

インドネシア国

デンパサール市環境美化局（DLHK）

インドネシア国  
バリ島デンパサール市における一般  
廃棄物の循環・分散型処理  
普及・実証事業

業務完了報告書

平成31年4月

（2019年）

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

みどり産業株式会社

民連
JR
19-037

<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.

## 目次

巻頭写真 .....	i
略語表 .....	iii
地図 .....	iv
図表目次 .....	v
案件概要 .....	viii
要約 .....	ix
1. 事業の背景 .....	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認 .....	1
①事業実施国の政治・経済の概況 .....	1
②対象分野における開発課題 .....	6
③事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度 .....	12
④事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析 .....	21
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要 .....	25
2. 普及・実証事業の概要 .....	29
(1) 事業の目的 .....	29
①事業の目的 .....	29
②事業の実施方針 .....	29
③事業実施内容 .....	29
(2) 期待される成果 .....	30
(3) 事業の実施方法・作業工程 .....	31
① ハード面 .....	32
②ソフト面 .....	38
③全体検討 .....	41
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他） .....	44
(5) 事業実施体制 .....	46
(6) 事業実施国政府機関の概要 .....	47
3. 普及・実証事業の実績 .....	49
(1) 活動項目毎の結果 .....	49
①ハード面 .....	49

②ソフト面 .....	75
③全体検討 .....	85
(2) 事業目的の達成状況 .....	93
①ハード面 .....	93
②ソフト面 .....	94
③全体検討 .....	94
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献 .....	95
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献 .....	95
①リサイクル産業の海外市場開拓への貢献 .....	95
②国内「バイオマスタウン構想」発展や「資源循環型モデル」構築への貢献 .....	96
(5) 環境社会配慮 .....	96
①事業実施前の状況 .....	96
②事業実施国の環境社会配慮法制度・組織 .....	96
③事業実施上の環境及び社会への影響 .....	96
④環境社会配慮結果 .....	97
(6) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について .....	97
(7) 今後の課題と対応策 .....	97
4. 本事業実施後のビジネス展開計画 .....	98
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定 .....	98
①マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む） .....	98
②ビジネス展開の仕組み .....	99
③想定されるビジネス展開の計画・スケジュール .....	99
④ビジネス展開可能性の評価 .....	101
(2) 想定されるリスクと対応 .....	102
①カントリーリスク .....	102
②事業リスク .....	103
(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果 .....	103
(4) 本事業から得られた教訓と提言 .....	104
①今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓 .....	104
②JICA や政府関係機関に向けた提言 .....	105
参考文献 .....	105
添付資料 .....	105

## 巻頭写真



設置した MFD 一式



左：ごみの投入、右：コンベヤーから MFD 本体に投入されるごみ



排出されるアウトプット



アウトプットから、トロンメルを使用して有機ごみ以外を除去する



最終的なアウトプット



開所式（左：副市長（右から2番目）とDLHK局長（右）。右：テープカット）

## 略語表

略称	正式名称 (イタリックはインドネシア語)	日本語訳
BAPPENAS	<i>Badan Perencanaan dan Pembangunan Nasional</i>	国家開発企画庁
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
Depo		ごみ中継所
DKP	<i>Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Denpasar</i>	デンパサール市美化局 (旧)
DLHK	<i>Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Denpasar</i>	デンパサール市環境美化局 (新)
KLHK	<i>Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan</i>	環境・林業省
MFD	Midori Fermentation Decompression	発酵減圧乾燥システム
MPR	<i>Majelis Permusyawaratan Rakyat</i>	国民協議会
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PPP	Public Private Partnership <i>Kementerian Pekerjaan</i>	官民パートナーシップ
PUPR	<i>Umum dan Perumahan Rakyat</i>	公共事業・国民住宅省
RPJMN	<i>Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional</i>	国家中期開発計画
TPST	<i>Tempat Pengolahan Sampah Terpadu</i>	統合型ごみ処理所
WtE	Waste to Energy	ごみ発電

## 地図



図 1 インドネシア共和国バリ島の位置



図 2 デンパサール市内

## 図表目次

表 1	基礎データ .....	1
表 2	経済データ .....	2
表 3	インドネシアにおける、廃棄物関連の ODA プロジェクト .....	22
表 4	作業工程 .....	31
表 5	要員計画（現地業務） .....	44
表 6	要員計画（国内業務） .....	45
表 7	MFD による一般廃棄物処理データ .....	59
表 8	MFD による家庭ごみ処理結果 .....	60
表 9	MFD による事業系ごみ処理結果 .....	62
表 10	MFD による掘り起こしごみ処理結果 .....	64
表 11	アウトプットの分析結果 .....	70
表 12	MFD による一般廃棄物処理データ ※再掲 .....	80
表 13	MFD による事業展開時の収入源 .....	86
表 14	ビジネスモデルの前提となる家庭ごみの組成と含水率 .....	90
表 15	事業採算性 .....	92
表 16	ビジネスモデルの前提となる家庭ごみの組成と含水率 ※再掲 ..	95
表 17	MFD による事業展開時の収入源 ※再掲 .....	98
表 18	事業採算性 ※再掲 .....	101
表 19	ビジネスモデルの前提となる家庭ごみの組成と含水率 ※再掲	104
図 1	インドネシア共和国バリ島の位置 .....	iv
図 2	デンパサール市内 .....	iv
図 3	産業別構成比（名目 GDP 構成比、2017 年） .....	4
図 4	インドネシアの主要品目別輸出（2017 年） .....	4
図 5	インドネシアの主要品目別輸入（2017 年） .....	5
図 6	バリ州におけるデンパサール市の位置 .....	6
図 7	インドネシアにおける一般廃棄物の処理方法（2016 年） .....	7
図 8	インドネシアにおける一般廃棄物の処理方法（2001 年、2008 年） .....	7
図 9	インドネシアにおける埋立処理（2016 年） .....	8
図 10	スウォン（Suwung）最終処分場全景(上)と、用地計画(下) .....	10
図 11	デンパサール市における一般ごみの回収フロー .....	11
図 12	DLHK が管理するスウォン最終処分場入口 .....	12
図 13	RDF（廃棄物固形燃料）設備の処理フロー .....	16

図 14	左：乾燥設備、右：製造したペレット（廃棄物固形燃料）	16
図 15	左：ガス化装置、右：ガスエンジン発電機	17
図 16	設備概要	26
図 17	設置が完了した MFD 一式	27
図 18	左：ごみの投入、右：コンベヤーから MFD 本体に投入されるごみ	27
図 19	排出されるアウトプット	28
図 20	トロンメルを使用して、アウトプットから有機ごみ以外を除去する	28
図 21	最終的なアウトプット	28
図 22	設置場所見取り図 及び 写真	33
図 23	事業実施体制図	47
図 24	設置場所見取り図（再掲）	49
図 25	TPST 3R の様子	50
図 26	土台の構造	51
図 27	重量物を置いたために沈み込んだ土台を補強した跡	52
図 28	MFD 本体の図面	53
図 29	MFD 設置予定図	54
図 30	H 鋼と鉄板による補強工事	55
図 31	MFD の搬入据付	55
図 32	設置が完了した MFD 一式	56
図 33	左：投入する有機ごみ、右：プロセス後のアウトプット	57
図 34	アウトプットを試験的にボイラーで燃焼させる実験	57
図 35	左：セレモニーに参加した副市長（右から 2 番目）、DLHK 局長（右端） 右：テープカットの様子 下：セレモニーを紹介する地元紙 "Bali Pos" （2018 年 2 月 10 日付）	58
図 36	デンパサール市の一般廃棄物フローと MFD の処理対象候補	58
図 37	投入した家庭ごみ	61
図 38	投入した事業系ごみ	62
図 39	左：アウトプットの組成調査（種類ごとの分別）、右：分別したプラスチック	62
図 40	投入した掘り起こしごみ	64
図 41	MFD 維持管理体制案	65
図 42	作業員への OJT	67
図 43	現地会社による機器の微調整作業	67
図 44	左：分別回収車、中・右：分別回収の様子	76

図 45	家庭におけるごみの排出状況 例 1.....	76
図 46	家庭におけるごみの排出状況 例 2.....	77
図 47	回収された家庭ごみ.....	77
図 48	家庭ごみの収集（左：一般家庭、右：集会所）.....	78
図 49	左：TPA へ搬入される「その他ごみ（生ごみ残渣を含む）」....	79
図 50	サイト近くの海岸に漂着したごみ。プラスチックごみが多く含まれる.....	81
図 51	MFD 維持管理体制案 ※再掲.....	81
図 52	事業モデルと3つの収入源.....	85
図 53	インドネシアパワーによる石炭代替燃料製造.....	87
図 53	処理フロー.....	91
図 55	事業モデル.....	99

インドネシア共和国

バリ島デンパサール市における一般廃棄物の循環・分散型処理普及・実証事業  
みどり産業株式会社(千葉県)

インドネシア共和国デンパサール市の開発ニーズ

経済発展と人口増加に伴い消費が拡大し、一般廃棄物の量が増加している。約300t/日を最終処分場にてオープンディングし、運用面、環境面で限界に達していることから、廃棄物の約70%を占める有機ごみの処理ソリューションが求められている。

- 最終処分場への搬入量の削減
- 持続可能なリサイクルの実施
- 分別の促進のための手法

普及・実証事業の内容

自社開発による、ある程度の分別でも対応可能な生ごみ処理機MFDIによる一般有機ごみの処理実証、及び分別、回収、処理、リサイクル物の有効利用の全体最適ソリューションの提案を行い、MFDIの普及可能性が検証される。

- MFDIによる未分別ごみの処理実証
- 継続運転のための人員体制の検討
- 分別、収集など最適化の検討
- 製造した堆肥の品質や普及方法を検討

技術製品



「発酵減圧乾燥システムMFDI」を活用した有機ごみ循環システム  
ー「発酵減圧乾燥システムMFDI」の実証

- ー分別・収集など全体最適ソリューションの検討
- ー製造した堆肥の普及検討
- ー循環システムの普及検討

事業概要

相手国実施機関：デンパサール市 環境美化局 (DKP)  
事業期間：2016年8月～2019年6月  
事業サイト：バリ島デンパサール市

インドネシア共和国デンパサール市側に見込まれる成果

- 最終処分場への搬入量の低減のための今後の取り組みむべき方向性の明確化
- リサイクルの推進
- 雇用の創出

日本企業側の成果

現状

- 日本国内における人口減少などによる事業機会の減少
- 海外進出におけるリスク

今後

- 経済成長する新興国へのビジネス展開の実現
- 自社処理システムの海外への拡販

## 要約

I. 提案事業の概要	
案件名	バリ島デンパサール市における一般廃棄物の循環・分散型処理普及・実証事業 Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Municipal Solid Waste (MSW) Management by Sustainable Recycling Dispersion System
事業実施地	インドネシア国 バリ州デンパサール市
相手国 政府関係機関	デンパサール市環境美化局
事業実施期間	2016年8月～2019年6月（2年10ヶ月）
契約金額	98,820,000円（税込）
事業の目的	デンパサール市における「ごみの分別・収集・運搬」、「低コスト再資源化」、「資源化物の有効利用」という廃棄物の循環モデルにおいて、提案製品である発酵減圧乾燥機（Midori Fermentation Decompression, MFD）を活用した有機ごみ処理の実証を行うことでMFDの現地適応性を実証する。また分別処理の方法、運転管理の方法、再資源化物の有効性、市場価値、事業採算性を検討、提言することで普及可能性を検証することを目的とする。
事業の実施方針	<p><b>【基本方針】</b></p> <p>単に、設備の性能試験をすることだけでなく、有機ごみの分別・収集・運搬から処理および資源化物の有効利用までのバリューチェーン全体を最適化することを目指し、そのために必要なパートナー企業・団体との関係構築やビジネスモデルの策定を推進する。平成25年度に実施した案件化調査の成果に基づき、現行の収集処理方法に大きな負荷なく、有機ごみを循環利用する新モデルへと移行できるよう留意する。</p> <p><b>【実施方法、活動内容】</b></p> <p><u>設備</u> MFDを現地輸送し、デンパサール市環境美化局（DLHK）の選定した試験サイトに据え付ける。現地作業員に対し設備運営の教育指導を施した上で、事業期間中計三回にわたり試験運用を行う。各回徐々に（有機ごみの）投入負荷を増やしながら機械の運転調整や運用方法の改善を図る。</p>

物流 有機ごみの収集運搬は DLHK の回収車にて行う。搬入頻度やルートなどは試験運用の都度調整し、中長期的な物流モデル策定へとつなげる。また DLHK に対しては、ごみの分別指導のサポートも提供する。

再資源化物 ごみ処理後の乾燥した再資源化物は、堆肥原料としてその有効成分を確認したうえで、販売先の確保（地元肥料製造販売会社パオレスなど。案件化調査の際に打ち合わせ済）およびその条件交渉をする。

また、再資源化物の燃料としての利用可能性や事業採算性などを検討する。

#### 【期待される成果】

成果 1：有機ごみの減量化、適正処理の方法として発酵減圧乾燥機（MFD）による堆肥製造技術の現地適応性が検証される。

成果 2：デンパサル市の有機ごみの分別、収集、運搬のプロセスが検証され、改善策が抽出、提案される。

成果 3：MFD を活用した有機廃棄物処理方法について、その再資源化物の有効利用も含め、事業性、普及可能性が検証、提案される。

#### 【提案製品・技術の概要】

ハード面：「発酵減圧乾燥システム(MFD)」処理能力：2t/日  
本機は有機ごみを微生物による発酵熱と外部からの熱供給を減圧下で行うことにより急速に発酵乾燥を行うシステムである。減圧下での加熱であるため低燃費の乾燥が可能であり、乾燥した残渣は肥飼料だけではなく、バイオマス燃料として熱供給することも可能である。分別が不十分な異物の混在したごみでも投入可能であり、低温で乾燥を行うため、乾燥完了後に異物と有機物との分別を行うことができる。好気性発酵ヤード、乾燥装置の両方のオペレーションによる堆肥化施設の運用経験のある受注者のノウハウを統合した装置である。

ソフト面：「有機ごみ循環システム」

有機ごみのリサイクル事業及び設備の運用には、地域の特性に合わせた分別・収集・運搬から処理後の再資源化製品の流通までの

	<p>一連のチェーンが重要である。このため、そのようなシステムを構築する以下 2 点においてノウハウを提供する。</p> <p>1.効率的な分別・収集・運搬（物流）</p> <p>2.残渣を活用した堆肥の農業利用推進、燃料としての活用（資源化物の有効利用）</p>
<p>実績 （機材設置の遅延が生じたために、事業計画を変更することで活動期間を延長した）</p>	<p>1. 普及実証事業</p> <p>①ハード面</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ①-1～5：MFD の実証サイトへの設置が完了した。</li> <li>・ ①-6：機材設置後、有機ごみを投入し試運転を完了した。</li> <li>・ ①-6：複数種類の一般廃棄物を投入して、MFD による処理を実施した。</li> <li>・ ①-6：MFD 投入後の一般廃棄物の組成分析を実施した。</li> <li>・ ①-7：MFD の運営維持にかかる人員計画を策定した。</li> <li>・ ①-8：運営維持管理を担当する C/P 人材への技術指導を実施した。現地オペレーター 2 名で、機器の運用が可能となるレベルに達した。</li> <li>・ ①-9：MFD で処理を行った有機ごみ（堆肥）の成分分析を実施した。</li> </ul> <p>②ソフト面</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ②-1 一般廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの現状把握調査を実施した。</li> <li>・ ②-2 有機廃棄物の分別状況の調査を実施し、課題の抽出を検討した。</li> <li>・ ②-3 MFD の運用にかかる組織・人員体制を検討し提案書を策定した。</li> <li>・ ②-4 有機廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの改善提案を行った</li> <li>・ ②-5 C/P とのレビュー結果を協議するための検討会を行った。</li> <li>・ ②-6 検討会の結果を反映した改善の提案を行った。</li> </ul> <p>③全体検討</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ③-1 ①②の成果に基づく MFD を中心とした提案技術のマーケット分析を実施した。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>③-2 事業採算性の検討及びビジネス展開計画を策定した。</li> </ul> <p>普及可能性については、MFD を活用した事業を展開する場合の収入源に関するヒヤリングを終えた。②-3 で検討するランニングコストと、明らかにした収入源の価格情報を元に、実現可能性の高い計画を策定、C/P や関連する事業者などにプレゼンテーションを行い、そのフィードバックを受け、改善を検討した。</p> <p>上記を踏まえて、事業採算性の検討と、ビジネス展開計画を策定した。</p>
課題	<p>当面の課題は、処理費（ティッピングフィー）にかかる、デンパサル市との協議・交渉となる。</p> <p>また、問い合わせを受けている民間企業への MFD 導入についても同時にプロモーションを進め、販売実績を積み重ねていくことを目指す。</p>
事業後の展開	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>公共セクター向けビジネス（処理費によるビジネス）</u> 公共セクターに向けては、処理費（ティッピングフィー）を得た上でのビジネスモデルとなる。デンパサル市について、処理費にかかる具体的な協議を継続させていくこととなる。 インドネシアの中央政府、地方政府共に処理費の重要性については認識がなされている。今後、処理費に関する政策が整備されることも想定され、中長期的には公共セクター向けビジネスは実現可能となると見ている。</li> <li><u>民間企業向けビジネス</u> いくつかのインドネシアの民間企業より、MFD の導入についての問い合わせを受けている。こうした民間企業向けのビジネスについても、プロモーションや協議・交渉を継続させていく。</li> <li><u>肥料製造会社との共同研究</u> 国営肥料会社であるプブックインドネシアとの協力による、同社の西ジャワ州チカンペックに開発予定の、技術開発センターへの MFD 設置を目指す。 事業モデルは、チカンペック～ジャカルタ間の食品製造工場から排出される有機ごみを収集し、MFD を活用した有機肥料原料の製造などの事業展開可能性を検討する。</li> </ul>

Ⅱ. 提案企業の概要	
企業名	みどり産業株式会社
企業所在地	千葉県市原市
設立年月日	昭和 51 年 01 月 10 日
業種	一般廃棄物・産業廃棄物・特別管理産業廃棄物 収集運搬業
主要事業・製品	各種リサイクル、一般廃棄物・産業廃棄物収集運搬及び中間処分業
資本金	10,000,000 円 (2016 年 7 月時点)
売上高	約 22 億円 (平成 25 年度)
従業員数	約 130 名

## 1. 事業の背景

### (1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

#### ①事業実施国の政治・経済の概況

##### ①-1 基本情報

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

表 1 基礎データ

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

出典：外務省ホームページ「各国・地域情勢」

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

##### ①-2 人口構成

2015年の政府統計によると、人口は約2.55億人で、中国、インド、米国に次ぐ世界第4位の人口大国である。大半がマレー系であり、総人口の約6割が、全国土面積の約7%に過ぎないジャワ島に集中している。

##### ①-3 経済状況

2015年の実質 GDP 成長率について、政府は成長率を 5.2%と予測していたが、実際には 4.8%という結果となり、リーマンショック後の 2009 年以来初めて 5%を割り込むこととなった。2016 年度は、政府は 5.3%の成長を目標としており、結果は目標を下回る 5.0%成長であったが、2010 年以降、6 年ぶりに前年成長率を上回った。2017 年度の経済成長は、目標の 5.2%にわずかに届かず 5.1%となった。経済成長率はここ数年横ばい状態である。その原因は消費の伸び悩みと指摘されている。2018 年度の経済成長率について、インドネシア政府は 5.4%と計画しているが、世界銀行は 5.2%、国際通貨基金（IMF）、アジア開発銀行、経済協力開発機構（OECD）は 5.3%と予測している。

経済政策の主軸となるのは、インフラ政策となる。ジョコ・ウィドド政権は2019年10月までの5ヵ年で、港湾、空港、道路、鉄道など3,689億ドルのインフラ開発を計画している。インフラ開発予算については、387兆3,000億ルピア（約3兆1,000億円）を割り当て、2017年6月に優先する245件のプロジェクトを指定した。インフラ開発の進捗状況は2018年4月時点で、建設段階案件が59%、完成案件が2%と伝えられている。

我が国との関係に関しては、日本からの輸入額は、中国、シンガポールに次ぐ第3位となっている。一般機械、原料別製品(鉄鋼、非鉄金属など)、輸送用機器、電気機器、化学製品などが輸入量の多い品目である。輸出に関しては、2015年度は、日本はインドネシアにおける最大の輸出国であったが、2016年度以降は中国、アメリカに次ぐ第3位となった。対日輸出のうち33.4%は鉱物性燃料(LPG、原油、石炭)によって占められている。次いで、原料品(20.0%)、原料別製品(12.9%)、電気機器(7.7%)などの輸出量が多くなっている。<sup>1</sup>

表2 経済データ

GDP (名目)	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
	5,396	7,551	8,930	9,179	9,105	8,885	8,619	9,323
(単位：億ドル) (世銀統計)								
一人当たり GDP (名目)	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
	2,977.0	3,498.2	3,562.9	3,666.8	3,531.9	3,374.5	3,605.1	3,876.8
(単位：ドル) (インドネシア政府統計)								
経済成長 率(実 質)	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
	6.4	6.2	6.0	5.8	5.6	4.8	5.0	5.1
(単位：%) (インドネシア政府統計)								
物価上昇 率	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
	7.0	3.8	4.3	8.4	8.4	3.4	3.0	3.6
(単位：%) (インドネシア政府統計)								
総貿易額		2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
	輸出 (億ドル)	2,035.0	1,900.2	1,825.5	1,762.9	1,502.8	1,444.3	1,687.3
	輸入 (億ドル)	1,774.4	1,916.9	1,866.3	1,781.8	1,426.9	1,356.5	1,568.9
(単位：億ドル) (インドネシア政府統計)								
貿易品目	(1) 輸出 脂肪・油・蠟 (229.7), 鉱物燃料・油 (210.7), 電子機器 (84.5) (2) 輸入 一般機械 (217.8), 電子機器 (77.3), プラスチック・同製品							

<sup>1</sup> ジェトロ世界貿易投資報告(各国編)2018年度  
[https://www.jetro.go.jp/ext\\_images/world/gtir/2018/09.pdf](https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/gtir/2018/09.pdf)

	(66.9) (単位：億ドル) (2016年、インドネシア政府統計)
貿易相手 国・地域	(1) 輸出 中国 (213.2), 米国 (171.4), 日本 (146.9) (2) 輸入 中国 (355.2), 日本 (152.1), タイ (91.9) (単位：億ドル) (2016年、インドネシア政府統計)
為替 レート	1 ルピア=0.007610 円 (2019年1月 JICA レート) <sup>2</sup>

出典：外務省ホームページ「各国・地域情勢」

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

#### ①-4 政治状況

共和制の下、34州から構成される。国家元首は大統領（大統領は、国家元首であると共に行政府の長でもある）。議会は、国民協議会（MPR、憲法の制定及び改正、国民協議会決定の策定等）、国民議会（DPR、立法機能、国家予算作成機能、政府に対する監視機能）、及び地方代表議会（DPD、地方自治等に関する法案の提言、審議への参加）がある。また、国会議員（560人）と地方代表議会議員（132人）で構成される国民協議会（憲法の制定及び改正、大統領・副大統領の任期中の解任）がある。

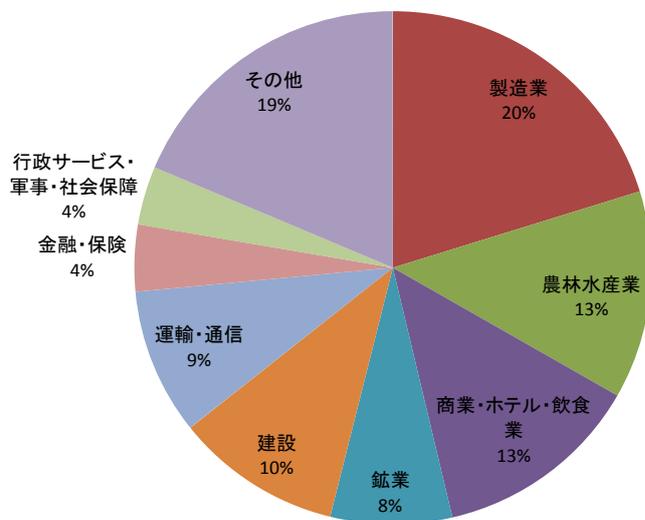
2014年10月に第7代大統領に就任したジョコ・ウィドドは、経済・社会政策を最優先課題としている。具体的には、記述の通り鉄道、港湾、電力・エネルギー等のインフラ整備を優先させているほか、社会保障の充実を目標に掲げている<sup>3</sup>。

#### ①-5 主要産業

インドネシアの主要産業は、製造業、農林水産業、ホテル・飲食業、鉱業などである。製造業では、軽工業・食品工業・織物・石油精製が盛んに行われている。主要農作物は、ジャワ等を中心とする小規模農業（米、キャッサバが中心）や、スマトラ島等外領における大規模農園での商品作物（パーム油、コーヒー、ゴムなど）である。鉱業は、石油、LNG、アルミの他、綿・ニッケル・銅鉱石やボーキサイトなど、非鉄金属鉱物資源を多量に生産している。

<sup>2</sup> 以下では、原則として当レートを使用する。

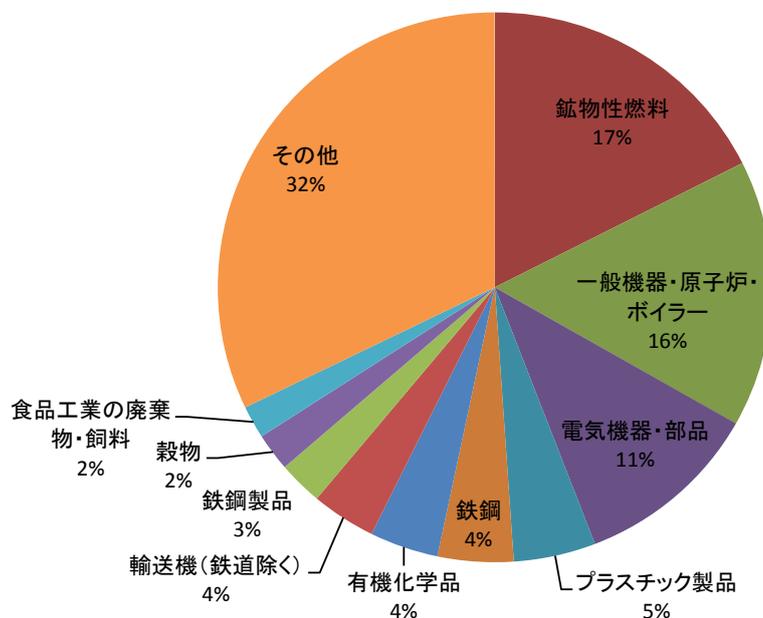
<sup>3</sup> 外務省ホームページ「インドネシア共和国（Republic of Indonesia）基礎データ  
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/indonesia/data.html#section2>  
ジェトロホームページ [http://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/basic\\_01.html#block3](http://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/basic_01.html#block3)  
などから作成



出典：外務省ホームページ

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

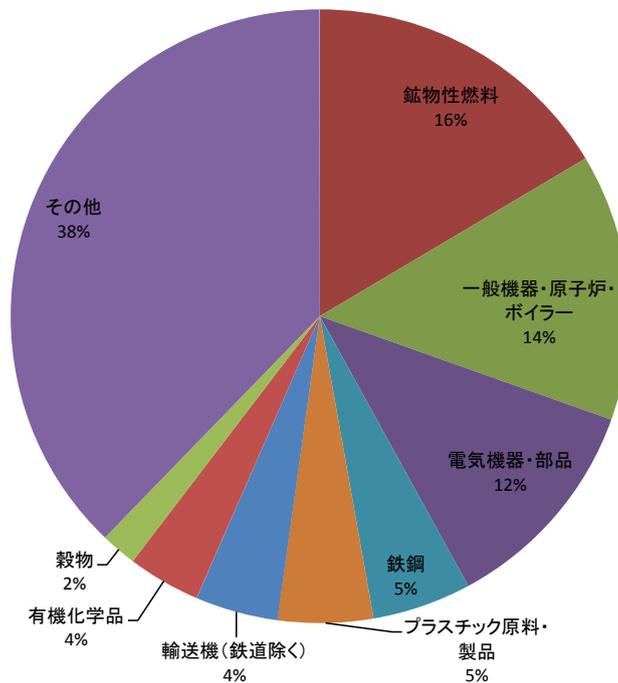
図 3 産業別構成比（名目 GDP 構成比、2017 年）



出典：JETRO 統計「輸出統計(品目別)」

[https://www.jetro.go.jp/ext\\_images/world/gtir/2018/09.pdf](https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/gtir/2018/09.pdf)

図 4 インドネシアの主要品目別輸出（2017 年）



出典：JETRO 統計「輸出統計(品目別)」

[https://www.jetro.go.jp/ext\\_images/world/gtir/2018/09.pdf](https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/gtir/2018/09.pdf)

図 5 インドネシアの主要品目別輸入 (2017年)

#### ①-6 事業実施都市 (デンパサール市) の概要

インドネシア・バリ島の南部に位置するデンパサール市は、バリ州の州都であり、バリ島随一の人口を抱える自治体である。以下の図 5、バリ州の地図中にデンパサール市の位置を示す。2016年時点の人口は約 89.7 万人 (バリ州中央統計局) であり、2010年の 78.9 万人 (バリ州中央統計局 2010 年国勢調査) と比較して増加傾向にある。ヒンズー教を中心に、イスラム教、キリスト教、仏教など、様々な宗教を信仰する人が共存している。

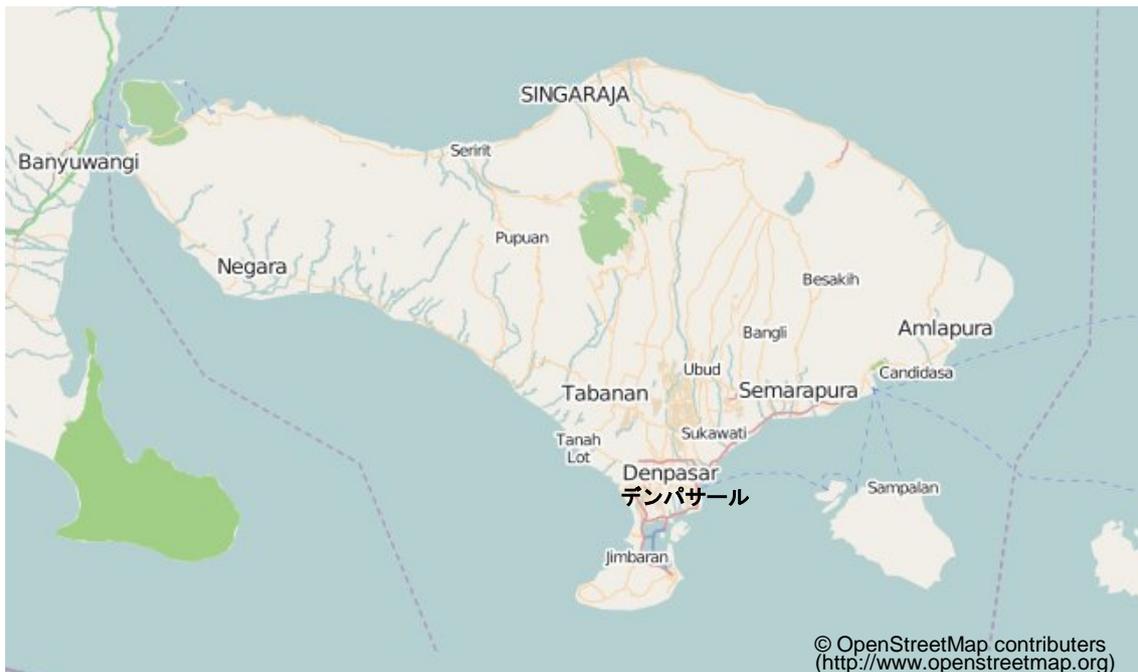


図 6 バリ州におけるデンパサール市の位置

バリ州は、熱帯海洋性気候の性質を有し、6月から9月の乾季、12月から3月の雨季の2つの季節に分かれている。2012年のデンパサール市の平均気温は27.3度、降水量は約2,000mmであった。

バリ州は、2017年に570万人の外国人観光客が訪れるなど、世界的に有名な観光地として知られており、観光業が最大の産業である。州内には、国際的なリゾート地であるクタ、サヌール、ヌサ・ドゥアなどがある。観光業の発展に伴って、州内には数多くのレストランや宿泊施設が存在する。外国人観光客については、2008年度は200万人弱であったことから、3倍弱に増加している。観光客の増加に伴い、廃棄物の発生量も増加する傾向にあると想定される。

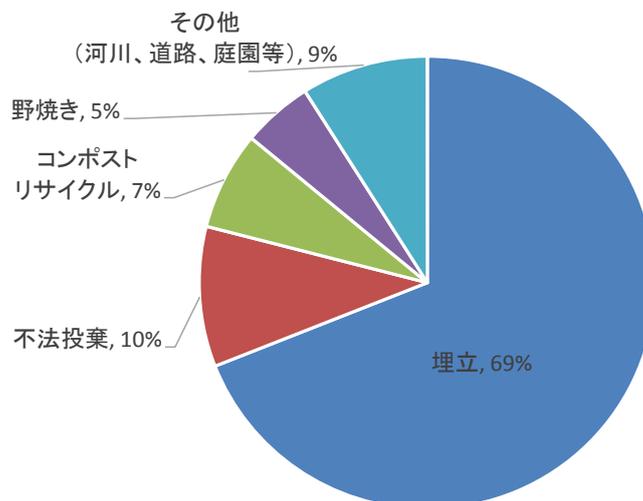
その他には、食品産業や衣料産業などが盛んである。また、米、トウモロコシ、キャベツ、ココナツの生産など、農業に従事する人も多い。

## ②対象分野における開発課題

### ②-1 インドネシアの一般ゴミ問題

インドネシア、とりわけ都市における一般ゴミの問題は、都市の行政機関にとって最も難解な都市問題の一つである。インドネシアにおいては今後も、経済発展と都市人口の増加が見込まれており、それに伴い都市部のごみの量は増加し続けていくことが想定される。現時点でも最終処分場の処理能力を超えるゴミが排出、搬入されており、ゴミの減量化は喫緊の問題である。

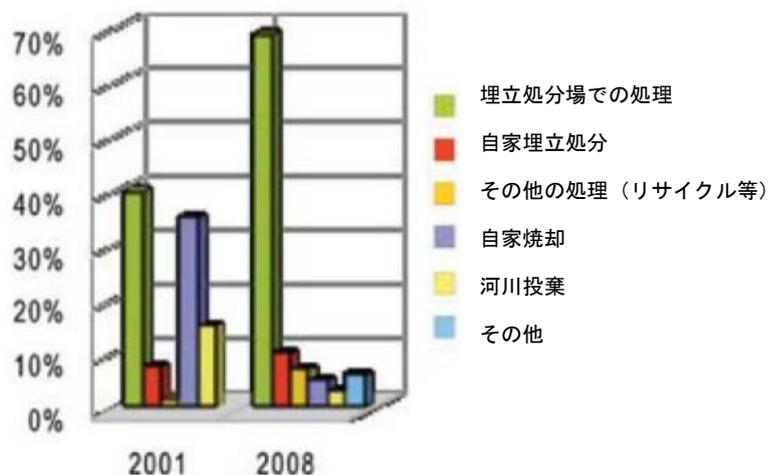
下表は、2016年における、インドネシアの一般廃棄物（MSW: Municipal Solid Waste）処理方法を示している。7割近くの一般廃棄物が、地方自治体等によって埋立処理されていることが分かる。また、不法投棄（10%）、野焼き（5%）、その他（9%）と、実に25%の一般廃棄物は、適切とはいえない方法で処理されている。



出典：インドネシア森林環境省、2016年<sup>4</sup>

図7 インドネシアにおける一般廃棄物の処理方法（2016年）

また、下表は、2001年と2008年のインドネシアにおける一般廃棄物の処理方法を示している。



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

図8 インドネシアにおける一般廃棄物の処理方法（2001年、2008年）

<sup>4</sup> Bandung Institute of Technology “Brief Observation of MSW Landfills in Bali, Indonesia”, January 2017 より

21 世紀に入り、かつて自家焼却や河川投棄に依存していた一般廃棄物処理が、埋立処分場での処理に移行してきたといえる。

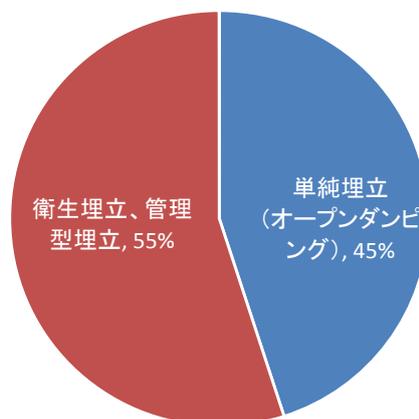
一方、2008 年と 2016 年を比較した場合、埋立処理の割合が増加していないことが分かる。これは、後述するように処分場の整備が進められているものの、人口増加や経済発展によって一般廃棄物の排出量も増加した結果と考えられる。

インドネシアの一般廃棄物問題とは、増加し続ける一般廃棄物の処理方法として、埋立以外のソリューションが導入されておらず、埋立用地の不足に直面しつつあることにある。

## ②-2 インドネシアにおける、一般廃棄物の処理方法

廃棄物処理方式としてはこれまで最終処分場における単純埋立（オープンダンピング<sup>5)</sup>）が主に採用されてきたが、これは 2008 年の廃棄物管理法によって禁止され、2013 年までに衛生埋立<sup>6)</sup>など新たな対策が取られることとなった。後述する、2015 年～2019 年の国家中期開発計画において、埋立処分場の整備目標がさらに増加するなど、主に中央政府の予算によって、最終処分場の整備が進められている。

下表は、355 の地方自治体における、最終処分場などにおける埋立処理の具体的な方法を示している。45%の自治体が、引き続き単純埋立に依存している。また、55%は衛生埋立で、管理型埋立<sup>7)</sup>に移行したように見えるが、ほとんどの処分場では衛生埋立は実施されていないのが実情である。東ジャワ州のスラバヤ市における、最終処分場の維持管理や廃棄物発電を含む民間委託が実施されている事例はあるものの、他の都市においては、引き続き単純埋立や、管理型埋立に依存している状況は解決されていないといえる。



出典：インドネシア森林環境省、2016 年<sup>8)</sup>

図 9 インドネシアにおける埋立処理 (2016 年)

<sup>5)</sup> 単純埋立（オープンダンピング）：本報告書では、処分場における嫌気性埋立（覆土等は行われていない）を指す。

<sup>6)</sup> 衛生埋立：廃棄物を埋め立てた直後に覆土を行うほか、浸出水の処理が行われる。

<sup>7)</sup> 管理型埋立：廃棄物を埋め立てた後、期間を置いて覆土を行う。浸出水の処理も簡易に行われる。先進国では衛生埋立が主流であるが、管理型埋立は「簡易な衛生埋立」という位置づけである。

<sup>8)</sup> Bandung Institute of Technology “Brief Observation of MSW Landfills in Bali, Indonesia”, January 2017 より

### ②-3 インドネシアにおける、一般廃棄物の処理の課題

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

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

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

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

### ②-5 事業実施都市（デンパサール市）の一般廃棄物問題

デンパサール市のみならず、バリ州では、一般ごみは市・県の環境美化局（DLHK）又は美化局（DKP）や民間企業によって回収され、州内数か所の最終処分場にて単純埋立（オープンダンプینگ）や衛生埋立、管理型埋立が実施されている。インドネシアの経済発展、人口増加に伴い、一般ごみの量は増加の一途をたどっており、バリ州最大のスウォン（Suwung）最終処分場の搬入量も、限界に近づきつつある。下図は、スウォン最終処分場の用地計画であるが、既に4つの埋立用地は閉鎖されてしまっている。最終処分場は海岸に近く、浸出水による海洋汚染が危惧される。

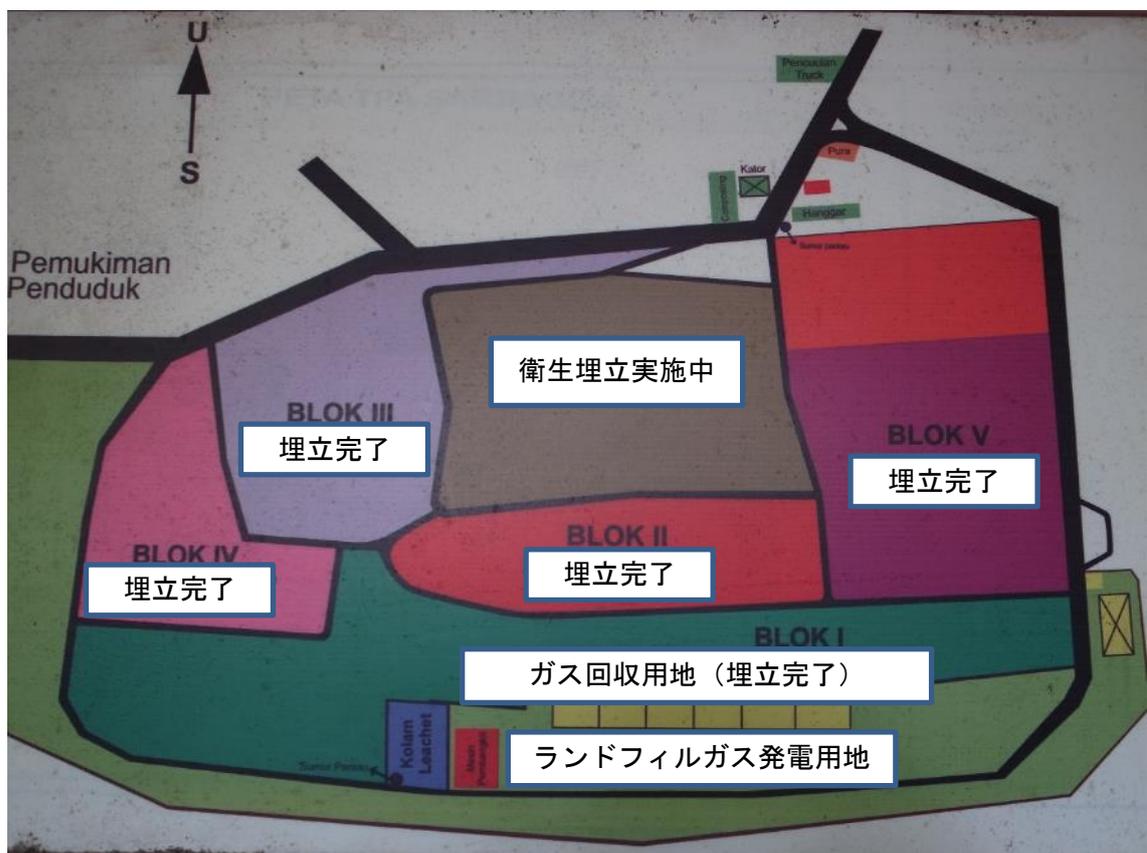


図 10 スウォン (Suwung) 最終処分場全景(上)と、用地計画(下)

デンパサール市より排出される一般ごみは 315 トン/日（うち約 60～70%が有機ごみ）である。他の県と共有しているスウォン最終処分場は 600～800 トン/日の一般ごみを受け入れていると想定される。同処分場は海域に隣接しており、浸出水による周辺への環境汚染や、海域への廃棄物の流出が散見される。



図 11 デンパサール市における一般ごみの回収フロー

インドネシア政府は廃棄物管理法を制定、ごみ管理制度の導入を目指しているが、コストと効果のバランスがとれた解決策は未開発である。大半を占める有機ごみを有効活用し、減量させることが、デンパサールを含むバリ島のごみ問題解決に向けた課題である。この課題は、バリ島のみならず、インドネシアの都市部においては共通した問題となっている。

スウォン最終処分場においては、NOEI 社がバリ州政府との契約により、2004 年から最終処分場の管理と、有機物等に由来するメタンガスを中心としたランドフィルガスによる発電 (WtE : Waste to Energy、ごみ発電) を実施していた。NOEI 社のビジネスモデルは、WtE による CO2 排出削減によって得る CDM (クリーン開発メカニズム) のクレジット売却に依存するものであった。しかし、CDM クレジットの価格下落の影響で想定した利益を得ることができず、事実上最終処分場における取り組みを断念し、2016 年 3 月にバリ州と同社との契約は終了した。最終処分場の所有者はバリ州であるが、現在では最終処分場の管理は、デンパサール市 DLHK が担当している。

最終処分場におけるヒヤリングによると、567 台のトラックが、デンパサール市、バドゥン県等から一般廃棄物を搬入している。一方、NOEI 社が処分場を管理していた際には、搬入重量が測定されていたものの、現在では一般廃棄物の搬入量の計測は行われておらず、正確な搬入量は把握されていない。前述の通り、600～800 トン/日の一般廃棄物が搬入されていると想定される。



図 12 DLHK が管理するスウォン最終処分場入口

また、バリ島の収入と雇用創出という意味で大きな産業セクターである観光業にとって、最終処分場から海へ流れ出てしまうごみや浸出水による環境汚染、最終処分場の受け入れキャパシティを超えた一般ごみの不法投棄は、国際的な観光地であるバリのイメージを損ねるだけでなく、将来的な訪問者減少につながる課題でもある。

現に、主要観光地のビーチでは、打ち寄せられたプラスチックごみが問題視されており、DLHK などによる清掃活動が実施されている。これ以上、「ごみ問題」を顕在化させることはできないものの、具体的なソリューションが存在していない。

### ③事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

#### ③-1 担当省庁・部局

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

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

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

各家庭からのごみの回収から搬送までの部分については、上述の通り、各地方自治体（県や市）の環境美化局などが必要な施設の整備などを行っている。大規模のインフラ整備は中

中央政府の公共事業・国民住宅省が行い、大規模インフラの維持管理、ごみ収集車の購入や整備、維持管理などは地方政府の環境美化局が担当している。

### ③-2 関連計画と政策

国の政策として、2015年にインドネシアにおける5カ年にわたる国家開発(2015年-2019年)の基本方針を示す、「国家中期開発計画」(RPJMN)が施行された。同計画では、「開発の3次元(3 DIMENSIONS OF DEVELOPMENT)として、人間開発、第一次産業の開発、格差の均等化が掲げられている。各次元において示されている事項を以下に示す<sup>9</sup>。

1. 人間開発 (Dimensions of Human Development)
  - ① 教育
  - ② 健康
  - ③ 住宅
  - ④ メンタル、個性
  
2. 第一次産業開発 (Dimension of Primary Sector Development)
  - ① 食料自立
  - ② エネルギーと電力の自立
  - ③ 沿岸、海洋
  - ④ 観光と産業
  
3. 格差の均等化 (Dimension of Equalization)
  - ① 所得層間
  - ② 地域間 (農村、国境エリア、遠隔エリア、東部エリア)

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

一方、2010年から2014年までの5カ年にわたる国家開発の基本方針をした「国家中期開発計画」では、廃棄物処理に関しては、3R(リデュース、リユース、リサイクル)をテーマに、公共事業・国民住宅省、環境・林業省、また堆肥化に関しては農業省を中心に、具体的な実施プログラムが制定されていた。特に、3Rに関して、各省庁では次のような計画が策定された<sup>10</sup>。

<sup>9</sup> Bappenas” MEDIUM TERM DEVELOPMENT PLAN: RPJMN 2015-2019”  
[http://www.unorcid.org/upload/BAPPENAS\\_Forestry\\_and\\_Water\\_Ressources\\_UNORCID\\_Dialogue\\_Series\\_9\\_March\\_2015.pdf](http://www.unorcid.org/upload/BAPPENAS_Forestry_and_Water_Ressources_UNORCID_Dialogue_Series_9_March_2015.pdf)

<sup>10</sup> Prapti Wahyuningsih, ST “OVERVIEW OF ESTABLISHMENT MATERIAL CYCLE-SOCIETY

また、2015年から2019年を対象とした「国家中期開発計画」と関連する動向についても以下に記す。

## I. 環境・林業省

「国家中期開発計画（2010～2014）」では、自然資源と環境管理プログラムに、一般ごみの管理方策として次の3点が挙げられている。

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

「国家中期開発計画（2015～2019）」に基づき、環境・林業省では「開発戦略計画 2015-2019（RENCANA STRATEGIS TAHUN 2015-2019）」を取りまとめている<sup>11</sup>。その中には13のプログラムが示されており、そのうちの 하나가、「P11 廃棄物管理と有害廃棄物管理」であり、同プログラムには、6つの廃棄物対策が掲げられている。固形廃棄物については、「2019年までに発生源で1.25億トンの削減、全国380市では2014年度廃棄物量比で20%を削減すること」、「廃棄物の削減はリサイクルセンターの処理能力強化によっても行う」ことが示されている。

廃棄物の削減量については、後述する2017年10月に発令された、「大統領令2017年97号 家庭廃棄物管理についての次期国家戦略及び方針（通称JAKSTRANAS）」によって、2025年までに家庭廃棄物を30%削減することが謳われている。

## II. 公共事業・国民住宅省

「国家中期開発計画（2010～2014）」に基づき、インフラ整備計画プログラムが掲げられており、3R関連では、廃棄物管理、適切な支援、監修、財政資源開発と投資スキーム、衛生面および都市の廃棄物管理に向けたインフラ開発管理について次のような具体的な目標が掲げられている。

- ① 廃棄物管理に向けた、33の細則、基準などを利用可能とする
- ② 都市の廃棄物管理への技術的支援と監修を行う、172のパッケージを用意する
- ③ 廃棄物管理問題のために、17の人材育成プログラムを策定
- ④ 廃棄物管理問題について、171のモニタリングと評価活動を実施

---

(3R) & LIFE-CYCLE OF ORGANIC WASTE (COMPOSTING) IN INDONESIA”

<sup>11</sup> RENCANA STRATEGIS TAHUN 2015-2019

[http://ditjenppi.menlhk.go.id/reddplus/images/resources/renstra/renstra\\_for\\_web.pdf](http://ditjenppi.menlhk.go.id/reddplus/images/resources/renstra/renstra_for_web.pdf)

- ⑤ 210の県や都市における埋立地の改善、250の廃棄物収集施設の整備、250か所における3R促進プログラムの実施

また、公共事業・国民住宅省では、「2010年－2015年戦略」の中で、次のような取り組みを掲げている<sup>12</sup>。

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

2015年から2019年を対象とした「国家中期開発計画」と関連する計画として、2015年から2019年にかけてのインフラ整備目標が公開されている<sup>13</sup>。必要予算を5,966億ドルとし、廃棄物管理については、341都市における衛生理立施設の建設、294都市における3R設備の建設を目標としている。こうしたインフラ整備については、公共事業・国民住宅省（PUPR）が担当するが、2010年～2015年の同省計画と比較すると、計画が拡充されたことが分かる。

2019年1月に、ヒヤリングを実施した結果、上記のインフラ整備政策の2018年までの成果についての情報を得ることができた。その概要を以下に示す。

- ① 3R設備（TPS3R）を918カ所に建設
- ② 6カ所において、ごみ中継施設（TPST）を建設。
- ③ 県/市において346カ所に最終処分場（TPA）を建設。うち15%は管理型埋立
- ④ 小型の最終処分場（TPA Regional）を8カ所に建設
- ⑤ RDF（廃棄物固形燃料）設備を1カ所に建設

注目すべきは、⑤となる。これは、有機ごみを原料とし、固形燃料を製造するものである。MFDについては、この⑤を実現するものとして公共事業・国民住宅省に紹介をしたところ、大きな関心を示し、今後デンパサールのサイトを視察したいという申し出があった。

実際に、⑤RDF（廃棄物固形燃料）設備については、公共事業・国民住宅省の担当者と

---

<sup>12</sup> Nyimas Nina Indrasari and Emah Sudjimah (MINISTRY OF PUBLIC WORKS - DIRECTORATE GENERAL OF HUMAN SETTLEMENT DIRECTORATE OF ENVIRONMENTAL SANITATION DEVELOPMENT “STRATEGY AND IMPLEMENTATION ON SOLID WASTE REDUCTION IN INDONESIA”

<sup>13</sup> <https://www.bca.gov.sg/ExportServices/others/ICNA.pdf>

ともに視察する機会を得た。同施設は、公共事業・国民住宅省が建設し、ジャカルタ近郊のデポック市の美化局（DKP）が運営を行うことになっている。建設費として、20億ルピア（約16,000,000円）を公共事業・国民住宅省が拠出し、2千万ルピア（16万円）/月の運営費用は、デポック市DKPが負担することになる。処理できるのは、最大で3トン/日の有機ごみとなる。有機ごみを乾燥させ、RDF（廃棄物固形燃料）を製造し、ガス化装置を経てガスエンジン発電機発電を行うという事業であった。



図 13 RDF（廃棄物固形燃料）設備の処理フロー

※一般廃棄物を投入するとあるが、現実的には枝葉などの有機廃棄物のみの受け入れ  
 ※製造したペレットをガス化して発電する設備も導入されている

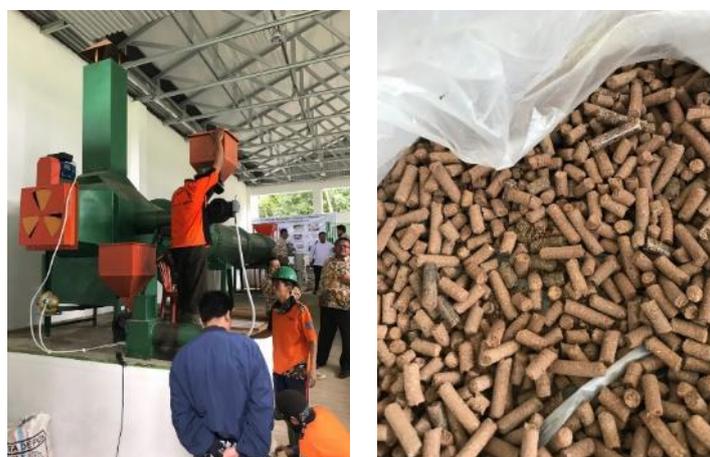


図 14 左：乾燥設備、右：製造したペレット（廃棄物固形燃料）



図 15 左：ガス化装置、右：ガスエンジン発電機

一方、この設備で処理できるのは有機物のみであり、様々なごみが混入している家庭ごみを処理することはできない。投入しているのは、枝葉などの有機廃棄物のみとなる。公共事業・国民住宅省の担当者にこの設備では実質的には有機ごみのみしか処理できず、ボリュームの多いプラスチックや有機ごみを含む「ミックスごみ（＝家庭系ごみ）」を処理することができないことを指摘し、同設備の代替として、プラスチックなどを含む固形廃棄物を燃料化できるMFDの使用の検討を提案した。担当者は、機会をみてデンパサルを訪問し、設備を視察したという意向を示している。

一連の設備を導入した現地事業者は、バンドン工科大学のOBが設立したエンジニアリング会社であり、同社の担当者には、今後MFDの製造をインドネシアで行うことを提案している。

また、公共事業・国民住宅省が2019年以降に以下を検討しているという情報を得た。

- ① 小型の最終処分場（TPA Reagonal）を9カ所に建設
- ② 廃棄物発電（WtoE）を10都市に建設（2018年35号大統領令に基づく）
- ③ RDF（廃棄物固形燃料）設備を6カ所に建設
- ④ ブリケット（代替燃料）製造設備を2カ所に建設

ここでも注目すべきは、③及び④である。上述したように、公共事業・国民住宅省は廃棄物由来の固形燃料の製造を計画しているが、現状の導入設備では、分別された有機ごみのみを受け入れる施設となっている。MFDを活用することで、プラスチックなどを含む固形廃棄物を燃料化することができ、ここに、MFD普及のポテンシャルが存在することになる。

### III. 農業省

農業省では、コンポストによる有機肥料作りを促進するために、次の4つのプログラムが準備されている。農業省へのヒヤリングによると、現在においても同様のプログラムを実施しているということであった。

- ① 農業施設とインフラ整備プログラム
  - ・6,500ユニットのコンポスト施設を新たに導入する<sup>14</sup>
- ② 自給率向上、持続可能な自給を達成するための、生産量、生産性、農作物の質向上、農業施設とインフラ整備プログラム
  - ・化学肥料と有機肥料に対する補助金の増額
- ③ 農作物生産における管理対策とモニタリングシステム導入プログラム
  - ・肥料の需要と供給ロードマップの策定
- ④ 補助金優遇のある肥料の配給プログラム

上記のうち、有機肥料や土壌改良分野で特に注力しているのは、農家が有機肥料を製造することを推進すること、有機肥料の購入に関する補助金制度であり、①と④が該当する。

#### ③-3 法制度

インドネシアにおける、廃棄物管理の基本となる法制度は、インドネシア共和国法2008年第18号「廃棄物管理法」となる<sup>15</sup>。同法の前文に、「考慮する項目」として、次の点が挙げられている。

##### 考慮する項目

- a. 社会における人口増加と消費パターンの変化により、廃棄物の量、種類が増加し、特性が多様化している。
- b. 現在の廃棄物管理法は環境的に安全な方法と技術に基づいていないため、地域の健康と環境に悪影響を及ぼしてきた。
- c. 廃棄物は、均等、効果的かつ効率的に実施することで、経済的恩恵、地域の健康、環境の安全性、行動の変化をもたらすため、包括的に管理され上層から下層まで

---

<sup>14</sup> コンポスト施設は小規模であり、牛ふんを用いて農村においてコンポストの製造を促すプログラムである。コンポスト製造量は多くなく、むしろ有機肥料や堆肥を使用するための啓もう活動といえるものである。このような性質上、提案事業との利益相反は起こりえず、むしろ相互補完関係を構築できると考えられる。

<sup>15</sup> “ACT OF THE REPUBLIC OF INDONESIA NUMBER 18 YEAR 2008”, [http://www.menlh.go.id/adipura/peraturan/UU\\_no18\\_th2008\\_ttg\\_pengelolaan\\_sampah%20\(english%20version\).pdf](http://www.menlh.go.id/adipura/peraturan/UU_no18_th2008_ttg_pengelolaan_sampah%20(english%20version).pdf)

統合されるべき国家的問題であった。

- d. 廃棄物管理は、均等、効果的かつ効率的に実施する目的で、国民と企業の参加と同様、法的保証、政府の透明性、政府の責任と権限、地方自治が必要である。
- e. a～d で述べた考慮を基に、廃棄物管理法で定める必要がある。

この廃棄物管理法の第29条には、明確に「最終処分場における単純埋立（オープンダンピング）による廃棄物処理を禁止する」ことが示されている。この禁止令についての具体的な規定については、県や市などの地方自治体の規則によって定められることとなる。地方自治体の規則は、当禁止令について掲げる規則の違反に刑事制裁と罰金を課すことができる。また、既に存在している最終処分場についての経過措置として、第44条では、次の2点が述べられている。つまり、地方自治体の責任で、2013年までに単純埋立による最終処分場を閉鎖しなければならない。

#### 廃棄物管理法 第十六章 経過規程 第44条

- (1) 地方自治体は本法律制定後最長で1年以内に、単純埋立による最終廃棄物処理場を閉鎖する計画を準備しなければならない。
- (2) 地方自治体は本法律制定後最長で5年以内に、単純埋立による最終廃棄物処理場を閉鎖する。

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

前述の通り、2015年～2019年の国家中期開発計画において、埋立処分場の整備目標がさらに増加しており、さらに、②-2 インドネシアにおける、一般廃棄物の処理方法で述べたように、衛生埋立、管理型埋立への移行が進んでいるが、45%の最終処分場では単純埋立てによる処理が実施されている。

#### ③-4 WtE を対象とした大統領令

2016年に、7都市（ジャカルタ、タンゲラン、バンドゥン、スマラン、スラカルタ、スラバヤ、マカッサル）における一般ごみのWtEに関する大統領令が発表され、1000トン/日以上のごみを対象としたWtEについて、中央政府が処理費の補助を行うことが盛り込まれた。加えて、大統領令によるPPP（public-private partnership、官民パートナーシップ）制度、採算性の低い案件への建設費支援制度が存在しており、売電や処理費を基と

したWtEビジネスについて、事業環境が整備されつつある。

こうしたWtEを推進させることが期待される政策として、エネルギー・鉱物資源省が管轄する、FITによる売電の推進を挙げることができる。2015年にはFITによるWtE売電タリフが改定され、メタンガス発電の場合は16.55USセント/kWh、ごみ焼却発電による場合は18.77USセント/kWhに値上げされた。

しかし、2017年2月にFITの改訂方針が発表された。2015年の改訂FITは、1. 売電タリフの値上げ、2. ドルベースでの売電タリフと言う点が特徴であり、事業性を高めるものとして事業者からは歓迎されていたが、2017年2月の改訂では、1. 売電タリフの値下げ（一般的な売電料金と同様）、2. インドネシアルピアベースでの売電タリフとなり、事業者にとっては「2015年以前に逆戻り」することとなった。これは、電力を買い取る国営電力会社（PLN）の財務体質に問題があると言われている。

2018年4月に、再度WtEに関する大統領令（2018年35号）が発表された。対象となる都市は、デンパサールを含む12都市となり、WtEのFITは、13.35USセント/kWh（20MWまで。20MW以上は発電出力によって変動）となったほか、地方政府が負担する一般廃棄物の処理費（ティッピングフィー）は最大で50万ルピア/トン（約4000円/トン）となることが規定された。中央政府による財政支援も盛り込まれているが、多くの権限が地方自治体の責任となっている。また、入札制度については不透明な点が残るなど、地方政府のキャパシティが向上しなければ、WtEの導入は進まないと想定される。

デンパサール市においては、大統領令の施行を受けて、スウォン最終処分場における10MWのごみ発電事業が計画されている。ごみ発電事業の事業者は、PLN（国営電力会社）の関連企業であるインドネシアパワーとなることが想定されている。一方、具体的な導入技術や、初期費用の調達方法については、未だ検討がなされていない状況にある。インドネシアパワーへのヒヤリングによると、日本を含む外資企業やコンソーシアムによる技術提供と、初期費用の提供は可能であり、MFDを活用した発電事業を提案する余地があることが判明した。

デンパサール市の環境美化局長へのヒヤリングでは、インドネシアパワーやデンパサール市に対して、20件ほどの投資を含む提案があったものの、ティッピングフィー等の点で、経済的に実現可能性がある提案はなかったということであった。WtEの導入については、まだ相当の時間をかけて準備が進められると想定される。

#### ③-4 家庭廃棄物管理についての次期国家戦略及び方針を対象とした大統領令

廃棄物の削減量については、2017年10月に大統領令(2017年97号)「家庭廃棄物管理についての次期国家戦略及び方針（通称JAKSTRANAS）」が発令された。重要な骨子は、以下の2点となる。

- ① 2025年までに、家庭廃棄物の発生量を30%削減

## ② JAKSTRANASに基づく中央政府、及び地方政府のマスタープランを策定

JAKSTRANASは、廃棄物の発生抑制を目指すものである。廃棄物の処理については、上述の廃棄物管理法に基づくことになる。

デンパサール市では、このJAKSTRANASを受けて、「家庭廃棄物管理についての次期地方戦略及び方針マスタープラン（通称JAKSTRADA）」を制定する予定である。デンパサール市の環境美化局長へのヒヤリングでは、JAKSTRADAにおいて、「スーパーやモールにおけるプラスチック製のレジ袋の使用禁止」、「市場における有機ごみの処理」を盛り込む予定である。既に、デンパサール市では、スーパーやモールにおけるプラスチックレジ袋の使用禁止が実施されている。

また、譲渡するMFDについては、廃棄物管理施策の実例としてJAKSTRADAに盛り込む意向を有しているとコメントがあった。

## ④事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

### ④-1 日本のインドネシアに対する ODA 方針

日本のインドネシアに対する ODA の方針は、「対インドネシア共和国国別開発協力方針」にまとめられている<sup>16</sup>。重点分野（中目標）の②において、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が掲げられている。以下では、当事業に関連が深い点について、下線を付した。

#### 1. 援助の基本方針（大目標）

##### ① 発展と国際的課題への対応能力向上への支援

インドネシアの均衡ある発展を実現するため、質の高いインフラ整備等を通じた国際競争力の向上や、安全で公正な社会の実現に向けた支援を行うとともに、アジア地域及び国際社会の課題への対応能力の向上に向けた支援を実施する。

#### 2. 重点分野（中目標）

##### ① 国際競争力の向上に向けた支援

グローバル化が進むインドネシア経済において、民間企業の国際競争力向上を通じた経済成長を実現するため、交通・物流・エネルギー・通信網等の質の高いインフラの整備や、各種規制・制度の改善支援などを通じたビジネス・投資環境の整備並びに人材育成を支援する。

<sup>16</sup> 外務省「対インドネシア共和国国別援助方針」

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

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

② 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

安全で公正な社会を実現するため、生活の質の向上に向けて、大都市だけでなく、地方の開発を支援するとともに、防災対策等の行政機能の向上を支援する

③ アジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上に向けた支援

アジア地域及び国際社会の課題でもある気候変動並びに環境保全対策を支援するとともに、海上安全やテロ対策、感染症問題への対応能力、さらに、援助国（ドナー）としての能力向上を支援する。

④-2 対象国の対象分野における ODA 事業

2015年に、廃棄物関連のプロジェクトとして、当事業を含む4つの案件の実施について、JICAとインドネシアの環境・林業省との間でMOUが交わされた。また、2017年3月からは、川崎市などが、西ジャワ州バンドンにおいて廃棄物管理支援プロジェクトを開始した。すでに終了した事業としては、北九州市の西原商事が普及実証事業としてスラバヤで実施したプロジェクトがある。下表に、各プロジェクトの概要を示す。

総じて、背景にあるのはインドネシアにおける一般ごみの処理にかかる問題である。すなわち、経済発展と人口増加に伴い増加する一般ごみについて、これまでの最終処分場へのオープンダンピングに代わる、リサイクルや3Rを中心としたソリューションの提供が目的となる。

本事業の成果については、こうした取り組みを行う事業者にも共有し、今後のビジネス展開や「一般ごみ問題」というインドネシア都市部における開発課題の解決に向けてシナジー効果を発揮できると考えられる。

表 3 インドネシアにおける、廃棄物関連の ODA プロジェクト

NO	プロジェクト名	日本の事業者	インドネシア CP	期間
1.	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（普及・実証・ビジネス化事業（中小企業支援型））	西原商事	スラバヤ市	2013年10月 ~2016年10月
<p>【実施内容】</p> <p>有機ごみを原料とする堆肥製造とその販売可能性の検討を行い、最終処分される一般ごみの減量化と同事業の採算性を検討する。</p>				

2.	住民参加型の多品目分別・減量による非焼却型一般廃棄物処理システム普及・実証事業（普及・実証・ビジネス化事業（中小企業支援型））	そおりサイクルセンター	デポック市	2017年2月 ~2020年4月
	<b>【実施内容】</b> リサイクル可能なごみの分別と、有機ごみのコンポスト化による、ごみの減量を目指す			
3.	バリ州デンパサール市における資源循環型まちづくり技術支援事業（草の根技術協力（地域活性化特別枠））	鹿児島県大崎町	バリ州	2015年7月 ~2017年3月
	<b>【プロジェクト目標】</b> 一般廃棄物の分別収集処理システムの構築と普及指導員の育成による持続可能な資源循環型まちづくりのモデルを確立する。			
4.	ボゴール市における一般廃棄物処理改善事業（草の根技術協力（地域活性化特別枠））	広島県	ボゴール市	2016年1月 ~2018年3月
	<b>【プロジェクト目標】</b> ボゴール市の一般廃棄物処理に関する計画を策定するとともに、市内のモデル地区において3R普及啓発及び効率的な一般廃棄物処理（分別排出・収集運搬・中間処理）体制を構築する。			
5.	バンドン市における持続可能な資源循環型社会の構築に向けた廃棄物管理支援プロジェクト（草の根技術協力（地域活性化特別枠））	神奈川県川崎市など	バンドン市	2017年3月 ~2020年3月
	<b>【プロジェクト目標】</b> 住民や事業者の能力開発を通じて3Rを適切に実施し、有機性・非有機性廃棄物を可能な限り多く再利用するための適切な分別能力を向上させることにより、持続可能な循環型社会を構築するための取り組みを推進させる。			

JICA事業に関しては、これまで実施された廃棄物関連事業として、バンドン市、デポック市を中心とした西ジャワ州（インドネシア国 西ジャワ州廃棄物複合中間処理施設・最終処分場・運営事業準備調査(PPPインフラ事業)、2010年12月~2012年3月）を挙げることができる。最終処分場の整備にとどまらず、中間処理や3R推進などによるごみの減量化を目指している点が特徴的である。

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

とっていいだろう。JICA事業においては、こうした日本の強みとインドネシアのニーズをうまく組み合わせたプロジェクトが進められている。本事業を含む普及・実証事業においては、具体的な技術の提案も行われている。

#### ④-3 対象国の対象分野における日本の省庁による事例分析

他の省庁などによる事例では、廃棄物関連事業において、日本企業の強みを生かすという点から調査が実施されている。

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

東ジャワ州マラン市では、「経済産業省：平成23年度民活インフラ案件形成等調査 インドネシア・東ジャワ州マラン市及び周辺地域での統合型廃棄物発電事業調査」、ジャカルタ首都特別州では「経済産業省：平成 23 年度民活インフラ案件形成等調査 インドネシア・ジャカルタ州都市廃棄物BOT事業実施可能性調査」が実施された。共に一般ごみの最終処分量を削減させる取り組みがテーマとなっている。これらの調査結果においても、インドネシアの一般ごみの特性として、生ごみなどを主とする有機ごみが60～70%を占めており、堆肥化などによる有機ごみの減量や堆肥の販売益による事業性の確保が大きな課題となっているとともに、ティッピングフィーの設定が必要なことがうたわれている。

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

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

名称	発酵減圧乾燥システム (MFD)
スペック (仕様)	<p>処理能力：日量約2トン、本体重量：約5.0トン</p> <p>動力：電気及び重油</p> <p>本体サイズ：幅4.9m×奥行き2.0m×高さ2.0m</p> <p>付属機器：バイオマスボイラー、投入・取り出しコンベアー、脱臭装置、冷却装置</p>
特徴	<p>MFDの最大の特徴は、分別収集の不十分な<u>一般ごみの投入が可能</u>なことである。前処理に破砕機などを使わず、低速回転での攪拌のみで乾燥を行うため異物の混入が故障の原因とならない。回収時のごみ袋のまま、大型の異物のみ取り除き装置へ投入することが可能である。</p> <p>投入後、処理槽内部を減圧・加熱し荒破袋・攪拌する。またその際に50～60度にて最も活発に活動する菌が発酵を促進することで、発酵熱と減圧されていることによる低温度の沸騰にて水分が蒸散し有機ごみの乾燥・減量を行う。<u>低温度処理のため廃プラなど無機物(異物)は溶けたり炭化したりせずにそのまま排出され、トロンメルやふるいにて有機物(肥料)との分別が可能</u>である。</p> <p>また、ランニングコスト面においても<u>減圧することにより非常に少ない熱量で加熱するため低燃費</u>であり、また乾燥された有機物をバイオマスボイラーにて燃料として利用することで<u>加熱の為に燃料を必要としない循環型の運転が可能</u>となる。さらに、低温乾燥のため有機物の栄養価が高く、<u>肥料、飼料</u>としても付加価値が高い。</p> <p>処理能力においては1t処理から100t処理まで大型化も可能な設計であり、地域にあったカスタマイズが可能である。また、無排水設計であり処理水などが発生せず、バイオマス燃料のコジェネを活用することで、ボイラーのような追加インフラを必要としない独立型の処理システムの構築も可能である。</p>

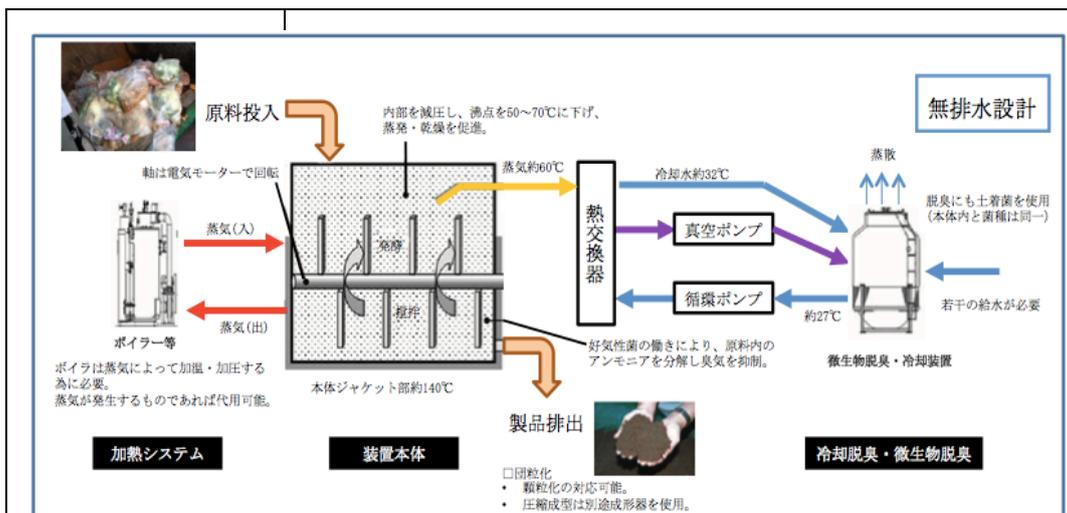


図 16 設備概要

<p>競合他社製品と比べて比較優位性</p>	<p>減圧乾燥と発酵を組み合わせた再資源化機器は他にはないため同じシステムでの競合製品は存在しない。リサイクルを前提としながら不十分な分別でも投入でき、且つ低燃費であることから、<u>他の主流な再資源化技術であるコンポスト化に対しては分別の容易さでの、バイオガス化に対してはコスト面での優位性が高い。</u></p> <p>対象地域での細く複雑な分別は住民への教育指導面での困難が予想され、分別の導入から徹底までの時間コストに加え、包装材や木屑、金属片など相応の異物混入リスクが懸念される。</p>
<p>国内外の販売実績</p>	<p>なし（自社で稼働及びオペレーション経験のある発酵堆肥化装置と乾燥機のノウハウを統合して開発する装置である）</p>
<p>サイズ</p>	<p>幅 4.9m×奥行 2.0m×高さ 2.0m</p>
<p>設置場所</p>	<p>インドネシア共和国バリ州デンパサール市 TPST 3R JI.Sekar Sari,Gang Melati,Kertalangu,Denpasar</p>
<p>今回提案する機材の数量</p>	<p>本体ユニット 1 台、投入コンベア 1 台、脱臭装置 1 台、冷却装置 1 台、バイオマスボイラー 1 台</p>
<p>価格</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1 台（1 式）当たりの製造原価：30,050,000 円</li> <li>・ 本事業での機材費総額（輸送費・関税等含む）：35,650,000 円</li> </ul>



図 17 設置が完了した MFD 一式

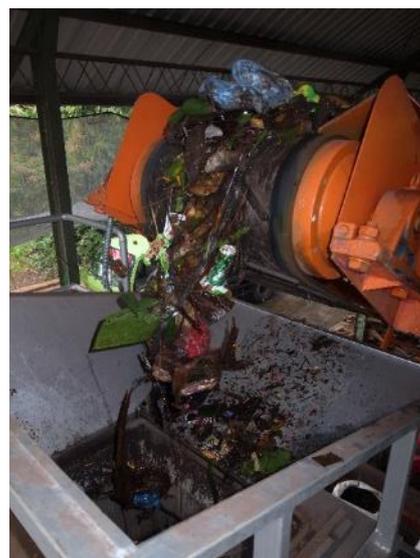


図 18 左：ごみの投入、右：コンベヤーから MFD 本体に投入されるごみ



図 19 排出されるアウトプット



図 20 トロンメルを使用して、アウトプットから有機ごみ以外を除去する



図 21 最終的なアウトプット

## 2. 普及・実証事業の概要

### (1) 事業の目的

#### ①事業の目的

デンパサール市における「ごみの分別・収集・運搬」、「低コスト再資源化」、「資源化物の有効利用」という廃棄物の循環モデルにおいて、提案製品である発酵減圧乾燥機（Midori Fermentation Decompression, MFD）を活用した有機ごみ処理の実証を行うことで MFD の現地適応性を検証する。また分別処理の方法、運転管理の方法、再資源化物の有効性、市場価値、事業採算性を検討、提言することで普及可能性を検証することを目的とする。

#### ②事業の実施方針

単に、設備の性能試験をすることだけでなく、有機ごみの分別・収集・運搬から処理および資源化物の有効利用までのバリューチェーン全体を最適化することを目指し、そのために必要なパートナー企業・団体との関係構築やビジネスモデルの策定を推進する。平成 25 年度に実施した案件化調査の成果に基づき、現行の収集処理方法に大きな負荷なく、有機ごみを循環利用する新モデルへと移行できるよう留意することとする。

#### ③事業実施内容

デンパサール市が提供する試験用地に MFD を設置のうえ、事業期間中計三回にわたり、有機ごみ（約 2t/日）の分別・収集・運搬から処理までの一連のプロセスを試験運用する実証を行い、またその先の再資源化物の有効利用を含む事業性について検証する。事業実施内容は、大きく「設備」、「物流」、「再資源化」に分けることができる。

設備については、回収した有機ごみを MFD で処理し、ごみの組成および未分別ごみへの適応性検証、ランニングコスト検証を実施する。具体的には、MFD を現地に輸送し、デンパサール市環境美化局（DLHK）の選定した試験サイトに据え付ける。現地作業者に対し設備運営の教育指導を施した上で、事業期間中計三回にわたり試験運用を行う。各回徐々に（有機ごみの）投入負荷を増やしながら機械の運転調整や運用方法の改善を図る。

物流については、有機ごみの分別・収集・運搬プロセスについて、現状把握・課題特定・改善案のモデル検証を実施する。有機ごみの収集運搬は DLHK の回収車にて行う。搬入頻度やルートなどは試験運用の都度調整し、中長期的な物流モデル策定へとつなげる。また DLHK に対しては、ごみの分別指導のサポートも提供する。

再資源化については、残渣（生成される乾燥再資源化物）を堆肥利用するための成分分析を行うとともに、並行して対象地域における用途（事業化含む）検討を実施する。ごみ処理後の乾燥した再資源化物は、堆肥原料としてその有効成分を確認したうえで、

販売先の確保およびその条件交渉をする。

## (2) 期待される成果

以下に、本事業の実施によって期待される成果を記す。

成果1：有機ごみの減量化、適正処理の方法として発酵減圧乾燥機（MFD）による堆肥製造技術の現地適応性が検証される

→ 通常稼働可能レベルの現地適応性を確保するために対処すべき課題と、その解決方法が特定される。

成果2：デンパサル市の有機ごみの分別、収集、運搬のプロセスが検証され、改善策が抽出、提案される

→ 効率的な分別・収集・運搬モデルが提案されると同時に、その実現を可能とするような技術向上及び、（関係者全員の）意識改善に向けた対処方針が策定される

成果3：MFDを活用した有機廃棄物処理方法について、その再資源化物の有効利用も含め、事業性、普及可能性が検証、提案される

→ 再資源化物（堆肥）の農業利用が可能（成分上有効）と判断された場合、その販路ないし普及規模などの可能性が検証・提案される

→ 石炭代替燃料等の有効利用の可能性が検証・提案される。

(3) 事業の実施方法・作業工程

表 4 作業工程

調査項目		2017		2018												
		11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
① MFDの現地適応性の実証																
①-1	現状確認 C/Pとの実施体制、据え付け場所															
①-2	MFDの仕様決定及び設計															
①-3	機材の発注・調達業務															
①-4	機材の設置場所・レイアウトの決定と工事発注															
①-5	現地への機材設置・試運転	■														
①-6	MFDの連続運転・調整				■	■						■	■	■	■	■
	(活動計画)	1月の渡航にて事業ごみ(レストランなど)の処理及び一般ごみ(家庭)の処理実証を実施。ごみの特性に対する機器の改善点やオペレーションの改善点を抽出した。3/4から第2回目の実証試験実施。検討したオペレーション方法での一般ごみの処理実証及び最終処分場の掘り起こしごみ、残渣付き廃プラスチックの処理実証を行う。1、2回目の結果を考慮またDLHKとの協議を進めた上で最適の方法にて連続運転実証を実施。(9月中旬)※バイオマスボイラーの燃料についても現在の薪だけでなく、PKSやEFBなど調達を模索し試験を実施したい。														
①-7	MFDの運営維持にかかる人員計画の策定	■	■		■	■										
	(活動計画)	3回の試験連続を通して各廃棄物に対してMFDの運用及びバイオマスボイラーの効率的運用を検証する。また前処理(必要な分別、似姿別の投入方法など)のオペレーションと人員計画を検証。														
①-8	運営維持管理を担当するC/P人材への技術指導	■			■	■										
	(活動計画)	マニュアルの作成及び対象物ごとの修正など行い。3回目までの連続運転試験(8月下旬)までに完成させる。またそれぞれ運転期間中に操作を指導。														
①-9	完成した堆肥の品質分析				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	(活動計画)	運転実証にて処理された乾燥物をそれぞれ成分分析を実施。肥料会社との打ち合わせと安定的品質確保の手法について検討。販売価格のヒヤリングなど。														
② 分別・収集・運搬プロセスの検証																
②-1	一般廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの現状把握	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	(活動計画)	1月の渡航にて民間業者及びDLHKの収集車の追跡調査を実施。3月及び5月渡航にて民間事業系ごみ収集の最終処分場への搬入方法と分別後(有価物抜き取り後)プロセスを調査。また費用負担についての明確化のためのヒヤリングも実施。														
②-2	有機廃棄物の分別状況の調査と課題の抽出	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	(活動計画)	1月渡航時に有機廃棄物の回収業者のヒヤリングを実施。次回次々回で有機物の組成を検証。(生ごみ、剪定枝葉など)排出元での分別状態の調査。														
②-3	MFDの運用にかかる組織・人員体制にかかるレビュー	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	(活動計画)	連続運転実証で得られた情報からランニングコスト、メンテナンス方法・コスト、必要人員体制を検証し、DLHKが継続的に運転していく上でのコストシミュレーションを提案する。														
②-4	有機廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの改善提案															
	(活動計画)	収集した情報を整理し、改善案やよりMFDの効率的運用のための案を提案する。現地2回を予定。														
②-5	C/Pとのレビュー結果を協議するための検討会															
	(活動計画)	改善案及び法制度についてなど検討会を実施。														
②-6	検討会の結果を反映した改善案の提案															
	(活動計画)	検討会での内容を反映し改善案の提案。														
③ 普及可能性の検証・提案																
③-1	MFDを中心とした提案技術のマーケット分析															
	(活動計画)	MFDを活用したビジネス展開の可能性を分析、現地でのインシャルコスト(機材の現地化も含め)、ランニングコストの見える化とビジネスプランの策定。関係者へのヒヤリング。														
③-2	事業採算性の検討及びビジネス展開の計画の策定															
	(活動計画)	<p style="text-align: center;"> <span style="color: blue;">■</span> 現地作業      <span style="color: orange;">■</span> 国内作業         </p> 規模拡大の場合の事業収支を作成の上、必要な箇所へ計画の共有とヒヤリング。(PLN、エンジニアリング会社、肥料会社等々)														

### ① ハード面

有機廃棄物の減量化・適性処理の方法として発酵減圧乾燥機（MFD）による堆肥製造技術、廃棄物固形燃料の有効性を検証する。なお、論点先取となるが、堆肥製造技術については、アウトプットの品質をインドネシアの基準に合わせることで、投入前後の選別プロセスという観点から、将来的な事業展開時には実現可能性が低いことが判明した。よって、将来的な事業展開を検討する際には、廃棄物固形燃料の製造に焦点を絞ることとした。

現地カウンターパートであるデンパサール市 DLHK から提供される実験場（約 3,500 m<sup>2</sup>、現在堆肥場）に発酵減圧乾燥システム（MFD）の設置工事をを行う。

搬入設備は MFD 及び、付帯設備としてバイオマスボイラー、投入・取り出しコンベアー、脱臭装置、冷却装置となり、これらを現地にて据え付け調整・試運転を行う。試運転は地域の土着菌から適正な菌を採取培養し、菌床を製造する。その後 DLHK からゴミの提供を受け、500kg 程度の投入からスタートし運転負荷を上げながら調整する。連続運転期間も段階的に長くしていく。モニタリングを続け、様々な状態の廃棄物への対応を検証し、運転人員、管理人員などの体制を提案する。また、処理した再資源化物の堆肥原料、廃棄物固形燃料としての有用性の検証、分析を行う。

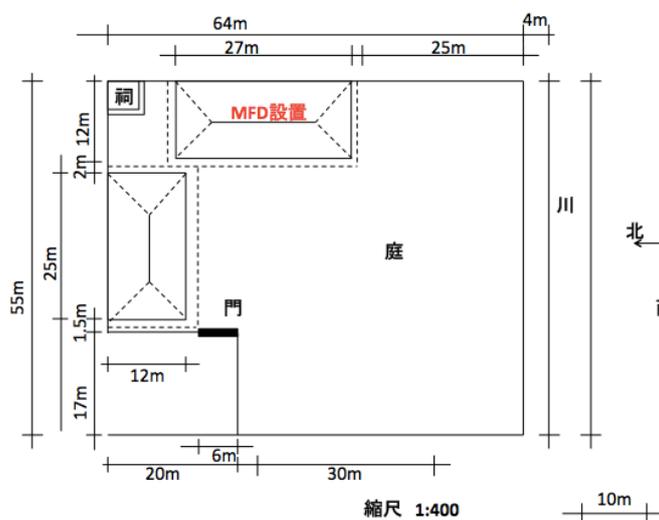




図 22 設置場所見取り図 及び 写真

【具体的な作業内容とスケジュール（現地・国内）】

①-1 現状確認、カウンターパート（C/P）との実施体制、据え付け場所確認  
（現地作業）

当初計画 : 2016年9月、2017年1月

計画変更後 : 2016年9月、2017年6月

（実施内容）

- ・ C/P との今後の進め方に関する協議及びスケジュール確認
- ・ 設置場所最終確認
- ・ 搬入経路など導線の確認
- ・ JICA 事務所及び関係省庁への訪問、スケジュール共有など

本事業の実施に当たり、施設の設置に必要な基本情報の収集や、C/P との調整を行う。

また、JICA インドネシア事務所を訪問し事業説明を行うとともに、インドネシアにおける業務実施についての留意点などを確認することとする。

①-2 MFD の仕様決定及び設計

（国内作業）

当初計画 : 2016年9月～10月

計画変更後 : 2016年9月～12月

（実施内容）

- ・ 仕様の打ち合わせ、確定
- ・ 仕様書作成

設置場所の確認結果をふまえ、本事業で設置する MFD について、仕様の検討、決定および設計を行う。

### ①-3 機材の発注・調達業務

(国内作業)

当初計画 : 2016年10月～11月

計画変更後 : 2017年1月～3月

(実施内容)

- ・ 機材の発注手続き (契約書の締結など)
- ・ 製造、調達をフォロー

①-2に基づき、MFDの発注を行う。また、メーカーの製造、調達状況を確認し、スケジュールに遅延が生じないように留意する。

### ①-4 機材の設置場所レイアウトの決定と工事発注

(国内作業)

当初計画 : 2016年11月～12月

計画変更後 : 2017年4月～10月

(実施内容)

- ・ 発注仕様書に応じたインフラの決定
- ・ 設置場所レイアウトの決定と電源等の仕様決定
- ・ 電源工事等発注

MFDのサイトにおける設置に際して、必要なインフラ (電気、水など) を確認する。特に電力については、仕様を決定し次第、現地の電力会社 (PLN) や電気工事業者への発注を行い、スケジュールに遅延が生じないように留意する。

### ①-5 現地機材設置

(現地作業)

当初計画 : 2017年2月～3月

計画変更後 : 2017年11月～12月

(実施内容)

- ・ MFDの搬入据え付け
- ・ 備品調達
- ・ 土着菌の採取及び養生
- ・ 試運転調整
- ・ 廃棄物搬入
- ・ 組成分析 (処理前、処理後)

現地サイトにおいて、MFDの設置を行う。運転に必要な、備品の調達や土着菌の採

取および養生も行う。第一回連続運転に先立ち、廃棄物を搬入した上で試運転を行い、組成調査を実施する。第一回連続運転前に発生した問題を解決し、スムーズに連続運転を開始できるようにする。

#### ①-6 MFD の連続運転・調整

(現地作業)

当初計画 : 2017年4月 第一回連続運転  
          2017年6月 第二回連続運転  
          2017年11月 第三回連続運転  
計画変更後 : 2018年1月 第一回連続運転  
              2018年3月 第二回連続運転  
              2018年8月 第三回連続運転

(実施内容)

第一回連続運転では、投入ごみに対する運用の最適化を図る。また、課題を抽出した上でその改善策を検討する。第二回連続運転では、課題の改善策の効果を確認しながら、運用の最適パターンを検討する。第三回連続運転においては、確立した運用パターンに基づき、長期の連続運転を行う。アウトプットの品質をさせた上で、ランニングコストの精査を行う。

(第一回連続運転 実施内容)

- ・ 廃棄物の組成確認
- ・ 組成分析 (分別チェック)
- ・ 組成と乾燥物との相関チェック
- ・ 乾燥物のサンプル採取・分析
- ・ 燃費モニタリング
- ・ 臭気モニタリング
- ・ アウトプットの組成分析

(第二回連続運転 実施内容)

- ・ 第一回連続運転のモニタリング結果を受け、ハード、ソフト (運用) 面の改善対応実施
- ・ 乾燥物のサンプル採取・分析
- ・ 燃費モニタリング
- ・ 臭気モニタリング
- ・ アウトプットの組成分析

(第三回連続運転 実施内容)

- ・ 第二回連続運転のモニタリング結果を受け、ハード、ソフト（運用）面の改善対応と運用パターンの確立
- ・ 乾燥物のサンプル採取・分析
- ・ 燃費モニタリング
- ・ 臭気モニタリング
- ・ ランニングコストの精査
- ・ アウトプットの組成分析

①-7 運営維持の人員計画

(国内作業)

当初計画 : 2016年12月～2017年2月、2017年5月～6月

計画変更後 : 2017年11月～12月、2018年2月

(実施内容)

- ・ 基本的な人員計画を策定する。
- ・ 機械オペレーションマニュアル等を整備（インドネシア語・英語）
- ・ 作業フローと連絡先一覧など整備（廃棄物搬入先、分別された不要物の引き取り先及び処理先他）
- ・ 現場担当一覧の作成

MFD 設置前に、設置サイトで運用が可能となるように、簡単なオペレーションマニュアルや作業フローを整理する。連続運転実施時にその内容をブラッシュアップさせていく。

(現地作業)

当初計画 : 2017年4月、6月、11月

計画変更後 : 2018年1月、3月、8月

(実施内容)

- ・ 上記人員計画に基づき、C/Pより派遣する人員について打ち合わせ
  - ・ 現場オペレーションの実態に合わせ随時人員計画を見直し、マニュアル類に反映
- 策定した人員計画を基に、現地でMFDの運営体制を構築する。連続運転によって検討した内容は、随時人員計画に反映させることとする。

①-8 運転維持管理担当者（C/P）への技術指導

(現地作業)

当初計画 : 2017年3月、4月、7月、11月

計画変更後：2017年11月～12月、2018年1月、3月、8月

(実施内容)

- ・ 据え付け試運転時に責任者候補への機械のしくみや構造に関する指導
- ・ 保守、メンテナンスに関する指導
- ・ 運転指導
- ・ 堆肥原料としての取り扱い方法の説明、オペレーション指導

①-7で検討した内容を基に、運転維持管理者への技術指導を行う。連続運転の改善に伴い、随時必要な技術指導を実施する。

(国内作業)

当初計画：2017年5月

計画変更後：2018年2月

(実施内容)

- ・ 第一回連続運転を踏まえ指導内容の再検討と資料作成

#### ①-9 完成した堆肥の品質分析

(現地作業)

当初計画：2017年4月、8月、12月

計画変更後：2018年1月、3月、5月、8月

(実施内容)

- ・ 乾燥物の品質分析
- ・ 含水率のチェックと調整
- ・ 現地で流通する堆肥の品質チェックと用途分析
- ・ 堆肥業者との流通に関する打ち合わせ
- ・ 農家へのヒヤリング

第一回～第三回の連続運転に際して、完成したアウトプット（堆肥）の品質分析を行う。その際、使用用途（肥料原料、土壌改良材としてそのまま利用など）に応じて、要求されるスペックを満たしているかどうかについて十分な確認を行う。スペックを満たしていない場合は、その対応を検討し運用を改善する。

(国内作業)

当初計画：2017年5月、9月

計画変更後：2018年2月、6月

(実施内容)

- ・ 上記品質分析結果を元に利用方法などの検討
- ・ 堆肥流通業者への説明資料などの作成

- ・ インドネシア、日本国内における堆肥の事例研究  
品質分析結果を基に、堆肥の使用用途を検討する。また、使用用途に応じたスペックを満たすよう運用改善の検討を行う。

## ②ソフト面

対象地域（デンパサール市およびその周辺地域）の自然・社会条件に合わせた有機廃棄物の分別・収集・運搬のプロセスを検証し、改善策の抽出・提案を行う。

一般廃棄物全般の現状把握を行い、有機廃棄物の分別状況の調査と課題の抽出を実施し、同時に MFD 運用にかかわる組織と人員体制及び予算制度の提案書を作成する。

上記、プロセスの改善案と運用に関する提案書に関して C/P との協議を重ねた上、指摘事項や意見を反映した全体最適を目指した改善案の作成と提案を行う。

### 【具体的な作業内容とスケジュール（現地・国内）】

#### ②-1 一般廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの現状把握

（現地作業）

当初計画 : 2016年9月、2017年1月、3月、4月、7月

計画変更後 : 2017年11月、2018年1月、3月、5月

（実施内容）

- ・ C/P から一般廃棄物の分別・収集・運搬プロセスについての現状ヒヤリング
- ・ 各業種視察（ホテル、飲食店、公共施設、公園、家庭など）
- ・ 収集運搬業務の視察
- ・ その他の堆肥施設など処理施設の視察とヒヤリング

事業実施の重要な情報として、デンパサールにおける一般廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの現状を調査・把握する。

（国内作業）

当初計画 : 2016年10月、2017年3月～5月

計画変更後 : 2017年12月、2018年2月

（実施内容）

- ・ 事業対象地における廃棄物処理の現状把握に資する視察先の選定
- ・ 渡航スケジュールの作成
- ・ 事業パートナーとの打ち合わせおよび監督省庁や自治体への表敬訪問に向けたアポイントメント調整
- ・ 廃棄物収集・処理に係る現地法規制他制度の研究

現地で得た情報を基に、今後の現地調査の指針を検討する。また、インドネシアにおける一般廃棄物処理の動向についての制度研究を行い、今後の政策動向を確認する。

## ②-2 有機廃棄物の分別状況の調査と課題の抽出

(現地作業)

当初計画 : 2016年9月、12月、2017年3月、4月、8月

計画変更後 : 2017年11月、2018年1月、3月、5月

(実施内容)

- ・ 実証にて搬入される廃棄物の組成確認と排出元のケーススタディ
- ・ 各業種へのヒヤリング (ホテル、飲食店、公共施設、公園、家庭など)

②-1 を基に、事業化時に必要となる有機ごみの収集実態や組成確認を行う。また、有機ごみの排出、収集、処理実態についてのヒヤリング調査を行う。

(国内作業)

当初計画 : 2016年10月、2017年3月、5月

計画変更後 : 2017年12月、2018年2月

(実施内容)

- ・ ヒヤリング先の選定
- ・ スケジュールの作成
- ・ アポイント調整
- ・ インドネシア国内での分別状況に関する事例研究
- ・ 視察、ヒヤリング後の課題の抽出

現地調査の準備および、現地調査を踏まえた課題の抽出を行う。また、インドネシアにおける有機物の分別状況に関する事例研究を実施する。

## ②-3 MFD の運用にかかる組織・人員体制に関する提案書の策定

(現地作業)

当初計画 : 2017年2月、7月、11月、2018年2月

計画変更後 : 2017年11月、12月、2018年5月、10月

(実施内容)

- ・ MFD の運用にかかる組織・人員体制に関する確認作業
- ・ C/P 及び関係機関との提案書内容の実現性に関する協議

連続運転の実績から見直しを行いながら、適切な人員計画を策定し、C/P と実現性を重視した擦り合わせを実施していく。

(国内作業)

当初計画 : 2017年2月、3月、6月、10月、2018年1月、2月

計画変更後：2017年11月、12月、2018年5月、7月、9月、11月  
(実施内容)

- ・ 本機材の運転に関する人員体制の作成（管理機能を含む）
- ・ 保守、メンテナンス実績から計画の策定
- ・ ランニングコスト実績からの予算計画の策定

連続運転の結果を基に、MFD の運用にかかる組織・人員体制の見直しを行う。最終的には、本事業におけるコストを含む運用実績から、将来的な事業に必要な人員計画の予算案を策定する。

#### ②-4 有機廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの改善提案

(現地作業)

当初計画：2017年7月、11月、2018年2月

計画変更後：2018年5月、10月

(実施内容)

- ・ 改善案に関する協議（協議を3回程度予定）

有機廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの改善案の提案を行い、C/P との協議を実施する。

(国内作業)

当初計画：2017年6月、10月、2018年1月、4月

計画変更後：2018年5月、7月、9月、11月

(実施内容)

- ・ 視察、ヒヤリング結果の整理
- ・ ヒヤリング報告書と改善案の作成
- ・ 現地ミーティングを反映した改善案の検討と資料作成

C/P に対して、本事業の結果を基に、有機廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの改善案の検討、提案準備を行う。

#### ②-5 C/P とのレビュー結果を協議するための検討会

(現地作業)

当初計画：2018年2月、5月

計画変更後：2018年10月、11月

(実施内容)

- ・ 検討会の開催（2回程度の実施）

(国内作業)

当初計画 : 2018年1月、4月

計画変更後 : 2018年9月、11月

(実施内容)

- ・ 上記検討会のための資料作成 (インドネシア語・英語)
- ・ 法制度などの研究

## ②-6 検討会の結果を反映した改善の提案

(現地作業)

当初計画 : 2018年5月

計画変更後 : 2018年11月

- ・ デンパサール市及びDLHKへ今後の設備運営にかかる提案会の開催
- ・ バリ州、中央政府への提案と報告

(国内作業)

当初計画 : 2018年4月

計画変更後 : 2018年11月

- ・ 提案資料の作成 (インドネシア語・英語)

## ③全体検討

発酵減圧乾燥機 (MFD) (ハード面) および有機廃棄物の分別・収集・運搬 (ソフト面) の実証活動に基づき、MFD 及び廃棄物の再資源化製品 (有機堆肥原料、廃棄物固形燃料) の普及可能性を検証・提案する。

①及び②の実証活動に基づきイニシャルコスト及びランニングコストを検証し「見える化」する。また具体的な運用のための人員体制なども含め普及方法とそのための制度等改革内容を作成・提案する。

再資源化製品 (有機堆肥原料、廃棄物固形燃料) について用途や有効性を検証し、有効利用方法と普及方法を作成・提案する。

### 【具体的な作業内容とスケジュール (現地・国内)】

#### ③-1 ①及び②の成果に基づく MFD を中心とした提案技術のマーケット分析

(現地作業)

当初計画 : 2017年1月、4月、7月、11月

計画変更後 : 2018年6月、8月、10月

(実施内容)

- ・ C/P へのヒヤリング

- ・ 中央政府ヒヤリング（農業省、環境・林業省、公共事業・国民住宅省など）
  - ・ 電力会社（PLN）へのヒヤリング
- インドネシアにおける、有機農業、一般ごみ処理、ごみ発電にかかる政策動向をヒヤリングする。また、MFDの特徴や、デンパサールにおける成果を基に、普及可能性をアピールする。

（国内作業）

当初計画　：2017年1月～2018年7月

計画変更後　：2017年11月～2018年12月

（実施内容）

- ・ インドネシア事例研究
  - ・ インドネシア及びデンパサール市制度研究
  - ・ 廃棄物に関わる政策研究（処理コストなど）
- MFDの将来的な普及を検討するにあたり、一般廃棄物処理、有機ごみ処理に関する事例研究、政策研究を行う。

### ③-2 事業採算性の検討及びビジネス展開計画の策定

（現地作業）

当初計画　：2017年1月、4月、7月、11月

計画変更後　：2018年6月、8月、10月

- ・ 事業計画に関するC/Pへのヒヤリング、プレゼンテーション
- ・ 省庁へのヒヤリング、プレゼンテーション

ビジネスモデル、事業採算性を検討するにあたり、必要な情報や政策動向、見込みについてヒヤリング調査を行う。また、策定したビジネスモデルと事業採算性について、普及を図るという観点からプレゼンテーションを行う。

（国内作業）

当初計画　：2017年1月～2018年7月

計画変更後　：2017年11月～2018年12月

（実施内容）

- ・ フィージビリティスタディによる設備規模試算
- ・ 廃棄物処理費に関する事例研究
- ・ 廃棄物発電に関する事例研究
- ・ 堆肥（肥料）価格に関する調査
- ・ 設備の現地カスタマイズとコストダウン検討
- ・ 報告書の取りまとめ

本事業で設置した設備を使用した場合、また将来的に規模を拡大した場合のそれぞれについて、事業採算性、ビジネスモデルの検討を行う。





・資機材リスト

	機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1	発酵減圧乾燥システム (MFD) <sup>17</sup>	オーダーメイド	1式	2017年11月	デンパサール市サイト

・事業実施国政府機関側の投入

上記、「①-8 運転維持管理担当者 (C/P) への技術指導」において、4回にわたり MFD の操作及び維持管理に関する技術指導を行い。その際、DLHK より、2名程度、各 1M/M 程度の投入が行われた。

(5) 事業実施体制

組織	役割
環境林業省	普及実証事業の成功に向けて、提案企業をはじめとする事業実施主体と協力し、デンパサール市環境美化局の監督、指導を行う
デンパサール市環境美化局 (相手国実施機関)	実証設備設置場所の提供、モデル地区選定、収集運搬のオペレーション等
みどり産業株式会社 (提案企業)	設備提案・設置、設備オペレーション指導、再資源化物の有効利用実証・普及モデル提案等
レコテック株式会社 (外部人材)	プロジェクト・マネジメント全般、ビジネスモデル開発
株式会社 NTT データ経営研究所 (外部人材)	ビジネスモデル開発、報告業務
PT.SKY JAPAN ABADI (外部人材)	現地調整・調達・交渉業務全般、設備オペレーション及びモニタリング
農地所有適格法人 株式会社 ONE DROP FARM (外部人材)	再資源化物の有効利用 (農業利用) にかかる検証、普及モデル開発

<sup>17</sup> 本体及び、バイオマスボイラー、投入・取り出しコンベアー、脱臭装置、冷却装置

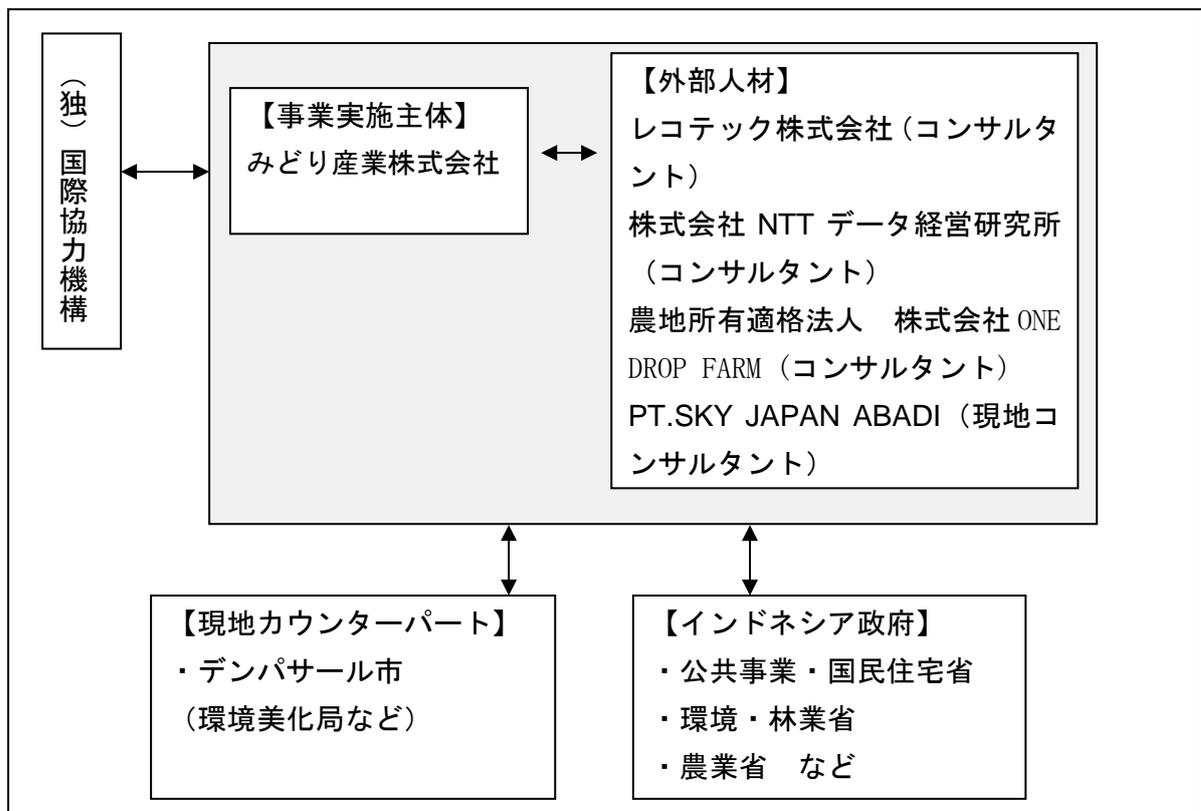


図 23 事業実施体制図

#### (6) 事業実施国政府機関の概要

##### 機関名称

環境林業省 (KLHK)

デンパサール市 環境美化局 (DLHK)

##### 機関基礎情報

KLHK は、インドネシアにおける廃棄物管理を管掌する省庁として、普及実証事業の成功に向けて、提案企業を初めとする事業実施主体と協力し、デンパサール市環境美化局の監督、指導を行う。

DLHK はデンパサール市における廃棄物管理、公園などの管理、及び環境政策（有害物質規制、水質管理など）を担当している。また、当地におけるごみの収集や、ごみ運搬車の管理維持についても、DLHK によって実施されている。DLHK にとって最大の課題は、最終処分場でのオープンダンプの代わりとなる効果的な対策がないという点である。特に、国際観光地バリ島の中心部に位置するデンパサール市において、ごみ問題の顕在化（異臭、海洋汚染など）は致命的であり、一般ごみの再資源化や廃棄物管

理については非常に関心が高い。

#### **選定理由**

DLHK は一般ごみを含む廃棄物管理の担当部署であるため、本事業には必要不可欠であり、カウンターパートとしては最適である。平成 25 年度案件化事業において提案したモデルについて、局長をはじめ高い評価を得ていた。本事業において、実証サイトの提供、選別された有機物の搬入について了解を得た。また、事業化に必要なティッピンググフィーについても検討の余地があるというコメントを得ている。

DLHK は独自に一般ごみの分別の啓蒙活動を行っているが、効果的な処方箋を見出すに至っておらず、また、分別収集された後の有機ごみの処理方法についても十分に検討がなされていない。一方で、一般廃棄物管理に対するモチベーションは高く、リソースを提供する用意もあることから、DLHK をカウンターパートとすることで、本事業の効果は非常に高まると考えられたため。

#### **期待する役割・負担事項**

実証用地の提供、光熱費の支払い、分別の実施、分別収集された有機ごみの実証サイトへの搬入、人員の提供など。

#### **譲与した機材の維持管理体制**

本事業で使用する用地は既に堆肥化施設として稼働しており、人員配置も既にされている。DLHK は本事業終了後も、現在の要員をそのまま運転要員として稼働を継続することを了承している。

### 3. 普及・実証事業の実績

#### (1) 活動項目毎の結果

##### ①ハード面

有機廃棄物の減量化・適性処理の方法として発酵減圧乾燥機（MFD）による堆肥製造技術及び、廃棄物固形燃料の有効性を検証する。

現地カウンターパートであるデンパサル市 DLHK から提供される実験場（約 3,500 m<sup>2</sup>、現在堆肥場）に発酵減圧乾燥システム MFD の設置工事を行う。

搬入設備は MFD 及び付帯設備としてバイオマスボイラー、投入・取り出しコンベアー、脱臭装置、冷却装置となり、これらを現地にて据え付け調整・試運転を行う。試運転は地域の土着菌から適正な菌を採取培養し、菌床を製造する。その後、DLHK からゴミの提供を受け、500kg 程度の投入からスタートし運転負荷を上げながら調整する。連続運転期間も段階的に長くしていく。モニタリングを続け様々な状態の廃棄物への対応を検証し、運転人員、管理人員などの体制を提案する。また、処理した再資源化物の堆肥原料、廃棄物固形燃料としての有用性の検証、分析を行う。

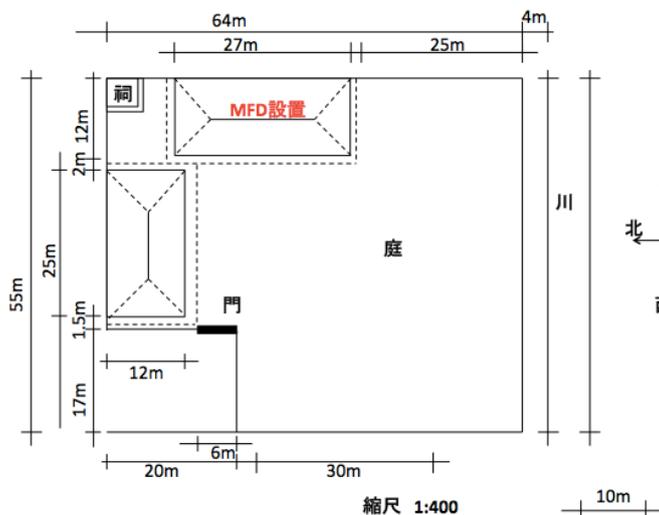


図 24 設置場所見取り図（再掲）

##### ①-1 現状確認、カウンターパート（C/P）との実施体制、据え付け場所確認

（現地作業） 2016年9月、2017年6月

（実施内容）

- ・ C/P との今後の進め方に関する協議及びスケジュール確認

2016年9月にデンパサル市を訪問し、DLHK 局長と事業の進め方についての協議を行い、2017年3月までには MFD の設置工事を開始する予定であることを伝えた。

続いて、機器のインドネシアへの輸出時における、通関手続きについての協議を行った。DLHKの説明では、その際、DLHKからインドネシアの環境・林業省にレターを发出することでバリ島のブノア（Benoa）港での荷揚げと、免税手続きが可能ということであった。後日、DLHKと環境・林業省が協議した結果、本件はJICAによるプロジェクトであるので、免税についてはJICAを通しての手続きが必要ということとなった。手続きに必要な時間を勘案し、今回は免税手続きを行わず、関税を支払った上で荷揚げすることとした。荷揚げにかかる引受人（Consignee）については、バリに事務所を構えるMSA Kargoという業者を紹介された。

次に、許認可関連についての確認を行った。都市計画証明書（SKRK）、環境管理対策（UKL）、及び環境監視対策（UPL）といった許認可については、機器を導入するサイトが、すでに一般ごみの処理施設として運用されているために、追加的な申請は不要ないという返答であった。一方、申請が必要と考えられる場合は、連絡をもらうことになった。

最後に、そのほかの環境影響についての質問があり、特に、「振動、騒音、悪臭、大気質」の4項目については、チェックしたいとのことであった。機材の設置後、特に問題が生じないことを確認いただいた。

#### ・ 設置場所最終確認

MFDの設置サイトについては、DLHK局長に、予定通り、既存の一般廃棄物処理施設である、TPST 3Rを使用できることを確認した。

TPST（Tempat Pengolahan Sampah Terpadu）は、統合型ごみ処理所の意であり、周辺の住宅等から分別回収された有機ごみを対象に、コンポスト処理が実施されている。用地の所有者はDLHKである。



図 25 TPST 3Rの様子

2016年9月の渡航の際に、TPST 3R を訪問し、機器の設置についての検討を行った。上に示す写真の場所が、MFD を設置するために用意された用地となる。現在実施されているコンポスト作業については、同サイト内に別の用地があるので問題はないとのことであった。

MFD 設置場所の土台部分について、周囲のみコンクリートブロックで補強されているが、鉄筋は入っていないこと、土台内部には砂を入れており、表面だけコンクリート仕上げとなっていることが判明した。重量物を置くと、土台が沈み込むことが想定されるほか、土台部分には工事車両が入れないことが判明した。一方、柱の基礎部分については、コンクリートで補強されており、十分な強度を有している。MFD の設置に当たっては、複数の柱基礎部に重量を分散させるように鉄板を敷き、鉄板に MFD を固定させることで、沈み込みを防止することとした。

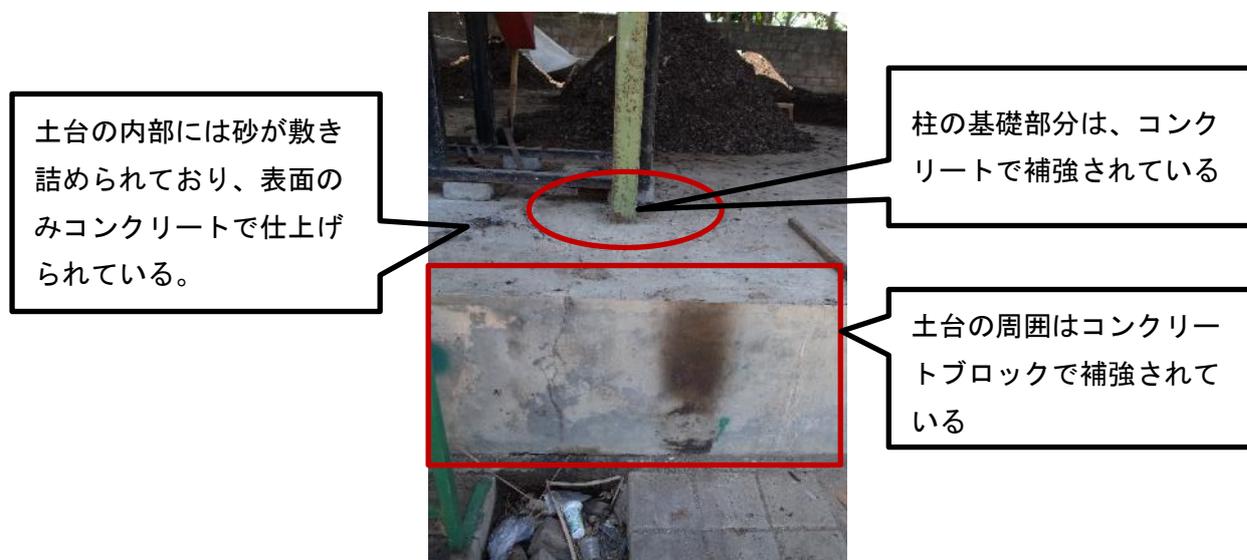


図 26 土台の構造



図 27 重量物を置いたために沈み込んだ土台を補強した跡

- ・ 搬入経路など導線の確認

TPST 3R への搬入経路は、サイトの 1km 手前まではコンテナを積んだトラックでアクセスが可能であった。サイトまでの 1km については、コンテナを開梱し、小型のトラックで搬入をすることとした。

①-2 MFD の仕様決定及び設計

(国内作業) 2016年9月～12月

(実施内容)

- ・ 仕様の打ち合わせ、確定
- ・ 仕様書作成

現地確認の上、本体及び制御盤などの防滴基準の設定及び本体筐体の設計仕様を決定した。また現地電源の検討より MFD 本体の変圧器の仕様を決定した。

①-3 機材の発注・調達業務

(国内作業) 2017年1月～3月

(実施内容)

- ・ 機材の発注手続き (契約書の締結など)
- ・ 製造、調達をフォロー

①-2に基づき、MFD の発注を行った。下図は、仕様に基づき、メーカーが作成した MFD 本体の図面である。なお、MFD 及び付属設備 (バイオマスボイラー、投入・取り出しコンベアー、脱臭装置、冷却装置) については、日本のメーカーに発注するが、同

メーカーの品質管理の下で、バイオマスボイラーはインド、本体を含むその他設備については中国で製造することとした。

機器の製造及び、通関手続きについて、下記の理由により、想定以上の期間を要することとなった。

1. インドで製造するバイオマスボイラーの納期の遅れ
2. インドネシアでの通関手続きに必要な書類整備、作成に時間を要した

結果として、機器の実証サイトである TPST 3R への設置が 2017 年 11 月にずれ込むこととなった。

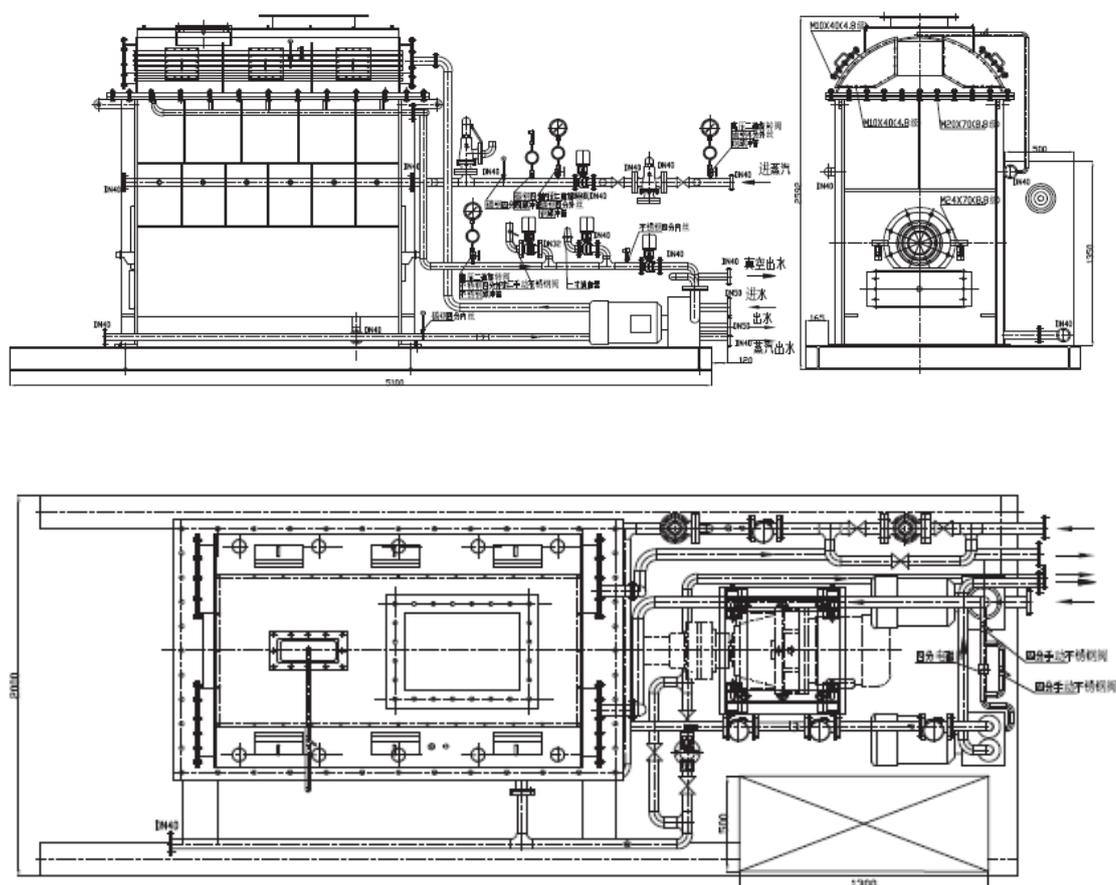


図 28 MFD 本体の図面

#### ①-4 機材の設置場所レイアウトの決定と工事発注

(国内作業) 2017年4月～10月

(実施内容)

- ・ 発注仕様書に応じたインフラの決定
- ・ 設置場所レイアウトの決定と電源等の仕様決定
- ・ 電源工事等発注

MFD 及びバイオマスボイラーの仕様決定により、一次側電源、配電盤の仕様を決定し、現地工事会社へ発注した。またレイアウトの検討を行い、蒸気配管及び水配管の設計検討を行った。設置場所のコンクリート基礎が脆弱なため、H 鋼と鉄板にて設置面を補強することで決定し設計を実施した。

なお、上記①-3 で記載したとおり、ボイラーの納期が遅れたために、ボイラーの完成を待つ間、レイアウト最終決定や、電気工事の発注が遅れることとなった。

下図にて、設置予定図を示す。

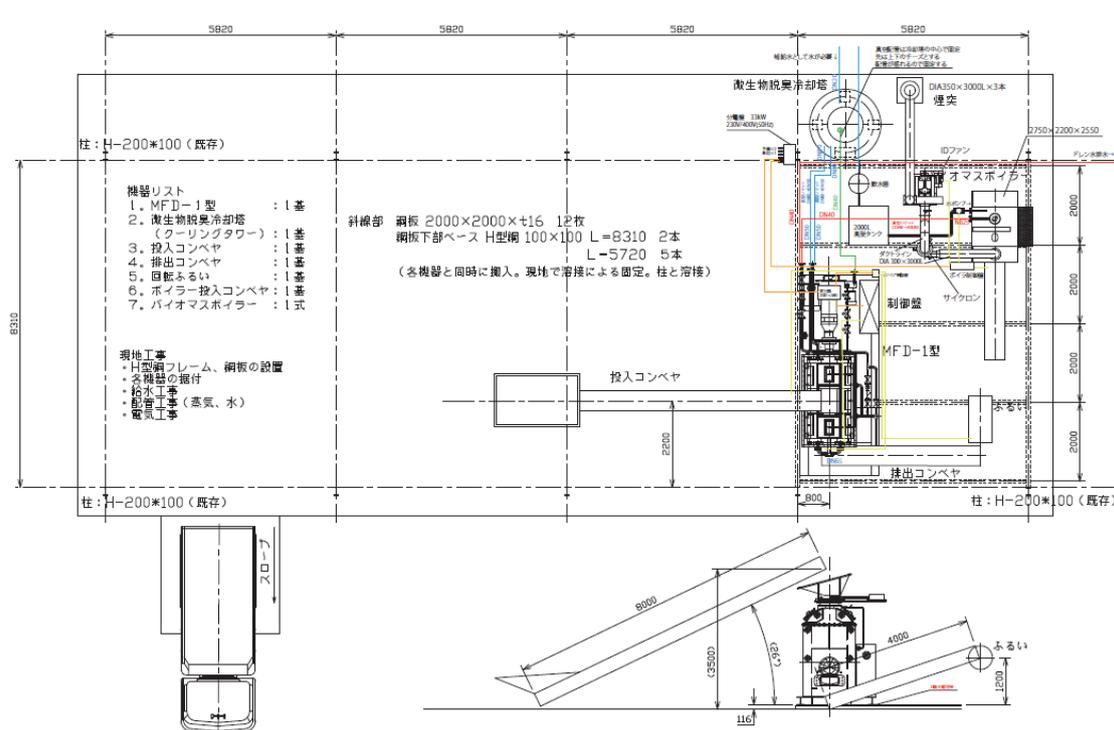


図 29 MFD 設置予定図

### ①-5 現地機材設置

(現地作業) 2017年11月～12月

(実施内容)

- ・ MFD の搬入据え付け

まず、サイトの強度不足を補うために、H 鋼と鉄板による補強工事を実施した。



図 30 H 鋼と鉄板による補強工事

屋根のあるステージ上に機材を設置するためクレーンによる吊り上げ作業ができないため、フォークリフト 2 台を利用し、トラックより荷下ろし及び搬入を実施した。また、現地工事会社との連携により、蒸気配管溶接、水配管など実施し、さらに危険回避のため発熱部分の養生などを実施した。



図 31 MFD の搬入据付

・ 備品調達と、機材の設置完了

ボイラーに必要な給水タンク及びその架台などは、現地にて調達を行った。また、処理物のハンドリングのための容器類などを準備し、今後の実証に必要な計量器及び水分計などの調達なども行った。

MFD 及び付属機器（バイオマスボイラー、投入・取り出しコンベアー、脱臭装置、冷却装置）の設置については、2017 年 11 月 30 日に検収を終えた。



図 32 設置が完了した MFD 一式

- ・ 土着菌の採取及び養生

現地での事前調査により、土着菌の採取に適切な竹林を選定しておき、その竹林より菌床を採取した。菌養生のための米ぬか等と攪拌した上で、加温し 24 時間の養生期間を実施し、土着菌の養生を行った。

- ・ 試運転調整

各動力部分の運転確認及びバイオマスボイラーの燃焼テストを実施した。運転トラブルなどは発生せず、試運転を完了した。

次に、DLHK へ依頼した、試運転用の有機ごみを約 200kg 投入し MFD の発酵乾燥機能のテストを実施した。今回は試運転であり、発酵乾燥後のアウトプットの重量は測定していないが約 3 時間の運転にて十分な乾燥効果を得られた。また、アウトプットについて、試験的にバイオマスボイラーで燃焼させたところ、十分な火力を得ることができた。



図 33 左：投入する有機ごみ、右：プロセス後のアウトプット



図 34 アウトプットを試験的にボイラーで燃焼させる実験

- ・ オープニングセレモニーの開催

2018年2月9日に、カウンターパートである KLHK が、MFD を関係者やメディアに紹介するオープニングセレモニーを開催した。セレモニーには、デンパサール市の副市長をはじめ、DLHK 局長、サイト周辺の村長、NPO などの環境団体が、MFD を視察した。





図 35 左：セレモニーに参加した副市長（右から 2 番目）、DLHK 局長（右端）  
 右：テープカットの様子  
 下：セレモニーを紹介する地元紙 "Bali Pos"（2018 年 2 月 10 日付）

①-6 MFD の連続運転・調整

（現地作業） 2018 年 1 月～3 月、7 月

（実施内容）

・ MFD の処理対象となる廃棄物

下図は、デンパサールにおける現状の一般廃棄物の処理フローとなる。MFD による処理の対象候補となるのは、次の 3 種類とした。

- ①最終処分場に搬入される家庭ごみ
- ②最終処分場に搬入される事業系ごみ
- ③最終処分場の掘り起こしごみ（既に埋め立てられたごみ）



図 36 デンパサール市の一般廃棄物フローと MFD の処理対象候補

・ MFDによる廃棄物処理実証

2018年1月及び3月の現地渡航の際に、①最終処分場に搬入される家庭ごみ、②最終処分場に搬入される事業系ごみ、③最終処分場の掘り起こしごみをMFDに投入し、実証を行った。

廃棄物の投入結果を下表に示す。なお、①最終処分場に搬入される家庭ごみについては、剪定した枝葉が大量に含まれていた。枝葉類が多いという点は、デンパサーの家庭ごみの特徴の一つとなる。枝葉類を投入すると、MFD内で多くのスペースを占めてしまい、MFDに投入するごみの重量が少なくなる。ごみの重量が少ないことは、伝熱面積が少なくなることに伴い、MFDによる処理にかかる時間が長期化してしまう。よって、「かさの割に重量が少ない」枝葉等を取り除くこととした。また、衣服やロープなどは、MFDの内部の部品に絡みつき、機器の運用効率を悪化させることが分かった。投入前に、衣服やロープなどを取り除くことで、安定的な運用が可能となった。

表 7 MFDによる一般廃棄物処理データ

	①家庭ごみ		②事業系ごみ		③掘り起こしごみ	
投入ごみ量	395kg		162kg		407kg	
処理後の重量	168kg		43.52kg		215kg	
減量率(重量比)	57.47%		73.1%		47.17%	
処理時間(時間:分)	6:40		6:40		6:40	
組成(処理後重量)	168kg	100%	43.52kg	100%	215kg	100%
有機ごみ(堆肥)	33.3kg	19.82%	10.0kg	22.98%	50.0kg	23.26%
プラスチック	68.5kg	40.75%	27.0kg	62.04%	99.0kg	46.05%
紙	23.3kg	13.88%	2.0kg	4.60%	1.0kg	0.47%
木	0.9kg	0.53%	1.0kg	2.30%	10.0kg	4.65%
土	0.0kg	0.00%	0.0kg	0.00%	10.0kg	4.65%
布	4.8kg	2.85%	3.0kg	6.89%	8.0kg	3.72%
皮/ゴム	0.9kg	0.55%	0.0kg	0.05%	1.0kg	0.47%
金属	1.0kg	0.60%	0.2kg	0.46%	3.0kg	1.40%
ガラス	11.8kg	7.02%	0.2kg	0.46%	1.0kg	0.47%
コンクリート/セメント	8.7kg	5.15%	0.1kg	0.23%	2.0kg	0.93%
その他	15.2kg	9.08%	0.0kg	0.00%	30.0kg	13.95%

・ ①家庭ごみを対象としたMFDによる廃棄物処理結果

①家庭ごみを対象としたMFDによる処理結果について評価を行った。

まず、ごみの減量率について、57.5%という結果となった。これは、主に有機ごみに含まれる水分を蒸発させることによる減量効果となる。MFDによって一般廃棄物を処理することで、一般廃棄物の重量を6割程度削減させることが可能となる。

第二に、MFD処理後の組成(乾重量組成)を見ると、プラスチックごみが約41%

を占めることが分かった。デンパサールでは、プラスチックごみは埋立処分されるために、このプラスチックごみは最終処分場において、半永久的に存在し続けることとなる。一方、プラスチックごみを燃料化することができれば、デンパサール市の一般廃棄物処理という観点からは、ごみの減量化に貢献することができる。

第三に、有機ごみについては、MFD 処理後の重量比で約 20%という結果になった。有機ごみの成分については、別項で検討するが、堆肥として活用することができれば、最終処分場への搬入量を削減することができる。

まとめとして、MFD による一般廃棄物の削減効果としては、1. 湿重量比で 57.5%の削減効果、2. 有機ごみとプラスチックごみを有効利用することができれば、乾重量比 60%の削減効果(有機ごみ:19.82% + プラスチックごみ:40.75%=60.57%)となる。1. と 2. を合わせると、現状では最終処分場に 395kg 搬入されている家庭ごみの量を、66.2kg に削減させることができ、削減効果は 83%となる。

表 8 MFD による家庭ごみ処理結果

		①家庭ごみ		減量効果
				合計328.8kg
現状では最終処分場で処理→	投入ごみ量	395kg		
MFDによって減量→	処理後の重量	168kg		-227kg
	減量率(重量比)	57.47%		
	処理時間(時間:分)	6:40		
		<b>組成(処理後重量)</b>		
		<b>168kg</b>	<b>100%</b>	
リサイクル可能→	有機ごみ(堆肥)	33.3kg	19.82%	-33.3kg
リサイクル可能→	プラスチック	68.5kg	40.75%	-68.5kg
	紙	23.3kg	13.88%	
	木	0.9kg	0.53%	
	土	0.0kg	0.00%	
	布	4.8kg	2.85%	
	皮/ゴム	0.9kg	0.55%	
	金属	1.0kg	0.60%	
	ガラス	11.8kg	7.02%	
	コンクリート/セメント	8.7kg	5.15%	
	その他	15.2kg	9.08%	
最終処分場へ(66.6kg)→				
※減量率(重量比): 83%				



図 37 投入した家庭ごみ

・ ②事業系ごみを対象とした MFD による廃棄物処理結果

②最終処分場に搬入される事業系ごみを対象とした MFD による処理結果について評価を行った。

まず、ごみの減量率について、73.1%という結果となった。これは、主に有機ごみに含まれる水分を蒸発させることによる減量効果となる。MFD によって一般廃棄物を処理することで、一般廃棄物の重量を 7 割以上削減させることが可能となる。

第二に、MFD 処理後の組成（乾重量組成）を見ると、プラスチックごみが 62%を占めることが分かった。

第三に有機ごみについては、MFD 処理後の重量比で 22.98%という結果になった。

まとめとして、MFD による事業系ごみの削減効果としては、1. 湿重量比で 73.1%の削減効果、2. 有機ごみとプラスチックごみを有効利用することができれば、乾重量比 85%の削減効果(有機ごみ:22.98% + プラスチックごみ:62.04%=85.02%)となる。1. と 2. を合わせると、現状では最終処分場に 162kg 搬入されている事業系ごみの量を、6.52kg に削減させることができ、削減効果は 96%となる。

表 9 MFD による事業系ごみ処理結果

		②事業系ごみ	減量効果	
			合計 155.48kg	
現状では最終処分場で処理→ MFDによって減量→	投入ごみ量	162kg		
	処理後の重量	43.52kg	-118.48kg	
	減量率(重量比)	73.1%		
	処理時間(時間:分)	6:40		
<b>組成(処理後重量)</b>		<b>43.52kg</b>	<b>100%</b>	
リサイクル可能→	有機ごみ(堆肥)	10kg	22.98%	-10kg
リサイクル可能→	プラスチック	27kg	62.04%	-27kg
	紙	2kg	4.60%	
	木	1kg	2.30%	
	土	0kg	0.00%	
	布	3kg	6.89%	
最終処分場へ(6.52kg)→ ※減量率(重量比): 96%	皮/ゴム	0.02kg	0.05%	
	金属	0.2kg	0.46%	
	ガラス	0.2kg	0.46%	
	コンクリート/セメント	0.1kg	0.23%	
	その他	0kg	0.00%	



図 38 投入した事業系ごみ



図 39 左: アウトプットの組成調査(種類ごとの分別)、右: 分別したプラスチック

- ・ 掘り起こしごみを対象とした MFD による廃棄物処理結果

次に、③最終処分場の掘り起こしごみを対象とした MFD による処理結果について評価を行った。

まず、ごみの減量率について、47.17%という結果となった。これは、水分が蒸発することによる効果となる。バリ島における雨季が、12月～3月であること、処理を行ったのが3月という時期を鑑みると、最終処分場における一般廃棄物の含水率が最も高い時期という条件での効果となる。乾季において同様の実験を実施することも必要となるが、最終処分場に搬入されたごみである掘り起こしごみについては、MFDによって最大で47%の減量効果を見込むことができる。

第二に、MFD 処理後の組成（乾重量組成）を見ると、プラスチックごみが46%を占めることが分かった。前項の②事業系ごみと比較すると、プラスチックごみの比率は低くなるものの、最終処分場において処理された廃棄物のうち、プラスチックが占める割合がかなり多いことが分かる。

第三に、有機ごみが23.26%含まれている。前項の②事業系ごみと比較すると、有機ごみの占める割合はほぼ同様となった。この有機ごみについては、既に最終処分場に廃棄され、腐敗や他のごみとの混合が進んでいることを鑑みると、肥料としての活用は困難であると考えられる。一方、最終処分場における覆土用などに活用することが可能である。

第四に、その他ごみが13.95%含まれていることである。これは、最終処分場において腐敗、分解などが進んだ結果、分別が不可能となったごみである。前項の②事業系ごみの場合、その他は0%となっており、最終処分場へ搬入する前に MFD で処理を行うことで、廃棄物を有効利用できる可能性が高まるといえる。

まとめとして、雨季における最も含水率が高いという条件ながら、MFD による一般廃棄物の削減効果としては、1. 湿重量比で47.17%の削減効果、2. 有機ごみとプラスチックごみを有効利用することができれば、乾重量比で69%の削減効果（有機ごみ：23.26% + プラスチックごみ：46.05% = 69.3%）を見込むことができる。1. と2. を合わせると、現状では最終処分場において埋立処理されたごみ（掘り起こしごみ）407kg を、66kg に削減させることができ、削減効果は84%となる。

表 10 MFD による掘り起こしごみ処理結果

		③掘り起こしごみ	減量効果
最終処分場で処理された量→		投入ごみ量	407kg
MFDによって減量→		処理後の重量	215kg
		減量率(重量比)	47.17%
		処理時間(時間:分)	6:40
		<b>組成(処理後重量)</b>	<b>215kg 100%</b>
リサイクル可能→	有機ごみ(堆肥)	50kg	23.26%
リサイクル可能→	プラスチック	99kg	46.05%
	紙	1kg	0.47%
	木	10kg	4.65%
	土	10kg	4.65%
	布	8kg	3.72%
	皮/ゴム	1kg	0.47%
	金属	3kg	1.40%
	ガラス	1kg	0.47%
	コンクリート/セメント	2kg	0.93%
	その他	30kg	13.95%

減量効果  
合計341kg

最終処分場へ(66kg)→  
※減量率(重量比): 84%

有機ごみ(堆肥) -50kg  
プラスチック -99kg



図 40 投入した掘り起こしごみ

- ①-7 MFD の運営維持にかかる人員計画の策定  
 (現地作業) 2018年1月～3月、7月  
 (実施内容)

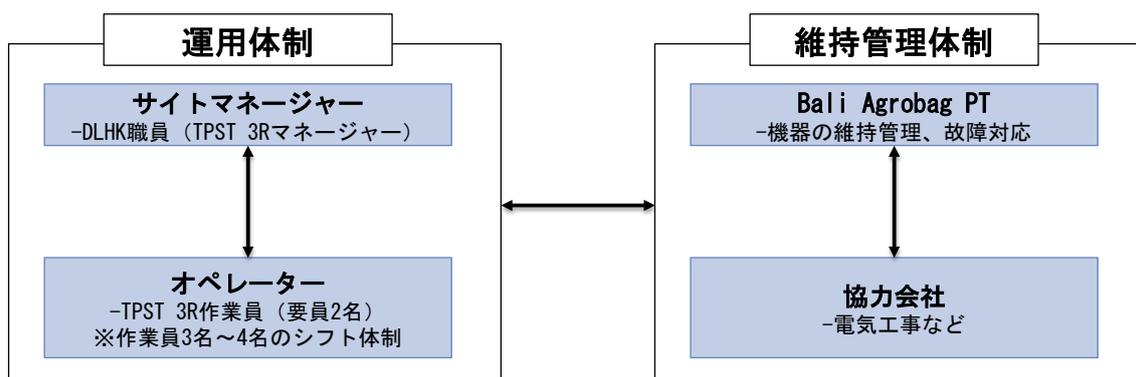


図 41 MFD 維持管理体制案

- ・ 機器の運用体制の策定

2018年1月より、MFDの運用を開始した。運用開始当初は、調査チームが主体となって、一連の廃棄物処理フローを実施した。その上で、「MFD本体、バイオマスボイラーの稼働」、「廃棄物の投入」、「アウトプットの排出」、「業務終了時」のオペレーションを実施し、機器を運用するための人員計画を検討した。

結果として、全体のマネージメントをサイト (TPST 3R) の責任者1名が担当し、現場のオペレーションについては、サイトの作業員2名で実施する体制にて、普及実証事業を実施することとした。3月及び7月に実施したサイトにおけるMFDの実証実験については、計3名の体制で機器を運用することができた。

MFDの本格的な連続運用の開始を前に、連続運用の際は常に現場に2名の作業員が従事できるよう、要員としては3名または4名を確保し、シフト体制を構築する方針を策定した。

- ・ 維持管理体制の策定

機器の維持管理については、基本的にはMFD及び関連機器の設置にあたり、現地における軽微な付帯設備の製造や電気工事などを行った現地会社 (Bali Agrobag PT) が担当することとした。同社は、定期的な維持管理を実施すると共に、故障時などの対応を行う。同社は、適宜、電気工事を行う別業者と協力し、将来的な機器のオーナーとなるDLHKの担当者と連絡を取りながら、機器の維持管理を行うこととする。

MFDのDLHKへの譲渡後の維持管理について、以下のような基本方針を策定し、DLHKとも合意を得ることができた。

投入量については、サイトの稼働時間に合わせて9時間/日の運用で、600kgを投入することとした。

また、投入する廃棄物については、DLHKが所有する設備の場合、有機肥料や廃棄物固形燃料として販売することが事実上不可能である。これは、DLHKは地方自

治体に所属しており、アウトプットを販売することによる利益を得ることができないためである。よって、当面は枝葉のみを投入しアウトプットは土壌改良剤などとして、DLHK が活用することとなった。

オペレーションコストについて、バイオマスボイラーの原料となる薪については、DLHK が無料で手配が可能であり、必要なのは電力コストと、人件費となる。DLHK にとっての追加的なコストは、電力料金と、メンテナンスコストのみとなる。

#### ■譲渡後の維持管理体制とコスト

- 投入する廃棄物:600kg (200kg X 3 バッチ)
- 稼働時間 : 9 時間/日 (3 時間 X 3 バッチ)
- 投入する廃棄物の種類:

##### 1. 家庭ごみ

アウトプットについては、有機肥料の原料（投入前、投入後に厳密な分別が必要）、もしくは廃棄物固形燃料（分別の必要なし、ブリケット設備が追加的に必要）として活用する

##### 2. 枝葉:

アウトプットについては、有機肥料の原料（分別の必要なし）として活用する

- オペレーションコスト

電力:75~85kWh / 9h

薪:200~250kg / 9h ※DLHK は無料で手配が可能

メンテナンスコスト ※適宜

- 運転要員

マネージャー :1 名

オペレーター : 2 名

#### ①-8 運営維持管理を担当する C/P 人材への技術指導

(現地作業) 2018年1月~3月、7月

(実施内容)

##### ・ 機器運用者への技術指導

2018年1月より、調査チームが中心となって MFD の運用を開始した。その際、将来的に機器運用を担当する人員として、サイトの作業員 2 名が運用に加わった。調査チームが作成したオペレーションマニュアルを配布すると共に、OJT を実践する形で、「MFD 本体、バイオマスボイラーの稼働」、「廃棄物の投入」、「アウト

プットの排出」、「業務終了時」における一連の作業について技術指導を実施した。

3月渡航時には、期間中第1回目の機器運用は調査チームが主体となったものの、2回目からは、サイトにおけるマネージャー（DLHK 職員）と、2名の作業員を中心とした運用を開始し、特にトラブルもなく機器を稼動させることができた。



図 42 作業員への OJT

- ・ 維持管理担当者への技術指導

MFD の設置については、現地会社（Bali Agrobag PT）を中心に、電気工事や運送会社の協力を得て実施した。機器の設置後も、1月及び3月と工事には必要な現地会社を手配し、機器の微調整を行った。機器の設置と、機器の運用を通して、現地会社は MFD の仕組みや運用方法への理解を深めることができた。調査チームが不在であっても、土木工事や機械のメンテナンスが可能な Bali Agrobag PT を中心に、現地協力会社の支援を得て、維持管理ができるよう、マニュアルを配布して技術指導を行った。



図 43 現地会社による機器の微調整作業

- ・ 連続運転の実施

2018年7月の現地渡航を終えて、サイトにおける機器の運用と、維持管理については技術指導を完了した。

8月以降は、日本チームの現地訪問時には、現地オペレーターのみで運用を行った。日本チームの不在時においても、現地オペレーターのみでの運用を検討したが、DLHKより「万が一トラブルがあった場合責任を負うことができない。譲渡までは、日本チームの立会いの元で機器を稼動して欲しい」という申し出があり、実施できなかった。

### ①-9 完成した堆肥の品質分析

(現地作業) 2018年1月～3月、7月

(実施内容)

- ・ アウトプットの品質分析

アウトプットの品質分析について、①家庭ごみ、②事業系ごみ、③掘り起こしごみに由来するアウトプットに加えて、④現在サイトにてDLHKが処理している枝葉をMFDに投入したアウトプットを対象に、堆肥や有機肥料の原料として活用できるかどうか、品質分析を行った。国立ウダヤナ大学にて分析を行ったほか、一部サンプルを日本でも分析を行った。その結果を下表に示す。

分析結果から、全体的に肥料分(窒素、リン酸、酸化カリウム)のいずれも少なく、このままでは何らかの肥料成分を混合しないと、堆肥としてもあまり効果が期待できないといえる。MFDのアウトプットだけでは、インドネシアの有機肥料基準を満たすことができないことは、予測していた。有機肥料製造メーカーでは、牛糞やバガス、稲わらなどを原料として、混合して有機肥料を製造している。MFDのアウトプットは、他の原料と混合することで有機肥料の原料として活用することが可能である。

次に、炭素比(C/N比)について、一部数値が高いサンプルが存在している。炭素比が高いままで使用すると、窒素を植物が吸収するのを妨げる窒素飢餓が起こる可能性があり、追熟させ、炭素比を20～30程度まで下げることが必要となる。

第三として、セレンが多く含まれている点を指摘することができる。セレンが自然界の土壤にこれほど大量に含まれていることは考えにくく、ガラス瓶やプラスチック容器に着色する際に人工的に使われる顔料等に含まれているセレンが土壤中に溶脱したと想定される。セレンは植物にとってはごく微量必要な必須要素であるが、人間のセレン過剰摂取は消化器の障害や神経障害などの重篤な疾病を引き起こす原因となる。①、②、③については特にセレンの量が多いために、有機肥料の原料とし

て使用する場合でも、問題視される可能性がある。

表 11 アウトプットの分析結果

インドネシアにおける有機肥料の基準				
No.	パラメータ	単位	最小	最大
1	水分	%	-	50
2			6.8	7.49
3	窒素	%	0.4	-
4	炭素	%	9.8	32
5	リン酸	%	0.1	-
6	C/N比		10	20
7	酸化カリウム	%	0.2	*
8	カドミニウム	mg/kg	*	3
9	コバルト	mg/kg	*	34
10	クロム	mg/kg	*	210
11	銅	mg/kg	*	100
12	水銀	mg/kg	*	0.8
13	ニッケル	mg/kg	*	62
14	鉛	mg/kg	*	150
15	セレン	mg/kg	*	2
16	亜鉛	mg/kg	*	500
17	カルシウム	%	*	25.5
18	マグネシウム			0.6
19	鉄			2
20	アルミニウム			2.2
21	マンガン			0.1
その他分析に使用したパラメータ				
	CEC : 陽イオン交換容量	me/101g		
	Base Saturation : 塩基飽和度	%		

①家庭ごみ由来		②事業系ごみ由来				③糞り起こしごみ由来		④枝葉由来			
19.66	13.2	12.93	14.59	13.2	10.64	12.2	9.6	6.96	25.6		
7.7	7.6	7.6	6.5	6.5	7.3	6.9	7.5	7.5	7.6		
0.07	2.03	0.32	0.16	0.2	0.37	0.17	0.82	0.47	0.8		
1.4	18.3	7.79	15.58	18.74	7.79	17.49	17.08	8.33	17.5		
0.0344	0.8	0.0689	0.0202	0.0539	0.0097	0.0635	0.0132	0.016	0.25		
20	9.00	24.34	97.38	93.70	21.05	102.88	20.83	17.72	22.00		
1.29	1.78	1.05	0.255	0.171	0.44	0.0008	0.0015	0.0097	0.48		
1.319		0.692	4.385	6.93	0.799	-	0.075	0.925			
-		1.582	3.146	1.129	1.298	-	0.994	25.855			
43.07		8.7	5.577	6.467	15.873	-	1.491	12.928			
26.98		12.061	12.299	7.965	25.057	-	52.187	30.33			
0.039		-	-	-	0.898	-	-	-			
16.59		25.803	4.433	6.141	10.283	0.001	0.994	5.967			
2.998		4.548	14.492	2.393	5.69	-	0.045	0.462			
29.982		150.27	98.588	92.093	178.69	-	1.342	10.442			
102.93		129.41	142.14	31.543	171.61	0.188	80.019	83.035			
0.277		0.2916	0.226	0.115	0.3633	-	0.035	0.294			
0.196		0.121	0.07	0.0735	0.216	0.0008	1E-06	0.158			
0.797		0.59	0.286	0.148	0.529	0.0003	0.001	0.502			
0.512		0.088	0.06	0.228	0.498	0.0673	-	0.403			
0.018		0.0066	0.0033	0.008	0.017	0.0083	0.0004	0.009			
37.34		40.95	42.58	45.26	39.85	43.56	42.56	44.65			
92.31		86.48	90.45	95.31	90.24	94.68	92.56	93.47			

- ・ 由来となる廃棄物ごとの評価

- ①家庭ごみ由来

- 炭素比のバランスがよく、土壌の物理性を改善するための資材としての役割は期待できる。一方、それ以外の肥料成分に乏しいため、他の原料と混ぜ合わせる必要があるであり、有機肥料の原料となる。ただし、全体的な傾向としてセレンが多く含まれることがあり、有機肥料の原料として使用する場合でも、問題視される可能性がある。

- ②事業系ごみ由来

- 炭素比が高すぎるサンプルがあり、時間を置いて熟成を待つ必要がある。また、致命的なのは、カドミウムやセレンが多く含まれる点である。

- ③掘り起こしごみ由来

- 掘り起こしごみは、最終処分場に運搬されて時間が経っていることから有機物などの分解が進んでいるために、炭素比についてはバランスがよくなっている。問題は、やはりセレンの含有量が多いことである。

- ④枝葉由来

- 炭素比のバランスがよく、セレンの含有量が比較的少ない。一部セレンを多く含むサンプルがあるが、①～③と比較すると、圧倒的に量は少ない。他の原料と混ぜ合わせることで有機肥料の原料となるほか、土壌改良剤としてそのまま使用することも可能である。

- ・ アウトプットの評価と使用方法の前提 ー対象投入物を④枝葉に限定するー

- アウトプットを有機肥料の原料とする場合、投入する廃棄物は④枝葉が適しており、その他の廃棄物を活用することは困難といえる。

- 第1に、①家庭ごみ、②事業系ごみ、③掘り起こしごみについては、セレンが多く含まれている。また、②についてはカドミウムなども含まれている。こうした物質については、分別などで除去することも困難であると考えられる。

- 第二に、①～③を有機肥料の原料として使用するためには、投入前、投入後にかなり厳密な「分別工程」が必要となる。事業展開をする上で、こうした分別工程にコストがかかる。

- 結論として、普及・実証事業を通して、「家庭系ごみ、事業系ごみについては、有機肥料の原料として使用することは困難である。廃棄物固形燃料等として活用する方が事業性は高まる」ということができる。

また、譲渡後の MFD について、DLHK は公園や道路で収集される枝葉のみを投入するという方針を示している。

以下では、「枝葉のみを投入した場合のアウトプット」を前提として、詳細な評価と効果的な使用方法について検討を行った。

#### ・ バリ島における、土壌に関する問題の所在

バリ島では、基本的には火山噴火堆積物による土壌が広く分布している。この火山灰質の土壌特徴としては、利点としては水はけ、排水性が非常に良いこと、さらに粒子がきめ細かく、作業性が非常に良いことが挙げられる。その反面、作物の生育に必要な養分が溶脱しやすいこと、花芽分化や果実の形成に重要な役割を果たすリン酸の吸収が悪いことなどが挙げられる。

また、雨季と乾期の存在する気候的要因を鑑みると、激しい雨による表土の溶脱、土壌団粒への物理的ダメージ、高温乾期による有機物の消耗という条件下で、いかに土壌の肥沃度を保つか、という観点での対策が必要と考えられる。

こうした状況下で、長期間、有機物の投入が行われないうまま化学肥料の投入による農業が行われたような圃場の場合、土壌中の保肥力が著しく衰え、また、有機物をエネルギー源とする土壌微生物等の生物性も非常に乏しいものとなり、将来の農業生産力の著しい低下、土壌中の病原菌による生育障害などを引き起こしやすい圃場となってしまう可能性がある。

今後、バリ島において農業生産性の高い土壌を維持、拡大していくためにはこうした課題を農家の経費的負担をかけることなく克服していく必要があり、その観点で今回の MFD で発酵乾燥処理を施した枝葉を原料とする堆肥の利用は非常に高い効果があると考えられる。

#### ・ MFD による枝葉を原料とした堆肥の評価

MFD による枝葉を原料とした堆肥（以下、MFD 枝葉堆肥）の特徴は、炭素比が 22 前後と肥料としてはかなり高めであること、CEC（塩基交換容量）<sup>18</sup>が 46 と非常に高い点にある。

上記のように、保肥力を損耗しやすい条件下にあるバリ島の土壌において農業生

---

<sup>18</sup> CEC（塩基交換容量）は、簡単に言うと「保肥力・保水力」を表す値。CEC の値が高いほど、肥料成分や水分をキープしやすい（＝植物が吸収しやすい）土壌だといえる。CEC の高い土壌は、投入された肥料がイオンの形でしっかり土の中に保持されるため雨などで肥料成分が溶脱しにくい。逆に、CEC の値が低い土壌の場合、肥料成分がすぐに水に溶けて流れていってしまい、肥料が効きにくく、短期間ですぐに肥切れする。日本では、CEC が 20 前後あれば肥沃な土壌といわれ、日本で最も CEC の値が高いと言われているのは群馬県の川上村で多くの畑で 30 前後、ウクライナの黒土地帯では 60 近い驚異的な保肥力を持つ地域もある。

産力を維持・向上させていくためには、一過性の肥料成分の投下よりもまず、土壤そのものの弾力（団粒構造の発達、強化、土壤生物性の向上）を図る必要がある。

MFD 枝葉堆肥は、発酵により土壤微生物が豊富に付着した中熟堆肥の状態にあり、これらが土壤に供給されることによって、土壤微生物が CN 比の高い有機物を分解する際に生じる炭水化物を起源とする、「のり状物質」が豊富に生成される。これが粒子の細かい火山灰質の土壤をスポンジ状につなぎとめ、激しい降雨や、高温乾燥による団粒の崩壊から土壤を守る役割を果たす。また、適度に発達した土壤団粒は、適度な保水力を保ち、土壤表面が乾燥するような場合でも、土中で一定の水分量を維持するため、土壤の乾燥による窒素の硝酸化を防ぐ効果を果たすことができる。

また、土壤微生物が有機物を分解することによって生成される炭水化物類およびそれと土壤中窒素の結合物であるアミノ酸類は、植物はそれを根域の共生微生物の力を借りて直接吸収することができるため、地上部（葉緑体）で光合成によって生成される炭水化物を消費することなく、アミノ酸、およびそのペプチド結合物であるタンパク質を合成することを助け、植物体そのものの細胞膜・細胞壁の強化（＝病原菌、虫害の被害を受け難い体づくり）や可食部に糖類を多く含んだ植物体づくり（＝収量の向上、食味の向上）を実現することができる。

さらに CEC の高い資材を土壤中に供給することで、土壤中の微量元素、とくに健全な植物体の維持にとって必須のミネラル類を土壤コロイドが吸着しやすい状態を作り出すことができ、病害や生理障害に強い作物づくりにとって欠かせない土壤形成に貢献することが可能である。

一方、CN 比の低い堆肥（ボカシ肥料等）は、ボカシ肥料に付着している一定の微生物を土壤中に供給することができ、また、ボカシ肥料自体が含むアミノ酸質の肥料成分を作物に吸収させることには短期的な目的達成には貢献するものの、こうした土壤の物理性を改善する効果は得難い。土壤微生物の餌となる有機物が乏しい状態で微生物資材を投入しても、微生物が有機物を分解する過程で生じる副産物が土壤中で生成されないため、保肥力の向上という土壤本来の生産力を高めるには至らないと考えられる。

こうした観点から、長年の化学肥料の多投によって消耗した保肥力を改善、向上させる資材として、今回の MFD 堆肥は非常に高い効果を発揮するものと期待される。

#### ・ MFD 枝葉堆肥の効果的な利用方法

第一に、MFD で一次発酵させた堆肥は、バチルス菌と酵母菌が共存しやすい 50 度～60 度前後を維持するようにし、発酵が落ち着いてきたら 36 度前後の環境で保管できると良い。熱帯に位置するバリ島では、36 度前後の環境における保管はさほ

ど困難ではないと考えられる。具体的には、MFD内の温度は60度前後であり、プロセス後のアウトプットの温度が高くなりすぎないように、36度前後で保管することで、堆肥としての機能を高めることができる。

第二に、圃場に施用する際には、緑肥や収穫残渣等を粉碎したものの上から敷布し、土壌と均等に攪拌するというよりは、土壌表面にある程度の塊の状態を被覆したような状態を維持できるとよい(土壌微生物を直射日光や降雨の直撃から守る)。

第三に、圃場に施用する際に、不足する栄養成分と微生物の活動の「スターター」となる糖분을補うことができる資材(ボカシ肥料や糖質を多く含んだ植物資材、米ぬかや廃菌床、豚糞など)と軽く攪拌して散布できるとより高い効果を発揮する。

第四に、MFD落ち葉堆肥に付着していた微生物が、圃場の土壌や緑肥・収穫残渣にも移行している様子がみられるようになってきたら、軽く耕運し、土中に漉き込むことが望ましい。

上記のような処理を作付けと作付けの間に繰り返し実施することで、圃場の生産力の向上、つまり肥料成分の効きやすい土壌づくりを実現することができると期待される。

#### ・ 利用における今後の課題

MFD枝葉堆肥は、上記のように損耗の激しい環境下にあるバリ島の農地の土壌改良資材としては高い効果を発揮するものの、農産物の生育を助ける栄養成分を補う直接的な肥料成分は十分ではないため、目的とする作物の必要とする栄養成分をそれぞれ補い、よく攪拌してから施用することで、農業生産力の向上に貢献できる。

その際、補う肥料成分は狙いとする作物によって適切に成分設計をし、それに近い成分を持つ原料を圃場の置かれた地域で効果的効率的に収集し、混合することが好ましいが、農産物を大まかに分類し、その目安となるものを列挙すると次のような用途が考えられる。

##### ① 穀物類 (コメ、豆類など)

窒素、リン酸、カリをバランスよく補う資材として、生ゴミ堆肥や豚糞堆肥、米ぬか、廃菌床等、手に入るものを混合する。

##### ② 葉菜類 (いわゆる葉物野菜)

可食部を柔らかく食味をよくする効果のあるカリを多く含む資材として、草木灰、

豆類の絞りかす、とうもろこしかす、魚粉、等を混合する。豚糞、牛糞も良いが畜糞を多く入れすぎると虫害が発生し秀品率が下がるので注意する。

③果菜類（とうがらし、トマト、きゅうり、等）

着果・果実肥大を助ける資材として、リン酸と窒素を多く含む資材を混合する。油かす、鶏糞、豚糞、魚粉、骨粉などを含む資材を混合するとよい。

④根菜類（いも類、人参・大根類）

窒素過多にならないよう、また、カリ不足にならないよう、草木灰やかす類を適度に混合する。また、ホウ素が重要な役割を果たすためホウ素を多く含むミネラル資材（海洋起源の資材に多い）、貝殻を粉砕したもの、などを混合する。

・ 肥料製造会社からの評価

アウトプットについて、デンパサールにおける堆肥製造メーカーであるパオレス（Pak Oles）社と、国有企業（BUMN）であるプブックインドネシア社にサンプルを持参して協議を行った。

パオレス社では、①家庭系ごみ由来と④枝葉由来の2種類のサンプルと、分析結果を持参したところ、④について300ルピア(2.4円)/kgでの買取が可能ということであった。ただし、品質のバラツキなどをチェックしたいという申し出があり、2019年1月の渡航時に製造したアウトプットを先方に納入し、分析をいただいている。セレンについては、ある程度の量を製造した上で、どの程度含まれるかが議論のポイントとなることが想定される。

プブックインドネシアについては、これまでも有機廃棄物を活用した有機肥料の製造に取り組んでいたこともあり、MFDについては高い関心を示している。MFDの譲渡にあわせて、デンパサールのサイトを視察したいという申し出を受けているほか、同社の子会社である西ジャワ州チカンペックに位置する肥料製造会社に設立予定の、技術開発センターへのMFD設置について、提案を求められている。

②ソフト面

②-1 一般廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの現状把握

（現地作業） 2016年9月、2017年6月、11月、2018年1月

（実施内容）

・ C/Pから一般廃棄物の分別・収集・運搬プロセスについての現状ヒヤリング

サイト近辺の、Kesiman Kertalangu村では、鹿児島県大崎町がDLHKと共に実施している「資源循環型まちづくり技術支援事業」の一環として、203軒の家庭ご

みについて分別取組を試験導入している。DLHKは、今後、この対象範囲を拡大する考えである。同村には、13,900人の住民がおり、1日あたり18,600kg/日、62立方メートル/日（1 m<sup>3</sup>=300kg）の一般ごみが排出されている。

大崎町方式については、分別は各家庭で行われる。各家庭で分別された廃棄物は、「有機ごみ」と「それ以外のごみ」に分別して回収する仕組みとなっている。「有機ごみ」と「それ以外のごみ」については、それぞれ回収する曜日が定められている。

通常、デンパサールの各家庭では、民間企業に25,000～3,5000ルピア（200～280円）/世帯・月のごみ回収・処理料金を支払い、処理を依頼しているが、Kesiman Kertalangu村では分別されたごみを、DLHKが無料で回収している。住民にとっては、分別を実践すれば処理費が無料というインセンティブが用意されている取り組みとなるが、分別が徹底しているとはいえない状況にある。



図 44 左：分別回収車、中・右：分別回収の様子



図 45 家庭におけるごみの排出状況 例 1

撮影日は有機ごみのみ回収日であったが、分別は徹底されていない



図 46 家庭におけるごみの排出状況 例 2

少数ではあるが有機ごみ、それ以外のごみを分別している家庭もある  
(左がプラスチックごみ、右が有機ごみ)



図 47 回収された家庭ごみ

回収した一般ごみは、TPST 3R に持ち帰る (MFD による処理が期待されるもの)

・ 一般的な家庭ごみの分別・収集・運搬プロセスについての現状ヒヤリング

TPST 3R の周辺を除き、デンパサールにおいては、家庭ごみ (一般廃棄物) については、民間の廃棄物収集業者が 1 週間に 2 回程度の頻度で、各家庭のごみを回収している。回収するに当たり、廃棄物収集業者は 25,000~35,000 ルピア (200~280 円) /世帯・月の処理料を徴収している。回収した一般ごみは、中継所などを經由せずに、そのまま最終処分場へ搬入されている。ペットボトルなど、分別しやすい有価物については、トラックの上でより分けて、問屋に販売している。

集会所などでは、お供え物 (チャナン) が大量に排出されるが、家庭から排出されている一般ごみについては、TPST 3R 周辺と変わらない。



図 48 家庭ごみの収集（左：一般家庭、右：集会所）

- ・ ホテルやレストラン等から排出されるごみの分別・収集・運搬プロセスについての現状ヒヤリング

ホテルやレストラン等から排出される一般廃棄物を回収する Nusa Permai 社を訪問し、いわゆる「事業系一般廃棄物」の処理について、ヒヤリングを実施した。

同社は、スミニャック地区のホテルやレストンを中心に、一般廃棄物を収集している。収集している廃棄物は、生ごみ、剪定枝・葉、プラスチックが中心となる。ホテルについては、150 万ルピア/月（1 万 2000 円/月）の処理費にて、ごみ回収を請け負っている。

同社は、2 台のトラックを有しており、午前中と夕方の 2 回に分けてごみの回収を行っており、生ごみは腐敗しやすいため、午前中に回収する。

生ごみは、同社で営む養豚の飼料として活用する。飼料として他社に販売する場合、50kg 入りのバッグを 38,000 ルピアで販売する（760 ルピア/kg、6.1 円/kg）。生ごみは、異物などを除去し、手作業で粉碎する。エビやカニ、貝殻など、臭気が強いのや、飼料に適さないものは取り除き、リサイクルできないごみとまとめて、TPA へ搬入する。

プラスチックなどの有価物は、種類ごとにまとめて、問屋に販売する。問屋は、プラスチックをプレスして、ジャワ島スラバヤ市等の業者に販売する。この問屋は、ウェストピッカーが収集するプラスチックなどの有価物も買い取っている。販売先については、買い取り価格によって変動する。インドネシア国内でも、首都ジャカルタ近郊の西ジャワ州の工業団地、東ジャワ州スラバヤなどが中心だが、国外へも販売価格が高ければ輸出される。

透明のペットボトルについては、専門に収集する業者が存在している。収集した透明のペットボトルは、インドネシア国内でフレーク上に破碎された後に洗浄工程を経て、フランスに輸出される例もある。

飼料やプラスチックなどの有価物としての利用や販売ができないごみは、すべて TPA へ搬入する。



図 49 左：TPAへ搬入される「その他ごみ（生ごみ残渣を含む）」  
右：飼料となる「生ごみ」

## ②-2 有機廃棄物の分別状況の調査と課題の抽出

（現地作業） 2016年9月、2017年6月、11月、2018年1月

（実施内容）

### ・ 有機廃棄物の分別状況

前項で示した通り、家庭ごみについては、有機ごみの分別については、大崎町方式が導入されているエリアもあるが、実態としては分別が実施されていない。また、ホテルやレストランから排出される有機ごみについては、手作業で分別され、飼料となるものは活用されていることが分かった。

### ・ 一般廃棄物の組成分析

MFDで処理することができるのは、家庭ごみと、ホテルやレストランから排出される一般廃棄物のうち、まとまった有機ごみを分別した後の廃棄物となる。

この2種類の廃棄物について、組成分析を行った結果として下表を再掲する。

表 12 MFD による一般廃棄物処理データ ※再掲

	①家庭ごみ		②事業系ごみ		③掘り起こしごみ	
投入ごみ量	395kg		162kg		407kg	
処理後の重量	168kg		43.52kg		215kg	
減量率(重量比)	57.47%		73.1%		47.17%	
処理時間(時間:分)	6:40		6:40		6:40	
組成(処理後重量)	168kg	100%	43.52kg	100%	215kg	100%
有機ごみ(堆肥)	33.3kg	19.82%	10.0kg	22.98%	50.0kg	23.26%
プラスチック	68.5kg	40.75%	27.0kg	62.04%	99.0kg	46.05%
紙	23.3kg	13.88%	2.0kg	4.60%	1.0kg	0.47%
木	0.9kg	0.53%	1.0kg	2.30%	10.0kg	4.65%
土	0.0kg	0.00%	0.0kg	0.00%	10.0kg	4.65%
布	4.8kg	2.85%	3.0kg	6.89%	8.0kg	3.72%
皮/ゴム	0.9kg	0.55%	0.0kg	0.05%	1.0kg	0.47%
金属	1.0kg	0.60%	0.2kg	0.46%	3.0kg	1.40%
ガラス	11.8kg	7.02%	0.2kg	0.46%	1.0kg	0.47%
コンクリート/セメント	8.7kg	5.15%	0.1kg	0.23%	2.0kg	0.93%
その他	15.2kg	9.08%	0.0kg	0.00%	30.0kg	13.95%

・ 課題の抽出

デンパサール市における一般廃棄物処理の課題は、「リサイクルが可能な有機ごみとプラスチックを、最終処分場で埋め立て処理していること」にある。

有機ごみについては、デンパサール市 DLHK では、家庭ごみの分別回収による、有機ごみの有効活用を実施しようとしているものの、分別が徹底されていないのが現状である。これは、住民に対して家庭ごみを分別することの「動機付け」が不足していると考えられる。モデル地区においては、ごみの回収料金を DLHK が負担するという住民へのメリットを提示しているが、機能しているとは言いがたい。

次に、プラスチックごみについては、MFD による実証によって、水分が蒸発した後の「乾重量」において、家庭ごみの 40%、事業系ごみの 60%強、掘り起こしごみの 45%強を占めることが判明した。有機ごみについては、家庭系ごみ、事業系ごみ、掘り起こしごみ共に乾重量で 20%の構成比であった。有機ごみについては、時間の経過と共に分解されるが、プラスチックごみは半永久的に最終処分場内にとどまり続ける。

また、不法投棄や、いわゆる「ポイ捨て」されたごみは、観光地であるバリ島のビーチに漂着し、環境問題を引き起こそうとしている。漂着したごみに含まれるプラスチックごみは、細かく分解されながら半永久的に海洋を漂い続ける。欧州を中心としたプラスチックごみの削減へ向けた世界的な動向も勘案しながら、プラスチックごみの処理については、新たな課題として、DLHK に問題提起する必要がある。



図 50 サイト近くの海岸に漂着したごみ。プラスチックごみが多く含まれる

②-3 MFD の運用にかかる組織・人員体制に関する提案書の策定

(現地作業) 2018年7月

(実施内容)

・ MFD の運用にかかる組織・人員体制

①-7 で示した通り、MFD の運用にかかる組織、人員体制について DLHK と協議を行い、譲渡後の運用について合意を得ることができた。

前述の通り、DLHK は地方自治体に所属しており、アウトプットを販売することによる利益を得ることができないため、DLHK は投入する廃棄物として、公園や公共施設から収集される枝葉類を想定している。

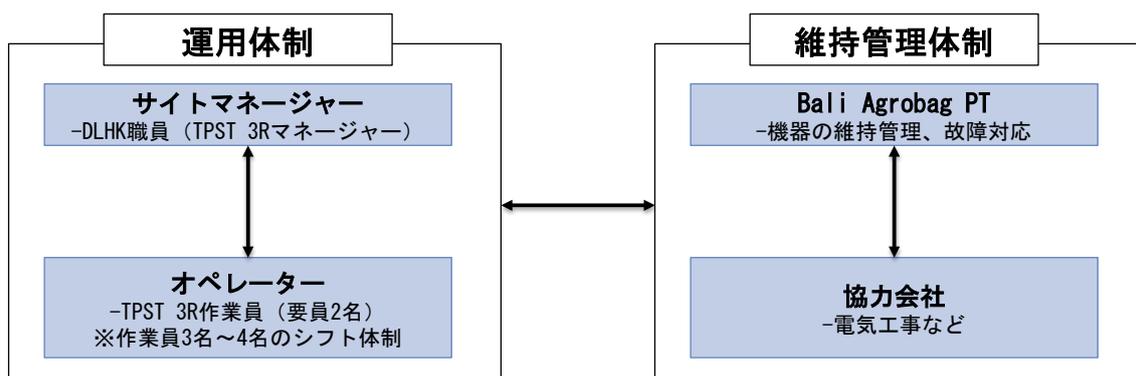


図 51 MFD 維持管理体制案 ※再掲

■譲渡後の維持管理体制とコスト

- 投入する廃棄物:600kg (200kg X 3 バッチ)
- 稼働時間 : 9 時間/日 (3 時間 X 3 バッチ)
- 投入する廃棄物の種類:
  1. 家庭ごみ  
アウトプットについては、有機肥料の原料（投入前、投入後に厳密な分別が必要）、もしくは廃棄物固形燃料（分別の必要なし、ブリケット設備が追加的に必要）として活用する
  2. 枝葉:  
アウトプットについては、有機肥料の原料（分別の必要なし）として活用する
- オペレーションコスト  
電力:75~85kWh / 9h  
薪:200~250kg / 9h ※DLHK は無料で手配が可能  
メンテナンスコスト ※適宜
- 運転要員  
マネージャー :1 名  
オペレーター : 2 名

②-4 有機廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの改善提案

(現地作業) 2018年7月

(実施内容)

・ 有機廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの改善提案

MFD の特徴は、多少の異物が混入していても、有機ごみの処理が可能となるというものである。とは言うものの、異物が少ないほうが機器の運用効率を鑑みると好ましいことは確かである。

デンパサル市としては、一般廃棄物の分別には引き続き取り組む意思を見せている。課題は、「住民がごみを分別するモチベーション」となる。

具体的な改善提案は、今後の普及実証事業における課題となるが、一つの成功事例となりうるのが、同国スラバヤ市における分別促進施策である。スラバヤ市では、環境美化局が、コミュニティーにおけるごみの分別を進めるために、「美化コンテスト」を実施している。これは、有機ごみの再利用や、プラスチックごみのリサイクルなどのアイデアを実践しているコミュニティーの取り組みを表彰するものである。表彰したコミュニティーの取り組みが、他のエリアにも波及することを狙っている。分別の徹底だけではなく、分別を実践したコミュニティーの表彰などは、デンパサ

ールにおいても導入可能だと考えられる。

その他の改善提案としては、MFD を題材とした小学生などを対象とした環境教育である。日本において、小学校におけるリサイクルなどの環境教育によって、生徒だけではなく、その親世代まで環境意識が高まるという好事例もある。また、MFD が設置されている TPST 3R には、インターナショナルスクールなどが社会見学を行うこともあった。将来を担う子供たちに、「混ぜればごみ、分ければ資源」という考え方を、MFD を通した環境教育で普及させることは可能である。

最後に、有機ごみやプラスチックごみのリサイクルについては、具体的なソリューションを提示する必要がある。これは、普及実証事業のビジネス展開を検討することにもつながるが、「分けた後の有機ごみ、プラスチック」が、有効活用されることを示すことで、分別への意識が高まると考えられる。

## ②-5 C/P とのレビュー結果を協議するための検討会

(現地作業) 2018年12月

(実施内容)

- ・ 検討会の開催

(国内作業)

当初計画 : 2018年1月、4月

計画変更後 : 2018年11月

(実施内容)

- ・ 上記検討会のための資料作成 (インドネシア語・英語)
- ・ 法制度などの研究

DLHK とは、1. MFD の譲渡後の運用、2. ビジネスとして廃棄物処理を行う場合について、協議を行った。

1. MFD の譲渡後の運用については、DLHK としては、MFD を譲渡された後に、公園や公共施設から収集される枝葉類を投入することを想定していることが判明した。現状、枝葉類はサイトにおいて、数週間を経て土壌改良剤として公園などの緑化等に使用されている。MFD を導入することで、土壌改良の製造にかかる期間は大幅に短縮されるために、DLHK としては処理量を増やすことが可能となる。

2. ビジネスとして廃棄物処理を行う場合については、DLHK が収集している家庭ごみを対象とすることが望ましいことが判明した。日本側からのリクエストとしては、「普及実証事業の開始時の情報として、DLHK が有機ごみとそれ以外のごみを分別収集し、有機ごみのみを MFD に投入すること」の実現が望ましいことを確認した。一方、前述の通り DLHK による分別回収が必ずしも効果を挙げていない、

つまり分別回収が実施されていないことは事実である。日本側からは、②-4 有機廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの改善提案で検討した内容を提案したところ、DLHK としても手をこまねいているだけでなく、具体的なアクションを実施していることが判明した。具体的には、バリ島内のスタートアップ企業と協力し、スマートフォンのアプリケーションを開発して、ごみを分別した市民にはトークンなどの「目に見える付加価値」を提供することを検討していることが分かった。こうした施策が軌道に乗り、有価物が確実に回収され、サイトに搬入される廃棄物が有機ごみのみになった場合には、MFD を活用したビジネス展開が可能であることを確認できた。

一方、現状の廃棄物収集、処理フローを鑑みると、収集した家庭ごみや事業系ごみ処理を民間企業が請け負うためには、MFD によるアウトプットを有機肥料の原料としてではなく、石炭の代替燃料として使用する方が事業性は高まることを説明し、合意を得ることができた。ただし、譲渡後の MFD について、DLHK はアウトプットを販売することができないために、現実的には枝葉類を対象とした土壤改良剤を製造することで運用を行うことに合意した。

また、民間セクターによる廃棄物処理ビジネスを展開するためには、処理費（ティッピングフィー）が必要となることを説明した。具体的な処理費については、改めて協議を行うこととした。

## ②-6 検討会の結果を反映した改善の提案

(現地作業) 2019年1月

- ・ デンパサル市及び DLHK へ今後の設備運営にかかる提案会の開催
- ・ バリ州、中央政府への提案と報告

(国内作業)

当初計画 : 2018年4月

計画変更後 : 2019年1月

(実施内容)

- ・ 提案資料の作成

上記の協議後に、デンパサルを訪問した際に、後述するビジネスモデルを DLHK に提示し、重要なメッセージとして、「民間セクターによる廃棄物処理ビジネスを展開するためには、500,000 ルピア (4,000 円) /トン (500 ルピア (4 円) /kg) の処理費 (ティッピングフィー) が必要となること」を説明した。この金額は、インドネシアにおける Waste to Energy に関する大統領令に基づいている。

DLHK からは、現状ではサイトにおける 6 トン/日の家庭ごみ処理事業を実施するに当たり、(25 トン/日の処理能力を有する MFD を 8 時間運用)、50 億ルピア(約 4000 万円)の費用を拠出することは可能というコメントを得た。一方、処理費の負担については未だ想定をしておらず、様々なパターンで提案をして欲しいというコメントがあった。その提案を、デンパサール市長や市議会議員に説明をし、処理費を制度化することが必要とのことであった。処理費については、全否定ではなく、その重要性については理解いただいているものの、制度として民間企業に処理費用を支払うことについては、まだ時間が必要ということとなる。

### ③全体検討

#### ③-1 ①②の成果に基づく MFD を中心とした提案技術のマーケット分析

(現地作業) 2018年3月、7月

(実施内容)

#### ・ C/P、中央政府、電力会社などへのヒヤリング

MFD の普及可能性を検討するに当たり、MFD によるアウトプットから得ることができる収入源についてのヒヤリング調査を実施した。まず、下図において、想定している事業モデルを示す。

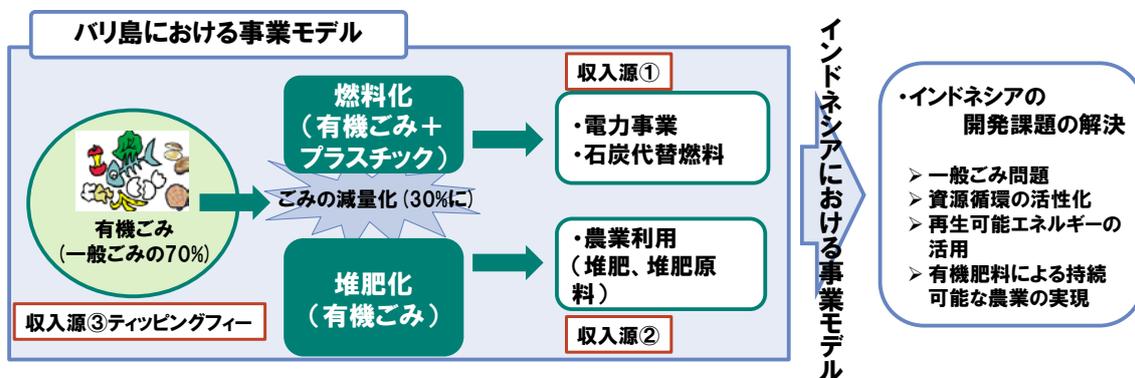


図 52 事業モデルと 3つの収入源

MFD を活用したビジネス展開において、想定される収入源は次の 3つとなる。

- ①燃料利用 (電力事業の実施、石炭代替燃料の製造)
- ②農業利用 (有機肥料や、有機肥料原料の製造)
- ③ティッピングフィー (ごみ処理事業を対象とした、処理費)

上記の収入源に関するヒヤリングを実施し、その結果を下表に示す。

表 13 MFD による事業展開時の収入源

収入源 カテゴリ	アウトプット 活用方法	価格	情報ソース
①燃料利用	電力事業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 13.35US セント/kWh ※大統領令によるごみ発電の売電タリフ</li> <li>・ 991 ルピア/kWh×0.85 ※一般的な発電事業タリフ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PLN（国営電力会社）</li> <li>・ インドネシアパワー（PLN傘下の発電事業者）</li> </ul>
	石炭代替燃料	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1,100 ルピア/kg （石炭価格）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 魚油・フィッシュミル工場</li> </ul>
②農業利用	堆肥、堆肥原料	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1,100 ルピア/kg （有機肥料販売価格）</li> <li>・ 300 ルピア/kg （有機肥料原料価格）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 肥料製造会社</li> <li>・ 有機ごみ由来コンポスト製造者</li> </ul>
③処理費（ティッピングフィー）	一般廃棄物処理事業として	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 50 万ルピア/トン （ごみ発電事業実施時の最大価格）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ WtE に関する大統領令(2018年35号)</li> </ul>
④その他	プラスチックの マテリアル販売	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 500 ルピア/kg （低品質）</li> <li>・ 1,000 ルピア/kg （高品質）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プラスチック買取問屋</li> </ul>

①の燃料利用については、1. (1) ③-4 WtE を対象とした大統領令で示したように、スウォン最終処分場における 10MW の WtE が計画されている。この計画について、導入技術などの検討には至っておらず、MFD を活用した事業を検討し提案することを想定している。WtE については、MFD のアウトプットであるコンポストと、選別するプラスチックを発電燃料として利用することを想定している。

また、スウォン最終処分場における 10MW のごみ発電以外の、民間企業によるごみ発電事業について、PLN からは「売電タリフは、通常の発電事業と同様の 991 ルピア(7.9 円)/kWh×0.85 となる」というコメントが示された。一方、MFD による小規模の発電事業のメリットや、事業採算性を示すことができれば、小規模のごみ発電事業に、大統領令で定められた 13.35US セント/kWh を適用することは可能であると考えられる。

発電事業のほかに、MFD を活用して石炭の代替燃料を製造し、販売するビジネスモデルも検討することができる。魚を原料に、健康食品としての魚油や、フィッシュミルを製造している工場へのヒヤリングによると、ボイラーの原料として石炭が使用されており、その価格は 1,100 ルピア (8.8 円) /kg という情報を得ることができた。また、インドネシアで使用されている石炭について、カロリーは 4,000kcal を下回っており、石炭と同等以上のカロリーを有する代替燃料を製造することができれば、石炭代替燃料としての販売可能性が高まることになる。

また、バリ島においては民間の発電事業者による石炭火力発電が実施されている。この石炭を代替する燃料を製造することも可能と考えられる。

加えて、インドネシアパワーはバリ島内において、一般ごみ由来の石炭代替燃料を製造する CSR 活動を実施している。

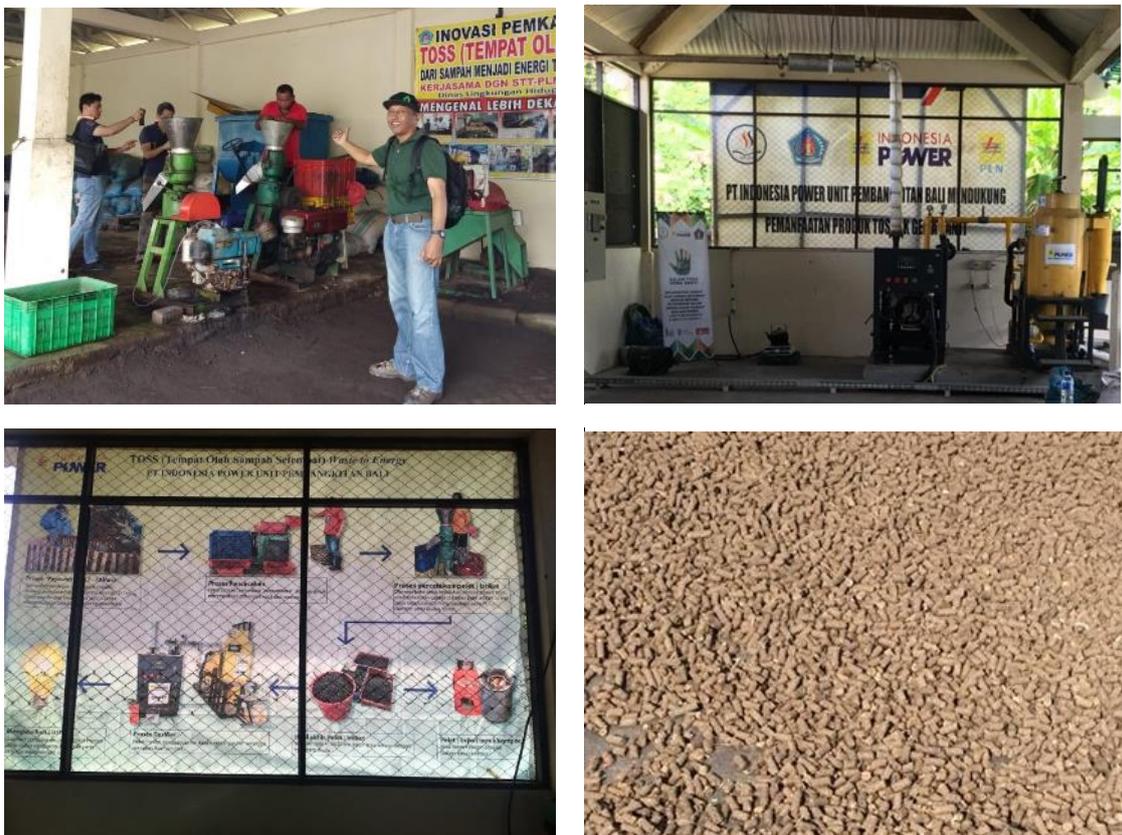


図 53 インドネシアパワーによる石炭代替燃料製造

先に示した、デポック市における公共事業・国民住宅省 (PUPR) による一般ごみからのブリケット製造、発電事業などの例からも、一般廃棄物を活用した石炭代替

燃料の製造については、インドネシアの廃棄物政策にも合致していると想定される。

②の農業利用については、最終製品としての堆肥については販売価格が 1,100 ルピア (8.8 円) /kg、堆肥原料として販売する場合は 300 ルピア (2.4 円) /kg という価格が判明した。MFD のアウトプットを農業利用する場合は、この販売価格を前提としたビジネスモデルを検討する必要がある。一方、記述の通り、家庭ごみ、事業系ごみ、掘り起こしごみから、堆肥や有機肥料の原料を製造する事業については、1. セレンなどの混入量が多い、2. MFD で処理する前後に緻密な分別プロセスが必要でありコスト高となるという問題を抱えている。

③のティッピングフィーについては、WtE に関する大統領令において、最大で 50 万ルピア (4,000 円) /トンと定められている。WtE を実施しない場合のティッピングフィーについては、デンパサールでは制度化されていない。前述したように、スウォン最終処分場で有機物等に由来するメタンガスを中心としたランドフィルガスによる発電事業を実施していた NOEI は、ティッピングフィーを代替するものとして CDM クレジットによる収入を見込んでいたが、クレジット価格相場の下落により、ビジネスモデルが瓦解した。また、バリ州のギャニャール県において、一般廃棄物に含まれる有機ごみをコンポスト化している事業を展開している、テムシリサイクルについても、ティッピングフィーは得ておらず、有機ごみのメタン発生回避による CDM によるクレジット販売益によって代替していることが判明した。テムシリサイクルによる CDM クレジットの発行期間は、2018 年までとなっており、2019 年以降の収入源が問題視されている。

ティッピングフィーについては、記述の通り、500,000 ルピア (4,000 円) /トン (500 ルピア(4 円)/kg) を提案したところ、DLHK からはもう少し金額を下げ、いくつかのパターンを作成した上で議論を継続させることを提案されている。今後、この協議は継続させていきたいと考えている。

④のプラスチックのマテリアルリサイクルについては、上記の収入源を補完するものとして検討が可能と考えられる。これは、MFD によって有機ごみ由来の堆肥原料を製造する際に、異物として選別されるプラスチックを販売するものである。デンパサールにおいて、ウェストピッカーなどからプラスチックなどの有価物を買収している問屋を訪問し、MFD によって選別されたプラスチックを持参した上で買い取り価格をヒヤリングしたところ、500 ルピア～1,000 ルピア (4 円～8 円) /kg で買い取りが可能ということであった。訪問した問屋は、仕入れたプラスチックを種類ごとに選別し、プレス加工した上でジャワ島の買い取り業者に販売している。MFD によって選別したプラスチックを更に選別し、プレス加工した上で、ジャワ島

の業者に直接販売することができれば、買い取り価格は更に向上すると考えられる。

結論としては、家庭ごみを中心とした一般廃棄物による、処理費を得た上での「石炭代替燃料製造事業」によるビジネス展開が最も現実的であると結論付けた。

### ③-2 事業採算性の検討及びビジネス展開計画の策定

(現地作業)

当初計画 : 2017年1月、4月、7月、11月

計画変更後 : 2018年6月、8月、10月、11月

- ・ 事業計画に関する C/P へのヒヤリング、プレゼンテーション
- ・ 省庁へのヒヤリング、プレゼンテーション

これまでの検討内容を踏まえて、具体的なビジネスモデルを策定した。

#### ・ 投入する一般ごみの種類と、組成と含水率

これまで、①家庭ごみ、②事業系ごみ、③掘り起こしごみを対象とし、MFD への投入実験を実施してきた。この中で、定量的なデータは存在していないものの一般廃棄物の発生量として最も多いのは①であり、カウンターパートである DLHK も①の減量を望んでいることから、①をターゲットとしたビジネスモデルを策定することとした、下表は、これまでの実証によって明らかにした「MFD 投入前の家庭ごみの組成と含水率」である。このパラメーターを使用して、ビジネスモデルを検討することとした。事業展開を行う場所によって対象とするごみの組成は異なるものの、有機ごみ比率が 60%前後、プラスチックが 20%前後という前提については、ヒヤリング先からも異論がなく、一つの前提条件として使用することとした。

表 14 ビジネスモデルの前提となる家庭ごみの組成と含水率

項目	割合	含水率	
生ごみ	59.15%	86.5%	代替燃料の原料 (90.7%)
紙	9.32%	40.0%	
木	0.39%	45.0%	
布	2.05%	44.0%	
プラ	19.50%	20.0%	
ゴム	0.26%	18.6%	
土	0.00%	49.4%	残渣(最終処分場へ) (9.3%)
金属	0.26%	2.0%	
ガラス	3.02%	1.2%	
コンクリート	2.19%	0.0%	
その他	3.86%	0.0%	
	100%		

・ 処理フロー

投入するごみ量として、25 トン/日を基本単位とした。この規模を下回ると、運用効率が低下すると共に、事業採算性も悪化していく。最低でも 25 トン/日の家庭ごみの処理を MFD で行うことが条件となり、25 トン/日を超える廃棄物を処理する場合は、ユニット数を増やすことで対応する。例えば、100 トン/日の家庭ごみを処理する場合は、4 ユニットを導入することになる。100 トン/日の家庭ごみを処理する場合、50 トン/日の MFD を 2 ユニット導入することも可能であるが、その場合は処理効率が向上するために、事業採算性も 25 トン/日の MFD を 4 ユニット導入するよりも事業採算性は良化する。

以下に、25 トン/日の MFD に、前述の組成・含水率の家庭ごみを投入した場合の処理フローを示す。

機器の構成は、普及実証事業にて導入したものとほぼ同じであるが、代替燃料とを製造するために、ブリケット機器を追加的に導入することとした。

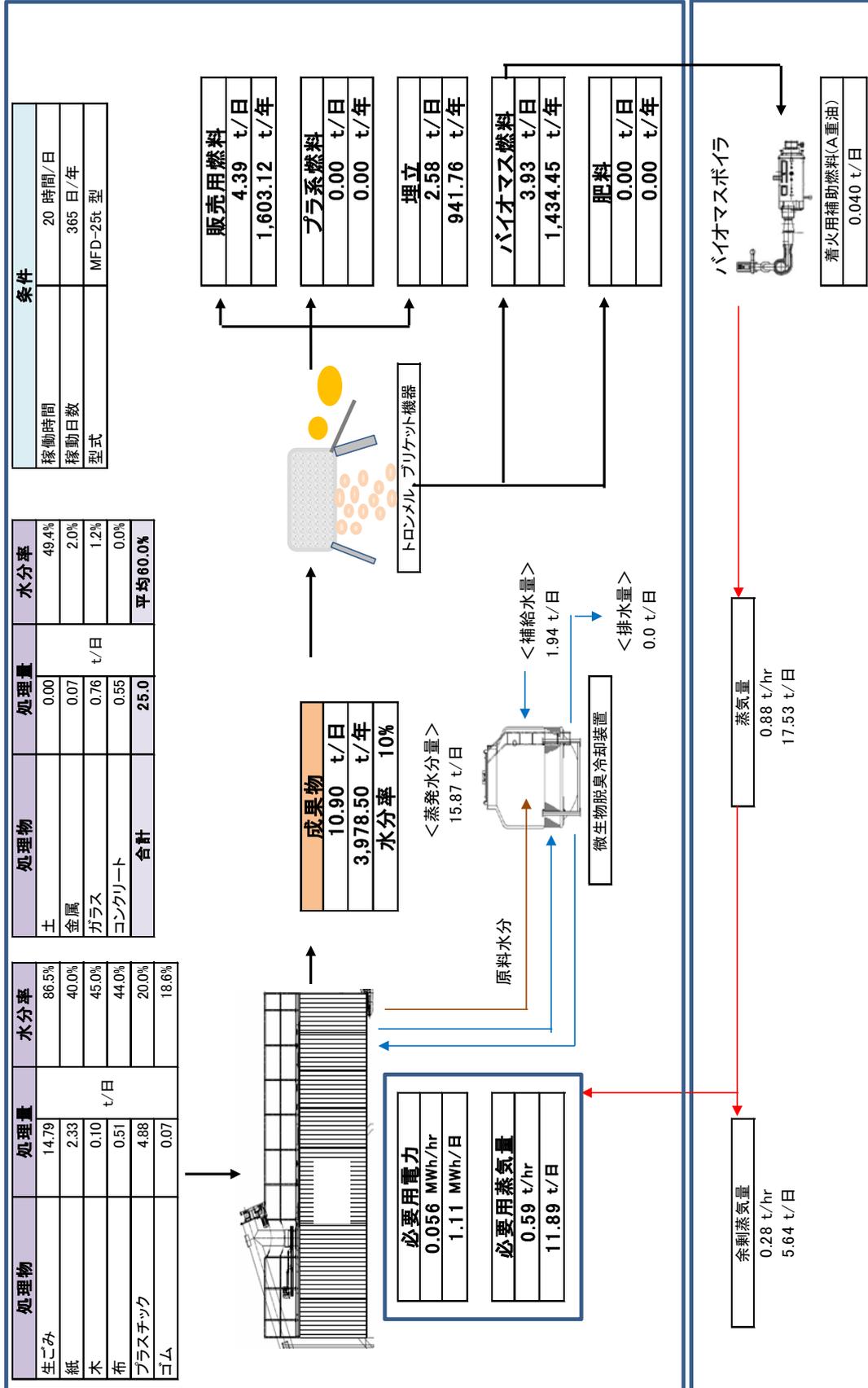


図 54 処理フロー

・ 事業採算性

次に、25 トン/日の家庭ごみを対象とした、MFD による石炭代替燃料の製造事業について、事業採算性を検討した。その結果を示す。

表 15 事業採算性

1日あたりの処理量		25	t/日
年間処理量		9,125	t/年
トン当たりの処理コスト		159,834	IDR/t
維持管理費(OPEX、O&M費用)			
No.	項目	金額	
1	A 重油	166,875,000 IDR/年	
2	電気代	406,610,000 IDR/年	
3	水道代	0 IDR/年	
4	人件費(責任者)	60,000,000 IDR/年	
5	人件費(作業員)	75,000,000 IDR/年	
6	メンテナンス費(イニシャルコストの2%)	750,000,000 IDR/年	
合計		1,458,485,000 IDR/年	
収入			
No.	項目	金額	
1	処理費	4,562,500,000 IDR/年	
2	販売費用(石炭代替燃料として)	1,763,437,072 IDR/年	
Total		6,325,937,072 IDR/年	
年間収支		4,867,452,072 IDR/年	
投下資本(CAPEX)		37,500,000,000 IDR	
資金回収期間		7.7年	
投資利回り		13.0%	

収入としては、1. 処理費：50 万ルピア/トン（4000 円/トン）、2. 石炭代替燃料の販売費用：110 万ルピア/トン（8800 円/トン）を想定し、63.3 億ルピア/年（5064 万円/年）を見込むことができる。

維持管理費用としては、14.6 億ルピア/年(1460 万円/年)を見込んでいる。

機器のイニシャルコストは、375 億ルピア（3 億円）と想定した。

この場合、初期費用の回収期間は 7.7 年となり、投資利回りは 13%となる。事業としては事業採算性を有することが分かった。

- ・ 今後のプロモーションについて

上記の通り、MFD を活用したビジネスについては、処理費(ティッピングフィー)と、石炭代替燃料の販売を想定している。まずは、デンパサール市における事業化を目指し、処理費の交渉を継続させていきたいと考えている。

一方、中央省庁や地方政府、民間企業を対象とした、ハードの販売も可能と考えている。中央省庁については、1. 事業の背景(1)③で紹介したように、公共事業・国民住宅省(PUPR)において、一般廃棄物由来の燃料等の製造が実施されている。現状では、プラスチックを高温で乾燥処理する際に発生するガスなどの問題などから有機ごみのみを対象としているが、MFD を活用した場合、乾燥工程の温度が低いためにプラスチックを含む一般廃棄物(家庭ごみ)から石炭代替燃料を製造することが可能であることを紹介したところ、高い関心を得ることができた。MFD の初期費用については、「中央政府にとっては高額ではない。一方、地方政府が導入するには高額かも知れない」というコメントであった。初期費用については、一部工程の現地化などによって低減できる余地があると考えている。普及実証事業、及び譲渡後の機器の運用を通して、MFD のプロモーションができればと考えている。

## (2) 事業目的の達成状況

### ①ハード面

事業の実施内容のうち、以下に示すように、機器の設置および試運転を完了し、廃棄物を投入した実験を行った。また、MFD の運営維持にかかる人員計画を策定し、技術指導を実施した。

実証事業によって得られるアウトプットについて、品質分析を実施し、堆肥としての使用可能性を検討した。

[活動内容のうち、実施した項目]

- ①-1 現状確認、カウンターパート(C/P)との実施体制、据え付け場所確認
- ①-2 MFD の仕様決定及び設計
- ①-3 機材の発注・調達業務
- ①-4 機材の設置場所レイアウトの決定と工事発注
- ①-5 現地機材設置
- ①-6 MFD の連続運転・調整
- ①-7 運営維持の人員計画
- ①-8 運転維持管理担当者(C/P)への技術指導
- ①-9 完成した堆肥の品質分析

## ②ソフト面

対象地域（デンパサール市およびその周辺地域）の自然・社会条件に合わせた有機廃棄物の分別・収集・運搬のプロセスを検証し、改善策の抽出・提案を行うことが目的となる。

サイト付近、及びデンパサールにおける一般廃棄物の処理フローや、有機物の処理状況については、確認を終えた（第1章②対象分野における開発課題にも記載）。

MFDの運用にかかる組織、人員体制を策定し、実際に現地オペレーターによる機器の運用を行いながら、技術指導を実施した。

MFD譲渡後の維持管理体制やオペレーションコストについては、具体的なプランを作成し、カウンターパートであるDLHKと合意を得ることができた。譲渡後のMFD運用について、DLHKは公園や公共施設から回収した枝葉類を投入し、土壌改良剤を製造することが判明した。

一般廃棄物の収集運搬体制については、「有機ごみの分別回収を実現させること」がポイントであることを確認し、DLHKはスマートフォンのアプリケーションを活用したシステムを開発し、分別の具体的なモチベーションを市民に提供することを実施することとなった。

### [活動内容のうち、実施した項目]

- ②-1 一般廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの現状把握
- ②-2 有機廃棄物の分別状況の調査と課題の抽出
- ②-3 MFDの運用にかかる組織・人員体制に関する提案書の策定
- ②-4 有機廃棄物の分別・収集・運搬プロセスの改善提案
- ②-5 C/Pとのレビュー結果を協議するための検討会
- ②-6 検討会の結果を反映した改善の提案

## ③全体検討

発酵減圧乾燥機（MFD）（ハード面）および有機廃棄物の分別・収集・運搬（ソフト面）の実証活動に基づき、MFD及び有機廃棄物の再資源化製品（有機堆肥原料）の普及可能性を検証・提案することが目標となる。

普及可能性については、MFDを活用した事業を展開する場合の収入源に関するヒヤリングを終えた。②-3で検討したランニングコストと、明らかにした収入源の価格情報を元に、実現可能性の高い計画を策定、C/Pや関連する事業者などにプレゼンテーションを行い、そのフィードバックを受け、改善を検討した。

上記を踏まえて、事業採算性の検討と、ビジネス展開計画を策定した。

[実施事項のうち、完了した項目]

- ③-1 ①②の成果に基づく MFD を中心とした提案技術のマーケット分析
- ③-2 事業採算性の検討及びビジネス展開計画の策定

### (3) 開発課題解決の観点から見た貢献

下表は、MFD による処理前の、家庭ごみの組成である。この組成を用いて、事業採算性を検討しており、いわば「インドネシアにおける典型的な家庭ごみの組成」である。

MFD を導入することで、投入するごみのうち約 91%を代替燃料の原料としてサーマルリサイクルすることができる。残りの 9%は最終処分場へ搬入することになるが、ごみの減量効果としては、91%の削減効果を見込むことができる。また、金属やガラスについては、別途リサイクルすることも可能である。金属やガラスの分別作業にかかるコストと発生量を比較した場合、将来的な事業のスコープにリサイクル事業は含めないこととしたが、金属 (0.26%) とガラス (3.02%) をリサイクルできれば、最終処分場へ搬入する廃棄物は全体の 6%にまで削減させることが可能となる。

表 16 ビジネスモデルの前提となる家庭ごみの組成と含水率 ※再掲

項目	割合	含水率	
生ごみ	59.15%	86.5%	代替燃料の原料 (90.7%)
紙	9.32%	40.0%	
木	0.39%	45.0%	
布	2.05%	44.0%	
プラ	19.50%	20.0%	
ゴム	0.26%	18.6%	残渣(最終処分場へ) (9.3%)
土	0.00%	49.4%	
金属	0.26%	2.0%	
ガラス	3.02%	1.2%	
コンクリート	2.19%	0.0%	
その他	3.86%	0.0%	
	<b>100%</b>		

### (4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

#### ①リサイクル産業の海外市場開拓への貢献

みどり産業株式会社が本社を構える千葉県市原市では、中小企業を中心に、数十社が

首都圏から排出される廃棄物のリサイクルに取り組んでいる。今後国内需要が減少すると見通されているリサイクル産業の活路については、リサイクル関連企業、市原市ともに施策を模索しているところである。本事業の推進は、同産業の海外市場開拓に対し、直接的に寄与することが期待される。

## ②国内「バイオマスタウン構想」発展や「資源循環型モデル」構築への貢献

みどり産業株式会社が位置する市原市は「バイオマスタウン構想」を策定している。これは、生ごみの堆肥化、バイオマス発電などと、農業の振興と地産地消型のエネルギー利用を組み合わせた構想である。本事業により得られた知見や技術を逆輸入し同構想の発展に活用することで、リバーサイノベーションが期待される。

また、千葉市はごみの減量や再資源化を進めるために「焼却ごみ 1/3 削減推進市民会議」を設置した。これは、稼働している焼却施設を 3 基から 2 基へ減少させ、焼却への依存度を減らしながら、ごみ減量、再資源化を目指すものである。デンパサールで実施する、分別とリサイクルを含む取り組みで得た知見は、こうした千葉市の取り組みにも活用できる。このように、多くの市町村においても、本事業で蓄積したノウハウを用いて、地域の資源循環型に向けた更なるシフトに貢献することができる。

## (5) 環境社会配慮

### ①事業実施前の状況

カウンターパートである、デンパサール市 DLKH に確認を行ったところ、プロジェクトサイトは DLHK が所有、管理する用地であり、さらに一般ごみの処理施設であるために、都市計画証明書 (SKRK)、環境管理対策 (UKL)、及び環境監視対策 (UPL) といった許認可の追加的な申請は必要ないという返答であった。一方、申請が必要と考えられる場合は、別途連絡いただくことになった。結果として、追加的な申請の必要はなく、機器の設置を終え、実証活動を行うことができた。

### ②事業実施国の環境社会配慮法制度・組織

インドネシアにおける、環境社会法制度については、都市計画証明書 (SKRK)、環境管理対策 (UKL)、及び環境監視対策 (UPL) といった許認可が存在している。本事業においては、上記の通り、既存のサイトでの事業であり、追加的な許認可申請などは不要となる。

### ③事業実施上の環境及び社会への影響

DLKH から、「振動、騒音、悪臭、大気質」の 4 項目については、チェックしたいという申し出があった。複数回の実証活動によって MFD を稼働させたところ、DLKH は

4項目について問題がないことを確認し、譲渡についても合意を得ることができた。

#### ④環境社会配慮結果

実証活動において、MFDを稼働させた結果、「振動、騒音、悪臭、大気質」への影響は認められなかった。

#### (6) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

カウンターパートである、デンパサール市 DLHK については、実証用地の提供、光熱費の支払い、分別の実施、分別収集された有機ごみの実証サイトへの搬入、人員の提供などが期待されるが、概ね了解を得ている。

譲与した機材の維持管理体制について、本事業の実施サイトは現在でも堆肥化施設として稼働しており、人員配置も既にされている。DLHK は現在の要員をそのまま運転要員として稼働を継続する。

#### (7) 今後の課題と対応策

当面の課題は、処理費（ティッピングフィー）にかかる、デンパサール市との協議・交渉となる。

また、問い合わせを受けている民間企業への MFD 導入についても同時にプロモーションを進め、販売実績を積み重ねていくことを目指す。

## 4. 本事業実施後のビジネス展開計画

### (1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

#### ①マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

下表は、既に示した MFD による事業展開時の収入源となる。結果として、①燃料利用にある石炭代替燃料と、③処理費を対象とした事業展開を行うこととなる。

競合製品、代替製品については、公共事業・国民住宅省（PUPR）などが一般ごみ由来の燃料製造機器を導入している。価格面では、こうした機器にアドバンテージがあるものの、受け入れ可能な廃棄物は有機ごみのみであり、今後の普及可能性についてはかなり限定されると考えている。

表 17 MFD による事業展開時の収入源 ※再掲

収入源 カテゴリ	アウトプット 活用方法	価格	情報ソース
①燃料利用	電力事業	<ul style="list-style-type: none"> <li>13.35US セント/kWh ※大統領令によるごみ発電の売電タリフ</li> <li>991 ルピア/kWh×0.85 ※一般的な発電事業タリフ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PLN（国営電力会社）</li> <li>インドネシアパワー（PLN 傘下の発電事業者）</li> </ul>
	石炭代替燃料	<ul style="list-style-type: none"> <li>1,100 ルピア/kg （石炭価格）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>魚油・フィッシュミル工場</li> </ul>
②農業利用	堆肥、堆肥原料	<ul style="list-style-type: none"> <li>1,100 ルピア/kg （有機肥料販売価格）</li> <li>300 ルピア/kg （有機肥料原料価格）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>肥料製造会社</li> <li>有機ごみ由来コンポスト製造者</li> </ul>
③処理費（ティッピングフィー）	一般廃棄物処理事業として	<ul style="list-style-type: none"> <li>50 万ルピア/トン （ごみ発電事業実施時の最大価格）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>WtE に関する大統領令(2018年35号)</li> </ul>
④その他	プラスチックの マテリアル販売	<ul style="list-style-type: none"> <li>500 ルピア/kg （低品質）</li> <li>1,000 ルピア/kg （高品質）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラスチック買取問屋</li> </ul>

「デンパサール市から最終処分場へ搬送されている約 300 トン/日のごみの約 70%を占める有機ごみを対象に、MFD を活用して約 100 トン/日のごみを再資源化することを

目標とする。」という本事業の当初計画については、25 トン/日の処理能力を有する MFD を 4 機導入することで、達成が可能とみている。

## ②ビジネス展開の仕組み

下図において、想定している事業モデルを示す。3.普及・実証事業の実績 ③全体検討において詳細を検討した通り、収入源としては石炭代替燃料の販売と、処理費（ティッピングフィー）を想定している。一般的には、PPP モデル、BOO（Built, Own and Operation）モデルと呼ばれるビジネスモデルによる事業、つまり機器を単純に販売するだけでなく、機器の運用による収益を継続的に上げることができるよう事業を展開する。

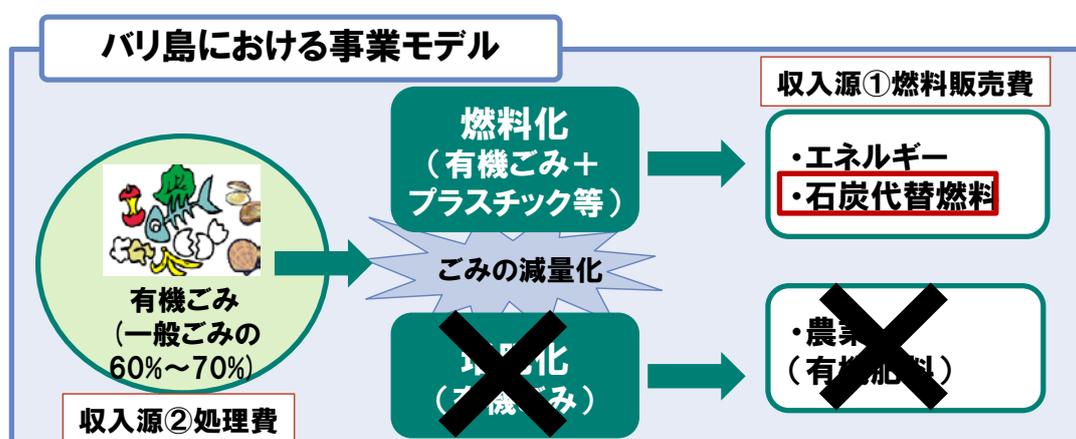


図 55 事業モデル

## ③想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

### ・原材料・資機材の調達計画(含、許認可の必要性の有無)

今回、普及実証事業において設置した MFD は、日本で設計した図面にに基づき、一部の機器を中国やインドで生産することでコストの低減を図った。当面は、同様の体制でインドネシアへの機器導入を想定している。許認可などは必要なく、関税の支払いが必要となる。

普及実証事業において、インドネシア国内の鉄工メーカーとの協議も実施した。こうしたメーカーについては、一部の周辺機器の製造を委託することは可能であると考えている。段階的に、MFD の製造工程をインドネシア国内に移管することで、製造コストを低減させることが可能となる。ボイラー、熱交換器、冷却機などは比較的容易にインドネシア国内で調達可能となると考えている。一方、減圧や攪拌が必要な本体ジャケットについては、十分な技量と経験を有する鉄鋼業での提携先を発掘する必要がある。

ビジネス展開については、①デンパサール市への提案の継続、②民間企業向けのプロ

モーションを、普及実証開始直後から開始する。②については、既に複数の民間企業から、MFDの導入による一般廃棄物処理の問い合わせを受けており、早期の受注獲得を目指す。

#### ・生産・流通・販売計画(含、許認可の必要性、現地生産計画の有無)

生産については、現地の鉄工メーカーなどに段階的にMFDの生産を移管していくことを想定している。既存の鉄工メーカーでの製造については、追加的な許認可などは不要となる。日本国内と同様に、機器の設計やデザインを弊社で行い、生産については鉄工所などに委託することを想定している。

流通、販売については、受注案件ごとにオーダーメイドに近い形で行う。つまり、案件ごとに異なる条件に対応するために、案件ごとに導入する機器の構成を検討する。

#### ・要員計画・人材育成計画

人材育成について、MFDは、その構造は非常にシンプルであることが特徴である。サイトに設置した機器の維持管理を担当するバリ島の現地業者も、比較的短期間にMFDの仕組みを理解し、機器の調整などが可能となった。機器の日常的なオペレーションについても、サイトのオペレーターは既に日本チームのサポートなしに、機器を稼働、運転させることが可能となっている。つまり、MFDを普及させるために、人材育成などがボトルネックとなる可能性は非常に低い。

#### ・収支分析・資金調達計画

収支分析について、既に検討した結果を以下に示す。処理費（ティッピングフィー）と石炭代替燃料の販売によって、一定の事業性を有することが判明した。

資金調達については、日本の上場企業や、ヨーロッパの投資家とのディスカッションを行っている。ティッピングフィーを含む収入源を確保することができれば、資金を調達することは可能であると考えている。

表 18 事業採算性 ※再掲

1日あたりの処理量	25	t/日
年間処理量	9,125	t/年

トン当たりの処理コスト	159,834	IDR/t
-------------	---------	-------

維持管理費(OPEX、O&M費用)

No.	項目	金額
1	A 重油	166,875,000 IDR/年
2	電気代	406,610,000 IDR/年
3	水道代	0 IDR/年
4	人件費(責任者)	60,000,000 IDR/年
5	人件費(作業員)	75,000,000 IDR/年
6	メンテナンス費(イニシャルコストの2%)	750,000,000 IDR/年
合計		1,458,485,000 IDR/年

収入

No.	項目	金額
1	処理費	4,562,500,000 IDR/年
2	販売費用(石炭代替燃料として)	1,763,437,072 IDR/年
Total		6,325,937,072 IDR/年

年間収支	4,867,452,072 IDR/年
------	---------------------

投下資本(CAPEX)	37,500,000,000 IDR
資金回収期間	7.7年
投資利回り	13.0%

④ビジネス展開可能性の評価

・公共セクター向けビジネス(処理費によるビジネス)

公共セクターに向けては、処理費(ティッピングフィー)を得た上でのビジネスモデルとなる。デンパサール市について、処理費にかかる具体的な協議を継続させていくこととなる。インドネシアにおいては、スラバヤ市等の事例を除き、民間企業による処理費を得た上での一般廃棄物処理事業は実施されていない。一方、中央政府、地方政府共に処理費の重要性については認識がなされている。今後、処理費に関する政策が整備されることも想定され、中長期的には公共セクター向けビジネスは実現可能となると見ている。

・民間企業向けビジネス

いくつかのインドネシアの民間企業より、MFDの導入についての問い合わせを受け

ている。民間企業の MFD 導入について、モチベーションは次の二つに大別される。一つは、廃棄物処理を公共ではなく民間で行うことへのモチベーション、二つ目は CSR 活動である。

一つ目について、具体的には不動産開発業者において、「ごみの発生量を限りなくなくす」ことで、商業施設や住宅の付加価値を上げようとする動きが見られる。こうした動きが活発化すれば、MFD の導入についてもマーケットは拡大していくと考えら得る。なお、こうした民間企業の動きについては、公共セクターからの規制などに基づくものではないことを付記しておく。ただ、中長期的に公共による一般廃棄物の回収、処理について、商業部門などに処理費用を課す可能性もあり、民間の商業施設や住宅開発における MFD 導入可能性は、高まる傾向にあると考えられる。

二つ目は、CSR 活動である。インドネシア国内の民間企業において、一般廃棄物問題へ貢献しようとする動きが見られる。これまでは、外資系企業におけるプラスチックなどの有価物回収支援などの活動が見られたが、今後、その動きがインドネシア資本の企業にも拡大していくことが想定される。

また、SDGs において、17 の目標には「11 住み続けられるまちづくりを」、「12 つくる責任つかう責任」などの廃棄物に関連の深い項目が掲げられており、民間企業によるこうした項目への貢献として、MFD の導入が検討されることも考えられる。

#### ・肥料製造会社との共同研究の可能性

国有企業 (BUMN) である、肥料製造会社プブックインドネシア社では、有機廃棄物を活用した有機肥料の製造に取り組んでいたこともあり、MFD については高い関心を示している。MFD の譲渡にあわせて、デンパサールのサイトを視察したいという申し出を受けているほか、同社の子会社である西ジャワ州チカンペックに位置する肥料製造会社に設立予定の、技術開発センターへの MFD 設置について、提案を求められている。

普及実証事業で分析を行ったとおり、家庭ごみなどの一般廃棄物由来のアウトプットには、セレンなどが多く含まれている。同社との協力については、西ジャワ州のジャカルタ郊外に広がる工業団地から排出される、食品製造工場などからの有機廃棄物を活用し、MFD による有機肥料の原料製造が可能であると考えている。今後、チカンペックの工場や、付近の食品製造工場を視察し、MFD を活用した事業の展開可能性を検討する予定である。その第 1 段階として、プブックインドネシアとの協力による、同社の技術開発センターへの MFD 設置を目指したい。

## (2) 想定されるリスクと対応

### ①カントリーリスク

インドネシアは東南アジア随一のイスラム教徒を抱える国であり、首都ジャカルタや

今回事業実施地であるバリ島（ただし同島においてはバリ・ヒンドゥー教が主たる宗教）では過去に複数回テロが発生している。2016年7月にバングラデシュ国ダッカにおける襲撃事件は、インドネシアやマレーシアなどを含む広域のアジア圏においてテロの危険性が高まっていることに警鐘を鳴らす出来事として、記憶に新しい。これを受け、外務省とJICAは「国際協力事業安全対策会議」を立ち上げ、新たな安全対策を策定した。

当該リスクへの対処法として、基本的には上記会議の結果をふまえたJICAの指導に従い、事業従事者一人ひとりの備えを万全にした。具体的には、在インドネシア日本大使館、在デンパサール日本国総領事館、JICAインドネシア事務所、インドネシア政府機関であるデンパサール市DLHK等を通じて、現地治安状況に関し十分な情報収集を行った。また、バリ島固有のリスク（主たる宗教が異なり、かつ外国人の多い観光地であること）を勘案し、現地パートナーに対し、現地活動のための協力依頼および調整作業を十分に行った。

結果として、普及実証事業において特に問題は発生しなかった。今後の事業展開ステージにおいても、同様の方針を踏襲する。

## ②事業リスク

新興国での行政機関とのビジネスにおいては、独特な商習慣や、人事異動などによる契約や取り決めの反故などによりビジネスの継続が難しくなるリスクなども想定される。十分に検討の上でしっかりと契約など文書を結ぶことは基より、肥料の有効活用や農業生産など一連のビジネスに関係していく事で、現地関係者との関係性を強めることで対応をしていく。

普及実証事業においては、税関手続きに多くの時間と費用を要した。税関手続きについては、明文化されていない手続きも多く、一つの事業リスクとなることが判明した。これを軽減させるための手法の一つは、国内製造を段階的に進めていくことと考えている。

## （3）普及・実証において検討した事業化による開発効果

下表は、MFDによる処理前の、家庭ごみの組成である。この組成を用いて、事業採算性を検討しており、いわば「インドネシアにおける典型的な家庭ごみの組成」である。

MFDを導入することで、投入するごみのうち約91%を代替燃料の原料としてサーマルリサイクルすることができる。残りの9%は最終処分場へ搬入することになるが、ごみの減量効果としては、91%の削減効果を見込むことができる。また、金属やガラスについては、別途リサイクルすることも可能である。金属やガラスの分別作業にかかるコストと発生量を比較した場合、将来的な事業のスコープにリサイクル事業は含めないこととしたが、金属（0.26%）とガラス（3.02%）をリサイクルできれば、最終処分場へ搬入する廃棄物は全体の6%にまで削減させることが可能となる。

表 19 ビジネスモデルの前提となる家庭ごみの組成と含水率 ※再掲

項目	割合	含水率	
生ごみ	59.15%	86.5%	代替燃料の原料 (90.7%)
紙	9.32%	40.0%	
木	0.39%	45.0%	
布	2.05%	44.0%	
プラ	19.50%	20.0%	
ゴム	0.26%	18.6%	
土	0.00%	49.4%	残渣(最終処分場へ) (9.3%)
金属	0.26%	2.0%	
ガラス	3.02%	1.2%	
コンクリート	2.19%	0.0%	
その他	3.86%	0.0%	
	<b>100%</b>		

#### (4) 本事業から得られた教訓と提言

##### ① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

新興国でのビジネス展開について、日本企業の課題は、「技術力が高い優れた製品を提供できるが、価格が新興国にとっては負担となり、普及が促進されない」という点にある。これを克服するために、本事業では、あえて中国とインドにおいて機器を製造する方針としている。一方、インドからのボイラー調達について、納期の大幅遅延が生じたように、納期やスケジュール管理には、十分な注意を払う必要がある。

また、MFD については、設置および試運転を1度の現地渡航で終えることができたが、新興国で機器などを製造する場合には、日本企業による品質管理も重要なポイントとなる。「日本の優れた技術を、新興国での製造・生産によりコストダウンを図りながら、品質やスケジュール管理については日本と同等のものを担保する」というのが、あるべき新興国への進出方針と考えられる。

また、ホスト国における輸出入制度については、事前に十分な調査を行うことが必要であることを学んだ。公開されている法制度情報と、実際の法制度の運用には、ギャップが生じていることは珍しくなく、スケジュールの遅延や、想定外の支出を伴うことがあることが分かった。

## ②JICA や政府関係機関に向けた提言

普及・実証事業のような、海外展開を支援するようなスキームは、特に中小企業にとっては、非常に有意義なものであり、まずは、本普及・実証事業を実施させていただくことには、深く感謝を申し上げたい。

ホスト国における輸出入については、JICA より多大な情報や助言をいただいたところであるが、例えば、僭越ながら、普及・実証事業の輸出入にかかるトラブル事例集などを整備いただければ、次にインドネシアで事業を行う事業者の一助になるのではないかと考える。

## 参考文献

特になし

## 添付資料

特になし

Department of Environment and  
Cleanliness (DLHK), Denpasar city

## Summary Report

Republic of Indonesia

Verification Survey with the Private Sector  
for Disseminating Japanese Technologies  
for Municipal Solid Waste (MSW)  
Management by Sustainable Recycling  
Dispersion System

January, 2019

Japan International Cooperation Agency

Midorisangyo Co., Ltd.

## 1. BACKGROUND

[MSW in Indonesia]

In large cities of Republic of Indonesia (hereafter referred to as Indonesia), the capacity of final disposal sites for Municipal Solid Waste (MSW) which refers to waste from household and commercial sector is almost full due to rapidly increasing MSW triggered by population increase and economic development.

[Issues of MSW management]

In 2008, Indonesian government enacted “ACT OF THE REPUBLIC OF INDONESIA NUMBER 18 YEAR 2008 REGARDING WASTE MANAGEMENT” in order to prohibit local governments from waste management by open dumping. However, most of the local governments have not found effective and practical solutions for management of MSW. In Indonesia, the management of organic wastes which account for 60% to 70% of total generation amount of MSW is the most critical issue.

## 2. OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES

### (1) Purpose

Performance of the technology and equipment of Midori Fermentation Decompression (MFD) will be verified in Denpasar and dissemination model of MSW reduction will be proposed for other cities of Indonesia.

### (2) Activities

1. The effectiveness of MFD to produce fertilizer from organic waste will be verified, as a proper measure of reducing MSW.
  - 1-1 Check the conditions for implementation
  - 1-2 Decision of specification and design of MFD
  - 1-3 Procurements of equipment and materials
  - 1-4 Agreement on the site for installation and layout with Denpasar city, and orders for construction work
  - 1-5 Installation and test operation of MFD at the site
  - 1-6 Continuous operation and adjustment operation of MFD
  - 1-7 Manpower planning for operation and maintenance (O&M)
  - 1-8 O&M and technical trainings for operators from Denpasar city
  - 1-9 Quality analysis of materials composed by MFD for organic fertilizer
2. The sorting/collecting/transferring process of organic waste will be analyzed from the view of environmental and social conditions in Denpasar city. Based upon the analysis, solution for improvement of MSW management will be proposed.
  - 2-1 Check the current process of sorting/collecting/transferring MSW
  - 2-2 Investigation of current sorting process of organic waste from MSW, and identification of issues to be improved about the sorting process
  - 2-3 Review of organization and manpower (capacities/O&M system/ budget) and recommendation for operating MFD
  - 2-4 Proposal of improved process for the sorting/collecting/ transferring of organic waste

- 2-5 Holding conferences to share and discuss the outputs from the reviews done in 2-3 above with Denpasar city
- 2-6 Proposal of revised recommendation towards improvement of MSW based upon the outcomes from the conferences
- 3. Based upon the activities in 1. and 2., the possibility towards dissemination of MFD and its output (material for fertilizer from organic waste) will be verified and a model of proper MSW management by MFD will be proposed in Denpasar city.
  - 3-1 Analysis on technical and economic sustainability of MFD and related technologies according to outputs from the activities 1. and 2.
  - 3-2 Analysis on business profitability of MFD and development of a business model towards dissemination based the activity 3-1

### **(3) Information of Product/ Technology to be Provided**

[Hardware]

Midori Fermentation Decompression (MFD) is equipment to convert organic waste to material for organic fertilizer and alternative fuel of fossil energy by drying and fermenting under decompressed and heated condition which enhances the process by microbes.

MFD could compost organic waste out of MSW without pre-sorting process. Other materials such as plastics and papers will not be dissolved by MFD and therefore, pollution on output and/or chemical reaction in decomposed wastes such as plastics and papers will not occur.

Organic waste will be dissolved in short period because microbial activities of heating and fermenting will be activated under decompression condition. Hence, decompressed process by MFD will decrease operation time and fuel cost.

Organic material produced by MSW will be utilized as material for organic fertilizers, animal feeds and alternative fuels of fossil energy.



[Software]

We will provide our experience and know-how for technically and economically

sustainable system regarding soring, collection, and composting of organic waste as business activity.

**(4) Counterpart Organization**

Japan : Midorisangyou Co., Ltd.  
 Indonesia : Ministry of Environment and Forestry (KLHK)  
 Department of Environment and Cleanliness (DLHK) of Denpasar City

**(5) Target Area and Beneficiaries**

Target Area : Denpasar city  
 Beneficiaries : Public sector of Denpasar city

**(6) Duration**

From August 2016 to June 2019 (2 years and 10 months)

**(7) Progress Schedule**

Procurement of MFD : September 2016 to October 2017  
 Installation of MFD : November 2017  
 Verification of MFD : November 2017 to January 2019  
 Study of MSW in Indonesia : September 2016 to July 2018  
 Considering Business model : November 2017 to December 2019

**(8) Manning Schedule**

Midori Sangyou in Indonesia	: Planned 1.93 M/M	Actual 1.66 M/M
Midori Sangyou in Japan	: Planned 21.3 M/M	Actual 21.5 M/M
Outside talents in Indonesia	: Planned 8.26 M/M	Actual 8.21 M/M
Outside talents in Japan	: Planned 9.2M/M	Actual 10.3 M/M
Total in Indonesia	: Planned 10.19 M/M	Actual 8.26 M/M
Total in Japan	: Planned 30.5 M/M	Actual 31.85 M/M
Total	: Planned 40.69 M/M	Actual 41.89 M/M

**(9) Implementation System**

Organization	Roles
--------------	-------

Ministry of Environment and Forestry (KLHK)	KLHK shall supervise and facilitate DLHK to cooperate with the JICA Survey Teams in assuring the successful implementation of the survey.
Department of Environment and Cleanliness (DLHK) (Implementing organization in Indonesia)	Providing the project site, Selection of model area, collection and transport of MSW (sorted organic waste, if possible) and so on.
Midorisangyou Co., Ltd. (Implementing organization in Japan)	Planning and installation of MFD, O&M of MFD, Demonstration of utilizing the output (organic fertilizer) from MFD, Dissemination Plan of MFD in Denpasar and so on.
Recotech Inc. (Outside Talent)	Project management and Developing business model
NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING , Inc (Outside Talent)	Developing business model and Reporting
PT.SKY JAPAN ABADI (Outside Talent)	Coordination/Procurement in Indonesia, O&M of MFD
ONE DROP FARM, inc. (Outside Talent)	Verification of utilizing the output (organic fertilizer) from MFD for agricultural uses, Dissemination Plan of MFD

### 3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

#### (1) Outputs and Outcomes of the Survey

1. The effectiveness of MFD to produce fertilizer from organic waste will be verified, as a proper measure of reducing MSW.
  - 1-1 Check the conditions for implementation
  - 1-2 Decision of specification and design of MFD
  - 1-3 Procurements of equipment and materials
  - 1-4 Agreement on the site for installation and layout with Denpasar city, and orders for construction work
  - 1-5 Installation and test operation of MFD at the site

[Outputs and Outcomes of 1-1 to 1-5]

We have designed, procured and manufactured MFD, and successfully installed the machinery at the site in November 2017.

#### 1-6 Continuous operation and adjustment operation of MFD

After the installation, we loaded organic waste to MFD and completed commissioning. We loaded 3 types of waste, 1. Organic waste from households, 2. Mixed waste from households and commercial sectors and 3. Dumped waste from TPA (final disposal site). And we analyzed the composition of each type of waste. We also calculated the operation cost of MFD.

1-7 Manpower planning for operation and maintenance (O&M)

We developed O&M structure (assigned one manager and two operators from DLHK for daily operation and maintenance, and mechanical/electric engineers in Denpasar for maintenance).

1-8 O&M and technical trainings for operators from Denpasar city

We trained the two operators at the site. And they became able to operate MFD without supports from the team from Japan.

1-9 Quality analysis of MSW (waste from households and commercial sector) composed by MFD for organic fertilizer

Composition of MSW after MFD treatment

Input MSW : 2,669.1 kg (wet weight)

Output MSW : 1,245.6 kg (dry weight)

Type	Weight(dry, kg)	%
Organic	657.0	52.7%
Plastic	256.6	20.6%
Paper	244.0	19.6%
Wood	7.0	0.6%
Soil	0.0	0.0%
Textile	21.0	1.7%
Leather/Rubber	3.4	0.3%
Metal	6.0	0.5%
Glass	48.2	3.9%
Concrete	2.0	0.2%
Others	0.4	0.0%
<b>Total</b>	<b>1245.6</b>	<b>100.0%</b>

We clarified the composition of MSW (waste from households and commercial sector) after the process of MFD.

A comparison between Input MSW (wet weight: 2,669.1 kg) and Output MSW (dry weight: 1245.6kg) shows the function of reducing moisture by MFD. MFD could reduce 53% of moisture in MSW.

If we would like to sell the output as materials of fertilizer, we have to remove waste other than organic waste. A manufacturer of fertilizer pointed out that they would accept only the organic waste from MFD, and we had to remove the other waste.

On the other hand, if we sell the output as alternative fuel of fossil energy, we can recycle (thermal recycle) Plastic, Paper, Wood, Textile and Leather/Rubber which account for 95% of the output.

2. The sorting/collecting/transferring process of organic waste will be analyzed from the view of environmental and social conditions in Denpasar city. Based upon the analysis, solution for improvement of MSW management will be proposed.

2-1 Check the current process of sorting/collecting/transferring MSW

DLHK and private sectors collect waste from households and commercial sectors, and transfer to a final disposal site (TPA Suwung). They charge collection fee from households (25,000 ~ 35,000 Rupiah/household/month). Some valuable items such as plastics, metals and others are segregated and sold by private sectors.

315tons/day of MSW from Denpasar is transferred to TPA Suwung. Other regencies (kabupaten) also use the TPA Suwung, and the total amount of MSW transferred to TPA Suwung is estimated around 600 to 800 tons/day.

2-2 Investigation of current sorting process of organic waste from MSW, and identification of issues to be improved about the sorting process

DLHK is conducting a model project around the project site (TPST 3R). Currently waste from around 200 households is transferred to TPST 3R by DLHK. DLHK ask 200 households to segregate “organic waste” and “inorganic waste”. In return for segregation, DLHK is collecting the waste for free. However, the segregation has not conducted completely.

2-3 Review of organization and manpower (capacities/O&M system/ budget) and recommendation for operating MFD

We developed O&M structure (assigned one manager and two operators from DLHK for daily operation and maintenance, and mechanical/electric engineers in Denpasar for maintenance) and trained operators.

2-4 Proposal of improved process for the sorting/collecting/ transferring of organic waste

In order to sell output from MFD as materials of fertilizer, we have to segregate organic waste from other waste. And we find that a key point is motivation for segregation at emission sources of waste (households etc.).

2-5 Holding conferences to share and discuss the outputs from the reviews done in 2-3 above with Denpasar city

We held a conference with DLHK and agreed that we have to improve the motivation for segregating waste at households. As a specific measure, Denpasar was considering “virtual currency”, “application for smartphone” to provide value for segregation.

2-6 Proposal of revised recommendation towards improvement of MSW based upon the outcomes from the conferences

Toward the handover of MFD, we proposed a policy of operation at the project site (TPST 3R) as follows. And DLHK agreed to accept MFD.

- Amount of input waste :600kg (200kg X 3 batches)
- Operation hours:9hours (3hours X 3 batches)
- Type of waste:
  1. Waste from Household: output is material for fertilizer (need segregation before/after processing) or alternative fuel of fossil energy
  2. Woods and leaves: output is material for fertilizer
- Operation cost
  - Electricity:75~85kWh / 9h
  - Fuelwood:200~250kg / 9h
- Operators
  - Manager :one person
  - Operator: two persons

3. Based upon the activities in 1. and 2., the possibility towards dissemination of MFD and its output (material for fertilizer from organic waste) will be verified and a model of proper MSW management by MFD will be proposed in Denpasar city.

3-1 Analysis on technical and economic sustainability of MFD and related technologies according to outputs from the activities 1. and 2.

Regarding the potential market of MFD, we identify 2 business models, or 1. Material for fertilizer and 2. Alternative fuel of fossil energy, in order to sell the output from MFD.

To sell the output as 1. Material for fertilizer, we have to segregate organic compost from other outputs. A manufacturer of fertilizer in Bali will buy the output at 1,000 Rupiah /kg. In case of 2. Alternative fuel of fossil energy, we can recycle 95% of the output from MFD. The income from alternative fuel is equal to the price of coal which is around 1,100 Rupiah/kg in Bali. It seems that we have to install “pelletizer” in order to sell the output as fuel.

3-2 Analysis on business profitability of MFD and development of a business model towards dissemination based the activity 3-1.

<b>Daily Input of MSW</b>	<b>25</b>	<b>t/Day</b>
<b>Annual Input of MSW</b>	<b>9,125</b>	<b>t/Year</b>

<b>Operation cost/ton MSW</b>	<b>159,834</b>	<b>IDR/t</b>
-------------------------------	----------------	--------------

**Operation cost**

<b>No.</b>	<b>Item</b>	<b>Price</b>
1	Fuel	166,875,000 IDR/Year
2	Electricity	406,610,000 IDR/Year
3	Water	0 IDR/Year
4	Labor (1 Manager)	60,000,000 IDR/Year
5	Labor (5 Operators)	75,000,000 IDR/Year
6	Maintenance (2% of Initial cost)	750,000,000 IDR/Year
<b>Total</b>		<b>1,458,485,000 IDR/Year</b>

**Income**

<b>No.</b>	<b>Item</b>	<b>Price</b>
1	Tipping Fee	4,562,500,000 IDR/Year
2	Output (sell as fuel)	1,763,437,072 IDR/Year
<b>Total</b>		<b>6,325,937,072 IDR/Year</b>

<b>Annual Profit</b>	<b>4,867,452,072 IDR/Year</b>
----------------------	-------------------------------

<b>Initial Cost</b>	<b>37,500,000,000 IDR</b>
<b>Payback period</b>	<b>7.7 Year</b>
<b>Investment yield</b>	<b>13.0%</b>

The sheet above shows the business profitability of MSW treatment with MFD. We assume that MFD will be owned and operated by private sector as a BOO (Build Own and Operate) business. And local government will provide tipping fee to the private sector, hopefully 500,000IDR/ton (PPP model: public-private partnership model). We assume that all the output will be sold as alternative fuel of fossil energy. In order to sell the output as material for fertilizer, we have to add segregation process. And we also need to consider the treatment of non-organic waste, for example selling the valuable items such as plastic, paper, metal and glass after segregation, and dumping others to TPA. Considering current MSM status, we come to a conclusion that all the output should be sold as fuel.

The sheet is based upon input capacity at 25tons MSW/day. If the input volume is larger than 25tons MSW/day, we can install multiple systems (e.g. to accept 100ton MSW/day, we will install 4 systems of MFD with 25tons MSW/ day capacity).

We assume that the tipping fee would be 500,000IDR/ton which is based upon “Presidential Regulation No. 35 of 2018” for waste to energy projects in 12 cities including Denpasar. In case the tipping fee would be lower than 500,000IDR/ton, we have to reconsider the initial cost. There might be rooms for cost reduction by localization of EPC, simplification of MFD system and so on.

## **(2) Self-reliant and Continual Activities to be Conducted by Counterpart Organization**

DLHK will operate MFD to process the MSW at TPST 3R. DLHK will bear the operating cost showed at section 2-6.

## **4. FUTURE PROSPECTS**

### **(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country**

Based upon composition of MSW showed at section 1-9, we can assume the maximum impact and effect for waste reduction by MFD as follows. If we produce fuel from MSW, 95% of waste (The total ratio of Organic, Plastic, Paper, Wood, Textile and Leather/Rubber is 95.5%) will be reduced. Metal and Glass (4.4% of MSW) will be sold and recycled. In total, almost all the MSW (99.8%) which is currently disposed at TPA will be decreased.

### **(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey**

The key for waste management in Denpasar will be segregation/soring process at the source of MSW (households, commercial sector etc.). Central/Local government should consider the policy to motivate segregation/sorting process at households, communities and commercial sectors. Education for 3R, award for good practice will be practical policy to raise the attention for 3R. We hope Denpasar city will utilize MFD not only as facility for MSW treatment, but also symbol of 3R policy of Denpasar.

ATTACHMENT: OUTLINE OF THE SURVEY

## The Republic of Indonesia

### Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Municipal Solid Waste (MSW) Management by Sustainable Recycling Dispersion System

Midorisangyo Co., Ltd. (Chiba Pref.)

#### Development Needs of Denpasar City, Indonesia

The amount of MSW is on the rise due to population increase and economic development. The City, that is currently open dumping around 300t/day at final disposal sites and reaching its operational as well as environmental limit for waste disposal, urgently requires sustainable solution for organic wastes that makes up 70% of MSW.

- Decreasing MSW amount brought to final disposal sites
- Introducing more sustainable recycling system
- Encouraging more efficient sorting system

#### Project Agenda

To encourage organic wastes recycling, introduce the original technology of MFD to;

- Test run MFD to process roughly sorted organic wastes
- Propose staff organisation for continuous running
- Optimise the sorting/collecting/transporting system
- Analysing the quality of byproduct as fertilizer/fuel and propose its business model

#### Technology



#### Organic Wastes Recycling System based on Midori Fermentation Decompression System (MFD)

- Testing the local application of MFD
- Optimising the total solution from sorting to transporting
- Proposing the use of byproduct as fertilizer/fuel
- Proposing the sustainable and cyclical system for further dissemination

#### Overview

Partnering implementing organisation : Department of Environment and Cleanliness (DLHK)  
 Period : Sep. 2016 – Jun. 2019  
 Site : Denpasar City, Indonesia

#### Expected outcomes Denpasar City

- Proposing alternative solutions to the current MSW management
- Encouraging recycling
- Creating more jobs

#### Expected outcomes for Japan

- | Current   |
|---|
| ➢ Domestic market shrink due to population decrease |
| ➢ Risks around embarking on global businesses       |

- | Future   |
|--|
| ➢ Business opportunity exploited in the newly developing countries |
| ➢ Expanding the market to the overseas for the original technology |