

インドネシア国

インドネシア国
有機性廃棄物の再資源化
サプライチェーン事業案件化調査
業務完了報告書

2019年9月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 石橋

民連
JR
19-130

◆作成時のお願い◆

- 製本版は、表紙の裏側に以下の事項を必ず記載ください
表紙→免責事項→写真・目次・図表リスト、、、と続きます。
- CD-ROMに格納したデータは、JICA ホームページ上で公開
されます。表紙の次頁に以下の事項を必ず記載ください

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

写 真



コンポストプラント RA-X



居住地域の共同ゴミ箱



タバナン県環境局によるゴミ収集



中間廃棄物集積場



マンドゥング最終処分場



廃棄物から有価物を選別

バンテルガバン廃棄物最終処分場のコンポスト工場



生ゴミの山の切り返し

目次

要約	i
はじめに	vii
第1章 対象国・地域の現状	1
1-1 対象国・地域の開発課題	1
1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等	17
1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針	20
1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業及び及び他ドナーの先行事例事業分析	21
第2章 提案企業、製品・技術	22
2-1 提案企業の概要	22
2-2 提案製品・技術の概要	22
2-3 提案製品・技術の現地適合性	27
2-4 開発課題解決貢献可能性	38
第3章 ODA 案件化	39
3-1 ODA 案件化概要	39
3-2 ODA 案件内容	40
3-3 C/P 候補機関組織・協議状況	44
3-4 他 ODA 案件との連携可能性	46
3-5 ODA 事業実施における課題・リスクと対応策	46
3-6 環境社会配慮等	46
3-7 ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果	51
第4章 ビジネス展開計画	52
4-1 ビジネス展開計画概要	52
4-2 市場分析	52
4-3 バリューチェーン	59
4-4 進出形態とパートナー候補	60
4-5 販売・収支計画	61
4-6 想定される課題・リスクと対応策	65
4-7 ビジネス展開を通じて期待される開発効果	66
4-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献	67
SUMMARY	68
添付資料 1	75

図目次

図 1	事業サイト	VIII
図 2	インドネシアの地域分類	1
図 3	実質経済成長率と 1 人あたり GDP の推移	2
図 4	インドネシア国の人口予測	2
図 5	バリ島の地形	3
図 6	バリ州行政区図	4
図 7	1969 年～2017 年 観光客の推移	5
図 8	1969 年～2017 年 インドネシア国の観光客にバリ州が占める割合	6
図 9	タバナン県の行政区分	7
図 10	廃棄物の定義	8
図 11	インドネシア国の都市ゴミの組成	9
図 12	タバナン県の環境局によるゴミ収集・処理のフロー	11
図 13	マンドゥング 最終処分場位置図	12
図 14	タバナン県のゴミ発生量の見込み	16
図 15	家庭ゴミの再資源化、減容化	17
図 16	スリランカ RA-X コンポスト工場	23
図 17	コンポストのタイプ	23
図 18	スクリュウ型コンポストプラント RA-X	25
図 19	RA-X による高温好気性発酵のメカニズム	25
図 20	家庭ゴミのコンポスト好気性発酵温度比較（イメージ）	26
図 21	バリ州の調査実施箇所	28
図 22	コンポスト施設配置図	30
図 23	コンポスト製造システム	30
図 24	コンポスト製造施設の配置図	32
図 25	コンポスト製造システム	32
図 26	家庭での分別収集ポスター	34
図 27	有機性廃棄物の再資源化サプライチェーン	39
図 28	コンポストプラント建設予定地	40
図 29	マンドゥング最終処分場の所有区域	40
図 30	コンポストプラント設置用地	43
図 31	コンポストプラント設置計画図	43
図 32	実施体制図	44
図 33	糶の生産量の推移	53
図 34	肥料消費量の推移	53
図 35	稲作農家の有機肥料の使用比率	54
図 36	RA-X の提供するコンポスト（補助金対象有機肥料）	57
図 37	有機肥料製造販売・バリューチェーン	58
図 38	ビジネスのバリューチェーン	60
図 39	ビジネスの実施体制	61
図 40	GCF 資金フロー	63
図 41	石橋の GCF プロジェクトへの参入	63

表目次

表 1	主要経済指標	2
表 2	バリ州の人口推移	4
表 3	バリ州の経済指標	4
表 4	バリ州の名目 GDP	5
表 5	2017 年タバナン県概況	6
表 6	タバナン県の土地利用	6
表 7	2017 年名目 GDP	7
表 8	郡別の面積・人口・人口密度	8
表 9	郡別の人口と廃棄物発生量	10
表 10	タバナン県の廃棄物処理状況（2015 年）	11
表 11	環境局の廃棄物収集・処理サービスの発生源（調査年不明）	11
表 12	RA-X の納品実績	22
表 13	調査コンポスト工場リスト	27
表 14	設備負担（協議中）	45
表 15	スコーピングの事前予測	48
表 16	ネガティブな影響の事前予測	50
表 17	固形ゴミ管理の国家政策及び戦略に関する大統領規則 都市ゴミ処理・削減目標	52
表 18	2018 会計年度における補助金付き肥料の農業部門への割り当量	55
表 19	農家への補助金付き肥料の最高小売価格	55
表 20	2018 会計年度における肥料の種類とその地域別分布	56
表 21	技術の比較	57
表 22	家畜糞尿と処理物の肥料成分含有率(平均)	58
表 23	地方自治体のコンポスト製造事業の経済性評価	59
表 24	販売計画	61
表 25	GCF 資金調達計画	63
表 26	収支計画	65
表 27	覚書などの取り決めで明確にしておく点	66

略語表

略語	正式名称	日本語名称
BKPM	Investment Coordinating Board	投資調整庁
BPS	Badan Pusat Statistik	中央統計局
DAE	Direct Access Entity	ダイレクトアクセス機関
DAK	Dana Alokasi Khusus	特別配分基金
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EPMA	Environmental Protection and Management Act	環境保護と管理に関する法律
EPR	Expanded Producers Responsibility	拡大製造者責任
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	国連食糧農業機関
FIRR	Financial Interest Rate of Return	財務的内部収益率
GCF	Green Climate Fund	緑の気候基金
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
HCB	Hexachlorobenzene	ヘキサクロロベンゼン
HET	Harga Eceran Tertinggi	最高小売価格
IDR	Indonesian Rupiah	インドネシアルピア
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
ITF	Integrated Treatment Facilities	ゴミ発電所
MoE	Ministry of Environment	環境省
PCB	Poly Chlorinated Biphenyl	ポリ塩化ビフェニル
PMA	Penanaman Model Asing	外資法人
PMDN	Penanaman Model Dalam Negri	内資法人
POPs	Persistent Organic Pollutants	残留性有機汚染物質
PT	Perseroan Terbatas	株式会社
PT SMI	PT Sarana Multi Infrastruktur	国営インフラ融資会社
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
TPA	Tempat Pemrosesan Akhir	最終処分場
TPS	Tempat Penampungan Sampah Sementara	中間廃棄物集積場
TPST	Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu	統合廃棄物管理センター
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	国際連合枠組条約

要 約

1. 対象国・地域の開発課題

インドネシア国バリ州タバナン県では、家庭ゴミの適切な処理と減量化が喫緊の課題となっている。

インドネシア国では、バンドン市近郊のルイガジャ処分場で、2005年2月に、オープンダンピングにより山積みとなっていたゴミが大崩壊を起こし143名の死者を出す大惨事となった。原因は、雨とメタンガス爆発であった。この対策として、廃棄物管理に関する2008年法律第18号（以下、廃棄物管理法）が策定され、同法では、「オープンダンピング方式の処分場を5年以内に閉鎖する」と規定している。また、インドネシア国の長期開発計画（2015）では、廃棄物を100%処理するために41都市に衛生埋立処分場、334都市に共同3R施設、112市区町村に集中3R施設のインフラストラクチャーを整備としている。しかし、整備がほとんど進んでいないのが現状である。

廃棄物管理法では、都市ゴミ処理は、市・県が直接の責任主体となっており、州は市・県にまたがる広域事業の調整を担っている。

バリ州タバナン県では、廃棄物は、マンドゥング最終処分場で、オープンダンピング方式により処分されている。敷地面積2.75haのうち2.25haを使用中で、隣地との緩衝帯を考慮すると拡張出来ない。このため、積み上げの高さを高くしているが、限界に達して崩壊の恐れがあり、近隣住民の被害が懸念される。

加えて、2015年にタバナン県で発生した廃棄物（1,119.7m³/日）の内、マンドゥング最終処分場で処理されたのは166.39 m³/日（14.9%）に過ぎず、残りの925m³/日（82.6%）が未処理である。ゴミ収集が行われていない地域では、家庭ゴミは、空き地、川等に不法投棄されたり、野焼きされたりしている。悪臭や、病原体、ハエ、蚊の発生といった衛生問題、河川や地下水汚染等の環境問題の発生が懸念されている。

World Bank Group のHOTSPOT SAMPAH LAUT INDONESIA APRIL 2018では、インドネシア国の都市ゴミの組成の特徴は、有機性廃棄物の平均含有率が63.17%と高いことであると報告している。そして、都市部では、有機性廃棄物の含有量が55~60%で平均含有率に比べて低く、プラスチックや紙の廃棄物が多いと推定され、地方都市、特に農村地域では、有機性廃棄物の含有量が65~75%と平均含有率に比べて高くなると推定されると報告している。

家庭の生ゴミの大半は、野菜屑等の植物性有機性廃棄物であり、高温で好気性発酵させて熟成させれば、良質の土壌改良材であるコンポストを作ることができる。また、家畜ふんを混入すれば、化学肥料の代替となる有機肥料であるコンポストを作ることができる。従って、コンポスト化は、家庭ゴミを減容化する有効な方法である。

しかし、家庭の生ゴミは、水分が80%と多く、バナナの茎などの繊維質が多い。また、1日あたり数十から数百m³規模の大量の生ゴミを処理する必要がある。従来方式のコンポスト技術では、これらの課題をクリア出来ないことから、家庭の生ゴミのコンポスト化が、インドネシア国では普及していない。

2. 提案企業、製品・技術

1) 提案製品・技術の概要

コンポストプラントRA-X（以下RA-X）は、機械的方法に分類されるコンポストプラントである。高水分の家庭の生ゴミや、糞や家畜糞等の有機性廃棄物を、大量に、持続的にコンポスト化できるプラントである。

① 技術の概要

コンポストプラント RA-X (以下 RA-X) の標準タイプは、スクリー型自動攪拌装置 (特許番号: 3607252) 1 基、廃棄物搬入・投入用バケット 2 基、発酵槽 1 槽、同床下より空気を送り込む 2.2 kw ブローアとエアレーション管 8 セットおよび発酵中のコンポストに雨水がかからないように覆う建物で構成される。

標準タイプ RA-X の処理能力は、最大約 67m³/日 (生ゴミ 50m³/日と農業廃棄物 17m³/日)、コンポスト製造能力は最大 17 t/日 (容量換算 34m³/日) である。

② 技術の特徴

- 大量に生ゴミを処理できる: RA-X は、最大約 67m³/日の有機性廃棄物を処理することができる。
- 高水分の生ゴミを処理できる: スクリー型自動攪拌装置で攪拌し、発酵槽の床下より 24 時間空気を送り込むことで、80%程度の高水分の生ゴミを好気性高温発酵させコンポストにすることができる。スクリーにより効率的に表層と深部の切り返しを行っているため、コンポスト化の過程で温度は 70°C 以上まで上昇して維持し続ける。従って、水分の多くは発酵の際に蒸散するため、排水はない。家庭ゴミのような不衛生な原料でも、衛生的なコンポストを作ることが出来る。
- 固形物やビニール袋も生ゴミと一緒に処理できる: RA-X は、2 本のスクリー用モーターをインバーター制御している。そしてスクリーが、混入したビンやヤシガラなどの固い固形物も弾き飛ばし、ビニール袋に入った生ゴミも粉碎して、連続運転しながら有機性廃棄物をコンポストにする。
- ランニングコストが小さい: 消費電力は、445kWh/日と少なく、自動運転で攪拌と走行が行えるようにプログラミングされており、運転はオペレーター 1 人で行えることから、労務費も低く抑えられる。
- 故障が少ない: RA-X のフレームを亜鉛メッキで防錆処理し、重要な部品にステンレスを採用している。またモーターをインバーター制御しているため過負荷によるトラブルが少なく装置耐久性があり、2002 年に納品した RA-X の 16 年 11 ヶ月間を筆頭に、納品した 15 台全て稼働中である。

2) 製品・技術の現地適合性

6 箇所のコンポスト工場で、コンポスト製造技術を調査した結果、提案製品の RA-X で、家庭の生ゴミからインドネシア国に適合したコンポストの製造の可能性が高いことが明らかになった。特に、家庭の生ゴミと家畜糞を同時に RA-X に投入して、両方を好気性高温発酵させて熟成し、上質で衛生的な、補助金対象のコンポスト (有機肥料) を製造する可能性が高いことが明らかになった。

3) 開発課題解決貢献可能性

RA-X は、インドネシア国の家庭の生ゴミを、大量に処理して、土壌改良材であるコンポストや補助金対象の有機肥料のコンポストを製造することができる。これにより、家庭の生ゴミをコンポストにして減量化して、最終処分場の延命や不法投棄といったゴミ問題の課題解決に貢献できる。さらに、コンポストを稲作に利用することで、農地の生産性を回復して、インドネシア国の食物安全保障に貢献できる。

3. ODA 事業計画/連携可能性

1) スキーム

ODA 案件は、JICA 中小企業・SDGs ビジネス展開支援事業の普及・実証・ビジネス化事業を提案する。

2) 目的

タバナン県の喫緊の課題である家庭ゴミの適切な処理と減量化の問題を解決するため、家庭でゴミの分別を行い、生ゴミを収集・運搬して原料にし、農業廃棄物を水分調整材として利用してRA-Xでコンポストを製造する。そして、家庭ゴミを減容化するシステムとコンポストを稲作・野菜栽培で利用する、持続性の高い有機性廃棄物の再資源化サプライチェーン事業モデルの優位性・有用性を実証する。

3) C/P 候補機関組織

環境林業省、バリ州政府、タバナン県政府

4) 事業実施サイト

バリ州タバナン県クディリ郡ブウィット村

5) 事業活動

・ 本事業の成果

成果 1. タバナン県政府の家庭ゴミの分別収集の制度構築と組織の改善が行われて、家庭でゴミの分別が行われ、生ゴミが収集・運搬される。

成果 2. タバナン県に、RA-X が導入されて適切に運営が行われ、家庭の生ゴミからコンポストが製造されて、ゴミの減容化、再資源化が実証される。

成果 3. インドネシア国での提案システムの普及に向けたビジネス展開計画が策定される。

・ 事業の内容(活動内容)

成果 1	活動 1-1	タバナン県政府と協力して、家庭ゴミの分別収集の手引きを作成し、各家庭に配布するとともに、タバナン県政府の指導員が地域住民に啓発活動を行う。
	活動 1-2	タバナン県政府と協力して、分別・収集・運搬の方法を定めたマニュアルを作成する。
	活動 1-3	各家庭で分別された生ゴミのみを、定められた収集日にタバナン県政府が収集し、コンポストプラントまで運搬する。
成果 2	活動 2-1	案件化調査結果に基づいてRA-Xを設計、製造、運搬し設置する。
	活動 2-2	RA-Xを稼働させて、タバナン県の家庭の生ゴミからコンポストが製造される。
	活動 2-3	運転、メンテナンスが適切に行われるように、日本での受入活動及び現地で技術指導を行う。
	活動 2-4	現地の代理店に技術を指導し、定期的に稼働状況の確認、運転・故障・メンテナンスのサポートをする。
	活動 2-5	RA-Xで処理した家庭の生ゴミ量を把握し、タバナン県の家庭ゴミの減容効果を評価する。
成果 3	活動 3-1	RA-Xの稼働状況を日常点検し、家庭生ゴミの処理量、コンポスト製造量等を把握するとともに、設備が正常に運転しているかを確認して、技術面の評価を行う。
	活動 3-2	コンポストプラントの電力消費量、労務費等のランニングコストを把握する。コンポストの販売量、販売価格等を調査し、経済性を評価する。
	活動 3-3	環境林業省、バリ州政府、タバナン県政府と評価委員会を設置して、活動3-1、3-2の評価結果をもとに、RA-Xの技術的・経済的優位性を評価する。
	活動 3-4	本活動中にインドネシア国の企業と代理店契約を締結し、協働で事業計画を作成するとともに、マーケティング、営業活動を行う。

6) ODA を通じて期待される開発効果

普及・実証・ビジネス化事業においてタバナン県に RA-X を設置、運用し、同機器の有用性を実証することで、開発課題に対する以下の効果が期待できる。

効果 1. 家庭の生ゴミ 26.7m³/日 (8,010 m³/年) がコンポストに再資源化されるため、不法投棄されているゴミの 2.9%が削減される。これにより、不法投棄されている家庭ゴミの悪臭や、害虫、ハエや蚊等の発生が減少して衛生問題が改善され、河川や地下水汚染が軽減する。(全量不法投棄されている家庭ゴミをコンポストにするケース)

効果 2. 家庭の生ゴミ 26.7 m³/日 (8,010 m³/年) がコンポストに再資源化されるため、タバナン県のゴミ処分場に投棄されている家庭ゴミの 16.0%削減される。これにより、ゴミ処分場の延命化と近隣住民の倒壊による被害リスクが軽減される。(全量ゴミ処分場で処理されている家庭ゴミをコンポストにするケース)

効果 3. RA-X によりコンポストが 4.6t/日 (1,380 t/年) 製造されて、農業に利用される。そして、持続性の高い有機性廃棄物の再資源化事業モデルが確立できる。

効果 4. ゴミ処分場・不法投棄されていた家庭の生ゴミから発生する温室効果の高いメタンガスが 21,637tCO₂e/10 年削減され、地球温暖化の緩和に貢献する。

4. ビジネス展開計画

1) 概要

株式会社石橋(以下石橋)は、インドネシア国において現地法人を設立し販売代理店契約を結び、販売代理店が地方自治体に RA-X を販売する。RA-X は、石橋が日本で製造して輸送する。販売代理店は、RA-X の販売、組み立て・据付工事およびメンテナンスを行う。建屋、発酵槽基礎等の建設にあたっては、販売代理店が地方自治体にノウハウを提供する。石橋の事業収入は、RA-X の輸出による収入である。

2) 期待される開発効果

インドネシア国でビジネスを展開し、5年間で19セット販売を行う計画である。有機肥料を直接農家に販売するケースでは、1台当たり、家庭の生ゴミを12,000 m³/年処理して、5,328 t/年のコンポスト製造が見込まれる。市民参加型で家庭で生ゴミが分別されて、地方自治体によって収集・運搬され、RA-X でコンポストの原料として再資源化されて農業に利用されるサプライチェーンが普及することにより、以下の効果が期待できる。

効果 1. 家庭の生ゴミ 228,000 m³/年がコンポストに再資源化されるため、不法投棄されているゴミが削減されることにより、悪臭、害虫、ハエや蚊等の発生が減少して衛生問題が改善され、河川や地下水汚染が軽減する。(全量不法投棄されている家庭ゴミをコンポストにするケース)

効果 2. 家庭の生ゴミ 228,000 m³/年がコンポストに再資源化されるため、オープンダンプ方式のゴミ処分場に投棄されている家庭ゴミが削減されて、ゴミ処分場の延命化と近隣住民の倒壊による被害リスクが軽減される。(全量ゴミ処分場で処理されている家庭ゴミをコンポストにするケース)

効果 3. RA-X により家庭の生ゴミからコンポストが 102,258 t/年製造されて、農業に利用されて、農地劣化の改善に貢献する。そして、インドネシア国に RA-X により家庭の生ゴミがコンポストとして再資源化され農業に利用されるサプライチェーンが構築されて、持続性の高い有機性廃棄物の再資源化事業モデルが確立できる。

効果 4. ゴミ処分場・不法投棄されていた家庭の生ゴミから発生する温室効果の高いメタンガスが 615,907 tCO₂e/10 年削減され、地球温暖化の緩和に貢献する。

5. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

富山市は SDGs 未来都市としての国際連携事業を推進しており、その一環としてインドネシア国バリ州タバナン県のゴミ問題の解決に向けた廃棄物処理プロジェクトを立ち上げ、石橋はそのプロジェクトチームに参加し、ODA 事業としてタバナン県で RA-X を設置し、一般ゴミを減量化して同県の最終処分場の延命化とゴミ山の崩落による地域住民への危害のリスク軽減に貢献することを計画している。また、石橋は富山市の環境に配慮した省資源・循環型のまち作り、国際展開にも貢献している。

さらに、富山市は平成 22 年閣議決定された国家戦略プロジェクト「新成長戦略 21」の一つ、「環境未来都市」に選定されている。富山市は環境未来都市計画における 15 の構想の一つとして、富山市山田地域において、温泉熱や太陽光発電、LED 照明などを活用した完全人工型植物工場でエゴマの六次産業化を市内 80 団体と進めている。石橋の代表取締役 石橋隆二は当初よりこの構想に参画し、エゴマの生産販売を目的として 4 社が設立した株式会社健菜堂の代表を務めている。2018 年度には 23ha の耕作放棄地を日本一のエゴマ圃場として稼働させた。その際には良質な有機肥料の確保が必要であり、2017 年より RA-X の好気性発酵の技術を使って、富山市内で発生する有機性廃棄物のコンポスト化試験を進めている。

バリ島での ODA 事業により、RA-X の環境・経済性・農業への有効性が確認できれば、富山市内に RA-X を設置し、家庭・食品加工場等の有機性廃棄物を原料としたコンポストを農業で利用するサプライチェーン事業を新たに展開したいと考えている。そして国内事業を拡大し、他の都道府県でも雇用を増やして地元経済の活性化に貢献したいと考えている。

インドネシア国 有機性廃棄物の再資源化サブライチエーション事業案件化調査



企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社 石橋
- 提案企業所在地：富山県富山市
- サイト・C/P機関：インドネシア共和国・バリ州、ジャカルタ特別州
環境林業省、バリ州政府、タバナン県政府

インドネシア国の開発課題

- 開放投棄方式の処分場の閉鎖が遅れ、積み上げ高さを高くして処理しているため崩壊の恐れがある。また、地下水の汚染、病原体、蠅、蚊の発生、悪臭といった環境問題、衛生問題が発生している。
- 最終処分場の確保が困難なため、多くのゴミが不法投棄され、河川の汚染等の問題が発生している。

中小企業の技術・製品

- 都市ゴミを収集・運搬する技術。
- スクリュー型自動攪拌装置 RA-Xは、50トン/日までの有機廃棄物を処理して、コンポストを17トン/日製造する設備。
- 80%前後の高水分の家庭の生ゴミを、高温好気性発酵でコンポストにする。

調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

- 家庭の生ゴミがコンポストの原料として再資源化されるため、バリ州のゴミ処分場に投棄されているゴミが削減され、または、不法投棄されているゴミが削減され、その結果、悪臭、悪臭、ハエや蚊等の発生が減少して衛生問題が改善され、河川や地下水汚染が軽減する。
- 市民参加型で家庭で生ゴミが分別されて、収集・運搬され、RA-Xでコンポストとして再資源化されて、農業に利用される、持続性の高い有機性廃棄物の再資源化事業モデルが確立される。

日本の中小企業のビジネス展開

インドネシア国において、現地法人と代理店契約を結び、以下の2事業を行う。

- 家庭ゴミ委託処理・コンポスト製造販売事業
- RA-Xの製造・販売・施行・メンテナンス事業

はじめに

調査名

有機性廃棄物の再資源化サプライチェーン事業案件化調査
Feasibility Survey for Creating Supply Chain of Organic Wastes Recycling in Indonesia

調査の背景

インドネシア国の人口は、2.55 億人（2015 年）、2035 年には 3 億人を突破すると予測されている（インドネシア統計局）。人口増加とともに廃棄物の発生量が増加しているが、適切な廃棄物管理がなされていないため、開放投棄方式のゴミ処分場では悪臭・衛生・地下水汚染の問題に加え、有機性廃棄物からメタンガスが湧出して爆発・燃焼・崩壊の恐れがあり、深刻な環境・衛生・安全上の問題が生じている。また不法投棄等された家庭ゴミは河川の汚染も引き起こしている。

また、インドネシア国は年間 7,900 万 t（2016 年）のコメ（粳）を生産する世界第 3 位のコメ生産国であるが、緑の革命（1965 年）後、稲作が化学肥料や農薬を用いた近代農法に変わった。化学肥料や農薬の多投による土壌の劣化（肥沃さの喪失）が進んでおり、コメの生産性向上のためには、それらの投与削減が求められている。化学肥料の代替として生ゴミから良質のコンポストを製造し利用することは、廃棄物管理における 3R (Reduce, Reuse, Recycle) 推進にも大きく寄与する。

このような状況のなか、我が国の対インドネシア共和国国別開発協力方針（2017 年）では、「均衡ある発展を通じた安全で公正な社会の実現に向けた支援」を重点分野の一つに掲げている。「生活の質の向上に向け、地方の上水・下水・廃棄物といった居住環境の改善に向けた支援」を対応方針として、技術協力事業「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（2013-2016 年）」等を実施し、居住環境改善への支援を行っている。

本調査は、受注者の提案技術である家庭ゴミの収集・運搬システムとスクリー型コンポストプラント RA-X を導入し、農業に利用するための良質のコンポストの製造・販売に係る適用可能性の確認を行い、ODA を通じた提案技術の現地活用可能性及びビジネス展開の検討を行うことを目的としている。

調査の目的

本案件化調査では、タバナン県の家庭の生ゴミの処理と農業でのコンポスト利用の現状を調査するとともに、提案製品の技術的、経済的適合可能性を調査する。これらの調査により、インドネシア国において、家庭ゴミの収集・運搬システムとスクリー型コンポストプラント RA-X を導入して、家庭の生ゴミから良質のコンポストを製造し、農業に利用する有機性廃棄物の再資源化サプライチェーン事業モデルの構築を目指す。さらに、調査を通じて確認される提案製品・技術の途上国の開発への活用可能性を基に、具体的な ODA 案件を提案すると共に、ビジネス展開計画を策定する。

調査対象国・地域

インドネシア国バリ州、ジャカルタ首都特別州（図 1 参照）

対象地域選定理由

石橋は、RA-X を自社技術としてから、本業である廃棄物への活用方法を国内で調査した。日本では、都市ゴミの有機性廃棄物は、「焼却から管理型処分場への埋め立て」という一連の流れが確立されており、また、RA-X で家畜糞をコンポスト（有機肥料）として再資源化する取り組みは成功しているが、多くの業者が既に処理施設を有していることから、日本では新規参入が難しいと判断された。一方、スリランカで家庭の生ゴミをコンポ

ストとして再資源化する取り組みが始まっていることもあり、RA-X は、途上国でこそ広く活用できるのではないかと思い海外展開を決めた。

富山市は、バリ州タバナン県知事からゴミ問題の解決に向けた協力要請を受け、環境未来都市国際連携事業で廃棄物処理プロジェクトを立ち上げた。石橋は、プロジェクトに参加し、2017年7月に富山市と現地調査を実施した。また、2018年7月には、インドネシアより環境林業省、バリ州環境局、タバナン県環境局が、日本を訪問し、RA-X を調査して、RA-X のコンポスト化技術を高く評価した。

バリ州は、世界でも有数の観光地であり、稲作を中心とする農業も盛んである。バリ州のタバナン県は、バリ州でコメの生産量が最も多い県で、棚田により稲作を行なっている。ジャティルウィ村の棚田が、生物多様性の保持と水田管理の良好さで評価され、「バトゥカル山のスバック景観」として世界遺産に登録されており、多くの観光客が訪れている。しかしながら、タバナン県で発生した廃棄物(1,119.7m³/日)の内、166.39 m³/日(14.9%)しか最終処分場で処理されていない。残りのゴミは、不法投棄されたり、野焼きされたりしている。ゴミ処分場では、ゴミが高く積み上げられて限界に達し、崩壊の可能性がある。観光業を発展させるためにも、家庭ゴミの減容化が喫緊の課題となっている。

こうした経緯から、タバナン県を本調査の調査対象地域として選定した。

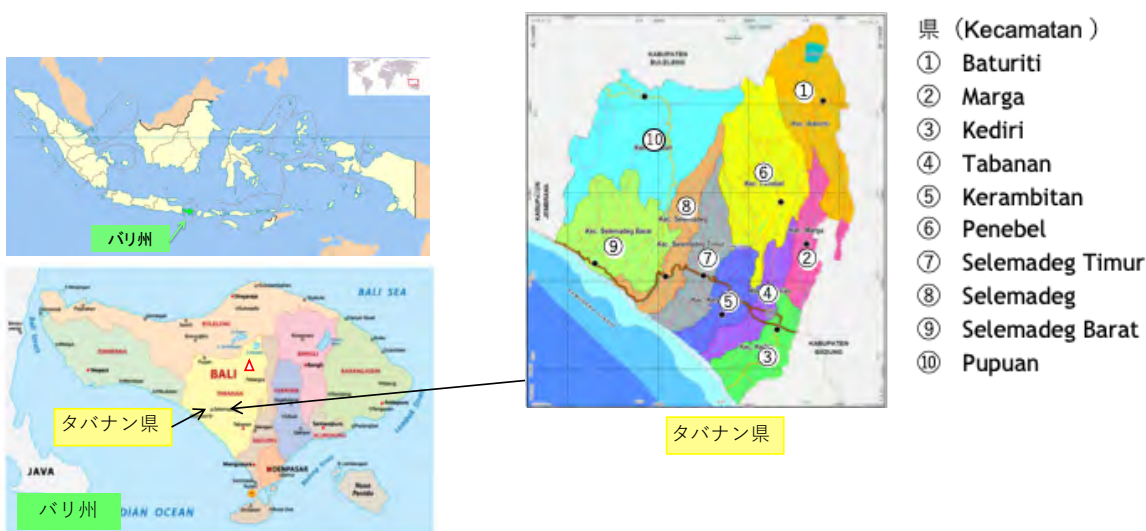


図 1 事業サイト

調査期間、調査工程

(1) 調査期間

調査開始 2018年11月

調査終了 2019年10月

(2) 作業工程概要

現地調査は、2018年12月、2019年1月、2月、3月、4月の5回行った。作業工程を表に示す。

作業工程

主要な作業	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
1. 現地調査	■	■	■	■	■						
(1) 開発課題分析に関わる調査	■	■	■								
(2) 政策、環境基準等法規				■							
(3) 投資環境、規制、許認可にかかる情報収集・分析				■	■						
(4) 市場調査・分析				■	■						
(5) ODA案件ニーズ調査・分析	■	■	■	■	■						
(6) 環境影響評価調査		■	■								
(7) ビジネス展開調査				■	■						
2. 国内調査											
(1) 開発課題の分析、政策に関わる調査	■	■	■								
(2) 製品・技術現地適合性の分析	■	■	■		■						
(3) 設備設計調査			■	■	■						
(4) ODA案件計画策定調査			■	■	■						
(5) ビジネス展開調査			■	■	■						
5. 報告書作成			■		■	■					

(3) 調査団員構成

・ 提案企業

従事者名	担当	所属先
石橋 隆二	業務主任	株式会社 石橋
石橋 理樹	都市ゴミリサイクル計画策定	株式会社 石橋
別森 敬一	コンポストプラント設置計画策定	株式会社 石橋
川嶋 賢二	コンポスト技術導入支援	株式会社 石橋

・ 外部人材

従事者名	担当	所属先
高田 興真	都市ゴミ行政支援	富山市
浅野 哲平	家庭分別収集支援	富山市
佐々木 一雄	外部人材総括・ビジネスモデル策定	(株)PEAR カーボンオフセット・イニシアティブ
出口 剛太	環境・社会配慮評価	(株)PEAR カーボンオフセット・イニシアティブ
堺 義明	ODA 事業計画策定	(株)PEAR カーボンオフセット・イニシアティブ
ルットフィ ガーファル	ビジネス展開支援	(株)PEAR カーボンオフセット・イニシアティブ

第1章 対象国・地域の現状

1-1 対象国・地域の開発課題

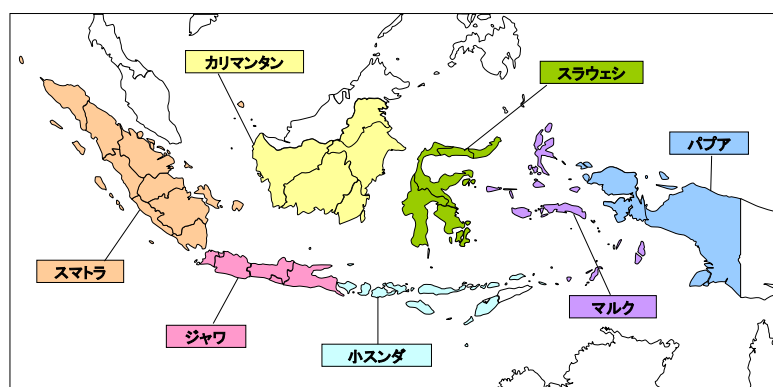
1-1-1 インドネシア国の概況

インドネシア国は、東南アジア南部に位置する共和制国家で、首都はジャワ島のジャカルタである。ジャカルタは首都特別州に指定されており、人口はインドネシアの総人口の約4%、1,015万人で、周辺地域を含めた都市圏の人口は3,000万人を超える。

民主化運動の中で1999～2001年の間に4次にわたり実施された憲法改正を通じ、現在では立法、行政、司法の三権が分立している。1945年の独立以来、大統領が元首を務めている。大統領は、2004年以降は国民の直接選挙で選出される。任期は5年、再選は1度までに制限されている。2019年4月17日に大統領選が実施され、ジョコ・ウィドド大統領が55.5%の得票率で再選した。

気候は、熱帯雨林気候で、雨季は概ね12月～3月、乾季は6月～9月である。平均気温は沿岸平野部では28℃、内陸及び山間地で26℃、高地で23℃程度、平均湿度は70～90%程度である。

インドネシア国は、17,508の島々からなる世界最大の群島国家で、スマトラ、ジャワ、カリマンタン、スラウェシ、ニューギニアの5つの大きな島と、小スンダ、マルクの両諸島から構成される。面積は約189万km²(日本の約5倍)、人口は世界第4位の2.55億人(2015年、インドネシア政府統計)である。インドネシア国は図2に示すように6地域に区分される。面積では国土の7%の広さしかないジャワ地区(島)に人口全体の61%が集中して住んでいる。マルク・パプア、カリマンタンはそれぞれ総面積の26%、29%を占めるが、人口ではそれぞれ3%、7%程度に留まるなど、地域における人口密度の稠密の差が非常に大きい。



	面積		人口		人口密度
	(1,000km ²)	(構成比)	(100万人)	(構成比)	(人/km ²)
全国 (2015年推計)	1,911	100.0%	237.6	100.0%	124
スマトラ	481	25.2%	55.3	23.3%	115
ジャワ	129	6.8%	145.1	61.1%	1,121
小スンダ	73	3.8%	14.1	5.9%	193
カリマンタン	544	28.5%	15.3	6.5%	28
スラウェシ	189	9.9%	18.7	7.9%	99
マルク・パプア	495	25.9%	6.9	2.9%	14

出典：インドネシア統計局ウェブサイト、各種資料より国際協力銀行が作成

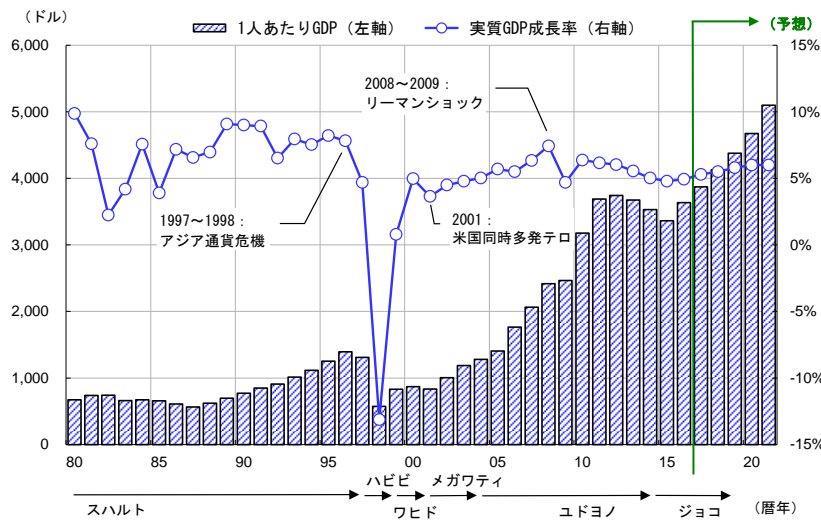
図2 インドネシアの地域分類

表1に主要経済指標を示す。IMFの「World Economic Outlook」(2016年10月)によると、インドネシア国の2010年から2015年にかけての平均経済成長率は年率+5.5%であり、2021年にかけての経済成長率の予想は+5.6%と高い水準にある。2010年に一人あたりGDPが3,000ドルを超え、IMFは、2021年のインドネシア国の一人あたりGDPは5,000ドルを超えると予想している(図3参照)。

表 1 主要経済指標

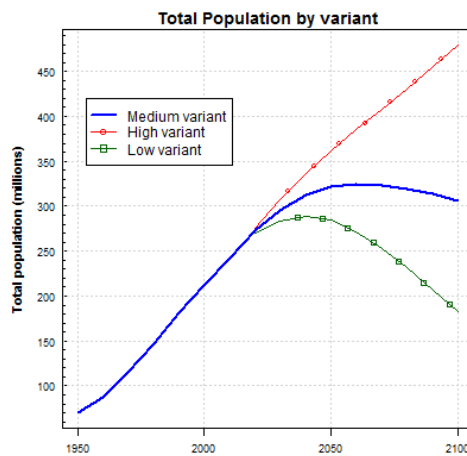
	単位	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
名目GDP	億ドル	4,701	5,586	5,775	7,553	8,926	9,190	9,146	8,906	8,590	9,410
1人あたりGDP	ドル	2,064	2,418	2,465	3,178	3,689	3,745	3,676	3,532	3,362	3,636
実質GDP成長率	%	6.3	7.4	4.7	6.4	6.2	6.0	5.6	5.0	4.9	5.0
人口	万人	22,776	23,101	23,430	23,764	24,199	24,543	24,882	25,217	25,546	25,880
消費者物価上昇率	%	6.4	9.8	4.8	5.1	5.3	4.0	6.4	6.4	6.4	3.5
コア・インフレ率	%	-	-	5.7	4.0	4.6	4.3	4.4	4.5	4.9	3.4
輸出額	億ドル	1,141	1,371	1,165	1,578	2,035	1,900	1,826	1,760	1,504	1,451
輸入額	億ドル	745	1,289	968	1,357	1,774	1,917	1,866	1,782	1,427	1,357
貿易収支	億ドル	396	83	197	222	261	-17	-41	-22	77	94
経常収支	億ドル	105	1	106	51	17	-244	-291	-275	-175	-168
直接投資流入額	億ドル	69	93	49	138	192	191	188	218	166	35
外貨準備高	億ドル	546	492	604	898	1,034	1,053	929	1,055	1,001	1,103
為替レート (年平均)	ルピア/ドル	9,141	9,699	10,390	9,090	8,770	9,387	10,461	11,865	13,389	13,305

出典：IMF、国家統計局、インドネシア中央銀行より国際協力銀行作成



出典：IMF、国家統計局より国際協力銀行が作成 3

図 3 実質経済成長率と1人あたりGDPの推移



出典：国連「世界人口予測 2017年改定版」の元データ

図 4 インドネシア国の人口予測

2017年6月21日に国連が発表した「世界人口予測 2017年改定版」の元データ¹によると2050年には3.2億人を突破すると予測している（図4参照）。

1-1-2 バリ州の概況

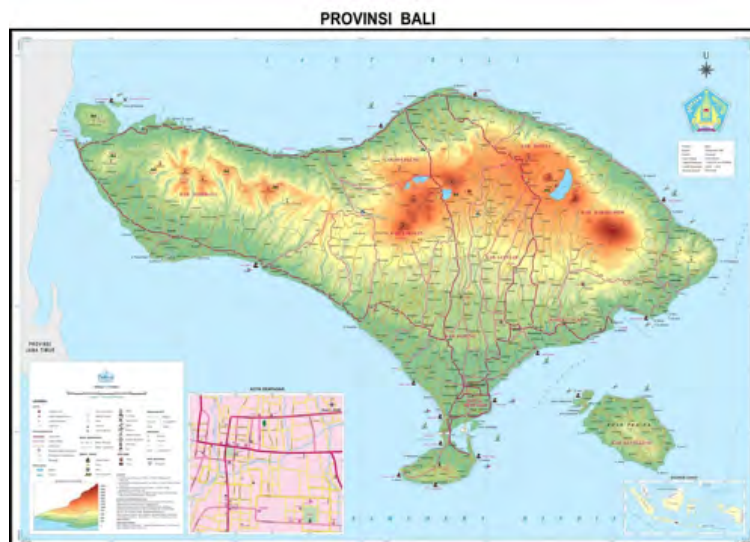
バリ州は、インドネシア国の第一級地方自治体（Daerah Tingkat I）であり、バリ島とその周辺の小島、ペニダ島、レンボンガン島、チュニガン島、スラガン島、ムンジャガン島からなる。バリ島の面積は5,633km²であり、南北の長さは約90km、東西は約140kmである。山脈が東西に広がり、島を二分している。活火山アグン山が最も高く、標高は3,142mである。山腹の北端はかなり急であり、沿岸地域に沿って狭い低地を形成している。

事業の実施サイトは、南側に位置し、比較的緩やかに傾斜しており、バリ文化を築いた肥沃な平原（沖積平野）を形成している（図5参照）。

バリ島は、熱帯モンスーン気候に属し、10月から3月までは雨季であり、西から吹くモンスーンが豪雨と高湿度をもたらす。バリ島の年間降水量は約2,000mmであり、年間降水量の約80%は雨季に降る。6月から9月は乾季であり、湿度が低くなる。2012年のバリ州全体の年間平均気温は26.8℃、バリ州全体での最高気温はブレレン県で27.5℃、最低気温はタバナン県で19.7℃である。

バリ州の州都は、デンパサール市（Kotamadya Denpasar）で、図6に示すように、ジュンブラナ県、タバナン県、バドウン県、ギアニャール県、クルンクン県、バンリ県、カラングスム県、ブレレン県の8つの県（Daerah Tingkat II）とデンパサール市で構成されている。県/市の下部行政組織として55の郡がある。表2に、人口の推移を示す。デンパサール市と隣接するバドウン県へ人口が集中しつつある。

バリ州の2017年の経済成長率は5.59%、名目GDPは215.36兆IDR（1.63兆円）、実質GDPは144.96兆IDR（1.09兆円）である。2017年のバリ州の人口が425万人で、1人当たり名目GDPは5071万IDR（38.3万円）に達した。2017年の経済成長率は5.59%で、2016年の6.32%よりも鈍化した（表3参照）。



出典：<https://syuhada.net/peta-bali/>

図5 バリ島の地形

¹ <https://esa.un.org/unpd/wpp/Graphs/DemographicProfiles/>



図 6 バリ州行政区図

表 2 バリ州の人口推移

単位：千人

市・県	2010年	2015年	2016年	2017年	2010-2017 人口増加率
ジュンブラナ県	262.6	271.6	273.3	274.9	4.7%
タバナン県	422.3	435.9	438.5	441.0	4.4%
バドゥン県	546.7	616.4	630.0	643.5	17.7%
ギアニヤール県	471.6	495.1	499.6	503.9	6.8%
クルクン県	171.1	175.7	176.7	177.4	3.7%
バンリ県	216.1	222.6	223.8	225.1	4.2%
カラングスム県	397.8	408.7	410.8	412.8	3.8%
ブレレン県	626.2	646.2	650.1	653.6	4.4%
デンパサール市	793.0	880.6	897.3	914.3	15.3%
合計	3,907.4	4,152.8	4,200.1	4,246.5	8.7%

出典：出典：Provinsi Bali Dalam Angka Bali Province in Figures 2018 バリ州統計局

表 3 バリ州の経済指標

	単位	2015年	2016年	2017年
名目GDP	10億ルピー	176,412.67	194,617.98	215,360.92
	億円	13,319.2	14,693.7	16,259.7
成長率		6.03%	6.32%	5.59%
実質GDP	10億ルピー	129,126.56	137,286.33	144,964.20
	億円	9,749.1	10,365.1	10,944.8
成長率		6.03	6.32	5.59
一人当たり名目GDP	100万ルピー	42.48	46.34	50.71
	万円	32.1	35.0	38.3
一人当たり実質GDP	100万ルピー	31.1	32.7	34.1
	万円	23.5	24.7	25.8

Rate 1 IDR ¥0.00755

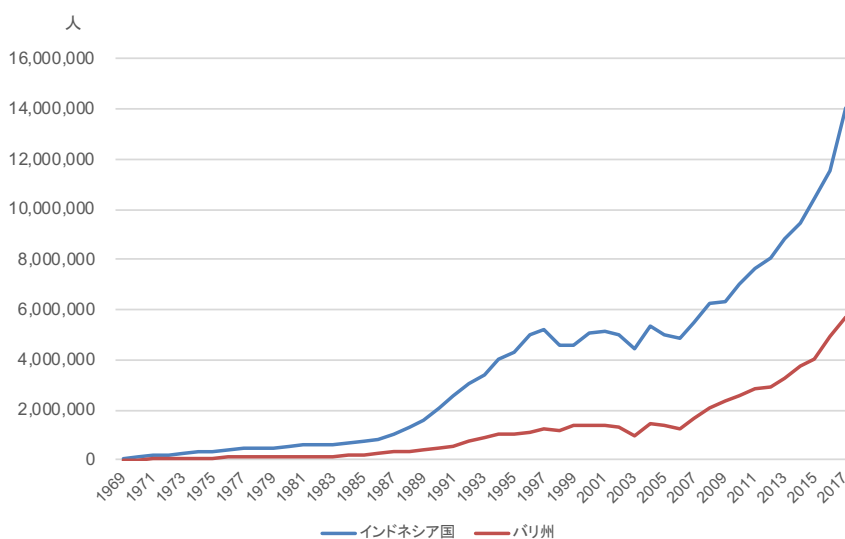
出典：Provinsi Bali Dalam Angka Bali Province in Figures 2018 バリ州統計局

バリ州の主要産業は、農業と観光業である。名目 GDP では、稲作を中心とする農業が10%、観光業である宿泊・飲食・サービスが23.3%を占める（表4参照）。バリ州の観光客は増加傾向にあり、2017年には約570万人に達し、インドネシア国の観光客の40%を占める（表4、図7、図8参照）。

表4 バリ州の名目 GDP

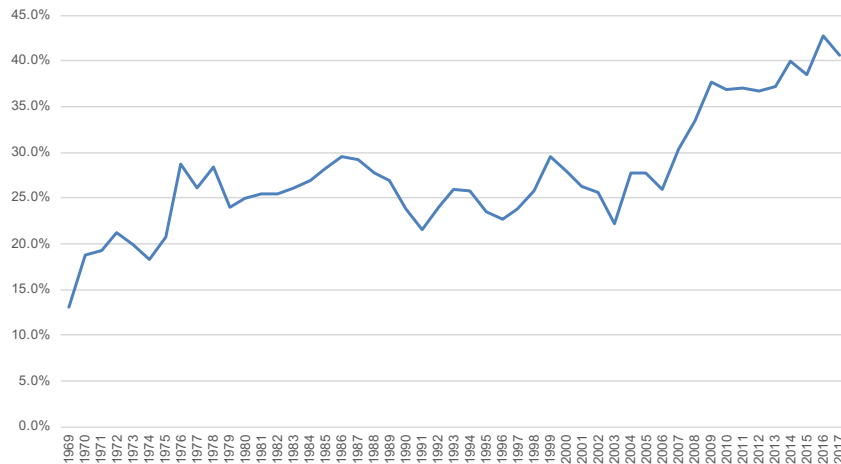
単位：10億ルピア			
	2015年	2016年	2017年
一次産業	25,843.65 (14.6%)	28,546.38 (14.7%)	30,901.94 (14.3%)
農業	18,494.65 (10.5%)	20,088.42 (10.3%)	21,476.77 (10.0%)
林業	7.99 (0.0%)	9.02 (0.0%)	9.76 (0.0%)
水産業	7,341.01 (4.2%)	8,448.94 (4.3%)	9,415.41 (4.4%)
二次産業	29,757.55 (16.9%)	32,504.39 (16.7%)	35,055.49 (16.3%)
鉱業	1,951.95 (1.1%)	2,095.83 (1.1%)	2,108.91 (1.0%)
製造業	11,523.81 (6.5%)	12,412.70 (6.4%)	13,024.02 (6.0%)
電気・ガス	326.62 (0.2%)	419.19 (0.2%)	518.45 (0.2%)
水道・廃棄物処理	326.07 (0.2%)	358.11 (0.2%)	388.50 (0.2%)
建設業	15,629.10 (8.9%)	17,218.56 (8.8%)	19,015.61 (8.8%)
三次産業	120,811.47 (68.5%)	133,567.23 (68.6%)	149,403.49 (69.4%)
卸・小売・自動車修理	14,713.88 (8.3%)	16,209.45 (8.3%)	18,543.00 (8.6%)
運輸・倉庫業	16,383.98 (9.3%)	18,616.13 (9.6%)	20,360.28 (9.5%)
宿泊・飲食サービス業	40,592.74 (23.0%)	44,285.35 (22.8%)	50,241.07 (23.3%)
情報通信業	9,118.25 (5.2%)	10,044.60 (5.2%)	11,058.76 (5.1%)
金融・保険業	7,262.97 (4.1%)	8,048.06 (4.1%)	8,562.61 (4.0%)
不動産業	7,393.10 (4.2%)	7,856.99 (4.0%)	8,395.74 (3.9%)
業務支援サービス業	1,799.53 (1.0%)	2,043.53 (1.1%)	2,278.92 (1.1%)
公務	8,738.31 (5.0%)	9,567.30 (4.9%)	10,928.09 (5.1%)
教育	8,555.07 (4.8%)	9,826.79 (5.0%)	11,055.17 (5.1%)
保健衛生・社会事業	3,616.71 (2.1%)	4,093.80 (2.1%)	4,633.14 (2.2%)
その他のサービス	2,636.93 (1.5%)	2,975.23 (1.5%)	3,346.71 (1.6%)
名目GDP	176,412.67 (100.0%) 13,319.2 億円	194,618.00 (100.0%) 14,693.7 億円	215,360.92 (100.0%) 16,259.7 億円

出典：Provinsi Bali Dalam Angka Bali Province in Figures 2018,バリ州統計局



出典：バリ州統計局

図7 1969年～2017年 観光客の推移



出典：バリ州統計局

図 8 1969年～2017年 インドネシア国の観光客にバリ州が占める割合

1-1-3 タバナン県概況

バリ州のタバナン県は、2017 年末の人口が 420,913 人でバリ州の 10.8%、面積は 839,33 km²で、バリ州の 14.9%を占め、名目 GDP では バリ州の 9.5%を占める（表 5 参照）。

表 5 2017 年タバナン県概況

		タバナン県	バリ州
面積	km ²	839.33 (14.9%)	5,636.66
人口	人	420,913 (10.8%)	3,890,757
人口密度	人/km ²	501 (72.6%)	690
名目GDP	億ルピア	20,551.15 (9.5%)	215,360.92

出典：Provinsi Bali Dalam Angka Bali Province in Figures 2018,バリ州統計局

タバナン県は海拔 0～2,276 メートルで、県北部のグヌンバトゥカウ峠が最高地点である。北部が高地で、南部は平らな低地で占められている。表 6 に示すように、土地の 25%が稲作の水田である。7 に産業別の名目 GDP を示す。農業と観光が、主要な産業である。

表 6 タバナン県の土地利用

		タバナン県	バリ州
面積		83,933 (100.0%)	563,666 (100%)
稲作用地		21,089 (25.1%)	78,626 (14%)
	水田 (灌漑)	21,089 (25.1%)	77,986 (14%)
	水田 (灌漑無し)	0 (0.0%)	640 (0%)
その他農業用地		41,127 (49.0%)	328,908 (58%)
農業用地以外		21,717 (25.9%)	156,132 (28%)

出典：Provinsi Bali Dalam Angka Bali Province in Figures 2018

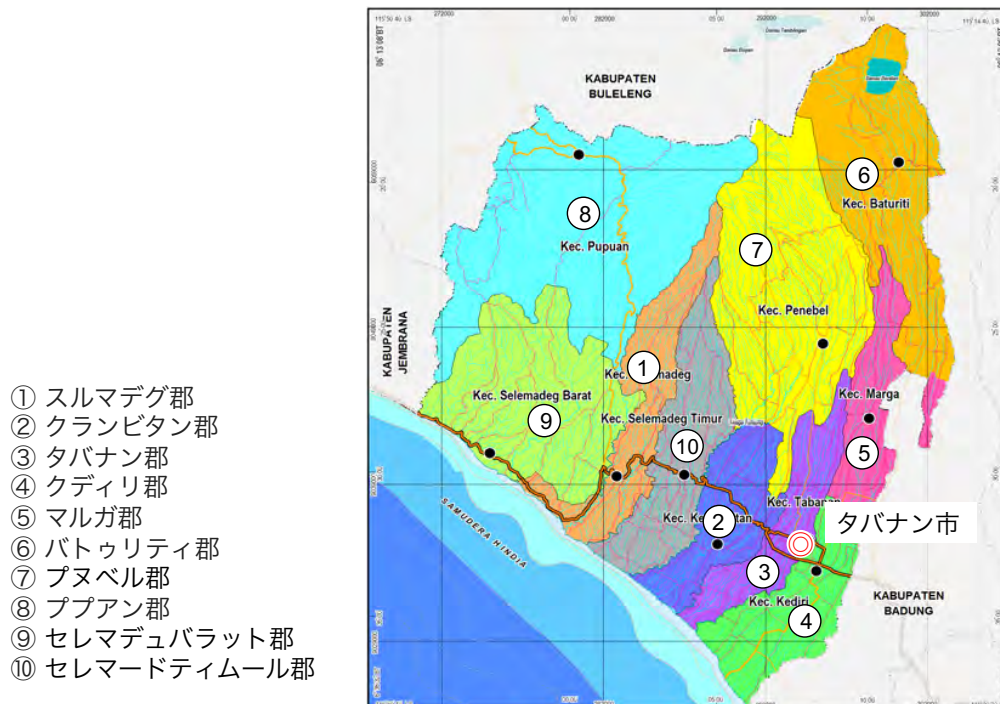
表 7 2017 年名目 GDP

	単位：10億ルピア			
	タバナン県		バリ州	
農林水産業	4,634.96	(22.6%)	30,901.94	(14.3%)
鉱業	237.53	(1.2%)	2,108.91	(1.0%)
製造業	1,178.60	(5.7%)	13,024.02	(6.0%)
電気・ガス	23.96	(0.1%)	518.45	(0.2%)
水道・廃棄物処理	31.90	(0.2%)	388.50	(0.2%)
建設業	2,038.89	(9.9%)	19,015.61	(8.8%)
卸・小売・自動車修理	1,798.77	(8.8%)	18,543.00	(8.6%)
運輸・倉庫業	329.70	(1.6%)	20,360.28	(9.5%)
宿泊・飲食サービス業	4,502.24	(21.9%)	50,241.07	(23.3%)
情報通信業	1,119.25	(5.4%)	11,058.76	(5.1%)
金融・保険業	744.48	(3.6%)	8,562.61	(4.0%)
不動産業	1,002.51	(4.9%)	8,395.74	(3.9%)
業務支援サービス業	208.77	(1.0%)	2,278.92	(1.1%)
公務	1,420.76	(6.9%)	10,928.09	(5.1%)
教育	386.01	(1.9%)	11,055.17	(5.1%)
保健衛生・社会事業	489.09	(2.4%)	4,633.14	(2.2%)
その他のサービス	403.73	(2.0%)	3,346.71	(1.6%)
名目GDP	20,551.15	(100.0%)	215,360.92	(100.0%)
	1,551.6 億円		16,259.7 億円	

Rate 1 DRI ¥0.00755

出典：Provinsi Bali Dalam Angka Bali Province in Figures 2018,バリ州統計局

タバナン県は、10の郡と県都のタバナン市、133の村で構成される。図9にタバナン県の行政区分を示す。表8に郡別の面積、人口、人口密度を示す。タバナン県では、タバナン郡とケディリ群に人口が集中している。



- ① スルマデグ郡
- ② クランピタン郡
- ③ タバナン郡
- ④ ケディリ郡
- ⑤ マルガ郡
- ⑥ バトゥリティ郡
- ⑦ プヌベル郡
- ⑧ ププアーン郡
- ⑨ セレマデュバラット郡
- ⑩ セレマードティムール郡

出典：Pemutakhiran SSK Kabupaten Tabanan 2015 を元に作成

図 9 タバナン県の行政区分

表 8 郡別の面積・人口・人口密度

	面積		人口				人口密度 人/km ²
			都市部	農村部	合計		
	km ²	%	人	人	人	%	
スルマデグ郡	52	6.20%	5,593	16,327	21,920	4.9%	421.1
クランピタン郡	42	5.05%	19,693	20,324	40,017	8.9%	944.0
タバナン郡	51	6.12%	44,688	25,821	70,509	15.7%	1,371.8
クディリ郡	54	6.39%	60,423	17,890	78,313	17.5%	1,461.1
マルガ郡	45	5.33%	18,294	25,875	44,169	9.9%	988.1
バトゥリティ郡	99	11.82%	17,738	35,580	53,318	11.9%	537.6
プナベル郡	142	16.92%	6,402	44,278	50,680	11.3%	357.0
プブアン郡	179	21.33%	3,250	39,443	42,693	9.5%	238.5
セレマデューバラット郡	120	14.32%	2,101	20,098	22,199	5.0%	184.8
セレマードティムール郡	55	6.53%	0	24,215	24,215	5.4%	442.0
合計	839	100.00%	178,182	269,851	448,033	100.0%	533.9

出典：Pemutakhiran SSK Kabupaten Tabanan 2015 を元に作成

1-1-4 対象地域における開発課題

(1) 都市ゴミ処理

インドネシア国の廃棄物管理法では、廃棄物を示す言葉として「sampah」が用いられている。図 10 にインドネシア国と日本のゴミの定義を示す。インドネシア国の統計では、日本の産業廃棄物と家庭ゴミを含む一般廃棄物に該当する「sampah」が計上されており、本報告書では、「sampah」を、都市ゴミと記載する。

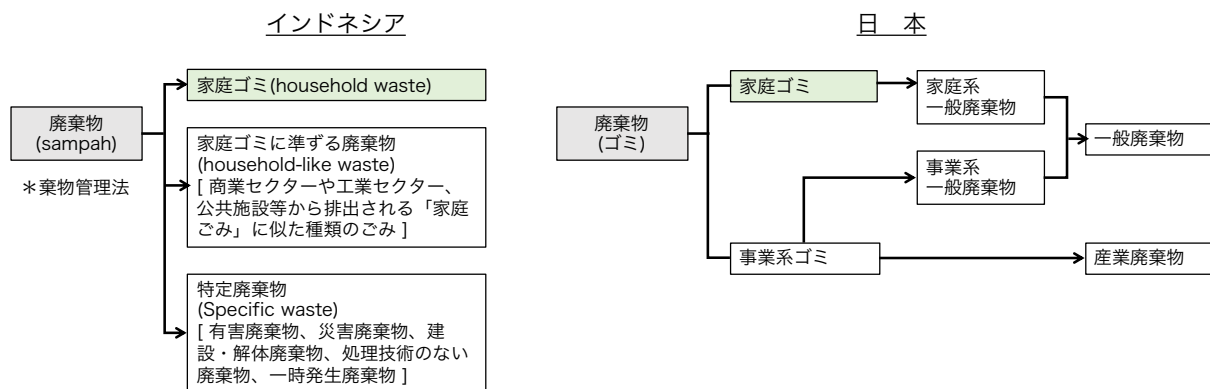
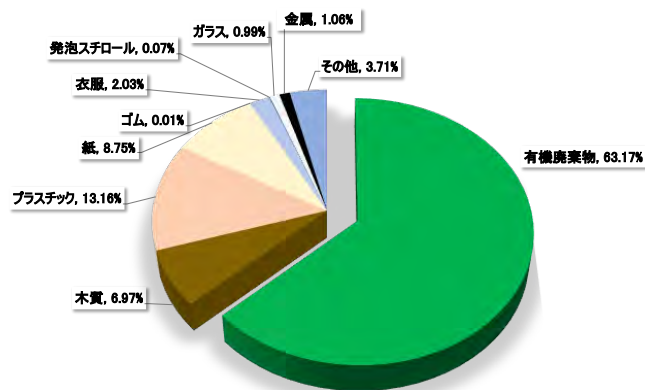


図 10 廃棄物の定義

World Bank Group の HOTSPOT SAMPAH LAUT INDONESIA APRIL 2018 では、インドネシア国の都市ゴミの組成の特徴は、図 11 に示すように有機性廃棄物の平均含有率が 63.17%と高いことであると報告している。そして、都市部では、有機性廃棄物の含有量が 55~60%で平均含有率に比べて低く、プラスチックや紙の廃棄物が多いと推定され、地方都市、特に農村地域では、有機性廃棄物の含有量が 65~75%と平均含有率に比べて高くなると推定されると報告している。

廃棄物管理法では、都市ゴミ処理は、市・県が直接の責任主体となっており、州は市・県にまたがる広域事業の調整を担っている。

都市ゴミの管理は、Reduction と Handling によってなされると規定し、全ての者が Reduction と Handling を環境に適した方法でしなければならないとしている。Reduction は排出抑制、再利用、リサイクル、Handling は分別、収集、運搬、中間処理、最終処分によるとしている。



出典：HOTSPOT SAMPAH LAUT INDONESIA APRIL 2018 World Bank Group

図 11 インドネシア国の都市ゴミの組成

都市ゴミ処理を所管する中央政府は、主に環境林業省と公共事業・国民住宅省である。環境林業省と公共事業・国民住宅省の廃棄物処理の役割は明確化されていない。このため、州・県・市の廃棄物処理の所管は、環境林業省傘下の環境局が行うケースと、公共事業・国民住宅省傘下の清掃局が行うケースがある。

(2) 都市部の都市ゴミの現状

ジャカルタ首都特別州ジャカルタ市環境局のヒアリング調査内容は、下記の通りである。

ジャカルタ首都特別州では、2018年に7,500m³/日（比重1で換算）のゴミが発生し、大部分はジャカルタ首都特別州政府が管轄するバンテルガバン廃棄物最終処分場1か所でオープンダンピング方式により処分している。バンテルガバン廃棄物最終処分場は、110haの敷地面積で、オープンダンピング方式処理場、浸出水処理施設、ガス回収/利用（発電）の設備を有する。市内の廃棄物運搬は、州のトラック500台、民間300台で対応している。2017年のゴミ処理量は約6,900m³/日（トラック1,200台分）である。バンテルガバン廃棄物処分場は、1989年から処分を開始したが、2019年にはほぼ満杯状況に達する。

ジャカルタ首都特別州では、廃棄物発生量50m³/日規模の市場が数多く存在し、総量は500m³/日と見込まれているが、その廃棄物には多くの有機物が含まれていることからコンポスト化に適していると考えられる。

現在、4か所のゴミ発電所（ITF：Integrated Treatment Facilities）の建設計画があり、将来的には分散型の処理（燃焼＋エネルギー生産）を目指す。現在、フィンランドの燃焼技術を導入したゴミ発電所を1か所建設中で、2021年から稼働開始予定である。

ゴミの一部（200m³/日）は、ゴミ銀行（Bank Sampah）等でリサイクルされている。ゴミ銀行は、インドネシア国のコミュニティベースで実施されているリサイクルセンターである。市民が、各家庭のペットボトルや新聞などの有価物を集めて、ゴミ銀行に持ち込み、換金している。

(3) 家庭ゴミによる環境汚染

インドネシア国では、家庭ゴミは、都市ゴミに含まれる。その処理は県・市の管理下で行われているが、衛生的な最終処分場が未整備で、廃棄物処理に関する行政の予算が少ないこと等により、ゴミの収集運搬率が低い。

10Pの表10に示すように、ゴミ収集は、主にタバナン郡とクディリ群の2郡で行われている。タバナン県で発生した都市ゴミ（1,119.7m³/日）の内、166.39m³/日（14.9%）し

か最終処分場で処理されておらず、925m³/日（82.6%）が未処理である。ゴミ収集が行われていない地域では、多くの都市ゴミが河川や空き地に投棄されたり、野焼きされたりしている（写真 1 参照）。

バリ州のような農村地域の都市ゴミは、家庭ゴミが占める割合が多い。家庭ゴミは、有機性廃棄物である生ゴミの占める割合が多い。インドネシア国は熱帯雨林気候で、高温で、降雨も多い。このため、不法投棄された家庭の生ゴミは腐敗し、雨水と混ざり河川や地下水を汚染している。生ゴミが不衛生な状態で堆積されることにより、害虫の住みかとなり、ハエ、蚊が発生し、住民に衛生面、健康面で影響を及ぼし、周辺に悪臭を放っている。さらに、嫌気性醗酵することで温室効果ガスであるメタンガスを大気中に放出して、気候変動にも影響を与えている。



写真 1 河川に投棄された家庭ゴミ

(4) タバナン県の家庭ゴミの収集・運搬・処理の現状

タバナン県のゴミ行政の所管は、環境局（DINAS LINGKUNGAN HIDUP）である。タバナン県では、表 9 に示すようにタバナン郡とクディリ郡に人口の 33%が集中している。環境局が、表 10 に示すように、主にタバナン郡とクディリ郡の 8 地区と市場の都市ゴミ収集・処理のサービスを行っている。そしてバリ州でも有数の観光地であるタナロットのゴミ輸送・処理のサービスを行っている。タバナン県環境局によるゴミ収集・処理のフローを図 12 に示す。

表 9 郡別の人口と廃棄物発生量

	人口				廃棄物発生量							
	都市部		農村部		合計		都市部		農村部		合計	
	人	人	人	%	m ³ /日	%	m ³ /日	%	m ³ /日	%		
スルマデグ郡	5,593	16,327	21,920	4.9%	14	25.5%	40.8	74.5%	54.8	4.9%		
クランピタン郡	19,693	20,324	40,017	8.9%	49.2	49.2%	50.8	50.8%	100.0	8.9%		
タバナン郡	44,688	25,821	70,509	15.7%	111.7	63.4%	64.6	36.6%	176.3	15.7%		
クディリ郡	60,423	17,890	78,313	17.5%	151	77.2%	44.7	22.8%	195.7	17.5%		
マルガ郡	18,294	25,875	44,169	9.9%	45.7	41.4%	64.7	58.6%	110.4	9.9%		
バトゥリティ郡	17,738	35,580	53,318	11.9%	44.3	33.3%	88.9	66.7%	133.2	11.9%		
プナベル郡	6,402	44,278	50,680	11.3%	16	12.6%	110.7	87.4%	126.7	11.3%		
プブアン郡	3,250	39,443	42,693	9.5%	8.1	7.6%	98.6	92.4%	106.7	9.5%		
セレマデュバラット郡	2,101	20,098	22,199	5.0%	5.2	9.4%	50.2	90.6%	55.4	4.9%		
セレマードティムール郡	0	24,215	24,215	5.4%	0	0.0%	60.5	100.0%	60.5	5.4%		
合計	178,182	269,851	448,033	100.0%	445.2	39.8%	674.5	60.2%	1,119.7	100.0%		

出典：Pemutakhiran SSK Kabupaten Tabanan 2015 を元に作成

表 10 タバナン県の廃棄物処理状況（2015年）

	廃棄物発生量		3R・リサイクル		最終処分場		未処理量	
	m ³ /日	%	m ³ /日	%	m ³ /日	%	m ³ /日	%
スルマデグ郡	54.8	100.0%	5.56	10.1%	6	10.9%	43.2	78.9%
クランビタン郡	100.0	100.0%	0	0.0%	6	6.0%	94.0	94.0%
タバナン郡	176.3	100.0%	0	0.0%	85.12	48.3%	91.2	51.7%
クディリ郡	195.7	100.0%	15.01	7.7%	39.27	20.1%	141.4	72.3%
マルガ郡	110.4	100.0%	0	0.0%	6	5.4%	104.4	94.6%
バトゥリティ郡	133.2	100.0%	0	0.0%	6	4.5%	127.2	95.5%
ブヌベル郡	126.7	100.0%	0	0.0%	6	4.7%	120.7	95.3%
プブアン郡	106.7	100.0%	7.64	7.2%	0	0.0%	99.1	92.8%
セレマデュバラット郡	55.4	100.0%	0	0.0%	6	10.8%	49.4	89.2%
セレマードティムール郡	60.5	100.0%	0	0.0%	6	9.9%	54.5	90.1%
合計	1,119.7	100.0%	28.21	2.5%	166.39	14.9%	925.1	82.6%

出典：Pemutakhiran SSK Kabupaten Tabanan 2015 を元に作成

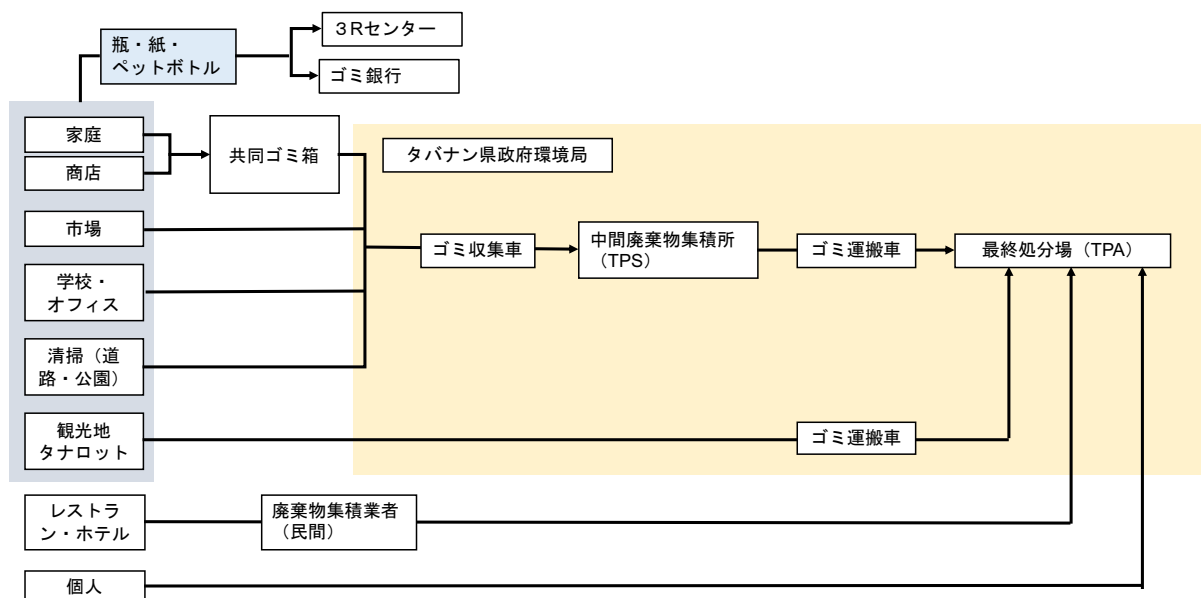


図 12 タバナン県の環境局によるゴミ収集・処理のフロー

表 11 環境局の廃棄物収集・処理サービスの発生源（調査年不明）

発生源	m ³ /日	%
居住地域共同ゴミ箱	193	50.5%
市場	72	18.8%
清掃(道路・公園)ゴミ	59	15.4%
観光地タナロットのゴミ	18	4.7%
オフィス・学校	22	5.8%
商店	10	2.6%
その他	8	2.1%
合計	382	100.0%

出典：PEMERINTAH KABUPATEN TABANAN KELOMPOK KERJA SANITASI KABUPATEN TABANAN
Jl. Pahlawan No 19. Tabanan

表 11 に環境局の廃棄物処理収集・処理サービスの発生源を示す。都市ゴミのうち、家庭ゴミと家庭ゴミに準ずる廃棄物を収集している。収集した廃棄物は、発生源で分別されることなく図 13、写真 2 に示すクラムビタン郡スムングデ村のマンドゥング最終処分場（TPA:Tempat Pemrosesan Akhir）で処理される。



図 13 マンドゥング 最終処分場位置図



写真 2 マンドゥング最終処分場の衛星写真

タバナン郡とクディリ郡では、居住地域には共同ゴミ箱が設置してあり、住民はゴミをビニール袋や籠に入れて運んでくる。運ばれたゴミは、家庭からのゴミや落葉とともに、神への供物の残渣が目立つ。家庭のゴミはビニール袋に入れられていることが多い（写真 3 参照）。タバナン県の環境局が、1t 車位と見られる小型のトラックでの収集を行う。

市場のゴミも同様に集積場に集められて、タバナン県環境局が、1t 車位と見られる小型

のトラックで収集を行う（写真4参照）。

小型トラックで収集されたゴミは、地区内の中間廃棄物集積場（TPS：Tempat Penampungan Sampah Sementara）に運ばれて、荷下ろしされる。その後、3tトラックに積み替えられてマンドゥング最終処分場へ運ばれる。小型トラック、3tトラック、いずれも県行政用のナンバープレートをつけており、民生車とは区別がされている。作業者は県職員、もしくは委託業者の作業員である（写真5参照）。

タバナン県では、収集されたゴミは、マンドゥング最終処分場に3tトラックで運ばれてパワーショベルとブルドーザーを使ってオープンダンプで処分される（写真6参照）。

2018年にマンドゥング最終処分場で処理された廃棄物量は87,727m³/年に達し、2017年に処理された廃棄物量から15%増加した²。マンドゥング最終処分場に搬入されるゴミの構成は、有機ゴミ（54.73%）、プラスチックゴミ（25.57%）、金属ゴミ（11.32%）、紙ゴミ（4.71%）及びその他（2.58%）である³。



写真3 居住地域の共同ゴミ箱



写真4 タバナン県環境局による市場でのゴミ収集

² Bail Post Potal Berita <http://www.balipost.com/news/2019/01/03/65123/Setahun,Volume-Sampah-TPA-マンドゥング...html>

³ タバナン県のゴミ処理実施 タバナン県環境局



写真 5 タバナン県環境局による中間廃棄物集積場でのゴミ積み替え作業



写真 6 オープンダンピングによる処理



写真 7 浸出水処理の集水池



写真 8 ガス抜きパイプと
パイプライン

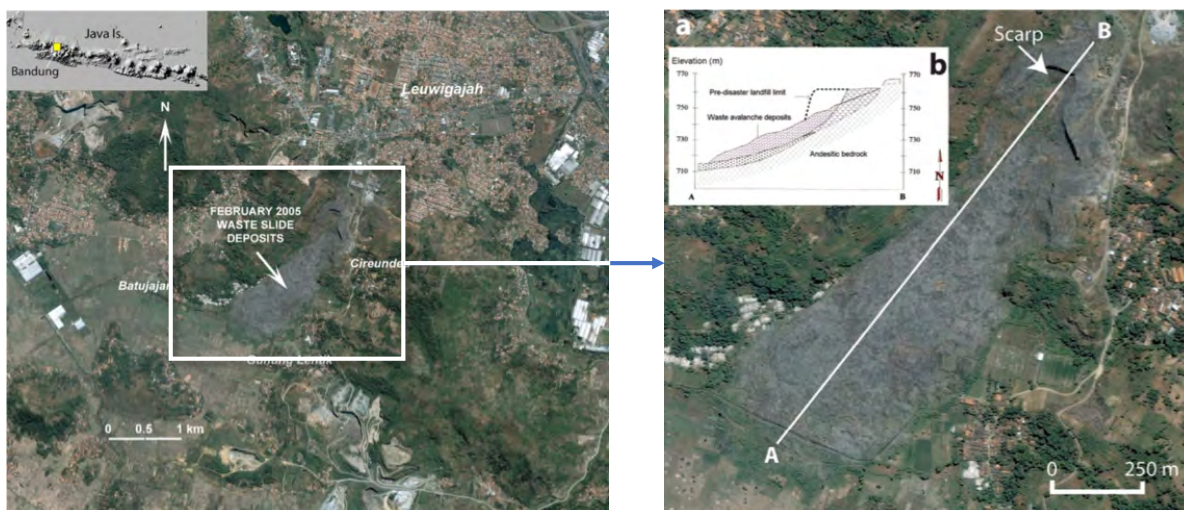
マンドゥング最終処分場では、浸出水は集水池に集められて処理されている（写真7参照）。また、ガス抜きパイプが設置され、抽出したメタンガスが、都市ガスとして近隣住民に供給されている（写真8参照）。

(5) 最終処分場の確保問題と地域住民の安全問題

インドネシア国では、人口の増加や経済成長に伴い、都市ゴミの発生量が増加している。衛生的な最終処分場が未整備で、多くの都市では、各家庭から集められた都市ゴミを分別しないまま、最終処分場でオープンダンピング方式により処理し、処理能力を超えて積み上げている。

インドネシア国では、バンドン市近郊のルイガジャ最終処分場で、2005年2月に、オープンダンピングにより山積みとなっていたゴミ山が大崩壊を起こし143名の死者を出す大惨事となった（写真9参照）。原因は、雨とメタンガス爆発であった。この対策として、廃棄物管理法が策定され、「オープンダンピング方式の処分場を5年以内に閉鎖する」と規定している。

1990年代に設置された廃棄物処分場は450箇所、内387箇所がオープンダンピング方式であり、衛生的に管理された廃棄物処分場は63箇所に過ぎない⁴。



出典：The 21 February 2005, catastrophic waste avalanche at Leuwigajah dumpsite, Bandung, Indonesia

写真9 ルイガジャ最終処分場の崩壊

現行の中期開発計画（Sustainable development in the national development plan RPJMN 2015-2019, BAPPENAS, 25 March 2015）は、「廃棄物は100%処理する。そのために41都市に衛生埋立処分場、334都市に共同3R施設、112市区町村に集中3R施設のインフラストラクチャーを整備する。」としている。しかし、周辺住民の反対や都市化により、新たな廃棄物処理場用地の確保が困難となっており、整備がほとんど進んでいないのが現状である。

タバナン県では、収集されたゴミは、マンドゥング最終処分場で処分される。最終処分場では、各家庭から集められたゴミは分別しないままオープンダンピングにより処理されている。ゴミ処分場は、代替地がないため閉鎖されておらず拡張も出来ないため、積み上げの高さを高くしているが、限界に達しており、崩壊による近隣住民の被害が懸念される（写真10参照）。

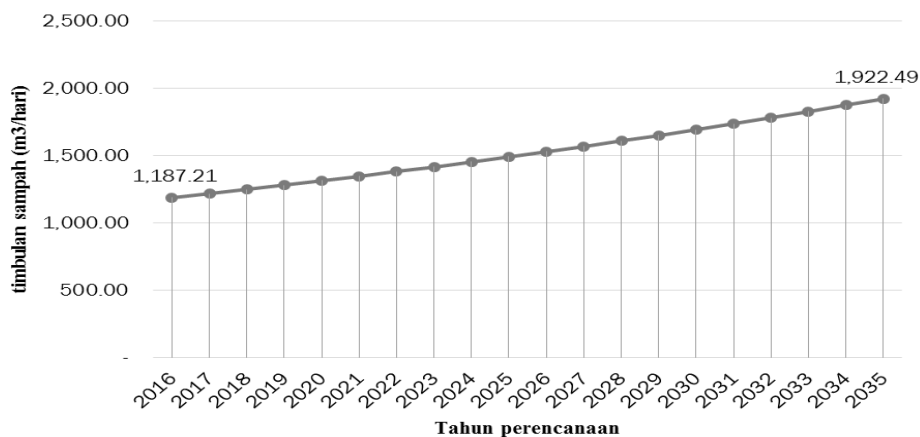
2週間に一度覆土して転圧し、腐敗を促進し、メタンガスの湧出を防止するため、シー

4 経済産業省産業技術環境局リサイクル推進課編[2005]

トで覆っている。生ゴミの占める割合が多く、高温で、降雨も多いことから、メタンガスを湧出しやすい環境にあり、ゴミ処分場の爆発や火災といった災害が懸念される。また、遮水対策を施していないため、地表水と地下水の汚染、病原体、ハエ、蚊の発生、悪臭といった環境問題、衛生問題の発生が懸念される。



写真 10 マンドゥング最終処分場のオープンダンピング状況



出典：STUDI SISTEM PELAYANAN PERSAMPAHAN DI KABUPATEN TABANAN

図 14 タバナン県のゴミ発生量の見込み

タバナン県のタバナン郡とクディリ郡の 10 の村で行われた廃棄物発生調査によると、タバナン郡とクディリ郡 10 村の平均廃棄物発生量は $0.002253\text{m}^3/\text{人}/\text{日}$ であった。中央統計局（BPS: Badan Pusat Statistik）のデータによると、2004 年から 2013 年までの平均人口増加は 5589.78 人/年であった。タバナン県全体の人口増加傾向に基づく平均人口増加率は 1.33% になる。人口増加率に基づく、図 14 に示すように、タバナン県の廃棄物発生量は、2035 年には $1,992.49\text{m}^3/\text{日}$ に増加すると予測されている。マンドゥング最終処分場が必要な総面積は 15.76ha である。現状利用可能な土地はわずか 2.75ha であり、マンドゥング最終処分場がタバナン県の廃棄物全量进行处理することができないことが課題となっている。

(6) 家庭ゴミのリサイクルとコンポスト

タバナン県では、廃棄物管理法に則って、行政と市民が協力して 3R に取り組んでいる。市民レベルでは、42 のゴミ銀行と親ゴミ銀行が活動している。行政組織では、10 箇所の 3R 統合廃棄物管理センター（TPS-3R）が稼働し、リサイクルを行っており、その量は、

10P の表 10 に示すように都市ゴミのうち 2.5%を占める。

インドネシアの都市ゴミの組成の特徴は、P9 の図 11 に示すように有機性廃棄物の含有率が 63.17%と高いことである。都市部では、有機性廃棄物の含有量が 55~60%と低く、プラスチックや紙の廃棄物が多いと推定される。地方都市、特に農村地域では、有機性廃棄物の含有量が 65~75%と高くなると推定される⁵。家庭ゴミに占める生ゴミの量が多いことから、生ゴミを減容化するためには、コンポストとしてリサイクルすることが最も効果的な方法である。

家庭の生ゴミは、水分が 80%と多く、バナナの茎などの繊維質が多く、ヤシガラや瓶などの硬い固形廃棄物も混入する。生ゴミも、ビニール袋に入ったままである。このような生ゴミを、1日あたり数十から数百 m³規模で大量に処理する必要がある。従来方式のコンポスト技術では、これらの課題をクリア出来ないことから、インドネシア国では、家庭の生ゴミのコンポスト化が普及していなかった。タバナン県においても、家庭や市場で収集された有機性廃棄物は、P10 の図 12 のゴミ収集・処理のフローを示すように最終処分場で埋設処理されている。

コンポストプラント RA-X は、地方自治体が RA-X を導入し、図 15 に示すように、最終処分場に送られる有機性廃棄物を処理して、有機肥料を製造し、農家に販売することで、この課題を解決し、家庭ゴミの再資源化、減容化に貢献できると考えている。

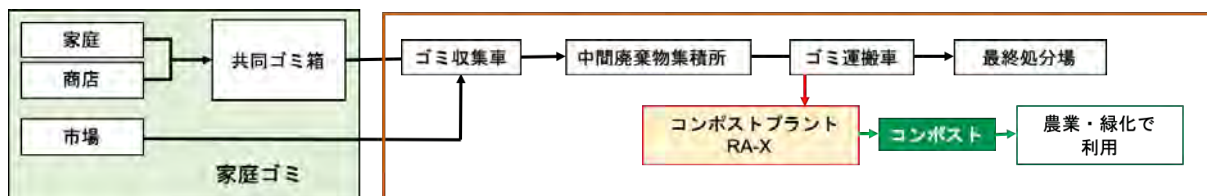


図 15 家庭ゴミの再資源化、減容化

1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

1-2-1 国家計画

インドネシア国は、法律により国家開発計画の策定が義務づけられており、現行の長期開発計画は 2005 年から 2025 年の 20 年間である。中期開発計画(Sustainable development in the national development plan RPJMN 2015-2019, BAPPENAS, 25 March 2015)は、長期開発計画の第 3 フェーズである 2015 年から 2019 年を対象としている。中期開発計画では、廃棄物を 100%処理するために 341 都市に衛生埋立地埋め立て処分場、334 都市に共同 3R 施設、112 市区町村に集中 3R 施設のインフラストラクチャーを整備するとしている。

この中長期計画にもとづき、公共事業・国民住宅省は、「公共事業省および公営住宅の戦略」において、163 地域で衛生埋立処分場 (TPA)、850 地域での共同 3R 施設、45 地域で一時的な廃棄物処理施設を建設する計画である。

そして、包括的なロードマップとして、「固形ゴミ管理の国家政策及び戦略に関する大統領規則 (No.97/2017)」が制定された。2025 年までに、固形ゴミの発生量を 30%削減し (地域社会ベースの 3R、及び生産者や事業者の責任により)、固形ゴミの 70%を適切に処理 (ゴミの再利用、ゴミのエネルギー転換、及び適切なゴミの埋立) するとしており、この政策や戦略は、州や市/地区などの地方レベルにも実施を求めている。

1-2-2 法規制

(1) 有害廃棄物の管理に関する政令

「環境の保護及び管理に関する法律(2009 年法律第 32 号)」は、廃棄物関連の法律の頂点に位置する。1982 年に制定され、1997 年に抜本的な改正が行われ、更に 2009 年に改正された。同法は、有害廃棄物（以下 B3 廃棄物）の管理を定めている。

第 1 章 総則 第 1 条で、以下のように廃棄物が定義されている。

- ・ 廃棄物とは、事業または活動の残留物である。
- ・ B3 廃棄物は、それらの性質、もしくは濃度、量のために、直接、間接的に、環境を汚染または影響を与える、または人間やその他の生物の存続だけでなく、健康に影響を与える、物質、エネルギーまたは環境要素である。
- ・ 有害有毒廃棄物管理とは、減量、保管、収集、輸送、利用、処理または積み上げることからなる活動である。
- ・ 投棄とは、指定された環境媒体へ、一定の必要条件で特定の量、濃度、期間及び場所に、廃棄物または物質を処理する、または貯蔵する、または注入する行動のことである。

第 7 章 有害・有毒物質の管理の管理の第 1 部 有害・有毒物質の管理で、以下のように定めている。

- ・ 第 58 条：B3 廃棄物を輸入、生産、運搬、分配、収集、保管、利用、加工または積み上げることを行っているすべての者は、B3 廃棄物の処理を行う義務を負う。
- ・ 第 59 条：B3 廃棄物を生産しているすべての者は、B3 廃棄物を処理する義務を負う。B3 廃棄物の処理は、大臣、州知事、県知事、市長から、各々の権限に応じ、許可を得るものとする。
- ・ 第 60 条：何人も、許可を得ることなく環境に廃棄物または物質を処分することはできない。
- ・ 第 61 条：第 60 条に規定する処分は、大臣、州知事、県知事、市長により、各々の権限に応じた、許可を得た場合に限り、行うことができる。第 1 項に規定する処分は、指定された場所に限り行うことができる。

(2) 廃棄物管理法

インドネシア国の廃棄物管理の基本法は、廃棄物管理法である。2005 年のルイガジャ処分場でのごみの崩壊事故の教訓も踏まえ、都市ごみの問題が喫緊の課題となる中で、廃棄物を包括的に管理する必要性が生じてきたことから制定された。

同法第 1 条で、廃棄物を、「人間の日常生活及び/又は自然活動による固形上(in the solid form)の残余物」と定義している。

同法第 2 条で、家庭ごみ(household waste)、家庭ごみに準ずる廃棄物(household-like waste)、特定廃棄物(Specific waste)を対象としていると明記している。特定廃棄物とは有害廃棄物、災害廃棄物、建設・解体廃棄物、処理技術のない廃棄物、一時発生廃棄物を指し、その管理規定は別途省令(Ministerial decree of the minister)によって定めることとなっている。

中央政府の役割については、第 7 条で以下を定義している。

- ・ 国家政策・戦略の策定・規範、基準、手続き、判断基準の規定
- ・ 地方政府と関係機関の協力の促進
- ・ 地方政府のパフォーマンスの調整、開発、モニタリング
- ・ 廃棄物管理をめぐる地域間紛争のための戦略の規定

州政府の役割は、第 8 条で以下を定義している。

- ・ 国家政策に基づく政策・戦略の策定
- ・ 州内の関係機関の協力の促進
- ・ 市県のパフォーマンスの調整、開発、モニタリング
- ・ 州内の地域間紛争の調整

市・県政府の役割は、第 9 条で以下を定義している。

- ・ 国家及び州の政策に合致した計画・戦略の策定
- ・ 基準に合致した廃棄物管理の実施 ・ 関係機関の開発とモニタリング
- ・ 収集場所、中間処理施設、最終処分施設の場所の選定
- ・ 閉鎖後の埋立地の 6 カ月ごと、20 年間にわたるモニタリングと評価の実施
- ・ 廃棄物処理に関する緊急対応システムの構築と運用

また廃棄物の管理を実施するため、政府に 2 つの活動を行うことを求めている。

- ① 廃棄物の発生源の制限、リサイクル、再利用により廃棄物の発生量を最小化する。これを実行するため、該当する政府は以下を実施しなければならない。
 - ・ 製造者による環境に配慮していない材料の使用に対して適用する制限を決めること。
 - ・ グリーン/環境に配慮した技術の応用を可能にすること。
 - ・ 環境に配慮したラベリングの実施を可能にすること。
 - ・ 再利用/リサイクルの活動を可能にすること。
 - ・ 市場でリサイクル製品の入手を可能にすること。
- ② 廃棄物処理を改善する。許可を受けた廃棄物の管理施設は以下を行わなければならない。
 - ・ 廃棄物が種類、量、および性質に基づいて分類されること。
 - ・ 廃棄物を発生源から収集して廃棄物の移動エリアに移すか、統合化された廃棄物処理エリアから最終処理エリアに移すこと。
 - ・ 再利用、更なる処理、または環境に戻すことができるように、廃棄物の性質、構造、および量を把握し、廃棄物または残留物を環境に戻す形で最終処分を行うこと。

また、製造者の責任[拡大製造者責任(Expanded Producers Responsibility:EPR)]についても、以下の通り言及している。

a)排出者

- ・ 市民は地方政府の規定に基づく廃棄物の減量、環境保全上支障がないような廃棄物の取り扱いを行うこと(第 12 条)
- ・ 都市部においては廃棄物の分別保管施設を整備すること(第 13 条)

b)生産者

- ・ 廃棄物減量・取扱い方法に関するラベルを貼付すること
- ・ 生物分解性の低い容器や製品を自ら処理すること

許認可は、以下の通りである。

- ・ 廃棄物処理事業者は市・県の長の許可を必要とする。(第 17 条)
- ・ 市・県は廃棄物処理事業者に委託して処理を行うことが可能(第 27 条)

ゴミの減量は、以下の通りである。

- ・ 減量化、再使用、再資源化の励行(第 20 条)
- ・ 政府による廃棄物減量のためのインセンティブの活用(第 21 条)
- ・ 廃棄物種類、量、特徴に従ったごみの区分と分別(第 22 条)

オープンダンピング、不適切な焼却の禁止は、第 29 条に規定されている。

- ・ 不適正な処分、オープンダンピング、不適切な焼却の禁止。
- ・ 不適正な処分、オープンダンピング、不適切な焼却に関する規定は地方条例で定める。罰則の規定も可能。

(3) その他の法律・政令

i. 家庭廃棄物及び家庭系類似廃棄物管理に関する政令（2012 年第 8 号）

廃棄物管理法に基づき家庭廃棄物及び家庭系類似廃棄物の管理に関する詳細な事項を定めている。同政令では、各地方自治体による廃棄物管理の方針や戦略の設定及び廃棄物管理マスタープランの策定のほかに、製造者の責務として、生産過程及び販売活動における廃棄物減量化のための計画の策定・実施、廃棄物発生量を最小限にする容器包装の製造、リサイクルプログラムの実施、リユースの推奨などが規定されている。

また、廃棄物分別収集・運搬、最終処分に関する詳細のほか、廃棄物管理における罰則規定、自治体による住民への廃棄物減量化のための情報提供、住民参加についても同政令で示されている。

ii. 環境林業省令（2012 年第 13 号）

同省令では、「ごみ銀行」を通じた 3R の実施について規定している。本プログラムは、環境林業省の支援のもと各地域の RT（隣組）/RW（町内会;複数の RT から成る）レベルで「ごみ銀行」のための施設を設け、周辺住民が主体的に各戸より資源ごみを持ち寄って、分別・計量し、リサイクル業者への販売を行うものである。

iii. 公共事業省令（2013 年第 3 号）

同省令は、家庭ゴミ及び家庭系類似廃棄物の管理における施設整備について規定している。同省令では地域コミュニティからのごみ収集における収集施設として 3R 実施機能を持つ統合廃棄物管理センター（TPST:Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu）（以下 TPST-3R）を住宅地、商業地、工業地域、特別地域、公共施設及びその他の施設に設置することを地方自治体に対して義務付けている。

TPST-3R では家庭ごみ分別収集、有機ごみのコンポスト化、容器包装のリサイクル、危険ごみ（電池、蛍光灯等）の分別収集等が実施される。また「ごみ銀行」のようなコミュニティベースのゴミ減量化活動も TPST-3R の活動に集約可能であると記載されている。

1-2-3 政府助成金等

都市ごみ管理の責任主体は市・県であり、市・県は都市ごみ管理経費を負担している。2006 年からは中央政府からの特別配分基金（Dana Alokasi Khusus:DAK）があり、環境林業省所掌業務には、地方政府に対する DAK の交付も含まれる。DAK は、地方政府が実施する特定プロジェクトに対する中央政府の補助金である。環境林業省では、2007 年度以降、廃棄物処理施設設備（破砕機、コンポスト設備）のための DAK を交付している。環境林業省の場合、DAK1 件当たりの金額は、およそ 500 万~20 億 IDR（約 1.5 千万円）である。

1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針

本提案事業は、援助の基本方針（中目標）の「不均衡の是正と安全な社会造りへの支援」の内、「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、地方開発のための制度・組織の改善支援を行う。」に対応するものである。

本提案事業は、家庭の生ゴミと農業廃棄物から良質のコンポストを製造して農業に利用して地域振興を行うことから、「国内格差を是正する」に合致する。また、廃棄物処分場の悪臭・衛生・地下水汚染問題と、過剰な化学肥料投与に起因する農地の劣化問題を改善することで、「均衡のとれた発展と安全な社会の構築」に合致する。さらに、富山市のゴミ行政の経験・ノウハウを活かし、タバナン県政府に対して、家庭でゴミを分別して収集する制度、組織の改善支援を行うことから、「地方開発のための制度・組織の改善支援を行う。」に合致する。

1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業及び及び他ドナーの先行事例事業分析

ODA 事業でコンポスト関連としては、下記事業が行われている。

インドネシア国で行われた「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（2016年9月）」は、ショベルローダーで切り返しを行う方式である。有機性廃棄物処理量は、10m³/日（比重1で換算）の計画に対して、実績は2.4m³/日で、現在設備は稼働していない。有機性廃棄物の投入量に対して、発酵が十分進んだ出荷可能なコンポストの量は26%、発酵が不足して再処理（水分調整剤として利用）が必要な量が38%、蒸散した水分量が33%と報告している。

「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）（2012年3月）」は、西ジャワ州の州都バンドン市を中心とするバンドン都市圏及び、ボゴール市/デポック市圏からの廃棄物（家庭ごみ、事業廃棄物）を処理するために、レゴックナンカとナンボの2事業地において、複合中間処理施設及び最終処分場を建設し運営する PPP 事業である。レゴックナンカとナンボの両事業地とも、コンポスト建屋にダンプで運び込み、ローダーで土手状態に積み上げて、20日間熟成させる。熟成させる間、コンポスト・ターナーで時々切り返す方式である。コンポスト建屋は2ha、ローダー7台、ダンプトラック10台、コンポスト・ターナー1台、篩1台である。

両プロジェクトは、ショベルローダーで切り返しを行う方式であり、RA-X によるコンポスト製造に比べて、多くの労働力と広い面積が必要である。また、水分が多い、あるいはヤシガラなどの繊維質が多い有機性廃棄物をコンポスト化することから、熟練した技術・ノウハウが必要である。

円借款「マミナサタ広域都市圏廃棄物管理事業」の L/A 調印が2010年3月30日に行われた。承諾金額は、3,543 百万円である。南スラウェシ州の州都マカッサル市を核とするマミナサタ広域都市圏において、最終処分場等を整備するとともに複数の自治体を対象とした広域廃棄物管理体制を導入する事業である。ゴワ県パタラサンに衛生埋立地の建設、その一環としてコンポスト工場を建設する計画で、ごみ処理量の目標は723t/日、コンポストの生産目標は2.6t/日であったが、インドネシア側が最終処分場の用地変更を要望し、本事業内での事業実施が困難となったため、案件キャンセルとなった。

第2章 提案企業、製品・技術

2-1 提案企業の概要

株式会社石橋（以下石橋）は、1971年9月に設立し、富山市において一般・産業医療廃棄物の回収・リサイクル等の事業を行っている。また、グループ会社の株式会社カワシマ（以下カワシマ）は、1987年に会社を設立し、微生物による好気性発酵技術からスタートし、有効微生物「BX-1」の販売を開始した。2000年にスクリー型自動攪拌装置「RA-X」（以下RA-X）を開発、その製造販売を行っている。

2-2 提案製品・技術の概要

2-2-1 ターゲット市場

(1) 家畜糞を原料とした有機堆肥製造

RA-X 納品実績を表 12 に示す。主に畜産家が家畜糞を原料として有機堆肥を製造している。宮城県にある国内最大の卵生産会社のイセファーム東北から標準タイプの RA-X を 1 台受注し 2019 年 11 月現在建設中である。また、ネパール国の畜産農家とも 3 台受注が決まり、現在契約手続き中である。

表 12 RA-X の納品実績

納入年度	納入先・事業名	処理規模	稼働状況	稼働期間
2002年3月	有限会社道南養豚組合	糞尿混合 42t/日	稼働中	15年11ヶ月
2002年10月	有限会社西村養豚	糞尿混合 23t/日	稼働中	15年5ヶ月
2004年3月	今宿グリーンベース生産組合	糞尿混合 20t/日	稼働中	13年11ヶ月
2005年11月	つくば資源化センター	食品残渣 汚泥50t/日	稼働中	12年8ヶ月
2007年3月	果駒西部地区(資源リサイクル) 3号醗酵処理施設 2セット	食品残渣 100t/日	稼働中	10年11ヶ月
2007年4月	バブコックスワイン	糞 10t/日	稼働中	10年10ヶ月
2009年6月	JA東日本くみあい飼料	養豚	稼働中	8年8ヶ月
2011年3月	JA東日本くみあい飼料 栃木県湯津上肥育牛堆肥舎施設	糞 30t/日	稼働中	6年11ヶ月
2011年6月	喜連川ファーム養豚場新設工事 糞尿処理施設	糞尿 30t/日	稼働中	6年8ヶ月
2015年11月	株式会社ヒラノ	畜糞 20t/日	稼働中	2年3ヶ月
2016年4月	平成25年JICA民間 普及実証事業スリランカ	有機性廃棄物 20t/日	稼働中	1年10ヶ月
2016年3月	株式会社ヒラノ	畜糞 20t/日	稼働中	1年11ヶ月
2017年9月	スリランカ政府 9セット	有機性廃棄物 50t/日	設置中	未稼働

(2) 家庭ゴミを原料とした有コンポスト製造

スリランカでは、途上国では初めて全国規模で地方自治体が家庭ゴミの分別活動を行っており、家庭の有機性廃棄物でコンポストを製造している。RA-X は、JICA「スリランカ国スクリー型コンポストプラントによる有機性廃棄物・農業廃棄物のリサイクル事業普及・実証事業」で 1 台導入し、その優良な結果を踏まえてスリランカ政府が新たに 9 セット購入し、現在、図 16 に示す箇所に順次設置中で、2019 年 6 月 1 日、マイトリーパーラ・シリセーナ大統領を迎えて、オープニングセレモニーが開催された。



図 16 スリランカ RA-X コンポスト工場

2-2-2 製品・技術の特徴

(1) コンポスト

コンポストは、有機物を主に微生物により好気性発酵させて熟成し、製造する。分解の過程で発生する熱によって衛生的にし、かつ作物の生育にとって有益なレベルまで熟成・安定化したものである。

コンポストは日本では堆肥と言われており、その定義は不明確である。図 17 に示すように、有機肥料として利用するケースと、土壌改良材として利用するケースがある。

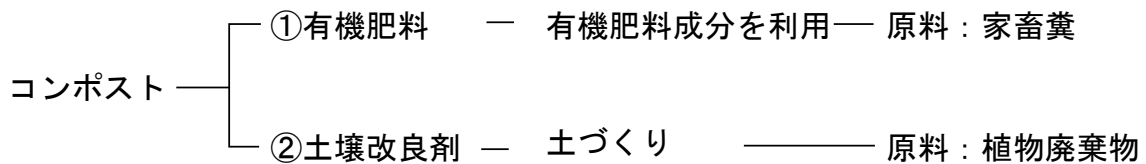


図 17 コンポストのタイプ

① 有機肥料

家畜糞は、窒素、リン、カリ等肥料成分を含むことから、主に家畜糞から製造するコンポストが、有機肥料である。植物は、必須栄養素である C と O と H を大気中の二酸化炭素および水分子から吸収している。必須栄養素のうち、C と O と H を除いたものを無機栄養素といい、植物に吸収されるとき、その形態はほとんどの場合、水に溶けた水溶性の無機塩である。有機肥料の成分は、地中の微生物の働きにより無機質に変換されて、植物の根から吸収される。

② 土壌改良材

主に植物系の落ち葉や野菜屑などの有機性廃棄物から製造するコンポストが、土壌改良材である。土壌改良材としてのコンポストは、以下の効果を有する

i. 土壌物理性の改善

作物の生育に適した土壌は、水もちが良く水はけが良いという一見矛盾した機能が求められる。この二つを満たす土壌構造が、団粒構造である。土壌に微生物・ミミズなどが多く存在し、それらが活発に活動できる環境が整うと、土の団粒化は進む。コンポストを投入することで、土壌団粒構造の形成が進み、通気性、透水性、養分の保持性などが改善され、土壌の生産機能が維持・向上する。

ii. 肥料成分の吸着

腐熟したコンポストには腐植に似た物質が含まれ、カルシウム、マグネシウム、カリウムといった栄養素を吸着・保持し、供給する機能（陽イオン交換容量）を増加させる。

iii. 病害菌を抑制

良好なコンポストは、多様な微生物相を維持し、病害菌の急激な増殖を抑制する効果がある。

(2) コンポストプラント RA-X

有機物全体を発酵させて熟成させるためには、表層と深部とを入れ替える作業が必要となる。これが「切り返し」である。切り返しは頻度を多く行ったほうが、発酵が速やかに進む。切り返しが十分に行われないと、下記のような問題が発生する。

- コンポストの性質は必ずしも一様ではないが、炭素率(炭素窒素比：C/N)が20以下になるまで熟成させるのが望ましいとされている。わらのように有機物の炭素率が60以上であると、微生物は有機物中の窒素のみでは栄養源の必要量がまかないきれずに、土壌中の無機窒素を利用することになる。その結果、作物と微生物との間に窒素の奪い合いが起こり、作物が窒素不足に陥る（窒素飢餓）。
- 切り返しが不十分な有機性廃棄物は、深部が酸欠状態となり、嫌気性微生物が悪臭物質や生育阻害物質を生成するだけでなく、発酵温度が上がらないため病原細菌、病虫卵、ウイルス、雑草種子が残留する品質の悪いコンポストとなる。

RA-Xは、2本のスクリーできり返しを行い、高水分の家庭の生ゴミや、藁や家畜糞等の有機性廃棄物を、大量に、持続的にコンポスト化できるプラントである。

RA-Xの標準タイプは、写真11、図18に示すようにカワシマの独自技術であるスクリー型自動攪拌装置（特許番号：3607252）1基、廃棄物搬入・投入用バケット2基、発酵槽1槽、発酵槽の床下より空気を送り込む2.2kwブロワーとエアレーション管8セットおよび発酵中のコンポストに雨水がかからないように覆う建物で構成される。

標準タイプ RA-X の主な仕様は、下記のとおりである。

- 処理能力：67m³/日（生ゴミ 50m³/日と農業廃棄物 17m³/日）
- コンポスト製造能力：最大 34m³/日（17 t/日）
- 発酵槽：2,160 m³（W 12m × H 1.8m × L 100m）
- 攪拌能力：約 300m³/h



写真 11 RA-X と醗酵槽

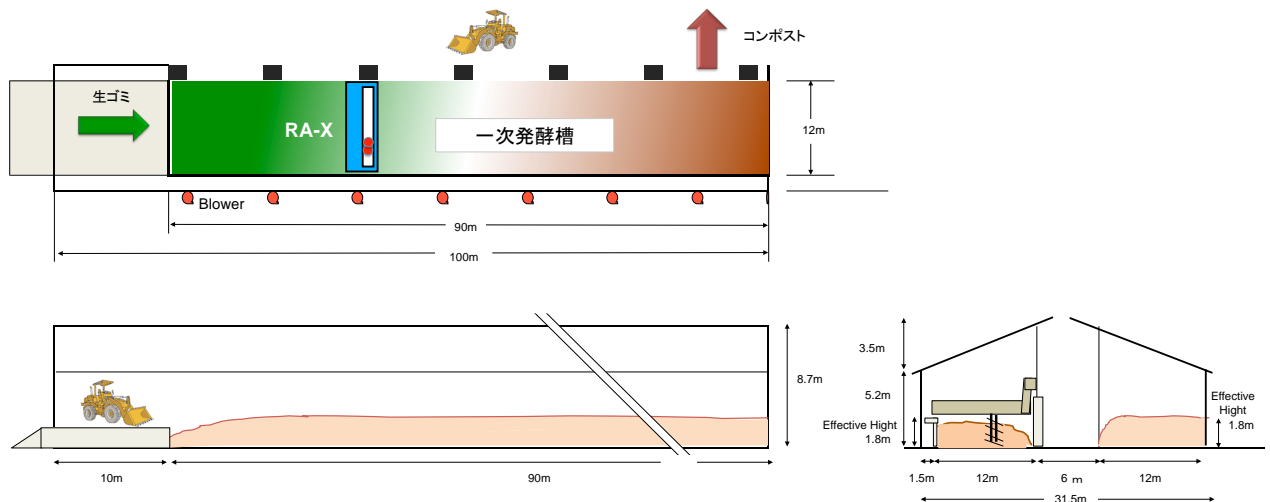


図 18 スクリュー型コンポストプラント RA-X

コンポストプラント RA-X の特徴は以下のとおりである。

- ① 大量の生ゴミからコンポストを製造
コンポスト技術は、機械的に大量の有機性廃棄物を処理する機械的方法と、手作業による手動による方法とに分類される。RA-X は機械的方法に分類され、67m³/日程度の有機性廃棄物を処理することができる。

- ② 高水分の生ゴミからコンポストを製造
熱帯・亜熱帯の途上国の家庭ゴミの特徴は、含水率が 80%前後と高い有機性の生ゴミが多いことである。

RA-X は、図 19 に示すように水分 80%以上の生ゴミと水分調整用の農業廃棄物を、自走しながら 1 日 1 回、2 本のスクリーンで自動的に攪拌する（約 6 時間）。同時に、発酵槽床下に 1m 間隔で敷設されたエアレーション管からブローで空気を 24 時間連続して送り込むことで、生ゴミを好気性高温発酵させコンポストにする。水分の多くは発酵の際に蒸散するため、排水はない。高水分の有機性廃棄物の水分を蒸散処理する方式と、スクリーン型攪拌装置は、カワシマの独自技術であり、「汚水処理方法とその装置」として日本国特許を取得している（特許番号：3607252）。

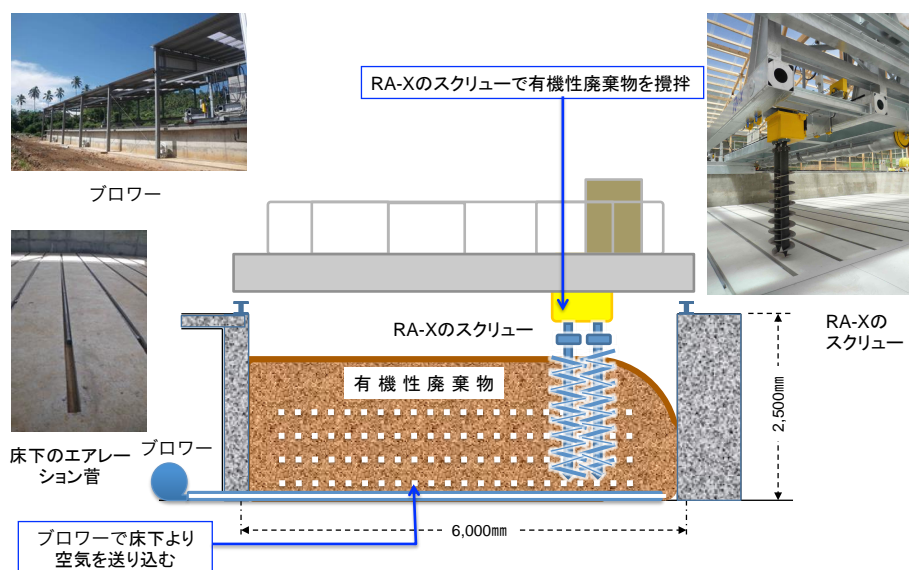


図 19 RA-X による高温好気性発酵のメカニズム

③ 有機質・無機質の固形廃棄物を処理

熱帯・亜熱帯の途上国の家庭ゴミの特徴は、バナナの茎などの繊維質が多く、ヤシガラや瓶などの硬い固形廃棄物が混入する。生ゴミもビニール袋に入ったままである。



写真 12 2本のスクリーユ刃

RA-X は、2本のスクリーユ用モーターをインバーター制御している。そして混入したビンやヤシガラなどの硬い固形物もスクリーユで弾き飛ばし、ビニール袋も粉砕するため、廃棄物の性状、量、重量の変化によるトラブルがなくスムーズに運転し、連続運転しながら有機性廃棄物をコンポストにすることができる（写真 12 参照）。無機質のビンのかけらやビニール袋は分解しないので、コンポストができた段階で、機械式ふるいで除去できる。ヤシの葉などの硬い繊維質の固形物は、好気性高温発酵により分解されて、コンポストになる。

④ 高温で生ゴミ中の種子や病害虫を処理

RA-X は、図 20 に示すように、スクリーユにより効率的に表層と深部の切り返しを行っているため、コンポスト化の過程で温度は 70°C 以上まで上昇して維持し続けるため、インドネシア国で行われている重機や人の手による切り返しに比べて、家庭ゴミのような不衛生な原料でも、生ゴミ中の種子や病害虫が死滅するので、衛生的なコンポストを作ることが出来る。

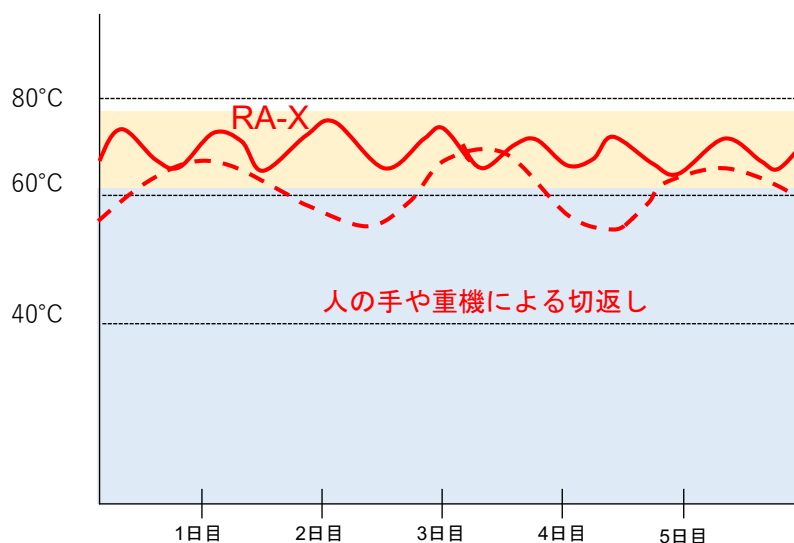


図 20 家庭ゴミのコンポスト好気性発酵温度比較 (イメージ)

⑤ 低ランニングコスト

RA-X は、構造がシンプルで故障が少なく定期的な消耗品交換のみで、メンテナンス費用が小さい。消費電力もエアレーション用のパワーが大半を占めるが、445kWh/日と少ない。

また RA-X は、自動運転で攪拌と走行が行えるようにプログラミングされていることから、運転はオペレーター 1 人で行え、労務費も低く抑えられるため、ランニングコストが小さい。

⑥ 長期間の稼働実績

RA-X のフレームを亜鉛メッキで防錆処理し、重要な部品にステンレスを採用している。またモーターをインバーター制御しているため過負荷によるトラブルが少なく装置耐久性があり、2002 年に納品した RA-X を筆頭に、日本国内で納品した 15 台全て稼働中である。

2-3 提案製品・技術の現地適合性

2-3-1 コンポスト製造技術

表 13、図 21 に示すコンポスト工場で、コンポスト製造技術を調査した。調査内容は、以下の通りである。

表 13 調査コンポスト工場リスト

コンポスト工場	原料	規模	製品と価格	販売先	運営
① バンテルガバン統合廃棄物処理施設	市場の有機性廃棄物	4m ³ /日	土壌改良材 (-)	未販売	ジャカルタ市政府
② テマシリサイクルセンター	家庭等の有機性廃棄物	7~8 m ³ /日	土壌改良材 (7.2 円/kg) 有機肥料 (7.2 円/kg)	バリ州政府等	財団
③ パメララン統合廃棄物管理センター	家庭等の有機性廃棄物	数 m ³ /日	土壌改良材 (建設中・未販売)	近隣農家	村・NMGO
④ マンドゥング最終処分場	公園・道路の剪定した木の葉、草等	1.5 m ³ /日	土壌改良材 (無償)	情報無し	タバナン県
⑤ セカルタンジュ 3R 中間廃棄物集積場	木の葉等	1 か月に 1m ³ 程度	土壌改良材 (無償)	提携ホテル	村営
⑥ PT XAVIERA GLOBAL SYNERGY	木の葉・野菜屑	1 か月に 数 m ³ 程度	土壌改良材 (無償)	近隣農家	民間

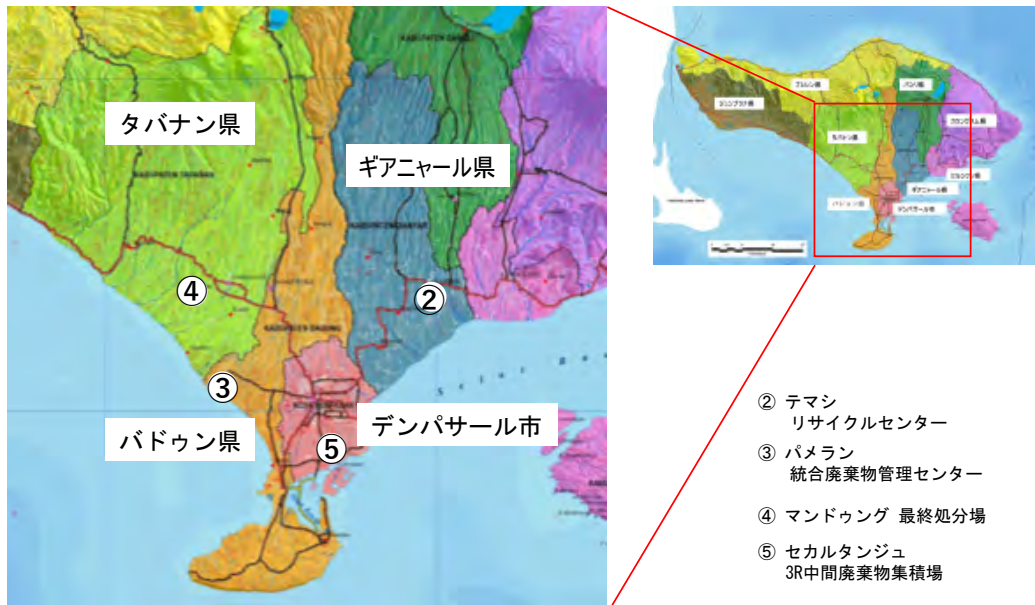


図 21 バリ州の調査実施箇所

(1) バンテルガバン統合廃棄物処理施設

ジャカルタ特別州政府が管轄するバンテルガバン廃棄物処分場のコンポスト工場は、ジャカルタ市郊外に位置する。市内の市場から運び込まれる廃棄物（野菜や果物）の一部を原料として、コンポストを製造している。市場の廃棄物は、分別されることなく運び込まれるため、コンポスト工場で分別作業が行われている。木製の箱やプラスチック包装容器、ビニール袋などが混入している。有機性廃棄物の最大処理能力は 100m³/日であるが、現在は平均 26m³/日进行处理し、4t/日のコンポストを生産している。工場の写真を、写真 13 に示す。

スクリーニングで排除された残渣は、現在はオープンダンプ方式により処分しているが、建設中の焼却設備が完成した後は燃料として活用する。

コンポスト化は、3日に1回、重機で切り返し21日間で発酵させているが、その後も十分熟成させているため悪臭は殆ど感じられない。完成したコンポストは良質であるが、国の予算で処理している事など諸事情で販売はしておらず、法律でコンポスト化が義務付けられているため、赤字でもコンポスト製造を継続している。

過去に民間委託していた時は、300IDR/kg（約 2.3 円/kg）で販売したものの売れずに現在も残っている。現在も需要家への無償提供を積極的に実施していないため、余剰コンポストが山積になっている。



運び込まれた市場の廃棄物



廃棄物から有価物を選別



廃棄物から不純物を選別除去



家庭の生ゴミの山（Windrow）の切り返し



コンポストから不純物を除去



製品のコンポスト

写真 13 バンテルガバン統合廃棄物処理施設

(2) テマシ・リサイクルセンター

テマシ・リサイクルセンターは、2つの NGO とテマシ村を中心とした財団が運営しているコンポスト工場・リサイクルセンターである。バリ州ギアニャール県テマシ村に位置し、テマシ最終処分場に隣接する。テマシ・リサイクルセンターは、京都メカニズムの CDM プロジェクトとして 2004 年から建設され、運営されてきた。建設当初は ウブド・ロータリークラブが運営に携わっていた。総プロジェクト費用は 817,000US\$ で、ウブド・ロータリークラブ 80,000US\$、USAid 45,000US\$、スイス政府 150,000CHF、カナダ政府 180,000CA\$、Kuoni Travel Ltd., Switzerland 150,000CHF などの支援を受けた。コンポスト設備の総費用は、500,000US\$ である。現在はテマシ村を中心とした財団が運営している。現在、Gold Standard によるクレジット収入があるが、これが途絶えると経営は厳しいので再申請を検討している。Gold Standard は、国際的 NGO のゴールドスタンダードが認証を提供している温室効果ガス削減等の気候変動のカーボンクレジットである。販売されているカーボンクレジットは、安いもので CO₂ 1t 当たり十数 US\$ 前後。販売額の 15% は、NGO ゴールドスタンダードが手数料として獲得し、残り 85% がプロジェクトに送られる。

敷地 4ha の内 2ha がコンポスト関連で、処理能力は 60m³/日であるが、現状では 30～40m³/日の廃棄物を処理し、7～8t/日のコンポストを生産している。

図 22 にコンポスト工場の配置図を示す。工場内、コンポスト製造ブロックは、長さが 120m、幅 30m で、RA-X の標準タイプの建屋とほぼ同じ大きさである。RA-X の処理能力が 67m³/日（生ゴミ 50m³/日と農業廃棄物 17m³/日）に対して、処理能力は 2/3 程度である。コンポスト工場は、図 23 に示すように、高さ 4～5m、幅 10～20m、長さ 30m 程度の大きな生ゴミの山（Windrow）を作って、大型のショベルカーで切り返しを行い、コ

ンポスト化している。



図 22 コンポスト施設配置図

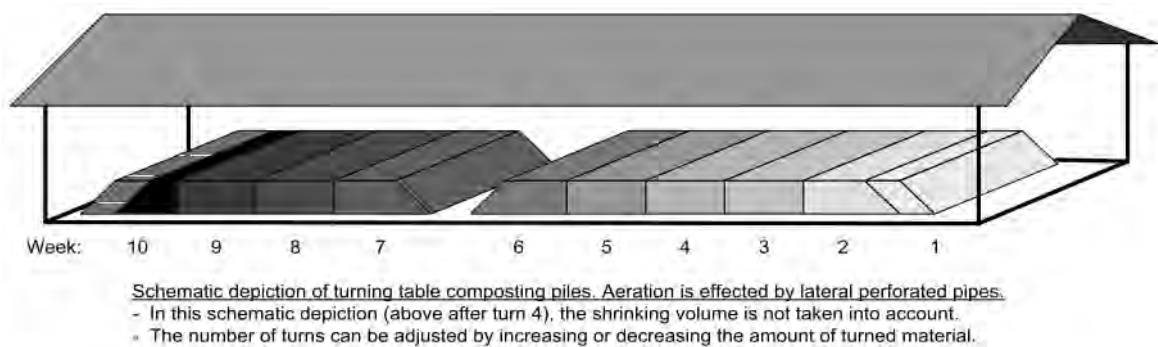


図 23 コンポスト製造システム

写真 14 にコンポスト工場の写真を示す。床から空気を吹き込むエアレーション設備として、大型ブロワーが設置されていたが、配管の半数は断管している状態で、1日に15分間の送風を4~5回実施するだけとのことであった。

廃棄物は、地方政府が収集して運び込んでいる。家庭からのゴミ収集費用は、一家庭当たり50,000IDR(約388円)で、2,000~3,000家庭が収集対象(ギアニャール県全体が対象)である。廃棄物が処理施設に運ばれる前に、ウェイストピッカーにより、ほとんどのリサイクル品が持ち去られてしまうため、収集廃棄物のうち85%程度が有機性廃棄物で、コンポスト原料となる。その他ペットボトルなどリサイクル可能品を除いた10%程度の廃棄物は、テマシ最終処分場で処分する。分別作業には20人程度の作業員が携わっていたが、分別作業は外注している。これは全操業コストの35%を占める。



トラックによる家庭ゴミの搬入



搬入された家庭ゴミの分別



ショベルカーで切り返し



製造したコンポストから不純物を除去



中央がブレンド用家畜糞、右がコンポスト



製造した有機肥料

写真 14 テマシ・リサイクルセンター

完成したコンポストは、そのまま販売する場合と、家畜糞と混合して(混合率 30%程度)有機肥料として販売するケースがあるが、何れの場合も販売価格は 950IDR/kg(7.2 円/kg)である。販売先は、州政府が多い。ホテルなど大規模な緑地を抱える施設にも販売している。家畜糞には収集運搬費用(6tトラック1台当たり 2,000,000(15,500 円)~2,500,000IDR(19,375 円/kg))を支払っている。製品となるコンポストの横に家畜糞が置かれていたが、さほど悪臭を発生してないことから、収集運搬前の段階である程度堆肥化が進んでいる可能性も考えられる。

(3) パメラ統合廃棄物管理センター

パメラ統合廃棄物管理センターは、バドゥン県ムグイ郡 パメラ村に位置し、パメラ

ン村が運営している。バリ島のゴミ問題に取り組んでいる NGO MPH Merah Putih Hijau が、運営をサポートし、コンポスト製造設備を寄贈した。村が、建物と 400m² の土地と収集車両を負担した。

NGO MPH Merah Putih Hija は、2016 年に、バリ島で増大しているプラスチックや廃棄物の問題を改善する目的で設立された NGO で、バリの人々や、地元のサステナビリティ企業、そして地元の環境改善に取り組んでいる NGO Yayasan GUS 等が参加している。

村の約 1,000 世帯の家庭ゴミを分別収集し、有機性廃棄物からコンポストを製造することを目指している。

図 24 にコンポスト製造施設の配置図を示す。コンポストプラントは人の手による低コスト、低技術、低リスクの方法を採用している。図 25、写真 15 示すように、分別した有機性廃棄物をエアレーション配管（地面に直接敷設）の上に積み上げて、エアを供給することで嫌気性発酵によりコンポストを製造する。プラントには、屋根がない。コンポスト製造には投入から 2 か月を要する。本調査訪問時には、工事中のため、エアレーション無しでコンポストを製造した。

家庭ゴミの台所に生ゴミを集めるために緑のゴミ箱を設置し、収集車も色分けして決められた日に、生ゴミだけを集めるシステムに取り組んでいる（図 26 参照）。プラントのゴミはホテルからは月決め契約で 6 円/kg 程度の回収費用を徴収しているが、民家からは無料で回収している。



図 24 コンポスト製造施設の配置図



図 25 コンポスト製造システム



家庭ゴミの搬入



家庭ゴミの荷下ろし



運び込んだゴミの計量を行う建屋



建設中のエアレーション



コンポスト製造（エアレーション無し）



製造したコンポスト

写真 15 パメララン統合廃棄物管理センター

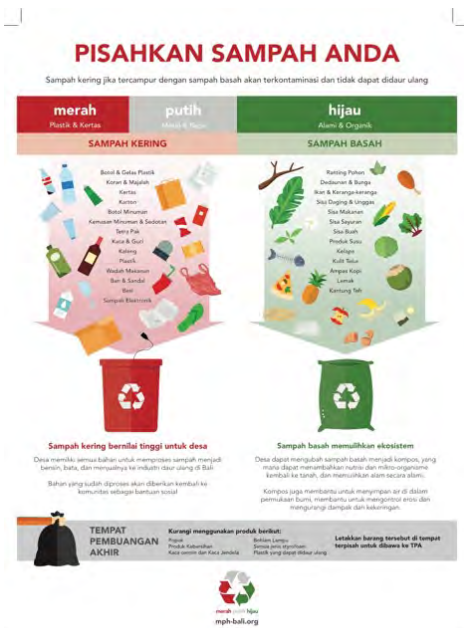


図 26 家庭での分別収集ポスター

(4) マンドゥング最終処分場コンポスト設備

マンドゥング 最終処分場のコンポスト設備を写真 16 に示す。コンポスト設備は、建屋規模が約幅 9m×長さ 20m で、1 ヶ月の製造量が約 1.5t である。原料は公園や道路の剪定した木の葉等で、家庭の生ゴミを原料としたコンポストは製造していない。



原料の公園や道路の剪定した木の葉



コンポスト製造設備

製造したコンポスト

写真 16 マンドゥング 最終処分場コンポスト設備

(5) サカルタンジュン 3R 中間廃棄物集積場

サカルタンジュン 3R 中間廃棄物集積場は、デンパサール市南デンパサール地区 Sanur Kauh 村に位置する、村営のリサイクルセンターである。写真 17 に示す。主にホテルと契約して 1 日 3.5m³ の廃棄物を回収・分別し、食物残渣は養豚場へ、ペットボトル等有価物とコンポスト原料となる植物性廃棄物を分別している。残渣は廃棄物処分場へ送っている。受け入れた廃棄物の 40%程度をコンポストにしている。コンポスト製造建屋は、規模が幅 9m×長さ 20m で、コンポスト製造は人力による切り返しにより行っており、2 か月程度かかる。1 か月に 1t 程度のコンポストを製造し、契約ホテルに無償で提供している。植物性廃棄物が原料のため、悪臭はほとんどない。



ゴミの搬入



ゴミの分別・植物性廃棄物の収集



植物性廃棄物



植物性廃棄物の裁断



コンポスト製造風景・手作業で切り返し



植物性廃棄物の山 (Windrow)

写真 17 サカルタンジュン 3R 中間廃棄物集積場

ホテルからの回収・処理費用は、例えばメルキユールホテルの場合、1 か月 450 万 IDR (34,875 円) であり、1 日 1~1.5m³ (1 か月で 30~45m³) のゴミを収集していることから、m³ 当たり回収費用は約 1,200 円~800 円となる。一般家庭との契約に基づく回収の場合は、1 世帯当たり一月 5 万 IDR (388 円) 程度である。

(6) PT XAVIERA GLOBAL SYNERGY

PT XAVIERA GLOBAL SYNERGY は、インドネシア国の民間廃棄物処理会社である。主に西ジャワ州で地域住民との契約でゴミを回収し、リサイクル・堆肥製造などの事業を展開している。同社のコンポスト製造設備を、写真 18 に示す。現在、周辺の住宅、市場等から分別ゴミ 0.5~1.0m³/日を収集し、コンポスト化している。収集したゴミはペットボトルやビニール、紙等の有価物を分別した後、裁断機で小片にし、2~3m³ のゴミに 1ℓの割合で同社が開発した微生物活性化溶液（これにも微生物を含む）を散布し、それを円筒横置き型の容器に投入して微生物による有機質の分解を促す。円筒横置き型容器は 1 日 2 回（朝、夕）5 分間回転させて切り返しを行い分解を促進する。4 日目に中の分解ゴミを取り出し、シートの上で乾燥させ、5 日目に再度粉碎・分級工程を経て最終製品（コンポスト）となる。

コンポスト化できる有機ゴミの最大含水量は 60% で、それ以上の場合は水分調整材を併用する。完成したコンポストの C/N 比は 30 程度である。

現在、別の地域に 5,000~8,000 世帯の住宅、市場、ホテル、商業モールを対象とした 1 日 70m³ のゴミを処理するプラントを建設中で、そのうち 40~60% をコンポスト化する計画である。



コンポスト原料の木の葉や野菜屑



右のピンクがコンポスト製造容器



木の葉等を裁断後、
微生物活性化溶液を散布



製造したコンポスト

写真 18 PT XAVIERA GLOBAL SYNERGY

2-3-2 コンポスト利用

バリ島中南部の斜面一帯では棚田により稲作が行われている。バリ島では、乾期の水不足に対してスバックという水利組織で水を厳密に管理し、輪番配水制度も活用して農業文化を発展させてきた。国際的にも評価され、「トリ・ヒタ・カラナ哲学に基づくスバック灌漑システム」が世界遺産に登録されている。タバナン県では、ジャティルウィ村の棚田が、生物多様性の保持と水田管理の良好さなどで評価され、「バトゥカル山のスバック景観」として世界遺産に登録されている。タバナン県プナベル郡ジャティルウィ村とギャニャール県ウブド郡で、コンポスト利用の調査を行なった。

ジャティルウィ村では、有機肥料を用いて土作りを大事にした農法で、バリの在来品種である赤米を栽培してきた（写真 19 参照）。栽培された赤米は、ジャティルウィ米の銘柄で市場にだされ、販売価格は 33,000 IDR/kg と、一般的な米の価格 13,000 IDR/kg の 2.5 倍である。ジャティルウィ村は世界遺産地区のため家畜糞とおがくず等から作った有機肥料を、タバナン県から種などと併せて無償で配布されている。RA-X で家庭の生ゴミから作ったコンポストも効果があればぜひ利用したいとのことであった。

ウブド郡の棚田では、有機肥料、化学肥料を自費で購入しており、できあがった米についても販売せず自家消費のみであった。RA-X で家庭の生ゴミから作ったコンポストも効果があればぜひ利用したいとのことであった。



写真 19 ジャティルウィ村の棚田

2-3-3 本邦受入活動

2019年5月10日～18日の日程で、本邦受入活動を行った（写真 20 参照）。参加者は、内務省、環境林業省、バリ州政府、タバナン県政府の都市ゴミ行政に携わった関係者 6 名である。

宮城県栗駒市営栗駒有機センターで、スクリュウ型コンポストプラント RA-X を見学し、実機を見ながら説明を受けたことから、運転管理、コンポスト製造、メンテナンス技術の理解が深まった。故障がなく順調に稼働していること、良質のコンポストを製造していること、コンポストに臭いがないことを確認し、RA-X の品質を高く評価した。

また、富山市で、森雅志富山市長と地方自治体の家庭ゴミの処理への取り組みについて意見交換を行った。さらに、富山市環境センターの職員より、一般（家庭）廃棄物の分別内容や、これまでの経緯等について説明をして頂き、市内の分別・収集関連の関連施設の見学も行って、家庭でのゴミの分別収集への理解が深まった。



株式会社石橋分別処理施設



栗駒有機センター
コンポストプラント RA-X 見学

写真 20 本邦受入活動

2-4 開発課題解決貢献可能性

RA-X は、インドネシア国の家庭の生ゴミを、大量に処理して、土壌改良材であるコンポストや補助金対象の有機肥料のコンポストを製造することができる。そして、生ゴミをコンポストにして減量化することで、最終処分場の延命や不法投棄といったゴミ問題の課題解決に貢献できる。さらに、コンポストを稲作に利用することで、農地の生産性を回復して、インドネシア国の食物安全保障に貢献できる。

第3章 ODA 案件化

3-1 ODA 案件化概要

3-1-1 ODA 事業の概要

(1) スキーム

ODA 案件は、JICA 中小企業・SDGs ビジネス支援事業の普及・実証・ビジネス化事業を提案する計画である。

(2) 目的

タバナン県の喫緊の課題である家庭ゴミの適切な処理と減量化の問題を解決するため、家庭でゴミの分別を行い、生ゴミを収集・運搬して原料にし、農業廃棄物を水分調整材として利用して RA-X でコンポストを製造する。これにより、家庭ゴミの減容化とコンポストを稲作・野菜栽培で利用する、持続性の高い有機性廃棄物の再資源化サプライチェーン事業モデル（図 27 参照）の優位性・有用性を実証する。

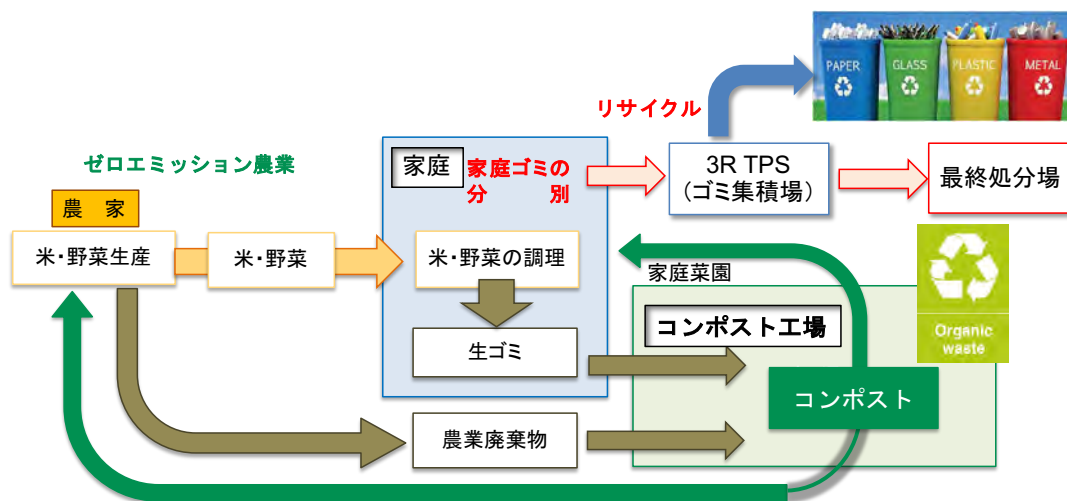


図 27 有機性廃棄物の再資源化サプライチェーン

また、現地企業と提携してビジネス実施体制を整え、環境林業省、バリ州政府、タバナン県政府と協力して、インドネシア国にコンポストプラント RA-X による有機性廃棄物の再資源化サプライチェーンモデルを普及する。

(3) 事業実施サイト

事業の実施サイトは、バリ州タバナン県クディリ郡ブウィット村（図 28 参照）である。タバナン県プナベル郡のジャティルウィ村、マンドゥング 最終処分場、タバナン県クディリ郡ブウィット村を調査した結果を踏まえ、以下の理由によりブウィット村を選定した。日本から輸送する RA-X の主機材は 40 フィート海上コンテナで輸送することを想定している。40 フィートコンテナを運搬する場合の直角路の所要道路幅は 7.1m である。また、建設時に必要なラフタークレーンのサイズは、25～30t クラスで車幅約 3.1m、最小直角必要道路幅は前輪操舵にて入出口で 4.71m、4 輪操舵で 4.6m 必要である。ジャティルウィ村は、山間部でこれらの車両が通行できないことから、対象外とした。



図 28 コンポストプラント建設予定地

マンドゥング最終処分場は、図 29 に示す通り RA-X の設置スペースが無いことから、対象外とした。



図 29 マンドゥング最終処分場の所有区域

タバナン県クディリ郡ブウィット村は、40 フィートコンテナ、ラフタークレーンの通行が可能で、発酵槽長を短縮することで標準タイプの RA-X を設置することが可能であり、土地の所有者もタバナン県政府であることから選定した。なお、用地は、旧焼却炉跡地である。

3-2 ODA 案件内容

3-2-1 活動内容と成果

タバナン県のモデル地区の家庭でゴミの分別を行い、生ゴミを収集・運搬して原料にし、RA-X でコンポストを製造する。稲わら、籾殻等の農業廃棄物は、良質のコンポストを製造する際の水分調整剤として不可欠であり、タバナン県政府の協力を得て収集し、活用する。また、製造したコンポストは、タバナン県政府が、政府職員用に調達している米の栽培農家で有効に活用する。そして、家庭ゴミの減容化と、コンポストを稲作・野菜栽培で利用する両面から、コンポストプラント RA-X の技術的、経済的優位性と有用性を実証する。

• 本事業の成果

- 成果 1. タバナン県政府の家庭ゴミの分別収集の制度構築と組織の改善が行われて、家庭でゴミの分別が行われ、生ゴミのみが収集・運搬される。
- 成果 2. タバナン県に、RA-X が導入されて適切に運営が行われ、家庭の生ゴミからコンポストが製造されて、ゴミの減容化、再資源化が実証される。
- 成果 3. インドネシア国での提案システムの普及に向けたビジネス展開計画が策定される。

• 事業の内容(活動内容)

成果 1	活動 1-1 タバナン県政府と協力して、家庭ゴミの分別収集の手引きを作成し、各家庭に配布するとともに、タバナン県政府の指導員が地域住民に啓発活動を行う。
	活動 1-2 タバナン県政府と協力して、分別・収集・運搬の方法を定めたマニュアルを作成する。
	活動 1-3 各家庭で分別された生ゴミのみを、定められた収集日にタバナン県政府が収集し、コンポストプラントまで運搬する。
成果 2	活動 2-1 案件化調査結果に基づいて RA-X を設計、製造、運搬し設置する。
	活動 2-2 RA-X を稼働させて、タバナン県の家庭の生ゴミからコンポストが製造される。
	活動 2-3 運転、メンテナンスが適切に行われるように、日本での受入活動及び現地で技術指導を行う。
	活動 2-4 現地の代理店に技術を移転し、定期的に稼働状況の確認、運転・故障・メンテナンスのサポートをする。
	活動 2-5 RA-X で処理した家庭の生ゴミ量を把握し、タバナン県の家庭ゴミの減容効果を評価する。
成果 3	活動 3-1 RA-X の稼働状況を日常点検し、家庭生ゴミの処理量、コンポスト製造量等を把握するとともに、設備が正常に運転しているかを確認して、技術面の評価を行う。
	活動 3-2 コンポストプラントの電力消費量、労務費等のランニングコストを把握する。コンポストの販売量、販売価格等を調査し、経済性を評価する。
	活動 3-3 環境林業省、バリ州政府、タバナン県政府と評価委員会を設置して、活動 3-1、3-2 の評価結果をもとに、RA-X の技術的・経済的優位性を評価する。
	活動 3-4 本活動中にインドネシア国の企業と代理店契約を締結し、協働で事業計画を作成するとともに、マーケティング、営業活動を行う。

3-2-2 家庭でのゴミの分別・収集活動—行政—

バリ州政府とタバナン県政府は家庭ゴミの分別の条例を作成中である。今後、家庭でのゴミの分別と収集・システムの実施に向けて、具体的な取り組みが必要となる。富山市は、タバナン県知事からゴミ問題の解決に向けた協力要請を受け、環境未来都市国際連携事業

で廃棄物処理プロジェクトを立ち上げた。そして、石橋は、廃棄物処理プロジェクトに参加し、2017年7月に富山市と現地調査を実施し、それを踏まえて、本調査事業を実施している。さらに、富山市は、バリ州知事から、バリ州のゴミ問題の解決と農業へのコンポストの利用の両面から、日本の家庭ゴミの分別・収集～コンポストの製造・利用までのサプライチェーンの技術・ノウハウを移転してほしいとの要請を受け、2017年11月28日に、①廃棄物処理における科学や技術開発、②環境マネジメント、③人材育成を行う技術協力協定を締結し、環境林業省と良好な関係にある。

そこで、富山市が外部人材として参加し、タバナン県政府に対して富山市の「都市ゴミ行政」のノウハウを技術移転し、家庭ゴミの分別収集の制度構築と組織の改善支援を行う。富山市は、2012年5月から2014年9月にかけて、地域提案型草の根技術協力事業「ブラジルのサンパウロ州モジ・ダス・クルーゼス市におけるゴミの資源化促進事業」（以下草の根事業）を行なった（写真21参照）。「ゴミの分別ルール」を作成し、市民への教育等を行なうなどの、市民参加に向けた活動を行った。インドネシア国に、家庭でのゴミの分別収集システムを普及するため、ブラジルでの活動成果や、富山市での家庭ゴミの分別収集のノウハウを活用し、タバナン県と協力して「家庭ゴミ分別・収集システム構築」を行う。



写真 21 サンパウロ州モジ・ダス・クルーゼス市におけるゴミの資源化促進事業

3-2-3 家庭でのゴミの分別・収集活動—市民—

タバナン県政府は、家庭でのゴミの分別・収集を行うモデル地区を選定し、家庭でのゴミの分別活動を行う。

そして、モデル地区の住民が、家庭ゴミの分別を行い、タバナン県政府が、生ゴミ等の有機性廃棄物のみを収集して、コンポストプラントに運ぶ。これらの活動により、コンポストの原料である家庭で分別された生ゴミを安定して収集出来るシステムを作る。

3-2-4 家庭ゴミ（有機性廃棄物）からのコンポスト製造

(1) 概要

タバナン県の家庭の生ゴミ 26.7m³/日を、各家庭で分別して収集し、水分調整剤である農業廃棄物 9.3m³/日と一緒にコンポストプラント「RA-X」に投入し、コンポストを製造する。これにより、家庭ゴミが減容化され、コンポストが 9.2t/日製造されて、地元の水田・畑で利用される。

(2) RA-X 設置計画

ODA 事業で導入するコンポストプラント RA-X は、長さを標準仕様の 100m の約 1/2 の

48m、幅を 12m とする計画である。コンポストプラント用地を図 30 に、プラント設置計画図を図 31 に、設置予定地の遠景を写真 22 に示す。



図 30 コンポストプラント設置用地

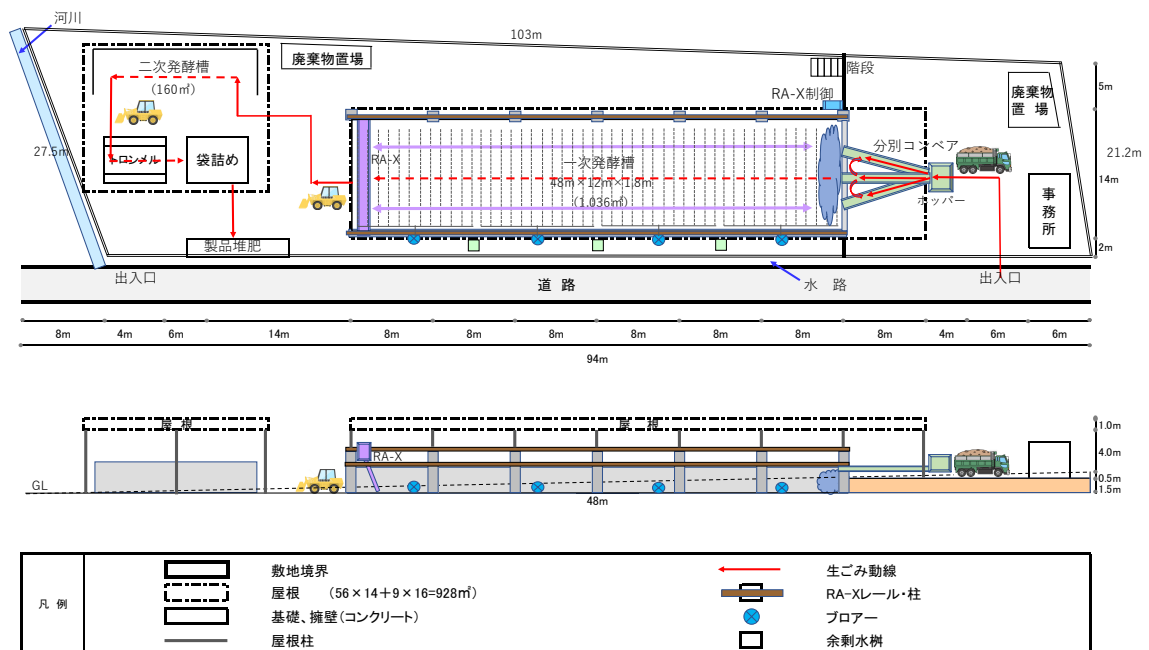


図 31 コンポストプラント設置計画図



写真 22 設置予定地の遠景

設備仕様は下記の通りである。

- スクリュー型コンポストプラント RA-X
 - ・ スクリュー型自動攪拌装置：1基
 - ・ 廃棄物搬入・投入用バケット：2基
 - ・ 2.2 kw ブロワー：4台
 - ・ エアレーション配管:48本
 - ・ 発酵槽：1槽
- 主な仕様
 - ・ 処理能力：36.0m³/日（生ゴミ：26.7m³/日 農業廃棄物：9.3m³/日）
 - ・ コンポスト製造能力：最大 9.2t/日
 - ・ 発酵槽容量：48m×12m×1.8m（1,036 m³）

3-3 C/P 候補機関組織・協議状況

環境林業省、バリ州政府、タバナン県政府をC/Pにして、ODA 事業を行う。ODA 事業の実施体制を、図 32 に示す。MM は、環境林業省が署名を行う。

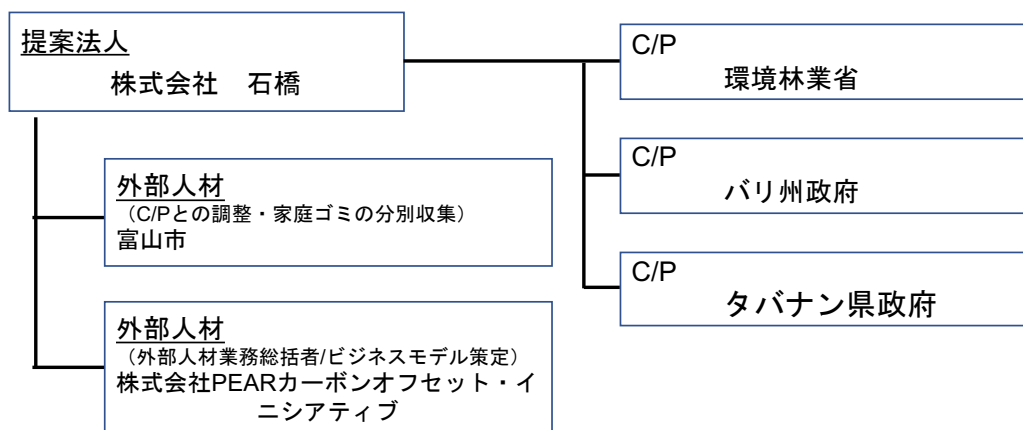


図 32 実施体制図

- 環境林業省：インドネシア国のゴミ行政と予算を所管している。

- バリ州政府：バリ州の行政を行っている。バリ州政府傘下に 10 の県政府があり、バリ州のゴミ行政はバリ州政府環境局（Environment Agency）が所管している。
- タバナン県政府：タバナン県の行政を行なっている。タバナン県のゴミ行政はタバナン県政府環境局が所管している。タバナン県の最終処分場の管理・運営を行なっており、本事業の RA-X の管理・運営も行う。

建設地については、タバナン県政府と協議し、タバナン県クディリ郡ブウィット村とすることで、確定した。設備建設にあたって、現在タバナン県政府と協議中の設備負担を、表 14 に示す。

表 14 設備負担（協議中）

		日本側	インドネシア側	
			環境林業省	タバナン県
機械装置	RA-X 本体	○		
	ブローア装置	○		
	廃棄物選別コンベアー	×		検討中
	堆肥選別トロンメル	×		検討中
	小型ホイールローダー	×		検討中
整地		×		○
電気・水		×		○
発酵槽・建屋		×	○ 予算措置	○ 建設
二次発酵建屋		×		検討中
事務所		×		検討中

建設地の整地は、タバナン県政府が負担する。建設予定地は高低差 2m の勾配があるので、盛り土ではなく、

図 31 の破線より下を切り土で整地する。その理由は、以下の通りである。

- ① 盛り土した場合、将来、RA-X（15t）や堆肥の重量で基礎やレールが沈下しトラブルになるリスクが大きい
- ② P43 の図 30 の通り、敷地の高い所を 1.5m 残すことにより発酵槽投入部へのスロープが不要となり発酵槽を長く確保できる
- ③ 土木工事および基礎工事のコストダウンが図れる

発酵槽関係の基礎と建屋は、環境林業省の補助金を予定している。タバナン県とともに環境林業省に要請したところ、以下のコメントがあった。

- ・ これまでの廃棄物処理関係事例、スラバヤやスマトラで補助（1,000 万円程度実績）
- ・ 補助金の基本的な申請の流れ：1 年前に予算申請書を提出→11 月までに最終申請書類を提出→12 月末から翌年 1 月初旬に予算を確定
- ・ 環境林業省内での優先度：地域の必要性、観光地、災害発生、など

タバナン県政府は、2019 年 4 月 18 日に、環境林業省に、コンポストプラントの建屋・発酵槽の補助金申請を行った。環境林業省は廃棄物対策局アグス次長が中心となって、補助金交付に向けた内部手続き作業を行っている。

廃棄物選別コンベアー、選別トロンメルは、日本側、インドネシア側のどちらが負担するか検討中である。

3-4 他 ODA 案件との連携可能性

JICA では、インドネシア国でビジネス環境関連制度改善プログラムを実施中で、投資調整庁（Investment Coordinating Board (BKPM)）に、JICA/BKPM Japan Desk を設けて、投資促進アドバイザーを派遣している。ビジネス展開にあたっては、同専門家のアドバイスとともに、同デスクで許認可等の情報の活用を行う。

3-5 ODA 事業実施における課題・リスクと対応策

- ・ コンポストプラント建設予定地は、稲作地帯であり、観光地でもある。事業実施には、地域住民の理解と協力が不可欠である。ODA 事業で RA-X を建設し運用するにあたり、タバナン県と協力してステークホルダーミーティングを開催して、慎重かつ丁寧に説明して、ODA 事業の意義等の理解を深めて、地域住民のコンセンサスを得る。
- ・ 良質のコンポストを製造するためには、家庭での生ゴミの分別収集が不可欠である。富山市が家庭ゴミの分別収集のシステム・ノウハウをタバナン県政府に指導し、家庭生ゴミの分別の手引き及び収集・運搬マニュアルを作る。そして、タバナン県政府が地域住民への教育等を行い、家庭で生ゴミだけを分別し、収集・運搬が適切に行えるようにして、コンポスト原料の調達リスクを回避する。
- ・ 水分調整材である農業廃棄物の供給やプロワーからの送気が十分に行われないと、コンポストからの抽出水が汚水柵に溜り、その容量を超えると周辺の水田に影響を与える可能性がある。また、悪臭が発生する可能性がある。RA-X は、インドネシア国で初めて導入する技術であり、普及・実証・ビジネス化事業では運転管理技術、メンテナンス技術指導方法を確認し、抽出水や故障に伴う環境リスク、技術リスクを回避する。
- ・ 将来のビジネス展開に向けて、施工・メンテナンスを行う現地企業が不可欠である。ODA 事業で販売代理店を選定して契約を締結し、協力して市場分析、現地での施工費用及びランニングコスト等を確認する。
- ・ ODA 事業実施にあたり、提案技術導入による効果を評価する必要がある。カウンターパートと評価委員会を設置し、評価指標及び検証方法を明確にして事業評価を行う。

3-6 環境社会配慮等

3-6-1 環境社会配慮等

(1) EIA

インドネシア国の環境影響評価は、環境保護と管理に関する法律（Environmental Protection and Management Act (EPMA) No.32/2009）により規定されている。事業計画の初期段階から基本設計段階、工事・供用段階、閉鎖・閉鎖後段階までの戦略的環境アセスメント（SEA）、事業環境アセスメント、モニタリングと環境監査をカバーする包括的な法令である。

そして、2012 年に環境承認（Environmental Permit: EP）に関する政令（Government Regulation No. 27/2012）と事業環境アセスメントの手続き（AMDAL, UKL-UPL, SPPL）と環境承認の手続きを定める環境省令（MoE Regulation No. 05/2012）、2016 年に SEA 手続きに関する政令（Government Regulation No. 46/2016）が策定されている。

EIA は、AMDAL（EIA の審査手続きが必要）、UKL-UPL（環境管理とモニタリング計画書の審査手続きが必要）、SPPL（環境管理計画書の提出のみで審査手続き不要）に区分される。最初に環境林業省もしくはは州・県・市の環境局は、環境省令（MoE Regulation No.5/2012）の Annex I に示される事業種と規模要件に照らし、事業が EIA に相当するかを

判定する。

廃棄物処理では、危険・有害廃棄物処理セクターの①有害・危険物取扱業で以下の二つ以上の行為を含むもの:利用、加工、埋め立てと②有害・危険物の利用・再利用が、EIAの対象となる。家庭の生ゴミは、廃棄物管理法の家庭ごみ(household waste)、農業廃棄物は家庭ごみに準ずる廃棄物で、危険・有害廃棄物に該当しないことから、EIAの対象とならない。

ただし、Annex I の規模要件を満たしていないものであっても、Annex III に示される保護区内もしくはその近傍に位置しているものは EIA に区分される。コンポストプラント建設予定地は、保護区に該当しないため、EIA に該当しない。

(2) 住民参加

コンポストプラントの建設、運営にあたっては、地域住民の理解と協力は不可欠である。また、コンポストプラントを設置する予定箇所の近隣は、観光地である。普及・実証・ビジネス化事業実施にあたっては、地域住民等の関係ステークホルダーに、RA-X の稼働は環境に影響なく、環境改善に貢献することを十分理解してもらう説明責任があると考えられる。従って、本調査でステークホルダーミーティングを行い、RA-X 技術と ODA 事業計画案を紹介して、理解を得る。

(3) スコーピング

ODA 案件形成における課題・リスクと対応策に記載した通り、環境リスクを有することから、JICA の環境社会配慮カテゴリーB に準じて、スコーピングを実施した（表 15 参照）。

「スコーピング案」で、ネガティブな影響があると予測される項目は、大気汚染 C-、騒音・振動 C-、労働環境 B-、事故 B-である。ネガティブな影響の事前予測を表 16 に示す。

表 15 スコーピングの事前予測

分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
汚染対策	大気汚染	D	C-	工事中：工事は小規模かつ短期間であり、また人力作業が主体であるため、大気質への影響はほとんど無い。 供用時：コンポスト工場は、大気質に大気汚染物質の排気を行わない。未舗装道路が舗装されることにより、粉塵等の影響が緩和される。他方、家庭ゴミと農業廃棄物の輸送車の通行量が増えるため、車両からの排気ガスの増加が見込まれる。
	水質汚濁	D	D	工事中：工事による排水はない。工事宿舎からの排水はあるが少量、短期間であり、水質汚濁の可能性はないと考えられる。 供用時：コンポスト工場からの排水は無く、水質汚濁の可能性はないと考えられる。
	廃棄物	D	D	工事中：工事は小規模であり、建設残土や廃材の発生等は想定されない。 供用時：周辺環境に影響を及ぼすような廃棄物の発生は想定されない。
	土壌汚染	D	C+	工事中：工事は小規模かつ短期間であり、排水もないことから土壌汚染の可能性はないと考えられる。 供用時：コンポスト工場からの排水はないことから、新たな浸出水の発生はなく土壌汚染への正の影響が見込まれる。
	騒音・振動	D	C-	工事中：工事は小規模かつ短期間であり、騒音・振動はほとんどないと考えられる。 供用時：コンポスト工場のプラント稼働時に音や微振動が発生するが、プラントに近接して民家は存在しない。
	地盤沈下	D	D	地盤沈下を引き起こすような作業等は想定されない。
	悪臭	D	A+	工事中：悪臭を引き起こすような作業等は想定されない。 供用時：事業開始前、廃棄物処分場で生ゴミは嫌気状態となり、悪臭である硫化水素、アンモニアを発生させて、近隣住民を悩ませていた。事業では、生ゴミを好気性発酵させることから、悪臭の発生がなくなり、正の影響が見込まれる。
	底質	D	D	底質へ影響を及ぼすような作業等は想定されない。
自然環境	保護区	D	D	事業対象地及びその周辺に、国立公園や保護区等は存在しない。
	生態系	D	D	コンポスト工場建設地は、希少な動植物は存在しないことから、生態系への影響はほとんどないと考えられる。
	水象	D	D	工事中：河川等の水流や河床の変化を引き起こすような作業は想定されていない。 供用時：水象への影響はない。
	地形、地質	D	D	本事業による地形・地質への影響はほとんどないと考えられる。
社会環境	住民移転	D	D	本事業により住民移転は発生しない。
	貧困層	D	B+	工事前：住民移転はなく、影響はほとんどないと考えられる。 供用時：本事業により新たな雇用が10名見込まれ、地域の貧困層にとっても、正の影響が見込まれる。
	少数民族・先住民族	D	D	事業対象地及びその周辺に、少数民族・先住民族は存在しない。
	雇用や生計手段等の地域経済	D	B+	工事中：工事は小規模かつ短期間であり、地域経済への影響はほとんどないと考えられる。 供用時：本事業は、コンポスト製造、配布、販売による雇用機会の創出や、輸入化学肥料の代替利用に伴う経済効果など、正の影響が見込まれる。
	土地利用や地域資源利用	D	B+	工事中：工事は小規模かつ短期間であり、影響はほとんどないと考えられる。

				供用時：本事業は、家庭ゴミと農業廃棄物を新たな地域資源として活用し、コンポストにして、化学肥料の代替として利用することから、正の影響が見込まれる。
	水利用	D	C+	工事中：工事は小規模かつ短期間であり、排水がないため影響はほとんどないと考えられる。 供用時：コンポスト工場からの排水はなく、工場の稼働により降雨時等の家庭ゴミ処分場からの汚水の流出が減少する、正の影響が見込まれる。
	既存の社会インフラや社会サービス	D	A+	工事中：工事は小規模かつ短期間であり、影響はほとんどないと考えられる。 供用時：本事業は、タバナン県の家庭ゴミをコンポスト化することで、地元政府の家庭ゴミ収集サービスが持続的に行えるようになり、正の影響が見込まれる。
	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	D	本事業は、これまでゴミ処分場で投棄されていたタバナン県の家庭ゴミをコンポスト化することであり、社会関係資本や地域の意思決定機関等への影響はほとんどないと考えられる。
	被害と便益の偏在	D	D	本事業は、ゴミ処分場で投棄されていたタバナン県の家庭ゴミをコンポスト化することであり、地域内に不公平な被害と便益をもたらすことはないと考えられる。
	地域内の利害対立	D	D	本事業は、これまで不法投棄されていたタバナン県の家庭ゴミをコンポスト化することであり、地域内の利害対立を引き起こすことはないと考えられる。
	文化遺産	D	D	事業対象地及びその周辺に、文化遺産等は存在しない。
	景観	D	B+	コンポスト工場は、景観への影響はほとんどなく、緑化による正の影響が見込まれる。
	ジェンダー	D	C+	工事中：コンポスト工場建設は、男性労働者によって行われ、ジェンダーへの特段の負の影響は想定されない。 供用時：コンポスト工場の労働は軽労働で、女性が雇用される可能性もある。その時は、自動運転の軽労働で、女性の就業という正の影響が見込まれる。
	子どもの権利	D	D	工事中：コンポスト工場建設は、成年男子の労働者で行われ、子どもの権利への特段の影響は想定されない。 供用時：コンポスト工場は、成年男子または女子の労働者で行われ、子どもの権利への特段の影響は想定されない。
	HIV/AIDS等の感染症	D	D	工事中：大規模な工事は想定されず、特定の事業者が健康状態を把握した上で雇用した労働者のみによる作業であり、感染症が広がる可能性はほとんどないと考えられる。 供用時：コンポストプラントには、地元民が就業し、感染症が広がる可能性はほとんどないと考えられる。
	労働環境(労働安全を含む)	B-	B-	工事中：建設作業員の労働環境に配慮する必要がある。 供用時：コンポストプラントは、自動運転であるが、ゴミの搬入、コンポストの搬出時の車両の移動に伴う事故や、一般的な作業の安全性に配慮する必要がある。
その他	事故	B-	B-	工事中：工事中の事故に対する配慮が必要である。 供用時：家庭ゴミと農業廃棄物の輸送車が増えることによる交通事故の増加が懸念される。
	越境の影響、及び気候変動	D	A+	工事中：工事は小規模かつ短期間であり、越境の影響や気候変動にかかる影響等はほとんどないと考えられる。 供用時：事業開始前、廃棄物処分場で生ゴミは嫌気性発酵し、温室効果ガスであるメタンガスを大気中に放出していた。事業では、生ゴミを好気性発酵させることから、メタンガスの発生がなくなり、正の影響が見込まれる。

A+/-: Significant positive/negative impact is expected.

B+/-: Positive/negative impact is expected to some extent.

C+/-: Extent of positive/negative impact is unknown. (A further examination is needed, and the impact could be clarified as the study progresses)

D: No impact is expected.

表 16 ネガティブな影響の事前予測

騒音・振動	工事中、近隣住民への騒音・振動の影響が懸念されるが、工事は小規模かつ短期間であり、また、周りに住居が無いことから、その影響はほとんどないと考えられる。 コンポスト工場のプラント稼働時に音や微振動が発生するが、プラントに近接して民家が存在しないことから、騒音・振動の影響はほとんどないと考えられる。
労働環境	工事中に、建設作業員の労働環境に配慮する必要がある。 コンポストプラントは、家庭の生ゴミからコンポストを製造する。コンポスト製造や、ゴミの搬入、コンポストの搬出時の車両の移動に伴う事故、一般的な作業の安全性が懸念される。
事故	工事中の事故に対する配慮が必要である。 家庭ゴミと農業廃棄物の輸送車が増えることにより、交通事故の発生が懸念される。他方、道路が今後舗装されて整備される計画であり、これにより、交通事故の発生の減少が期待できる。

3-6-2 ジェンダー

タバナン県のマンドゥング最終処分場では、ウェイトピッカーと呼ばれる人々が活動している（写真 23 参照）。ウェイトピッカーは、ゴミの中からタイヤなどの有価物を収集して生計を立てている。普及・実証・ビジネス化事業で対象とする家庭ゴミは、生ゴミで無価値の廃棄物であることから、ウェイトピッカーの生計に影響を与えない。



写真 23 マンドゥング最終処分場のウェイトピッカー

タバナン県のマンドゥング最終処分場周辺では、悪臭、ハエや蚊の衛生問題が発生している。特に、家庭の主婦にとっては、家庭にいる時間が長く、悪臭に加え衛生問題の解決が望まれている。コンポスト工場の稼働により、家庭の生ゴミの投棄量が減れば、悪臭問題、衛生問題の改善が期待できる。

普及・実証・ビジネス化事業では、コンポストプラントでのコンポストの袋詰め作業等、女性の雇用の創出が期待される。普及・実証・ビジネス化事業の実施にあたっては、女性の雇用を積極的に行う人員計画を作成する。

ただし現在は家庭でのゴミの分別がほとんど行われていないため、家庭ゴミを原料としてコンポストを製造する場合、有機性廃棄物のみを収集することが出来ない。従って、現在稼働中のコンポスト工場では、家庭ゴミを、有機性廃棄物、リサイクルできる廃棄物、処分場で投棄する廃棄物に分別している。そのため、ハエ等の不衛生な環境下で、多くの女性が分別作業行っており、ジェンダーの面からも改善が望まれる。普及・実証・ビジネス化事業の成果として家庭でのゴミの分別が普及できれば、衛生的なコンポスト工場で雇用が生まれ、改善が期待できる。

また、普及・実証・ビジネス化事業では、家庭でのゴミの分別が不可欠であり、地域の主婦等女性を主体とするステークホルダーミーティングを行い、RA-X 技術および有効性を紹介して、分別への理解と協力を得る。

3-7 ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果

普及・実証・ビジネス化事業においてタバナン県に RA-X を設置、運用し、同機器の有用性を実証することで、開発課題に対する以下の効果が期待できる。

効果 1. 家庭の生ゴミ 26.7m³/日 (8,010 m³/年) がコンポストに再資源化されるため、不法投棄されているゴミの 2.9%が削減される。これにより、不法投棄されている家庭ゴミの悪臭や、害虫、ハエや蚊等の発生が減少して衛生問題が改善され、河川や地下水汚染が軽減する。(全量不法投棄されている家庭ゴミをコンポストにするケース)

効果 2. 家庭の生ゴミ 26.7 m³/日 (8,010 m³/年) がコンポストに再資源化されるため、タバナン県のゴミ処分場に投棄されている家庭ゴミの 16.0%削減される。これにより、ゴミ処分場の延命化と近隣住民の倒壊による被害リスクが軽減される。(全量ゴミ処分場で処理されている家庭ゴミをコンポストにするケース)

効果 3. RA-X によりコンポストが 4.6t /日 (1,380 t/年) 製造されて、農業に利用される。そして、持続性の高い有機性廃棄物の再資源化事業モデルが確立できる。

効果 4. ゴミ処分場・不法投棄されていた家庭の生ゴミから発生する温室効果の高いメタンガスが 21,637tCO₂e/10 年削減され、地球温暖化の緩和に貢献する。

第4章 ビジネス展開計画

4-1 ビジネス展開計画概要

石橋は、インドネシア国において現地法人と販売代理店契約を結び、販売代理店が地方自治体に RA-X を販売する。RA-X は、石橋が日本で製造して輸送する。販売代理店は、RA-X の販売、組み立て・据付工事およびメンテナンスを行う。建屋、発酵槽基礎等の建設にあたっては、販売代理店が地方自治体にノウハウを提供する。石橋の事業収入は、RA-X の輸出による収入である。

事業化のスケジュールは、下記の通り計画している。

- 2018年12月～2019年11月：コンポストプラント「RA-X」の製造・販売・施行・メンテナンス事業の事業計画を作成する。
- 2019年12月～2022年3月：石橋が提携する販売代理店を選定して契約を行い、地方自治体等への営業活動を行う。普及・実証・ビジネス化事業を想定して、販売代理店に施工、運転、メンテナンスの技術移転を行う。
- 2022年4月以降：第1号の受注を目指す。

4-2 市場分析

4-2-1 廃棄物処理

コンポストプラント RA-X の販売先は、家庭ゴミの処理を所掌する地方政府である。地方政府は、国家戦略に基づいて、廃棄物処理を行う。

インドネシア国では中長期計画にもとづき、包括的なロードマップ「固形ゴミ管理の国家政策及び戦略に関する大統領規則（No.97/2017）」が制定された。2025年までに、固形ゴミの発生量を30%削減し（地域社会ベースの3R、及び生産者・事業者による削減）、固形ゴミの70%を適切に処理（ゴミの再利用、ゴミのエネルギー転換、及び適切なゴミの埋立）するとしており、この政策や戦略は、州や市/地区レベルなどの地方レベルにも適応され実施されなければならない。この活動により、河川や海への不法投棄、オープンダンプングによる処理等を”0”にすることを目標に掲げている。表17に大統領規則の都市ゴミ処理・削減目標を示す。2025年には、20.9百万t（約20.9百万m³）をコンポストを含むリサイクルやゴミの発生元での削減活動等で減らす計画である。インドネシアの都市ゴミの組成は、9Pの図11に示すように有機性廃棄物の含有率が63.17%と高いことである。従って、削減量の内、13.2百万t（約13.2百万m³）が生ゴミと見込まれる。生ゴミを削減するには、コンポストとしてリサイクルすることが最も効果的な方法である。

表 17 固形ゴミ管理の国家政策及び戦略に関する大統領規則 都市ゴミ処理・削減目標

	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年
都市ゴミ量 (百万t)	64.4	65.2	65.8	66.5	67.1	67.8	68.5	69.2	69.9	70.6	71.3
処理量 (百万t)	10%(6.44)	12%(7.82)	15%(9.89)	18%(12)	20%(13.4)	22%(14.)	24%(16.4)	26%(17.99)	27%(18.9)	28%(19.7)	30%(20.9)
削減量 (百万t)	70%(45)	71%(46)	72%(47.3)	73%(48.5)	75%(50.3)	75%(50.8)	74%(50.7)	73%(50.52)	72%(50.3)	71%(50.1)	70%(49.9)

出典：SOLID WASTE MANAGEMENT IN INDONESIA, 環境林業省

バリ州では、2009年の人口355万人が2016年には420万人に増加し、人口増加に伴い、都市ゴミはさらに増加することが予想され、その適切な処理が喫緊の課題と言える。バリ州の2016年の都市ゴミの発生量は、2,307.8千m³であり、生ゴミの量は1,458千m³、1日当たりの発生量は4,000m³と見積もられる。RA-X1セットの生ゴミの処理能力は50m³/日であることから、バリ州だけでも、約80セットの導入ポテンシャルがある。

タバナン県は、リサイクルされていないゴミの量が1,091m³で、生ゴミの量が690m³/日と見積もられ、RA-X約13セットの導入ポテンシャルがある。

4-2-2 コンポスト市場

(1) 現状

インドネシア国政府は、米、トウモロコシ、大豆の自給自足の達成を目指している。インドネシア国は、世界第3位の米生産国であり、粳の生産量（粳殻付きの米）は図33に示すように2010年の6,647万tが2016年には8,138万tと増産傾向にある。他方、単位収穫量は、頭打ちである。生産量増加の要因の一つは、図34に示すように肥料消費量の増加である。

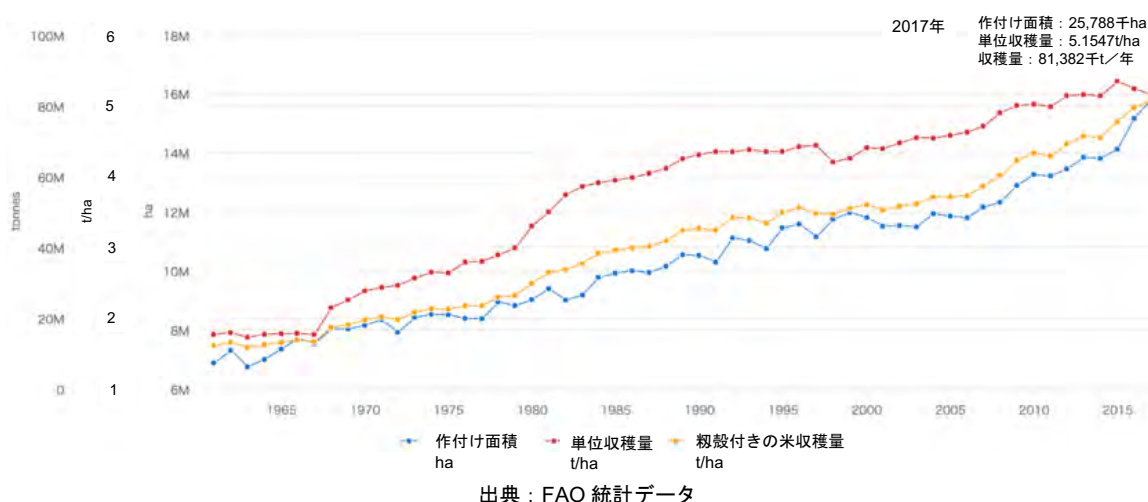


図 33 粳の生産量の推移

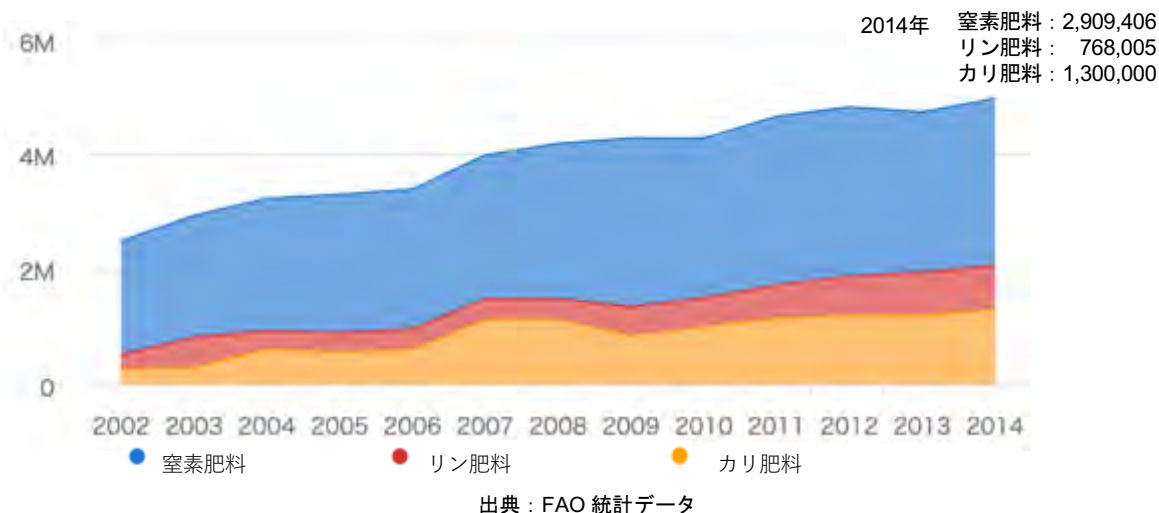
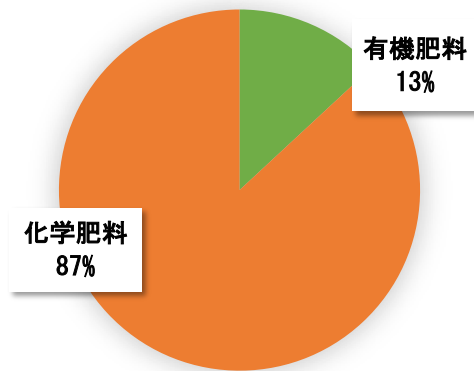


図 34 肥料消費量の推移

肥料の適切な使用は、稲作の生産性を高めるための重要な要素である。農業省が実施した、Survei Struktur Ongkos Usaha Tanaman Pangan dan Peternakan Tahun 2017（2017年の食糧および畜産作物コスト構造の調査）（以下SOUT2017-SPD）によると、インドネシア国の稲作農家の92.31%が肥料を使用している。そして、74.12%が補助金の肥料を、残りの17.06%は非補助肥料を使用している。インドネシア国の稲作の化学肥料への依存度は非常に高く、86.9%に達し、有機肥料のみを使用していた農家は水田総数のわずか13.1%であった（図35参照）。



出典：SOUT2017-SPD

図 35 稲作農家の有機肥料の使用比率

2016年8月19日のSumedangでのセミナー⁶で、インドネシア国の農地の半分以上が化学肥料や農薬の使い過ぎで劣化していることが発表された。健全な土壌は10%の有機物含有率を有しているが、農業省は、810万ヘクタールの農地の半分は有機物含有率が2.5%以下で肥沃な状態ではないと結論付けた。生産性を保持するためには、少なくとも5%の有機物含有率が必要である⁷。有機物含有率レベルが2.5%以下と劣化した状態にある現状は、政府関係者にインドネシア国の食物の安全保障に危機感を持たせることとなった⁸。

食物の安全保障の面からも、家庭の生ゴミをコンポストの原料としてリサイクルすることが望まれる。

(2) 土壌改良材製造販売

今回調査したコンポスト工場のうち、家庭と市場の生ゴミを原料として土壌改良材を製造しているのは、①バンテルガバン統合廃棄物プラント、②テマシ・リサイクルセンター、③パメラン統合廃棄物管理センターの3箇所で、いずれも土壌改良材の販売に苦戦している。その他の工場は、木の葉等を原料としており、規模も小さい。土壌改良材としてのコンポストの市場は小さく、価格も安いことから、RA-Xで土壌改良材を製造して販売することは、困難なことが明らかになった。

(3) 有機肥料製造販売

インドネシア国では、農業省が最高小売価格（HET：Harga Eceran Tertinggi）を定めて、指定小売業者に任命された流通業者が、農民/農民グループに補助金付き肥料を販売している。補助対象となる農家は、2ha以下の小規模生産農家で、かつ農業局に登録していることが条件となる。

2018会計年度における補助金付き肥料の農業部門への割り当量を表18に示す。2019会計年度の割り当量の総量は、2018年会計年度と同量であり、100万tに留まっている。

肥料製造会社は、国営PT PUSRIと、PT PUSRI傘下の4社、政府出支の合弁会社1社、計6社である。補助金の有機肥料は、PT PUSRI傘下の国営会社PT PETROKIMIA GRESIKに割り当てられている。PT PETROKIMIA GRESIKの生産価格は1,130 IDR/kg（8.8円/kg）、農家への有機肥料販売価格は500 IDR/kg（3.9円/kg）である。この差額の630 IDR/kg（4.9円/kg）が補助金であり、政府はこの差額分をPT PETROKIMIA GRESIKに支払っている。

表19に示すように、有機肥料の補助金総額（試算値）は500億IDR（3.9億円）であ

6 <http://www.mongabay.co.id/2016/08/21/degradasi-lahan-pertanian-ancam-swasembada-pangan-nasional/>

7 Muhammad Syakir, Head agriculture research and development agency, Ministry of Agriculture and Muhrizal Sarwani, Director fertilizer and pesticide agency, Ministry of Agriculture

8 Herman Khaeron, Lawmaker of Commission IV (overseeing this matter), House of Representatives

り、補補助金総額（試算値）16,915 億 IDR（131 億円）の 3%にすぎない。

肥料製造は、インドネシア国の主要産業の一つであり、主に国営企業が生産している。補助金において化学肥料が占める割合は 97%である。インドネシア国は、化学肥料の原料である天然ガス、石炭を生産しており、自国の資源で化学肥料を製造できる産業構造が、肥料にも影響を与えていると考えられる。

2018 会計年度における補助金付き肥料の地域別割当量を表 20 に示す。

表 18 2018 会計年度における補助金付き肥料の農業部門への割り当量

化学肥料		
尿素	4,100,000 t/年	窒素 46%
SP36	850,000 t/年	リンP205 36%, 硫黄 (S) 5%
ZA	1,050,000 t/年	カリウム (K20) : 50% 硫黄 (S) : 17%
NPK	2,550,000 t/年	窒素・リン・カリウム配合肥料
有機肥料	1,000,000 t/年	
合計	9,550,000 t/年	

出典：PETUNJUK PELAKSANAAN PENYEDIAAN DAN PENYALURAN PUPUK BERSUBSIDI TA 2018

表 19 農家への補助金付き肥料の最高小売価格

	補助金割当量	補助金		補助金総額（試算）		
		IDR/kg	円/kg	億IDR	億円	%
尿素	4,100,000 t/年	1,800 IDR/kg	(14.0 円/kg)	7,380 億IDR	57.2 億円	43.6%
SP36	850,000 t/年	2,000 IDR/kg	(15.5 円/kg)	1,700 億IDR	13.2 億円	10.1%
ZA	1,050,000 t/年	1,400 IDR/kg	(10.9 円/kg)	1,470 億IDR	11.4 億円	8.7%
NPK	2,550,000 t/年	2,300 IDR/kg	(17.8 円/kg)	5,865 億IDR	45.5 億円	34.7%
化学肥料計	8,550,000 t/年			16,415 億IDR	127.2 億円	97.0%
有機肥料	1,000,000 t/年	500 IDR/kg	(3.9 円/kg)	500 億IDR	3.9 億円	3.0%
合計	9,550,000 t/年			16,915 億IDR	131.1 億円	100.0%

出典：PETUNJUK PELAKSANAAN PENYEDIAAN DAN PENYALURAN PUPUK BERSUBSIDI TA 2018 から作成

表 20 2018 会計年度における肥料の種類とその地域別分布

	尿素	SP-36	ZA	NPK	有機肥料
ACEH	75.42	22.04	11.48	49.11	13.84
SUMATERA UTARA	169.11	48.74	51.61	128.08	31.79
SUMATERA BARAT	72.99	27.68	15.66	59.11	15.92
J A M B I	28.95	18.78	7.94	48.7	6.64
R I A U	35.26	13.37	10.56	50.08	8.02
BENGKULU	21.82	8.01	4.72	28.88	5.09
SUMATERA SELATAN	155.07	43.55	5.33	100.59	15.6
BANGKA BELITUNG	19.07	3.92	2.33	19.39	5.72
LAMPUNG	257.79	45.15	17.98	153.14	28.42
KEP. RIAU	90	20	20	200	100
DKI. JAKARTA	150	40	-	70	100
BANTEN	65.54	20.83	1.53	27.1	7.41
JAWA BARAT	556.01	153.78	70.41	330.16	50.29
D.I. YOGYAKARTA	43.11	3.7	10	25.07	12.37
JAWA TENGAH	763.14	162.97	220.63	421.92	263.33
JAWA TIMUR	1.111.590	162.42	501.85	608.09	424.72
BALI	43.01	1.83	6	23.79	21.8
KALIMANTAN BARAT	34.35	12.69	3.47	86.77	19.1
KALIMANTAN TENGAH	16.72	4.25	1.4	34.71	2.77
KALIMANTAN SELATAN	37.93	7.35	1.44	39.06	5.83
KALIMANTAN TIMUR	17.33	4.57	2.34	28.59	1.65
KALIMANTAN UTARA	1.21	150	100	3	500
SULAWESI UTARA	19.03	3.95	460	13.09	1.83
GORONTALO	21.94	1.3	630	18.28	1
SULAWESI TENGAH	31.6	3.35	8.76	30.13	4.63
SULAWESI TENGGARA	20.8	7.19	4.09	16.23	5.78
SULAWESI SELATAN	277.88	41.1	64.38	112.8	25.14
SULAWESI BARAT	25.18	2.17	7.12	19.49	1.25
NUSA TENGGARA BARAT	143.72	17.35	15.05	45.32	12.88
NUSA TENGGARA TIMUR	23.44	4.82	1.64	15.49	3.11
MALUKU	2.65	200	150	2.73	600
PAPUA	6.27	2.39	530	6.93	1.95
MALUKU UTARA	610	120	250	1.74	660
PAPUA BARAT	1.22	220	140	2.16	160
合計	4.100.000	850	1.050.000	2.550.000	1.000.000

出典：PETUNJUK PELAKSANAAN PENYEDIAAN DAN PENYALURAN PUPUK BERSUBSIDI TA 2018

4-2-3 RA-X の優位性

(1) 技術的優位性

i. コンポスの品質

インドネシア国では、家庭の生ゴミから、コンポストを製造した事例は少ない。テマシ・リサイクルセンター、パメラシ統合廃棄物管理センターは、家庭の生ゴミからコンポストを製造していたが、1日あたりの処理量は数 m³ で、いずれも市場が小さく、販売に苦慮している。

コンポストは、土壌改良材としてのコンポストと有機肥料としてのコンポストの2つのタイプがある。土壌改良材としてのコンポストの効果は、インドネシア国の多くの農

家にはまだ理解されていない。一方で、多くの農家は補助金対象の化学肥料を使用しているため、化学肥料の代替として補助金対象の有機肥料であれば、農家も購入し易いと考えられる。補助金対象有機肥料のスタンダードは PERATURAN MENTERI PERTANIAN NOMOR 70/Permentan/SR.140/10/2011, TENTANG PUPUK ORGANIK, PUPUK HAYATI DAN PEMBENAH TANAH である。コンポストを補助金対象の有機肥料にするには、生ゴミに家畜糞を加えて、窒素、リン、カリの肥料成分を増加させる必要がある。

テマシ・リサイクルセンターでは、コンポストの一部に、家畜糞を混入して有機肥料として販売している。最終工程で、コンポストに家畜糞をブレンドしているが、家畜糞を熟成させていないため菌や草木の種等が混入するなどの弊害がある。

RA-X は、図 36 に示すように、家庭の生ゴミと家畜糞を同時に発酵槽に投入してスクリュウで攪拌し、両方を好気性高温発酵させて熟成して、上質で衛生的な、土壌改良材としての効果を併せ持つ補助金対象の有機肥料を製造することが可能である。

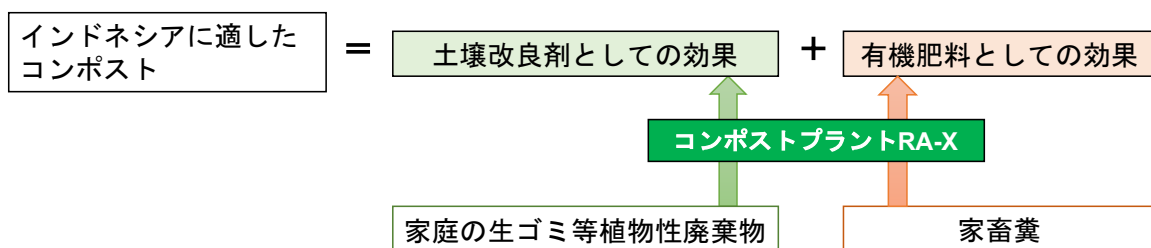


図 36 RA-X の提供するコンポスト（補助金対象有機肥料）

ii. コンポスト製造技術

インドネシア国では、高水分の家庭の生ゴミを、大量に、持続的にコンポスト化できるシステムの導入が望まれている。コンポスト工場を調査した結果、表 21 に示すように、インドネシア国では、高水分の家庭の生ゴミを、大量に、持続的にコンポスト化しているとは言えない。RA-X は、P25 に記載した以下の特徴を有することから、インドネシア国においても、技術的優位性を有すると言える。

表 21 技術の比較

コンポスト製造技術	コンポスト工場	原料	処理量
重機による 切り返し	①バンテルガバン統合廃棄物プラント	市場の有機性廃棄物	4m ³ /日
	② テマシ・リサイクルセンター	家庭等の有機性廃棄物	7~8m ³ /日
人の手による 切り返し	③パメラン統合廃棄物管理センター	家庭等の有機性廃棄物	数 m ³ /日
	④マンドゥング 最終処分場	公園・道路の剪定した木の葉、草等	1.5 m ³ /日
	⑤セカルタンジュ 3R 中間廃棄物集積場	木の葉等	1 か月に 1m ³ 程度
	⑥ PT XAVIERA GLOBAL SYNERGY	木の葉・野菜屑	1 か月に数 m ³ 程度
機械式	RA-X	家庭等の有機性廃棄物	50m ³ /日

RA-X の特徴

- ① 大量の生ゴミからコンポストを製造
- ② 高水分の生ゴミからコンポストを製造
- ③ 有機質・無機質の固形廃棄物を処理
- ④ 高温で生ゴミ中の種子や病害虫を処理
- ⑤ 低ランニングコスト
- ⑥ 長期間の稼働実績

(2) 経済的優位性

非公開

非公開

4-3 バリューチェーン

非公開

4-4 進出形態とパートナー候補

非公開

非公開

4-5 販売・収支計画

4-5-1 販売計画

非公開

4-5-2 緑の気候基金の活用

非公開

非公開

非公開

4-5-3 政府系の調達システム

非公開

非公開

4-5-4 資金調達計画

非公開

非公開

4-6 想定される課題・リスクと対応策

非公開

4-7 ビジネス展開を通じて期待される開発効果

インドネシア国でビジネスを展開し、5年間で19セット販売を行う計画である。P63の有機肥料を直接販売するケースでは、1台当たり、家庭の生ゴミを12,000 m³/年処理して、5,328 t/年のコンポスト製造が見込まれる。市民参加型で家庭で生ゴミが分別されて、地方自治体によって収集・運搬され、RA-Xでコンポストとして再資源化されて農業に利用されるサプライチェーンが普及することにより、以下の効果が期待できる。

効果1. 家庭の生ゴミ228,000 m³/年がコンポストに再資源化されるため、不法投棄されているゴミが削減されることにより、悪臭、害虫、ハエや蚊等の発生が減少して衛生問題が改善され、河川や地下水汚染が軽減する。（全量不法投棄されている家庭ゴミをコンポストにするケース）

効果2. 家庭の生ゴミ228,000 m³/年がコンポストに再資源化されるため、オープンダンプ方式のゴミ処分場に投棄されている家庭ゴミが削減されて、ゴミ処分場の延命化と近隣住民の倒壊による被害リスクが軽減される。（全量ゴミ処分場で処理されている家庭ゴミをコンポストにするケース）

効果 3. RA-X により家庭の生ゴミからコンポストが 102,258 t/年製造されて、農業に利用されて、農地劣化の改善に貢献する。そして、インドネシア国に RA-X により家庭の生ゴミがコンポストとして再資源化され農業に利用されるサプライチェーンが構築されて、持続性の高い有機性廃棄物の再資源化事業モデルが確立できる。

効果 4. ゴミ処分場・不法投棄されていた家庭の生ゴミから発生する温室効果の高いメタンガスが 615,907 tCO₂e/10 年削減され、地球温暖化の緩和に貢献する。

4-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

富山市は、2016 年 5 月に同市で開催された G7 富山環境大臣会合において、資源循環に関わる国際的な枠組みとして「富山物質循環フレームワーク」を採択するなど、「環境に配慮した省資源・循環型のまち」を目標とし、資源効率化・3R の推進に取り組んでいる。石橋は、オフィスや飲食店など現在 750 件以上から受注して、廃棄物の収集運搬、さらには分別回収、リサイクルを行っており、富山市の取り組みに貢献している。

また、富山市は SDGs 未来都市としての国際連携事業を推進しており、その一環としてインドネシア国バリ州タバナン県のゴミ問題の解決に向けた廃棄物処理プロジェクトを立ち上げ、石橋はそのプロジェクトチームに参加し、ODA 事業としてタバナン県で RA-X を設置し、一般ゴミを減量化して同県の実最終処分場の延命化とゴミ山の崩落による地域住民への危害のリスク軽減に貢献することを計画している。また、石橋は富山市の環境に配慮した省資源・循環型のまち作り、国際展開にも貢献している。

さらに、富山市は平成 22 年閣議決定された国家戦略プロジェクト「新成長戦略 21」の一つ、「環境未来都市」に選定されている。富山市は環境未来都市計画における 15 の構想の一つとして、富山市山田地域において、温泉熱や太陽光発電、LED 照明などを活用した完全人工型植物工場でエゴマの六次産業化を市内 80 団体と進めている。石橋の代表取締役 石橋隆二は当初よりこの構想に参画し、エゴマの生産販売を目的として 4 社が設立した株式会社健菜堂の代表を務めている。2018 年度には 23ha の耕作放棄地を日本一のエゴマ圃場として稼働させた。その際には良質な有機肥料の確保が必要であり、2017 年より RA-X の好気性発酵の技術を使って、富山市内で発生する有機性廃棄物のコンポスト化試験を進めている。

RA-X は、一般ゴミの処理に対応できるコンポスト化技術だが、様々な障壁により地方自治体での生ゴミ処理には利用されず、国内では悪臭問題で難のある畜産業での糞尿処理の納入実績が多い。

富山県は稲作中心の農業県であるため、有機肥料の潜在的需要は大きいものの活用先は少ない。石橋は、エゴマの特産化により有機肥料の有効性を実証していく。また、富山市と関係の深いバリ島での RA-X の設置は、富山市の関係者にも RA-X の優位性を実証できる場となる。これらの取り組みにより、RA-X の環境・経済性・農業への有効性が確認されれば、富山市内に RA-X を設置し、家庭・食品加工場等の有機性廃棄物を原料としたコンポストを農業で利用するサプライチェーン事業を新たに展開したいと考えている。そして国内事業を拡大し、他の都道府県でも雇用を増やして地元経済の活性化に貢献したいと考えている。

SUMMARY

1. Current situation of target country and area

In February 2005, a major waste collapse that had been piling up occurred and 143 peoples were killed by the catastrophic disaster at Leuwigajah waste disposal site near Bandung, Indonesia. The cause of the disaster was rain fall and methane gas explosion. As a countermeasure, Waste Management Law of No.18, 2008 (hereinafter referred to as Waste Management Law) was formulated and stipulated that "open dumping disposal sites will be closed within 5 years".

Long-term development plan of Indonesia (2015) indicate that hygienic disposal sites in 41 cities, common 3R facilities in 344 cities and infrastructures of 3R facilities in 112 cities, districts, towns and villages will be constructed in order to treat 100% of waste. However, the current situation is that the construction has hardly progressed.

Only 166.39 m³/day (14.9 %) of total generated waste (1,119.7 m³/day) was treated at final disposal site and 925 m³/day (82.6 %) was untreated in Tabanan Regency, Bali Province in 2015. The waste has been treated by open dumping at the disposal site in マンドゥング. The disposal site use 2.25 ha out of total approved area of 2.575 ha, and it is difficult to expand due to necessity of leaving buffer zone with the neighborhood. Therefore, it is a countermeasure to increase the height of waste pile, but this measure reaches the limit.

Household waste is treated under the control of regencies and cities in Indonesia. The collection and transportation rate of waste is low due to low administrative budget for waste disposal and the delay of final disposal sites development. In areas where waste is not collected, much of household waste is illegally dumped in rivers and on open lands.

Indonesian household waste is characterized that garbage has a high share of organic waste (63.17%). Specially, it is estimated from 65 % to 75 % at rural area. Household garbage is able to be recycled as compost. However, the garbage has a high water content of 80 % and contains a lot of fiber such as banana stems in addition to the fact that garbage is not separated at home. It is also necessary to treat a large amount of garbage from tens to hundreds of cubic meter per day. Since conventional composting technology cannot overcome these issues, composting household garbage has not been popular in Indonesia.

Indonesia is the third rice producer in the world and annual production increased from 66.47 million tons (2010) to 81.38 million tons (2016). One of the major reasons of increased production is the increase in chemical fertilizers consumption. Proper use of fertilizers is an important factor for increase rice productivity. It was announced, however, that more than half of Indonesia's farmland was degraded by excessive use of chemical fertilizers and pesticides at a seminar on August 19, 2016, at Sumedang. Healthy soils have an organic content of 10 %, but the Ministry of Agriculture concluded that half of 8.1 million hectares of farmland has less than 2.5 % organic content and is not fertile. An organic matter content of at least 5 % is required in order to maintain productivity. The current situation where the organic matter content level has deteriorated to 2.5 % or less has made government officials feel a sense of crisis in Indonesia's food security.

As a large part of household garbage is vegetative organic waste such as vegetable waste, so if it is aerobically fermented at high temperature and matured, compost which is a good soil conditioner is able to be produced. By increasing the organic matter content in the soil and increasing the activity of microorganisms and earthworms, the formation of soil aggregate structure advances. Then the air permeability, water permeability and nutrient retention are also improved, and the soil productivity is maintained and improved. Furthermore, organic fertilizer which is an alternative to chemical fertilizers can be produced by mixing the compost with livestock manure. By producing compost from household garbage and using it in local agriculture, it is possible to create highly sustainable organic waste recycling business model in addition to reduce the amount of household waste.

2. Proposed company, product and technology

1) Outline of the proposed product and technology

① Outline of the technology

A standard type of composting plant RA-X (hereinafter referred to as RA-X) consists of one screw type stirring equipment (patent number: 3607252), two unit of bucket to transport and put garbage in the fermenter, one fermenter, eight sets of 2.2 kw blower and aeration pipe to inject air from the bottom of the fermenter, and a fermenting chamber with roof to protect compost from rain fall. Treatment capacity of the standard type of RA-X is up to 67 m³/day (50 m³/day of garbage and 17 m³/day of agricultural waste), and compost production capacity is up to 34 m³/day (17 t/day).

② Feature of the technology

In Indonesia, it is desired to introduce a system that can continuously produce compost utilizing large amounts of high moisture household garbage. As RA-X has the following characteristics, the technology can solve the above problems and contribute to solve the waste problem in Indonesia:

- RA-X is classified as a mechanical method of composting and can process organic garbage up to about 67m³/day.
- RA-X produces compost through aerobic high-temperature fermentation of organic garbage containing about 80% high-moisture by stirring with a screw type stirring unit and injecting air for 24 hours from the bottom of the fermenter. Most of the water is evaporated during fermentation, so there is no drainage.
- RA-X has inverter control for two screw motors. The screws blow away hard solids such as bottles and coconut shells, and grind garbage in plastic bags. RA-X produces composts from organic garbage through continuous operation.
- Since RA-X stirs from the surface to deep layers efficiently with screws, the temperature keeps over 70 °C during the fermentation process. Therefore, hygienic compost is produced even with unsanitary raw materials such as household garbage.
- Daily power consumption is as low as 445 kWh. As RA-X is programmed to allow stirring and running automatically, it can be operated by only one operator. Since labor costs are kept low, running costs are also reduced.
- The RA-X frame is rust-proofed by galvanization and stainless steel is used for important parts. Furthermore, there are few troubles due to overload and the device durability is high, because the motors are controlled by inverters. RA-X introduced in 2002 is still in operation for 16 years and 11 months, and all 15 units delivered are also in operation.

2) Adaptability of the product and technology to the field

As a result of study for compost production technology at six compost factories, it became clear that RA-X has a high possibility of producing compost suitable for Indonesia. RA-X can produce high-quality and sanitary compost (organic fertilizer) from household garbage added livestock dung by aerobic high-temperature fermentation and aging, which is subjected to governmental subsidy.

3) Potential for solving development issues

RA-X can produce compost from large amount of household garbage which contains a lot of fiber such as banana stems and perm leaves. RA-X can also produce high-quality, sanitary and having soil conditioning effect compost (organic fertilizer) from household garbage added livestock dung by aerobic high-temperature fermentation and aging, which is subjected to governmental subsidy.

3. Work program of ODA project and possibility of collaboration

1) Scheme

Proposed ODA project is conducted through "Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies, JICA".

2) Objective

Household garbage sorted at home is collected, transported and recycled into compost with agricultural waste as moisture conditioner by RA-X in order to solve the urgent issue of Tabanan Regency for proper disposal and reduction of household waste. Superiority and usefulness of the supply chain for agriculture use of compost and the business model for highly sustainable organic waste recycling is demonstrated.

3) Candidate counterpart agency and organization

- Ministry of Environment and Forestry
- Government of Bali Province
- Government of Tabanan Regency

4) Project site

Buwit Village, Kediri District, Tabanan Regency, Bali Province

5) Activity of the project

Household garbage sorted at home in the model area of Tabanan Regency is collected, transported and recycled into compost by RA-X. Agricultural wastes such as rice straw and rice husks are indispensable as water conditioners to produce high quality compost. Those are collected and utilized in cooperation with government of Tabanan Regency. Furthermore, technical and economic advantages and usefulness of RA-X is demonstrated from the perspectives of reducing the volume of household waste and utilizing compost for rice and vegetable cultivation.

• Outcome of the project

Outcome 1: Household garbage sorted at home is collected and transported after institutional creation and organizational improvement for separate collection of household garbage in government of Tabanan Regency.

Outcome 2: RA-X is introduced and operated appropriately at Tabanan Regency. Therefore, compost is produced from household garbage and reduction of waste and recycling of the garbage are demonstrated.

Outcome 3: Business development plan is formulated to spread the proposed system in Indonesia.

• Activity content of the project

Outcome 1	Activity 1-1: Create a separate collection handbook for household waste and distribute it to each household in cooperation with Tabanan government. Furthermore, instructors from Tabanan government conducts awareness raising activities for local residents.
	Activity 1-2: Create a manual that defines the method of separation, collection and transportation for household waste in cooperation with Tabanan government.
	Activity 1-3: Tabanan government collects and transports only household garbage separated at each home on the established collection date to the compost plant.

Outcome 2	Activity 2-1: RA-X is designed, manufactured, transported and installed based on the feasibility survey.
	Activity 2-2: Compost is produced by RA-X from household garbage of Tabanan Regency.
	Activity 2-3: Invited activity and field training are conducted in order to ensure proper operation and maintenance.
	Activity 2-4: Technical transfer to the local agency is carried out, and regular operational check and support for operation, failure and maintenance are conducted.
	Activity 2-5: Amount of household garbage treated by RA-X is confirmed and the volume reduction effect of household waste of Tabanan Regency is estimated.
Outcome 3	Activity 3-1: Through daily inspections of the RA-X operating status, the amount of household garbage treated and the amount of compost produced are confirmed in order to evaluate technical aspect.
	Activity 3-2: Running cost such as power consumption and labor cost are confirmed. Amount of sales and price of compost are investigated to estimate economical advantage.
	Activity 3-3: Assessment committee is established with Ministry of Environment and Forestry, Government of Bali Province and Government of Tabanan Regency. The committee assesses technical and economic advantage based on the result of activity 3-1 and 3-2.
	Activity 3-4: Local agency contract with an Indonesian company is concluded during the ODA activity. A business plan is developed and marketing and sales activities are conducted in collaboration with the agency.

6.

4. Diffusion activity of the ODA project

1) Expected impacts through the ODA project

Following impacts for development issues are expected by installation and operation of RA-X at Tabanan Regency through the ODA demonstration survey project:

Impact 1: Household garbage sorted at home is collected and transported by government of Tabanan Regency after institutional creation and organizational improvement for separate collection of household garbage in the government. The garbage is recycled as a raw material to produce compost by RA-X. Supply chain for agriculture use is constructed and a business model for highly sustainable organic waste recycling is established.

- Quantitative impact (estimation):

Amount of compost produced = $9.2 \text{ t/day} \times 300 \text{ day} = 2,760 \text{ t/year}$

Impact 2: Amount of garbage illegally dumped is reduced, because 26.7 m^3 of household garbage per day is recycled as raw material for compost. As a result, the generation of malodor, and emergence of flies and mosquitoes is reduced and hygiene problems are improved. Contamination of rivers and groundwater is also mitigated.

- Quantitative impact (estimation):

Reduction amount of garbage illegally dumped = $26.7 \text{ m}^3/\text{day} \times 300 \text{ day} = 8,010 \text{ m}^3/\text{year}$ (for the case in which all garbage is dumped illegally)

Impact 3: Amount of garbage dumped at dumping site of Tabanan Regency is reduced, because 26.7 m^3 of household garbage per day is recycled as raw material for compost.

As a result, the life of the dumping site is extended, and the risk of neighboring residents caused by the collapse of is reduced.

- Quantitative impact (estimation):

Reduction amount of garbage dumped at the disposal site = $26.7\text{m}^3/\text{day} \times 300 \text{ day}$
= $8,010\text{m}^3/\text{year}$ (for the case in which all garbage is treated at the disposal site)

Impact 4: Reduction of methane gas emissions from organic waste at the disposal site and illegally dumped, which has a high greenhouse effect, contributes to mitigation of global warming.

- Quantitative impact (estimation):

Reduction amount of methane gas (CO₂ equivalent) generated from household garbage = $21,637 \text{ tCO}_2\text{e}/10\text{years}$

5. Business development plan

1) Overview

ISHIBASHI Co., Ltd. (ISHIBASHI) makes a local agency contract with Indonesian company and the local agency sells RA-X to local governments. RA-X is manufactured by ISHIBASHI in Japan and transported. The local agency sells, assembles, installs and maintains RA-X. The local agency provides know-how to the local government for construction of building and foundation of RA-X fermenter. Business income of ISHIBASHI is revenue from export of RA-X.

2) Expected impact of the business development

ISHIBASHI expands business in Indonesia and plans to sell 19 sets in 5 years. It is expected that 5,328 tons of compost is produced annually by treatment of $12,000 \text{ m}^3$ of household garbage per one set of RA-X. Following impacts are expected by installation and operation of RA-X in Indonesia and demonstrating the usefulness of the equipment through the business development:

Impact 1: Household garbage sorted at home is collected and transported by local government of Indonesia after institution building and organizational improvement for separate collection of household garbage in the local government. The garbage is recycled as raw material to produce compost by RA-X. Supply chain for agriculture use is constructed and a business model for highly sustainable organic waste recycling is established in Indonesia.

- Quantitative impact (estimation):

Amount of compost produced = $5,382 \text{ t/year} \times 19 \text{ sets} = 102,258 \text{ t/year}$

Impact 2: Amount of garbage illegally dumped is reduced, because $12,000 \text{ m}^3/\text{year}$ of household garbage is recycled as raw material for compost. As a result, the generation of malodor, and emergence of flies and mosquitoes is reduced and hygiene problems are improved. Contamination of rivers and groundwater is also mitigated.

- Quantitative impact (estimation):

Reduction amount of garbage illegally dumped = $12,000 \text{ m}^3/\text{year} \times 19 \text{ sets} = 228,000 \text{ m}^3/\text{year}$ (for the case in which all garbage is dumped illegally)

Impact 3: Amount of garbage dumped at dumping sites of Indonesia is reduced, because $12,000 \text{ m}^3/\text{year}$ of household garbage is recycled as raw material for compost. As a result, the life of the disposal site is extended, and the risk of neighboring residents caused by the collapse of the waste pile is reduced.

- Quantitative impact (estimation):

Reduction amount of garbage dumped at the disposal site = $12,000 \text{ m}^3/\text{year} \times 19 \text{ sets} = 228,000 \text{ m}^3/\text{year}$ (for the case in which all garbage is treated at the disposal site)

Impact 4: Reduction of methane gas emissions from organic waste at the disposal site and illegally dumped, which has a high greenhouse effect, contributes to mitigation of global warming.

- Quantitative impact (estimation):

Reduction amount of methane gas (CO₂ equivalent) generated from household garbage = 615,907 tCO₂e/10years

3) Contribution to local economy and regional revitalization in Japan

Local governments' efforts to achieve Sustainable Development Goals (SDGs) contribute to realize local revitalization, and it is important to promote such efforts. Toyama City formulated "SDGs Future Plan of Toyama City" in August 2018 and has been implemented various initiatives. Toyama City's activities in Indonesia are efforts toward "Goal 17: Revitalize the global partnership for sustainable development".

The project is efforts to achieve "Goal 6: Ensure access to water and sanitation for all", "Goal 12: Ensure sustainable consumption and production patterns (by 2030, substantially reduce waste generation through prevention, reduction, recycling and reuse)", "Goal 13: Take urgent action to combat climate change and its impacts" and "Goal 15: Protect life on land". Successful business will contribute to accomplish Toyama City's commitment for SDGs.

Feasibility Survey for Creating Supply Chain of Organic Wastes Recycling in Indonesia



SMEs and Counterpart Organization

- Name of SME : ISHIBASHI Co., Ltd.
- Location of SME : Toyama, Japan
- Survey Site ▪ Counterpart Organization : Bari Province and Jakarta Special Capital Region, Indonesia.
Ministry of Environment and Forestry, Government of Bali Province, Government of Tabanan Regency

Concerned Development Issues

- Closure of waste open dumping sites is delayed, and there is a fear of waste avalanche due to high accumulation height. Also, environmental and hygiene problems, such as contamination of groundwater, occurrence of pathogens, fly and mosquito, and malodors are appeared.
- A large amount of waste is illegally dumped due to difficulty in securing final disposal site and cause problems such as contamination of rivers.

Products and Technologies of SMEs

- Technology of municipal solid waste collection and transportation.
- RA-X, screw type automatic stirring system, is a facility that processes up to 50 tons of organic wastes in a day and produces up to 7 tons of compost.
- Kitchen garbage containing about 80% of moisture is processed to produce compost by high temperature aerobic fermentation.

Proposed ODA Projects and Expected Impact

- Since kitchen garbage is recycled as a raw material of compost, amount of garbage are decreased which dumped on waste disposal sites or illegal site in Bali Province. As a result, the occurrence of malodor, flies and mosquitoes and the like is reduced, thereby improving hygiene problems and improving river and groundwater pollution.
- Kitchen garbage sorted at home as grass-root activity is collected and transported to be recycled to compost by RA-X and supplied for agriculture use. A business model for highly sustainable organic waste recycling is established accordingly.

添付資料 1

非公開