

インドネシア国

インドネシア国  
循環型無水トイレを利用した  
保健衛生改善事業準備調査  
(BOP ビジネス連携促進)

ファイナル・レポート

平成 27 年 9 月

(2015 年)

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

株式会社 LIXIL

i-Incubate 株式会社

民連
CR (1)
15-086

# 目次

1	調査概要	1
1.1	調査の背景と目的	1
1.1.1	調査の背景	1
1.1.2	調査の目的	2
1.1.3	調査の前提となる商品	2
1.2	調査方法	2
1.2.1	調査方法	2
1.2.2	調査地域の選定	3
1.2.3	パイロット実施宅の選定	4
1.2.4	調査の手段・対象・期間	6
2	調査結果まとめ	8
2.1	調査結論	8
2.1.1	事業化実施可否判断	8
2.1.2	事業化実施可否の判断根拠	8
2.1.3	当初ビジネスモデルの仮説と検証項目	10
2.1.4	検証結果（1） 対象ユーザーと需要	12
2.1.5	検証結果（2） バリューチェーンの構築	13
2.2	想定ビジネスモデル	16
2.2.1	調査を通じて得られたビジネスモデルの全体像	16
2.2.2	事業化に向けた残課題と対応策	18
2.2.3	今後の事業化に向けた計画	20
3	詳細調査結果	21
3.1	マクロ環境調査	21
3.1.1	政治・経済状況	21
3.1.2	当該事業に関する各種政策や法制度の状況	23
3.1.3	市場の状況	27
3.2	自社バリューチェーン関連調査	33
3.2.1	トイレへのアクセス	33
3.2.2	排泄物の回収	35

3.2.3	処理 .....	37
3.2.4	再利用 .....	37
3.2.5	バリューチェーン関連調査総括 .....	39
3.3	リソースの計画 .....	39
3.4	グリーントイレシステムの開発について .....	40
3.4.1	商品開発（プロトタイプ） .....	40
3.4.2	原材料調達 .....	41
3.4.3	製造および部材調達計画（コストダウンの見通し） .....	42
3.5	環境・社会配慮 .....	43
3.5.1	環境・社会への配慮 .....	43
3.6	JICA 事業との連携可能性 .....	44
3.6.1	現 JICA 事業との連携可能性 .....	44
3.6.2	将来的な JICA との連携可能性の提案 .....	44
3.7	開発効果関連調査 .....	45
3.7.1	対象となる BOP 層の状況 .....	45
3.7.2	開発課題と開発効果評価指標 .....	46
3.7.3	開発効果の発現シナリオ .....	48
4	参考：グリーントイレシステムの開発、処理（コンポスト・液肥化）についての技術的 検証 .....	50
4.1	設計と件調査 .....	50
4.2	処理プロセスの検討 .....	50
4.3	グリーントイレの導入 .....	52
4.4	実証試験の開始 .....	52
4.5	実証試験の結果 .....	53
4.5.1	使用頻度把握 .....	53
4.5.2	トイレの外観および損傷 .....	54
4.5.3	臭気 .....	55
4.5.4	処理状況 .....	56
4.5.5	トイレの改造（尿の BMW 技術の導入） .....	58
5	参考：土壌分析 .....	61
5.1	グリーントイレシステム設置家庭の生産者と地域生産者の圃場の土壌分析 .....	61

5.2	土壌分析結果.....	61
5.3	肥料使用状況及び使用方法.....	64
5.4	肥料価格.....	66
6	参考：コンポストの評価と肥料化に向けた検討.....	68
6.1	尿、BMW 活性水及び便コンポストを用いたインドネシア葉菜類栽培評価試験.....	68
6.1.1	栽培試験概要.....	68
6.1.2	栽培試験結果.....	69
6.2	栽培試験結果の考察.....	73
7	参考：LIXIL 肥料に関する意見・ヒアリング結果のまとめ.....	75

## 略語表

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
BAPPENAS	State Ministry of National Development Planning	国家開発企画庁
BMW	Bacteria, Mineral, Water	家畜糞尿や生活雑排水を安全に処理する技術
BOP	Base of Pyramid	開発途上国における低所得者層
CLTS	Community-Led Total Sanitation	農村部における排水処理
CSC	Community Sanitation Centre	コミュニティベースの沐浴・トイレ設備
CSS	Citywide Sanitation Strategy	公衆衛生戦略
DEWATS	Decentralized Wastewater Treatment System	散型嫌気処理システム
EHRA	Environmental Health Risk Assessment	環境・健康被害評価
IDR	Indonesia Rupiah	インドネシア・ルピア（通貨単位）
IPAL	Instalasi Pengolahan Air Limbah)	下水処理システムの1つ
IPLT	Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja	大規模な汚泥処理施設
ISSDP	Indonesia Sanitation Sector Development Program	公衆衛生セクター開発プログラム
MDG	Millennium Development Goals	ミレニアム開発目標
MOP	Middle of Pyramid	中間所得者層
PPL	Penyuluh Pertanian Lapangan	農業普及員
SANIMAS	Sanitasi Masyarakat	都市部のコミュニティをベースとした分散型排水処理
TPA	Final Disposal Site	最終処分場
UDDT	Urine-Diverting Dry Toilet	し尿分別型トイレ
WSP	Water and Sanitation Program	世界銀行 水と公衆衛生プログラム

# 1 調査概要

本書は、国際協力機構（以下 JICA）による平成 25 年度協力準備調査（BOP ビジネス連携促進）の公募において、株式会社 LIXIL と i-Incubate 株式会社が共同提案した「インドネシア 国循環型無水トイレを利用した保健衛生改善事業準備調査」に関する報告書である。

## 1.1 調査の背景と目的

### 1.1.1 調査の背景

世界人口の 28% である 20.4 億人が適切なトイレへのアクセスがなく<sup>1</sup>、毎日約 3000 人の 5 歳未満の乳幼児（多くは 2 歳未満）が不衛生な水やトイレへのアクセスがないことに起因する病気が原因で死亡している<sup>2</sup>。公衆衛生の改善、特に衛生的なトイレへのアクセスは、水質汚染の改善といった環境面だけでなく、乳幼児死亡率の削減、食糧問題、保健衛生といった開発課題の解決に密接に関わっている。インドネシアでは下水道の整備が大幅に遅れる中、年間 600 万トンもの糞尿が未処理の状態で河川や運河に排出されており、公衆衛生の改善は喫緊の課題となっている。このような劣悪な公衆衛生環境は、腸チフスや下痢が蔓延する原因となり、インドネシアでは 5 歳以下の乳幼児約 780 人が毎週死亡している。

こういった状況を鑑みて、国際機関や NGO、財団等も途上国での公衆衛生の課題解決に向けた活動を活発化している。世界銀行とゲイツ財団は 2007 年から 2010 年にかけて、水と公衆衛生プログラム（WSP）を通して、東ジャワの 29 の自治体において野外用便の撲滅を目的とする公衆衛生改善事業を実施した。また、ゲイツ財団は 2011 年、トイレ改善プロジェクトに 4,200 万米ドルの資金を拠出すると発表した。目的は、排泄物の捕捉と保管の改善、そしてそれらのエネルギー源、肥料、水資源等としての有効利用である。これは 2050 年には世界人口が 90 億人に達すると予測される中、環境的にも経済的にも負荷の大きい水洗トイレモデルでなく、水を使わず資源消費を最小限に抑えるトイレの必要性を示したものである。水洗トイレは「過去 200 年のイノベーションの中で、最も多くの人命を救い、人々の健康を改善した」と言われる一方で、「排泄物を比較的きれいな水で流し、汚染の容量を増加させたのち再び浄化する」という非効率なプロセスであり、下水道建設や処理施設の建設運営に多大な費用がかかり、経済的に大きな損失となる。一方で一部を堆肥等の形で再利用出来る循環型の無水トイレは、人口が多く下水道等のインフラが未整備の環境に居住する BOP 層にとっては、今後最も望ましい製品と考えられる。

本調査の代表法人である LIXIL グループは、その社会的使命に、Link to Good Living - 「良い住まい、良い暮らしにつながる絆を、世界に広げる」を掲げており、世界中の人びとの豊かで快適な住生活の未来のために、製品とサービスのイノベーションを迫り、持続可能な社会の発展に貢献することを目指している。上記のような世界のトイレ状況を受けて、汚泥を再資源化する循環型無水トイレの技術および市場調査を既に 2010 年よりベトナムにてハノイ建設大学と共同で実施しており、今回の調査ではベトナムで得られた技術的な知見をもとにインドネシアにて事業化に向けての FS を行った。また同時に 2013 年 3 月よりケニアにて中間所得者層（MOP 層）向けの事業化 FS も並行して実施中であり、資源循環型のトイレ事業をグループ全体で総合的に推進していく意向である。

<sup>1</sup> P5, 25 Years Progress on Sanitation and Drinking Water - 2015 Update and MDG Assessment, UNICEF and WHO

<sup>2</sup> <http://sanitationdrive2015.org/resources-2/fast-facts/>

### 1.1.2 調査の目的

本調査は、LIXILが開発した循環型無水トイレである「グリーントイレシステム」につき、以下の2点を最終目的とする。

- (1) BOP層に向けた循環型無水トイレのプロトタイプの開発
- (2) 循環型無水トイレ普及のためのビジネスモデル構築

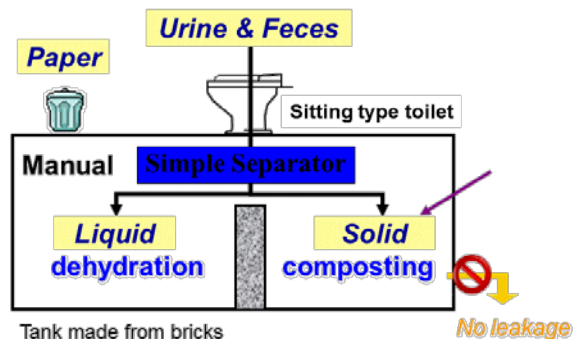
特に(2)については、単にグリーントイレシステムを販売するのではなく、住民やコミュニティのニーズに合った適切なトイレを開発、販売し(トイレへのアクセス)、環境汚染を引き起こさないように排泄物を回収、処理し、処理後の副生成物を農業やエネルギーに活用(再利用)するまでを一つのバリューチェーンと考えた。それぞれの段階に置ける技術面での実現可能性、そしてバリューチェーン全体を見据えたビジネスとしての実現可能性を精査した。



図 1-1 グリーントイレシステムのバリューチェーン

### 1.1.3 調査の前提となる商品

LIXILのグリーントイレシステムは、トイレの床下に設置した装置内で、し尿を発酵分解するものである。し尿を水で流さないため、汚染対象物の体積を大きくせず、また、トイレ内での一次処理することにより、より効率的に二次処理が可能になり、その結果、地下水や河川、湖沼、海を汚すことがない。し尿は細菌によって分解され、臭いもなくなり、肥料としての利用も期待される。また、し尿よりリン、窒素、カリなどの貴重な資源を回収する事も可能となる。



このグリーントイレシステムは、敷設と維持に莫大な費用がかかる下水道や汚染処理設備を必要とせず、点在する住宅ごとの設置が可能で、特にインドネシアのように効率的なインフラ整備が困難であり、公共サービスの提供にコストがかかる島嶼国に適している。また、このような環境的にも経済的にも負荷が小さい固液分離式の循環型トイレは、ジョコ政権が進める全てのインドネシア人が、適切な公衆施設と清潔な飲料水へアクセスできるようにする「ユニバーサル・アクセス」と有機農業の促進にも適していると考えられる。

## 1.2 調査方法

### 1.2.1 調査方法

調査方法については、以下の通りである。

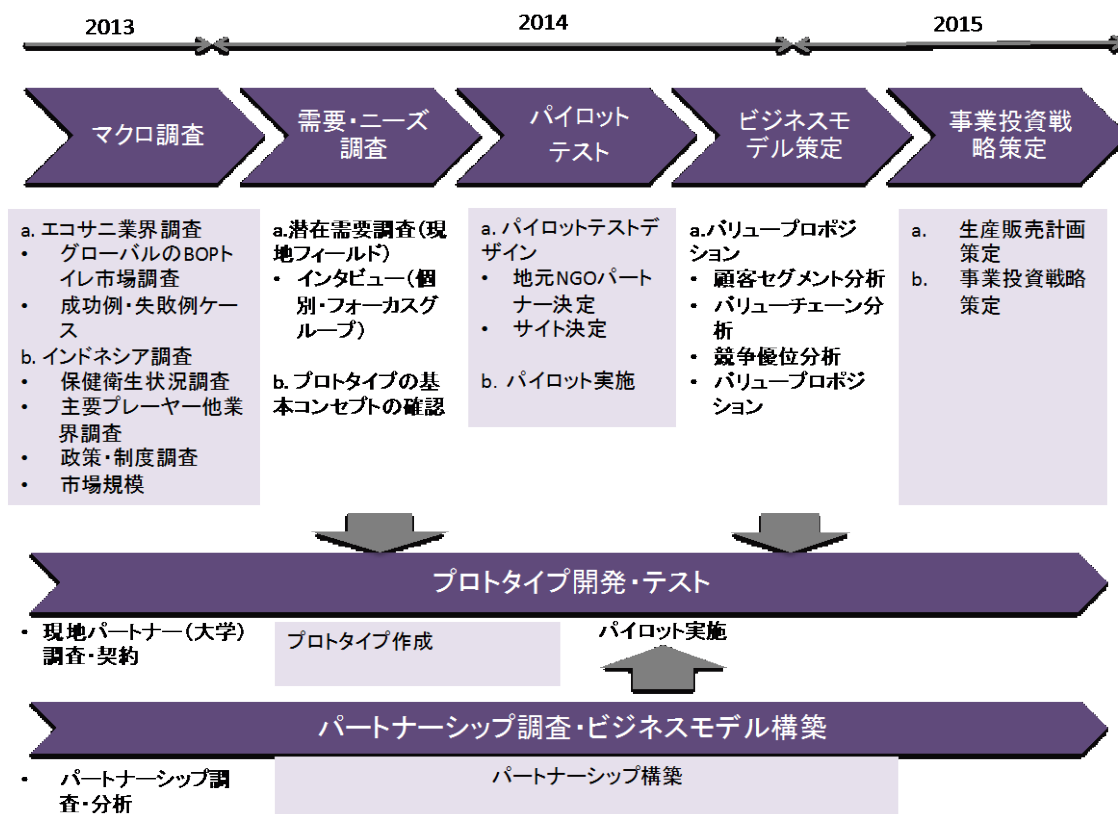


図 1-2 調査方法

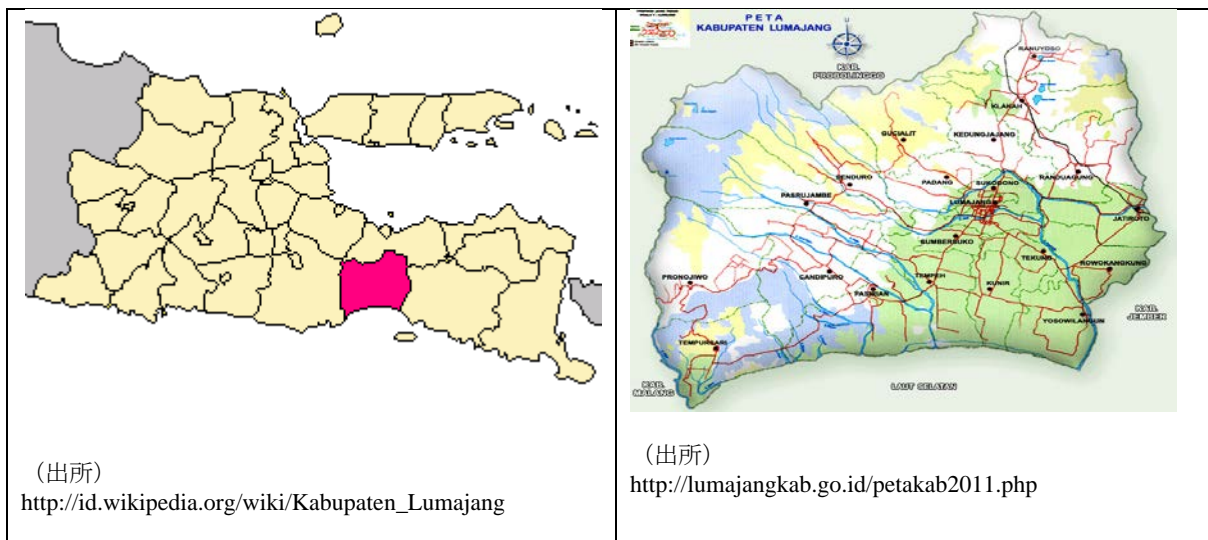
### 1.2.2 調査地域の選定

調査実施サイトの決定要因については、当初 (1) 水が不足している地域、(2) 排泄物を使用した有機肥料の使用に抵抗感が少なく、有機農業が盛んな地域（また化学肥料の使い過ぎによる土壌汚染問題が深刻化している地域）、の2つが主に想定されたが、本調査で導入するグリーントイレシステムの最大の課題は排泄物、特に大便の処理方法とその再利用であるとの判断より、まずは有機農業が盛んな地域でパイロットを実施することとした。

これを踏まえ、インドネシアで既に循環型無水トイレの研究を行っているバンドン工科大学やスラバヤ大学、スラバヤ工科大学、州政府環境局、NGO等と面談を行った結果、インドネシア東部では有機肥料の使用が比較的定着しており、し尿の使用についても許容度が高いとの情報を得た。そのためまずはスラバヤ近郊で有機農業が盛んであるルマジャン、バトゥ、マランの3つを候補地として調査を行った。

については候補の3地方自治体との協議を数度にわたって行ったが、残念ながらマラン、バトゥは他の国際機関の案件等が忙しく、プロジェクトへの協力を取り付けられなかった。一方でルマジャン市は本トイレの導入による有機肥料の製造についても理解を示して協力を取り付けられたことから、本調査はルマジャン市で実施することに決定した。





ルマジャン県には 21 の地区があり、面積は 1,790.90km<sup>2</sup>。人口は 101 万 2,121 人である。環境・健康被害評価 (EHRA) によると、トイレのタイプ別使用率は、和式タイプ (スクワット) 型トイレが 62.67%、洋式タイプが 11.72%、ピット方式のトイレが 3.71%、その他が 21.9% である。

EHRA によると大便は、セプティック・タンク 50.43%、ピット・ラトリン 23.1%、河/湖/海 10.86%、その他 (下水管、排水溝、田んぼ/土壌) 15.6% で処理されている。セプティック・タンク利用者の 90% が土壌への浸透があるなど不衛生なセプティック・タンクを利用しており、自治体は公衆衛生問題の改善に意欲的で、循環型無水トイレへの関心も高い。

### 1.2.3 パイロット実施宅の選定

上述の通り、調査対象地域はルマジャン市に決定したが、ルマジャン市内の実施場所 (村) の選定においては、ルマジャン県公共事業局居住環境部の協力を得て、調査団が作成した選定指標のデータ収集が可能と思われる 5 つの村を提案してもらうこととした。その結果、Tompokersan、Blukon、Boreng、Kepuharjo、Merekan を薦められ、これら 5 つの村について、マクロ、公衆衛生、ミクロ、技術、利用者の状況に関するデータを収集し、分析したところ、結果は次表の通りとなった。

表 1-1 候補村の分析結果

	指標	採点	ルマジャン県				
			Tompokersan	Blukon	Boreng	Kepuharjo	Merakan
マクロ	人口	x<2000=1 2000>x<5000 = 2 x>5000=3	3	2	3	3	1
	平均収入	x<100=1 100>x<150=2 x>150=3	3	2	2	2	1
	スラバヤからのアクセス	x>4=1 2>x<4=2 x<2=3	2	2	2	2	2
	農業あるいは家庭菜園がさかんか	x<20%=1 20%>x<40%=2 x>40%=3	2	3	1	2	2
公衆衛生	トイレを有しているか	x<40%=1 40%>x<75%=2 x>75%=3	3	2	2	3	1
	トイレの使用や公衆衛生に対する意識	高=1 中=2 低=3	2	3	3	2	1
	トイレから土壌や河への汚染があるか	ある=3 ない=0	3	3	3	3	0
	候補地の公衆衛生環境は、村や市全体の典型的な環境を表しているか	x<50%=1 50%>x<75%=2 x>75%=3	3	3	3	3	1
ミクロ	地方自治体またはコミュニティが公衆衛生の改善に関心を持っているか	ある=3 ない=0	3	3	3	3	3
	エコ・サニテーションのプロトタイプ導入に関心があるか	ある=3 ない=0	3	3	3	3	3
	処理後の排泄物の農業利用に関心があるか	ある=3 啓発が必要=2 ない=0	3	3	3	1	1
技術	トイレを建設するスペースの有無	ある=3 ない=0	3	3	3	0	3
	発酵場所の有無	ある=3 ない=0	3	3	3	0	3
	井戸の場所	x>3m=3 1>x<3=2 x<1=1	3	3	2	0	0
利用者の状況	農業や家庭菜園を行っているか	いる=3 いない=0	3	3	3	0	3
	処理後の排泄物を既に肥料として使用しているか/使用に関心があるか	ある=3 ない=0	3	3	3	3	3
	環境保護への関心	高=1 中=2 低=3	2	2	1	2	1
			<b>47</b>	<b>46</b>	<b>43</b>	<b>32</b>	<b>29</b>

この結果をもとに、得点の高かった Tompokersan、Blukon、Boreng の3つの村にて、ルマジャン県公共事業局居住環境部の協力を得ながら、グリーントイレシステムの設置と使用に関心のある家庭（各村一世帯ずつ）にインタビューを行い、最終的に Tompokersan 村で農業協会の会長も務める Sukirno 氏宅を選定し、グリーントイレシステムを一基設置することを決定した。なお、パイロット実施宅の設定に関する詳細は、第4章に詳述することとする。

### 1.2.4 調査の手段・対象・期間

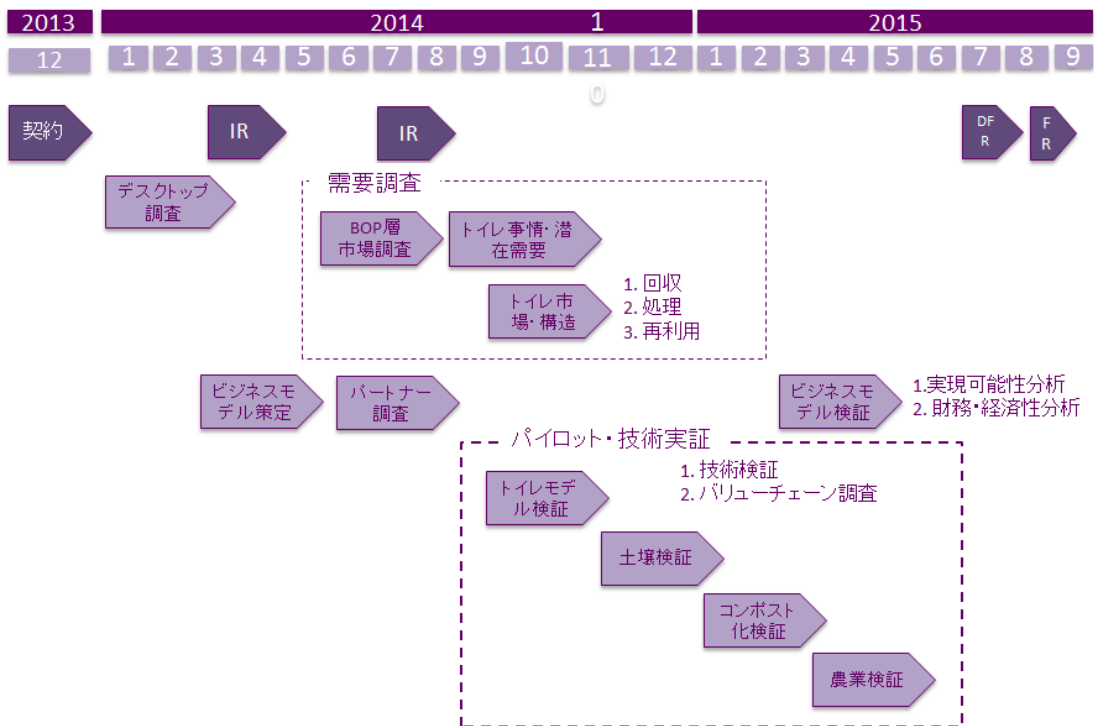


図 1-3 調査計画と日程

全体の調査手段としては、まずはデスクトップ上の基礎調査とグローバル市場における循環型無水トイレの先行事例に関する調査を行い、その後の現地調査では需要調査（ニーズ調査と競合品などの市場調査を含む）とパイロット事業の実施および技術検証の二つを中心に調査した。また、これらの現地調査を踏まえて、リスク分析と採算性の分析などを含めたビジネスモデルの構築にあたった。調査方法のうち、トイレの使用感等に関するインタビューについては、都市周辺の農家・住民 19 名を対象に、農業関連については、実際にグリーントイレシステムを設置したスキルノ氏を含む Tompokersan 村の農民計 8 名を対象に実施した。

表 1-2 調査項目と方法

調査項目		調査方法
マクロ、投資・ビジネス環境調査		
インドネシア	インドネシアのトイレ関連の政策・法制度・規制	文献調査、現地インタビュー調査
	インドネシアの下水道・環境保全関連の政策・法制度・規制	
	インドネシアの農業関連（有機肥料）関連の政策・法制度・規制	
ルマジャン市	ルマジャン市の人口・人口分布	文献調査、現地インタビュー調査
	ルマジャン市の所得・所得分布	
市場のニーズ・需要調査（ルマジャン市）		
	トイレへのアクセス率、トイレの種類（下水設	現地調査、インタビュー

	備の有無) 、購入価格	
	文化や生活習慣 (人糞尿使用に対する忌諱感)	現地調査、フォーカスイ ンタビュー
	現トイレ設備の課題	現地調査、フォーカスイ ンタビュー
	入れ替え需要、購入価格(Willingness to Pay)	現地調査、フォーカスイ ンタビュー
<b>ビジネスモデルの構築</b>		
	グローバルのエコ・サニテーションの先行事例 研究	文献調査、現地インタビ ュー調査
	ビジネスモデルに付随するリスク分析	
<b>循環型無水トイレに関するバリューチェーン関連調査 (ルマジャン市)</b>		
	汚泥の回収状況 (回収方法、頻度、価格他)	現地調査、インタビュー
	汚泥の処理状況	現地調査、インタビュー
	有機肥料の使用状況 (使用品、価格、使用量、 農作物の種類)	現地調査、フォーカスイ ンタビュー
	有機肥料 (再利用品) 、特に人糞由来の有機肥 料の需要	現地調査、フォーカスイ ンタビュー
	有機肥料に関する規制、認証制度	文献調査、インタビュー
	トイレ販売・回収・処理・再利用オペレーショ ンのコストと採算性分析	インタビュー、費用分 析・計算
<b>開発効果の調査と指標設定</b>		
	インドネシアにおける BOP 層の人口・分布・ト イレへのアクセス状況	ルマジャン市文献調査、 現地インタビュー調査
	設定開発指標に関するベースラインデータの取 得	ルマジャン市文献調査

## 2 調査結果まとめ

### 2.1 調査結論

#### 2.1.1 事業化実施可否判断

10回を超える現地調査の結果、当事業を事業化するには民間企業である LIXIL 単体のみでは難しく、補助金や制度的なサポートなど公的機関の経済的・非経済的協力支援が条件となる事が判明した。また、無水循環型トイレの普及には、それに付随する回収、処理、再利用の過程が必要となり、この過程のどの部分を民間企業である LIXIL が行い、どの部分を現地政府が公的機関の責任として行うべきか、そしてどのような官民連携のスキームが考えられるのか、今後更なる検証が必要であるとの結論となった。また更に、各世帯でのグリーントイレシステムに対する需要、再利用品（コンポストと液肥）についても更なる検証が必要との結論となった。

また、これら項目の調査・検証のためには現地でのより大規模な実証実験が必要と判断されたため、現在 LIXIL とルマジャン県の間で、(1)100世帯のトイレ配布、(2)堆肥 200t/年、生物活性水約 60t/年の製造、(3)製造した堆肥、生物活性水の現地農民への無料配布、(4)製造した堆肥、生物活性水を利用した農業試験、の4点を中心とした実証試験の実施を協議中である。

#### 2.1.2 事業化実施可否の判断根拠

今回の調査開始時には、LIXIL はグリーントイレシステムのみを販売し、回収、処理については現地の既存の処理システムを利用することも想定していた。しかし調査の結果、現地には汚泥の回収から処理、再利用のシステムが存在せず、地方政府や現地の民間企業にもこの部分のノウハウがあまり存在しないことが判明した。一方で、通常のトイレと比べた場合の循環型無水トイレの価値は資源の回収と再利用が無ければ成立しないため、事業を成立させるためには LIXIL が汚泥の回収、処理、再利用に拘る必要があると判断された。

しかしながら回収、処理、再利用についてはトイレの販売のみの場合より複雑なバリューチェーン構築が必要とされる上、同様なプロジェクトの前例が世界的にも少なく、事業化可否判断に至るには更なる調査とより大規模な実証が必要との結論となった。また上述の通り汚泥の回収、処理、再利用は多くの場合政府が行っている事業であり、民間事業である LIXIL が単体で行うにはリスクも経済的負担も大きいとの結論となった。この部分については現地のルマジャン県も理解を示しており、ルマジャン県の今後のマスタープランに如何に LIXIL の技術を取り入れていくかについて話し合いが行われているところである。詳細の調査結果は3章に記載されているが、技術面、経済面、ビジネスモデルについての検証結果は以下の通りである。

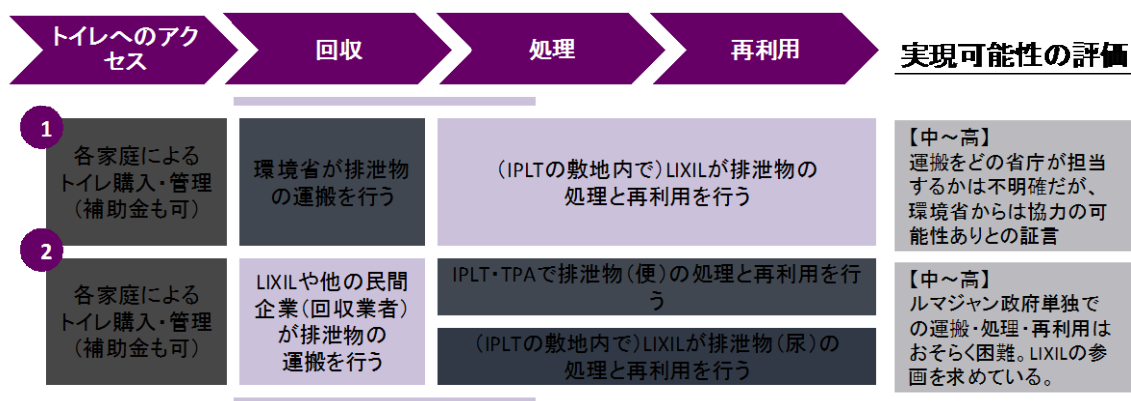


図 2-1 ビジネスモデル

### (1) 技術面での検証

技術面については3章に詳述されている通り、トイレの設計のみならず、回収、処理、再利用についてそれぞれ検証を行った。まずトイレの設計と製造については技術的な改良を重ね、現地のニーズに適合可能なモデルが開発製造され、量産化面での検討が進んでいる。また回収においては地元の業者で既におこなっているところもあり、技術的に何ら問題は無いと判断された。一方排泄物の処理、再利用についてはLIXILが日本の技術を導入して排泄物を安全に処理することは可能である一方で、ルマジャン県が排泄物の処理と再利用を行うことは技術的に困難であるとの判断にいたった。また今回のパイロットは小規模であったため、より詳細なデータ取得のために更に大規模な実証実験による検証が必要との結論に至った。

### (2) 経済性の検証

まずトイレ販売事業については、想定販売価格を約180米ドル、原価を100米ドルと想定し、9年間で1000世帯の販売を仮定した場合、収益見込みは9年間約80,000米ドルとなる。については、ルマジャン市の様な地方の農村地帯においてグリーントイレシステムの販売のみで事業採算を黒字化していくのは困難と考えられ、本事業はし尿回収及びその後の堆肥・活性水製造販売事業を含めた事業モデルを構築していく必要がある。

一方で上記バリューチェーンに基づいてLIXILがルマジャン市全域にて回収、処理、再利用を全て行ったと仮定して収支のシミュレーションを行った場合、回収・処理それぞれの過程において年間約1,251万円、4,004万円の支出があり、再利用にも運搬費などが年間215万円程度かかるとしても、コンポスト・尿を全て農民に売り切ることが出来れば年間6,351万円の収入が見込まれ、事業全体として年間約825万円の収益(粗利13%)が見込まれるとの計算になった。また、コンポストは破棄すると仮定し液肥のみを販売するモデルにおいても、粗利397万円(粗利9%)の収益確保が可能であるとの計算となり、経済性の確保は可能との結論となった<sup>3</sup>。

### (3) 公的機関との協働モデルの検証

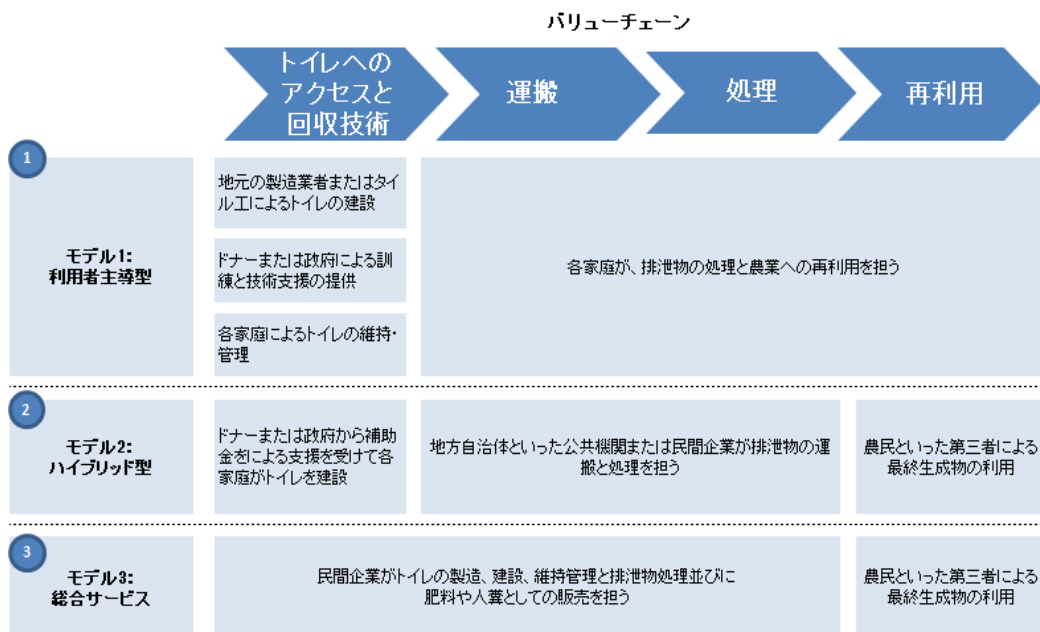
<sup>3</sup> 算出は、1000世帯を対象とする。液肥は、価格IDR7,500/L、生産量584,000リットル、コンポストは、価格IDR1,000/kg、生産量2,173トンと想定。

一方で、本件において一番の課題となるのが、ルマジャン県との協働の可能性である。下水道設備が無い場合、浄化槽から汚泥を引き抜いて処理するのは基本的に各地方政府の責任であるが、実際にはルマジャン県を含め殆どの地方政府が適当な処理場を持っておらず、汚泥は河川等に廃棄されているケースが多い。一方で、将来的にルマジャン県およびインドネシア全土において如何なる下水および廃棄物処理の仕組みが構築されて行くかは、LIXILにとってビジネスの方向性・将来性を見極める上で非常に重要となる。特に、法規制リスク（LIXILが回収・処理事業特有の事業登録を取得出来るか）、そして地方政府がどの程度のオペレーション上の責任および経済的負担を引き受けるかが、ビジネス可否を判断して行く上で重要となる。この点については、ルマジャンの地方政府と度重なる協議を行ったものの明確な結論には至らず、更なる現地での検証と協議が必要であるとの判断となった。

### 2.1.3 当初ビジネスモデルの仮説と検証項目

ビジネスモデルについては、現在グローバルに展開されている循環型無水トイレの事例をもとに、利用者が回収、処理、再利用というバリューチェーンにおいてどのように関わるかを分析した。その結果、現在グローバルに展開されている循環型無水トイレは、次の3つのモデルに分類できることが分かった。

表 2-1 循環型無水トイレ事業の概観



まずモデル1「利用者主導型」は、し尿分別型トイレ（UDDT）<sup>4</sup>の設置を、ドナーや当該国政府の補助金で賄い、し尿の回収と再利用は利用者が担うものであり、回収と再利用が適切に実施されているか否かは、補助金によるところが大きい。トイレの建設費用も農村部の住民にとっては

<sup>4</sup> Urine Diverting Dry Toilet の略。尿と大便を分けて回収し、大便は乾燥させた上で農業などに再利用する。

高額であり、適切なトイレの利用方法（使用後の灰の散布等）や貯留槽の回収を徹底させることも難しい。

モデル2「ハイブリッド型」は、地方自治体やドナーが都市部近郊や都市部の住民に対し、し尿分別型トイレの購入を支援するもので、排泄物の回収と処理は、ドナーが組織するプロジェクト・チームや地元の民間企業、組合などが行う。このモデルの利点は、トイレの所有者が排泄物の処理や再利用をする必要がなく、全てのバリューチェーンに所有者、コミュニティ、政府が一体となって組み込まれ、結果として運用の継続性が担保されるところである。

一方、課題としては、UDDTトイレ自体が伝統的なトイレと異なるため、利用者の購入意欲を高めにくく、また、多くの家庭が回収費用を支払わないため、補助金への依存が高くなっている。排泄物の回収と肥料の配布に係る人員の確保が難しく、電力やバイオガス、肥料を生成できるほどの量の確保も厳しい。

最後にモデル3「総合サービス型」は都市部近郊や都市部で多くみられるモデルで、民間企業がトイレまたは公衆・共用トイレを提供するもの。排泄物の回収プロセスの管理や、処理と肥料やバイオガス、電力の再利用も民間企業が担う。

このモデルの利点は、徹底したサービス・デリバリーにあり、設置や回収、再利用において利用者の負担が限定的なことである。また、トイレを利用する度に使用料を課金するため、収入が見込まれ、持続性が担保される。一方、肥料やバイオガス、電力を生成する量に見合う排泄物の確保が困難で、農民からの需要も低いため、排泄物の再利用から安定した収入を期待するのが難しい。公衆トイレは様々な利用者が使用するため、適切な利用方法を徹底することにも課題が残る。排泄物の回収を行う人員の確保も必要である。また、上記の他のケースと同様、国によっては排泄物の農業利用に対する文化的受容性が低いことが課題となる。

これらのグローバルの先行モデル、および調査地であるルマジャン市でのニーズ調査をもとに、今回検証する想定ビジネスモデルは以下の通りとした。



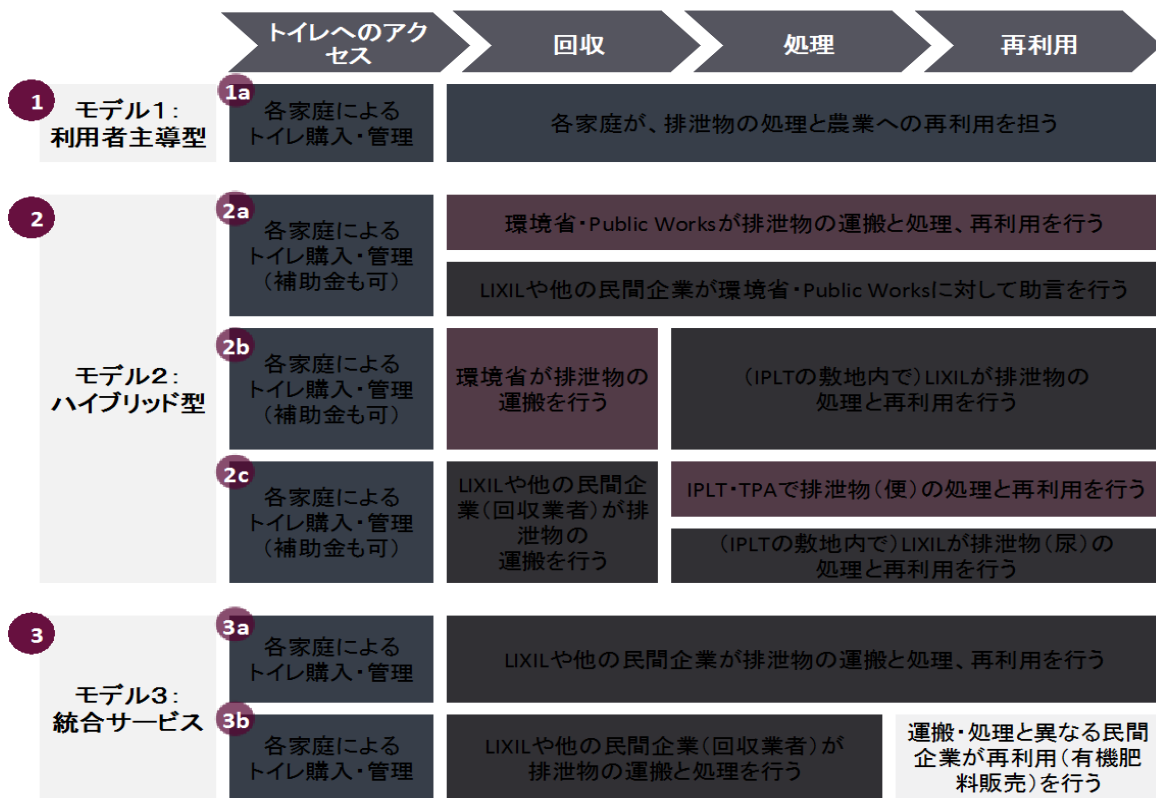


図 2-2 本調査で検証したビジネスモデル

また、検証項目としては、ビジネスモデル構築上まず重要と考えられるトイレ需要、バリューチェーン構築を中心に据え、それぞれに関する検証を行った。これら調査の詳細は後述 3 章の詳細調査結果に記述するが、調査結果の要点は以下の通りである。

#### 2.1.4 検証結果 (1) 対象ユーザーと需要

まずルマジャン市におけるトイレ使用状況であるが、市内の 50,278 世帯のうち和式または洋式のトイレを使用している世帯が 57.7%、ピット (穴、便器無し) が 6.7%、公共トイレなどの共有トイレを使用している世帯が 9.7%、そして野外排泄が 25.8% という結果となった。

一方、現状のトイレの不満足点についてフォーカスインタビューを実施したところ、悪臭、清潔でない、使い心地が悪い、などの不満点が挙げられた。各家庭は、グリーントイレシステムへの関心を示すものの、実際に購入したい価格を深掘りすると、10 年以上使用している既存のトイレに満足しているため、家を新築しない限りトイレのリフォームは考えていないとの回答が多数であった。中・高所得家庭で一年以内に新築・改築を行う家庭が 1%、さらにグリーントイレシステムを選ぶ家庭が 50% と仮定すると、1000 世帯にトイレを販売するには 9 年を要する計算となる。また、出費において、子どもの教育費や食費に比べて家のリフォームの優先度は低いことも伺えた。

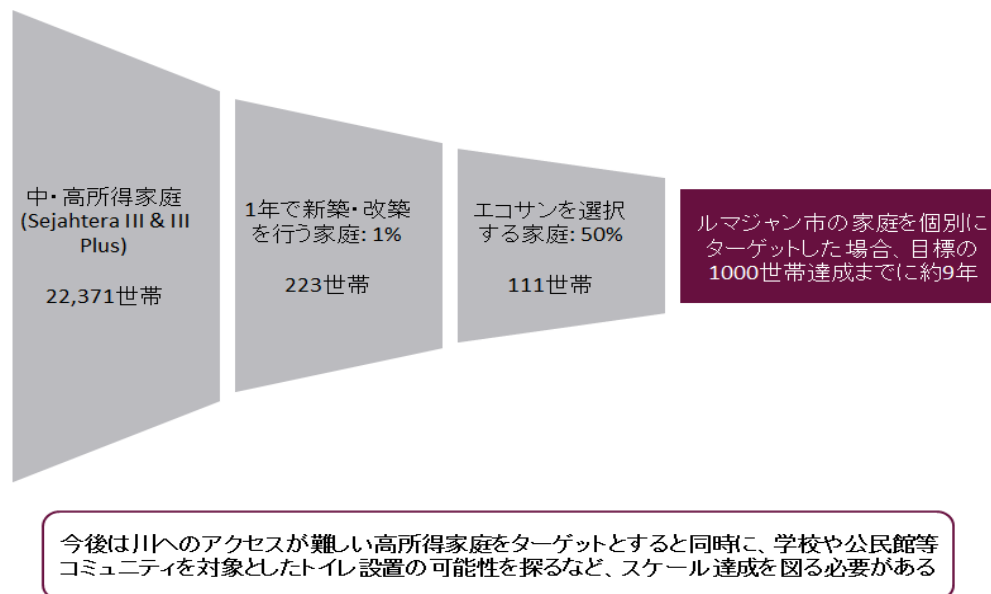


図 2-3 9年で1000世帯への普及

従って、河川へのアクセスが難しい高所得世帯をターゲットとすると同時に、学校や公民館等、コミュニティを対象としたグリーントイレシステム設置の可能性を探るなど、スケール達成を図る必要がある。

また、グリーントイレシステムの需要は汚泥の回収システムと価格にも大きく左右される。本調査中には汚泥の処理および再利用部分のビジネスモデルが確定しなかったため、トイレ部分についても具体的な需要見込みの把握までは出来なかった。今後、ルマジャン市内外におけるグリーントイレシステムの需要を更に見極めるためには、より大きな実証を行い、調査範囲についてもルマジャン市の公共施設とルマジャン市外の家へと広げることが重要であるとの結論となった。具体的にはルマジャン市の公共施設の数と再処理までを含めた場合の循環型無水トイレへの購買意欲（個数・価格）、また販売戸数確保のためにルマジャン市外の中・高所得世帯におけるグリーントイレのより詳細な需要調査も必要であると考えられる。

### 2.1.5 検証結果 (2) バリューチェーンの構築

循環型無水トイレのバリューチェーン構築のための調査については、バリューチェーン構築上のコンポーネントを下記の通り想定し、トイレと回収技術、汚泥の回収、汚泥の処理、農業利用（液肥、コンポスト化）についてそれぞれ調査を行った。

循環型無水トイレモデルの構成要素\*

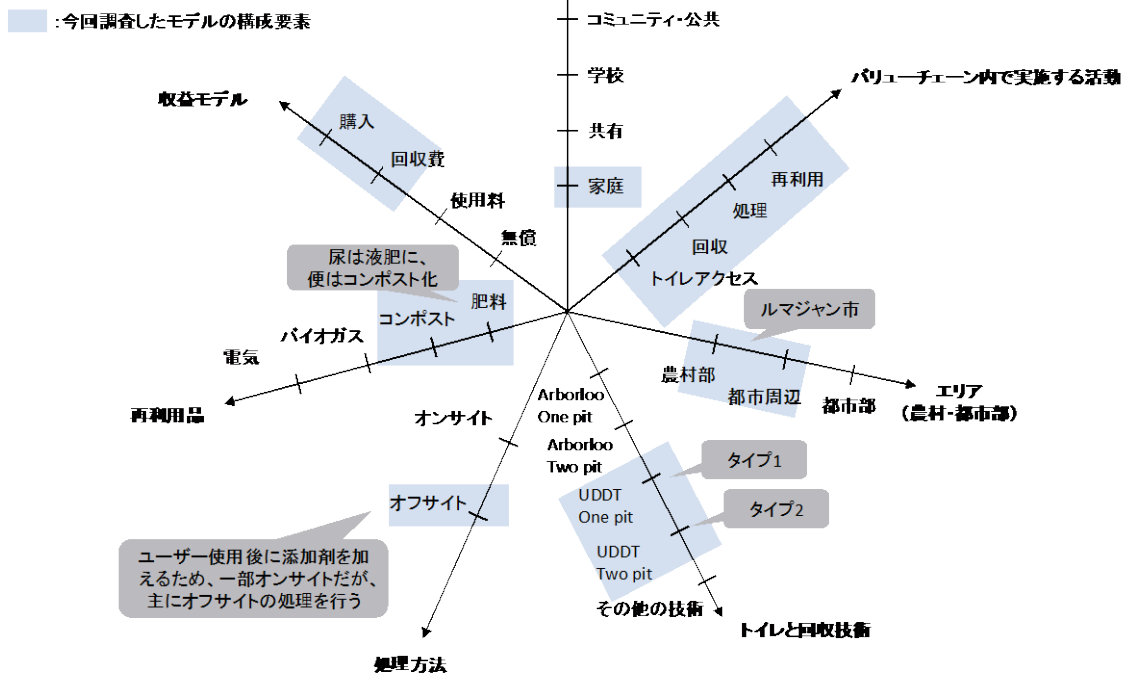


図 2-4 循環型無水トイレの構成要素

(1) トイレと回収技術

グリーントイレについては詳細な事前調査を実施した上でルマジヤン市にパイロット製品を導入し、外観や機能、臭気、汚泥の処理状況などについて更に詳細な調査を実施し、その結果をもって調査期間中にも製品の改良を重ねた。

まずトイレの設計に当たっては、現地の生活習慣（特に使用後、水を大量に使用する点）等を考慮して設計を改良した。また導入するグリーントイレシステムの処理プロセスについても現地の調査結果を踏まえいくつかの改良を行った。例えば尿の処理については、乾燥処理を検討していたが、やはり水を大量に使用することから、乾燥せずバイオ製剤を添加することとし、尿中の肥料成分（窒素）を有効に活用することに変更した。それにより、トイレ下での尿の処理装置のシステムは大幅に軽減され、装置全体のコストを低く抑えることが可能となった。大便は、トイレ下での一次発酵を進める仕組みとし、バイオ製剤の添加を検討した。洗浄水については、生物処理と濾過処理を組み合わせせた装置を考案した。

また建屋の建築についてはトイレ及びトイレ建屋の図面化を行い、現地の建設会社が建設した。トイレ本体部分については将来的には現地の子会社である American Standard Asia Pacific（以下アメリカン・スタンダード）での製造を検討するものの、当面は日本からの輸入を想定する。またトイレ本体部分以外のほとんどすべての補助部材はインドネシア国内で入手可能であることが判明し、グリーントイレシステムのインドネシア国内での商品化は十分可能と判断された。

また、トイレの実証実験においては(1)トイレ部分の適合性、(2)汚泥の処理方法、の2点を中心に調査した。具体的にはトイレ使用に関するマニュアル類の製作を完了し、種々の測定装置(湿度計、水量メーター、使用チェック表)を取り付け、その他に定期的なアンケート、水の総使用量の確認、臭気、pH、発酵温度の測定を行った。また詳細な基礎データは、UBAYA 大学へ依頼分析を行うこととした。



その結果、(1)のトイレの適合性については、約6ヶ月のパイロット期間中、1週間に1回の洗浄頻度で非常にきれいに維持されており、トイレの性能に関しては問題がないことが判明した。また臭気についてはトイレ室内では臭気のもととなるアンモニアガスは検出されず、またアンケート調査の結果からも悪臭を感じることもなく、通常の水洗トイレとほぼ同等の使用感であるとの結果が得られた。一方、処理槽部では、尿貯留槽で若干のアンモニアガスが検出されたものの、便貯留槽では検出されず、悪臭成分は使用しているファンにより室外に確実に放出されていることが窺えた。

また、(2)汚泥の処理方法については、セパレーターによって分けられた尿、便、洗浄水それぞれについて処理を行い、処理状況分析をUBAYA 大学に依頼した。その結果、今後それぞれに処理方法・最終製品品質に改良余地はあるものの、尿および便とも有機肥料として農業使用が可能であることが確認された。

また尿の処理については、尿の付加価値改善のため、BMW (BACTERIA、MINERAL、WATERの略字) 技術の導入を検討した。これは、尿に含まれている肥料成分が化学肥料や濃縮液体肥料に比べ少ないため、尿からミネラル分や腐植質をふんだんに含んだBMW 活性水を製造し、付加価値を上げる事を試みた。このBMW 技術は、日本でも広く普及している技術で、家畜糞尿や生活雑排水を安全に処理できるだけでなく、処理された水は、BMW 活性水と呼ばれ、農業利用時には作物の栽培促進や害虫忌避、畜産利用時には臭気低減の好影響をもたらすとされている。本実証試験では、BMW 技術を用いて尿よりBMW 活性水を製造し、後述の通り農業の生産性上昇を検証した。

## (2) 汚泥の回収

汚泥の回収は、通常名目上は地方自治体が提供しているが、実際には機能していない場合が多い。今回インタビューを行った全家庭でも汚泥の回収は行われておらず、汚泥を肥料や液肥として再

利用するシステムは存在しないことが判明した。一方需要としては、都市周辺の家庭は汚物を肥料として再利用する機会がないため汚泥の回収・購入サービスへの関心は高かったが、農村部では、汚泥を肥料として再利用できるというコンセプトの理解には時間がかかったものの、理解後は、自ら汚物を回収・再利用することに抵抗はなく、従って回収サービスは必要ないと全員が回答した。

なお、ルマジャン市では、民間企業2社がセプティック・タンクからの引き抜きサービスを提供しており、この民間企業に業務委託として汚泥の回収を依頼する事が可能であることが判明した。また一方で汚泥回収は地方自治体の責任でもあることから、この業務についての認可および自治体の補助については、今後ルマジャン県との話し合いが必要と判断された。

### (3) 汚泥の処理

LIXILのグリーントイレシステムでは、使用後毎回添加剤を加えるため、一部はオンサイト、残りの部分がオフサイトの処理となっている。オンサイトの処理については添加物の現地調達が可能であり、処理についてもインドネシアで実施することに特段の問題が無い事が判明した。

### (4) 農業利用（液肥・コンポスト化）

本調査では、グリーントイレシステムから回収した汚泥のうち人糞は堆肥化し、尿は発酵液肥として農業利用を目指している。その上でまずハードルとなるのが人糞尿に対する忌避感である。現地では、牛糞やヤギ糞を原料とした堆肥は、ごく普通に使用されており、それらと人糞尿は多少の成分的な差異はあるものの、物質的に大きく変わるものではない。しかし、科学的根拠からではなく生理的に忌避感があることは否めず、効果があれば使用してもよいが、直接食べる作物以外で使用を検討したいという意見であった。

結果としては、今回の簡易な実験のみで製造された堆肥とBMW水の農作物の生育に及ぼす効果を検証するには至らなかったものの、便由来の堆肥と化成肥料を混合した資材を利用し、追肥には尿とBMW尿生物活性水を利用するなど、数種の肥料を混合していくことで収量及び品質向上の可能性があるとの結果が得られた。これについては更なる大きな規模の実証実験が必要との結論となった。また、有機肥料の使用は肥沃な土壌作りに非常に効果があるとされているものの、土壌の物理性、微生物性の改善等、土づくりに関わる検証は、今回なされておらず、これも今後の検証課題となった。

## 2.2 想定ビジネスモデル

### 2.2.1 調査を通じて得られたビジネスモデルの全体像

本調査では、各モデルについてバリューチェーンごとの担い手を洗い出し、上述の検証項目を含めて実現可能性を評価した（下図参照）。ルマジャン県とも協議を重ね、モデル2のハイブリッド型のビジネスモデルの可能性を追求することが最も実現性が高い、との結論に至った。

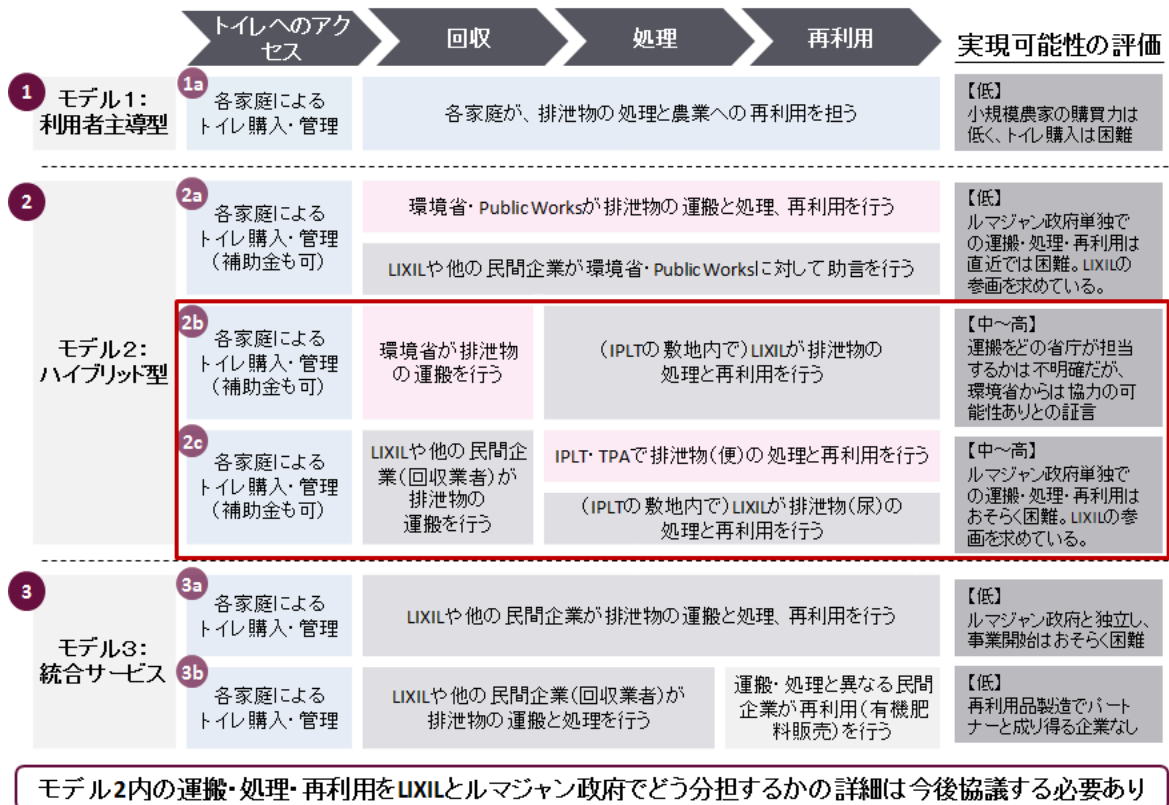


図 2-5 想定ビジネスモデル

さらに、モデル 2b について公共事業局と協議をしたところ、運搬・処理・再利用の役割分担を環境局を含めて話し合うことに前向きであった。ルマジャン県と協議したモデル 2b の概念図を下記に示す。これによると、グリーントイレシステムの啓蒙を保健省の保健衛生員が行い、家庭に対しシステムの設置を推奨する。排泄物はタンクに貯蔵し、溜まったタンクを環境省の一時ゴミ保管所に運び、環境省管轄のゴミ収集車が定期的に回収する。また、ルマジャン市から車で 16km 離れたテンペにある環境省管轄下の最終ゴミ廃棄場 TPA に LIXIL のコンポストセンターを建設し、そこで処理・再利用した肥料を、農業普及員 (PPL) を通じて農家や大農場に販売するというものである。



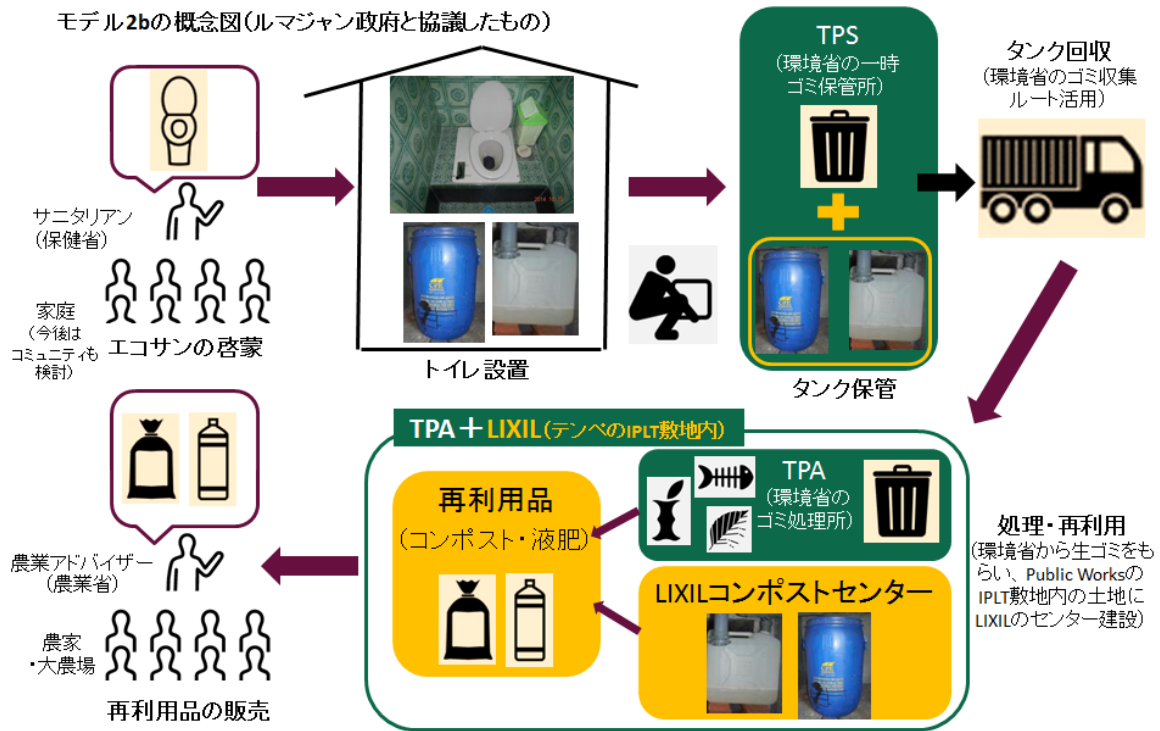


図 2-6 想定ビジネスモデル

### 2.2.2 事業化に向けた残課題と対応策

今後グリーントイレシステム事業を立ち上げていく上で、一番の課題は、個別の世帯へのトイレの販売である。上述の通り、調査を実施したルマジャン市における個別世帯への販売のみでは、採算ラインに到達するまでの必要販売個数の達成に時間がかかりすぎてしまう。そのため、家庭の需要を満たしつつ、公共施設（学校、公民館等）への導入の機会を探ることが必要となってくる。下図に、バリューチェーン毎の課題と機会、次のステップ（解決に向けた取組み）を示す。

	トイレへの アクセス	回収	処理	再利用
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>ルマジャン市の個別家庭への販売のみでは、必要販売個数の達成に時間がかかる</li> <li>バルク購入先が見つからず(大規模農家も関心が低い)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>回収サービスを大規模に提供する組織なし(現状のトイレでは回収の需要なし)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現状の小規模処理施設(IPAL)での処理は困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>小規模農家・大規模農場に再利用品の効果を実感してもらう</li> <li>宗教上問題が低いと村のリーダーに納得し、伝えてもらう</li> </ul>
機会	<ul style="list-style-type: none"> <li>水へのアクセスが悪い都市周辺の高所得家庭ではエコサンへのニーズあり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>回収サービス購入への関心が都市部高所得層にはあり</li> <li>環境省のゴミ収集ルートを活用できる可能性</li> <li>(上記が実現できない場合)現地の民間企業に委託できる可能性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新たに建設される大規模処理施設(IPLT)の土地にLIXILコンポストセンターを設置できる(土地代ゼロ)可能性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>効果が高ければ、再利用品への需要あり</li> <li>特に大規模農場からのバルク購入が機会</li> </ul>
次ステップ	上記の家庭からの需要を満たしつつ、公共施設(学校、公民館)で導入する機会を探る	回収の役割・費用の分担を環境省・Public Worksと協議する	コンポストセンターに必要な土地サイズを8月末までにPublic Workへ提出	サンプル提供のためのトイレ設置方法を検討 パイロット提携先を探る

図 2-7 バリューチェーンごとの課題、機会、次のステップ

もう一つの課題としては、バリューチェーンのなかの「再利用」をどのように普及・定着させるかが挙げられる。前述の通り、現状市場に出回っていない人由来の排せつ物を再利用した肥料に対する心理的な抵抗感は否めない。ヒアリングでは、土壤に散布する手間を考慮し、液肥に高い関心が集まった。以下に課題の対応策を示す。



## 再利用品購入のためにクリアすべき要素

インタビューを行った全ての農家が効果が実感できれば人由来の汚物を含むコンポスト・液肥を購入すると回答。コンポストはPETRO ORGANIKより効果が高いことを望むが、撒く手間がかかるため、液肥により高い関心。

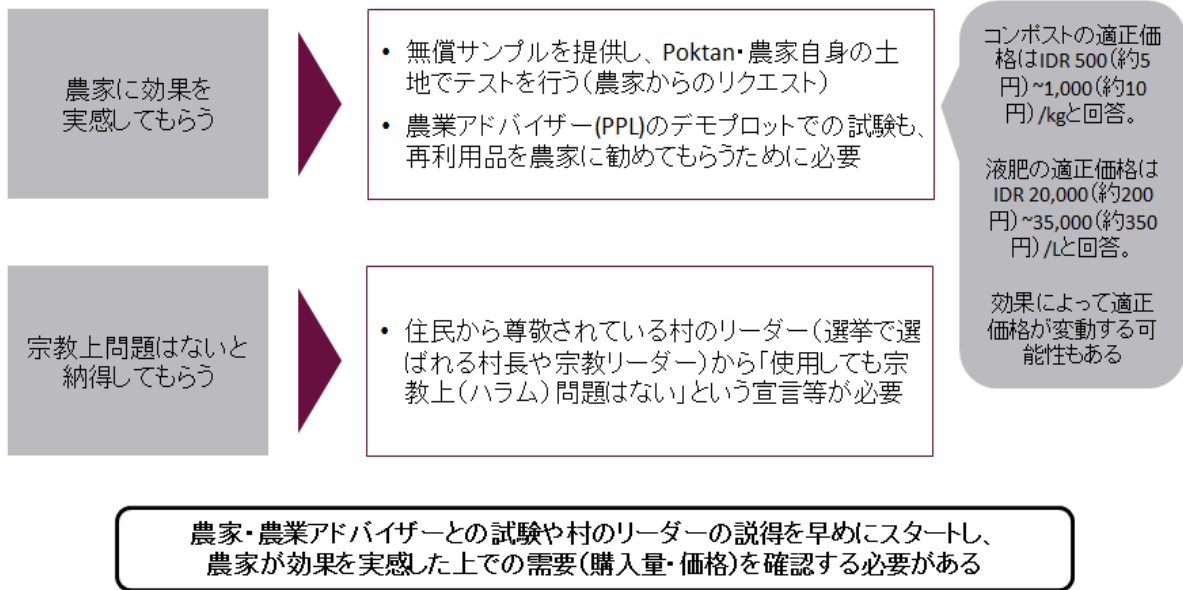


図 2-8 人由来の再利用品普及に向けた課題と解決策

### 2.2.3 今後の事業化に向けた計画

今後事業化を進めるためには、グリーントイレシステムの普及において、どのようにしてスケールメリットを獲得していくか、再利用を如何に普及させるかといった課題が残っている。それらの課題を解決するために、まずはルマジャン市を中心とした中規模実証試験を行い、グリーントイレシステムに対するニーズの詳細な調査、し尿回収運営ノウハウの蓄積、コンポストセンターでのし尿製造ノウハウの蓄積を行う。更にそこで製造された堆肥、液肥他を農家へ無償配布し、農作物効果を確認してもらうと同時に、肥料販売に対するニーズに対しても更に詳細な調査を行う。その上で、最終的な事業規模の確認(現時点では1000世帯と仮定)、収益率の確認(現時点では、粗利で約13%と想定)が出来、最終的なリスク回避策を含めた事業の可否判断(事業立上げのための設備投資計画、投資回収計画、要員計画、資金計画、将来に向けた事業拡大案他)が可能となると考える。

また前述の通り、事業化を進めて行く上でルマジャン県とどのような協力が可能であるかは本件事業化の鍵となる部分である。ルマジャン県にとどまらずジャカルタにおいても中央政府と協議を行い、LIXILトイレの特徴、効果をアピールすると同時に効果的な官民連携モデルについて検討を重ねることと致したい。

### 3 詳細調査結果

#### 3.1 マクロ環境調査

##### 3.1.1 政治・経済状況

###### 【政治概況】

2014年4月9日、5年に一度の総選挙が実施され、有権者は国会、地方代表議会、各州、県・市議会の議員を選んだ。国会議員選挙では、最大野党の闘争民主党が勝利し、第一党になった。一方、ユドヨノ大統領の最大与党民主党は得票率を大きく落とした。2014年7月9日には、インドネシア大統領選挙が行われ、ジョコ・ウィドドが、選挙戦では政治変革や汚職撲滅を公約に掲げ、スハルト元大統領の娘婿のプラボウォ・スビアント元陸軍戦略予備軍司令官との一騎打ちを制して7月22日に選挙管理委員会より当選が発表された。2014年10月20日、ジョコが第7代大統領に就任。当初、国民議会（下院）はプラボウォ率いる野党勢力・メラプティ連合が過半数を占めていたため、政権運営は難航すると見られていた。しかし、議会ポストを巡り対立しメラプティ連合を離脱した開発統一党がジョコ派に回り、議会勢力が均衡状態となったため政権運営に支障は出ないとされる。

なお、現在のインドネシア国概要は以下の通りである。

表 3-1 インドネシア国概要

面積	約 189 万平方キロメートル	
人口	約 2.47 億人（2012 年時点、インドネシア政府統計）	
首都	ジャカルタ	
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、キリスト教、ヒンズー教、仏教、儒教、その他	
政治体制・外交	政体	大統領制、共和制
	元首	ジョコ・ウィドド大統領（2014 年 10 月 20 日就任、任期 5 年）
	議会	(1) 国会（DPR）：定数 560 名（任期 5 年） (2) 地方議会（DPD）：定数 132 名（任期 5 年）
経済	主要産業	製造業、農林水産業、商業・ホテル・飲食業、鉱業、運輸・通信、金融・不動産・企業サービス、サービス
	GDP	約 8,696 億米ドル（2013 年、インドネシア政府統計）
	一人当たり GDP	3,500 米ドル（2013 年、インドネシア政府統計）
	経済成長率	5.0%（2013 年）
	物価上昇率	8.4%（2013 年、インドネシア政府統計）
	貿易額	輸出：1,825.5 億米ドル 輸入：1,866.3 億米ドル （2013 年、インドネシア政府統計）
	貿易品目	輸出：石油・ガス、鉱物性燃料、動物・植物油 輸入：石油・ガス、一般機械機器、機器・電気部品 （2012 年、インドネシア政府統計）

## 【経済動向】

インドネシアは、巨大な成長マーケットとして、アジアで最も注目されている国の一つである。人口は約2億4000万人であるが、首都ジャカルタが所在するジャワ島だけで約1億3000万人がいるとされている。ASEAN10カ国の人口合計約6億人、日本の人口約1億3000万人弱と比較するとその巨大さは一層明確である<sup>5</sup>。

2015年8月に発表された同年4-6-月期のGDP成長率は、前年同期比+4.7%、前期比+3.78%であった<sup>6</sup>。消費や在庫投資などが減速の主な要因であるが、純輸出（輸出マイナス輸入）は輸入が減少したことにより、成長を押し上げた。GDP成長率は2009年7-9月期以来の低成長となったものの、民間消費の減少は小幅にとどまり、固定資本投資は底堅く推移していることから、GDPの内容はそれほど弱くないと考えられている<sup>7</sup>。

## 【地理・気候・人口】

インドネシアは世界最大の島嶼国であり、東南アジアとオーストラリアの間に広がる17,508の島々は、赤道全体の10分の1以上に及ぶ。陸地の広さは約200万平方キロメートル、領海はその4倍の広さがある。主な島として、ジャワ、バリ、スマトラ、カリマンタン、スラウェシ、パプアがあり、この他に小さな島々が集合した二大諸島（マルク諸島とトゥンガラ諸島）がある。太平洋とインド洋、アジアとオーストラリア大陸を結ぶ立地は、インドネシアの文化、社会、政治、経済生活に大きな影響を及ぼしている。

気候は、赤道付近に位置する熱帯性気候で、気温は、丘陵地帯16度、低地・沿岸地帯36度、平均湿度は80-90%である。乾季と雨季の二つの季節があり、乾季は4月から9月、雨季は10月から3月まで続き、降雨量は2月が最大である。

人口は約2億4000万で多様な民族で構成されている。日本の3分の1の面積のジャワ島には、1億人以上が住んでおり、世界で最も人口密度の高い場所とされている。インドネシアでは、宗教選択の自由が掲げられており、国が認めた5つの宗教（イスラム教（88%）、プロテスタント（6%）、カトリック（3%）、仏教（2%）、ヒンズー教（1%））が信仰されている<sup>8</sup>。

---

<sup>5</sup> <http://www.johoza.co.jp/asia/area/detail/?areaid=119>

<sup>6</sup> Economic Growth of Indonesia Second Quarter 2015

[http://www.bps.go.id/website/brs\\_eng/brsEng-20150805111532.pdf](http://www.bps.go.id/website/brs_eng/brsEng-20150805111532.pdf)

<sup>7</sup> [http://www.smam-jp.com/market/report/marketreport/1245141\\_1951.html](http://www.smam-jp.com/market/report/marketreport/1245141_1951.html)

<sup>8</sup> <https://www.asean.or.jp/ja/asean/know/country/indonesia/invest/guide/09-01.html>



図 3-1 インドネシア国地図

### 3.1.2 当該事業に関する各種政策や法制度の状況

#### 【公衆衛生政策】

インドネシア政府はこれまで、公衆衛生の問題は個人の問題であるとして対策に本腰を入れてこなかった。途上国全体でも、この分野におけるミレニアム開発目標（MDG）の達成には一人当たり 5 米ドルの予算が必要という試算に対し、実際には 0.5 米ドルしか費やしていないという現状があり、政府の政策に頼っているだけでは改善が進まないのは明らかである<sup>9</sup>。また、下図に示すように、インドネシアでは公衆衛生を管轄する省庁間の調整も徹底されておらず、2001 年に本格化した地方分権化以降、特にキャパシティ・ビルディングの機会もないまま、市や県に公衆衛生問題の解決が委ねられてきた。

<sup>9</sup> Global costs of attaining the Millennium Development Goal for water supply and sanitation, G. Hutton and J. Bartram, World Health Organization <http://www.who.int/bulletin/volumes/86/1/07-046045/en/>

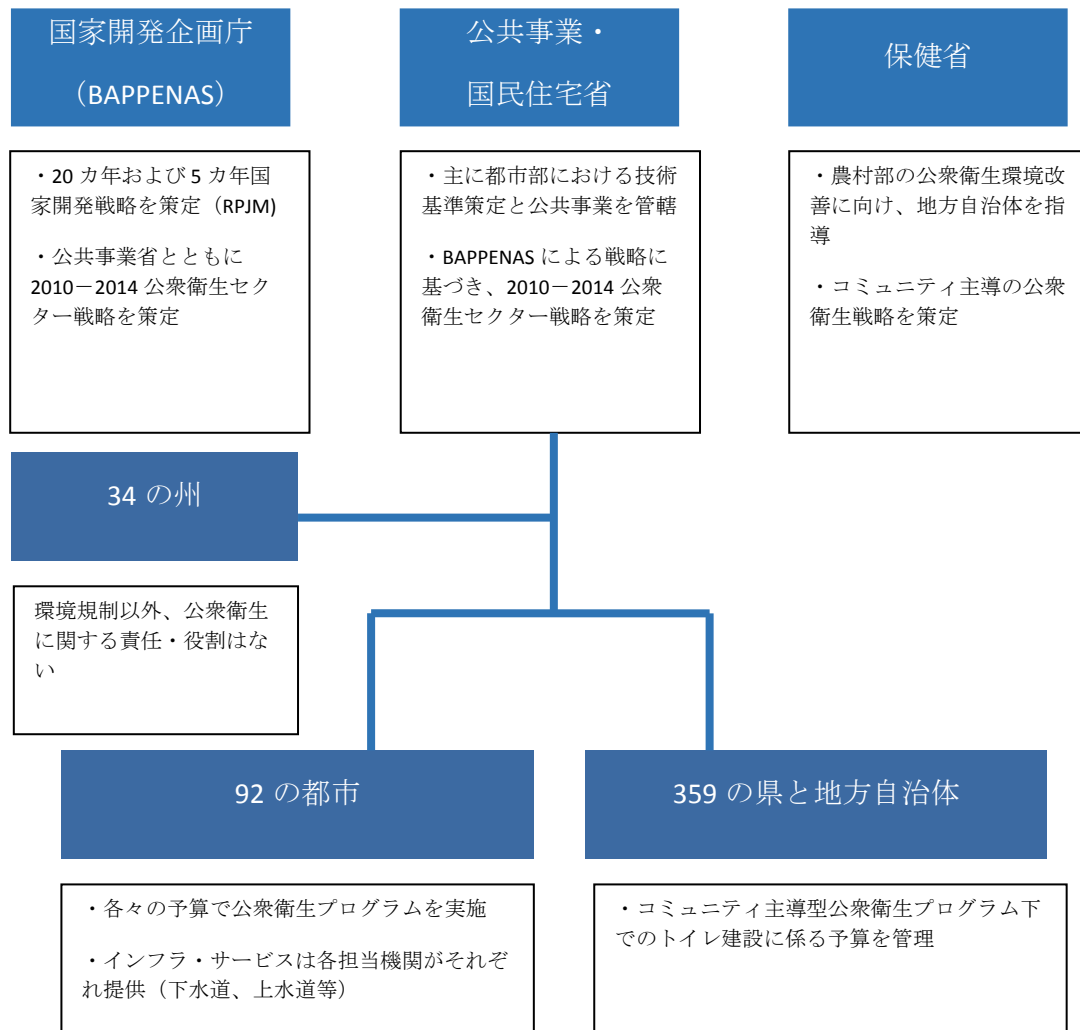


図 3-2 インドネシアにおける公衆衛生政策実施主体<sup>10</sup>

インドネシアでは、1999年地方分権化2法が施行され、県・市に大幅な権限移譲がなされ、独自性を発揮できるようになった。公衆衛生分野でも、2003年に7つの市でパイロットとして始まった SANIMAS が徐々に効果を発揮し、国の政策として2010年には22の州の100都市で実施されるまでに拡大した。

これまでは、公衆衛生問題は個人の問題だとして解決には消極的だったインドネシア政府にも、ここ数年の経済発展に伴いその姿勢に変化がみられてきている。公衆衛生に充てられる予算は2000-2005年には一人当たり0.2米ドルであったが、2006-2010年には0.5米ドルに増加した。また、地方自治体の予算割り当ても、2006年の1%から2010年には1.5%に上昇している。

<sup>10</sup> Indonesia Water Supply and Sanitation Sector Assessment, Strategy, and Road Map, Asian Development Bank, December 2012 より調査団作成

財政だけでなく、省庁・組織間の調整も進められている。2006年から2010年にかけて、国家レベルの公衆衛生戦略の策定と実施に向けたキャパシティ・ビルディングを主眼とした「公衆衛生セクター開発プログラム（ISSDP）」が実施された。このISSDPの一環として、SANIMASでの経験や結果をスケールアップすることを目的に12の市が「公衆衛生戦略（CSS）」を策定した。

その後、ISSDPの内容を拡充した「居住地における公衆衛生開発推進プログラム2010-2014（PPSP）」が、BAPPENASと公共事業・国民住宅省、内務省によって共同で策定された。同プログラムの主な目的は次の5つである<sup>11</sup>。

- 公衆衛生（トイレへのアクセス）を都市部で80%、農村部で60%まで整備する。
- 下水道が整備された都市を11から16に増やす。
- 都市部において下水道に接続している人口の比率を20%まで伸ばす。
- 330の県や地方自治体と共同で、公衆衛生戦略を策定し、必要な予算を合意する。
- 公衆トイレを利用する6百万人の衛生環境を改善する。

これら5つの目標を達成する具体策として、都市部のコミュニティベースの衛生改善に主眼を置いた「SANIMAS」と、農村部を主体とした「CLTS」が実施されている。

一方、2014年10月に第7代大統領に就任したジョコ・ウィドドは、全てのインドネシア人が、適切な公衆施設と清潔な飲料水へアクセスできるようにする「ユニバーサル・アクセス」を目標に掲げ、大統領令 No. 285 では、人口の100%が公衆施設と飲料水にアクセスでき、スラム街を全廃するという「100-0-100」プログラムを発令した。

## 【SANIMAS】

2003年から始まったSANIMASは、政府の補助金でコミュニティベースの下水システムと公衆トイレを整備するプログラムである。導入されるのは、「コミュニティベースの沐浴・トイレ設備（CSCs）」と「戸別に設置したトイレ」であり、前者は共有のセプティック・タンク、後者は下水システムで排泄物を回収している。処理技術には分散型嫌気処理システム（DEWATS）が導入され、バイオガスを生成している。

CSCは、コミュニティで選出したチームまたはコミュニティが雇用した業者が清掃や回収を行い、中央政府や地方自治体、ドナーが資金を、コミュニティは労働を提供することで運営されている。戸別トイレは各家庭がトイレの清掃を担い、下水システムはコミュニティが管理している。また、トイレの設置に係る資金も各家庭が負担する。

---

<sup>11</sup> Indonesia Water Supply and Sanitation Sector Assessment, Strategy and Road Map, Asian Development Bank, p18, p39

SANIMAS は、2003\_2004 年にパイロットが実施され、2009 年から本格稼働した。本プログラムに参加しているコミュニティのうち、77%は CSC のみを利用し、16%が戸別トイレのみを導入、6%が両方を設置している。2014 年までに都市人口の 5%を占める 6 百万人を SANIMAS に参画させる計画であると政府は発表した。

しかしながら、参加するコミュニティによって SANIMAS の実現に向けた意欲の度合いに差があるため、全てのコミュニティで本プログラムが成功しているとは言い難い。また、修繕費用をどのように負担するのも問題となっている。排泄物の適切な処理に対する関心が低く、従って導入しているコミュニティの 3 分の 2 は、技術的な問題や回収されるガス量が低いなどの理由で排泄物の再利用が徹底されていないといった課題が浮かび上がっている。

### 【CLTS】

CLTS は、インドで始まった衛生改善プログラムであるが、2004 年にインドネシアにおいても導入され、農村部におけるトイレ需要の創出と行動様式の変化に主眼を置いている。そのため、単に各家庭にトイレを設置するだけでなく、村全体から野外排泄をなくすところまでをプログラムとして網羅している。プログラムの検証、分析、計画の策定は、コミュニティに委ねられ、トイレを各家庭に置くのか、共用とするのか、あるいは両方を実施するのも、コミュニティが決定する。資金面では、中央政府やドナーから支援を受けている。

2004-2006 年に東ジャワ州の 6 地区にまたがる 12 の村でパイロットを実施し、2007-2011 年には 29 の地区に拡大した。2011 年時点で、整備された衛生設備にアクセスのある人口は 140 万人にまで増え、参加したコミュニティは 6,250 に上り、そのうち野外排泄がなくなった村は 2,200 となった。

CLTS を実施していく上での課題は、パイロット事業終了後、いかに野外排泄のない状態を継続していくかにある。適切な清掃やメンテナンスがなされなければ、トイレはすぐに機能不全となり、家庭に修繕や整備費用の負担を期待することも難しい。また、タンクにたまった便の汲み取りや汚泥処理の管理など、排泄物の回収と処理が徹底されないことも CLTS が直面する課題である。

### 【農業政策】

農業分野、特に有機農業については、政府は「Go Organic 2010」など、有機農業国内市場を盛り立てる取り組みを行ってきたが、小規模農家にとっては有機農家としての資格を得るのが難しいなどの課題も多く、有機肥料や有機作物の流通は限られているというのが現状である。しかし、「農業省戦略計画 2015-2019」では、ビジョンに「持続可能なアグロ・バイオインダストリーの実現」をうたっている。これは、健康に良い食糧を生産し、農民の福祉と食の主権を保護するために地元の資源を活用して、高付加価値農業を確立することを目指すものであり、革新的な取り組みが必要であると明記されていることから、今後国内における有機農業および市場の拡大が期待されている。

また、「有機農業システム」に関する農業大臣令が2013年に発令された。これは有機農業ビジネスの発展を目指したものであり、人由来の排泄物に関する記述はないものの、家畜の糞尿はコンポストなどの一定のプロセスを踏まえて、有機肥料として活用が認められる、とされている<sup>12</sup>。

### 3.1.3 市場の状況

#### 【トイレへのアクセスからみた市場】

インドネシアでは下水道の整備が大幅に遅れる中、年間600万トンものし尿が未処理の状態で河川や運河、土中に排出されており、公衆衛生の改善は喫緊の課題となっている。このような劣悪な公衆衛生環境は、腸チフスや下痢が蔓延する原因となり、インドネシアでは5歳以下の乳幼児が毎年40,000人以上も死亡している。

このような状況にあるにもかかわらず、インドネシアでは、下図に示すように他の東南アジア諸国と比較してもトイレの整備は遅れており、適切なトイレへのアクセスがない人々は、人口の40%を占める1億人以上にも上るとされている。そのうち、約1100万人が依然として野外排泄を行っており、トイレを有している家庭でも、1200万人がセプティック・タンクや下水施設に接続していない状態で排泄をしている。

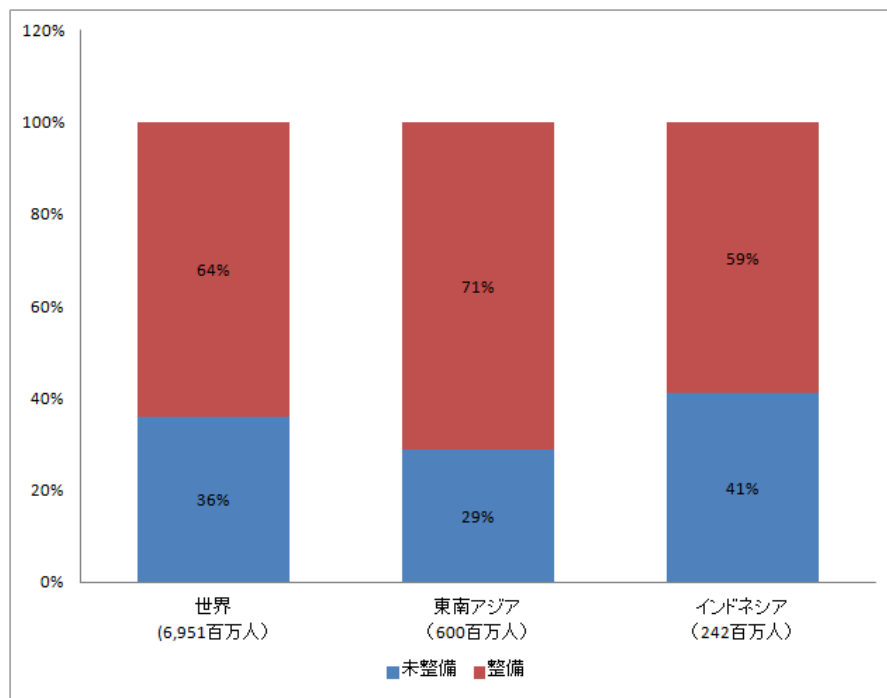


図 3-3 整備された衛生設備<sup>13</sup>にアクセスのある人口

<sup>12</sup> <http://faolex.fao.org/docs/pdf/ins133266.pdf>

<sup>13</sup> UNICEF と WHO の JMP によると、整備された衛生設備とは、水洗トイレ、下水道にパイプで接続しているトイレ、セプティック・タンク、ピット・ラトリン、通気改良型便槽式トイレ、スラブトイレ（穴または便座のついた床板で覆われたドライ・ピット・ラトリン）、コンポスト・トイレである。未整備なものは、排泄物を貯留槽に溜めない水洗トイレ、スラブなしのピット・ラトリン、バケツ（し尿を溜め、定期的に処理、廃棄、肥料として利用）、河川や海洋上での垂れ流し式トイレ、野外排泄である。



トイレや周辺衛生環境が未整備である地域が多いインドネシアでは、公衆衛生問題に起因する経済損失にも直面している。例えば、年間1億2000万人が病気になり、5万人が早世にすることで経済損失は33億米ドルになり、汚水による環境汚染で15億米ドル、土地の生産性の減少により9600万米ドルの経済損失に苦しんでいる。全体ではGDPの2.3%にあたる63億米ドルの経済利益が年間失われていると算定されている<sup>14</sup>。

他方、世界銀行が主導し多数のドナーが参加するパートナーシップ・プログラムである「水と公衆衛生プログラム (WSP)」によると、インドネシアの農村部にピット・ラトリンを導入した場合の経済効果は、導入費用の7倍となり、都市部で排水処理施設を整備した場合は、効果が2倍になるとしている<sup>15</sup>。特に農村部で最も経済効果が高かったのは、無水あるいは水洗型のピット・ラトリンで、トイレ設置後一年経たずに初期投資を回収できるほどの経済効果があることが判明している。

経済効果のうち、最も顕著であったのは医療費の減少で、公衆トイレの設置では2倍、戸別の無水ピット・ラトリンの設置では4倍の経済効果があった。また、戸別に無水トイレを設置した場合は、公衆トイレまで行く時間が節約されるため、生産性が向上したことも経済効果の向上に貢献している。

このような状況から、本プロジェクトで導入する循環型無水トイレ (グリーントイレシステム) は、潜在市場規模が大きく、高い経済効果が期待できるといえる。

### 【行動様式からみた市場】

インドネシアの英字紙であるジャカルタ・ポストによると、インドネシアでは人口の40%が未だに基礎的な衛生設備へのアクセスがないといわれている<sup>16</sup>。そのため、グリーントイレシステムのようにトイレのアクセスを確保し、排泄物の回収・運搬、再利用というバリューチェーンを構築する以前に、人々の行動様式の変化をもたらす必要がある。

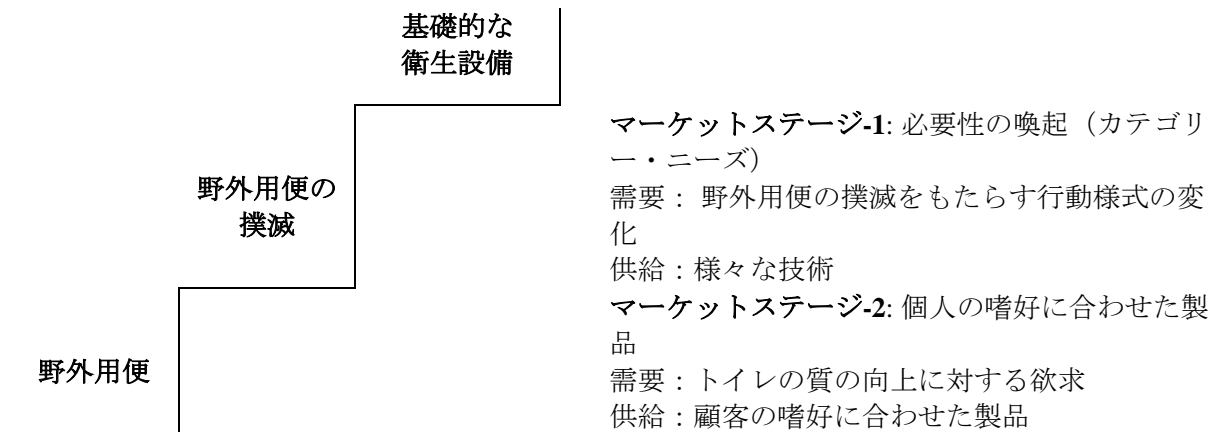
---

<sup>14</sup> P1, Economic Impact of Sanitation in Indonesia, WSP

「早世」については、年齢の定義がされていない。15歳以上 (平均年齢40歳) が亡くなった場合は6万1278米ドル、5歳から14歳で亡くなった場合は11万5387米ドル、5歳未満で亡くなった場合は9万7760米ドルの損失が出ると試算されている (労働者の年間給与2775米ドルとして)。

<sup>15</sup> The Economic Returns of Sanitation Interventions in Indonesia, August 2011, WSP

<sup>16</sup> <http://www.thejakartapost.com/news/2014/12/15/40-residents-live-with-poor-sanitation.html>



### マーケットステージ1

### マーケットステージ2

野外用便の撲滅を達成するために人々の行動様式を変化させていく段階（ステージ1）では、実は民間企業が入り込む余地は非常に限定的だと考える。なぜなら、とりあえず野外用便をなくすという段階では、非常にシンプルなトイレがあれば十分だからである。また、行動様式の変化をもたらすためには啓発が必要であり、これは大抵の場合民間企業にとってはコストが高くついてしまう。一方、基礎的な衛生設備を充実させているステージ2では、民間企業が大きな役割を果たすことができる。また、一度基礎的な衛生設備を建設した家庭では、その後改良を重ねることはあっても、再び野外用便に戻るということはない。つまり、新規の建設のみならず、回収や改良といったメンテナンス部分でも、民間企業にとっては魅力的である。

#### 【有機農業の観点からみた市場】

調査を実施したルマジャン市の農家へのヒアリングでは、農業省が有機肥料を推奨していることもあり、有機肥料と化学肥料を混ぜて活用していることが分かった。下図はルマジャン市で販売・使用されている代表的な肥料と収穫後の使用量を示したものである。

ルマジャン市で販売・使用されている代表的な肥料と収穫後の使用量

種類	商品	価格	使用量(米)	メモ
有機肥料 (固体)	 PETRO ORGANIK (補助有り)	Rps. 20,000 (約200円) / 40kg = Rps. 500 (約5円) / kg	1ヘクタールあたり約1トン(キャッシュがあれば2トン以上撒きたい)	ほぼ全ての農家を使用しているが、効果を実感していないため、最近売れ行きが良くない。
	ヤギ・牛糞	Rps. 15,600 (約156円) / 40kg = Rps. 390 (約3.9円) / kg	同上	インタビューをした農家は自身でヤギ・牛を飼っているか、周辺農家からより安価(167/kg)で購入。
有機肥料 (液体)	 Pomi + Beka (Decomposer)	Rps. 450,000 (約4,500円) / 6L (Pomi 4L + Beka 2Lのパッケージ)	製品名は不明だが、1ヘクタールあたり3-4リットルが主要	政府の補助が出る液肥はなく、トップセラーも無い。農家は約200円-250円/Lで購入。  EM4とサトウキビ水をヤギ・牛の尿に混ぜて有機の液肥を製造している農家も。
	Sapura Nutrient	Rps. 50,000 (約500円) / L		
	EM4 (Decomposer)	Rps. 15,000 (約150円) / L		
化学肥料 (固体)	 NPK Phonska (補助有り)	Rps. 115,000 (約1,150円) / 50kg = Rps. 2,300 (約23円) / kg	1ヘクタールあたり0.3トン	インタビューした全ての農家が米の栽培に両者を使用。
	Urea (補助有り)	Rps. 90,000 (約900円) / 50kg = Rps. 1,800 (約18円) / kg	同上	

※1: 政府の補助がある肥料の価格はどのキオスクでも一定。液肥のメーカーは直接販売店をアプローチし、価格を自由に設定。

※2: トウモロコシにも化学肥料を使用。大豆には化学肥料を使用している農家とそうでない農家が存在。

参考: 肥料販売店・小規模肥料製造者へのインタビューメモ

図 3-4 ルマジャン市で販売・使用されている代表的な肥料と収穫後の使用量

パイロットを実施した Tompokersan 村の農民 9 名にインタビューを行ったところ、既に 3 名はヤギ・牛のし尿や糞殻を用いて、自身で作った有機肥料と市販のものを合わせて使用していることが分かった。

インドネシアは人口の 80% 以上がイスラム教徒であり、排泄においては可能な限り流水で洗浄するという教えが一般的に受容されている。これは大便や尿が不浄なもの（ナジス）と考えられているからであるが、インドネシアではキリスト教徒など非イスラム教徒も排泄後に水で洗浄する習慣が見受けられる。

他方、世界銀行の水と衛生プログラム（WSP）が実施した調査では、有機肥料に対する需要が地域や宗教問わず高いことが分かっており、これは本調査の結果とも一致している。まず、有機肥料で育った作物への需要であるが、人間の排泄物を肥料として育った作物を食べてはならないというイスラム教の教え（ファトゥワ）はなく、WSP 調査の対象者の 80% 以上が、有機肥料で育った作物を口にすることへの抵抗がないと回答している。

次に、有機肥料の農業利用における需要であるが、こちらも80%以上が人間の排泄物から成る肥料を利用することに抵抗がないと回答している。これもそのような肥料を使用してはならないというファクトウがないというのが大きな理由のようだ<sup>17</sup>。

本調査でのインタビューにおいては、現状市場に出回っていない人由来の排泄物を再利用した肥料や活性剤に対しては、効果が実感できれば購入する意欲があると応えた農民が多数を占めた。コンポストはPetro Organikより高い効果を望むが、土壤に撒く手間を考え、液肥により高い関心が集まった。

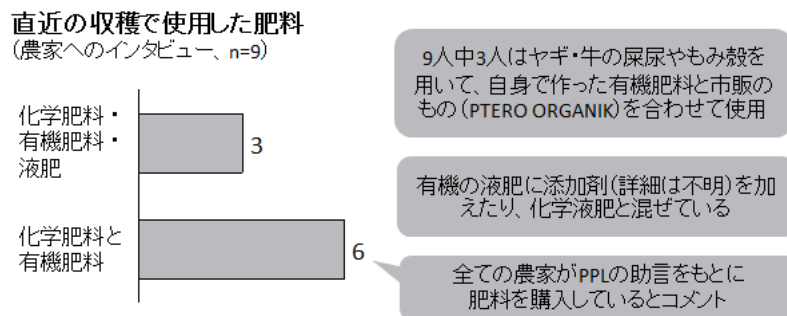



図 3-5 直近の収穫で使用した肥料

以上、トイレへのアクセス、行動様式の変化、有機農業という三つの観点からLIXILのグリーントイレシステムの潜在市場を考えた場合、最初の切り口として、最低限のトイレを持つ農家への普及を目指すという結論に至った。

**【競合製品】**

グリーントイレシステムと競合する製品は、インドネシアにはないため、国内で現在最も広く利用されているトイレの種類と水の使用量を調査したところ、下表の通りであった。

表 3-2 インドネシアで主に利用されているトイレ

	種類	水使用量	主に利用されている地域
	ピット・トイレ CUBLUK (インドネシア語)	身体の洗浄に3リットル	農村および農業地域

<sup>17</sup> Social Factors Impacting Use of EcoSan in Rural Indonesia, June 2010, WSP

	<p>和式 TOILET JONGKOK (インドネシア語)</p>	<p>身体の洗浄に 3 リットル、排泄 物を流すのに 2 リットル。計 5 リットル</p>	<p>都市部に近い農村。</p>
	<p>洋式 TOILET DUDUK (インドネシア語)</p>	<p>身体の洗浄に 3 リットル、排泄 物を流すのに 2- 3リットル。計 5 リットル</p>	<p>主に都市部。</p>

また、ルマジャン市においてトイレ販売店にインタビューを行ったところ、同市で広く普及しているトイレは主に和式で、洋式（フラッシュ無タイプ）は都市部に限られていることが分かった。また、フラッシュがついている洋式は、ホテルやレストラン等のみであることも判明した。仕様別のトイレの価格帯は下表の通りである。

表 3-3 仕様別トイレの価格比較

仕様	販売価格	参照メーカー
和式 (squat)	IDR150,000 (約 1,500 円)	DUTY
洋式 (フラッシュ無)	IDR 450,000 (約 4,500 円)	American Standard
洋式 (フラッシュ有)	IDR 1,200,000 – 2,300,000 (約 1.2 万円-約 2.3 万円)	TOTO、DATA Sanitary Ware、One Shine 等

家庭の大半は、和式トイレを1つ所有しているのみである。トイレを1つ以上有しているのは、都市周辺の月収 IDR3,500,000（約 3.5 万円）以上の家庭であり、農村部になると、たとえ月収が 3.5 万円以上でも、安くて使い慣れているという理由で、和式トイレを好む家庭が多いようである。家の増築の一環でトイレを改修していた農家でも、新たに設置するトイレは和式にすると回答した家庭もあった。なお、農家でも、家庭内に老人や膝を痛めている人がいる場合は、洋式を設置することもあるようであるが、基本的には和式が圧倒的に好まれている。

都市周辺・農村部の家庭が所有するトイレ  
(都市周辺の住民・農家へのインタビュー、n=19)

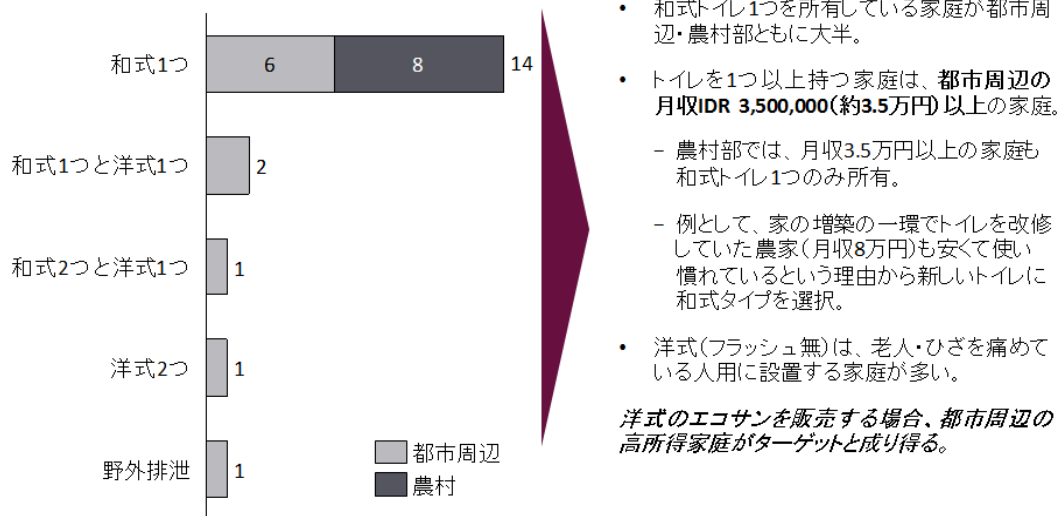


図 3-6 都市周辺・農村部の家庭が所有するトイレ

### 3.2 自社バリューチェーン関連調査

グリーントイレシステムの普及においては、下図に示した通り、住民やコミュニティのニーズに合った適切なトイレを提供し、排泄物を回収、環境汚染を引き起こさないように排泄物を処理し、処理後の副生成物を農業やエネルギーに活用するまでが一連のバリューチェーンとなる。



図 3-7 グリーントイレシステムのバリューチェーン

#### 3.2.1 トイレへのアクセス

現在なぜ和式トイレが好まれているのか、またトイレに対する不満などについて、まずヒアリング調査で洗い出した。結果は、下図の通りであるが、洋式が広まらない理由としては、価格に加えて、使い慣れないこと、フラッシュを手桶で行わなければならないことへの抵抗が強いことが挙げられた。また現在の和式トイレについては、悪臭や不衛生に対する不満が挙げられた。

ルマジャン市でのトイレ使用状況  
(家庭数)

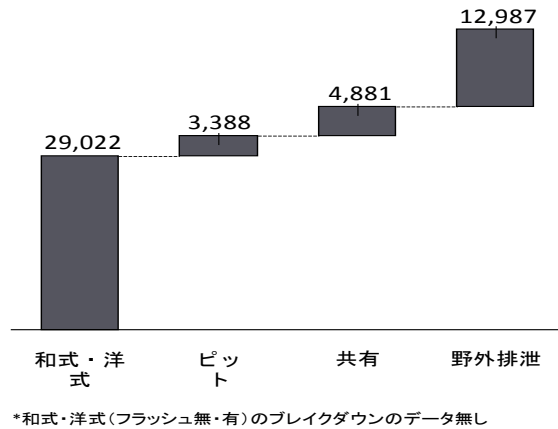


図 3-8 トイレの使用状況

トイレで満足している点と不満  
(都市周辺の住民・農家へのインタビュー、複数回答・無回答有り)

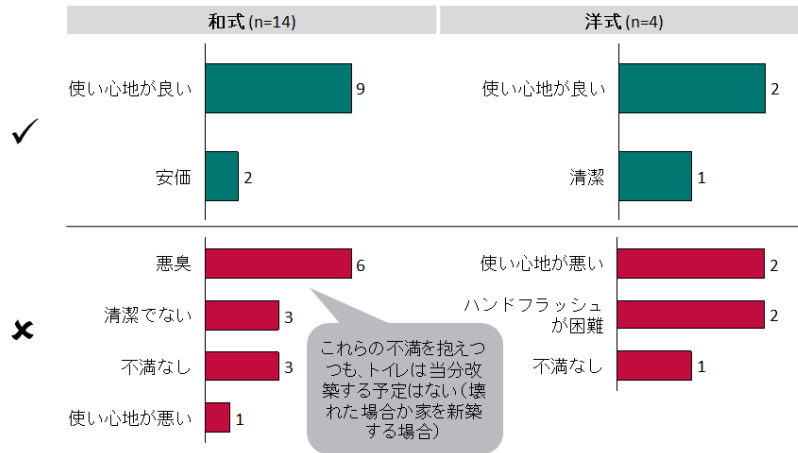


図 3-9 既存トイレの満足点・不満点

各家庭は、グリーントイレシステムへの関心を示すものの、購入意志の有無を深掘りすると、10年以上使用している既存のトイレに概ね満足しているため、家を新築しない限り、トイレのリフォームは考えていないとの回答が多数であった。出費において、子どもの教育費や食費に比べて家のリフォームの優先度は低い。中・高所得家庭での、一年で新築・改築を行う家庭が1%、さらにグリーントイレシステムを選ぶ家庭が50%と仮定すると、1000世帯達成までに9年を要することになる。

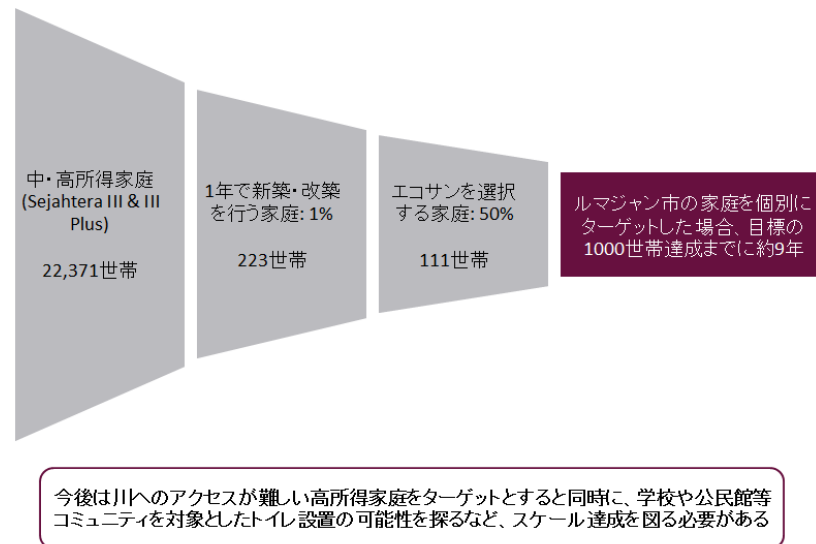


図 3-10 9年で 1000 世帯への普及

従ってトイレ販売によって本事業の採算性を確保していくには、既に述べた最低限のトイレを持つ農家に加え、河川へのアクセスが難しい高所得層や学校や公民館等、コミュニティを対象としたグリーントイレシステム設置の可能性を探るなどして、スケールの拡大を図る必要があるという結論にいたった。

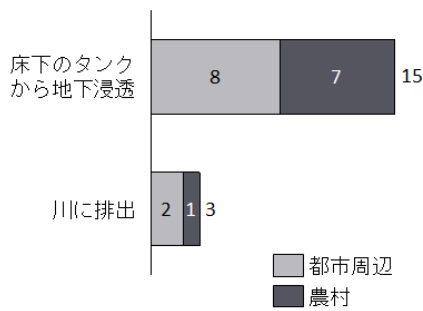
### 3.2.2 排泄物の回収

インタビューを行った全家庭で汚物の回収は行われていなかった。現状では、汚物を肥料や液肥として再利用業者に販売するシステムが確立しておらず、グリーントイレシステムを設置した場合、その購入・建設費を回収するための収入が全く見込めないということになる。

都市周辺の家庭は、汚物を肥料として再利用する機会が無い場合グリーントイレシステムからの汚物の回収・購入サービスへの関心は高く、周辺の環境改善などの視点から、トイレの汚泥の回収サービスに対して IDR100,000 (約 1,000 円) を支払っても良いというコメントもあった。また、農村部では、グリーントイレシステムからの汚物を肥料として再利用できるというコンセプトの理解には時間がかかったものの、理解後は、自ら汚物を回収・再利用することに抵抗はなく、改修サービスは必要ないと全員が回答した。なお、清掃サービスについては、都市周辺・農村部とも、サービスに対価を支払うことに関心はなく、自身で実施すると全員が回答した。



汚物の廃棄方法  
(都市周辺の住民・農家へのインタビュー、n=18)



川の近くに住む家庭はトイレから直接川に汚物が流れる

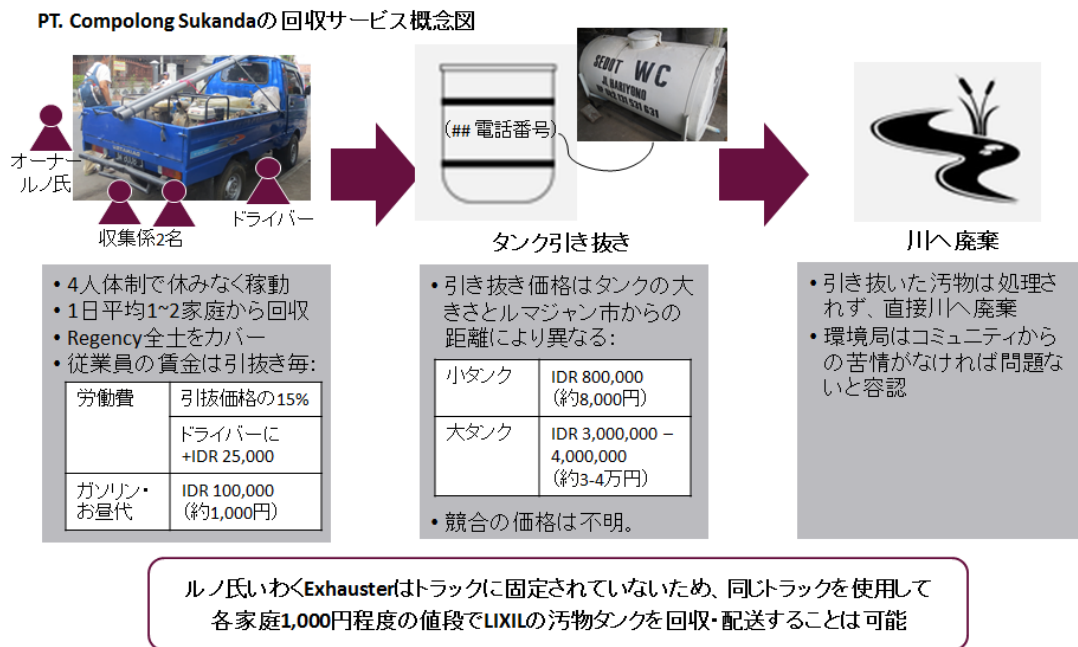


(複数のパイプが川にもき出しになっている様子)

- 現状回収費用がかからない家庭でも、再利用品を使わない都市周辺家庭はエコサンの回収にIDR 100,000(約1,000円)程を支払っても良いとコメント。
- 農村部では、エコサンからの汚物を肥料として再利用できるというコンセプトの理解に時間はかかったものの、理解後には、自身で汚物を回収・再利用することに抵抗はなく、回収サービスは必要ないと全員が回答。
- 清掃サービスには、都市周辺・農村部ともに購入に関心はなく、自身で実施するとコメント。

図 3-11 し尿の廃棄方法

ルマジャン市では、民間企業2社がセプティック・タンクからの引き抜きサービスを提供しているが、ほとんどの家庭のタンクが床下に設置されているため、利用率は低い。そのうちの1社である PT. Compolong Sukanda にヒアリングを行った。結果は下図の通りである。



参考:回収サービス業者へのインタビューメモ

図 3-12 し尿の回収サービス概念図

PT. Compolong Sukanda オーナーのルノ氏によると、Exhauster はトラックに固定されていないため、同じトラックを利用して、各家庭 1,000 円程度の料金でグリーントイレシステムの汚物タンクを回収・運搬することは可能であるとのことであった。

### 3.2.3 処理

ルマジャン県は、2003 年から始まった、政府の補助金でコミュニティベースの下水システムと公衆トイレを整備するプログラムである SANIMAS、並びに 2010 年から開始した SLBM のもと、IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) と呼ばれる下水処理システムの構築をすすめている。現在、9 つの IPAL がルマジャン県で稼働しており、各 IPAL には約 100 戸の家庭が接続している。各家庭が負担する初期費用は IDR60,000 (約 600 円) で、その後は IDR3,000 (約 30 円) / 月を支払う。IPAL で処理された尿は河川に廃棄され、便は約 2 年毎に引き抜かれる。

今後は、引き抜かれた便をより大規模な処理施設 IPLT (Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja) で更に処理し、再利用することが検討されている。ルマジャン市から車で 16km 離れたテンペにある環境省管轄下の最終ゴミ廃棄場 TPA (Tempat Pembuangan Akhir) と同じエリア内に、約 2 ヘクタールの土地を使って 2018 年までに IPLT を建設する予定とのことである。なお、IPAL や各家庭からの汚物の回収と、IPLT での処理や再利用をどの省庁が担当するかは未定である。

ルマジャン県からは、IPLT の建設地で余っている 3 ヘクタールの土地を使って、グリーントイレシステムのためのコンポストセンターを設置し、便をコンポストとして再利用するのはどうか、との提案がなされた。しかしこの場合、公共事業・国民住宅省と環境省との協議を経て、中央政府から認可を取る必要がある。

### 3.2.4 再利用

回収物の再利用については人糞、尿それぞれについて技術面、ビジネス化における課題を検証した。技術的検証の詳細は「5. 参考：グリーントイレシステムの開発」、処理（コンポスト・液肥化）についての技術的検証は「7. 参考：コンポストの評価と肥料化に向けた検討」を参照のこと。

#### 人糞の堆肥化

まず人糞の堆肥化については、オンサイト処理とオフサイト処理が存在する。オンサイト処理についてはグリーントイレシステムに人糞と水分調整及び発酵基材が重なりながらタンクに溜まる形になっており、水分調整及び発酵基材の投入量がその後の発酵過程を左右することとなる。今回の実証では特段の問題は見られなかったものの、今後臭いや効率を改善するため更に検証を進めて行く予定である。

またオフサイト処理においては、今回の実証においては実証宅に小さなコンポスト処理場を作りそこでコンポスト化を行った。その結果、堆肥の製造過程において特段の問題は認められなかった。ただし今後は規模の拡大を考慮に入れ、さらに大きな規模での実証をしていくことが必要と考えられる。一方で、人糞由来の堆肥の主な肥料成分は、家畜糞や化成肥料と比較すると、相対

的に低い。また、すでに現地ではヤギ堆肥、牛糞堆肥、そして、牛糞や鶏糞が原料の有機肥料が流通している事に加え、家畜飼養数も豊富であり家畜糞由来の堆肥は今後更に供給が増えて行く事が予想される。については堆肥については価格を従来製品と同等に抑えるとともに、これまでの堆肥と機能上の差別化を図って行く事が望まれる。

### 尿の液肥化

基本的には尿はそのまま畑に撒く事も可能であり、付加価値を高めるためには堆肥同様、家畜糞由来の製品と差別化を図って行く必要がある。調査の結果、インドネシアでは液体の生長促進剤（推定）と植物ホルモン剤が一般的に使用されており、農家では作物の成長促進効果があるとして、これら液体資材を苗木・果樹等へ定期的に散布している。これら製品は有機微生物資材（土壌の微生物性改善資材）と想定され、尿については前述の **BMW** 活性水を製造する事により、有機微生物資材として大幅に販売価格を引き上げる事が可能である事が判明した。なお、**BMW** 水については現地の実証宅において製造したところ特段の問題は認められず、現地にて製造可能と判断された。。

### 農業試験

最後にこれらの堆肥および液肥を使用した(3) 農業試験の結果についてであるが、今回はグリーントイレの実証評価宅である **Sukirno** 氏宅内にて簡易なプランターによる栽培試験を行い、製造された堆肥および **BMW** 水とインドネシアで生産されている有機肥料、堆肥、化成肥料等との生育状況の違いを調査した。

結果としては、今回の簡易な実験のみで製造された堆肥と **BMW** 水の効果を検証するには至らなかったものの、便由来の堆肥と化成肥料を混合した資材を利用し、追肥には尿と **BMW** 尿生物活性水を利用するなど、数種の肥料を混合していくことで収量及び品質向上の可能性があるとの結果が得られた。これについては更なる大きな規模の実証実験が必要との結論となった。また、有機肥料の使用は肥沃な土壌作りに非常に効果があるとされているものの、土壌の物理性、微生物性の改善等、土づくりに関わる検証は今回なされておらず、今後の検証課題となった。

また、2015年6月に20人超の農業従事者や肥料製造販売者に対して実施した現地でのヒアリング調査によると、市場に出回っていない人由来の排泄物を再利用した肥料や活性剤に対する心理的な抵抗感は無いとは言えないものの、効果が実感できれば購入する意欲があるとの回答が多数を占めた。(ヒアリング結果は7.参考 参照。) 現在農家に利用されている有機肥料の多くが政府から補助金が出る **Petro Organik** 社のものであることを考えると、それ以外のコンポストについては **Petro Organik** より高い効果があり、かつ土壌に撒く手間がかからない液肥が有効ではないかと判断した。

また、人由来の堆肥や液肥を使う事に対して宗教面での問題に言及する人もいたが、同じイスラム教徒でも問題無いとする人も多く、イスラム教の宗教上、人由来の堆肥や液肥の使用を禁止するような規範は認められないとの結論となった。一方で、今後人由来の排泄物を処理したコンポストの利用を啓発していくためには、農業普及員(PPL)との試験実証や村のリーダーの説得をまず行い、実際に農家に効果を実感してもらったうえで、価格帯を決めていく必要があると考えられる。

### 3.2.5 バリューチェーン関連調査総括

グリーントイレシステムからの再利用品である堆肥や液肥の需要については、ルマジャン市の農家のうち50%が現状使用しているコンポスト・液肥を代替すると仮定した場合、年間1.3万から1.9万トンが見込まれる。

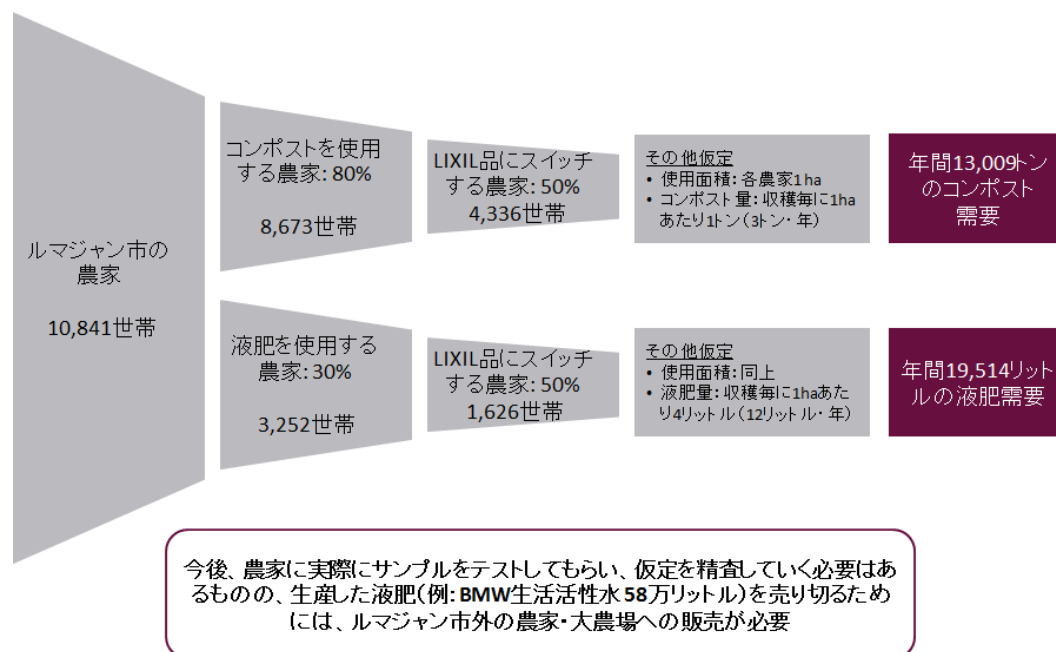


図 3-13 グリーントイレシステムからの再利用品の需要見込み

今後農家に実際にサンプルをテストしてもらい、上図の仮定を精査する必要があるが、生産した液肥（BMW 活性水 58 万リットル）を売り切るためには、ルマジャン市外の農家・大農場への販売を検討することも必要となるであろう。

### 3.3 リソースの計画

今後の事業化における要員計画、人材育成計画、事業費積算、財務分析、資金調達計画、許認可取得計画については、今後のルマジャン政府との協議を経た上で、決定のこととしたい。

一方で現地の実施パートナーについてであるが、本調査の実施にあたっては、コンポストの分析などを現地のスラバヤ大学に依頼した。また、既に記載した通り、ルマジャン県とは今後のビジネス化も視野に入れた話し合いを開始しており、県からはグリーントイレシステムの啓蒙を保健省の保健衛生員が行い、各世帯に対しシステムの設置を推奨することを提案された。またトイレ

からの排泄物の回収や処理・再利用についても農業普及員の協力が必須であり、地元政府との協業が鍵になってくる。

また、現在 LIXIL のインドネシアにおけるトイレの流通・販売は、グループの製造子会社で 2009 年に買収したアメリカン・スタンダードが行っていて、同社は西ジャワ州にトイレ工場を有している。今後、グリーントイレシステムの事業化が見込まれ、LIXIL とアメリカン・スタンダード双方の相乗効果が見込まれるとなった際には、アメリカン・スタンダードの既存の販売・流通網などの活用も検討していく。

### 3.4 グリーントイレシステムの開発について

#### 3.4.1 商品開発（プロトタイプ）

商品開発においては、ケニア国で導入したフラッパー方式の固液分離式トイレから改良を行っている。特に大きく変更した部分は、フラッシュレバー操作部の移置および駆動方法、ロック機構である。ケニアモデルの場合、トイレは専用の架台に乗せてユニット単位で製品化し、ユニットごと設置する方式を取っていたが、現地製造時の製造品質が十分確保できない、コスト的に高い、施工性や輸送時の破損問題が発生するため、架台の採用を中止した。フラッシュレバーは、この架台の側面に取り付けていたため、架台の変更に伴い、トイレ本体側に位置を変更する設計変更を行った。同時に、駆動方法、特に動力伝達部品を変更した。また、フラッシュレバーのロック方法を変更し、フラッパーの確実な固定、およびユーザーの位置の視認性の向上を行った。

その結果、トイレボウル面にフラッシュレバーを設置することができ、トイレボウルとフラッシュレバーが一体物になったため、施工性が大幅に改善された。施工者は、トイレを天板に乗せるだけの作業で設置が可能になった。また、フラッシュレバーの位置が変更になり、ユーザーの使用感も向上した。

なお、本調査でプロトタイプとして使用したグリーントイレシステムの基本設計は、日本で行った。現地には、本トイレに近い商品や開発の事例が確認されておらず、現地生産となると商品設計に時間がかかるため、外部委託までには至らなかった。また、必要な開発データも、基本的には日本で収集した。

トイレ建屋の設計・施工・施工管理は、ルマジャン県の建設会社に一任した。施工状況は概ね良好で、誤差は約 10-20mm 程度に抑えられ、設置に関して重大な施工上の問題は発生しなかった。ただし、建設コストは約 IDR10,000,000（約 10 万円）を要し、工期も約 2 週間と長く、金額面で課題が残る結果になった。今回の施工では通常のトイレと異なり、すべて新たな設計となったため、通常より高額となったことは否めない。今後、建屋の標準化や施工難易箇所の部材化を含め、コスト削減を進める必要がある。

### 3.4.2 原材料調達

実証試験に供したグリーントイレシステムは、トイレ本体に関する部材はすべて日本製造した。各部品の汎用化などを図ったが、トイレ本体や開閉部材、駆動部の部材は指定工場加工を行った。

トイレ本体以外の必要な配管部材や固定部材は、殆ど現地調達が可能で、価格も日本に比べ同等もしくは少し安価で入手可能であることがわかった。代表的な資材の価格および部材の価格構成比率について、表 3-4 に示した。今回現地で入手し、利用した資材の合計価格は IDR1,606,500（約 1.6 万円）で、この価格の約半分を占めるのが、タンク類、次いでパイプ類である。タンク類については、部品の共通化、自社での専用品の製造などで、コスト削減の可能性があるため、今後の調査項目としたい。また、パイプ類については規格品であるため大きな価格削減は期待できないが、部品の共通化（径の共通化）や長さの明確化などにより、無駄を徹底的に排除することが必要であると考えている。

表 3-4 グリーントイレシステムに必要な資材と現地価格（黄色部が今回現地調達した資材）

No (The number of drawing)	Object	Parts	Specification/ Standard	Quantity	Price in IDR		Remarks
					Lumajang	Lumajang	
1 (①~⑧)	Urine + Washing water	90°C Pipe elbow	40/VU	8(10)	5,000	50,000	different thickness and quality
2 (⑨、⑩)		PVC pipe tee	40/VU	2(3)	8,500	25,500	different thickness and quality
3 (⑪~⑬)		PVC pipe	40/VU	3 m × 1	56,000	56,000	different thickness and quality
4 (⑭~⑯)		PVC Increaser	75 × 40/VU	3	30,000	90,000	
5	Urine	Urine treatment tank	30L/PE or 20L/PE	1	35,000	35,000	
6		The storage tank of treatment urine	20L/PE	3 (For exchange)	21,000	42,000	For Urine × 2 , For Bio Additive × 1
7		The storage tank of treatment urine	200L/PE	1	250,000	250,000	
8	Washing water	Pot (For Washing water filtration)	20L/PE	2	20,000	40,000	
9		Bucket	40-50L/PE	1	30,000	30,000	
10		Pebble		1L	10,000	10,000	
11		Sand		1L	15,000	15,000	
12		Soil or VITA BIO		1kg	10,000	10,000	
13	Fececs	Strage tank	60L/PE	3	100,000	300,000	
14	Exhaust duct	Mosquito net	100	1	20,000	20,000	
15 (⑰)		PVC Socket	100/VU	1	23,000	23,000	different thickness and quality
16		Screw	M5 × 15/SUS	4	750	3,000	
17		Washer	φ 5/SUS	4	300	3,000	
18 (⑱)		90°C Pipe elbow or pipe tee	100/VU	1	44,000	44,000	
19 (⑲、⑳)		PVC pipe	100/VU	4 m × 1	220,000	220,000	
20		Exhaust fan	200V	1	450,000	450,000	
21	The others	Brick		8	700		
22		Cement			57,000		

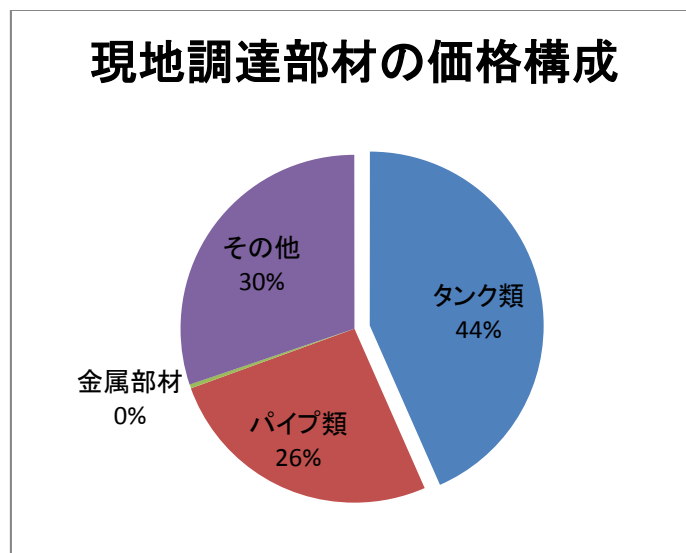


図 3-14 現地調達部材の価格戸籍

#### 3.4.3 製造および部材調達計画（コストダウンの見通し）

グリーントイレシステムの主要部材および付属取付部材は、今後現地製造に切り替えていくことが望ましいと考えている。特に、樹脂製品は、日本で製造された射出成型用の成形型を準備し、成形を当該国で実施すれば労働力も安価な上に同一型で 30 万ショットまで生産が可能のため、1 回あたりの型代の償却が低く抑えられる。実際に、トイレボウルを例にとって、製造のコストシミュレーションを行ってみた。このトイレボウルの生産においては、初期投資として 1000-1500 万円程度かかると予想しているが、型代を 1350 万円と仮定した場合、年間 30 万個生産すれば、型費用としては 45 円/個程度と安く生産できる。その結果、トイレボウルの価格は、樹脂費用（加工費含む）約 1880 円、型の償却費 45 円とりなり、合計 1925 円/個まで縮減することができ、現在の生産価格（約 280,000 円/個）のわずか 1% で生産が可能となる見通しである。その他の部材も、現地生産や専用型での生産により、1 個当たり約 7,433 円で提供できるものと考えている（表 3-5 参照）。

さらに、型の現地製造も検討する必要があるが、成形型の製造技術においては日本が技術的に優位であり、品質の安定や高耐久性能を求める当トイレシステムでは当面は型の設計、製作は日本で行うことが望ましいと考える。

表 3-5 グリーントイレの量産時における推定価格

	品名	材質	個数	単価	部品代	金型代	成型機	備考
1	樹脂パーツ1	ABS(白)	1	990	990	11,500,000	650t~850t	金型寿命約30万ショット
2	樹脂パーツ2	ABS(黒)	1	285	285	4,000,000	200t~300t	金型寿命約30万ショット
3	樹脂パーツ3	POM	1	360	360	2,100,000	200t~300t	金型寿命約30万ショット
4	樹脂パーツ4	POM	1	215	215	1,250,000	100t~200t	金型寿命約30万ショット
5	樹脂パーツ5	ABS(白)	1	1100	1100	5,900,000	400t~500t	金型寿命約30万ショット
6	樹脂パーツ6	ABS(白)	1	1880	1880	13,500,000	850t~1300t	金型寿命約30万ショット
7	パッキン1	EPDM	1	234	234	500,000		
8	パッキン2	EPDM	1	120	120			(暫定)
9	金属部品1	SUS304	1	180	180			(暫定)
10	金属部品2	SUS304	2	60	120			(暫定)
11	金属部品3	SUS304	1	60	60			(暫定)
12	金属部品4	SUS304	1	120	120			(暫定)
13	金属部品5	SUS304	1	240	240			(暫定)
14	その他1		1	600	600			市販品(暫定)
15	その他2		1	60	60			市販品(暫定)
16	その他3		3	60	180			(暫定)
19	その他4		20	3	60			ネジ、ナット、Eリングなど
20	組立費				500			(予想)
			合計		¥7,304	¥129		←型代合計/30万ショット
	1台当たりのコスト(部品代+イニシャルコスト)					¥7,433		

### 3.5 環境・社会配慮

環境社会配慮に関して調査・検討すべき影響の範囲には、大気、水、土壌、廃棄物、事故、水利用、気候変動、生態系及び生物相等を通じた、人間の健康と安全への影響及び自然環境への影響並びに社会配慮を含んでいる。また、非自発的住民移転等人口移動、雇用や生計手段等の地域経済、地域資源利用、脆弱なグループ等も対象となる<sup>18</sup>。

#### 3.5.1 環境・社会への配慮

本プロジェクトは、下水道の整備が遅れているインドネシアにおいて、年間600万トンもの糞尿が未処理の状態では河川や運河に排出されている状況の改善に資するものであり、環境や社会への望ましくない影響が最小限かあるいは殆ど考えられないと想定される。しかしながら、各家庭に設置されたグリーントイレシステムでの糞尿の適切な処理とそれらの回収・利用が徹底されることが大前提であり、この点については、今後事業が拡大すれば、本調査でパートナーを組んだ大学やNGO等に協力を依頼し、またルマジャン県が関与するようなかたちで管理と回収業務を徹底することとしたい。

また、社会配慮については、これも長期的な視野からとなるが、一般的に女性の方が家計や衛生面への関心が高い場合が多く、トイレ製品はより女性のニーズが配慮されるべき側面があるため、今後インドネシアで事業展開が見込まれるとなった際には、販売や衛生教育・啓蒙活動に女性を登用する施策を検討することとしたい。

<sup>18</sup> 国際協力機構環境社会配慮ガイドライン 2010年4月 独立行政法人国際協力機構



### 3.6 JICA 事業との連携可能性

#### 3.6.1 現 JICA 事業との連携可能性

JICA 事業との連携につき JICA インドネシア事務所と数回にわたり協議を行ったが、現在インドネシアでは直接トイレの設置にかかわる事業は行われておらず、現段階での連携は難しいことが明らかとなった。今後は以下に記載しているようなワークショップの開催や政府関係者への啓蒙などの面で連携を図っていく事と致したい。

2015年6月8日にルマジャン市において、LIXIL のグリーントイレシステム導入により期待される効果についてのワークショップを開催した。農業局、保健衛生局、環境局、公共事業局や農家、IPAL を運営するコミュニティ等多くの人々が集まり、各種議論が盛んに行われ、グリーントイレシステムの特徴とそれがもたらす経済、環境、農業に対する効果を広く訴求する事が出来た。こうしたワークショップをルマジャン市での中規模実証試験と並行して首都ジャカルタでも開催出来れば、より多くの政府関係者他にグリーントイレシステムの良さ、効果を知らしめると同時に実証試験の内容についても広く広報する事が出来ると思われる。

このような可能性について、JICA とも協議を行ったところ、現在進行中の「ジャカルタ特別州下水道整備にかかる計画策定能力向上プロジェクト」では、ワークショップ等で関係者が会する機会があるとのことであった。今後 JICA 関係者の協力を仰ぎつつ、し尿をコンポストや液肥として活用する効果等について LIXIL が説明する機会を設ける等の連携を協議していく予定である。

#### 3.6.2 将来的な JICA との連携可能性の提案

一方将来的には、保健衛生分野および農業分野において、以下の様な連携の可能性が想定される。

##### A) 保健衛生分野

トイレは消費者の購入能力(ability to pay)が、購入意欲(willingness to pay)につながりにくい分野であり、民間企業のトイレ販売努力に加えて公的機関（地元政府、援助機関、NGO など）の支援やコミュニティにおける啓蒙活動が非常に重要になる。JICA では 2007 年から 2010 年にかけて南スラウェシ州において保健サービス向上を通じた保健状況改善事業を実施しているが、この中でコミュニティの保健意識向上のためのソーシャライゼーションを行うなどしている。将来的には、下水道の普及が困難と考えられる地域において実施される JICA 保健状況改善事業と LIXIL のグリーントイレシステムについて相乗効果が得られるような連携が可能となれば、インドネシア国の保健衛生状況改善により効率的に寄与出来ると考える。

##### B) 農業分野

ルマジャン県は有機農作物に対するブランディングを進めているが、これは JICA が推進している「高付加価値型」農業に合致する。また、上記の通りインドネシアでは化学肥料の使用による土地の劣化が深刻となっており、有機肥料の導入はより長期的には農家の所得向上につながると思われる。今回の調査において、インドネシア現地ではまだ有機農業に関する知識、経験ともに十分でないことが判明した。JICA によるインドネシアにおける日本の技術紹介や導入を通じた有機農業関連の技術支援が可能となれば、インドネシアの循環型の持続可能な農業開発、収穫量の向上、および農産物の高付加価値化に大いに寄与するものと思われる。また、インドネシアにおいて保健衛生意識の向上に加えて有機農業への理解が進めば、LIXIL の循環型のグリーントイレシステムの導入により経済的にも持続可能なシステム構築に寄与できるものとする。

なお、本システムは汚泥を処理する事で市内や農業用水などの水の質を改善出来るため、ルマジャン県からは環境保全・環境改善としての期待も大きい。また、多くのインドネシアの地方都市では適切な廃棄物の処理が行われていない場合も多いなか、グリーントイレシステムは現在ゴミとして処理されている汚泥部分を再資源として利用することから「ゴミの削減」につながることも期待されているため、JICAの支援する環境分野、ゴミ処理関連の案件との連携も検討を模索していきたい。

### 3.7 開発効果関連調査

#### 3.7.1 対象となるBOP層の状況

下表は、インドネシアの中でも特に貧困率の高い州の貧困世帯数、割合を示したものである。この結果、東ジャワ州、中央ジャワ、西ジャワ州に貧困人口の約56%が集中していることが分かる。なお、今回の調査はこれらの州の中でも特に東ジャワ州を対象とする。

表 3-6 州毎の一日2ドル/人以下で生活する世帯数・割合 (世帯数、%)

州	世帯数	一人2ドル/日以下の貧困世帯数	一人2ドル/日以下の貧困世帯割合	全国の貧困世帯に占める割合
Lampung	1,933,858	1,354,213	70.03	3.75
West Jawa	11,609,370	6,508,816	56.07	18.01
Central Jawa	8,738,431	6,393,972	73.17	17.69
East Jawa	10,481,105	7,533,115	71.86	20.84
West Nusa Tenggara	1,257,802	903,697	71.85	2.50
East Nusa Tenggara	1,020,070	758,825	74.39	2.10
West Sulawesi	260,822	193,364	74.14	0.53

出典：2010 国勢調査、ダルバーク

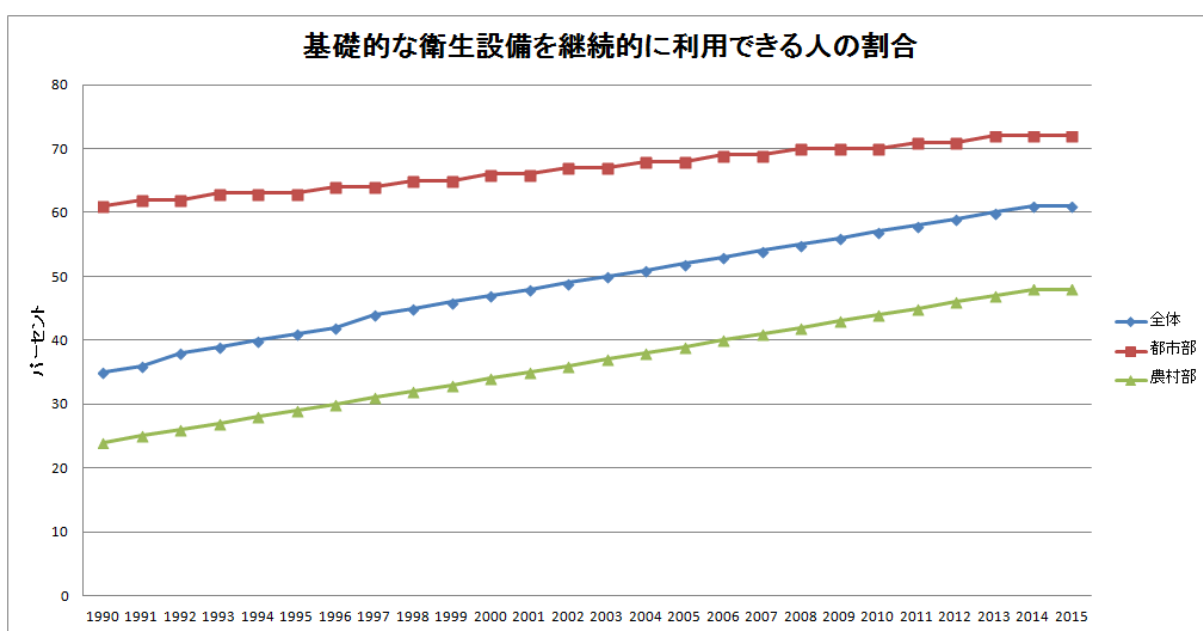
なお本調査では当初、貧困人口が集中している地域のなかでも、(1) 水が不足している地域、(2) 排泄物を活用した有機肥料の使用に抵抗感が少なく、有機農業が盛んな地域（また化学肥料の使い過ぎによる土壌汚染問題が深刻化している地域）に住む BOP 層を対象とすることを想定していた。これは、LIXIL のグリーントイレシステムの最大の課題は排泄物、特に大便の処理方法とその再利用であるとの判断からである。そこで貧困人口が集中している東ジャワ州のなかでも、有機農業が盛んな地域の BOP 層をターゲットとすることで、高い開発効果が期待できると判断した。

### 3.7.2 開発課題と開発効果評価指標

本調査で取り組む開発課題には、衛生設備へのアクセスが可能な人口比率の増加、保健衛生状態の改善と疾病の減少、循環型社会による経済効果が挙げられる。国連開発計画のデータによると、インドネシアで基礎的な衛生設備を継続的に利用できる人の割合（2014年）は、都市部で72%、農村部では48%程度で、大きな差がある。

#### A) 衛生設備へのアクセスが可能な人口比率の増加

インドネシアは、「2015年までに基礎的な衛生設備を継続的に利用できない人々の割合を半減させる」ミレニアム開発目標（MDG）の達成を目指している、これは人口全体の62.4%が衛生設備にアクセスできるようにすることを意味する<sup>19</sup>。しかし、下図に示す通り、インドネシアで基礎的な衛生設備を継続的に利用できる人の割合（2014年）は、全体で約50%程度であり、MDGの達成は困難とみられている。



出典：<http://mdgs.un.org/>より調査団作成

図 3-15 インドネシアにおける基礎的な衛生設備を継続的に利用できる人の割合（MDG 目標 7-C）

MDGを達成するには、具体的にあと2600万人が衛生設備にアクセスできなくてはならず、グリーントイレシステムの普及はアクセスの向上に貢献するものと考えられる。また、現在は今後のプロジェクト計画が固まっていないものの、将来的には開発指標として、「グリーントイレシステムの販売個数」を想定している。

#### B) 保健衛生状態の改善と疾病の減少

衛生設備の不備は多くの病気を招き、若年層、特に小児を死に至らしめている。インドネシアも例外ではなく、下痢や腸チフスに起因する乳幼児死亡率が高い。また年間3000万人近くが皮膚疾患にかかり、それが病気発症の深刻な引き金となっている。近隣の河川で野外用

<sup>19</sup> <http://www.unicef.org/indonesia/A8- E Issue Brief Water Sanitation REV.pdf>

便を行っている家庭における若年層の下痢の発症率は、個別のトイレやセプティック・タンクがある家庭と比べて66%も高いという調査もある<sup>20</sup>。

また、衛生設備の不備によって引き起こされる病気は、支出傾向、生産性、政府の歳入、世帯/企業の収入にも影響を与える。インドネシアでは、年間1億2000万人が病気になり、5万人が早世にすることで経済損失は33億米ドルになり、汚水による環境汚染で15億米ドル、土地の生産性の減少により9600万米ドルの経済損失に苦しんでいる。全体ではGDPの2.3%にあたる63億米ドルの経済利益が年間奪われていると算定されている<sup>21</sup>。

グリーンシステムトイレの普及とし尿の回収が適切に行われることで、保健衛生状態の改善と疾病の減少が期待できる。開発効果の指標としては、1) 排水溝・河川・池などの汚染改善、2) 下痢や腸チフスといった疾病の減少、3) 世帯ごとの保健医療費支出の減少が挙げられる。

### C) 循環型社会の構築による農業分野における経済効果

化学肥料の使用が一般化する一方、農地の持続的活用についての知識が薄いことから、適切な農地管理が行われず、農地の生産性低下（critical land）が大きな社会課題となっている。これをうけてジョコ政権は、有機肥料の使用を推奨しており、グリーントイレシステムの導入は、世帯または村・町単位で有機肥料の活用を後押しすると考えられる。開発効果の指標としては、1) 肥料購入費の減少、2) 農産物の収量増加が挙げられる。

下図に、バリューチェーン毎のインプット・アウトプット・アウトカムを示す。

---

<sup>20</sup> <http://www.unicef.org/indonesia/A8- E Issue Brief Water Sanitation REV.pdf>

<sup>21</sup> The Economic Returns of Sanitation Interventions in Indonesia, August 2011, WSP

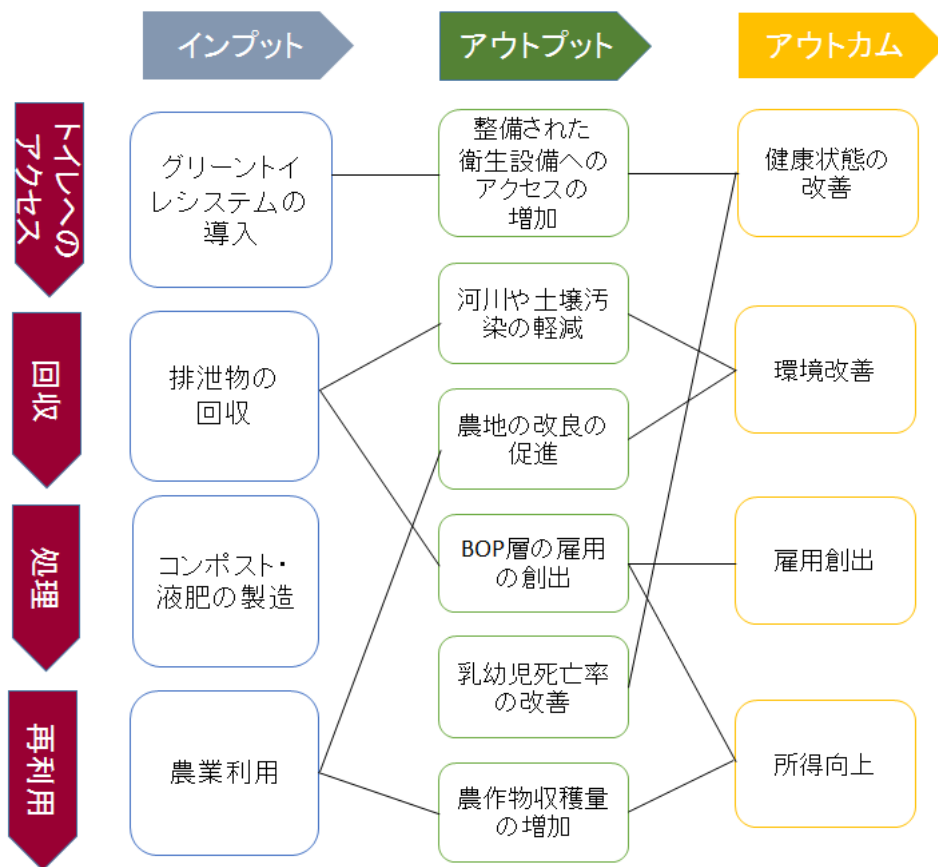


図 3-16 本プロジェクトのインプット・アウトプット・アウトカム

### 3.7.3 開発効果の発現シナリオ

#### A) 衛生設備へのアクセスが可能な人口比率の増加

ルマジャン市でヒアリングを行った家庭は、グリーントイレシステムへの関心を示すものの、購入意志の有無を深掘りすると、10年以上使用している既存のトイレに満足しているため、家を新築しない限り、トイレのリフォームは考えていないとの回答が多数であった。出費において、子どもの教育費や食費に比べて家のリフォームの優先度は低い。中・高所得家庭<sup>22</sup>での、一年で新築・改築を行う家庭が1%、さらにグリーントイレシステムを選ぶ家庭が50%と仮定すると、1000世帯達成までに9年を要することになる。従って、河川へのアクセスが難しい高所得家庭をターゲットとすると同時に、学校や公民館等、コミュニティを対象としたグリーントイレシステム設置の可能性を探るなど、スケール達成を図り、衛生設備へのアクセスを確保していくことが効率的であると考えられる。

#### B) 保健衛生状態の改善と疾病の減少

パイロットを行ったルマジャン市において18世帯のヒアリングを行った結果、15世帯は床下に浄化槽を有するものの、汚泥の定期的な引き抜きは行っておらず地下浸透をさせている状況であった。また残りの3世帯は直接近くの川へそのまま汚泥を排出していた。更に回収業者によって引き抜かれた汚泥は処理されずに川へ投棄されていた。従ってLIXILのグリー

<sup>22</sup> 年間所得が購買力平価（PPP）ベースで3,000ドル以下を低所得者層（BOP3000）とし、中・高所得者層はそれ以外を指す。

ントイレシステム導入により河川や土壌および地下水の汚染が改善されることは明白である。今後、グリーントイレシステムの普及を図り、ルマジャン政府や中央政府からの協力を得て、汚泥の回収とコンポストへの利用が徹底されれば、汚泥の削減と河川への投棄の軽減が期待できる。

C) 循環型社会の構築による農業分野における経済効果

今回の調査により、個別世帯が汚泥の処理および再利用を行う「利用者主導型」が実現出来る可能性は低いとの結論に至った。については農業従事者の肥料費購入の減少については残念ながら検証出来なかった。

また、農産物の収量増加についても農業実験の結果、コンポストと尿、化学肥料の組み合わせにより、土壌を改良し、収量を増加させる事は可能であろうとの結論を得た。今後は、ルマジャン市における中規模実証試験を通して、どのような組み合わせの肥料であれば収量が増加するのか、より詳細な調査を行い、仮定を証明することとしたい。

いずれの開発課題についても、LIXIL のトイレ導入により開発効果は発現され则认为られるが、パイロットがトイレ1台の導入にとどまったため効果は限られており、効果の計測および検証にはいたらなかった。今後の開発評価指標の計測には、ある程度のトイレの数量がコミュニティまたは村単位などでまとまって導入された場合に可能となると考えられる。

## 4 参考：グリーントイレシステムの開発、処理（コンポスト・液肥化） についての技術的検証

### 4.1 設計と件調査

トイレの設計に当たり、まずはインドネシアでの一般的なトイレの調査を行った。農村部では、一般家庭で使用されているトイレは、前章 4.3 記載のようにスクワットタイプのトイレ、いわゆる和式便器が主流になっている。トイレの大きな特徴としては、トイレ室内に洗浄水貯留用の水槽を保有し、用便後に汚れた箇所を、手桶などを用いて洗浄する習慣がある点である。このトイレの使用習慣を維持するため、トイレ室内に洗浄場所の追加設置を行った。また、洗浄に使用した水には、便中の汚染物質及び病原菌や寄生虫卵が含まれている可能性があるため、適切な処理が必要と判断し、通常のグリーントイレシステムでは設置しない洗浄水処理装置を追加採用した。トイレの設計に当たり設計と件を表 5-1 にまとめた。

表 4-1 トイレ設計と件

項目	設計と件	設計根拠	最終設計値
大きさ	トイレ幅：800mm 以上	トイレ室内移動	900mm
	トイレ全長：1.3m 以上	洗浄場所の確保	1.5m
	室内高さ：1.8m 以上	ユーザーの身長を考慮	1.8m
便器種類	洋式（着座式）	ユーザー使用感	洋式（着座）
処理方法	便：発酵処理	低エネルギー処理、資源循環	好気性および通性嫌気性細菌による微生物一次発酵
	尿：発酵処理	低エネルギー処理、資源循環	酸性発酵
	洗浄水：濾過＋生物処理	低エネルギー処理	濾過＋生物処理
固液分離	便中の含水率：90%以下	発酵促進	フラッパー方式
臭気防止	強制排気	NH <sub>3</sub> ガス臭気濃度：2ppm 以下	排風ファン設置
操作力	フラッシュレバー操作力：2.0 kg 以下	6 歳以上の子供の操作性	2.0 kg 以下を目標

4.2 処理プロセスの検討  
導入するグリーントイレシステムの処理

プロセスを検討した。尿の処理については、乾燥処理を検討していたが、最近の開発動向から、尿は乾燥せず、バイオ製剤を添加することにより、尿特有のアンモニア臭気の揮散量を軽減させることで尿中に多くの窒素を残留させ、尿中の肥料成分（窒素）を有効に活用することに変更した。それにより、トイレ下での尿の処理装置のシステムは大幅に軽減され、バイオ製剤の添加によるコストアップはあるものの、装置全体のコストを低く抑えることができる。



大便は、トイレ下での一次発酵を進める仕組みとし、バイオ製剤の添加を検討した。このバイオ製剤は、木質の有機物主体とするが、便コンポスト化に有用な様々な種類の微生物群を増殖させた多様性のある菌叢にし、便の一次処理を容易にすることを目指した。具体的には、木質主体の有機資材に好気性微生物群（枯草菌群、放線菌群など）及び嫌気性菌群（乳酸菌群）などを担持、増殖させたものである。この他に、家畜糞尿コンポストであるヤギのコンポストも混合し、よりいっそうの微生物叢の多様性向上を行った。さらに、このバイオ製剤に人間の便を接触させることにより、微生物叢の多様性向上を図り、便の一次処理の対応能力を向上させた。種々の基材を混合したバイオ製剤を、約2か月ゆっくり時間をかけ発酵増殖させ、使用ごとに便に添加する製剤の種菌（オリジナル微生物菌群）として、使用を開始した。



洗浄水については、生物処理と濾過処理を組み合わせた装置を検討した。洗浄水処理装置のシステムは、第1槽（濾過槽：軽石、花崗岩、腐植ペレットを充填）、第2槽（一次生物処理槽：インドネシア製の微生物担持用の担体を投入）、第3槽（二次生物処理槽：インドネシア製の微生物担持用の担体を投入）の3段階による浄化処理方式とし、使用を開始した。処理フローを図5-1に示した。

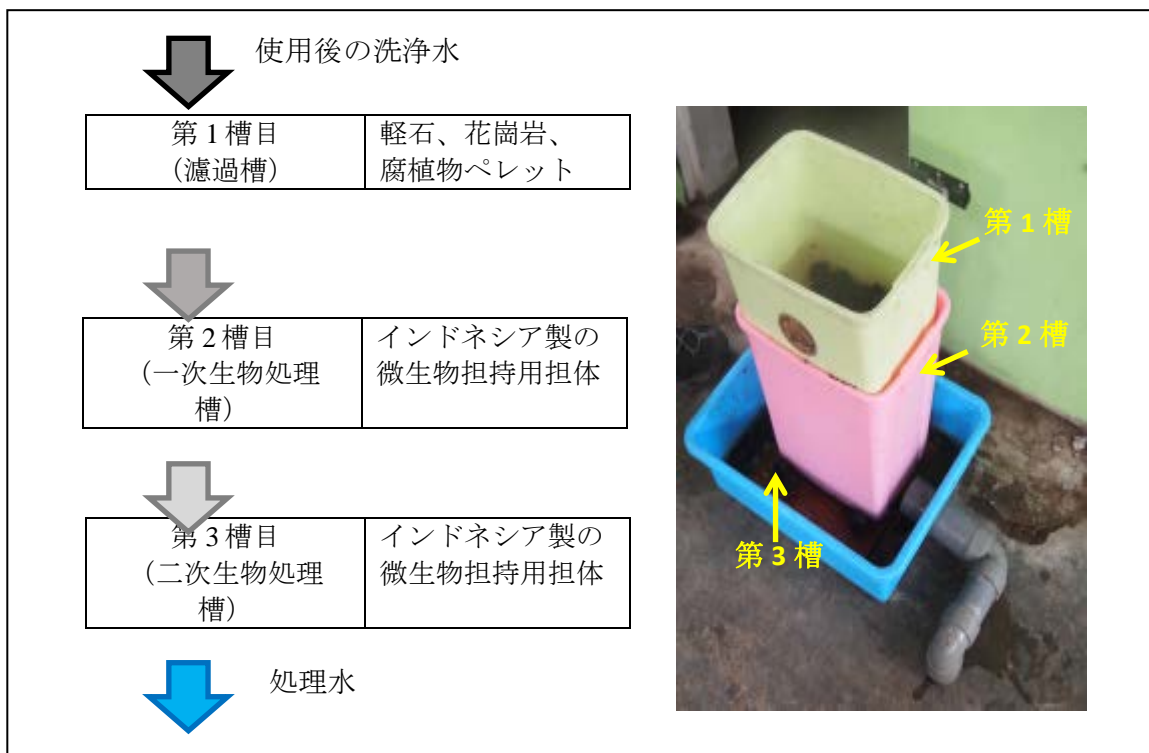


図 4-1 洗浄水処理フロー



### 4.3 グレーントイレの導入

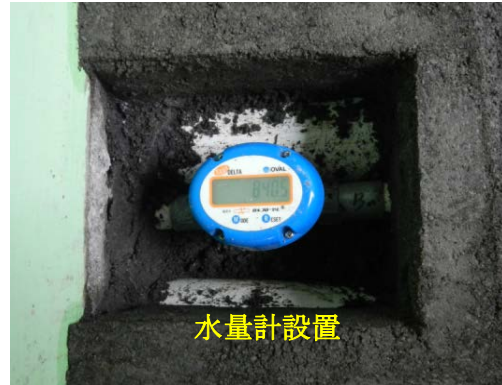
現地の設計会社（WATERPLAN 社）との打合せおよび設置現場の計測を実施し、トイレ及びトイレ建屋の図面化を行った。オーナーSkirno 氏、LIXIL の両者合意により、図面承認、建設許可をいただき、9月より建設を開始した。約1か月の建設期間を経て、9月末には建屋が完成、10月上旬にトイレのインストールを完了した。トイレ本体など主要パーツについては日本にて対応、その他補助部材については、原則インドネシア国内で入手することとした。その結果、ほとんどすべての補助部材がインドネシア国内で入手できたことから、インドネシアで国内生産は現段階では十分に可能と判断する。



### 4.4 実証試験の開始

トイレ使用に関するマニュアル類の製作を完了し、種々の測定装置を取り付け、実証試験を開始した。温度湿度計は3台（トイレ室内、トイレ室外、トイレ下）設置し、温湿度のモニタリングを開始した。また、水量メーター（低流量式）を設置し、トイレ全体の水使用量を把握することとした。また、ユーザーの使用頻度を把握するためのチェック表を設置した。

その他に、定期的なアンケート、水の総使用量の確認、臭気、pH、発酵温度の測定を行い、詳細な基礎データは、UBAYA 大学へ分析を依頼した。



## 4.5 実証試験の結果

### 4.5.1 使用頻度把握

使用者頻度のリストを表 5-4-1 に示した。家族は 5 名であるが、祖母 (80) は高齢のため、階段の上り下りに不安があり、今回の利用者数は 4 名として、使用回数を把握した。

小便大便の使用回数は、最も利用頻度の高い Sukiruno 氏 (49 歳、オーナー) の場合、小便は 2.9~4.3 回/日、大便は 0.7~1.9 回となり、また最も利用頻度の少なかった Estikafarina 氏 (12 歳) の場合、小便は 0.1~0.7 回/日、大便は 0.0~0.1 回という調査結果となった。一般的な日本人のトイレ平均利用回数である 5.3 回/日をほぼ下回った。特に大便に関しては、1 回/日を下回り、外出先、仕事場での用便の可能性もあることがわかった。(表 5-2 を参照)

表 4-2 トイレ使用者頻度リスト（単位は回/日）

トイレ使用者頻度リスト（単位は回/日）

年月	Sukirno氏		Istipujirahayu氏		Saptirubiliawan氏		Estikafarina氏	
	49(歳)		43(歳)		16(歳)		12(歳)	
	小便	大便	小便	大便	小便	大便	小便	大便
2014年10月	4.3	1.9	0.4	0.0	0.9	0.3	0.1	0.0
2014年11月	4.1	0.8	0.8	0.3	0.5	0.1	0.5	0.2
2014年12月	2.5	0.9	1.1	0.4	0.9	0.1	0.2	0.0
2015年1月	2.3	0.7	1.0	0.3	1.0	0.3	0.7	0.1
2015年2月	2.6	0.8	0.8	0.1	1.0	0.1	0.8	0.1
2015年3月	2.9	0.9	1.3	0.3	1.3	0.2	1.5	0.1
2015年4月	2.8	0.9	1.5	0.4	1.3	0.1	1.5	0.2
2015年5月	2.4	0.9	1.3	0.3	1.7	0.6	1.9	0.6
2015年6月	3.0	0.9	1.9	0.4	1.4	0.2	1.4	0.2
2015年7月	2.8	0.7	1.7	0.4	1.7	0.1	1.7	0.1

#### 4.5.2 トイレの外観および損傷

1週間に1回の洗浄頻度ではあるが、非常にきれいに使用されており、便器の汚れも特に目立ったものはない。また、使用に耐えられないトイレの外観の損傷もなく、トイレ外観に関しては、特段の問題はない。

駆動部の損傷の評価として、トイレの駆動部の耐久性評価として、フラッシュレバーの操作力を評価した。操作力の推移は図 5-3 に示した。使用回数に伴い、操作力が低下している。これは使用しているばねの劣化に起因するもので、ばねの選定に問題あることがわかった。ただし、ばねの劣化により、使用に関して致命的な問題はなく、引き続いての使用が可能と判断したため、特に修理せず使用を継続している。バネは、フラッパーを開閉する時に、レバー操作をよりスムーズにするため、特にフラッパーの開閉をロックするポジションへのスムーズな入り込み狙ったもので、バネが劣化してもユーザーがロック位置を自覚していれば、ロック位置へのレバー操作は全く無意識でできてしまう。これは、バネの劣化は事前に想定していたため、ロック機構部の構造をL型に設計したことが、奏効したものとする。今後、バネの要否やバネの耐久性を再考し、より安価で高耐久性を実現していく。

また、この操作力は2kg以下を示しており、幼児（自分でトイレに行ける年齢）の利用も可能であると判断している。

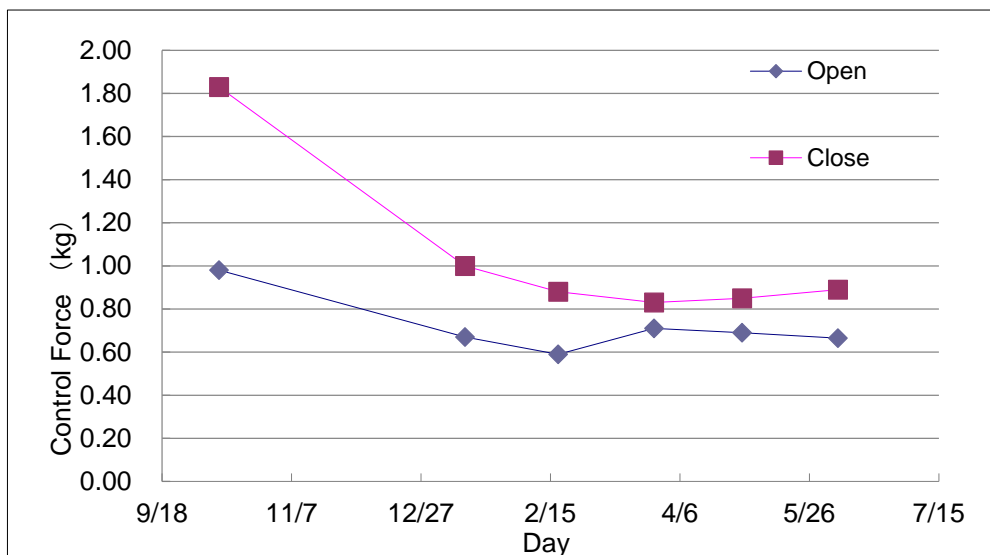


図 4-2 ラッシュレバーの操作力の推移

#### 4.5.3 臭気

トイレ室内の臭気と処理槽部（トイレ下）、排気ダクト中の臭気の測定を実施した。測定する臭気は、アンモニアガス（ $\text{NH}_3$ ）とした。これは、し尿系の悪臭物質には様々なにおい成分があるが、なかでも尿由来の尿素の分解に伴うアンモニアガスが、トイレ空間における代表的な悪臭物質の原因となるためである。

下表 5-3 にトイレ空間におけるアンモニアガスの測定結果を示した。トイレ室内では、アンモニアガスは検出されず、またアンケート調査の結果からも悪臭を感じることもなく通常の水洗トイレとほぼ同等の使用感であるとの結果が得られた。一方、処理槽部では、尿貯留槽で若干のアンモニアガスが検出されたものの、便貯留槽では検出されていない。悪臭成分は使用しているファンにより室外に確実に放出されていることが窺える。

表 4-3 アンモニアガス (NH<sub>3</sub>) 濃度測定結果 (単位は mg/L)

	Inside	Under Toilet (Urine)	Under Toilet (Feces)	Exhaust port
18/11/2014	0	1.0	0	-
16/12/2014	0	0.5	0	-
13/01/2015	0	0	0	7.0
18/02/2015	0	0	0	7.0
25/03/2015	0	1.0	0	8.0
2015/4/30	0	— (トイレ改造のため未測定)	0	1.0

#### 4.5.4 処理状況

尿、便、洗浄水の処理状況分析結果を表 5-4 (UBAYA 大学での依頼分析値) に示した。

尿については、5.1.2 処理プロセスで上述したように、バイオ製剤の添加により、尿特有のアンモニア臭気の揮散量を軽減させることで、尿中に多くの窒素を残留させ、尿中の肥料成分 (窒素) を有効に活用することを目指している。

表 4-4 尿の処理状況分析結果

Date	pH	Total Solids	Total Volatile Solids	Total Suspended Solids	BOD	COD	Ecoli	NH4 - N	NO2 - N	NO3 - N	T - C	T - N	T - P	T - K	As	Hg	Cd
	-	(%)	(%)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(cfu/g)	(%)	(mg/L)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
2015/1/16	8.55	1.04	0.80	194	4,000	5948	0	0.01	1364	Not Detect	0.40	0.44	0.00	0.62	-	-	-
2015/2/20	8.07	1.21	0.39	210	4,000	7297	0	0.12	358	0.24	0.14	0.59	0.16	0.00	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/2/20	8.39	0.93	0.24	200	6,000	8601	0	0.08	168	0.30	0.12	0.39	0.01	0.00	-	-	-
2015/3/28	8.34	0.91	0.21	270	3,500	5582	0	0.11	Not Detect	0.71	0.15	0.15	0.30	0.62	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/3/28	7.47	5.09	4.25	250	4,000	6245	0	0.10	Not Detect	0.83	0.20	0.5	0.00	0.54	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/4/30	8.15	8.81	2.05	250	3,500	4255	0	0.08	Not Detect	0.49	0.00	0.53	0.02	0.00	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/4/30	6.83	10.93	2.50	260	2,800	4152	3	0.06	Not Detect	0.42	0.00	0.44	0.27	0.41	Not Detect	Not Detect	Not Detect

表 4-5 便の処理状況分析結果

Date	pH	Total Solids	Total Volatile Solids	Total Suspended Solids	BOD	COD	Ecoli	NH4 - N	NO2 - N	NO3 - N	T - C	T - N	T - P	T - K	As	Hg	Cd
	-	(%)	(%)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(cfu/g)	(%)	(mg/L)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
2015/2/18	6.79	51.8	28.5	-	420	-	$2.3 \times 10^2$	0.06	112	1.12	0.73	0.80	1.08	1.36	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/3/25	6.39	55.0	15.0	-	180	-	$2.4 \times 10^3$	0.23	90.7	1.34	0.77	1.22	1.23	1.97	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/3/28	6.78	46.3	12.6	-	160	-	$4.6 \times 10^3$	0.32	135	1.64	0.76	2.02	1.41	2.1	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/4/30	6.59	54.3	28.9	-	140	-	0	0.08	87.5	0.71	30.17	0.8	1.43	1.72	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/5/1	6.73	59.5	32.2	-	130	-	0	0.1	110	0.96	45	0.89	1.51	1.42	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/6/6	6.53	51.8	47.1	-	130	-	$1.0 \times 10^1$	0.04	86.3	1.70	13.88	1.45	1.84	1.87	Not Detect	Not Detect	Not Detect

表 4-6 洗浄水の処理状況分析結果

Date	pH	Total Solids	Total Volatile Solids	Total Suspended Solids	BOD	COD	Ecoli	NH4 - N	NO2 - N	NO3 - N	T - C	T - N	T - P	T - K	As	Hg	Cd
	-	(%)	(%)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(cfu/g)	(%)	(mg/L)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
2014/11/18	8.52	-	-	13	35	105	$3.1 \times 10^3$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015/1/16	8.58	0.12	0.10	19	50	78	$1.7 \times 10^5$	0.0054	21.7	Not Detect	0.032	0.39	0.00	0.76	-	-	-
2015/2/20	6.27	0.16	0.07	6	20	9.2	$1.6 \times 10^3$	0.01	5.3	0.24	0.01	0.4	0.00	0.00	-	-	-
2015/3/28	6.26	0.03	0.02	16	10	14	$2.2 \times 10^1$	0.01	Not Detect	0.54	0.02	0.5	0.00	0.00	Not Detect	Not Detect	Not Detect

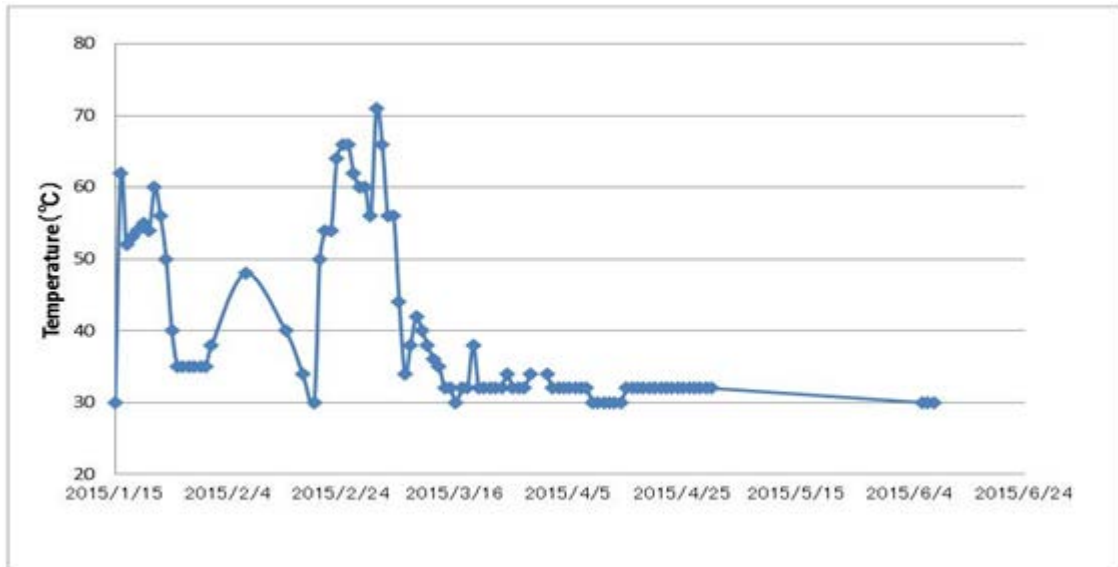


図 4-3 便の発酵温度推移

2014年の12月分の尿サンプル中からは、病原菌の指標となる *E.coli* が未検出であることが判明した。また全窒素濃度は0.44%を示し、液体肥料として農業利用が期待される。

洗浄水水質は、2014年11月分、2015年1月分共にpH、BOD、TSSはインドネシアの家庭レベルの排水基準を満たしていた（排水基準、pH：6-9、BOD：<100 mg/L、TSS：<100未満、n-ヘキサン抽出物質：<10 mg/L）。但し、*E.coli*は約 $10^3 \sim 10^5$ /mL検出され、インドネシアでは*E.coli*は排水基準がなく法律上問題とならないが、処理水質の向上を目指し、洗浄水処理装置の濾材の改良を検討した（2015年2月中旬に改良済み）。

大便（トイレ下で一次処理後のサンプル）は、発酵が未熟な段階にあったため、*E.coli*が検出された。その後、ヤギコンポストなどを混合し、発酵を促進させた結果、発酵経過につれ温度上昇（図5-4-4）が確認されたため、*E.coli*などの病原菌性微生物は死滅方向へ向かっていると推察される。現在、UBAYA大学にて微生物の分析を実施中である。

#### 4.5.5 トイレの改造（尿のBMW技術の導入）

今回のトイレ実証評価において、新たな試みとして、尿の付加価値改善のための改造を実施した。これは、通常尿を農業利用する場合、尿中の成分NPKを中心とした肥料成分の効果を訴求するものであるが、含まれている肥料成分が化学肥料や濃縮液体肥料に比べ少ないため、肥料価値が下がり、利用が進まない、または、販売価格が安くなるなどの問題が発生すると予想している。また、尿中に含まれる電気伝導度（EC）が、尿の利用を妨げる可能性がある。

そこで、今回の実証試験では、尿中にミネラル分や腐植質をふんだんに含んだBMW（BACTERIA、MINERAL、WATERの略字）活性水を製造するBMW技術の試験導入を計画した。このBMW技術は、日本でも広く普及している技術で、家畜糞尿や生活雑排水を安全に処理



できるだけでなく、処理された水は、**BMW 活性水**と呼ばれ、農業利用時には作物の栽培促進や害虫忌避、畜産利用時には臭気低減の好影響をもたらすとされている。本実証試験では、尿を**BMW 活性水**にするための技術（**BMW 化技術**）を導入し、この活性水を利用した栽培試験を実施し、尿由来の**BMW 活性水**の農業的な価値を検証することにした。

#### ■BMW 装置概要（図 5-4 参照）

タンク容量：250 L

尿：約 20 L

雨水：約 50L

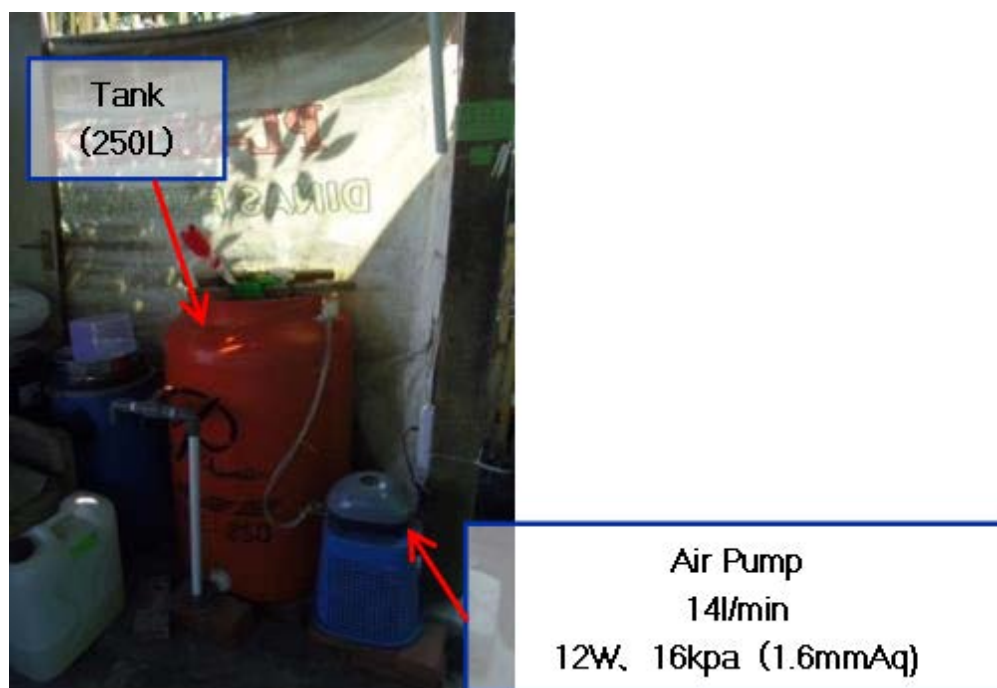
**BMW 活性水**（スターターとして利用）：約 25 L

花崗岩：約 2kg

軽石：約 6kg

腐植質：約 0.5kg

エアープンプ：Performance：14L/min 12W 16kPa（1.6mmAq）



**BMW** の簡易システムに入れた後の尿の性状の変化を表 5-5 に示した。尿の臭気は導入後約 1 ヶ月で無臭になった。実際のアンモニアガス濃度は、同じ傾向を示し、1 ヶ月後には 0ppm となった。pH は、徐々に下がり NH<sub>4</sub>-N が NO<sub>3</sub>-N に変化していることがわかる。これは、尿中への空気送りで窒素の酸化が進んだものと推定できる。また、EC（電気伝導度）は処理の過程で徐々に下がり、農業利用可能な範囲まで低減していることがわかる。また、**BMW 活性水**中の大腸菌数はいずれの測定においても、未検出となった（表 5-6 参照）。つまり、この **BMW 化技術**により、尿の化学的性質が変わり、尿単独よりも扱いやすい性状になることがわかった。さらに、農業的な利用時の効果についても、次章で報告する。



表 4-7 BMW 活性水の大腸菌数

Date	E.coli
	CFU/ml
2015/2/18	0
2015/3/28	1
2015/3/28	0
2015/4/15	1
2015/4/30	0

表 4-8 BMW 処理における化学的性状

Date	pH	Total Solids	Total Volatile Solids	Total Suspended Solids	BOD	COD	E.coli	NH <sub>4</sub> - N	NO <sub>2</sub> - N	NO <sub>3</sub> - N	T - C	T - N	T - P	T - K	As	Hg	Cd
	-	(%)	(%)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(cfu/g)	(%)	(mg/L)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
2015/2/18	6.42	0.30	0.17	40	80	160	0	0.01	18,441	0.24	0.07	0.45	0.00	0.00	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/3/28	5.34	0.24	0.10	50	210	300	1	0.02	74,536	0.72	0.01	0.49	0.00	0.00	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/3/28	7.46	0.20	0.06	160	350	524	0	0.01	17,373	0.60	0.07	0.60	0.00	0.56	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/3/28	6.95	0.23	0.12	20	240	339	1	0.02	550.51	0.65	0.03	0.03	0.00	0.00	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/4/30	5.94	2.05	0.53	70	270	464	0	0.02	70,426	0.49	0.00	0.39	0.00	0.00	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/5/1	7.58	1.97	0.42	110	200	366	$2.5 \times 10^0$	0.01	15,612	0.43	0.00	0.54	0.00	0.00	Not Detect	Not Detect	Not Detect
2015/6/6	6.67	2.99	1.08	110	240	533	$1.2 \times 10^2$	0.00	64,532	0.06	4.8	0.74	0.02	0.00	Not Detect	Not Detect	Not Detect

## 5 参考：土壌分析

### 5.1 グリーントイレシステム設置家庭の生産者と地域生産者の圃場の土壌分析

グリーントイレシステム設置家庭の生産者（事業実施生産者）と、そのグループの生産者の生産内容を知り、その実態から、本プロジェクトの目的の一つである資源循環型農業への人糞尿活用との接点を探るため、今回、生産の基礎となる土壌の成分分析を行った。

土壌成分分析は、土壌の化学性を調査するもので、作物の生育に欠かせない成分である土壌中の窒素や、リン酸、カリウム、カルシウム、マグネシウム（以上、作物の生育に多量に必要な要素）等、鉄やマンガン（以上、作物の生育に微量に必要な要素）等を計測する。分析を行うことによって、各成分の過不足を知り、不足成分については、肥料を適正に補うことによって、栽培作物の収穫量及び品質の向上等を図るものである。

### 5.2 土壌分析結果

トイレ設置生産者の Sukirno 氏と、そのグループの生産者の Sumarsono 氏の生産圃場の土壌サンプルを採取し、現地で行った。土壌サンプル採取概要は、下表の通りである。

表 5-1 土壌サンプル採取場所及び栽培品目概要

表 1. 土壌サンプル採取場所及び栽培品目等概要								
No	作物栽培者	栽培種	栽培品目	栽培方法	栽培場所	土壌特性	水はけ	備考
1	Mr. SKIRNO	苗木	オレンジ	周年	平地	粘土質土壌	普通	自宅脇標高300m
2	Mr. SKIRNO	果樹	ドリアン	周年	山間地	火山灰土壌	良好	標高900m
3	Mr. SKIRNO	苗木	オレンジ	周年	山間地	火山灰土壌	良好	標高1,100m
4	Mr. SKIRNO	果樹	バナナ(キラナ)	周年	山間地	火山灰土壌	良好	標高900m
5	Mr. SUMARSONO	果菜	トウガラシ	年1作	平地	粘土質土壌	やや悪い	
6	Mr. SUMARSONO	果樹	オレンジ	周年	平地	粘土質土壌	悪い	
7	Mr. SUMARSONO	葉菜	グリーンマスタード	水稲との輪作	平地	粘土質土壌	悪い	
8	Mr. SUMARSONO	葉菜	グリーンマスタード	周年	平地	粘土質土壌	悪い	
9	Mr. SUMARSONO	果樹	バナナ(オーストラリア)	周年	平地	粘土質土壌	普通	
10	参考資料				泥沼地			シドアルジョ噴出泥

これら採取サンプル土壌の分析結果を以下の（Data1）に示す。

表の NH<sub>4</sub>-N はアンモニア態窒素、NO<sub>2</sub>-N は硝酸態窒素、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> は可給態リン酸、CaO は可給態カルシウム、MgO は可給態マグネシウム、K<sub>2</sub>O は可給態カリウム、Fe は可給態鉄、Mn は可給態マンガンと、土壌中の各成分を示している。

また、黄色、緑色、ピンク色は、ジャパンバイオフィーム社製の施肥設計ソフトで計算された各成分の下限値以下（不足）の数値が黄色、下限～上限の範囲内（適正範囲内）の数値が緑、上限値以上（過剰）の数値がピンクで示されている。

表 5-2 サンプル土壌の分析結果

Data 1 . Tanah hasil diagnostik, Lumajang (Results of Soil Analysis : Lumajang)												
No	Tanggal (Date)	Tempat (Place of Sample)	EC	PH(H <sub>2</sub> O)	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Fe	Mn
1	2014 /10/9	Mr. SKIRNO: JERUKU	0.21	6.94	0.1	4.22	8.06	133.8	59.04	39.07	8.04	16.02
2	2014/11/21	Mr. SKIRNO: DURIAN	0.01	5.69	0.1	10.93	0.05	181	14.02	18.63	9.56	0.1
3	2014/11/21	Mr. SKIRNO: JERUKU	0.01	5.70	0.49	0.11	0.06	76.3	2.5	7.71	4.7	0.1
4	2014/11/21	Mr. SKIRNO: PISANG	0.01	5.62	0.1	0.26	11.03	68.79	5.25	16.48	6.99	0.1
5	2014/11/19	Mr. SUMARSONO: CABE	0.19	6.29	0.1	13.45	16.3	259.3	150>	34.19	3.68	0.1
6	2014/11/19	Mr. SUMARSONO: JERUKU	1.31	4.31	25>	34.86	129.1	230.9	150>	67.43	18.45	100>
7	2014/11/19	Mr. SUMARSONO: SAWI HIJAU①	0.36	5.46	0.13	50>	60.02	161.2	150>	46.59	30.77	36.23
8	2014/11/19	Mr. SUMARSONO: SAWI HIJAU②	0.21	5.40	1.14	48.66	76.81	230	150>	38.25	12.24	13.43
9	2014/11/19	Mr. SUMARSONO: PISANG	0.03	6.04	0.1	1.85	57.51	186.3	87.79	45.11	9.53	8.28
10	2014/11/21	SIDOARJO: lumpur	23.2	7.27	7.2	4.54	1.39	291.2	150>	45.56	150>	100>
			UNIT: NH <sub>4</sub> -N・NO <sub>2</sub> -N・P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ・CaO・MgO・K <sub>2</sub> O : mg/100g Fe・Mn : ppm									
			Redah			Rentang yang tepat				Tinggi		
			(Low Level)			(Proper Range)				(High Level)		

土壌分析結果 No.1 は、Sukirno 氏の自宅内のオレンジの苗木の一部を育てている土壌で、No.2～No.4 が、同氏の自宅から、車で約 1 時間、そこから徒歩で、約 1 時間半ほどかかる標高 900m～1,100m の山中にある同氏の圃場の土壌分析結果である。それぞれ No.2 がドリアン、No.3 がオレンジ苗木、No.4 がキラナバナナを生産する土壌分析結果となっている。

No.5 から No.9 が、Sukirno 氏の自宅から 20 km ほど離れた Sumarsono 氏の圃場の土壌である。同氏の圃場は、稲作や輪作としてトウモロコシ栽培等が盛んに行われている地帯の平地にある。No.5 が、トウガラシ、No.6 がオレンジ、No.7 が稲との輪作を行っているグリーンマスタード（播種直後）、No.8 がオレンジとの混植を行っているグリーンマスタード（収穫中）、No.9 がオーストラリアバナナを栽培している土壌の分析結果である。

No.10 は、スラバヤ市からルマジャンに向かう途中のシドアルジョという地域で噴出した泥である。天然ガス採掘現場近くで、突如村が埋没するほど大量の泥が噴出し、一面その泥の湖と化してしまったその泥のサンプルであり、参考までに分析した。

分析結果からの傾向を見ると、全体的には、カルシウムとマグネシウムの値が比較的高い傾向にあると言える。Sukirno 氏への聞き取りから、同氏の自宅から 60 キロ離れた地点に、ドロマイト採掘場があるとのことであった。ドロマイトは、炭酸カルシウムと炭酸マグネシウムを主成分とした鉱物で、もともと土壌にこのドロマイトの成分が含まれている可能性があり、このため、全体的に土壌中のカルシウムとマグネシウム成分が高いことが想定される。

次に No.2～No.4 データの Sukirno 氏の山間部ある圃場の数値は、ほとんどが黄色で示され、ソフト計算値では、全体的に成分が不足していることが見て取れる。これに対し、No.5～No.9 の

Sumarsono 氏の圃場の数値は、ピンク色に示され、成分が過剰になっている部分が目立つ（※【Data1】参照）。

Sukirno 氏に施肥の詳細を聞くと、No.2~No.4 圃場への施肥は、最小限に抑えている傾向がみとれる。これは、同氏の生産圃場が、遠方であり、かつ圃場まで、山道を徒歩で1時間半もかかるため、肥料そのものを大量に持って移動すること自体に大きな労力がかかること、また、同氏の生産のメインは、オレンジの苗木栽培であり、苗木売上は、収穫量ではなく本数に規定されるため、肥料を最小限に抑えているのではないかと想定される。

これら圃場の土壌は、火山灰土壌であることが見てとれ、分析リン酸値は低い。アルミナによるリン酸の吸着作用も想定できるが、堆肥を施用した No.4 土壌では、No.2 及び No.3 土壌と比較して、数値が3桁多くなっており、施肥そのものが少ないこともその要因の一つと考えられる。

一方、No.5~No.8 データの Sumarsono 氏の栽培作物は、トウガラシ、オレンジ果実、グリーンマスタードと、収穫量が収入に直結するため、施肥をしっかりと行っているようである。土壌分析結果からは、硝酸態窒素成分が、同氏のどの土壌でも、緑色の適正範囲内からピンクの過剰となっており、むしろ施肥過剰気味であることが、分析結果や現場での聞き取りから、見てとれる。



トウガラシの微量元素欠乏症状

同氏のトウガラシ圃場で土壌サンプル採取の際、新芽に微量元素欠乏の症状が一部に見て取れたが、分析結果からも、鉄とマンガンの数値が下限値以下となっており、微量元素欠乏であることが確認された。

これら Sumarsono 氏の栽培圃場土壌 No.5~No.8 の土壌に共通する特徴は、粘土質が非常に強く、かつ水分が非常に多いことにある。同氏の営農地域は、水田及び水田との輪作が主となっていることが、土壌採取の際、確認された。もともと水が集まる地帯にあるため、トウガラシ、オレンジ、グリーンマスタードの栽培圃場には、それぞれ明渠が設置されてはいるものの、それでも土壌特性から、水はけが悪く、水分が過剰状態になっているものと考えられる。

それらの中でも、明渠に水が流れておらず、比較的水分が低いトウガラシ圃場の pH は、6.29 となっているのに対し、水分が高いオレンジ、グリーンマスタードの土壌は、それぞれ 4.31、5.46、5.40 と低い数値を示している。特に No.6 のオレンジ圃場は、大量に肥料を施肥していることが、土壌採取時にも確認され、EC 値も非常に高い。(Data2) の施肥設計ソフトに分析数値を入力した後の CEC 計算値及びカリウム、カルシウム、マグネシウムの下限・上限計算値も、異常値を示しており、現施肥設計計算ソフトでは想定外の数値を示した。

これに対し、Sumarsono 氏の自宅近くにある No.9 データのバナナ圃場では、土壌表面は、乾燥している。同圃場では、肥料に牛糞のみを施用しているが、今回土壌採取を行った Sumarsono 氏の圃場の土壌分析結果の中では、最も分析値が下限~上限値の範囲内に収まっている。



Sumarsono 氏のトウガラシ圃場



Sumarsono 氏のオレンジ圃場



Sumarsono 氏のグリーンマスタード圃場  
(水田稲作)



Sumarsono 氏のグリーンマスタード圃場



Sumarsono 氏のバナナ圃場



シドアルジョの噴出泥

### 5.3 肥料使用状況及び使用方法

今回、土壌分析とともに、栽培作物ごとの使用肥料、使用方法、肥料購入価格について、Sukirno 氏に聞き取りを行った。その内容を以下の表 2 に示す。

表 5-3 Sukirno 氏の作物別資料肥料及び使用方法と購入価格

表2. SUKIRNO氏の作物別使用肥料及び使用方法、購入価格			
栽培作物	使用肥料	購入価格	使用方法
オレンジ苗木 (自宅前)	ヤギ堆肥	6,000 Rp./40kg	年1回、40kg/119m <sup>2</sup> 施肥
	化成肥料 ZA(N:S=21:24)	12,000 Rp./kg	毎月、1株当りスプーン1/2杯施肥
	生長促進剤 ORGANOX	不明	毎週、14ℓの水にORGANOX80ml、
	植物ホルモン剤 HORMAX	不明	HORMAX20mlを添加し、葉面散布
ドリアン	ヤギ堆肥	6,000 Rp./40kg	元肥として、苗木の植穴にヤギ堆肥20kg
	化成肥料 PHONSKA (N:P:K:S=15:15:15:10)	130,000 Rp./50kg	とPHONSKA150kgを混合したものを1株 当り約5kg施肥
	生長促進剤 ORGANOX	不明	6カ月に1回、14ℓの水に
	植物ホルモン剤 HORMAX	不明	ORGANOX80ml、HORMAX20mlを添加 し、葉面散布
オレンジ苗木	化成肥料 PHONSKA (N:P:K:S=15:15:15:10)	130,000 Rp./50kg	年1回、0.7ha当りPHONSKA150kgとZA 50kgを混合して施肥
	化成肥料 ZA(N:S=21:24)	12,000 Rp./kg	
キラバナナ	ヤギ堆肥	6,000 Rp./40kg	毎年、1株当り40kgを施肥



Sukirno 氏の施肥は、基本的にピンポイントに施肥する手法をとっている。日本での耕作農業では、土づくりの観点から、肥料を全面施肥するのが一般的だが、それとは対称的で、最小限の肥料で施肥効果を上げることを狙ったものと想定される。

また、同氏は、液体の生長促進剤（推定）と植物ホルモン剤を、オレンジ苗木とドリアン生産に、葉面散布剤として使用している。それぞれの葉面散布剤は、生産作物の納品先（ジャカルタ市内企業）から、購入しているが、その購入価格は、作物売上から引き去りされているのか、Sukirno 氏本人も知らないそうである。



Sukirno 氏が使用している葉面散布剤  
左が生長促進剤。右が植物ホルモン剤

今回の土壌分析結果と施肥状況の聞き取りを行いながら、オレンジ苗木（山間地栽培）の施肥について、化成肥料にヤギ堆肥を混合して施肥することを Sukirno 氏に勧めた。これは圃場の土壌中のアルミナが、リン酸を吸着してしまう懸念があることも想定されるため、化成肥料中のリン酸を有機体で包み、アルミナによる吸着を予防し、施肥した化成肥料中のリン酸が無駄なく作物に吸収されることを期待したものである。加えて、土壌分析数値では、カルシウムとマグネシウム数値が低いため、ドロマイトの施肥を併せて行うことを勧めた。

また、バナナ圃場については、収穫量・品質向上を目的に、リン酸・カルシウム・マグネシウム数値を上昇させるため、ドロマイトの施肥と、1株当りのヤギ堆肥の施用量を1.5倍にすることを勧めた。

Sumarsono 氏の肥料の使用状況等を下表に示す。

表 5-4 Sumarsono 氏の使用肥料概要

表3. SUMARSONO 氏の使用肥料概要		
栽培作物	使用肥料	購入価格
トウガラシ	Petrokimia社製有機肥料	最も安価なタイプ
	ドロマイト	10,000 Rp./10kg ※1
オレンジ	Petrokimia社製有機肥料(微生物資材)	最も高価なタイプ
	ヤギ堆肥	不明
	NPK化成肥料(商品名不明)	不明
	ドロマイト 65	10,000 Rp./10kg ※1
グリーンマスタード	液肥あるいは尿素肥料(商品名不明)	不明

※1: SUKIRNO 氏への聞き取りによる推定価格

Sumarsono 氏の施肥状況は、上述の通り作物の収穫量を上げるため、かなりふんだんに施肥を行っているようである。これは、Sukirno 氏への聞き取りで判明したことだが、Sumarsono 氏が、この生産グループの肥料の取扱いを行っているようで、Sukirno 氏も同氏から肥料を購入しているとのことであった。また、栽培作物の販売も同氏を通して、ジャカルタの企業に販売しているとのことで、同氏が、このグループの生産物販売、肥料取扱いを担っているようだ。

こうしたこともあってか、同氏の作物への施肥状況は、Sukirno 氏と対照的に、売上につながるものには、惜しまず肥料を施肥するスタイルになっているものと想定できる。

#### 5.4 肥料価格

肥料価格については、Sukirno 氏への聞き取りと、ルマジャン農業局への聞き取り及び堆肥生産者への聞き取り、また、Dalberg が調査した価格があり、比較可能なものを以下にまとめた。

表 5-5 肥料価格調査比較表

商品名	ダルバーグ調査		ルマジャン農業局調査		農家調査 生産者購入価格
	政府補助有り	政府補助無し	政府補助有り	政府補助無し	
Urea	1,800 Rp.	4,500 Rp.	1,800 Rp.	6,000 Rp.	—
SP-36	2,000 Rp.	4,200 Rp.	—	—	—
ZA	1,400 Rp.	2,850 Rp.	—	—	12,000 Rp.
NPK 注1	2,300 Rp.	4,550 Rp.	2,300 Rp.	10,000 Rp.	2,600 Rp.
Organic	500 Rp.	2,000 Rp.	—	—	—

注1: NPKは、農家購入価格は、商品名「PHONSKA」の価格



それぞれ、比較可能な肥料について、調査時期等の違いもあり、若干価格に差異が見られる。特に ZA については、ダルバーグ調査価格と農家調査価格が大きく異なるため、再度、確認が必要である。

SUKIRNO氏が使用している化成肥料NPK(左)とZA(右) このZAの農家調査価格を除けば、化成肥料の政府補助価格は、kg当り IDR1,400~2,300 (約14から23円)の幅であり、政府補助なしまで含めると、IDR1,400~10,000 (約14~100円)の幅となる。

現在、ルマジャン県農業局等は、化学肥料から有機肥料への転換政策を進めており、生産現場では、家畜糞堆肥等の活用が図られている。Sukirno 氏や、Sumarsono 氏をはじめ、ルマジャン県の生産者で、よく活用されているといわれるヤギ堆肥の価格について、Sukirno

氏と、前回調査時の堆肥製造者 MURSIP 氏への聞き取りと、スラバヤ市内の園芸店（家庭園芸用）での調査価格の比較を表 5 に示す。

表 5-6 ヤギ堆肥価格比較表

表5. ヤギ堆肥価格比較表（kg当り単価：インドネシアルピー）	
SUKIRNO氏 ヤギ堆肥購入価格	150Rp.
ルマジャン県 ヤギ堆肥一般価格(SUKIRNO氏聞き取り)	225Rp.
MURSIP氏製造発酵堆肥 ヤギ堆肥販売価格	300Rp.
参考:スラバヤ市内園芸店 ヤギ堆肥販売価格(家庭園芸用)	1,000Rp.
参考:牛糞堆肥(SUKIRNO氏聞き取り)	150Rp.
参考:西原商事生ゴミ堆肥納入価格(予定)	300Rp.

これら、家畜糞等を原料とした堆肥や、政府系肥料会社等が製造する有機肥料（表 4 の Organic 参照）までを含めた生産者用価格は、kg 当り IDR150～500（約 1.5～5 円）の幅となっており、化成肥料価格の 10 分の 1 程度となっている。

ちなみに、本調査中に視察した西原商事が運営するスラバヤ市のコンポストセンターでは、生ゴミと樹木剪定枝を原料に堆肥化を図り、それを Petrokimia Gresik 社に有機肥料原料として、納入する予定である。その納品価格は、工場持込み価格で、kg 当り IDR300（約 3 円）を予定しているとのことであった。



西原商事が運営するコンポストセンター



スラバヤ市内園芸店で販売される堆肥



## 6 参考：コンポストの評価と肥料化に向けた検討

### 6.1 尿、BMW 活性水及び便コンポストを用いたインドネシア葉菜類栽培評価試験

#### 6.1.1 栽培試験概要

グリーントイレより発生した人糞尿の農業利用方法の検討の一環として、それぞれの特性等を把握することを目的に、人尿、人尿由来の BMW 活性水及び人糞由来の便コンポストを利用したプランター栽培試験を行った。供試作物はインドネシア葉菜類 (SAWI-Mie) を用い、人糞尿由来の液肥やコンポストの比較としては、インドネシアで生産されている有機肥料、堆肥、化成肥料等を使用した栽培試験を行い、生育状況を調査した。

本栽培試験は、グリーントイレの実証評価宅である Sukirno 氏宅内にて実施。試験区は No1~10 の 10 試験区を設定し、プランターを用いた栽培評価を試験した。栽培期間は 45 日を目安に行い、生育中期と収穫期の 2 回、生育状況の調査を行った。試験条件、試験区の設計及び供試サンプルの成分は下表の通りである (表 8-1,8-2)。また、本試験に用いた供試土壌に関しては、栽培前後で土壌の化学性の測定を行った。

- (1) 供試作物：インドネシア葉菜類 (SAWI Mie)
- (2) 供試サンプル： 人尿 (Urine)、BMW 活性水  
便コンポスト (Feces Compost)  
  
PETROGANIK (国営肥料会社産のコンポスト)  
  
Goat Compost (ルマジャン産ヤギコンポスト)  
  
PHONSKA (国営肥料会社産の化学肥料)
- (3) プランター容量：0.1m×0.1m×10cm
- (4) 施肥設計：10-30kg N / 10a
- (5) 栽培期間：約 45 日
- (6) 測定評価項目： 葉色 (Plant Length)、葉数 (Number of Leaves)  
  
葉色 (Chlorophyll)、根伸長 (Root Length)  
  
湿重量 (Wet Weight) など



栽培試験状況 1



インドネシア葉菜類 (SAWI Mie)

表 6-1 試験区の設計と窒素投入量（施設設計）

No	試験区	尿投入量	便コンポスト投入量	PETROGANIK投入量	Goat Compost投入量	PHONSKA投入量	BMW投入量	窒素投入量	窒素量内訳		有効態の窒素投入量
		(g/0.1m <sup>3</sup> )	(g/0.1m <sup>3</sup> )	(g/0.1m <sup>3</sup> )	(g/0.1m <sup>3</sup> )	(g/0.1m <sup>3</sup> )	(g/0.1m <sup>3</sup> )	(kg/1000 m <sup>3</sup> )	(kg/1000 m <sup>3</sup> )	(kg/1000 m <sup>3</sup> )	(kg/1000 m <sup>3</sup> )
1	Control (No Fertilizer)	-	-	-	-	-	-	0			0
2	Only Urine	666 (111 × 6)	-	-	-	-	-	20.7	Urine 20.7		20.7
3	Feces Compost (便コンポスト)	-	123.8	-	-	-	-	13.5		Compost 13.5	11.5
4	Urine + Feces Compost (便コンポスト)	402 (67 × 6)	74.28	-	-	-	-	20.6	Urine 12.5	Compost 8.1	19.385
5	PETROGANIK	-	-	140.5	-	-	-	10.0		PETROGANIK 10.0	9.5
6	Goat Compost	-	-	-	68.6	-	-	15.9		Goat 15.9	15.9
7	PHONSKA	-	-	-	-	20.1 6.7 × 3	-	30.2	PHONSKA 30.2		30.2
8	Feces Compost + PHONSKA	-	74.28	-	-	7.8 2.6 × 3	-	19.8	PHONSKA 11.7	Compost 8.1	18.6
9	BMW	-	-	-	-	-	1200 200 × 6	16.4	BMW 16.4		16.4
10	Feces Compost + BMW	-	74.28	-	-	-	1200 200 × 6	24.5	BMW 16.4	Compost 8.1	23.3

表 6-2 供試サンプルの成分（UBAYA 大学分析値）

Sample Name	C/N Ratio	T - C	T - N	T - P	T - K
		(%)	(%)	(%)	(%)
Urine	1.13	0.35	0.31	0.16	0
Feces Compost	12.72	13.87	1.09	1.08	1.36
PETROGANIK	11.22	8.01	0.714	-	-
Goat Compost	10.06	23.34	2.32	-	-
PHONSKA	-	-	15.0	15.0	15.0
BMW Vitalize Water	0.123	0.017	0.138	0	0

### 6.1.2 栽培試験結果

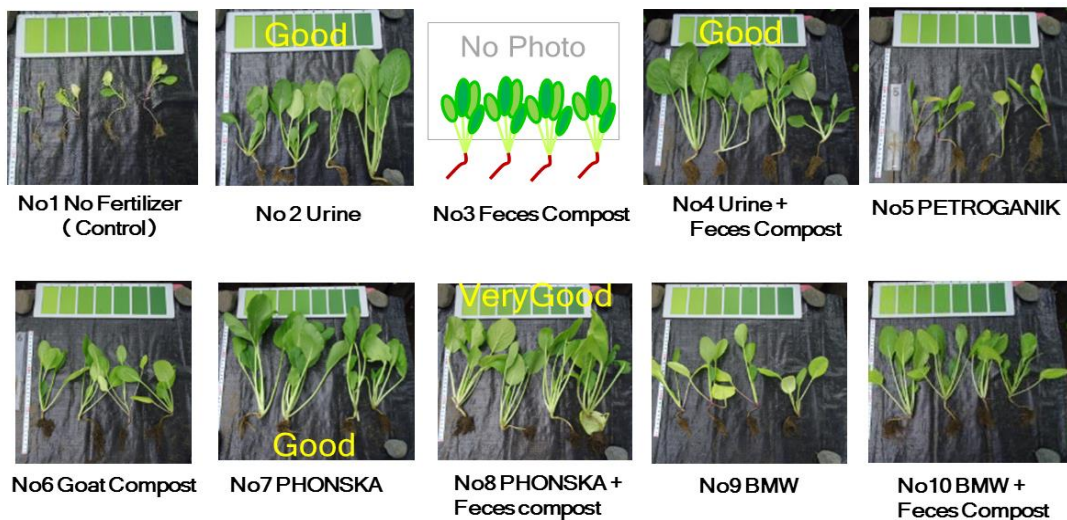
生育状況の調査は、生育中期（播種 26 日後）と収穫期（播種 44 日後）の 2 回行った。各生育ステージにおける調査結果を以下に示す。

#### (1) 生育中期（播種 26 日後）

生育中期（播種 26 日後）においては、No4 試験区（Urine + Feces Compost）の生育が最も良く、次いで No2 試験区（Urine）及び No8 試験区（PHONSKA + Feces Compost）の生育が良好であった。



- (2) 収穫期（播種 44 日後）においては、No8 試験区（PHONSKA + Feces Compost）の生育状況が最も良好であった。



(3) 生育状況まとめ

- A) No2 試験区(Only Urine) での生育状況は、No7 試験区(PHONSKA)との生育に比べて少し劣るものの良好な生育が見られた。  
⇒尿は化成肥料と同等の生育効果がある可能性が高い。
- B) No3 試験区 (Feces Compost) と No5 試験区 (PETROGANIK、現地市販有機コンポスト) では、同等の生育結果となった。  
⇒便コンポストは、現地市販のコンポストと同等の効果ある可能性が高い。
- C) 便コンポストと PHONSKA（化成肥料）を組み合わせさせた No8 試験区では、相乗効果により最も良好な生育が見られた。また、尿と便コンポストを組み合わせさせた No4 試験区においても相乗効果が働いていたと推察される。

D) No3 試験区 (Feces Compost)、No6 試験区 (Goat Compost) 及び No9 試験区 (BMW 活性水利用) においては、根の伸長促進が確認された。

以上の結果より、今回の調査では、元肥としては便コンポストと化成肥料を混合した資材を利用し、追肥には尿を利用することで、収量及び品質向上が可能性あることが示唆された。今後は、ルマジャン県で中規模実証実験などを行い、化成肥料の混合割合を減らして循環型社会の構築にどのように寄与できるのか、検証することとしたい。

なお、BMW 尿生物活性水の効果については、今回の栽培試験では、はっきりとした農作物の生育の効果が示せなかったため、今後のさらなる検証が必要であると判明した。

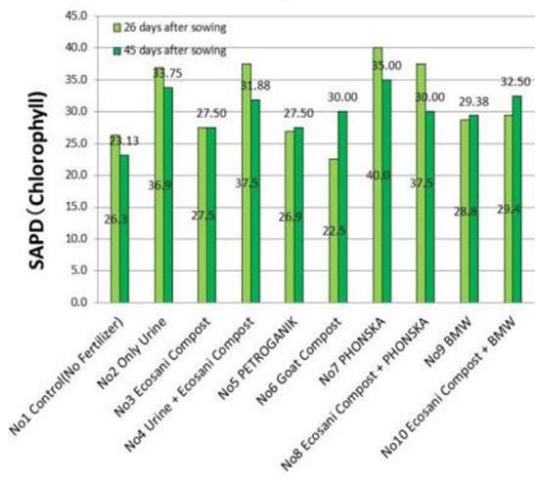
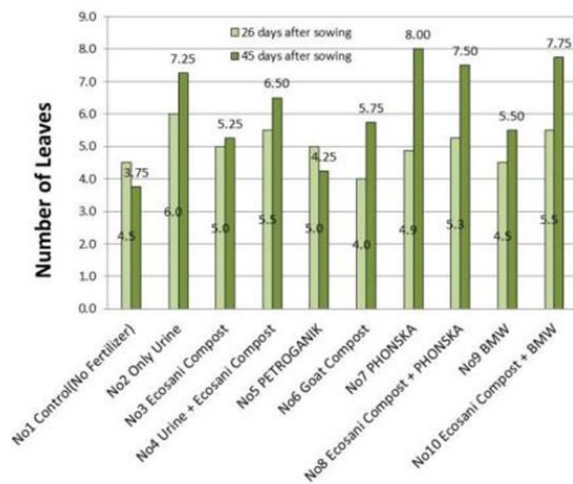
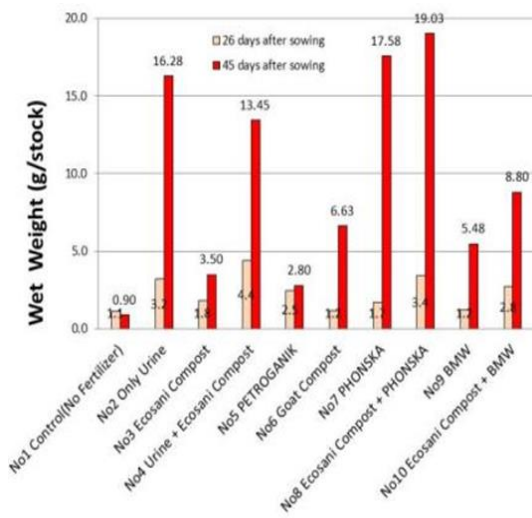
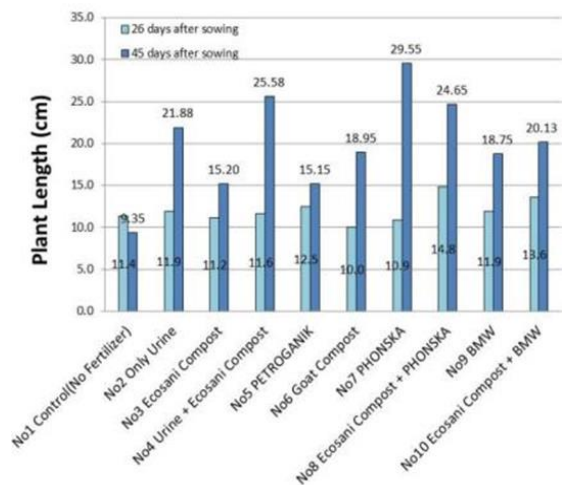
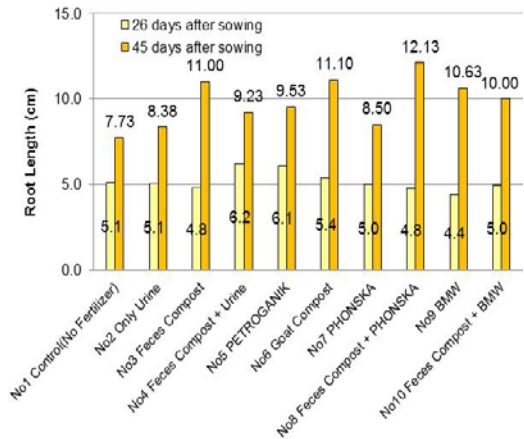
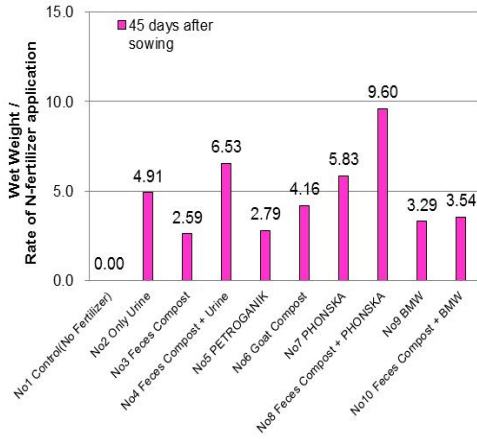
表 6-3 播種 26 日後の生育状況

試験区	草丈 (Plant Length) (cm)	葉数 (Number of Leaves)	葉色 (Chlorophyll)	SPAD値	根長 (cm)	生重量 (Wet Weight) (g/stock)	4株合計 重量 g/4株	4株合計 重量平均 g/株
No1 Control(No Fertilizer)	11.4	4.5	2.3	26.3	5.1	1.1	4.2	1.05
No2 Only Urine	11.9	6.0	4.4	36.9	5.1	3.2	12.7	3.18
No3 Feces Compost	11.2	5.0	2.5	27.5	4.8	1.8	7.3	1.83
No4 Feces Compost + Urine	11.6	5.5	4.5	37.5	6.2	4.4	17.0	4.25
No5 PETROGANIK	12.5	5.0	2.4	26.9	6.1	2.5	9.7	2.43
No6 Goat Compost	10.0	4.0	1.5	22.5	5.4	1.2	4.7	1.18
No7 PHONSKA	10.9	4.9	5.0	40.0	5.0	1.7	6.7	1.68
No8 Feces Compost + PHONSKA	14.8	5.3	4.5	37.5	4.8	3.4	13.2	3.30
No9 BMW	11.9	4.5	2.8	28.8	4.4	1.2	4.3	1.08
No10 Feces Compost + BMW	13.6	5.5	2.9	29.4	5.0	2.8	10.6	2.65

表 6-4 播種 44 日後の生育状況

試験区	草丈 (Plant Length) (cm)	葉数 (Number of Leaves)	葉色 (Chlorophyll)	SPAD値	根長 (Root Length) (cm)	生重量 (Wet Weight) (g/stock)	4株合計 重量 g/4株	4株合計 重量平均 g/株	葉幅 (Leaf width) (cm)	葉柄長 (Petiole) (cm)
No1 Control(No Fertilizer)	9.35	3.75	1.63	23.13	7.73	0.90	3.6	0.90	2.05	3.48
No2 Only Urine	21.88	7.25	3.75	33.75	8.38	16.28	40.7	10.18	6.00	9.75
No3 Feces Compost	15.20	5.25	2.50	27.50	11.00	3.50	14.0	3.50	3.68	5.70
No4 Feces Compost + Urine	25.58	6.50	3.38	31.88	9.23	13.45	53.8	13.45	7.03	10.50
No5 PETROGANIK	15.15	4.25	2.50	27.50	9.53	2.80	11.2	2.80	3.35	5.50
No6 Goat Compost	18.95	5.75	3.00	30.00	11.10	6.63	26.5	6.63	4.23	6.68
No7 PHONSKA	29.55	8.00	4.00	35.00	8.50	17.58	70.3	17.58	7.88	12.38
No8 Feces Compost + PHONSKA	24.65	7.50	3.00	30.00	12.13	19.03	76.0	19.00	7.13	10.38
No9 BMW	18.75	5.50	2.88	29.38	10.63	5.48	21.6	5.40	4.18	6.90
No10 Feces Compost + BMW	20.13	7.75	3.50	32.50	10.00	8.80	34.7	8.68	5.10	8.30





(1) 供試土壌の化学性分析結果（参考値）

参考までに、本栽培試験に用いた供試土壌の栽培前後における化学性分析結果を下表に示す。

表 6-5 栽培前における供試土壌の化学性分析結果

No	試験区	pH(H <sub>2</sub> O)	pH測定時 水温	EC	T-C	T-N	C/N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe	Mn	NaCl
			(°C)													
0	-	6.50	-	0.0248	0.14	0.01	11.34	<0.1	0.1813	0	25.61	66.04	53.73	0.7644	0	0

表 6-6 栽培後における供試土壌の化学性分析結果

No	試験区	pH(H <sub>2</sub> O)	pH測定時 水温	EC	T-C	T-N	C/N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe	Mn	NaCl
			(°C)													
1	Control (No Fertilizer)	5.99	20.3	0.02	0.197	0.019	10.58	<0.1	0.107	5.72	27.13	179.74	64.37	0	0.1	0.000517
2	Only Urine	6.21	20.7	0.11	0.855	0.082	10.39	<0.1	1.111	124.06	22.16	78.63	62.79	5.61	0.1	0.000696
3	Feces Compost (便コンポスト)	6.16	20.8	0.22	0.297	0.028	10.73	<0.1	0.068	93.24	28.27	37.60	68.14	0	0.1	0.037109
4	Urine + Feces Compost	6.28	21.0	0.13	0.212	0.023	9.32	<0.1	0.219	18.82	25.68	65.35	79.63	0	0.1	0.008673
5	PETROGANIK	6.19	20.9	0.21	0.142	0.014	10.26	0.114	0.083	49.78	33.29	74.64	72.68	0	0.1	0.050728
6	Goat Compost	6.27	21.0	0.27	0.573	0.059	9.64	0.113	0.212	9.95	31.03	84.06	85.17	0	0.1	0.111566
7	PHONSKA	5.27	20.9	0.06	0.172	0.022	7.78	<0.1	13.874	34.04	22.57	68.02	59.17	6.06	18.12	0.000001
8	Feces + PHONSKA	5.44	20.8	0.05	0.363	0.042	8.61	0.118	0.269	28.03	33.52	102.67	73.75	2.72	0.1	0.006558
9	BMW(Ecosani Liquid)	6.05	21.1	0.08	0.181	0.018	10.28	<0.1	0.094	42.22	26.08	68.50	75.57	0	0.1	0.009447
10	Feces Compost + BMW(Ecosani Liquid)	6.73	21.0	0.03	0.719	0.074	9.69	0.1176	0.728	142.55	51.77	165.51	65.26	6.62	0.1	0.002119

## 6.2 栽培試験結果の考察

本栽培試験結果は、窒素量に生育（細胞合成）が大きく規定される葉菜であることを色濃く反映するものとなった。すなわち、確実に窒素量が保障されている化成肥料と尿使用区の生育結果が、有機肥料、堆肥区と比較し、良好となった。

堆肥そのものは、もともと土壌の物理性、生物性の改善という土壌改善効果や、糖質、デンプン等の生成（生育に一定程度期間を必要とするもの）にその効果を発揮するため、本試験の結果とは、矛盾しないものとなっている<sup>23</sup>。インドネシアでは、生産性の向上を目標に行われた「緑の革命」による化学肥料中心の生産が、結果として、土壌の疲弊を招き、この反省として、有機肥料が注目されている。この状況に鑑み、便コンポストについては、土づくりを優先した堆肥づくりを目指している。

また、BMW 活性水については、現段階においては、原料の無臭、無害化が主目的であり、その製造過程で、窒素成分は、減少していくものである。微生物代謝物溶液、ないしはミネラル溶液として捉え、直接肥料的効果より、総合的な生育促進、病気予防等の効果を期待する方が望ましい。ただし、使用目的に沿って、その内容成分等を調整することは可能である。

<sup>23</sup> 堆肥原料に C/N 比の高い材料が入っており、その分解が十分でない場合（発酵が充分でない場合は、材料の分解に窒素成分を必要とするため、分析値としての窒素成分はあっても、材料の分解が済むまでは、植物の生育に対しては、マイナス要因として働く。

本試験においては、細胞を合成する肥料的効果については、窒素成分が安定し、即効性の高い化成肥料及び尿の優位性が確認された。しかし、作物の品質（食味、糖度、安全性）等についての検証、穀類、果菜類、根菜類等の作物での検証、また土壌の物理性、微生物性の改善等、土づくりに関わる検証は、なされておらず、今後の検証課題である。

## 7 参考：LIXIL 肥料に関する意見・ヒアリング結果のまとめ

月日	ヒアリング対象者	結果
6/1(月)	Media Inovasi Kita (MIK), Mr. Ananto (Owner) (スラバヤ)	<p>(尿尿を含めた液肥・コンポスト使用について)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンポストは、既存のものより低価格であれば、自身で栽培している農作物に使用するのに抵抗はない。</li> <li>・現在使用しているコンポスト Posuruan は、IDR 650/kg で買っている。以前使用していたコンポスト Promo Champignon (きのこを育てた木材と牛糞を混ぜたもの) は、IDR 750/kg で販売されていた(生産費用は IDR 400/kg)。</li> <li>・液肥は使用していないが、市場で主要なのは、IDR 120,000 per 3 liters (IDR 40,000/liter) のもの。</li> <li>・* MIK は小規模農家が所属する農協から農作物を仕入れてスラバヤの retailer へと販売する distributor。</li> </ul>
6/8(月)	Gapoktan リーダー・メンバー 9 名	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人間に尿尿を含めた肥料を使用することには抵抗を感じない、というのが大半の意見。しかし、人由来のものを使用していると伝えるのはネガティブなイメージを与える可能性があるという意見も。</li> <li>・ワークショップのプレゼンテーションで肥料の効果は理解できたが、実際に自分たちで使用して、効果を自分の目で確かめないと購入には踏み切れない。LIXIL から無償でサンプルをもらい、自分たちの畑でテストしてみることを希望する。</li> <li>・効果を見てみないと適切な値段は分からない。通常、コンポストには Rp. 500/kg、液肥には Rp. 25,000-30,000/liter の価格がつく。</li> <li>・人由来のものでも、イメージがネガティブなだけで作物への効果が良ければ使用する。</li> </ul>
6/9(火)	肥料販売店(キオスク)、 Owner Mr. H. Sholeh Hamid	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Gapoktan と協力してデモ地で効果を証明すべき。農家は実際に効果を見ることができれば、単価が高い液肥でも購入する。</li> <li>・特に効果が高い液肥が市場に無いため、効果が高い液肥に対する需要が高いただろう。</li> </ul>
6/9(火)	Gapoktan 集会場に集まった農家	<ul style="list-style-type: none"> <li>・価格がフリーだったら人由来のものを使用する。結果が良ければ使用する。</li> </ul>
6/10(水)	小規模肥料製造を行う農協(Poktan) メンバー 6 名	<ul style="list-style-type: none"> <li>・口頭で効果を説明されても、実際に自身の目で効果を確かめないと、使用するか・購入するか・適切な価格は答えられない。</li> <li>・この Poktan はデモサイトを持っているため、そこでテストしてみたい。</li> <li>・堆肥に人由来のものが混じっても OK。但し、このデモサイトでテストし、効果を証明する必要がある。</li> </ul>
6/11(木)	ヤギ糞由来の有機堆肥を製造している農家	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人由来のものは NG だが、圃場でテストし結果が良ければマインドは変わるだろう。</li> </ul>
6/12(金)	Freesia Flowershop(スラバヤ)、 Ms. Lanny Herawati & Mr. Buntoro Turutan	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人由来の液肥・コンポストの使用については、特に抵抗を感じない。ただし、実際にサンプルを貰ってデモ地で効果を確かめてからでないと購入は考えられない。その次に販売価格が適切かを判断する。</li> <li>・* Freesia Flowershop は花の栽培と調達を行うディストリビューター。Mojoerto(Claket, Pacet) と Malang の二箇所を拠点に、栽培(40,000 平方メートルのプランテーションでグリーンハウス栽培)と周辺農家 10 家庭程からの調達を行い、主にスラバヤで販売している。</li> </ul>
6/12(金)	PT. Perkebunan Nusantara XII (PTPN-12) Chief Division of Plantation Mr. Agus Dwi, R&D Division Mr. Muchammad Hatta	<ul style="list-style-type: none"> <li>・肥料については効果があり、価格も適切であれば、人由来の汚物を含んでいても抵抗はない。</li> <li>・ただし、PTPN 12 が扱っている作物に効果があるということを証明することは非常に重要。</li> <li>・葉物だけでなく、他の作物に試した時の結果が見たい(日本での過去の試験結果をまとめるのも参考になるとのこと)。</li> <li>・対象とする作物として、食用でないもの(林業や rubber)からはじめ、効果や安全性が証明され、人々にも受け入れられるようになってから、食用の作物向けに肥料を改良していくと良いのではないかと。</li> </ul>



図表一覧

表 1-1	候補村の分析結果	5
表 1-2	調査項目と方法	6
表 2-1	循環型無水トイレ事業の概観	10
表 3-1	インドネシア国概要	21
表 3-2	インドネシアで主に利用されているトイレ	31
表 3-3	仕様別トイレの価格比較	32
表 3-4	グリーントイレシステムに必要な資材と現地価格（黄色部が今回現地調達した資材）	41
表 3-5	グリーントイレの量産時における推定価格	43
表 3-6	州毎の一日 2 ドル/人以下で生活する世帯数・割合（世帯数、%）	45
表 4-1	トイレ設計与件	50
表 4-2	トイレ使用者頻度リスト（単位は回/日）	54
表 4-3	アンモニアガス（NH <sub>3</sub> ）濃度測定結果（単位は mg/L）	56
表 4-4	尿の処理状況分析結果	57
表 4-5	便の処理状況分析結果	57
表 4-6	洗浄水の処理状況分析結果	57
表 4-7	BMW 活性水の大腸菌数	60
表 4-8	BMW 処理における化学的性状	60
表 5-1	土壌サンプル採取場所及び栽培品目概要	61
表 5-2	サンプル土壌の分析結果	62
表 5-3	Sukirno 氏の作物別資料肥料及び使用方法と購入価格	64
表 5-4	Sumarsono 氏の使用肥料概要	65
表 6-5	肥料価格調査比較表	66
表 5-6	ヤギ堆肥価格比較表	67
表 6-1	試験区の設計と窒素投入量（施設設計）	69
表 6-2	供試サンプルの成分（UBAYA 大学分析値）	69
表 6-3	播種 26 日後の生育状況	71
表 6-4	播種 44 日後の生育状況	71
表 6-5	栽培前における供試土壌の化学性分析結果	73
表 6-6	栽培後における供試土壌の化学性分析結果	73
図 1-1	グリーントイレシステムのバリューチェーン	2
図 1-2	調査方法	3
図 1-3	調査計画と日程	6

図 2-1 ビジネスモデル .....	9
図 2-2 本調査で検証したビジネスモデル.....	12
図 2-3 9年で1000世帯への普及.....	13
図 2-4 循環型無水トイレの構成要素 .....	14
図 2-5 想定ビジネスモデル .....	17
図 2-6 想定ビジネスモデル .....	18
図 2-7 バリューチェーンごとの課題、機会、次のステップ.....	19
図 2-8 人由来の再利用品普及に向けた課題と解決策.....	20
図 3-1 インドネシア国地図.....	23
図 3-2 インドネシアにおける公衆衛生政策実施主体.....	24
図 3-3 整備された衛生設備にアクセスのある人口.....	27
図 3-4 ルマジャン市で販売・使用されている代表的な肥料と収穫後の使用量.....	30
図 3-5 直近の収穫で使用した肥料 .....	31
図 3-6 都市周辺・農村部の家庭が所有するトイレ.....	33
図 3-7 グリーントイレシステムのバリューチェーン.....	33
図 3-8 トイレの使用状況.....	34
図 3-9 既存トイレの満足点・不満点 .....	34
図 3-10 9年で1000世帯への普及.....	35
図 3-11 し尿の廃棄方法.....	36
図 3-12 し尿の回収サービス概念図 .....	36
図 3-13 グリーントイレシステムからの再利用品の需要見込み.....	39
図 3-14 現地調達部材の価格戸籍 .....	42
図 3-15 インドネシアにおける基礎的な衛生設備を継続的に利用できる人の割合（MDG目標7-C）.....	46
図 3-16 本プロジェクトのインプット・アウトプット・アウトカム.....	48
図 4-1 洗浄水処理フロー .....	51
図 4-2 ラッシュレバーの操作力の推移.....	55
図 4-3 便の発酵温度推移.....	58