

インドネシア国
スラバヤ市美化局

インドネシア国
スラバヤ市における、廃棄物の
リサイクル型中間処理・堆肥化
普及・実証事業
業務完了報告書

平成 28 年 9 月

(2016 年)

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

株式会社西原商事

国内
JR
16-072

目次

巻頭写真	i
略語表	iii
地図	iv
案件概要	v
要約	vi
1. 事業の背景	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
① 事業実施国の政治・経済の概況	1
② 対象分野における開発課題	5
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度	10
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの 分析	14
⑤ スラバヤ市における一般ごみの排出ポテンシャル	17
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	20
① 堆肥化施設	20
② リサイクル型中間処理施設 Super Depo	22
2. 普及・実証事業の概要	24
(1) 事業の目的	25
(2) 期待される成果	25
(3) 事業の実施方法・作業工程	26
① 事業実施の基本方針	26
② 事業実施の方法	27
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	30
(5) 事業実施体制	31
(6) 相手国政府関係機関の概要	32
3. 普及・実証事業の実績	34
(1) 活動項目毎の結果	34
① 堆肥化施設の建設	34
② 相手国政府関係機関側の投入	37
③ 堆肥製造プロセスの検討	37
④ 販売検討・事業性検討	55
⑤ スラバヤ市への提案、インドネシア政府への普及活動	64

⑥ 今後の事業展開について	66
(2) 事業目的の達成状況	68
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	69
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	71
(5) 環境社会配慮	72
① 施設建設用地	72
② 事業実施国の環境社会配慮法制度・組織	72
③ 事業実施上の対応方針	72
④ モニタリング	73
(6) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について	73
(7) 今後の課題と対応策	74
4. 本事業実施後のビジネス展開計画	75
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	75
(2) 想定されるリスクと対応	76
(3) 普及・実証において検討した事業化およびその開発効果	76
(4) 本事業から得られた教訓と提言	78
添付資料	80

図表目次

表 1	基礎データ	1
表 2	経済データ	2
表 3	スラバヤ市における一般ごみ発生源別の割合と重量	17
表 4	発生源別の一般ごみ組成調査の結果	18
表 5	スラバヤ市における有機ごみの総排出ポテンシャル	19
表 6	Super Depo に搬入される一般ごみの組成調査結果	19
表 7	作業工程図	29
表 8	要員投入	30
表 9	堆肥化プロセス案	38
表 10	モニタリングすべき発酵管理項目	39
表 11	「種堆肥と市場ごみ」による堆肥の品質調査結果	41
表 12	第 1 次堆肥製造パターン	43
表 13	第 1 次堆肥製造プロセス	45
表 14	堆肥製造工場に持参したサンプル	45
表 15	パターン 2 「SuperDepo の有機ごみ+市場ごみ」の品質分析結果	47
表 16	パターン 3 「SuperDepo の有機ごみのみ」の品質分析結果	47
表 17	第 2 次堆肥製造プロセスの方針	49
表 18	第 2 次堆肥製造プロセス	50
表 19	第 2 次堆肥製造プロセスで得た、1 工程の日数	52
表 20	1 工程あたりの投入量と堆肥処理の重量ベース収支	53
表 21	1 工程あたりのランニングコスト	54
表 22	普及・実証事業開始時に検討した収入と支出試算（初期費用は除く）	58
表 23	堆肥化施設事業収支（ティッピングフィーなし）	59
表 24	堆肥化施設事業収支（ティッピングフィーあり）	60
表 25	200 トン/日の処理の分別・堆肥化施設事業収支	63

図 1	スラバヤ市の位置	iv
図 2	スラバヤ市内	iv
図 3	実質 GDP 産業別構成比（2014 年）	4
図 4	品目別輸出高構成比（2014 年）	4
図 5	最終処分場の使用可能年限	5
図 6	インドネシアにおける廃棄物の組成	6
図 7	インドネシアにおける廃棄物の処理・処分方法	7
図 8	スラバヤ市におけるごみの回収フロー	10
図 9	案件概要	24
図 10	調査体制	24
図 11	堆肥化施設の図面	34
図 12	堆肥化施設外観	35
図 13	切り返し作業を行うホイールローダー	36
図 14	トロンメル写真	37
図 15	種堆肥製造の写真	40
図 16	有機堆肥製造工場視察の写真	43
図 17	PT Nito Nur Utama にて指摘された除去すべき小枝	46
図 18	トロンメルの改良部分	48
図 19	堆肥化施設の図面（図 11 再掲）	50
図 20	トロンメルで選別された異物	51
図 21	有機肥料の原料製造 連続運用モデル	52
図 22	コスト試算に用いたメーター類	54
図 23	PT Beetle Organik Indonesia の登記書類	57
図 24	用地のイメージ（右上の青破線囲み部分が設備）	61
図 25	将来的な事業展開イメージ	62
図 26	最終処分場における利用可能用地（左、朱色囲み部分）と、用地の 写真（右）	66
図 27	今後の事業展開スケジュール	68
図 28	スラバヤ市が建設した中間処理施設	71
図 29	用地のイメージ（右上青色破線囲み部分が設備）※再掲	75
図 30	将来的な事業展開イメージ ※再掲	75
図 31	今後の事業展開スケジュール※再掲	76

巻頭写真



本事業の実証機材として、新規建設した堆肥化施設（2014年11月完成）



中間処理施設「Super Depo」

※平成24年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による途上国政府への普及事業
「リサイクル型廃棄物中間処理施設パイロット事業」にて、西原商事が建設



堆肥製造機材として本事業で調達したホイールローダー（2014年9月納入）



有機ごみを砕く破砕機（左）、熟成した堆肥から異物を取り除くトロンメル（右）



堆肥製造：切り返し作業（左）と温度測定（右）



堆肥製造ピットの様子（左）、テスト出荷する前の有機肥料の原料（右）

略語表

BAPPEKO	<i>Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya</i>	スラバヤ市開発企画局
BAPPENAS	<i>Badan Perencanaan dan Pembangunan Nasional</i>	国家開発企画庁
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
Depo		ごみ中継所
DKP	<i>Dinas Kebersihan dan Pertamanan</i>	美化局
KLH	<i>Kementerian Lingkungan Hidup</i>	環境省(現在の環境・林業省の旧称。 2015年1月に環境省と林業省が合 併し、環境・林業省となった。)
KEMENLHK	<i>Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan</i>	環境・林業省
MOU	Memorandum of Understanding	覚書
MPR	<i>Majelis Permusyawaratan Rakyat</i>	国民協議会
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PPP	Public Private Partnership	官民パートナーシップ
PU	<i>Kementerian Pekerjaan Umum</i>	公共事業省
RPJMN	<i>Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional</i>	国家中期開発計画
Super Depo		リサイクル型中間処理施設

※イタリック部分はインドネシア語であることを示す

地図



図 1 スラバヤ市の位置

ブノウオ最終処分場



図 2 スラバヤ市内

民間提案型普及・実証事業
 インドネシア国 スラバヤ市における、廃棄物のリサイクル型中間処理・堆肥化普及・実証事業

企業・サイト概要

- 提案企業:株式会社西原商事
- 所在地:福岡県北九州市
- サイト:インドネシア国スラバヤ市
- 相手国実施機関:スラバヤ市美化局
- 事業実施期間:2013年10月～2016年10月



一般廃棄物の適切な処理

- 対象国では経済発展と人口増加に伴う消費拡大により、廃棄物発生量が増加している。スラバヤ市の最終処分場の受入容量は限界に達しつつある中、ごみは中間処理等を行わずそのまま野積みされている。
- インドネシア政府は適切にごみ処理を目指し法制度の整備を進めているが、現場での具体的解決策の実施は進んでいないため、技術的・経済的課題を解決する廃棄物処理技術・サービスが求められている。

廃棄物処理業者としてのリサイクルのノウハウ

- 一般家庭から排出されるごみを回収し、中間処理施設で分別を行う。
- 有価物はリサイクル原料として、有機ごみは堆肥化して販売する。
- 収集後に最終処分場で受け入れる廃棄物のうち約75%を削減可能。
- 将来的には行政から業務委託を受けて事業継続することを検討。

提案企業の準備状況

- 平成24年度外務省委託費「途上国政府への普及事業」において、企業負担でリサイクル型中間処理施設の建設及び分別・リサイクルのモデル事業を実施し、最終処分場で受け入れるごみの約75%を削減できることを確認した。
- 同外務省事業では、スラバヤ市で排出される廃棄物の組成調査を行い、一般廃棄物の約60%が有機ごみであることが分かった。最終処分場で受け入れる廃棄物の減量化には有機ごみの堆肥化が重要となるため、持続可能な堆肥化事業を目指し、採算性の確保に向けて肥料製造業者とも協議を行っている。

民間提案型普及・実証事業の内容 (JICA事業)

- 有機ごみの受け入れ可能量約20トン/日の堆肥化施設の建設
- 肥料製造業者の提示する買い取り基準(品質)を満たすための堆肥製造プロセスの検討
- 事業継続・展開に向けた活動(市場価格調査、マーケット調査、民間委託サービスの提案等)



ビジネス展開

- 中間処理施設(分別工場)と堆肥化施設の規模を拡大し、スラバヤ市から廃棄物分別・リサイクル業務の受託を目指す。
- 将来的には、スラバヤ市での事業をモデルケースとして、インドネシア全域及びその他の東南アジア諸国への展開を図る。

要約

I. 提案事業の概要	
案件名	スラバヤ市における、廃棄物のリサイクル型中間処理・堆肥化普及・実証事業
事業実施地	インドネシア共和国スラバヤ市
相手国 政府関係機関	スラバヤ市美化局
事業実施期間	2013年10月～2016年10月
契約金額	102,838,680円(税込) ¹ (内 消費税及び地方消費税の合計額7,617,680円)
事業の目的	<p>インドネシア国では、経済発展と人口増加に伴い消費が拡大し、一般ごみの量が増加している。一般ごみは、最終処分場に埋立て処分されているが、現最終処分場の埋立容量は限界に達しつつある。</p> <p>西原商事の地元である北九州市とスラバヤ市は都市間協力に基づく廃棄物の削減や低炭素型社会を目指した取組みを進めており、環境ビジネスへの参入を通じて民間企業が環境問題解決へ貢献することが期待されている。</p> <p>こうした背景から、西原商事は日本で培った廃棄物の分別と有価物販売ビジネスの経験を活用した海外展開を志向し、平成24年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による途上国政府への普及事業「リサイクル型廃棄物中間処理施設パイロット事業」(以下、「平成24年度事業」という)を受託した。同事業では、ごみの減量化と事業性確保の両立を目指して各種調査を行った。一般ごみを有価物、有機ごみ、異物に選別して組成分析をした結果、一般ごみの60%～70%を占める有機ごみの活用が改善のキーポイントになると判明した。</p> <p>同事業の結果に基づき、本普及・実証事業では、有機ごみを原料とする堆肥製造とその販売可能性の検討を行い、スラバヤ市において最終処分される一般ごみの減量化と同事業の採算性を検討する。</p>
事業の実施方針	本事業を通じて、堆肥製造・販売の最適な運用モデルの確立を目指す。「製造技術の検討→堆肥試験製造→販売先ヒアリング→事業

¹ 事業費が1億円を超える理由：本事業は2013年度採択案件のため、当初は事業費99,982,050円で契約を締結したが、事業開始後(2014年4月)の税制改正により消費税が5%から8%となったことを受けて、総事業費(税抜)に対して3%を増額する変更契約を行った。

	<p>の効率・採算性の検討」のプロセスを3回繰り返すこととし、1回毎にプロセスの見直しを行うことによって最適なモデルを提案する。</p> <p>事業の実施においては、実証事業終了後はスラバヤ市による円滑な運営を可能とするために、相手国政府関係機関（カウンターパート：C/P）であるスラバヤ市美化局から派遣される人材をはじめとするインドネシア人スタッフとの共同作業を通じたキャパシティービルディングに努める。</p>
実績	<p>1. 実証・普及活動</p> <p>① 機材設置状況</p> <ul style="list-style-type: none"> - 施設および関連機器の納品は、2015年5月に完了した。 <p>② 堆肥化プロセスの技術検討</p> <ul style="list-style-type: none"> - 技術検討を終え、1. 安定した品質の堆肥製造方法を確立した、2. 連続運用が可能なプロセスを確立した、3. 運用にかかるコストを精査することができた。 <p>③ 堆肥販売検討・事業性検討</p> <ul style="list-style-type: none"> - 販売先候補であるペトロキミア社との打合せを実施し、堆肥の品質向上に向けて、今後の課題を抽出した。現在の製造プロセスにおいて製造する製品には細かい枝などが混入しており、これらの除去が必要と判明した。並行して、同社以外の販売先候補との交渉を進めた結果、木材製品製造業や農園への販売ルートを確保できたために、細かい枝などの除去は今回の普及・実証事業では実施しないこととした。 - 木材製品製造業、農園などへの販売可能性を検討し、現在の製造プロセスから出荷する製品で、実際に販売することができた。 - 事業展開については、収入と支出の想定に基づき、事業化モデル（200トン/日の事業系一般ごみ、事業系食品残渣受け入れ）を検討した。 - 本事業で建設した堆肥化施設について、第1次堆肥製造の結果に基づき、主に運営費からなる支出と収入及び出荷すべき堆肥の量を試算し、第2次堆肥製造プロセスにて、目標量の堆肥製造が可能かどうかの検証を行った。第3次堆肥製造プロセスとして、連続的な運用を行い、コスト精査と事業性の分析を行った。

	<ul style="list-style-type: none"> - 2015年5月に、インドネシア国における一般ごみの処理とリサイクル事業の受託が可能な現地法人として、PT Beetle Organik Indonesia を設立した。 <p>④ 相手国政府関係機関（C/P）との協議状況</p> <ul style="list-style-type: none"> - 本事業終了後のビジネス展開に向けて、スラバヤ市（C/P）と協議を定期的実施した。事業採算性の確保のためには、C/Pからのティッピングフィーの支払いが必要となる。C/Pによると、料金徴収システムの設立には手続きに数年を要する見通しであること、既存のティッピングフィーと同額を得るためには、ごみの減量以外の付加価値が必要とすることが判明した。結果、C/Pからのティッピングフィーを収入源とするビジネスモデルは困難であることが判明した。 - ティッピングフィーに関しては、既に最終処分場において一般ごみの処理を受託しているスンバオーガニック社（一般ごみの収集、最終処分場までの運搬はスラバヤ市が行っている）との協力により、西原商事が提案する中間処理と堆肥化処理にも、スラバヤ市の承認のもとでスンバオーガニック社からティッピングフィーが支払われるような事業形態を提案した。その場合、最終処分場内で事業を展開する必要があることが明らかになった。 - 今後、自社事業として、ティッピングフィーを市場やショッピングモールなどの「事業系一般ごみ、事業系食品残渣」を排出している事業者から徴収するモデルを構築し、スラバヤ市や関連セクターに提案する予定。
課題	<p>1. スラバヤ市への提案、インドネシア政府への普及活動</p> <p>スラバヤ市に対しては、有機ごみの受入れ・処分費用として当社へティッピングフィーの支払いが生じることについて、理解促進を図る。一方、スラバヤ市の財源に限界があることから、ティッピングフィーを市場やショッピングモールなどの「事業系一般ごみ、事業系食品残渣」を排出している事業者から徴収するモデルを構築し、スラバヤ市や関連セクターに提案することなどを、自社事業として実施することを検討している。</p> <p>堆肥化について、公共事業省、環境・林業省、農業省などのインドネシア政府への普及活動を実施する。また、中央省庁の政策動向を確認し、技術の普及可能性を検討する。</p>

事業後の展開	<ul style="list-style-type: none"> ・本事業を通じたパイロットスケールでの実証結果に基づき、将来的には 200 トン/日の一般ごみの受け入れが可能な施設 (Super Depo で実施している「分別処理」と、普及・実証事業の対象である「有機ごみの堆肥化」を統合した施設) の運営によるビジネスの成立を目標とする。
今後のスケジュール	<ul style="list-style-type: none"> ・2016 年 4 月末を持って、堆肥製造にかかる実証事業を終了した。以後は、キャパシティービルディングを兼ねて、施設を稼働させている。 ・2016 年 9 月初旬にスラバヤ市と北九州市の環境姉妹都市提携の延長手続きが完了し、施設のスラバヤ市への譲渡手続きを開始している。

1. 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

① 事業実施国の政治・経済の概況

①-1 基本情報

インドネシア共和国(以下、インドネシア)は、東南アジア南部に位置する共和制国家である。国土面積は約189万平方キロメートルで、日本の約5倍と広く、約18,000の島々からなる世界最大の島嶼国家である。下表にインドネシアの基礎データを記載する。

表1 基礎データ

面積	約189万平方キロメートル(日本の国土面積の約5倍。赤道を挟んで東西約5,110キロメートル、南北約1,888キロメートルに及ぶ。)
人口	約2.55億人(2053年、インドネシア政府統計)
首都	ジャカルタ(人口1,017万人:2015年、インドネシア政府統計)
民族	大半がマレー系(ジャワ、スンダ等約300種族)
言語	インドネシア語
宗教	イスラム教88.1%、キリスト教9.3%(プロテスタント6.1%、カトリック3.2%)、ヒンズー教1.8%、仏教0.6%、儒教0.1%、その他0.1%(2010年、宗教省統計)

出典:外務省ホームページ「各国・地域情勢」

<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/indonesia/data.html>

①-2 人口構成

2013年の政府統計によると、人口は約2.49億人で、中国、インド、米国に次ぐ世界第4位の人口大国である。大半がマレー系であり、総人口の約6割が、全国土面積の約7%に過ぎないジャワ島に集中している。

①-3 経済状況

経済全体では、2014年の実質GDP成長率は5.0%と5年ぶりの低水準に落ち込んだ。これは、一次産品価格の低迷による輸出の減速に加えて、総選挙および大統領選挙による政治的な不透明感から、投資が減退したことに起因すると考えられる。

インドネシア経済の成長を牽引してきた旺盛な個人消費については、民間最終消費支出が伸び悩んでおり、景気の上向きを示唆するような兆しは見えない。ジョコ政権では、地方を中心にインフラ整備を拡大するとともに、企業誘致の促進で景気好転を図る政策を打ち出している。2015年の実質GDP成長率について、政府は成長率を5.2%と予測していたが、4.8%という結果となり、リーマンショック後の2009年以来初めて5%を割り込むこととなった。2016年度については、各機関はGDP成長率が5%前半となることを予想している。

一方、財政に目を転じると、輸出品目である石炭やパームオイルによる貿易黒字が縮小しており、財政収支と経常収支における「双子の赤字」が拡大している。ここ数年は、貿易赤字により、ルピア安が続いている。インドネシア政府は、2013年6月に燃料補助金の削減を打ち出し、ジョコ大統領は2014年にも大幅な燃料補助金の削減を実施、2015年1月には、軽油を除く燃料の補助金が全面撤廃された。インドネシア中央統計庁(BPS)によると、2014年の輸出は前年比3.4%減の1,762億9,270万ドル、輸入は4.5%減の1,781億7,880万ドルとなり、輸出、輸入ともに前年比で減少した。貿易統計上の貿易赤字は18億8,610万ドルとなり前年の40億7,690万ドルから赤字幅を縮小させることに成功した。2015年度は、輸出は1502億8000万ドル、輸入は1426億9000万ドルとなり、4年ぶりに75.9億ドルの黒字となった。

我が国との関係に関しては、日本からの輸入額は、中国、シンガポールに次ぐ第3位となっている。一般機械、原料別製品(鉄鋼、非鉄金属など)、電気機器、化学製品などが輸入量の多い品目である。輸出に関しては、日本はインドネシアにおける最大の輸出国である。そのうち半分以上が鉱物性燃料(LPG、原油、石炭)によって占められている。次に、原料品、原料別製品、電気機器、食料品などの対日輸出量が多くなっている。²

表 2 経済データ

GDP (名目)	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	
	5,102	5,396	7,551	8,930	9,179	9,105	8,885	
(単位：億ドル) (世銀統計)								
一人当り GDP (名目)	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年		
	2,977.0	3,498.2	3,562.9	3,666.8	3,530.6	3,377.1		
(単位：ドル) (インドネシア政府統計)								
経済成長 率 (実質)	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年		
	6.4	6.2	6.0	5.8	5.6	4.8		
(単位：%) (インドネシア政府統計)								
物価上昇 率	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	
	2.8	7.0	3.8	4.3	8.4	8.4	3.4	
(単位：%) (インドネシア政府統計)								
総貿易額		2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
	輸出 (億ドル)	1,165.1	1,577.8	2,035.0	1,900.2	1,825.5	1,762.9	1,502.8
	輸入 (億ドル)	968.3	1,356.6	1,774.4	1,916.9	1,866.3	1,781.8	1,426.9

² ジェトロ世界貿易投資報告 (各国編)

https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/gtir/2015/pdf/idn.pdf

	(単位：億ドル) (インドネシア政府統計)
貿易品目	(1) 輸出 動物・植物油 (12.4%)、石油・ガス (12.4%)、電子機器・録音機・TV 等 (5.7%) (2) 輸入 石油・ガス (17.2%)、原子炉、ボイラー及び機械類 (15.%)、鉄鋼 (4.3%) (2015 年、インドネシア政府統計)
貿易相手国・地域 (2013 年、総額)	(1) 輸出 日本 (13.1%)、中国 (10.0%)、シンガポール (9.5%) (2) 輸入 中国 (17.2%)、シンガポール (14.1%)、日本 (9.5%) (2014 年、インドネシア政府統計)
為替レート	1 ルピア=0.008035 円 (2016 年 8 月 JICA レート) ³

出典：外務省ホームページ「各国・地域情勢」

<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/indonesia/data.html>

①-4 政治状況

共和制の下、33 州から構成される。国家元首は大統領（大統領は、国家元首であると共に行政府の長でもある）。議会は、国民協議会（MPR、憲法の制定及び改正、国民協議会決定の策定等）、国民議会（DPR、立法機能、国家予算作成機能、政府に対する監視機能）、及び地方代表議会（DPD、地方自治等に関する法案の提言、審議への参加）がある。また、国会議員（560 人）と地方代表議会議員（132 人）で構成される国民協議会（憲法の制定及び改正、大統領・副大統領の任期中の解任）がある。

第 6 代大統領スシロ・バンバン・ユドヨノ大統領（一期目：2004 年～2008 年、二期目：2009 年～2014 年）は、2004 年の政権発足後、治安対策、汚職撲滅、投資環境整備等に積極的な取り組みをみせた。

2014 年 7 月に実施された大統領選挙では、ジョコ・ウィドド・ジャカルタ州知事（当時）が約 53% の得票で当選し、10 月 20 日に第 7 代大統領に就任した。ジョコ政権の方針として、経済・社会政策を最優先課題とすることが掲げられている。具体的には、鉄道、港湾、電力・エネルギーなどのインフラ整備、さらに社会保障を充実することが目標とされている⁴。

①-5 主要産業

インドネシアの主要産業は、製造業、農林水産業、ホテル・飲食業、鋼業などである。製造業では、軽工業・食品工業・織物・石油精製が盛んに行われている。主要農作物は、ジャワ等を中

³ 以下では、原則として当レートを使用する。

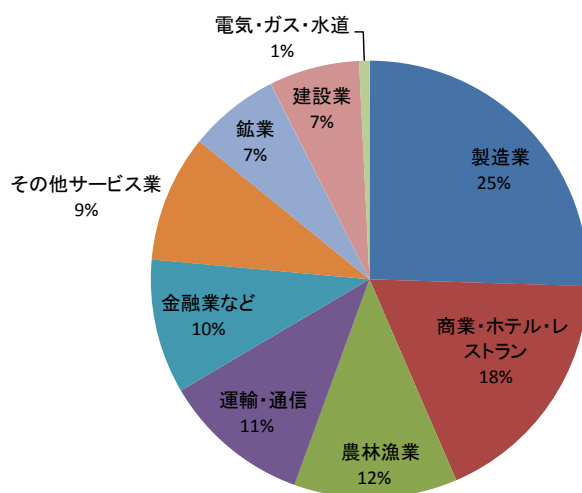
⁴ 外務省ホームページ「インドネシア共和国（Republic of Indonesia）基礎データ

<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/indonesia/data.html#section2>

ジェトロホームページ http://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/basic_01.html#block3

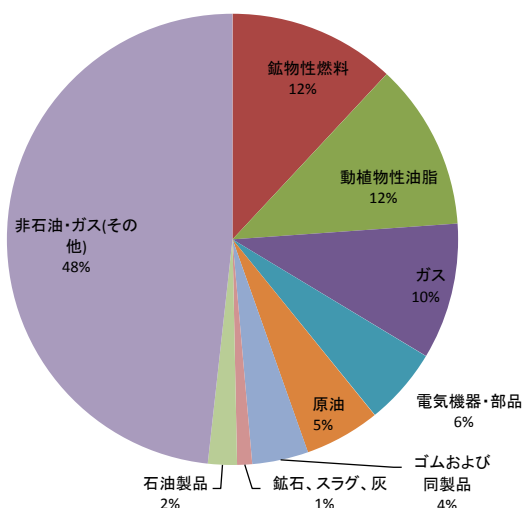
などから作成

心とする小規模農業（米、キャッサバが中心）や、スマトラ島等外領における大規模農園での商品作物（パーム油、コーヒー、ゴムなど）である。鉱業は、石油、LNG、アルミの他、綿・ニッケル・銅鉱石やボーキサイトなど、非鉄金属鉱物資源を多量に生産している。



出典：インドネシア中央統計局（BPS） <http://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1200>

図 3 実質 GDP 産業別構成比（2014 年）



出典：JETRO 統計「輸出統計(品目別)」 http://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/stat_03/

図 4 品目別輸出高構成比（2014 年）

①-6 事業実施都市 スラバヤ市の概要

スラバヤ市は、インドネシアジャワ島東部の東ジャワ州の州都で、首都ジャカルタに次ぐ約

280万人の人口を有している。昼間人口は500万人ともいわれている。さまざまなエスニックグループを内包する、近代的な大都市としての性質を持つ。比較的人口が多いのは、ジャワ人とマドゥラ人となる。商業都市として発展した歴史を持ち、インドネシア、とりわけジャワ島の大都市の例に違わず、華人も多数住んでいる。州都ジャカルタから約800km、観光地として知られるバリ島からは約300kmの距離にある。

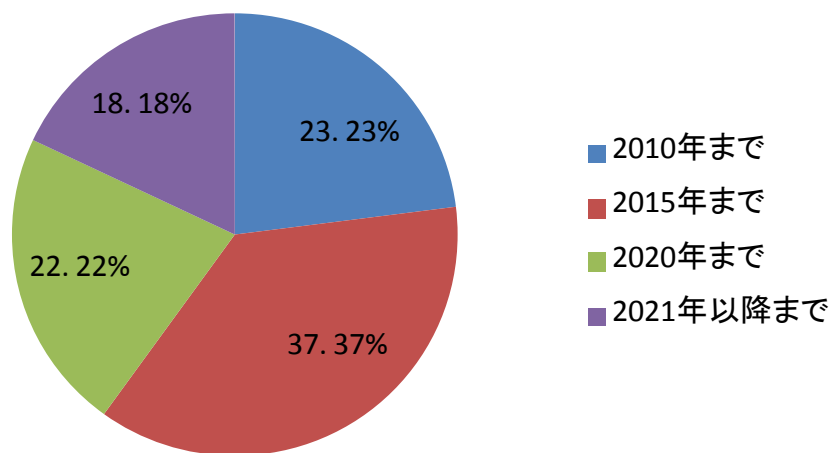
熱帯雨林気候とサバンナ気候を併せ持った熱帯気候帯に属しており、年平均気温は27度。5月から10月までの乾期と11月から4月までの雨期に分かれている。

オランダ植民地時代より、良港タンジュン・ペラを擁し、交易、商業の中心として賑わいを見せていた。現在でも、タンジュン・ペラ港はインドネシア最大の交易港である。ジャワ東部のみならず、スラウェシ島、カリマンタン島、ヌサ・トゥンガラをネットワークし、東部インドネシアの中心とあって過言でないほどの存在感を持つ⁵。

スラバヤ市は、北九州市と2012年11月に環境姉妹都市提携の覚書を交わし、2016年9月に覚書が延長された。両市は、2004年の「高倉式生ゴミのコンポスト化協力事業」（北九州国際技術協力協会（KITA））以来、特に環境分野での交流を深めてきた。こうした環境分野の取り組みにより、現在では、スラバヤ市はインドネシア随一の環境都市として高い評価を得るまでに至っている。今後、両市は、廃棄物、上下水道、エネルギー、都市開発といった分野での協力関係を強化する方針で合意している。

② 対象分野における開発課題

②-1 インドネシアの一般ごみ問題



出典：Indonesia waste statistics, IMOE-2008

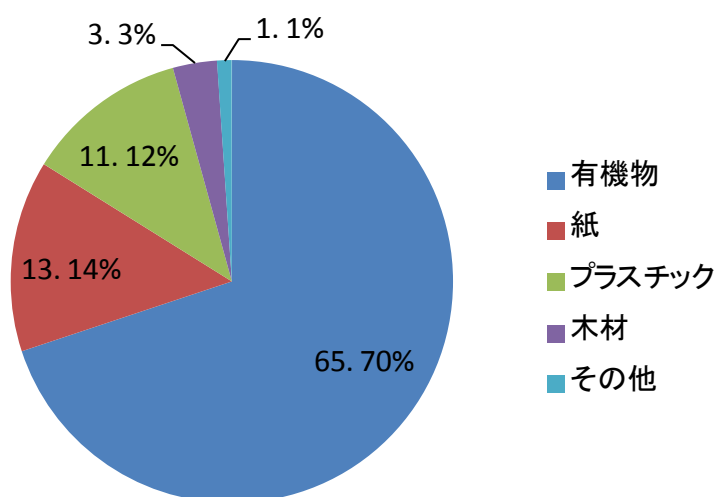
図5 最終処分場の使用可能年限

インドネシア、とりわけ都市における一般ごみの問題は、都市の行政機関にとって最も難解な

⁵ 在スラバヤ日本領事館ホームページ「スラバヤ市の概況（地理・人口・歴史）」
<http://www.surabaya.id.emb-japan.go.jp/j/consulate/outline.html> を基に作成

都市問題の一つである。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おり、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想定される。現時点でも最終処分場の処理能力を超えるごみが排出、搬入されており、ごみの減量化は喫緊の問題である。2008年の推計によれば、約60%の最終処分場が、使用可能年限が2015年以前までしかないとされている。

インドネシア環境省（現、環境・林業省）の報告書、State of Environment Report 2012⁶によると、住民一人当たり2.5L/日、あるいは、国全体で6億2500万L/日の廃棄物を排出している。過去3年間で排出量は急増している。2010年における1日当たりの廃棄物の量が20万トンであったのに対し、2012年には1日当たり49万トン、年間1億7885万トンと、2倍以上に増加している。都市ごみについては、同報告書State of Environment Report 2009によると、2005年から2008年の間に3.7%の増加となっている。また、発生する廃棄物の65%は有機廃棄物であるとしている。



出典：インドネシア環境省、State of Environment Report 2009

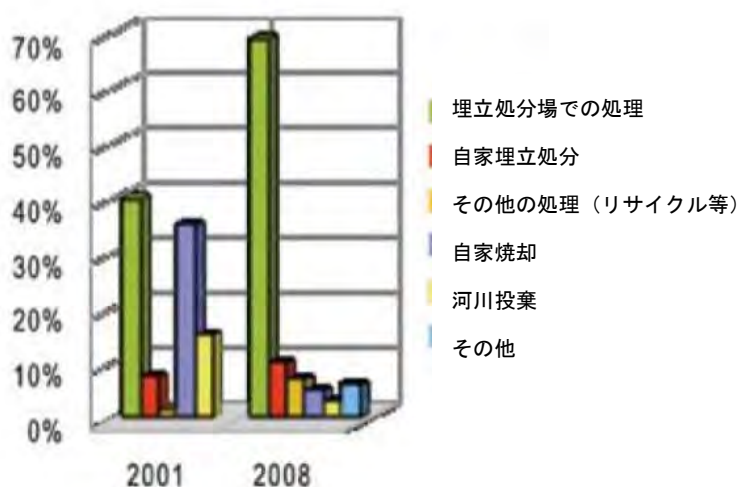
図6 インドネシアにおける廃棄物の組成

②-2 インドネシアにおける、一般廃棄物の処理方法

インドネシアにおける廃棄物の処理・処分方法としては、2008年に発生した廃棄物のうち約69%が埋め立て処分され、7%が処理あるいはリサイクルされ、5%は焼却され、10%は埋められ、残りの6%は公園、運河、川、港湾、市場等に投棄された。なお、2001年のデータと比較すると、

⁶ State of Environment Report については、その後一般廃棄物に関する統計データのアップデートはなされていない。やや古いデータではあるものの、公式な最新の統計データとして参照した。

処理方法として焼却の割合が減少し、埋め立て処分の割合が増加していることが読み取れる。



出典：インドネシア環境省、State of Environment Report 2009

図 7 インドネシアにおける廃棄物の処理・処分方法

廃棄物処理方式としてはこれまで最終処分場における埋め立て（オープンダンピング⁷）が主に採用されてきたが、これは 2008 年の廃棄物管理法によって禁止され、2013 年までに衛生埋め立てなど新たな対策が取られる方針である。後述する、2015 年～2019 年の国家中期開発計画において、埋め立て処分場の整備目標がさらに増加しているが、現実的にはオープンダンピングに依存している状況は解決されていないといえる。

2008 年の廃棄物管理法の制定を受けて書かれた、Syiah Kuala 大学の Edi Munawar 講師による廃棄物業界ニュースの記事⁸を以下に引用する。

「廃棄物管理法（2008 年第 18 号）にて義務化されたことを受け、中央政府は公共事業省を通じて地方政府と協力し、運転中の埋め立て地の数を改めて調査した。その結果、インドネシア国内で運転中の埋め立て地の合計数は 378 箇所、1,900ha であると分かった。この 378 という数字は、地区や自治体の数である 524 より小さい。埋め立て地の数が地区や自治体の数より少ないということは信じがたいので、全ての埋め立て地が確認されたわけではない。また、この調査の結果、最終処分場の 81%が埋め立て、16%が管理型埋め立て、残りが衛生埋め立てであることが分かった。この結果は、オープンダンピングを置き換えるために、5 年以内に 305 の新しい埋め立て地を建設する必要がある事を示している。

⁷ オープンダンピング：本報告書では、処分場における嫌気性埋め立て（覆土等は行われていない）を指す。

⁸ <http://www.waste-management-world.com/articles/print/volume-14/issue-2/features/injury-time-for-indonesian-landfills.html>

しかしながら、これを実行するための十分な資金調達や投資がなければ、廃棄物管理法の目標を時間通り達成することは不可能だと考えられる。2012年中頃までの公共事業省の報告によると、完成した新たな埋め立て地は94であり、そのうち13はCDMの枠組みの下、外国政府によって建設された。多くのオープンランピングサイトが未だ残っており、廃棄物管理法の移行期間が終わりに近付いている状況で、中央政府はロスタイムを設定する必要があるのではないかという疑問が湧いてくる。」

②-3 インドネシアにおける、一般廃棄物の処理の課題

インドネシアにおいて、廃棄物処理能力が不足し、またごみの減量化が困難となっている要因としては、まず社会としてごみ問題への意識の低さが挙げられる。再資源化の重要性についての意識の普及が不足しており、また実際に中間処理施設や再資源化技術にも乏しく、ごみの分別がほとんどなされないまま、大部分のごみが直接最終処分場へと運ばれている。また、大部分の地域住民は、廃棄物処理およびリサイクル全体のプロセスに関する知識が不足しており、結果として、廃棄物処理費用を支払う義務について、一種の「出来れば支払いたくない、無駄な費用」と捉えている。

政府の廃棄物管理行政にあたっては、各種モニタリングデータ、すなわち廃棄物発生量、発生源、廃棄物組成などのデータが不足していることも問題である。これらのデータは、将来の廃棄物の量や組成の推定、各施設的设计、システム運営に必要な費用などを評価するために必要である。しかし現状では、こうしたデータが不足しているために、廃棄物管理の改善のために有効な施策を構築することが困難となっている。

最終処分場におけるごみの組成としては、有機ごみが60～70%程度となっており、有機ごみをいかに減量し、有効活用するかが、ごみ問題解決に向けた課題となっている。プラスチックや紙などの有価物は、最終処分場へ運ばれる前の段階で、民間の収集業者やウェストピッカーによる選別・収集が行われ、問屋などに販売されている。これは、有価物のリサイクルという観点からは、効率がいいものではない。現に、最終処分場にもプラスチックを含む一般ごみが搬入されており、最終処分場で有価物を収集するウェストピッカーも存在している。

各自治体の、一般廃棄物管理に係る年間予算の年間予算に対する割合については、規模の大きな都市ほど、より高い割合の予算を充てている傾向がある。これは、規模の大きな都市ほど人口が多く、経済・消費活動も活発であるために一般ごみの発生量も多く、その処理費用負担が多くかかるためと考えられる。廃棄物処理技術については、都市の規模に関わらず、オープンランピングが主流ということを見ると、都市の規模が大きくなればそれだけ、平均所得が高くなり、廃棄物処理に係る予算が多くなるといえるだろう。今後の経済発展により、さらにごみ排出量が増加することも予想される。

②-4 一般廃棄物の処理の成功例

一方で、これまでには、ごみ問題解決に向けた運動がコミュニティベースで繰り返されたこ

とがあり、複数の成功事例が存在する。例えば、東ジャワ州のスラバヤ市では、2004年より福岡県北九州市の協力により、「高倉式コンポスト⁹」が家庭に配布され、排出源である家庭における有機ごみの減量化を目指した取り組みが続けられている。ジョグジャカルタ州のあるコミュニティでは、女性や学生を巻き込んだ運動が展開された。この運動の中では、堆肥化と同時にごみの分別とリサイクルを主要な活動に位置付け、住民たちに対して家庭の段階でごみの分別を行うことを推奨した。また、バンテン州タンゲランにおける村落では、堆肥化およびリサイクルの適用により廃棄物へ価値を付与することを運動の狙いとして掲げ、各世帯での廃棄物管理を促進したことで、全廃棄物量から発生する残余を半分以下にまで減少させた。しかし、同地域では、有機系肥料である堆肥製品を売るための迅速な市場システムが欠如していることが課題となっている。つまり、有機農法及びそれによる付加価値農作物の市場が未熟なため、堆肥需要が小さく、そのため堆肥化事業がなかなか促進されないという現状がある。

インドネシア政府は現在、環境・林業省および公共事業省を通して、国内の複数地域における3R活動の実施を促進しており、特に有機物の堆肥化が行われている各地域においてごみの分別に取り組む姿勢を強めている。¹⁰

②-5 事業実施都市スラバヤの一般廃棄物問題

スラバヤ市における、一般廃棄物処理についてフローを下図にまとめる。各家庭や事業所から、コミュニティによる回収がなされ、一般ごみはデポ¹¹ (Depo) と呼ばれるごみ中継所¹¹へ集められる。中継所には、スラバヤ市美化局 (DKP) の回収車が巡回し、一般ごみを集めた上で最終処分場に運ばれる。大規模な商業施設などの場合は、DKPより民間企業にごみの回収を委託される場合もある。

スラバヤ市には、最終処分場が1ヵ所しかないが、その処理キャパシティーは限界を迎えようとしている。市は、2013年1月より民間企業であるスンバオーガニック社に最終処分場におけるごみ処理を委託、同社は、廃棄物のガス化発電の事業化などを目指している。スンバオーガニック社の事業に対して、スラバヤ市より11万9000ルピア/トン (およそ1,012円/トン) のティッピングフィーが支払われている。同社に対するティッピングフィーは、事業開始後7年後まで

⁹ 高倉式コンポスト：生ごみ堆肥化技術の一つであり、現地で入手できる発酵菌を利用したコンポスト化手法。J-POWERグループ株式会社ジェイペック若松環境研究所 (J-POWER Group/JPec) の高倉弘二氏が開発した。果物の皮、発酵食品、米ぬか、もみ殻、腐葉土など、その土地で入手できる発酵菌を培養し、有機ごみと混ぜ合わせ、自然発酵させることで、短時間に有機分の多くを分解する。特に熱帯地域において有効である。資材も安価であり、作業については、通気性や水分を調整するための攪拌を行うだけのシンプルなものであり、家庭への普及が容易である。インドネシアではスラバヤ市を皮切りに、2000年代前半から普及が進められている。

¹⁰ ②-4については、西原商事が、環境省 (当時) やスラバヤ市DKP、JICAインドネシア事務所などで実施したインタビューを元としている。

¹¹ 本報告書では、一般的なごみ中継所を“Depo”、平成24年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による途上国政府への普及事業「リサイクル型廃棄物中間処理施設パイロット事業」において当社が建設した中間処理施設を“Super Depo”と定義する。

毎年7%ずつ値上げされ、8年目以降は固定価格となる。月による変動はあるが、おおむね1500トン/日を受け入れ、17850万ルピア/日（151万8千円/日）以上のティッピングフィーを得ていることになる。

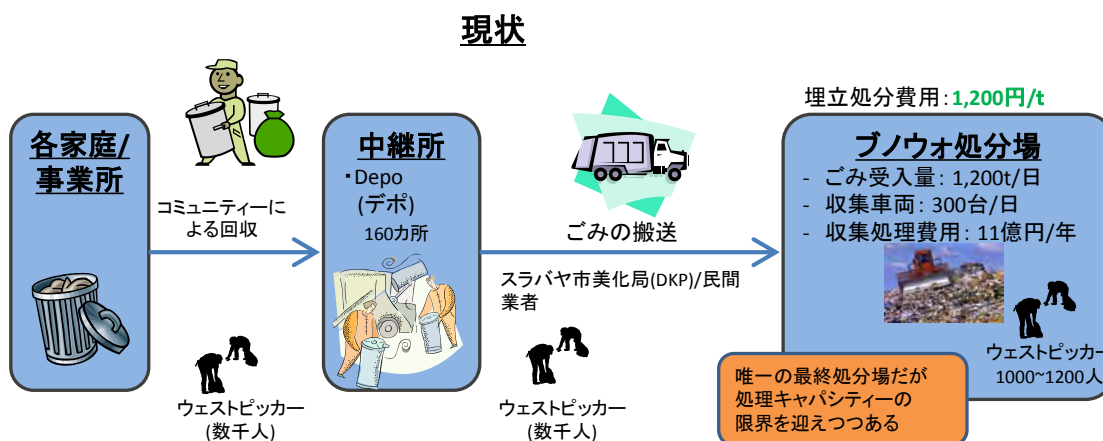


図 8 スラバヤ市におけるごみの回収フロー

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

③-1 担当省庁・部局

インドネシアにおける一般廃棄物の管理は地方政府の責任である。各地方政府には美化局（DKP: Dinas Kebersihan dan Pertamanan）があり、DKPが自ら清掃事業を行う一方で、第三者機関との契約により事業の一部を外部に委託している。

国のレベルで廃棄物関連政策を担当する中央省庁は、公共事業省（PU）と環境・林業省（KEMENLHK）である。公共事業省は、文字通りインフラ整備の担当部局であり、最終処分場の整備を行っており、廃棄物管理の担当となるのは人間居住総局となる。

環境・林業省は、廃棄物管理に関する法整備を担当している。廃棄物行政に関して、施設などのハード面の整備は公共事業省、法規制などのソフト面の整備は環境・林業省という担当分けがなされている。

各家庭からのごみの回収から搬送までの部分については、上述の通り、各地方自治体（県や市）の美化局などが必要な施設の整備などを行っている。大規模のインフラ整備は中央政府の公共事業省が行い、大規模インフラの維持管理、ごみ収集車の購入や整備、維持管理などは地方政府の美化局が担当している。

③-2 関連計画と政策

国の政策としては、2015年にインドネシアにおける5年にわたる国家開発（2015年-2019年）の基本方針を示す、「国家中期開発計画」（RPJMN）が施行された。同計画では、「開発の3次元（3 DIMENSIONS OF DEVELOPMENT）として、人間開発、第一次産業の開発、格差の均等化が

掲げられている。各次元において示されている事項を以下に示す¹²。

1. 人間開発 (Dimensions of Human Development)
 - ① 教育
 - ② 健康
 - ③ 住宅
 - ④ メンタル、個性

2. 第一次産業開発 (Dimension of Primary Sector Development)
 - ① 食料自立
 - ② エネルギーと電力の自立
 - ③ 沿岸、海洋
 - ④ 観光と産業

3. 格差の均等化 (Dimension of Equalization)
 - ① 所得層間
 - ② 地域間 (農村、国境エリア、遠隔エリア、東部エリア)

廃棄物処理、3R、有機肥料の活用という分野が明示的に示されているわけではないが、1. ②健康、③住宅には、廃棄物管理、2. ①食料自立については有機肥料の活用については、関連性があるものと考えられる。

一方、2010年から2014年までの5カ年にわたる国家開発の基本方針をした「国家中期開発計画」では、廃棄物処理に関しては、3R (リデュース、リユース、リサイクル) をテーマに、公共事業省、環境・林業省、また堆肥化に関しては農業省を中心に、具体的な実施プログラムが制定されていた。特に、3Rに関して、各省庁では次のような計画が策定された¹³。

2015年から2019年を対象とした「国家中期開発計画」との連続性については、事業終了後も引き続き注視し、関連省庁における当計画を踏まえた各省庁の目標や具体的な取り組みを確認したい。

I. 環境・林業省

自然資源と環境管理プログラムに、一般ごみの管理方策として次の3点が挙げられている。

¹² Bappenas” MEDIUM TERM DEVELOPMENT PLAN: RPJMN 2015-2019”
http://www.unorcid.org/upload/BAPPENAS_Forestry_and_Water_Ressources_UNORCID_Dialogue_Series_9_March_2015.pdf

¹³ Prapti Wahyuningsih, ST “OVERVIEW OF ESTABLISHMENT MATERIAL CYCLE-SOCIETY (3R) & LIFE-CYCLE OF ORGANIC WASTE (COMPOSTING) IN INDONESIA”

- ① 54の大都市と40の州都におけるモニタリングの実施
- ② 一般ごみ管理のための12の技術ガイドランスの整理
- ③ 2008年をベースラインに、大都市における3Rを促進し、15%の廃棄物減量を目指す

II. 公共事業省

インフラ整備計画プログラムが掲げられており、3R関連では、廃棄物管理、適切な支援、監修、財政資源開発と投資スキーム、衛生面および都市の廃棄物管理に向けたインフラ開発管理について次のような具体的な目標が掲げられている。

- ① 廃棄物管理に向けた、33の細則、基準などを利用可能とする
- ② 都市の廃棄物管理への技術的支援と監修を行う、172のパッケージを用意する
- ③ 廃棄物管理問題のために、17の人材育成プログラムを策定
- ④ 廃棄物管理問題について、171のモニタリングと評価活動を実施
- ⑤ 210の県や都市における埋立地の改善、250の廃棄物収集施設の整備、250か所における3R促進プログラムの実施

また、公共事業省では、「2010年－2015年戦略」の中で、次のような取り組みを掲げている¹⁴。

- ① 廃棄物削減改善を支援するために、250の都市に3Rパイロットプロジェクトを実施する
- ② 60%の廃棄物収集サービスの改善
- ③ 210都市における埋立地の改善
- ④ 15都市における、廃棄物セクターにおける温室効果ガス削減の促進
- ⑤ 3Rキャンペーンプログラム

III. 農業省

農業省へのヒアリングによると、コンポストによる有機肥料作りを促進するために、次の4つのプログラムが準備されている。

- ① 農業施設とインフラ整備プログラム
 - 6,500ユニットのコンポスト施設を新たに導入する¹⁵
- ② 自給率向上、持続可能な自給を達成するための、生産量、生産性、農作物の質向上農業施設とインフラ整備プログラム

¹⁴ Nyimas Nina Indrasari and Emah Sudjimah (MINISTRY OF PUBLIC WORKS - DIRECTORATE GENERAL OF HUMAN SETTLEMENT DIRECTORATE OF ENVIRONMENTAL SANITATION DEVELOPMENT “STRATEGY AND IMPLEMENTATION ON SOLID WASTE REDUCTION IN INDONESIA”

¹⁵ コンポスト施設は小規模であり、牛ふんを用いて農村においてコンポストの製造を促すプログラムである。コンポスト製造量は多くなく、むしろ有機肥料や堆肥を使用するための啓もう活動といえるものである。このような性質上、提案事業との利益相反は起こりえず、むしろ相互補完関係を構築できると考えられる。

化学肥料と有機肥料に対する補助金の増額

- ③ 農作物生産における管理対策とモニタリングシステム導入プログラム
肥料の需要と供給ロードマップの策定
- ④ 補助金優遇のある肥料の配給プログラム

2015年から2019年を対象とした「国家中期開発計画」と関連する計画として、2015年から2019年にかけてのインフラ整備目標が公開されている¹⁶。必要予算を5,966億ドルとし、廃棄物管理については、341都市における衛生埋立施設の建設、294都市における3R設備の建設を目標としている。こうしたインフラ整備については、公共事業省（PU）が担当するが、2010年～2015年の同省計画と比較すると、計画が拡充されたことが分かる。

③-3 法制度

インドネシアにおける、廃棄物管理の基本となる法制度は、インドネシア共和国法2008年第18号「廃棄物管理法」となる¹⁷。同法の前文に、「考慮する項目」として、次の点が挙げられている。

考慮する項目

- a. 社会における人口増加と消費パターンの変化により、廃棄物の量、種類が増加し、特性が多様化している。
- b. 現在の廃棄物管理法は環境的に安全な方法と技術に基づいていないため、地域の健康と環境に悪影響を及ぼしてきた。
- c. 廃棄物は、均等、効果的かつ効率的に実施経済的恩恵、地域の健康、環境の安全性、行動の変化をもたらすため、包括的に管理され上層から下層まで統合されるべき国家的問題であった。
- d. 廃棄物管理は、均等、効果的かつ効率的に実施する目的で、国民と企業の参加と同様、法的保証、政府の透明性、政府の責任と権限、地方自治が必要である。
- e. a～d で述べた考慮を基に、廃棄物管理法で定める必要がある。

この廃棄物管理法の第29条には、明確に「最終処分場におけるオープンダンピング方式による廃棄物処理を禁止する」ことが示されている。この禁止令についての具体的な規定については、県や市などの地方自治体の規則によって定められることとなる。地方自治体の規則は、当禁止令について掲げる規則の違反に刑事制裁と罰金を課すことができる。また、既に存在している最終

¹⁶ <https://www.bca.gov.sg/ExportServices/others/ICNA.pdf>

¹⁷ “ACT OF THE REPUBLIC OF INDONESIA NUMBER 18 YEAR 2008”,
[http://www.menlh.go.id/adipura/peraturan/UU_no18_th2008_ttg_pengelolaan_sampah%20\(english%20version\).pdf](http://www.menlh.go.id/adipura/peraturan/UU_no18_th2008_ttg_pengelolaan_sampah%20(english%20version).pdf)

処分場についての経過規程として、第44条では、次の2点が述べられている。つまり、地方自治体の責任で、2013年までにオープンダンピング方式による最終処分場を閉鎖しなければならない。

廃棄物管理法 第十六章 経過規程 第44条

- (1) 地方自治体は本法律制定後最長で1年以内に、オープンダンピング方式による最終廃棄物処理場を閉鎖する計画を準備しなければならない。
- (2) 地方自治体は本法律制定後最長で5年以内に、オープンダンピング方式による最終廃棄物処理場を閉鎖する。

この廃棄物管理法を受けた、ガイドライン的な性格を持つ家庭系廃棄物政令2012年82番政令の整備が進められた。これは、あくまでガイドラインであり、用語の定義や実施主体などを述べているもので、廃棄物行政の方針の変更などは見られない。しかし、廃棄物行政を包括するような体系的な法令は整備中という段階にある。廃棄物収集等の民間委託についても法整備はされていない。廃棄物管理法を有効に活用する上でも、廃棄物関連の法律の整理が望まれるところである。

前述の通り、2015年～2019年の国家中期開発計画において、埋め立て処分場の整備目標がさらに増加しているが、現実的にはオープンダンピングからの脱却については、法制度や処分場の整備の両面からみて、状況は解決されていないといえる。

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

④-1 日本のインドネシアに対する ODA 方針

日本のインドネシアに対する ODA の方針は、「対インドネシア共和国国別援助方針」にまとめられている¹⁸。重点分野（中目標）の②において、不均衡の是正と安全な社会づくりへの支援が掲げられている。以下では、当事業に関連が深い点について、下線を付した。

1. 援助の基本方針（大目標）

- ① 均衡のとれた更なる発展とアジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上への支援
長い友好関係を有する戦略的パートナーであるインドネシアの更なる経済成長に重点を置きつつ、均衡のとれた発展と、アジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上を支援する。共同体の設立に向かう ASEAN の中核国であるとともに、アジア地域における経済活動の重要な拠点であり、資源国である同国への支援を通じて同国との連携と互惠的関係を深化・拡大することにより、同国のみならず、我が国を含むアジア地域及び国際社会の安定と繁栄に寄与する。

¹⁸ 外務省「対インドネシア共和国国別援助方針」

<http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/files/000072224.pdf>

<http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/files/000072226.pdf>

2. 重点分野（中目標）

① 更なる経済成長への支援

民間セクター主導の経済成長の加速化を図るため、ジャカルタ首都圏を中心にインフラ整備支援やアジア地域の経済連携の深化も踏まえた各種規制・制度の改善支援等を実施することにより、ビジネス・投資環境の改善を図ると同時に、高等人材の育成支援等を行う。

② 不均衡の是正と安全な社会造りへの支援

国内格差を是正し、均衡のとれた発展と安全な社会の構築に寄与するため、主要な交通・物流網等の整備や地方の拠点都市圏の整備等国内の連結性（コネクティビティ）強化に向けた支援、地方開発のための制度・組織の改善支援及び防災・災害対策支援等を行う。

③ アジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上のための支援

アジア地域の抱える海上安全やテロ、感染症等の問題や、環境保全・気候変動等の地球規模課題への対応能力や援助国（ドナー）としての能力の向上に寄与するための支援等を行う。

④-2 対象国の対象分野における ODA 事業、日本の省庁による事例分析

JICA事業に関しては、廃棄物事業の重点地域として、1. バンドン市、デポック市を中心とした西ジャワ州（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・運営事業準備調査(PPPインフラ事業)）、2. マカッサル市を中心とした南スラウェシ（マミナサタ広域都市圏廃棄物管理事業、有償資金協力）の2カ所を挙げることができる。両事例とも、最終処分場の整備にとどまらず、中間処理や3R推進などによるごみの減量化を目指している点が特徴的である。これは、前述したインドネシアの方針（旧環境省：①54の大都市と40の州都におけるモニタリングの実施、②一般ごみ管理のための12の技術ガイダンスの整理、③2008年をベースラインに、大都市における3Rを促進し、15%の廃棄物減量を目指す。公共事業省：①廃棄物管理に向けた、33の細則、基準などを利用可能とする、②都市の廃棄物管理への技術的支援と監修を行う、172のパッケージを用意する、③廃棄物管理問題のために、17の人材育成プログラムを策定、④廃棄物管理問題について、171のモニタリングと評価活動を実施、⑤210の県や都市における埋立地の改善、250の廃棄物収集施設の整備、250か所における3R促進プログラムの実施）と合致するものであり、現地のニーズに応じた支援が行われている。

また、廃棄物管理について日本が新興国に貢献できるのは、収集から最終処分に至るまでの一貫した廃棄物管理システムの知見である。単なるハードウェアの納品にとどまらず、行政や住民を対象にした3Rやごみ減量化に対する意識の向上を含んだ包括的な事業により、ごみの最終処分量の削減ができるのは、日本の持つ強みとあっていいだろう。JICA事業においては、こうし

た日本の強みとインドネシアのニーズをうまく組み合わせたプロジェクトが進められている。

JICAが実施している、中小企業海外展開支援事業においては、2013年の案件化調査として「インドネシア共和国バリ島デンパサール市における、バイオガス・堆肥化による有機ごみ処理案件化調査」（みどり産業）が実施された。一般廃棄物の中でも有機ごみに注目するという観点からは、当普及実証事業とも関係の深い業務となる。普及実証事業では、同じくみどり産業の「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」に加えて、鹿児島県大崎町のそおりサイクルセンターがジャカルタ近郊のデボック市で実施する「住民参加型の多品目分別・減量による非焼却型一般廃棄物処理システム普及・実証事業」の実施が予定されている。

バリ島においては、草の根技協（地域提案型）として、鹿児島県大崎町による「住民参加型一般廃棄物処理技術開発普及事業」も実施されている。みどり産業や大崎町とは、情報交換を行っており、インドネシアの一般廃棄物のリサイクルという観点で、シナジーを発揮していきたい。

他の省庁などによる事例では、廃棄物関連事業において、日本企業の強みを生かすという点から調査が実施されている。環境省の平成26年度我が国循環産業海外展開事業化促進事業では、スラバヤ市において日立造船が「インドネシア国スラバヤ市における都市ごみの廃棄物発電事業」、バリ州においてJFEエンジニアリングが「インドネシア国バリ州サルバギタ広域における廃棄物発電事業」をテーマにした実現可能性調査を実施した。いずれも、ティッピングフィーの支払が制度化されていないという問題を抱えながらも、将来的な事業化に向けた一般ごみを対象とした焼却発電事業のプランが示されている。

東ジャワ州マラン市では、「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」、ジャカルタ首都特別州では「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・ジャカルタ州都市廃棄物BOT事業実施可能性調査」が実施された。共に一般ごみの最終処分量を削減させる取り組みがテーマとなっている。これらの調査結果においても、インドネシアの一般ごみの特性として、生ごみなどを主とする有機ごみが60～70%を占めており、堆肥化などによる有機ごみの減量や堆肥の販売益による事業性の確保が大きな課題となっており、ティッピングフィーの設定が必要なことがうたわれている。

当普及実証事業においても、将来的な事業展開について、ティッピングフィーもしくはそれに代わる処理費が必要となることを指摘している。ティッピングフィーについては、前述したJICAによる関連事業や、外務省やJICA以外の他省庁による取り組みと協力しながら、インドネシア政府や地方政府に、継続的に訴えかけていくことが求められる。

⑤ スラバヤ市における一般ごみの排出ポテンシャル

⑤-1 マクロデータの整理

2011年、JICAの支援により、インドネシア環境省（当時）はスラバヤを含む都市の一般ごみを対象とした調査¹⁹を実施した。同調査では、表3で示すように2008年のデータではあるが、一般ごみの発生源別の割合と重量データが示されている。ここから、スラバヤ市では、1日あたり2,642トンの一般ごみが排出されていることが分かる。

一方、スラバヤ市の最終処分場に搬入される一般ごみの量は、約1,500トン/日である。発生源での重量と、最終処分での重量にはおよそ1,140トンの差がある。これはリサイクルやコンポストによる、排出源における削減効果だけでは説明がつくものではない。不法投棄を含む、スラバヤ市DKPの回収システム以外の方法による処分が行われていることが分かる。

表 3 スラバヤ市における一般ごみ発生源別の割合と重量²⁰

No.	発生源	割合 (%)	重量 (トン/日)
1.	一般家庭	79.2	2,091.4
2.	市場	8.6	227.1
3.	店、ホテル、レストラン	2.6	69.7
4.	公共施設	0.6	16.1
5.	道路清掃	0.6	16.4
6.	下水道施設	0.2	4.5
7.	オフィス	1.4	36.2
8.	工業	6.9	181.2
	合計	100.1	2,641

出典：Ministry of Environment Indonesia, Japan International Cooperation Agency, “STUDY FOR WASTE GENERATION, COMPOSITION, AND RECYCLING ACTIVITIES”, 2011

¹⁹ Ministry of Environment Indonesia, Japan International Cooperation Agency, “STUDY FOR WASTE GENERATION, COMPOSITION, AND RECYCLING ACTIVITIES”, 2011

²⁰ 参考資料は、発生源と割合のみ記されており、端数処理の関係で割合が100.1%となる。各項目の重量を合計すると、2642.6トン/日となるが、発生量は2641トン/日である。

また、同調査では、発生源別の一般ごみの組成調査も行われている。表4がその結果であるが、このうち、「生ごみ」と「草・木材」をコンポスト原料として使用することができる。

表 4 発生源別の一般ごみ組成調査の結果²¹

発生源		ごみ組成(%)									
		生ごみ	プラスチック	紙	ゴム・革	草・木材	服	金属	ガラス	陶器	その他
住居地域 (経済水準別)	高	43.98	11.08	15.85	0.46	11.71	1.89	1.08	0.69	0.02	8.34
	中	71.97	9.62	14.13	0	0.05	1.92	0.1	0	0	2.21
	低	67.98	9.71	17.62	0	0.24	0	1.71	2.29	0	0.45
商業地域	レストラン	85.45	7.02	5.34	0.05	0.46	0.01	0.21	1.06	0.29	0.1
	店	3.82	11.47	10.68	1.4	24.11	3.92	2.03	0.33	8.02	34.23
市場		93.5	3.33	1.42	0.04	1.26	0.08	0.19	0.12	0	0.06
学校		24.42	20.31	32.7	0.18	6.89	0.53	0.76	1.06	0.17	12.98
道路清掃		5.48	6.44	20.17	0.31	52.79	1.43	0.16	0.15	0	13.07
ホテル		33.83	20.35	15.13	0.48	5.48	2.47	4.06	7.98	0	10.23
オフィス		28.33	11.07	39.64	4.76	2.21	0.4	0.16	0.49	1.66	11.27

↑ ↑
コンポスト化の対象

出典：Ministry of Environment Indonesia, Japan International Cooperation Agency, “STUDY FOR WASTE GENERATION, COMPOSITION, AND RECYCLING ACTIVITIES”, 2011

表3と表4から、スラバヤ市における有機ごみの排出ポテンシャルを算定することができる。すなわち、表5で示すように、1,855トン/日がスラバヤ市における有機ごみの総排出ポテンシャルとなり、有機ごみの堆肥化ビジネスのポテンシャルともいえる。

²¹ 各発生源の合計が100%にならないが、出典からそのまま転記している。

表 5 スラバヤ市における有機ごみの総排出ポテンシャル

No.	発生源	割合 (%)	重量 (トン/日)	台所ごみ (%)	台所ごみ (トン/日)	芝・木材 (%)	芝・木材 (トン/日)	コンポスト化ポテンシャル (トン/日)
1.	一般家庭	79.2	2,091.4	61.3	1,282.2	11.8	247.6	1,529.9
2.	市場	8.6	227.1	93.5	212.4	24.1	54.8	267.1
3.	店, ホテル, レストラン	2.6	69.7	41.0	28.6	26.4	18.4	47.0
4.	公共施設	0.6	16.1	-	-	-	-	-
5.	道路清掃	0.6	16.4	-	-	-	-	-
6.	下水道施設	0.2	4.5	-	-	-	-	-
7.	オフィス	1.4	36.2	28.3	10.3	2.2	0.8	11.0
8.	工業	6.9	181.2	-	-	-	-	-
	合計	100.1	2,642.6		1,533.4		321.6	1,855.0

出典：Ministry of Environment Indonesia, Japan International Cooperation Agency, “STUDY FOR WASTE GENERATION, COMPOSITION, AND RECYCLING ACTIVITIES”, 2011より作成

⑤-2 組成調査

表 6 Super Depo に搬入される一般ごみの組成調査結果²²

No.	組成	物理的組成 (%湿重量)	
1	生ごみ(堆肥化可能)	50.4	← コンポスト化可能
2	生ごみ(堆肥化不可)	7.7	
3	紙	13.6	← マテリアル化可能
4	おむつ	6.8	
5	プラスチック	15.8	← マテリアル化可能
6	繊維	1.9	
7	木材	1.0	← コンポスト化可能
8	ゴム・革	0.2	
9	金属	0.4	
10	ガラス	1.0	
11	陶器類	0.1	
12	石炭、灰	0.0	
13	雑固体廃棄物	0.0	
14	危険廃棄物	0.1	

²² 搬入時の総重量に対する割合を算出している。分別過程で蒸発する水分重量が焼失するため、合計は 100%になっていない。

2013年12月に、「平成25年度アジアの低炭素化社会実現のためのJCM大規模案件形成可能性調査 インドネシア国スラバヤ市における低炭素都市計画策定のための技術協力事業」(環境省事業)の一環として、西原商事は日立造船との協力により、Super Depoにおける一般ごみの組成調査を実施した。試料の採集、計算、裁断、縮分を経たサンプルの作成については日立造船が担当し、サンプルの分析についてはスラバヤ工科大学にて実施した。

表6は、Super Depoに搬入される一般ごみの組成調査の結果である。ここから、Super Depoに搬入される一般ごみのうち、51.4%がコンポスト化によるリサイクルが可能、マテリアルリサイクルが可能なのは全体の29.4% (プラスチック15.8%、紙13.6%) ということが判明した。²³


Super Depoに搬入される一般ごみの量は、約10トン～15トン/日となっている。これは、スラバヤ市の一般ごみ発生ポテンシャル (2,642.6トン/日) の0.4～0.6%となる。

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

① 堆肥化施設

名称	堆肥化施設
スペック (仕様)	<ul style="list-style-type: none"> - 施設面積：3,500 平方メートル - 処理できる一般ごみ：20 トン/日 (受け入れ可能量) - 設置設備：建屋、ピット (10カ所：下記写真)、トラックスケール、トロンメル、破砕機、ホイールローダー
	
	堆肥化施設外観

²³ 表6の生ごみ(堆肥化不可)(7.7%)とは容器に入った生ごみや、ストローや包装フィルムが混じっており、分別に時間がかかるために、コンポスト対象とならない生ごみをさす。

	 <p>堆肥化施設のピット</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> - 設置機材・設備は少なく、オペレーションはシンプルである。スラバヤ市のみならず、広くインドネシアの地方都市における廃棄物管理でも適応可能なモデルとなりえる。 - 焼却などの他の廃棄物処理方法や、機械化されたラインによる堆肥製造システムと比較した場合、イニシャルコストが安価であり、オペレーションコストも安価である。
競合他社製品と比べた比較優位性	<ul style="list-style-type: none"> - インドネシアにおいて、公共セクターが有機ごみを堆肥化し無料配布している例はあるが、アウトプットである堆肥を販売するようなモデルは稀であり²⁴、比較優位性は十分にある。
国内外の販売実績	<ul style="list-style-type: none"> - 国内外の販売実績はなし。ただし、スラバヤ市において、2012年度に西原商事の独自の取り組みとして、スラバヤ市のケプティにある用地において、自費で堆肥化処理施設を試験的に建設し、有機ごみの堆肥化の実験を実施した。製造した堆肥については、成分分析を行い、堆肥製造企業への事業説明等や、当事業の堆肥製造プロセス検討に活用した。また、堆肥はスラバヤ市の公園などに施肥された。現在では、運用に必要な重機の維持費を確保できておらず、同施設は運用していない。
サイズ	<ul style="list-style-type: none"> - 施設面積：3,500 平方メートル
設置場所	<ul style="list-style-type: none"> - スラバヤ市ウォノロジョ
今回提案する機材の数量	<ul style="list-style-type: none"> - 1 式


²⁴ 中部ジャワ州スマラン市、バリ州ギャニャール県では、民間企業が行政からの委託により一般ごみから堆肥を製造している例がある。堆肥製造工程でメタンガスの発生を抑制させることによるCO2削減効果により、CDMプロジェクトとして実施したが、CO2クレジット価格の下落により想定していた利益を見込むことができず、他の都市等に横展開できるモデルとはなっていない。

価格	本事業での機材費総額（輸送費・関税等含む）：47,530,450 円 （契約金額ベース）
----	---

② リサイクル型中間処理施設 Super Depo

※平成 24 年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による途上国政府への普及事業
「リサイクル型廃棄物中間処理施設パイロット事業」にて西原商事が建設、2014
年 9 月 1 日にスラバヤ市 DKP に譲渡済み

名称	リサイクル型中間処理施設 Super Depo
スペック（仕様）	<ul style="list-style-type: none"> - 施設面積：300 平方メートル（工場のみ） - コンベヤー全長：48 メートル - 処理できる一般ごみ：最大 15 トン/日 - 設置設備：建屋、計量機、コンベヤー、破砕機、圧縮機、洗 浄機、分別ボックス <div style="text-align: center;">  <p>Super Depo 外観</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Super Depo 内部、コンベヤーが設置されている</p> </div>

	 <p>分別作業の様子</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> - 設置したコンベヤーに一般ごみを流し、選別員により有価物（プラスチック、紙など）、残さの選別を実施する。旧来のウェストピッカーによる選別と比較して、効率的、衛生的に有機ごみを得ることができる。
競合他社製品と比べた比較優位性	<ul style="list-style-type: none"> - 現状、インドネシアにおいてコンベヤーを導入した一般ごみ分別および有価物の販売事業を展開している事業者は当社以外に存在しない。また、同様の施設を建設した場合でも、コンベヤーを活用した効率的な分別作業のノウハウを有している事業者が存在していない。
国内外の販売実績	<ul style="list-style-type: none"> - 2013年3月にスラバヤ市にて本格稼働を開始した。 - スラバヤ市は、西原商事の事例を参考に、新たな Super Depo の設置を計画し、環境・林業省の助成金を得て建設が進められ、2016年5月に竣工した。 - 日本国内では、コンベヤーを導入した中間処理施設については、西原商事の5カ所の工場にて稼働している。
サイズ	<ul style="list-style-type: none"> - 施設面積：300平方メートル(工場施設のみ)
設置場所	<ul style="list-style-type: none"> - スラバヤ市ストロジョ
今回提案する機材の数量	<ul style="list-style-type: none"> - 1式
価格	<ul style="list-style-type: none"> - 1台(1式)当たりの製造原価約：2,000万円～2,500万円(用地代は含まない) - 本事業での機材費総額(輸送費・関税等含む)：0円

2. 普及・実証事業の概要

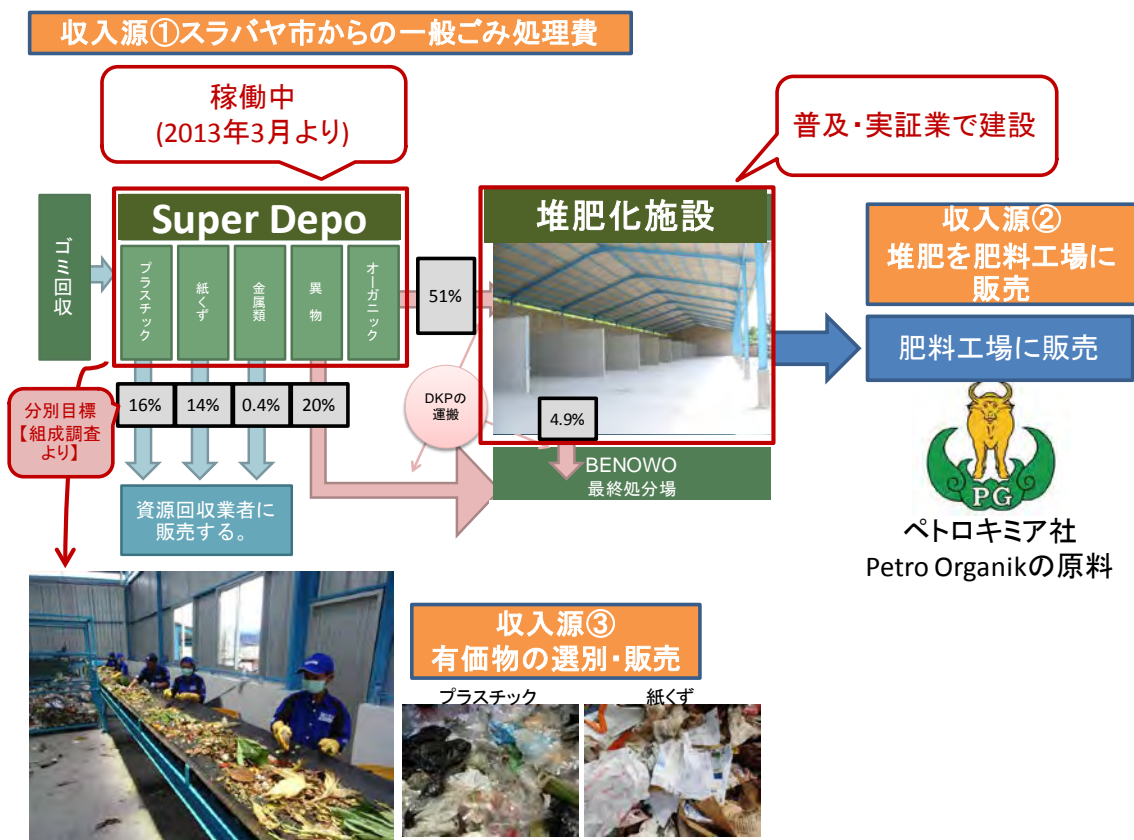


図 9 案件概要

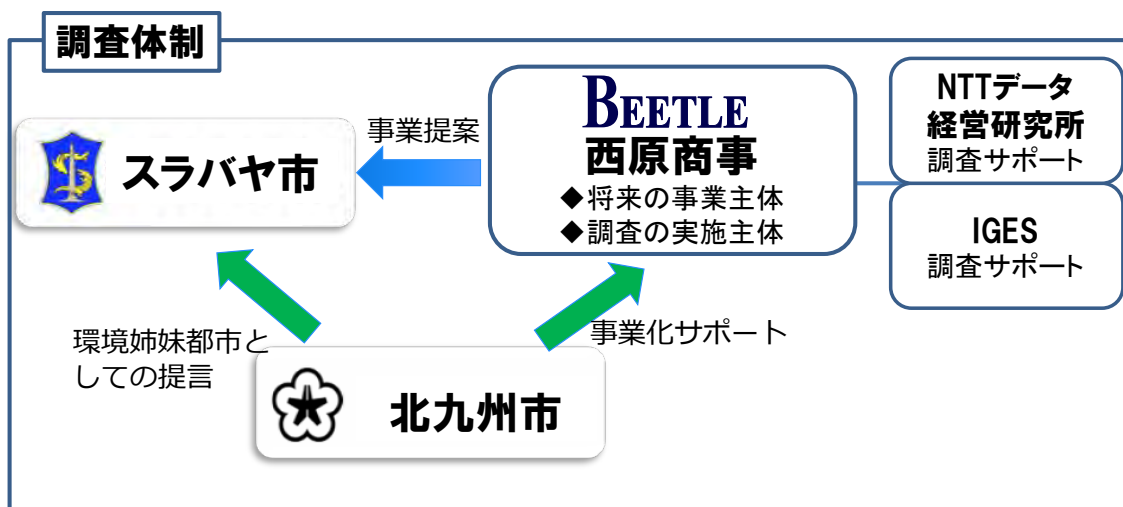


図 10 調査体制

(1) 事業の目的

対象国では、経済発展と人口増加に伴い消費が拡大し、一般ごみの量が増加している。一般ごみについては、最終処分場において埋立処分されており、処分場の埋立容量は限界に達しつつある。

西原商事の地元である北九州市とスラバヤ市は都市間協力に基づく廃棄物の削減や低炭素型社会を目指した取組みを進めており、環境ビジネスへの参入を通じて民間企業が環境問題の解決へ貢献することが期待されている。

こうした背景から、西原商事は日本で培った廃棄物の分別と有価物の販売ビジネスの経験を活用した海外展開を志向し、平成 24 年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による途上国政府への普及事業「リサイクル型廃棄物中間処理施設パイロット事業」を受託した。同事業では、ごみの減量と事業性確立の両立を目指して調査を実施し、一般ごみを有価物、有機ごみ、異物に選別したところ、一般ごみの 60%~70%を占める有機ごみの活用がキーポイントになることが判明した。

同事業の結果に基づき、本普及・実証事業では、有機ごみを原料とする堆肥の製造と販売可能性を検討し、スラバヤ市において最終処分される一般ごみの減量化と事業採算性を検討する。

(2) 期待される成果

1) 一般ごみの最終処分量の低減

Super Depo (中間処理施設) に投入されたごみのうち、現状では 70%以上が最終処分場に搬入されているが、プラスチックや紙のマテリアルリサイクル (5-15%)、有機ごみ (60-70%) の堆肥化によって、最大で約 25%にまで削減させることができる。

2) ごみ処理費用の低減

現状、スラバヤ市において、最終処分費用は 0.3 円/kg²⁵、廃棄物管理全体 (運搬と最終処分) では 2.3 円/kg のコストがかかっている²⁶。本事業では、Super Depo で受け入れた一般ごみのうち、最終処分場へ運び込まれるごみの量を 30%程度にまで削減することを目標とし、これにより運搬費用と最終処分場の運営費用の大幅なコストダウンが可能となる。低減された処理費用は、別のインフラ整備への投資などに振り分けることができる。廃棄物管理全体で 2.3 円/kg のコストがかかっていることになるが、普及実証事業で建設する施設の場合、1.3 円のティッピングフィーのみで運営することができる。Super Depo から堆肥化施設までの運搬費を考慮しても、大幅なごみ処理費用の低減を実現させることができる。

²⁵ 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>

²⁶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

3) 街の美化

現在、ごみ中継所 (Depo) は市内に約 180 カ所あるが、ごみがあふれ異臭も漂っているような状態である。Depo ではウェストピッカーなどのインフォーマルセクターによるプラスチックや紙などの有価物の収集が行われているが、ここに一般ごみの分別機能を付与するという計画はなされていない。中間処理施設 (Super Depo) や堆肥化センターを展開することで、中継所にあふれるごみを効果的に分別することが可能となり、都市景観への貢献と、異臭の削減に寄与する。街の美化は現スラバヤ市長が推進する政策でもあり、現地のニーズにも合致している。

4) インフォーマルセクターへの雇用機会提供

事業展開段階においては、Super Depo などで作業するウェストピッカーを社員として雇用することを想定している。Super Depo 一か所あたり 25 人を雇用することができる。

5) 有機肥料利用の促進

インドネシアでは、農業政策として、有機肥料に補助金をつけて、農家での使用を推進している²⁷。一方、有機肥料の製造量は不足している。有機ごみに由来する有機肥料を低コストで生産できれば、こうした農業政策の促進に寄与することができる。

6) 温室効果ガス削減

有機ごみを、堆肥化处理 (好気性発酵) することにより、これまで最終処分場で有機ごみが嫌気発酵することにより放出していたメタンガスを大幅に削減させることが可能となる。

また、最終処分量の削減により、市内から最終処分場への輸送にかかるごみ収集車両の燃料消費量の削減が可能であり、燃料コストとともに温室効果ガスの排出を削減することができる。具体的な温室効果ガスの排出削減効果は、4 章 (3) 普及・実証において検討した事業化およびその開発効果で試算した。

(3) 事業の実施方法・作業工程

① 事業実施の基本方針

実証活動を通じて、堆肥製造の最適な運用モデルの確立を目指す。「製造技術の検討→堆肥試験製造→販売先ヒアリング→事業の効率・採算性の検討」のプロセスを 3 回繰り返すこととし、1 回毎にプロセスの見直しを行うことによって最適なモデルを提案する。

本事業の終了後は、スラバヤ市による円滑な運営を可能とするために、カウンターパート (C/P) であるスラバヤ市美化局から派遣される人材をはじめとするインドネシア人スタッフとの共同

²⁷ 有機肥料購入費の補助対象となる農家は、2ha 以下の小規模生産農家であることと、農業局に加入していることが条件となる。政府指定の有機肥料製造企業からの出荷価格は 1,130 ルピア/kg、農家の有機肥料購入価格は 500 ルピア/kg となる。この差分は補助金により充当されるが、政府は差分の 630 ルピア/kg を企業に補助金として支払っている。つまり、農家に直接補助金が支払われているわけではない。

を通じたキャパシティービルディングにも努める。

② 事業実施の方法

1) 施設の建設

スラバヤ市美化局から提供されるウォノロジョにおける用地 3,500 平方メートルを利用し、堆肥化施設を建設する。10 カ所のピットを持つ建屋を用意し、有機ごみを搬入する。ホイールローダーによる有機ごみの切り返し（混合、攪拌）を行うことで発酵を促進し、堆肥を製造する。堆肥化施設では、一日 20 トンの有機ごみを受け入れることが可能であり、約 2 カ月で堆肥を生産することができることを想定している。

有機ごみの堆肥化によるごみの減量については、製造した堆肥の消費先を確保する（完成した堆肥が使用されないまま長期保管された後に再び廃棄されることを防ぐ）ことが重要となる。現地ニーズに合った堆肥を製造するために、必要な前処理工程や品質確認を行い、適切な設備を導入する。（下記、資機材リストを参照）

また、施設の建設に当たっては、周辺の自然・社会環境への影響について十分に配慮し、想定される周辺環境へ与える影響を調査・分析した上で、負の影響については、その緩和策を考えるとともに、それが適切に実施されるようモニタリングを行う。

資機材リスト

	機材名	数量	用途
1	ホイールローダー	1 台	堆肥の切り替えし、その他
2	スクリーンロンメル	1 台	製造した堆肥から異物などを除去する
3	粉碎機	1 台	搬入された有機ごみを粉碎し、発酵を容易にする。

2) 堆肥化プロセスの技術検討

第一段階として、Super Depo へ持ち込まれる一般ごみから選別された有機ごみと好気性発酵の「タネ」となる堆肥（戻し堆肥）を混ぜて堆肥を製造し、完成した堆肥の成分分析を行う。

第二段階として、成分分析結果を元に、堆肥の販売先候補のペトロキミア社、もしくは同社が肥料生産を外部委託している工場が要求する品質を満たすために、副原料の投入や追加的なプロセス（異物除去など）について検討を行い、堆肥製造プロセスの再検討を行う。

第三段階として、上記の検討事項を改善したプロセスに沿って堆肥を製造する。この 3 段階を経て、現地のニーズにあった品質の堆肥を円滑・効率よく製造できる運営方法を考案する。

本事業は、西原商事のスタッフが中心となり進めるが、スラバヤ市美化局より派遣されるインドネシア人スタッフとの協働を通じてキャパシティービルディングを行う。美化局からのスタッ

フの派遣については、C/P 機関から同意を得ている。

3) 販売検討・事業性検討

本事業の終了後は、有機ごみの堆肥化をビジネスとして普及展開するために、インドネシアの肥料大手企業であるペトロキミア社へ有機肥料²⁸の原材料として販売することを想定している。ペトロキミアが求める品質基準を満たす堆肥の買取価格について、ヒアリングを行う。平成 24 年度事業で実施したヒアリングの結果、一般に堆肥を含む有機肥料の原材料の買取価格は 270 ルピア（約 2.7 円）～300 ルピア（約 3 円）/kg という情報を得ているが、本事業で製造する堆肥は一般ごみに由来するということもあり、本実証事業で製造した堆肥サンプルを提示し、販売価格について協議する。

堆肥の品質を向上させるために、副資材としてスラバヤ市の公園などから排出される剪定屑、鶏糞や牛糞、バガス（サトウキビの搾りかす）や稲わら等の投入を検討する。検討に当たっては、堆肥販売価格と副資材入手価格とのバランスを鑑み、もっとも有利な方法を提案する。なお、副資材の入手先となる畜産業者、サトウキビや稲作農家については、平成 24 年度事業で情報収集済みである。

4) スラバヤ市への提案、インドネシア政府への普及活動

本事業の成果を元に、「リサイクル型中間処理施設（Super Depo）と堆肥化工場」が、スラバヤ市における一般ごみの問題を解決するために有効な方法であることをスラバヤ市に対して提案する。目標は、一般ごみ処理を市から請け負う「公共サービスの民間受託」ビジネスの事業展開である。市から支払われるティッピングフィーについては、現状と同じ 100 ルピア（約 0.85 円）/kg 程度に抑え、採算性の確保できるシステムを構築する。

事業の成果については、スラバヤ市政府だけでなく、インドネシア政府にも紹介し、今後のスラバヤ市をはじめとするインドネシアの地方都市への事業展開のための布石としたい。廃棄物関連の施設建設を担当する公共事業省、3R など廃棄物管理法制度および政策を担当する環境・林業省、有機肥料の使用促進を行う農業省に、西原商事が実証した有機ごみ由来の、肥料の原料製造モデルの成果を示すことを想定している。

次ページに、上記、1)～4)を踏まえた具体的な作業内容、工程を示す。

²⁸ ここでいう有機肥料とは、鶏糞、牛糞、バガス、副資材などを用いて製造される、製品としての有機肥料を指す。西原商事が製造する予定の堆肥は、この有機肥料の原料として、前述の材料・副資材と混ぜ合わせて使用されることを想定している。

表 7 作業工程図

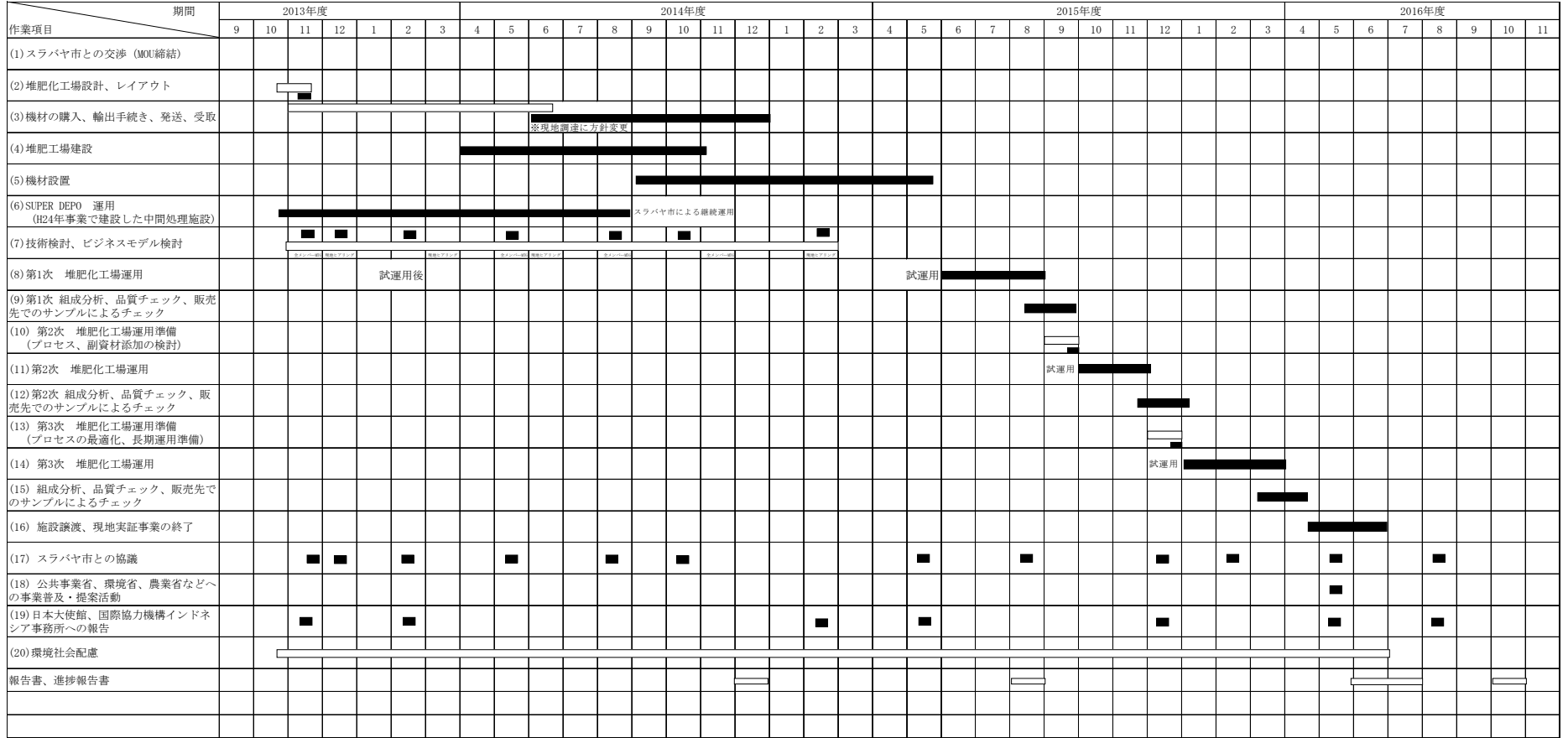


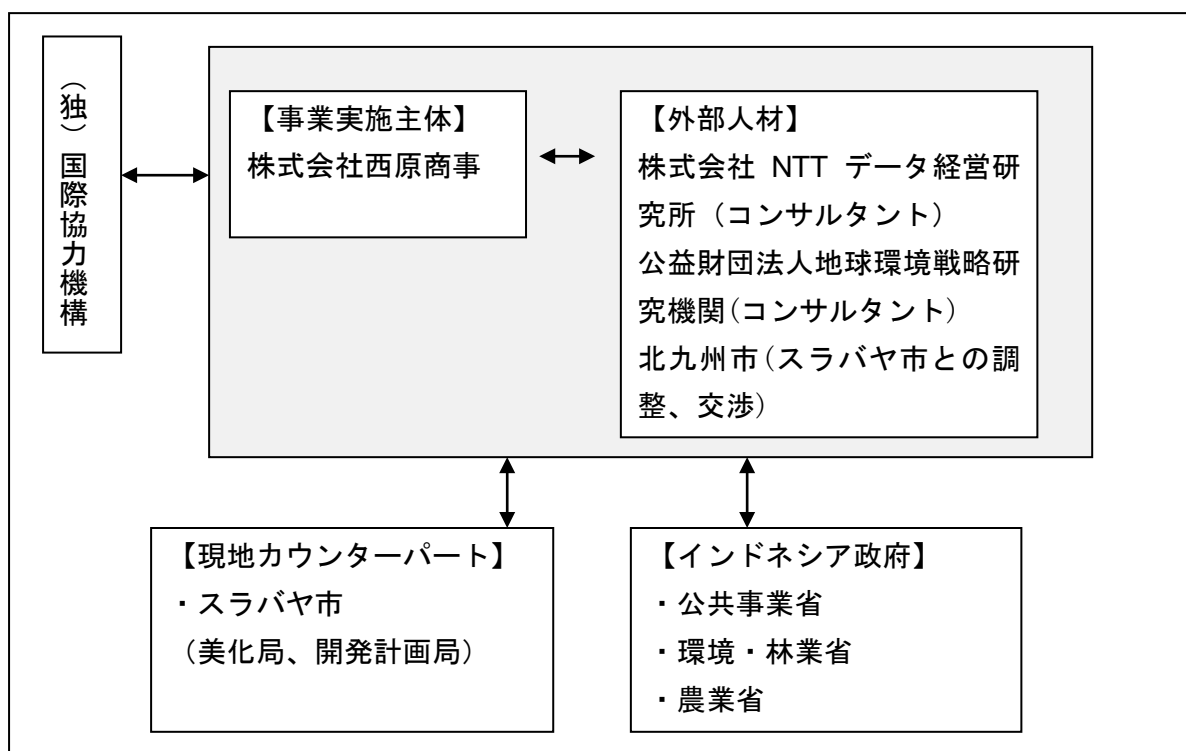
表 8 要員投入

(4) 投入 (要員、機材、事業実施国側投入、その他)
・要員投入

氏名	所属先	2014年度 (平成26年度)												2015年度 (平成27年度)												2016年度 (平成28年度)												人・日計			
		9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	現地
西原靖博	西原商事				■		■			■		■	■	■							■		■																	60	
江口 攻一郎								■			■		■										■																	42	
西村一樹				■	■		■																																	20	
武久詩歩				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	552
本島直樹	北九州市			■	■				■			■																											20		
竹内眞介	北九州市																																					0			
山下孝之	北九州市																																					10			
綾部征一郎	北九州市																																						10		
村岡元司	NTTデータ 経営研究所																																						5		
東 信太郎				■					■			■		■								■		■															45		
																																						764			
西原靖博	西原商事	□																																				200			
高崎信幸		□																																				100			
平島敏彦		□																																				100			
江口 攻一郎		□																																				150			
西村一樹		□																																				50			
村岡元司	NTTデータ 経営研究所	□																																				20			
林 孝昌		□																																				5			
加島 健		□																																				5			
東 信太郎		□																																				29			
前田利蔵	補強(地球環境戦略 研究機関)	□																																				4			
林 志浩		□																																				7			
																																						670			
報告書等提出時期 (△と報告書名により表示)														△																											

■ 現地業務 (25M/M)
□ 国内作業 (33.4M/M)

(5) 事業実施体制



実証事業については、西原商事が中心となって執り行う。平成 24 年度事業に参加した、NTT データ経営研究所、北九州市、(公財)地球環境戦略研究機関のメンバーを中心に外部人材を活用し、同事業で得た知見を最大活用する。

NTT データ経営研究所は、チーフアドバイザーを務め、西原商事と協力してビジネスモデルの開発、堆肥化プロセスを中心とした検討を行う。また、調査の取りまとめや調査スケジュール管理のサポート、報告書の作成などを行う。

北九州市については、インドネシアのスラバヤ市との廃棄物の削減や低炭素型街づくりを目指した都市間協力の取組みを促進している。廃棄物管理について、スラバヤ市の公共セクターの関心を高め、事業環境の整備を後押ししながら、民間企業の環境ビジネスへの参入を期待している状況である。北九州市アジア低炭素化センターは、西原商事の事業をバックアップすべく、スラバヤ市政府との調整や交渉のサポートを行う。

地球環境戦略研究機関は、スラバヤのみならず、インドネシア、ひいては東南アジアの都市における廃棄物セクターの研究に実績を有する。既存の研究成果の提供などを行うほか、公的セクターにおける民間セクターの参入に関して、他都市の事例からアドバイスを行う。

現地カウンターパートは、スラバヤ市美化局である。本普及・実証事業における堆肥化工場の用地についても、ウォノロジョにある土地の無償利用やごみの搬送などについて合意している。事業の提案については、スラバヤ市美化局のみならず、開発企画局も対象とする。また、インドネシア公共事業省、環境・林業省、農業省についても、本普及・実証事業の報告を行うとともに、

策定する事業モデルの提案活動を行う。

(6) 相手国政府関係機関の概要

・機関名

スラバヤ市美化局

・機関基礎情報

美化局は、スラバヤ市における廃棄物管理および、公園などの管理を担当している。そのほかの環境政策（有害物質規制、水質管理など）については、環境局が担当している。

スラバヤ市におけるごみの収集、中継所の管理、ごみ収集車の維持管理、最終処分場の運営は、美化局によって実施されている。

最終処分場などの大規模な施設については、中央政府の公共事業省が建設を担当するが、運営は各市の美化局などが担当している。小規模な施設は、美化局の予算で建設される。

現スラバヤ市長のトゥリ・リスマハリニ氏は元美化局長であり、スラバヤ市の廃棄物管理に高い関心を寄せている。

美化局にとって、最大の課題はブノウォ最終処分場の処理能力が限界を迎えていながら、効果的な対策がないという点である。従来どおりの 100 ルピア（1 円）/kg のティッピングフィーで一般ごみの最終処分量の削減を可能とする「公共サービスの民間受託」に対する期待が高い。

・選定理由

美化局は、スラバヤ市における一般ごみを含む廃棄物管理の担当部署であり、カウンターパートとしては最適である。

一般廃棄物の分別・堆肥化事業による効果など、「公共サービスの民間受託」への理解は進んでおり、スラバヤ市の予算にて、新たな Super Depo を建設し、運用する計画が進んでいる。

美化局は、2013 年 3 月 8 日の Super Depo の開所式において、インドネシアのカンプアヤ環境大臣（当時）を招へいし、スラバヤ市の施策として紹介するなど、西原商事の提案をスラバヤ市の廃棄物管理計画において採用する動きが見られる。

また、本普及・実証事業終了後の施設運営について、美化局が担当することについても同意を得ている。堆肥化工場の運営については、スタッフを派遣することを予定しており、建設や運営にかかるノウハウの習得についても熱心である。

美化局は、スラバヤ市の全体的な政策の取りまとめを行う開発企画局との連携体制も取れており、現リスマ市長はかつて美化局長を務めた経歴を有するため廃棄物処理事業に対する理解があり、市長との関係も良好である。

スラバヤ市と北九州市は、都市間協力に基づく廃棄物の削減や低炭素型街づくりを目指した取組みを促進しており、民間企業によるスラバヤでの環境ビジネス展開を期待している。スラバヤ

市美化局職員を短期出向のような形で北九州市へ招へいし、西原商事などのビジネスを紹介する取り組みも行われている。こうした取り組みを活用し、事業の円滑な実施が可能である。

3. 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

① 堆肥化施設の建設

堆肥化施設の建設については、1) 施設のレイアウト検討、2) 施設の建設と設置機器の調達を実施した。

1) 施設のレイアウト検討

施設のレイアウトについて、下記の図面を作成した。

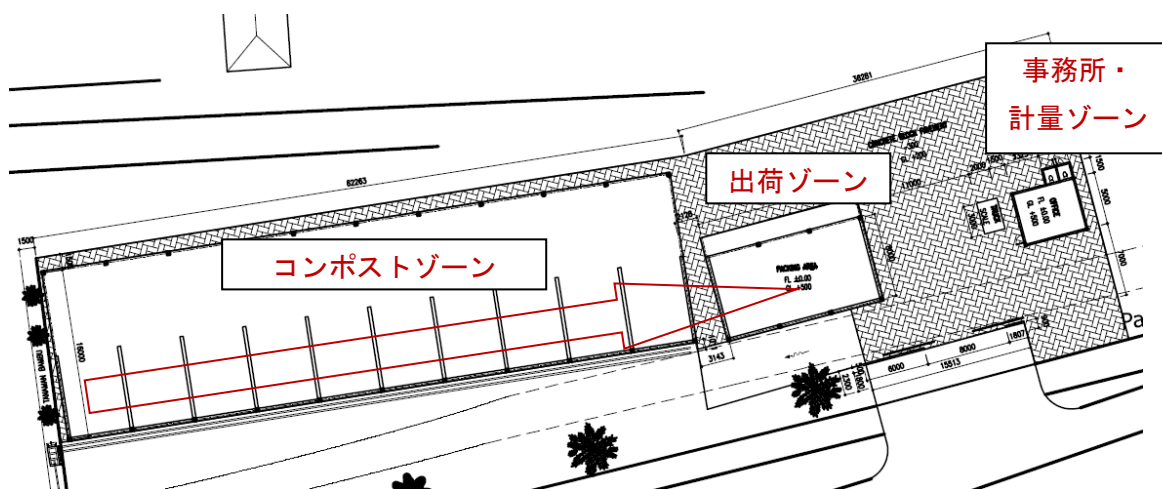


図 11 堆肥化施設の図面

コンポストゾーンには、10カ所のピットを設置する。分別された有機ごみは、計量ゾーンに設置するトラックスケールで計量した後に、まずコンポストゾーンの左端に投入する。左端のピットには、有機ごみと右端のピットから運ばれる発酵済堆肥の50%を戻し堆肥として投入する。有機ごみと戻し堆肥を混ぜ、随時切り返しを実施し、一定期間による発酵の後に、全量を右となりのピットに運ぶ。この作業（発酵後隣のピットへ移す）を右端まで繰り返す、堆肥が完成する。各ピットにおける適切な発酵期間は実証事業で検討、検証を行う。

完成した堆肥は、出荷ゾーンより、堆肥化工場に出荷される。この段階では、堆肥の粒子が粗いため、出荷先として予定しているペトロキミア社から要求される出荷仕様などを確認の上、出荷ゾーンもしくは搬入直後に粉碎作業を行うことを検討している。トロンメル（ふるい）は出荷ゾーンに設置し、ごみや発酵しきっていない大型の有機物を取り除いた上で出荷する。除去された大型の有機物は、再度左端のピットに搬入される。

2) 施設の建設と設置機器の調達

・堆肥化施設の建設



図 12 堆肥化施設外観

堆肥化施設の機材として、下記の資機材を調達・設置した。

資機材リスト

	機材名	型番（メーカー・仕様等）	数	納入年月	設置先
1	ホイールローダー	VL600018VE9003120	1台	2014年9月	堆肥化施設用地
2	スクリーンロンメル	オーダーメイド	1台	2014年12月	堆肥化施設用地
3	粉砕機	オーダーメイド	1台	2014年12月	堆肥化施設用地

主要な設備の建設工事については、当初計画では2014年1月に終了予定であったが、下記に記すように、用地内の既存ごみ中継所の移転作業の遅れとトラックスケールの手配について遅延が生じたため、2014年11月18日に工事が完了した。

- ・ ごみ中継所移転について
 - DKP から提供された用地には、既存のごみ中継所が存在していた。

- 同ごみ中継所に関しては、DKP が移転をすることになっていたが、作業に遅延が発生し、堆肥化施設の建設における門の設置やブロック舗装の着手が遅れてしまった。
 - 門の設置、ブロック舗装については 2014 年 8 月 25 日に完成した。
- ・ トラックスケールの手配について
 - 当初、トラックスケール(計量器)の仕様については、最大 20 トンを想定して調達準備を行っていた。
 - しかし、将来的なビジネス展開において堆肥販売先候補であるペトロキミアと出荷形態等を協議した結果、最大 20 トンのキャパシティーでは不足という結論に達し、2014 年 7 月中旬にトラックスケールの調達手続きを一時中止した。
 - 更なる協議・検討の結果、同年 8 月上旬に、40 トンのトラックスケールとすることを決定し、調達準備を開始した。
 - 2014 年 11 月 18 日に、トラックスケールの設置を含めて、施設の建設が完了した。
 - ・ ホイールローダーの調達

ホイールローダーは現地調達として、業者選定を行い、2014 年 9 月 15 日に業者との契約を締結、同年 9 月 19 日に納品された。



図 13 繰り返し作業を行うホイールローダー

- ・ トロンメル、粉砕機

トロンメル、粉砕機は現地調達として、業者を選定し、2014 年 9 月 29 日に契約を締結した。トロンメルおよび粉砕機については、同年 12 月 15 日に納品されたものの、カウンターパート負担事項の電気工事の遅れのために、稼働確認ができなかった。

2015 年 3 月 31 日に電気工事が終了し、4 月 1 日よりモーターの交換、コンデンサ、ファンベルト、プーリーの調整を行い、5 月 26 日に安定稼働を確認し、納品完了とした。



有機ごみを砕く破砕機（左）、熟成した堆肥からごみを取り除くトロンメル（右）

図 14 トロンメル写真

② 相手国政府関係機関側の投入

Super Depo については、2013 年 11 月から 2016 年 7 月末までに、3 名の DKP 職員が派遣された。3 名×32 か月=96M/M の投入があった。2016 年 8 月以降は DKP 職員による運営が継続されている。

堆肥化施設については、2014 年 9 月末より DKP 職員が派遣されている。2016 年 7 月まで、2 名×20 か月=40M/M の投入があった。2016 年 8 月以降は、PT Beetle Organik Indonesia と共に、DKP 職員により運営が継続されている。

③ 堆肥製造プロセスの検討

1) 技術検討方針

堆肥化プロセスについては、日本における堆肥製造工程を参考にしながら、表 9 で示すとおり、本事業で実証するプロセス案を策定した。堆肥化施設の運用開始後、同プロセス案に則り堆肥を製造しつつ、表 10 に示すモニタリングすべきパラメータの検討・設定を行った。

表 9 堆肥化プロセス案

工程	作業内容	備考
1. 原料受入	<ul style="list-style-type: none"> ● 搬入される原料の仕様を確認する 	<ul style="list-style-type: none"> ● Super Depoで分別される有機ごみ、市場ごみなどが想定される。 ● 原料によって、堆肥化プロセスを検討する必要がある。
2. 原料調製	<ul style="list-style-type: none"> ● たい肥化の開始段階から速やかに微生物による活発な有機物の分解が進み、それが長く継続されるように、たい肥化を行うための前処理(水分調整・通気性改善)を行う。 ● 現状の原料で考えた場合、完熟堆肥をピットに広げ含水率を落として投入する事が望ましい。広げて風を通す事で20~30%の含水率を下げる事も可能。乾燥の評価は触った感じ、しっとりがサラサラした感じになる程度でOK 	<p>【参考含水率数値】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 生ごみ 80% (ストロジョー&市場) ● 完熟堆肥 40%~50% <p>→80%から40~50%に水分を減少させるために、切り返し頻度を上げるなどして乾燥を進めさせる。</p>
3. 一次発酵	<ul style="list-style-type: none"> ● たい肥化の開始段階から速やかに微生物による活発な有機物の分解が進み、それが長く継続されるように、たい肥原料中の空気(酸素)と水分量の維持・管理を適切に行う(発酵管理項目参照)。含水率60%を目標に切り返して調整。 ● 切り返し後、容積重や含水率が適正な条件下で発酵槽内が40℃を下回った場合、二次発酵プロセスに移行する。(大気気温取り5℃~10℃高い程度) 	<p>【一次発酵の定義】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 切り返し後、容積重や含水率が適正な条件下で発酵槽内が一定の温度(例:45℃、50℃)を下回るまでとする。
4. 二次発酵	<ul style="list-style-type: none"> ● たい肥原料中の易分解性有機物の分解が終了した状態(たい肥の温度が外気温近くまで低下し、攪拌や切り返しを行っても温度上昇がみられない状態)となるまで実施。 ● 上記の状況となった後も、微生物による穏やかな有機物の分解が継続されるよう一定の期間を確保する。 ● 発酵期間については、ベトロキミアの求める仕様で決定する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 二次発酵では水分調整が肝要。 ● 水分目安は50%で「しっとり」していれば40%以上の含水率、握って「水」が出れば60%以上、比較的サラサラしていれば40%以下が判断基準。 ● 出荷基準を把握しておく必要がある。それに応じてテスト検査や出荷の準備、ピットのやりくりが決まる。
5. 製品保管	<ul style="list-style-type: none"> ● 出荷先からの納品仕様を確認する 	
6. 製品搬出	<ul style="list-style-type: none"> ● 出荷先からの納品仕様確認を確認する 	

表 10 モニタリングすべき発酵管理項目

項目	確認内容	基準値の目安(参考)
堆積高さ	●施設建設時の設計高を保つよう確認。	2.0m程度
容積重	●通気性を確保するため、バケツと計量器を用いて確認 ●計測の際は一部分を切り出すように取り計測	空隙率30%以上(500~700kg/m ³)、理想は50%以上
外気温	●発酵状況を確認するための参考値(発酵槽内の温度との比較)等として温度計で確認。	-
含水率	●ピット内の堆肥の水分率が高すぎると嫌気発酵に傾くため、最適な水分率になっているか確認。	55~70%、理想は40%~60%
発酵槽内の温度	●温度が低すぎると好気性発酵になっていない可能性が高いため、最適な温度になっているか温度計で確認。	60°C以上(病原菌等の死滅には1週間程度の継続が必要) ※発酵が進むにつれて温度が低くなる。
pH	●発酵が進む段階で、酸性からアルカリ性に傾いているか(アンモニア発生に起因)をpH計にて確認(※堆肥化が進むと、アンモニアの硝酸への変化によりpHは低下する) ●アンモニア臭に関しては若干はOK。「発生⇒変化」を繰り返す為むしろ若干は正常な証	pH8~9程度まで上昇 ※試験紙(リトマス)で自社試験出来る為、出荷前に確認が望ましい。
切り返し	●通気性を確保し、好気性発酵を促進させる。 ●一次発酵期で1日1回は必須。含水量に応じて回数を増やして乾燥を促進させる。水分過多は臭いの原因になる為注意をする事。 ●二次発酵期に入ると2~3日1回程度が目安。	温度、pH等を勘案して実施
発酵日数	●完熟堆肥になるまでの日数を確認。 ●先にペトロキミアの仕様確認し、完熟規定を設定する事。 ●その設定をクリアできる日数	理想的には3か月程度(一次発酵、二次発酵合計) 納品先の基準を踏まえて検討する

2) 技術検討スケジュール

トロンメル、破碎機の調達は未完了ながらも、戻し堆肥製造に必要な建屋及びトラックスケール、ホイールローダーの調達は完了したため、2014年9月25日より、一般ごみの受け入れを開始し、堆肥製造の実証を開始した。当初計画から大幅な遅れが生じていたため、工程計画の見直しを行った。

その後、カウンターパート負担である、電気容量の拡張工事に遅延が生じたために、粉碎機およびトロンメルの稼働ができず、第1次堆肥製造の開始に大幅な遅延が生じた。2015年3月31日に電気工事が終了したのち、通電チェックを開始した。若干の不具合が生じたために、モーターの交換、コンデンサ、ファンベルト、プーリーの調整を行った後、同年5月26日に安定稼働を確認し、納品完了とした。再度スケジュールの見直しを行い、2015年6月より第1次堆肥製造を実施した。現在の堆肥製造スケジュールを以下に示す。原材料である有機ごみの投入から、出荷ができる状態になるまでに、おおよそ2カ月がかかると想定している。製造プロセスについては、第1次から第3次の三回に分けて製造を行い、堆肥の品質や堆肥の販売先として想定する機関からのコメントやリクエストを踏まえて、プロセスの見直しを行う。

戻し堆肥製造	2014年9月～2015年5月
第1次堆肥製造	2015年6月～8月
第2次堆肥製造	2015年9月～11月
第3次堆肥製造	2015年11月～2016年4月

3) 戻し堆肥製造

戻し堆肥の製造プロセス

まず、堆肥製造の「タネ」となる種堆肥（戻し堆肥）を製造した。2014年9月より、Super Depoで分別された有機ごみを中心に、DKPが作成した堆肥（落ち葉由来）、市場ごみ、落ち葉などをピットに投入し、種堆肥の製造を開始した。ピットでは、3日に一度程度の頻度で適宜ホイールローダーによる切り返し（攪拌）を行った。

こうして、2015年3月までに、第1次堆肥製造に必要な種堆肥を製造することができた。



種堆肥のもととなる、ピット No.2の様子（2014年10月）

図 15 種堆肥製造の写真

戻し堆肥と市場ごみを使用した堆肥製造

前述のとおり、電気容量拡張工事の遅れにより、トロンメルおよび粉碎機を稼働できなかったため、その間に、種堆肥と市場ごみを使用して堆肥の製造実験を行い、品質についてのチェックを行うことにした。

各ピットで条件を変えて種堆肥を製造した結果、水分調整の観点から、堆肥製造について、1ピットあたりの投入量は72トンであること、36トンの種堆肥と36トンの有機ごみを投入して発酵を行うことが理想的であることを確認した。よって、36トンの種堆肥と安定的に受け入れが可能な市場ごみ36トンを混ぜ合わせて、堆肥を製造することとした。

具体的なフローとして、まず36トンの種堆肥をピットに投入する。市場ごみは、一度に約6トンが搬入されるために、6日間をかけて36トンの市場ごみをピットに投入する。合計72トン

となった後、7日目に全量を隣のピットに移す。空となったピットには、再度6日で36トンの市場ごみを投入する。なお、ピットが72トンとなるまでの期間においてもホイールローダーによる繰り返し作業を行う。

下表に、スラバヤ工科大学に依頼した堆肥の品質分析の結果を示す。検査対象となる堆肥は粉碎とトロンメルによる処理は行っていない。基準については、インドネシア国の基準を参考としている。英訳版を添付資料として当報告書巻末に示す。

表 11 「種堆肥と市場ごみ」による堆肥の品質調査結果

No	項目	単位	基準	検査結果				
				①製品堆肥(種堆肥+市場ごみ)				
				21日間	30日間	45日間	60日間	種堆肥
基本スペック								
1	温度	°C	-	26	28	29	24	26
2	水分	%	≤50.0	17.35	12.73	35.91	36.07	24.49
3	色	-	黒	黒茶	黒茶	黒茶	黒茶	黒茶
4	匂い	-	土	土	土	土	土	土
5	粒子サイズ	mm	0.55-25.0	12	10	6	5	3.40
6	pH	-	6.80-7.49	8.50	8.6	8.05	7.60	7.65
7	不純物	%	0-1.5	0.51	0.48	0.42	0.35	0.46
マクロ要素								
1	有機物	%	27.0-58.0	45.54	44.44	40.98	39.92	50.59
2	炭素	%C	9.80-32.0	26.41	25.78	23.77	23.15	28.11
3	窒素	%N	0.40≤	2.76	3.31	6.26	6.73	4.89
4	リン	%P2O5	0.10≤	1.71	0.59	3.66	0.77	0.75
5	炭素率	C/N	10.0-20.0	9.57	7.79	3.8	3.44	5.75
6	カリウム	%K2O	0.2≤	0.72	0.81	0.65	0.68	3.33
ミクロ要素								
1	ヒ素	mg/Kg As	≤13	0	0	0	0	0
2	カドミウム	mg/Kg Cd	≤3	0	0	0	0	0
3	コバルト	mg/Kg Co	≤34	0	0	0	0	0
4	クロム	mg/Kg Cr	≤210	0	0	0	0	0
5	銅	mg/Kg Cu	≤100	66	72	61	58	61
6	水銀	mg/Kg Hg	≤0.8	0	0	0	0	0
7	ニッケル	mg/Kg Ni	≤62.0	12	10	18	26	32
8	鉛	mg/Kg Pd	≤150	0	0	0	0	0
9	セレン	mg/Kg Se	≤2.0	0	0	0	0	0
10	亜鉛	mg/Kg Zn	≤500	204	198	203	312	288
他要素								
1	カルシウム	%	≤25.50	4.86	5.06	6.21	7.08	5.63
2	マグネシウム	%	≤0.60	0.54	0.66	0.48	0.36	0.58
3	鉄	%	≤2.00	1.42	1.53	1.61	1.77	1.04
4	アルミニウム	%	≤2.20	0.88	0.92	0.86	0.92	0.66
5	マンガン	%	≤0.10	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05
バクテリア								
1	大腸菌	MPN/gr	≤1000	70	110	70	110	110

堆肥の販売先との協議

本事業では、現地で「Petrorganik」というブランド名の有機肥料を販売しているペトロキミア社を堆肥販売先の候補として検討をすすめていることから、同社の関連会社として堆肥製造の工程検証・管理を行っている PT Gresik Cipta Sejahtera を訪問し、当社より持参した堆肥サンプルと品質分析結果を提示しつつ協議をおこなった。

その結果、改善すべき点として、1. 持参したサンプルよりも細かくしたもの（「粒子サイズ」の小さなもの）を納品する、2. C/N 比を調整することを要請された。1. については、当社が納品する堆肥については、バガスや牛ふんと混ぜ合わせて最終製品を製造する工場において、製造最終工程である造粒段階に粒子サイズが大きいものが含まれていると、一部は出荷できないサイズの製品となり、歩留まりが下がることが懸念される。2. の C/N 比については、バガスや牛ふんと混合調整するものの、なるべくペトロキミアが販売する最終製品に近いものが望ましいというコメントであった。

堆肥の品質で特に重要なのは、「有機分」、「炭素率（C/N、炭素/窒素）比」、「水分」、「ph」、「粒子サイズ」、「鉄分」であるとのことであった。持参したサンプルについては、上述のとおり「粒子サイズ」と「炭素率」以外に改善の必要性についての指摘はなかった。

また、「具体的な納品に関する基準については、最終製品を製造する指定工場と協議する必要がある」というコメントがあり、スラバヤ近郊のシドアルジョにある指定工場を訪問することとした。「Petrorganik」は、1. ペトロキミア社の直営工場における製造、2. 委託工場における製造の2パターンで出荷されている。スラバヤ市から最も近い工場として、スラバヤ市の南隣にあるシドアルジョ県に位置する委託工場（2箇所）を訪問した。

PT Copindo Cipta Suralas と PT Nito Nur Utama の2社を訪問し、持参した当社の堆肥サンプルと品質分析結果に基づき協議を行った。両社とも、サンプルは「粒子サイズが大きい」という指摘があったものの、そのほかの品質項目については、問題がないというコメントを得ることができた。PT Gresik Cipta Sejahtera で指摘された C/N 比については、実際に堆肥を製造する委託工場では問題視されなかった。これは、当社が納品する堆肥と、牛糞やバガスを混ぜ合わせる過程で C/N 比が規定値に収まり、現状の品質で買い取り可能であるということを示唆すると考えられる。

両社とも、粒子サイズが改善された場合の買い取り価格は 200～250 ルピア（2～2.5 円）/kg であった。ただし、これは 40kg の袋詰めにして工場へ持ち込んだ場合の価格として提示された。先方の提示した買い取り価格に基づき、運搬費用、袋詰め費用などを試算した結果、販売益としては 150～200 ルピア/kg 程度となると予測される。



PT Copindo Cipta Suralas (左) PT Nito Nur Utama (右) 訪問

図 16 有機堆肥製造工場視察の写真

4) 第1次堆肥製造

製造プロセスの検討

第1次堆肥製造の方法を決定するにあたり、受け入れごみの種類と熟成期間の組み合わせによって、下表のとおり12の製造パターンを想定した。これらのパターンについて検討した結果、表中の2、3、5、6の4パターンについて2015年6月より堆肥製造を開始した。

表 12 第1次堆肥製造パターン

受入ごみ	市場ごみのみ	市場ごみ+ Super Depo	Super Depoのみ
21日熟成	1	2	3
30日熟成	4	5	6
60日熟成	7	8	9
90日熟成	10	11	12

※全12パターンのうち、2、3、5、6の4パターンを製造することとした。

上表で示す12パターンについて、まず、受け入れる有機ごみについての検討を行った。製造堆肥の品質向上という観点からは、有機ごみの比率が高い市場ごみを使用することが理想的である。しかし、スラバヤ市の一般ごみの減量という観点からは、中間処理施設であるSuper Depoにおいて分別した有機ごみを使用することが望ましい。よって、第1次堆肥製造については、「市場ごみ+Super Depo」、「Super Depoのみ」という2パターンでの製造を行うこととした。第1

次堆肥製造において、Super Depo にて分別された有機ごみのみで製造しても品質に問題がなければ、Super Depo からの有機ごみのみを対象として堆肥製造を行う。

熟成期間については、当初は「熟成期間を長くすると、発酵により粒子サイズは小さくなり、炭素率が改善される」と仮定した。しかし、実際に熟成期間を長くすると、ピットを占有する期間が長くなり、新たな有機ごみの受け入れに遅れが生じるため、このデメリットをクリアすることが課題となった。

まず、粒子サイズについては、トロンメルで処理することで、大きな粒子は除去することができる。除去した粒子サイズの大きな堆肥については、種堆肥の一部として利用し、さらに発酵させることでサイズを減少させることができる。このため、発酵期間を極力短くし、さらに発酵が必要なサイズが大きなものについては、種堆肥とすることでサイズの縮小を図ることとした。よって、発酵期間は、21日と30日として第1次堆肥製造を行うこととした。

炭素率について、訪問した PT Copindo Cipta Suralas と PT Nito Nur Utama では改善点としての指摘はなかった。これは、納品する堆肥は有機肥料を製造する段階で牛ふんやバガスと混ぜ合わせて最終調整するためと推察される。よって、炭素率については問題視されないという視点から、発酵期間の短縮を優先することとした。

以上のとおり、第1次堆肥製造については、投入するのは「市場ごみ+Super Depo」、「Super Depo のみ」の2パターンの有機ごみ、発酵期間は21日間および30日間という方針を決定した。

具体的な作業フローとしては、全10ピット中6ピットを使用して、パターン2「SuperDepoの有機ごみ+市場ごみでの堆肥製造」とパターン3「SuperDepoの有機ごみのみで堆肥製造行う場合」の堆肥製造を並行して行うこととした。下表に、そのパターンを示す。

表 13 第 1 次堆肥製造プロセス

<p>・パターン2 「SuperDepo の有機ごみ+市場ごみでの堆肥製造」</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10 日間=1 クールとする。 - Super Depo 4 トン/台 × 3 日=12 トンの受入 - 市場ごみ 6 トン/台 × 4 日=24 トンの受入 - 次の 3 日は搬入を行わない。 - 合計 36 トンの有機ごみ受入、種堆肥 36 トンを加えて、72 トンでピットをフルにする - 熟成期間については、21 日間と 30 日間の 2 パターンとする。 <p>・パターン3 「SuperDepo の有機ごみのみでの堆肥製造」</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10 日間=1 クールとする。 - Super Depo 4 トン/台 × 9 日=36 トンの受入れ(日曜日は Super Depo 休業) - 合計 36 トンの有機ごみ受入、種堆肥 36 トンを加えて、72 トンでピットをフルにする - 熟成期間については、21 日間と 30 日間の 2 パターンとする。
--

第 1 次堆肥製造の結果

2015 年 8 月に、第 1 次堆肥製造のサンプルを持参して、PT Nito Nur Utama を再訪した。同社は、2015 年 5 月に訪問した堆肥製造工場であるが、その後も西原商事の取り組みに関心を示し、調査に協力することになった。下表に示す 3 つのサンプルについてトロンメル処理を行った熟成堆肥を各 40kg を持参した。品質分析の結果については、後日提出することとした。

表 14 堆肥製造工場に持参したサンプル

<ol style="list-style-type: none"> 1. Super Depo にて分別した有機ごみ+市場ごみ 発酵期間：約 40 日 (ピットでの発酵は 30 日。その後、10 日保管) 2. Super Depo にて分別した有機ごみ 発酵期間：約 30 日 3. Super Depo にて分別した有機ごみ 発酵期間：約 23 日 (ピットでの発酵は 21 日。その後、2 日保管)
--

持参したサンプルを同社が保有する粉砕機で処理し、それを基に協議を行った。同社では、牛ふんやバガスなどの堆肥原料を粉砕機で処理する。これは、ペトロキミア社から指示されている有機肥料「Petrorganik」の製造工程である。

まず、成分についてのコメントはなかった。同社では、鉄分に注意しているとの発言があったため、当社の堆肥はこれまでの分析結果から見て、鉄分には問題ないと説明をした。炭素率については、先方から特に言及がなかった。

水分についても指摘はなかった。持参した各サンプルについて、当社としては「水分がやや多い」という懸念を持っていたが、サンプルの保有水分に問題はなく、製造プロセスの見直しは不要であることが分かった。

一方、持参したサンプルには「細かい枝」、「ひげ根のような繊維質」が含まれており、同社にて造粒するためには、事前に除去する必要がある。これら異物の除去は、必要不可欠であり、持参したサンプルのままでは、買い取りは不可能とのことであった。

異物を除去した場合には、工場渡し価格で 250 ルピア（約 2.5 円）/kg での買い取りは可能ということであった。



図 17 PT Nito Nur Utama にて指摘された除去すべき小枝

第 1 次堆肥製造のサンプルの品質分析

下表にて、第 1 次堆肥製造のサンプルの品質分析結果を示す。パターン 2 「SuperDepo の有機ごみ+市場ごみ」と、パターン 3 「SuperDepo の有機ごみのみ」について、それぞれ発酵期間を 21 日、30 日としたサンプル堆肥を製造し、合計 4 種類の品質分析を行った。サンプルによる、数値のバラつきを防ぐために、1 種類のサンプル堆肥につき、5 つのサンプリング検査を行った。また、検査項目については、PT Gresik Cipta Sejahtera から指摘された項目に絞りこんだ。

まず、投入する有機ごみによる品質の違いであるが、パターン 2 「SuperDepo の有機ごみ+市場ごみ」と、パターン 3 「SuperDepo の有機ごみのみ」の両者に、大きな相違はなかった。

熟成期間についても、21 日間と 30 日間には、大きな違いがみられなかった。SuperDepo の有機ごみの中には、分別しきれなかったビニール袋やストローなどの有機物ではないごみが含まれているが、堆肥製造の工程・品質に影響を与えるほどの量ではないことが分かった。

よって、第1次堆肥製造の結果を受けた、第2次堆肥製造プロセスの方針として、投入するごみは、パターン3 「SuperDepoの有機ごみのみ」とし、熟成期間を21日間とすることを決定した。

表 15 パターン2 「SuperDepoの有機ごみ+市場ごみ」の品質分析結果

No	項目	単位	基準	基準 (グラニュール)	検査結果									
					パターン2(Super Depoの有機ごみ + 市場ごみ) 熟成期間: 21日間					パターン2(Super Depoの有機ごみ + 市場ごみ) 熟成期間: 30日間				
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
					15.07.14	15.07.14	15.07.14	15.07.14	15.07.14	15.07.23	15.07.23	15.07.23	15.07.23	15.07.23
基本スペック														
1	温度	°C	-		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
2	水分	%	≤50.0	8-20	34.29	29.47	28.83	36.25	39.33	38.31	35.54	39.16	40.52	42.14
3	色	-	黒		黒茶	黒茶	黒茶	黒茶	黒茶	黒茶	黒茶	黒茶	黒茶	黒茶
4	匂い	-	土		土	土	土	土	土	土	土	土	土	土
5	粒子サイズ	mm	0.55-25.0	2-5	12	16	14	18	13	12	9	11.5	8.4	11
6	pH	-	6.80-7.49	4-9	8.30	8.20	8.30	8.30	8.35	8.25	8.10	8.20	8.25	8.35
7	不純物	%	0-1.5	≤2	0.28	0.31	0.4	0.52	0.41	0.52	0.44	0.38	0.4	0.36
マクロ要素														
1	有機物	%	27.0-58.0		45.9	43.92	43.59	42.74	45.42	40.58	47.87	45.15	44.81	42.67
2	炭素	%	9.80-32.0	15≤	26.62	25.47	25.28	24.79	26.34	23.54	27.76	26.09	25.99	24.75
3	窒素	%N	0.40≤		6.05	7.90	7.14	6.44	5.73	6.15	5.99	7.35	4.81	8.60
4	リン	%P2O5	0.10≤		0.32	0.83	0.51	0.45	0.45	0.54	0.24	0.76	0.48	0.48
5	炭素率	C/N	10.0-20.0	15-25	4.4	3.22	3.54	3.85	4.6	3.83	4.63	3.55	5.4	2.88
6	カリウム	%K2O	0.2≤		0.71	0.68	0.77	0.69	0.74	0.62	0.58	0.63	0.72	0.64
他要素														
3	鉄	%	≤2.00	≤9000	1.58	1.61	1.81	1.60	1.72	1.58	1.66	1.36	1.46	1.70

※基準：インドネシア国の有機肥料の品質基準値（法令 No. 70 2011年制定）

※基準（グラニュール）：ペトロキミア社との交渉において提示された製品基準

表 16 パターン3 「SuperDepoの有機ごみのみ」の品質分析結果

No	項目	単位	基準	基準 (グラニュール)	検査結果									
					パターン3(Super Depoの有機ごみのみ) 熟成期間: 21日間					パターン3(Super Depoの有機ごみのみ) 熟成期間: 30日間				
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
					15.08.04	15.08.04	15.08.04	15.08.04	15.08.04	15.08.13	15.08.13	15.08.13	15.08.13	15.08.13
基本スペック														
1	温度	°C	-		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
2	水分	%	≤50.0	8-20	31.56	28.71	26.01	27.51	34.44	35.33	35.88	32.74	32.71	33.19
3	色	-	黒		黒茶	黒茶	黒茶	黒茶	黒茶	黒茶	黒茶	黒茶	黒茶	黒茶
4	匂い	-	土		土	土	土	土	土	土	土	土	土	土
5	粒子サイズ	mm	0.55-25.0	2-5	12	15	13	12	9	14	17	8	10	12
6	pH	-	6.80-7.49	4-9	7.80	8.05	7.75	8.05	8.10	7.65	7.70	7.80	7.50	7.70
7	不純物	%	0-1.5	≤2	0.24	0.16	0.22	0.18	0.24	0.31	0.25	0.16	0.21	0.32
マクロ要素														
1	有機物	%	27.0-58.0		43.17	53.55	49.32	50.44	47.42	51.63	52.66	48.51	49.47	34.32
2	炭素	%	9.80-32.0	15≤	25.04	31.06	28.61	29.26	27.5	29.95	30.54	28.14	28.7	19.19
3	窒素	%N	0.40≤		7.45	6.75	6.68	6.69	6.42	6.75	6.13	6.66	5.50	5.72
4	リン	%P2O5	0.10≤		0.62	0.76	0.63	0.57	0.61	1.15	0.57	0.67	0.60	0.56
5	炭素率	C/N	10.0-20.0	15-25	3.36	4.6	4.29	3.37	4.28	4.44	4.98	4.23	5.22	3.35
6	カリウム	%K2O	0.2≤		0.48	0.56	0.64	0.79	0.58	0.72	0.47	0.55	0.61	0.57
他要素														
3	鉄	%	≤2.00	≤9000	1.62	1.61	1.71	1.54	1.66	1.48	1.08	1.14	1.28	1.31

※基準：インドネシア国の有機肥料の品質基準値（法令 No. 70 2011年制定）

※基準（グラニュール）：ペトロキミア社との交渉において提示された製品基準

第2次堆肥製造に向けて

第1次堆肥製造の結果に基づき見直しを行い、第2次堆肥製造については、下表のような方針で実施することとした。

トロンメルの改良については、下図に示すように、袋詰め工程の前に、目の細かいフィルターを設置し、細かい枝などを除去するとして検討を行った。しかし、後述するように木材製造工場や農園への販売については、細かい枝の除去をせずに出荷可能であることから、改良工事は実施しないこととした。後述する、事業化段階の設備においては、細かい枝の除去機能を備えた設計とする。

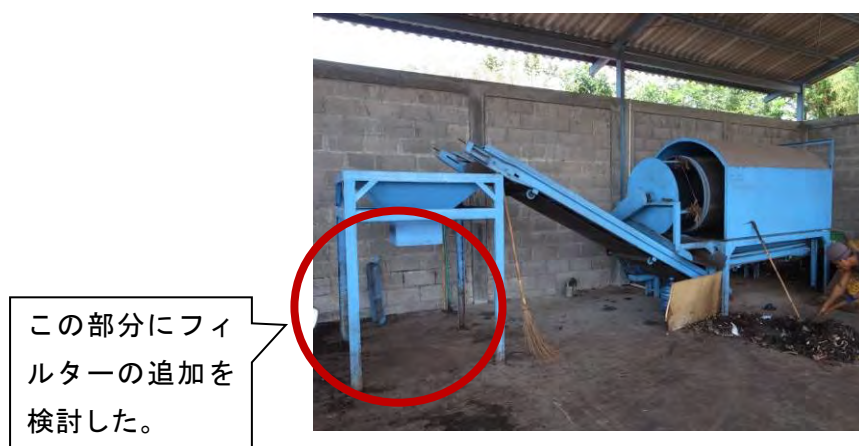


図 18 トロンメルの改良部分

表 17 第2次堆肥製造プロセスの方針

[受入ごみ]

- 受け入れるごみは、Super Depo にて分別された有機ごみとする。
- Super Depo からの有機ごみが不足するときのみ、追加的に市場ごみを受け入れる。

[製造プロセス]

- 10 日間=1 クールとする。Super Depo からのごみ 4トン/台×9 日=36トンの受入れ(日曜日は Super Depo 休業)
- 36トンの有機ごみに種堆肥 36トンを加えて、合計 72トン(ピットのフルキャパシティ)を 1 クール分として熟成させる。
- 熟成期間は 21 日間とする。

[検討ポイント]

- トロンメルの改良。具体的には、トロンメル処理後に、目の細かいフィルターでの処理を追加する。
※結果として、後述するように出荷先及び出荷条件が変更となり、フィルターの追加設置はしないこととなった。
- 全体のプロセス検討。具体的には、連続運用により、「有機ごみの受け入れ～袋詰めによる出荷」に至る適正なプロセスを確立する。

5) 第2次堆肥製造

2015 年 9 月より、第 1 次堆肥製造プロセスで検討した事項を基に、第 2 次堆肥製造プロセスを開始した。

製造プロセス

第 2 次堆肥製造においては、以下の作業を実施し、出荷することとし、トロンメルおよび出荷に必要な日数を精査し、1 工程にかかる期間（日数）を確定させることが目的となる。

表 18 第2次堆肥製造プロセス

9日	21日	?日(検討)
原料投入期間	熟成期間	トロンメル作業 出荷
	 	 

最初の9日間で、1日あたり4トン、合計36トンの有機ごみを Super Depo から受け入れる。受け入れた有機ごみと同量の36トンの戻し堆肥を混ぜ合わせ、最大72トンの原料として熟成を開始する。72トンという量は、ちょうど1ピットにおける堆肥製造に適した量となる。

21日間の熟成期間においては、ホイールローダーを使用した原料の混合(切り替えし)を行う。連続運用を開始する段階においては、適宜ピットを移動させながら混合を行う。下図で説明すると、左のピットに原材料を投入した後に、右のピットに全量を移し、9日後以降にさらに右のピットへ全量を移すことで、連続運用を行う。第2次運用においては、連続運用を行わず、断続的に Super Depo より有機ごみを受け入れ、トロンメル作業、出荷作業に必要な日数を検討することとした。

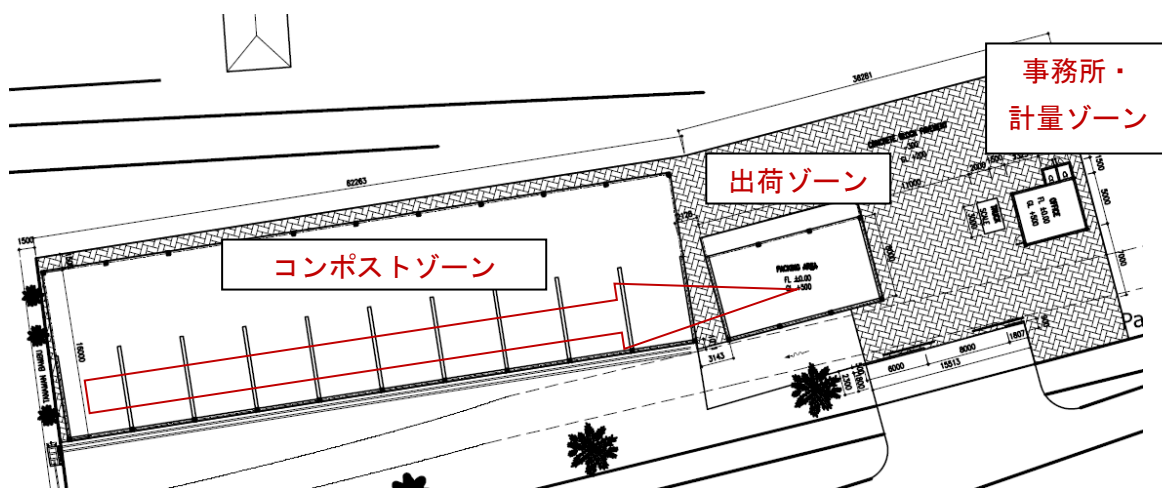


図 19 堆肥化施設の図面 (図 11 再掲)

トロンメル作業

トロンメル作業において、原料となる有機廃棄物に混入した、堆肥として使用できない「異物」が課題として顕在化した。堆肥化施設においては、Super Depo で手選別され、破碎された有機ごみを受け入れているが、その中に含まれている異物の量が想定より多く、トロンメルを止めて異物を取り除く回数が想定よりも増えてしまった。結果として、トロンメル作業に多くの時間を

割く必要が生じることとなった。異物のうち、枝などの有機物は種堆肥として使用することが可能であるが、ストローやビニール袋については、別途処分を行う必要が生じた。また、トロンメルへの有機廃棄物の投入方法については、ホッパー（コンベヤ付きの投入機）を設置して一定量をトロンメルに投入する機構を追加することで、効率を向上させることも検討したが、ホッパー内で投入物が固まり、つまりを起しトロンメルに投入しにくくなることが判明した。よって、熟成工程の最終ピットからホイールローダーを使用して、有機肥料の原料をトロンメル近くに運ぶことにした。

結果として、トロンメルによる異物除去プロセスについては1工程につき14日を費やす必要があることが判明した。後述するが、この結果施設の有機ごみ受け入れ量と堆肥の製造量が当初想定よりも少なることとなった。



図 20 トロンメルで選別された異物

出荷プロセス

第1次製造プロセスで製造した堆肥を有機肥料の原料として持参及び交渉した工場とは別に、日系企業から西原商事が製造する堆肥を使用したいという申し出があった。詳細は後述するが、PT. NANKAI INDONESIA（南海プライウツドの現地法人）、PT. Kutai Timber Indonesia（住友林業の現地子会社）、PT ARJUNA FLORA（農園経営、インドネシア資本）の3社から、500ルピア～600ルピア/kg（4.25円～5.1円/kg）で、堆肥を販売プロモートする機会を得た。同3社は、ペトロキミア社のような肥料工場から提示された条件とは異なり、トロンメル処理後の異物除去作業をする前の堆肥を直接買い取っていただくことで交渉を続けていた。これを受け、第2次製造プロセスで導入を検討予定であった、トロンメルの改良方法としてフィルターを設置するとの案は、ひとまず見送り、同3社との交渉を続ける過程において必要があればフィルターの設置を再度検討することとした。

結論

表 19 第 2 次堆肥製造プロセスで得た、1 工程の日数

9日	21日	14日
原料投入期間	熟成期間	トロンメル作業 出荷

← 1行程 = 44日 →

第 2 次堆肥製造プロセスの結果として、上表で示す、合計 44 日間（原料投入：9 日、熟成期間：21 日、トロンメル作業・出荷：14 日）を 1 工程とする結論に達した。

第 3 次堆肥製造プロセスにおいては、1. 上記工程の連続運用方法の精査、2. 連続運用による 1 工程あたりのコスト試算を検討することとした。

6) 第 3 次堆肥製造

2015 年 11 月より、第 3 次堆肥製造プロセスを開始した。継続的に Super Depo からの堆肥を受け入れ、連続運用プロセスを実施することにより、1. 上記工程の連続運用方法の精査、2. 連続運用による 1 工程あたりのコスト試算及び事業性の検討を行った。

連続運用の精査

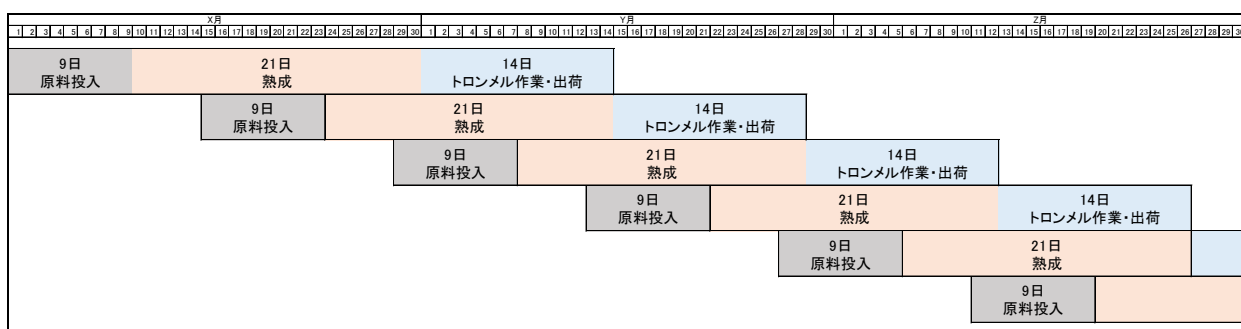


図 21 有機肥料の原料製造 連続運用モデル

連続運用を続けた結果、上図のようなモデルが最適であることを導いた。ポイントとなるのは、トロンメル作業である。トロンメル作業については、複数工程を並行して実施することができず、トロンメルの稼働率を最大とするという観点で連続運用モデルを考案した。

1 工程あたりの製造量

次に、1 工程あたりの製造量、歩留まりを精査した。下表で示す通り、総投入量（Super Depo からの有機ごみ+戻し堆肥）の 26%が製品として出荷できること、残渣として 3%が処理できない異物として残ることが分かった。運用時においては、投入量が変化する（最大で 72,000kg と なる）ものの、経済性試算を行う際のベースとすることができる。

製造プロセス完了後のアウトプットに含まれる「戻し堆肥利用(出荷不可)」は、トロンメルから排出されるプラスチックごみや枝などを含んでおり、このままでは出荷することができないため、大きなプラスチックごみは除去し、残渣として処分するが、そのほかは再度戻し堆肥として利用する。「戻し堆肥利用(出荷不可)」の量は 25,440kg であり、次回以降の種堆肥として利用する必要がある 32,270kg に満たない。そこで、出荷可能な 16,910kg のなかから、40%相当にあたる 6,764kg を種堆肥として使用することとなる。

表 20 1 工程あたりの投入量と堆肥処理の重量ベース収支

【投入】	投入量計：66,110kg
・ Super Depo からの有機ごみ	33,840kg
・ 種堆肥	32,270kg
【処理後アウトプット】	
・ 出荷可能な有機肥料の原料	16,910kg（投入量計の 26%）
・ 戻し堆肥利用(出荷不可)	25,440kg（投入量計の 38%）
・ 残渣	1,990kg（投入量計の 3%）
・ 水分蒸発	21,770kg（投入量計の 33%）

1 工程あたりのランニングコスト

上記製造量で前提とした条件（有機ごみ；33,840kg、戻し堆肥：32,270kg）で、1 工程（44 日）の有機肥料の原料の製造を行った場合の製造コストを精査した。製造コストの対象となるのは、ホイールローダーの燃料費、水道代、電気代となる。作業員の人件費、管理費（機器のメンテナンス費用）は固定費とし、ランニングコストの試算には含めない（後述する経済性分析においては、固定費も考慮する）。

表 21 1 工程あたりのランニングコスト

前提①：投入量	投入量計：66,110kg
・ Super Depo からの有機ごみ	33,840kg [a]
・ 戻し堆肥	32,270kg
前提②：日数	
・ 1 行程の延べ日数	44 日
ランニングコスト	合計：2,284,945.94[b]
・ ホイールローダー燃料	IDR 2,120,640 (300.8L)
・ 水道代	IDR 63,449.17 (67.71 m ³)
・ 電気代	IDR 100,856.77 (66.82kWh)

有機ごみの投入量からランニングコストを算出すると、以下のように、106.31 ルピア/有機ごみ kg を導くことができる。

$$\text{ランニングコスト}[b] \div \text{有機ごみ投入量}[a] = \text{IDR } 106.31 / \text{有機ごみ kg}$$

前述の通り、事業性の検討に当たっては、ランニングコストに加えて、管理費や人件費、土地使用量などの固定費を考慮するものとする。



図 22 コスト試算に用いたメーター類

(左：ガソリンを計量の上で注入、中：水道メーター、右：電力メーター)

販売プロモーション

第2次製造プロセスと並行し、PT. NANKAI INDONESIA(南海プライウッドの現地法人)、PT. Kutai Timber Indonesia (住友林業の現地子会社)、PT ARJUNA FLORA (農園経営) の合計3社に対して、500 ルピア~600 ルピア/kg (4.25 円~5.1 円/kg) で、堆肥を出荷することができた。3社は、保有する農園などにおける土壌改良肥料などとして、堆肥を試用している。試用の結果によ

っては、継続的に堆肥を出荷することが可能となる。2015年12月に発注いただいた PT. NANKAI INDONESIA については、計4回の受注をいただき、4回目には12トンを出荷することができた。

こうしたプロモーション結果を踏まえて、第2次堆肥製造プロセス時に検討をおこなうとした、トロンメルの後工程としてのフィルター設置については、堆肥を農園に直接販売する方針に切り替えることで、不要となった。

7) 実証事業のまとめ

実証事業については、1. 安定した品質の堆肥製造方法を確立した、2. 連続運用が可能なプロセスを確立した、3. 運用にかかるコストを精査することができた、ことから当初の目的を達成したといえる。

よって、事業採算性検討に向けた実証データの取得を目的とした活動については2016年5月をもって、終了した。ただし、堆肥化施設については、譲渡後のキャパシティービルディングという観点から、運用を継続している。

④ 販売検討・事業性検討

1) 販売検討の当初計画、目標

有機肥料販売事業会社への、原料としての販売想定

製造した堆肥の販売方法については、当初、現地では有機肥料販売事業を展開しているペトロキミア社と交渉を進めており、同社の製品「Petrorganik」を製造する工場へ有機肥料の原料として当社の堆肥を販売することを想定していた。

ペトロキミア社 (PT PETROKIMIA GRESIK) は、1972年に国営企業として創業され、16の肥料工場 (有機及び化学肥料合計製造能力：440万トン/年) と5つの化学品 (アンモニア等合計製造能力：約167万トン/年) 製造工場を保有している。インドネシアにおいては、東ジャワ、中部ジャワ、ジョグジャカルタ、バリ、西ヌサ・トゥンガラ各州で有機・化学肥料を販売している。有機肥料については、フィリピンやミャンマーに製品を輸出しており、化学肥料は東南アジアの他、ナイジェリアやブラジルにまで輸出している。

有機肥料については、2005年から製造を開始している。同社が生産する有機肥料「Petrorganik」は、各地域の肥料製造会社との契約に基づき、委託生産されている。自社による直営工場も有しているが、合計189の肥料製造工場と委託契約している。合計製造能力は年間約177万トンとなっているが、実際の生産量は、インドネシア政府から割り当てられている年間約100万トンにとどまっている。これは、現在の需要を下回っていると考えられる。有機肥料は補助金の対象となっていることもあり、各工場の生産量はインドネシア政府によって割り当てられている²⁹。今後、

²⁹ 2章5) 有機肥料利用の促進で述べたように、有機肥料購入費の補助対象となる農家は、2ha以下の小規模生産農家であることと、農業局に加入していることが条件となる。政府指定の有機肥料製造企業からの出荷価格は1,130ルピア/kg、農家の有機肥料購入価格は500ルピア/kg

インドネシア政府の政策により、有機肥料の需要が拡大することが見込まれている。なお、割当て以上の有機肥料を製造した場合、補助金の対象とはならないが、販売は行うことができる。

インドネシアでは、一般的な農業用地に含まれる有機成分は2%程度である。理想的な有機成分比率は5%であり、有機肥料を使用することで有機成分を高めることができる。有機肥料の品質基準については、2011年に農業省が定めた法令 No.70 で含有成分基準³⁰が定められている(表15、16 参照)。

ペトロキミア社の契約工場の数が、190社近くに上るのは、原料(家畜のフンなど)調達先と販売先(農家)に近い場所に製造拠点を分散することにより、輸送コストを低減させ、製造効率を高めるためである。同社の有機肥料の主な原料は、牛糞、鶏糞である。その他、サトウキビ製糖工場の残さ(バガス)や、コーヒー、パーム油、茶の製造工程から出る残さを使用している。こうした原料に加えて、造粒剤として Mixtro という化学薬品のほか、石灰やゼオライトなどを加えている。

しかし、後述の通り、買い取り条件がよい農園などへの直接販売を優先することとし、普及・実証事業で建設した施設で製造する堆肥については、ペトロキミアの契約工場への販売は想定しないこととした。

木材加工業、農園への堆肥販売想定

2015年より、ペトロキミア社の契約工場以外の販路として、日系企業を中心に東ジャワ州周辺で事業展開を行う木材加工業や農園へのプロモートを行った。結果、以下の3社、すなわち PT. NANKAI INDONESIA (収納材・建材メーカーである南海プライウツドの現地法人)、PT. Kutai Timber Indonesia (住友林業の現地子会社)、PT ARJUNA FLORA (農園経営)より受注することができた。

PT. NANKAI INDONESIA については、スラバヤ市の西隣に位置するグレスック市に本社工場を有しており、東ジャワ州の4か所において、自社で植林、栽培を行っている。2015年11月に同社を訪問し、これまでは家畜堆肥や化学肥料、化学液肥を利用していたが効果が芳しくない状況ということヒアリングした。まずは、サンプルを出荷し試用いただいたのちに、同年12月に3トンの販売が実現した。その後、5トン、20トンというオーダーでの発注を受け、第4回目の発注として12トンのオーダーを前向きに検討いただいている。販売価格は、ウォノロジョの堆肥化施設渡りで、500ルピア/kgと、ペトロキミア社の契約工場が示した最大300ルピア/kg(持ち込みの場合)と比較すると、かなりの好条件で販売価格を設定することができた。

PT. Kutai Timber Indonesia (住友林業の現地子会社)は、東ジャワ州のプロボリングゴに本社

となる。この差分は補助金により充当されるが、政府は差分の630ルピア/kgを企業に補助金として支払っている。つまり、農家に直接補助金が支払われているわけではない。

³⁰ 含有成分基準については“Spesification of Compost from Domestic Organic Waste, October 2012, Indonesia National Standard”を参照。

工場を構える日系企業である。木材製品用の原木を自社で植林、栽培、加工までを一貫して行っている。2015年12月に同社を訪問しサンプルを試用いただいた。その後の協議の結果、植林地での使用は木の性質・価格共に合わないということで、苗畑での利用を検討して頂く運びとなった。苗畑は他の肥料を使用中であったため、次回の施肥のタイミングまで待ち、2016年3月に500kgではあるものの、第1回目の注文を受注することができた。販売価格は、ウォノロジョの堆肥化施設渡して、600ルピア/kgという好条件であった。

PT ARJUNA FLORAは、東ジャワ州バトゥ市にて農園を経営する現地会社である。バトゥ市は高原都市として名高いマラン市にほど近く、各種野菜や果物、花を栽培している。生花は一部日本へも輸出されている。2016年2月に同社を訪問しサンプルを試用いただき、同年4月に2トンの注文を受注した。出荷した堆肥は、青ネギ、じゃがいも、白菜用の農場の土壌改良材として使用される予定である。販売価格は、バトゥ市の同社農場渡して、600ルピア/kgであるが、運搬料として250ルピア/kgを支払えば、堆肥化施設での引き渡しも可能である。その場合、実質的な販売価格は350ルピア/kgとなる。

2) 現地企業の設立

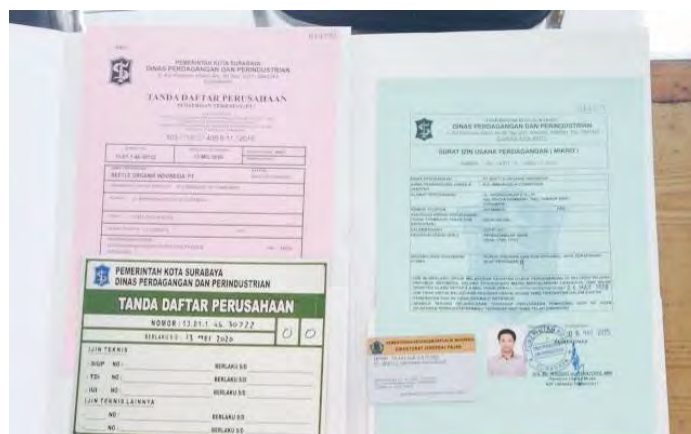


図 23 PT Beetle Organik Indonesia の登記書類

2015年5月15日、現地パートナーとの協力により、インドネシアにおける廃棄物処理やリサイクルが可能な企業として、PT Beetle Organik Indonesia を設立した。出資者は現地パートナーであり、西原商事とは直接的な資本関係は有していないが、今後西原商事から技術提供の形で協力することでスラバヤ市などからの事業受託が可能となる。当面は、普及・実証事業の終了後も西原商事はスラバヤ市に対する技術指導を続けながら、当事業で建設した堆肥化施設の運営業務を受託することを目標に、スラバヤ市との協議を続けていく。

普及・実証事業を通じて、PT Beetle Organik Indonesia は、製造工程の管理業務、マーケティング活動のキャパシティービルディングを受けている。普及・実証事業の終了後、同社が堆肥化施設の運営、マーケティングを担当できるようになることを目標としている。

3) 事業性検討

普及・実証事業開始時の事業性想定

表 22 普及・実証事業開始時に検討した収入と支出試算（初期費用は除く）

月ごとの収入と支出			
収入	マテリアル販売 (プラスチック等, Rp500/kg)	150t/日 × 30%(マテリアル構成比) × 500Rp/kg × 25日	Rp563百万 (¥5.6百万)
	肥料としての堆肥販売 (Rp300/kg)	150t/日 × 51%(有機物比) × 60%(コンポストによる減量) × 300Rp/kg × 25日	Rp344百万 (¥3.4百万)
	処理委託料(Rp100/kg)	150t/日 × 100Rp/kg × 25日	Rp375百万 (¥3.8百万)
支出	Benowo最終処分場での埋め立て(Rp100/kg)	150t/日 × 25%(その他ごみ20%+堆肥残さ5%) × 100Rp/kg × 25日	Rp93.7百万 (¥0.9百万)
	ランニング費用 (電気, 燃料等)	*値上げ率15% × 10年の平均値	Rp100百万 (¥1百万)
	人件費	従業員数 180人 × Rp3.5百万 *賃金上昇率15% × 10年の平均値	Rp630百万 (¥6.3百万)
利益 (収入 – 支出)			Rp458百万/月(¥4.6百万)

※100 ルピア=1円として換算

普及・実証事業の実施に先立ち、上表のような収入と支出に基づくモデルを検討した。150トン/日の一般ごみを受け入れる場合の、月当たりの利益を示している。試算にあたり、一般ごみの受け入れ後に分別施設で有価物はすべて分別・販売し、有機物は堆肥化して販売することを条件とした。

収入源は、1. マテリアル販売（一般ごみから分別した有価物の販売）、2. 一般ごみから分別した有機ごみを原料に製造した「肥料としての堆肥販売」、3. スラバヤ市からの一般ごみ「処理委託料」である。1. については、現地でのヒアリングによって得た資源買取価格（500ルピア/kg）に基づき試算した利益である。2. については、今後の検討課題となる。製造する堆肥の品質によって価格が変わるため、サンプル製造後の精査が必要であるが、ペトロキミア社へのヒアリング結果から300ルピア/kg（約3円/kg）での販売が可能と見込んでいる。3. については、現在、最終処分場の運営を受託しているスンバオーガニック社へスラバヤ市が支払っているティッピングフィーと同額程度の100ルピア（1円）/kgを見込んでいる。

上記の条件で試算した結果、1カ月当たり4億5,800万ルピア（約458万円）の収入、1年では54億9,600万ルピア（5,496万円）の収入を見込むことができる。

一方、廃棄物150トン/日の処理能力を持つ分別及び有機ごみ堆肥化の機能を持つ施設の建設費用については、精査が必要であるが、日本における施設建設費や、普及実証事業における費用からみて、およそ2～5億円程度の見込みである。上記のとおり、施設建設の初期投資費用の負

担が発生せず運営維持管理費用のみを試算した場合には年利益を確保できるものの、本事業終了後のビジネス展開における初期投資費用を勘案すると、採算性の確保は難しい。ビジネスの早期展開を実現するには、公的な資金支援などの投入が望まれる。

こうした事前計画及び普及・実証事業で得られた情報や成果を基に、再度事業性の検討を行った。その結果を、次項に示す。

普及・実証事業の事業性

下表において、今回建設した堆肥化施設の事業収支を示す。まずは、当初の目標通りティッピングフィーを0円として検討を行った。結果として、毎月11,011,134ルピア（93,639円）の赤字が発生することが判明した。

表 23 堆肥化施設事業収支（ティッピングフィーなし）

収支計算(/月)			
収入	堆肥販売(Rp500/kg)	{4,722kg/日 × 26%(堆肥化による減量)} × 60%(種堆肥用を除いた出荷可能製品) × IDR 500/kg × 30日 ※ 1行程の有機ごみ+種堆肥投入量:66,110kg/工程 × 25工程/年 ÷ 350日 = 4722kg/日	IDR 11,049,480 (¥93,965)
	ティッピングフィー	2,417kg/日 × IDR 0/kg × 30日 ※ 1行程の有機ごみ投入量:33,840kg/工程 × 25工程/年 ÷ 350日 = 2417kg/日	IDR 0 (¥ 0)
支出	①ランニングコスト (燃料、水道、電気)	2,417kg/日 × IDR106.31/kg × 30日	IDR 7,708,538 (¥65,553)
	②人件費	IDR340,000/日 × 30日	IDR 10,200,000 (¥86,741)
	③管理費 (メンテナンス等)	IDR1,988,431/月 2013年4月～2014年3月の月平均	IDR 1,988,431 (¥ 16,910)
	④土地使用料	IDR 1,023/m ² × 2,115m ² *値上げ率8% × 10年の平均値 *PTSOの契約金額より算出	IDR 2,163,645 (¥18,400)
利益 収入 - (支出①+②+③+④)		IDR -11,011,134/月 (¥ -93,639)	

次に、収支がプラスマイナス0となることを目標に、ティッピングフィーを設定した場合の試算を行った。ティッピングフィーとして、1kgあたり152ルピア（1.3円）を得ることができれば、収支としてはプラスマイナス0となる。

表 24 堆肥化施設事業収支（ティッピングフィーあり）

収支計算(/月)			
収入	堆肥販売(Rp500/kg)	{4,722kg/日 × 26%(堆肥化による減量)} × 60%(種堆肥用を除いた出荷可能製品) × IDR 500/kg × 30日 ※ 1行程の有機ごみ+種堆肥投入量: 66,110kg / 工程 × 25工程/年 ÷ 350日 = 4722kg/日	IDR 11,049,480 (¥93,965)
	ティッピングフィー	2,417kg/日 × IDR 152/kg × 30日 ※ 1行程の有機ごみ投入量: 33,840kg/工程 × 25工程/年 ÷ 350日 = 2417kg/日	IDR 11,021,520 (¥ 93,727)
支出	①ランニングコスト (燃料、水道、電気)	2,417kg/日 × IDR 106.31/kg × 30日	IDR 7,708,538 (¥65,553)
	②人件費	IDR 340,000/日 × 30日	IDR 10,200,000 (¥86,741)
	③管理費 (メンテナンス等)	IDR 1,988,431/月 2013年4月～2014年3月の月平均	IDR 1,988,431 (¥ 16,910)
	④土地使用料	IDR 1,023/㎡ × 2,115㎡ *値上げ率8% × 10年の平均値 *PTSOの契約金額より算出	IDR 2,163,645 (¥18,400)
利益 収入 - (支出①+②+③+④)			IDR 10,385/月 (¥ 88)

目標とする、「ティッピングフィー0円による、自立的な運営モデル」が達成できなかった理由は、堆肥製造の原料となる廃棄物の受け入れ量が想定よりも低くなってしまったことにあると考える。つまり、施設の規模に対して処理できる有機ごみの量が少ないといえる。当初、有機ごみ10トン、種堆肥10トン合わせて20トン/日の処理能力を目指して建設した施設ではあるが、実際に運用してみると、有機ごみ2.4トン/日程度の受け入れキャパシティとなった。その大きな理由は、トロンメル作業にある。

1工程あたり、14日のトロンメル作業が必要となり、トロンメル作業は複数工程を並行して行うことができない。考案した運営モデルは、トロンメル作業を最大効率化するものであるが、その場合でも1日平均2.4トンの有機ごみを受け入れることが限界であった。

トロンメル作業に日数を費やすことになった理由は、Super Depo で分別された有機ごみであっても、プラスチックや枝等の異物が含まれていることにある。トロンメルで除去した残渣の比率は、重量比で3%に過ぎない。しかし、プラスチックなどは軽量なために重量比では3%であっても、一定量が含まれており、トロンメルの詰まりをもたらす。トロンメルに投入後、除去されたプラスチックをかき出す作業に、多くの時間を費やすこととなってしまった。

今後の事業展開における対策としては、普及・実証事業においては追加検討コストの面から実

施することができなかつたが、分別工程の徹底や、トロンメルの改良を挙げるができる。分別工程の徹底については、人件費をかけて手選別を厳密化することが求められ、コストアップの原因となってしまうという難点もある。

トロンメルの改良については、現状では効果的なソリューションを見出すことはできていないが、フィルター径の異なるトロンメルを複数台用意し、フィルター径の大きなものから異物除去を開始し、最後に径が小さなトロンメルでの処理を行うことで、トロンメル作業を改善する方法もある。しかしながら、トロンメルを複数台用意することのコストアップは否めず、普及・実証事業のような規模の設備でフィルター径の異なる複数台を導入することは現実的ではない。

一方で、後述する受け入れ規模を拡大した事業の場合、こうしたコストを吸収することが可能と考えられる。受け入れるごみと出荷条件に合わせた、効率的なトロンメルの設置を検討する必要がある。

将来的な事業モデル

ウォノロジヨにおける堆肥化施設での実績を踏まえて、将来的な事業モデルを検討した。改善点として、1. 受け入れ量を 200 トンとし、規模の経済性を活かす（製造コストの削減）、2. 堆肥工程を自動化し効率化するとともに、敷地を最大限に有効活用する（製造工程の効率化と、製造スペースの拡大による受け入れ量の増加）を目指した。受け入れ量については、当初 150 トン/日を想定していたが、現地測量に基づくより正確な施設面積、受け入れごみの絞り込み、堆肥製造自動化ラインの導入を勘案した結果、200 トン/日が受け入れ可能と判明した。

敷地は、普及・実証事業のサイトに隣接する、スラバヤ市の所有地を利用することを想定している。

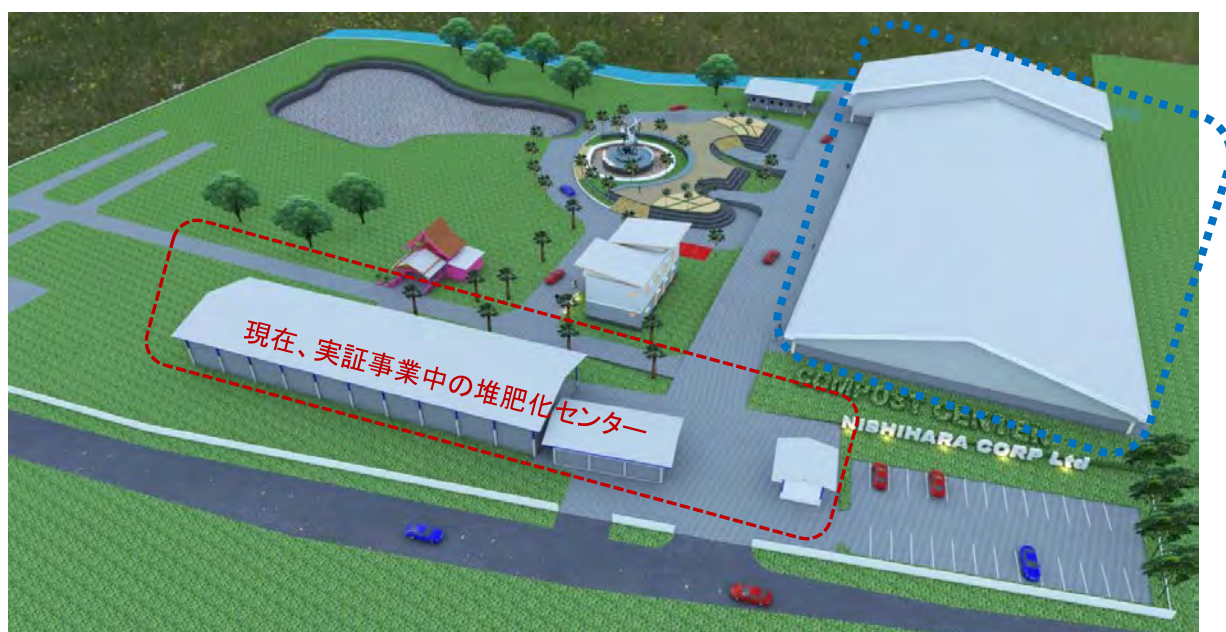


図 24 用地のイメージ（右上の青破線囲み部が設備）

同施設においては、分別工程と堆肥製造ラインを備える。堆肥製造ラインについては自動化を想定しており、普及・実証事業で導入した施設と比較して、スペースを有効活用できる。受け入れるごみ 200 トン/日のうち、100 トンは事業系一般ごみ、100 トンは事業系食品残渣（有機ごみ）とする。事業系一般ごみについては、下図左の手選別とコンベヤーを組み合わせた分別工程に投入した後に、分別された有機物のみ堆肥化自動ラインに投入する。有価物については販売することで利益を得ることができる。事業系食品残渣については、そのまま堆肥自動化ラインに投入される。

家庭系ごみについては、受け入れを想定していない。これは、家庭系ごみには未分別のプラスチックなどが含まれており、本実証事業で得た結果のとおり、堆肥製造の効率を損なう可能性が大きいためである。

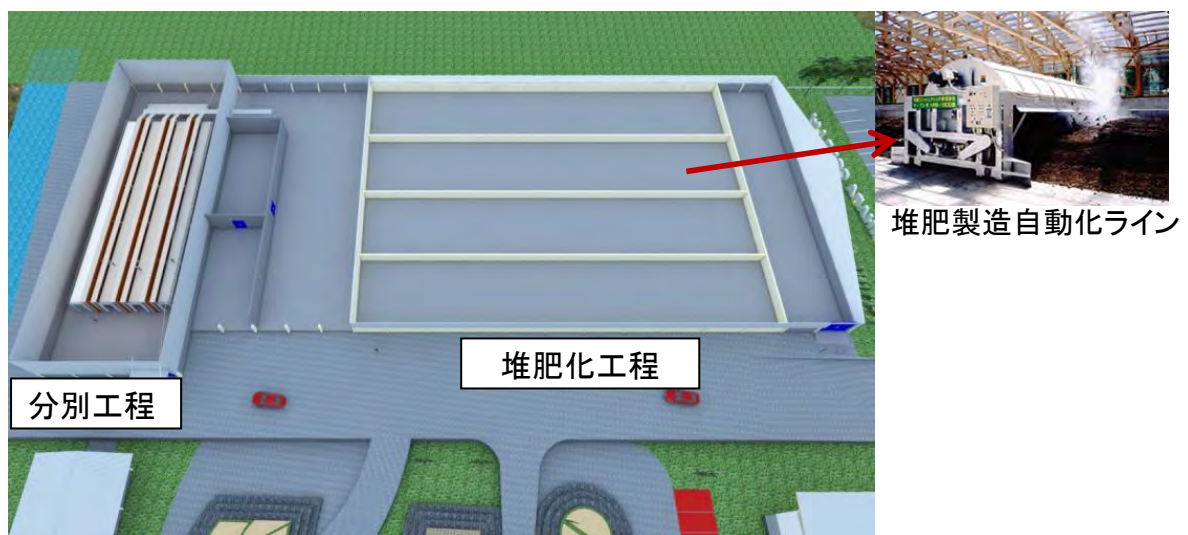


図 25 将来的な事業展開イメージ

以上を基に、200 トン/日の施設による事業性を検討した。

表 25 200 トン/日の処理の分別・堆肥化施設事業収支

ビジネスの実行可能性(月)			
収入	有価物販売 (IDR500,000/t)	100t/日 × 20%(有価物構成比) × IDR 500,000/t × 30日	IDR 300百万 (¥2,551,200)
	堆肥販売 (IDR200,000/t)	(100t/日 × 50%(有機物比)+100t/日) × 26%(コンポスト化による減量) × IDR 200,000/t × 30日	IDR 234百万 (¥1,989,936)
	処理委託料	100t/日 × 300Rp/kg × 30日 (事業系 一般) 100t/日 × 100Rp/kg × 30日 (事業系 食品)	IDR 1200百万 (¥10,204,800)
支出	減価償却 (建屋、設備、その他)	約3億円の設備投資(10年)の各月分	IDR 250百万 (¥2,126,000)
	ランニングコスト (電気、燃料等)	IDR 80.0百万/月 *値上げ率15% × 10年の平均値	IDR 162百万 (¥1,377,648)
	土地使用料	IDR 10.2百万/月 *値上げ率8% × 10年の平均値	IDR 15百万 (¥127,560)
	Benowo最終処分場での 埋め立て(IDR 150,000/t)	{(100t/日 × 30%:異物)+(100t/日 × 3%: 堆肥残さ)} × IDR150,000/t × 30日	IDR 148.5百万 (¥1,262,844)
	人件費用	従業員数 100人 × IDR 3.0百万 *賃金上昇率10% × 10年の平均値	IDR 478百万 (¥4,064,912)
利益(収入 - 支出)		Rp680.5百万/月(¥5,786,972)	

収入として、1. 有価物販売、2. 堆肥販売、3. 処理委託料を想定している。1. については、事業系一般ごみに含まれる 20%のプラスチックや紙などの有価物を販売するものである。2. については、肥料製造工場に有機肥料などの原料として堆肥を販売することを想定している。製造量が多いために農園向けの販売のみでは出荷量が不足し在庫過多となるためである。販売価格が 200 ルピア/kg となっているのは、保守的な価格設定としたためである。3. の処理委託費については、スラバヤ市ではなく、事業系ごみの排出者から徴収することを想定している。分別が必要な事業系一般ごみについては、300 ルピア/kg、分別の必要がない事業系食品残渣については、100 ルピア/kg の処理委託料を得ることを想定している。事業系ごみの排出者からの、処理委託料の徴収については、スラバヤ市と協議を行い、実現可能性を見極めたい。

前述した、スラバヤ市における一般ごみの発生源別の割合と重量(表 3)を見ると、市場、店・ホテル・レストラン、オフィス、工業で 514 トン/日の一般ごみが排出されている。また、有機ごみの比率が高い(60~70%)と想定される、市場、店・ホテル・レストランに限定しても、297 トン/日が排出されており、200 トン/日を前提とした事業検討は妥当といえる。

これを事業化できた場合、毎月の収入は 680,500,000 ルピア (¥5,786,972) となり、事業として十分に成立するものとなる。

⑤ スラバヤ市への提案、インドネシア政府への普及活動

本事業を実施するにあたり、DKP をはじめとするスラバヤ市の関係機関とは緊密な連絡体制を構築している。今後の事業に関して、BAPPEKO (スラバヤ市開発企画局) や DKP と行った打合せの内容を以下に示す。

1) ティッピングフィーについて

スンバオーガニックとの協力

現在、スラバヤ市が最終処分場運営を委託しているスンバオーガニック社との契約は、競争入札によって決定したこと、また、入札実施にあたり、ティッピングフィーの支払い条件を含む入札仕様書の作成から入札の実施、事業者の決定に至るプロセスに 3 年の期間がかかったことの説明を受けた。スンバオーガニック社との契約には、最終処分場の管理だけではなく、ごみ発電等の実施検討を含めている。スラバヤ市からは、西原商事の提案する事業についても、ティッピングフィーの支払いを期待するのであれば、ごみ減量化にプラスアルファの効果が期待される提案が必要とのコメントがあった。

西原商事が提案する事業については、一般ごみの排出源に近い立地で分別や堆肥化を行い、最終処分場へ搬入されるごみの削減を目指すことを主な目的としている。また、ウェストピッカーの雇用や有機農業の普及促進、温室効果ガスの削減などの効果が期待されることを説明した。今後、本普及・実証事業の実施により得られる成果に基づき、より具体的な事業提案を行う必要があると認識した。

また、スラバヤ市の用地を使用して事業を実施する場合には、市に対して土地使用料を支払う必要があるとの説明を受けた。

ティッピングフィーの支払いについては、引き続きスラバヤ市と交渉を行うのと並行して、別オプションとして、すでに一般廃棄物処理について事業権を有し、スラバヤ市から業務委託を受けているスンバオーガニック社との協力提携の可能性についても検討および協議を行った。

現状、スンバオーガニック社は、スラバヤ市との契約によりブノウォ最終処分場の運営を請け負っており、一般ごみの受入れに際してティッピングフィーを得ている。この契約の延長上として、スラバヤ市内を排出源とする一般ごみを受入れて中間処理を行う Super Depo や堆肥化施設についてもティッピングフィーの支払い対象とする事業の立ち上げについて、スラバヤ市、スンバオーガニック社との協議を行った。

スンバオーガニック社は、現在 1,500 トン/日のごみを受け入れ、スラバヤ市からティッピングフィーを得ている。スラバヤ市とスンバオーガニックとの契約では、受け入れ量はミニマム

1,000 トン/日となっている。仮に、西原商事が市内で発生する 200 トン/日の事業系ごみを収集した場合でも、スンバオーガニック社は 1300 トン/日进行处理することができる。スンバオーガニック社には西原商事の事業について説明をしており、同社の取り扱い分が 1000 トン/日を割り込まない程度に西原商事が一般ごみ処理事業を実施することについては、反発はなかった。むしろ、最終処分場の延命という意味においては、搬入ごみを削減させる取り組みとし、歓迎されるものであった。

しかし、スラバヤ市の見解は「ティッピングフィーは、最終処分場で受け入れた一般ごみのみを対象としている」というものであり、当提案の実現可能性が低いことが判明した。ただし、ブノウォ最終処分場内で事業を実施する場合には、スラバヤ市からスンバオーガニック社に支払われるティッピングフィーの中から、西原商事が事業を実施するに当たってのティッピングフィーを受け取ることは可能であることを確認することができた。

事業系一般ごみへのシフト

スラバヤ市によるティッピングフィーに基づくビジネスモデルについては、非常に時間がかかることと、ごみの減量以外の付加価値が必要ということから、短期的には困難な選択であることが判明した。また、既にティッピングフィーを得ているスンバオーガニック社との協力については、ティッピングフィーを得るためには、最終処分場に持ち込まれる一般ごみを対象としたビジネスが必要となる。

そこで、西原商事からの新しい提案として、市内で排出される、比較的異物の含有割合が少ないと考えられる「事業系一般ごみ」、「事業系食品残渣」にターゲットを絞り、事業系ごみの排出者からごみの処理委託費を得るというモデルを提示していきたい。家庭系ごみの処理については、行政が税金を財源として担当すべきであるが、経済発展と共に増加すると考えられる事業系一般ごみ、事業系食品残渣については、事業者が排出者責任を負い、ごみ処理委託費を負担するという考え方を提案したい。これは、日本で導入されているモデルとよく似たものであり、北九州市の支援を得ながら、スラバヤ市と協力し、事業系ごみの排出者からごみの処理委託費を徴収するモデルを提案していきたい。

スンバオーガニック社との提携可能性

スラバヤ市内において、200 トン/日の、分別施設および堆肥化施設を併せ持つ事業を展開することが最終的な目的であるが、そのためには事業系一般ごみ、事業系食品残渣の排出者からティッピングフィーを得ることが必要となる。排出者の処理費負担については、スラバヤ市や関連セクターとの長期にわたる協議が必要となることも想定される。そうした場合、まずはスンバオーガニック社との協力によって、ブノウォ最終処分場内での事業実施も検討する必要がある。

そこで、スンバオーガニック社を訪問し、「ブノウォ最終処分場における、200 トン/日の事業系一般ごみを対象とした事業を展開すること」、「同事業について、スラバヤ市から支払われるティッピングフィーのうち、西原商事が扱う 200 トン/日に関しては全額を西原商事に支払う

こと」を提案したところ、口頭ではあるものの了解を得ることができた。

また、ブノウォ最終処分場内にて、当事業の実施に当たってスンバオーガニック社が提供可能な用地を紹介いただいた。用地の広さは1ha弱であり、この用地で事業を展開する場合、規模として100トン/日の堆肥化処理施設のみとなり、分別施設の建設用地を確保することは困難となる。よって、分別が不要な有機物のみを取り扱うことが必要となり、市場ごみ100トン/日を受け入れる事業の実施検討が現実的となる。

スラバヤ市内において、200トン/日の、事業系一般ごみと食品残渣を対象とする事業実施にかかる交渉や協議が長期化する場合のオプションとして、自社事業として最終処分場における100トン/日規模の堆肥化施設の運用を検討する予定である。



図 26 最終処分場における利用可能用地（左、朱色囲み部分）と、用地の写真（右）

⑥ 今後の事業展開について

本事業で設置した堆肥化施設については事業終了後にスラバヤ市へ引渡す予定である。事業終了後の運営を引き続き西原商事が請負う可能性についてスラバヤ市と協議を行った。市の回答は「ティッピングフィーの支払いが不要なら可能。ただし、スラバヤ市に対して土地の使用代を支払う必要がある。」というものであった。既述の通り、ティッピングフィーを得ることができなければ、堆肥化施設の運営を継続的に実施することは困難といわざるを得ない。

一方で、事業展開については、下図で示すようなスケジュールを策定し、自社事業としての展開を目指した取り組みを続けていく予定である。

事業化予備ステップとして、スンバオーガニック社との協力による、ブノウォ最終処分場における、市場ごみを対象とした100トン/日の堆肥化施設を展開することを検討したい。収入源は、スンバオーガニック社がスラバヤ市から得るティッピングフィーの一部（西原商事が処理した量）と、肥料原料の販売となる。ただし、前述の通り事業のゴールは、後述する200トン/日の分別・堆肥化施設であり、事業系一般ごみ、事業系食品残渣を対象としたビジネス環境の整備に時間がかかる場合には、事業化予備ステップを実施することを検討する。

次に、目標とする事業として、これまで検討を行ってきた 200 トンの事業系一般ごみ、事業系食品残渣を対象とした分別・堆肥化施設の展開を実施する。事業系一般ごみ、事業系食品残渣を排出する事業者からの処理費を得るという提案が早期に実現できそうであれば、予備ステップを実施せずに、事業化へと進む予定である。

事業化予備ステップ、目標となる事業とも、初期費用については、事業・運営権対応型無償資金協力や環境省による設備補助の活用等の日本政府による支援を得ながら、西原商事も出資することを検討している。

目標となる事業を実現させることによって、西原商事が目指すモデルを具体的に示すことができる。その後は、同モデルのインドネシアにおける横展開による普及に取り組む。横展開フェーズにおいては、1. 西原商事 (PT Beetle Organik Indonesia) による事業展開、2. 西原商事モデルを地方自治体などに販売するビジネスモデルによる事業展開の二通りを想定している。

1. については、スラバヤの事例を基に、同様の一般ごみ問題を抱える地方自治体に同モデルを提示しながら、西原商事が運営行うモデルとなる。

2. については、西原商事が初期費用を負担して事業を運営するのではなく、地方自治体などに西原商事モデルの実施方法をコンサルテーションの実施等により指導・支援することを想定している。1. に必要な初期費用や継続して事業を実施するリスクを低減できるほか、自社で運営までを行うよりも、横展開の速度を速められるというメリットがある。2. を実施するためには、スラバヤにおけるモデルを実現させる必要があることに変わりはなく、当面の目標は 200 トンの事業系一般ごみ、事業系食品残渣を対象とした分別・堆肥化施設の展開である。



図 27 今後の事業展開スケジュール

(2) 事業目的の達成状況

① 堆肥化施設の建設

2014年11月に、堆肥化施設の建屋建設が完了した。設置機材について、ホイールローダーは2014年9月に納品された。破砕機、トロンメルは2014年12月に納品されたが、スラバヤ市による堆肥化施設の電気容量拡張工事が遅延したことにより、機器のチェックができずにいた。2015年3月に電気容量拡張工事が完了し、稼働確認・機器調整を経て、2015年5月26日に検収を完了した。

② 堆肥化プロセスの技術検討

堆肥製造については、次のスケジュールで実証事業を行い、ほぼ終了した。実証事業については、1. 安定した品質の堆肥製造方法を確立した、2. 連続運用が可能なプロセスを確立した、

3. 運用にかかるコストを精査することができた、ことから当初の目的を達成したといえる。

戻し堆肥製造	2014年9月～2015年5月
第1次堆肥製造	2015年6月～8月
第2次堆肥製造	2015年9月～11月
第3次堆肥製造	2016年11月～2016年4月

③ 販売検討・事業性検討

販売先候補であるペトロキミア社との打合せを実施し、堆肥化施設で製造した肥料原料については、300ルピア/kgで販売できる（ただし、異物の除去が前提となる）ことが判明した。また、肥料製造会社以外の製造業や農園にアプローチを行い、350ルピア～600ルピア/kgでの販売が可能であることを確認することができた。また、こうした製造業や農園からは継続したオーダーを獲得しており、大きな成果といえる。

普及実証事業で建設した堆肥化施設の事業性については、同施設での処理量が当初想定した量に達することができなかった。その理由は、Super Depo で分別した有機ごみの中に含まれる、重量比3%のプラスチックごみなどの異物が、トロンメル作業の大きな障壁となり、異物の除去に想定外の時間を費やすことになったためである。

2015年5月に、スラバヤ市からの一般ごみの処理やリサイクル事業の受託が可能な現地法人として PT Beetle Organik Indonesia を設立した。

④ スラバヤ市への提案、インドネシア政府への普及活動

スラバヤ市に対しては、本事業の説明を行い、事業への協力とティッピングフィー負担を依頼した。しかし、スラバヤ市へのヒアリングにより、ティッピングフィーを得るためにはスンバオーガニックへ最終処分場の運営を委託する入札を実施するために要した時間と同様の3年間の時間が必要と見込まれることと、ごみの減量化以外のごみ発電などの付加価値が提案事業に求められることが判明した。

今後は、事業系一般ごみ、事業系食品残渣を対象とし、排出者からごみの処理委託費を得るモデルについて、スラバヤ市などと協議を続けたい。

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

1) 一般ごみの最終処分量の低減

Super Depo（中間処理施設）に投入されたごみのうち、現状では70%以上が最終処分場に搬入されているが、プラスチックや紙のマテリアルリサイクル、有機ごみの堆肥化によって、最大で約25%にまで削減させることができる。

2) ごみ処理費用の低減

現状、スラバヤ市において、最終処分費用は0.3円/kg³¹、廃棄物管理全体（運搬と最終処分）では2.3円/kgのコストがかかっている³²。本事業では、Super Depoで受け入れた一般ごみのうち、最終処分場へ運び込まれるごみの量を30%程度にまで削減することを目標とし、運搬費用と最終処分場の運営費用の大幅なコストダウンを目指している。低減された処理費用は、別のインフラ整備への投資などに振り分けることができる。最終処分費用を含む廃棄物管理全体で2.3円/kgのコストがかかっていることになるが、普及実証事業で建設する施設の場合、1.3円のテ IPPINGフィーのみで運営することができる。Super Depoから堆肥化施設までの運搬費を考慮しても、大幅なごみ処理費用の低減を実現させることができる。

普及実証事業の結果、建設した設備においては、2.4トン/日の有機ごみの受け入れが可能である。施設を360日稼働させた場合、年間864トンの有機ごみを受け入れ、処理をすることができると想定される。スラバヤ市における廃棄物管理全体のコストは2.3円/kgであり、ここには事業の実施では完全に削減されないごみの運搬費が含まれるもののおおよそ198万7,300円のごみ処理費用を低減させることが可能となる。

将来的な事業として、200トン/日の処理能力を持つ施設を建設した場合の開発効果は、後述する。

3) 街の美化

現在、ごみ中継所（Depo）は市内に約180カ所あるが、ごみがあふれ異臭も漂っているような状態である。Depoではウェストピッカーなどのインフォーマルセクターによるプラスチックや紙などの有価物の収集が行われているが、ここに一般ごみの分別機能を付与するという計画はなされていない。中間処理施設（Super Depo）や堆肥化センターを展開することで、中継所にあふれるごみを効果的に分別することが可能となり、都市景観への貢献と、異臭の削減に寄与する。街の美化は現スラバヤ市長が推進する政策でもあり、現地のニーズにも合致している。

2016年5月に、スラバヤ市の独自予算によって、2013年月より稼働を開始しているSuperDepoをモデルとした中間処理施設が竣工した。このように、西原商事の取組を参考に、ごみ中継所の削減や、ごみ中継所の美化が促進されることが期待される。なお、将来的な事業として、200トン/日の処理能力を持つ施設を建設した場合の開発効果は、後述する。

³¹ 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>

³²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



図 28 スラバヤ市が建設した中間処理施設

4) インフォーマルセクターへの雇用機会提供

事業展開段階においては、Super Depo などで作業するウェストピッカーを社員として雇用することを想定している。定量的な効果として、Super Depo 一か所あたり 25 人を雇用することができる。将来的な計画として策定した、200 トン/日の処理が可能な、分別・堆肥化施設計画においては、100 人を雇用することができる。

5) 有機肥料利用の促進

インドネシアでは、農業政策として、有機肥料に補助金をつけて、農家での使用を推進している³³。一方、有機肥料の製造量は不足している。有機ごみに由来する有機肥料を低コストで生産できれば、こうした農業政策の促進に寄与することができる。

普及実証事業の結果、補助金の対象である有機肥料の原料となる堆肥を製造するには、小枝などの除去装置の追加が必要であることが判明した。事業展開プランとして、200 トン/日に処理規模を拡大した施設の製造量等については、後述する。

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

1) 北九州市の政策への貢献

北九州市は、かつては公害に苦しみつつも苦勞して克服した経験を持つことから、アジアの都市に対して地球温暖化防止を含む環境問題解決に向けての貢献を目指している。また、アジアの各都市において、北九州市内の企業が持つ優れた技術を活用することで、ビジネスの展開と環境問題の解決を両立する事業の海外進出を支援している。本普及・実証事業は、そうした北九州市の政策に合致するものであり、ひいては日本の成長戦略にも合致するものである。

³³ 有機肥料購入費の補助対象となる農家は、2ha 以下の小規模生産農家であることと、農業局に加入していることが条件となる。政府指定の有機肥料製造企業からの出荷価格は 1,130 ルピア/kg、農家の有機肥料購入価格は 500 ルピア/kg となる。この差分は補助金により充当されるが、政府は差分の 630 ルピア/kg を企業に補助金として支払っている。つまり、農家に直接補助金が支払われているわけではない。

2) 中小企業への波及効果

日本においては、人口減などにより廃棄物の総発生量が減少している。廃棄物ビジネス業界では中小企業が大部分を占めるなか、「リサイクル可能な廃棄物の仕入れ」をめぐる過当競争が発生しており、採算ラインを割り込むまで仕入れ値が上昇している。さらに、廃棄物の分別回収を通じて得られる有価物（再生原料）の販売価格は、原油などのヴァージン原料価格と連動しており、下落傾向にある。こうした事業環境の変化により、中小企業の事業継続が困難になりつつある。西原商事の海外展開は、そうした中小企業が海外展開に新たなビジネスチャンスを見出し、きっかけを与えるための好例となり得る。

(5) 環境社会配慮

① 施設建設用地

堆肥化施設の建設用地は、スラバヤ市より DKP が管理する土地（公園）を提供された。用地内には、剪定枝などを堆肥化処理する既存設備等が存在しており、同設備で製造された堆肥の一部を本事業で建設した堆肥化施設において、戻し堆肥の製造原料として使用した。

② 事業実施国の環境社会配慮法制度・組織

堆肥化施設の建設および事業の実施にあたっては、SKRK (Surat Keterangan Rencana Kota : 都市計画証明書)、UKL-UPL (Upaya pengelolaan lingkungan hidup dan upaya pemantauan lingkungan hidup : 環境管理プログラム及び環境モニタリングプログラム)の提出が必要となる。

本事業の実施にあたっては、対象となる土地が DKP の管理下にあること、堆肥化施設は公共性の高い設備であることから、DKP が UKL-UPL を実施することとなり、2014 年に DKP により提出された報告書にもとづき、DKP により SKRK の手続きがなされた。

③ 事業実施上の対応方針

添付する JICA 環境社会配慮チェックリストに記載した通り、廃棄物と土壌汚染以外については特に問題はないといえる。廃棄物と土壌汚染については、外部から有機ごみを持ち込むという事業の性質上、配慮が必要である。結果として、以下のような廃棄物管理方針を策定した。

【廃棄物】および【土壌汚染】

- 堆肥化施設で受け入れる有機ごみについては、2012 年度に西原商事が建設した Super Depo で分別された後に搬入する。
- Super Depo に搬入されるごみは、有害物質の混入する可能性が低い家庭及び商店を排出源とする。（西原商事が実施した一般ごみの回収エリアの視察の結果、有害物質を排出するような施設は当エリアには存在しなかった。）
- 各家庭や商店を巡回する収集作業員に対しては、有機ごみを堆肥化することを説明し、有害物質が含まれるようなごみは収集しないように指導する。（仮に Super Depo に有害物質が含まれる一般ごみ（大量の電池や小規模産業由来の化学廃液ボトル、電子機器や部品、その他）が搬入された場合でも、手選別によって分別される際に除去される。）
- 堆肥化施設で製造した堆肥は、肥料製造会社に有機肥料の原料として販売する。その際に成分分析を実施し、有害物質が混入されていないことを証明する。（万が一、有害物質が混入している場合は、分析結果にもとづき有害物質の特定及び排出源の同定が容易となる。）

④ モニタリング

事業実施にあたり、添付の環境社会配慮チェックリストに記載された事項を順守しつつ運営を行うこととした。普及・実証事業においては、表 15、16 で示したように、製造する堆肥の原料の成分分析を行い、環境へ悪影響を与えるような有害物質が含まれていないことを確認した上で、業務を実施している。

半年に 1 回、DKP がスラバヤ市環境局へ状況報告を行う際に、西原商事はモニタリングの実施などに協力することとしている。普及・実証事業期間中に、スラバヤ市環境局からは、環境社会配慮についてのレポート提出を依頼されていない。本事業における堆肥化施設の運営は、実証事業（試験的運用）として実施中であることがその理由とされている。施設の引き渡し時においては、環境社会配慮にかかる報告義務などについても明らかにすることを想定している。

（6）事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

本事業終了後は、スラバヤ市 DKP が本事業で設置した堆肥化施設の運営管理責任を担う。スラバヤ市からは、本普及・実証事業の実施にあたり専任の職員が派遣され、普及実証事業を通じたキャパシティービルディングを実施したことから、運営維持管理のための人的リソースはあり、事業終了後に、スラバヤ市直営による堆肥化施設の運営管理は適切になされると期待される。

(7) 今後の課題と対応策

① 事業系一般ごみ、事業系食品残渣を対象としたビジネスの提案

普及・実証事業を踏まえて、今後は200トン/日の分別・堆肥化施設を建設し、運営することが目標となる。事業の実現に向けて、事業系一般ごみ、事業系食品残渣の排出者から得るごみの処理委託料の獲得が必須となるために、自社事業としてその実現可能性を引き続き検討したい。具体的には、事業系ごみを対象とした事業プランを策定し、実現可能性を示した上で、事業系ごみの排出者からごみの処理委託料を徴収することを提案したい。

また、先に示した事業展開スケジュールの通り、200トン/日の分別・堆肥化施設の建設に時間がかかる場合、つまり、事業系ごみの排出者から処理費を徴収する制度構築に長期の時間を有する場合は、スンバオーガニック社との協力により、ブノウォ最終処分場内において100トン/日の市場ごみを受け入れる堆肥化施設のみを展開することも視野に入れたい。

② スラバヤ市への提案、インドネシア政府への普及活動

当事業の成果については、インドネシア中央政府への報告とともに、将来的な計画の提案を行いたい。具体的には、公共事業省、環境・森林省、農業省などへの普及活動を実施する予定である。公共事業省、環境・森林省には、事業系ごみを対象とした事業展開プランを、インドネシアの都市部におけるごみ管理ソリューションとして提案したい。農業省には、今後の有機肥料の普及に向けた政策を確認すること、一般ごみに含まれる有機ごみを活用した有機肥料原料の製造について政策的な親和性を確認することを想定している。

4. 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

既述の通り、普及・実証事業の用地に隣接するサイトにおいて、200 トン/日の処理量を有する分別・堆肥化施設を建設し、ビジネスとして事業を実現させるための活動を継続させたいと考えている。対象を、事業系一般ごみ、事業系食品残渣とすることで、行政からのティッピングフィーではなく、排出者である事業者からごみの処理委託費を得ることを想定している。

上述の施設を含む、今後の事業展開スケジュールについて、再掲する。

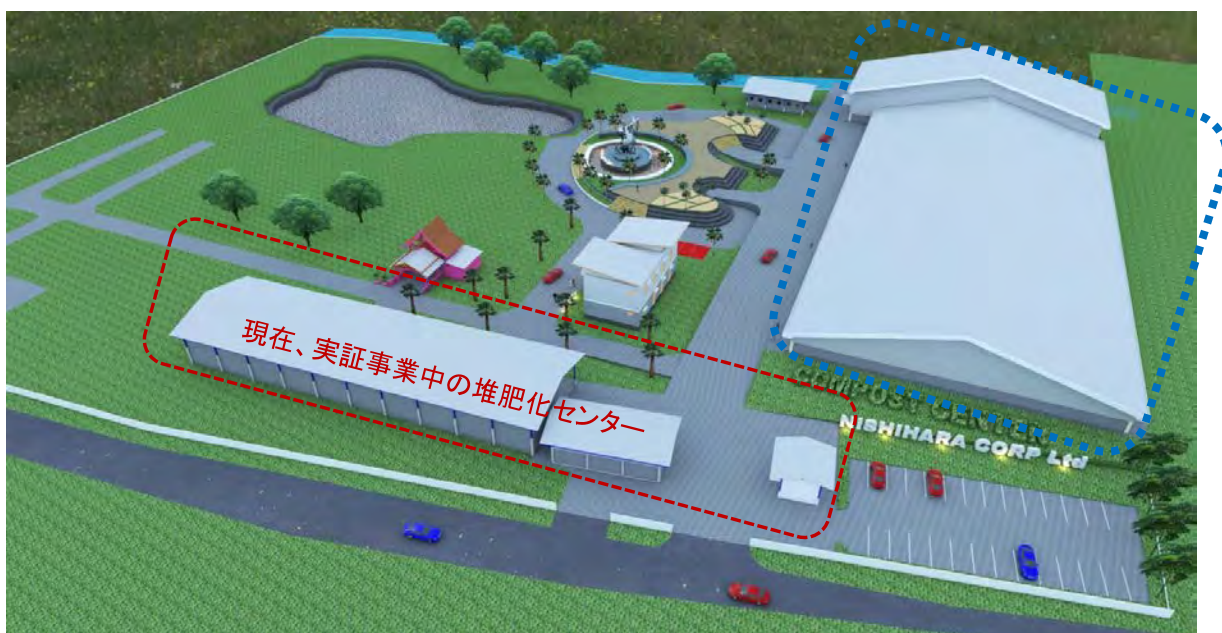


図 29 用地のイメージ (右上青色破線囲み部が設備) ※再掲

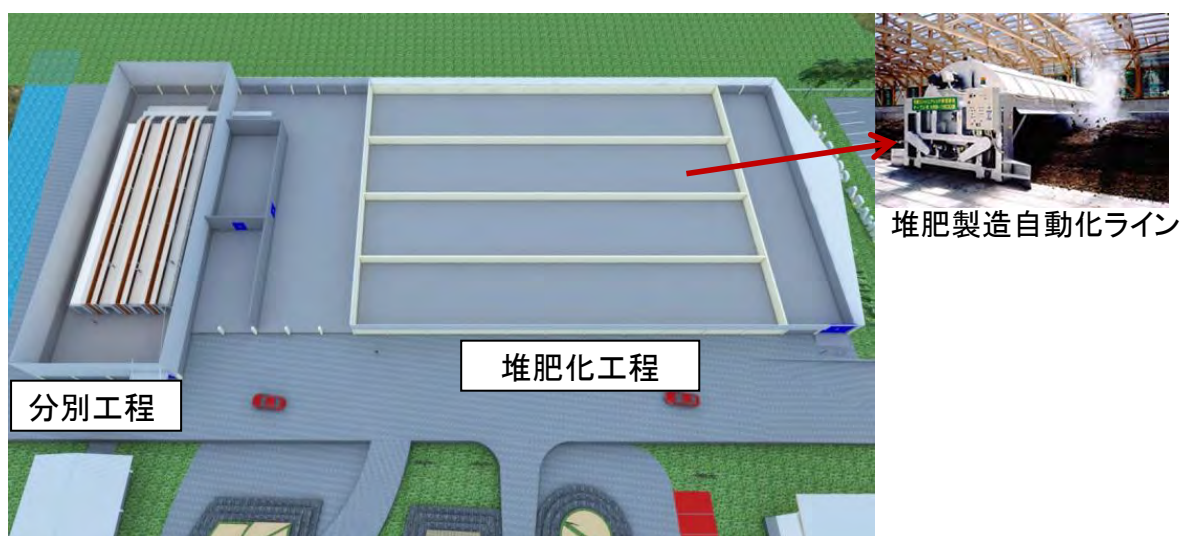


図 30 将来的な事業展開イメージ ※再掲



図 31 今後の事業展開スケジュール※再掲

(2) 想定されるリスクと対応

事業化へ向けたリスクは、事業者から処理委託費を得ることができるかどうかにある。普及実証事業の終了後も、自社事業としてスラバヤ市や関連セクターとの協議を継続させていきたい。

(3) 普及・実証において検討した事業化およびその開発効果

200 トン/日の施設については、開発効果は「2. 普及・実証事業の概要」(P25)で示した1) 一般ごみの最終処分量の低減、2) ごみ処理費用の低減、3) 街の美化、4) インフォーマルセクターへの雇用機会提供、5) 有機肥料利用の促進、6) 温室効果ガス削減となる。規模が大規模化することにより、各効果はより増大することが見込まれる。

1) 一般ごみの最終処分量の低減については、事業を実施しないケースでは200 トン/日の一

般ごみが最終処分場に搬入されるが、事業の実施によって大幅に搬入量を低減させることが可能である。仮に、5%の残渣が発生した場合でも、最終処分場への搬入量は10トン/日となり、190トン/日の搬入量削減が実現される。

2) ごみ処理費用の低減については、1)より5%の残渣が発生したと仮定しても、190トン/日、1年ではおよそ6.9万トンの排出削減が可能である。前述の通り、スラバヤ市では2.3円/kgの一般ごみ処理コスト(運搬と最終処分)がかかっていると試算される。よって、2.3円/kg×190トン/日=43.7万円/日のごみ処理費用の低減が可能である。1年(365日)では、およそ1.6億円のごみ処理費用の低減が可能となる。

3) 街の美化については、定量評価が困難であるが、既存の180カ所のごみ中継所については、ある程度の設置数の削減が可能であると考えられる。その理由は、現状では事業系の一般ごみや食品残渣は、中継所へ運ばれた後に、最終処分場へ搬入されている。200トン/日の事業系一般ごみと食品残渣が、中継所を経ずに西原商事が提案する施設に搬入されることで、ごみ中継所への仮置きをする必要がなくなる。最終処分場へ持ち込まれるごみの総量1,500トン/日のうち、13%にあたる200トン/日については、ごみ中継所を経由しない処理が可能となる。結果、市内の中継所における異臭などが軽減されることとなる。

4) インフォーマルセクターへの雇用機会提供については、200トン/日の施設規模の場合、100人の雇用が必要となる。ウェストピッカーを積極的に雇用することで、インフォーマルセクターの規模縮小という効果を生み出すという点からも効果が期待できる。

5) 本事業は、インドネシア政府が方針としている有機肥料利用の促進に寄与するものであり、インドネシアの政策に合致している。普及実証事業の結果、補助金の対象となる有機肥料の原料を製造するためには、小枝などの除去装置の追加が必要であることが判明した。200トン/日に規模を拡大した施設による事業展開プランでは小枝の除去機能追加を行う予定であり、39トン/日、300日稼働と想定すると1万700トン/年の有機肥料の原料を出荷することが可能となる。

6) 温室効果ガス削減については、1日150トンの有機ごみ(事業系一般ごみ:100トン×50%、事業系食品残渣:100トン×100%)を処理できる場合、6,288トンCO₂/年のCO₂排出削減量を見込むことができる。以下に、CO₂排出削減試算方法を示す。CO₂排出削減量については、環境省「平成25年度アジアの低炭素化社会実現のためのJCM大規模案件形成可能性調査:インドネシア国スラバヤ市における低炭素都市計画策定のための技術協力事業(一般廃棄物分野)」³⁴で検討した、JCMプロジェクトとしての方法論に基づいて試算した。

³⁴ 平成25年度アジアの低炭素化社会実現のためのJCM大規模案件形成可能性調査「インドネシア国スラバヤ市における低炭素都市計画策定のための技術協力事業」報告書 平成26年3月
https://www.env.go.jp/earth/coop/lowcarbon-asia/project/data/JP_IDN_H25_01.pdf

CO2 排出削減量試算

■リファレンス排出量

14,080トン CO2/年 (150トン/日の有機ごみを最終処分場で埋め立て処理した場合)

→150 トン/日×365 日の有機ごみより嫌気性発酵によって発生する、メタンガス排出に起因する CO2 排出量 10 年間分の年平均

■プロジェクト排出量

7,792トン CO2/年(堆肥化施設での処理によって発生する CO2 排出量)

→現状の堆肥化施設をそのまま拡大すると想定して試算。現実には、処理方法が自動化ラインになるので、エネルギー消費量は効率化され、プロジェクト排出量はより少なくなるが、保守的に現状と同様の仕様で試算。

→内訳は、「電力消費:105 t-CO2/年」、「燃料消費:1,289 t-CO2/年」、「好気性発酵によるメタン排出:2,300 t-CO2/年」、「好気性発酵による亜酸化窒素排出:3,395 t-CO2/年」、「有機ごみ残渣(5%)による嫌気性発酵由来のメタン排出:704 t-CO2/年」

※上記は端数処理をしているが、合計は 7,792 トン CO2/年となる。

■CO2 排出削減量

6,288トン CO2/年

=14,080トン CO2/年(リファレンス排出量)－7,792 トン CO2/年(プロジェクト排出量)

(4) 本事業から得られた教訓と提言

一般ごみを扱う事業の宿命として、「公的セクターからのティッピングフィーがなければ、事業は成立しえない」点を挙げるができる。技術などの現地ニーズとの整合性があったとしても、ティッピングフィー、もしくはそれに代わる収入源を得ることができなければ、事業化は困難であることを学んだ。一方、具体的な事業プランや、事業を行うという姿勢を見せなければ、ティッピングフィーの交渉がスタートしないことも事実である。当事業に対するスラバヤ市からの関心が高いのは、平成 24 年「途上国政府への普及事業」において、当社が自己資金で Super Depo を建設し、スラバヤにおける事業展開に対する意思を具体的に示したことが大きいと考える。

インドネシアのみならず、新興国における一般ごみなどの公的セクターと関連の深い分野での事業化を検討する際には、サービス委託料の確保に向けた長期間の交渉と、ホスト国で事業をする意欲を具体的にアピールすることの両方が求められることを、今回の普及実証事業の教訓としたい。

堆肥化施設の建設のような、比較的「確立された技術」と当社が理解している業務であっても、商習慣の異なる現地での発注・契約においては、建設業者との調整や入札方法の検討を入念に行う必要がある、さらには将来的な事業を見据えた販売先との協議による施設や導入機器の調達についても十分な時間をかけた検討が必要であるとの教訓を得た。本事業終了後のビジネス展開フェーズに移行しても、上記には十分注意を払った上で、スケジュール管理を行いたい。

最後に、公的セクターをステークホルダーとする事業、社会開発に関する事業については、JICAなどの知見を有する機関との連携が重要であることを改めて認識した。西原商事のみでは、こうした開発事業分野への事業展開については、きっかけをつかむことすら困難であったと考える。今回の普及実証事業においては、北九州市からも多大なる支援を受け、スラバヤ市との交渉や協議をスムーズに執り行うことができた。JICA、北九州市からの支援については、厚く御礼申し上げたい。

添付資料

①インドネシア堆肥化基準

Indonesia National Standard

Spesification of Compost from Domestic Organic Waste

October 2012

PREFACE

Indonesia National Standard (SNI) “Specification of Compost from Domestic Organic Waste” is arranged in the framework of setting quality compost product so that can protect consumers and prevent environmental contamination

This SNI is refers to the international standards of quality compost such as British Columbia Class I Compost Regulation and the National Standard of Canada (CAN / BNQ 0413-200), especially for the quality of micro elements such as heavy metals with a maximum value that is allowed, and also refers to compost product quality from various composting manufacturers in Indonesia.

This standard was arranged by the Technical Committee of Construction and Building (21S) and has been discussed in a consensus on the 14th November 2001 in Bandung.

With the completion of SNI “Specification of Compost from Domestic Organic Waste” is expected to provide maximum benefits to the community

Specification of Compost from Domestic Organic Waste

1. Scope

This Specification of Compost from Domestic Organic Waste contains scope, references, terms and definitions, the requirements of the chemical content, physical and bacteria to be achieved from domestic organic waste processed into compost. Characteristics and specifications of quality compost from organic waste domestic.

2. Normative references

This standard uses references :

CAN/BNQ 0413-200; A national Canadian standard for composting industry Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC), Criteria Trade memorandum T-4-93; The Maximum Trace Element Concentrations Within Product

3. Term and definition

3.1. Compost

The final form of domestic organic waste material after decomposition process

3.2. Dekomposition

Transformation composition of domestic organic waste material due to the decompositions of organic material by microorganism at a certain temperature to become modest organic compounds.

3.3. Water content

Amount of water contained within waste and compost

3.4. Micro elements

Chemical elements contained within compost in very low concentration

3.5. Foreign substances

Material contained within compost that gives negative effects to the users and composting industry.

3.6. Organic contaminant

Contaminant that comes from class of pesticide compounds and the like

3.7.Domestic organic waste

Waste generated from settlement activities such as, food waste, leaves, fruits, vegetables.

3.8.C/N-ratio

Value that shows comparison/ratio between carbon content and nitrogen

3.9.Pathogen organism

Microorganism that can caused disease for living things.

3.10. Agronomy value

Value that can increase power growth

3.11. Groundwater temperature

Temperature in groundwater that can be absorbed by plant roots in aerob condition and not higher than 30°C.

4. Requirements

4.1.Maturity of compost

Maturity of compost shown by these following thing :

- 1) C/N ratio value (10-20) : 1
- 2) Temperature is suitable with groundwater temperature
- 3) Blackish color and have texture like soil
- 4) Smells like soil

4.2.No foreign substance contains

Not contains these following foreign substances :

- 1) All organic and anorganic pollutants such as, metal, glass, plastic, and rubber.
- 2) Environment contaminant such as, heavy metal compounds, hazardous and organic chemical, such as pesticide.

4.3.Micro elements

Values of these micro element is issued based on :

- 1) Concentration of micro elements which important for plant growth (especially Cu, Mo, Zn)
- 2) Heavy metal that can harm human and environment depend on maximum concentration that allowed in soil, as in Tabel 1, Specification of compost from domestic organic waste

4.4.Pathogen organism

Pathogen organism not exceed the following limits :

- 1) *Fecal coli* 1000MPN/gr total solid in dry condition
- 2) *Salmonella* sp. 3 MPN/ 4 gr total solid in dry condition

That things can be achieve by keeping composing operational condition on 55°C.

4.5.Organic contaminant

Compost product is not contain pesticide active material that prohibited according to Ministry Agriculture Dercee No. 434.1/KPTS/TP.270/2001 on Requirement and Procedures of Pesticides Registration on article 6 about the types of pesticides that contain active materials that have been prohibited as in Appendix A

5. Other characteristic

Other characteristic that can be evaluated with agronomy values

5.1.Organic materials

Organic matter contents in compost at least 27%

5.2.Water content

Water content are allowed in compost maximum of 50%

5.3.Parameter as agronomist value indicator

Parameter as agronomist value indicator is :

- 1) pH, pH must be netral value

- 2) N, P₂O₅, and K₂O concentration, humus element concentration in compost N, P₂O₅, and K₂O from each type compost depend on the usage of compost
- 3) Water-binding capacity, compost capability in water binding to determine in evaluating the quality of the compost

6. Specification of compost from domestic organic waste as follow :

Tabel 1 Compost quality standard

No.	Parameter	Unit	Minimum	Maximum
1	Water content	%	-	50
2	Temperature	°C	-	Groundwater temperature
3	Color			Blackish
4	Smells			Soil smells
5	Size of particle	mm	0,55	25
6	Water-binding capacity	%	58	-
7	pH		6,80	7,49
8	Foreign substances	%	*	1,5
	Macro elements			
9	Organic materials	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,40	-
11	Carbon	%	9,80	32
12	Phospor (P ₂ O ₅)	%	0,1	-
13	C/N-ratio		10	20
14	Kalium (K ₂ O)	%	0,20	*
	Mikro elements			
15	Arsen (Ar)	mg/kg	*	13
16	Cadmium (Cd)	mg/kg	*	3
17	Cobalt (Co)	mg/kg	*	34
18	Cromium (Cr)	mg/kg	*	210
19	Cuprum (Cu)	mg/kg	*	100

20	Mercury (Hg)	mg/kg	*	0,8
21	Nickel (Ni)	mg/kg	*	62
22	Lead (Pb)	mg/kg	*	150
23	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
24	Zinc (Zn)	mg/kg	*	500
	Other elements			
25	Calcium (Ca)	%	*	25,50
26	Magnesium (mg)			0,60
27	Iron (Fe)			2,00
28	Aluminium (Al)			2,20
29	Mangan (Mn)			0,10
	Bacterium			
30	<i>Fecal coli</i>	MPN/gr		1000
31	<i>Salmonella sp.</i>	MPN/ 4 gr		3
Note : * value is higher than minimum value or lower than maximum value				

Appendix A

List of pesticide types that contain prohibited active material
Ministry of Agriculture Decrees No. 434.1/Kpts./TP.270/7/2001

No.Type of pesticides	No.Type of pesticides
1 2,3,5 - T	20 Heptachlor
2 2,4,5 - Trichlorophenol	21 Captafol
3 2,4,6 - Trichlorophenol	22 Chlordane
4 Natrium 4 - brom - 2,5 - Dichlorophenol	23 Chlordimefone
5 Aldicarb	24 Leptophos
6 Aldrin	25 Lindane
7 Arsonate (MSMA)	26 Metoxichlor
8 Cyhexatine	27 Mevinfos
9 DDT	28 Monosodium metam
10 Dibromochloropropane (DBCP)	29 Natrium chlorate
11 Dieldrin	30 Natrium tribomophenol
12 Dichlorophenol	31 Methyl parathion
13 Dinoseb	32 Pentachlorophenol (PCP) and its salt
14 EPN	33 Arsenic compound
15 Endrin	34 Mercurium compound
16 Ethylen Dibromidal (EDB)	35 Strichnin
17 Red Phosphor	36 Telodrin
18 Phenol Halogen	37 Toxaphene
19 Hexacloride & its isomer	