

第3章 製品・技術に関する現地適合性の検証

3-1 製品・技術の紹介、実証・パイロット調査の概要

3-1-1 製品・技術の紹介

下図は、パイロット事業を行う、Super Depo において想定されるレイアウトの見取り図となる。Super Depo で使用される技術（図内①～⑨）について整理を行う。

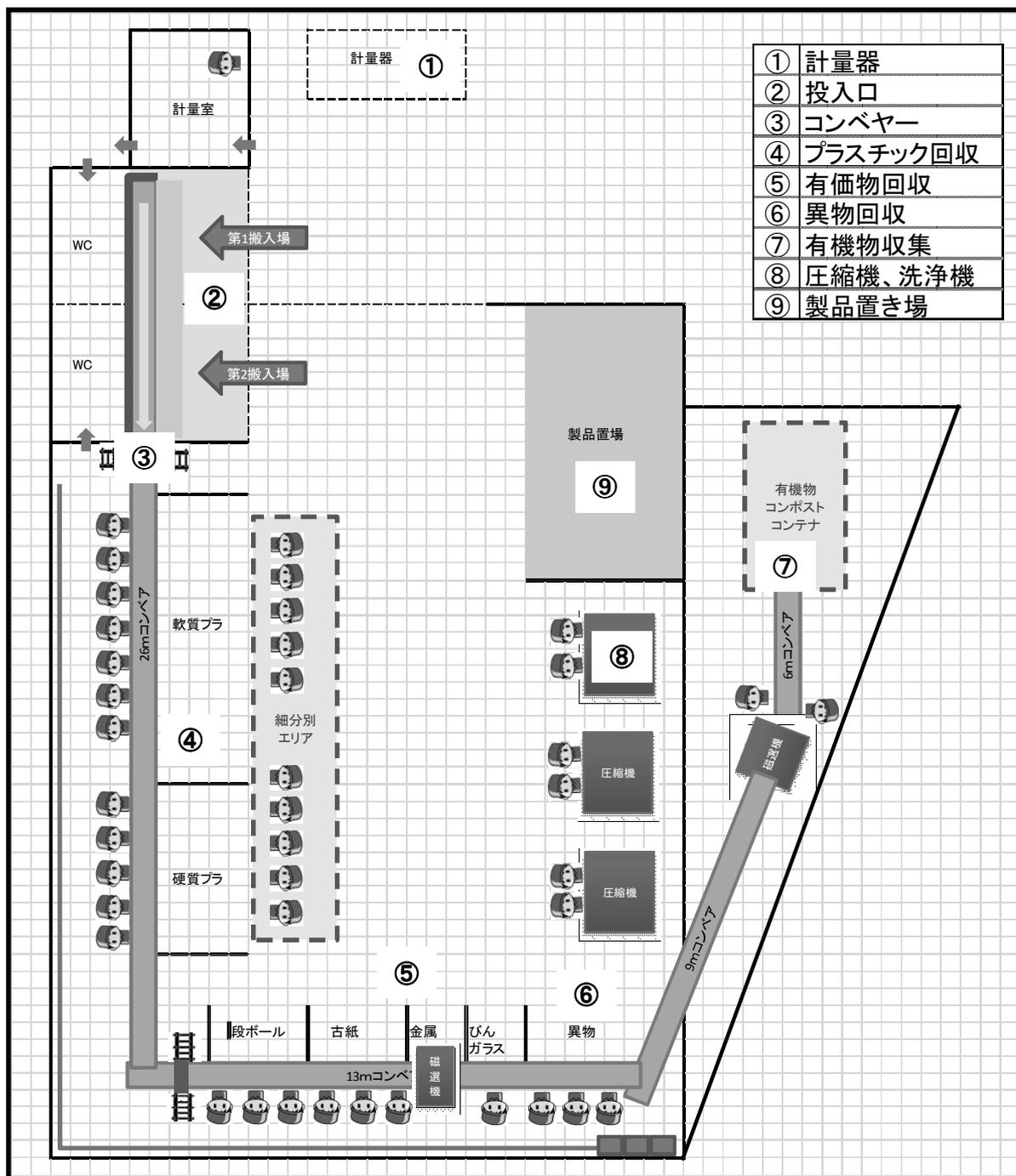


図 17 Super Depo の見取り図に機能番号 (①～⑨) を付与

① 計量機

コミュニティで回収されたごみの重量を測定する。Super Depo に持ち込まれるごみは、リヤカーに積載されているが、リヤカーのまま重量測定を行う。積荷を降ろした後のリヤカーの重量も測定し、ごみの正確な重量を測定する。

② 投入口

リヤカーに積みこまれたごみを、コンベヤーに展開する。この時点で、樹木などの大型のごみ、目に見える異物（土砂、家具、布、衣類）については、人力で取り除く。

③ コンベヤー

1日あたり 15 トンのごみを選別するためには、時速 3~4km のスピードでコンベヤーを稼働させる必要がある。選別員の技量が向上するまでは、スピードを落として運用を行う。オペレーションを円滑に執り行うことができるようになれば、段階的にコンベヤーのスピードを上げていく。コンベヤー自体は、モーターでゴム製のコンベヤーを稼働させる構造となっている。モーターは、2.2 kW、1.400 – 1.680 rpm 程度のスペックが必要となる。

④ プラスチック選別

投入されるごみの組成も考慮しつつ、種類別にプラスチックを選別していく。大まかに、透明・白色ビニール、色つきのビニール、硬質のプラスチック（後工程で再度分別する）、透明のペットボトルなどに分別する。選別員には、それぞれ受け持ちのごみがあり、コンベヤーから選別されたプラスチックは、分別ボックスに投入される。プラスチックの含有率が高い場合、また種類ごとに販売価格が異なる場合は、選別したプラスチックをさらに細分別する工程を追加する。

⑤ 有価物選別

段ボール、古紙（新聞など）、金属（缶など）、ガラスなどの有価物を、④と同様に選別し、種類ごとにゲージに投入する。ごみの組成によっては、磁選機（磁力により鉄をより分ける装置）の設置を検討する。

⑥ 異物選別

最終的なアウトプットを有機ごみとするために、石などの異物、④と⑤で回収できなかった有価物を取り除く。また、有機物であっても大型のもの（剪定された樹木など）も、ここで取り除く。

⑦ 有機物コンテナ

残った有機物をコンテナに投入する。コンテナに投入する最終段階にて、有機ごみを細かくする破砕機を設置することで、運搬効率を高めるとともに、コンポスト段階での発酵が進みやすいようにする。

⑧ 圧縮機、洗浄機

主にプラスチックを対象に、洗浄および圧縮作業を行うことを検討する。洗浄後の排水については、下水処理装置を導入する。洗浄の有無によって、買い取り価格に変わりがない場合は、洗浄機は設置しない。一方、圧縮機については、輸送効率を上げるために必要となる。圧縮の対象となるのは、プラスチックと古紙となる。

⑨ 製品置き場

分別した有価物については、製品置き場に一時的に保管する。

3-1-2 実証・パイロット調査に至るまでの経緯

(1) 用地の確保

事前にスラバヤ市DKP（美化局）との交渉により、スラバヤ市内のごみ収集中継所の候補から、十分な面積を有するストロジョーにおいて、Super Depoのパイロット事業を実施すること、用地を無料で提供いただくことについて、合意を得た。ただし、ストロジョーにおける既存のDKPが所有する管理事務所について、取り扱いをどうするかについての調整が必要となった。DKPとの話し合いの結果、現状の事務所は解体し、パイロット事業を実施するSuper Depo内に、DKPの事務所を新設すること、解体及び事務所の建設については、西原商事が工事および費用を負担することで合意を得た。

現地で実施した測量により、事前にDKPより提供いただいていた図面やサイズに一部誤りがあることが判明した。よって、コンベヤーについては再度設計を行う必要が生じ、汎用部品に加えて、オーダーメイドの部品を使用することが必要となった。



写真 7 施工前のストロジョー

(2) 工事体制

Super Depoの建設にあたり、全ての設備について、インドネシアにて入手するという方針で

設計、機材の手配を行った。

整地や建屋の建設については、スラバヤの日系企業であるゼノディア マンディリ社にご担当いただくことになった。同社は、インドネシアにおいて日本企業からの受注実績を豊富に有しており、12月より着工し、2月上旬には完成というタイトなスケジュールでも対応いただけることになり、発注することとなった。

設備については、ゼノディア マンディリ社の紹介により、ジャヤ マンディリ（コンベヤー、計量器、分別ボックスなど担当）と、プリマ バヤ テクニック（破碎機、洗浄機、プレス機）に分けて発注することとなった。2月10日の試運転開始、3月8日からの実証開始について、スケジュール通りに執り行うことができた。



写真 8 施工中のストロジョーSuper Depo

(3) パイロット事業の準備

パイロット事業を開始するにあたり、美化局と覚書（MOU）を結ぶこととなった。その要点は以下のとおりである。

① 所有権

西原商事は、2013年12月まで Super Depo の運営を行う。その際、電気代や水道代は西原商事が負担する。スラバヤ市は、適切な助言や支援をするものとする。事業期間後、建物を含む所有権と使用权はスラバヤ市に移譲される。

② パイロット事業期間

2012年12月より2013年12月末とする。操業期間については、両者協議の上で延長することができる。

③ スラバヤ市の義務

日量、およそ15トンの一般ごみを Super Depo に搬入する。また、最終的な残さについては、最終処分場まで運搬する。

④ 西原商事の義務

パイロット事業終了後、建物や設備をスラバヤ市に移譲する。その際、運営ノウハウやマニュアルなどについても、スラバヤ市に引き継ぎ、移譲後も円滑な運営が可能となるよう留意する。

(4) パイロット事業の開始

2月上旬の試運転後に、パイロット事業の開始について、美化局と協議を行った。美化局より、インドネシアの環境大臣および、スラバヤ市長出席のもとで3月8日に開所式を執り行い、その後に正式なパイロット事業を開始したい、という申し入れがあり、2月上旬から3月上旬は試運転期間とし、諸設備の微調整および、選別員の訓練を行うこととした。

開所式には、インドネシアよりバルタサル・カンブアヤ環境大臣、トゥリ・リスマハリニ スラバヤ市長にも同席いただいた。日本側からは、在スラバヤ日本国総領事館より野村 昇総領事に出席いただいたほか、北九州市からはアジア低炭素化センター久鍋和徳 相談役にご参加いただいた。西原商事からは、西原孝思社長が出席した。



写真 9 開所式前日の Super Depo



写真 10 開所式における、カンブアヤ環境大臣による挨拶



写真 11 左より、野村総領事、リスマ市長、カンブアヤ環境大臣、西原社長、久鍋相談役

3-1-3 実証・パイロット調査の概要

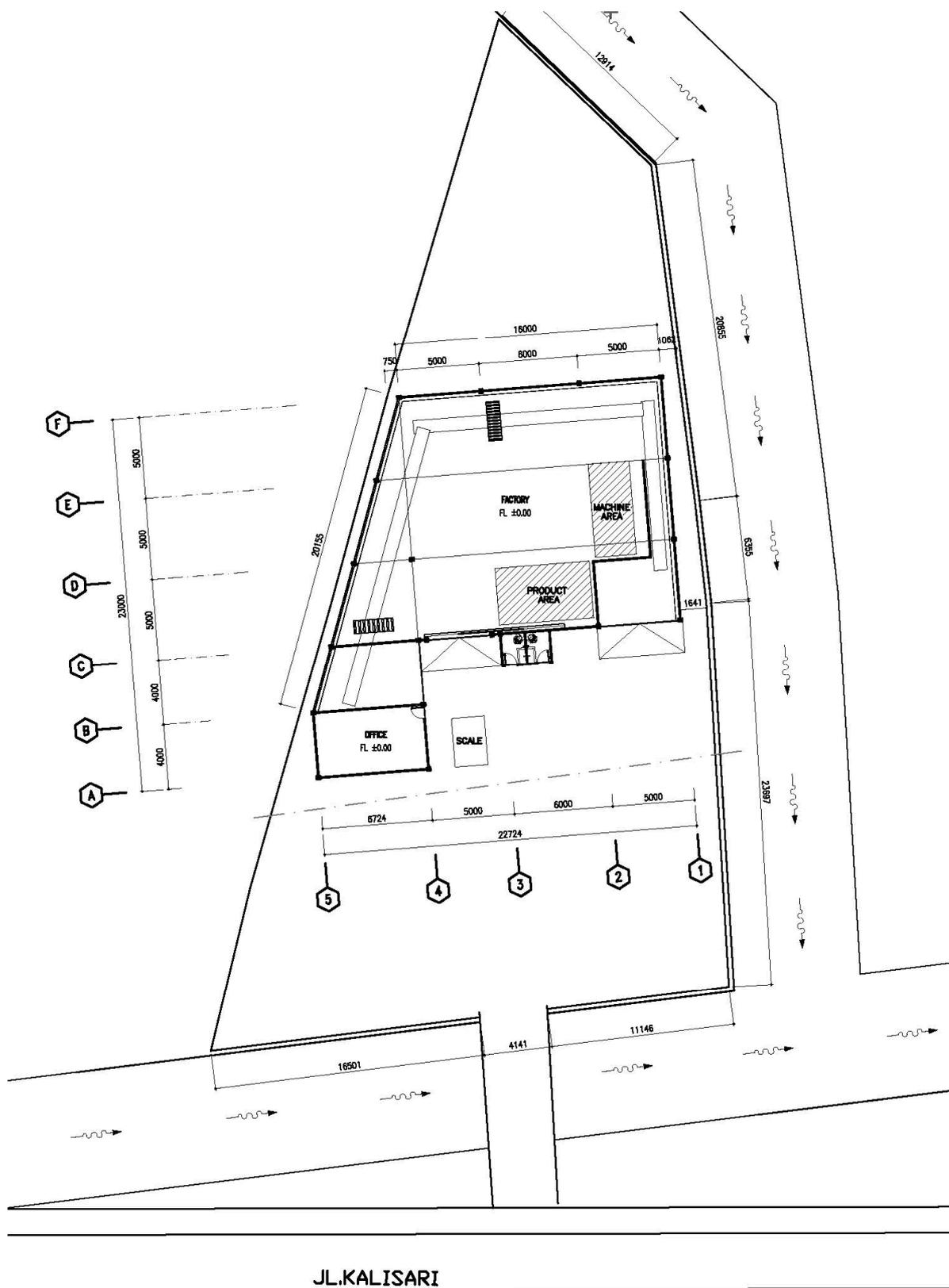
下表は、パイロット事業の実施前に行った、プレ組成調査の結果である。有機物が非常に多く含まれていること、有価物としてはプラスチックが比較的多く含まれることが分かった¹³。この結果を受けて、3-1-1で紹介した技術については、磁選機は導入を取りやめたが、その他の設備については設置することとなった。

¹³ プレ調査では、コンベヤーを使用せずに、集めたごみを手選別により分別した結果である。実際にコンベヤーを通した結果とは異なる、「分別できるはずの結果」であり、ある種の理論値となる。

表 15 プレ調査による組成調査

9月26日～28日		平均作業時間	1時間35分	平均作業員	31.3名
品 目	有機物ゴミ	段ボール・古紙類	プラスチック類	金属類	その他
重 量	737.2kg	38.7kg	124.7kg	2.5kg	52.4kg
比 率	77.2%	4.1%	13.1%	0.3%	5.5%
平均重量	955.5 k g		平均処理能力	19.28kg/時・人	

下図が、ストロジョーSuper Depo の見取り図と、設備一覧となる。この分別ラインに、5 トンの一般から排出されるごみを投入し、有価物や異物を回収した上で、最終的に有機物を回収する。分別員の技量が向上すれば、コンベヤーのスピードを上げることができ、最大で 15 トン/日のごみを分別することが可能となる。



JL.KALISARI

図 18 ストロジョーSuper Depo 全体見取り図

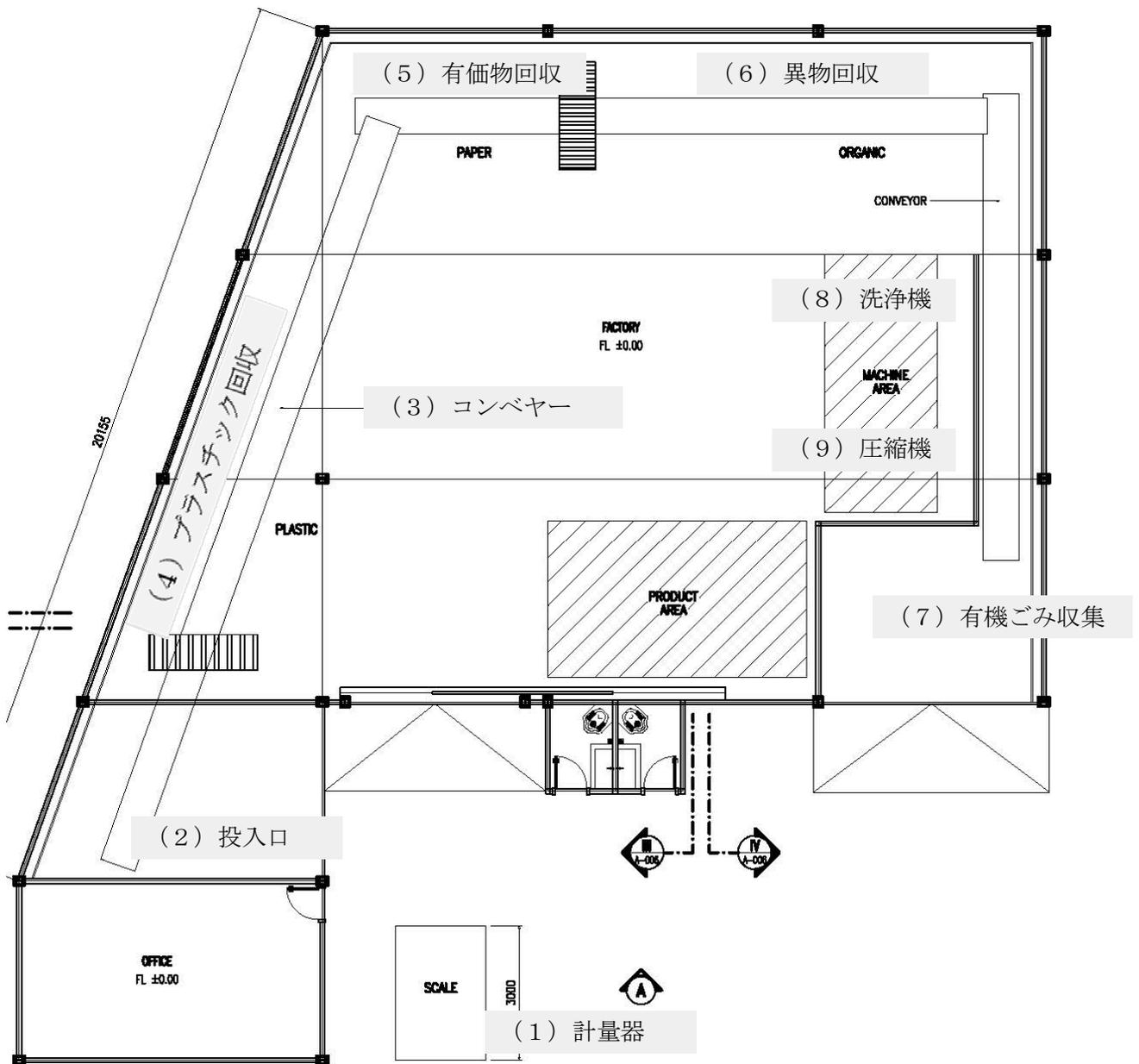


図 19 Super Depo 建屋見取り図と設備 (1) ~ (9)

パイロット実証の期間は、3月15日から18日の5日間（17日は日曜日のため休業）とし、データの収集を実施した。なお、3月19日以降も、実証は継続して実施している。期間中、25名の分別員を配置し、実証をおこなった。データについては、3-2-2にて分析を行う。

3-2 製品・技術の現地適合性検証の結果

3-2-1 技術の現地適合性検証

3-1-2で示した見取り図に示した各設備(1)～(9)について、現地における適合性の検証を行った。検証後、必要であれば調整などを行い、実証事業を進行した。全ての施設は、インドネシア国内で手配した。

(1) 計量器

持ち込まれたリヤカーごと計測できる、計量器を設置した。また、日ごとに持ち込まれるごみの量と、分別したごみの量を種類別に記録し、ごみの組成を分析した。



写真 12 計量器(グリーン部分)にて重量を測定中のリヤカー



写真 13 デジタル表示された重量を記録する

(2) 投入口

リヤカーのごみを、カゴを使用してコンベヤーに投入する。ここでは、比較的作業に慣れた人員を3名配置し、投入するだけでなく、大型のごみなどを取り除く作業を行うこととした。



写真 14 ごみをコンベヤーに投入する

(3) コンベヤー

コンベヤーは、全長 48 メートルである。用地の大きさを勘案し、コの字型に、3 本のコンベヤーを並べた (19 メーター、15 メーター、14 メーター)。コンベヤーの動力となる、モーターのスペックは、2.2 kW、1,400 – 1,680 rpm であり、3 本のコンベヤーに対して、3 台のモーターを設置した。

試運転の際、作業の効率を考慮して、コンベヤーの高さ (地上からの高さ) を低くし、小柄なインドネシアの人でも作業しやすくする工夫を行った。

コンベヤーのスピードは、無段階で調整できるようになっており、作業員の熟度に合わせてスピードを上げるようにした。

ごみを運ぶゴムベルトの厚さは 5 ミリメートル程度で、日本では耐久年数は約 20 年といわれている。ごみの組成によって、瓶や缶が多く含まれる場合はゴムの痛みが激しくなり、より早いタイミングでの修繕が必要となる。

ゴムベルトがまっすぐ走るように、ベルトを支えるローラーの前にブラシをつけることでごみの付着を防ぐ工夫をした。ブラシがない場合は、ローラーにゴミが付着することでローラーの直径が一定でなくなり、ベルトがまっすぐ走らない原因となる。



写真 15 全長 48 メートルのコンベヤー

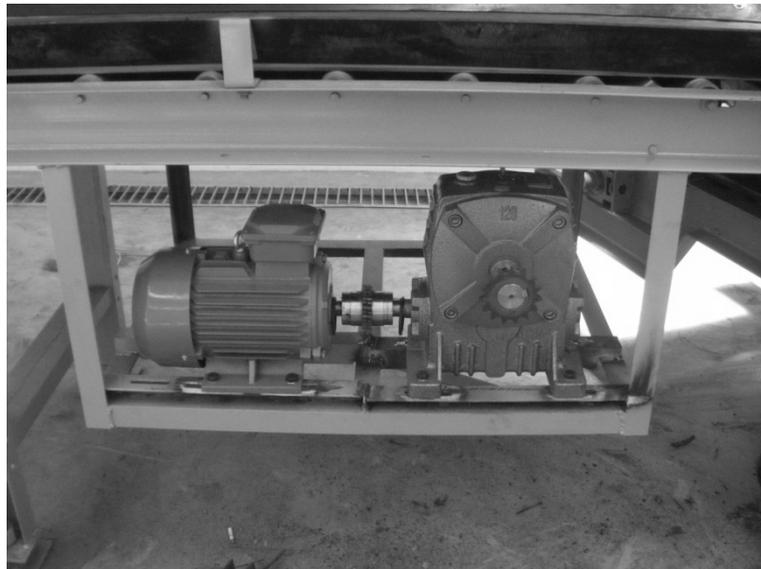


写真 16 コンベヤーの動力源であるモーター

(4) プラスチック回収

プラスチック回収ゾーンでは、1. 透明・白色ビニール、2. 色つきのビニール、3. 透明のペットボトル、4. 硬質のプラスチックに選別して、ゲージ上の回収ボックスに投入していく。プラスチック回収ゾーンには、約 8 人程度を配している。選別員は、それぞれの担当のプラスチックを選別し、回収ボックスに投入していく。

透明・白色ビニール、色つきビニールについては、圧縮工程を経て出荷される。透明のペットボトルについては、フレコンバッグに詰めて出荷される。

硬質プラスチックについては、ペットボトル、色つきのプラスチック類、そのほかに再分別され、フレキシブルコンテナバッグ（フレコンバッグ、袋状の包材）に入れて出荷される。

現状では、分別ボックスは選別員の前方に配置しているが、軽量のビニール類を分別ボックスに投げ入れるのは困難な場合もある。選別するプラスチックの重さによって、分別ボックスの配置を

変更することを検討する必要がある。

また、分別ボックスの投入口の高さを低くする（コンベヤー面より低くする）ことにより、投入効率を上げる、分別ボックスの網目を選別するプラスチックに合わせて細かくするなどの改善が必要であることが分かった。

これまで、ウェストピッカーによる回収方式では、軟質プラスチックは回収の対象外であった。コンベヤーを使った選別ラインの導入により、依頼は選別されずに最終処分されていた軟質プラスチックを再資源化することが可能となる。



写真 17 プラスチック回収ゾーン



写真 18 プラスチック回収ゾーン



写真 19 選別されたペットボトル類



写真 20 選別された透明の軟質プラスチック

(5) 有価物回収

有価物回収ゾーンでは、1. 缶類などの金属、2. 古紙を回収する。ガラス類についてはほとんど含まれておらず、販売するためにはまとまった量が必要であるために、異物として最終処分場に搬送される。金属についても、量は1日当たり1kg程度と少量となるために、プラスチック回収ラインに含め、硬質プラスチックと同じ分別ボックスに投入した後に分別することとした。量が少ないという事由により、磁選機は導入しないことにした。

古紙については、比較的高価で販売できる段ボールや新聞はあまり含まれておらず、包装紙などの雑紙が多い。そのため、すべてミックス古紙として選別する。選別後、圧縮工程を経て、出荷される。



写真 21 缶類と、プラスチックボトル



写真 22 古紙類

(6) 異物回収

プラスチック、金属、古紙のいずれにも属さない異物、大型の有機ごみを回収するゾーンを設置した。当初、分別ボックスを使用していたが、大型の有機ごみは重量があるために、分別ボックスの取り回しが困難となった。よって、美化局が使用しているダストボックス、ダストカートを手配し、回収することとした。異物および、大型の有機物については、最終処分場へ搬送されることとなる。



写真 23 異物回収ゾーン



写真 24 異物回収ゾーン

(7) 有機ごみ収集

プラスチック、金属、紙といった有価物と異物、大型の有機ごみを取り除いた後に残るのは、有機ごみとなる。コンベヤーの最終部分に、有機ごみのある程度の大きさに砕く、破碎機を設置した。破碎機を通った有機ごみは、コンポストセンターへ搬送される。ごみの60%以上を占める有機ごみのみを選別し、破碎することで、コンポストの行程への負担を削減させ、良質の肥料を製造することができる。

破碎機は、一軸となっており、7.5 kW、1,450 rpm のモーターで稼働する。内部に、刃がついており、有機ごみを破碎できるようになっている。1時間当たり2トン、1日(6.5時間稼働)でおよそ13トンの有機ごみを処理することができる。

当初納入された破碎機は、軸バランスが取れていない、軸とモーターが直結しているという事情

により、激しい震動が発生した。また、軸とモーターが直結していることにより、破碎機に大きな負荷がかかった場合に、モーターが故障する可能性を有していた。モーターを軸の下部に配置し、ベルトとプーリーによって駆動を伝える構造とすることで、軸バランスを安定化させる改良をおこなった。また、破碎機に過大な負荷がかかった場合でも、ベルトが「滑る」ことにより、負荷を逃がすことで、モーターへの負荷がかからない構造とした。

試運転当初は、剪定くずなどの比較的大きな有機ごみも破碎機に投入していたが、「つまり」を起こすことが判明した。よって、ラインの投入口と、異物分別の段階で、ある程度大きな有機ごみを取り除くこととし、オペレーションの安定化を図った。



写真 25 生ごみ破碎机（右）と回収コンテナ（中央）



写真 26 コンテナに積み込まれる破碎後の有機ごみ

(8) 洗浄機

回収されたプラスチックについては、洗浄機にて水による洗浄を実施することで汚物を取り除き、アウトプットの質の向上と、それに伴う買い取り価格の向上を期待していた。また、排水処理設備として、三層分離槽を設置した。

当初、軸に垂直となる設計で攪拌板を設置し、2.2 kW、1,400 – 1,680 rpm のモーターで稼働させる構造とした。しかし、プラスチックが洗浄機内に滞留してしまう現象が生じた。攪拌版の形状をスクリー型に変更することで、洗浄後のプラスチックが排出口に排出される構造に変更することで、この問題は解決した。1時間あたり 500kg のプラスチックを洗浄することができる。

しかしながら、洗浄後の製品をバイヤーに見せたところ、高い買い取り価格を適用するためには、乾燥したアウトプットが必要であることが判明した。製品に水分が含まれている状態では、汚れているプラスチックとみなされ、買い取り価格の向上は期待できない。

今回の Super Depo の規模では、乾燥機を導入することのコストアップが、買い取り価格の向上よりも大きくなる。今後、より大きな規模で中間処理を実施する場合は乾燥機の導入を検討する余地はあるが、同様の規模での Super Depo では洗浄機の導入は不要となる。



写真 27 洗浄機

(9) 圧縮機

回収されたプラスチックの輸送効率を高めるために、圧縮することで体積を削減させることができる。2.2 kW、1,400 – 1,680 rpm のモーターで油圧シリンダーを稼働させる構造となっている。1時間あたり、400kg のプラスチックや古紙を圧縮することができる。

圧縮後のアウトプットを販売する際、現状ではリヤカーでの運搬が行われている。現場からは、「圧縮すると重量が重くなり、自転車やリヤカーでの運搬が困難になる」という声も聞かれた。今回のような規模の Super Depo の場合、アウトプットの量が少ないために、トラック手配などで運搬コストをかけることは現実的ではない。将来的に、複数の Super Depo をトラックなどで回収するような効率的な運搬フローを確立できる場合には、圧縮機による工程が必要となる。



写真 28 圧縮機



写真 29 圧縮された軟質プラスチック

(10) 選別員のキャパシティビルディング

Super Depo における選別員は、以前の Depo でウェストピッカーを生業としていた人々に依頼することとした。現地における、有価物の販売フローに混乱をきたすこと、有価物のバイヤーとの対立を避けるためにも、選別員を直接雇用するのではなく、選別する場所として Super Depo を提供し、有価物の販売益を選別員で再分配する方式を採用した。

選別員には、Super Depo での作業機会を提供することで、効率のよい有価物の選別を可能とし、有価物の販売益については選別員で分配することを約束する一方、次の点を順守した上で作業することを依頼した。①、②については、西原商事が日本における事業でも重視している点であり、作業効率を高めるためではなく、現状ではウェストピッカーを生業としている選別員の地位の向上に

も寄与するものである。

- ① 制服の着用
 - ・西原商事が提供する制服（上着、ズボン、帽子）を必ず着用すること。
 - ・洗濯場所を提供するので、制服は清潔にすることを心がける。
- ② 設備や機材の整理整頓、清掃
 - ・作業後、設備や機材は整理整頓する。
 - ・また、作業場、および設備、機材は業務終了後に必ず清掃し、作業環境を清潔に保つ。
- ③ Super Depo での作業
 - ・始業 8:00、終業 17:00、休憩時間（合計 1 時間 30 分）という就業時間を順守する。
 - ・工場長の指示に従うこと
 - ・休憩時間以外の喫煙は禁止
 - ・担当以外のごみを選別しない
- ④ 有価物販売益の分配
 - ・有価物の販売益については、全員で再分配する（個人が選別したものを販売するのではなく、有価物を全て取りまとめたうえで配分する）

コンベヤーを活用した分別作業については、実証の開始前にトレーニングを行った。当初はコンベヤーの速度を遅くして、各担当のオペレーションを確実にこなせることを重視した。オペレーションを円滑に執り行うことができるようになった段階で、コンベヤーの速度を徐々に上げていき、最終的に 1 日 15 トンを処理することを目標とした。



写真 30 作業の説明と、決まりごとの確認を徹底する



写真 31 選別員に制服を渡す



写真 32 作業条件などについて、度々説明する機会を設けた

3-2-2 組成調査の結果

下表にて、パイロット事業を行った結果を元にした組成を示す。プラスチックについては、プレ組成調査では13%であったが、今回の事業では合計10.5%となった。紙類は、プレ組成調査は4.1%であったが、約2%となった。有価物については、おおむね収集が円滑に行われた。

有機物（生ごみ）について、コンポストの対象となるのは62.17%となった。プレ調査では77%であったが、大きな有機物などや異物が含まれていたために、今回のような結果となった。

最終処分場での処理が必要となる異物については、25%となった。後述するが、スラバヤ市は最終処分場へ持ち込まれるごみの量を現在の1/3とすることを目標としており、Super Depoはその目標を達成するために有効な手段であることが判明した。

表 16 SUPER DEPO ストロジョー 組成分析表

作業期間：2013/3/13～2013/3/18

※日曜日（2013/3/17）を含まない5日間データ

搬入データ	3月13日	3月14日	3月15日	3月16日	3月18日	TOTAL	平均/日
搬入量 (kg)	4,556	3,641	4,987	4,045	5,019	22,248	4,449.6
作業員数 (名)	26	26	26	26	26	130	26.0
リアカー台数 (台)	15	10	13	13	16	67	13.4

ごみのデータ	3月13日	3月14日	3月15日	3月16日	3月18日	TOTAL	平均/日
白・透明ビニール (kg)	385	409	50	44	52	940	188.0
色つきビニール (kg)	409	77	113	75	122	796	159.2
透明のペットボトル (kg)	193	0	14	66	78	351	70.2
硬質プラスチック (kg)	165	0	38	14	32	249	49.8
紙類 (kg)	204	87	38	45	73	447	89.4
異物 (kg)	1,462	1,232	1,126	866	947	5,633	1,126.6
生ごみ (kg)	1,738	1,836	3,608	2,935	3,715	13,832	2,766.4

組成 (%)			
透明・白色ビニール	4.23%	有価物	12.51%
色つきのビニール	3.58%		
透明のペットボトル	1.58%		
硬質のプラスチック	1.12%		
紙類	2.01%	最終処分	25.32%
異物	25.32%		
生ごみ	62.17%	有機物	62.17%

3-3 採算性の検討

3-3-1 Super Depo で 15 トンを処理する場合

上記の組成分析を元に、採算性の検討を行った。下表は、Super Depo ストロジョーにおいて、1日 15 トンのごみを処理できた場合のシミュレーションである。光熱費については、パイロット事業で必要となった電気代を元にしてている。

この場合、最終的に必要な処分費用は、1.2 円/kg となる。この 1.2 円/kg をねん出する方法は二つある、ひとつは公共セクター（スラバヤ市）が中間処理費用として、1.2 円/kg のチップングフィーを支払うことである。下表のシミュレーションでは、25%の残さを最終処分場にて処理するためにスラバヤ市に支払う費用は組み込まれているために、これまでのごみ処理に必要な額と同様のチップングフィーをもらいうけることに、合理性はあると考えられる。

もう一つは、採算を圧迫している要因である、生ごみをコンポスト化して販売することである。これは、事項にてコンポスト行程に必要なコストを設定した上で検討する。

この試算では、コンポストした後に販売先がないという形になるために、有機物についてはスラバヤ市に最終処分を依頼し、そのための費用として 1 円/kg を支払うことを想定している。

表 17 SUPPER DEPO ストロジョー 収支バランス (15 トン/日処理)

●SUPPER DEPO ストロジョー 収支バランス

■1日当たりの処理能力 15,000kg/日

■収益

分別品目	割合	数量	単価(円)	金額
白・透明ビニール	4.23%	635kg/日	8	5,076円
色つきビニール	3.58%	537kg/日	4	2,148円
透明のペットボトル	1.58%	237kg/日	30	7,110円
硬質プラスチック	1.12%	168kg/日	10	1,680円
紙類	2.01%	302kg/日	5	1,508円
異物	25.32%	3,798kg/日	-1	-3,798円
生ごみ	62.17%	9,326kg/日	-1	-9,326円
合計				4,398円
1kg当たりの収益 ①				約0.3円/kg

生ごみの処理が採算を圧迫

■イニシャルコスト

建築費	一式	16,362,000円
設備費	一式	3,495,000円
合計		19,857,000円

※7年償却(利子2%) 253,516円/月
 ※月間450tの取扱量 563円/t

1kg当たりの支出 ② 約0.6円/kg

■ランニングコスト

光熱費	一式	50,000円/月
作業員(15,000円/名)	25名	375,000円/月
合計		425,000円/月

※月間450tの取扱量 944円/t

1kg当たりの支出 ③ 約0.9円/kg

★1kg当たりの処理費(-①+②+③) 約1.2円/kg

3-3-2 Super Depo+堆肥化センターで15 トンを処理する場合

次の表は、Super Depo で発生した生ごみを対象とした堆肥化センターを建設した場合のシミュレーションとなる。収入として、生ごみをコンポスト化して製造する、有機肥料の原料を 2 円/kg で販売できるとする。この販売価格は、有機肥料製造工場の買取価格 2.7 円~3 円を元に、保守的に設定したものである。また、イニシャルコストとランニングコストに、コンポスト製造費用を入れ

込んでいる。すると、1kgあたりの処理費用は、0.3円にまで低減させることができる。Super Depo運用の目標となる、「ゼロ円処理」に大きく近づく形となる。

表 18 SUPPER DEPO ストロジョー + 堆肥化センター 収支バランス (15トン/日処理)

●SUPPER DEPO ストロジョー + 堆肥化センター 収支バランス				
■1日当たりの処理能力		15,000kg/日		
■収益				
分別品目	割合	数量	単価(円)	金額
白・透明ビニール	4.23%	635kg/日	8	5,076円
色つきビニール	3.58%	537kg/日	4	2,148円
透明のペットボトル	1.58%	237kg/日	30	7,110円
硬質プラスチック	1.12%	168kg/日	10	1,680円
紙類	2.01%	302kg/日	5	1,508円
異物	25.32%	3,798kg/日	-1	-3,798円
生ごみ	62.17%	9,326kg/日	—	—
有機肥料原料		4,663kg/日	2	9,326円
合計				23,049円
1kg当たりの収益 ①				約1.5円/kg
■イニシャルコスト				
建築費	一式	20,362,000円		
設備費	一式	4,676,000円		
合計				25,038,000円
※7年償却(利子2%)		319,670円/月		
※月間450tの取扱量		710円/t		
1kg当たりの支出 ②				約0.7円/kg
■ランニングコスト				
光熱費	一式	100,000円/月		
作業員(15,000円/名)	30名	450,000円/月		
合計				550,000円/月
※月間450tの取扱量		1,222円/t		
1kg当たりの支出 ③				約1.2円/kg
★1kg当たりの処理費(-①+②+③)				約0.4円/kg

生ごみを有機肥料原料として販売する

コンポスト処理

3-3-3 Super Depo+堆肥化センターで15トン进行处理する場合

前項で、Super Depo と堆肥化センターのセットにより、ごみの処理が「ゼロ円処理」に近づくことを示した。現状、スラバヤ市のごみ発生量は約 1200 トン/日であり、80 か所の Super Depo と、そこで処理された生ごみをコンポスト化する堆肥化センターの建設をすることで、理論的には最終処分場へ搬入されるごみの量は、25%にまで削減できることになる。

しかしながら、ある程度の面積を持つ Depo については、Super Depo への転換が可能であるが、既存の Depo177 か所を見た場合、ストロジョー程度の面積を持つサイトが十分でないことが判明した。そこで、市の郊外に、Super Depo の 10 倍の規模を持つ、中間処理施設と堆肥化センターの機能を併せ持つ施設を建てるというシミュレーションを行った。

この場合、用地は 4,000 坪 (1.3 ヘクタール) ほどの規模となる。スラバヤ市政府からは、こうした施設の候補地をいくつか紹介いただき、下見も実施し、用地の取得については問題ないと考えられる。

このパターンでは、規模の経済性が働き、Super Depo+堆肥化センターの場合と比べて、初期費用と作業員の人件費が単位当たり 70%になると仮定している。一方、単位あたりに必要な光熱費は変わらないと仮定した。結果、1kg のごみ进行处理するごとに、0.2 円の利益が生じることになる。理論上では、こうした施設を 8 つ建設すれば、スラバヤ市から排出される 1200 トン/日のごみ进行处理し、最終処分場へ搬入されるごみの量が、25%にまで削減させることができる。

一方、この施設の建設費用は 1 億 7,000 万円程度となり、地方自治体が単独で負担することは容易ではない。中央政府の公共事業省などの支援が不可欠であり、ひいては ODA による低利の有償資金協力は、こうした施設の拡充に大きく貢献できる可能性を有している。



写真 33 スラバヤ市から紹介された用地候補

表 19 大型中間処理施設+堆肥化センター 収支バランス (150 トン/日処理)

●大型中間処理施設+堆肥化センター 収支バランス

■1日当たりの受け取り量 150,000kg/日

■収益

分別品目	割合	数量	単価(円)	金額
白・透明ビニール	4.23%	6,345kg/日	8	50,760円
色つきビニール	3.58%	5,370kg/日	4	21,480円
透明のペットボトル	1.58%	2,370kg/日	30	71,100円
硬質プラスチック	1.12%	1,680kg/日	10	16,800円
紙類	2.01%	3,015kg/日	5	15,075円
異物	25.32%	37,980kg/日	-1	-37,980円
生ごみ	62.17%	93,255kg/日	—	—
有機肥料原料		46,628kg/日	2	93,255円
合計				230,490円
1kg当たりの収益 ①				約1.5円/kg

コンポスト
処理

■イニシャルコスト

建築費	一式	142,534,000円
設備費	一式	32,732,000円
合計		175,266,000円

※7年償却(利子2%) 2,237,697円/月
 ※月間4500tの取扱量 497円/t
 1kg当たりの支出 ② 約0.5円/kg

■ランニングコスト

光熱費	一式	1,000,000円/月
作業員(15,000円/名)	180名	2,700,000円/月
合計		3,700,000円/月

※月間4500tの取扱量 822円/t
 1kg当たりの支出 ③ 約0.8円/kg

★1kg当たりの処理費(-①+②+③) -約0.2円/kg

3-3-4 採算性検討まとめ

これまで検討してきた3つのパターンを、以下の図にまとめた。採算性を考えると、キーとなるのは、分別後のごみの62%を占める有機ごみの処理である。パターン2と3について、生ごみを原料とした有機肥料の原材料の販売価格を、2円/kgと算定した。今後の課題は、生ごみを原料とした有機肥料の組成などを調べたうえで、2円/kgで販売するアウトプットを生産する際のコストを精査し、再度採算性を検討する必要がある。

表 20 中間処理のパターンと採算性、課題

	パターン	処理費用	採算性	課題
1	Super Depo 単体	1.2 円/kg	△	・有機ごみの処理費用と、処理方法が課題
2	Super Depo + 堆肥化センター	0.4 円/kg	○	・コンポスト製造コストを検証するための FS 事業が必要 ・単体ではゼロ円処理に近づくも、市内に十分な用地がない可能性がある。
3	大型中間処理施設 + 堆肥化センター	-0.2 円/kg	◎	・規模を拡大した場合の効率アップの検証が必要 ・初期費用が高く、地方自治体にはハードルが高い

今後のスラバヤ市における展開を考えた場合、2と3の複合パターンが現実的だと考えられる。2については、必要なイニシャルコストはおよそ1カ所あたり2500万円となる。スラバヤ市では、今回の Super Depo のパイロット事業の実施を受け、独自に Super Depo を建設するための費用を予算化しているという。地方自治体が独自の予算で、既存の Depo のうち十分な広さを持つ Depo の Super Depo への転換と、堆肥化センター運営の実績を積み重ねていく一方で、公共事業省など中央政府へ3の展開に関する提案を行うことで、2と3を組み合わせた形で、最終処分場へ搬入されるごみの分量を削減させることができる。

西原商事は、独自のノウハウを活用して、こうした設備の運営を市から受託することで運用益を得ることができる。これまでのごみ処理の費用と同等の1円/kg、もしくはスンバオーガニックの受託金額と同様の1.19円/kgのチップングフィーによる受託とすることが現実的である。この場合、イニシャルコストの返済については、西原商事が市に支払う、もしくはチップングフィーから差し引かれるかたちになる。

第4章 ODA案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開効果

4-1 提案製品・技術と開発課題の整合性

4-1-1 インドネシアの開発課題

ジャカルタ、スラバヤをはじめとするインドネシアにおける都市においては、ごみの最終処分場が処理能力の限界を迎えようとしている。

加えて、インドネシアにおいては今後も、経済発展と都市人口の増加が見込まれている。それに伴い、都市部のごみの量は増加し続けていくことが考えられる。

焼却処分場、新たな最終処分場の建設など、大規模なインフラを整備することで、解決を図る方法もあるが、「イニシャルコスト」と「ランニングコスト」が、都市行政の大きな負担となる。

インドネシアのごみ問題を解決するためには、「イニシャルコスト」、「ランニングコスト」共に、行政サイドへの負担が少なく、かつ効果的なソリューションが求められている。

1-3-2、1-3-3にて前述の通り、中央政府もこの問題を認識しており、「廃棄物管理法」を2008年に制定しているほか、環境省や公共事業省が中心となって、ごみの減量化、3Rの推進を進めているところである。

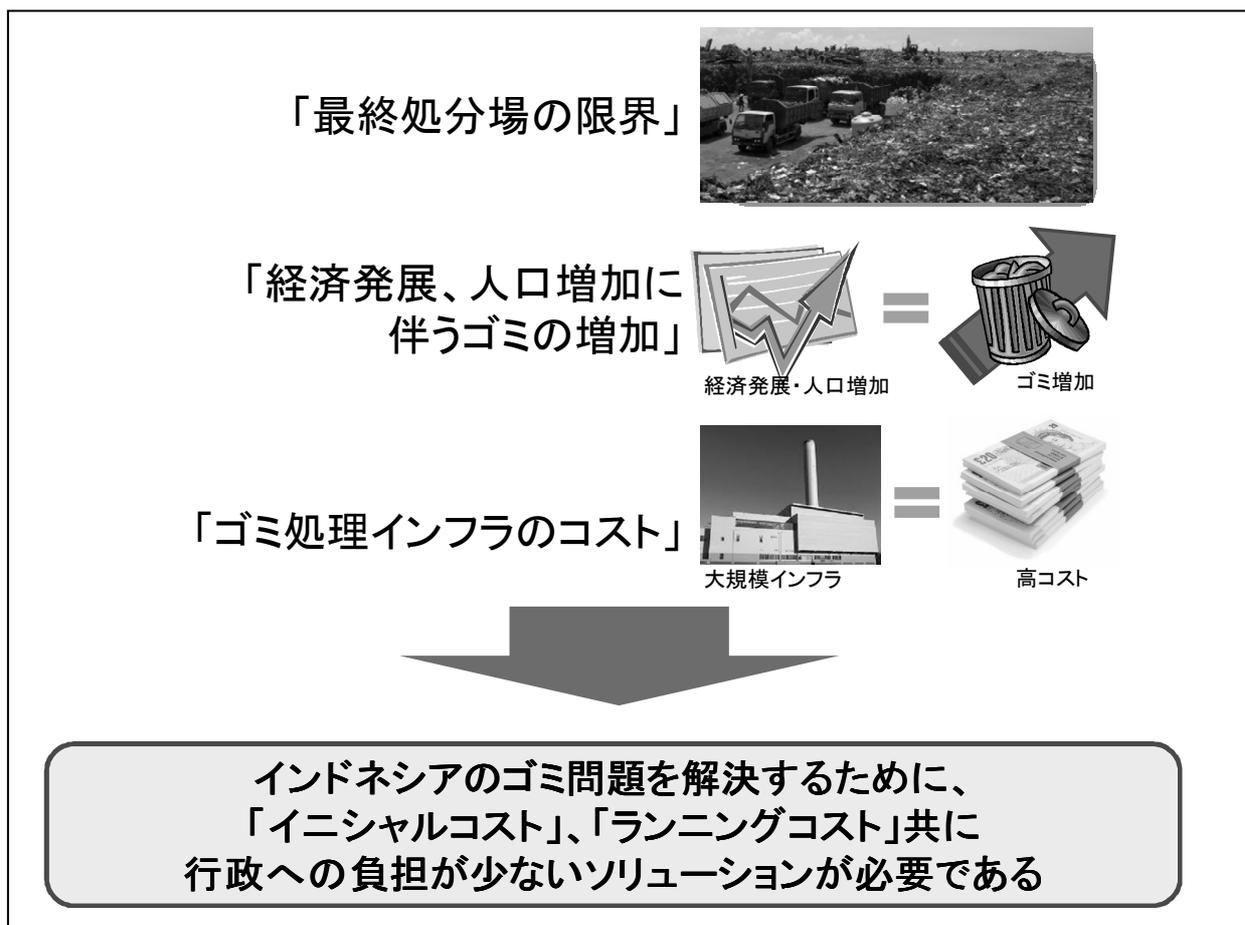


図 20 インドネシアにおけるごみ問題と求められるソリューション

4-1-2 スラバヤの廃棄物問題

スラバヤにおいても、最終処分場のキャパシティーが限界を迎えている。スラバヤでは、2001年にケプティ最終処分場が閉鎖され、同年に27ヘクタールのブノウォ最終処分場が650億ルピア(6億5000万円)をかけて建設された¹⁴。しかし、7年後には容量が満杯となったために、34.7ヘクタールに拡大された。

ブノウォ最終処分場では、オープンダンピング方式での最終処分が行われている。受け入れるごみの量は、3000立方メートル/日と計画されていたが、現実には8000立方メートル/日が搬入されており、既に飽和状態にあるといわれている。現実的には、飽和状態にあるにも関わらず、ごみが搬入されており、処理場におけるごみの崩落や地滑りが発生する危険性を秘めている。

表21は、2008年にスラバヤ市が行ったFSの結果であるが、最終処分されるごみの量を、現状の1/3となる400トン/日、1万2000トン/月程度に減量した場合のシミュレーションにおいても、2014年には処分場の限界を迎える予定である。これを受けて、スラバヤ市は、2015年以降2025年までに必要な最終処分場の面積を、合計で47haとしている。つまり、ごみの量を1/3にまで削減できたとしても、現状の最終処分場を、1.5倍に拡大することが計画されている。しかしながら、2013年3月時点で、ごみの排出量は、目標とするかつての1/3に遠く及ばない、1日当たり1200万トンとなっている。これは、目標の3倍に相当しており、つまりごみの減量がまったく行われていないことを意味する。

もっとも、スラバヤ市では2005年から有機ごみのコンポスト処理による堆肥化により、ごみの発生量の削減に成功している。2005年には1,500トン/日を超えていたごみの発生量は、2008年には1,150トンにまで減少した¹⁵。こうした、スラバヤ市のごみ減量政策の効果を打ち消すように、経済発展と人口増加により、ごみの量は増加傾向にある。また、既存のコンポスト政策の効果が年々低減しているという、現地NGOからの声も聞かれた。スラバヤ市においては、既存の方法に変わる、有機ごみの処理方法の導入が喫緊の課題となっている。

一方、前述の廃棄物処理法では、オープンダンピング方式の最終処分を禁止しているため、原則として、2013年以降は現状方法のままではごみ処理を行うことはできない。オープンダンピング方式の最終処分場を拡張することは現実的ではなく、ごみ自体を減量化しながら、オープンダンピングに変わる処理方法が求められている。

前述の通り、スラバヤ市は、2013年1月より、日量1,000トンの市内から排出されるごみの最終処分を、スンバオーガニック社に委託した。ごみの減量に向けた苦肉の策とも考えられるが、スンバオーガニック社は、焼却発電などの処理方法を検討し、目標であるごみの1/3までの減量を目指しているものの、費用対効果でみた場合、いまだ有効な処方箋を有しているとはいえない段階にある。

¹⁴ 前田利蔵「堆肥化の推進と住民参加によるごみ削減スラバヤ市の廃棄物管理モデル分析」
http://enviroscope.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/2780/attach/pb9_j.pdf

¹⁵ 同論文



写真 34 ブノウォ最終処分場

表 21 スラバヤ市の最終処分場へ搬入されるごみと必要な処分場能力の見通し¹⁶
 (最終処分されるごみは、減量化によって現状の 1/3 程度になると想定されている)

暦年	最終処分されるごみ (トン/月)	必要な最終 処分場能力
2008	11,991.43	31.2ha
2009	12,428.57	31.2ha
2010	12,865.71	31.2ha
2011	13,302.86	31.2ha
2012	13,740.00	31.2ha
2013	14,177.14	31.2ha
2014	14,614.29	31.2ha
2015	15,051.43	46.8ha
2016	15,488.57	46.8ha
2017	15,925.71	46.8ha
2018	16,362.86	46.8ha
2019	16,800.00	46.8ha
2020	17,237.14	46.8ha
2021	17,674.29	46.8ha
2022	18,111.43	46.8ha
2023	18,548.57	46.8ha
2024	18,985.71	46.8ha
2025	19,422.86	46.8ha

スラバヤ市における、一般廃棄物のインフラは下表の通りである¹⁷。当事業で提案しているのは、

¹⁶ Gin Gin Ginanjar (Surabaya City Government) “Community Self-based Waste Management and Composting in Surabaya”, <http://www.iges.or.jp/en/kuc/pdf/activity20120717/PPT17.pdf>

¹⁷ Ibid.

中間処理施設に、ごみの減量化機能を持たせることとなる。有価物を効果的に選別するとともに、ごみの70%以上を占める有機ごみを回収し、コンポスト処理することで、最終処理場へ運びこまれるごみの量を大幅に削減させることができる。

表 22 スラバヤ市の廃棄物処理関連インフラ (2011年)

最終処分場	1 カ所
下水処理場	1 カ所
中間処理施設(Depo など)	177 カ所
コンポストセンター	18 カ所
ごみ回収車	125 台

4-1-3 提案事業による開発課題への貢献

こうした課題に対して、第3章で採算性を検討した、リサイクル型中間処理施設(Super Depo と大型の施設)と堆肥化センターを組み合わせた事業は効果的なソリューションとなりえる。

西原商事が目指すモデルでは、インドネシアにおいて家庭ごみの70%以上を占める、有機ごみをコンポスト化する。残りのプラスチックなどの有機物については、リサイクルすることで、「ごみ」を「資源」として再利用することができる。

パイロット事業の結果から、こうしたソリューションの導入により、最終処分場へ持ち込まれるごみの量を75%削減することができる。つまり、最終処分場へ持ち込まれるごみの量が約25%になると考えられる。これは、スラバヤ市が掲げる、ごみの最終処分量を1/3にするという目標に貢献するものである。

使用する機器はコンベヤーや破砕機、洗浄機程度などであり、現地でも調達可能である。作業は、「人の手」に負う部分が多く、焼却処分などと比べると、「イニシャルコスト」と「ランニングコスト」を圧倒的に抑えることができる。西原商事の「リサイクル型中間処理施設 & 堆肥化センター」の導入により、低コストで、効果的にインドネシアにおける都市のごみ問題を解決することができる。

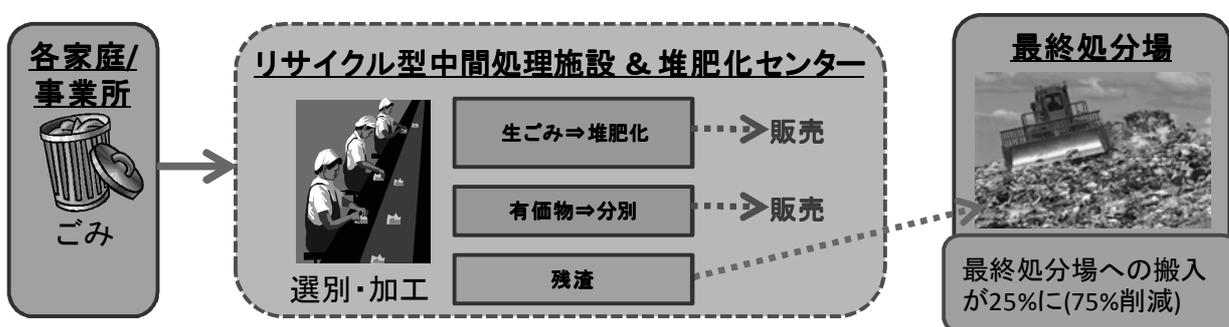


図 21 西原商事が提供する「高効率・低コスト型ソリューション」

一般的に、焼却によるごみ処理の場合、少なくとも1kgあたり10円～15円のコストがかかる

いわれている。また、焼却場の建設には、100 億円ほどの費用が必要である¹⁸。西原商事が提供するソリューションでは、いわゆるゼロ円処理を目指している。その処理の対価として、既存のごみ処理費用と同価格の1円/kgのチップングフィーをスラバヤ市に求めたい。計算上の数値になるが、リサイクル型中間処理施設を複数設置し、ごみの増加をみこして1500トン/日のごみを処理しようとする場合の初期費用は、14億円（大型中間処理施設+堆肥化センター×8カ所）～20億円（Super Depo+堆肥化センター×80カ所）（1カ所の規模によって異なる）と見積もることができる。

4-2 ODA案件化による製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果

当事業、つまりリサイクル型中間処理施設である Super Depo を ODA 案件として展開した場合に、どれくらいの開発効果を得ることができるかを算定する。

4-2-1 Super Depo と堆肥化センターの展開

ODA 案件化した場合、Super Depo の建屋や設備はすべて現地政府の所有物となる。具体的には、インドネシア中央政府の公共事業省が日本の ODA によって、Super Depo と堆肥化センターを建設し、運営についてはスラバヤ市の美化局が担当することとなる。

スラバヤ市において、すでに一般ごみの処理については、スンバオーガニックに委託しているように、Super Depo の運営を、美化局が西原商事（厳密には西原商事がインドネシアに設立する現地法人）をはじめとする民間事業者により1円/kg程度のチップングフィーにて委託するようなスキームが考えられる。

Super Depo 1カ所のごみ処理量は15トン/日であり、月に450トン、年間では5,475トン进行处理することができる。この Super Depo を1カ所と10カ所展開した場合のごみの削減量を示したのが、表23となる。既存研究、データによると、スラバヤ市の廃棄物管理コストは23万ルピア（2,300円）/トン（=2.3円/kg）¹⁹、うちプノウォ最終処分場の処理コストは、3万ルピア（300円）/トン（=0.3円/kg）²⁰である。Super Depo1カ所における、最終処分の対象となるごみの削減量は、年間4,106トンであるために、スラバヤ市の経済的裨益は、1億2318万（123万1800円）/年となる。

表23の再下段に示すように、仮に、スラバヤ市のごみをすべて Super Depo で処理することを考え、既存の177カ所の Depo のうち、十分な作業面積を持ち、Super Depo への転換が可能なサイトが80カ所あると仮定した場合、最終処分の対象となるごみの削減量は、年間32万8,000トンとなる。スラバヤ市は98億5440万ルピア（9854万円）/年の最終処分場の運営費を削減することができる。この場合、最終処分場に持ち込まれるごみの量は、月間9,000トンとなり、4-1-2で示した目標を上回る、最終処分量を達成することができる。

スラバヤ市にとっては、これまで通り、1トンあたり1,000円のチップングフィーを費やすだけ

¹⁸ マランにおける統合型廃棄物発電事業では、初期費用を93億円としている。
経済産業省「平成23年度 民活インフラ案件形成等調査 インドネシア東ジャワ州マラン市及び周辺地域での統合型廃棄物発電事業調査報告書」
http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2012fy/E001982-1.pdf

¹⁹ 前田、同論文

²⁰ Ginanjar, Ibid.

で、ごみの減量化と、最終処分場の延命化を達成することができるのみならず、最終処分場の運営費の削減を実現することができる。

80か所の Super Depo+堆肥化センターの建設に必要な費用は、およそ 20 億円である。現状のブノウオ最終処分場の建設費は、2001 年当時 6 億 5,000 万円であったが、10 年以上経過し、アジア通貨危機を乗り越え、5~6%の経済成長率成し遂げているインドネシアにおいて、同様の金額で最終処分場を建設することはできない。また、最終処分場に適した用地取得は非常に困難である。

一方で、スラバヤ市における現状をみると、既存の Depo の中に、Super Depo への転換が可能な面積を持つサイトが 80 か所あるかどうかは、精査する必要がある。

なお、Super Depo と堆肥化センターの運営については、1 か所あたり 30 名の人員が必要となる。80 か所に展開した場合、2400 人の新規雇用を生み出すことになる。

表 23 Super Depo の開発効果（最終処分量削減効果）

Super Depo+堆肥化センター:1か所の場合の開発効果			
	処理量 (トン)	最終処分となる 量(トン)	最終処分の削減 量(トン)
1日	15.0	3.8	11.3
1ヵ月 (25日)	450	113	338
1年 (300日)	5,475	1,369	4,106

Super Depo+堆肥化センター:80か所の場合の開発効果			
	処理量 (トン)	最終処分となる 量(トン)	最終処分の削減 量(トン)
1日	1,200	300.0	900
1ヵ月 (25日)	36,000	9,000	27,000
1年 (300日)	438,000	109,500	328,500

4-2-2 大型の中間処理施設+コンポストセンターの展開

3-3で示したような、Super Depo を大型化させ、10 倍の処理能力を持つ中間処理施設とコンポストセンターを一体化させた施設作った場合の開発効果は以下のようになる。

投入したごみのうち、最終処分に回るごみの比率は、Super Depo と同様にしているために、8 か所を展開することで、4-2-1 と同様の開発効果を得ることができる。その場合、1 か所あたり 180 名、8 か所に展開した場合、1,440 人の新規雇用を生み出すことになる。

コストについては、1 か所あたり 1 億 7500 万円、8 か所で 14 億円となる。規模の経済性が働き、同様の開発効果を得るための初期投資は軽減されることとなる。

表 24 中間処理+コンポストセンターの開発効果（最終処分量削減効果）

大型中間処理施設+堆肥化センター:1か所の場合の開発効果			
	処理量 (トン)	最終処分となる 量(トン)	最終処分の削減 量(トン)
1日	150.0	37.5	112.5
1ヵ月 (25日)	4,500	1,125	3,375
1年 (300日)	54,750	13,688	41,063

大型中間処理施設+堆肥化センター:8か所の場合の開発効果			
	処理量 (トン)	最終処分となる 量(トン)	最終処分の削減 量(トン)
1日	12,000	3,000.0	9,000
1ヵ月 (25日)	360,000	90,000	270,000
1年 (300日)	4,380,000	1,095,000	3,285,000

スラバヤ市における現実的な解は、3-3で示したように、Super Depo+堆肥化センターと、大型中間処理施設+堆肥化センターを組み合わせた形での展開となる。いずれの場合も、目標となる数字は、1200トンの処理であるがために、開発効果は同様となる。必要な初期投資は、14億円～20億円となる。

また、この事業の展開により、1,400人～2400人の新規雇用を創出することができる。新規雇用は、主にウェストピッカーからの転換によってなされる。現在、劣悪な環境で働くウェストピッカーに対して、職場環境の改善と、安定的な職を提供できることも、大きな開発効果といえる。

4-3 提案企業が事業展開した場合の開発効果

西原商事が、自己資本で事業展開した場合、当初はSuper Depoと堆肥化センターを1年に1カ所建設するという計画が現実的となる。しかし、Depoの用地についてはスラバヤ市から提供されるという前提に立っており、スラバヤ市との連携がポイントとなる。大型中間処理施設+堆肥化センターの展開については、Super Depoと堆肥化センターの運営が順調に進んだ上での投資判断が必要となる。その場合においても、スラバヤ市からの土地の無償提供が必要となる。

今回の事業を経て、スラバヤ市にはSuper Depoを市の予算で建設するという計画が浮上している。しかしながら、4-2で見たような開発効果を得るために必要な予算を一度に確保することは現実的ではなく、年に数カ所のSuper Depoと堆肥化センターを建設するのが現実的であろう。

この場合の1年あたりの開発効果は、「4,106トン/年×展開箇所」の最終処分量の削減となる。

4-4 そのほかの開発効果

4-4-1 温室効果ガス削減効果

2009年9月、インドネシアのユドヨノ大統領は、G20ピッツバーグ・サミットにおいて、自国による取組として、2020年までに温室効果ガスの排出量をBAU（Business as usual、対策がなされなかった場合）比で26%削減すること、更に国際的な支援を受けて41%削減することを発表した。これを受けて、国家開発企画庁が国家行動計画（RAN-GRK）を策定している。国家行動計画では、2020年までの温室効果ガス削減目標を分野別に掲げている。廃棄物分野においては、ゴミ処理場開発、都市部における3Rおよび下水システムによって、温室効果ガスを48メガトン-CO₂削減することが目標となっている²¹。

当事業の実施により、オープンダンプによる有機ごみの腐敗によって排出されるメタンガスの量を削減することができると考えられる。メタンガスは、CO₂の21倍の温室効果があり、その削減は、インドネシアの開発課題に貢献することができる。

実際に、スマランで視察したナルパティ社では、コンポストによる有機肥料製造プロジェクトとして、CDM（クリーン開発メカニズム）の元、温室効果ガスの削減量をクレジットする取り組みを実施している（Project 8036：Semarang MSW Composting Project²²）。当事業における温室効果ガスの削減量については、今後の課題である有機肥料の製造プロセス検証を経て、算出する必要があるが、副次的な開発効果とすることができる。

また、日本政府は、京都メカニズムとは異なるアプローチで温室効果ガスを削減する新メカニズムの一つとして、二国間オフセット・クレジット制度（Joint Crediting Mechanism(JCM)/Bilateral Offset Credit Mechanism(BOCM)）を提唱している。これは、これまでのCDMなどのスキームを補完するように、日本とパートナー国との合意に基づき、日本の優れた低炭素型技術によって成し遂げられた温室効果ガスの排出削減効果をクレジット化しようとするものである。日本とインドネシアの間では、二国間クレジット制度への参加に関する協議が続けられており、当事業で提案するスキームを低炭素型技術とし、二国間クレジット制度化における温室効果ガスの削減効果を、日本、インドネシア両国への貢献とすることも可能である。

4-4-2 有機農業推進への貢献

インドネシア農業省へのヒアリングより、農業省は化学肥料の使用を少なくし、有機肥料の使用を増やしていく方針を打ち出していることが判明した。化学肥料の使用により、収穫量は増加するが、土壌の硬化などの副作用も生じており、有機肥料によるオーガニック農業を推進している。化学肥料の使用に慣れている農家にとっては、有機肥料への転換には収穫量の低減などのイメージを抱いているようだが、農業省は営農も含めた施策を実施している。

有機肥料の補助金額は年々増加しているほか、農村においてコンポスト化を行い、有機肥料を製造するような製造設備の導入を実施している。有機肥料については、生産量が不足している状況にあり、有機ごみに由来する有機肥料の製造は、インドネシアの有機農業推進政策にも寄与するものである。

ここでも、当事業による農業政策への貢献を定量化するためには、コンポスト製造方法やコスト

²¹ 新メカニズム情報プラットフォーム <http://www.mmechanisms.org/country/IDN.html#nap>

²² UNFCCC ホームページ <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/RWTUV1352119360.7/view>

の検討が必要となる。

第5章 ODA案件化の具体的提案

5-1 ODA案件概要

当事業のODA案件化については、第3章にて行った採算性の検討、第4章で検討した開発課題への貢献を鑑み、「Super Depo+堆肥化センター」、および「大型中間処理施設+堆肥化センター」の展開について、具体的な提案を行う。提案する施設は、「Super Depo+堆肥化センター」と、「大型中間処理施設+堆肥化センター」の組み合わせとなる。

有償資金協力については、スラバヤ市を対象に、市内から排出されるごみ1200トン/日の全量処理が可能な規模の、5年計画を提案する。

無償資金協力については、スラバヤ市のみならず、インドネシアの多様な開発課題に貢献することができるものとして、「Super Depo+堆肥化センター」5カ所と、「大型中間処理施設+堆肥化センター」1カ所を展開し、インドネシアにおける地方都市のごみ処理のひな型として提案するものとする。

5-1-1 有償資金協力の提案内容

以下において、ODAの案件協力表のフォーマットに則って提案内容を示す。プロジェクトについては、インドネシアの都市のごみ問題を解決する汎用的なものであるが、スラバヤ市におけるプロジェクトとする。

(1) 案件名

スラバヤ市中間処理施設・堆肥化センターによる廃棄物削減プロジェクト

(2) 対象国名

インドネシア

(3) 署名日（実施合意）

2018年以降

(4) プロジェクトサイト

インドネシアスラバヤ市

(5) 協力期間

2018年より5カ年

(6) 相手国機関名

インドネシア 公共事業省

(7) プロジェクト概要背景

インドネシア（以下イ国）においては、経済発展と人口増加によって、一般ごみ（おもに仮定から排出されるごみ）をオープンダンピング方式（前処理なしに処分場に野積みする方式）にて処分し

ているが、最終処分場がその処理能力の限界を迎えつつある。イ国政府は、2008年に廃棄物処理法を制定し、2013年までにオープンダンプ方式による最終処分場の閉鎖を打ち出している。また、2010年－2014年国家中期開発計画において、環境省や公共事業省による廃棄物管理に関するプログラムの実施が掲げられている。

こうした背景を受け、イ国における廃棄物の削減目標に貢献する事業として、中間処理施設・堆肥化センターによる廃棄物削減プロジェクトを実施する。現在、インドネシアにおける廃棄物処理政策を実現できない理由の一つは、コストの問題である。コストをかけた大型施設を導入すれば、オープンダンプされるごみの量は大幅に削減されることが予想されるが、イ国ならびに地方政府が負担すべきコストは膨大となる。当プロジェクトは、従来の方法と比して安価な初期投資、ランニングコストによって、廃棄物を削減することができる。

具体的には、既存の一般ごみ中継所に中間処理機能と堆肥化センターの機能を付与し、日量15トンの一般ごみを処理することができる施設（Super Depoと堆肥化センター）と、郊外に新設する日量150トンの一般ごみを処理することができる中間処理機能と堆肥化センターの機能を持つ施設を建設し、運営する。

当プロジェクトは、イ国スラバヤ市で実施する。スラバヤ市は、人口280人を抱えるイ国第二の都市であると同時に、東南アジア有数の大都市である。スラバヤ市においては、日量約1200トンの一般ごみがオープンダンプ方式で最終処分されている。スラバヤ市の計画では、この一般ごみを1/3にまで減量した上での最終処分を実施し、最終処分場を拡張しながら2025年まで運用することを目指している。しかしながら、この計画を実現するにあたっての効果的なソリューションについては検討中の段階にある。スラバヤ市は、2005年には1500トン/日の一般ごみをコンポスティングシステムを活用した堆肥化プロジェクトの実施により2008年には1150トン/日に減量するなどの成果を上げており、イ国の中では環境都市として評価されている。当事業を環境政策については定評のあるスラバヤ市にて実施することで、イ国の廃棄物政策のモデルプランを効果的にイ国に示すことができる。

開発効果として1. 最終処分されるごみの減量、2. 雇用機会の創出、3. イ国有機農業政策への貢献、4. 温室効果ガスの削減が見込まれる。1. については、1200トンの一般ごみを25%に削減することができる。2. については、一般ごみから有価物を収集・販売しているインフォーマルセクターに属するウェストピッカーの正規雇用を生み出すことができる。3. については、一般ごみから得られる有機肥料によりイ国が進める化学肥料から有機肥料の転換政策に貢献することができる。4. については、オープンダンプにより排出されるメタンガスを削減させることで、イ国が掲げる2020年までにBAU比26%の温室効果排出削減目標に貢献することができる。また、我が国が提案する温室効果ガスの削減に寄与する新メカニズムである二国間オフセット・クレジットのプロジェクトとしての貢献も期待される。

事業は大きく、1. 施設の建設、2. 施設運営のためのキャパシティービルディングに分けられる。両者とも、JCC（合同調整委員会）によって現地実施体制が策定されるが、1. については、公共事業省を中心とし、2. については公共事業省とスラバヤ市によって実施される。日本からの支援については、一般ごみの中間処理や堆肥化に知見をもつ専門家や地方自治体や民間企業がプロジェクトに投入される。

総事業費は、約25億円（施設費用20億円、調査・キャパシティービルディング5億円）となる。事業実施後、施設の運営はスラバヤ市が担当することとし、インドネシア政府、スラバヤ市政府は

施設の運営費用を負担する。スラバヤ市は、運営を民間事業者に委託するなどし、円滑に運営を図る。

(8) 上位目標

一般ごみの中間処理と堆肥化施設の建設と運営により、イ国の開発課題である一般ごみの最終処分量削減に寄与する。具体的には、スラバヤ市で排出される 1200 トン/日の一般ごみのうち、最終処分される割合を約 25%とする。

(9) プロジェクト目標

イ国スラバヤ市に、1200 トン/日の処理が可能な一般ごみを対象とした中間処理施設と堆肥化センターを建設し、運営する。

(10) 成果

1. スラバヤ市における 1200 トン/日の一般ごみの最終処分量を 25%に削減させる。
2. 中間処理施設と堆肥化センターの運営により、2000 人程度の新規雇用機会を生み出す。
3. イ国の農業政策に貢献する有機肥料の生産量を増加させる
4. イ国における、温室効果ガスの削減に寄与する。
5. イ国における、1. ～4. を可能にするモデルプロジェクトを確立する。

(11) 活動

スラバヤ市において、「Super Depo と堆肥化センター」、「大型中間処理施設・堆肥化センター」の建設用地を確保し、建設する。

施設の完成後、運営に関するキャパシティービルディングを実施する。

我が国より専門家、当分野に知見、経験を有する地方自治体、民間企業のスタッフを派遣し、適切な施設の建設と、キャパシティービルディングプログラムの策定に貢献する。

(12) 投入

スラバヤ市での 5 年計画を考えると、25 億円となる。しかしながら、スラバヤ市での事業が成功した場合、当プロジェクトをより広域に発展させることができる。具体的には、対象を東ジャワ州スラバヤ広域都市圏：GKS（スラバヤ市、グレシック県、ラモンガン県、モジョクルト県、モジョクルト市、シドアルジョ県及びバンカラン県）に拡大することで、100 億円以上の事業規模となる案件とすることも可能である。

(13) 外部条件

- ・カウンターパートが適切に配置される。
- ・イ国、スラバヤ市の廃棄物政策に大きな変更がない
- ・スラバヤ市より適切な用地が提供される。用地の提供に関して、地域住民などとの合意形成が適切になされる。

(14) 実現体制

1. 現地実施体制：公共事業省を中心に、スラバヤ市などが参加する JCC（合同調整委員会）
2. 国内支援体制：特になし

（15）関連する援助活動

1. 我が国の援助活動

スラバヤ市では、有償資金援助として、1993 年 2 月～2004 年 3 月にかけて、「スラバヤ都市環境改善事業（1）」が実施され、廃棄物関連の事業も行われた。

イ国では、有償資金協力として「マミナサタ広域都市圏廃棄物管理事業」（南スラウェシ州）、有償 PPP として「インドネシア国西ジャワ州廃棄物複合中間処. 理施設・最終処分場・運営事業」が実施されている。

2. 他ドナーなどの援助活動

特になし

5-1-2 無償資金協力

以下において、ODA の案件協力表のフォーマットに則って提案内容を示す。5-1-1 と重複する部分もあるが、省略せずに記述する。

（1）案件名

スラバヤ市中間処理施設・堆肥化センターによる廃棄物削減プロジェクト

（2）対象国名

インドネシア

（3）署名日（実施合意）

2015 年以降

（4）プロジェクトサイト

インドネシア スラバヤ市

（5）協力期間

2015 年より 3 カ年

（6）相手国機関名

インドネシア 公共事業省

（7）プロジェクト概要背景

インドネシア（以下イ国）においては、経済発展と人口増加によって、一般ごみ（おもに仮定から排出されるごみ）をオープンダンプ方式（前処理なしに処分場に野積みする方式）にて処分し

ているが、最終処分場がその処理能力の限界を迎えつつある。イ国政府は、2008年に廃棄物処理法を制定し、2013年までにオープンダンプ方式による最終処分場の閉鎖を打ち出している。また、2010年－2014年国家中期開発計画において、環境省や公共事業省による廃棄物管理に関するプログラムの実施が掲げられている。

こうした背景を受け、イ国における廃棄物の削減目標に貢献する事業として、中間処理施設・堆肥化センターによる廃棄物削減プロジェクトを実施する。現在、インドネシアにおける廃棄物処理政策を実現できない理由の一つは、コストの問題である。コストをかけた大型施設を導入すれば、オープンダンプされるごみの量は大幅に削減されることが予想されるが、イ国ならびに地方政府が負担すべきコストは膨大となる。当プロジェクトは、従来の方法と比して安価な初期投資、ランニングコストによって、廃棄物を削減することができる。

具体的には、既存の一般ごみ中継所に中間処理機能と堆肥化センターの機能を付与し、日量15トンの一般ごみを処理することができる施設（Super Depo と堆肥化センター）5カ所と、郊外に新設する日量150トンの一般ごみを処理することができる中間処理機能と堆肥化センターの機能を持つ施設1カ所を建設し、運営する。

当プロジェクトは、イ国スラバヤ市で実施する。スラバヤ市は、人口280人を抱えるイ国第二の都市であると同時に、東南アジア有数の大都市である。スラバヤ市においては、日量約1200トンの一般ごみがオープンダンプ方式で最終処分されている。スラバヤ市の計画では、この一般ごみを1/3にまで減量した上での最終処分を実施し、最終処分場を拡張しながら2025年まで運用することを目指している。しかしながら、この計画を実現するにあたっての効果的なソリューションについては検討中の段階にある。スラバヤ市は、2005年には1500トン/日の一般ごみを、コンポストシステムを活用した堆肥化プロジェクトの実施により2008年には1150トン/日に減量するなどの成果を上げており、イ国の中では環境都市として評価されている。当事業を環境政策については定評のあるスラバヤ市にて実施することで、イ国の廃棄物政策のモデルプランを効果的にイ国に示すことができる。

開発効果として1. ごみの減量、2. 雇用機会の創出、3. イ国有機農業政策への貢献、4. 温室効果ガスの削減が見込まれる。1. については、1200トンの一般ごみを25%に削減することができる。2. については、一般ごみから有価物を収集・販売しているインフォーマルセクターに属するウェストピッカーの正規雇用を生み出すことができる。3. については、一般ごみから得られる有機肥料によりイ国が進める化学肥料から有機肥料の転換政策に貢献することができる。4. については、オープンダンプにより排出されるメタンガスを削減させることで、イ国が掲げる2020年までにBAU比26%の温室効果排出削減目標に貢献することができる。また、我が国が提案する温室効果ガスの削減に寄与する新メカニズムである二国間オフセット・クレジットのプロジェクトとしての貢献も期待される。

事業は大きく、1. 施設の建設、2. 施設運営のためのキャパシティービルディングに分けられる。両者とも、JCC（合同調整委員会）によって現地実施体制が策定されるが、1. については、公共事業省を中心とし、2. については公共事業省とスラバヤ市によって実施される。日本からの支援については、一般ごみの中間処理や堆肥化に知見をもつ専門家や地方自治体や民間企業がプロジェクトに投入される。

総事業費は、約4億円（施設費用3億円、調査・キャパシティービルディング1億円）となる。事業実施後、施設の運営はスラバヤ市が担当することとし、インドネシア政府、スラバヤ市政府は

施設の運営費用を負担する。スラバヤ市は、運営を民間事業者に委託するなどし、円滑に運営を図る。

(8) 上位目標

一般ごみの中間処理と堆肥化施設の建設と運営により、イ国の開発課題である一般ごみの最終処分量削減に寄与する。具体的には、スラバヤ市で排出される 1200 トン/日の一般ごみのうち、最終処分される割合を約 25%とすることを目標とする、モデル事業を実施する。

(9) プロジェクト目標

イ国スラバヤ市に、日量 15 トンの一般ごみを処理することができる施設 (Super Depo と堆肥化センター) 5 カ所と、郊外に新設する日量 150 トンの一般ごみを処理することができる中間処理機能と堆肥化センターの機能を持つ施設 1 カ所を建設し、運営する。

(10) 成果

1. 施設に投入した一般ごみの最終処分量を 25%に削減させる。
2. 中間処理施設と堆肥化センターの運営による 330 人の新規雇用機会を生み出す。
3. イ国の農業政策に貢献する有機肥料の生産量を増加させる
4. イ国における、温室効果ガスの削減に寄与する。
5. スラバヤ市、並びにイ国における、1. ～4. を可能にするモデルプロジェクトを確立する。

(11) 活動

スラバヤ市において、「Super Depo と堆肥化センター」5 カ所、「大型中間処理施設・堆肥化センター」1 カ所の建設用地を確保し、建設する。

施設の完成後、運営に関するキャパシティービルディングを実施する。

我が国より専門家、当分野に知見、経験を有する地方自治体、民間企業のスタッフを派遣し、適切な施設の建設と、キャパシティービルディングプログラムの策定に貢献する。

(12) 投入

堆肥化センターにおける検討を受け、再度検討する必要あり。

(13) 外部条件

- ・カウンターパートが適切に配置される。
- ・イ国、スラバヤ市の廃棄物政策に大きな変更がない
- ・スラバヤ市より適切な用地が提供される。用地の提供に関して、地域住民などとの合意形成が適切になされる。

(14) 実現体制

1. 現地実施体制：公共事業省を中心に、スラバヤ市などが参加する JCC (合同調整委員会)
2. 国内支援体制：特になし

(15) 関連する援助活動

1. 我が国の援助活動

スラバヤ市では、有償資金援助として、1993年2月～2004年3月にかけて、「スラバヤ都市環境改善事業(1)」が実施され、廃棄物関連の事業も行われた。

イ国では、有償資金協力として「マミナサタ広域都市圏廃棄物管理事業」(南スラウェシ州)、有償PPPとして「インドネシア国西ジャワ州廃棄物複合中間処. 理施設・最終処分場・運営事業」が実施されている。

2. 他ドナーなどの援助活動

特になし

5-1-3 そのほかのスキーム

(1) 技術協力

5-1-1、5-1-2については、施設の建設もさることながら、施設の運営についても事業の成否を左右する重要なファクターとなる。5-1-1、5-1-2では、運営に関するキャパシティービルディングも含まれているが、事業後に発生している問題解決を実施するための技術協力プログラムを実施することは可能である。

また、当事業の実施により、同様の中間処理施設や堆肥センターの建設、運営計画がインドネシア政府により実施される場合には、キャパシティービルディングの部分を技術協力という形で担うことができる。

(2) 草の根無償資金協力

スラバヤにおける草の根無償については、在スラバヤ領事館の担当となる。原則として、1件あたり1,000万円、最大でも1,500万円の規模である。インドネシアのごみ問題に関連する草の根無償として、ジャカルタでのバンドルグバン処分場のウェストピッカーの子弟を対象とした、学校を建設した事例がある。スラバヤ市に対し、外国からの直接の資金などを供与することはできないので非営利団体が申請を行い、日本側と契約することとなる。適合する非営利団体の条件としては、内務省に登録していること、法人格を持っていること、納税者番号を持っていることが挙げられる。

当事業において草の根無償を活用する場合は、労働者の環境改善、Super Depo周辺の住環境改善、またはウェストピッカーを労働者として採用する際のキャパシティービルディングなどの事業を対象とすることが想定される。いずれも、5-1-1、5-1-2に付随するプロジェクトとして提案したい。

一方、スラバヤ市やインドネシアにおける廃棄物処理の問題として、住民がごみを廃棄する場合の分別意識の向上が必要とする声も多く聞かれる。中間処理の前段階である程度の分別が実施されれば、処理スピード能力は向上し、結果としてごみ処理費用の削減につながる。こうした廃棄物処理対策として、事業の実施と並行した3R推進を改めて草の根無償資金協力として実施することができる。

(3) 利用可能なスキーム

今回のパイロット事業で明らかになったのは、事業の採算性を左右する鍵が、有機ごみの有機肥

料化にあることである。「外務省 中小企業ノンプロ無償」や「JICA 民間提案型普及・実証事業」を活用して、有機ごみを原料とした有機肥料の製造についての検証を行う事業を実施したい。具体的には、既存 Super Depo から選別された有機ごみを対象とした堆肥化センターを運営し、肥料製造会社の基準を満たす堆肥製造に係るコストやオペレーションの検討を実施したい。この事業については、スラバヤ市政府とも協議をしており、適切な用地の提供や、補助員の提供などについて、合意を得ている。

この事業の実施にあたっては、日本において堆肥生産を実施している自治体や農家へのヒアリングを実施したい。ただし、日本では、鶏糞などを使用した有機肥料の生産は行われているが、一般ごみや食品残さなどから有機肥料を生産する例はさほど多くはない。実施している例もあるが、農家への販売というビジネスモデルを確立している例はない。一方、インドネシアではスマランの事業社が有機ごみから肥料を製造し、販売しているケースがあり、政府も有機肥料の補助金を増やし、その利用を推進しているように、十分なビジネスチャンスがあると考えられる。

5-2 他ODA案件との連携可能性

5-2-1 廃棄物管理プロジェクトにおける中間処理の必要性

インドネシアにおいて、有償資金協力として「マミナサタ広域都市圏廃棄物管理事業」（南スラウェシ州）、有償 PPP として「インドネシア国西ジャワ州廃棄物複合中間処理施設・最終処分場・運営事業」が実施されている。両者とも、ごみの中間処理を実施するものとしているが、最終処分に近い段階での、有価物の分別などが想定されている。当事業で提案する、より排出源に近い段階での中間処理、堆肥化は、最終処分場における中間処理コストを低減させるものとなる。市内から最終処分場への輸送コストを低減させる効果も期待できる。一方、当事業の今後の課題は、有機ごみの堆肥化コストと販売益を官が見た上での事業性検討となる。ごみの発生源に近い段階での中間処理と、最終処分場における中間処理については、実施都市の用地確保事情や採算性を検討しながら、相互補完的に検討される余地があると考えられる。

5-2-2 廃棄物発電プロジェクトにおける中間処理の必要性

日系プラントメーカーへのヒアリングによると、インドネシアの都市において、廃棄物発電の導入検討がなされる場合があるが、ジャカルタ首都特別州近辺以外ではごみの70%以上が有機物であるため、燃焼カロリーが低く、助燃材として化石燃料を使用せざるを得ない状況にある。乾季においては、採算ラインぎりぎりのカロリーを得られる場合があるが、雨季においては助燃材の使用量が多くなり、採算性に大きな問題を残すことが分かった。そうした場合に、当事業のような中間処理施設は、1. 有機ごみのコンポストによる脱水効果、2. 有価物とならないプラスチックや紙の助燃材としての利用を推進するものとして、有効であるというコメントがあった。

今後、ODA 事業としてジャカルタ以外の都市における廃棄物発電プロジェクトが実施される場合、当事業のスキームを加えることで、燃焼カロリーの向上と一定化という効果が得られる可能性がある。

5-3 カウンターパート機関との協議状況

ODA 案件化に当たり、公共事業省、環境省、国家開発企画庁との協議を行った。 順序が前後

してしまうが、これまでの議論については、以下の協議内容やヒアリング結果を踏まえて検討されたものである。

5-3-1 公共事業省

公共事業省 人間居住総局 環境衛生改善局長へのヒアリングによると、当事業を ODA 案件化する上で、最初に必要なプロセスは、スラバヤ市から公共事業省への要請となる。地方からの働きかけと国の考え方双方がマッチングして初めて ODA 案件化に関する検討がはじまる。本案件の ODA 化の具体的な手続きは、まずはスラバヤ市から公共事業省への紹介、提案が必要となる。当該案件がインドネシア全体にメリットがある事業であると判断されれば国家開発企画庁交えて検討し、最終的には財務省にて費用面を検討することになる。

中間処理自体は、インドネシアでもいくつかのプロジェクトが実施されている。Super Depo について、数カ所単位での展開を考えているのであれば、規模が小さいためにスラバヤ市独自の予算での実施検討をまず始めてはどうか。ODA 案件化という観点からは、特定の地域における問題解決となるので、無償資金協力の対象としたい。

一般的に、有償資金協力の場合、FS から ODA 案件化までは規模にもよるが 10 年程度の時間を要する。最短では、3 年で案件化されたケースもある。無償資金協力の場合は、有償資金協力よりも実施検討に要する時間は短くなる。

5-3-2 環境省

環境省の固体廃棄物処理担当者へのヒアリングを実施した。ODA 案件の担当部署については、家庭から出る廃棄物の分別については環境省が所管になるが、最終処分場は公共事業省が所管となる。当事業においては、施設の建設という観点からは、公共事業省の担当になるが、一般ごみ削減政策という観点からは、環境省との連携も必要だと考えられる。Super Depo の開所式に、環境大臣に出席いただいたように、環境省としては当事業によるインドネシアの開発課題への貢献を認知していただくことができた。

プラスチックの再資源化やコンポスト製造の取り組みはインドネシア国内で進めている。バンドルグバン（ジャカルタ）、スマラン（中部ジャワ）で西原商事が取り組んでいる内容と類似の取り組みを実施しているという情報を得た。バンドルグバンについては、当事業実施前に西原商事が視察を行う、スマランについては前述の通り調査団が視察を行った。双方とも、最終処分場近くでの取り組みであり、ごみの発生源に近い当事業との相互補完性があることが確認できた。

5-3-3 国家開発企画庁

当プロジェクトの実施について、大変興味を持っていただくことができた。公共事業省を中心に、関係省庁との協力関係を深めていくとよい、という助言を得た。

「スラバヤにて分別が進んでいることは有名であり、このような取り組みを他の地域に普及させるように、日本から尽力いただけるのはありがたい。インドネシア全域にて展開できれば、最終処分量の低減に寄与するのではないか。」というコメントを得ることができた。