

平成 30 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務
インドネシア共和国バリクパパン市における国営肥
料会社と連携した堆肥化事業

報告書

平成 31 年 3 月

株式会社西原商事

はじめに

本事業は、弊社（株式会社西原商事）がインドネシア共和国スラバヤ市において実践し蓄積してきたリサイクル型中間処理施設及びコンポストセンターの設置・運営ノウハウを活用し、国営肥料会社（PT Pupuk Indonesia: PI）との長期契約を基に現地法人を設立して、バリクパパン市の最終処分場（TPA Manggar）内の 20,000 m² の敷地において堆肥工場（処理能力：100 トン／日程度の混合ゴミを想定）を建設し、市内の有機系廃棄物から堆肥を生産して PI の有機肥料製品として販売する事業について、実現可能性を調査・検討したものである。

この事業モデルの確立により、バリクパパン市が抱える廃棄物管理課題の解決、市の美化・緑化の推進、循環型都市形成の推進、雇用の創出等に資することも期待している。また、バリクパパン市での事業が軌道に乗った後は、PI と連携して、他のインドネシアの自治体へ同様な事業モデルの横展開を行うことにより、PI が目指しているインドネシア全土における有機堆肥の増産と、それによる農地の土壌劣化の防止、並びに、健全な農業生産の推進等に資することも視野に入れている。

上記目的を実現させるために、バリクパパン市を中心に、現地調査を平成 30 年 11 月・12 月、平成 31 年 1 月の計 3 回実施した。そして、①堆肥の原料調査、②サンプル堆肥の試作と性状分析、③現地関係者との事業に関する共通理解の構築、④市営コンポストセンターの堆肥化能力の構築支援を行い、それらを基に、⑤事業展開計画案の作成、⑥事業の実現可能性評価を行った。

調査の結果、主に次の成果が得られた：①バリクパパン市で入手可能な堆肥の資源ポテンシャルが把握できた；②バリクパパン市の資材を用いて PI の基準を満たした堆肥を製造できることを示せた；③現地関係者と事業に関する共通理解が得られ、PI と北九州市との間で連携協定（MOU）が締結されることとなった；④市内 4 カ所のコンポストセンターにおいて堆肥化の能力構築支援を行った；⑤事業展開計画を作成した；⑥事業の実現可能性が評価された。

今後は、本調査の成果を踏まえ、PI、バリクパパン市、その他関係機関とさらに協議・検討を重ねながら、インドネシアにおける堆肥化事業の具体化を進めていく予定である。

Summary

This report is a compilation of result from a feasibility study that examined the business model to establish a compost center (capacity: 100 ton/day mixed waste) within the 20,000 m² land at the final disposal site in Balikpapan City (TPA Manggar) by establishing a locally incorporated company based on a long-term contract under the PT Pupuk Indonesia (PI), a national fertilizer company in Indonesia. This will be done by producing compost from organic waste derived from Balikpapan City, and sell the compost as an organic fertilizer as PI's product. It is intended that the experiences of the proponent (Nishihara Corporation Co. Ltd) which were obtained through the past projects that established and operated intermediate treatment facility and compost center in Surabaya City, will be fully utilized.

By establishing the proposed business model, it is expected that it contributes to Balikpapan City by solving various challenges on waste management, promoting cleansing and greening of the city, establishing a recycle-based society, and creating employment. It is also envisioned that the business model will be replicated to other cities in Indonesia after the project in Balikpapan City will be on the right track in order to achieve the objectives of the PI which is to prevent soil degradation of farmlands and promote sound agricultural production in Indonesia.

In order to achieve the above mentioned objectives, on-site surveys were conducted in total of three times in November and December in 2018 and January in 2019. In the survey, following activities were conducted: (1) resource survey; (2) development of sample compost and composition analysis; (3) establishment of common understanding on the implementation of the project with relevant stakeholders; and (4) capacity building of city-owned compost centers. Based on these activities, (5) a draft project implementation plan was developed; and (6) evaluation of feasibility of the project was conducted.

As a result of the survey and activities, following achievements were obtained. The project: (1) revealed the potential of available resources in Balikpapan City for compost production; (2) showed that the proponent can produce compost that meets the standard of PI by using locally available materials in Balikpapan City; (3) obtained general consent with relevant stakeholders on the implementation of the project, and as a result, a cooperation agreement (MOU) is planned to be signed between PI and Kitakyushu City; and (4) trained four compost centers in Balikpapan City to raise their capacity to produce compost. Based on these achievements, (5) draft project implementation plan was developed; and (6) feasibility of the proposed project was evaluated.

Based on the achievements of this feasibility study, further discussions and consultations will be conducted with PI, Balikpapan City, and other relevant stakeholders in order to realize the project.

目次

1. 事業の目的・概要	1
1.1 事業概要	1
1.2 本事業で解決を目指す主要課題.....	1
1.3 これまでの取組経緯	2
1.4 事業の目的.....	3
2. 海外展開計画案の策定	5
3. 対象地域における現状調査	6
3.1 廃棄物発生状況	6
3.2 廃棄物関連条例・政策.....	8
3.3 廃棄物関連経費及び予算.....	9
3.4 中間処理施設	9
3.5 家庭・コミュニティにおける分別回収.....	16
3.6 バリクパパン市における堆肥製造資源ポテンシャル	17
3.7 ペトロオーガニックの製造状況.....	26
3.8 PIの有機堆肥増産計画に係る情報.....	28
4. 廃棄物の組成・性状等調査	32
4.1 サンプル堆肥の作成	32
4.2 サンプル堆肥の性状分析	39
5. 現地政府・企業等との連携構築	42
5.1 現地関係者との協議・連携	42
5.2 連携に関する覚書（MOU）の締結.....	43
5.3 市営コンポストセンターの堆肥化能力構築支援	44
6. 現地関係者合同ワークショップ等の開催	48
7. 実現可能性の評価	52
7.1 事業採算性.....	52
7.2 環境負荷削減効果.....	60
7.3 社会的受容性	61
7.4 実現可能性の評価.....	63
8. 今後の海外展開計画案	65

図表目次

< 図目次 >

図 1. PT Pupuk Indonesia による 2030 年までの肥料増産計画.....	1
図 2. 事業全体のスキーム図.....	4
図 3. バリクパパン市の最終処分場 (TPA Manggar) の様子.....	6
図 4. バリクパパン市の最終処分場 (TPA Manggar) における廃棄物受入れ量の推移..	7
図 5. バリクパパン市の資源物回収所 (MRF) の様子	11
図 6. 2018 年における MRF の資源ごみ受入れ量の月毎の推移	12
図 7. バリクパパン市の最終処分場 (TPA Manggar) のコンポストセンターの様子....	12
図 8. バリクパパン市の統合的処理施設 (ITF) の様子.....	14
図 9. バリクパパン市の統合的処理施設 (ITF) の 2018 年における受入れごみ量.....	15
図 10. バリクパパン市のごみ銀行センター.....	16
図 11. グヌンバハギア RT 26 コミュニティの視察状況	17
図 12. 視察を行ったバリクパパン市における主要な 3 つの市場の様子.....	19
図 13. ガーデンウェースト.....	20
図 14. 主な食品加工工場から排出される有機系残渣.....	22
図 15. KCM 社との協議の様子 (左)、バーク残渣の山 (右)	24
図 16. バリクパパン市で想定される都市ごみを活用した堆肥生産フローと生ごみの想 定収支 (実際には混合ごみを受け入れ、残渣が生じることに留意).....	25
図 17. ペトロケミア・グレシク社のペトロオーガニック生産プロセス	26
図 18. PT Pupuk Indonesia による 2030 年までの肥料増産計画.....	28
図 19. PT Pupuk Indonesia による 2030 年までの肥料増産計画のうち、.....	29
図 20. PT Pupuk Indonesia による 2030 年までの肥料増産計画のうち、.....	29
図 21. PT Petrokimia Gresik がバリクパパン市の資材を用いて試作したサンプル堆肥 (写 真左、中央) とペトロオーガニック (写真右)	30
図 22. ペトロオーガニックの製造における政府からの補助金の流れの模式図。図中の 赤線が補助金の流れを示している。.....	31
図 23. 種堆肥作成の様子.....	33
図 24. 堆肥試験の日常管理、モニタリングの様子.....	35
図 25. サンプル堆肥①試験における試験区 1~8 の様子 (開始直後)	37
図 26. サンプル堆肥①試験の試験区 7、8 で用いた PI の生ごみ発酵促進剤 Biodex (左) とサンプリング前に 4 mm メッシュ篩で異物を除去しているところ (右)	38
図 27. サンプル堆肥試験②における試験区 No. 1~3 の様子	39
図 28. 主な関係機関との協議の様子.....	43
図 29. バリクパパン市の最終処分場 (TPA Manggar) でのコンポスト指導の様子.....	45
図 30. バリクパパン市植物園でのコンポスト指導の様子.....	46
図 31. RS UMUM Daerah Beriman 病院でのコンポスト指導の様子.....	47
図 32. バリクパパン市第五高等学校でのコンポスト指導の様子.....	48
図 33. 現地関係者合同ワークショップの様子.....	51
図 34. バリクパパン市における堆肥生産の役割分担イメージ.....	53

図 35. バリクパパン市で想定される都市ごみを活用した堆肥生産フローと収支（混合ごみ 100 トン／日を受け入れた場合の想定）。	53
図 36. バリクパパン市で入手可能な生ごみを活用した堆肥化プロセスの概要	54
図 37. 天神製作所 TM 片懸垂式発酵攪拌機	55
図 38. PI と西原商事が連携し、バリクパパン市の協力を得て堆肥を製造・販売した場合の収支イメージ（ティッピングフィーを市から得られた場合）	59

<表目次>

表 1. バリクパパン市における廃棄物の組成	7
表 2. バリクパパン市における廃棄物関連法令	8
表 3. バリクパパン市の廃棄物マスタープランにおける 2016 年の廃棄物管理経費	9
表 4. バリクパパン市におけるリサイクル機能を有した中間処理施設一覧。網掛けした施設は、本調査で視察を行ったことを示す。	10
表 5. バリクパパン市の最終処分場（TPA Manggar）における	13
表 6. バリクパパン市における生鮮食材を扱う主要 4 市場のごみの概要	18
表 7. バリクパパン市における主要商業施設における廃棄物発生量	23
表 8. 本調査結果を基に割り出したバリクパパン市における生ごみ資源ポテンシャル	25
表 9. 有機肥料、家畜肥料、農地改良剤に関する農業大臣令 No. 70/2011 における有機肥料の規格	27
表 10. サンプル堆肥①試験区（11～12 月）における試験区の設定	36
表 11. サンプル堆肥②試験区（2018 年 12～2019 年 1 月）における試験区の設定	38
表 12. サンプル堆肥①試験区の性状分析結果（下部は SNI の参考基準値）。赤字で示した値は、SNI の新基準値を満たしていないことを示している。	40
表 13. サンプル堆肥②試験区の性状分析結果（下部は SNI の参考基準値）。赤字で示した値は、SNI の新基準値を満たしていないことを示している。	41
表 14. 本調査で連携した主な連携相手との協議・連携内容	42
表 15. 実施合意書で想定される関係機関とそれぞれの役割	52
表 16. 都市ごみ（混合ごみ）100 トン／日を分別して堆肥化した場合の節約コスト概算	56
表 17. 都市ごみ（混合ごみ）100 トン／日を分別して堆肥化した場合の事業収入見込み概算	57
表 18. 都市ごみ（混合ごみ）100 トン／日を分別して堆肥化した場合の事業支出見込み概算	58
表 19. 今後バリクパパン市において想定できる堆肥化の事業モデルと今後の展開可能性	64

1. 事業の目的・概要

1.1 事業概要

本事業は、インドネシア共和国バリクパパン市（人口：780,398人、2016年）の最終処分場（TPA Manggar）内の20,000 m²の敷地において、国営肥料会社（PT Pupuk Indonesia: PI）と連携して大規模堆肥化工場（処理能力：100トン/日程度の混合ゴミを想定）を建設し、事業系有機廃棄物（市場ごみ、ガーデンウェスト、木材バーク、食品加工工場・ショッピングモール・レストラン等から排出される有機系ごみ）と家庭から排出される生ごみを用いて堆肥を生産してPIの有機肥料製品として販売する事業モデルについて、実現可能性を調査・検討したものである。

1.2 本事業で解決を目指す主要課題

<土地改良ニーズによる有機堆肥の需要増大>

インドネシア農業省は、化学肥料や農薬の過剰投入による農地の土壌劣化、農業生産性の低下を懸念しており、土質の改良を促すため、有機肥料の増産と利用拡大を同省の「2015-2019年農業省戦略計画」で打ち出している。これを受けて、東南アジア最大の肥料会社であるPIは、2016年に100万トン/年だった有機肥料の生産量を、2030年までに690万トン/年まで増産する計画である¹（図1）。従来の家畜糞を使った堆肥生産では目標の達成は困難であることから、PIはその実現のために、地方自治体と連携して都市ごみを活用した堆肥生産の可能性を模索しており、バリクパパン市はその中で最優先都市に位置づけられている。

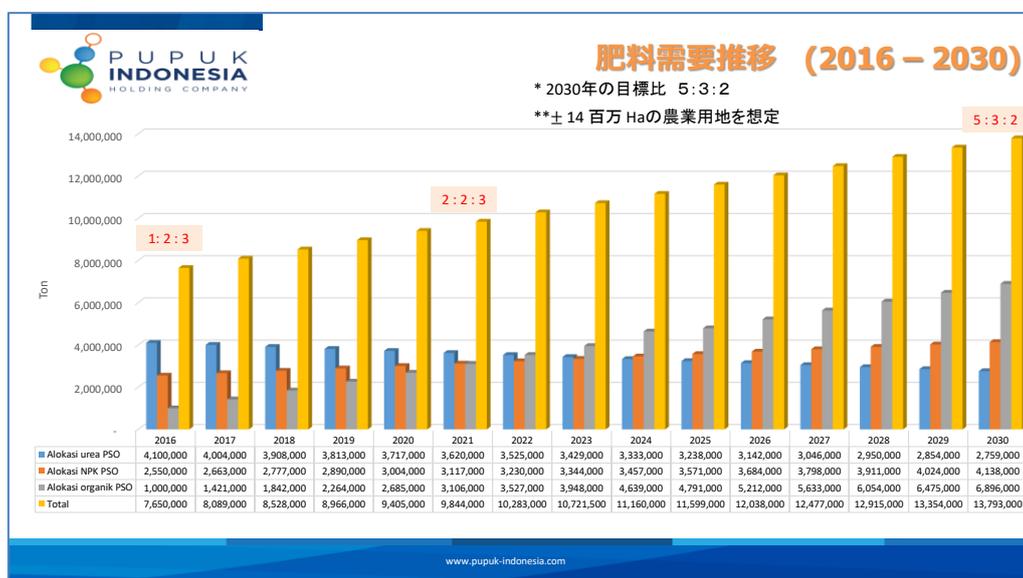


図 1. PT Pupuk Indonesia による 2030 年までの肥料増産計画

出所) PT Pupuk Indonesia (2016) を調査団が一部日本語訳

¹ PT Pupuk Indonesia (2016) Pengembangan Pupuk Indonesia.

<生ごみの発生源分別と回収システム整備>

バリクパパン市は、パレンバン市とともに、JICA の技術協力プロジェクト「3R 及び廃棄物適正管理のためのキャパシティ・ディベロプメント支援プロジェクト」(以下、JICA 3R 事業という)の対象都市となり、2013～2017 年に技術協力支援事業が実施された。同事業を通して、モデル地区において家庭ごみの発生源分別を行い、資源ごみをさらに分別する資源物回収所 (Materials Recycle Facility: MRF) が設置された。しかし、PI が目指している堆肥生産量 (50 トン/日) を実現するためには、少なくとも約 167 トン/日 (生ごみの 30%が堆肥になると仮定した場合) の生ごみを得る必要があり、モデル地区で分別される生ごみだけでは足りないことが予想される。そのため、生ごみの発生量が多いと想定される市場、ガーデンウェスト、食品加工会社、ショッピングモール、レストラン等からの事業系有機廃棄物の発生量及び性状等を把握し、発生源分別と回収システムを確立する必要がある。

<有機廃棄物の処理能力が低い>

バリクパパン市では、市営のリサイクル施設を備えた中間処理場 (TPS 3R) やコンポストセンターが複数あるが、品質・生産量ともに劣っている。50 トン/日の堆肥を生産するためには、事業系生ごみの堆肥化に加え、これら既存の市営コンポストセンターで生産した堆肥を、二次発酵用のインプットとして活用することが必要だと考えられるため、市営コンポストセンターの生産能力向上も併せて必要である。

<製品基準に合わせた堆肥生産方法の確立>

PI の有機堆肥の規格製品であるペトロオーガニック (Petroganik) は、牛糞・鶏糞主体の堆肥をブレンドして造粒したものであり、インドネシアの有機肥料に関する国家規格 (SNI) を満たしているとともに、一定の硬度を有するなど、製品としての規格も満たしている必要がある。他方、バリクパパン市では畜産業は限定的であるため、バリクパパン市で入手可能な都市ごみを主体とした堆肥から SNI 及びペトロオーガニックの製品規格を満たす堆肥の生産方法を確立する必要がある。

<最終処分場の逼迫>

バリクパパン市唯一の最終処分場 (TPA Manggar) は、2018 年中には区画整備済みのゾーン 1～4 まで満杯になる見込みである。現在、隣接する 10ha の土地を拡張整備しているが、丘陵地が多い土地柄のため、最終処分場をさらに拡大していくには限界がある。また同処分場は運用上オープンダンプングであり、メタンガスの発生や環境汚染も懸念される。そのため、都市ごみの大規模堆肥化により、最終処分場へ運搬される有機系ごみを削減できると、これらの課題解決に寄与することが期待できる。

1.3 これまでの取組経緯

<スラバヤ市での経緯・実績>

弊社は、外務省の実証事業 (2012～2013 年)、JICA の実証事業 (2013～2016 年) を活用して、スラバヤ市においてリサイクル型中間処理施設及びコンポストセンターを設置し、運営してきた実績がある。それらの実績を踏まえ、2016 年度には環境省の我

が国循環産業海外展開事業化促進事業の「事業環境基礎調査」を活用して、スラバヤ市で100トン/日規模の分別・堆肥複合施設の構築に関する基礎調査を行った。調査の結果、事業モデルとしては、市場など有機系廃棄物を多く排出する事業者ターゲットを絞れば、比較的容易に分別回収が可能であること、そして、最低Rp150,000/トンのティッピングフィーが得られればランニングコストは賄えること（イニシャルコストは別途必要）が判明した。一方、スラバヤ市では最終処分場の管理が民営化されており、同市と民間会社との間に長期契約が存在していたため、新たな廃物処理事業の参入が困難であることに加え、外資系に該当される弊社単独では事業化に必要なティッピングフィーをスラバヤ市から得にくいことが判明した。そのため、スラバヤ市での事業化については見直している状況である。

<PIとの連携経緯>

PIは、尼国の方針に基づいて有機肥料の増産を推進するにあたり、当初、JICAインドネシアに協力要請を行い、JICAインドネシアはスラバヤ市での実績があった弊社を紹介した。それをきっかけに、2016年10月にはPIのブンガラン・サラギ（Bungaran Saragih）理事長（元尼国農業大臣）をはじめ計4名が北九州市を訪問して弊社と意見交換を行った。また、2017年4月には、PI主催の有機肥料増産に関するセミナーが尼国農業省や環境林業省等を招いてジャカルタで開催され、弊社もスラバヤ市の経験を紹介するために招聘された。これらの経緯を経て、PIがバリクパパン市で堆肥化事業の可能性を検討するパートナーとして弊社が選定された。

<バリクパパン市との連携経緯>

上記PIとの連携をきっかけとして、PI、北九州市とともに、堆肥化の最優先候補地であったバリクパパン市を複数回訪問し、同市環境局や関連部署と関係構築を図ってきた。2017年度には、バリクパパン市におけるPIと連携した堆肥化事業を想定して、北九州市の事業可能性調査業務委託を活用してバリクパパン市で基礎調査を実施した。本調査では、基礎調査で把握できなかった不足データを掘り下げて調査を行った。

1.4 事業の目的

上記の課題や背景を踏まえ、本事業は、弊社がインドネシア共和国スラバヤ市において実践し蓄積してきたリサイクル型中間処理施設及びコンポストセンターの設置・運営ノウハウを活用し、PIとの長期契約を基に現地法人を設立して、バリクパパン市の最終処分場（TPA Manggar）内の20,000m²の敷地において堆肥工場（処理能力：100トン/日程度の混合ゴミを想定）を建設し、市内の有機系廃棄物から堆肥を生産してPIの有機肥料製品として販売する事業について、実現可能性を調査・検討したものである。この事業モデルの確立により、バリクパパン市が抱える廃棄物管理課題の解決、市の美化・緑化の推進、循環型都市形成の推進、雇用の創出等に資することも期待している。また、バリクパパン市での事業が軌道に乗った後は、PIと連携して、インドネシアの他の自治体へ同様な事業モデルの横展開を行うことにより、PIが目指している有機肥料の増産と、それによる農地の土壌劣化の防止、並びに、健全な農業生産の推進等に資することも視野に入れている（図2）。

上記目的を実現させるために、バリクパパン市を中心に、現地調査を平成30年11月/・

12月、平成31年1月の計3回行った。そして、①堆肥の原料調査、②サンプル堆肥の試作と性状分析、③現地関係者との事業に関する共通理解の構築、④市営コンポストセンターの堆肥化能力の構築支援を行い、それらを基に、⑤事業展開計画の策定と⑥事業の実現可能性評価を行った。

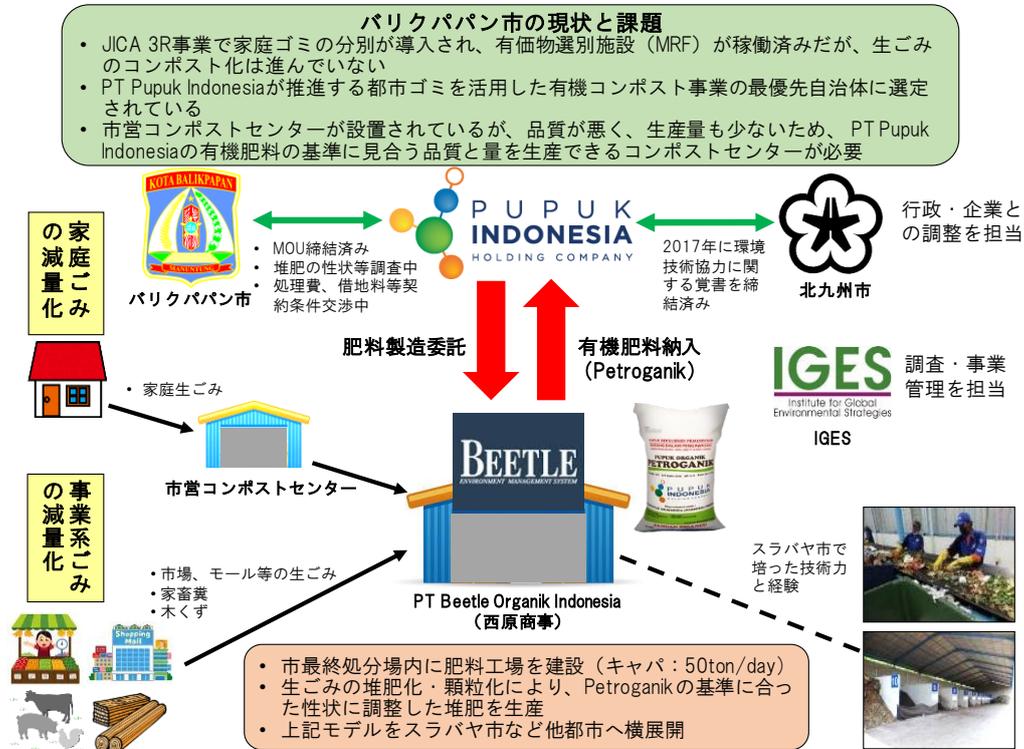


図 2. 事業全体のスキーム図

出所) 調査団が作成

2. 海外展開計画案の策定

事業計画についてPIと協議を行って共通理解を得るために、11月の現地調査を終えた段階で「コンセプトノート」を作成し、その内容について協議と更新を重ねてきた。コンセプトノートには、事業の背景、目的、課題、対策の方向性、事業モデルの詳細（場所、プロセス、利用技術、コスト積算）を網羅した。そのため、このコンセプトノートが海外展開計画案に当たる。平成31年2月現在のコンセプトノート（海外展開計画案）を付録1に示した。

3. 対象地域における現状調査

本調査では、バリクパパン市に計3回（平成30年11月4日～10日、出張者4名；平成30年12月2日～8日、出張者3名、平成31年1月22日～26日、出張者4名）渡航し、廃棄物に関する現状調査を行った。このうち、12月、1月の渡航時にはジャカルタにも寄り、PIとも協議を行った。また、12月の渡航時には、PIの子会社で堆肥の製造や試験を行っているPT Petrokimia Gresik（於：グレシック市）も訪問し、現状の有機堆肥製造プロセスの視察及び協議を行った。これら現状調査の結果を以下の通り整理した。

3.1 廃棄物発生状況

バリクパパン市の現行の最終処分場は、1999年に設立されたTPA Manggarである。敷地面積は500,000 m²で、浸出水処理施設とメタンガス回収設備を兼ね備えた衛生埋立形式の施設である。トラックで搬入された廃棄物の重量は、デジタル計量機で廃棄物の投棄前後の車重の差から割り出されており、発生源毎の廃棄物発生量を把握できるシステムになっている（図3）。

TPA Manggarにおける廃棄物受入れ量は、データが存在する2002年から増加傾向にあったが、2015年の370.6トン/日をピークに、ここ2年間は若干下降傾向にあり、直近の2017年は353.2トン/日だった（図4）。



ごみが山積みになっている様子



トラックの計量を行っている管理棟

図3. バリクパパン市の最終処分場（TPA Manggar）の様子

出所）調査団撮影（2018年11月）

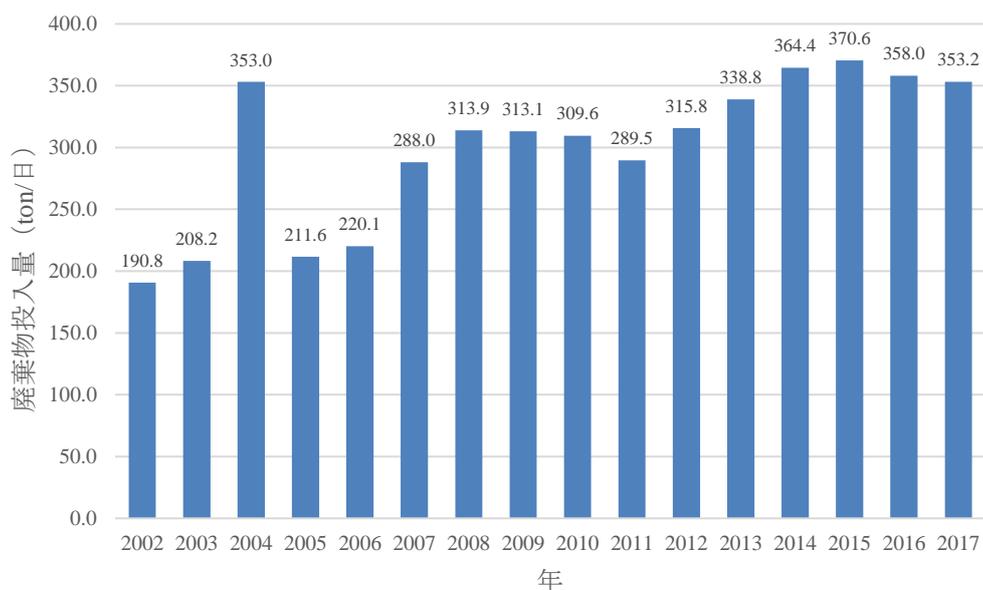


図 4. バリクパパン市の最終処分場（TPA Manggar）における廃棄物受入れ量の推移
出所）バリクパパン市環境局のデータを基に調査団が作成

JICA 3R 事業において実施された、バリクパパン市の様々なセクター（家庭、商業施設、市場、道路、公園）から排出されているごみの組成分析結果を表 1 に示した²。生ごみの排出量が特に多いセクターは、レストラン（67.24%）、家庭（高所得：64.70%、中所得：59.30%、低所得 61.29%）、市場（59.87%）であった。

表 1. バリクパパン市における廃棄物の組成

Komposisi	Persentase Berdasarkan Sumber (%)												
	Kawasan Permukiman			Kawasan Komersial			Hotel	Office	School	Hospital	Traditional Markets	Street Sweeping	Park Sweeping
	High-income	Middle-income	Low-income	Restaurant	Shops	Hypermarkets							
Food Waste	64.70%	59.30%	61.29%	67.24%	40.89%	36.94%	33.06%	22.10%	7.88%	31.97%	59.87%	6.99%	5.73%
Grass and Woods	0.43%	0.70%	0.00%	1.14%	1.48%	2.39%	2.92%	4.81%	12.70%	1.37%	4.90%	47.85%	52.66%
Paper	8.98%	5.72%	6.30%	4.89%	22.27%	23.46%	16.74%	37.96%	46.16%	20.99%	6.12%	14.11%	8.61%
PET Bottle	5.12%	4.29%	2.75%	2.92%	2.98%	1.74%	3.30%	5.32%	6.02%	8.57%	1.15%	3.16%	1.68%
Plastics	9.37%	9.42%	6.79%	6.73%	12.98%	16.59%	8.60%	7.59%	13.65%	9.68%	4.77%	13.91%	18.23%
Textile	0.48%	5.35%	2.93%	0.09%	0.82%	0.00%	6.95%	2.74%	0.79%	8.55%	9.55%	0.00%	0.00%
Leather and Rubber	1.52%	2.95%	1.94%	0.23%	0.00%	0.00%	1.93%	0.00%	0.00%	0.97%	3.22%	0.00%	0.00%
Metal	3.35%	3.59%	8.57%	3.98%	6.46%	3.93%	7.74%	2.38%	1.20%	6.06%	1.14%	0.51%	1.43%
Glass	3.67%	6.08%	4.81%	9.95%	5.94%	11.57%	12.31%	7.19%	2.45%	8.20%	5.45%	6.48%	1.24%
Hazardous	0.85%	0.40%	0.39%	0.09%	0.58%	0.00%	0.28%	0.93%	0.00%	0.00%	0.18%	0.00%	0.54%
Other	1.53%	2.20%	4.23%	2.74%	5.60%	3.38%	6.19%	8.99%	9.16%	3.65%	3.64%	7.00%	9.88%

出所）JICA（2014）

² JICA (2014) Laporan Akhir Balikpapan.

3.2 廃棄物関連条例・政策

バリクパパン市では、廃棄物管理に関して表 2 に示す法令が整備されており、基本的な事項はカバーされている。特に、2018 年に制定されたプラスチック袋を削減するための市長令は、小売店でのプラスチック袋の提供を禁止しており、積極的に 3R を推進していることが伺える。

表 2. バリクパパン市における廃棄物関連法令

法令の内容	法令番号／発令年	概要
ごみ処理に係る税金に関する地方令	Perda No. 23/2000 Perda No. 9/2011 (更新版) Perda No. 4/2018 (更新版)	ごみ処理に係る税金に関して定めた地方令。課税対象者がクラス分けされ、それぞれの税金額及び罰則について示されている。2011 年改訂版では、カテゴリーが簡素化されたが、大規模事業者に対しては税額が値上された。
一般廃棄物管理に関する地方令	Perda No. 10/2004 Perda No. 13/2015 (更新版)	廃棄物管理に関する基礎的事項を総合的にまとめた地方令。「それぞれの項目の詳細は市長令より示す」となっている。
最終処分場の職務及び組織体制に関する市長令	Perwali No. 41/2012 Perwali No. 10/2016 (更新版)	最終処分場の職務及び組織体制に関する市長令。2016 年更新版では排水処理に関する規定が更新された。
プラスチック袋を削減するための市長令	Perwali No. 8/2018	プラスチック袋の削減を目的に、スーパー等小売店でのプラスチック袋の提供を禁止し、係る罰則等が示されている。

出所) バリクパパン市環境局

バリクパパン市では、廃棄物マスタープランが 2017 年に策定された。廃棄物マスタープランの目的・課題と具体的な取組目標は以下の通り。この中で、8 つ目の具体的な取り組み目標として、PI との連携が位置づけられている。ただし、具体的な連携内容については触れられていない。また、バリクパパン市では、2017 年に最終処分場 (TPA Manggar) の設置・管理に関する仕様及び計画についてまとめた最終処分場のマスタープランも策定されている。

<p>a. 目的・課題</p> <p>「2020 年に向けた衛生的で健康に共生するバリクパパン」を目標に、廃棄物分野では 5 つの課題を挙げている。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 公共サービスの向上 2. 廃棄物の適正管理施設の建設推進 3. 啓発活動の推進 4. 市民参加型の環境プログラム活性化 5. 市民への環境教育の推進 <p>b. 具体的な取組目標</p> <p>具体的な取り組み目標として下記の 8 つが挙げられている。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 90%以上のサービス満足度を達成する 2. 各 Kelurahan と Kecamatan にゴミ銀行、TPS 3R を設ける 3. GunungBahagia での発生源分別パイロットプロジェクトを推進する 4. MRF を最大限に運営する 5. ITF を最大限に運営する 6. ゴミ銀行中央支部を設立、運営する

- | |
|---|
| 7. 最終処分場の埋立てゾーンを拡大する |
| 8. PT Pupuk Indonesia と協力し有機物の有機肥料化を進める |

3.3 廃棄物関連経費及び予算

廃棄物マスタープランでは、2016年の廃棄物管理に要した経費が示されている（表3）。合計 Rp 584,601/トンに要している廃棄物管理業務のうち、運搬に要している費用が46%と最も多く、次いで中間処理（28%）、回収（16%）、最終処分（10%）であった。

本提案事業では、堆肥製造工場の予定地が最終処分場内にあるため、運搬に要する費用の削減にはあまり寄与しないと考えられる。また、中間処理と回収では、発生源分別による分別回収の導入と、より多くの中間処理施設で小～中規模の堆肥生産を行うことを想定しているため、中間処理と回収ではコストの増加が見込まれる。一方、最終処分量は発生源分別の推進と堆肥化により、低減することが見込まれる。総合して考えた場合、堆肥化により廃棄物管理に関する既存課題への解決には寄与するが、経費削減に関してはあまり多くは見込めないと考えられる。

表3. バリクパパン市の廃棄物マスタープランにおける2016年の廃棄物管理経費

NO	項目	経費 (Rp / ton)	割合 (%)
1	回収	93,000	15.9
a	運営	77,500	—
b	管理	15,500	—
2	中間処理	161,808	27.7
a	運営	134,840	—
b	管理	26,968	—
3	運搬	269,793	46.1
a	運営 (トラック)	129,533	—
a'	運営 (アームロール)	78,000	—
b	管理 (トラック)	38,860	—
b'	管理 (アームロール)	23,400	—
4	最終処分	60,000	10.3
計	合計	584,601	100

出所) バリクパパン市廃棄物マスタープラン (2017年)

3.4 中間処理施設

バリクパパン市には、最終処分場の他に、市営の中間処理施設が複数あり、堆肥化や資源物回収も行っている。一般的な中間処理施設 (TPS) は、コミュニティ (一般家庭) 等から回収した廃棄物を一時的に保管し、最終処分場まで廃棄物を運ぶトラックに積み替える場所で、市内に計521カ所ある。その中で、市内の混合ゴミを集積して資源物の回収及びリサイクルを行う TPS (TPS-3R と称している) は、11カ所ある。また、市内の市場ごみやガーデンウエストを集積してコンポストを製造するコンポストセンターが大小合わせて70カ所ある (表4)。バリクパパン市環境局の試算と計測によると、市内の中間処理施設全体での生ごみ処理キャパシティは約57.78 ton/dayあり、実際の堆肥生産量は5.83 ton/day (2016年)

とのことである。

本調査では時間の都合で施設の視察は5件に留まるため（表4の網掛け部分）、全てのコンポストセンターの運営状況は不明であるが、多くの施設では堆肥生産を行っておらず、生産能力は過大評価をしている可能性が考えられる。例えば、TPA Manggar（表4、12番）の生ごみ処理キャパシティは18 ton/dayで、堆肥生産量は2 ton/dayとなっているが、実際の生ごみ投入量は平均約2.5 ton/dayだったのに対して堆肥の生産量は平均約0.17 ton/dayであった（後述のTPA Manggarコンポストセンターで示す）。敷地面積から勘案しても、実際の生産能力は1 ton/day程度だと思われる。

表4. バリクパパン市におけるリサイクル機能を有した中間処理施設一覧。網掛けした施設は、本調査で視察を行ったことを示す。

No.	種類	住所	設置数	キャパシティ ton/day	堆肥生産量 ton/day
1	TPS 3R	Kelurahan Margo Mulyo	1	3	0.00
2	TPS 3R	Kelurahan Karang Rejo	1	3	0.00
3	TPS 3R	Kelurahan Graha Indah	1	3	0.00
4	TPS 3R	Kelurahan Sepinggan Baru	1	3	0.00
5	TPS 3R	Kelurahan Manggar	1	3	0.00
6	TPS 3R	Kelurahan Teritip	1	3	0.00
7	TPS 3R	Kelurahan Gunung Bahagia	2	3	0.00
8	TPS 3R	Kelurahan Margasari	1	3	0.00
9	TPS 3R	Kelurahan Gunung Bahagia (MRF)	1	10	0.00
10	TPS 3R	Kelurahan Sepinggan (ITF)	1	10	0.00
11	コンポストセンター	Kelurahan Sepinggan Raya	1	1	0.00
12	コンポストセンター	Kelurahan Manggar (lokasi di TPA Manggar)	1	18	2.00
13	コンポストセンター	Kelurahan Sepinggan Baru	1	1	0.25
14	コンポストセンター	Kecamatan Balikpapan Utara (家庭規模)	2	1	0.25
15	コンポストセンター	Kecamatan Balikpapan Timur (家庭規模)	7	4	0.35
16	コンポストセンター	Kecamatan Balikpapan Selatan (Rumah Kompos Rengganis Kel. Gunung Bahagia)	1	6	0.50
17	コンポストセンター	Kecamatan Balikpapan Selatan (家庭・事業所規模)	10	5	0.40
18	コンポストセンター	PT. BES Balikpapan	1	3.4	0.10
19	コンポストセンター	Gn Bugis (Total Indonesia Balikpapan)	1	3.5	0.20
20	コンポストセンター	Perumahan Total Sepinggan (Total Indonesia Balikpapan)	1	3.5	0.20
21	コンポストセンター	Pasar Pandan Sari	1	6	0.20
22	コンポストセンター	Pasar Klandasan	1	6	0.20
23	コンポストセンター	Sekolah Adiwiyata (42 Sekolah)	42	1	1.18
24	コンポストセンター	事業所	0	0	-
25	コンポストセンター	高級住宅街	0	0	-
26	コンポストセンター	企業	0	0	-
合計			81	57.78	5.83

出所) バリクパパン市環境局

今回の調査で実際に視察した中間処理施設の概要は以下の通り。なお、表 4 の 21 番、22 番のコンポストセンターは市場「3.6 バリクパパン市における堆肥製造資源ポテンシャル」で別途整理した。また、表 4 に含まれていない中間処理施設として、ごみ銀行センターを加えた。

資源物回収所 (MRF)

バリクパパン市における JICA 3R 事業では、資源物回収所 (MRF) が整備され、グヌンバハギアの 13 の地区 (RT) を対象にごみの発生源分別と回収による再資源化が行われている。MRF では、ベルトコンベアのラインでペットボトル、プラのカップ、紙、段ボール、缶、鉄等を作業員が手で分別して回収し、近隣のリサイクル業者に売却している。レジ袋などのプラスチック類は受入れ先がないため、残渣と一緒に最終処分場に廃棄されている (図 5)。

JICA 3R 事業が終了した後、バリクパパン市は自らのイニシアティブで分別回収を行う RT を増やし、現在ではグヌンバハギアの全 57 の RT (2018 年 12 月時点での人口 : 19,310 人、世帯数 : 6,718) すべてに分別回収が導入されるに至っている。グヌンバハギアの全 57RT で分別回収されて MRF に送られた資源ごみは、2018 年は月平均で 4,167 kg/month (約 0.14 ton/day) とのことである (図 6)。



ベルトコンベアで分別している様子



分別後の資源物

図 5. バリクパパン市の資源物回収所 (MRF) の様子

出所) 調査団撮影 (2018 年 11 月)

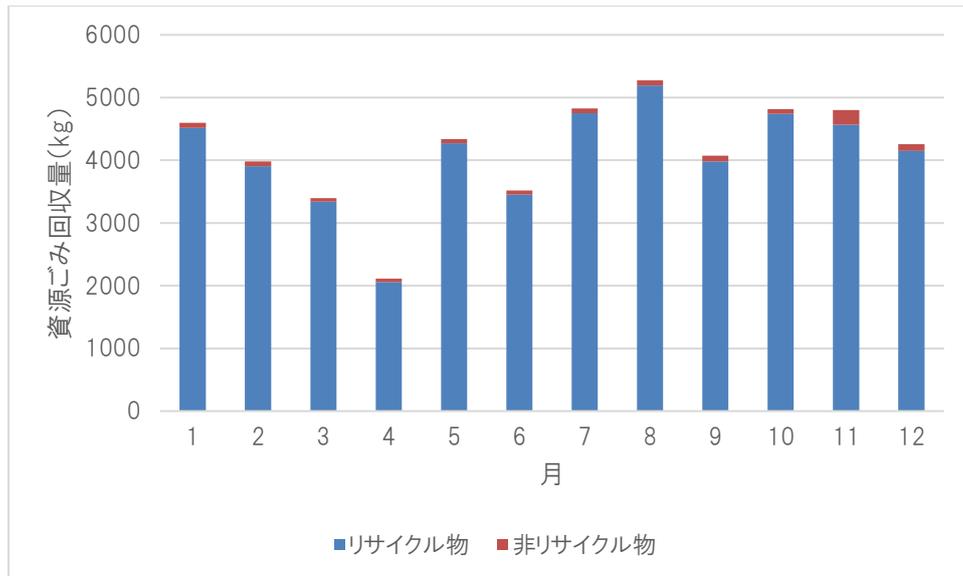


図 6. 2018 年における MRF の資源ごみ受入れ量の月毎の推移
出所) バリクパパン市環境局のデータを基に調査団が作成

TPA Manggar コンポストセンター

最終処分場 (TPA Manggar) では、搬入された廃棄物をベルトコンベアで分別して、生ごみを堆肥化しているコンポストセンターがある。搬入する廃棄物は、パンダンサリ市場から出る市場ごみと国営石油会社 (プルタミナ社) の敷地から出るガーデンウェーストである。搬入物は異物をベルトコンベアで選別後、破碎し、発酵促進剤 (EM-4) を散布してカバーをかけて発酵させ (かき混ぜなし)、その後乾燥、異物除去を行って堆肥を製造している (全行程所要期間 2~3 ヶ月間) (図 7)。

TPA Manggar で製造した堆肥は販売することが市長令で義務付けられており、Rp 25,000/kg (袋あり、袋なし : Rp 1,000) で販売している。環境局 (DLH) から入手したデータによると、2010 年から 2015 年までにコンポストセンターにて処理した生ごみの量は平均約 900 ton/year (約 2.5 ton/day) 程度で、堆肥生産量は平均約 63 ton/year (約 0.17 ton/day) で推移している (表 5)。



堆肥作成状況



トロンメルでの異物除去プロセス

図 7. バリクパパン市の最終処分場 (TPA Manggar) のコンポストセンターの様子
出所) 調査団撮影 (2018 年 11 月)

表 5. バリクパパン市の最終処分場 (TPA Manggar) における
コンポストセンターの堆肥生産量

年	利用した生ごみの量 (kg)	堆肥生産量 (kg)	堆肥提供量 (kg)
2010	686,120	48,028	33,590
2011	915,040	64,053	29,720
2012	800,120	57,885	38,520
2013	910,380	70,605	34,095
2014	1,202,650	94,740	33,915
2015	879,790	42,310	24,030
合計	5,394,100	377,621	193,870
平均	(899,017)	(62,937)	(32,312)

出所) バリクパパン市環境局

統合的処理施設 (ITF)

バリクパパン市が管理している大型中間処理施設の一つに統合的処理施設 (ITF、または TPST Kota Hijau) がある。ITF は、インドネシア公共事業省の支援で建設された施設で、2017 年 12 月に運営が開始された。1 日 1 回、最寄りのスピガン市場から市場ごみをトラック 1 台分搬入し、ベルトコンベアのラインで資源ごみ、生ごみ、残渣を分別する。生ごみは、破碎後にコンテナ容器に入れて暗室に収納し、生ごみから出た浸出した液体を散布して 20 日間発酵させ (腐らせ)、その後平積みにして乾燥させる半嫌気性発酵手法を用いている (図 8)。嫌気性発酵を行っているため、施設内はアンモニアと腐敗臭が強く、ごみの処理量も、2016 年の当該施設建設時にバリクパパン市が想定していたトラック 2 台分の半分しか処理できていない状況である。2018 年の生ごみ処理量は、約 2 m³ のコンテナ平均 1.9 杯分 (約 1.9 ton/day) で、残りは資源ごみと残渣であった (図 9)。

同施設はまだインドネシア公共事業省からバリクパパン市に正式に移譲されていないため (2018 年 11 月時点)、施設の改修可否については不明であるが、仮に、本調査で試験的に実施した堆肥作成と同じ好気性発酵の手法を用いたと仮定すると、施設の面積 (約 20 m×30 m) から勘案して、10 ton/day 程度まで処理能力を向上できると考えられる。



ITF における分別ラインの様子



ITF 内部の様子 (堆肥の山)

図 8. バリクパパン市の統合的処理施設 (ITF) の様子

出所) 調査団撮影 (2018 年 11 月)

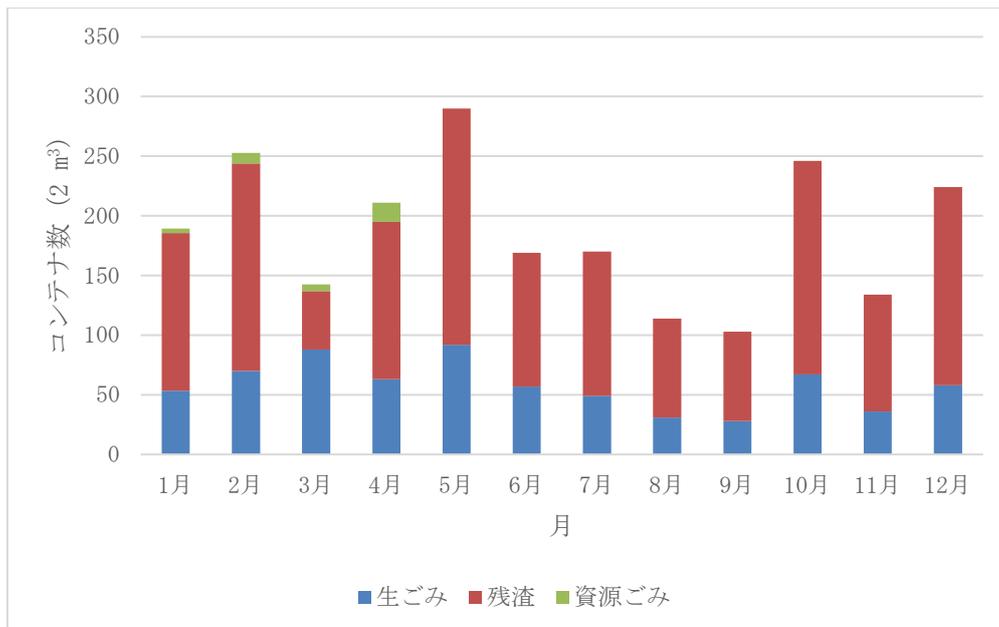


図 9. バリクパパン市の統合的処理施設 (ITF) の 2018 年における受入れごみ量
出所) バリクパパン市環境局のデータを基に調査団が作成

ごみ銀行センター

バリクパパン市には、市内に 105 カ所のごみ銀行ユニットがあり、資源ごみの回収を行っている。各ごみ銀行ユニットで回収した資源ごみは、ごみ銀行センター (Bank Sampah Induk) に集められ、不定期にスラバヤ市まで船で搬送されて、スラバヤ市のリサイクル問屋に売却されている。船便でジャワ島まで運ばれているのは、カリマンタン島に資源ごみの中間加工工場がないためである。そのため、バリクパパン市における資源物の卸売単価は、運搬コストや中間業者のマーヅンを差し引いた額となっており、ジャワ島のそれと比べて低い (例: 未破碎クリアペットボトルの問屋への販売単価は、ジャワでは Rp 1300/kg なのに対し、バリクパパン市では Rp 900/kg)。

ごみ銀行センターにおける資源物の回収量は、ペットボトルが約 10 トン/月、ダンボールが約 8 トン/月とのことである (ごみ銀行センター長談) (図 10)。ガラス、レジ袋等のプラスチックは受入れ先がないため回収していない。ペットボトルは、以前は破碎機でカットしてフレーク状にして売却していたが、不純物が混じっていても分かりにくく、値段がボトルのままと変わらないことから、現在では破碎せずに売却しているとのことである。



図 10. バリクパパン市のごみ銀行センター
出所) 調査団撮影 (2018 年 11 月)

3.5 家庭・コミュニティにおける分別回収

JICA 3R 事業が終了した後、バリクパパン市は自らのイニシアティブで分別回収を行う RT を増やし、現在ではグヌンバハギアの全 57 の RT すべてに分別回収が導入されるに至っている。分別回収された資源ごみは全量が MRF に送られて再資源化されているが、生ごみや残渣は最終処分場に運ばれている。MRF で回収されている資源ごみは、2018 年は月平均で 4,167 kg/month (約 0.14 ton/day) だった (図 6)。一方、グヌンバハギアから最終処分場に搬入されたその他のごみ (生ごみ・残渣) は平均 5.37 ton/day (TPA Manggar のデータのうち、2018/09/15~09/22 の 1 週間平均値) であった。図 6 でリサイクル物の割合が非常に高いことから、各家庭での資源ごみの分別率が高いことが伺えるが、最終処分場に運ばれているごみの量と比較して MRF で回収されているごみの量が少なすぎるため、最終処分場に運ばれているごみにもまだ多くの資源ごみが混ざっている (生ごみもきれいに分別されているわけではない) と考えられる。そのため、グヌンバハギアから排出されるごみの総量 ($0.14 + 5.37 = 5.51$ ton/day) に対して、表 1 で示したごみの組成のうち、中所得階級住宅地の生ごみの割合 (59%) を当てはめると、グヌンバハギアから得られる生ごみは約 3.25 ton/day だと推定できる。

本調査では、JICA 3R 事業で対象となった 13 の地区の中で最も成功しているコミュニティ (環境局談) として、RT 26 を視察した。同コミュニティでは、家庭で 2 種類 (生ごみ、その他の乾きごみ) に分別されたごみは、コミュニティ内に数カ所あるごみの回収ポイントにおいて、所定の回収スケジュール (月火水金土は生ごみ、木曜日はその他の乾きごみ) に沿って回収されていた (図 11)。

バリクパパン市環境局によると、グヌンバハギアの分別回収モデルは、今後他の 4 つの地区 (グラハ、スピガン、スピガンバル、ITF 周辺) に横展開する計画で、分別された乾きごみは MRF で再資源化し、生ごみは ITF で処理する構想とのことである。また、来年にはさらに対象コミュニティを増やしていく予定とのことである。仮に、これら 4 つのコミュニティにて、グヌンバハギアと同じ量のごみ分別回収が行われたと仮定すると、バリクパパン市の市民活動を通して分別できる生ごみは約 16 ton/day ($3.25 \times 5 = 16.25$) だと推定できる。



グヌンバハギア RT 26 コミュニティを視察した際の様子



グヌンバハギア RT 26 コミュニティで掲示してある分別回収プロセス

図 11. グヌンバハギア RT 26 コミュニティの視察状況

出所) 調査団撮影 (2018 年 11 月)

3.6 バリクパパン市における堆肥製造資源ポテンシャル

バリクパパンで入手可能な資材を用いてどの程度の堆肥が生産可能かを把握するため、生ごみや堆肥の副資材の状況について資源調査を行った。

(1) 市場ごみ

市場は、野菜や肉など生鮮食材のくずをはじめとする生ごみを多く排出する発生源であるため、堆肥の原料確保において有望である。バリクパパン市では、交易局 (Dinas Perdagangan) が以下の 4 つの市場を管理している：

- パندانサリ市場 (Pasar Pandansari) (中央卸市場)
- クランダサン市場 (Pasar Klandasan)
- スピンガン市場 (Pasar Sepinggan)
- インプレス市場 (Pasar Inpres)

このうち、インプレス市場はパندانサリ市場の隣にあるお土産品専門の市場で生鮮食材を扱っていないことから生ごみの発生は見込めないため、パندانサリ市場、クランダサン市場、スピンガン市場の 3 つを対象を絞って視察を行った。また、民間の市場の中で、規模が最も大きく、最終処分場のデータで市場ごみとして個別に識別されている市場として、バル市場 (Pasar Baru) があるため、このデータも参照した。なお、交易局は小規模な市場は管理しておらず、小規模市場のごみは近隣住宅地のものと混ざって回収されているため、調査対象から除外した。

4 つの市場の概要を表 6 に、また、視察を行った 3 つの市場の写真を図 12 に示した。現在、スピンガン市場で排出された廃棄物のうち、トラック 1 台分のごみ (約 4 ton/day) が ITF で堆肥化されているほか、パندانサリ市場からトラック 1 台分 (約 4 ton/day)、計約 8 ton/day のごみが TPA Manggar のコンポストセンターで堆肥化されている。これらの堆肥化に供されているごみを除くと、4 つの主要市場のごみ発生量は計 35.6 ton/day だと推定できる。表 1 で示した市場ごみの組成における生ごみの割合 (約

60%)を適用すると、バリクパパン市の市場ごみから堆肥化に用いることができる生ごみは 21 ton/day 程度だと推定できる。

表 6. バリクパパン市における生鮮食材を扱う主要 4 市場のごみの概要

市場名		パンダンサリ市場	クランダサン市場	スピガン市場	バル市場
扱っている商品 (ごみの種類)		生鮮食品、衣類、雑貨等 (業者/一般向け)	生鮮食品、衣類、雑貨等 (一般向け)	生鮮食品、衣類、雑貨等 (一般向け)	—
テナント数		1476 (生鮮食品 754、その他食品 264、乾きもの 458)	405 (生鮮食品 277、その他食品 73、乾きもの 55)	771 (生鮮食品 302、その他食品 278、乾きもの 191)	—
ごみ発生量	ヒアリング	トラック 2 台分 (1 台 2 回ローテーション)	トラック 1 台分	トラック 2 台分 (1 台 2 回ローテーション)	—
	最終処分場 (TPA データより)	9.1 ton/day	3.6 ton/day	8.9 ton/day	6.0 ton/day
	中間処理場での処理量	推定 4 ton/day (TPA)		推定 4 ton/day (ITF)	—
ごみの保管場所		隣接 TPS (近隣住民も利用)	隣接 TPS	隣接 TPS	—
清掃スタッフ数		16 名	15 名	11 名	—
コンポストセンター		有: ウィンドロー方式で 30 kg/月程度生産	有: 現在改修工事中	有: 別目的に使用されており、機能していない	—

出所) 視察調査結果及びバリクパパン市環境局から入手したデータを整理



パンダンサリ市場外観



パンダンサリ市場隣接 TPS



クラダサン市場外観



クラダサン市場隣接 TPS とコンポストセンター



スピガン市場外観



スピガン市場隣接 TPS

図 12. 視察を行ったバリクパパン市における主要な3つの市場の様子

出所) 調査団撮影 (2018年12月)

(2) ガーデンウェスト・森林公園・植物園

バリクパパン市では、従来、ガーデンウェストの管理業務(住宅街や道路の街路樹、公園の樹木等の剪定や落ち葉の清掃等管理)は、清掃公園墓地局(Dinas Kebersihan, Pertamanan dan Pemakaman : DKPP)が担当していた。DKPPは2017年に解散となり、3つあった機能のうち、美化・清掃を環境局(DLH)に、そして景観(Landscaping)と墓地の管理を住宅居住局(Dinas Perumahan dan Permukiman: Disperkim)に移管した。そのため、ガーデンウェストの管理業務は現在 Disperkim が管轄している。

環境局と確認の上、最終処分場のデータと照合した結果、Disperkim は公園のガーデ

ンウェーストとして1日トラック2往復(0.9トン/日)、住宅・道路のガーデンウェーストとして1日トラック1往復(1.7トン/日)、計2.6トン/日を回収・運搬していることが分かった(図13)。この中にはプラスチック類や堆肥化に向かない太い枝なども含まれているため、バリクパパン市において堆肥化に活用できるガーデンウェーストは約2 ton/day程度だと推定できる。

他方、バリクパパン市内には森林公園が23カ所ある。視察で訪れた Hutan Kota RSS (Rumah Sangat Sedirhana) Damai 3は、1.5 haと小規模な森林公園で、大量の落ち葉があるため、それを活用したコンポスト作成をバリクパパン市は検討している(図13)。最も大きな森林公園は、ランガンサリという森林公園で、8.9 haある。仮に、23カ所の森林公園それぞれで50 kg/day程度の落ち葉が集まると仮定すると、バリクパパン市において堆肥化に活用できる森林公園から集められる落ち葉は1 ton/day程度だと推定できる。

また、バリクパパン市では、インドネシア最大の植物園(Kebun Raya Balikpapan)を環境局が管理しており、園内のガーデンウェーストが480 kg/day排出されている(図13)。それらは、園内での堆肥化が試みられてきたが、ウィンドロー方式で約3ヶ月間かかっていた。そのため、2019年1月の現地調査では、現地で堆肥化の指導を行った。植物園では、できるだけ園内での堆肥化を考えているため、植物園からのガーデンウェーストは今回の資源量ポテンシャルの計算には入れないこととした。



ガーデンウェーストの積み降ろし



森林公園 (Hutan Kota RSS Damai 3)



植物園の堆肥小屋



植物園の堆肥ピット

図13. ガーデンウェースト

出所) 調査団撮影(2018年12月、2019年1月)

(3) 食品加工工場

環境局へのヒアリングを基に、食品廃棄物がありそうな食品加工工場として、エビの加工を行っている PT Sumber Kalimantan Abadi と、テンペ・豆腐製造団地であるカリアンガン・ソンバー工業団地 (Kawasan Industri Kariangan Sember) の 2 か所を訪問し視察した。

PT Sumber Kalimantan Abadi は、1998 年に創立した水産加工業者で、従業員数は約 500 名 (創業当時は 1500 名程度いた)。4ha の土地で約 100 トン/月のエビを加工・出荷している。エビの殻や足などの廃棄物は 300~700kg/日発生しており、臭気が発生しないように大きなバケツ (1つ 40~50kg) に入れて蓋をして自社トラックで毎日最終処分場に運搬して廃棄している (距離は近い)。最終処分場ではティッピングフィーは支払っていないとのことである (図 14)。

バリクパパン市では、環境負荷が大きい特殊な小規模産業を 1 か所に集め、中小企業協力局 (Dinas Koperasi Usaha Micro Kecil Menengah dan Perindustrian) が建物を建設してテナント料を徴収してレンタル供与し、排水処理場など必要な環境設備を整備して管理している。今回訪問したカリアンガン・ソンバー工業団地は、そのうちのひとつで、テンペ・豆腐製造のための専用団地である。同局は、ここ以外に、水産加工 (クルブック製造など) 用の専用団地も整備・管理しているとのこと。

カリアンガン・ソンバー工業団地はテンペ・豆腐工場だけが 80 社集合している寄り合い工業団地で、排水処理設備を備えている (排水量 300~350m³/day)。テンペ工場からは特に廃棄物が出ないが、豆腐工場からはおからが廃棄物として出ていて、原料の大豆に対して 30%が豆腐製品になり、残りの 70%は廃棄物になっている。製品出荷量は 385 トン/月 (約 13 トン/日) とのことから、約 30 トン/日の廃棄物が出ている計算になる。ただし、廃棄物は全量家畜の餌として Rp 10,000/25kg で販売しているため、最終処分場に搬出はされていないことが分かった (図 14)。

バリクパパン市には他にも食品加工工場があるが、あまり多くの量は期待できないと考えられるため、バリクパパン市における食品加工工場から排出されていて堆肥化に活用できる 食品残渣は、1 ton/day 程度と推定される。



エビの殻や頭など廃棄するもの



エビ加工残渣を TPA に搬出するトラック



豆腐工場



家畜の餌として販売されている残渣(おから)

図 14. 主な食品加工工場から排出される有機系残渣

出所) 調査団撮影 (2018 年 12 月)

(4) 商業施設

本調査では、時間の関係で商業施設の調査まではできなかったが、2017 年度に北九州市の事業可能性調査業務委託を活用してバريكパパン市で実施した主要商業施設の廃棄物調査の結果³は表 7 の通りである。4 つの主要商業施設の廃棄物総排出量は 37 m³/day であった (比重 0.5 t/m³ を適用した場合、18.5 t/day)。表 1 で示した事業系廃棄物のレストラン (67.24%)、店舗 (40.89%)、ハイパーマーケット (36.94%)、ホテル (33.06%) の生ごみ含有率の平均値 (約 45%) を適用すると、これらの商業施設から排出される生ごみの量は 8 ton/day 程度だと推定できる。視察を行った商業施設のうち、発生源分別を行っていたのは Super Market Giant と Novotel Hotel のみであったが、他にも大型の商業施設はあり、今後バريكパパン市が行政指導により商業施設における分別の推進に力を入れれば、さらなる分別が期待できる。DHL へのリアリングでも、事業系ごみの発生源分別に対する法令は、現時点では通達書 (Surat Edaran) に留まるが、今後は地方令 (Perda) に反映し、強制力をより強める方針があるとのことを確認している。そのため、この倍の量の生ごみが確保できると仮定すると、商業施設から入手できる生ごみの量は 16 ton/day 程度だと推定できる。

³ 西原商事 (2018) インドネシアの都市廃棄物を活用した国営肥料会社との事業可能性調査調査報告書、北九州市事業可能性調査業務委託。

表 7. バリクパパン市における主要商業施設における廃棄物発生量

業種	商業施設名	廃棄物発生量	概要
スーパー	Super Market Giant	6 m ³ /day	PT Hero が運営するスーパーマーケット。有価物は分別して別途リサイクル業者に販売している。
ショッピングモール	Bakipkakan Super Blok	18 m ³ /day	PT WTL が運営するショッピングモール。
	Plaza Balikpapan	10 m ³ /day	Agung Permodo Group が運営するショッピングモール。
ホテル	Novotel Hotel	3 m ³ /day	Accor Group が運営するホテル。グループ会社内で実施されている独自の環境プログラムにより、ごみは分別され、有価物は近隣のごみ銀行に販売している。
合計		37 m ³ /day (比重 0.5 t/m ³ を適用した場合、18.5 t/day)	

出所) 西原商事 (2018)

(5) 製材所 (バーク残渣)

バリクパパン市周辺には広大な森林地帯が広がっており、紙パルプ用のプランテーションが多く存在している。PT Kutai Chip Mill (KCM) 社は、木材加工会社で、17 万 6 千ヘクタールの国有地を国から借りて紙パルプ用にアカシア、ユーカリを植えるプランテーションを運営してきており、それに伴い、2009 年から 2016 年にかけて、バーク残渣 (木の皮、端材) が 3,450 トン/日 (推定賦存量 881 万トン) 廃棄物として排出されてきた。バーク残渣は施設内の 2 カ所 (5~6 ha) に山になって積み上げられている (図 15)。

しかし、2015 年に中央政府が、泥炭地生態系保全に関する大統領令 (PP No. 57/2016) を制定し、泥炭火災防止と森林生態系保全のため、指定森林区域については木材の伐採後に天然林 (在来種) に戻さないといけないことになった。これにより、インドネシア全国 673 ヶ所、26,477,720 ヘクタールの森林地が指定された。KCM 社のプランテーションは、7 万ヘクタール (31%) がその対象区域に指定され、ビジネスが成り立たなくなったため、KCM 社は 2017 年 12 月に操業を停止。工場や敷地 (バーク残渣含む) は全てアブラヤシの精製会社である PT Kutai Refinery Nusantara (KRN) 社に売却された。バリクパパン市環境局は、バーク残渣の無料譲渡について KRN 社及び KCM 社と協議を行ったが、条件が合わず結論は出ていない。

バーク残渣はリグニンを多く含むアカシア材を多く含むため、60~70°C で自然発火する恐れがあり、乾季に度々自然発火が起こっているとのことである上、分解しにくい木質であるため破碎の前処理が必要である。また、残渣置き場は市内から 30 km 以上離れているため、輸送コストもかかる。PI がガジャマダ大学に依頼して実施したバリクパパン市における堆肥化事業の実現可能性調査 (FS) の結果では、バーク残渣 (チップミール) は有効な資材になり得ると結論付けていた (「3.8. PI の有機堆肥増産計画に係る情報」参照) ことから、本調査で KCM 社に対してヒアリングを実施した。しかし、上記理由から現状では入手可能性が低く、諸懸念が残ると判断し、本事業ではバーク残渣の堆肥利用は想定しないこととする。



図 15. KCM 社との協議の様子（左）、バーク残渣の山（右）

出所) 調査団撮影 (2018 年 12 月)

(6) 全体ポテンシャル

バリクパパン市では、約 360 ton/day (2016 年) の廃棄物が最終処分場に持ち込まれており、その約 6 割が生ごみと仮定すると、約 216 ton/day の生ごみ排出ポテンシャルを見込むことができる。しかし、以上の資源調査の結果、今後 1~2 年のうちに分別回収施策を導入した場合でも、入手可能な生ごみは、約 57 ton/day 程度に留まると推定された (表 8)。これは、想定していた堆肥化プラントのスペック (処理能力 50 ton/day の生ゴミ) をかろうじて超えてはいるが、かなり努力してかき集められる希望的観測値であるため、当初想定していたおおよその入手可能量 (100 ton/day 程度) よりも大幅に少ないことが判明した。入手可能な生ごみの量が想定より少なかった主な要因としては、①市場ごみが少なかった、②ガーデンウェストが少なかった、③食品加工工場から廃棄される生ごみはほとんどなかった、④MRT の対象エリアから発生する生ゴミの分別が進んでいなかったことが挙げられる。逆に、JICA 3R 事業で対象となったグスンバハギアの 13 地区 (RT) は、その後全 57 の RT に拡大され、さらに、今後 4 つの地域で同様な分別回収モデルを普及させることになっており、分別レベルの向上も期待されるため、家庭・コミュニティからの生ごみ入手可能量は今後伸びが期待できる。

本事業の大規模堆肥生産モデルでは、既存の中間処理施設の有効活用を図るとともに、全体での堆肥生産能力を向上するため、既存の中間処理施設でつくった堆肥を一次発酵堆肥として引き取り、新規堆肥工場の二次発酵プロセスのインプットとして活用することを想定している。そのため、新規堆肥工場で処理が期待できる生ごみ量 (C) は、入手が見込める生ごみ量 (A) から、既存の中間処理施設で処理が見込める生ごみ量 (B) を差し引いた値 (A-B) から推定することができる (表 8) (図 16)。

現在、既存の中間処理施設で処理している生ごみは、ITF と TPA Manggar で処理している市場ごみトラック 2 台分 (約 8 ton/day) の混合ごみから選別されたものであるため、表 1 の市場ごみの組成 (生ごみ約 60%) を当てはめると、生ごみ処理量は約 5 ton/day となる。今後、これらの中間処理施設の処理能力が倍の 10 ton/day まで向上すると仮定する。また、市民活動により分別された生ごみは、異物の混入率が高いことが予想され、大規模施設に直接導入するには適さないため、全量 (16 ton/day) を既存の中間処理施設で一次発酵を行うことを想定する。

中間処理施設での処理により、生ごみの 30% が一次発酵堆肥になると仮定すると、二次発酵プロセスへのインプット量は約 7.8 ton/day になる。また、二次発酵堆肥の 70%

が中熟堆肥になると仮定すると、一次発酵を終えた 17.1 ton/day の堆肥は、12.0 ton/day の中熟堆肥になる。さらに、製品化のプロセスで乾燥させるため、含水率 50%の中熟堆肥が製品化のプロセスで含水率が 20%まで下がるとか仮定すると、完成品は 7.5 ton/day となる (表 8) (図 16)。

新規堆肥工場の処理能力は 50 ton/day の生ゴミを想定しているため、今後、バリクパパン市の人口増加によりごみの発生量が増大する、あるいは、分別回収率が向上した場合でも、新規堆肥工場の第 1 工程ではさらに 19 ton/day 程度 (合計処理量 50 ton/day) まで受入れ量を増加することが可能である。また、その場合でも、既存の中間処理施設での処理量も、理論的には 116 ton/day まで増加 (一次発酵堆肥としてのアウトプット量は 35 ton/day) しても、第 2 工程の処理能力 50 ton/day を超過することはない。

表 8. 本調査結果を基に割り出したバリクパパン市における生ごみ資源ポテンシャル

排出セクター	A.入手が見込める生ごみの総量 (ton/day)	B.既存の中間処理施設で処理が見込める生ごみ量 (ton/day)	C.新規堆肥工場で処理が期待できる生ごみ量 (ton/day) [C = A - B]
市場	21	10	11
ガーデンウェスト	2	0	2
森林公園	1	0	1
食品加工工場	1	0	1
商業施設	16	0	16
市民活動	16	16	0
合計	57	26	31

出所) 調査団が調査結果を基に作成

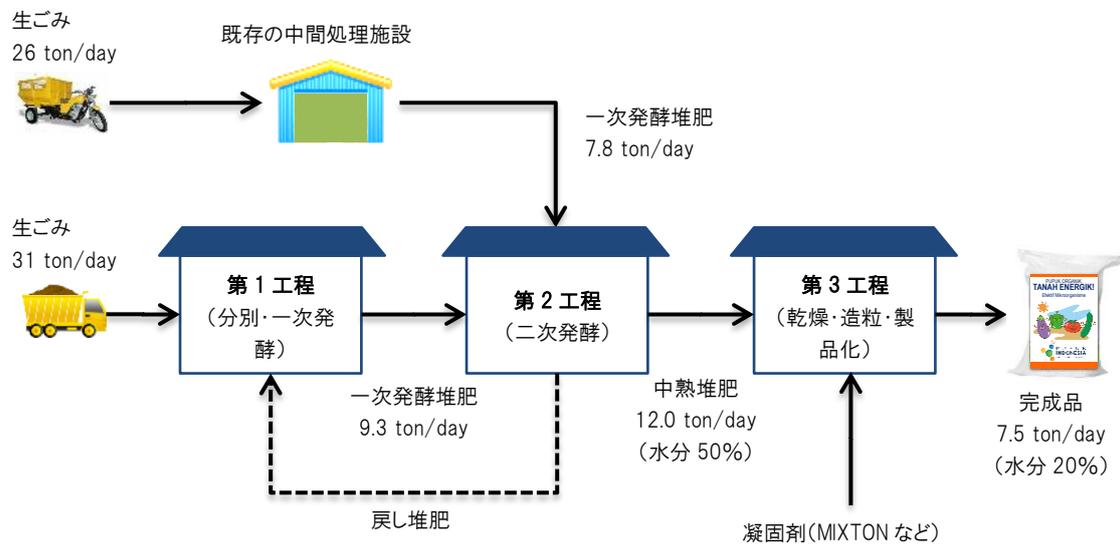


図 16. バリクパパン市で想定される都市ごみを活用した堆肥生産フローと生ごみの想定収支 (実際には混合ごみを受け入れ、残渣が生じることに留意)。

出所) 調査団が調査結果を基に作成

3.7 ペトロオーガニックの製造状況

PI グループで生産している唯一の有機堆肥のブランドがペトロオーガニック (Petroganik) である。2018 年 12 月現地調査の際に、ペトロオーガニックを生産している工場の一つである PI の子会社：ペトロケミア・グレシック社 (PT Petrokimia Gresik) のグレシック工場を訪問し、情報収集を行った。

(1) 製造プロセス

PI グループでペトロオーガニックを作っているのは、ペトロケミア・グレシック傘下の 160 社の協力会社と、同じく PI 傘下の PT Pupuk Kujang Cikampek (PKC、於：カラワン) の 22 社の協力会社で、年間の生産量は約 100 万トン。その内訳は、95 万トンがペトロケミア・グレシック、5 万トンが PKC。100 万トンの消費地は、主にジャワ島かバリ島である。

ペトロケミア・グレシックにある工場は、ペトロオーガニックを作る際のモデルとして設置・稼働しているものだが、基本的に全国にある生産工場におけるプロセスは同じ仕様とのこと。ペトロケミア・グレシック工場の生産能力はフル回転で 25 トン/日 (8 ~10 トン/8 時間)。生産プロセス概要は以下の通り (図 17) :

ペトロオーガニック製造プロセス概要

- ↓ 原料の粉砕 (牛糞・鶏糞主体の家畜糞堆肥で、乾燥している物を利用)
- ↓ ミキサーで混合
- ↓ ベルトコンベアで搬送
- ↓ パンペレタイザー (斜めの回転式粒状化装置) で水と MIXTRO (ペトロケミア・グレシック社が特許を有する凝固剤) を加えながら 5 分間回転 (1 バッチ 250 kg)
- ↓ ベルトコンベアで搬送
- ↓ ロータリーキルン乾燥機で高温乾燥
- ↓ 振るいにかけて 2~5mm (8 割以上がこの粒度基準を満たしている必要がある) の基準粒度以上と以下の粒を振り分ける。基準を満たさなかった粒子は再度同じプロセスに戻される。



パンペレタイザー (造粒装置)



ロータリーキルン乾燥機

図 17. ペトロケミア・グレシック社のペトロオーガニック生産プロセス
出所) 調査団撮影 (2018 年 12 月)

(2) 製品規格

インドネシアでは、有機肥料に関するインドネシア国家規格 (SNI) があり、有機肥料に関する現行の SNI は、有機肥料、家畜肥料、農地改良剤に関する農業大臣令 No. 70/2011 に定められている。PI が製造・販売しているペトロオーガニックは、この規格に則って製造されている。

表 9 に有機肥料に関する規格を示す。ペトロオーガニックは、このうち、「グラヌール/ペレット」の「微生物なし」の規格に該当している。この他に、PI はグラヌール化した場合の密度と硬度の指標を別途独自規格として定めている。

ペトロオーガニックの製造を行っている PT Petrokimia Gresik へのヒアリングでは、有機肥料の SNI は今度新たに更新されたとのことで、新規格では、C/N 比が、従来の「15-25」から「 ≤ 25 」に、また、鉄の含有率が「 $\leq 9,000$ 」から「 $\leq 15,000$ 」に緩和されることになったとのことである。

表 9. 有機肥料、家畜肥料、農地改良剤に関する農業大臣令 No. 70/2011 における有機肥料の規格

項目	単位	品質基準				
		グラヌール/ペレット		無定形		
		微生物なし	微生物あり	微生物なし	微生物あり	
有機炭素	%	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15	
C/N 比	—	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25	
混入物質 (プラスチック、ガラス、砂利等)	%	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	
含水率	%	8 - 20	10 - 25	15 - 25	15 - 25	
重金属	ヒ素	ppm	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
	水銀	ppm	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
	鉛	ppm	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50
	カドミウム	ppm	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
pH	—	4 - 9	4 - 9	4 - 9	4 - 9	
マクロ養分 (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O)	%	≥ 4				
病原性微生物 (大腸菌)	MPN/g	$\leq 10^2$	$\leq 10^2$	$\leq 10^2$	$\leq 10^2$	
病原性微生物 (サルモネラ菌)	MPN/g	$\leq 10^2$	$\leq 10^2$	$\leq 10^2$	$\leq 10^2$	
有効微生物 (窒素固定菌)	cfu/g	—	$\leq 10^3$	—	$\leq 10^3$	
有効微生物数 (リン溶解菌)	cfu/g	—	$\leq 10^3$	—	$\leq 10^3$	
顆粒の大きさ (2-5 mm)	%	≤ 80	≤ 80	—	—	
微量元素	鉄	ppm	≤ 9000	≤ 9000	≤ 9000	≤ 9000
	(Fe 含有)	ppm	≤ 500	≤ 500	≤ 500	≤ 500
	マンガン	ppm	≤ 5000	≤ 5000	≤ 5000	≤ 5000
	亜鉛	ppm	≤ 5000	≤ 5000	≤ 5000	≤ 5000
その他元素	ランタン	ppm	0	0	0	0
	セシウム	ppm	0	0	0	0

出所) 農業大臣令 No. 70/2011 を調査団が和訳

(3) 都市ごみを活用した製造事例

ペトロオーガニックは、牛糞・鶏糞主体の家畜糞に副資材や凝固剤をブレンドして製造しているが、唯一、スマラン市の工場では、都市ごみ（生ごみ）を一部ブレンド（生ごみ 2：家畜糞 7：その他副資材・凝固剤等 1）してペトロオーガニックを製造しているとのことである。スマラン市の工場で都市ごみの一部混入が可能であれば、全国にある工場に同様な手法を展開することにより、理論的に、年間生産量の約 100 万トンの 20%（20 万トン）を生ごみに置き換えることが可能だと考えられる。

3.8 PI の有機堆肥増産計画に係る情報

(1) PI による有機堆肥増産計画

インドネシア農業省は、化学肥料や農薬の過剰投入による生態系の破壊や農地の土壌劣化を懸念しており、土質の改良を促すため、有機肥料の増産と利用拡大を同省の「2015-2019 年農業省戦略計画」で打ち出している。これを受けて、PT Pupuk Indonesia (PI) は、2016 年に 100 万トン／年（肥料生産全体の 1/6）だった有機肥料の生産量を、2030 年までに 690 万トン／年（肥料生産全体の 1/2）まで増産する計画である¹（図 18）。



図 18. PT Pupuk Indonesia による 2030 年までの肥料増産計画

出所) PT Pupuk Indonesia (2016) を調査団が一部日本語訳

有機肥料の具体的な増産計画では、当面、2021 年までに 310 万トン／年の有機肥料を増産する内訳として、既存の工場で生産している 100 万トン／年に加えて、既存の工場の効率化によりさらに 100 万トン／年上乗せするとともに、新規工場により 110 万トン／年増産することとしている。そのうち、74 万トン／年は従来のペトロオーガニックの生産で活用している家畜糞を用い、残る 33 万トン／年は都市ごみから作るとしている。その内訳としては、PI の自社所有自社運営の工場（COCO: Company own-Company operate）での生産に 18 万トン／年、自社所有協力会社運営の工場（COPO: Company own-Partner operate）での生産に 15 万トン／年を割り当てることとしている。さらに、都市ごみから作る 33 万トン／年の内訳として、8 つの優先都市を挙げており、そのうち、バリクパパン市は最優先都市として、2 万トン／年（約 54.8 トン／年）の生産が期待されている（図 19）。

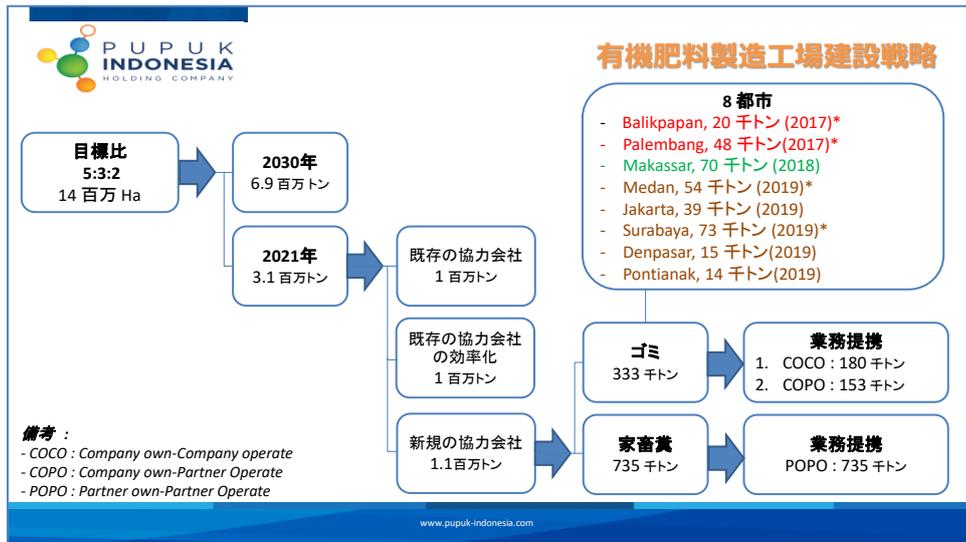


図 19. PT Pupuk Indonesia による 2030 年までの肥料増産計画のうち、2021 年における具体的な生産内訳

出所) PT Pupuk Indonesia (2016) を調査団が一部日本語訳

都市ごみを活用した有機肥料増産には、都市ごみの回収を行っている自治体の協力が不可欠である。PI の構想としては、自治体が市民の協力を得て分別・回収した生ごみを堆肥化し、その堆肥を用いて PI (または協力会社/合弁会社) が副資材や添加剤とブレンドし、造粒も含めた製品化の加工を施し、販売するスキームを想定している (図 20)。

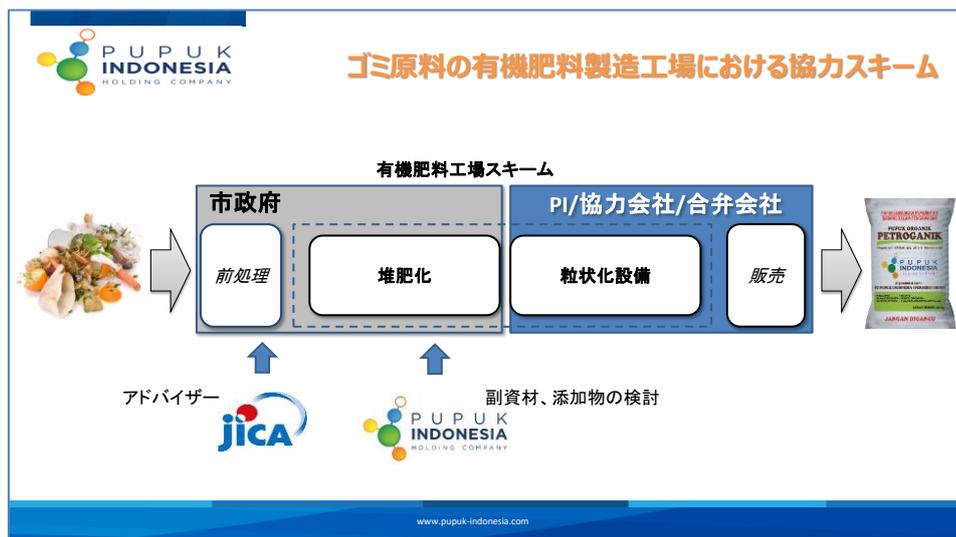


図 20. PT Pupuk Indonesia による 2030 年までの肥料増産計画のうち、都市ごみを用いた有機肥料製造のスキーム

出所) PT Pupuk Indonesia (2016) を調査団が一部日本語訳

(2) PIによる自治体との連携状況及びバリクパパン市における実現可能性調査

PIは、バリクパパン市と「バリクパパン市における家庭系廃棄物を用いた有機肥料製造工場建設に向けた事前調査」の実施に関するMOUを2016年6月に締結し、バリクパパン市における都市ごみと同市で入手可能な資材を用いて有機堆肥を製造するための実現可能性調査(FS)を実施した。同調査は、中部ジャワ州のガジャマダ大学に委託された。なお、PIは他の優先都市(自治体)とも連携を模索しているが、2019年2月現在では、バリクパパン市での進捗状況を見守るため、他の自治体との具体的な調査等は行っていないとのことである(PI談)。

ガジャマダ大学が実施したFSの主な調査結果(提言)は以下のとおり:

- バーク残渣(チップミール)が大量にあるため、生ごみを主剤に、副資材にはバーク残渣を活用するのが望ましい
- 最終処分場(TPA Manggar)の20,000 m²の土地を確保し、14,520 ton/year(40 ton/day)のキャパシティの堆肥工場を建設
- 堆肥の販売先は、南カリマンタン州、東カリマンタン州、北カリマンタン州が想定される
- 生ごみやバーク残渣の堆肥化は、外部に委託し、PIは行わない
- 行政処理、工場建設、原料調達等にかかる期間として12ヵ月間程度必要

PIは、このFSの結果を受けて、では、バリクパパン市の最終処分場(TPA Manggar)のコンポストセンターで生ごみから作った堆肥とバーク残渣を用いたサンプル堆肥の試作をPT Petrokimia Gresikに依頼した。その結果、C/Nは10程度で、新しいSNI規格には適合しているが、作成した2つのサンプル(図21)ともに、強度(硬度)が足りないとのことであった。また、硬度を上げる手段として、ベントナイトの混合が有効とのことだが、コストが上がるため、現実的でないとのことである(PT Petrokimia Gresik談)。



図 21. PT Petrokimia Gresik がバリクパパン市の資材を用いて試作したサンプル堆肥(写真左、中央)とペトロオーガニック(写真右)出所) 調査団撮影(2018年12月、於: PT Petrokimia Gresik)

(3) ペトロオーガニックに適用されている補助金

ペトロオーガニックの生産単価は、農家への販売単価の倍以上かかっており、現状ではインドネシア政府（農業省）から支給される補助金で差額を埋め合わせている。当該補助金は、2008 年から支給されているもので、造粒（グラニュー）化を含めたペトロオーガニックの規格を満たした有機堆肥の製造が条件となっており、100 万トン／年が上限額として設けられている。そのため、事実上、PI のみが補助金を独占的に得ており、Petrokimia Gresik を通して提携会社で製造している。ペトロオーガニックの製造量が 100 万トン／年を超えていないのは、事実上、この補助金上限枠による（図 22）。

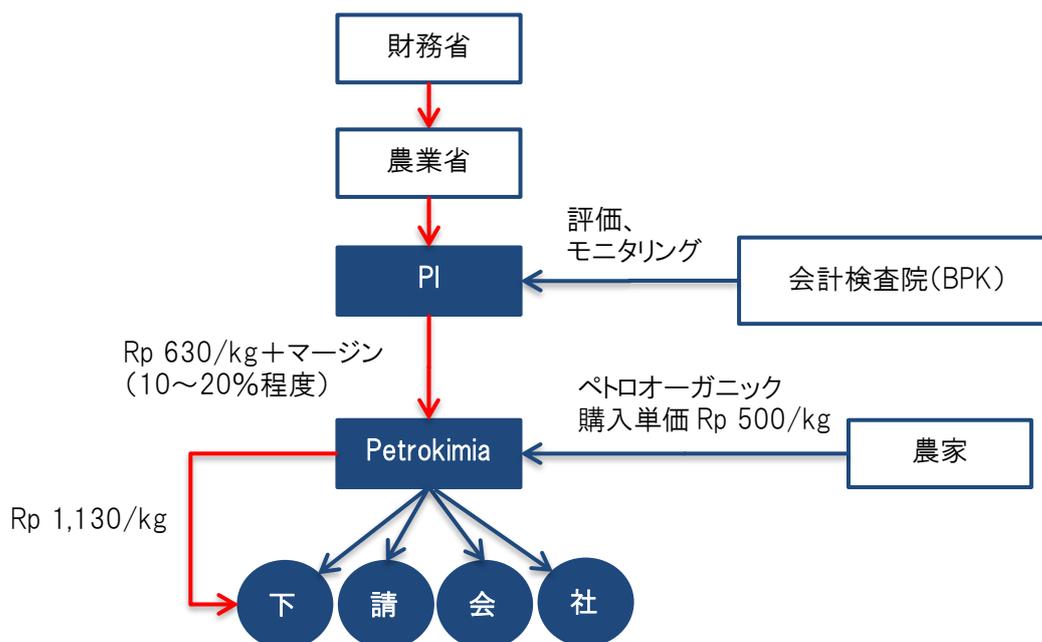


図 22. ペトロオーガニックの製造における政府からの補助金の流れの模式図。図中の赤線が補助金の流れを示している。

出所) 調査結果を基に調査団が作成

4. 廃棄物の組成・性状等調査

廃棄物の組成調査については、JICA 3R 事業等ですでに調査結果が出ている（「3.1 バリクパパン市の廃棄物発生状況」参照）。一方、インドネシアで堆肥を製造して有機肥料として販売するためには、SNI の規格を満たしている必要があるため、バリクパパン市で入手可能な資材を用いて実際にサンプル堆肥を試験的に作成し、堆肥の性状調査を行った。

4.1 サンプル堆肥の作成

サンプル堆肥の作成は、異なる条件設定での堆肥性状を確認するため、2 回に分けて、バリクパパン市が管理しているコンポストセンター（ITF Kota Hijau）のスペースを借りて行った。種堆肥の作成と各試験区の条件設定は以下の通り。

<種堆肥の作成>

2018 年 11 月の現地調査の際に、サンプル堆肥を作るためのベースとなる種堆肥の作成を行った。種堆肥の作成にあたっては、現地で入手可能な発酵食品を活用した「高倉方式」を採用し、外部専門家として招聘した高倉環境研究所代表の高倉弘二氏の協力を得て作成した。種堆肥の作成にあたっては、通常、砂糖水に発酵食品を少量入れて 1 週間適度培養したものを籾殻と米ぬかの堆肥床に混ぜて作成するが、滞在中の短い期間中にすべてを完結させることが困難であったため、1~2 日で生ごみ投入を開始できるよう、発酵食品を通常より多く準備して直接混ぜ合わせることによって種堆肥を作成した。材料としては、A（籾殻・米ぬか）を混ぜた上で、B（発酵培養液）を混合したものをかけながら混ぜて作成した（図 23）。

種堆肥の材料	
A 籾殻・米ぬか	B 発酵培養液
<ul style="list-style-type: none">籾殻 1500 kg（約 12 kg x 125 袋）米ぬか 509 kg（約 71 kg x 7 袋）	<ul style="list-style-type: none">イースト 10 kg（500 g x 20 袋）ラギ・テンペ 10 kg（500 g x 20 個）砂糖 1000 ml x 10 袋ヨーグルト 1000 ml x 10 個キノコ Kota Hijau の堆肥に生えていたキノコを適当に採取水道水 800 L



発酵液の調合



基材に発酵液を散布しているところ



種堆肥の山



種堆肥の切り返し

図 23. 種堆肥作成の様子

出所) 調査団撮影 (2018 年 11 月)

< 日常管理・モニタリング作業 >

堆肥試験区の日常管理は、現地で雇用したアルバイト作業員 (3 名) に委託して実施した。実施内容は以下のとおり (図 24)。

- ① 生ごみの計量と投入：種堆肥を準備した後、試験区の設定通りに 1 日の生ごみの投入量を試験区毎に計量し、投入した。生ごみの計量にあたっては、バケツ 1 杯分のおおよその重量 (バケツの重量は省く) を計測した上で、バケツの個数で計量した。
- ② 温度測定：各試験区の堆肥の温度を毎日朝 1 回測定。温度測定には、堆肥用の専用温度計 (長さ 90 cm) を活用。各試験区では、堆肥の上部中央及び下部中央の 2 ヶ所 (測定位置は必ず双方が堆肥の山の反対側になるように設定) の温度を測定。この際、温度計の変化は緩やかであるため、2~3 分程度 (初回は 5 分程度) 置いてから計測・記入することとした。
- ③ 含水率確認・水分補給：全試験区について、堆肥の内部 (表面を除く) からバケツ 1 杯分 (約 20 L、バケツの重さ約 0.8 kg) の堆肥を採取し、間隙ができないように踏み固めて堆肥内と同等の密度を再現した上で、バケツの重さを計量。含水率を 50% 程度に保つために、バケツの重さが 8 kg (含水率 40%) を下回っていた場合は、バケツ 1 杯分の水 (堆肥全量 600 kg に対して、約 3%) を切り返しの前に堆肥全体にかけて水分調節を行うこととした。バケツの重さが 8 kg 以上の場合は水分補給を行わないこととした。

- ④ 切り返し：温度測定後は、毎朝 1 回切り返しを行った（サンプル堆肥①試験の試験区 1～6）。この際、全体が満遍なく混ざるように、堆肥の底から混ぜることを注意した。
- ④ 記録、写真撮影、報告：測定データは専用ノートに記入した上で、各試験区の写真を撮影。その他気づいた特記事項についてもノートに記入することとした。ノートへの記入事項と写真、その他相談事項等については、毎日 SNS（Whatsapp）を用いて報告することとし、遠隔で適宜指示を行った。



生ごみ投入量の計量（バケツ利用）



種堆肥+副資材に生ごみを投入



生ごみ投入量の計量（バケツ利用）



種堆肥+副資材に生ごみを投入



含水率の測定



水分調整のための加水

図 24. 堆肥試験の日常管理、モニタリングの様子

出所) 調査団撮影 (2018年11月)

< サンプル堆肥①試験 (2018年11~12月) >

種堆肥に対する最適な生ごみと副資材の混合比を確認するため、表 10 の試験区を設けて、生ごみを投入後、1ヶ月間バッチ式で切り返しと水分調整、温度モニタリングを行った (図 25)。

試験区設定の考え方としては、バーク残渣やガーデンウェーストなどの副資材の適正を試しつつ、種堆肥に対して、できるだけ多くの生ごみを投入したいことから、生ごみの混入比率を 1:1、1:2、1:3 の三通り変えて設定した。また、対象試験区として、バルクパパン市で製造されている既存の堆肥 (最終処分場のコンポストセンター及び

ITFで製造されているもの)を種堆肥として活用した場合について比較を行った。また、PIからの希望により、PIが製品化している生ごみ用発酵促進材(Biodex:1トンの生ごみに対する適正投入量2.5~3.0kg)(図26)についても試験区に加えた。なお、Biodexは切り返しを行わない半嫌気発酵を前提としている製品のため、水分調整のみで切り返しは行わなかった。各試験区の資材量や割合については、各資材のおおよその含水率(例えば、種堆肥0.4、生ごみ0.8など)を念頭に、全体の含水率が60%前後になるように調整し、各試験区の合計重量が600kgになるようにした(表10)。

各試験区の堆肥は、試験開始から30日後及び50日後にサンプリングし、4mmメッシュの篩で異物を除去して、性状分析の検体としたそれぞれジップロックにパッキングした(図26)。

表 10. サンプル堆肥①試験区(11~12月)における試験区の設定

試験区分	No	資材及び混合比(重量比)	小計(kg)	混合形式
混合比試験区	1	種堆肥1(300kg) : 生ごみ1(300kg)	600	バッチ式 連日切り 返し
	2	種堆肥1(171kg) : 生ごみ2(342kg) : ガーデンウ ェースト0.5(87kg)	600	
	3	種堆肥1(171kg) : 生ごみ2(342kg) : バーク残渣 0.5(87kg)	600	
	4	種堆肥1(133kg) : 生ごみ3(400kg) : バーク残渣 0.5(67kg)	600	
対象試験区	5	TPA Manggar 堆肥1(240kg) : 生ごみ1(240kg) : バーク残渣0.5(120kg)	600	バッチ式 切り返し なし
	6	ITF 堆肥1(240kg) : 生ごみ1(240kg) : バーク残 渣0.5(120kg)	600	
	7	種堆肥1(300kg) : 生ごみ1(300kg) + Biodex(1.5 kg)	600	
	8	籾殻1(300kg) : 生ごみ1(300kg) + Biodex(1.5kg)	600	

出所) 本調査結果を基に調査団が作成



試験区 1 (開始直後)



試験区 2 (開始直後)



試験区 3 (開始直後)



試験区 4 (開始直後)



試験区 5 (開始直後)



試験区 6 (開始直後)



試験区 7 (開始直後)



試験区 8 (開始直後)

図 25. サンプル堆肥①試験における試験区 1~8 の様子 (開始直後)

出所) 調査団撮影 (2018 年 11、12 月)



図 26. サンプル堆肥①試験の試験区 7、8 で用いた PI の生ごみ発酵促進剤 Biodex (左) と サンプリグ前に 4 mm メッシュ篩で異物を除去しているところ (右)
出所) 調査団撮影 (2018 年 11、12 月)

< サンプル堆肥②試験 (2018 年 12~2019 年 1 月) >

実際の堆肥生産は、サンプル堆肥①試験のようにバッチ式で行うわけではなく、ピットにおいて生ごみを 1 週間程度毎日連続投入した上で熟成させる想定である。そのため、実際に近い状態で堆肥を生産し、PI が求めている品質の堆肥が製造できることを示す必要がある。

試験区をつくるにあたっては、サンプル堆肥①試験区で用いた堆肥を活用して、1 山が 2 m³ 程度 (651 kg) になるように、3 つの山に分割した。スラバヤ市での堆肥化事業の経験上、1 週間 (7 日間) 生ごみを連続投入し、その後熟成する生産方法の場合、「戻し堆肥 : 生ごみ」の比率は最大「1 : 5」になるまで生ごみの投入量を増やせることが分かっていたため、生ごみ投入量が最大の試験区を「戻し堆肥 1 : 生ごみ 5」(試験区 No. 3) として設定した。そして、最も保守的な試験区として、7 日間生ごみを投入後の堆肥の含水率が 60% になるように設定した試験区 (試験区 No. 1) と、両者の中間の「戻し堆肥 1 : 生ごみ 3」の 3 つの試験区を設定した (試験区 No. 3) (表 11) (図 27)。

試験区の堆肥は、7 日間生ごみを連続投入後、2 週間切り返しを繰り返して熟成し、分析に供するためサンプリグを行った。サンプリグは、各山の表層、中央の 2 ヶ所から少しずつ堆肥サンプルを採取し、混ぜて 4 mm メッシュの篩にかけて異物を除去した後、乾燥してからジップロックでパッキングした。

表 11. サンプル堆肥②試験区 (2018 年 12~2019 年 1 月) における試験区の設定

試験区	設定条件	生ごみ投入量 (7 日間)
試験区 No. 1	含水率 60%	140 kg/日 (バケツ 14 杯)
試験区 No. 2	戻し堆肥 : 生ごみ = 1 : 3	279 kg/日 (バケツ 28 杯)
試験区 No. 3	戻し堆肥 : 生ごみ = 1 : 5	465 kg/日 (バケツ 46 杯)

出所) 本調査結果を基に調査団が作成



試験開始日の生ごみ投入量（試験区 No. 1）



1カ月経過後の堆肥（試験区 No. 1）



試験開始日の生ごみ投入量（試験区 No. 2）



1カ月経過後の堆肥（試験区 No. 2）



試験開始日の生ごみ投入量（試験区 No. 3）



1カ月経過後の堆肥（試験区 No. 3）

図 27. サンプル堆肥試験②における試験区 No. 1～3 の様子

出所) 調査団撮影 (2018年12月、2019年1月)

4.2 サンプル堆肥の性状分析

サンプル堆肥の性状分析は、PIの希望から、PIの子会社であるPT Petrokimia Gresikの分析所に分析を依頼した。検査項目は基本的な5項目（pH、含水率、C、N、Fe）で、CとNからC/N比が算出された。

サンプル堆肥①試験区の分析結果を表12に示した。サンプル堆肥①試験区では、pH、炭素、窒素、鉄はいずれもSNIの新基準値を満たしていたが、ほとんどの試験区で含水率が基

準値を超えていたことに加え、多くの試験区で C/N 比も基準値を超えていた。含水率については、サンプリングの後乾燥させずにそのままパッキングしたことが原因と考えられるが、これは製造プロセスに乾燥工程を加えればコントロール可能である。一方、C/N 比については、試験区 1~4 と試験区 7、8 だけ基準値を超えていた。これらの試験区で共通しているのは、籾殻と糠を主原料とした種堆肥をベースにしたことであり、フレッシュな籾殻をそのまま使ったため、未分解な籾殻 (C/N 比は通常 70~80) が残っていたことが原因として考えられる。他方、試験区 5、6 は既存のコンポストを種堆肥に使ったため、通常の生ごみ堆肥の C/N 比 (10~20) に収まったものと考えられる。

表 12. サンプル堆肥①試験区の性状分析結果 (下部は SNI の参考基準値)。赤字で示した値は、SNI の新基準値を満たしていないことを示している。

試験区		pH	含水率 (%)	C (%)	N (%)	C/N 比	Fe (ppm)	
混合比 試験区	1	30 日間	8.6	39.81	42.74	0.89	48	3302
		50 日間	8.4	32.71	40.84	0.87	47	2978
	2	30 日間	8.4	33.18	29.81	0.93	32	6921
		50 日間	8.5	16.92	29.71	0.98	30	5113
	3	30 日間	8.4	40.61	39.37	1.07	37	3749
		50 日間	8.1	25.23	38.17	1.28	30	4896
	4	30 日間	8.6	40.80	37.81	1.15	33	6190
		50 日間	8.8	28.65	37.51	1.44	26	4792
対象試 験区	5	30 日間	8.1	29.39	20.36	1.96	10	11398
		50 日間	8.0	25.52	21.48	1.91	22	10975
	6	30 日間	6.5	34.58	23.89	2.88	8	6604
		50 日間	7.0	28.35	26.44	3.01	9	8143
	7	30 日間	8.1	38.93	42.40	0.83	51	4638
		50 日間	8.0	31.16	41.60	0.94	44	4109
	8	30 日間	8.1	43.94	38.51	0.89	43	3736
		50 日間	8.2	32.98	34.60	1.31	26	10846
SNI 基準値		4 - 9	8 - 20	≥ 15	-	15 - 25	≤ 9,000	
新 SNI 基準値		4 - 9	8 - 20	≥ 15	-	≤ 25	≤ 15,000	

出所) PT Petrokimia Gresik 社による調査結果

次に、サンプル堆肥②試験区の分析結果を表 13 に示した。含水率のみ 3 つの試験区とも超過していたが、それ以外はすべて SNI の新基準値内に収まった。サンプル堆肥①試験区と同様に、含水率については乾燥工程を加えることにより調節が可能であるため、問題ないと考えられる。

以上の 2 通りのサンプル堆肥作成試験を通して、実際ベースの生ごみを連続投入した後熟成を行う方式で、SNI の新基準を満たせることが実証できた。

表 13. サンプル堆肥②試験区の性状分析結果（下部は SNI の参考基準値）。赤字で示した値は、SNI の新基準値を満たしていないことを示している。

試験区/サンプル	pH	含水率 (%)	C (%)	N (%)	C/N 比	Fe (ppm)
連続投入 No. 1	7.9	39.39	32.39	3.32	10	9224
連続投入 No. 2	8.9	38.60	29.47	3.08	10	10077
連続投入 No. 3	9.0	37.38	24.27	2.91	8	8549
SNI 基準値	4 - 9	8 - 20	≥ 15	-	15 - 25	≤ 9,000
新 SNI 基準値	4 - 9	8 - 20	≥ 15	-	≤ 25	≤ 15,000

出所) PT Petrokimia Gresik 社による調査結果

5. 現地政府・企業等との連携構築

5.1 現地関係者との協議・連携

本調査を通して、現地政府・企業等関係者と複数回協議を重ね、信頼関係と共通理解の構築を行った。また、会合以外でも、テレビ会議（PI と IGES で接続）、Eメール、SNS（Whatsapp）で日常的に連絡調整を行い、業務の実施・調整を行った。これらにより、短期間で必要な情報が入手できたとともに、今後の事業展開に向けた連携の足掛かりを得ることができた。協議・連携を行った主な機関を表 14 に、主な写真を図 28 に示した。

表 14. 本調査で連携した主な連携相手との協議・連携内容

主な連携相手	日程（場所）	主な協議・連携内容
国営肥料会社 (PI)	11/5（バリクパパン市）	実施計画、スケジュール等の協議
	11/6～9（バリクパパン市）	関連施設の視察、堆肥試験についての確認
	12/3（ジャカルタ）	実施計画、進捗についての協議
	1/7（TV 会議）	実施計画、ワークショップ開催について協議
	1/22（ジャカルタ）	PI のブンガラン理事長と会食を通して協議
	1/23（ジャカルタ）	MOU について協議
	1/24（バリクパパン市）	現地関係者合同ワークショップの開催
バリクパパン 市環境局	2/25（TV 会議）	MOU、実施計画、次回渡航について協議
	11/5、9（バリクパパン市）	実施計画、スケジュール、11 月調査の振り返り、今後の予定について協議
	11/6～9（バリクパパン市）	関連施設の視察、堆肥試験についての確認
	12/4～6（バリクパパン市）	堆肥試験、資源調査についてアシスト
バリクパパン 市市場公社	1/24、25（バリクパパン市）	現地関係者合同ワークショップの開催、堆肥試験アシスト
バリクパパン 市市場公社	12/5（バリクパパン市）	市場 3 カ所の視察、分別回収の可能性について協議
バリクパパン 市中小企業協力局	12/6（バリクパパン市）	テンペ・豆腐工場団地から排出される食品残渣について協議・視察
バリクパパン 市営植物園	1/25（バリクパパン市）	植物園から排出されるガーデンウェストについて協議・視察、コンポスト指導
PT Petrokimia Gresik	12/7（グレシック市） 12～1 月	ペトロオーガニックに関するヒアリング、製造プラントの視察。また、サンプル堆肥の分析を 2 度にわたって依頼
PT Kutai Chip Mill	12/4（バリクパパン市）	バーク残渣の入手について協議、製材所の視察
PT Sumber Kalimantan Abadi	12/6（バリクパパン市）	海産物加工場から排出される残渣について協議・視察
RS UMUM Daerah Beriman 病院	12/5（バリクパパン市）	コンポスト改善指導を実施
バリクパパン 私立第五高等 学校	12/6（バリクパパン市）	コンポスト改善指導を実施

出所) 調査団が調査結果を基に作成



PI ブンガラン理事長（中央）及び幹部らとの
会合。



PI との会合。相手側中央は投資部グスリザル
部長。



バリクパパン市環境局との会合。向かって右
がスルヤント局長。



PT Petrokimia Gresik との会合。長テーブルの
奥（中央）がヌリアニ所長。

図 28. 主な関係機関との協議の様子

出所) 調査団撮影 (2018 年 11 月・12 月、2019 年 1 月)

5.2 連携に関する覚書 (MOU) の締結

バリクパパン市において PI と連携して堆肥生産の可能性を検討し始めた 2017 年から、まずは、PI と北九州市の間で、堆肥生産だけでなく、廃棄物発電や水処理なども含めた先進的な環境技術全般に関する包括連携協定 (MOU) を締結し、その下で弊社と連携した堆肥生産事業を行うことが関係者間で合意された。それを踏まえ、2018 年初旬～中旬にかけて PI と北九州市との間で MOU の準備が進められてきた。その後、堆肥化案件が PI の調査部から事業部に昇格したが、事業部で検討された結果、まだ熟度が足りないという理由から調査部に案件が戻された経緯がある。その間に PI の担当者が相次いで変わったこともあり、MOU の準備は停滞していた。

本調査の一環で、2019 年 1 月に PI のブンガラン理事長と面談する機会があり、その際に、MOU の締結を早期に進めるべきとの見解が示された。これを受けて、MOU の調整が再び動き出し、細部の見直しを踏まえて平成 31 年 3 月に締結されることとなった。

MOU は、「北九州市とインドネシア国営肥料会社 (PERSERO) との環境技術導入のための協力に関する覚書」と題し、日・英・尼の 3 か国語で併記されている。連携の範囲について

では、バリクパパン市に限らず尼国のその他の自治体との連携も視野に入れた都市ごみの堆肥化を想定した「(1) 都市ごみの堆肥化への協力」が唯一具体的に示されており、それ以外は「(2) 両者合意により決定されたその他の活動」として明記を避けている。MOUの期間は1年間であるが、「双方の合意で延長できる」ものとなっている。また、MOUを基にした具体的な活動を行う際は、「実施合意書」をそれぞれ締結し、責任や資金調達については実施合意書に盛り込むこととされている。平成31年3月時点におけるMOU(案)を付録2に示した。

5.3 市営コンポストセンターの堆肥化能力構築支援

図16で示したように、本事業で想定している堆肥化プロセスでは、大規模施設だけに生ごみを集めて集約的に堆肥化を行うのではなく、既存のコンポストセンターや中間処理施設などで一次発酵まで処理した上で、二次発酵からは大規模施設で集約して処理することにより、生産量の増大、品質の安定化、既存施設の有効活用を図ることを狙いとしている。しかし、既存のコンポストセンターや中間処理施設では、堆肥の生産量及び品質ともに劣るため、代表的な施設4カ所を訪問し、改善指導を行った。改善指導にあたっては、スラバヤ市をはじめ多くの都市において生ごみの堆肥化で実績がある「高倉式コンポスト」の考案者である高倉弘二氏を専門家として招聘した。また、改善指導を行う場所については、バリクパパン市環境局が選定を行った。改善指導の概要は以下の通り。

① TPA Manggar 最終処分場のコンポストセンター

<指導対象>

TPA Manggar 所長 (バリクパパン市環境局所属)

<現状>

- ・ 最終処分場に持ち込まれるごみのうち、毎日、パンダンサリ市場からトラック1台分の市場ごみと国営石油会社(プルタミナ)からトラック1台分のガーデンウェストをコンポストセンターに搬入。
- ・ 搬入されたごみはベルトコンベアの分別ラインで分別後、発酵促進剤(EM-4)を振りかけ、2週間カバーをかけて発酵。その後、カバーを外して広げて乾燥。乾燥したら、破碎してトロンメルで異物を除去。全体行程で1~2ヵ月間要している。
- ・ 完成したコンポストは、販売している。袋なしが1,000Rp/kg、袋入りが25,000Rp/kg (一般的な鳥や牛糞を使った堆肥は150,000Rp/kg程度であるため、かなり安価に設定されている)

<指導内容>

- ・ プロセス自体は問題ないが、嫌気発酵プロセスは時間がかかることと、分解が遅いため、未分解な有機物が製品に含まれることを理解して販売する必要がある。
- ・ 好気発酵による堆肥化を行うことにより、分解を早めるだけでなく、温度を高温にして雑菌を殺せるメリットがある。国の堆肥の基準には大腸菌が検出されないなどの条件が含まれているため、大規模でやる場合はそれをコントロールできる好気発酵が主流になりつつある。
- ・ 労力をかけずに好気発酵を行うには、ブローを使うことも有効。パイプだけのパッシ

ブ装置でもある程度空気は入るが、大規模ではあまり入らない。傾斜地に階段を設けて上から堆肥を順々に切り返して降ろしていくことにより労力を少なくする手法もある。



発酵後に乾かしている堆肥



乾燥後に異物を除去しているトロンメル

図 29. バリクパパン市の最終処分場（TPA Manggar）でのコンポスト指導の様子
出所）調査団撮影（2018年11月）

② バリクパパン市植物園

<指導対象>

バリクパパン市植物園職員（バリクパパン市環境局所属）

<現状>

- ・ インドネシア最大規模の植物園で、総敷地面積は 309 ha。園内の植物からガーデンウェストが 480 kg/day 出ており、それらを集めてウィンドロー方式で堆肥化を試みてきたが、3 ヶ月間程度かかっているため、改善策を求めている。
- ・ 4 m x 6 m 程度の屋根付きのコンポストセンター（破砕機 1 台あり）があり、その隣に、2 m x 3 m 程度のコンクリート製のピットが 3 つ設置されていた。現状では、破砕機で破砕した後、水をホースでかけて水分量を増やし、ピットに移して EM-8 を散布して放置する手順で堆肥を作っていた。

<指導内容>

- ・ 落ち葉等を破砕する際に、白い菌（糸状菌）が付着した落ち葉と一緒に破砕すると分解が早まる。落ち葉だけでなく、果物なども入れて問題ない。ただし、酸が強い酸っぱい果物を多く入れると、pH が下がって分解が遅くなることだけに注意すること。また、ガーデンウェストでの堆肥化に慣れたら、カフェテリアの生ごみなどを少しずつ混入しても問題ない。
- ・ 水分調節後に EM-8 をかけるのではなく、EM-8 を水で薄めてから破砕した落ち葉にかけることにより、水分調整を行う方が良い。発酵促進剤については、本調査において ITF で作った種堆肥でも代替できるため、その場合は EM-8 は不要。
- ・ 分解を早めるためには、水分調節と切り返しによる空気の供給が重要。ピットでの切り返しは、3 日間に 1 回程度行う。堆肥は、温度を高めて分解を早めるために 1~1.5 m 程度の山状に積む。温度が上がれば水分が蒸発して減るため、適宜水分量を手で握ってチェックし、加水する。慣れてくればホースを使ってもよい。

- ピットでは、雨が降って水分過多になると分解速度が落ちるため、雨が降る前にカバーをかけるか、簡易テントのようなものを設置して雨を防ぐ。ピットは、水はけが悪いと底の部分が水分過多になって腐るため、排水路を確保する。



コンポストセンターにおける堆肥と破碎機



堆肥化改善指導の様子

図 30. バリクパパン市植物園でのコンポスト指導の様子

出所) 調査団撮影 (2019年1月)

③ RS UMUM Daerah Beriman 病院

<指導対象>

RS UMUM Daerah Beriman 病院スタッフ

<現状>

- 市営の総合病院で、病院食の調理残渣（野菜、果物の皮など）を、簡易的なコンポスト容器に入れて処理する試みを行っていた。生ごみの排出量は4~5kg/日で、より多くの生ごみを適正に処理できるようにするため、指導を希望。
- コンポスト容器では、発酵促進剤としてEM-4を使用し、水10：砂糖1：EM1の比率で調合した発酵促進液を1週間程度保管し、生ごみに振りかけて使用していた。
- コンポストセンターを施設内に建設したばかり（図31）。

<指導内容>

- 基本的に発酵促進液の作り方や使い方には問題ないことを指摘。
- より多くの生ごみを処理するにあたり、コンポスト容器では足りなくなるため、コンポストセンターにおいて堆肥製造を行う方法を説明し、サンプル堆肥試験で作った種堆肥を提供。



コンポストセンターの改善指導の様子



新築されたコンポストセンターでの集合写真

図 31. RS UMUM Daerah Beriman 病院でのコンポスト指導の様子

出所) 調査団撮影 (2018年12月)

④ バリクパパン私立第五高等学校

<指導対象>

第五高等学校職員、生徒

<現状>

- 第五高等学校の生徒数は1,978人。同校では環境学習の一環としてごみの分別を実践しており、コンポストセンターとごみ銀行を有している。
- 校内の落ち葉を集めて細かく砕き、培養液(残飯+腐った果物+砂糖水)をふりかけて1週間に1回切り返しを行い、破碎して堆肥を作っている(全行程約2ヶ月間)。たまに鶏糞堆肥を買ってきて混ぜている。
- 堆肥は校内の菜園や植物に与えている(自己消費)。

<指導内容>

- 堆肥は、温度が上昇しても悪い匂はしていないことから、良い状態だと判断。できたコンポストには落ち葉を分解するバクテリアが多く含んでいるので、戻し堆肥を少し混ぜると良い。
- テンペ、タペ、ヨーグルトから作った培養液(20L 砂糖水にテンペ、タペ、ヨーグルトをそれぞれスプーン1杯程度入れて蓋付きペットボトルに入れて1週間保管したもの)を与えるとより分解が早まる。ぬかや小麦粉などを入れても分解が早まる。残飯も加えると良い(最初は少量入れて、徐々に増やしていく)。
- 種堆肥を用いたダンボールコンポストの実演指導を行い、質疑を行った。8kgの種堆肥に対して生ゴミ投入量は約500gが適当。



高校のコンポストセンター



高校生にコンポスト指導を行っている様子

図 32. バリクパパン市第五高等学校でのコンポスト指導の様子

出所) 調査団撮影 (2018年12月)

6. 現地関係者合同ワークショップ等の開催

本調査の実施概要及び成果を発表し、今後の展開等について関係者と議論を行って情報共有を図るため、関係者合同ワークショップをバリクパパン市で開催した。開催概要は以下のとおり。

<会議ロジ・準備>

会議の開催にあたり、弊社からバリクパパン市環境局及びPIに対して開催協力及び参加を依頼するレターを送付した。バリクパパン市の関係機関に対しては、バリクパパン市環境局からそれぞれレターを送ってもらった。その上で、バリクパパン市及びPIと会議の詳細について準備・調整を行った。

参加者の旅費や宿泊費については、専門家として日本から招聘した高倉氏に対してのみ所定の額を負担した。ジャカルタから参加したPIのジョシュア課長については、PIが旅費を負担し、その他参加者についてはバリクパパン市内であったため、旅費負担の必要は生じなかった。

会場については、バリクパパン市環境局の厚意により、同大会議室を無償で利用させて頂いた。また、スクリーン、プロジェクター、マイクの設備についても同会議室の設備を利用させてもらった。ノートパソコン、レーザーポインターについては調査団で準備した。

会議の通訳は、インドネシア語－日本語の逐次通訳者を手配し、尼日語のバイリンガルで行った。

会議資料については、バリクパパン市環境局がペーパーレス会議の開催を希望したため、配布資料のコピーは行わなかったが、ソフトコピー (PDF) を参加者に送付した。

会議中、ミネラルウォーター、コーヒー、軽食 (果物、お菓子類) を参加者全員に用意し、その費用負担を行った。なお、プラスチックごみ削減の観点から、飲料はグラスまたはコップで給仕し、ペットボトルは支給しなかった。会議は午前中の半日のみであったため、バリクパパン市環境局と相談した上で、参加者への昼食の提供は行わなかった。

<日時>

平成 30 年 1 月 24 日（木）9：30～11：45

<場所>

バリクパパン市環境局大会議室

<参加者>

計 33 名

- バリクパパン市計画投資局（BAPPEDA）：1 名
- バリクパパン市環境局（DLH）：13 名（TLPSDA、PHPKLH、KEBERSIHAN）
- バリクパパン市住宅居住局（DISPERKIM）：2 名
- バリクパパン市農業水産食糧局（DP3）：1 名
- バリクパパン市交易局（DISDAG）：1 名
- バリクパパン市中小企業産業局（DKUMKMP）：2 名
- バリクパパン市営植物園（Kebun Raya Balikpapan）：3 名
- 国営石油会社（PT Pertamina）：1 名
- 国営肥料会社（PT Pupuk Indonesia）：1 名（ジョシュア氏）
- インドネシア教育推進財団 Indonesian Education Promoting Foundation（IEPF）：1 名
- コミュニティ代表（クランダサン RT32）：1 名
- 本事業堆肥管理スタッフ：2 名（アリ氏、アル氏）
- 調査団：3 名（株式会社西原商事：成田詩歩、高倉環境研究所：高倉弘二、公益財団法人地球環境戦略研究機関：日比野浩平）
- 通訳者：1 名（フィンサ氏）

<議題>

- | | |
|-----------------|--------------------|
| 議題 1. 開会挨拶 | バリクパパン市環境局 スルヤント局長 |
| 議題 2. 堆肥化事業について | 国営肥料会社調査部 ジョシュア課長 |
| 議題 3. 調査成果について | 株式会社西原商事国際連携室 成田室長 |
| 議題 4. 有機堆肥の重要性 | 高倉環境研究所 高倉代表 |
| 議題 5. 質疑応答 | |
| 議題 6. 閉会 | バリクパパン市環境局 スルヤント局長 |

<発表資料>

議題 2（堆肥化事業について）、議題 3（調査成果について）、議題 4（有機堆肥の重要性）のために準備・発表を行った発表資料は、付録 3 のとおり。

<議事録>

議題 1. 開会挨拶

（スルヤント局長）ガジャマダ大学が実施した大規模堆肥化施設の建設に関する FS の結果では、堆肥化可能量は 5 トン／日だったが、バリクパパン市は 32 トン／日（バリクパパン市の廃棄物量は 350 トン／月が計算根拠）の堆肥化を目指している。これまで調査だったが、今後はビジネスにしていいため、具体的な結果が必要。例えば、パーク残渣（チップミール）は工場が閉鎖して入手が困難になっているため、使わないこと

とし、市場ごみなどを主体に考えていかないといけない。

議題2. 堆肥化事業について（国営肥料会社調査部 ジョシユア課長）

（ジョシユア課長）PIでは、ボンタン、パレンバン、アチェ、グレスニックで化学肥料を生産しており、そのうち、ボンタンの工場は東南アジア最大である。有機肥料（ペトロオーガニック）の生産量は現状70万トン／年であるが、2030年までに690トン／日まで拡大する予定。現状のペトロオーガニックは、PIが各地のミトラ（協力会社/下請け会社）に委託して生産している。生産コストはRp 1150/kgであるが、農家にはRp 500/kgで販売しており、不足分は政府からの補助金で補っている（補助金上限は100万トン／年）。バリクパパン市では、バリクパパン市とMOUを締結して、大規模堆肥化の実現可能性（FS）の調査を実施した。FSの結果、ペトロオーガニックの基準に対して、バリクパパンの資材を使って試作した堆肥は硬度が足りなかった。また、生ごみ量が少ない、品質が低い、生産費用が高いなどの課題が明らかになっているので、西原商事の協力により堆肥の品質の向上等を期待している。また、バリクパパン市の協力により、さらなる発生源別の向上も期待している。今後は、農業省と連携して全国の自治体で都市ごみの堆肥化を推進することを計画している。

議題3. 調査成果について（株式会社西原商事国際連携室 成田室長）

（成田室長）西原商事のスラバヤ市での中間処理事業の背景、PI及びバリクパパン市と連携したバリクパパン市での堆肥化実現可能性調査の経緯、今回の環境省事業で行ってきた調査の内容及び成果について説明した。現状の主要課題として、堆肥の材料となる生ごみや既存の堆肥の量が少ないこと、バリクパパン市で入手可能な資材を使った場合には造粒の強度が足りないことを説明した。生ごみや堆肥が少ないことについては、これまで既存の市営コンポストセンター等において嫌気発酵方式で作っていた堆肥を好気性発酵方式に変えることによって増産できる可能性があることを説明した。

議題4. 有機堆肥の重要性（高倉環境研究所 高倉代表）

（高倉代表）コンポストは、土壌改良と肥料成分の供給効果を有しており、農家が収穫量を増やすためには、肥料成分の供給だけでなく、土壌改良も併せて行う必要がある。土壌を改良するためには、土壌の物理的、科学的、生物的要件を整える必要がある。堆肥は土壌の団粒化により、土壌中に空気・水分の供給と根の伸長を促すことができる。化学肥料は窒素、リン、カリが主成分だが、その他微量元素を含んでいない場合がある。一方、堆肥は微量元素を多く含んでおり、団粒構造がマイナスイオンに帯電しているため、微量元素と結合して土壌中に滞留しやすい。また、堆肥によって様々な種類の微生物が土壌中に生息することにより、特定の害虫が急激に増えることを抑止することにも役立っている。※化学肥料と団粒化した堆肥とで雨水の浸透性がどう異なるかを、ペットボトルと紙で作った実験ツールを用いて実演した。

議題5. 質疑応答

Q1（プルタミナ）化学肥料と堆肥は一緒に使い続けることができるか？

→（高倉）堆肥は土壌改良効果は高いが、肥料成分は少ないため、化学肥料と併せて使うと効果的である。今まで化学肥料だけ使っていたところに堆肥を導入すれば、化学

肥料量の投入量を減らすことができる。それぞれの特徴を考慮して使うことにより最大の効果を発揮できる。

→ (ジョシュア) 化学肥料を使い続けて固くなってしまった土は、化学肥料では柔らかくならない。堆肥を使うと土が柔らかくなる。PI では微生物肥料 (Pupuk Hayati) を研究中。

Q2 (RT32 Kelandasan Ilir) 堆肥は直接日に当ててはいけない、水に当ててはいけないと聞いたが。

→ (高倉) 堆肥作成では水分調整が重要であるため、雨が当たらないよう、屋根がある施設でやることが重要。一方、日光 (紫外線) を堆肥に当てると微生物は死ぬが、表層の極一部であるため、あまり心配しなくてもよい。



挨拶するスルヤント環境局長



発表する PI のジョシュア氏



発表する成田氏



土壌の浸透性の実験を実演する高倉氏



土壌に含まれる微生物についての説明



会場と参加者

図 33. 現地関係者合同ワークショップの様子

出所) 調査団撮影 (2019 年 1 月)

7. 実現可能性の評価

本調査の結果、事業の実現可能性を、事業採算性、環境負荷削減効果、社会的受容性を踏まえて総合的に評価を行った。

7.1 事業採算性

ここでは、当初目指していた処理能力 50 ton/day 規模の堆肥化プラントをバリクパパン市に建設した場合の事業採算性について評価を行った。事業採算性を評価するにあたっての諸条件と試算は以下の通り。

(1) 関係機関と連携体制

- PI 及び北九州市の間で環境技術協力に関する包括協定 (MOU) を締結
- PI 及びバリクパパン市の間で廃棄物管理に関する包括協定 (MOU) を締結
- 上記 2 つの MOU の下、具体的な堆肥化事業の実施計画に基づいた「実施合意書」を、PI、北九州市、バリクパパン市、西原商事の間で締結。

(2) 実施体制

- 事業の実施は、堆肥の原料の調達や既存の市営コンポストセンターなどで堆肥の一次発酵を行う「調達プロセス」、一次発酵および二次発酵を通して品質の高い堆肥を生産する「製造プロセス」、そして、生産された堆肥を製品化して販売・流通させる「流通プロセス」の 3 つのプロセスに分ける。それぞれ、バリクパパン市が調達プロセス、西原商事が製造プロセス、PI が造粒・流通プロセスを分担して担当 (表 15)、(図 34)。
- PI と西原商事で特別目的会社 (SPC) を設立するか、あるいは PI が西原商事と長期契約を締結し、堆肥製造業務を委託することを想定。

表 15. 実施合意書で想定される関係機関とそれぞれの役割

関係機関	主な役割
PT Pupuk Indonesia	設備投資、堆肥の販売・普及、バリクパパン市との折衝、国との折衝、堆肥の造粒、パッケージング
西原商事株式会社	堆肥の製造
バリクパパン市	ごみの分別収集、用地の提供、許認可、処理費の提供、現地関係者との折衝
北九州市	技術的サポート (能力育成)

出所) 調査団が調査結果を基に作成

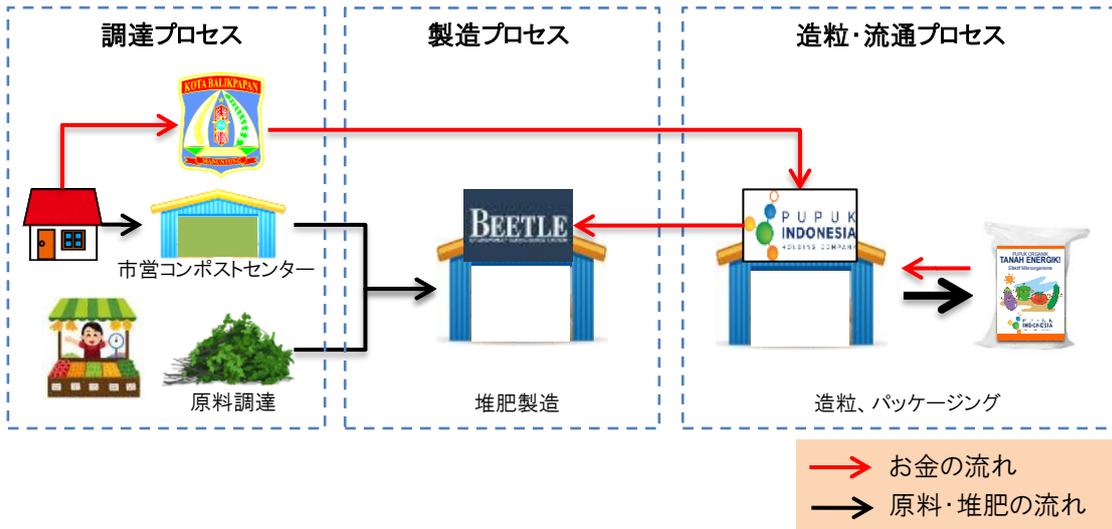


図 34. バリクパパン市における堆肥生産の役割分担イメージ
出所) 調査団が調査結果を基に作成

(3) 生産プロセス

生産プロセスは大きく分けて、混合ごみの分別と生ごみの一次発酵を行う「第 1 工程」、第 1 工程のアウトプットおよび既存の市営コンポストセンターなどで一次発酵を終えた堆肥を二次発酵する「第 2 工程」、そして、乾燥、造粒および製品化を行う「第 3 工程」の 3 つのプロセスに分かれることを想定 (図 35、図 36)。

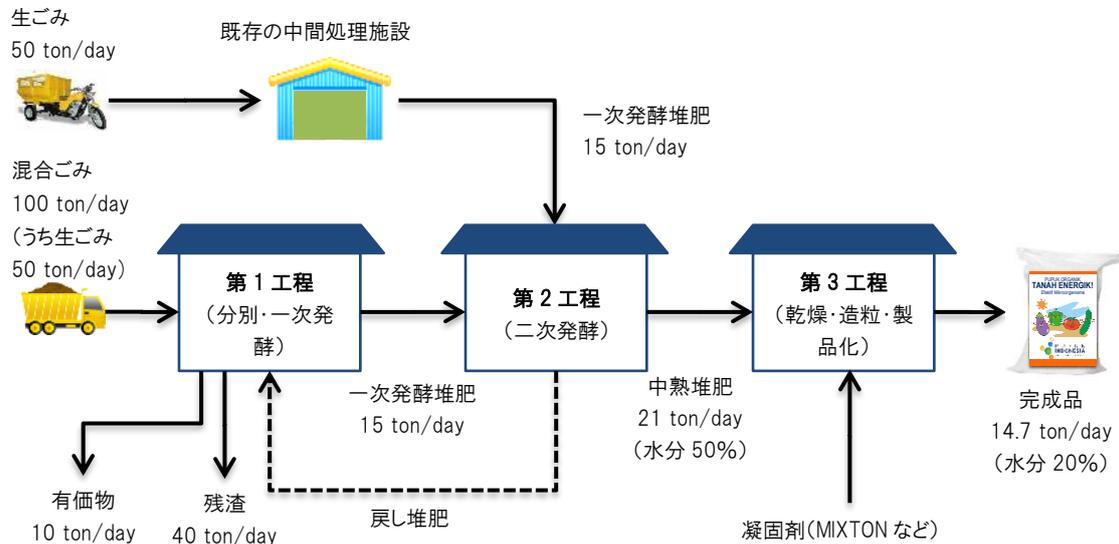


図 35. バリクパパン市で想定される都市ごみを活用した堆肥生産フローと収支 (混合ごみ 100 トン/日を受け入れた場合の想定)。

出所) 調査団が調査結果を基に作成

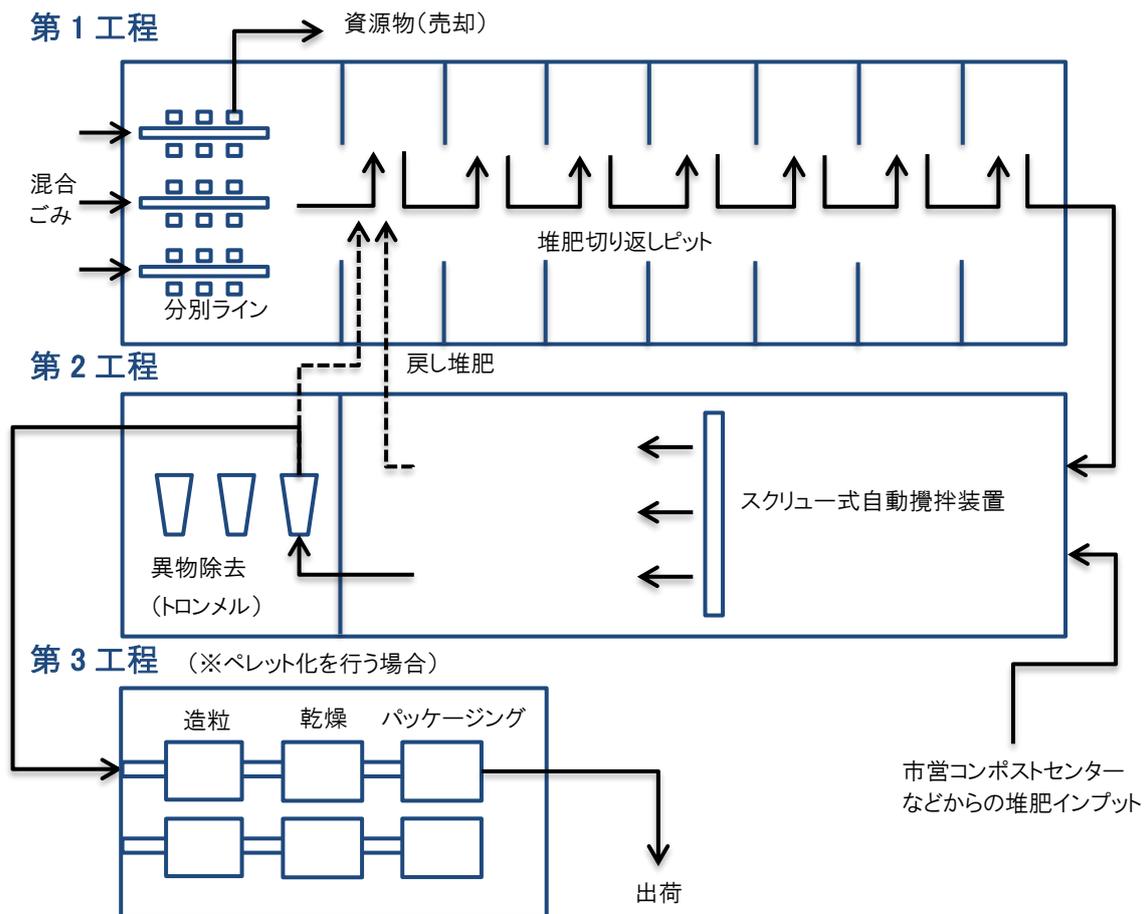


図 36. バリクパパン市で入手可能な生ごみを活用した堆肥化プロセスの概要
出所) 調査団が調査結果を基に作成

(4) 利用技術

大量の堆肥を効率的に攪拌して空気を供給しつつ、堆肥の移動も行う装置として、スクリー式自動攪拌装置を検討した。

■ スクリュー式自動攪拌装置

<特徴>

- 省スペースで大量に処理が可能
- 堆肥高は約2~3mのため、熱が逃げにくく、発酵が促進され、水分が早く蒸発
- 堆肥をかきあげないため、温度低下、臭気が少ない
- 構造がシンプルで、故障しにくく、運転費用(電気代)も安い
- 1日1回攪拌(スクリー傾斜により1回で約50cm移動)

<スペック(例)>

- メーカー: 天神製作所(宮崎県) URL: <http://www.tenjin-tm.co.jp/>
- 型式: TM片懸垂式発酵攪拌機(13-3000型)
- サイズ: [攪拌幅13m] × [堆肥高3m] × [発酵槽長さ100m]

- 1日投入量： 87 m³ （堆肥 1m³=600 kg（水分 60%）の場合、52 トン／日）
- 発酵日数： 45 日間
- 本体価格： Rp 3,714,071,092



図 37. 天神製作所 TM 片懸垂式発酵攪拌機

出所) 天神製作所 (<http://www.tenjin-tm.co.jp/>)

(5) コスト (概算)

■ 試算の考え方

都市ごみ由来の堆肥は、自治体が市内の公園や街路樹の緑化のために自己消費するような場合は、採算が合う可能性があるが、国の品質基準を満たした有機肥料として製品化して流通に乗せる場合は、採算が合わない可能性が高い。一方、都市ごみから大規模に堆肥を生産すれば、自治体の廃棄物管理費を削減することが見込めるため、その削減コストの一部をティッピングフィーとして堆肥生産コストに充当することが考えられる。それにより、ビジネスとして採算性を確保するだけでなく、自治体の廃棄物管理費のコスト削減、市内の美化、雇用の創出等の両立を目指す。

- A: 都市ごみ 100 トン/日を分別して堆肥化した場合の節約コスト
 バリクパパン市において 100 トン/日の混合ごみを分別して堆肥化した場合、Rp 9.1M
 /日が節約できると推定できる。これは、バリクパパン市の廃棄物管理予算 (2016 年:
 Rp 93B) の約 3.6%に当たる。

表 16. 都市ごみ (混合ごみ) 100 トン/日を分別して堆肥化した場合の節約コスト概算

費目	推定額	計算根拠
最終処分場 管理費 (A-1)	Rp 2,755,031/d	【仮説】TPA における全廃棄物処理量に対して、堆肥化により削減された廃棄物に相当する管理費のうち 50%が節約できると仮定。 【データ】総管理費：Rp12,000,000,000/年、最終処分量：358 t/d (2016 年)、再資源化量 60 t/d (堆肥化 50 t/d、資源物 10 t/d) 【計算式】 $[(60/358 \times 12,000,000,000) \times 0.5] / 365 = 2,755,031$
トラック運 搬費 (A-2)	Rp 416,666/d	【仮説】市内全体で 100 t/d の堆肥化のうち、半分 (50 t/d) を発生源近くで一次発酵処理し、残り半分を TPA まで運搬して堆肥化すると仮定。発生源処理した場合運搬費はかからないと仮定。 【データ】50 t/d で削減できるコンテナ車両 (積載量 4t) の運搬回数：12.5 台往復/日、1 往復当たりの市内から最終処分場までの平均距離：20 km (10 km の往復)、車両燃費：3 km/L、ディーゼル燃料費：Rp 5,000/L 【計算式】 $(12.5 \times 20) / 3 \times 5,000 = 416,666$
トラック購 入費 (A-3)	Rp 3,424,657/d	【仮説】発生源近くで一次発酵することにより削減された廃棄物の運搬に必要なトラックの購入費用が節約できると仮定。 【データ】コンテナ車両 1 台 Rp 2B、車両の償却期間 10 年間、50t/d の堆肥化で削減できるコンテナ車両 (積載量 4t) の運搬回数：6.25 台 (12.5 台/2 往復) 【計算式】 $(2B \times 6.25) / 10 / 365 = 3,424,657$
人件費 (A-4)	Rp 2,500,000/d	【仮説】堆肥化によるトラック削減台数分 (1 台につき運転手 1 名、地上作業員 2 名) のスタッフの人件費が節約できると仮定。 【データ】スタッフ 1 名の月額人件費：Rp 4,000,000/m 【計算式】 $(6.25 \times 3 \times 4,000,000) / 30 = 2,500,000$
合計	Rp 9,096,354/d	

出所) 調査団が調査結果を基に作成

■ B: 事業収入見込み

表 17. 都市ごみ（混合ごみ）100 トン／日を分別して堆肥化した場合の事業収入見込み概算

費目	推定額	計算根拠
有価物販売 (B-1)	Rp 4,000,000/d	【仮説】 ペットボトル等の有価物を分別ラインで選別後に売却した際の売却益。100 トン／日の混合ごみを受入れ、そのうち 10%が売却可能な有価物だと仮定。 有価物の平均売却単価として Rp 400/kg を利用 【計算式】 $100,000 \times 0.1\% \times 400 = 4,000,000$
堆肥販売 (B-2)	Rp 5,145,000/d	【仮説】 堆肥の売却益。単価 Rp 350/kg 【計算式】 $14,700 \times 350 = 5,145,000$
ティッピングフィー (B-3)	Rp 10,000,000/d	【仮説】 バリクパパン市から支払われる、分別が必要な原料に対する処理委託費用（ティッピングフィー）。単価：Rp 100/kg、対象混合ごみ：100 t/d 【計算式】 $100,000 \times 100 = 10,000,000$
国からの補助金 (B-4)	Rp 0/d	【仮説】 国からの補助金は想定しない
合計	Rp 19,145,000/d	

出所) 調査団が調査結果を基に作成

■ C: 事業支出見込み

表 18. 都市ごみ（混合ごみ）100 トン/日を分別して堆肥化した場合の事業支出見込み概算

費目	推定額	計算根拠
設備投資 Capex (C-1)	Rp 2,367,415/d	建屋 Rp 6,451,800,000（事務所含む） 外構 Rp 460,800,000（土地整備、道路） 計量器 Rp 100,000,000 スクリュー式自動攪拌装置 Rp 3,500,000,000（1機） ホイルローダー Rp 1,200,000,000（2台） フォークリフト Rp 200,000,000（1台） トロンメル Rp 150,000,000（3機） ベルトコンベア Rp 108,000,000（108m） 破砕機 Rp 150,000,000（3機） その他 Rp 640,000,000（整地費用等） 計 Rp 12,961,600,000 【計算式】 Rp 12,961,600,000/15年/365日 = 2,367,415 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto;">償却年数 15年 金利 1%</div>
運営費 Opex (C-2)	Rp 5,457,533/d	人件費（雇用人数 22人、単価 Rp 4,000,000/m、賞与も含め 年間 14ヵ月分を支払う想定） $(4,000,000 \times 14 \times 22) / 365 = \text{Rp } 3,375,342/\text{日}$ 光熱費・車両燃料代：Rp 986,301/日 メンテナンス：Rp 1,095,890/日
原料価格(C-3)	Rp 0/d	原料の生ごみ及び市営コンポストセンター等で一次発酵した堆肥は、バリクパパン市が回収して無償で供給することを想定
原料輸送費 (C-4)	Rp 0/d	原料の生ごみ及び市営コンポストセンター等で一次発酵した堆肥の輸送費はバリクパパン市が負担することを想定
土地使用料 (C-5)	Rp 138,861/d	Rp 9.747/m ² /年×5.200 m ²
最終処分費 用(C-6)	Rp 4,000,000/d	40,000 kg/日×Rp 100/kg
合計	Rp 11,963,809/d	

出所) 調査団が調査結果を基に作成

■ D: 収支合計

- ティッピングフィー及び最終処分費ありの場合：
 $\text{Rp } 19,145,000/\text{d (B)} - \text{Rp } 11,963,809/\text{d (C)} = \text{Rp } 7,181,191/\text{d} = \underline{\underline{\text{Rp } 215,435,730/\text{m}}}$
- ティッピングフィー及び最終処分費なしの場合：
 $\text{Rp } 9,145,000/\text{d (B)} - \text{Rp } 7,963,809/\text{d (C)} = \text{Rp } 1,181,191/\text{d} = \underline{\underline{\text{Rp } 35,435,730/\text{m}}}$

以上の試算より、PIによる堆肥買取価格が Rp 350/kg で、堆肥化による廃棄物削減による便益に相当するティッピングフィーをバリクパパン市から得られれば、Rp

215,435,730/月（約 170 万円/月）程度の収益が見込まれる。ただし、ティッピングフィーの支出には入札が必要である。また、堆肥化工場は最終処分場内に建設予定であるため、堆肥化に伴う輸送コストの削減がほとんど見込めないことから、市がティッピングフィーを支払うメリットが少ない。

他方、仮にバリクパパン市からティッピングフィーを得られなければ、収益は Rp 35,435,730/月（28 万円/月）程度に留まり、これでは事業化の可能性は低い。

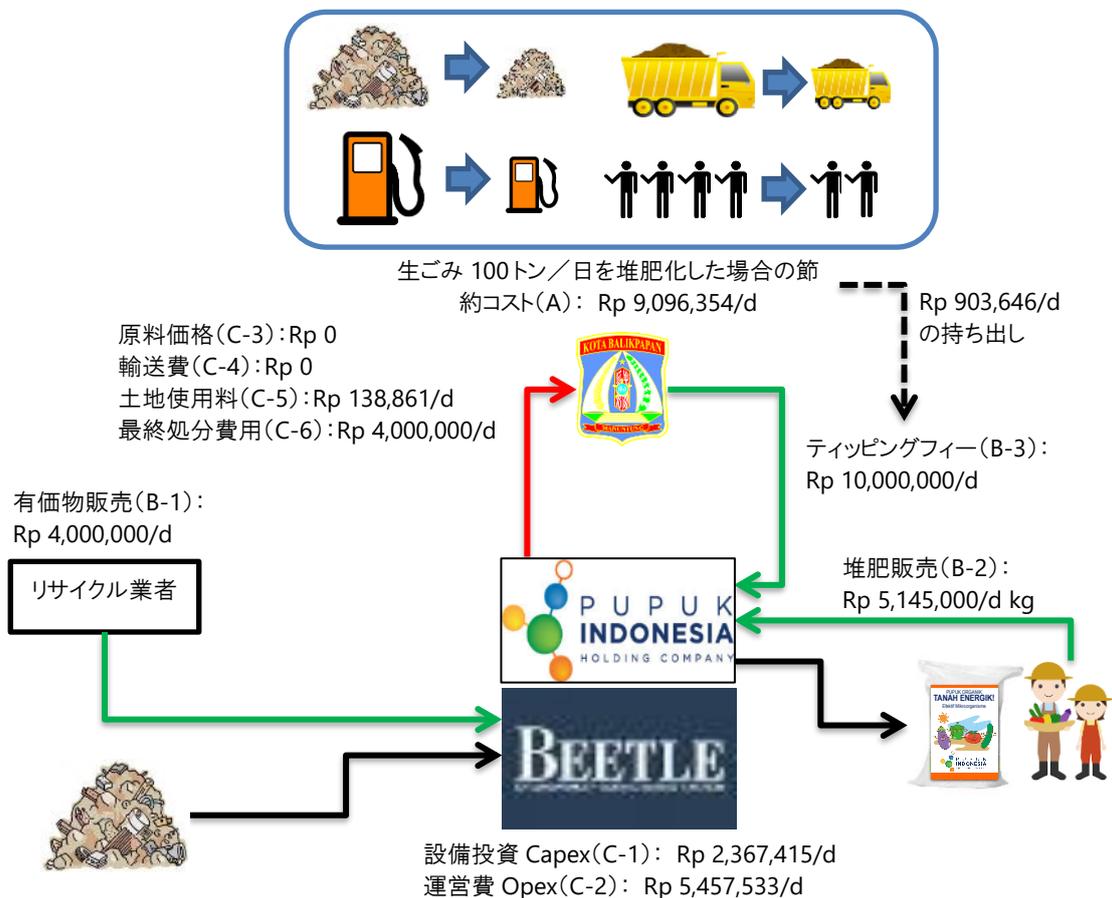


図 38. PI と西原商事が連携し、バリクパパン市の協力を得て堆肥を製造・販売した場合の収支イメージ（ティッピングフィーを市から得られた場合）

出所) 調査団が調査結果を基に作成

7.2 環境負荷削減効果

本事業を通してバリクパパン市において都市ごみから大規模に堆肥が生産されると、主に以下の効果が期待できる。

- ① 最終処分場に運ばれる有機廃棄物の削減による処分場の延命化
- ② 市民や事業者による発生源分別の促進及びそれに伴う市内の美化・環境改善
- ③ 廃棄物運搬車両の削減による市の廃棄物処理費の削減

- ④ 最終処分場からのメタン回避による CO₂ 排出削減：

【計算仮説】堆肥化する生ごみ 100 トン／日、食物くずの含水率 75%、単年度あたり分解率 0.20630（方法論：食品廃棄物等の埋立から堆肥化への処分方法の変更（WA-002 Ver.1.0））、食物くずによる埋立地からの CH₄ 排出係数 0.145 tCH₄/t（算定報告公表制度係数）、堆肥化に伴う CH₄ 排出係数 4 kg CH₄/t（IPCC デフォルト値）、堆肥化に伴う N₂O 排出係数 0.24 kg N₂O/t（IPCC デフォルト値）

- A. リファレンス排出量（最終処分場からの CH₄ 排出量）：

$$100 \text{ t/d} \times (1-0.75) \times (1-0.20630) \times 0.145 \text{ tCH}_4/\text{t} \times 25 \text{ (CO}_2 \text{ 換算)} = 71.9 \text{ tCO}_2/\text{d}$$

- B. プロジェクト排出量（堆肥化に伴う CH₄ と N₂O 排出量）：

$$100 \text{ t/d} \times (1-0.75) \times (1-0.20630) \times [4 \text{ kg CH}_4/\text{t} \times 25 \text{ (CO}_2 \text{ 換算)} + 0.24 \text{ kgN}_2\text{O/t} \times 298 \text{ (CO}_2 \text{ 換算)}] = 3,403 \text{ kgCO}_2/\text{d} = 3.4 \text{ tCO}_2/\text{d}$$

- C. ネット排出量（A - B） = 68.5 tCO₂/d = 25,003 tCO₂/y

- ⑤ 廃棄物収集運搬車両削減による CO₂ 排出削減：

【計算仮説】堆肥化する生ごみ 100 トン／日、車両最大積載量 2.6 t、車両燃費 5 km/L、100 t/d の堆肥化で削減できる運搬回数 38 台回／日（100 t/d ÷ 2.6 t = 38.4）、市内から最終処分場までの距離 45 km、ディーゼル排出係数：2.58 kgCO₂/L（算定報告公表制度係数）

- D. リファレンス排出量（最終処分場への収集運搬に伴う GHG 排出量）：

$$38 \text{ 台回/d} \times (45 \text{ km} \times 2 \text{ way}) / 5 \text{ km/L} \times 2.58 \text{ kgCO}_2/\text{L} = 1,764.72 \text{ kg CO}_2/\text{d} = 1.8 \text{ t CO}_2/\text{d}$$

- E. プロジェクト排出量（堆肥製造に係る収集運搬に伴う GHG 排出量）：発生源の近所で処理するものと想定して、0 t CO₂/d

- F. ネット排出量（D - E） = 1.8 t CO₂/d = 657 tCO₂/y

7.3 社会的受容性

現地調査を通じて、提案事業に関する社会的受容性についていくつかの視点から検討を行った。

(1) 周辺住民等の受容性

堆肥化事業を行うにあたって、多くの場合問題となるのが異臭や蠅の発生等に関する周辺住民からの苦情や、廃棄物処理施設である故のイメージ・ダウンによる不動産価値の下落等への反発である。本提案事業におけるプラント建設予定地はバリクパパン市が有している広大な最終処分場（TPA Manggar）内であるため、周辺に居住者はいない。したがって、周辺住民の受容性については評価対象外となる。敷地内には既存のコンポストセンターが設置され稼働しているが、嫌気性発酵による手法を採用しているため異臭が発生している。本提案事業では、匂いが少ない好気性発酵による手法を採用するため、異臭の緩和にも貢献できると考えられる。

(2) 現地行政機関の受容性

本事業は、農業省の施策に基づいて国営企業のPIが推進している。また、ごみの分別回収の推進にもつながるため、環境林業省が推進している3R施策とも合致している。また、PIと連携した堆肥化事業についてはバリクパパン市の廃棄物マスタープランにも盛り込まれている事項であるため、国及び自治体の受容性は高い。一方、「3.8. PIの有機堆肥増産計画に係る情報」で示した通り、ペトロオーガニックの生産単価は、農家への販売単価の倍以上かかっており、現状ではインドネシア政府（農業省）から支給される補助金で差額を埋め合せているのが現状である。中長期的には補助金に頼らない堆肥生産が必要であると考えられる。

(3) 堆肥資材の競合

住宅地、市場、商業施設等からの一般ごみの回収はバリクパパン市が行っており、ごみの回収において競合者はいない。資源ごみについては市営の資源物回収所（MRF）及びごみ銀行で回収して換金しているほか、スカベンジャーが資源物を回収しているため、複数の利害関係者がいる。一方、生ごみについては家畜の餌としての利用が一部ある以外は市場価値がほとんどないため、利害関係者はほとんどいない。現在、バリクパパン市で生ごみから堆肥を作っているのは市営の施設（全て環境局管轄）のみであるため、市と連携して実施することを前提としている本事業では競合関係にはならない。そのため、堆肥資材の競合者はおらず、逆に、市の廃棄物管理費の削減や市内の美化につながることから、歓迎される可能性が高いと考えられる。

(4) 農家の受容性

尼国全体で見ると、既存の有機肥料（ペトロオーガニック）生産の主要な課題は、補助金に頼った生産を行っていることに加え、補助金により販売単価がRp 500/kgという安価な設定になっているのにも関わらず、農家の需要が低いことである。農家は化学肥料と比べて即効性が低く、重量や体積がかさみ取り扱いにくい有機肥料を敬遠する傾向があり、有機肥料の有効性についてはほとんど認知されていない。この点は、今後尼

国全土で有機肥料の生産量を拡大していくにあたり大きな課題である。この改善にあたっては、尼国農業省や現地専門家とも連携して、農家への普及・啓蒙を行うとともに、有機肥料を使った有機野菜の生産・消費・再生に関する実証事業（例えば、食品リサイクル法に基づく再生利用事業計画の取り組みの一環で、地域で完結する循環型モデル「食品リサイクル・ループ」を尼国で実践するなど）を通して農家や消費者に堆肥の有効性を実感してもらう必要がある。

7.4 実現可能性の評価

以上の調査結果から、バリクパパン市における堆肥化事業の実現可能性については以下のように評価した。

(1) 事業化に向けた主な課題

- バリクパパン市で入手可能な生ごみの量が想定していたより少ないことが判明した。そのため、大規模な堆肥化プラントの必要性がそもそも低いと考えられる。
- バリクパパン市では、堆肥化プラントの建設予定地が最終処分場内にあり、市内から最終処分場までの距離も比較的近いため、廃棄物管理において大きな割合を占める廃棄物運搬費の削減効果が小さい。したがって、総じて市にとっての便益は大きくない。そのため、堆肥化のために市がティッピングフィーを支払うインセンティブも大きくはない。
- PIによる堆肥買取価格が Rp 350/kg で、ティッピングフィーをバリクパパン市から得られれば、Rp 215,435,730/月程度の収益が見込まれ、事業性の可能性は高くなるが、ティッピングフィーが得られなければ、収益は Rp 35,435,730/月程度に留まり、事業化の可能性は低い。
- PIの既存の有機肥料製品であるペトロオーガニックはグラヌール化を前提としており、造粒・乾燥プロセスに大きなエネルギーとコストがかかっている。さらに、グラヌール化しないと農業省からの補助金が降りないシステムになっているため、グラヌール化しないことでコスト削減を図る取組がやり難い構造になっている。
- 補助金の上限は100万トン/年に設定されているため、PIが目指している2030年までに690万トン/年まで堆肥の生産量を増産するためには、補助金に頼らない生産も必要だが、その方向性は定まっていない。
- 堆肥の有効性についての農家の認知度は低いため、堆肥の生産量を増加してもそれに見合う需要が見込めない。

(2) 事業化に向けた前向きな材料

- PIは、本事業の取組を評価しており、最初のモデル都市としてバリクパパン市で堆肥化事業を成功させることを重要視している。
- バリクパパン市環境局は3Rの推進を含め廃棄物管理の改善に積極的であり、本事業についても積極的に支持してくれている。
- 堆肥の増産とそれによる農地の土壌改良、並びに農業生産性の改善は、尼国農業省の施策であるだけでなく、環境林業省の3R推進の施策とも合致している。さらに、最終処分場からのメタンガスの排出削減、輸送車両に係る燃料の削減、市内の美化など様々なコベネフィットが期待できる。そのため、尼国全土に普及する価値が高く、期待できるインパクトも大きい。

(3) 事業化に向けた進め方（案）

以上の事業化に向けた課題及び前向き材料から総合的に勘案して、想定していた

大規模堆肥化施設をバリクパパン市に建設するのはオーバースペックであり、現状では時期尚早だと判断された。大規模施設を新規に建設するには、市からティッピングフィーを得ることが必須であり、それにはバリクパパン市は条件が悪い。他方、ティッピングフィーを支払ってでも廃棄物を削減するインセンティブが強い他の自治体であれば、実現可能性は高まると考えられる（表 19「事業モデル 1」）。

バリクパパン市で想定できる入手可能な生ごみ量から勘案すると、スラバヤ市で JICA の支援を受けて弊社が建設・運転したコンポストセンター(処理能力 20 ton./day) と同等の設備で十分だと考えられる。その規模であれば、設備投資も大幅に削減することが可能であるため、投資リスクの低減を図れる。また、仮に将来的に生ごみの回収量が増えた場合でも、ピットを増設することによって倍の 40 ton/day まで拡張することも可能である（表 19「事業モデル 2」）。しかし、グラヌール化のための設備がバリクパパン市近郊になく、グラヌール化しない場合の製品化の方向性も定まっていない現状では、この規模であっても、設備投資の判断は出しにくい状態である。

そこで、暫定的な事業化案としては、既存の施設を使って小規模でも堆肥生産を開始し、補助金に頼らない堆肥生産の方向性を PI 及びバリクパパン市と連携して試験・検討することが考えられる。具体的には、既存の ITF の設備を、現状の生産効率が低い嫌気性発酵方式から、生産効率が高い好気発酵方式に改修する可否について PI、バリクパパン市と協議を行う。改修が可能であれば、PI と技術コンサルタント契約を締結し、施設改修及び堆肥生産について技術協力を実施する。そして、生産された堆肥を用いて、グラヌール化を行わない新たな有機肥料製品の試作、試験利用、販売網の確立等を行う（表 19「事業モデル 1」）。この事業モデルでは、製品化の見通しがついた段階で、事業モデル 2 に移行することを想定している。

表 19. 今後バリクパパン市において想定できる堆肥化の事業モデルと今後の展開可能性

	事業モデル 1	事業モデル 2	事業モデル 3
概要	既存の中間処理施設 (ITF) を好気発酵堆肥の製造に適した仕様に改修して堆肥生産量の増大 (~10 ton/day) と質の改善を図り、補助金に頼らない堆肥生産方法の確立、製品化、需要の開拓を実施する。	スラバヤ市で実績がある 20 ton/day と同等の設備を新規建設し、生ごみの集まり状況に応じて、後から 40 ton/day まで拡張できるようにする。これにより、初期投資額を抑えてリスクの低減を図る。	50 ton/day のピットと自走式攪拌機等を導入した設備を新規に建設する。
投資規模	100 万円	5,000 万円	1 億 5,000 万円
実現可能性	高い (○)	中 (△)	低い (×)
備考	ITF の改修可否について、公共事業省及びバリクパパン市と要確認	アウトプットの仕様に関する見通しが立てば将来的に可能性あり	最終処分場が市内から遠距離にある、あるいは焼却発電に移行する予定がある自治体では、自治体が堆肥化のためにティッピングフィーを支払うインセンティブが高いため、実現可能性は高まると考えられる。

出所) 調査結果を基に調査団が作成

8. 今後の海外展開計画案

平成 32 年度以降の海外展開計画については、「7.4 実現可能性の評価」に示した、ITF 改修による堆肥生産の方向性（表 19 の事業モデル 1）について PI 及びバリクパパン市と協議を重ねていくことを基本とする。一方、バリクパパン市での事業化が進まない可能性も考えられることと、PI が目指している尼国全土への展開の足掛かりはまだつかめていないため、他の自治体での可能性についても調査することを考えている。

本調査の結果、大規模施設の建設に投資して事業を成立させるためには、自治体から廃棄物処理費（ティッピングフィー）を得ることが重要であることが判明した。バリクパパン市は、市がティッピングフィーを支払うためのインセンティブが低い状態であるが、他の自治体（特に大規模都市）では、ティッピングフィーを支払うインセンティブが高い自治体も想定される。特に、以下のような条件がそろっている自治体では、最終処分場に廃棄される廃棄物の量を減らすインセンティブが高くなるため、事業の実現可能性はより高くなることが考えられる。

- 堆肥化施設は市内に建設
- 最終処分場が市内から遠く、輸送コストが高い
- 将来的に焼却発電に移行を検討している

他の自治体での可能性を検討するためには、まずは、PI の有機肥料増産計画の優先都市（優先上位 5 都市：①バリクパパン市、②パレンバン市、③マカッサル市、④メダン市、⑤スラバヤ市）が候補として挙げられる。また、PI と環境技術協力で MOU を締結予定（平成 31 年 3 月）の北九州市の協力も得られると、都市間連携も含めた廃棄物管理の改善が見込めると考えられる（PI の優先上位 5 都市のうち、北九州市と都市関連液実績がある自治体は、①バリクパパン市、④メダン市、⑤スラバヤ市）。複数の自治体での総合的なポテンシャルを検討するにあたっては、外部資金の活用が必要である。

付録目次

付録 1. コンセプトノート（海外展開計画案）（日本語版、平成 31 年 2 月時点）

付録 2. 「北九州市とインドネシア国営肥料会社（PERSERO）との環境技術導入のための協力に関する覚書」（案）（平成 31 年 3 月 08 日時点）

付録 3. 現地関係者合同ワークショップにおけるプレゼン資料

付録 3-1. Riset Pengelolaan Sampah Menjadi Pupuk Organik（国営肥料会社調査部 ジョシユア課長）

付録 3-2. PROGRESS FS PRODUKSI KOMPOS di BALIKPAPAN（株式会社西原商事国際連携室 成田室長）

付録 3-3. Toward the Development of High - Functional Compost - For Plant Cultivation Using Compost（高倉環境研究所 高倉代表）