

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  
(愛媛県・タミルナドゥ州都市間連携による  
環境ビジネス創出支援事業)

報告書

令和8年3月

日本エヌ・ユー・エス株式会社

愛媛県



## 目次

1. 本事業の目的と背景 .....	1
1.1 目的.....	1
1.2 背景.....	1
1.3 実施体制.....	2
2. タミルナドゥ州の概要.....	4
2.1 タミルナドゥ州に関する基礎情報.....	4
2.2 タミルナドゥ州政府について.....	5
2.3 タミルナドゥ州の脱炭素化政策.....	5
3. 電動三輪自動車の導入促進分野.....	6
3.1 背景・導入技術の概要.....	6
3.2 技術導入モデルの検討.....	7
3.2.1 適合地点の調査.....	7
3.2.2 事業モデルの検討.....	13
3.3 効果検証.....	14
3.4 成果のまとめ及び今後の提案.....	17
4. 都市廃棄物の再資源化分野.....	19
4.1 背景・導入技術の概要.....	19
4.2 現状と課題の把握.....	19
4.2.1 廃棄物管理に関する法制度.....	19
4.2.2 廃棄物管理の現状.....	21
4.2.3 課題と対象技術の特定.....	24
4.2.4 廃棄物由来固形燃料に関連する国内事例.....	25
4.3 事業モデル検討.....	27
4.4 効果検証.....	28
4.5 成果のまとめ及び今後の提案.....	29
5. 工場排水の処理及びエネルギー回収分野.....	31
5.1 背景・導入技術の概要.....	31
5.2 技術導入モデルの検討.....	34
5.2.1 インドの排水管理に関する政策・制度動向.....	34
5.2.2 適合地点の調査.....	37
5.2.3 事業モデルの検討.....	47
5.3 効果検証.....	50
5.4 成果のまとめ及び今後の提案.....	51
6. 支援機関との連携.....	52
7. 環境省主催の都市間連携セミナーへの参加.....	53
8. 成果のまとめ.....	53
9. 補足・参考資料.....	54



## 目次

図 1-1	愛媛県とタミルナドゥ州の連携の経緯	2
図 1-2	本事業の概要および実施体制	3
図 2-1	タミルナドゥ州の位置	4
図 3-1	車両制御ユニット（VCU）の仕組み	6
図 3-2	公共車両としての電気三輪自動車の導入事例	10
図 3-3	民間企業による電動三輪自動車の導入事例（工業団地 Sri City にて確認。REEP 社製）	10
図 3-4	交通タクシー用途での電動三輪自動車の導入事例（デリーにて撮影）	10
図 3-5	事業モデル（案 1）のイメージ	13
図 4-1	RPF 製造装置（左）と RPF（右）	19
図 4-2	廃プラスチックからのアスファルト改質剤製造イメージ	19
図 4-3	インド国内の廃棄物発電所、RDF プラント、セメント工場の位置関係 <sup>18</sup>	21
図 4-4	インドにおける廃棄物のマテリアルフロー	21
図 4-5	Kodungaiyur landfill site の視察時の状況	22
図 4-6	Kabadiwalla 社が提供する廃棄物回収車	23
図 4-7	L1 アグリゲーターの様子	23
図 4-8	L2 アグリゲーターの様子（硬質プラスチック専門）	24
図 4-9	RPF 事業の実施体制案	27
図 4-10	RPF 事業の実施体制案（再掲）	30
図 5-1	EGSB 法の概要	32
図 5-2	株式会社愛研化工機の染色工場への設備導入検討内容	33
図 5-3	タミルナドゥ州における主要繊維産業拠点の分布	38
図 5-4	一般的な ZLD のプロセス	39
図 5-5	染色会社代表との面談（2025 年 8 月 19 日）	39
図 5-6	CETP と各工場の三系統の配管ラインのイメージ	40
図 5-7	Murugampalayam CETP 原水収集・搬送ネットワークマップ	41
図 5-8	処理フロー	45
図 5-9	MURUGAMPALAYAM CETP の設備	45
図 5-10	A 社の製品例	46
図 5-11	A 社の排水処理設備	47
図 5-12	EPC 事業者候補と	48
図 5-13	愛研化工機設備導入事業の実施体制案	49
図 6-1	在印大使館、JICA インド事務所、JETRO デリー事務所との面談の様子	52
図 8-1	本年度事業の成果、実施課題、次年度計画	53

## 表目次

表 3-1	インド重工業省によるEV関連の補助金制度.....	7
表 3-2	タクシー用途でのオートリキシャのビジネスモデル.....	11
表 3-3	活用可能性のある日本政府による事業.....	16
表 4-1	インドにおけるRDF（フラフ燃料）の成分組成.....	26
表 5-1	株式会社愛研化工機による排水処理実績例.....	33
表 5-2	産業排水放流基準（TNPCB B.P. Ms. No. 30, 1984年2月21日制定）.....	35
表 5-3	繊維産業共同排水処理場（CETP）流入水質基準.....	36
表 5-4	繊維産業の排水処理後の水質基準.....	36
表 5-5	Murugampalayam CETPに接続している企業一覧.....	42
表 5-6	繊維染色排水の水質の例.....	43
表 5-7	回収された塩の成分分析結果.....	44

## 1. 本事業の目的と背景

### 1.1 目的

2022年に公表された気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書第3作業部会報告書によると、世界のGHG排出量の約7割が都市由来とされており、パリ協定で定める1.5度目標の達成に向けては、都市における気候行動の加速が必要不可欠である。日本は、国と都市が協働してゼロカーボンシティの実現を実現するため、2021年6月に策定された地域脱炭素ロードマップの下、脱炭素先行地域を100か所以上創出し、全国に拡大する取組を進めている。

世界全体での脱炭素社会の実現に向けては、特に経済成長が著しく今後GHG排出量の増加が見込まれる途上国等において、持続可能な脱炭素社会構築への動きを加速させることが必要であり、社会経済の発展を支える活動の場である都市の脱炭素化に向けて、国際的にも都市の取組を支援する動きが強化されている。

上記のような背景を踏まえ、本事業では、脱炭素社会形成に関する経験やノウハウ等を有する愛媛県とともに、県内の民間企業・大学等の連携とも図りつつ、海外のパートナー都市における脱炭素社会形成、環境汚染・循環経済・自然再興（ネイチャーポジティブ）を含むタミルナドゥ州の課題に対して包括的な取組及び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。

### 1.2 背景

愛媛県は、2012年に全国に先駆けて営業本部（現在の産業雇用局産業政策課）を設置し、商社出身の中村知事のもと県内企業の国内外でのビジネス展開を強く促進してきた。海外展開にも力を入れており、毎年実施される東南アジア各国での経済交流ミッションの実施を基盤に、これまでベトナム、インドネシアにおいてそれぞれ経済協力に係る覚書を締結し、自治体間連携に基づく県内企業のビジネス展開を支援している。

タミルナドゥ州との連携は、2024年1月に「経済協力に係る覚書」の締結から始まった。同時に実施された経済交流ミッションにおいては、愛媛県幹部職員、県内企業、県商工会、大学等合計約80名が参加し、県内関係者の同州におけるビジネス展開への関心の高さが伺えた。現地財閥のムルガッパグループとの面談においては、環境技術を有する三浦工業株式会社、株式会社愛研化工機、株式会社ダイキアクシスの技術について、代表のムルガッパン氏が非常に高い関心を示し、その後も各企業とムルガッパグループの協議は続いている。

同年5月には、現地進出を支援するための現地活動及び支援拠点として、愛媛県として愛媛県インドサポートデスクを設立した。また同年11月には、愛媛県独自予算により、現地課題と県内環境技術のマッチング事業を実施した。その中で、複数の県内企業技術の導入ニーズを確認し、更に、本都市間連携事業における愛媛県による脱炭素化に係る協力及び県内企業技術の導入による現地課題解決に、タミルナドゥ州政府が高い関

心を示したことから、本事業の実施に至っている。テーマについては、事前調査の結果から、交通、廃棄物、廃水分野に係る脱炭素事業創出可能性を見出しており、本事業にて詳細な実現可能性調査を実施することとなった。

2025年2月には、愛媛県が第2回目の経済交流ミッションを開催し、第1回目よりも多くの企業が参加のもと、県内企業と現地関係者とのビジネスマッチング等を実施した。特に株式会社愛研化工機の排水処理設備については、現地企業から複数の引き合いを受け、現地ニーズの高さが見受けられた。

本事業開始後の2025年7月には、タミルナドゥ州政府幹部が愛媛県を訪問し、商工大臣と中村県知事の面談、県内企業視察、県内企業との交流会等を実施し、両自治体の交流を深めている。交流は経済交流に限らず、2025年12月には、ムルガッパン氏との協議から、愛媛県から10数名の高校生がタミルナドゥ州を訪問し、現地大学や現地政府機関を視察するといった高校生の交流事業が実現したほか、インド人材の愛媛県への派遣事業についても進んでいる。これまでの連携の流れについて下図に示す。



図 1-1 愛媛県とタミルナドゥ州の連携の経緯

### 1.3 実施体制

本年度の業務実施体制は、下図の通りである。愛媛県とタミルナドゥ州が締結した経済協力に係る覚書のもと、タミルナドゥ州政府公社であり、海外からの投資誘致等を担当するガイダンス・タミルナドゥがカウンターパートとなり、事業を実施している。

事業化の検討に際しては、“電動三輪自動車（オートリキシャ）の導入促進分野”、“都市廃棄物の再資源化分野”、“工場排水の処理及びエネルギー回収分野”の3つの分野での検討を実施した。愛媛県内企業として、ASEAN を中心に電動三輪自動車の販路開拓を進める BEMAC 株式会社、廃棄物の燃料化技術を有するエビス紙料株式会社、

排水処理や汚泥等のメタン発酵設備の設計・施工に実績のある株式会社愛研化工機と連携した。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担っている。



図 1-2 本事業の概要および実施体制

## 2. タミルナドゥ州の概要

### 2.1 タミルナドゥ州に関する基礎情報

タミルナドゥ州は、インド最南部に位置する人口約7,600万人（2021年推計、インド全人口の約5.8%）の州であり、州都は南インドの政治・経済・文化の要となる同国第四の都市チェンナイである。16世紀以降、ポルトガルやオランダ、フランス、イギリスが進出し、1611年以降はイギリス東インド会社の支配が広がり、マドラス総督領として植民支配が確立した。独立後、1956年にマドラス州が創設され、その後、1969年にタミルナドゥ州に改称された歴史がある。

南インドの玄関口として貿易や製造業で栄えてきた同州の経済規模は、南部諸州最大であり、名目州内総生産はインド内で第2位である。産業構成比は1次産業が13%、2次産業が32%、3次産業が55%で、主要産業は、自動車、自動車部品、プラント、化学、セメント、機械、医薬品、繊維等が挙げられる。工場の数は州の中で最多で、2022年度時点で49,619あり、通称「インドのデトロイト」や「南インドの窓口」と呼ばれている。

また、日系企業として日産、ヤマハ、パナソニック、東芝、コマツ、フジテック、日揮等の190社が進出しており、愛媛県内からはダイキアクシス、フラスコ、ユニ・チャーム、アドバンテック、TECH. I. S.、日泉化学、井関農機、TMTマシナリー等が支社、工場等を構えている。また、日系工業団地については、ワンハブ・チェンナイ工業団地、オリジンズ・チェンナイ工業団地、双日マザーサン工業団地の3つが所在する。

経済成長率も高く、2024年度には2023年度に続き8%超の経済成長率を記録している<sup>1</sup>。一人当たり所得も全国平均を大きく上回り、全国4位の値となっている。

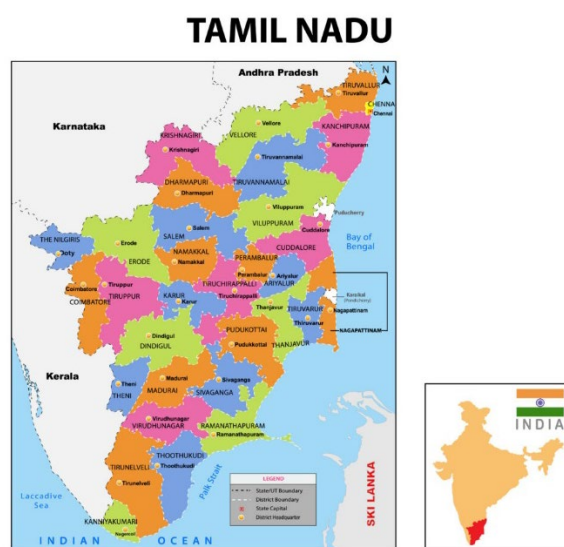


図 2-1 タミルナドゥ州の位置

<sup>1</sup> <https://www.jetro.go.jp/biznews/2025/03/4b49330f0459535c.html>

## 2.2 タミルナドゥ州政府について

タミルナドゥ州首相は、ドラーヴィダ進歩同盟の M. K. スターリン氏が 2021 年から務めており、州知事は R.N.ラヴィ氏が務めている。州知事（Governor）は名目上の元首であり、行政の事実上の最高責任者は州首相（Chief Minister）で閣僚会議（Council of Ministers）とともに行政を担う。その下に、IAS（インド行政官）最上級である行政官僚トップ（Chief Secretary）が配置され、全省庁事務の統括、行政命令の発布を担っている。閣僚会議は、州首相が指名し、州知事の任命を受けた各分野の大臣で構成され、その元に各省が存在する。

政党は、ドラーヴィダ進歩同盟、全インド・アンナー・ドラーヴィダ進歩同盟などの地域政党に加え、国民会議派、インド人民党、インド共産党、インド共産党マルクス主義派などのインド全国政党も活動しており、計 234 議席を持つ。1980 年代以降、ドラーヴィダ進歩同盟、全インド・アンナー・ドラーヴィダ進歩同盟の二大政党による対立構造が継続している。2026 年 4 月～5 月には州議会選挙が開催予定であり、動向を注視する必要がある。

本事業のカウンターパートであるガイダンス・タミルナドゥは、タミルナドゥ州産業・投資促進のため、産業省のもと活動する公社である。海外からの投資誘致や現地でのビジネス支援窓口を担っており、事業参入や投資に関する情報提供、現地視察・セミナー・企業面談の支援等を行っている組織である。本事業採択直後の 2025 年 7 月には、同局のラジャ商工大臣とともにガイダンス・タミルナドゥ職員 10 数名が来県し、両自治体間の経済交流に係る協力の動きが加速している。

## 2.3 タミルナドゥ州の脱炭素化政策

脱炭素施策に関しては、2024 年 2 月に「タミルナドゥ州における温室効果ガスインベントリおよびネットゼロへの方策 (Tamil Nadu's Greenhouse Gas Inventory and Pathways for Net-Zero Transition)」<sup>2</sup>を公表している。冒頭の M.K.スターリン州知事の挨拶文には、国の 2070 年カーボンニュートラルにコミットすることが述べられていることに加え、その目標を達成するための野心的な方策が整理されており、脱炭素”宣言”という形ではないものの、実質的には 2070 年カーボンニュートラルを表明しているといえる。ネットゼロ達成の方策としては、2030 年までに州の電力の 50%を再生可能エネルギーで賄うといった野心的な目標を有している。

タミルナドゥ州政府との意見交換においても、JCM 設備補助事業の活用による脱炭素化・低炭素化設備の導入、それに伴う州政府の脱炭素化施策への貢献に意欲的な姿勢であり、ガイダンス・タミルナドゥとの密な連携により、現地企業との面談や、現地の状況に則した調査を実施することができた。

---

<sup>2</sup> <https://www.ceew.in/sites/default/files/tamil-nadus-greenhouse-gas-inventory-and-pathways-for-net-zero-transition.pdf>

### 3. 電動三輪自動車の導入促進分野

#### 3.1 背景・導入技術の概要

本事業では、愛媛県今治市に本社を有する BEMAC 株式会社と連携の下、調査を実施した。同社は、造船業が盛んな今治市にて、船舶等の制御・配電・通信機器・PM 発電機（船用軸発、風力発電）の製造、販売、工事を実施する船用電気機器のトップメーカーであり、新規事業として 2012 年から EV 市場に参入し、低速電動車両、PCU（パワーコントロールユニット）、EV コンバージョン車両、及び VCU（ビークルコントロールユニット）の開発を行ってきた。EV 事業においては、特に電動三輪自動車（E トライシクル）の東南アジアへの展開に注力しており、2013 年にはフィリピン共和国で子会社（BEMACELECTRIC TRANSPORTATION PHILIPPINES INCORPORATED）を設立したのち、2016 年には同国政府が ADB と実施した電動化プロジェクトにて 3,000 台を獲得した実績がある。また NEDO や JICA 事業を活用して事業の立ち上げに至っており、海外での事業開発の知見を有する。

同社の特徴的な技術は、車両総合監視システムである VCU（ビークルコントロールユニット）である。これは、インバータや BMS などの搭載機器から情報を得ることで車両全体を監視、制御する ECU を搭載しており、車両の安全性や省エネの向上に寄与する。

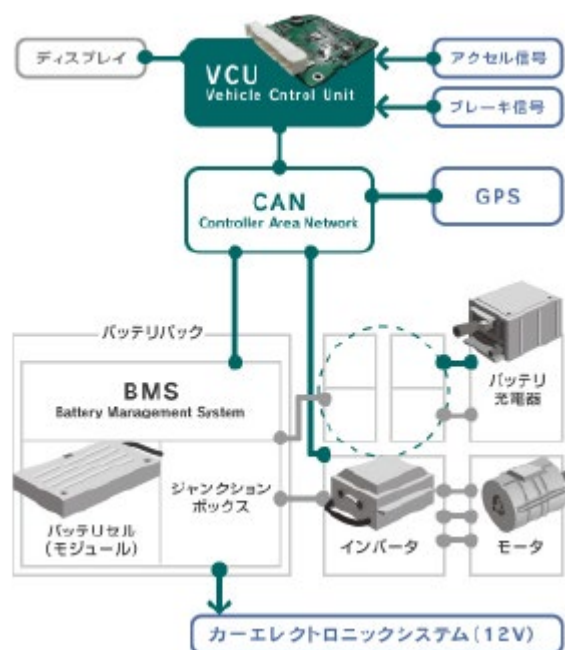


図 3-1 車両制御ユニット (VCU) の仕組み<sup>3</sup>

同社は従前より、フィリピン共和国に続く展開先として、インドに着目してきた。フィリピンと同様に、タクシー用途での三輪自動車（オートリキシャ）がすでに普及して

<sup>3</sup> <https://www.bemac-jp.com/ev.html>

いることや、政府による EV 普及促進政策などが追い風となることに加え、同社の VCU の搭載による経済性や安全性向上、および“ジャパンプランド”がインド市場における訴求力となることが期待される。

昨今インドの自動車産業は急成長を遂げており、特に EV 製造は地場企業であるタタ・モーターズを筆頭に産業クラスターが成熟している。また後述のとおり、国内生産を促進するための「メイクインインディア政策」によるビジネス環境の分析から、本事業では、同社自身による現地製造ではなく、地場企業に対して技術提供を行って製造する事業モデルを中心に、調査および検討を実施した。

## 3.2 技術導入モデルの検討

### 3.2.1 適合地点の調査

#### (1) 電気自動車に関連する法制度・政策

インドでの事業戦略を検討する際、現地の EV 推進施策や規制を把握し、現地企業の置かれている状況を理解することが重要である。そこで本調査では初めに、インド政府における電気自動車関連の法制度および政策について調査を行った。

まず、インド中央政府による EV 製造に関する補助金制度は、製造事業者に対するものと購入者に対するものの両方があり、需給両面から EV 製造・導入を推進している。補助金制度は、インド重工業省（Ministry of Heavy Industries）が管轄しており、すでに実施期間が終了したものも含めて、下表のような補助金制度が実施されてきた。

表 3-1 インド重工業省による EV 関連の補助金制度

制度名称	概要
FAME India Phase II (Faster Adoption and Manufacturing of (Hybrid &) Electric Vehicles in India Scheme Phase-II)	実施期間：2019年4月1日～2024年3月31日 予算総額：₹11,500 crore 補助対象： ・ e-2W、e-3W、e-4W、e-バス、公共充電ステーションの製造・普及に対する補助
PLI-Auto (Production Linked Incentive (PLI) Scheme for Automobile and Auto Component Industry in India)	実施期間：2021年9月23日承認 予算総額：₹25,938 crore (各社上限₹6,485 crore.) 補助対象： ・ 先進自動車技術製品の国内製造拡大を目的とし、 <u>50%以上の国内付加価値 (DVA) を条件に補助金を支給。</u> ・ 2輪車、3輪車、乗用車、商用車、トラクター、軍用自動車、および技術開発に応じて重工業省が規定するその他の先進自動車技術車

	両など、すべてのセグメントのバッテリー電気自動車および水素燃料電池車に適用
PLI-ACC ( PLI Scheme for Advanced Chemistry Cell (ACC))	実施期間：2021年5月12日承認 予算総額：₹18,100 crore 補助対象： ・ 年間50 GWh分のバッテリーセルを製造する国内エコシステムの構築を目指す。
PME-DRIVE (PMElectric Drive Revolution in Innovative Vehicle Enhancement (PM E-DRIVE) Scheme)	実施期間：2024年9月29日から2年間 予算総額：₹10,900 crore 補助対象： ・ e-2W、e-3W、e-トラック、e-バス、e-救急車、充電施設、テスト機関の設備強化を支援。
PM e-Bus Sewa-PSM (PM e-Bus Sewa-Payment Security Mechanism (PSM) Scheme)	実施期間：2024年10月28日通知 予算総額：₹3,435.33 crore 補助対象： ・ e-バス運行事業者への支払い保証を整備し、3万8,000台以上の導入を支援。
SPMEPCI ( Scheme for Promotion of Manufacturing of Electric Passenger Cars in India)	実施期間：2024年3月15日通知 補助対象： ・ 電気自動車 (e-4W：電動四輪乗用車) の国内生産を促進し、インドをグローバルなEV製造拠点とすることを目的とした資金支援制度。 ・ 承認された事業者には、関税免除等の優遇措置が5年間適用。 ・ 事業者の義務として、3年以内に最低₹4,150 croreの投資およびDVA50%達成 (3年目に24%、5年目に50%) が課せられる。

(出典：インド重工業省公表資料<sup>4</sup>より、日本エヌ・ユー・エス株式会社作成)

また、インド中央政府と同様に、タミルナドゥ州においても交通電動化を強力に推進しており、州独自の補助金制度や起業支援を実施している。ガイダンス・タミルナドゥによると、州独自で以下のような支援策が実施されている<sup>5</sup>。

<sup>4</sup> <https://www.pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=2082747>

<sup>5</sup> Guidance Tamil Nadu ウェブサイト ([https://investingtamilnadu.com/DIGIGOV/TN-pages/individual-sector.jsp?pagedisp=static&sector=sunrise\\_electric\\_vehicles](https://investingtamilnadu.com/DIGIGOV/TN-pages/individual-sector.jsp?pagedisp=static&sector=sunrise_electric_vehicles))

- 政策策定：タミルナドゥ州におけるEV投資を促進するため、2023年に電気自動車政策を策定（Tamil Nadu Electric Vehicles Policy 2023）
- 投資誘致：EVセクターに16,000億ルピー相当の投資を誘致し、26,000人の雇用を創出
- EV分野のスタートアップ企業支援：オフィススペース、共用施設、メンタリングサポート等のインキュベーションサービスを提供

なお、上記は製造事業者に対する支援であるが、タミルナドゥ州では購入者に対する支援も充実しており、需給両面からEVの普及にアプローチしている。

例えば、2021年に制定されたTamil Nadu Industrial Policy 2021<sup>6</sup>では、EVの導入に対して25%の補助金を提供することで製造業におけるEV導入を促進している。その他、製造者に対しては、ARAIやICATなどの認証取得費用の半額補助等のインセンティブを付与している。その後2023年に制定されたTamil Nadu Electric Vehicles Policy 2023では、EVの道路税、登録料、許可料を免除することで導入促進を図っている。また、チェンナイ、コインバトール、マドゥライ等6都市をEV都市として宣言し、10年以内にオートリキシャとバスの電動化を段階的に進めるロードマップを策定中としている<sup>7</sup>。

このような政策による後押しの効果もあり、タミルナドゥ州は、インドで販売される電動二輪車の70%を製造する一大製造拠点として台頭している。

今後もさらなる製造量の拡大が予想されており、例えばOla Electric Mobilityの世界最大の電動スクーター工場（年間生産能力200万台）は、2030年までに電動二輪車の生産能力を1,000万台に拡大する計画と発表している。また、インドで初めてのCKD電気自動車<sup>8</sup>「Hyundai Kona」はチェンナイのヒュンダイ工場で組み立てられており、地場企業の製品に限らない柔軟な産業構造となっていることも伺える。

## (2) 電動三輪自動車の導入事例

事業モデルを検討するため、インド全土およびタミルナドゥ州における電動オートリキシャの導入事例を調査した。導入事例は4つのタイプに分類された。

1つ目は、公共車両の電動化である。Greater Chennai Corporation（タミルナドゥ州政府公社）では、すでに2,044台の電動三輪自動車を購入済みであり、各家庭から最終処分場への有機性廃棄物の運搬に使用されている。

<sup>6</sup>[https://investingintamilnadu.com/DIGIGOV/StaticAttachment?AttachmentFileName=/pdf/sector/Industrial\\_Policy\\_2021.pdf](https://investingintamilnadu.com/DIGIGOV/StaticAttachment?AttachmentFileName=/pdf/sector/Industrial_Policy_2021.pdf)

<sup>7</sup>[https://investingintamilnadu.com/DIGIGOV/StaticAttachment?AttachmentFileName=/pdf/poli\\_noti/TN\\_Electric\\_Vehicles\\_Policy\\_2023.pdf](https://investingintamilnadu.com/DIGIGOV/StaticAttachment?AttachmentFileName=/pdf/poli_noti/TN_Electric_Vehicles_Policy_2023.pdf)

<sup>8</sup> CKD電気自動車とは、部品をすべて分解された状態で輸出し、現地の工場を組み立てて完成された電気自動車のことをいう。



有機性廃棄物の回収・運搬の様子



導入済みの車種（eROYCE）<sup>9</sup>

図 3-2 公共車両としての電気三輪自動車の導入事例

2つ目は、民間企業による活用である。タミルナドゥ州に隣接するアンドラプラデッシュ州に構える工業団地 Sri City では、主に工業団地内の移動用途で運営会社 Sri City および工業団地内企業が電動三輪自動車を導入している。

3つ目として、個人事業における活用である。例えば、農家などの物資運搬や個人タクシーにおける利用事例がある。なお、現状、電動三輪自動車のタクシーは少数派であり、チェンナイよりもデリーの方が多く確認された。



図 3-3 民間企業による電動三輪自動車の導入事例（工業団地 Sri City にて確認。

REEP 社製）



図 3-4 交通タクシー用途での電動三輪自動車の導入事例（デリーにて撮影）

最後に、企業/団体による寄付によって導入された事例も確認できた。例えば、障がい者の雇用創出を目的とした車両の寄付<sup>10</sup>、女性の雇用創出を目的とした訓練用車両の寄付<sup>11</sup>、ロータリークラブからの経済難の若者への寄付<sup>12</sup>といった事例が確認された。

<sup>9</sup> <https://eroyce.in/>

<sup>10</sup> <https://nusrattrust.org.uk/auto-rickshaw-project/>

<sup>11</sup> <https://innerwheelindia.in/project-details/6E5361E8-8630-F011-BE69-0015D53687A/proposed-project-donation-for-training-of-driving-for-2-auto-rickshaw/mumbai>

<sup>12</sup> <https://esrag.org/project/indian-club-launches-rotary-e-rickshaw-project/>

### (3) 適合地点の調査

上述の電動三輪自動車の導入事例調査の結果から、本事業における車体の導入先としても、①公共車両、②工業団地、③交通タクシー、④民間企業による寄付先、の4つの候補があると考えられた。

まず、①公共車両については、前述のとおり、有機性廃棄物の運搬用途で約 2000 台の電動三輪自動車を導入したばかりであることに加え、Greater Chennai Corporation へのヒアリングにおいても、現時点でそれを増台する計画は確認されなかった。今後廃棄物回収に限らず増台の可能性はあるため、導入先の候補としては残るが、詳細な調査は可能性が見出された以降とすることとした。

②工業団地への導入については、BtoB での交渉となるため導入までのスピード感が期待できることや、工業団地の運営母体だけでなく、工業団地内の個別企業へのアプローチも検討できることから、実現可能性が高いと考えられたため、今年度詳細な調査を実施することにした。調査結果は本項後半に記す。

③交通タクシーについては、充電システムの販売・オペレーション会社や電気自動車製造事業者等へのヒアリングにより事業形態を調査した。下表のとおり、事業形態はエリアによって異なり、チェンナイでは複数台を所有するオーナーがドライバーに車体を貸し出すビジネスモデルで運用されている一方、デリーでは個人事業主型で、ドライバー本人が車体を購入しタクシー営業をしながらローン返済の仕組みである。本事業では、日本政府の事業を活用して車体の開発や導入を実施することを目指して検討を進めており、どちらの仕組みにしても個人相手の事業になってしまう点において、事業組成やその後のフォローアップのハードルが高いと考えられた。一方、デリーについては、CNG オートリキシャの電動化の計画があり、ドライバーを取りまとめるのが個人ではなく企業であれば連携の余地はあるため、可能性は残しつつ、具体的な可能性検討は次年度以降に実施することとした。

表 3-2 タクシー用途でのオートリキシャのビジネスモデル

【チェンナイ】	【デリー】
オーナーが電気三輪自動車を複数台所有し、タクシードライバーに貸し出している。ドライバーは1台 5000IRP をオーナーに支払って車両を借りる。1日 120km 程度稼働し、1日の終わりに売上高に関わらず 2500IRP を一律でオーナーに支払う。ドライバーはタクシー業務での売り上げとは別に、月給として 3000IRP を得る。	個人でローンを組んで車両を買い、仕事をしながらローンを返すという仕組みで運営されている。 なお、州政府が CNG オートリキシャを段階的に廃止し電動オートリキシャに置き換える計画を進めているが、正確な目標達成年は確定していない。

④民間企業による寄付事業と連携した車体導入については、本事業でコネクションのある大企業への提案の余地がある。現時点では電動三輪自動車の現地製造に向けた検討中であり、具体的な提案には尚早なフェーズであるが、今後も視野に入れて調査を進めていく。

上記のように①～④のすべてを検討した上で、本調査では最も可能性が高いと考えられた②工業団地への導入可能性について調査を実施した。

導入先候補として、チェンナイから約 55km 北部に位置する工業団地 Sri City の運営会社へのヒアリングを実施した。Sri City は、グローバル企業を誘致して製造・物流拠点として発展しており、ダイキン、ユニ・チャーム、いすゞ自動車等の日系企業も工業団地内に工場や拠点を持つ。愛媛県のタミルナドゥ州での経済交流ミッションでも訪問先となっており、関係も良好である。

そこで、2025年8月20日に Sri City の管理会社 (Sri City (P) Ltd) へのヒアリングを実施し、BEMAC 株式会社の技術や電気三輪自動車の導入に対する Sri City としての関心を伺った。面談において、Sri City は環境配慮型工業団地 (Eco Friendly Park) を目指しており、本事業のコンセプトと親和性が非常に高いとのコメントを得た。電気自動車については、運営会社として工業団地内に導入している車体もあるが、基本的には個社の裁量で導入されている状況である。Sri City として導入している電気三輪自動車は、OMEGA SEIKI 製であり、価格帯は2~3Lakh (20~30万 INR=33万~50万円) とのことであった。なお、敷地面積が広いため、航続距離が200~300kmの電動四輪自動車が好きで導入される傾向にある。電動三輪自動車のニーズは、貨物運搬用より乗客用にあるが、積載量が多いモデルが好まれる傾向にある。また、貨物運搬用のEVトラックのニーズが高いが、価格面から導入を諦める企業が多い、とのことである。

ヒアリングの結果から、Sri City の運営会社においては貨物運搬用の四輪自動車のニーズが最も高く、乗客用の電動三輪自動車のニーズはそれほど高くない印象を受けた。一方で、敷地面積が広いため、電動三輪自動車は工業団地内の移動手段としての利便性が高いことから、今後も導入先候補としてアプローチを図ることとする。また、Sri City 以外の工業団地や、工業団地に入居する個別企業も候補となり得るため、引き続き調査を進めたい。

なお、現地調査において、場所や用途により、求められるスペックや車体デザインが異なることが確認できたため、ターゲットングを明確にした上で、インドへ技術導入する場合のスペック等を検討する必要がある。

### 3.2.2 事業モデルの検討

本調査ではインド タミルナドゥ州への電動三輪自動車の導入による脱炭素化を最終目標としているが、今年度は初年度の調査として、BEMAC 株式会社の技術導入の方法を、現地カウンターパート候補との面談によって、検討した。検討においては、以下の3つの戦略案を予め想定し、調査を実施した。

なお、インド中央政府は、インドを国際的な製造拠点にするための国家戦略「メイクインインディア政策」を推進している。電気自動車産業も例外ではなく、表 3-1 に示すように、補助金制度や免税等の優遇措置の対象者に国内付加価値（DVA）50%の達成を課すなどといった施策で、国内製造を推進している。よって、日本から部品や車体そのものをインドに輸出する事業モデルは考えにくく、また現地生産によるコスト削減によって製品価格を抑えるという観点からも、インド国内での製造が現実的である。

#### 案 1：EV メーカーへの技術提供（OEM）

BEMAC 株式会社とインドの EV メーカーがライセンス契約を結び、BEMAC 株式会社の電動三輪自動車を、部品を現地調達した上で、製造・販売する。

#### 案 2：EV 関連部品メーカーとの技術連携

同社と部材メーカーが VCU や BMS に関するライセンス契約を交わすことで同社の技術を搭載する部材を製造する。部材メーカーがモーターや EV メーカー等に部材を提供し、最終的には BEMAC 株式会社の技術を搭載した車体をインド国内で製造・販売する。

#### 案 3：車体の導入 ※案 1 または案 2 を達成した後のイメージ

日本政府の補助金制度やインドの EV 補助金等の経済的支援を獲得した上で、インドで製造された電動三輪自動車をインドに導入する。

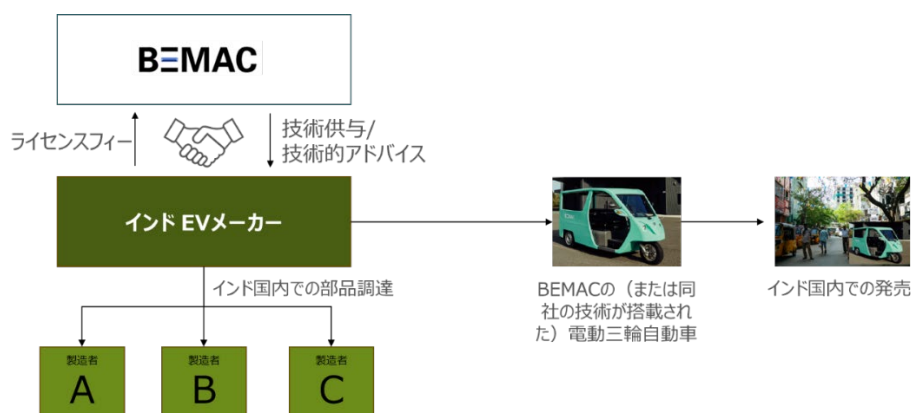


図 3-5 事業モデル（案 1）のイメージ

上記 3 つの戦略を念頭に、本調査では現地カウンターパート候補との面談を実施した。結果は以下のとおりである。

### 【面談依頼】

デスクトップ調査によりチェンナイ・デリーを中心に、電動三輪自動車の製造業者を調査し、面談を依頼した。加えて、現地協力会社の人脈も活用し、関連し得る企業に対して面談を依頼した。

- ・チェンナイ近郊：10社（メーカー7社、EV充電装置開発会社、Sri City、他）
- ・デリー近郊：10社（メーカー4社）

### 【面談実施】

面談を承諾した企業との商談を、対面またはオンラインで下記のとおり実施した。

- ・チェンナイ近郊：6社（メーカー3社、EV関連部品会社、Sri City、他）
- ・デリー近郊：4社（メーカー）

【MOU締結】：1社（EV関連部品会社）

現地調査後、オンラインでの協議を重ね、BEMAC株式会社の技術に非常に強い関心を示した1社とMOUの締結に至った。現在、技術供与に向けた詳細な協議を実施中であり、より具体的な検討フェーズに移行したところである。

## 3.3 効果検証

工業団地内で使用されるCNGオートリキシャを、電動三輪自動車に代替した際のGHG排出量削減効果を算出した。

まず、Sri City立地企業220社を対象とし、各工場敷地内で移動用として、CNGオートリキシャの代替で電動オートリキシャを導入すると仮定し、リファレンス排出量を算出した。工場敷地内のオートリキシャ台数を1工場当たり15台（220社を乗じ、合計導入台数は3300台）、1台当たりの平均走行距離を1日当たり10kmと仮定し、CNGオートリキシャの燃費は実際にチェンナイ市内で多く使用されているBajaj社製<sup>13</sup>の値27km/kgを活用すると、年間GHG排出量は、1,019 t-CO<sub>2</sub>/yearとなる。

年間走行距離：10km（1日当たりの平均走行距離）×（365日×80%（稼働率））×15台×220工場=9,636,000km

CNGのCO<sub>2</sub>排出量：2.855 kg-CO<sub>2</sub>/kg（India Default GHG Emission Values V1.0<sup>14</sup>参照）

年間GHG排出量：（9,636,000km（年間走行距離）/27km/kg（標準車両の燃費））×2.855kg-

<sup>13</sup> Bajaj社製CNGオートリキシャの仕様：<https://trucks.cardekho.com/en/trucks/bajaj/compact-4s/3-seatercng>

<sup>14</sup> [https://smart-freight-centre-media.s3.amazonaws.com/documents/India\\_Default\\_GHG\\_Emission\\_Values\\_SFC\\_INDIA\\_v1\\_2.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://smart-freight-centre-media.s3.amazonaws.com/documents/India_Default_GHG_Emission_Values_SFC_INDIA_v1_2.pdf?utm_source=chatgpt.com)

$CO_2/kg$  (CNG の  $CO_2$  排出量) =1,019 t- $CO_2/year$

一方、すべての CNG オートリキシャを電動化した場合のプロジェクト排出量は、下記のとおり年間 640t- $CO_2/year$  となる。なお、充電容量や一充電走行距離、電力消費率は柔軟に調整可能であり、インドで製造する車両のスペックは決まっていない。そのため、計算には BEMAC 株式会社がフィリピンにて導入した車体のスペックを用いた。今後現地のニーズ調査とスペックの調整を行うため、計算結果は異なる可能性が高い。

電力消費率 (電費) :  $4.4 kWh$  (充電容量) /  $60 km$  (一充電走行距離) =  $0.0733 kWh/km$   
年間 GHG 排出量:  $0.0733 kWh/km$  (電力消費率)  $\times 9,636,000 km$  (年間走行距離)  $\times 0.905 kg-CO_2/kWh$  (グリッド排出係数<sup>15</sup>) =  $640 t-CO_2/year$

以上より、耐用年数 (3 年間) における GHG 削減量は、下記のとおり 1,138t- $CO_2$  となる。

GHG 削減効果: ( $1,019 t-CO_2$  (リファレンス排出量) -  $640 t-CO_2/year$  (プロジェクト排出量))  $\times 3$  年 =  $1,138 t-CO_2$

なお、Sri City においては 8MW の太陽光発電が導入されており、電力のすべてを既設太陽光発電にて賄う場合、プロジェクト排出量は発生しない。その場合は、リファレンス排出量が GHG 削減量に当たり、 $1,019 t-CO_2/year \times 3$  年 =  $3,057 t-CO_2$  となる。

前述のとおり、Sri City は環境配慮型工業団地 (Eco Friendly Park) となることを目標に掲げ、再生可能エネルギーの導入や EV の活用等に取り組んでいる。敷地面積も大きいことから、太陽光パネルの増設と併せた電気三輪自動車の導入にも関心を示す可能性がある。

さて、本事業の出口戦略として、JCM 設備補助事業の活用を検討してきたところであるが、本事業実施期間中に対象技術が限定されることが判明し、活用可否が不確かな状況となっている。重要となるのが、下記に記す「パリ協定 6 条に従い JCM を実施する上で認められる適格案件リスト」である。

2025 年 8 月に二国間クレジット制度の構築に係る日・インド間の協力覚書の署名が行われ、インドは 31 か国目の JCM パートナー国となった。その直前の同年 7 月に、インドの環境・森林・気候変動省 (MoEFCC) はこの適格案件リストを公表しており、国

<sup>15</sup> 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング「二国間クレジット制度 (JCM) パートナー国等各国関連情報」2026 年 1 月

([https://jcmfs.meti.go.jp/assets/file/20260206/R7\\_JCM\\_info\\_v3\\_0.pdf](https://jcmfs.meti.go.jp/assets/file/20260206/R7_JCM_info_v3_0.pdf))

際協力により進める脱炭素化の重点分野を設定している。なお、リストは3年間の運用後更新予定としている。

【パリ協定6条に従いJCMを実施する上で認められる適格案件リスト】<sup>16</sup>

I. 温室効果ガス削減活動

1. 蓄電池機能付き再生可能エネルギー（蓄電部分のみ）
2. 太陽熱発電所
3. 洋上風力
4. グリーン水素
5. 圧縮バイオガス
6. 燃料電池などの新興モビリティソリューション
7. エネルギー効率化のための先端技術
8. 持続可能な航空燃料
9. 排出削減が困難な分野におけるプロセス改善のための最良の利用可能技術
10. 潮力エネルギー、海洋熱エネルギー、海洋塩分勾配エネルギー、  
海洋波力エネルギー、海洋潮流エネルギー

II 代替燃料

12. グリーンアンモニア

III 脱炭素活動

13. 炭素回収・利用・貯蔵（CCUS）

この方針に従い、JCM設備補助事業においても、適格案件リストにない技術は採択対象としないこととなっている。本事業は、項目6の「燃料電池などの新興モビリティソリューション」に該当する可能性はあるものの、該当しない可能性も十分に考えられ、その場合は補助の対象外となるため、他の支援制度を検討する必要がある。現時点で活用可能性のある日本政府の事業を下表に記す。

表 3-3 活用可能性のある日本政府による事業

施策名	内容	担当
脱炭素化・エネルギー転換に資する我が国技術の国際実証事業	国内外の脱炭素化・エネルギー転換に資する我が国の技術について、自然条件や規制・制度等の環境が適している国・地域での実証プロジェクトを支援。さらに、実証後の導入・普及展開に向けたフォローアップ等の各種支援を行う。	NEDO

<sup>16</sup> <https://gec.jp/jcm/jp/kobo/mp251001/>

二国間クレジット制度 資金支援事業のうちシナ ジー型 JCM 創出事業	「二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金（二国 間クレジット制度資金支援事業）」のうち「設備 補助事業」への応募を目指し、JCM パートナー国 において JCM プロジェクトとなった実績のない 先進的な脱炭素技術の導入することで、脱炭素だ けでなく他の環境課題・社会課題等を相乗的に解 決し、JCM 事業の案件形成を目的とした実証事業 に対して、補助を行う。	GEC
グローバルサウス未来 志向型共創等事業	今後成長が見込まれる未来産業に関し、グローバ ルサウス諸国において、日本企業が現地企業と互 いの強みを活かしながら、強靱なサプライチェー ンの構築、カーボンニュートラルの実現等を共に 実現する事業等を FS/実証等を通じて支援。	経産省

なお、現地調査において、BEMAC 株式会社の製品は、品質の高さ・安全性、ジャパ  
ンブランドに対する信用によって、インド市場においても訴求力のある商品であること  
が確認できている。また、インド市場においては価格が重視されるために品質が低く、  
車両の寿命が短い傾向にあることが、ユーザーの間でも問題視されつつあり、品質の高  
さと長寿命化によるコストメリットを強調することで、補助金を活用せずに事業展開を  
目指せる可能性も十分にある。また、インド国内製造である場合、インド中央政府やタ  
ミルナドゥ州政府の補助金を活用することで最終製品のコストを抑えられる可能性も  
あり、今後、連携先企業とのきめ細やかな協議が重要となる。

### 3.4 成果のまとめ及び今後の提案

今年度事業においては、電気自動車に関連する法制度や補助金制度の調査、および電  
動三輪自動車の導入事例調査等のデスクトップ調査を通じてビジネス環境を把握し、イ  
ンド タミルナドゥ州における事業モデルを検討した。

法制度調査においては、モディ首相の提唱する「メイクインインド政策」により、  
インド国内での生産に税制優遇措置や補助金付与等のインセンティブがあることから、  
製品を日本から輸出するのではなく、技術供与または OEM によって現地製造する事業  
モデルが適していると考えられた。

これらの事業モデルを想定した上で、現地調査およびオンライン面談において、製造  
事業者を中心に複数社と面談を実施し、BEMAC 株式会社の技術および同社との連携に  
対する関心を調査した。その結果、同社の技術に非常に高い関心を示した現地企業 1 社  
との MOU 締結に至り、連携に向けた技術的な協議が進行中である。

また、将来的な電気三輪自動車の導入先については、Sri City 等、環境配慮に注力す

る工業団地において実現可能性が高く、本事業との親和性の高さも確認できた。一方で、インドで製造する車体のスペック検討等のための具体的なニーズや、導入台数等の具体的な数値目標などの情報は不足しており、今後も継続的にアプローチして関係構築および情報収集をする必要がある。

なお、インドは昨年度事業実施期間中である 2025 年 8 月に JCM 締約国となったが、インド政府は、JCM を実施する上で認められる適格案件リストを公表しており、(公財)地球環境センター (GEC) は JCM 設備補助事業においても、適格案件リストにない技術は採択対象としない方針を示している。導入候補技術が適格案件に該当するか不明瞭な状況であり、JCM 設備補助事業の対象となるかの確認と併せ、他事業の活用も視野に検討を進める必要がある。

来年度においては、インドの交通分野での脱炭素化に向け、BEMAC 株式会社の事業創出を達成するため、MOU 締結先との協議を進め、資金調達方法も含む具体的な事業モデルの検討を実施する。なお、資金調達については、JCM 設備補助事業への該当可否についての確認と併せ、必要に応じて他事業への応募も検討する。

## 4. 都市廃棄物の再資源化分野

### 4.1 背景・導入技術の概要

タミルナドゥ州における廃棄物管理については、本事業開始前の独自調査において、発生源分別が不十分であること、それによる最終処分場の逼迫や、再資源化の機会損失、廃棄物の品質低下（生ごみ等の汚れの付着）等の課題を予め把握してきた。例えば、タミルナドゥ州都チェンナイで発生する廃棄物の約 50%（3,000t/日超）を受け入れる最終処分場（Kodungaiyur Landfill Site）では、廃棄物処理事業大手の ZIGMA 社によって、過去に投棄された廃棄物を、有機物分解による減容後、掘り起こして分別し、金属やプラスチック等の有価物をリサイクル業者に販売する事業（バイオマイニング）が実施されていることを確認した。この事業において、リサイクルに適さない軟質プラスチック等の残渣は、近隣の廃棄物発電施設での焼却処理が予定されているものの、現在は最終処分場に保管されており、固形燃料化装置等の設備もなかった。

以上の状況を鑑み、本テーマにおいては、現在利用されていない廃棄物を再資源化する手法として、愛媛県内企業のエビス紙料株式会社が保有する廃棄物の固形燃料化技術（RPF 製造技術）と株式会社愛亀の廃プラスチックによるアスファルト改質剤製造技術の 2 つを導入候補技術とし、関連する法制度、廃棄物管理の現状に関する調査と、それら調査結果を踏まえた課題分析、対象技術特定、事業モデルの検討を実施した。調査結果を以下に示す。



図 4-1 RPF 製造装置（左）と RPF（右）

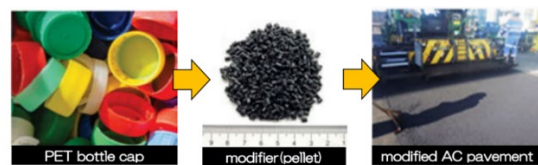


図 4-2 廃プラスチックからのアスファルト改質剤製造イメージ

### 4.2 現状と課題の把握

#### 4.2.1 廃棄物管理に関する法制度

インドの廃棄物政策として特徴的なのは、モディ政権下のキャンペーン「クリーンインドミッション」で宣言された拡大生産者責任（以下、「EPR」という。）の義務化と使い捨てプラスチックの禁止の方針である。2023～2024 年にかけて全てのプラスチック包装に EPR を適用する方針を示し、企業による廃プラスチックの適正処理を促進している。加えて、製造されるプラスチックの約 43%を使い捨てプラスチックが占めることから、これを禁止することで廃棄物量を減らすという方針で、すでに 19 品目の使い捨てプラスチックが使用禁止となっている。

この EPR 義務化の動きに伴い、インドではブランドオーナー向けの廃棄物回収事業やプラットフォームビジネスを行う新興企業が登場しており、廃棄物の回収・処理が促

進されつつある。

また、政府は工業セクターでの化石燃料代替と最終処分場の負担軽減のため、RDF等の廃棄物由来固形燃料の使用を積極的に推進している。国レベルの施策としては、Solid Waste Management (SWM) Rules 2016<sup>17</sup>があり、RDF工場または廃棄物発電施設から100km圏内の工場では、最低でも5%のエネルギーをRDFから供給することを推奨している。

加えて、プラスチック廃棄物管理のルールを規定したPlastic Waste Management Rules, 2016では、州汚染管理委員会（SPCB）の許可を得た地方自治体や認定事業者に対し、EPRの枠組みに基づくトレーサビリティを確保しながら、リサイクル不可能なプラスチックから燃料への加工や熱回収に供することを認めている。

また、関連省庁においてもRDF活用を推進する施策を提案する動きがある。住宅・都市問題省（Ministry of Housing and Urban Affairs）は段階的なRDF使用義務化や、セメント工場から400km圏内でのRDFの固定価格の設定等を、RDF使用ガイドライン<sup>18</sup>にて提案している。

RDF使用義務については、州レベルで規定されている場合があり、州によっては、定められた半径内（一般的に100～150km）に立地するセメント工場に対して、品質基準を満たすRDFの使用を許可または義務づける指令がある。

一方、RDFの使用義務から、セメント工場はRDFを購入せざるを得ないものの、品質のばらつきが大きく、品質の低いRDFは使われずに工場内に放置または埋立されているとの情報を、協力会社であるKankyo Bertから得ており、法整備と現状にはギャップがあることにも留意が必要である。

---

<sup>17</sup> [Solid Waste Management Rules, 2016, Clause 15\(v\)b, 21, 18](#)

<sup>18</sup> [Guidelines on Usage of Refuse Derived Fuel in Various Industries \(Ministry of Housing and Urban Affairs, 2018年9月\)](#)

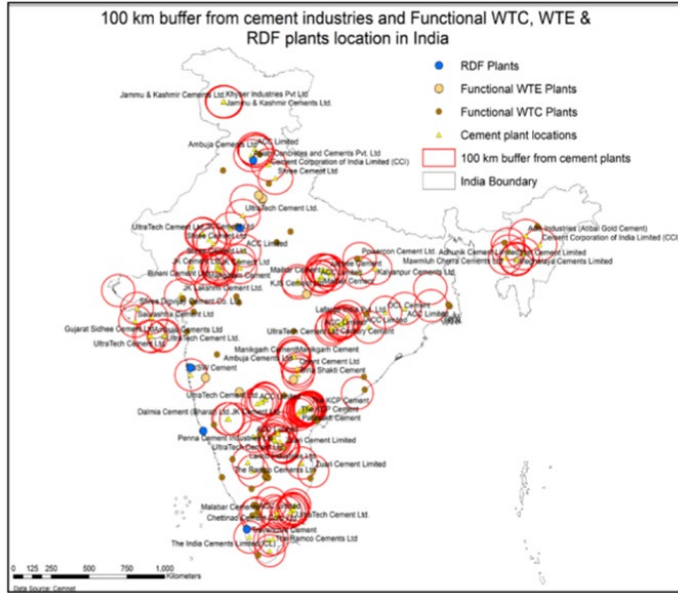


Figure 1. 100 km buffer from cement industries and Functional Waste to Compost, Waste to Energy and RDF plants location in India

図 4-3 インド国内の廃棄物発電所、RDFプラント、セメント工場の位置関係<sup>18</sup>

#### 4.2.2 廃棄物管理の現状

机上調査および現地調査において把握した廃棄物のマテリアルフローを下図に示す。



図 4-4 インドにおける廃棄物のマテリアルフロー

(Kabadiwalla Connect 社へのヒアリング・視察結果、机上調査結果<sup>19,20</sup>から日本エヌ・ユー・エス株式会社作成)

<sup>19</sup> JETRO「アジア太平洋主要国のサーキュラーエコノミー実態調査」2024年3月  
([https://www.jetro.go.jp/ext\\_images/\\_Reports/01/4713697e5193d214/20230046.pdf](https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/01/4713697e5193d214/20230046.pdf))

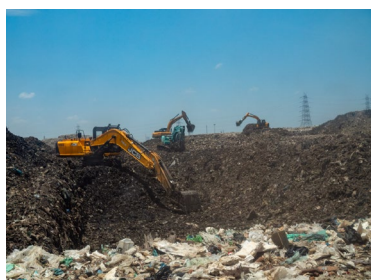
<sup>20</sup> <https://undp.medium.com/in-india-a-circular-economy-creates-value-from-plastic-waste-b1bd3c28c601>

適正に発生源分別された廃棄物は、登録ごみ収集車により回収され、分別された後、リサイクル業者に販売される。このフローはフォーマルセクターで成り立っており、分別センターの設置を国連開発計画（UNDP）が支援した事例<sup>20</sup>も確認できる。

一方、タミルナドゥ州において、上記のようにフォーマルセクターによって処理される廃棄物は限られており、最終処分場への投棄か、インフォーマルセクターによる回収・リサイクルが大部分を占めると考えられる。

まず、発生源分別されていない混合ごみ（もしくは、分別後の混合ごみ）は、路上のごみ箱等に廃棄され、そのまま最終処分場に運搬されるか、路上でウェイストピッカーによってリサイクル可能な廃棄物が回収されるかの、2つのフローがある。

最終処分場に運搬された場合は、前述の ZIGMA 社のような廃棄物処理事業者が、過去に投棄された廃棄物から有価物を分別回収し、リサイクル業者に販売するフローがある。本年度調査において Kodungaiyur landfill site の視察をした際も、下図のようにマイニングの様子が確認できた。ZIGMA 社はインドの他地域・他国でも廃棄物処理事業を手掛けている大手企業であり、当該最終処分場においても効率的に事業を実施していると予想されるが、数十年にわたり蓄積されてきた廃棄物の掘り起こしと分別には膨大な時間と労力がかかると考えられ、今後は発生源分別によって再資源化の機会損失と最終処分場の逼迫を防ぐことが必要である。また、上述のとおり、分別後の残渣（リサイクルに適さない軟包装材等）は、廃棄物発電所での焼却のため、最終処分場内に保管されている状態であり、2025年12月時点では固形燃料化などさらに価値を上げようとする取組みはなされていない。



バイオマイニングの様子



分別装置

図 4-5 Kodungaiyur landfill site の視察時の状況

インフォーマルセクターによるリサイクルシステムについては、在インド日本大使館から紹介を受けた Kabadiwalla Connect へのヒアリングにより情報を得た。Kabadiwalla Connect は、従来見過ごされてきたインフォーマルセクターに着目し、マッピングとマッチングを主な事業内容とするスタートアップ企業である。代表の Siddhart Hande 氏によると、グローバルサウスのリサイクルシステムにおいて、インフォーマルセクターは中核的な役割を担っている。インドではウェイストピッカーがリサイクル可能な廃棄物の約 20%を回収しており、それにより自治体は廃棄物 1 トンあたり約 25,000 ルピー（約

44,000 円) のコスト削減を実現している。

なお、インフォーマルセクターによる廃棄物のマテリアルフローは図 4-4 のとおり、ウェイトピッカー、L1 アグリゲーター (小規模スクラップショップ)、L2 アグリゲーター (大規模スクラップショップ)、リサイクル業者の順番となっている。

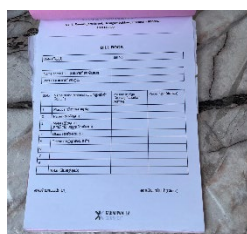
ウェイトピッカーは一次的な回収者であり、路上や路上のごみ箱から、L1 アグリゲーターに販売可能な廃棄物を集める。

L1 アグリゲーターは小規模な買取拠点で、ウェイトピッカー (30%) および地域住民 (70%) から分別されたプラスチック、紙、金属、ガラス等のごみを購入し、主に保管と分別を行う。

Kabadiwalla Connect 社は一般利用者向けにアプリを開発しており、地域住民は、買い取り金額 (現金) に加えて近隣店舗で使えるポイントが付与される仕組みで、地域住民からの回収を促している。買取可能な廃棄物は、主にプラスチック、紙、金属、ガラスであるが、例えば軟包装材等価値の低い廃棄物は買い取られず、路上に放置されている様子が確認された。



図 4-6 Kabadiwalla 社が提供する廃棄物回収車



BILL BOOK



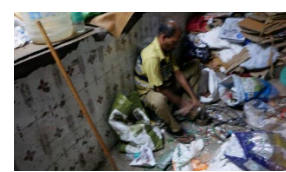
外観



紙の計量



軟包装材は買い取られないため路上に放置されていた Kabadiwalla Connect 社のアプリ



E-waste 解体作業

図 4-7 L1 アグリゲーターの様子

L1 アグリゲーターは、回収した廃棄物を分別し、種類ごとに L2 アグリゲーターに販売する。L2 アグリゲーターは倉庫型施設で、ベーリング (圧縮) や破碎などの前処理を行い、その後フォーマルまたはインフォーマルなリサイクル業者へ販売する。L2 アグリゲーターは、硬質プラスチック、ペットボトルなど、施設ごとにターゲットを限定して運営されている。



外観



分別作業



主に色、素材別に人の手で分別



破碎工程

図 4-8 L2 アグリゲーターの様子（硬質プラスチック専門）

同社によるチェンナイでの調査結果によると、このようなインフォーマルセクターによる供給チェーンが年間 13 万トンの再生可能な廃棄物（チェンナイ全体の廃棄物の 34%）を回収しており、その価値は 700 万～800 万 USD（約 12 億～12 億 7 千万円）と評価されている。

このように、インドのリサイクルシステムにおいてインフォーマルセクターが中核的な役割を担っている現状は、技術導入を検討する上で見落とすことのできない点であり、インフォーマルセクターを含む既存のエコシステムを上手く活用しながら、より高付加価値な再資源化を行い、回収やリサイクルを推進することが求められている。

#### 4.2.3 課題と対象技術の特定

上述より、再資源化におけるタミルナドゥ州の廃棄物管理の課題としては、①不十分な発生源分別、②マテリアルリサイクルに不向きな廃棄物の対応、の 2 点が重要であると考えられた。

①については一技術の導入では解決し得ない問題であるが、Kabadiwalla Connect のような新興企業がビジネスによる課題解決に動いており、こういった現地企業を技術導入時にステークホルダーとして巻き込むことで、現行の活動との相乗効果を生むことができる。

②のリサイクルに不向きな廃棄物については、最終処分場での再分別後も残渣として

残り、廃棄物発電所での焼却処理を待っている状況で、固形燃料化して価値を高める動きは確認されていない。インフォーマルセクターによる処理においても、軟包装材料などのリサイクルしづらく価値の低い廃棄物には値が付かないため、ウェイストピッカーにも回収されず、最終的には最終処分場に投棄されていると考えられる。

国が RDF の製造・利用を推進していることは、この課題解決に寄与するが、上述のとおり品質のばらつきが大きく、低品質の RDF がオフテイク側で使われずに放置されている状況もあり、RDF の品質の低さも、再資源化を妨げる課題となっている。

上記の課題分析から、本事業では対象技術としてエビス紙料株式会社の RPF 製造技術を選定した。エビス紙料株式会社は日本国内において、トンネルコンポストを用いて都市固形廃棄物（プラスチック、紙、金属を除いた混合ごみ）に含まれる有機物を微生物処理により乾燥・無臭化し、磁力選別と風力選別により分別後、オフテイクの要求するカロリーとなるよう、プラスチックや紙等の廃棄物を適切な割合で混ぜ合わせ、RPF（固形燃料）に成形する技術を有する。さらに、品質については、JIS 規格に適合する高品質な RPF を製造している。RPF は、インドで一般的に流通する RDF よりもカロリーが高いことに加え、エビス紙料株式会社の技術により安定した品質で生産することが可能であり、セメント工場等での使用を促すことにつながる。将来的に RPF の普及とともに、RPF の価値が高まれば、現在インフォーマルセクターでも回収されていない軟包装材料等の価値の低い廃棄物もスクラップショップにて買取可能となり、より資源循環が促進することにもつながる。

インドでは前述のとおり、すでに国の政策で RDF の製造・利用が推進されていることから、RPF 製造技術の導入の検討材料として、国内事例について調査した。調査結果を次項に示す。

#### 4.2.4 廃棄物由来固形燃料に関連する国内事例

インド政府は「クリーンインディアミッション」において「廃棄物から富へ」のスローガンを掲げており、インド国内で6か所（合計73.6W）の廃棄物発電所の建設が計画されている（タミルナドゥ州では1か所）。廃棄物発電の盛り上がりを背景に、RDF/RPF への関心も高まっていることが伺える。

国内の成功事例として、マディヤ・プラデシュ州南西部インドール県の事例がある。本事業は地方自治体 Indore Municipal Corporation（IMC）と廃棄物処理事業大手 ZIGMA 社が PPP（Public Partner Partnership）で実施する事業で、インドで最も効率的に RDF のバリューチェーンが機能している事例である。ZIGMA 社の RDF 工場では、1,200～1,300 トン/日の都市固形廃棄物を処理し、400 トン/日の RDF を製造、それを RDF 工場から 120km 以内に位置する UltraTech 社および Ambuja Cements 社のセメント工場に供給している。ZIGMA 社は、RDF の販売収益（5,000～6,500 ルピー/トン＝8,700～11,300 円/トン）と自治体から支払われる廃棄物処理委託料（1,200～1,50 ルピー/トン＝約 2000～

2300 円/トン) の収入があり、30 日以内に 90%以上の RDF が販売され、需給バランスも含めて非常に上手く事業が回っている。

一方で、インド北部のデリーやチャンディーガル、インド南部のバンガロールなど、事業がうまく回っていない地域も多く存在する。これらのケースでは、不十分な発生源分別が原因で、原材料の水分含有率が 45%以上と高くなり、RDF の熱量の低下や灰含有量の増加 (>25%) につながっていることや、それが原因でセメント工場からの受け入れ拒否が続き、RDF 事業者が膨大な在庫を抱える、といった状況が発生している。

また、RDF 製造事業者がセメント工場との契約なしに取引を開始してしまうことも、容易な受け入れ拒否に繋がっている。さらに、ペレット化されていないために保管時の品質安定性が低いことや、品質管理がシステム化されていないためにセメント工場等のオフテイカーによる排気基準の遵守が難しくなっていることなど、複数の課題がある。

また、現在インドで一般的に流通している RDF フラフは、紙と段ボール、リサイクル不可能なプラスチック (PVC を除く)、繊維製品・布地、木材 (ココナッツ殻、木くず等)、ゴム及び革の切れ端、その他可燃物 (複合包装材、発泡スチロール、セロファン等)、少量の不燃物 (少量のガラス、金属、石) から成る。研究報告として公表された成分組成分析結果は下表のとおりである。

この点についても、エビス紙料株式会社は、高い選別技術と、オフテイカーのニーズに応じたカロリー調整が可能である点が強みであり、インドの一般的な RDF よりもはるかに品質の高い RPF を製造することができる。

表 4-1 インドにおける RDF (フラフ燃料) の成分組成

プラスチック		30
繊維		14
紙/段ボール		13
木材		12
その他	多層包装	8-15
	ゴム・革	2-5
	発泡スチロール	2-4
	乾燥有機物	4-8
	微細物・不純物	3-7
	おむつ・生理用品	1-3
水分含有量		15-25%
灰分含有量		10-25%
バルク密度		150-300 kg/m <sup>3</sup>
発熱量		8-16 MJ/kg (プラ含有量により変動)

(出典：Kankyo Bert 社の情報を元に日本エヌ・ユー・エス株式会社作成)

### 4.3 事業モデル検討

インドにおいて、インフォーマルセクターが静脈産業の中核的な役割を担っていることから、本事業では、インフォーマルセクターによって機能している現行のリサイクルシステムを活用し、効率的に RPF 製造に適した原料を収集する事業モデルを検討した。本事業においてヒアリングを実施した **Kabadiwalla Connect** は、インフォーマルセクターをマッピングし、原料のトレーサビリティの確保やオフテイカーとのマッチングを実施していることから、現地パートナー企業の有力候補である。面談時に本事業および日本エヌ・ユー・エス株式会社との連携への関心も得ており、今後連携を検討する。

また、事業モデルの検討において、国内事例から考察される成功要因が参考になる。前項から考えられるインドでの RPF 事業の成功要因は以下のとおりであり、特に品質管理についてはエビス紙料株式会社の知見が非常に有効である。

- ✓ 適切な原料管理と水分含有率の管理（15%以下に調整）
- ✓ 製造および保管の適切な品質管理
- ✓ 透明なビジネスモデル（廃棄物処理委託料、RDF/RPF の価格設定）
- ✓ オフテイカーとの距離（100～150km 程度）
- ✓ 最低限の品質と価格設定の規定（石炭に連動）を含むオフテイカーとの契約

下図・下表に実施体制のイメージを示す。

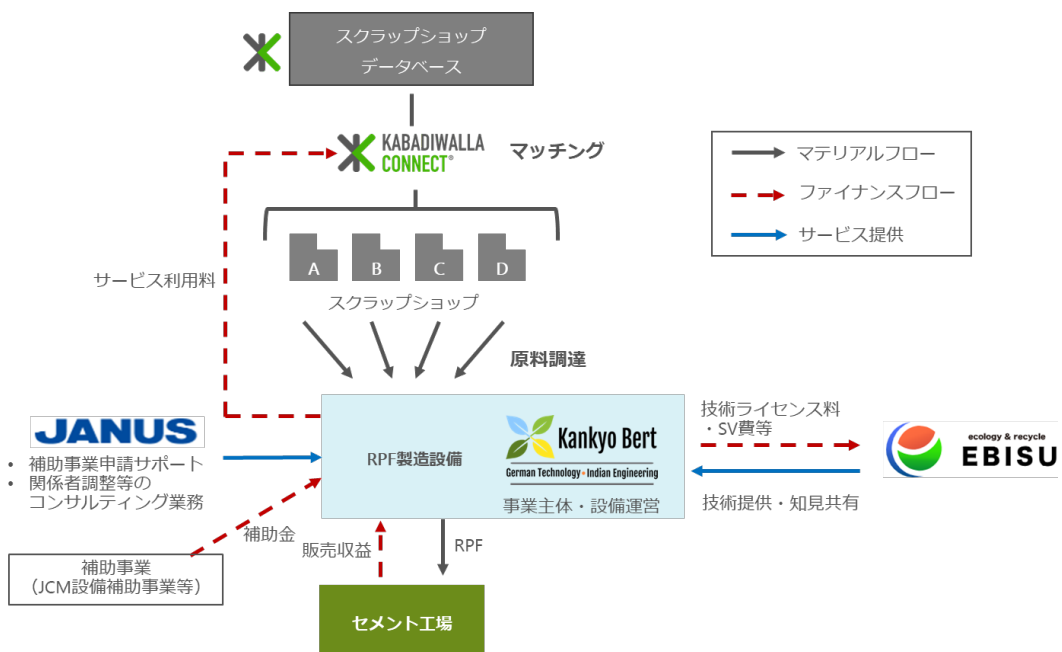


図 4-9 RPF 事業の実施体制案

ステークホルダー	想定する役割
エビス紙料株式会社	RPF 製造技術の提供、技術的アドバイス
Kankyo Bert	事業主体、エンジニアリング、オペレーション
Kabadiwalla Connect	原料調達支援、スクラップショップとのマッチングサービスの提供
セメント工場（候補未定）	オフテイカー。RPF 製造工場から 100～150km 圏内に位置するセメント工場を想定。
日本エヌ・ユー・エス株式会社	補助事業申請サポート、関係者間の調整、コンサルティング業務

事業実施においては、現地のリサイクルシステムに詳しく、膨大な数のスクラップショップを把握している Kabadiwalla Connect との連携が鍵となる。上記の実施体制案では、Kabadiwalla Connect と提携するスクラップショップにて、RPF の製造に適する廃棄物種を買取品目に追加し、回収することで、インフォーマルセクターからもある程度品質の安定した原料を入手できることを想定している。この場合、RPF 事業の経済性評価から逆算して、スクラップショップでの買取品目や買取価格、RPF 製造工場での買取価格を設定し、スクラップショップの理解を得ることが必要であり、今後の調査でより詳細な検討が必要である。

#### 4.4 効果検証

前項に示した事業モデル案で、どの程度の原料が回収できるか予想が難しいため、RPF 製造規模から GHG 削減効果を算出した。

RPF 製造規模は、エビス紙料株式会社の四国工場（RPF 工場）と同程度である 4 トン/日と仮定する。1 日の運転時間を 10 時間と仮定すると、40 トン/日の製造能力となり、年間稼働率を 8 割と仮定すると、年間製造量は 11,680 トン/年となる。

RPF は化石燃料由来のプラスチックを原料の一部とするため、焼却に伴い、化石燃料由来の GHG 排出を伴う。日本 RPF 工業会によれば、石炭に対して焼却時に同一熱量回収を行う仮定で、石炭よりも約 33% の GHG 削減効果があるとしている<sup>21</sup>。

よって RPF をセメント工場等のボイラーで、石炭の代替として利用した場合の年間 GHG 排出削減量は以下となる。

$$\text{年間 GHG 排出削減量} : 11,680 \text{ t (RPF 使用量)} \times 29.3 \text{ (RPF 標準発熱量 (MJ/kg))} \\ \times 0.0247 \text{ (石炭の CO}_2 \text{ 排出係数 (tCO}_2\text{/GJ))} \times 33\% = 2,789 \text{ tCO}_2\text{/年}$$

<sup>21</sup> 日本 RPF 工業会 (<https://www.jpfp.gr.jp/rpf-1/rpf-7>)

減価償却資産の耐用年数等に関する省令に基づく耐用年数のうち、「冷房、暖房、通風又はボイラー設備」の15年を適用すると、耐用年数期間でのCO<sub>2</sub>排出削減量は、41,835 tとなる。

資金調達については、JCM設備補事業の活用を検討する予定であったが、先述のとおり、「パリ協定6条に従いJCMを実施する上で認められる適格案件リスト」に記載のない技術での、JCM設備補助事業への応募ができない状況となっている。

申請前の事前相談は可能であるものの、当該リストを見る限り廃棄物からのRPF製造は、JCM設備補助事業の対象外となる可能性が高く、他事業の活用を検討する必要がある。

他に活用可能性がある事業として、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」のうち「小規模実証事業」がある。これは、実地に適用可能な段階にある技術について、グローバルサウス諸国において有効性や経済性を確認するための事業である。中小企業には3分の2の補助率が適用され、補助額上限が5億円と、規模も適している。一方、当然ながら補助対象は日本企業となるため、当該事業を活用する場合は、事業モデルの再検討が必要である。

RPFはインド国内でも着目されており、政府が定めた使用義務化を背景に、ニーズが高まっている。そのため、補助金なしで事業が成立する可能性も高いことや、ボランティアクレジットを獲得できる可能性もある。それらの可能性も考慮に入れ、今後実現可能性を検討していく。

#### 4.5 成果のまとめ及び今後の提案

今年度の調査を通じて、再資源化におけるタミルナドゥ州の廃棄物管理の課題としては、①不十分な発生源分別、②マテリアルリサイクルに不向きな廃棄物の対応、の2点が重要であると考えられた。特にマテリアルリサイクルに不向きな廃棄物については、スクラップショップでも値が付かないためウェイストピッカーにも回収されておらず、最終的に行き着いた最終処分場での再分別後も残渣として廃棄物発電設備で焼却するまで放置されている状況であった。

インド政府はこの課題解決のため、RDFの製造・利用を積極的に推進しており、RDF製造工場近隣のセメント工場ではRDFの使用が義務化されている。しかし、流通するRDFの品質が低く、セメント工場でのRDFの再分別後、カロリー不足などで使われなかったRDFが工場内に放置または投棄されている、といった情報もあった。

この状況を鑑み、高い選別技術と、オフテイカーのニーズに合わせたカロリー調整技術などの強みを持つ、エビス紙料株式会社のRPF製造技術の導入を検討するに至った。

事業モデルの検討においては、現行のシステムを最大限活用する方針で検討した。多くのグローバルサウス諸国と同様に、インドのリサイクルシステムにおいてもインフォーマルセクターが中核的な役割を担っており、チェンナイにおいてこの供給チェーンが回収する年間13万トン（チェンナイ全体の34%）の再生可能廃棄物が、700～800万USDもの経済価値を生み出していることが明らかとなった。

この点に着目し、在インド日本大使館からの紹介で、インフォーマルセクターのマッピングおよびマッチング事業を展開する新興企業 Kabadiwalla Connect との面談も実現し、本事業との連携に対しても関心を得た。

以上の本調査結果から、下図の実施体制案を検討した。

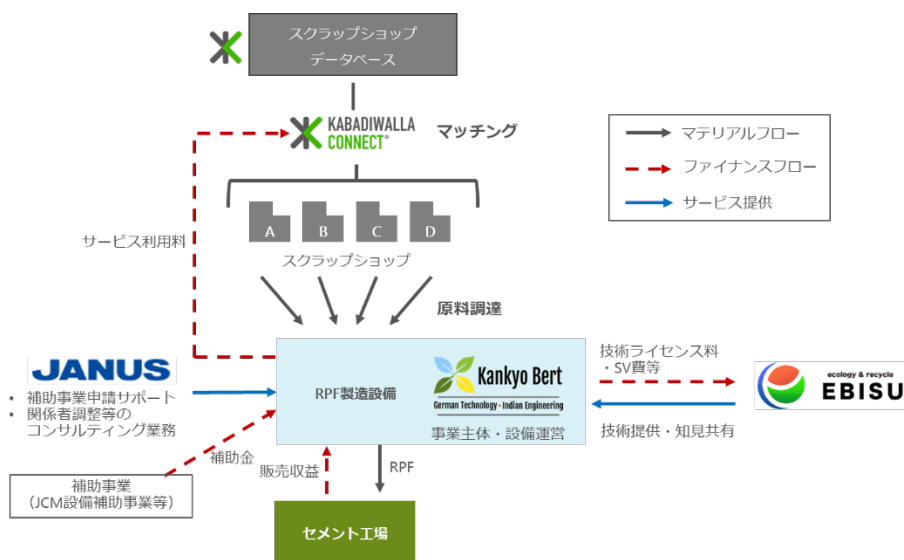


図 4-10 RPF 事業の実施体制案（再掲）

実施体制の構築に向けて、例えば下記の事項について、今後さらに詳細な調査が必要である。

- 事業主体の決定
- RPF のオフテイカー（セメント工場を想定）に対するニーズ調査
- 経済性評価（販売価格、設備規模、初期投資、オペレーションコスト等の検討等）
- 活用可能な補助金制度に関する詳細調査
- Kabadiwalla Connect を介した原料の収集可能性

次年度は上記検討を進め、RPF 事業の創出とそれによる脱炭素化・循環経済の実現に向け、詳細調査を実施する計画である。

## 5. 工場排水の処理及びエネルギー回収分野

### 5.1 背景・導入技術の概要

タミルナドゥ州は製造業で栄えた地域であり、日系企業も集積する工業団地をはじめ、大小多くの工場が立地している。特にテキスタイル産業や皮革産業は一大産業であり、欧州の高級ブランドへの輸出も盛んである。

工場排水処理については、インド中央政府が規制値を設定しており、その規制をベースに各自治体で制度設計がなされている。その中でも、タミルナドゥ州の規制は特に厳しく、未処理の工場排水だけでなく、処理後の排水についても河川への直接放流は禁止されている。このような状況の中、大企業は州の規制を遵守するため、排水処理施設に設備投資し、ルールに則った排水管理を実施している。特に欧州ブランドへの輸出に際しては、EU 水準での環境配慮が求められるため、欧州をターゲットとする企業においては、厳しい排水対策に対応せざるを得ない状況となっている。一方で、一部の中小企業においては設備投資する余力がなく、未処理の排水が河川に放流されており、河川水の汚染が依然として大きな課題となっている。

本テーマでは、株式会社愛研化工機と連携し、同社の排水処理とエネルギー回収を同時に達成可能なメタン発酵設備の導入に向けた調査を実施した。同社は、有機性排水を対象に、微生物粒体（グラニュール）を用いて有機物を分解しつつ、同時にバイオガスを効率的に回収する EGSB（Expanded Granular Sludge Bed）法を核とした排水処理システムを開発している。本システムは、排水処理とエネルギー創出を一体的に実現する点に特徴があり、従来の好気性処理に比べて省エネルギー性と経済性に優れる。

EGSB 法は、反応槽内の三相分離装置（Gas Solid Separator: 以下 GSS という）の構造次第で排水処理能力とバイオガス回収能力が大きく異なる。多くの企業が GSS の設計を外注している一方、同社は自社開発していることから、GSS の設計ノウハウを蓄積しており、反応槽全体の仕様を踏まえた設計が可能である。独自開発した GSS により、反応槽内部での三相分離性能を高めることで、メタン生成菌の安定保持、バイオガス回収率の向上、処理効率の長期安定化を可能としている。さらに、電気伝導度を用いた COD 負荷予測やポンプの自動制御といった DX 技術を組み合わせ、運転管理の自動化・高度化を実現している。システムの概要を以下に示す（図 5-1）。

バイオガスの回収率向上により、他社製品よりも早く投資回収をすることが可能な点も他社製品と比較して優位である。また、設計から販売、保守メンテナンスまで一貫対応が可能なところも、価格面で高い競争力を有している。

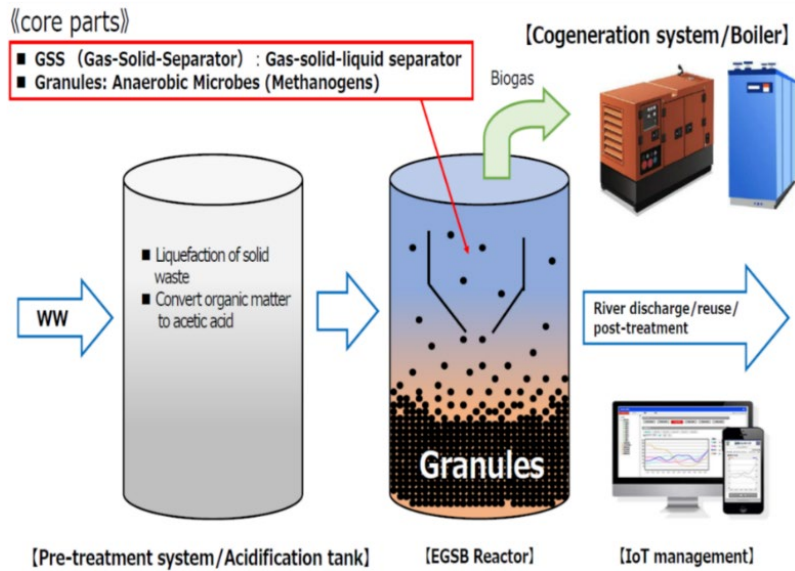


図 5-1 EGSB 法の概要<sup>22</sup>

上述の EGSB 法は COD 濃度の高い排水処理が可能であり、本事業においては、まずタミルナドゥ州の主要産業である染色繊維工場への導入を検討した。

繊維染色工場では、精練・糊付・糊抜などの工程から COD 高濃度かつ難分解性の排水が発生する。従来染色排水は、各生産プロセスから排出される排水が全て混合のうえ、好気性生物処理が実施されることが一般的であり、稼働電力量や薬剤の使用量が嵩むことが課題であった。そこで、同社は工程別に排水を仕分けし、高濃度排水のみを EGSB にて選択的に処理する方式を開発している。それにより、COD 除去率 80%以上を維持しつつ、生成ガスを発電に利用することで省エネ・創エネ・運転コスト削減を同時に実現することが可能となる。同社は、昨年度より貴省の「地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業」を活用し、今治タオルの染色工場への同システム導入実証事業を実施している。既存の好気性生物処理による排水処理はタミルナドゥ州におけるテキスタイル工業団地でも同様であることを確認しており、貴省実証事業の実績を活用した横展開を本事業にて検討した。染色工場への設備導入検討内容について、下図に示す。

<sup>22</sup> (株)愛研化工機提供資料

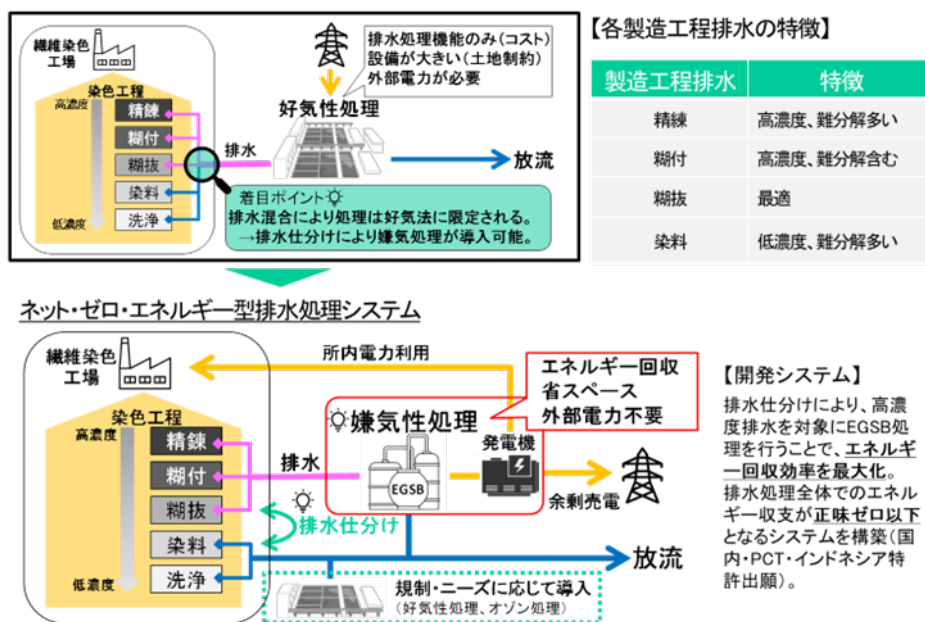


図 5-2 株式会社愛研化工機の染色工場への設備導入検討内容

また、染色繊維工場の他、COD 濃度の高い排水として、革加工工場や製糖工場等への導入に関してもニーズを確認している。下表に示す同社の EGSB 法による処理実績も踏まえ、染色繊維工場以外の排水についても対象とし、検討を進めた。

表 5-1 株式会社愛研化工機による排水処理実績例

	処理能力	原水濃度	処理水濃度	除去率	回収エネルギー量		対象排水
	(m <sup>3</sup> /日)	CODcr (mg/L)	CODcr (mg/L)		(Nm <sup>3</sup> /日)	(kWh/日)	
1	200	4,500	550	88%	348	946	漬物排水(改造)
2	50	2,500	300	88%	48	131	水産加工/研究排水
3	15	5,000	750	85%	28	76	ソフトセルローズ醗酵排水
4	60	5,000	800	84%	111	301	菓子製造
5	600	4,000	380	91%	961	2,608	麺汁/ドレッシング(更新)
6	110	3,800	455	88%	162	439	漬物排水
7	240	8,000	1,200	85%	718	1,949	製綿洗浄排水
8	100	6,900	897	87%	264	717	生姜加工排水
9	70	12,000	1,200	90%	332	903	醸造排水
10	600	5,800	580	90%	1,378	3,740	農産物加工/果糖液排水
11	1,000	8,000	1,200	85%	2,992	8,120	製綿洗浄排水
12	240	5,000	550	89%	470	1,275	農産物加工/果糖液排水
13	600	3,600	720	80%	760	2,063	惣菜加工排水
14	500	1,780	320	82%	282	718	惣菜加工排水
15	650	4,300	430	90%	1,107	2,817	総菜・佃煮・レトルト食品・菓子製造

## 5.2 技術導入モデルの検討

### 5.2.1 インドの排水管理に関する政策・制度動向

インドにおける環境規制の中核をなすのは、1986年制定の環境保護法（Environment (Protection) Act）である。同法に基づき、環境・森林・気候変動省（Ministry of Environment, Forests and Climate Change：以下 MoEFCC という）が各種環境基準や規制を策定している。

工業排水については、中央公害管理委員会（以下 CPCB という）が業種別排水基準を定め、州公害管理委員会が実務的な許認可および監視を担う仕組みとなっている。タミルナドゥ州では、タミルナドゥ州公害管理委員会（以下 TNPCB という）がその役割を担っている。

同州の特徴的な取り組みとして、インドで初めてゼロ・リキッド・ディスチャージ（Zero Liquid Discharge：以下 ZLD という）制度を導入<sup>23</sup>した点が挙げられる。ZLDは、工業排水を高度処理し、工場外への液体排水放流を実質的にゼロとする考え方であり、水資源保全および水質汚染防止の観点から、特に繊維産業や皮革産業において厳格に適用されている。

#### (1) 業種共通の排水基準

TNPCBは、環境関連の既存の法令、基準、許認可手続き等を整理した資料『TNPCB & YOU 2025 – A Ready Reckoner for Entrepreneurs』を公表している。同資料において、工場および事業所から排出される産業排水に対し、業種を問わず一律に適用される共通の排水基準が定められている。この基準は水環境の汚濁防止を目的としており、河川などの内陸表流水、公的下水道、農地（灌漑）、海域といった放流先ごとに、許容される水質濃度を設定している。

規定項目は、pHや懸濁物質（SS）、BOD、CODといった基本的な指標から、重金属類、シアン、フッ素、フェノール類、さらには農薬や放射性物質に至るまで多岐にわたり、環境へ放出される排水が一定の品質を満たすことを厳格に義務付けている（表5-2）。これらの基準値は、放流先によって求められる水質レベルに大きな差がある。例えば、有機汚濁の指標であるBODは、公共下水道への放流基準が350 mg/Lであるのに対し、内陸表流水への放流は30 mg/Lに制限されている。内陸表流水へ放流する場合には、下水道放流と比較して10倍以上の浄化処理が必要となっている。また、農薬類については不検出であることが義務付けられており、事業者は高度な水質管理体制の構築を求められている。

---

<sup>23</sup> タミルナドゥ州政府ポータルサイト

[https://investingintamilnadu.com/DIGIGOV/TN-pages/individual-sector.jsp?pagedisp=static&sector=focus\\_textile\\_apparel&utm\\_source=chatgpt.com](https://investingintamilnadu.com/DIGIGOV/TN-pages/individual-sector.jsp?pagedisp=static&sector=focus_textile_apparel&utm_source=chatgpt.com)

表 5-2 産業排水放流基準 (TNPCB B.P. Ms. No. 30, 1984年2月21日制定)

No	分析項目	内陸表面水への放流	公共下水道への放流	灌漑用地上への放流	海域・沿岸部への放流
1	色彩および臭気	-	-	-	-
2	浮遊物質質量 (SS) mg/L	100	600	200	a) 工程排水：100 b) 冷却排水：流入冷却水の全浮遊物質質量より10%以内まで許容
3	浮遊物質の粒径	850ミクロンのISふるいを通過すること	-	-	a) 浮遊物：3mm以下 b) 沈降物：850ミクロン以下
4	溶解性物質 (無機) mg/L	2100	2100	2100	-
5	pH値	5.5 ~ 9.0	5.5 ~ 9.0	5.5 ~ 9.0	5.5 ~ 9.0
6	水温	放流地点で40°C以下	放流地点で45°C以下	-	放流地点で45°C以下
7	油分およびグリース mg/L	10	20	10	20
8	遊離残留塩素 mg/L	1	-	-	1
9	アンモニア性窒素 (as N) mg/L	50	50	-	50
10	全ケルダール窒素 (as N) mg/L	100	-	-	100
11	遊離アンモニア (as NH <sub>3</sub> ) mg/L	5	-	-	5
12	生物化学的酸素要求量 (BOD) (27°C, 3日間) mg/L	30	350	100	100
13	化学的酸素要求量 (COD) mg/L	250	-	-	250
14	ヒ素 (as As) mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2
15	水銀 (as Hg) mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01
16	鉛 (as Pb) mg/L	0.1	1	1	1
17	カドミウム (as Cd) mg/L	2	1	1	2
18	六価クロム (as Cr <sup>+6</sup> ) mg/L	0.1	2	1	1
19	全クロム (as Cr) mg/L	2	2	2	2
20	銅 (as Cu) mg/L	3	3	3	3
21	亜鉛 (as Zn) mg/L	1	1.5	1.5	1.5
22	セレン (as Se) mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05
23	ニッケル (as Ni) mg/L	3	3	3	3
24	ほう素 (as B) mg/L	2	2	2	2
25	ナトリウム比率 (%)	-	60	60	-
26	残留炭酸ナトリウム mg/L	-	-	5	-
27	シアン化合物 (as CN) mg/L	0.2	2	0.2	0.2
28	塩化物 (as Cl) mg/L	1000	1000	600	-
29	フッ化物 (as F) mg/L	2	15	2	15
30	溶存リン酸塩 (as P) mg/L	5	-	-	-
31	硫酸塩 (as SO <sub>4</sub> ) mg/L	1000	1000	1000	1000
32	硫化物 (as S) mg/L	2	-	2	5
33	農薬類 (Pesticides)	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと
34	フェノール類 (as C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH) mg/L	1	5	5	5
35	放射性物質				
	a) アルファ線放出体 (micro curie/ml)	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>
	b) ベータ線放出体 (micro curie/ml)	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>

## (2) 繊維産業に係る排水基準

厳しい排水基準の遵守が求められる一方、繊維や皮革などの小規模事業者が集積する地域では、各工場単独で高度な排水処理設備を維持することが現実的に困難な場合がある。その対策として、複数の工場からの排水を集約して一括処理を行う共同排水処理場 (Common Effluent Treatment Plant : 以下 CETP という) が導入されている。

TNPCB が公表した『TNPCB & YOU 2025 – A Ready Reckoner for Entrepreneurs』においては、これらの産業別基準を「繊維産業 CETP 流入排水基準 (Textile CETP – Inlet

Effluent Quality Standards) 」および「皮革産業 CETP 流入排水基準 (Tannery CETP-Inlet Effluent Quality Standards) 」として独立した規定で示している。最終的な放流基準だけでなく、流入段階から厳格な品質管理を求める独自の規制体系が構築されている。

具体的な流入基準 (表 5-3) は、州一律の固定値ではなく、各 CETP の処理プロセスや設計仕様に応じた独自の受入条件となっている。例えば溶解性固形物 (TDS) においては、施設によって 3,000 mg/L 程度から 10,000 mg/L を超えるものまで幅があり、各地区の施設能力に応じて設定されている。また、多くの繊維産業向け CETP が ZLD を採用していることから、流入段階での BOD (250~600 mg/L 程度) や COD (1,000~2,000 mg/L 程度) に対しても、施設の処理機能を阻害しないための上限が設けられている。

表 5-3 繊維産業共同排水処理場 (CETP) 流入水質基準

CETP名称	処理システム	pH	浮遊物質量 (SS)	溶解性固形物 (TDS)	生化学的酸素要求量 (BOD)	化学的酸素要求量 (COD)	塩化物 (as Cl)	硫酸塩 (as SO4)
Andipalayam CETP	ZLD	9-11	200-250	9000-10000	400-600	1500-2000	1000-1600	3500-4500
Angeripalayam CETP	ZLD	9-11	100-300	9000-12000	300-400	1000-1800	3000-4000	3500-5000
Chinnakkara CETP	ZLD	8-10	150-350	9500-10500	250-350	1400-1600	1600-2000	2900-3500
Eastern CETP	ZLD	9-11	100-200	9000-10000	400-500	1600-1800	800-1000	4000-5000
Kallikadu CETP	ZLD	8.5-11	200-300	6000-10000	300-400	1000-1600	3000-4000	400-1800
Kasipalayam CETP	ZLD	9-10	150-200	9000-10000	500-600	1800-2000	1000-1200	4000-5000
Mangalam CETP	ZLD	9-11	400-600	10000-11500	500-600	1600-1800	1000-1600	4500-6000
Mannarai CETP	ZLD	8.5-11	150-300	9000-10000	400-500	1600-1800	1200-1500	5000-6000
Park CETP	ZLD	8.5-9.5	350-450	9000-10000	350-450	1500-1800	5000-6000	500-1000
Rayapuram CETP	ZLD	8-10	150-250	9000-10000	250-350	1200-1600	1000-1800	3800-5300
Sirupooluvapatti CETP	ZLD	9.5-10.5	150-200	10000-11000	300-400	1400-1800	900-1100	4500-5500
S.Periyapalayam CETP	ZLD	8-10	150-200	9000-10000	200-300	1200-1600	900-1000	4000-5000
Murugampalayam CETP	ZLD	9-11	100-200	10000-11000	400-500	1600-1800	1500-2000	4500-5000
Veerapandi CETP	ZLD	9-11	150-200	10000-11000	300-400	1600-1800	800-1000	4000-5000
Vettuvapalayam CETP	ZLD	9.5-10.5	100-200	3000-4500	300-400	1000-1200	1200-1800	400-500
Arulapuram CETP	ZLD	9-11	150-300	10000-11000	400-600	1600-1900	1200-2000	4000-5000
Kunnankalpalayam CETP	ZLD	9-10	200-300	9500-10500	500-600	1800-2000	1500-1900	3000-4000
Karaipudur CETP	ZLD	9-11	300-400	9000-11000	80-100	1400-1800	800-1000	4000-5000
Perundurai CETP	ZLD (洗浄排水)	7-11	300-400	2100-3000	500-900	1000-1800	アルカリ度: 1500	全硬度: 200-300
	ZLD (染色排水)	7-12	500-800	35000-55000	700-900	1400-2000	アルカリ度: 1500-9000	全硬度: 300-500

※単位はpHを除きすべて mg/L。

また CPCB は、繊維産業に対し、工場内処理設備または CETP での処理後に適用される最終排水の水質基準を定めている (表 5-4) 。さらに、排水については再利用が求められており、環境中への放流は再利用が困難な場合に限り認められている。

表 5-4 繊維産業の排水処理後の水質基準

産業区分	パラメータ	基準値
すべての統合型繊維工場、綿／ウール／カーペット／ポリエステル各ユニット、プリント／染色／漂白工程を有するユニット、ま	処理済排水 (TREATED EFFLUENTS)	最大許容濃度 (pH・色度・SAR を除き mg/l)
	pH	6.5 ~ 8.5
	懸濁物質 (Suspended Solids)	100
	色度 (Colour, P.C.U (プラチナ・コバルト単位))	150
	生物化学的酸素要求量 (BOD, 3 日間・27°C)	30
	油脂類 (Oil and Grease)	10
	化学的酸素要求量 (COD)	250
	全クロム (Total Chromium as Cr)	2.0

たは衣料品製造ユニット。	硫化物 (Sulphide as S)	2.0
	フェノール化合物 (Phenolic Compounds as C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)	1.0
	総溶解固形物・無機 (TDS, Inorganic)	2,100
	ナトリウム吸着比 (SAR)	26
	アンモニア性窒素 (Ammonical Nitrogen as N)	50

### 5.2.2 適合地点の調査

#### (1) タミルナドゥ州繊維産業における排水管理の実態

タミルナドゥ州は、インドの繊維・アパレル産業を支える最重要地域の一つである。同州にはインド国内で最も多くの繊維関連工場が集積しており、国内の紡績工場の約50%が立地している。その結果、インド全体で生産される糸の約40%を供給するとともに、アパレル輸出においても約20%を占めるなど、州別で見ても極めて高い産業的貢献度を示している<sup>24</sup>。

また、タミルナドゥ州内では、地域ごとに異なる役割を担う繊維産業クラスターが形成されている。ティルプールはニットウェアの中心地として知られ、インドのニット衣料品生産の中核を担う一大生産拠点である。コインバトールは「南インドのマンチェスター」と称される伝統的な繊維都市であり、インド有数の紡績拠点として綿糸生産や繊維機械産業が高度に集積している。さらに、カルールはベッドリネンやバスリネンなどの高品質なホームテキスタイル製品で知られる生産拠点である。

加えて、エロードは綿花取引市場としての機能を有するとともに、染色・加工工程が集積する地域であり、周辺の繊維産業を支える重要な役割を担っている。サレムは織布産業が発達しており、綿製品やサリー生産などにおいて地域経済を支える拠点となっている。このように、タミルナドゥ州では、コインバトールを中心とする紡績、ティルプールのニット製品、カルールのホームテキスタイル、エロードの染色・加工、サレムの織布といった工程が地域ごとに分担され、州内で広範な工程を担う産業集積が構築されている。これらは、インドの繊維・衣料品輸出を牽引する重要な基盤となっている。

<sup>24</sup> タミルナドゥ州政府技術用繊維・再生原料からの化学繊維・布地・アパレル向け支援制度 (Version 2)

[https://investingintamilnadu.com/DIGIGOV/StaticAttachment?AttachmentFileName=/pdf/poli\\_no ti/Technical\\_Textiles\\_Scheme\\_V2.pdf](https://investingintamilnadu.com/DIGIGOV/StaticAttachment?AttachmentFileName=/pdf/poli_no ti/Technical_Textiles_Scheme_V2.pdf)

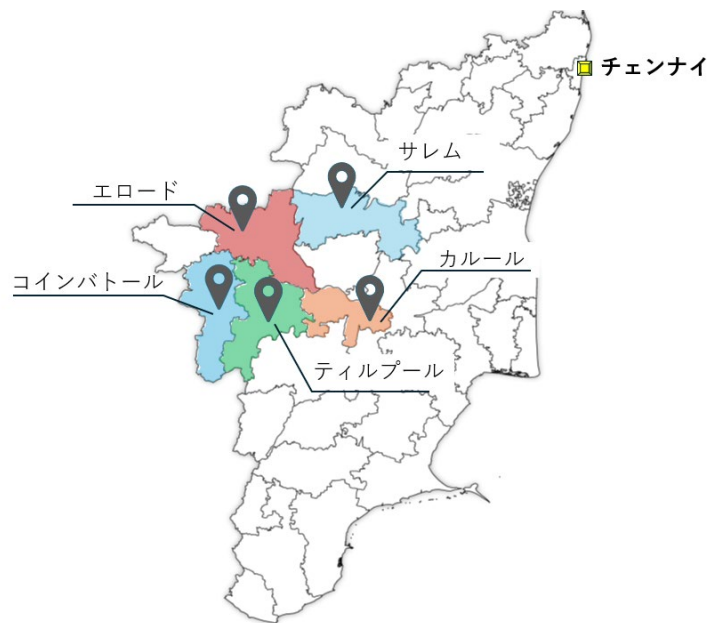


図 5-3 タミルナドゥ州における主要繊維産業拠点の分布

このような繊維産業の集積により、タミルナドゥ州では紡績、染色、仕上げなど水使用量および排水負荷の大きい工程が州内に集中している。そのため、産業排水の管理や排水基準の整備は、同州の環境政策において重要な位置を占めている。

前述のように ZLD システム導入により、皮革産業や繊維産業の工場に対して、企業は工業排水を適切に処理して再利用し、河川などに放出することが禁止された。同州では現在、事業者自らが排水処理を行う個別排水処理施設（Individual Effluent Treatment Plant: 以下 IETP という）や、排水処理施設の建設や運営は高額なコストを要するため共同で排水処理を行う共通排水処理施設 CETP を設置することが、各繊維関連工場（漂白、染色、印刷）に対して義務付けられている。

ZLD に対応した排水処理施設では、処理水および塩の回収を目的として、多段階の膜処理および蒸発濃縮プロセスが導入されている。一般的な ZLD システムは、逆浸透（RO）、ナノろ過（NF）、多重効用蒸発器（MEE）等を組み合わせた多段階プロセスで構成される。以下に ZLD システムの一例を示す（図 5-4）

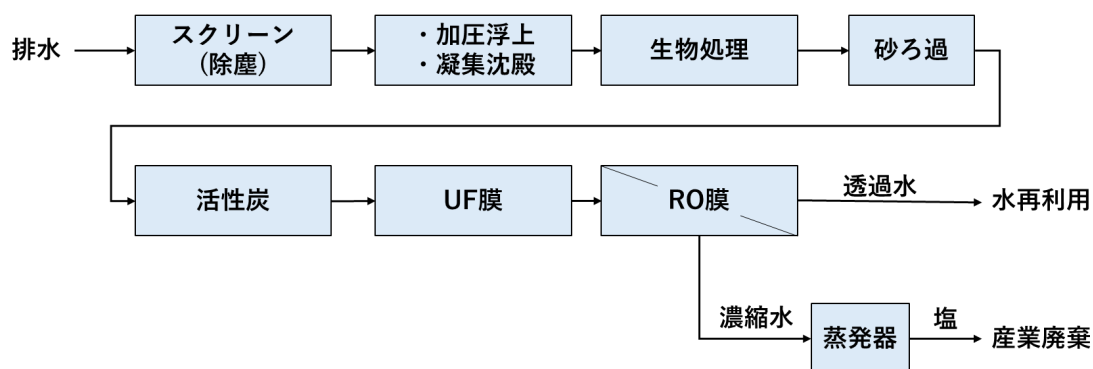


図 5-4 一般的な ZLD のプロセス

## (2) ティルプール工業団地の調査結果

ティルプールは同国有数の繊維・染色産業集積地であり、多数の染色工場が立地している。同地域では、水使用量および排水負荷が極めて大きいことから、個別工場単位ではなく、地域単位で排水を集約処理する仕組み（CETP）が構築されている。2025年8月にティルプールを訪問し、CETPの視察及び工業団地立地企業の一つにヒアリングを実施した結果を以下に示す。

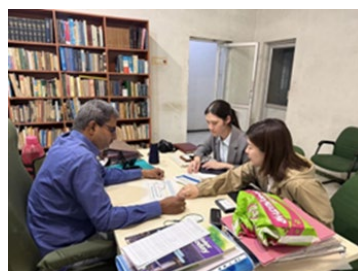


図 5-5 染色会社代表との面談（2025年8月19日）

### ① 排水集約処理システム（CETP）の構造と運用規模

現在、ティルプール周辺では約450の繊維関連工場排水の処理に、18か所のCETPが稼働している。CETPの規模は施設ごとに異なり、少数の工場（4工場程度）からの排水を処理する小規模施設から、70工場以上の排水を処理する大規模施設まで幅広い。これらCETPの総処理能力は約120MLD/日（1.2億リットル/日）に達する。この規模は、タミルナドゥ州の膨大な人口が1日に必要とする飲料水量の約半分に相当する莫大な量であり、産業排水処理がいかに地域全体の水資源管理において重要な位置を占めるかを示唆している。また、多くの施設は15年以上にわたり安定的に運用されており、長年の運用実績に基づいた運営体制が確立されている。

排水発生源である各工場の規模についても大きな差があり、日量12MLD規模の大型工場が存在する一方で、1MLD前後の中小規模工場も多数存在する。これら各工場から発生する膨大な排水は、地域インフラとして体系的に整備された送水配管を通じてCETPに集約されている。集められた排水は、前述の高度なZLDプロセスを経て、再び生産プロセスへと循環・再利用される仕組みが確立されており、主に以下の三系統の配管ラインによって地域全体が管理・運用されている。

1. 排水収集ライン：各工場から発生する未処理排水を CETP へ送水
2. 処理水供給ライン：CETP での高度処理後、生産工程で再利用する水の工場の供給
3. RO（逆浸透膜）濃縮水回収ライン：高濃度塩分を含む濃縮水の、塩分回収や追加処理のための工場側への回収

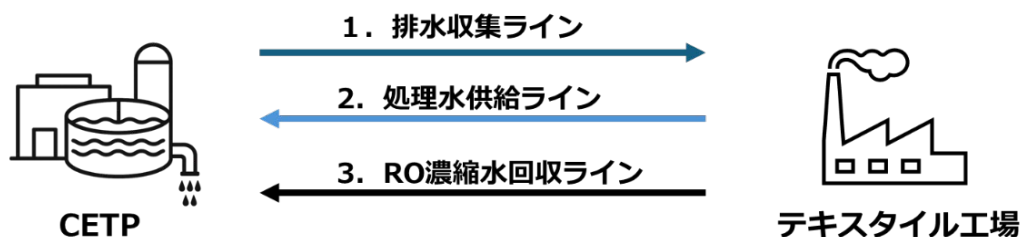


図 5-6 CETP と各工場の三系統の配管ラインのイメージ

このインフラを通じて、水だけでなく塩の資源循環も実施されている。RO 濃縮水は、蒸発・冷却工程を経て硫酸ナトリウム塩として回収される。ティルプールでは綿染色用途として1日あたり約1,000トンの塩が使用されているが、排水由来の塩を回収・再利用することで、外部からの塩購入量の削減が実現している。

2025年8月には、18のCETPの一つであるムルガパラヤム地区に所在する共通排水処理施設（Murugampalayam Common Effluent Treatment Company Ltd.）を視察した。同施設では、複数の染色工場から1日あたり合計約1.2MLDの排水を受け入れ、処理を行っている。

排水は、周辺の合計67工場(表5-5)から集められており、下図のとおり施設から3km以上離れた工場からもパイプラインによって送水されている。工場の立地が分散していることから、広域的な配管ネットワークを前提とした排水集約型の運用が行われている点が特徴である。



表 5-5 Murugampalayam CETP に接続している企業一覧

1	Vijay Dyeing & Bleaching	35	Prabu Colours
2	Aparna Colours	36	Kumaran Textile Process
3	Loga Colours	37	International Colour Terminal
4	Sri Vegadachalapathi Dyeing	38	Dowin Processing Mills
5	GK Process	39	KAK Textile Processing
6	GKM Process	40	Sri Saravana Dyeing (UNITY)
7	SK Process	41	Dotex Process
8	Chola Process	42	Ajantha Processers
9	Arulprakash Dyers	43	Vignesh Process
10	Sakthi Bala Process	44	Baby Bleachers
11	Vedha Colours	45	K. Valliyappa Gounder Bleaching Co.
12	Velmurugan Process	46	Vairam Bleaching Company
13	Five Rose Bleachers & Process (RITHESWAR)	47	J.M.R. Bleaching
14	Sri Abinandhi Dyeing	48	Sri Laksmi Bleaching Company
15	SP Process	49	Senbagam Bleachers
16	Standard Colours	50	Karpagam Bleachers
17	Sandhiva Bleaching & Dyeing	51	M.S Bleachers
18	Chitra Colours	52	Micro Bleachers
19	Sri Arulmurgan Dyeing & Bleaching Co	53	Senbagam Bleachers (Tamilnadu Bleachers)
20	Vairam Process	54	Sumy Bleachers
21	Prince Dyeing	55	Sri Kaliyamman Bleachers
22	Sumy Process	56	M.V. Bleaching Factory
23	Ambika Process	57	Sraswathi Bleaching Company
24	Thangam Process	58	R.K.P. Bleaching
25	Palani Andavar Dyeing	59	Manoj Colours
26	Kongunadu Textile Process	60	Indu Bleaching & Dyeing Works
27	Sri Gowtham Dyeing	61	Sri Thirumal Bleachers
28	DRK Dyeing	62	Kathiresan Bleaching Company
29	Vani Process	63	Kalavai Bleaching Company
30	Sri Bhagavathi Dyeing	64	Sri Gokila Bleaching
31	Sri Bagavathy Process	65	Veeramani Process
32	Dye Tech Process (GEE GEE)	66	Narayana Dyeing
33	Senbagam Process	67	G.K.M. Colours
34	Micro Colour Makers		

## ② 染色工程と排水特性

ティールプールにおける繊維染色プロセスは、精練（煮沸）、漂白、温水・冷水洗浄、染色、ソーピング（石鹼処理）など、平均して約 10 段階の工程から構成される。現地の運用実態として、これら各工程から発生する排水は源流で分離されることなく、すべて混合排水として一括で CETP に送水されるのが一般的である。

排水中の COD 濃度は工程ごとに大きく異なり、洗浄水などが混ざった最終的な混合排水では概ね 1,500 mg/L 程度に希釈される。表 5-6 に繊維染色排水の具体的な一例を示す。これは CETP の処理プロセスへ投入される直前の未処理の原水のサンプリング分

析結果である。水質特性として、有機物指標である COD は 1,540 mg/L、溶解性物質を示す TDS は約 10,000 mg/L と、両者が高濃度で存在している。また、着色度は 3,600 (HAZE 色度) に達しており、目視でも極めて濃い色度を示していることが読み取れる。

なお、染色工程単体から排出される排水に着目すると、5,000~7,000 mg/L もの高濃度であることが確認された。本来、排水処理の観点からは、こうした高負荷排水を発生源で分離して個別に処理することが望ましい。しかし、既存工場では配管インフラの制約が大きく、後付けで排水分離を導入することは困難であると考えられる。

表 5-6 繊維染色排水の水質の例

分析項目	測定値	単位
pH	9.56	-
TDS (Total Dissolved Solids)	9,896	mg/L
TH (Total Hardness)	150	mg/L
Ca.H (Calcium Hardness)	80	mg/L
TSS (Total Suspended Solids)	70	mg/L
Cl. (Chloride)	1,299	mg/L
Turbidity	117	NTU
COD (Chemical Oxygen Demand)	1,540	mg/L
Alk. (Alkalinity)	2,588	mg/L
Sulphate	4,400	mg/L
Silica	6	mg/L
Colour	3,600	HAZEN

### ③ CETP の処理フローおよびコスト構造

ヒアリング結果によると、CETP 全体の設備投資額は約 3 億 USD であり、運転維持費 (OPEX) の内訳は、電力が約 40%、化学薬品が約 10%、石炭等の燃料費が約 50% を占めており、エネルギーコストへの依存度が高い。

処理フローは、好気性処理、塩素処理、ろ過、MF (マイクロフィルトレーション)、活性炭処理、RO 膜処理を経た後、MEE (多重効果蒸発器)、塩類回収、MEE 二次処理、ATFD (攪拌薄膜乾燥器) へと続く構成となっている。工程別のコスト配分では、好気性処理および RO 膜処理がそれぞれ約 15% であるのに対し、MEE 以降の工程が全体の約 70% を占めている。これは、ZLD の求める液体排出をゼロに対応するため、膨大な熱エネルギーを投じて水分を蒸発させていることが原因である。

視察した Murugampalayam CETP においては、好気性処理を中心としつつ、複数の工程を組み合わせた多段階処理として構成されていた。まず、原水は貯留・均質化を経て

生物処理が実施される。固液分離工程では、沈殿槽の底部に汚泥が集積される構造となっており、安定した汚泥分離が行われている。分離された汚泥は、濃縮およびフィルタープレスによる脱水を経て適切に処理される仕組みである。

続く高度処理工程では、脱色やろ過を経て、専用の処理ヤードにて膜処理が実施されている。この膜処理工程は、処理水の水質確保および再利用を前提とした設計がなされており、得られた回収水は利用者に再利用水として供給される。

また、膜処理から生じる濃縮液についても、蒸発器や晶析装置を用いて最終的に塩資源として回収される。表 5-7 に回収塩の成分分析結果の一例を示す。本サンプルの主成分は硫酸ナトリウム（含有率 98.20%）であり、一般的な食塩（塩化物：0.76%）とは異なる工業用芒硝であることが確認され、カルシウム、マグネシウム、鉄などの不純物はいずれも 0.01%以下と低い水準にある。このように、各工程から生じるろ液や凝縮水を系内で再循環させることにより、施設全体として効率的な資源循環と環境負荷の低減が図られている。

表 5-7 回収された塩の成分分析結果

No	項目	試験方法	結果
1	pH（10%溶液）	-	9.44
2	塩化物（Cl <sup>-</sup> ）	BTH-INHOUSE	0.46%
3	全硬度 （CaCO <sub>3</sub> として）	BTH-INHOUSE	0.01%
4	カルシウム（Ca）	BTH-INHOUSE	0.052%
5	マグネシウム（Mg）	BTH-INHOUSE	0.0043%
6	塩化ナトリウム含有率	BTH-INHOUSE	0.76%
7	硫酸ナトリウム含有率	BTH-INHOUSE	98.20%
8	全シリカ	BTH-INHOUSE	0.10%
9	全鉄（Fe）	ICP-OES	0.012%
10	アルミニウム（Al）	ICP-OES	0.078%
11	全クロム（Cr）	ICP-OES	0.76 mg/kg
12	硫酸イオン（SO <sub>4</sub> ）	BTH-INHOUSE	66.39%
13	ナトリウム（Na）	BTH-INHOUSE	26.27%
14	カリウム（K）	ICP-OES	0.11%

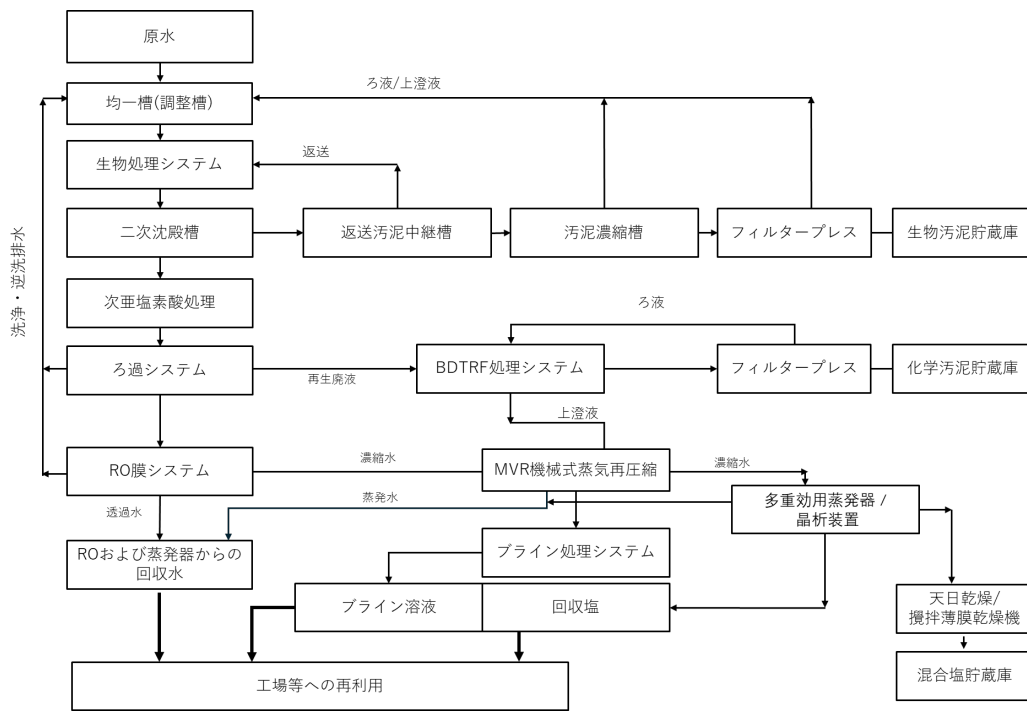


図 5-8 処理フロー



図 5-9 MURUGAMPALAYAM CETP の設備

#### ④ 個別排水処理施設 (IETP) および他産業への展開可能性

他地域の繊維染色工場の一部では CETP ではなく、個別排水処理施設 IETP を設置している場合もある。IETP の処理能力は日量 100 KLD~2,400 KLD 程度である。これらの施設では、COD 約 7,000 mg/L に達する高濃度排水の処理が可能である一方、設置スペースの制約、技術的難易度、コスト増加といった課題がある。これらの施設は染色工程に隣接して配置されているため、高濃度排水の分離回収が比較的容易であり、EGSB システムの先行導入先として高い適応可能性を有している。

また、本技術は、染色産業のみならず、高 COD 排水を排出する皮革産業、製薬、食品加工業等への展開も想定される。特に皮革産業の脱毛・浸灰工程等、有機物負荷の高い廃水を有する分野において、嫌気性処理による負荷低減とエネルギー回収のニーズは共通していることが確認された。

#### ⑤ 排水処理以外の環境技術導入検討余地

ティルプール地域の排水処理システムは、約 120 バールの高圧 RO 運用による設備負荷、蒸発装置の更新費用、および低石灰スラッジ (Low Lime Sludge) の処理を伴う運用となっている。これらは稼働率やコストに直接影響するため、継続的な改善が図られている。

排水処理の過程で発生する廃塩は、不純物を含み再利用に適さないものが年間推定 10 万トン発生しており、現在は有効な利用先がないため各施設内に野積みされ、処理・処分方法の確立が課題となっている。これら不純物を含む廃塩を適切に精製・回収し、他産業の原材料として供給できれば、地域全体での資源循環が可能になる。

また、欧米の顧客との取引において、製品製造における脱炭素化や資源循環を求められていることから、工業団地関係者からは、廃棄物からのエネルギー回収についても関心があるとのコメントがあった。ティルプールでは日量約 800 トン、近郊のコインバトルでは約 1,200 トンの廃棄物が発生しており、未処理のまま野積みされている。現在、工場では年間約 2,500 トンの未利用植物が蒸気供給に利用されているが、廃棄物の燃料化やバイオガス発電等による代替についても提案を歓迎するとのコメントもあった。

#### (3) カルール工業団地の調査結果

カルール工業団地は 2006 年に設立され、ホームテキスタイルの製造を中心とする工業団地である。敷地面積 110 エーカーに 32 の工場が立地し、染色工場は 16 工場存在するが団地外に分散している。排水処理は CETP による中央処理方式ではなく、各工場が独自に IETP を設置して実施している。2025 年 12 月にカルール工業団地を訪問し、ホームテキスタイル製造会社である A 社の工場及び IETP を視察した結果を示す。

##### ① A 社の製造体制

同工業団地内に製造拠点を有する A 社はデザイン、製織、プリンティング、染色、縫製、検品までを社内で一貫して行う大規模工場である。H&MHOME や ZARAHOME などのグローバルブランドからの受注実績があり、キッチン関連製品やクッションカバーの製造を中心に行っている。



図 5-10 A 社の製品例

## ② 排水処理施設

排水処理施設は工業団地外で、染色工場と隣接して設置されている。同社は、高濃度プリンティング排水を分離処理している。具体的には、沈殿による汚泥除去後に嫌気処理を行い、処理済み汚泥は乾燥のうえ最終処分場で埋立処理される。嫌気処理後の排水は他の低濃度排水と混合され、曝気槽での好気性処理およびRO膜処理を経て、飲用可能レベルまで浄化されている。処理水は再度工場内で再利用し、ZLDを達成している。

現状の課題として、嫌気処理工程でのガスや汚泥の発生量は少なく、発電利用は行われていない。汚泥を嫌気処理前に除去していることが主な要因であるが、処理能力の増強余地として愛研化工機の嫌気処理装置導入が検討可能である。

プリンティング排水のCOD濃度は20,000以上、排出量は月間15~20トンであり、現状排水量は多くはない。一方、将来的に生産拡大計画も有しており、それを踏まえると嫌気処理装置の処理能力は現状の5倍程度が必要と推定されるとのことであった。



染色装置 (糸)



糊抜き装置



高濃度のプリンティング排水 (右) を仕分け



ガスホルダー

図 5-11 A社の排水処理設備

### 5.2.3 事業モデルの検討

本年度事業においては、染色繊維工場を対象とし、ティルプール工業団地及びカルール工業団地にて排水集約処理システム (CETP) 及び個別処理システム (IETP) の視察を実施した。

ティルプール工業団地においては、インド国内で初めて ZLD が導入された場所であ

り、各工程から出る排水を全て混合し、多段階処理を実施するシステムが確立され、15年以上運用されている。既存システムに統合される前の各工場における染色工程の高濃度排水のみを仕分けし、愛研化工機の処理設備を導入することで、既存システムの好気性処理後の多段階処理における石炭由来の稼働電力の一部を削減することが可能となる。一方、高濃度排水の仕分けには新たに配管整備が必要であるが、上述のとおり既に3系統の配管が整備されており物理的に困難であることが見込まれる。また、設備導入によるエネルギー回収量と好気性処理工程後の蒸発工程で必要とされるエネルギー量の需給バランスは見合わず、CETP全体での投資回収が難しい。

一方、カルール工業団地においては、各工場がIETPを有し排水処理を実施していた。また、訪問したA社では、高濃度のプリンティング排水を仕分けし嫌気性処理を実施後、他低濃度排水と混合して処理を実施するシステムを構築していることが明らかとなった。嫌気処理工程については運転条件の最適化による処理効率向上の余地があり、また既に高濃度排水を仕分けするシステムが確立されていることから、愛研化工機の処理設備導入可能性が高い。2025年12月には1社のみ訪問したが、他工場でも同様の処理システムが導入されていることが明らかとなっていることから、他工場への横展開についても期待される。

上記検討結果を踏まえ、カルール工業団地におけるA社の染色繊維工場にて、株式会社愛研化工機の設備導入する場合の事業モデルを検討した。

株式会社愛研化工機は、海外におけるビジネス展開では現地EPC事業者へライセンスを供与し、同EPC事業者と連携して設計・施工を実施するライセンスビジネスを展開している。インドにおいては本事業でビジネス展開の検討を開始したことから、今後連携可能な現地EPC事業者の探索も進めていく必要がある。これまでの調査にて、現地EPC事業者2社とは協議を実施したが、具体的な案件に基づくライセンス契約の検討を現地からは求められていることから、案件形成と並行してEPC事業者との協議を進めていく考えである。下図・下表に実施体制のイメージを示す。



図 5-12 EPC事業者候補と愛研化工機の面談

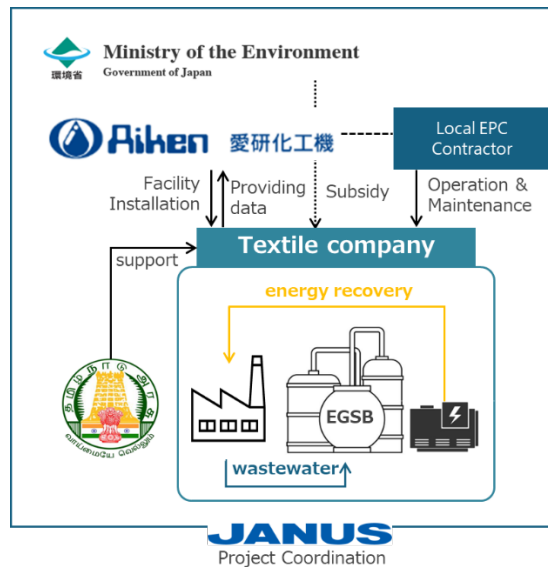


図 5-13 愛研化工機設備導入事業の実施体制案

ステークホルダー	想定する役割
株式会社愛研化工機	JCM 設備補助事業代表事業者、設備設計、技術的アドバイス
現地 EPC 事業者	愛研化工機ライセンス供与先、現地見積、エンジニアリング、O&M
テキスタイル会社	排水処理設備運営管理、現地カウンターパート（補助裏負担）
日本エヌ・ユー・エス株式会社	補助事業申請サポート、関係者間の調整、コンサルティング業務

インドでの事業化においては、現地企業設備と比較して価格競争力を出せるかが非常に重要な観点となることから、現地 EPC 事業者との連携による設備の現地化は必須である。A 社の場合、既存システムにおいても ZLD の達成はできているものの、高効率な処理によるバイオガスの回収や設備拡大計画に伴う処理設備拡大のニーズもあることから、提案の余地は多いにあると考えられる。

次年度事業においては、愛研化工機の装置導入に向け、排水性状、既存システムの稼働電力、コスト等、詳細な事業モデル検討に向けたデータ取得を進めるとともに、経済性を含めた導入効果の整理を行う予定である。

### 5.3 効果検証

前項に示した事業モデル案で、愛研化工機の設備を染色繊維工場（A社）に導入した場合のGHG削減効果を算出した。

A社におけるプリンティング排水のCOD濃度は20,000 mg/L、排水量は月間15~20トンとことから、国内の染色工場の試算結果を参照し、負荷量から年間のバイオガス発生量を試算すると、

$692 \text{ kWh} \times (10,000 \text{ kg/d} / 1,000 \text{ kg/d}) \times 365 = 6,920 \text{ kWh/d} \times 365 = 2,525,800 \text{ kWh/year}$   
となる。

EGSB装置の稼働電力は、

$404 \text{ kWh/d} \times (6,920 \text{ kWh/d} / 692 \text{ kWh/d}) = 4,040 \text{ kWh/d}$

であることから、売電または自家消費が可能な電力として、

$6,920 \text{ kWh/d} - 4,040 \text{ kWh/d} = 2,880 \text{ kWh/d}$

を得ることができる。これに電力系統の排出係数を乗じると、

$2,880 \text{ kWh/d} \times 0.919 \text{ t-CO}_2/\text{kWh} \times 365 = 966 \text{ t-CO}_2/\text{year}$

のCO<sub>2</sub>削減効果となり、耐用年数を考慮したプロジェクト期間の総CO<sub>2</sub>排出削減量は、

$966 \text{ t-CO}_2/\text{year} \times 15 = 14,490 \text{ t-CO}_2$

となる。

既存の好気性処理設備においては、ZLDを達成するために継続的に使用することになる。既存の嫌気性処理設備の稼働電力については現在収集中であるが、EGSB導入により不要となるため、当該電力の消費削減を追加で見込むことができる。

JCM設備補助事業においては、当該国にて1件目の案件については、CO<sub>2</sub>排出削減に寄与する設備の50%か、排出削減コスト目安の4,000円/t-CO<sub>2</sub>のいずれか低い値が適用される。CO<sub>2</sub>排出削減量を元にJCM設備補助事業において期待されている費用対効果の値（4,000円/t-CO<sub>2</sub>）から補助対象設備コストの規模を逆算し、14,490t-CO<sub>2</sub>に費用対効果4,000円/t-CO<sub>2</sub>を乗じると、この排出削減量に基づく補助上限額は、5,796万円となる。メタン発酵設備はインドにおいて1件目となることから、補助率上限は50%となる。補助金額5,796万円を50%で割り戻した対象費用は1億1,592万円となるため、JCM設備補助対象設備の範囲を1億1,592万円以内とするシステムの実現可能性を本調査において検討する。

上述のとおり、2025年7月にインドMoEFCCは国際協力により進める脱炭素化の重点分野を発表し、その方針に従いJCM設備補助事業の申請可能技術を定めている。愛研化工機のEGSBにおいては、5項の「Compressed Biogas」を精製可能な技術として該当すると考えられるが、申請前の事前相談は必須である。

次年度事業において、追加調査によるポテンシャルサイトの絞り込みと詳細検討を進めつつ、事業化に向けた体制構築と申請に向けた適格要件の確認等を進めていく。

#### 5.4 成果のまとめ及び今後の提案

本年度調査にて、染色繊維産業における IETP を有する大規模工場や、高濃度なプリンティング排水を排出する工場が、愛研化工機の EGSB システムの導入先としてポテンシャルが高いことを見出した。効率的なエネルギー回収に至っていない等の既存の嫌気性処理設備の課題も見られ、愛研化工機の独自技術による効率化の余地は大きい。本検討を踏まえ、染色排水分野におけるエネルギー回収および脱炭素化技術の実装に向けては、実際の施設条件を前提とした導入設計の具体化が重要となる。

来年度は、ポテンシャルサイトの探索を継続しつつ対象サイトを絞り、導入技術における必要設備の構成、既存設備との接続方法、運転・維持管理方法、概算導入費用および運用コスト等について詳細に検討を行い、導入に向けた具体的な計画の検討を進める予定である。

また、排水処理の過程で発生する廃塩の有効利用や、一般廃棄物からのバイオガス化などの資源循環のニーズも確認された。こうした需要は、染色産業のみならず、州内で拡大している食品加工や化学産業においても共通する課題であるため、今後は水資源の再利用と環境負荷低減を両立する技術の適用可能性について検討を深める必要がある。

更に、染色繊維産業以外の分野においても、より高度な産業排水処理や再利用への対応が求められる現地実態も明らかとなった。浸出水の浄化などの高濃度排水への対策が求められており、膜処理技術の展開といった高度化が必要な段階にある。今後、連携するタミルナドゥ州政府からの要請も踏まえ、これらの産業ごとの排水特性や規制値に対し、既存の処理設備をどう組み合わせるべきか、より詳細な調査を進める考えである。

## 6. 支援機関との連携

本調査は、在インド日本大使館や JICA インド事務所、JETRO デリー事務所等、インドに所在する本邦機関の協力の下実施した。

2025 年 8 月の現地調査では、前述の 3 機関との意見交換を対面で実施した。

在インド日本国大使館からは、インド市場の傾向や特徴、そして参入する際の留意点等が共有された。インドは単年度主義ではないため、焦らず長期的な視点で進めることが重要である点やインドは「メイクインインディア政策」を推進しており、現地生産が望ましい点などの助言を得た。また、州によっては政権交代により協力関係が途絶えるリスクがあるため、政治的に安定した地域との連携が望ましく、その意味でタミルナドゥ州は適切な選択であるとのコメントがあった。今後も事業の進捗を報告し、現地企業の紹介や活用可能性のある支援策について、相談できる関係性を構築することができた。

JICA インド事務所からは、タミルナドゥ州投資促進プログラムの紹介を受け、後日別途オンライン会議を実施した。本プログラムは、日本企業の投資環境整備、スタートアップ・中小企業支援、産業人材育成、グリーン化促進、直接投資促進など多面的に支援を行う事業である。JICA インド事務所はモニタリングレポートを通じて法制度の動きを調査し、日本企業にとって有利となるような法整備を現地政府に働きかける活動をしており、愛媛県内企業の要望も相談可能とのことであった。現状は本プログラムを活用するフェーズにはないものの、今後も引き続き情報交換を実施できる関係性を構築できた。

JETRO デリー事務所からは、インド市場の最新動向が共有された。モディ首相が提唱した「自立したインド」政策の影響で、輸出は少なく、インド市場を見ているインド企業が多い状況であることから、従前とは異なる市場へのアプローチが重要との指摘を受けた。関係機関の紹介もいただき、今後も連携しながら調査を進めていく。

初年度である本年度事業では、インドにおける主要本邦機関との面談を実施し、今後本事業に関して相談できる関係を構築することができた。次年度以降についても、定期的に状況を報告し、助言と支援を得つつ、事業創出に向けて活動する計画である。



図 6-1 在印大使館、JICAインド事務所、JETRO デリー事務所との面談の様子

## 7. 環境省主催の都市間連携セミナーへの参加

2025年2月5日～6日にかけて環境省主催の都市間連携セミナーが開催された。タミルナドゥ州からは、タミルナドゥ州政府 地方自治行政局長およびマドゥライ市公社コミッションナーの参加が予定されていたが、選挙実施が発表されたことによる用務対応のため、職員の緊急国内待機要請が発出され、参加不可となった。代わりに日本エヌ・ユー・エス株式会社の本事業担当者が都市間連携セミナーに出席し、企業見学を含むすべてのプログラムに参加した。

なお、ガイダンス・タミルナドゥは近日中に来日と愛媛県への訪問を予定しており、都市間の交流や、都市間連携事業については、問題なく遂行されている。

## 8. 成果のまとめ

本年度は、都市間連携事業フェーズ1の初年度として、事業化を検討する上で必要となる政策・法制度の調査を実施し、現地の状況に則した事業モデルを仮定した上で、2度の現地調査を通して、連携可能性のある企業や組織へのヒアリングおよび現地協力企業と連携した詳細な調査を行った。いずれのテーマにおいても、現地課題と県内企業技術の親和性を改めて確認でき、連携可能性のある企業・工業団地との詳細検討に進む準備が整ったところである。次年度は、資金調達方法の検討や実施体制の構築、経済性評価など、事業化に向けたより具体的な調査を行い、現地企業との関係深化を図りながら、より魅力的な技術提案を練っていく必要がある。

以下に今年度における主要な成果及び実施課題と次年度の計画を示す。

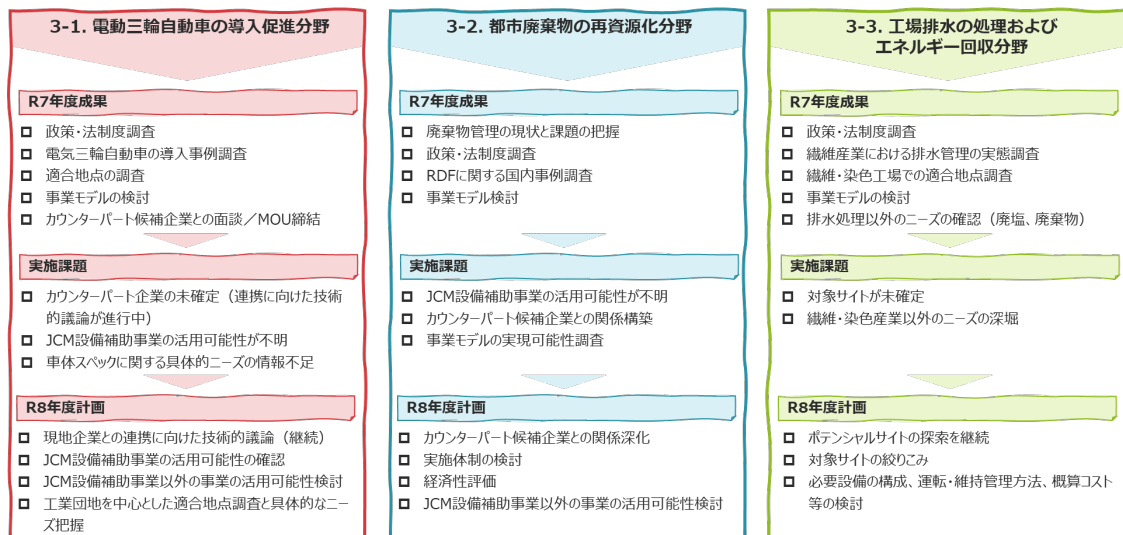


図 8-1 本年度事業の成果、実施課題、次年度計画

以上