

令和3年度 環境省請負業務

令和3年度我が国循環産業の海外展開事業化促進業務  
インドネシア共和国スマトラ島における  
有害廃棄物の適正処理事業

---

報告書

令和4年3月

JFEエンジニアリング株式会社



## はじめに

本事業は、JFE エンジニアリング株式会社の有する有害廃棄物の焼却処理に関する知見と経験を活用し、インドネシア共和国で有害廃棄物の焼却処理事業を検討したものである。JFE エンジニアリングでは、東南アジアでの適正な廃棄物処理、リサイクルを進めるために各国での事業運営をグループ会社と共に企画・検討、取り組みを開始している。

インドネシア共和国は経済成長に伴い有害廃棄物の発生量が増加する中、ジャカルタを中心としたジャワ島で中間処理施設、最終処分場の建設・運転が進められている。その一方で、他の島では処理施設の整備が進んでいないことが課題としてあげられる。本事業では同国 5 大都市のメダンを有し、有害廃棄物焼却施設の整備が進んでいない北スマトラ州での事業を検討する。同州の有害廃棄物はジャワ島まで運搬して処理をしているため、施設整備の需要は高く、運搬費用の削減を鑑みても同州での処理事業は競争力が高いと考えられた。

統計資料や文献、ヒアリング調査の結果、北スマトラ州の有害廃棄物の排出と処理実態を整理することができた。医療廃棄物など高い処理費用を要する有害廃棄物を含め、費用の低減が排出事業者より強く望まれており、輸送費の削減が見込まれる現地での処理事業は需要があると考えられた。また中央・地方政府各局も処理施設の建設、運営に好意的な意見を示している。中央政府は、北スマトラ州に有害廃棄物の統合処理施設を整備する計画も進めており、我々の事業と方向を一とするものであった。ただし、直近 1 年ほどで北スマトラ州にて他社の焼却施設が稼働を開始、また北スマトラ州の有害廃棄物量は当初の想定量より少ないなど、廃棄物の確保が厳しい事業環境であった。一定量の有害廃棄物を集荷できれば事業性を見いだせる試算結果であったが、廃棄物収集の確保が課題となった。

課題への対応策として、北スマトラ州に隣接するリアウ州の有害廃棄物処理も視野に入れる計画を検討した。同州は発生量も多く、廃棄物の収集や処理に係る企業も少ないことから、我々の焼却処理事業に有利な状況と推測された。今後は北スマトラ州とリアウ州での有害廃棄物の収集体制と方策の検討を進めていきたい。また中央政府が計画する統合廃棄物処理施設の推移を見定め、両者に最適な進め方を提案・模索したい。

今後は、共同事業者と処理事業の実現に向けた体制構築、事業範囲の調整や追加の詳細調査の実施・討議などを継続していく。本事業が、インドネシア共和国の循環産業推進の一助となれば幸いである。

令和 4 年 3 月  
JFE エンジニアリング株式会社

## Summary

This feasibility study considers the hazardous waste incineration business in the Republic of Indonesia, based on the knowledge and experience of JFE Engineering Corporation. JFE Engineering has begun exploring and establishing the waste treatment and recycling business in Southeast Asia with group companies.

In the Republic of Indonesia, while the amount of hazardous waste generated is increasing along with economic growth, most of intermediate treatment facilities and final disposal sites are operated on Java Island, especially in Jakarta. On the other hand, the challenge issue remains that the intermediate treatment facilities are not well developed on other islands. In this project, we will study a project of operating the incinerator for hazardous waste in North Sumatra where Medan is located, one of the five major cities of the country, and such facility has not been developed. Hazardous waste in North Sumatra is transported to Java for proper treatment, so the demand for local facility development is high, and the incineration business in the local area is highly competitive in terms of the reduction of transportation costs.

According to our survey, we found out the actual situation of hazardous waste emissions and treatment in North Sumatra. Waste generators, especially hospital and medical institutions whose treatment cost for medical waste is so high, strongly hope to reduce cost. That is why our business plan, waste incinerator in North Sumatera, will meet their expectation by reducing transportation costs. Moreover, central and local government bureaus have expressed positive feedback for our treatment facility plan. The central government is also planning to develop an integrated treatment facility for hazardous waste in North Sumatra, which is in line with our project. On the other hand, the incinerator facilities by other companies started operation during the last year in North Sumatra, and the amount of hazardous waste in North Sumatra is less than initially expected, so it was a difficult business environment to collect waste amount. Waste collection turned out to be an issue for realizing our business.

We considered a plan to collect hazardous waste in Riau, which is adjacent to North Sumatra, to resolve the issue. The amount of hazardous waste generation in Riau is large than that in North Sumatera and few companies are involved in waste collection and treatment there. According to this situation, it is presumed that Riau would be a possible area for our incineration business. We are going to study hazardous waste collection system, how to collaborate with the collection companies, in North Sumatra and Riau. In addition, we would like to keep an eye on the progress of the integrated waste treatment facility planned by the central government and search for a win-win business relationship.

We will continue to discuss about the business scheme and structure with the local partner and carry out additional surveys. We hope that this project will help promote the venous industry in the Republic of Indonesia.

Mar.2022

JFE Engineering Corporation

本報告書で用いる略語について、正式な名称と日本語訳を下表に示す。

用語	定義
<b>組織関係</b>	
KLHK	KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN. 環境林業省
MIND ID	Mining Industri Indonesia, 国営鉱業持株会社
BUMN	Badan Usaha Milik Negara, 国有企業 Ministry of BUMN, 国有企業省
SKK Migas	Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi, 上流分野の石油・ガス事業活動局
DITJEN PSLB3	Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3 廃棄物、廃棄物および B3 管理総局
<b>その他用語</b>	
SEZ	Special Economic Zone 経済特区
EIRR	Equity Internal Rate of Return 株式内部収益率
PPP	Public Private Partnership 官民連携
FBC	Final Business Case 最終事業案



## 目次

1. 事業の目的・概要.....	1
1.1 事業の背景 .....	1
1.2 事業の目的 .....	1
1.3 調査内容 .....	2
1.4 実施体制 .....	2
1.5 スケジュール.....	3
2. 海外展開計画案の策定 .....	4
2.1 計画案の概要.....	4
2.2 対象廃棄物 .....	4
2.3 利用技術.....	4
2.4 実施体制.....	5
2.5 事業化に向けたスケジュール .....	7
2.6 収支計画案 .....	8
3. 対象地域における現状調査.....	9
3.1 社会・経済状況 .....	9
3.2 有害廃棄物処理・焼却処理の制度と政策.....	12
3.3 有害廃棄物の処理フロー .....	18
3.4 有害廃棄物の発生量.....	18
3.5 有害廃棄物排出企業の調査.....	27
3.6 有害廃棄物の輸送 .....	31
3.7 有害廃棄物の処理単価 .....	33
3.8 焼却処理施設・競合の調査.....	34
4. 廃棄物の組成、性状等調査.....	38
4.1 調査の目的・方針 .....	38
4.2 調査廃棄物の分類 .....	38
4.3 調査結果.....	38
5. 現地政府・企業等との連携構築.....	45
5.1 中央省庁 (KLHK) .....	45
5.2 地方政府 (北スマトラ州) .....	45
5.3 廃棄物収集・運搬企業(北スマトラ州) .....	47
5.4 Sei Mangkei 工業団地 .....	49
6. 実現可能性の評価.....	52
6.1 事業採算性 .....	52
6.2 環境負荷低減効果 .....	55

6.3 社会的受容性.....	57
6.4 事業化における課題等.....	57
7. 今後の海外計画展開案.....	59
7.1 計画案の概要.....	59
7.2 事業実施体制の構築.....	65
7.3 スケジュール案.....	67
参照・引用文献.....	68



## 1. 事業の目的・概要

### 1.1 事業の背景

インドネシア政府はジャワ島への経済的投資の偏在による地域格差是正を重要課題として掲げ、国家開発計画において各地域の経済開発を積極的に進める方針である。スマトラ島は人口規模・面積においてジャワ島に続く規模であり、様々な開発計画（新規工業団地建設等）が進められている。こうした背景のもと、現在においても相当量の有害廃棄物が発生しているが、今後経済発展が進む余地を十分に残すスマトラ島においては、有害廃棄物の発生量は増加する見込みである。

その一方で、スマトラ島には有害廃棄物の適正処理施設が存在しておらず、適正処理義務を順守する排出事業者は、ジャワ島にある施設への運搬・処理委託を余儀なくされている状況である。これは多額の輸送コストの負担や輸送に伴う GHG の排出が発生し、また、この状況が不適正処理を招くと推測される。インドネシア国の現地共同事業者も、スマトラ島で収集した医療廃棄物を含む有害廃棄物を、現在ジャワ島へ搬送して処理をしている。排出事業者、当局からは本事業開始により適正処理の促進および輸送の負担軽減に対する期待が寄せられており、高い現地ニーズと適正レベルでの処理費支払いの意思が存在する。

JFE エンジニアリング株式会社は、焼却処理を始めとする様々な廃棄物・リサイクル施設の EPC（設計・調達・建設）から O&M（運転・維持管理）を数多く実施してきた。またグループ会社である J&T 環境株式会社は、廃棄物処理施設の運営ノウハウや事業投資・運営に関する日本国内での実績をベースに、東南アジア地域を中心とする海外における廃棄物処理事業の展開を進めている。これは、JFE グループ第 7 次中期経営計画において、JFE エンジニアリングが「海外事業の拡大」を重要な施策とし、環境・リサイクル分野において現地パートナーと協力し、事業参画を果たすという方針に基づくものである。本事業は、この方針に沿って従来の建設中心のビジネスから事業投資・事業運営に軸足を移し、新たな海外展開モデルを促進する試みである。

### 1.2 事業の目的

上記の背景を受け本事業では、スマトラ島最大の都市メダンを有するインドネシア北スマトラ州において、我が国の技術等により有害廃棄物を適正に焼却処理する事業の実現可能性調査を行う。本調査では、同州の現状の有害廃棄物発生量、処理費用を明らかにし、また焼却処理施設を建設するための規制調査とコスト積算をすることで事業性評価を実施する。加えて、事業化に向けた現地共同事業者との連携構築を目指し、共同実施先・関連省庁などとの協議を実施する。

### 1.3 調査内容

本事業における調査内容は以下の通りである。

1. 対象地域における現状調査（第3章）
  - 有害廃棄物発生・処理状況に関する調査
  - 法令・規制及び許認可等に関する調査
2. 廃棄物の組成・性状等調査（第4章）
3. 現地政府・企業との連携（第5章）
4. 実現可能性の評価（第7章）
5. 今後の海外計画展開案（第8章）

### 1.4 実施体制

本事業における調査の実施体制と役割を以下に記載する。

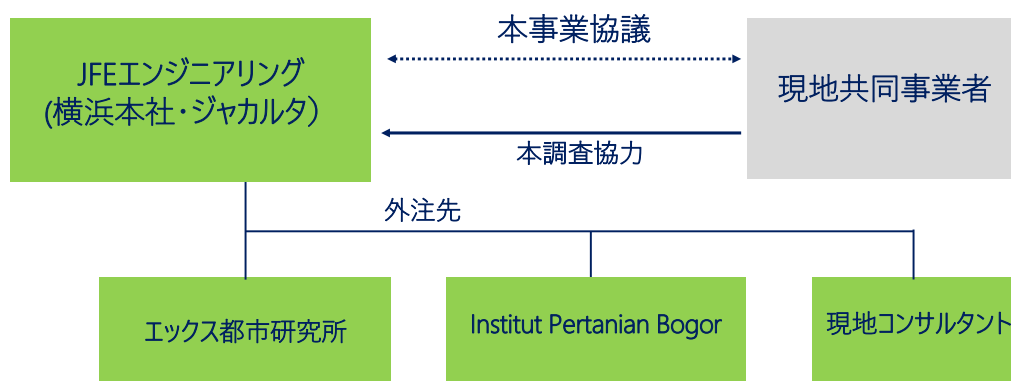


図 1 調査実施体制

表 1 役割分担

企業・実施者	実施項目・役割
JFE エンジニアリング株式会社 (横浜本社・ジャカルタ拠点)	横浜本社 ・調査事業の統括、報告書の執筆 ジャカルタ拠点 ・現地調査業務の管理および補佐
株式会社エックス都市研究所	・環境負荷低減効果,社会受容性等に関する検討 ・リスク分析,収支シミュレーション等シナリオ分析その他に関わる検討・評価
Institut Pertanian Bogor	・廃棄物発生,処理状況及び個別排出者の調査
現地コンサルタント	・現地法令、規制に関する調査

### 1.5 スケジュール

本事業における調査スケジュールを以下に示す。

#### 1. 対象地域の調査

まず対象地域の有害廃棄物の発生、処理状況を統計情報および現地のインタビューにて把握する。また有害廃棄物の焼却処理に係る法令を整理し、KLHK にヒアリングをして確認する。

#### 2. 廃棄物の組成・性状等調査

現地の有害廃棄物排出業者のインタビュー時に、廃棄物のサンプリングを実施し、焼却処理施設の検討に必要な分析をする。ただし、有害廃棄物であるためサンプリング提供や移送が困難であることも予想される。

#### 3. 関係者への意見聴取

調査の結果を踏まえ、現地当局や現地共同事業者と有害廃棄物焼却処理施設に関する意見交換を実施する。

#### 4. 実現可能性評価等

調査結果を踏まえ、計画事業の実現性を評価する。

	2021					2022		
	8	9	10	11	12	1	2	3
1.対象地域の調査								
2.廃棄物の組成・性状等調査								
3.関係者の意見聴取・討議								
4.実現可能性評価等								
5.報告書執筆・提出								

図 2 調査スケジュール

## 2. 海外展開計画案の策定

### 2.1 計画案の概要

インドネシア共和国北スマトラ州にて有害廃棄物の焼却施設（70t/日の能力）を建設し、処理事業を実施する。焼却施設は多様な有害廃棄物の処理に優れる、キルン・ストーカ炉とする。

### 2.2 対象廃棄物

有害廃棄物（Limbah B3）は、排出者においては適切な処理又は、適正なライセンスを有する処理事業者への処理を委託しなければならない。有害廃棄物・有毒物質の管理に関する法律（Nomor101/2014）では、有害廃棄物を以下の特徴を持つ廃棄物としている；① 爆発性、②可燃性、③反応性、④毒性、⑤感染性、⑥腐食性。

本事業では、処理費や発生量に着目し、医療廃棄物、石油事業廃棄物、その他有害産業廃棄物、の3区分で事業性の検討をする。

### 2.3 利用技術

有害廃棄物の処理には多様な技術、方法が存在する。代表的な方法として最終処分場での埋め立て処分がある。有害物質の溶出を抑制する固化や薬液処理などを組み合わせることで多様な廃棄物を受入・処分することができる一方で、広大な面積を必要とし、設置には現地の社会的調整や長期の建設期間を有する。また遮水構造の破損による有害物質の漏洩など、環境リスクもあるため十分な計画と調整が必要となる。

JFE エンジニアリングでは焼却炉の建設、運営に多くの実績を有する。焼却処理は有害物質を分解し、大幅な減量化もできるため最終処分場の埋立容量の確保にも寄与できる。本事業の対象地域では焼却施設が未設置であり、遠方のジャワ島へ運搬していることから焼却処理のニーズは高いと考えている。

有害廃棄物は多様な性状、熱量を有している。キルン・ストーカ炉は、汚泥などの高含水率の廃棄物処理にも優れるキルン炉を前段に設置することで、キルン炉で廃棄物性状をある程度均質化してストーカ炉に供給が可能となることから、多様な有害廃棄物の処理にはキルン・ストーカ炉が適している。日本の循環産業においては、多数の知見とノウハウが蓄積されている分野である。

JFE エンジニアリングでは、横浜エコクリーン工場を始めとして多くの設計・建設実績を有し、子会社である J&T 環境は、横浜エコクリーン及び川崎エコクリーン（処理規模は各 220 トン/日）を長期間にわたり運転・保守を行っている。本事業は、これらの知見とノウハウを活用するものである。

図4は川崎エコクリーンのキルン・ストーカ炉の模式図である。焼却炉で発生するガスは高温を有するため、廃熱ボイラーを設置して発電することも可能である。これにより消費電

力を自給し、余剰分は売電することも可能であり、低炭素エネルギーとして環境貢献することができる。ただし発電設備の設置には多額の費用を要するため、実現可能性の評価でその設置条件を検討する。



図 3 有害廃棄物の処理フロー

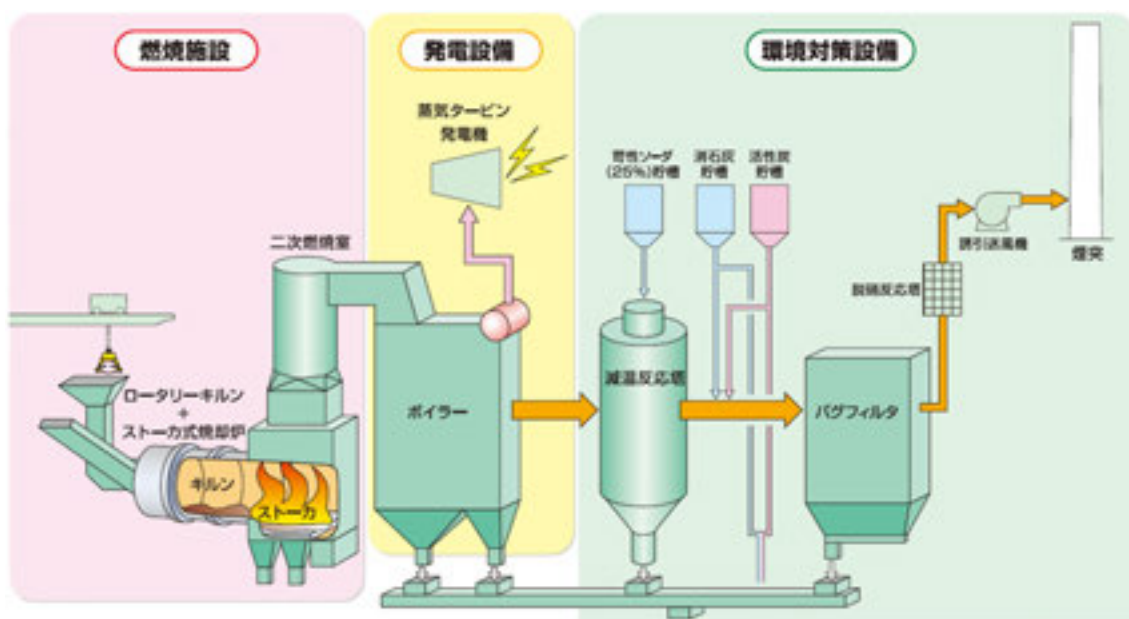


図 4 キルン・ストーカ炉<sup>1</sup>

## 2.4 実施体制

### 2.4.1 実施体制の概要

事業の実施体制を図5のように計画している。現地共同事業者と JFE エンジニアリングで合弁会社を設立し、処理施設を所有する。処理廃棄物は、現地共同事業者とその協力企業が排出事業者から収集して供給する。廃棄物の排出者は、廃棄物の処理委託として費用を本事業会社へ支払う。本費用を主な収入源として合弁会社を運営する。

施設建設と運転・メンテナンスは、JFE エンジニアリングとグループ会社および同現地法人にて実施もしくは事業会社を支援する。



図 5 事業実施体制案

#### 2.4.2 現地共同事業者<sup>2</sup>

現地共同事業者として、PT Nasional Hijau Lestari (以下 NHL 社、Hijau Lestari は持続可能な緑を意味する)と協議を進めている。同社の概要を以下に記載する。

##### (1) 設立経緯・理念

NHL 社は国営鉱業持株会社 (Mining Industri Indonesia, 以下 MIND ID) に組み込まれた、2015 年設立の国営廃棄物管理会社である。KLHK、国有企業省 (以下 BUMN)、上流石油ガス事業活動局(以下 SKK Migas)により主導され、SKK Migas に関わる有害廃棄物の管理に焦点を当てている。理念としては、統合廃棄物処理管理会社のリーディングカンパニーとなることが掲げられている。これは、インドネシア国内では廃棄物処理会社が限られた数しか存在しておらず、モデルとなる廃棄物処理会社を国として運営したい意向が反映されているとみられる。

##### (2) 株主

株主は MIND ID に属する PT Inalum、PT Antam、PT Timah、PT Bukit Asam の 4 社が各 25%を保有している。このうち PT Inalum は政府が 100%の株主を有し、同社が他の 3 社の株を過半数保有している。このことから、PT Inalum が NHL 社に対する影響力を大きく持っている。同社の工場が北スマトラ州に位置しており、今回の事業でも廃棄物排出企業として重要な位置づけを占めると考えている。

PT Inalumu 社は、1976 年に北スマトラ州アサハン川の水力資源を利用したアルミニウム製錬事業のため、国際協力銀行と日系企業十数社が株を有する日本アサハン・アルミニウ

ム社とインドネシア国政府の合弁会社として設立された。その後、2013年に合弁期間の満了を迎え、日本が有する株を全てインドネシア政府に売却し、インドネシア政府100%出資会社となった。同社の高い信用力・資金力と政府各機関との関係性を背景として、PT.NHL社はインドネシアにおける廃棄物処理に重要な役割を今後担うものと考えている。

### (3) 現在の活動

NHL社は親会社、その関連会社の廃棄物や医療廃棄物の収集運搬事業およびジャワ島のチレゴン工業団地で操業する塩化アンモニウムの処理施設の運営事業を主に実施している。またスマトラ島リアウ州のDuriに石油産業の廃棄物を対象とした処分場を建設中である。事業範囲としてはこれら収集運搬・積替保管、中間処理、最終処分に加え、廃棄物のリサイクルや環境コンサルティングを対象としている。

今回対象とする、JFEエンジニアリングが技術を有する焼却処理事業は、NHL社が今後統合廃棄物処理会社を目指す中で必要な事業として両社の思惑が一致したものである。

### 2.5 事業化に向けたスケジュール

本調査事業と並行して、現地共同事業者と実施条件に関する協議を行う。具体的には、共同事業者の企業戦略、中長期的計画との照合、投資可能と判断する経済性の確認、その他課題事項の特定と解決などである。これらを本調査事業で明らかとしながら、必要な追加的調査と検討を実施し、2022年度の上期に事業実施に関する基礎的合意を目指す。その後、詳細な施設計画、事業計画や資金調達、出資条件などを詰めていき、2022年末に事業実施契約を合意し、2023年以降に事業開始することを計画している。

	2021					2022											
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.本調査事業																	
2.事業実施条件に関する協議																	
3.事業実施に関する基礎的合意																	
4.事業実施契約合意																	

図 6 事業化に向けたスケジュール

## 2.6 収支計画案

### 2.6.1 有害廃棄物処理量と収入案

現地共同事業者が過去に入手した情報より、北スマトラ州では有害廃棄物が約 1.8 千 t/日、そのうち Waste Code より焼却が可能と考えられる廃棄物を選択すると約 4.3 百 t/日が発生していると推測される。共同事業者が過去に検討した処理能力を参考に、70t/日を暫定数値として計画した。これは推測発生量の約 15%となり、新規参入による廃棄物の確保を保守的にみると妥当な水準と考えた。

また処理費として、同様に現地共同事業者が過去に計画した数値を元に下表の通り計画した。処理単価のうち医療廃棄物は日本と同等の水準である一方、その他の有害産業廃棄物は比較的安価となる。本事業にて、これら処理単価は明らかにしたいと考えている。これより年間売上は約 4.7 億円と推計した。

表 2 処理計画量と単価

廃棄物種類	処理量		処理単価		年間売上
その他有害産業廃棄物	25t/日	70t/日	1,500 IDR/kg	11.6 JPY/kg*	約 4.7 億円
石油産業廃棄物 (オイルスラッジ等)	30t/日		2,500 IDR/kg	19.3 JPY/kg	
医療廃棄物	15t/日		7,000 IDR/kg	53.9 JPY/kg	

\*0.0077 IDR/JPY で換算

### 2.6.2 収支見通し

過去の同種焼却炉の建設・運転実績より、初期投資額と運転費用を下表のとおり計画した。事業は廃棄物焼却施設の一般的な運転期間の 20 年を考え、事業期間の収支指標を元に事業性を評価する。これらは処理計画量と単価も含め、本調査業務を通じて、正確且つ適正な計画と試算を行う予定である。

表 3 収支見通し

項目	数値
売上	4.7 億円/年
費用*	2.9 億円/年
税前利益	1.8 億円/年

\*運転・維持管理、減価償却



### 3. 対象地域における現状調査

#### 3.1 社会・経済状況

##### 3.1.1 インドネシア共和国の概況

インドネシア共和国は、ジャワ島、スマトラ島、カリマンタン島、スラウェシ島の主要4島と多数の小諸島から構成され、面積および人口は日本より大きい。一方、GDPは日本と比べて約五分の一と小さいが経済成長率は高く、今後産業の発展に伴って有害廃棄物の増加が予想される。

表 4 インドネシア共和国の概況<sup>3</sup>

インドネシア共和国基礎情報	
面積	約 192 万 km <sup>2</sup> (日本の約 5 倍)
人口	約 2.7 億人 (日本の約 2 倍)
GDP(名目)	11,191 億 USD (2019) (日本の約 1/5)
一人当り GDP(名目)	4,174 USD (2019)
経済成長率	4.8%~5.1% (2015~2019) *2020 はコロナ禍によりマイナス成長
主要産業	1.製造業 (19.8%) : 輸送機器、飲食品など 2.商業・ホテル・飲食業 (15.4%) 3.農林水産業 (13.7%) : パーム油、ゴム、米、ココア、キャッサバ、コーヒー豆など 4.建設 (10.7%) 5.運輸・通信 (8.9%) 6.鉱業 (6.4%) : LNG、石炭、錫、石油など 他



図 7 インドネシア共和国の主要 4 島<sup>4</sup>

### 3.1.2 北スマトラ州

本調査事業の対象とする北スマトラ州はスマトラ島に位置する。北スマトラ州はリアウ州に次いでスマトラ島では2番目のGDPを産出している。また北スマトラ州は、スマトラ島最大の都市メダン市があり、同市は尼国の5大都市の一つである。

北スマトラ州の主要産業の一つはパーム、ゴムなどのプランテーションであり、他国や他州に多くが輸出されている。プランテーション面積は北スマトラ州の総面積の約28%を占めている。また鉱業も盛んであり、アルミニウムや錫など多くの産出を誇る。

またスマトラ島には3つの経済特区が存在し、そのうちの一つである Sei Mangkei SEZ が北スマトラ州で稼働している。経済特区内で事業を行う企業は、所得税や付加価値税、奢侈税の優遇や、許認可の便宜措置が付与される。本事業では同SEZの工業団地での運転を計画している。

表 5 スマトラ島の概況<sup>5</sup>

スマトラ島基礎情報	
面積	約 48 万 km <sup>2</sup> (日本の約 1.3 倍)
州構成 (10 州)	北スマトラ、アチェ、バンカ・ブリトゥン、ブンクル、ジャンビ、ランブン、リアウ、リアウ諸島、西スマトラ、南スマトラ、
人口	約 5,800 万人 (日本の約半分)
GDP(名目)	約 2,263 億 USD (2018) (尼国の 21.6%)
	北スマトラ：スマトラ島の 22.9%
	リアウ：同上 23.3%
南スマトラ：同上 13.0%	
主要産業	1. 第1次産業 (地域 GDP の 21.2%) パーム・ゴム、森林資源など 2. 鉱業(地域 GDP の 13.3%) 石油、天然ガス、錫など



図 8 北スマトラ州他<sup>4</sup>

共同事業者の親会社は北スマトラ州に関連工場を有し、有害廃棄物の処理を外部に委託し、ジャワ島まで現状運搬している。また、北スマトラ州はスマトラ島の中でも経済規模が大きく、最大都市であるメダン市を有しており人口は最も多い。以上の背景より本調査事業では、スマトラ島のうち北スマトラ州を対象市場として計画を検討する。参考として、スマトラ島各州の GDP および人口を下表に示す。

表 6 スマトラ島各州の GDP (十億 IDR)<sup>6</sup>

	州名	2014	2015	2016	2017	2018
1	リアウ	679,396	652,762	681,699	704,798	755,274
2	北スマトラ	521,955	571,722	626,063	684,275	741,193
3	南スマトラ	306,422	331,766	353,867	382,886	419,723
4	ランブン	230,794	252,883	279,418	306,700	333,681
5	リアウ諸島	180,880	199,570	216,008	227,763	249,077
6	西スマトラ	164,944	179,952	196,099	213,890	230,529
7	ジャンビ	144,814	155,066	171,199	189,868	208,379
8	アチェ	127,897	129,093	136,844	145,807	155,912
9	バンカ・ブリトゥン	56,374	60,987	65,048	69,861	73,069
10	ブンクル	45,390	50,334	55,384	60,658	66,413

表 7 スマトラ島各州の人口(千人)<sup>6</sup>

	州名	2010	2015	2020
1	北スマトラ	13,029	13,938	15,032
2	ランブン	7,634	8,117	9,063
3	南スマトラ	7,482	8,052	8,342
4	リアウ	5,575	6,344	6,221
5	西スマトラ	4,865	5,196	5,569
6	アチェ	4,523	5,002	5,289
7	ジャンビ	3,108	3,402	3,498
8	ブンクル	1,722	1,875	2,014
9	リアウ諸島	1,693	1,973	1,984
10	バンカ・ブリトゥン	1,230	1,373	1,407

## 3.2 有害廃棄物処理・焼却処理の制度と政策

有害廃棄物の焼却処理を検討するにあたり、尼国の法制度を整理する。関連法規を調査し、KLHK の一般廃棄物・有害廃棄物管理局(Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3)の担当者に不明点などをヒアリングした。

### 3.2.1 有害廃棄物処理の法制度

#### (1) 有害廃棄物

有害廃棄物の管理手順と要件 (TATA CARA DAN PERSYARATAN PENGELOLAAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN, Nomor 6, 2021) にて、有害廃棄物の保管方法、収集運搬方法、処理方法とそれらの技術的要件や認証に係る規定がされている。有害廃棄物の焼却処理に関する技術要件も本法律にて示されている。焼却処理は、放射性廃棄物や爆発性のある廃棄物、水銀廃棄物に適用できないとされている。

#### (2) 医療廃棄物

医療廃棄物に関しては、医療・保険施設からの有害廃棄物の管理手順と要件(TATA CARA DAN PERSYARATAN TEKNIS PENGELOLAAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN DARI FASILITAS PELAYANAN KESEHATAN, Nomor P.56,2015) にて、同様に保管や処理に関する規定がされている。医療廃棄物は4色に分類された容器に保管され、収集運搬されている。該当する廃棄物は以下の通りとなる。

1. 黄色：感染性廃棄物、病理検査廃棄物 (Pathological)、鋭利な廃棄物
2. 茶色：化学物質、重金属を含む廃棄物、薬剤類
3. 赤：放射性廃棄物
4. 紫：細胞毒性廃棄物 (Cytotoxic)

### 3.2.2 焼却処理に関わる法規制

#### (1) 技術規定

##### 1) 効率・焼却温度

焼却炉に関する効率、温度の規制値を下表に示す。対象物および医療廃棄物の種類によって求められる効率、温度帯が異なっている。除去効率では PCB 類の処理では 99.9999%と高い数値が求められる。本事業では PCB 類を対象としない予定である。

また温度帯では、細胞毒性廃棄物は炉温度が 1,200°C以上と高温が要求されている。二次燃焼炉では有害廃棄物が 850~1,200°Cと幅のある数値であるのに対し、医療廃棄物では 1,200°C以上が求められる。本事業では有害廃棄物と医療廃棄物の混合処理を検討していたため、適用される温度帯を KLHK に確認した。担当者の見解では、より厳しい基準である 1,200°C以上を求めるとの発言であったが、事業実施段階に事業者が正式な交渉の実施をすることで変わりうる可能性があるという調査担当者の示唆があった。また現地で稼働して

いる焼却炉の調査を通じて、本数値は許認可申請時の協議により変更しうる可能性が見いだされた。

今後の検討では、二次燃焼炉が 1,200℃以上を求められるリスクを念頭に置いて調査を続けることとする。また細胞毒性廃棄物は量も極少ないと推測されるため、本事業では扱わないものとして炉温度は 800℃以上で検討を進める。

表 8 焼却効率・焼却温度に係る規制値

No.	項目	有害廃棄物 (Nomor6/2021)	医療廃棄物 (Nomor P.56/2015)
1	焼却効率 (EP*: Combustion Efficiency)	99.99%	
2	除去効率 (DRE*: Efficiency of Destruction and Removal)	有害有機物(POHCs) 99.99%	
		PCB, PCDFs, PCDD 99.9999%	
4	炉温度	800℃以上	細胞毒性を含まない 800℃以上
			細胞毒性を含む 1,200℃以上
5	二次燃焼炉	850-1,200℃ 滞留時間 2 秒以上	1,200℃以上 滞留時間 2 秒以上

\*EP：排気ガスの CO<sub>2</sub> と CO の濃度を用いて、右式より算出

$$EP = \left( \frac{CO_2}{CO + CO_2} \right) \times 100\%$$

\*DRE: 焼却炉への投入量と排出量を用いて、右式より算出

$$DRE = \left( \frac{W_{in} - W_{out}}{W_{in}} \right) \times 100\%$$

## 2) 排ガス

Nomor6/2021 付録 XIV に、有害廃棄物の焼却処理による排ガスの基準が示されている。基準値を下表に示す。本基準値を満足するように、投入廃棄物の組成を考慮して排ガス処理設備を導入する。

表 9 焼却炉排ガス基準値

No.	項目	数値	単位
1	粉塵 (Partikulat)	50	mg/m <sup>3</sup>
2	SO <sub>2</sub>	250	mg/m <sup>3</sup>
3	NO <sub>2</sub>	300	mg/m <sup>3</sup>
4	HF	10	mg/Nm <sup>3</sup>
5	CO	100	mg/Mm <sup>3</sup>
6	HCl	70	mg/Nm <sup>3</sup>
7	総炭化水素 (CH <sub>4</sub> )	35	mg/Nm <sup>3</sup>
8	As	1	mg/Nm <sup>3</sup>
9	Cd	0.2	mg/Nm <sup>3</sup>
10	Cr	1	mg/Nm <sup>3</sup>
11	Pb	5	mg/Nm <sup>3</sup>
12	Hg	0.2	mg/Nm <sup>3</sup>
13	Tl	0.2	mg/Nm <sup>3</sup>
14	透視度 (Opasitas)	20	%
15	Dioxins & Furan	0.1	ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>

\*10%酸素濃度換算、25°C・760mmHg、乾燥ベース

### 3) 排水基準

Nomor6/2021 の焼却処理に関する規定箇所にて、明確に排水の基準は示されていないが、有害廃棄物処理や保管容器の洗浄などで発生する排水の処理基準として付録 XI では以下の通り示されている。

表 10 排水処理基準（最大値）

No.	項目	数値	単位	No.	項目	数値	単位
1	温度	38	° C	19	Co	0,4	mg/L
2	溶解固形分	2000	mg/L	20	CN	0.05	mg/L
3	浮遊物質量	200	mg/L	21	S2-	0.05	mg/L
4	pH	6 - 9		22	F	2	mg/L
5	Fe	5	mg/L	23	Cl2	1	mg/L
6	Mn	2	mg/L	24	NH3	1	mg/L
7	Ba	2	mg/L	25	NO3	20	mg/L
8	Cu	2	mg/L	26	NO2	1	mg/L
9	Zn	5	mg/L	27	BOD5	50	mg/L
10	Cr6+	0.1	mg/L	28	COD	100	mg/L
11	Cr	0.5	mg/L	29	メチンブルー活性	5	mg/L
12	Cd	0.05	mg/L	30	フェノール	0.5	mg/L
13	Hg	0.002	mg/L	31	油分	10	mg/L
14	Pb	0.01	mg/L	32	AOX	0.5	mg/L
15	Sn	2	mg/L	33	PCBs	0.005	mg/L
16	Ar	0.1	mg/L	34	PCDFs	10	mg/L
17	Sn	0.05	mg/L	35	PCDDs	10	mg/L
18	Ni	0.2	mg/L				

#### 4) 主灰・飛灰

処理に伴い発生する主灰、飛灰は、有害廃棄物として適正に処理することが求められている。再利用を別とすれば、一般的に埋立処分をすることとなる。Nomor6/2021 では、以下の手順に従い、埋め立て処分の方法、区分が決められる。

まず有害廃棄物の有害物質溶出量を測定し、付録 XVIII に示された基準と比較する。超過する場合は安定化・固化が求められ、基準値を下回り、一定の圧縮強度があればそのまま埋め立てることができる。次に有害物質の濃度を測定し、付録 XVII に示された基準 A を超過する場合はクラス 1、基準 B から A の間の場合はクラス 1 もしくは 2、基準 B を下回る場合はクラス 1,2,3 のいずれかに埋め立てることができる。

現在、インドネシアでクラス 1,2 の管理型処分場を運営する企業は 1 社でジャワ島 1 か所しかないため、これらの灰はジャワ島へ運搬処理する必要となる見込みである。

## (2) 許認可

### 1) 技術認可と運転認可

有害廃棄物処理業の実施には、技術認可（Persetujuan Teknis, Technical Approval）と運転認可（SLO: SURAT KELAYAKAN OPERASIONAL (SLO), Operation Certificate）が必要となる。申請フローを下図に示す。

KLHK に、申請主体の各種書類に加え有害廃棄物の処理設備、技術に関する資料を提出する。前述した各能力、排出数値や煙突高さ、周辺施設との離隔距離など規定された基準を満足するか審査され、技術認可が発行される。施設の完工後、性能試験を実施し満足すれば運転認可が発行され、操業が認められることとなる。

また環境影響評価が求められる事業では、本申請と環境影響評価の認可申請を同時に進めることが求められている。本有害廃棄物焼却事業では同時に進めることとなる。

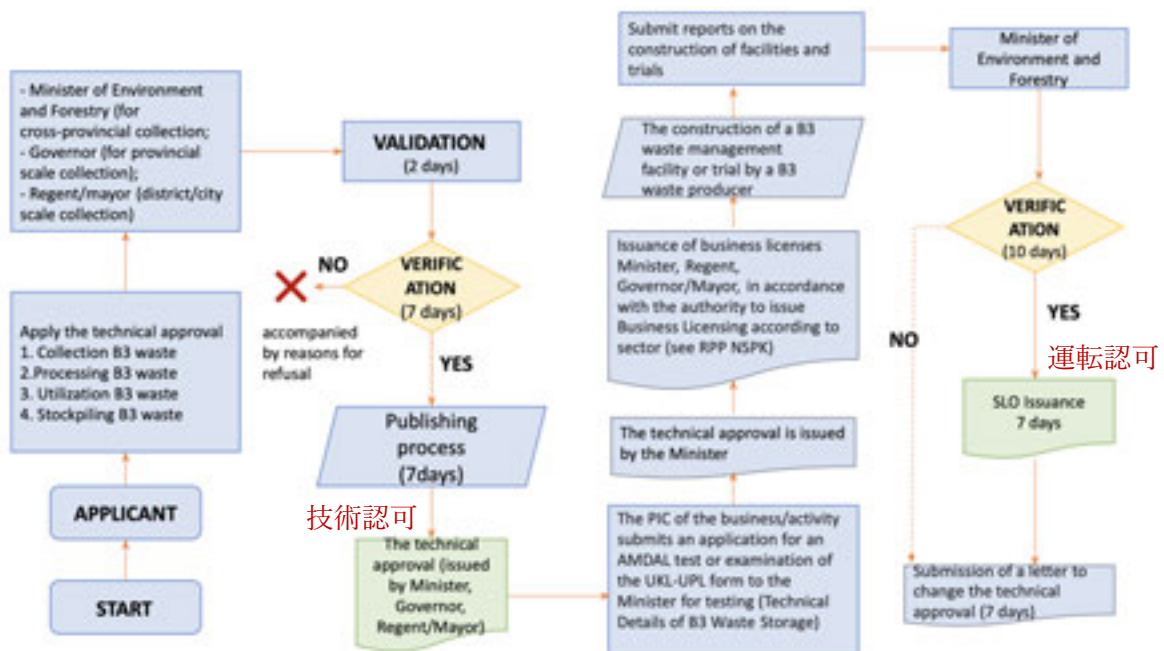


図 9 技術認可と運転認可の手続きフロー

### 2) 環境影響評価

環境影響評価（AMDAL: Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup）が求められる事業種が定められており、有害廃棄物処理も実施が求められる事業である。一般的な手続き概要としては次の通りである。

事業主体者は、事業実施による周辺の環境影響を特定、予測、評価、緩和方法を示す環境影響評価書（ANDAL: Analisis Dampak Lingkungan Hidup）、環境影響を最小限にするために実施する配置の考慮やリハビリテーション計画、資源の補償などの計画を含む環境管理計画書（RKL: Rencana Pengelolaan Lingkungan Hidup）、事業により影響を及ぼす環境の監



視方法を示す環境影響報告書(RPL: Rencana Pemantauan Lingkungan Hidup)を作成する。作成過程では周辺住民への縦覧実施、意見や提言を反映させ、委員会による評価を受ける。

本事業は、現在 Sei Mangkei SEZ の工業団地に施設建設を計画している。RKL,RPL の審査・承認は、工業地域に所在する企業の RKL,RPL の作成により工業団地が実施できることになった(産業大臣規制 Nomor1/2020)。同工業団地の管理会社にヒアリングをした結果、管理会社は有害廃棄物処理の活動を含む AMDAL を有することから、事業者が RKL と RPL を作成、管理会社に提出し、承認を得られれば環境許可を得られるとのことであった。下図にその手続きフローを示す。

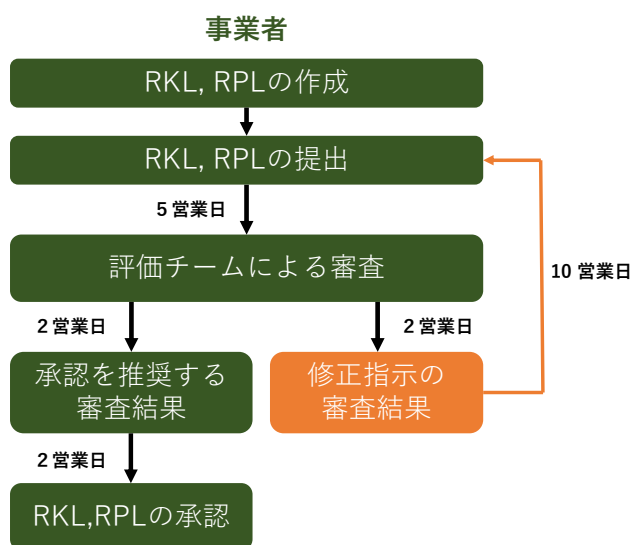


図 10 RKL,RPL の審査フロー

### (3) モニタリング

Nomor P.56/2015 付録 V,C に、焼却炉のモニタリングと報告事項について記載がある。モニタリング項目としては以下が示されている。

- ① 炉内温度、廃棄物処理量、補助燃料量、ガス速度、排ガス分析結果の記録
- ② 排ガスのダイオキシン類、重金属の定期計測
- ③ 周辺の気象観測；風向・風速、湿度、温度、降水量を少なくとも月2回
- ④ 排水の記録

また3か月に一度の排ガス分析結果および3年に一度の DRE 計測結果を、6か月毎に KLHK へ報告することが記載されている。

KLHK へモニタリングの実施状況をヒアリングしたところ、定期監査として処理施設へ出向き温度、排ガスに関するモニタリング状況を調査するとのことであった。また現在計測結果をオンラインで KLHK が把握できるシステム開発に取り組んでおり、異常があればすぐ対応策を取れるような体制構築を目指している。

### 3.2.3 KLHK 政策

KLHK は 2020～2024 年の中期計画を策定しており、その中で有害廃棄物管理も重要項目の一つとして特定している。具体的にはプラスチック廃棄物や水銀などの適正管理に加え、有害廃棄物の統合処理施設と医療廃棄物処理施設の建設・整備を掲げている。<sup>7</sup>

本調査団のヒアリングでは、統合処理施設を北スマトラ、カリマンタン、スラウェシに建設する FS を 2022 年に実施したいとのことであった。また医療廃棄物処理施設の建設支援は、アチェ、ヌサトゥンガラ地方で 2020 年に実施、バンカ・ブリトゥン、マルク、西スラウェシ、西スマトラ、中央スンバなどで 2021 年に実施予定とのことであった。各地域特性を考慮しながら、候補地域を選定しているようである。

### 3.3 有害廃棄物の処理フロー

有害廃棄物は排出者責任として、排出事業者が適正な処理の責任を負う。処理フローの概要を下図に示すが、概略としては日本と同様である。

有害廃棄物の①収集・運搬、②加工・再利用、③処理・最終処分、④保管の各実施には政府の認可が必要となる。各技術基準や必要事項は前述の Nomor 6, 2021 に示されている。排出事業者が自ら管理できない場合は、認可を持つ第三者に委託することとなる。一方、排出事業者自身による処理として、医療廃棄物では各病院がオートクレーブや小型焼却炉を用いて処理する事例などがある。

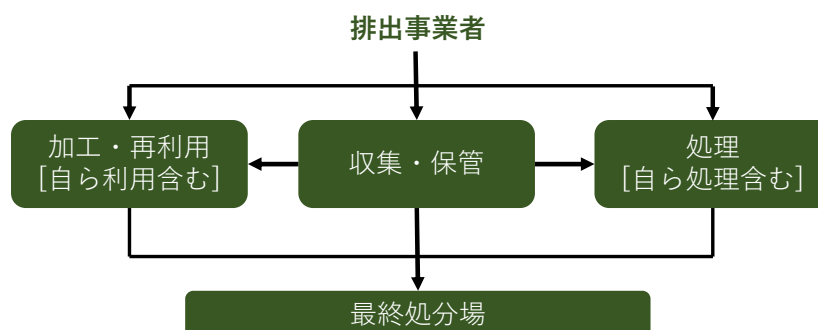


図 11 有害廃棄物の処理フロー

### 3.4 有害廃棄物の発生量

#### 3.4.1 インドネシア共和国の有害廃棄物発生量

##### (1) 総発生量

##### 1) 統計値

尼国の有害廃棄物発生量を表 11 に示す。2019 年に約 8.8 千万 t/年発生しており、これは日本の産業廃棄物発生量 約 3.8 億 t/年(2019)<sup>8</sup>の約五分の一となり、3.1.1 で示した GDP 比率と近似している。前年度からの増加率は経済成長率以上となっており、高い伸びを示している。これは有害廃棄物の発生量を報告している企業数の増加も一因と考えら

れ、法制度の周知や運用の徹底、各企業の意識の高まりが背景にあると推測される。

また一時保管量も発生量比の20%から30%あることから、処理されていない有害廃棄物が一定量存在している。今後も発生量の増加が考えられることから、処理施設の整備もより必要になっていくと予想される。

これらのデータは、KLHKの有害廃棄物総局が管理をする報告システムに基づいて電子的に管理されている。電子マニフェストと連携した、B3廃棄物に関与する各社が報告義務を有するアプリケーション（通称SIRJA）とデータベースをKLHKは構築しており、一元的にデータ管理がされている。

表 11 有害廃棄物の発生状況<sup>9</sup>

年	報告 企業数	発生量(t/年)		処理量(t/年)		一時保管量(t/年)	
		(t/年)	前年比	(t/年)	発生比	(t/年)	発生比
2017	2,174	56,674,914	—	54,333,288	95.9%	2,341,626	4.1%
2018	3,615	76,250,179	+34.5%	55,116,821	72.3%	21,133,358	27.7%
2019	4,360	88,554,120	+16.1%	68,462,358	77.3%	20,091,761	22.7%

## 2) その他推計値<sup>10</sup>

電子マニフェストの試験運用の開始が2016年であり、その後にSIRAJAも運用が開始されている。それまでは紙マニフェストを用いた報告と管理がされており、データの一元管理はまだ新しい仕組みである。そのため表11でも示した通り報告企業数が年々増加、それに伴い発生量が増加していると考えられ、実際の捕捉率は不明である。

インドネシア全体の有害廃棄物発生量に関して、過去に大学等が推計したデータでは約2億tという数値もあり、表11よりかなり大きな数値となっている。ただし、次項で説明するようにこの大半は鉱業・エネルギー関係から発生した廃棄物と推計されている。

## (2) 産業別発生量

産業別の発生量を図12に示す。大半は鉱業・エネルギー・石油・ガス産業が占めている。インドネシアは鉱物、化石燃料の資源国であり、採掘と精製に伴う有害廃棄物の発生量が多く、日本とは異なる構造となっている。次に製造業、農産業関連と続き、プランテーションなどの1次産業が盛んな状況を反映していると考えられる。

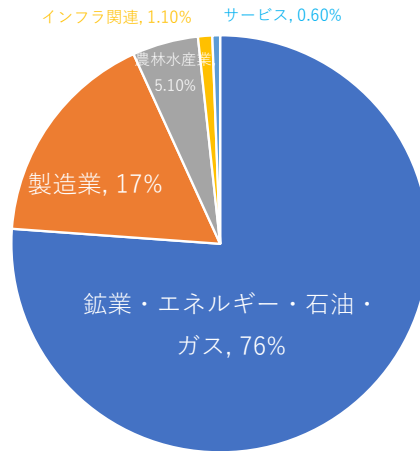


図 12 有害廃棄物の産業別排出量割合(2019)

### 1) 鉱業・エネルギー・石油・ガス (Pertambangan, Energi dan Migas :PEM)

PEM として同一項目にまとめられているが、各産業からは特徴の異なる有害廃棄物が発生している。統計値としては鉱業、エネルギー、石油関連の順に多いが、正確な数値の推計は難しい。また以下に記載するが、これまで有害廃棄物に含まれていたものが、Nomor6/2021 の改正に伴い有効利用の観点から非有害廃棄物に分類が変更されているものも多い。そのため、今後の有害廃棄物の統計値を過去と比較する際には、項目の相違に気を付けなければならない。本事業との関係では、分類が変更されたものはほぼ不燃物であるため、焼却対象物への大きな影響はないと考えている。

#### ① 鉱業

ニッケル、銅、鉄などのスラグや選鉱くず、集塵関係が多くを占める。ただしスラグ類は非有害廃棄物に分類変更されている。北スマトラ州では選鉱くずが大半を占める。

#### ② エネルギー

インドネシアの電力は石炭火力が多くを占めるため、飛灰、主灰の発生量が多い。飛灰はセメント原料の利用も一部進んでおり、これらの灰は非有害廃棄物に分類変更されている。

#### ③ 石油関連産業

インドネシアは油田を有しており、その掘削・精製・流過程において多くの有害廃棄物が発生する。スマトラ島にもアチェ州やリアウ州などで油田がある。有害廃棄物としては、a.水処理プラントからの汚泥、b.タンク底部残留物、c.掘削汚泥、d.生産工程における残留物などが挙げられる。d.には各種油類、化学薬品、繊維関連など多種に含まれる。また油田や製造工程、貯蔵タンクなどの流通工程で漏出した油による汚染土壌も有害廃棄物に含まれ、KLHK では重要な課題として対策が進められている。

過去の日系企業の調査では、上述の b. を対象とした処理事業を検討、計画している。その調査結果では、2013 年～2015 年 9 月の石油スラッジの処理に関する入札情報から、インドネシア全体で掘削場所から約 1.7 万 t/年、製油所から約 1.1 万 t/年の数値を整理している。ただしこれらの数値はごく一部に過ぎず、数倍以上の量が実際には発生していると推測される。<sup>11</sup>

### (3) 医療廃棄物発生量

有害廃棄物のうち特に処理単価が高いと見込まれる、医療廃棄物の発生量を表 12 に示す。インドネシア全土で約 10～13 万 t/年と見込まれている。日本では医療廃棄物の発生量は約 30 万 t/年<sup>12</sup>と推測されており、インドネシアは日本の 2 倍の人口を有していることから、今後 GDP の伸びと共に増大することが考えられる。

スマトラ島は、インドネシア全体比で人口および GDP が約 2 割であることから、約 2 万 t/年（50～70t/日程度）の医療廃棄物がスマトラ島で発生していると推測される。

表 12 医療廃棄物の発生量

発生量(t/年)	出所	データ根拠
105,850	Health Ministry	2,820 病院、9,884 地域医療センター
136,000	KLIN-Indonesia <sup>13</sup>	ベッド当たり 0.75～3kg/d の発生量による推算

### 3.4.2 北スマトラ州の有害廃棄物発生量

#### (1) 総量

事業計画対象地である北スマトラ州の有害廃棄物発生量を把握するため、調査団より KLHK に依頼をし、統計データを入手した。2018 年～2021 年の北スマトラ州全体で発生した有害廃棄物量は、107～122 種類(Waste Code 別)の 5～9.5 百万 ton/年 となる。このうち選鉱くず・尾鉱 (Tailing) が約 90% を占め、火力発電所などからの主灰・飛灰およびパーム油のオレオケミカル産業で脱色などに使用する活性白土(Spent Bleaching Earth: SBE) で約 7% を占める。年により総量の変動は大きい、主にこの 4 種類の影響が大きい。これらを除いた約 400t/日の有害廃棄物のうち、焼却対象となる廃棄物が事業対象となる。

3.4.1 で示した尼国全体の発生量と比較すると北スマトラ州全体の発生量は約 1% となり、GDP 比率の約 5% と比較すると少し小さくなる。これは 3.4.2 で示したように有害廃棄物の多くは PEM から発生しており、北スマトラ州で同産業からの有害廃棄物が国全体と比較して少ないことが理由と考えられる。

表 13 北スマトラ州の有害廃棄物発生量 (2018～2021)

項目	2018 年		2019 年		2020 年		2021 年	
	十万 t/年	t/日*	十万 t/年	t/日*	十万 t/年	t/日*	十万 t/年	t/日*
選鉱くず	43.3	12 千	77.5	21 千	86.3	24 千	56.0	15 千
飛灰・主灰	2.6	0.7 千	3.0	0.8 千	4.6	1.2 千	1.9	0.5 千
活性白土	1.6	0.5 千	1.9	0.5 千	2.6	0.7 千	2.8	0.7 千
その他	1.6	427	1.1	289	1.4	380	1.5	429
総計	49.1		83.5		94.9		62.2	

\*t/年の数値を 365 日で除した

(2) 焼却対象物の発生量

インドネシアでは、有害廃棄物を Waste Code で分類している (Nomor101/2014 付録 I)。発生源としては大きく 3 種類に分類され、57 業種の特定産業からの廃棄物と非特定産業からの廃棄物となる。有害廃棄物の管理ではこの Waste Code が用いられ、発生量や処理量が Code 別に整理されている。

本事業では焼却対象物と推定される Code を特定し、処理対象廃棄物として検討する。

表 14 Waste Code の概要

発生源	Waste Code	廃棄物例
非特定 発生源	A101～A121	溶剤、酸/アルカリ、バッテリー・アスベストなど
	B101～B110	廃油、廃樹脂、汚染容器など
	A2001～A2376	廃棄化学薬品など
特定発生源 (57 業種)	A302～A357 B301～B357	各製造業・精錬業・医療機関・建設業 など
特定廃棄物	B401～417	スラグ、飛灰・主灰、耐火物など

1) 特定産業からの焼却対象物発生量 (2018～2021)

① 総量

特定産業から発生する有害廃棄物のうち、焼却対象物と考えられる廃棄物を表 15 に整理する。総量は 95t/d～296t/d と変動が大きい。これは各年度に、平年と比較して排出量の大きな廃棄物があるためで、2018 年は汚泥 (油処理、貯留)、2020 年は感染性廃棄物、2021 年は水処理汚泥がそれにあたる。2019 年はそうした多量の廃棄物がなかったため、最も少ない値となっている。

2020 年の感染性廃棄物は COVID-19 の影響、2021 年の水処理汚泥は水処理設備の大規

模メンテナンスに伴い、沈降していた汚泥が大量に発生したことなどが推測される。COVID-19 の影響としては、平年の2倍～3倍量発生しているとの病院インタビューや KLHK 関連資料からも情報を得ている。

#### ② 感染性廃棄物

2020 年を除くと、感染性廃棄物は 5.1t/d～15.2t/d となる。KLHK の過去の調査では、北スマトラ州の医療廃棄物の発生量を 23t/d と推測している<sup>14</sup>。また後述する 3.5.2 でも病院数を元に医療廃棄物を 14t/d～20t/d と推計しているが、COVID-19 の影響を除外すると、およそこの水準で発生していると考えられる。

#### ③ 紙パルプ産業

発生した有害廃棄物の処理は多くの業種で外部委託処理をする一方で、紙パルプ産業はほぼ自ら処理をしている。これは日本でも同様の傾向で、紙パルプ産業はボイラーを保有していることから、エネルギー源として発生廃棄物を活用していると考えられる。

#### ④ 発生地域（図 13 参照）

有害廃棄物の発生地域は、Deli Serdang、Medan、Toba の 3 地域でほぼ占められており、Toba は紙パルプ産業からの発生が大半である。紙パルプ産業は自ら処理が進んでいることから、顧客となる排出事業者が位置する主要地域は Deli Serdang と Medan となる。

#### ⑤ 保管（未処理）数量

統計資料には保管量も記載がある。これは期間中に処理ができずに残った量と考えられ、我々の事業対象として有望な廃棄物と考えられる。こちらも年度によりバラツキがあるが、2018・2019 年と比較すると、2020・2021 年の方が保管量は少なく、処理が進んでいるとも解釈できる。数量は年間 約 12～60t/d となっている。

#### ⑥ 事業対象廃棄物量

異常値と考えられる 2018 年の汚泥（油処理、貯留）、2020 年の医療廃棄物や 2021 年の水処理汚泥を他年度の数値や推計値と代替し、紙パルプ産業の自ら処理数量を除くと、約 40～60t/d の焼却対象と考えられる有害廃棄物が発生している。ただし 5.2.1 で後述するように、SIRAJA の登録企業数は半分程度であり、きちんとした報告をしていない企業もいることから、本数値はかなり小さく見積もられたものといえる。

また 2.6.1 で示した事業計画案では石油産業廃棄物を 30t/d 処理するとしていたが、本調査結果より北スマトラ州では小さな数量のため、他州より集荷するか他の廃棄物で代替する必要がある。

表 15 特定産業からの有害廃棄物量(北スマトラ州 2018~2021)

産業	廃棄物名	2018		2019		2020				2021		
		発生量 t/d	保管 (未処理)	t/d	保管 (未処理)	発生量 t/d	処理状況			発生量 t/d	保管 (未処理)	
							自ら	外部	D/S*			Medan
1. プラスチック・ゴム	水処理汚泥	0.1 t/d	10%	1.2 t/d	2%	0.7 t/d		100%	100%		1.2 t/d	4%
	汚泥(製造工程貯留)	1.4 t/d	75%	5.5 t/d	97%	1.0 t/d		81%	100%		-	-
	タンク残留物	0.2 t/d	0%	0.3 t/d	0%	0.2 t/d			100%		0.5 t/d	
3. 電気を使用する業種	<b>汚泥(油処理貯留)</b>	<b>79.5 t/d</b>	54%	8.3 t/d	38%	0.5 t/d		97%	100%		0.8 t/d	24%
	<b>感染性廃棄物</b>	5.1 t/d	77%	12.8 t/d	78%	<b>185.7 t/d</b>		4%	6%	94%	15.2 t/d	49%
	期限切れ医薬品	0.0 t/d	82%	0.0 t/d	31%	0.0 t/d			99%		0.0 t/d	14%
4. 医療機関	期限切れ薬品	0.1 t/d	17%	0.1 t/d	87%	0.0 t/d		4%	100%		0.1 t/d	6%
	水処理汚泥	0.0 t/d	67%	0.0 t/d		0.0 t/d			100%		0.0 t/d	
	期限切れ薬品	1.0 t/d	69%	0.2 t/d	44%	0.2 t/d		4%	22%	2%	1.6 t/d	12%
5. 研究所	水処理汚泥	0.2 t/d	77%	0.1 t/d	90%	0.0 t/d		100%	100%		0.0 t/d	
	グリセリンピッチ	9.1 t/d	71%	15.3 t/d	61%	17.7 t/d		49%	4%	51%	12.6 t/d	28%
	フイルタ残留物	4.6 t/d	49%	6.8 t/d	49%	5.1 t/d		23%		98%	4.8 t/d	
6. 油脂化学産業	使用済み触媒	3.4 t/d	69%	4.0 t/d	59%	1.4 t/d				92%	1.6 t/d	4%
	<b>水処理汚泥</b>	3.8 t/d	53%	5.2 t/d	50%	9.9 t/d		24%	8%	68%	<b>234 t/d</b>	3%
	集塵機ダスト	15.5 t/d	0%	14.3 t/d	0%	3.4 t/d		63%	37%		2.5 t/d	10%
7. 紙・パルプ 製造業	水処理汚泥(脱墨)	2.9 t/d	0%	2.6 t/d	0%	21.2 t/d		2%	100%		13.5 t/d	
	水処理汚泥	13.6 t/d	0%	17.7 t/d	0%	14.7 t/d			100%		7.1 t/d	
	タールスラッジ	0.2 t/d	0%	0.4 t/d	0%	0.6 t/d				92%	0.7 t/d	43%
8. コークス製造業	総計	141t/d		95t/d		262t/d					296t/d	
	3.汚泥(油処理、貯留)を2019年の値に置換	65t/d	医療廃棄物を23t/dとする	100t/d	油脂化学産業・水処理汚泥を2020年の値に置換	72t/d						
	+ 自ら 100%処理(紙パルプ製造業の水処理汚泥)も除く	38t/d		60t/d		64t/d					51t/d	

\*D/S : Deli Serdang





図 13 北スマトラ州の有害廃棄物発生地域<sup>15</sup>

2) 非特定産業からの焼却対象物発生量(2018～2021)

① 総量

非特定産業からの焼却対象物発生量を表 16 に示す。総量は 13.6t/d～105t/d となっており変動が大きい。特に 2020 年、2021 年と小さくなっていることから、COVID-19 による経済縮小の影響が大きいと推測される。

② 発生地域

特定産業と同じくほぼ 3 地域、特に Deli Serdang、Medan にて発生しており、多くは外部委託処理をしている。

③ 事業対象廃棄物量

使用済油脂類は詳細な調査が必要だが、燃料として再利用をしていると考えて除くと総量は 6.6t/d～25.2t/d となる。特定産業からの数量と合わせると、約 50～90t/d が事業対象廃棄物と考えられた。これは 2.6.1 で示した当初計画案である 4.3 百 t/d の 15%程度で、施設処理能力とほぼ同等の数値となった。当初計画案の数値が過大であったのかは統計上の不確かさも残るため、現時点では評価が難しい。

表 16 非特定産業からの有害廃棄物量 (北スマトラ州 2018～2021)

廃棄物名	2018		2019		2020				2021		
	発生量 t/d	保管 (未処理)	発生量 t/d	保管 (未処理)	処理状況		発生地域		発生量 t/d	保管 (未処理)	
					保管	自ら	外部	D/S*			Medan
1. 研究所廃棄物	0.1 t/d	52%	0.9 t/d	92%	20%		80%	99%	1%	0.2t/d	11%
2. 使用済溶液	0.2 t/d	66%	2.7 t/d	3%	2%		98%	70%	30%	0.7t/d	5%
3. 有害廃棄物汚染物	6.5 t/d	24%	0.8 t/d	64%	35%		65%	99%	1%	0.9t/d	11%
4. 使用済有害廃棄物保管容器	7.2 t/d	16%	16.2 t/d	86%			91%	97%	3%	9.1t/d	13%
5. 使用済油脂類	85.3 t/d	28%	18.6 t/d	64%	1%		74%	80%	16%	8.6t/d	8%
6. 廃樹脂・イオン交換	0.5 t/d	37%	0.4 t/d	3%			100%	94%	6%	0.5t/d	0%
7. 水処理汚泥(工業用地)	0.8 t/d	58%	1.0 t/d	50%			99%	100%		0.6t/d	14%
8. 使用済集塵フィルター	2.3 t/d	94%	0.6 t/d	75%			97%	99%	1%	0.5t/d	15%
9. 使用済布・繊維類	2.5 t/d	77%	2.7 t/d	79%			84%	96%	3%	1.0t/d	10%
総計	105.3t/d		43.8t/d							22.2t/d	
使用済油脂類を除く	20.0t/d		25.2t/d							13.6t/d	

### 3.5 有害廃棄物排出企業の調査

#### 3.5.1 排出企業数

KLHK の統計より、各 Waste Code の排出企業数を横軸に、発生量を縦軸に整理したものを図 14 に示す。なお医療廃棄物は 3.4.2(2) で記載した、23t/d としてプロットした。

排出企業数が多いのは非特定産業廃棄物で、特に油脂類や有害廃棄物用の容器などが多い。また医療廃棄物の排出者数も多く、これら排出者数が多いものは一般的に少量を効率よく収集、保管する必要がある、多くの収集運搬企業が関わる。そのため収集運搬企業との密な調整が求められ、同企業との良好な提携関係が必要である。

一方排出者数が少なく発生量も多い油脂化学産業(図 14 で赤丸に囲まれた)は一企業あたりの発生量も多いため、各顧客との良好な関係構築が重要と考える。そうした点で、各顧客のニーズや要望をより具体的に把握し、対応を検討するのが求められる。

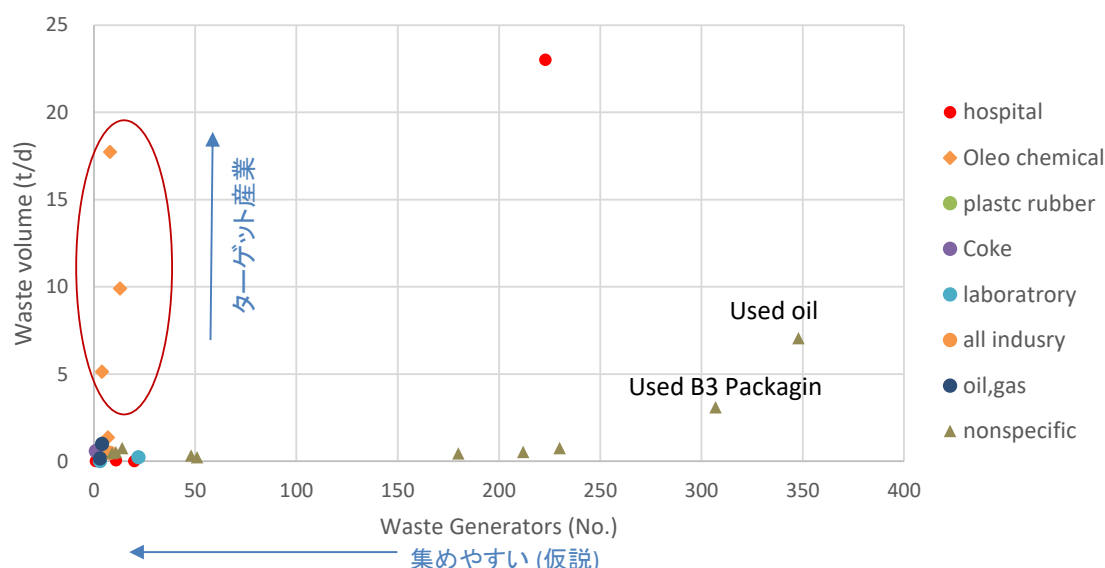


図 14 有害廃棄物の排出企業数と発生量(2020)

#### 3.5.2 医療廃棄物

処理費が高額であり、数量も大きい医療廃棄物は対象事業者として重要である。本節では医療廃棄物のより詳細な調査結果を示す。

##### (1) 発生状況

医療廃棄物は、病院および公的な保健所や小規模なクリニックなどから発生する。北スマトラでは 237 の病院、1,665 の保健所・クリニックがあり、自病院に小型焼却炉を有している Class A, B の 5 病院以外は収集運搬業者を通じて処理・処分施設へ外部委託処理をしている。フロー図を下記に、病院の Class A, B, C, D の基準を下表に示す。

SIRAJA では 223 の病院が廃棄物数量を報告しており、上記 237 の病院を考えると 90%

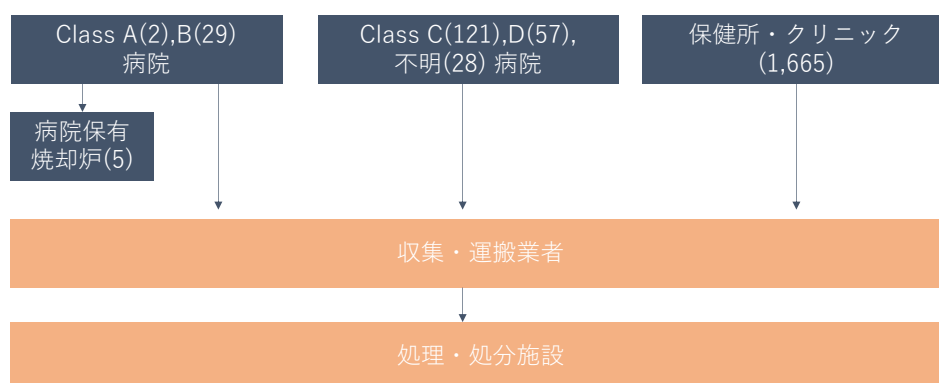


図 15 北スマトラの医療廃棄物処理フロー (2020)<sup>16</sup>

表 17 病院の Class 基準 (数値以上の医師・職員が必要)

	Class A	Class B	Class C	Class D
Basic Medical Specialist	4	4	4	2
Medical Support Specialist	5	4	4	—
Other Medical Specialist	12	8	—	—
Sub-Specialist	13	2	—	—

以上をカバーしている。一方保健所やクリニックは、Health Agency および保健所のヒアリングよりメダン、デリスルダンでは SIRAJA への報告がなされていないことから、北スマトラ州全域でも報告がなされていない可能性が高い。

(2) 全体発生量の推計(補足)

2016年～2021年の Health Agency で調査している北スマトラ州の発生個所毎の廃棄物数量を調査団で整理した結果、非常に変動はあるが、1病院あたり約 50kg/日、保健所・クリニックで1か所あたり約 1～5kg/日という数字が得られた。本数値を上述の数量を元に発生数量を試算すると、以下の通り 14～20t/日の医療廃棄物の発生量が推計された。これは 3.4.2 で統計値より整理した数値と概ね一致する水準である。

$$50\text{kg/日} \times 237 \text{ 病院} = 12\text{t/日}$$

$$1 \sim 5\text{kg/日} \times 1,665 \text{ か所} = 1.7 \sim 8.3\text{t/日}$$

また 3.4.1 で述べたが日本の医療廃棄物発生量は、1.2 億人に対して約 30 万 t/年である。発生量は人口に概ね比例すると仮定した場合、3.1.2 より北スマトラ州の人口 15 百万人を用いると、下記より約 100t/日となる。今後の経済発展に伴い、潜在発生量としてこの程度の水準が見込まれる。

$$30 \text{ 万 t/年} \times 15 \text{ 百万人} / 120 \text{ 百万人} \div 365 \text{ 日} = 103\text{t/日}$$

### (3) Health Agency のヒアリング

#### 1) 医療廃棄物の課題

一番の課題は、医療廃棄物の処理費が高いこととの認識であった。最も高い事例では 100,000IDR/kg の価格も見られたとのことである。

次に挙げられる課題は、規制順守の難しさであった。例えば Nomor56/2015 では、排出事業者は医療廃棄物が発生してから 2 日以内に収集運搬業者に引き渡すか、2 日以上保管する場合は 0°C以下の冷凍庫での保管が記載されている。しかしこれは現実的に順守が難しいとのこと、後述する病院調査でも順守は難しい状況であった。

#### 2) 病院保有の焼却炉

病院付帯の焼却炉は、中央政府からの補助で導入されているものが三分の一であった。許認可の取得をしていないところもあり、厳しい技術基準を満たすのは難しいとの見解であった。許認可を取得していない場合でも、病院自らモニタリングを実施していることもある。焼却炉の具体調査は 3.8 で後述する。

### (4) 病院のヒアリング

6 病院をヒアリングした結果を以下に整理する。

#### 1) 発生量・保管他

発生量は病院の規模によりばらつきがあり、500kg/日の病院もあれば数十 kg/月の所もあった。いずれも集荷は月一回程度であり、その間は保管をしている。

廃棄物の主なものは、点滴などのプラスチック容器・管と針などであった。これら感染性廃棄物は黄色の袋に、非感染性廃棄物は黒色の袋に投棄されており、黄色および黒色の袋が取り付けられたプラスチックごみ容器はラベリングがされ判別できるようになっている(写真 1)。満杯になった袋は保管場所に貯留されている。



写真 1 感染性廃棄物(左)と非感染性廃棄物(右)のプラスチックごみ容器



写真 2 感染性廃棄物（黄色袋）の保管状況

## 2) 処理委託・焼却処理事業について

処理業者の選定は主に価格で決められており、病院によっては電子入札が実施されている。委託価格は 10,000～20,000IDR/kg とのことであった。焼却処理事業について、いずれの病院も低価格で委託処理をできるのであれば歓迎したいとのことであった。

### 3.5.3 油脂化学産業

油脂化学産業は、国営や財閥の大手パームプランテーション企業が処理・加工工場を有する形態が多い。またパーム油からは家庭の日用消耗品が製造されるため、一般市民に認知度の高い企業も多い。Sei Mangkei にはユニリーバの工場が稼働しており、同社は油脂化学産業に分類され、3.4.2(2) 1) で記載した廃棄物の排出企業である。

同社へ訪問を試みたが COVID-19 のため規制が厳しく、入り口で若干のヒアリングをすることはできた。同社は現在ジャワ島の処理企業と直接契約をしており、他社と比較しても半値近い安価な価格で委託しているとのことであった。上述したように、こうした大手排出企業と良好な関係構築と契約を結ぶことが重要と考えたが、既に行われていることが確認された。今後は Sei Mangkei での立地を活かした営業の可能性を踏まえ、他社を含めた詳細調査が必要となる。

### 3.5.4 PT. INALUM

2.4.2 で記載の通り共同事業者の親会社であり、北スマトラ州で最大規模のアルミニウム精錬工場を有する有害廃棄物の排出事業者である。精錬工程、炉に関わる廃棄物が多くを占めるため不燃物が主体となるが、焼却対象物も一定量発生する。項目としては水処理汚泥、ウェスなどの繊維関連、各種フィルタ、ホース類、その他となり、生産活動による変動はあるが、10t/d 以上の発生量が期待される。現状は 3 か月ごとに海上輸送でジャワ島へ運搬して処理・処分しており、そのため有害廃棄物の保管許可を取得し、大規模な保管施設を建設・運用している（写真 3）。

また MIND ID グループ各社でも、同種の焼却対象物および関連病院から医療廃棄物が発生する。これら有害廃棄物を一定量確保できれば、事業運営の安定化につなげることが可能となる。



写真 3 INALUM 社 廃棄物保管状況

## 3.6 有害廃棄物の輸送

### 3.6.1 スマトラ島からの輸送事例

1 章で記載した通り、KLHK の 2019 年資料調査からも、スマトラ島で発生した有害廃棄物のうち外部処理委託されるものはジャワ島へ運搬されているのが実態である。輸送費の事例として、ジャワ島へ運搬している企業にヒアリングをし、以下の結果を得た。南スマトラの事例では、運搬費が委託処理費に対して高い水準となっていた。運搬条件は廃棄物の種類とかさ密度、運搬荷姿と車種などにより異なるため評価が難しいが、日本での事例と比較しても運搬費の占める割合は高く、運搬費用が排出事業者に大きな負担になっていると推測される。

- ① 北スマトラ州－ジャワ島（海上輸送および陸上輸送）：約 88 百万 IDR/1 輸送回
- ② 南スマトラ州－ジャワ島（海上輸送および陸上輸送）：約 50 百万 IDR/1 輸送回

### 3.6.2 北スマトラ州からの輸送費

KLHK の資料より、北スマトラ州の企業にヒアリングした結果、有害廃棄物の輸送費は IDR500~1,500/kg を占めるとの回答であり、陸上輸送によるジャワ島への事例が大半とのことであった。次節で示す通り、委託処理単価が概ね IDR4 千/kg とすると、輸送費は委託処理費に対して約 1~3 割となり前項でヒアリングした数値より大きく下がった。具体的な各条件が不明なため同一条件での比較は難しいが、北スマトラで処理施設が稼働すれば、これらの輸送費を大きく削減でき排出企業者に有益となる。ヒアリング調査では、北スマトラ州に有害廃棄物処理施設ができれば利用したいとの結果も得られている。

### 3.6.3 輸送・保管荷姿

収集運搬企業のヒアリング時に、有害廃棄物の荷姿を確認した。Nomor6/2021 で有害廃棄物の容器としてドラム缶や Intermediate Bulk Container (IBC)、ジャンボバックなどが規定されているが、下記写真の通りパレットによる積込でコンテナに格納される形で運搬されていた。3.4.2 の非特定有害産業廃棄物として使用済有害廃棄物保管容器を計上していたが、これらの容器の一部が処理・処分に回されていると考えられる。金属製のドラム缶は焼却不可となるが、プラスチック製品であれば破碎すれば焼却処理可能である。今後、容器の再利用・廃棄状況を整理する必要がある。

同様に感染性廃棄物の収集輸送状況を確認した。3.2.1 で記載した通り、Nomor6/2021 で感染性廃棄物は黄色に分類されており、写真の通り黄色の袋で保管されている。これらの袋を段ボール詰め、ビニルでラッピング、ラベル貼付をしてコンテナ輸送をしていた。また作業員はタイベックス、手袋、マスクと防護服を着用しており、Nomor56/2015 付録 VII に準拠した作業手順となっている。



写真 4 有害廃棄物（感染性廃棄物を除く）の荷姿<sup>17</sup>





写真 5 感染性廃棄物の積込・輸送状況<sup>17</sup>

### 3.7 有害廃棄物の処理単価

有害廃棄物排出企業や収集運搬企業にヒアリングした、有害廃棄物の処理委託単価を表 18 に示す。水処理汚泥や有害廃棄物汚染物は比較的安価となるが、それ以外は概ね IDR4 千/kg 程度である。また感染性廃棄物の処理単価は高く、IDR1 万/kg を超える水準となっている。ただし COVID-19 による発生量の増大による単価下落など、状況の注視が必要である。

いずれの廃棄物も各排出業者により契約単価は異なり、特に医療廃棄物の単価幅は非常に大きい。事業採算性の試算をする際には保守的な数値を使用するなど、注意が必要である。

表 18 有害廃棄物の処理単価

産業		廃棄物名	処理費用 (IDR/kg)
特定産業	プラスチック・ゴム 油脂化学産業	水処理汚泥	1,800
	石油・ガス 電気を使用する業種	汚泥、スラッジ	5,700
	医療機関	感染性廃棄物	10,000 – 20,000
	医療機関 研究所	化学物質等	4,500
	油脂化学産業	ろ過残留物	5,700
		グリセリンピッチ	4,000
		廃触媒	3,000-4,000
	コークス製造業	タールスラッジ	5,700
非特定産業		研究所廃棄物	4,500 – 5,000
		使用済溶液	4,300
		有害廃棄物汚染物	400-3,000
		使用済有害廃棄物保管容器	3,200-5,000
		使用済油脂類	2,000-5,000
		水処理汚泥	1,800
		廃触媒	3,000-4,000
		使用済集塵フィルタ	4,000-5,000
		使用済布・繊維類	4,500-5,000

### 3.8 焼却処理施設・競合の調査

#### 3.8.1 スマトラ島

2019年のKLHK資料では、有害廃棄物の処理許可を取得している企業は北スマトラ州ではなく、スマトラ島全域ではリアウ諸島に4企業があるのみである。調査の中で焼却施設の建設計画情報を取得することはあるが、進捗状況は不明なものが多かった。

その中で以下の2か所の焼却施設が、WEB情報ではあるが確認できた。また5.3.2に後述する収集運搬企業のSDLI社が2020年11月に焼却施設の認可を得て稼働を始めた。今後は、これらの焼却施設や上述の計画情報を精査し、事業計画への影響を検討する必要がある。また医療機関が保有する焼却炉についても参考として調査した。

(1) PT Adhi Karya (北スマトラ州、デリスルダン)<sup>18</sup>

PT Adhi Karya は国営の大手建設、EPC 企業であり、2021 年 11 月に開設した廃棄物処理施設の運営・管理を担う。同施設は、下水処理施設を主目的としてメダン工業団地に建設され、有害廃棄物の収集場、廃水処理設備、焼却炉、油の蒸留設備、研究施設などを有する統合廃棄物処理施設として機能する予定である。

焼却施設は 300kg/時 能力の炉が 4 基設置され、20 時間稼働で最大 24t/d の焼却能力を計画している。

(2) PT Desa Air Cargo Batam (リアウ諸島、バタム島)<sup>19</sup>

バタム島はエレクトロニクスを中心とした工業団地が建設され、数多くの企業が操業している。その中で PT Desa Air Cargo Batam は同工業団地や周辺の病院などの有害廃棄物を収集し、他社と連携してリサイクルや処理を実施、一部を自社で焼却処理している。焼却灰はジャワ島へ海上輸送して処分している。

焼却設備は 9t/d 能力、ウェスなどの汚染繊維、医療廃棄物を対象としている。詳細なプロセスは不明であるが、同社の WEB サイトの写真より、建物内に設置された箱型のユニット構造で、投入は手動のエレベータ設備を用いられている。炉内温度や排ガス濃度など、具体的なモニタリング項目や結果は不明である。

(3) 病院保有焼却炉

6 病院の事例調査を表 19 に整理する。いずれも 100kg/hr までの能力で日中最大 5 時間程度しか動かさないため、0.5t/day までの処理量となり、運転も毎日実施されていない。

初期設置費用は安く、また政府からの無償提供で導入されている事例も多く、病院として導入時の負担は大きくなかったと考えられる。一方、運転費は燃料費用など非常に高く、維持保守費も考えると外部委託する単価と同等水準となる。加えて運転管理や飛灰・維持管理の様々な手配の手間を考えると、外部委託の方が病院として好ましい。ヒアリングでも、安価な単価であればぜひ処理委託をしたいとの声であった。

補足情報として、KLHK は 2021 年に COVID-19 による医療廃棄物増加に対し、Nomor SP.234/HUMAS/P/HMS.3/7/2021 の政策を制定した。こちらは医療廃棄物処理施設の承認プロセスの緩和、施設整備の予算支援などが含まれている。KLHK は、医療廃棄物の直接埋立処理を避け、中間処理を実施するよう呼び掛けている。<sup>20</sup>

表 19 病院保有焼却炉の事例調査

	病院 1	病院 2	病院 3	病院 4	病院 5	病院 6
導入時期等	① 2021 年政府無償提供* ② 2017-2019 年	2017 年導入	2004 年政府無償提供	2018 年導入 病院独自で導入検討	2017 年導入	2017 年導入 (現在は廃炉)
性能等	① 50kg/hr、煙突高 15m ② 100kg/hr、煙突高 30m	20kg/hr	100kg/hr	50kg/hr 炉 1,000°C、二次燃焼 炉 1,500°C	75kg/hr バッチ処理・800～ 1,400°Cまで昇温	100kg/hr (LPG) 煙突高 22m 炉温度 500～800°C
導入費	-	650 百万 IDR	-	-	-	-
運転費	② 燃料代 5 千 IDR/kg 消耗品等 5 千 IDR/kg	燃料 20L/hr	-	燃料 30L/hr	燃料 16L/hr	燃料 670,000I DR/hr
維持保守	② 1 か月/年、700 百万 IDR	-	-	-	-	-
飛灰処理	3.5 百万 IDR/ドラム	-	4 百万 IDR/ドラム	17,000 IDR/kg	30,000IDR/kg	-
その他	① 許認可申請中	・ 温度は 1,200°C昇温 後降温し 400-500°C 維持 ・ 未燃物有り [試運転 後、許認可待ち]	病院諸事情により入院 患者が少ない状況で、 炉の稼働率も月 1 回程 度	病院独自で維持管理 も実施、運転に高い 意欲	技術的援助もなく、 運用コストも高いた め職員は運転に後ろ 向き	スクラバーの故障、 数度の落雷などに よ り廃炉を決定

\*病院 1 は、①を新しく導入、②は旧炉で 2 年間運転、維持保守費が高く 3 年目に保健省より予算が出ず廃炉



写真 6 病院 1 の焼却炉①



写真 7 病院 2 の焼却炉



写真 8 病院 3 の焼却炉



写真 9 病院 4 の焼却炉



写真 10 病院 5 の焼却炉

## 4. 廃棄物の組成、性状等調査

### 4.1 調査の目的・方針

焼却炉の設計には、投入廃棄物の発熱量や組成などの設計値を定めなければならない。そのためには実廃棄物を分析してこれらの数値を整理し、均一に混合された仮定の下各投入量に応じた加重平均値を算出し、変動幅を考慮しながら設計値、最小値と最大値を決定する。実際の運用段階では受入前に廃棄物を分析し、仕様に準拠する数値となるよう受け入れ量、頻度を計画して搬入、焼却炉へ投入する。

本事業では有害廃棄物を対象とするため、実分析をするには排出事業者の理解と協力が必要となる。本事業では COVID-19 の影響もあり、実施への訪問やサンプリングは調整が難航した。加えて 3.4.2 で事業対象となる北スマトラ州の有害廃棄物を整理したが、多岐にわたるため全ての廃棄物のサンプリング分析をすることは困難であった。

そこで、本調査では事業計画で重要となる廃棄物を選出し、文献調査と一部を可能な範囲でサンプリング分析した。

### 4.2 調査廃棄物の分類

下表に調査対象とする廃棄物を整理する。事業対象廃棄物として重要な 3 種類と確保が見込まれる排出先の廃棄物を対象とした。

表 20 調査廃棄物と選定の考え方

調査廃棄物	選定の考え方
1. 医療廃棄物	・ 処理単価が最も高く、事業計画上重要な位置を占める
2. 油脂化学産業	・ 北スマトラ州の事業対象とする有害廃棄物で多くを占める ・ 企業数も少ないため、関係性を築けば良い大口顧客となる
3. 石油スラッジ類	・ 事業計画案では約半分を占める廃棄物であるが、北スマトラ州の発生量調査では数量は小さい ・ ただし共同事業者が SKK Migas の廃棄物確保に力を発揮できる可能性があり、後述するが、他州の廃棄物も視野に入れた事業計画を考へる場合、整理しておくことが望ましい
4. INALUM 社廃棄物	・ 共同事業者の親会社であり、焼却対象廃棄物の確保が期待される

### 4.3 調査結果

#### 4.3.1 医療廃棄物

##### (1) 文献調査結果

医療廃棄物の低位発熱量 (Low Heating Value: LHV)、組成を文献から整理した数値を下表に示す。医療廃棄物は殺菌、無毒化の観点から焼却処理されることが一般的であるため、LHV

が測定されている。LHV は廃棄物によりバラツキが大きく、これはプラスチック製品の有無、おむつなどを含めた高水分廃棄物の有無の影響が大きいが、文献数値からは 3,000~4,000 kcal/kg 程度と考えられる。また塩化ビニル類が多い場合は塩素分も高くなり、排ガス処理や耐火物への影響を考慮する必要がある。

日本では専用のプラスチック容器に格納したまま投入されることが一般的だが、3.6.3 の荷姿の調査結果からも、ビニル袋に入った廃棄物を段ボール詰めしたものを焼却処理していると考えられる。そのためプラスチック容器が先行して燃焼し、そのあとに内容物が焼却されるような燃焼挙動にはならないと推測される。実運転時には、各病院の実情も把握した管理が望ましい。

表 21 医療廃棄物の組成など

出所	廃棄物種類	LHV	水分	灰分	可燃分	特記
		(kcal/kg)				
日本(2015) <sup>21</sup>	感染性(一廃)	2,410	31.4	18.0	50.6	分析値
	感染性(産廃)	3,520	6.4	35.2	58.4	
	非感染性(一廃)	3,430	15.5	11.6	72.9	
	非感染性(産廃)	2,870	15.3	9.8	74.9	
ポーランド <sup>22</sup> (2010)	医療廃棄物	4,400 ~4,800	-	-	-	実機の熱バランスから推計 55~70%がプラスチック
ドイツ(1987) <sup>23</sup>	医療廃棄物	3,800	-	-	-	焼却炉設計値

## (2) 現地調査

3.5 で記載したが、現地のヒアリング調査では点滴等のプラスチック容器・管と針が主な廃棄物とのことであった。医療廃棄物の取り扱いが厳しいため、実際の廃棄物をサンプリング・分析することは難しく、組成の定性的なヒアリングに留まった。これら組成は病院により変動はあると推測され、設計段階ではより詳細な検討をすることが望ましい。

### 4.3.2 油脂化学産業廃棄物

#### (1) 文献調査結果

3.4.2 で示した油脂化学産業廃棄物のうち、グリセリンピッチは文献調査で性状の一部を把握できた。同廃棄物はグリセロール化合物と遊離脂肪酸が大半を占め、無機塩が2割程度を含む。そのため有機炭素源としては良質な材料であり、肥料やメタン発酵に利活用する研究も進められているが、大規模にリサイクルされている事例は見られなかった。ボイラー利用などの文献が見られることから、埋立処分以外には、焼却や代替燃料用に混合されるなどで主に処理がされていると推測される。高位発熱量 (High Heating Value: HHV) は、3,000~4,000kcal/kg 程度と推測される。

また北スマトラ州の油脂化学産業由来の有害廃棄物では、2020年にグリセリンピッチに次

いで多く、2021年には200t/dを超過する大規模な量を排出している水処理汚泥の調査が望まれる。水処理汚泥は水分を多く含むため低位発熱量も低く、一般的に焼却が難しい廃棄物であるが、下水汚泥など量が多い廃棄物は減容化のために焼却処理をされることも多い。性状と現状の処理状況をまず整理する必要がある。

表 22 グリセリンピッチ・廃グリセリンの組成

文献	組成 (%)				粘度	pH	HHV (kcal/kg)	水分	灰分	硫黄分
	Glycerol	Diglycerol	Fatty Acid	Inorganic Salt						
① <sup>24</sup>	55-65	<10	<10	15-25	Gel 相当	>10				
② <sup>25</sup>							3,300			
③ <sup>26</sup>	53.18				48cSt(40°C)	9-11		18.79	2.795	
④ <sup>27</sup>					205.5SUS (100°F)		3,489	12.55	3.805	0.085

\*①②は Oleo Chemical、③はパーム・④は大豆のバイオディーゼル工程由来

## (2) 現地調査

3.5.3 に前述したが、COVID-19 により現地調査が難しく、廃棄物の確認や分析ができなかった。事業化の詳細検討時には、改めて再調査の実施を考える。

### 4.3.3 石油スラッジ類

#### (1) 文献調査結果

インドネシアの製油所にあるタンクスラッジの成分を表 23 に示す。製油所により固形分、油分の比率が大きく異なり、各製油所およびタンクで分析をして確認することが望ましい。

また石油スラッジ類は油田などの掘削で発生するものと石油精製工程や貯留などから発生するものと大きく異なると考えられた。表 24 では Field 由来 と Tank 由来 の各スラッジ分析値を示しており、掘削などで発生する Field 由来のスラッジは灰分が大半を占め、焼却による油分の除去は可能だが減容化は効果が低い。また表 25 には生産工程で発生するオイルスラッジと掘削場所で油に汚染された土壌の成分を示す。貯留場所からの流出なども含め、これら汚染土壌は非常に量が多くインドネシアで問題となっており、KLHK も重要課題として位置付けている。一般的な対策として、現位置でのバイオレメディエーションが用いられており、長い年月をかけた浄化方法となる。以上のように、無機分・灰分が多くを占めるオイルスラッジは、焼却以外の処理方法も含めて総合的な対策が必要となる。

一方、精製工程や貯留工程から発生するオイルスラッジは、遠心分離などにより油分を回収し、その残渣をセメントキルンで燃焼する方法や固化による埋立処理などがされている。物理的および経済的な面からの油分回収可否と合わせて、焼却処理の検討が必要になると考



表 23 オイルスラッジ (タンクスラッジ) の分析結果<sup>11</sup>

分析項目	Plaju 製油所 (南スマトラ州、スマトラ島)		Cilacap 製油所 (Cilacap 州、ジャワ島)	特記/分析方法
	Dry	Wet		
水分 wt%	20.9	28.1	22.7	分析結果から導出 成分仮定値
固形分 wt%	40.8	16.3	2.5	
油分 wt%	38.3	55.6	74.8	
C wt%	36.4	44.0	62.2	ASTM D 5291
H wt%	4.38	6.58	8.58	
N wt%	0.2	<0.1	<0.1	
O wt%	1.42	1.82	1.52	ASTM D 5622
S wt%	1.4	0.6	0.2	ASTM D 4239

表 24 オイルスラッジ (中国) の分析結果<sup>28</sup>

分析項目	Oil Field Sludge	Oil Tank Sludge	特記
水分 wt%	7.63	20.61	As-received
揮発分 wt%	14.57	41.59	
固定炭素 wt%	0.84	4.62	
灰分 wt%	76.96	33.18	
C wt%	16.89	58.97	Dry-basis
H wt%	2.32	9.14	
N wt%	0.16	1.21	
S wt%	0.53	1.91	
O wt%	2.60	4.67	
Fe ppmw	14,866	956	
Cu ppmw	22.55	2.36	
Ni ppmw	23.44	5.3	
V ppmw	20.28	18.54	
Na ppmw	164	620	
HHV(MJ/kg)	10.45	21.51	
油分 wt%	21.65	43.20	

表 25 オイルスラッジと油汚染土壌の成分<sup>29</sup>

分析項目	オイルスラッジ	油汚染土壌
密度 g/l	878.8	1024.5
粘度 cp	450	—
水分 %	2.61	4.50
固形分 %	35.63	73.8
油分(TPH) %	30~33	20~22
揮発性炭化水素 %	7.65	14.4
不揮発性炭化水素 %	54.61	9.5
有機炭素(乾燥重量) %	28.49	—

えられる。熱量という観点からは、表 24 の高位発熱量 (High Heat Value: HHV) 値より、仮に蒸発潜熱を 560kcal/kg として各水分量から試算すると、タンクスラッジで約 4 千 kcal/kg、Field スラッジで約 2 千 kcal/kg という低位発熱量となる。両者とも自燃ができ、一般的な産業廃棄物焼却炉の対象範囲といえる。

また表 26 は油質別のタンクスラッジ分析値を示している。油質により灰分、塩類などの濃度に差があるが、焼却処理では特に硫黄分の違いが排ガス処理へ及ぼす影響が大きい。タンクスラッジを受け入れる際は、油質と硫黄分に注意を払う必要がある。

表 26 油質別のタンクスラッジ (Bottom Sludge) 分析値<sup>30</sup>

分析項目	重質油 (Khafi 原油)	中質油			軽質油 (Zakum 原油)
		(Hout 原油)		(Upper Zakum 原油)	
密度@15°C g/cm <sup>3</sup>	0.8910	0.8906	0.9005	0.8741	0.8274
水分 vol %	2.8	8.9	14.0	2.4	<0.05
灰分 wt%	0.08	0.29	0.60	0.06	<0.01
V ppm	47	24	35	23	1
Ni ppm	26	7	9	10	<1
Salt as Nacl ppm	350	1,600	4,900	410	2
S wt%	2.56	1.58	1.51	1.71	1.04
N wt%	0.14	0.10	0.10	0.08	0.04

#### 4.3.4 INALUM 社

##### (1) 廃棄物のサンプリング

3.5.4 で前述した通り、INALUM 社は共同事業者との関係から、本事業の有望な顧客となりうる。焼却対象廃棄物を確認したところ、工場で発生する汚染繊維くずと水処理汚泥、廃油脂が挙げられ、これら廃棄物をサンプリングし、成分分析を実施した。



写真 11 汚染繊維(Kain Majun)



写真 12 水処理汚泥



写真 13 廃油脂

##### (2) 分析結果

ジャカルタの分析機関による分析結果を表 27 に示す。水処理汚泥は灰分が多い一方で炭素分は少なく、また高位発熱量も測定ができなかったことから、焼却に適さない可能性がある。非鉄工場であることから水処理汚泥の多くは凝集沈殿による無機物と推測され、焼却適否は更なる調査とヒアリングが必要となる。

また各廃棄物とも硫黄分は高くなく、排ガス処理設備への負荷は大きくないと推測された。汚染繊維と水処理汚泥で鉛の含有量、汚染繊維でクロムの含有量が高いが大きく問題となる水準ではないと考えられた。鉛、六価クロムの灰への移行を確認し、注意することが望ましい。熱量やその他物性も鑑みながら、投入を調整して処理することが考えられる。

表 27 汚染繊維・水処理汚泥・廃油脂の分析結果

分析項目	汚染繊維	水処理汚泥	廃油脂	特記
かさ密度 (kg/m <sup>3</sup> )	263.9	837.6	872.5	ASTM E 1109-86
粘度 25°C (cSt)	—	—	204.4	ASTM D 445
粘度 40°C (cSt)	—	—	87.76	
粘度 108°C (cSt)	—	—	10.19	
水分 wt% (v%)	18.15 wt%	46.66 wt%	4.2v%	Gravimetri ASDMD 95
灰分 wt%	9.54	37.47	0.077	ASTM D 189
C wt%	63.84	7.33	82.05	CHN Analyzer
H wt%	3.55	7.05	12.13	
N wt%	2.33	0.48	0.42	
O wt%	2.04	0.53	0.23	Calculated
S wt%	0.56	0.48	0.20	Sulfur Analyzer
As ppm wt	29.20	10.30	NA	XRF
Cd ppm wt	0.90	NA	NA	
Cr wt%	0.10	0.004	0.031	
Pb ppm wt	537.4	184.6	10.9	
Hg μg/kg	—	163.2	7.1	
HHV(MJ/kg)	19.13	—	42.27	

## 5. 現地政府・企業等との連携構築

### 5.1 中央省庁 (KLHK)

#### 5.1.1 DITJEN PSLB3 (廃棄物局)

北スマトラ州での焼却事業に関して意見交換を実施した。事業意義と可能性に理解を示した上で、リアウ州では石油・ガス産業の廃棄物が多く排出されており、それらを対象とすることが望ましいのではないかと示唆を受けた。特に同産業は固形・液状とまとめて一つの会社に処理委託をするので、焼却処理による一括受注の可能性が十分あるとの考えであった。

### 5.2 地方政府 (北スマトラ州)

#### 5.2.1 Environmental Agency (Dinas Lingkungan Hidup Sumatera Utara)

##### (1) 焼却処理事業について

有害廃棄物焼却処理施設の事業検討に対して非常に好意的な意見を示し、地方政府としてもメダンやデリスルダンなどの4地域を対象とした廃棄物処理施設計画はあるが、まだ進んでいない旨の情報を得た。大統領令 Nomor62/2011 において、上水や運輸インフラに加えて廃棄物処理施設の整備が政策として示されており、本事業がその一端を担うことへの期待が示された。また事業の成就には、地元の各関係者と良好な関係を築くことが最も重要であると助言があった。既に許認可を取得している企業と連携することで、許認可取得の時間や手間を削減するのもありうるとの示唆であった。

Nomor62/2011 の概要を以下に記載する。同大統領令は都市計画に係るもので、メダン、ビンジャイ、デリスルダン、カロの頭文字をとった MEBIDANAGRO として一体的に整備をするものとなっている。その中で、ゾーニング規制などに加えてインフラの改善が記載されており、廃棄物管理システムも含まれている。廃棄物の貯留所、中間処理、最終処分に言及がされており、3R を念頭にしたシステム構築を掲げている。一方、これら廃棄物は有害廃棄物と特定されておらず、一般廃棄物の記述である可能性もあり、今後確認が必要となる。

##### (2) SIRJA について

北スマトラ州では租税管理の番号より約 2.5 千の企業があるが、SIRAJA に登録しているのは約半分であり、さらに登録している企業の 10% は適正な入力報告をしていない状況である。またインターネットへの接続が難しい地域は SIRAJA への報告が難しいなど、技術的な問題もある。SIRAJA の登録をしていない企業は、紙で報告する事例もあるが間違いが多く、信頼性あるデータの取得は難しい。

また排出者、収集運搬事業者、処理事業者における計測状態が異なるため、数値が整合しないという問題も見られる。例えば排出者が廃棄物量で入力しても、収集運搬業者が容器込みの重量を入力するなどの事例がある。そうした数値の相違が累積されると、統計数値の信頼性が損なわれてしまう。

### (3) 政策・施設の監視などについて

KLHK の統合処理施設計画に関しては、何も詳細情報を得ていないとのことであった。また監視・モニタリングは許認可の発行主体が担うため、処理施設の監視は中央省庁が実施し、地方局とは連携や共有をしない。その他にも、地方局は中央省庁の政策に従うだけで地方政府としての廃棄物政策は特にないと発言もあり、地方と中央の連携は疎遠なようであった。



写真 14 Environmental Agency 外観



写真 15 Environmental Agency 討議状況

## 5.2.2 Health Agency (Dinas Kesehatan Sumatera Utara)

### (1) Health Agency の役割について

Health Agency は医療機関の調整・監督を担っており、医療廃棄物の取り締まりや統計情報の集計などは実施していない。病院や保健所など医療機関は、各自に廃棄物管理の義務があり、また SIRAJA の登録・入力をしなければならない。廃棄物の集計管理は KLHK が担うとの考えであった。

公共運営の病院は保健省 (Ministry) の予算配分、それ以外の医療機関は Health Agency の予算配分に医療廃棄物処理を頼っており、処理企業の選定は価格で決まるとのことであった。ただし実際の手続きや廃棄物管理に Health Agency の関与はなく、医療機関に報告義務もない。以上より、同 Agency と我々の連携は医療機関の実情調査や紹介などまでと考えられた。

(2) 焼却処理事業について

好意的な意見であり、20,000IDR/kg 未満の処理費として欲しいとの要望であった。



写真 16 Health Agency 討議状況

5.3 廃棄物収集・運搬企業(北スマトラ州)

5.3.1 収集・運搬企業数

北スマトラ州の収集・運搬企業は19社が確認されており、地域所在別の企業数を下表に示す。有害廃棄物の発生量で大半を占める Deli Serdang、Medan に集中していることが分かり、保管許可も取得している企業が Deli Serdang に2社存在する。調査団によるヒアリングの結果、Deli Serdang に立地する2社が他の収集・運搬企業とも連携して北スマトラ州の有害廃棄物収運市場で強い力を持つとのことであった。3.5 で前述した通り、多数の排出企業から発生する有害廃棄物の処理委託を受注するには、有力な収集・運搬企業との提携が必要である。特に処理委託単価も高い医療廃棄物を適正な管理のもとに収集するためにも、良好な関係構築が求められる。そこで、保管許可も有する有力な企業を含めた、収集・運搬業者に本事業との連携を含めたヒアリングを実施した。

表 28 有害廃棄物 保管・運搬業者<sup>31</sup>

行政区	会社数	業種
Simalungun	1	運搬
Deli Serdang	10	運搬(8)、保管・運搬(2)
Serdang Bedagai	—	—
Batu Bara	—	—
Kota Medan	6	運搬
Pematang Siantar	1	運搬
Kota Binjai	1	運搬

### 5.3.2 ヒアリング調査

#### (1) Sumatera Deli Lestari Indah (SDLI)

SDLI 社は 2011 年に設立し、2014 年より収集運搬許可を取得して同事業を開始、110 の Waste Code 別廃棄物を扱っている。8 棟の保管施設を保有し、医療廃棄物などの保管用の冷蔵庫も運用している。収集事業は子会社を含めた各社と連携して実施し、50 台の車両を持つ PT IndoStar Cargo とは強い連携関係にある。北スマトラ州での集荷取扱量は伸びており、Environmental Agency の監理も厳しくなっているようであった。

処理事業に係る連携について、同社は前向きな回答であった。処理施設での適正な処理が強く求められてきており、不適正処理のリスクがない企業と連携することはニーズと合致するようであった。

また同社は 2020 年 11 月に焼却処理の許認可を得ており、660kg/時能力、約 15t/d の焼却施設を運営している。そうした点からも今後はより具体的に、両社の相乗効果が得られるような連携方法を模索していく必要がある。



写真 17 SDLI 社 社屋入口



写真 18 SDLI 社 保管庫<sup>17</sup>





写真 19 SDLI 社 焼却炉<sup>17</sup>

#### (2) PT Pasific Limbah Indusutri (PLI)

PLI 社は 2021 年末に設立された新しい会社で、現在は 5 台の車両を有しており、収集の許認可取得中とのことであった。廃棄物処理業界で連携を希望する企業の支援をしており、関係各社と処理に関する契約を締結しているとのことである。同社は Deri Serdang に隣接する Serdang Badagai Regency に 80ha の土地を保有しており、他社と連携した活動を実施することが可能とも発言している。



写真 20 PLI 社との討議状況

#### 5.4 Sei Mangkei 工業団地

焼却炉を建設予定の Sei Mangkei 工業団地を調査した。同団地はプランテーション事業を担う国営企業の PT Perkebunan Nusantara III (Persero) が建設し、その子会社 KINRA (Kawasan Industri Nusantara Co.,LTD.) が運営している。Sei Mangkei 地域はパーム、ゴムのプランテーション産業が盛んであることから、Persero 社が開発を進めた背景となる。Sei Mangkei 工業団地は約 1.9 千 ha の面積を有し、2012 年に SEZ として認定されてから 2015 年より運用が開始されている。現状のテナント企業はパームオイルを活用するユニリーバや

食品工業数社のみである。空白区画は 200 以上あることから、今後の入居企業の増加と廃棄物処理需要の高まりが期待される。

KINRA と本事業に関する意見交換を実施した。KINRA は廃棄物処理施設の建設に対して歓迎しており、SEZ として優遇される許認可その他に関して助勢もあるとのことであった。事業実施の際の区画に関して南端の具体区画も提示しており、高い期待を抱いている。提案区画は現状開発が終了していない地域であり、整備の必要性があるが、数カ月で済む見込みとのことであった。また事業試算に必要な、工業用水や水処理、電気などのユーティリティ情報、単価などの情報も得ることができた。



写真 21 Sei Mangkei 工業団地入口



写真 22 整備中の用地



写真 23 KINRA との討議状況

## 6. 実現可能性の評価

### 6.1 事業採算性

#### 6.1.1 採算性評価の基礎条件

##### (1) CAPEX

CAPEX として施設建設の EPC 費用を下表に示す。施設の建設場所は Sei Mangkei SEZ の工業団地とし、関連用役の提供に問題はなく、良好な地盤環境と想定した。処理能力は 70t/日とし、現地の排ガス基準を十分満たす処理方式とした。

受入廃棄物の性状を決めることが現段階では難しいため、概算費用は JFE エンジニアリングの同種施設を参考に試算した。また Sei Mangkei 周辺企業から建設に係る見積も確認した上で、適正な水準を確認した。

表 29 CAPEX 概要

項目	摘要	費用（億円）
施設建設費	1. 処理能力 : 最大 70t/日 2. 施設面積 : 70m×80m 3. 炉形式 : キルン・ストーカ炉 4. 廃棄物投入: バンカー・クレーン方式 5. 排ガス処理: バグフィルタ・湿式処理	16.5

##### (2) OPEX

施設運転開始から 20 年間で事業期間として、290 日/年で 70t/日稼働した場合の OPEX を約 3.5 億円/年と試算した。CAPEX と同様に廃棄物条件が現段階では不明なため、同種施設を参考に計画した。用役や土地、人件費の単価は Sei Mangkei 工業団地の水準で検討した。

表 30 OPEX 概要

項目	摘要	費用（比率）
1. 人件費	運転人員、事務員、管理職、日本より SV 3 年派遣	26%
2. 用役・薬品費	排ガス用薬剤、電気、立上・立下燃料、重機燃料	26%
3. 主灰・飛灰処理費	最終処分場での処理費	20%
4. 維持・管理費	20 年運転の平均	18%
5. リース・賃貸	重機、土地	4%
6. その他・間接費	消耗品など	6%

### (3) 収益試算

#### 1) 基本条件

収益は処理委託費となり、処理量と処理単価により決定される。本事業では共同事業者との議論より 70t/日の処理量を当初計画としたが、北スマトラ州の統計値からは医療廃棄物が 20t/日程度、その他廃棄物が 50t/日程度であり、処理能力を満たすにはほぼ全量を集荷する必要がある。ただし統計値は発生量全ての有害廃棄物を計上できておらず、SIRAJA への登録企業件数を考えても実際はまだ相当量あると推測される。また、今後の海外計画展開案で後述する、隣接のリアウ州への事業地域拡大を考慮すると、70t/日を集荷できる可能性も十分にある。

一方、事業計画では処理量や処理単価を保守的に検討する必要がある。そこで、医療廃棄物 15t/日、その他の有害廃棄物 55t/日を標準ケースとして、各数量を変化させた感度分析を行うことで事業採算性を評価することとする。

また処理単価は 3.7 で整理したように、廃棄物種類により幅を持った数値となるため、幅のあるものは保守的な観点より低い数値と中間値の 2 ケースで試算することとした。その他廃棄物は、3.4.2 で示した発生量割合で加重平均をした単価を用いることとした。加重平均としたため、結果としてその他有害廃棄物の処理単価はほぼ同じ数値となり、ヒアリング調査結果でもおよそ一般的な相場単価とされた 4 千 IDR/kg に近い数値となった。

運転日数は産業廃棄物焼却炉の運営実績より、290 日/年を標準ケースとする。ただし、3.2 で述べた通り 2 次燃焼室の温度条件が高温を求められる場合、メンテナンス頻度の増加によって運転日数が削減される可能性がある。本検討では、現地の実事例より温度条件が厳しくなることはないと仮定し、290 日/年を標準に検討を進める。

表 31 収益試算の条件

項目	運転日数	処理廃棄物・処理量		処理単価(IDR/kg)	
				安値	中間値
標準ケース	290 日/年	医療廃棄物	15t/日	70t/日	10 千
		その他有害廃棄物	55t/日		3.6 千
					14 千
					3.7 千

#### 2) CAPEX の減少と採算性のある平均単価

現地調査より、新規焼却炉の建設・稼働が確認されるなど、事業環境は今後厳しくなることも予想される。小規模なバッチ炉で排ガス設備も不十分なものと比べ、適正処理という観点で我々の焼却炉設備は優位性を持ちうるとも考えられるが、処理単価は競合環境における最も重要な要素となる。処理単価が上述の試算条件より下落する可能性も、競争の過程において十分考えられる。

そこで、CAPEX の計画数値を減少させた場合、採算性のある平均単価がどの水準となるかを確認し、その減少目標を確認しておく。CAPEX の減少には設備補助や、事業性の試算では

優遇金利の獲得など代理的に実現することも視野に入れることができる。平均単価の評価は、上述の一般的な有害廃棄物処理単価 4 千 IDR/kg を目安に評価する。

### 6.1.2 採算性評価

#### (1) 試算・評価条件

採算性評価におけるその他の試算条件は、以下の通りである。評価基準は事業期間の EIRR を当社の基準値以上とした。

- ・事業期間 : 運開後 20 年間
- ・資本：融資 = 3 : 7、融資金利 6%、運開後 10 年返済

#### (2) 基本条件と感度分析の結果

6.1.1 の検討結果を元に、採算性を評価した結果を下表に整理する。EIRR が当社基準以上となる処理量の組み合わせを○とした。これより、以下のことが指摘される。

- ・医療廃棄物が全く集荷できない場合は、事業採算性はない
- ・中間値のケースでは、必要なその他有害廃棄物の集荷量は幅広く、競争環境をみながらなるべく高い処理単価を獲得する方策を模索すべきである
- ・医療廃棄物の処理単価が安くなった場合は、その他有害廃棄物を多く集めることで採算性を確保できるが、医療廃棄物の集荷量が少ないとその要求量は大きくなる

表 32 中間値の単価ケース

医療	その他有害廃棄物											
	70t/d	65t/d	60t/d	55t/d	50t/d	45t/d	40t/d	35t/d	30t/d	25t/d	20t/d	15t/d
15t/d	—	—	—	○*	○	○	○	○	○	○	○	×
10t/d	—	—	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×
5t/d	—	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×
0t/d	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

\*標準ケース

表 33 安値の単価ケース

医療	その他有害廃棄物											
	70t/d	65t/d	60t/d	55t/d	50t/d	45t/d	40t/d	35t/d	30t/d	25t/d	20t/d	15t/d
15t/d	—	—	—	○*	○	○	○	○	×	×	×	×
10t/d	—	—	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×
5t/d	—	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
0t/d	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

\*標準ケース

いずれの指摘事項も当然のことではあるが、改めて事業計画の目標水準を確認することができた。医療廃棄物の処理単価と集荷可能量の見極めが最も大事であり、加えてその有害廃棄物の潜在量をしっかり把握していくことが求められる。

### (3) CAPEX の減少検討

CAPEX の減少率に応じた、事業採算性を持つ平均単価を下表に整理する。その有害廃棄物の一般目安単価 4 千 IDR/kg と比較し、以下のことが指摘される。

- ・ 55t/d 以下の集荷量では、4 千 IDR/kg を超える平均単価が求められる
- ・ 70t/d の集荷が可能であれば、10%以上の削減率で表 29 に示した加重平均単価以下の単価で事業採算性を持つことができる
- ・ 30%の削減率が達成できれば、60t/d の集荷で 4 千 IDR/kg となる
- ・ CAPEX の削減率を 30%にしても、表 18 に示した水処理汚泥の処理単価まで下げるとは難しく、医療廃棄物がない場合に水処理汚泥を中心に引き受けることは事業上厳しい

表 34 CAPEX の減少率と採算性のある平均単価

	70t/d	65t/d	60t/d	55t/d	50t/d
10%削減 (1.65 億円)	3,750IDR/kg	4,000IDR/kg	4,375IDR/kg	4,750IDR/kg	5,250IDR/kg
20%削減 (3.3 億円)	3,563IDR/kg	3,875IDR/kg	4,188IDR/kg	4,563IDR/kg	5,000IDR/kg
30%削減 (4.95 億円)	3,438IDR/kg	3,688IDR/kg	4,000IDR/kg	4,375IDR/kg	4,813IDR/kg

## 6.2 環境負荷低減効果

### 6.2.1. 廃棄物の適正処理

本事業により最大で約 2 万トン/年 (70 トン/日、稼働日数 290 日) 相当の有害廃棄物の適正処理を実施し、焼却処理により 90%以上の減量化を図ることができる。尼国では有害廃棄物の発生量が増加しており、不適正な処理がされている懸念がある。本事業運営により、有害廃棄物の適正処理推進に貢献できると考えられる。

また医療廃棄物については、COVID-19 の影響により排出量が現在急増している。本事業を通じた適正処理は、将来的なパンデミック対策としても有効に位置付けることができる。

### 6.2.2. 温室効果ガス排出削減

#### (1) 運搬時の排出削減

スマトラ島における有害廃棄物の処理施設が不足していることから、有害廃棄物は処理施設のあるジャワ島へ輸送、処理されている。本事業の実施により、有害廃棄物の輸送距離が

低減され、燃料使用量の削減とそれに伴う CO<sub>2</sub> 排出量の削減が可能となる。

有害廃棄物により発生場所や輸送経路が異なるため、Medan から Bogor の処理施設へ航路を利用した場合と陸路を基本とした場合を仮定して検討した。処理量を 6.2.1 の記載の通り、最大 2 万 t/年と仮定し、下表のとおり試算した。その結果、最大約 1 千 t/年から 6 千 t/年の CO<sub>2</sub> 削減が見込まれた。

表 35 廃棄物の運搬

No.	輸送経路	距離	原単位 <sup>32</sup>	CO <sub>2</sub> 量 <sup>33</sup>
1	Medan – Cilegon Port 航路	1,600 km	0.039 kg-CO <sub>2</sub> /トンキロ <sup>*1</sup>	1,248 t
	Cilegon Port – Bogor 陸路	150 km	0.173 kg-CO <sub>2</sub> /トンキロ <sup>*2</sup>	519 t
2	Medan-Bogor 陸路	1,950km	0.173 kg-CO <sub>2</sub> /トンキロ	6,747 t
3	Medan-Sei Mangkei 陸路	150 km	0.173 kg-CO <sub>2</sub> /トンキロ	519 t
No.1-No.3				1,248 t
No.2-No.3				6,228 t

\*1: 内航船舶の数値, \*2: 営業用普通車の数値, \*3: 2 万 t/年を仮定して計算

## (2) 廃棄物発電の検討

温室効果ガスの削減として、図 4 に示したように焼却炉の排ガスからボイラーで熱回収し、蒸気タービンによる発電をすることでグリッドからの電力使用量を削減することが考えられる。また余剰電力を売電することによりグリッドの電力使用量を削減し、温室効果ガスの削減に資することが可能となる。

処理量 70t/日、過去の有害廃棄物焼却炉の設計実績より廃棄物低位熱量を 13MJ/kg と仮定した場合、1.4 MW の発電設備が設置可能と見込まれた。ベースラインを焼却施設の消費電力をグリッド使用とし、廃棄物発電により消費電力を自給し、余剰電力をグリッドに売電するケースと比較して削減量を検討した。290 日/年の稼働日数とすると、下記の通り約 4.6 千 t/年の CO<sub>2</sub> 削減量が見込まれた

$$1.4\text{MW} \times 24\text{h/日} \times 290 \text{日/年} \times 0.473 \text{ t-CO}_2/\text{MWh}^{33} = 4,609\text{tCO}_2/\text{年}$$

ただし経済性を鑑みた場合、事業性が認められる水準となるには、二国間クレジット (JCM) 設備補助金を受け、現地の買電単価と近い水準で売電が必要となる。また現地での電力託送費用や周辺地域で買電をする企業との契約など、検討しなければいけない課題は多い。更なる具体検討には、工業団地管理会社や入居企業の状況、ニーズなどを把握する必要がある。



## 6.3 社会的受容性

### 6.3.1 施設の立地地域

本事業は、有害廃棄物の適正処理を通じ、現地社会の安全安心をもたらすものであり社会的受容性の高い事業と考えている。一方、廃棄物処理施設は NIMBY (Not In My Back-Yard) として立地周辺の関係者の理解が得られないことも多い。

本事業は周辺に居住する住民がない、広大な工業団地内での建設、操業を計画している。3.2.2 (2) 2) に前述した通り、工業団地管理会社は有害廃棄物処理に関する AMDAL を有しており、立地場所での社会的受容性は問題ないと考えている。工業団地には Oleo Chemical の企業など入居しており、工業団地内に有害廃棄物処理施設ができることは歓迎されると考えている。

### 6.3.2 政府・自治体

3.2.3 に前述した通り、KLHK は全国的にも不足している、有害廃棄物処理施設の積極的な整備を計画している。特に医療廃棄物の処理施設の不足による不適正処理は懸念しており、COVID-19 による医療廃棄物の増加も大きな課題となっている。そうした点に本事業は貢献することが可能であり、政府のニーズと合致する。また北スマトラ州も含めた、各州自治体も KLHK の政策に則り施設整備を進めようとしており、社会的受容性が高いと考えられる。

## 6.4 事業化における課題等

### 6.4.1 有害廃棄物の確保

#### (1) 収集地域

本事業は北スマトラ州を対象として、現在の有害廃棄物の発生量や処理単価を調査した。感度分析の結果、条件により十分事業性を見込めることは判明したが、6.1 で記載した通り、70t/日規模の施設計画の集荷は現状の統計数値からはハードルが高く、収集地域の拡大などを含めた対応策が必要である。また収集運搬企業との連携など、確実な収集先の囲い込みが事業の安定性に課題となる。

施設の処理能力を減少させることも一つであるが、規模の効率性を鑑みると大きな能力の方が採算性は有利である。そうした点から、5.1 で KLHK より助言もあった通り、北スマトラ州と隣接するリアウ州を対象地域に含めることが考えられる。3.1.2 に整理した通り、リアウ州は北スマトラ州と同程度の経済規模を持つ州であり、ジャワ島への運搬・処理と比較しても十分競争力のある地理的条件と考えられる。

#### (2) 体制構築

3.5 および 5.3 で前述した通り、有害廃棄物の確保には現地で収集運搬をしている企業との連携体制を構築することが必須となる。北スマトラ州で有力と考えられる収集企業と協議したが、連携には前向きであり、今後より具体的な条件など討議する必要がある。6.1 で検討し

た通り、医療廃棄物をどれだけ集められるかが重要な点であり、特にその確度を高めることが事業性の判断に重要となる。

#### 6.4.2 焼却施設の仕様

##### (1) 二次燃焼室温度

3.2 で前述した通り、医療系廃棄物との混焼処理をする場合、二次燃焼室で高い温度帯を要求される懸念がある。日本では廃棄物焼却炉として 1,200°C以上の高温維持をすることは通常なく、ガス化溶融炉など異なる技術体系に類する仕様となる。そのため炉壁の仕様変更や溶融物の付着除去の検討など、焼却炉には通常含まれない検討事項が求められ、採算性に影響を及ぼす。今後、事業が具体化する段階となった際には、改めて KLHK の担当部署と協議をして変更の余地を探る必要がある。

##### (2) 処理廃棄物の組成

焼却炉の設計には、処理対象物の熱量や化学組成を規定する必要がある。統計情報と現地調査により、廃棄物の種類や発生源の整理が進んだが、具体的な廃棄物の分析値と投入廃棄物の均質な数値幅を検討する必要がある。上述の有害廃棄物の確保と関係するが、各有害廃棄物の搬入量とその頻度や確度を、収集運搬を担う企業とすり合わせ、現実的な計画作成を進めていかなければならない。

##### (3) 保管と搬入計画

上述とも関係するが、焼却炉の安定稼働にはなるべく均質な組成、性状の廃棄物を連続的に投入できることが望ましい。そのためにも収集計画と調整し、搬入量や頻度の変動が大きい廃棄物は余裕を設けるためにも、一定量保管できることが運転上望ましい。排出業者の排出状況と収集頻度の希望を取りまとめ、各廃棄物の処理計画を検討しながら、必要な保管仕様を考えていく必要がある。

#### 6.4.3 焼却灰の処分

焼却灰を処分可能な最終処分場は、現状ジャワ島にしかない。そのため焼却主灰および飛灰は、ジャワ島にまで運搬する必要があり、事業運営上は大きな費用となる。後述する、共同事業者が建設中の処分場での処分や、スマトラ島に建設予定の統合処理施設への運搬も考えられるが、そうした新たな処分場の動向とスケジュールを確認しながら進める必要がある。

## 7. 今後の海外計画展開案

これまでの調査、検討結果を踏まえて有害廃棄物の収集地域の拡大や政策連携などにより、廃棄物量の増大と確保を狙い事業化の実現を図りたい。これまで得た情報を以下に整理し、海外展開計画案の見直しを行った。

### 7.1 計画案の概要

今後の事業実現に向け、(1) 北スマトラ州に隣接するリアウ州の廃棄物処理受託の検討、(2) 廃棄物処理施設整備の政策連携の可能性を模索し、事業性を見込める廃棄物量と処理の確保、体制を見込めるようにする。

また共同事業者が兼ねてより検討している、(3) リサイクルを含む統合処理施設との整理も本事業の実現に必要な検討項目となる。

#### 7.1.1 事業対象地域と廃棄物集荷量の拡大

##### (1) リアウ州の現況

##### 1) 産業構成など

リアウ州はスマトラ島の中で最も GDP が大きい州で、北スマトラ州とほぼ同等である。一方人口は北スマトラ州の半分以下であり、人口に由来する産業より石油採掘を主とした産業で GDP を生み出している。その他の産業構成は北スマトラ州に近くパーム油関連、ゴム・樹脂、紙・パルプ産業などが主力産業である。

表 36 リアウ州の産業別 GDP (兆ルピア)<sup>34</sup>

	産業種	2014	2015	2016	2017	2018	平均比率
1	鉱業・採掘(石油)	268.82	201.797	191.97	182.69	210.11	30%
2	製造業	141.87	155.686	168.24	178.83	185.24	24%
3	農林水産業	133.55	144.2	156.23	165.93	169.49	22%
4	建設	45.44	51.673	57	61.7	66.92	8%
5	自動車販売・修理	52.87	57.953	63.96	69.03	74.07	9%
6	輸送・倉庫	4.46	5.185	5.64	6.04	6.43	1%
7	宿泊・飲食	3.16	3.342	3.61	3.82	4.06	1%
8	通信・IT	3.54	1.077	4.37	4.75	5.11	1%
9	金融・保険	5.43	5.665	6.14	6.25	6.79	1%
10	不動産	4.6	5.405	5.79	6.09	6.4	1%
11	地方行政	9.25	10.077	10.39	10.67	10.94	1%
12	その他(インフラ, サービス, 教育, 社会活動他)	6.36	7.676	8.35	9	9.73	1%

## 2) 有害廃棄物発生量(2018～2021)

### ① 総量

2018～2021年の統計値を整理する。2020年は有害廃棄物の総発生量が127百万tと非常に大きい、そのほかの年度は1～4百万t/年である。ただしこのうち有害物汚染廃棄物(Waste Code: A108d)が大半を占め、同廃棄物を除くと2020年も他の年度と近い水準となる。北スマトラ州と比較した場合、上位3種類の廃棄物を除いたその他廃棄物量はほぼ同等であるが、最も多い廃棄物が非特定産業からの有害物汚染廃棄物であることは特徴的である。リアウ州の産業構成から考えても、これは石油関連産業から発生していると推測されるが、焼却対象物であるか、現状の処理方法がどうなっているかなど、今後の調査より明らかにする必要がある。仮に焼却対象廃棄物が一定量含む場合、本事業にとって大きな需要となりうる。

表 37 リアウ州の有害廃棄物発生量(2018～2021)

項目	2018年		2019年		2020年		2021年	
	十万t/年	t/日*	十万t/年	t/日*	十万t/年	t/日*	十万t/年	t/日*
有害物汚染廃棄物	2.2	0.6千	5.0	1.4千	1,245	341千	24	6.6千
飛灰・主灰	4.1	1.1千	5.4	1.5千	5.7	1.6千	6.7	1.8千
活性白土	1.3	0.4千	1.4	0.4千	12.7	3.5千	4.1	1.1千
その他	2.2	0.6千	4.3	1,2千	4.6	1.3千	4.2	1.2千
総計	9.8		16.1		1,268		39	

\*t/年の数値を365日で除した

### ② 特定産業からの焼却対象廃棄物発生量(2018～2021)

特定産業からの焼却対象有害廃棄物量を表38に整理する。排出事業者となる産業は北スマトラ州とほぼ同じであり、油田を有するため「石油掘削等」が追加されているのが特徴的である。総量は69t/d～516t/dと変動は大きい。石油掘削等から排出される残留物・汚泥が4.3.3で整理したような灰分が多く占める無機物の場合、焼却による減容効果は薄いため、仮に本廃棄物を除外すると21t/d～142t/dとなる。2018年はSIRAJAの登録企業数が少なかったなど数量が過少と仮定すると、49t/d～142t/dとなる。これは北スマトラ州の特定産業からの対象廃棄物として見込まれた約40t/d～60t/dと同等から2倍程度となる。

感染性廃棄物は1.2t/d～12.5t/dと北スマトラ州より小さい数字である。これはリアウ州の人口が北スマトラ州の約1/3と少ないことに起因すると考えられる。また2020年の発生量は低い但未処理割合は高く、これはCOVID-19由来と推測され2021年には改善している。

その他に量が多い廃棄物としてプラスチック・ゴム産業の水処理汚泥、石油・ガス精製の汚泥がある。これらの組成、現状処理方法や課題を調査し、事業対象物として確保できるか、更なる調査が必要となる。

表 38 特定有害産業廃棄物の焼却対象物発生量（リアウ州 2018～2021）

産業	廃棄物名	発生量				保管（未処理）			
		2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021
プラスチック・ゴム	水処理汚泥	0.0t/d	7.6t/d	<b>84t/d</b>	<b>39t/d</b>	0%	0%	0%	0%
石油・化学	生産・貯蔵からの汚泥	0.8t/d	2.0t/d	3.1t/d	0.0t/d	19%	25%	26%	19%
石油・ガス 精製	汚泥(製造工程,貯留)	4.3t/d	0.9t/d	<b>32t/d</b>	<b>31t/d</b>	2%	0%	52%	6%
	タンク残留物	0.5t/d	0.2t/d	0.1t/d	0.0t/d	41%	0%	0%	0%
	使用済み触媒	0.5t/d	2.2t/d	3.2t/d	0.1t/d	41%	30%	0%	0%
電気使用業種	汚泥(油処理,貯留)	0.0t/d	0.0t/d	0.0t/d	0.0t/d	0%	0%	0%	57%
石油掘削等	タンク残留物・汚泥	3.6t/d	2.2t/d	6.1t/d	6.4t/d	<b>95%</b>	<b>99%</b>	59%	0%
	製造工程残留物・汚泥	<b>47.5t/d</b>	<b>467t/d</b>	<b>205t/d</b>	<b>190t/d</b>	<b>98%</b>	<b>82%</b>	9%	0%
	溶液・フィルタ	7.0t/d	3.9t/d	1.0t/d	0.1t/d	<b>99%</b>	<b>99%</b>	95%	0%
医療機関	<b>感染性廃棄物</b>	1.2t/d	<b>12.5t/d</b>	<b>2.9t/d</b>	<b>7.6t/d</b>	46%	94%	75%	6%
	期限切れ医薬品	0.0t/d	0.0t/d	0.0t/d	0.0t/d	0%	0%	35%	2%
	期限切れ薬品	0.0t/d	0.1t/d	0.0t/d	0.0t/d	0%	0%	0%	0%
	水処理汚泥	0.0t/d	0.0t/d	0.0t/d	0.0t/d	0%	0%	19%	3%
研究所	期限切れ薬品	2.4t/d	<b>16.4t/d</b>	0.1t/d	0.1t/d	92%	99%	4%	0%
	サンプル残留物	0.0t/d	0.4t/d	0.1t/d	0.1t/d	13%	97%	69%	0%
油脂化学産業	グリセリンピッチ	0.0t/d	0.0t/d	8.4t/d	10t/d	0%	0%	0%	0%
	フィルタ残留物	0.4t/d	0.3t/d	0.6t/d	0.5t/d	0%	0%	0%	0%
	使用済み触媒	0.0t/d	0.0t/d	0.7t/d	0.8t/d	0%	0%	0%	0%
	<b>水処理汚泥</b>	0.4t/d	0.3t/d	0.9t/d	4.6t/d	0%	0%	0%	0%
印刷関係	期限切れ等材料・製品	0.0t/d	0.0t/d	0.1t/d	0.1t/d	0%	0%	0%	0%
総計		69t/d	516t/d	347t/d	289t/d				
石油掘削等の産業 からの 製造工程 残物・汚泥を除く		21t/d	49t/d	142t/d	99t/d				

### ③ 非特定産業からの焼却対象廃棄物発生量

総量が6百t/d～341千t/dと非常に大きく、これはほぼ有害廃棄物汚染物由来となる。北スマトラ州の調査と比較しても桁数が大きく異なる発生量のため、排出事業者を特定して具体的な廃棄物性状を確認する必要がある。石油掘削等の産業が盛んなことを考えると、これらの産業から発生していることが推測されるが、その場合無機物である可能性も高い。

有害廃棄物汚染物とリサイクルが主体と想定される油脂関係を除外すると、10～30t/dとなる。これは北スマトラ州の非特定産業からの事業対象物のおよそ倍程度となり、発生量比は特定産業における傾向と近い。

表 39 非特定有害産業廃棄物の焼却対象物発生量（リアウ州 2018～2021）

廃棄物名	発生量				保管（未処理）			
	2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021
研究所廃棄物	0.1t/d	0.2t/d	0.1t/d	0.2t/d	0%	10%	15%	4%
使用済溶液	0.1t/d	0.0t/d	0.0t/d	0.1t/d	0%	1%	0%	2%
有害廃棄物汚染物	<b>598t/d</b>	<b>1,382t/d</b>	<b>341,036t/d</b>	<b>6,520t/d</b>	7%	3%	0%	0%
使用済有害廃棄物保管容器	4.2t/d	12.5t/d	4.3t/d	8.2t/d	47%	52%	14%	43%
使用済油脂類	45t/d	36t/d	19t/d	9t/d	86%	50%	55%	10%
廃樹脂・イオン交換	0.4t/d	0.6t/d	0.2t/d	0.6t/d	0%	2%	0%	0%
水処理汚泥(工業用地)	1t/d	3t/d	4t/d	15t/d	19%	11%	0%	0%
使用済集塵フィルタ	0.0t/d	0.0t/d	0.1t/d	0.1t/d	9%	5%	5%	18%
使用済布・繊維類	4.1t/d	13.6t/d	1.7t/d	1.3t/d	82%	93%	20%	3%
総計	653t/d	1,447t/d	341,065t/d	6,555t/d				
有害廃棄物汚染物を除く	55t/d	65t/d	29t/d	35t/d				
使用済油脂類を除く	10t/d	30t/d	10t/d	26t/d				

事業対象廃棄物としては特定産業と非特定産業をあわせて 60～170t/d 程度あり、これは北スマトラ州より多く、同州と合計すると 200t/d 以上が期待される。ただし非常に数量が多いが状況は不明な廃棄物などは除外したため、より多くの廃棄物を事業対象とできる可能性も残っており、更なる調査が必要となる。

### 3) 地理的關係

リアウ州の市区構成を示した地図を以下に示す。離島も含めて 12 市区で構成され、州都は中央に位置する Pekanbaru である。主要産業の石油関連は赤字で示した 4 市区となり、加工業は南の市区および Dumai となる。

共同事業者が Duri に処分場を建設中であり、Duri から Sei Mangkei まで約 400km、Duri から Pekanbaru まで約 100km という位置関係となる。今後北スマトラ州とリアウ州を通る高速道路の建設が予定されており、そちらが開通すれば Sei Mangkei とリアウ州の交通は便利になると考える。高速道路が開通すれば 1 日で往復が何とか可能な範囲であり、廃棄物の収集範囲としては含むことができる。



図 16 リアウ州の市区構成<sup>35</sup>

#### 4) 有害廃棄物の輸送・処理企業

2019年のKLHK資料では、リアウ州で有害廃棄物に関する許認可を有する企業は、収集許可で2社、再利用1社、運搬4社、処理0社という状況である。廃棄物の種類・数量と北スマトラ州と比較して同等水準にあるが、収集・運搬企業は少なく寡占状態にあると推測される。リアウ州でもこうした力のある収集運搬企業と連携することで、確実な廃棄物確保が可能になると思われる。

#### 5) 共同事業者の処分場

現在、Duriに共同事業者は有害廃棄物の最終処分場を建設中である。共同事業者と本処分場の有効活用を議論しているが、今後の調査結果によっては、同処分場に隣接して焼却炉を建設することも考えられる。焼却灰の処理を考えた場合は隣接して運営する方が効率的であり、今後の廃棄物集荷範囲を見定めた上で検討することが必要である。また Sei Mangkeiで焼却炉を操業する場合も、リアウ州の廃棄物を同処分場で積替え保管することにより効率的な運搬を実現することも考えられる。

#### (2) 競合対応案（規模の拡大）

3.8および5.3.2で記載した通り、北スマトラ州とリアウ州に位置する競合する有害廃棄物の焼却施設は、病院保有施設を除くと現状24t/dと15t/d能力の2施設のみである。ただし不確かなものを含め、建設計画情報は多く、競合との対策を検討する必要がある。

リアウ州に対象範囲を広げた場合、更なる詳細調査は必要であるが、取扱量をより増やせる可能性がある。施設規模を大きくすると、それに応じて廃棄物処理量あたりの CAPEX や OPEX は小規模なものから相対的に減少することが一般的にできる。業者による変動は大きい、日本における産業廃棄物焼却費用は 2~3 万円/t (IDR 2,500~3,750 /kg) が一般的な価格帯である。<sup>36</sup>これは 6.1 に記載した、一般的な有害廃棄物処理単価 IDR4,000/kg を下回る。今後の経済成長に伴う廃棄物の増加や適正処理の需要拡大も見越し、焼却処理能力を計画の 70t/d より大きくすることで上述処理単価の実現をすることは、競合施設と大きく差異化を図れると考えられる。そのためには、現状の更なる需要調査と強固な収集体制の確立が求められる。

#### 7.1.2 国家・地域政策との連携

##### (1) KLHK の有害廃棄物統合処理施設整備 (PPP スキーム)

3.2.3 で記載した通り、KLHK では 2020 年から 2024 年までの中期計画として、有害廃棄物の統合処理施設の整備を検討している。2018 年には予備調査を実施し、2019 年には SK.247/MENLHK/PSLB3/REN.0/3/2019 および SK.6/PSLB3/SET/REN.0/4/2019 にて KLHK の Decree として PPP 検討チームと技術検討チームを発足して調査をしている。その成果として 2019 年 12 月にはメダンでパブリックヒアリングを実施し、各利害関係者より意見をまとめている。<sup>37</sup> COVID-19 により進行に影響は出ているが、基本計画 (Original Business Case : OBC) の作成は完了しており、利害関係者の意見聴取を経て財務省に最終計画案 (Final Business Case : FBC) が提出される予定である。

本計画は処分場、焼却炉、その他有害廃棄物処理設備を備えた統合処理施設として計画されている。インドネシアではこのような統合処理施設はジャワ島に立地する PPLI (PT Prasadha Pamunah Limbah Industri) <sup>38</sup>のみであり、同様の機能を備えた施設を各島に建設したいと KLHK は考えている。本事業でも様々な排出事業者や廃棄物業界の関係者にヒアリングをしたが、有害廃棄物の処理を担う中心はいずれも PPLI であるという認識であった。これは有害廃棄物を処分可能なクラス 1、2 の最終処分場を有している、インドネシア唯一の企業であるという強み大きい。その強みを活かし、PCB 処理や代替燃料製造などいくつかの中間処理設備を整備し、現在焼却施設の稼働を控えている。

こうした状況を分析すると、土地の確保や設計・建設の技術面に難易度のある有害廃棄物処分場を有することは、焼却灰の残渣処理を含めた有害廃棄物の一貫処理を実施することができ、廃棄物の集荷をより確実なものにできると考えられる。本事業で計画している焼却施設が KLHK の統合処理施設計画と連携、一体運用される可能性の模索をしたいと考えている。



### 7.1.3 リサイクル施設の統合

共同事業者は、焼却施設に加えて廃棄物のリサイクル施設の整備を検討している。既にジャワ島での塩化アンモニウム処理施設の操業、Duri での最終処分場の建設と進めているが、中長期的に焼却処理施設とリサイクルを含めた統合処理施設の整備を計画している。そのため Sei Mangkei で整備する施設としていくつかの構想を有しており、本事業にて焼却施設の検討を別途先行して進めたが、今後共同事業者の工程、構想とすり合わせながら調整する必要がある。これは共同事業者の親会社を含めた投資・事業判断が求められるため、次節の体制を含めて整理を今後進めていく。

### 7.1.4 事業計画案

当初の海外展開計画案では、北スマトラ州から発生する有害廃棄物を対象とした 70t/d 能力の焼却施設の整備・運営を計画していた。調査の結果、医療廃棄物を 10～15t/d 以上、その他の有害廃棄物と合わせて 40～60t/d 以上集荷し、現行の処理費水準の委託費であれば事業採算性を見込めそうだが、統計値を元にした現況の北スマトラ州からの発生量を考えると、その集荷量確保に課題が見られた。そこで、その対策案として集荷範囲の拡大や国・自治体の統合処理施設計画との連携などを検討した。今後は、以下の点をさらに詰めていくことで、共同事業者と事業投資の決定を模索していきたい。

1. 北スマトラ州での確保に向けた、収集運搬業者や排出事業者の調査・討議を継続
2. リアウ州の有害廃棄物の調査および収集運搬事業者との討議
3. 共同事業者と事業範囲、スケジュールを討議・決定
4. 国・地域の政策連携の可能性を整理、模索
5. 処理能力、対象廃棄物、場所などを含めた、最終的な事業計画の作成と投資判断

## 7.2 事業実施体制の構築

事業実施体制は、国・地域の政策と連携した事業および処分場運営の有無により大きく 2 種類に分類されると考えている。

### 7.2.1 焼却施設を中核とした廃棄物処理事業

有害廃棄物の収集地域を北スマトラ州に加えて隣接するリアウ州も対象とする。またその集荷を確実なものにするため、各地域に根差した収集運搬事業者と連携体制を構築する。その窓口や体制構築は共同事業者が主として担う。本事業体制構築により、安定した事業運営を可能とする廃棄物の収集体制を確立する。

また共同事業者が構想するリサイクル施設を、本焼却施設とどのように位置づけるか、今後協議を進めていく。具体的には、合弁会社でのリサイクル施設保有有無、焼却施設との連携論点の有無、整備スケジュール調整などである。焼却施設との連携については、例えば焼却事業の顧客から発生する廃棄物がリサイクル施設の対象物である場合、一体的に廃棄物を

管理・処理できると顧客満足を向上させることができる。また同じ敷地内に設置することで、リサイクル施設から発生する残渣物の焼却処理が容易になるなど、いくつかの相乗効果も期待される。そうした論点整理を進め、共同事業者と事業体制の合意を得ていく。



図 17 事業実施体制案 (焼却施設を中核)

#### 7.2.2 処分場を含めた統合廃棄物処理事業

前項で記載した事業に、処分場事業を加える案を検討する。上述の通り、有害廃棄物の最終処分場を保有することは廃棄物の確保に有利と考える。現在政府は北スマトラ州で処分場を含めた統合廃棄物処理施設を計画検討していることから、本事業で計画した焼却炉および共同事業者のリサイクル構想と統合して進めることは合理性を持つと思われる。インドネシア国内の焼却炉事例を見ても、小規模な炉で法規制の求める温度維持や排ガス基準などの順守が難しいと推測される設備も散見される。そうした点からも、ある程度の処理能力を求め、民間資金を活用したい政府計画に合致する焼却炉の提供は、政府としても好都合だと思われる。

また処分場の建設は JFE エンジニアリングに知見は薄く、現在建設を進めている共同事業者や経験のある建設会社の知見を活かして進める必要がある。前述した Duri に整備を進めている処分場の活用などを含め、政府の要望などを協議しながら、具体仕様を検討していく必要がある。その中で今回調査した廃棄物情報などを活用しながら事業採算性を見極め、共同事業者と投資判断を決定していきたい。

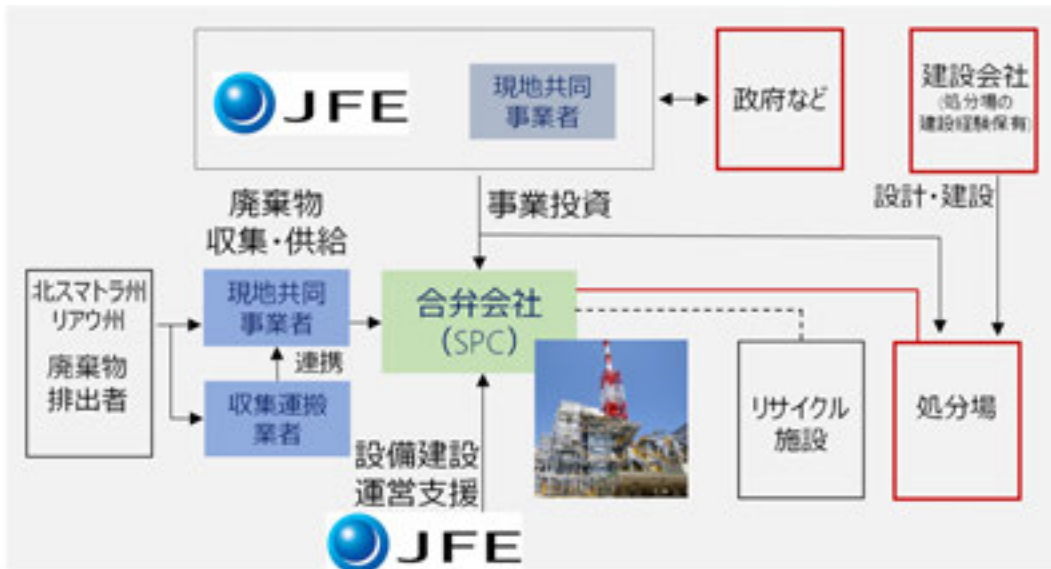


図 18 事業実施体制案（処分場を含む統合処理施設）

### 7.3 スケジュール案

2.5 に示した事業化スケジュールの修正案を下記に示す。2.5 から追記となった部分を橙色とした。全体的に 3 か月を追加しており、これは廃棄物集荷対象地域の拡大や事業範囲の討議など検討事項が増えたことを反映している。また KLHK の政策動向を見据えるため、2022 年に公表が予定されている FBC の項目を追加した。本事業で明らかとなった項目を踏まえ、更なる調査と討議をし、2023 年には事業の投資判断を決定したいと考えている。

	2022												2023					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
1.本調査事業	■	■	■															
2.事業実施条件に関する協議 －収集体制、リアウ州調査 －事業範囲の討議	■	■	■	■	■	■												
3. KLHK の統合廃棄物処理施設の FBC 公表	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
4.事業実施に関する基礎的合意 －事業範囲・工程・投資額等							■	■	■	■	■	■						
5.事業実施契約合意												■	■	■	■			

図 19 事業化に向けた修正スケジュール案

## 参照・引用文献

---

- 1 J&T 環境 川崎エコクリーンのパンフレットを加工
- 2 NHL 社ホームページ <https://nhl.co.id/>、パンフレットなど
- 3 外務省, インドネシア共和国基礎データ, <https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/indonesia/data.html>
- 4 白地図専門店のデータを加工, <https://www.freemap.jp/>
- 5 JBIC, インドネシアの投資環境, <https://www.jbic.go.jp/ja/information/investment/inv-indonesia201912.html>
- 6 Badan Pusat Statistik
- 7 KLHK, RENCANA STRATEGIS TAHUN 2020-2024  
[https://www.menlhk.go.id//site/download\\_file?file=1602776506.pdf](https://www.menlhk.go.id//site/download_file?file=1602776506.pdf)
- 8 環境省、産業廃棄物の排出及び処理状況等, <http://www.env.go.jp/recycle/waste/sangyo.html>
- 9 DITJEN PSLB3 のデータより
- 10 KLHK 資料による
- 11 JFE 環境, 2016, 平成 27 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務  
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 報告書
- 12 武田他, 感染性産業廃棄物の国内排出量の推計, 2011, 第 22 回廃棄物資源循環学会研究発表会
- 13 <https://klin-indonesia.com/>
- 14 KLHK, 2018, Roadmap for Hazardous Waste Management from Health Service Facilities
- 15 Ewesewes at id.Wikipedia 作成画像を加工  
[https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:Lokasi\\_Sumatra\\_Utara\\_Kota\\_Tanjungbalai.svg](https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:Lokasi_Sumatra_Utara_Kota_Tanjungbalai.svg)
- 16 Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara, 2020
- 17 SDLI 企業説明資料より
- 18 ANTARA NEWS, 2021/11/25  
<https://www.antaraneews.com/berita/2546873/fasilitas-pengolahan-limbah-di-kawasan-industri-medan-diresmikan>
- 19 PT Desa Air Cargo Batam WEB サイト <http://gamterjayagroups.com/desahome.html>
- 20 KLHK, 2021 <http://ppid.menlhk.go.id/berita/siaran-pers/6073/penanganan-limbah-medis-b3-covid-dengan-peningkatan-sarana-dan-sistem>
- 21 岸田他, 2015, 豎型ストーカ式焼却炉による医療廃棄物の焼却, 廃棄物資源循環学会
- 22 Janusz, 2010, Experimental Study of the Lower Heating Value of Medical Waste  
Polish J. of Environ. Stud. Vol. 19, No. 6
- 23 森, 1982, 欧州諸国における病院廃棄物処理の状況, 環境技術 vol.16 No.8
- 24 A A Nasarudin 他, 2020, Production of biofertilizer using Lactobacillus inoculants and glycerin pitch from oleochemical industry, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering
- 25 KIRUBAHARAN A/L MERAPAN, GLYCERINE PITCH FROM GLYCERINE CONCENTRATION PROCESS AS ALTERNATIVE FUEL FOR BOILER OPERATIONS, 2015
- 26 E. Nor Hidawati 他, Treatment of Glycerin Pitch from Biodiesel Production, 2011  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.680.2085&rep=rep1&type=pdf>

- 
- <sup>27</sup> R. Patzer, Stack Emissions Evaluation: Combustion of Crude Glycerin and Yellow Grease in an Industrial Fire Tube Boiler, 2007, [https://www.auri.org/wp-content/uploads/2020/01/Glycerin\\_Report\\_Final.pdf](https://www.auri.org/wp-content/uploads/2020/01/Glycerin_Report_Final.pdf)
- <sup>28</sup> Yafei Shen 他, 2016, Oil Sludge Recycling by Ash-1 Catalyzed Pyrolysis-Reforming Processes
- <sup>29</sup> Edwan Kardena, 2015, Petroleum Oil and Gas Industry Waste Treatment; Common Practice in Indonesia
- <sup>30</sup> 杉山他,1993, 原油備蓄タンクにおけるスラッジのたい積状況とその組成,石油学会誌
- <sup>31</sup> 北スマトラ州データ, 2018
- <sup>32</sup> 環境省, 2017, 地球温暖化対策事業効果算定ガイドブック<補助事業申請者用>C.輸送機器用
- <sup>33</sup> 二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金（二国間クレジット制度資金支援事業のうち設備補助）公募要領、別添4 別表 2-2 No.2
- <sup>34</sup> リアウ州, ANALISIS PERTUMBUHAN EKONOMI PROVINSI RIAU TAHUN 2019
- <sup>35</sup> Wikiwand より作成  
[https://www.wikiwand.com/en/File:Riau\\_Regency\\_Map.svg](https://www.wikiwand.com/en/File:Riau_Regency_Map.svg)
- <sup>36</sup> 例えば 国立環境研究所 発表資料 p12, 有害焼却 28 千円/t と言及  
[https://www.zensanpairen.or.jp/sanpai\\_zenkoku/images/h27/kaigaitenkai.pdf](https://www.zensanpairen.or.jp/sanpai_zenkoku/images/h27/kaigaitenkai.pdf)
- <sup>37</sup> KLHK PSLB3, 2019, <http://pslb3.menlhk.go.id/read/konsultasi-publik-penyiapan-proyek-kpbu-fasilitas-pengelolaan-limbah-b3-terpadu-di-regional-sumatera>
- <sup>38</sup> <https://ppli.co.id/>

リサイクル適性の表示：印刷用の紙にリサイクルできます

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料 [A ランク] のみを用いて作製しています。