING	1) BIDDING (FORM 1) 2) PRICE SCHEDULES (FORM 2) 3) DELIVERY SCHEDULE (FORM 3) 4) CATALOGUE OF NON-REFERENCE BRAND ITEM (per item) 6) Manufacturer's SUPPLY GUARANTEE CERTIFICATE addressed to the Bidder (FORM 5) 7) Financial Statements past two (2) years

(出典：JICA 調査団作成)

書類審査の結果、1社は書類不備だけでなく、「Documents of BIDDING」の中では、フォークリフトが、用意できないという内容で書類を作成しており、別室にて理由を説明のうえ「失格」とした。その結果、Maju Engineering Services Sdn Bhdの入札金額が、入札予定価格内かどうかについて審査した結果、入札価格は予定額以下であったため第一契約交渉権者とした。その後、入札図書を精査し、不明確な点を相互に確認するため、第一契約交渉権者と議事録を締結し、契約交渉を終了した。

第8章 製作監理・施工監理

8-1 製作・現地工事ロット(LOT1)

8-1-1 施工監理計画書の作成

製作監理および施工監理を行うに際し施工監理計画書を作成した。施工監理計画書には、施工監理の方針やプロジェクト関係者組織表や緊急連絡体制、工程会議の参加予定者、各作業における監理項目を記載した。これを施工業者はじめチーフアドバイザーおよび SATREPS チームと共有し、施工監理業務を円滑に行えるようにした。施工監理計画書の構成は表 8-1 の通りである。

表 8-1 施工監理計画書の内容

内容	概要
1. 概要	プロジェクト名、実施工期、関係機関
2. 工事範囲	現場位置図、主要建設設備
3. 施工監理業務	施工監理の基本方針、業務範囲、適用規格、図書の優先順位
4. 連絡体制	コンサルタント・施工業者組織表、緊急連絡体制
5. 工程会議	入札図書にて規定の各会議開催時期およびその参加者
6. 承認手続き	提出図書の承認フロー
7. 施工監理	製作・施工監理項目、安全管理項目について

(出典: JICA 調査団作成)

工事の実施工程は契約期間内に調達、製作、現場施工、試運転が完了するように施工業者によって計画され、工程表がコンサルタントへ提出された。これがコンサルタントによって承認された後、プロジェクトチームで共有した。工程の進捗は毎月施工業者より提出される月報によりコンサルタントへ報告されるようにした。

8-1-2 調達監理

本プロジェクトで調達される機器は施工業者が入札図書を元に調達先を選定し、コンサルタントに承認願を提出させた。提出された承認願をコンサルタントが入札図書と整合性を確認し、仕様および品質が満足していると判断した場合に承認した。施工業者はコンサルタントによる承認後に調達を開始できるものとした。

8-1-3 製作監理

コンサルタントによる製作監理は日本より派遣される施工監理技術者 1 名が主要機器の進捗確認および検査の際に現地へ赴き監理業務を行った。また、現地傭人として技術者を 1 名雇用し週に 2 回程度の頻度で製作工場に赴かせ、品質および進捗について報告させた。機器の製作は施工業者に提出させた承認願図書をコンサルタントが入札図書と整合性を確認し、コンサルタントが承認した機器について施工業者は製作を開始できるものとした。作品は施工業者によって選定された下請業者によって製作された。製作者はによって技術レベルや品質管理能力が異なるため、製作者は施工業者から提出された下請業者の実績や能力を検討し、選定された。

製作監理において、以下の検査を実施した。

(1) 寸法検査

寸法検査は製作品の各部位が図面寸法と同一であるか確認するために行われ、製作品の製作中および製作完了後に施工業者およびコンサルタントによって実施された。結果は良好であることが確認され、以降の塗装または輸送工程への進行を指示した。

(2) 溶接検査

製作品の溶接部品質の良否を判断する検査方法として非破壊検査がある。非破壊検査には数種類の方法があり、対象物の材質、形状などによって適当な方法が選定される必要がある。主な非破壊検査の方法を表 8-2 に示す。今回製作品については溶接板厚が厚くないため表面キズの確認で溶接の良否を十分判断できることから目視試験(VT)および浸透探傷試験(PT)にて溶接部の品質を判断するものとした。

目視および浸透探傷検査の結果、溶接状態は良好であった。

表 8-2 主な非破壊検査比較表

名称	目視試験 (VT)	浸透探傷試験 (PT)	磁粉探傷試験 (MT)	放射線探傷試験 (RT)	超音波探傷試験 (UT)
内容	表面の状態やきずを調べる	試験体表面に開口している微細なきずの中に液体(浸透液)を浸み込ませ、浸み込んだ液体を表面に吸い出すと同時に表面に拡がらせ、液体の大きなきずを検出する方法。	試験品の表面および表面直下に磁束を遮るようなきずがあると、その部分で磁束が空間に漏洩してきずの両側に N, S 極の磁極が発生する。この時に試験面に磁粉を散布すると、磁粉模様を形成	エックス線やガンマ線が試験体を透過する現象および写真フィルムを感光させる現象を利用して、試験体内部の状態を 2 次元撮影像としてフィルムに記録させる方法	超音波を材料中に伝搬させると健全部では直進するが、きずがあるとそこで超音波の一部分が反射され、元の探触子に戻ってきて受信される。この現象を利用して、きずの存在位置や大きさの程度を知る方法
欠陥確認対象	表面	表面	表面	内部	表面・内部
長所	特別な手段、機器を必要としない	浸透液・現像液が必要となるが特別な機器を不要	電磁石、蛍光磁粉が必要	放射線発生装置、フィルムが必要	超音波発生装置が必要
短所	表面の大きな傷のみ検査可能	開口きずのみ検査可能	強磁性体の材料にしか適用できない	装置が高価、X 線の取扱いが必要	複雑な構造物は乱反射の影響を受ける

(出典：社団法人日本非破壊検査工業会他)

(3) 水張検査

非破壊検査の合格後、タンク類については水張り試験を行い漏れの有無を確認した。まずタンク類の仮組立を行い、タンク下部のドレン口を閉止フランジなどで密閉した上で、タンク内を清水で満たした。満水後、主に溶接部からの水漏れの確認を行った。結果は良好で、水漏れはなかったため合格と判定した。

(4) 塗装検査

塗装は下塗り(第一層)、中塗り(第二層)、上塗り(第三層)の3層で実施することとしており、それぞれの層の塗装完了毎に膜厚(塗装の厚さ)検査を実施し規定値を満足していることを確認すること、工程写真を撮影すること等を定めており、検査は目視および膜厚測定器で行うこととした。検査の結果、3層の塗装完了後に1回のみ膜厚検査を実施しており、かつその測定結果(3層合計の膜厚)の一部が規定値を満足しないことが判明した。また工程毎の写真撮影も行われていなかった。この問題への対応として、施工業者に対して現状の塗装が仕様書と同等以上であることの確認、問題が発生した場合の保証、問題発生の原因と再発防止策を提出させた。問題発生の原因としては施工業者が塗装工程進捗毎の確認を怠っていたことによるもので、今後は確認頻度を高くすることで再発防止に努めることを確約させた。

(5) 制御盤検査

制御盤についてもコンサルタントにより立会検査が実施され、外観検査、寸法検査、部品構成確認、配線塗装などについて確認した。検査結果は良好であり、合格とし現地への搬入を指示した。

8-1-4 施工監理

現地工事は、土木工事、建築工事、配管工事、機械・電気設備工事と多岐にわたる。製作監理と同様にコンサルタントが主要施設工事の進捗や主要検査実施の際の施工業者からの検査実施日の連絡に応じて現地へ赴き、監理業務を行った。入札図書および施工監理計画書に記載の工程進捗状況に応じた各協議および会議については、コンサルタント技術者主導の下、開催を関係者に案内し実施した。工事期間中に実施された協議および会議は表 8-3 の通りである。

表 8-3 実施された協議および会議

名称	実施時期	実施された回数
Pre-Construction Conference	2015年1月15,16日(工事開始前)	2回
Progress Meeting	毎月(2月～9月)	8回
Subcontractor's Site Meetings	適宜	適宜
Pre-Installation Conference	2015年5月21日(据付作業前)	1回

(出典: JICA 調査団作成)

また、施工業者との連絡を密にし、工事を円滑に進めるため、頻繁に電話、電子メールやインターネットを用いた通話アプリケーションを用いて、現場の状況把握を行い作業の進捗を確認した。

施工監理において以下の検査を実施した。

(1) コンクリート強度試験

コンクリートは今回、スラブ、柱脚、炭化平炉の周囲へ積み上げるコンクリートブロックなどに使用されており、それらコンクリートの強度を測定する方法として圧縮試験がある。圧縮試験は試験片に徐々に圧縮力を加えて機械的性質を調べるものであり、今回は圧縮強度試験用のコンクリート供試体をコンクリート打設時に同時に製作し28日後の圧縮強度が設計強度以上の場合に合格とした。

施工業者より提案された本プロジェクトで使用されるコンクリートに必要な強度は30MPa/m²(Grade30)であった。圧縮試験の結果、コンクリート強度は設計強度を満足していることが確認された。

(2) 寸法検査

寸法検査は各部位が図面寸法と同一であるか確認するために行われ、施工中および施工後に施工業者およびコンサルタントによって実施された。結果は良好であることが確認された。

(3) 廃蒸気からのエネルギー・水回収システムの DOSH 立会検査

九州工業大学調達の上記システムは9月25日に現地到着した後、施工業者へ製品状態や付属品数量の確認を指示し、問題無いことが確認された。その後、製作メーカーである奈良機械製作所主導の下、10月19日より据付作業が開始され、据付作業完了後の10月22日にDOSH検査官による本システムの立会検査が実施された。検査方法は製作メーカーとDOSHとの間で事前に確認されており、本来の運転時では蒸気を注入する部分へ空気圧を0.5MPaかけ、30分間保持するという気圧試験が実施された。検査の結果、圧力の減少がみられなかったため、検査官により合格と判断された。

(4) 竣工検査

まず、速やかに竣工検査が完了できるようにチーフアドバイザーを含むSATREPSチームにて2015年12月17日に事前に検査（施設竣工前検査）を実施し、不具合箇所について予め施工業者に連絡し協議を行った。

工事完了検査は、契約業者からの要請に基づき2016年1月26日から1月29日までの期間で実施した。まず現地(KPOM)において、契約書に定める検収条件が満足していることを契約業者、SATREPSチームおよびコンサルタントの三者によって確認した。併せて、施設竣工前検査における指摘事項が是正されていることを確認した。続く1月29日は契約業者の事務所(所在地セランゴール州シャーラム)において、書類検査を実施し、必要なすべての書類が整備され、完成図書として問題ないことを確認した。

施工中に生じた設計変更項目について以下に述べる。

1) 廃蒸気からのエネルギー・水回収システム

廃蒸気からのエネルギー・水回収システムは九州工業大学が本邦調達し、現地へ支給することとなっていたが、九州工業大学内部作業の都合により入札および開札は3月27日に行われた。その結果、株式会社奈良機械が落札し正式契約となり、現地搬入納期は10月1日、その後据付工事および試運転が実施されることとなった。これに伴い工期が遅延したことに加え、調達されるシステム（ドラムドライヤ）は、当初計画のシステム（エバポレータ）と原理、構造および仕様が異なり、それに伴って生じる周辺機器の仕様変更および機器配置に係る設計変更が生じた。

2) 平窯式炭化システム

2015年4月1日～2日および6月17日に山本粉炭工業が現地を訪問し、表8-4に示す設計変更の指示が出された。

表 8-4 平窯式炭化システム構造変更箇所

指摘箇所	原設計	1回目(4/1,4/2)	2回目(6/17)
炭化炉床面	全面コンクリート構造。	煙道のみコンクリート構造。それ以外は砂利を敷き詰めて転圧する。厚さは300mm。	煙の通り道のために、煙道に数カ所、穴を設ける。
炉深さ	1,200mm	1,500mm	
コンクリートブロック	つり耳は切除しない。ブロック上面とグラウンドレベルのレベル差は200mm。	上段に積み上げのブロックのつり耳は削除する。ただし燃焼器近傍の2カ所については削除せずに燃焼器のサポートを用いる。ブロックの上面レベルとグラウンドレベルはレベル差なしとする。	コンクリートブロック通しの間には、消石灰や砂を混ぜたもので埋める。乾燥により隙間が発生するため、炭化炉使用する毎に毎回隙間を埋めること。
鉄板の追加加工	鉄板は床面に敷き詰める。溶接は不要。鉄板に穴は不要。	鉄板同士は溶接で接合する。その際、鉄板同士が重なり合うようにすること。鉄板には直径20mmの穴を10カ所/枚設ける。	
炭化炉周辺の床	砂利を敷き詰める。	重機を使用した際に、砂利が炭化炉内へ混入する恐れがあるため、鉄筋コンクリートとする。	
燃焼器・煙突	サポート不要。	サポート必要。	設置位置を変更し、生じたブロックとの隙間はロックウールを敷き詰める。

(出典: JICA 調査団作成)

8-2 機材調達ロット(LOT2)

8-2-1 調達機材の納入検査と現地搬入

2015年3月26日、契約業者である Maju Engineering 社において調達機材 (Skid Steer Loader, Mini Excavator, Forklift) の納入検査がコンサルタントにより実施された。3月28日に現地へ機材が搬入され、コンサルタントが JICA に代わり受領した。この時点で機材の所有権は Maju Engineering から JICA となった。受領した機材は事前に KPOM より許可を取得していた工場作業の邪魔にならない場所かつ、屋根の下に保管した。また、現地にはスペアパーツを安全に保管出来る設備がなく保管中に部品

紛失の恐れがあるため、契約業者での保管をコンサルタントから SATPREPS チームに提案し、了承された。これらスペアパーツについては契約業者が責任をもって保管すること、SATREPS チームからスペアパーツ手配の依頼があった場合には速やかに対応することを業者に指示した。さらに、KPOM 内での事故などで機材の移動がどうしても必要となる場合を考慮し、各機材のスペアキー1組を KPOM にて保管するという提案を行い SATREPS チームに了承された。3月30日に JICA マレーシア事務所へ検査記録と機材受領書類を提出した。その後、SATREPS チームへマニュアル、カタログ等、キーを提出した。これにより機材引渡が完了し、所有権は JICA から SATREPS チームに移管された。

8-2-2 運転指導および安全教育

2015年3月26日および27日の2日間で契約業者から派遣されたインストラクターにより SATREPS チームに対して運転指導および安全教育が実施された。受講者は6名で受講後にインストラクターより受講証明書が発行された。現地での重機操作は安全のため、同証明書を所持する6名のみが可能であることとした。

第9章 試運転および運転指導

9-1 概要

9-1-1 作業工程

2015年5月28日にUPMにおいて試運転前打合せを実施し、UPMからの試運転要員派遣と必要となる作業について確認を行った。その際に、コンサルタントは試運転には分析作業が必須であること、必要となる分析綱目と分析頻度をSATREPSチームに提示し、分析を依頼するUMSに対して分析機器の準備および分析体制の整備を依頼した。

コンサルタントは試運転計画書を作成し、試運転開始前に関係者に配布した。

試運転および運転指導は、表9-1に示すスケジュールで実施された。当初は第3回および第4回の試運転は計画していなかったが、嫌気好気処理のバイオリクターの設備の不具合のため、最終的に性能が確認できるまで実施した。

表 9-1 試運転および運転指導実施工程

Stage	Commissioning Period	Purpose
Fist	2 nd -29 th Aug., 2015	Safety Briefing, General Training Commissioning and Training for; - Wastewater Treatment system - Engineered Wetland system - Rainwater collection system - Composting system - Carbonization system
Second	23 rd -26 th Oct., 2015	Commissioning and Training for Drum Dryer System
Third	22 nd -Nov-19 th Dec, 2015	Commissioning for Watsewater Treatment system and Composting System Implementation of the Pre Final Inspection
Fourth	26 th Jan -29 th Jan, 2016	Commissioning for Watsewater Treatment system, Issuing the Certificate of Completion to the Contractor Implementation of Final Inspection

(出典: JICA 調査団作成)

9-1-2 試運転計画書

コンサルタントが作成した試運転計画書には、安全対策、緊急連絡先を含む運転体制、試運転実施工程、KPOMの基本情報、施設の設計に関する基本的な考え方、設計基本情報および関連図面を盛り込んだ。また運転日報フォーム(案)、分析項目及び頻度(案)も併せて提示した。

9-2 試運転および運転指導

9-2-1 安全指導

運転開始に先立ち、一人作業の禁止や服装の徹底等を含む安全の確保について講義を実施した。各種作業に係る危険事項について予知しそれを回避するためにどうすべきかを毎日の朝礼の際に定め

ることを徹底した(KY 活動)。また定めた危険事項の予測と回避方法について適正であったか否かを作業後の終礼の際に確認し必要に応じて追加・修正し、翌日の作業に反映した(PDCA サイクル)。これら一連の活動については、SATREPS チームにて自立的に活動を継続するよう指導した。



KY 活動の実施状況 1



KY 活動の実施状況 2

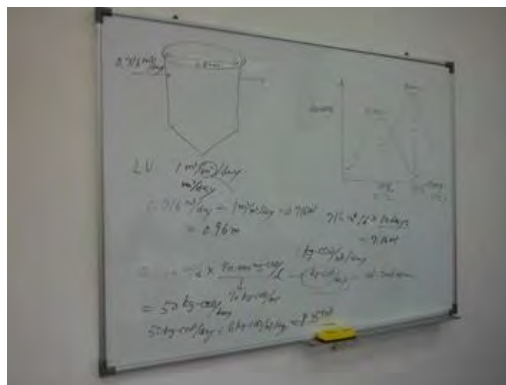
9-2-2 講義による運転指導

まずチーフアドバイザーよりプロセス全体の概要について講義を実施し、その後複数回に分けてコンサルタントにより各プロセスの詳細について講義を実施した。堆肥化施設および平窯式炭化システムについては、各プロセスに詳しいUPM 担当者による講義も併せて実施した。

また施設の自動運転のロジック(シーケンス回路)とともに化学工学の基本となるプロセスフローシートの読み方についての説明も行った。さらに今回の施設維持管理の理解についての確認するために筆記試験を実施した。筆記試験後、正答はコンサルタントの指導のもと、SATREPS チームで協議させて導かせた。



チーフアドバイザーによる講義



各プロセスの詳細講義



システムの自動運転ロジック説明



筆記試験実施

9-2-3 各設備の施設稼働の確認及び施設維持管理指導

(1) 嫌気好気処理のバイオリアクター

まず、嫌気好気処理のバイオリアクターの各塔槽類に水を張り、施設の運転を確認した(水運転)。水を引抜いた後、KPOM の既設嫌気池より嫌気種汚泥を嫌気バイオリアクターに移送した。好気種汚泥については、ケニンガウ市内にある二箇所の下水処理施設(回分式活性汚泥法)の施設を調査し、そのうち一箇所より種汚泥を移送し、好気バイオリアクターに投入し、排水の処理を開始した(負荷運転)。

負荷運転において、是正を要する点が多数認められ、都度施工業者と協議を行いながら設備の改善を行った。特に、設置されたポンプの多くが油分や異物によって閉塞する問題が重大であり、幾度かのトライアンドエラーを経て、最終的に閉塞を起こしたポンプを、コンサルタントが設計段階で試験に供したポンプと交換することとなった。最終の稼働確認は2016年1月に行われ、維持管理の面で大きな支障なく運転が可能であることが確認された。



水運転



嫌気種汚泥移送



ケニンガウ下水処理施設調査



好気種汚泥移送

(2) 最終放流水の緑地への散布による浄化システム

KPOM よりネピアグラスの苗を入手し植付けを行った。その後、嫌気好気処理のバイオリアクター処理水を原水として供給し、ネピアグラスの成長が確認された。今後、SATREPS チームが浄化能力の長期安定性を確認する計画である。また収穫されたネピアグラスは堆肥化原料としても供する計画である。



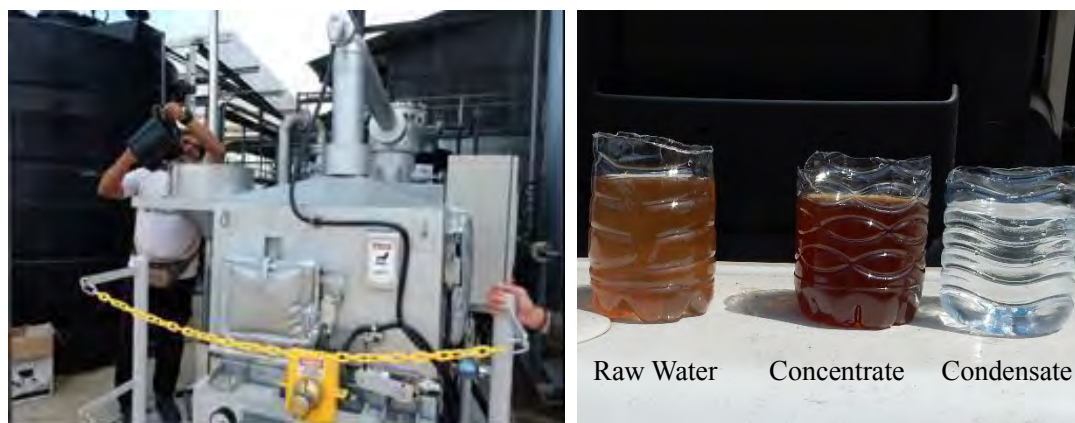
ネピアグラス植付け



成長したネピアグラス

(3) 廃蒸気からのエネルギー・水回収システム

試運転はまず、被濃縮液に清水を使用して機器の機能を確認し、その後、本システムの検収条件記載の5時間以上の連続運転が実施され、性能の確認即ち、被濃縮液の処理能力、濃縮率等の仕様書に示される要求事項を満足していることが確認された。



原水投入

処理結果

(4) 雨水回収システム

コンポスト（肥料）製造システムおよび嫌気好気バイオリオアクター・平窯式炭化システムの屋根から回収された雨水は、試運転期間中、洗浄水、嫌気好気バイオリオアクターの水張試験、ネピアガラスへの水やり(好気バイオリオアクターから処理水が流出するまでの期間)および廃蒸気からのエネルギー・水回収システムの冷却水に有効利用された。

(5) コンポスト（肥料）製造システム

コンポストの原料として破砕 EFB20 トンを SATREPS チームの手配により Desa Kim Loong Palm Oil Mill より搬入した。

コンポスト製造システムのうちターナー式（UPM 方式）については、サプライヤによる運転指導完了後、試運転を開始し、良好に堆肥化が進行することを確認した。

スクープ式については製造メーカーによる運転指導完了後、運転を開始したが、駆動チェーン内側が破砕 EFB の繊維により閉塞し、スプロケットから外れ、チェーンおよび軸受が破損した。このため、攪拌羽根の一部を切断しチェーンに EFB 繊維が閉塞しにくくするとともに、攪拌羽根の本数を 2/3 に削減する改造を実施した。また破損した軸受も新品に交換した。その後、製造業者による運転指導が改めて行われ、試運転を実施し、問題なく稼働することを確認した。

また第三回試運転においては、原料を MF に切り替え試験を実施した。



堆肥原料(破碎 EFB) 搬入



ターナー式コンポスト製造システム運転(UPM 方式)



スクープ式コンポスト製造システム(改造後)



スクープ式コンポスト製造システム運転

(6) 平窯式炭化システム

技術プロバイダである山本粉炭工業およびチーフアドバイザー立会の下に、平窯式炭化システムの運転確認を行った。着火用に油やしの葉を、炭化品の原料はコンポスト(肥料)製造システムで用いた破碎 EFB を用いた。製品となる炭化品の品質はチーフアドバイザーによれば外観は良好とのことであり、基本性能の確認が完了した。

本システムは、山本粉炭工業が提供する技術情報に従い建設されたものである。本技術は日本で開発されたものであるが、この技術を、マレーシアのような熱帯雨林気候地域に適した技術として改良することも今回のプロジェクトの一つのテーマである。試運転を通じて、以下の問題が確認され、今後 SATREPS チームによる運転を通じて改善を図っていく必要がある。

1) 平窯式炭化システム内への地下水流入

豪雨後、地下水が平窯式炭化システム内に流入することが確認された。現在の構造では、システム側壁および底部からの地下水流入は防ぐことができない。このように地下水が流入するような構造でもシステムとして成立するか、どの程度まで地下水の流入が許容されるか、またどのような改善が考えられるかを SATREPS チームにて研究される計画である。



平窯式炭化システム内に流入した地下水

2) 運転開始時および終了時の排煙

着火時および消火時に多量の排煙がシステムより発生し、KPOM 工場内が排煙で充満する状況になる。今後、システムの運転方法の変更(原料投入方法や天蓋の利用等)あるいは施設の改造(煙突の構造変更等)によって排煙発生を少なくする方法が SATREPS チームによって研究される計画である。



排煙発生状況

3) 木酢液の有効活用

煙突に設けられたダンパより多量の木酢液が発生する。木酢液は有効活用できる副産物であり、また利用価値について研究の対象になる。今後、木酢液の回収および利用について SATREPS チームにて研究される計画である。



ダンパから漏れ出す木酢液

第10章 施設維持管理に係る提言

施設維持管理について、SATREPS チームに対し以下について提言する。

(1) 施設の改善・改造

本件業務で建設されたパイロットプラントは、基本性能は試運転にて確認されているが、実験施設であるため最終的に到達できる処理性能は今後の継続した運転によって確認されることになる。パイロットプラントは他の商業施設とは異なり、今後の運転によって施設の改善や改造の要求が生じることもあり得る。すでに平窯式炭化システムは、当地に適した施設に改善することが要求されており、その改善策を策定し実証していくことが、まさに開発そのものである。パイロットプラントは、過去に例のないプロセスも採用しており、このプロセスの評価は今後の運転結果によって判明する。必要であれば施設を改善・改造することを検討することになるが、そのためには、系統的に連続した運転データを収集することが必要である。SATREPS チームは、これら重要なデータを効率的に収集できるよう、運転計画を綿密に策定し、それを実施する実行力、実施体制の構築が求められる。これらデータより必要な改善・改造を SATREPS チーム自らが施し、プロジェクト終了時には最適な処理施設となることを期待する。

(2) 意思決定プロセスと安全確保を明確とした運転体制・分析体制の確立

パイロットプラントの運転体制(モニタリング体制)については、第4章において提案された。

今後、SATREPS チームとして実際の運転体制を定め、運転を実施していくことになるが、運転に関して組織としての意思決定プロセスを関係者が周知しそれに従う組織の構築が必要である。チーフアドバイザーが主体的に、施設をどのように動かしていきたいのかという情報発信を積極的に行い、現場はその指示に従うようにチーフアドバイザーより徹底される必要がある。

また、現場では、万が一に備えて必ず二人体制で作業を行うことを強く提案する。現場での一人作業は極めて危険である。服装の徹底、KY 活動の継続実施等についてもチーフアドバイザーが先導して安全管理を行うことが求められる。

本パイロットプラントは生物処理を含むものであり、連続運転がデータ収集のためには不可欠である。また施設規模が小さく、処理対象の排水が油分や固形分を多量に含有しているため、運転を長期にわたり停止すると移送配管が容易に閉塞する。パイロットプラントを毎日運転できるような運転体制の構築が求められる。

また、分析はプラントの運転には欠かせない。これは排水処理プラント全般に言えることである。まして、本パイロットプラントは実験用施設であり、分析結果の入手なくして各運転指標の変更は不可能である。推奨される分析項目および頻度は既に SATREPS チームに提示されている。これをもとに、SATREPS チームは分析体制を早期に確立することを期待する。

(3) 標準作業要領書の作成

SATREPS チームには、各種機器の取り扱い説明書および運転マニュアルが提供されているが、プラント固有の操作手順、例えば、ストレーナの洗浄頻度、計器の校正頻度、タイマーの設定値、余剰汚泥の引抜頻度等までは示されていない。これらは長期間の運転結果に基づき運転員が経験的に知り、設定していく項目である。また、運転を効率的に行うためのノウハウも運転を継続することに

よって学ばれる。このような事項を記したものが、標準作業要領書(Standard Operation Procedures; SOP)である。運転員に作業内容を簡単に周知させるために、また運転員が変更になった場合にそのノウハウが継続して利用できるようにするためにも SATREPS チームが SOP を作成することを提案する。

(4) KPOM との連携

本パイロットプラントは KPOM から排水、廃蒸気、電力等の供給を受け運転ができるものである。SATREPS チームは、KPOM との情報共有を密にし、工場の操業スケジュールを把握し、パイロットプラントの運転に影響のないように運転計画を策定するべきである。また外部より堆肥や炭化品の原料となる EFB を調達したり、製品となった堆肥や炭化品を搬出したりする作業も発生する。このような作業の際には KPOM より事前の了解を得る必要がある。パイロットプラントの運転が工場の操業に影響を及ぼすことはあってはならず、仮にそのようなことが発生すれば、KPOM との関係も悪化しかねない。

現場に常駐する運転員は、KPOM との関係を良好に保ち、常に情報交換を行う必要がある。運転管理責任者は、現地の運転状況を常に把握し適切な指示を運転員に与えなければならない。また、万が一に備え、チーフアドバイザーへのホットラインも常に確保しておくべきである。