

平成 25 年度外務省政府開発援助海外経済協力事業  
(本邦技術活用等途上国支援推進事業) 委託費  
「案件化調査」

## ファイナル・レポート

### インドネシア共和国

バリ島デンパサール市における、バ  
イオガス・堆肥化による有機ごみ処  
理案件化調査

平成 26 年 3 月

(2014 年)

みどり産業株式会社・株式会社 NTT データ経営研究所  
共同企業体

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、みどり産業株式会社・株式会社 NTT データ経営研究所共同企業体が実施した平成 25 年度政府開発援助海外経済協力事業（本邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費による案件化調査の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたものではありません。

## 目次

巻頭写真 .....	4
略語表 .....	7
要旨 .....	9
はじめに 調査概要 .....	21
第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認 .....	25
1-1 対象国の政治・経済の概況 .....	25
1-1-1 基本情報 .....	25
1-1-2 人口構成 .....	25
1-1-3 経済状況 .....	25
1-1-4 政治状況 .....	27
1-1-5 主要産業 .....	27
1-1-6 事業実施都市、デンパサール市の概要 .....	29
1-2 対象国の対象分野における開発課題の現状 .....	30
1-3 対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度 .....	36
1-3-1 担当省庁・部局 .....	36
1-3-2 関連計画と政策 .....	36
1-3-3 法制度 .....	38
1-4 対象国の対象分野の ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析 .....	39
1-4-1 日本のインドネシアに対する ODA 方針 .....	39
1-4-2 対象国の対象分野における ODA 事業の事例分析 .....	40
1-4-3 デンパサール市、及びバリ州における ODA 事業 .....	46
1-4-4 他ドナーの分析 .....	46
第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し .....	49
2-1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み .....	49
2-1-1 業界分析、提案企業の業界における位置付け .....	49
2-1-2 国内の同業他社比較、類似製品・技術の概況 .....	50
2-1-3 バリ州の同業他社比較、類似製品・技術の概況 .....	51
2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ .....	56
2-2-1 みどり産業の海外事業展開方針 .....	56
2-2-2 これまでの準備状況 .....	56
2-3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献 .....	56
2-4 想定する事業の仕組み .....	57
2-4-1 デンパサール市におけるごみ処理及びリサイクルの現状 .....	57
2-4-2 事業概要および仕組み .....	62
2-5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール .....	66
2-6 リスクへの対応 .....	66

2-6-1	想定していたリスクへの対応結果	66
2-6-2	新たに顕在化したリスク及びその対応方法等	67
第3章	製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）	68
3-1	製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の概要	68
3-1-1	バイオガス化実証実験の概要	68
3-1-2	堆肥化実証実験の概要	70
3-2	製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の結果	73
3-2-1	搬入ごみの組成調査結果	73
3-2-2	バイオガス化実証実験の結果	74
3-2-3	堆肥化実証実験の結果	81
3-3	採算性の検討	86
3-3-1	想定する事業規模と初期投資、収入源	86
3-3-2	設備投資資金回収計画	88
3-3-3	提案モデルの策定	89
第4章	ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果	92
4-1	提案製品・技術と開発課題の整合性	92
4-1-1	最終処分場の逼迫とオープンダンピングの禁止への解決策	92
4-1-2	再生可能エネルギーの活用による、化石燃料使用料の削減	93
4-1-3	有機農業の推進	94
4-1-4	地球温暖化防止	94
4-1-5	その他の開発課題への貢献	95
4-2	ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果	95
4-2-1	パターン1 100トン規模の施設展開時の開発効果	96
4-2-2	パターン2 サルバギータへの展開	96
4-3	ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果	96
第5章	ODA 案件化の具体的提案	97
5-1	民間提案型普及・実証事業によるパイロット事業	97
5-1-1	概要	97
5-1-2	分別	99
5-1-3	バイオガス	99
5-1-4	堆肥化	100
5-1-5	農業	101
5-2	ODA 案件概要（無償資金協力、有償資金協力）	102
5-2-1	無償資金協力の提案内容	103
5-2-2	有償資金協力の提案内容	106

5-2-3 技術協力 .....	109
5-3 他 ODA 案件との連携可能性 .....	109
5-4 その他関連情報 .....	110
現地調査資料 .....	112
英文要旨	

## 巻頭写真



実証実験サイト



バイオガス製造装置作成



バイオガス製造装置



堆肥原料（落ち葉）



堆肥原料（生ごみ）



堆肥サンプル



堆肥切り替えし作業



農地の土壌調査



今後の事業についてサポートを約束して下さった、  
デンパサール市美化局長 I Ketut Wisada, SE.MSi



実証実験サイトでお世話になったデンパサール市美化局の方々とみどり産業の団員

## 略語表

BAU	Business as usual	対策がなされなかった場合
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
CSR	Corporate Social Responsibility	企業の社会的責任
DKP	<i>Dinas Kebersihan dan Pertamanan</i>	美化局
DPD	<i>Dewan Perwakilan Daerah</i>	地方代表議会
DPR	<i>Dewan Perwakilan Rakyat</i>	国民議会
EM	Effective Microorganisms	有用微生物
FIT	Feed-in Tariff	固定価格買い取り制度
GHG	Green House Gas	温室効果ガス
IDA	International Development Association	国際開発協会
IGES	Institute for Global Environmental Strategies	公益財団法人地球環境戦略研究機関
JCC	Joint Coordinating Committee	合同調整委員会
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
KITA		公益財団法人北九州国際技術協力協会
KLH	<i>Kementerian Lingkungan Hidup</i>	環境省
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (ドイツ語)	ドイツ復興金融公庫
LMI	PT LEADERS MANAGEMENT OF INDONESIA	リーダーズマネジメントオブインドネシア (社名)
MP3EI	The Masterplan for Acceleration and Expansion of Indonesia's Economic Development	経済開発加速・拡大マスタープラン
MPR	<i>Majelis Permusyawaratan Rakyat</i>	国民協議会
MSW	Municipal Solid Waste	一般廃棄物
NOEI	PT NAVIGAT ORGANIC ENERGY INDONESIA	
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PLN	<i>Perusahaan Listrik Negara</i>	国営電力公社
PPP	Public Private Partnership	官民パートナーシップ
PU	<i>Kementerian Pekerjaan Umum</i>	公共事業省
RAD-GRK	<i>Rencana Aksi Daerah penurunan emisi Gas Rumah Kaca</i>	温室効果ガス削減に係る地方(州別)行動計画
RAN-GRK	<i>Rencana Aksi Nasional penurunan emisi Gas Rumah Kaca</i>	温室効果ガス削減に係る国家行動計画
RPMJ	<i>Rencana Pembangunan Jangka</i>	国家中期開発計画

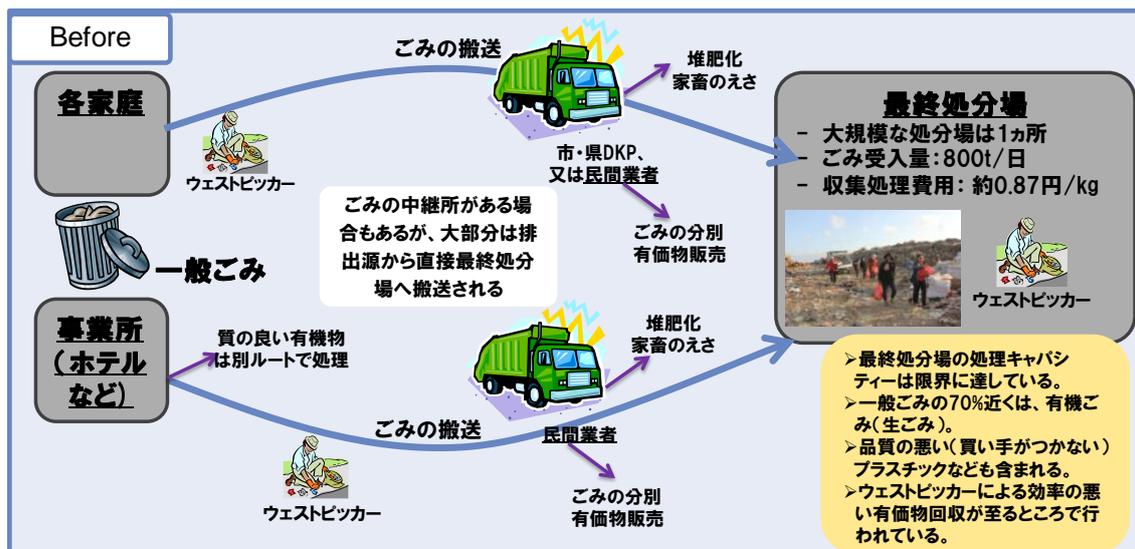
	<i>Menengah</i>	
TPA	<i>Tempat Pembuangan Akhir</i>	最終処分場
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	気候変動に関する国際連合枠 組条約
※イタリック部分はインドネシア語		

## 要旨

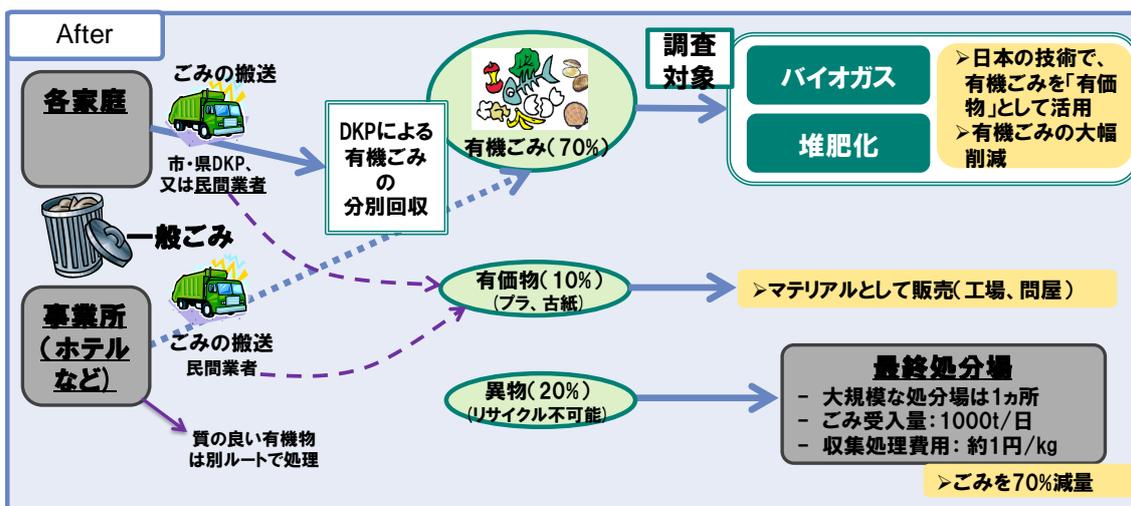
### はじめに

インドネシア共和国（以下、インドネシア）では、一般ごみ（家庭から排出されるごみを指す。以下、特に規定しない場合「ごみ」という表現は、一般ごみを指す）の処理は、最終処分場へのオープンダンピング方式でなされているが、最終処分場の処理能力を超える一般ごみが搬入されており、ごみの減量化は喫緊の問題である。本調査の対象サイトであるバリ島のデンパサール市もその例に違わず、現地パートナーである日系企業PT LEADERS MANAGEMENT OF INDONESIA (LMI) に対して、デンパサール市及びインドネシア工業省から、日本のバイオマス技術によるごみの減量化要請があった。これを受け、みどり産業とNTTデータ経営研究所による共同事業体は、デンパサール市での実証事業の提案を行う運びとなった。

バリ島唯一の最終処分場（TPA）であるTPA Suwungには、他県を含む大デンパサール広域圏（バリ州のデンパサール市、バドゥン県、ギアニャール県、タバナン県を含む広域圏。現地では頭文字をとってサルバギータ、Sarbagitaと呼称される）から排出される200万人分の一般ごみが一日当たり約800トン搬入されている。デンパサール市美化局（DKP: Dinas Kebersihan dan Pertamanan）へのヒアリングによると、デンパサール市からの搬入分はそのうち約300トン、有機ごみの割合は70%程度である。有機ごみをいかに減量するか、有効活用するかが、バリ島の廃棄物問題解決に向けた課題となっている。本調査では「バイオガス化」と「堆肥化」を進めることで、有機ごみを有価物として販売・活用できることを目標に、技術の適用可能性調査を行った。また、単独で収益を確保し、初期費用も回収することを念頭にした事業スキームを考案し、その実現可能性についても調査した。



デンパサール市現状のごみの流れ



提案する事業スキームにおけるごみの流れ

## I. 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

### 1-1) インドネシア及びデンパサール市の政治経済概況

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り、国土面積は約 189.08 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。2012 年の GDP は 8,794 億ドル、1 人当たり GDP は 3,562.9 ドルであった。経済成長率は 6.2% と堅調な経済成長を達成している。2010 年の国勢調査によると、人口は約 2.38 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。本調査の対象サイトであるバリ州の人口は約 389 万人、州都デンパサール市の人口は約 80 万人である。デンパサール市は、バリ島随一の人口を抱える自治体である。国際的なリゾート地であるクタ、サヌール、ヌサドゥアにおける観光業も盛んであり、市の経済活動の重要な産業セクターとなっている。

### 1-2) インドネシア及びデンパサール市の廃棄物分野の開発課題の現状

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

ごみ処理方式としてはこれまでオープンダンプینگが主に採用されてきたが、これは 2008 年の廃棄物管理法によって禁止され、2013 年までに衛生埋め立てなど新たな対策が取られる方針である。例えばデンパサール市においては、Suwung 最終処分場において民間会社 PT NAVIGAT ORGANIC ENERGY INDONESIA (NOED) に委託し、オープンダンプینگ場でのメタンガス発電を行っている。しかし実際には、ごみの分別の不徹底や、CDM (クリーン開発メカニズム) クレジットの価格下落などの理由により、持続的な運営体制に行き詰りが生じている状況にある。

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あり、分別廃棄もほとんど行われていない現状がある。その他の要因としては、中間処理施設が少なく、大部分のごみが直接最終処分場へと運ばれてしまう、再資源化技術に乏しく、さらに廃棄物管理の改善策を立てるための関連データ（廃棄物生成量、発生源、廃棄物組成など）も非常に不足している現状などが挙げられる。

最終処分場におけるごみの組成としては、有機ごみが 70%程度となっている。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。

### 1-3) インドネシア及びデンパサール市の廃棄物分野の関連計画、政策、法制度

インドネシアにおける一般ごみ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）があり、DKP が自ら清掃事業を行う一方で、第三者機関との契約により事業の一部を外部に委託している。

国の政策としては、2010年2月に、インドネシアにおける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示す、「国家中期開発計画」（RPJM）が施行された。この計画において、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、環境省、公共事業省を中心に具体的な実施プログラムが制定されている。

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。同法では、明確に「最終処分場におけるオープンダンピング方式による廃棄物処理を禁止する」ことが示されている。この禁止令についての具体的な規定については、県や市などの地方自治体の規則によって定められることとなる。また、既に存在している最終処分場についての経過規定として、地方自治体の責任で、2013年までにオープンダンピング方式による最終処分場を閉鎖しなければならないことが示されている。

### 1-4) インドネシアの廃棄物分野のODA事業の事例分析および他ドナーの分析

インドネシアにとって日本は最大の援助国であるとともに、日本にとってインドネシアは累計ベースで最大のODA受け取り国となっている。しかし、近年では、既往の貸付の回収額が増加しており、純支出がマイナスとなっている。さらに近年、オーストラリアの経済協力実績が目立っている。日本の実績額の落ち込みにより、実績額でドナーの第1位となっているが、金額自体も漸増傾向にあり、第2位のドナーから頭一つ突出している様相となっている。

廃棄物管理という視点から各国の経済協力をみると、ドナーとしての支援額が多い国が、必ずしも廃棄物プロジェクトのドナーではないということが分かる。廃棄物関連のプロジェクトに関与しているのは、日本（JICA）、ドイツ（ドイツ復興金融公庫、KfW）、オランダ、世界銀行のみである。インドネシアにおける廃棄物問題については、2008年の廃棄物管理法においてインドネシア政府によって明確に認知された、比較的「新しい」開発課題であるといえる。そのような状況の中、JICAのプロジェクトを通して、日本はインドネシ

アの廃棄物管理分野で存在感を示しているドナーとなっている。

## II. 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

### 2-1) みどり産業の技術（堆肥化、バイオガス化）の強み

日本の廃棄物処理業界は小規模事業者が大部分を占めている。従業員数が 9 人以下の企業が全体の約 61%、10 人から 49 人までの企業が全体の約 34%となっており、従業員数が 50 人未満の企業が全体の 95%近くを占めている（経済センサス、2012 年）。提案企業であるみどり産業の従業員数は約 130 名と比較的規模が大きく、年商は約 20 億円（2009 年実績）である。廃棄物処理、リサイクル分野において、本調査が提案する将来事業と関連する事業内容としては特に、食品残渣を元にした堆肥製造、堆肥の販売および堆肥を使った農業に取り組んでいる実績がある。ごみ収集から堆肥製造販売、農業の全てについての技術と事業実績を持つことが強みである。また、技術検討パートナーである上中商店との協力体制により、堆肥化技術開発の補強を行っている。

バイオガス化の技術については、補強としてレコテック株式会社が参加している。レコテック社はバイオマス事業、堆肥化事業の双方における実務経験を有し、また特に、地域に適合した低コストのバイオガス化実験の分野において、高度な専門知識と実績を有している。

### 2-2) みどり産業の事業展開における海外進出の位置づけ

みどり産業は、廃棄物・リサイクル業界の見通しとして、日本国内の廃棄物の処理量が現状の 50%にまで減少する、資源循環がグローバル化しているという傾向を受け、培ってきた自社の技術を海外展開させることを志向している。その際、廃棄物の循環という点に重きを置いており、都市部におけるバイオマスエネルギーの地産地消、農村部におけるごみ由来の堆肥による有機農業を両立できるようなエリアでの海外事業展開を目指している。

このような背景から、これまでは中国・大連などへの進出を検討してきた。その結果、技術移転は可能だが、有望な現地パートナーの不在などのカントリーリスクから、持続可能性を有する事業の展開は困難であるという結論に達した。そうした中で、2012 年に LMI との協力によるインドネシアへの事業展開を検討するに至っている。将来的にはインドネシアを中心に、東南アジアにおいて 4~5 カ所の拠点を設け、資源循環の多様化という視点から、エネルギーや有機農業分野を視野に入れた事業展開を目指している。

バリ島は国際的な観光地であるが、農業も大きな収入源であり、雇用の担い手となっている。ごみの排出源としての国際都市と、農業を営む後背地、さらには農産品の消費地としてインドネシア随一の観光産業の集積地という側面を持つバリは、ごみ収集から堆肥製造、堆肥による農業の全てについて技術と事業実績を持つみどり産業にとっては、理想的な事業展開エリアである。

### 2-3) みどり産業の海外進出による地域経済への貢献

みどり産業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。中長期視点に立つと、日本の人口減などもあり、ごみの量が約半分になると想定されていることから、リサイクル産業のサバイ

バビリティについて、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。当事業の推進は「リサイクル産業の国際化」という新しい視点から、産業の活性化に寄与することができる。

また、市原市は「バイオマス構想」を策定している。これは、生ごみの堆肥化、バイオガス化などと、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。当事業の成果と得られた知見については、市原市のバイオマス構想に発展に寄与するものであり、また将来的なバイオマス技術の海外展開に寄与することができる。

#### 2-4) 想定する事業の仕組み

##### デンパサル市のごみ処理およびリサイクルの現状

デンパサル市 DKP 等へのヒアリング調査によれば、デンパサル市における現在の一般ごみの処理システムは、まず DKP または民間業者によるトラックでのごみ収集が行われている。地域の一時的な収集所からの共同収集と個別収集とがあり、およそ週 3 回の収集を行っている。全家庭から DKP へ支払う 2,500 ルピア/月のごみ処理代は DKP の財源となる。民間業者による収集の場合、排出者は DKP への処理台に加えて 15,000 ルピア/月を支払っている。民間業者は、独自にごみの選別を行い、プラスチックや段ボール、古紙などについては回収して売却している。その他、市内のウェストピッカーが有価物の収集・売却を行っている。ホテルなどの大規模なごみについては、民間の収集業者が契約の上で毎日収集を行っている。

一般的に、ごみの運搬に関しては、作業の遅れは悪臭などの問題を引き起こすため、観光業を主要産業とするバリ島では特に注意深く対応している。

こうして収集されたごみは、民間業者やウェストピッカーによって選別しやすい有価物が抜き取られた後に、最終処分場(TPA)へと運搬される。その量はサルバギータ全域で平均約 800 トン/日 (2012 年実績で 660~910 トン/日)、デンパサル市分で平均約 300 トン/日 (2012 年実績で 240~370 トン/日) である。TPA での聞き取り調査によると、埋立可能年数はあと 9.6 年と言われている。また、民間業者は、TPA にごみを搬入する際に、量に応じた処理費を TPA に支払っている。TPA には約 300 人のウェストピッカーが出入りしており、市内で回収されなかった有価物の回収を行っている。

TPA は、NOEI 社がバリ州から委託を受けて運営している。バリ州と NOEI は 2004 年より契約をしており、ランドフィルガスによる発電によって、「Waste to Energy」を目標にした事業を行っている。TPA の土地は国所有であり、建物や施設建設は NOEI が担当した。

2004 年の操業開始時、最初の 2 カ月は敷地内でごみの分別を行っていた。しかし、オペレーションコストの負担が大きく、ごみの分別を行わずにランドフィルガスの回収を開始したが、設計通りのガス量は得られていない。

NOEI の重要な売上収入源は、埋め立てられたごみから発生するメタンガスでの発電、売電である。685 ルピア/kWh で PLN(国営電力公社)に販売している。2MW を超えると、1,250 ルピア/kWh で販売できるが、250kW の出力しか出ていない。発電能力としては、1,065kW の発電機(GE 製)が 2 台あり、約 2MW の発電出力を有する。現在のところ 24 時間稼働し

ているが発電量は少ない。

また、この、NOEIによる有機ごみからのメタンガス発電事業は、CDM(クリーン開発メカニズム)事業として行っているが、CO2 クレジットについては当初は20ドル/トンで試算していたが、現在では25セント/トンであり、採算に寄与していない。その補てんのため、現在NOEIはバリ州に対してティッピングフィー（ごみ処理代）を要求している。

以上のように、財政状況は芳しくなく、発電事業は行き詰っているのが実情である。具体的には、既設のメタンガス回収用のパイプが敷設されたダンプサイト(TPAには複数ダンプサイトが存在している)におけるごみのメタン発酵が進み、ガス回収量が減少しはじめ、それに伴い発電量も低下している。事業継続のためにはTPA内の別のダンプサイトにおけるガス回収用のパイプ敷設が必要であるが、そのための費用が捻出できないという問題が生じている。ティッピングフィー交渉が難航した場合、NOEIがTPAの運営をストップせざるを得ない状況も考えられる。その場合、実質的なオープンダンプ処理に戻ることになり、最悪の場合は処分場へのごみ搬入中止という事態も考えられる。国際的な観光地であるバリ島の中心部に位置するデンパサール市、及びサルバギータにとって、リゾート地のイメージを損なうような重篤な問題となる可能性をはらんでいる。

また、そもそも埋め立てごみのランドフィルガスによる発電のみではごみの量は減らず、ごみの減量化という問題の解決に根本的に寄与しているとは言えない。

デンパサール市におけるボランティアな廃棄物管理の一環としては、民間企業が行っている有機ごみの堆肥化事業が挙げられる。一般ごみから堆肥や土壌改良剤を製造している Temesy Recycling、実際に有機肥料を製造している PT. Biotek Indonesia (Biotek)、並びに PT. Karya Pak Oles (Pak Oles)、インドネシアで拡大を見せている有価物の買い取りシステム「ごみ銀行」をバリで実施し、家庭で製造されたコンポストも有価物として買い取りを行う Depo Garuda などへのヒアリング調査を行い、製造販売等に関する現地情報の入手、及び将来的な事業協力体制の検討を行うことができた。

デンパサール市農業局へのヒアリングから分かったこととしては、インドネシア政府としても、土壌の劣化や健康・環境影響の懸念のある化学肥料の使用を減らしたいという意向があり、有機農業を推進しようとしていることが挙げられる。

有機肥料の製造については、政府の品質を満たす有機肥料については、政府による補助金の対象となっているが、製造量の割り当てが決まっている。その他、補助金の対象外ではあるものの有機肥料の製造も行われている。Biotek については、有機肥料の製造は利益を得るものではなく、バリ島の持続可能な発展に寄与する CSR 活動的な要素も強い。

農家は、有機農業へ移行するための試用の位置づけとしての政府からの有機肥料の無償供与による試用が進められている。試用期間後に必要な有機肥料については農家の自主購入により、堆肥を使用している。

### 想定する事業の仕組み

#### 概要：

上記のようなデンパサール市の現状に対し、提案事業は、現状デンパサール市から TPA へ搬送されている約 300 トン/日のごみの 70%を占める有機ごみを対象に収集し、バイオガス

化と堆肥化処理のリサイクルによる大幅なごみ減量を核とする。バイオガスと堆肥の販売先については、現地ヒアリングで目処がついている。具体的な採算性の検討は、第 3 章で後述する。

#### 仕組み：

バイオガス化、堆肥化の処理施設へインプットする有機ごみについては、現状は分別収集が行われていないが、デンパサール市 DKP は本事業の実施に向けて新たに、有機ごみ専用の回収車による、分別回収の実施開始を予定している。現段階では、分別廃棄を促進する練習との位置づけであり、週 1 回金曜日のみの実施から始めるが、将来的にはより徹底した分別収集が期待される。また事業用地については、民間提案型普及・実証事業におけるパイロット事業を実施する場合の、分別後の有機ごみ搬入とパイロット事業用地の提供について了解をいただいている。

処理施設のプロセスフローとしては、搬入されてきた有機ごみは、バイオガス化のプロセスにおいては、まず破碎分別機にかけられ、可溶化槽、調整槽、発酵槽を経て、メタンガスを生成する。生成ガスは発電機を経て電気、もしくはガス精製を経てガスとしてリサイクルされる。また、消化液は液肥としてリサイクルされる。堆肥化のプロセスにおいては、搬入されてきた有機ごみは、バイオガスプロセスと同じくまず破碎分別機にかけられ、その後発酵ヤードにて一定期間分解され、ふるいにかけてのちに、堆肥として出荷される。

なお、分別有機ごみの収集については、まず堆肥化に適した有機ごみを排出源から堆肥化プロセス用に選定し、それ以外の有機ごみがバイオガスプロセスに投入される。堆肥製造については、食品残渣などがまとまっている事業系ごみを投入することが望ましい。よって、残飯などが多く含まれる事業系の回収車は堆肥化センターへごみを搬入する。その他の家庭系を中心とする一般ごみがバイオガスプロセスへと進む予定である。バイオガスと堆肥を組み合わせることで、堆肥に比較的「良質」な生ごみ、そのほかの生ごみはバイオガスへという棲み分けが可能となる。

#### 販売先の検討

当事業のアウトプットであるバイオガス及び堆肥の販売先等については、マーケティング調査結果から、バイオガスについては、施設周辺の村などでの熱としての自家利用としてガスコンロへの供給、タンクの改造及びガス供給施設が必要となるがバイクの燃料としての活用、及びバイオガス（メタンガス）発電による売電を想定される。堆肥、すなわち有機肥料の販売先としては、Pak Oles 社を現在有力な販売先企業の一つと考えている。加えて、農家を対象として、直接、堆肥の販売先を開拓していき、有機農業を推進していく方針である。また、バイオガス生成の過程では、液肥として使える消化液と、堆肥作成工程へ組み込める有機物残渣が副産物として生成される。液肥については、堆肥と同様に Pak Oles 社等に販売する場合や農家に販売する場合、その他適正な放流処分など、検討が必要である。

ガス配給会社 PT. Liqtro Sanuali (Liqtro) へのヒアリングによると、バイオガスの具体的な利用・生産計画はインドネシアでは遅れており、事業化に至った例は無いようである。

Liqtro 社としても本事業に興味があり、村での小規模バイオガス生産において、供給施設の建設などの面から事業参加を検討したいとの意向であった。

再生エネルギー事業に関しては、2013年に固定価格買い取り制度（FIT）が制定され、バイオマス発電事業でも売電による採算性を検討できる段階となってきた。それでもまだ買電価格の方がFIT価格よりも高いような設定であり、また施設建設にも費用負担がかかるため、PLNによるCSR的観点からの資金提供の可能性も選択肢として含め、場合によっては送電線施設などへの投資をお願いしたいと考えている。

#### 2-5) 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

事業実施体制としては、バイオガス化及び堆肥化の施設の運営を行うみどり産業とインドネシアにおける日系企業LMIを中心とする事業体が、現地カウンターパートであるデンパサール市DKPから運営委託を受ける体制を想定している。

2015年度～17年度には民間提案型普及・実証事業によるパイロット事業の展開を行い、継続的なオペレーションの実施によりビジネスモデルを精査した後に、2019年度を目標に事業化を進めたい。

デンパサール市DKPの、廃棄物管理の改善に対するコミットメントは強く、本事業に対する期待も非常に高い。DKPは本事業の実施のために、有機ごみ専用の回収車を用意する予定であり、また、来年度想定されるパイロット事業のサイトも既に準備されている。ティッピングフィーについても支払いを検討可能としている。これらのことは本事業にとって大きな助けとなる。また、我々が想定するリサイクル事業は、農業にまで拡大して連携していかないとごみ問題の根本解決に資することが難しいので、今後はDKPの他、農水局や大学などとも協力体制を作って実施していきたいという方針を、現地と共有している。

### III. 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）

#### 3-1) バイオガス化・堆肥化技術の実証実験の概要

バイオガス化実証実験は、有機ごみ処理の嫌気発酵工程よりメタンガスを回収し、エネルギー源として活用することを目指している。当調査では現地の有機ごみからガス化の最適な方法を検証するため、520リットル(L)のポリタンクをメタン発酵槽、350Lのポリタンクをガス貯留槽として使用し、現地調達により低コスト装置でのバイオガス発生実験を行った。発酵種汚泥として使用した牛糞は畜産農家より入手し、メタン発酵槽に水とともに加え、デンパサール市から提供された生ごみを投入した。また、投入された生ごみについては、手で攪拌させることで、ガスの製造に係るエネルギーはほとんど不要であった。

実験場所は、デンパサール市から提供された屋根付きサイトで、2013年10月～2014年2月までLMIが主となって現場作業を継続し、ごみの投入、攪拌、各種計測に加え、生成バイオガス量のモニタリング等を行った。10月の第1回調査において必要機材の調達を開始、同月の第2回調査にて装置を製造し、実験を開始した。12月の第3回調査で中間チェックとプロセスの改善を行った。2014年1月までに結果をまとめ、2014年2月の第4回調査訪問時に装置を撤去するものとした。

堆肥化実証実験は、現地の材料でどのような堆肥が作成できるのかを見るため、5種類の堆肥サンプルを作成し、エアレーション、散水を行いながらの発酵、人力での切り返し(攪拌)を行い、LMIが3日に一度、各種数値のモニタリングを行いながら、3カ月程度で堆肥を完成させた。堆肥サンプルは、デンパサール政府より提供された有機ごみ、落ち葉のほか、海産物、米ぬか、尿素、砂糖などを、みどり産業が持つ技術知見を応用して配合した。

実験場所は、バイオガス化のサイトと同じ屋根付きの敷地内で、10メートル四方の用地を使用し、期間もバイオガス化実験と同じく2013年10月～2014年2月まで行った。

### 3-2) バイオガス化・堆肥化技術の実証実験の結果

バイオガス化実験の結果は、約2カ月間に渡る計3回の生ごみ投入の総計では、生ごみ投入量15.6kg-wet(湿潤重量)に対して、54Lであった。実験期間前半は調整期間であり、生成効率が悪いことを考慮し、12月からの約1カ月間、3回目の、単位投入生ごみ当たりのバイオガス生成量を見れば、6.0リットル/kg-wetであった。この時のメタンガスの濃度は32%であった。

発酵温度は、いずれも約28°Cであった。サンプルの投入量は、種汚泥の馴養が十分でないことと発酵槽内温度が低いことを考慮して通常よりも少なくしてある。3回の投入実験のいずれについても、一般的なバイオガス発生量の1/10程度であったが、発酵温度条件からみれば妥当な値と言える。今回の無加温条件の実験設備では、投入生ごみからのバイオガス最大発生量を推測することは困難であったが、生ごみのメタン発酵としては順調に推移しており、生ごみバイオガス化にあたって何ら支障はないことがわかった。事業化を行い、生ごみのバイオガス化プラントを建設するには、さらに生ごみの詳細な特性(成分、含水率、熱量、不適切物の確認等)を調査する必要がある。

堆肥化実験において、各サンプルの発酵プロセスは、立ち上がりの温度の上がり方なども含めて想定通りに順調に進んだ。結果としては、容量の大部分を占める落ち葉材料の窒素分が高いことが分かり、落ち葉のみでも十分に発酵が進んだ。生ごみや副資材を投入したサンプルは、質の高い肥料を作成することができた。特に海産物を多く含む生ごみを入れた場合に最も質の良い堆肥が作成できた。実験期間の制限のため、完全発酵までは至らなかったが、現地の生ごみ等の材料を用いて、堆肥化技術は十分に適合性があることが分かった。事業化にあたっては、もみがら等の副資材も投入は必要無いと判断した。

事業化に関して言えば、Pak Olesに5円/kgで販売するために必要なスペックまで持っていく目途がついたと言える。

### 3-3) 採算性の検討

事業の想定規模は、50トンのバイオガス装置と、10トン×5カ所の堆肥化処理施設の建設となり、合計100トンの有機ごみを処理することができる。これは、デンパサール市からTPAに搬入される一般ごみに含まれる有機ごみの約半分の処理量となる。

バイオガスプラントは、大規模集中の施設を1基設けてバイオガス生成および発電効率を上げる。堆肥化施設については、既存の、公園や道路の落ち葉などを処理するコンポスト

トセンターを改良することを想定し、10 トン程度を処理できる規模のものを複数に分散設置する。

初期投資については、土地は DKP からの無償利用提供を受け、施設建設費は現地基準においても出来る限り抑える。

収入源としては、バイオガスの売電収入（想定発電能力：150kW、売電価格：約 10 円/kWh）、堆肥販売収入（想定価格：5 円/kg）、液肥販売収入（想定価格：1 円/kg）、ティッピングフィー（想定価格：1.0 円/kg）が考えられる。支出としては、人件費（現地スタッフ 6 名、日本人管理者 1 名）、ユーティリティフィー、メンテナンス費、減価償却費、支払い金利、租税公課、一般管理費や、場合により副産物処理費を検討し、全体として黒字で事業を実施できる採算である。

当モデルは、日本におけるバイオガス化や堆肥化を元に試算を行ったために、初期コストが高価であり、民間事業者がビジネスを検討するには採算性が十分ではない。よって、「初期費用の低減」と「ティッピングフィーの値上げ」を盛り込んだ、目標となる採算モデルを策定した。この目標採算モデルを現実化させるために、技術の現地化をさらに進めていくことが課題となる。

#### IV. ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

##### 4-1) バイオガス化・堆肥化技術と開発課題の整合性

当事業の推進による開発課題への貢献は、最終処分場へ搬入されるごみの量の削減である。最終処分場へ搬入されるごみのうち、70%を占める有機ごみを対象に、現地に適合したバイオガス化および堆肥化というソリューションを提供することで、最終処分場へ搬入されるごみの量が現状の 30%にまで減量される。その他の開発課題と、事業展開による解決策を下表にまとめる。

インドネシアの開発課題と、提案技術による解決策

開発課題	提案技術による解決策
◎最終処分場の逼迫	➤ 一般ごみの 70%を占める有機ごみの大幅な減量
◎オープンダンプの禁止	➤ バイオガス化、堆肥化というソリューションの導入
○再生可能エネルギーの活用による、化石燃料使用料の削減	➤ 有機ごみ由来のバイオガスの活用による、化石燃料の利用削減
○有機農業の推進	➤ 堆肥の供給による有機農業の推進
○地球温暖化防止	➤ メタンガス排出抑制による、温室効果ガス削減

##### 4-2) バイオガス化・堆肥化技術を ODA 案件化によってインドネシアで適用・活用・普及することによる開発効果

ごみの減量化だけではなく、副次的にはメタンガスの排出抑制による温室効果ガスの削

減、堆肥および液肥の提供による有機農業の促進、インフォーマルセクターの雇用など、複数の開発波及効果が期待されるものである。ごみ削減とそれに関わる問題は、デンパサール市のみならず、前述したように、インドネシア国全体の喫緊の問題となっている。当事業にて堆肥化とバイオガス化による有機ごみ処理の現地適合モデルを開発することにより、デンパサール市から始めてサルバギータ（デンパサール市、バドゥン県、ギアニャール県、タバナン県）全域も視野に入れた、地域経済への様々な貢献が期待できる。

#### 4-3) ODA 案件の実施によるみどり産業の事業展開に係る効果

ごみ収集から堆肥製造、堆肥による農業の全てについての技術と事業実績を持つみどり産業にとっては、有機ごみ処理事業を実施するにあたり、デンパサールが理想的な事業展開エリアであることが判明した。当事業のスコープ外とはなるものの、堆肥を使用した付加価値を持つ農業に関して、国際リゾート地ならではの需要があることから、大きな可能性を確認することができた。

今後、インドネシアをはじめとする東南アジアでの事業展開を考えた場合、バリで確立したモデルは横展開が可能と考えられる。インドネシアの他地域での有機肥料を使用した農業についても、バリ島という市場への接点を有していることはプラスに働くと考えられる。

## V. ODA 案件化の具体的提案

第2章で述べた事業の仕組み、第3章で述べたその採算性、さらに第4章で述べた開発効果を鑑み、合計100トンの有機ごみ処理容量を持つバイオガス施設と、堆肥化施設の建設を基本としたビジネスモデルを提案してきた。そのモデルをさらに精査するために、民間提案型普及・実証事業によるパイロット事業を展開したい。

具体的には、「分別」、「バイオガス」、「堆肥化」、「農業」までをスコープとする。小規模ながらも、デンパサール、ひいてはバリ島そしてインドネシアの課題である、有機物リサイクルのモデル、循環型社会の一つの姿を提示することができると思う。

また、「ごみの削減(最終処分場への持ち込み廃棄物の大幅削減)」による最終処分場の延命化に加えて、1. 新エネルギーの創出(バイオガス)、2. 農業の発展(堆肥と液肥の利用)という開発効果を得ることができる。また、インドネシアの地方政府にも削減目標の設定が求められると考えられるCO<sub>2</sub>の削減についても、効果を果たすことができるモデルとなる。

デンパサール市からは、バイオガスおよび堆肥に使用可能なサイトの提供について同意を得ることができた。事業の実施に必要な人員については、DKPおよびLMIの協力を得て、現地で雇人することを想定している。また、将来的な施設や機材の譲渡を鑑み、DKP職員の参加も要請する。

さらに将来的には、無償資金協力、有償資金協力、または技術協力などの可能性も検討される。

# (案件化調査) インドネシア共和国 バリ島デンパサール市における、バイオガス・堆肥化による 有機ごみ処理案件化調査

## 企業・サイト概要

- 提 案 企 業 : みどり産業株式会社
- 提案企業所在地: 千葉県市原市
- サイト・C/P機関: インドネシア共和国バリ島デンパサール市 C/P機関: デンパサール市

## インドネシア共和国の開発課題

- 一般ごみの最終処分場の逼迫
  - 最終処分場の処理能力を超える一般ごみが搬入されており、近年内にも処理能力の限界を迎える。
  - 加えて、経済発展と人口増加により、一般ごみの排出量増加が見込まれる
  - 今後オープンダンプは禁止されているが、それに代わる低コストのソリューションがない
  - 一般ごみの70%を占める有機ごみの処理方法

## 中小企業の技術・製品

- バイオガス化技術
  - 有機ごみから、バイオガスを発生させ、ガスまたはガスを使用した発電によるエネルギー供給を行う
  - 最終的に残る消化液は液肥として使用可能
- 堆肥化技術
  - 有機ごみから、堆肥を生産することで、有機ごみの減量化を図る。
  - 堆肥生産は有機農業の進展に貢献する

## 調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

- 【想定されるODA事業】100トン/日の有機ごみの処理を可能にする施設をベースとした有償・無償資金協力
- 開発効果①: 一般ごみの最終処分場への搬入量が30%に低減される。
- その他の開発効果②: 地球温暖化防止、有機農業の促進、再生可能エネルギーの供給、国際観光都市デンパサールのイメージ向上

## 日本の中小企業のビジネス展開

- 有機ごみを対象とした「バイオガス化、堆肥化」によるごみの減量ビジネスを提案。
- 地方自治体からごみ処理を受託、初期費用を返済しながら利益を上げるモデルの確立を目指す。収入源は、処理費用とバイオガス・堆肥の販売益となる。



## はじめに 調査概要

### (1) 調査の背景

インドネシア共和国（以下、インドネシア）では、一般ごみ（家庭から排出されるごみを指す。以下、特に規定しない場合「ごみ」という表現は、一般ごみを指す）の処理は、これまで主に最終処分場の埋立地へのオープンダンプ方式でなされてきたが、現在最終処分場の処理能力を超える一般ごみが搬入されており、ごみの減量化は喫緊の問題である。本調査の対象サイトであるバリ島のデンパサール市もその例に違わず、現地パートナーである日系企業PT LEADERS MANAGEMENT OF INDONESIA (LMI) に対して、デンパサール市及びインドネシア工業省から、日本のバイオマス技術によるごみの減量化要請があった。これを受け、みどり産業とNTTデータ経営研究所による共同事業体は、デンパサール市での実証事業の提案を行う運びとなった。

バリ島唯一の最終処分場（TPA）であるTPA Suwungには、他県を含む大デンパサール広域圏（バリ州のデンパサール市、バドゥン県、ギアニャール県、タバナン県を含む広域圏。現地では頭文字をとってサルバギータ、Sarbagitaと呼称される）から排出される200万人分の一般ごみが、一日あたり約800トン搬入されている。デンパサール市美化局（DKP）へのヒアリングによると、そのうち、デンパサール市から排出される分は約300トン、有機ごみの割合は70%程度ある。有機ごみをいかに減量するか、有効活用するかが、バリ島のごみ問題解決に向けた課題となっている。



図1 デンパサール市の位置

## (2) 調査の目的

本調査では「バイオガス化」と「堆肥化」を進めることで、有機ごみを有価物として販売・活用できることを目標に、技術の適用可能性調査を行った。また、単独で収益を確保し、初期費用も回収することを念頭に事業スキームを考案し、その実現可能性についても調査した。

上記にて考案した事業スキームを、デンパサール市および、インドネシア政府(公共事業省、環境省、農業省など)に紹介し、加えて、インドネシアのごみ問題を解決に向かわせる具体的な ODA 案件を立案し、インドネシア政府にも紹介した。

## (3) 団員リスト

表1に当調査の団員リストを示す。市場調査については、現地調査の主担当は小崎、国内における検討の主担当は岡崎として、現地でのバイオガスおよび堆肥の販売先検討を行った。適合性調査については、日本における堆肥化およびバイオガス化技術の現地適合可能性を調査した。堆肥化については、上中が現地調査の主担当、岡崎が国内調査の主担当、福田がサポート担当として実施した。バイオガス化については、佐藤が現地調査の担当、野崎が国内調査の担当として実施した。組成調査については、堆肥化の現地調査は上中、バイオガスの現地調査は野崎、堆肥化の国内調査は福田が主担当として実施した。

ビジネスモデルについては、津根が堆肥化・バイオガスを含む統括を行った。小崎は堆肥化についてのビジネスモデル検討、西村は、西原商事がスラバヤで実施する実証事業の知見をいかしたビジネスモデルのアドバイスなどを行った。東は ODA 事業案件化を視野に入れたビジネスモデルの検討を行った。

基礎調査について、林はインドネシアの廃棄物政策や法規制、ODA 動向、星子はデンパサール市における廃棄物行政を担当した。

表 1 団員リスト

氏名	所属	部署・職位	担当職務
津根 元伸	みどり産業	営業部長	総括/ビジネスモデル
小崎 沙織	みどり産業	営業部	市場調査、ビジネスモデル
岡崎 匠	みどり産業	営業部	市場調査、適合性調査
福田 未奈子	みどり産業	営業部	組成調査、適合性調査
上中 克範	上中商会(補強)	代表	組成調査、適合性調査
西村 一樹	西原商事(補強)	営業	ビジネスモデル
野崎 衛	レコテック(補強)	代表	組成調査、適合性調査
佐藤 茂夫	レコテック(補強)	顧問	組成調査、適合性調査

村岡 元司	NTT データ経営研究所	社会・環境戦略コンサルティング本部・パートナー	業務主任者
東 信太郎	NTT データ経営研究所	社会・環境戦略コンサルティング本部・マネージャー	ビジネスモデル、ODA 事業化
林 孝昌	NTT データ経営研究所	社会・環境戦略コンサルティング本部・シニアマネージャー	基礎調査、ODA 事業化
星子 智美	NTT データ経営研究所	社会・環境戦略コンサルティング本部・シニアコンサルタント	基礎調査、組成調査

#### (4) 調査スケジュール

全体調査期間 : 2013年9月27日～2014年2月28日

表2 現地調査行程表

第1回	調査内容	滞在都市
9月30日	デンパサール市 DKP 打合せ 視察：実証実験サイト、最終処分場、ごみ発電事業サイト	デンパサール
10月1日	ヒアリング調査：ごみ収集業者、ごみ銀行、下水処理場、民間ごみ収集業者、農家	デンパサール
10月2日	ヒアリング調査：民間ごみ収集所、ごみ発電業者、リサイクル業者、ホテル	デンパサール
10月3日	デンパサール市 DKP 打合せ	デンパサール
10月4日	面談：インドネシア工業省、JICA インドネシア事務所、エネルギー鉱物資源相	ジャカルタ
第2回	調査内容	滞在都市
10月25日	バイオガス実証実験（現地調達）	デンパサール
10月26日	バイオガス実証実験（実験装置組み立て）	デンパサール
10月27日	バイオガス実証実験（実験条件の調整及び装置改良）	デンパサール
10月28日	バイオガス実証実験（実験条件の調整及び装置改良） 堆肥化実証実験（堆肥サンプル作成） 有機ごみ組成調査	デンパサール
10月29日	バイオガス実証実験（実験条件の調整及び装置改良） 堆肥化実証実験（堆肥サンプル作成） 有機ごみ組成調査 ヒアリング調査：肥料会社	デンパサール
10月30日	バイオガス実証実験（実験条件の調整及び装置改良） 堆肥化実証実験（サンプル調整） ヒアリング調査：デンパサール市農業局	デンパサール

10月31日	バイオガス実証実験（有機ごみ投入）、現地引き継ぎ 堆肥化実証実験（堆肥サンプル作成、切返し作業）	デンパサール
11月1日	農地土壌調査	デンパサール
11月2日	農地土壌調査	デンパサール
第3回	調査内容	滞在都市
12月1日	堆肥化実証実験（改良作業）	デンパサール
12月2日	バイオガス実証実験（改良作業） 堆肥化実証実験（改良作業） ヒアリング調査：廃油リサイクル会社	デンパサール
12月3日	ヒアリング調査：電力会社 パイロット事業候補地視察 デンパサール市 DKP 打合せ 堆肥化実証実験（改良作業）	デンパサール
12月4日	ヒアリング調査：バリ統計局 堆肥化実証実験（改良作業）	デンパサール
12月5日	ヒアリング調査：ガス配給会社、商業施設 堆肥化実証実験（改良作業）	デンパサール
12月6日	ヒアリング調査：肥料会社、ホテル	デンパサール
12月7日	視察：肥料製造工場	デンパサール
第4回	調査内容	滞在都市
2月7日	堆肥化実証実験（改良作業）	デンパサール
2月8日	堆肥化実証実験（改良作業）	デンパサール
2月9日	堆肥化実証実験（改良作業）	デンパサール
2月10日	視察：中間処理施設	スラバヤ
2月11日	デンパサール市 DKP 打合せ 実証実験現場の装置撤去作業	デンパサール
2月12日	ヒアリング調査：農家	デンパサール
2月13日	面談：インドネシア公共事業省・人間環境総局、インドネシア農業省	ジャカルタ
2月14日	面談：インドネシア工業省、インドネシア環境省	ジャカルタ

## 第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

### 1-1 対象国の政治・経済の概況

#### 1-1-1 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3 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 2.38 億人（2010 年、インドネシア政府統計）
首都	ジャカルタ（人口 960 万人：2010 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>

#### 1-1-2 人口構成

2010年の国勢調査によると、人口は約2.38億人で、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。本調査の対象サイトであるバリ州の人口は約389万人、州都デンパサル市の人口は約80万人である。全34州のうち、人口1000万人を超えるジャワ島やスマトラ島の州を除くと、バリ州以上の人口を有する州が10程度ある。このような州においても、州都を中心に廃棄物問題が顕在化しつつあると推測される。

#### 1-1-3 経済状況

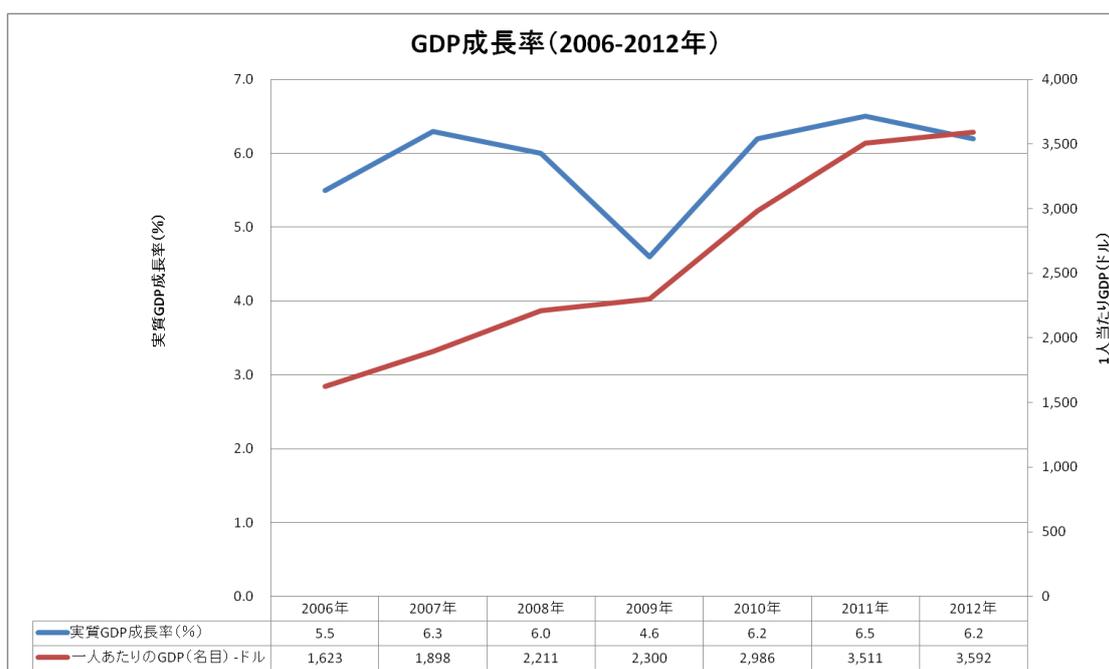
2012年のGDPは8,794億ドル、1人当たりGDPは3,562.9ドルであった。経済成長率は6.2%と堅調な経済成長を達成している。以下に、実質GDP成長率と一人当たりGDPの推移(図2)、経済データ(表4)を示す。

経済成長については、資源の輸出と旺盛な国内の投資・個人消費にけん引される形で、経済成長率は2007年から6%台前半で推移している。2009年のいわゆるリーマンショック時に成長率の大きな鈍化がみられたがその後は復調し、一人当たりのGDPは、この5年間で約2倍へと大きく増加している。

一方、財政に目を転じると、輸出品目である石炭やパームオイルによる貿易黒字が縮小しており、財政収支と経常収支における「双子の赤字」が拡大している。インドネシア政

府は、2013年6月に燃料補助金の削減を打ち出し、双子の赤字の解消を目指しているものの、実質的な燃料費の値上げによる経済成長への負の影響が懸念されている。

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)、電気機器、化学製品などが輸入量の多い品目である。輸出に関しては、日本はインドネシアにおける最大の輸出国である。そのうち半分以上が鉱物性燃料(LPG、原油、石炭)によって占められている。次に、原料品、原料別製品、電気機器、食料品などの対日輸出量が多くなっている。<sup>1</sup>



出典：JETRO 統計「基礎的経済指標」[http://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/stat\\_01/](http://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/stat_01/)

図2 GDP成長率(2006-2012年)

表4 経済データ

GDP (名目)		2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
	GDP(名目)	3,643	4,330	5,088	5,613	7,071	8,471	8,794
(単位：億ドル) (インドネシア政府統計)								
一人当り GDP (名目)		2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
	一人当りGDP (名目)	1,663	1,862	2,191	2,350	2,977	3,498	3,563
(単位：ドル) (インドネシア政府統計)								
経済 成長率(実 質)		2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
	経済成長率 (実質)	5.5	6.3	6.1	4.6	6.1	6.5	6.2

<sup>1</sup>ジェトロ世界貿易投資報告(各国編)

<http://www.jetro.go.jp/world/gtir/2013/pdf/2013-idn.pdf>

	(単位：％) (インドネシア政府統計)							
物価 上昇率		2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
	物価上昇率	7	7	11	3	7	4	4
	(単位：％) (インドネシア政府統計)							
総貿易額		2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
	輸出	1,008	1,141	1,370	1,165	1,578	2,035	1,900
	輸入	611	745	1,292	968	1,357	1,774	1,917
	(単位：億ドル) (インドネシア政府統計)							
貿易品目	(1) 輸出 石油・ガス (20.4%)、鉱物性燃料 (13.5%)、動物・植物油 (10.6%) (2) 輸入 石油・ガス (22.9%)、一般機械機器 (13.9%)、機械・電機部品 (11.5%) (2011年、インドネシア政府統計)							
貿易相手 国・地域 (2011 年、総額)	(1) 輸出 日本 (16.6%)、中国 (11.3%)、シンガポール (9.1%) (2) 輸入 中国 (14.8%)、シンガポール (14.6%)、日本 (11.0%) (2011年、インドネシア政府統計)							
為替 レート	1ドル=11,365ルピア (2013年10月18日、インドネシア中央銀行) <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>

#### 1-1-4 政治状況

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

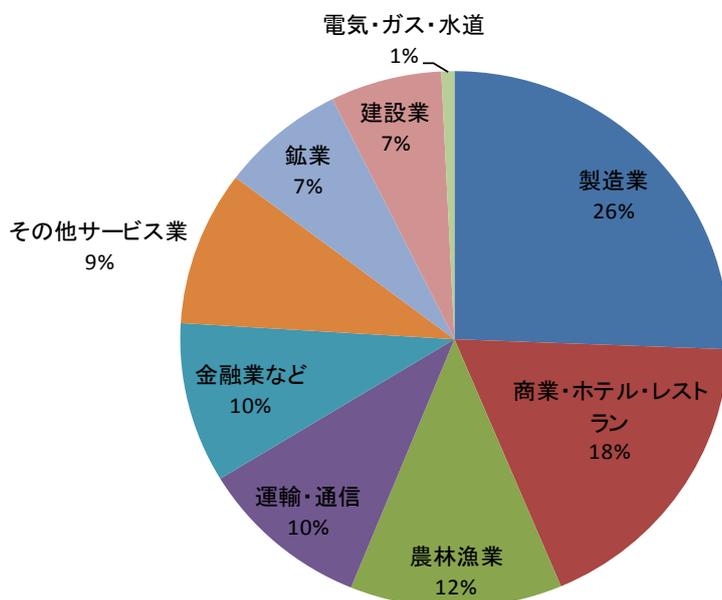
現スシロ・バンバン・ユドヨノ大統領（二期目：2009年～2014年）は、2004年の政権発足後、治安対策、汚職撲滅、投資環境整備等に積極的に取り組み、2009年4月の総選挙では同大統領の基盤政党である民主党が、約20%の得票率で第3党から第1党に躍進した。同年7月の大統領選挙では、ユドヨノ大統領が約60%の得票率で再選され、10月ユドヨノ第2期政権が発足した。

#### 1-1-5 主要産業

インドネシアの主要産業は、製造業、農林水産業、ホテル・飲食業、鋼業などである。以下に、産業別のGDP構成比（図3）および品目別の輸出構成比（図4）を示す。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

<sup>2</sup> 1ルピア=0.00860円（2014年1月JICAレート）

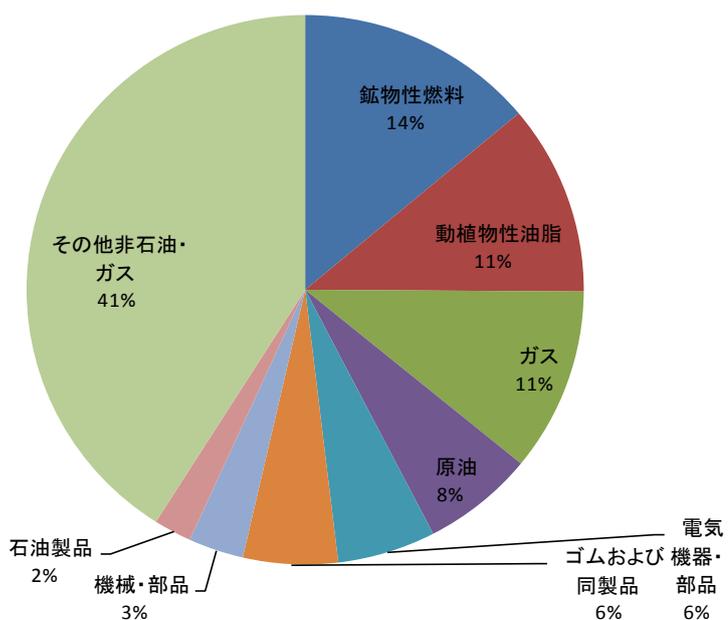
ルミの他、綿・ニッケル・銅鉱石やボーキサイトなど、非鉄金属鉱物資源を多量に生産している。



出典：インドネシア中央統計局（BPS）

[http://www.bps.go.id/eng/tab\\_sub/view.php?kat=2&tabel=1&daftar=1&id\\_subyek=11&notab=3](http://www.bps.go.id/eng/tab_sub/view.php?kat=2&tabel=1&daftar=1&id_subyek=11&notab=3)

図3 実質 GDP 産業別構成比（2012年）



出典：JETRO 統計「輸出統計(品目別)」 [http://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/stat\\_03/](http://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/stat_03/)

図4 品目別輸出高構成比（2012年）

### 1-1-6 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。2012 年時点の人口は約 83.5 万人（バリ州中央統計局による予測値）で、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。インドネシアのその他の地域と同様に、ヒンズー教、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 5 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（デンパサール市）であった。

バリ州は、2012年度に290万人の外国人観光客が訪れる<sup>3</sup>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。デンパサール市内にも、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。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。バリ州全体の15歳以上の労働従事者数を比較した場合、農林水産業が57.2万人であり、貿易・レストラン・宿泊業の62.5万人に次いで2番目に多い。製造業従事者は、31.1万人である<sup>4</sup>。

<sup>3</sup> インドネシア共和国観光クリエイティブエコノミー省より

<sup>4</sup> バリ州中央統計局資料より

デンパサール市では、都市で 4.5 万人、農村で 16.9 万人が電気を利用しているとされている。図 6 に PT PLN（インドネシア国営電力会社）バリ支局（DISTRIBUSI BALI）の最近 5 年間のエネルギー売上、顧客数及びピーク負荷のデータを示した。これから見ても、バリ州全体において、電力需要は増加しており、供給量も増加傾向にあることが示されている。ここ 5 年間では、エネルギー消費が毎年約 9% ずつ増加している。

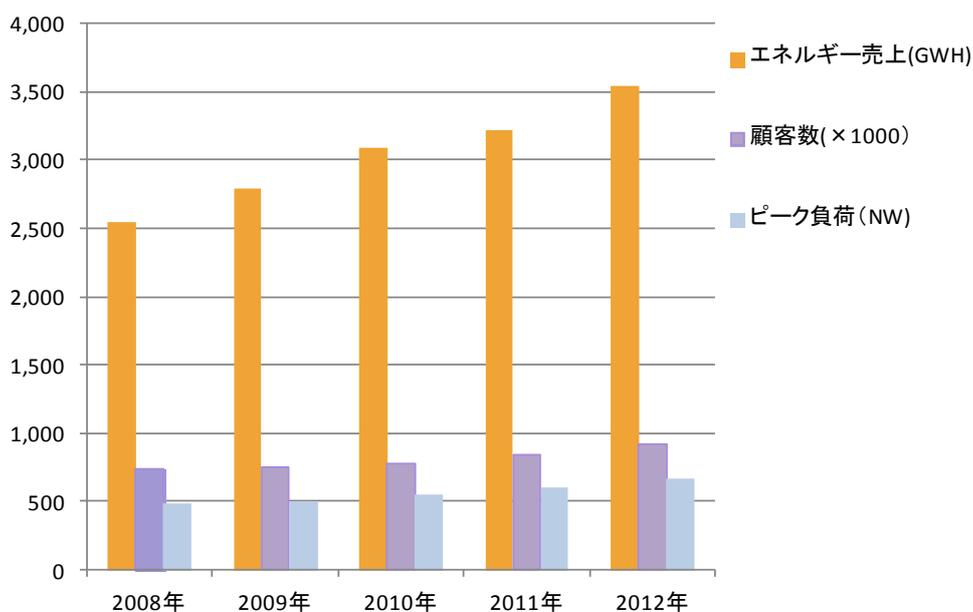
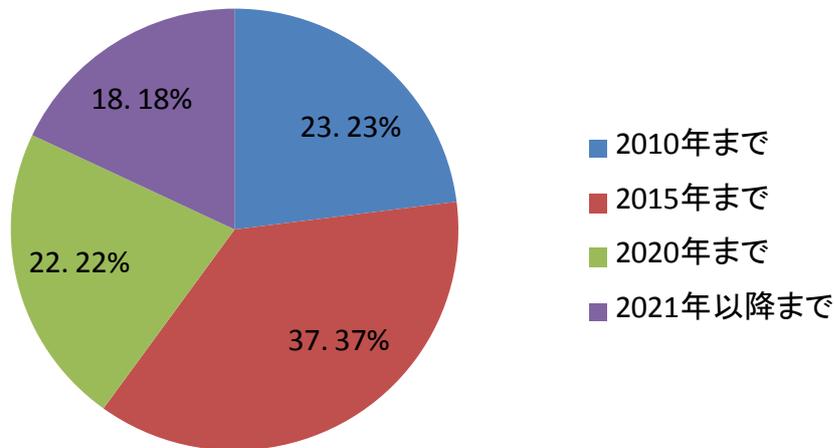


図 6 PT PLN バリ支局における最近 5 年間のエネルギー売上、顧客数及びピーク負荷<sup>5</sup>

### 1-2 対象国の対象分野における開発課題の現状

インドネシア、とりわけ都市における一般ごみの問題は、都市の行政機関にとって最も難解な都市問題の一つである。インドネシアにおいては今後も、経済発展と都市人口の増加が見込まれており、それに伴い都市部のごみの量は増加し続けていくことが想定される。現時点でも最終処分場の処理能力を超えるごみが排出、搬入されており、ごみの減量化は喫緊の問題である。2008 年の推計によれば、約 60% の最終処分場が、使用可能年限が 2015 年以前までしかないとされている（図 7）。

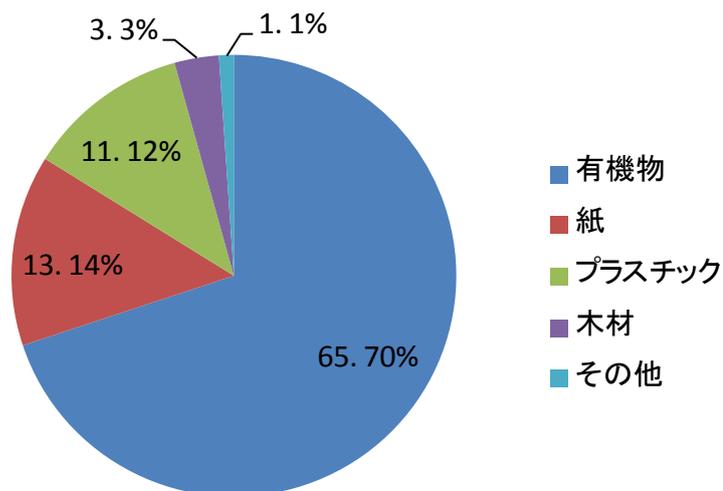
<sup>5</sup> PT PLN DISTRIBUSI BALI



出典：Indonesia waste statistics, IMOIE-2008

図7 最終処分場の使用可能年限

インドネシア環境省の報告書、State of Environment Report 2012によると、住民一人当たり2.5L/日、あるいは、国全体で6億2500万L/日の廃棄物を排出している。過去3年間で排出量は急増している。2010年における1日当たりの廃棄物の量が200,000トンであったのに対し、2012年には1日当たり490,000トン、年間1億7885万トンと、2倍以上に増加している。都市ごみについては、同報告書State of Environment Report 2009によると、2005年から2008年の間に3.7%の増加となっている。また、発生する廃棄物の65%は有機廃棄物である（図8）。



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廃棄物の組成

廃棄物全体の 50%以上は家庭ごみである。家庭ごみは、いまだに適切に処理されていない。約 24.5%のみが適切に処理、つまり、管理・運搬され堆肥化されている。残りの 75.5%は、適切に処理されていない。

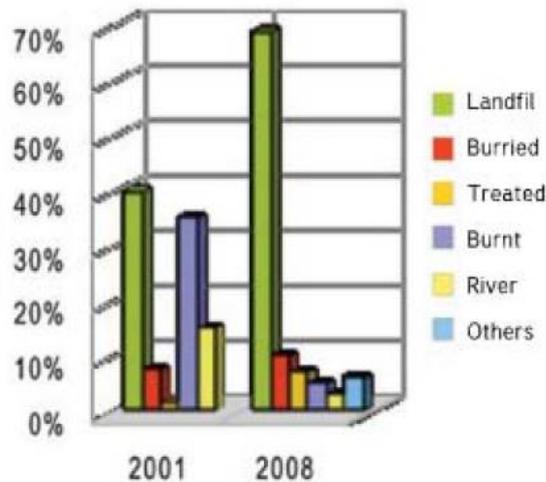
インドネシアにおける廃棄物の大部分は埋め立て処分されている。以下に、2008 年発表のインドネシアの島別の都市ごみ最終処分場数と埋め立て処分量（体積ベース、重量ベース）を示す。

表 5 インドネシアの島別の都市ごみ最終処分場数と埋め立て処分量

島名	最終処分場の数	埋め立て処分量 (百万m <sup>3</sup> /年) 処分場による管理記録	埋め立て処分 (百万ton/年) 環境局による推計値
スマトラ	57	1.5	2.1
カリマンタン	19	1.4	0.7
ジャワ	75	8.8	6.4
バリ	11	0.5	1
ヌサトゥンガラ			
スラウェジ	17	1.6	1.4
マルク			
パプア			
計	179	13.8	11.6

出典：Indonesia waste statistics, IMOIE-2008

インドネシアにおける廃棄物の処理・処分方法としては、2008 年に発生した廃棄物のうち約 69%が埋め立て処分され、7%が処理あるいはリサイクルされ、5%は焼却され、10%は埋められ、残りの 6%は公園、運河、川、港湾、市場等に投棄された（図 9）。なお、2001 年のデータと比較すると、処理方法として焼却の割合が減少し、埋め立て処分の割合が増加していることが読み取れる。



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

図9 インドネシアにおける廃棄物の処理・処分方法

廃棄物処理方式としてはこれまで埋め立て地におけるオープンダンピングが主に採用されてきたが、これは2008年の廃棄物管理法によって禁止され、2013年までに衛生埋め立てなど新たな対策が取られる方針である。例えばデンパサール市においては、Suwung最終処分場において民間会社PT NAVIGAT ORGANIC ENERGY INDONESIA (NOEI)に委託し、ランドフィルガスによるガス発電を行っている。しかし実際には、ごみの分別の不徹底や、CDM（クリーン開発メカニズム）クレジットの価格下落などの理由により、想定している利益がでていない。今後の追加的な設備投資などが困難な状況にあり、持続的な運営体制に行き詰りが生じている状況にある。

2008年の廃棄物管理法の制定を受けて書かれた、Syiah Kuala大学のEdi Munawar講師による廃棄物業界ニュースの記事<sup>6</sup>を以下に引用する。

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

6

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

ダンプングを置き換えるために、5年以内に305の新しい埋め立て地を建設する必要がある事を示している。

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

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「罰則金」を払わなければならないように捉えている。

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非常に不足していることも問題である。これらのデータは、将来の廃棄物の量や組成の推定、各施設的设计、システム運営に必要な費用などを評価するために必要である。しかし現状では、こうしたデータが不足しているために、廃棄物管理の改善のために有効な施策を構築することが困難となっている。

最終処分場におけるごみの組成としては、有機ごみが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。

一方で、これまでには、ごみ問題解決に向けた運動がコミュニティベースで繰り広げられたことがあり、複数の成功事例が存在する。例えば、東ジャワ州のスラバヤ市では、2004年より福岡県北九州市の協力により、「高倉式コンポスト<sup>7</sup>」が家庭に配布され、排出源であ

---

<sup>7</sup> 高倉式コンポスト：生ごみ堆肥化技術の一つであり、現地で入手できる発酵菌を利用したコンポスト化手法。J-POWERグループ株式会社ジェイペック若松環境研究所（J-POWER Group/JPec）の高倉弘二氏が開発した。果物の皮、発酵食品、米ぬか、もみ殻、腐葉土など、その土地で入手できる発酵菌を培養し、有機ごみと混ぜ合わせ、自然発酵させることで、短時間に有機分の多くを分解する。特に熱帯地域において有効である。資材も安価であり、作業については、通気性や水分を調整するための攪拌を行うだけのシンプルなものであり、家庭への普及が容易である。インドネシアではスラバヤ市を皮切りに、2000年代前半から普及が進められている。

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

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

各自治体の、一般廃棄物管理に係る年間予算の全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だろう。今後の経済発展により、さらにごみ排出量が増加することも予想される。

### 1-3 対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度

#### 1-3-1 担当省庁・部局

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

国のレベルで廃棄物関連政策を担当する中央省庁は、公共事業省（PU）と環境省（KLH）である。公共事業省は、文字通りインフラ整備の担当部局であり、最終処分場の整備を行っているが、廃棄物の担当となるのは人間居住総局となる。各家庭からのごみの回収から搬送までの部分については、上述の通り、各地方自治体（県や市）の美化局などが必要な施設の整備などを行っている。

#### 1-3-2 関連計画と政策

国の政策としては、2010年2月に、インドネシアにおける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示す、「国家中期開発計画」（RPJM）が施行された。この計画において、廃棄物処理に関しては、3R（リデュース、リユース、リサイクル）をテーマに、公共事業省、環境省、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る。国家中期開発計画の主な内容は、以下の通りとなる。

1. 基本理念：繁栄、民主主義、正義
2. 重点分野
  - ① 官僚・ガバナンス改革
  - ② 教育
  - ③ 保健
  - ④ 貧困削減
  - ⑤ 食料生産回復
  - ⑥ インフラ
  - ⑦ 投資及びビジネス環境
  - ⑧ エネルギー
  - ⑨ 環境及び防災
  - ⑩ 低開発・外縁・紛争終結地域対策
  - ⑪ 文化・創造性・技術革新
3. マクロ経済目標
  - ① 平均経済成長率6.3～6.8%の達成
  - ② 平均インフレ率4～6%の達成
  - ③ 2014年末までに失業率を5～6%に低減
  - ④ 2014年末までに貧困率を8～10%に低減

上記の国家中期開発計画において、3R（リデュース、リユース、リサイクル）に関して、各省庁では次のような計画が立てられている<sup>8</sup>。

## 1. 環境省

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

- 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

環境省へのヒアリング調査によれば、具体的な取り組み例としては、ごみ袋規制をパレンバン、バリクパパンで実施している。レジ袋を断る運動の推進も試みたが現状は難航している。レジ袋有料化などについては、民間主導という段階にある。

## 2. 公共事業省

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

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

また、公共事業省では、「2010年－2015年戦略」の中で、次のような取り組みを掲げている<sup>9</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

<sup>8</sup> Prapti Wahyuningsih, ST “OVERVIEW OF ESTABLISHMENT MATERIAL CYCLE-SOCIETY (3R) & LIFE-CYCLE OF ORGANIC WASTE (COMPOSTING) IN INDONESIA”

<sup>9</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”

公共事業省へのヒアリング調査によれば、上記戦略についてはごみの量を減らすことを第一目的とし、300～400の地域にコンポスト化パイロットプロジェクトを実施している。ここでも家庭ごみの分別が鍵となっている。

中央政府からは、プラントやインフラ整備資金が地方政府に支援されるが、地方政府は4ha程度の用地を提供しなければならない。支援されたインフラ整備資金は返済不要であるが、オペレーションは地方政府の負担であり、当コストが問題となるケースも発生している。

### 3. 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つのプログラムを準備している。

- ① 農業施設とインフラ整備プログラム  
6,500ユニットのコンポスト施設を新たに導入する
- 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

農業省へのヒアリング調査によれば、政府系企業に対する有機肥料の生産割当量は、農業省が決めるものであるが、今後有機肥料の生産量を増産させる予定である。また、バリでは州知事主導の堆肥普及プログラムを実施している。

有機肥料には基準値があり、それを満たす必要がある。有機肥料を対象とした補助金は500ルピア/kgであり、バリ政府など独自にさらに補助金を出しているケースもある。農業機械の施設提供プログラムや補助金支給の実績がある。

有機肥料の営農指導は政府が実施している。その他、肥料製造会社が有機肥料の使用促進を実施する場合もある。

#### 1-3-3 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>10</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、

<sup>10</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)

特性が多様化している。

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

この廃棄物管理法の第29条には、明確に「最終処分場におけるオープンダンピング方式による廃棄物処理を禁止する」ことが示されている。この禁止令についての具体的な規定については、県や市などの地方自治体の規則によって定められることとなる。地方自治体の規則は、当禁止令について掲げる規則の違反に刑事制裁と罰金を課することができる。デンパサール市DKPへのヒアリング調査によれば、違反した場合は、まず警告が発せされる。その後、改善がなされなければ、200,000ルピアの罰金と、3日間の禁固刑となる。支払いに応じない場合は禁固期間が延長され、罰金は250,000ルピアとなる。罰則規定は運用されている。

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

#### 廃棄物管理法 第十六章 経過規定 第44条

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

この廃棄物管理法を受けた、ガイドライン的な性格を持つ家庭系廃棄物政令2012年82番政令の整備が進められた。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。

## 1-4 対象国の対象分野の ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析

### 1-4-1 日本のインドネシアに対する ODA 方針

日本のインドネシアに対する ODA の方針は、「対インドネシア共和国国別援助方針」にまとめられている<sup>11</sup>。重点分野（中目標）の②において、不均衡の是正と安全な社会づくり

<sup>11</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/seisaku/hoshin/pdfs/indonesia.pdf>

への支援が掲げられている。以下では、当事業に関連が深い点について、下線を付した。

## 1. 援助の基本方針（大目標）

：均衡のとれた更なる発展とアジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上への支援

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

## 2. 重点分野（中目標）

### ① 更なる経済成長への支援

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

### ② 不均衡の是正と安全な社会造りへの支援

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

### ③ アジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上のための支援

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

## 1-4-2 対象国の対象分野における ODA 事業の事例分析

我が国は、発展途上国への様々な ODA 事業に積極的に取り組んでいる。表6は、インドネシアの廃棄物問題に関して JICA が実施してきた主な事業である。また、表7に、廃棄物発電を中心に、日本の省庁などによる事業をまとめた。

JICA 事業に関しては、廃棄物事業の重点地域として、1. バンドン市、デポック市を中心とした西ジャワ州、2. マカッサル市を中心とした南スラウェシ市の2カ所を挙げることができる。両事例とも、最終処分場の整備にとどまらず、中間処理や3R推進などによるごみの減量化を目指している点が特徴的である。これは、前述したインドネシアの方針と合致するものであり、現地のニーズに応じた支援が行われている。

また、廃棄物管理について、日本が新興国に貢献することができるのは、収集から最終処分に至るまでの一貫したシステムによる管理である。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やごみ減量化意識の向上を含んだ包括的な事業により、ごみの処分量自体を削減することができるのは、日本の持つ強みとあっていいだろう。JICA

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

他の省庁などによる事例に目を移しても、やはり日本の強みを生かすという点が重要視されている。表7の東ジャワ州マラン市の例、及びジャカルタ首都特別州の例においては、共に一般ごみの最終処分量を削減させる取り組みが行われている。インドネシアの一般ごみの特性として、生ごみの組成が70%を超えているために、コンポストイングなどによる生ごみの減量化や、コンポスト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。

表7に示されるように、バイオマス廃棄物からの温室効果ガス削減プロジェクトが3件実施されている。今回のパイロット事業ではスコープとしていないが、生ごみのオープンダンプ処理によるメタンガス発生を抑制することにより、温室効果ガスの削減効果が認められる可能性もある。一方、後述するがバリにおける廃棄物管理プロジェクトについて、CDM（クリーン開発メカニズム）によるクレジット売却益を期待していたものの、クレジット価格の下落により、ビジネスモデルの変更を余儀なくされている例もある。トランズアクションコストが高いこともあり、日本が提案している二国間オフセット・クレジット制度（JCM）の活用等によるサポートについては、現地ニーズを満たす形でのスキームが考えられれば、廃棄物分野において活用することができるだろう。

表6 インドネシア廃棄物問題に関する JICA 事業 (1/2)

概要No.	事業	実施年度	案件名
1	草の根技協(地域経済活性化特別枠)	2014/01～2016/03	インドネシア・メダン市における廃棄物管理改善事業 ～都市ごみの資源化とパーム産業の余剰バイオマスの有効利用～
			北スマトラ州の州都メダン市では、一日1,300トン廃棄物が排出されているが、リサイクルされることなく全量が最終処分場に搬送されているが、メダン市が所有する最終処分場はオープンランピング方式で環境への悪影響が懸念されるうえ、余寿命も残り2年と非常に厳しい状況にあり、メダン市長より改善についての協力要請があった。 一方で同市の廃棄物に大量に含まれているパームオイル製造時の副産物であるempty fruit bunch (EFB, 空房)は、一部は燃料及び肥料として利用されているが、肥料としての効果が低く、有効な利用方法が求められている。また工場排水は周辺環境に悪影響を与えており水質改善が求められていることから、廃棄物管理の改善を通じて廃棄物の大幅な減少とともに環境改善を図る。 モデル地区において行政の指導の下、廃棄物管理システムを構築して廃棄物のリサイクル・減量化を進める。
2	草の根技協(地域提案型)	2013/04～2015/03	インドネシア共和国西ヌサトゥンガラ州における廃棄物管理業務の効率化事業
			インドネシアにおいて最も貧困な地域の一つである西ヌサトゥンガラ州の州都マタラム市では、廃棄物の収集量は、全体の約70パーセントと不十分で、残りは不法投棄や自家処理が行われている。さらに最終処分場はオープンランピング方式で衛生的な処理が行われておらず、余寿命も短い状況であり、廃棄物処理のあり方が大きな課題となっている。廃棄物の効率のかつ適正な管理運営を行うためには、廃棄物行政に携わる職員の人材育成が必須であり、環境未来都市北九州市のノウハウを活用して、廃棄物管理システムの構築を図る。 モデル地区において、効率的な廃棄物管理システムを構築し、廃棄物のリサイクル・減量化を進める。
3	草の根技協(地域提案型)	2012/05～2015/03	住民参加型一般廃棄物処理技術開発普及事業
			デボック市は年率10%で人口が増加し、廃棄物処理、教育環境の状況が悪化している。そこで大崎町では、2010年に廃棄物の資源化とリサイクル活動を取り入れた国際協力イニシアチブ事業を実施し、その活動をデボック市全体に継続拡大することになった。廃棄物の持続可能な処理システムの構築のために低コストの大崎町の非焼却型廃棄物処理システムを採用し処理能力と資源活用能力を向上し、廃棄物回収関係者の経済・教育環境を地域と一体的に改善する必要がある。 廃棄物の減量化を目的にデボック市内のモデル地区で生ゴミ等の分別排出・収集・運搬・荷戻のシステムづくりを目指し、リサイクル普及指導員の育成など人材育成に重点を置き、意識改革により市内全域に「混ぜればゴミ分ければ資源」の取組みが波及する。
4	民間連携	2012/03(準備調査)	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
			本プロジェクトは、西ジャワ州の州都バンドン市を中心とするバンドン都市圏及び、ボゴール市／デボック市圏からの廃棄物(家庭ごみ、事業廃棄物)を処理するために、レゴックナンカとナンボの2事業地において、複合中間処理施設及び最終処分場を建設し運営することにより、同地域で発生する廃棄物の適切な処理の促進を図り、もって同地域住民の生活・衛生環境の改善、環境保全に寄与するものである。 本事業がPPP事業として、また、廃棄物処理場として実現可能であることを検証し、更に成熟度を高めるために、以下の主たる調査実施方針に従い調査を実施する。 ・官民の事業スコープ・調達パッケージ・実施体制等を検討しPPPモデルを最適化する ・イ政府側のPPPに関する、法規制、実施プロセス、運営能力等の制約を分析し取り除く ・環境的、社会的に受容される廃棄物処分場の建設・運営を検討し確保する ・行政主導の市民参加による3Rのシステム構築。導入について検討する ・ごみ処理に関する不確定要素を明確化する ・新たな廃棄物処理プロセス導入による有効的なごみの再利用について検討する ・高品質な処理施設の設計・建設案を策定する ・事業に伴うリスクを分析し、官民のリスク分担を明確化する ・民間部分のファイナンシャルモデルを構築し財務分析を行い、最適な資金調達ストラクチャーを構築する ・世銀の動向を把握する
5	有償資金協力	2010/03～2015/04	マニナサタ広域都市圏廃棄物管理事業
			本事業は、南スラウェシ州の州都マカッサル市を核とするマニナサタ広域都市圏において、最終処分場等を整備するとともに複数の自治体を対象とした広域廃棄物管理体制を導入することにより、同地域で発生する廃棄物の適切な処理の促進を図り、もって同地域住民の生活・衛生環境の改善、環境保全、地方政府の行政能力の強化に寄与するものである。 1) 衛生埋立地の建設 2) アクセス道路の整備 3) マカッサル中継基地の建設 4) 資機材調達(施設運営用重機、中継輸送用車両) 5) コンサルティング・サービス(入札補助、施工監理等)

インドネシア廃棄物問題に関する JICA 事業 (2/2)

概要No.	事業	実施年度	案件名
6	草の根技協(地域提案型)	2009/08～2010/03	マカッサル市 市民参加型廃棄物管理推進事業
			<p>マカッサル市では、急速な都市化や人口の増加、行政の組織・財政基盤の脆弱性等の原因により、適切な廃棄物管理がなされていない状況である。その結果、河川や運河、道路に散在する廃棄物の量が増加し、環境・衛生面で深刻な問題を引き起こしている。また、既存の最終処分場の容量も逼迫するなど、早急に廃棄物管理システムを改善する必要がある。</p> <p>このような状況下、マカッサル市は、北九州市および(財)北九州国際技術協力協会(KITA)等の協力により、スラバヤ市において実施し、大きな成果を挙げている住民参加型廃棄物管理手法(北九州方式)を導入するとともに、市民への啓発活動、環境教育を強化することにより、同市で発生する廃棄物の適切な処理の促進を図り、もって、住民の生活・衛生環境の改善、環境保全に寄与することを計画しており、北九州市に協力の打診があった。北九州市は廃棄物管理や環境教育に関する多くの経験と技術を活かしており、これを活かして技術協力を行うものである。</p> <p>1.モデルコミュニティを選定し、住民による廃棄物管理組織(婦人会などが中核となることを想定)を結成させる。                  2.北九州市から専門家を派遣し、ごみの収集運搬方法の改善を行い、廃棄物管理をより効率化させる。                  3.生ごみ堆肥化技術、ごみバンク活動(コミュニティ単位の有価物回収運動)を導入することで、ごみの減量化・資源化を促進し、市民の生活環境の改善を図る。                  4.市場からの生ごみを堆肥化するコンポストセンターに対応した専用の堆肥化技術により、新しいシステムが構築される。                  5.コミュニティ住民が、廃棄物管理に主体的に取り組むことができるように環境教育を実施する。</p>
7	草の根技協(地域提案型)	2008/10～2009/11	バンドン市廃棄物処理計画策定支援
			<p>バンドン市は西ジャワ州の州都であり、人口は約250万人を抱えるインドネシア第3の都市である。また、インドネシアの主要な大学が立地する学園都市であり、繊維産業を中心に工業も盛んである。近年の経済発展に伴い人口が増加し、それに伴い年々増加する一般廃棄物の処理が市の緊急かつ重大な課題となっている。特にゴミ問題に対する市民の意識や参加が欠如していることや、国及び地方レベルでの廃棄物処理に関する規制が存在しないことが課題とされている。</p> <p>具体的な廃棄物処理計画の策定に向け、バンドン市における廃棄物処理システムの改善点が整理されることを目的とする。</p> <p>&lt;研修員受入(第1年次:2名)&gt;</p> <p>1)浜松市の廃棄物処理システムやごみ減量化への取組みについての講義                  2)浜松市の都市計画策定、ごみ処理計画策定の実務体験                  3)浜松市民のごみ分別活動状況の視察                  4)大学において、都市政策・都市計画などの理論指導                  5)廃棄物処理システムの改善案の作成</p> <p>&lt;専門家派遣(第2年次:2名)&gt;廃棄物処理計画の策定のため、第1年次に受け入れた研修員に対して補完的な指導を行う他、市民(特に子供たち)を対象に、正しいゴミ処理についてのセミナーを開催する。</p>
8	草の根技協(地域提案型)	2004年度(終了)	資源リサイクルの促進
9	有償資金協力	1993/11/4(円借款契約日)	ジャカルタ都市廃棄物整備事業
			<p>増加するごみ量に対応し環境の改善を図るため、ジャカルタ市中央区のごみ処理システムの改善を図るもの。</p> <p>(1)ごみ収集システムの改善                  効率的なコンテナ収集システムの拡大等を目的としてコンテナ車、コンパクター車等の車両161台及びコンテナ140台を調達。                  (2)道路清掃の改善                  道路清掃の効率化を図るため道路清掃車7台を調達。                  (3)中継基地の建設                  ごみを最終処分場へ効率的に運搬するため、ごみ容量を2分の1に圧縮して大型コンテナに積み直す中継基地(日処理能力:6,000 m<sup>3</sup>)を建設し、併せて中継基地から最終処分場へ圧縮されたごみを運搬するための大型車両を調達。                  (4)車両修理工場の整備                  ごみ収集車両の効率的利用のための定期整備体制を強化することを目的として、車両修理工場の建設及び機材調達を実施。                  (5)最終処分場の整備                  既にインドネシア政府により整備済みの最終処分場ゾーンIについて、環境対策として汚水排水パイプの埋設施設等改善事業を行うとともに新たにゾーンII(12.5 ha)を建設する。さらに、埋立作業の効率化を図るため13台の作業車両を調達する。</p>
10	有償資金協力	1990/12/14(円借款契約日)	ジャカルタ都市廃棄物整備事業(E/S)

表7 インドネシア廃棄物発電に関する調査事例 (1/2)

委託元	調査団体	事業	調査地域	調査年度
経済産業省	大阪市環境局／日立造船株式会社／株式会社エックス都市研究所／株式会社スマートエナジー	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 インドネシア東ジャワ州マラン市を中心とした大マラン(マラン市、マラン県、パトゥ市、人口300万人程度)を対象とした、統合型廃棄物発電システムの事業化についてフィージビリティスタディ(FS)をおこなう。 開発途上国特有の含水率の高い廃棄物に対応した統合型廃棄物発電について、焼却の前処理部分を含めた技術面の評価、製作の現地移転による低コスト化の可能性評価、廃棄物処理費や売電収入の適正化を含めた事業性評価を、東ジャワ州マラン市において実施する。 調査内容は、1,000t/日の廃棄物を収集し、選別により430t/日を焼却発電に、380t/日をコンポストに送り、7MWの電力と250tのコンポストに転換するシステムであり、経済的に運営が可能との結論となれば、事業化に向けて次年度以降に更なる展開を図っていく予定です。	東ジャワ州マラン市	2011年
環境省	中外テクノ株式会社	インドネシア・農産物加工工程からの廃棄物・廃水のエネルギー活用に関する新メカニズム実現可能性調査 農産物加工工程からの廃棄物と廃水をエネルギーとして活用して、GHG排出削減を行う事業の実現可能性を検討した。 廃水からはメタンガスを回収してエネルギーとして活用することを検討した。 固形廃棄物としてEFB、葉鞘を固形燃料として活用することを検討した。 本調査においては、カウンターパートであるPTPN-7が管理するパームオイル工場、ゴム工場、サトウ工場を対象としてGHG排出削減ポテンシャルの算定と事業性の評価を行った。 調査対象工場の立地場所は、ランブ州、ブンクル州、南スマトラ州である。 広域的に複数の工場を対象とする事業であるため、簡易で使いやすいMRVの方法を検討した。	全域	2011年
鹿島建設株式会社	鹿島建設株式会社	インドネシア・西ジャワ州廃棄物処理プログラムCDM事業調査 本プロジェクトは、インドネシア・西ジャワ州の25自治体(16県9市)を対象とし、プログラムCDMスキームを活用した都市固形廃棄物(Municipal Solid Waste: MSW)の簡易MBT(機械生物処理)による中間処理の普及促進を行う事業である。簡易MBTは、機械的選別によりリサイクル品の効果的回収を行い、生物処理では有機物の好気分解により現状の埋立て処分場での嫌気分解によるメタン発生を回避し、温室効果ガスの発生を削減する。 PoA(プログラム活動)のバウンダリーを西ジャワ州とし、プログラムCDM実施のための調整管理組織(CME)には西ジャワ州環境保護局を予定している。個別の廃棄物処理事業の実施を各自治体またはコミュニティ等が行うこととし、それぞれをCDMプログラム活動(CPA)とする。また、PoAの実施手順としては、大規模なCPAから実施し、そのクレジット収入を活用し小規模なCPAも普及させる計画である。	西ジャワ州	2008年
株式会社エックス都市研究所／アラックス株式会社	株式会社エックス都市研究所／アラックス株式会社	インドネシア・ジャカルタ都市廃棄物処理BOT事業実施可能性調査 ジャカルタ首都特別州(以下、「ジャカルタ」という)では、日量6,200トンの都市廃棄物のほぼ全量を東隣の西ジャワ州のプカン市のパンタルゲバン最終処分場で埋立処分している。これに対し、輸送効率の改善を考慮した場合、ジャカルタ西側での最終処分場の確保が有効である。このため、ジャカルタは、西側に隣接するパンテン州タンゲラン県チアングールにて、処理施設の建設運営をBOT事業として行う計画であったが、タンゲラン県の土地利用計画において当該用地が住居地域と指定され建設不可となった。 これに対し、タンゲラン県は、代替地として同県ジャチワリンギ村周辺地域の用地を提供する意向を示している状況である。本プロジェクトは、ジャカルタに代わり土地を確保した上で、ジャチワリンギ村周辺地域での廃棄物処理BOT事業を行うものである。これにより、ジャカルタの西側に処理処分施設が確保され、今後急増する都市廃棄物の効率的な適正処理を可能にする。	パンテン州タンゲラン市	2011年
鹿島建設株式会社／八千代エンジニアリング株式会社	鹿島建設株式会社／八千代エンジニアリング株式会社	インドネシア・バンドン廃棄物複合中間処理施設建設事業調査 インドネシア国(以下、イ国)、西ジャワ州にあるルイガジャ処分場は、バンドン市、バンドン県、チマヒ市で発生する4,000立法メートル(約1,200t)/日の都市ごみを処分していたが、2005年2月に処分したごみが大崩壊を起こし、141人の死者を出す未曾有の重大事故となった。この事故によりルイガジャ処分場の利用が不可能になったため、現在は森林省の所有する森林を伐採し臨時処分場(サリムクティ処分場)を設置し処分しているものの2010年までの供用が限度であり、住民の反対等、同処分場の利用を困難にする諸問題も発生している。西ジャワ州政府は、新規の処分場の検討も行ってきたが住民反対などにより新規立地の同意は得られず、結局、ルイガジャ処分場を復旧・拡大し再利用することを決めた。この計画では、ごみが流れ出した領域全体を買収し、遮水工・擁壁・浸出水回収処理施設等からなる衛生処分場を建設し、同時に衛生処分場の建設だけでなく中間処理事業も実施する意向である。バンドン地域のごみ行政にとって、本処分場に持ち込まれるごみを減量化し処分場を延命化することが大きな課題であり、そのため中間処理施設に対する期待は大きい。本調査では、ルイガジャ処分場復旧計画のうち中間処理施設部分について、機械選別、生物処理(コンポスト)、簡易RDF(ごみ固形燃料化、以下RDFと略す)、メタン発酵、ごみ発電などからなる複合中間処理施設建設の実現可能性を調査し、当該地域における最適な組み合わせを検討する。また、CDM化により見込まれる収入を活用したスキームとして維持管理を含めた事業の円滑化を図る。	西ジャワ州バンドン県	2007年
ジェトロ	社団法人日本プラント協会	ジャカルタ特別市固形廃棄物処理改善(ごみ焼却・発電)に係るF/S調査 ジャカルタ市の最重要課題は、以下の2点となる。 ・ごみ最終処分場の長期的確保 ・中間処理施設導入によるごみの減量化 ごみ最終処分場の長期的な確保 ジャカルタ市のごみ最終処分場の選択肢には内陸処分場と海面埋立てが考えられるが、海面埋立ては、以下の点から適当な施策とは言えない。 ・漁業権の補償、航路変更、近在する住民の了承、周辺環境への影響評価分析などの解決に長期間を要する ・外壁・護岸は処分場と海とを永久的に分離せねばならず建設費が内陸より高い ・浸出水には海水が混合しており、処理が複雑 ・無処理で埋立てる場合、内陸埋立て処分は約10年の安定期間で良いのに対し海面埋立ては浸出水処理やガス抜き等のため20年の安定期間を要する一方、内陸埋立て処分場は周辺地域の住民反対などにより用地確保が困難な状況となっている。これは、現存のパンタルゲバン最終処分場において、ガス抜き・覆土等の適切な処置が行われず、二次公害を引き起こした事が原因と言える。ジャカルタ市は、早急に適切な処置を行いごみ最終処分場を長期的に確保できる環境整備に迫られている。 ごみの減量化 本調査の結果によれば2002年から2032年の30年間にジャカルタ市で処理しなければならないごみは78.54Mトンと予想される。これを全量埋立て処分する場合、ジャカルタ市域の1%に該当する640haの土地が必要となり、全量埋立ての継続は困難と言える。つまり、ごみを減量化していく施策を併せ立案していく事が重要である。 ごみの減量化には、焼却(減量化率/95%)と堆肥化(減量化率/72%)が考えられるが、長期的にごみの減量を図るには、焼却が効果的な施策と言える。焼却は建設費が高く初号機導入時の財政的負担は大きくなるが、25年という長期間の総事業費は決して高いものではない。実際、土地単価をRp.400,000/m <sup>2</sup> 以上と想定したケースにおいては、WTE(Waste to Energy, WTE)の総事業費が埋立ての総事業費より下回るという結果が得られている。埋立て処分用地の確保が極めて困難となっているジャカルタ市は、WTEの導入によって、ごみの減量が図れ、長期的には財政負担が軽減される。	ジャカルタ特別州北ジャカルタ	2001年

表7 インドネシア廃棄物発電に関する調査事例 (2/2)

委託元	調査団体	事業	調査地域	調査年度
NEDO	清水建設	インドネシア国営パームオイル工場の廃棄物のエネルギー利用に関するプログラムCDM事業性調査  インドネシアに点在する72か所のパームオイル工場では、オイル抽出過程において、パームの空果房や繊維、殻が大量に発生します。このうち空果房は水とカリウムを多量に含み従来のボイラー燃料としては不向きであることから、廃棄処理されているのが現状です。そこで当社は、最新鋭のバイオマスボイラーを導入し、空果房を発電の燃料に用いれば、化石燃料の代替効果によるCO2削減を見込めるものと考え、NEDOの事業提案に応募したものです。バイオマスボイラー発電の事業化に当たっては、パームオイル工場がインドネシア国内に広く点在していることから、複数の工場から空果房のみを集荷し、バイオマスボイラーで発電するタイプと、工場ごとにバイオマスボイラーを設置し、空果房、繊維及び殻を混焼して発電するタイプ、という2つの事業化方法を想定しています。このため、各パームオイル工場の位置と周辺の道路状況、廃棄物量、既存ボイラーの規模・更新時期、送電網への接続距離などを調査します。それを踏まえて、工場群全体としての経済合理性と地域特性等の観点から、2つの事業化方法の組み合わせや、新たに設置するバイオマスボイラー設備の規模、実施時期などの最適化を図ります。調査期間は来年3月までの予定です。	スマトラ島 他インドネシア全域	2010年
	住友林業株式会社	インドネシア・北スマトラ州における廃棄バイオマスによる発電燃料転換CDM事業調査  本プロジェクトは、インドネシア北スマトラ州メダン市に位置するPT. Canang Indah (以下、CI)において、発電燃料転換CDM事業に関して実現可能性調査を行なうものである。CIは、現地でパーティクルボード(Particle Board:PB)、中密度繊維板(Medium Density Fibreboard: MDF)を製造する木材加工会社である。当該工場は、発電容量14MWを持つ石炭発電設備、及び11.5MWのディーゼル発電設備を所有している。現在は、石炭発電設備が稼働し、ディーゼル発電設備は、石炭発電設備のオーバーホール時や非常事態に備えてスタンバイしている。プロジェクトでは、石炭発電設備の燃料を石炭と廃棄バイオマスの混焼から、廃棄バイオマス100%へ切り替える。 現在の混焼状況は、2007年1月～2009年8月の実績値平均で石炭46,716t/年、廃棄バイオマス23,916t/年を使用している。混焼比率はエネルギー基準で、石炭:廃棄バイオマス=7:3であり、廃棄バイオマスとして、パーム核殻(Palm Kernel Shells:PKS)や自社工場から発生する廃材を利用している。プロジェクト実施後は、パームオイル工場から発生する廃棄バイオマス100%利用での発電を目指す。廃棄バイオマスの収集量不足、発電設備の安定した運転を考慮し、石炭を混焼することも念頭に置いておく。パームオイル工場以外から発生する廃棄バイオマスとしては、ゴムの老木の根や、木質廃材などの利用を考慮に入れている。	北スマトラ州	2009年
地球環境センター	石川島播磨重工業	インドネシア・廃棄バイオマスの高品位燃料化及び有効利用事業のCDM事業化調査  パーム搾油工場からの大量に発生するパーム油絞り滓等の廃棄バイオマスを炭化燃料化し、製造した炭化燃料を、セメント工場での石炭代替として利用することで、CO2削減を実現する。さらに野外に放置されている廃棄EFBの腐敗により排出されているCH4も削減する。 インドネシア国内でも主要な商品作物であるパーム油生産工程で副生する水分の多いEFB( Empty Furut bunch )は、現在、野外遺棄すると腐敗(メタン発生)と悪臭が発生し、野焼きや単純な焼却炉による部分的処理では全量処理し得ない上に、発生する煤煙等で周辺住民から苦情が来る等の問題もある。このため其の膨大な発生量とも相まって多くのパームミルでEFB処理が課題となっている。本プロジェクトは、日本のバイオマス炭化技術を用いて、バイオマス燃料生産者と変動する生産量の燃料を許容しうる利用者を結びつける経済的スキームを組み合わせる事により、地球温暖化ガスの発生を削減する事業である。本事業は下記の点に特徴を有する。 ①低品位なバイオマスを直接利用するのではなく、エネルギー自給自足型の炭化炉を用いることで燃料化することでバイオマスの高品位化を図り、事業の経済的な自立性を高める点に特徴を有する。 ②パームは、莫大な賦存量があるため、インドネシア全土に普及可能であるだけでなく、パームのみならず季節変動性のある各種バイオマスを有効に活用することで、広い範囲への波及効果が期待できる。	西スマトラ州	2005年
	パシフィックコンサルタンツインターナショナル	インドネシア国都市固形廃棄物発電事業調査  東ジャワ州シダルジョ県において未処理のまま投棄(オープンダンプ)されている固形廃棄物をクリーン技術を用いて焼却処分することで地域環境の改善を図るとともに、焼却熱を利用して発電を行い、余剰電力を系統に供給することで、系統に接続する発電所が使用する化石燃料を代替し、温室効果ガス(GHG)や大気汚染物質の排出削減に寄与するもの。	東ジャワ州 シダルジョ県	2004年
JKA補助事業	ECFA/エヌ・ティ・ティ・ジー・ピー・エコ株式会社	インドネシア共和国スマトラ島アウ州他3州におけるパーム廃棄物発電による地方電化及びプログラムCDM計画  このプロジェクトではスマトラにおける電力配電網に接続されていない地域の地方電化による貧困の減少と地域開発の促進のためのパームオイル搾油工場(POM)の廃棄物発電の実現性を探索することを目的とした。“廃棄物からエネルギーへの転換”を標榜する本プロジェクトにおいて、POMでの空果房(Empty Fruit Bunch, EFB)の燃焼やパームオイル搾油工場廃水(Palm Oil Mill Effluent, POME)からのメタンガスの回収は、同工場内および周辺地域での衛生面および環境面での改善にも繋がる。このメタンガス回収は、京都議定書制度下の国連の認定を得た温室効果ガス(Greenhouse Gas, GHG)削減クレジット(Certified Emission Reduction, CER)として、この新事業である廃棄物発電の追加的な収入となる。	スマトラ島	2008年

### 1-4-3 デンパサル市、及びバリ州における ODA 事業

デンパサル市またはバリ州では、一般廃棄物管理の分野で日本からのODA事業がなされたことはないが、環境衛生インフラといった課題面から広げて見ると、有償資金協力として、1994年11月から2008年9月にかけて、「デンパサル下水道整備事業」が実施された<sup>12</sup>。円借款貸付実行額は、52億3,100万円であり、下水道管渠の敷設、ポンプ場・下水処理場の建設、コンサルティング・サービスに使用された。2008年から、第二期事業が実施されている。

バリ州まで範囲を広げて環境保全事業を見れば、有償資金協力として、1996年12月から2008年12月にかけて、「バリ海岸保全事業」が実施された<sup>13</sup>。円借款貸付実行額は、87億6,900万円であり、養浜や、離岸堤、直線突堤などの設置に使用された。

### 1-4-4 他ドナーの分析

表8に、主要援助国のインドネシア経済協力の実績を示す。インドネシアにとって、日本は最大の援助国であるとともに、日本にとってインドネシアは累計ベースで最大のODA受け取り国となっている。しかし、近年では、既往の貸付の回収額が増加しており、純支出がマイナスとなっている。

さらに近年、オーストラリアの経済協力実績が目立っている。日本の実績額の落ち込みにより、実績額でドナーの第1位となっているが、金額自体も漸増傾向にあり、第2位のドナーから頭一つ突出している様相となっている。

表9に、主要国際機関・地域機関の対インドネシア経済協力実績を示す。国際機関に目を転じると、世界銀行系のIDA（国際協力協会）の存在が際立っている。年によっては、ドナー国第1位のオーストラリアを上回る支援を実施している。

表8 主要援助国の対インドネシア経済協力実績

単位:百万ドル

暦年	順位									合計	
	1位	2位		3位		4位		5位			
2005	日本	1,223.13	オーストラリア	184.67	オランダ	175.99	ドイツ	164.67	アメリカ	155.64	2,261.11
2006	オーストラリア	240.23	アメリカ	190.10	イギリス	101.56	オランダ	75.62	ドイツ	50.39	624.70
2007	オーストラリア	335.06	アメリカ	117.34	イギリス	71.48	カナダ	53.44	オランダ	42.43	393.33
2008	オーストラリア	325.23	アメリカ	115.12	フランス	103.53	イギリス	100.69	カナダ	82.41	593.67
2009	オーストラリア	342.14	フランス	187.13	アメリカ	121.29	オランダ	81.09	イギリス	68.76	333.39
2010	オーストラリア	356.20	フランス	262.49	アメリカ	180.30	日本	61.14	ノルウェー	41.94	988.52
2011	オーストラリア	447.46	アメリカ	185.35	ドイツ	74.72	オランダ	24.58	韓国	24.29	123.95
2012	オーストラリア	606.40	アメリカ	131.80	韓国	37.23	ドイツ	33.28	ノルウェー	14.20	-83.59

OECD.StatExtracts (<http://stats.oecd.org/Index.aspx?datasetcode=TABLE2A#>) より作成

<sup>12</sup> JICA ホームページより、評価報告書（全文版、要約版、第三者意見）を閲覧することができる。

[http://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/index.php?ankenNo=IP-431&schemes=&evalType=&start\\_from=&start\\_to=&list=search](http://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/index.php?ankenNo=IP-431&schemes=&evalType=&start_from=&start_to=&list=search)

<sup>13</sup> JICA ホームページより、評価報告書（全文版、要約版、第三者意見）を閲覧することができる。

[http://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/index.php?ankenNo=IP-475&schemes=&evalType=&start\\_from=&start\\_to=&list=search](http://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/index.php?ankenNo=IP-475&schemes=&evalType=&start_from=&start_to=&list=search)

表9 主要国際機関・地域機関の対インドネシア経済協力実績

暦年	順位										合計
	1位		2位		3位		4位		5位		
2005	EU	72.13	ADB(アジア開発銀行)	47.76	IDA(国際開発協会)	40.12	GFATM(世界エイズ・結核・マラリア対策基金)	22.86	UNTA(国連通常技術支援計画)	9.35	214.21
2006	IDA	288.32	EU	137.24	ADB	88.49	WFP(国際連合世界食糧計画)	67.07	GFATM	34.88	650.09
2007	IDA	192.08	EU	132.64	ADB	117.29	GEF(地球環境ファシリテイ)	15.56	GFATM	10.28	506.35
2008	IDA	466.56	EU	54.51	GFATM	43.01	ADB	29.28	GEF	9.22	633.89
2009	IDA	212.81	ADB(アジア開発銀行)	143.43	イスラム開発銀行	127.31	EU	113.13	GFATM	86.85	713.78
2010	IDA	110.02	EU	105.45	GFATM	83.22	ADB	66.13	イスラム開発銀行	9.07	407.72
2011	EU	131.89	GFATM	79.33	ADB	43.93	IFAD(国際農業開発基金)	38.21	GEF	9.14	298.54
2012	EU	134.55	GFATM	55.07	IFAD	9.61	GAVI(ワクチンと予防接種のための世界同盟)	6.35	UNFPA(国連人口基金)	6.04	155.55

OECD.StatExtracts (<http://stats.oecd.org/Index.aspx?datasetcode=TABLE2A#>) より作成

次ページの表では、廃棄物管理という視点から、プロジェクトとドナーをまとめている<sup>14</sup>。興味深いのは、前述したドナーとしての支援額が多い国が、必ずしも廃棄物プロジェクトのドナーではないという点である。この表にドナーとして登場するのは、日本（JICA）、ドイツ（ドイツ復興公庫（KfW）、温室効果ガス削減プロジェクトとして）、オランダ、世界銀行のみである。

インドネシアにおける廃棄物問題については、2008年の廃棄物管理法によって明確に最終処分場のオープンダンプが禁じられたことなどにより、インドネシア政府によって明確に認知されたのは、比較的「新しい」開発課題であるといえる。そのような状況の中、JICAのプロジェクトを通して、日本はインドネシアの廃棄物管理分野で存在感を示しているドナーとなっている。

<sup>14</sup>Australian AID "SCOPING STUDY FOR SOLID WASTE MANAGEMENT IN INDONESIA", [http://www.indii.co.id/upload\\_file/201206261043390.Scoping%20Study%20for%20Solid%20Waste%20Management%20in%20Indonesia.pdf](http://www.indii.co.id/upload_file/201206261043390.Scoping%20Study%20for%20Solid%20Waste%20Management%20in%20Indonesia.pdf) より作成

表 10 インドネシアにおける廃棄物管理プロジェクトとドナーなどの状況 (2011年)

都市/件	最終処分場所	ドナー、財政的な支援	準備状況	廃棄物マネジメントの担 当機関/部署	課題
スマトラ					
ナンゴロアチエタルサラム州	Biang Bintang, Kota Aceh Besar	・インドネシア政府(災害対策) ・オランダ	UNDPの支援によりデザインニング 終了	アペルダム、ロツナルダム (共にオランダ)による提案準備	
マダン市	Deli Serdang Municipality	・アジア開発銀行(予定)	デザインニング未着手	メダン市	最終サイト選定、デザインニング、担当機関
パレンバン市	特定されていない	なし	進捗なし	不明	最終サイト選定、デザインニング、担当機関
パダラルアン市	特定されていない	なし	進捗なし	不明	不明
パダン市	特定されていない	・ドイツ復興金融公庫(KfW) ジャンビ州の温室効果ガス削減 事業への財政支援	進捗なし	不明	不明
ジャワ					
ボゴール市、デボック市	Bogor - Nambo (100 ha)	・インドネシア政府、 ・ドイツ復興金融公庫(KfW) デボック市西のジョンバンの温 室効果ガス削減事業への財政支援、 ・JICAによるナンボ支援	JICAの支援によりデザインニング 終了	西ジャワ州に地域廃棄物処 理事務所が開設される	土地所有者による最終処分場許認可待ち
	操業中のBantar Gebang最終処分場			パナダルグバンはPT. Patriot Bangkit Bekasiが運	
	TPST Duri Kosambi	不明	進捗なし	ジャカルタ清掃局	デザインニング、担当機関
	TPST Marunda	不明	進捗なし	ジャカルタ清掃局	デザインニング、担当機関
	TPST Ciangir	不明	進捗なし	ジャカルタ清掃局	デザインニング、担当機関
	North: TPST ?	不明	進捗なし	ジャカルタ清掃局	デザインニング、担当機関
	Kopi luhur(予定)	・地方政府	マスタープラン入札中		
チレボシ市、インドラマユ県、マジャレンカ県、ク ニガン県	特定されていない		進捗なし	西ジャワ州に地域廃棄物処 理事務所が開設される	輸送費用とティッピングフィーが保証されて いない
スガパミ市、スカパミ県	特定されていない		進捗なし	西ジャワ州に地域廃棄物処 理事務所が開設される	
ブルワカルタ県、スバン県、カラワン県	特定されていない		進捗なし	西ジャワ州に地域廃棄物処 理事務所が開設される	
バンドン市、チマヒ市、スメタン県、ガルト県	Leuwigajah (west Bandung) Legok Nangka (east Bandung)	・インドネシア政府、 ・JICAによるレコックナンカにおけるPPP支援	DED(詳細技術設計)が実施され る予定	西ジャワ州に地域廃棄物処 理事務所が開設される	用地取得中
トゥガル市	Ciangir(予定)	なし	用地取得に問題	中部ジャワ州廃棄物局	用地取得に様々な問題あり
スラカルタ(ソロ)市	Kab. Sragen	・ドイツ復興金融公庫(KfW)温室効果ガス削減事業への財政支 援、 ・アジア開発銀行による共同財政支援	進捗なし	中部ジャワ州廃棄物局	
ジョグジャカルタ特別州	Plyungah, Kab. Brandul		既存の最終処分所の拡張	ジョグジャカルタ特別州廃棄 物局	
マゲラン市	特定されていない		進捗なし	中部ジャワ州廃棄物局	
スラバヤ市	グレング市の予定	・ドイツ復興金融公庫(KfW)スラバヤ市近郊インドラジョにおける 温室効果ガス削減事業への財政支援	進捗なし	東ジャワ州廃棄物局	
マラン市	マラン市内	・ドイツ復興金融公庫(KfW)温室効果ガス削減事業への財政支 援	進捗なし	東ジャワ州廃棄物局	
カリマンタン					
パンジャルマシ市、パンジャルハル 市	パンジャルマシ市、パンジャルハル 市				
バリ島					
デンパサール市、バドゥン県	Suwung				
スウラウエシ					
マニナサタ広域都市圏	Patalessang最終処分場	・JICAによる建設費の財政支援 ・INDH(インドネシアインフラ研究所)によるDED財政支援	DED(詳細技術設計)終了	Patalessang廃棄物管理事務 所	

## 第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

### 2-1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み

#### 2-1-1 業界分析、提案企業の業界における位置付け

日本の環境産業（廃棄物処理・資源有効利用）の市場規模は約39～49兆円にて推移しており、そのうち、廃棄物処理・リサイクルサービス（一般廃棄物の処理に係る処理・委託、産業廃棄物処理、廃棄物管理システム、等）は3.3兆円程度の市場規模と推計されている。

表11 日本の環境産業（廃棄物処理・資源有効利用）の市場規模<sup>15</sup>

年度	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
廃棄物処理・資源有効利用 (単位:兆円)	39.4	40.2	40.4	40.8	42	43.7	45.4	47.3	48.6	40.5	41.9	42.8

出典：環境産業の市場規模・雇用規模の推移（環境省）

海外への廃棄物処理・資源有効利用の推計輸出額は、2010年で2兆761億円、2兆1,784億円となっている。推計輸出額が大きい製品・サービスは低燃費・低排出認定車、資源回収、太陽光発電システム、ハイブリッド自動車、再資源の商品化（非鉄金属二次精錬・精製業、鉄スクラップ加工処理業）などとなっており、廃棄物処理・リサイクルサービスの輸出規模は非常に小さいといえる。

廃棄物処理業界は小規模事業者が大部分を占めている。従業員数が9人以下の企業が全体の約61%、10人から49人までの企業が全体の約34%となっており、従業員数が50人未満の企業が全体の95%近くを占めている（経済センサス、2012年）。提案企業であるみどり産業の従業員数は約130名と比較的規模が大きく、年商は約20億円（2009年実績）である。

表12 廃棄物処理業 従業員数別企業数

従業員数	9人以下	10～49人	50～99人	100～299人	300～999人	1,000～1,999人
企業数	7611	4169	441	188	15	2
割合(%)※	61.25	33.55	3.55	1.51	0.12	0.02

出典：平成24年経済センサス（総務省統計局）

みどり産業は、廃棄物処理、リサイクル分野において、本調査が提案する将来事業と関連する事業内容としては特に、1. 飲食系事業者の食品残渣を元にした堆肥製造、2. 堆

<sup>15</sup> 平成24年度見直しを行った推計方法による改定値。「環境産業の市場規模」は「国内にある環境産業にとっての内外市場規模（売上ベース）」の意味

肥の販売、および3. 堆肥を使った農業、に取り組んでいる実績がある。堆肥化において重要となるごみの分別収集に関しては、廃棄物収集運搬車を約 100 台所有しており、また食品リサイクル契約件数は国内トップクラス（約 400 件）である。収集した食品残渣から高品質の堆肥を製造販売していることに加え、農業生産法人を設立し、堆肥を用いた野菜作りを事業として行っている。すなわち、ごみ収集から堆肥製造販売、農業の全てについての技術と長年の事業実績を持つことが強みである。また、技術検討パートナーとして本調査に参加する、肥料販売業者である上中商店との協力体制により、堆肥化技術開発を行っている。

バイオガス化の技術については、技術補強としてレコテック株式会社が参加している。レコテックはバイオマス事業、堆肥化事業の双方における実務経験を有し、また特に、地域に適合した低コストのバイオガス化実験の分野において、高度な専門知識と実績を有している。宮城県のバイオガス関連施設など、小規模・低価格のプロジェクト実施経験を有している。

#### 2-1-2 国内の同業他社比較、類似製品・技術の概況

国内における有機ごみの資源化事業は、主に地方自治体の主導によって行われることが多いが、特に生ごみを対象とすれば一般的に次のように類型化できる。生活系生ごみの場合は、①地方自治体型がほとんどとなる。一部、地方自治体による②家庭用コンポスト容器普及が行われている。事業系生ごみの場合は、③民間資源化（処理）事業者活用型、④市町村資源化施設活用型、⑤個別事業者取組型、である。2-1-1で述べた内容から、提案企業のみどり産業は③に分類される。

以下では、堆肥化についての他社の事業や技術についてピックアップした。

例えば、「食品リサイクルループ」と称して店舗などからの食品残渣を回収、堆肥化や飼料化し、それを利用して生産された農畜産物を排出元の店舗などで販売する、という取り組みを行っている A 社が埼玉県にある。処理する食品残渣は年間約 1 万トン、製造する堆肥は約 1,000 トンである。従業員数は 12 名と小さいが、国内における資源循環の取り組みの特徴的な事例となっている。なお、公表資料ベースでは、海外への事業展開は無いようである。その他、食品製造・加工業や飲食店、学校給食センターからの食品残渣をリサイクルして堆肥化を行っている小規模企業は数多くあるが、やはり分別収集から農業まで一貫して行い、かつ海外展開を狙って事業の拡大を検討できる企業は限られる。

市町村生活系生ごみを対象とした堆肥化事業を行っている企業に、従業員数 300 名以上の東京都の B 社がある。古紙やペットボトルを始め、様々な種類のごみのリサイクルを幅広く行っているが、食品残渣を含む有機資源物の堆肥化・飼料化に関する処理量は、年間約 7,000 トンである（2009 年実績）。また、民間企業ではないが、生活系生ごみの堆肥化の先進的事例として運用に成功しているケースに、家庭で生ごみを一時処理した後、堆肥化施設に持っていくと、堆肥を利用した花苗と交換できる、という地方自治体の取り組みがあり、ごみの減量と CO2 削減を推進している。花苗の栽培に障害者と高齢者を雇用するという、環境政策と福祉政策の組み合わせであり、ごみの問題を他分野の

取り組みと連携させて上手くいった事例と言える。

また、上記分類の②で、家庭用堆肥化技術の海外展開の代表的なものとして、**J-POWER** グループ株式会社ジェイペックの開発したタクラ・メソッドがある。2004年よりインドネシア・スラバヤ市において、北九州市の持つ「ごみ行政に関する経験」、国際協力機構(JICA)、公益財団法人北九州国際技術協力協会(KITA)および公益財団法人地球環境戦略研究機関(IGES)の持つ「環境国際協力のノウハウ」、そして**JPOWER/JPec**の「高倉式コンポスト技術」を統合的に導入し、4年間で約2万世帯に普及し、廃棄物の発生量が約30%削減され、また温室効果ガス排出削減効果も確認されている。

A社、B社とも、比較的住宅地などに近いという事由により、機械的なコンポスト処理を行っており、処理コストは高いものとなる。このコストが高いという点は、新興国を中心とした海外進出を検討する際には、「足かせ」となる。また、国内の有機ごみ処理のトレンドは、第一に飼料化にある。日本国内において、今後農業生産が増加するような予想は立てづらく、有機肥料を使用する農家を増やしていくことが現実的ではないことがその一因となっている。

みどり産業は、有機ごみの処理について、飼料化を含む様々なノウハウを蓄積している。日本と事情が異なる海外においては、飼料化だけでなく、堆肥化やエネルギー化に需要があると考えており、機械に頼りすぎない「ローテク」の堆肥化やバイオガス化を進めることが、インドネシアなどの新興国における事業展開のキーであると考えている。

### 2-1-3 バリ州の同業他社比較、類似製品・技術の概況

バリ州における同業他社の動向に関しては主に、民間リサイクル業者への現地ヒアリングより情報を得た。以下に4社へのヒアリング結果をまとめる。

#### Temesi 社

**Temesi Recycling 社(Temesi)**は、一般ごみから堆肥や土壌改良剤を製造している。ギアニャール県で排出される1日あたり30トンの一般ごみの処理を行う。バリ州ギアニャール県より提供された土地に、**Temesi**が建設した施設では、1日当たり最大60トンの処理容量がある。搬入されたごみは、まず、ウェストピッカーにより分別される。有価物はウェストピッカーが持ち帰って一次問屋に販売し、分別された有機ごみは**Temesi**が45,000ルピア/トンで買い取りコンポスト工程にまわす。コンポストに向かないその他のごみは隣接するサイトに埋め立てられる。

分別された有機ごみは1カ月間の発酵(第1工程)、3カ月間の発酵(第2工程)を行った後、トロンメル(機械式フルイ)に掛けられ、土壌改良剤や有機肥料ができあがる。第1工程、第2工程の発酵の際には、エアレーション(機械による空気の送り込み)、散水が行われる。最後のトロンメル工程で50%が異物として残るが、これは埋め立て処理される。24トンの生ごみから8トンの堆肥を製造することができる。

堆肥は、「**TEMESI COMPOST**」ブランドで、ホテルや植林業者に土壌改良材として販売され、販売価格は700,000ルピア/トンである。バリ島にとどまらず、ジャワ島への販売も行っている。また、造粒などの加工を行った上で、**PT. Biotek Indonesia 社(Biotek)**

ブランドの有機肥料として販売されるものもある。その場合、補助金対象となるものの、Biotek への販売価格は 600,000 ルピア/トンである。

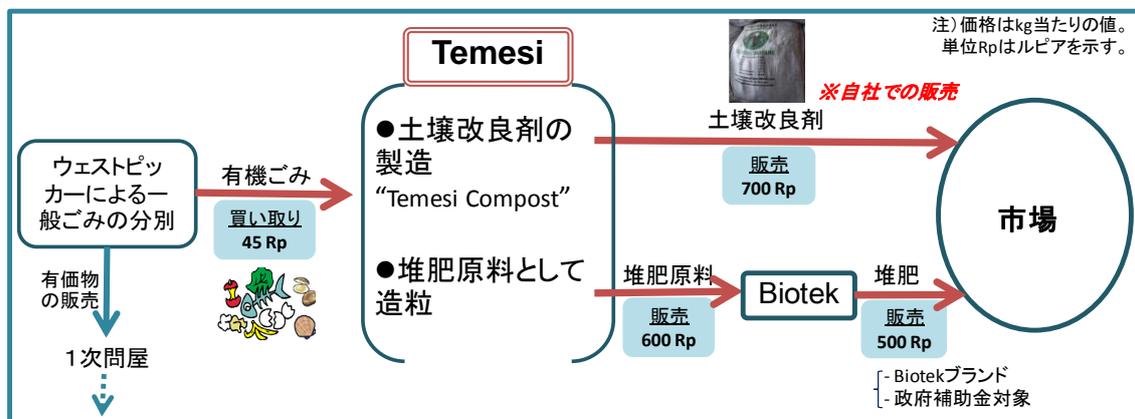


図 10 Temesi Recycling の事業スキーム図



コンポスト製造工程 (トロンメル)



土壤改良材「TEMESI COMPOST」



搬入一般ごみの分別

図 11 Temesi Recycling 現地訪問

以上の事業は CDM プロジェクトとして認定されており、スイスの旅行会社が、バリ島への旅行者への二酸化炭素オフセットプログラムとして販売している(バリ島に行く飛行機が排出する二酸化炭素をオフセットするようなプログラム)。一方、CDM クレジット価格の下落は、Temesi 社の経営にとって大きな問題となっている。クレジットの売却益を補うものとして、バリの持続的な発展を志向する民間セクターからの寄付が、事業採算性に大きな貢献を果たしている。

### Biotek 社

PT. Biotek Indonesia 社(Biotek)は、コンポスト等の有機肥料の製造、販売を行っている。有機ごみ由来のコンポストの買い取りは、利益を追求しない CSR 事業として行っている。Biotek が DKP と契約を結んで行っている事業では、TEMESI から有機ごみ由来のコンポスト原料を 1 キログラムあたり 600 ルピアで仕入れ、牛糞や鶏糞と混合して、有機肥料を製造する。製造した有機肥料は、1 キログラムあたり 500 ルピアで農家に販売するが、農家が実際に支払うのは 100 ルピアで、400 ルピアは政府補助金によって賄われる。また、DKP が独自に製造している堆肥の品質については、その品質に否定的な見解を持っており、実際に買い手がいない状況のようである。

Biotek では、まずは個別の農家に製品を試してもらい、農家が満足すれば購入契約を結ぶという方法をとっている。補助金の支払いは、農家の肥料需要量を調べて政府に申告、政府と Biotek で覚書を締結、農家の購入記録に基づいて政府が Biotek に補助金を支払う、という手順で行われる。有機肥料の品質については、政府指定のスペックがあり、生産量が 500 トンを超えるごとに品質検査に出さなければいけない。ギアニャール県では有機肥料のシェア 100%を取っており、今後、カンボジアへの輸出も検討中とのことである。

また、アロエを原料とした液肥も作っている。価格は 1 リットルあたり 125,000 ルピア、7,000,000 リットルの在庫がある。

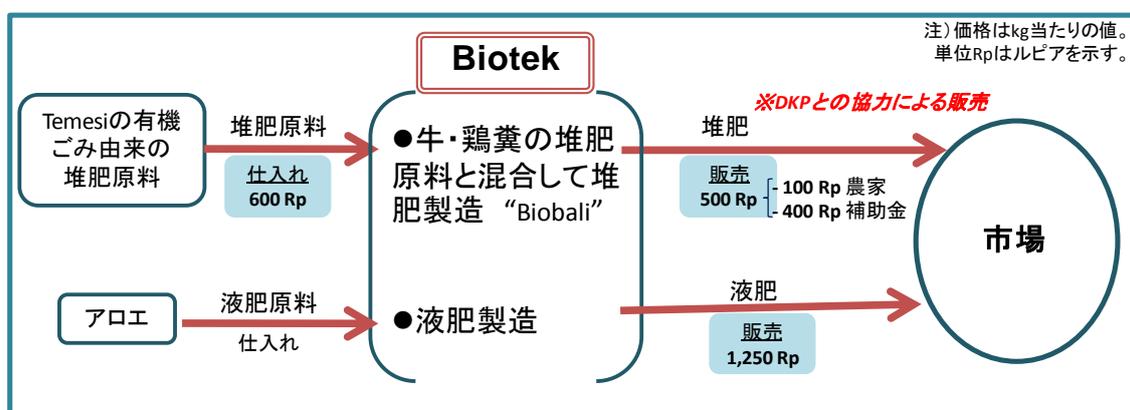


図 12 Biotek の事業スキーム図

## Pak Oles 社

PT. Karya Pak Oles 社(Pak Oles)は、2000年～2005年まで TPA Suwung で有機ごみからの堆肥製造事業を行っていたが、現在は EM（有用微生物）利用した様々なヘルスケア事業や農業関連事業を行っている。Pak Oles の有機肥料「BOKASHI」の販売価格は、1 キログラム 800 ルピア（袋入り）で、自社の店舗を介して、あるいは直接、農家や花屋に販売している。あるいは、Pak Oles から BUNM（半官半民の肥料会社）に 500 ルピアで販売し、BUNM が政府から 800 ルピアを受け取った上で、農家に無料で提供するというプロジェクトがある。BOKASHI の生産量の実績は1 カ月あたり 100 トンである。

EM を活用した液体肥料の販売価格は1 リットルあたり 20,000 ルピア（ボトル入り、50 リットルの水と混ぜて使用）で、マレーシアにも輸出している。

我々の将来事業との関連としては、我々が製造した堆肥を Pak Oles にて購入することが可能と考えていることである。Pak Oles は社会貢献を目的とした事業をサポートしたいという意思がある。その場合の堆肥の買値の目安は 500 ルピア/kg（約 5 円/kg）程度で、Pak Oles 納入のための輸送コストは我々が負担することになる。

また、堆肥の国の基準値と BOKASHI のスペックに関するデータを提供いただいた。

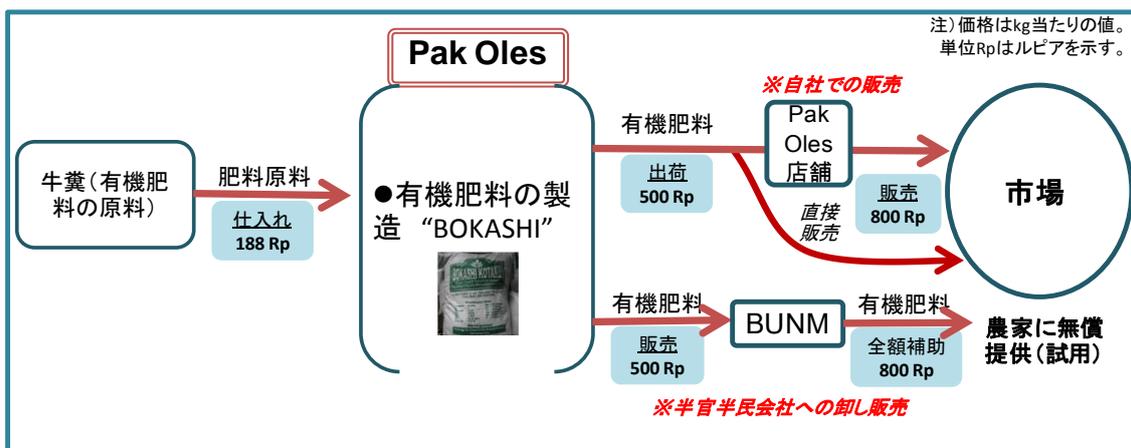


図 13 Pak Oles の事業スキーム図



肥料工場見学



有機肥料「BOKASHI」

図 14 Pak Oles 現地訪問

### Depo Garuda

Depo Garuda 社は、もともとは民間のごみ収集事業者であるが、インドネシアで拡大を見せている有価物の買い取りシステム「ごみ銀行（バンクサンパ）」をバリにおいて実施している。1500 軒の地区を対象に、有価物の回収と、前述の高倉式コンポストによる有機ごみの堆肥化促進を実施している。1500 軒中、500 軒に高倉式コンポストのキットを配布し、2012 年 12 月より家庭の生ごみを対象にした堆肥化を行っている。高倉式コンポストで生産した堆肥は、500 ルピア/kg で買い取る。その堆肥は、Pak Oles 社に、1,000 ルピア/kg で販売することを予定している。Pak Oles 社が、牛糞などから製造する有機肥料・土壌改良剤に混ぜて加工し農家に販売する。また、コンポストだけではなく、プラスチックや金属など有価物を買取り、3R に貢献するごみ銀行（バンクサンパ）の取り組みについては、ユニリーバが CSR 活動として支援している。

ごみ銀行としての活動の他、地区のごみ回収も実施している。週 3 回の回収を行っており、1 カ月 20,000 ルピア（一般家庭）～30,000 ルピア（個人商店）の回収費用を徴収している。レストランの場合は、毎日回収を行い、1 カ月 300,000 ルピアを回収している。四輪の軽トラック（積載量 6 立方メートル）を 3 台、六輪のトラックを 2 台所有する。



図 15 Depo Garuda 訪問の様子

## 2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

### 2-2-1 みどり産業の海外事業展開方針

みどり産業は、廃棄物・リサイクル業界の見通しとして、日本の人口減などもあり、中長期視点に立つと日本国内の廃棄物の処理量が現状の 50%にまで減少すると見込んでいる。加えて、資源循環がグローバル化しているという傾向を受け、培ってきた自社の技術を海外展開させることを志向している。その際、廃棄物の循環という点に重きを置いており、都市部におけるバイオマスエネルギーの地産地消、農村部における廃棄物由来の堆肥による有機農業を両立できるようなエリアでの海外事業展開を目指している。

### 2-2-2 これまでの準備状況

上記のような背景から、これまでは中国・大連などへの進出を検討したことがあった。その結果、技術移転は可能だが、有望な現地パートナーの不在などのカントリーリスクから、持続可能性を有する事業の展開は困難であるという結論に達した。そうした中で、2012年に LMI との協力によるインドネシアへの事業展開を検討するに至っている。将来的にはインドネシアを中心に、東南アジアにおいて 4~5 カ所の拠点を設け、資源循環の多様化という視点から、エネルギーや有機農業分野を視野に入れた事業展開を目指している。

バリ島は国際的な観光地であるが、農業も大きな収入源であり、雇用の担い手となっている。ごみの排出源としての国際都市と、農業を営む後背地、さらには農産品の消費地としてインドネシア随一の観光産業の集積地という側面を持つバリは、ごみ収集から堆肥製造、堆肥による農業の全てについて技術と事業実績を持つみどり産業にとっては、理想的な事業展開エリアである。

## 2-3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献

みどり産業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サバイバビリティについては、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。当事業の推進は「リサイクル産業の国際化」という新しい視点から、産業の活性化に寄与することができる。

また、市原市は「バイオマス構想」を策定している。これは、生ごみの堆肥化、バイオガス化などと、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。当事業の成果と得られた知見については、市原市のバイオマス構想の発展に寄与するものであり、また将来的なバイオマス技術の海外展開に寄与することができる。みどり産業の取り組みは、新興国で成功した事業を、先進国に持ち帰るような「リバーズ イノベーション」の好例となる可能性がある。

## 2-4 想定する事業の仕組み

### 2-4-1 デンパサル市におけるごみ処理及びリサイクルの現状

現地ヒアリング調査結果をもとに、デンパサル市のごみ処理・リサイクルシステムの現状、及びリサイクル商品の市場関連情報について、以下にまとめる。

#### ごみ処理フロー

デンパサル市 DKP、ならびに回収事業者や大口の排出事業者(ホテル、ショッピングセンター)等へのヒアリング調査によれば、デンパサル市における現在の一般ごみの処理システムは、まず DKP または民間業者によるトラックでのごみ収集が行われている。地域の一時的な収集所からの共同収集と個別収集とがあり、およそ週 3 回の収集を行っている。全家庭から DKP へ支払う 2,500 ルピア/月のごみ処理代は DKP の財源となる。民間業者による収集の場合、排出者は DKP への処理代に加えて 15,000 ルピア/月を支払っている。民間業者は、独自にごみの選別を行い、プラスチックや段ボール、古紙などの有価物については回収して売却している。その他、市内のウェストピッカーが有価物の収集・売却を行っている。ホテルなどの大規模なごみについては、民間の収集業者が契約の上で毎日収集を行っている。

一般的に、ごみの運搬に関しては、作業の遅れは悪臭などの問題を引き起こすため、観光業を主要産業とするバリ島では特に注意深く対応している。

こうして収集されたごみは、民間業者やウェストピッカーによって選別しやすい有価物が抜き取られた後に、最終処分場(TPA)へと運搬される。図 16 に、以上に述べた現状の一般ごみのフロー図を示す。

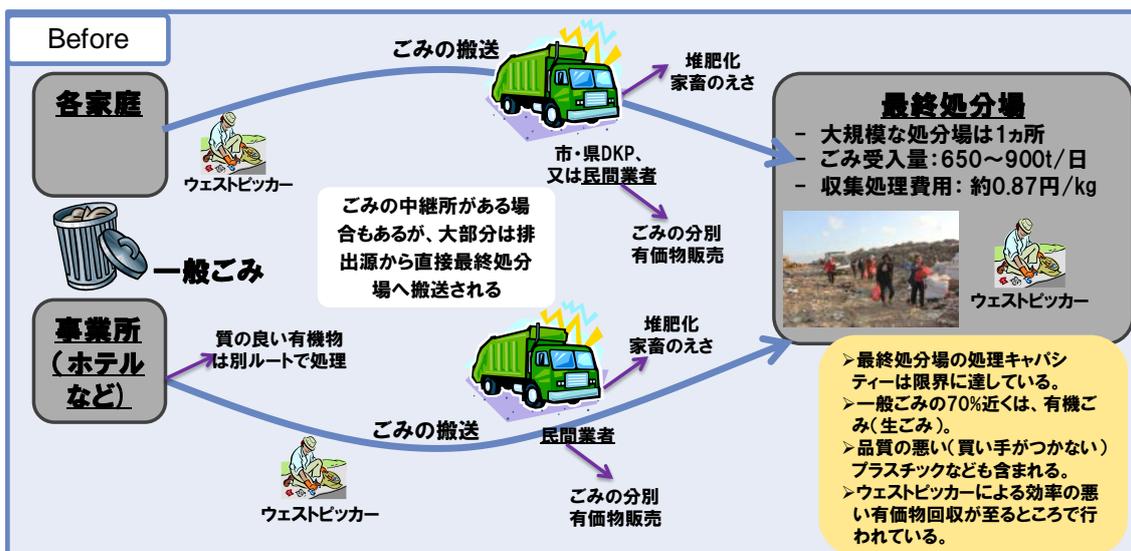


図 16 現状の一般ごみのフロー

また図 17 に、サルバギータ各地区から TPA Suwung に搬入された一般ごみ搬入量の、2012 年月別実績を排出地区別に示す。図中の 1 日当たりの平均重量のグラフは、サルバギータ全域から搬入される一般ごみ量の合計値を意味し、その量は平均約 800 トン/日 (2012 年実績で 660~910 トン/日)、デンパサール市分で平均約 300 トン/日 (2012 年実績で 240~370 トン/日) であった。

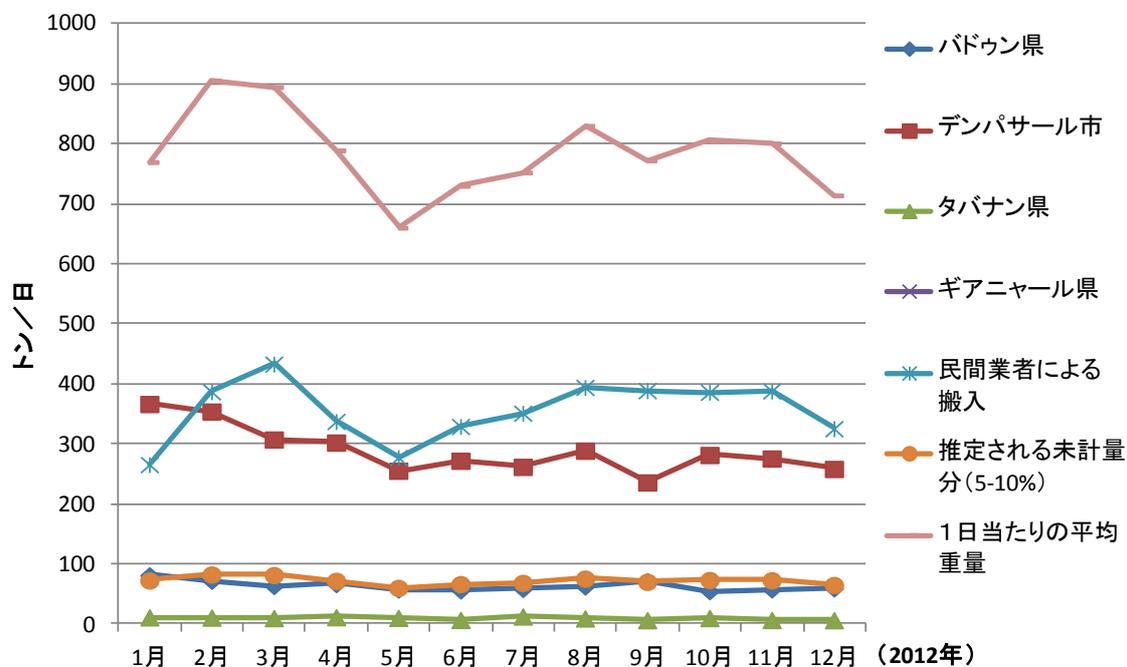


図 17 TPA Suwung への一般ごみ搬入量<sup>16</sup>

<sup>16</sup> 出典：PT PLN バリ支局から受領したデータ

### TPA（最終処分場）と NOEI 社

TPA での聞き取り調査によると、埋め立て可能年数はあと 9.6 年と言われている。また、民間業者は、TPA にごみを搬入する際に、量に応じた処理費を TPA に支払っている。TPA には約 300 人のウェストピッカーが出入りしており、市内で回収されなかった有価物の回収を行っている。



図 18 TPA Suwung

TPA は、NOEI 社がバリ州から委託をうけて運営している。バリ州と NOEI は 2004 年より契約をしており、ランドフィルガスによる発電によって、「Waste to Energy」を目標にした事業を行っている。TPA の土地は国所有であり、建物や施設建設は NOEI が担当した。

2004 年の NOEI 操業開始時、最初の 2 カ月は敷地内でごみの分別を行っていた。しかし、オペレーションコストの負担が大きく、ごみの分別を行わずにランドフィルガスの回収を開始したが、ごみ質が一定ではなく、有機物以外のごみも含まれるために、設計通りのガス量は得られていない。

NOEI の重要な売上収入源は、埋め立てられたごみから発生するメタンガスでの発電、売電である。685 ルピア/kWh で PLN に販売している。発電容量が 2MW を超えると、1,250 ルピア/kWh で販売できるが、現状では 250kw の出力しか出ていない。発電能力としては、1,065kW の発電機(GE 製)が 2 台あり、約 2MW の発電出力を有する。現在のところ 24 時間稼働しているが発電量は少ない。

また、NOEI によるこの有機ごみからのメタンガス発電事業は、CDM 事業として行っているが、CO2 クレジットについては当初は 20 ドル/トンで試算していたが、現在では 25 セント/トンであり、採算に寄与していない。その補てんのため、現在 NOEI はバリ州に対してティッピングフィー（ごみ処理代）を要求している。



図 19 ランドフィルガスによる発電

以上のように、財政状況は芳しくなく、発電事業は行き詰っているのが実情である。具体的には、既設のメタンガス回収用のパイプが敷設されたダンプサイト(TPA には複数ダンプサイトが存在している)におけるごみのメタン発酵が進み、ガス回収量が減少しはじめ、それに伴い発電量も低下している。事業継続のためには TPA 内にある別のダンプサイトにおけるガス回収用のパイプ敷設が必要であるが、そのための費用が捻出できないという問題が生じている。ティッピングフィー交渉が難航した場合、NOEI が TPA の運営をストップせざるを得ない状況も考えられる。その場合、実質的なオープンダンプ処理に戻ることになり、最悪の場合は処分場へのごみ搬入中止という事態も考えられる。国際的な観光地であるバリ島の中心部に位置するデンパサール市、及びサルバギータにとって、リゾート地のイメージを損なうような重篤な問題となる可能性をはらんでいる。

また、そもそも埋め立てごみのランドフィルガスによる発電のみではごみの量は減らず、ごみの減量という問題の解決に根本的に寄与しているとは言えない。

#### 民間による廃棄物管理とオーガニック農業

デンパサール市におけるボランティアな廃棄物管理の一環としては、民間企業が行っている有機ごみの堆肥化事業が挙げられる。2-1-3 に各社の事業内容を記述したが、一般ごみから堆肥や土壌改良剤を製造している Temesi Recycling、実際に有機肥料を製造している PT. Biotek Indonesia (Biotek)、並びに PT. Karya Pak Oles (Pak Oles)、インドネシアで拡大を見せている有価物の買い取りシステム「ごみ銀行」をバリで実施している Depo Garuda などへのヒアリング調査を行い、製造販売等に関する現地情報の入手、及び将来的な事業協力体制の検討を行うことができた。

デンパサール市農業局へのヒアリングから分かったこととしては、インドネシア政府としても、土壌の劣化や健康・環境影響の懸念のある化学肥料の使用を減らしたいという意向があり、有機農業を推進しようとしている。

有機肥料の製造については、政府の品質を満たす有機肥料については、政府による補助金の対象となっているが、製造量の割り当てが決まっている。その他、補助金の対象外ではあるものの有機肥料の製造も行われている。Biotek については、有機肥料の製造は利益

を得るものではなく、バリ島の持続可能な発展に寄与する CSR 活動的な要素も強い。

政府の施策として、有機農業へ移行するための試用として、農家への無償供与による有機肥料の試用が進められている。試用期間後は、特に有機肥料の使用による土壌の改善や作物の付加価値向上などの効果を認めた農家などは、自主購入により堆肥を使用している。

サヌール地区のレストランでは、毎週日曜日に朝市がたち、オーガニック農産品を中心とした商品が販売されている。外国人観光客が多いという特色を持つバリ島において、有機農産物については一定のマーケットが存在しており、堆肥の販売先として検討することができる。オーガニック市やスーパーマーケットにおいては、「オーガニック」表示ある作物(認証機関などの認定はない)が、そうではない作物よりも高く販売されている。オーガニック、低化学肥料使用、旨味の高い作物、に付加価値を認めるマーケットに一定の消費者層が存在することが確認できた。



図 20 サヌールの日曜オーガニック市



図 21 Bedugul 有機農場

## 2-4-2 事業概要および仕組み

### 事業概要

前述のようなデンパサール市の現状のごみ処理・リサイクルに対し、提案事業は、現状デンパサール市から TPA へ搬送されている約 300 トン/日のごみの 70%を占める有機ごみを対象に収集し、バイオガス化と堆肥化処理によるリサイクルを行い、大幅にごみを減量化する。提案事業におけるごみのフロー図を以下に示す。バイオガスと堆肥の販売先については、現地ヒアリングで目処がついている。具体的な採算性の検討は、第 3 章で後述する。

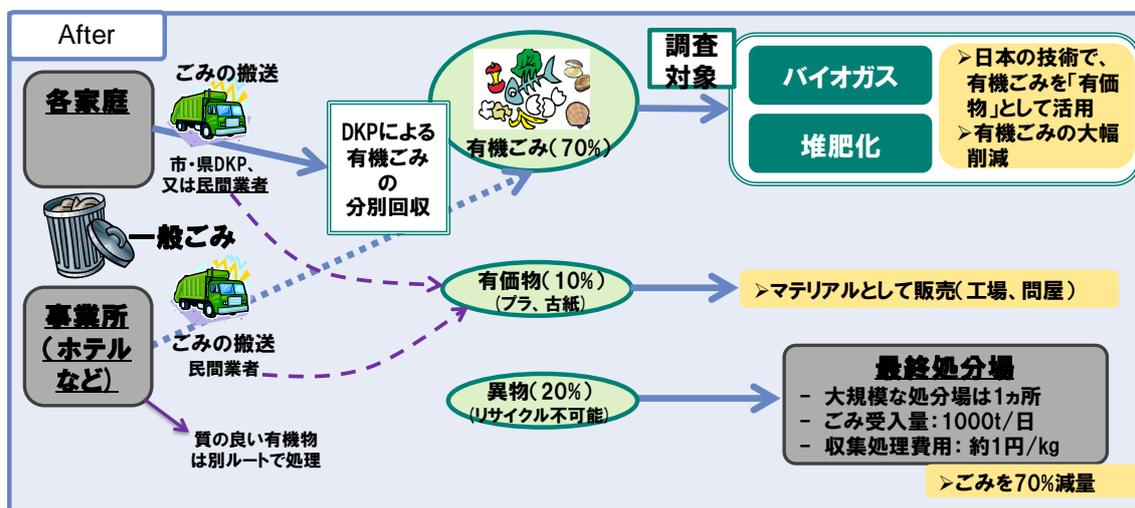


図 22 提案事業におけるごみのフロー

事業の実施にあたっては、バイオガス化、堆肥化事業を推進し、ごみの減量化を目指す。また、堆肥の製造販売による有機農業の促進の側面を含めて、廃棄物処理事業と一体として推進することとする。今回の実証実験の主内容ではないが、有機農業にも重点を置く理由は、その促進が将来的に堆肥化の事業性を高めるためである。つまり、インドネシアにおける現状の農業の問題は、生産性、収量が低く、また作物の品質も悪い。第 3 章で詳述するが、そ

の原因は土壌の質にあるのではないかと指摘されている。そのため、堆肥を用い、日本の高い有機農法技術を適用することによって土壌を改良すれば、より美味しい作物を作ることができると考えられる。それが、消費者及び農家双方の利益になることによって堆肥の需要を増やし、ゆくゆくは堆肥化の事業性を向上させ、高品質の農業資材として堆肥のブランド化を図れるようにしたいという考えである。

そのような事業モデルの開発の結果、将来的にはインドネシアにおいて、民間セクター主導でも横展開が可能な事業モデルとなることを目指しつつ、インドネシアの開発課題の解決に貢献し、また日本の地域経済にも貢献するものとする。バリ島は、国際観光地であり、前項で述べたようにオーガニック、低化学肥料、かつ旨味の高い農作物に付加価値を認めるマーケットも存在する。そのようなマーケットをターゲットとした農作物生産のための堆肥事業を展開するためには、格好のエリアであり、さらにマーケットを拡大できるような農作物の生産を目標として、堆肥の販売先を発掘したい。

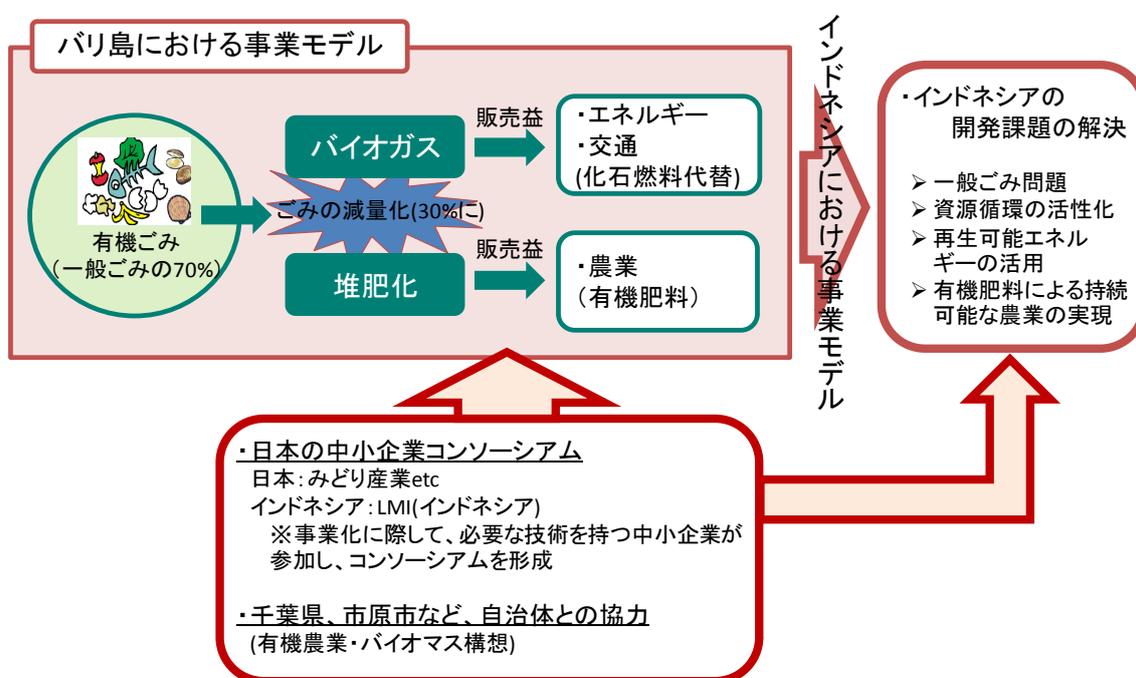


図 23 将来の事業イメージ

### 事業の仕組み

バイオガス化、堆肥化の処理施設へインプットする有機ごみについては、現状は分別収集が行われていない。しかし、デンパサール市 DKP は新たに、有機ごみ専用の回収車による、分別収集の実施開始を予定している。現段階では、分別廃棄を促進する練習との位置づけであり、週 1 回金曜日のみ家庭からの有機ごみの分別回収を始める。将来的にはより徹底した分別収集が期待される。デンパサール市 DKP へのヒアリング調査によれば、現在分別ごみ箱の配布を行っており、かつリサイクルできないごみの回収を DKP が 500 ルピア/kg を支払って行う仕組みの実施を進め、分別廃棄を促進している。また、ごみ処理に関するボランティアの協力を募り、家庭の分別意識向上にも取り組んでいる。その他、ごみ銀

行など、3Rを推進するような民間企業を中心とした取り組みに対するサポートも行うなど、分別回収システムの改善を目指し、さまざまな取り組みが行われている。

また事業用地については、民間提案型普及・実証事業におけるパイロット事業を実施する場合の、分別後の有機ごみ搬入とパイロット事業用地の提供について了解をいただいている。

処理施設のプロセス図を以下に示す。搬入されてきた有機ごみは、バイオガス化のプロセスにおいて、まず破碎分別機にかけられ、可溶化槽、調整槽、発酵槽を経て、メタンガスを生成する。生成ガスは発電機を経て電気、もしくはガス精製を経てガスとしてリサイクルされる。また、消化液は液肥としてリサイクルされる。堆肥化のプロセスにおいては、搬入されてきた有機ごみは、バイオガスプロセスと同じくまず破碎分別機にかけられ、その後発酵ヤードにて一定期間分解され、ふるいにかけられたのちに、堆肥として出荷される。

なお、分別有機ごみの収集については、まず堆肥化に適した有機ごみを排出源から堆肥化プロセス用に選定し、それ以外の有機ごみがバイオガスプロセスに投入される。堆肥製造については、食品残渣などがまとまっている事業系の有機ごみを投入することが望ましい。よって、残飯などが多く含まれる事業系の回収車は堆肥化センターへ有機ごみを搬入する。その他の家庭系を中心とする有機ごみがバイオガスプロセスへと進む予定である。

バイオガスと堆肥を組み合わせることで、比較的「良質」な生ごみは堆肥へ、そのほかの生ごみはバイオガスへという棲み分けが可能となる。

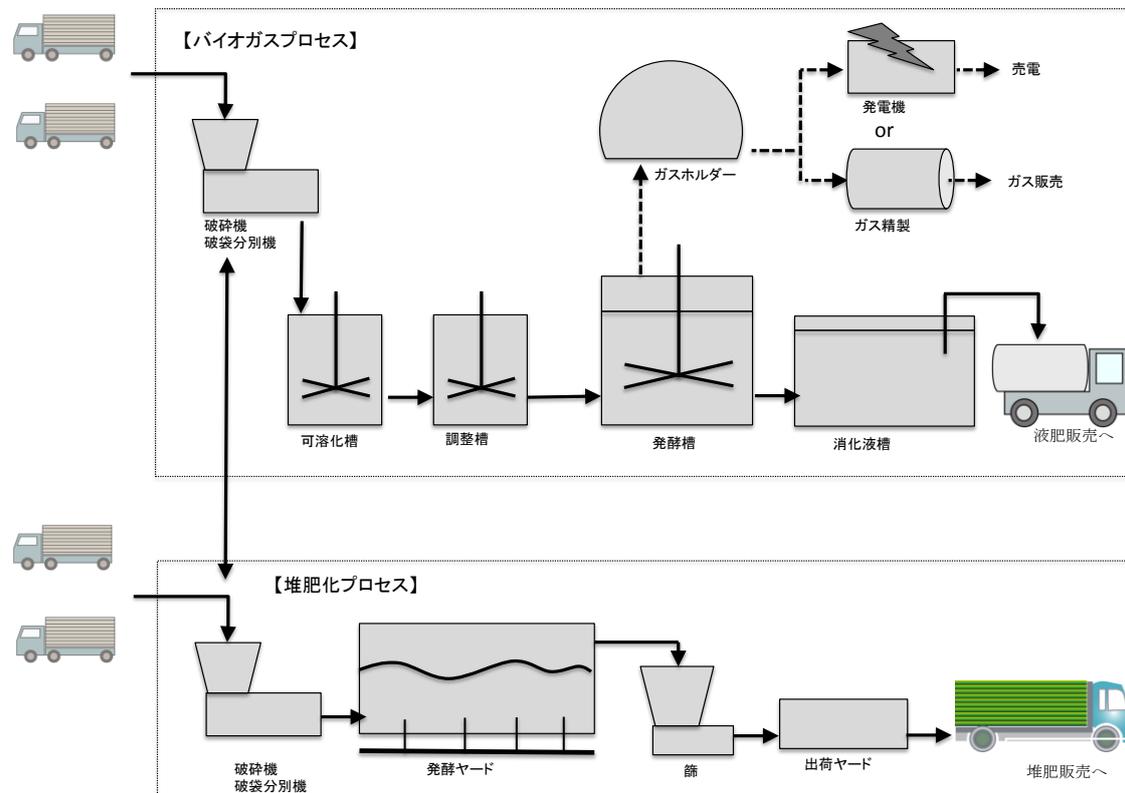


図 24 バイオガス・堆肥化プロセス

### 販売先の検討

当事業のアウトプットであるバイオガス及び堆肥の販売先等については、マーケティング調査結果から、バイオガスについては、施設周辺の村などでの熱としての自家利用としてガスコンロへの供給、タンクの改造及びガス供給施設が必要となるがバイクの燃料としての活用、及びバイオガス（メタンガス）発電による売電が想定される。

堆肥の販売先としては、Pak Oles 社が興味を示しており、同社を現在有力な販売先企業の一つと考えている。加えて、直接農家を対象として堆肥の販売先を開拓していき、有機農業を推進していく方針である。ただし、バリにおける農業は、地域によって生産性が低い地域もあり、堆肥の需要はあると考えるものの、他方で個別農家、水利組合の予算制約も踏まえて、実際にどの程度、堆肥の販売実績があるかには、留意する必要がある。

また、バイオガス生成の過程では、液肥として使用することができる消化液と、わずかながら有機性残さが精製される。有機性残さは量が少ないこともあり、堆肥作成工程へ組み込むことができる。液肥については、堆肥と同様に Pak Oles 社や液肥を製造している Biotek 社等への販売の他、直接農家に販売することができる。

ガス配給会社 PT. Liqtro Sanuali (Liqtro) へのヒアリングによると、バイオガスの具体的な利用・生産計画はインドネシアでは遅れており、事業化に至った例は無いようである。Liqtro 社としても本事業に興味があり、村やコミュニティーにガスを供給するような小規

模バイオガス生産において、供給施設の建設などの面から事業参加を検討したいとの意向であった。

再生エネルギー事業に関しては、2013年に固定価格買い取り制度（FIT）が制定され、バイオマス発電事業でも売電による採算性を検討できる段階となってきている。それでもまだ買電価格の方がFIT価格よりも高いような設定であり、また施設建設にも費用負担がかかるため、PLNによるCSR的観点からの資金提供の可能性も選択肢として含め、場合によっては送電線施設などへの投資をお願いしたいと考えている。CSRを含めたアイデアについては、PLNバリ支局のGMより、一定の理解を得ている。

## 2-5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

事業実施体制としては、バイオガス化及び堆肥化の施設の運営を行うみどり産業とインドネシアにおける日系企業LMIを中心とする事業体が、現地カウンターパートであるデンパサール市DKPから運営委託を受ける体制を想定している。

2014年度～16年度には民間提案型普及・実証事業によるパイロット事業の展開を行い継続的なオペレーションの実施によりビジネスモデルを精査した後に、2018年度を目標に事業化を進めたい。

デンパサール市DKPの、廃棄物管理の改善に対するコミットメントは強く、本事業に対する期待も非常に高い。DKPは本事業の実施のために、有機ごみ専用の分別回収車を用意する予定であり、また、来年度からの実施を検討したい民間提案型普及・実証事業によるパイロット事業のサイトも既に準備されている。ティッピングフィーについても支払いを検討可能としている。これらのことは本事業にとって大きな助けとなる。一方で、現在TPAでごみ発電を行っているNOEIにとっては、本事業が実施されれば収入減となる。ただしNOEIは現在のスキームでも行き詰まりを見せているものであり、例えば本事業との協業などにより別の技術に淘汰されるのは必然とも言える。

また、我々が想定するリサイクル事業は、有機肥料を使用する農業分野にまで拡大して連携していかないとごみ問題の根本解決に資することが難しいので、今後はDKPの他、農水局や大学などとも協力体制を作って実施していきたいという方針を、現地と共有している。

## 2-6 リスクへの対応

### 2-6-1 想定していたリスクへの対応結果

想定していたリスクとしては、「法務、知的財産権等への留意」、「宗教、エスニックグループへの配慮」、「実験サイトからの異臭に対するクレーム」などである。「宗教、エスニックグループへの配慮」としては、バリ島は大部分の人々がヒンズー教であり、豚肉が有機ごみに含まれる場合の問題は無かった。また、バリ島のヒンズー教のしきたり通り、LMIスタッフが実験装置には毎日必ずお供えものをした。「法務、知的財産権等への留意」についてもDKPに確認をし、調査を通じて特に問題は無かった。「実験サイトからの異臭に対するクレーム」についても、堆肥の発酵工程やバイオガスプラントの空気漏れなどによる悪臭は予想より少なく、周辺住民からのクレームは発生しなかった。

また、その他に想定していたリスクとしては夜間の実験サイトの警備の問題があり、

門は施錠されるものの、夜間は無人となる状況であった。塀を乗り越えるなどして中に入ることは可能な状況ではあったが、調査を終えて、特に問題は発生しなかった。

#### 2-6-2 新たに顕在化したリスク及びその対応方法等

バイオガス実証実験において、ガス生成工程で低濃度に発生する硫化水素は、検知管を使って濃度を測定した。検知管は、鉛を含有しているが、インドネシアには適正に廃棄する方法が無いことが判明し、日本に持ち帰り、適正に廃棄処分することとした。

また将来提案する事業は、堆肥化施設の建設を、公園や道路の落ち葉などを処理する既存のコンポストセンターを改良し、分散型の処理とすることを想定している。その場合特に、引き続き異臭が発生しないよう注意する必要がある。

### 第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）

#### 3-1 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の概要

##### 3-1-1 バイオガス化実証実験の概要

バイオガス化実証実験は、有機ごみ処理の嫌気発酵工程よりメタンガスを回収し、エネルギー源として活用することを目指している。図 25 にメタン発酵装置の構造図、図 26 に実験装置の実物設置の様子を示した。

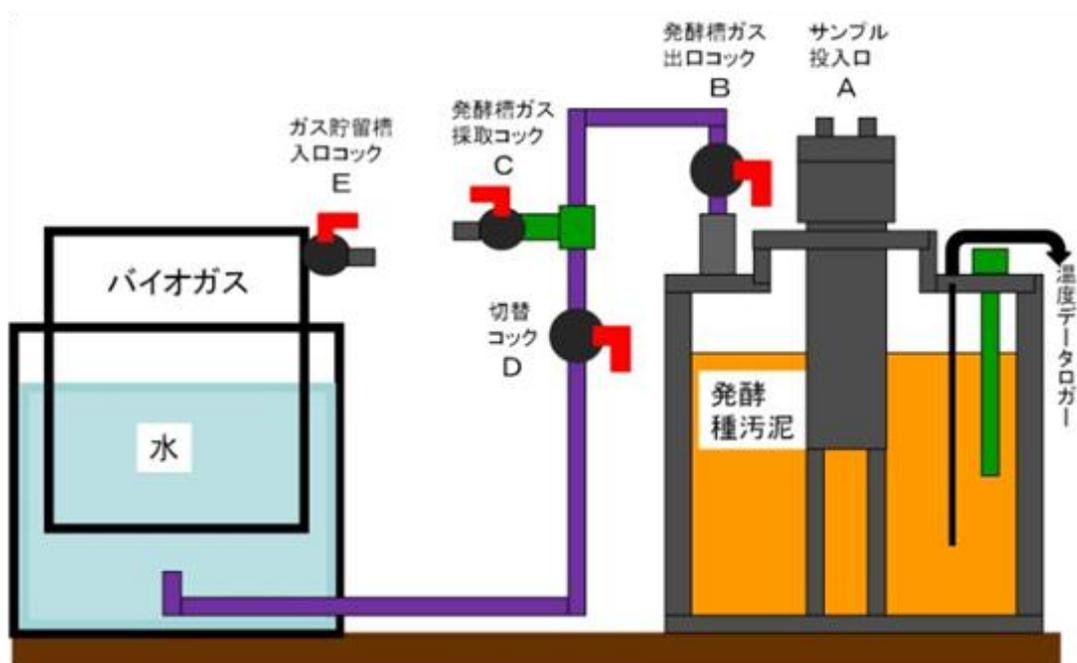


図 25 無加温式メタン発酵装置図

## バイオガス製造実験装置



図 26 無加温式メタン発酵装置の現場実物設置の様子

メタン発酵槽の構造は、容量 520 リットルのポリタンク（図 26 における右側のタンク）の蓋の部分に穴を開けて塩化ビニール製のパイプを通し、サンプル投入時に内部ガスの漏れと外部空気の侵入を防ぐ水封方式とした。パイプのサイズが 100mm までのものしか入手できなかったため、攪拌機は取り付けなかった。発生したバイオガスの貯留には、350 リットルのポリタンク（図 26 における左側のタンク）に水を満たし、そこに 200 リットルのポリタンクを逆さまにして浮かすフロート構造のものとした。これはバイオガスを水と接触させることで有害な硫化水素を水に吸収させる効果をもつ。

当調査では現地の有機ごみを用い、かつ装置は現地での材料調達および製造により、低コストのバイオガス化実証実験を行った。メタン発酵槽およびガス貯留槽として用いたポリタンクは現地のホームセンターより、発酵種汚泥として使用した牛糞は畜産農家より入手し、メタン発酵槽に水とともに加え、デンパサール市から提供された生ごみを投入した。投入された生ごみについては、手で攪拌させることで、ガスの製造に係るエネルギーはほとんど不要であった。また、発酵槽の加温も行わなかった。

実験期間は 2013 年 10 月から 2014 年 2 月であった。LMI が現場作業を継続し、ごみの投入、攪拌に加え、生成バイオガス量のモニタリング等の各種計測を行った。10 月上旬の第 1 回調査において必要機材の調達を開始、同月下旬の第 2 回調査にて装置を製造し、実験を開始。12 月の第 3 回調査で中間チェックとプロセスの改善を行った。2014 年 1 月までに結果をまとめ、2014 年 2 月の第 4 回調査訪問時に装置を撤去するものとした。

### 実証実験サイト

実験場所は、デンパサール市から提供された、以下の写真のような DKP オフィス近くの屋根付きサイトである。電気も利用することができる。当サイトにおいて、バイオガス化実証実験と堆肥化実験の両方を同時に行った。

写真にあるように、本調査が行われる前は、剪定枝や葉を集めて発酵させ、堆肥化を実施していた。当初の懸念点としては夜間の警備の問題があり、門は施錠されるものの、夜間は無人となる。塀を乗り越えるなどして中に入ることは可能であったが、調査を終えて、特に問題は発生しなかった。ただし、堆肥作成工程のエアレーションのために、供給電力の容量を上げる必要があり、それはDKPに問題無く対応していただいた。



図 27 実証実験サイト

### 3-1-2 堆肥化実証実験の概要

堆肥化実証実験は、現地の材料でどのような堆肥が作成できるのかを実証するため、5種類の堆肥サンプルを作成し、エアレーション、散水を行いながらの発酵、人力での切り返し(攪拌)を行い、LMIが3日に一度の各種数値のモニタリングを行いながら、3カ月程度で堆肥を完成させた。堆肥サンプルは、デンパサール政府より提供された有機ごみ、落ち葉のほか、海産物、米ぬか、尿素、砂糖などを材料として、みどり産業が持つ技術知見を適用して5種類作成した。表14に、サンプルの種類とそれぞれの作成目的・意図を示す。

DKPでは現在、公園や道路の落ち葉や剪定枝などを処理するコンポストセンターにおい

て堆肥化事業を行っている<sup>17</sup>。落ち葉はごみとして排出される容量が大きく、堆肥化により大幅に容量が低減化される。全てのサンプルは、落ち葉を材料として用い、落ち葉のみ（表13中の①）、あるいは、落ち葉に本調査の処理対象である生ごみを加えたもの（②と④）、または発酵速度や品質を上げるための副資材を加えたサンプル（③と⑤）を作製した。

表 13 堆肥サンプルの種類

	サンプル名	材料	分類	目的・意図
①	落ち葉	落ち葉のみ	現状	現状DKPが行っている堆肥化の方法。最も作成労力が小さい。
②	海産物	落ち葉+海産物を多く含む生ごみ	選別生ごみの処理	ミネラル分を補充し、基本のプロセスよりも高品位の堆肥を作成する。
③	米ぬか	落ち葉+米ぬか	副資材実験	発酵速度を上げ、かつ高品位の堆肥を作成する。生ごみは処理しない。
④	生ごみ	落ち葉+搬入された生ごみ	生ごみ処理	本事業での基本の処理プロセスとして想定する材料
⑤	尿素+砂糖	落ち葉+尿素+砂糖	副資材実験	落ち葉のみでは足りなくなると想定した窒素分、および微生物の餌となる糖分を加えた時の発酵の違いを見る。
		注) 戻し堆肥と水は全サンプルに投入		



落ち葉



搬入生ごみ

<sup>17</sup>その堆肥品質に関しては、前述した Biotek へのヒアリングによれば、品質が低く、買い手がいないという評判があるようである。



選別された海産物系生ごみ



堆肥サンプル

図 28 堆肥サンプル作製の様子

実験場所は、バイオガス化のサイトと同じ屋根付きの敷地内にて、10メートル四方の用地を使用し、期間もバイオガス化実験と同じく2013年10月～2014年2月まで行った。

堆肥の消費先である有機農業を営む農家については、まずバリ各地の農地を巡り、現地の土壌の質と作付け状況などを調査した。その上で、バリの土と落ち葉由来の堆肥を使った野菜の栽培実証実験を行った。実証実験の目的は、バリ現地の環境、栽培方法に対して、堆肥を用いてバリの土壌を改良することで、野菜の生育に好影響を与えることができるかを検証することである。土や各種肥料、堆肥を適宜混合し、チンゲン菜、ブロッコリー、キュウリ、トウモロコシ、トマトの5種の野菜を、屋根ありと屋根無しの環境にて栽培した。実験場所は、前述の2実験と同じ敷地内である。



バリの土壌



屋根あり条件の栽培

屋根無し条件の栽培

図 29 栽培実証実験の様子

### 3-2 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の結果

#### 3-2-1 搬入ごみの組成調査結果

第2回調査において、2013年10月28日と、10月29日にDKPより搬入された有機ごみの組成調査を行った。下表に結果を示す。既にDKPで一般ごみから有機ごみを選別しているものであり、家庭排出源の搬入分は、生ごみが94%を占めていた。レストラン系の搬入ごみは、生ごみが85%であった。

なお、この組成分析における分別工程は、第2章4項1節に示した、図24処理プロセスフロー図の、破碎分別機の工程を調査団員自らの手で行ったことに相当する。

表 14 搬入ごみの組成調査結果

10月28日 総量 210kg-容器 4.1kg=有機ゴミ 205.9kg

家庭系	重量(kg)	割合
生ゴミ	192.95	94%
プラスチック	4.225	2%
紙	2.45	1%
缶・ビン	5.25	3%
その他（サンダル、木片、電球、カーボン紙、ライターetc）	1.025	0%
計	205.9	

10月29日

レストラン系	重量(kg)	割合
生ゴミ	26	85%
ビニール,異物	4.425	15%
計	30.425	



有機ごみ搬入

ごみの分別仕分け

図 30 組成調査の様子

### 3-2-2 バイオガス化実証実験の結果

約 2 カ月間に渡る計 3 回の生ごみ投入の総計では、生ごみ投入量 15.6kg-wet(湿潤重量) に対して、バイオガス生成量は 54L であった。実験期間前半は調整期間であり、生成効率が悪いことを考慮し、12 月からの約 1 カ月間、3 回目の生ごみ投入について見れば、各回の生ごみ投入と計測バイオガス生成量とは 1 対 1 対応ではないが、便宜的に単位投入生ごみ当たりのバイオガス生成量は、6.0L/kg-wet という結果であった。メタン濃度は時間を追うごとに上昇し、12 月 3 日時点のメタン濃度は、発酵槽内の空気と希釈された状態において、32%と計測された。

発酵温度は、いずれも約 28℃であった。サンプルの投入量は、種汚泥の馴養が十分でないことと発酵槽内温度が低いことを考慮して通常よりも少なくしてある。バイオガス発生実験は、立ち上がり時間に時間を要するものであるが、今回は順調な立ち上がりであったと言える。メタン濃度は実験期間中を通して上昇を続けており、さらに期間をおけば、ガス生成効率は向上していくことが十分に推測される。

今回の無加温条件の実験設備では、投入生ごみからのバイオガス最大発生量を推測することは困難であったが、生ごみのメタン発酵としては順調に推移しており、生ごみバイオガス化にあたって何ら支障はないことがわかった。事業化を行い、生ごみのバイオガス化プラントを建設するには、さらに生ごみの詳細な特性(成分、含水率、熱量、不適切物の確認等)を調査する必要がある。

以降に実験経過の詳細を記載する((1)~(6))。さらに、バイオガス生成効率について、既往のデータとの比較による検証を行った((7)~(8))。

#### 実験経過詳細

##### (1) 発酵種汚泥としての牛糞の入手と pH 調整 (10 月 27 日および 10 月 31 日)

発酵種汚泥として使用する牛糞は乾燥したものではなく生の状態のものでなければならぬことから、畜産農家を訪問して提供を依頼した。10 月 27 日に届けられた牛糞は約 10L

であったが、これを水道水と混ぜて種汚泥とした。なお、10月31日には、追加の牛糞が届き、所定の容量の種汚泥を準備することができた。



入手した生の牛糞

牛糞入手先の牛舎

図 31 発酵種汚泥として使用する牛糞の入手

メタン発酵の立ち上げの際に最も重要なことは、pH の調整である。その調整剤としては消石灰がよいが、現地では一般のホームセンター店舗などではすぐに入手することができない状況であった。LMI 現地スタッフの熱心な調査で入手することができた。なお、インドネシアは石灰石を豊富に有している。少量の消石灰を入手することは難しいが、量が多くなると容易に入手できることを付記しておく。



水に溶解直後の pH は約 12 を示す

歯磨きに使われている石灰粉

図 32 pH 調整

## (2) バイオガス発生の確認

メタン発酵実験を立ち上げるには、ある程度の期間馴養する必要がある。しかし、今回はすぐに実験を開始するため砂糖を使って発酵の立ち上げとバイオガス発生の確認を行った。通常最適発酵温度は 35~37℃であるが、今回の実験サイトは屋内（屋根だけ）であるため発酵槽内の温度は約 26~28℃であった。

### (3) フルーツ系生ごみの発酵実験 (11月1日投入)

最初の実験としては、糖類を多く含む生ごみの方が適しており、写真のようなフルーツを主体にした生ごみをサンプルとして投入した。

発酵温度は約 28°C で投入から 8 日目までのバイオガス発生量は約 17 L であった。このガス採取してメタン濃度を測定した結果は 11.5% であった。メタン濃度が低いのは発酵槽内に約 200 L の空気が残留していたことによるものである。



ガスホルダー目盛

フルーツ系生ごみ



メタン回収バッグ

図 33 フルーツ系生ごみの発酵実験

### (4) レストラン系生ごみ (食べ残し) の発酵実験 1 (11月15日投入)

レストランなどから廃棄される生ごみを回収した。今回採取したものの写真は下記に示すが、ご飯や調理後の野菜類が多かった。これらの生ごみからご飯を 3.00kg と野菜類を 3.75kg 採取して発酵槽に投入した。発酵温度は約 28°C で投入から 6 日目のガス発生量は約 10L であった。この時点でガス採取してメタン濃度を測定した結果、約 24.5% を示した。前回の測定値よりもかなり上昇しており、メタン濃度の高いバイオガスが発生していることを示している。



図 34 レストラン系生ごみの発酵実験 1

(5) レストラン系生ごみ（食べ残し）の発酵実験 2（12月1日投入）

レストランからの調理屑や食べ残しの生ごみを回収して実験を継続した。今回回収したものは、調理時に発生する野菜屑と残飯として発生した魚介類が中心となる。この実験の発酵温度も約 28℃であった。投入翌日には約 8L のガスが発生し、そのときのタンク内のメタン濃度は 32%であった。さらに、投入から 8 日目までに発生したガス量は約 20 L であった。





図 35 レストラン系生ごみの発酵実験 2

(6)発酵実験結果のまとめ

今回の生ごみのメタン発酵実験結果を整理したものが下記の表である。約 2 カ月間に渡る計 3 回の生ごみ投入の総計では、生ごみ投入量 15.6kg-wet (湿潤重量) に対して、バイオガス生成量は 54L であった。メタン濃度は時間を追うごとに上昇し、12 月からの約 1 カ月間、3 回目の生ごみ投入について見れば、各回の生ごみ投入と計測バイオガス生成量とは 1 対 1 対応ではないが、便宜的に単位投入生ごみ当たりのバイオガス生成量は、6.0L/kg-wet という結果であった。12 月 3 日時点のメタン濃度は、発酵槽内の空気と希釈された状態において、32%と計測された。バイオガス生成中のメタン濃度という観点では、50%以上となる。

表 15 生ごみバイオガス化実験の結果

生ごみ				バイオガス										
投入月日	サンプル種類	投入量(kg)		計測月日	積算量(L)	メタン濃度(%)	計測月日	積算量(L)	メタン濃度(%)	計測月日	積算量(L)	メタン濃度(%)	合計(L)	1kgあたり発生量
		個別	合計											
11月1日	フルーツ	4.3	4.3	11月9日	17	11.5								
11月15日	ご飯 野菜	3.0	6.8	11月21日	10	24.5								
		3.8												
12月2日	野菜	1.8	4.5	12月3日	8	32.0	12月13日	20		1月3日	27		27	6.0L/kg-wet
	魚介	0.8												
	魚介・野菜混合	2.0												

発酵温度は、いずれも約 28℃であった。サンプルの投入量は、種汚泥の馴養が十分でないことと発酵槽内温度が低いことを考慮して通常よりも少なくしてある。3回の投入実験のいずれについても、一般的なバイオガス発生量よりも少ない結果となったが（定量比較については（7）に後述）、発酵温度条件からみれば妥当な値である。

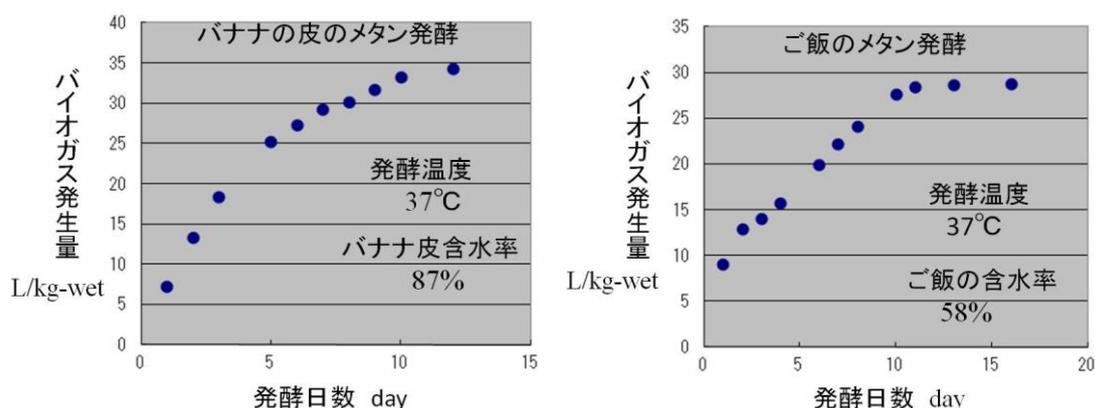
メタン発酵に大きな影響を与える因子は、pHと温度である。pHが6以下になるとメタン生成菌の活動が低下により発酵は停止して酸の蓄積が起こるが、酸の蓄積が過剰にならないうちにアルカリ性物質でpHを7程度に調整すれば再び発酵を開始する。今回の実験では、こうした現象が何度も現れたが適切なpH調整によって正常な発酵状態を維持できた。

正常な発酵が進行していると判断できる根拠は、発酵槽中のメタン濃度が、発酵時間とともに上昇していることである。もし、異常な発酵状態であれば、メタン濃度の上昇は見られずに硫化水素や二酸化炭素などの濃度が異常に高くなるが、今回の実験では、こうした現象は全く観察されなかった。

#### (7)一般的な生ごみ発酵実験との比較

通常メタン発酵条件で今回のようなサンプルを実験した場合について検討することが必要である。

下に示した図は、バナナの皮とご飯について発酵温度 37℃の条件下でメタン発酵処理を行ったときの発酵日数とバイオガス発生量（積算値）の推移を調べたものである。バナナの皮（含水率 87%）では、湿重量で 1kg あたり 35L（常温）のバイオガスが発生する。また、ご飯（含水率 58%）では、同じく約 29L となる。これらと比較して、上述した今回の実験結果の 6.0L/kg-wet は、5分の1程度であった。



出典 左図：佐藤茂夫、廃棄物学会研究発表会(2008) 右図：私信・日本工業大学佐藤茂夫

図 36 バナナの皮と米飯のメタン発酵実験結果

こうした結果と今回の実験とを比較すると、以下のような理由から、発酵温度を最適化（約 37℃）すれば、上記と同等のバイオガスを得ることが可能である。

すなわち、今回の実験においてバイオガスの発生量が小さいのは、発酵温度が低いことに因る。発酵温度は35～37℃の範囲が最適であるが、今回の実験では発酵槽内温度が約28℃とかなり低温であったことがガス発生量の少ない原因である。加えて、現地調査期間中においては、馴養期間が充分でなく pH が安定的でなかったことがあり、通常より発酵の速度は非常に遅かったと考えられる。そういった条件の中で投入物の比較的分解し易い炭水化物（フルーツやご飯）中の糖が徐々にメタン発酵を始めていた状態であると考察されるが、メタン濃度の継続的な上昇は、メタンを高濃度（発酵槽残留の空気との希釈を考慮すれば50%以上）に含むバイオガスが順調に生成していることを示すものである。

今回の実験で使用した生ごみは、野菜、果実、米飯、肉、魚などを大まかに分けて投入したところ、いずれも正常な状態で発酵し、食品成分（炭水化物、脂質、たんぱく質）に対応したメタン濃度のバイオガスを発生していると推定された。したがって、今回の実験に使用した生ごみはメタン発酵処理に適したものであることが確認された。

今回、発酵温度が低い場合でも通常の発酵処理と変わらない高濃度のメタンを含有するバイオガスを得ることが確認され、発酵温度を最適温度にすれば、通常のメタン発酵と同等のバイオガス量を製造できると言える。

#### (8)一般的な生ごみ発酵実験結果に基づいたバイオガスプラントの規模

下記の図は、メタン発酵温度とバイオガス発生量との関係を示しているが、発酵温度が30℃以下になるとバイオガス発生量は著しく減少する。今回の実験では、発酵槽内温度が通常の中温発酵（35～37℃）に比べて10度程度低いため投入生ごみからのバイオガスの最大発生量を確認できなかった。そこで、我が国事例を参考までに示す。

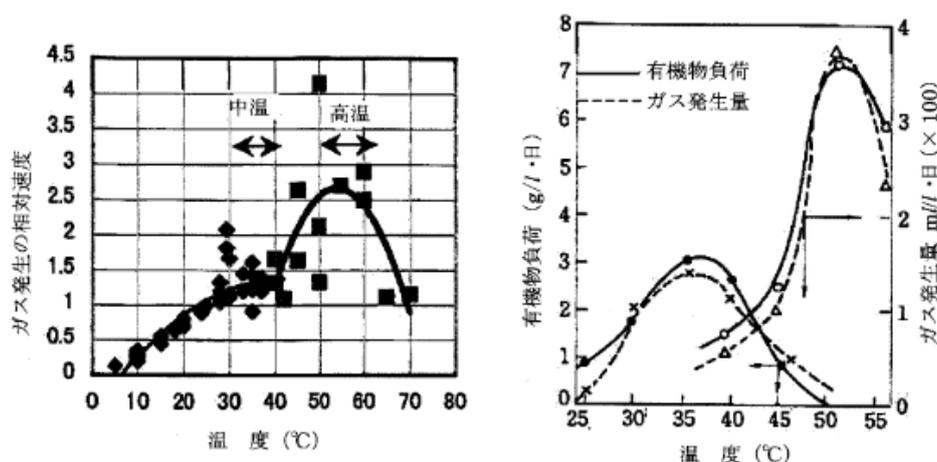


図 37 メタン発酵に及ぼす温度の影響（左図は汚泥処理、右図は廃水処理のデータ）

新潟県長岡市に建設された生ごみバイオガス化プラントは処理能力が日量55トンで、発電設備は560kWのガスエンジン発電機を備えている。下記の表は、このプラントにおける投入生ごみ量とバイオガス発生量、発電電力量、余剰電力量（送電電力）との関係を示したものである。プラントの立ち上げ間もない頃の状況では、50トンを超える日処理量でバ

バイオガスの発生量は投入生ごみ 1 トンあたり 100Nm<sup>3</sup> 程度である。その時の発電出力はおよそ 130kW である。また、約 4 か月後の 11 月には生ごみ 1 トンあたりのバイオガス発生量は 130Nm<sup>3</sup> にまで増加しており、発電出力も 200kW を超える。

この事例をそのままデンパサル市のごみ処理にあてはめることはできないが、一つの目安として参考とすることができる。

表 16 実際のバイオガスプラントにおける稼働状況

稼働年月 2013	生ごみ処理量(t)	バイオガス発生量(Nm <sup>3</sup> )				発電電力(kWh)				余剰電力(kWh)		
	月量※	月量※	1tあたり	1日あたり	1hあたり	月量※	1tあたり	1日あたり	1hあたり	月量※	1tあたり	1日あたり
7月	1,561	168,098	108	5,423	226	100,010	64	3,226	134	50,980	33	1,645
8月	1,410	151,090	107	4,874	203	81,970	58	2,644	110	39,530	28	1,275
9月	524	170,709	326	5,690	237	171,930	328	5,731	239	111,320	212	3,711
10月	1,175	131,542	112	4,243	177	154,710	132	4,991	208	85,130	72	2,746
11月	1,423	184,291	130	6,143	256	149,530	105	4,984	208	69,710	49	2,324
合計	6,093	805,730	132	5,266	219	658,150	108	4,302	179	356,670	59	2,331

※は長岡市ホームページ（生ごみバイオガス発電センター）より転載。その他は本調査による。

### 3-2-3 堆肥化実証実験の結果

堆肥化実験において、各サンプルの発酵プロセスは、立ち上がりの温度の上がり方なども含めて想定通りに順調に進んだ。結果としては、容量の大部分を占める落ち葉材料の窒素分が高いことが分かり、落ち葉のみでも十分に発酵が進んだ。生ごみや副資材を投入したサンプルは、質の高い肥料を作成することができた。特に海産物を多く含む生ごみを入れた場合に最も質の良い堆肥が作成できた。実験期間の制限のため、完全発酵までは至らなかったが、現地の生ごみ等の材料を用いて、堆肥化技術は十分に適合性があることが分かった。事業化にあたっては、もみがら等の副資材も投入は必要無いと判断した。

事業化に関して言えば、Pak Oles に 5 円/kg で販売するために必要なスペックまで持っていく目途がついたといえる。

表 17 各サンプルの堆肥作成結果

	サンプル名	材料	分類	結果
①	落ち葉	落ち葉のみ	現状	落ち葉のみでも、適用した方法により、発酵は十分に進んだ。
②	海産物	落ち葉+海産物を多く含む生ごみ	選別生ごみの処理	最も質の良い堆肥が作成できた。
③	米ぬか	落ち葉+米ぬか	副資材実験	質の良い堆肥が比較的短時間で作成でき、現地の米ぬかも副資材として有効であると分かった。
④	生ごみ	落ち葉+生ごみ	生ごみ処理	十分に良質な堆肥が作成できた。
⑤	尿素+砂糖	落ち葉+尿素+砂糖	副資材実験	発酵時間を短縮するが、品質は①と変わらない。
		注) 戻し堆肥と水は全サンプルに投入		

### 実験経過詳細

まず、第 2 回調査における堆肥サンプル作成と測定作業について、以下のデータを示す。各サンプルは、フレコンバッグ（フレコン）におさめ、およそ 200kg～300kg のサンプル

を5つ作成した。堆肥A、堆肥Bは落ち葉に由来するが、事業時には戻し堆肥（発酵のタネとなる完成した堆肥）を使用する。

表 18 堆肥サンプル作成

	①落葉のみ	②海産物+生ゴミ	③米ぬか	④生ゴミ	⑤尿素+砂糖
作成日	10月31日	10月28日	10月29日	10月28日	10月29日
内容①	<ul style="list-style-type: none"> <li>・落葉 10kg</li> <li>・堆肥 B 40kg</li> <li>・水 (① 5kg, ② 10kg, ③ 10kg, ④ 15kg)</li> <li>×4セット</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(底)落葉 15kg, 堆肥 A 15kg</li> <li>↓</li> <li>・落葉 5kg</li> <li>・堆肥 A 15kg</li> <li>・生ゴミ 13.75kg</li> <li>×7セット</li> <li>翌日(10/29)</li> <li>(底)堆肥 A 45kg</li> <li>↓</li> <li>生ゴミ 26kg+海産物 10kgと前日仕込んだ物と攪拌し、フレコンに詰める</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(底)堆肥 B 30kg</li> <li>↓</li> <li>・落葉 10kg</li> <li>・堆肥 B 40kg</li> <li>・米ぬか 10kg</li> <li>・水 (① 7.5kg, ② 10kg, ③ 15kg, ④ 15kg)</li> <li>×4セット</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(底)落葉 15kg, 堆肥 A 15kg</li> <li>↓</li> <li>・落葉 5kg</li> <li>・堆肥 A 15kg</li> <li>・生ゴミ 13.75kg</li> <li>×7セット</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(底)堆肥 B 45kg</li> <li>↓</li> <li>・落葉 10kg</li> <li>・堆肥 B 40kg</li> <li>・尿素(46%) 440g</li> <li>・水 (① 8kg, ② 10kg, ③ 8kg, ④ 8kg)</li> <li>×4セット</li> </ul>
内容②			10/30 AM ・上部に水 20kg かける ・堆肥 A 15kg かぶせる	10/30 AM ・堆肥 B 30kg かぶせる	10/30 AM ・上部に水 20kg かける ・堆肥 A 15kg かぶせる
内容③		10/31 AM 切返し	10/31 AM 切返し	10/31 AM 切返し	10/31 AM 切返し + 砂糖 20kg 加える
エアレーション(0.475mPa)	10/31 13:00 開始	10/30 10:20 開始	10/30 10:20 開始	10/30 10:20 開始	10/30 10:20 開始

※備考

- ・堆肥 A：落葉発酵 3 週間後、堆肥 B：落葉発酵 3 ヶ月後
- ・米ぬか購入価格：2,200 ルピア/kg

表 19 測定（温度、サンプル高さ）／第 2 回調査

日時	①落葉のみ	②海産物+生ゴミ	③米ぬか	④生ゴミ	⑤尿素+砂糖
10/30 10 時		高さ: 70cm 15cm: 62°C 30cm: 70°C 45cm: 60°C 60cm: 53°C	高さ: 60cm 15cm: 47°C 30cm: 45°C 45cm: 42°C	高さ: 60cm 15cm: 65°C 30cm: 70°C 45cm: 65°C 60cm: 60°C	高さ: 65cm 15cm: 43°C 30cm: 46°C 45cm: 44°C 60cm: 43°C
10/30 17 時 30 分		60cm: 60.5°C	45cm: 55°C	60cm: 64°C	60cm: 45°C

10/31 9時20分		15cm:73°C 30cm:76°C 45cm:72°C 60cm:69°C	15cm:70°C 30cm:74°C 45cm:71°C	15cm:68°C 30cm:74°C 45cm:70°C	15cm:60°C 30cm:64°C 45cm:56°C
11/1 8時30分	高さ:65cm 上:44°C 中:45°C 下:45°C	高さ:70cm 上:75°C 中:75°C 下:65°C	高さ:63cm 上:69°C 中:77°C 下:71°C	高さ:62cm 上:67°C 中:73°C 下:72°C	高さ:58cm 上:63°C 中:71°C 下:71°C

※備考

温度測定位置：各々堆肥上部から15cm、30cm、45cm、60cm  
上(上から15cm)、中(真ん中)、下(下から5cm)



エアレーション

堆肥サンプル測定

図 38 堆肥作成過程の様子

次に、第3回調査における堆肥の温度測定作業およびパフォーマンス改良について、表20にデータを示す。第2回調査後の1カ月で、生ごみはもう既に分解済み、一方落葉はまだ分解されていなかった。また、温度が下がってしまっており、各フレコンバッグの堆肥を外に出して攪拌や、水分を足すなどして、発酵を促進させるための工程を行った。

本結果より、サンプル②海産物において、温度の上がり方が特に良く、質の良い堆肥の作成が進んでいることが分かった。将来の事業化にあたっては、オプションとして海産物などの食品残渣を多く含んだ有機ごみにより、高品位の堆肥を高付加価値製品として差別的に製造することも考えられる。

表 20 温度測定[°C]／第3回調査

12月2日	下部	中部	上部
①落ち葉	38°C	39°C	36°C
②海産物	42°C	42°C	38°C
③米ぬか	37°C	36°C	32°C
④生ゴミ	46°C	44°C	40°C
⑤窒素+砂糖	39°C	37°C	34°C

12月3日	下部	中部	上部
①落ち葉	37℃	38℃	38℃
②海産物	51℃	55℃	51℃
③米ぬか	36℃	37℃	36℃
④生ゴミ	44℃	46℃	45℃
⑤窒素+砂糖	40℃	44℃	44℃

### 土壌調査

堆肥を利用した土壌改良等による農業品質および生産性の向上の可能性を探る観点から、バリの土壌調査を行った結果を次にまとめる。調査には、日本より農業土壌の専門家に同行いただいた。堆肥を使用する農家の現状を探ることで、今後の堆肥製造に必要な要件や、プロモーションをスムーズに行うことができる。以下は、農業土壌の専門家からいただいた分析レポートを元にした、バリの土壌分析となる。

火山島がインドネシアには数多くあるが、バリ島もその一つであり、やはり火山噴火由来の土壌である火山灰土がかなり分布していることが判明した。

この火山灰土の農業的特長は、リン酸成分の効きが悪いことである。また熱帯特有の降雨量の多さから、石灰、苦土、その他微量元素を溶脱した状態であることから、単に化学肥料によってこれらの成分を補うだけでは土壌改良につながらないことが判明した。

こうした土壌条件を改善する意味合いでは、今回の堆肥の開発は大変に意味深いことで、各種成分を失った土壌にとっては有機物を発酵させたものである堆肥は、正に飛躍的改良を約束してくれるものである。

この根拠を土壌化学的見地から述べると、前述のような石灰、苦土の補給を堆肥は補い、その熱帯土壌特有の pH の低いことも改善に寄与するものである。また作物の求めるマンガン、ホウ素、亜鉛、銅、鉄などの微量元素も有機物から発酵させる堆肥は十分含んでいることから、この供給も確実にあり得る。そして何よりも、堆肥は主成分の窒素、リン酸、カリの供給が期待できる。この中でもリン酸は、火山灰土の欠点であるアルミニウムの溶出に対して、リン酸アルミニウムとなってこの害作用を打ち消す大切な働きをする。窒素、カリの両者は堆肥に含有される量があまり多くはないかもしれないが、その肥効は確実にあり、作物の旨味成分増加につながることを期待できる。

次に土壌物理性への堆肥改良効果についての見解としては、バリ島の各所で見られる土壌は物理性の主たる性質である膨軟性に欠けることが、調査である程度つかめた。このことは土が圧密であるということであり、ここに堆肥を施用することは硬い土を柔らかくする作用は実験を待つまでもないと言える。また乾期の季節に、土壌有効水分を持たせる保水性の向上も、堆肥の散布で実現する事である。

最後に土壌生物性の改良の必要性和堆肥の役割については、バリ島の気候が雨期と乾期を伴うものであることから、乾期の高温乾燥は土壌表層部の希少な有機物を消耗させてしまい、土壌の肥沃度は低下の一途をたどることになってしまうのだが、これは農業生産力の低下に他ならないことから、土壌微生物を繁殖させる堆肥効果は計り知れないものがある。

以上のように雨期乾期を伴うバリ島土壤に、堆肥の持つ優れた改善の役割は今後バリ島農業に認められ、大いに有機物活用の事例として普及拡大していくものと予想される。



図 39 農地の土壌調査の様子

#### 補足事項

なお、日本からの派遣団員による現場調査期間外について、すなわち第2回目調査と第3回目調査の間（2013年11月4日～11月30日）、および第3回目調査と第4回目調査の間（2013年12月8日～2014年2月8日）、第4回調査後の期間については、実験サイトに毎日2名～3名のLMIインドネシア人スタッフが管理運営のために張り付き、実験継続と安全確保を手伝った。これにより、3日に一度の定期的な各種計測と適宜の切り替えしに加え、異常があればLMI日本人管理者に伝え、日本側に伝達ができるような態勢をとった。定期的な作業および測定項目は以下の通りで、毎回日本側に報告をいただいた。

#### ▶ バイオガス実験の現地引き継ぎ作業

- ・堆肥化の作業と重なるタイミングで、6日に一度、一般ごみ5kgを投入する。入手先の、Depo Garuda（ごみ銀行）で対応可能な方法に従い、混合ごみ、もしくはフルーツ皮・葉・その他雑物の種類別に入手した。
- ・3日に一度（11月中旬から下旬のみ、6日に一度）、以下の項目を記録、測定のうえ、日本側に報告した。10月31日の最終日に種菌となる牛糞を再投入したばかりであるので、運転条件が安定するまでは、11月2-8日の間はチェック頻度を上げて、毎日記録・測定・報告を行った。
- ・記録・測定事項：作業日時、作業内容、投入物、pH、槽内温度、ガスメモリ、メタン濃度、硫

## 化水素濃度

### ➤ 堆肥化実験の現地引き継ぎ作業

- ・ 観察項目：温度測定（上から 15cm, 真ん中, 下から 5cm）、堆肥の高さ、堆肥の表面写真、堆肥の表面状態（乾燥、カビ、その他）
- ・ 測定間隔
  - 11/2～8（1 週間）は毎日測定
  - 11/9～ 3 日に 1 回（バイオガスチームと一緒に）

## 3-3 採算性の検討

### 3-3-1 想定する事業規模と初期投資、収入源

事業の想定規模は、50 トン/日の有機ごみを処理するバイオガスプラントと、10 トン/日の有機ごみを処理する堆肥化センター5カ所の建設となり、合計 100 トンの有機ごみを処理するものとする。100 トン/日の有機ごみは、デンパサール市から TPA に搬入される一般ごみに含まれる有機ごみのほぼ半分の処理量となる。

バイオガスプラントについて、設備コストの中で大きな部分を占める発電機/ガス精製装置はメンテナンスコストなども勘案すると一定規模以上を設置することでより採算性が向上することが日本の実績においても確認されている。そのことからバリ島のごみ組成など考慮し 50 トン以上を投資対効果のよいプラントと想定した。また、日本国内にて 30～50 トン/日の容量のプラント建設実績が複数あることから、諸コストの計算を確実に行うことができた。

バイオガス発生装置については、50 トン/日を一度に処理できる設備を 1 基導入するだけでなく、なるべく現地化・低価格化を実現させた設備を一カ所の用地に複数基導入することで、合計 50 トン/日を処理できるパターンでも可能である。

堆肥化施設については、既存の、公園や道路の落ち葉などを処理するコンポストセンターを改良することを想定し、10 トン程度を処理できる規模のものを複数に分散設置する。既存のコンポストセンターで製造される落葉や剪定枝由来の堆肥の質は問題視されているが、当事業によって有機ごみと混合して処理することで、販売可能なクオリティーに仕上げることができる。

バイオガスプラントと堆肥化施設建設に係る初期投資については、土地は DKP からの無償利用提供を受け、施設建設費は現地基準においても出来る限り抑える。

収入源としては、バイオガスの売電収入（想定発電能力：150kW、売電価格：約 10 円/kWh）、堆肥販売収入（想定価格：5 円/kg）、液肥販売収入（想定価格：1 円/kg）、ティッピングフィー（DKP の想定支払い価格：1.0 円/kg）が考えられる。支出としては、人件費（現地スタッフ 6 名、日本人管理者 1 名）、ユーティリティー費、メンテナンス費、減価償却費、支払い金利、租税公課、一般管理費や、場合により副産物処理費を検討し、全体として黒字で事業を実施できる採算である。

なお、バイオガスについて、精製後に販売することも試算したが、金額は売電収入とほぼ同じであった。以下の試算では、便宜的に売電収入のみを使用するが、ガスの販売を行った場合でも、収支は同様の結果となる。以上の事業モデルの全体図を、次頁に示す。

# 事業モデル(100トン処理)

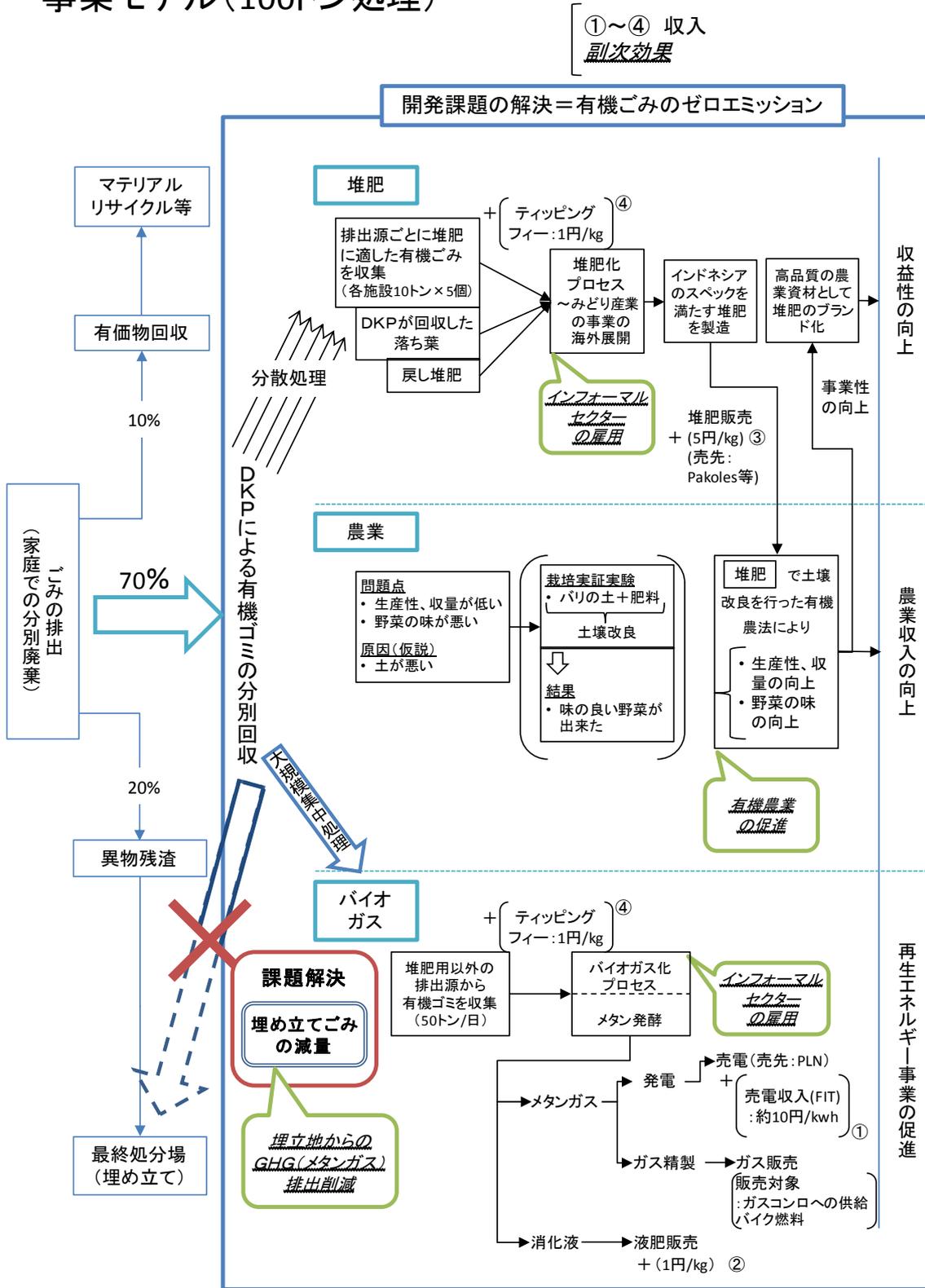


図 40 事業モデル図

### 3-3-2 設備投資資金回収計画

表 21 に、以上の条件での設備投資資金回収計画を 1 年間の収支で示す。税引き前利益が約 1,500 万円/年と、かろうじて黒字であるが、現状の条件では事業の採算性は厳しいことが分かった。

ただし、堆肥化やメタン発酵施設の建設費は日本における費用を参考にしており、保守的な金額を採用していることを付記しておく。

表 21 設備投資資金回収計画

事業年度		設定値及び計算方法	単位:千円
I	a. 建設費(堆肥化施設50t/日)	10t/日×5カ所 @45,000千円×5	225,000
	b. 建設費(メタン発酵施設50t/日)		500,000
	c. 建設費低減率及び補助		0%
	d. 実質建設費	上記のa+b-c	725,000
II	a. 収入 ①~④の合計		93,951
	①メタンガス発電売電収入	予定発電量:(150kW×24h×365日)×90%×約10円/kWh	11,826
	②メタン発酵液肥収入	液肥1円/kg	18,250
	③肥料等販売収入	10t×5,000円×365×30%×5カ所	27,375
	④生ゴミ処理収入	処理料金:100t×365日×1(千円/t)	36,500
	b. 支出 ①~⑤の合計		79,000
	①ユーティリティー費	燃料費、水道光熱費他	3,000
	②メンテナンス費	初期投資額の約2%(定期点検,エアフィルター、オイル等、消耗品交換、発電機オーバーホール、10年毎の再塗装など)	14,500
	③人件費	6名(投入、点検、清掃、プラント調整)+管理者 1名24万円/年で想定(他の職場と兼職可能) 管理者300万円/年	5,000
	④支払い金利	初期投資を全て金利2%で借入れ、15年返済するものと仮定	56,000
	⑤一般管理費	人件費の10%を想定	500
c. 税引前利益	上記のa-b	14,951	

各設定条件について説明すれば、まずバイオガス発電による売電価格は、PLN による FIT 価格で約 10 円/kWh (1,050 ルピア/kWh) である。因みにこれは、PLN からの買電価格 (1,100 ルピア/kWh) よりも安い。堆肥販売の想定価格 5 円/kg は、Pak Oles へのヒアリングにより、スペックを満たした堆肥ならば、Pak Oles が 500 ルピア/kg (約 5 円/kg) で買い取る意思があると言っていることに基づく。また、液肥については、Pak Oles や Biotek へのヒアリングから販売が好調であることから、このような試算となった。

ティッピングフィーについては、インドネシアの他の都市 (ジャカルタ、スラバヤ) と同等または安めに設定して 1 円/kg とした。

なお、PLN へのヒアリングにより、FIT の適用に関して発電規模最低容量の設定は無いということであった。再生エネルギー事業は、10MW 以下の場合 PLN が買い取り、10MW 以上の場合入札となる。送電線への接続費用は事業者が負担することになっている。しかし、ごみの削減や再生可能エネルギー活用などの開発課題の解決などに貢献するプロジェクトに関しては、PLN が CSR 的な観点からお金を出すスキームが利用可能な場合もある。

### 3-3-3 提案モデルの策定

上記の結果より、今後事業採算性を向上した計画とするには、次のような提案を行っていくことが考えられる。

まずは、ティッピングフィーの見直しである。バリ島は国際観光地であり、島の環境衛生の改善に投資をするリターンは大きいと考えられることから、ティッピングフィーをDKPに値上げしていただくことである。例えばインドネシアのバンドン市でゴミ焼却発電のティッピングフィーに3円/kg以上を払っているのに倣い、3円/kgと設定する。バンドンでは、最終処分場の崩落事故により、多くの人命が失われた。政府はこれを重く見ており、新しく導入されるゴミ焼却発電施設では、約3.75円/kgの高額のティッピングフィーが設定される見込みである。今後、NOEIによるTPAの運営が行き詰まり、ゴミの最終処分が不可能になるような事態は、国際観光地であるバリにおいては許容されないものである。ティッピングフィーを高値にする交渉は、不可能ではないと考える。

表 22 各地のごみ処理方法とティッピングフィー<sup>18</sup>

都市名(受託者)	処理方法	処理量	ティッピングフィー
スラバヤ市 ブノウオ (スンバオーガニック)	ごみ発電(ランドフィルガス)	1000トン/日(ミニマム)	119,000ルピア/トン
ブカシ市 バンタルグバン (スンバオーガニック)	ごみ発電(ランドフィルガス)	200トン/日(市場の有機ごみ)	11ドル/トン (113,000ルピア/トン)
バンドン市 (BRIL)	ごみ発電(焼却発電)	700トン/日(一般ごみ)	375,000ルピア/トン
タイ・バンコク市	コンポスト	1000トン/日(一般ごみ)	21ドル/トン (216,000ルピア/トン)
中国・南宮(Nangong)市	コンポスト	1000トン/日(一般ごみ)	15ドル/トン (154,000ルピア/トン)

仮に、ティッピングフィーの値上げが厳しい場合は、ごみ処理や下水処理などのコストをカバーするための地方環境税を、例えば入島税などを設定して充当するなどの対案が考えられる。観光客に由来するごみや下水の排出量は少なからずあり、バリ島の持続的な発展という目的であれば、このような入島税的なものを課すこと提案できる余地があろう。バリには年間300万人弱の外国人訪問者があり<sup>19</sup>、1人100円相当の地方環境税を徴収することで、3億円/年の財源を確保することができる。なお、本事業の実施のためには有機ごみの分別回収が必須となり、デンパサール市側での分別回収の体制維持にかかるコスト負担が発生する。現状は、DKPへのヒアリングにより収集処理費用は約0.87円/kg、またリサイクルできないごみを実験的にはあるが約0.5円/kgで回収しており、これらに上乗せ費用が発生することとなる。現段階では分別回収体制は計画中のことであり、コストはまだ明確ではないとのことだが、これらをカバーするためにも上記の様なスキームも必要と

<sup>18</sup> NTT データ経営研究所にて作成

<sup>19</sup> インドネシア共和国観光クリエイティブエコノミー省

なるであろう。

一方、初期費用を抑えるためには、バイオガスプラントと堆肥化施設建設については現地化が必要である。これは、今後の調査チームの課題ではあるが、大規模なプラントを少数作るよりも、簡易なバイオガス製造装置を1ヵ所のサイトに複数基設置するようなパターンを採用すれば、大幅なコストダウンは可能であると考えている。

以下では、1. 初期投資の見直し(現地化のターゲット価格の作成)と、2. ティッピングフィーの見直しを想定したプランを作成した(表23)。デンパサール市やインドネシア政府には、日本サイドとして1. を検討するので、現地では2. についての方策を考えてほしいという提案を行う予定である。

この場合には、税引前利益が約9,800万円と、約7年で資金回収ができることになり、大幅に事業採算性が向上する。

まずは、このパターンを事業性が出る「着地点」として、今後のパイロット事業などを通してその可能性を精査していきたい。

表23 目標とする将来事業の設備投資資金回収計画

廃棄物収集量100t/日、処理費3円/kg バイオガスプラント50t、堆肥施設10t×5 単位:千円

事業年度		設定値及び計算方法	
I	a. 建設費(堆肥化施設50t/日)	10t/日×5カ所 @45,000千円×5	225,000
	b. 建設費(メタン発酵施設50t/日)	トンあたりのイニシャルコスト8000千円	400,000
	c. 建設費低減率及び補助		0%
	d. 実質建設費	上記のa+b-c	625,000
II	a. 収入 ①~④の合計		166,951
	①メタンガス発電売電収入	予定発電量:(150kW×24h×365日)×90%×約10円/kWh	11,826
	②メタン発酵液肥収入	液肥1円/kg	18,250
	③肥料等販売収入	10t×5,000円×365×30%×5カ所	27,375
	④生ゴミ処理収入	処理料金:100t×365日×3(千円/t)	109,500
	b. 支出 ①~⑤の合計		69,300
	①ユーティリティー費	燃料費、水道光熱費他	3,000
	②メンテナンス費	初期投資額の約2%(定期点検,エアフィルター,オイル等,消耗品交換,発電機オーバーホール,10年毎の再塗装など)	12,500
	③人件費	6名(投入,点検,清掃,プラント調整)+管理者 1名24万円/年で想定(他の職場と兼職可能) 管理者300万円/年	5,000
	④支払い金利	初期投資を全て金利2%で借入れ,15年返済するものと仮定	48,300
	⑤一般管理費	人件費の10%を想定	500
	c. 税引前利益	上記のa-b	97,651

本モデルをさらに精査すれば、現段階では不確定要素ではあるが、様々な可能性が考えられる。例えば、建設コストに関する調査とノウハウの提供により、日本にくらべて耐震など建築法規のゆるいインドネシアでの建設コストは想定以上に引き下げられる可能性がある。また、今後、経済成長が著しい同国においてエネルギーコストや再生可能エネルギーへのシフトや普及を考えたとき、先進国に追従するエネルギーコスト(買い取り単価)

に近づいて行く可能性が高い。

また、前項で述べたように、バリ島における農業において有機堆肥を活用するメリットは充分にあり、それを自ら実践することで日本の農業技術を用いたブランド力向上と有機堆肥の価値向上が得られ、収益も向上していくと想定される。みどり産業の日本におけるノウハウを活用し、農業生産による利益も確保していくことも考えられる。

ごみの処理費に関しても、日本の自治体のごみの処理費は大都市では 20 円/kg 前後になってきている。外資系ホテルなども多く、物価の比較的高いバリ島において、ごみの処理費は先進国の 20 分 1 以下という現状が将来も続いていくことは考えづらい。以上のように、社会背景的には後押しを受けるような状況であり、社会貢献の意義の高い本事業を継続することで、将来的には事業化が十分可能と考えている。そのためにも、現段階からのコミットメントが肝要であろう。事業環境が整い、採算性が見込める段階からの参入は、コンペティターも多く、外国企業にとっては著しく不利なビジネスとなる。

## 第4章 ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

### 4-1 提案製品・技術と開発課題の整合性

インドネシアにおける、提案製品・技術によって解決策がもたらされる開発課題を以下にまとめる。

表 24 インドネシアの開発課題と、提案技術による解決策

開発課題	提案技術による解決策
◎最終処分場の逼迫	▶ 一般ごみの 70%を占める有機ごみの大幅な減量
◎オープンダンピングの禁止	▶ バイオガス化、堆肥化というソリューションの導入
○再生可能エネルギーの活用による、化石燃料使用料の削減	▶ 有機ごみ由来のバイオガスの活用による、化石燃料の利用削減
○有機農業の推進	▶ 堆肥の供給による有機農業の推進
○地球温暖化防止	▶ メタンガス排出抑制による、温室効果ガス削減

#### 4-1-1 最終処分場の逼迫とオープンダンピングの禁止への解決策

インドネシアにおける廃棄物分野の最も喫緊の開発課題は、現状において最終処分場の処理能力を超える一般ごみが搬入されており、近年内にも処理能力の限界を迎えようとしていることである。

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

最終処分の方法としても、これまで主流であった埋立地でのオープンダンピングが法律により明確に禁止され、同時に 3R を強力に推進することとしている。

このような開発課題に対して、当事業は一般ごみの約 70%を占める有機ごみの大規模リサイクルを行い、最終処分場へ搬入されるごみを大幅に減量することで貢献することができる。有機ごみを対象として、現地に適合したバイオガス化および堆肥化の技術を適用することで、単独で収益を確保できるような事業モデルというソリューションを提供する。これは、廃棄物管理法で規定されたオープンダンピングの禁止へのソリューションともなりえるものである。

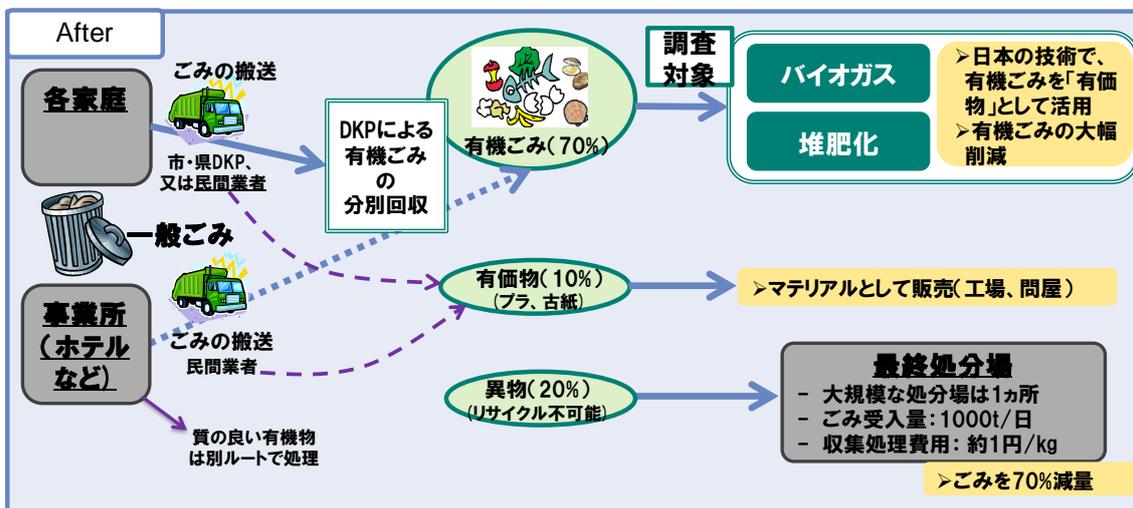
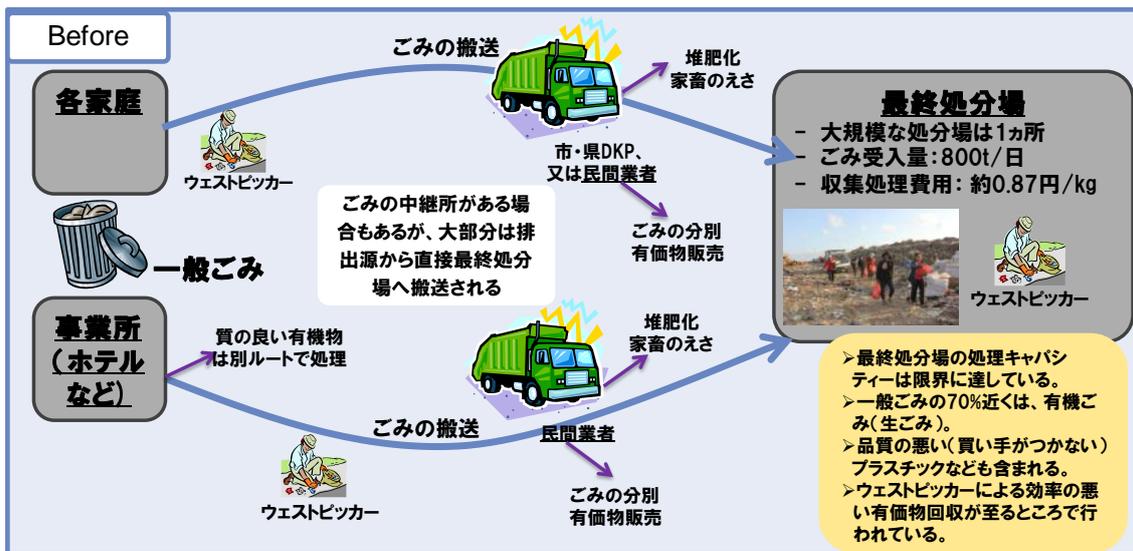


図 41 当事業前後の一般廃棄物フロー

4-1-2 再生可能エネルギーの活用による、化石燃料使用料の削減

インドネシアにおけるエネルギー消費は毎年 9%の増加を見せている。これは、経済成長率を上回るという状況にある。電力不足は、今後もインドネシアで顕在化していくことが考えられる。また、国内の石油の生産量は減少しており、2019年にはエネルギー輸入国に転落する可能性すらある。こうした中、インドネシア政府は化石エネルギーの使用量を削減し、再生可能エネルギーなどの利用を拡大していくような方針を打ち出している。

特に、有機ごみというバイオマスを、エネルギーとして再利用することに関しては、大きな関心が寄せられているようであるが、バリ島の NOEI の例が示すように、効果的なソリューションは見出されていない状況にある。調査開始当初は、有機ごみ対象とした事業という点で、NOEI の事業との利害面のコンフリクトも予想されたが、実際には NOEI の事業はごみの減量という意味では機能しておらず、また事業自体も持続性が危ぶまれている状況にあり、デンパサール市の DKP は別の根本解決策を探している。

有機ごみに由来するバイオガス化による事業展開を想定している本製品・技術を適用す

ることで、持続可能なバイオマスエネルギーを活用することができる可能性がある。課題は、技術の「現地化」によるコストダウンとなる。

#### 4-1-3 有機農業の推進

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

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

#### 4-1-4 地球温暖化防止

インドネシアのユドヨノ大統領は、2009年9月のG20ピッツバーグ・サミットにおいて、2020年までに温室効果ガスの排出量をBAU（Business as usual、対策がなされなかった場合）比で26%削減すること、更に国際的な支援を受けて41%削減することを発表した。これを受けて、国家開発企画庁が国家行動計画（RAN-GRK）を策定している。国家行動計画では、2020年までの温室効果ガス削減目標を分野別に掲げている。廃棄物分野においては、ゴミ処理場開発、都市部における3Rおよび下水システムによって、温室効果ガスを48メガトン-CO<sub>2</sub>削減することが目標となっている<sup>20</sup>。国家行動計画に呼応して、インドネシアの33州では「温室効果ガス排出削減に係る地方（州別）行動計画（RAD-GRK）」の策定が進んでいる。今後、国家、州レベルにおいて、温室効果ガスのマネジメントが求められるのは明らかな状況にある。

当事業の実施により、オープンダンピングによる有機ごみの腐敗によって排出されるメタンガスの量を削減することができると考えられる。メタンガスは、CO<sub>2</sub>の21倍の温室効果があり、その削減は、インドネシアの開発課題に貢献することができる。

実際に、ジャワ島中部スマラン市の最終処分場では、コンポストによる有機肥料製造プロジェクトとして、CDM（クリーン開発メカニズム）の元、温室効果ガスの削減量をクレジットする取り組みが、地方自治体との協力の元、民間企業によって実施されている

（Project 8036：Semarang MSW Composting Project<sup>21</sup>）。

また、日本政府は、京都メカニズムとは異なるアプローチで温室効果ガスを削減する新メカニズムの一つとして、二国間オフセット・クレジット制度（Joint Crediting Mechanism(JCM)）を提唱している。これは、これまでのCDMなどのスキームを補完する

<sup>20</sup> 新メカニズム情報プラットフォーム

<http://www.mmechanisms.org/country/IDN.html#nap>

<sup>21</sup> UNFCCC ホームページ <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/RWTUV1352119360.7/view>

ように、日本とパートナー国との合意に基づき、日本の優れた低炭素型技術によって温室効果ガスの排出削減を目指すものである。日本とインドネシアの間では、2013年8月に二国間クレジット制度に係る日・インドネシア二国間文書への署名がなされた。当事業で提案するスキームを低炭素型技術とし、JCMにおける温室効果ガスの削減効果を、日本、インドネシア両国への貢献とすることも可能である。

#### 4-1-5 その他の開発課題への貢献

その他、一般ごみから、有価物を回収しているウェストピッカーについて、当事業によって一般ごみや有機ごみの処理に関する就業機会を提供することで、インフォーマルセクターから正規セクターへの移行効果がある。

年間 300 万人の外国人観光客を迎える観光地という観点からは、街の美化は重要な課題である。TPA Suwung は、観光拠点であるクタとサヌールの間に位置し、海をまたいだ対岸には、2013 年に APEC が開催されたヌサ・ドゥア地区がある。最終処分場からの浸出水などによる環境汚染が生じれば、その悪影響は多くのビーチリゾートを抱えるバリの観光業には深刻なダメージとしてのしかかる。バリのごみ問題は、絶対に失敗や破たんが許されない事業であり、当事業の推進は、バリのイメージアップにも寄与するものである。

#### 4-2 ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果

ODA 案件化を通じた開発効果としては、ごみの減量だけではなく、上述したように、再生可能エネルギーの活用による化石燃料使用料の削減、有機農業の推進、地球温暖化防止、インフォーマルセクターの雇用、国際観光都市としてのイメージ保持という、複数の開発波及効果が期待されるものである。

本項では、3章で提示したモデルにより、当事業のおもな開発効果として、一般ごみの減量化という点に注目しながら、開発効果を試算したい。

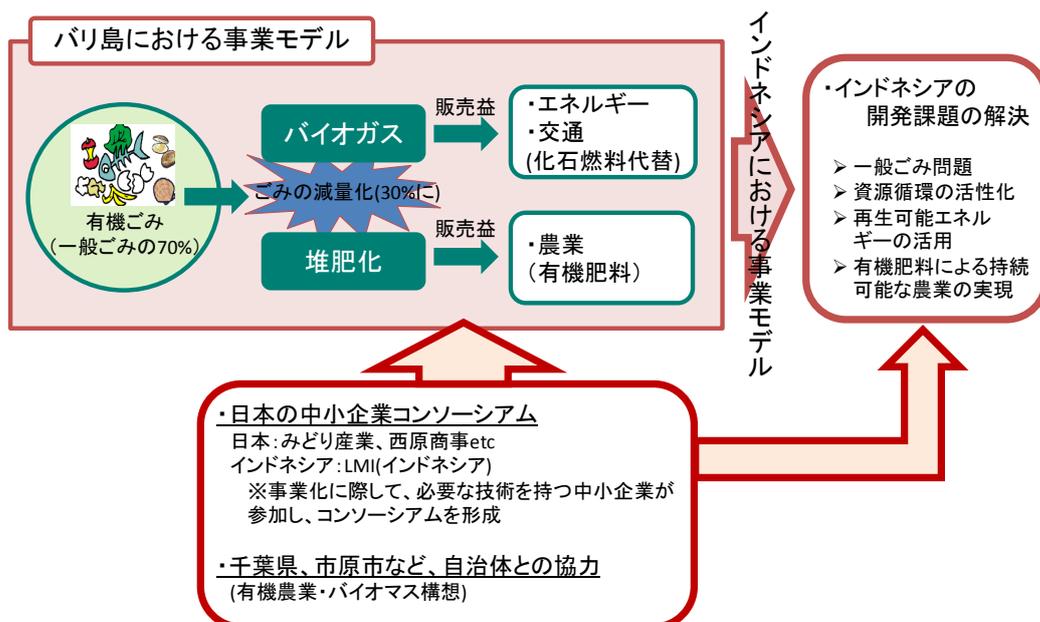


図 42 事業モデル及び開発効果

#### 4-2-1 パターン 1 100 トン規模の施設展開時の開発効果

「3-3-1 想定する事業規模と初期投資、収入源」で検討した、100 トン/日の有機ごみを処理することができる施設の開発効果を試算する。

現状デンパサール市より最終処分場に搬入される一日当たりの一般ごみ約 300 トンうち、約 70%の 200 トンが有機ごみであるとする、ODA 案件化で提案する合計 100 トン/日の処理施設の稼働により、そのうち半分が最終処分場には行かず、堆肥またはエネルギーの形で需要を伴って有効にリサイクルされることとなる。単純化すれば、この施設を 2 か所展開すれば、デンパサール市から排出される 200 トン/日の有機ごみは最終処分場に搬入されず、70%のごみ減量を達成することができる。

#### 4-2-2 パターン 2 サルバギータへの展開

さらに、本事業モデルをサルバギータ（デンパサール市、バドゥン県、ギアニャール県、タバナン県）全域へ横展開することができれば、ごみの削減をさらに推進していくことができる。

サルバギータには、800 トン/日の一般ごみが搬入されている。このうち 70%を有機ごみと考えると、560 トン/日の有機ごみが処理の対象となる。前項で示した、100 トン/日規模の施設を、6 か所に展開することで、サルバギータにおいて最終処分場に搬入されるごみの量は、30%にまで削減することが可能となる。

#### 4-3 ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果

ごみ収集から堆肥製造、堆肥による農業の全てについての技術と事業実績を持つみどり産業にとっては、有機ごみ処理事業を実施するにあたり、デンパサール市は理想的な事業展開エリアである。堆肥を使用した農作物に関して、国際リゾート地ならではの需要があることから、大きな可能性を確認することができた。

今後、インドネシアをはじめとする東南アジアでの事業展開を考えた場合、バリで確立したモデルは横展開が可能と考えられる。インドネシアの他地域においても堆肥を使用し、土壌改良を行うことで収益性の高い農業を目指す上で、バリ島という市場への接点を有していることはプラスに働くと考えられる。

また、前述の通り、みどり産業が位置する市原市は「バイオマス構想」を策定している。これは、生ごみの堆肥化、バイオガス化などと、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。当事業の成果と得られた知見については、市原市のバイオマス構想に発展に寄与するものであり、また将来的なバイオマス技術の海外展開に寄与することができる。みどり産業の取り組みは、新興国で成功した事業を、先進国に持ち帰るような「リバーズ イノベーション」の好例となる可能性がある。バリ島で得た知見を活用して、みどり産業がそのような市原市におけるバイオマス構想を先導していくような新しいビジネスの展開が可能であると考えられる。

## 第5章 ODA 案件化の具体的提案

### 5-1 民間提案型普及・実証事業によるパイロット事業

#### 5-1-1 概要



**「ごみの削減(最終処分場への持ち込み大幅減)」だけではなく、  
 「新エネルギー創出(バイオガス)」、「農業の発展」、「CO2削減」  
 という開発効果を得ることができる。**

図 43 民間提案型普及・実証事業によるパイロット事業概要図

第2章で述べた事業の仕組み、第3章で述べたその採算性、さらに第4章で述べた開発効果を鑑み、合計100トンの有機ごみ処理容量を持つバイオガス施設と、堆肥化施設の建設を基本としたビジネスモデルを提案してきた。そのモデルをさらに精査するために、民間提案型普及・実証事業によるパイロット事業を展開したい。

具体的には、図43で示すように、「分別」、「バイオガス」、「堆肥化」、「農業」までをスコープとする。小規模ながらも、デンパサール、ひいてはバリ島そしてインドネシアの課題である、有機物リサイクルのモデル、循環型社会の一つの姿を提示することができると思われる。

また、「ごみの削減(最終処分場への持ち込み廃棄物の大幅削減)」による最終処分場の延命化に加えて、1. 新エネルギーの創出(バイオガス)、2. 農業の発展(堆肥と液肥の利用)という開発効果を得ることができる。また、インドネシアの地方政府にも削減目標の設定が求められると考えられるCO2の削減についても、効果を果たすことができるモデルとなる。

デンパサル市からは、バイオガスおよび堆肥に使用可能なサイトの提供についても同意を得ることができた。落ち葉や剪定枝を原料としたコンポスト化を行っている施設であり、周囲に民家は少なく、工事や生ごみの搬入についても問題ないとのことであった。また、管理人がサイトに住み込みで常駐しており、サイトにおける警備という観点からも好条件の用地を提供いただける見込みである。

事業の実施に必要な人員については、DKP および LMI の協力を得て、現地で雇人することを想定している。また、将来的な施設や機材の譲渡を鑑み、DKP 職員の参加も要請する。

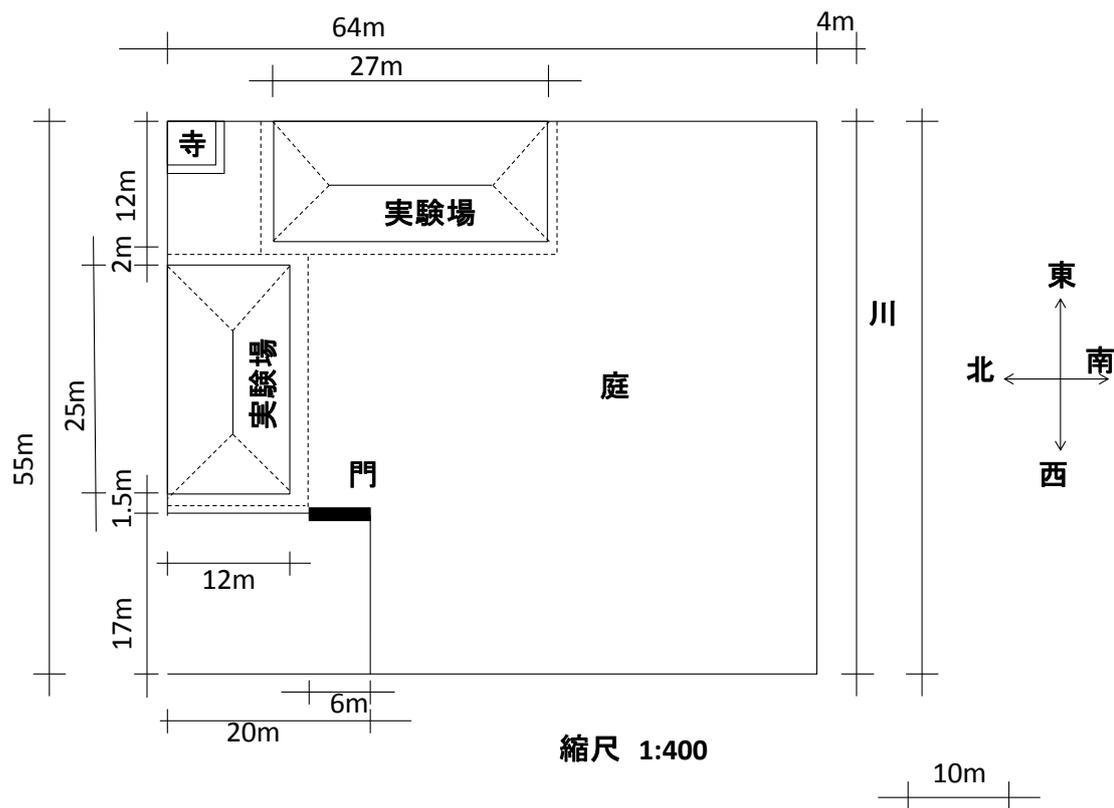


図 44 DKP より提供された用地の見取り図



図 45 DKP より提供された用地全景（見取り図の南西方向より実験場を撮影）

#### 5-1-2 分別

分別工程は、バイオガス、堆肥のいずれにとっても非常に重要なポイントである。民間提案型普及・実証事業というステップに進むことができたならば、という仮定の下でデンパサール市 DKP と協議を持ち、「分別回収は DKP が行い、有機ごみを提供する」という意向を局長からいただいた。分別工程を、DKP に任せきりにせず、有機ごみをリサイクルするという観点からの助言や、日本における教育や啓もう活動を例としたアドバイスを行っていきたい。DKP の局長とは、来年度事業の一環として、デンパサールのステークホルダーとの定期的な委員会を設けることで合意している。

加えて、既述のとおり、デンパサール市では、分別効率の向上に向けて、いくつかの施策が実施されている。こうした施策が実施されている地域をターゲットにして、有機物分別のモデル地区を作り、民間提案型普及・実証事業で使用する有機ごみを提供いただくことも検討したい。

その他の分別回収の可能性としては、まとまった有機ごみを排出するレストランなどへのアプローチも実施したい。ヒアリングでは、いわゆる残飯については、養豚業に販売されるケースが多いとのことであったが、殻や小骨などが多く混じるケースは養豚業に向いておらず、むしろバイオガス、堆肥に向いていると考えられる。こうした残飯や食品残渣の排出源の発掘も、DKP と協力して進めていきたい。

バイオガスや堆肥化など、工事を伴うプロセスを立ち上げるのには時間がかかると想定されるため、事業開始の初期 6 カ月程度は分別工程における取組を優先して進め、受け入れる有機ごみの分別効率が高まるような施策や取り組みの開発に注力する。

#### 5-1-3 バイオガス

バイオガスについては、今回の課題であった加温を伴ったバイオガスの製造実験を行う。装置立ち上げ時の不安定な時期を脱した後に、安定的に長期間にわたりバイオガスが創出

されるかどうかの実験を行うものとする。具体的な導入設備については、現在検討中であるが、下記で述べる小規模・分散型のモデルとなるような規模を想定している。

バイオガスの事業化については、分別が適切に行われたと仮定すると、ガスの発生には技術的には大きな問題は生じえない。バイオガスの技術は多くの開発途上国でも導入されているものであり、当事業でも一般ごみからのガス発生には問題ないとの結論を得ている。

検討しなければならないのは、液体として残る残さである。調査チームでは、これを液肥として販売することを検討しているが、バリ島では堆肥と比較して液肥の利用は少ない状況にある。民間提案型普及・実証事業では、バイオガスの副産物である液肥の活用方法についての検討を行うことも、重要なポイントとなる。具体的には、液肥と親和性の高い水田における施肥を実験し、その効果を示すことで、液肥の販路を拡大させていくことが可能である。日本で成功を収めている、福岡県大木町における「液肥米」の事例なども紹介しながら、液肥の施肥効果を実証する予定である。

バイオガスプラントについては、50 トン/日クラスの初期費用を抑えることを目的とした調査・検討を続けていく。デンパサール市全体としての有機ごみ解決策として、初期投資コストの低いバイオガスプラントのより詳細な見積もりの作成を目指したい。

また、送配電線網への売電や、ボンベへ充填した上でのガス販売とは異なる、小規模・分散型のバイオガス利用についても検討を行いたい。具体的なイメージは、バイオガスや堆肥工場の自家使用電力の供給、付近住民への煮炊き用のガス供給といったモデルであり、その実現可能性を検討する。

#### 5-1-4 堆肥化

堆肥化については、提供された用地を、最大で5 トン/日程度の有機ごみを処理できるキャパシティーを持つ堆肥製造設備に改造することを想定している。処理できるごみの量は、堆肥の完成に係る時間と、敷地面積に依存するために、パイロット事業を通して一定量の有機ごみを毎日処理するのに必要な設備（広さと施設、導入機器）のモデル作りを進めたい。

堆肥づくりに関しては、概ね 3 つのステップに分けて事業を実施したい。第一ステップは、堆肥を完熟させるプロセスを経て、堆肥製造工場への販売を前提としたマーケティング調査を行う。

第二ステップは、マーケティング調査を踏まえたプロセスの検討を行う。当事業で、大規模な副資材の投入などは必要ないと判断しているが、販売先への卸価格と、追加コストを鑑みて、オペレーションの再検討を行う。

第三ステップは、上記を踏まえた連続運用の実施となる。安定的に販売可能な堆肥の製造を続けていく上で、さらなるプロセス改善を目指す。

必要となる工事は、コンポストセンターの壁面を、鉄筋を使用したブロック壁に改良する工事と、ピット（仕分けされた小空間）の建設となる。必要な機材は、重機（ホイールローダー）、エアレーション機材、破碎機、フルイ機となる。破碎機とフルイ機は、バイオガス実験と共有することができる。

### 5-1-5 農業

バイオガス化によって生成される「液肥」、堆肥化によって生成される「堆肥」を用いた、農業の実践を行う。前述のとおり、みどり産業の強みは、食品廃棄物の回収、堆肥化、農業に関する実績を有する点にある。この強みを最大限に生かして、デンパサールにおける循環化型社会や有機物リサイクルのモデルを提示することで、液肥と堆肥の販売促進を行いたい。

液肥については、水田への給水口に施肥することが一般的である。これまでの条件を変えずに、液肥の施肥のみを実施するパターンから開始し、収量や品質の向上が見られるような稲作モデルを実現させることが目的となる。

堆肥については、トマトやキュウリ、トウモロコシなどの商品作物をメインに、収量や品質の向上を目指した、土作りにおける堆肥利用を推進していきたい。

現時点では、必ずしも「有機農業」を目指す必要はないと考えている。液肥や堆肥と、化学肥料の併用によっても、農業を改善できる予定は十分にあると考えられる。

農地については、デンパサール周辺の農地、野菜栽培のメッカともいえる農地などを視察し、農地のレンタルについては問題ないと考えている。バリでは、いわゆる耕作放棄状態にある農地も出現し始めており、比較的容易・安価に農地をレンタルすることは可能である。

作物の販売先については、既述のとおり、観光客などをターゲットとした、比較的高い価格での作物マーケットが存在している。こうしたマーケットに参入するだけでなく、マーケットの拡大を目指して、ホテルやレストランなどに作物のプロモーションを行っていく。



図 46 デンパサール郊外のレンタル可能な水田、畑の一例

5-2 ODA案件概要（無償資金協力、有償資金協力）

事業モデル(100トン処理)

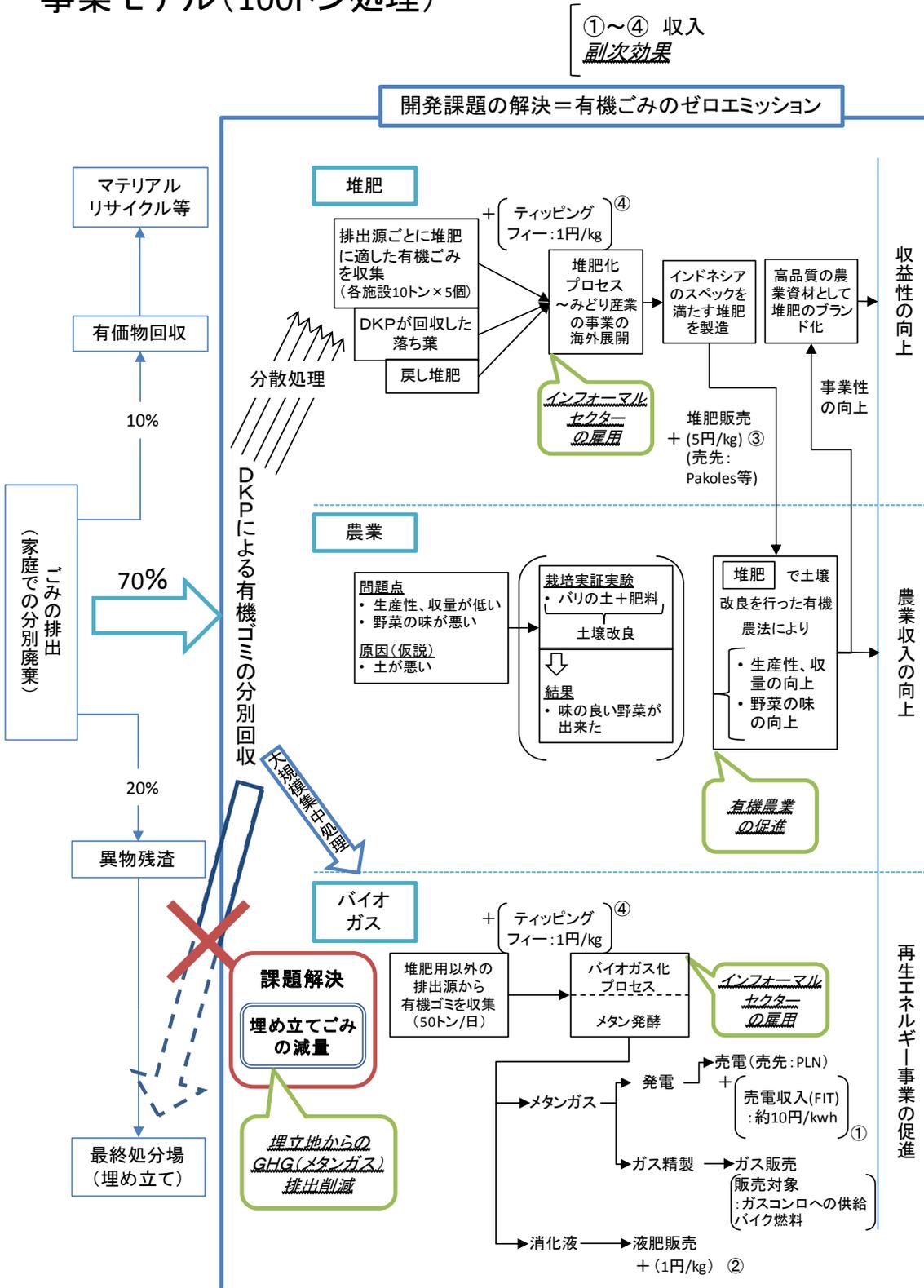


図 47 事業モデル図 (再掲)

ODA 案件概要（無償資金協力、有償資金協力）は、第 2 章で述べた事業の仕組み、第 3 章で述べたその採算性、さらに第 4 章で述べた開発効果を鑑み、合計 100 トンの有機ごみ処理容量を持つバイオガス施設と、堆肥化施設の建設が基本となる。規模を拡大する場合は、このユニットを複数展開することとなる。前頁に、事業モデルの全体図を再掲する。

ODA スキームとしては、無償資金協力として、デンパサール市を対象とした有機ごみ処理量、合計 100 トン/日の規模を有するバイオガスプラントと堆肥化センターの建設のための 3 カ年計画を提案する。有償資金協力としては、サルバギータ全域を対象として、上記施設を 6 ユニット展開するための、5 カ年計画を提案する。

#### 5-2-1 無償資金協力の提案内容

無償資金協力の場合は、前述のように、日量 50 トンの有機ごみを処理することができるバイオガス施設と、日量 10 トンの有機ごみを処理することができる堆肥化施設 5 つの建設による、日量 100 トンの有機ごみ処理が対象となる。その場合の費用は 7.8 億円（施設費 7.3 億円、キャパシティービルディングなど 5 千万円）と想定される。インドネシアにおける無償資金協力は、基本的には、世銀ガイドラインに基づく低所得国を対象としており、インドネシアは同基準において既に中所得国であるものの、ごみの減量というインドネシアにおける喫緊の課題に対するモデル事業になること、温室効果ガスの削減効果が両国の二国間クレジット制度（JCM）の発展に寄与することなど、両国にとっての優先課題の解決につながるという点からは、無償資金協力の可能性も十分にあると考えられる。

有償資金協力の場合、合計 100 トンの有機ごみを処理することができるバイオガス施設と堆肥化施設を、サルバギータに展開することで、バリ島の中心部におけるごみ問題を解決させることができる。将来のごみ排出量の増加を見越して、100 トンの有機ごみを処理できる施設を 6 ユニット建設できれば、サルバギータにおける TPA Suwung へ運び込まれるごみの量が約 30%にまで減少する。

以下に、ODA の案件化協力表のフォーマットに則って、無償資金協力および有償資金協力の提案内容を示す。ただし、両者に重なる部分についても省略せず記述することとする。

#### (1) 案件名

デンパサール市バイオガスプラント・堆肥化センターによる廃棄物削減プロジェクト

#### (2) 対象国名

インドネシア

#### (3) 署名日（実施合意）

2016 年以降

#### (4) プロジェクトサイト

インドネシア バリ州 デンパサール市

(5) 協力期間

2017年より3カ年

(6) 相手国機関名

インドネシア 公共事業省

(7) プロジェクト概要背景

インドネシア共和国（以下、イ国）では現在、最終処分場の処理能力を超える一般ごみが搬入されており、ごみの減量化は喫緊の問題である。本事業の対象サイトであるバリ島のデンパサール市もその例に違わず、早急な対策を必要としている。バリ島唯一の最終処分場（TPA）であるTPA Suwungには、他県を含む大デンパサール広域圏（バリ州のデンパサール市、バドゥン県、ギアニャール県、タバナン県を含む広域圏。現地では頭文字をとってサルバギータ、Sarbagitaと呼称される）から排出される200万人分の一般ごみが一日当たり約800トン搬入されている。デンパサール市美化局（DKP）へのヒアリングによると、デンパサール市からの搬入分はそのうち約300トン、有機ごみの割合は70%程度前後である。有機ごみをいかに減量するか、有効活用するかが、バリ島のごみ問題解決に向けた課題となっている。

こうした背景を受け、イ国における廃棄物の削減目標に貢献する事業として、デンパサール市バイオガスプラント・堆肥化センターによる廃棄物削減プロジェクトを実施する。現在、イ国においてごみ量の削減ができない大きな理由の一つは、大規模な有機ごみリサイクル事業の不在である。当プロジェクトは、「バイオガス化」と「堆肥化」を進めることで、有機ごみを有価物として販売・活用する。また、単独で収益を確保し、初期費用も回収することを念頭にした事業スキームを持つ。

具体的には、日量50トンの有機ごみを処理することができるバイオガスプラント1カ所と、郊外に分散して日量10トンの有機ごみを処理することができる堆肥化センター5カ所をデンパサール市に建設し、運営する。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。2010現在の人口は約80万人であるが、国際的なリゾート地として観光業が盛んであり、国際基準の環境衛生インフラサービスが期待される。

開発効果として1. ごみの減量、2. 温室効果ガスの削減、3. イ国有機農業政策への貢献、4. 雇用機会の創出が見込まれる。1. については、200トンの有機ごみを半分に削減することができる。2. については、オープンダンピングにより排出されるメタンガスを削減させることで、イ国が掲げる2020年までにBAU比26%の温室効果排出削減目標に貢献することができる。また、我が国が提案し、イ国ともその発展について合意された、温室効果ガスの削減に寄与する新メカニズムである二国間オフセット・クレジット・メカニズムのプロジェクトとしての貢献も期待される。3. については、有機ごみから製造される堆肥によりイ国が進める化学肥料から有機肥料の転換政策に貢献することができる。4. については、一般ごみから有価物を収集・販売しているインフォーマルセクターに属するウェストピッカーの両処理施設における正規雇用を生み出すことができる。

事業は大きく、1. 施設の建設、2. 施設運営のためのキャパシティービルディングに分けられる。両者とも、JCC（合同調整委員会）によって現地実施体制が策定されるが、

1. については、公共事業省を中心とし、2. については、公共事業省とデンパサル市によって実施され、有機ごみのバイオガス化や堆肥化に知見を持つ我が国の専門家や地方自治体や民間企業が投入される。

総事業費は、約 7.8 億円（施設費用 7.3 億円、調査・キャパシティービルディング 5 千万円）となる。

事業実施後、施設の運営はデンパサル市が担当することとし、イ国政府、デンパサル市政府は施設の運営費用を負担する。デンパサル市は、運営を民間事業者に委託するなどし、円滑に運営を図る。

#### （8）上位目標

一般ごみの約 70% を占める有機ごみのバイオガス化施設と堆肥化施設の建設と運営により、イ国の開発課題である一般ごみの最終処分量削減に寄与する。具体的には、デンパサル市で排出される約 200 トン/日の有機ごみのうち、最終処分される割合を約 50% とすることを目標とする、モデル事業を実施する。

#### （9）プロジェクト目標

イ国デンパサル市に、日量 50 トンの有機ごみを処理することができるバイオガスプラント 1 カ所と、郊外に分散して日量 10 トンの有機ごみを処理することができる堆肥化センター 5 カ所を建設し、運営する。

#### （10）成果

1. 施設に投入した有機ごみはほぼ全量をリサイクルする。
2. バイオガスプラントと堆肥化センターの運営による新規雇用機会を生み出す。
3. イ国の農業政策に貢献する有機肥料の生産量を増加させる
4. イ国における、温室効果ガスの削減に寄与する。
5. デンパサル市、並びにイ国における、1. ～ 4. を可能にするモデルプロジェクトを確立する。

#### （11）活動

デンパサル市において、「バイオガスプラント」1 カ所の建設用地を確保し建設し、「堆肥化センター」5 カ所は既存の美化局所有の堆肥化センターを改良し、建設する。

施設の完成後、運営に関するキャパシティービルディングを実施する。

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

#### （12）投入

デンパサル市での 3 カ年計画を考えると、7.8 億円となる。

#### （13）外部条件

- ・カウンターパートが適切に配置される。

- ・イ国、デンパサール市の廃棄物改善に向けた政策に後退が無い。
- ・デンパサール市より適切な用地が提供され、有機ごみの分別回収の徹底に向けた取り組みが強化される。用地の提供、ごみの分別廃棄に関して、地域住民などとの合意形成が適切になされる。

#### (14) 実現体制

1. 現地実施体制：公共事業省を中心に、デンパサール市美化局などが参加する JCC（合同調整委員会）
2. 国内支援体制：特になし

#### (15) 関連する援助活動

##### 1. 我が国の援助活動

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

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

##### 2. 他ドナーなどの援助活動

特になし

#### 5-2-2 有償資金協力の提案内容

##### (1) 案件名

バリ州サルバギータにおけるバイオガス施設・堆肥化センターによる廃棄物削減プロジェクト

##### (2) 対象国名

インドネシア

##### (3) 署名日（実施合意）

2019年以降

##### (4) プロジェクトサイト

インドネシア バリ州サルバギータ（デンパサール市、バドゥン県、ギアニャール県、タバナン県を含む広域圏）

##### (5) 協力期間

2020年より5カ年

##### (6) 相手国機関名

(7) プロジェクト概要背景

インドネシア共和国（以下、イ国）では現在、最終処分場の処理能力を超える一般ごみが搬入されており、ごみの減量化は喫緊の問題である。本事業の対象サイトであるバリ島のデンパサール市もその例に違わず、早急な対策を必要としている。バリ島唯一の最終処分場（TPA）であるTPA Suwungには、他県を含む大デンパサール広域圏（バリ州のデンパサール市、バドゥン県、ギアニャール県、タバナン県を含む広域圏。現地では頭文字をとってサルバギータ、Sarbagitaと呼称される）から排出される200万人分の一般ごみが一日当たり約800トン搬入されており、そのうち有機ごみの割合は70%程度前後である。有機ごみをいかに減量するか、有効活用するかが、バリ島のごみ問題解決に向けた課題となっている。

こうした背景を受け、イ国における廃棄物の削減目標に貢献する事業として、バリ州サルバギータにおけるバイオガスプラント・堆肥化センターによる廃棄物削減プロジェクトを実施する。現在、イ国においてごみ量の削減ができない大きな理由の一つは、大規模リサイクル事業の不在である。当プロジェクトは、「バイオガス化」と「堆肥化」を進めることで、有機ごみを有価物として販売・活用する。また、単独で収益を確保し、初期費用も回収することを念頭にした事業スキームを持つ。

具体的には、日量 50 トンの有機ごみを処理することができるバイオガスプラント 6 カ所と、郊外に分散して日量 10 トンの有機ごみを処理することができる堆肥化センター30 カ所をバリ州に建設し、運営する。バリ州は国際的なリゾート地として観光業が盛んであり、国際基準の環境衛生インフラサービスが期待される。

開発効果として 1. ごみの減量、2. 温室効果ガスの削減、3. イ国有機農業政策への貢献、4. 雇用機会の創出が見込まれる。1. については、現状約 600 トン排出されている有機ごみをほぼゼロまで削減することができる。2. については、オープンダンプングにより排出されるメタンガスを削減させることで、イ国が掲げる 2020 年までに BAU 比 26%の温室効果ガス削減目標に貢献することができる。また、我が国が提案する温室効果ガスの削減に寄与する新メカニズムである二国間オフセット・クレジットのプロジェクトとしての貢献も期待される。3. については、有機ごみから製造される堆肥によりイ国が進める化学肥料から有機肥料の転換政策に貢献することができる。4. については、一般ごみから有価物を収集・販売しているインフォーマルセクターに属するウェストピッカーの両処理施設における正規雇用を生み出すことができる。

事業は大きく、1. 施設の建設、2. 施設運営のためのキャパシティービルディングに分けられる。両者とも、JCC（合同調整委員会）によって現地実施体制が策定されるが、1. については、公共事業省を中心とし、2. については、公共事業省とデンパサール市によって実施され、有機ごみのバイオガス化や堆肥化に知見を持つ我が国の専門家や地方自治体や民間企業が投入される。

総事業費は、約 44.5 億円（施設費用 43.5 億円、調査・キャパシティービルディング 1 億円）となる。

事業実施後、施設の運営はバリ州サルバギータの各県・市が担当することとし、イ国政

府、各県・市政府は施設の運営費用を負担する。サルバギータ各県・市は、運営を民間事業者に委託するなどし、円滑に運営を図る。

#### (8) 上位目標

一般ごみの約 70%を占める有機ごみのバイオガス化施設と堆肥化施設の建設と運営により、イ国の開発課題である一般ごみの最終処分量削減に寄与する。具体的には、バリ州サルバギータで排出される約 600 トン/日の有機ごみのうち、最終処分される割合をほぼゼロとすることを目標とする、モデル事業を実施する。

#### (9) プロジェクト目標

イ国バリ州に、日量 50 トンの有機ごみを処理することができるバイオガスプラント 1 カ所と、郊外に分散して日量 10 トンの有機ごみを処理することができる堆肥化センター5カ所の施設を、6 ユニット建設し、運営する。

#### (10) 成果

1. 施設に投入した有機ごみはほぼ全量をリサイクルする。
2. バイオガスプラントと堆肥化センターの運営による新規雇用機会を生み出す。
3. イ国の農業政策に貢献する有機肥料の生産量を増加させる
4. イ国における、温室効果ガスの削減に寄与する。
5. バリ州、並びにイ国における、1～4. を可能にするモデルプロジェクトを確立する。

#### (11) 活動

バリ州において、「バイオガスプラント」6カ所の建設用地を確保し建設し、「堆肥化センター」30カ所は既存の美化局所有の堆肥化センターを改良し、建設する。

施設の完成後、運営に関するキャパシティービルディングを実施する。

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

#### (12) 投入

バリ州での 5 年計画を考えると、44.5 億円となる。

#### (13) 外部条件

- ・カウンターパートが適切に配置される。
- ・イ国、バリ州の廃棄物改善に向けた政策に後退が無い。
- ・バリ州より適切な用地が提供され、有機ごみの分別回収の徹底に向けた取り組みが強化される。用地の提供、ごみの分別廃棄に関して、地域住民などとの合意形成が適切になされる。

#### (14) 実現体制

1. 現地実施体制：公共事業省を中心に、バリ州各地区の美化局などが参加する JCC (合

同調整委員会)

2. 国内支援体制：特になし

#### (15) 関連する援助活動

##### 1. 我が国の援助活動

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

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

##### 2. 他ドナーなどの援助活動

特になし

#### 5-2-3 技術協力

5-2の冒頭で示した事業モデルにある、農業分野については、堆肥・液肥の販売先を確保する上では、有機農業の促進が大きな課題となる。廃棄物削減の施設建設を伴う無償資金協力、有償資金協力と並行して、現地政府担当者レベルや農家を対象に、バリ島において堆肥を用い、かつ収益性を上げるような農業の指導、人材育成を行うことを目的とした、技術協力プロジェクトを実施することも可能である。無償・有償資金協力プロジェクトのアウトプットである堆肥・液肥を有効利用することとなり、これは、農業省の有機肥料増産の施策に一致する。また、農家のキャパシティービルディングにもつながるものである。

#### 5-3 他 ODA 案件との連携可能性

デンパサール市が自ら行うとしている分別工程については、インドネシア スラバヤ市で民間提案型普及・実証事業を実施している西原商事との連携を図ることも可能である。分別についてはDKPが分別回収を開始する予定だが、西原商事のスラバヤ市における知見を活用することも可能である。同様に、本調査のコンポストにかかる実験から得られた知見についても、西原商事の事業に提供することで、相乗効果が期待できる。

ODA 案件化の具体的提案内容、実施体制、開発効果については、第2～4章にまとめたように、民間と公共の分担は、初期投資についてはなるべく低く抑えた上で、デンパサール市やインドネシア公共事業省などの公的セクターが土地提供やごみ収集費用を負担し、民間セクターのみどり産業、LMIなどが参加する事業体が、事業の運営委託を受けるというスキームが望ましいと考えている。

インドネシアにおける他 ODA 案件との連携可能性としては、有機ごみを分別し、プラスチックなどを有価物として販売する過程について、補強として参加する西原商事がインドネシア・スラバヤ市で実施している「民間提案型普及・実証事業」の知見も合わせれば、一般ごみの中間処理と有機ごみの処理を組み合わせたモデルも検討することができる。

また、有償資金協力として「マミナサタ広域都市圏廃棄物管理事業」（南スラウェシ州）、PPP インフラ事業として「インドネシア国西ジャワ州廃棄物複合中間処理施設・最終処分場・運営事業準備調査」が実施されている。両者とも、最終処分に近い段階でのごみの中間処理を実施するもので、本事業とは相互補完的に検討される余地があると考えられる。

#### 5-4 その他関連情報

以上の調査成果及び提案を携え、2014年2月の第4回現地調査時にデンパサール市DKP、インドネシア公共事業省、農業省、工業省及び環境省を訪問した。結果、協議状況は以下の通りである。

デンパサール市DKPは、観光地であるバリのごみ問題は必ず解決しなければならず、その解決方法について、日本側と共有ができていくという認識である。分別回収を促進する施策の実施や、堆肥の販売先候補の確保、用地の確保も進めている。また、TPAにて操業するNOEIの事業との住み分け、もしくは協業の可能性についてもコンフリクトの無い方向で検討している。引き続き検討課題となるのは、特にティッピングフィーの問題であるが、本プロジェクト成果報告と提案をもとに、100トン/日処理モデルのパイロット事業について、デンパサール市長と共有し、会議を開催した上で、州知事にも提案を行いたいとのことであった。

公共事業省人間環境総局の訪問においては、本調査結果及び提案事業内容の共有を行った。当局はインフラ整備の管轄であるため、特に有機ごみ処理プラント建設についての議論を行った。また、1章にて記した「2010年-2015年戦略」の進捗についてヒアリングし、ごみ減量対策の進捗に関する現状の把握を行った。

農業省においては、主に堆肥製造と販売の観点から協議をし、提携先などの提案をいただいた。

工業省においても、ごみ問題を重要な問題と捉えており、分別の促進やウェストピッカーの問題に興味を示している。提案事業のアウトプットである堆肥やガスについて、インドネシアでは両方とも不足しているため、需要は高いとの認識をいただいた。

環境省との協議では、廃棄物管理法、施行令の状況について聞き、現状オープンダンピングに代わる方法と資金が、地方自治体において十分に準備できていない状況とのことであった。そのような中、本事業のごみ分別と農業までを視野に入れた取り組みは、他の案件との差別化にもなり、ユニークで良い、とのコメントを、協議に出席したJICAインドネシア事務所のJICAエキスパートよりいただいた。また、鹿児島県大崎町が、草の根技術協力事業地域提案型で、ジャカルタ郊外のデポック市において、大崎町の非焼却型廃棄物処理システムの導入を目指す「住民参加型一般廃棄物処理技術開発普及事業」を実施しており<sup>22</sup>、良い結果が出始めている。こうした事例とうまく連携することで、効果を高めていくことを期待している、という助言をいただいた。

---

<sup>22</sup> [http://www.jica.go.jp/partner/kusanone/chiiki/ind\\_07.html](http://www.jica.go.jp/partner/kusanone/chiiki/ind_07.html)





**"Project Formulation Survey" under the  
Governmental Commission on the Projects for  
ODA Overseas Economic Cooperation  
in FY2013**

**Summary Report**

**Republic of Indonesia  
Project Formulation Survey on  
Compost and Biogas from Organic  
Waste in Denpasar, Bali, Indonesia**

**March, 2014**

**Midori Sangyou Co., Ltd.**

**NTT Data Institute of Management Consulting, Inc.**

The content of this report is a summary of the project formulation survey, which was commissioned by the Ministry of Foreign Affairs of Japan in the FY 2013 and is carried out by the consortium (Midori Sangyou Co., Ltd. and NTT Data Institute of Management Consulting, Inc.). It does not represent the official view of the Ministry of Foreign Affairs.

## **I. Confirmation of the current state and the needs of the concerned development subject in the surveyed country**

The problem of domestic waste (which refers to waste from household; the term “waste” hereafter refers to domestic waste, unless otherwise specified.) in Indonesia, especially in urban areas, is the most difficult issue to solve for the urban administrative bodies. In Indonesia, in the process of economic development and urban population growth, the amount of waste is assumed to increase in urban areas in the future. Even now, the amount of waste exceeds the processing capacity of the final disposal site (TPA). The reduction of domestic waste is an urgent issue.

Although the open dumping method had been mainly used in disposing waste, it has been prohibited under the Waste Management Law in 2008. The Government has a policy to implement new measures, such as sanitary landfill, by 2013. For example, the city of Denpasar consigns electric power generation by landfill gas (methane) to the private company, PT NAVIGAT ORGANIC ENERGY INDONESIA (NOEI). However, they are facing a stalemate in the sustainable operation system due to insufficient waste separation and reduced price of CDM (Clean Development Mechanism) credit.

As for the composition of waste at the final disposal site, organic waste accounts for around 70%. How to reduce the organic waste and use it effectively is a task that needs to be addressed. Valuables, such as plastics and papers, are separated and collected by private collectors and waste pickers, and sold to wholesalers before being carried to the final disposal site.

The management of domestic waste is the responsibility of local governments in Indonesia. Each local government has DKP (Dinas Kebersihan dan Pertamanan) in charge of waste management. While DKP itself performs the cleaning work, it outsources part of the work under contract with a third party.

The National Mid-term Development Plan (RPJM), which showed the basic policies of national development in Indonesia over a five-year period from 2010 to 2014, was implemented in February 2010 as a national policy. In this plan, the specific waste disposal implementation program, in which the Ministry of the Environment and the Ministry of Public Work play central roles, was prescribed with 3R (Reduce, Reuse and Recycle) as its theme.

The basic law for waste management in Indonesia is the Waste Management Law of 2008 (No.18/2000). This law clearly prescribes that waste disposal by the open dumping shall be prohibited. Specific provisions of this prohibition order are to be prescribed by each local government. In addition, the law provides that final disposal sites that are operated with the

open dumping method shall be closed by 2013 which is the responsibility of local governments, as a transitional provision on final disposal sites that are already in existence.

## **II. Possibility of utilization of technologies of the proposing company and prospect for its future business deployment**

### **1. Strength of technologies of Midori Sangyou Co., Ltd. (Composting and biogasification)**

Midori Sangyou Co., Ltd., has actual experience in producing compost using food waste, sales of produced compost, and agricultural production using the compost. In other words, it has technologies and business experience in all of the following areas: waste collection, production of compost, and agriculture.

### **2. Positioning of overseas advance in business deployment of Midori Sangyou**

Responding to the prospect of the waste/recycle industry in which the amount of waste is expected to decrease by 50% in future compared to the current level in Japan, as well as to the tendency of globalization of resource circulation, Midori Sangyou is oriented toward the overseas business deployment. In doing so, it focuses on the circulation of waste, aiming at overseas business deployment in the places where biomass energy could be produced locally for local consumption in urban areas and organic agriculture may be implemented in rural areas using compost produced from waste at the same time.

Because of several characteristics in Bali, i.e. an international city that is a source of waste, a city having a hinterland where people are engaged in agriculture, and the consumption area of agricultural products and the most concentrated area of the tourism industry in Indonesia, Bali is considered an ideal business deployment place for Midori Sangyou, which has technologies and business experience in all of waste recovery, composting and agriculture using compost.

### **3. Current waste disposal system in Denpasar city**

According to the interview with DKP of Denpasar city and other bodies, DKP or private companies collect waste using trucks under the current domestic waste disposal system in Denpasar. There is a joint collection and an individual collection at temporary collecting points, and collection is conducted approximately three times a week. The waste disposal fee of 2,500 rupiah per month, which is paid by every household to DKP, serves as the financial resources of DKP. In the case of collection by private companies, each person who takes out waste pays 15,000 rupiah per month to such companies in addition to the disposal fee paid to DKP as the disposal fee. Private companies sort out waste individually. They collect plastic, cardboard and

old paper to sell. Additionally, waste pickers within a city collect and sell valuables. Large quantity waste, such as that disposed of by hotels and shopping centers, is collected daily by private companies based on contract.

In general, Bali where tourism is the main industry takes special care in addressing the transportation of waste, as a delay of work may result in problems such as bad odor.

The waste that has been collected as mentioned above is transported to the final disposal site (TPA), after valuables that can be easily selected by private companies and waste pickers have been removed. The total amount is approximately 300 tons per day within the city of Denpasar. According to the interview survey with the TPA, the landfill site will become full in 9.6 years. Private companies pay the disposal fee corresponding to the amount to the TPA when they bring in waste to the TPA.

The TPA is operated by NOEI based on a consignment from the state of Bali. The state of Bali and NOEI have had a contract since 2004 and operated the business that aims at “Waste to Energy” with electric power generation using landfill gas. The land of the TPA is owned by the national government and NOEI was in charge of constructing and managing buildings and facilities.

The financial situation of NOEI has worsened due to insufficient separate collection of waste and a decline of the CDM price. The power generation business has actually faced problems. Moreover, as the amount of waste may not be reduced with the power generation by landfill gas, it cannot be sure that the gasification power generation contributes to resolution of the original problem of waste reduction.

#### **4. Assumed business mechanism**

The project proposed by Midori Sangyou intends to reduce the total amount by processing the waste through biogasification and composting, targeting the organic waste, which accounts for around 70% of the daily waste of 300 tons transported from Denpasar to the TPA. We have obtained a prospect for the sale of biogas and compost at the local interview. The specific consideration of profitability is described later in Chapter 3.

As for the separation of organic waste, DKP of Denpasar plans to implement source separation and collection by recovery vehicles dedicated to organic waste. It has also obtained agreement in bringing in the separated organic waste and will be provided with a pilot project premise when implementing a pilot project under “the Pilot Survey for Disseminating Small and Medium Enterprises Technologies” in Japanese FY2014.

## **5. Structure for implementing the assumed project and schedule toward specific dissemination**

The assumed project implementation structure is as follows: a consortium composed mainly of Midori Sangyo and LMI based in Indonesia, obtains a consignment for operation of the project from DKP of Denpasar, which is a counterpart in Indonesia.

We hope to roll out a pilot project based on “the Pilot Survey for Disseminating Small and Medium Enterprises Technologies” in fiscal years 2014 to 2016, closely examine the business model through a continuous operation, and then achieve commercialization with a target starting time of fiscal year 2018.

DKP has a strong commitment to the improvement of waste management, and also has high expectations for this project. DKP plans to prepare collection vehicles dedicated for organic waste in order to implement this project. A site for the pilot project assumed to be implemented in the next fiscal year has already been prepared, as well. Also, they say it is possible to consider the payment of a tipping fee. These facts are of substantial assistance to this project. In addition, it is difficult for the recycle project we assume to contribute to the fundamental resolution of the waste problem, unless we build a cooperation that expands to agriculture. Therefore, we have shared with local bodies the policy to build a cooperation structure with the Agricultural Bureau and colleges in addition to DKP.

## **III. Local compatibility verification activities (proof/pilot survey) including introduction, trial use or various tests of products and technologies**

### **1. Overview of proving test of biogasification/composting technology**

A biogasification proving test was conducted which was aimed at collecting methane gas in the process of anaerobic fermentation of organic waste processing to utilize it as an energy source. In this survey, we conducted a biogas generation experiment with locally sourced low-cost equipment, using a 520-liter polyethylene tank for methane fermentation and a 350-liter polyethylene tank for gas storage, in order to examine the best method for gasification using local organic waste.

We obtained cattle feces from a cattle farmer, which were used as the fermentation seed sludge. We put the fermentation seed sludge in the methane fermentation tank with water and added raw garbage that was provided by the city of Denpasar. There was almost no need of energy for gas production, as we stirred raw garbage by hand.

In the composting proving test, we made five types of compost samples to see what kind of compost may be generated using local materials. Compost was completed within approximately three months of aeration, fermentation while sprinkling with water, stirring by hand and monitoring of certain parameters once every three days. The compost samples were formed with the application of the technical expertise of Midori Sangyou, blending 500kg to 1 ton of organic waste provided by the government of Denpasar, fallen leaves, marine products, rice bran, urea and sugar.

## **2. Results of proving test of biogasification/composting technology**

The result of the biogasification proving test shows that 54 liters of biogas were generated from the total raw garbage input of 15.6kg-wet (wet weight) that was conducted three times in total over approximately two months. Considering the lower generation efficiency in the first half of the test period, which was a period for adjustment, we paid attention to the one-month period after the third garbage input in December. In this period, the amount of biogas generation per unit of garbage input was 6.0 liter/kg-wet. The concentration of methane gas at that time was 32%.

Although the amount was around one tenth that of the typical amount of biogas generation in each of the three input tests, we deem this value to be appropriate considering the fermentation temperature condition. It was difficult to estimate the maximum amount of biogas generation from raw garbage input, as we used the experiment equipment under an unheated condition. However, we made good progress in the methane fermentation of organic waste, and it was proved that there was no problem in the biogasification of organic waste. In order to make it a formal project and construct a biogasification plant with organic waste, we need to further examine the characteristics of organic waste in detail (component, moisture content, heat quantity, confirmation of inappropriate ingredient, etc.).

The composting test result shows that we could generate high-quality compost thanks to the high nitrogen content of the fallen leaves we used. While it didn't reach a complete fermentation state because of the limited test period, it was proved that their fermentation technology had sufficient appropriateness when local materials such as organic waste were used. In commercialization, it was proved that we need not input sub-material such as chaff.

## **3. Study of profitability**

According to the assumed scale of the project, 100 tons of organic waste can be processed in total with the construction of 50-ton biogasification plant at one location and 10-ton composting facilities at five locations. The processing amount is half the amount of organic waste contained in domestic waste that is brought in by the TPA from the city of Denpasar.

As for the biogas plant, one large-scale intensive facility will be installed to improve the efficiency of biogas generation and electric power generation. As for the composting facility, assuming the improvement of existing compost centers where fallen leaves in parks and on the roads are processed, facilities with a processing capacity of around 10 tons will be installed at several locations.

Regarding the initial cost, the land is provided by DKP at no cost, and savings on the cost for facility construction will be procured as much as possible so that the cost is low even for the local standards.

Possible sources of revenue include profits from the sale of biogas electric power (assumed power generation capacity: 150kW, selling price of electric power: approximately 10 yen/kWh), revenue from the sale of compost (assumed price: 5 yen/kg), and tipping fee (assumed price: 1.2 yen/kg). Expenses include labor cost (six local staff members and one Japanese manager), utility cost, maintenance cost, depreciation cost, paid interest, tax and dues, general management expense and in some cases the by-product processing cost. Considering these expenses, the estimation of the prospective profit shows that we will be able to implement the project at a profit as a whole.

#### **IV. Development effect in subject country as a result of formulating an ODA project and effect on business deployment of proposing company**

##### **1. Consistency between biogasification/composting technology and development subject and development effect**

The contribution of promoting this project to the development subject is a reduction in the amount of waste to be brought into the final disposal site. By providing solutions such as biogasification and composting for organic waste, which accounts for about 70% of the total waste, the total amount of waste brought into the final disposal site can be reduced significantly.

In addition to the reduction in the amount of waste, multiple development spin-off effects are expected, including a reduction in the greenhouse gas emission as a result of reduction in methane gas emission, promotion of organic agriculture through providing compost and liquid fertilizer, and employment of the informal sector. As mentioned above, the reduction of waste and related problems have become urgent issues not only for the city of Denpasar, but also for Indonesia as a whole. Through the development of a locally compatible organic waste disposal model with composting and biogasification under this project, we can expect various contributions to the local economy, starting from the city of Denpasar with a view to expanding to the entire area of Sarbagita (Denpasar city, Kabupaten Badung, Kabupaten Gianyar,

Kabupaten Tabanan).

## **2. Effect on business deployment of Midori Sangyou through implementation of the ODA project**

For Midori Sangyou, which has technologies and business experience in all areas of waste collection, compost production and agriculture with compost, it has been proved that Denpasar is an ideal area for its business deployment in implementing the organic waste disposal project. While it is not within the scope of this project, we confirmed the great possibility in high-quality agriculture using compost, as there is a demand that is distinctive to an international resort.

Considering the future business deployment in Southeast Asia including Indonesia, we suppose the model established in Bali may be deployed laterally. As for the implementation of the high-quality agriculture using organic fertilizer in other areas in Indonesia, we consider the fact that we have a contact point with the market of Bali as an advantage.

## **V. Specific proposal for making it an ODA project**

The business model has been proposed based on the business mechanism, profitability and development effect as mentioned in chapters 2-4, respectively. It includes the construction of a biogasification plant and composting facilities with the total capacity to process 100 tons of organic waste. In order to further examine the business model, we aim at conducting “the Pilot Survey for Disseminating Small and Medium Enterprises Technologies” in the next phase. The scope includes waste separation, biogas, compost and agriculture. Although the target scale will be confined to the city of Denpasar, it is expected that the model of organic waste recycling and the aspect of sustainable society will be demonstrated in an extensive way where Bali Island and the whole country of Indonesia would be concerned.

Multiple development effects are expected such as renewable energy creation (biogas) and promotion of agriculture using compost and liquid fertilizer, in addition to the waste reduction effect which enables extension of the remaining lifetime of the final disposal sites. It is assumed that local governments of Indonesia will be obliged to set greenhouse gas reduction targets, to which this project can make a substantial contribution as well.

The city of Denpasar has already agreed to offer a site for the biogas plant and compost facilities. Local human resources will be employed with cooperation of DKP and LMI. DKP staff will be requested to collaborate to be prepared for the future transfer of facilities and machineries to DKP.

In further phases in future, possibility of projects with grant aid, loan assistance or technical assistance will be considered.

(Project Formulation Survey)  
Republic of Indonesia, Project Formulation Survey on Compost and Biogas from Organic waste  
in Denpasar, Bali, Indonesia

**SMEs and Counterpart Organization**

- Name of SME : Midori Sangyou Co., Ltd.
- Location of SME : Ichihira City Chiba Pref., Japan
- Survey Site ▪ Counterpart Organization : Denpasar, Indonesia ▪ Denpasar City, DKP

**Concerned Development Issues**

- Lack of Final Disposal site for Domestic Waste
  - The amount of waste exceeds the processing capacity of the final disposal site.
  - Economic development and growth in Indonesia increase the amount of domestic waste.
  - Alternative to open dumping method
  - Treatment of Organic waste which is 70% of Domestic waste.

**Products and Technologies of SMEs**

- Biogasification
  - Create biogas from organic waste. The gas is delivered or utilized for electricity by gas generators.
  - Create liquid fertilizer after the process
- Composting
  - Decrease the amount of organic waste by composting process to make organic fertilizer.
  - Organic fertilizer for sustainable agriculture.

**Proposed ODA Projects and Expected Impact**

- ODA program: "Treatment of 100ton/day of organic waste" (grant or loan)
- Impact 1: the amount of disposed waste will be decreased to 30%
- Impact 2: GHG reduction (prevent Methane creation), contribution to organic agriculture (organic fertilizer), providing renewable energy, improving the image of Bali as international tourist resorts

**Future Business Development of SMEs**

- Proposal of "Biogasification and Composting" business to reduce the amount of organic waste
- Outsourcing business from municipality. Obtaining profits by selling biogas/compost as well as tipping fee from municipality.

