

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
インドネシアにおけるセメントキルンを活用した
廃棄物の原燃料化事業

報告書

令和4年3月

太平洋セメント株式会社

はじめに

■背景と目的

インドネシアでは、世界第4位となる約2.7億人の人口を抱え、近年急速な経済成長を遂げている。一方で、急速な発展や都市部の人口増加に伴い廃棄物の発生量も急激に増加しており、廃棄物の適正管理や、廃棄物の埋立処分量の削減が喫緊の課題となっている。

2021年1月、当社とインドネシアの国営セメント会社の Semen Indonesia Group (SIG) と業務提携を行い、そのグループ会社の Solusi Bangun Indonesia (SBI) と資本提携を締結した。そこで当社では、当社がこれまでに培ってきた廃棄物のセメント再資源化技術を活用し、インドネシア現地における廃棄物のセメント燃料代替・原料代替事業の事業化可能性を検討することとした。本事業では、特に SBI 社が保有する2つのセメント工場（西ジャワ州ナロゴン工場、東ジャワ州トゥバン工場）を対象とし、セメント原燃料化のための設備導入による廃棄物の受入増大・CO2削減を目指して事業化可能性調査を実施した。

■調査結果

セメント生産における代替燃料として利用可能な廃棄物について調査を実施したところ、特に昨今インドネシアにおいて注目されている RDF について、利用先としてセメント産業が期待されており、十分量の回収可能性が見込まれることが明らかとなった。一方で、産業廃棄物（廃プラスチック、廃油、廃タイヤ等）については、調査先としてインタビューを実施した企業からは十分量の回収を見込むことは難しかった。ただし、インドネシアにおける固形廃棄物に関する法制度の動向調査からは、廃プラスチック等の容器包装のリサイクルや有効利用を推進する動きが確認されており、産業廃棄物に限らずこうした廃棄物を対象として視野に入れることで、事業化可能性が高まることが示唆された。特に、都市ごみ系の廃プラスチック等は賦存量も大きく、また適正な管理が社会課題ともなっていることから、大きなポテンシャルを有していると期待される。

今後の廃棄物収集量の想定をもとに事業採算性分析を行ったところ、採算性は、廃棄物の利用により使用量を削減することができる石炭の価格に大きく依存することが明らかとなった。事業の実施に伴う環境負荷低減効果については、代替燃料の利用により石炭使用量が削減され、ネット排出量、グロス排出量ともに CO2 排出量は削減されることが明らかとなった。インドネシアにおける社会課題として最終処分場の逼迫が大きな問題となっていることから、これに資する本事業の社会的受容性は極めて高いことが示唆された。

■今後の海外展開

事業の今後の展開として、インドネシア現地を訪問し、より詳細な調査を実施することで、事業化可能性の確度を高めていくことを想定している。特に事業化可能性に大きく影響する要素として、廃棄物の回収量や各種の単価（処理単価、石炭価格等）、導入設備の安定的な運転の実現可能性等については依然として不確実な部分も多いことが課題となっていることから、今後更なる精査を行う。これらの課題が解決できた段階で、事業化を判断する予定である。

Summary

■ Background and Objectives

Indonesia has a population of about 270 million, the fourth largest in the world, and in recent years has undergone rapid economic growth. The volume of waste generated has also been increasing rapidly in line with fast development and urban population growth. The tasks of ensuring proper waste management and reducing the volume of waste sent to landfills have become increasingly urgent.

In January 2021, we formed a business alliance with Semen Indonesia Group (SIG), Indonesia's state-owned cement company, and a capital alliance with its group company, Solusi Bangun Indonesia (SBI). We decided to study the feasibility of developing a local business in Indonesia that would use waste materials as alternative cement fuel and raw materials by utilizing our accumulated technology in the area of recycling waste materials. In this project, our feasibility study focuses in particular on two cement plants owned by SBI (Narogong plant in West Java and Tuban plant in East Java). The aim of the business would be to increase the intake of waste materials and reduce CO₂ emissions by introducing equipment for conversion to cement raw material and fuel.

■ Survey Results

We conducted a survey concerning waste materials that can be used as alternative fuels in cement production. The cement industry offers a promising target for RDF, which has attracted attention in recent years, particularly in Indonesia. It is clear that there is sufficient potential in terms of the collection volume that can be expected. On the other hand, it was difficult to anticipate a sufficient volume of industrial waste collection (waste plastic, waste oil, waste tires, etc.) from the companies interviewed as targets of the survey. However, a survey of regulatory trends relating to solid waste in Indonesia showed a shift toward promoting the recycling and effective use of containers and packaging such as waste plastic, suggesting an increased potential for commercialization if the use of such waste, not only industrial waste, is taken into consideration. In particular, materials such as waste plastics from municipal solid waste are generated in large volumes and their proper management has become a social issue. Therefore, this presents an area with major potential.

We conducted an analysis of the project's profitability, based on the assumed future waste collection volume. This indicated that profitability would be highly dependent on the price of coal, whose use can be reduced by using the waste materials. Regarding the effectiveness of the project in reducing environmental impact, it is clear that the use of alternative fuels reduces the amount of coal used, which results in reductions both in net and gross CO₂ emissions. In addition, the pressure on final disposal sites has become a major social issue in Indonesia, which suggests that there would be extremely strong public acceptance for this project.

■ Future Overseas Expansion

As for the future development of the project, we plan to visit Indonesia to conduct a more detailed survey that would increase the degree of certainty about the feasibility of this project. In particular, certain factors that greatly affect the project's feasibility remain uncertain. These include the amount of waste collected, various unit prices (processing unit price, coal price), and the feasibility of achieving stable operations at installed facilities. Therefore, further evaluation will be conducted soon. We plan to make a decision on commercialization after these issues have been resolved.

◆本報告書で用いる略語の正式名称及び日本語名称（アルファベット順）

略称	正式名称	日本語名称・定義
AF	Alternative Fuels	代替燃料
AR	Alternative Raw material	代替原料
B3	Bahan Berbahaya dan Beracun	危険及び有害物質。「B3 廃棄物」は危険・有害廃棄物を指す。
DKI Jakarta	Propinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta	ジャカルタ州都特別州
EPR	Extended Producer Responsibility	拡大製造者責任
GHG	GreenHouse Gas	温室効果ガス
KLHK	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan	インドネシア環境林業省
KPK	Komisi Pemberantasan Korupsi	汚職撲滅委員会
MSW	Municipal Solid Waste	都市ごみ
MURC	Mitsubishi UFJ Research & Consulting Co., Ltd.	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社
PLN	PT Perusahaan Listrik Negara	インドネシアの国営電力会社
PLTSa	Pembangkit Listrik Tenaga Sampah	廃棄物発電所
PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap	石炭火力発電所
RDF	Refuse Derived Fuel	一般廃棄物を主原料とする固形燃料
SBI	PT Solusi Bangun Indonesia Tbk	SIG グループのセメント会社
SIG	PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. (Semen Indonesia Group)	インドネシアの国営セメント会社
TCC	Taiheiyo Cement Corporation	太平洋セメント株式会社
TPA	Tempat Pembuangan Akhirnya	最終処分場

目次

1. 事業の目的・概要	1
1.1 背景と目的.....	1
1.2 実施概要.....	2
2. 海外展開計画案の策定	4
2.1 対象地域.....	4
2.2 処理対象廃棄物.....	5
2.3 利用技術.....	6
2.4 導入規模.....	8
2.5 事業実施体制.....	8
3. 対象地域における現状調査	9
3.1 現地法令・政策動向調査.....	9
3.2 廃棄物の発生及び処理状況.....	25
3.3 調査結果より判明した課題.....	39
4. 廃棄物の組成・性状等調査	41
4.1 分析方針・分析方法.....	41
4.2 分析結果.....	41
4.3 調査結果より判明した課題.....	46
5. 実現可能性の評価	47
5.1 事業採算性評価.....	47
5.2 環境負荷削減効果.....	57
5.3 社会的受容性.....	62
5.4 実現可能性の評価.....	64
6. 現地関係者合同ワークショップ等の開催	66
6.1 実施概要.....	66
6.2 開催日時及びプログラム.....	66
7. 今後の海外展開計画案	68
7.1 事業化に向けた今後の課題.....	68
7.2 課題を踏まえた今後の海外展開方向性.....	69
8. 現地政府・企業等との連携構築	71
8.1 現地パートナー企業との連携状況.....	71
8.2 現地政府との連携状況.....	71

1. 事業の目的・概要

1.1 背景と目的

インドネシアでは、世界第4位となる約2.7億人の人口を抱え、近年急速な経済成長を遂げている。一方で、急速な発展や都市部の人口増加に伴い廃棄物の発生量も急激に増加しており、最終処分場の逼迫や海洋プラスチックごみの発生が大きな問題となっている。こうした背景から、廃棄物の適正管理や、廃棄物の有効利用による埋立処分量の削減が喫緊の課題となっている。

2021年1月、当社とインドネシアの国営セメント会社の Semen Indonesia Group (SIG) と業務提携を行い、そのグループ会社の Solusi Bangun Indonesia (SBI) と資本提携を締結した。2019年のSIGのセメント販売量は37百万t/年で国内シェアの53%を占め、この販売量は日本国内のセメント需要量に相当する。本提携により、当社の資源、環境、建材事業におけるビジネスノウハウと、SIG社・SBI社が保有するセメント生産能力や国営企業としてのビジネスネットワーク等を結集させることで、インドネシアにおける持続的発展を実現できることが期待される。

そこで当社では、当社がこれまでに培ってきた廃棄物のセメント再資源化技術を活用し、インドネシア現地における廃棄物のセメント燃料代替・原料代替事業の事業化可能性を検討することとした。特に、インドネシアでは今後更なる経済成長に伴う廃棄物発生量の増加が見込まれることから、廃棄物のセメント再資源化技術へのニーズもより一層高まることが期待され、巨大なポテンシャルを有している。

SBI社はインドネシア国内に4か所のセメント工場を保有するが、本事業ではそのうちの特に2工場（西ジャワ州ナロゴン工場、東ジャワ州トゥバン工場）を対象とし、セメント原燃料化のための設備導入による廃棄物の受入増大・CO2削減を目指して事業化可能性調査を実施した。

1.2 実施概要

本事業では、以下項目について調査、検討を実施した。

(1) 海外展開計画案の策定

インドネシアにおいて、固形廃棄物のセメント原燃料化によるリサイクル事業について、事業計画案を作成した。また事業計画案には、対象地域、処理対象廃棄物、利用技術、想定事業規模、事業実施体制等を含めた。

(2) 対象地域における現状調査

事業の実現可能性を評価するために必要と考えられる以下の現状調査を実施した。

■現地法令・政策動向調査

インドネシアで施行されている廃棄物関連法令について調査を行った。特に固形廃棄物管理に関する近年制定された法制度について詳細に情報収集し、廃棄物のセメント産業における有効利用に関する政府の意向が把握できるよう整理を進めた。

■廃棄物の発生量調査

調査対象地域である西ジャワ州、東ジャワ州において、製造事業者を中心にヒアリング調査を実施し、現状の廃棄物の発生状況、処理状況、現状の課題等について調査を実施した。併せて、これら地域における廃棄物の賦存量について簡易的な推計を実施した。結果のまとめとして、回収に際しての課題等を整理した。

■事業採算性の検討に必要な調査

現地での事業採算性分析に必要な設備投資額やランニングコスト（設備導入費、原料調達費、石炭価格、人件費等）について、SBI社と協議の上で情報を整理した。

(3) 廃棄物の組成・性状等調査

本事業において収集対象とする廃棄物のセメント代替燃料としての適合性を判断するため、組成・性状調査を行った。インドネシアにおける製造事業者から排出された産業廃棄物（廃プラスチック・廃油）の組成・性状調査を行ったほか、市中発生品の廃プラスチックについても候補として可能性を検討するため組成・性状調査を実施した。

(4) 実現可能性の評価

■事業採算性

現状調査で得られた各種データのほか、現地で収集・処理を行う場合の廃棄物収集計画などを検討の上、事業採算性の試算を行った。ナロゴン工場、トゥバン工場で前提条件や導入設備が異なることから、それぞれ試算を行った。

■環境負荷低減効果

本事業で想定するセメント生産プロセスと、従来の生産プロセスを比較し、環境負荷低減効果として CO2 排出量削減効果を分析した。基本的な考え方としては、本事業で利用する燃料代替廃棄物が、化石燃料（石炭）を代替すると想定して試算を行った。

■社会的受容性

本事業の目指す方向性が、現地の社会課題やインドネシア環境林業省等による各種政策（特に廃棄物分野）の方向性と合致しているか否かの検討を行った。検討にあたっては、文献情報から現地政策方向性との合致を確かめたほか、現地で特に社会課題となっているバンタルグバン処分場について現地駐在員による現地視察を行い、その現状を確認した。

■実現可能性の評価

現状調査等を踏まえ、「事業化に十分な量の廃棄物調達・回収可能性」「廃棄物の性状およびセメント燃料としての利用可能性」「事業採算性」「環境負荷低減効果」「現地における社会的な受容性」の5つの観点から本事業の実現可能性を評価した。

(5) 現地関係者合同ワークショップ等の開催

当社および現地パートナー企業（SBI 社）とインドネシア政府の関係構築、また廃棄物処理問題にかかる現状の課題認識の共有、こうした課題に対してセメント産業から貢献できる内容の共有・議論を目的として、2022年1月26日に、関係者合同ワークショップをオンラインで開催した。

(6) 現地政府・企業等との連携構築

本事業化可能性調査および事業化に向けた検討を進めるため、SBI 社と頻繁に協議を重ね、関係を構築した。また、環境林業省、ジャカルタ特別州環境局、東ジャワ州環境局、トゥバン県環境局からは関係者合同ワークショップ（およびそれに付随する事前ヒアリング）を通じて関係を構築した。

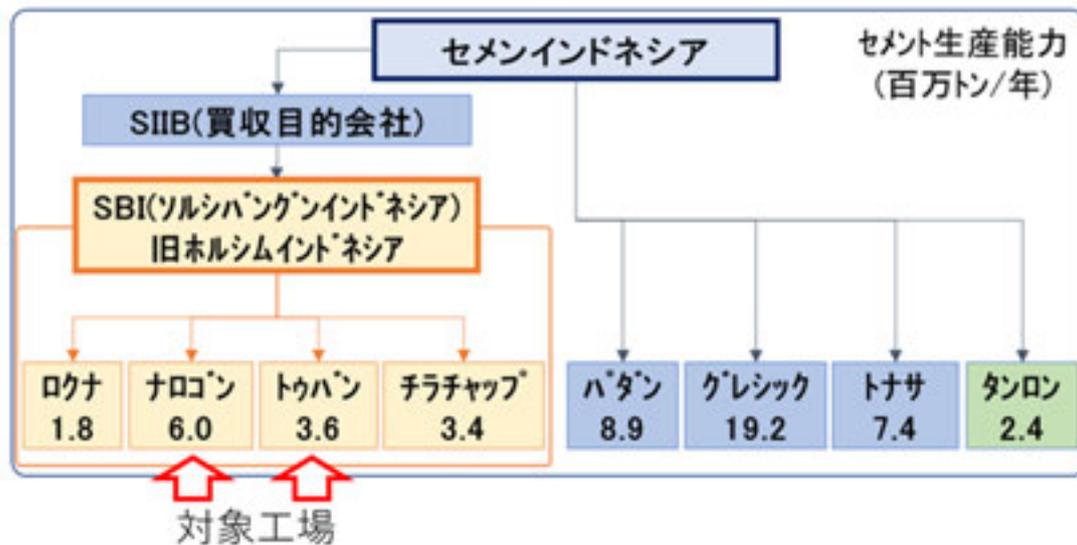
2. 海外展開計画案の策定

2.1 対象地域

本調査では、当社が資本提携を結んでいるインドネシア現地のセメント会社 Solusi Bangun Indonesia (SBI) 社におけるナロゴン工場とトゥバン工場で、廃棄物の原燃料化事業の事業化可能性を調査する。

2021年1月、当社とインドネシアの国営セメント会社の Semen Indonesia Group (SIG) と業務提携、そのグループ会社の Solusi Bangun Indonesia (SBI) と資本提携を締結した（2019年 SIG セメント販売量 37 百万 t/年、国内シェア 53%=日本国内のセメント需要量に相当）。SBI 社はインドネシア国内に 4 か所のセメント工場を保有するが、本事業ではそのうちの特に 2 工場（ナロゴン工場、トゥバン工場）での処理を中心に、セメント原燃料化のための設備導入による廃棄物の受入増大・CO2 削減を念頭に事業化可能性調査を実施した。

図表 1 SIG 社および SBI 社のセメント工場



図表 2 SIG 社および SBI 社のセメント工場所在地



2.2 処理対象廃棄物

対象とする予定の廃棄物は、セメント生産の代替燃料となる主に可燃性の廃棄物である。本事業で対象とする具体的な廃棄物としては、製造工場等から発生する産業系の廃プラスチックや廃油、使用済みのタイヤ等を想定した。そのほか、セメント原料として利用可能なその他の廃棄物（汚泥・石炭灰等）や、RDFの活用、市中にて発生する廃プラスチック等についても、インドネシア側のニーズや事業化可能性を調査しながら必要に応じて対象として検討した。

2.3 利用技術

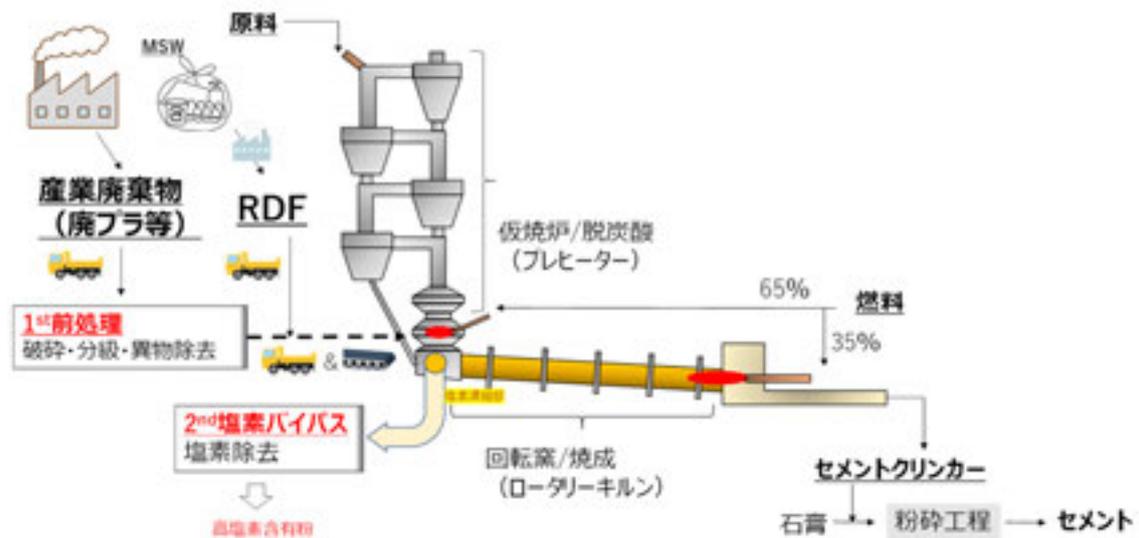
セメントは石灰石(カルシウム)、粘土(シリカ、アルミ)、珪石(シリカ)、鉄原料(鉄)を調合し 1450°Cで焼成したもの(クリンカ)と石膏を粉砕して製造される。焼成する際には、セメント 1t の生産に対して約 100kg の石炭を燃料として使用する。

現在、日本ではカルシウム、シリカ、アルミ、鉄を含む廃棄物(例えば石炭灰等)は基本的にはセメントの原料として利用しているほか、熱量を持つもの(例えば廃プラスチック等)は燃料になるとともに、燃えかすも原料として使用している。日本ではセメント 1t 当たり 400kg 以上の廃棄物、副産物を原燃料として使用しており、重要なリサイクル先となっている。

廃棄物等の使用割合を増やすための観点及び対応する主要技術としては、以下の 2 つのステップが想定され、本事業では、SBI 社のナロゴン工場とトゥバン工場を対象に、主にこれら技術の導入を念頭に調査を実施した。

- ①1st stage : 焼成炉に投入可能な状態にするための技術(形状、熱量、成分)
 - 前処理設備 (pre-processing)
- ②2nd stage : 忌避成分である塩素を除去するための技術
 - 塩素バイパス (co-processing)

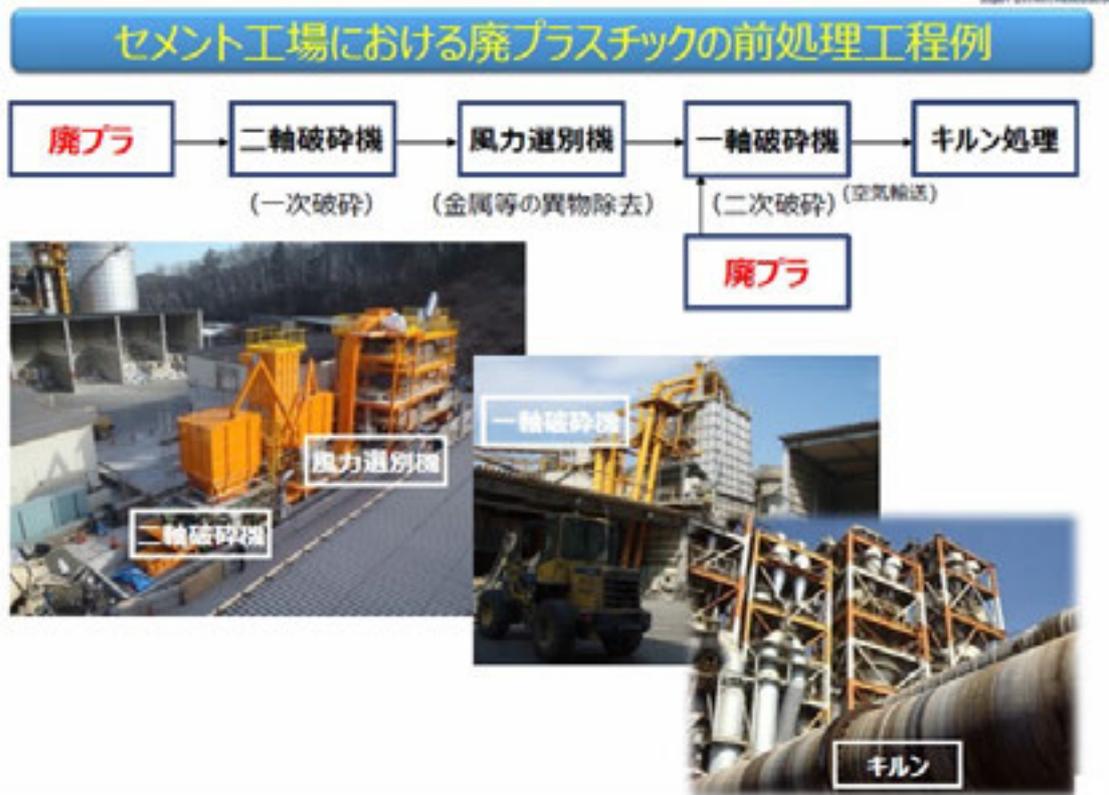
図表 3 利用技術と事業ステップ



(1) SBI 社トゥバン工場において想定される導入技術

SBI 社トゥバン工場では、そもそも化石エネルギー代替物として廃棄物を全く投入していない状況が予備調査により確認されており、前処理設備も設置していない。そこで本 FS において、まずはトゥバン工場に集荷可能な廃棄物を調査した上で、廃棄物の前処理に最適な破砕・分級設備を導入することを検討した。これにより、セメント生産における廃棄物利用・化石エネルギー代替が進展することが期待できる。

図表 4 セメント工場における廃プラスチックの前処理工程例



(出所) セメント協会 HP

(2) SBI 社ナロゴン工場において想定される導入技術

SBI 社ナロゴン工場では既に前処理設備が設置されていることから、焼成炉（キルン）に受け入れ可能な廃棄物をさらに増やすための技術導入を検討した。ナロゴン工場では既に廃プラスチック等を化石エネルギー代替物として活用しているが、投入する廃棄物の種類・量によっては、原燃料中の塩化物由来の化合物による炉内閉塞などのトラブルが発生する可能性がある。当社では、同課題への対応として、設備の系外に塩素を抽出する装置である「塩素バイパスシステム」を導入し、キルン操業安定化を図っている。SBI ナロゴン工場においても、同技術を導入することによって、同工場における操業が安定し、廃プラスチック等をはじめとした廃棄物（化石エネルギー代替物、原料代替物）の投入量・種類の更なる増加を図ることが可能となることが期待される。

また、当社が保有する一部のセメント工場では、廃プラスチック等に破碎・分級処理を行い、サイズ調整をした上でバーナーのあるキルンの前側（窯前/燃料吹込み側）から廃棄物を吹き込む技術を検討しており、これにより高い燃焼効率を実現できる。一方で、現在 SBI 社のナロゴン工場では、基本的にキルンの後側（窯尻/原料投入側）から廃棄物の投入が行われている状況であり、能力の限界が近いとともに燃焼効率が低い状況だと考えられる。今後、当社から同技術・ノウハウを活用することで、SBI 社のナロゴン工場においても燃焼効率が向上し、受入可能な廃棄物量の増加や、エネルギー使用量の低下が期待できる。

2.4 導入規模

現在、SBI 社全体において代替燃料としては 96,401 t/年の廃棄物を、代替原料としては 502,296 t/年の廃棄物を受け入れている。ナロゴン工場では、年間 16 万 t の廃棄物処理・代替燃料生産の処理能力（破碎機）を有している。本事業では、今後受け入れが増加することが見込まれる RDF の投入拡大を念頭に、当社が有する塩素バイパス技術の導入を想定した。

またトゥバン工場においては、現状前処理設備を有していないことから、年間 10~15 万 t 規模の処理能力を持つ前処理設備（破碎・選別・分級等）の導入および一部のセメントキルンにおける塩素バイパス技術の導入を検討した。

2.5 事業実施体制

既に当社と SIG 社およびその子会社の SBI 社とはパートナーシップの構築を目指す業務提携契約を締結しており、これら現地のセメント会社をパートナーとして事業を実施していく予定である。ただし、本 FS 事業を踏まえ事業化の目途が立った際には、SBI 社等との合弁企業（JV）を立ち上げることも視野に入れる。

また現地への処理設備の導入に関しては、施設建設を伴う実証等を経て立ち上げに至ることも検討し、その他必要資金については公的・民間金融機関からの借り入れ等によって賄うことも検討する。

3. 対象地域における現状調査

3.1 現地法令・政策動向調査

(1) 全体像

インドネシアにおける固形廃棄物管理に関する最近の法制度は以下に示す通りである。インドネシアでは、早い段階から有害廃棄物・危険廃棄物に関する制度制定が進められてきたが、近年は廃棄物量の削減を目的として家庭ごみや非有害産業廃棄物についても制度整備が進められている。

特に、2021年に制定された「環境保護・管理に関する政令」については関連省令含め動向を注視する必要がある。

法律	環境の保護及び管理に関する法律(2009年法律第32号)	事業活動に対する環境規制強化、罰則強化、紛争処理に関する規定の充実、国民の環境情報に対する権利規定の導入等が定められた。環境当局の権限や罰則が大幅に強化され、警察と協力して環境犯罪の容疑者を逮捕する権限が与えられた。
	廃棄物管理法(2008年法律第18号)	都市廃棄物についての地方自治体の役割と権限、各主体の権利と義務、リサイクル、リユースによるごみ(家庭ごみ)の減量化推進、コミュニティの役割等を定めている。
政令	家庭及び関連部門の廃棄物管理(2012年政令第81号)	家庭及び関連部門の廃棄物管理の詳細について定めたもの。生産者による廃棄物削減ロードマップに関する省令を規定することが定められている。
	有害廃棄物の管理に関する政令(2014年政令第101号)	環境保護法(2009年)に定められた有害廃棄物(B3廃棄物)について、B3廃棄物の定義、分類毎の管理方法、関係者の責務等に関して規定している。
	環境保護・管理に関する政令(2021年政令第22号)	2020年に施行された雇用創出法(オムニバス法)に基づく実施法令の一つとして制定・施行。インドネシアへの投資促進及び雇用機会の創出等を目的とされ、環境分野では事業許可手続きが簡素化される。
大統領令	固形廃棄物管理に関する国家目標に関する大統領令(2017年大統領令第97号)	2025年までに30%の廃棄物発生抑制と、70%の廃棄物管理を達成するために定められた家庭系廃棄物の管理に関する国家政策および戦略
	海洋ごみ管理に関する大統領令(2018年大統領令第83号)	プラスチックを中心とした海洋ごみを対象とした大統領令。海事調整庁が政府機関を取りまとめ、環境林業省を事務局として、複数の省庁や地方政府が海洋ごみ管理を進めることを規定。
	環境配慮型の廃棄物発電プラント建設促進に係る大統領令(2018年大統領令第35号)	2018年4月に施行された国内の廃棄物発電プラント建設促進に係る大統領令。首都ジャカルタを始めとする12地域で廃棄物発電プラント建設を加速させ、効率的な廃棄物の利活用を推進し、環境問題改善の足がかりとすることを目的として制定。
省令	生産者による廃棄物削減ロードマップに関する規則(2019年環境林業大臣規則第75号)	容器包装等へのEPR原則適用に関する規則として制定され、2029年までの廃棄物削減ロードマップが策定されたもの。上記の2012年政令81号を根拠とする。

(2) 産業廃棄物の利用に関する法制度・政策動向

1) 有害廃棄物の利用に関する法制度

2021年環境林業大臣規則第6号「有害廃棄物および有毒廃棄物の管理手順および要件に関する規定」の付録XIII「B3廃棄物を利用するための各種活動に関する技術的要件」が定められており、そのうち6番目のB3廃棄物の利用先として、「セメント産業における原料代替」について規定されている。

- 利用する廃棄物の基準

- ① $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} \geq 50\%$ （総酸化物含有量が50%以上）であること。
- ② 濃度の総含有量の値が以下の基準値を満たすこと。

図表 5 セメント産業における有害廃棄物の原料代替利用の基準

	基準上限値 (mg / kg 乾燥重量)
As	200
Pb	1000
Cd	70
Cr	1500
Co	200
Cu	1000
Ni	1000
Hg	5
Se	50
Zn	5000

(出所) 2021年環境林業大臣規則第6号付録XIII

- 有害廃棄物の利用活動から生成された製品の基準

- ① インドネシアの国家規格および/または他の同等の規格に準拠した製品の品質を満たすこと。
- ② 溶出試験 (TCLP) による金属類 (ヒ素 (As)、カドミウム (Cd)、6価クロム (Cr6+)、銅 (Cu)、鉛 (Pb)、水銀 (Hg)、ニッケル (Ni)、セレン (Se)、亜鉛 (Zn)) の試験結果が2021年政令22号の付録XIIに記載の値よりも小さいこと。

2021年環境林業大臣規則第6号「有害廃棄物および有毒廃棄物の管理手順および要件に関する規定」の付録XIII「B3廃棄物を利用するための各種活動に関する技術的要件」が定められており、そのうち8番目のB3廃棄物の利用先として、「セメント産業におけるエネルギー代替（代替燃料/AF）としてのB3廃棄物の利用」について規定されている。

2021年政令22号では、316条第1項bにおいて、B3廃棄物の有効利用の方法として、代替燃料としての利用が挙げられており、同政令末尾に添付されている説明資料においても、316条第1項bの詳細説明として「エネルギー源の代替としての有害廃棄物の利用、とりわけ、セメント産業で代替燃料として使用されるオイルスラッジ、オイルスloop (oil sloop)、および廃油などの有害廃棄物の利用」と記載されている。

B3廃棄物の燃料代替利用の際には、使用される有害廃棄物が以下の基準を満たしている必要がある。さらに、セメント生産に伴う排ガスは、法規制による排出基準を満たす必要があることが規定されている。

図表 6 セメント産業における有害廃棄物の燃料代替利用の基準

	基準値
As	≦ 5 ppm
Cd	≦ 2 ppm
Cr	≦ 1500 ppm
Pb	≦ 100 ppm
Hg	≦ 1.2 ppm
PCBs	≦ 2 ppm
フッ化物 (F) および塩化物 (Cl) としての全有機ハロゲン化合物 (TOX) 含有量	≦ 2 %
カロリー量	≧ 2,500 kcal/kg 乾燥重量または 1000kcal/kg 湿重量

(出所) 2021年環境林業大臣規則第6号付録XIII

2) 非有害廃棄物の利用に関する法制度

環境保護・管理に関する政令（2021年政令第22号）は、様々な環境分野の規制に関する内容が網羅されているが、そのうち第7部が「B3廃棄物と非B3廃棄物の管理」に関する条項となっている。

非B3廃棄物の原料代替物としての利用先として、具体的な産業にセメント産業が挙げられていることから（図表8）、セメント産業が廃棄物の有効利用を推進するためのプレイヤーとして期待されていることがうかがえる。

図表7 「環境保護・管理に関する政令（2021年政令第22号）」の構造



（出所）「環境保護・管理に関する政令（2021年政令第22号）」より作成

図表 8 2021 年政令第 22 号における非 B3 廃棄物の有効利用に関する規定

459 条	<p>(1) 非 B3 廃棄物を生成する者または他の関係者は、非 B3 廃棄物を利用できる</p> <p>(2) (1) 項で言及されている非 B3 廃棄物の利用は、環境承認に含まれていなければならない</p> <p>(3) (1) 項で言及されている非 B3 廃棄物の利用には以下が含まれる</p> <ol style="list-style-type: none"> a. 原材料の代替としての非 B3 廃棄物の利用 b. エネルギー源の代替としての非 B3 廃棄物の利用 c. 非 B3 廃棄物の原材料としての利用 d. 副産物としての非 B3 廃棄物の利用 e. 科学技術の発展に伴う非 B3 廃棄物の利用
460 条	<p>(1) 第 459 条 (2) 項で言及されている非 B3 廃棄物の利用は、以下を考慮して実施される</p> <ol style="list-style-type: none"> a. 技術の利用可能性 b. 非 B3 廃棄物の利用先が製品の形である場合の製品基準 c. 環境品質基準 <p>(2) 非 B3 廃棄物の利用が、第 459 条 (1) に規定されているように、事業許可を必要としない他の当事者によって行われる場合、非 B3 廃棄物の利用の詳細および目的が、非 B3 廃棄物生産者の環境承認に含まれている必要がある</p> <p>(3) 非 B3 廃棄物の利用が、(2) 項に記載の利用の詳細および目的に従わない場合、非 B3 廃棄物の生産者は、非 B3 廃棄物の利用に責任を負うものとする</p>
461 条	<p>(1) 第 459 条 (3) の a 項に記載されている原材料の代替としての非 B3 廃棄物の利用は、以下の活動で実施することができる</p> <ol style="list-style-type: none"> a. コンクリート、レンガ、舗装ブロック、軽量コンクリート、およびその他の同様の建設資材の製造 b. セメント産業 c. 土壌固め材 d. 科学技術の発展に応じた他の形態 <p>(2) (1) 項で言及されている非 B3 廃棄物の利用から生じる製品は、製品の標準要件を満たさなければならない</p>
462 条	<p>(1) 第 459 条 (3) の b 項で記載されているエネルギー源の代替としての非 B3 廃棄物の利用は、燃料代替としての利用活動の形をとることができる</p> <p>(2) (1) 項で言及されている非 B3 廃棄物は、燃料代替のために非 B3 廃棄物を利用する汚染物質の総濃度の要件を満たさなければならない</p> <p>(3) (2) 項で言及されている非 B3 廃棄物の利用が次の結果をもたらす場合</p> <ol style="list-style-type: none"> a. 排気 (Emission) b. 排水 <p>これらの排気基準と排水基準を満たしている必要がある</p>
463 条	<p>(1) 第 459 条 (3) の c 項で言及されている原材料としての非 B3 廃棄物の利用は、以下の活動の形をとることができる。</p> <ol style="list-style-type: none"> a. 凝固、結晶化、酸化、および蒸留プロセスを使用した製品の製造 b. 紙製品、低品位紙、合板紙の製造 c. 基油および燃料油の製造 d. 金属製錬 e. 金属、紙、プラスチック、ガラスから作られた製品の製造 f. 土壌修復剤の製造 g. 科学技術の発展による処理 <p>(2) (1) 項で言及されている非 B3 廃棄物の利用から生じる製品は、製品規格の要件を満たしている必要がある</p> <p>(3) (2) 項で言及されている製品規格は、次の形式にすることができる</p> <ol style="list-style-type: none"> a. インドネシアの国家規格 b. 政府によって設定された基準 c. 他の国または国際的な基準

(出所) 環境保護・管理に関する政令 (2021 年政令第 22 号) を仮訳 (※赤字部分は加工)

(3) 一般廃棄物（MSW）の利用に関する法制度・政策動向

1) 廃棄物発電の推進に関する政策

インドネシアでは、2018年4月に「環境配慮型の廃棄物発電プラント建設促進に係る大統領令（2018年大統領令第35号）」が施行され、国内の廃棄物発電プラント建設が促進されている¹。同大統領令は、ジャカルタを始めとする12地域（DKI ジャカルタ、パレンバン、タンゲラン、南タンゲラン、ベカシ、バンドン、スマラン、スラカルタ、スラバヤ、マカッサル、デンパサール、マナド）で廃棄物発電プラント建設を加速させ、効率的な廃棄物の利活用を推進し、環境問題改善の足がかりとすることを目的として制定された。

エネルギー・鉱物資源省（ESDM）では、2019年時点で以下のような計画で段階的にプラント建設を進める趣旨を発表しており（図表9）、総発電出力は234MWで、1.6万t/日の処理量を想定することが発表されていた。

図表9 廃棄物発電の建設計画



2019	①	Bekasi
	②	Surabaya
2021	③	Surakarta
	④	Denpasar
	⑤	Palembang (Bekasi 5.5kW)
2022	⑥	DKI Jakarta
	⑦	Bandung
	⑧	Tangerang
	⑨	Semarang
	⑩	Makassar
	⑪	TangSel
	⑫	Manado

（出所）エネルギー・鉱物資源省ウェブサイト（<https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/kementerian-esdm-tegaskan-keberlanjutan-pembangunan-pltsa-sampah>）を基に MURC 作成

¹ なお、以前にも「焼却発電の推進に関する大統領令(2016年大統領令第18号)」が公布されており、その時点で既に7都市が廃棄物発電を推進すべき都市として指定されている。

Sri Nurhayati Qodriyatun (2021)では、大統領令で指定された都市別の進捗状況を整理している（図表 10）。一部のプラントでは請負業者まで決まっているものの、現状では多くが入札準備段階にある状況であることが分かる。

図表 10 廃棄物発電の進捗状況

No	都市	廃棄物処理量 (t/日)	容量 (MW)	請負業者	技術	状況
1	DKI Jakarta	2,200	35	PT. Jakarta Solusi Lestari	焼却	すでに PJBL (電力売買契約)、資金調達段階
2	Surakarta	450	10	PT. Solo Citra Metro Plasma Power	熱分解ガス化	すでに PJBL、建設段階、2022 年に稼働を目標
3	Surabaya	1,400-1,500	9	PT. Sumber Organik	ガス化	2021 年 5 月 6 日現在稼働中
4	Palembang	1,200	10-20			既に請負業者が決定済み
5	Tangerang	2,000	10-20			既に請負業者が決定済み
6	Bandung	1,820	21-29			入札準備段階
7	TangSel	1,000	10-20			入札準備段階
8	Bekasi	2,200	10-20			入札準備段階
9	Manado	1,000	15-20			入札準備段階
10	Makassar	1,400	15-20			入札準備段階
11	Denpasar	1,200	15-20			入札準備段階
12	Semaran	1,000	10-20			入札準備段階

(出所) Sri Nurhayati Qodriyatun (2021) “Waste to Energy Power Plant: Between Environmental Issue and the Acceleration of Renewable Energy Development” Aspirasi: Jurnal Masalah-Masalah Sosial | Volume 12, No. 1 Juni 2021

現在までに東ジャワのスラバヤにある 9MW の廃棄物発電所 Benowo PLTSa のみが正常に稼働しているとされており²、現状、廃棄物発電プラント建設の進捗が芳しくないことは多くの報道や文献でも指摘されている。廃棄物発電の建設・稼働が進まない主な理由としては、地方政府の負担が大きいこと、廃棄物発電の電力買取価格が高いこと、廃棄物発電による処理可能量が十分でないこと等が指摘されている（図表 11）。

こうした現状を踏まえ、大統領令 2018 年 35 号の改正が検討されている。改正では、廃棄物をペレット化（RDF 化）して利用することも推進される見込みであり、廃棄物を処理するためのオプションとして 2 種類（発電または RDF）が利用可能になる予定である。

具体的には、廃棄物を RDF ペレットに加工し、石炭火力発電所（PLTU）で石炭と混合して利用することを促進する方向である³。また、石炭火力発電所だけでなく、セメント産業での RDF 利用促進も訴えられており⁴、改訂大統領令におけるセメントでの RDF 利用の記載について注視が必要である。

図表 11 廃棄物発電の進捗に影響している主な要因

主な要因	概要
① 地方政府の負担が大きい	大統領令では、一般廃棄物の処理費（ティッピングフィー）は最大で 50 万ルピア/t（約 4000 円/t）となることが規定された。中央政府による財政支援も盛り込まれているが、多くの権限が地方自治体の責任となっている状況である ⁵ 。実際に、KPK（汚職撲滅委員会）の調査によると、処理費が地方財政を圧迫する恐れがあることが指摘されている。（図表 12）
② 廃棄物発電の電力買い取り価格が高い	通常、国営電力会社（PLN）が石炭火力発電所（PLTU）からわずか 4～5 セント/kWh で電力を購入する一方、大統領規則では PLN の買取価格は 13.35 セント/kWh で固定されている（20MW までの場合） ⁶ 。
③ 処理量が十分でない	大統領令で促進されているプロジェクトの総電力容量は 234MW であり、年間約 580 万 t の廃棄物しか処理できない。この量は、廃棄物の総生産量の年間 6,400 万 t の約 9% に過ぎず、効果は限定的だと指摘されている ⁷ 。

（出所）各種資料より作成

² 2021 年 5 月 19 日付 Bisnis 紙（<https://ekonomi.bisnis.com/read/20210519/44/1395343/pemanfaatan-sampah-jadi-listrik-ini-progres-sejumlah-proyek-pltsa>）

³ 2021 年 6 月 30 日付 Katadata 紙（<https://katadata.co.id/happyfajrian/ekonomi-hijau/60dbff82c94dd/revisi-perpres-352018-pemerintah-sediakan-dua-opsi-pengolahan-sampah>）

⁴ 2021 年 6 月 27 日付 Kontan 紙（<https://industri.kontan.co.id/news/perpres-pltsa-bakal-direvisi-begini-potensi-pellet-rdf-yang-jadi-alternatif-1>）

⁵ JICA（2019）「インドネシア国バリ島デンパサール市における一般廃棄物の循環・分散型処理普及・実証事業 業務完了報告書」より

⁶ 2020 年 3 月 6 日付 kumparan 紙（<https://kumparan.com/kumparannews/kajian-kpk-soal-pltsa-pln-berpotensi-tanggung-biaya-rp-3-6-t-per-tahun-1syOxzOQg7W/full>）

⁷ 2021 年 6 月 27 日付 Kontan 紙（<https://industri.kontan.co.id/news/perpres-pltsa-bakal-direvisi-begini-potensi-pellet-rdf-yang-jadi-alternatif-1>）

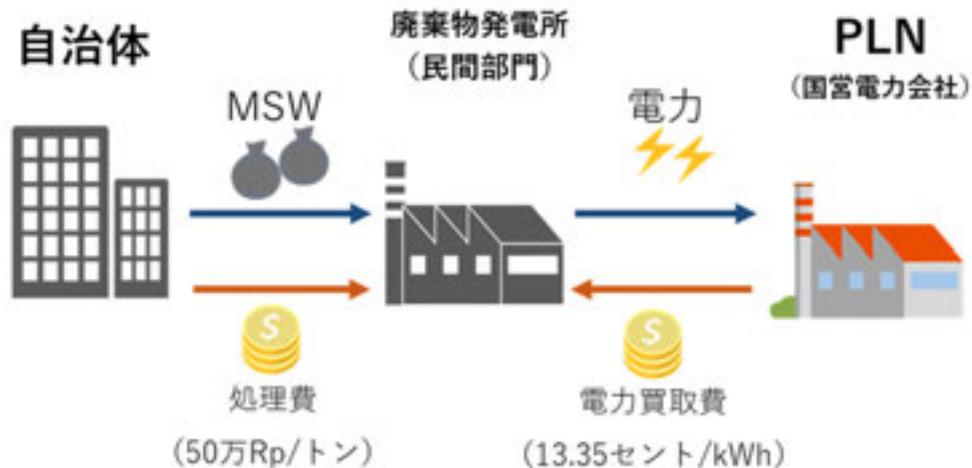
図表 12 廃棄物発電による処理費および財政規模の比較

	処理費 (Rp/t)	廃棄物発電所の 廃棄物処理 量計画 (t/日)	年間の処理 費用 (Billion Rp)	2019年の財 政規模* (Trillion Rp.)	処理費が占 める割合
DKI Jakarta	585,963	2,200	470	50	0.93%
Palembang	297,000	1,200	130	1.6	7.78%
Bali	577,000	1,000	210	3.5	5.87%
Tangerang	630,000	2,000	459	1.9	23.04%
Tangerang Selatan	570,000	1,000	208	1.6	12.85%

(出所) Walhi Jakarta 資料8より作成 (原典は KPK 調査資料)

(*注) 財政規模は各地方政府の地方独自収入 (PAD) を表す。

図表 13 大統領令に基づく廃棄物発電スキーム



(出所) 「環境配慮型の廃棄物発電プラント建設促進に係る大統領令 (2018 年大統領令第 35 号)」に基づき作成

⁸ 2021年7月16日付 Walhi Jakarta (<https://walhijakarta.org/2021/07/16/mengukur-dampak-dan-efektifitas-pltsa/>)

2) 容器包装 EPR に関する規則

2019 年末に生産者による廃棄物削減ロードマップに関する規則（2019 年環境林業大臣規則第 75 号）が発行されており、2029 年までの廃棄物の発生抑制やリユース・リサイクルに係る実施事項が素材別に具体的に記載されている。製造業者等は、廃棄物削減の計画を定めた計画書を作成・提出する必要がある。同計画書の中では、削減の目標値やタイムラインおよび消費者へのコミュニケーション方法等を記載する必要がある。在日日系製造業等も対策を迫られると考えられ、こうした企業に対してリサイクル（原料代替）の一手段としてセメント産業を提案することで、今後市中廃プラ等の回収可能性が高まることも期待できる。

図表 14 規則で示されたロードマップ

活動の段階		年次／廃棄物削減目標									
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
1	計画										
	1) 廃棄物削減計画書の起草	■									
	2) 廃棄物を収集施設と収集方法の構築もしくはごみ銀行/ TPS 3R /認可された事業者との連携		■								
	3) 廃棄物削減活動の試行			■							
2	実行										
	計画書に従って廃棄物削減の段階を実行				■	■	■	■	■	■	■
3	モニタリング				■	■	■	■	■	■	■
4	評価				■	■	■	■	■	■	■
5	報告										
	廃棄物削減の実施報告書を取りまとめ提出				■	■	■	■	■	■	■

（出所）経済産業省（2020）「アジア型循環経済モデルに関する調査事業報告書」より作成

図表 15 規則に基づく規定（プラスチック容器包装に関する規定）

	R1 (発生抑制)	R2 (リサイクル)	R3 (リユース)	備考
<p>ポリエチレン (PE):</p> <p>1) HDPE</p> <p>2) LDPE</p>	<p>1. ボトルのラベルは、次の代わりにエンボス印刷技術を使用する。</p> <p>a. プラスチックのラベル</p> <p>b. ボトル本体にインクを印刷したラベル</p> <p>2. 以下の製品に容器包装を使用する</p> <p>a. 200 グラム以上の食品</p> <p>b. 1 リットル以上の飲料</p> <p>c. 500 ミリリットル以上の消費財</p> <p>d. 500 ミリリットル以上の液体石鹸とシャンプー</p>	<p>1. 100%リサイクル可能な材料を使用する。</p> <p>2. リサイクル材料の含有率 50%以上の容器包装を使用する。</p> <p>3. クローズドループ（同じ容器包装にリサイクル）</p> <p>4. オープンループ（完成品／下流の製品の原料にリサイクル）</p>	<p>リユース可能な HDPE 容器包装を使用する。</p> <p>例：石鹸/シャンプーボトルの再利用</p>	
<p>ポリエチレンテレフタレート (PET)</p>	<p>1. ボトルのラベルは、次の代わりにエンボス印刷技術を使用する。</p> <p>a. プラスチックのラベル</p> <p>b. ボトル本体にインクを印刷したラベル</p> <p>2. 飲料用のボトル包装は、1 リットル以上の容量とする</p>	<p>1. ミネラルウォーターのボトルに無色プラスチックを使用する。</p> <p>2. 100%リサイクル可能な材料を使用する。</p> <p>3. リサイクル材料の含有率 50%以上の容器包装を使用する。</p> <p>4. クローズドループ（同じ容器包装にリサイクル）</p> <p>5. オープンループ（完成品／下流製品の原料にリサイクル）</p>	<p>リユース可能な PET 容器包装を使用する。</p>	
<p>塩化ポリビニル (PVC)</p>	<p>2030 年 1 月 1 日より、製品、包装および/または容器の使用の禁止（例）:</p> <p>a. セラミック洗浄液容器</p> <p>b. 食器や飲用器の洗浄液用容器</p>	<p>1. 100%リサイクル可能な材料を使用する。</p> <p>2. リサイクル材料の含有率 50%以上の容器包装を使用する。</p> <p>3. クローズドループ（同じ容器包装にリサイクル）</p> <p>4. オープンループ（完成品／下流の製品の原料にリサイクル）</p>	<p>リユース可能なパッケージを使用する</p>	<p>R2 は、使い捨ての PVC 容器包装の使用禁止の発効日まで実行する必要がある</p>

図表 16 規則に基づく規定（プラスチック容器包装に関する規定）（つづき）

	R1 (発生抑制)	R2 (リサイクル)	R3 (リユース)	備考
ポリプロピレン (PP)	<p>1. 2030年1月1日より、50mlまたは50グラムの製品包装への Sachet の使用を禁止 (例： a. 食品用 Sachet b. 石鹸とシャンプー用の Sachet 2. 2030年1月1日より、飲料容器にプラスチックストローの使用を禁止</p>	<p>1. Sachet 包装に単層を使用する。 2. 100%リサイクル可能な材料を使用する。 3. リサイクル材料の含有率 50%以上の容器包装を使用する。 4. クローズトループ (同じ容器包装にリサイクル) 5. オープンループ (完成品/下流の製品の原料にリサイクル)</p>	リユース可能なパッケージを使用する	R2 は、使い捨ての PP 容器包装 (Sachet) の使用禁止の発効日までに実行する必要がある
ポリスチレン (PS)	<p>2030年1月1日より、製品、包装および/または容器の使用の禁止</p>	<p>1. 100%リサイクル可能な材料を使用する。 2. リサイクル材料の含有率 50%以上の容器包装を使用する。 3. クローズトループ (同じ容器包装にリサイクル) 4. オープンループ (完成品/下流の製品の原料にリサイクル)</p>	リユース可能なパッケージを使用する	R2 は、使い捨ての PS 容器包装の使用禁止の発効日までに実行する必要がある

(出所) 経済産業省 (2020) 「アジア型循環経済モデルに関する調査事業報告書」より作成

(4) 自治体による取組・計画

1) ジャカルタ特別州

ジャカルタからバンタルグバン処分場に持ち込まれる廃棄物量は 7,400t/日に上り、容量はほぼ限界を迎えつつある。特にジャカルタ州政府にとって都市ごみの削減は喫緊の課題となっている。

こうした状況を踏まえ、現在、バンタルグバン処分場において RDF プラント建設プロジェクトが進められている。2021 年 12 月時点で同プラントの請負業者が入札公告中となっている。また並行して、廃棄物発電のパイロットプロジェクトや大規模廃棄物発電所の建設計画も進められており、増加する都市ごみへの対応に向けて様々なアプローチが検討されている状況である。

図表 17 ジャカルタ州政府の都市廃棄物削減プロジェクト

プロジェクト名	概要
①バンタルグバン処分場 RDF プラント	<ul style="list-style-type: none"> バンタルグバン処分場において RDF プラント建設プロジェクトが進行中 現在は入札公告段階であり、今後業者が決定する見込み。
②パイロット廃棄物発電施設 (Merah Putih PLTSa)	<ul style="list-style-type: none"> Bantargebang 処分場で試験的に廃棄物発電が稼働中。 同プロジェクトは、DKI ジャカルタ州政府がパイロットで環境技術センター (PTL) および技術評価応用庁 (BPPT) と協力し、2019 年に開始したもの。 2020 年に Merah Putih PLTSa は 221 日間稼働し、9,879t の廃棄物を処理。
③大規模廃棄物発電 (ITF Sunter)	<ul style="list-style-type: none"> DKI ジャカルタでは 4 つの廃棄物処理施設 (ITF) の建設を予定している (Sunter、Marunda、Cakung、DuriKosambi)。(2012~2032 年の DKI ジャカルタ州廃棄物管理マスタープランにも記載された内容) ITF Sunter は、2,200t/日の廃棄物を処理できる予定であり、処分場に送られるジャカルタの廃棄物量の 30%を削減できるとされている。

(出所) 各種資料より作成

図表 18 バンタルグバン最終処分場の様子



(出所) 太平洋セメント撮影

ジャカルタ特別州環境局の資料によると、RDFプラントの建設計画はフェーズ I、フェーズ II に分けて進行する予定となっている。現在公告中のプラントはフェーズ I に相当し、2023 年の運転開始が予定されている。フェーズ I の RDF のオフテイカーとしてはセメント会社が想定されており、RDF の利用先として有力な候補になっているとみられる。

図表 19 ジャカルタの RDF プラント建設計画

	パイロットプロジェクト	RDF プラント 第1フェーズ	RDF プラント 第2フェーズ
廃棄物の種類	埋立処分場の廃棄物	埋立処分場廃棄物及び都市ゴミ (MSW)	埋立処分場廃棄物及び都市ゴミ (MSW)
処理能力	100 - 150 t/日	2,000 t/日	最大 2,000 t/日
RDF 生産量	30 - 50 t/日	700 t/日	最大 700 t/日
建設期間	2019 年	2021 - 2023 年 2 月	2023 - 2024 を予定
運転開始	2020 年 1 月	2023 年 3 月	2025 を予定
資金源	ジャカルタ特別州予算	ジャカルタ特別州予算 国家経済回復予算	戦略的パートナーに期待
オフテイカー	セメント会社	セメント会社	セメント会社・発電所

(出所) DKI Jakarta 資料 (The 2nd Indonesia - Japan Virtual Business Forum, October 19th 2021)

2) トゥバン県

トゥバン県においても、RDF 技術による都市ごみの処理計画が進行している (図表 20)。2021 年、トゥバン県政府はセマンディン地区のグヌンパンゲン処分場で RDF プラントの建設を開始すると発表した⁹。

トゥバン県政府は、RDF 化された廃棄物はセメント生産の燃料として使用されると言及している。ただし同自治体へのヒアリングによると、RDF プラントの建設は最終段階で頓挫したとされており、今後の見通しは不透明である。

図表 20 トゥバン県の RDF プラント建設計画

建設予算	APBD (地方予算) から 1,227 億ルピア (約 10 億円) を捻出する予定
スケジュール	2023 年までに RDF プラントを稼働開始させることを計画
予定処理能力	1 日あたり 120 t の廃棄物処理能力を計画 (全量を RDF 化することを目標) ※トゥバン県で発生する廃棄物は 1 日あたり約 500 t とされており、残りの廃棄物はジャティロゴ処分場 (TPA Jatirogo) とレンゲル処分場 (TPA Rengel) によって管理されると見通されている
RDF 利用先	一部報道では、製造された RDF は SBI/SIG のトゥバン工場で利用すると報じられており、セメント産業での利用を想定している可能性がある

(出所) 各種資料より作成

⁹ 2021 年 9 月 6 日付 blokTuban 報道 (<https://bloktuban.com/2021/09/06/tiap-hari-sampah-di-tuban-capai-500-ton/>)

(5) その他の関連する制度

1) 炭素税

インドネシア政府は 2060 年までにゼロエミッションを実現することを掲げており、それに向けた対応の一つとして、2021 年法律第 7 号「税務規則の調和に関する法律」によって炭素税の導入が定められた。

同法律では、二酸化炭素換算量 (CO₂e) 1kg あたり最低 30IDR (約 0.24 円) の炭素税を課すことが定められており、炭素税の範囲と価格、および炭素税のロードマップの作成について規定している。詳細な規定については、別途発行される規則によって定められることとなっている。

また、2021 年大統領令第 98 号でもカーボンプライシングの実行について定められており、そのうちの一分野として、廃棄物分野も挙げられている。今後、こうした制度構築の動向が廃棄物のセメント再資源化事業に影響することが予想されることから、注視が必要である。

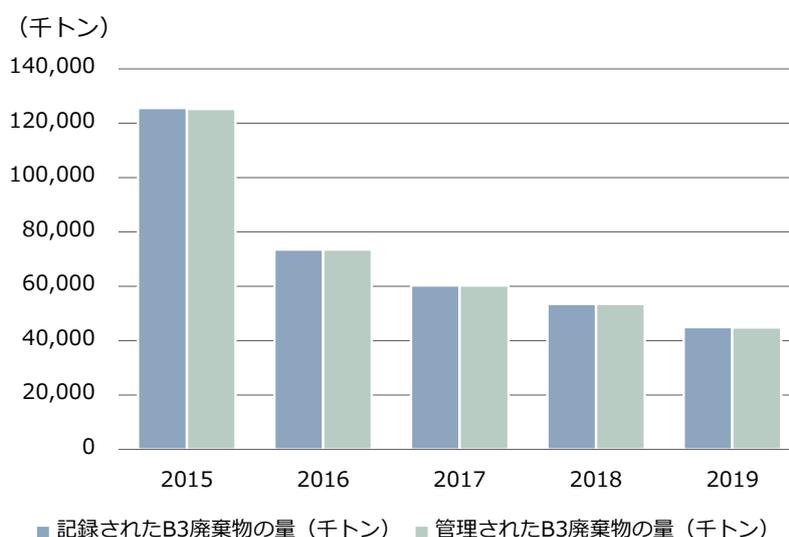
3.2 廃棄物の発生及び処理状況

(1) B3 廃棄物の発生・処理・利用状況

1) 発生・処理の状況

インドネシアでは、有害・危険廃棄物（B3）については厳格に管理されており、発生量と処理量のデータも入手可能である。インドネシア環境林業省が公式に発行している統計データによると、2015年は1億2,554万tのB3廃棄物が発生していたが、2019年には4,494万tまで減少している。同データによると、正式に報告・記録されたB3廃棄物については、適正に処理が行われているとみられる。

図表 21 有害危険廃棄物の発生・処理量



(出所) インドネシア環境林業省 (2020) RENCANA STRATEGIS 2020 – 2024 Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah, dan Bahan Beracun Berbahaya より作成

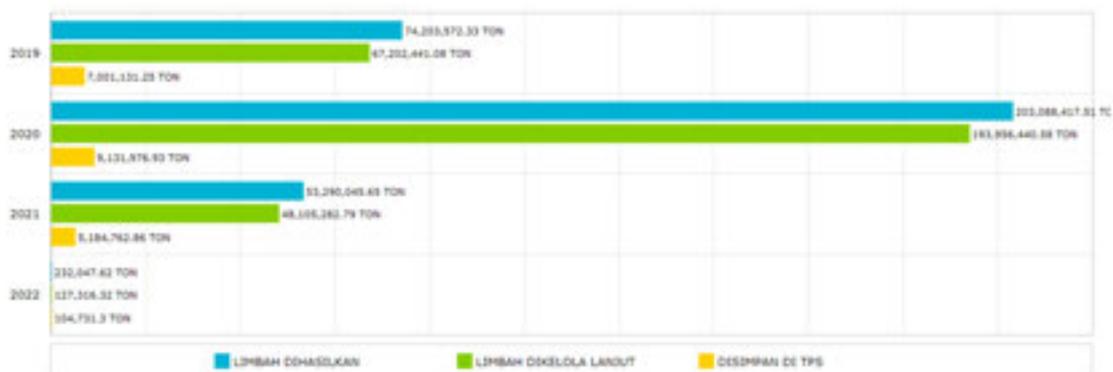
インドネシア環境林業省廃棄物総局のデータプラットフォーム¹⁰では、処理量等がリアルタイムで更新されている。同プラットフォームによると、2021年のB3廃棄物の発生量は5,329万tとなっている。ただし、2022年1月現在においても2021年の処理量が増加していることが確認されており、若干の齟齬が生じている可能性がある点に留意が必要である。

2019年の値を比較すると、上記の統計データと一致しておらず、集計方法等が異なる可能性があるが、両データから総合的に判断して、現状4千万～6千万t程度のB3廃棄物が発生・処理されているとみられる。

¹⁰ インドネシア環境林業省ウェブサイト (<http://pslb3.menlhk.go.id/sisteminformasi/>)

図表 22 有害危険廃棄物の発生・処理量（2019～2022 年）

REKAPITULASI DATA LIMBAH B3

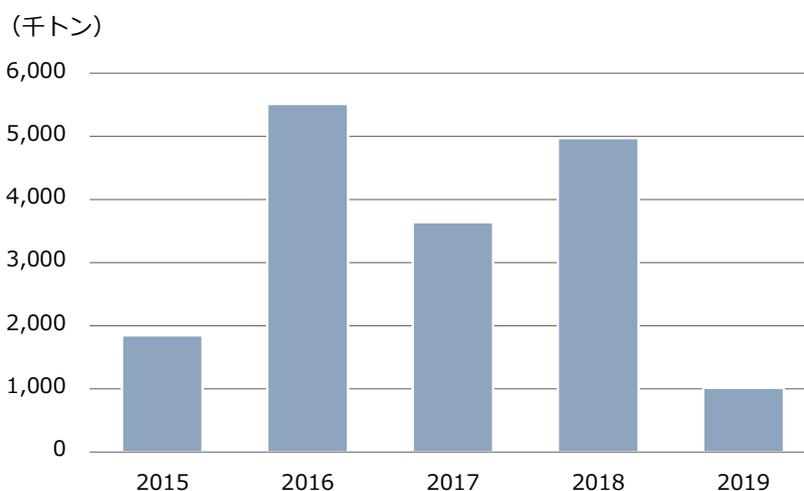


(出所) インドネシア環境林業省廃棄物総局ウェブサイト (<http://pslb3.menlhk.go.id/sisteminformasi/>)

(注) 2022 年 1 月 10 日閲覧時点。左から順に B3 発生量、処理量、保管量を示す。

廃棄物の種類別の内訳を閲覧することはできないが、大まかな業種別の発生量は上述の統計データに掲載されている。製造業については、年による変動が激しいが、おおむね 100 万 t～500 万 t 程度の発生量で推移している。

図表 23 有害危険廃棄物の発生量（製造事業者）



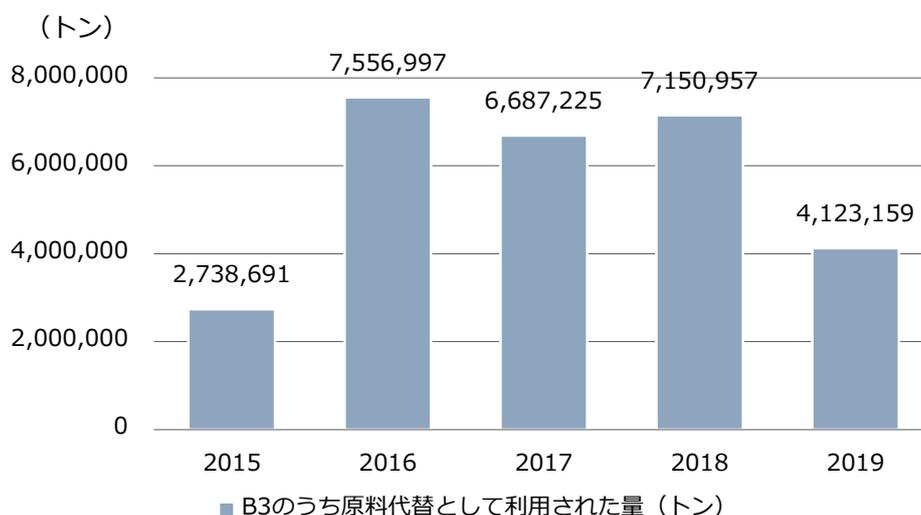
(出所) インドネシア環境林業省 (2020) RENCANA STRATEGIS 2020 – 2024 DIREKTORAT PENILAIAN KINERJA PENGELOLAAN LIMBAH B3 DAN LIMBAH NON B3, Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah, dan Bahan Beracun Berbahaya より作成

2) 廃棄物利用の状況

上記の統計データより、B3 廃棄物のうち原料代替として利用された量および燃料代替として利用された量については入手可能である。年による変動はあるが、原料代替については、300 万 t～700 万 t 程度で推移している一方、燃料代替として利用された量は数万 t～50 万 t で推移している。

最新のデータとして、上述のデータプラットフォームにおいて 2021 年の実績が掲載されている。2021 年の発生量約 5,300 万 t のうち、原料代替は約 1,528 万 t、燃料代替は約 65 万 t となっており、近年特に燃料代替・原料代替として利用される量が増加している可能性が示唆される。2020 年度の実績に関しては、「PSLB3 総局の実績 2020」¹¹によると、燃料代替物としての利用量は 117,994t、原材料代替物としての利用量は 5,418,969t であるとされている。

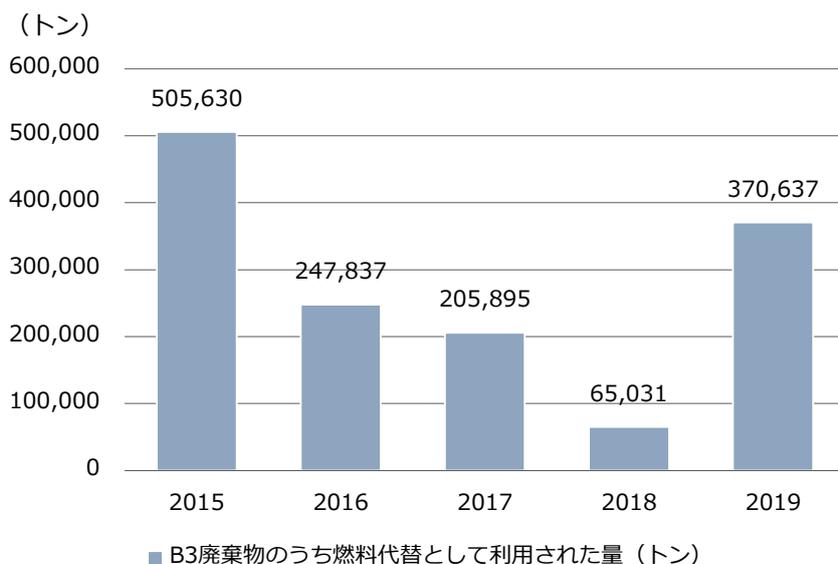
図表 24 有害危険廃棄物のうち原料代替として使用された量



(出所) インドネシア環境林業省 (2020) RENCANA STRATEGIS 2020 – 2024 DIREKTORAT PENILAIAN KINERJA PENGELOLAAN LIMBAH B3 DAN LIMBAH NON B3, Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah, dan Bahan Beracun Berbahaya より作成

¹¹ インドネシア環境林業省「LAPORAN KINERJA TA 2020」より

図表 25 有害危険廃棄物のうち燃料代替として使用された量



(出所) インドネシア環境林業省 (2020) RENCANA STRATEGIS 2020 – 2024 Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah, dan Bahan Beracun Berbahaya より作成

セメント産業における B3 廃棄物の燃料代替としての活用についての議論は、「廃棄物戦略 2020-24」¹²においても指摘されており、既に Indocement Citeureup において 65,615.62t、Holcim Cibinong において 397,992.02t の B3 廃棄物がセメント産業において燃料代替の用途として利用されたと報告されている。

¹² 「廃棄物戦略 2020-24」 p16 参照。ただし年次は明記されていないため、代替利用量の解釈には注意が必要である。また Holcim Cibinong は現在の SBI 社工場を指していると考えられる。

(2) 産業系廃棄物の発生・処理・利用の状況

1) 企業ヒアリング調査の結果

可燃性の産業系廃棄物の回収可能性およびセメント燃料代替物としての利用可能性を検討するために、製造事業者を中心にヒアリング調査を実施した。

ナロゴン工場とトゥバン工場での利用を念頭に、それぞれ西ジャワ州・ジャカルタ近郊に所在する企業と東ジャワ州近郊に所在する企業にヒアリングを行った。特に、廃棄物管理への意識が比較的高いことが期待される日系製造事業者を中心に対象を選定した。ただし、新型コロナウイルス感染拡大の影響から基本的にオンラインインタビューでのヒアリングとなったことから、オンライン・メールベースで回答が得られる企業を優先して実施した。結果は以下に示す通りである。

①西ジャワ州・ジャカルタ近郊

西ジャワ州・ジャカルタ近郊における排出源となる企業（主に日系製造事業者）へのヒアリングの結果は以下に示す通りである。

一部の発生源においては、製造工程において多くの廃プラスチックが発生しており、発生量の観点からは回収先として有望な排出先が一部存在していることが示唆された。一方で、基本的に廃プラスチック類は有価で取引されており、各工場で買い付けを行っている特定のバイヤーや地元の回収業者が既に存在していることが明らかとなった。

図表 26 西ジャワ州における製造業者へのヒアリング結果

	A社	B社	C社	D社	E社	F社
事業概要	自動車用シート、ドアトリム、トリムカバーの製造	様々な種類のパッケージの製造	自動車用プロテクトイングシールの製造等	プラスチックおよび合成ゴム部品の製造	プラスチック金型、プラスチック部品の設計・製造等	車向けプラスチック部品の製造
廃棄物発生種類・排出量	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラスチック（ポリカバール等）：重量非開示 B3廃油（14ドラム/年） 	<ul style="list-style-type: none"> LLDPE（生産残余）：200トン/月 段ボール、B3（インク、接着剤） 	<ul style="list-style-type: none"> プラスチック包装低密度ポリエチレン）：約5kg/月 B3（潤滑油/クーラント液等） 	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラスチック等の生産残余（PP、PE、PS、ゴムなど）：数トン/月 B3（潤滑油と水の混合物）：1ドラム未満/年 	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラスチック（ABS等）：1トン以上/月 廃油：3～5ドラム/年 	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラスチック：5～6トン以上/月 廃油：4トン/月
現状の処理方法	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラスチック：地元の青年組合がリサイクルのために購入 B3廃棄物：廃棄物処理業者に委託 	廃棄物処理会社に委託・販売	廃棄物処理会社に委託	廃棄物処理会社に委託	他団体に引き渡し、廃棄物処理会社に委託	地元の廃棄物処理会社に委託
処理費	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラスチック：不明（有価買い取り） B3廃棄物：約500万円/ピア/年 	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラスチック：有価買い取り（廃棄物処理業者にとって経済的価値があるため、処理費を支払う必要はないとのこと） B3廃棄物：IDR16,000/kg 	非公開	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラスチック等：無償引き渡し B3廃棄物：処理業者により処理（価格不明） 	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラスチック・廃油ともに地元のバイヤーに引き渡し（無償） 	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラスチック・廃油ともに地元の処理業者に処理を委託（処理費は不明）
当該処理業者を選択した理由	<ul style="list-style-type: none"> 環境林業省が推奨する適切な許可を持っているため 	<ul style="list-style-type: none"> 工場の近隣に所在しており、必要に応じてすぐに回収が可能であるため。 同社とは5年間取引を続けており、常に全面的にサポートしてくれるため。 プラスチック廃棄物を有価で買い取ってくれるため 	<ul style="list-style-type: none"> プラスチック廃棄物：工場の操業開始時のマドゥラ族との合意により取引している B3廃棄物：許可と証明書を所有しているため。 	-	-	-

(出所) 現地製造事業者ヒアリングより

②東ジャワ州

東ジャワ州における排出源となる企業（主に日系製造事業者）へのヒアリングの結果は以下に示す通りである。

有害危険（B3）廃棄物となる廃油等については30万Rp～100万Rp/ドラムと一定程度の処理費がついており、処理委託先として適切なB3廃棄物取り扱いの許認可を有した企業に引き渡されている状況である。一方で、廃プラスチック類はB3廃棄物に該当せず、資源としての利用価値を有していることから、無償もしくは有価で地元の業者に引き渡されている状況である。

図表 27 東ジャワ州における製造業者へのヒアリング結果

	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	H社	I社
事業概要	ステンレス鋼管メーカー	家具メーカー	引き出し金具・ソーラーパネルメーカー	合板、パーティクルボード、木製品メーカー	農業・園芸用資材メーカー (PE/HDPEでコーティングされた鋼材等)	アルミ合金ホイールと金型のメーカー	水槽メーカー	繊維メーカー	容器包装メーカー
廃棄物発生種類・排出量	<ul style="list-style-type: none"> プラスチック包装：2kg/月 汚泥：1~1.5トン/月 廃油：1~2ドラム/3ヶ月 	廃油：200kg/年 (規制により廃棄は160kg)	<ul style="list-style-type: none"> 汚泥 廃油発生量：ドラム缶2本 (400リットル) / 6ヶ月 	<ul style="list-style-type: none"> 廃油：2トン/年 (ただし2021年は減少) 	<ul style="list-style-type: none"> プラスチック：2~3トン/年 	<ul style="list-style-type: none"> ペットボトル：2~3トン/年 その他廃油等のB3廃棄物 	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラスチック (ポリスチレン廃棄物、ポリエチレン繊維、HDPEシリコンシーラントボトル等) B3廃棄物 	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラ：1~6トン/年 廃油：0.5~2トン/年 	<ul style="list-style-type: none"> プラスチック包装：5~10kg/月 潤滑油 (B3)：1ドラム未満/年 タイヤ、バッテリー：少量
現状の処理方法	廃棄物処理業者に委託	廃棄物処理業者に委託	廃棄物処理業者に委託	NGOやコミュニティに無償提供	地元のバイヤーに販売 (バイヤーは廃プラをリサイクルして販売)	廃プラ：CSR活動として周辺の村に提供 B3廃棄物：廃棄物処理会社に委託	地元の廃棄物処理業者に委託	廃棄物処理業者に委託	<ul style="list-style-type: none"> プラスチック包装：プラスチックハレットに加工するために地元企業に加工処理委託 B3：外部企業に処理委託 タイヤ等：専門店に下取りとして引き渡し
処理費	- 汚泥：2,000Rp./kg - その他：処理費用は全品目の合計として支出しており、品目別に把握していない。	1,000,000Rp./ドラム (160kg)	600,000Rp./ドラム	無償提供	地元業者には有償で販売 (価格は不明)	非開示 (廃プラは無償提供と思われる)	ポリスチレンプラスチックとポリエチレン繊維は回収業者が有償で購入。 B3廃棄物処理費 (使用済み作動油)：350,000Rp./ドラム	廃プラ：1,000Rp./kg 廃油：250,000Rp./ドラム	非開示
当該処理業者を選択した理由	適切な廃棄物処理許可を保有しており、処理価格も安いため	適切な廃棄物処理許可を保有しているため	すべてのB3廃棄物処理の許可を保有しており、廃棄物を一度に処分でき報告が容易であるため	コミュニティやNGOと協力して食用油廃棄物から作られたノドソープを生産 (試行段階)	-	政府 (環境林業省) 許可を保有しているため。	1. 借金がなく、回収時に現金で支払うことができるため。 2. レスポンズが速く、連絡から2~3日後に廃棄物を回収できるため。 3. 協力的で友好的であるため。	政府許可を保有しており、処理費も安いため	-

(出所) 現地製造事業者ヒアリングより

2) 簡易調査結果

上記の企業ヒアリングを補足するため、発生している廃棄物の種類および発生量、現状の処理方法のみを尋ねた簡易的な電話インタビューも並行して実施した。

①西ジャワ州・ジャカルタ近郊

西ジャワ州・ジャカルタ近郊での簡易調査の結果は以下に示す通りである。

概ね数t/月程度の発生量である場合が多く、大規模排出源として期待できる製造業者は限定的であった。

図表 28 西ジャワ州・ジャカルタ近郊における製造業者への簡易調査結果

企業	廃棄物種類	廃棄物発生量・処理方法
B-1	プラスチックパイプ廃棄物	数t/月（地元コミュニティが管理）
	B3（潤滑油を含む）	1ドラム/6か月（サイトで管理）
B-2	B3（インクおよび潤滑油）	インク：5リットル未満/6か月。 潤滑油：約10リットル/6か月（処理は外部委託）
	プラスチック包装およびゴム	8～10t/6～7ヶ月（外部委託）
B-3	生産工程廃棄物（プラスチック）	100kg/月（コミュニティ等が管理）
	B3（潤滑油と水との混合物）	2～3ドラム/6か月（B3は外部委託）
B-4	生産廃棄物（プラスチック-PP、PE、ポリスチレン、ゴムなど）	1ヶ月あたり数t（別会社で処理）
	B3（潤滑油と水との混合物）	1ドラム1本未満（処理委託）
B-5	生産工程廃棄物（関連金属等）	10kg/月未満（現地コミュニティが管理）
	潤滑油のB3およびB3（関連機械）	10リットル/90日
	非B3廃棄物（漫画、葉、パレット、プラスチック包装など）	不明だが、プラスチック包装の発生量が多い（現地コミュニティで管理）
B-6	廃油	2～3ドラム/月（外部委託）
B-7	プラスチック廃棄物（ABSなど）	1t/月以上
	廃油	3～5ドラム/年
B-8	廃油	5ドラム/月（地元企業に外部委託）
B-9	廃油	年間最大20本（地元企業に外部委託）
B-10	プラスチック廃棄物	5-6t/月（地元企業に外部委託）
	廃油	4000kg/月（地元企業に外部委託）
B-11	廃油	20リットル/月（地元企業に外部委託）
B-12	生産工程廃棄物（プラスチック：ポリプロピレン）	約10kg/月（地元の人が管理）
	潤滑油のB3	約7ドラム（1ドラム=130-160L：30%は水）/90日未満（地元企業に委託）
	非B3廃棄物（製品のプラスチック包装）	約5kg/月（地元の人が管理）
B-13	プラスチック廃棄物（プラスチックロールHDなど）	1t/月（地元の人が管理）
	廃油	ごくわずか（地元の人が管理）
B-14	生産工程廃棄物（プラスチック）：PVC、PO、PP、PE、PET	全種類合計で50kg/月以上（地元企業に外部委託）
	潤滑油のB3	10ドラム/90日以上（地元企業に外部委託）

B-15	非 B3 廃棄物：プラスチック包装	約 100kg/週
	潤滑油の B3	約 1～3 ドラム/90 日

(出所) 現地製造事業者簡易ヒアリングより

②東ジャワ州

東ジャワ州近郊での簡易調査の結果は以下に示す通りである。

概ね数 t/月程度の発生量である場合が多く、大規模排出源として期待できる製造業者は限定的であった。

図表 29 東ジャワ州近郊における製造業者への簡易調査結果

企業	廃棄物種類	廃棄物発生量・処理方法
A-1	プラスチック包装	5～10kg/月（現地企業に委託して処理し、プラスチックペレットに再生）
	潤滑油と B3	1 ドラム/年未満（処理を外部委託）
	中古タイヤ	ワークショップでの下取り
	使用済みバッテリー	販売店等のワークショップでの下取り
A-2	潤滑油	1 ドラム/年以下（第三者に外部委託）
A-3	プラスチック廃棄物：ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエステルなど（主に LLDPE）	30kg/月以上（処理委託し、プラスチックペレットに再生）
	B3 廃棄物：潤滑油廃棄物、インク廃棄物など	1 ドラム（160 L）/6 か月（外部委託）
	木材廃棄物（ペレット木材の包装から）	自社で管理および使用
A-4	繊維廃棄物	約数 t/日（他社による処理）
	B3（潤滑油ミックス（関連機械）を含む）	6～7 か月ごとの B3 関連潤滑油の場合は 6～7 か月ごとに約 1～2 ドラム（関連機械）（現地企業による取り扱い）
A-5	生産工程廃棄物（プラスチック）	非公開（機密）
	B3（潤滑油等）	6 か月あたり約 4 ドラム（第三者に外部委託）

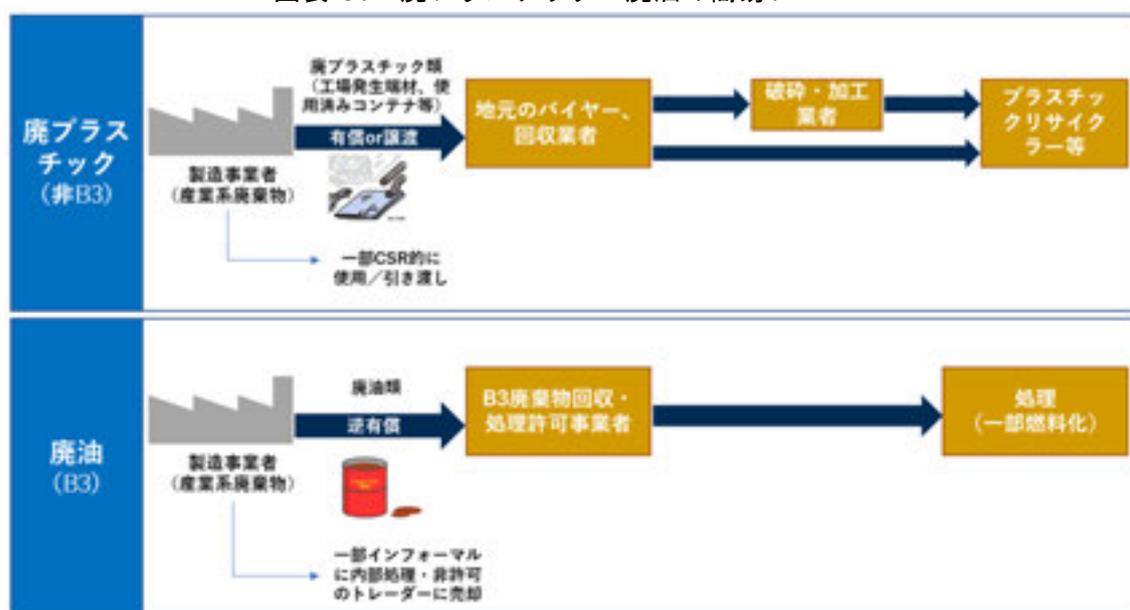
(出所) 現地製造事業者簡易ヒアリングより

3) 結果のまとめと今後の課題

ヒアリング結果等をもとに、製造事業者から発生する廃プラ・廃油の簡易フローを図示すると以下の通りとなる。廃油については基本的に有害・危険廃棄物（B3 廃棄物）であることから、B3 廃棄物管理に必要な許認可を保有した処理事業者にティッピングフィーを支払った上で引き渡されている。

一方で廃プラスチックについては、基本的に非有害・危険廃棄物（非 B3 廃棄物）であることから、B3 廃棄物管理に必要な許認可を要せず取り扱い可能である。しかし、工場の製造過程等から発生する廃プラスチックは性状も安定しており価値が高いことから、地元のバイヤー・回収業者が既に有価で買い取りを行っている場合が多い。

図表 30 廃プラスチック・廃油の簡易フロー



(出所) 現地ヒアリング及び既存文献等をもとに作成

4) 賦存量の推計

製造に伴い発生する産業系廃プラスチック類の発生量ポテンシャルを把握するため、簡易的な推計を行った。

推計の考え方としては、既存の調査研究 Ministry of Environment and Forestry (2020)¹³より、年間のプラスチック需要量 5,635,000t の生産等に伴い廃プラスチックが発生すると想定し、これに一定の比率を乗じて算定を行った。プラスチック製品等の製造に伴う廃棄物の発生割合は完成品重量に対して 5%と想定し、インドネシア全体における発生量を推計した。

その上で、Ministry of Environment and Forestry (2020) における地域別のプラスチック関連産業 (Plastic Industry) の企業数分布を用いて地域別の按分値を算出した¹⁴。

上記の前提のもと簡易的な推計を行うと、西ジャワ・ジャカルタ地域において約 12.2 万 t、東ジャワ地域において約 4.5 万 t の賦存量が存在していると推計された。

図表 31 賦存量の推計



(出所) MURC 作成

¹³ Ministry of Environment and Forestry (2020): National Plastic Waste Reduction Strategic Actions for Indonesia, Republic of Indonesia

¹⁴ 地域による企業規模の大小は無視できるものとした。また、あらゆる製造事業者で廃プラスチックは発生すると考えられるが、特に比率が多いのはプラスチック製品等製造業と考え、全体の企業分布および発生重量もこれに比例するものと考えた。

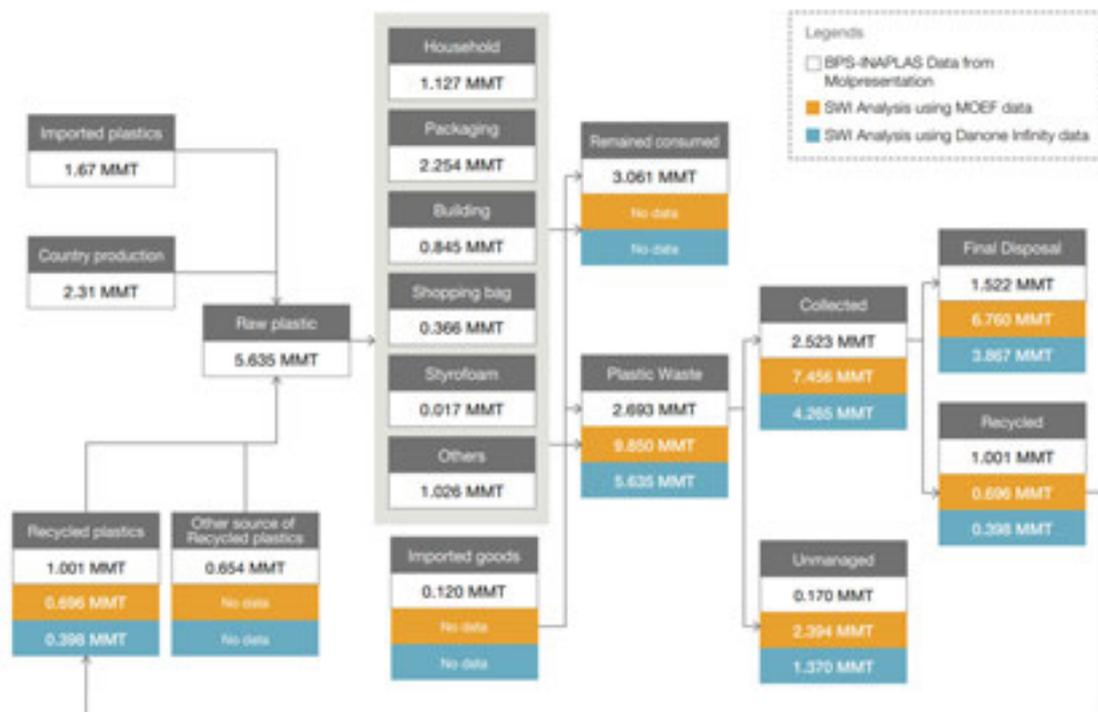
(3) 一般系廃棄物（市中発生廃プラスチック等）の発生・処理状況

1) 発生の状況

現状のプラスチックのフロー推計図を見ると、市中発生する廃プラスチックの6割～9割が埋立処分となっており、膨大なポテンシャルが存在していると考えられる。（150万t～670万tが埋立と推計）

これら廃プラ等をセメント代替燃料として活用できれば、処分場逼迫の問題の解決にも貢献できるほか、インドネシアにおける重要な社会課題である海洋ごみ問題の解決にも資すると考えられる。

図表 32 インドネシアにおける廃プラスチックのフロー推計

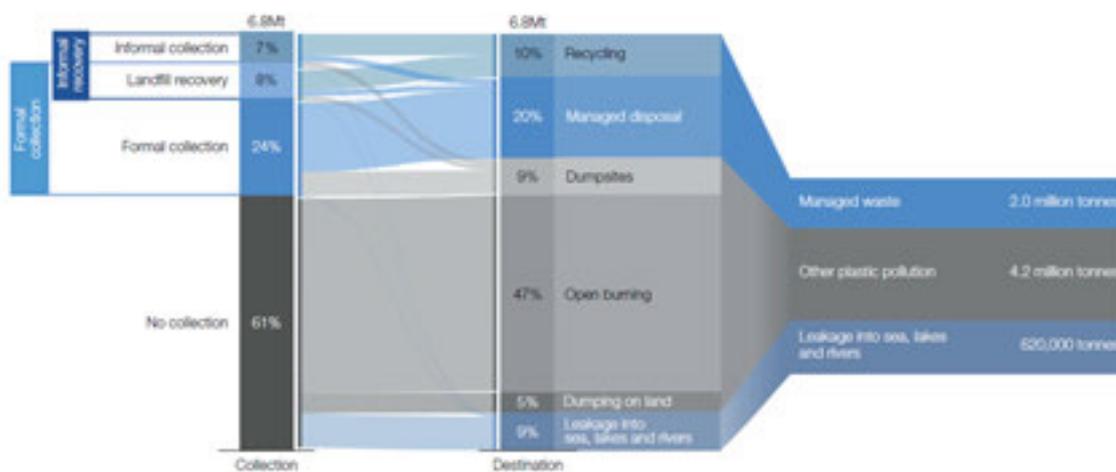


(出所) Ministry of Environment and Forestry (2020): National Plastic Waste Reduction Strategic Actions for Indonesia, Republic of Indonesia

2) 処理の状況

別の既存調査においては、発生量の47% (320万t) にあたる廃プラが野焼きされているとの推計も行われている。現状、大半の廃プラスチックが有効活用されていない状況であり、これらをセメント産業で有効活用できれば、GHG削減・海洋ごみ削減の観点からも課題解決に貢献できることが示唆される。

図表 33 インドネシアにおける廃プラスチックのフロー推計 (NPAP 推計)



(出所) World Economic Forum (2020) Radically Reducing Plastic Pollution in Indonesia: A Multistakeholder Action Plan (NPAP 推計)

3.3 調査結果より判明した課題

本事業で対象としている廃棄物の回収可能性と課題について、ヒアリング結果を踏まえ以下の通り整理した。

一部の業者では多くの廃プラスチック等を排出していることが判明したが、基本的にB3 廃棄物には該当しないことから取り扱いに特別な許可は不要であり、多くの競合となる引き取り業者が存在している可能性が示唆された。本事業において工場から発生する廃プラスチック類を対象とする際には、こうした業者に価格等の条件面で優位に立つことが課題となる。

廃油については基本的に有害・危険廃棄物（B3 廃棄物）であることから、B3 廃棄物管理に必要な許認可を保有した処理事業者にティッピングフィーを支払い引き渡されている。より安価なティッピングフィーを提示できれば調達できる可能性はあるが、大きな発生量は見込めない点が課題である。採算性を確保するためには他の可燃性廃棄物と併せて引き取るようなスキームとする等、何らかの回収に当たり工夫が必要となることが明らかとなった。

図表 34 廃棄物別の発生・処理状況まとめ

	発生状況	処理状況・処理費	事業化に向けた回収・処理上の課題
廃プラスチック	<ul style="list-style-type: none"> 1 事業者あたりの発生量は、年間数t～数百t程度 特にプラスチック製品・部品製造業者における生産工程くずとして発生する重量が大きい ただし事業者によって発生量のばらつきが大きいことから留意が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 基本的に、無償引き渡しもしくは有価で買取されている場合が多い すでに地元の引き取り業者が決まっている場合が多い 	<ul style="list-style-type: none"> 業者によって発生量の差が大きいため、最低数十t／年程度の発生量が見込まれる業者を選定することが必要 地元企業によって既に有償で買取られている場合が多いため、これら地元業者との競争（関係性の観点・買取価格の観点）に勝てるような業者選定を行うことが必要
廃油	<ul style="list-style-type: none"> 1 事業者あたり、年間数t～数十t程度の廃油が発生 多くの製造事業者で廃油は発生しているが、重量は大きくない 	<ul style="list-style-type: none"> B3 廃棄物に相当するため、基本的に廃棄物処理業者に処理委託されている ドラム(160kg)あたり 30 万 Rp～100 万 Rp 程度で処理委託されている(2,400 円～8,000 円) 	<ul style="list-style-type: none"> 廃油は B3 廃棄物であるため、許可を保有していることが業者選定の最低条件となっており、次いで価格面での競争力が求められる その上で安価な処理費を提示できれば回収可能性はあると考えられる 単一の業者からは十分な発生量が見込まれないケースが多いことから、あくまで廃プラ等を中心とし、廃油はそれら発生源において追加的に回収するような事業形態とする必要がある

<p>廃タイヤ</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ヒアリングの主対象とした製造業者等においては、廃タイヤの発生は一部のみであった¹⁵ 	<ul style="list-style-type: none"> • 一部の事業者では、廃タイヤを下取りとして業者に引き渡していることが確認された 	<ul style="list-style-type: none"> • 既存調査¹⁶においても、廃タイヤの発生量は廃プラ等に比べ極めて小さいことが指摘されていることから、事業化に必要な重量を確保することは難しいと考えられる。なお同調査によると、インドネシア全体で廃タイヤの発生量は10万t程度と推計されている
-------------	--	--	---

¹⁵ 整備業者等やインフォーマルな解体業者に廃タイヤが滞留している可能性があるが、こうした業者は直接対面で訪問しない限りヒアリングが難しいことから、本事業では廃プラ・廃油の発生が見込まれる製造業者を優先的にヒアリング対象とした。(COVID-19の影響により、基本的にオンラインでヒアリングを実施)

¹⁶ NEDO (2016) 地球温暖化対策技術普及等推進事業 JCMプロジェクト実現可能性調査「インドネシア共和国における省エネ型複合廃棄物処理熱回収システム実証事業プロジェクトの案件調査」

4. 廃棄物の組成・性状等調査

4.1 分析方針・分析方法

本事業において収集対象とする廃棄物のセメント代替燃料としての適合性を判断するため、組成・性状調査を行った。インドネシアにおける製造事業者から排出された産業廃棄物（廃プラスチック・廃油）の組成・性状調査を行ったほか、市中発生品の廃プラスチックについても候補として可能性を検討するため組成・性状調査を実施した。

調査を実施した主な項目は以下に示す通りである。なお、対象廃棄物の分析（産業廃棄物）は、パートナー企業である SBI 社に委託して実施した。

<組成・性状等調査項目>

- 塩素
- 水分
- 総発熱量
- 全炭素

4.2 分析結果

(1) 産業廃棄物

製造事業者の工場等から発生した廃プラスチック、廃油の組成・性状分析の結果を以下に示す（図表 35）。分析を実施したサンプルは図表 36 に示す通りである。

特に重要となる塩素濃度については 0.02%~0.08%と、セメント代替燃料として許容範囲の数値を示した。その他の項目についても特段問題となるような結果は出ておらず、セメント代替燃料として利用可能性は十分高いことが示された。

図表 35 産業廃棄物の組成・性状分析の結果

No	sample	Cl	水分	総発熱量	全炭素
		%	%	kcal/kg	%
a-1	Plastic Jerry Can	0.04	0.13	10772	>95
a-2	Plastic waste (poly cover & bubble wrap)	0.08	3.54	9838	>95
a-3	Oli	0.02	31.35	7349	92.42

図表 36 組成・性状分析を行ったサンプル（産業廃棄物）



サンプル No.a-1 プラスチック燃料容器
(Plastic Jerry Can)



サンプル No.a-3 廃油



サンプル No.a-2 プラスチック包装・気泡シート
(poly cover & bubble wrap)

(2) 市中発生プラスチック

インドネシアの市中にて発生する使用済みのプラスチック容器包装について、今後の収集対象の候補として可能性を検討するため組成調査を実施した。

組成・性状分析の結果を図表 37 に示す。分析を実施したサンプルは図表 39 に示す通りである。特に重要となる塩素濃度については、一部製品で高い数値を示したが、多くの製品ではセメント代替燃料として許容範囲の数値を示した。その他の項目についても特段問題となるような結果は出ておらず、適切に対象とする製品の選定を行えば、セメント代替燃料として利用可能性は十分高いことが示された。

図表 37 廃プラスチック（インドネシア市中発生品）の組成・性状分析の結果

No	sample	Cl	水分	総発熱量	炭素	灰分	水素	真発熱量
		%	%	kcal/kg	%	%	%	kcal/kg
b-1	石けん容器	0.013	-	10,480	82.1	2.8	13.3	9,760
b-2	飲料容器	1.81	-	10,630	81.0	2.1	13.4	9,910
b-3	アイス容器	0.003	-	10,780	83.8	1.0	14.2	10,010
b-4	飲食容器（水色）	0.008	-	10,480	81.6	5.4	13.8	9,730
b-5	飲食容器（緑色）	3.29	-	9,800	75.8	8.5	12.6	9,120

さらに、インドネシアに進出している日本企業からの回収を念頭に、日本企業の容器包装プラスチックの組成調査の実施について検討した。ただし、インドネシア国内において実際に排出されている日本企業の容器包装プラスチックのサンプルは、新型コロナウイルス感染拡大の影響から入手が困難であった。そこで、日本企業の製品は、日本国内で流通しているものとインドネシア現地で流通しているもので組成に大差はないと想定し、すでにインドネシアに進出している日本企業の製品を中心に、日本国内で流通している容器包装プラスチックの分析を実施した（図表 40）。特に重要となる塩素濃度については、セメント代替燃料として許容範囲の数値を示し、セメント代替燃料として利用可能性は十分高いことが示された（図表 38）。

図表 38 廃プラスチック（日本国内品）の組成・性状分析の結果

#	sample	Cl		総発熱量	炭素	水分	灰分	水素	真発熱量			
		%	%	kcal/kg	%	%	%	%	kcal/kg			
c-1	飲料容器	0.001		9,950	90.9	-	0.1	8.2	9,510			
c-2	石けん容器	0.003		6,180	70.9	-	0.1	7.7	5,770			
c-3	洗剤容器	0.005		10,720	83.6	-	1.8	14.2	9,950			
#	sample	ig.loss	Si	Al	Fe	Ca	Mg	S	Na	K	Ti	P
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
c-4	飲料容器 （ふた）	9.21	0.13	86.8	1.03	0.01	ND	0.14	0.02	0.01	0.04	ND
		Mn	Cl	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Ga	Zr	Ba	
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
		0.01	2.36	0.013	0.002	0.007	0.02	0.069	0.013	0.001	0.077	

図表 39 組成・性状分析を行ったサンプル（インドネシア市中発生産品）



図表 40 組成・性状分析を行ったサンプル（日本国内品）



(3) RDF

SBI 社では独自に RDF の組成・性状分析を実施しており、その分析結果についても参考情報として以下に示す。

なお、SBI 社においては前処理によって、20mm アンダー品と、20-50mm 品、50mm オーバー品に分けた上で、20-50mm 品の RDF を代替燃料として利用することを想定している。

図表 41 RDF の組成・性状

	NCV	moisture	Cl	Ash	Sulfur
	kcal/kg	%	%	%	%
RDF	3,000 - 3,300	25.0	0.2-0.4	15 - 20	< 0.2

(出所) SBI 社

図表 42 RDF サンプル



(出所) SBI 社

4.3 調査結果より判明した課題

分析結果より、セメント代替燃料としての利用を検討する上で特に重要となる塩素濃度については、産業廃棄物で 0.02%~0.08%と低く、セメント代替燃料として利用可能性は十分高いことが示された。

ただし、実際の受入れ可能性の検討に際しては、廃棄物の荷姿やサイズ等も重要な要素となることから、これらを総合的に考慮して判断する必要がある。また、様々な排出源から廃棄物を調達する場合には、その性状のばらつきについても十分考慮する必要があることから、調達先の目途が立った段階で広くサンプリング分析を行い、その変動についても確認することが今後の課題となる。

なお、SBI 社ではこれまでに代替燃料・代替原料として受け入れてきた廃棄物の組成・性状について、以下の通り整理しており、今後はこうした既に投入されている廃棄物の状況等も加味しながら、受け入れ可能性を検討していく必要がある。

図表 43 SBI 社において受け入れている代替燃料・代替原料の性状

	Waste	Cl	moisture	NCV
		%	%	GJ/t
代替燃料 (AF)	Industrial Solid Waste Non Haz	0.300	35	17.5
	Rubber/ Leather waste	0.148	17.2	22.5
	Fiscal destruction / Expired products	0.200	17.3	13.0
	Haz plastics/paper/textile	0.070	18	17.0
	Industrial Haz Sludge/powders	0.430	36.5	18.0
	Drilling Mud	1.08	12.00	6.3
代替原料 (AR)	Bottom ash	0.053	24.0	-
	Fly ash	0.058	1.7	-
	Casting Sand / Foundry Sand	0.033	1.1	-
	Sand Blasting	0.020	4.4	-
	Catalyst	0.040	36.5	-
	Sludge Low VOC	0.160	55.5	-
	Drilling Cutting	1.08	12.0	-

(出所) SBI 社

5. 実現可能性の評価

5.1 事業採算性評価

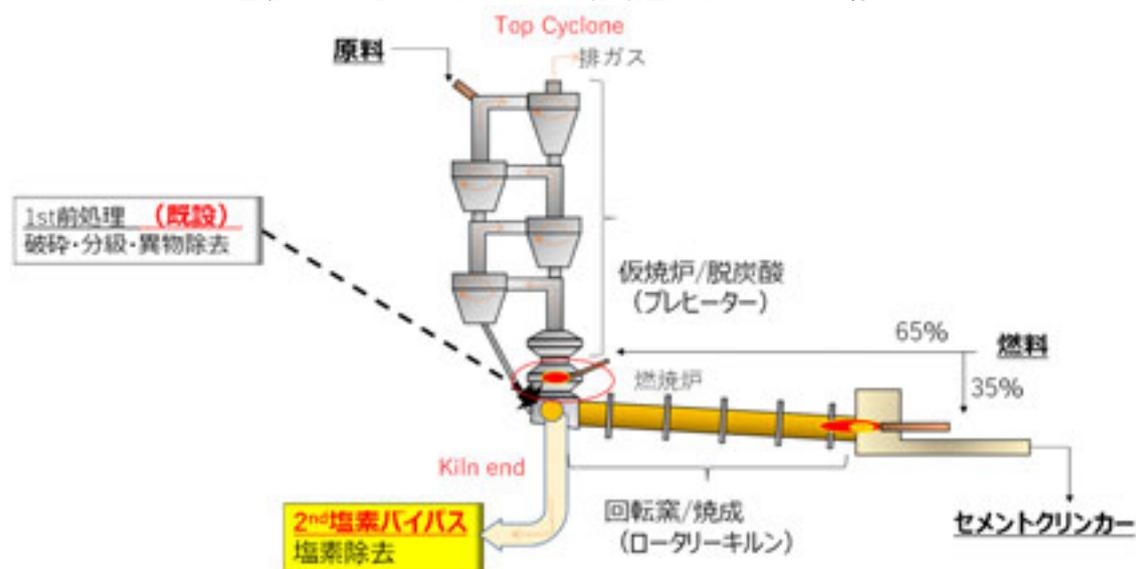
(1) ナロゴン工場

1) 採算性評価の前提条件

ナロゴン工場では、既に受け入れ廃棄物の前処理施設（破碎・分級・異物除去）は設置されていることから、特に塩素バイパス技術の導入を念頭に採算性評価を行う。

特に、ジャカルタ特別州環境局が進めている RDF 政策に沿って、RDF の受け入れ拡大に向けた設備増強（塩素バイパス導入）を計画する。RDF の受け入れ拡大に伴い、セメントの忌避成分である塩素濃度が増加することから、塩素バイパス技術の導入により塩素を低減することを想定する。これにより、塩素を含む RDF や代替燃料廃棄物の受入拡大が可能となる。

図表 44 セメントキルンの概観図（ナロゴン工場）



採算性評価の前提条件は、図表 46～図表 47 に示す通りである。特に採算性評価への影響が大きい石炭価格については、近年高騰を続けており、今後の見通しについても確かなことは言えないことから、過去の価格推移を考慮して、50USD/t、81.5USD/t（直近10年間平均）、および100USD/tにおいて感度分析を行った。

図表 45 インドネシアにおける石炭価格の推移



(出所) エネルギー・鉱物資源省ウェブサイト (https://www.minerba.esdm.go.id/harga_acuan) より作成

図表 46 採算性分析の構成要素・前提条件（ナロゴン工場）

	構成要素	考え方・前提条件
収入	<ul style="list-style-type: none"> ・ 代替燃料使用による石炭購入費用の削減 ・ 産業廃棄物の処理費 	設備投資により代替燃料廃棄物の受入を拡大
支出	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設備導入費 ・ ランニングコスト 	設備導入費：塩素バイパスへの投資額 ランニングコスト：運転にかかる人件費、電力費、維持管理費等（割引率: 10% 法人税: 25%とした）

図表 47 設備増強計画（ナロゴン工場）

投資時期	投資概要	投資額
Step 1 (0年目)	ナロゴン工場への塩素バイパス設備初期投資	90Billion IDR ≒ 7.1 億円
Step 2 (3年目)	ナロゴン工場への塩素バイパス設備追加投資	128Billion IDR ≒ 10.1 億円

(注) 投資額はシミュレーションに基づく

2) 廃棄物収集計画

パートナー企業である SBI 社と協議の上、以下の通り代替燃料 (AF)、代替原料 (AR) および RDF について、10 年目までのナロゴン工場における収集計画を策定した。ナロゴン工場で保有している 2 つのセメントキルンそれぞれについての投入を想定し、収集計画を策定した。

図表 48 廃棄物等の収集計画 (Narogong 工場)

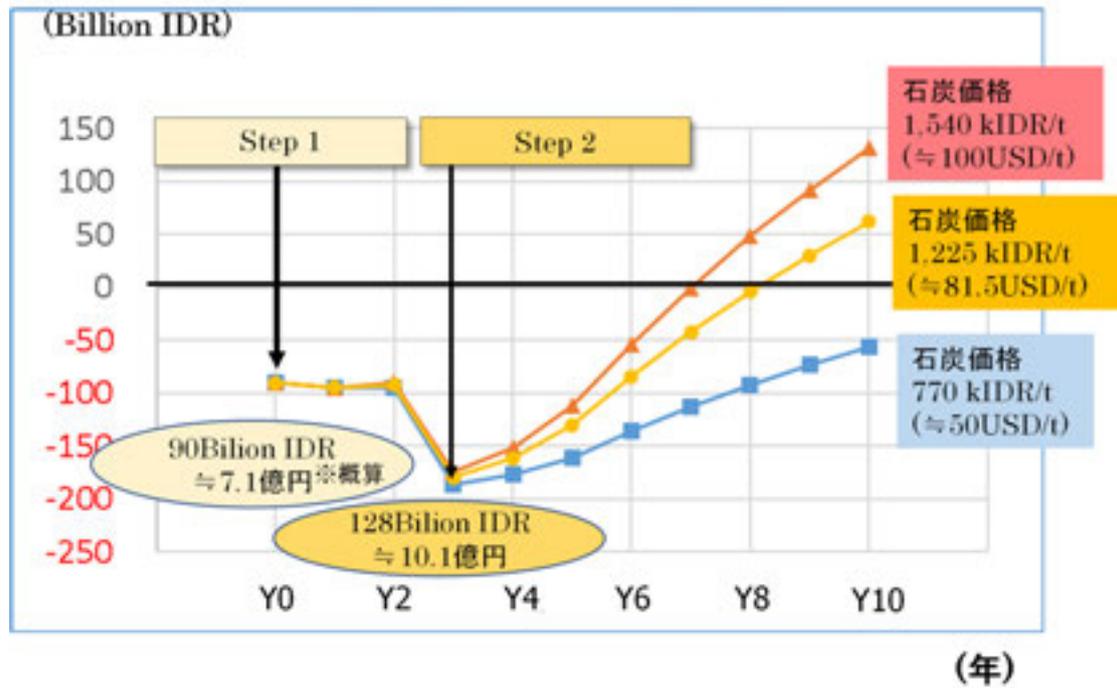
Material	unit	year									
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
AF total	t	2,288	4,576	7,627	9,064	10,501	12,417	12,417	12,417	12,417	12,417
AR total	t	9,187	18,373	30,622	80,574	130,526	197,128	197,128	197,128	197,128	197,128
RDF total	t	6,913	13,826	23,043	60,606	98,169	148,253	148,253	148,253	148,253	148,253

(注) 収集計画は 2 キルンでの利用量の合算値であり、シミュレーションに基づく

3) 分析結果

ナロゴン工場における採算性評価結果を図表 49 に示す。塩素バイパスを導入する初年度、3 年目においてキャッシュフローは減少するが、石炭価格を 100USD/t と想定した場合の試算においては、投資 8 年後にはプラスに転じる結果となった。一方で、石炭価格を 50USD/t と想定した場合の試算においては、投資 10 年後時点においてもプラスに転じず、石炭価格によって採算性の見通しが大きく左右されることが明らかとなった。

図表 49 事業採算性分析結果（累積キャッシュフロー・ナロゴン工場）



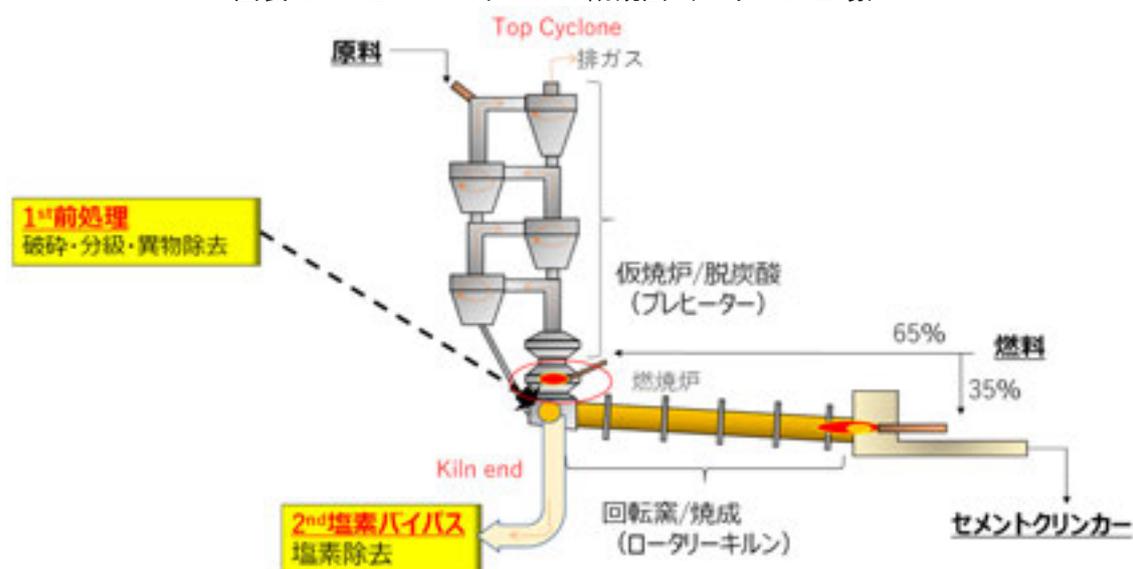
(2) トゥバン工場

1) 採算性評価の前提条件

トゥバン工場では、受け入れ廃棄物の前処理施設（破碎・分級・異物除去）が設置されておらず、現状は廃棄物の代替燃料利用・代替原料利用に向けた体制が整っていないことから、前処理設備の導入から行うことを念頭に採算性評価を行う。これにより、現状は埋立処分場に廃棄されている廃棄物をセメント資源として利用可能な状態に中間処理することを目指す。

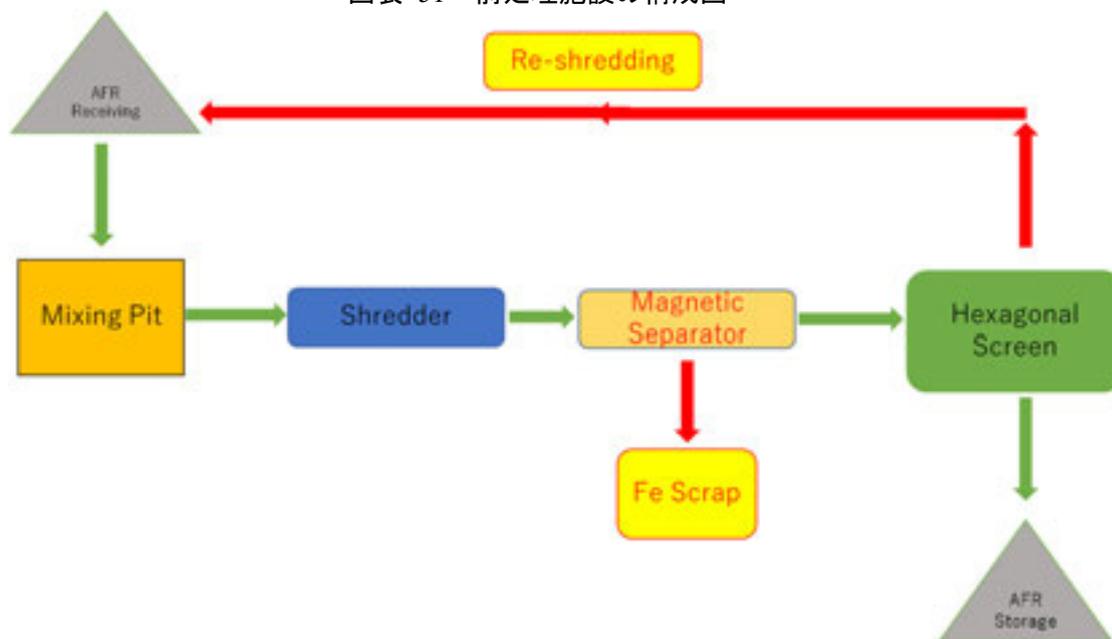
さらに、廃棄物の受け入れ拡大に伴い、セメントの忌避成分である塩素濃度が増加することから、塩素バイパス技術の導入により塩素を低減することを想定する。これにより、塩素を含む代替燃料廃棄物や RDF の受入拡大が可能となる。

図表 50 セメントキルンの概観図（トゥバン工場）



トッパン工場の近隣に設置することを計画している産業廃棄物の前処理施設（中間処理設備）の構成は以下に示す通りである。可燃物・不燃物の両方を受入れ可能な設計とすることを計画している。

図表 51 前処理施設の構成図



(注) シミュレーションに基づく

採算性評価の前提条件は、図表 52～図表 53 に示す通りである。特に採算性評価への影響が大きい石炭価格については、前掲の通り近年高騰を続けており、今後の見通しについても確かなことは言えないことから、過去の価格推移を考慮して、50USD/t、81.5USD/t、および 100USD/t において感度分析を行った。

図表 52 採算性分析の構成要素・前提条件（トゥバン工場）

	構成要素	考え方・前提条件
収入	<ul style="list-style-type: none"> ・ 代替燃料使用による石炭購入費用の削減 ・ 産業廃棄物の処理費 	中間処理設備の導入・塩素バイパスの導入により、代替燃料廃棄物を受入拡大
支出	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設備導入費 ・ ランニングコスト 	設備導入費：中間処理設備、塩素バイパスへの投資額 ランニングコスト：運転にかかる人件費、電力費、維持管理費等（割引率: 10% 法人税: 25%とした）

図表 53 設備増強計画（トゥバン工場）

投資時期	投資概要	投資額
Step 1 (0年目)	トゥバン工場への初期投資	289Billion IDR ≒22.9 億円
Step 2 (3年目)	トゥバン工場への追加投資	42Billion IDR ≒3.3 億円

(注) 投資額はシミュレーションに基づく

2) 廃棄物収集計画

パートナー企業である SBI 社と協議の上、以下の通り代替燃料 (AF)、代替原料 (AR) および RDF について、10 年目までのトゥバン工場における収集計画を策定した。トゥバン工場では 2 つのセメントキルンを有しており、また親会社である SIG のセメント工場 (SIG Tuban) も近隣に所在しているため、これら 3 つのセメントキルンへの投入を想定し収集計画を策定した。

図表 54 廃棄物等の収集計画 (Tuban 工場)

Material	Unit	Year										
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	
AF total	t	40,000	100,000	130,282	130,282	130,282	130,282	130,282	130,282	130,282	130,282	130,282
AR total	t	20,000	50,000	63,870	63,870	63,870	63,870	63,870	63,870	63,870	63,870	63,870
RDF total	t	5000	18000	25410	25410	25410	25410	25410	25410	25410	25410	25410

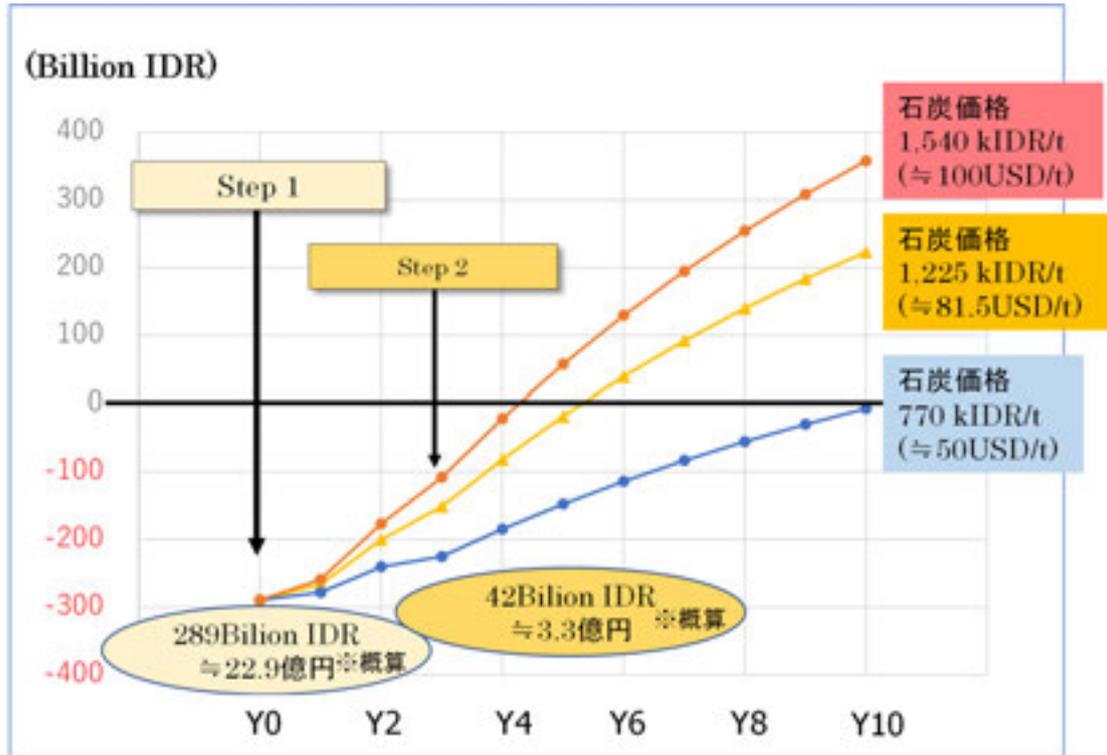
(注) 収集計画は 3 キルンでの利用量の合算値であり、シミュレーションに基づく

3) 分析結果

トゥバン工場における採算性評価結果を図表 55 に示す。

第 1 回目の投資を初年度に、第 2 回目の投資を 3 年目に行うことを想定すると、石炭価格を 100USD/t と想定した場合の試算においては、5 年目にはプラスに転じる結果となった。一方で、石炭価格を 50USD/t と想定した場合の試算においては、10 年目時点においてほぼ投資が回収できる試算結果となっており、石炭価格によって採算性の見通しが大きく左右されることが明らかとなった。

図表 55 事業採算性分析結果（累積キャッシュフロー・トゥバン工場）



5.2 環境負荷削減効果

インドネシアにおける廃棄物の原燃料化事業が実現することを念頭に、環境負荷低減効果を試算した。

基本的な考え方としては、本事業で利用される代替燃料が、化石燃料を置き換えると想定し、化石燃料の利用に伴い消費されるエネルギー及びこれに伴う温室効果ガスの排出量を計算し、環境改善効果とした。

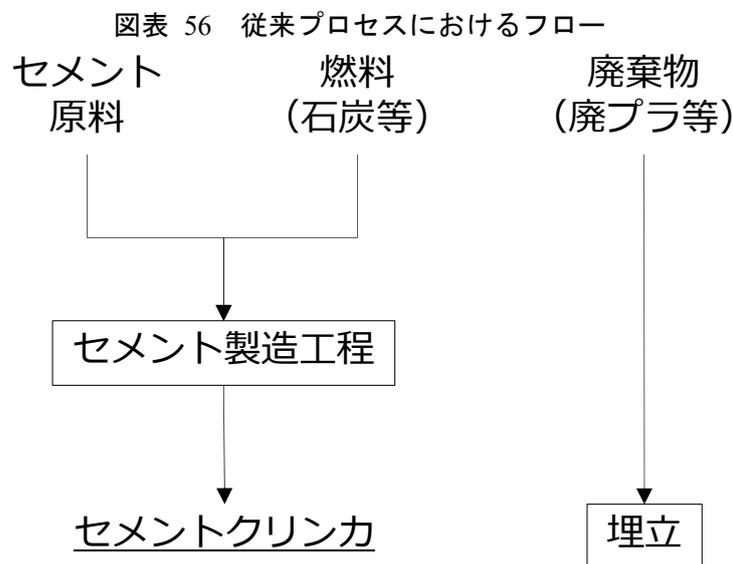
(1) 機能単位

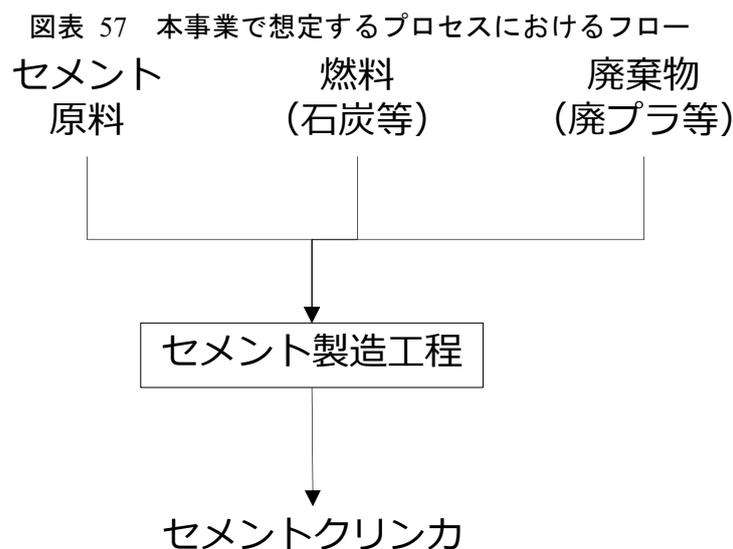
セメントクリンカ 1 t の生産を機能単位とした。

(2) 従来プロセス・新規プロセスの比較

本分析で想定した従来プロセス・新規プロセスのフローは図表 56～図表 57 に示すとおりである。従来プロセスでは有効利用されていなかった廃棄物を、本事業においてはセメント代替燃料として使用することを想定する。なお、利用する廃棄物の種類によっても従来の処理方法は異なるが、インドネシアにおいては固形廃棄物の多くが埋立処理されていることが指摘されていることから、ベースラインは埋立処理と想定した。

本事業で想定するフローにおいては、これら廃棄物を代替燃料としてセメント生産に有効利用し、石炭の使用量を削減することが可能である。また廃棄物の輸送は従来フロー・本事業におけるフローいずれにおいても発生することから、輸送に伴う排出量は無視できるものとした。





(3) 分析の前提条件

前掲の事業採算性分析における収集計画の下、事業化が実現することを前提とした場合の CO2 排出削減量を算定する。

セメントクリンカ 1t 生産当たりの消費熱量は約 3,200MJ/t-クリンカであり、可燃性廃棄物の使用量が増加すればその分石炭の使用量は減少、即ち、石炭起因の CO2 発生量は減少する (Net CO2)。さらに、同一熱量当たりの CO2 発生量は、RDF に対して石炭のほうが大きいため、総 CO2 発生量 (Gross CO2) も減少する。

以上を踏まえ、以下の算定式により Net CO2 削減量および Gross CO2 削減量を算出した。

$$\begin{array}{l}
 \boxed{\text{Net CO2 削減量}} = \boxed{\text{代替燃料の使用により削減できる石炭起因の CO2}} - \boxed{\text{塩素バイパス熱ロス分の CO2}} \\
 \boxed{\text{Gross CO2 削減量}} = \boxed{\text{Net CO2 削減量}} - \boxed{\text{代替燃料から発生する CO2}}
 \end{array}$$

また、試算においては以下の排出係数を使用した。

図表 58 各使用燃料の排出係数

	排出係数
RDF 代替燃料	75 kg-CO2/GJ
産業廃棄物代替燃料	83 kg-CO2/GJ
石炭	96 kg-CO2/GJ

(出所) GCCA (Global Cement and Concrete Association) のファクター参照

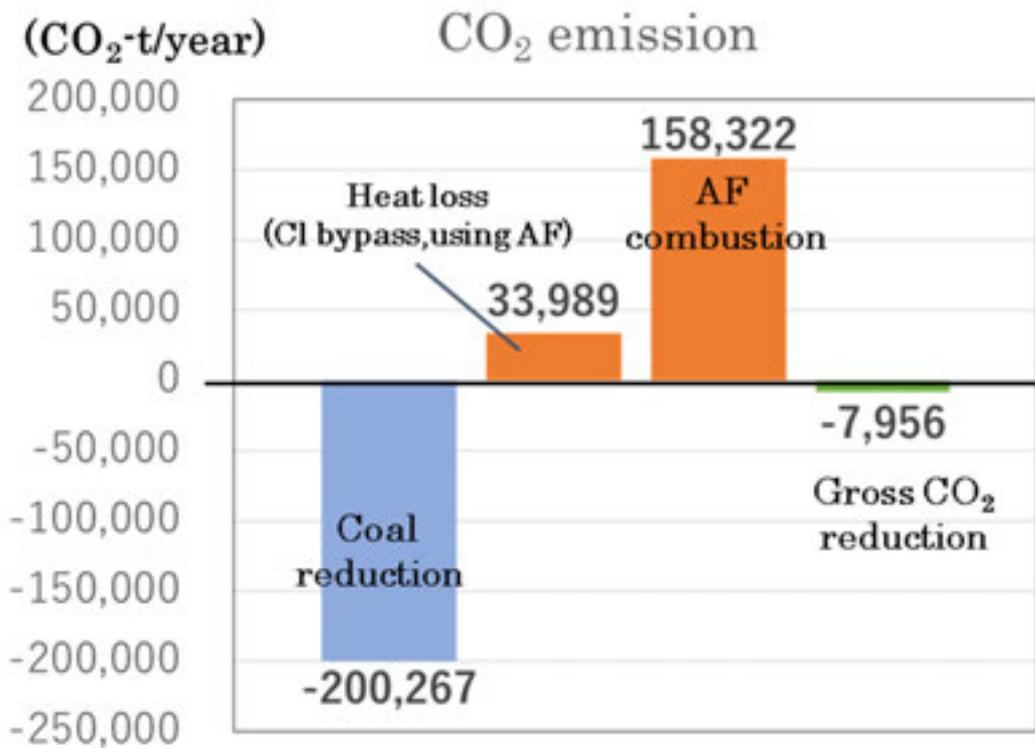
(4) 環境改善効果の試算結果

1) ナロゴン工場

ナロゴン工場では、本事業で計画する設備導入により、92,485 t/年の石炭使用を削減できると算定された。これに伴い、200,267 t-CO₂/年の削減効果が見込まれるが、塩素バイパスシステムの熱ロスに伴う追加的な排出として 33,989 t-CO₂/年を加味すると、ネット排出削減量としては 166,278 t-CO₂/年と算定された。

代替燃料の使用に伴う排出量は、158,322 t-CO₂/年と算定され、これを減じたグロス排出削減量は、7,956 t-CO₂/年と算定された。

図表 59 事業化に伴う CO₂ 削減効果 (ナロゴン工場)

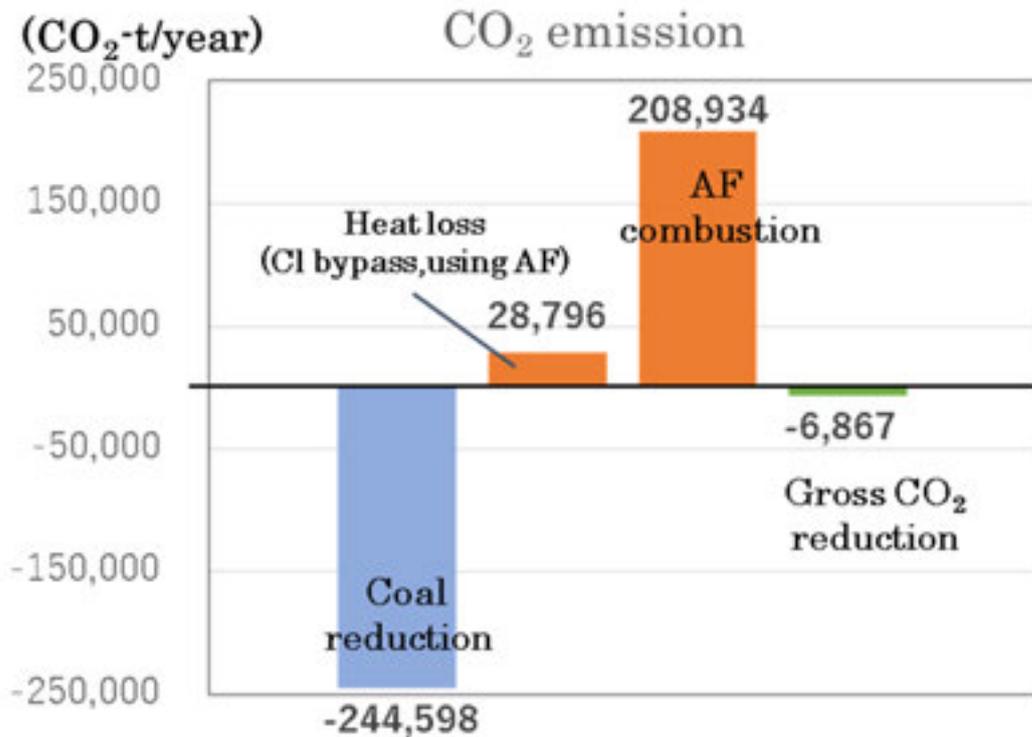


2) トウバン工場

トウバン工場では、本事業で計画する設備導入により、126,665 t/年の石炭使用を削減できると算定された。これに伴い、244,598 t-CO₂/年の削減効果が見込まれるが、塩素バイパスシステムの熱ロスに伴う追加的な排出として 28,796 t-CO₂/年を加味すると、ネット排出削減量としては 215,802 t-CO₂/年と算定された。

代替燃料の使用に伴う排出量は、208,934 t-CO₂/年と算定され、これを減じたグロス排出削減量は、6,867 t-CO₂/年と算定された。

図表 60 事業化に伴う CO₂ 削減効果 (トウバン工場)



(5) 排出量算定に影響するその他の要因

CO₂ 排出量には、導入する塩素バイパス技術における熱ロスや廃棄物の組成等の条件も影響することから、より正確な算定に向けては、これらの要因による影響をより精査することで、精度を向上させることが課題となる。

図表 61 排出量算定に影響するその他の要因

排出量に影響する要因	概要
塩素バイパスの熱ロス	塩素バイパスは Kiln end から高温ガス (800-1000℃) を抽気する。この熱ガスは再活用されないため、その分の熱ロスが発生し、熱ロスの補填が必要となる。これに伴い、燃料使用量が僅かながら増加する可能性がある。
廃棄物の組成	廃棄物構成材料によって化学組成 (炭素 : 水素) が変わるため、単位熱量当たりの CO ₂ 発生量も異なる。本分析においては、インドネシア政府が発行する係数を用いているが、実際の値は使用する廃棄物の組成によって異なる可能性がある。

5.3 社会的受容性

インドネシアでは、最終処分場の逼迫が大きな社会的課題として認識されている。特にバンタルグバン処分場の容量は限界を迎えており、都市ごみの削減は喫緊の課題となっている。

バンタルグバン処分場には、ジャカルタで発生する都市ごみが毎日 7,000t 以上搬入・野積みされている。野積みの高さの上限値は 50m と決められているが、現在既に 45m を超えている状況にあり、野積み可能なエリアは限られていることから限界を迎えつつある（図表 63）。トラックから搬出される都市ごみは、パワーショベルを用いて野積みの頂上部までバケツリレーのように積み上げられている。トラック周辺及び頂上部分では、籠を背負った労働者が人海戦術でリサイクル可能なゴミを収集しており、作業環境としても危険な状況にある。

図表 62 バンタルグバン処分場の様子①



(出所) 太平洋セメント撮影

図表 63 バンタルグバン処分場の様子②（ゴミ収集車から野積み頂上部まで積み上げられる様子）



（出所）太平洋セメント撮影

こうした状況を踏まえ、インドネシア政府主導により、バンタルグバン処分場において RDF プラント建設プロジェクトが進行している。RDF の利用先としては、石炭火力発電所やセメント産業が想定されている。他の地域においても廃棄物の RDF 化によるエネルギー利用の計画が推進される見込みであり、今後ますますセメント産業への期待は高まることが予想される。

また、インドネシア政府は「製造業者による廃棄物削減ロードマップに関する規則(2019年環境林業大臣規則第 75 号)」を発行しており、製造業者等に対して 2029 年までの廃棄物の発生抑制やリユース・リサイクルの実施を規定している。日系製造業等も対策を迫られると考えられるが、こうした企業に対してリサイクル（マテリアルリサイクル）の一手段としてセメント産業での資源化を提案することで、今後市中発生している廃プラ等の収集の可能性が高まることも期待できる。

以上より、セメント産業における廃棄物・RDF 等の代替燃料としての活用は政府方針とも合致しており、また現地の社会課題の解決にも資することから、社会的受容性は極めて高いと考えられる。

5.4 実現可能性の評価

以上を踏まえ、以下の5つの観点から本事業の実現可能性を評価した。

- ・ 事業化に十分な量の廃棄物調達・回収可能性
- ・ 廃棄物の性状およびセメント燃料としての利用可能性
- ・ 事業採算性
- ・ 環境負荷低減効果
- ・ 現地における社会的な受容性

使用する廃棄物の量および質の観点では、特に RDF については利用先としてセメント産業が期待されており、十分量の回収可能性が見込まれる。産業廃棄物は十分量の調達可能性を確保することは難しかったが、今後ニーズが高まることが予想され賦存量のポテンシャルも大きい市中発生の廃プラスチック等を視野に入れることで回収可能性が高まることが期待される。

事業採算性については、石炭価格に大きく影響を受けるが、100USD/t を想定すれば十分な採算性が確保でき、5年～8年程度で回収可能であることが示された。石炭の直近価格では100USD/tを優に上回っており、非現実的な想定ではないと考えられる。

環境負荷低減効果については、代替燃料の利用により石炭利用量が削減され、ネット排出量、グロス排出量ともにCO₂排出量は削減されることが明らかとなった。また、社会的な受容性については、インドネシアにおける社会課題として最終処分場の逼迫が大きな問題となっており、これに資する本事業の社会的受容性は極めて高いとみられる。

以上から総合的に判断して、本事業の実現可能性は比較的高いと評価される。ただし、特に事業化可能性に影響する要素として、廃棄物の回収量や各種の単価（処理単価、石炭価格等）、導入設備の安定的な運転の実現可能性等については依然として不確実な部分も多く、今後更なる精査を行う必要がある。

図表 64 実現可能性の評価結果

評価の視点	評価
事業化に十分な量の廃棄物調達・回収可能性 (量の観点)	△～○：RDFについては利用先としてセメント産業が期待されており、十分な回収可能性が見込まれる。廃棄物については産業由来のみならず市中発生品も視野に入れることで回収可能性が高まることが期待される。
廃棄物の性状およびセメント燃料としての利用可能性 (質の観点)	○：分析結果より、セメント代替燃料としての利用を検討する上で特に重要となる塩素濃度については、産業廃棄物で0.02%～0.08%と低く、セメント代替燃料として利用可能性は十分高いことが示された。
事業採算性	○：石炭価格に大きく影響を受けるが、100USD/tを想定すれば、十分な採算性が確保でき、5年～8年程度で回収可能であることが示された。石炭の直近価格では100USD/tを優に上回っており、非現実的な想定ではないと考えられる。
環境負荷低減効果	○：環境負荷低減効果の分析より、代替燃料の利用に伴い石炭利用量が削減され、ネット排出量・グロス排出量ともにCO2排出量は削減されることが明らかとなった。
現地における社会的な受容性	◎：インドネシアにおける社会課題として最終処分場の逼迫が大きな問題となっており、これに資する本事業の社会的受容性は極めて高いとみられる。政府としても、今後都市ごみの発生抑制やリサイクルを推進するための規則を打ち出しており、これに伴い今後ますますセメント原燃料化の社会的ニーズは高まることが予想される。

6. 現地関係者合同ワークショップ等の開催

6.1 実施概要

当社および現地パートナー企業（SBI 社）とインドネシア政府の関係構築、また廃棄物処理問題にかかる現状の課題認識の共有、こうした課題に対してセメント産業から貢献できる内容の共有・議論を目的として、2022 年 1 月 26 日に、関係者合同ワークショップをオンラインで開催した。

同ワークショップには、インドネシア国政府からは環境林業省、ジャカルタ州環境局、東ジャワ州環境局、トゥバン県環境局に参加いただいた。日本側からは、環境省、在インドネシア日本国大使館、JICA 専門家、民間企業に参加いただいた。

ワークショップの終わりにはオープンディスカッションの時間が設けられ、発表内容についての質疑や、インドネシアにおける現状の課題等について活発な議論が交わされた。

6.2 開催日時及びプログラム

関係者合同ワークショップは以下の通り開催した。

【開催概要】

題目	Workshop of Waste Utilization Project Through Cement Kilns in Indonesia
開催日時	2022 年 1 月 26 日（水） 10：00～13：00（日本時間）
開催方法	ウェブ開催（Zoom） ※日本語・インドネシア語同時通訳あり
主催	PT Solusi Bangun Indonesia Tbk 太平洋セメント株式会社
主な出席者	(インドネシア側) ・ PT Solusi Bangun Indonesia Tbk ・ 環境林業省 ・ ジャカルタ州環境局 ・ 東ジャワ州環境局 ・ トゥバン県環境局 (日本側) ・ 環境省（日本） ・ JICA 専門家 ・ 在インドネシア日本国大使館 ・ PT. Yakult Indonesia Persada ・ 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株） ・ Taiheiyo Cement Corporation, Jakarta Representative Office ・ 太平洋セメント（株） ※計 50 名～60 名程度参加

【プログラム】

10.05 - 10.10	FOREWORDS – Bapak Lilik Unggul Raharjo (Plt Direktur Utama PT Solusi Bangun Indonesia Tbk)
10:10 - 10.15	KEYNOTE SPEAKER – Shinji Fukami-san (Executive Officer General Manager Taiheiyo Cement Corporation)
10:15 – 10:20	KEYNOTE SPEAKER – Mr. Nixon (Direktur Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah, Bahan Beracun dan Berbahaya (PSLB3) KLHK
10.20 - 10.50	PRESENTATION FROM KLHK
11.30 - 11.40:	PRESENTATION FROM MURC (Pre-workshop Summary)
11.40 - 12.20	PRESENTATION FROM TCC (Feasibility Result & Solution to Overcome Waste Problem in Indonesia)
12.20 - 12.50	FEEDBACK & CONCLUSION
12.50 - 13.00	CLOSING

図表 65 ワークショップ参加者の顔ぶれ



7. 今後の海外展開計画案

7.1 事業化に向けた今後の課題

本事業化可能性調査により、本事業に対する社会的な受容性は高く、また一定の条件のもと、事業採算性の確保および環境負荷の低減が実現できる可能性が示唆された。

一方で、特に事業化可能性に影響する要素として、廃棄物の回収量や各種の単価（処理単価、石炭価格等）、導入設備の安定的な運転の実現可能性等については依然として不確実な部分も多く、こうした内容の精査が課題として残された。残された課題を大別すると、事業採算性に直結する要素に関する課題と、間接的に関係する導入設備の運転に伴う不確実性に関する課題の2点が挙げられる。

まず、事業採算性に関する課題としては、廃棄物の回収量や各種の単価（処理単価、石炭価格等）の精査が必要である。特に廃棄物回収可能性については、都市ごみ等に対象を広げて回収可能性の検討を行うことが必要と考えられる。各種の単価については予想が難しい部分もあるが、事業採算性に大きく影響する要素であることから、可能な限り確度を高めることが求められる。特に、近年は脱炭素の動きが加速しており、それに伴い石炭需要や石炭価格も影響を受ける可能性もある。例えば ADB では、インドネシアにおける石炭火力発電所の早期廃止に向けた基金を設立することで、脱炭素化を後押しする方針であることが報道されている¹⁷。こうした石炭価格に影響しうる要素について、今後継続的に注視していく必要がある。また、設備投資に伴う外部資金の活用を見据え、本事業の実施による環境負荷低減効果（GHG 排出削減量）をより精緻に分析する必要がある。

設備面に関する課題としては、実運転に伴う不確実性が課題となる。本調査では、あくまで事業化に向けた情報収集が中心であったが、本格的な事業化可能性の判断には、実際に燃料代替廃棄物をセメントキルンに投入して運転する実証実験を行い、安定的な運転の実現可能性や熱ロス量の発生について検証する必要がある。

図表 66 本調査で残された課題

課題類型	具体的内容
事業採算性の精査に関する課題	<ul style="list-style-type: none">代替燃料廃棄物の購入（処理）価格の精査廃棄物収集可能量の精査（日系企業、他）石炭の購入価格の変動見通しの精査環境負荷低減効果の精査（排出削減量の精査）による外部資金の調達可能性の検討
設備面に関する課題	<ul style="list-style-type: none">目標数量を受入した際のセメントキルンの安定運転のフィージビリティ中間処理設備の仕様の詳細の検討運転に伴う熱ロス量の精査（想定通りとなるか検討）

¹⁷ 2022年2月8日付朝日新聞デジタル (<https://www.asahi.com/articles/ASQ275WYXQ24ULFA017.html>)

7.2 課題を踏まえた今後の海外展開方向性

上述の課題を踏まえ、課題に対応させる形で今後の海外展開の方向性について以下の通り整理した。

まず事業採算性の精査に関する課題については、現地を訪問し都市ごみや産業廃棄物が具体的にどのように処理されているか等、現状処理方法の実態調査を行う。また、廃棄物の収集量見込みの精査に向け、特に中間処理事業を検討している東ジャワにて産業廃棄物の回収可能性について更なる調査を行う。

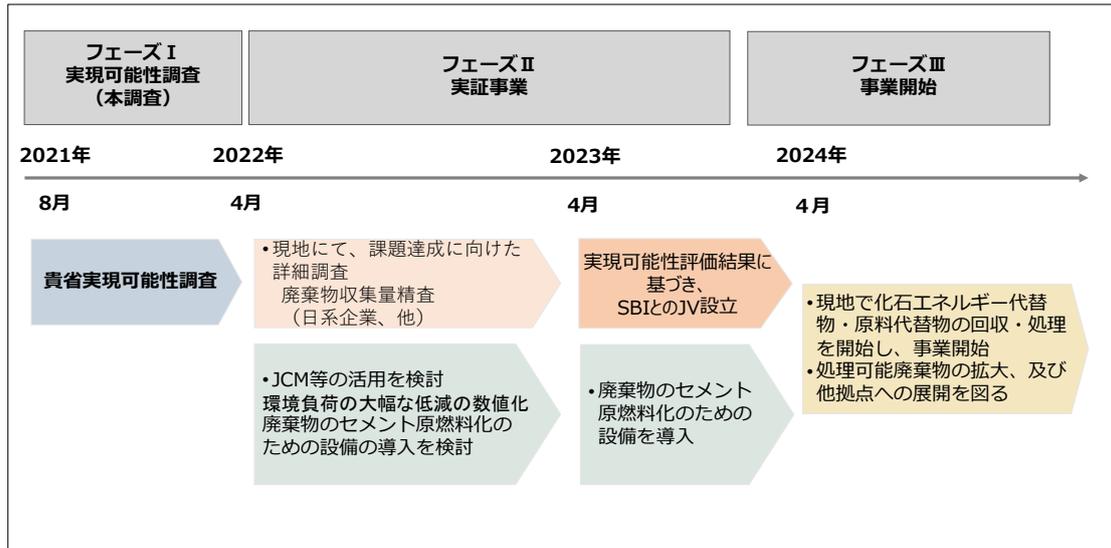
また、近年制定された規則（2019年環境林業大臣規則第75号）の施行に伴い製造業者が廃プラスチック等を管理することが求められ、セメント産業へのニーズも高まることが予想される。そこで、製造業者に対してアンケート等を実施し、今後の法規制（2019年環境林業大臣規則第75号等）への対応方針やセメント産業との連携可能性についての調査を行い、セメント資源化の提案へつなげる。さらに、本事業実施に伴うCO2排出削減量を、実際の運転条件や廃棄物組成等を加味して精緻化し、設備導入への補助金活用の可能性（JCM等）について精査を行う。

設備面に関する課題については、技術的な設計検討が必要となることから、現地に技術者を同行させ、受入れ予定の廃棄物の具体的な性状や品目等を精査し、適した設備の仕様を検討する。

図表 67 各課題への今後の対応方向性

課題	対応方向性
事業採算性の精査に関する課題	<ul style="list-style-type: none"> 現地にて都市ごみや産業廃棄物が具体的にどのように処理されているか等、現状処理方法の実態を調査する。 廃棄物の収集量見込みの精査（日系企業、他）に向け、特に中間処理事業を検討している東ジャワにて産業廃棄物が想定通り回収可能かを調査する。特にトゥバン近郊での今後の政策動向調査や各製造業者へのヒアリングを進める。 製造業者にはアンケート等を利用して、今後の法規制（2019年環境林業大臣規則第75号等）対応への調査を行い、セメント資源化の提案へつなげる。 本事業実施に伴うCO2排出削減量を精緻化し、補助金活用の可能性（JCM等）について精査を行う。
設備面に関する課題	<ul style="list-style-type: none"> 技術者同行にて受入れする廃棄物の具体的な性状や品種を精査し、適した設備導入を検討。

図表 68 今後の事業展開スケジュール



8. 現地政府・企業等との連携構築

8.1 現地パートナー企業との連携状況

本事業化可能性調査および事業化に向けた検討を進めるため、SBI社と頻繁に協議を行った。協議を進める中で、同社とは極めて良好な関係を築くことができしており、また事業化に向けて前向きであることから、今後も継続的に協議を重ね、関係のさらなる強化を図る予定である。

8.2 現地政府との連携状況

本事業を円滑に進めるため、関係する政府・自治体に対してヒアリングを行い、現状の課題や問題意識について聴取する中で関係を構築した。

環境林業省からは、関係者合同ワークショップにおいて、廃棄物の利用先（オフテイカー）の重要性についての言及があり、利用先としてセメント産業への期待を有していることが示唆された。ジャカルタ州特別州環境局、東ジャワ州環境局、トゥバン県環境局からは、ワークショップの事前実施したヒアリングにおいて本事業を支持する趣旨の発言も得られ、概ね本事業への評価は高いことが確認された。

図表 69 現地政府関係者から得られた意見

発言主体	聴取事項
環境林業省	<ul style="list-style-type: none">・ 環境林業省としては、B3 廃棄物処理に関してオフテイカーを整えていくことに注力し、地方政府とオフテイカーとの協力体制を構築するための努力を続けているところである。・ 廃棄物の利用（オフテイカー）に際しては覚書を交わす必要があり、覚書の中で費用負担等について明確な契約を交わすこととなる。
ジャカルタ特別州環境局	<ul style="list-style-type: none">・ バンタルグバン処分場の周辺地域で、セメント産業や石炭火力発電所を含む RDF の利用先（オフテイカー）に関する調査を実施した結果、一部のセメント産業のみが RDF を受け入れる意向を示した。
東ジャワ州環境局	<ul style="list-style-type: none">・ SBI 社（および太平洋セメントが計画している）廃棄物の前処理施設については、環境保全に向けた架け橋となるだろう。
トゥバン県環境局	<ul style="list-style-type: none">・ 放射性物質の排出や埋立処理をしないのであれば、（セメント工場に燃料代替となる廃棄物を投入するための）前処理施設の建設計画を是非進めてもらえると良い。

（出所）環境林業省についてはワークショップ当日の発言内容より抜粋。ジャカルタ州政府環境局、東ジャワ州環境局、トゥバン県環境局については、ワークショップの事前実施したヒアリング結果より抜粋。

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。