

令和7年度環境省委託事業

令和7年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務  
(亀岡市とバンドン県の都市間連携による  
脱炭素・循環型社会推進事業)

報告書

令和8年3月

日本エヌ・ユー・エス株式会社

亀岡市



## 目次

第1章	本業務の背景と目的	1
1.1	業務の背景	1
1.2	業務の目的	2
1.3	本業務の実施体制	2
第2章	水稻栽培の中干期間延長によるメタン削減分野	3
2.1	インドネシア国におけるAWD技術導入の実現可能性に関する調査	4
2.1.1	インドネシアJCM事務局へのヒアリング結果	4
2.1.2	バンドン県農業局へのヒアリング結果	6
2.2	ポテンシャル調査結果	6
2.2.1	インドネシア国におけるポテンシャル	7
2.2.2	バンドン県におけるポテンシャル	11
2.3	想定される事業スキームと今後のアクション	15
2.3.1	MRV方法論策定に向けたモデル実証	16
2.3.2	インドネシア国内全域への展開	18
第3章	茶畑への次世代営農型ソーラーファームの導入分野	19
3.1	ポテンシャル調査	21
3.1.1	インドネシアにおける営農太陽光事業の位置付け	21
3.1.2	バンドン県における営農太陽光導入可能性	22
3.1.3	事業モデルの検討	23
3.2	モデルサイトの選定・デザイン設計・実施体制の構築	25
3.3	今後のアクション	29
第4章	事業系廃棄物のアップサイクル分野	31
4.1	廃棄物のアップサイクル技術	31
4.1.1	インドネシア及びバンドン県における廃棄物に関する動向	31
4.1.2	フードリボン社及びMOAI社のアップサイクル技術の概要	33
4.1.3	導入に向けた検討事項	37
4.2	アップサイクル技術の導入可能性検討	39
4.2.1	バンドン県の事業系廃棄物の処理実態調査	39
4.2.2	事業化に向けて連携可能性がある事業者の視察・協議	46
4.2.3	まとめ	54
4.3	事業設計および体制構築の検討	55
4.3.1	事業スキーム検討	55
4.3.2	期待される効果	58
4.3.3	体制構築	59
4.3.4	今後の検討事項	59
第5章	脱炭素型排水処理分野	61
5.1	排水汚染地域の特定と汚染状況の把握	62
5.1.1	排水管理に関する政策・制度動向	62
5.1.2	汚染源となり得る地点の調査	68
5.2	モデル検討及び今後の方針	89
5.2.1	生活排水処理に関するモデル	89
5.2.2	産業廃水処理に関するモデル	91
第6章	都市間連携活動・環境省以外の支援機関との連携	92
6.1	亀岡市との政策対話	92

6.1.1	亀岡市長との政策対話 .....	9 2
6.1.2	亀岡市環境先進都市推進部との意見交換 .....	9 2
6.1.3	廃棄物アップサイクルに関するワークショップ参加 .....	9 3
6.1.4	年谷浄化センターの視察 .....	9 4
6.1.5	都市間連携セミナー参加 .....	9 5
6.2	環境省以外の支援機関との連携 .....	9 5
第7章	まとめ .....	9 6
7.1	今年度の都市間連携事業の成果 .....	9 6
7.2	次年度の方針案 .....	9 6
第8章	添付資料 .....	9 8
8.1	亀岡市・バンドン県政策対話 セミナー資料（亀岡市） .....	9 8
8.2	亀岡市・バンドン県政策対話 セミナー資料（バンドン） .....	1 1 0

---

## 目次

図 1-1	本業務の概要及び実施体制	2
図 2-1	世界の GHG 排出量と農業の位置付け	3
図 2-2	水田メタン発生仕組み	7
図 2-3	インドネシアの地域別の米の生産量及び面積	9
図 2-4	バンドン県の土地利用の状況	12
図 2-5	現地調査対象とした水田	13
図 2-6	インドネシアにおける AWD 技術の事業化に向けたスケジュール	16
図 2-7	MRV 方法論策定に向けたモデル実証の連携体制	17
図 2-8	協議の様子及び手続き中の MoU (案)	17
図 2-9	想定される民間 JCM 事業スキーム	18
図 3-1	本事業で導入を目指す次世代営農型ソーラーファームのイメージ	19
図 3-2	従来型営農ソーラーと半反射フィルム式垂直型ソーラーの比較	20
図 3-3	半反射フィルム式垂直型ソーラーパネルの特徴	20
図 3-4	MOAI 社が甲賀市で実施している実証試験の様子	20
図 3-5	西ジャワ州で行われている実証の様子	21
図 3-6	MOAI 社が目指す次世代営農型ソーラーファーム事業モデル	25
図 3-7	CHAKRA 社が所有する茶畑及び製茶工場	25
図 3-8	CHAKRA 社で利用している小水力発電設備	26
図 3-9	Pasir Eurih 農園の様子	26
図 3-10	Dewata 農園の様子	27
図 3-11	製茶工場の様子	27
図 3-12	デザイン設計	28
図 3-13	CHAKRA 社との協議の様子	28
図 3-14	現在想定している実証スキーム及び今後の予定	29
図 3-15	畜産分野への適用イメージ	29
図 4-1	インドネシアにおいて今後資源循環の促進を掲げる 5 分野	31
図 4-2	資源循環に関する具体的な数値目標	32
図 4-3	バンドン県内の処分場の様子	33
図 4-4	フードリボン社による未利用農業残渣からの繊維生産技術の概要	34
図 4-5	未利用農業残渣から製造した繊維	34
図 4-6	沖縄県大宜味村のフードリボン本社工場	34
図 4-7	MOAI 社が技術を有する代表的な技術	35
図 4-8	微生物糖化技術の概要	36
図 4-9	タンニン染料技術の概要	36

図 4-10	バイオ炭製造技術の概要 .....	3 7
図 4-11	有機廃棄物および繊維廃棄物のアップサイクル事業スキーム案 .....	3 8
図 4-12	一般家庭由来の繊維廃棄物を想定した微生物糖化事業スキーム案 .....	5 6
図 4-13	茶葉廃棄物・繊維廃棄物を用いたアップサイクル事業スキーム案 .....	5 7
図 4-14	有機廃棄物+バイオ炭事業 スキーム案 .....	5 8
図 5-1	廃棄物が流れ込むチタルム川 .....	6 1
図 5-2	PROPER 評価制度 .....	6 6
図 5-3	バンドン県内の水質観測地点の地図 .....	6 7
図 5-4	ミミズ養殖による牛糞の資源化プロセスと供給体制 .....	7 5
図 5-5	Nagasakti Kurnia Textile Mills 社の排水処理フロー .....	8 0
図 5-6	SipaTex 社の排水処理フロー .....	8 3
図 5-7	ブラックウォーターの収集車と回収タンク .....	8 6
図 5-8	中学校に導入予定の排水処理設備図面 .....	8 8
図 5-9	バンドン県における生活排水・工業排水処理に関するスキーム .....	8 9
図 5-10	エコ・リパリアンの開発構想 .....	9 0
図 5-10	モデル検討イメージ .....	9 1
図 5-11	愛研化工機社の EGSB 設備見学の様子 .....	9 1
図 6-1	亀岡市長との政策対話の様子 .....	9 2
図 6-2	亀岡市環境先進都市推進部との意見交換の様子 .....	9 3
図 6-3	ワークショップの様子 .....	9 3
図 6-4	亀岡市年谷浄化センターの消化ガス発電の概要 .....	9 4
図 6-5	年谷浄化センター視察の様子 (2026 年 2 月) .....	9 4
図 6-6	都市間連携セミナー参加の様子 .....	9 5

## 表目次

表 2-1	インドネシア JCM 事務局へのヒアリング概要	4
表 2-2	バンドン県農業局へのヒアリング概要	6
表 2-3	インドネシアにおける主な水稻栽培の種類とその特徴	8
表 2-4	インドネシアにおける土壌別の平均的な水田からのメタン排出量	10
表 2-5	インドネシアにおける肥料種別の平均的な水田からのメタン排出量	10
表 2-6	インドネシア国全体の水田メタン排出削減ポテンシャル量	11
表 2-7	バンドン県の栽培方法別水田面積	12
表 2-8	バンドン県の水田メタン排出削減ポテンシャル量	13
表 2-9	ヒアリング結果を基にした栽培方法の概要	14
表 3-1	バンドン県の農業利用の特徴	22
表 3-2	地域別の野菜に対する営農型太陽光発電技術導入の影響	22
表 3-3	1ha の水田に必要な灌漑用揚水ポンプの設備規模や電力消費量	23
表 4-1	EKSONIND-MULTI PRODUCT 社ヒアリング概要	39
表 4-2	BATTLEXS ANUGRAH ABADI 社ヒアリング概要	41
表 4-3	CHAKRA 社ヒアリング概要	42
表 4-4	畜産廃棄物再資源化施設	44
表 4-5	バンドン工科大学・バンドン繊維大学ヒアリング概要	47
表 4-6	SUPERBTEX ヒアリング概要	48
表 4-7	INGRAM 社ヒアリング概要	50
表 4-8	Conture 社ヒアリング概要	52
表 5-1	家庭系排水の排水処理に対する排水基準	63
表 5-2	一般家庭排水を水域に放流する場合の基準値	63
表 5-3	繊維産業排水の排水基準	64
表 5-4	西ジャワ州環境局へのヒアリング結果	65
表 5-5	バンドン県の BOD 負荷量の現状と削減目標	67
表 5-6	IKA (水質指数) 観測地点一覧表	69
表 5-7	観測値地点の水質データ	70
表 5-8	豆腐工場における排水処理状況に関するヒアリング結果	71
表 5-9	1日あたりの牛の排泄物による環境汚染負荷量	72
表 5-10	乳牛農家へのヒアリング結果	72
表 5-11	繊維産業の製造工程	75
表 5-12	バンドン工科大へのヒアリング結果	76
表 5-13	Trisula Textile Industries Tbk 社へのヒアリング結果	77
表 5-14	Trisula Textile Industries Tbk 社の工程別水消費比率	78

表 5-15	Trisula Textile Industries Tbk 社のエネルギー・廃棄物管理状況 .....	7 9
表 5-16	Nagasakti Kurnia Textile Mills 社へのヒアリング内容 .....	7 9
表 5-17	Nagasakti Kurnia Textile Mills 社のエネルギー・廃棄物管理状況 .....	8 1
表 5-18	SipaTex 社へのヒアリング内容 .....	8 1
表 5-19	SipaTex 社のエネルギー・廃棄物管理状況 .....	8 3
表 5-20	繊維工場各社の排水量及び排水負荷 .....	8 3
表 5-21	公共排水処理施設の調査結果及びヒアリング結果 .....	8 4
表 5-22	ブラックウォーター収集車の運用 .....	8 6
表 5-23	バンドン県公立中学校へのヒアリング内容 .....	8 6
表 6-1	環境省以外の支援機関との連携概要 .....	9 5
表 7-1	今年度の成果の概要 .....	9 6
表 7-2	次年度の方針案 .....	9 7

---

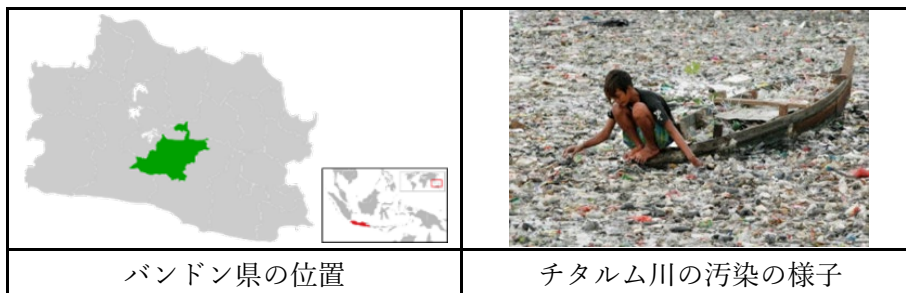
# 第1章 本業務の背景と目的

## 1.1 業務の背景

亀岡市は、保津川溪谷の自然景観に影響を与えるペットボトルやレジ袋など、流域に漂着するプラスチックごみ問題を抱えていたが、住民・事業者・行政が一体となり、独自の政策・制度の展開を含め、環境保全及び循環経済の構築に積極的に取り組んでおり、その活動実績から2020年に7月にSDGs未来都市に選定されている。これまでの代表的な実績として、令和2年3月に全国に先駆けてプラスチック製レジ袋禁止条例を制定し、その結果としてマイバッグ持参率98%を達成している。また、脱炭素社会の実現に向けては、令和3年12月に「かめおか脱炭素宣言」を行い、民間事業者と共同設立した「亀岡ふるさとエネルギー株式会社」を核として、自然エネルギーの供給事業を展開しているほか、地域内外の様々な企業とパートナーシップ協定を締結し、脱炭素社会の実現に向けた取組を推進している。現在、亀岡市は、「世界に誇れる環境先進都市」を目指し、亀岡市の取組が、日本社会だけではなく、世界に広く波及させることを目指している。

一方、バンドン県は、インドネシア共和国ジャワ島西ジャワ州に属している。面積は約1,700km<sup>2</sup>、人口は約370万人で、インドネシアの県の中では、ボゴール県に次いで2番目に人口が多い県である。バンドン県は、「繊維産業」及び「農業」の2つの主軸産業を中心とした経済発展を遂げている一方で、それに伴う環境課題も顕在化している。繊維産業では、多くの工場において、石炭を燃料としたボイラーでアイロンなどに利用するスチームを生成しているほか、お茶栽培では、茶葉の乾燥設備で大量の電力を消費していることから、温室効果ガスの排出量が年々増加している。さらに、両産業に共通して、裁断屑や廃液、廃棄茶葉といった産業部門からの廃棄物処理が課題として挙げられている。特に、バンドン県は「世界で最も汚染された川」とされるチタルム川が流れており、その汚染原因はバンドン県の繊維工場からの排水とされている。

こうした環境課題の類似点もあり、バンドン県は、2025年1月に亀岡市に対して、都市間連携事業をベースとした取組実施に係る関心表明及び協力要請を行い、要請に基づき、現在、都市間連携による脱炭素都市の構築を目指した協力関係の構築を目指した取り組みを推進している。



## 1.2 業務の目的

本事業では、脱炭素社会形成や循環型社会形成に関する経験や知見等を有する亀岡市とともに、亀岡市内で各種取り組みを進めている日本の民間企業と連携を図りつつ、バンドン県における脱炭素社会形成、環境汚染・循環経済・ネイチャーポジティブを含む環境課題に対して包括的な取組を実施し、脱炭素社会の形成に寄与する設備の導入を支援するための調査等を実施した。

## 1.3 本業務の実施体制

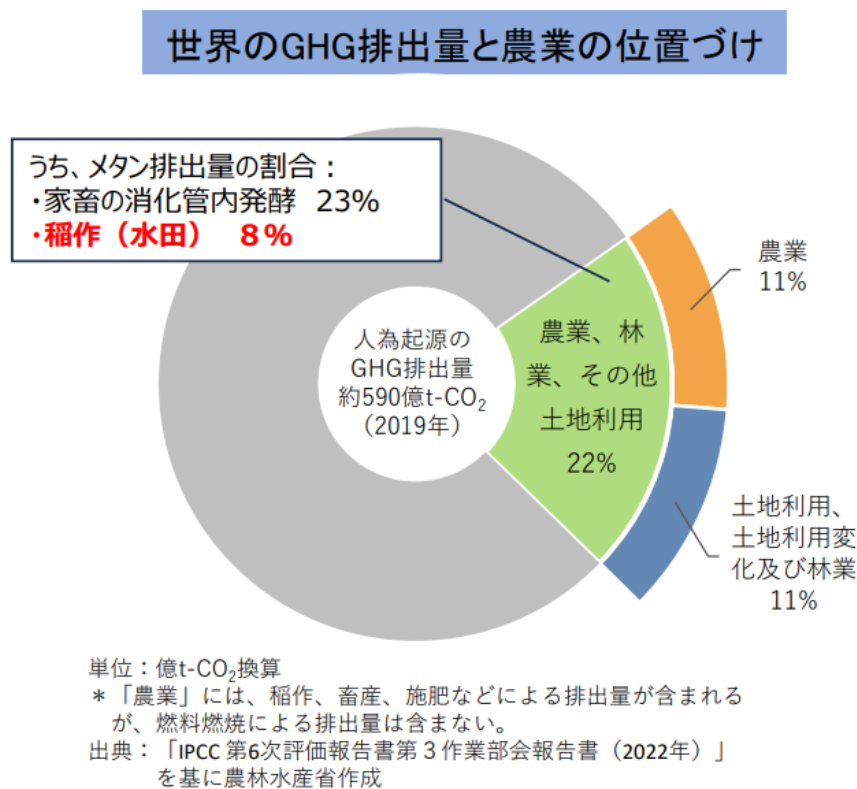
本年度の業務実施体制は、図 1-1 の通りである。都市間連携の枠組みの基、それぞれ本調査の検討対象事業や政策立案の支援に関する協議を実施した。事業化の検討に際しては、亀岡市内で脱炭素や資源循環の取組を行っている企業と連携しつつ、関連する本邦企業、現地企業との連携を図った。また、日本エヌ・ユー・エス株式会社は、都市間連携にかかる情報収集、各調査支援、関連する機関や企業の連絡調整を含めた事業全体のマネジメントを行った。



図 1-1 本業務の概要及び実施体制

## 第2章 水稲栽培の中干期間延長によるメタン削減分野

世界の人為期限の GHG 排出量のうち、約 11%は農業由来とされている。また、そのうち水稲栽培は農業部門におけるメタン排出の主な排出源とされている(図 2-1)。米は世界人口の半数以上の主食であり、2030 年までに米の需要は 24%増加すると見込まれていることから、農業由来の温室効果ガス排出の増加を抑制するためには、水稲栽培におけるメタン排出量の削減が急務である。世界の水田収穫面積の約 31%が東南アジアにあり、インドネシアは東南アジアで最大の灌漑水田面積を有している。2016 年のインドネシア農業統計によると、水田収穫面積は 1,380 万 ha であり、ジャワ島が最大面積を有している。



出典：間断かんがい技術(AWD)による水田メタン削減について(農林水産省)

図 2-1 世界の GHG 排出量と農業の位置付け

本都市間連携事業では、バンドン県の水稲栽培農家に対して、水田からのメタンガスの削減技術の導入による民間JCMクレジットの創出事業を提案し、インドネシアにおけるJCMを活用した水田メタン削減事業のモデル事業の創出を目指している。亀岡市では、2023年から、NTTコミュニケーションズ社(現NTTドコモビジネス社)が、市内農家を対象に中干期間延長を提案し、2024年度にはJ-クレジット制度を活用したクレジット発効が行われている。同事業では、クレジット発効に必要な水田の地温・推移・水温・湿度・気温

などのデータの取得を自社の IoT センサーで取得したうえで、カーボンクレジットの申請までを一気通貫で完結させるアプリケーションを開発し、効率的に、信頼性の高いカーボンクレジットの創出する独自のモデルを構築している。

これらの取組を参考としながら、本都市間連携事業の成果目標としては、「都市間連携事業期間中のインドネシアにおける MRV 方法論の策定」及び「都市間連携事業終了後の民間 JCM 事業の創出」と設定し、今年度は、主にポテンシャル調査を進めるとともに、方法論策定に向けた関係者との合意形成を進めた。

## 2.1 インドネシア国における AWD 技術導入の実現可能性に関する調査

2025 年末現在、農業分野での JCM クレジットの発行実績は存在しておらず、JCM 事業化に向けた取り組みが進められている状況である。AWD については、フィリピンが他国に先駆けて JCM クレジットの対象として 2024 年 6 月に方法論案を公表し、2025 年 2 月に正式に承認を受けている。本項では、インドネシア国における JCM を活用した AWD 事業実現可能性について、インドネシア JCM 事務局及びバンドン県農業局に対するヒアリングにより情報収集を行った結果を整理する。

### 2.1.1 インドネシア JCM 事務局へのヒアリング結果


インドネシア JCM 事務局へのヒアリング結果を表 2-1 に示す。AWD 事業については、2025 年 8 月にジャカルタで開催された「インドネシアにおける二国間クレジット制度 (JCM) へのビジネス参画促進に関するフォーラム及びビジネスマッチング<sup>1)</sup>」の中でも技術紹介を受けており、インドネシア国内において非常に高いポテンシャルを有していることは認識していることを確認した。その一方で、事業組成にあたっては、農家への利益還元の部分について十分に考慮することに加え、まずは関係者を巻き込みながら小規模なプロジェクトから開始したうえで、脱炭素効果や経済的なメリットを十分立証したうえで進めることが重要である旨のコメントがあった。

また、本都市間連携事業については、農家や地方自治体、大学機関を巻き込みながら、着実に進めているため好印象であり、インドネシア JCM 事務局としてもサポートしたい旨のコメントがあった。

表 2-1 インドネシア JCM 事務局へのヒアリング概要

日時	2025 年 12 月 12 日
ヒアリング先	インドネシア JCM 事務局 (Indonesia JCM Secretariat)


<sup>1)</sup> [https://www.env.go.jp/press/press\\_00546.html](https://www.env.go.jp/press/press_00546.html)

<p>アジェンダ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 亀岡市とバンドン県の都市間連携による脱炭素・循環型社会推進事業の紹介及び意見交換</li> <li>2. 水田メタン削減プロジェクトの見通しに関する意見交換</li> </ol>
<p>議事概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>亀岡市とバンドン県の都市間連携による脱炭素・循環型社会推進事業について</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 都市間連携事業をきっかけとして、亀岡市・バンドン県間で MoU 締結を目指してほしい。インドネシア国内では政府機関の審査に時間を要するため、関係機関に相談しつつ、支援が必要な場合はコンタクトしてほしい (JCM 事務局)</li> <li>・ 愛媛県・ゴロンタロ州でも MOU 締結を行っているはずなので、それらの事例も参照いただくのが良い (JCM 事務局)</li> </ul> </li> <li>■ <b>水田メタン削減プロジェクトの見通しに関する意見交換</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ AWD 事業については、2025 年 8 月にジャカルタで開催された「インドネシアにおける二国間クレジット制度 (JCM) へのビジネス参画促進に関するフォーラム及びビジネスマッチング」の中でも技術紹介を受けており、原理やインドネシア国内のポテンシャルの高さについては認識している (JCM 事務局)</li> <li>・ プロジェクト組成にあたっては、民間ベースで大きなプロジェクトを進めると、データの取りまとめなど、ハードルが高いと考えている (JCM 事務局)</li> <li>・ まずは自治体や研究機関と連携しながら、実証規模で進めつつ、脱炭素効果の確認や農家への利益還元を含めた事業スキームを確立するところから進めてほしい (JCM 事務局)</li> <li>・ インドネシアでの展開課題として、モニタリング機器の盗難が挙げられるため、それらの対策も合わせて検討いただきたい (JCM 事務局)</li> </ul> </li> </ul>
<p>写真</p>	

### 2.1.2 バンドン県農業局へのヒアリング結果

バンドン県農業局へのヒアリング結果を表 2-2 に示す。バンドン県では、我が国と同様、農業従事者の高齢化や収益性の低さからの若者の農業離れが進行していることから、今回のような取り組みで農家の収益向上につながるのであれば、協力したい旨のコメントがあった。

表 2-2 バンドン県農業局へのヒアリング概要

日時	2025年9月13日
ヒアリング先	バンドン県農業局
アジェンダ	1. バンドン県における水田メタン削減プロジェクトについて
議事概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水田メタンの削減技術やそのクレジット化の取組については知らなかったため、大変興味深い（バンドン県農業局）</li> <li>・ バンドン県においても農業従事者の高齢化や収益性の低さからの若者の農業離れが進行しているため、こうした取り組みで農家の利益が向上するのであれば、協力したい（バンドン県農業局）</li> <li>・ また、急な大雨や洪水等も頻発しており、米の安定的な生産にも課題があるが、インドネシア政府からの支援が不足している（バンドン県農業局）</li> <li>・ 本事業と合わせて日本の米の生産方法や有機栽培（化学肥料から有機肥料への転換）の技術についても意見交換をしたい（バンドン県農業局）</li> </ul>
写真	

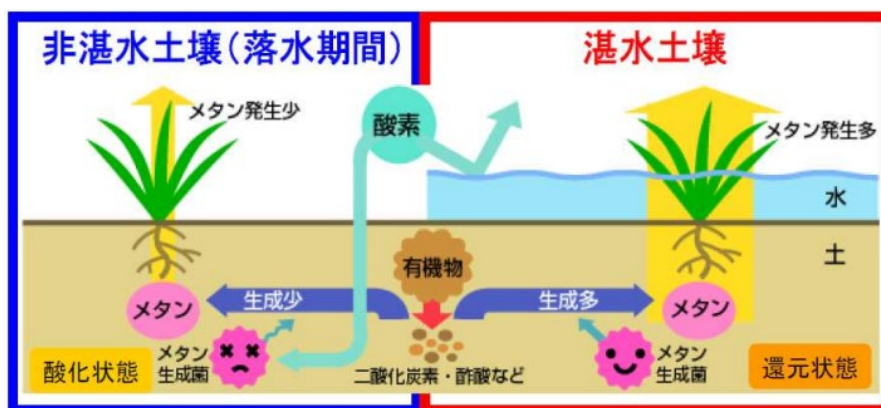
### 2.2 ポテンシャル調査結果

インドネシアは東南アジアで最大の灌漑水田面積を有しており、その中でもジャワ島が最大面積を有している。本項では、研究機関から公表されている文献およびバンドン県の中

期開発計画等からインドネシア国全体及びバンドン県全体の水田メタン削減プロジェクトのポテンシャルを調査・整理するとともに、事業実施候補サイトとして、バンドン県の農家団体に対してヒアリングした結果から AWD 事業のポテンシャルについて整理した。

### 2.2.1 インドネシア国におけるポテンシャル

水田メタン発生の仕組みとしては、湛水状態（水を張った状態）の水田が酸素不足の状態（嫌気性）となった際に、嫌気性条件でメタンを生成するメタン生成菌が稲わらなどの有機物を分解することでメタンが発生する原理となっている（図 2-2）。生成されたメタンは、稲の通気組織を通して 90%が大気中に放出されるため、地球温暖化の大きな要因となっている。一方、メタンの生成は冠水直後に始まるわけではなく、土壌が十分な水分を含み、酸化還元電位が 150 から 200mV に達した場合、または土壌空隙の 70 から 80%が水で満たされた状態に達したときに生成することが報告されている。そのため、水田からのメタンの発生については、作付前および作付期間中の冠水と乾燥の期間が重要である。水稻の栽培中に湛水と落水を繰り返す間断灌漑を行うと、コメの収量を落とさずにメタンの発生量を大きく減らすことができ、費用や労力もかけずに水を節約できるという利点もあるため、日本だけでなくアジア諸国での普及が期待されている。



(図の出典：農研機構)

出典：「水稻栽培における中干し期間の延長」の J-クレジット制度について（農林水産省）

図 2-2 水田メタン発生の仕組み

インドネシアでは、1960 年代からインドネシア政府が主導した大規模な灌漑設備が建設されていたが、1980 年代から政府による灌漑設備のメンテナンスが難しい課題が顕在化したため、従来のトップダウン方式から農民参加型灌漑管理の組織化が進んでいる。さらに 1990 年代終盤以降は、灌漑設備の老朽化が問題となっている。現在は、水源となる貯水ダム、貯水池の整備は公共事業省や農業省の管轄であるが、その末端の灌漑設備については地

方政府や農村の管轄となっており、国家予算、地方予算においても灌漑設備整備に対する予算が十分でないため、灌漑設備の整備も十分に行われていないのが現状である。

これら背景から、インドネシアでは表 2-3 に示す主に 5 つの灌漑種が混在する状態である。AWD 技術の導入には水位調整を行う必要があることから、一定レベル以上の灌漑設備が整備されている必要がある。簡易灌漑水田や非公共灌漑水田については、水位の調整能力が各農家に依存することが予想されることため、本事業では技術的灌漑水田及び半技術的灌漑水田をポテンシャルサイトとして抽出することとした。

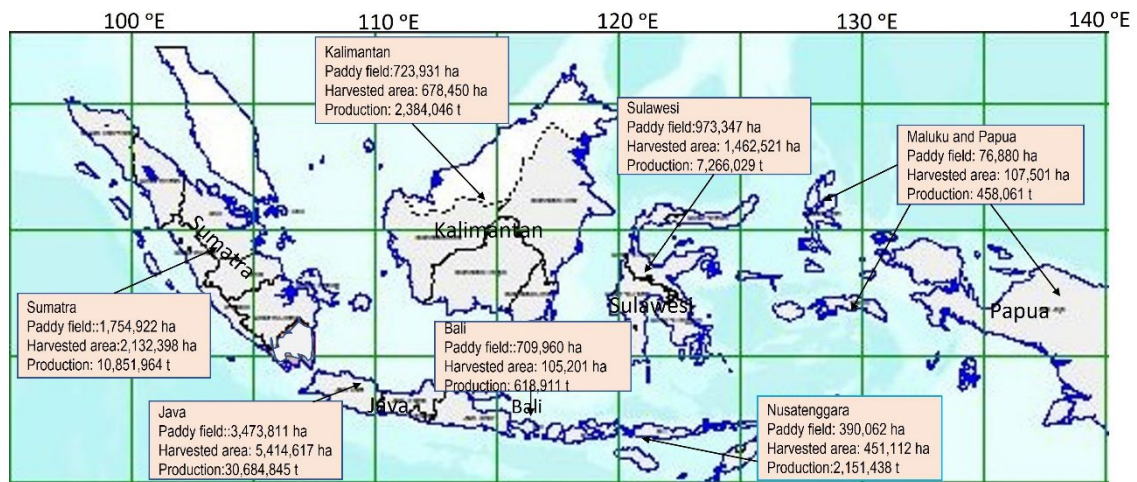
表 2-3 インドネシアにおける主な水稲栽培の種類とその特徴

種類	特徴
技術的灌漑水田	水配分調節と計量機能を有する灌漑施設を有する水田
半技術的灌漑水田	水配分調節は可能だが、計量は取水地点のみの灌漑施設を有する水田
簡易灌漑水田	河川やため池から大規模・精密な用水路設備を経由せず、小規模な堰やポンプなどを用いて水を引く水田
非公共灌漑水田	農家個人や集落（共同体）が独自に水源を確保し、水を引いている水田
天水田	人工的な灌漑設備を用いず、雨水に依存している水田

インドネシアにおける水田からのメタン発生量については、2024 年に公表された論文<sup>2</sup>において、インドネシア各地における湛水水田のメタン発生量が報告されている。

まず、インドネシアにおける米の生産量（2022 年）は図 2-3 に示すとおりであり、ジャワ島が最も多く、30,684,845t となっており、その中でも西ジャワ州が最大の米の生産地となっている。

<sup>2</sup> Hafif et al. (2024) “CH4 and N2O emissions and their potential control by rice biomass biochar: The case of continuously flooded paddy fields in Indonesia – A review” (One Ecosystem 9: e109657)



出典：CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions and their potential control by rice biomass biochar:  
The case of continuously flooded paddy fields in Indonesia – A review

図 2-3 インドネシアの地域別の米の生産量及び面積

次に、同文献によると、インドネシアにおける水田からのメタン排出量は土壌の種類及び肥料の種類によって大きく異なることが報告されている。同論文で報告されている土壌種及び肥料種別のメタンの排出係数を表 2-4、表 2-5 に示す。

土壌種については、河川の氾濫や堆積によって形成された Alluvial からのメタン排出量が最も多く、1期 1ha あたり 1,061.6kg-CH<sub>4</sub> とされている。一方、バンドン県が位置するジャワ島は主に火山列群により形成された焦げ茶色な土壌である Andisols が中心となっている。Andisols はバルク密度が低く、非常に多孔質であることに由来し、湛水下でも土壌内部にガス移動経路が残りやすい特徴を有していることから、メタン生成量や生成したメタンの大気への放出量が多いという特性がある。そのため、1期 1ha あたりの平均的なメタン排出量についても、2番目に高く、505kg-CH<sub>4</sub> となっている。

また、肥料については、稲わら+化学肥料が最も高く 1期 1ha あたり 475.1kg-CH<sub>4</sub> となっている。前述の通り、バンドン県を含む西ジャワ州は水稻栽培が盛んであり、現地へのヒアリングからも多くの地域が稲わら+化学肥料での栽培であることを確認していることから、メタン排出係数が高い栽培方法が採用されていると考えられる。

表 2-4 インドネシアにおける土壌別の平均的な水田からのメタン排出量

土壌種	特徴	平均メタン排出量 [kg/ha・season]
Alluvial (沖積土)	河川の氾濫・堆積によって形成された若い土壌であり、有機物や細粒分を多く含むことが多い	1,061.6
Andisols (火山灰土)	火山灰を母材とする土壌であり、バルク密度が低く、非常に多孔質である	505.0
Ultisols	強い風化を受けた酸性土壌であり、鉄 (Fe)・マンガン (Mn) 酸化物が多い	446.3
Alfisols	中程度に発達した鋳質土壌であり、粘土移動層を持つが、比較的排水性が良い	135.3
Inceptisols	土壌発達が初期段階の若い鋳質土壌であり、排水性・通気性が比較的良好である	64.6

表 2-5 インドネシアにおける肥料種別の平均的な水田からのメタン排出量

肥料種		平均メタン排出量 [kg/ha・season]
RSF	稲わら+化学肥料	475.1
FYM	家畜糞尿	427.5
F	化学肥料	261.7
FYMF	家畜糞尿+化学肥料	197.6
RS	稲わら	57.6
GCF	ヤギ堆肥+化学肥料	46.0
C	無施用	36.1

インドネシア国全体のメタン排出量を正確に算出するためには、地域別の土壌や栽培時の肥料種を確認する必要がある。よって、インドネシア全体におけるメタン排出量としては、土壌種や栽培時の肥料種を考慮しない全てのメタン排出係数の平均値である 288.9kg-CH<sub>4</sub>/ha・season を利用する。インドネシア全体の水稻栽培面積は、2016 年のインドネシア農業統計によると 1,380 万 ha である。また、インドネシアでは、地域により 2 期作と 3 期作が別れていることから、メタン排出量については、1 期あたりの排出量として算定した。次に、AWD 技術の導入によるメタン排出削減量は、先行するフィリピンの JCM 事例 (PH008・PH009) において AWD 技術の導入により、メタン排出量が約 44%程度削減すると計算されていることから、同数値を採用した。これらを用いてインドネシアの国全体のメタン排出削減ポテンシャル量を算定した結果を表 2-6 に示す。インドネシアでは 4,386 万 t-CO<sub>2</sub> 程度のポテンシャル量があることが示唆された。

表 2-6 インドネシア国全体の水田メタン排出削減ポテンシャル量

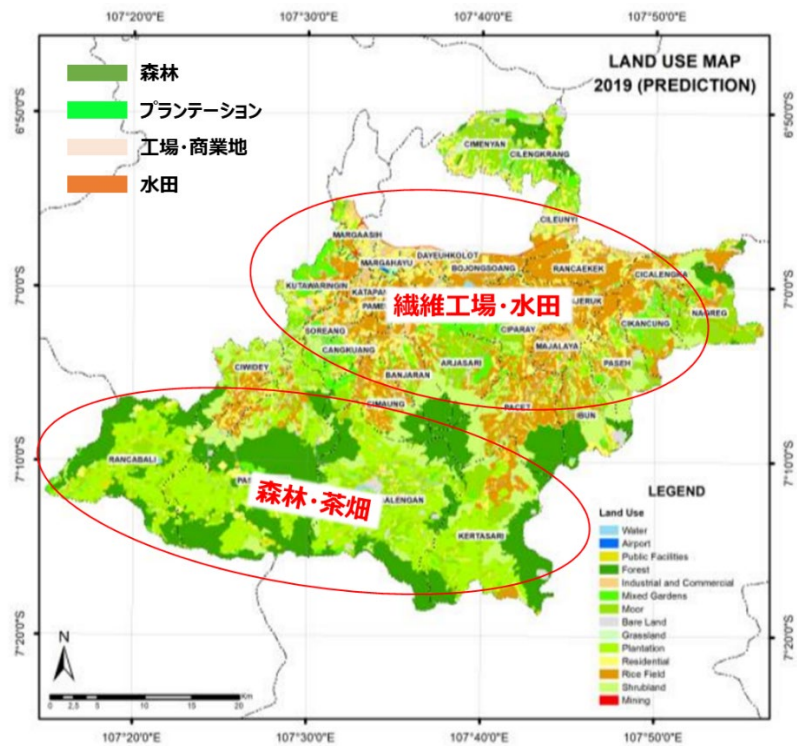
・水田メタン排出係数：288.9kg-CH <sub>4</sub> /ha・season…①
・水稲栽培面積：1,380万 ha…②
・水田メタン排出量（1期）（①×②）：3,986,820t-CH <sub>4</sub> /season…③
・AWD 技術導入によるメタン排出削減率：44%…④
・水田メタン排出削減ポテンシャル（③×④）： 1,754,201t-CH <sub>4</sub> /season 43,855,020t-CO <sub>2</sub> /season

### 2.2.2 バンドン県におけるポテンシャル

バンドン県におけるポテンシャル量については、バンドン県農業局から受領した RPJMD2021-2026（中期開発計画）に記載の土地利用状況から県全体のポテンシャルを算出した。あわせて、バンドン県において水稲栽培を行っている農業団体へのヒアリングや現地調査により、バンドン県における実際の水稲栽培の方法や課題について調査・整理した。

#### 1) バンドン県の土地利用状況

バンドン県では、土地利用の区分を保全用地（Kawasan Lindung）と生産用地（Kawasan Budidaya）に区分されており、水田栽培を含む農業については、生産用地で行われている。バンドン県の全体の面積は 176,238ha であり、そのうち約 23%にあたる 40,983ha が水田として利用されている。土地利用全体の傾向としては、図 2-4 に示す通りであり、水田はバンドン県北部から中部の平野部に分布している。



出典：RPJMD2021-2026

図 2-4 バンドン県の土地利用の状況

バンドン県における灌漑種別の水田面積は表 2-7 に示すとおりである。バンドン県では、いずれの灌漑方法も混在しているが、技術的灌漑水田が最も多く、8,730ha となっている。前述の通り、技術的灌漑水田及び半技術的灌漑水田を AWD 技術導入可能な水田として仮定した場合、バンドン県では、15,679ha が AWD 技術の適用可能な水田面積となる。

表 2-7 バンドン県の栽培方法別水田面積

水田の種類	面積(ha)
技術的灌漑水田	8,730
半技術的灌漑水田	6,949
簡易灌漑水田	6,571
非公共灌漑水田	7,063
天水田	6,899

## 2)水田メタン削減ポテンシャルの算出

バンドン県の水田メタン削減ポテンシャル量は、前述の文献等を参照し算出した。まず、AWD 技術導入可能な水田面積としては、前述の通り技術的灌漑水田及び半技術的灌

漑水田の合計値である 15,679ha とした。次に、面積当たりの水田メタン排出係数としては、バンドン県が位置する西ジャワ州の主要な土壌である Andisols のデータを採用し、505.0kg-CH<sub>4</sub>/ha・season とした。AWD 技術導入による削減率としては前項と同様、44%程度を採用した。これらからバンドン県全体の水田メタン削減ポテンシャルを算出した結果を表 2-8 に示す。バンドン県では、1 期あたり 3,483.9t-CH<sub>4</sub> となり、CO<sub>2</sub> 換算では、87,097.5t-CO<sub>2</sub> となる。

表 2-8 バンドン県の水田メタン排出削減ポテンシャル量

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ AWD 技術導入可能な水田面積：15,679ha…①</li> <li>・ 面積当たりの水田メタン排出係数：505.0kg-CH<sub>4</sub>/ha・season…②</li> <li>・ AWD 技術導入可能な水田からのメタン排出量 (①×②)：7,917.9t-CH<sub>4</sub>/season…③</li> <li>・ AWD 技術導入によるメタン削減率：44%…④</li> <li>・ AWD 技術導入によるメタン削減ポテンシャル (③×④)： 3,483.9t-CH<sub>4</sub>/season 87,097.5t-CO<sub>2</sub>/season</li> </ul>
--

### 3)現地調査及びヒアリング結果

バンドン県における水稻栽培の状況をより詳細に把握することを目的として、2025 年 9 月にバンドン県農業局からの紹介で、Soreang 地区で水稻栽培をしている農家へヒアリングを実施した。現地調査の対象とした水田の位置を図 2-5 に示す。

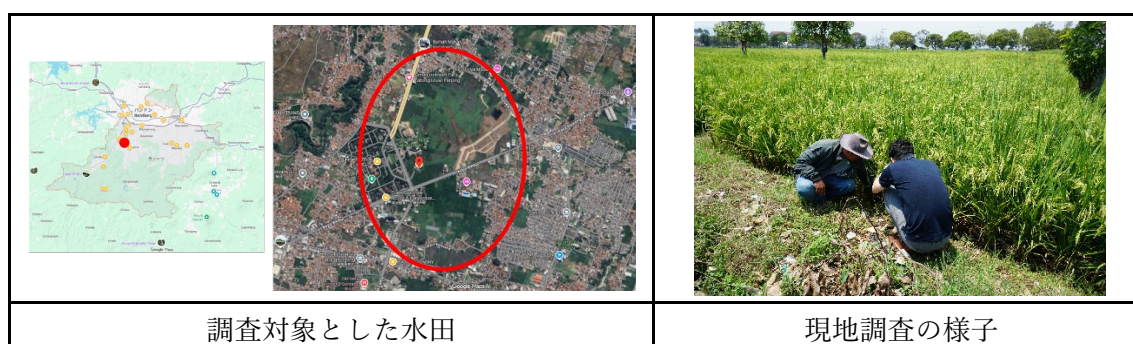


図 2-5 現地調査対象とした水田

ヒアリング結果を基にしたバンドン県における主要な水稻栽培方法を表 2-9 に整理する。バンドン県では、基本的には、100 日を 1 期として 3 期作を行う農家が多いことが分かった。灌漑設備としては、コンクリートで整備された技術的灌漑水田となっており、水位の管理は可能であるが、ポイ捨てされたゴミが水路に入り込んでいることが課題であり、現地調査でもペットボトル等のプラスチック製品が多く流れ込んでいた様子が確認された。

表 2-9 ヒアリング結果を基にした栽培方法の概要

日時	2025年9月13日
ヒアリング先	バンドン県農業局から紹介のあった農家団体組合長
栽培概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 40人の農家を取りまとめ1つの団体として経営している</li> <li>・ トラクターなどは利用せず、全て手作業で栽培・収穫している</li> <li>・ 約100日を1期として、年に3回収穫をしている</li> </ul>
栽培品種	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「Inul」、「Hakra」の2種類の品種を栽培している</li> </ul>
土地の管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ バンドン県が所有する土地と個人が所有する土地の2つが存在する</li> <li>・ バンドン県が所有する土地については、収穫量の3%をバンドン県に収める必要がある</li> <li>・ 個人が所有する土地については、収穫量の50%を所有者に収める必要がある</li> </ul>
水の管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水路は整備されている</li> <li>・ 水の管理については、田植えを0日とした場合、概ね下記のような周期で管理をしている</li> </ul> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p><b>田植え</b> <span style="float: right;"><b>収穫</b></span></p> <p>0日                      30日 37日                      67日 74日 81日 88日 95日 100日</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ただし、水位を測定しているわけではないことに加え、天候に左右される部分もある</li> </ul>
栽培管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ バンドン県が定める標準作業工程のようなものはあるものの、基本的には土地にあわせて各農家がアレンジして栽培を進めている</li> <li>・ 農薬は利用していないが、尿素を原料とした肥料を蒔いている</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 栽培コストとしては、年間約10,000円/1,400m<sup>2</sup>（※インドネシアの伝統的な土地単位）であり、大部分が肥料代である</li> </ul>
収入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 収穫量としては、年間約2,500kg/1,400m<sup>2</sup></li> <li>・ 米の買取価格は収穫後、乾燥前の状態で6,300円/100kg</li> <li>➤ 2,500kg × 6,300円/100kg = 157,500円/1,400m<sup>2</sup></li> </ul>
栽培課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ポイ捨てされたゴミが水路に入り込んでいる</li> <li>・ 政府から新しい栽培手法の情報提供も行われるが、農家への指示の徹底は難しい場合がある</li> </ul>

写真		
	水田の様子	栽培されている稲
		
	整備されている水路	水路から水を取り入れる様子
		
	農家団体及びバンドン県農業局との面談の様子	

### 2.3 想定される事業スキームと今後のアクション

今年度の調査結果を踏まえたインドネシアにおける AWD 技術の事業化に向けたスケジュールは図 2-6 を想定している。本都市間連携事業を活用することで、MRV 方法論の策定に必要なデータの測定や AWD 技術導入小規模実証をバンドン県で行い、AWD 技術導入によるメタン削減効果の確認を行うことを想定している。これらも含め、都市間連携事業 3 年間の成果として、MRV 方法論のドラフト作成及び JCM 事務局への提出を目指す。また、これらと並行し、早期の民間 JCM 事業の開始を目指したい意向である。

以下では、小規模実証事業の実施に向けた連携体制や早期の民間 JCM 事業組成に向けた現在の状況や今後のアクションについて、それぞれ説明する。

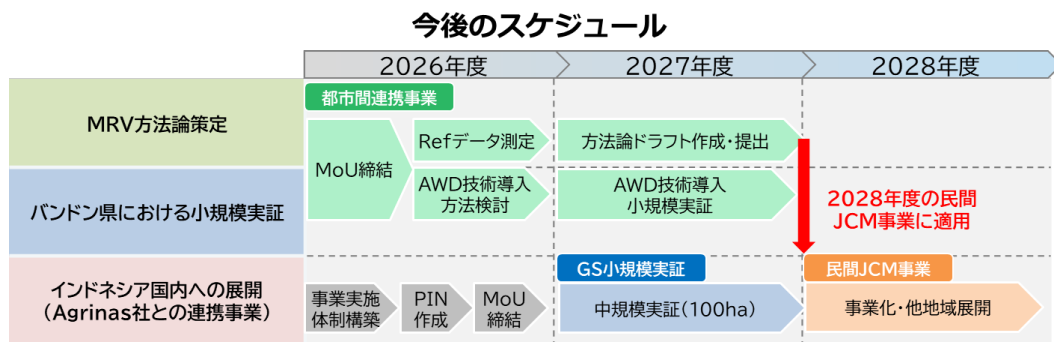


図 2-6 インドネシアにおける AWD 技術の事業化に向けたスケジュール

### 2.3.1 MRV 方法論策定に向けたモデル実証

インドネシアにおける JCM MRV 方法論の策定に向けては、バンドン県の小規模な水田を対象として AWD 技術の導入試験及びメタン排出量の測定を行いその効果を確認したうえで、方法論へ反映することを想定している。

本事業では、バンドン県農業局と複数回協議し、AWD 技術導入による効果や農家へのメリットなどを丁寧に説明し、バンドン県における小規模実証事業の対象とする水田の選定を進めてきた。その結果、前述のヒアリングを実施した農業団体が管理する水田（約 3ha）を対象として選定する方針となった。同水田はバンドン県地方政府の施設に隣接していることから、水位の管理等含めてスムーズに行えるメリットがある。また、水田を管理する農業団体の組合長からも、日本の ICT 技術を活用することで栽培品質の向上を期待している旨のコメントを受けている。

また、水田メタンの排出量の測定については、現地のバンドン工科大学との連携により実施することで協議を進めている。既存のフィリピンの JCM 方法論（AM004）では、プロジェクト実施前に 1 年程度のリファレンス排出量の直接測定が必要とされている。これらを踏まえ、MRV 方法論策定に向けたモデル実証の連携体制は図 2-7 を想定している。2025 年 12 月に現地を訪問し、バンドン県農業局、農業団体、バンドン工科大と協議し、連携について合意したことから、現在、MoU 締結に向けた手続きを進めている（図 2-8）。

次年度事業では、2026 年夏から秋ごろのリファレンスデータの測定を目指し、MoU の締結を行ったうえで、メタンの測定方法やスケジュール、機材の設置準備等を進める予定である。

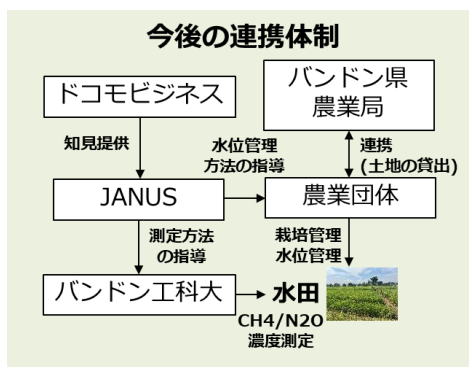


図 2-7 MRV 方法論策定に向けたモデル実証の連携体制



 <p>農業団体組合長との協議</p>	 <p>バンドン工科大との協議</p>			
<p>Memorandum of Understanding Concerning Greenhouse gas reduction projects in the agricultural sector</p> <p>Bandung Regency and Institut Teknologi Bandung, Republic of Indonesia and JAPAN NUS Co., LTD., Japan, based on the principle of equality and reciprocity, have agreed to work on the "City-to-City Collaboration project for the realization of a carbon-free society" with the aim of achieving Greenhouse gas reduction projects in the agricultural sector in Bandung Regency by introducing excellent technologies and products of companies from Japan and build a close relationship. Bandung Regency and Institut Teknologi Bandung, JAPAN NUS have agreed to cooperate on the following activities.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Development of greenhouse gas reduction projects in the agricultural sector.</li> <li>(2) Monitoring greenhouse gas emissions from rice paddies.</li> <li>(3) Feasibility study of a greenhouse gas reduction project by adjusting water levels and fertilizers in rice cultivation.</li> </ol> <p>This memorandum does not create any legal obligations for either party and is not binding.</p> <p>This memorandum will be effective from the day of signing and will be valid for 3 years.</p> <p>This memorandum is signed by each Party on the following date in 2 original copies.</p> <p style="text-align: right;">February 4th, 2026</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%; border: none;">(Name) (Position) Bandung Regency</td> <td style="width: 33%; border: none;">(Name) (Position) Institut Teknologi Bandung</td> <td style="width: 33%; border: none;">Kazuhiko Chikamoto President JAPAN NUS CO., LTD.</td> </tr> </table>		(Name) (Position) Bandung Regency	(Name) (Position) Institut Teknologi Bandung	Kazuhiko Chikamoto President JAPAN NUS CO., LTD.
(Name) (Position) Bandung Regency	(Name) (Position) Institut Teknologi Bandung	Kazuhiko Chikamoto President JAPAN NUS CO., LTD.		
<p>手続き中の MoU (案)</p>				

図 2-8 協議の様子及び手続き中の MoU (案)

### 2.3.2 インドネシア国内全域への展開

インドネシア国内への民間JCMによるAWD事業の展開については、食糧安全保障の強化や食品原料の生産、加工、流通の最適化をミッションとして設立された国営企業である AGRINAS PANGAN NUSANTARA 社（以下、Agrinas 社）と協議を進めている。同社からは、バンドン県の実証と並行し、AGRINAS 社が所有する 100ha の水田で実証を行いたい旨を確認している。また、AWD 技術の導入と合わせて、化学肥料の削減の取組を進めることで、温室効果ガス排出量の更なる削減や生物多様性の維持に関する取組を推進し、インドネシアの水稲栽培のモデルを形成したいといったコメントを受けている。

現在、想定している民間JCMの事業スキームは図 2-9 の通りである。Agrinas 社及び JCM クレジットの獲得を目指す日系のエネルギー供給会社とともに現地 SPC を設立し、AWD 技術を農家に導入しつつ、クレジット販売益の一部を農家に還元するスキームの構築を目指している。2026 年度中に関係者との MoU 締結を行い、2027 年度に Agrinas 社が所有する水田での中規模実証試験を行うことを目指す。

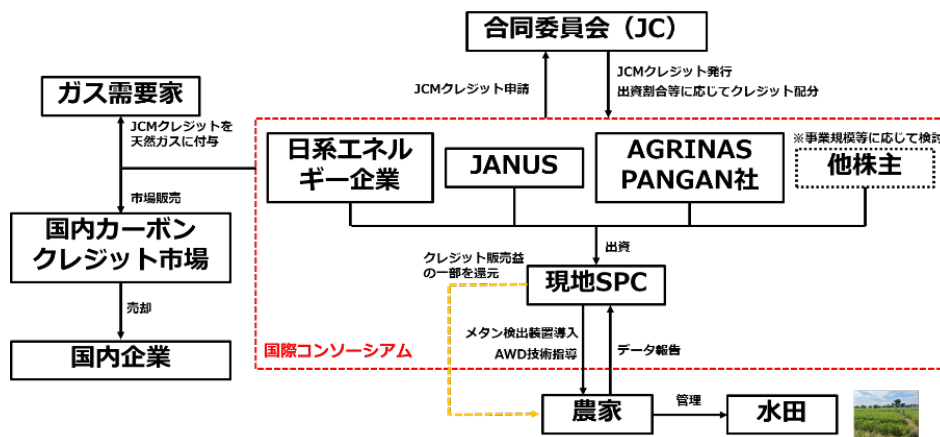


図 2-9 想定される民間JCM事業スキーム

### 第3章 茶畑への次世代営農型ソーラーファームの導入分野

再生可能エネルギーの導入拡大と食料安全保障の両立は、世界各国に共通する重要課題である。特に、太陽光発電の大規模導入が進む中、農地との土地利用競合が顕在化しており、その解決策として営農型太陽光が国際的にも注目されている。営農型太陽光は、農業生産を継続しながら太陽光発電を行う土地利用モデルであり、国際エネルギー機関（IEA）や欧州委員会、各国政府により「農業・エネルギー・環境の統合的解決策」として位置づけられている。また、近年は、シリコン系太陽光パネルの技術発展に伴い、片面だけではなく、裏面からの光でも発電できるものが普及しつつある。この技術を活かし、垂直に太陽光パネルを設置する事業が増加している。特に我が国では、垂直に太陽光パネルを設置することで、電力市場の買取価格が高い朝夕に発電のピークをシフトして収益性を高めることが可能となることから注目を集めている。

本事業では、この垂直型太陽光発電設備に加えて、MOAI 社が特許を有するプリズム加工を施した反射シートをパネルの間に設置し、植物の光合成に必要な光（波長 400~700nm）を選択的に透過させ、光飽和点の低いお茶栽培により適した環境の形成を目指している。植物は、葉の気孔から水を蒸散して表面温度を調整しているが、特に、近年は、地球温暖化の影響もあり、年々厳しくなる猛暑によって、葉の気孔からの蒸散が追い付かなくなり、農産物の収穫量や品質が低下するなどの影響を受けている。本技術の採用により、作物の表面温度の過剰な上昇を抑制することができ、農産物の品質の向上も期待できる。さらに、太陽の位置に合わせて用途を上下させて、光の反射方向をコントロールすることにより追尾型の太陽光パネルと同等もしくはそれ以上の発電量が期待できるのが特徴である（図 3-1、図 3-2、図 3-3）。現在、MOAI 社は、滋賀県甲賀市において、現地の農業法人と協力し、茶畑を対象とした先行的な実証を行っており、従来の水平型パネルと比較して、高い発電効率を保っていることを確認しており、その成果は地元紙やテレビ番組でも取り上げられている（図 3-4）。

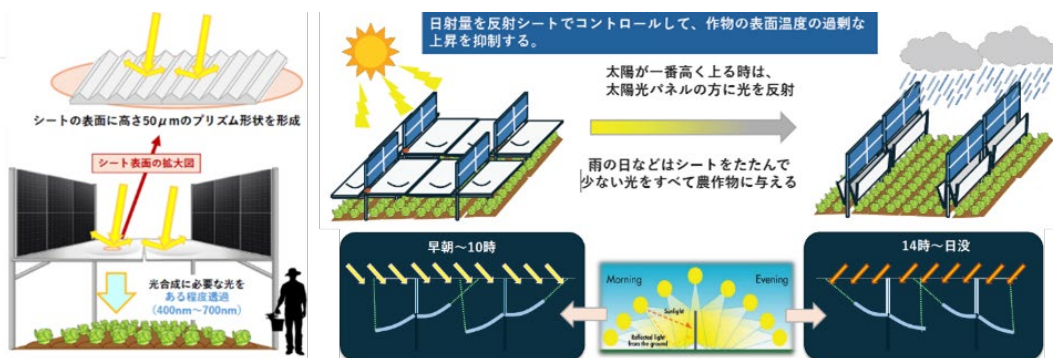
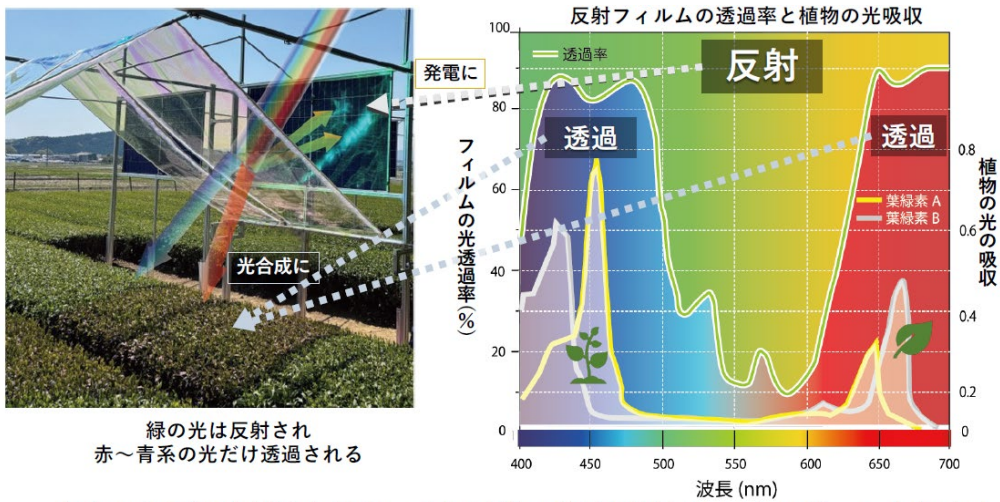


図 3-1 本事業で導入を目指す次世代営農型ソーラーファームのイメージ

項目	従来型営農ソーラー	半反射フィルム式垂直型ソーラーファーム
設置構造	△ (2m以上の架台で設置)	◎ (植物が育つ中で設置容易)
植物への日照環境	× (固定式のため日照量の制御不可)	◎ (過剰な光をカット、日照不足対策が可能)
フレーム量・影響	× (フレーム多数・影・コスト増)	◎ (フレーム量大幅削減、影最小化)
植物への影響	× (葉焼け・蒸散過多・品質低下)	◎ (適切な光量調整で品質安定)
発電効率	△ (日中ピーク型で、朝夕が弱い)	○ (朝夕も発電、総発電量増加)
コスト	× (小型パネル多数で高コスト傾向)	○ (シンプル設計でコスト最適化)
メンテナンス性	× (高所作業必要で負担が高い)	○ (地上中心でメンテナンス容易)

図 3-2 従来型営農ソーラーと半反射フィルム式垂直型ソーラーの比較



生育に必要な光だけを届け、それ以外の光は反射してエネルギーへ変換する

図 3-3 半反射フィルム式垂直型ソーラーパネルの特徴

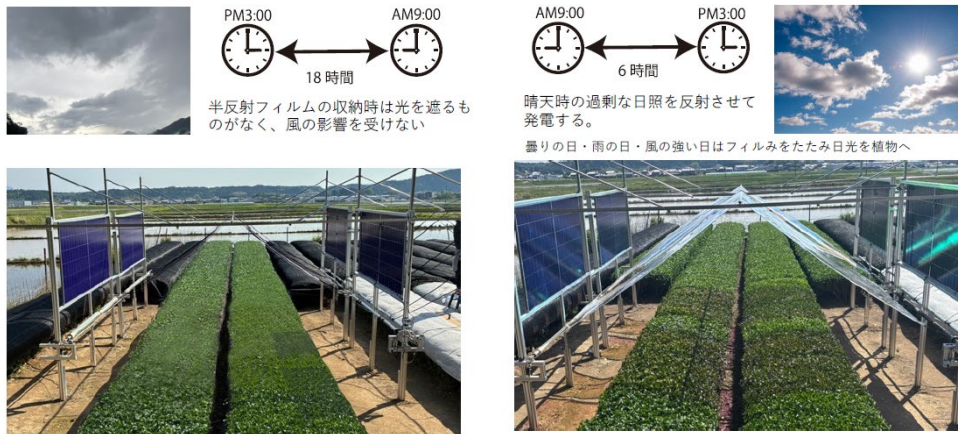


図 3-4 MOAI 社が甲賀市で実施している実証試験の様子

JCM 事業を想定した場合、営農型太陽光発電事業についても、通常の太陽光発電と同様の方法論 (ID AM013) が適用されると考えられる。インドネシアにおいて同方法論を活用した JCM 設備補助事業は既に 10 件以上の採択があるため、同事業への応募は難しいと考えられる。そのため、本事業は民間 JCM 事業での実施を想定している。以下では、民間 JCM 事業を目指し、バンドン県内に存在するお茶畑に対して、「次世代営農型ソーラーファーム」の導入し、JCM 事業化を目指した場合のポテンシャル調査やモデルサイトの選定、十書試験実施に向けたスキーム検討等の結果について整理した。

### 3.1 ポテンシャル調査

#### 3.1.1 インドネシアにおける営農太陽光事業の位置付け

現在、インドネシアでは、日本のような営農太陽光に関する定義や制度は存在していない。そのため、実際に農地で営農太陽光を実施できるかどうかはプロジェクトごとに個別判断することとなる。一方、政府としては、将来的に約 8 万の村落へ太陽光を導入したい意向であり、これは営農型太陽光も含めた数値としている。

現在、バンドン県が位置する西ジャワ州では、国営電力会社の PLN が主体となり、営農太陽光事業の実証事業を先行して実施している。西ジャワ州は人口に対する農業集積率が高いため、土地の制約から、平置き的大型太陽光パネルの設置が困難であることから、営農型太陽光事業の候補地として選定された経緯がある。その中で当該実証事業は、農業生産と太陽光発電を同一土地で両立させる技術的・運用的可能性を検証するパイロット事業として位置づけられている。実証事業では、太陽光パネルは水田や畑の上部に設置され、下部空間で農作業を継続できるよう設計されている。また、パネル下の光環境については、完全な遮光ではなく、拡散光を作物に供給する設計となっている。パネル下では水稻に加え、唐辛子やほうれん草といった園芸作物が栽培されており、作物の成長速度、収量、作物が受ける日射量・日射曝露、土壌養分などが継続的に観測されている。



出典：CHANGEMAKR.ASIA (<https://changemakr.asia/multiplying-harvests-agrivoltaics-brings-food-and-clean-energy-to-southeast-asia/>)

図 3-5 西ジャワ州で行われている実証の様子

### 3.1.2 バンドン県における営農太陽光導入可能性

バンドン県の総面積は約 176,200ha あり、そのうち約 78%に相当する約 138,000ha が農業・産業等として活用されている。農業利用では稲作利用が約 36,200ha で最大となっており、次いで、約 27,300ha がお茶やコーヒーなどのプランテーション、約 20,900ha が野菜や果樹などとして利用されている。野菜類は、キャベツ、白菜、ジャガイモ、トマト、唐辛子などが主要作物であり、果物については、バナナやアボカドなどが低地から中山間地域にかけて広く栽培されているほか、ストロベリーが高地地域に集中している。これらのことから、バンドン県における農業用の土地利用状況としては、稲作については水田を基盤とした大規模・集中的利用、プランテーション作物については高地乾燥農地を中心とした中～大規模利用、園芸・花卉作物については比較的小面積ながら高付加価値型利用、という三層構造を有していることが確認できた（表 3-1）。

表 3-1 バンドン県の農業利用の特徴

作物群	農地の種類	面積
稲作	水田	非常に大きい
茶・コーヒー	プランテーション	大きい
野菜	畑・乾燥農地	大きい
果物	混植・私有林	中程度
花卉	高地畑	小さい（高収益）
生薬	畑	小さい

次に、インドネシアで栽培されている野菜に対する営農型太陽光発電技術導入の影響については、既存文献<sup>3</sup>において、地域ごと、栽培品目ごとに、収量に対する影響が報告されており、地域別に表 3-2 の通りとなっている。また、水稻栽培については、光量や水分を程度必要とする作物であるほか、設備設置の観点から困難であることが示唆されている。

表 3-2 地域別の野菜に対する営農型太陽光発電技術導入の影響

地域	作物	作物収量への影響
ジョグジャカルタ	ナス	収量低下なし
南スマトラ	ピーマン	生育・収量が向上
西ジャワ	パチョリ	収量低下は小さい
バンドン	チンゲンサイ	1.4-1.8%増収
中部ジャワ	落花生・トマト・インゲン	収量低下なし

<sup>3</sup> Agrivoltaics systems in Indonesia: Opportunities, challenges, and lessons from other countries (2025)

これらの栽培の特徴及び野菜に対する営農型太陽光発電技術導入の影響を考慮し、次項では、バンドン県における営農型太陽光発電導入のモデルを検討した。

### 3.1.3 事業モデルの検討

インドネシアでは、再生可能エネルギーにより発電した電力は国営電力会社である PLN 社が買い取る制度となっているが、その実態としては、系統線の空き容量や需給バランスの安定化の観点から、売電が難しいケースが多くなっている。そのため、本項では、そうした事情も考慮し、発電した電力を農業関連需要に対して自家消費するモデルも含め、複数のパターンで検討した。

#### 1) 水稲栽培×灌漑用揚水ポンプ利用モデル

稲作はバンドン県において最も栽培面積の大きい基幹作物である。一方、水稲栽培については、光量や水分を必要とする作物であることから、大規模に設備を設置することは難しい。そのため、水稲栽培に対しては、稲作における電力需要の中心である灌漑用揚水ポンプの電力需要量に合わせたサイズの太陽光発電設備を畔道等に小規模に設置するモデルが有効であると考えられる。同モデルの導入により、燃料費や電力費の削減とともに、灌漑の安定化による生産性向上が期待される。また、前章の AWD 技術の導入に際しても、水位測定等の ICT 技術の導入が検討されることから、そうした電力需要に対応することも可能となる。

1ha の一般的な水田を想定した場合に必要な灌漑用揚水ポンプの設備規模や電力消費量は表 3-3 の通りである。

表 3-3 1ha の水田に必要な灌漑用揚水ポンプの設備規模や電力消費量

項目	想定数値
必要揚水量	約 13 m <sup>3</sup> /h
揚程	約 5 m
必要出力	約 0.3 kW
推奨ポンプ	0.4~0.75 kW
電力消費	約 2.6 kWh/日
電気代	約 2,000 円/月

これより、必要となる太陽光発電設備の規模としては、インドネシアにおける設備利用率も考慮すると、水田 1ha に対して約 1kW の設備（400W の太陽光発電パネル 3 枚分）となる。1 つ 1 つの設備規模は小さいものの、バンドン県では、36,200ha で水稲栽培がされて

いることから、灌漑設備やAWD技術導入と合わせて、バンドン県全域に展開することで、最大36MW程度の設備導入が可能である。

### 2) プランテーション作物×大規模ソーラーファームモデル

お茶栽培およびコーヒー栽培に代表されるプランテーション作物は、約27,000haの乾燥農地で栽培されており、主にPangalengan、Ciwidey、Rancabaliといった高地地域に集中している。これらの作物は、乾燥、焙煎、選別、包装といった加工工程を伴うため、通年かつ比較的安定した電力需要が発生しており、単位面積あたりの電力需要は稲作よりも高いことが分かる。そこで、プランテーション作物に対しては、次世代営農型ソーラーファームを大規模に設置し、加工施設等の電力需要に対応するモデルが有効であると考えられる。また、設置可能な面積も大きいことから、国営電力会社のPLNと連携ができれば、売電を目的とした規模で設置も可能であると想定される。

MOAI社が先行して滋賀県の甲賀市で実施している実証試験では、400m<sup>2</sup>の茶畑に約3kW程度の垂直型太陽光発電設備を設置している。実際に設置する場合は、傾斜等も考慮し、サイトを選定することが想定されるが、バンドン県では、最大2,000MW程度の設備が導入可能である。

### 3) 野菜・果実栽培×コールドチェーン導入モデル

野菜作物については、バンドン県では、畑・畑地を中心とする乾燥農地のうち、約40,000haが栽培に利用されている。キャベツ、白菜、ジャガイモ、トマト、唐辛子、ハヤトウリなどが主要作物であり、高地および中山間地域に広く分布している。電力需要としては、灌漑・散水に加え、収穫後の洗浄、選別、簡易冷蔵といった工程で発生し、特に収穫期・出荷期に集中する傾向がある。単位面積あたりの電力需要は稲作より大きく、冷蔵設備の導入が進むほど電力需要は増加する。一方、果物作物は、バナナのように広域に分布する作物と、ストロベリーのように高地に集中する作物に大別される。栽培面積自体は中規模であるものの、冷蔵・低温保管や包装工程における電力需要が大きく、単位面積あたりの電力需要は高い。特に高付加価値作物であるストロベリーでは、安定した電力供給が品質維持に直結するため、太陽光発電に蓄電池を組み合わせたハイブリッド型導入が不可欠となる。このため、野菜や果実栽培分野では、栽培品質の向上を目指し、小規模な太陽光発電設備と蓄電池を組み合わせた自家消費型のモデルが有効であり、農産物ロス削減と品質向上の両立が期待される。

MOAI社では、太陽光パネルで発電した電力を活用し、リモートセンシング技術による種蒔きから収穫までを自動化する検証も行っていることから(図3-6)、こうしたモデルの導入により、再生可能エネルギーの普及と農家の収益性向上の両方が実現できる可能性が

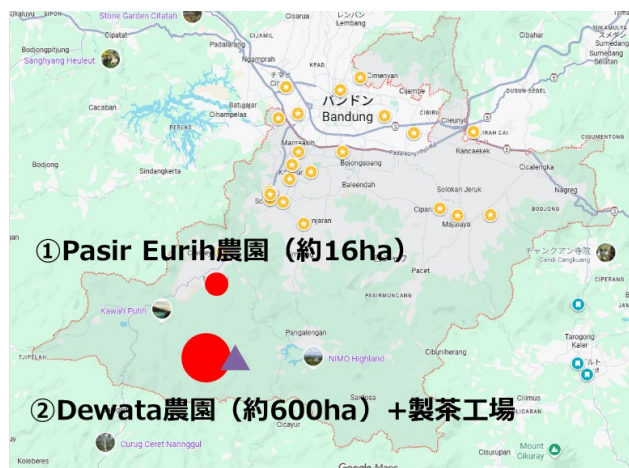
ある。設備導入のポテンシャルとしては、最大 3,000MW 程度の設備が導入可能である。



図 3-6 MOAI 社が目指す次世代営農型ソーラーファーム事業モデル

### 3.2 モデルサイトの選定・デザイン設計・実施体制の構築

本事業では、前項で示したモデルのうち、国内での実証が最も進んでいる 2)プランテーション作物×大規模ソーラーファームモデルについて、モデルサイトの選定等を行った。バンドン県環境局等との意見交換の結果、バンドン県南部の Ciwidey 地区で大規模なお茶栽培及び製茶工場事業を営む PT CHAKRA 社との連携について検討を進めている。CHAKRA 社は 1932 年に創業した老舗のお茶会社であり、バンドン県内に合計 600ha を超える 2 つの農園 (Pasir Eurih 農園 : 16ha、Dewata 農園 : 600ha) 及び 1 つの製茶工場を所有している (図 3-7)。



出典 : Google Maps

図 3-7 CHAKRA 社が所有する茶畑及び製茶工場

CHAKRA 社では製造した茶葉のうち 40%を欧米諸国を含めた海外に出荷していること

から、環境意識も高い。その一例として、再生可能エネルギーの利用については、既に 240kW の小水力発電設備を設置しており、製茶工場で利用する電力の 4 割程度を同設備で賄っていることが分かっている。

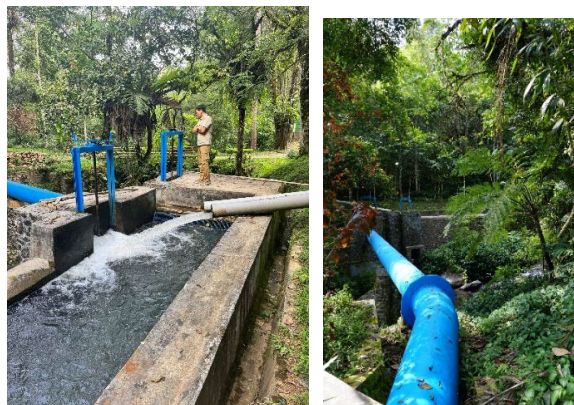


図 3-8 CHAKRA 社で利用している小水力発電設備

2025 年 9 月に Pasir Eurih 農園、Dewata 農園、製茶工場の現地調査を実施した結果を図 3-9、図 3-10、図 3-11 に示す。いずれの農園も急斜面の地点が多いことから、設備の設置可能な場所がある程度絞る必要があることが分かっている。工場では、LPG 由来の熱と電力を併用する形で利用しており、電力使用量としては、年間で 3,000MWh 程度となっている。



図 3-9 Pasir Eurih 農園の様子



性について協議をした（図 3-13）。

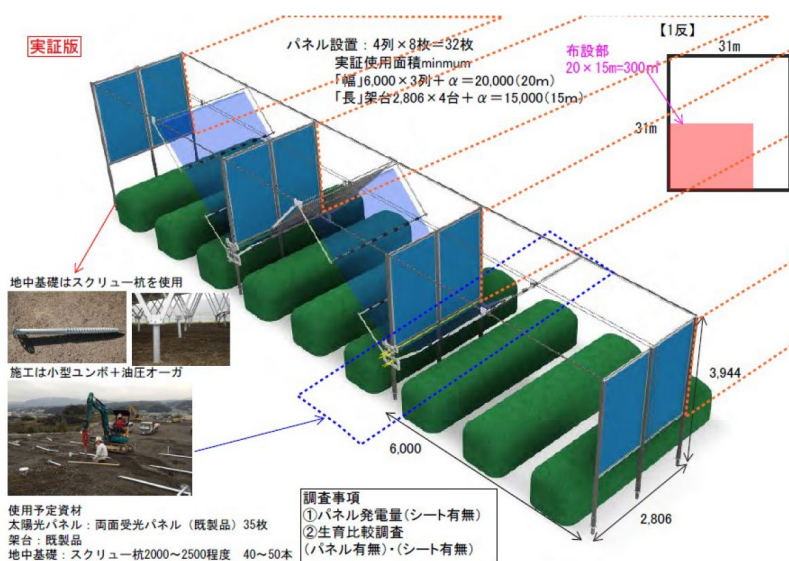


図 3-12 デザイン設計

CHAKRA 社としては、製茶工場で利用している電力を再生可能エネルギーに置き換えることで、電力料金が安くなる可能性に対して関心が高いことを確認した。一方で、設備設置する際には、茶葉栽培の間隔を広くする工事等が必要になる可能性があるため、まずは小規模な実証を行い、経済性や茶葉品質向上に対する影響を確認したい旨のコメントがあった。さらに、CHAKRA 社は、近年、新たに抹茶の栽培に取り組んでいる。抹茶栽培では、光を遮蔽してうまみや苦みを引き立たせることが一般的であることから、垂直型太陽光の設置により、遮光設備の導入が容易になる可能性について言及があった。また、モデル化に際しては、ICT 設備等の新たな電力需要設備の導入についても関心があることを確認している。



図 3-13 CHAKRA 社との協議の様子

### 3.3 今後のアクション

現地調査の結果を踏まえ、まずはCHAKRA社との連携による小規模な実証試験の実施を目指す。小規模実証については、経済産業省グローバルサウス未来志向型共創等事業費補助金（小規模実証）もしくは東京都グローバルサウスのGX促進プロジェクト等の活用を検討しており、事業提案に向けて、具体的な設置場所や規模について協議を進めているところである。応募スキームとしては、図 3-14 を想定しており、今後は、EPC 事業者等の選定も含め、実施体制の構築を行ったうえで、2026 年度中の実証事業応募を目指す。

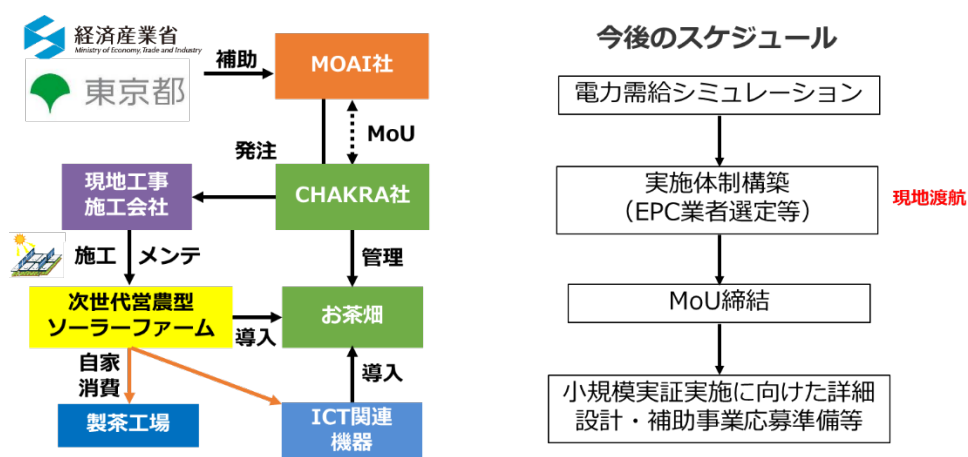


図 3-14 現在想定している実証スキーム及び今後の予定

あわせて、次年度については、多品目のモデル検証や畜産分野への適用についても合わせて検討し、事業拡大を目指す。特に畜産分野については、バンドン県では乳牛の育成が盛んであり、乳牛の育成では、近年の猛暑で、乳牛がストレスを受け牛乳の出荷量が激減しているが、同技術の適用により、家庭用エアコンを 3 時間稼働させる効果に匹敵する冷却効果があり、生産量を高められることが期待されている。

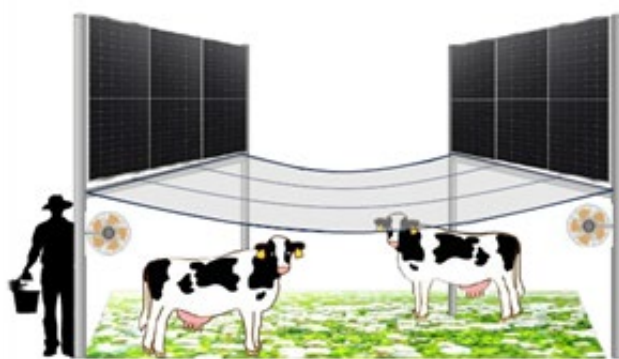


図 3-15 畜産分野への適用イメージ

また、営農型太陽光発電の規模拡大に際しては、将来的に国営電力会社 PLN への売電スキームを構築することが非常に重要である。そのため、次年度は PLN 社が西ジャワ州で実施している営農型太陽光発電事業について確認するとともに、本事業で検討している次世代営農型ソーラーファーム技術を紹介し、将来的な連携可能性について模索する。

## 第4章 事業系廃棄物のアップサイクル分野

### 4.1 廃棄物のアップサイクル技術

#### 4.1.1 インドネシア及びバンドン県における廃棄物に関する動向

インドネシアは人口約2.8億人と東南アジア最大の人口を有する国であり、急速な人口増加や都市化、経済成長に伴い、廃棄物の発生量が増加している。都市固形廃棄物の発生量は年間6,000万トン以上とされ、収集・処理体制が地域によって十分に整備されていないことから、相当量が未管理のまま環境中に流出することが課題となっている。このような状況を受け、インドネシア政府は廃棄物管理を国家的課題として位置づけ、政策の整備を進めている。代表的な枠組みとして、2017年の大統領令第97号に基づく国家廃棄物管理政策（Jakstranas）があり、2025年までに廃棄物発生量を30%削減し、70%を適正に処理する目標が設定された。この目標は州・県・市レベルにも展開され、地方政府が独自の削減計画を策定する仕組みとなっている。加えて、2025年にはサーキュラーエコノミーロードマップを策定し、特定の5分野（①有機廃棄物、②プラスチック廃棄物、③電子廃棄物、④建設廃棄物、⑤繊維廃棄物）の循環利用を促進する旨を打ち出している。これらを達成する政策手段として3R（リデュース・リユース・リサイクル）の推進、ごみ銀行（資源回収拠点）を活用した分別回収、拡大生産者責任（EPR）制度の導入、製造業者による削減ロードマップの策定などの他、埋立処理の規制や、廃棄物発電施設の導入など、処理インフラの整備も進められている。一方で、実際の管理率は未だ目標に達しておらず、廃棄物の適正処理および再資源化を向上させる技術や仕組みの導入が求められている。



図 4-1 インドネシアにおいて今後資源循環の促進を掲げる5分野

9R フレームワーク	政策の 方向性	主な 指標	目標 (2023年 比)
R0 Refuse	資源使用量 の削減	循環資源 投入率	9%
R1 Rethink			
R2 Reduce			
R3 Reuse	製品および 材料の 使用寿命の 延長	使用 効率	4%
R4 Repair			
R5 Refurbish			
R6 Remanufacture			
R7 Repurpose			
R8 Recycle	リサイクルと 廃棄物の 有効利用 促進	リサイクル 率	5%
R9 Recover			

図 4-2 資源循環に関する具体的な数値目標

バンドン県は西ジャワ州に位置する都市であるが、本県においても、人口増加や都市域の拡大に伴い、廃棄物の発生量は年々増加している。人口は約 380 万人と西ジャワ州の中でも人口規模の大きい地域の 1 つであり、大量の家庭系廃棄物が発生する一方で、繊維産業や農産業、食品加工業が盛んであるため、これら地域産業に由来する産業廃棄物も大量に発生している。インドネシアの他地域と同様にごみ銀行等の取組は一部進められているが、依然として大半の廃棄物は最終処分場にて埋立処理されている状況であり、廃棄物の減量とリサイクル率の向上が求められている。バンドン県においても、地方条例に基づき廃棄物管理を環境政策の重点分野として位置付けており、収集車両の増強や中間処理施設、ごみ銀行の新設などの施策を進めている。一方で、最終処分場の整備が十分に進んでいないこと、住民意識の醸成不足、施設および運搬能力の制約といった課題が、構造的な問題として報告書内で指摘されている。これらの課題に対し、バンドン県では、①発生源対策の主流化、②処理・運搬インフラの計画的拡充、③最終処分に係る制度的・技術的整備、④廃棄物管理に係るモニタリング体制の強化、の 4 点を重点施策として掲げている。

バンドン県はインドネシア政府が掲げている資源循環を促進する 5 分野のうち有機廃棄物（農業、食品加工業）と繊維廃棄物が相当数発生すると予想されるため、これら廃棄物を対象にした資源循環のモデルケースを構築することでインドネシア全土への資源循環スキ

ームの横展開が期待できる。



図 4-3 バンドン県内の処分場の様子

本事業では、これらの政策的方向性を踏まえ、バンドン県内で発生する有機廃棄物および繊維廃棄物を対象とした資源循環スキームとして、アップサイクル製品の製造スキームが構築可能かについて、現地調査を通じて検討を行った。

#### 4.1.2 フードリボン社及びMOAI社のアップサイクル技術の概要

株式会社フードリボンは沖縄県大宜味村を拠点として2017年に設立されたスタートアップ企業であり、未利用農産資源の有効活用を中心とした資源循環型ビジネスを展開している。パイナップルの葉やバナナの茎など、収穫後に廃棄される農業残渣から天然繊維を抽出する独自技術を開発し、繊維素材や生分解性製品の原料として活用するなど、廃棄物の付加価値化に取り組んでいる。また、残渣を飼料やバイオプラスチック原料として再資源化するなど、資源循環モデルの構築を目指しており、国内外の企業や地域と連携した事業展開も進めている。2024年には研究開発や天然繊維の製造を担う拠点として沖縄県大宜味村に本社兼工場を設置し、国内での天然繊維事業の拡大を進めている。

一方、未利用農産資源は日本よりも東南アジアを中心とした国・地域において賦存量が多いことから、同社は当該地域への事業展開を進めており、インドネシアにおいてはインドネシア最大の農業機関である「INDUK KUD」とMoUを締結した他、2024年にパイナップルの葉から繊維を製造する工場を設立し、これまでに60トン以上の天然繊維の製造に成功している。今後、インドネシアでの事業拡大に加え、フィリピンなどの東南アジア諸国への展開を予定している。

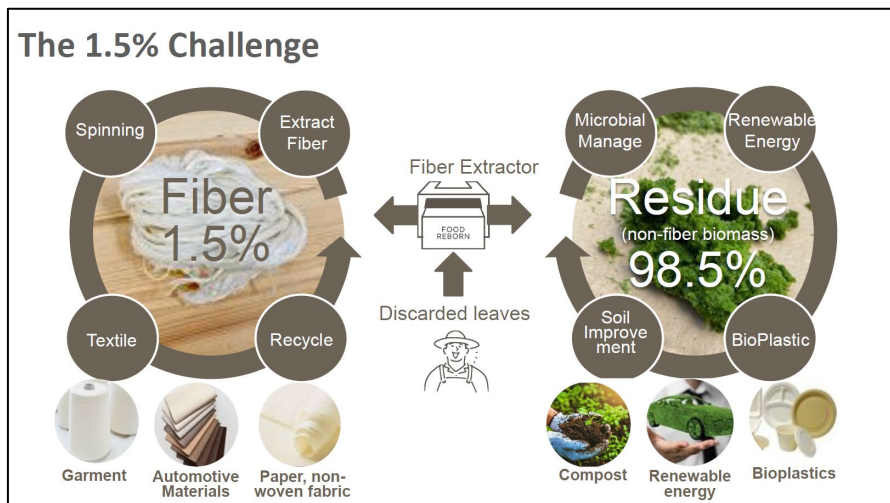


図 4-4 フードリボン社による未利用農業残渣からの繊維生産技術の概要



図 4-5 未利用農業残渣から製造した繊維



図 4-6 沖縄県大宜味村のフードリボン本社工場

加えて、農業残渣を原料として活用する特性から農業関連分野における技術開発や事業創出にも取り組んでおり、これらの技術についてはグループ会社である MOAI 社に集約し各技術に紐づく事業会社にて検討・開発を進めている。例として営農型太陽光や持続可能なエビ養殖技術、繊維廃棄物の建設材利用等の技術がある。



図 4-7 MOAI 社が技術を有する代表的な技術

本検討においては、バンドン県における繊維廃棄物と有機廃棄物を原料としたアップサイクル技術の実装可能性を検討するため、これら廃棄物を対象とした技術について検討を行った。本検討で対象とする技術について以下に示す。

#### 1) 微生物糖化技術

微生物培養によってセルロースを直接糖化する微生物糖化技術であり、好熱嫌気性バイオマス分解微生物叢をコントロールすることによって多様な農産廃棄物や農作物残渣、繊維製品を効率的に糖化することが可能である。国際農林水産業研究センター(JIRCAS)との共同開発技術であり、本技術によって従来コストが課題だった糖化酵素に要するコストをゼロにすることが可能となる。繊維抽出技術との組合せにより、当該技術によって発生する残渣や、繊維化が困難な未利用農産資源の再資源化が期待できる。

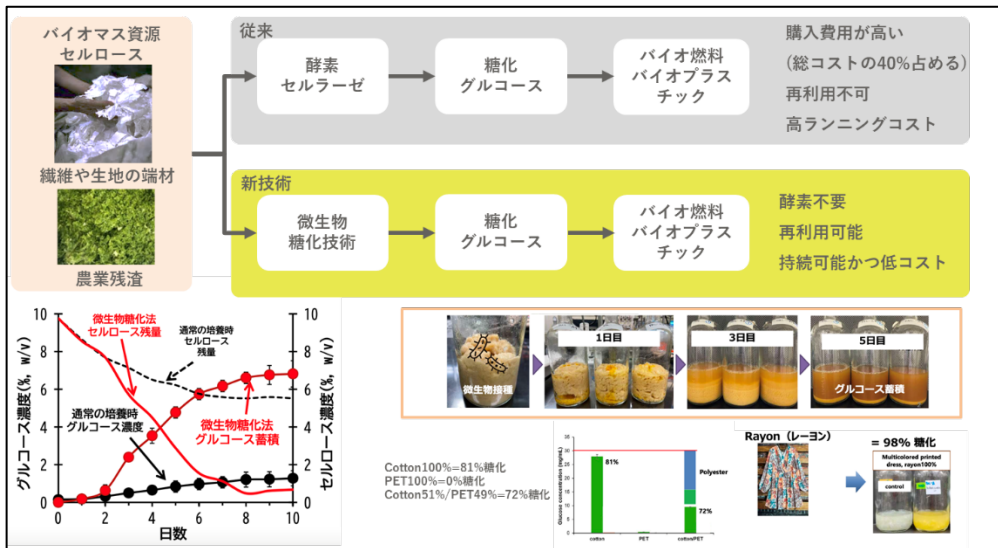


図 4-8 微生物糖化技術の概要

2) タンニンの染料活用

タンニン染料技術は、植物由来のタンニンを活用した染色技術である。タンニンは植物の皮、種子、葉などに含まれるポリフェノール化合物であり、抗酸化性や金属イオンとの結合性を持つことから、自然界に豊富に存在する。当該技術は、従来の天然染料の色落ちや再現性の低さを改善し、安定した品質の染色が可能である他、タンニン自身が持つ消臭、抗菌性を活かしたものづくりが可能である。天然繊維抽出技術との組み合わせによって、天然の資源から繊維製品を製造し、繊維産業の環境負荷を大幅に削減することが可能となる。



図 4-9 タンニン染料技術の概要

### 3) バイオ炭潜像技術

バイオ炭とは、木材や農業残渣、家畜糞尿などのバイオマス为原料に酸素制限下で加熱した状態で得られる炭上の物質である。土壌改良剤として活用が可能で土壌の保水性や通気性の向上が期待される他、炭素が安定した形で長期間土壌中に固定されるため、二酸化炭素の貯留が可能な技術として気候変動の観点から注目されている。MOAI社はバサルト繊維を使用することでバイオ炭を低コストで製造可能な技術を開発しており、更に有機廃棄物のメタン発酵時に発生する消化液をバイオ炭に吸着させることで土壌改良機能の向上とバイオガス事業における消化液の処理コスト問題の解決策としての検討を進めている。インドネシア含む新興国においては有機廃棄物の発生量が比較的多く、当該技術の導入による二酸化炭素排出量の削減と農産物の振興が期待できる。



図 4-10 バイオ炭製造技術の概要

本事業では、バンドン県内におけるこれらの廃棄物を原料としたアップサイクル技術の適用可能性について、現地調査等を含め検討した。

#### 4.1.3 導入に向けた検討事項

調査の実施に先立ち、対象地域における廃棄物の発生状況に関する既存資料の収集・整理を行った。バンドン県では、一般廃棄物については自治体等により発生量や処理量に関する

統計データが一定程度整備されており、全体傾向を把握することが可能であった。一方で、産業廃棄物については、排出事業者から中間処理業者や回収業者が個別に買い取りを行う形態が一般的であり、行政統計として体系的に整理されたデータが十分に存在しないことが確認された。このため、有機廃棄物および繊維廃棄物の実際の発生量、排出形態、流通経路等を把握するためには、文献調査のみでは情報が不足しており、排出事業者や関係事業者への現地視察およびヒアリング調査を実施する必要があると判断した。

このような背景を踏まえ、技術導入可能性を検討するため、対象地域において現地調査を実施した。本調査では、当該技術の適用が想定される有機廃棄物および繊維廃棄物の発生実態を把握するとともに、将来的な連携可能性や事業化の条件を検討することを目的とした。例として有機廃棄物および繊維廃棄物のアップサイクル事業スキーム案を以下に示す。

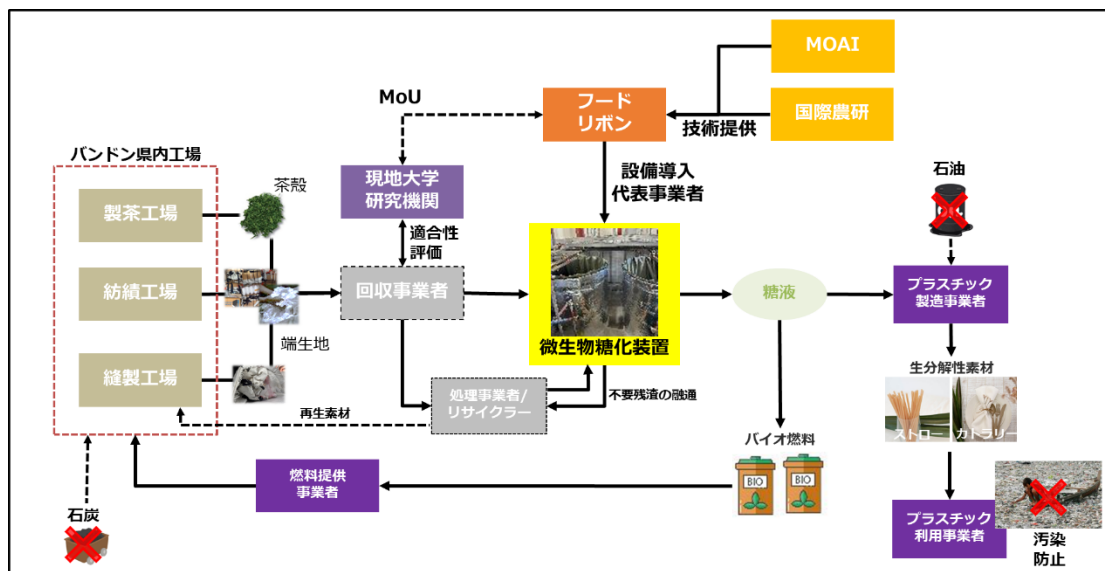


図 4-11 有機廃棄物および繊維廃棄物のアップサイクル事業スキーム案

調査工程として、まず有機廃棄物および繊維廃棄物を継続的に排出している工場 3 か所を対象に、製造工程における廃棄物の発生量、発生頻度、保管・処理方法等についてヒアリングを行った。また、排出物の性状や現行の処理コストおよび課題についてもヒアリングを実施し、技術導入の前提となる基礎情報の収集を行った。あわせて、技術的知見の補完および共同研究の可能性を視野に入れ、関連分野の研究を行っている大学を訪問し、当該技術の適用性、ならびに人材育成や分析面での協力体制について意見交換を行った。さらに、地域における廃棄物の流通・処理の実態を把握するため、リサイクル業者 2 社を訪問し、取扱品目、回収ルート、処理能力、受入基準等についてヒアリングを実施した。

## 4.2 アップサイクル技術の導入可能性検討

### 4.2.1 バンドン県の事業系廃棄物の処理実態調査

本項目では各ポテンシャルサイトにおける現地視察・ヒアリングの結果を示す。

#### 1) EKSONIND-MULTI PRODUCT 社

EKSONIND-MULTI PRODUCT 社はインドネシア国内に複数の工場を有しており、バンドン工場の従業員数は約 2500 名の大規模な事業者である。カバン等のアイテムが主力製品であるが、一部衣類も製造しており、大手ブランドの OEM を行っている。当該工場における廃棄物発生状況についてヒアリングを実施した。ヒアリング概要を表 4-1 に示す。

表 4-1 EKSONIND-MULTI PRODUCT 社ヒアリング概要

日時	2025 年 9 月 16 日
ヒアリング先	EKSONIND-MULTI PRODUCT 社 担当者
アジェンダ	1. 都市間連携事業の紹介 2. 工場における廃棄物発生状況のヒアリング
議事概要	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 事業内容について<ul style="list-style-type: none"><li>・ 当社は ISO9001 や ISO14001 認証を取得する等、環境関連の意識も高い</li><li>・ 自社内に試験設備や研究開発部署も所有しており、一通りの検討は社内で完結する体制となっている</li><li>・ 複数メーカーの OEM を受注しているが、特にスポーツアパレルの EIGER 社の OEM 製品が主力</li></ul></li><li>■ 廃棄物の発生状況について<ul style="list-style-type: none"><li>・ 繊維廃棄物（端切れ）は 2t/月程度発生しているが、小規模事業者が買い取り、人形やマットレスの原料として加工されている。それ以外に発生している繊維廃棄物はあまり無い</li><li>・ 素材としてはポリエステルや綿などを扱っているが、基本的にロット番号毎に生地を買い取り加工するため詳細は把握していない</li><li>・ 廃棄物は 1 日 1 回程度、業者がまとめて引き取りに来る。回収業者が小規模事業者に端切れを販売する形となっており、100,000RP/t 程度の価格と聞いている</li><li>・ 一般市民にも端切れは流通しており、細かく裁断されたもの</li></ul></li></ul>



	<p>もクッションの中身にするなど余すことなく使われていると認識している</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 他の工場についても同様かと思う。引き取りに来る業者は地域の暴力団に近い組織である場合もある。取引を行う際は慎重な検討が必要</li> <li>・ 未利用資源からの繊維製造にも関心がある。敷地内や周辺地域でアーモンドの葉が大量に発生しており、現状は堆肥化しているが、フードリボン社の技術でアーモンドの葉を対象に繊維を製造できると非常に良い</li> </ul>
写真	
	<p>製造の様子</p>
	
<p>工程で発生する繊維廃棄物</p>	

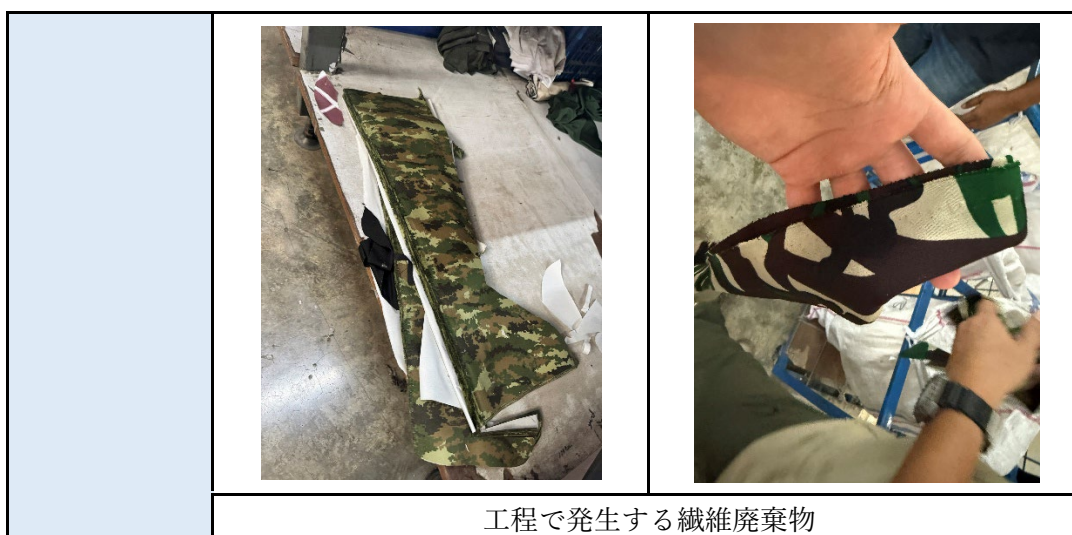
当該工場は大規模な繊維工場であることから、発生する繊維廃棄物も相当量あることが期待されたが、実際には 2t/月と想定よりも非常に少ない量であることがわかった。また、素材としては、綿よりもポリエステル等の化学繊維の方が多いたことがわかった。さらに、発生している繊維廃棄物も有価で一般市民や事業者へ販売されていることから、微生物糖化技術で対象にすべき未利用の繊維廃棄物の発生量自体は非常に少ないことが予想される。

2) BATTLEXS ANUGRAH ABADI 社

BATTLEXS ANUGRAH ABADI 社は主に軍服などの制服を製造している縫製工場であり、前述のEKSONIND-MULTI PRODUCT社よりは小規模な工場であるが、親子2代に渡って縫製工場を営んでおり、小規模工場における繊維廃棄物の発生状況の把握が期待できる。現地視察とヒアリング結果の概要を表 4-2 に示す。

表 4-2 BATTLEXS ANUGRAH ABADI 社ヒアリング概要

日時	2025年9月16日	
ヒアリング先	BATTLEXS ANUGRAH ABADI 社 担当者	
アジェンダ	1. 都市間連携事業の紹介 2. 工場における廃棄物発生状況のヒアリング	
議事概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 事業内容について <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 先代から引き継いだ工場であり拡張を検討しているが、小～中規模程度の縫製工場である</li> <li>・ 生地は帝人等の繊維メーカーから購入しており、日本を含む複数の企業に完成品を納めている。</li> <li>・ 軍服や学校、企業などの制服が主な製品であるため、素材としては化学繊維が多い</li> </ul> </li> <li>■ 廃棄物の発生状況について <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃棄物については事業者にとまめて引き取って貰っているが、詳細な処理工程や行き先等は把握していない</li> <li>・ 繊維廃棄物は端切れが主に発生するが、従業員が副業（人形作り等）に活用するため、基本的に無償で提供か、従業員で捌き切れなくても業者に買い取って貰っている</li> <li>・ 未利用の繊維廃棄物としては殆ど量は発生していない</li> <li>・ 他の同規模工場においても恐らく同様の状況なのではないか</li> <li>・ 廃棄物の課題感としては、繊維廃棄物よりも排水やその他廃棄物の方が課題と感じている</li> </ul> </li> </ul>	
写真		
	製造している製品類	製造の様子









当該工場は EKSONIND-MULTI PRODUCT 社と比較して小規模の縫製事業者であるが、発生する端材については同様に無償もしくは有償で民間に提供しており、未利用の繊維廃棄物としては殆ど発生していないことがわかった。これらの結果から、バンドン県内においては、事業規模に関わらず、発生する繊維廃棄物の多くは有価物として取引されており、未利用の繊維廃棄物の発生量は非常に少ないことが予想された。

### 3) CHAKRA 社

CHAKRA 社は 3.2 に示す通り、1932 年に創業した茶葉生産企業である。製茶工場では、茶葉の製造工程で廃棄となる茶葉が大量に発生するため、茶葉を活用した環境負荷の低いアップサイクル事業の実装が期待できる。CHAKRA 社での現地視察とヒアリング概要を表 4-3 に示す。

表 4-3 CHAKRA 社ヒアリング概要

日時	2025 年 9 月 14 日、12 月 8,9 日
ヒアリング先	CHAKRA 社 ロビー代表
アジェンダ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 都市間連携事業の紹介</li> <li>2. 工場における廃棄物発生状況に関するヒアリング</li> <li>3. タンニン染を利用した新たな事業の可能性について意見交換</li> </ol>
議事概要	<p>■ 茶葉の発生状況について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 製品（茶葉）の製造量は 800t/年</li> <li>・ 製造工程で廃棄物となる残渣が以下の 2 種類が発生する。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・茶葉の芯（葉脈部分）：40t/年 程度(生産量の5%程度)</li> <li>・粉（ダスト）：詳細不明</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各残渣の現状の処理方法は以下</li> <li>・茶葉の芯：品質管理をすれば資源として売却可能だが、手間がかかるため実施していない</li> <li>・粉（ダスト）はティーバッグの色付けのために製品に添加するか or 業者に買い取って貰っている（7,000Rp/kg）</li> </ul> <p>■ 茶葉廃棄物の染料利用について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事業の経済性向上やブランドの価値向上のためにも、再資源化事業には関心がある。廃棄物をより付加価値の高い製品へと転換可能な方法があるなら是非とも検討したい</li> <li>・茶葉の廃棄物を用いた染物は興味深い。ヒジャブ等のアップサイクル製品に抗菌作用や環境価値による市場可能性があるのであれば是非新しい事業として検討したい</li> <li>・実際に茶葉を原料に染めて製品を生産した際のマテリアルバランスおよびコストバランスをしっかりと検討したい。事業としての可能性があるのであれば、新たな設備投資も考えたい</li> <li>・抹茶はインドネシア国内でも需要が伸びているため、新しく生産し始めた。都市間連携事業を通じた人材交流の一環として抹茶生産のノウハウも教えて貰えると有難い</li> </ul>				
写真	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td data-bbox="496 1281 927 1608">  </td> <td data-bbox="927 1281 1358 1608">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="496 1608 927 1650">茶葉製造工程</td> <td data-bbox="927 1608 1358 1650">工程で発生する廃棄物</td> </tr> </table>			茶葉製造工程	工程で発生する廃棄物
					
茶葉製造工程	工程で発生する廃棄物				

CHAKRA 社においては、製造工程で発生する廃棄物（茶葉の芯および粉末）について、現時点では経済的な再資源化手法を見出せていない状況にある。そのため、これら副産物をタンニン染めの原料として活用するアップサイクル用途が有望な選択肢として期待された。活用方法としては、バイオエタノール化や熱源利用といった用途と比較し、繊維製品等の市場価値の高い製品へのアップサイクルの方が、より安定した事業性を見込むことができる。今後は、CHAKRA 社との連携を通じて茶葉由来廃棄物の具体的な活用方法を検討すると

もに、製造ノウハウの共有による生産量の向上を図ることで、再資源化率および事業性のさらなる改善が期待される。




#### 4) NGOPI KANCING /Rumah Energy BioGas Facility

バンドン県内は西ジャワ州の中では比較的畜産が盛んな地域であるため家畜糞尿が相当量発生し、河川の汚染原因の一つとなっている。行政はこの問題に対して畜産廃棄物を対象とした再資源化設備（NGOPI KANCING：詳細は後述）を設けて環境汚染の防止と地域コミュニティにおける新たな収入源としての確立を進めている。当該施設では、畜産活動に伴い発生する家畜糞尿を主原料として、ミミズを利用した有機物分解処理（バーミコンポスト）が行われており、生成物は有機肥料として農地に還元されている。さらに、Rumah Energy BioGas Facility では家畜糞尿や農業残渣を対象とした嫌気性消化によるバイオガス化が導入されており、発生したガスを調理用燃料や熱源として利用するなど、地域内での資源循環の取り組みが進められている。

バンドン県内で発生する有機廃棄物の再資源化先としての活用可能性を検討するために、有機廃棄物の再資源化によるミミズ/バイオガスの製造設備である Rumah Energy BioGas Facility の視察とヒアリングを実施した。概要を表 4-4 に示す。

表 4-4 畜産廃棄物再資源化施設

日時	2025年12月11日
ヒアリング先	Rumah Energy BioGas Facility 担当者
アジェンダ	1. 有機廃棄物の処理と利活用の状況についてヒアリング
議事概要	<p>■ 廃棄物の発生状況や利活用について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 家畜糞尿＋有機廃棄物（残飯等）を混合・メタン発酵。発酵液はオープンで蒸発させている             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ バイオガス⇒近隣家庭で消費</li> <li>・ 発酵残渣⇒ミミズの餌として利用</li> </ul> </li> <li>・ 国営企業により設備の建設費は全額補助。残りはミミズの生産事業として持続している。基本的には利益が出る事業として実装できるため、建設費を補助すれば以降は事業として自走する</li> <li>・ ガスは大体12kg/軒/月ほどの消費量で30世帯分を賄っている。Totalで9万円相当のガス代を削減できている（ガス12kgが大体250円）</li> <li>・ インドネシアでは各家庭で小さなポンベを購入して使うことが多いため、それを置き換える形となっている。近くの家</li> </ul>

	<p>に配管を通す場合もあるが、あまり多くはない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基本的には発生した分だけポンペに移し変えているため、ガス保管用のタンク等は設置していない。</li> <li>・ 消化液が相当量発生するが、今はオープンで加熱して蒸発させている。バイオガスを燃焼させているので追加でのエネルギー投入は無い。</li> <li>・ ミミズは釣りの餌や漢方の原料として需要が多い。生産が追い付いていない程であり、今の市場では作れば作る程売れる</li> <li>・ 有機廃棄物は基本的にメタンガス+ミミズの餌として利用しつくして廃棄するものは出ない。プラスチックは処理できないため廃棄物として発生する</li> </ul>	
写真		
	家畜糞尿の飼料化・ミミズ養殖の様子	
		
	消化液を蒸発させるオープン	バイオガスの導管
		
養殖したミミズ	施設の外観	

他の家畜糞尿の処理設備では処理能力が追い付かず河川に一部放流している事例もあったが、当該設備では家畜糞尿はバイオガス原料かミミズ育成としての活用されていた。ま

た、食品残渣等の有機廃棄物も家畜糞尿の発酵槽に投入しメタン発酵・ミミズ飼料の原料とすることで殆どが分解され、プラスチックごみ程度しか残らない状況であった。従い、家庭から発生する有機廃棄物は今後も同様の設備の拡大によって自ずと一定程度の再資源化が図られるものと想定される。

一方、食品工場等から発生する有機廃棄物については発生量が一般家庭や畜産よりも多くなるのに加えて、バイオガス発酵時には相当量の消化液が発生し、現状のオープンでの加熱処理のみでは処理が難しくなることが想定される。また、発酵で分解されないプラスチックごみは変わらず廃棄物として発生・廃棄されると思われる。従い、別途食品工場を対象にしたより大規模な有機廃棄物のアップサイクル事業や消化液の効率的な処理技術、プラスチックごみの再資源化事業等は本設備でカバーしきれない課題の解決策として需要可能性が期待できる。

#### 4.2.2 事業化に向けて連携可能性がある事業者の視察・協議



##### 1) バンドン工科大学・バンドン繊維大学

バンドン工科大学 (Institut Teknologi Bandung : ITB) はインドネシアを代表する理工系大学の一つであり、1920年に設立された歴史ある高等教育機関である。西ジャワ州バンドン市に本部を置き、工学、自然科学、環境学、建築、情報科学など幅広い分野で教育・研究を実施している。特に工学分野における研究水準は国内でも高く評価されており、政府機関や民間企業との共同研究、技術開発プロジェクトへの参画実績も多い。また、廃棄物管理、再生可能エネルギー、都市環境、資源循環といった分野に関する研究も行われており、都市間連携事業や国際協力案件においても技術的助言や研究協力を担うことが可能な研究基盤を有している。

バンドン繊維大学 (Sekolah Tinggi Teknologi Tekstil : STTT) は、西ジャワ州バンドンに所在する繊維技術分野に特化した高等教育機関であり、インドネシア産業省の管轄下にある教育・研究機関である。繊維工学、紡績、染色加工、繊維材料、品質管理など、繊維産業のバリューチェーン全体を対象とした専門教育と研究を実施しており、インドネシア国内の繊維・アパレル産業を支える技術者の育成拠点の一つとなっている。同大学は、企業との共同研究や技術指導、試験・分析業務にも対応しており、繊維廃棄物の再資源化、染色工程の環境負荷低減、排水処理など、環境配慮型の生産技術に関する研究にも取り組んでいる。

本検討においては、技術検証および今後の実証・社会実装を見据え、現地の研究機関との連携可能性を把握することを目的として、共同研究先として期待されるバンドン工科大学およびバンドン繊維大学にコンタクトし、連携の可能性に関する情報収集と協議を実施した。各大学との協議結果の概要を表 4-5 に示す。

表 4-5 バンドン工科大学・バンドン繊維大学ヒアリング概要

日時	2025年9月11日、12月10日	
ヒアリング先	バンドン工科大学/バンドン繊維大学	
アジェンダ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 都市関連携事業の紹介</li> <li>2. フードリボンの技術紹介</li> <li>3. 今後の協業可能性に関する議論</li> </ol>	
議事概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>繊維廃棄物の再資源化事業について</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ バンドン県内には紡績よりも縫製/紡織の工場の方が圧倒的に多く、チタルム川沿いにも多く立地している</li> <li>・ ITB/STTT ではそのような繊維工場由来の排水検査や廃棄物の削減、再資源化に関する検討を行っており、既に取り組みを始めている企業も紹介可能</li> <li>・ 本事業の構想は地域課題の解決に資するものであり STTT/ITB としては是非ともサポートしたい</li> <li>・ イノベーションセンターは今後も研究設備を充実させ、企業のラボとしても活用できるようにしていく予定であり、再資源化技術の高度化や分析についても是非イノベーションセンターを活用してもらえればと思う</li> </ul> </li> <li>■ <b>フードリボン社の技術について</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 微生物糖化については ITB でも微生物発酵による設備検討をした経験があり、非常に興味がある</li> <li>・ バンドンにおいてはバナナの生産量も多く、バナナの葉も農家から大量に排出されるためバナナも対象にできるとより多くの原料確保が可能になるかと思う</li> <li>・ その他未利用農業残渣という観点ではバンドン県はコメの生産量が多く、もみ殻も相当量発生するため、原料の対象になり得るかと思う</li> </ul> </li> </ul>	
写真		
	協議の様子	新設のイノベーションセンター





これらの大学機関との意見交換の結果、将来的には技術連携や製品の品質評価等に関する試験・分析の委託、あるいは共同での検討を実施できる可能性が示唆された。一方で、本検討は現時点では事業可能性の初期的な検討段階にあり、対象とする原料の種類や確保可能量等については引き続き検討が必要な状況にある。今後、検討を進め技術検証や品質評価の具体的なニーズが明確になった段階で、各大学との役割分担や実施内容、委託範囲等について、より具体的な協議を進めていく予定である。

## 2) SUPERBTEX 社

バンドン県に所在する SUPERBTEX 社は工場由来の繊維廃棄物を原料に糸の紡績や不織布製品の製造を行うリサイクル事業者である。紡績した糸は新たな繊維製品の製造原料となる他、自動車部品や電子機器向けの断熱・吸音材などの製造を行っている。近年は新たなリサイクル素材の開発や一般市民由来の繊維廃棄物のリサイクルの検討も進めており、繊維廃棄物の資源循環事業への意欲が高い。バンドン県内における繊維廃棄物の発生状況を把握するため、当該工場の視察とヒアリングを実施した。概要を表 4-6 に示す。

表 4-6 SUPERBTEX ヒアリング概要

日時	2025年9月16日
ヒアリング先	SUPERBTEX 社 Indra 代表
アジェンダ	1. 都市間連携事業の紹介 2. 事業内容や廃棄物の発生状況についてのヒアリング
議事概要	<p>■ 事業について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 合計3つの工場を拠点として有しており、反毛と不織布の生産割合は85:15程度。Totalで100t/月程度の生産量</li> <li>・ オフテイク先としてはマレーシアやタイが主でその他はインドネシア国内で、それぞれ自動車部品や建築資材として利用している</li> <li>・ 原料は基本的に回収事業者から買い取るか、排出元工場から直接引き取っている。回収事業者は地場の暴力団に近い組織であることも多い</li> <li>・ 製品の組成は綿/PETが概ね50/50の比率であり、排出元工場である程度組成が分かるため大まかにMixしている</li> <li>・ 最近ではデニム生地の糸（リサイクル材50%相当）なども試作検討しており、現状の製品以外のリサイクル用途の開発を進めていきたい</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 一般廃棄物（Post-consumer）を対象にする会社も最近設立した。原料の拡大についても積極的に進めている</li> <li>・ 工程で発生するダストごみが6t/月程度発生する。ダストとして排出されるため組成は不明。現状はインドネシアセメントに燃料用途で処理を委託している（1,000RP/kg）</li> </ul> <p>■ 本事業について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工場で発生するダストごみを原料にできるのであれば有難い</li> <li>・ より処理費が安価になるか、モノとしてアップサイクルできる活用先があれば是非とも検討したい。</li> <li>・ インドネシア国内で未利用の繊維廃棄物を製品としてリサイクル可能な技術はなく、今はセメント向け燃料として処理している</li> <li>・ 回収事業者は暴力団に近い組織も多くあるので、無闇に工場と直接取引をしようとするとは報復される可能性もある。回収については慎重に検討すべき</li> </ul>	
写真		
	回収した廃繊維	リサイクル製品（反毛）
		
	協議の様子	工程で発生するダスト

SUPERBTEX 社は、バンドン県内でも有数の繊維リサイクル事業者であり、本検討における連携相手としての可能性が期待された。しかしながら、工程内で発生する未利用繊維廃棄物は約6t/月程度にとどまり、そのうち天然繊維は半分程度であることが確認された。これは設備規模と比較して発生量が少なく、縫製工場の視察結果と同様に、繊維リサイクル事業者においても未利用繊維廃棄物の発生量は総じて限定的であることが示唆された。





また、繊維廃棄物の収集・運搬については、同社においても地場の回収業者からの買取により原料を確保していることが確認された。このことから、繊維廃棄物の安定的な調達を検討する際には、同様に回収業者へのコンタクトおよび取引の検討が必要であると考えられる。

### 3) INGRAM 社

INGRAM 社は、インドネシア西ジャワ州バンドン県に拠点を置く廃棄物の回収・選別および再資源化に関連する事業を行う企業であり、主に地域内で発生する一般廃棄物や産業系廃棄物を対象に、分別・中間処理を通じた資源回収に取り組んでいる。バンドン都市圏では廃棄物発生量の増加に対して処理能力が十分でないことが課題となっており、同社のような中間処理・資源回収を担う事業者は、リサイクル原料の供給や実証試験における原料調達の観点から重要な役割を果たしている。また、同社は地元の回収業者や排出事業者とのネットワークを有しており、廃棄物の発生状況や品質、季節変動などに関する実務的な情報を把握している点が特徴である。このため、再資源化技術の適用可能性の検討や、原料の確保可能量の把握、収集・運搬スキームの検討などを行う際の連携先として、有望な事業者の一つと考えられる。ヒアリング概要を表 4-7 に示す。

表 4-7 INGRAM 社ヒアリング概要

日時	2025 年 12 月 10 日
ヒアリング先	INGRAM 社 Fei 代表
アジェンダ	1. 都市間連携事業の紹介 2. 事業内容と廃棄物の発生状況についてヒアリング
議事概要	<p>■ <b>事業内容と廃棄物の発生状況について</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2019 年にベンチャー企業として立ち上げ、主な事業としては市民への普及活動やごみご銀行の設立、企業向けの廃棄物マネジメントコンサルティング等も実施している</li> <li>・ 分別・回収した廃棄物は有価売却できる分は売却し、残りはバイオガス原料、RDF 原料、焼却炉での処理を行っている</li> <li>・ 現在、ごみ銀行の開拓を行っており、500 以上のコミュニティと連携している</li> <li>・ バンドン域内での回収・処理量は 25t/日程度。一般廃棄物の回収がメインであるが、工場由来の廃棄物も多少は扱っている</li> <li>・ 繊維廃棄物の回収も行っているが、関連する回収場所全てを合わせても 10t/月程度の量であり、大半は化学繊維である。</li> </ul>

	<p>天然繊維は需要があるため原料として需要がある</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ バンドンの都市部は土地が高いため、拡大できる規模に限界があり、思うように回収・処理量を増やせない側面もある</li> <li>・ バイオガスの残渣処理も課題と感じている。土として活用する方針を協議しているが、相当量発生するため新たな捌け口も確保する必要があると感じている。処理量に対して約4割の発酵残渣が発生する</li> </ul> <p>■ 今後の連携可能性について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 再資源化の技術があればそれに適した廃棄物を分別・収集することは可能と考えている。分別・回収から処理までの Total ソリューションを実装したい</li> <li>・ 亀岡市の取組は興味深い。行政との連携は是非進めていきたいと考えている</li> </ul>	
写真		
	INGRAM 社の収集拠点	収集・運搬車
		
	小型焼却炉	選別コンベア

INGRAM 社は、バンドン県において健全な事業運営を行っている廃棄物回収・マネジメント事業者であり、本事業における原料回収の連携相手として非常に有望であると評価される。現地調査において確認されたように、同社は一般的な回収事業者とは異なり、行政や地域コミュニティと連携しながら事業を展開しており、回収体制構築に伴うリスクが相対的に低い点は大きな強みである。また、廃棄物マネジメントやコンサルティング業務を通じて大企業とも接点を有していることから、将来的に大企業と連携したアップサイクル事業や実証事業を展開する際のハブとしての役割も期待できる。さらに、同社はバイオガス事業における消化液や残渣の処理を課題として認識しており、MOAI 社が有するバイオ炭等の

技術連携を通じて、エネルギー利用と資源循環を組み合わせた高度な循環モデルの構築が期待される。加えて、INGRAM社はごみ銀行の運営や一般市民向けの普及啓発活動にも積極的に取り組んでおり、一般市民由来の廃棄物を対象とした資源循環の仕組みを有している点も評価できる。これらの取組は、亀岡市が進めてきた市民参加型の資源循環施策とも親和性が高く、都市間連携事業におけるシナジー創出が期待される。

#### 4) Conture社

Conture社は2012年頃に設立されたバンドンを拠点とする素材研究・デザインを行う企業である。主にコンクリートを基盤とした新しい材料や製品開発を行っており、特に廃棄物を原料として再資源化する素材開発に取り組んでいる。対象となる廃棄物はマテリアルリサイクルの難しい積層フィルムやタバコのフィルター、コーヒーかす等多岐に渡り、加えてデザイン性のある製品を生み出すことで廃棄物の高付加価値利用を通じた資源循環型ビジネスの一例として注目されている。バンドン県において廃棄物のアップサイクル事業を確立しているステークホルダーとして、県内の廃棄物の発生状況の把握や今後の連携可能性検討を目的にヒアリングと意見交換を実施した。概要を表4-8に示す。

表 4-8 Conture社ヒアリング概要

日時	2025年9月15日、12月12日
ヒアリング先	Conture社代表
アジェンダ	1. 都市間連携事業の紹介 2. 事業内容のヒアリングと連携可能性について協議
議事概要	<p>■ 事業内容について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 軟質プラスチックや煙草のフィルター等の廃棄物をコンクリートに混ぜることで資材として活用している。更にデザイン性を追加し、街中の憩いの場としての利用が可能な構造物として昇華している</li> <li>・ 廃棄物を素材に活用する技術自体は汎用なものであり、デザイン性を持たせることを会社の特徴としている</li> <li>・ 原料として活用可能な廃棄物の例は以下 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃ガラス瓶</li> <li>・ 海洋プラスチックごみ</li> <li>・ 貝殻</li> <li>・ タバコの吸い殻</li> <li>・ 容器包装プラスチックごみ</li> </ul> </li> <li>・ 日系の企業ともコラボし、廃棄物の回収と製作物の活用を行っ</li> </ul>

	<p>ている。以下プロジェクト例</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・セブンイレブン：軟質プラを原料としたスツールの製造</li> <li>・星野リゾート：軟質プラを原料とした小物</li> </ul> <p>■ 今後の連携可能性について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・アップサイクル事業については今後も拡大を検討している。拡大に向けた原料確保や利用先の検討について可能であれば連携をしていきたい</li> <li>・リサイクル品は原料/製造コストが嵩み、製品価格が高くなるのが難点。打開策と一緒に検討できると有難い</li> <li>・亀岡市の取組は非常に興味深い Circular Kameoka Lab にも是非訪れたいと思っている。インドネシアにおいても行政との連携は必要であり、既に先進的な取組を自治体が主となって進めている亀岡市は素晴らしい</li> </ul>	
写真		
	協議の様子	工房の様子
		
	廃棄物をアップサイクルした素材	お香立て等の製品
		
セブンイレブンとの取組（廃棄物をアップサイクルしたベンチ）		

同社はプラスチックや農業残渣など多様な廃棄物を原料にしたアップサイクル技術を有しており、また CSR に注力している大手企業とのコネクションもあることから、今後バンドン県におけるアップサイクル事業の有望な連携先であると考えられる。加えて、前述の茶葉のアップサイクルや未利用資源の繊維原料化においても残渣が発生することが想定されるため、同社と連携することにより残渣の発生量を 0 に近付けるようなアプローチが可能になると期待できる。

#### 4.2.3 まとめ

現地調査の結果を踏まえ、対象地域における廃棄物のマテリアルフローを整理するとともに、技術の実装可能性等について取りまとめる。

##### ① 繊維廃棄物の発生状況と実装可能性について

バンドン県内における繊維廃棄物は、主に縫製工場および繊維リサイクル事業者の製造工程において、端切れやダストとして発生している。現地調査の結果、制服等を扱う縫製工場では、製品仕様の特性上、ポリエステル等の化学繊維の比率が高い傾向にあることが確認された。一方、綿等の天然繊維についても同様に発生しているものの、反毛等の原料としての需要が高く、化学繊維と比較して再資源化用途が確立されている状況にある。繊維廃棄物の引取価格については、概ね 100Rp/kg 程度での買取であることが確認されているが、2,000 名規模の大規模縫製工場においても、端切れ等の発生量は約 2t/月程度にとどまり、当初の想定と比較して非常に少量であることが明らかとなった。また、繊維リサイクル事業者の工程においては、反毛化や不織布製造の過程で、数 t/月規模の微細な繊維ダストが発生している。これらは工場由来の端切れとは異なり、逆有償で処理されていることから、経済性の観点では有望な繊維廃棄物原料として期待された。しかしながら、その性状を確認した結果、物理的・生物学的に分解されやすい天然繊維よりも、分解されにくい化学繊維を多く含む組成であることが確認された。加えて、バンドン県内での有数のリサイクル事業者である SUPERBTEX 社でも数 t/月の発生量であることから、製造工場由来の繊維廃棄物と同様に発生量は比較的少量であると予想される。

本検討で対象としていた微生物糖化技術は、セルロース等を含む天然繊維を主な対象とする技術であり、事業性を担保するためには年間 1,000t 程度の原料は最低でも確保する必要があると考えられる。このため、未利用な繊維廃棄物の発生量が想定よりも少ないことに加え、技術適合性の高い天然繊維の発生量が化学繊維よりも少量となる点を踏まえると、当該技術を安定的かつ経済的に運営するための原料供給は困難である可能性が示唆された。

以上を踏まえると、バンドン県において繊維廃棄物を主原料としたアップサイクル事業を単独で成立させることは難しく、実装可能性は低いと評価される。従い、繊維廃棄物につ

いては、既存のリサイクル・再利用ルートの高度化を進めるとともに、農業残渣や食品廃棄物等のセルロース含有量が高い未利用バイオマスを主原料とし、繊維廃棄物を補助的原料として組み合わせる技術展開が、技術的合理性および事業性の観点から現実的であると考えられた。

## ② 有機廃棄物の発生状況と実装可能性について

バンドン県内では、一般家庭、食品加工業、農業、畜産業を中心に、多量の有機廃棄物が継続的に発生している。現地調査にて、バンドン県内で盛んな農業分野である茶葉栽培を営んでいる Dewata 農園および製茶工場を調査した結果、茶葉製造工程から茶葉の芯や粉状残渣が一定量発生しており、これらの茶葉由来残渣は、現状では十分に高付加価値化されておらず、未利用資源として処理されている状況であることが確認できた。茶葉由来の残渣については、タンニン染料として高付加価値製品へのアップサイクルが可能と考えられ、これらの技術を導入することで、茶葉農家や製茶事業者の事業性向上と資源循環の促進の両立が期待される。本構想は上記繊維廃棄物の再資源化において示唆された繊維廃棄物のリサイクル・再利用ルートとの相乗効果が期待できる。また、有機廃棄物の1つである畜産廃棄物（家畜糞尿）については、行政主導の取組により、バイオガス化や消化残渣を活用したミミズ飼育などが既に一部地域で実装されていることが確認された。これらの設備では、一般家庭から排出される有機廃棄物も併せて処理することで、一定程度の再資源化が図られている一方で、設備規模を超えて発生する家畜糞尿や、バイオガス化後に発生する消化液については、十分な再資源化がなされていないことも明らかとなった。特に消化液については、有効な処理方法がなく加熱し蒸発させる等の非効率的な処理を行っている。本設備に対して MOAI 社が有するバイオ炭製造技術を活用し、消化液を吸着・肥料化することで、消化液処理の課題解決と脱炭素効果の向上という二つの効果が期待できる。また、当該技術は、もみ殻等の農業残渣を対象とした技術開発も進められており、農業が盛んなバンドン県の地域特性と高い親和性を有すると考えられる。

以上の結果から、タンニン染め技術やバイオ炭製造技術を活用した有機廃棄物の再資源化および高付加価値化は資源循環と同時に高い脱炭素効果を創出できる可能性があり、バンドン県における導入可能性が期待された。

## 4.3 事業設計および体制構築の検討

### 4.3.1 事業スキーム検討

#### 1) ポストコンシューマー回収スキーム

工場由来の繊維廃棄物については事業性を確保する量を安定的に供給するのは困難であ

ると示唆されたが、行政と連携することにより、一般家庭由来の繊維廃棄物については原料としてのポテンシャルが期待できる。一般家庭から発生する繊維廃棄物を回収するためには、分別および回収のためのスキーム構築が不可欠であるが、バンドン県政府やINGRAM社のような回収事業者と連携することで、これまで最終処分場において埋立処分されてきた繊維廃棄物を分別回収し、当初想定していた微生物糖化技術による再資源化の可能性を検討することができる。さらに、一般家庭由来の繊維廃棄物の分別・回収にあたっては、資源物の市中回収および再資源化において世界的にも有数の実績を有する本邦・亀岡市との連携を想定する。具体的な政策の一例として、紙おむつの回収・再資源化スキームが挙げられる。亀岡市では、市が焼却処理している一般廃棄物の約7%を占める紙おむつを対象に、戸別回収および再資源化を行う実証事業を2024年より開始しており、2027年には年間1,000tの回収を目標としている。日本では高齢化の進展に伴い紙おむつの排出量増加が見込まれている一方、インドネシアにおいても今後の人口増加および生活様式の変化により、同様に排出量の増加が予想される。このため、本取組はバンドン県においても廃棄物削減および資源循環の観点から有効な施策となることが期待される。このような施策での連携により、これにより、地域住民における廃棄物管理の定着を図るとともに、再資源化原料の安定的な供給体制の構築を目指す。

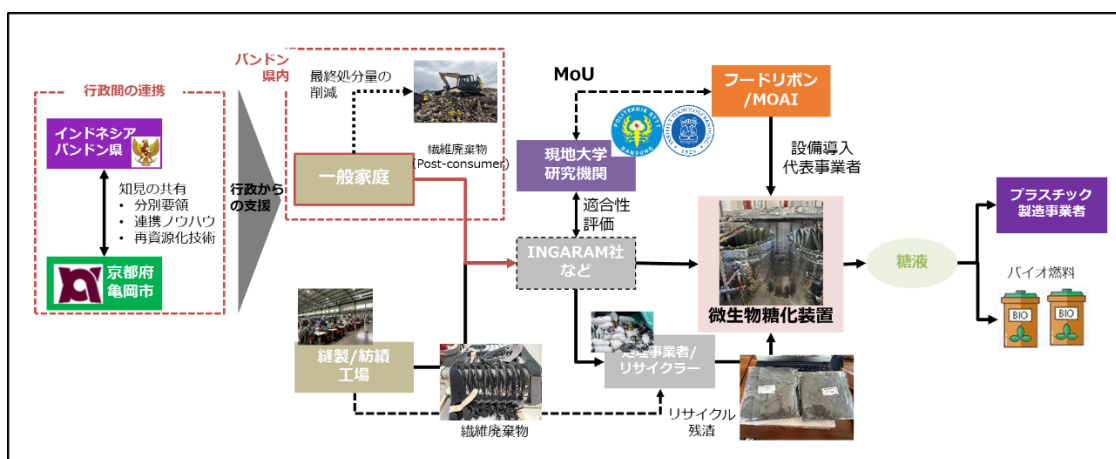


図 4-12 一般家庭由来の繊維廃棄物を想定した微生物糖化事業スキーム案

## 2) 茶葉廃棄物・繊維廃棄物を用いたアップサイクル事業

図 4-13 に、バンドン県内で発生する茶葉廃棄物および未利用繊維資源や農業残渣を原料とし、廃棄物から高付加価値な繊維製品を製造するアップサイクル事業の全体スキームを示す。本スキームでは、廃棄物削減と資源循環の促進に加え、環境負荷低減および脱炭素効果が期待できる。

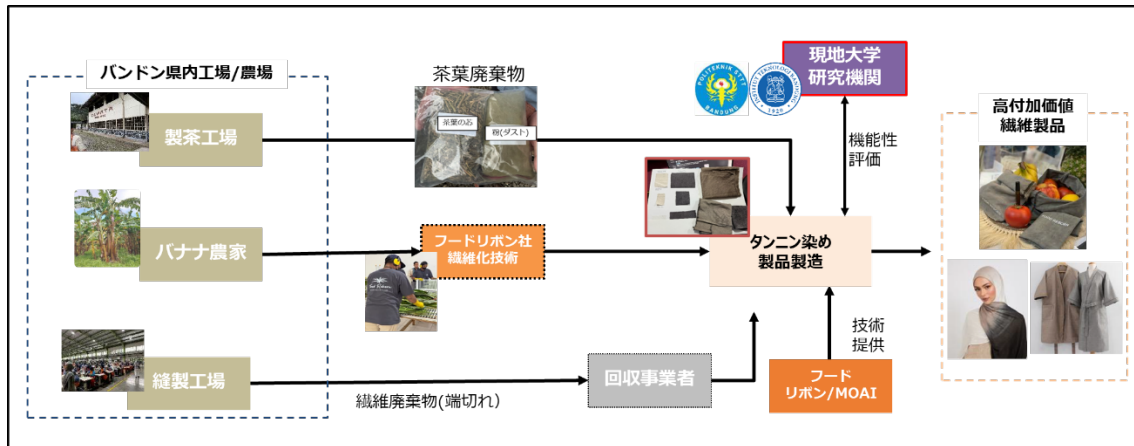


図 4-13 茶葉廃棄物・繊維廃棄物を用いたアップサイクル事業スキーム案

バンドン県内の茶農園・製茶工場では、茶葉製造工程から茶葉の芯や粉状残渣が発生しており、現状では十分に高付加価値化されていない未利用資源となっている。これらはタンニン染原料として活用可能なことがフードリボン社でのラボ試験の結果から明らかとなっている。また、同県内の縫製工場からは、タンニン染の基布として活用可能な端切れ等の繊維廃棄物が発生しているのに加えて、フードリボン社はパイナップルやバナナの葉などの未利用農業残渣から繊維製品を製造する技術を有しているため、当該技術の活用により繊維工場だけでなく、農業残渣からも基布となる生地製造の製造ポテンシャルが期待でき、バンドン県内で発生する廃棄物を原料とした高付加価値繊維製品の製造が可能となる。

本事業では、未利用資源を原料として、抗菌性や消臭効果を有する高付加価値繊維製品の製造を目指す。具体的には、フードリボン社が有するタンニン染め技術を活用し、茶葉工場から排出される廃棄茶葉を原料とした染料の抽出を行う。さらに、未利用農業残渣から製造した生地や、工場廃棄物由来の繊維廃棄物を基布として用い、タンニン染めによる高機能性繊維製品の製造を行う。これにより、従来の化学染料を使用した製造プロセスと比較して、水使用量の削減や排水負荷の低減など、環境負荷低減効果が期待される。製造された繊維製品については、現地大学および研究機関が参画し、機能性評価および品質評価を実施することで、製品性能の担保に加え、環境価値の定量化を図る。具体的には、廃棄物削減量、原料置換による資源利用削減効果、製造工程におけるCO<sub>2</sub>排出削減効果、水使用量や水質汚染負荷の改善等を評価指標として整理することを想定している。フードリボン社およびMOAI社は、繊維化技術や染色技術等の提供を通じて、製造プロセス全体の高度化を支援する。また、本事業は廃棄物由来原料を活用することで、原料製造段階における環境負荷を回避するとともに、製品ライフサイクル全体における温室効果ガス排出削減への貢献が期待される。将来的には、LCA（ライフサイクルアセスメント）による脱炭素効果の算定を行い、廃棄物削減による排出回避効果や、化石由来原料・染料の代替による排出削減効果を踏まえ、JCMへの適用を検討する。

### 3) 有機廃棄物資源化×バイオ炭によるシナジー構想

図 4-14 に、バンドン県内で発生する有機廃棄物の再資源化設備にバイオ炭技術を組み合わせた事業スキームを示す。一般家庭や畜産業から排出される有機廃棄物は、従来設備での嫌気性消化によるバイオガスの生成や残渣はミミズ飼料として活用されるが、バイオガス製造時の消化液の処理に課題があった。この課題に対してバイオ炭によって消化液を吸着することで従来消化液の蒸発にかかっていたエネルギーの削減と事業の経済性の向上に寄与が期待できる。また、バイオ炭の原料はもみ殻などの農業残渣を活用することでバンドン県でも相当量発生していると見込まれる農業分野由来の廃棄物削減にも寄与が期待できる。生成されたバイオ炭およびバイオ炭肥料は、農業事業者へ供給され、土壌改良や施肥用途として活用されることを想定している。これにより、地域内で発生した有機廃棄物が農地へと還元される循環型の資源利用が構築されるとともに、バイオ炭として炭素を安定的に固定することで、温室効果ガス排出削減への寄与が期待される。

本事業スキームは、①有機廃棄物の適正処理による廃棄物削減、②バイオガス利用率向上による化石燃料代替、③バイオ炭施用による炭素固定および土壌改良といった複数の脱炭素要素が期待でき、将来的には JCM 事業としての展開可能性も期待できる。

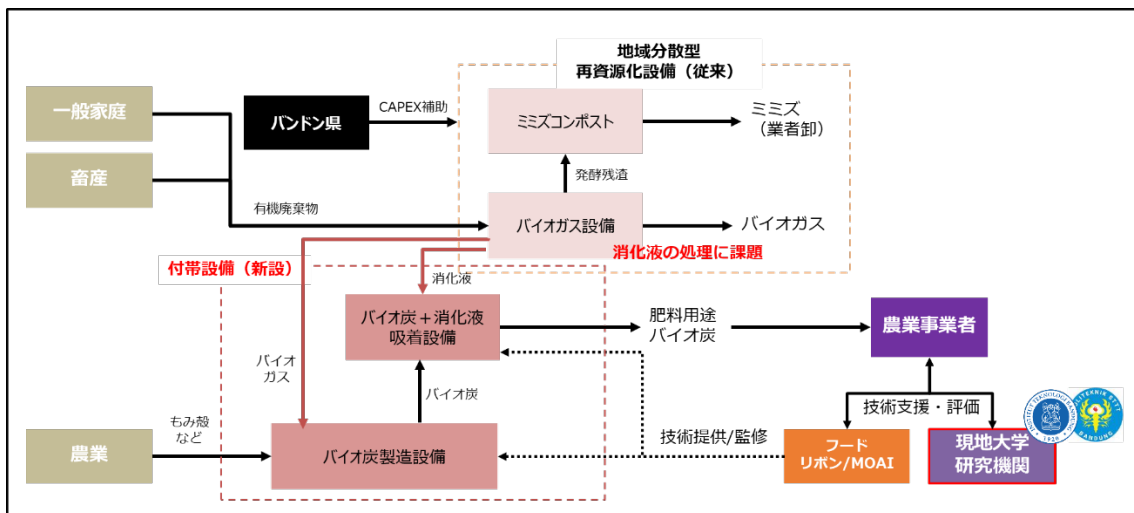


図 4-14 有機廃棄物+バイオ炭事業 スキーム案

#### 4.3.2 期待される効果

本事業で検討するアップサイクル事業はいずれも、廃棄物を新たな製品の原料として再資源化するスキームであり、従来であれば新規原料の採取・製造に伴って発生していた環境負荷の削減が期待される。具体的には、原材料製造段階における排出 CO<sub>2</sub>や資源利用量、

エネルギー・水の使用量を削減することが可能であり、ライフサイクル全体での環境負荷低減に寄与する。特に、染料等を含む繊維関連分野においては、従来の製造工程において多量の水を使用し、水質汚染のリスクも高いことが課題となっている。本事業で検討する植物由来資源や廃棄物を活用したアップサイクル製品の導入により、こうした水使用量の削減や水環境への負荷回避が期待される。また、廃棄物を新たな製品の原料として活用することで、インドネシアにおいて大きな社会課題となっている廃棄物の最終処分量の削減にも貢献する。特に有機廃棄物については、バイオガスやバイオ炭として再資源化することで、廃棄物処理とエネルギー・資源創出を同時に実現することが可能となる。これにより、エネルギー起源 CO<sub>2</sub>排出量の削減に加え、JCM（共同クレジットメカニズム）事業の創出といった国際的な脱炭素施策への展開可能性も期待される。さらに、農業分野が今後一層成長していくと見込まれるインドネシアにおいて、有機廃棄物の再資源化を通じて農業の脱炭素化を図ることは極めて重要である。バイオ炭等を活用した土壌改良や循環型農業の推進は、温室効果ガス削減と同時に農業生産性の向上にも寄与するものであり、地域の持続可能な発展に資する効果が期待される。

#### 4.3.3 体制構築

本事業で検討する各アップサイクル事業はいずれも、原料となる廃棄物の安定的な収集が前提条件となることから、回収体制の構築は事業成立に向けた重要な要素である。廃棄物の回収にあたっては地場の回収事業者との連携が必要となるが、回収事業者の中に反社会的組織が関与している事例も確認されており、連携先の選定にあたっては慎重な検討が求められる。このため、INGRAM社のように、行政や地域コミュニティと連携しながら健全な事業運営を行っている回収事業者を優先的に探索し、段階的に連携を進めていくことが必要となる。加えて、環境配慮への意識が高い工場や事業者と個別契約を締結し、排出元から直接廃棄物を回収するスキームについても、平行して検討する必要がある。

提案した事業スキームより製造されるアップサイクル製品については、品質面での評価に加え、脱炭素効果、廃棄物削減効果、水使用量や水汚染負荷の改善といった環境価値を指標として定量的に把握・整理することが重要である。これらの評価においては研究機関との連携が重要となるが、ITB（バンドン工科大学）やSTTT（バンドン繊維大学）等との連携体制についても協議を進めていく。

#### 4.3.4 今後の検討事項

本事業で提案した事業スキームの実装に向けた、今後の検討事項を以下に示す。

### 1) 廃棄物発生状況の詳細把握

事業スキームの解像度を高めるため、原料となる廃棄物の発生量および性状に関する詳細な把握が必要となる。今年度の検討においては、1,2箇所の発生源における状況把握にとどまっているため、今後は複数の発生地点を対象に有機廃棄物や繊維廃棄物の発生量、性状、コスト、処理ルートなどを整理し、安定的な原料確保の可能性を検討が必要となる。加えて、ポストコンシューマーを対象とした回収スキーム検討のため、ごみ銀行などの一般家庭由来の廃棄物を回収している拠点での調査も実施し、産業廃棄物・一般廃棄物の2つの観点における廃棄物の発生状況の詳細把握を想定する。

### 2) 回収事業者との連携可能性の検討

廃棄物の回収にあたっては回収事業者との連携が必要となるが、一部には反社会的勢力と関係が疑われる事業者も存在することから、連携先の選定には慎重な検討が必要となる。今後は、INGARM社のような信頼性の高い事業者の探索および連携可能性に関する協議を進める。また、一般市民由来の有機廃棄物を対象とする場合には、地域における分別・回収体制の検討が必要となるため、亀岡市およびバンドン県の行政機関との連携が想定される。

### 3) アップサイクル製品の試作・事業の経済性・付加価値の検討

本事業により製造されるアップサイクル製品（高付加価値繊維製品やバイオ炭等）については、実際に取得した廃棄物原料を用いた試作品を製造し、品質評価および実装可能性を検証した上で、想定される用途や市場ニーズのポテンシャルを検討する必要がある。試作品の製造や品質評価にあたっては、必要に応じて現地研究機関であるITBやSTTTとの連携が期待される。また、製品品質の評価に加え、事業の経済性、脱炭素効果、廃棄物削減効果、水使用量や水質汚染負荷の改善といった環境価値についても、定量評価の枠組みの検討が必要であり、これらの評価においても現地研究機関との連携が有効と考えられる。

以上の検討を通じて、事業スキームの具体化と関係主体間の役割分担を明確化し、次年度以降の実証事業や社会実装に向けた検討につなげていく。

## 第5章 脱炭素型排水処理分野

インドネシアでは、都市化と産業集中により河川汚濁が深刻化し、ジャワ島を中心に多くの地点で水質基準を超過している。特に、繊維産業が集積するバンドン県では、染色排水が十分に処理されないままチタルム川へ流入している。また、生活排水については未処理のまま河川へ流入する状況が常態化している。こうした汚染は、飲料水の安全性低下を招くだけでなく、水田への汚染水混入や洪水時の悪臭などの要因となっている。

こうした状況を受け、インドネシア内で特に象徴的な取り組みとして位置付けられているのが、西ジャワ州を流れるチタルム川を対象とした Citarum Harum (チタルム・ハルム) プログラムである。チタルム川は、かつて世界でも有数の深刻な水質汚染河川として知られていたが、2018年に大統領令に基づく国家的な統合プログラムとして本事業が開始されている。Citarum Harum は、水質改善、汚染源対策、生態系回復、流域管理の強化を目的として実施されている。中央政府、地方政府、軍、警察、環境当局、民間企業、大学、市民社会などが関与する体制が特徴である。同プログラムでは、家庭および産業からの未処理排水への対応、排水処理施設の整備・改善、違法排水に対する取り締まり、住民および事業者への環境啓発活動、河川沿いの緑地整備や自然的浄化機能の回復などの施策が進められている。また、水質モニタリング体制の強化やデータ収集も実施されており、流域単位での水環境管理の事例の一つとして位置付けられている。

本事業では、こうした背景を踏まえ、排水規制に関する基礎情報や現地の処理実態を踏まえた排水処理の対策メニューを検討し、将来的な普及段階での JCM 事業化を目指す。



出典：じゃかるた新聞 (<https://www.jakartashimbun.com/free/detail/45636.html>)

図 5-1 廃棄物が流れ込むチタルム川

## 5.1 排水汚染地域の特定と汚染状況の把握

### 5.1.1 排水管理に関する政策・制度動向

#### 1) インドネシアにおける排水規制の調査

インドネシアにおける排水管理および水質保全は、環境分野の基本法である環境保護および管理に関する法律（2009年法律第32号：UU No.32/2009）を根幹の法的根拠としている。水質汚濁防止や排水管理については、この法律を具体化する政府規制や環境林業省令により、詳細な基準や運用ルールが定められている。この法律および政府規制を受けて、具体的な排水基準値や適用範囲については、環境林業省および環境管理庁（BPLH）が発出する大臣令（Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/PERMEN LH）により定められている。2025年には、生活系排水を対象とした最新の排水基準として、環境林業省・環境管理庁令2025年第11号（PermenLH/BPLH No.11/2025）が公布された。

本大臣令は、従来複数の規則に分散していた生活排水関連の基準を統合し、全国共通の包括的な排水基準および処理技術要件を定めた点に特徴がある。基準項目としては、従来から用いられてきたBOD、COD、TSSといった有機汚濁指標に加え、アンモニア性窒素、リン類、微生物指標（大腸菌群等）、界面活性剤、フェノール類などが新たに明確化されており、水域の富栄養化や衛生面への影響を意識した内容となっている（表5-1）。また、排水の受け入れ先となる水域の環境特性や排出規模に応じて、基準の適用区分が設定されている（表5-2）。これらの基準は、小規模住宅排水から商業施設・集合住宅まで、幅広い排水源を対象としている。

また、本大臣令は単に排出時の基準を定めるだけでなく、それを達成するための技術標準も規定されている。適切な処理施設の構造や設計基準を国が指定することで、小規模住宅から大規模施設までが、確実に基準を遵守できるインフラを整備することを法的に促していることが分かる。

表 5-1 家庭系排水の排水処理に対する排水基準<sup>4</sup>

IPLT(統合し尿処理施設)で処理し水域へ放流する場合の排水基準

項目	単位	最大濃度
pH	—	6-9
生物学的酸素要求量 (BOD)	mg/L	150
化学的酸素要求量 (COD)	mg/L	300
全懸濁固形物 (TSS)	mg/L	100
アンモニア (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	50
大腸菌群 (Fecal coliform)	MPN/100 mL	1,000

表 5-2 一般家庭排水を水域に放流する場合の基準値

項目	単位	上限値 (分類: 生成される排水量 m <sup>3</sup> /日)		
		x>50m <sup>3</sup> /日	3<x≤50m <sup>3</sup> /日	x≤3m <sup>3</sup> /日
pH	-	6 - 9	6 - 9	6 - 9
生化学的酸素要求量 (BOD)	mg/l	30	50	75
化学的酸素要求量 (COD)	mg/l	100	100	-
浮遊物質 (TSS)	mg/l	30	50	-
アンモニア (NH <sub>3</sub> -N)	mg/l	10	20	-
全洗剤 (Deterjen Total) ***)	mg/l	5	10	-
油分および脂肪分 (Minyak & Lemak)	mg/l	5	10	10
残留塩素 (Cl <sub>2</sub> ) *)	mg/l	1	1**)	1**)
サルモネラ (Salmonela) **)	-	陰性	陰性	-
シゲラ (Shigela) **)	-	陰性	陰性	-
コレラ菌 (Vibrio cholera) **)	-	陰性	陰性	-
連鎖球菌 (Streptococcus) **)	-	陰性	陰性	-
大腸菌群 (Fecal coliform)	MPN/100 ml	1,000	1,000	1,000

x = 生成される家庭排水の量

\*\* ) = 遵守地点にて直接測定される

\*\* ) = 有害有毒廃棄物 (B3) を処理せず、法令に従って家庭排水管理の標準作業手順 (SOP) を実施している医療サービス施設における家庭排水処理にのみ適用

\*\*\* ) = 陰イオン界面活性剤 (MBAS) として。洗浄またはクリーニング活動を行う事業にのみ適用

産業排水については産業別に個別の排水基準が設定されており、2025 年には繊維産業を対象とした最新の排水基準を定める環境林業省・環境管理庁令 2025 年第 12 号 (PermenLH/BPLH No.12/2025) が公布された。これにより、色度、有機物負荷、有害物

<sup>4</sup> Peraturan Menteri LH 11 2025

質の管理強化が厳格に求められている。

事業者はこれらの規定に従い、排水処理設備の設置、定期的な水質モニタリング、および当局への報告を行う義務がある。行政所管については、中央政府の環境林業省 (KLHK) が政策立案を行い、地方分権制度の下で州・市町村レベルの環境当局 (Dinas Lingkungan Hidup) が実際の許認可や監視業務において重要な役割を担っている。一定規模以上の排水を行う事業者は、最新の規制に基づき環境承認 (Persetujuan Lingkungan) を取得し、許可条件に基づく水質管理および報告を行う義務がある。

表 5-3 に示す基準は、繊維染色産業において、単独の排水処理設備を有し、処理水を環境中へ排出する施設に適用される。基準値は、施設の排水量区分ごとに設定されており、生物化学的酸素要求量 (BOD)、化学的酸素要求量 (COD)、浮遊物質 (TSS)、重金属類、油分、pH、色度、温度等の項目について最大許容濃度が定められている。加えて、単独排水処理を行う施設に対しては、製品 1t 当たりの最大排水量が規定されており、水使用量及び排水発生量の管理も求められている。

表 5-3 繊維産業排水の排水基準

No	パラメーター	流量			単位
		≤100	100<x<1,000	≥1,000	m <sup>3</sup> /日
1	生物化学的酸素要求量 (BOD)	60	45	35	mg/L
2	化学的酸素要求量 (COD)	150	125	115	mg/L
3	浮遊物質 (TSS)	50	40	30	mg/L
4	全フェノール	0.5	0.5	0.5	mg/L
5	全クロム	1.0	1.0	1.0	mg/L
6	全アンモニア (Nとして)	8.0	8.0	8.0	mg/L
7	硫化物	0.3	0.3	0.3	mg/L
8	油分・脂肪分	3.0	3.0	3.0	mg/L
9	pH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	-
10	色度	200	200	200	Pt-Co
11	温度	38	38	38	°C
12	最大排水量	100	100	100	m <sup>3</sup> /製品 t

2) 西ジャワ州及びバンドン県による排水管理体制

① 西ジャワ州環境局へのヒアリング

バンドン県が位置する西ジャワ州の排水管理体制を把握するため、西ジャワ州環境局に対してヒアリングを行った。ヒアリング結果を表 5-4 に示す。西ジャワ州の排水管理は、行政による法定基準の数値管理と、企業の環境評価制度、住民監視を通じた社会的評価が相互に補完し合うことで、法遵守の実効性を担保している。

表 5-4 西ジャワ州環境局へのヒアリング結果

日時	9月11日 15:30～17:00
ヒアリング先	Provinsi Jawa Barat Dinas Lingkungan Hidup   Alin Adlina 氏
アジェンダ	<ol style="list-style-type: none"> <li>西ジャワ州の排水規制の仕組みと動向</li> <li>チタルム川流域の汚染課題と地域社会による改善活動</li> </ol>
議事概要	<p>■ <b>西ジャワ州の排水規制の仕組みと動向</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>西ジャワ州における排水規制は、中央政府が定める環境基準を基礎とするが、市や県といった行政単位により、国基準を上回る独自の規制値が適用される場合がある。</li> <li>排水処理設備の選定は事業者の任意とするが、排水基準の遵守、および半年ごとの水質分析結果の提出を義務付ける。基準への適合状況が継続的に確認される。</li> <li>環境関連法令の遵守については、行政による定期調査のみならず、地域住民による監視や政府の格付け制度が組み合わさることで、法遵守の徹底が図られている。</li> </ul> <p>2018年には、河川の変色や発泡といった異常を確認した住民からの通報を機に、監視体制の大幅な強化と一部工場への操業停止処分が実施された。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>政府が企業の環境パフォーマンスを評価・格付けする制度 (PROPER) は、企業の社会的信用やブランディングに重大な影響を及ぼす。そのため、大規模企業を中心に、法令遵守を超えた自主的な環境改善の取り組みが促進される仕組みとなっている。</li> </ul> <p>■ <b>チタルム川流域の汚染課題と地域社会による改善活動</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>西ジャワ州では、産業集積に伴う工場排水や廃棄物、二酸化炭素排出といった多角的な環境汚染が深刻化し、特にチタルム川の水質汚染は、気象条件による変動も大きく管理が難航してきた。</li> <li>しかし、近年は若年層を中心とした清掃活動が継続的に実施されて</li> </ul>

	<p>いる。こうした取り組みにより、河川への廃棄物流入に対する住民の関心は高まりつつある。</p>
<p>写真</p>	<div data-bbox="683 369 1109 689" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="826 701 970 734">面談の様子</p>

② 企業環境パフォーマンス評価制度（PROPER）の運用

行政による管理・指導の一環として、各主体の環境管理状況を確認・評価する取り組みが行われている。その代表的な枠組みが、企業の環境管理の取組状況を客観的に評価する「企業環境パフォーマンス評価」に基づく遵守プログラムである。

本プログラムは、国レベルの PROPER（環境林業省）、州レベルの PROPERDA（西ジャワ州政府）、県レベルの PROPERKAB（バンドン県政府）という複数の評価制度を通じて運用されており、それぞれの行政レベルにおいて企業の管理実態を把握するための仕組みとなっている。

評価にあたっては、水質管理、大気管理、B3 廃棄物管理、一般廃棄物管理などを対象に、提出資料の確認や現地調査が実施される。評価結果を公表することで、対象主体に対して自主的な環境管理の改善を促し、地域全体の管理水準の平準化を図ることが意図されている。なお、本取組において評価を受けた企業数は、PROPER が 107 社、PROPERDA が 24 社、PROPERKAB が 34 社となっている。



出典：バンドン県環境局

図 5-2 PROPER 評価制度

③ バンドン県の管理・指導の基本体制

バンドン県における排水管理の実務は、県環境局（DLH）が主体となり、中央政府が策

定した排水基準を地域の現場へ適合させる役割を担っている。具体的には、基準遵守に向けた技術支援、監視業務、および違反に対する厳格な法執行を軸とした体制の下で、実務的な管理・指導が行われている。

こうした実務を推進するにあたり、県では汚濁源をカテゴリー別に分類し、それぞれの負荷実態に応じた削減目標を設定している。BOD（生物化学的酸素要求量）を指標として用いており、バンドン県のBOD負荷量の現状と削減目標は表 5-5 の通りである。現状の負荷量においては家庭排水が全体の過半数を占めている。各カテゴリーに対する削減計画を確認すると、産業排水を除く全ての項目において、現状の負荷量に対し一律で約 4 割の削減を目指す推計がなされている。

表 5-5 バンドン県の BOD 負荷量の現状と削減目標

汚濁源カテゴリー	現状の負荷量 (Kg/日)	削減目標値 (Kg/日)
家庭排水	70,275.89	30,106.84
産業排水	17,957.87	2,161.01
畜産排水	7,865.25	3,370.66
非特定汚染源	5,319.83	2,279.82
水産由来	142.93	61.25
合計 (TOTAL)	101,561.78	37,979.58

こうした推計および目標値に基づく汚染対策の検証・監視を行うため、県では広域的な河川水質モニタリングを実施している。各河川の上流・中流・下流域に計 20 地点の監視地点を設け、水質指数 (IKA) および 8 項目のパラメーターにより継続的な評価を行っている (図 5-3)。



図 5-3 バンドン県内の水質観測地点の地図

### 5.1.2 汚染源となり得る地点の調査

バンドン県全域での対策は土地が広大であることから、本事業では、まずは特に水質汚染原因の寄与度が大きい地域等をターゲットとしてモデル事業を行うことを想定した。本項では、バンドン県環境局に対してヒアリングを実施したうえで、バンドン県が着目している産業排水、生活排水、農畜産系排水等の地点を抽出し、各地点の排水状況、既存の処理設備の稼働状況、ならびに周辺環境への影響などを確認した。

#### 1) 河川水質調査結果

水質指数（IKA）は数値が高いほど良好であることを示すが、バンドン県から入手したデータによれば、多くの地点で中度から重度汚染を示す50を下回る数値が記録されている（表5-6）。全体としては上流域から下流域に向かって数値が低下する傾向にあるが、本来は良好であるはずの上流域においても局所的に数値の低迷が確認される。この要因としては、一部の上流域における畜産業からの排水や、中・下流域にかけて点在する小規模な工場、および未整備の生活排水が各地点で複合的に流入しているためと考えられる。

表 5-6 IKA（水質指数）観測地点一覧表

番号	河川/湖沼名	観測地点	地点別 IKA 値	河川別 IKA 値
1	チウイデイ川 (Sungai Ciwidey)	上流	70.00	56.67
2		中流	56.67	
3		下流	43.33	
4	チサングクイ川 (Sungai Cisangkuy)	上流	16.67	32.22
5		中流	50.00	
6		下流	30.00	
7	チタルグトゥグ川 (Sungai Citalugtug)	上流	70.00	43.33
8		中流	30.00	
9		下流	30.00	
10	チラセア川 (Sungai Cirasea)	上流	43.33	34.44
11		中流	30.00	
12		下流	30.00	
13	チカロ川 (Sungai Cikaro)	上流	50.00	47.78
14		中流	43.33	
15		下流	50.00	
16	チタリク川 (Sungai Citarik)	上流	36.67	32.22
17		中流	36.67	
18		下流	23.33	
19	チサンティ湖	上流	43.33	43.33
20	パテンガン湖	上流	70.00	70.00

また、水質指数値と併せて計測している 8 項目の水質パラメーターの結果を表 5-7 に示す。対象となった河川の多くで上流から下流に向かうにつれて水質が悪化する傾向が確認された。上流地点では「基準適合」や「軽度汚染」に留まる地点が多いが、中流・下流地点では「中程度汚染」が常態化しており、一部の地点では「重度汚染」に達している。

項目別では、多くの地点で COD（化学的酸素要求量）や糞便性大腸菌が基準値を上回っており、特に下流に向かうほどその数値は顕著に高くなる傾向がある。また、汚染の進んだ地点では DO（溶存酸素）が基準値を大きく下回る数値が記録された。一方で、河川の水源にあたる チサンティ湖や パテンガン湖などの湖沼は、全期間を通じて「基準適合」または「軽度汚染」の範囲内に収まっており、河川域と比較して良好な水質を維持していることが分かった。

こうした状況を踏まえ、上流部における大腸菌数超過の要因である畜産系排水、および

中・下流部で水質悪化の要因となっている繊維工場、小規模な食品工場、学校等からの排水といった、バンドン県が主な汚染源として着目している対象について、その排出実態や現場の管理状況を直接調査するべく、県とともに現地視察を実施した。

表 5-7 観測値地点の水質データ

河川名	回次	月日	TSS	pH	BOD	COD	DO	リン酸塩	硝酸態窒素	糞便性大腸菌	水質ステータス
基準値			50	8	3	25	4	0.2	10	1000	
チタルグトゥグ川 上流	1	24 Januari	3	7.4	1.7	29.7	7.85	0.16	1.6	1	軽度汚染
	2	14 Mei	32	7.64	1	7.2	7.4	0.02	1	1	基準適合
	3	28 Agustus	6	6.89	0.1	7.2	7.28	0.15	0.8	1,300	軽度汚染
チタルグトゥグ川 中流	1	24 Januari	6	7.16	2.9	29.8	7.23	0.2	1.5	59,800	中程度汚染
	2	14 Mei	19	7.16	5.2	13.8	4.39	0.28	1	86,640	中程度汚染
	3	28 Agustus	19	6.44	4.6	14.9	1.75	0.21	1.9	131,000	中程度汚染
チタルグトゥグ川 下流	1	24 Januari	5	7.04	16.4	44.2	3.75	1.4	1.8	185,000	中程度汚染
	2	14 Mei	17	7.14	4.1	16.2	1.51	0.03	0.9	98,040	中程度汚染
	3	28 Agustus	20	7	23	60.4	0.14	0.09	0.3	15,230	中程度汚染
チラセア川 上流	1	30 Januari	60	8.3	1.1	8.3	8.23	0.2	1.9	31,000	中程度汚染
	2	15 Mei	36	7.83	1.5	7.2	8.25	0.09	1.2	13,400	軽度汚染
	3	29 Agustus	21	7.87	2.4	18	7.66	0.09	1.8	8,164	軽度汚染
チラセア川 中流	1	30-Jan	31	7.67	2.1	17.7	7.45	0.38	1.8	213,000	中程度汚染
	2	15 Mei	71	7.14	11.3	40.3	4.53	0.33	1.2	1	軽度汚染
	3	29 Agst	73.5	7.35	11.3	49.9	3.54	0.06	2.3	613,100	重度汚染
チラセア川 下流	1	30-Jan	7.1	7.23	14.9	49.2	1.09	0.43	2.8	41,000	中程度汚染
	2	15 Mei	47	6.97	30	76.7	0.37	124	1.8	12,000	重度汚染
	3	29 Agst	59	7.09	30	95.8	0.38	0.16	1.3	100	軽度汚染
チカロ川 上流	1	31-Jan	5	8.06	1.5	7.2	8.52	0.31	1.8	82	軽度汚染
	2	14 Mei	5	7.85	1	7.2	7	0.06	1.9	121,000	中程度汚染
	3	28 Agst	2.5	7.8	0.1	7.2	7.29	0.09	2.2	100	基準適合
チカロ川 中流	1	31-Jan	30	7.86	1	7.2	7.41	0.21	0.8	10,000	軽度汚染
	2	14 Mei	54	7.47	8.7	20.7	7.21	0.08	1.3	31,000	中程度汚染
	3	28 Agst	4	7.37	0.1	7.2	3.06	0.22	0.3	10,000	軽度汚染
チカロ川 下流	1	31-Jan	39	7.93	1	7.2	7.98	0.2	1.8	1	基準適合
	2	14 Mei	57	7.62	4.4	8.3	7.36	0.22	1.6	100	軽度汚染
	3	28 Agst	6	7.5	2.2	8.5	5.88	0.22	0.3	241,960	中程度汚染
チタリク川 上流	1	31-Jan	24	7.47	1	7.2	7.98	0.35	1.4	74,000	中程度汚染
	2	13 Mei	7	7.68	1.8	7.2	7.78	0.02	1.1	6,410	軽度汚染
	3	27 Agst	4	7.64	1.5	7.2	8.07	0.17	1.2	106,300	中程度汚染
チタリク川 中流	1	31-Jan	89	6.82	3.2	10.3	3.63	0.32	2.3	173,000	中程度汚染
	2	13 Mei	34	7.31	3.5	22.2	4.35	0.25	1.1	10,000	軽度汚染
	3	19-Sep	18.5	7.15	20.8	50.9	1	0.11	1.3	241,960	中程度汚染
チタリク川 下流	1	31-Jan	64	7.05	12.5	37.4	0.9	0.31	2.5	121,000	中程度汚染
	2	13 Mei	27	7.45	3.3	23	2.05	0.32	1.9	3,000	中程度汚染
	3	19-Sep	13	6.95	23.3	49.2	1.13	0.13	0.3	677,000	重度汚染
チサンティ湖	1	30-Jan	15	7.86	3.2	25.7	8.5	0.22	1.6	1	基準適合
	2	15 Mei	10	7.69	3.6	8.5	8.61	0.33	2	10	中程度汚染
	3	29 Agst	24	8.9	3.5	32.8	1.35	0.18	0.9	115,300	中程度汚染
パテンガン湖	1	24-Jan	4	8.69	1.6	7.2	8.42	0.26	0.9	1	軽度汚染
	2	13 Mei	7	7.8	2.1	7.2	7.94	0.02	1.2	1	基準適合
	3	27 Agst	10	8.5	1.6	11	7.98	0.11	0.8	200	基準適合

## 2) 豆腐工場における排水処理状況

インドネシアで広く消費されている豆腐（Tahu）は、豆乳を凝固させて成形する加工食品であり、地域によっては黄色い外観を持つものもあり、食堂や家庭で一般的に活用されている。生産体制については、機械化が進んだ中規模工場のほか、伝統的な手作業による小規模な家内工業が多くの地域で製造を担っている。これらの製造工程においては、大豆の煮沸や圧搾、成形の過程で、有機物を含む高濃度の排水が発生する。

豆腐工場を経営する事業者に対するヒアリング結果を表 5-8 に示す。豆腐工場では製造工程から高濃度の有機排水が発生しており、小規模事業者であっても水質汚濁につながる可能性があることが確認された。こうした状況の中で、排水処理とエネルギー利用を組み合わせた取組が実施されている。設備は簡素であるものの運用が成立しており、技術の高度さよりも、現場への適合性や維持管理の容易さといった、現場に合った仕組みが重視されている。また、本設備はバンドン県の予算により整備されたものであり、公的支援を通じた導入モデルの一つとして位置付けられる。

表 5-8 豆腐工場における排水処理状況に関するヒアリング結果

日時	2025年9月18日
ヒアリング先	バンドン県チャンクアン地区 豆腐工場
アジェンダ	1. 豆腐製造排水の処理実態 2. 県予算による設備導入と効果
議事概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>排水処理システムの運用状況</b></li> <li>・ 今回視察した Tahu 生産地点では、製造工程の多くが手作業で行われている。煮沸や圧搾工程から流出する排水は非常に有機負荷が高い。</li> <li>・ これらの高濃度排水を処理する簡易な嫌気処理槽が導入されている。嫌気発酵によって発生したメタン主体のバイオガスは、配管を通じて調理用の簡易燃焼器に供給されており、製造現場におけるエネルギー源として再利用されている。</li> <li>■ <b>行政支援による資源循環モデル</b></li> <li>・ 当該処理システムはバンドン県の予算により導入されたものであり、小規模な生産現場における排水管理のモデルケースとなっている。本設備を運用することで、エネルギー回収と環境負荷の低減が実現している。</li> <li>・ 設備自体は簡素な構造であるものの、地域の生産実態に即した自家完結型のエネルギー循環システムとして有効に機能している状況が</li> </ul>

	確認された。	
写真	 <p>Tahu 作りの様子</p>	 <p>排水の回収タンク</p>
	 <p>バイオガス発生装置の概要</p>	 <p>メタンガスは調理に使用する</p>

### 3) 乳牛農家における排水処理状況

バンドン県では乳牛の飼育が盛んに行われており、糞尿処理が河川汚濁の大きな要因となっている。バンドン県における牛の排泄物由来の汚濁負荷（1日あたり）は、表 5-9 の通り推計されている。本事業では、小規模な牛舎での畜産が行われている地点を対象として、排水の管理状況を確認した。乳牛農家への調査及びヒアリング結果は表 5-10 に示すとおりである。当該地点では、牛舎から発生するふん尿や排水の処理が十分ではなく、周辺の側溝を経て河川へ直接流入している状況にあった。

表 5-9 1日あたりの牛の排泄物による環境汚染負荷量

指標	1頭あたりの負荷	県全体の総負荷
BOD (生物化学的酸素要求量)	292 g	6,523.86 kg
COD (化学的酸素要求量)	717 g	16,019.21 kg
全窒素 (N)	0.933 g	20.85 kg
全リン (P)	0.153 g	3.42 kg

表 5-10 乳牛農家へのヒアリング結果

日時	2025年9月15日
ヒアリング先	パシルジャンプ地区 メカルマジユ村
アジェンダ	1. 畜産排水の管理実態と調査体制：排水経路、水質モニタリング、お

	<p>よびエネルギー利用の現状</p> <p>2. ミミズ養殖による再資源化：牛ふん由来の汚濁負荷抑制を目的とした資源循環モデル等</p>
<p>議事概要</p>	<p>■ <b>排水管理の現状</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 牛舎のふん尿・排水管理は簡易的な処置に留まっている。清掃時にふん尿を水で洗い流しているが、固液分離や浄化処理は行われておらず、排水は側溝を通じてそのまま河川へ直接流入しているのが実態である。</li> <li>・ 河川の水質モニタリングにおいては、バンドン県の調査担当者が現地に赴き、バケツ等の簡易な器具で流水を汲み上げる直接採水方式が採られている。</li> <li>・ 採水は側溝直近を避け、希釈された合流後の河川水で行う。</li> <li>・ サンプルは現地で前処理を済ませた後、県の施設へ搬送し分析する。また、家畜の疾病発生や健康状態を把握するため、河川合流前の段階においても別途サンプリングを実施し、飼育環境の衛生状況をモニタリングしている。</li> <li>・ 一部の農家ではふん尿の一部を簡易的な嫌気発酵槽に投入し、調理用燃料としてメタンガスを生成している。設備は小規模ながら、燃料費削減と廃棄物処理を同時に実現する自家完結型のシステムとして機能している。</li> </ul> <p>■ <b>ミミズ養殖の飼料としての再資源化</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ バンドン県では、牛の排泄物をミミズ養殖の飼料として再資源化し、河川への汚濁負荷を抑制している現場を見学した。従来河川へ投棄されていた排泄物を、資源として活用している状況を確認した。</li> <li>・ 環境保護の必要性を周知するだけでなく、排泄物をミミズ養殖の原料として利用できるという経済的メリットを生産者に示すことで、生産者自身による廃棄物管理を促している。</li> <li>・ 作業工程は非常に簡易であり、牛舎に隣接して設置されたミミズ養殖床に対し、牛糞を水で希釈した液を流し込むのみで完了する。この給餌作業によりミミズの増殖および排泄が促され、効率的な資源化が可能となる。</li> </ul>

写真		
	未処理の畜産排水	牛舎の排水路
		
	水質検査の様子	メタン発生装置 (タンク)
		
	ミミズ養殖の作業の様子	ミミズ養殖の作業の様子

一方、バンドン県では、牛の排泄物をミミズ養殖の飼料として再資源化し、河川への汚濁負荷の流入を抑制する NGOPI KANCING という事業が実施されている。本事業は、従来河川へ投棄されていた排泄物を資源として活用することを目的としている。

図 5-4 にミミズ養殖による牛糞の資源化プロセスと供給体制を示す。この取り組みは牛の飼育農家から排出される牛糞を Lumbricus、ANC、Tiger の 3 種類のミミズに給餌し、生物学的な消化プロセスを経て資源化する循環型システムである。バンドン県の資料によれば、ミミズ 1kg に対して 1kg の牛糞を投入する給餌基準が示されている。

この工程から得られる生産物は、増殖したミミズの生体と、その排泄物であるミミズ堆肥（カスティング）の 2 種である。ミミズ生体は、医薬品や化粧品の原料、飼料、あるいは輸出用資材として供給され、ミミズ堆肥は有機肥料や液体肥料、土壌改良材として農業分野へ還元される。

運用面においては、住民グループ（KSM）や村営企業（BUMDes）が窓口となり、民間企業などのオフテーカーへ製品を供給する体制を構築している。行政の役割は直接的な廃棄物処理の実施ではなく、農家と養殖者の間における協力関係の仲介や、技術指導、普及および体制維持の支援に特化している。

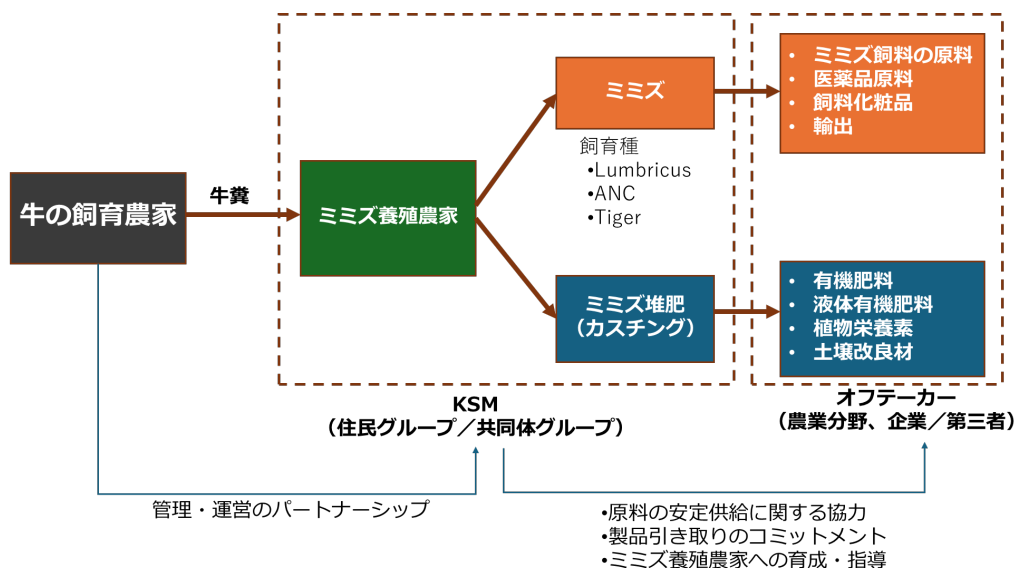


図 5-4 ミミズ養殖による牛糞の資源化プロセスと供給体制

#### 4) 繊維工場の実態

繊維産業は、バンドン県の地域経済を支える主要な産業の一つであり、多様な規模の事業者が活動している。これらの工場では、表 5-11 に示す通り、生地の洗浄や染色、仕上げといった工程において多量の水を使用しており、その過程で染料や化学物質を含む排水が発生し、水質汚染の要因となっている。

表 5-11 繊維産業の製造工程

分類	大工程	小工程 (ステップ)	英語名称	内容
1. 糸作り	紡績・撚糸	紡績	Spinning	原綿から糸を作る
		撚糸 / 仮撚	Twisting / Texturizing	糸をひねる、または縮れさせて質感を作る
2. 布作り	製織・編立	整経	Warping	数千本のたて糸を均一な張力で揃える
		糊付け	Sizing	摩擦耐性を高めるため、糸を糊で補強する
		ビーム巻き	Beaming	織機にセットする大きな軸（ビーム）に巻く
		製織	Weaving	織機で布（織物）にする
		編立	Knitting	※ニットの場合。編み機で布にする
3. 染色	前処理	毛焼き	Singeing	表面の毛羽を焼き、平滑にする
		糊抜き	Desizing	工程2で付けた糊を除去する
		精練	Scouring	天然の油分や汚れを徹底的に洗い落とす
		漂白	Bleaching	酸化剤等で色素を抜き、白くする
		シルケット加工	Mercerizing	綿に光沢を与え、染料吸着を良くする
	染色・捺染	染色（浸染）	Dyeing	布全体を均一な色に染め上げる
		捺染	Printing	生地表面に柄をプリントする
	洗浄	水洗（冷・温）	Washing	表面の染料や薬剤を流す。
		ソーピング	Soaping	余分な未反応染料を洗い流す
	仕上げ	テンター仕上げ	Heat setting	熱で生地幅を整え、寸法を安定させる
整理加工		Finishing	柔軟・撥水・樹脂加工などの機能付与	
乾燥・検反		Inspection	最終的な乾燥と、キズ・ムラの検査	



こうした実態を把握するため、本調査では、西ジャワ州での繊維工場の排水分析等を実施しており、排水処理実態に詳しいバンドン大学にヒアリングを行うとともに、現地の繊維産業事業者の実態調査及びヒアリングを実施した。

① バンドン工科大学

バンドン工科大学は、国内最高峰の理工系大学として繊維排水処理に関する高度な知見を有している。学術的見地からの専門的な意見を得るためにヒアリングを実施した。ヒアリング結果を表 5-12 に示す。インドネシアの繊維産業は統合型の操業形態が一般的であり、生産効率を確保する一方で、排水負荷が集中しやすい産業構造にあることが確認された。排水管理については、大学が保有する分析ラボが水質分析を担う事例もあり、大学と民間事業者が連携しながらデータの信頼性を確保する体制が構築されている。繊維染色産業における排水処理の効果検証にも大学が関与し、水質データの分析を通じて処理状況の確認が行われている。

表 5-12 バンドン工科大へのヒアリング結果

日時	2025年9月11日 10:30~13:00
ヒアリング先	INSTITUT TEKNOLOGIBANDUNG   Melia Famiola, S.T.P.,M.T.,Ph.D.氏 P.T. GISTEX   PARTOGI MANULLANG 氏
アジェンダ	1. 産業構造の特性と環境負荷 2. 排水モニタリング体制 3. 繊維産業における排水処理
議事概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>産業構造の特性と有機物負荷の増大</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ インドネシアの繊維産業では、生地製造の各工程に特化した工場も存在するが、多くの工場は紡績や織物、編物に加えて染色や仕上げ工程までを一貫して行う統合型の操業形態を採用している。</li> <li>・ 統合型の操業形態は生産効率が高い反面、染色や仕上げの過程で化学薬品を多用するため、排出される水には高い有機物負荷がかかりやすい。結果として、産業全体が大量の高濃度排水を発生させやすい構造的な課題を抱えている。</li> </ul> </li> <li>■ <b>排水モニタリング体制</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 排水に関する監視体制は、排水水質の分析結果を行政機関へ提出する頻度が定められており、月1回または3か月に1回の報告が義務付けられている。</li> <li>・ 分析の実務については、事業者が自社内の設備で実施するだけでなく、データの信頼性を担保するためにバンドン工科大学が保有する</li> </ul> </li> </ul>


	<p>分析ラボへ委託するケースもある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>環境関連法令に違反した工場に対しては、単なる書面上の指導にとどまらず、営業停止命令といった実効性を伴う厳しい規制が運用されている。一度処分を受けた工場が操業を再開するためには、再認可を得るための複雑な手続きが必要であり、是正措置の履行状況が当局によって極めて厳格に確認される。</li> </ul> <p>■ <b>繊維工場における排水処理（好気性処理）</b></p> <p>繊維工場の排水において、微生物を用いた好気性処理の効果が検証された。処理前の水と処理後を比較すると、透明度の向上や汚濁物質の減少が明確に確認されている。</p>	
<p>写真</p>	 <p>染色排水（左）処理後（右）処理前</p>	 <p>面談の様子</p>

② Trisula Textile Industries Tbk 社

Trisula Textile Industries Tbk 社は、糸の加工から織布、染色・仕上げまでを手掛ける完全一貫生産体制を持つ、インドネシア有数の上場テキスタイルメーカーである。高品質なスーツ生地やユニフォーム用素材を主力とし、国内および海外市場へ幅広く製品を供給している。同社へのヒアリング結果を表 5-13 に示す。

表 5-13 Trisula Textile Industries Tbk 社へのヒアリング結果

<p>日時</p>	<p>9月16日 16:00～17:00</p>
<p>ヒアリング先</p>	<p>PT Trisula Textile Industries   Wagiyono 氏(Director)、Toshiyuki Sasaki 氏(Dyeing Finishing Advisor)</p>
<p>アジェンダ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 排水特性と水質管理の現状</li> <li>2. エネルギー消費構造と廃棄物処理コスト</li> <li>3. 設備投資に向けた要件検討</li> </ol>

<p>議事概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>現状の排水管理の実態</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 排水系統は工程ごとの配管の切り分けがなされておらず、汚染負荷の異なる排水が混合された状態で排水処理されている。 →排水処理の効率化に改善の余地がある。</li> <li>・ 処理方式は活性汚泥法による好気性処理である（滞留時間2～3日）</li> <li>・ 製造工程からの排水量は、染色工程からが最も多く排出される。</li> <li>・ 水資源の循環：一部の処理水は再利用しているが、TDS（総溶解固形物）が一定値を超えた場合は、品質管理上の制約から河川放流を行っている。</li> </ul> </li> <li>■ <b>設備投資に向けた要件等</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 排水規模の観点から、近隣工場の PT.DALIA Tex 社への導入が適当との示唆を得た（Trisura 社の約5倍）</li> <li>・ 同社では約2年前に補助事業を活用した省エネ投資を計画したが、当初予算の超過を理由に検討を中断している。</li> <li>・ 上場企業として新設導入を判断する際は、投資対効果の精査を含む上層部への承認プロセスが不可欠となる。</li> </ul> </li> </ul>
<p>写真</p>	

ヒアリング結果から明らかになった排水処理実態は下記のとおりである。

まず、Trisula Textile Industries Tbk 社における染色工程の工程別水消費比率は、表 5-14 のとおりである。繊維染色工場においては、一般に染色工程からの排水量が最も多いとされている。同社においても同様に、染色工程からの排水量が最も多い結果となった。また、エネルギーの使用量は表 5-15 に示すとおりである。燃料の中では石炭の使用が一定の割合を占めていることが見受けられた。

表 5-14 Trisula Textile Industries Tbk 社の工程別水消費比率

項目	工程	割合(%)
染色工程	精練	25
	染色	50
	洗浄	25

表 5-15 Trisula Textile Industries Tbk 社のエネルギー・廃棄物管理状況

項目	数値	補足
汚泥	25t /月	引き取り費用：2,000rp / kg
電力	3,600 kVA (契約容量)	使用量：120 万 kWh
燃料 (ガス)	少量 (ポンベ対応)	一部で使用
燃料 (その他)	石炭	ボイラースチームに使用





ヒアリングの結果から、同社では染色工程が水使用の中心となっており、既往の排水処理技術を採用していることが分かった。また、蒸気供給は石炭を中心に行われており、設備更新や省エネの導入は過去に検討されたものの実行には至っていない。また、投資判断には上層部承認が必要であることから、今後の改善や新技術の導入は慎重に進められると考えられる。

③ Nagasaki Kurnia Textile Mills 社

Nagasaki Kurnia Textile Mills 社は、織布 (Weaving) から染色・加工 (Finishing) までを一貫して手掛ける垂直統合型の生産体制を構築しており、インドネシア国内および海外市場向けに高品質な制服・スーツ用生地を供給する主要メーカーである。環境評価の格付け制度 (PROPER) において、法令遵守を示す評価を取得しており、環境管理に対して一定の基準をクリアしている企業である。同社へのヒアリング結果を表 5-16 に示す。

表 5-16 Nagasaki Kurnia Textile Mills 社へのヒアリング内容

日時	9月17日 10:00~11:00
ヒアリング先	PT. Nagasaki Kurnia Textile Mills
アジェンダ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 排水負荷と水質管理の現状</li> <li>2. エネルギー消費構造と廃棄物処理コスト</li> <li>3. 排水処理設備の見学</li> </ol>
議事概要	<p>■ <b>同社における重点環境課題</b></p> <p>優先課題として以下の3点が挙げられており、排水については、コストと水質管理の両面から最大の課題として認識されている。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 排水処理の最適化 (最優先)</li> <li>2. 石炭スラッジ (燃焼残渣) の管理</li> <li>3. 繊維のアップサイクル (廃棄資源の有効活用)</li> </ol> <p>■ <b>排水負荷と水質管理の現状</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 染色工程の前段階にあたる糊抜き工程から発生する排水は、工場内で最も高いCOD値を示している。水量は全体の1割に満たない</li> </ul>

	<p>が、この工程の排水が全体の負荷増加に寄与している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 排水処理プロセスおよびコスト面の課題について確認した。</li> <li>・ 均一槽の前段には微細繊維除去用のフィルターが設置されているが、ポリエステルが混入した場合、処理不良を誘発する恐れがあるとの説明を受けた。</li> <li>・ 処理水の再利用を検討しているが、現状の浄化水準では品質面から難しいと判断されている。</li> <li>・ 監視体制：河川放流前にオンライン計器を設置し随時測定している。</li> </ul>	
写真	 <p>製造工程からの排水</p>	 <p>フィルトレーション</p>
	 <p>曝気槽</p>	 <p>処理後の排水</p>

また、ヒアリング結果から明らかになった排水処理フローを図 5-5 に示す。同社では、曝気槽による生物処理を実施しており、曝気槽において流入 COD の約 60~70%が除去されている。排水処理に係る薬品費は約 3,500 USD/月(約 56 万円/月)であり、主に凝集処理工程で使用されている。薬品使用量が多く、処理コストへの影響が大きい状況である。

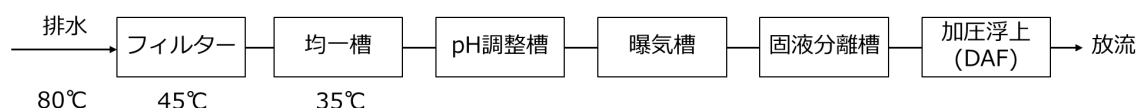


図 5-5 Nagasaki Kurnia Textile Mills 社の排水処理フロー

エネルギー消費及び廃棄物処理については、表 5-17 に示すとおりである。排水処理の結果として副次的に発生する汚泥については、廃棄費用が継続的に発生しており、経費削減の対象となっている。

表 5-17 Nagasaki Kurnia Textile Mills 社のエネルギー・廃棄物管理状況

項目	数値	補足
汚泥	2t /月	引き取り費用：1,600rp /kg
電力	使用量不明	主要エネルギーコスト項目
燃料（その他）	石炭	ボイラースチームに使用

④ SipaTex 社

SipaTex 社は、糸の加工から織布、染色・プリント・仕上げまでの一貫体制を構築しており、同国内でも有数の生産規模を有するテキスタイルメーカーである。同社へのヒアリング結果を表 5-18 に示す。

表 5-18 SipaTex 社へのヒアリング内容

日時	9月17日 11:00~12:00
ヒアリング先	PT.Sipa Tex
アジェンダ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 排水負荷と水質管理の現状</li> <li>2. エネルギー消費構造と廃棄物処理コスト</li> <li>3. 排水処理設備の見学</li> </ol>
議事概要	<p>■ <b>排水処理の実態と汚濁負荷</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 製造工程ごとの排水配管の切り分けは実施されていない。すべての工程からの排水が混合された状態で処理施設へ流入している。</li> <li>・ 工場全体の排水量と水質総排水量は日によって変動し、操業状況により COD 値が上昇する実態がある。</li> <li>・ 排水の約 75%は染色工程から排出され、その中でもプリント（捺染）工程が工場全体で最も高い COD 値を示している。</li> </ul> <p>排水処理フローと水再利用の現状</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 処理水中の TDS（総溶解固形物）が高い場合、染色の仕上がりに不具合が生じるため、その際は再利用を停止し河川放流に回している。</li> <li>・ 放流水質のモニタリングは、現在手作業で行われている。 水質測定頻度：2時間に1回（手作業での分析）</li> </ul>

	<p>■ エネルギー消費構造および廃棄物処理コスト</p> <p>➤ 汚泥 汚泥を乾燥させて重量を削減しているが、引き取り費用のほか、管理上の人件費が発生している。</p> <p>➤ 電力 工場の稼働および排水処理設備の維持に伴い、以下の電力コストが発生している。</p> <p>➤ 燃料 ボイラーの熱源として石炭を使用している。環境対策としてバイオマスへの切り替えを検討しているが、燃料単価が課題となっている。</p>	
写真	 <p>曝気槽</p>	 <p>冷却塔</p>
	 <p>脱水汚泥</p>	 <p>処理後の排水</p>

また、ヒアリング結果から明らかになった排水処理実態を下記に整理する。

同社の排水処理フローを図 5-6 に示す。同社では、製造工程から発生した排水を均一槽に集水し、曝気槽にて生物処理を実施している。その後、物理化学的処理により凝集・固液分離を行っている。処理水の一部は河川へ放流しているが、放流前に分岐した処理水の一部は、砂ろ過を経てタンクに貯留し、製造工程へ再利用している。

排水処理に係る薬品費は約 500 万円／月であり、月間の固定的な支出項目となっている。

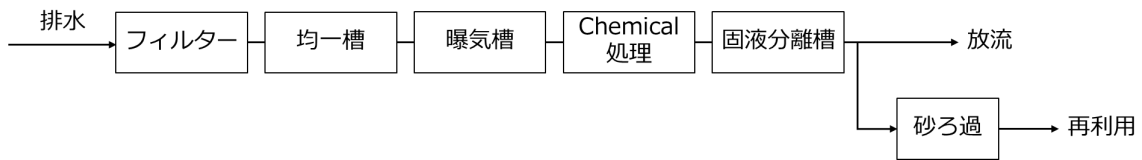


図 5-6 SipaTex 社の排水処理フロー

表 5-19 SipaTex 社のエネルギー・廃棄物管理状況

項目	数値	補足
汚泥	脱水後：12～14 t/日 乾燥後：約 2.5 t/日	処分費：約 1,300 万円/年 (付帯業務含む総額：約 1,500 万円/年)
電力	使用量：約 7.5 MWh	電気代：約 5,000 万円/月
燃料	石炭	使用量：約 3,000 t/月

⑤ 繊維産業からの排水処理状況のまとめ

バンドン県内の繊維産業は、紡績から染色・仕上げまでを一貫して行う操業形態が主流であり、汚染負荷の異なる排水が同一の配管で混合されるため、排水処理全体の効率を低下させる要因となっている。各社の排水状況を表 5-20 に整理する。

行政による排水規制や処分は厳格化しており、各社は大学への分析委託や自主的なモニタリングで対応しているが、依然として高い薬品費や汚泥処理コスト、石炭依存のエネルギー構造が経営を圧迫している。

排水の再利用や省エネ設備の導入については関心を示しつつも、水質維持の難しさや多額の投資コストが障壁となっており、実効性と経済性を両立した改善策が求められていることが確認された。

表 5-20 繊維工場各社の排水量及び排水負荷

企業名	排水の種類	項目	数値
Trisula Tex	総排水	排水量	2000 m <sup>3</sup> /日
		COD 濃度	1300 mg/L
NagaTex	総排水	排水量	1500 m <sup>3</sup> /日
		COD 濃度	1500~2000 mg/L
	糊抜き排水	排水量	約 150 m <sup>3</sup> /d (総排水量の 5~10%)
		COD 濃度	15,000 mg/L
染色排水	排水量	1,350 m <sup>3</sup> /d	

			(総排水の 90%)
		COD 濃度	1,000 ~ 1,500 mg/L
Sipa Tex	総排水	排水量	6,000 m <sup>3</sup> /日
		COD 濃度	3,000 mg/L (最大 6,000 mg/L まで上昇)
	染色排水	排水量	4,500 m <sup>3</sup> /日
		COD 濃度	3,000 mg/L
	プリンテイング排水	排水量	1300 m <sup>3</sup> /日
		COD 濃度	6000 mg/L







## 5) 生活排水処理の実態

### ① 公共排水処理施設 (IPAL)

バンドン県では、生活排水処理を行う目的で、各世帯や施設からの排水を集約して処理する公共排水処理施設 (IPAL) が設置されているおり、その稼働状況は地域の水質状況に直接関わる要素となっている。本調査では、地区内の公共 IPAL を訪問し、施設の稼働状況や維持管理の実態を確認した。現地調査結果及び管理する公共事業・都市計画局へのヒアリング結果を表 5-21 に示す。

表 5-21 公共排水処理施設の調査結果及びヒアリング結果

日時	2025 年 9 月 18 日
ヒアリング先	バンドン県公共事業・都市計画局 (PUTR) 公共排水処理施設 UPTD IPAL Soreang
アジェンダ	1. バンドン県における公共排水処理の現状 2. 設備老朽化・管路網の不備等の課題
議事概要	<p>■ IPAL の施設概要</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 本施設は、周辺住宅地から発生する雑排水 (グレーウォーター) およびし尿排水 (ブラックウォーター) を受け入れる、バンドン県内唯一の公共排水処理施設 (IPAL) である。</li> <li>➤ 水生植物による自然浄化プロセスを導入しており、排水の種類によって以下の通り搬入されている。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ グレーウォーター (雑排水)</li> </ul> </li> </ul> <p>周辺住宅から水路を通じて集積される。構造上、降雨時には雨水の流入により処理負荷が変動する特性を持つ。</p>

	<p>・ブラックウォーター（し尿排水）</p> <p>バキューム車（収集トラック）によって各家庭から回収・搬入される。処理工程では、スクリーンやグリーストラップで固形分を除去した後、生物処理で堆肥化・乾燥し処理される。</p> <p>■ 処理工程の概要</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 勾配水路による自然攪拌： 被処理水が緩やかな勾配を流れることで自然な攪拌が生じ、微生物による有機物の分解を促進。</li> <li>2. セプティックタンク型区画： 滞留区画で水を一定時間とどめることで、より多くの有機物を分解。</li> <li>3. 水生植物池による最終浄化： 河川放流前に水生植物が生育する水槽を通過させ、清澄度を高めてから放流。</li> </ol> <p>■ 施設の主要数値</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 計画処理能力： 約 1,000 世帯分</li> <li>● 現在の処理実数： 約 400 世帯分（直接接続＋個別収集分を含む）</li> </ul> <p>資源循環： 発生汚泥は定期的に引き抜かれ、近隣の花屋が無償で引き取り肥料として再利用している。</p>		
写真	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="435 1128 874 1417">  <p>勾配水路による処理</p> </td> <td data-bbox="874 1128 1366 1417">  <p>水生植物池</p> </td> </tr> </table>	 <p>勾配水路による処理</p>	 <p>水生植物池</p>
 <p>勾配水路による処理</p>	 <p>水生植物池</p>		

同設備は 1996 年に建設された。施設全体に経年による劣化が見られる。建設当時からバンドン県内の所管省庁が変更したこともあり、構造図面や設計資料が現存していないため、改修や技術評価を行う場合には、現地調査によって設備の仕様や構造を確認する必要がある。これにより、更新計画の策定には追加の確認作業が必要となる。

住宅地から接続する下水管網は増改設を経て複雑化している。居住環境の変化や管理主体の移り変わりにより、責任区分が不明確な区間が存在する。このため、管路全体の一体的な管理は困難であり、点検用マンホールの一部は使用されていない。現在、バンドン県において管路の再マッピング作業が進められているが、完了には時間を要する見込みである。

ブラックウォーター（し尿排水）は、バキューム車（収集トラック）による汲み取り方式で収集・搬入されている。収集サービスの主体は公共と民間に分かれており、その運用実態は表 5-22、図 5-7 の通りである。本施設で収集トラックの受け入れは 1 日 20～25 台程

度である。家庭での汲み取りは原則 2 年に 1 回が推奨され、配管状態が良好であれば 3 年に 1 回程度の間隔で運用されている。なお、こうした収集サービスはバンドン県全域を対象としている。

表 5-22 ブラックウォーター収集車の運用

項目	政府保有車両	民間事業者
車両台数	4 台	約 100 台
タンク容量	約 4 立方メートル	約 2 立方メートル
収集料金	1,500～2,000 円程度	約 7,000 円



図 5-7 ブラックウォーターの収集車と回収タンク

前処理工程の改善、省力化技術の導入、処理効率向上や作業負担軽減を目的とした機械化・自動化、汚泥の減容化や資源化に関する技術導入については、設備更新とあわせて検討可能である。

② バンドン県公立中学校

生活排水対策を検討する上で、一般家庭と並び重要な発生源となるのが、多くの児童・生徒や教職員が利用する教育施設である。学校は地域内で人口密度が一時的に高まる地点であり、そこから排出されるし尿や生活雑排水の管理は、公共水域への負荷に直接的な影響を及ぼす。本調査では、こうした学校施設における排水処理の実態を把握するため、現地の学校を訪問し、設備の整備状況を確認した。現地調査及びヒアリングの結果を表 5-23 に示す。

表 5-23 バンドン県公立中学校へのヒアリング内容

日時	2025 年 9 月 18 日
ヒアリング先	バンドン県内公立中学校： SMP Negeri 2 Banjaran
アジェンダ	1. 排水区分と処理システムの概要



	2. 環境教育への活用とモデル事業としての展開	
議事概要	<p>■ <b>排水区分と処理システムの概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現在、敷地内では既存のセプティックタンク（腐敗槽）による処理を行っているが、現地の法規制改正にともない、放流前により高度な生物処理を行うことが義務付けられた。こうした規制の厳格化を受け、現在は敷地内の複数箇所で、新基準に適合した最新の処理設備の増設が進められている。</li> <li>・ 排水の区分管理と処理方式</li> <li>・ 新しく導入する設備では、生活排水を性質に応じて「グレーウォーター（雑排水）」と「ブラックウォーター（し尿排水）」に区分し、資源として再利用する仕組みを構築している。</li> <li>➢ グレーウォーター（手洗い・シャワー・流し台等）</li> <li>・ 生物処理で有機物や洗剤成分を分解し、処理水は液体肥料として校内の植栽等に再利用される。原則として環境中へ直接放流しない運用を行っている。</li> <li>➢ ブラックウォーター（トイレからのし尿排水）</li> <li>・ バイオダイジェスターへ送り、嫌気性発酵によって有機物を分解する。処理の過程でバイオガスをエネルギーとして回収するほか、発酵後の残渣を肥料として活用している。</li> </ul> <p>■ <b>環境教育への活用とモデル事業としての展開</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本取り組みは排水処理に留まらず、生徒や関係者に対して「資源循環の可視化」を通じた教育を行うことも意図している。処理設備を教材として活用し、排水がエネルギーや資源へ循環する過程を実体験として理解できる点が特徴である。今後は、排水処理と環境教育を両立させたモデルとして、地域の他施設への横展開が期待される。</li> </ul>	
写真	 <p style="text-align: center;">訪問時の様子</p>	 <p style="text-align: center;">面談の様子</p>

図 5-8 は、視察先より共有された学校内の排水処理システム図である。本システムは、

嫌気処理、ろ過、沈殿といった各工程を組み合わせた多段階の構成となっており、限られた敷地内で効率的に浄化を行うため、以下のような一連のプロセスが一体化されている。

1. 嫌気処理 (Biodigester)

トイレや生活排水が最初に送られ、酸素のない状態で働く微生物(嫌気性微生物)が有機物を分解する。同時に固形物を沈降させて負荷を低減する。

2. 好気処理 (STP / Blower)

図中央の STP 槽では、ブローで空気を送り込むことで好気性微生物を活性化させ、嫌気処理で残りとなった汚れや洗剤成分などをさらに分解・浄化する。

3. ろ過・最終沈殿 (Filter / Bak Akhir)

フィルターで微細な浮遊物を除去した後、最終沈殿槽 (Bak Akhir 1・2) で残った濁りを沈降させる。これにより、放流基準を満たす清澄な水として仕上げられる。

このように、学校という環境下において、段階的な浄化プロセスを可視化しつつ、安定した処理能力を維持できるシステムとして構築されている。

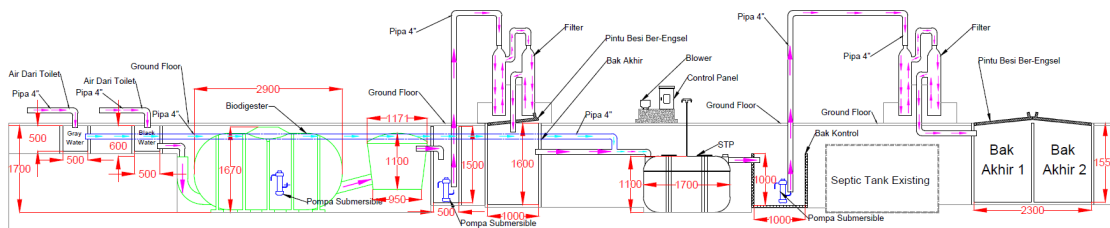
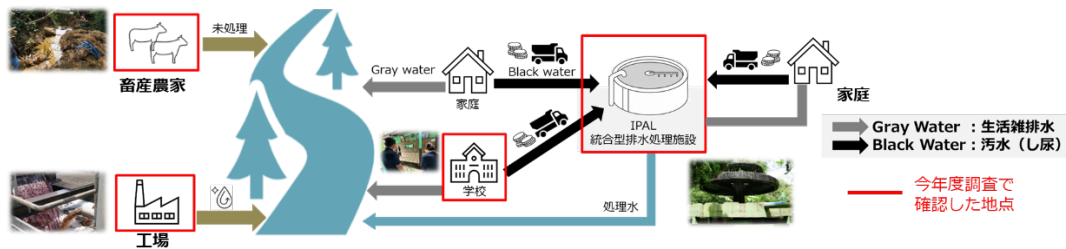


図 5-8 中学校に導入予定の排水処理設備図面

6) 汚染源となり得る地点の調査結果のまとめ

バンドン県環境局から紹介のあった汚染源となり得る地点に対する実態調査及びヒアリング調査の結果、バンドン県では、特に生活排水由来、畜産農家からの水質汚染の要因となっていることが分かった (図 5-9)。



## 図 5-9 バンドン県における生活排水・工業排水処理に関するスキーム

一方、県としてもそれらの汚染への対策として、先行した取り組みとして、嫌気性処理によるバイオガスの生成及び家庭での利用やミミズ養殖を用いた廃棄物の資源化実施しており、これらの取組の県内全体への拡大を目指したい意向を確認した。また、生活排水対策については、公共の生活排水処理施設の老朽化が進んでおり、設備の更新と合わせて、日本の技術の適用を検討したい意向であることを確認した。また、学校についても、先行して嫌気性処理によるバイオガス処理設備の導入を予定しているが、設備の導入と合わせて、学生への環境教育も効率的に行い、排水や廃棄物に対する環境意識を高めていきたい意向であることを確認した。

また、繊維産業においては、排水処理に係る多額の薬品費用や汚泥の処分コストが各企業の固定的な支出となっており、既存の石炭依存のエネルギー構造とあわせて経営上の負担となっていることを確認した。

### 5.2 モデル検討及び今後の方針

バンドン県から紹介のあった汚染源となり得る地点の現地視察およびヒアリング調査の結果を踏まえ、本事業で技術導入対象とするモデルについてバンドン県環境局と協議をし、生活排水対策、産業排水対策の両面からバンドン県における脱炭素型の排水処理モデル及び今後の方針について検討した。なお、協議に際して、後述の6.1.4で示す亀岡市の年谷浄化センター等、本邦技術を紹介している。

#### 5.2.1 生活排水処理に関するモデル

バンドン県全域での対策は土地が広大であることから、本事業では、まずは特に水質汚染原因の寄与度が大きい地域等をターゲットとしてモデル事業を行うことを想定している。バンドン県では、現在、河川流域の直接的な改善・整備を通じて、生活排水や廃棄物による汚染負荷を低減する取組として「エコ・リパリアン開発 (Rintisan Pembangunan Ekoriarian)」を推進している。2022年に県内8カ所を候補地として選定する実現可能性調査を実施済みであるが、具体的な施設整備や運用手法の確立については、今後の検討課題となっていることを確認している (図 5-10)。



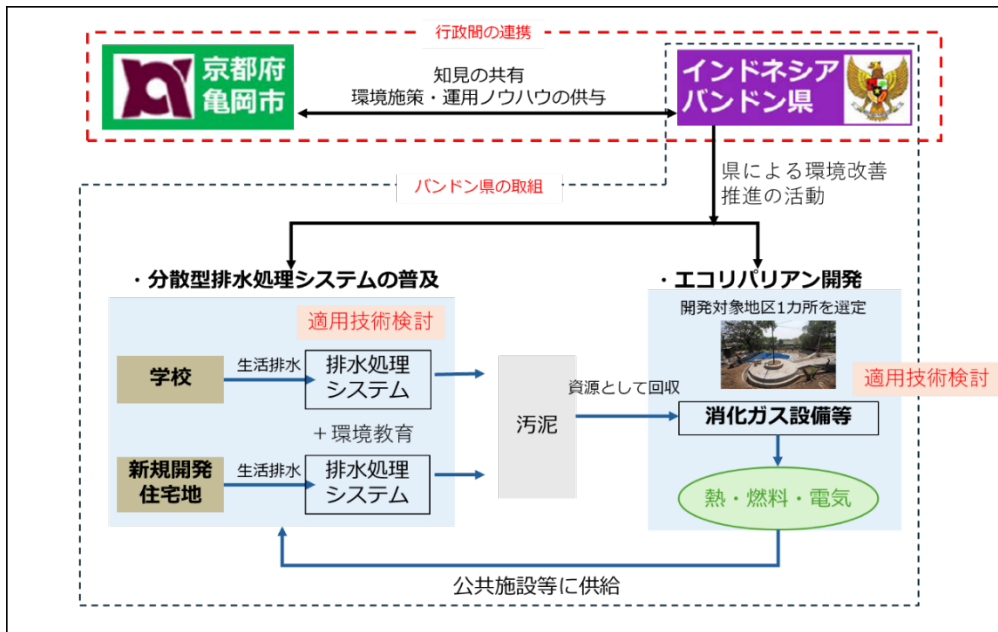


図 5-11 モデル検討イメージ

### 5.2.2 産業廃水処理に関するモデル

繊維工場に起因する産業排水対策については、当社が実施している都市間連携事業の他案件を通じて、愛媛県の愛研化工機社のEGSB技術を活用したモデルを提案している。同社の技術は愛媛県のタオル工場にも導入された実績を有しているため、排水中の成分も類似しており、適用可能性が高いこと確認している（図 5-12）。また、愛媛県で開催された都市間連携セミナーと合わせて、バンドン県環境局長及び職員とともに実際に設備導入されている施設を視察し、技術紹介をした結果、大変高い関心を得ているところである。

同モデルについては、脱炭素効果及び水質浄化に関するシナジー効果が大きいことから、「シナジー型JCMプロジェクト実現可能性調査委託業務」において、導入効果等を含めた詳細な検討を進めており、本事業での報告は割愛する。



図 5-12 愛研化工機社のEGSB設備見学の様子

## 第6章 都市間連携活動・環境省以外の支援機関との連携

### 6.1 亀岡市との政策対話

2026年2月に愛媛県で開催された都市間連携セミナーと合わせて、バンドン県環境局長及び環境局職員の2名を本邦に招聘し、政策対話や亀岡市及び愛媛県の現地視察を行った。

#### 6.1.1 亀岡市長との政策対話

2026年2月4日にバンドン県環境局長及び環境局職員の2名で亀岡市を訪問し、亀岡市長との政策対話を実施した(図6-1)。亀岡市長からは、亀岡市が環境政策に力を入れ始めたきっかけやこれまでの実績を説明いただいたうえで、河川の廃棄物対策という点ではバンドン県と類似していることから、亀岡市の政策や取組内容が参考になるといったコメントをいただいた。バンドン県環境局長からも、亀岡市の取組は非常に参考になるので、すぐにもバンドン県内の政策に反映したい旨のコメントがあった。



図 6-1 亀岡市長との政策対話の様子

#### 6.1.2 亀岡市環境先進都市推進部との意見交換

市長との政策対話の後、亀岡市環境先進都市推進部と脱炭素や資源循環施策に関する具体的な政策や取組内容について意見交換を行った(図6-2)。資料については8.1及び8.2に示す。バンドン県環境局長からは、環境設備導入の前段として、バンドン県の住民に対する環境教育や取組を広げていくための政策について、亀岡市の事例をそのままバンドン県で適用できる可能性がある旨のコメントがあった。



図 6-2 亀岡市環境先進都市推進部との意見交換の様子

### 6.1.3 廃棄物アップサイクルに関するワークショップ参加

亀岡市環境先進都市推進部との意見交換の後、亀岡の環境施策をまとめて学ぶことができる情報発信拠点である「Circular Kameoka Lab（サーキュラーかめおかラボ）」に移動し、廃棄物アップサイクルを体験できるワークショップに参加いただいた（図 6-3）。亀岡市では、レジ袋の提供禁止条例を全国の自治体で唯一制定しており、それと並行し、廃棄されるパラグライダーを回収し、エコバッグ（HOZUBAG）を作る事業を進めることで、取組の効果を高める工夫を行っている。バンドン県環境局長からは、バンドン県の繊維工場からの端材を利用し、同様の取組を実施したい旨のコメントがあった。

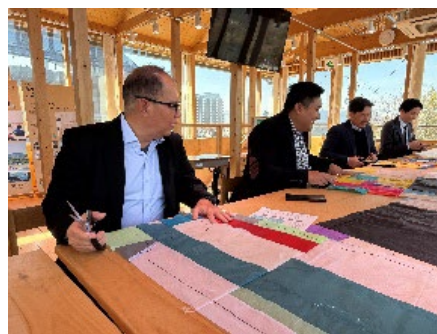


図 6-3 ワークショップの様子

次年度以降、本事業でも、地域特性に応じた形で同様の資源循環モデルをバンドン県で構築することを目指す。亀岡市は、行政主導による資源循環施策の推進に加え、市民・事業者・研究機関が連携する仕組みづくりを通じて、持続可能な循環型社会の形成に取り組んできた実績を有している。本事業では、こうした亀岡市の経験やノウハウをバンドン県に共有するとともに、INGRAM 社や Conture 社といった現地の民間事業者と連携することで、行政と民間、地域コミュニティが一体となった資源循環の取組を段階的に構築していくことを提案する。具体的には、①亀岡市の「Circular Kameoka Lab」に代表されるような、資源循環に関する発信・人材育成の拠点の整備、②保津川の清掃活動のような地域住民を巻き込ん

だ河川域の保全活動の実装、③レジ袋の提供禁止のような廃棄物削減・資源循環に資するような政策の導入、を見据える。また、本調査にて意見交換を実施した INGRAM 社は廃棄物回収スキームの構築やごみ銀行の実装、市民への普及啓発活動における知見が豊富であり、Conture 社は廃棄物を活用したアップサイクル製品の創出やデザイン性を通じた価値発信に取り組んでいることから、バンドン県内のこれら資源循環に関連する企業と連携することで、構想のみならず実際の資源循環施策としての実装が期待できる。

#### 6.1.4 年谷浄化センターの視察

ワークショップ後に、バンドン県が直面している排水処理や汚泥処分の課題に対し、日本の自治体による資源循環の具体的手法を確認するため、亀岡市の年谷浄化センターを訪問した。同センターでは、水処理の過程で発生する汚泥や有機物を有効活用する取り組みとして、消化ガスを利用した発電を行っている。本施設では、下水処理で発生した微生物を含む汚泥を消化工程にかけ、発生したメタンを主成分とする消化ガスを燃料として発電に利用している（図 6-4）。

バンドン県環境局長からは、老朽化した IPAL を対象として、類似技術を導入したい旨のコメントがあった。

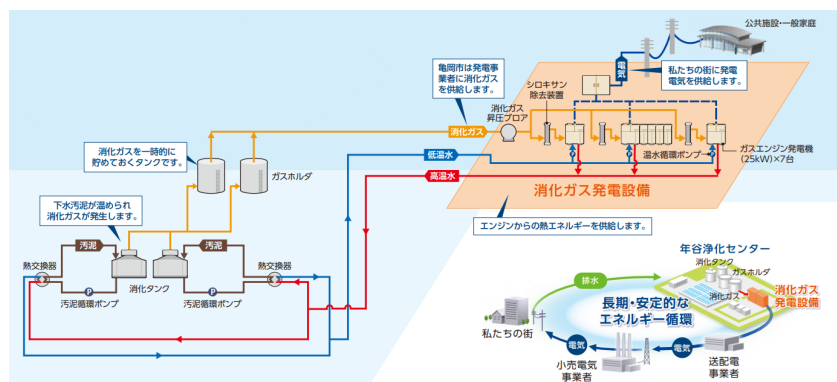


図 6-4 亀岡市年谷浄化センターの消化ガス発電の概要



図 6-5 年谷浄化センター視察の様子（2026年2月）

### 6.1.5 都市間連携セミナー参加

2026年2月5日・6日に開催された都市間連携セミナーに参加し、都市間連携事業の意義や各国での取り組み内容を学ぶとともに、他国の関係者等と意見交換を実施した（図6-6）。



図 6-6 都市間連携セミナー参加の様子

## 6.2 環境省以外の支援機関との連携

環境省以外の各支援機関との連携については、それぞれ現地を訪問し、表6-1の日程で面談を行い、本都市間連携事業の目的や実施内容、JCM化の見通し、各支援機関との将来的な連携可能性等について説明し、協議を行った。いずれの機関からも、本都市間連携事業について前向きなコメントを受領している。

表 6-1 環境省以外の支援機関との連携概要

支援機関	面談日程
在インドネシア日本大使館	2025年7月24日
JICA ジャカルタ事務所	2025年9月10日
JETRO ジャカルタ事務所	2025年9月10日
インドネシア JCM 事務局	2025年12月12日

## 第7章 まとめ

### 7.1 今年度の都市間連携事業の成果

今年度の都市間連携事業の成果の概要を表 7-1 に示す。初年度はバンドン県環境局との連携等により、各事業のポテンシャル調査や事業モデルの形成を行うことができた。また、将来的な JCM 事業化に向け、現地パートナー企業となりうる候補事業者との関係性構築も出来た。

政策移転の面においても、バンドン県環境局長及び職員を亀岡市に招聘し、市長とのハイレベル対話や政策共有を行えたことに加え、実際の脱炭素関連施設訪問や資源循環に関するワークショップ体験を通じて、亀岡市の知見を十分に共有することができた。

表 7-1 今年度の成果の概要

水田メタン削減	<ul style="list-style-type: none"> <li>バンドン県全体のポテンシャルを把握</li> <li>MRV方法論策定に向けた試験サイトを選定</li> <li>バンドン県農業局、農家、バンドン工科大と今後の試験実施に関する連携合意（※MoU締結準備中）</li> </ul>
次世代営農型ソーラーファーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>バンドン県の土地利用実態を把握</li> <li>導入候補となる茶畑、再エネ電力利用先を選定</li> <li>実証試験実施に向けたビジネススキームを検討</li> </ul>
廃棄物アップサイクル	<ul style="list-style-type: none"> <li>繊維工場及び製茶工場からの廃棄物発生量を把握</li> <li>廃棄物の成分分析を実施</li> <li>想定される事業スキームを検討</li> </ul>
脱炭素型排水処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>排水処理制度や処理実態を把握</li> <li>次年度以降の事業モデルを検討</li> </ul>
政策移転	<ul style="list-style-type: none"> <li>バンドン県環境局長・環境局職員を亀岡市に招聘、亀岡市長との政策対話</li> <li>脱炭素政策・資源循環政策に関する意見交換</li> <li>資源循環に関する体験型WSの実施</li> </ul>

### 7.2 次年度の方針案

次年度の方針案を表 7-2 に示す。初年度の成果を踏まえ、各事業について継続的な検討を行う。

水田メタン削減事業に関しては、リファレンスデータの測定を行うための MoU 締結を行ったうえで、夏から秋頃にかけてのメタン排出量の実測を行うことを目指す。

次世代営農型ソーラーファーム事業については、初年度事業でモデル地区の選定が行えていることから、グローバルサウス未来志向型共創等事業費補助金等を活用した小規模実証事業への提案を行うため、現地 EPC 事業者を含めたステークホルダーとの合意や提案

に必要な情報の収集に努める。あわせて、他の野菜や畜産分野への展開可能性を検討し、事業モデル案形成を目指す。

廃棄物アップサイクル事業については、原料調達に向け、新たにポストコンシューマーからの回収スキームの適用を検討する。また、製茶工場からの廃棄茶葉を活用した機能性衣類（ヒジャブ）の製造事業の事業成立性について検討する。

脱炭素排水処理事業については、今年度事業でモデルとなる地区を選定したことから、次年度は規模に適した技術及び装置を選定し、事業効果の検証を行う。また、資金調達方法についても合わせて検討する。

また、次年度からの新規事業として、もみ殻からのバイオ炭製造事業を新たな検討テーマに追加し、ポテンシャル調査や事業スキームの検討を行う。

政策移転に関しては、亀岡市の職員をバンドン県に派遣し、政策のパッケージ移転を目指した現地ワークショップを開催するとともに、ゾーニング手法の共有等を行う。

表 7-2 次年度の方針案

水田メタン削減（継続）	<ul style="list-style-type: none"> <li>関係者間MoU締結（バンドン県農業局、農家、バンドン工科大）</li> <li>リファレンスデータ測定、AWD技術導入試験方法の決定→夏～秋頃の測定開始</li> <li>他地域展開に向けた実施体制構築</li> </ul>
次世代営農型ソーラーファーム（継続）	<ul style="list-style-type: none"> <li>グローバルサウス事業応募準備（2026年度内の応募予定）</li> <li>他分野への展開可能性検討（モデルサイト選定）</li> </ul>
もみ殻バイオ炭（新規）	<ul style="list-style-type: none"> <li>ポテンシャル調査</li> <li>事業スキーム検討</li> </ul>
廃棄物アップサイクル（継続）	<ul style="list-style-type: none"> <li>ポストコンシューマー回収による原料調達可能性検討</li> <li>茶殻の再利用による高付加価値化事業の可能性検討</li> </ul>
脱炭素型排水処理（継続）	<ul style="list-style-type: none"> <li>エコリパリアン開発地区をモデルとした脱炭素型排水処理モデルの導入可能性検討</li> <li>実施体制、資金調達方法検討</li> </ul>
政策移転	<ul style="list-style-type: none"> <li>亀岡市職員のバンドン県訪問、政策のパッケージ移転に関する現地ワークショップ開催</li> <li>ゾーニング手法の共有</li> </ul>

以上