

マレーシア国
ケナフタバコ庁
南 Kelantan 州開発局生産公社

マレーシア国
マレーシアのケナフと日本の天然
ミネラルリモナイトを活用した
水質浄化普及・実証事業
業務完了報告書

令和1年10月
(2019年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社日本リモナイト

民連
JR
19-155

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

目 次

巻頭写真.....	i
略語表.....	iii
地図.....	iv
図表番号.....	v
案件概要.....	viii
要約.....	ix
1. 事業の背景.....	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認.....	1
① 事業実施国の政治・経済の概況.....	1
② 対象分野における開発課題.....	1
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）及び法制度.....	2
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析 ...	3
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要.....	4
2. 普及・実証事業の概要.....	7
(1) 事業の目的.....	7
(2) 期待される成果.....	7
(3) 事業の実施方法・作業工程.....	7
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）.....	17
(5) 事業実施体制.....	19
(6) 事業実施国政府機関の概要.....	20
3. 普及・実証事業の実績.....	22
(1) 活動項目毎の結果.....	22
(2) 事業目的の達成状況.....	80
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献.....	81
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献.....	82
(5) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について.....	82
(6) 今後の課題と対応策.....	83
4. 本事業実施後のビジネス展開計画.....	85
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定.....	85
① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）.....	85
② ビジネス展開の仕組み.....	87
③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール.....	89
④ ビジネス展開可能性の評価.....	90
(2) 想定されるリスクと対応.....	91

(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果.....	92
(4) 本事業から得られた教訓と提言	92
英文要約.....	93
添付資料-1 パーム油工場の排水状況と水質.....	A1-1
添付資料-2 パーム油排水処理に係る研究室レベルの分析検討結果.....	A2-1
添付資料-3 実証施設の水質試験	A3-1
添付資料-4 最終セミナー発表資料.....	A4-1
添付資料-5 実証施設メンテナンスマニュアル.....	A5-1

巻頭写真



キックオフ協議 (2017年8月)



既存の好気性ポンド (2017年8月)



クレーンによる排水処理装置の設置
(2018年3月)



設置・組立が概ね完了した排水処理装置
(2018年3月)



脱色・脱臭槽に詰め込まれたケナフ
(2018年3月)



脱色・脱臭槽に詰め込まれた
阿蘇リモナイト (2018年3月)



排水処理装置（脱色・脱臭槽）
（2018年4月）



排水処理装置（接触酸化槽・沈殿槽）
（2018年4月）



排水処理装置前の看板
（2018年4月）



排水処理装置の全景
（2018年4月）



竣工式での看板の除幕式
（2018年4月）



竣工式での現地説明会
（2018年4月）

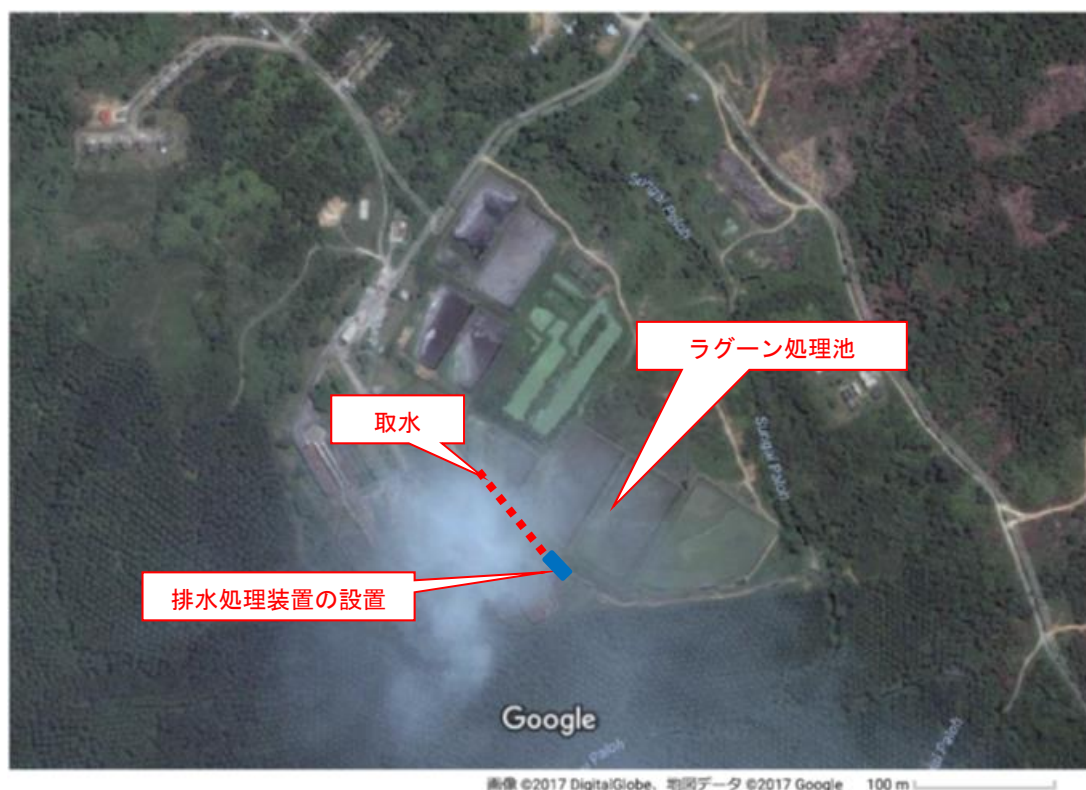
略語表

BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
C/P	Counterpart Personnel	カウンターパート
CSR	Corporate Social Responsibility	企業の社会的責任
DOE	Department of Environment	環境局
FELCRA	Federal Land Consolidation and Rehabilitation Authority	連邦土地統合・再生局
FELDA	Federal Land Development Authority	連邦土地開発公団
FFB	Fresh Fruit Bunch	パーム椰子果房
GST	Goods and Service Tax	物品サービス税
IWK	Indah Water Konsortium Sdn Bhd	マレーシア国下水道公社
JACTIM	The Japanese Chamber of Trade & Industry, Malaysia	マレーシア日本人商工会議所
JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
KPSB	Kesedar Perkilangan Sdn. Bhd.	南 Kelantan 州開発局生産公社
LKTN	National Kenaf & Tobacco Board	マレーシア国ケナフタバコ庁
MPOB	Malaysian Palm Oil Board	マレーシア国パーム油委員会
MSPO	Malaysian Sustainable Palm Oil	マレーシア国持続的パーム油
NH3-N	Ammonia Nitrogen	アンモニア態窒素
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
RSOP	Roundtable Sustainable Palm Oil	持続可能なパーム油のための円卓会議
SS	Suspended Solids	浮遊物質
TOC	Total Organic Carbon	全有機炭素
TSS	Total Suspended Solids	全浮遊物質
UKM	Universiti Kebangsaan Malaysia	マレーシア国民大学

地図



位置図



衛星写真

(地図及び衛星写真の出典：Google Map)

図表番号

図 2.1	設置予定位置	8
図 2.2	フローチャート	10
図 2.3	縦横断図面	10
図 2.4	事業実施体制	20
図 3.1	排水処理装置の設置場所	23
図 3.2	フローチャート	27
図 3.3	平横断図面	28
図 3.4	水質分析試料採取箇所	36
図 3.5	実証施設の処理水量	36
図 3.6	BOD の処理状況	37
図 3.7	みかけ色度の処理効果	38
図 3.8	真色度の処理効果	38
図 3.9	臭気強度の処理効果	38
図 3.10	吸着剤の配置方法	39
図 3.11	浄化係数 (BOD) : 左図ケナフ、右図阿蘇リモナイト	43
図 3.12	浄化係数 (COD) : 左図ケナフ、右図阿蘇リモナイト	43
図 3.13	浄化係数 (TSS) : 左図ケナフ、右図阿蘇リモナイト	44
図 3.14	浄化係数 (アンモニア) : 左図ケナフ、右図阿蘇リモナイト	44
図 3.15	浄化係数 (Apparent Colour) : 左図ケナフ、右図阿蘇リモナイト	44
図 3.16	浄化係数 (True Colour) : 左図ケナフ、右図阿蘇リモナイト	44
図 3.17	最適な吸着剤の配置方法	46
図 3.18	平面図 : ケナフ、阿蘇リモナイト排水処理施設 (槽容量 2,000 m ³)	47
図 3.19	ケナフ充填部平面図	48
図 3.20	ケナフ充填部断面図	48
図 3.21	阿蘇リモナイト充填部平面図	48
図 3.22	阿蘇リモナイト充填部断面図	49
図 3.23	ケナフ、阿蘇リモナイト受部の構造	49
図 3.24	KPSB 拡張施設配置図	51
図 3.25	処理フロー	52
図 3.26	平面図 : ケナフ、阿蘇リモナイト排水処理施設 (槽容量 1,000 m ³)	52
図 3.27	維持管理マニュアルの抜粋	55
図 3.28	設置した看板に記載の処理概要図	63
図 3.29	最適な吸着剤の配置方法	69

図 3.30	パーム油農園面積の変遷	72
図 3.31	染色工場排水の脱色効果実験結果	73
図 3.32	使用済み阿蘇リモナイト、ケナフ、汚泥	76
図 3.33	販売、収支計画	78
図 3.34	ビジネス展開の枠組	79
図 3.35	既存ラグーン池を活用した排水処理システム	83
図 4.1	生物処理とケナフ、阿蘇リモナイト処理の比較	86
図 4.2	ビジネス展開の枠組（再掲）	88
表 1.1	製品・技術の概要	4
表 2.1	作業工程表と実績	16
表 2.2	要員計画と実績	18
表 2.3	資機材リスト	19
表 3.1	研究室レベルの処理実験内容一覧	25
表 3.2	インスペクション及び水質調査の実施日	35
表 3.3	インスペクション及び水質調査の内容	35
表 3.4	水質分析項目	36
表 3.5	脱色・脱臭槽のケナフと阿蘇リモナイトの配置状況	37
表 3.6	必要滞留時間（排水処理水量 100m ³ /日の場合）	39
表 3.7	H ₂ O ₂ 添加量（排水処理水量 100m ³ /日の場合）	40
表 3.8	建設費用の試算（ユニット型：100m ³ /日）	40
表 3.9	維持管理費用の試算（ユニット型：100m ³ /日）	41
表 3.10	東南アジアにおける色度の排水基準	42
表 3.11	KPSB 排水と他施設排水の比較	45
表 3.12	目標水質（例）	46
表 3.13	ケナフと阿蘇リモナイトの充填率	47
表 3.14	概算建設費（コンクリート躯体：1,000m ³ /日）	50
表 3.15	概算維持管理費（コンクリート躯体：1,000m ³ /日）	50
表 3.16	KPSB 工場に対する目標水質	51
表 3.17	概算建設費（KPSB 拡張：1,000m ³ /日）	52
表 3.18	概算維持管理費（KPSB 拡張：1,000m ³ /日）	53
表 3.19	パーム油工場における公共水域への排水基準（最終放流）	57
表 3.20	パーム油産業における環境法に関する指摘件数	59
表 3.21	KPSB 排水と他施設排水の比較（再掲）	60
表 3.22	KPSB 排水処理施設処理水と他施設排水処理施設処理水の比較	60
表 3.23	目標水質（例）	69

表 3.24	ケナフと阿蘇リモナイトの浄化係数(案)	69
表 3.25	ケナフと阿蘇リモナイトを用いた排水処理に係るセミナー	70
表 3.26	使用済み阿蘇リモナイト、ケナフ、汚泥の成分分析結果	75
表 3.27	販売、収支計画、体制	78
表 4.1	生物処理とケナフ、阿蘇リモナイト処理の浄化係数の比較	86
表 4.2	活性炭と阿蘇リモナイトの比較	87
表 4.3	想定するビジネス展開の計画・スケジュール	90
表 4.4	販売、収支計画、体制（再掲）	90
表 4.5	事業化による開発効果	92

案件概要

マレーシア

マレーシアのケナフと日本の天然ミネラルリモナイトを活用した水質浄化 普及・実証事業 株式会社日本リモナイト(熊本県)

マレーシアの開発ニーズ

- ▶ パーム油工場からの廃水対策による公共用水域の水質改善
- ▶ 色度や臭気にも対応したパーム油廃水の適正処理

普及・実証事業の内容

- ▶ パーム油廃水の脱臭、脱色を目的とした、阿蘇リモナイトおよびケナフを用いた廃水処理装置の適用性・有効性を実証する。
- ▶ 廃水処理装置の標準仕様や導入促進に向けたインセンティブを関係機関に提案し、廃水処理装置の普及・展開を図る。
- ▶ 使用済みケナフと阿蘇リモナイトのリサイクルも含めたビジネスプランを策定する。

提案企業の技術・製品



製品・技術名

マレーシアのケナフと日本の地域資源である阿蘇リモナイトを活用した脱色・脱臭廃水処理装置

事業概要

相手国実施機関：
マレーシア国ケナフタバコ庁
(LKTN: National Kenaf & Tobacco Board)
南Kelantan州開発局生産公社
(KPSB: Kesedar Perkilangan Sdn. Bhd.)
事業期間：
2017年7月～2019年12月
事業サイト：
マレーシア国南Kelantan州開発局生産公社(KPSB)が管理するパームオイル工場

マレーシアに見込まれる成果

- ▶ 阿蘇リモナイト本来が持つ脱臭・脱色の有効性を生かした、パーム油廃水の色と臭気の問題を解決
- ▶ マレーシアの主幹産業となっているケナフの有効活用を提案

日本企業側の成果

現状

- ▶ 国内の水質浄化において脱臭用の阿蘇リモナイト商品を製造販売

今後

- ▶ 東南アジア諸国に対する新たな市場開拓
- ▶ 現地代理店の育成と繋がり強化

要約

I. 提案事業の概要	
案件名	<p>(和文) マレーシアのケナフと日本の天然ミネラルリモナイトを活用した水質浄化普及・実証事業</p> <p>(英文) Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Wastewater Treatment System utilizing the Natural Mineral Limonite and Kenaf</p>
事業実施地	マレーシア国グアムサング
相手国 政府関係機関	<p>マレーシア国ケナフタバコ庁 (LKTN: National Kenaf & Tobacco Board)</p> <p>南 Kelantan 州開発局生産公社 (KPSB: Kesedar Perkilangan Sdn. Bhd.)</p>
事業実施期間	2017年7月～2019年12月 (2年5ヶ月)
契約金額	99,870,840 円 (税込)
事業の目的	深刻な環境問題の原因の一つとなっているパーム油産業排水に対して、提案製品により脱色及び脱臭の効果が発現し、実用レベルでの有用性及び優位性が実証されるとともに、普及に向けて運営維持管理がシンプルかつ安価な排水処理モデルが提案される。
事業の実施方針	<p>本事業の実施にあたっては、実際のパーム油工場排水を対象として、吸着材の数量に見合ったコストパフォーマンスに優れた装置の設計が可能となるデータの収集、分析を行った上で、運営維持管理がシンプルかつ安価な排水処理システムを確立する。具体的には、パーム油排水を脱色及び脱臭させるための適切なケナフ及び阿蘇リモナイト吸着剤の構成を研究室レベルで分析、検討した上で、排水処理装置を設計し、実際のパーム油工場において運転、維持管理、水質分析を含む実証活動を行う。また、実証活動結果をもとに、最適な吸着剤の配置方法や運転・維持管理マニュアルを含む排水処理装置の設計手法(案)を作成した上で、排水処理装置の標準仕様や導入促進に向けたインセンティブを関係機関に提案することにより、ケナフ及び阿蘇リモナイト吸着剤を利用した排水処理装置の普及・展開を図っていく。さらに、使用済みケナフ・阿蘇リモナイト吸着剤のリサイクルの可能性を分析し、本事業に関わる市場分析や調達・販売計画、資金計画等を検討した上で、排水処理装置販売及びリサイクルに係る事業計画を策定する。</p>

実績	<p>[要約]</p> <p>実証・普及活動では、排水処理装置の実証運転を行い、阿蘇リモナイト及びケナフの脱臭、脱色の効果は一定程度発現し、BOD等の処理水質は排水基準値を十分に満足するものとなり、設計手法(案)、標準仕様(案)を作成、提示した。</p> <p>また、本邦への受入れ活動やセミナーを実施し、今後の事業展開に向けた普及・広報活動を行った。UKMのポスター発表がGold Awardを受賞した。</p> <p>ビジネス展開計画では、現地代理店(リモナイトマレーシア)、現地協力企業との協業関係を築き、販売・収支計画、体制を含めたビジネス計画を策定した。</p> <p>1. 実証・普及活動</p> <p>(1)「成果1：対象サイトにおいて阿蘇リモナイトを用いた排水処理装置の適用性・有効性が実証される」に関して</p> <p>①UKM(マレーシア国民大学)において、研究室レベルで阿蘇リモナイト及びケナフによる色度除去の実証活動に必要な情報(阿蘇リモナイト製品の選定、実証施設の規模や付加設備機能(曝気、過酸化水素注入等)、評価手法の選定など)を収集し、排水処理装置の設計内容、実証条件に反映させた。</p> <p>②パーム油排水を対象とした実証運転の開始からはほぼ12カ月が経過した2019年3月末までで、パーム油排水に対する阿蘇リモナイト及びケナフの脱臭、脱色の効果が確認され、BOD等の処理水質は排水基準値を満足するものとなった。</p> <p>③阿蘇リモナイトとケナフの入替を2018年11月と2019年2月に行い、実証条件も種々変更して各種条件による処理レベルの分析を加え、設計に必要な諸係数の検討を行った。この結果、阿蘇リモナイトとケナフにより Apparent Colour(見かけの色度)は2,000Pt-Coから800Pt-Co程度まで除去でき、True Colour(真色度)は700Pt-Coから500Pt-Co程度まで除去できることを確認した。</p> <p>④True Colourに対する除去効果を高めるため、UKMからの助言に基づきH₂O₂、H₂SO₄(pH調整用)を添加した実証運転を行い、実現場における処理可能レベルとしてはTrue Colourで300Pt-Co程度であることを確認した。</p> <p>⑤技術移転については、日常の保守・点検業務をKPSB職員で実施しており、2018年11月にKPSB職員に対し、メンテナンスの技術指導と、6カ月点検としての実地指導を行った。装置がマレーシア</p>
----	--

	<p>工場でも使用されているポンプ、ブロアーといった通常の機器より構成されていることもあり、運転・管理手法に関する技術移転は完了した。</p> <p>⑥UKM とは、実証施設の改善、阿蘇リモナイトの活用の検討を継続して進めており、UKM の Faculty of Science and Technology が主催する Research-Challenge day における Workshop のポスターセッションにおいて、パーム油排水の阿蘇リモナイトによる脱色効果に関するポスターが Gold Award を受賞した。</p> <p>(2)「成果2：阿蘇リモナイトを用いた排水処理装置の標準仕様が提案される。」に関して</p> <p>①カウンターパートである LKTN 及び KPSB を対象とした本邦への受け入れ活動を 2018 年 10 月末～11 月初めにかけて行った。ケナフ協会への訪問、下水処理場での阿蘇リモナイトの使用状況や阿蘇リモナイトを原料とした各種製品の工場等を見学、意見交換を行った。</p> <p>②実証運転結果をもとに、排水処理システムの構成、配置を検討し、概算費用(建設費、維持管理費)を算定し、標準仕様書(案)を作成し、セミナー等を通じて関係機関に提案した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・排水処理装置の設計手法(案)、運転・維持管理マニュアル(案)を作成し、セミナー等を通じて関係機関に提案した。 <p>2. ビジネス展開計画</p> <p>(1)「成果3：吸着剤としての使用済みケナフと阿蘇リモナイトのリサイクルも含めたビジネスプランが策定される。」に関して</p> <p>①販売計画、収支計画、資金計画、実施体制について検討し、ビジネスプランを策定した。</p> <p>②KPSB に対し、工場拡張に応じた排水処理システムの構成、配置、概算費用の検討を行い提案した。</p> <p>③マレーシア商工会議所や IWK、下水処理場、染色工場、ゴム工場等の事業者に対し面談やプレゼン、現場視察を行い、脱臭・脱硫剤としての阿蘇リモナイトの優位性や実績、パーム油排水の脱臭・脱色状況等の紹介を通じて、事業展開先となり得る事業者への普及展開活動を継続している。</p>
課題	<p>1. 実証・普及活動</p> <p>① 排水規制値の強化</p> <p>排水規制値の強化は、排水処理技術の難しさ、コスト的な面から</p>

	<p>関係者の合意に時間がかかっているものとみられ、遅れている状況にある。</p> <p>BODについては20mg/Lが一つの目安となっており、本排水処理システムにおいても、BOD20mg/Lを目標水質として提案する。</p> <p>脱色については、阿蘇リモナイトとケナフにより True Colour で500 Pt-Co 程度まで除去可能であるが、マレーシアの規制部局（MPOB、DOE）の動向の注視を継続する必要がある。</p> <p>② 建設費用、維持管理費用</p> <p>本普及・実証事業において、概算の建設費用、維持管理費用を算定したが、引き続きコスト削減に向けた検討を進める必要がある。</p> <p>ビジネス展開において既は、存ラグーン池を活用した設計、検討を行い提案していく。</p> <p>2. ビジネス展開計画</p> <p>排水処理システムの受注には、提案から採用までの活動を継続させる必要があり、リモナイトマレーシア、現地協力企業との連携により対応する。</p>
事業後の展開	<p>カウンターパートナー機関である KPSB の工場拡張の情報を得ており、KPSB を始めとして現地協力企業と連携して、提案から受注までの活動を継続して行う。</p> <p>ビジネス展開先としては、脱色、脱臭等の排水処理が求められているパーム油工場以外にも、染色工場、ゴム工場等の事業者、脱硫剤としての導入が期待できる下水処理場等があり、これらの分野についても継続的に営業活動を行う。</p>
II. 提案企業の概要	
企業名	株式会社日本リモナイト
企業所在地	熊本県阿蘇市狩尾289番地
設立年月日	昭和41年2月5日
業種	製造業
主要事業・製品	脱硫化水素剤 「リモニック」 畜産用飼料添加剤 「ライトミネラル」 農業用土壌改良活性土 「リモニド」 水質活性剤 「ライトクリア」 等の製造、販売
資本金	1億円（2017年4月時点）
売上高	4億5千万円
従業員数	30名

1. 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

① 事業実施国の政治・経済の概況

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る。

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で任期は 3 年、222 議席の下院は国民の直接投票によって選出され、任期は 5 年である。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である。

1957 年のマレーシア独立以来 2018 年まで、一貫して統一マレー国民組織（UMNO）を中核とした連立政権「国民戦線（Barisan Nasional）」が政権を担っていた。2009 年 4 月に就任したナジブ首相は、「1 (one) Malaysia（国民第一，即実行）」のスローガンの下、2010 年に発表した「新経済モデル」、「政府変革プログラム」及び「経済変革プログラム」を着実に実施、民族融和、行政改革や国民福祉の充実を図っていた。2015 年には「第 11 次マレーシア計画」（2016 年から 2020 年までの 5 か年計画）を発表し、2020 年までの先進国入りを目指し、国際競争力強化のため規制緩和・自由化を進め、国内では投資と国内消費に支えられた安定した成長を維持していた。¹

2018 年 5 月 9 日連邦下院総選挙が行われ、マハティール元首相の率いる希望連盟が過半数を獲得し、初めて政権が交代した。政権交代により、財政赤字が明らかにされたこと、今後、身の丈の予算にあった政策や公共事業が実施される方向であるが、環境政策やパーム油産業への影響は現在のところ明確でない。

② 対象分野における開発課題

マレーシアでは、経済の発展に伴い公共用水域の水質の悪化が進んでいる。その大きな原因の一つがパーム油排水である。マレーシアにおけるパーム油の生産量は 1980 年に 2,573 千 t であったが、2014 年には 19,667 千 t と大幅に増加している。

パーム油産業は、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行われた。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。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た。マレーシアの国家開発計画である「第 10 次マレーシア計画」（2011 年～2015 年）でも、パーム油産業は 12 の国家重要経済分野（National Key Economic Areas : NKEAs）の一つと位置づけられ、2014 年には世界第 2 位の生産国にまで成長した。

2015 年には、マレーシアの輸出総額約 7,800 億 RM（約 19.5 兆円）の内、電気・電子製

¹ 外務省「外交青書 2017」

品に続きパーム油産業による輸出額は8.1%を占め、マレーシアの基幹産業といえる規模に成長している。農産品における生産総額では、2014年のパーム関連製品（パーム油、パームカーネルオイル）の生産割合が63.9%を占め、生産金額は約1.1兆円と一次産業を牽引している。

このような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5,811,145ha（2017年）に達し、国土の約15%を占めるに至った。現在も世界的なパーム油の消費拡大を受け、農園の面積は拡大を続けている。世界市場でのパーム油の消費量は増加傾向にあり、2004年の30,248千tから倍増し、2015年には61,222千tに達した。マレーシアにおいても、約3,000千tが消費されている。

BOD 負荷の増大による河川水質の悪化は、工業、商業、家庭などの活動によって発生する様々な原因物質によるとされている。パーム油工場からの排水はBOD 負荷が高いことから、水質の悪化の原因とされている。2014年には農業関連産業の排水施設数531件（内、パーム油工場451件、ゴム工場80件）から、毎日22tのBOD 負荷物質が排出されており、一施設あたりの排出量は畜産業（養豚業）に続く二番目に大きな排出源であった。近年でもパーム油工場からの排水や排出物が、漁業への悪影響、健康被害、河川水の悪臭や色等の汚染を引き起こしている例も報告されている。

このような状況を踏まえ、マレーシア政府は、上水の未整備地域の“生活の質”の確保、及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、生活用水の水源である河川の水質改善に着手するとともに、パーム油工場等の排水基準の強化を検討しているところである。

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）及び法制度

マレーシア政府は、2015年6月に「第11次マレーシア計画」を発表し、2016～2020年の平均経済成長率5～6%を目標として掲げている。2020年には一人あたりの国民総所得を先進国入りの目安である15,000ドル以上（約165万円）、世帯収入を72%向上させることを目指している。

また経済的な発展だけを指標とするのではなく、国民の福祉、包括的でサステナブルな発展等、先進国として備えるべき特性も配慮するとしている。そのため、①公平な社会に向けた包容力の強化、②全ての国民の福祉の向上、③先進国となるための人材開発の加速、④持続可能でしなやかなグリーンな成長の追及、⑤経済拡大を支えるインフラストラクチャーの強化、⑥一層の繁栄のための成長戦略の再構築を戦略の6つの柱としている。

パーム油産業については、⑥一層の繁栄のための成長戦略の再構築において、製造業の活性化（Focus area B）の中心的な産業として位置付けられており、農業の近代化（Focus area C）においては、MPOB（マレーシア国パーム油委員会）をはじめとする政府系研究機関の牽引の下で、技術の近代化、持続可能な手法の開発、気候変動の影響緩和等を進めることが謳われている（Strategy C3）。また、製品認証（マレーシアパーム油認証：MSPO）によ

り自然環境への配慮等の持続可能性への対応を含めて国際市場に受け入れられる製品づくりをするとしている。

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

日本政府はナジブ首相の 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。特に、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」において両国の協力の深化、及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。

近年の我が国による環境ならびにパーム油関係に対する ODA 事業としては、以下が実施されている。

- 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
(技術協力プロジェクト-SATREPS : 2013 年 11 月～2017 年 11 月)

マレーシアの民間搾油工場に設置される試験用設備によるゼロディスチャージの実証、新たな産業創出を通じたビジネスモデルの実現性の検証、余剰パーム・バイオマス及び余剰エネルギーの有効活用等に係る革新的な研究、ビジネスモデルの有効性の共有等を行うことにより、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の革新的な知見と実行可能な技術の活用を図り、以って生物多様性の保全とグリーン経済の振興による新規雇用の創出を目指したプロジェクトである。

本プロジェクトは、九州工業大学とマレーシア・プトラ大学 (Universiti Putra Malaysia : UPM) が共同開発した、パーム・バイオマスからバイオ・プラスチックを製造する技術をさらに発展させ、ビジネスとしての実証を目指し、マレーシア側の研究グループ [UPM 及びマレーシア・サバ大学 (Universiti Malaysia Sabah : UMS)] と日本側の研究グループ [九州工業大学、独立行政法人産業技術総合研究所、九州大学)] により、地球規模課題対応国際科学技術協力 (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development : SATREPS) として、2012 年から 2017 年にわたり実施された。SATREPS は、国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) 並びに国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (AMED) と独立行政法人国際協力機構 (JICA) が共同で実施している、開発途上国の研究者が共同で研究を行う 3～5 年間の研究プログラムである。

なお、SATREPS 案件として本件は終了しているものの、当該プロジェクトで得られた研究成果を民間企業のビジネスに取り込みながら、より多く社会実装化してビジネスにつなげることを目的として 2018 年 1 月に「SATREPS プロジェクト成果を活用した SDGs ビジネス化支援プログラム」の公募が行われた。このプログラムでは 9 企業が採択され、今後ビジネスモデル化が行われる予定である。

- パーム油工場の排水処理高度化・資源循環利用案件化調査及び普及・実証事業
(案件化調査：2012年～2014年及び普及・実証事業：2015年～2017年)

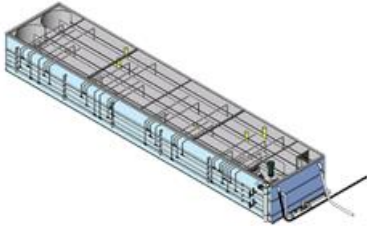


JICA 中小企業海外展開支援事業である、案件化調査及び普及・実証事業として実施された案件である。マレーシアのパーム油工場の排水処理の高度化を目的とした「エアレータ及びスクリーン装置を用いた活性汚泥処理システム」及び排水等の有価物化を目的とした「スラッジ炭設備」が、低コストかつ安定的に BOD 値 20mg/L 以下の実現に寄与する処理方法として有効であることを実証した上で、本製品・技術の普及を図るために実施された。



本案件は既に終了しているが、普及・実証事業での成果により、提案企業である H 株式会社のアクアレーターは、マレーシアで 30 台以上販売されたとのことである(2017年11月同社へのヒアリングによる)。

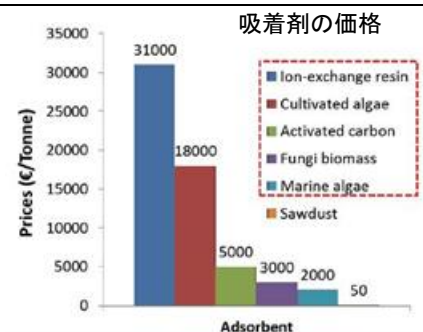
本案件は、H 株式会社のアクアレーターにより BOD をマレーシア国の排水基準値までの処理を目指して導入が行われていることから、BOD 低減後に色を除去するために、本事業の提案技術であるケナフと阿蘇リモナイトを活用した処理技術が連携できる可能性は高いと考える。H 株式会社とは、JICA を通じてご紹介をいただき、本事業調査の一環として情報交換をさせていただく機会を得ており、今後、具体的な連携方法を検討していく方針である。例えば、アクアレーターと本事業提案技術である脱色・脱臭施設を一緒に販売する、あるいはアクアレーター導入後の施設の後段に本事業提案技術を追加設置する等が考えられる。

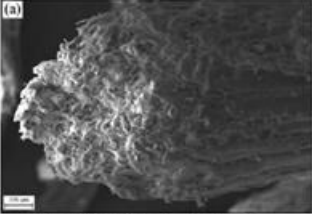
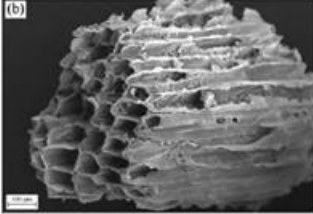
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

表 1.1 製品・技術の概要

名称	マレーシアのケナフと熊本の地域資源である阿蘇リモナイトを活用した脱色・脱臭排水処理装置
スペック (仕様)	<p>【排水処理装置】排水処理規模により装置サイズが変化する。パーム油工場に設置する実証装置はユニット型とし、処理能力 40m³/日の排水処理装置を設置。</p> <p>【脱色・脱臭剤】ケナフと阿蘇リモナイトのペレット</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>実証装置(ユニット型の例)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ケナフ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>阿蘇リモナイト</p> </div> </div>

<p>特徴</p>	<ul style="list-style-type: none"> ケナフと阿蘇リモナイトを脱色、脱臭剤として利用 ケナフは多孔質であり吸着効果が大きく、浮遊物除去の前処理としても有効 マレーシアの国産であるケナフの新規用途を開発することで、ケナフ産業の振興にも寄与する
<p>競合他社製品と比べた比較優位性</p>	<p>【価格】 脱色、脱臭に用いる吸着材は、一般に高価であり、イオン交換樹脂、活性炭等に代わる低価格な吸着材が求められている。吸着材の一般的な比較対象である活性炭の場合、千円/kg程度のオーダーであるが、本吸着材の場合半額以下の低価格で提供できる。</p> <p>【スペック】 排水処理施設のユニット化、吸着材のペレット化という点では一般的な形状であるが、阿蘇リモナイトとケナフの配合、添加方法、ケナフの薬品処理等にノウハウがある。</p> <p>【先導性・希少性】 マレーシア国産のケナフを有効活用した排水処理として先導性を有し、2015年12月にはマレーシア政府が主催する「Project Of The Year」に選ばれている。希少性については、「阿蘇リモナイト」は阿蘇でしか採掘することができず、同じ成分構成のものは存在しない。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Project Of The Year式典</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>阿蘇リモナイト</p> </div> </div> <p>【代替品の有無】 吸着剤の代替品はあるが、いずれも高価である。阿蘇リモナイトの代替品はない。</p> <p>【模倣可能性】 阿蘇リモナイトの代替品はなく、ケナフの処理等種々のノウハウを有しており、模倣は困難である。</p>



	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a) Neat kenaf core powder (処理前)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b) Alkaline treated kenaf core (処理後)</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">ケナフ処理の例</p>
国内外の販売実績	<p>日本リモナイトの販売実績</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国内 400,000 千円 ・海外 12,000 千円
サイズ	<p>排水処理装置（サイズは処理規模に合わせて変更可能。実証機材： 40m³/日処理槽）、脱色・脱臭剤（ケナフ 10-30mm、阿蘇リモナイト ペレット：φ10~15mm）</p>
設置場所	<p>マレーシア国南 Kelantan 州開発局生産公社（KPSB）が管理するパー ム油工場</p>
今回提案する機材 の数量	<p>1セット</p>
価格	<p>企業機密情報につき非公表</p>

資料：JICA 調査団作成

2. 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

深刻な環境問題の原因の一つとなっているパーム油産業排水に対して、提案製品により脱色及び脱臭の効果が発現し、実用レベルでの有用性及び優位性が実証されるとともに、普及に向けて運営維持管理がシンプルかつ安価な排水処理モデルが提案されることを本事業の目的とする。

本事業の実施にあたっては、実際のパーム油工場排水を対象として、吸着材の数量に対する実用レベルの処理能力を算出することに重点をおき、それに見合ったコストパフォーマンスに優れた装置の設計が可能となるデータの収集、分析を行った上で、運営維持管理がシンプルかつ安価な排水処理システムを確立する。さらに、排水処理装置の標準仕様や導入促進に向けたインセンティブを関係機関に提案することにより、ケナフ及び阿蘇リモナイト吸着剤を利用した排水処理装置の普及・展開を図っていく。

(2) 期待される成果

本事業実施を通じて、以下の3つの成果を達成することが期待される。

成果1: 対象サイトにおいて阿蘇リモナイトを用いた排水処理装置の適用性・有効性が実証される。

成果2: 阿蘇リモナイトを用いた排水処理装置の標準仕様が提案される。

成果3: 吸着剤としての使用済みケナフと阿蘇リモナイトのリサイクルも含めたビジネスプランが策定される。

(3) 事業の実施方法・作業工程

本事業実施による成果ごとの活動内容を以下に示す。

【成果1にかかる活動：排水処理装置の適用性・有効性の実証】

活動 1-1. 実証事業実施のための前提条件（水質条件含む）及び機材設置条件（整地方法や配管方法含）を確認した上で、相手国実施機関（カウンターパート）とともに排水処理装置の設置場所（パーム油工場）を確定する。

- ・ 第一回現地調査において、JICA 調査団が、設置予定場所である KPSB 管理のパーム油工場を訪問し、排水処理装置の設置場所や設置条件、設置方法などを、KPSB 担当者とともに確認した上で、設置工事業者との契約内容を概ね確定させる。
- ・ 現時点における設置予定箇所を以下に示す。既存の処理施設の末端（外部への排水地点）から取水し、水道や電力が利用可能で、排水処理装置の設置に十分なスペースがある箇所に設置予定である。



(衛星写真の出典：Google Map)

図 2.1 設置予定位置

活動 1-2. カウンターパートとともに詳細な設置方法及び役割分担を明確にする。

- ・ JICA 調査団は、KPSB との打合せを通じて、排水処理装置の設置方法、設置位置、設置時期などを明確にし、設置工事業者との契約内容を概ね確定させる。
- ・ また、JICA 調査団は、KPSB との打合せを通じて、運転開始後の KPSB による運転管理、JICA 調査団側による電気代の負担について合意するとともに、事業終了後は KPSB による適正な維持管理（電気代の負担込み）のもとで継続利用されることについて、KPSB と再確認、合意する。
- ・ JICA 調査団は、LKTN との打合せを通じて、ケナフの安定供給と、本事業に対する支援、実証事業終了後の戦略等について、協力を依頼し、LKTN と合意する。

活動 1-3. 排水状況（処理規模含む）及び水質（BOD、COD、pH、TOC、濁度、DO、色度、油分等）を調査する。

- ・ JICA 調査団は、KPSB 管理のパーム油工場における既存の排水処理施設の排水状況、処理水質を確認し、既存のパーム油工場での一次処理状況を評価する。
- ・ 処理水質については、KPSB 自らが所有する分析記録に加え、UKM への再委託により処理水質の現状を把握する。

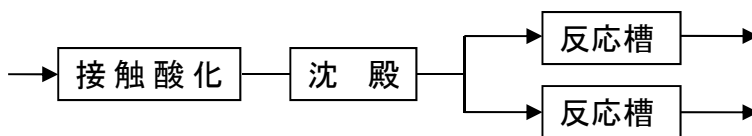
活動 1-4. 現状のパーム油工場からの排水水質状況等を踏まえ、UKM の協力を得ながら、パーム油排水を脱色及び脱臭させるための適切なケナフ及び阿蘇リモナイトの吸着剤としての構成を研究室レベルで分析、検討する。

- ・本格的な排水処理施設をパーム油工場に設置して実証活動を開始する前に、パーム油排水処理に対応するための、ケナフと阿蘇リモナイトの性状や構成比率、前処理、処理効果・効率、耐久期間等を把握するため、UKM 研究室での排水処理実験を行う。
- ・研究室での排水処理実験結果をもとに、パーム油排水に対する実証活動用の排水処理施設のスペックを固めた上で、本格的な実証活動を行う。
- ・なお、この研究室レベルでの排水処理実験については、UKM への現地再委託を予定している。

活動 1-5. 排水処理装置及びケナフと阿蘇リモナイトの吸着剤としての構成を設計する。

①条件設定：本実証装置の規模は、以下の条件にて設定する。

- ・吸着剤（脱色・脱臭剤）の反応時間を 8 時間とする
- ・流入水量を 40m³/day とする
- ・前段に接触酸化槽と沈殿池、後段に反応槽とする
- ・吸着剤を充填する反応槽は、2 系列・並列運転とする



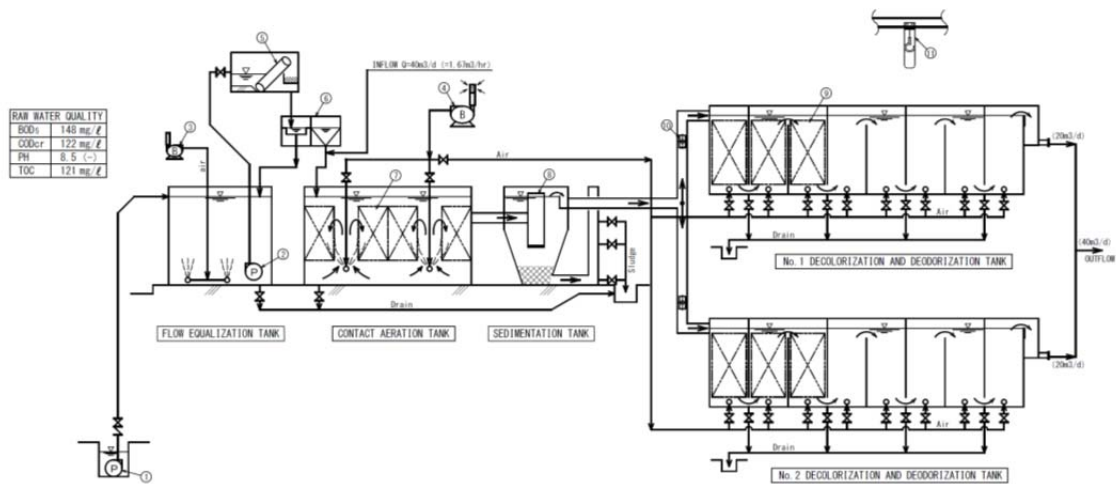
②施設規模

上記条件に準じて設定した施設規模は以下の通り

- ・流入水量 $Q=40\text{m}^3/\text{day}(=1.67\text{m}^3/\text{hr}=0.028\text{m}^3/\text{min})$
- ・吸着剤の容量 $=6.7\text{m}^3/\text{系列}\times 2 \text{ 系列}=13.4\text{m}^3/2 \text{ 系列合計}$
(吸着剤 13.4m³、反応時間 8hr の時の必要水量は、 $Q=13.4\text{m}^3/8\text{hr}=1.67\text{m}^3/\text{hr}=40\text{m}^3/\text{day}$)

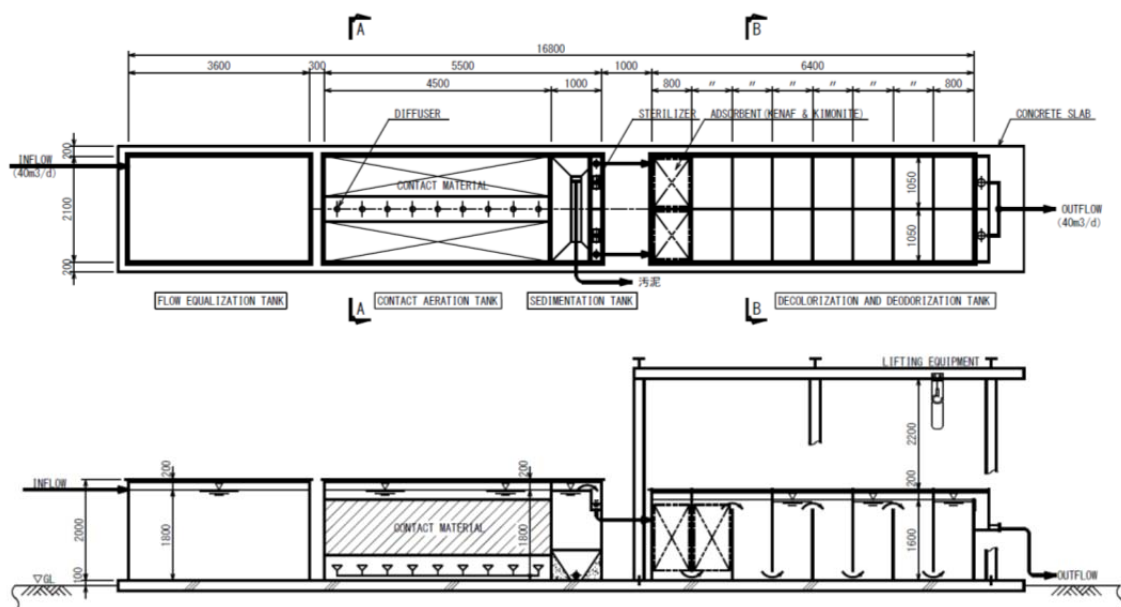
③設計上の留意点：処理水槽の形状寸法の決定時は以下の点に留意する。

- ・海上輸送時のコンテナ収納可能な寸法（20ft コンテナの場合 H2.38m*W2.35m*L5.8m）
- ・陸上輸送時大型トラック平ボディ（H2.2m*W2.35m*L9.6m 荷台はみ出し許容長 10.6m）
- ・マレーシアにおける電力：3 相、415V、50Hz



資料：JICA 調査団作成

図 2.2 フローチャート



資料：JICA 調査団作成

図 2.3 縦横断面図面

活動 1-6. 必要な資機材を調達（輸送含）し、排水処理装置及び吸着剤としてのケナフ及び阿蘇リモナイトを製造する。

- ・排水処理装置については、活動 1-5 に基づく発注仕様案のもと、JICA 調査団は、競争入札による業者選定を行う。
- ・ケナフについては JICA 調査団が LKTN より調達を行い、阿蘇リモナイトについては受注者が製造する製品を調達する。

活動 1-7. 製造した排水処理装置を設置場所まで輸送する（輸送手続き含む）。

- ・ JICA 調査団は、排水処理装置を製造工場から、KPSB 管理のパーム油工場までの輸送業務を運送会社に発注するとともに、現地到着の確認を行う。
- ・ 排水処理装置は、スキットバリアー方式で日本からマレーシアまで輸送する。マレーシアの港で積み替えて陸送し、パーム油工場までコンテナで輸送される。必要な保険や通関手数料も見込んである。
- ・ マレーシアにおける関税は、日本-マレーシア経済連携協定（JMEPA）に基づいており、多くの品目で関税が撤廃されており、今回の排水処理装置にかかる関税額は 0 円である。
- ・ 今回の排水処理装置にかかる物品・サービス税（GST）は、6%となる。

活動 1-8. 現地業者に委託し、設置場所の整地、配管工事を含む、排水処理装置を据付・設置作業を行う。

- ・ JICA 調査団は、見積合わせにより、排水処理装置の現地設置工事業者を選定し、委託する。
- ・ 排水処理装置が運搬されるまでに、装置の荷重や設置個所の土質状況等を踏まえ、現地設置工事業者が設置予定箇所の整地を行う。
- ・ KPSB 管理のパーム油工場のオフィスでコンテナを受領したのち、現地設置工事業者が設置予定箇所まで運搬、据付作業を行う。
- ・ 設置作業には、取水から排水処理装置、排水処理装置から排水先までの配管工事、電気工事などが含まれる。

活動 1-9. 排水処理装置に吸着剤としてのケナフ及び阿蘇リモナイトを充填し、通水試験及び試運転を行う。

- ・ 設置作業完了後、現地設置工事業者がケナフ・阿蘇リモナイト吸着剤を充填し、排水処理装置にいったん水を満たして通水試験を行い、水漏れや装置の傾斜が無いことを確認する。
- ・ その後、試運転を開始し、ポンプ取水や各処理槽での処理、処理槽から外部排水先への排水が正常に機能していることを確認する。

活動 1-10. 試運転結果を踏まえ、排水処理装置を調整する。

- ・ 試運転中に取水や水処理、排水が正常に機能していない場合には原因を確かめた上で、現地設置工事業者が部品等の取り換えや調整を行う。

活動 1-11. カウンターパートに対し、排水処理装置の運転・維持管理手法に係る技術移転を行う。（必要に応じ、マニュアル等を策定する。）

- ・ JICA 調査団は、KPSB に対して、日常の見回りや異常時の対応（運転停止、現地プロジェクト担当者への連絡）を依頼する。
- ・ また、JICA 調査団は、KPSB に対して、定期的な維持管理（吸着剤の交換・洗浄、薬品の添加、スクリーンの清掃など日常点検と 6 カ月点検）の手法に関して技術移転を行う。

活動 1-12. 原水及び処理水の水質を調査し、処理後の変化を分析する。

- ・ 水質調査計画案は以下のとおり。基本的に月に 2 回、水質調査を再委託業務で実施する。
 - (a) サンプルング回数
 - 30 回：15 ヶ月 × 2 回/月
 - TOC のみ 15 回：15 ヶ月 × 1 回/月
 - (b) 水質分析項目
 - BOD、COD、TOC、pH、DO、濁度、色度、NH₃-N、油分
 - (c) サンプルング地点
 - 12 地点：流入、接触酸化槽、阿蘇リモナイト槽（2 × 2 系列）、ケナフ槽（2 × 2 系列）、流出（2 系列）
 - 油分のみ 3 地点：流入、流出（2 系列）

活動 1-13. 複数のケナフ及び阿蘇リモナイトの吸着材としての配置方法の実証運転を行い、処理効果及び耐用日数等のデータを収集、分析する。

- ・ 実証運転については、15 か月間（3 期間 × 5 か月）の実施を想定している。UKM による水質分析・検討結果を検証したうえで、吸着剤の構成比率、配置方法、前処理方法、交換頻度、滞留時間、曝気方法等の条件を変えて、処理効果や吸着剤の耐用日数等を把握する。
- ・ 排水処理装置にはケナフ・阿蘇リモナイト槽を 2 系列準備していることから、全体で 6 パターンの条件設定を行う。

活動 1-14. 最適な吸着剤の配置方法及び維持管理費用を算出する。

- ・ 上記の実証運転結果を踏まえ、JICA 調査団は、最適な吸着剤の配置方法及び維持管理費用を算出する。

活動 1-15. 排水処理装置の他サイトでの適用可能性及び有用性について分析・検証する。

- ・ JICA 調査団は、マレーシア国パーム油庁（MPOB）やパーム油工場に対するヒアリングや、他のパーム油工場における排水処理施設の現地視察を行い、本排水処理装置の適用可能性や有用性について分析する。

活動 1-16. 最適な吸着剤の配置方法を含む排水処理装置の設計手法（案）（運転・維持管

理マニュアル含む) をカウンターパートに提案する。

- ・ JICA 調査団は、実証運転結果をもとに、最適な吸着剤の配置方法や運転・維持管理マニュアルを含む排水処理装置の設計手法(案)を作成し、カウンターパート機関である LKTN や KPSB、関係機関である MPOB や環境局 (DOE) に提案する。

【成果 2 にかかる活動：排水処理装置の標準仕様の提案】

活動 2-1. マレーシアにおける環境規制・基準、排水処理にかかる方針・制度、環境保全分野にかかる予算状況等について確認する。

- ・ JICA 調査団は、関係機関を通じて、以下の情報やデータを収集する。
 - 1) 環境保全分野やパーム油排水規制にかかる法基準
 - 2) パーム油排水に対する排水基準と今後の規制強化の動向
 - 3) パーム油排水の排水処理に係る既存のガイドライン、標準仕様
 - 4) パーム油排水の排水処理に係る補助金、罰則制度
 - 5) 環境保全分野やパーム油排水規制にかかる予算状況

活動 2-2. マレーシア国内のパーム油工場等の排水処理状況等について確認する。

- ・ JICA 調査団は、MPOB や DOE を通じて、マレーシア国のパーム油工場等における既存の排水処理状況（処理法、処理量、処理効果など）を確認する。
- ・ JICA 調査団は、MPOB の研究開発部局を中心に実施されている新規の排水処理プロセスについても、情報収集を行う。

活動 2-3. カウンターパート及び関係者を対象に、実証運転開始時、中間、終了時のタイミングで設置現場見学会を実施し、排水処理技術の有用性・優位性について周知を図る。

- ・ JICA 調査団は、現場見学会を開催し、LKTN や KPSB だけでなく、MPOB や DOE などの関係機関の担当者も招待して、排水処理技術の有用性・優位性について現場でわかりやすく説明する。

活動 2-4. カウンターパート等を対象に本邦に受け入れ、日本国内での排水規制の現状及び企業の取り組み等を視察する。

- ・ 本邦受入人数：3 名（LKTN 及び KPSB）
- ・ 受入期間：5 日間
- ・ 見学予定箇所：熊本（日本リモナイト製造工場、リモナイト本社）
東京（阿蘇リモナイト製品が導入されている下水処理場、事業場排水処理施設）
- ・ 目的：阿蘇リモナイトの製造工程や製造方法について把握するとともに、阿蘇リモナイ

トが導入されている下水処理場における処理状況や処理方法、脱臭・脱色を中心とした事業場排水処理法についての理解を深める。

活動 2-5. 排水処理に係る制度面の改善点及び企業等の規制遵守に向けたインセンティブを検討する。

- ・ JICA 調査団は、MPOB や DOE などの関係機関へのヒアリングを通じて、排水規制強化に向けたインセンティブ（排水基準の強化や補助金など）を検討する。

活動 2-6. 上記 1-16 設計手法（案）をベースに、LKTN との協力も得ながら、MPOB、UKM と合同で標準的な排水処理装置の標準仕様書（案）を策定する。

- ・ JICA 調査団は、LKTN や MPOB、UKM と協力しながら、排水処理に係る既存の標準仕様を確認した上で、脱臭や脱色等の 2 次処理を対象とした排水処理装置の標準仕様書（案）を策定する。

活動 2-7. 関係者を対象にした排水処理に係るセミナーを LTKN、MPOB 及び UKM と共同で開催する。

- ・ セミナー開催時期：2019 年 10 月頃
- ・ セミナー出席予定者（マレーシア側）：LTKN、KPSB、MPOB、DOE、UKM など
- ・ 目的：実証活動結果や標準仕様書案について関係者の間で共有した上で、インセンティブを含む今後の事業展開について方向性を得る。

活動 2-8. 上記 2-7 のフィードバックを踏まえ、標準仕様書（案）を改訂し、関連機関に対し排水処理装置の標準仕様書（案）及び具体的なインセンティブ（規制や補助金の可能性）を提案する。

- ・ JICA 調査団は、MPOB や DOE などのパーム油排水の規制や監督を担う関係機関に対し、排水処理装置の標準仕様書（案）及び具体的なインセンティブ（規制や補助金の可能性）を提案する。

【成果 3 にかかる活動：ビジネスプランの策定】

活動 3-1. 想定される販売先（パーム油工場等）に係る市場規模の見通しを確認する。

- ・ JICA 調査団は、LKTN、KPSB、MPOB 等の関連機関や先行してパーム油工場の調査や事業を実施している企業から、パーム油工場の排水処理にかかるコストならびに排水の脱色・脱臭に係る課題についての情報収集を行う。
- ・ JICA 調査団は、パーム油工場以外で本技術の適用可能性が高い染色工場等が抱えている排水の脱色・脱臭の課題についての情報も収集する。

活動 3-2. 吸着剤として使用済のケナフ及び阿蘇リモナイトのリサイクル（肥料・飼料精製及び販売）の可能性を調査・分析する。

- ・ JICA 調査団は、現地における肥料及び飼料の市場調査を行うとともに、パーム畑での肥料としての活用の可能性につき、関係機関にヒアリングを行う。

活動 3-3. 現地ビジネスパートナー（Limonite Malaysia）と具体的な営業方針を確認し、資機材調達方法及び販売方法等について確認する。

- ・ JICA 調査団は、調査結果と成果を踏まえ、現地代理店である Limonite Malaysia と営業方針及び方法についての協議と検討を行う。

活動 3-4. 事業展開におけるコスト分析、リスク分析、法規制等を確認する。

- ・ JICA 調査団は、事業展開のための概算コストを算出するとともに、法規制の変更等による事業への影響等のリスク分析を行う。

活動 3-5. 販売計画、収支計画、資金計画及び実施体制を検討する。

- ・ JICA 調査団は、活動 3-1 から 3-4 に基づき、販売計画を立案する。現時点では事業化後 1～5 年で排水処理装置の販売を 6～8 箇所、6～10 年で 12～20 箇所を目指しているが、その販売数を確実にするための市場の開拓と実施体制を検討する。
- ・ また、実証活動と市場調査結果から、排水処理装置の原価を算出したうえで、今後の市場拡大も予測しながら、販売価格を決定する。この販売価格と販売計画に基づき、収支計画を検討する。

活動 3-6. 排水処理装置販売及びリサイクルに係る事業計画を策定する。

- ・ 活動 3-5 で検討した結果をもとに、JICA 調査団は、必要となる資金とマレーシア及び近隣国も視野に入れた排水処理装置の事業計画を立案する。事業計画には、排水処理装置の販売によって、排出されるケナフと阿蘇リモナイトのリサイクルについても盛り込む。

本事業実施に係る作業工程表と実績を以下に示す。

表 2.1 作業工程表と実績

調査項目	2017年度			2018年度												2019年度														
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
成果1. 対象サイトにおいて阿蘇リモナイトを用いた廃水処理装置の適用性・有効性が実証される																														
1-1. 実証事業実施のための前提条件(水質条件含む)及び機材設置条件(敷地方法や配管方法含)を確認した上で、相手国実施機関(カウンターパート)とともに廃水処理装置の設置場所を確定する。																														
1-2. カウンターパートとともに詳細な設置方法及び役割分担を明確にする。																														
1-3. 廃水状況(処理規模含む)及び水質(BOD, COD, pH, TOC, 濁度, DO, 色度, 油分等)を調査する。																														
1-4. 現状のバームオイル工場からの廃水水質状況等を踏まえ、UKMの協力を得ながら、バームオイル廃水を脱色および脱臭させるための適切なケナフおよび阿蘇リモナイトの吸着剤としての構成を研究並レベルで分析、検討する。																														
1-5. 廃水処理装置及びケナフと阿蘇リモナイトの吸着剤としての構成を設計する。																														
1-6. 必要な資機材を調達(輸送)し、廃水処理装置及び吸着剤としてのケナフおよび阿蘇リモナイトを製造する。																														
1-7. 製造した廃水処理装置を設置場所まで輸送する(輸送手続き含む)。																														
1-8. 現地業者に委託し、設置場所の整地、配管工事を含む、廃水処理装置を据付・設置作業を行う。																														
1-9. 廃水処理装置に吸着剤としてのケナフおよび阿蘇リモナイトを充填し、通水試験及び試運転を行う。																														
1-10. 試運転結果を踏まえ、廃水処理装置を調整する。																														
1-11. カウンターパートに対し、廃水処理装置の運転・維持管理手法に係る技術移転を行う。(必要に応じ、マニュアル等を策定する。)																														
1-12. 原水及び処理水の水質を調査し、処理後の変化を分析する。																														
1-13. 複数のケナフおよび阿蘇リモナイトの吸着剤としての配置方法の実証運転を行い、処理効果及び耐用日数等のデータを収集、分析する。																														
1-14. 最適な吸着剤の配置方法および維持管理費用を算出する。																														

調査項目	2017年度			2018年度												2019年度														
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1-15. 廃水処理装置の他サイトでの適用可能性及び有用性について分析・検証する。																														
1-16. 最適な吸着剤の配置方法を含む廃水処理装置の設計手法(案)(運転・維持管理マニュアル含む)をカウンターパートに提案する。																														
成果2. 阿蘇リモナイトを用いた廃水処理装置の標準仕様書が提案される																														
2-1. マレーシアにおける環境規制・基準、廃水処理にかかる方針・制度、環境保全分野にかかる予算状況等について確認する。																														
2-2. マレーシア国内のバームオイル工場等の廃水処理状況について確認する。																														
2-3. カウンターパート及び関係者を対象に、実証運転開始時、中間、終了時のタイミングで設置現場見学会を実施し、廃水処理技術の有用性・優位性について周知を図る。																														
2-4. カウンターパート等を対象に本邦に受け入れ、日本国内での廃水規制の現状及び企業の取り組み等を視察する。																														
2-5. 廃水処理に係る制度面の改善点及び企業等の規制遵守に向けたインセンティブを検討する。																														
2-6. 上記1-16設計手法(案)をベースに、LKTNとの協力も得ながら、MPOB、UKMと合同で標準的な廃水処理装置の標準仕様書(案)を策定する。																														
2-7. 関係者を対象にした廃水処理に係るセミナーをLKTN、MPOB及びUKMと共同で開催する。																														
2-8. 上記2-7のフィードバックを踏まえ、標準仕様書(案)を改訂し、関連機関に対し廃水処理装置の標準仕様書(案)及び具体的なインセンティブ(規制や補助金の可能性)を提案する。																														
成果3. 吸着剤としての使用済みケナフと阿蘇リモナイトのリサイクルも含めたビジネスプランが策定される																														
3-1. 想定される販売先(バームオイル工場等)に係る市場規模の見通しを確認する。																														
3-2. 吸着剤として使用済みのケナフおよび阿蘇リモナイトのリサイクル(肥料・飼料精製及び販売)の可能性を調査・分析する。																														
3-3. 現地ビジネスパートナーと具体的な営業方針を確認し、資機材調達方法及び販売方法等について確認する。																														
3-4. 事業展開におけるコスト分析、リスク分析、法規制等を確認する。																														
3-5. 販売計画、収支計画、資金計画及び実施体制を検討する。																														
3-6. 廃水処理装置販売及びリサイクルに係る事業計画を策定する。																														

--- 現地業務(計画) 現地業務(実績)
--- 国内作業(計画) 国内作業(実績)

(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）

本事業で投入した要員実績、資機材リスト、事業実施国側投入を以下に示す。

表 2.2 要員計画と実績

項目	担当業務	氏名	所属先	予定	2017年度												2018年度												2019年度												合計 (目数)		合計 (人月)													
					8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	現場	国内	現場	国内																			
																																																					現場	国内	現場	国内
現地業務	業務主任	津田 美矩	日本リモナイト	予定																																																	56		1.87	
				実績																																																	47		1.57	
	副業務主任/ 海外展開	嶋田 徳生	日本リモナイト	予定																																																	6		0.20	
				実績																																																	0		0.00	
	事業戦略	栗谷 利夫	日本リモナイト	予定																																																	6		0.20	
				実績																																																	28		0.93	
	市場調査1 (リモナイト関連)	下田 敬誠	日本リモナイト	予定																																																	25		0.83	
				実績																																																	14		0.47	
	業務調整	田中 優未	日本リモナイト	予定																																																	12		0.40	
				実績																																																	6		0.20	
	モニタリング支援	Paramewaran	Limonte Malaysia Pte.Ltd	予定																																																	84		2.80	
				実績																																																	123		4.10	
	チーフアドバイザー	西村 勇士	日本コシ(外部人材)	予定																																																	71		2.37	
				実績																																																	65		2.17	
	水環境管理	戸部 達也	日本コシ(外部人材)	予定																																																	78		2.60	
				実績																																																	80		2.67	
	水処理技術、 水質分析	武藤 文雄	日本コシ(外部人材)	予定																																																	45		1.50	
				実績																																																	88		2.93	
市場調査2 (水処理関連)	荒井 修一	日本コシ(外部人材)	予定																																																	30		1.00		
			実績																																																	5		0.17		
事業計画	前田 千夏	日本コシ(外部人材)	予定																																																	30		1.00		
			実績																																																	18		0.60		
国内作業	業務主任	津田 美矩	日本リモナイト	予定																																																	81		4.05	
				実績																																																	64		3.20	
	副業務主任/ 海外展開	嶋田 徳生	日本リモナイト	予定																																																	22		1.10	
				実績																																																	8		0.40	
	事業戦略	栗谷 利夫	日本リモナイト	予定																																																	18		0.90	
				実績																																																	22		1.10	
	市場調査1 (リモナイト関連)	正原 克也	日本リモナイト	予定																																																	12		0.60	
				実績																																																	2		0.10	
	市場調査1 (リモナイト関連)	下田 敬誠 (2017/11/30付退職 に代わり同僚の交代)	日本リモナイト	予定																																																	0		0.00	
				実績																																																	16		0.80	
	業務調整	田中 優未	日本リモナイト	予定																																																	32		1.60	
				実績																																																	10		0.50	
	チーフアドバイザー	西村 勇士	日本コシ(外部人材)	予定																																																	28		1.40	
				実績																																																	28		1.40	
	水環境管理	戸部 達也	日本コシ(外部人材)	予定																																																	26		1.30	
				実績																																																	18		0.90	
	水処理技術、 水質分析	武藤 文雄	日本コシ(外部人材)	予定																																																	25		1.25	
				実績																																																	27		1.35	
市場調査2 (水処理関連)	荒井 修一	日本コシ(外部人材)	予定																																																	18		0.90		
			実績																																																	1		0.05		
事業計画	前田 千夏	日本コシ(外部人材)	予定																																																	16		0.80		
			実績																																																	15		0.75		

現地企業 人員合計(予定)	189	165	6.30	8.25
現地企業 人員合計(実績)	218	122	7.27	6.10
外部人材 人員合計(予定)	254	113	8.87	5.65
外部人材 人員合計(実績)	256	89	8.53	4.45
人員合計(予定)	443	278	14.77	13.90
人員合計(実績)	474	211	15.80	10.55

凡例 現地業務 国内作業

表 2.3 資機材リスト

	機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1	排水処理装置	処理能力 40m ³ /日	1 式	2018 年 3 月	KPSB パーム油工場
2	阿蘇リモナイト	ライトクリア	7 t	2018 年 3 月	KPSB パーム油工場

● 事業実施国政府機関側の投入

① マレーシア国ケナフタバコ庁 (LKTN)

- ・実証活動サイトの紹介
- ・排水処理装置に充填したケナフ (800kg) の調達に向けた支援
- ・関係機関を招いた竣工式 (現地見学会) におけるメディアの招待

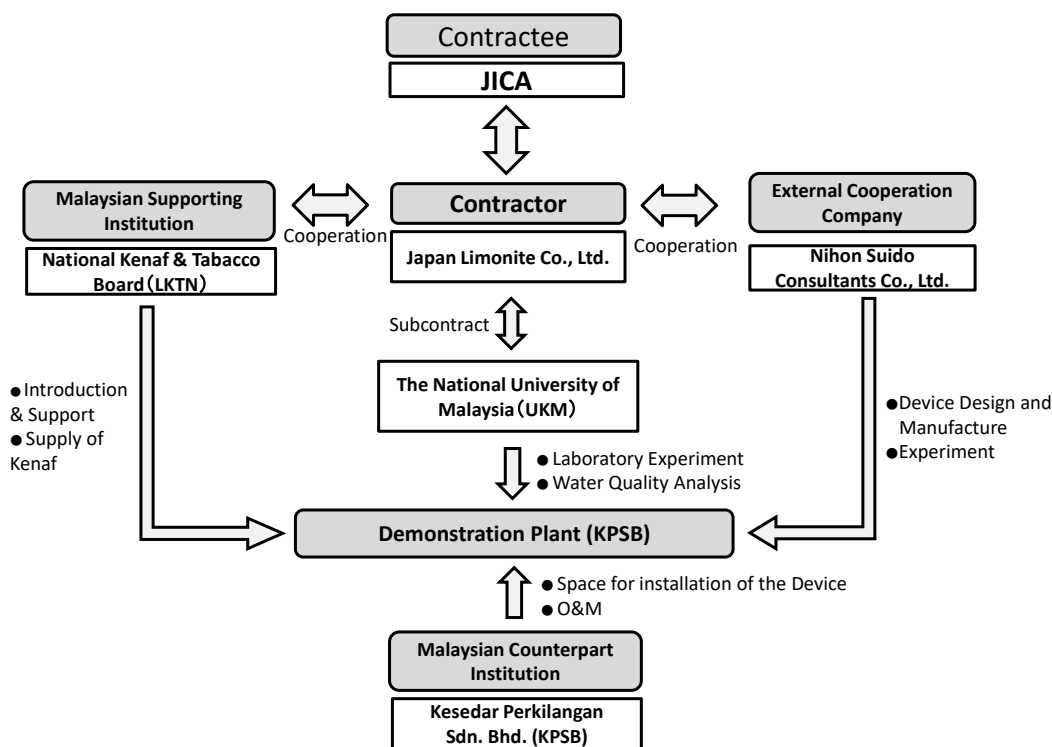
②南 Kelantan 州開発局生産公社 (KPSB)

- ・設置工事实施中における工事機材や人員の提供
- ・日常点検の実施
- ・関係機関を招いた竣工式 (現地見学会) における式典会場の提供

(5) 事業実施体制

事業実施体制を以下に示す。相手国政府機関のうち、LKTN は、本事業実施に必要となるケナフの安定した供給と、実証活動サイトの紹介、事業全体への支援を担う。KPSB は、事業実施中の実証活動サイトの提供と運転管理への協力、事業実施後の適正な維持管理、継続利用を担う。

日本リモナイトは本事業の受注者として事業全体の管理を行い、外部人材として株式会社日水コンが排水処理施設的设计や実証活動の技術面での検討等を行う。また、研究室での排水処理実験と水質分析業務に関して、UKM に対して現地再委託を行う。



資料：JICA 調査団作成

図 2.4 事業実施体制

(6) 事業実施国政府機関の概要

① マレーシア国ケナフタバコ庁：LKTN

機関名	マレーシア国ケナフタバコ庁：LKTN (正式名称) Lembaga Kenaf & Tembakau Negara (英語名称) National Kenaf & Tobacco Board
機関基礎情報	1973年に国家タバコ組織法により設立された政府機関 2010年に国家ケナフタバコ組織法が施行され、ケナフとタバコ産業を所管
選定理由	LKTNはマレーシアの政府機関として、マレーシア国内におけるケナフ生産の管理を行っている。 今回、LKTNからケナフの新規利用分野の開拓をしたいとの打診を受けたことに加え、LKTNが事業を円滑に推進させるための事業体制と力量を保有していることからカウンターパートとして選定。
カウンターパート機関に期待する役割・負担事項	<ul style="list-style-type: none"> 安定したケナフの供給元 実証活動に対する支援、援助 本事業実施後の対応協力

資料：JICA 調査団作成

② 南 Kelantan 州開発局生産公社：KPSB

機関名	南 Kelantan 州開発局生産公社 (正式名称) : Kesedar Perkilangan Sdn. Bhd.
機関 基礎情報	<ul style="list-style-type: none"> •KPSB は 100%政府出資の GLC(Government Linked Company)で、Kesedar 傘下の政府系企業。パーム油工場を運営している。 • Kesedar は MoR (Ministry of Rural) のうち Kelantan 州を担当する出先機関で、地方における開発を所管する省庁。
選定理由	<p>KPSB は、マレーシア国の排水規制が今後厳しくなることを実感しており、本事業は KPSB にとって重要な施策として捉え、主体的に本事業を実施していく認識を持っている。</p> <p>政府系企業として、運営するパーム油工場の排水処理について強い関心をもっており、本事業で主となるカウンターパートである LKTN から実証活動サイトとして推奨を受けた。</p> <p>実証活動のサイトとなる工場は、既存排水処理施設を有し、運転管理・維持管理体制も構築されており、現況排水処理量約 720m³/日に対し処理水質は BOD で平均 35mg/L と高い水準を確保している。廃止処理装置設置に対する用地、電力、水等の使用についても協力的であり、本事業実施後の運転・維持管理にも問題なく、実施できる体制を有している。</p>
カウンターパート機関に期待する役割・負担事項	<ul style="list-style-type: none"> ・実証活動サイトの提供と運転管理への協力 ・事業実施後の適正な維持管理、継続利用 ・本事業実施後の普及に向けた協力

資料：JICA 調査団作成

3. 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

【成果1にかかると活動：排水処理装置の適用性・有効性の実証】

活動 1-1. 実証事業実施のための前提条件（水質条件含む）及び機材設置条件（整地方法や配管方法含）を確認した上で、相手国実施機関（カウンターパート）とともに排水処理装置の設置場所（パーム油工場）を確定する。

2017年8月に実施したカウンターパート機関とのキックオフ協議の場や、2017年9月の現地調査において、実証施設の設置場所について以下の事項を確認した。

- ・ KPSB のパーム油工場における好気性処理ポンドは4段あり、上段から下段に行くにつれて処理水は浄化され、下段のポンドでは植物プランクトンの増殖が見られた。工場側の記録によると、最終放流水の BOD は 30~40mg/L であり、他の一般的なパーム油工場よりは良好な排水水質であるため（滞留時間が長いものと想定される）、本実証事業における処理対象水について、当初計画（第二ポンドからの取水）から変更し最上段の好気性処理ポンドから取水することとした。
- ・ 設置予定場所の地盤については問題ないものの、土質調査を行った上で、コンクリート底盤工事の際に、杭打ちによる基礎工事を行うことを確認した。
- ・ 電線が通っているため電気の取得は問題ないが、設置工事の際に電線に留意する必要があることを確認した。
- ・ 水道については、パーム油工場で独自の浄水施設（河川水が原水）を設置予定場所近くに所有しており、そこから配水することを確認した。



設置予定箇所



好気性処理ポンド



(衛星写真の出典：Google Map)

図 3.1 排水処理装置の設置場所



キックオフ協議の様子と終了後の全員での記念撮影

活動 1-2. カウンターパートとともに詳細な設置方法及び役割分担を明確にする。

2018年9月、10月、12月の現地調査において、KPSBと実証施設の詳細な設置方法及び役割分担について以下の事項を確認した。

- ・ 設置予定の排水処理装置の盗難防止対策については、KPSBのパーム油工場では24時間体制で警備員3名により警備を実施しており、パーム油工場出入り口にはゲートも設置されており、KPSBでは盗難防止対策が十分に整っていることを確認した。JICA調査団は実際に警備員やゲート管理状況を把握し、盗難防止対策が整っていることを確認した。

- ・ 排水処理装置の設置後の維持管理体制については、6名の技術者と4名の電気技術者、1名の Professional Engineer（工場管理者）が勤務しており、維持管理体制は十分に整っていることを KPSB 側に確認した。工場管理者の本事業に対する理解と協力姿勢、KPSB より提示された技術者の体制等を踏まえ、JICA 調査団として、排水処理装置の設置後の維持管理体制は十分に整っていることを確認した。
- ・ 実証装置の維持管理費用の分担については、実証事業中は、水道/電気代等の維持管理費用の実費は JICA 調査団が負担し、KPSB への装置の移管後は、KPSB が負担することを確認した。運転管理に係る人件費については、実証事業中も KPSB での負担となることを確認した。
- ・ 設置工事に係る許認可の必要性については、建設許可や電気取得許可については KPSB の敷地内であるため不要であることを確認した。EIA については、2017年12月に Kelantan 州の DOE 担当者との面談において、本事業実施に係る EIA の手続きは不要であることを確認した。
- ・ 排水処理装置の設置方法について、設置前にコンクリートによる基礎工事を行うこと、日本から輸送した装置を設置予定場所に荷降ろしすること、流入及び流出の配管工事を行うこと、KPSB パーム油工場内の既存の電気制御ボックスから配電すること等を KPSB と確認するとともに、コンクリート基礎工事を 2018年1月から、本格的な排水処理装置の設置工事を 2018年3月から1ヶ月程度実施する旨、KPSB から合意を取り付けた。
- ・ 本実証活動に必要となるケナフについて、LKTN から安定供給に関する合意を取り付けた。

活動 1-3. 排水状況（処理規模含む）及び水質（BOD、COD、pH、TOC、濁度、DO、色度、油分等）を調査する。

KPSB のパーム油工場の排水処理について現況を把握し、今後実証活動の原水となるポンド内の水質特性を把握するために、現地調査や既存情報収集調査を実施した。その調査結果概要を以下に示し、詳細は添付資料-1 に示した。

- ・ 現況のパーム油排水処理は、複数のポンドを連ねたポンド方式で合計ポンド容積は 194,900m³ である。
- ・ 後段部のポンドの水質（色度、真色度、TSS、BOD、COD、TOC、NH₃-N）は、流下に従い濃度低下しており、ポンド内での水処理が進んでいることを確認した。
- ・ このポンドからの放流水 BOD を KPSB がモニターしており、概ね 20~30mg/L で排水基準 100mg/L を満足していた。
- ・ 他のパーム油排水処理施設と比較した結果では、KPSB 排水処理施設処理水は良好な処理を行っていることが確認できた。

活動 1-4. 現状のパーム油工場からの排水水質状況等を踏まえ、UKM の協力を得ながら、パーム油排水を脱色及び脱臭させるための適切なケナフ及び阿蘇リモナイトの吸着剤としての構成を研究室レベルで分析、検討する。

実証活動を開始するにあたり、どのような処理方式、実証規模、実証条件が適切かを UKM 研究室レベルで基礎的内容を含めた以下の実験を実施した。

表 3.1 研究室レベルの処理実験内容一覧

実験名	実験概要	実施期間
基礎実験	・パーム油排水処理に適した製品の検討評価 ・処理条件と処理効率の基礎検討評価	2 週間
接触方法検討実験	・接触方法（攪拌接触、循環接触、空気流動接触）の違いによる処理効率の検討評価	2 週間
連続カラム処理実験	・処理効率を評価できる実験装置の検討（予備実験） ・カラム処理実験による処理効率の検討（本実験 1） ・カラム処理実験による処理効率の検討（本実験 2）	2 か月 4 か月 3 か月
H2O2 による処理効率向上実験	・上記の実験条件に H2O2 添加による処理効率向上を評価する検討実験 ・上記での pH 条件の違いによる処理効率比較実験 ・H2O2 添加連続カラム処理実験による処理効率の検討	2 か月 3 か月以上

資料：JICA 調査団作成

それぞれの実験内容及び結果の詳細は、添付資料-2 に記載した。この結果から、以下の阿蘇リモナイト及びケナフによる色度除去の実証活動に必要な情報を収集することができた。

- ・実証活動に使用する阿蘇リモナイト製品の選定
- ・実証施設の規模の決定
- ・実証施設へ付加する設備機能（曝気、過酸化水素注入等）の選定
- ・実証活動の評価手法の選定

また、色度除去効率向上が期待できる H2O2（過酸化水素）添加処理は、カラムでの連続実験を実施して色度除去効率を確認でき、その処理法の実証施設への適用を 2018 年 11 月以降、実施した。

カラム実験は更なる色度除去効率向上や過酸化水素添加量や硫酸添加量の薬品添加量の適正化を検討するために、実証施設での薬品添加の実験と同時に継続実施した。その結果、薬品添加での明らかな色度除去効率向上が認められ、適正な過酸化水素添加量の範囲を見出すことが出来た。

なお、ケナフに関するカラム実験については、約 2 週間程度実施して TSS の除去効果が



流入水 中間水 処理水
カラム実験による処理前後の様子

認められたが、カラム内の水位が大きく変動して安定した実験を継続することは難しかった。この原因としてカラム口径がケナフのサイズに比較して大きい等の実験装置の特性より、研究室レベルの実験では処理効果を把握することは難しいことが推定された。そこで、ケナフについては既存関連情報からの知見を基に直接実証活動を実施して、その処理性能を確認することとした。

なお、UKM の Faculty of Science and Technology が主催する Research-Challenge day における Workshop のポスターセッションにおいて、パーム油排水の阿蘇リモナイトによる脱色効果に関するポスターが Gold Award を受賞した。

活動 1-5. 排水処理装置及びケナフと阿蘇リモナイトの吸着剤としての構成を設計する。

① 条件設定

本実証装置の規模は、以下の条件にて設定した。

- ・吸着剤（脱色・脱臭剤）の反応時間を 8 時間とする
- ・流入水量を 40m³/day とする
- ・前段に接触酸化槽と沈澱池、後段に脱臭・脱色槽とする
- ・吸着剤を充填する脱臭・脱色槽は、2 系列・並列運転とする



処理フロー

② ケナフと阿蘇リモナイトの構成

ケナフと阿蘇リモナイトの構成は、ケナフを前段とし、阿蘇リモナイトを後段とした。これは、ケナフにより前段で比較的大きな SS 成分を補足することが効率的なことによる。ケナフと阿蘇リモナイトの構成比率は、実証において最適化が図れるように槽内を 16 分割(1 系列 8 分割)し、分割した槽ごとに自由にケナフと阿蘇リモナイトの入替ができるようにした。当初における構成は下図に示すように、第一系列でケナフ 2 槽+阿蘇リモナイト 6 槽、第二系列でケナフ 6 槽+阿蘇リモナイト 2 槽とした。



ケナフと阿蘇リモナイトの充填方法（当初）

③ 施設規模

上記条件に準じて設定した施設規模は以下の通り

- ・ 流入水量 $Q=40\text{m}^3/\text{day}(=1.67\text{m}^3/\text{hr})$
- ・ 吸着剤の容量 $=1.67\text{m}^3/\text{hr} \times 8\text{hr} \doteq 13.4\text{m}^3$

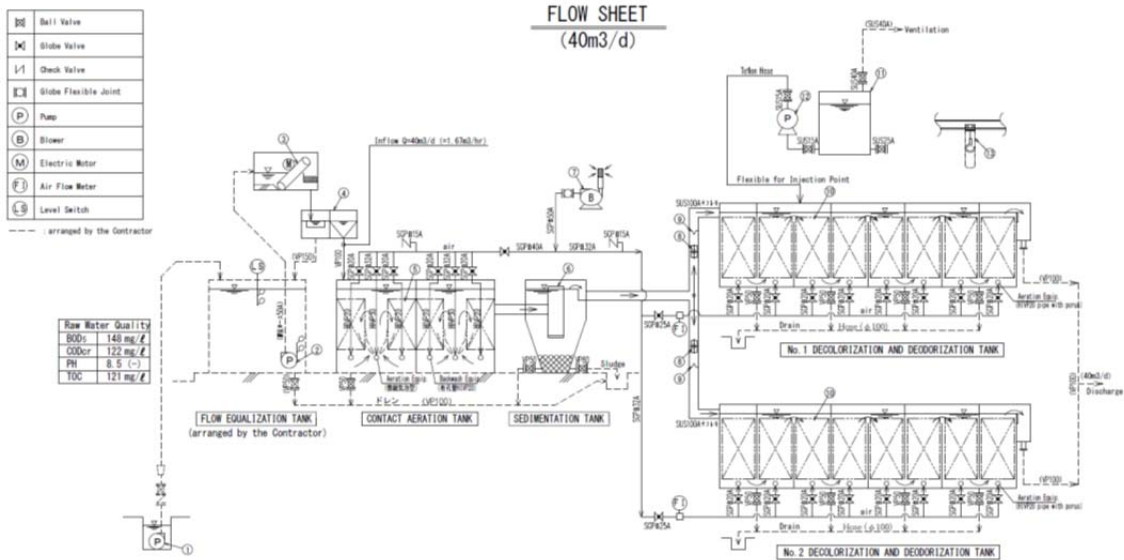
よって、ケナフ 6.7m^3 、阿蘇リモナイト 6.7m^3 以上

④ 設計上の留意点

- ・ マレーシアにおける電力：3相、415V、50Hz
- ・ 処理水槽の形状寸法

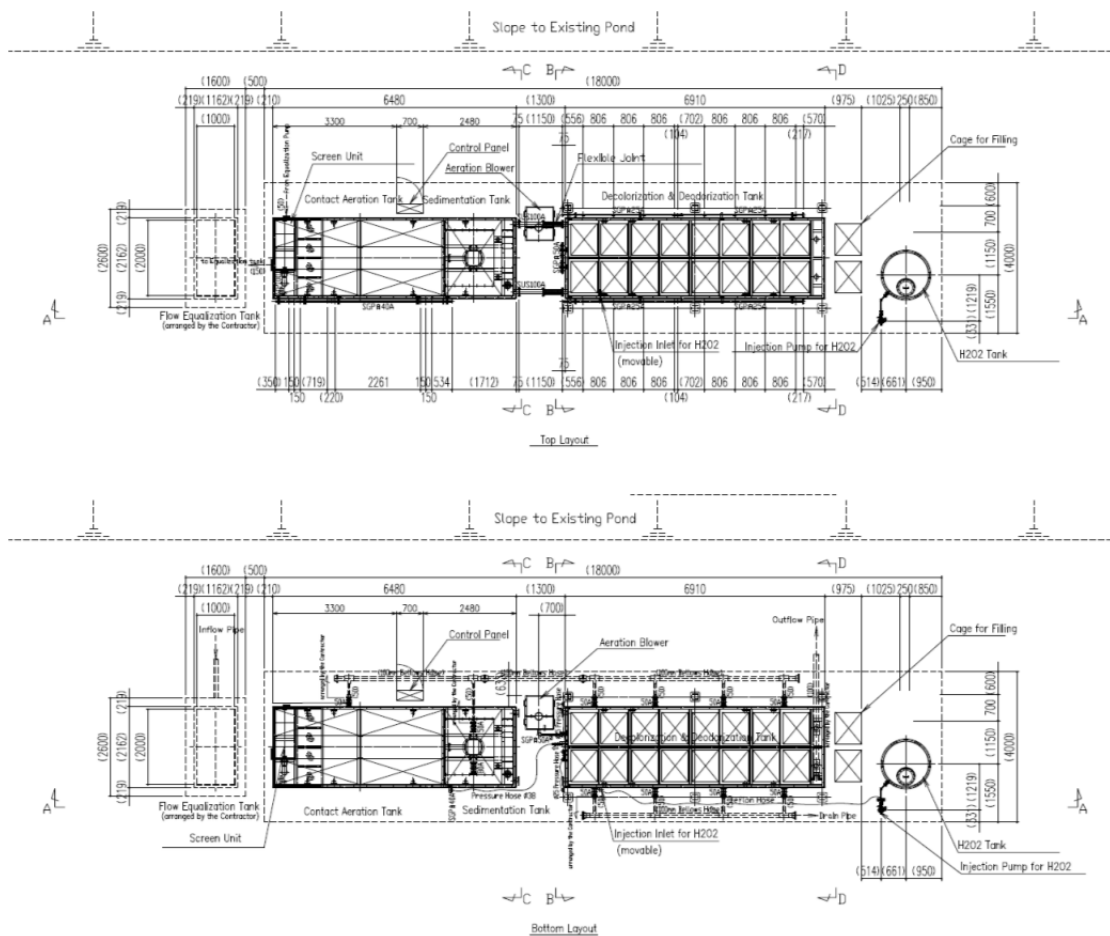
海上輸送時のコンテナ収納可能な寸法

陸上輸送時大型トラック輸送可能な寸法



資料：JICA 調査団作成

図 3.2 フローチャート



資料：JICA 調査団作成

図 3.3 平横断面図面

活動 1-6. 必要な資機材を調達（輸送含）し、排水処理装置及び吸着剤としてのケナフ及び阿蘇リモナイトを製造する。

排水処理装置の製造については、活動 1-5 における設計内容を元に、日本で製造を委託し調達を行った。排水処理装置の製造は 2017 年 10 月から 2018 年 1 月まで要し、2 月 9 日に工場での検査を行った。

ケナフについては LKTN より 800kg 調達を行い、阿蘇リモナイトについては受注者（日本リモナイト）が製造のものを調達した。ケナフは 2018 年 2 月に LKTN へ発注し、3 月に KPSB パーム油工場を受取った。阿蘇リモナイトの生産は 2018 年 2 月に行い、2018 年 3 月にマレーシア KPSB パーム油工場へ輸出・搬送した。



排水処理装置の工場検査状況

活動 1-7. 製造した排水処理装置を設置場所まで輸送する（輸送手続き含む）。

排水処理装置、阿蘇リモナイトは、スキットバリアー方式で日本からマレーシアまで輸送し、マレーシアの港で積み替えて陸送し、KPSB パーム油工場までコンテナで輸送した。輸送期間は、2018 年 2 月に日本の工場から搬出し、3 月に KPSB パーム油工場で受領した。



製造工場からの搬出



KPSB パーム油工場での受取

活動 1-8. 現地業者に委託し、設置場所の整地、配管工事を含む、排水処理装置を据付・設置作業を行う。

排水処理装置を運搬・設置する前の準備として、土質調査を 2017 年 12 月に行い、装置の荷重等を踏まえ、基礎の検討を行った。土質は良好であり基礎杭なしに、直接コンクリート基礎を採用し、2018 年 1 月に設置予定箇所の整地・コンクリート基礎の設置を行った。

排水処理装置のコンテナを、KPSB パーム油工場で 2018 年 3 月 13 日に受領した後、排水処理装置の据付・設置作業を、3 月 13 日から 3 月 28 日にかけて行った。取水から排水処理装置、排水処理装置から排水先までの配管工事は、3 月 21 日から 3 月 26 日にかけて行い、電気工事は 3 月 18 日から 3 月 26 日にかけて行った。

事前調整により KPSB パーム油工場の協力を全面的に得ることができたことから、ほぼ

スケジュールどおりに排水処理装置の据付・設置工事を完了させることができた。



土質調査



設置予定箇所（整地・基礎工事前）



整地



コンクリート基礎工事



設置箇所（整地・基礎工事後）



設置前の墨出し作業



クレーンによる排水処理装置の設置



クレーンによる排水処理装置の設置



設置組立が概ね完了した排水処理装置



取水施設の設置工事



流入管・流出管の設置工事

活動 1-9. 排水処理装置に吸着剤としてのケナフ及び阿蘇リモナイトを充填し、通水試験及び試運転を行う。

装置設置工事完了後、引き続き吸着剤充填作業や通水試験、試運転を実施した。

2018年3月28日より2018年3月29日まで吸着剤（ケナフ及び阿蘇リモナイト）の充填作業を実施した。トラックで運搬した充填剤（ケナフ（800kg）と阿蘇リモナイト（7t））について、充填カゴの中に入れた網目袋へ手作業で充填後に、充填カゴをチェンブロックで吊り上げて脱色槽上部まで移動し、脱色槽内に格納した。

また、2018年3月29日にトラックで運搬したポリタンクに入った過酸化水素を、過酸化水素貯留タンクに注入した。いずれの作業も問題なくスムーズに実施することが出来た。



脱色脱臭槽に詰め込まれたケナフ



脱色脱臭槽に詰め込まれた阿蘇リモナイト



充填カゴの吊り上げ作業



充填カゴの格納作業

通水作業は 2018 年 3 月 28 日より実施し、装置機能確認のため KPSB から供給頂いた水道水で処理装置を満水にした後に、ポンプや曝気ブローア、網目スクリーンの稼働状況、装置内の水の流れ、配管の水漏れ等を観察して処理装置の処理機能に問題がないことを確認した。



水道水による通水試験状況



水道水による通水試験状況

試運転は2018年4月1日より実施し、KPSBの第一ポンドに設置した取水ポンプを稼働させて、実際のパーム油排水の通水を開始し、異常なく運転が継続されていることを確認した。試運転の運転条件は計量槽水位レベルのチェックや流出水の流量測定をして設定した。



調整槽内へのポンド水流入状況



計量槽の流入水位レベル

活動 1-10. 試運転結果を踏まえ、排水処理装置を調整する。

試運転時の処理状況を把握するために、水質分析試料を採取してUKMに持ち込んで水質分析を実施し、その結果より最適な処理状況が得られるような運転条件の検討を行った。その結果を踏まえて、試運転開始より10日後の2018年4月11日に排水処理装置の運転条件（流入水量や空気量等）の詳細設定作業を行った。

2018年4月22日から月に2回のペースで排水処理装置の流入水及び処理水の水質分析をUKMで実施し、水質分析結果をもとに処理効果を定量的に評価した結果、脱臭及び脱色の効果は一定程度発現している（水質分析結果と処理効果の評価は活動 1-12に記載）。更にその効果向上のため2018年11月末から過酸化水素添加による実証運転を実施した。



流量測定作業

水質分析試料採取作業

活動 1-11. カウンターパートに対し、排水処理装置の運転・維持管理手法に係る技術移転を行う。(必要に応じ、マニュアル等を策定する。)

試運転を開始した 2018 年 4 月 1 日、KPSB 職員に対して日常点検の技術指導を行った。日常点検項目は以下に示す目視による点検内容であり、2018 年 4 月 1 日以降、KPSB 職員によって毎日、排水処理装置の日常点検と記録用紙(右に示す)への記録を実施し、随時報告を受けた。

【日常点検項目】

- ・ 操作盤の電源ランプの点灯の有無
- ・ 操作盤の異常通知ランプの点灯の有無
- ・ 排水処理装置からの漏水の有無
- ・ 排水処理装置の流出口からの排水の有無
- ・ 取水ポンプの異常の有無

また、2018 年 11 月に定期保守作業(機器類のメンテナンス)を行う際に、KPSB 職員に対し、定期的な保守方法について技術指導を行い、6 カ月点検としての実地指導を行った。

装置がマレーシア工場でも使用されているポンプ、ブロアーといった通常の機器より構成されていることもあり、運転・管理手法に関する技術移転は完了した。また、活動 1-16 に示すように、運転・維持管理マニュアルを作成し提示した。。

Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Wastewater Treatment System utilizing the Natural Mineral Limonite and Kenaf

Daily Inspection Record

Date: _____ / _____ / _____
 Time: _____
 Name: _____

1. The lamp for electric source is turning on.	Yes	No
2. The lamp for malfunction is not turning on.	Yes	No
3. There is no water leakage for the device.	Yes	No
4. There is outflow water from the outlet of device.	Yes	No
5. There is no problem for water intake pump.	Yes	No

If there is any problem and malfunction for the device, please write down the situation in the below and contact to Mr. Parameswaran of Limonite Malaysia:



日常点検記録表



メンテナンス技術指導状況(ブロアー)

活動 1-12. 原水及び処理水の水質を調査し、処理後の変化を分析する。

通水開始後に月 2 回ペースで定期的なインスペクションと水質調査を実施した。調査実施日、実施内容を以下に示す。

表 3.2 インスペクション及び水質調査の実施日

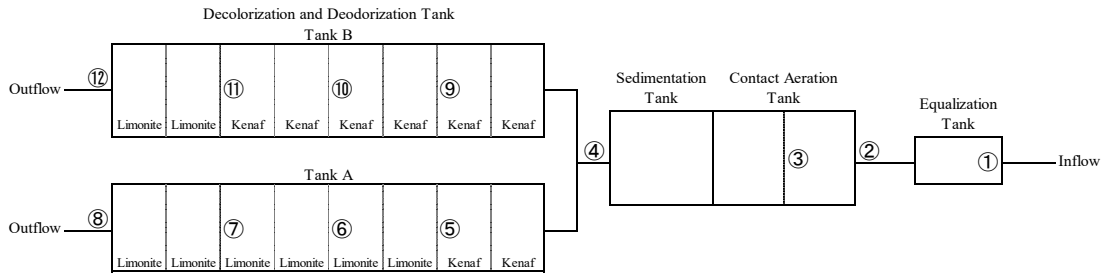
	調査実施日		調査実施日
第 1 回	2018 年 4 月 11 日	第 14 回	2018 年 12 月 5 日
第 2 回	2018 年 4 月 24 日	第 15 回	2018 年 12 月 19 日
第 3 回	2018 年 5 月 17 日	第 16 回	2019 年 1 月 2 日
第 4 回	2018 年 5 月 31 日	第 17 回	2019 年 1 月 17 日
第 5 回	2018 年 6 月 22 日	第 18 回	2019 年 1 月 29 日
第 6 回	2018 年 7 月 9 日	第 19 回	2019 年 2 月 14 日
第 7 回	2018 年 7 月 19 日	第 20 回	2019 年 2 月 23 日
第 8 回	2018 年 8 月 9 日	第 21 回	2019 年 3 月 12 日
第 9 回	2018 年 8 月 28 日	第 22 回	2019 年 3 月 21 日
第 10 回	2018 年 9 月 20 日	第 23 回	2019 年 4 月 11 日
第 11 回	2018 年 10 月 11 日	第 24 回	2019 年 5 月 5 日
第 12 回	2018 年 10 月 25 日	第 25 回	2019 年 5 月 23 日
第 13 回	2018 年 11 月 15 日	第 26 回	2019 年 6 月 26 日

資料：JICA 調査団作成

表 3.3 インスペクション及び水質調査の内容

実施項目	実施内容
運転状況確認	原水ポンプ、調整ポンプ、スクリーン、曝気ブロー
運転状況計測	気温、水温、電力量 原水ポンプ電流値、調整ポンプ電流値、ブロー電流値 処理水量（A、B 槽）、空気供給量（A、B 槽）、ブロー圧力値 生物槽内水位、A 槽流入水位、B 槽流入水位 A 槽内水位（4 か所）、B 槽内水位（4 か所）
水質分析試料採取	調整槽水、原水、生物処理水、沈殿水、A 槽内水（4 か所）、B 槽内水（4 か所）の計 12 か所 ※下図参照

資料：JICA 調査団作成



資料：JICA 調査団作成

図 3.4 水質分析試料採取箇所

水質分析試料の採取及び水質分析は UKM によって実施した。水質分析項目を以下に示す。

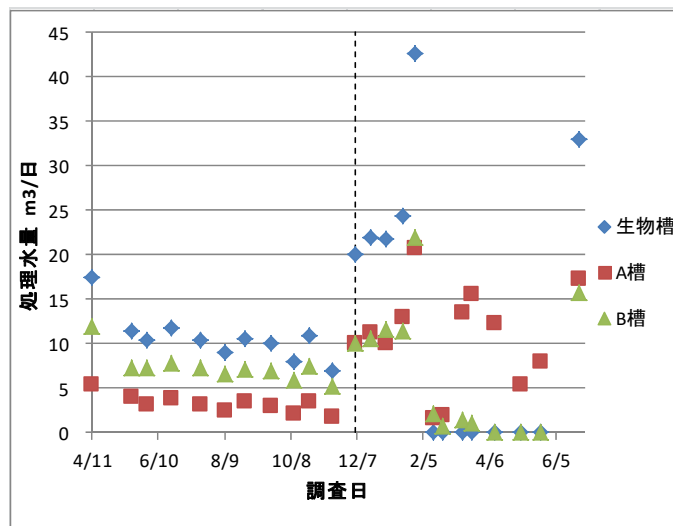
表 3.4 水質分析項目

分析項目	正式名称	分析項目	正式名称
pH	水素イオン濃度	Color(Apparent)	みかけ色度
DO	溶存酸素	Color(True)	真色度
BOD 5	生物化学的酸素消費量	NH3-N	アンモニア性窒素
COD	化学的酸素消費量	Oil & Grease	油分
SS	浮遊物質	TOC	全有機性炭素

資料：JICA 調査団作成

実証施設運転状況を代表して処理水量を以下に示した（詳細は添付資料-3 参照）。

生物処理水量は実験の都合により一時的に高い時期もあったが、概ね 10~25m³/日で設定して運用した。脱色・脱臭 A 槽は 2~20 m³/日、B 槽は 1~10m³/日程度で設定、運用した。

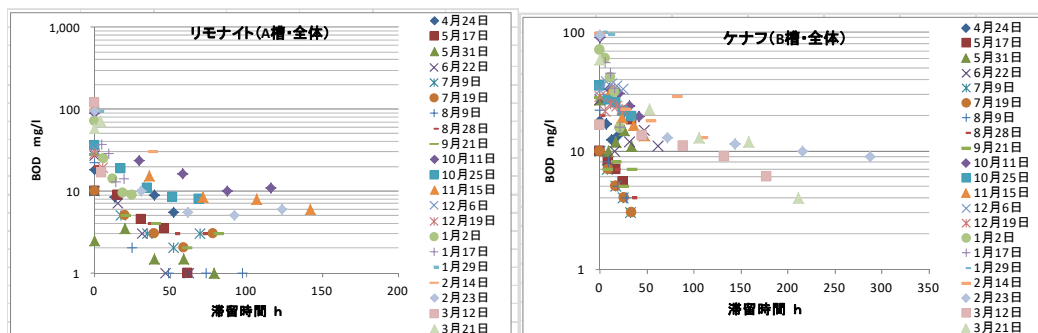


資料：JICA 調査団作成

図 3.5 実証施設の処理水量

また、水質分析結果の状況は代表例として BOD の各調査日の処理状況を槽内滞留時間と処理水質の関係で以下に示し、詳細を添付資料-3 に示した。

通水初期の 4 月 11 日は馴致期間のため余り処理されていないので除外し、それ以降は良好な処理が持続しており、排水基準値 (表 3.19 参照) を充分満足できる処理水質が得られた。



資料：JICA 調査団作成

図 3.6 BOD の処理状況

活動 1-13. 複数のケナフ及び阿蘇リモナイトの吸着材としての配置方法の実証運転を行い、処理効果及び耐用日数等のデータを収集、分析する。

実証装置の脱色・脱臭槽は 2 系列 (A 槽・B 槽) の水路を有し、それぞれ異なる吸着材配置での運転が可能であり、2 系列内で阿蘇リモナイトやケナフを比較可能な配置で実証開始した。

通水開始時は、ケナフと阿蘇リモナイトを、以下に示すように A 槽は阿蘇リモナイト中心 (阿蘇リモナイト 6+ケナフ 2)、B 槽はケナフ中心 (ケナフ 6+阿蘇リモナイト 2) で配置した。その後 A 槽は阿蘇リモナイト単独槽とし、B 槽は途中ケナフ単独槽としたケース等、適宜条件を変えて運用した。

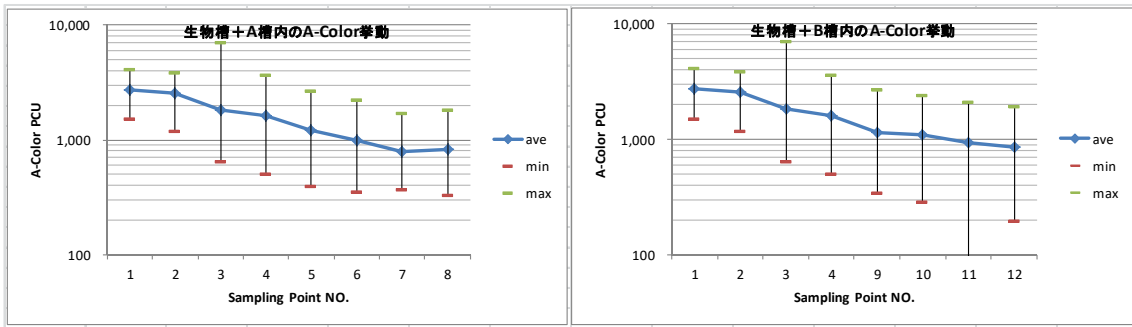
表 3.5 脱色・脱臭槽のケナフと阿蘇リモナイトの配置状況

流れ方向	1列	2列	3列	4列	5列	6列	7列	8列
Nov-18 変更	→							
A 槽	K	K	L	L	L	L	L	L
B 槽	K	K	K	K	K	K	K	L
流入水: 生物処理沈殿水	K:ケナフ L:リモナイト							
Jan-19 変更	→							
A 槽	L	L	L	L	L	L	L	L
B 槽	K	K	K	K	K	K	K	L
流入水: 計量槽水								
Nov-18 変更	→							
A 槽	L	L	L	L	L	L	L	L
B 槽	K	K	K	K	K	K	K	L
流入水: 計量槽水	太字: 新規充填							

資料：JICA 調査団作成

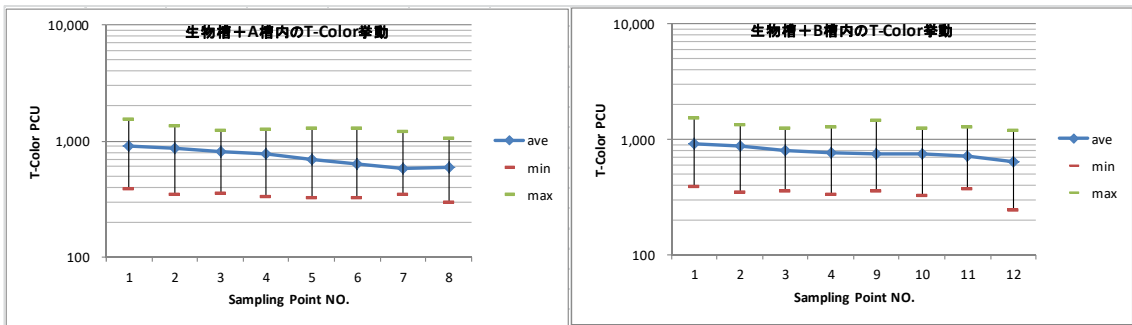
また、槽内への流入は通水当初は生物処理沈殿水としていたが、一月下旬より配管ルートを変更して生物処理をしていない計量槽水に変更した。

通水開始から現在までの期間内でのみかけ色度及び真色度の水質試験結果の平均値、最小値、最大値を以下に示した。



資料：JICA 調査団作成

図 3.7 みかけ色度の処理効果



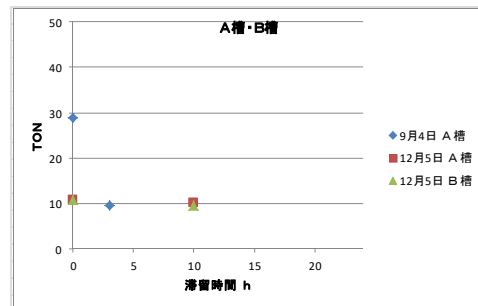
資料：JICA 調査団作成

図 3.8 真色度の処理効果

図は左が阿蘇リモナイト中心の A 槽、右がケナフ中心の B 槽であり、図中の左から右に向かって生物処理槽、沈殿処理槽、脱色・脱臭処理槽と徐々に色度が低下し処理されているが、難分解性の溶解物を起源とする真色度の除去効率がやや低い結果になった。その他の水質項目は添付資料-3 に示しており、BOD、COD、SS、NH₃-N、TOC 等は良好に処理されている結果が得られている。

後述のように色度の除去効率をあげるためには H₂O₂ の添加が有効であるがコストが高くなる。

また、2018 年 9 月 4 日と 12 月 5 日に TON（臭気強度）を測定し、脱色・脱臭槽で滞留 5～10 時間で臭気の除去効果が確認された。



資料：JICA 調査団作成

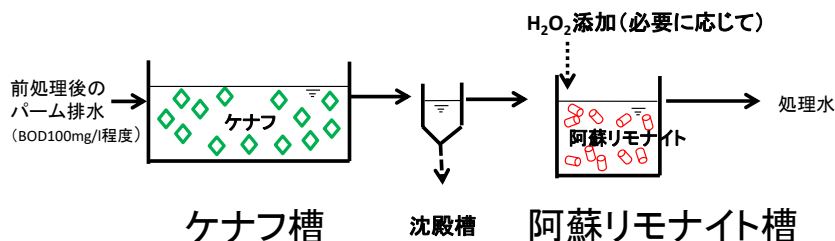
図 3.9 臭気強度の処理効果

活動 1-14. 最適な吸着剤の配置方法及び維持管理費用を算出する。

① 最適な吸着剤の配置方法

実証運転結果を踏まえて、次にあげる事項を勘案して、最適な吸着剤の配置方法を検討した。

- ・前処理後のパーム排水には、有機物・SS成分がまだ含まれており、有機物・SS除去を前段で行い、沈殿槽を経た後、難分解性有機物を含めた処理を行う。
- ・阿蘇リモナイトとケナフを比較した場合、除去効率は阿蘇リモナイトの方が高いが、材料単価はケナフが阿蘇リモナイトの約 1/25 であることより、前段にケナフを配置し、後段に阿蘇リモナイトを配置する。
- ・ケナフと阿蘇リモナイトの比率は、3 : 1～5 : 1 程度とする。
- ・脱色効果を高めるために H₂O₂ を添加する場合、その場所は阿蘇リモナイト槽の流入口とする。



資料：JICA 調査団作成

図 3.10 吸着剤の配置方法

排水処理水量 100m³/日を例として、ケナフ槽、阿蘇リモナイト槽の必要容量、H₂O₂ 添加量を以下に示す。滞留時間を 2 日として、阿蘇リモナイトとケナフにより Apparent Colour (見かけの色度) は 2,000Pt-Co から 800 Pt-Co 程度まで除去でき、True Colour (真色度) は 700 Pt-Co から 500 Pt-Co 程度まで除去できる。BOD、COD、TSS、アンモニアについては滞留時間 8 時間程度で十分な処理ができる。

表 3.6 必要滞留時間 (排水処理水量 100m³/日の場合)

項目	流入水質	目標水質の例	(基準水質)	浄化係数 (k:1/hr)		(hr) 必要滞留時間	処理水量100m ³ /日 必要容量 (m ³)		処理水質 (48hr)	
				ケナフ	リモナイト		ケナフ	リモナイト		
BOD	mg/L	100	50	100	-0.073	-0.108	160	40	2	
COD	mg/L	500	300	—	-0.021	-0.025			175	
TSS	mg/L	200	100	(SS:400)	-0.073	-0.136			3	
NH ₄	mg/L	40	10	150	-0.168	-0.227			0	
Colour Apparent	Pt-Co	2,000	800	—	-0.018	-0.019			48	800
Colour True	Pt-Co	700	500	—	-0.007	-0.01			44	500

注.ケナフ槽とリモナイト槽の容量はケナフ:リモナイト=4:1とした
 必要容量は、目標水質を全て達成するために必要な滞留時間を確保できる容量
 浄化係数: $Q(t) = Q(0) \times e^{(-kt)}$

資料：JICA 調査団作成

表 3.7 H2O2 添加量（排水処理水量 100m³/日の場合）

項目	流入水質	目標水質 の例	(基準水質)	(mM) H2O2注入量	100m ³ 処理水量 必要H2O2量(50%、L)
Colour Apparent & True	500	300	—	50	340

注.沈殿処理後のColourはApparent≒True

資料：JICA 調査団作成

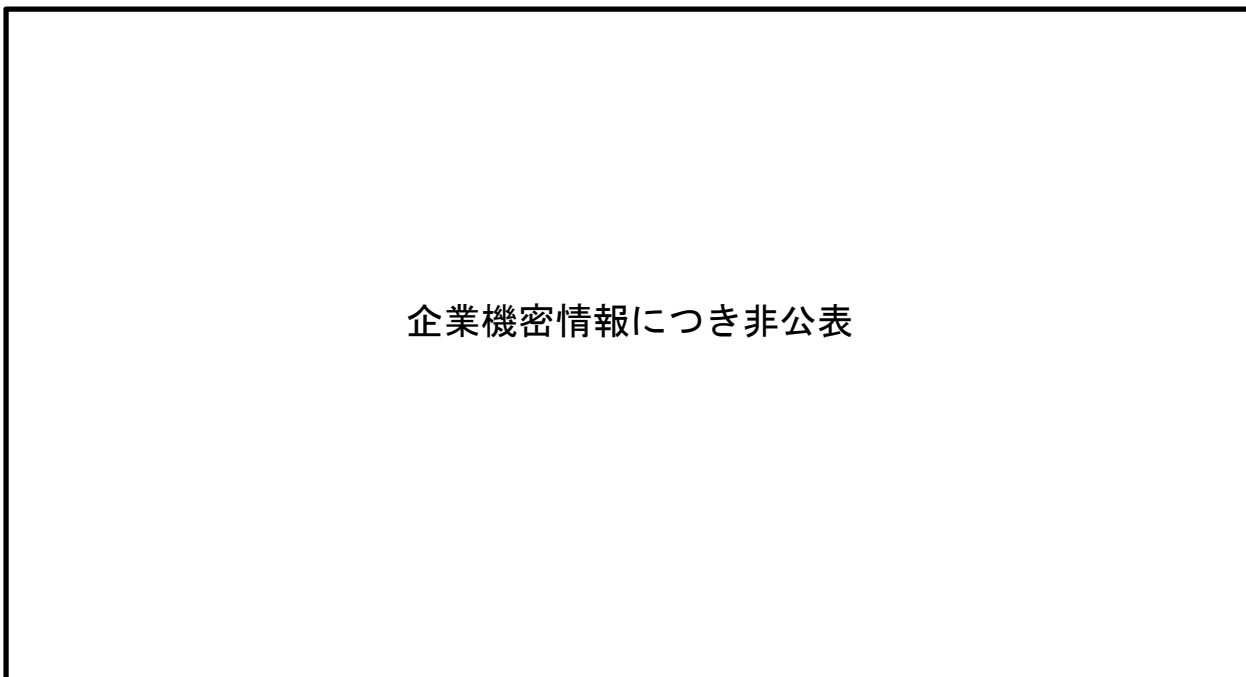
② 建設費用、維持管理費用の試算（ユニット型式）

本普及・実証事業装置と同じユニット型式で排水処理水量 100m³/日を例として、滞留時間を 2 日とした場合の建設費用、維持管理費用を試算した結果を以下に示す。現場施工型(コンクリと躯体)での装置の検討は活動 1-16 に示した。

表 3.8 建設費用の試算（ユニット型：100m³/日）

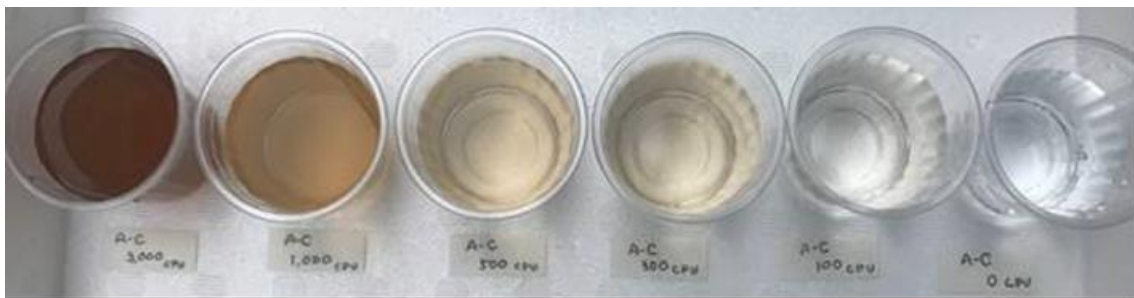
<p>企業機密情報につき非公表</p>

表 3.9 維持管理費用の試算（ユニット型：100m³/日）



③ 各国の排出基準

パーム排水を希釈し、各色度を比較したものを以下に示す。写真に示されるように色度 100 Pt-Co はほぼ透明であり、色度 100 Pt-Co を超えると着色が認められる。実証運転での流入水の色度は 2,000 Pt-Co 程度以上であり、色度 2,000 Pt-Co は濃いコーヒー色である。



色度の比較

東南アジアにおける色度の排水基準は以下のとおりであり、True Colour で 300 Pt-Co がひとつの目安となる。しかしながら、パーム油排水のように脱色が難しい排水については 300 の値は非常に厳しく、マレーシアのパーム油排水については実用レベルである 500 Pt-Co を目標水質とすることを提案する。

表 3.10 東南アジアにおける色度の排水基準

国	単位	排水基準値	根拠等
タイ	ADMI	300	MNRE Decree on Industrial Effluent Control Standard B.E. 2559 (2016)
フィリピン	TCU	淡水AA:NDA, A:100, B:100, C:150, D:300 海水SA:NDA, SB:100, SC:150, SD:300	General Effluent Standards (GES)
ベトナム	Pt-Co	A水道水源水域:50 B水道水源水域以外:150	QCVN 40:2011/BTNMT NATIONAL TECHNICAL REGULATION ON INDUSTRIAL WASTEWATER

注1. 色度とは、水の色をの程度を数値で表したもので、精製水1L中に、塩化白金酸カリウム中の白金1mg及び塩化コバルト中のコバルト0.5mgを、加えた時の水の色相を1度とする。

2. Pt-Co=PCU=APHA=Hazen Unit, Pt-CoとADMIはほぼ同じ値。(測定方法が異なる)

資料：JICA 調査団作成

④ 実証運転における処理レベル

ア)阿蘇リモナイトとケナフによる場合



流入水



リモナイト槽処理水

阿蘇リモナイトとケナフによる処理状況 (H30. 9/20)



流入水



リモナイト槽処理水

阿蘇リモナイトとケナフによる処理状況 (H31. 2/23)

イ) H2O2 を添加した場合

50mM の濃度で H2O2 を添加した場合の処理状況を、以下に示す。この場合、流入水の色度は True Colour で 1,200 Pt-Co、処理水の色度は True Colour で 300 Pt-Co である。H2O2 添加後すぐに色度の除去がみられることより、H2O2 の処理のための滞留時間は数時間で十分である。

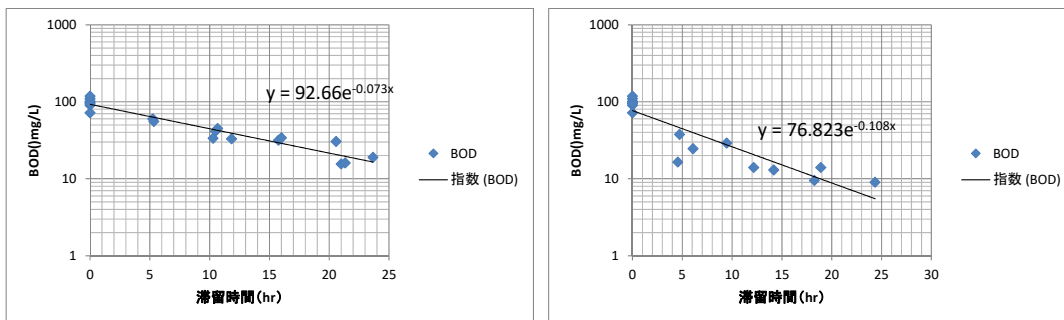
なお、pH 調整のための H2SO4 の添加については、パーム排水の緩衝能力が大きく流入水質の変動もあることにより pH 調整が難しいこと、pH5 程度までの脱色効果の違いが実証施設では明確でなかったことにより、H2SO4 の添加は考慮しないものとした。



H2O2 添加時の処理状況 (H31. 2/25)

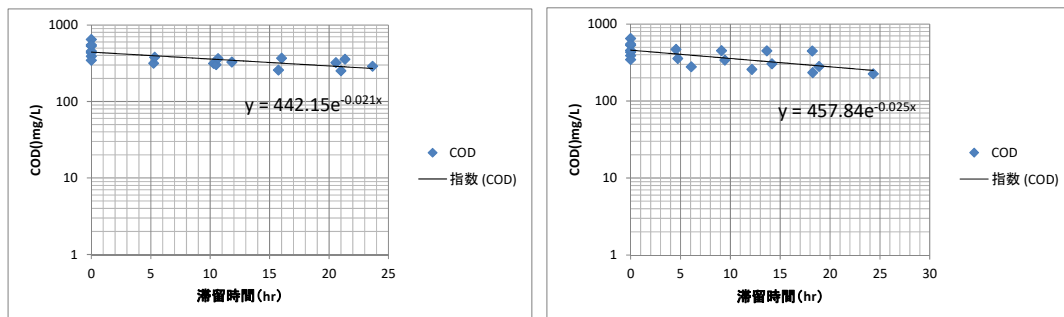
⑤ 浄化係数

実証運転結果に基づく浄化係数を以下に示す。



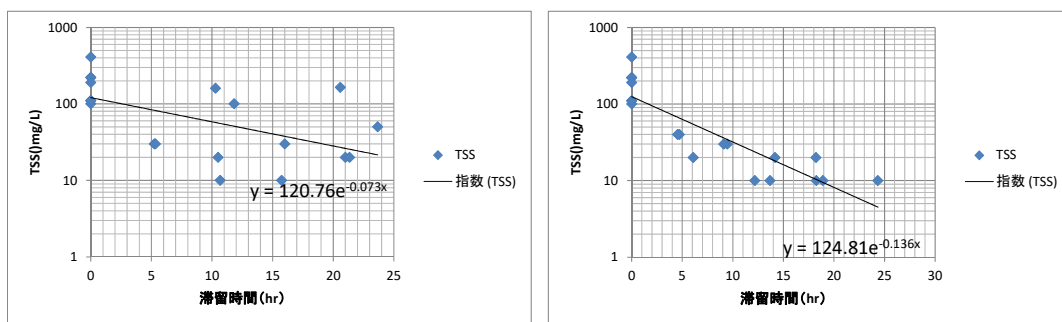
資料：JICA 調査団作成

図 3.11 浄化係数 (BOD) : 左図ケナフ、右図阿蘇リモナイト



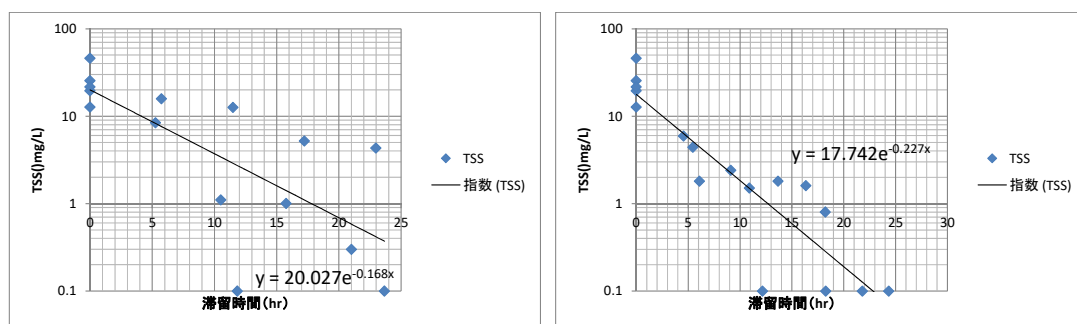
資料：JICA 調査団作成

図 3.12 浄化係数 (COD) : 左図ケナフ、右図阿蘇リモナイト



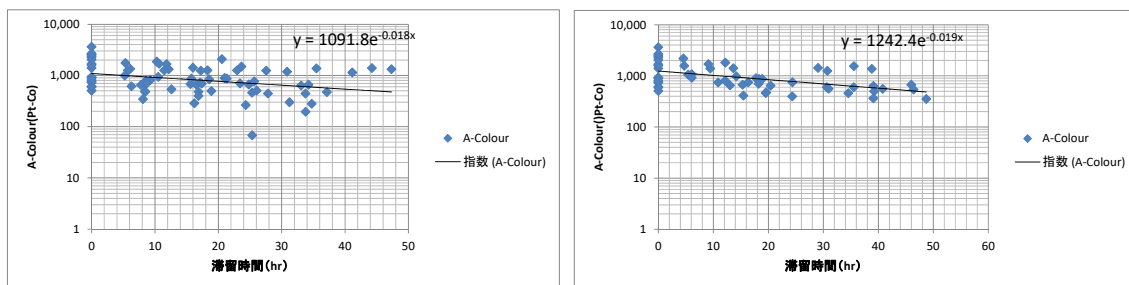
資料：JICA 調査団作成

図 3.13 浄化係数 (TSS) : 左図ケナフ、右図阿蘇リモナイト



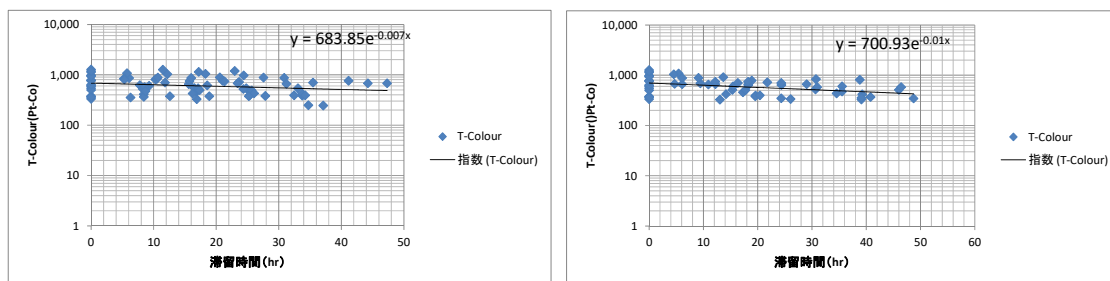
資料：JICA 調査団作成

図 3.14 浄化係数 (アンモニア) : 左図ケナフ、右図阿蘇リモナイト



資料：JICA 調査団作成

図 3.15 浄化係数 (Apparent Colour) : 左図ケナフ、右図阿蘇リモナイト



資料：JICA 調査団作成

図 3.16 浄化係数 (True Colour) : 左図ケナフ、右図阿蘇リモナイト

活動 1-15. 排水処理装置の他サイトでの適用可能性及び有用性について分析・検証する。

本普及・実証事業の原水である KPSB パーム油排水と他施設（MPOB の研究施設）の排水原水の水質調査を行い、その濃度比較を行った結果を次表に示す。表より、KPSB パーム油排水原水は MPOB 施設排水原水に比較して低濃度であった。これは、KPSB のポンド処理施設の規模が約 19.5 万 m³ と大きく、他のパーム油工場排水施設に比較して処理が良好であることによる。

これより、他サイトで適用する場合、BOD の流入水濃度を 500mg/L と高めに設定するものとした。また、色度については、薬品を使用しない前提での実用処理レベルが 500 Pt-Co 程度までであることを提案することとした。

表 3.11 KPSB 排水と他施設排水の比較

採水場所	採取日	色度	真色度	TSS	BOD	CODcr	O&G	TOC	NH ₃ -N
		Pt-Co	Pt-Co	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
KPSB	8/12	560	280	128	76	191	4	65.9	42.2
	10/25	997	552	150	58	533	24	—	88.3
MPOB	9/6	7500	5000	254	575	2590	19	499	266
	9/6	—	2420	1150	95	2590	28	—	286
	10/16	8720	2460	2270	280	3950	35	—	325

資料：JICA 調査団作成

活動 1-16. 最適な吸着剤の配置方法を含む排水処理装置の設計手法（案）（運転・維持管理マニュアル含む）をカウンターパートに提案する。

以上の活動をもとに、排水処理装置の設計及び運転・維持管理手法について、第 12 次現地調査（2019 年 6 月）においてマレーシアの関連機関（LKTN、KPSB、MPOB）に説明、提案した。指摘事項を踏まえて、排水処理装置の設計手法（案）、運転・維持管理マニュアル（案）として取りまとめた。

①排水処理装置の設計手法（案）

ア)基本事項

原則として、排水処理において薬剤等は使用しないで、天然素材であるケナフと阿蘇リモナイトを使用し、使用済みのケナフ、阿蘇リモナイト及び発生汚泥は肥料、土壌改良剤として全量リサイクルする。

イ) 対象排水

パーム油排水でラグーンにより前処理した排水(BOD で概ね 500mg/L 程度以下)を対象とする。

ウ) 滞留時間

基本 48 時間とする。流入水質と目標水質により必要滞留時間は変化する。

エ) 目標水質

目標水質の設定においては、流入水質と処理の実現性を考慮する必要がある。本普及・実証事業施設及び他処理施設における流入水質と処理状況をもとにした目標水質の設定例を次に示す。設定に用いたケナフと阿蘇リモナイトの浄化係数も合わせて示す。

表 3.12 目標水質 (例)

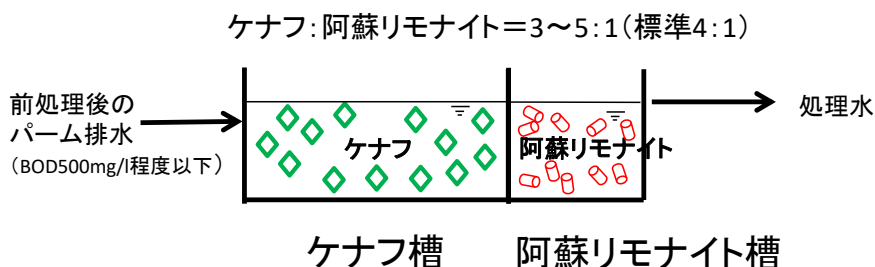
項目	流入水質	目標水質 の例	(規制水質)	浄化係数 (k:1/hr)		処理水質 (48hr)	
				ケナフ	リモナイト		
BOD	mg/L	500	20	100	-0.073	-0.108	10
COD	mg/L	750	300	—	-0.021	-0.025	260
TSS	mg/L	1,000	50	(SS:400)	-0.073	-0.136	20
NH4	mg/L	300	10	150	-0.168	-0.227	≒0
Colour Apparent	Pt-Co	2,000	800	—	-0.018	-0.019	800
Colour True	Pt-Co	700	500	—	-0.007	-0.01	500

注.ケナフ槽とリモナイト槽の容量はケナフ:リモナイト=4:1とした
 浄化係数: $Q(t) = Q(0) \times e^{-kt}$

資料: JICA 調査団作成

オ) 最適な吸着剤の配置方法

ケナフと阿蘇リモナイトの除去効率、価格を考慮し、前段にケナフを、後段に阿蘇リモナイトを配置する。ケナフと阿蘇リモナイトの比率は3:1~5:1(標準4:1)程度とする。



資料: JICA 調査団作成

図 3.17 最適な吸着剤の配置方法

・沈殿槽

前処理のラグーンでSS分離が期待できるため、SS分離した上澄水を受入れるものとし、沈殿槽はケナフ・阿蘇リモナイト槽では考慮しない。

・ケナフ、阿蘇リモナイトの充填率

ケナフと阿蘇リモナイトの充填率は、次表よりケナフ0.3、阿蘇リモナイト0.5とする。

表 3.13 ケナフと阿蘇リモナイトの充填率

項目	槽容量(m ³)	充填量(m ³)	充填率	備考
ケナフ	10.2	6.7×0.5=3.35	0.328→0.3	ケナフを充填しすぎると閉塞するため、充填部に50%程度の割合で充填
阿蘇リモナイト	10.2	6.7×0.8=5.36	0.525→0.5	充填率80%程度

注. 槽容量: 上下の移動空間等を含んだ槽容量、10.2×2=20.4m³
 ケナフ、阿蘇リモナイト充填部の容量は、6.7m³×2=13.4m³

資料: JICA 調査団作成

カ) 施設設計

排水量 1,000m³/d の場合の施設設計例を以下に示す。

・ブローア

送风量: ケナフ・阿蘇リモナイト槽容量に対し 1m³/m³・hr (実証施設での運転実績)

必要空気量: 2,000m³×1m³/m³・hr÷60min/hr=33m³/min

水深 2.5m程度なので 30kPa とすると、

7.5kw のルーツブローア3台+予備1台

・配管

配管は塩ビ管

ディフューザー: 塩ビ多孔管

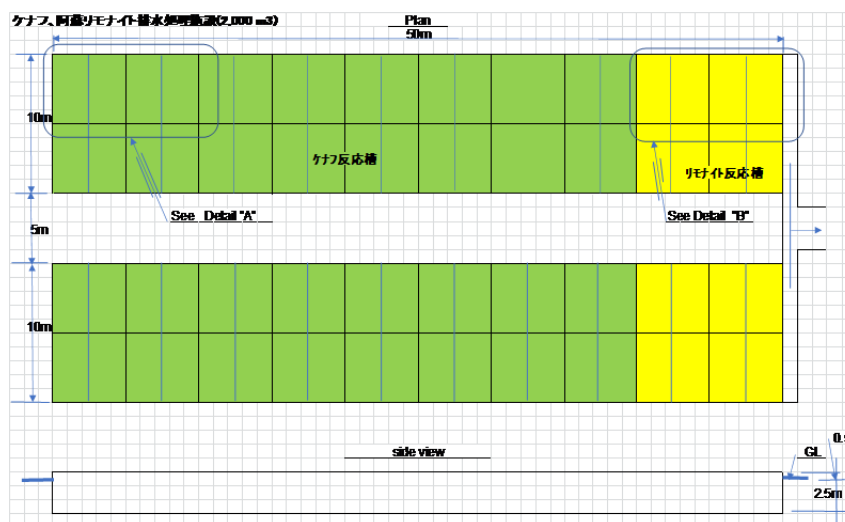
・土木施設

鉄筋コンクリート躯体

掘削深が 3m程度で加重がそれ程大きくないことより、杭が必要でない場所を選定して施工するものとする。

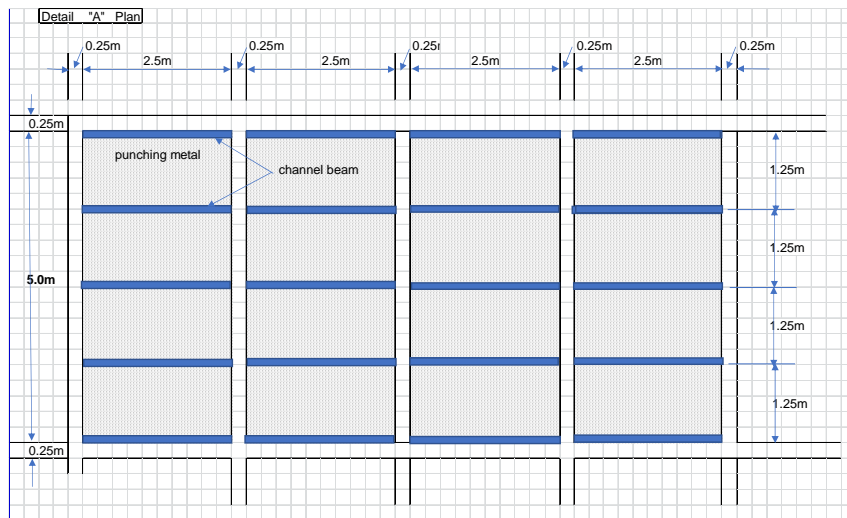
ケナフと阿蘇リモナイトの入替を考慮して、中央に維持管理用のスペースを 5m とる。

散気管の配管、汚泥清掃等を考慮して、50cm 程度の空間を架台下に設ける。



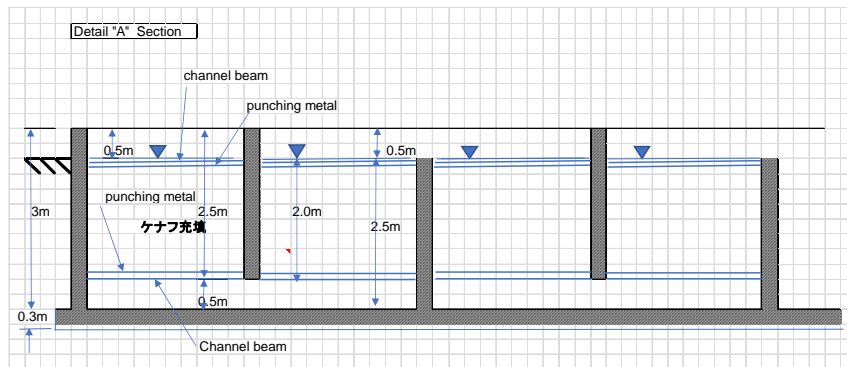
資料: JICA 調査団作成

図 3.18 平面図: ケナフ、阿蘇リモナイト排水処理施設(槽容量 2,000 m³)



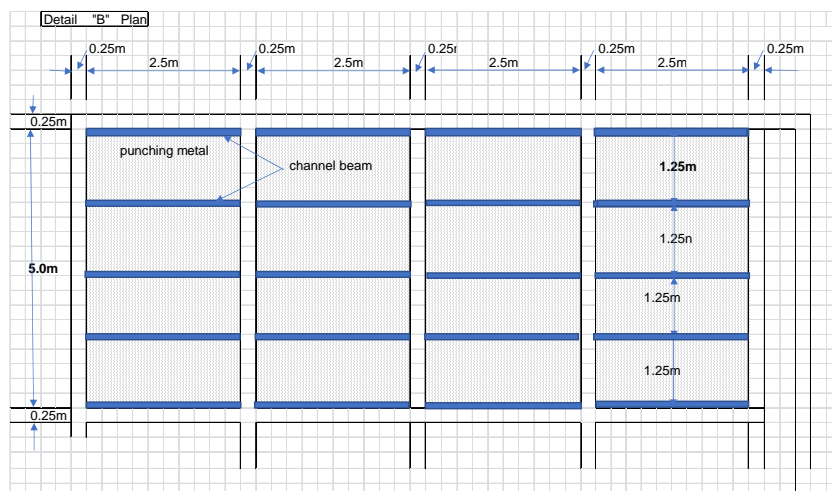
資料：JICA 調査団作成

図 3.19 ケナフ充填部平面図



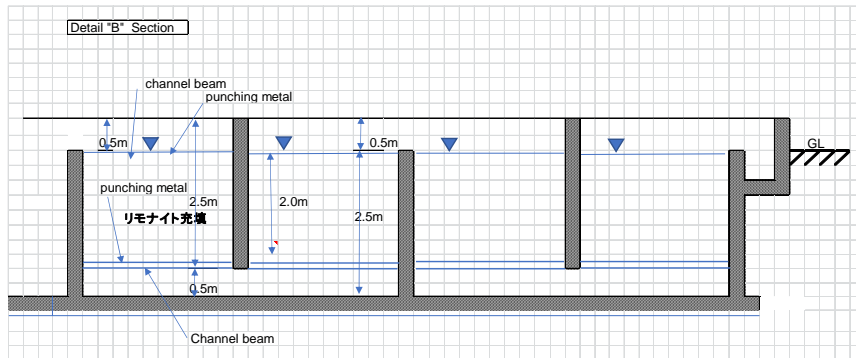
資料：JICA 調査団作成

図 3.20 ケナフ充填部断面図



資料：JICA 調査団作成

図 3.21 阿蘇リモナイト充填部平面図

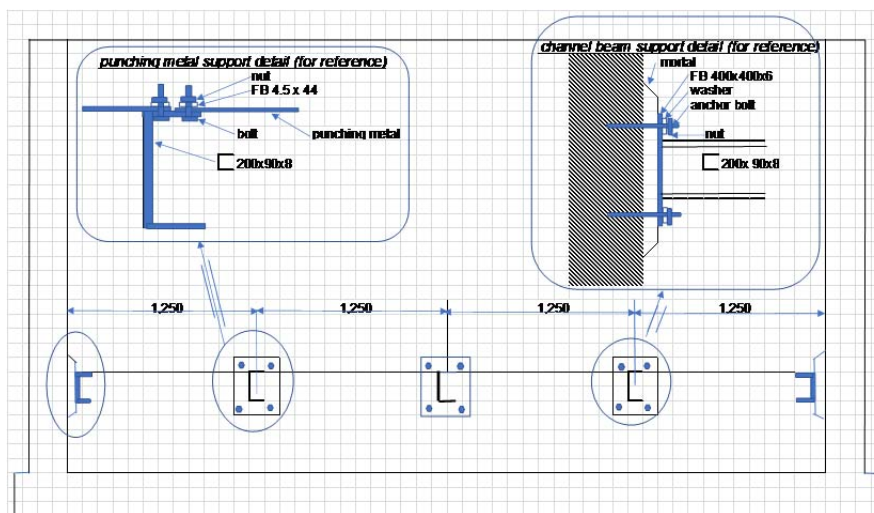


資料：JICA 調査団作成

図 3.22 阿蘇リモナイト充填部断面図

・ 架台

ケナフの受けと浮上防止、阿蘇リモナイトの受けのために架台を設け、メッシュまたはパンチングメタルで受ける。



資料：JICA 調査団作成

図 3.23 ケナフ、阿蘇リモナイト受部の構造

キ) 概算コスト

- ・ 建設費

表 3.14 概算建設費（コンクリート躯体：1,000m³/日）

<p>企業機密情報につき非公表</p>

・維持管理費

本普及・実証事業期間は15カ月で、ケナフと阿蘇リモナイトの処理能力の低下は見られなかったことより、ケナフと阿蘇リモナイトの入替頻度の最適値は求められていない。しかしながら10年に1回程度の頻度での入替は考慮しておく必要があること、ケナフには生物膜の付着による軟化が多少見られたことより、ケナフの入替頻度を3年に1回、阿蘇リモナイトの入替頻度を10年に1回と設定する。

表 3.15 概算維持管理費（コンクリート躯体：1,000m³/日）

<p>企業機密情報につき非公表</p>

<KPSB 工場への適用例>

設計手法（案）をもとに、本普及・実証事業を行った KPSB 工場の拡張(1,000m³/日)に対する排水処理施設の提案を行った。

現状で KPSB 工場の放流水質は BOD で 35mg/L 程度であり、将来想定されている規制値 BOD20mg/L を達成することが大きな課題となっている。そこで、目標水質を次表に示す値に設定し、ケナフ、阿蘇リモナイト排水処理施設の滞留時間を 24hr とした。これにより、必要とされる処理槽容量は 1,000m³ となり、設置面積として 50m×10m(水深 2m)となった。

排水は好気性処理ポンドの第 1 ポンドから受入れることにより、現況の第 2 ポンドから第 4 ポンドは廃止することが可能である。第 2～4 ポンドの容量は約 7.4 万 m³ あり、敷地面積の大幅な削減が可能となる。

表 3.16 KPSB 工場に対する目標水質

項目	流入水質	目標水質 の例	(規制水質)	浄化係数(k:1/hr)		処理水質 (24hr)	
				ケナフ	リモナイト		
BOD	mg/L	100	20	100	-0.073	-0.108	15
COD	mg/L	500	300	-	-0.021	-0.025	300
TSS	mg/L	200	50	(SS:400)	-0.073	-0.136	25
NH4	mg/L	40	10	150	-0.168	-0.227	≒0
Colour Apparent	Pt-Co	2,000	-	-	-0.018	-0.019	1300
Colour True	Pt-Co	700	-	-	-0.007	-0.01	600

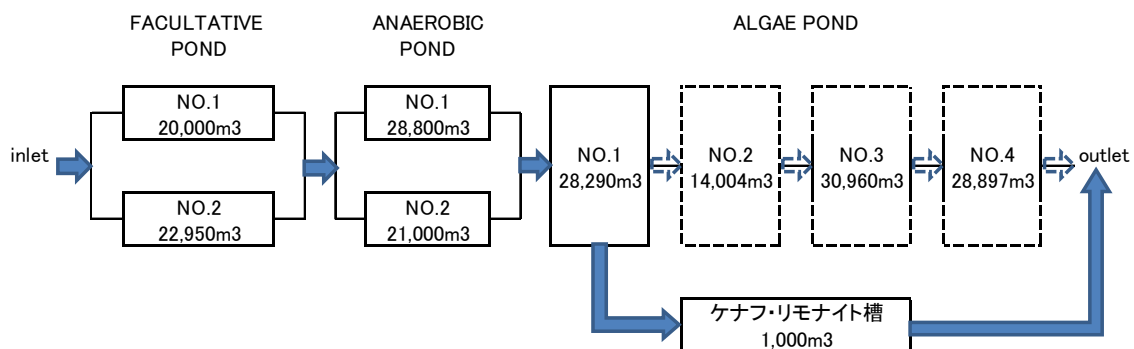
注ケナフ槽とリモナイト槽の容量はケナフ:リモナイト=4:1とした
 浄化係数:Q(t) = Q(0) × e^{-(kt)}

資料：JICA 調査団作成



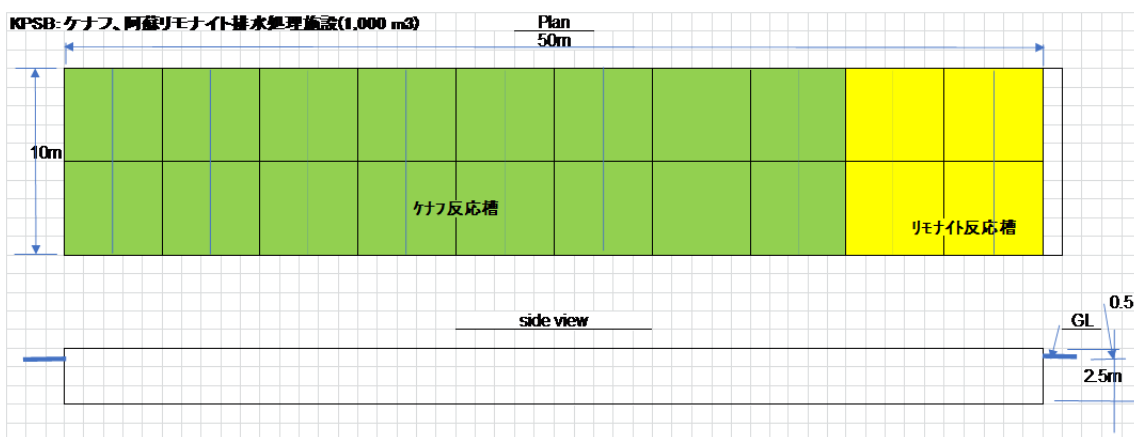
資料：JICA 調査団作成（衛星写真の出典：Google Map）

図 3.24 KPSB 拡張施設配置図



資料：JICA 調査団作成

図 3.25 処理フロー



資料：JICA 調査団作成

図 3.26 平面図：ケナフ、阿蘇リモナイト排水処理施設(槽容量 1,000 m³)

表 3.17 概算建設費 (KPSB 拡張：1,000m³/日)

企業機密情報につき非公表

表 3.18 概算維持管理費（KPSB 拡張：1,000m³/日）

企業機密情報につき非公表

②運転・維持管理マニュアル（案）

本普及実証事業において作成した運転・維持管理マニュアル（案）の概要を以下に示す。本マニュアル（案）により実証施設の適正な引継ぎが行えるとともに、本処理方式の普及啓蒙に活用することができる。作成した実証施設の維持管理マニュアル（案）を添付資料-5に示す。

ア)基本事項

- ・ パーム油廃水の特性を考慮した操作であること。
- ・ 誰でも使い易く分かり易い内容であること。
- ・ 適正な処理機能を充分発揮できる操作内容であること。
- ・ 各装置を安全に操作できる内容であること。
- ・ 必要性が多い操作は、丁寧な説明内容であること。
- ・ 消費電力や装置消耗を出来るだけ少なくして、長期間機能を発揮できる操作内容であること。

イ) 目次構成と記述内容

(a)施設概要

- a 各施設の機能や役割を概要説明
- b 各施設や設備の繋がりをフローシートで説明

(b) 装置仕様・能力

(c) 維持管理操作

- a 日常点検：操作項目と実施内容説明、処理水質チェック、運転日報作成
- b 定期点検：操作項目と実施内容説明、点検記録作成

(d) 維持管理記録表作成

- a 運転日報、b 維持管理点検記録、c 処理水量・処理水質記録

(e) 維持管理体制

< 運転・維持管理マニュアルの抜粋 >

○施設概要（調整槽施設）

調整槽施設は、図に示すように、第一ポンドから取水ポンプで導水されたパーム油廃水を調整槽に一旦貯留し、調整ポンプでスクリーン・計量槽を経て生物処理槽に所定の流入水量を流入させる役割を持つ。スクリーンは閉塞の原因となる大きな固形物を除去し、計量槽では流入水量を制御する役割を持つ。

○維持管理操作（沈殿槽）

・実施目安

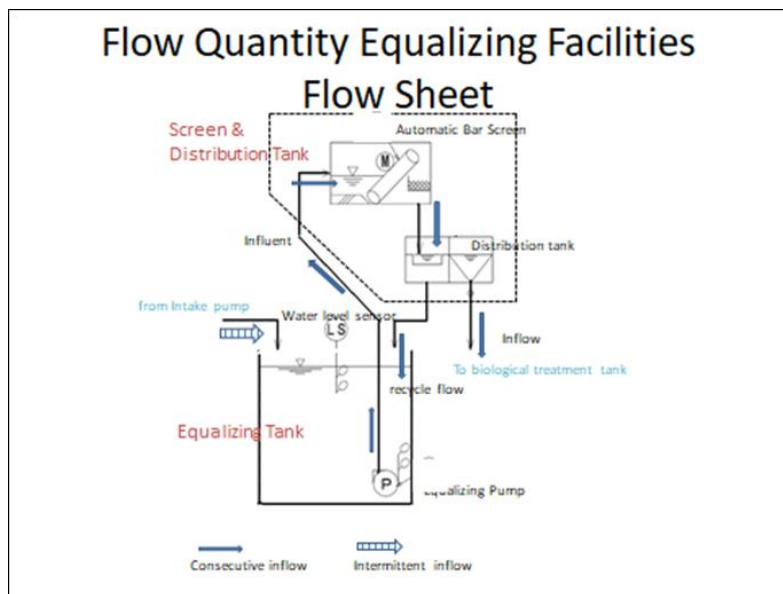
沈殿池表層部より水中観察して、汚泥界面が見え始めた時期に実施する。

・準備用品

100A 塩ビパイプ サニーホース サニーホースジョイント金具

・操作内容

- ① 沈殿槽底部にあるバルブ（100A）に塩ビ管を繋ぐ
- ② 塩ビ管にサニーホースジョイント用を着けて繋ぐ
- ③ サニーホースを引っ張りながら真っすぐに伸ばす。
- ④ サニーホース先端部を汚泥貯留施設に入れ、沈殿池底部バルブを開にして、排泥を開始し汚泥流出がなくなったら終了する。



調整槽施設のフローシート



調整槽装置のパーツ

資料：JICA 調査団作成

図 3.27 維持管理マニュアルの抜粋

【成果2にかかると活動：排水処理装置の標準仕様の提案】

活動2-1. マレーシアにおける環境規制・基準、排水処理にかかると方針・制度、環境保全分野にかかると予算状況等について確認する。

①環境保全分野やパーム油排水規制にかかると法基準

マレーシアでは、伝統的なスズ採掘、天然ゴム、パーム油の3大産業による水質汚濁などが深刻化する一方、1960年代後半から開始された外資導入による積極的な工業化政策によって産業公害にも直面し、1974年に環境対策に対する初の基本法として1974年環境法（Environmental Quality Act 1974）が制定された。この環境法は、天然資源・環境省（Ministry of Natural Resources and Environment）の環境局（Department of Environment、DOE）が主管しており、環境法に関する責任と権限は、天然資源・環境大臣及び大臣に指名された環境局長が有している。また、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及び環境局長を支援することとなっている。

排水を伴う工場の操業を行う場合、環境法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。「ライセンスが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」とされている。11条ライセンスの承認者は、環境局長であり、局長が許可またはその更新、委譲の申請を条件付きあるいは無条件で認めることができるものとされている。有効期間はライセンス発行日から1年間であり、その間に更新申請をする必要がある。ライセンス条件違反を犯すと、25,000RM（約63万円）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（約2.5万円）の罰金が科される。

また、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こともある。このように、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といえる。MPOBが承認するパーム油工場の操業ライセンスも、環境法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ということになる。

パーム油産業向け環境規制（Environmental Quality (Prescribed Premises) (Crude Palm-Oil) Regulations 1977）は、上記の環境法51条により整備された規制（Regulation）である。同法では、パーム油工場の保有者は、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に対して報告を行う義務を定めている。具体的には、パーム油生産量（t）、FFB（fresh fruit bunch：パーム椰子果房）加工量（t）、水使用量（ m^3 ）、週ごとあるいは月ごとの排水量（ m^3 /日）、1時間あたり最大排水量（ m^3 ）、排水基準項目の測定値等を報告することになっている。これらは、DOEによる工場査察の際にも照合確

認めら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ことにつながっている。また、次項のパーム油工場からの排水基準も同規制の中で規定されている。

②パーム油排水に対する排水基準と今後の規制強化の動向

パーム油工場からの河川や湖沼などの公共水域へのマレーシア国のパーム油工場からの排水基準は、パーム油産業向け環境規制によって以下のように定められている。

表 3.19 パーム油工場における公共水域への排水基準（最終放流）

項目	単位	基準値					
		1978-1979	1979-1980	1980-1981	1981-1982	1982-1983	1984-
BOD (3days 30℃)	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	℃	45	45	45	45	45	45

*フィルタリングされたサンプルの値

(出典：Environmental Quality (Prescribed Premises) (Crude Palm-Oil) Regulations 1977 Incorporating latest amendments)

ただし、パーム油産業向け環境規制の12条により、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、環境局長は基準を引き上げることができるとされている。また、BOD値は上表のように100mg/Lが全国共通の基準値となっているが、サバ・サワラク州等のように、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。

公共水域への排水を行わず、土壌散布をする場合には、BOD濃度のみが管理項目とされており、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のBOD濃度は、5,000mg/Lが規制値となっている。

排水の排出先については、各パーム油工場が設定する必要があり、規制順守のため、環境局長が特定できるようにしなければならないと環境法で定められている。

規制値については、現在マレーシア政府内での見直しが行われているが、まだ公表には至っていない。なお、現地調査において、パーム油工場からの排水規制については、現行のBOD基準である100mg/Lから、50mg/Lにしようとしていること、河川に放流する際の目標値は20mg/Lを目指しているということを確認している。また、BOD等の有機物の規制値強化とあわせて、色度に対する規制制定の動きも出ている。

パーム油工場からの処理後の最終放流水は一般的に茶色がかった色をしているが、処理後排水の「色」と BOD 値等の「汚染負荷物質量」には相関は薄いため（十分に BOD 値が下がっている場合でも、色は茶色のケースはある）、色度を改善するためには新たな脱色処理工程を入れる必要についての検討が進められている。MPOB では、オゾン処理、凝集剤処理、活性炭処理等の脱色処理工程に関する検討を行っているが、新たな廃棄物が生じることが難点であるとのことであり、ケナフと阿蘇リモナイトは再資源化できる素材でありクリーンな技術としてアピールできる。

③パーム油排水の排水処理に係る既存のガイドライン、標準仕様

MPOB の規範“Codes of Good Refining Practice for Palm Oil Refineries”では、「すべての廃棄物が規則、法律に従って処理されるように良好な衛生管理を効果的に実施すること」とされており、パーム油工場からの排水も廃棄物の処理の一つとして含まれている。

マレーシアのパーム油の認証としては、MSPO (Malaysian Sustainable Palm Oil) がある。MSPO の認証は国連の「持続可能な開発目標(SDGs)」に沿った形で、環境保全と生活水準の向上、パーム油産業の持続的発展、小規模農家の保護を主な目標としている。従来認証取得は任意だったが、マレーシア国プランテーション事業・商品省により 2019 年末までに、認証を義務化することが決められている。

また、世界的なパーム油の認証機関としては、持続可能なパーム油認証団体 NGO である「持続可能なパーム油のための円卓会議 (RSPO : Roundtable on Sustainable Palm Oil) 」がある。RSPO は、マレーシアとインドネシアにおけるパーム油農園の急速な拡大による環境への影響を懸念する声が世界的に高まったことを受けて、世界自然保護基金 (WWF) 、ユニリーバを始めとする欧米企業、マレーシアパーム油協会などにより、2004 年に設立された NGO である。2016 年にマレーシアの IOI グループが森林破壊への関与が指摘され、RSPO の認証が停止され、その後、生産改善の実施等の方針を示したことで再度、認証を得るということがあった。

これらの MSPO ならびに RSPO についても、パーム油工場からの排水は、環境保全のための重要な監査項目となっている。

④パーム油排水の排水処理に係る補助金、罰則制度

パーム油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。

パーム油工場に対する、環境法に基づく指摘件数（排ガス等、排水基準違反以外の指摘件数も含む）は次表に示すとおりである。2013 年には 384 千 RM（約 960 万円）だった罰金徴収額は 2014 年には再び 100 万 RM（約 2,500 万円）へと増加している。

表 3.20 パーム油産業における環境法に関する指摘件数

指摘区分	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
文書での指導 /Directive	191件	195件	223件	133件	57件	(表示なし)	(表示なし)
文書での注意 /Notice	364件	135件	151件	198件	233件	(表示なし)	242件
罰金/Compound	118件	77件	66件	95件	100件	93件	38件
提訴/Court Action	132件	95件	92件	72件	53件	69件	2件
ライセンス停止 /Suspension	0件	2件	1件	1件	1件	(表示なし)	(表示なし)
徴収金額(総額・ RM)	1,742,000 (約4,360 万円)	948,000 (約2,370 万円)	1,102,800 (約2,760 万円)	984,900 (約2,460 万円)	384,000 (約960 万円)	1,057,500 (約2,640 万円)	14,000 (約35 万円)

出典：JICA 阪神動力機械株式会社「マレーシア国パーム油工場の排水処理高度化・資源循環利用普及・実証事業 業務完了報告書」2017年8月

⑤支援制度

パーム油産業に対する技術支援は、TOT (Transfer of Technology) スキームとして MPOB によって実施されている。

毎年20～30件程度が新規技術として登録されており、排水処理に関するものとしては、酵素によるパーム油工場排水からのオイル回収技術 (2010)、パーム油工場排水の三次処理技術 (2010)、排出ゼロ技術 (ゼロ・ディスチャージ) によるパーム油工場排水処理 (2013)、マイクロ・スクリーンや膜処理によるパーム油工場排水処理技術 (2015) 等が含まれている。

また、MPOB では、パーム油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、パーム油製造、オイル精製、パーム油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。その中には、活性汚泥処理や生物膜処理等の排水処理に関連するプラントもある。

活動 2-2. マレーシア国内のパーム油工場等の排水処理状況等について確認する。

マレーシアにおけるパーム油工場では、そのほとんどがラグーンによる排水処理を行っている。JICA 調査団は、KPSB のパーム油工場に加え、H 株式会社の AQUARATOR の実証運転サイトと Sime Darby 社のパーム油工場の視察を行った。排水処理状況はパーム油工場からの排水量とラグーンの容積 (滞留時間) に大きく依存している状況が把握された。特にクアラルンプール等の都市部に近いパーム油工場では、大きなラグーンを設置できないため、滞留時間が短くなり、排水水質が水質基準 (BOD 100mg/L) を満たしていない工場が多いことが推察された。KPSB のパーム油工場は他のパーム油工場に比べて、既存の排水処理が良好に実施され、水質基準を満足している状況にある。

MPOB では、活性炭や膜処理など、BOD 20mg/L 以下を目指して、AQUARATOR 以外にも多くの実証運転を行っている。BOD 20mg/L 以下の排水処理システムの構築が現時点の最大の目標であり、色や臭気については、その後であるとのことである。BOD、TSS、アンモニアといった現在の MPOB の目標に対して本製品は十分に目標を達成することができている。

表 3.21 KPSB 排水と他施設排水の比較（再掲）

採水場所	採取日	色度	真色度	TSS	BOD	CODcr	O&G	TOC	NH3-N
		Pt-Co	Pt-Co	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
KPSB	8/12	560	280	128	76	191	4	65.9	42.2
	10/25	997	552	150	58	533	24	—	88.3
MPOB	9/6	7500	5000	254	575	2590	19	499	266
	9/6	—	2420	1150	95	2590	28	—	286
	10/16	8720	2460	2270	280	3950	35	—	325

(KPSB：KPSB のパーム油工場の処理水、MPOB：クアラルンプール近くの Sime Darby のパーム油工場)
資料：JICA 調査団作成

表 3.22 KPSB 排水処理施設処理水と他施設排水処理施設処理水の比較

採取日	色度	真色度	TSS	BOD	CODcr	O&G	TOC	NH3-N	引用
	Pt-Co	Pt-Co	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
KPSB	—	104	91	47	124	4	47	8.64	1)
mill B	—	—	230	563	1498	14	—	0.06	2)
mill C	—	—	180	713	1310	9	—	44.2	2)
mill D	—	—	110	786	1061	4	—	123	2)
mill E	—	—	91	171	423	—	—	—	2)
mill F	—	—	1050	510	1140	—	—	—	2)

引用 1) 今回調査

2) H25年度 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

資料：JICA 調査団作成



KPSB パーム油工場のラグーン処理



Sime Darby のパーム油工場のラグーン処理



H 株式会社の AQUARATOR を導入した好気性処理

活動 2-3. カウンターパート及び関係者を対象に、実証運転開始時、中間、終了時のタイミングで設置現場見学会を実施し、排水処理技術の有用性・優位性について周知を図る。

2018年4月22日に本事業に関係する行政機関を招いて竣工式を開催した。参加者は、マレーシア側からカウンターパート機関である LKTN と KPSB、関係機関であるケランタン州 DOE と UKM、日本側から JICA マレーシア事務所、日本リモナイト、日水コンが参加し、LKTN が手配したメディアも含めると、総勢 40 名程度の参加者となった。

当日は、以下に示すアジェンダのとおり、排水処理装置の設置現場にて、看板の除幕式と排水処理装置の現地説明会を行うとともに、その後セレモニー会場にて各代表者からのスピーチと写真撮影、メディアからのインタビュー等を行った。

排水処理装置の処理の流れについて参加者の理解が進むとともに、利用済みのケナフや阿蘇リモナイトの再利用への関心も寄せられた。また、ケナフや阿蘇リモナイトの充填量や交換頻度、脱色や脱臭性能に関する質問が寄せられた。当日の様子は、マレーシアの TV 局である、TV1 や TV9、Astro のニュース番組で放映されるとともに、Metro や Utusan 等の新聞にも取り上げられた。



Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Wastewater Treatment with System utilizing the Natural Mineral Limonite and Kenaf

Completion Ceremony

Agenda

Date and Time: 11:00 A.M. - 13:00 P.M.
22nd April (Sunday), 2018

Place: Kilang Kelapa Sawit Paloh 3, Rkt Kesedar Paloh 3, 18300 Gua Musang, Kelantan

I. Observation Tour

Time	Contents	Person in charge
10:30 - 11:00	Gathering Participant	
11:00 - 11:05	Opening Remarks	Ms. Miko TSUDA Project Manager Japan Limonite Co., Ltd.
11:05 - 11:10	Unveiling Ceremony for Project Signboard	All Participants
11:10 - 11:30	Observation Tour for Wastewater Treatment Device	Mr. Tatsuya TOBE Nihon Sudo Consultants Co., Ltd.

Moderator: Mr. Parameswaran Letchumanan, Limonite Malaysia Sdn Bhd

II. Ceremony and Lunch Session

Time	Contents	Person in charge
11:30 - 11:35	Welcome Remarks 1	Y.Bhg. Ea. Samsudin Bin Hj. Noor Director General National Kenaf & Tobacco Board
11:35 - 11:40	Welcome Remarks 2	Mr. Shimoku FUKAZAWA Senior Representative Japan International Cooperation Agency, Malaysia Office
11:40 - 11:45	Welcome Remarks 3	Tu. Hj. W. Mhdul Rahimi Bin Wan Salleh Chief Executive Officer Kesedar Perkilangan Sdu. Bhd.
11:45 - 11:50	Welcome Remarks 4	Mr. Toshio Kuruya President & Chief Executive Officer Japan Limonite Co., Ltd.
11:50 - 12:00	Photo Session	All Participants
12:00 - 13:00	Lunch Session	All Participants

Moderator: Mr. Parameswaran Letchumanan, Limonite Malaysia Sdn Bhd

竣工式のアジェンダ



看板の除幕式

Projek perintis kenaf guna kepakaran Jepun



SAMSUDIN NOOR (kanan) mendengar taklimat mengenai sistem penapisan air berkualiti dari Jepun bagi meningkatkan pengeluaran kenaf di Kilang Sawit Paloh 3, Gua Musang, Kelantan, kelmarin.

Beliau berkata demikian kepada pemberita selepas merasmikan Projek Perintis Penyelidikan Penapisan air Kor Kenaf di Kilang Sawit Paloh 3, di sini, semalam. Projek perintis Sistem Penapisan Air Kor Kenaf itu menggunakan alat moden disediakan Japan International Cooperation Agency (JICA) diketuai Pengarah Projeknya, Tatsuya Tobe.

Selain itu, projek itu turut mendapat kerjasama daripada Japan Limonite Co, Lembaga Kemajuan Kelantan Selatan (Kesedar) dan Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM).

Samsudin berkata, projek menggunakan penapisan cara moden melibatkan kos keseluruhan lebih RM3 juta itu telah digunakan di Jepun dan baru diperkenalkan di negara ini.

"Kita menggunakan dalam kapasiti percubaan satu tan metrik kenaf dahulu sebelum ditingkatkan kepada 10 kali ganda selepas ini berjalan lancar.

"Ini bermakna untuk kilang di sini, boleh memproses 30 tan metrik kenaf sejam dan 40 tan kor kenaf ini bersamaan satu hektar yang memerlukan lebih banyak pengeluaran kenaf bagi tujuan itu," katanya.

Tambahnya, pekebun kenaf di seluruh negara setakat ini mempunyai seramai 1,000 orang dan dijangka meningkat kepada 2,000 pekebun tahun depan.

新聞 (Utusan) を通じた広報活動



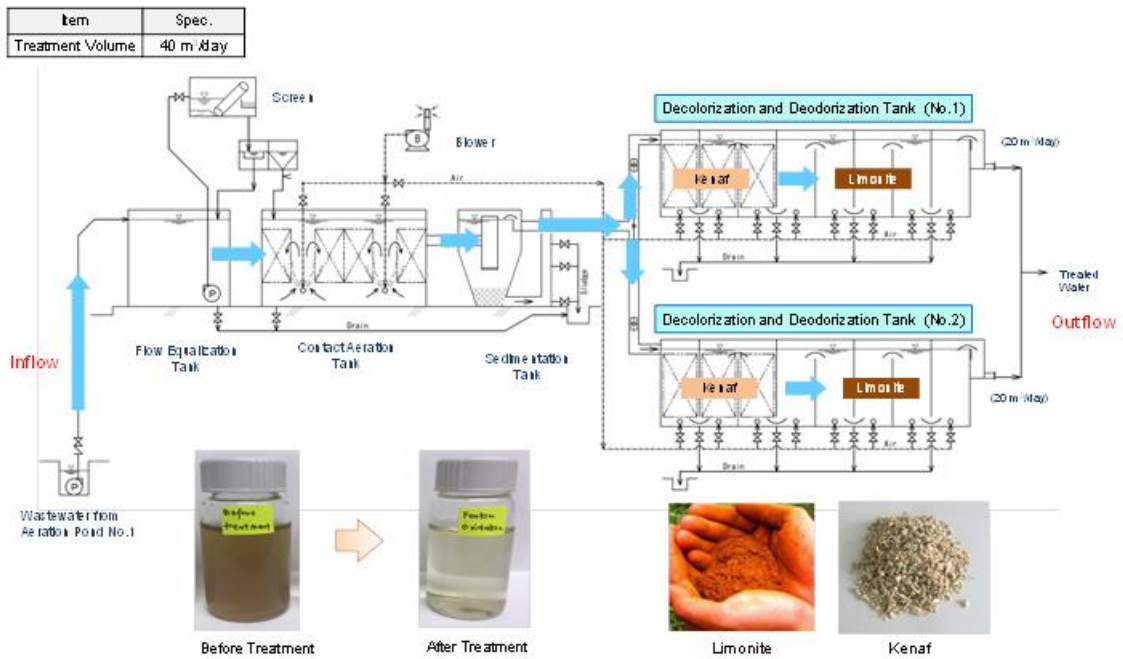
現地説明会



竣工式



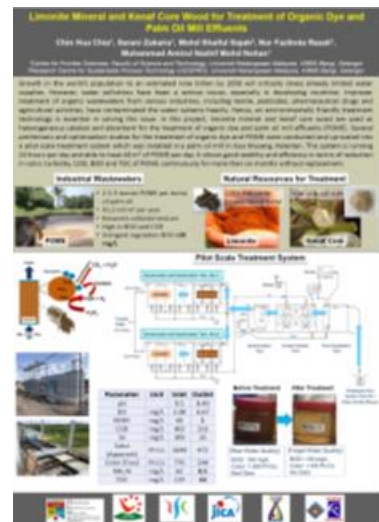
竣工式でのスピーチ



資料：JICA 調査団作成

図 3.28 設置した看板に記載の処理概要図

また、排水処理技術の有用性・優位性の周知活動の一環として、UKM が Faculty of Science and Technology が主催する Research-Challenge day における Workshop のポスターセッションに参加し、パーム油排水の阿蘇リモナイトによる脱色効果に関するポスターが Gold Award を受賞した。



活動 2-4. カウンターパート等を対象に本邦に受け入れ、日本国内での排水規制の現状及び企業の取り組み等を視察する。

2018年10月28日から11月2日の日程で、LKTNから Mr. Mohd Fadzhel Mohd Nasir (Director of Strategic Planning Division) と KPSB から Tn. Hj. W Muhd Rahimi Bin Wan Salleh (Chief Executive Officer) を本邦に受け入れ、日本国内での阿蘇リモナイトを使った排水処理の状況等について視察を行った。

①受入活動の概要

ア) 概要 (目標、項目 (具体的な活動内容))

阿蘇リモナイトの製造工程や製造方法について把握するとともに、阿蘇リモナイトが導入されている下水処理場における処理状況や処理方法、脱臭・脱色を中心とした事業場排水処理法についての理解を深めることを目的として、本邦受入活動を実施した。

具体的な研修項目としては、以下の3点である。

- ・ 下水処理場や民間事業所における脱臭、脱硫剤等としての阿蘇リモナイトの活用状況を把握
- ・ 阿蘇リモナイトの製造工程や製造方法について把握
- ・ ケナフの日本国内での活用状況について把握

イ) 受入期間

2018年10月28日 - 2018年11月2日

ウ) 参加者リスト (所属、役職)

- ・ Director of Strategic Planning Division, National Kenaf & Tobacco Board (LKTN)
- ・ Chief Executive Officer, Kesedar Perkilangan Sdn. Bhd. (KPSB)

エ) 日程表

日付	時刻	活動内容/移動	講師または研修先		活動場所
			氏名	所属先/職位	
2018/10/28	14:15	クアラルンプール発			
	22:05	東京（羽田）着			
2018/10/29	10:00-12:00	オリエンテーション	戸部達也	日水コン	日水コン
	14:00-16:00	日本におけるケナフの活用についての講義	—	ケナフ開発機構 前理事長	ケナフ開発機構
2018/10/30	10:00-12:00	森ヶ崎水再生センター	—	東京都 下水道局 総務部 理財課 課長代理	森ヶ崎水再生センター
	-	熊本へ移動			
2018/10/31	10:00-12:00	阿蘇リモナイトを使ったペットフード工場視察	—	オリエント商会	オリエント商会
	14:00-16:00	菊池市浄水センター	津田美矩	日本リモナイト	菊池市浄水センター
2018/11/1	8:45-10:00	熊本県副知事表敬	—	熊本県 副知事	熊本県庁
	13:00-16:00	リモナイト工場見学会 研修成果・今後の連携に関する協議	津田美矩	日本リモナイト	日本リモナイト
	-	東京へ移動			
2018/11/2	0:05	東京（羽田）発			
	6:45	クアラルンプール着			

資料：JICA 調査団作成

オ) カリキュラム

日時	2018年10月29日(月) 14:00～16:00
活動	日本におけるケナフの活用についての講義
場所	ケナフ開発機構
講師(職名)	ケナフ開発機構 前理事長
視察または講義のポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・これまでの経験に基づく、ケナフの栽培や利用、加工方法に関する日本側及びマレーシア側の知見や情報の共有。 ・効果的なケナフの栽培方法や、ケナフを利用したパルプ製造方法について把握。

日時	2018年10月30日(火) 10:00～12:00
活動	森ヶ崎水再生センター視察
場所	森ヶ崎水再生センター
講師(職名)	東京都 下水道局 総務部
視察または講義のポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・下水処理場における下水処理プロセスの把握(標準活性汚泥法) ・大規模な下水処理場における、汚泥の消化発電施設内の脱硫塔における阿蘇リモナイトの利用状況の把握

日時	2018年10月31日(水) 10:00~12:00
活動	阿蘇リモナイトを使ったペットフード工場視察
場所	オリエント商会
講師(職名)	オリエント商会 社長
視察または講義のポイント	・阿蘇リモナイトを用いたペットフードの製造工程、他製品との違い、特徴の把握 ・どのようにゼロから事業展開を図ることができたのかヒアリング

日時	2018年10月31日(水) 14:00~16:00
活動	菊池市浄水センター視察
場所	菊池市浄水センター
講師(職名)	日本リモナイト 津田美矩
視察または講義のポイント	・熊本における下水処理場からの発生汚泥の消化発電施設内の脱硫塔における阿蘇リモナイトの利用状況の把握

日時	2018年11月1日(木) 8:45~10:00
活動	熊本県副知事表敬
場所	熊本県庁
講師(職名)	熊本県 副知事
視察または講義のポイント	・プロジェクトの概要紹介 ・阿蘇リモナイトやケナフの利用状況、今後の事業展開に関する紹介

日時	2018年11月1日(木) 13:00~16:00
活動	リモナイト工場見学会 研修成果・今後の連携に関する協議
場所	日本リモナイト
講師(職名)	日本リモナイト 津田美矩
視察または講義のポイント	・阿蘇リモナイトの製造方法、リサイクル方法を把握 ・本邦受入活動の活動成果ならびに今後の事業展開、連携に関するプレゼンと協議

② 受注者による所見

ア) 本邦受入活動の結果・課題（目標の達成状況、成果、改善点等）

- ・当初の目標であった阿蘇リモナイトの製造方法や下水処理場等における利用状況について、現場視察を通じて実際の状況を把握することができ、研修参加者の満足度も高かった。
- ・特に、下水処理場の脱硫塔における脱硫プロセスや交換頻度、阿蘇リモナイトの製造プロセスとリサイクル方法について、現場担当者からの詳しい説明をもとに、理解を深めることができた。
- ・また、ケナフ開発機構との面談では、日本及びマレーシアでのケナフの栽培、利活用状況について情報共有を図ることができ、特に LKTN からの研修参加者は今後のケナフの利用促進に向けた助言を得ることができた。
- ・阿蘇リモナイトを使ったペットフード工場視察を通じて、ゼロからどのように事業展開を図ることができたのか把握することができ、阿蘇リモナイト、ケナフ、パーム油の今後の事業展開に向けた参考となった。
- ・本研修を通じて、阿蘇リモナイト及びケナフの利用状況や製造プロセスを把握するとともに、さらなる事業展開に向けたヒントを売ることができ、今後とも、JICA プロジェクトを通じて、日本リモナイト、LKTN、KPSB が連携して事業展開に向けた取組みを進めていくことを確認した。

イ) 参加者の意欲・受講態度、理解度

研修参加者 2 名とも高い意欲を持ち、良好な受講態度であった。研修先では多くの質問が出され、今回の研修成果について高い目的意識を有していた。

2018 年 11 月 1 日の「研修成果・今後の連携に関する協議」における、研修参加者からのコメントは以下のとおり。

- ・阿蘇リモナイトの製造方法や下水処理場、ペットフード等への利用方法、リサイクル方法を把握することができ、ケナフやパーム油等を含めた今後の事業展開に向けて連携していきたい。
- ・ケナフ開発機構との面談を通じて、ケナフの栽培方法や利活用状況に関する知見や情報の交換をすることができ、有意義であった。今後のケナフの利用促進に向け参考となった。
- ・ペットフード工場のように、製品の特徴（Advantage）やマーケティングを通じて事業展開を行っていくことが重要であり、日本リモナイト、LKTN、KPSB とともに、阿蘇リモナイト、ケナフ、パーム油の事業展開を図る上で参考となった。

活動 2-5. 排水処理に係る制度面の改善点及び企業等の規制遵守に向けたインセンティブを検討する。

パーム油工場からの排水規制については、現行の BOD 基準である 100mg/L から 50mg/L に、河川に放流する際の目標値は 20 mg/L を目指しており、サバ・サワラク州等では既に各州の規制によって 20mg/L 等に上乘せ規制されている。BOD については、20mg/L の目標値は本普及・実証事業で示されたように達成可能な値であり、規制の強化が望まれる。

色度については現時点では薬品を使用しない前提での実用処理レベルが 500 Pt-Co 程度までであり、オゾン処理、凝集剤処理、活性炭処理や本普及・実証事業での過酸化水素等の薬品を使用した処理は環境に優しくなく、コスト面からもまだ実用的でないとみられる。

BOD の処理については、パーム油業界では、国際市場から製品認証（マレーシアパーム油認証：MSPO）にみられるように、自然環境への配慮等の持続可能性への対応をしていることが求められている。本普及・実証事業のカウンターパートである KPSB としても、排水処理の高度化として BOD を最優先としており、規制強化により対応を促進することができる。

活動 2-6. 上記 1-16 設計手法（案）をベースに、LKTN との協力も得ながら、MPOB、UKM と合同で標準的な排水処理装置の標準仕様書（案）を策定する。

活動 1-16 の設計手法（案）をベースに、関係機関の協力のもと標準的な排水処理装置の標準仕様書（案）を次に作成した。

【排水処理装置の標準仕様書（案）】

①基本事項

原則として、排水処理において薬剤等は使用しないで、天然素材であるケナフと阿蘇リモナイトを使用し、使用済みのケナフ、阿蘇リモナイト及び発生汚泥は肥料、土壌改良剤として全量リサイクルする。

②対象排水

パーム油排水でラグーンにより前処理した排水(BOD で概ね 500mg/L 程度以下)を対象とする。

③目標水質（例）

目標水質の設定においては、流入水質と処理の実現性を考慮する必要がある。本普及・実証事業施設及び既存処理施設における流入水質と処理状況をもとに、目標水質(例)を次に設定する。

表 3.23 目標水質（例）

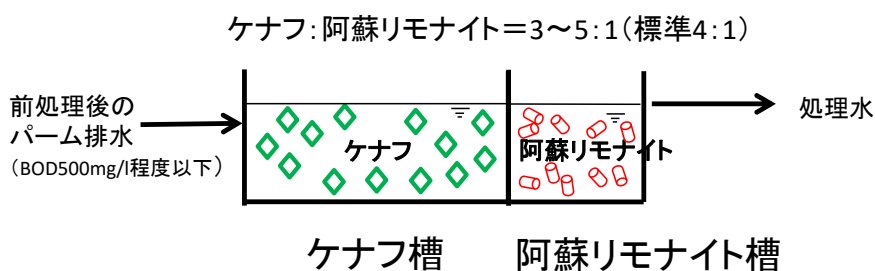
(単位:mg/L)

項目		流入水質	目標水質の例	規制水質
BOD	mg/L	500	20	100
COD	mg/L	750	300	—
TSS	mg/L	1,000	50	(SS:400)
NH4	mg/L	300	10	150
Colour Apparent	Pt-Co	2,000	800	—
Colour True	Pt-Co	700	500	—

資料：JICA 調査団作成

④最適な吸着剤の配置方法

前段にケナフを、後段に阿蘇リモナイトを配置する。ケナフと阿蘇リモナイトの比率は3：1～5：1(標準4：1)程度とする。



資料：JICA 調査団作成

図 3.29 最適な吸着剤の配置方法

⑤滞留時間

基本 48 時間とする。流入水質と目標水質により必要滞留時間を決定する。

⑥ケナフと阿蘇リモナイトの浄化係数

本普及・実証事業結果より、ケナフと阿蘇リモナイトの浄化係数は次表のとおりとする。

表 3.24 ケナフと阿蘇リモナイトの浄化係数(案)

項目	浄化係数(k:1/hr)	
	ケナフ	阿蘇リモナイト
BOD	-0.073	-0.108
COD	-0.021	-0.025
TSS	-0.073	-0.136
NH4	-0.168	-0.227
Apparent Colour	-0.018	-0.019
True Colour	-0.007	-0.010

資料：JICA 調査団作成

活動 2-7. 関係者を対象にした排水処理に係るセミナーを LTKN、MPOB 及び UKM と共同で開催する。

2019 年 10 月 3 日に、LTKN、KPSB、UKM と共同で MPOB 等の関係者を招いて事業報告のセミナーを開催した。実証結果のセミナー説明資料を添付資料-4 に示す。

・開催日：2019 年 10 月 3 日（木）9:00～13:00

・参加者

National Kenaf & Tobacco Board (LTKN)

Kesedar Perkilangan Sdn. Bhd. (KPSB)

Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM)

Malaysian Palm Oil Board (MPOB)

JICA マレーシア事務所

日本リモナイト、リモナイトマレーシア、日水コン等

・アジェンダ

表 3.25 ケナフと阿蘇リモナイトを用いた排水処理に係るセミナー

Time	Contents	Person in charge
8:00 - 9:00	Registration	
9:00 - 9:05	Welcome Remarks	Director of Strategic Planning Division National Kenaf & Tobacco Board (LTKN)
9:05 - 9:10	Opening Remarks 1	Vice General Manager for Operation KESEDAR
9:10 - 9:15	Opening Remarks 2	Senior Representative of JICA Malaysia Office
9:15 - 9:20	Opening Remarks 3	Faculty of Science & Technology Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM)
9:20 - 9:25	Starting Address	Mr. Toshio Kuriya President & Chief Executive Officer Japan Limonite Co., Ltd.
9:25 - 9:40	Outline of the Verification Survey and Introduction of the Limonite	Mr. Tatsuya TOBE Advisor of JICA Survey Team Nihon Suido Consultants Co., Ltd.
9:40 - 10:00	Potential Use and Applicability of Kenaf	Director of Strategic Planning Division National Kenaf & Tobacco Board (LTKN)

10:00 - 10:20	Limonite Mineral as Heterogeneous Catalyst for Decolorization of Organic Dye and Palm Oil Mill Effluent	Faculty of Science & Technology Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM)
10:20 - 10:40	Networking Break	
10:40 - 11:10	Treatment Performance and Design for Palm Oil Mill Effluent utilizing Limonite and Kenaf	Mr. Hideshi Nishimura Chief Advisor of JICA Survey Team Nihon Suido Consultants Co., Ltd.
11:10 - 11:30	Q &A	All participants
11:30 - 11:40	Closing Remarks	Mr. Parameswaran General Manager Limonite Malaysia Sdn Bhd
11:40 - 13:00	Lunch Break	

資料：JICA 調査団作成

活動 2-8. 上記 2-7 のフィードバックを踏まえ、標準仕様書（案）を改訂し、関連機関に対し排水処理装置の標準仕様書（案）及び具体的なインセンティブ（規制や補助金の可能性）を提案する。

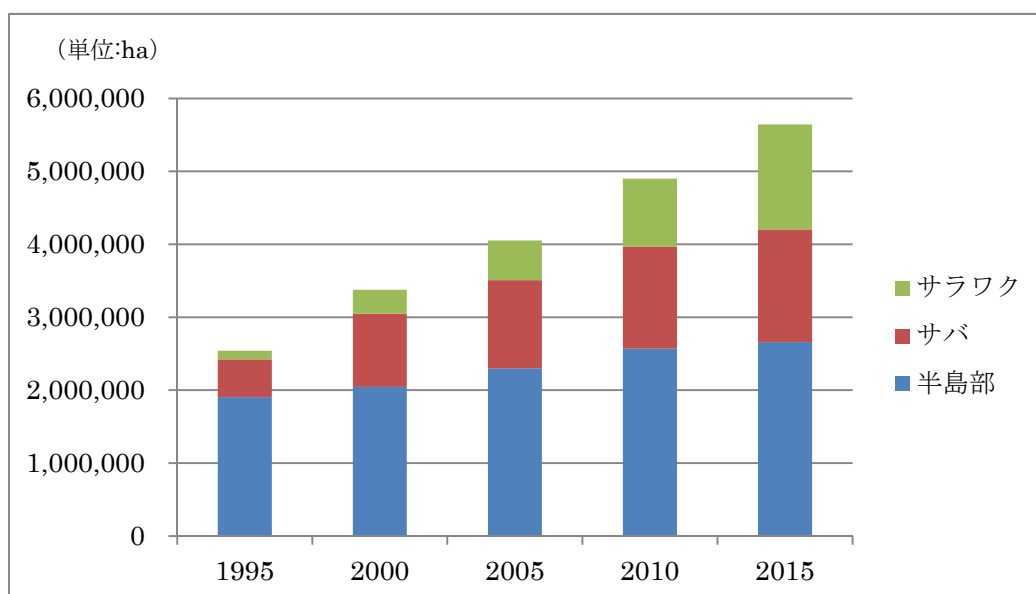
本普及・実証事業のカウンターパートである KPSB から、排水処理施設の高度化には資金面での課題があり、建設・メンテナンスコストの低減化を求められるとともに、補助金制度等を模索しているとのことであった。現時点では、MPOB、DOE とも設備導入にかかる費用補助制度は有していないが、パーム油価格が現在低迷しつつあることもあり、排水規制強化だけでなく補助金等の制度が求められる。

【成果3にかかると活動：ビジネスプランの策定】

活動3-1. 想定される販売先（パーム油工場等）に係る市場規模の見通しを確認する。

（パーム油工場）

1960年代から本格的な開発が始まったマレーシアのパーム農園は、1970年代以降、ゴム産業からの脱却を目指した政府の強力な後押しにより、**図3.11**に示すように、1990年代以降も拡大を続けている。これらのうち61%が民間企業により開発された農園であり、17%が FELDA や FELCRA といった中央政府の農園、6%が州政府による農園、16%は中小農民が保有する農園となっている。



（出典：MPOB のデータから JICA 調査団作成）

図 3.30 パーム油農園面積の変遷

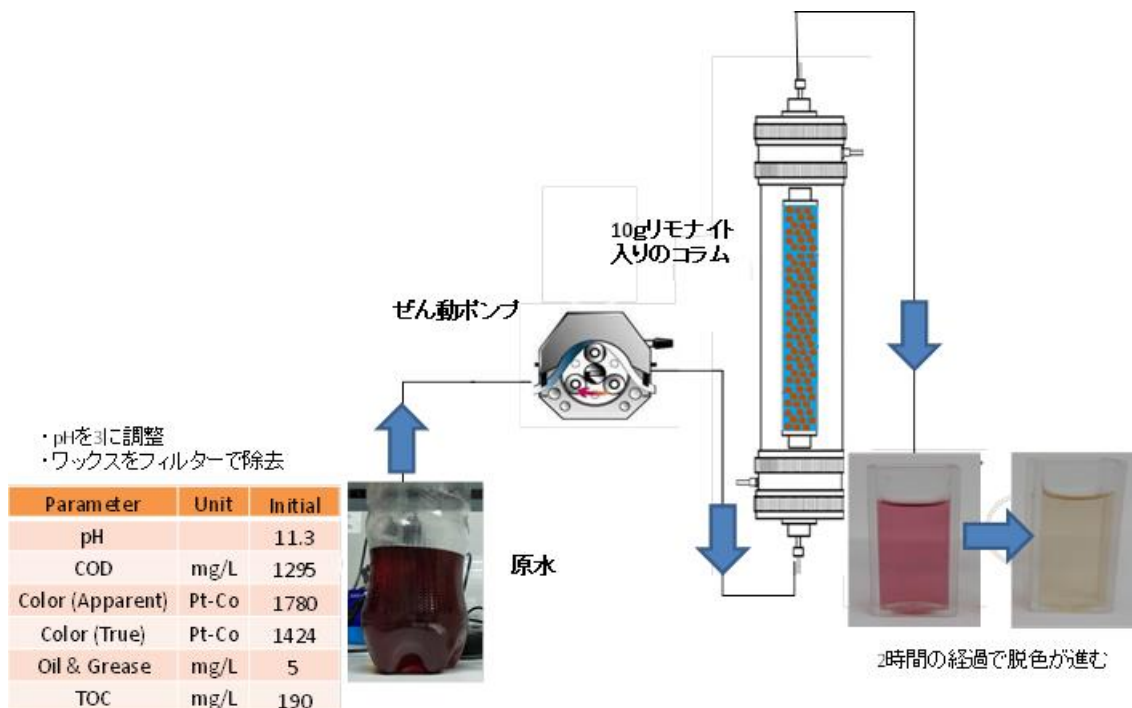
2017年のマレーシア国内のパーム油工場数は453にのぼり、2012年の432（稼働中工場）から5年間で20以上、約4%増えている。また、生産能力も102,342,400t-FFB/年（2012年）から108,396,400t-FFB/年（2015年）と6%増加している。生産能力ベースではサバ州（全体の31%）、サラワク州（17%）、半島マレーシアではジョホール州（15%）、パハン州（15%）、ペラ州（10%）の5州で全国の87%を占めている。

パーム油排水についての色度規制に向けての検討が行われていることから、規制が運用されるようになった場合には、これらの工場すべてがマーケティングの対象となる。

（染色工場等）

市場調査活動の一環として、マレーシア日本人商工会議所（JACTIM）でのプロジェクト内容の紹介の機会をいただくとともに、先にマレーシアでの普及・実証事業を実施した H 株式会社との面談を行い情報収集に努めた。本提案技術は、パーム油排水のみならず、他

の色度の高い排水にも有効であることから、染色工場等、他の業種の工場も対象とすることを検討している。染色工場排水については、UKM の協力のもと、阿蘇リモナイトを用いた脱色実験を行い、以下に示すように、その脱色効果を確認した。



資料：JICA 調査団作成

図 3.31 染色工場排水の脱色効果実験結果

また、民間工場を中心に排水処理施設の導入、運転管理を行っているエンジニアリング会社との面談を行い、彼らが抱えている排水処理の課題（流入 BOD が 1,000mg/L を大きく超えていること、OD 処理に際して大量のスカムが発生し、その除去作業が大変であること、手袋等のゴム工場の排水処理におけるアンモニア態窒素の除去に苦労していること等）をヒアリングした。これらの課題への対応としての阿蘇リモナイトの費用対効果が見込まれれば、導入の可能性がある。

（バイオガス発電：脱硫剤）

その他、阿蘇リモナイトの有する脱臭、脱硫効果の活用候補先として、IWK (Indah Water Konsortium Sdn Bhd) との面談を行った。IWK では汚泥の消化を実施しているものの、硫化水素の発生は微量であることから、現状、消化タンクのみで、脱硫施設は設けていないが、IWK としては、バイオガス発電等の活用を目指した研究開発も実施しているところである。また、ランガット下水処理場ならびに我が国の草の根事業に参画していた東京下水道サービス (TGS) を訪問し、消化発電における脱硫剤としての阿蘇リモナイトの利用可能性についてヒアリングを行った。現在、建設中の汚泥消化発電施設は生物脱硫（湿式）というこ

とであり、乾式で活用される阿蘇リモナイトの採用はできないとのことであった。マレーシアでは、このように生物脱硫が一般的に普及している。生物脱硫は、ろ材や微生物のパフォーマンスを適切に調整する必要があるが、実際には運転管理が適切でなく、脱硫のパフォーマンスが低い。しかしながら、発電側で硫黄分が残留していても高い発電効率を得られるタービンが導入されているため、ある程度の脱硫パフォーマンスが低くても許容されているという状況がある。したがって、阿蘇リモナイトによる乾式脱硫のほうがコストパフォーマンスがよいのであれば、バイオガス発電の脱硫剤としてのほうが大きな需要の可能性はある。その際には使用済の阿蘇リモナイトのリサイクルと、そのリサイクル後の硫黄分の排水処理の対応が必要となる。

(ネット販売)

阿蘇リモナイトの成分である水酸化第二鉄は排水の脱色・脱硫のみならず、様々なガスや有害物質との結合が高く、その吸着力をあらゆる分野で発揮する。また、バランスよく含まれているカルシウムやマグネシウムといったマルチミネラルは、健康補助食品(サプリメント)としても有効である。第11次現地調査時に訪問をしたJETROからは、阿蘇リモナイトをサプリメントとして販売することのご提案をいただき、マレーシアでネット販売の事業展開を行っているE社を訪問した。E社はマレーシアの高所得者向けに、サプリメントや化粧品等、飛行機で輸入できるものを取り扱っており、この数年で売上を急激に伸ばしている。マレーシアにおける阿蘇リモナイトのサプリメントとしての大きな需要が見込まれるとのことから、吸着剤/脱硫剤としての阿蘇リモナイトに加えて、サプリメントとしての阿蘇リモナイトの販売が期待できる。

活動3-2. 吸着剤として使用済のケナフ及び阿蘇リモナイトのリサイクル(肥料・飼料精製及び販売)の可能性を調査・分析する。

使用済のケナフ及び阿蘇リモナイトのリサイクルについては、カウンターパートであるKPSB並びにLKTNから高い関心と期待が示されている。KPSBのパーム油工場では、処理施設に溜まった汚泥を土壌改良剤として再利用しており、汚泥を含めた使用済ケナフと阿蘇リモナイトの有効性を確認してほしいとの要望も出された。

そのため、使用済のケナフ及び阿蘇リモナイトのリサイクルの可能性の調査・分析を行った。

①使用済みのケナフ及び阿蘇リモナイト、汚泥の成分分析

吸着剤としてのケナフと阿蘇リモナイトの交換の際に出た使用済みのケナフ及び阿蘇リモナイト及び汚泥の成分分析を行い、重金属が含まれていないか等の確認を行った。

第8次現地調査(2018年12月)にて、使用済阿蘇リモナイト、ケナフ、汚泥の肥料化検討のための各サンプルを採取し、窒素全量、リン全量、カリ全量、砒素、カドミウム、水

銀、ニッケル、クロム、鉛についての成分分析を行った。

成分分析結果から次の点が示された。

- ・使用済み阿蘇リモナイト、ケナフ、汚泥に含まれる重金属の量は、日本における肥料の許容値より十分に小さい値であり、肥料としての使用に問題はない。
- ・肥料として使用する場合、チッソ、リン、カリの含有量は1%程度以上が目安であるが、阿蘇リモナイトとケナフはチッソ肥料と同等の窒素を含んでいる。
- ・汚泥については、チッソ、リン、カリの含有量はそれ程高くない。

よって、成分からみた場合、使用済み阿蘇リモナイト、ケナフは肥料、特にチッソ肥料として使用することができる。また、汚泥は肥料としての効果はそれ程大きくないが、土壌改良剤としては十分に使用できることを確認した。

表 3.26 使用済み阿蘇リモナイト、ケナフ、汚泥の成分分析結果

項目		単位	分析結果			許容値
			リモナイト	ケナフ	汚泥	
成分	チッソ全量	%	2.43	1.68	0.13	-
	リン全量	%	0.60	0.07	0.12	-
	カリ全量	%	0.12	0.11	0.24	-
有害物質	砒素	mg/kg	ND(<0.01)	ND(<0.01)	ND(<0.01)	50
	カドミウム	mg/kg	ND(<0.01)	ND(<0.01)	ND(<0.01)	5
	水銀	mg/kg	ND(<0.01)	ND(<0.01)	ND(<0.01)	2
	ニッケル	mg/kg	0.64	0.56	0.68	300
	クロム	mg/kg	0.9	ND(<0.01)	6.35	500
	鉛	mg/kg	ND(<0.01)	ND(<0.01)	10.2	100

注. 許容値:「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」農林水産省告示第1985号H24.8.8

資料: JICA 調査団作成





阿蘇リモナイト

ケナフ

資料：JICA 調査団作成

図 3.32 使用済み阿蘇リモナイト、ケナフ、汚泥

②リサイクルの可能性

本処理施設から発生する使用済み阿蘇リモナイト、ケナフ、汚泥は、以下の理由からリサイクルの可能性は非常に高い。

- ・パーム油業界では、製品認証（マレーシアパーム油認証：MSPO）にみられるように、自然環境への配慮等の持続可能性への対応をしていることが求められている。
- ・KPSB としても、排水処理の高度化とともに、汚泥を有効利用することが会社の CSR になり、かつパーム油の価格にも反映されるので、積極的に汚泥を回収し、肥料として使う方針である（第 12 次現地調査 2019 年 6 月）。
- ・本実証施設から発生する使用済み阿蘇リモナイト、ケナフ、汚泥も、KPSB 内でリサイクルする方針である。
- ・前項に示したように、使用済み阿蘇リモナイト、ケナフ、汚泥は有害物質を含まないこと、特に、阿蘇リモナイト、ケナフはチッソ肥料としての成分を含んでいることから、肥料として積極的に活用できる。

また、パーム油工場やパーム栽培地での企業内でのリサイクルの他に、マレーシア農業省では食品の安全性を高める第一歩として農薬や化学肥料を使用しない堆肥を利用した減農薬栽培推進に取り組んでいる状況にあり、マレーシア国で食品系廃棄物の堆肥化に係る

案件化調査を実施している T 株式会社との面談を行い、連携を図った。

活動 3-3. 現地ビジネスパートナー (Limonite Malaysia) と具体的な営業方針を確認し、資機材調達方法及び販売方法等について確認する。

これまでの実証施設での成果ならびに、脱色・脱臭剤、脱硫剤としての阿蘇リモナイトの活用方法について、現地ビジネスパートナーであるリモナイトマレーシア (Limonite Malaysia) との情報共有、今後の営業方針の確認を継続して行った。これらの営業展開において、リモナイトマレーシアが積極的に関与することも確認した。

排水処理のエンジニアリング、資機材調達については、現地協力会社と協力し、コーディネーター、販売拡販、技術 PR を担うものとし、日本リモナイトも営業・技術支援をするものとした。

活動 3-4. 事業展開におけるコスト分析、リスク分析、法規制等を確認する。

2019 年 2 月に JETRO マレーシアにヒアリングを行ったところ、現地法人、JV の設立については、日本での設立より難しく、長期契約等のコミットメントがないと事業として成立し難いとのアドバイスをいただいた。会社を設立する場合、簡単には撤退することもできないこともあり、当初はリモナイトマレーシアと連携し、日本からの輸出（日本リモナイトは阿蘇リモナイトの素材提供）といったリスクの低い手順を踏み、受注動向をみながら進めるものとした。事業展開に係るコストとしては、設備投資に係るコストは発生しないことより資金的なリスクは小さく、当初はリモナイトマレーシア、現地協力企業への営業・技術支援の費用を主に想定するものとした。

活動 3-5. 販売計画、収支計画、資金計画及び実施体制を検討する。

① 販売計画、収支計画

パーム油工場に限らず、工場からの排水処理システムの受注までは、技術提案、設備仕様の検討、コスト交渉、工場側での内部説明、予算確保、排水処理システムの許認可手続等が必要であり 1 年程度を要する。複数の案件を進めても年間では数案件の受注が当初は現実的である。

よって、販売計画としては、本普及・実証事業において KPSB 工場の拡張情報は得ているが、1 年目は、営業、受注活動の年とし、2 年目以降からの受注を見込むものとし、当初の 3 ヶ年は本格的ビジネス展開に向けた始動期間とした。4, 5 年目でビジネスの本格展開を行い、パーム油工場以外のゴム工場やマレーシア以外のパーム油工場からの受注を目指し、6 年目でビジネスを軌道にのせる。

なお、排水処理施設での阿蘇リモナイトの活用のみならず、脱硫剤やサプリメント等のビジネス展開についても合わせて推進していく方針である。

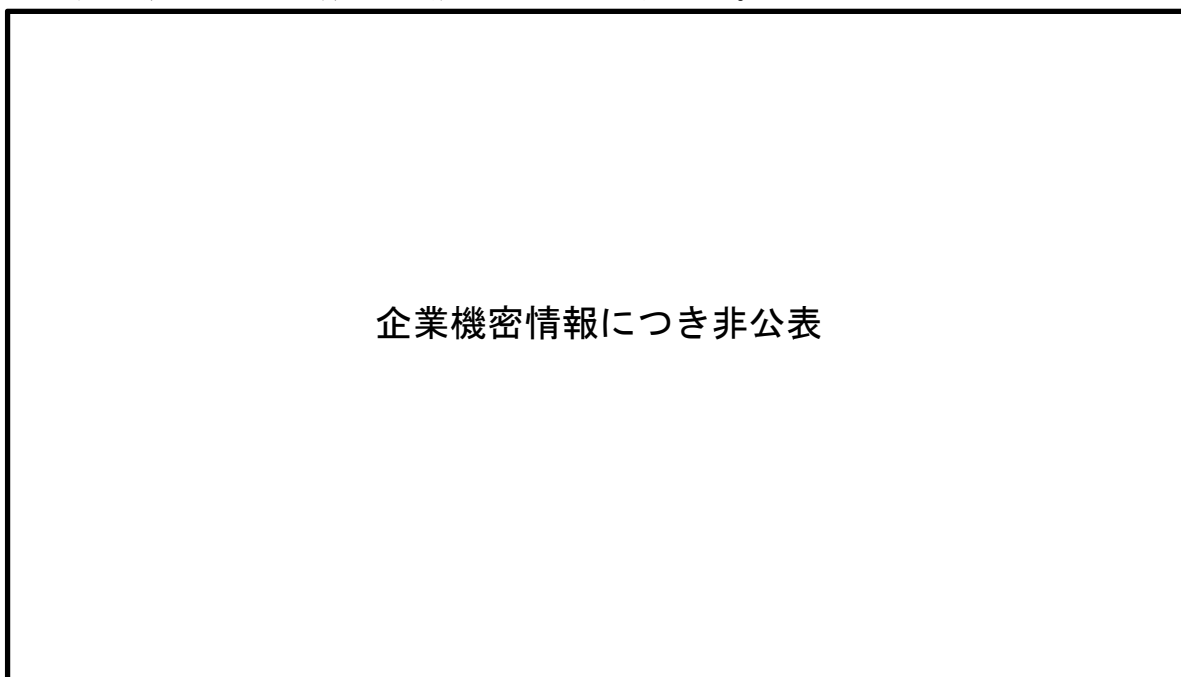
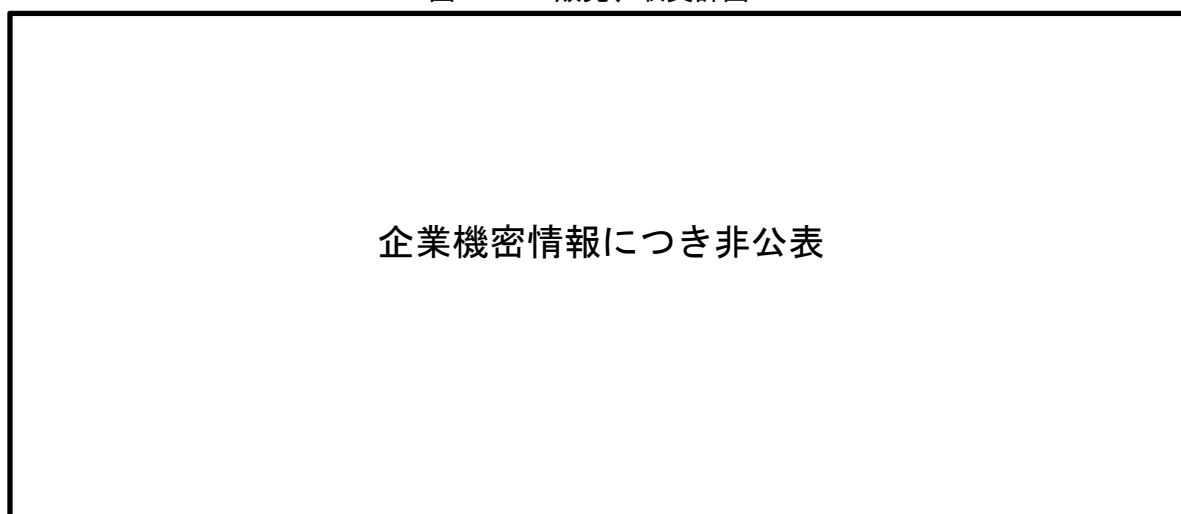


図 3.33 販売、収支計画



② 投資、資金計画

本ビジネスにおける排水処理システムは完全な受注生産品であり、調査・設計は現地協力企業との協業、製造及び設置に関しては現地業者への委託を行う。よって、マレーシアにおいて必要となる新たな投資は、リモナイトマレーシアへの営業・技術面でのサポートのみであり、大規模な設備投資は予定していない。現在、リモナイトマレーシアは阿蘇リモナイトの輸出代行を中心に行っていることから少数であるが、当初は日本から出張ベ

ース営業・技術職員を派遣し支援を行う予定である。このための費用（日本リモナイト職員のマレーシア出張に関わる人件費、旅費等）は、3年後に回収可能と計画している。

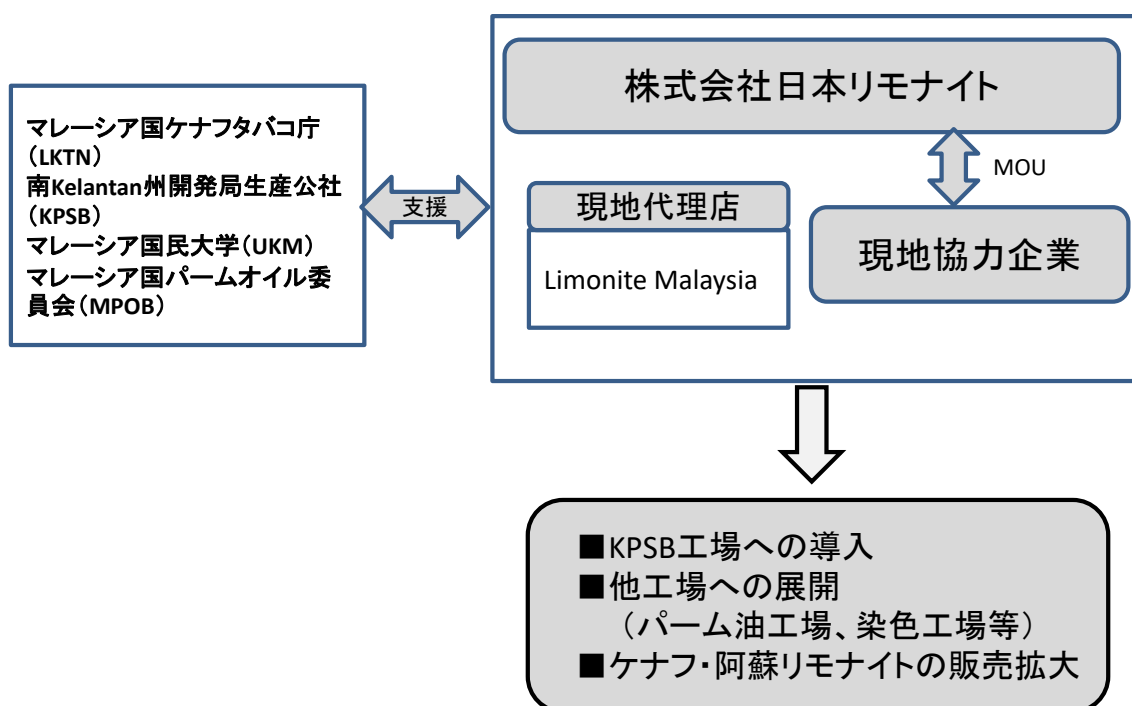
なお、日本における阿蘇リモナイトの生産体制としては、現状で大きな設備投資なしに千t/年の増産が可能であるが、さらなる増産が必要になった場合には、人員を増員することによって対応する予定である。

③実施体制

前述のように、当初の3カ年は本格的ビジネス展開に向けた始動期間とし、4,5年目でビジネスの本格展開を行い、パーム油工場以外のゴム工場やマレーシア以外のパーム油工場からの受注を目指し、6年目でビジネスを軌道にのせる。6年目以降ビジネスが軌道になった段階では日本リモナイトとして排水処理システムのマネージメントができる体制を構築する。

マレーシアでの活動は、マレーシアで長年代理店として営業展開しているリモナイトマレーシアを中心に進め、現地協力企業との提携、協業のもと進め、現地協力企業とはNDA等の基本的な協定を結んでいる。

また、本普及・実証事業のカウンターパート機関であるLKTN、KPSB、研究を委託しているUKM、パーム油工場の監督機関であるMPOBからの協力関係を保持し、協力を得ながら進める。



資料：JICA 調査団作成

図 3.34 ビジネス展開の枠組

活動 3-6. 排水処理装置販売及びリサイクルに係る事業計画を策定する。

排水処理システム販売の事業計画については、活動 3-5 に示した。

リサイクルについては、排水処理システムでは使用した阿蘇リモナイトは肥料として全量リサイクルすることが可能であり、特別の施設は必要としない。なお、脱硫剤については日本からの輸出品のリサイクルを現地で行うには障害も多くあることより、現地委託生産を含めて検討するものとした。

(2) 事業目的の達成状況

本事業の目的であるパーム油産業排水に対して、提案製品により脱色及び脱臭の効果を発現し、実用レベルでの有用性及び優位性を実証するとともに、普及に向けて運営維持管理がシンプルな排水処理モデルを提案することに対して、以下に示すように目的を十分に達成したものとする。

①実証・普及活動

○「成果 1：対象サイトにおいて阿蘇リモナイトを用いた排水処理装置の適用性・有効性が実証される」に関して

- ・ UKM（マレーシア国民大学）において、研究室レベルで阿蘇リモナイト及びケナフによる色度除去の実証活動に必要な情報（阿蘇リモナイト製品の選定、実証施設の規模や付加設備機能（曝気、過酸化水素注入等）、評価手法の選定など）を収集し、排水処理装置の設計内容、実証条件に反映させた。
- ・ パーム油排水を対象とした実証運転の開始からほぼ 12 カ月が経過した 2019 年 3 月末まで、パーム油排水に対する阿蘇リモナイト及びケナフの脱臭、脱色の効果が確認され、BOD 等の処理水質は排水基準値を満足するものとなった。
- ・ 阿蘇リモナイトとケナフの入替を 2018 年 11 月と 2019 年 2 月に行い、実証条件も種々変更して各種条件による処理レベルの分析を加え、設計に必要な諸係数の検討を行った。この結果、阿蘇リモナイトとケナフにより Apparent Colour（見かけの色度）は 2,000Pt-Co から 800 Pt-Co 程度まで除去でき、True Colour（真色度）は 700 Pt-Co から 500 Pt-Co 程度まで除去できることを確認した。
- ・ True Colour に対する除去効果を高めるため、UKM からの助言に基づき H₂O₂、H₂SO₄（pH 調整用）を添加した実証運転を行い、実現場における処理可能レベルとしては True Colour で 300 Pt-Co 程度であることを確認した。
- ・ 技術移転については、日常の保守・点検業務を KPSB 職員で実施しており、2018 年 11 月に KPSB 職員に対し、メンテナンスの技術指導と、6 カ月点検としての実地指導を行った。装置がマレーシア工場でも使用されているポンプ、ブロアーといった通常の機器より構成されていることもあり、運転・管理手法に関する技術移転は完了した。

- ・ UKM とは、実証施設の改善、阿蘇リモナイトの活用の検討を継続して進めており、UKM の Faculty of Science and Technology が主催する Research-Challenge day における Workshop のポスターセッションにおいて、パーム油排水の阿蘇リモナイトによる脱色効果に関するポスターが Gold Award を受賞した。



Gold award

○「成果 2:阿蘇リモナイトを用いた排水処理装置の標準仕様が提案される。」
 に関して

- ・ カウンターパートである LKTN 及び KPSB を対象とした本邦への受け入れ活動を 2018 年 10 月末～11 月初めにかけて行った。ケナフ協会への訪問、下水処理場での阿蘇リモナイトの使用状況や阿蘇リモナイトを原料とした各種製品の工場等を見学、意見交換を行った。
- ・ 実証運転結果をもとに、排水処理システムの構成、配置を検討し、概算費用(建設費、維持管理費)を算定し、標準仕様書(案)を作成し、セミナー等を通じて関係機関に提案した。
- ・ 排水処理装置の設計手法(案)、運転・維持管理マニュアル(案)を作成し、セミナー等を通じて関係機関に提案した。

②ビジネス展開計画

○「成果 3:吸着剤としての使用済みケナフと阿蘇リモナイトのリサイクルも含めたビジネスプランが策定される。」に関して

- ・ 販売計画、収支計画、資金計画、実施体制について検討し、ビジネスプランを策定した。
- ・ KPSB に対し、工場拡張に応じた排水処理システムの構成、配置、概算費用の検討を行い提案した。
- ・ マレーシア商工会議所や IWK、下水処理場、染色工場、ゴム工場等の事業者に対し面談やプレゼン、現場視察を行い、脱臭・脱硫剤としての阿蘇リモナイトの優位性や実績、パーム油排水の脱臭・脱色状況等の紹介を通じて、事業展開先となり得る事業者への普及展開活動を継続している。

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

① 水環境改善(特にパーム油排水対策)

マレーシアではパーム油の生産が増加しており、それに伴い発生する排水による水質汚染が深刻になっている。特に排水の色や臭いに関しては、安価な排水処理システムが普及しておらず、規制基準も無いため、対策が進んでいないのが実情である。本事業によって、パーム油工場からの排水の脱色と脱臭を図ることができ、排水先の水環境の改善に寄与す

る。

② ケナフ産業の振興

現在、マレーシアではケナフは繊維やパルプ材料などに利用されているが、本事業展開を通じたケナフの用途拡大により、マレーシアにおけるケナフ産業の振興が図られる。日本リモナイトでは、ケナフを家畜飼料等他の用途と合わせて行うことも検討しており、相乗効果が期待できる。

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

日本リモナイトは、阿蘇リモナイト採掘後の土地を農地として整備しており、グループ企業の農業法人が古代米や無農薬米などを栽培している。このため、阿蘇リモナイトの生産増大により地域雇用の促進や農業のさらなる活性化が期待できる。

本事業終了後には、マレーシアへの阿蘇リモナイトの輸出を年間1千t目指している（現在の年間生産量は約1千t）。それに伴い、生産体制の構築が必要となり、地域の雇用を生み出すことが可能となる。

また、阿蘇ジオパークを含む阿蘇地域には、外国人観光客も含めて年間約1,700万人の観光客が訪れており、熊本県全体の約30%を占めているが、その観光客をターゲットに阿蘇のブランド化に向けた取組を自治体を中心となった阿蘇ジオパーク推進協議会にて進めている。このように、観光客や自治体からも新たな“阿蘇ブランド”の開発が求められていることから、阿蘇リモナイトを活用した農業関連商品及び、それを活用した農業、畜産関係商品の“阿蘇ブランド”化を行うことで、地域の観光振興に資するよう本事業を活用することができる。

本事業の成果は、日本国内でも問題となっており対策が難しい工場排水（特に染料工場など）や畜産排水の脱色にも活用することができ、環境改善にも貢献できると考える。

(5) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

カウンターパートであるLKTN、KPSBはそれぞれ自立した機関であり、本普及・実証事業後も継続的に連携を図る。本事業で投入した機材の管理についても、以下に示すようにKPSBにおいて適正に管理する体制は整っている。

- ・排水処理装置の運転は2018年4月より開始し、KPSBの工場職員によって日常点検を行っている。日常点検では、毎日、排水処理装置が正常に運転しているかどうか目視によるチェックを行い、点検内容を記録している。
- ・2018年11月にKPSB職員に対し、メンテナンスの技術指導と、6カ月点検としての実地指導を行い、運転・維持管理マニュアル（案）も作成、提供している。装置がマレーシ

ア工場でも使用されているポンプ、ブローアといった通常の機器より構成されていること、KPSB に 6 名の技術者と 4 名の電気技術者、1 名の Professional Engineer (工場管理者) が勤務しており、維持管理体制は十分に整っていることから、排水処理装置の適切な運転管理の継続に問題はない。

- ・排水処理装置の維持管理費用の分担については、実証事業中は、水道/電気代等の維持管理費用の実費は JICA 調査団が負担し、KPSB への装置の移管後は、KPSB が負担することを確認済みである。

(6) 今後の課題と対応策

① 排水規制値

排水規制値は BOD で 100mg/L が全国共通であるが、サバ・サワラク州等では 20mg/L に上乗せ規制されており、色度を含む排水規制の強化が検討されている。しかしながら、排水処理技術の難しさ、コスト的な面から関係者の合意に時間がかかっているものとみられ、規制値強化が遅れている状況にある。

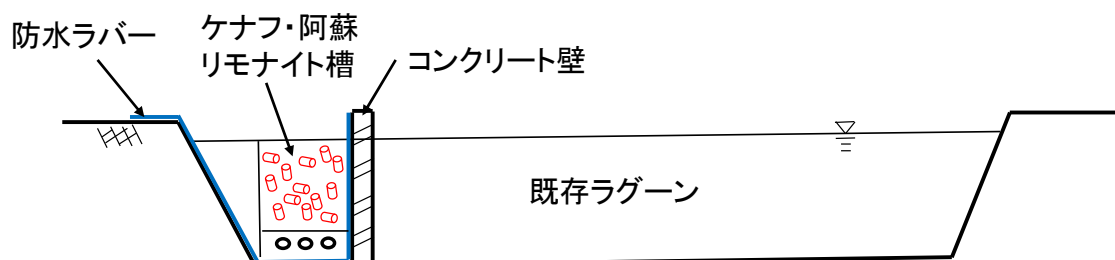
BOD についてはサバ・サワラク州等における上乗せ規制値である 20mg/L が一つの目標となっており、本排水処理システムにおいても、BOD20mg/L を目標水質として提案していく方針である。

脱色については、阿蘇リモナイトとケナフにより True Colour で 500 Pt-Co 程度まで除去可能であるが、マレーシアの規制部局 (MPOB、DOE) の動向の注視を継続する。

② 建設費用、維持管理費用

本普及・実証事業において、概算の建設費用、維持管理費用を算定したが、引き続きコスト削減に向けた検討を進める必要がある。H2O2 の添加はコスト的に厳しいと見られる。

実際のパーム油工場においては、コンクリート構造物を新設するのではなく、既存のラグーンの一角に本排水処理システムを組込むことが可能であることより、ビジネス展開において既存ラグーン池を活用した設計、検討を行い提案していく。



資料：JICA 調査団作成

図 3.35 既存ラグーン池を活用した排水処理システム

③ 本普及・実証事業を元にしたビジネス展開

本普及・実証事業によりパーム油排水を対象とした排水処理装置が運転を開始し、マレーシアにおいて阿蘇リモナイト及びケナフを用いた脱臭、脱色効果等の運転実績を元に、ビジネス展開先への普及・営業活動を効果的に実施することが可能となった。排水処理システムの受注には、提案から採用までの活動を継続させる必要があり、リモナイトマレーシア、現地協力企業との連携により対応する。

ビジネス展開先としては、脱色、脱臭等の排水処理が求められているパーム油工場以外にも、染色工場、ゴム工場等の事業者、脱硫剤としての導入が期待できる下水処理場等があり、これらの分野についても継続的に営業活動を行う。

4. 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

パーム油工場のみならず、市場を幅広く想定した営業展開を通じて、今後のビジネス展開を行う。基本はリモナイトマレーシアと現地協力企業を軸にし、カンターパート機関である LKTN、KPSB との協力を得ながら進める。KPSB は工場拡張を予定しており、その際の排水処理施設拡張に本施設の採用を働きかける。また、阿蘇リモナイトの有する幅広い能力を活用し、UKM 等と協力した事業展開を推進する。

また、阿蘇リモナイトの排水処理施設での活用のみならず、脱硫剤やサプリメント等のビジネス展開の可能性があることから、これらのビジネス展開についても合わせて進めていく方針である。

① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

(パーム油工場)

マレーシアの国内のパーム油工場は 450 ほどあり、大手資本 (FELDA、SIME DARBY 等) と独立資本によるものがある。排水量は大工場では 500~1,000m³/日であり、本普及・実証事業の対照とした KPSB の工場では 720m³/日(拡張計画では約 1,000m³/日)である。

排水処理方式はラグーン方式(酸化池+嫌気池+好気池)がほとんどで、十分なラグーン容量が取れていないこともあり処理のレベルは高くない。排水規制値は BOD で 100mg/L が全国共通であるが、サバ・サワラク州等では 20mg/L に上乗せ規制されており、色度を含む排水規制の強化が検討されている。

また、パーム油の製品認証 MSPO に見られるように、企業の CSR とともに環境に配慮することがパーム油価格にも反映されることより、企業の排水処理の高度化とリサイクルへの要望は高いものがあり、パーム油の排水処理高度化の市場は大きい。

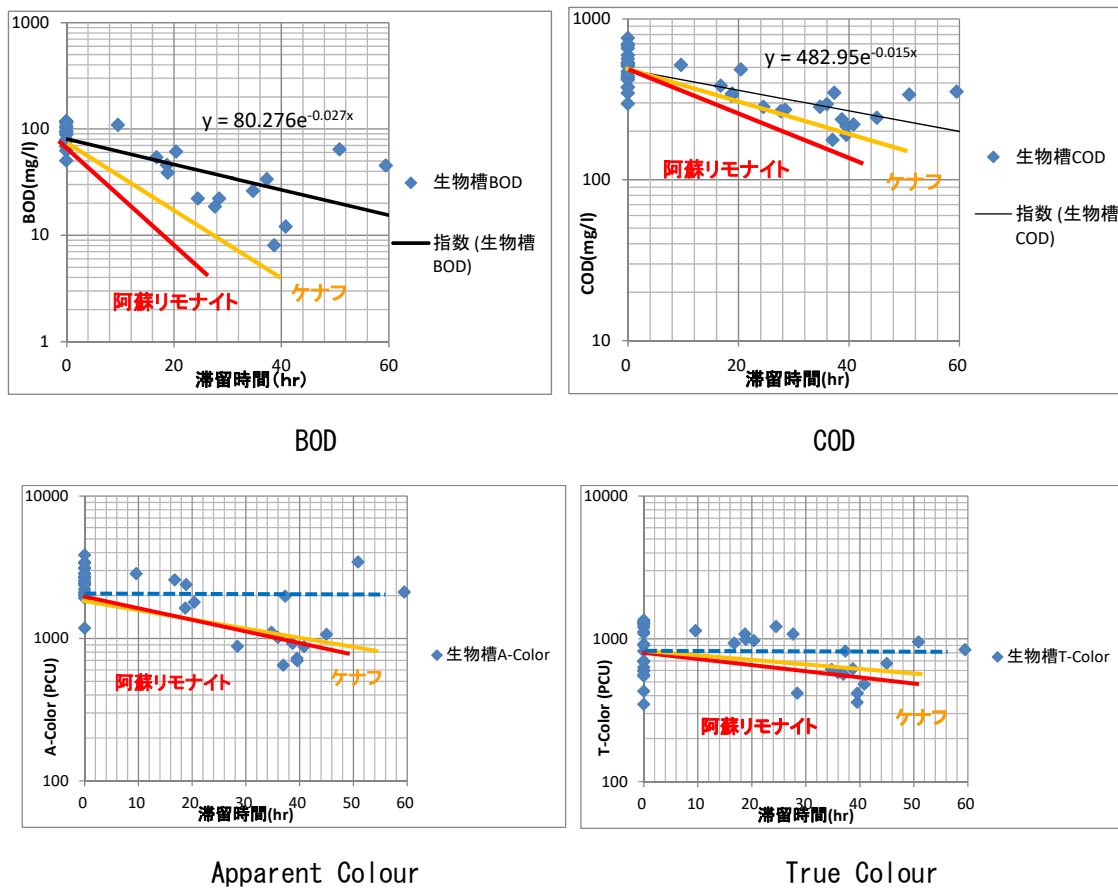
MPOB 等では排水処理の高度化調査を実施してきており、生物処理（活性汚泥法、膜処理）、活性炭といった処理法が検討されている。

本普及・実証事業によるケナフと阿蘇リモナイトを用いた処理法は、生物処理、活性炭と比較して以下に示す有利性があり、有力な技術であるといえる。

ア) 生物処理との比較

パーム油排水は難生物分解性の成分を多く含むことから、生物処理に時間がかかる。通常の生物処理とケナフ、阿蘇リモナイトを使用した場合の差を示すために、滞留時間と処理水質の関係を次図に示した。生物処理のデータは本普及・実証事業で前処理として使用した接触酸化槽（接触酸化法）のデータを用いた。

図に示されるように、阿蘇リモナイトの処理効率が最も良く、ケナフの処理効率も接触酸化法より良い。処理効率が良いと施設面積が小さくなり、曝気に要する設備、電気代も節減できることが本処理法のセールスポイントである。



資料：JICA 調査団作成

図 4.1 生物処理とケナフ、阿蘇リモナイト処理の比較

表 4.1 生物処理とケナフ、阿蘇リモナイト処理の浄化係数の比較

項目	浄化係数(k:1/hr)		
	ケナフ	阿蘇リモナイト	生物処理
BOD	-0.073	-0.108	-0.027
COD	-0.021	-0.025	-0.015
Apparent Colour	-0.018	-0.019	—
True Colour	-0.007	-0.010	—

資料：JICA 調査団作成

イ) 活性炭との比較

脱臭・脱色材として活性炭が競合製品としてあげられる。ケナフは活性炭に比較してコスト的に明らかに安価であることから、比較的価格の高い阿蘇リモナイトと活性炭の比較を次表に示す。

活性炭は近年工業用として阿蘇リモナイトより安価になっているが、取替頻度が阿蘇リモナイトと比較して多いため、結果的に価格は阿蘇リモナイトより高くなる。また、MPOBのヒアリングでは廃棄物としての処理やリサイクルする場合でも副産物の処理が必要となることより、天然の素材でリサイクルできることが阿蘇リモナイトの大きな利点であるとのコメントを得ており、ケナフ、阿蘇リモナイトとも、天然素材でリサイクルできることが、大きなセールスポイントである。

表 4.2 活性炭と阿蘇リモナイトの比較

企業機密情報につき非公表

(ゴム工場、染色工場)

パーム油工場と同様に、BOD、COD、色度といった排水処理の課題を抱えている工場として、ゴム工場、染色工場がある。

ゴム工場については、工場も大規模で数も多いことよりパーム油工場と同様のマーケット規模がある。UKM がゴム工場との繋がりがあり、本調査団でゴム工場との面談も行っており、パーム油工場の次のターゲットとする。

染色工場はコタバル州に多いが小規模な工場が多い。UKM の協力のもと染色排水に対する脱色効果を確認したが、pH 調整だけでも脱色効果がある場合もある。阿蘇リモナイトの優位性を見極める必要があることより、パーム油工場、ゴム工場の次のターゲットとして位置づける。

(脱硫剤)

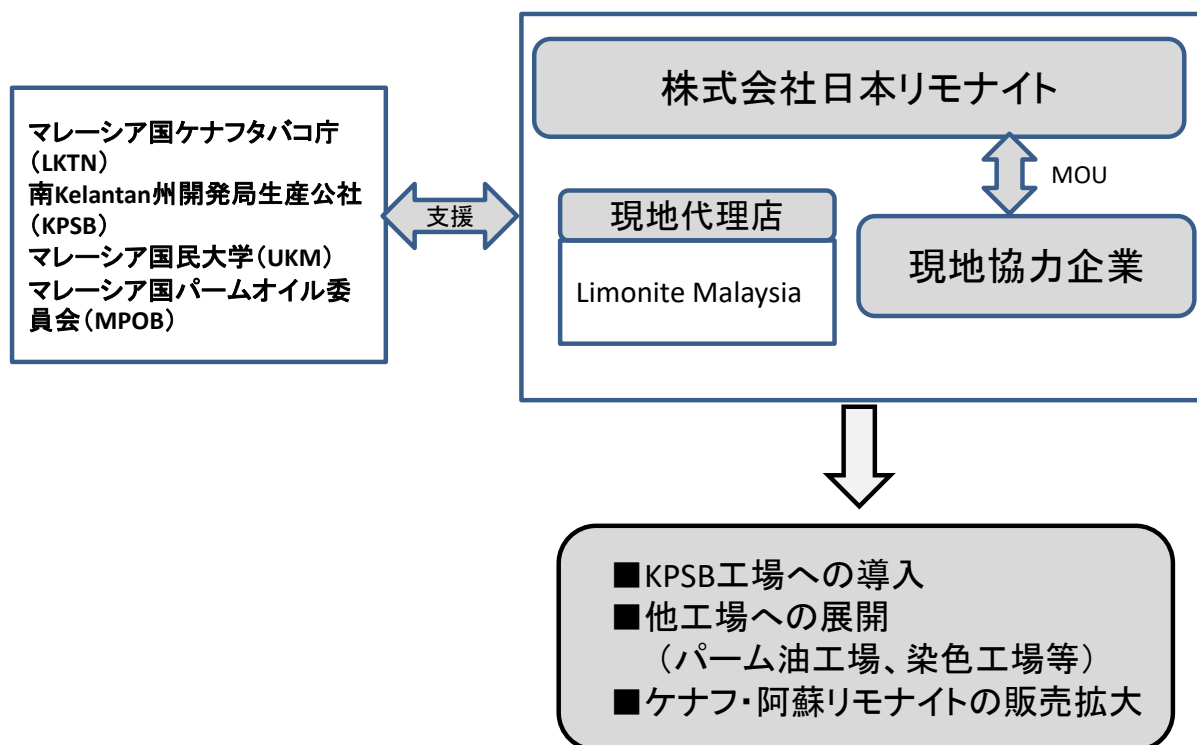
阿蘇リモナイトは日本において脱硫剤として下水道分野でのシェアが高い。マレーシアの下水処理場では湿式の生物脱硫が採用される傾向にあり、乾式の阿蘇リモナイトの採用は難しいとのことであったが、パーム油を利用したバイオ発電における需要がある。

② ビジネス展開の仕組み

日本リモナイトは阿蘇リモナイトを主製品とした素材提供を主とした企業であり、現時点では排水処理システム全体をコーディネートする体制は整っていない。このため、マレ

一シアでのビジネス展開においては現地企業と連携して進めることが効率的であり、現地企業との提携、協力のもと進める。営業展開については、現地代理店であるリモナイトマレーシアが長年活動してきており、リモナイトマレーシアを中心に進めることができる。

また、本普及・実証事業のカウンターパート機関である LKTN、KPSB、研究を委託している UKM、パーム油工場の監督機関である MPOB からの協力関係を保持し、協力を得ながら進める。



資料：JICA 調査団作成

図 4.2 ビジネス展開の枠組（再掲）

・リモナイトマレーシア（クアラルンプール）

リモナイトマレーシアは現地設立以来 10 年近く経過し、幅広い営業活動を行ってきている。パーム油工場の多いインドネシアでの営業経験も豊富であり、本普及・実証事業のビジネス展開における営業、受注活動の核として位置づける。

また、本ビジネスにおける排水処理システムは完全な受注生産品となることから、調査・設計は日本国内または現地協力企業との協業により実施し、製造及び設置に関しては現地業者への委託を行う。これらのコーディネートと排水処理に利用するケナフを調達し、阿蘇リモナイトとともに販売を行うことも、日本リモナイト代理店のリモナイトマレーシアの大きな役割である。このため、リモナイトマレーシアの人材育成についても、ビジネス展開において実施する。

- ・現地協力企業

日本リモナイトは阿蘇リモナイトの素材を当初提供することを想定しており、排水処理システム全体をマネジメントできる現地協力企業との連携を想定している。現時点では、マレーシア、東南アジアでの経験が豊富な K 社を候補としており、NDA 等の基本的な協定を結んでいる。

脱硫剤についてはマレーシア国内での委託生産も可能であり、この場合 MOU を結んでビジネス展開を進める。

なお、ネット販売では、E 社と連携を図っている。

- ・LKTN

LKTN はケナフの拡販を事業目的としており、ケナフの安定的提供先として連携する。

- ・KPSB

本普及・実証事業で実証施設を設置した KPSB では、工場拡張を予定しており、排水施設の拡張も検討している。本普及・実証事業において、KPSB の拡張を想定して 1,000m³/日規模の排水施設の概略検討を提案しており、第 1 号案件として KPSB への導入を図る。

- ・UKM

UKM は Gold Award を受賞（2019 年 1 月）する等の成果を得ている。また、ゴム手袋工場の排水に対して、UKM が今回の調査成果を活用した排水処理の調査研究への企画提案も行っている。日本リモナイトとしても UKM に対する支援を行う予定であるとともに、ゴム工場排水処理施設への販路にもつながることから、引き続き、連携を進めることで事業の推進を目指す。

③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

想定するビジネス展開の計画・スケジュールとして、当初の 3 年間でリモナイトマレーシア、現地協力企業と協業することによりビジネスの体制を整え、営業活動を受注に結び付けることにより、4 年目以降の本格展開に繋げる。本格展開の段階では、日本リモナイトとしても排水処理システムのマネジメントができる体制を整えビジネスを軌道に乗せる。

表 4.3 想定するビジネス展開の計画・スケジュール

<p>企業機密情報につき非公表</p>

表 4.4 販売、収支計画、体制（再掲）

<p>企業機密情報につき非公表</p>

④ ビジネス展開可能性の評価

本ビジネスにおいては、基本的に設備投資は必要としないことから資金的な負担は小さく、資金的なビジネスリスクは低い。現地代理店（リモナイトマレーシア）、現地協力企業との連携体制もほぼ確立しており、営業、受注、業務執行体制に大きな問題はない。

コストダウンによる受注の確保が必要であるが、ラグーンを利用したコスト縮減、スケ

ールメリットによるコストダウン（ケナフ、阿蘇リモナイト価格、輸送費等）が期待できる。

（２）想定されるリスクと対応

① カントリーリスク（経済情勢、政治情勢）

マレーシアは ODA 卒業移行国となっており、日系企業も約 1,400 社が進出済みであり、カントリーリスクは小さいと考える。しかしながら、多民族社会であり、政府機関はマレー系が多く、製造業は中華系が強い傾向があり民族等のバランスを考慮する必要がある。対策として、現地代理店(リモナイトマレーシア)を活用し、マレーシアの商習慣に沿った事業展開を行うことを考慮し、リスクの検討を進めている。

政権交代により、財政赤字が明らかにされたことで、今後、身の丈の予算にあった政策や公共事業が実施される方向である。パーム油工場の排水処理施設整備に対する影響はそれほど大きくないと想定されるものの、政治／経済情勢が与える影響について、今後注視していく。

② 資材調達リスク

ケナフの供給が長期にわたる異常気象や価格高騰や社会変動により不安定になるリスクが考えられる。対策として、ケナフを管轄している LKTN をカウンターパートとしていることから、供給契約を結ぶ方向で交渉・調整を進める。

阿蘇リモナイト自体は埋蔵量が膨大であり、生産体制も拡充できることから供給に問題はない。

③ ビジネスリスク

パーム油工場からの色度規制の遅延等により、工場における本提案技術の導入も遅延する可能性がある。この点については、DOE ならびに MPOB との情報交換を行うとともに、実証施設における本提案技術の成果を示すことで、今後の調査機関を通じて、導入に向けた支援と連携、協力を継続する方針である。

④ 商品模倣リスク

阿蘇リモナイト自体は、産地によって微妙に構成内容が異なるため商材として模倣できるものではないことから、模倣についてのリスクはない。

(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

本事業で想定している5年後のパーム油排水処理水量は約5,000m³/日で、マレーシア全体のパーム油排水量の約5%の排水処理に寄与する。BOD負荷量で見れば、年間330t/年の除去に貢献し、これは都市下水処理場として2万人の下水を処理していることに相当する。パーム油排水に含まれる色度も5,000m³/dayの排水が、現況の1/5程度の濃さまで処理することに貢献する。

表 4.5 事業化による開発効果

項目	本事業(5カ年)	全体	備考
工場数	5-10	450	
排水量(m ³ /d)	5,000	200,000	
現況排水BOD量(t/年)	365	14,600	200mg/Lとして計算
削減BOD(t/年)	329	-	20mg/Lとして計算

資料：JICA 調査団作成

(4) 本事業から得られた教訓と提言

① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

- ・カウンターパートナーとのM/M(Minutes of Memorandum)を結ぶまでに本事業でも1年近くを要した。事前交渉で好感触を得ていても、実際にM/Mを結ぶにおいては、トップまでの調整が必要であり、時間がかかることを覚悟しておく必要がある。M/Mを結ぶまでの渡航費用等は精算対象外であり、自社負担費用として考慮しておく必要がある。
- ・本事業では、排水処理システムを国内で制作し、現地に設置した。日本製品を使用したことにより、装置の故障等がほとんどなく、安心して事業を進められたメリットがあるが、ブローアの潤滑油の規格品が現地で直ぐに手に入らない等のデメリットもあり、現地調達できるものは現地調達することが望ましい。

② JICA や政府関係機関に向けた提言

- ・海外においてビジネスを開拓し、継続的にビジネス活動を継続し、ビジネスを軌道に乗せるまでには数年以上を要する。普及・実証事業においてビジネスを開拓することができる意義は大きいですが、普及・実証事業後、ビジネス活動を継続し、ビジネスを軌道に乗せるまでの中小企業に対する支援制度、特に資金面での支援制度の充実が望まれる。

英文要約

National Kenaf & Tobacco Board
Kesedar Perkilangan Sdn. Bhd.

Summary Report

Malaysia

Verification Survey with the Private Sector
for Disseminating Japanese Technologies
for Wastewater Treatment System utilizing
the Natural Mineral Limonite and Kenaf

October, 2019

Japan International Cooperation Agency

Japan Limonite Co., Ltd.

1. BACKGROUND

Malaysia has become the second largest palm oil production country, but wastewater from palm oil mills causes environmental problems. Although there are some primary wastewater treatment methods such as lagoon system, there is no effective solution for decolorization and deodorization of wastewater from palm oil mills so far. The treatment methods applied in developed countries require a large amount of equipment investment and cost for operation and maintenance. Many problems related to wastewater treatment for palm oil mills including non-observance of effluent standard are still remaining in Malaysia.

Japan Limonite owns mining right of Limonite which is certified as unique regional natural resource in Kumamoto, Japan. Japan Limonite has been developing the business field related to environment including wastewater treatment system utilizing Limonite's special features over the past 50 years. In year 2010, Japan Limonite established a local agency named Limonite Malaysia Sdn. Bhd. and has conducted the cooperative research with LKTN and UKM on wastewater treatment system utilizing limonite and kenaf to find solutions for environmental problems.

The cooperative research found that the wastewater treatment system utilizing limonite and kenaf especially has a good effect for decolorization and deodorization in spite of simple and low-cost system. The result of the research, the wastewater treatment system utilizing limonite and kenaf is expected to be proposed as an effective solution for decolorization and deodorization.

Accordingly, the survey was planned to conduct to verify the effectiveness and advantages of the water treatment system utilizing limonite and kenaf through the demonstration experiment in a palm oil factory in Malaysia. Eventually, the wastewater treatment system is also expected to contribute to "Pursuing green growth for sustainability and resilience" in Eleventh Malaysia Plan, 2016 - 2020.

2. OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES

(1) Purpose

- To verify the effectiveness and superiority of the wastewater treatment system utilizing limonite and kenaf which have an effect on decolorization and deodorization for wastewater from palm oil mills.
- To propose the wastewater treatment system utilizing limonite and kenaf as the model of simple and low-cost system for operation and maintenance.

(2) Outputs

Output 1: The effectiveness and advantages of wastewater treatment system utilizing limonite and kenaf in target site is verified.

Output 2: The wastewater treatment system utilizing limonite and kenaf is proposed as the standard specification of purification method of the wastewater from palm oil mills in Malaysia.

Output 3: The business plan for sales of wastewater treatment system including recycle business of used limonite and kenaf is formulated.

(3) Activities

i) Activities related to Output 1

Activity 1-1: Confirm the site for installation of wastewater treatment system with Malaysian Implementing Organizations, after confirmation of conditions for water quality, method of land leveling and pipe laying.

Activity 1-2: Clarify the detailed installation method and each roles and responsibilities with Malaysian Implementing Organizations.

Activity 1-3: Survey the treatment conditions (e.g. treatment volume) and water quality (e.g. BOD, COD, pH, TOC, Turbidity, Color, Oil) of effluent water.

Activity 1-4: Optimize the composition of kenaf core fibers and limonite in the laboratory level as regenerative adsorbent composites in continuous adsorption column system in cooperation with UKM (Universiti Kebangsaan Malaysia).

Activity 1-5: Design the wastewater treatment system and adsorbent of limonite and kenaf.

Activity 1-6: Procure the required material and equipment and produce the wastewater treatment system and adsorbent of limonite and kenaf.

Activity 1-7: Transport the produced wastewater treatment system to installation site.

Activity 1-8: Conduct the installation work of wastewater treatment system including land leveling and pipe laying by hiring local contractor.

Activity 1-9: After filling the adsorbent of limonite and kenaf in wastewater treatment system, conduct the flow checking and commissioning of the system.

Activity 1-10: Based on the results of commissioning, regulate the wastewater treatment system.

Activity 1-11: Transfer the technology of operation and maintenance of wastewater treatment system to KPSB (including preparation of manuals as needed).

Activity 1-12: Inspect the water quality of raw and treated water and analyze the effect of treatment.

Activity 1-13: Conduct comparative analysis on the purification effect and the expected

lifetime of adsorbent through gathering the data from several cases of demonstration experiment that change the composition of limonite and kenaf.

Activity 1-14: Clarify the most appropriate composition of limonite and kenaf of wastewater treatment system, and estimate the cost of operation and maintenance the system.

Activity 1-15: Examine the applicability and usefulness of the wastewater treatment system for other palm oil mills.

Activity 1-16: Propose the design manual (draft) for wastewater treatment system including the technology of the most appropriate composition of limonite and kenaf to Malaysian Implementing Organizations (including manual of operation and maintenance).

ii) Activities related to Output 2

Activity 2-1: Confirm the environmental regulation and standard, the policy for wastewater regulation and the budget for environment conservation in Malaysia.

Activity 2-2: Confirm the current situation of wastewater treatment for palm oil mills in Malaysia.

Activity 2-3: Hold the on-site tours for Malaysian Implementing Organizations and related persons at the beginning, middle and end of the demonstration experiment to disseminate the effectiveness and superiority of the proposed wastewater treatment system.

Activity 2-4: Coordinate the activities conducted in Japan for Malaysian Implementing Organizations to see the current situation of wastewater regulation and approach by Japanese private companies.

Activity 2-5: Study the improvement in the policy for wastewater regulation and the incentives to palm oil mills for regulation observance in Malaysia.

Activity 2-6: Based on the design manual (draft), prepare the standard specification (draft) of wastewater treatment system for palm oil mills in coordination with MPOB (Malaysian Palm Oil Board), KPSB and UKM.

Activity 2-7: Hold the seminars on wastewater treatment system for palm oil mills with attendance of LKTN, MPOB, KPSB and UKM.

Activity 2-8: Based on the feedback of the seminar, propose the standard specification (draft) of wastewater treatment system and the framework of effective incentives including regulation and subsidy for dissemination to related authorities.

iii) Activities related to Output 3

Activity 3-1: Confirm the market size related to sale destination (palm oil mills etc.).

Activity 3-2: Study the possibility for recycle of used adsorbent of limonite and kenaf (feed

for livestock and fertilizer).

Activity 3-3: Confirm the business policy including marketing method and procurement of material and equipment together with local business partner.

Activity 3-4: Analyze the cost and risk for business development, and confirm the related law and regulations in Malaysia.

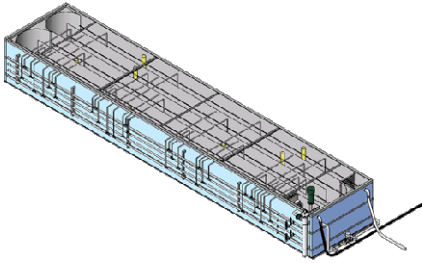

Activity 3-5: Prepare the sales plan, revenue and expenditure plan, funding plan and implementation structure of business.

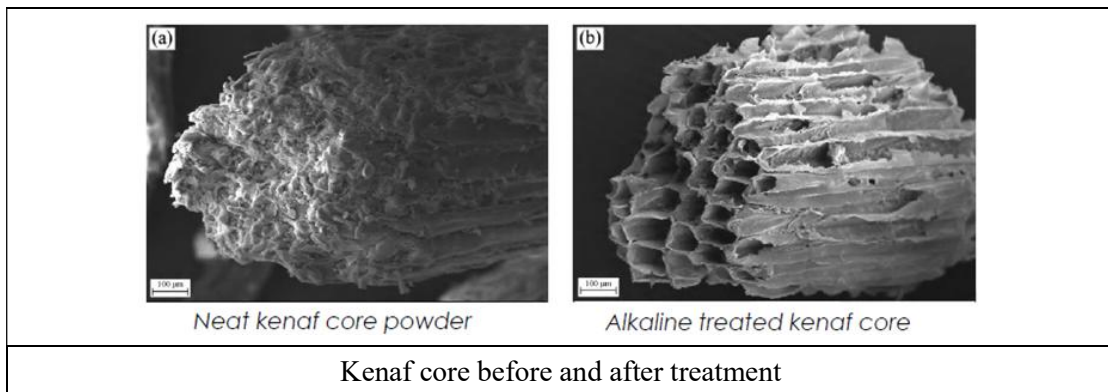
Activity 3-6: Prepare the business plan for sales of wastewater treatment system including recycle business of used adsorbent.

(4) Information of Product/ Technology to be Provided

Wastewater treatment system with decolorization and deodorization materials, kenaf and Aso limonite has following features:

- The system has an effect on decolorization and deodorization for wastewater from palm oil mills, which is one of the environmental issues in Malaysia.
- The system is environmental friendly and low-cost, compared to existing treatment system (e.g. ion-exchanger resin and activated carbon).
- Japanese natural mineral limonite, and Malaysian kenaf whose cultivation is supported by Malaysian industrial policy are applied in the decolorization and deodorization process.
- The system was developed jointly with LKTN and UKM, and selected as “Project of the Year” by Malaysian government.
- Used kenaf can be reused as feed for livestock and fertilizer.

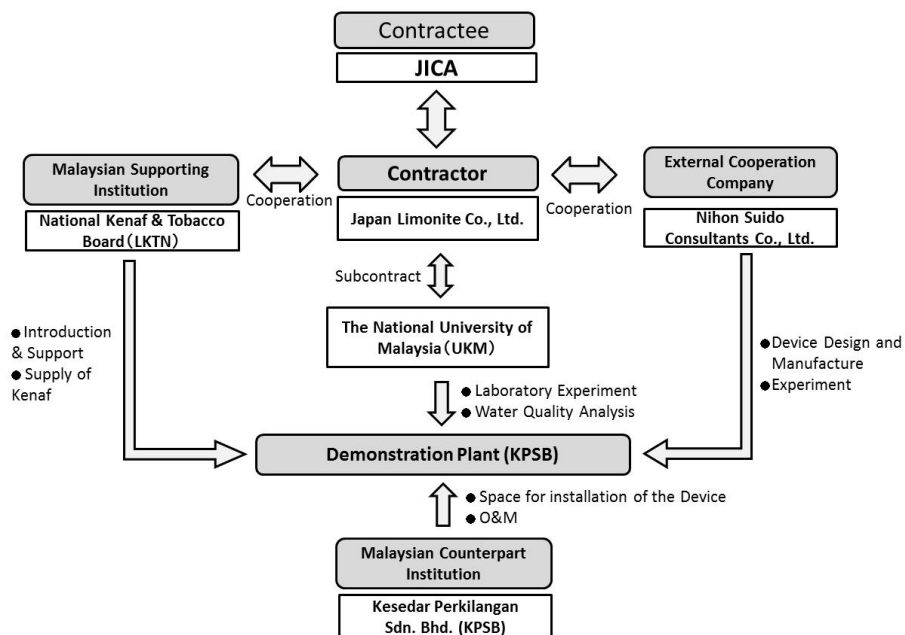
	
Image of the wastewater treatment system (unit type)	Pellets of Aso Limonite



The treatment capacity of the system installed at the palm oil mill owned by KPSB will be 40m³/day.

(5) Counterpart Organization

Malaysian Counterpart Institution: Kesedar Perkilangan Sdn. Bhd. (KPSB)
 Malaysian Supporting Institution: National Kenaf & Tobacco Board (LKTN)



(6) Target Area and Beneficiaries

Target Area: Palm oil mill operated by KPSB in Malaysia
 Beneficiaries: Residents living around palm oil mill of KPSB

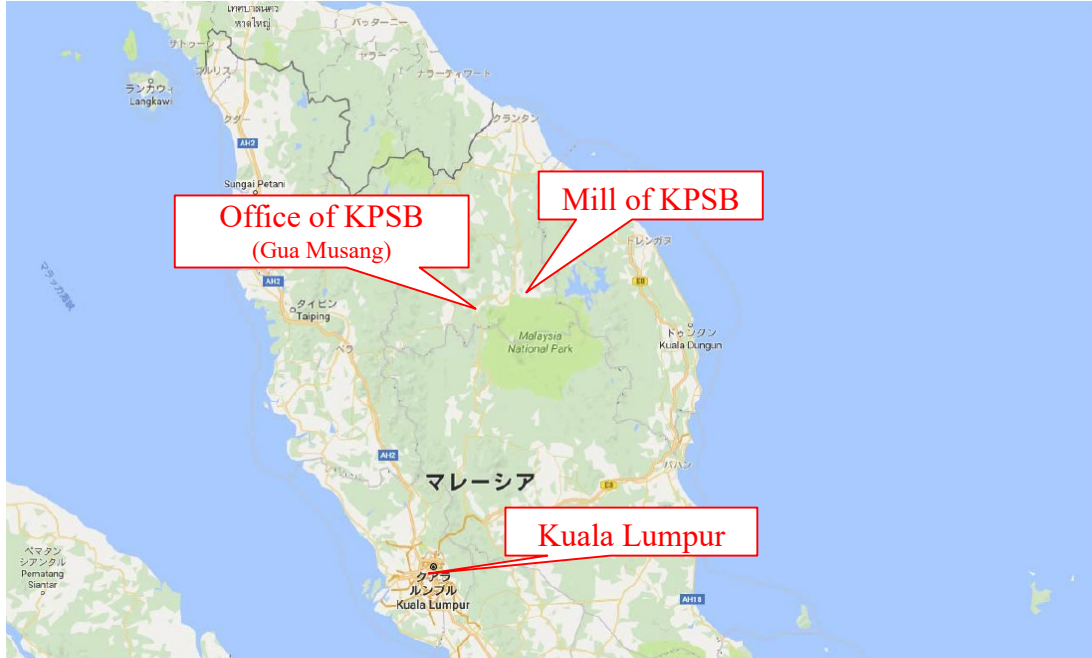
(7) Duration

July 2017 to December 2019 (2 years and 5 months)

3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

(1) Outcomes of the Survey

i) Pilot Testing Site



画像 ©2017 DigitalGlobe、地図データ ©2017 Google 100 m

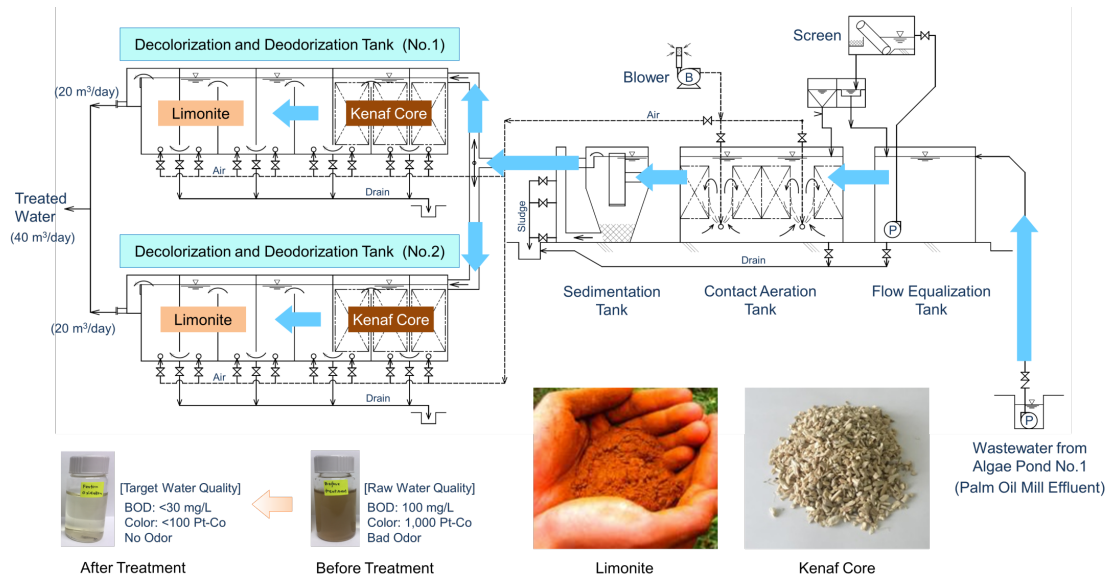
(Source: Google Map)

ii) Existing Treatment Process



- Aerobic Pond is popular treatment system for palm oil mill effluent (POME).
- Brown color is remaining after existing Aerobic Pond Treatment, which can't decolorize POME completely.
- Current standard of BOD for POME is 100mg/L, but some palm oil mills discharge over 500 mg/L.
- Standard will be revised and regulated to 50 mg/L in near future by DoE and MPOB.

iii) Flow Chart of Treatment System for Pilot Testing



iv) Installation of Wastewater Treatment System at Pilot Site

- The installation works for the wastewater treatment system was implemented at pilot testing site of KPSB palm oil mill in March 2018.
- The test operation for the wastewater treatment system was started from the beginning

of April 2018 and the opening ceremony was held on 22nd April, 2018.



Installation Work
(March 2018)



Installed Wastewater Treatment System
(March 2018)



Kenaf installed in the System
(March 2018)



Limonite installed in the System
(March 2018)



Wastewater Treatment System
(April 2018)



Wastewater Treatment System
(April 2018)



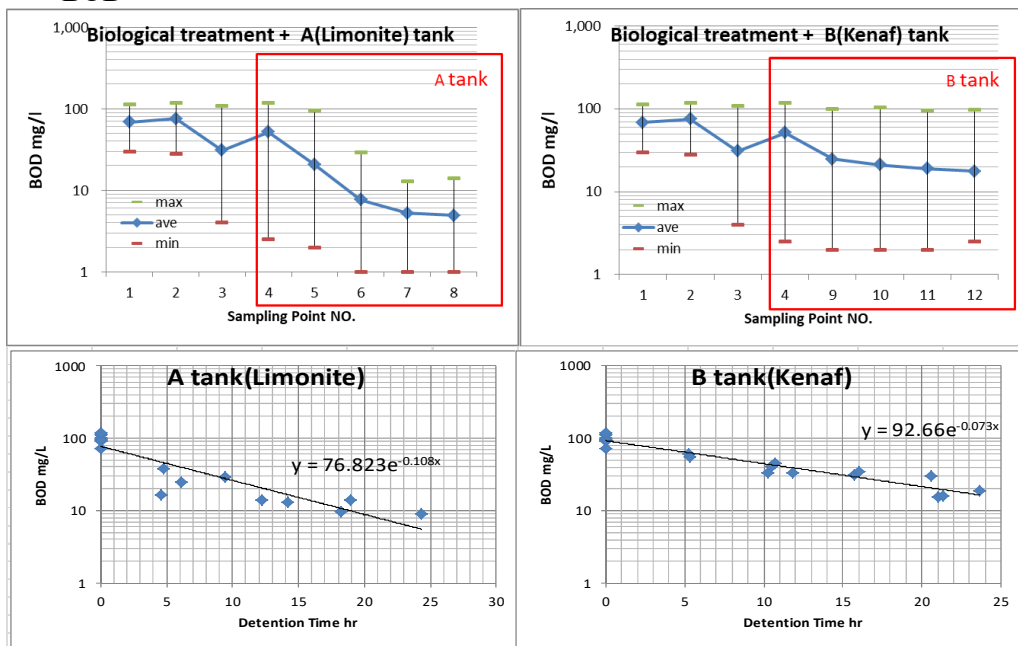
Opening Ceremony
(April 2018)

Opening Ceremony
(April 2018)

v) Treatment Performance

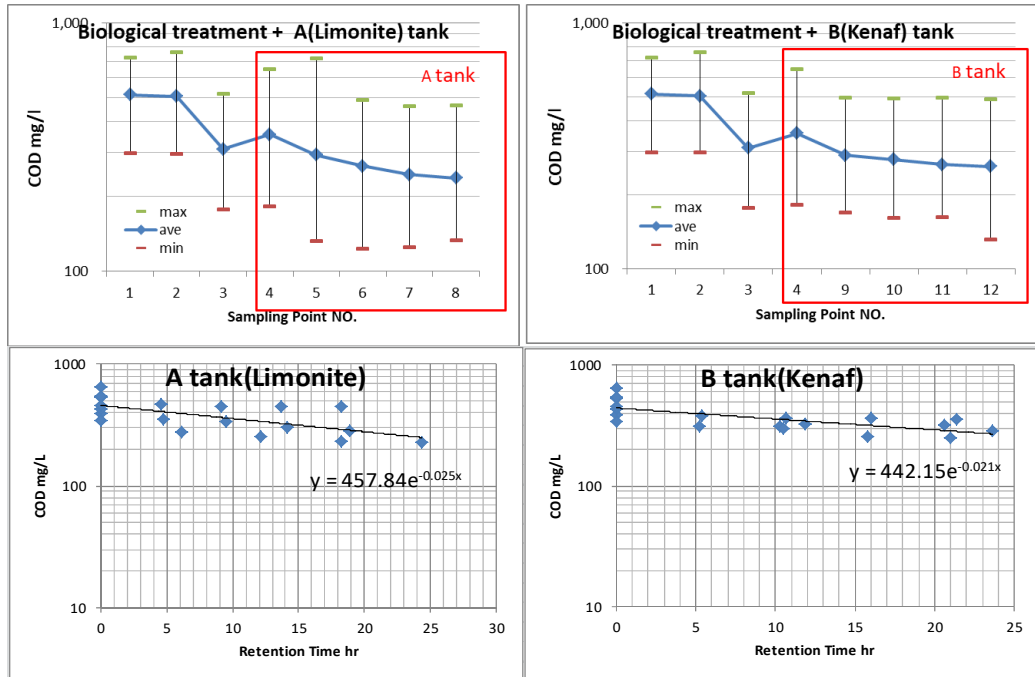
The below figures show the treatment performance of wastewater treatment system installed at pilot testing site of KPSB palm oil mill according to the monitored water quality data from April 2018 to September 2019:

■ BOD



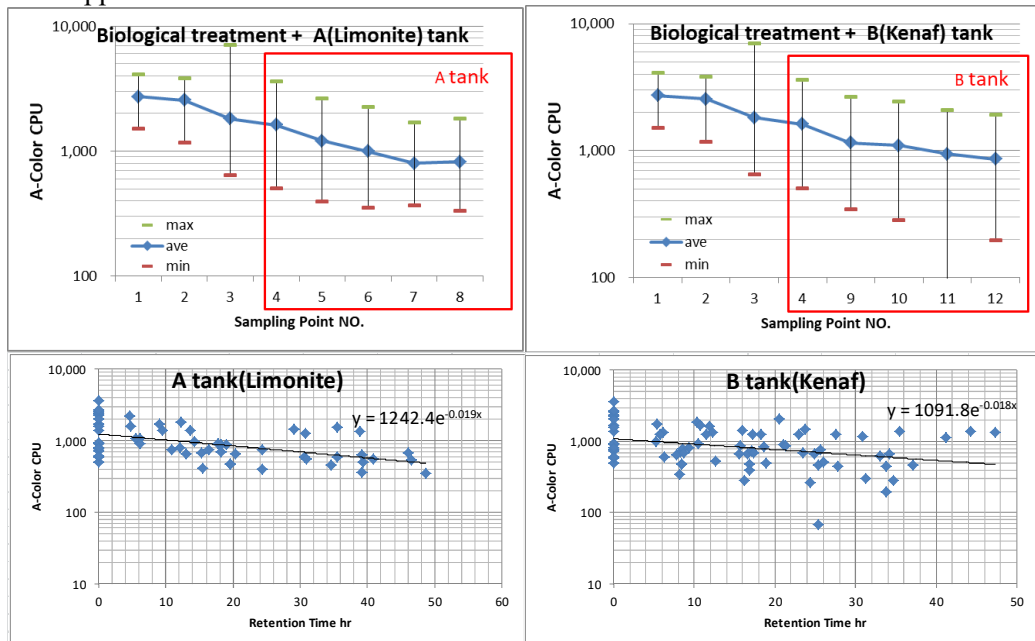
Inflow (mg/L)	Target (mg/L)	Standard (mg/L)	Purification Factor (1/hr)		Required Retention Time (hr)	
			Limonite	Kenaf	Limonite	Kenaf
300	50	100	-0.108	-0.073	16.6	24.5

■ COD



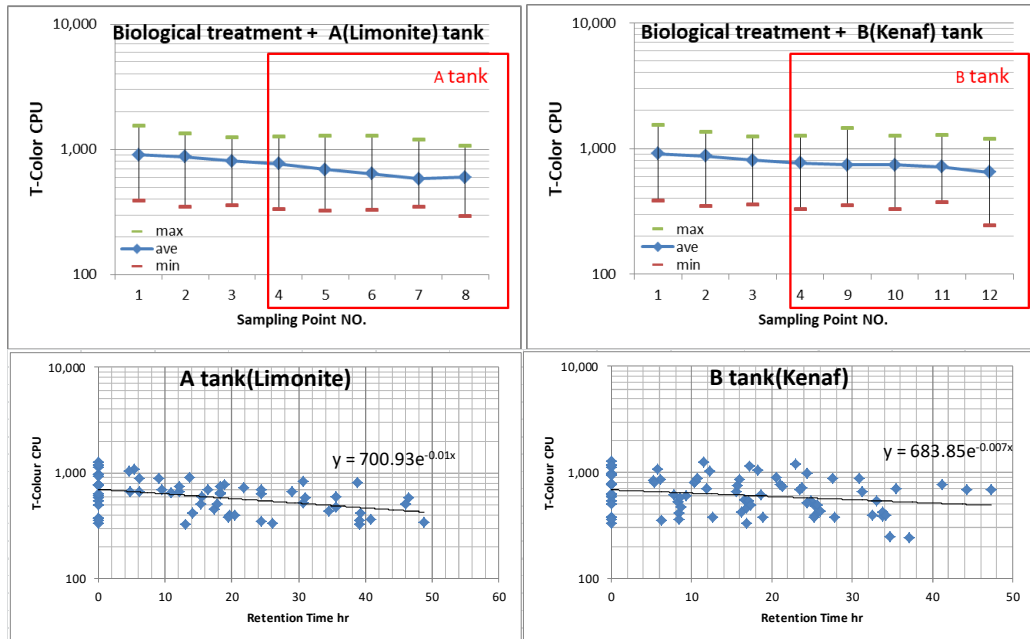
Inflow (mg/L)	Target (mg/L)	Standard (mg/L)	Purification Factor (1/hr)		Required Retention Time (hr)	
			Limonite	Kenaf	Limonite	Kenaf
500	300	—	-0.025	-0.021	20.4	24.3

■ Apparent-Color



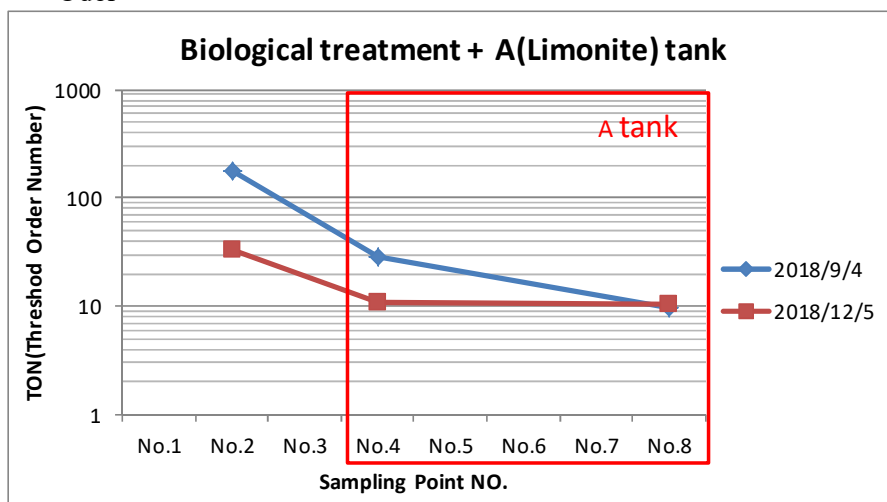
Inflow (PCU)	Target (PCU)	Standard (PCU)	Purification Factor (1/hr)		Required Retention Time (hr)	
			Limonite	Kenaf	Limonite	Kenaf
2000	800	—	-0.019	-0.018	48.2	50.9

■ True-Color

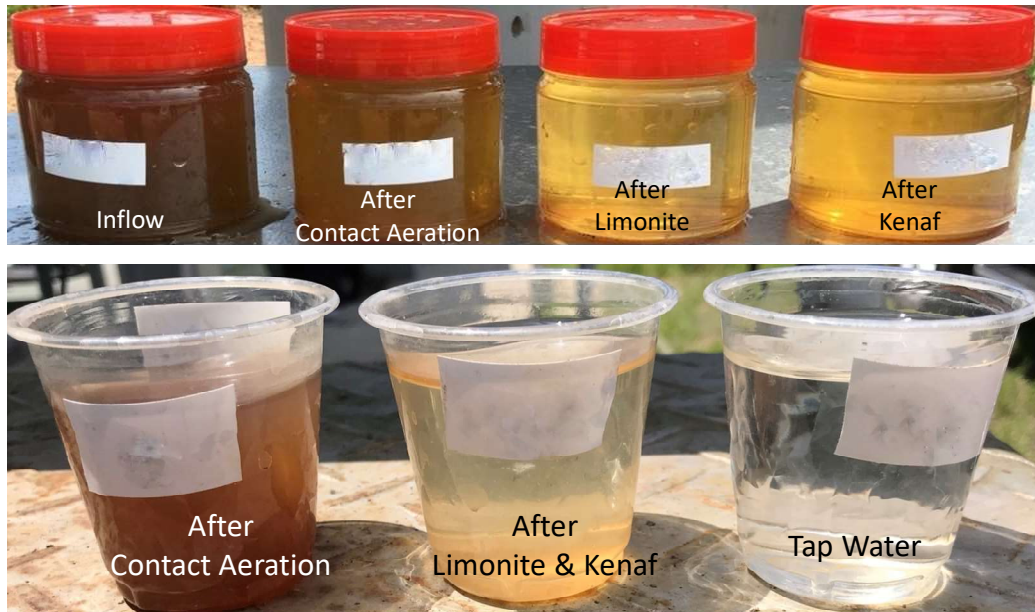


Inflow (PCU)	Target (PCU)	Standard (PCU)	Purification Factor (1/hr)		Required Retention Time (hr)	
			Limonite	Kenaf	Limonite	Kenaf
700	500	—	-0.01	-0.007	33.6	48.1

■ Odor



■ Actual Pictures of Treated Water



vi) Design Volume for Treatment System

The design volume of kenaf and limonite tanks for 100 m³/day of wastewater treatment is shown as below according to the monitored treatment performances. Apparent-Color can be decreased from 2,000 PCU to 800 PCU and True-Color can be decreased from 700 PCU to 500 PCU under 2 days (48 hours) of retention time. BOD, COD and NH₃-N can be also treated well under 8 hours of retention time.

Item	Inflow	Target	Standard	Purification Factor (1/hr)		Required Retention Time (hr)	Design Volume (m ³)		Treated Water Quality	
				Kenaf	Limonite		Kenaf	Limonite		
BOD	mg/l	100	50	100	-0.073	-0.108	9	160	40	2
COD	mg/l	500	300	—	-0.021	-0.025	24			175
NH ₃ -N	mg/l	40	10	150	-0.168	-0.227	8			0
A-Color	PCU	2000	800	—	-0.018	-0.019	48			800
T-Color	PCU	700	500	—	-0.007	-0.01	44			500

- 1) Volume ration of Kenaf tank and Limonite tank is 4:1
- 2) Design Volume is estimated from required volume (retention time)to meet the target quality for all items
- 3) Purification Factor: $C(t) = C(0)*e^{(-kt)}$
- 4) Treated water quality is under retention time of 48 hours

(2) Self-reliant and Continual Activities to be Conducted by Counterpart Organization O&M

The wastewater treatment system installed at KPSB palm oil mill has started the

operation from April 2018 and the regular inspection has been implemented by the appointed workers of KPSB palm oil mill. The regular inspection includes the visual inspection of the treatment system and recording of the inspection results.

The technical guidance for the operation and maintenance of the wastewater treatment system has been implemented in November 2018, August and October 2019 for the appointed workers of KPSB palm oil mill. The manual of operation and maintenance was also prepared and handed over to KPSB. The capacity of KPSB palm oil mill has been developed and fulfilled for the continuous operation and maintenance of the wastewater treatment system.

4. FUTURE PROSPECTS

(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country

The water environment has been deteriorated in Malaysia due to discharged wastewater from palm oil mill. The cost-effective treatment system especially for deodorization and decolorization has not disseminated. The developed wastewater treatment system for palm oil mill effluent can contribute to the improvement of water environment especially for deodorization and decolorization cost-effectively.

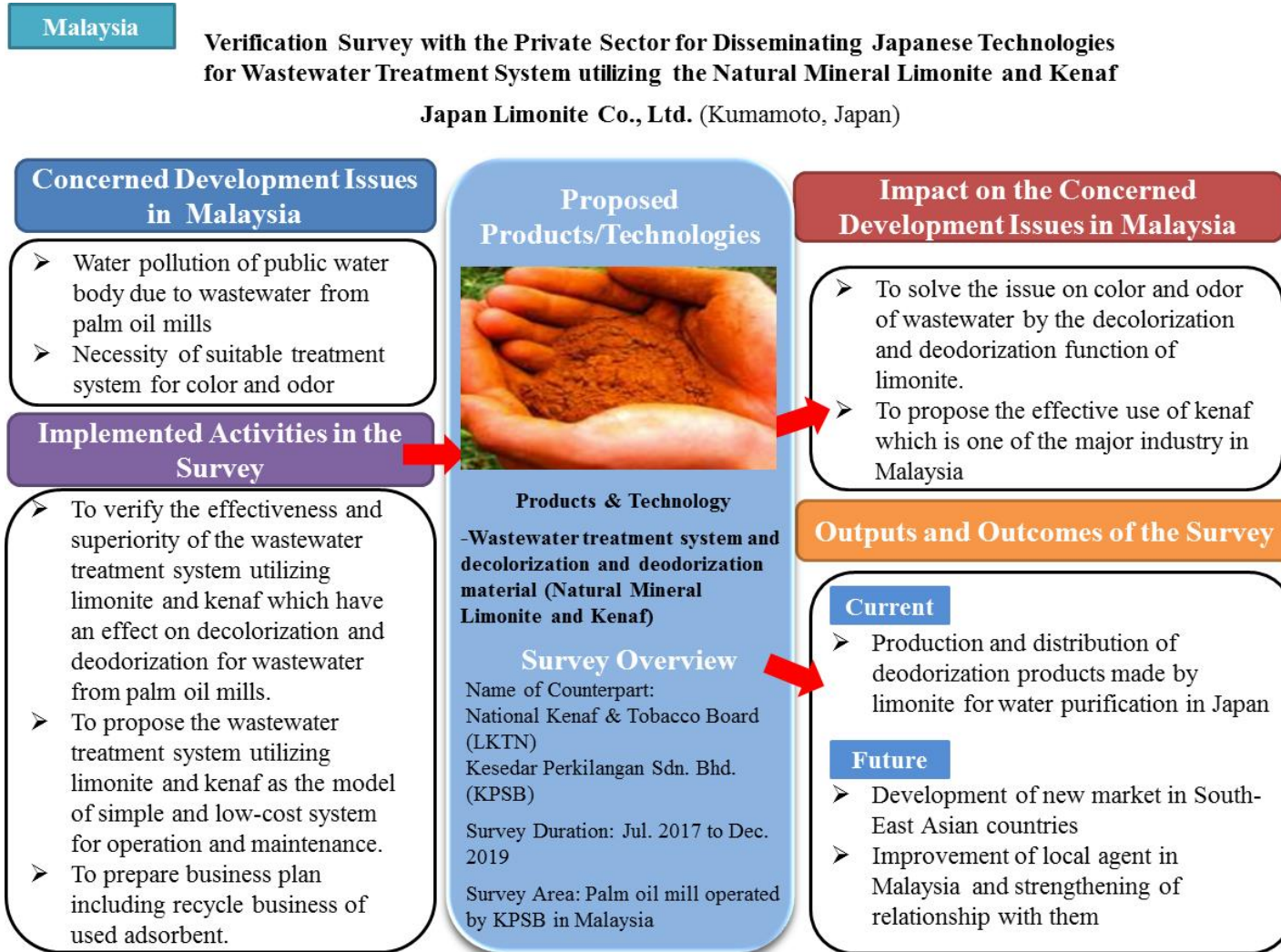
The developed wastewater treatment system for palm oil mill effluent can also contribute to the kenaf industry in Malaysia through the expansion of the use of kenaf.

(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

The periodical maintenance (e.g. addition of oil for blower) and periodical inspection are required for sustainable operation of wastewater treatment system to prevent a sudden malfunction.

The continuous support and collaboration with related authorities would be helpful to develop and expand not only the developed wastewater treatment system of palm oil mill effluent but also other related business for promotion of Limonite in Malaysia.

ATTACHMENT: OUTLINE OF THE SURVEY



添付資料-1 パーム油工場の排水状況と水質

1. 処理方式と規模

KPSB のパーム油排水処理方式は、図のような 8 池のポンドを連結する処理方式を採用しており、各ポンドの流れと容積を図に示した。ポンドの合計容積は 194,900m³ の規模である。

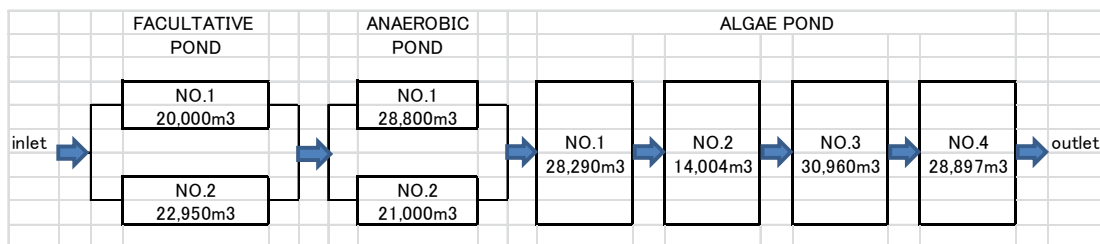


図-1 KPSB パーム油排水処理施設の処理フロー

2. 現状の処理状況

現地調査は 2017 年 8 月 22 日にパーム油排水処理施設の後段部分の ALGAE POND (Aerobic Pond) の NO2、NO3、No.4 (図-2) で実施した。調査分析項目は、色度 (みかけ、真)、TSS、BOD、COD、クロロフィル-a、O&G (油分)、TOC、NH₄-N とした。



(衛星写真の出典：Google Map)

図-2 KPBS ポンドでの水質調査箇所

表-1 KPSB ポンドでの水質調査結果

記号	採水場所	色度 度	真色度 度	TSS mg/L	BOD mg/L	CODcr mg/L	Chl-a mg/L	O&G mg/L	TOC mg/L	NH ₃ -N mg/L
①	第2ポンド	493	247	128	76	191	123	4	65.9	42.2
②	第3ポンド	403	157	81	55	172	85.2	-	47.7	26
③	第4ポンド	400	112	78	49	140	128	5	40.4	9.4
④	流出口	380	104	91	47	124	121	4	47	8.64

注) 記号は図-2 に示した箇所

(1) 色度（見かけの色度）、真色度

色度（見かけ色度）は水に溶存、コロイド状で存在する物質による淡黄色から黄褐色の程度を示すものであり、パーム油排水に起因する水色部分でもある。真色度は0.45 μm 濾紙でろ過した水の色度である。

図-3 より、ポンド処理が進むにつれて濃度低下しており、ポンド内で処理されていることが確認された。また、真色度はみかけ色度より効率的に処理される傾向が示された。これは、ポンド内の微生物によって色度成分が分解除去され、その成分サイズが小さい程分解され易いことを示していることが考えられる。

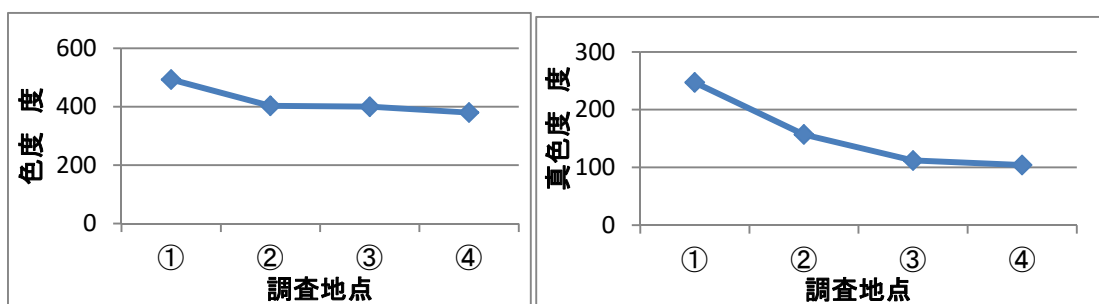


図-3 KPSB ポンド内の色度変化

(2) TSS

TSS は水中に浮遊する物質質量を示すものである。

図より、やや低下傾向が示された。これは、固形物の沈殿作用によるものと推定される。

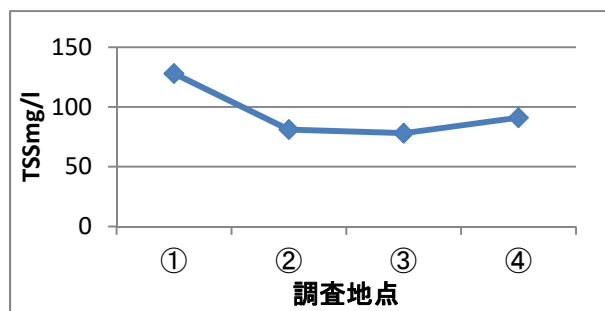


図-4 KPSB ポンド内の TSS 変化

(3) BOD

BOD（生物化学的酸素要求量）は、水中の有機物質が溶存酸素の存在下で生物化学的に安定するために要求する酸素量であり、20 $^{\circ}\text{C}$ で5日間に消費された酸素量を mg/L で示すものである。

図-5 より、ポンド処理が進むにつれて濃度低下しており、ポンド内で処理されていることが確認された。これは、ポンド内の好気性微生物によって有機物質が除去されたことが考えられる。

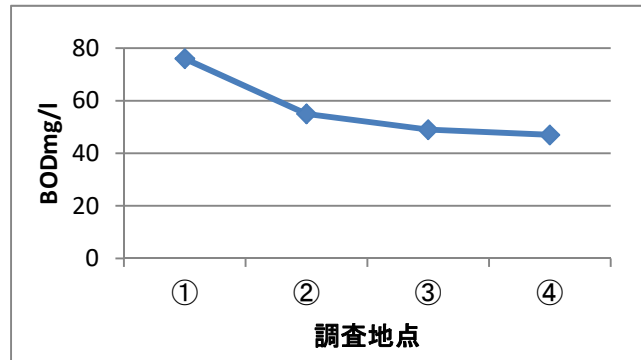


図-5 KPSB ポンド内の BOD 変化

(4) COD

COD（化学的酸素要求量）は、水中の有機物質を酸化剤（重クロム酸カリウム）で化学的に分解した場合に必要な酸素量をmg/Lで示すものである。

図-6 より、BOD と同様にポンド処理が進むにつれて濃度低下しており、ポンド内で処理されていることが確認された。これは、ポンド内の微生物によって有機物質が除去されたことが考えられる。

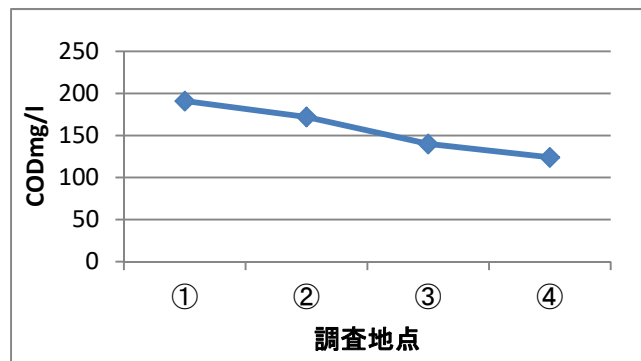


図-6 KPSB ポンド内の BOD 変化

(5) クロロフィル a

クロロフィル a は、植物プランクトン等に含まれる葉緑素系色素の一つで、藻類量を表わしている。

図-7 より、各地点での増減はあるが概ね 80~120 μ g/L 程度の範囲であった。藻類の増殖量は水中の栄養塩類（NP）濃度や滞留時間に影響するが、NP 濃度の変化は少なく、各ポンドでの増殖委程度は同レベルだったことが考えられる。

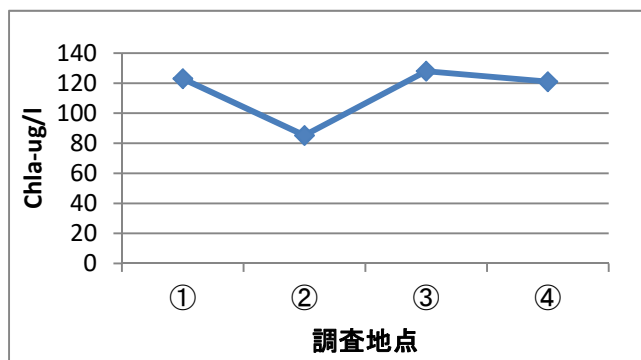


図-7 KPSB ポンド内のクロロフィル a 変化

(6) O&G (油分)

O&G は水中の油脂分量を示すものである。

図-8 より、各箇所 5mg/L 以下と低濃度であり、油分は少ないことが確認された。

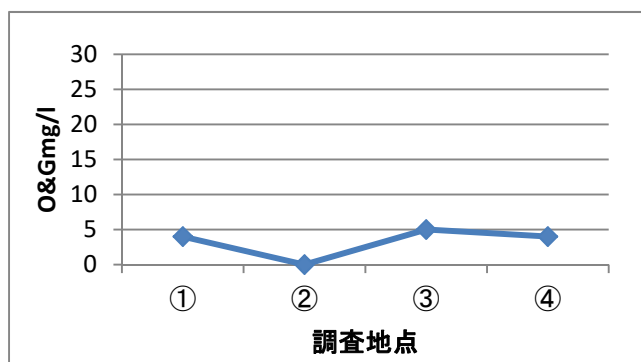


図-8 KPSB ポンド内の O&G 変化

(7) TOC

TOC (有機性炭素) は水中の有機物質中の炭素量を示すものである。

図-9 より、低下傾向にあり BOD や COD と同様に水中の微生物によって有機物量が除去されていることが示された。

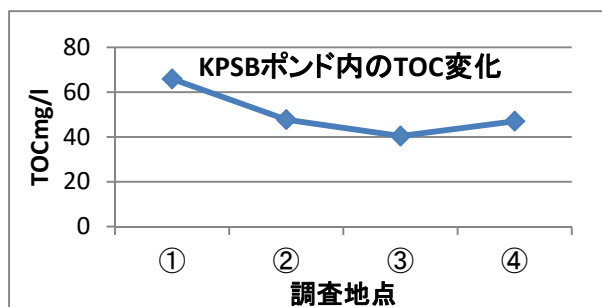


図-9 KPSB ポンド内の TOC 変化

(8) NH₃-N

NH₃-N（アンモニア性窒素）は水中の窒素成分の中のアンモニア又はアンモニウム塩を窒素量で示すものである。窒素成分が分解するとアンモニアが生成し、高濃度の場合にはアンモニア臭が発生する場合もある。

図-10 より、低下しており水中で硝化菌での硝化作用が進んでいることが示された。また、この程度の濃度ではアンモニア臭の発生は無いと考えられる。

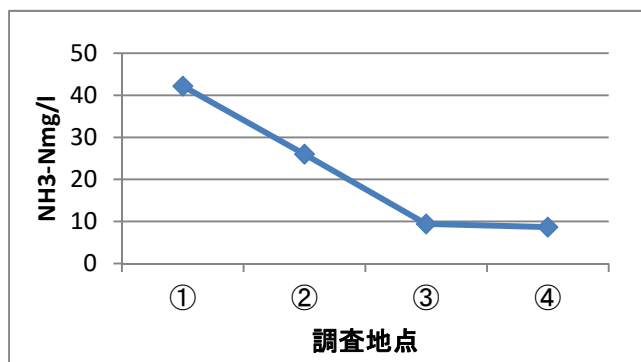


図-10 KPSB ポンド内の TOC 変化

以上の結果より、殆どの項目はポンド内で処理されていることが示された。

これは、好気条件による水処理の一般的傾向を表わすものであり、今後の実証運転を実施するに必要な基礎情報を得ることが出来た。

次に、KPSB はポンド処理の管理業務を実施している中で、ポンド処理放流水の BOD 濃度をモニターしている（図-11）。

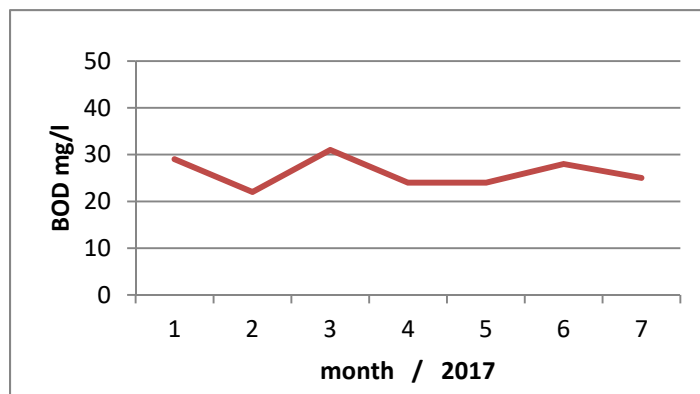


図 - 11 KPSB ポンド処理の放流水 BOD の推移

図より、ポンド処理による放流水の BOD は年間を通じて 20～30mg/L 程度で推移しており、目標値 50mg/L を満足しており、良好な処理状況であった。

3. 他のパーム油排水処理施設との比較

実証運転の原水である KPSB パーム油排水と他施設 (KPSB 紹介) 排水の水質調査を行い、その濃度比較を行った結果を表 - 2 に示す。

表より、KPSB パーム油排水は低濃度レベルであった。これは、パーム油排水処理施設であるポンド処理の処理途中の水を原水としていることが理由と考えられる。

表 - 2 KPSB 排水と他施設排水の比較

採水場所	採取日	色度	真色度	TSS	BOD	CODcr	O&G	TOC	NH3-N
		Pt-Co	Pt-Co	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
KPSB	8/12	560	280	128	76	191	4	65.9	42.2
	10/25	997	552	150	58	533	24	—	88.3
MPOB	9/6	7500	5000	254	575	2590	19	499	266
	9/6	—	2420	1150	95	2590	28	—	286
	10/16	8720	2460	2270	280	3950	35	—	325

次に、KPSB 排水処理施設で処理した放流水と他の処理施設からの放流水を比較を行い、結果を表 - 3 に示す。

表より、項目によって異なるが有機物指標である BOD や COD が KPSB 放流水は他施設よりも 1 オーダー低く、良好な処理を実施していることが示された。

表 - 3 KPSB 排水処理施設処理水と他施設排水処理施設処理水の比較

採取日	色度	真色度	TSS	BOD	CODcr	O&G	TOC	NH3-N	引用
	Pt-Co	Pt-Co	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
KPSB	—	104	91	47	124	4	47	8.64	1)
mill B	—	—	230	563	1498	14	—	0.06	2)
mill C	—	—	180	713	1310	9	—	44.2	2)
mill D	—	—	110	786	1061	4	—	123	2)
mill E	—	—	91	171	423	—	—	—	2)
mill F	—	—	1050	510	1140	—	—	—	2)

引用 1) 今回調査

2) H25年度 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

添付資料-2 パーム油排水処理に係る研究室レベルの分析検討結果

1. 阿蘇リモナイトによる脱色効果の基礎検討実験

(1) 阿蘇リモナイト選定実験

二種類の阿蘇リモナイトについて、パーム油に対する脱色効果の基礎的な検討実験を行った。

検討方法は、パーム油色素水の入った容器に阿蘇リモナイト（ライトクリア及びリモニック C：ライトクリアは主としてアンモニア除去、リモニック C は主として硫化水素除去を特徴とした製品）を浸漬させ、一定時間静置したのちにパーム油を採取して色度を測定し比較した。また、対象としてパーム油色素水に阿蘇リモナイトを入れない容器についても同様なブランク操作を行った。実験条件は以下の通りとした。

実験水；パーム油色素水（KC オレンジ YE-3（神戸化成株式会社製））を 20,000 倍希釈

使用容器；50mL ポリビン 色素水量；30mL

阿蘇リモナイト（ライトクリア、リモニック C）量；15g

実験結果を図-1.1、1.2 に示す。

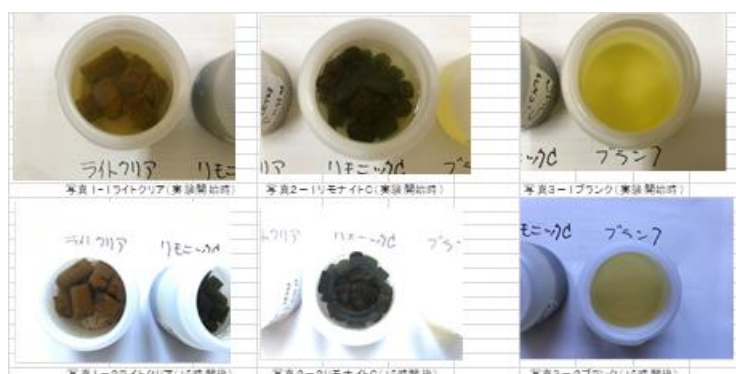


図 1.1 阿蘇リモナイトによるパーム油色素水の色度除去静置実験結果

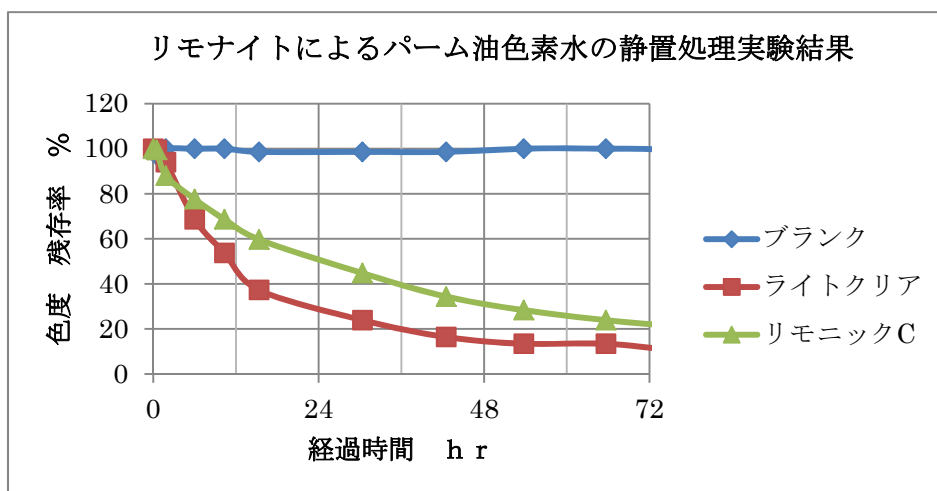


図 1.2 阿蘇リモナイトによるパーム油色素水の色度除去静置実験結果

図より、パーム油色素水に阿蘇リモナイトを浸漬した容器の色度は、時間経過に伴って濃度低下が確認され、阿蘇リモナイトが入っていない容器では色度の低下は無かった。以上より、阿蘇リモナイトによりパーム油色素水の色度除去能力を有することが改めて確認された。

阿蘇リモナイトのライトクリアとリモニック C を比較すると、ライトクリアの方が色度除去効率が良いことが確認できたので、今後の色度除去実験はライトクリアを用いることとした。

(2) 流動接触実験

上記実験結果より、パーム油色素水に阿蘇リモナイトを浸漬させることで色度除去できることが確認できたので、その除去効率を向上させる方法としてパーム油色素水と阿蘇リモナイトの接触効率を促進させる実験を実施した。接触効率促進方法として、空気を注入してパーム油色素水を流動させて阿蘇リモナイトと接触させる場合と、静置接触させる場合との比較を行った。更に比較対象として阿蘇リモナイトを入れないで流動接触させる実験も追加した。実験装置は図 1.3、実験条件は以下の通りとした。結果を図-1.4 に示す。

実験水；パーム油色素水（KC オレンジ YE-3（神戸化成株式会社製））を 20,000 倍希釈
 使用容器；100mL ポリビン 色素水量；60mL 阿蘇リモナイト量；30 g
 空気量；10mL/分



図 1.3 実験装置

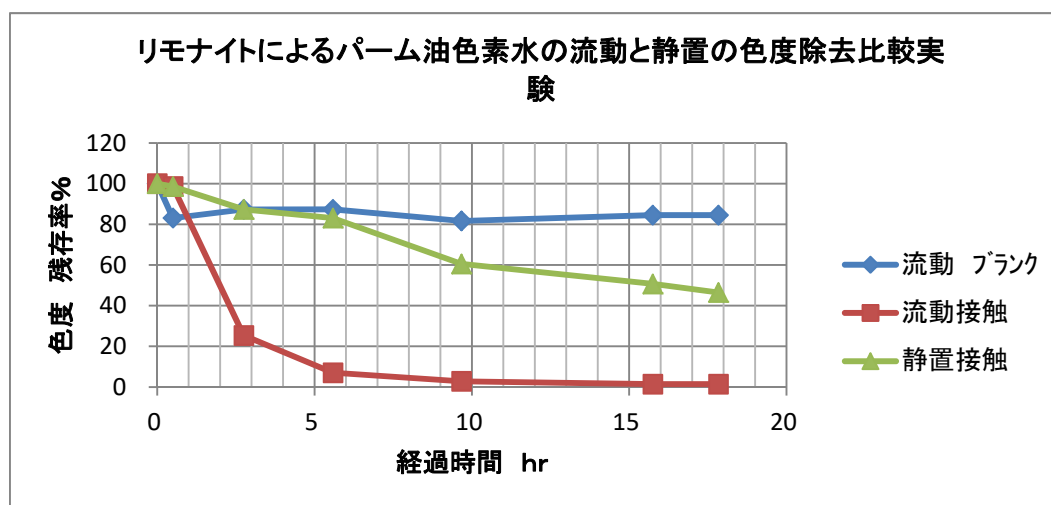


図 1.4 阿蘇リモナイトによるパーム油色素水の静置と流動の色度除去比較実験結果

図より、静置接触よりも流動させることで明らかに色度低下が早くなり、色度除去効率の向上が確認できた。また、阿蘇リモナイトを入れない流動では色度低下はほとんど無かった。以上より、パーム油色素水を流動させて阿蘇リモナイトに積極的に接触させることで、色度除去効率向上が確認できた。

＜パーム油色素水とパーム油排水との比較＞

上記の基礎実験は、パーム油排水の入手が難しい時期があり疑似水としてパーム油色素水（パーム油に含まれるカロチンを分離精製したもの）を用いたが、実際のパーム油排水と色度除去特性に違いがあるかどうか確認するために比較実験を行った。方法はパーム油色素水と実際のパーム油排水を空気流動で阿蘇リモナイトに接触させて色度低下を観察した。結果を図-1.5 に示した。

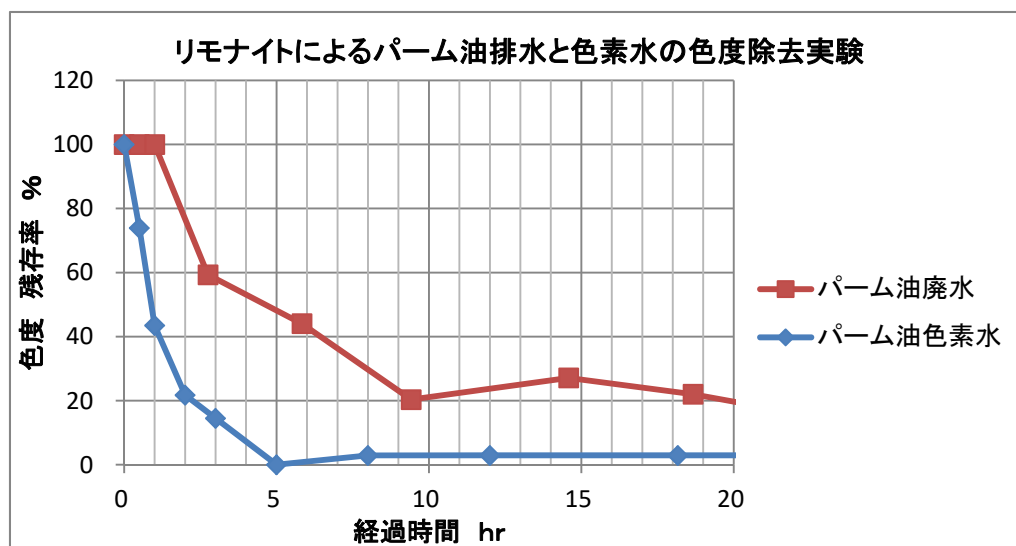


図 1.5 阿蘇リモナイトによるパーム油と色素水の色度除去実験

図より、パーム油排水はパーム油色素水と同様に阿蘇リモナイトと接触することで色度が低下するが、その程度はパーム油色素水に比較してやや遅いことが確認された。この理由として、色素水はパーム油からの抽出成分で構成されており、抽出されやすい成分は除去されやすい成分ともなっていることが考えられる。

以上の結果より、今まで実施してきたパーム油色素水での実験結果は、実際のパーム油排水ではやや効果が落ちるが概ね適用できることが確認された。

2. パーム油排水流動接触法比較実験

パーム油排水を阿蘇リモナイトに空気流動で接触させることで色度除去効果向上が確認された。

ここでは、実際の処理施設に適用可能な流動接触方法を検討するために、①攪拌流動、②循環流動、③空気流動の3条件での色度除去効率を比較する実験を行った。それぞれの実験操作条件を以下に示す。

(1) 攪拌流動 (図 2.1)

阿蘇リモナイトを浸漬させた容器にパーム油排水を入れて、攪拌装置を使用して水中を攪拌して接触させる。

実験操作は、パーム油 50mL に阿蘇リモナイト 40 g 入れて、攪拌速度 15~20rpm で攪拌して、所定時間で試料採取して色度測定する。

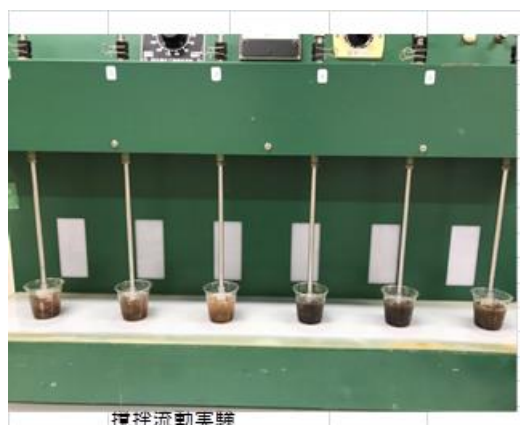


図 2.1 攪拌流動実験装置

(2) 循環流動 (図 2.2)

阿蘇リモナイトを充填したガラス製円柱容器にパーム油排水を入れて、上層水をチューブポンプで吸い上げ、その水を下部に注入して循環させ、阿蘇リモナイトと流動接触させる。

実験操作は、150mL 容器にパーム油排水 100mL に阿蘇リモナイト 80 g 入れて、チューブポンプで一時間に一回容器を入れ替える流量で循環させ、所定時間で試料採取して色度測定する。

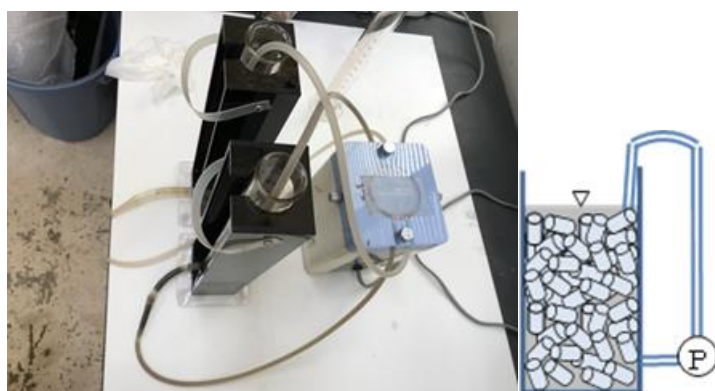


図 2.2 循環流動実験装置

(3) 空気流動 (図 2.3)

阿蘇リモナイトを充填したガラス製円柱容器にパーム油排水を入れて、下部より空気を入れて流動接触させる。

実験操作は、150mL 容器にパーム油排水 100mL に阿蘇リモナイト 80g 入れて、容器下部から空気を 20mL/分程度を供給し、所定時間で試料採取して色度測定する。

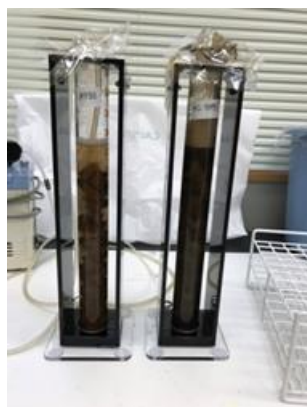


図 2.3 空気流動実験装置

結果を図 2.4 に示す。実験は二種類のパーム油排水 (KPSB、MPOB 紹介工場) を使用して実施し、三種類の流動方法で、ほとんど同一の色度除去傾向が認められた。この結果から、実際の処理装置に近いカラム実験の実施条件を設定することになる。

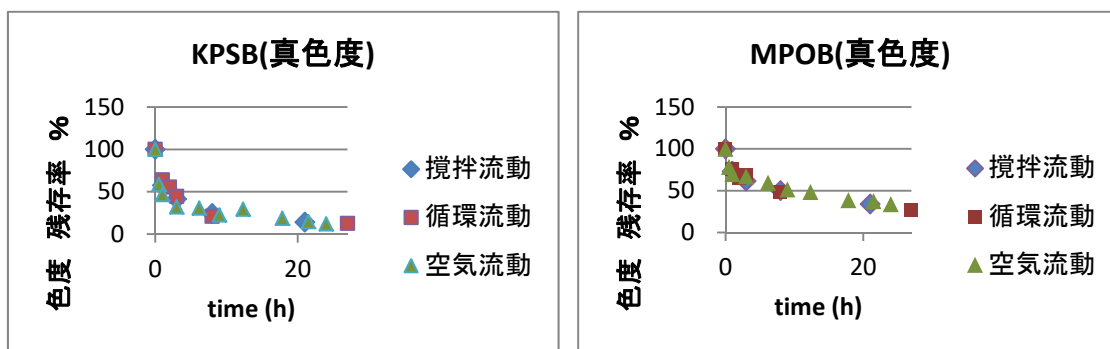


図 2.4 阿蘇リモナイトによるパーム油排水色度除去に係る流動方法毎の色度除去状況

3. 阿蘇リモナイトによる色度除去処理の連続カラム実験

前節での実験はバッチ（回分式）試験で実施しており、阿蘇リモナイトによるパーム油排水色度除去を実際の処理施設に適用するには、実施に近づけた処理条件で実験を実施する必要がある。そこで、前節のバッチ実験結果に基づきカラムに阿蘇リモナイトを充填した実験装置を製作し、そこへパーム油排水を連続通水して処理し、色度除去効果を評価した。

実際の実験は、実験装置の機能を確認する予備実験（パーム油色素水を実験原水とする実験）と、本実験（実際のパーム油排水を原水とする実験）を実施した。

3.1 予備実験

(1) 実験方法

実験装置の概要は以下の通りとした。

①反応カラム

大きさ：直径 30mm、高さ約 1,000mm 反応容量 約 1.0L (越流高可変機能で容量変更可)

材質：透明塩化ビニル製

②定量ポンプ

ポンプ型式：チューブポンプ（弾性のあるチューブの一点をローラーで押し潰し、ローラーをそのまま移動させてチューブ内部の液体を押し出す方式）

送水能力： 0.1～0.3L/時間程度の範囲（反応カラム内の滞留時間を 4～12 時間程度に設定可能な範囲）

③原水槽・処理水槽

ポリエチレン製のバケツで容積は 10～20L 程度

④空気供給装置

小型コンプレッサー、エアーストーン等

⑤実験原水

パーム油色素水（KC オレンジ YE-3（神戸化成株式会社製））を 20,000 倍希釈
実験装置のフローは図 - 3.1 に示した。

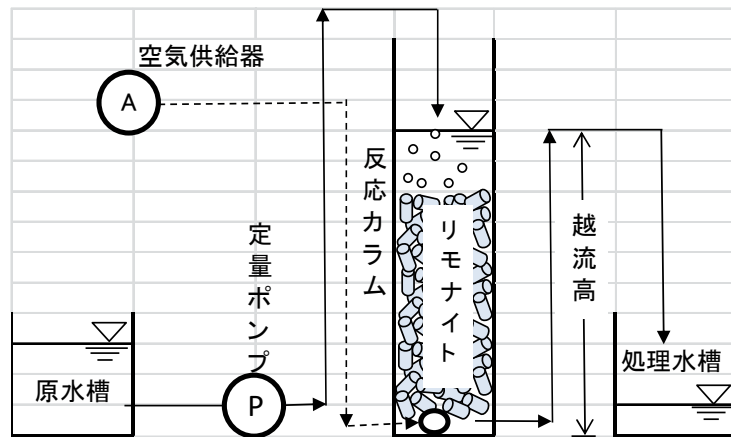


図 3.1 予備実験装置のフロー

実験は連続処理で 30 日間実施し、原水は 2 日に一度供給した。

(2) 実験結果

実験結果を図 3.2、3.3 に示した。

- ① 滞留時間は前前半では 5～8 時間、後半では 8～10 時間で連続通水した。
- ② 損失水頭の目立った変動はなく、カラム内の目詰まり状況は確認できなかった。
- ③ 原水色度は 250～400 度、処理水色度は 50～200 度であった。
- ④ 処理水の色度残存率は 20～50% の範囲で変動した。

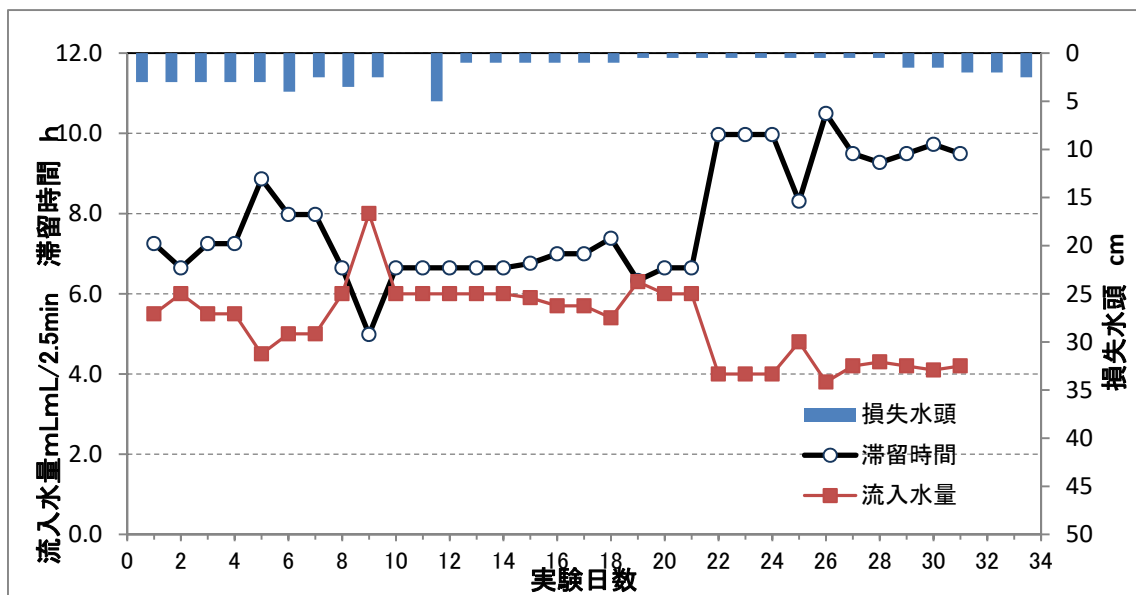


図 3.2 カラムを用いた連続処理実験結果 1 (予備実験)

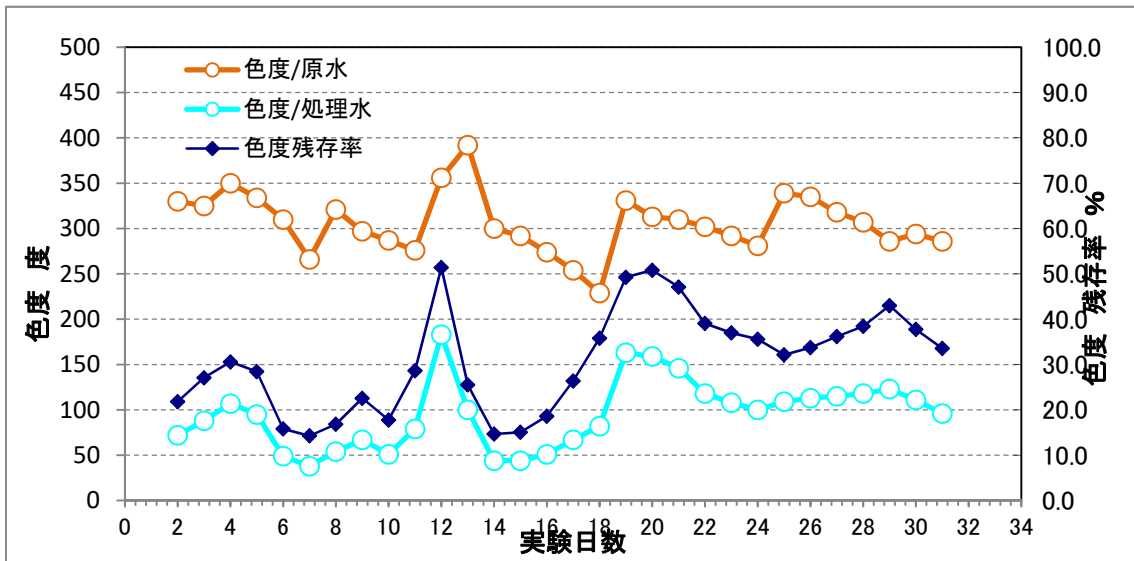


図 3.3 カラムを用いた連続処理実験結果 2 (予備実験)

原水色度と処理水色度の測定結果を基に、阿蘇リモナイトによる色度除去状況を検討した。

色度濃度の単位を度から mg/L に換算して、流入色度積算負荷量に対して除去色度積算負荷量を図 3.4 に示した。図より、色度成分の同量がほぼ継続して除去されており、その傾きが 0.66 であり、除去率は概ね 66%であった。以上より、本装置での色度除去機能は充分発揮できていることが確認できた。

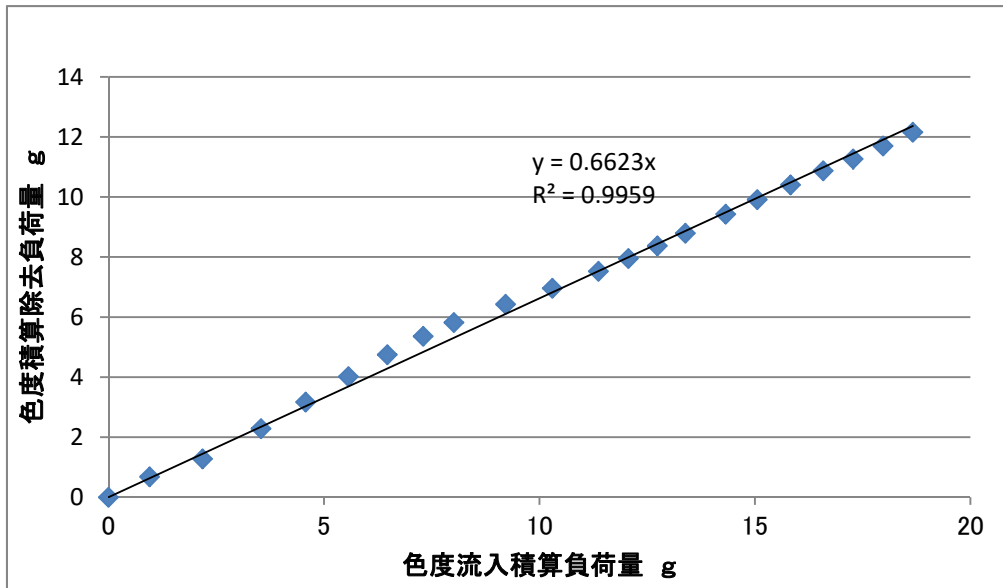


図 3.4 連続処理での色度流入積算負荷と除去負荷の関係

3.2 本実験 1

ここでは、実際のパーム油排水を実験原水とし、実証試験の実施条件の設定に必要な情報を得ることを目的として実施した。

3.2.1 実験方法

(1) 実験装置

実験装置の概要は以下の通りで、概ね予備実験と同様とした。

①反応カラム

大きさ：直径 40mm、高さ約 1,000mm 反応容量 約 1.2L (越流高可変機能で容量変更可)

材質：透明塩化ビニル製

②定量ポンプ

ポンプ型式：チューブポンプ (弾性のあるチューブの一点をローラーで押し潰し、ローラーをそのまま移動させてチューブ内部の液体を押し出す方式)

送水能力：0.1～0.3L/時間程度の範囲 (反応カラム内の滞留時間を 4～12 時間程度に設定可能な範囲)

③原水槽・処理水槽

ポリエチレン製のバケツで容積は 10～20L 程度

④空気供給装置

小型コンプレッサー、エアーストーン等

実験条件は流動接触法比較実験での結果より、以下の通りとした。

(2) 実験原水

KPSB のパーム油排水 (NO₂ ポンド水) を月 2 回程度採水し、冷蔵保存して用いた。

(3) 運転条件

カラムによる色度除去実験装置は 2 台とし、それぞれの運用条件を以下の通りとした。

表 3.1 運転条件

カラム名	滞留時間	空気曝気
A	8 時間	無し
B	8 時間	有り

(4) 運転フロー

運転フローは図 3.5、実際の設置状況を図 3.6 に示した。

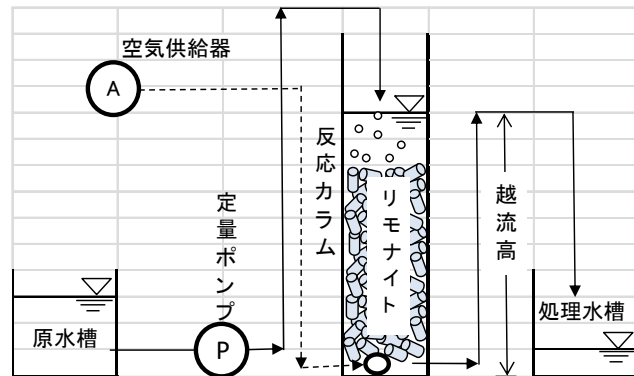


図 3.5 本実験装置の処理フロー



図 3.6 本実験装置の設置状況

(5) 測定項目と測定回数

測定項目は、流量、水位（損失水頭）、水温、pH、DO、色度、真色度、TSS とし、測定回数は週三回（月、水、金）とした。

3.2.2 実験結果

(1) 流量、水位、水温、pH、DO

結果を図 3.7～図 3.8 に示した。

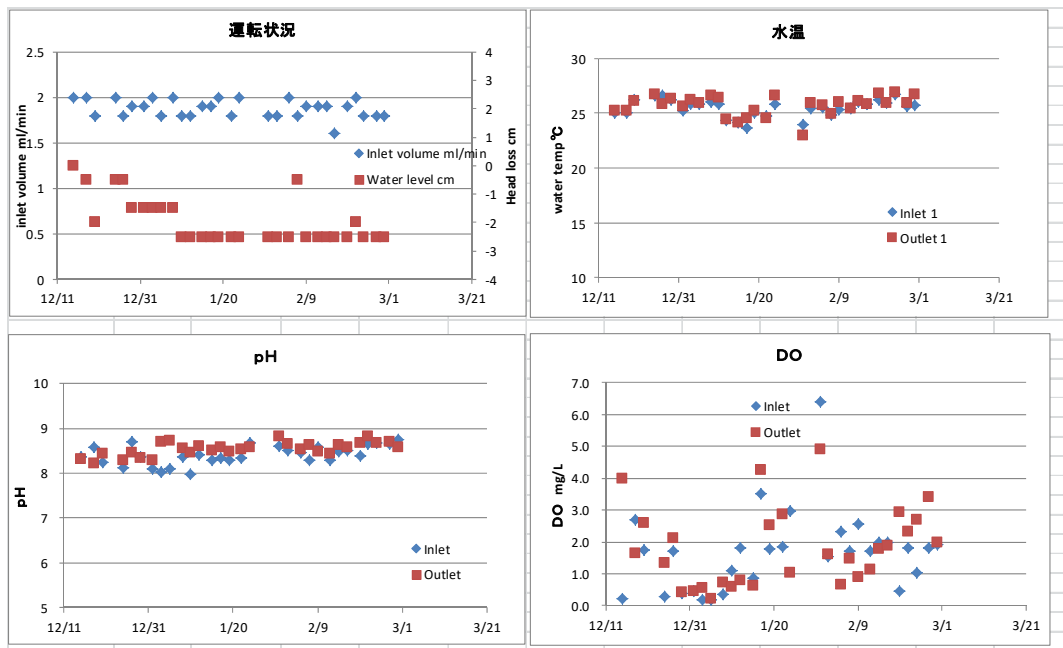


図 3.7 連続実験結果 (A カラム) 1

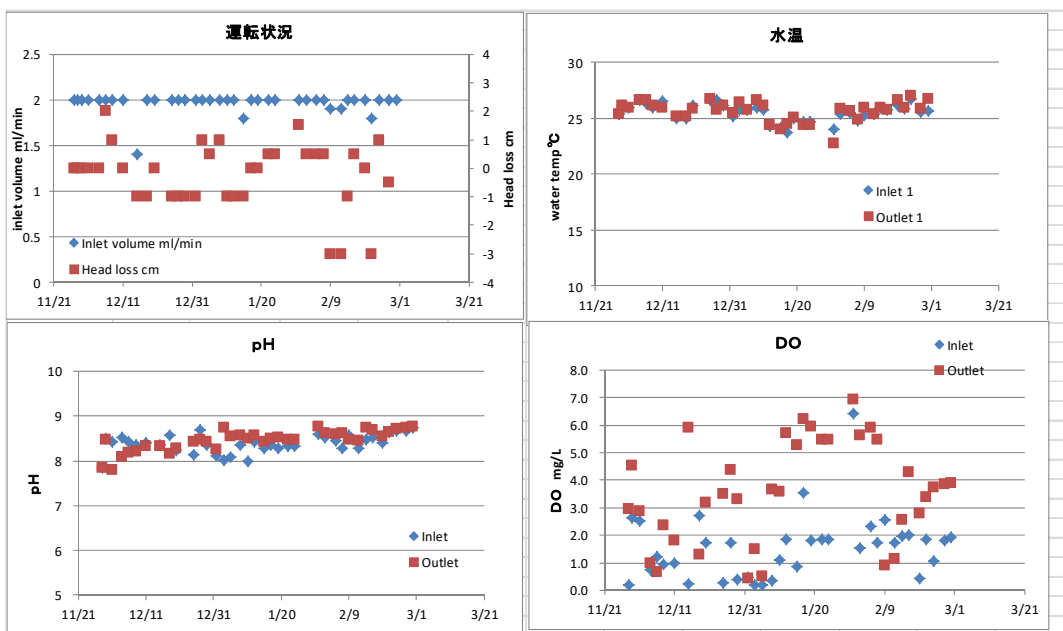


図-3.8 連続実験結果 (B カラム) 1

図より、以下の事項が確認できた。

- ・流量は A、B 共に 2mL/2.5 分であり、滞留時間は 8 時間程度であり、設定どおりの運転であった。

- ・ 水位（損失水頭）は、A で 0～-2.cm で安定し B で -3～2cm で不安定であった。A は曝気が無いのでやや低く安定し、B は曝気でやや膨潤して水位が高くてばらつきが多かったことが表れた結果と考えられ、目詰まりによる水位上昇は認められなかった。
- ・ 水温は A、B 共に原水処理水共に 26℃程度で安定しており、日々の大きな変化やカラム内での大きな変化はほとんど無かった。
- ・ pH は AB 共に pH8～9 の範囲で変化しており、原水より処理水がやや高くなる傾向が見られたが、その原因は不明である。
- ・ DO は B 処理水が高くなる傾向がありその理由として曝気によると考えられる。A の原水処理水を比較すると大きな変化は無いことから、カラム内での DO 消費は殆どないことが推定される。

(2) 色度・真色度

結果を図 3.9～図 3.10 に示した。

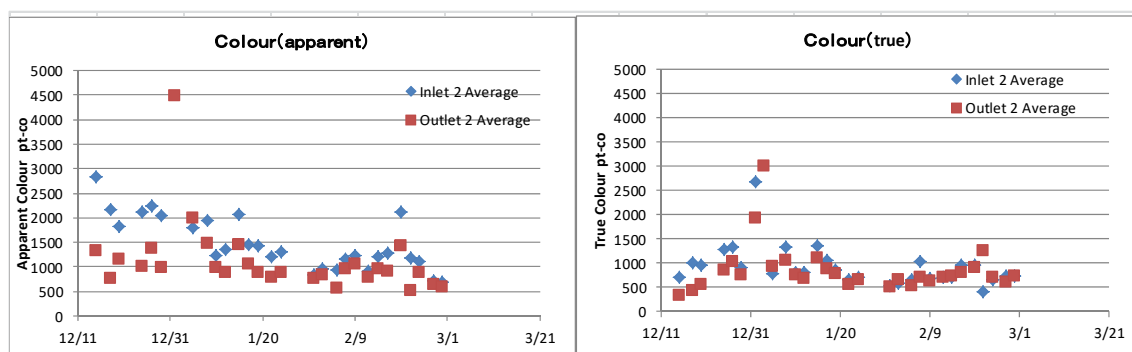


図 3.9 連続実験結果 (A カラム) 2

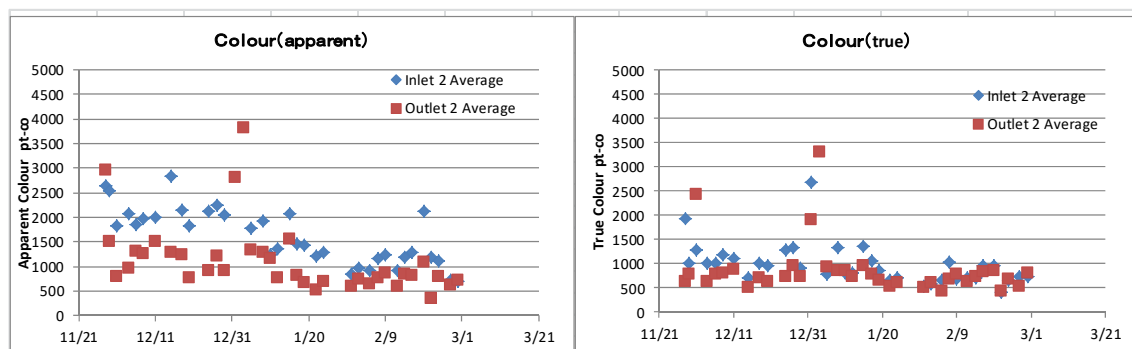


図 3.10 連続実験結果 (B カラム) 2

図より、実験開始当初は色度、真色度共に原水に対して処理水は低下しており、一定の除去効果が認められていた。しかし、途中 (1/1) より除去効果が低下し始め、特に真色度はその傾向が顕著であった。この原因は、1/1 の原水を誤って高濃度原水を供給し、一時的に高濃度水が供給されたことであり、実際の実証運転でも起こり得る事態と考えられる。

(3) TSS

結果を図 3.11～図 3.12 に示した。

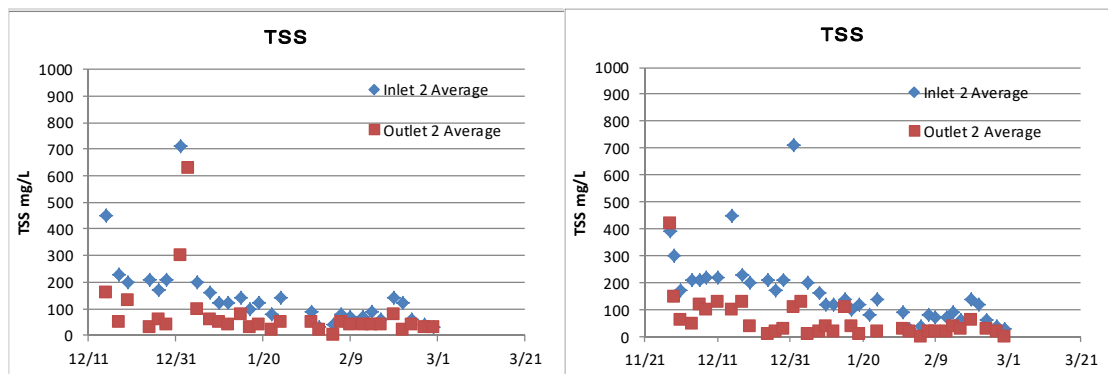


図 3.11 連続実験結果 (A カラム) 3

図 3.12 連続実験結果 (B カラム) 3

図より、実験開始から A、B 共に原水に対して処理水は低下しており、一定の除去効果が認められていた。しかしながら、後半では除去効果が低下する傾向が見られた。その原因として、カラム内へ蓄積機能が少しずつ低下してきたことが考えられる。

(4) 実験結果の考察

上記の実験結果で阿蘇リモナイトによるパーム油排水色度除去機能の考察を行った。

色度濃度の単位を「度」から「mg/L」に換算して、流入色度積算負荷量と除去色度積算負荷量を算出し、高濃度原水が流入する以前を「前半」、それ以降を「後半」に区分けて両負荷量の関係を図 3.13、3.14 に示した。

図より、流入色度積算負荷量と除去色度積算負荷量は良好な相関関係を示し、その傾きは除去率を表しており、それぞれ以下の通りであった。

まず、A カラム (曝気無し) では色度 (A-Colour) は前半で除去率 49% (傾き 0.49) が後半では 25% (傾き 0.25) となり、前半より後半の除去率が大きく低下している。また、真色度 (T-Colour) では前半で 36% (傾き 0.36) が後半では相関性を示さない程度に除去率が低下した。

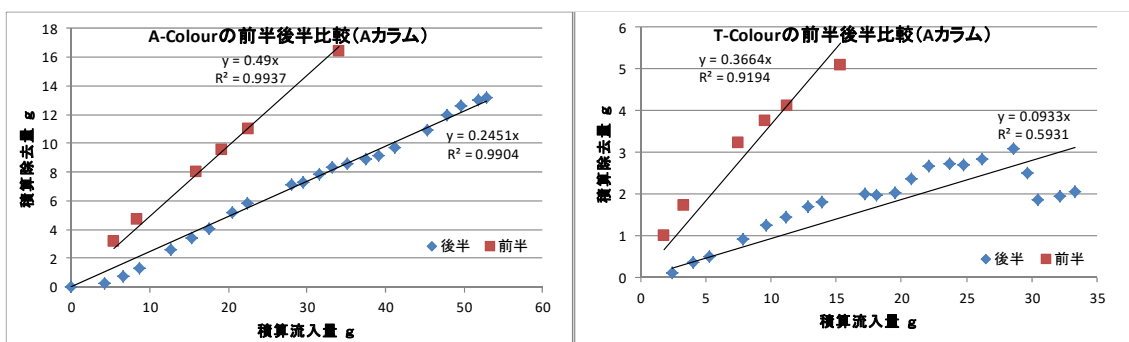


図 3.13 A カラムの色度流入積算負荷と除去負荷の関係

同様に、B カラム（曝気有り）では色度（A-Colour）は前半で除去率 44%が、後半では 36%となり、前半より後半の除去率が低下した。また、真色度（T-Colour）では前半が 29%、後半が 16%に低下した。

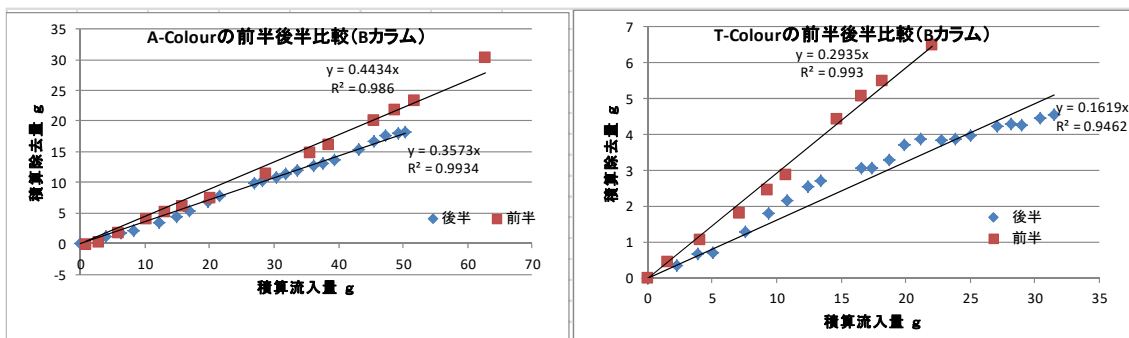


図 3.14 B カラムの色度流入積算負荷と除去負荷の関係

この結果から、一時的に高濃度排水を受け入れると色度除去機能が低下し、回復することが難しいことが確認できた。

また、実験条件毎の除去率をまとめると表 3.2 のようになる。

表 3.2 実験条件毎の前半後半の色度除去率

カラム		色度 (A-colour)	真色度 (T-colour)
A (曝気無し)	前半	49%	36%
	後半	25%	—
B (曝気有り)	前半	44%	29%
	後半	36%	16%
予備試験 (色素水)	—	66%	—

A と B の比較では、A は前半で B より除去率が高いが、B は後半で A より除去率が高い結果が示された。これは、B は曝気によるカラム内流動促進効果で、高濃度排水流入によるダメージに対する回復力が大きくなったことが推定される。

3.3 本実験 2

ここでは、実際のパーム油排水を実験原水とし、従来のペレット型阿蘇リモナイトとそれより小さい粒径のグラニュール型阿蘇リモナイトの処理効率の比較実験を行った。

3.3.1 実験方法

(1) 実験装置

実験装置の概要は以下の通りで、本実験 1 と同様とした。

①反応カラム

大きさ：直径 40mm、高さ約 1,000mm 反応容量 約 1.2L (越流高可変機能で容量変更可)

材質：透明塩化ビニル製

②定量ポンプ

ポンプ型式：チューブポンプ (弾性のあるチューブの一点をローラーで押し潰し、ローラーをそのまま移動させてチューブ内部の液体を押し出す方式)

送水能力：0.1～0.3L/時間程度の範囲 (反応カラム内の滞留時間を 4～12 時間程度に設定可能な範囲)

③原水槽・処理水槽

ポリエチレン製のバケツで容積は 10～20L 程度

④空気供給装置

小型コンプレッサー、エアーストーン等

実験条件は流動接触法比較実験での結果より、以下の通りとした。

(2) 実験原水

KPSB のパーム油排水 (NO₂ ポンド水) を月 2 回程度採水し、冷蔵保存して用いた。

(3) 運転条件

カラムによる色度除去実験装置は 2 台とし、それぞれの運用条件を以下の通りとした。

表 3.3 運転条件

カラム名	阿蘇リモナイトの形状	滞留時間	空気曝気
A	ペレット	8 時間	無
B	グラニュール	8 時間	無

(4) 運転フロー

運転フローは図 3.15、実際の設置状況を図 3.16 に示した。

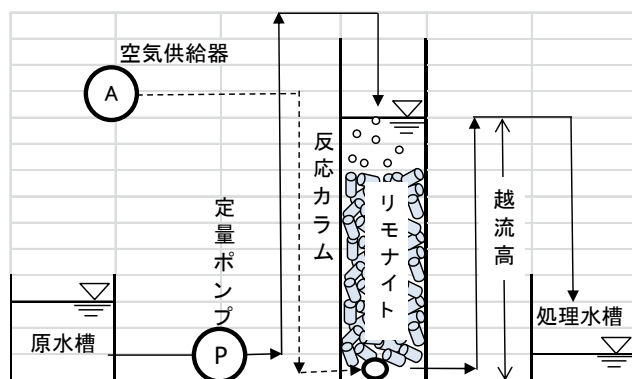


図 3.15 実験装置の処理フロー



図 3.16 実験装置の設置状況

(5) カラム充填状況

カラム内の阿蘇リモナイトの充填状況を図 3.17 に示した。



グラニュール型阿蘇リモナイト



ペレット型阿蘇リモナイト

図 3.17 実験装置の設置状況

(6) 測定項目と測定回数

測定項目は、実験 1 と同様に流量、水位（損失水頭）、水温、pH、DO、色度、真色度、TSS とし、測定回数は週三回（月、水、金）とした。

3.3.2 実験結果

(1) 流量、水位、水温、pH、DO

結果を図 3.18～図 3.19 に示した。

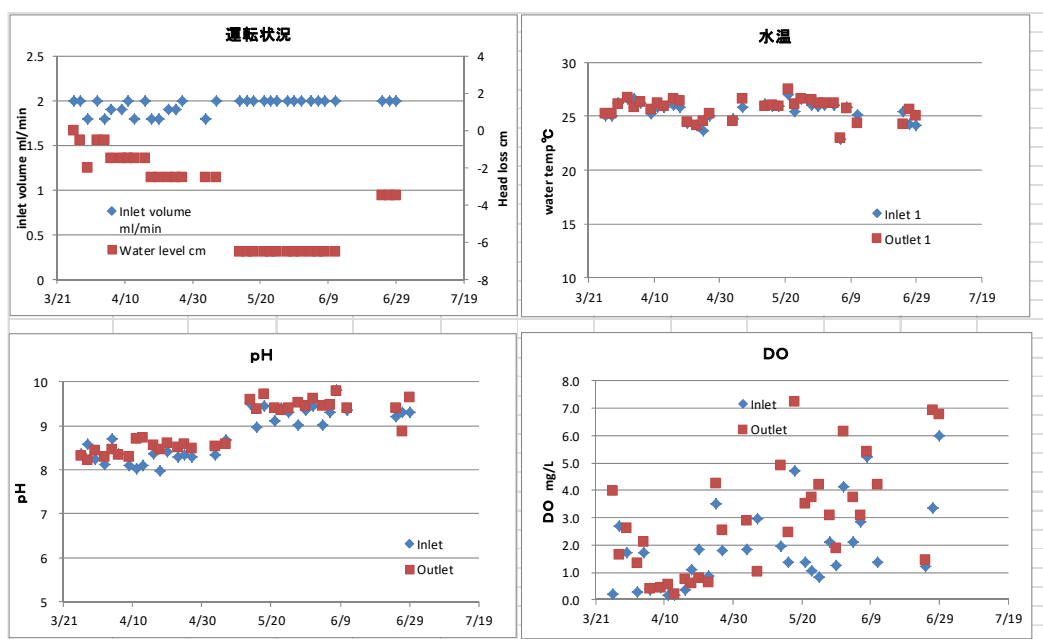


図 3.18 連続処理実験結果（グラニューール） 1

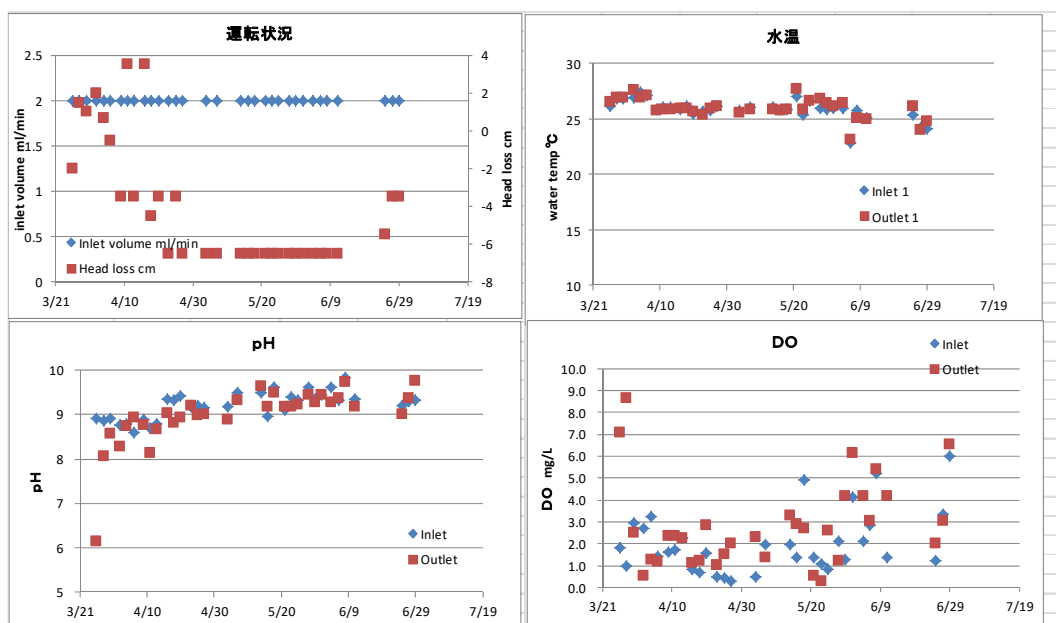


図 3.19 連続処理実験結果（ペレット） 1

図より、以下のような状況であった。

- ・流量はグラニュール、ペレット共に 2mL/2.5 分であり、滞留時間は 8 時間程度で設定どおりの運転であった。
- ・水位（損失水頭）はグラニュールで -6~0cm、ペレットは -6~4cm で大きな変動が見られたが、目詰まりによる水位上昇は認められなかった。
- ・水温はグラニュール、ペレット共に原水・処理水が同じ 25℃前後で推移しており大きな変化は無かった。
- ・pH はグラニュール、ペレット共に原水・処理水が同じようにやや上昇する傾向があったが、原因は不明である。
- ・DO はグラニュール、ペレット共に空気曝気していないにも関わらず、原水と処理水に同じようなばらつきが見られており、装置内での DO 消費は殆ど無いものと推定される。

(2) 色度・真色度

結果を図 3.20~図 3.21 に示した。

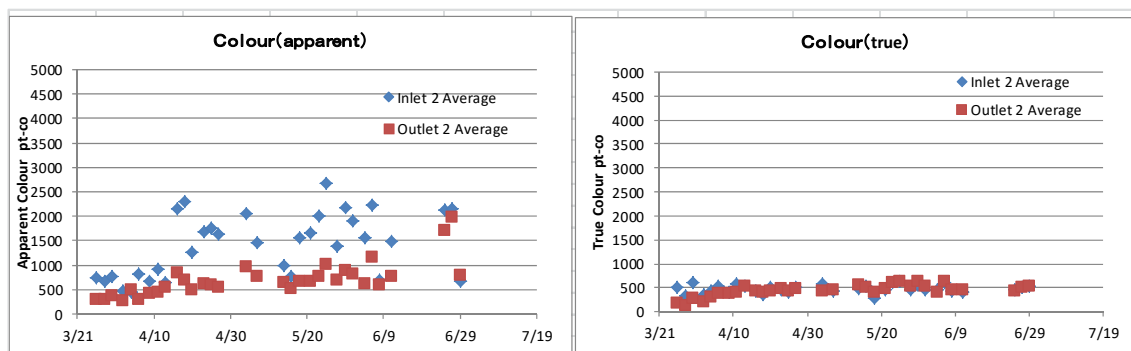


図 3.20 連続処理実験結果（グラニュール） 2

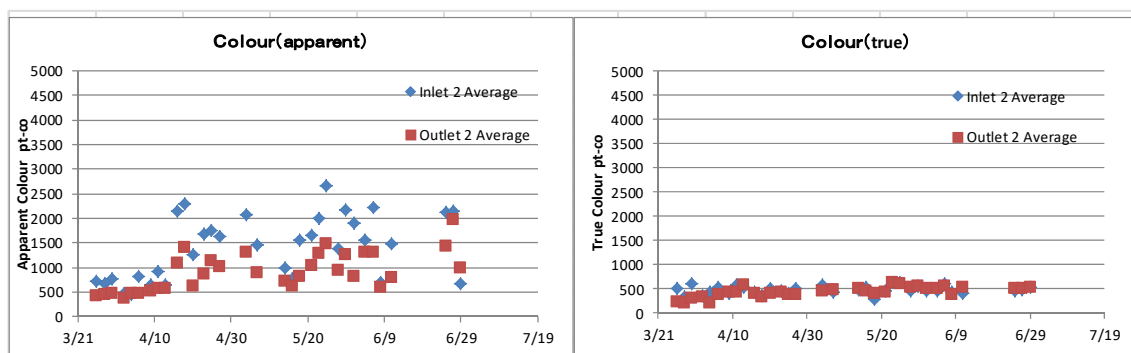


図 3.21 連続処理実験結果（ペレット） 2

図より、グラニュール・ペレット共に色度は原水に対して処理水が濃度低下しており処理効果が認められた。真色度は実験開始時がやや濃度低下したが、その後は大きな濃度低下は無く処理効果は少なかった。

(3) TSS

結果を図 3.22 から図 3.23 に示した。

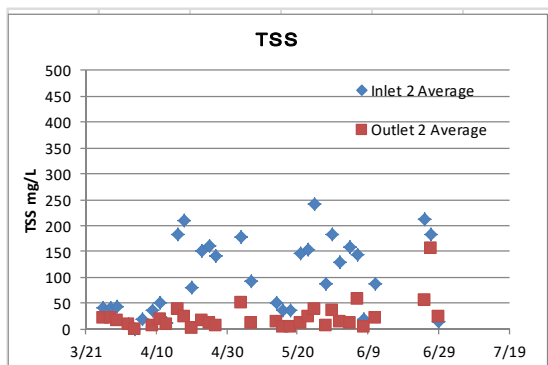


図 3.22 連続実験結果（グラニュール） 3

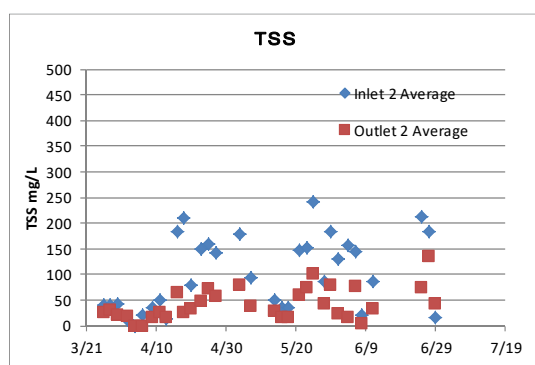


図 3.23 連続実験結果（ペレット） 3

図より、グラニュール・ペレット共に原水に対して処理水は大きく濃度低下しており、処理効果は認められた。しかし後半はやや処理効率は低下しており、その原因としてカラム内への SS の蓄積で、処理効率が低下したことが考えられる。

(4) 実験結果の考察

上記の実験結果でグラニュール型阿蘇リモナイトとペレット型阿蘇リモナイトの色度除去機能の比較検討を行った。

実験 1 と同様な方法で、色度濃度の単位を「度」から「mg/L」に換算して、流入色度積算負荷量と除去色度積算負荷量を算出し、両負荷量の関係を図 3.24 に示した。

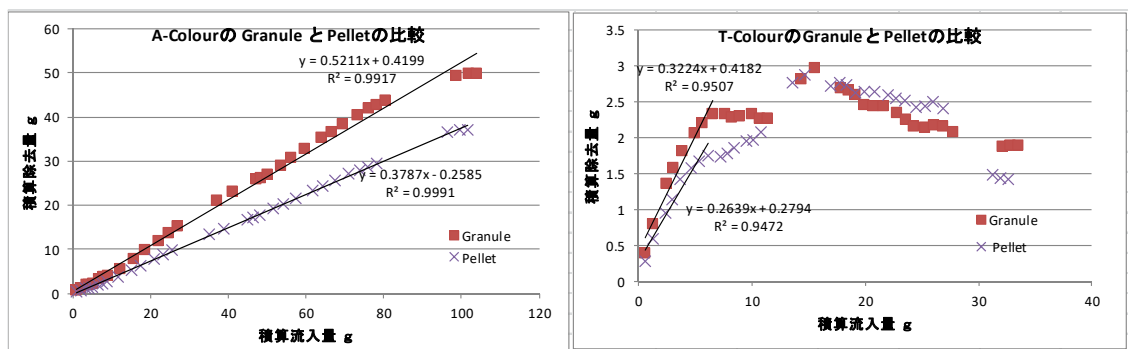


図 3.24 色度流入積算負荷と除去負荷の関係

図の流入色度積算負荷量と除去色度積算負荷量の関係式の傾きは除去率を示している。

まず、色度（A-Color）について両負荷量は良好な相関関係を示し、グラニュール型阿蘇リモナイトの除去率は 52%（傾き 0.52）、ペレット型阿蘇リモナイトは 38%（傾き 0.38）であり、グラニュール型阿蘇リモナイトの方が好成績であった。また、実験 1 での結果はペレット型阿蘇リモナイトで 25～49%であり、今回結果と概ね同じ程度であった。

一方真色度では、初期段階のみ相関性を示したのみで、それ以降は殆ど相関性を示さず

処理が出来ていない状況であった。これは、本実験1の結果と殆ど同じ様な結果であった。

以上のように、色度除去はグラニュール型阿蘇リモナイトが良好であり、真色度除去はグラニュール型ペレット型共に良くない結果となった。

4. 過酸化水素添加による色度除去機能向上検討実験

今までの実験より、阿蘇リモナイトによる色度除去能力については確認できたが、更に効率向上を目指した色度除去実験を行った。

実験は阿蘇リモナイトの主成分である鉄と過酸化水素で起こるフェントン酸化作用を活用し、色度除去効果向上を期待する方法とした。

4.1 フェントン酸化処理基礎実験

ここでは、予め原水に過酸化水素と pH 調整する硫酸を入れ、それを小型カラムに通水して色度除去機能を確認する短期（数時間）連続実験を行った。また、pH 条件による処理機能の違いを確認する実験も行った。

(1) 実験方法

実験装置は、ペレット型阿蘇リモナイトを充填した小型カラムに、硫酸と過酸化水素を添加したパーム油排水を定量注入する方式とした。

実験フローと装置写真を図-4.1 に示した。

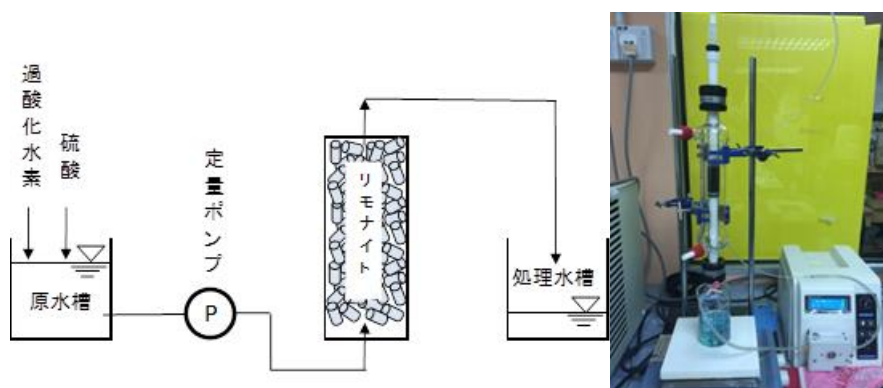


図 4.1 過酸化水素を用いた実験装置のフローと装置写真

運転条件はパーム油排水に硫酸を入れてフェントン酸化反応に最適条件である pH3 とし、滞留時間は6時間とした。また、過酸化水素を入れない条件も併せて実施した。

その他の実験条件は表 4.2 に示した。

また、同じ装置でパーム油排水 pH を 3.3、5.5、9.9 に調整し、滞留時間1時間で各 pH 条件によるそれぞれの色度除去効率の違いについての比較実験を実施した。

表 4.1 過酸化水素を添加した実験条件

Parameter	Value
POME	100 mL
H ₂ O ₂	0.1 M
Limonite	20 g
Temp	RT
Stirring	250 rpm
pH	3
Flow rate	35 μL/min

(2) 実験結果

実験結果を図 4.2 に示した。図より、阿蘇リモナイトと過酸化水素によるフェントン酸化作用で色度除去効果が得られ、更に色度除去効果の向上が期待できる出来る結果となった。

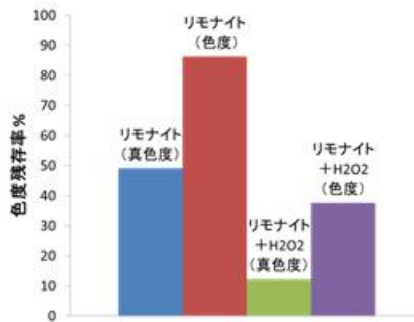


図 4.2 過酸化水素を添加した実験結果

しかしながら、処理水は pH3 となって中和処理が必要となるため、中和処理を必要としない pH 条件による色度除去効果を検討する必要がある。

pH 条件の違いによる色度除去効果の比較実験結果を図 4.3 に示した。

図より、フェントン酸化に最適な pH3 に近づく程色度除去効率が向上する結果となった。

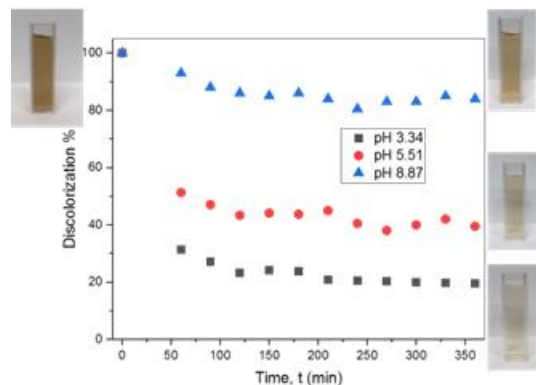


図 4.3 過酸化水素を添加した pH 条件の違いによる実験結果

以上の結果より、pH 条件によって過酸化水素添加による色度除去効果が異なり、中性に近い pH5.5 でもかなり色度除去効果が得られることが分かった。

4.2 長期間連続処理実験

上記の基礎実験結果を踏まえて、実証施設と同様な処理条件設定が可能な連続式カラム処理実験を行った。

4.2.1 実験方法

(1) 実験装置

実験装置の概要は、基本的に「3.阿蘇リモナイトによる色度除去処理の連続カラム実験」と同様とし、2塔のカラムを直列に繋ぎ、過酸化水素や硫酸を連続的に注入できる設備を付加した装置であり、概要を以下に示す。

①反応カラム

大きさ：直径 40mm、高さ約 1,000mm 反応容量 約 1.2L (越流高可変機能で容量変更可)

材質：透明塩化ビニル製

②定量ポンプ

ポンプ型式：チューブポンプ (弾性のあるチューブの一点をローラーで押し潰し、ローラーをそのまま移動させてチューブ内部の液体を押し出す方式)

送水能力：0.1～0.3L/時間程度の範囲 (反応カラム内の滞留時間を 4～12 時間程度に設定可能な範囲)

③原水槽・処理水槽

ポリエチレン製のバケツで容積は 10～20L 程度

④過酸化水素水・硫酸槽

ポリエチレン製のバケツで容積は 10～20L 程度

⑤空気供給装置

小型コンプレッサー、エアーストーン等

(2) 実験原水

KPSB のパーム油排水 (NO₂ ポンド水) を月 2 回程度採水し、冷蔵保存して用いた。

(3) 運転条件

充填する阿蘇リモナイトは長時間運転の実績を有するペレット型とし、充填カラム 2 塔を直列に連結して運転条件を以下の通りとした。

表 4.2 運転条件

阿蘇リモナイト形状	滞留時間	空気曝気	過酸化水素注入量※1	硫酸注入量※2
ペレット	カラム A 4 時間 + カラム B 4 時間 = 8 時間	無	50mM	pH 3 ~ 5 になる量

※1 注入量は 1 mL/min とし、注入水は 30%過酸化水素水を希釈して調製

※2 注入量は 1 mL/min とし、注入水は 30%硫酸を希釈して調製

(4) 運転フロー

運転フローは図 4.4、実際の設置状況を図 4.5 に示した。

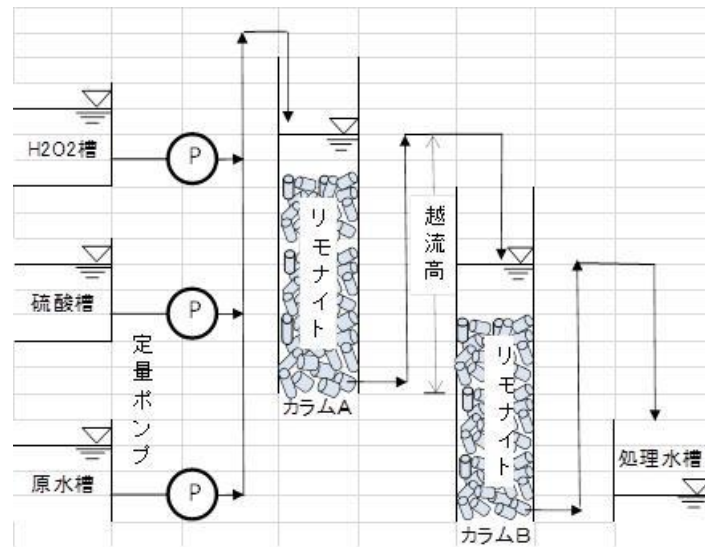


図 4.4 実験装置の処理フロー



図 4.5 実験装置の設置状況

(5) 測定項目と測定回数

測定項目は、流量、水位（損失水頭）、水温、pH、色度、真色度、TSS とし、測定回数は原則として週三回（月、水、金）とした。

4.2.2 実験結果

(1) 流量・水位・過酸化水素注入量・硫酸注入量・滞留時間・水温・pH

結果を図 4.6 に示した。

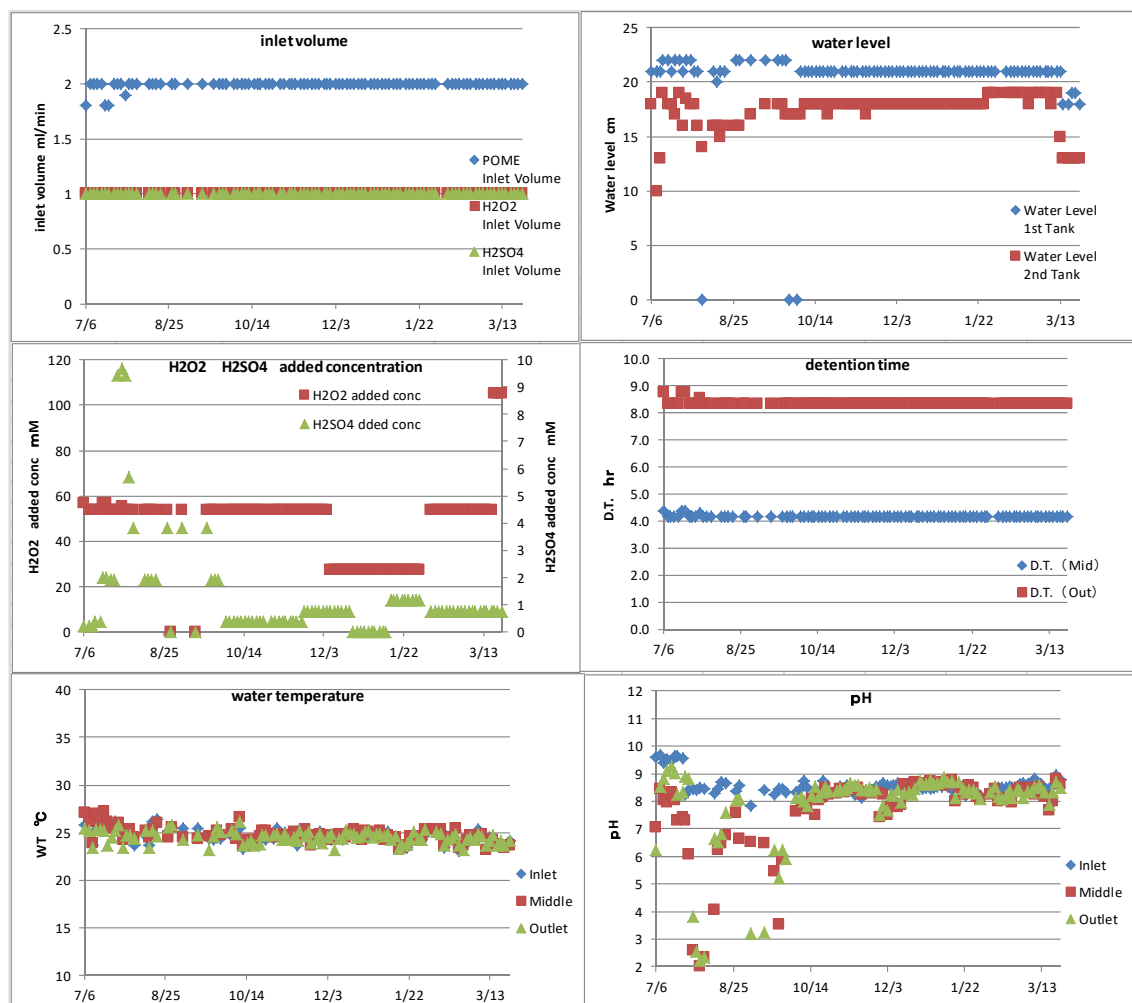


図 4.6 長期間連続実験結果（1）

図より、以下の事項を確認した。

- ・流量は概ねパーム油排水 2ml/min、過酸化水素水 1ml/min、硫酸 1ml/min あり、滞留時間は当初の設定条件通りの約 8 時間で運転されていた。
- ・水位（損失水頭）はカラム A（前段）では 18～22cm 程度で、一時的に阿蘇リモナイトのスカム発生で 0cm になった以外は安定しており、カラム B（後段）では開始当初以外は 15～19cm で比較的安定し、目詰まりによる上昇は現状では確認できない。

- ・ 過酸化水素濃度は当初は 50mM を固定し、途中から約 0~100mM の範囲で変更して処理特性を観察しながら運転した。
- ・ 硫酸濃度は、当初は pH3~5 の範囲を目標とし運転したが、低 pH では阿蘇リモナイトの崩れが確認されたことから、0~10mM の範囲で変更して処理特性を観察しながら運転した。
- ・ 水温は全サンプルが 25°C になっており、大きな変化は無い。
- ・ pH は硫酸注入量を少しずつ増量して目標値 (pH3~5) に近づかせたが、阿蘇リモナイトの崩れが認められたので、8~9 前後での運転とした。

(2) 色度・真色度

結果を図 4.7 に示した。

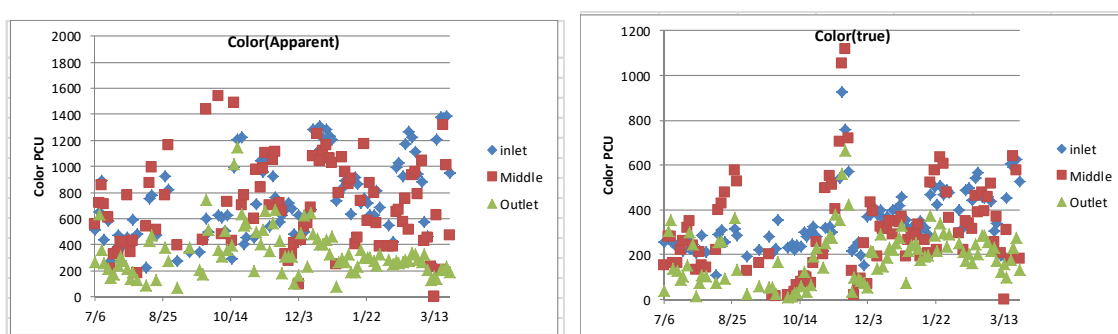


図 4.7 長期間連続実験結果 (2)

図より、色度については流入水に対して流出水の濃度が低下しており、確実な色度除去処理が認められた。しかし中間水は流入水よりも高濃度になることもあり、その原因としてサンプリング時にチューブ内に蓄積した固形物が流出することが考えられたので、サンプリング方法を変更し、中間水は流入水より低下している。

真色度についても流入水に対して流出水濃度は低下し、確実な色度除去処理が認められた。しかし、色度と同様に中間水は流入水より高濃度になることもあり、上記サンプリング方法変更で、やや改善している。

(3) TSS

結果を図 4.8 に示した。

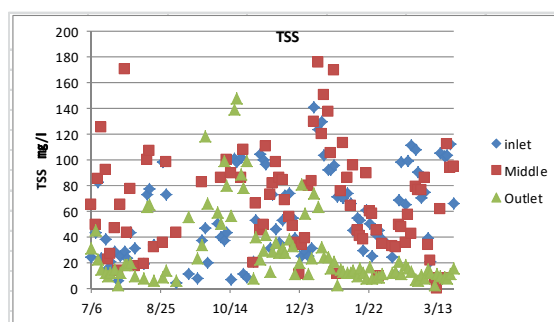


図 4.8 長期間連続実験結果 (3)

図より、流入水に対して流出水の濃度が低下しており、TSS 除去処理が認められた。しかし中間水は流入水よりも高濃度になる場合もあり、色度と同様にサンプリング箇所変更で対策して、やや改善している。

(4) 実験結果の考察

上記の過酸化水素を添加した阿蘇リモナイトによる連続処理実験の結果を基にして、色度除去機能の考察を行った。

「3.阿蘇リモナイトによる色度除去処理の連続カラム実験」と同様な方法で、色度濃度の単位を「度」から「mg/L」に換算して、流入色度積算負荷量と除去色度積算負荷量を算出し、両負荷量の関係を図 4.9 と図 4.10 に示した。

尚、算出期間は実験開始当初に低 pH による阿蘇リモナイトの崩れでの不安定処理期間以降を対象に整理したものである。

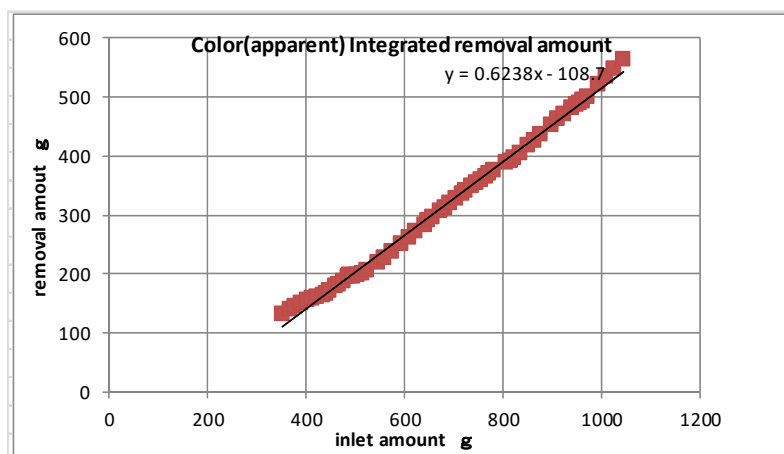


図 4.9 色度流入負荷と除去負荷の関係

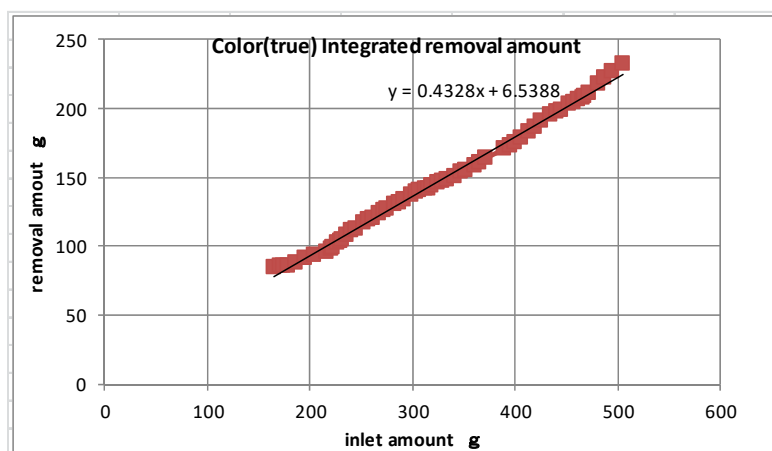


図 4.10 真色度流入負荷と除去負荷の関係

図の流入色度積算負荷量と除去色度積算負荷量の関係式の傾きは除去率を示している。

色度は除去率 62.4% (傾き 0.624) を示し、真色度では除去率 43.3% (傾き 0.433) を示した。過去の実験結果と比較すると、色度では実験 1 の 25~49% や実験 2 の 38% より良好な結果であり、また、真色度でも実験 1 の除去率 36% よりも良好な結果であった。このように、過酸化水素注入や硫酸注入による pH 調整によって阿蘇リモナイト色度除去機能が明らかに向上している結果が得られた。

次に、過酸化水素注入量や硫酸注入量の最適化のために、各注入量と色度除去効果との関係を検討した。なお、検討期間は上記負荷量計算と同様な期間を対象とした。

図 4.11 は色度除去率と過酸化水素、硫酸の注入量、pH の変化、破線は薬品注入量を変化させた時点を表している。同じく真色度について図 4.12 に示した。

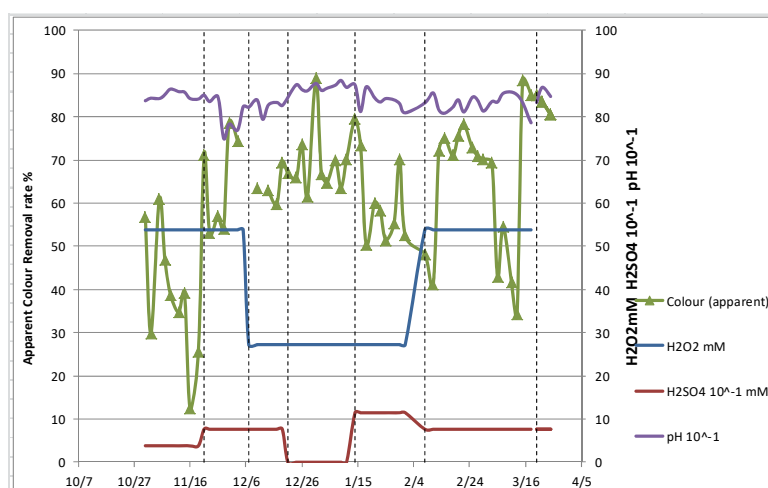


図 4.11 薬品注入量と色度除去率の変動

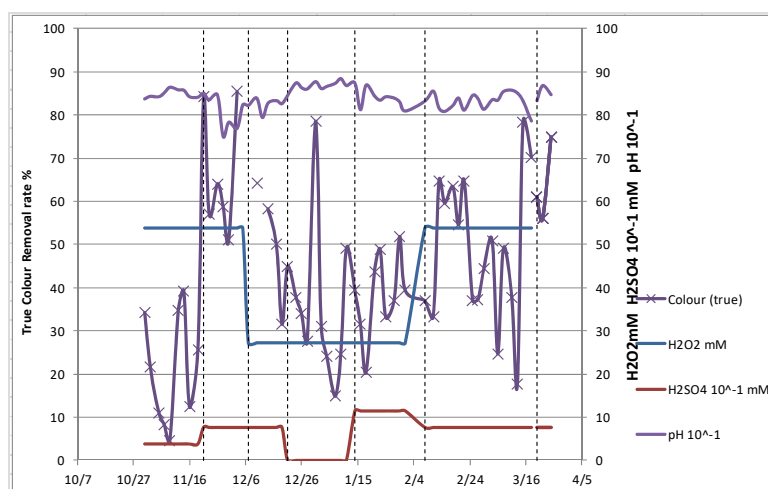


図 4.12 薬品注入量と真色度除去率の変動

図より、色度と真色度の除去率は不安定なため、過酸化水素注入量や硫酸注入量の同一注入期間平均除去率と各注入量の関係を図 4.13、4.14 に示した。

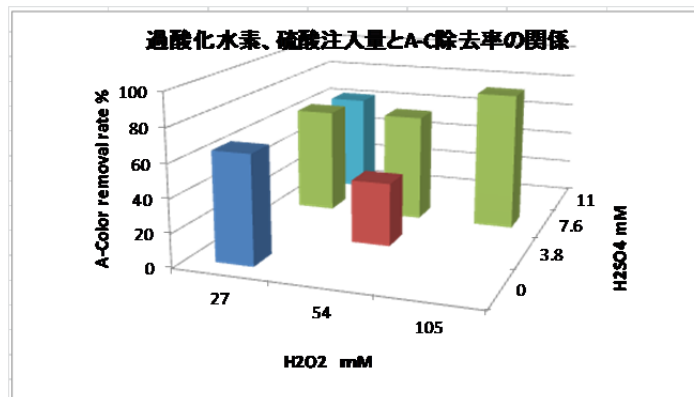


図 4.13 過酸化水素、硫酸注入率と A-C 除去率の関係

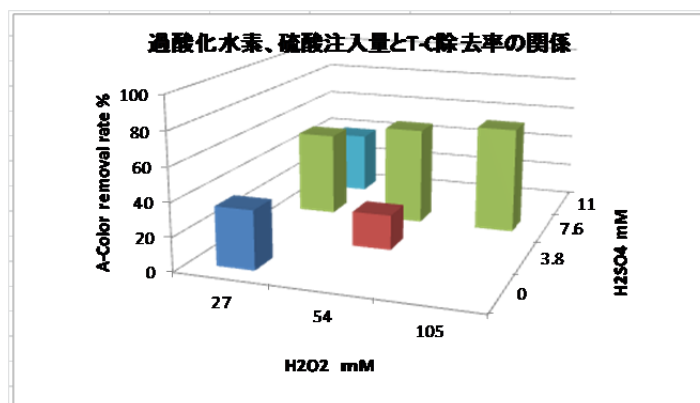


図 4.14 過酸化水素、硫酸注入率と T-C 除去率の関係

図より、色度については過酸化水素注入率 27~105mM の範囲で、注入率が多いと除去率は向上する傾向があり、硫酸注入率との関係性は明確に出来なかった。真色度についても、過酸化水素注入率が多いと除去率が向上する傾向があり、硫酸注入率との関係は認められなかった。

以上より、色度と真色度の除去機能向上には、硫酸注入率よりも過酸化水素注入率のコントロールが重要であり、阿蘇リモナイトによる色度除去処理は、過酸化水素注入で処理機能向上が期待できることが示された。

添付資料-3 実証施設の水質試験

1. 水質試験の実施内容

実証施設の水質浄化機能を評価する目的で、色度等の水質項目の水質分析を以下の内容で実施した。

(1) 水質分析項目と分析方法

水質分析項目と分析方法を以下に示す。

表 1.1 水質分析項目と分析方法

分析項目	分析方法
pH	pH メーターによる。
DO	DO メーターによる。
BOD5	5 日間 20℃保存で DO 測定は DO メーターによる。
COD	重クロム酸法による (HACH 社 DRB200 と DR3900 を使用)。
SS	透過光法による (HACH 社 DR3900 を使用)。
Color (Apparent)	白金コバルト法による (HACH 社 DR3900 を使用)。
Color (True)	45 μ m フィルターでろ過した後に上記 Color 測定による。
NH3-N	サリチル酸法による (HACH 社 DR3900 を使用)。
Oil & Grease	ポリニッパム抽出物質測定法による (共立理化学研社油分測定計を使用)。
TOC	直接酸化法による (HACH 社 DR3900 を使用)。
TON	臭気パネルの感応試験による。

(2) サンプルング箇所

水質分析試料は以下の通りで、それぞれのサンプルング箇所の位置を図 1.1 に、名称を表 1.2 に示す。

- ①はポンドからポンプで導水されたパーム油排水を一旦受ける調整槽で採取
- ②は調整槽よりポンプで導水され計量槽の流入する箇所で採取
- ③生物槽で生物処理された箇所で採取
- ④沈殿池で沈殿処理された箇所で採取 (脱色・脱臭槽の流入水)
- ⑤～⑧脱色・脱臭槽 A 槽の流下方向で採取
- ⑨～⑫脱色・脱臭槽 B 槽の流下方向で採取

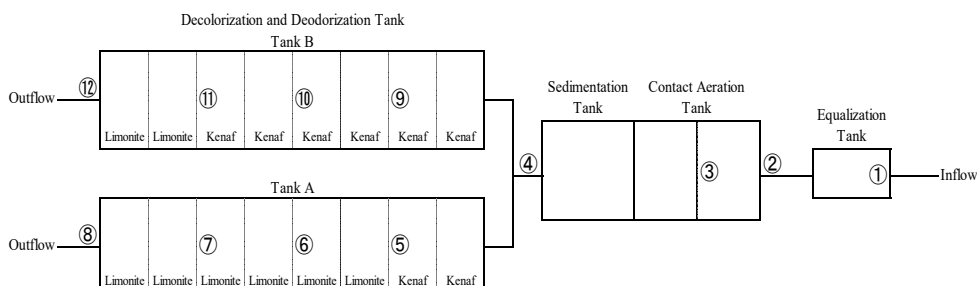


図 1.1 サンプルング箇所の位置

表 1.2 サンプルング箇所の名称

記号	箇所名	記号	箇所名	記号	箇所名
①	調整槽水	⑤	A 槽 2/8 水	⑨	B 槽 2/8 水
②	流入水	⑥	A 槽 4/8 水	⑩	B 槽 4/8 水
③	生物処理水	⑦	A 槽 6/8 水	⑪	B 槽 6/8 水
④	沈殿水	⑧	A 槽処理水	⑫	B 槽処理水

(3) サンプルング時期と分析検体数

実証期間中、一月に 2 回程度とし、大まかな時期と分析検体数を表 1.3 に示す。

表中の数字は分析検体数を示し、調査初期 April の 1st、2nd を除き「12」は表 1.2 中の全箇所、「3」は表 1.2 中の④、⑧、⑫の 3 箇所とする。

表 1.3 サンプルング時期と分析検体数

[1st Evaluation Term]

	Month Week	April				May				June				July				August				Total
		1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	
1	BOD5	4	4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	116
2	COD	8	4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
3	SS	8	4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
4	Color (Apparent)	8	4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
5	Color (True)	8	4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
6	NH3-N	8	4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
7	Oil & Grease	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	34
8	TOC	4		12			12					12									12	64

[2nd Evaluation Term]

	Month Week	September				October				November				December				January				Total
		1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	
1	BOD5		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
2	COD		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
3	SS		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
4	Color (Apparent)		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
5	Color (True)		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
6	NH3-N		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
7	Oil & Grease		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
8	TOC			12			12					12									12	60

[3rd Evaluation Term]

	Month Week	February				March				April				May				June				Total
		1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	
1	BOD5		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
2	COD		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
3	SS		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
4	Color (Apparent)		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
5	Color (True)		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
6	NH3-N		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
7	Oil & Grease		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
8	TOC			12			12					12									12	60

2. 実証施設の運転状況

(1) 運転条件

脱色・脱臭槽の充填担体は、実証施設の処理状況に応じて設定しており、処理開始当初から現在までの充填状況を表 2.1 示す。また、処理性能向上確認のために流入水変更や薬品注入を実施し同表に示した。

表 2.1 脱色・脱臭槽の充填担体

No.	実験期間	流入水種類	脱色・脱臭槽								薬品注入	
			列No.	1	2	3	4	5	6	7		8
I	開始～2018/11/26	生物処理水	A槽	K	K	L	L	L	L	L	L	無
			B槽	K	K	K	K	K	K	L	L	
II	2018/11/27～1/29	生物処理水	A槽	L	L	L	L	L	L	L	L	有
			B槽	K	K	K	K	K	K	K	K	無
III	2019/1/30～2/27	計量槽水	A槽	L	L	L	L	L	L	L	L	有
			B槽	K	K	K	K	K	K	K	K	無
IV	2019/2/28～	計量槽水	A槽	L	L	L	L	L	L	L	L	有
			B槽	K	K	K	K	K	K	K	K	無

L:リモナイト K:ケナフ 薬品注入:A槽に過酸化水素と硫酸を注入

充填担体は、運転開始当初 A 槽は前段でケナフを 2 段、後段の 6 段で阿蘇リモナイトを充填し、B 槽は前段でケナフを 6 段、後段の 2 段で阿蘇リモナイトを充填し、2018/11 より A 槽は全て阿蘇リモナイト、B 槽は全てケナフの充填条件とした。

流入水は運転開始当初生物処理水としたが、2019/1 より生物処理をしていない計量槽水を対象とした運転を実施した。

また、カラム実験の実験結果から好成績が見込まれる条件である阿蘇リモナイトに過酸化水素・硫酸を注入した運転を 2018/11 より A 槽で実施した。

(2) 運転状況

水質検査実施日の運転状況を表 2.2 に示す。

流入量について、運転開始当初は余裕のある処理設定とし生物槽では概ね 10m³/日程度、脱色・脱臭槽は A 槽で約 3～4m³/日、B 槽で 6～7m³/日と計画値よりも少ない設定とした。11 月下旬から 1 月末迄は計画値に近い生物槽で 20～40m³/日とし、脱色・脱臭槽は A・B 槽で各 10～20m³/日とした。2 月中は生物処理を省略した脱色・脱臭槽での単独処理を実施し A・B 槽ともに 1～2 m³/日程度とし、3 月以降は A・B 槽ともに 7 m³/日程度としたが、B 槽(ケナフ槽)に目詰まりが生じて、A 槽 13 m³/日、B 槽 1.4 m³/日となっている。

空気量については、A 槽 B 槽共に 0.12～0.2m³/H としたが、B 槽で流量計表示が 0m³/H となった時期もあったが、処理性能には問題は無かった。

表 2.2 実証施設の運転状況

	流入量			空気量		水温 °C
	生物槽	脱色槽		A槽	B槽	
		A槽	B槽			
	m3/日	m3/日	m3/日	m3/H	m3/H	
計画能力	40	20	20	0.8	0.8	
4月11日	17.4	5.4	12.0			
4月24日						
5月17日	11.4	4.0	7.4	0.18	0.18	30
5月31日	10.4	3.1	7.3	0.18	0.18	28
6月22日	11.8	4.0	7.8	0.18	0.16	29
7月9日						
7月19日	10.4	3.1	7.3	0.2	0.2	29
8月9日	9.1	2.5	6.6	0.2	0.18	29
8月28日	10.6	3.4	7.2	0.12	0.14	28
9月20日	10.1	3.0	7.1	0.2	0	31
10月11日	8.1	2.1	6.0	0.25	0	28
10月25日	11.0	3.6	7.4	0.2	0	29
11月15日	6.9	1.7	5.2	0.18	0	30
12月6日	20.1	10.0	10.0	0.2	0.2	
12月19日	21.9	11.2	10.7	0.2	0.2	28
1月2日	21.7	10.1	11.7	0.2	0.2	29
1月17日	24.4	13.0	11.5	0.2	0.2	29
1月29日	42.7	20.7	22.0	0.2	0.2	27
2月14日	0.0	1.6	2.2	0.2	0.18	28
2月23日	0.0	2.0	0.9	0.22	0.2	29
3月12日	0.0	13.4	1.4	0.24	0.14	29
3月21日	0.0	15.6	1.2	0.2	0.25	31
4月11日	0.0	12.4	0.0	0.18	0.24	31
5月5日	0.0	5.4	0.0	0.2	0.2	32
5月23日	0.0	8.0	0.0	0.14	0.18	29
6月26日	33.0	17.3	15.7	0.2	0.2	38

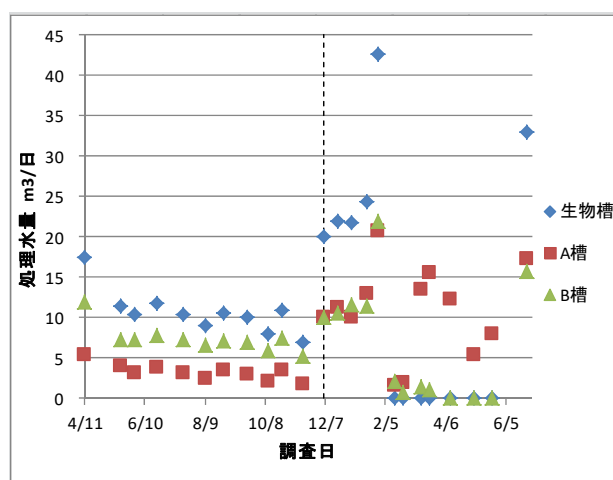


図 2.1 実証施設の処理水量

この流入条件で生物槽と脱色・脱臭槽の滞留時間を算出して表 2.3 に示した。

表 2.3 実証施設の運転状況

	生物槽 時間	脱色・脱臭槽	
		A槽 時間	B槽 時間
4月11日	23.5	45.4	20.4
4月24日	—	—	—
5月17日	36.0	61.3	33.1
5月31日	39.6	78.5	33.8
6月22日	34.8	61.9	31.2
7月9日	—	—	—
7月19日	39.5	78.2	33.8
8月9日	45.0	97.4	37.1
8月28日	38.7	71.1	34.2
9月20日	40.8	81.6	34.8
10月11日	50.9	116.1	41.2
10月25日	37.3	68.5	33.0
11月15日	59.5	142.3	47.3
12月6日	20.4	24.4	24.4
12月19日	18.7	21.8	23.0
1月2日	18.9	24.3	21.0
1月17日	16.8	18.9	21.3
1月29日	9.6	11.8	11.1
2月14日	—	155.3	110.3
2月23日	—	123.0	287.6
3月12日	—	18.2	177.0
3月21日	—	15.7	210.8
4月11日	—	19.8	0.0
5月5日	—	45.0	0.0
5月23日	—	30.6	0.0
6月26日	12.4	14.2	15.6

滞留時間の設定は、UKM で実施しているカラム実験で実施不可能な長時間条件とした。
表より、生物槽で 10~60 時間程度、脱色・脱臭槽の A 槽は 10~150 時間、B 槽は 10~290 時間で運転した。

3. 実証施設の水質試験結果

水質試験は通水開始から 2018 年 4 月 11 日より 2019 年 3 月 12 日迄に 21 回実施し、実施日は表 2.2 に示した。

3. 1 脱色・脱臭槽での処理効果

実施日毎の水質変化状況を A 槽と B 槽に区別し、生物処理を含めた流下方向の平均と最大最小の水質変動をグラフに示し、更に各調査日の処理水量とサンプリング箇所迄の容積から滞留時間を算出し、横軸に滞留時間、縦軸に水質濃度グラフで示した。また、各調査日の水質検査調査結果を表 3.2~3.27 に示した。なお、調査開始当初の調査日（4 月 11 日）は、実証施設の馴致期間中で評価期間以外とした。

(1) pH

流入水はパーム油排水ポンド内のプランクトンによる光合成の影響を受け影響で pH8.5~9.5 でやや高い傾向にあった。阿蘇リモナイト中心の A 槽では当初は流下方向の変化は殆どなく、2018 年 12 月以降は薬品注入した時期は 6~7 程度になったが流下方向変化は大きくなかった。ケナフ中心の B 槽では流下に従った変化は殆ど無かった。

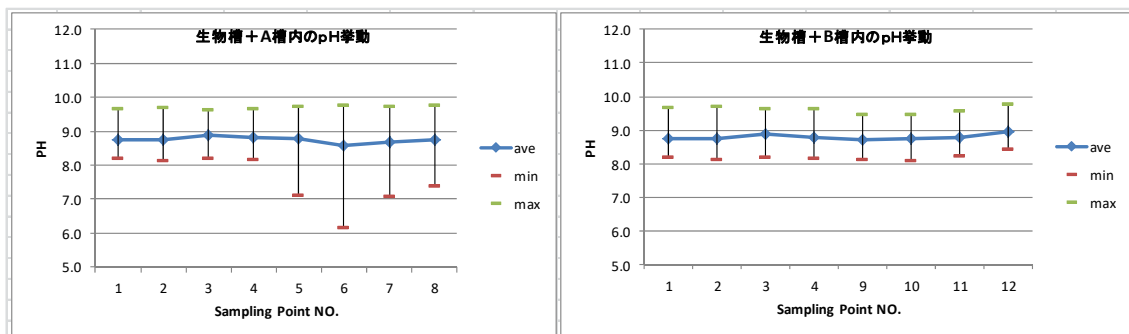


図 3.1 生物処理槽と脱色・脱臭槽内の pH 濃度変動と範囲

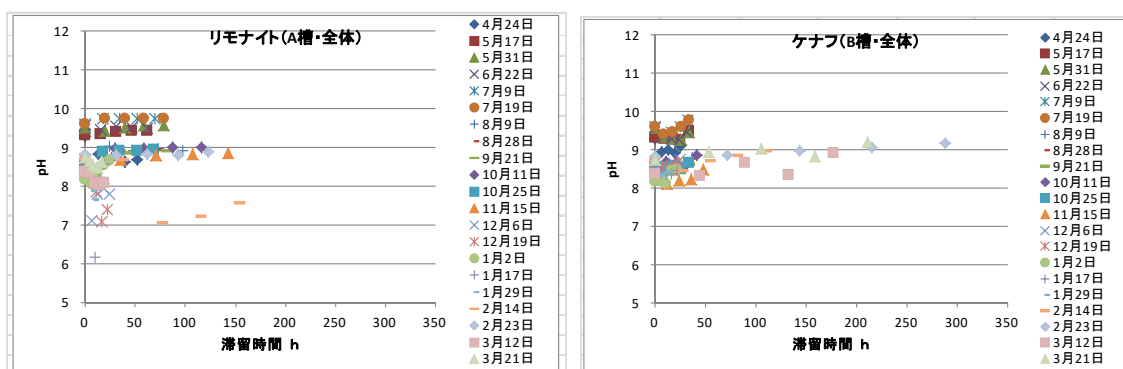


図 3.2 脱色・脱臭槽内の各調査日の滞留時間と pH 濃度変動

(2) DO

処理が進むに従い上昇しており、A 槽流出水は 4~9 mg/l、B 槽流出水が 2~9 mg/l 共にであった。これは空気ばっ気による酸素供給で有機物分解し、酸素消費が少なくなって濃度上昇していることが考えられる。また、A、B 槽共に酸素減少による嫌気状態が発生することは無かった。

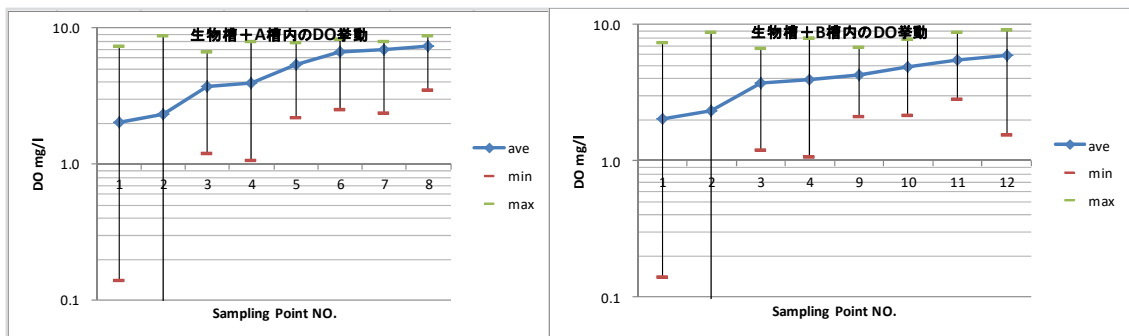


図 3.3 生物処理槽と脱色・脱臭槽内の DO 濃度変動と範囲

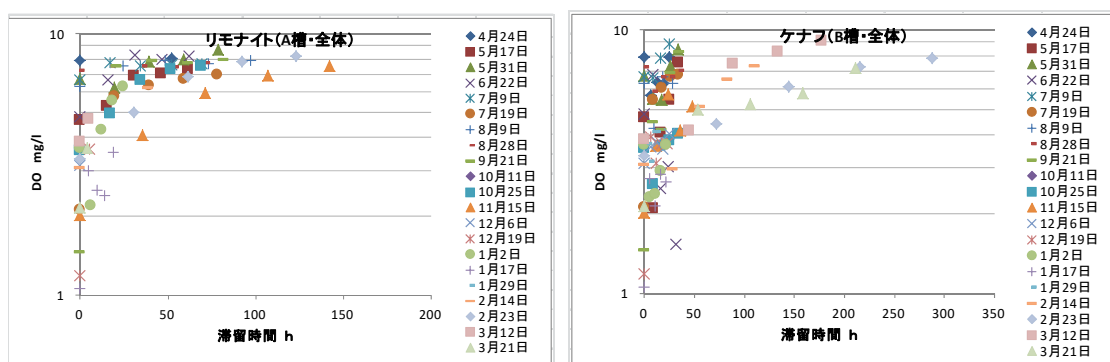


図 3.4 脱色・脱臭槽内の各調査日の滞留時間と DO 濃度変動

(3) BOD

流入水は生物処理水の時期は 2~40mg/l、計量槽水の時期は 80~120mg/l であった。A 槽処理水は 24 時間滞留で約 20mg/l 以下迄処理され、B 槽処理水は 50 時間滞留で約 20mg/l 以下迄処理されている。この結果より、阿蘇リモナイトを中心とした A 槽がケナフを中心とした B 槽より BOD 処理成績はやや良好であった。

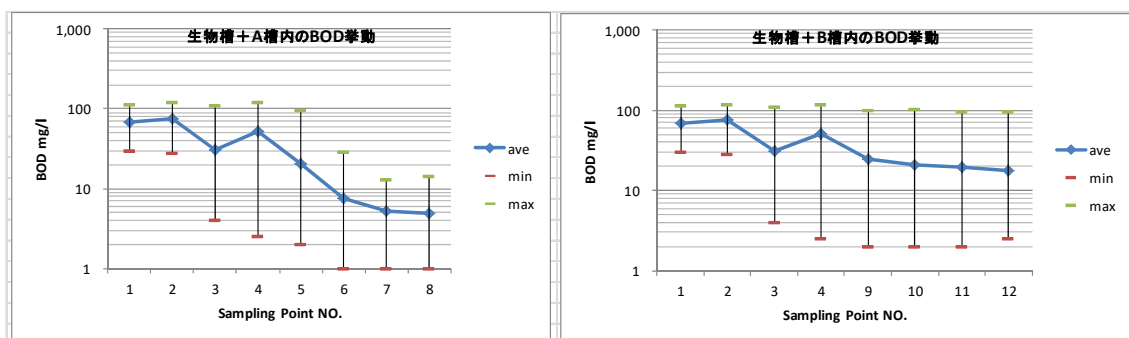


図 3.5 生物処理槽と脱色・脱臭槽内の BOD 濃度変動と範囲

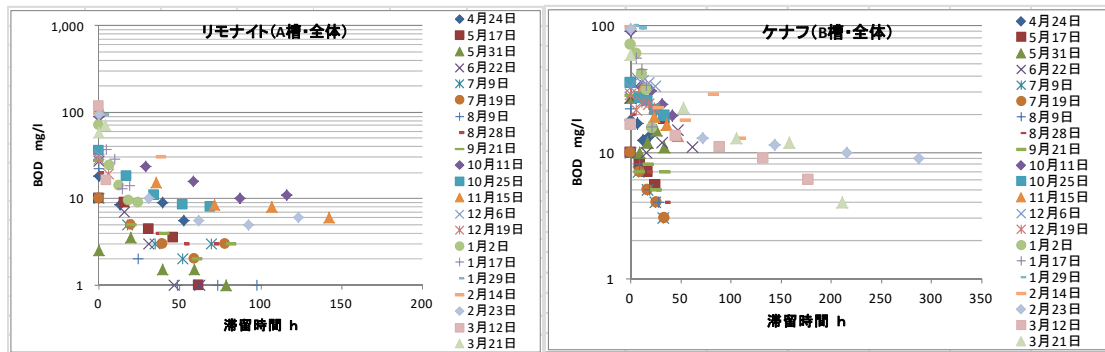


図 3.6 脱色・脱臭槽内の各調査日の滞留時間と BOD 濃度変動

(4) COD

流入水は 200~700mg/l であり、A 槽処理水は 50 時間滞留で 100~250mg/l でそれ以上滞留時間が長くなっても処理が進まない傾向があり、B 槽処理水も同様な傾向が示された。この様に COD は BOD に比較して処理しにくいことより、有機物成分の中で難分解物質が多く含まれていることが推定される。

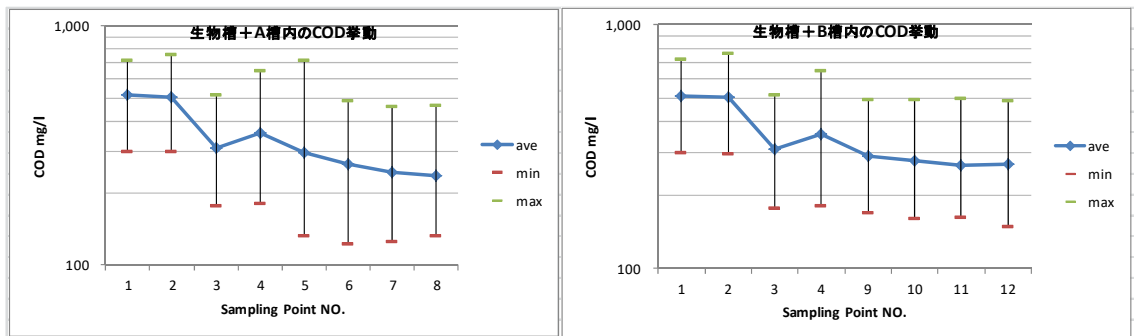


図 3.7 生物処理槽と脱色・脱臭槽内の COD 濃度変動と範囲

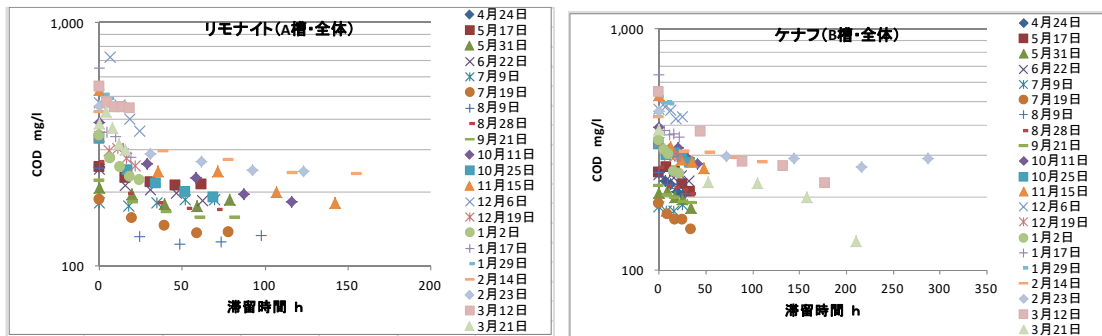


図 3.8 脱色・脱臭槽内の各調査日の滞留時間と COD 濃度変動

(5) SS

流入水は生物処理水と計量槽水の時期共に、概ね 10~400mg/l であった。A 槽処理水は滞留 24 時間で 0~150mg/l で長くなると処理される傾向がある。B 槽処理水も滞留 24 時間 0~200mg/l で長くなると処理される傾向がある。これは阿蘇リモナイト、ケナフ共にろ過機能を有していることが考えられる。

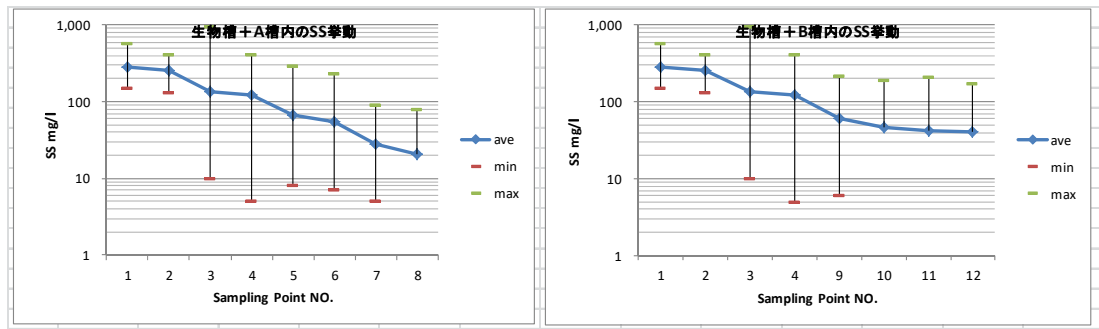


図 3.9 生物処理槽と脱色・脱臭槽内の SS 濃度変動と範囲

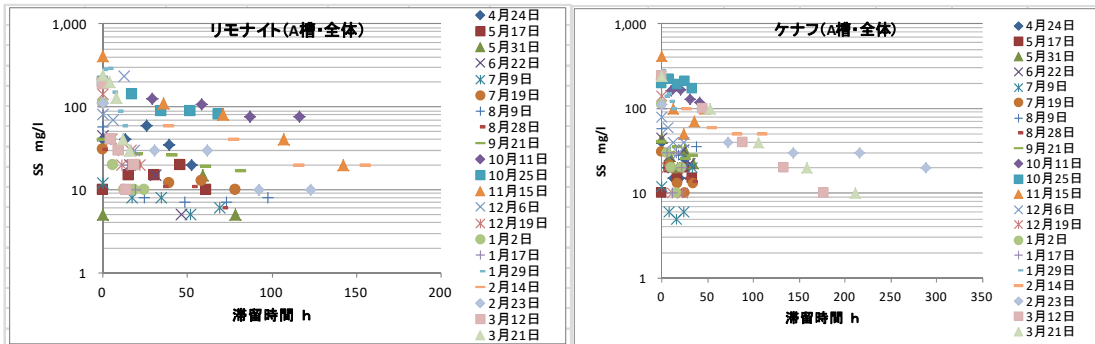


図 3.10 脱色・脱臭槽内の各調査日の滞留時間と SS 濃度変動

(6) 色度 (見かけの色度)

流入水が 500~3500 度、A 槽処理水が滞留 24 時間で 500~2000 度、B 槽処理水も同程度であった。滞留 100 時間で A 槽処理水 500~1000 度、B 槽処理水で 900~1400 度であり、滞留時間が長くなると低下する傾向があった。A 槽処理水が B 槽処理水に比較して良好なのは、阿蘇リモナイトへの薬品注入効果が表れた結果と判断される。

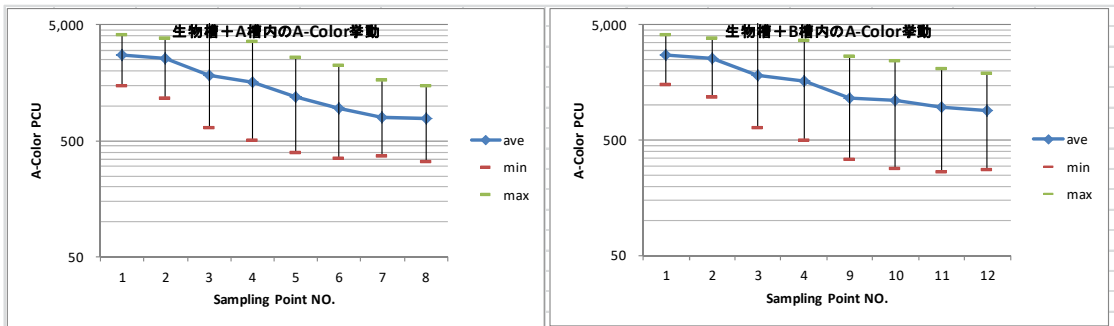


図 3.11 生物処理槽と脱色・脱臭槽内の色度変動と範囲

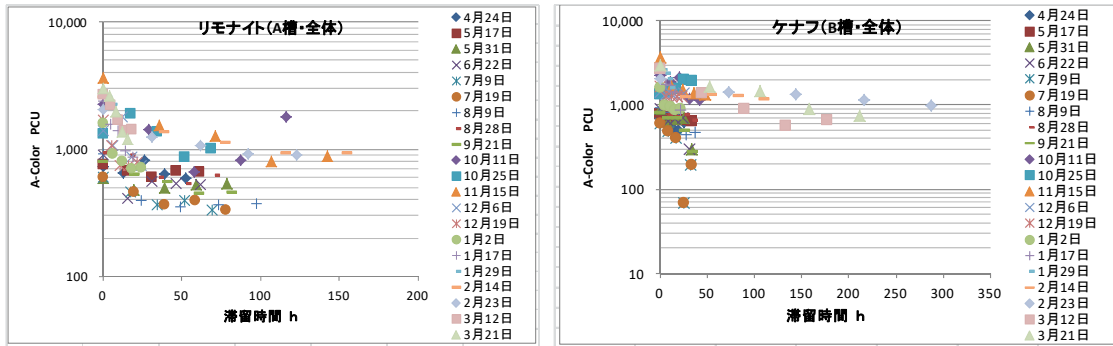


図 3.12 脱色・脱臭槽内の各調査日の滞留時間と色度変動

(7) 真色度

流入水が 300~1,200 度、A 槽処理水が滞留 24 時間で 400~600 度、B 槽処理水も同様に 400~900 度であった。滞留 100 時間で A 槽処理水 400~700 度、B 槽処理水で 500~1,000 度であり、滞留時間が長くなると低下する傾向があった。A 槽処理水が B 槽処理水に比較して良好なのは、阿蘇リモナイトへの薬品注入効果が表れた結果と推定される。

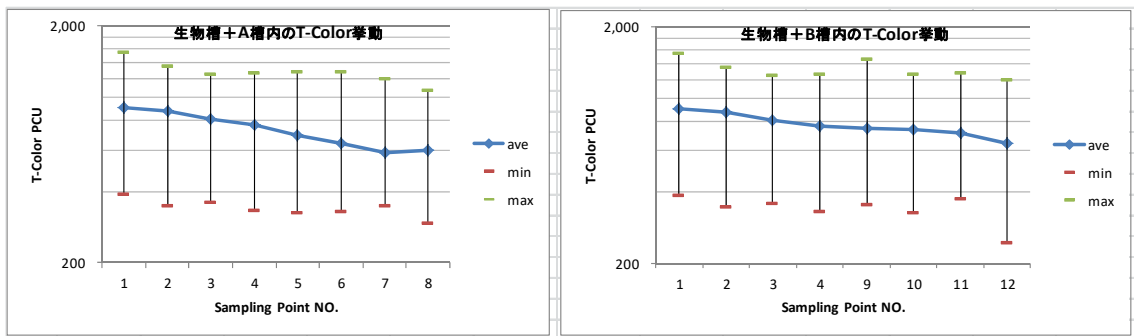


図 3.13 生物処理槽と脱色・脱臭槽内の真色度変動と範囲

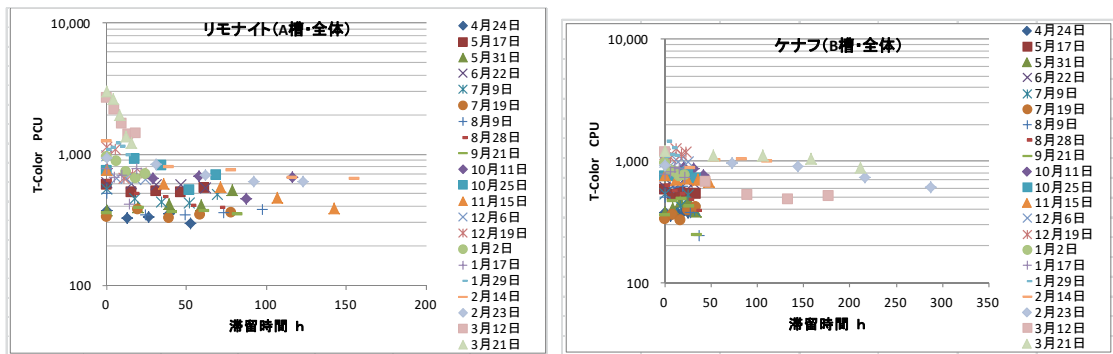


図 3.14 脱色・脱臭槽内の各調査日の滞留時間と真色度変動

(8) NH₃-N

流入水は生物処理水の時期は 0~12mg/l、計量槽水の時期は 20~80mg/l であった。A 槽処理水は 1/29 を除けば滞留 10 時間程度で殆ど除去されており、1/29 は処理水量変更直後で微生物増殖量が不足した例外期であり、その時期を除けば滞留 10 時間以内で除去されるこ

とが確認された。B 槽処理水も殆ど同様に処理されていた。

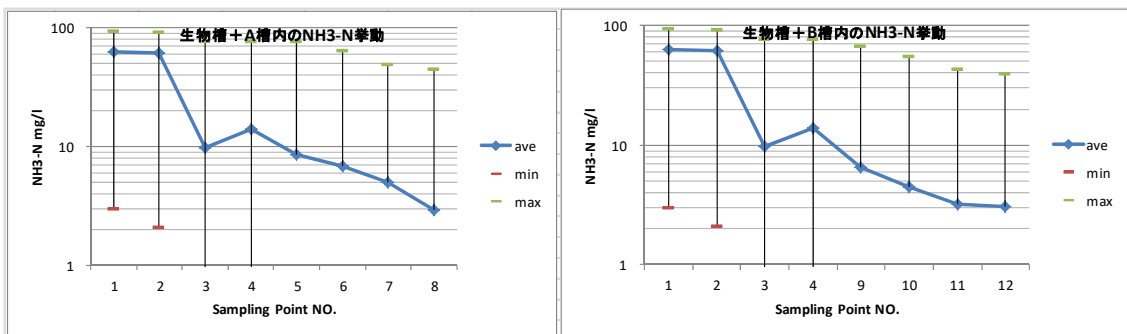


図 3.15 生物処理槽と脱色・脱臭槽内の真色度変動と範囲

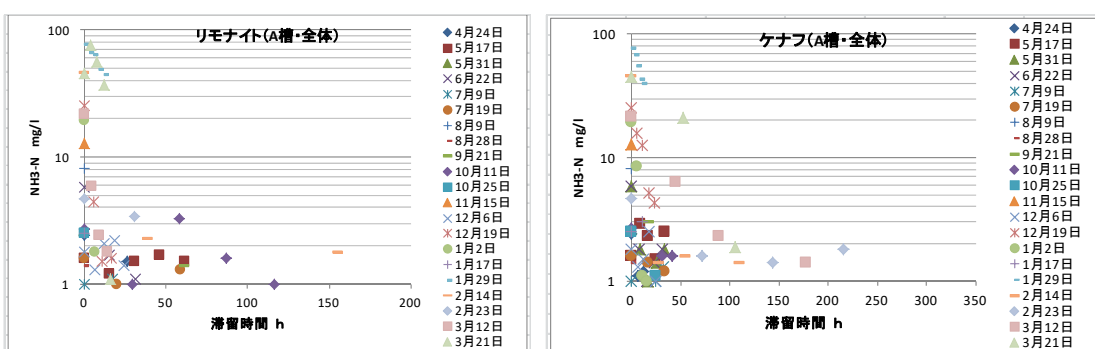


図 3.16 脱色・脱臭槽内の各調査日の滞留時間と真色度変動

(9) 油分

流入水は 5~30mg/l で A 槽処理水は滞留 24 時間程度で 5~10mg/l、B 槽処理水も同様な状況であった。流入水濃度は低濃度であり、滞留 24 時間以内で充分除去されていることが確認された。なお、この分析の検出限界濃度が 5mg/l の為、その濃度は殆どゼロに近い値である。

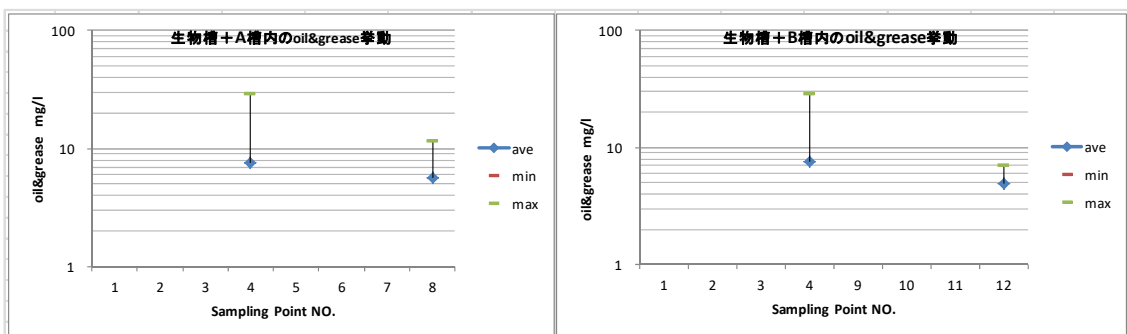


図 3.17 生物処理槽と脱色・脱臭槽内の油分濃度変動と範囲

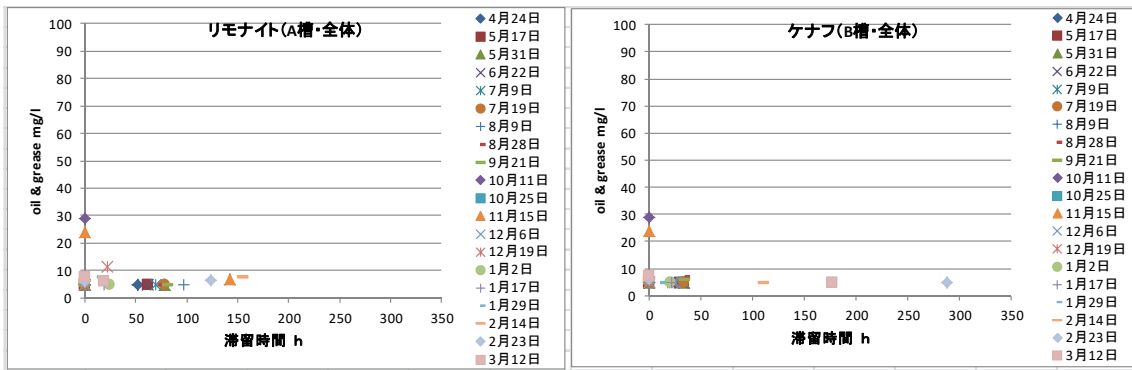


図 3.18 脱色・脱臭槽内の各調査日の滞留時間と油分濃度変動

(10) TOC

流入水は 70~170mg/l であり、A 槽処理水は滞留 24 時間で 20~160mg/l で滞留時間が長くなっても処理されない傾向がある。B 槽処理水も同様な傾向が示された。これは前述の COD と同じ様な傾向であり、有機物成分の中に難分解物質が多く含まれていると考えられる。

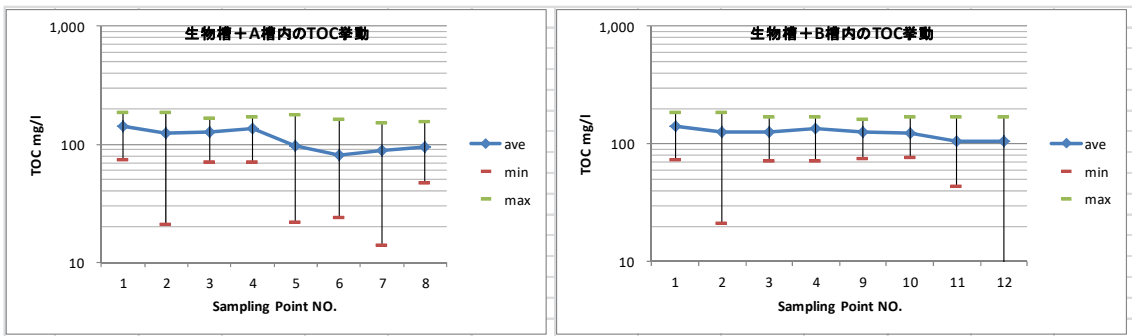


図 3.18 生物処理槽と脱色・脱臭槽内の TOC 濃度変動と範囲

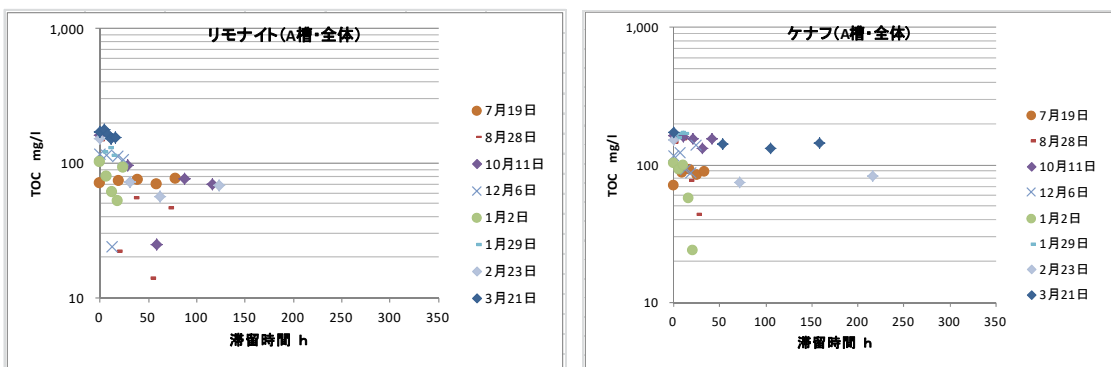


図 3.20 脱色・脱臭槽内の各調査日の滞留時間と TOC 濃度変動

(11) TON (臭気強度)

流入水は 10~30 程度、A 槽処理水は滞留 10 時間で 10、B 槽処理水も同様であった。この結果より、脱色・脱臭槽での除去効果は認められた。

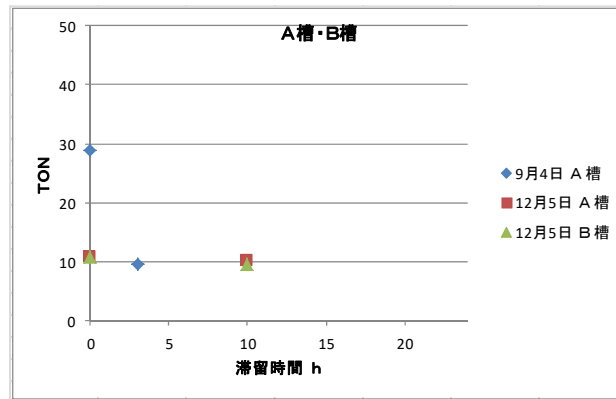


図 3.21 実証施設内の TON の挙動

(12) まとめ

結果をまとめて以下に示した。

- ・ BOD、SS、色度（見かけ色度）、NH₃-N は処理（滞留）時間が進むに従い処理されており、BOD は B 槽より A 槽の処理成績が良好である。
- ・ COD と TOC は処理されるが、ある処理（滞留）時間以上になると、処理が進まなくなり、難分解性有機物質の存在が推定される。
- ・ 真色度は B 槽より A 槽が良好に除去されており、阿蘇リモナイトの効果が認められ、薬品注入により更にその効果が向上している。
- ・ TON（臭気強度）は除去効果が認められた。

3. 2 脱色処理向上の検討実験

主要処理項目である色度の処理効果向上を目的に、UKM でのカラム実験で好成績を得ている薬品注入処理を本実証施設で 2018 年 12 月以降断続的に実施した。

3.2.1 実験方法

阿蘇リモナイトを充填している A 槽を対象とし、その中段部分（A 槽 5 列目）に過酸化水素水と硫酸を注入し、その効果を色度測定等で評価した。

薬品注入量は、UKM 実験結果や pH 曲線を参考に設定し、表 3.1 に処理水量を含めて示した。

表 3.1 実験条件

実験 No.	①	②	③	④	⑤	⑥
実施日	12月6日	12月19日	1月27日	1月28日	1月29日	1月30日
処理水量 m3/日	9	9	10	10	5	20
H2O2注入量 mM	25	25	50	50	50	25
H2SO4注入量 mM	9.2	9.2	6.1	12.2	6.1	6.1

実験 No.	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
実施日	2月14日	2月23日	2月24日	2月25日	2月26日	3月12日	3月21日
処理水量 m3/日	1.6	2	10	10	10	13.4	15.6
H2O2注入量 mM	50	0	50	50	50	12	12
H2SO4注入量 mM	6.1	0.0	0.0	6.1	9.2	0.0	0.0

注) 薬品添加期間: 実験No.⑦⑧⑫⑬は約2週間でその他は約1日間

サンプリングは図 3.22 に示す箇所での 4 か所で実施した。

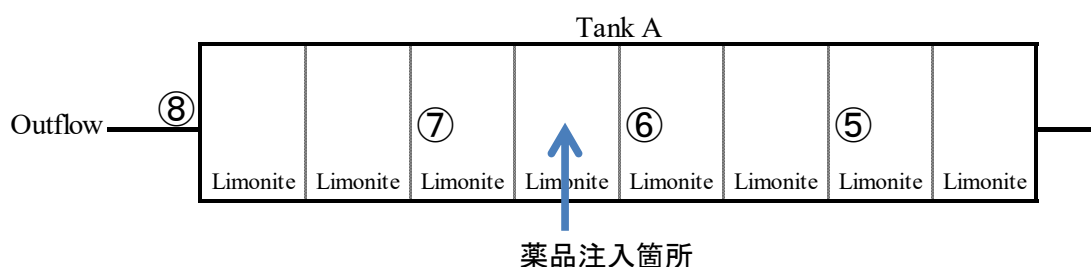


図 3.22 薬品注入箇所とサンプリング箇所

3.2.2 実験結果

実験結果は、同一薬品注入条件での短期間処理（約一日間連続処理）、中期間処理（10～14 日間連続処理）及び長期間処理（薬品無注入から全薬品注入処理）でまとめた。

(1) 短期間処理

所定の薬品注入条件で約一日間連続処理を行った後にサンプリングして現地にて色度と真色度測定を行い、その処理性を評価検討した。検討対象は表 3.1 中の実験 No.①~⑥、⑨~⑪である。

各サンプリング箇所の滞留時間は脱色・脱臭槽容積と処理水量から算出し、滞留時間と除去率の関係を色度は図 3.23、真色度を図 3.24 に示した。なお、各図の左側は過酸化水素 25mM 添加、右側は同 50mM を示した。

図より、滞留時間が長くなると除去率は向上していく傾向があり、色度は滞留 20 時間程度では過酸化水素 25mM で除去率 40~60%程度、同 50mM で除去率 10~60%で、過酸化注入量による違いは認められなかった。また、真色度は滞留 20 時間程度では過酸化水素 25mM で除去率 30~40%程度、同 50mM で 20~80%で過酸化水素注入量が多いと除去率が大きくなる傾向があった。しかし、図中の実験 No.⑨⑩⑪は実験都合で新しい阿蘇リモナイトを充填しており、充填直後に特別良好な除去効率が表れたと判断され、その実験を除外すれば、色度を同じように過酸化水素注入量による除去率の違いは認められなかった。

また、全体的に硫酸注入量による除去率の違いも見られなかった。

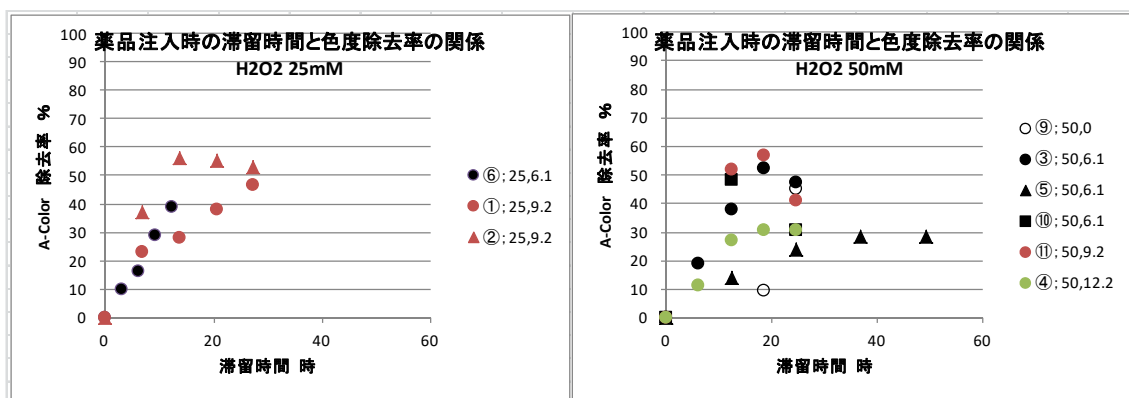


図 3.23 薬品注入時の色度除去率 (H2O2 注入量 左:25mM 右:50mM)

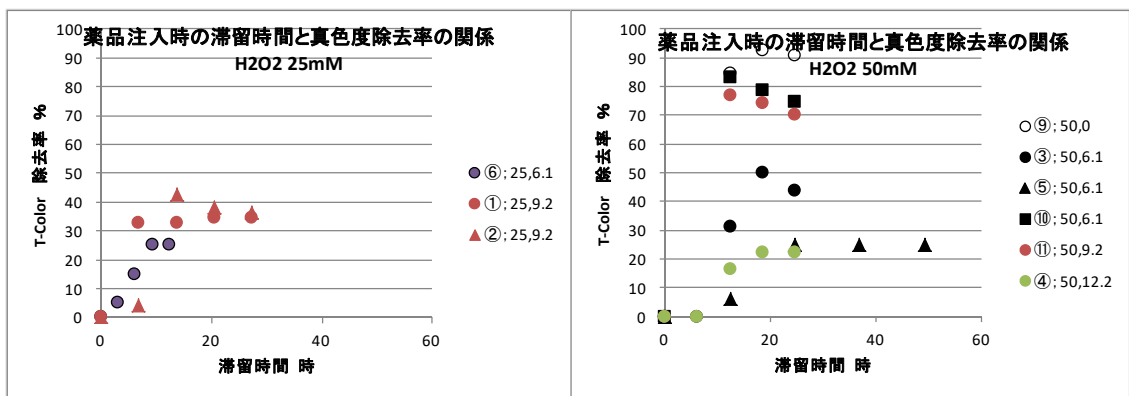


図 3.24 薬品注入時の真色度除去率 (H2O2 注入量 左:25mM 右:50mM)

(2) 中期間処理

所定の薬品注入条件で10日から2週間迄連続処理を行い、その処理状況を定期的に実施する水質検査測定結果を用いて評価検討した。検討対象実験は、表3.1中の実験No.⑦⑧⑫⑬である。

各サンプリング箇所の滞留時間は脱色・脱臭槽容積と処理水量から算出し、滞留時間と除去率の関係を色度は図3.25、真色度を図3.26に示した。

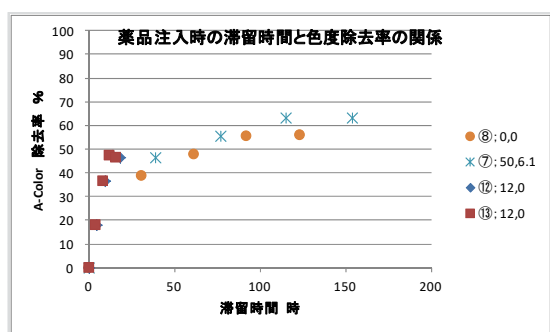


図 3.25 薬品注入時の色度除去率

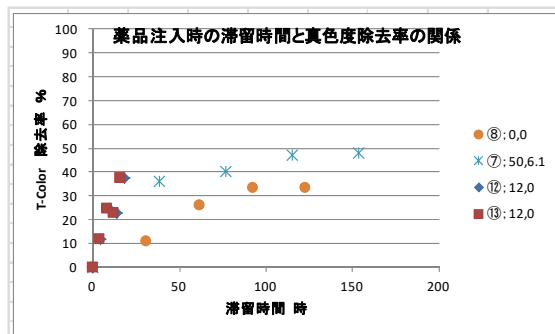


図 3.26 薬品注入時の真色度除去率

図より、前述の短期結果と同様に滞留時間が長くなると、色度真色度共に除去率向上が明確になった。また薬品無注入実験（図中⑧）と比較して薬品注入によって真色度除去率が向上していることが明らかになった。

(3) 長期間処理

定期的に行っている水質検査結果での脱色・脱臭槽の流入水とA槽処理水、B槽処理水の色度と真色度の測定結果を用い、色度濃度の単位を「CPU」から「mg/L」に換算し、当日の処理水量を乗じて流入色度負荷量と除去色度負荷量（流入負荷量－処理負荷量）を算出し、それぞれを積算した流入積算負荷量と除去積算負荷量の関係をA槽（阿蘇リモナイト）、B槽（ケナフ）に区別して色度を図3.27に真色度を図3.28に示した。

図より、流入色度積算負荷量と除去色度積算負荷量はそれぞれ相関関係を示し、その傾きは処理機能を評価する除去率を示している。

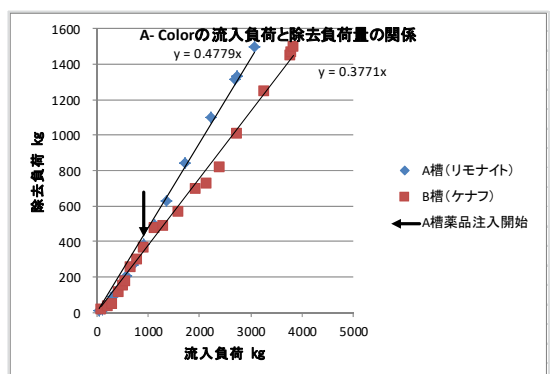


図 3.27 色度の流入負荷と除去負荷の関係

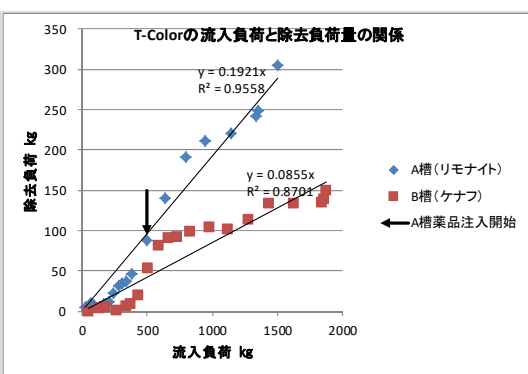


図 3.28 真色度の流入負荷と除去負荷の関係

色度については、阿蘇リモナイトは除去率 48%（傾き 0.477）、ケナフは同じく 38%（傾き 0.377）を示し、阿蘇リモナイトの方が良好であった。また、阿蘇リモナイトへ薬注開始以降の傾きの変化は大きくなく、処理機能への薬品注入の効果は少ないことが判る。

真色度については、阿蘇リモナイトは除去率 19%（傾き 0.192）、ケナフは同じく 8.6%（傾き 0.086）を示し、阿蘇リモナイトの方が良好であった。また、阿蘇リモナイトへの薬注開始以降の傾きが大きくなっており、その効果が表れていることが確認された。

以上の様に、阿蘇リモナイトへの薬品注入効果は真色度に現れる結果が得られ、中間評価の結果と一致した。

（4）UKM 実験との比較評価

実証施設での薬品注入による色度真色度除去性能と「添付資料—2 4.2 長期間連続処理実験」のカラム実験での薬品注入による色度真色度除去性能の比較を実施した。

比較方法は、阿蘇リモナイト単位重量当りの流入色度量と除去色度量を比較することとした。

それぞれの算出は以下の通りである（色度単位は CPU を mg/l (g/m³) に換算した）。

阿蘇リモナイト単位重量当り流入色度量 g/g・D=処理水量 m³/D×流入色度 g/m³÷充填阿蘇リモナイト重量 g

阿蘇リモナイト単位重量当り除去色度量 g/g・D=

処理水量 m³/D×（流入色度 g/m³—処理水色度 g/m³）÷充填阿蘇リモナイト重量 g

また、連続処理のためそれぞれの算出数値を積算した流入色度量と除去色度量の関係を図 3.29 に、同じく流入真色度量と除去真色度量の関係を図 3.30 に示した。尚、この傾きは除去率を示し、除去能力としても評価できる。

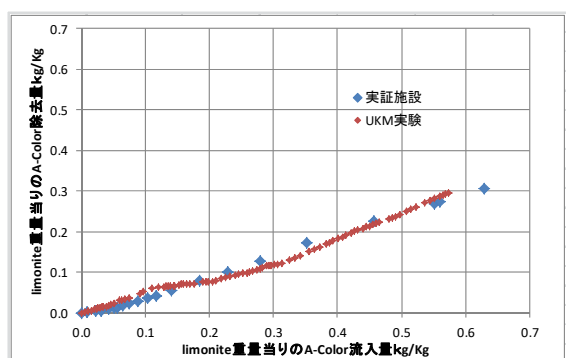


図 3.29 実証施設とカラム実験の色度処理比較

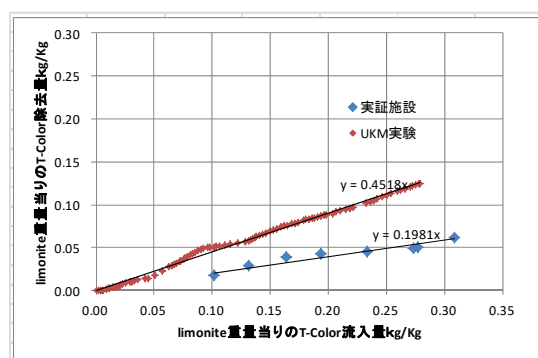


図 3.30 実証施設とカラム実験の真色度処理比較

図より、阿蘇リモナイト重量当りの色度処理量は両者共殆ど同じ傾向を示した。しかし、真色度は UKM カラム実験が実証施設の処理より良好なことが示された。同じ阿蘇リモナイトを使用しているにも関わらず、真色度の処理能力に違いが出たことは、実証施設の構造的問題かこの設備だけの特別な現象かを見極めることが重要である。

(5) まとめ

以上の結果をまとめて以下に示した。

- 過酸化水素 25～50mM 注入で、真色度処理効率が向上することが確認された。
- 硫酸注入は真色度処理効率向上への寄与が小さい。
- 滞留時間を伸ばすことで、除去処理が進むことが確認できた。
- 実証施設とカラム実験の真色度処理効率に違いがある。

3. 3 生物処理槽での処理効果

(1) 処理状況

脱色・脱臭槽での処理の前処理施設として設置した生物処理槽の調査日毎の処理状況ついて図 3.31～3.36 に示す。

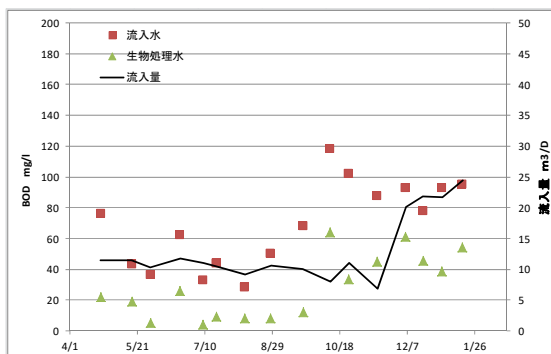


図 3.31 BOD の生物処理状況

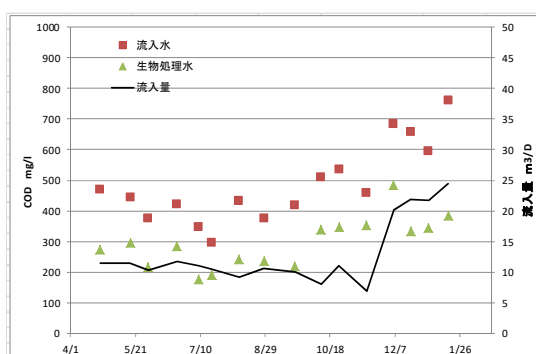


図 3.32 COD の生物処理状況

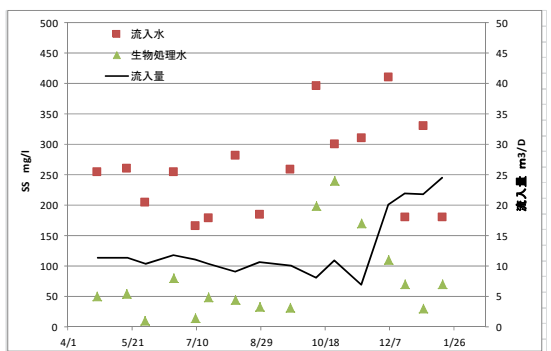


図 3.33 SS の生物処理状況

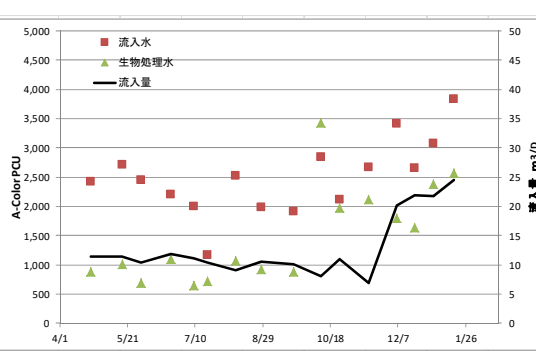


図 3.34 色度の生物処理状況

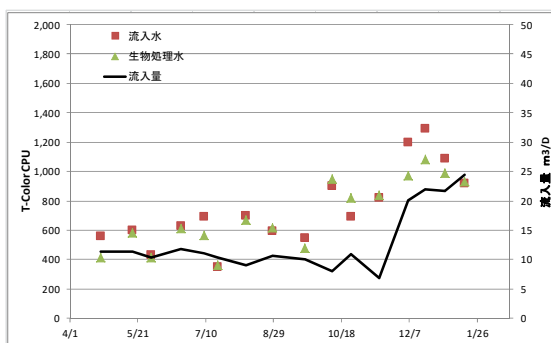


図 3.35 真色度の生物処理状況

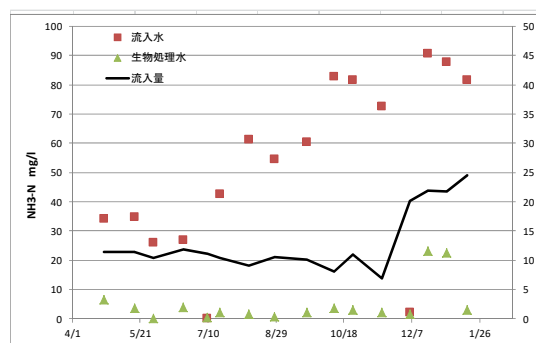


図 3.36 NH3-N の生物処理状況

①BOD (図 3.31)

流入水は 30～120mg/l で 9 月頃より高濃度になり、処理水は 2～60mg/l で同じく 9 月頃より上昇する傾向があった。12 月以降に流量増加時には処理水濃度に変化は無く、処理状況は安定していると考えられる。

②COD (図 3.32)

流入水は 300~800mg/l で BOD と同様に 9 月頃以降に上昇する傾向があり、処理水は 200~500mg/l で BOD と同様に 9 月頃から上昇する傾向があった。12 月以降に流量増加時には処理水濃度は変化は無く、処理状況は安定していると考えられる。

③SS (図 3.33)

流入水は 160~400mg/l で 9 月から 12 月に高くなり、処理水は 5~250mg/l で 10 月から 12 月で高くなる傾向があった。12 月以降に流量増加したが、処理水濃度は低下しており、処理状況は安定していると考えられる。

④色度 (図 3.34)

流入水は 1,000~4,000CPU で 10 月以降濃度上昇し、処理水は 500~3,500CPU で同時期に上昇していた。濃度上昇以降は処理水質も上昇しており、処理性は不安定と考えられる。

⑤真色度 (図 3.35)

流入水は 400~1,300CPU で 10 月以降濃度上昇し、処理水は 400~1,000CPU であり、濃度低下は少なく、殆ど処理されていない状況であった。

⑥NH₃-N (図 3.36)

流入水は 30~90mg/l で 7 月から 1 月で上昇傾向であったが、処理水は 0~20mg/l であり、処理状況は安定していると考えられる。

(2) 脱色・脱臭槽の生物処理性の検討

今回の実証運転での生物処理槽は、脱色・脱臭槽の前処理操作の位置づけであり、実際には直接パーム油工場排水が脱色・脱臭槽に流入することも想定される。

そこで、生物処理槽が無かった場合を想定して、代表水質項目 BOD の脱色・脱臭槽と生物処理槽での処理性能を比較検討した。

図 3.37 に処理能力を表わす槽内容積当り BOD 負荷量と BOD 除去率の関係を生物処理槽、A 槽、B 槽を区別して示し、図 3.38 に同負荷量と BOD 処理水濃度の関係を示した。

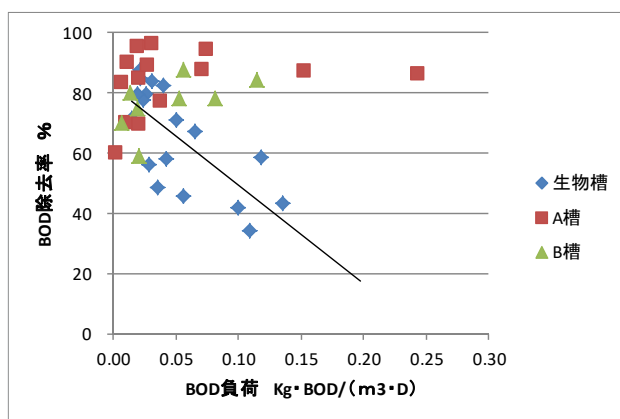


図 3.37 生物処理槽、A 槽、B 槽の BOD 容積負荷と BOD 除去率の関係

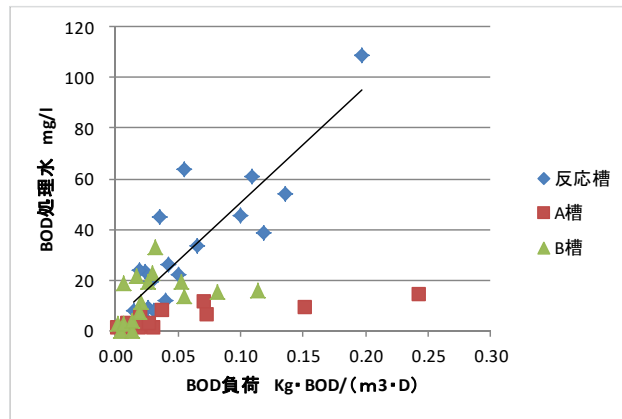


図 3.38 生物処理槽、A 槽、B 槽の BOD 容積負荷と処理水 BOD の関係

図より、A 槽、B 槽と生物処理槽との BOD 処理能力の違いはなく、むしろ A 槽、B 槽での処理能力が大きい傾向が示された。

従って、生物処理槽の設置無しでも、必要な容積の脱色・脱臭槽で良好な BOD 処理性は得られることが確認できた。

表 3.2 水質試驗結果 (平均值)

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.1	9.1	9.1	9.3
2	DO	mg/L	2.0	2.4	4.2	5.8	6.7	7.5	7.5	7.8	5.3	5.5	6.3	6.5
3	BOD5	mg/L	45	46	12	13	5	3	3	2	8	6	6	11
4	COD	mg/L	404	395	239	232	186	177	173	174	218	212	206	198
5	SS	mg/L	213	223	42	29	18	18	14	8	21	14	15	18
6	Color (Apparent)	Pt-Co	2103	2185	878	744	566	532	527	505	609	576	404	478
7	Color (True)	Pt-Co	562	570	529	494	440	429	425	444	493	493	482	426
8	NH3-N	mg/L	39.6	40.1	2.7	2.0	0.9	0.9	0.7	0.6	1.2	1.0	0.7	1.3
9	Oil & Grease	mg/L				5.0				5.0				5.3
10	TOC	mg/L	144	156	124	116	71	82	64	84	124	109	93	136

表 3.3 水質試驗結果 (最小值)

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		8.5	8.5	8.7	8.5	8.8	8.7	8.6	8.7	8.4	8.5	8.5	8.8
2	DO	mg/L	1.0	0.9	1.7	2.1	5.3	6.3	6.7	7.0	2.1	2.5	3.0	1.5
3	BOD5	mg/L	33	28	3	3	0	1	1	1	2	2	1	3
4	COD	mg/L	298	297	177	182	132	123	125	133	170	161	162	148
5	SS	mg/L	151	166	10	5	8	7	5	0	6	0	0	0
6	Color (Apparent)	Pt-Co	1504	1176	645	505	396	352	368	332	344	285	68	196
7	Color (True)	Pt-Co	388	348	359	332	325	328	348	295	355	328	375	244
8	NH3-N	mg/L	26.1	26.1	0.5	0.4	0.1	0.2	0.1	0.0	0.2	0.0	0.1	0.3
9	Oil & Grease	mg/L				5.0				5.0				5.0
10	TOC	mg/L	119	126	71	71	22	55	14	47	87	77	44	89

表 3.4 水質試驗結果 (最大值)

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		9.7	9.7	9.6	9.7	9.7	9.8	9.7	9.8	9.5	9.5	9.6	9.8
2	DO	mg/L	4	6	7	8	8	8	8	9	7	8	9	8
3	BOD5	mg/L	57	76	26	27	9	5	9	6	17	13	14	22
4	COD	mg/L	505	470	295	267	230	221	213	215	267	256	245	234
5	SS	mg/L	309	282	80	58	40	60	35	20	31	28	33	35
6	Color (Apparent)	Pt-Co	2648	2710	1100	928	900	825	670	660	812	836	768	660
7	Color (True)	Pt-Co	776	700	672	632	600	580	580	550	620	650	680	660
8	NH3-N	mg/L	62.2	61.3	6.4	5.8	1.7	1.5	1.7	1.5	2.9	2.3	1.5	2.5
9	Oil & Grease	mg/L				5.0				5.0				7.0
10	TOC	mg/L	186	186	162	148	118	116	108	128	155	158	151	163

表 3.5 水質試驗結果 (2018 年 4 月 3 日實施調查)

Sampling Date: 3/4/2018		Name of Person in Charge:											
Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang													
Parameter	Unit	No.2	No.4	No.8	No.12	Pond 1	Pond 2	Pond 3	Pond 4				
1	pH	9.31	9.62	4.88	7.27	9.03	9.8	10.16	10.08				
2	DO	mg/L	8.31	8.58	8.01	4.59	0.39	1.97	1.07	1.57			
3	BOD5	mg/L	59.3	s	11.7	38.7							
4	COD	mg/L	363	265	113	175	145	181	211	102			
5	SS	mg/L	288	202	88	138	290	370	320	180			
6	Color (Apparent)	Pt-Co	4520	3580	2080	2560	2760	3710	3510	2030			
7	Color (True)	Pt-Co	1300	480	200	220	490	280	130	190			
8	NH3-N	mg/L	29.8	18.6	6	7.2	26.2	8.5	1.7	6.7			
9	Oil & Grease	mg/L	10	7.5	45	30.5							
10	TOC	mg/L	98	50	46	38							

表 3.6 水質試驗結果 (2018 年 4 月 11 日實施調查)

Sampling Date: 2018/4/11		Name of Person in Charge:											
Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang													
Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH	9.51	9.49	9.25	9.24	9.03	8.43	8.23	8.32	9.2	9.27	9.23	8.88
2	DO	mg/L	6.49	5.29	3.82	4.37	7.45	6.27	7.23	8	6.29	6.02	6.66
3	BOD5	mg/L	77	64.5	39.5	38	38	28	29.5	25	25	25	23.5
4	COD	mg/L	542	691	732	701	645	580	524	495	657	653	509
5	SS	mg/L	290	300	210	230	180	180	110	80	180	180	180
6	Color (Apparent)	Pt-Co	3000	3090	2480	2360	2100	1870	1370	1180	2180	2200	2060
7	Color (True)	Pt-Co	550	570	540	470	520	370	410	440	430	560	480
8	NH3-N	mg/L	39.2	38.6	15.3	10.4	5.5	8.5	15.9	23.3	3.3	6.7	2.2
9	Oil & Grease	mg/L				9.5				21			8
10	TOC	mg/L											

表 3.7 水質試驗結果 (2018 年 4 月 24 日實施調查)

Sampling Date: 24/4/2018		Name of Person in Charge:											
Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang													
Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
pH		9.35	9.21	9.27	9.3	8.82	8.71	8.64	8.69	8.95	8.99	8.93	9.09
DO	mg/L	1.95	1.17	6.72	7.92				8.06	5.62	6.33	6.27	7.86
BOD5	mg/L	53.5	76	22	18	8.5		9	5.5	17	12.5	13.5	21.5
COD	mg/L	505	470	272	254					233	226	211	205
SS	mg/L	250	255	50	40	40	60	35	20	20	15	15	25
Color (Apparent)	Pt-Co	2070	2420	875	730	650	825	635	590	610	535	495	615
Color (True)	Pt-Co	540	560	415	375	325	335	355	295	355	375	375	375
NH3-N	mg/L	37.9	34.2	6.4	2.4	0.7	1.5	0.2		1.1	1.2	0.1	
Oil & Grease	mg/L				5				5				5
TOC	mg/L												

表 3.8 水質試験結果 (2018 年 5 月 17 日実施調査)

Sampling Date: 18/5/2018		Name of Person in Charge:												
Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang														
Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	
1	pH	9.35	9.27	9.3	9.32	9.35	9.41	9.43	9.42	9.3	9.32	9.27	9.49	
2	DO	mg/L	1.69	0.86	4.81	4.68	5.31	6.92	7.03	7.3	2.11	4.06	5.45	7.51
3	BOD5	mg/L	45.5	43.5	19	10	9	4.5	3.5	1	8	7	5.5	18.5
4	COD	mg/L	444	443	295	254	230	221	213	215	267	256	227	211
5	SS	mg/L	225	260	55	10	15	15	20	10	20	15	20	15
6	Color (Apparent)	Pt-Co	2460	2710	1010	765	670	600	670	660	715	660	665	635
7	Color (True)	Pt-Co	525	600	580	585	510	520	510	550	525	545	540	540
8	NH3-N	mg/L	35.7	34.8	3.5	1.6	1.2	1.5	1.7	1.5	2.9	2.3	1.5	2.5
9	Oil & Grease	mg/L				5				5				5
10	TOC	mg/L												

表 3.9 水質試験結果 (2018 年 5 月 31 日実施調査)

Sampling Date: 3/6/2018		Name of Person in Charge:												
Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang														
Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	
1	pH	9.59	9.59	9.55	9.53	9.44	9.52	9.57	9.58	9.46	9.46	9.42	9.59	
2	DO	mg/L	3.67	4.12	6.66	6.71	6.21	7.86	7.97	8.73	5.51	5.43	7.34	8.43
3	BOD5	mg/L	48	36.5	5.5	2.5	3.5	1.5	1.5	1	14	3	3.5	2.5
4	COD	mg/L	377	375	215	209	197	180	176	187	213	200	197	181
5	SS	mg/L	180	205	10	5			15	5		0	0	0
6	Color (Apparent)	Pt-Co	2065	2450	695	595	475	500	530	535	475	480	460	445
7	Color (True)	Pt-Co	475	430	415	375	395	415	410	530	410	465	480	385
8	NH3-N	mg/L	26.1	26.1		0.4	0.1	0.2		0.4	1.4	1.6	0.4	0.3
9	Oil & Grease	mg/L				5				5				5
10	TOC	mg/L												

表 3.10 水質試験結果 (2018 年 6 月 22 日実施調査)

Sampling Date: 23/6/2018		Name of Person in Charge:											
Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang													
Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
pH		9.51	9.52	9.53	9.58	9.47	9.54	9.52	9.5	9.35	9.29	9.26	9.46
DO	mg/L	2.22	6.41	2.39	4.79	6.63	8.25	8.01	8.21	6.75	2.49	3.02	1.54
BOD5	mg/L	56.5	62	26	27	7	3.5	1.5	1	9	11.5	14	10
COD	mg/L	429	422	284	249	214	206	198	186	237	241	245	234
SS	mg/L	260	255	80	45	20	15	5	0	27.5	20	32.5	22.5
Color (Apparent)	Pt-Co	2460	2210	1100	900	410	560	540	530	650	680	70	300
Color (True)	Pt-Co	730	630	610	610	600	580	580	550	620	650	680	660
NH3-N	mg/L	27.2	27	3.9	5.8	1.7	1.1	0.8	0.4	1.8	1	1.4	1.8
Oil & Grease	mg/L				5				5				5
TOC	mg/L												

表 3.11 水質試験結果 (2018 年 7 月 9 日実施調査)

Sampling Date: 23/6/2018			Name of Person in Charge:											
Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang														
	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		9.59	9.6	9.63	9.65	9.66	9.63	9.64	9.63	9.31	9.42	9.41	9.22
2	DO	mg/L	1.33	1.25	5.25	6.66	7.74	7.54	7.6	7.71	6.56	7.79	8.85	
3	BOD5	mg/L	37	28	4	6	3	2	2	1.5	2	2	4	
4	COD	mg/L	342	346	177	182	175	182	188	188	176	176	186	
5	SS	mg/L	158	166	14	12	8	8	5	6	6	5	6	20
6	Color (Apparent)	Pt-Co	1720	2005	645	505		455	540	400	344	285	265	500
7	Color (True)	Pt-Co	505	695	565	540	455	435	425	490		425	520	390
8	NH3-N	mg/L	31.1		0.5	1	1.1	0.3	0.1	0.8	0.6	0	1	1.3
9	Oil & Grease	mg/L				5				5				5
10	TOC	mg/L	186	186	139	128	118	116	108	128	129	158	151	157

表 3.12 水質試験結果 (2018 年 7 月 19 日実施調査)

Sampling Date: 20/7/2018			Name of Person in Charge:											
Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang														
	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		9.68	9.7	9.63	9.59	9.74	9.76	9.74	9.76	9.41	9.45	9.59	9.78
2	DO	mg/L	2.32	1.63	3.08	2.12	5.79	6.34	6.73	6.99	5.41	6.03	6.62	6.8
3	BOD5	mg/L	40	44.5	9.5	9	5	3	2	1.5	7.5	5	4	2.5
4	COD	mg/L	298	297	190	188	157	146	136	138	170	161	162	148
5	SS	mg/L	151	179	48	31	20	12	13	10	21	13	10	13
6	Color (Apparent)	Pt-Co	1504	1176	720	608	464	364	392	332	488	400	68	196
7	Color (True)	Pt-Co	388	348	359	332	380	328	348	360	364	328	392	420
8	NH3-N	mg/L	43.4	42.7	2.1	1.6	1	0.9	1.3	0.7	0.2	1.4	0.1	1.2
9	Oil & Grease	mg/L				5				5				5
10	TOC	mg/L	128	126	71	71	74	75	70	77	87	93	85	89

表 3.13 水質試験結果 (2018 年 8 月 9 日実施調査)

Sampling Date: 13/8/2018			Name of Person in Charge:											
Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang														
	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
	pH		8.58	8.59	8.67	8.53	9.03	8.91	8.96	8.93	8.48	8.57	8.67	8.79
	DO	mg/L	1.04	1.34	1.67	6.28	7.54	7.9	7.68	7.89	4.22	6.67	6.28	
	BOD5	mg/L	33	35	7.5	20.5	1.5	1	1	1	8	4.5	3.5	
	COD	mg/L	438	432	243	253	132	123	125	133	227	217	206	
	SS	mg/L	309	282	45	58	8	7	7	8	31	28	22	35
	Color (Apparent)	Pt-Co	2648	2528	1064	920	396	352	368	376	812	836	444	472
	Color (True)	Pt-Co	776	700	672	500	348	344	360	380	604	616	380	244
	NH3-N	mg/L	62.2	61.3	1.7		0.5	0.6	0.5		0.9	0.1	0.4	0.5
	Oil & Grease	mg/L				5				5				
	TOC	mg/L												

表 3.14 水質試驗結果 (2018 年 8 月 28 日實施調查)

Sampling Date: 4/9/2018		Name of Person in Charge: Muhammad Amirul Nazhif												
Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang														
Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	
1	pH	8.5	8.54	8.68	8.55	8.83	8.91	8.9	8.95	8.42	8.47	8.49	8.77	
2	DO	mg/L	2.08	2.42	2.77	7.22	7.53	7.52	7.43	7.77	5.87	6.62	6.67	7.02
3	BOD5	mg/L	44	41	2.5	13.5	0			2	1.5	1		
4	COD	mg/L	402	376	237	267	199	182	173	170	221	220	216	207
5	SS	mg/L	171	184	33	31	18	11	11	6	19	18	15	14
6	olor (Appare	Pt-Co	1900	1984	916	928	900	600	540	620	780	728	768	660
7	Color (True)	Pt-Co	556	596	616	632	504	472	412	396	572	540	488	392
8	NH3-N	mg/L	53.4	54.6	0.7	1.4			0.1	0	0.7	0.5		
9	Oil & Grease	mg/L				5				5				7
10	TOC	mg/L	119		162	148	22	55	14	47	155	77	44	163

表 3.15 水質試驗結果 (2018 年 9 月 20 日實施調查)

Sampling Date: 21/9/2018		Name of Person in Charge: Muhammad Amirul Nazhif												
Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang														
Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	
1	pH	8.26	8.15	8.57	8.47	8.76	8.87	8.9	8.92	8.33	8.36	8.4	8.64	
2	DO	mg/L	1.63	0.76	5.58	1.46	7.56	7.88	7.75	7.94	4.49	4.18	6.89	8.29
3	BOD5	mg/L	70	68	12	28	5	4	2	3	7	8	5	7
4	COD	mg/L	420	418	220	224	183	167	159	158	204	200	193	191
5	SS	mg/L	269	258	32	41	27	26	19	17	30	35	26	28
6	Color (Apparent)	Pt-Co	2100	1912	872	808	644	556	456	460	700	696	508	280
7	Color (True)	Pt-Co	492	548	480	360	396	368	372	352	472	496	428	248
8	NH3-N	mg/L	59.8	60.5	2.1	2.4	0.6	0.6	1.4	0.2	0.8	3	0.7	0.5
9	Oil & Grease	mg/L				5				5				6
10	TOC	mg/L												

表 3.16 水質試驗結果 (2018 年 10 月 11 日實施調查)

Sampling Date: 12/10/2018		Name of Person in Charge:												
Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang														
Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	
1	pH	8.5	8.53	8.68	8.7	8.96	8.97	8.99	9	8.69	8.66	8.62	8.86	
2	DO	mg/L	3.74	4.34	6.99	10.73	11.5	11.52	11.9	11.86	8.97	9.85	9.34	11.19
3	BOD5	mg/L	104	118	64	90	23.5	16	10	11	33.5	30.5	24	19.5
4	COD	mg/L	540	510	338	389	263	230	197	184	313	322	291	276
5	SS	mg/L	393	396	199	221	123	108	76	75	160	164	128	117
6	Color (Apparent)	Pt-Co	3930	2850	3420	2260	1430	660	820	1810	1860	2090	1180	1140
7	Color (True)	Pt-Co	720	900	950	770	660	680	460	670	810	890	870	760
8	NH3-N	mg/L	82.3	82.7	3.7	2.7	1	3.3	1.6	1	0.9	0.8	1.6	1.6
9	Oil & Grease	mg/L				29				20.5				17
10	TOC	mg/L	179	171	157	162	96	25	76	70	161	156	132	155

表 3.17 水質試験結果 (2018 年 10 月 25 日実施調査)

Sampling Date: 25/10/2018 Name of Person in Charge: _____
 Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		8.4	8.4	8.62	8.51	8.9	8.92	8.92	8.94	8.53	8.57	8.51	8.67
2	DO	mg/L	1.29	0.94	5.48	3.58	4.96	6.67	7.33	7.51	2.6	3.65	3.82	4.03
3	BOD5	mg/L	96.5	102	33.5	35.5	18.5	11	8.5	8	27	25.5	21.5	19.5
4	COD	mg/L	566	535	347	332	248	218	200	191	298	306	292	278
5	SS	mg/L	380	300	240	200	140	90	90	80	220	190	210	170
6	Color (Apparent)	Pt-Co	2780	2110	1970	1320	1900	1380	860	1010	1400	1540	1960	1920
7	Color (True)	Pt-Co	610	690	820	750	920	820	530	690	750	800	780	720
8	NH3-N	mg/L	85.7	81.5	3.1	2.5	0	0	0	0.1	0.9	0.9	1.1	0
9	Oil & Grease	mg/L				0				0				0
10	TOC	mg/L												

表 3.18 水質試験結果 (2018 年 11 月 15 日実施調査)

Sampling Date: 15/11/2018 Name of Person in Charge: _____
 Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		8.61	8.6	8.37	8.33	8.68	8.79	8.82	8.85	8.12	8.2	8.23	8.48
2	DO	mg/L	2.43	1.79	3.18	2.03	4.08	5.93	6.91	7.54	3.63	5.72	4.16	5.14
3	BOD5	mg/L	86.5	87.5	45	109.5	15.5	8.5	8	6	33	19	16.5	13.5
4	COD	mg/L	492	460	353	529	244	244	201	182	326	288	282	265
5	SS	mg/L	430	310	170	410	110	80	40	20	100	50	70	100
6	Color (Apparent)	Pt-Co	3290	2670	2110	3630	1540	1260	810	880	1660	1490	1370	1320
7	Color (True)	Pt-Co	1030	820	840	760	600	560	470	390	700	720	700	680
8	NH3-N	mg/L	90.2	72.6	2.1	12.7	0.7	0.3	0	0	0	0	0.1	0.2
9	Oil & Grease	mg/L				24				7				13
10	TOC	mg/L												

表 3.19 水質試験結果 (2018 年 12 月 6 日実施調査)

Sampling Date: 06/12/2018 Name of Person in Charge: _____
 Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		8.46	8.47	8.42	8.47	7.12	7.8	7.93	7.81	8.41	8.47	8.65	8.75
2	DO	mg/L	0.29	1.01	1.95	3.12					3.59	3.73	3.54	4.05
3	BOD5	mg/L	74.5	93	61	32.5					38	37	35.5	33
4	COD	mg/L	722	683	484	466	718	458	403	359	475	461	423	431
5	SS	mg/L	390	410	110	80	70	230	30	0	60	40	30	40
6	Color (Apparent)	Pt-Co	3440	3410	1790	1400	1080	1810	870	750	1340	1320	1260	1370
7	Color (True)	Pt-Co	1180	1200	970	980	660	660	640	640	860	1030	1040	970
8	NH3-N	mg/L	3	2.1	1.6	1.8	1.3	2.1	2.2	1.4	1.3	1.5	2.5	1
9	Oil & Grease	mg/L				5				18.5				5
10	TOC	mg/L	108	21	168	117	114	24	113	106	123	93	88	138

表 3.20 水質試験結果 (2018 年 12 月 19 日実施調査)

Sampling Date: 19/12/2018 Name of Person in Charge: _____

Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		8.4	8.35	8.62	8.67	8.42	7.85	7.07	7.39	8.56	8.55	8.58	8.7
2	DO	mg/L	0.14	0.09	2.06	1.19	3.61				3.93	3.11	3.71	3.71
3	BOD5	mg/L	69.5	78	45.5	28.5	19.5				21.5	25	24	22.5
4	COD	mg/L	679	657	333	339	298	305	278	257	319	299	295	298
5	SS	mg/L	210	180	70	140	40	20	30	20	20	10	20	10
6	Color (Apparent)	Pt-Co	3050	2650	1630	1680	1060	740	750	790	1260	1260	1240	1260
7	Color (True)	Pt-Co	1320	1290	1080	1130	1080	650	700	720	1070	1260	1140	1190
8	NH3-N	mg/L	93.4	90.7	23.1	25.4	4.4	1.5	1.6	0	15.8	12.6	5.2	4.3
9	Oil & Grease	mg/L				5				11.5				5
10	TOC	mg/L												

表 3.21 水質試験結果 (2019 年 1 月 2 日実施調査)

Sampling Date: 2/1/2019 Name of Person in Charge: _____

Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		8.27	8.32	8.19	8.16	8.07	8.31	8.53	8.65	8.18	8.11	8.46	8.49
2	DO	mg/L	0.24	2.39	4.29	3.66	2.21	4.29	5.54	6.31	2.31	2.38	2.93	3.67
3	BOD5	mg/L	98.5	93	38.5	71.5	24.5	14	9.5	9	60	41.5	31.5	15.5
4	COD	mg/L	598	595	344	344	277	256	233	225	315	302	256	251
5	SS	mg/L	330	330	30	110	20	10	10	10	30	20	10	20
6	Color (Apparent)	Pt-Co	3140	3080	2380	1600	910	810	700	710	990	940	870	890
7	Color (True)	Pt-Co	1140	1090	990	960	880	740	650	700	840	820	750	760
8	NH3-N	mg/L	87.6	87.8	22.4	19.5	1.8	0.1	0.1	0.1	8.4	1.1	1	0.3
9	Oil & Grease	mg/L				6				5				5
10	TOC	mg/L	74	68	127	102	79	61	52	93	93	99	57	24

表 3.22 水質試験結果 (2019 年 1 月 17 日実施調査)

Sampling Date: 17/01/2018 Name of Person in Charge: _____

Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		8.33	8.14	8.46	8.41	8.24	6.17	8.24	8.56	8.39	8.36	8.37	8.45
2	DO	mg/L	0.25	0.57	1.19	1.06	2.98	2.52	2.39	3.52	2.72	2.14	2.84	2.66
3	BOD5	mg/L	113	95	54	101.5	37.5	29	13	14	55.5	45	34	16
4	COD	mg/L	709	760	384	648	355	339	303	280	379	363	367	356
5	SS	mg/L	220	180	70	100	40	30	20	10	30	10	30	20
6	Color (Apparent)	Pt-Co	4120	3840	2570	2390	1570	1390	980	870	1750	1690	1420	870
7	Color (True)	Pt-Co	1530	920	930	780	670	690	420	780	810	880	860	740
8	NH3-N	mg/L	85.7	81.5	3.1	2.5	0.7	0.3	0	0	0.8	3	0.7	0.5
9	Oil & Grease	mg/L				5				5				5
10	TOC	mg/L												

表 3.23 水質試験結果 (2019 年 1 月 29 日実施調査)

Sampling Date: 30/01/2018 Name of Person in Charge:

Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		8.19	8.21	8.35	8.35	8.32	7.89	7.67	8.05	8.34	8.35	8.39	8.43
2	DO	mg/L	7.3	8.7	27.4	28.6	32.2				3.7	3.17	4.13	4.11
3	BOD5	mg/L	82	79	108.5	105.5	94.5				100	104	96	97
4	COD	mg/L	702	697	516	527	510	489	462	466	496	494	497	488
5	SS	mg/L	350	360	310	280	290	150	90	60	140	150	120	100
6	Color (Apparent)	Pt-Co	3400	3120	2840	2630	2580	2240	1690	1480	2660	2420	2080	1620
7	Color (True)	Pt-Co	1180	1280	1140	1080	1140	1220	1160	1000	1460	1140	1280	1100
8	NH3-N	mg/L	OOR	OOR	77.8	76.7	65.8	64.2	49.2	45	68.2	55.2	43.4	39.4
9	Oil & Grease	mg/L				6				7.5				5
10	TOC	mg/L	171	172	75	167	120	160	130	114	158	170	171	169

表 3.24 水質試験結果 (2019 年 2 月 14 日実施調査)

Sampling Date: 14/02/2019 Name of Person in Charge:

Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		8.86	8.9	8.89	8.73	8.68	7.06	7.24	7.56	8.46	8.71	8.87	8.96
2	DO	mg/L	3.06	3.04	3.46	3.08	6.21				2.97	5.13	6.53	7.33
3	BOD5	mg/L	53	106	23.5	98	30.5				22.5	18	29	13
4	COD	mg/L	510	525	358	431	297	273	242	240	313	308	294	282
5	SS	mg/L	260	180	120	220	60	40	20	20	100	60	50	50
6	Color (Apparent)	Pt-Co	2860	2360	1860	2560	1370	1140	940	940	1240	1330	1290	1180
7	Color (True)	Pt-Co	1450	1350	1250	1270	810	760	670	660	880	1030	1040	1010
8	NH3-N	mg/L	81.4	81	4.1	45.9	2.3	0.9	0.1	1.8	1.4	1.6	0.2	1.4
9	Oil & Grease	mg/L				7				7.5				5
10	TOC	mg/L												

表 3.25 水質試験結果 (2019 年 2 月 23 日実施調査)

Sampling Date: 23/02/2019 Name of Person in Charge:

Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		8.86	8.88	8.98	8.83	8.81	8.83	8.81	8.9	8.85	8.97	9.06	9.16
2	DO	mg/L	1.79	1.86	2.14	3.33	5.01	6.87	7.82	8.18	4.41	6.11	7.24	7.82
3	BOD5	mg/L	79.5	117	24	94	10	5.5	5	6	13	11.5	10	9
4	COD	mg/L	528	526	368	454	288	269	246	245	296	289	268	289
5	SS	mg/L	150	130	50	110	30	30	10	10	40	30	30	20
6	Color (Apparent)	Pt-Co	2050	2070	1460	2040	1250	1070	910	900	1430	1320	1160	990
7	Color (True)	Pt-Co	1070	1120	970	930	830	690	620	620	960	900	740	610
8	NH3-N	mg/L	85.2	79	5.1	4.7	3.4	0.1	0.9	0.2	1.6	1.4	1.8	0.5
9	Oil & Grease	mg/L				6				6.5				5
10	TOC	mg/L	126	71	20	152	72	57	15	68	75	10	83	106

表 3.26 水質試驗結果 (2019 年 3 月 12 日實施調查)

Sampling Date: 12/03/2019 Name of Person in Charge:

Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		8.37	8.43	9.03	8.38	8.34	8.09	8.03	8.09	8.32	8.67	8.34	8.92
2	DO	mg/L	2.33	2.07	5.8	3.86	4.7				4.14	7.42	8.25	9.07
3	BOD5	mg/L	84.5	113.5	18.5	118	16.5				13.5	11	9	6
4	COD	mg/L	557	564	267	546	468	450	448	445	374	280	271	229
5	SS	mg/L	580	260	170	190	40	30	10	20	40	50	30	20
6	Color (Apparent)	Pt-Co	3140	3360	1244	2680	2196	1699	1408	1432	1384	888	568	656
7	Color (True)	Pt-Co	1550	1250	1080	1180	1040	890	910	740	680	530	480	510
8	NH3-N	mg/L	93.4	91.5	23.8	21.6	5.9	2.4	1.8	0.8	6.3	2.3	0.2	1.4
9	Oil & Grease	mg/L				7.5				6				5
10	TOC	mg/L												

表 3.27 水質試驗結果 (2019 年 3 月 21 日實施調查)

Sampling Date: 21/03/2019 Name of Person in Charge:

Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		8.38	8.38	9.23	8.75	8.66	8.53	8.49	8.62	8.95	9.04	8.84	9.2
2	DO	mg/L	1.49	2.5	1.88	2.15	3.66				5	5.24	5.76	7.2
3	BOD5	mg/L	69	68	22	58.5	70.5				22.5	13	12	4
4	COD	mg/L	512	508	284	384	432	368	316	300	232	228	200	132
5	SS	mg/L	350	230	930	240	200	130	40	30	100	40	20	10
6	Color (Apparent)	Pt-Co	3120	2840	7020	2990	2650	1980	1370	1210	1640	1460	900	740
7	Color (True)	Pt-Co	1270	1320	1220	1210	1280	1280	1200	1070	1120	1120	1040	880
8	NH3-N	mg/L	86.2	89.4	2.7	45.5	76.2	55.8	36.6	1.1	21.1	1.9	0	0
9	Oil & Grease	mg/L				13				7.5				5
10	TOC	mg/L	182	185	112	171	177	163	151	155	142	131	143	

表 3.28 水質試驗結果 (2019 年 4 月 11 日實施調查)

Sampling Date: 11/04/2019 Name of Person in Charge:

Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		9.12	9.17	9.39	9.03	9.12	8.98	8.93	8.99	9.05	9.06	8.99	9.14
2	DO	mg/L	1.59	1.87	5.52	1.88	2.1	1.98	1.59	1.65	1.79	1.84	4.84	8.98
3	BOD5	mg/L	62	82	14	48.5	63	77	99	93.5	89.5	80	72	5
4	COD	mg/L	716	708	320	688	628	600	644	588	548	536	476	176
5	SS	mg/L	375	387	52	340	352	366	325	274	175	195	159	13
6	Color (Apparent)	Pt-Co	4288	3816	1144	3560	3628	3568	3400	3004	2536	2688	2284	788
7	Color (True)	Pt-Co	1436	1480	1044	1204	1152	1056	1008	1004	1224	1340	1112	784
8	NH3-N	mg/L	414.8	416.8	16	422.8	402.4	405.6	338.4	286	270.8	207.6	114.8	6.4
9	Oil & Grease	mg/L				21.5				25.5				5
10	TOC	mg/L	796	796	180	796	764	744	600	712	768	736	752	472

表 3.29 水質試験結果 (2019 年 5 月 5 日実施調査)

Sampling Date: 5/05/2019

Name of Person in Charge:

Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		9.09	9.14	9.85	9.21	9.25	9.09	9.28	9.47	9.23	9.25	9.26	9.56
2	DO	mg/L	1.01	1.29	6.77	1.48	1.93	2.13	4.96	6.78	2.84	2.47	3.32	6.68
3	BOD5	mg/L	125	140	14.5	97.5	89	79	32.5	15	86	64	53	6
4	COD	mg/L	680	780	280	500	430	380	400	400	420	440	380	120
5	SS	mg/L	297	291	25	236	125	68	39	35	106	73	48	12
6	Color (Apparent)	Pt-Co	4030	4060	1150	3550	2230	1520	1270	1230	2050	1680	1370	820
7	Color (True)	Pt-Co	1680	1720	1090	1380	1280	1160	1140	1060	1140	1090	1010	820
8	NH3-N	mg/L	92.6	91.2	3.4	73.4	54.6	16	0.3	0.1	39.4	27.2	6.7	0.3
9	Oil & Grease	mg/L				19				8				5
10	TOC	mg/L	402	402	308	360	392	382	328	346	318	388	52	350

表 3.30 水質試験結果 (2019 年 5 月 23 日実施調査)

Sampling Date: 23/05/2019

Name of Person in Charge:

Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		9.09	9.09	9.68	9.24	9.23	9.14	9.25	9.37	9.22	9.18	9.06	9.13
2	DO	mg/L	0.17	0.15	2.53	2.3	5.66	2.36	4.54	2.62	5.55	2.71	3.35	4.62
3	BOD5	mg/L	161.5	137	12	132	90	67	25	28.5	92.5	68.5	51.5	8.5
4	COD	mg/L	710	610	290	550	400	370	340	1070	410	300	230	190
5	SS	mg/L	405	416	46	286	94	66	31	27	150	114	45	11
6	Color (Apparent)	Pt-Co	4410	5230	1910	4370	2400	2080	1690	1580	3070	2710	2010	1240
7	Color (True)	Pt-Co	1850	1760	1430	1650	1540	1570	1520	1450	1700	1700	1590	1130
8	NH3-N	mg/L	109.8	98	1.7	85	53	29.4	2.1	0.1	67.5	50.3	24.5	0.1
9	Oil & Grease	5				24.5				11				5
10	TOC	mg/L	1180	1910	680	1970	1090	670	1640	1630	1860	1860	1760	1500

表 3.31 水質試験結果 (2019 年 6 月 26 日実施調査)

Sampling Date: 27/06/2019

Name of Person in Charge:

Sampling Location: Wastewater Treatment Device installed in KPSB mill site at Gua Musang

	Parameter	Unit	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1	pH		8.55	8.8	9.29	9.35	8.84	9.17	9.12	8.86	9.24	9.17	9.14	9.12
2	DO	mg/L	2.12	2.33	3	3.07	4.49	3.46	4.09	4.58	5.73	3.81	3.9	2.19
3	BOD5	mg/L	136	125	83	80	38	45	20	24	82	51	26	4
4	COD	mg/L	744	748	576	608	272	288	240	240	528	400	256	104
5	SS	mg/L	255	274	253	262	82	87	85	72	213	183	80	35
6	Color (Apparent)	Pt-Co	3608	3552	3832	3904	1392	1524	1352	1204	3028	2632	1280	680
7	Color (True)	Pt-Co	1504	1588	1844	1844	860	820	728	684	1304	1420	756	488
8	NH3-N	mg/L	110.7	109.3	111.3	109.9	36.9	38.4	31.7	27.6	101	84.5	41.3	18.4
9	Oil & Grease	5				21.5				5.5				5
10	TOC	mg/L	420	340	460	540	320	420	580	240	480	240	160	60

Treatment Performance and Design for Palm Oil Mill Effluent utilizing Limonite and Kenaf

Report on
Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese
Technologies for Wastewater Treatment System utilizing the Natural
Mineral Limonite and Kenaf

October, 2019

Japan Limonite Co.,Ltd.
Nihon Suido Consultants Co., Ltd.



JICA Verification Survey (Pilot Project)



Location Map

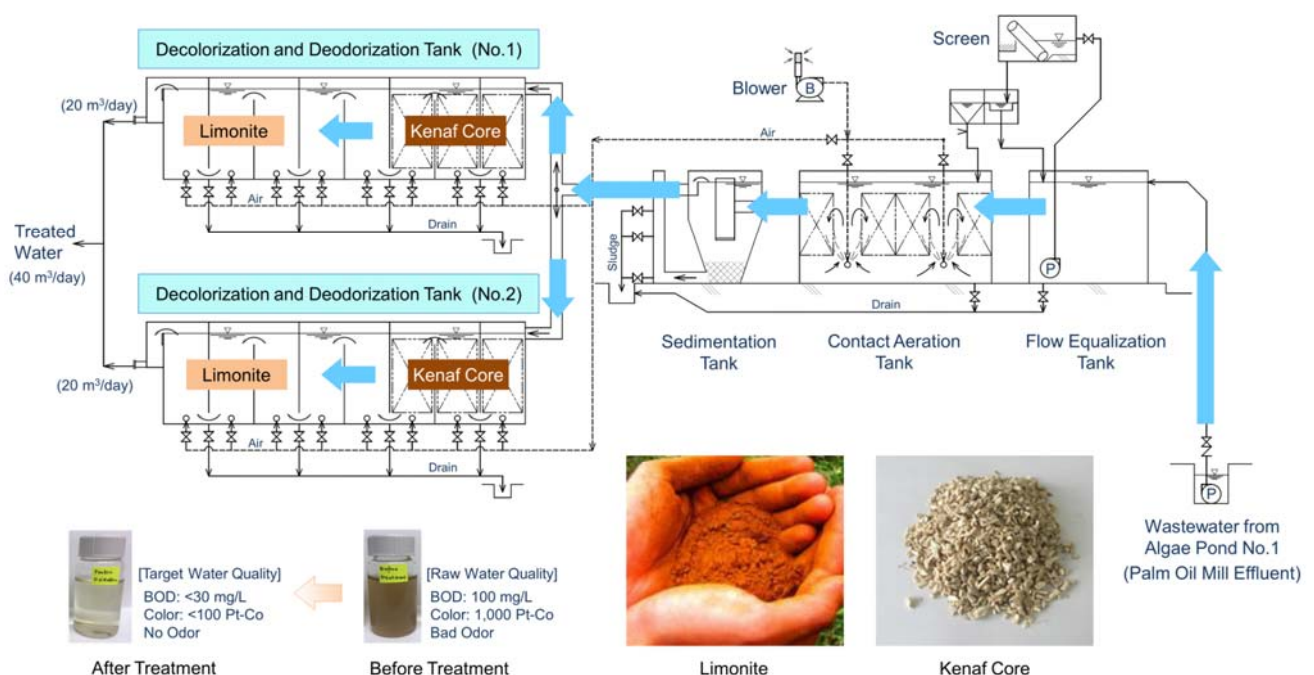


Existing Natural Ponds for Palm Oil Mill Effluent Treatment



- Aerobic Pond is popular treatment system for palm oil mill effluent (POME).
- Brown color is remaining after existing Aerobic Ponds, which can't decolorize POME completely.
- Current standard of BOD for POME is 100mg/L , but some palm oil mills discharge over 500 mg/L .
- Standard will be revised and regulated to 20 to 50 mg/L in the near future by DoE and MPOB.

Flow Chart of Treatment (Pilot Project)



Installation Works



Operation and Opening Ceremony



Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Wastewater Treatment System utilizing the Natural Mineral Limonite and Kenaf

Daily Inspection Record


Date: _____ / _____ / _____

Time: _____

Name: _____

1. The lamp for electric source is turning on.	Yes	No
2. The lamp for malfunction is not turning on.	Yes	No
3. There is no water leakage for the device.	Yes	No
4. There is outflow water from the outlet of device.	Yes	No
5. There is no problem for water intake pump.	Yes	No

If there is any problem and malfunction for the device, please write down the situation in the below and contact to Mr. Parameswaran of Limonite Malaysia:



Daily Inspection

Inspection Record

Date: 31/05/08 Time: 1:00 PM From: PARAM Name: PARAM

Weather: Cloudy/Rainy To: 4:00 PM Air Temp: 27.0 °C

Hourly Meter: 2908.0 kWh

Item	Electric Source	Malfunction
Lamp	(ON) OFF	(ON) OFF

Item	Current of Inlet Pump	Current of Equalization Pump	Current of Aeration Blower
Value	3.5 A	1.2 A	5.0 A


Item	Inlet Pump	Equalization Pump	Sewer	Aeration Blower	EDD Pump
Lamp On	(ON) OFF	(ON) OFF	(ON) OFF	(ON) OFF	(ON) OFF
Switch Manual	OFF (ON)	OFF (ON)	OFF (ON)	OFF (ON)	OFF (ON)


Location	No.2 Tank A	No.4 Tank A	No.4 Tank B
Water Level (cm)	19.8	2.5	3.0
Location of Tank A	No.5	No.6	No.7 Final Cap
Water Level (cm)	19.0	19.0	19.0
Location of Tank B	No.9	No.10	No.11 Final Cap
Water Level (cm)	18.0	18.0	18.0

Outlet	Tank A	Tank B
Discharge Volume: 1st	27.63 second/1L	12.77 second/1L
Discharge Volume: 2nd	27.20 second/1L	11.89 second/1L
Discharge Volume: 3rd	29.22 second/1L	11.67 second/1L

Line	Tank A	Tank B
Air Volume (m ³ /h)	0.18	0.19

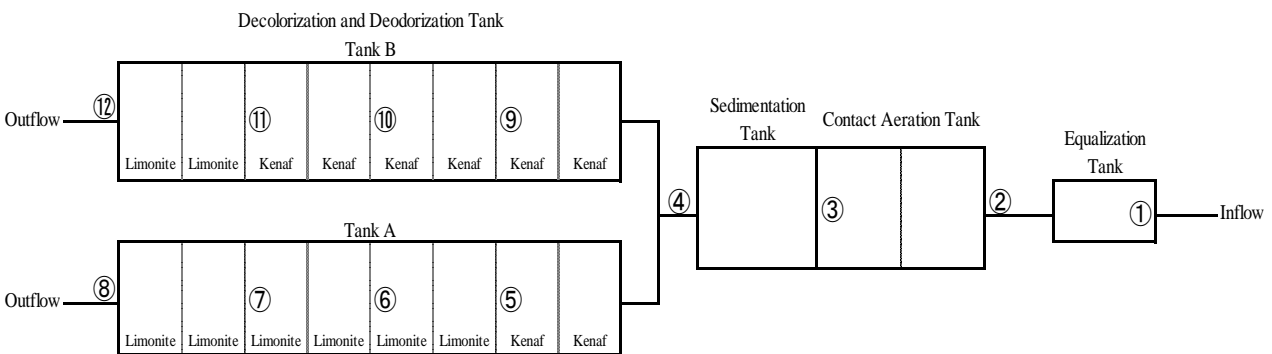
Number of Aeration Pump: 22, Air Temp: 25 °C

Sampling Point: 



Monthly Inspection

➤ Sampling Points



➤ Analysis Items

- BOD, COD, SS, Color (Apparent), Color(True), NH3-N,
- Oil & Grease, TOC,
- Odor (TON: Threshold Odor Number)

[1st Evaluation Term]

	Year	2018																Total								
		April				May				June				July					August							
		1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th		1st	2nd	3rd	4th				
1	BOD5	4	12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	124
2	COD	8	12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	128
3	SS	8	12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	128
4	Color (Apparent)	8	12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	128
5	Color (True)	8	12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	128
6	NH3-N	8	12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	128
7	Oil & Grease	4	3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3	34
8	TOC	4							12				12				12				12				12	52

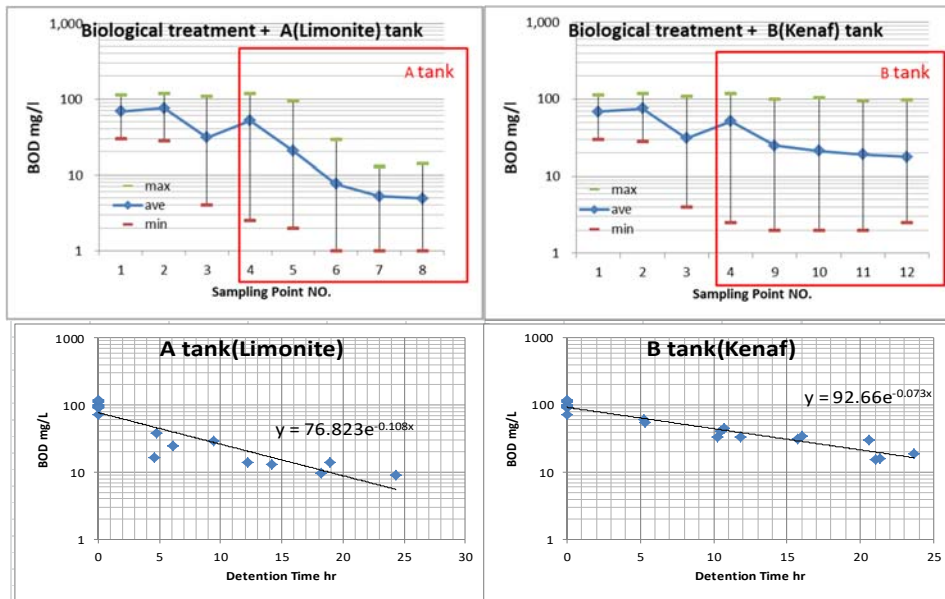
[2nd Evaluation Term]

	Year	2018																2019				Total				
		September				October				November				December				January								
		1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th					
1	BOD5		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	120
2	COD		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	120
3	SS		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	120
4	Color (Apparent)		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	120
5	Color (True)		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	120
6	NH3-N		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	120
7	Oil & Grease		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3	30
8	TOC				12				12				12				12				12				12	60

[3rd Evaluation Term]

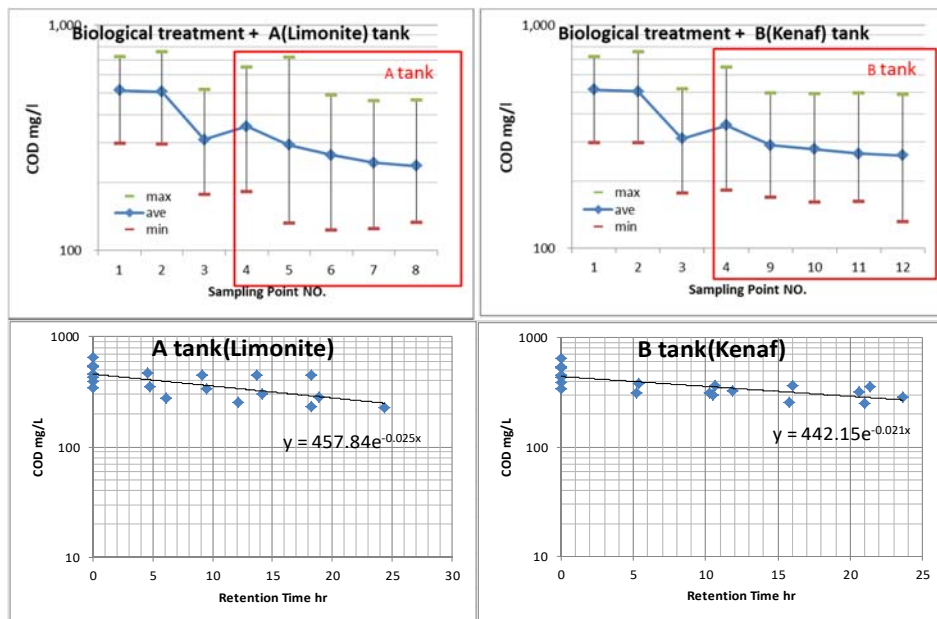
	Year	2019																Total								
		February				March				April				May					June							
		1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th		1st	2nd	3rd	4th				
1	BOD5		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	120
2	COD		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	120
3	SS		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	120
4	Color (Apparent)		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	120
5	Color (True)		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	120
6	NH3-N		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	120
7	Oil & Grease		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3	30
8	TOC				12				12				12				12				12				12	60

Treatment Performance (BOD)



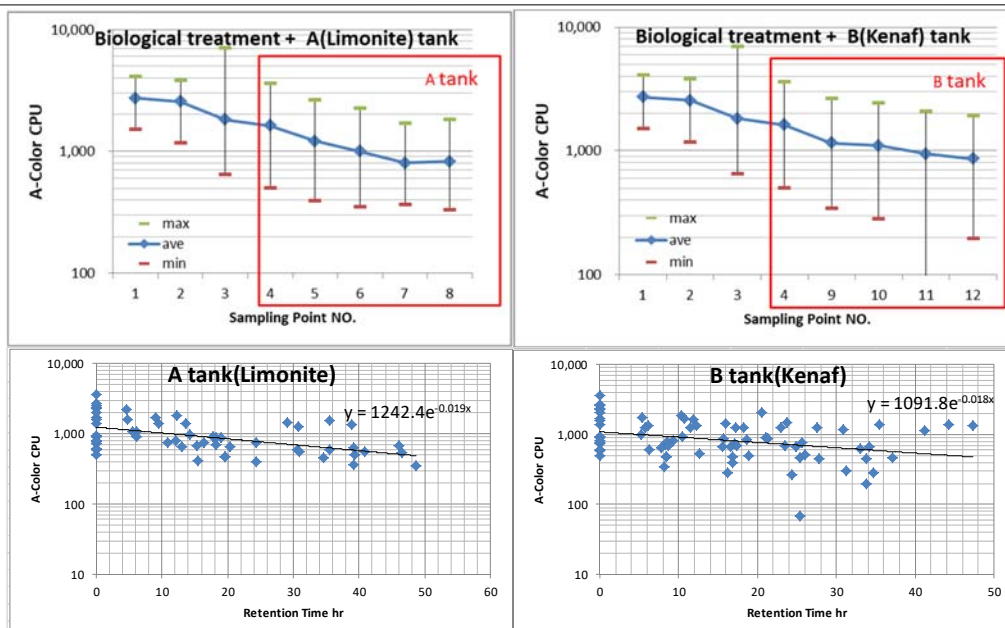
Inflow (mg/L)	Target (mg/L)	Standard (mg/L)	Purification Factor (1/hr)		Required Retention Time (hr)	
			Limonite	Kenaf	Limonite	Kenaf
300	50	100	-0.108	-0.073	16.6	24.5

Treatment Performance (COD)

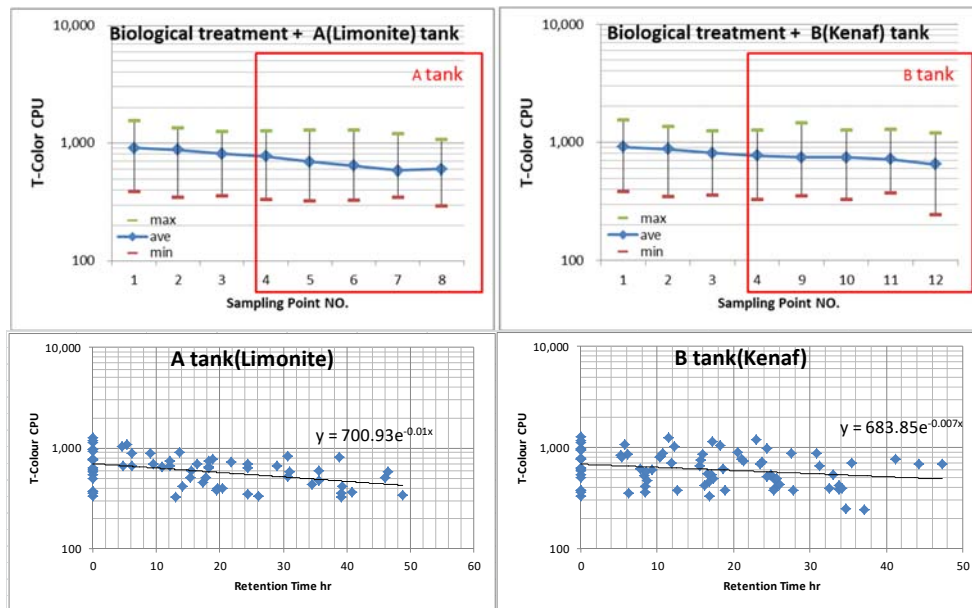


Inflow (mg/L)	Target (mg/L)	Standard (mg/L)	Purification Factor (1/hr)		Required Retention Time (hr)	
			Limonite	Kenaf	Limonite	Kenaf
500	300	—	-0.025	-0.021	20.4	24.3

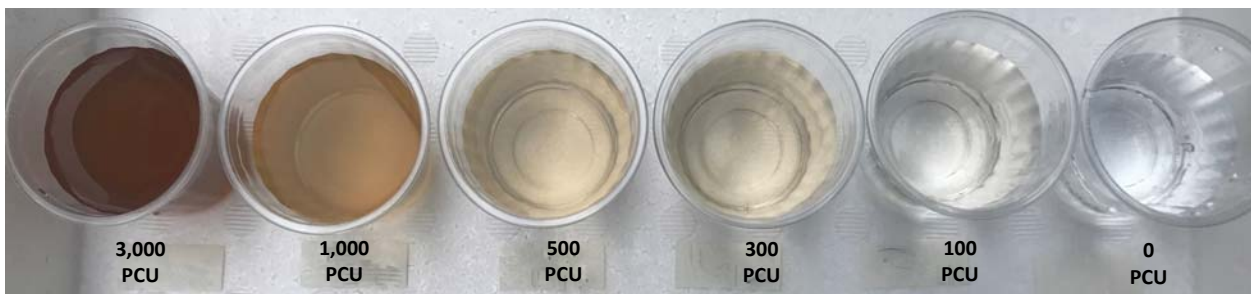
Treatment Performance (A-Color)



Inflow (PCU)	Target (PCU)	Standard (PCU)	Purification Factor (1/hr)		Required Retention Time (hr)	
			Limonite	Kenaf	Limonite	Kenaf
2000	800	—	-0.019	-0.018	48.2	50.9

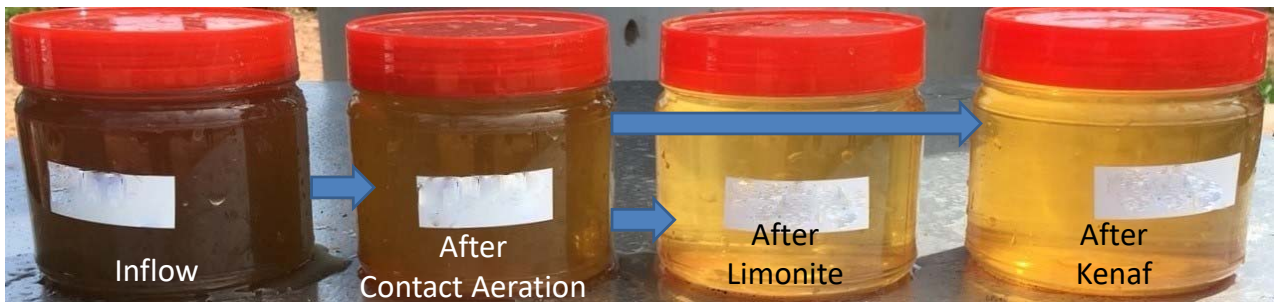


Inflow (PCU)	Target (PCU)	Standard (PCU)	Purification Factor (1/hr)		Required Retention Time (hr)	
			Limonite	Kenaf	Limonite	Kenaf
700	500	—	-0.01	-0.007	33.6	48.1

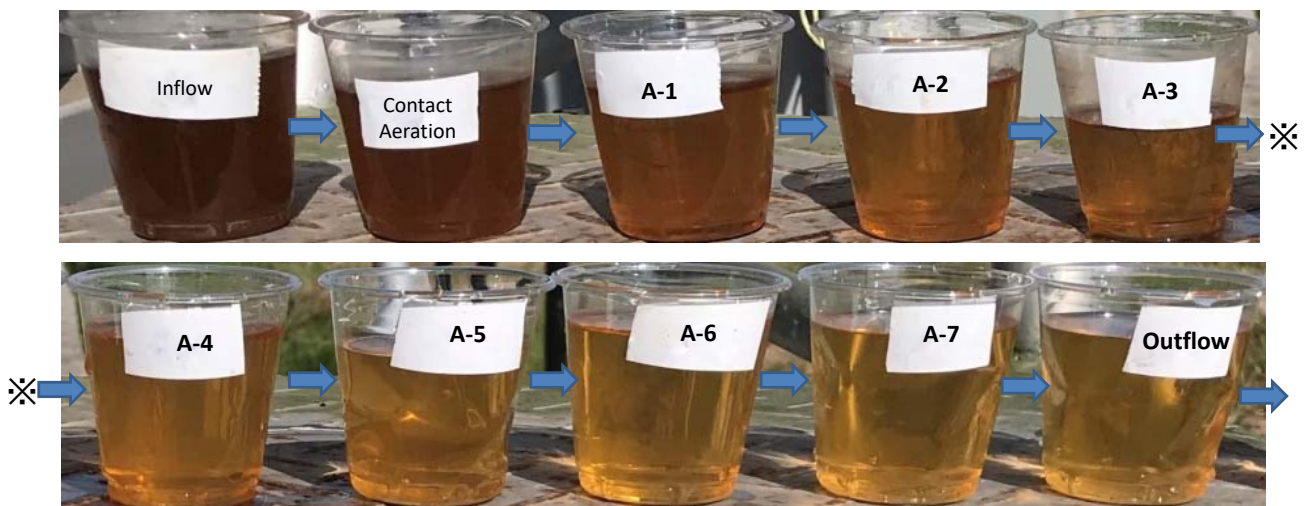


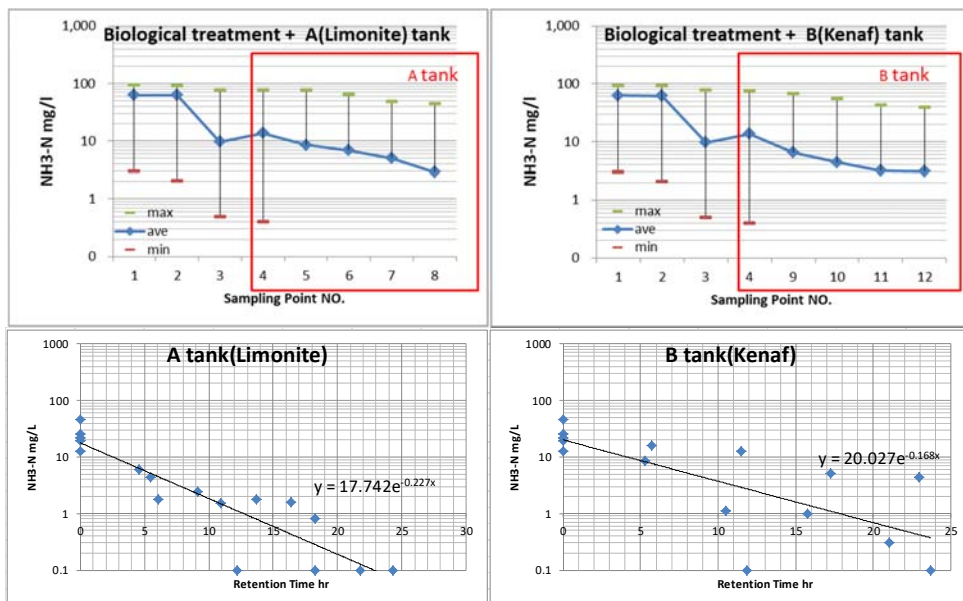
Country	Unit	Effluent Standard Value	Source
Thailand	ADMI	300	MNRE Decree on Industrial Effluent Control Standard BE 2559(2016)
Philippine	TCU	Fresh water AA: NDA, A: 100, B: 100, C: 150, D: 300 Sea water SA: NDR, SB: 100, SC: 150, SD: 300	General Effluent Standards(GES)
Vietnam	Pt-Co	A Water body for resource of water supply : 50 B Other than the above : 150	QCVN 40:2011/BTNMT NATIONAL TECHNICAL REGULATION INDUSTRIAL WASTEWATER

Treatment Performance (1)

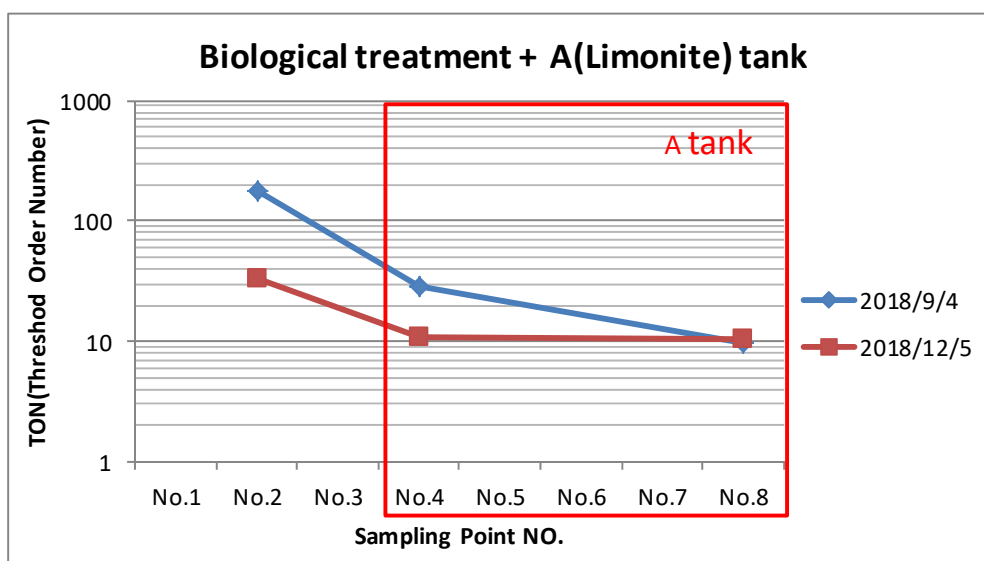


Treatment Performance (2)



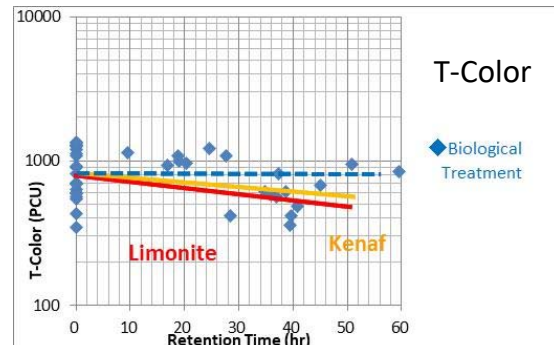
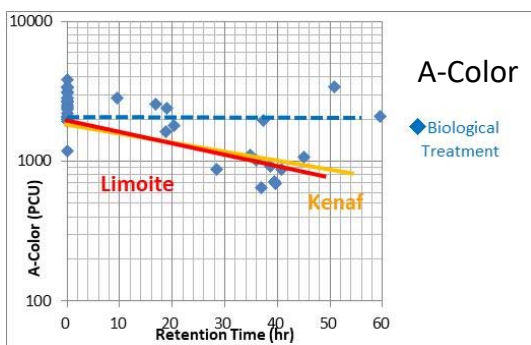
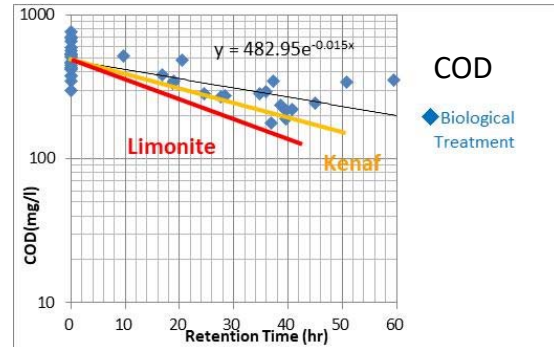
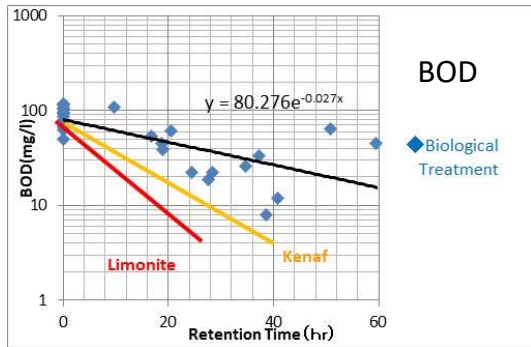


Inflow (mg/L)	Target (mg/L)	Standard (mg/L)	Purification Factor (1/hr)		Required Retention Time (hr)	
			Limonite	Kenaf	Limonite	Kenaf
100	10	150	-0.227	-0.168	10.1	13.7



Threshold Odor Number

Comparison of Treatment Performance between Biological Treatment and Limonite & Kenaf Tank



Comparison of Treatment Performance between Biological Treatment and Limonite & Kenaf Tank

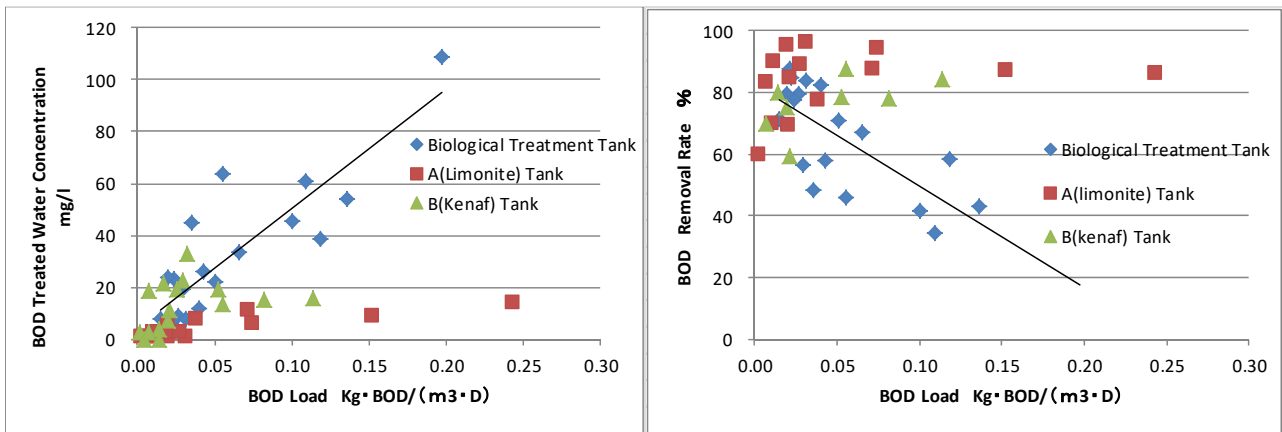


Table Comparison of Purification Factor

Item	Purification Factor (1/hr)		
	Kenaf	Limonite	Biological Treatment
BOD	-0.073	-0.108	-0.027
COD	-0.021	-0.025	-0.015
Apparent Color	-0.018	-0.019	—
True Color	-0.007	-0.010	—

1) Biological Treatment data is obtained from our Contact Aeration system of pre-treatment process.

Comparison of BOD Treatment Performance between Biological Treatment and Limonite & Kenaf Tank



$$\text{BOD Load (Kg-BOD/m}^3 \cdot \text{day)} = (\text{BOD mg/L (g/m}^3)) * \text{Inflow Volume m}^3\text{/day/1000}$$

Design Specifications for Treatment System

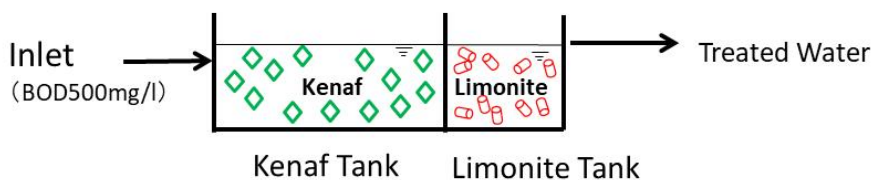


■ Purification Factor for design

Item	Purification Factor (1/hr)	
	Kenaf	Limonite
BOD	-0.073	-0.108
COD	-0.021	-0.025
TSS	-0.073	-0.136
NH4	-0.168	-0.227
Apparent Colour	-0.018	-0.019
True Colour	-0.007	-0.010

■ Configuration of Kenaf and Limonite

Kenaf : Limonite = 3 ~ 5 : 1 (Standard 4 : 1)



Deciding Retention Time for Treatment System



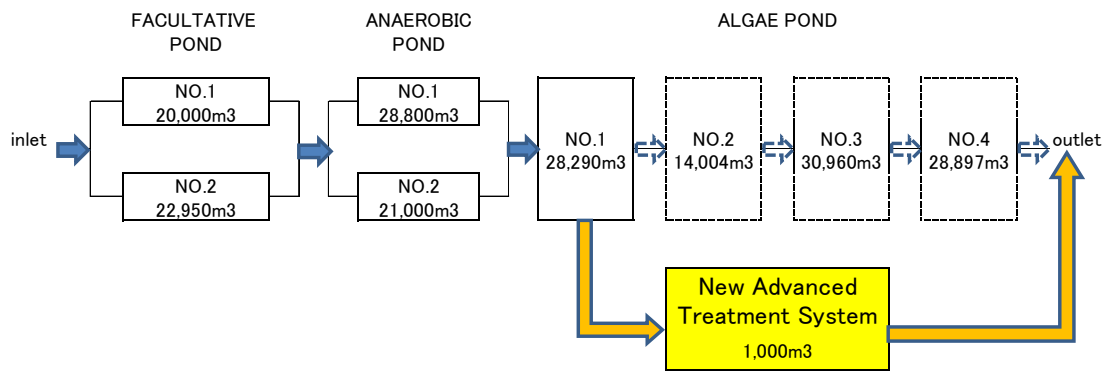
Item	Inflow	Target	Standard	Purification Factor (1/hr)		Required Retention Time (hr)	Design Volume (m3)		Treated Water Quality	
				Kenaf	Limonite		Kenaf	Limonite		
BOD	mg/l	100	50	100	-0.073	-0.108	9	160	40	2
COD	mg/l	500	300	—	-0.021	-0.025	24			175
NH3-N	mg/l	40	10	150	-0.168	-0.227	8			0
A-Color	PCU	2000	800	—	-0.018	-0.019	48			800
T-Color	PCU	700	500	—	-0.007	-0.01	44			500

- 1) Volume ratio of Kenaf tank and Limonite tank is 4:1
- 2) Design Volume is estimated from required volume (retention time) to meet the target quality for all items
- 3) Purification Factor: $C(t) = C(0) * e^{(-kt)}$
- 4) Treated water quality is under retention time of 48 hours.

Case Study for KPSB's Factory



New Advanced Treatment System
1,000m³/d
L50m * W10m

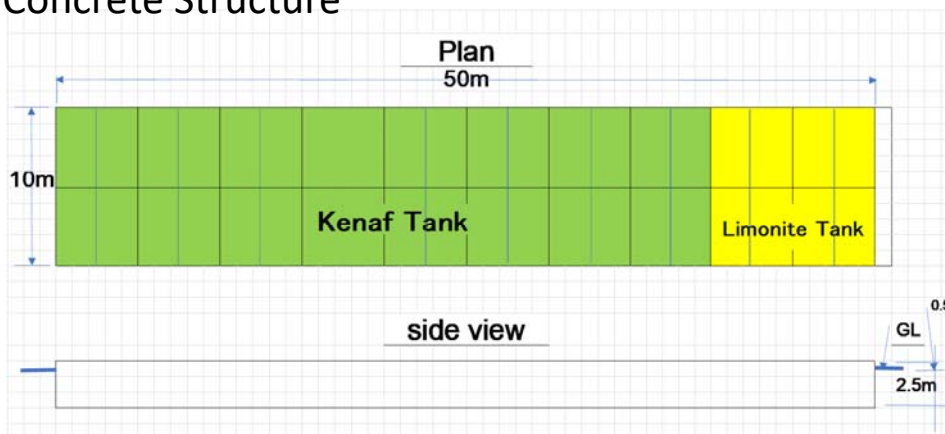


■ KPSB's Retention time : 24hr (target: BOD)

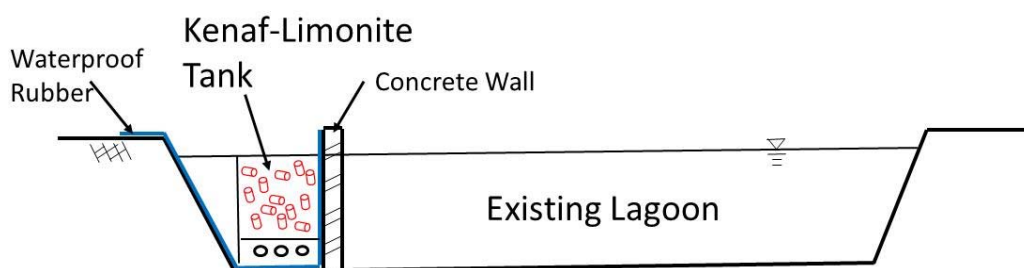
Item	Inflow	Target	Standard	Purification Factor (1/hr)		Treated Water Quality	
				Kenaf	Limonite		
BOD	mg/L	100	20	100	-0.073	-0.108	15
COD	mg/L	500	300	—	-0.021	-0.025	300
TSS	mg/L	200	50	(SS:400)	-0.073	-0.136	25
NH4	mg/L	40	10	150	-0.168	-0.227	≒0
Colour Apparent	Pt-Co	2,000	—	—	-0.018	-0.019	1300
Colour True	Pt-Co	700	—	—	-0.007	-0.01	600

- 1) Volume ration of Kenaf tank and Limonite tank is 4:1
- 2) Design Volume is estimated from required volume (retention time)to meet the target quality for all items
- 3) Purification Factor: $C(t) = C(0) \cdot e^{-kt}$
- 4) Treated water quality is under retention time of 24 hours.

■ Concrete Structure



■ Using Existing Lagoon (under review)



Item	Unit	Value			Standard	
		Limonite	Kenaf	Sludge		
Nutrient	N	%	2.43	1.68	0.13	–
	P	%	0.60	0.07	0.12	–
	K	%	0.12	0.11	0.24	–
Heavy Metal	As	mg/kg	ND(<0.01)	ND(<0.01)	ND(<0.01)	50
	Cd	mg/kg	ND(<0.01)	ND(<0.01)	ND(<0.01)	5
	Hg	mg/kg	ND(<0.01)	ND(<0.01)	ND(<0.01)	2
	Ni	mg/kg	0.64	0.56	0.68	300
	Cr	mg/kg	0.9	ND(<0.01)	6.35	500
	Pb	mg/kg	ND(<0.01)	ND(<0.01)	10.2	100

Limonite



Kenaf



Sludge



Sludge Sediment after Sun Drying





Technical Transfer to KPSB worker for maintenance of treatment system

Summary and Recommendation

- ◆ The developed wastewater treatment system for palm oil mill effluent can contribute to the improvement of water environment especially for deodorization and decolorization.
- ◆ The system can also contribute to the kenaf industry in Malaysia through the expansion of the use of kenaf.
- ◆ The continuous support and collaboration with related authorities would be helpful to develop and expand not only the developed wastewater treatment system of palm oil mill effluent but also other related business for promotion of Kenaf and Limonite.

Thank you for your attention !



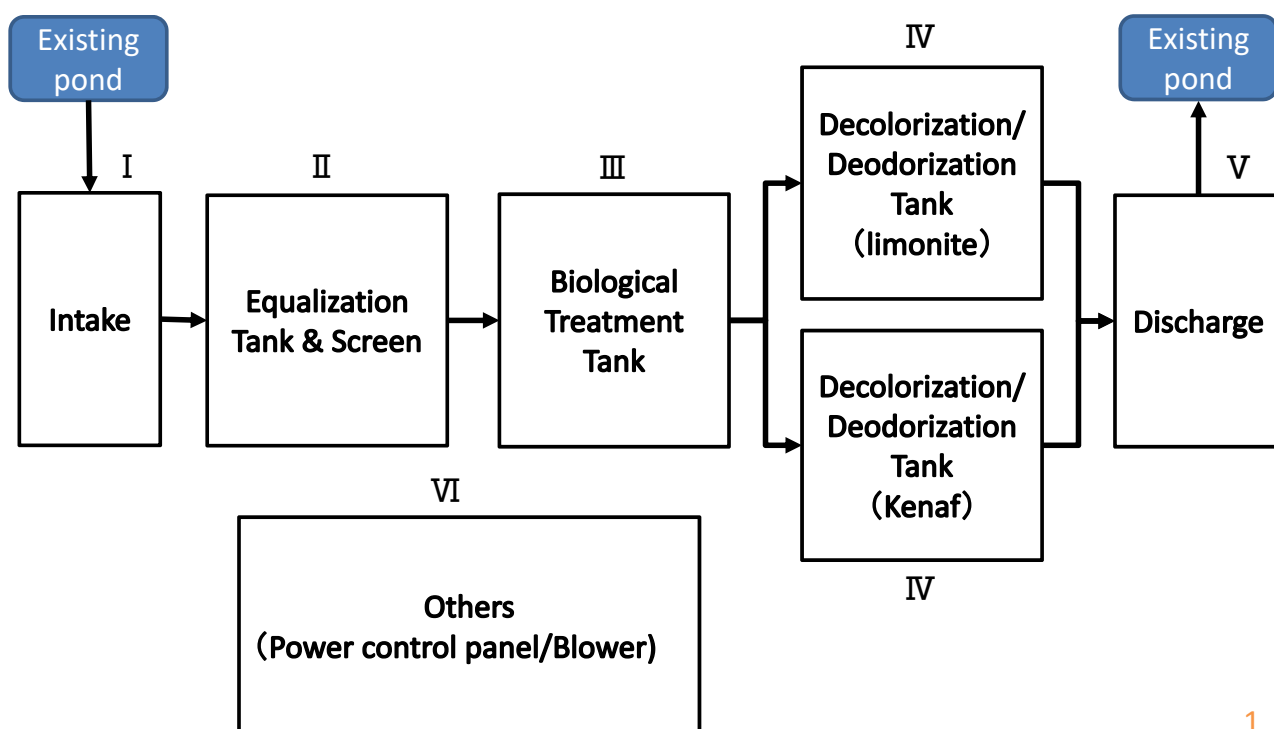
Maintenance Manual

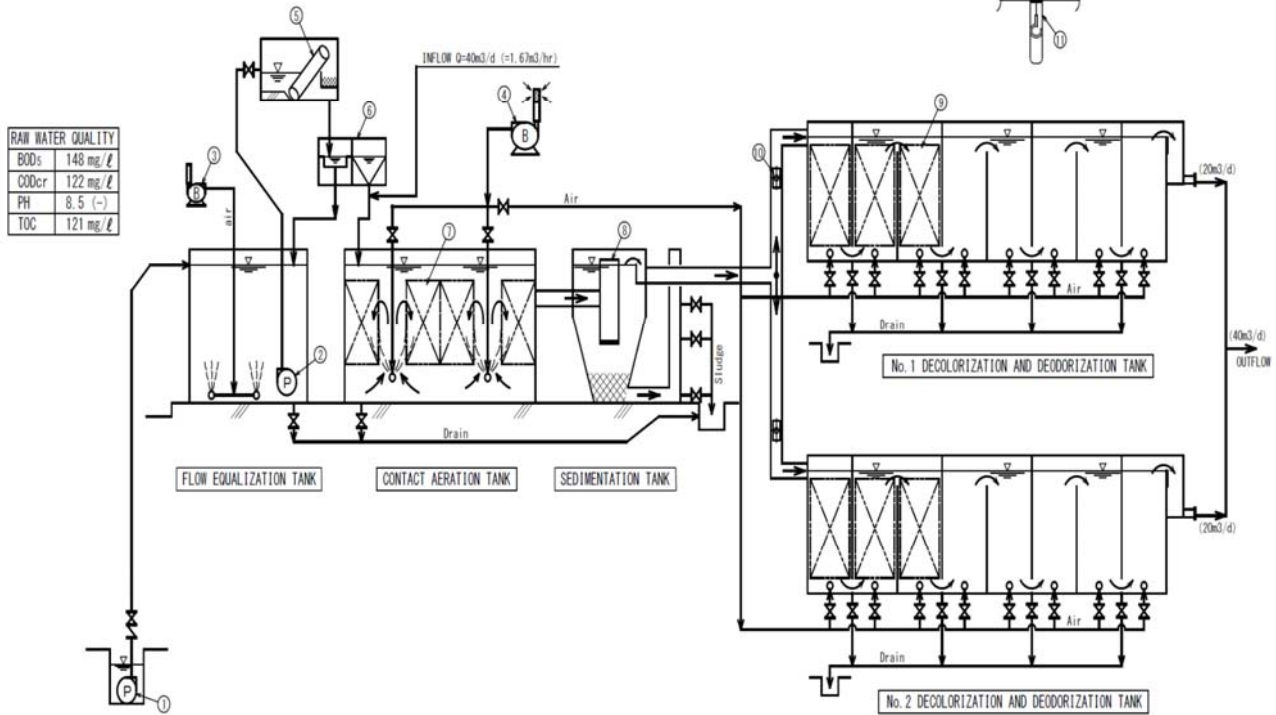
for Palm Oil Mill Effluent Treatment Facility

October 2019

Japan Limonite Co.,Ltd.
Nihon Suidou Co., Ltd.

Flow Sheet





2

Outline

I . Intake

Take the palm oil mill effluent (POME) from the pond and send to the wastewater treatment facilities.

II . Equalization Tank and Screen

These facilities retain intermittently taken POME from the pond and equalize the flow to the biological treatment tank. In addition, big solids in POME are removed.

III . Biological Treatment Tank

Remove organic matter in POME.

IV . Decoloration and Deodorization Tank

Remove organic matter, color and odor in POME.

V . Discharge

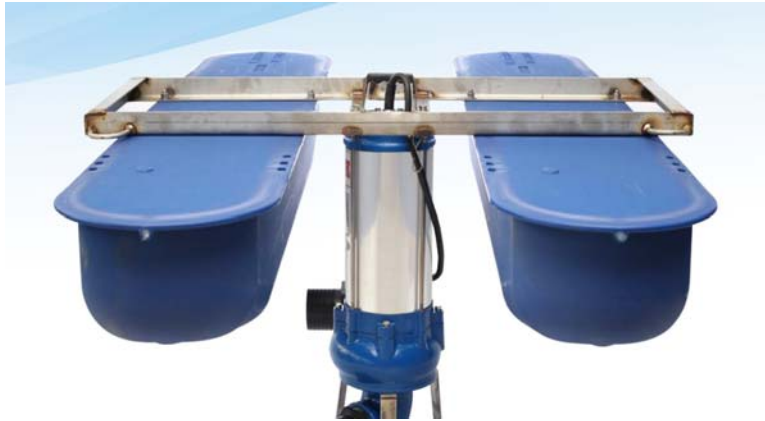
Discharge treated water from the POME treatment facilities.

VI . Common facilities

A power control panel that monitors and controls the electricity, a blower that supplies air to the tank, etc.

3

Intake Pump



Water Intake Method : Float Type

Pump Specifications :

60A × 0.1m³/min × 10m × 1.5kW
three phase 415V, 50Hz



4

Maintenance for Intake Pump

■ Checking the position of the floating pump

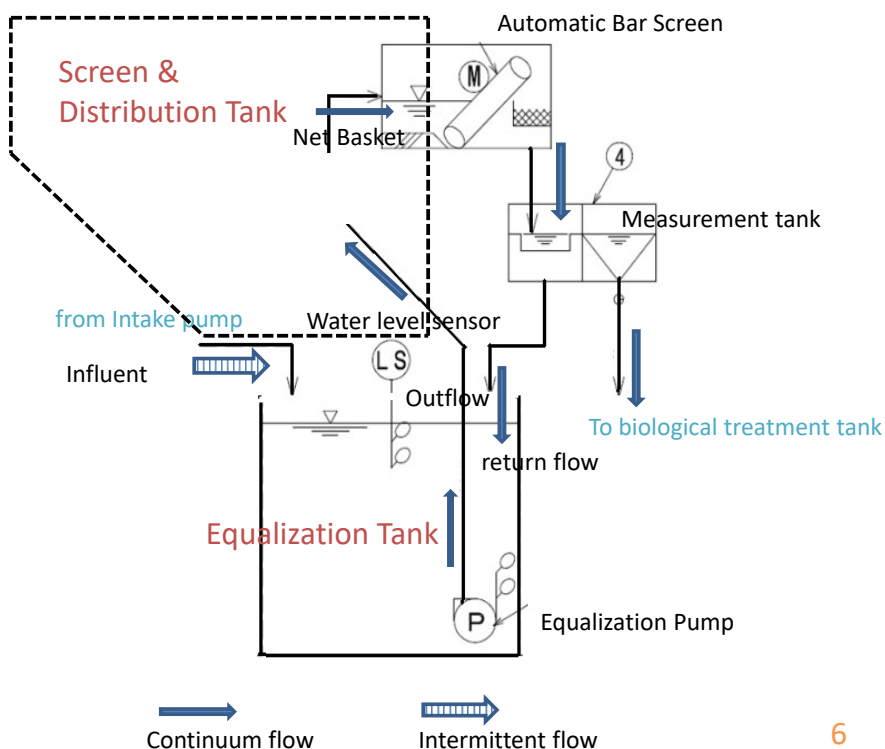
The intake pump is kept floating so as not to suck the bottom mud. It may move under the influence of wind. If it move to the shore, it may suck bottom mud. In order to prevent this, it is fixed by rope.

It is necessary to check the position of the intake pump and fix it with the rope when it is loosen.

5

Flow Sheet

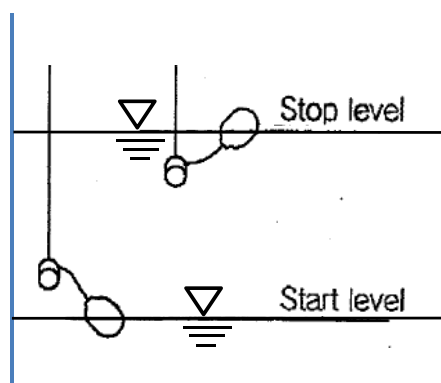
Equalization tank temporarily stores POME taken from the pond and equalizing the flow to the biological treatment tank. The screen removes large solids that may cause clogging. The measurement tank has the role of controlling the flow rate.



Water level sensor

Water level sensor senses water level of equalization tank and controls the intake pump.

When the water level becomes high, it stops the intake pump and when the water level becomes low, it starts the intake pump.



equalization tank

Outlook



Screen & Distribution Tank



10

■ Adjustment method of flow rate

Flow rate is adjusted by the water level adjustment handle up and down. With the data of bottle volume and filling time, flow rate is calculated as follows.

$$\text{Flow rate (m}^3\text{/d)} = \text{bottle volume(L)} / \text{filling time (sec)} \times 86.4$$



measuring flow rate with watch

11

■ Removal of the sludge in the equalization tank

Sludge accumulates in the bottom of the equalization tank, so remove sludge from the bottom drain of the equalization tank.



■ Removal of refuse in the mesh basket

Refuse that has not passed through the screen accumulates in the net basket, so remove refuse from the net basket. It is recommended once a month.



12

III. Biological treatment facility

Contact oxidation method is a water treatment method in which organic substances in POME are removed by microorganisms which is attached to the surface of contact material.

Oxygen is required and it is supplied from the aeration device in the bottom of the tank.

In the sedimentation tank, solid matter is accumulated as sludge. It must be removed from the tank about every six month.



13

■ Removal of sludge in sedimentation tank

A. When to remove

Remove when the condition of sludge is as shown in photo ②. In case of photo ①, it is not necessary to remove.

B. Preparation items

PVC pipe(100A), Sunny hose, Sunny hose joint bracket

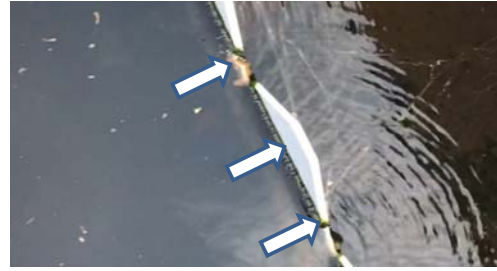
C. Operation details (Photos of next page)

1. Connect the PVC pipe to the valve at the bottom of the sedimentation tank.
2. Connect a PVC pipe with a Sunny hose.
3. Stretch the sunny hose while laying the sunny hose on the ground.
4. Open the sedimentation basin tank's bottom valve to start draining mud. Close the valve when there is no sludge outflow.



■ Cleaning the trough in the sedimentation tank

Remove the attached algae on the wall of the trough (overflow weir) in the sedimentation tank with a brush.



■ Adjusting the amount of air in the contact oxidation tank

The air volume is adjusted with the valves (Photo ①) at the bottom of the tank.



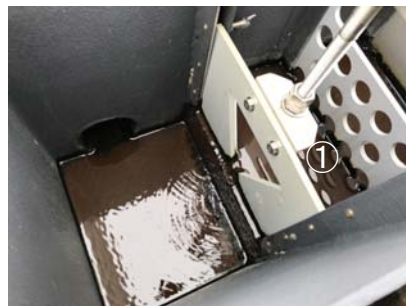
■ Backwash cleaning of contact oxidation tank

Deposits in the contact oxidation tank can be removed by opening the valves (Photo ②) at the bottom of the tank.



■ Distribution of sedimentation tank outflow

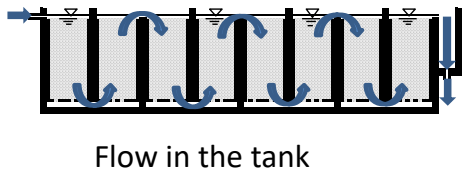
The decolorization/deodorization tanks are separated into two channels. The distribution rate can be changed by adjusting the height of the V-notch (Photo ①) with the handle. The distributed flow is measured at the decolorization/deodorization tank outflow (Photo ②).



$$\text{Flow rate (m}^3\text{/d)} = \text{bottle volume(L)} / \text{filling time (sec)} \times 86.4$$

IV. Decoloration/deodorization Tank

The decoloration/deodorization tanks are separated into 2 water channels (A and B), and each water channel is divided into 8 sub-tanks. Each tank has a storage basket. Tank A is filled with limonite, and tank B is filled with kenaf. As shown in the figure below, the water flows up and down in the tank and contact with limonite and kenaf efficiently.



IV. Decoloration/deodorization Tank

How to adjust the air volume in the tank

In order to prevent the clogging, air is blown up from the bottom. The air is set to 0.2m³/hr using a valve as shown in Photo ① ② (A tank ① and B tank ②). To adjust the amount of air uniformly into each tank, use the valves at the bottom of the tank (Photo ③) (8 valves for each tank, 16 valves in total).



IV. Decoloration/deodorization Tank

Japan Limonite Co.,Ltd.



■ How to use the lifting devices

The lifting device is used to lift the storage baskets when changing the filled limonite or kenaf.

This equipment is composed of a chain hoist (Photo ①) that hangs up and down and a trolley that moves horizontally (Photo ②), each of which is operated with the attached chain.

To lift the storage basket, connect the hooks (Photo ③) at both ends of the storage basket to the lifting band, and lift the band with a chain hoist. Use the trolley to move the raised storage basket horizontally (Photo ④). Use the chain hoist to move vertically (Photo ⑤).

Move the chain hoist to change the channel (Photo ⑥).



20

IV. Decoloration/deodorization Tank

Japan Limonite Co.,Ltd.



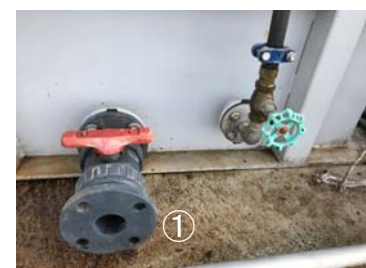
■ Replacement of limonite and kenaf

To replace limonite or kenaf, place the storage basket on the ground. Put a net bag in the storage box and put limonite and kenaf in it. Then tie the string at the top of the mesh bag tightly.



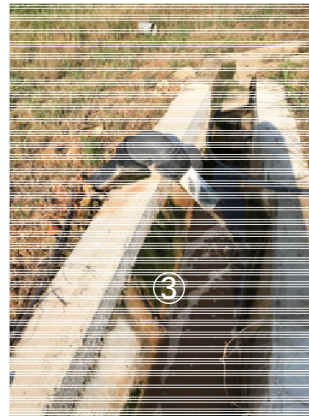
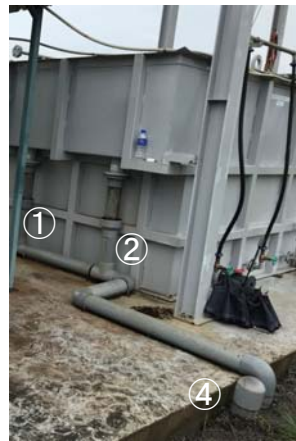
■ Sludge removal

If the water level in the tank rises, it is a sign that sludge accumulates in the tank, and it is necessary to remove the sludge. Attach a vinyl hose to the drain valve (Photo ①) at the bottom of the tank and open the valve to remove sludge.



21

Discharge equipment sends the treated water to the discharge point. Treated water (Photo ①②) from the decolorization/deodorization tank is piped to the discharge point (Photo③) near the fourth aerobic pond). If there are blockage in the pipe, etc., the cap of the pipe (Photo ④) can be removed to clean the pipe.



22

VI. Others

■ Lamp switch layout of power control panel

- ① Power lamp
- ② Fault lamp
- ③ Intake pump ammeter
(Normal value: 3.5A)
- ④ Equalizing pump ammeter
(Normal value: 1A)
- ⑤ Blower ammeter
(Normal value: 5A)
- ⑥ Water intake pump lamp
- ⑦ Equalizing pump lamp
- ⑧ Screen lamp
- ⑨ Blower lamp
- ⑩ Intake pump switch
- ⑪ Equalization pump switch
- ⑫ Screen switch
- ⑬ Blower switch



23

■ Aeration blower

The aeration blower supplies air to the contact oxidation tank and the decolorization / deodorization tank.

Please refer to the instruction manual of the blower.



24

The storage shed contains equipment necessary for maintenance.



25



END

