

平成 29 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務
サウジアラビア王国東部州における
石油スラッジのリサイクル事業

報告書

平成 30 年 3 月

JFE 環境株式会社

はじめに

本調査報告書は、環境省から JFE 環境株式会社が平成 29 年度の事業として受託した「平成 29 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務 － サウジアラビア王国東部州における石油スラッジのリサイクル事業」の成果を取りまとめたものである。

本調査は、サウジアラビア王国東部州における石油精製所(Aramco 社 Ras Tanura 製油所)から発生する石油スラッジの処理に関して、OSS (Oil Sludge Separation) 技術を用いて油分、水分、固体残渣に分離した後、油分をリサイクルする事業について、技術的・経済的な面での実現可能性を調査したものである。

本報告が上記プロジェクト実現の一助となり、加えて我が国関係者の方々のご参考になることを希望するものである。

平成 30 年 3 月

Summary

A feasibility study on the treatment of waste oil and oily sludge generated at the Ras Tanura Refinery of Aramco in the Kingdom of Saudi Arabia was conducted through a survey of the literature, site survey, analysis of oily sludge, etc. In order to recycle oil recovered from oily sludge, OSS (oil-sludge separation) technology was adopted to separate oily sludge into the moisture content (water) and solid residue.

First, the legal system related to the oily sludge recycling project was investigated, and the procedures for approval, obligations, concerning the control of hazardous wastes and the environmental impact assessment system were summarized.

Next, the object amount of generated oily sludge was investigated. It was found that the amount is at least several 10,000 tons/year or more. From the analysis results of the oily sludge, results showing quite different compositions were obtained with the consigned lots. On average, however, the oil content was 35%, the water content was 30% and the solid residue was approximately 35%.

In the study of commercial feasibility, calculations were performed for two cases. One case examined the feasibility of an integrated treatment business, covering the processes from separation of oil and water in waste oil from the refinery to the subsequent treatment of oily sludge. In this case, the treatment scale is approximately 20,000 tons/year as waste oil. In the other case, a separate project for treatment of oily sludge separated from waste oil was studied. A trial calculation was performed for a treatment amount of approximately 6,900 tons year. Under both scenarios, use of the solid residue as a soil-covering material for landfill waste disposal sites, etc. was studied.

The evaluation of the possibility of realizing projects for these two cases clarified the following facts. In the case of an integrated treatment business beginning from waste oil treatment, assuming hypothetically that the unit price of crude oil is US\$60, IRR10 (IRR assuming a project period of 10 years) was 10.6%. Further, in the sensitivity analysis, as profitability depends on the price of crude oil, it was found that the profitability of the project will depend largely on changes in the price of crude oil. On the other hand, in the case of a separate oily sludge business, even assuming the unit price of crude oil as US\$60, it will take about 8 years to reach profitability due to the low consignment price of the oily sludge. Thus, there is almost no possibility of realizing this scenario.

A joint workshop was held with the related persons in the Head Office of Aramco. The OSS technology and the possibility of realizing the oily sludge recycling project were discussed. It may be noted that the Drilling Section expressed interest in the OSS technology immediately before the workshop, and members of the Drilling Section also attended the workshop and participated in the discussions. As a result, Aramco showed strong interest in the possibility of treatment of OBM (Oil Base Mud) and WBM (Water Base Mud) by OSS (mobile OSS) at drilling sites.

Finally, a project plan was drawn up with the local partner company and Aramco.

目次

1. 事業の目的・概要	1
1.1 OSS（Oil Sludge Separation）技術	1
1.2 事業概要	2
2. 海外展開計画案の策定	3
2.1 Estedama 社事業所における石油スラッジのリサイクル事業	3
3. 対象地域における現状調査	5
3.1 社会・経済状況	6
3.2 処理対象廃棄物の発生・処理状況及び回収油の販売価格	12
3.3 対象廃棄物の処理・リサイクルの制度	15
3.4 事業に必要なコスト	42
3.5 廃棄物の組成・性状等調査	45
4. 現地政府・企業等との連携構築	52
4.1 サウジアラビア王国における OSS 設備試験に係る調整	52
4.2 GAMEP からの試験実施のための許可取得について	53
4.3 合併会社の出資比率について	54
5. 現地関係者合同ワークショップ等の開催	55
5.1 ワークショップ概要	55
5.2 発表概要と質疑	57
6. 実現可能性の評価	59
6.1 事業採算性	60
6.2 環境負荷削減効果	68
6.3 社会的受容性	68
6.4 実現可能性の評価	69
7. 今後の海外展開計画案	71
添付資料 1	73
添付資料 2	80

1. 事業の目的・概要

石油精製事業において発生する廃棄物の中で、石油スラッジのリサイクル処理に関して高効率かつ経済的に確立されたものはない状況である。日本においては、焼却炉による焼却やセメントキルンによる処理が中心である。サウジアラビア王国においては、遠心分離や静置分離による液体（油分）の分離による処理、焼却炉による焼却処理やセメントキルンでの処理が実施されているが、廃棄物の保管場所などから考えて地下浸透など処理全体から見ると、まだまだ改善の余地は大きいのが現状である。

本事業の目的は、既に、マレーシア・Labuan 島にて実用化されている OSS（Oil Sludge Separation）技術を適用して、サウジアラビア王国東部州における石油スラッジのリサイクルの事業化を検討するものである。

1.1 OSS（Oil Sludge Separation）技術

OSS 技術は、共同実施者である株式会社プロスパー社の所有技術であり、プロセスフローを図 1-1 に、Labuan 島の実用化設備を図 1-2 に示す。

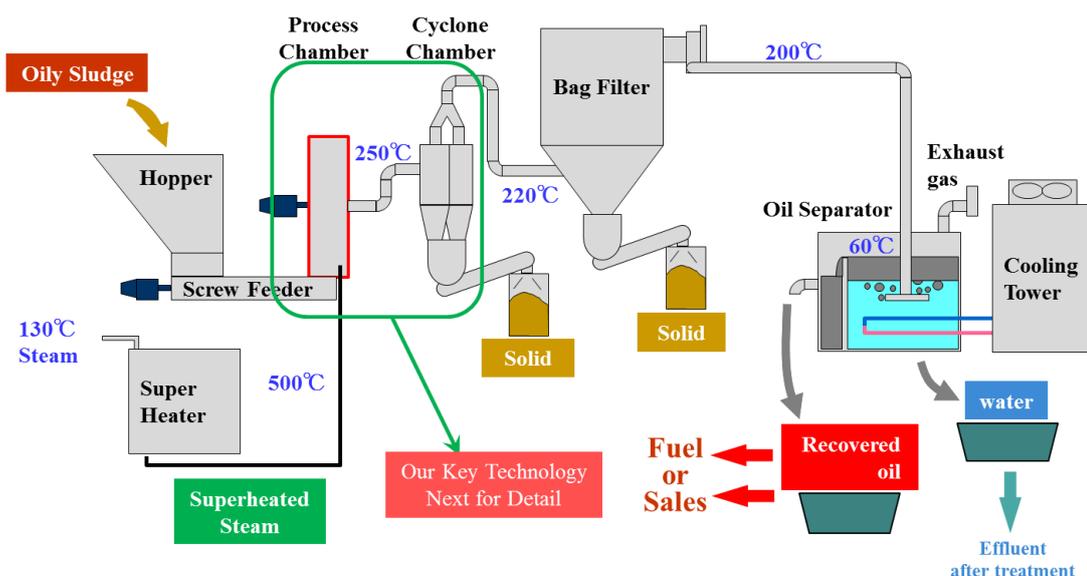


図 1-1 OSS プロセスフロー

OSS 技術は、エネルギー源として唯一過熱蒸気を用い、石油スラッジと過熱蒸気を特殊なノズルを介して反応させることにより、高効率で石油スラッジから油分と水分を蒸発分離させるプロセスである。

分離した油分と水分を、サイクロンやバグフィルターを用いて、固体（スラッジから油分と水分が蒸発したもの）から分離したのち、冷却して、



図 1-2 OSS 設備（Labuan 島）

油分と水分をそれぞれ単一成分として回収する。

1.2 事業概要

サウジアラビア王国東部州における今回の事業概要は、現在、Aramco 社の Ras Tanura 製油所から石油スラッジを含んだ廃油の処理を請け負っている産業廃棄物処理事業者 Estedama 社（現地パートナー企業：廃棄物ライセンスを既に所有）と共同で、廃油中に含まれている石油スラッジを、OSS 技術を用いてリサイクルを検討する内容である。

現在、受託している年間 15,000 トンの廃油には、約 30%スラッジ類（Aramco 社分析表より）が含まれている。Estedama 社では、地下浸透させないためにゴムライニングでカバーしたピットにこれらを受入れ、静置分離した後、液体分（水分を含む油分）を販売し、残った固体分は、自社内の最終処分場へ埋立処分している。

今回は、この埋立処分している石油スラッジを、OSS 技術を用いて油分・水分・固体に分別し、油分は燃料油代替として販売、水分は Estedama 社事業所内にある蒸発池で蒸発させ、固体は Estedama 社の自社処分場を含めた最終処分場の覆土材として再利用することを検討する。

事業規模としては、年間 10,000 トン程度の石油スラッジを処理する工場を建設する前提で事業性を評価し、将来的には、事業規模を数倍程度まで増強することを検討したい。

事業性を評価するために、現在、プロスパー社（日本側共同実施企業）がマレーシア・ラブアン（Labuan）島で所有しているプラントを、Estedama 社の工場敷地内に移設し、実際のサンプルで石油スラッジの処理試験を実施し、OSS 設備の処理能力や回収した油の性状・価格等の調査を行って、工場設立に関するコストや許認可の手続き等の調査を行って、リサイクル事業について総合的に評価する予定であった。

残念ながら、今回の調査において、幾つかの障害が発生し、本事業期間中においては、OSS 設備による処理試験を実施できなかったために、マレーシア Labuan 島での操業実績データをもとに、Estedama 社が受け入れている実際のサンプル分析をもとに、事業性の試算を行った。

なお、幾つかの障害とは、一つは、サウジアラビア王国の環境関連の許認可を司る組織である GAMEP（日本の環境省にあたる組織：3章で詳細に記載）において、処理試験の許可を取得する時間が想定より長くかかったこと。もう一つは、OSS 設備がサウジアラビア王国の Damman 港における通関業務において、何らかの理由によって、破壊されたこと。以上の2点の原因により、平成 30 年 3 月までの本事業の実施期間において、OSS による石油スラッジの処理試験が実施できなかった。

現在、3 月末に OSS 設備の修理が完了する予定であるので、4 月以降、自主的な検討として、現地パートナー会社である Estedama 社と共同で試験を実施することで調整中である。

なお、実現可能性の検討段階において、当初予定していた想定と大きく異なる廃棄物の処理価格体系が判明したので、Aramco 社から受け入れる廃油 20,000～23,000 トン規模、または、石油スラッジ 7,000 トン規模に、事業規模を変更して、事業性の評価を行った。

2. 海外展開計画案の策定

前項の事業概要（図 2-1 参照）において、図 2-2 に示した事業へ転換を行った場合の廃油及び石油スラッジの処理の事業性の評価を行う。

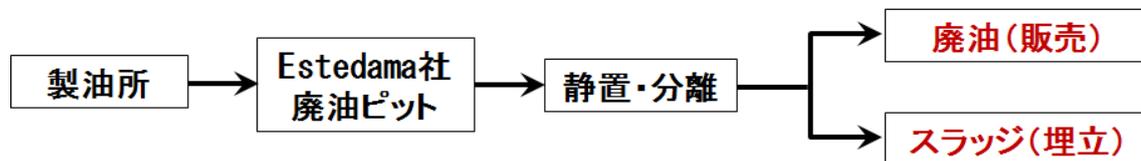


図 2-1 Estedama 社の廃油処理方法（現状）

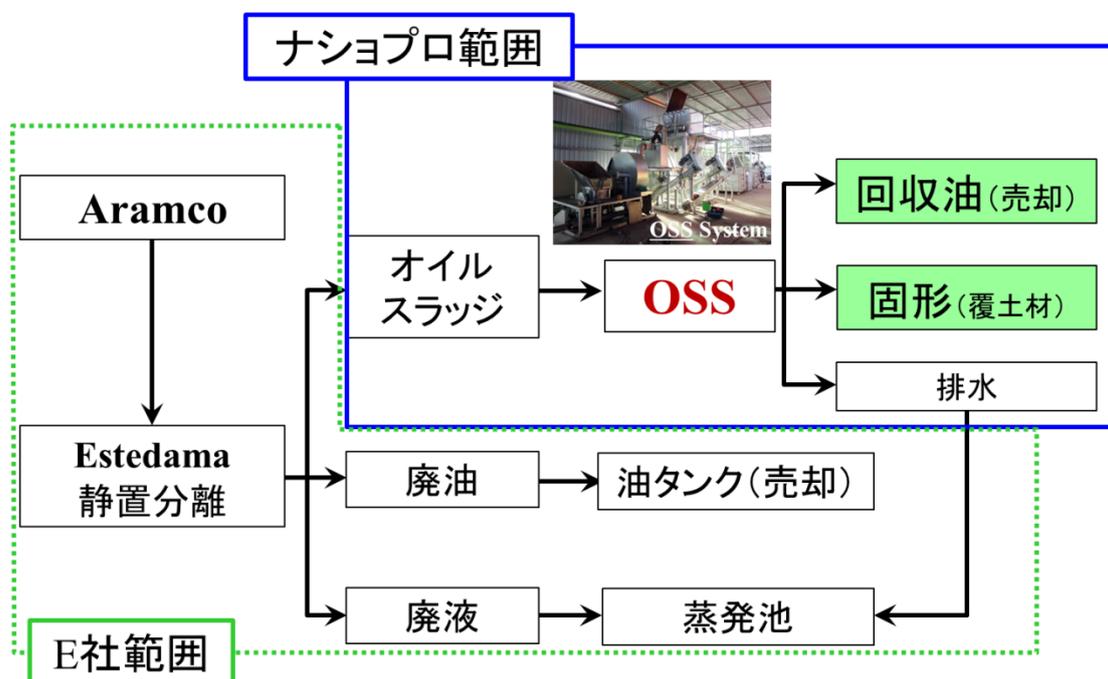


図 2-2 今回の事業化検討内容

2.1 Estedama 社事業所における石油スラッジのリサイクル事業

Estedama 社の産業廃棄物処理工場（図 2-3 参照）の敷地内のドラム缶洗浄建屋（予定）の入口側に、建屋（Hangar）を建設し、その中に OSS 設備を設置して、試験を行う。

今回の試験結果が良好で事業性があると判断された場合は、建屋（Hangar）及び OSS 設備を増設して、事業規模を拡大した上で、事業を実施する方向で事業性の検討を行う。

なお、現在受け入れている廃油量から推定される石油スラッジの量は、約 4,500t である。Ras Tanura 製油所で発生している廃油の一部であり、今回の実証事業を通じて、OSS 設備のリサイクル技術を Aramco 社にアピールすることにより、更なる廃油受託量の増加を持って、事業を実施していくことを考えている。

事業計画等は、次の通りとする。

- 1) 事業規模は、廃油処理量として年間約 20,000～23,000 トンとする。
- 2) 事業運営は、現状の処理費と同程度の価格で処理を受託し、石油スラッジの処理費及び回収油の販売費を収入として、事業の成立を図る。
- 3) 事業展開は、まず 20,000 トン規模の工場を建設運営し、その後、工場の規模を 20,000 トン単位で増強することを想定したい。
- 4) 事業実施体制は、Estedama 社との共同で実施、又は、事業の運営、OSS 設備や回収油の品質管理や更なる品質向上に関する技術的なサポートを日本側企業の分担として、検討を行う。
- 5) 事業化スケジュールは、後述する法制度に依存するが、現状では、事業許可に関する手続きが、非常に個別事情に左右されることが判明しているため、現地の事業許可制度に対応して、淡々と事業を進めることになるかと判断している。



図 2-3 Estedama 社産業廃棄物処理工場 Layout (Damman 市郊外)

3. 対象地域における現状調査

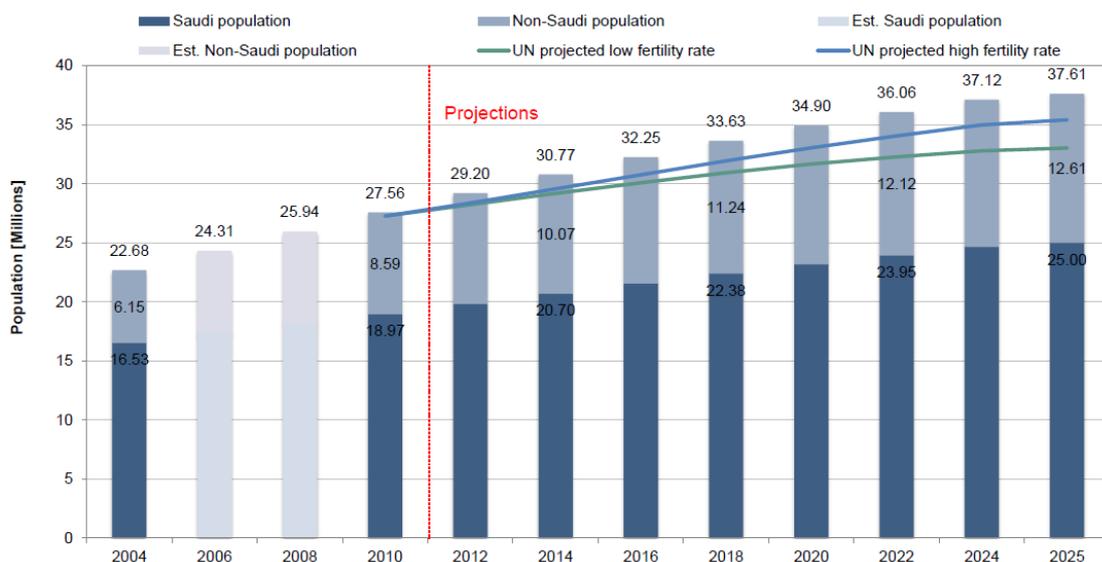
サウジアラビア王国は、中東アラビア半島に位置し、西部を紅海、東部をペルシャ湾・バーレーン・カタール・アラブ首長国連邦（UAE）、南部をイエメン・オマーン、北部をヨルダン・イラク・クウェートに接している。



図 3-1 サウジアラビア王国の地図

同国の面積は、約 215 万 m^2 （日本の約 5.7 倍）であり、その殆どが居住者のいない砂漠地帯から構成されている。2016 年の総人口は、3,228 万人（世界 41 番目）であり、2015 年の人口データによれば、15 歳未満 28.6%、65 歳以上 2.9%と、非常に若い人が多い国である。

さらに、アジア系を中心とした外国人居住者が、約 27%と多くを占めている。在留邦人は、約 1,300 人余りである。



（出典：MRI report;平成 27 年度国際エネルギー使用合理化等対策事業）

図 3-2 サウジアラビア王国の人口推定

気象条件は、高温乾燥であり、夏季には高温となる一方、高地の寒冷地も存在している。年間総水量は少なく、恒久的な水塊や河川は存在しない。地下水資源も広範囲にわたって枯渇した状態であり、淡水は海水淡水化によって得ている状況である。

主な産業は、原油生産、基礎石油化学、石油精製、セメント、農薬、プラスチック製造などであり、天然資源としては、石油、鉄鉱石、天然ガス、金、銅等がある。

環境分野における主要な関心事項は、砂漠化、恒久的な水塊・河川の欠如、地下水の枯渇、油流出による沿岸域の汚染があげられる。

今回の許認可活動において、湾岸戦争においてクウェートから流出した油による汚染（オイルボール）の処理に関する関心の高さから沿岸部の汚染に関する潜在的な要求はかなりあると判断された。

3.1 社会・経済状況

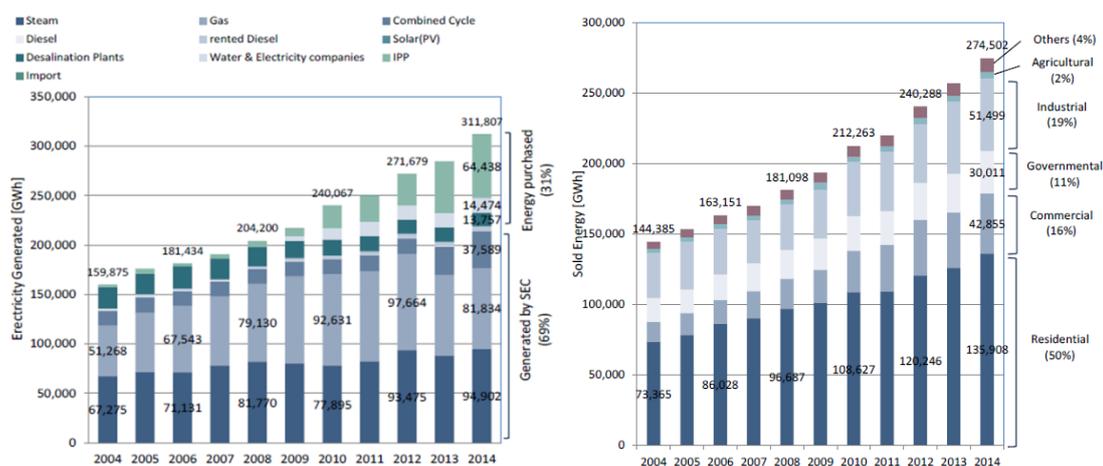
3.1.1 サウジアラビア王国のエネルギー事情

(1) エネルギー需給状況

サウジアラビア王国の電力需給状況を図 3-3 に示した。

必要電力量は、過去 10 年余りで 6.4%の供給増となっており、独立電力事業者（IPP；Independent Power Producer）を中心に、サウジ電力会社（SEC；Saudi Electric Company）以外からの電力供給量が増えている。

また、電力需要からみると、家庭部門の需要が約半分を占めている。



(出典：MRI report;平成 27 年度国際エネルギー使用合理化等対策事業)

図 3-3 サウジアラビア王国の電力需給状況

(2) 将来のエネルギー需給について

サウジアラビア王国は、今後順調に発展すると、人口及び GDP は、2050 年までに各々1.67 倍、1.63 倍になると予想されている¹。（表 3-1 参照）従って、人口・GDP の増加の両側面からエネルギー消費量の増加が見込まれる。

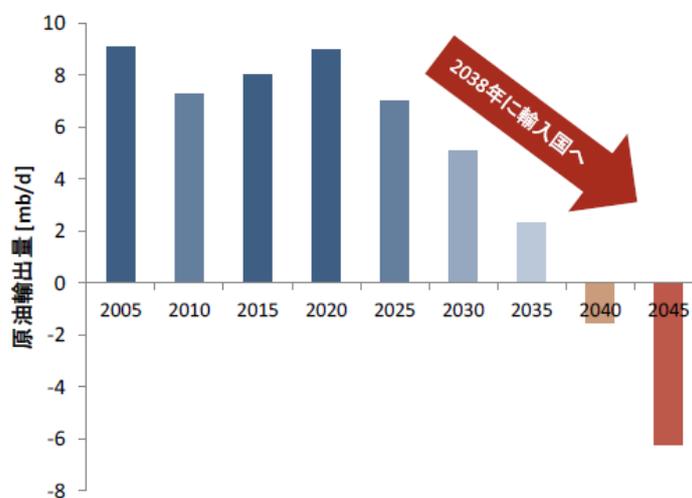
一方、サウジアラビア王国における原油生産量の大幅な増加は見込まれず。国内エネルギー需要量の増加に伴い、現有輸出可能量が減少すると考えられている。

イギリスのシンクタンクであるチャタムハウスは、現状のままではサウジアラビア王国は 2038 年には原油の正味輸入国になる可能性を指摘している。（図 3-4 参照）

表 3-1 サウジアラビア王国の 2050 年までの人口及び GDP 見通し

年	人口 [万人]	一人当たりGDP [USD]
2010	2,756	19,799
2020	3,437	20,836
2030	3,913	21,952
2040	4,314	26,486
2050	4,606	32,203

（出典：MRI report;平成 27 年度国際エネルギー使用合理化等対策事業）



（出典：MRI report;平成 27 年度国際エネルギー使用合理化等対策事業）

図 3-4 サウジアラビア王国の電力需給状況

¹ 人口は United Nations, GDP は IPCC (SPP Database) より

3.1.2 サウジアラビア王国の石油事情

(1) 原油生産

サウジアラビア王国は世界屈指の原油埋蔵量を誇り、世界最大級の原油生産・輸出国である。2016年の確認埋蔵量は、2,664億5500百万バーレルで、世界第二位、世界全体の15.6%を占めている²。

2015年の原油生産量は、日量1,050万バーレルであり、アメリカについて第二位の生産量である。これから計算すると、確認埋蔵量は約70年以上の生産量に相当する。

サウジアラビア王国には、110を越える石油・ガス田があるが、主たるものは、ガワール油田（陸上）とサファニア油田（海上）を含む8あまりの油田が、サウジアラビア王国の確認埋蔵量と原油・ガス生産量の大部分を賄っている。

現在、稼働中の油田は、下記の通りである。

- ・1940年代～ : アブーハドリーヤ、アブーカイク、カティーフ、アブーサファー、ベリー、ズルフ、マルジャン
- ・1950年代～ : フライス、フラサニヤ、マニファ
- ・1960年代～ : シュアイバ
- ・1980年代～ : ナジド油田群（ヌアイイム油田）
- ・クウェートとの国境（中立地帯） : ワフラ、南フワリス、南ウンム・グダイル
- ・同上の沖合地域 : カフジ、フート

(2) 原油の輸出

2016年の実績では、原油生産量は、日量1,049万bblであり、その内の70%強の日量767万bblが、輸出されている。2012年と比較すると、ここ5年間で日量約100万bblの生産が増加している。100を超える石油・ガス田を抱えているサウジアラビア王国は、未開発のまま残されているものも多くあり、当面の間、原油の供給に対する不安は考えられない。

² オイルサンド埋蔵量を含む

3.1.3 サウジアラビア王国の石油精製業

(1) 原油生産と石油精製

サウジアラビア王国における原油生産は、基本 Aramco 社で行っているが、クウェートとの分割地帯（中立地帯）の陸上では、サウジシェブロン（Saudi Arabian Chevron : SAC）とクウェート・ガルフ石油会社（Kuwait Gulf Oil Company : KGOC）の2社が折半で出資するワフラ共同操業機構（Wafra Joint Operations : WJO）が、同地帯の沖合いでは、アラムコ・ガルフ・オペレーションズ社（Aramco Gulf Operations Company : AGOC、Aramco 子会社）と KGOC の共同出資会社（各 50%出資）であるカフジ共同操業機構（Al-Khafji Joint Operations : KJO）によって操業されている。

(2) Aramco の石油精製

サウジアラビア王国内には9ヶ所の製油所があり、2016年時点での原油精製能力合計は290万BPD（Barrel per Day）である。（表3-2参照）

その内、Ras Tanura, Riyadh, Jiddah, Yanbu'の4製油所は、Aramco 社出資比率100%であるが、残りの5製油所は、外国企業との合弁会社である。

それらの製油所は、Petro Rabigh（Rabigh Refining & Petrochemical Company）、SAMREF-Yanbu'（Saudi Aramco Mobil Refinery Company）、YASREF-Yanbu'（Yanbu Aramco Sinopec Refining Company）、SASREF-Jubail（Saudi Aramco Shell Refinery Company）、SATORP-Jubail（Saudi Aramco Total Refining and Petrochemical Company）で、各々Aramco 社の出資比率は、37.5%、50%、62.5%、50%、62.5%となっている。

表 3-2 Aramco 社の石油精製の能力

Refinery	Location	Capacity (MBPD)	
		Total	Aramco Share
Ras Tanura	Jubail, Damman	550	550
Riyadh	Riyadh	126	126
Jiddah	Jiddah	77	77
Yanbu'	Yanbu	243	243
Petro Rabigh	Rabigh	400	150
SAMREF-Yanbu'	Yanbu	400	200
YASREF-Yanbu'	Yanbu	400	250
SASREF-Jubail	Jubail	305	153
SATORP-Jubail	Jubail	400	250
Total		2,901	1,999

出典) Saudi Aramco Annual Review

3.1.4 外資規制等に関する情報

(1) 投資に関する規制

サウジアラビア王国において会社を設立する際には、外国人投資家が投資できない分野の規制があるので、注意する必要がある。

外国投資法（2000年6月4日施行）と外国投資法施行規則は、外国投資家によるサウジアラビア王国に対する投資を規律するものである。（表 3-3 参照） 外国人が、外国投資（本法第1条に定義される。）を行おうとする場合には、サウジアラビア総合投資院（Saudi Arabian General Investment Authority ; SAGIA、以下「SAGIA」という）から外国投資ライセンスを取得し、かつ、外国投資方および外国投資法施行規則に従うことが条件となる。

表 3-3 海外からの直接投資に関する規制について

項目	内容
規制業種・ 禁止業種	<ul style="list-style-type: none"> ・ 製造業分野 石油探鉱、採掘、生産、軍事機器・装備等製造、民生用爆発物製造 ・ サービス分野 軍へのケータリング、治安・警備、探偵業、メッカおよびマディーナにおける不動産投資、巡礼関連観光業、人材斡旋・採用サービス、不動産仲介業、報道、印刷・出版業（一部）、代理店、音声・映像サービス、陸上輸送（列車による乗客の市内輸送を除く）、助産婦・看護師、漁業、血液バンク・毒物センター・検疫
出資比率	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外資 100%での現地法人設立も可能だが、代理店業、保険・金融業、通信業、建設施工管理などの EPC については、規制がある。
資本金に関する規制	<ul style="list-style-type: none"> ・ サービス業は、金融業と農業を除き、外国企業参入の際の最低資本金に関する規定はない。
外国企業の土地所有の可否	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非サウジアラビア投資家は、「非サウジアラビア投資家の不動産所有及び不動産に関する法律」により、一定の条件の下では、ライセンス当局（内務省）の承諾を得ることを条件に必要な不動産（土地含む）を所有することができる。

出典) JETRO HP : <https://www.jetro.go.jp/>

(2) 会社法に関する規制

外資の会社設立手続きには、サウジアラビア総合投資院（SAGIA）と商業投資省への申請が必要となる。SAGIA で該当業種の投資ライセンスを取得し、商業投資省で商業登記（CR）を済ませることにより、手続きが完了する。

2016年5月に施行された新会社法により、外国投資ライセンス（Foreign Investment License）の取得に関する手続き等も簡略化された。

新法に定められた会社形態の内、外国企業は、有限責任会社（LCC）、株式会社（JSC）

と外国会社の支店の3形態とされている。その要点を表 3-4 に示す。

表 3-4 新会社法における会社形態別の要点

会社形態	要点
有限会社(LCC)	<ul style="list-style-type: none"> 1人以上の出資者により設立が可能(旧会社法では2人以上)。 法定準備金が資本金の30%に達した場合は毎年の留保を中断することができる(旧会社法では50%)。 損失が資本金の50%(旧会社法では75%)を超えた際、経営責任者が会社の存続または解散を検討する臨時出資者総会の招集を、同損失確定後90日以内に行わなかった場合、法的に解散させられる。 出資者が50人を超えた際、1年以内に株式会社に移行しなくてはならない。一定の条件を除き、期限内に株式会社へ移行されない場合は法的に解散させられる。 会社設立や定款の変更については、商工業省のウェブサイトへの掲載をもって、従来の官報などへの掲載に代えることができる。
株式会社(JSC)	<ul style="list-style-type: none"> 非公開型のJSCでは、出資者2人以上で設立が可能(旧会社法では5人以上)。ただし、政府ならびに政府100%保有の公的法人など、および資本金500万リヤル以上の企業については1人以上の出資者による設立が認められる。 最低資本金は50万リヤルとする(旧会社法では200万リヤル)。 法定準備金が資本金の30%に達した場合は毎年の留保を中断することができる(旧会社法では50%)。 取締役会(Board of Directors)の人数は最低3人、最大11人とする(旧会社法で規定されていた取締役に対する一定株式の保有条項については撤廃)。 株主総会(Stakeholders General Assembly Meeting)へは近代的な技術を介した通信手段(テレビ会議を想定)による招集、出席が認められる。 スクーク(イスラム債)、優先株式、その他の債券の発行、自社株式を購入すること、同株式を抵当に入れることが認められる。 企業運営を監視するための監査委員会の設立が義務化される。 会長職と他の役員職の兼任は認められない。 損失が資本金の50%(旧会社法では75%)を超えた際に、経営責任者が会社の存続または解散を検討する臨時株主総会の招集を、同損失確定後90日以内に行わなかった場合、法的に解散させられる。 1株当たりの価値は10リヤルとする(旧会社法では50リヤル)。 同一の外部監査役は5会計年度連続で任命することができる。再任命はその後2年間の間隔を空けることで認められる。
外国企業の支店	<ul style="list-style-type: none"> 商工業省に対し、会計基準を満たし、かつ認可外部監査機関の監査を受けた財務諸表(Financial Statement)を会計年度終了後6か月以内に提出しなくてはならない。

出典) JETRO HP : <https://www.jetro.go.jp/>

新所得税法(2004年4月30日公布、2004年7月30日施行)では、外国企業に対する法人税は一律20%となり、課税対象所得は、事業活動の実施により生じる収入、報酬、利益であり、キャピタル・ゲインを含む臨時収入もこれに含まれる。

また、サウジアラビアを含むGCC諸国の企業(地場企業)に対しては、ザカートと呼ばれる喜捨税が課せられる。ザカートは一般的には税率2.5%といわれているが、その計算式は複雑であり、当該年の利益だけではなく、自己資本や剰余金・準備金など、その他の要素も考慮して算出される。

外国企業と地場企業で合弁企業を設立した場合には、利益の合計のうち、外国企業の持ち分に対して20%の法人所得税、地場企業の持ち分に対してザカートが課せられ、合計額が該当の合弁企業の法人所得税となる。

石油スラッジのリサイクル事業は、上記の結果から投資可能な事業分野であり、事業理経に関しては、弊社(日系企業)の利益相当分に、20%の税率が適用されるものと考えられる。

3.2 処理対象廃棄物の発生・処理状況及び回収油の販売価格

Aramco 社の Annual Report や環境関連の報告書を参照しても、石油系廃棄物の発生量に関する情報は記載されていない。現在、実際の石油スラッジを含有した廃油の処理を受託している Estedama 社を通じたヒアリングにおいても排出規模に関する情報を得ることはできていない。

過去のナショナルプロジェクトによる調査³においても、数万トンオーダーで、最大 10 万トン程度の排出を予測している。今回の調査のパートナー企業である Estedama 社は、2013 年に設立された新鋭の廃棄物処理会社であり、長期間の実績をもとに廃油の処理を行っているわけではないが、現在、3 年間で約 50,000 トンの廃油処理を、Aramco 社から受託しており、Aramco 社の分析値においては、約 30% のスラッジ分が含まれていることが示されている。

すなわち、進出間もない企業である Estedama 社が、年間 5,000 トン程度の石油スラッジの処理を受託している。既存事業者における処理の継続性も考慮すると、ここ数年の石油生産量の上昇分を受託したと考えると、RasTanura 製油所の規模を考慮すると、サウジアラビア全体では、10 万トン近い石油スラッジが排出されている可能性は、十分に考えられる。

以前調査した東南アジア（インドネシア）においては、国営石油会社 Pertamina 社において（Aramco 社の 10 分の 1 程度の規模）、製油所での石油スラッジの発生量が 1 万トン規模、掘削時の Drill Sludge が 1~2 万トンで合計 2~3 万トンの発生量であったことを参考にする、RasTanura 製油所での石油スラッジの発生量は、3~5 万トン程度であると推定される。

また、製油所からは石油スラッジの単独での排出はなく、石油スラッジを含んだ廃油として排出されることも多く、同業他社は、基本、遠心分離機で固液分離を行って、油分を再生油として販売し、固形分は、スラッジファームに埋立処理を行っている。

次に、Estedama 社の実際の石油スラッジの処理単価（Tipping fee）は、排出される廃油中の油の含有量で決まっている。一方、日本では、通常排出される廃油の発生場所やその性状が決まっている。そもそも廃棄物がどのような性状のものが決まっていけないもの（WDS : Waste Data Sheet が無いもの）を、廃棄物として処理契約することはできない。つまり、当該廃棄物である廃油の成分を事前に測定し、その成分をもって廃棄物の処理方法を廃棄物処理会社が処理できるか検討した上で、処理単価を入札等で決定するのが、日本で実施されている通常の取引である。

しかし、現状 Ras Tanura 製油所と Estedama 社の取引条件は、我々が考える通常の取引とは異なっており、毎月受け入れている廃油中の油分を受け入れた後の分析結果から、処理単価を決定する方式をとっている。

³ 平成 21 年度石油資源開発等支援事業『サウジアラビア・サウジ・アラムコ向け オイル・スラッジ処理事業調査』

処理単価を決める廃油中の油分の量は、

- a) ~ 15 wt%
- b) 15 ~ 30 wt%
- c) 30 ~ 50 wt%
- d) 50 ~ 70 wt%

の4段階に分類されており、廃油の排出場所が、1ヶ所でないことが容易に想定される。

Estedama社経由で、Ras Tanura製油所に、廃油の排出場所に関するヒアリングを行っても、排出場所については教えられないとの一点張りで、正確な情報は得られていない。

なお、廃油中の油分の含有量は、大きく異なるが、Tipping feeは、56~65 SAR/t（日本円で1,680 ~ 1,950 円/t）と、油分量の割には大きな差はない。

廃油として受け入れたものを静置分離して、回収油とスラッジに分離した後の回収油の販売単価についても調査を行った。

静置分離した回収油は、Junk Oilとして販売される廃油販売ルートにのせることになり、現状の価格で、250 ~ 350 SAR/t 程度（7,500 ~ 10,500 円/t）の価格帯で転売されている。

Aramco社から受託している廃油以外に、Estedama社が受託している自動車等や工場から回収した廃機械油類は、もう少し高く650 ~ 900 SAR/t 程度の価格（19,500 ~ 27,000 円/t）で販売している。

なお、廃油の受入時の運搬、回収販売時の運搬は、各々製油所、および廃油回収業者が行っているため、上記のTipping feeおよび回収油の販売は、Estedama社の実質的な収入（売上）となっている。

次に、OSS設備によって、回収される油は、OSS設備の技術によって、回収した油分中には、固形（SS）や水分が含まれておらず、廃油を静置分離しただけの回収油とは違って、MFO（Marine Fuel Oil）として販売できる可能性が高い。

そこで、Estedama社があるDamman市近郊でのMFO Oilの販売価格について、本事業と同時平行して、価格調査を実施した。

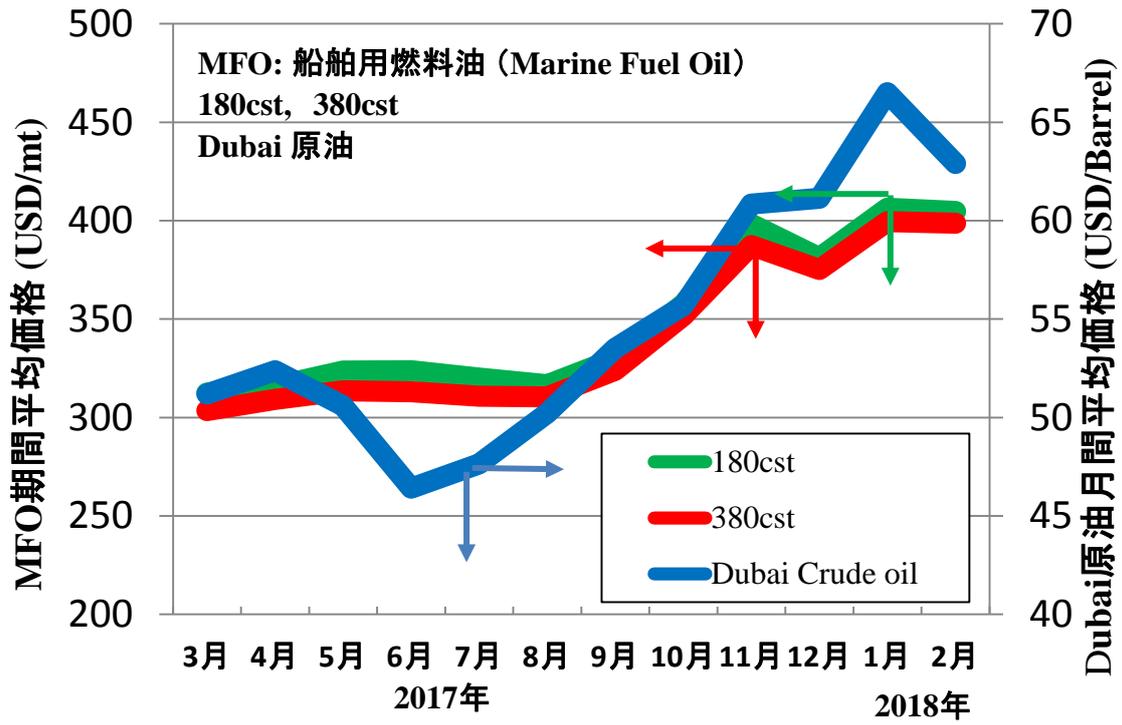
その結果を、図3-5に示す。

MFOとしては、販売の可能性が高い180cstと380cst規格のものの価格調査を行った。これらの販売価格は、原油価格とリンクして販売される可能性が高いので、アラブ首長国連邦（UAE）のドバイ原油価格との相関性も同時に調査した。

若干リンクされていない時期もあるが、基本、ドバイ原油の価格と、180cst及び380cstの販売価格は良い相関関係を持っており、この1年間の相関を直線回帰式に当てはめると、決定係数（ r^2 ）が0.9程度とよい相関関係を示した。

この結果を、事業性を評価する際に、原油価格に対応したOSS回収油の販売価格として利用した。OSS設備による回収油の販売価格は、実販売価格の60%と仮定した。

2017年3月～2018年2月の原油/MFO価格推移



出典: RIM調べ

図 3-5 サウジアラビア Damman における MFO 平均価格 (左軸) と Dubai 原油価格 (右軸) の推移 (2017 年 3 月～2018 年 2 月)

3.3 対象廃棄物の処理・リサイクルの制度

3.3.1 廃棄物及び環境影響評価に関する法制度

サウジアラビア王国における廃棄物及び環境影響評価を含む環境に係る法令の一覧を表 3-5 に示す。

表 3-5 環境に係る法令一覧

法令名称	内容等
一般環境規則及びその実施細則 (2001年10月15日公布 ^{注1)} General Environmental Regulations and Rules for Implementation	サウジアラビア王国における唯一の環境法であり、水質汚濁防止、大気汚染防止、廃棄物対策、土壌汚染対策、環境影響評価等の環境関連事項と環境基準が規定されている。実施細則には各種の環境基準(1982年8月20日発効)が含まれている。
王立委員会環境規則(2004年) Royal Commission Environmental Regulations	ジュベイルとヤンブーに対する王立委員会(Royal Commission for Jubail and Yanbu)が定めた、サウジアラビア王国最大の工業都市である両市に対する環境規則である。排ガス、排水、環境管理に係る規則、基準を規定している。

注1) 公布日は、一般環境規則及びその実施細則の英語版に記載されている日付である。

サウジアラビア王国では、2001年に一般環境規則及びその実施細則(General Environmental Regulations and Rules for Implementation)が公布された⁴。同国における唯一の環境基本法である。環境保護、環境管理に係る所管部署は、気象環境保護総局(General Authority of Meteorology and Environmental Protection; 略称 GAMEP)であり、組織、役割については後述する。本規則の主な目的は、以下のとおりである(第1章第2条)。

- ・環境の保全、保護、開発そして環境汚染の防止
- ・環境に害を及ぼす活動から人々の健康を保護すること
- ・天然資源の適切な保護、開発とその合理的な使用
- ・すべての工業、農業、建設等の分野において、全体開発計画に環境計画を含むこと
- ・環境問題への意識の向上と環境保全・改善や国民的な自主努力の活性化に対する個人、団体の責任感の強化

本規則は、所管部署の役割(第3条)、関連公的機関の役割(第4条)、環境影響評価(第5条)、使用する技術要件(第6条)、環境教育(第7条)、天然資源の有効利用・関連する技術開発(第8条)、環境災害計画・緊急時計画(第9条)、省庁間の役割(第10条)、プロジェクト実施者の義務(第11条～第13条)、危険廃棄物(第14条)、罰則(第17条～第21条)をカバーしている。実施細則では、各種の環境保護基準が Appendix-1 (Environmental Protection Standards, Document No.1409-01) と Appendix-4 (Hazardous Waste

⁴ http://www.saudilegal.com/saudilaw/18_law.html によれば、一般環境規則は2001年9月24日に公布、2002年10月31日に発効。実施細則は2003年9月30日に発効している。

Control Rules and Procedures、Document 01-1423) に規定されている。前者の環境保護基準の発効日は 1982 年 8 月 20 日となっており、一般環境規則が制定される前に環境基準を制定して、環境保護・管理を行っていたといえる。その後、環境基準 (Environmental Standards) はすべて改訂され、2012 年 3 月 24 日に発効している。表 3-6 にこれら環境基準の一覧を示す。なお、これら基準は 5 年毎に見直しが行われることになっているが、更なる改訂版はその後発行されていない⁵。本報告書では、必要に応じて最新の環境基準を記載するが、旧環境基準の内容は文献⁶に詳しい。

また、サウジアラビア王国の工業都市であるジュベイルとヤンブーに対しては、環境規制を強化する目的で、王立委員会環境規則 (Royal Commission Environmental Regulations) を 2004 年に制定している (発効日は 2005 年 9 月 1 日)。本規則は、ジュベイルとヤンブーに対する王立委員会 (Royal Commission for Jubail and Yanbu) によって制定されたもので、王立委員会は 1975 年に設立された組織 (勅令第 M/75 号 (Royal Decree No. M/75) による) で閣僚協議会 (Council of Ministers) への報告義務を有し、工業都市における環境を含めたインフラ整備の全体管理を行っている⁷。

本規則は、一般規則、大気環境、水環境、危険廃棄物管理、廃棄物管理、浚渫、騒音、報告・記録保管のセクションからなり、各種の環境基準が定められている。本規則で規定されている環境基準は、2001 年時点での一般環境規則及びその実施細則に含まれている環境基準に比べて、厳しい規制内容となっている。しかし、現在では、それら環境基準は改訂されてより厳しいものになっているため、本報告書では、王立委員会環境規則の内容は割愛する。

なお、サウジアラビア王国は、廃棄物の越境移動を規制するバーゼル条約を批准し、GAMEP が権限のある機関となっている⁸。

⁵ JFE エンジニアリング サウジアラビア支店による

⁶ 平成 18 年度経済産業省委託事業、環境問題に関する OECD 加盟国等の貿易保険制度調査報告書 Part II 事業実施諸国における環境関連規制、平成 19 年 2 月、地球・人間環境フォーラム

⁷ <https://www.rcjy.gov.sa/en-us/riyadh/citizen/aboutHQ/pages/default.aspx>,
https://en.wikipedia.org/wiki/Royal_Commission_for_Jubail_and_Yanbu

⁸ 環境基準－廃棄物の運搬の第 7 条

表 3-6 環境基準 (Environmental Standards) 一覧

環境基準名称	内容等
廃棄物の分類 Waste Classification	特に Hazardous Waste Control Rules and Procedures の改訂版。廃棄物の定義、分類を規定。
廃棄物の受入れ基準 Waste Acceptance Criteria	特に Hazardous Waste Control Rules and Procedures の改訂版。発生者及び処理、保管、処分に対する廃棄物の受入れ基準を規定。
廃棄物の取扱いと保管 Waste Handling and Storage	特に Hazardous Waste Control Rules and Procedures の改訂版。廃棄物を取扱い、保管する事業者のガイド。
廃棄物の輸送 Waste Transportation	廃棄物分類に応じた輸送方法を規定。マニフェストも規定。
廃棄物の規制管理とコンプライアンス Waste Regulatory Control and Compliance	特に Environmental Protection Standards の改訂版。廃棄物の発生者、輸送者、受取者の義務とマニフェストを規定。
廃棄物の物質回収とリサイクル Material Recovery and Recycling of Waste	特に Environmental Protection Standards の改訂版。廃棄物の物質回収とリサイクルに係るガイド。
生物学的処理－設計と操業 Biological Treatment – Design and Operation	特に Environmental Protection Standards の改訂版。廃棄物の生物学的処理施設に係るガイド。
熱処理と焼却－設計と操業 Thermal Treatment and Incineration – Design and Operation	特に Environmental Protection Standards の改訂版。熱処理施設と焼却施設の種類、設計と操業に係るガイド。
保管と物質再生施設－設計と操業 Storage and Material Reclamation Facilities – Design and Operation	特に Environmental Protection Standards の改訂版。保管と物質再生施設の種類、設計と操業に係る基準を規定。
埋立場－設計と操業 Landfill – Design and Operation	特に Environmental Protection Standards、Hazardous Waste Control Rules and Procedures の改訂版。埋立場の分類（不活性、非危険、危険廃棄物）と各々の設計基準を規定。
廃棄物処分に対する最良な実務的環境オプション Best Practicable Environmental Option for Waste Disposal	特に Environmental Protection Standards の改訂版。廃棄物処分に対する多様な方法に係るガイド。
廃棄物に係る操業員の技術能力の訓練と評価 Waste Training and Assessment of Technical Competence of operators	特に Environmental Protection Standards の改訂版。廃棄物の処理、保管、処分施設の操業員に対する訓練、資格、評価の最低限の要件を規定。
工業排水及び都市排水の排出 Industrial and Municipal Wastewater Discharge	特に Environmental Protection Standards の改訂版。工業排水、都市排水の排出基準を規定。
固定発生源から大気への放出の管理 Control of Emissions to Air from Stationary Sources	特に Environmental Protection Standards の改訂版。固定発生源からの大気汚染物質の排出基準を規定。
自然水の質 Ambient Water Quality	特に Environmental Protection Standards の改訂版。地下水、表層水、沿岸水に係る各種パラメータの基準値を規定。
大気の質 Ambient Air Quality	特に Environmental Protection Standards の改訂版。大気の汚染物質に係る基準値を規定。

注) 上記の環境基準は、一般環境規則及びその実施細則に含まれている環境保護基準等の改訂版で、発効日はすべて 2013 年 3 月 24 日である。

(1) 廃棄物・リサイクル関連の所管部署

環境問題、廃棄物・リサイクル問題等を担当する部署は、すでに触れたように気象環境保護総局 (General Authority of Meteorology and Environmental Protection ; 略称 GAMEP) で、環境・水資源・農業省 (Ministry of Environment, Water and Agriculture、2016 年 5 月に統合新設) に属する。この組織図⁹を図 3-6 に示す。

サウジアラビア王国では、1966 年に気象部 (Meteorology Department) が設立され、その後 1981 年に環境を加えて気象環境保護庁 (Meteorology and Environmental Protection Administration ; 略称 MEPA) に改組され、本格的な環境に係る活動が始まった。当時の所管省庁は国防・航空省 (Ministry of Defense and Aviation) である。MEPA は、2001 年には勅令第 34/M (Royal Decree No.34/M) により気象環境最高会議 (General Presidency of Meteorology and Environment Protection ; 略称 PME) に改組され、2016 年には勅令により現在の GAMEP へと名称が変更された¹⁰。ただし、一般環境規則及びその実施細則の各種の環境保護基準 (Environmental Protection Standards、Document No.1409-01) によれば、気象環境最高会議 (Presidency of Meteorology and Environment ; 略称 PME) が 1981 年 2 月 25 日付けの勅令第 7/M/8903 により設立されて、一般環境規則を公布している。したがって、所管部署の名称には疑問が残るが、ここでは、Presidency of Meteorology and Environment と General Presidency of Meteorology and Environment Protection とを同じ日本語名称としている。

GAMEP の役割は、一般環境規則 (第 3 条) および実施細則 (第 3 条) によれば、以下のとおりであり、GAMEP は環境関連事項について唯一の権限のある機関である。

- ・ 環境状況の調査と評価、モニタリング手段と機器の開発、情報収集、環境研究の実施
- ・ 環境情報の文書化と発行
- ・ 環境保護基準の作成、公布、調査、開発、解釈
- ・ 法令としての環境規則の提案
- ・ 公的機関と法人に環境規則、基準を順守させ、関連する資格をもつ機関と協力して必要な手続きをとること
- ・ 地域、世界レベルでの環境と管理の分野の最新情報に精通
- ・ 全てのレベルでの環境意識の向上に努めること

⁹ <https://www.pme.gov.sa/En/About/Pages/OrganizationalStructure.aspx>。JFE エンジニアリング サウジアラビア支店による英訳。

¹⁰ The State of the Environment(2017) Responsibilities and achievements。なお、日本語名称は、以下の文献による。日本貿易振興機構 海外調査部、サウジアラビア王国の環境に対する市民意識と環境関連政策、2011 年 3 月

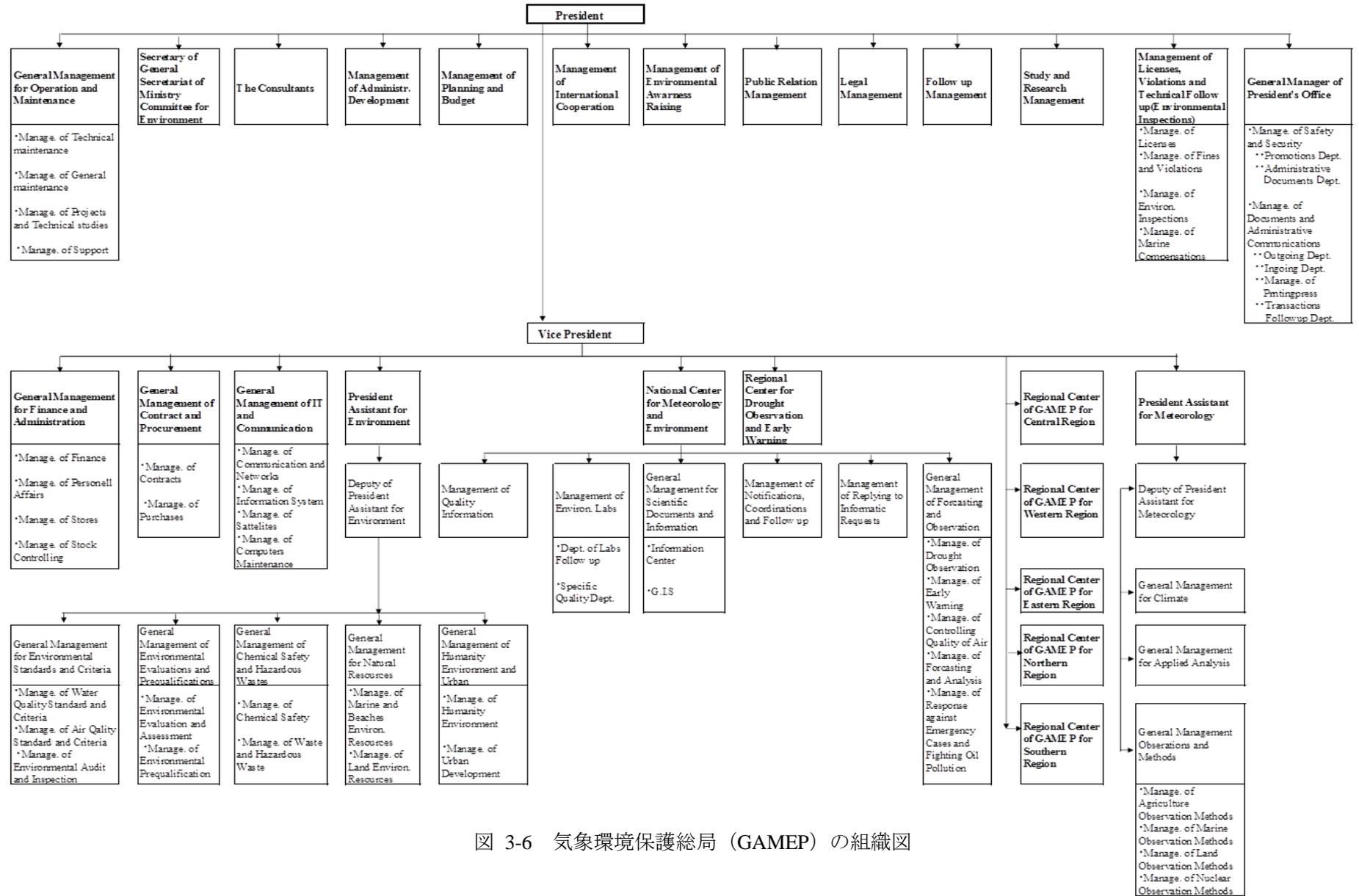


図 3-6 気象環境保護総局 (GAMEP) の組織図

(2) 廃棄物の定義・分類

廃棄物の定義と分類の最新版は、環境基準：廃棄物の分類 (Environmental Standards: Waste Classification) に記載されている。

サウジアラビア王国における廃棄物は、その起源によって (第 3 条)、工業廃棄物 (Industrial Waste)、業務用廃棄物 (Commercial Waste)、都市廃棄物 (Municipal Waste) に分類される。また、物理的な形態によって (第 4 条)、液体廃棄物、固体廃棄物、スラッジに分類され、特性面からは (第 5 条)、有害廃棄物 (Hazardous Waste)、非有害廃棄物 (Non-hazardous Waste)、不活性廃棄物 (Inert Waste) に分類されている。この分類に応じて取扱いが規定されているので、どの分類に該当するかは重要である。

不活性廃棄物は、以下の特性を有する廃棄物である。(第 5 条)

- ・ 顕著な物理的、化学的、生物学的な変質が発生しない。
- ・ 他の物質と接触しても環境汚染または健康に害を及ぼすような反応を起こさない。
- ・ 浸出液の生成が無視しうる量である。

非有害廃棄物は、以下の特性を有する廃棄物である。(第 5 条)

- ・ 工業廃棄物と業務用廃棄物のうち、有害、不活性でないもの。
- ・ アスベスト、病院等からの有害廃棄物を除く都市廃棄物

有害廃棄物は、着火性、腐食性、反応性、毒性の観点から定義されている。有害廃棄物の判定は、以下のように行われる。(第 5 条～第 7 条)

- ・ 有害廃棄物リスト (表 3-7) に掲載されているものはすべて有害廃棄物となる。
- ・ 有害廃棄物リストに無い場合には、表 3-8 に示す有害成分を含んでいると有害廃棄物となる。
- ・ 有害廃棄物リストに無く、かつ有害成分を一つも含まない場合には、表 3-9 に示す有害特性リストに該当すると有害廃棄物となる。
- ・ また、表 3-10 に示す浸出毒性規制値 (Toxicity Property Leaching Procedure Regulatory levels) を超える場合には有害廃棄物となる。

本プロジェクトのオイルスラッジは、表 3-7 の Y8 または Y18 に該当するので、有害廃棄物となる。

表 3-7 有害廃棄物リスト

記号	危険廃棄物の内容
Y1	Clinical wastes from medical care in hospitals, medical centres and clinics
Y2	Wastes from the production and preparation of pharmaceutical products, drugs and medications
Y3	Wastes from the production, formulation and use of biocides and phyto-pharmaceuticals
Y4	Wastes from the manufacture, formulation and use of wood preserving chemicals
Y5	Wastes from the production, formulation and use of organic solvents
Y6	Wastes from heat treatment and steel tempering operations containing cyanides
Y7	Waste mineral oils unfit for their originally intended use
Y8	Waste oils/water, hydrocarbons/water mixtures, emulsions
Y9	Waste substances and articles containing (greater than 50 ppm) polychlorinated biphenyls (PCBs) and/or polychlorinated terphenyls (PCTs) and/or polybrominated biphenyls (PBBs)
Y10	Waste tarry residues arising from refining, distillation and any pyrolysis treatment
Y11	Wastes from production, formulation and use of inks, dyes, pigments, paints, lacquers, varnish
Y12	Wastes from production, formulation and use of resins, latex, plasticizers, glues and adhesives
Y13	Waste chemical substances arising from research and development or teaching activities which are not known and are new and whose effects on human health and the environment are not yet known
Y14	Wastes of an explosive nature not subject to other regulations or standards
Y15	Wastes from production, formulation and use of photographic chemicals and processing materials
Y16	Wastes resulting from surface treatment of metals and plastics
Y17	Residues arising from industrial waste disposal operations
Y18	Petroleum refinery wastewater treatment sludges

注) 旧版に比べて、Y18 が追加されている。

表 3-8 有害成分

記号	危険廃棄物の成分
Y19	Metal carbonyls
Y20	Beryllium and beryllium compounds
Y21	Hexavalent chromium compounds
Y22	Copper compounds
Y23	Zinc compounds
Y24	Arsenic and arsenic compounds
Y25	Selenium and selenium compounds
Y26	Cadmium and cadmium compounds
Y27	Antimony and antimony compounds
Y28	Tellurium and tellurium compounds
Y29	Mercury and mercury compounds
Y30	Lead and lead compounds
Y31	Inorganic fluorine compounds excluding calcium fluoride
Y32	Inorganic cyanides
Y33	Acidic solutions or acids in solid form
Y34	Basic solutions or bases in solid form
Y35	Asbestos (dust and fibres)
Y36	Organic phosphorus compounds
Y37	Organic cyanide compounds
Y38	Phenols and phenol compounds, including chlorophenol compounds
Y39	Ether compounds
Y40	Halogenated organic solvents
Y41	Organic solvents other than halogenated solvents
Y42	Any congener of polychlorinated dibenzo-furan
Y43	Any congener of polychlorinated dibenzo-p-dioxin
Y44	Organic halogen compounds other than substances referred to in this Table

注) 旧版に比べて、Thallium and Thallium Compounds が除かれている。

表 3-9 有害特性リスト

記号	危険特性内容
H1 Explosive	Substances and preparations which may explode under the effect of flame or which are more sensitive to shocks or friction than dinitrobenzene
H2 Oxidising	Substances and preparations which exhibit highly exothermic reactions when in contact with other substances, particularly flammable substances
H3 Highly Flammable	(a) liquid substances and preparations having a flashpoint below 21°C (b) substances and preparations which may become hot and finally catch fire in contact with air at ambient temperatures without any application of energy (c) solid substances and preparations which may readily catch fire after brief contact with a source of ignition and which continue to burn or to be consumed after removal of the source of ignition (d) gaseous substances and preparations which are flammable in air at normal pressure (e) substances and preparations which, in contact with water or damp air, evolve highly flammable gases in dangerous quantities
H3B Flammable	Liquid substances and preparations having a flashpoint $\geq 21^{\circ}\text{C}$ and $\leq 55^{\circ}\text{C}$
H4 Irritant	Non-corrosive substances and preparations which, through immediate, prolonged or repeated contact with the skin or mucous membrane, can cause inflammation
H5 Harmful	Substances and preparations which, if they are inhaled or ingested or if they penetrate the skin, may involve limited health risks
H6 Toxic	Substances and preparations (including very toxic substances and preparations) which, if they are inhaled or ingested or if they penetrate the skin, may involve serious, acute or chronic health risks and even death
H7 Carcinogenic	Substances and preparations which, if they are inhaled or ingested or if they penetrate the skin, may induce cancer or increase its incidence
H8 Corrosive	Substances and preparations which can readily corrode or dissolve flesh, metal or other materials
H9 Infectious	Substances containing viable micro-organisms or their toxins which are known or reliably believed to cause disease in man or living organisms
H10 Toxic for Reproduction	Substances or preparations which, if they are inhaled or ingested or if they penetrate the skin, may produce or increase the incidence of non-heritable adverse effects in the progeny and/or of male or female reproductive functions or capacity
H11 Mutagenic	Substances and preparations which, if they are inhaled or ingested or if they penetrate the skin, may induce hereditary genetic defects or increase their incidence
H12 Toxic Gas Release	Substances or preparations which release toxic or very toxic gases in contact with water, air or an acid
H13 Ecotoxic	Substances or preparations which present or may present immediate or delayed risks for one or more sectors of the environment
H14	Substances and preparations capable by any means, after disposal, of yielding another substance, for example leachate, which possesses any of the characteristics H1 to H13

表 3-10 浸出毒性規制値

No.	汚染物質	濃度 (mg/l)
1	Arsenic	5.0
2	Barium	100.0
3	Benzene	0.5
4	Cadmium	1.0
5	Carbon Tetrachloride	0.5
6	Chlordane	0.03
7	Chlorobenzene	100.0
8	Chloroform	6.0
9	Chromium	5.0
10	o-Cresol*	200.0
11	m-Cresol*	200.0
12	p-Cresol*	200.0
13	Total Cresols	200.0
14	2,4-D	10.0
15	1,4-Dichlorobenzene	7.5
16	1,2-Dichlorobenzene	0.5
17	1,1-Dichlorobenzene	0.7
18	2,4-Dichlorobenzene	0.13
19	Endrin	0.02
20	Heptachlor (and its epoxide)	0.0008
21	Hexachlorobenzene	0.13
22	Hexachlorobutadiene	0.5
23	Hexachloroethane	3.0
24	Lead	5.0
25	Lidane	0.4
26	Mercury	0.2
27	Methoxychlor	10.0
28	Methyl ethyl ketone	200.0
29	Nitrobenzene	2.0
30	Pentachlorophenol	100.0
31	Pyridine	5.0
32	Selenium	1.0
33	Silver	5.0
34	Tetrachloroethylene	0.7
35	Toxaphene	0.5
36	Trichloroethylene	0.5
37	2,4,5-Trichlorophenol	400.0
38	2,4,6-Trichlorophenol	2.0
39	2,4,5-TP (Silvex)	1.0
40	Vinyl Chloride	0.2

(3) 廃棄物の発生、取扱、運搬等の義務について

廃棄物の発生者、取扱者、受入者、TSD 事業者（処理、保管、処分）、運搬者等に係る義務が、環境基準—Waste Regulatory Control and Compliance 及び Waste Handling and Storage に規定されている。各主体の義務を以下にまとめる。

(a) 発生者

- ・ 廃棄物の発生者は、廃棄物の種類と有害廃棄物の種類を特定しなければならない。
- ・ 未登録、ライセンスを持たない、またはサイト ID¹¹を所有していない運搬者への配送は禁止。
- ・ 廃棄物追跡伝票（Waste Tracking Form）を介さずに、TSD 施設の外部への廃棄物の輸送は禁止。
- ・ 廃棄物の分離と保管標準で特定されている要件を順守。

(b) 取扱者

- ・ 廃棄物の取扱者（廃棄物の発生者、運搬者、受入者）は、管理下にある廃棄物の漏洩禁止。
- ・ 降水による廃棄物からの浸出保護、偶発的な漏洩の保護。廃棄物の飛散防止、保管、運搬中の落下防止。ごみ漁り防止。
- ・ 取扱者は、以降の将来の取扱に対して廃棄物を保護しなければならない。
- ・ 有害廃棄物の混合禁止。
- ・ 有害廃棄物の保管は、メイン保管場所で最大 90 日だが、有害廃棄物を扱う要注意の場合には、1 ヶ月に限られる。一方、非有害で不活性な廃棄物は、最大 6 ヶ月まで可能。

(c) TSD 事業者

- ・ 有害廃棄物の処理等に対して、GAMEP に通知してサイト ID を取得しなければならない。通知から操業までは 3 ヶ月以内であるべき。非有害廃棄物に対しては不要である。
- ・ 自身が所有している廃棄物ライセンス（後述する）に対応する廃棄物かを確認するために、受入れ廃棄物をチェック。
- ・ 施設の健全性の検査及び操業者へのトレーニング（廃棄物トレーニングと操業者の技術評価基準に準拠）

¹¹ 有害廃棄物の TSD 施設に対して GAMEP から割り当てられるナンバー

(4) マニフェスト制度

サウジアラビア王国では、廃棄物追跡システム（Waste Tracking System）が、環境基準—Waste Regulatory Control and Compliance、Waste Transportation に規定されている。もちろん、都市廃棄物、都市収集による業務用非有害廃棄物・不活性廃棄物等は本追跡システムの適用外である。各主体に対する規定を以下にまとめて示す。

(a) 発生者

廃棄物の発生者は、規定された以下の情報を運搬者に知らせるとともに、14 日以内にその情報を GAMEP に提供する。

- ・発生者の氏名、住所、コンタクト先詳細
- ・運搬者の氏名、住所、コンタクト先詳細
- ・廃棄物を運搬者に渡す日時
- ・有害廃棄物の場合、容器の種類と数量
- ・廃棄物の詳細情報（廃棄物の種類、量、液体/固体、有害廃棄物のコード、廃棄物起源コード）

また、以下の情報を最低 5 年間保管しなければならない。

- ・廃棄物追跡伝票の詳細情報
- ・運搬者の氏名、住所、コンタクト先詳細

(b) 運搬者

廃棄物の運搬者は、以下の規定された情報を廃棄物の受入れ者に提供する。

- ・発生者からの情報
- ・運搬者の氏名、住所、コンタクト先詳細
- ・車両の登録番号

さらに以下の情報を最低 5 年間保管しなければならない。

- ・廃棄物追跡システム伝票の詳細情報
- ・運搬者の氏名、住所、コンタクト先詳細

運搬者は、伝票の内容と実物で差異に気付いた場合には、すぐに GAMEP に報告しなければならない。

(c) 受入れ者

廃棄物の受入れ者は、以下の情報を最低 5 年間保管しなければならない。

- ・発生者と運搬者からの情報
- ・受け入れた廃棄物の量
- ・廃棄物の受入れ目的（リサイクル、処理、保管、処分）
- ・廃棄物の受入れコード

また、受入れ日から 14 日以内に GAMEP に以下の情報を提供しなければならない。

- ・上記の情報
- ・受入れ者の氏名、住所、コンタクト詳細
- ・受入れ者の廃棄物ライセンスナンバー

権限のある機関としての GAMEP は、廃棄物追跡システムを利用することによって、発生者と受入れ者からの情報を突き合わせることで、廃棄物の流れを追跡し、廃棄物が適切に処分されたかを把握することができる。また、運搬者と TSD 事業者がライセンスに応じた指定されている廃棄物を扱っているかのチェックが可能である。さらに、廃棄物の減容化、リサイクル機会の増加等の計画を練る際の参考とする意図がある。

廃棄物追跡伝票は、上に述べた 3 者が必要な情報を記載できる 5 枚綴りのもの（白、ピンク、緑、黄、青）であり、それぞれがサインをして、記録することになっている。発生者と受入れ者は、非カーボンオリジナル伝票を GAMEP に提出する。発生者が記載する A 面（先述の内容）、運搬者が記載する B 面（先述の内容）が完成すると、発生者は緑とピンクの伝票を切り離し、残りの伝票を運搬者に渡す。緑の伝票は発生者が保管し、ピンクの伝票は GAMEP に 14 日以内に提出される。受入れ者（発生者が指名）が C 面を記載した後、運搬者が青伝票を切り離して、残りの白（オリジナル）と黄色伝票を受入れ者に渡す。青伝票は運搬者が保管する。その後、黄色伝票は受入れ者が保管し、白（オリジナル）伝票は、14 日以内に GAMEP に提出される。

3.3.2 環境基準値

(1) 大気汚染物質の環境基準

2012年から発効している大気環境基準を表 3-11 に示す。旧基準¹²に比べて、フッ化物が削除され、Pb、ベンゼン、PM2.5 が追加されるとともに、基準値が厳しくなっている。王立委員会の大気環境基準¹³と比べてみると、対象物質の数は少ないものの（アンモニア、塩素、フッ素、硫酸が除外）、同レベルとなっている。

表 3-11 大気環境基準

物質	時間平均値 μg/Nm ³ (ppm)	平均時間	許容超過回数
CO	10,000 (8.1)	8 時間	なし
	40,000 (32)	1 時間	
Pb	0.5 (0.00005)	1 年	N/A
NO ₂	660 (0.35)	1 時間	2 回/30 日
	100 (0.05)	1 年	N/A
SO ₂	730 (0.28)	1 時間	2 回/ 1 年
	365 (0.14)	24 時間	1 回/ 1 年
	80 (0.03)	1 年	N/A
ベンゼン	5 (0.0015)	1 年	N/A
PM ₁₀	340 (variable)	24 時間	24 回/ 1 年
	80 (variable)	1 年	N/A
PM _{2.5}	35	24 時間	24 回/ 1 年
	15	1 年	N/A
オゾン	235 (0.12)	1 時間	2 回/30 日
オゾン	157 (0.08)	8 時間	2 回/ 日
H ₂ S	150 (0.1)	24 時間	10 回/ 1 年
	40 (0.03)	1 年	N/A

出所) 環境基準—大気の質の Appendix A

¹² 一般環境規則の実施細則の Appendix-1 (環境保護基準)

¹³ 王立委員会環境規則の表 2A 大気環境基準

(2) 大気汚染物質の排出基準

2012年から発効している、産業活動からの大気汚染物質の排出基準を表 3-12 示す。旧基準では、主な産業別に排出基準が決められていたが、統一的な規制値となっている。

規制値を超える場合でも、規制値を順守できない根拠を示すことができれば、一時的に規制値を超えてもよい許可を得ることができる。データは5年間の保管が義務付けられている。

本事業計画地である Damman 市郊外の Estedama 社工場は、(A) 通常の地区に該当する。

表 3-12 大気汚染物質の排出基準

カテゴリ	排出規制値 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)		閾値(g/hr)
	(A)通常	(B)大気が澱んでいる地域 ²⁾	
特定の大气汚染物質			
PM ₁₀	150	100	500
PM _{2.5}	50	25	100
ダイオキシンとフラン	0.0001	0.0001	
SO _x	600	400	1,000
NO _x	500	350	1,000
強毒性物質			
Σ Class ¹⁾ I (PCDD)	0.05	0.05	0.02
Σ Class I + II (PCDD、PCB、PCT)	0.1	0.1	0.5
発癌性物質			
Σ Class I	0.1	0.05	0.5
Σ Class I + II	1	0.5	5
Σ Class I + II + III	3	1	25
有機物質			
Σ Class I	40	20	25
Σ Class I + II	150	100	100
無機物質 (固体)			
Σ Class I	0.2	0.05	1
Σ Class I + II	1	0.5	5
Σ Class I + II + III	5	1	25
無機物質 (気体/蒸気)			
Class I	3	0.5	10
Class II	15	3	50
Class III	100	30	300
VOC			
大気への放散有機溶剤割合	5%	3%	閾値適用

注 1) 各 Class に含まれる物質は、本出典の Appendix A に詳細が記載されている。

注 2) 英文表記は、Degraded airsheds である。

出典) 環境基準—固定発生源からの排出規制の Appendix A

(3) 工業排水に係る環境基準

工業排水の排出基準を表 3-13 に示す。水処理施設に排出する場合と沿岸域（陸地に接する水混合域から 500m 以内）に排出する場合の規制値を示している。データは 5 年間の保管が義務付けられている。

本事業においては、Estedama 社の工場内で、基本、循環使用する予定である。将来、事業を大規模化した場合には、水処理施設の設置等必要になることが想定される。

表 3-13 工業排水の排出基準

パラメータ	排出規制値 (mg/L)		パラメータ	排出規制値 (mg/L)	
	水処理施設	沿岸域		水処理施設	沿岸域
環境との温度差	45℃	7℃	Ni	1.5	1
PH	5-10	6-10	Ag	1	0.5
溶存固体(TDS)	3,000	-	Zn	10	5
浮遊物質(TSS)	600	15	ベンゼン	1	0.1
BOD	500	25	四塩化炭素	1	0.04
COD	1,000	150	Cl	1.0	0.3
油グリース	100	7	塩素化炭化水素	0.5	0.5
TKN	120	10	クロロホルム	1	-
TOC	1,000	50	シアン化物	1	0.1
全リン	50	5	F	15	25
アンモニア	40	3	フラン	0.005	0.01
N	n/a	-	HCB	0.01	0.01
Na	1,000	1,500	リンデン	0.1	0.01
S	500	1,000	マイレックス	-	0.01
硫化物	10	1.0	MTBE	-	0.01
Al	30	15	PAH	0.002	0.05
As	1	0.5	PCB	0.002	0.01
Ba	2	2	PCP	5	-
Cd	1.0	0.05	殺虫剤	5	0.05
Cr	1	0.5	フェノール	150	1
Co	2	0.2	ダイオキシン	0.005	0.01
Cu	1	0.5	トルエン	2	-
Fe	30	10	TPH	15	10
Pb	1	0.5	塩ビ	0.1	0.1
Mn	2	1	キシレン	2	1
Hg	0.5	0.1	大腸菌群	n/a	3,000/ 100mL

注) 上記以外の物質の濃度規制値は、0.001mg/L

出所) 環境基準—工業排水と都市排水の排出の Appendix B の表を基に作成。

3.3.3 許認可手続き

(1) 環境許認可

環境サービスに従事する場合には、環境認定証書 (Environmental Accreditation Certificate) が必要である。手続きは、実施細則の環境認可手続きへのガイド (Appendix.3 Guide to Environmental Accreditation Procedure) に規定されている。

申請者は、まず権限のある機関 (GAMEP) に環境許可申請を行う。申請書類様式は、Appendix 3.1 に示されており、以下の内容を含む。従事する事業分野を明確にする必要がある。同時に事業に係る施設詳細、設備と用いる技術等を添付する。

- ・法人基本情報 (施設名称、商業登録 No.と有効期間、本社名称・住所等)
- ・現在の活動内容
- ・環境調査研究 (環境評価研究、環境コンサル、環境トレーニング)
- ・都市固体廃棄物管理 (リサイクル、最終処分、サイト準備)
- ・危険廃棄物管理 (輸送、保管、処理と最終処分、サイト準備)
- ・汚染水と土壌の処理 (排水処理、地下水処理、汚染土壌処理)
- ・非危険廃棄物 (液体、懸濁粒子、サイト準備)
- ・監視と分析サービス (水質測定、大気測定、監視分析装置の販売)
- ・海洋環境サービス (油汚染低減、装置と低減剤、化学的な低減剤、沿岸浄化、汚染廃棄物の収集・輸送・処分、サイト準備)
- ・汚染コントロール技術 (輸入、設置と操業、メンテナンス)
- ・環境管理サービス (証書代表者、ISO14000 準拠、ISO14000 要件遂行、環境レビューと監査)
- ・医療廃棄物管理 (輸送、処理、最終処分、保管、サイト準備)
- ・モニタリングサービスと環境実験室 (水質のモニタリングと分析、大気モニタリングと分析、環境実験室装備)
- ・廃油管理 (輸送、リサイクル、保管、輸出、処理/処分、サイト準備)

環境影響評価が必要な場合には、申請は GAMEP 内の環境評価部門にも送達され、環境影響評価の要求、環境影響評価報告書の監査、環境認定部門への結果報告がなされる。環境影響評価の詳細は後述する。

審査は、まず書面で行われ、次に設備が要件を満足しているかについて現地調査を行う。現地調査では、以下のアクションがとられる。

(a) 条件なし承認の場合

GAMEP は、商業登録が発行され、申請者が登録され、または申請者がその活動に従事する地域の商務省オフィスに対してレターを送達する。レターは、すべての情報、書類、添付資料の吟味と検査の後で、活動要件と環境サービス分野の認定要件のガイドに記載されている特定の基準にしたがって、GAMEP は、申請者はすべての環境基準に従う。許認可機関から環境証明書 (Certification) を取得した後でのみ活動に従事することが認められるという条項に基づいて、活動の登録を承認する。そのレターは申請者に送達される。

(b) 条件付き承認の場合

GAMEP は、次の内容のレターを申請者に送る。すなわち、すべての情報、書類、添付資料の吟味と検査に続いて、申請活動の要件と特定の基準にしたがって、GAMEP は、商務登録における活動の登録を承認する。ただし、以下の条件を満足する必要がある。申請者は提案している活動に関係する全ての条件並びに環境基準のすべてを満足することを書面で提出する必要がある。

GAMEP は書面を受領後、商業登録が発行され、申請者が登録され、または申請者がその活動に従事する地域の商務省オフィスに対して次の内容のレターを送達する。レターは、すべての情報、書類、添付資料の吟味と検査の後で、活動要件と環境サービス分野の認定要件のガイドに記載されている特定の基準にしたがって活動の登録を承認する。申請者の提出書面は、活動の特別な条件の順守およびすべての環境基準規則の順守を示し、かつそのことを約束することを条件とする。そして、GAMEP は、活動の登録を承認する。申請者は許認可機関から環境証明書 (Certification) を取得した後でのみ活動に従事することが、所有者がすべての環境基準に従うという条件の下で許される。

(c) 申請が拒絶される場合

次の内容のレターが申請者に送達される。レターには、すべての情報、書類、添付資料に基づく申請の吟味と検査に続いて、活動の要件と環境サービス認定ガイドにしたがって、GAMEP が承認を拒絶し、それが例え環境的な特性によるもので無かったとしてもその理由が示される。

次に認定の承認は以下のように行われる。

GAMEP は、申請者から以下の通知レターを受領する。その活動が商務登録に掲載されたこと、および全ての要件と条件が十分満足されていることを通知するもの。受領後、専門家が検査のために現地に赴き、すべての要件と設備そして申請者に課された特定の条件が十分満足されているかを検証する。そして、すべての環境認定要件が満足されていることの検証に基づいて、GAMEP は、以下の手続きをとる。

(a) 条件なし承認の場合

すべての情報、書類、添付資料の吟味と検査に続き、申請者に環境認定証書 (Environmental Accreditation Certificate) を授与することを承認する。

(b) 条件付き承認の場合

すべての情報、書類、添付資料の吟味と検査に続き、申請者に環境認定証書 (Environmental Accreditation Certificate) を授与することを承認する。ただし、申請者がすべての環境基準に従うこと、並びに添付されている特定の条件に従うことに着手することを条件とする。

(2) 廃棄物ライセンス

廃棄物ライセンス（Waste Licence）は、廃棄物の適切な処理、保管、処分を確保するためのもので、廃棄物の TSD 施設を建設、改造、拡張する場合には、取得しなければならない。環境基準－Waste Regulatory Control and Compliance に規定されている。ライセンスが必要な施設は、以下のものである。

- ・生物学的及び化学的処理施設
- ・90 日以上にわたり廃棄物を保管する保管施設
- ・マテリアルリサイクル施設
- ・埋立場
- ・廃棄物加工施設（Waste Processing Facility）

ただし、最大 1 トン以下の廃棄物を保管する発生者や 1 トン以下の有害廃棄物を保管する TSD 施設に対しては適用されない。

ライセンスの取得プロセスは、以下の通りである。

- ・ライセンスの申請は廃棄物の処理、保管、処分の活動を行う施設ごとになされる。申請は、新規施設を操業する 6 ヶ月以上前に GAMEP に申請しなければならない。
- ・申請書類は、以下を含む。
 - －廃棄物の種類、量
 - －処理、保管、処分の方法
 - －サイト地図、地質土壌データ、提案している企業の環境に係る過去の出来事
 - －操業計画（施設設計、操業、モニタリング、緊急時計画、閉鎖、財務）
 - －サイト詳細、TSD 施設の仕様、操業者の技術力詳細
- ・GAMEP は申請受理後、利害関係のある地方や都市の機関に申請書を配布し、レビューをしてコメントを受ける。同時に、GAMEP がサイトの現地検査を実施する。
- ・申請内容が技術的に問題なく、そしてレビュープロセスに問題がなければ、GAMEP は廃棄物ライセンスと付随する廃棄物ナンバーを発行する。

3.3.4 環境影響評価

環境許認可の節 (3.3.3) でも触れたように、環境認定証書 (Environmental Accreditation Certificate) を取得するためには、必要に応じて環境影響評価 (Environmental Impact Assessment) の実施が求められる。一般環境規則及びその実施細則 (第5条) によれば、環境に負の影響を及ぼす可能性のあるプロジェクトに対しては、フィージビリティ段階で環境影響評価研究をしなければならないと規定されている。

(1) 環境影響評価を必要とするプロジェクト (事業/活動)

実施細則の Appendix 2.1 Guidelines for Classification of Industrial and development Project によれば、環境影響評価のための審査プロセスは、以下の原理に基づくとされている。

- ・プロジェクトの特性と規模そしてその場所または同様な場所での同様なプロジェクトの存在
- ・設置による天然資源の枯渇の程度、特に農地と鉱物資源
- ・設置場所と周辺環境と近隣の居住地域の特性
- ・使用する動力 (power) の種類

評価の方法は、予想される影響のレベルに基づいて、以下の3つのカテゴリに分けられる。

(a) 第1カテゴリ：限定的な環境影響を及ぼすプロジェクト

このカテゴリは、以下のような有形な負の環境影響を及ぼすとは予想されないプロジェクトで、8種類である。

No.	Project
1	Textile and ready made clothing factories located inside industrial parks, which do not have dyeing processes.
2	Rubber and plastic factories located inside industrial parks, which rely on heating processes which do not produce hazardous emissions (as furan gas is emitted by heating raw PVC).
3	Foodstuff and beverage processing and canning factories located inside industrial parks.
4	Leather, shoe and bag factories located inside industrial parks, which do not involve any tanning processes.
5	Minor expansions of power lines not exceeding 10% of their total lengths.
6	Expansion of existing roads not exceeding 15% of the existing length or width.
7	Modification or expansion of an existing marine berth which does not involve any pollution impact or effective dredging of the site.
8	Expansion of irrigation and drainage installations by not more than 10% of the installation.

(b) 第2カテゴリ：顕著な環境影響を及ぼすプロジェクト

このカテゴリは、著しい環境影響を及ぼすと予想されるプロジェクトで、環境または技術の詳細を記述する特定の環境影響評価報告書を必要とする。そのようなプロジェクトは以下

の 34 種類である。本プロジェクトは、No.22 に該当すると考えられる。

No.	Project
1	Steel and iron mills and metal foundries whose production is less than 150 tons per day.
2	Metal and iron treatment and galvanization plants with a production of less than 25 tons per day.
3	Engine shops, machine, pipe and boiler works.
4	Auto and vehicle fabrication and assembly works.
5	Glass factories.
6	Block, brick, ceramic, china and porcelain factories.
7	Chemical, drug, paint, detergent and adhesive plants with capacities of less than 25 tons per day.
8	Quarry, crushing, asphalt and batching and mixing and prefab Concrete plants.
9	Chemical blending and packing works outside industrial parks.
10	Paper and carton factories.
11	Fabric dyeing works at less than 10 tons per day.
12	Fabric, weaving and cellulose factories located outside industrial parks.
13	Rubber and plastic plants located outside industrial parks.
14	Foodstuff and vegetable canning plants with a capacity in excess of 1000 tons per year.
15	Livestock and poultry abattoirs and butchery shops.
16	Broiler poultry breeding projects and abattoirs of less than 20000 birds per cycle.
17	Tannery works producing less than one million square feet annually or 750 animal hides per day.
18	Fish and marine product processing plants producing more than 1000 tons per year.
19	Animal fodder production projects.
20	Non petroleum based chemical production and storage sites.
21	Leather, bag and shoe factories not involving tannery operations located outside industrial parks.
22	Industrial and petroleum waste recycling and reuse facilities.
23	Offshore and onshore pipeline projects, less than 50 km in length.
24	Petroleum, gas and petroleum product storage facilities (other than gasoline stations).
25	Thermal power stations, less than 30 megawatts capacity.
26	Power transmission lines and transformer stations.
27	New or expanded hospitals.
28	Drug and medical chemical production.
29	Construction of divided roads less than 50 km in length, excluding highways, tunnels, causeways, bridges and railroads.
30	Expansion and modification of existing roads, not exceeding 15%.
31	Agricultural projects.
32	Fish farm projects.
33	Expansion and modification of irrigation and drainage projects and systems, not exceeding 10%.
34	Grain mills

(c) 第 3 カテゴリ：重大な環境影響を及ぼすプロジェクト

このカテゴリは、その建設や操業が人と環境に重大な負の影響を及ぼすと予想されるプロジェクトであり、広範囲な環境影響評価が必要である。そのようなプロジェクトは以下の 38 種類である。

No.	Project
1	Steel and cast iron plants with a production capacity in excess of 150 tons per day.
2	Metal electroplating plants with a capacity in excess of 25 tons per day.
3	Cement plants.
4	Metal extraction.
5	Major chemical and petrochemical industries, such as fertilizers, petroleum products, drugs...etc.
6	Paint, solvent and detergent industries which produce in excess of 50 tons per day.
7	Pesticide and insecticide plants.
8	Major paper production plants.
9	Textile dyeing works producing in excess of 10 tons per day.
10	Tannery works producing in excess of a million square feet per year.
11	Lead smelting plants.
12	Vegetable and animal oil and fat refining processes.
13	Exploration, extraction, petroleum and gas development operations.
14	Offshore and onshore pipeline in excess of 50 km in length.
15	Oil and gas separation and treatment facilities.
16	Petroleum and petroleum product storage facilities in excess of 15000 cubic meter capacity.
17	Oil refining installations.
18	Petrochemical industries.
19	Thermal power stations, in excess of 30 megawatts capacity.
20	Nuclear power plants.
21	Solar power villages and plants
22	International trans-boundary power transmission lines and stations.
23	Water desalination plants.
24	Major conveyance systems, such as causeways, underground transport, railways, express ways and roads in excess of 50 km in length.
25	Civilian and military airports.
26	Ports, expansions in berths, yards...etc.
27	Tourist resorts and projects in the vicinity of sensitive ecosystems, archeological sites, sanctuaries, residential developments and the coastline.
28	Public irrigation and sanitary drainage systems and their expansion, including dams ...etc.
29	Waste water treatment plants.
30	Wastewater treatment plant discharges in to seas and valleys.
31	Model cities and industrial zone construction projects.
32	Urban development projects, their expansion and public residential complexes.
33	Consolidated crushers, cement and asphalt batching complexes in cities and provinces.
34	Municipal public waste liquid waste disposal and storage facilities (in the absence of processing plants in the area).
35	Medical waste disposal projects (transportation, collection, treatment and disposal).
36	Domestic waste treatment and municipal disposal facilities.
37	Toxic and hazardous waste storage, treatment and disposal facilities.
38	Sugar refineries.

(2) 環境影響評価の手続き

環境影響評価は、上に述べたカテゴリごとに詳細手続きは異なるが、大きな流れは図 3-7 に示すとおりである。

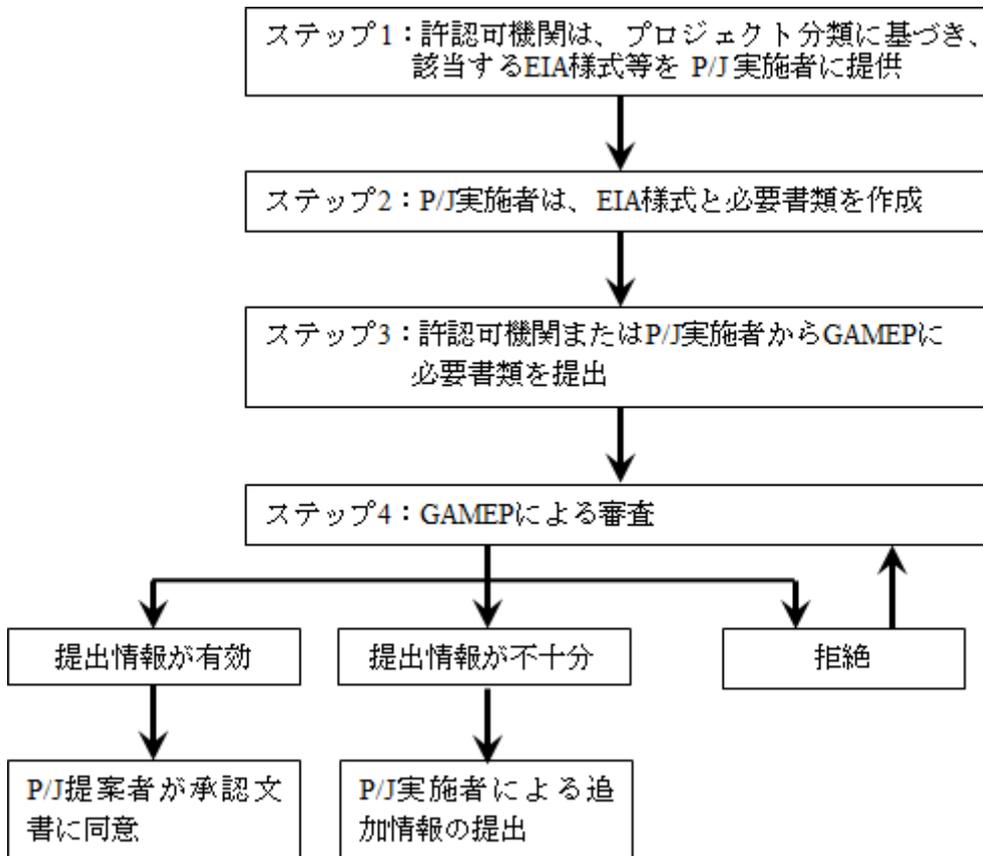


図 3-7 環境影響評価の手続きの流れ

以下には、プロジェクトのカテゴリごとに手続きの詳細を述べる。

(a) 第1カテゴリ：限定的な環境影響を及ぼすプロジェクトの場合

プロジェクト実施者は、許認可機関（Licensing Agency）から指定された第1カテゴリ用の EIA 様式に必要事項を記入し、プロジェクトの簡単な事前報告書（Simple Preliminary Report）を作成提出する。第1カテゴリ用の EIA 様式の主な内容は以下のとおりである。

- ・提案者の名称、住所、コンタクト先
- ・プロジェクトの種類（工業、農業、居住、商業、旅行、その他）
- ・新設または拡張
- ・活動の記載（場所、工業地帯、250m 以内の居住人口、施設面積、使用するエネルギー、燃料使用量）、地図添付
- ・建設計画（工期、場所など）
- ・製造プロジェクトの場合、その内容（概要、原料、労働者数、労働時間、製品概要）
- ・作成した環境専門家の署名

GAMEP は第 1 カテゴリ用の初期 EIA 様式、事前環境報告書、添付資料すべてをレビュー・評価して、以下のアクションをとる。

- ・ 様式に記載された情報の有効性を認める場合：
プロジェクト実施者は、「様式記載の情報は有効という承認文書」を通知される。プロジェクト提案者は、必要な付帯条件をすべて実施することに同意し、GAMEP によって発行されたすべての環境基準、規制値、手続きを踏まえてプロジェクトを実施することに同意する。承認文書のコピーは、許認可機関にも送付される。
- ・ 追加情報の要求または部分的な環境調査報告書の作成の場合：
許認可機関またはプロジェクト実施者（環境専門家）は、追加情報の入手または部分的な環境調査の実施を通知される。部分的な環境調査は、プロジェクト分類と関連する活動に応じて特定の環境成分に注目するものである。
- ・ 様式が拒絶された場合：
プロジェクト実施者または許認可機関は、様式に記載された情報についての GAMEP の拒絶、またはプロジェクトへの環境面の意見に対して異議のあることを通知できる。

(b) 第 2 カテゴリ：顕著な環境影響を及ぼすプロジェクトの場合

プロジェクト実施者は、GAMEP から資格を付与されたコンサルタント会社または GAMEP によって承認された機関または研究センター（Research Center）¹⁴に依頼して、第 2 カテゴリ用の EIA 様式に記入するとともに、技術的環境報告書の概要版（Summarized Technical Environmental Report）を作成する。第 2 カテゴリ用の EIA 様式の主な内容は以下のとおりである。

- ・ 提案者の名称、住所、コンタクト先
- ・ プロジェクトの種類（工業、農業、居住、商業、旅行、その他）
- ・ 新設または拡張
- ・ 活動の記載（場所、工業地帯、250m 以内の居住人口、施設面積、使用するエネルギー、燃料使用量）、地図添付
- ・ 建設計画（工期、場所など）
- ・ プロジェクトの内容（概要、目的、適合性、適用技術等）
- ・ 建設と操業時のユーティリティ、原料等の量
- ・ 建設と操業時の大気汚染物質、排水、廃棄物の種類と量などの詳細
- ・ 環境影響を低減制御に係る記述
- ・ 関係するライセンス
- ・ 作成した環境専門家、所属と署名

GAMEP は、受領した第 2 カテゴリ用の EIA 様式、技術的環境報告書の概要版（2 部）、プロジェクト設計図（2 部）、装置・測器カタログ（2 部）をレビュー・評価して、以下のアクションをとる。

¹⁴ GAMEP から許認可を受けている調査会社と理解されるが、ここでは研究センターと表記する。

- ・様式に記載された情報または部分的な環境調査の有効性を認める場合：

プロジェクト実施者は、「様式記載の情報は有効という承認文書」を通知される。プロジェクト提案者は、必要な付帯条件をすべて実施することに同意し、GAMEPによって発行されたすべての環境基準、規制値、手続きを踏まえてプロジェクトを実施することに同意する。承認文書のコピーは、許認可機関にも送付される。
- ・追加情報の要求または環境影響評価調査の作成の場合：

許認可機関またはプロジェクト実施者は、追加情報の入手または広範囲な環境影響評価調査（部分的な環境調査を含む）の実施を通知される。環境影響評価調査は、GAMEPによって承認された資格のあるコンサルティング会社または研究センターまたはGAMEPによって承認された機関によって行われるもので、プロジェクト分類と関連する活動に応じて特定の環境成分に注目するものである。環境影響評価調査報告書は3部提出する。
- ・様式または部分的な調査が拒絶される場合：

プロジェクト実施者または許認可機関または公的機関は、様式に記載された情報についての権限のある機関の拒絶、または部分的な環境調査の拒絶またはプロジェクトへの環境面の意見に対して異議のあることを通知できる。

(c) 第3カテゴリ：重大な環境影響を及ぼすプロジェクトの場合

許認可機関は、プロジェクト実施者に、本プロジェクトは第3カテゴリプロジェクトとして分類されることを通知する。このプロジェクトは広範囲のプロジェクト環境影響評価を必要とし、GAMEPによって承認された資格のあるコンサルティング会社または許認可機関またはGAMEPによって承認された機関または研究センターによって実施される必要があり、環境影響評価調査報告書は3部必要である旨通知される。そして、EIA作成用ガイドラインを支給される。また、EIA作成の際には、GAMEPと調整するように伝達される。

EIA作成用ガイドラインは、以下の内容である。

- ・プロジェクト名称
- ・プロジェクトと目的（必要性、附属施設、建設、建設・操業の動力など）
- ・周辺環境状況（大気、土壌・地形、海洋、表層・地下水、土地環境、海洋環境、所有者など）
- ・環境評価（潜在的な影響の特定、周辺環境への影響分析など）
- ・重大な影響の評価（天然資源への影響、影響度合いの推定、施設の寿命、予測される影響の低減に係る検討）
- ・低減後の重大な影響のまとめ

GAMEPは、環境影響評価報告書をレビュー・評価して、以下のアクションをとる。

- ・環境影響評価調査が承認された場合：

プロジェクト実施者は、「様式記載の情報は有効という承認文書」を通知される。プロジェクト提案者は、必要な付帯条件をすべて実施することに同意し、GAMEPによって発行されたすべての環境基準、規制値、手続きを踏まえてプロジェクトを実施することに同意する。承認文書のコピーは、許認可機関にも送付される。

- 追加情報を要求する場合：

許認可機関またはプロジェクト実施者は、追加情報の入手または広範囲な環境影響評価調査（部分的な環境調査を含む）の実施を通知される。環境影響評価調査は、**GAMEP** によって承認された資格のあるコンサルティング会社または研究センターまたは **GAMEP** によって承認された機関によって行われるもので、プロジェクト分類と関連する活動に応じて特定の環境成分に注目するものである。環境影響評価調査報告書は3部提出する。

- EIA 調査が拒絶される場合：

プロジェクト実施者または許認可機関または公的機関は、EIA についての権限のある機関の拒絶、またはプロジェクトへの環境面の意見に対して異議のあることを通知できる。

3.3.5 廃棄物処理等における課題

これまで見てきたように、サウジアラビア王国においては、廃棄物処理に係る法令はある程度、整備が進んでいる状況であると考えられる。

しかし、今回本事業を実施する上で、2017年8月の技術説明から始まり、許認可機関であるGAMEPから試験実施に関する方針が出された12月末まで約4ヶ月間の期間がかかった。しかも、日本の環境省からのLetter提出後に、当面の結論がだされた状況を考えると、もしLetterが発行されていなければ、未だに許認可手続きが進んでいない可能性も否定できない。

さらに、試験実施についての詳細条件は、二転三転し、Preliminary Licenseということで、サウジアラビア王国の大学又は民間コンサル会社とのコンサル契約を実施して、環境影響調査を行うことを条件としていたが、民間コンサル会社との契約は、信用できないと拒否され、さらに、サウジアラビア王国の第3位のKFU (King Faisal University) との契約も、そのような大学は知らないの、許可条件を満たさないとの判断を下された。

結局、GAMEPから最終的な指示として、KFUPM (King Fahd University of Petroleum & Minerals) / KAUST (King Abdullah University of Science and Technology) / SASO (Saudi Standards, Quality and Metrology Organization) の3機関の内のどこかとコンサル契約を行って上で、環境影響評価(EIA)を実施することという決定が下され、そのEIAの結果を持って、許認可をだすかどうかを決めるという判断がなされた。

日本の環境省からのLetterに対応して、Preliminary Licenseという許可要件が一端だされたが、最終的には、事業を実施する際に行うものと同様な手続きをすべて実施して報告すれば、許認可をだすという結果になった。

欧米諸国に倣って法律の整備は整えられているが、実務担当者の施行能力、技術的な判断能力の不足や実務担当者の裁量により、許可執行業務において、著しい滞りが発生している状況と考えられる。

しかも、今回のGAMEPの結論がでる前の段階で、KFUPM側から、環境影響を評価する項目はGAMEPが決定すべきであるとの意見をもらっている状況であるにもかかわらず、GAMEPは、環境影響を評価する項目は、KFUPM等の機関とEsedama社が相談して、決定することとの指示が出ている。

つまり、環境影響を評価する項目について、GAMEP及びKFUPM両者が、それぞれ相手方が責任を持って、環境影響評価項目を決めることを要求している。どこまでいっても、堂々巡りの状況が永遠に継続される状況である。

これが、新たな技術を導入しようとした場合のサウジアラビア王国の現状のようである。現在、日進月歩が激しいリサイクル技術を持って、サウジアラビア王国で事業を行うことに対するハードルは異様に高いといわざるをえない。

3.4 事業に必要なコスト

本事業においては、Estedma 社の事業場（図 2-3 参照）に、OSS 設備を導入して、廃油及び石油スラッジのリサイクル事業を行う場合の事業性について評価を行った。

本事業において、OSS 設備を Estedama 社の事業場に 1 台設置して、石油スラッジの処理試験を行い、その試験規模でリサイクル事業を行う場合の事業性を基本とし、OSS 設備を 2 基追加し、合計 3 基で事業を行う場合（石油スラッジの処理規模として、年間約 7,000t）の事業性について評価を行うことを想定した。残念ながら試験の実施はできなかったため、Labuan 島での実績データを元に同様の事業性について試算を行った。

まず、事業を実施する際に必要なコストに関する情報を整理した。

3.4.1 産業廃棄物処理工場の建設に係るコスト

(1) 工場敷地

Damman 市郊外の工業団地に、図 2-3 に示したように、Estedama 社は、既に工場敷地（450m×229-269m:約 112,000 m²）を有している。敷地内の Layout は、図 3-8 に示した通りである。

したがって、OSS 設備を用いた事業化において、新たな事業敷地を賃貸・購入する必要はない。

OSS 試験設備の設置場所は、図 3-8 に示したように、工場敷地近くの遊休地エリアであり、Estedama 社が将来の事業拡張場所として、確保した場所であり、OSS 設備を数基追加で設置するスペースは十分にある。

現在受け入れている廃油の処理方法は、既に図 2-1 に示したように、廃油をローリー運搬車で輸送し、図 3-8 の中心部にある Land Farming の場所に、廃油を降し、静置分離を行って、液体部分（主に油）をバキューム車で回収して、廃油業者に転売し、残った固形分を自社の埋立処分場にて埋立処理を行っている。

したがって、工場敷地取得費用は考慮せず、Estedama 社の工場敷地内へ OSS 設備を含めたりサイクル設備を設置することを前提に事業性を評価することとした。

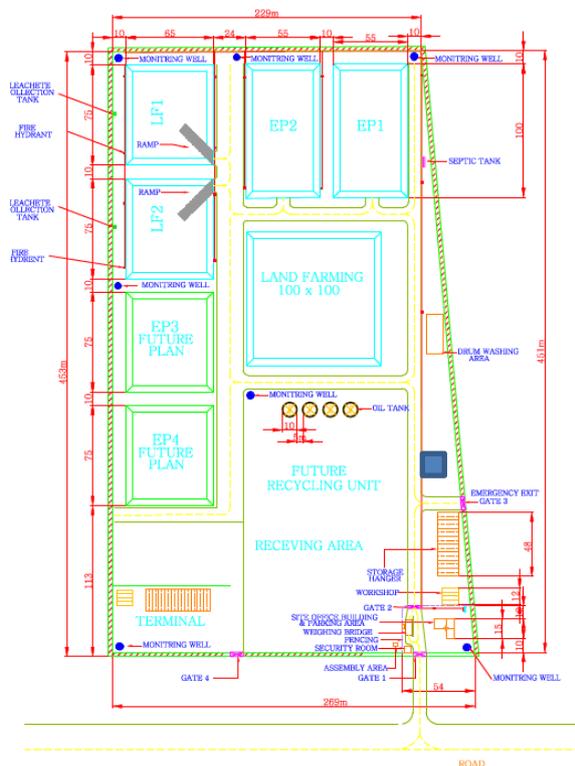


図 3-8 Estedama 社の工場内 Layout

■ : OSS 試験設備設置場所

(2) 工場建設費用

石油スラッジのリサイクル工場の建設費用は、OSS 設備を設置する建屋のみを建設することを前提として、OSS 設備を設置する建屋の建設費、ユーティリティの導入工事（電気の配線・水の配管工事等）について見積を行った。

本事業で設置した OSS 設備の設置費用をベースに、年間約 7,000 トン規模の石油スラッジリサイクル工場の OSS 設備の費用を算出した。

参考までに、今回 OSS 設備を設置した建屋（Hangar）及び建屋内の OSS 設備、ボイラー、クーリングタワーの Layout を、各々図 3-9、図 3-10 に示す。

操業に必要な発電設備及び水タンクは、Estedama 社が、工場内に既に所有している設備から利用することを前提とした。

それらの設備以外には、排水処理設備、や回収した油を保管するタンク等が必要であるが、排水は、敷地内の蒸発池に、回収した固体は埋立処分場の覆土材として、Estedama 社の工場内で処分を行うので、新たな投資等は必要ない。その他としては、OSS 設備のメンテナンス備品（交換部品等）を保管するストックヤード、メンテナンス道具（溶接機器やフォークリフト等の重機類を含む）や福利厚生施設などが必要である。これらも、Estedama 社が既に所有して道具類や倉庫が転用できることを確認できているので、事業性評価において、新たな費用としては、考慮に入れないこととした。



OSS 設備設置建屋（Hangar）建設



図 3-9 OSS 設置状況（Estedama 社の工場内）

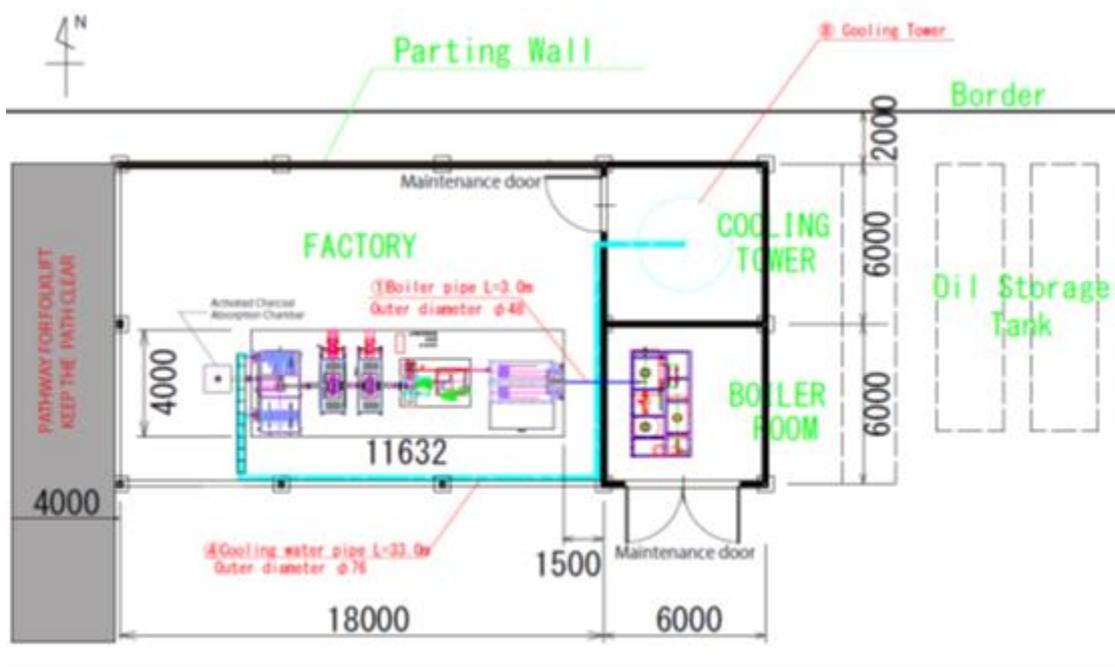


図 3-10 OSS 設備 Layout (OSS 設置建屋内)

(3) 運転費用

OSS 設備の運転コストの試算は、マレーシア Labuan 島で稼働中の OSS 設備の原単位を及び本事業における試験結果のデータを元にして決定した。各ユーティリティの価格は、Estedama 社が実際に購入している既存の単価を用いた。操業担当する人件費などは、Estedama 社が実際に雇用している作業員の費用情報を元に計算を行った。

3.5 廃棄物の組成・性状等調査

3.5.1 石油スラッジの分析について

現在、Estedama 社に搬入されている廃油から採取した石油スラッジを、Estedama 社から入手して分析を行った。毎回搬入される廃油の発生場所に関する情報について、Aramco 社 Ras Tanura 製油所の担当者から正確な情報は得られていない。基本、原油タンクのボトムにスラッジを回収したものが中心であるということ以外に詳細な情報は入手できなかった。

そこで、毎回搬入されるスラッジを、適宜の間隔でサンプリングをして分析すると同時に、スラッジのサンプルをドラム缶にサンプリングして、本事業のサンプルとして OSS 設備を用いた処理の検討を行った。

上記のようにして取得したサンプルの組成分析結果を表 3-14、表 3-15 に、元素分析結果を表 3-16 に示す。

表 3-14 石油スラッジの組成分析結果

Item		Sample						Note
		A	B	C	D	E	F	
Water	wt%	19.6	32.8	46.2	22.9	26.9	44.7	(ASTM D4006mod.)* ¹⁾
Ash	wt%	40.5	27.7	2.7	2.4	2.0	10.0	(ASTM D482)
Sediment	wt%	57.1	25.3	4.8	4.9	3.9	27.2	(ASTM D4807) Toluene insoluble
Light Oil	wt%	22.4	36.2	33.5	45.4	43.8	23.3	EPA 9071b (n-Hexane extraction)

*1) ASTM D4006 の分析は、通常サンプルを容量で測りとり、分析を実施するが、石油スラッジは粘着性が高いサンプルなので、容量ではなく重量を秤量して分析を実施した。

2) Sediment は、Ash とトルエンに溶解しない重質油から構成される

表 3-15 組成分析結果より推定した石油スラッジ組成

Item		Sample						Note
		A	B	C	D	E	F	
Water	wt%	19.6	32.8	46.2	22.9	26.9	44.7	(ASTM D4006mod.)* ¹⁾
Solid	wt%	48.8	26.5	3.8	3.7	3.0	18.6	
Oil	wt%	31.6	40.7	50.1	73.5	70.2	36.7	
Light Oil	wt%	22.4	36.2	33.5	45.4	43.8	23.3	(Oil の内数) n-Hexane extraction

注 1) Sediment 分析結果と Ash 分析結果の差（トルエンに溶解しない重質油又はコークスなどの無機炭素等）を固体（炭素等）と重質油 50:50 として計算。

表 3-16 石油スラッジの元素分析結果

Items	Element (wt %)					H/C mole ratio	O/C mole ratio
	C	H	N	O	S		
Sample A	43.8	6.0	0.1	8.0	1.6	1.64	0.14
Sample D	60.8	10.2	0.3	12.4	2.5	2.01	0.15
Sample E	51.5	10.3	0.3	—	2.4	2.40	—

注 1) 元素分析は、本来灰分と水を除去した油分を分析するのが適切であるが、石油スラッジから油分の分離は困難で、石油スラッジそのものを用いて分析を実施した。従って、分析値は、組成分析の水分、灰分と合わせて約 100%となる。

注 2) C,H,N : ASTM D 5291, O : ASTM D 5622, S : ASTM D 4239

スラッジサンプルの分析結果より、水分の含有量が 20%以上あり、石油スラッジにエマルジョンがかなりの重量で含まれていることが推定された。また、サンプルによって、灰分等の固体の含有量が大きく変化していることが判明した。しかし、n-Hexane 抽出物 (Light Oil : 軽質油) は少なくとも 20%強、多くは 35~45%含まれており、Sediment (Toluene insoluble) 分析結果と合せ、ヘキサンに溶解しない芳香族系の比較的重質な油は 15~20%と推定された。合せて油分としては 35%以上含まれており、最大含有量が 70%を超えるものもあった。

また、元素分析の水素と炭素の元素比 (H/C) から回収される油分の性状は、十分燃料として利用する性状を有していることが期待される。

但し、中東の原油由来の油であるので、硫黄の含有量は、1.6~2.5%程度あり、燃料として利用する上で十分に注意する必要がある。

参考までに、分析に使用したサンプルの写真を、図 3-11、図 3-12 に示す。



図 3-11 石油スラッジサンプル (上から)

左から Sample A,B,C,D,E,F



図 3-12 石油スラッジサンプル (側面から)

左から Sample A,B,C,D,E,F

また、図 3-13 に、Ash を分析したときの残渣 (Ash) の写真を参考までに示す。

写真では少し見づらいが、拡大すると赤褐色 (酸化鉄等) と黒灰色 (硫化物等) と推測されるものが確認される。中東の原油由来であるために、原油中の硫黄が反応したと考えられる硫化物成分と思われるものが確認された。

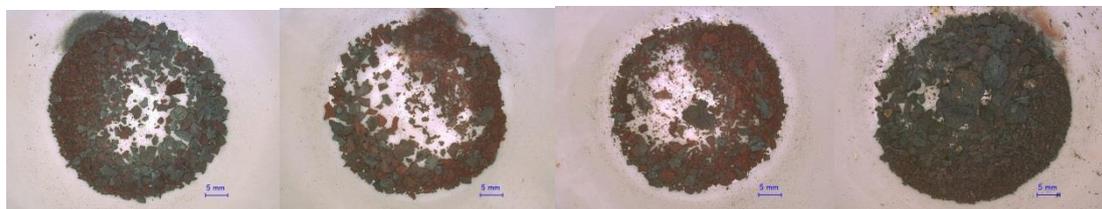


図 3-13 石油スラッジ Ash サンプル

左から Sample C,D,E,F

さらに、各サンプルに関して、熱天秤による油分の回収の可能性について調査を行った。その結果を、表 3-17 及び図 3-14 に示す。

表 3-17 石油スラッジの熱天秤による重量減少率 (%)

	昇温温度 (°C)		
	~120	120 ~ 500	500~900
Sample A	- 2.0	- 43.4	- 5.7
Sample B	- 9.8	- 56.6	- 5.0
Sample C	-14.0	-72.8	- 4.1
Sample D	-23.4	-71.9	- 1.9
Sample E	-20.0	-74.1	- 1.2
Sample F	-30.9	-55.9	- 3.8

熱天秤の分析結果より、120°Cまでに蒸発する水分の量と熱天秤による重量減少の差は、Sample D,Eを除き、10%以上最大 30%もあった。すなわち、フリーな状態として含有する水分に対して、エマルジョンとしてスラッジの中に取り込まれている水分がかなりの重量あることが示唆された。Sample A,Bは、常圧下で 500°Cまでに 45%、66%の重量減少であったが、Sample C,D,E,Fは、90%程度の重量減少を記録した。水分と油分を合計した含有量から推定される重量減少量と比較すると、Sample Aは 75% 強、Sample B,C,D,E,Fは、ほぼ 90%以上の重量が減少している。

OSS 設備は、水蒸気雰囲気下、250°Cの温度で、プロセスチャンバーを制御するため、蒸発温度約 500°Cまでの油分を回収できるので、今回の石油スラッジのサンプルに含まれている油分は、OSS 設備で十分に回収できる油分であることが判明した。

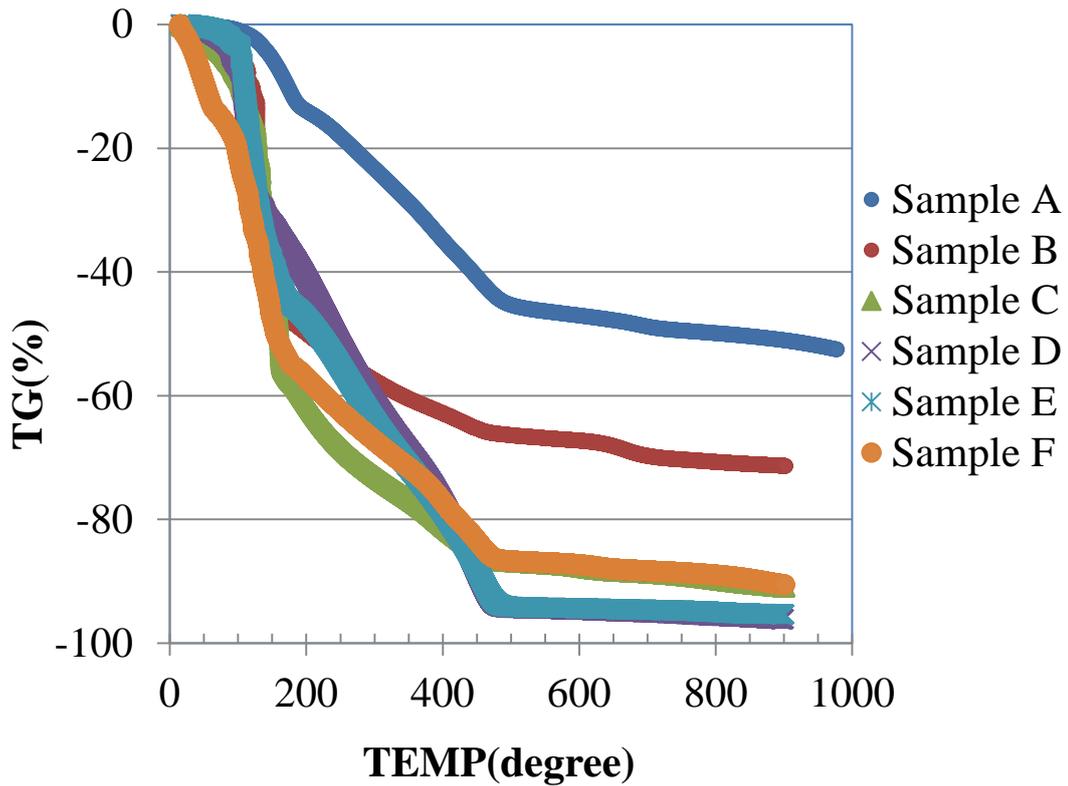


図 3-14 熱天秤分析結果

注) 熱天秤の分析条件は、窒素雰囲気下、昇温速度 10°C/min で、室温より約 900°Cまで昇温した場合の重量減少を測定した。

さらに、スラッジのサンプルを遠心分離機にかけて、含有している油分を別途取り出して、回収する油分の性状に関する参考データとして評価を行った。結果を表 3-18 に示した。

表 3-18 遠心分離機で回収した油分性状に関する分析結果

Items	Unit	ISO 180	Sample A	Sample C	Note
Density@15°C	kg/m ³	< 991	948.7	922.9	ISO 12185
Kinematic viscosity@50°C	cSt	< 180	177.3	77.85	ISO 3104
Carbon residue	mass%	< 15	7.28	6.00	ISO 10370
Water	vol%	< 0.5	12.3	6.1	ASTM D95
Sulfur	mass%	Statutory requirements	1.81	2.11	ISO 8754
Ash	mass%	< 0.1	- ¹⁾	0.835	ISO 6245
Flash point	deg.C	> 60	- ¹⁾	101	ASTM D3828
CCAI	—	> 860	818	803	Calculation

1) Sample A は、サンプル量が少なかつたために、Ash,Flash point の分析は出来なかつた。

分離した油分の性状は、MFO の規格を満足することが期待できる性状の油分であった。分析した項目の中で、規格を満足していないものは、水分と灰分であり、このどちらも OSS 設備によって分離できる成分であり、MFO として利用可能な性状に近い回収油が得られる可能性が高いことがわかった。

ただ、サンプルにより油分含有量及び油分回収量に差がでることも十分予測されたので、Estedama 社が受託している石油スラッジのロット毎の油回収試験の結果を元に、実際の事業計画を精査することが必要である。

以上の結果を元に、リスクをヘッジするために、固形 (Ash) の量が極端に少ないサンプルの固形分析の結果は除外して、事業性を検討するための石油スラッジの成分を表 3-19 のように仮定した。

表 3-19 石油スラッジの成分 (仮定値)

Items		Oily Sludge
Water	wt%	30.0
Solid	wt%	35.0
Oil (Heavy)	wt%	10.0
Oil (Light)	wt%	25.0

表 3-19 のように仮定した石油スラッジの成分をもとに、OSS システムでの処理可能量 (処理能力) を推算した。

OSS 設備は、通常的能力は、300~400kg/h であるが、今回の石油スラッジは、水分・油分共に、従来から処理している石油スラッジより多く含有している。そのため、処理能力の推定結果は、表 3-20 に示すように、従来の処理能力より低めの値となった。これは、OSS 技術そのものが油分や水分の分離に気化エネルギーを必要とすることから、導き出される当然の結果であると考えられる。

表 3-20 OSS の処理能力

Items		Ras Tanura	unit
Superheated steam	Temperature	500	°C
	Volume	500	kg/h
Composition	Water	30	wt%
	Oil	35	wt%
	Solid	35	wt%
Chamber outlet temperature		250	°C
Capacity of OSS		285	kg/h・line

3.5.2 Estedama 工場におけるリサイクル試験について

石油スラッジの Estedama 社の工場におけるリサイクル試験計画を、表 3-21 及び図 3-15 の通り作成した。しかし、実際の試験は、本調査完了後に実施する予定である。

表 3-21 リサイクル試験計画（於 Estedama 社工場）

試験場所	Estedama 社 Damman 工場
スラッジ採取場所	Aramco 社 Ras Tanura 製油所から廃油中の石油スラッジ
スラッジ数量	受託している廃油のロット毎に分離した石油スラッジ 6 サンプル 各 2 ton 計 12 ton 以上を処理
試験時間	8 時間連続運転（9 時～17 時）、5 日間（1 日 1 サンプルを試験） ¹⁾
試験内容	1) 油分・固形分の分離効率
	2) 時間当たり処理量
	3) 処理燃料・電力の消費量
	4) 回収された油分の成分分析
	5) 分離された固形分の成分分析
	6) 排出される処理後の排水の成分分析

1) 但し、最適な処理条件の探索やマテリアルバランスを取得するために、1 サンプルの試験期間は最大 1 週間として計画。

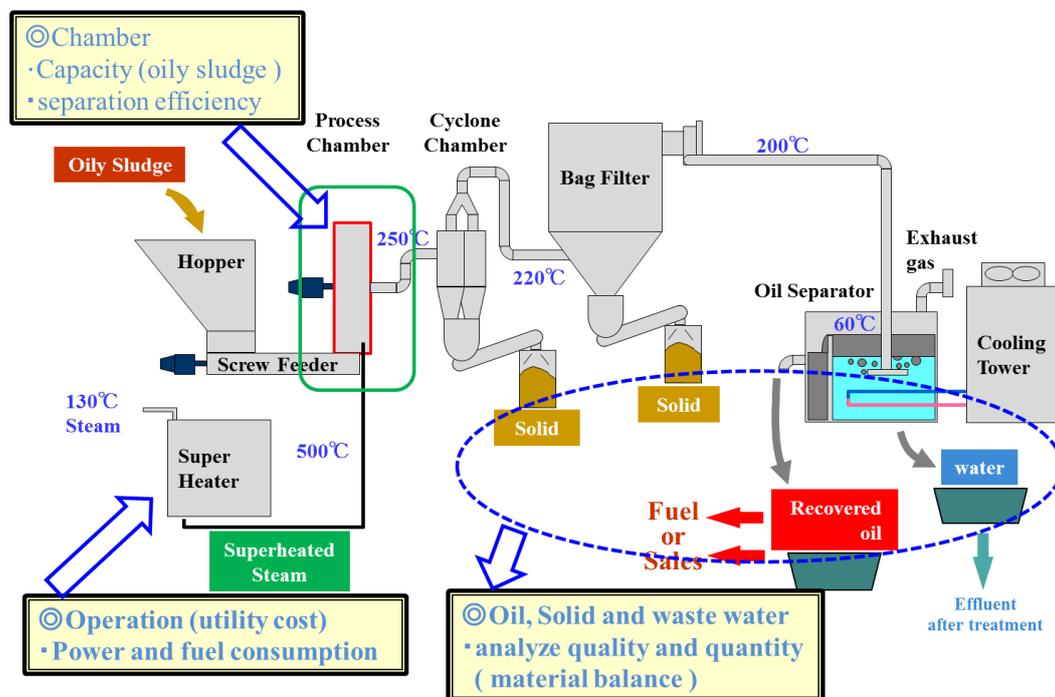


図 3-15 リサイクル試験計画（Estedama 社 Damman 工場）

リサイクル試験は、Labuan 島にあるプロスパー社の子会社の設備をサウジアラビアの Estedama 社の工場敷地へ移設して試験を行うこととした。サンプルは、現在 Estedama 社が Aramco 社の Ras Tanura 製油所より受託している廃油中のスラッジを想定した。

試験は、1日に1サンプルずつで、各サンプル8時間程度の試験の実施を想定した。

但し、石油スラッジは、内容物の変動が考えられるので、同一ロットのサンプルを最大1週間（実質最大5日程度）処理試験を実施し、その平均的な値で各種評価を実施するものとした。

試験項目は、表 3-21 及び図 3-15 に示したように、次の項目を実施することを予定していた。

- Process Chamber の反応効率
 - 1) 油分・固形分の分離効率
 - 2) 時間当たり処理量
- Super-heater 等の機器類のユーティリティ使用量
 - 3) 処理燃料・電力の消費量
- Oil separator や Cyclone の分離効率
 - 4) 回収された油分の成分分析
 - 5) 分離された固形分の成分分析
 - 6) 排出される処理後の排水の成分分析

試験で回収された油分・固体・水分は、石油スラッジの性状分析と同様の考え方で、分析を実施する。なお、排水に関しては、凝集沈殿処理の必要性についても検討を行う予定であった。

4. 現地政府・企業等との連携構築

4.1 サウジアラビア王国における OSS 設備試験に係る調整

本事業においてマレーシア Labuan 島において稼動していた OSS 設備を、サウジアラビア王国の Damman 市郊外にある Estedama 社の工場へ移設して、リサイクル試験を実施する計画を立案した。

石油スラッジの処理計画を、Estedama 社と合同で実施する上で、両社の役割分担について、協議を重ねて、添付資料 1 に示した内容で、両社の役割について合意ができた。

主な点を、下記に記す。

・ Estedama の分担

- 1) 本事業の実施のためのライセンスの取得
- 2) OSS 設備の輸入（輸入諸手続及び Damman 港からの Estedama 社の工場迄の輸送）
- 3) OSS 設備の輸出（輸出書手続及び Estedama 社の工場から Damman 港迄の輸送）
- 4) OSS 設備導入のための工場敷地内の準備（建屋、ユーティリティー機器等）
- 5) OSS 設備と Estedama の設備との接続工事
- 6) 蒸気ボイラーの準備
- 7) 石油スラッジや運転に必要な薬剤・作業材料等の準備
- 8) 作業員の雇用（準備）
- 9) OSS 設備の運転

・ JFE 環境の分担

- 1) OSS 設備のマレーシア Labuan から Damman 港までの輸送
- 2) OSS 設備の Damman 港からマレーシア Labuan までの輸送
- 3) OSS 設備の設置、設備内の接続及び撤去（基本 SV として活動）
- 4) OSS 設備設置・運転とメンテナンス指導及び撤去のための SV の派遣
- 5) SV による作業員への HSE 教育・運転指導
- 6) 石油スラッジ及び回収した油・固体・排水の分析

・ 共通事項

- 1) 事業化のための情報収集及び FS の実施
- 2) Aramco とのワークショップの開催

Estedama 社の工場は、既に、Aramco 社の廃油を受け入れて廃棄物処理を行っているので、石油スラッジの処理試験を実施する上では、新たな許可を取得する必要はない。

しかし、OSS 設備を輸入することは、サウジアラビア王国にとっては、稼動実績のない設備を導入することになるので、輸入するにあたり GAMEP の許可が必要と判断された。

4.2 GAMEP からの試験実施のための許可取得について

4.2.1 GAMEP からの許可取得

(1) GAMEP との調整

GAMEP への OSS 設備の許可取得については、Estedama 社と JFE 環境（JFEE サウジ支店サポート）が共同で行った。当初は、石油スラッジの処理設備ということで、書類申請では懐疑的であったので、ジェッダの GAMEP を訪問して、OSS 設備の技術的な説明を行った。

（添付資料 2 参照）

技術担当者にはこちらの説明によって理解は得ることができたが、許認可責任者（事務方）はサウジアラビアで実績がないこと及び海外で視察できていないとの理由から許可できないとのスタンスであった。

また、日本、マレーシア、中国及びカザフスタンでの実績については、欧米ではない後進国での実績は実績と認められないということで、許認可の条件を満足していないとの責任者の見解であった。

(2) 中東協力センターの協力

中東協力センターに協力を得て、GAMEP 幹部への説明を行ったところ、日本の環境省から今回の調査事業に関する協力依頼の文書を、GAMEP 幹部へ提出することで進展が見込めるとの見解がでた。

本事業に関する環境省から GAMEP へ宛てた文書を作成していただき、GAMEP 長官へ提出した。

その結果、GAMEP としては、OSS 設備を設置した後、サウジアラビア王国にある権威がある機関で、OSS 設備が及ぼす環境影響に関して分析や調査をすることを条件に、今回の事業について、Preliminary License を許可するとの連絡があった。

この Preliminary License は、期間が 2～3 ヶ月程度の OSS 設備を試験的に運転できる許可条件に該当するというものであった。

(3) KFUPM とのコンサル契約

権威ある機関とのコンサル契約が必要となり、民間の環境コンサル会社及び大学の両方とのコンサル契約を締結した。

そして、民間の環境コンサル会社及び KFUPM（大学）との契約書を提出したが、許認可責任者によると、当該環境コンサル会社及び KFUPM は信頼に値しないなので、当該コンサル契約では許認可をだすことができないとの見解であった。

そこで、GAMEP が、後に指定した 3 つの機関の一つであるサウジアラビア王国 KFUPM 大学とのコンサル契約を締結し、GAMEP へ提出することとした。

(4) 恒久的なライセンス

3.3.5 でも述べたが、今回の Preliminary License の取得手続きの経緯から考慮して、本事業が終了した後、KFUPM から提出される分析・調査結果を元に恒久的な OSS 設備の稼動に関するライセンスについて、判断されることになる。

OSS 設備では、ボイラー及びスーパーヒーターにおいて、燃焼排ガスは発生するが、設備の最終工程にある油水分離装置からは排ガスは発生しない。発生するのは、約 60°C 程度の飽和蒸気のみである。この飽和蒸気に油分が同伴する可能性があり、多大な環境影響が懸念されるために、OSS 設備はサウジアラビア王国では稼動を許可できない。マレーシアや日本での許可を受けていることは、後進国での許可条件なので、サウジアラビア王国では認められない。技術審査担当のドクターは問題なしとの結論を出しているにもかかわらず、事務方である許認可責任者が技術的でない恣意的な論理で自身の見解に固執している状況では、恒久的なライセンスを取得できるかどうか、現状本事業を実現する上で、一番高いハードルになっていると考えられる。

4.3 合弁会社の出資比率について

本事業の商業化の段階で、現地企業との合弁会社を設立して事業化を行うことを想定しているため、合弁会社への日本企業の出資比率に関して整理を行った。

表 3-3 にあるように、合弁会社を設立した場合の出資比率については、特別な規制はないと考えられる。

しかし、当該事業を行うにあたって、現場での石油スラッジをハンドリングする作業が多く発生するので、弊社としては、現地企業との合弁を設立し、労働者などの雇用や運用などを現地企業に任せ、弊社は技術的・経済的な側面を中心に担当することを想定した事業展開を検討することが、より良い選択であると考えている。

5. 現地関係者合同ワークショップ等の開催

5.1 ワークショップ概要

本調査における調査結果、マレーシア Labuan 島での実績及び Aramco 社からの受託廃棄物の性状分析結果に基づく OSS 設備による石油スラッジの処理に関する報告を目的として、廃棄物排出先である Aramco 社の関係者に対してワークショップを企画し、プレゼンテーションを行った。その際、石油スラッジの処理に関する新しいプロセスということで、Ras Tanura 製油所だけではなく、掘削部署 (Drilling Section) からの要望もあり、急遽合同で会議を行うことになった。

プログラムを表 5-1 に、出席者を表 5-2 にそれぞれ示す。

表 5-1 ワークショッププログラム

ワークショップ名称	Ras Tanura 製油所由来の石油スラッジリサイクルについて
開催日	2018 年 3 月 11 日 (日)
開催場所	Aramco 社 本社会議室
3 月 11 日	
時間	プログラム内容
13:00 ~ 13:10	Aramco、日本側、挨拶 (相互に、特に Drilling Section)
13:10 ~ 13:25	JFEGroup 及び 石油スラッジ処理事業について JFEE サウジラビア支店 岩田 信彦
13:25 ~ 13:30	質疑応答
13:30 ~ 14:00	石油スラッジリサイクル技術 (OSS 技術) について (株) プロスパー 技術部長 山内 肇
14:00 ~ 14:30	質疑応答 日本側 ・製油所での石油スラッジの発生量や回収油の Aramco 社での再利用について ・受託コストについて Aramco 社側 ・特に、OBM に関する処理の可能性と、発生場所が各地に点在しているので、可搬式又は移動式の OSS 設備 (モバイル OSS) の利用可能性について

表 5-2 ワークショップ出席者一覧

氏名	所属・役職
Saudi Arabia 側	
Mr. Nabil Hijazi	Aramco, EPD (Environment Protection Department), Project Engineer
Mr. Abdulah Al	Aramco, EPD, Engineer
Mr. Ibrahim Al Sheyqi	Aramco, EPD, Env. Engineer
Mr. Tamim Abdurahim	Aramco, EPD, Env. Engineer
Mr. Abdulatit Al Salem	Aramco, EPD, Land Protection Engineer
Mr. Salem Saad Bin-Mashni	Aramco, D&WOSD(Drilling & Workover Dept. Technical & Admin Support Group), Env. Coordinator
Mr. Ahmad F. Rahman	Aramco, D&WOSD, Env. Coordinator
Mr. Shaun	Estedama,
日本側	
富岡 浩一	JFE 環境 (株) 事業開発本部 開発部長
岩田 信彦	JFE エンジニアリング (株) サウジアラビア支店
山内 肇	(株) プロスパー 技術部長
Mr. Aljuna	(株) プロスパーマレーシア 工場長

ワークショップの集合写真を図 5-1 に、発表や質疑の様子を図 5-2～図 5-3 に示す。



図 5-1 全体集合写真



図 5-2 会議の様子

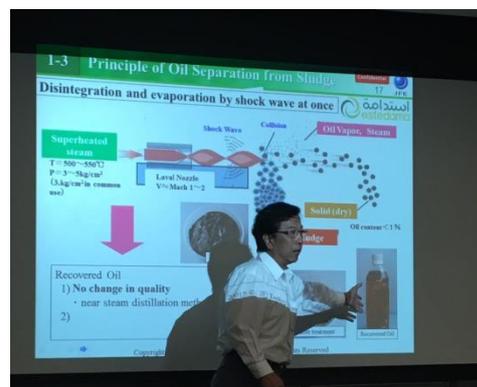
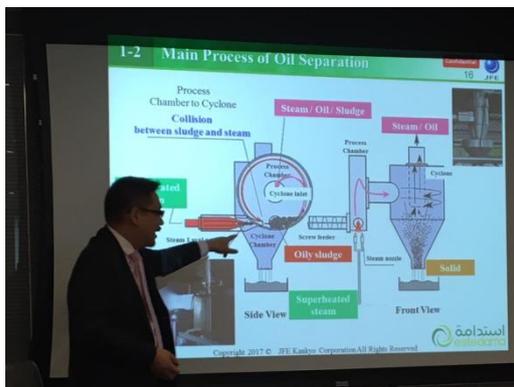


図 5-3 JFEGroup 及び プロスパー社の発表

5.2 発表概要と質疑

(1) 日本側挨拶

今回のミーティングを開催することに対する御礼と本会議の趣旨を説明した。

(2) Aramco 社挨拶（興味がある話題）

石油スラッジ処理技術に関して、コストがどのようになっているのか？

そして、Drilling Sludge (OBM と WBM、特に OBM に関して) の処理に関して、

- i) 実際に日本の技術がどのようなものであるのか？
- ii) その処理設備 (OSS) は、Drilling Site に近い場所で、稼働できるのか？
- iii) また、分離したものはどのような性状か？

等に関して、非常に興味があり、議論した。また、その設備を視察又は見学することが可能であるのか？

(3) 石油スラッジリサイクルの処理技術について

発表概要は以下のとおりである。

- i) OSS システムの技術的な説明
- ii) Estedama 社に搬入された廃油中に含まれていた石油スラッジの分析と OSS 処理設備を用いた場合の処理能力等について

上記の発表に対して、以下の質疑が行われた。

- i) OSS 技術において、石油スラッジが分解される機構について質問があり、音速を超える蒸気吹き込みにより衝撃波が出ることを説明した。
- ii) 固体に残る油分に定義について質問があり、固体中の油分として、n-Hexane 抽出による分析結果を油分として示していると回答した。
- iii) Malaysia Labuan 島での OBM 処理に関する実績に関して質問があり、排水の水質や処理可能な OBM の最大水分量、WBM の処理の可能性などについて、協議を行った。実際、Drilling Site で発生している OBM や WBM が OSS でそのまま処理できる可能性について、質問や議論が集中した。
また、Drilling Site への OSS の移動及び現地での稼働について、質問があり、H27 年の環境省の調査をインドネシアで行った際に、設計したモバイル OSS の概要を説明した。

(4) ワークショップのまとめ

基本的には、今回 Estedama 社との共同事業に関する提案については、現状の延長線上にある事業なので、Aramco 社として特別な興味を示すことは無かった。

しかし、OSS による分離技術が石油スラッジを、油分・水分・固体に、分離することが確実にできるのであれば、Aramco 社として発生している石油スラッジの処理技術として有効であるかもしれないということで、OSS による分離技術には、非常に興味をいだいたようである。

今後は、Estedama 社の工場に設置した OSS 設備で実際の廃 OBM のリサイクル試験の実施及びその視察を通じて、OBM 及び WBM の処理方法に関して検討を進めたい意向を示した。

Drilling Site は、各地に多数点在しており、発生した OBM 等を運搬するコストは馬鹿にならないので、発生した現地での処理方法を検討しているが、適切な技術が無く、Aramco 社としては、適用可能な技術を模索しているようである。

既に、モバイル化の設計まで完了している技術であり、処理技術として優れているものであることが Aramco 社として確認できれば、技術導入に関しては、前向きに検討をすることも可能性があると考えている。

後は、コストに関する更なる検討と、どのような事業体制を構築するのか、Aramco 社が期待しているように、OBM 等の石油スラッジ処理を推進することができるのかについて、Aramco 社、Estedama 社、日本側 (JFEGroup、プロスパー) の 4 社で合意が形成できるかである。

6. 実現可能性の評価

調達した石油スラッジの成分分析（表 3-14、表 3-15、表 3-16、表 3-19）及び OSS 設備の能力査定（表 3-20）の結果及び Ras Tanura 製油所の石油スラッジの発生量は数万トン程度あることが明らかになったが、製油所からの排出はスラッジ単独では排出せず、廃油に混合した状態で排出するという調査結果等から、当初の事業計画を次のように変更して、事業性の検討を行った。

a) 廃油処理事業検討範囲

現在 Estedama 社が実施しているビジネスモデルそのまま、Aramco 社から受け取った廃油から分離した石油スラッジを OSS 設備で処理を行うことを追加した事業を前提として、事業採算性を評価して、その実現性について検討を行った。

なお、Aramco 社は、自社製油所の廃棄物を自社で運搬することが前提（確実に廃棄物を自社が契約した工場へ運搬することを担保するため）となっているために、本事業範囲は、製油所からの廃油を Estedama 社の工場で受けいれるところから、回収した廃油を販売するところまでを、事業対象範囲として事業性評価を行った。

b) 石油スラッジ処理事業検討範囲（当初ナショプロ範囲）

Estedama 社のビジネスモデルの中になるが、石油スラッジそのものを処理する OSS 設備単独でも事業性についても、可能な範囲で事業性試算を行った。

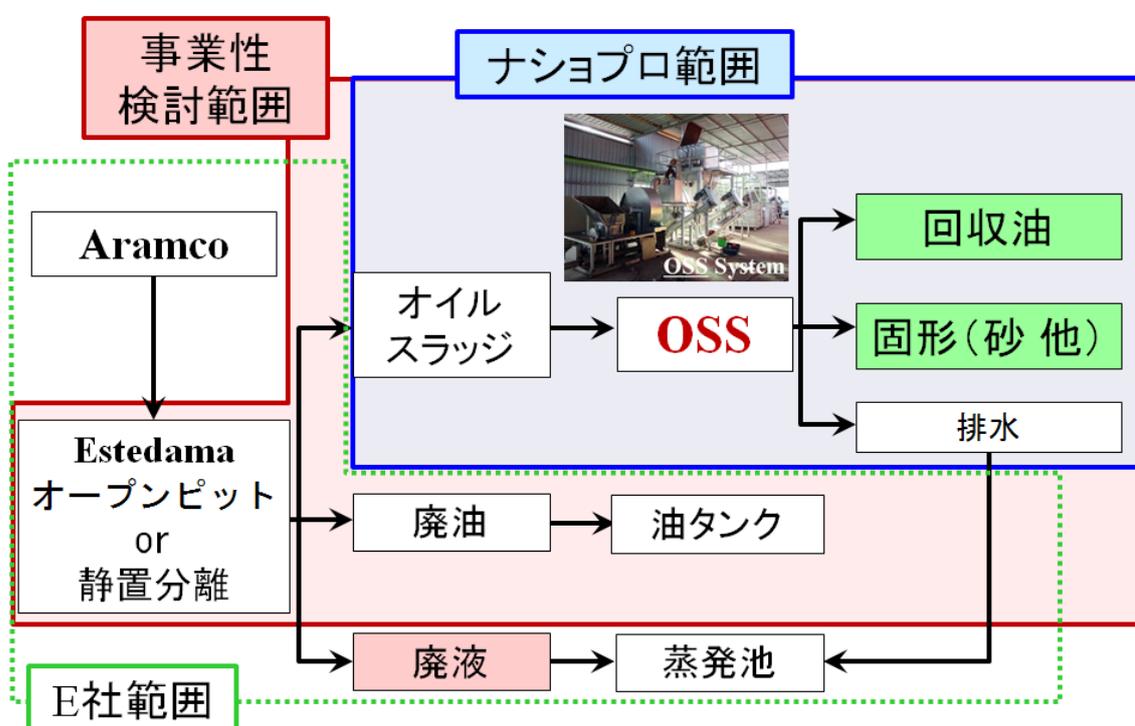


図 6-1 事業性検討範囲及び ナショプロ範囲（当初）の事業範囲

なお、現在 Estedama 社は、年間約 15,000 トンの廃油（含スラッジ類）を受け入れて、静置分離後、

- i) 回収した油の販売
- ii) 分離した固体のスラッジファームへの埋立処理
- iii) 分離した水の自社蒸発池における蒸発処理

という処理を行っており、その事業においては、年間 1 千万円程度の収益を上げていると推定される。したがって、OSS 設備を導入することにより、現状より収益性を向上させることができるかどうか、投資回収の可能性の有無と同様に、重要な検討課題となる。

6.1 事業採算性

6.1.1 事業規模

OSS 設備の能力は、表 3-20 より処理能力は、285 kg/hr を採用した。

OSS 設備の能力は、分析値から推定した値がベースなので、少し余裕を見て、石油スラッジ 280 kg/h の処理能力とした。

次に、廃油処理事業として、現在受け入れている廃油受入量増を前提としたが、現実的な量として、年間 20,000 トン規模の廃油受入下の事業性評価を行った。

事業規模及び工場操業条件など

Estedama 社の工場の場合諸元を表 6-1 及び表 6-2 に示す。

表 6-1 Estedama 社工場の場合の事業規模及び受入廃油成分

i)	廃油受入量	20,000	t/y
ii)	廃油含有量	30	wt%
iii)	スラッジ含有量	30	wt%
iv)	水分含有量	40	wt%

表 6-2 OSS 設備の規模及び操業条件など

i)	OSS 設備設置台数	3	Unit
ii)	OSS 能力	280	kg-oily sludge/h・unit
iii)	年間稼働日数	360	day/year
iv)	日稼働時間	24	h
v)	稼働率	96	%

上記条件からわかるように、Estedama 社の受入廃油規模は、20,000 トンとすると、受け入れた廃油からスラッジの事業規模を計算すると、約 6,000 トン程度になる。

また、スラッジ処理を実施する OSS 設備の能力は、3 基を設置することで、

$$280 \times 360 \times 24 \times 0.96 \times 3 = 6,967,296 \text{ kg/year}$$

となり、OSS 設備能力としては、石油スラッジ約 7,000 トンの処理を見込めるので、OSS 設備を 3 基設置する条件下、石油スラッジ処理 6,000 トン規模で、事業性を試算した。

一方、OSS 設備による石油スラッジ処理事業のみの事業性評価の場合は、

Esetedama 社が受託している廃油からの OSS 設備処理する石油スラッジ量が十分供給される前提で、OSS 設備能力一杯の年間約 7,000 トン規模で、事業性評価を行った。

6.1.2 事業性評価

(1) 事業性計算の前提

事業性を計算する上で、廃油処理事業・石油スラッジ処理事業共、共通な条件として各種費用を表 6-3 のように設定した。

表 6-3 事業性計算の前提となる各種費用

1	本事業における資本金比率		40%	
	本事業の事業期間		10 or 15 年	
	借入金の返済期間		10 年	
2	受託廃棄物の 逆有償価格	廃油処理事業	1,800 円/トン	
		石油スラッジ処理事業	10,000 円/トン	
		廃油の販売価格	MFO 油の 60%	
3	設備関連	OSS 設備費用	プロスパー社見積金額	
		OSS 付帯設備	現地企業見積金額	
		設備補修費	機械・電気類	3.0 % (設備費)
			建物	1.0 % (建築費)
4	経済指標	経済成長率	1.0 %	
		用役費アップ率	2.0 % /3 年毎	
		税率 (法人税：日系企業分)	20.0 %	
		税率 (ザカート：地元企業分)	2.5 %	
		人件費年増加率 (現場労働者)	1.0 %	
		人件費年増加率 (管理職)	1.0 %	
5	その他	事業会社管理費 (除く人件費)	6.0 %	

本事業の収益性を調査する上で、前頁の条件を決定する上で、下記の示した点を考慮し、事業性の評価を行った。

- i) 売上に関しては、廃油の処理価格は、本調査による価格 (Estedama 社の実績) をベースとし、現状の価格帯の中間値を用いた。但し、3 年毎に、価格の見直しを行って、5%の価格上昇が得られるものとして計算を行った。
- ii) 本事業の売上の重要な要因である回収油の販売価格に関しては、OSS 設備により回収された油に関しては、図 3-5 に調べた原油・MFO 油・軽油の価格調査の結果を元に、

流通している MFO 油の 60%とした。

また、ここ数年の原油価格の変動が大きく、原油価格に応じた各種油種価格も大きく変動しているので、原油価格に関する感度分析を実施した。

なお、単なる静置分離で分離した油分に関しては、Estedama 社の実績価格をベースに価格を設定した。

iii) 設備費は、見積金額の 80~90%の値をベースとした。

iv) 設備の償却率は、サウジアラビア王国では、固定資産税率が無いので、考慮しないこととした。

v) サウジアラビアの経済環境は、JETRO のホームページ等からの経済情報を参考にして、経済成長率、金利、税率、用役単価等を決定した。なお、用役単価に関しては、3年毎に2%の単価上昇があるものとして計算を行った。

vi) 労務費の実費に関しては、現地パートナー企業から想定する労務単価を入手して使用した。但し、労務費及び管理職の年間増加率は、経済成長率程度の上昇と同程度と仮定して計算を行った。

vii) 事業会社の管理費については、人件費を別途計算しているので、売上の6%として試算を行った。

(2) 廃油処理事業性検討範囲に関する評価

1) 原油価格変化に係る検討

最初に原油価格を 60US\$/bbl として、事業性の計算を実施したところ、事業開始初年度は赤字となるが、2年目で黒字化でき、9~11年目に経常利益がほぼ最大となり、その後利益はわずかであるが漸減していく。理由は、埋立費用や労務費の増加分が、売上増よりも大きいためである。再生油等の販売は、原油価格にリンクした計算方式を取っているため、経年による原油価格の変動を織り込まない状況では、このような結果となる。

ここ数年の大幅な原油価格の変動が今後も続くと仮定すると、事業性の計算が困難になるので、事業性計算をする上で、一定と仮定していることによるものである。

内部収益率 (IRR : Internal Rate of Return) は、事業年数が 10 年の場合 (IRR₁₀ と略) 10.6%、事業年数が 15 年の場合 (IRR₁₅ と略)、14.1%になった。純現在価値 (NPV : Net Present Value) の計算においては、事業開始から 7 年目にプラスになる。

本調査開始時の原油価格 50US\$/bbl であったが、約 10US\$/bbl 価格上昇を受けた現在の状況においては、事業性はそれなりにあることが判明した。このため、原油価格が 50US\$/bbl から 70US\$までの範囲で変動した場合に、事業性がどのように変化するかについて、感度分析を行った。

その結果を、表 6-4 に IRR₁₀ 及び IRR₁₅ 等で示す。

表 6-4 原油価格の変化による IRR の感度分析

原油価格 (US\$/bbl)	IRR ₁₀ (%)	IRR ₁₅ (%)	収益回収年度 (NPV)
40	0.3	5.1	11 年目
50	5.7	9.9	8 年目
60	10.6	14.1	7 年目
70	14.9	18.0	6 年目

表 6-4 の結果からわかるように、事業期間 10 年間に於いて、IRR15% 以上を期待するには、本事業条件下では、原油価格 70US\$/bbl 以上が必要であることがわかる。しかし、2018 年当初における世界における原油の需給バランスなどを考えると、安定して 70US\$/bbl 以上の価格は当面見込むことができないと考えられる。最大限の可能性として、原油価格 US\$60 程度が見込むことができる最大原油価格と考えられるので、ベース条件として、原油価格を US\$60/bbl とし更なる事業性評価を実施した。

2) 原油価格 US\$60（基本条件）での事業性評価

原油価格 60US\$/bbl の場合の損益計算表を、表 6-5 に示す。

事業期間 10 年間に於ける費用構成を、図 6-2 に示す。

表 6-5 損益計算表（原油価格 US\$60/bbl 時）

単位：百万円

項目	1 年目	5 年目	10 年目	15 年目
	2019 年	2023 年	2028 年	2033 年
売上高	138.7	140.5	144.4	146.5
石油スラッジ処理	36.0	37.8	41.7	43.7
再生油	102.7	102.7	102.7	102.8
コスト	153.4	121.7	111.1	117.2
労務費	45.1	47.0	49.3	51.9
用役費	18.8	19.8	21.8	22.9
補修費	5.0	5.3	5.5	5.8
その他	21.4	22.5	24.3	25.5
変動費計	90.4	94.4	101.0	106.1
減価償却費	48.7	15.9	0.7	0.7
管理費	11.8	8.9	9.2	9.4
金利	2.5	1.5	0.3	0.0
固定費計	63.0	26.3	10.1	10.0
経常利益	▲14.6	19.8	33.3	30.4
税金	—	1.6	2.8	2.6
税引後利益	▲14.6	18.2	30.5	27.8

表 6-5 からわかるように、本事業収益計算に条件下においては、用役費やその他（回収した固体の埋立費用）の増加比率が大きいために、事業収益は設備償却額減少に応じて増加するがその後減少に転じる。計算の結果、9年目の経常利益が 33.9 百万円となり最大となった。

本事業を考える上で、有価で転売可能な廃油という形で処理を受託しているためか、処理単価が、日本に比べて極端に安くなっている。UAE 等の他の中東諸国での調査においては、処理価格が、0.15～0.18USD/kg という範囲にあったことを考えると異常に安い。

一方、Estedama 社は、既に、工場を設置完了しており、本事業を実施する上で、土地の取得や工場建屋（事務所、発電設備、計量設備等の共用設備類他）等を新たに準備する必要がないために、極端に低い受託単価においても、事業性を確保できる計算結果となった。

ただし、廃棄物処理単価が安いために、事業性は認められるが、利益水準としては、非常に低いレベルにあるので、日本企業として、どのようにリスクヘッジを行った上で、事業参画するかについて、十分に検討をすることが必須である。

日本の廃棄物処理契約の場合は、産業廃棄物は年間契約を締結し、その契約は両者に問題が無ければ自動で契約が延長され、価格に関しても周辺環境の変化に応じて、随時交渉ができ、価格変更も可能である場合が多い。しかし、海外では、一般的に排出される廃棄物（今回の場合廃油）毎に入札を行い、その度、契約を実施する方式であり、廃棄物処理価格の動向が一定していない。適正処理を行う事業者が適正価格で入札を行って落札できるということが担保されていない可能性があることがリスク要因として考えられる。

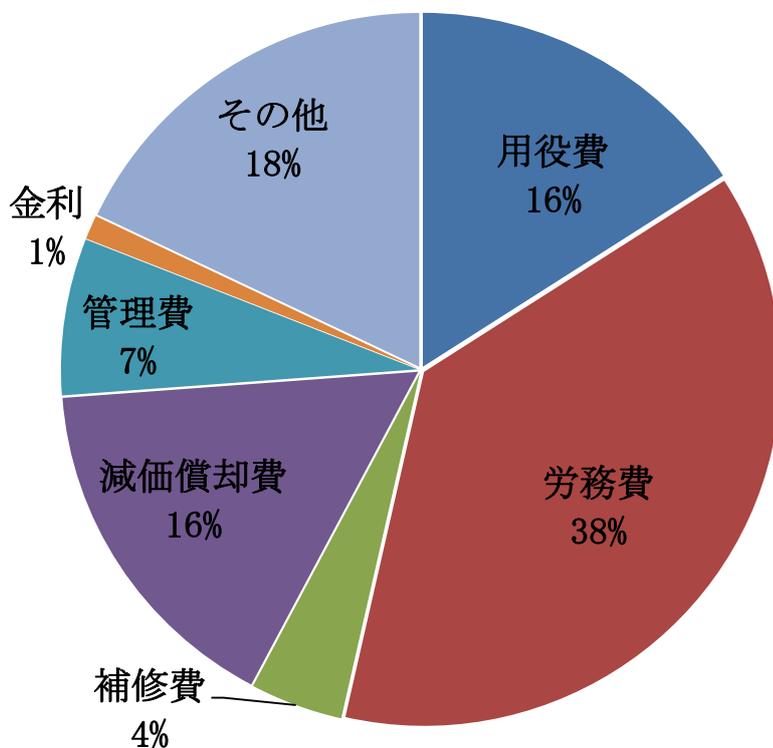


図 6-2 費用構成（10年間累計）

図 6-2 からわかるように、本事業は、石油スラッジの処理にかかる用役費と労務費で、コストの 50%強を占めている。労務費は、Estedama 社の既存工場をベースに、事業展開を行う前提で試算しているので、労務費が主体となっている。また、想定よりエネルギーコストが安いために、考えていたよりも用役費の比率が低い結果となっている。しかし、昨年 12 月に、ガソリンやジェット燃料などを 80%価格アップさせるとの発表があったように、2017 年春以降、急激に経済改革を推し進めていることを十分に考慮した上で、最終的に事業性を評価することが重要である。

本事業のキャッシュフローの試算結果を図 6-3 に示す。

投資回収を達成するのは、事業 7 年目であり、10 年間の IRR₁₀ は、10.6%となる。

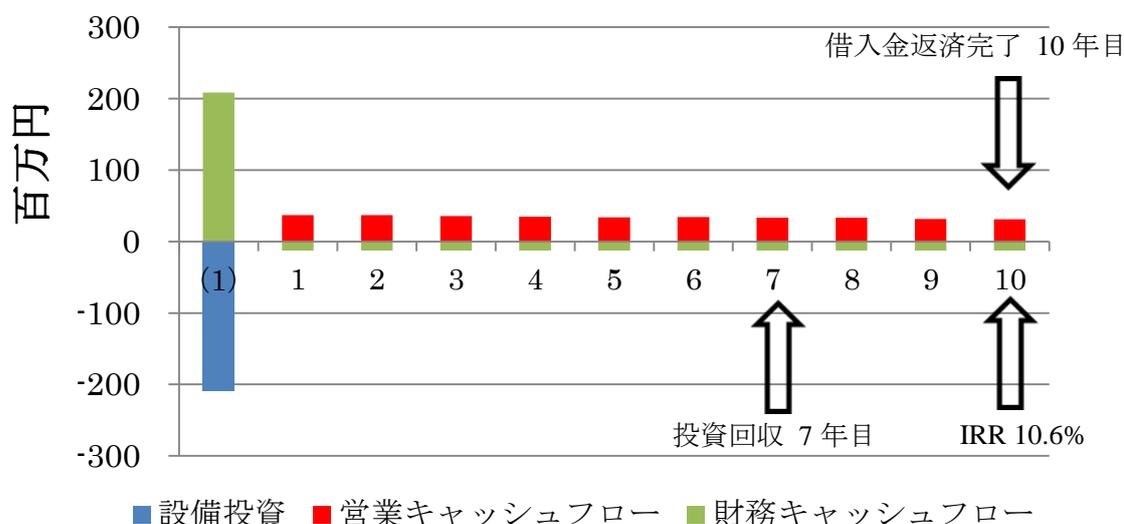


図 6-3 キャッシュフローの推移

3) 感度分析 (用役費、処理単価)

基本条件に対して、事業性に影響と与える要素としては、原油価格の変動による回収した油の単価変動が、一番現実的な意味で可能性が高い。(表 6-4 参照)

次に、図 6-2 をみてわかるように、主たる費用項目は用役費と労務費である。その他の費用は、回収した固体の埋立処分費が大部分を占めているので、現状では大幅な変動は考えにくいと思われる。また、現在サウジアラビア王国では、経済改革に伴って、ガソリンなどの大幅な販売単価の上昇等が見込まれているので、用役費に関して感度分析を実施した。一方、労務費は、海外労働者のコストの変動は小さいと考えられたので除外した。

なお、用役費は、+50%及び+100%の上昇の 2 つのケースを検討した。

最後に、受託単価についても、+20%、-20%の範囲で変動した場合に、どの程度事業性が変化するかについても感度分析を実施した。その結果を、それぞれ表 6-6、表 6-7 に示す。

表 6-6 用役費単価の変化による IRR の感度分析

用役費	%	ベース	+50%	+100%
IRR ₁₀	%	10.6	3.5	-5.5

表 6-7 石油スラッジ処理価格の変化による IRR の感度分析

石油スラッジ 処理コスト	%	-20%	ベース	+20%
IRR ₁₀	%	5.6	10.6	15.0

表 6-4、表 6-6、及び表 6-7 の感度分析の結果から、原油価格 10US\$/bbl の増減で IRR₁₀ が 5%程度、用役費の大幅な上昇（50%up）では 5%強、石油スラッジの処理単価の変動 10%程度で IRR₁₀ が 2~2.5%程度、影響することがわかった。

従って、本事業は原油価格、石油スラッジの処理価格の変動は、事業性に大きく影響する可能性が高いことが判明した。用役費に関しては、国政策に依存するところが大きいので、今後の経済改革の進展に伴って、どのように変化するかを注意する必要がある。

4) リスク等

近年、原油価格が大きく変動している。その価格変動の原因の一つの大きな要因は、米国シェールオイルの生産である。原油価格 US\$50/bbl を下回ると、製造原価割れを起こして、生産量が減少すると予測されており、原油価格は 40US\$/bbl 程度を下限として、50US\$/bbl 近辺で落ち着くものと考えられていた。現実には、OPEC 諸国による協調減産による、需給バランスの調整を行うことにより、現在原油価格は US\$60/bbl 台近辺で変動しており、今後数年間は、原油価格は、US\$50~70/bbl で安定しそうな状況である。

さらに、米国金利の正常化に伴う中後進国からの資金引き上げの動きや、米国における関税障壁の追加等、国際的なマクロ経済を劇的な変化させるような動きが活発であり、将来的な世界経済の活動がどのように変化するか読み取ることが非常に難しい状況である。

さらに、近年の原油価格の大幅な変動や将来の原油枯渇に向けた原油に寄らない自立経済を目指した急進的な改革を進めていることなどを考慮する必要がある。

このような国際情勢や国内事業に起因した経済状況から、現地企業であるカウンターパート企業は確実な収益確保を目指す意向が非常に強くなっている。従って、現状の廃油処理により発生したスラッジの新たな処理技術を、自国で最初に導入することによる技術的な優位性を確保して、事業拡大を目指す方向よりも、現状、収益が確保されている廃油の事業を拡大をより優先する方向も同時に検討を行っている。

また、事業性の評価結果から、原油価格としては US\$60/bbl 以上、好ましくは US\$70/bbl 以上が望ましいと考えられることから、当面は、本事業に使用した OSS 設備 1 基を用いた試験継続又は、1 基で事業化を行って上で、今後の経済状況を見る方向で、検討を開始している。

(3) 石油スラッジ処理事業検討範囲（当初ナショプロ範囲）に関する評価

1) 石油スラッジ処理事業における事業性評価

次に、当初ナショプロとして評価を行う前提であった石油スラッジ処理の事業性評価であるが、現状、Estedama 社の受託単価は、UAE 等の中東諸国での処理単価 (0.15~0.18US\$/kg) と比較して、約 10 分の 1 程度という受託単価 (56~65SAR/t : 0.015~0.018US\$/kg) の契約である。

スラッジが混合された廃油という形での排出となっており、廃油処理受託単価の内、どの程度を、石油スラッジの処理価格とするかは大きな課題である。

石油スラッジ処理を、廃油の受託単価そのままに事業性を計算することは、到底事業性はないことが安易に想定される。実際に試算しても、事業性はないことが明確になるだけであった。

受託した廃油は、回収した油、水と固形（スラッジ）の 3 つに分けられて、固形は、スラッジファームにて埋立処理を行っているので、スラッジの埋立処理委託単価を、石油スラッジの処理受託単価として、計算することとした。（表 6-3 にある石油スラッジの逆有償単価を埋立処理単価に変更して計算）

しかし、この条件下において黒字化するまでには 8 年間が必要である。当初の設備投資の減価償却期間は非常に苦しい事業である。ただし、キャッシュフローとしては、1 年目よりプラスにはなる。

このままでは事業として成立しないので、現地企業との合弁会社等による事業で、人員も派遣するような対応ではなく、技術移転を行って、資本参加に限定して、事業を行うことを想定して、事業性の再計算を行った。

つまり、弊社からの人員は派遣せずに、地元パートナー企業のみで、事業を運営し、弊社としては、年に数回の現地企業の視察又は監査を行う前提で、事業性の評価を実施した。

ここまで経費（労務費）を削減した状態で事業性を計算すると、IRR₁₀ で 9.8% となった。

本来の事業計画と大きく異なる計画であり、10 年間の税引き後の利益が 1.1 億円程度であり、技術移転による事業参画の割には、リターンが非常に少なく、この事業形態で事業参画を実施する意義を見出すことは、かなり難しいと判断した。

そのために、事業性評価において、予定していた原油価格の変動や各種感度分析は、この石油スラッジ処理事業単独に関しては実施しなかった。

2) リスク等

既存のリスクは廃油処理事業性検討の場合に検討したものと基本同じであり、石油スラッジ事業特有のリスクとしては、埋立処理単価（スラッジファーム処理単価）の変動である。基本、この埋立処理単価は、今後、高くなることはあっても、安くなることは考えにくいのでどちらかといえば、事業性にプラスに寄与する方向であると想定できる。

後は、製油所におけるスラッジ発生量の低減などが考えられる。これは、今後原油の重質化が進み、重質油を分解する水素化工程やクラッキング処理等が増強されて、より軽質油の製造を進めるように、製油所の工程が刷新されていることによるところが大きいと考えられ

るが、現状サウジアラビア王国の現有生産量やその余力から考えると、当面大きなリスクになるとは考えにくい。

6.2 環境負荷削減効果

今回対象とした石油スラッジを含む廃油のリサイクルにおいては、年間 20,000 トンの廃油のリサイクルにおいて、静置分離油 6,000 トンと OSS 設備から約 2,267kL の油が回収できると試算される。OSS 設備を運転する油として、ボイラーやフォークリフト等の燃料として、1,000kL 強の軽油を使用することになる。

OSS 設備に限って考えても、油種は異なるが、約 1,200kL 程度の油を新たに回収できることになる。

OSS 設備による石油スラッジの処理は、この回収した油を MFO 等の燃料として有効使用することで、新たな石油燃料を削減することが可能となる。

また、Aramco 社との Workshop で、Aramco 社からの情報として、石油系スラッジの発生量は、膨大な量（700～800 万トン）との情報もたらされ、OSS 設備等によるスラッジ類からの油分の回収は、多大なる量の油分の回収に貢献できる可能性があることがわかった。

特に、マレーシア Labuan 島で事業化の対象としていた OBM の処理に関する要望が強くあり、OBM のリサイクルを発生場所で行うことへの要望が強くあった。

モバイル式の OSS 装置も既に設計済みであり、Ras Tanura 製油所から発生する石油スラッジの次のターゲットであると考えていた OBM の処理の方が、要求としては強いように思われた。

モバイル OSS 装置による現地での処理が可能となれば、OBM 等の処理先への運搬等にかかわる CO₂ 排出量の削減等によって、環境負荷低減につながる可能性が高いことが判明した。

6.3 社会的受容性

本事業は、Damman 市郊外の廃棄物処理を行う工業団地の既存工場内に OSS 設備を新たに設置し、Ras Tanura 製油所から運搬して処理を行っている廃油（含石油スラッジ）処理をもう一段上のリサイクルが行えるように、変更することである。従って、OSS 設備の周辺環境への影響が現状の処理に比較して、多大な影響を及ぼすことが認定されない限りにおいて、周辺からのクレームは発生しないものと考えられる。

なお、本工業団地は、Damman 市郊外に設置されており、周辺 1km 程度には、住民が暮らすような町は無く、地域住民との協議は基本必要ないと考えられる。

必要な手続きは、工業団地内にある他の廃棄物処理会社との協議と GAMEP からの許認可手続きのみと考えられる。

なお、回収された油を利用できる廃棄物処理会社の施設や工場が、地域にあれば現在購入している燃料より低価格の燃料として、優先的に再利用することも可能であり、リサイクル施設の受容性を高められる可能性がある。

6.4 実現可能性の評価

現状の原油価格 60US\$/bbl 台では、廃油処理とスラッジ処理を合わせた事業展開においては、事業性があると考えられる。しかし、スラッジを含んだ廃油から分離した油（分離油）を販売することは、OSS 設備やスラッジ処理技術が必要としない事業であり、Estedama 社にとっては既存事業の範囲である。

Estedama 社の意向は、OSS 設備を導入することで、他社に比べて技術的なアドバンテージを持つことにより、Aramco 社からの信頼をえて、廃油処理の事業を拡大することである。

一方、スラッジ処理単独であれば、現在の委託単価又はスラッジファームへの埋立処理単価との競争することを前提とした事業では、収益性はない。

この両者の観点を考慮して、スラッジ処理に関する事業性がどの程度であれば、共同で事業を行うことができるかを、協議することになると、判断している。

但し、廃油処理を含んだ事業に関して収益性は認められるが、事業規模としては、廃油処理の受託単価が中東周辺諸国に比べて、10 分の 1 程度と非常に格安であるために小さい。資本参加して事業を行うには、収益規模が小さいといわざるを得ない。したがって、事業規模の拡大が望めるまでは、OSS 設備の販売又はレンタルと技術指導に分野を絞って、事業支援を行っていき、将来的に、事業規模を拡大する段階で、資本参加を含めた検討を行うことが妥当であると考えられる。

サウジアラビア王国での事業参入の最大の障壁は、GAMEP による環境影響評価になると、現状考えている。この報告書を記載している時点で、GAMEP からの許認可要件について、記載すると、次のようになる。

まず、OSS 設備は、過熱蒸気を使って石油スラッジを、油分、水分、固形分の 3 つに分類プロセスである。しかし、GAMEP が OSS の最終工程である油水分離装置からの蒸気を主体とした排気に関して、下記の項目の測定を指導されている。

特に、1) から 8) は、必須項目で、9) は、大学等がプロセスを検討して決定する。

- 1) NO_x
- 2) SO_x
- 3) PM_{2.5}
- 4) PM₁₀
- 5) CO
- 6) CO₂
- 7) ダイオキシン類
- 8) フラン類
- 9) 約 200 種類の有機化合物類（大学等のコンサルが有機化合物を選定）

1～9 の項目は、焼却炉等を中心に、燃焼工程を含んだ排ガス中に、燃焼工程で排出される環境物質をきちんと管理するために設定された項目であり、水蒸気による蒸留設備で排出される可能性はほとんどないものばかりである。

どのような判断で、このような項目を分析することが判断されたか不明である。

この結果をそのまま受け入れると、サウジアラビア王国の廃油中には、非常に有害なダイオキシン類やフラン類が含まれていることになる。このような基準において、EIA（Environmental Impact Assessment）をクリアーして、事業化の許可を取得するということに

に関して、とてつもないハードルの高さを感じざるを得ない。

日系企業としては、到底理解できないし、次にどのような環境規制を受けるかを想定することができない国で、事業展開を実施することを決断することはかなり困難を伴う。

したがって、現地のパートナー企業への技術的な支援を実施して、現地企業の事業へ参加をするかどうかという判断しか現状では行えない。その後の現地パートナー企業の事業展開の様子を見て、自社として事業参入を図るという手順を踏んで事業展開を図ることが最善であるとする。

7. 今後の海外展開計画案

実現可能性の評価の項にも記載したが、今後の展開案は、GAMEP から恒久的な許認可の取得状況に関する手続きの進展によるところが大である。

本来のあるべき姿での許認可の取得が可能であるかどうか？

OSS 設備の運用に関して、何ら特殊な制限がつかないかどうか？

例えば、多大な数の有機物質の排出規制が設定され、定期的にそれらの化合物の排出がないかどうかについて、環境測定を実施することを義務付けられた場合、到底、事業性を保つことは、困難であると考える。

現在、EIA に関して、1mil.SAR（日本円で約 3,000 万円）程度の環境測定費用が必要であるという見解が、GAMEP の許認可担当者の発言として聞こえてきている。

今回の OSS 設備の未凝縮の蒸気排ガスに関して、事業化したマレーシアの DOE では、日本と同様に排ガスとの認定はされておらず、環境測定の項目の対象外である。OSS 設備において、蒸気や過熱蒸気を製造するボイラーやスーパーヒーターの燃焼排ガス（燃料は軽油）に関する規制については当然であり、環境測定することもまったく問題ない。これらの排ガスに関しては、GAMEP は規制に関する指導は無く、油水分離装置の蒸気排ガスに関して、ダイオキシン類までを含んだ環境測定を指導する所以がまったく理解できない。

一方、Aramco 社とのワークショップにおいて、Aramco 社側からスラッジの排出量の情報提供や、現在一番困っているスラッジは、原油掘削時に排出される OBM や WBM (Water Base Mud) の処理であり、これらの処理について、発生する現地での処理実施の可能性について、検討状況を確認された。

弊社とプロスパー社は、H27 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務の『インドネシア国における石油スラッジのリサイクル事業』の調査において、インドネシアにおいて同様の事業性調査を実施しており、その際に、モバイルタイプの OSS 設備についても検討している。

今回のワークショップにおいて、その成果を持って、モバイル OSS 設備の設計状況を説明し、現実的に対応が可能であることを示すことができた。

上記の状況を鑑みて、本調査以降に実施する事業計画は、次のように想定している。

a) Estedama 社との共同事業

- i) 事業概要 : Estedama 社での廃油及びスラッジ一環処理
- ii) スラッジ処理方式 : OSS
- iii) 事業参画 : OSS 技術提供（ライセンスの供与）及び SV 派遣
- iv) 事業内容 : 廃油の固液分離技術とスラッジ処理技術の指導
処理装置の売却又はレンタル

b) Aramco 社 OBM 及び WBM の処理事業

- i) 事業概要 : Aramco 社の原油掘削地点で OBM 類の現地処理
- ii) スラッジ処理方式 : モバイル OSS
- iii) 事業参画 : OSS 技術提供 (ライセンスの供与) 及び SV 派遣
(又は、Aramco 社と共同で事業化)
- iv) 事業内容 : OSS スラッジ処理技術の指導 : 設備の操業・補修の受託
(又は、Aramco 社と共同で OBM 等の処理の事業化)

どちらの事業を実施するにおいても、GAMEP との許認可に関する協議が、最大のハードルとなることは明白である。

事業化への最短の道のりは、コンサル契約締結した KFUPM 等の大学や Aramco 社と共同で、本来あるべき姿での環境影響評価を行えるように、GAMEP 組織を説得できるかどうかにかかっていると考えている。

添付資料 1

Schedule

1) Significance of OSS system demonstration

The OSS system is an oily sludge treatment technology that uses superheated steam. In comparison with the conventional treatment technologies, i.e., centrifugal separation and incineration, OSS is superior in the following points.

a) In comparison with centrifugal separation

Feature	Effect
No oil remains in solid fraction after treatment.	Large possibility of reuse (recycling) of solids. Reduction of treatment cost of solids.
Recovered oil does not contain solids, including fine particulate matter.	In case the recovered oil is used as fuel, it is a high quality oil that will not damage the burner or other equipment. Therefore, sale at a high price can be expected.
Because of this feature, the oil recovery rate is 99% or higher.	Increased sales volume of recovered oil.

b) In comparison with incineration

Feature	Effect
Possible to recover the oil content of sludge.	Possible to sell recovered oil.
Generation of CO ₂ is small.	Environmental impact is minimal.

c) As general features

- OSS has a high recovery yield of the oil content of oily sludge.
- The quality of the recovered oil is high. Because the recovered oil can be blended with petroleum products, there is a large possibility of sale at a high price.

Concrete data in connection with these features will be collected by the demonstration operation of the OSS system, and a FS will be performed.

Schedule

1) Purpose of the test

Oily sludge currently received by Eastern Awtad Environmental Solution (Estedama) has such a variety of generation sources and properties that the contained amount of oil, which is a valuable resource, and other actual conditions have not yet been clarified. This test is intended to identify the actual conditions of the demonstration equipment by operating it on site for a certain period of time and thereby assess the feasibility of future business.

2) Summary of the test

The OSS system (Oily Sludge Separation System: system to separate materials contained in petroleum sludge into oil, water, and solid substances) will be transported from Labuan, Malaysia to Saudi Arabia, installed at a site of Estedama, and performed a treatment test of petroleum sludge. After completion of the test, the OSS system shall be returned to Labuan, Malaysia. Attachment 1 shows the division of roles of Estedama and JFE Kankyo in the test.

- a) Estedama shall prepare the petroleum sludge needed for the test on its own by conducting pretreatment of oil waste. The number of samples of petroleum sludge should be basically six (minimum three). The weight of one sample shall be approximately 2 to 10 tons.
- b) Estedama shall be proactively in charge of operation of the OSS system after its installation.
- c) JFE Kankyo shall cooperate with Estedama through preparation and provision of guidance on operation of the OSS system.

Schedule

- d) Estedama and JFE Kankyo shall mutually cooperate in the installation of the system and procurement of ancillary equipment.
 - e) JFE Kankyo shall approve Estedama's processing of oily sludge by using the OSS system free of charge in the free time under the condition that the above-stated testing time is secured.
 - f) By mutual agreement, both Estedama and JFE Kankyo may invite other parties for inspection, such as government-affiliated organizations or oil companies of each country or waste treatment businesses of countries other than Saudi Arabia.
- 3) Conduct of the test
- Attachment 2 shows the whole schedule (from June 2017 to February 2018) of the test and Attachment 3 shows the OSS system operation schedule (for three months from September to November 2017). Estedama and JFE Kankyo shall mutually cooperate in evaluating the following items in the petroleum sludge test.
- a) Properties of petroleum sludge and recovered oil, solid substances, and water.
 - b) Issues related to OSS system operation, sale of recovered oil, and treatment of water and solid substances.
 - c) Research into issues related to environmental regulations applicable in case of commercialization of the business, provided that Estedama shall present the relevant laws and regulations to JFE Kankyo in English.
- 4) Feasibility assessment of the business (petroleum sludge treatment)
- Estedama and JFE Kankyo shall work together to assess the feasibility of the business of petroleum sludge treatment on a scale of 10,000 tons per year. If economic feasibility is confirmed as a result of such assessment specified in paragraph, JFE Kankyo shall make a study of commercialization of the business and consult with Estedama about future business deployment.

Scope of Work

Attachment 1

Items		Estedama	JFE
1. Licensing			
a)	Obtain a license for OSS operation at Estedama site	✓	
2. Transportation			
2-1. Import to KSA			
a)	In Malaysia		
	Loading OSS unit to 40ft Container		✓
	Transport the container to Labuan port		✓
	Documentation for exporting from Labuan port		✓
b)	Shipment from Labuan port to Khalifa Port, Bahrain: CIF		✓
c)	Khalifa Port, Bahrain, to Estedama site	✓	
d)	Custom clearance & custom duty *will be refunded if shipped-out within 6 months	✓	
e)	Unloading OSS from container at site	✓	
2-2. Export to Labuan			
a)	Documentation for exporting from Khalifa Port, Bahrain	✓	
b)	Preparation for shipping: Packing	✓	
c)	Preparation for shipping: Loading	✓	

Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation All Rights Reserved

Scope of Work

Attachment 1

	Items	Estedama	JFE
d)	Estedama site to Khalifa Port, Bahrain	✓	
e)	Custom clearance for exporting	✓	
f)	Shipment from Khalifa Port, Bahrain to Labuan port: CIF		✓
2-3. Overall			
	Freight Insurance		✓
3. Preparation			
3-1. Location			
a)	Installation area at Estedama Dammam site: with leveling	✓	
b)	Installation a hanger for OSS	✓	
3-2. Equipment & Tools			
a)	Rental fee of OSS system		✓
b)	Generator (400V, 40kW, 3 Phase,)	✓	
c)	Boiler (0.5t/hr)	✓	
d)	Cooling Tower		✓
e)	Piping for connecting boiler and super-heater	✓	

Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation. All Rights Reserved

Scope of Work

Attachment 1

	Items	Estedama	JFE
f)	Piping for connecting separator and cooling tower	✓	
g)	Piping for connecting cooling device and wastewater treatment unit	✓	
h)	Exhaust pipe for super-heater: super-heater to outside of the hanger	✓	
i)	Exhaust pipe for separator: separator to outside of the hanger	✓	
j)	Fuel line for boiler and super-heater	✓	
k)	Oil-pan for oil reserve tank	✓	
l)	Temporary recovered wastewater tank (around 1m ³ X 3 to 5 tanks)	✓	
m)	Big-bag for recovered solid waste: depends on the generate amount	✓	
n)	Clean drum for recovered oil: 5	✓	
o)	Storage tank for scam cake from wastewater (1 m ³ X 1 tank)	✓	
p)	Tools for installation of OSS: basic tools if ever	✓	
q)	Safety equipment for JFE S/V: Helmets, masks and groves, if ever	✓	
r)	Shovels for feeding oily sludge	✓	
3-3. HSE			
a)	Modification of Estedama HSE manual	✓	
b)	Providing HSE instruction information		✓

Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation. All Rights Reserved

Scope of Work

Attachment 1

	Items	Estedama	JFE
c)	Creation of work standard	✓	
d)	Providing information necessary for above		✓
3-4. Others			
a)	Oily sludge sample (5 to 6 drums with different batch by June)	✓	
b)	Project Insurance		✓
4. Installation & Uninstallation			
4-1. Installation			
a)	Supervision of installation		✓
b)	Installation of OSS: mechanical and electrical		✓
c)	Installation of Boiler, Cooling Tower and Generator and connection to OSS unit: Piping and electrical connection	✓	
d)	Place for S/V to take rest	✓	
4-1. Uninstallation			
a)	Supervision of uninstallation		✓
b)	Uninstallation connection of Boiler, Cooling Tower and Generator to OSS unite: Piping and electrical connection	✓	

Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation All Rights Reserved

Scope of Work

Attachment 1

	Items	Estedama	JFE
c)	Uninstallation of OSS unit: mechanical and electrical		✓
d)	Place for JFE S/V to take rest	✓	
5. Operation & Maintenance			
5-1. Operation of OSS unit			
a)	Supervision of Operation		✓
b)	Forklift for OSS operation	✓	
c)	Water for Boiler	✓	
d)	Fuel for Generator, Boiler and Super-heater	✓	
e)	Water for Cooling Tower	✓	
f)	Chemicals for wastewater treatment (Sulfuric Acid 98%:50kg, Sodium Nitrite:2kg, Oxygen: 6m ² Iron(III) Sulfate:300kg)	✓	
h)	Uninstallation connection of Boiler, Cooling Tower and Generator to OSS unite: Piping and electrical connection	✓	
i)	Transport Oily Sludge from Storage area to OSS	✓	
j)	Transport recovered waste water and recovered oil	✓	

Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation All Rights Reserved

Scope of Work

Attachment 1

	Items	Estedama	JFE
k)	OSS operational staff	✓	
l)	OSS lecture at Estedama site office by JFE S/V (1day)		✓
m)	OSS operational manual		✓
n)	OSS operational training by JFE S/V (2weeks)		✓
o)	OSS operational supervision by JFE S/V (2.5 months maximum: depends on level of acquisition of skills)		✓
p)	Accommodation for JFE S/V at Al Khobar (3 month, Hotel Apartment: Two rooms with Kitchen & washing machine)	✓	
q)	Transportation(Car lift) for JFE S/V from Accommodation in Khobar to Estedama site	✓	
r)	Accident insurance for Estedama operator	✓	
s)	Insurance and flight tickets for JFE S/V		✓
t)	Treatment and disposal of recovered wastewater	✓	
u)	Disposal of recovered solid (mostly sand)	✓	

Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation All Rights Reserved

Scope of Work

Attachment 1

	Items	Estedama	JFE
v)	Work space for JFE S/V including copy machine for training and feasibility study	✓	
w)	Training space	✓	
x)	Training materials (projector, white board etc.)	✓	
y)	Small pump for transferring recovered oil	✓	
5-2. Sludge			
a)	Arrangement of oily sludge: including containers (Drums, etc.)	✓	
b)	Analysis of oily sludge: maximum 6 samples		✓
c)	Separation of Liquid content from receiving oily sludge: *OSS requires less liquid oily sludge	✓	
d)	Storage of separated oily sludge *The amount of oily sludge sample for one batch is 2 tons average. (2 tons/day) *Minimum batch amount is 1 ton.	✓	

Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation All Rights Reserved

Scope of Work

Attachment 1

	Items	Estedama	JFE
	5-3. Maintenance		
a)	Maintenance costs 2 weeks after an actual load test: Training period *Excluding operational failure		✓
b)	Maintenance costs after above training period	✓	
c)	Initial Spare Parts: 1 set of the basic spare parts enough for 3 months. (Nozzle X 1, Guard Plate X 1 set)		✓
d)	Spare parts other than the above initial spare parts	✓	
	6. Feasibility Study & Others		
a)	Analysis: Recovered oil for maximum 4 samples		✓
b)	Analysis: Recovered solid for maximum 4 samples		✓
c)	Sales: Tipping Fee from customers	✓	
d)	Sales: Recovered oil sales	✓	
e)	Providing contract information: quantity, Tipping Fees	✓	
f)	Providing the information for the relevant laws and regulations	✓	
g)	Providing other information required for the Feasibility Study	✓	

Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation. All Rights Reserved

Scope of Work

Attachment 1

	Items	Estedama	JFE
h)	Providing meeting space	✓	
i)	Feasibility Study	✓	✓

Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation. All Rights Reserved

Oily Sludge Recycle

Typical Waste Generated by Oil and Gas Industries

- Oily Water including Slop Oil
- Oily Sludge
 - i. From bottom of oil tank
 - ii. Drilling Mud (Oil Based Mud: OBM)
 - iii. Leaked oil from facilities etc.
- Spent Catalyst
- Spent Caustic
- Spent Filters
- Contaminated soil
- Contaminated water
- Etc.



Introduction

What is Oily Sludge?

The Cause of Generation

- Interaction of Oil with oxygen, moisture and impurities

Characteristics

- Stable
- Consisting of mineral oil, mineral admixtures & water
- Wide range of differences

Quantities in KSA

Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation All Rights Reserved

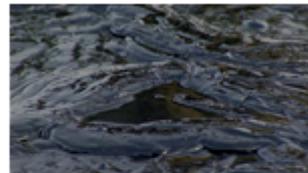
Conventional Oily Sludge Management

1. Oil pits (unlined)

- Contaminations: soil & groundwater

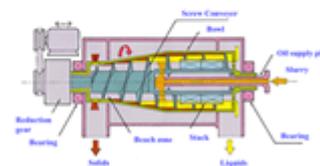
2. Land-farming

- Oil degradation
- Contaminations: soil & groundwater
- No Oil Recovery



3. Centrifuge separation

- Oil quality (emulsion & water remains)
- Waste water & solid



4. Incineration

- Carbon dioxide emissions
- Sometimes Dioxin Emission
- No oil recovery

Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation All Rights Reserved

What is the right solution for Oily Sludge Treatment with

1. No Environmental Impact?

-Perfect separation of oil/water/solid

2. Recovering Oil?

-Efficient reuse

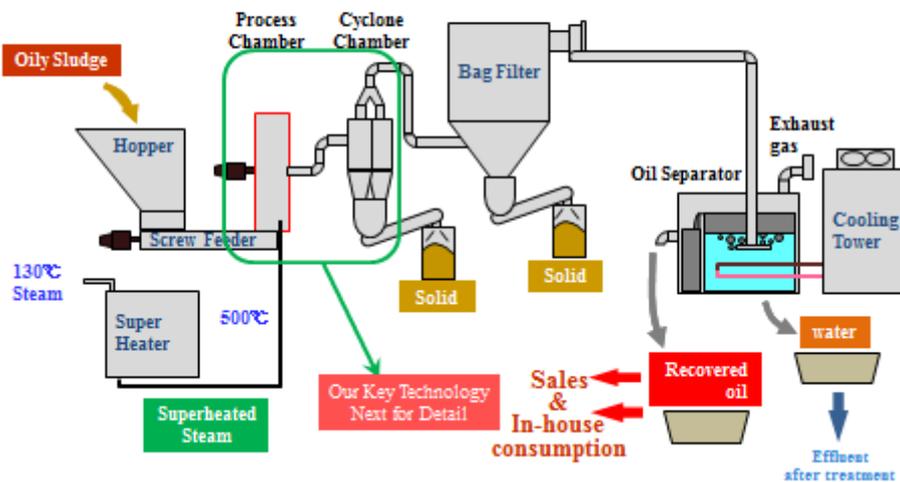
3. Less energy?

-Economical impact

Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation. All Rights Reserved

1-0 Oily Sludge Separating - System Flow

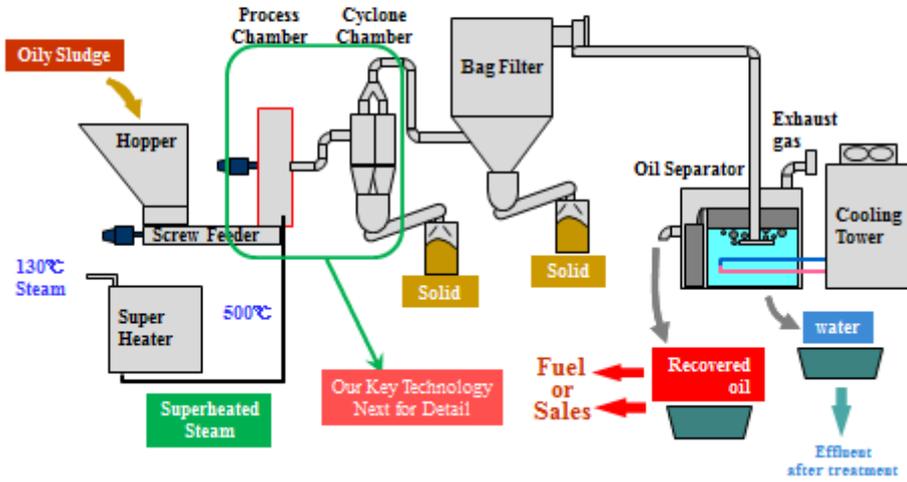
Preparation	Process	Separation (Cyclone)	Separation (Bag Filter)	Oil Separation
Oily Sludge & Superheated Steam	Evaporation Distillation	Oil Vapor / Steam & Solid		Oil & Water



Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation. All Rights Reserved

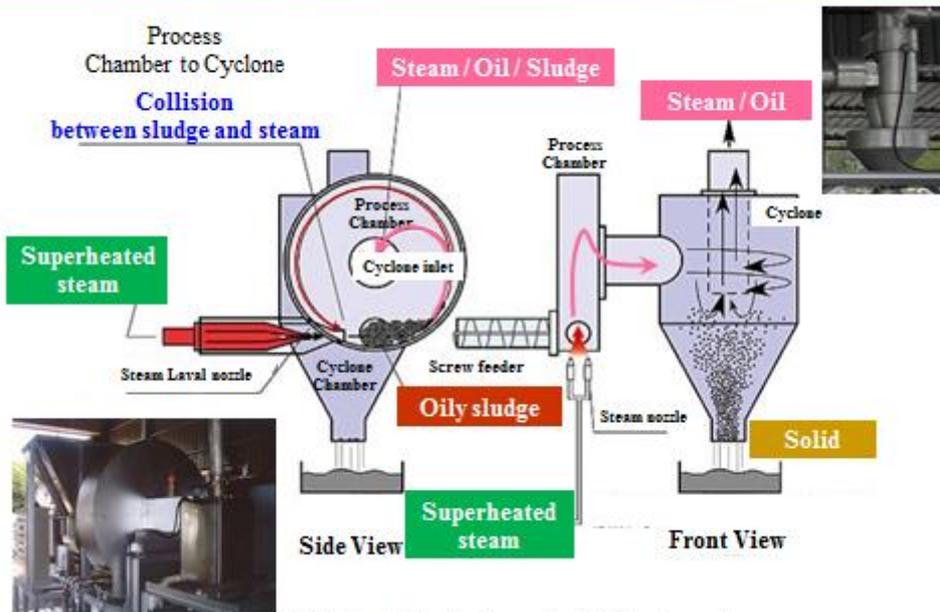
1-1 Oily Sludge Separating - System Flow

Preparation	Process	Separation (Cyclone)	Separation (Bag Filter)	Oil Separation
Oily Sludge & Superheated Steam	Evaporation Distillation	Oil Vapor / Steam & Solid		Oil & Water



Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation. All Rights Reserved

1-2 Main Process of Oil Separation



Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation. All Rights Reserved

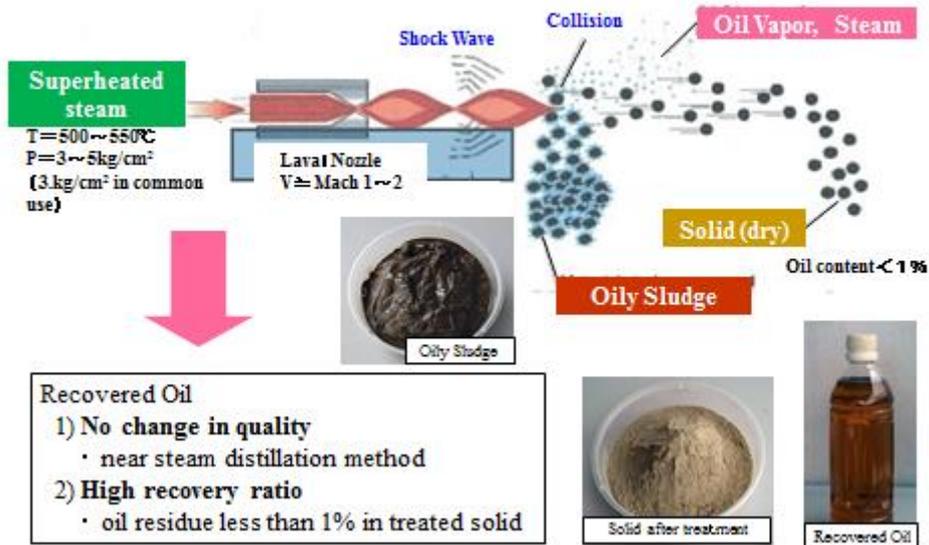
1-3 Principle of Oil Separation from Sludge

Confidential

22



Disintegration and evaporation by shock wave at once



Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation All Rights Reserved

2-1 OSS Labuan Plant (Overview)

Confidential

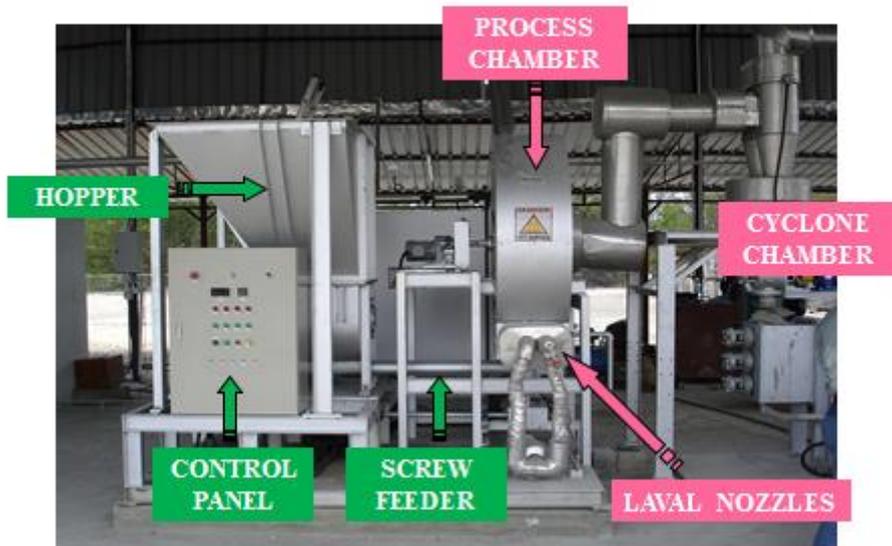
23



Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation All Rights Reserved

2-2 OSS Labuan Plant (Front view)

Confidential
24 JFE



Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation All Rights Reserved

2-3 Balance (material balance) in Labuan

Confidential
25 JFE

⊙ Oily Sludge (Oil Base Mud) in Labuan

Table Component of OBM (wt%)

Item	Water	Oil	Solid
Content	10	30	60

⊙ Oil Balance (Recovered oil is more than using oil to treat oily sludge)

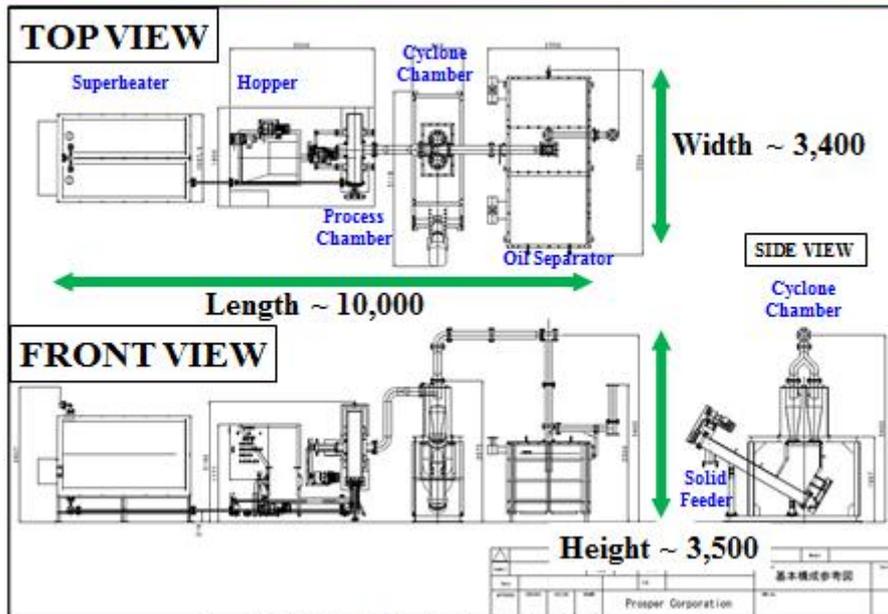


1) Using the light oil steam is produced by boiler. 2) The quality of recovered oil is dependent on kind of oily sludge.
Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation All Rights Reserved

2-4 OSS System Configuration & Dimension

Confidential

26



3-1 OSS Plant set up schedule

Confidential

27



OUTLINE

- Import a OSS machine from Labuan Malaysia
- OSS arriving at site is around Mid-July
- Set up the OSS plant at Estedama site at Dammam
- Completion of the set up is end of August
- Operation starts from 1st September
- Along with the operation, evaluation will be done by end of February

PROCESS



Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation. All Rights Reserved

Conclusion

- 1. No Environmental Impact**
 - Perfect separation of oily sludge
Even emulsion
- 2. Recovering Oil**
 - Water content is less than 1%
- 3. Less energy**
 - Consumes less oil than recover
- 4. Proven Japan Technology**

Copyright 2017 © JFE Kankyo Corporation. All Rights Reserved

Thank you for your kind attention!



JFE Engineering Corporation



JFE Kankyo Corporation