

インド国

インド国

ファインバブル排水処理システムに
よる水質汚染対策事業に関する
案件化調査

業務完了報告書

2024年2月

独立行政法人
国際協力機構(JICA)

グリーンブルー株式会社

横浜セ

JR

24-001

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。

利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.

Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

目次

写真	1
地図	2
図表リスト	3
略語表	4
要約	6
案件概要図	8
はじめに	9
1. 調査名	9
2. 調査の背景	9
3. 調査の目的	9
4. 調査対象国・地域	9
5. 契約期間、調査工程	10
第1 対象国・地域の開発課題	14
1. 対象国・地域の開発課題	14
2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等	16
(1) 開発計画・政策	16
(2) 法令等	16
3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針	20
4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析	21
(1) 我が国の ODA 事業	21
(2) 他ドナーの先行事例分析	21
第2 提案法人、製品・技術	22
1. 提案法人の概要	22
(1) 企業情報	22
(2) 海外ビジネス展開の位置づけ	22
2. 提案製品・技術の概要	22
(1) 提案製品・技術の概要	22
(2) ターゲット市場	24
3. 提案製品・技術の現地適合性	25
(1) 現地適合性確認方法	25
(2) 現地適合性確認結果（技術面）	25
(3) 現地適合性確認結果（制度面）	28
4. 開発課題解決貢献可能性	28

第3	ODA 事業計画/連携可能性.....	30
1.	ODA 事業の内容/連携可能性.....	30
	(1) ODA 新規事業の概要.....	30
	(2) 想定するカウンターパートと役割.....	30
	(3) 上記 ODA 事業の実施により想定される開発効果.....	30
2.	環境社会配慮等.....	31
3.	ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果.....	31
第4	ビジネス展開計画.....	32
1.	ビジネス展開計画概要.....	32
2.	市場分析.....	33
	(1) 市場の定義・規模.....	33
	(2) 競合分析・比較優位性.....	34
3.	ビジネスモデルとバリューチェーン.....	34
	(1) ビジネスモデル.....	34
	(2) バリューチェーン.....	35
4.	進出形態とパートナー候補.....	36
5.	収支計画.....	37
6.	想定される課題・リスクと対応策.....	38
	(1) 法制度面にかかる課題/リスクと対応策.....	38
	(2) ビジネス面にかかる課題/リスクと対応策.....	38
	(3) 政治・経済面にかかる課題・リスクと対応策.....	39
	(4) その他課題/リスクと対応策.....	39
7.	ビジネス展開を通じて期待される開発効果.....	39
8.	日本国内地元経済・地域活性化への貢献.....	40
	(1) 関連企業・産業への貢献.....	40
	(2) その他関連機関への貢献.....	40
	参考文献.....	42
	英文要約 (Summary Report)	43
	OUTLINE OF THE SURVEY.....	47

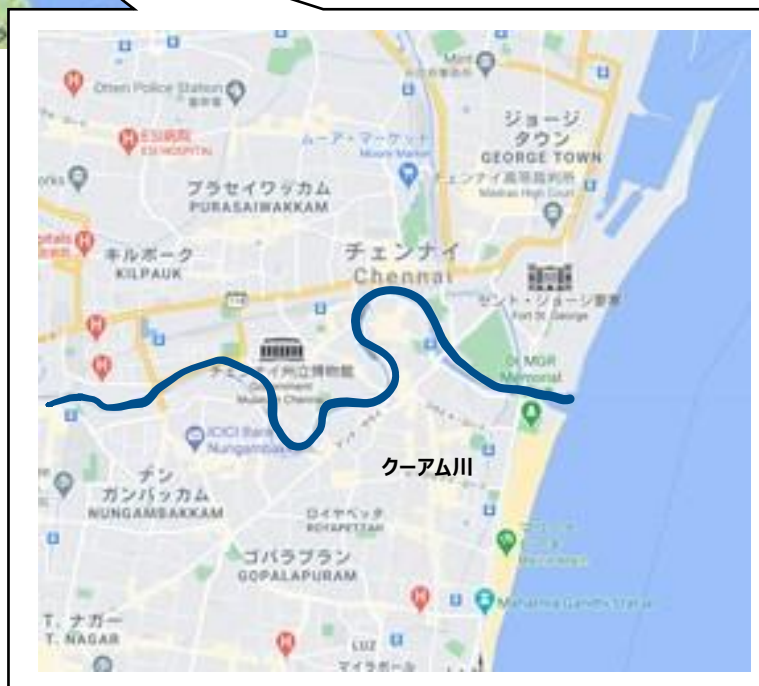
写真

		
<p>クーアム川視察</p>	<p>クーアム川の状況</p>	<p>BS アブドララーマン・クレセント大学内下水処理施設</p>
		
<p>SEIAA との面談</p>	<p>CII との面談</p>	<p>夢賀在チェンナイ日本総領事への報告</p>
		
<p>Metro Water との面談</p>	<p>Ranitech 社での実証試験</p>	<p>マダムバッカム小湖視察</p>
		
<p>CD Technotex との面談</p>	<p>染色工場 CETP の流入槽</p>	<p>脱色実証試験</p>

地図



©google map



図表リスト

図 1 州別排水量と処理量	14
図 2 州政府体制	19
図 3 排水処理フロー	23
図 4 実証試験結果	26
図 5 バリューチェーン	36
図 6 実施形態	37
表 1 環境保護法(抜粋)	17
表 2 中央公害管理委員会の機能	18
表 3 対インド事業展開計画(水質改善関連部分抜粋)	20
表 4 納入実績	22
表 5 サービス価格	24
表 6 収支計画	38
表 7 その他のリスクと対応策	39
表 8 水質基準(下水処理場)	40

略語表

略語	正式名称	日本語名称
BCD	Basic Custom Duty	基本関税
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
CBIC	Central Board of Indirect Taxes & Customs	中央物品関税局
CETP	Common Effluent Treatment Plant	共同排水処理場
CII	Confederation of Indian Industry	インド工業連盟
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
CMWSSB	Chennai Metropolitan Water Supply & Sewerage Board	チェンナイ都市圏上下水道公社
DOE	Department of Environment	環境局
FICCI	Federation of Indian Chambers of Commerce and Industry	インド商工会議所連盟
GCC	Greater Chennai Corporation	チェンナイ都市圏公社
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
GST	General Service Tax	一般サービス税
IGST	Integrated Goods and Services Tax	統合物品・サービス税
JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興機構
MOF	Ministry of Finance	財務省
MOCI	Ministry of Commerce and Industry	商工省
MOEFCC	Ministry of Environment, Forests and Climate Change	環境・森林・気候変動省
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PCB	Pollution Control Board	公害管理委員会
pH	potential of hydrogen	水素イオン濃度

RO	Reverse Osmosis	逆浸透
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SEIAA	State Environment Impact Assessment Authority	州環境影響評価局
SS	Suspended Solids	浮遊物質
SWS	Social Welfare Surcharge	社会福祉課徴金
TSS	Total Suspended Solids	全懸濁物質
UEF	United Economic Forum	ユナイテッド・エコノミック・フォーラム
ZLD	Zero Liquid Discharge System	排水ゼロ制度

要約

I. 調査要約

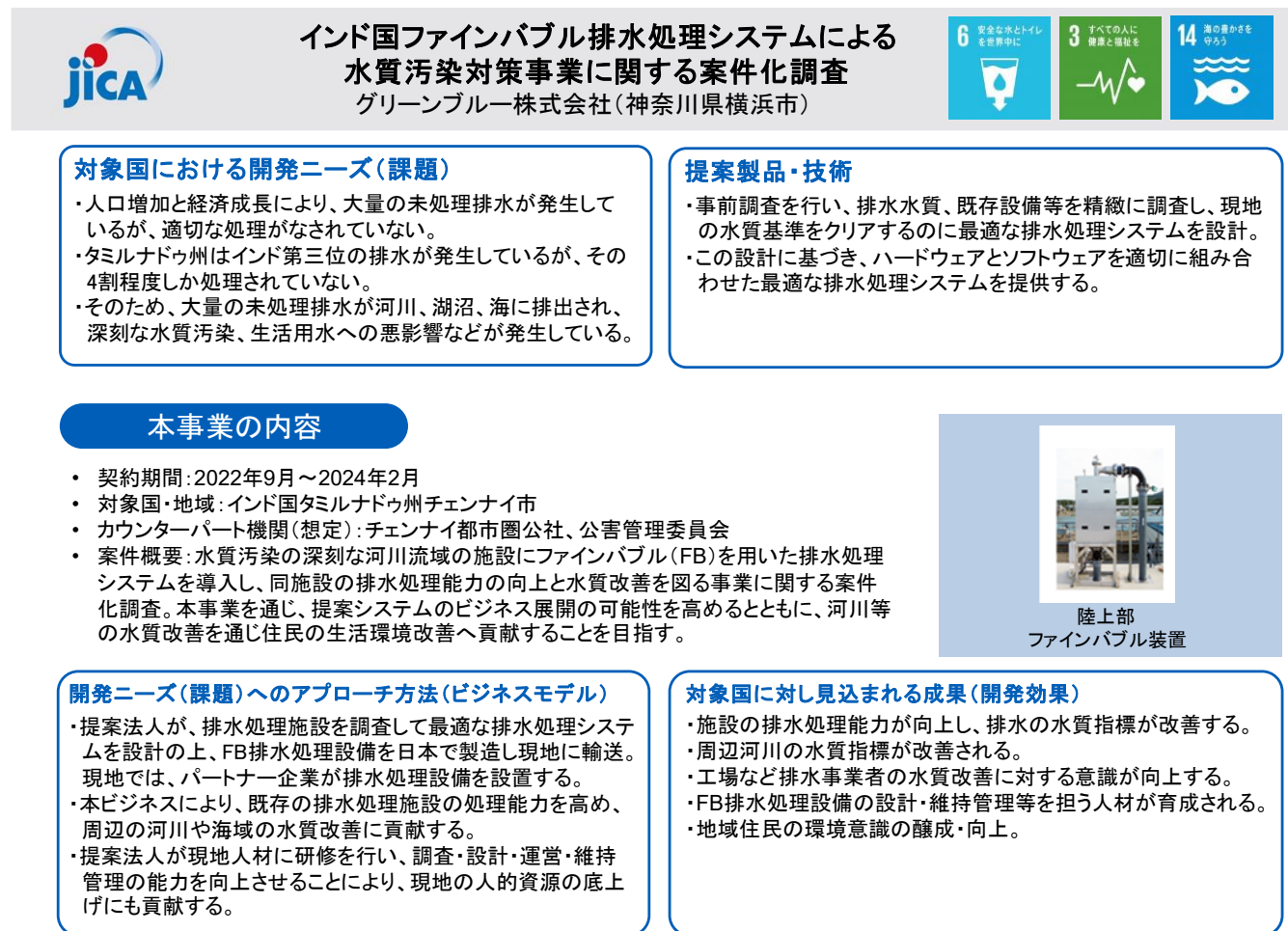
1. 案件名	(和文) インド国ファインバブル排水処理システムによる水質汚染対策事業に関する案件化調査 (英文) SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Water Pollution Control Project by Fine Bubble Waste Water Treatment System in India
2. 対象国・地域	インド国タミルナドゥ州チェンナイ市
3. 本調査の要約	水質汚染の深刻な河川流域の施設にファインバブルを用いた排水処理システムを導入し、同施設の排水処理能力の向上と水質改善を図る事業に関する案件化調査。本事業を通じ、提案システムのビジネス展開の可能性を高めるとともに、河川等の水質改善を通じ住民の生活環境改善へ貢献することを目指す。
4. 提案製品・技術の概要	事前の調査・設計によるオーダーメイドのファインバブル排水処理システムとエンジニアリングサービス。
5. 対象国で目指すビジネスモデル概要	既存の排水処理施設において事前調査・設計を行い、排水処理システムの増設とメンテナンスという一連のサービスを提供するビジネスモデル。
6. ビジネスモデル展開に向けた課題と対応方針	ビジネス展開に向け、現地パートナー企業との連携協定を結び、提案製品・サービスの本格展開に向けて準備を進めている。チェンナイ、ティルプールなど複数地域での需要があることから、現地での販売体制を整備することが課題であり、そのための体制構築を図っていく。
7. ビジネス展開による対象国・地域への貢献	<ul style="list-style-type: none"> ・ 貢献を目指す SDGs のターゲット ⑥水・衛生、③保健、⑭海洋資源 ・ 本ビジネスにより、既存設備の処理能力を大幅に改善し、周辺の水質改善に貢献する。
8. 本事業の概要	
① 目的	本調査の目的は、インドにおける本ビジネスの可能性を検討すること、インドの開発課題解決に本ビジネスを活用する可能性を検討すること、さらに本技術とサービスを用いた ODA 案件の可能性を検討することである。
② 調査内容	開発課題の確認、現地における投資環境、リスク、環境社会配慮、市場、製品・技術の現地適合性、競合先、バリューチェーンと採算性、現地パートナー企業、ODA 事業連携/ODA 事業化などについて調査・分析する方針である。調査対象地はチェンナイ市である。

③ 本事業実施体制	提案法人：グリーンブルー株式会社 外部人材：カーボンフリーコンサルティング株式会社
④ 履行期間	2022年9月～2024年2月（1年6ヶ月）
⑤ 契約金額	29,662千円（税込）

II. 提案法人の概要

1. 提案法人名	グリーンブルー株式会社
2. 代表法人の業種	[①製造業、建設業、運輸業、その他]（ ）
3. 代表法人の代表者名	杉本 健司
4. 代表法人の本店所在地	神奈川県横浜市神奈川区西神奈川 1-14-12
5. 代表法人の設立年月日（西暦）	1972年10月21日
6. 代表法人の資本金	7,700万円
7. 代表法人の従業員数	80名
8. 代表法人の直近の年商（売上高）	11.7億円（2022年7月から2023年6月）

案件概要図



2023年12月現在

はじめに

1. 調査名

インド国ファインバブル排水処理システムによる水質汚染対策事業に関する案件化調査
SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Water
Pollution Control Project by Fine Bubble Wastewater Treatment System in India

2. 調査の背景

インドにおいては、人口増加に伴う都市部への急激な人口流入、工業化による処理能力を超えた汚水の排出、自然浄化力をはるかに上回る下水の河川等への垂れ流しの結果、生活環境が悪化し、汚染された水を媒介とする下痢、肝炎などにより地域住民の健康が脅かされている。南インドのチェンナイ都市圏でも、急速に人口が増加しており、生活用水、産業用水ともに需要が急増している。インド政府は、国家都市衛生政策（2008年）において都市部全人口への下水・衛生施設の提供を、また国家水政策（2012年）において全人口への上水供給を政策目標として掲げている。特に、上水道は人口増加による需要増大に対して水源が限られていることに鑑み、無収水対策や再生利用水の活用等による効率的な水利用を、下水道は全ての都市部上水道施設に対応した下水処理施設の整備を重視している。我が国の対インド国別援助方針では、重点分野【持続的で包摂的な成長への支援】の小目標に、環境問題・気候変動への対応が掲げられており、上下水道関連施設等整備、廃棄物対策や大気汚染等の公害対策における効率性向上のために、民間参入の促進に努めることが示されている。こうした方針の下、JICAは、チェンナイ海水淡水化施設建設計画、ベンガルール上下水道整備計画、グワハティ下水道整備計画等を実施し、上下水道、衛生改善、および公害防止対策などの活動に取り組んでいる。提案ビジネスは、水質汚染の深刻な河川流域の施設にファインバブルを用いた排水処理システムを導入し、同施設の排水処理能力の向上と水質改善を図り、住民の生活環境改善へ貢献することが期待される。

3. 調査の目的

本調査においては、提案企業が有するファインバブルを用いた排水処理システムの適用可能性の確認を行い、ODAを通じた提案製品の現地活用可能性、およびビジネス展開にかかる検討を行うことを目的としている。

4. 調査対象国・地域

インド国タミルナドゥ州チェンナイ市

5. 契約期間、調査工程

契約期間：2022年9月14日～2024年2月15日

調査工程

【第一回現地調査】2022年12月11日(日)～12月19日(月)

日程	面談先	調査項目
12月11日(日)	移動	
12月12日(月)	タミルナドゥ州環境影響評価局 (SEIAA)	事業紹介、開発課題、政策・法令、投資環境、環境社会配慮、他ドナー、既存ODA、新規ODA
	チェンナイ総領事館	事業紹介、開発課題、政策・法令、投資環境、環境社会配慮、日本援助方針、既存ODA、新規ODA
	クーアム川視察その1	開発課題、環境社会配慮
12月13日(火)	JETRO チェンナイ事務所	事業紹介、開発課題、政策・法令、投資環境
	タミルナドゥ州環境局(DOE)	事業紹介、開発課題、政策・法令、投資環境、環境社会配慮、他ドナー、既存ODA、新規ODA
	チェンナイ河川復旧基金 (CRRT)	事業紹介、開発課題、政策・法令、投資環境、環境社会配慮、他ドナー、既存ODA、新規ODA
	ARIAKE 社	事業紹介、開発課題、投資環境、市場調査
	BS アブドララーマン・クレッセント大学	事業紹介、開発課題、投資環境、市場調査
12月14日(水)	インド商工会議所(FICCI)、L&T建設	事業紹介、開発課題、政策・法令、投資環境、環境社会配慮、他ドナー、既存ODA、新規ODA
	タミルナドゥ公害管理委員会 (TNPCB)	事業紹介、開発課題、政策・法令、他ドナー、投資環境、環境社会配慮
12月15日(木)	ラニペット工業廃水処理場	事業紹介、開発課題、投資環境、市場調査

12月16日(金)	世銀チェンナイ事務所	事業紹介、開発課題、政策・法令、投資環境、環境社会配慮、他ドナー
	インド工業連盟(CII)	事業紹介、開発課題、政策・法令、投資環境、環境社会配慮、他ドナー、既存ODA、新規ODA
	日吉インディア社	事業紹介、開発課題、投資環境、市場調査
12月17日(土)	クーアム川視察その2	開発課題、環境社会配慮
12月18日(日)	資料整理	
12月19日(月)	移動	

【第二回現地調査】2023年1月22日(日)～1月28日(土)

日程	面談先	調査項目
1月22日(日)	移動	
1月23日(月)	インド工業連盟(CII)	開発課題、環境社会配慮、市場調査、新規ODA
	日吉インディア社	開発課題、市場調査、バリューチェーン構築
	ARIAKE社	開発課題、市場調査、バリューチェーン構築
1月24日(火)	タミルナドゥ州産業振興公社(SIPCOT)	事業紹介、開発課題、政策・法令、投資環境、環境社会配慮、他ドナー、既存ODA、新規ODA
	インド工科大学(IIT)	事業紹介、開発課題、バリューチェーン構築
	チェンナイ都市上下水道委員会(CMWSSB)	事業紹介、開発課題、政策・法令、投資環境、環境社会配慮、他ドナー、既存ODA、新規ODA
1月25日(水)	Ranitech社	開発課題、実証試験、市場調査
1月26日(木)	ポリホース社下水処理場	開発課題、開発課題、市場調査、バリューチェーン構築
	UEF チェンナイ商工会、ケアアーストラスト	事業紹介、開発課題、政策・法令、投資環境、環境社会配慮、パートナー調査、新規ODA

1月27日(金)	SR エンビロン社	実証試験準備
	在チェンナイ日本総領事昼食会	経過報告、新規 ODA
	マダムバックカム小湖視察	開発課題、新規 ODA
	SR エンビロン社	実証試験
1月28日(土)	移動	

【第三回現地調査】2023年12月17日(日)～12月24日(日)

日程	面談先	調査項目
12月17日(日)	移動	
12月18日(月)	SR エンビロン社	実証試験(脱色)
12月19日(火)	移動(ティルプールへ)	
	EKM Mohammed Ebraheem Sahib & Sons	開発課題、市場調査、バリューチェーン構築
	ムルガンパラヤム共同排水処理場視察	事業紹介、開発課題、市場調査、実証試験
	ティルプール染色協会	事業紹介、開発課題、市場調査、新規 ODA
12月20日(水)	ペルンドゥライ共同排水処理場視察	事業紹介、開発課題、市場調査、実証試験
	Best Colour Solutions India PVT. LTD.	事業紹介、開発課題、市場調査、実証試験
	CD Technotex LLP	事業紹介、開発課題、市場調査
12月21日(木)	CD Technotex プラスチックバッグ工場視察	開発課題、市場調査
	KKSK International	事業紹介、開発課題、市場調査
	移動(チェンナイへ)	
12月22日(金)	セミナー	事業紹介、開発課題、市場調査
12月23日(土)	資料整理	
	移動	
12月24日(日)	移動	

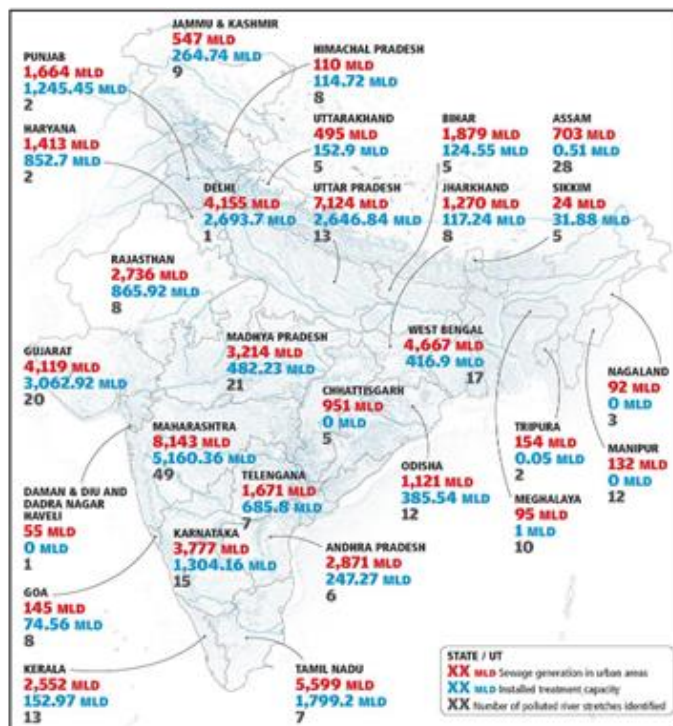
6. 調査団員構成

	企業名	氏名	役割
提案企業	グリーンブルー株式会社	平田 宏治	業務主任 調査全体を統括。ビジネス展開の可能性を評価し、ビジネス展開計画と実施体制の構築を主導する。
提案企業	グリーンブルー株式会社	中田 大介	現地適合性の調査・分析を行い、ビジネス展開上の製品・技術を企画する。市場調査・競合分析を行い、ビジネス展開・維持管理体制を企画する。
外部人材	カーボンフリーコンサルティング株式会社	清原 剛	バリューチェーン調査・採算性分析を行い、ビジネスモデルの構築と事業計画を策定する。
外部人材	カーボンフリーコンサルティング株式会社	内藤 由里弥	投資環境、リスク、環境社会配慮・ジェンダーの調査・分析を行い、事業計画を企画する。開発課題の現状、開発政策、日本及び他ドナーの援助政策や先行事例の調査・分析を行い、ODA事業との連携/ODA 事業化案を企画する。

第1 対象国・地域の開発課題

1. 対象国・地域の開発課題

インドは人口約14億人(2021年)で、2023年央に中国を抜き世界最大になった。経済面では、一人当たりGDPが2021年で2,257ドル、実質GDP成長率は2023/2024年度6.3%、過去5年間平均で年7.5%という堅調な成長路線を維持している。しかしながら、この人口増加と経済成長に伴って様々な公害問題が表面化し、特に、水質汚染は全国で深刻な問題となっている。図1は各州における総排水量(赤字)とその処理量(青字)を示したもので、多くの州が半分以上しか処理できていない。インド都市開発省によれば、タミルナドゥ州では、排水量が日量5,599百万リットルあり、その8割にあたる約45億リットルの排水処理



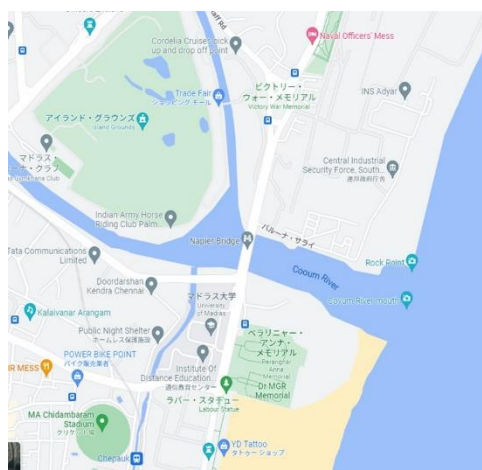
State of India's Environment 2018

図1 州別排水量と処理量

需要がある。これは国内第3位の水準であるが、このうち適切に処理できているのは約18億リットルにすぎず、27億リットルが適切に処理されていない。

タミルナドゥ州最大の都市であるチェンナイ市には、アデヤル川 (Adyar)、バッキンガム川 (Buckingham)、クーアム川 (Cooum) という人工の運河があるが、これら河川の水質汚染は特に深刻化しており、生活用水への悪影響、悪臭、土壌汚染、農業・漁業への悪影響など様々な問題が発生している。2005年以降は、これら主要河川の水質悪化を巡る住民訴訟が次々と提起されるようになり、2019年2月には、マドラス高等裁判所がタミルナドゥ州政府に対し、約14億円の罰金を課すとともに、汚染水対策を講じる命令を下す事態に発展している。インド地球科学省がクーアム川で行った調査では、通常10mg/l以下を基準とするBOD(生物化学的酸素要求量)が雨季で104.77、乾季では116.44にまで上るという深刻な結果が報告されている。今回の現地調査でも、チェンナイ市内において、クーアム川の上流から河口まで、①Koovam river bridge、②Golden George Rathnam Salai、③Golden George Rathnam Bridge、④Napiers Bridgeの4地点で水質の状況を観察したが、下流に行くほど、水面上の油分、汚泥の堆積、悪臭がひどくなった。特に河口にほど近いNapiers Bridgeでは、悪臭があたりに蔓延し、橋の上からでも川に油分や汚泥が含まれている様子がみてとれた。

このような汚染の原因は、チェンナイ市のおかれた自然環境も影響している。チェンナイには、19 世紀まで河川と呼べるような水源はなく、人々は井戸やため池から飲料水や生活用水を確保してきた。1870 年、当時の政府が水供給のための運河の建設に着手し、アデル川、バッキンガム川、クーアム川という人工の運河が整備されている。しかし、チェンナイは勾配差の小さい土地であったため、これら運河の流れは比較的緩慢とならざるを得ず、汚染物質が堆積しやすい課題があった。さらに、クーアム川の河口には南から北に向かう海流によって自然の砂防堰堤が発生し、川の流れをせき止めているため、水流が滞り、水質が悪化しやすいのである。



Napiers Bridge からみたクーアム川

河川に流入する排水には、生活排水と工業排水の二種類がある。本調査開始前は工業排水の課題が大きいと考えていたが、2015 年に導入された排水ゼロ制度 (ZLD ; Zero Liquid Discharge System) により、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。そのため、河川に流入する工業排水は大きく抑制されていると考えられるが、工場施設内では、悪臭の問題が発生していたり、排水処理に大量の電力や薬品が投入されていたりして、その改善が求められている。今回調査したラニペット地域における皮革産業の共同排水処理場 (CETP : Common Effluent Treatment Plant) では、悪臭問題が発生しており、敷地内のみならず周辺地域までかなりの悪臭が蔓延していた。同様の悪臭問題は、皮革工場のみならず、繊維工場、魚市場などでも発生している。また、繊維業では、染色過程において大量の水、電気、着色を除去するための洗剤などが使用されており、その効率化が求められている。

生活排水は、水質基準は設定されているものの、未処理の排水が河川や湖沼に排出されており、河川の汚染状況は改善されていない。今回の調査においても、クーアム川に直接つながる排水口の多くで白濁水が流れ込み、気泡が発生している状態が観察された。また、マダムバッカム小湖では、住民の生活排水が未処理のまま放出されていた。マダムバッカム小湖は 1884 年に設置された人工貯水池であり、基本的に農業用水として利用されている。場所によっては、漁師が竿釣りをしたり、水牛が水浴びをしていたが、近隣住居からの排水口付近では汚水が流入し、水質汚染が進んでいた。チェンナイには 320 の湖があり、このような

貯水池をいれると数千に上るといわれているが、このような湖沼から流入する汚染水も河川汚染の一因となっている。このように、工業排水に対する規制は強化されているものの、現場は未だに様々課題を抱えており、チェンナイ市内における水質改善のためには、排水処理能力のさらなる向上が求められている。

2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

(1) 開発計画・政策

インド政府やタミルナドゥ州政府は、河川や湖沼の水質悪化という課題に対し、様々な対策に取り組んできた。中央政府では、1974年の水質汚染（防止及び管理）法、1986年の環境保護法及び環境保護規則などの法整備を進めてきた。また、排水処理施設の建設も推進し、WHOによれば、1992年には209箇所だった下水処理場が2016年には920箇所へと増加した。特に、工業排水に対しては規制を強化しており、2015年には環境保護規則を改定し、皮革産業や繊維産業の工場に対して、工業排水を河川などに直接排出することを禁じ、排水ゼロ制度（ZLD）の導入を義務化した。州政府でも、こうした中央政府の動きを踏まえ、公害管理委員会を中心に、水質管理基準の制定や管理体制の整備を行ってきた。これにより、チェンナイ市内にあるすべての工場は、その処理水を河川や湖沼などの水源に直接放水する代わりに、自らの敷地内で処理して再利用するか、近隣のCETPなどに排水を送って処理してもらい、そのCETPから処理水を受け入れるという選択しかなくなった。この処理水は、工場内のトイレ用水や、工場内の芝、草花、樹木などの園芸用水に利用されている。チェンナイ公害管理委員会によれば、現在では、市内のすべての工場がこのZLDシステムを導入し、公害管理委員会に水処理データを提出する義務を負っている。そして、公害管理委員会がこのデータを定期的にモニタリングし、その実施状況を確認しているため、この制度を逃れて河川に直接排水することはないとのことであった。今回の調査において、一部の工場がこうしたモニタリングを逃れて河川や湖沼に排水を放出しているとの話はあったが、実際に訪問した皮革工場、繊維工場、共同排水処理場では、工業排水のZLD制度が徹底されていた。今後、本制度の実施が促進されれば、河川の汚染に対する工業排水の影響は今後より一層抑制されていくものと思われる。

(2) 法令等

排水処理に関する法制度

インドの環境関連の法制度では、環境保護法(The Environment (Protection) Act)が最も基本的な法律であり、排水処理における政府の権限が定められている。環境保護法は1986年に制定され1991年に改正された。その内容は、定義（第1章）、中央政府の権限（第2章）、環境汚染の防止・規制・削減に関する諸規定や体制（第3章）、その他（第4章）からなる。第2章の第3条には、中央政府の権限が具体的に記載されており、環境汚染防止に関するプログラム、マニュアル等の策定から、環境基準の制定、環境汚染物質の排出基準の制定、有害物質の取り扱いに係る手続き等の制定までが中央政府の権限として位置づけられている。また、第3章は、環境汚染の防止・規制・削減に関する禁止事項や手続きが定められている。第7条において、工場運営者が排出規制を超えて汚染物質を排出することを禁

じ、第9条及び第10条において、監督機関に対する情報提供や立ち入り検査について定め、第15条から17条において違反者への罰則を定めている。

表 1 環境保護法(抜粋)

中央政府の権限
(i) 本法に基づく州政府、州官僚、他の機関の調整
(ii) 環境汚染の減少・防止のための全国的プログラムの作成と実施
(iii) 様々な環境質基準の制定
(iv) 様々な発生源からの環境汚染物質の排出基準の制定
(v) 産業・運営・プロセスが行われるエリアまたは産業分類の規制
(vi) 環境汚染をもたらす事故の防止及び修復措置のための手続き及び保護措置の制定
(vii) 有害物質の取り扱いに係る手続き及び保護措置の制定
(viii) 環境汚染の危険性がある製造プロセス、素材、物質の検査
(ix) 環境汚染に関する調査研究のサポートの実施
(x) 環境汚染の削減、管理、防止のため実施が必要な敷地、工場、機器、機械、製造工程や他の工程、素材、物質への査察
(xi) 本法に基づく環境試験・研究機関に委託された機能を実施するための環境試験室、研究所の設立又は認知
(xii) 環境汚染に関する情報の収集及び普及
(xiii) 環境汚染の減少、管理、防止のためマニュアル、法典、ガイダンスの準備
(xiv) その他本法の規定の効果的な実施を確保する目的のため中央政府が必要と考える事項

1986年には、環境保護法の下、環境保護規則 (The Environment (Protection) Rules) が定められた。これは環境保護法の内容を具体化するものであり、環境汚染物質の排出及び排水基準、命令の発出、特定地域における工業プロセスの禁止及び規制、サンプル採取・分析・報告の手続きなどが定められている。2015年に環境保護規則が改定され、公害管理委員会が皮革産業や繊維産業などに対し、河川などへの直接排水を禁止し、排水ゼロ制度(ZLD)の導入を義務化した。これにより、企業は工場からの排水を河川などに直接放流できず、処理水を敷地内で二次利用することとなった。サンプルの採取に関しては、環境保護規則により、中央政府に十分な量のサンプルを採取する権限が与えられる。政府または官吏は採取したサンプルを2つに分けて封をし、一つを保管するとともにもう一つを研究所や分析機関に送付する。これにより、モニタリングの有効性を確保している。環境汚染物質の排出及び排水基準は、同規則において、産業別に定められている。例えば、石油精製業では、水素イオン濃度 (pH)、油分、生物化学的酸素要求量 (BOD: Biochemical Oxygen Demand)、化学的酸素要求量 (COD: Chemical Oxygen Demand)、浮遊物質 (SS: Suspended Solids) など21種類のパラメーターが定められ、それぞれに基準値が設定されている。このパラメーターや基準値は産業によって異なり、それぞれの産業の特性に応じたものとなっている。

水質汚染の防止や水質向上に関しては、環境保護法に加え、1974年に制定された水質汚濁防止管理法(The Water (Prevention and Control of Pollution) Act、1988年改正)がある。この法律は、中央公害管理委員会(CPCB: Central Pollution Control Board)の権限、水質汚染の防止及び管理の方法、基金・会計・監査、罰則及びその手続きなどを定めたものである。また、1975年には、この法律の下で水質汚濁防止及び管理規則(The Water (Prevention and Control of Pollution) Rules)が制定され、この規則の下で、水質管理の報告に用いるフォーマット、研究・分析機関の手数料などが定められている。

表 2 中央公害管理委員会の機能

CPCB の機能(抜粋)
(a) 水質汚濁の防止及び管理に関し、中央政府への助言
(b) 州公害管理委員会間の争いを解決するための調整
(c) 州公害管理委員会に技術支援とガイダンスを提供する
(d) 水質汚濁防止及び管理に関与する人材に対する研修を計画し組織する
(e) マスメディアを通じ、水質汚濁防止及び管理に関する包括的なプログラムを制作する
(f) 水質汚濁防止及び管理に関する技術的統計データを収集し、とりまとめ、公表する
(g) 州公害管理委員会と協議の上、流水や井戸に関する基準を定め、修正する
(h) 水質汚濁防止及び管理に関する国家的事業を計画し、実施する
(i) その他定める機能を果たす

輸出入規制と関税

本ビジネスのように海外からインドに排水処理設備を輸入する場合、貿易関連の法規則が適用される。インドへの輸出入に関する基本法は、外国貿易(開発・規制)法(Foreign Trade (Development & Regulation) Act, 1992)であり、当該物品が輸入規制の対象になるかどうかは、同法第2章の総則に基づき、対外貿易局(DGFT)の定めるインド貿易分類(ITC: Indian Trade Classification)に明記されている。本提案ビジネスでは、スクリーンバケット、ファインバブル発生装置、酸素発生装置、ポンプなどを日本からインドに輸入することを想定しているが、これらポンプ類はHSコード8413シリーズであり、基本的に輸入制限のない輸入自由品目に分類されている。

インドの関税は、物品・サービス(州への税収補償)税法(Goods and Services Tax (Compensation to States) Act, 2017)に定められており、基本関税(BCD: Basic Custom Duty)、社会福祉課徴金(SWS: Social Welfare Surcharge)、統合物品・サービス税(IGST: Integrated Goods and Services Tax)及びGST補償税からなる。具体的税率は、物品ごとに異なる税率が課されており、財務省の中央物品関税局(CBIC: Central Board of Indirect Taxes & Customs)のホームページにHSコード毎の税率が掲載されている。DGFTの関税率割当(TRQ: Tariff Rate Quota)ページ、JETROの関税データベース「World

Tariff」でも確認できる。本提案製品はポンプ類に分類され、HS コードは小型設備がプラスチック類の 3917.22、大型装置は鉄鋼製及びステンレス製の 7307.19 である。これらポンプ類の関税は、BCD が 7.5% であり、SWS は BCD の 10%、GST が 18% であるため、合計で約 28% となる。なお、これらの品目は日本・インド包括的経済連携協定の関税譲許対象品目ではないため、収支計画の策定に当たっては、これらの関税を考慮する必要がある。

政府の体制

州政府では、州の水供給担当大臣 (Minister) とその直下の首席次官補 (Additional Chief Secretary) が全体を統括し、その下に、DOE、PCB、SEIAA が配置されている。DOE は水管理政策全般を所掌する組織であり、PCB は規制とモニタリングを、SEIAA は許認可を担当している。ただし、SEIAA は中央政府から直に指示を受けており、その意味では、州政府内部の組織とは一線を画しているといえる。

これらの政策・管理部門と並行して、チェンナイ都市水供給下水処理委員会 (Chennai Metro Water Supply and Sewerage Board、以降「Metro Water」という) が浄水場及び下水処理場の建設及び管理を担っている。この Metro Water は、同じく州の水供給担当大臣が委員長を務め、水供給担当の首席次官補などが委員となっている。都市部の下水処理施設のうち 1 日 50kl 以上の大規模施設については、Municipal Administration and Water Supply Department が建設、運営を管理している。1 日 50kl 以上の小規模施設については、SIPCOT (State Industries Promotion Corporation) が所管している。さらにタミルナドゥ州の 38 県では、県ごとに District Environmental Engineer が配置されており、新たな設備の設置に関する許認可を与えている。具体的な設置場所が確定したら、まず DE のアシスタントエンジニアに申請書を提出することになる。

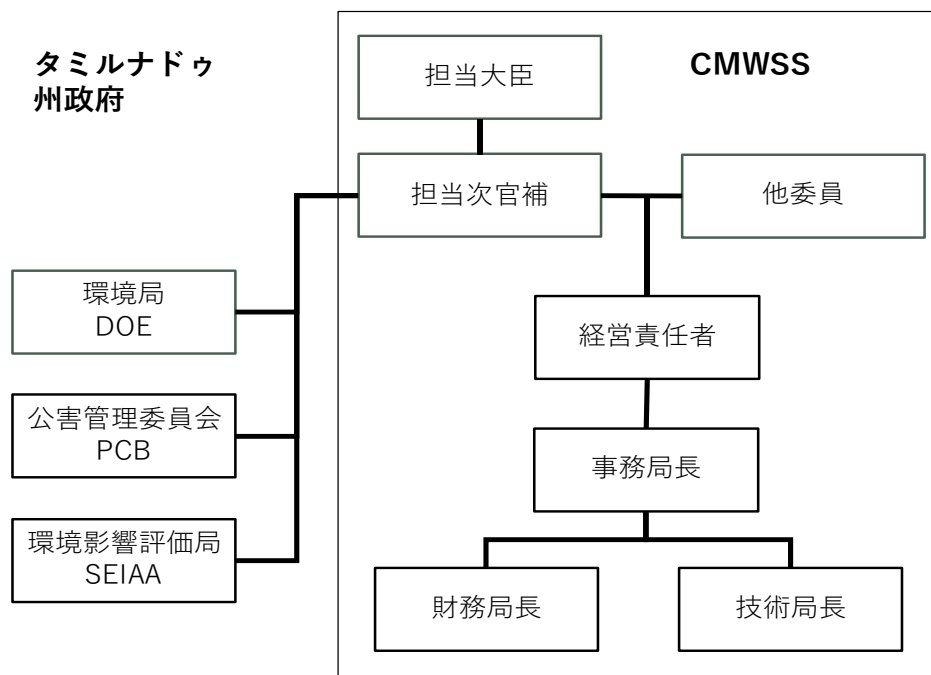


図 2 州政府体制

3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針

インドに対する我が国の開発援助方針は「対インド国別援助方針」に規定されている。同方針は、2016年3月、日本政府がインド政府との協議を踏まえて策定したものであり、援助の基本方針（大目標）、重点分野（中目標）を定めている。さらに、同方針の別紙として「対インド事業展開計画」が策定されており、同計画において、開発課題（小目標）と協力プログラムが定められ、各協力プログラムの下には案件（プロジェクト）が位置付けられている。本事業が関連する排水処理は、重点分野3「持続的で包括的な成長への支援」の開発課題3-3「環境問題・気候変動への対応」の協力プログラム「上下水道・衛生改善・公害防止対策プログラム」に位置付けられている。同協力プログラムでは、上下水関連施設の整備、廃棄物対策等の公害対策、市民参加の促進、住民啓発、民間参入の促進に努めると定められている。本提案ビジネスは下水道関連施設の整備を通じて公害対策に貢献するものであり、日本政府の方針と合致している。

表 3 対インド事業展開計画(水質改善関連部分抜粋)

<p>開発課題 3-3 環境問題・気候変動への対応</p> <p>【現状と課題】 インドでは、人口増加や経済成長により環境への負荷が増大し、都市部において海洋プラスチックごみ問題にもつながる廃棄物問題、大気汚染、生活環境の悪化、河川・湖沼の水質汚濁等、多岐に亘る開発課題が生じている。</p> <p>上下水道・衛生改善・公害防止対策プログラム 上下水道関連施設等整備、事業運営機関の財務持続性の確保と能力向上、貧困層(スラム)への公共サービスの拡大、廃棄物対策や大気汚染等の対策等の公害対策、市民参加の促進と住民の啓発に取り組む。その際、効率性向上のため民間参入の促進に努める。</p> <p>案件(プロジェクト)</p> <ul style="list-style-type: none">・ガンジス川流域都市衛生環境改善計画(バラナシ)・ベンガルール上下水道整備計画(フェーズ3)(第一期)・ゴア州上下水道整備計画・アムリトサル下水道整備計画・ヤムナ川流域諸都市下水等整備計画(フェーズ3)

4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析

(1) 我が国の ODA 事業

当該開発課題に関連する ODA 事業は、ガンジス川流域都市衛生環境改善計画、ベンガール上下水道整備計画（フェーズ3）（第一期）、ヤムナ川流域諸都市下水等整備計画（フェーズ3）などがある。これらは河川の水質改善を目的としたインフラ整備プロジェクトであるが、上下水道施設の整備というハード面と同時に人々の意識や行動変容といったソフト面についても対策を講じている。日本の公害対策においてもそうであったように、水質汚染を根本的に解決するためには、排水処理のみならず汚染物質の発生をいかに防ぐかが重要である。この観点から、これらのプロジェクトでは、インフラ整備とともに汚染源となる企業や住民への啓発活動を行っている。これは本事業においても参考になる取組である。

(2) 他ドナーの先行事例分析

他ドナーでは、世界銀行がマハラシュトラ州、パンジャブ州、低所得州において、水アクセス改善事業を実施している。これは農村地域に上水設備を整備し、住民が安全な水にアクセスできるようにするプロジェクトである。しかし、本提案事業のように河川の水質改善や排水処理設備の改善を行うプロジェクトは実施していない。むしろ、ドイツ、デンマーク、日本の民間企業がインドの排水処理事業に参画しており、排水処理の効率性向上、リスクシェア、サービス改善、コスト削減、収益改善などに貢献している。本提案ビジネスにおいても、他企業の取り組みを参考にし、提案法人の技術を水質改善に役立てていく。

第2 提案法人、製品・技術

1. 提案法人の概要

(1) 企業情報

提案法人は、1972年の設立以来公害防止技術に携わり、環境モニタリングの黎明期から測定及び分析を通じて環境保全サービスを提供してきた。また、企業名にあるとおり、地球の緑（グリーン）と海の青（ブルー）に象徴される地球環境を守ることで人々の役立つことを企業使命としている。ファインバブル装置は2014年から取扱っており、年間売上高は約1.5億円。主な納入例は表4のとおり。

表 4 納入実績

納入先	機材
M社（乳業工場）多摩工場（2か所）	・ファインバブル発生装置（3,500 m ³ /日）
N社（食品工場）梅町工場	・ファインバブル発生装置（250 m ³ /日）
N社（食品工場）小名浜工場	・ファインバブル発生装置（200 m ³ /日）
O社（製紙工場）大阪工場	・ファインバブル発生装置（14,000 m ³ /日）
F社（食品工場）広島工場	・ファインバブル発生装置（600 m ³ /日）
F社（食品工場）藤崎工場	・ファインバブル発生装置（350 m ³ /日）
M社（食品工場）大阪工場	・ファインバブル発生装置（300 m ³ /日）
L社（ショッピングセンター）立川店	・厨房除外装置（100 m ³ /日）

(2) 海外ビジネス展開の位置づけ

提案法人は、地球環境を守り人々の役に立つという企業使命を果たすため、海外における環境協力事業を企業戦略の柱に位置付けている。この方針の下、これまでもJICAの技術協力や無償資金協力事業を通じ、インドネシア、中国、パキスタン、ルーマニア、メキシコ、エジプトへの技術指導を行ってきた経験がある。本件は、現地企業及びタミルナドゥ州政府関係者から提案法人に対し提案サービスへの照会があったことを契機としており、提案法人が事前調査を行ったところ、現地で排水処理設備改善のニーズがあり、提案製品がそのニーズに合致していることが確認されたため、インド進出の方針を固めた。

2. 提案製品・技術の概要

(1) 提案製品・技術の概要

本提案ビジネスは、既存の下水処理場や生産工場等において、事前の調査・設計によるオーダーメイドのファインバブル排水処理システムを増設するエンジニアリングサービスを提供するものであり、既存設備の処理能力を大幅に改善し、周辺の水質改善に貢献することを目的としている。

一般的に、小規模な下水処理場や個々の生産工場では、出来合い（レディメイド）の排水処理設備を設置することが多いが、各施設に求められる処理能力は処理水の状態や量によ

って異なるため、最適なスペックの設備を導入するのは容易ではない。これに対し、本ビジネスでは、既存設備の事前調査を行い、排水水質（BOD 等）、既存設備の状況、排水過程等の環境条件を精緻に調査し、その調査結果と現地の水質基準を照らし合わせ、基準をクリアするのに最適な排水処理システムを設計する。この設計に基づき、ファインバブル発生装置、ろ過材、膜処理装置、凝集沈殿等のハードウェアと最適制御（曝気量制御、濃度可視化）、運用可視化ソフトなどのソフトウェアを組み合わせ、顧客のニーズに合わせた最適な排水処理システムを提供する。なお、オーダーメイドでは高コストとなる印象があるが、提案サービスでは、既存設備を最大限利用し必要なシステムを増設することから、施設の刷新と比べると 10 分の 1 から 50 分の 1 までコストを削減できる。また、増設であるため工場停止期間は不要であり、通常 1-2 日で設置できるため、その分費用も削減できる。

基本的な好気性排水処理フローは、図 3 のとおり、①流量調整槽への排水流入、②曝気槽での生物分解、③沈殿槽での浮遊物の分離沈殿というプロセスからなる。本提案システムの場合、ファインバブル装置を流量調整槽に設置してウルトラファインバブル（UFB）を発生させることにより同槽で微生物が活性化し有機物を分解するようになる（通常は流量調整槽で生物分解は行われない）。この UFB と微生物は次の曝気槽に移動しさらに有機物を分解するため、通常よりも少ないエネルギーで BOD 等を大きく低減できる。例えば、ある排水処理設備は、BOD 基準値が 120mg/1 のところ、原水の BOD 値 1,200mg/1 から 180mg/1 に下げる能力しかなかったが、ファインバブル排水処理システムを整備することにより、108mg/1 まで下げる能力を備えることができた。また、皮革工場などでは生産工程で洗浄（脱脂処理）を行うが、オゾンのファインバブルで洗浄すると脱脂効率が上がり、洗浄回数を減らすことができるため節水効果もある。日本国内では、この洗浄効果で工場用水を 120 m³/日から 80 m³/日まで節水した実績があり、これは同時に洗浄に使われる薬剤の削減や排水処理施設の負荷低減にも寄与するため、場合によっては機器導入費をランニングコストの低減で賄うこともできる。さらに、このファインバブル装置を導入することにより、悪臭を除去することもできる。日本における実績では、悪臭発生物質である硫化水素を 100ppm からほぼゼロに低減させた実績がある。

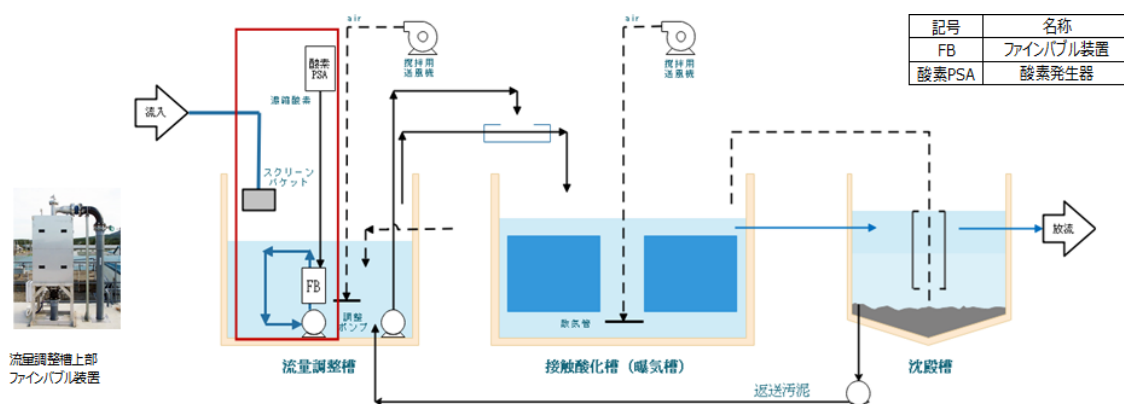



図 3 排水処理フロー

提案サービスの価格は表5のとおり（調査・設計・製造まで全ての費用を含む）。実際には排水の質と量、既存設備の能力等に応じて内容が変わるが、標準仕様として3種類を用意した。2020年10月からの事前調査で現地製品を確認したところ、処理量100 m³規模の場合、汚水を沈殿させるだけの簡易な設備では50万円、複数槽処理設備では700万円まで幅があったため、提案サービスは、以下のとおり、76.5万円から765.5万円まで4タイプを設定した。本調査の前に、本提案ビジネス対象地のクアム川周辺工場60社中10社程度にヒアリングしたところ、提案サービスに高い関心を示し、この価格であれば購入可能との反応を得ていた。本調査で州政府や複数社に面談した結果、本製品を導入することによって削減される水道代及び電気代から本製品導入の投資回収がどの程度できるかによって購入価格は決まるとの意見もあったことから、ビジネス展開においては、現地調達を最大限活用するなどして価格を押しさえつつ、価格交渉を進めていく。

表5 サービス価格

TypeName	FJP-12	FJP-100	FJP-150	FJP-300
flow rate(KL/Hour)	12	100	150	300
GAS Input(L/min)	4	40	60	100
Inlet Piping(inch)	1 1/2	4	6	8
Outlet Piping(inch)	1 1/2	6	8	10
pump output(KW)	0.75	7.5	15	22
pump and pedestal (L*W*H)(mm)	500*400*855	1140*970*2400	1230*1130*2705	1410*1380*3540
mass(Kg)	44	380	470	670
Price Generator only (Not including tax and shipping)	INR 472,500	INR 2,500,000	INR 3,700,000	INR 4,725,000
exterior				

(2) ターゲット市場

本提案製品・技術のターゲットとなる市場は、排水処理設備を含む上下水市場である。世界の上下水市場は、2022年の6,359億USドルから2023年の6,837億ドルへと7.5%増大しており、2027年には8,861億ドルまで拡大すると予想されている¹。水処理関連機器の日本国内市場は約3,800億円であり、上下水道、水処理装置、上下水道管や膜などの部材、汚泥処理機材などが含まれる。上下水施設に関しては、日立製作所、メタウォーター、水ing

¹ Research and Markets, “Water and Sewage Global Market Report 2023”

などが市場の上位を占めている。下水処理装置では、月島 HD が国内市場の 3 割を占め、業界トップの地位を築いている。国内では、自治体が民間企業に運営を委託するコンセッション方式が進んでおり、民間企業が上下水道施設の運営を行う事例が増えている。これに伴い、今後、上下水インフラ整備において、水処理装置、部材に対する需要が高まっていくと予想されている。

3. 提案製品・技術の現地適合性

(1) 現地適合性確認方法

提案製品・技術の現地適合性について、技術面に関しては、提案法人が現地で以下の実証試験を行うことで確認した。案件化調査では、実証試験まで行うことは求められていないが、現地企業からの要望と協力があつたことから実施することになったものである。また、制度面については、政府関係者にヒアリングを行い、提案製品・技術に関連する法規制や許認可について確認を行った。

- 皮革工場排水を用いた実証試験
- 魚市場排水を用いた実証試験
- 繊維工場排水を用いた実証試験

(2) 現地適合性確認結果（技術面）

技術面に関しては、以下のとおり、皮革工場の排水処理、繊維工場の排水処理において、提案製品の有効性が確認できた。ただし、今後のビジネス展開においては、提案製品を導入するコストと提案製品の導入による排水処理の効率化の効果を貨幣価値で示していく必要があるため、今回、提案製品に大きな関心を示した企業を中心にパイロット試験を行い、その効果を具体的に示していく必要がある。他方、魚排水に関しては、提案製品による効果が得られなかったが、現地企業他技術により効果が見られたため、主なビジネス対象からは除外することとした。

●皮革工場排水を用いた実証試験

2023 年 1 月 25 日、ラニテック社の CETP において、硫化水素による悪臭除去を主な目的として実証試験を行った。この CETP はラニペット地域にある皮革工場群から集められる排水の集中処理場であり、この地域最大の規模を誇っている。実証試験では、同 CETP の流入槽に集められた未処理の排水 200 リットルを使用した。また、ファインバブルについては、酸素発生装置（酸素ポンプ）を用いて、95%の酸素濃度のファインバブルを毎分 100 リットル発生させた。

その結果、悪臭の最大要因であり毒性の強い硫化水素（H₂S）は、試験開始から 40 分で、開始前の 100ppm（メーター超えのため正確には 100 以上の数値であったと考えられる）から 3ppm まで下がり、ほぼ無臭状態となった。酸素含有量（DO）も開始前の 0.15mg/l から 1 時間たらずで 20mg/l まで上昇した。ただし、ファインバブル発生装置の停止から 15 分ほどで 15mg/l まで下がっており、細菌による酸素消費が比較的早く行われていることが想定された。本処理場の流入槽では、固形廃棄物を除去しているのみであり、敷地内に悪臭

が充満している。このような中、本実証試験の結果はインド側の予想を超えており、本 CETP の運営者からは大きな驚きとともに、本提案製品への期待が寄せられた。

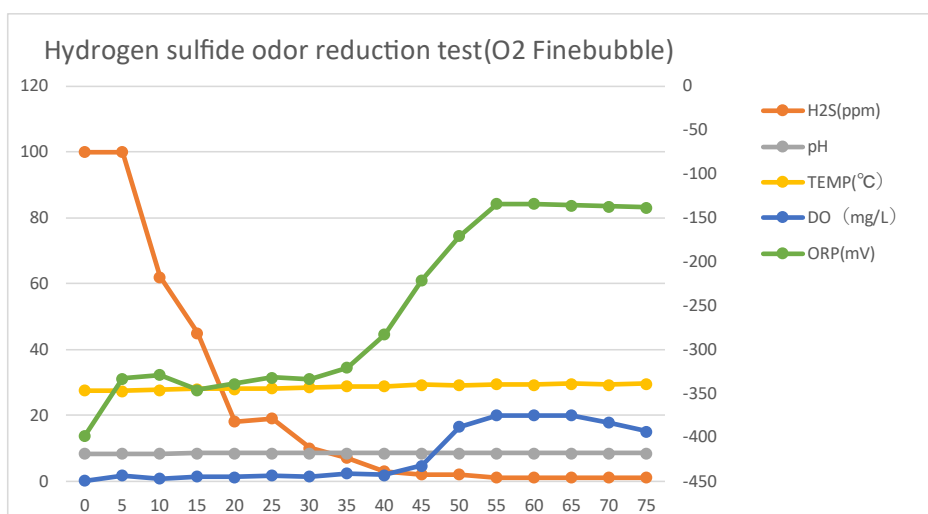


図 4 実証試験結果

●魚市場排水を用いた実証試験

2023年1月27日、SR Environ社において、魚加工排水の実証試験を行った。本試験では、近隣の魚市場から入手した排水50リットルを使用した。ファインバブルは、酸素発生装置（酸素ポンプ）を用いて、95%の酸素濃度のファインバブルを毎分100リットル発生させた。ファインバブル発生前に硫化水素（H₂S）濃度を測定したところ、3ppmしかなかったため、悪臭の原因は他の物質にあると考えられた。試験開始から60分で、排水は好気状態となった。DO20mg/Lはスケールオーバーとなり、ORPも-24mVで好気性を示していた。しかし、悪臭は除去できず、大きな変化はなかった。この結果から、悪臭の原因は硫化水素ではなくアンモニア等と考えられるが、測定装置を用意していなかったため、原因物質の特定はできなかった。調査団帰国後、SR Environ社が、同社のエコ・バイオ・ブロックを使用して試験を行ったところ、悪臭を除去できたとの報告があった。エコ・バイオ・ブロックは、気孔を多く持つレンガ状のブロックであり、好気性微生物の活動で汚染物質を除去する仕組みである。ファインバブルを使用することにより、好気性微生物の活動を活性化できることから、今後、ビジネスの実施段階において、両者の組み合わせを検討する予定である。

●繊維工場排水を用いた実証試験その1

2023年12月19日、ムルガンパラヤム地区のCETPにおいて、排水の脱色を主な目的として実証試験を行った。実証試験に用いた排水は、近隣の繊維工場から同CETPの流入槽に集められた排水50リットルを使用し、酸素発生装置（酸素ポンプ）及びオゾン変換器を用いて、オゾン濃度45g/m³のファインバブルを毎分3.5リットル発生させた。

その結果、ファインバブルの投入前は黒色に近い排水だったが、ファインバブルを発生させて約30分後から徐々に色が薄くなり始め、75分後には半透明になるまで脱色した。この

実証結果も、インドの CETP 運営者に大きな驚きをもって受け止められた。この CETP では、曝気槽にてエアレーションを行い好気性微生物によって分解した後、OR 装置による膜処理を行って排水を再利用可能な水にしている。ファインバブルを導入することによってこれらの過程を短縮できるのであれば、同 CETP における排水処理の効率化に大いに有効であり、是非導入したいとの反応であった。また、同 CETP では、エアレーション用のブロイラーが 5 台あり、そのうち 3 台を常に稼働状態にし、2 台をバックアップとして使用している。ファインバブル発生装置は一定の電力を必要とすることから、今後、その電力使用料とファインバブル発生装置で削減されるコストを具体的に試算してみたいとの意見があった。



FB 投入前の排水

●繊維工場排水を用いた実証試験その 2

2023 年 12 月 20 日、ペルンドゥライ地区工業団地内の CETP において、同じく排水の脱色を主な目的として実証試験を行った。実証試験に用いた排水は、工業団地内の工場から同 CETP の流入槽に集められた排水 50 リットルを使用し、酸素発生装置（酸素ポンプ）及びオゾン変換器を用いて、オゾン濃度 $45\text{g}/\text{m}^3$ のファインバブルを毎分 3.5 リットル発生させた。

その結果、当初濃褐色であった原液が 8 分程度で徐々に反応を始め、30 分から 40 分ではほぼ透明になるまで脱色できた。この CETP においても、ムルガンパラヤム地区の CETP と同様、曝気槽にてエアレーションを行い好気性微生物によって汚染物質を分解した後、OR 装置による膜処理を行って排水を再利用可能な水にしている。同 CETP の運営者から、ファインバブル装置をエアレーションの前処理過程や膜処理過程の前に導入することで、排水処理過程全体を短縮できる可能性があることから、具体的な設置場所を検討したいとの意向が表明された。



FB 投入による排水の色の変化

※左が原液、以降右側に、8分おきに採取した処理水を並べている。

●繊維工場排水を用いた実証試験その 3

2023 年 12 月 20 日、Best Colour Solutions India 社において、同じく排水の脱色を主な目的として実証試験を行った。実証試験に用いた排水は、同社染色工場の排水 50 リットルを使用し、酸素発生装置（酸素ポンプ）及びオゾン変換器を用いて、オゾン濃度 $45\text{g}/\text{m}^3$ のファインバブルを毎分 3.5 リットル発生させた。

その結果、ファインバブル投入前は濃赤色だった排水が開始後 8 分頃から徐々に脱色され始め、開始から 40 分後には半透明に



FB 投入による排水の色の変化

※左が原液。以降右側に、8分おきに採取した処理水を並べている。

なった。同社の工場でも、エアレーションと膜処理によって排水を処理しているが、いずれの過程でもファインバブルを導入することにより、処理過程における水量及び電力の削減が期待できる。また、同社の染色工場の染色過程では、染色と洗浄が繰り返し行われており、洗浄過程で大量の水が使用されているが、洗浄過程にファインバブルを併用することで洗浄能力が高まり、使用水量を削減することができる。これにより排水そのものの量が削減できることから、染色過程と排水処理の両面での効果が期待できる。同社からは、ぜひ試験機を導入し、具体的な削減効果を確認したいとの意向が表明され、今後、協議を進めることになった。

(3) 現地適合性確認結果（制度面）

本ビジネスの制度面について、インドでは、下水・排水処理施設の管理は州政府の直轄となっており、新技術の導入に関しては、州政府関係機関の承認が必要である。先述のとおり、州政府では、州の水供給担当大臣とその直下の首席次官補が全体を統括し、その下に、DOE、PCB、SEIAA が配置されている。これら機関と並行して、Metro Water が浄水場及び下水処理場の建設及び管理を担い、大規模施設は Municipal Administration and Water Supply Department が、小規模施設については、SIPCOT が所管している。さらに、タミルナドゥ州の 38 県では、県ごとに District Environmental Engineer が配置されており、新たな設備の設置に関する許認可を与えている。本調査において、DOE、PCB、SEIAA、Metro Water にヒアリングを行ったところ、タミルナドゥ州政府としても、排水処理の課題は認識しており、日本の優れた技術には強い関心がある。排水処理に有効であることが証明されれば、許認可に大きな障害はないことから、現地で実証試験を行って効果を証明し、具体的な設置場所を確定したら速やかに申請をしてほしいとのことであった。前述のとおり、技術的な効果は証明できたことから、今後、提案製品の導入先を確保し、設置場所を確定してから、実際に申請を行う予定である。

4. 開発課題解決貢献可能性

当該開発課題に対し、提案ビジネスは詳細調査と設計に基づき、対象となる施設に適切な排水設備を提供することで、排水処理に関する課題を解決することに貢献できると考える。

提案ビジネスの効果を測定する定量的指標としては、各処理施設の課題によって異なるが、悪臭物質の低減であれば硫化水素の値など、水質であれば、BOD、COD、SS (suspended solids: 不溶解性物質) の値がある。これまでの調査により、チェンナイ市では、工業排水と生活排水の課題があり、工業排水に関しては、悪臭、着色といった課題があることがわかっている。悪臭の原因はさまざまであるが、硫化水素に関しては、日本の実績から、本提案装置で酸素ファインバブルを供給することにより硫化水素の値をほぼゼロにすることが可能との仮説を立てることができる。また、生活排水に関しては、同じく日本での実績において、本提案装置を設置することにより、BOD を 1 施設あたり 40~60%除去した実績があることから、その範囲での貢献が可能との仮説を立てた。本ビジネスでは、5 年間で日量最大 100 m³の施設 34 か所、同 300 m³の施設 8 か所、同 500 m³の施設 8 か所、同 1,000 m³の施設 21 か所の排水処理能力を改善する予定であり、工場排水処理場や下水処理場 71 か所で日量 30,800 m³の水質を改善すると仮定できる。ただし、河川の水質改善効果については、提案

装置を設置する施設以外の下水処理場、湖沼、貯水池などから河川に流れ込む排水の影響が及ぶことから、当該装置設置施設の排水しか定量的には把握できないという限界がある。

定性的な効果としては、排水処理場、クアム川流域、周辺の湖沼や貯水池沿いなどに生活する人々の水利用の安全性を高め、生活環境を改善することにも貢献できる。また、地域住民が本提案ビジネスの効果を実感することにより、人々の環境意識の改善にも貢献できる。さらに、本ビジネスでは、提案法人が現地人材に調査、設計、運営、維持管理の技術移転を行い、この人材を現地に還流することで現地の人的資源の底上げにも貢献できると考えている。

第3 ODA 事業計画/連携可能性

1. ODA 事業の内容/連携可能性

本事業を計画した当初は、本調査実施後、中小企業・SDGs ビジネス支援事業の普及・実証・ビジネス化事業（中小企業支援型）に発展させることを想定しており、その活動内容は以下の通りであった。しかしながら、本事業を進める中で、現地展開の目途が立ったことから、本提案製品・サービスを用いた新規 ODA 案件の形成は行わないこととした。

(1) ODA 新規事業の概要

項目	活動内容
1. パイロット事業の実施	活動 1-1：パイロットプロジェクトにかかる具体的な進め方についてカウンターパート候補と協議する。
	活動 1-2：パイロット施設（クーアム川流域の下水処理施設）に提案システムを納入。
	活動 1-3：本邦受入活動等を通じ、提案製品の設計、運営、維持管理についてカウンターパートの理解を深める。
	活動 1-4：使用状況のモニタリング（設備の利用や管理）。
2. 効果検証	活動 2-1：提案設備の直接的効果検証（水質基準毎に改善効果を確認）。
	活動 2-2：提案設備導入のインパクトの検証（河川の水質への影響、住民の生活環境改善効果等）。
3. 普及促進活動	活動 3-1：提案設備普及のためのセミナー等の実施（チェンナイ市の他の河川流域、周辺地域の自治体や排出事業者を招き、パイロット事業の成果について説明やデモンストレーションを行う）。
	活動 3-2：提案設備に関するパンフレットを作成。

(2) 想定するカウンターパートと役割

想定するカウンターパートは Metro Water 及び公害管理委員会（TNPCB）である。

実証段階	Metro Water は、自身の管理する下水処理施設におけるパイロットプロジェクトの実施を支援する。TPCB は、水質分析、モニタリングを支援する。
普及段階	Metro Water 及び TPCB は、パイロットプロジェクトの成果を河川修復計画に反映し、また、将来的にビジネスを展開する自治体の選定を支援する。

(3) 上記 ODA 事業の実施により想定される開発効果

定性的効果	<ul style="list-style-type: none"> ・水質に対する事業者の意識が向上する。 ・ファインバブル装置の設計・維持管理等を担う人材が育成される。 ・住民の生活環境が改善する。 ・地域住民の環境意識が向上する。
-------	--

定量的効果	<ul style="list-style-type: none"> ・当該パイロット施設における排水処理能力が向上し、同施設からの排水の水質指標が改善する。 ・河川の水質指標が改善される。
-------	---

2. 環境社会配慮等

本ビジネスでは、提案製品でオゾンを使用することから、環境社会影響のおそれのあるプロセスが含まれないか留意した。そのため、「国際協力機構 環境社会配慮ガイドライン(2022年1月)」を踏まえ、以下(ア)～(キ)の内容を必要に応じて調査に含めることを検討した。

- (ア)重要な環境社会影響項目の予測・評価及び緩和策、モニタリング計画案の作成
- (イ)環境チェックリストの作成
- (ウ)用地取得・非自発的住民移転の有無の確認
- (エ)ベースとなる環境社会の状況の確認
- (オ)相手国の環境社会配慮制度・組織の確認
- (カ)スコーピング(重要と思われる評価項目の範囲並びに調査方法について決定すること)の実施
- (キ)ステークホルダー協議の開催(実施目的、参加者、協議方法・内容等の検討)

本調査において、チェンナイ州政府のDOE、PCB、SEIAAにヒアリングを行ったところ、本事業は環境関連の事業であり、オゾンなどの物質を扱うものの、排水処理施設を導入するだけであれば、インド政府の環境社会配慮の対象にはならないことが確認できた。

3. ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果

ODA 事業実施によって期待される開発効果は以下のとおり。

定性的効果	<ul style="list-style-type: none"> ・水質に対する事業者の意識が向上する。 ・ファインバブル装置の設計・維持管理等を担う人材が育成される。 ・住民の生活環境が改善する。 ・地域住民の環境意識が向上する。
定量的効果	<ul style="list-style-type: none"> ・当該パイロット施設における排水処理能力が向上し、同施設からの排水の水質指標が改善する。 ・河川の水質指標が改善される。

第4 ビジネス展開計画

1. ビジネス展開計画概要

本提案ビジネスは、州下水処理施設、民間の生産工場等の排水処理施設において、調査、設計、排水処理設備の設置、メンテナンスという一連の製品・サービスを提供するビジネスモデルである。ビジネス展開にあたっては、提案法人が現地調査に基づいて設計と主要機器及びパーツの製造を行い、現地パートナー企業が現地顧客に対する営業を行って顧客から販売契約を獲得していくことを想定している。

本ビジネスでは、インドの排水処理設備市場をターゲットとしている。同市場は2019年時点で約24億USドル程度あり、2025年には43億USドルまで拡大すると見込まれている。タミルナドゥ州では、都市の水使用量のうち約6割にあたる27億リットルが適切に処理されておらず、排水処理設備に対する需要は大きい。本調査で訪問した皮革工場排水処理場や繊維工場排水処理場でも、排水処理の効率性を向上や、悪臭除去のニーズが多く確認できたことから、ビジネスチャンスは大きいと考えられる。

本提案サービスの競合企業、製品、サービスについて、タミルナドゥ州においても、スエズ・ウォーターT&S、ドシオン・ベオリア・ウォーター・ソリューションズ等の外国企業やL&T Constructionといった現地企業が大規模な排水処理施設の建設を行っており、また、WTE Infra Projects社のような現地企業が排水処理設備を製造していた。しかしながら、ファインバブルを用いた排水処理設備を提供する企業はなく、むしろ、他社の既存施設や設備に本提案製品を併用することにより排水処理能力を高められる事例が多くみられたことから、既存の企業は競合というよりも協業先になり得る存在であることが判明した。

バリューチェーンについては、まず提案法人が現地の既存排水処理施設を調査し、現地の状況を踏まえて、日本にて排水処理システムの設計と製造を行う。現地では、パートナー企業が提案法人から技術指導を受けながら営業を行い、顧客を獲得する。販売契約締結後には、現地パートナー企業が排水処理システムの設置工事を行い、施工後の運用・維持管理も担うことを想定している。

本ビジネスを展開する上で想定される法制度面のリスクは、州政府からの許認可がある。タミルナドゥ州政府関係機関から、排水処理に有効であることが証明されれば許認可に大きな障害はないといわれていることから、今後、現地で実証試験を行って効果を証明しつつ、ビジネスを展開していく。また、ビジネス面では、提案製品がインドでは無名であることから、現地における営業活動の実効性にリスクがある。このため、ビジネス展開においては、提案製品の試験機を用いてデモンストレーションを行い、効果を目に見える形でアピールしながら営業することでこの課題を克服する。

スケジュールに関しては、本調査実施後、諸準備を行ったうえで、2024年4月からのビジネス開始を目指している。当面は提案法人が現地パートナーと連携協定を結び、現地パートナーを通じて製品販売を行う予定であるため、事業ライセンスの取得は必要ではない。また、駐在員は置かないものの、設計や営業のための出張が必要となることから、現地パートナー企業の事務所の一部を間借りする。これらの準備をした上で、本調査後直ちに現地パートナーと協力して営業を開始し、すでに関心を示している現地工場を中心にサービス提案を行う予定である。

- 調査（本件調査）：2022年9月～2024年2月
- 現地パートナー企業などとの調整：2024年2月～3月
- ビジネス開始：2024年4月～

2. 市場分析

（1）市場の定義・規模

インドの排水処理設備市場は、2019年時点で約24億米ドル規模であり、水需要の増加及び、インド政府の排水規制が強化されていることから、2025年には43億米ドルまで拡大すると見込まれている²。地域別には、南インドにおける需要が大きく、次いで西部、北部、東部という順番になっている。南インドで需要が大きい最大の要因は、人口増加に伴う排水処理ニーズの増加であり、この傾向はしばらく続くと予想されている。インド都市開発省によれば、南インド最大の州であるタミルナドゥ州では都市の水使用量が1日あたり56億リットルであり、その8割にあたる約45億リットルの排水処理需要がある。しかしながら、下水処理場などで適切に処理されているのは約18億リットルにすぎず、約6割にあたる27億リットルが適切に処理されていない。これは、1日当たり100 m³の排水処理施設27,000個分に相当する量であり、排水処理設備に対する需要は大きい。

排水には、家庭などから排出される生活排水と工場などから排出される工業排水がある。一般的に、生活排水は下水処理場（STP：sewage treatment plant）で処理され、環境保護法の下で政府の公害対策委員会が定めた排水水質基準値以下に抑えられた処理水が河川や湖沼に放出されている。2021年にチェンナイ市内のアデラル川、バッキンガム川、クーアム川において行われた水質検査では、いずれも汚染状況が深刻であった。また、本調査において、クーアム川や湖沼を観察した限りでは、流れの遅い地域では、汚泥が沈殿し、油分が浮き、特に悪臭がひどい状況である。河川への流入口をみても、ほとんど処理されていないと思われる排水が河川や湖沼に流れ込んでいた。この点から、STPにおける処理能力改善のニーズは極めて大きいと考えられる。

工業排水は、共同排水処理場（CETP：common effluent treatment plant）にて、同じく政府の排水水質基準値以下に処理される。また、環境保護規則の改定により、2017年以降新設する工場からZLDの導入が義務化され、河川や湖沼へ直接排出することが禁止されることとなった。そのため、処理水は工場内のトイレや園芸用（庭の水やりなど）に再利用されている。本調査で訪問したラニペットのCETPでは、排水が生物処理された後、三重の膜処理を経て処理されていた。これは日本の処理水準と同等かそれ以上の対応であり、処理後の水質は基準値をクリアするものであった。しかしながら、同処理場ではかなりの悪臭が発生しており、敷地内のみならず処理場から100m程度離れた周辺地域にもその影響が及んでいた。この原因は流入槽から発生する硫化水素であり、その対策はできていないことがわかった。また、繊維産業の盛んなトリプールでは、繊維工場の排水に着色があり、排水処理に大量の水と電力が使用されているため、その効率化が課題となっていた。このように工業排水に対しては厳しい規制が課されているが、実際の排水処理能力には課題があり、効率性の向上や改善の余地が大きいと考えられる。

² Research and Markets 社調査

本ビジネスで想定される顧客は、河川や湖沼へ排出している下水処理場を運営管理する Metro Water、工場排水をまとめて処理する CETP の運営会社、個々の工場を運営する企業である。タミルナドゥ州において、Metro Water の管理する下水処理場は 63 か所あり、これらの下水処理場は顧客候補である。また、工場に関しては、タミルナドゥ州における皮革産業の CETP が 13 か所あり、繊維産業の CETP は 20 か所ある。個々の工場について正確な数は把握できていないが、今回の聞き取り調査では、チェンナイ市の皮革産業だけで 480 あり、トリプールの繊維工場は数百あるとのことであった。したがって、本ビジネスの顧客は最低でも 1,000 か所以上あると想定される。これらの顧客に対して本ビジネスを展開するには、本製品の効果を広く周知することが鍵になる。本事業において、ラニペットの CETP にて実証試験を行ったところ、悪臭の原因物質である硫化水素に対しては、本提案製品による除去効果を大いに証明することができた。また、繊維工場に関しては、オゾンファインバブルによる色素除去を実証できた。このように本製品の効果を確実に示すことができれば、将来的には、チェンナイのみならずインド全土への展開も十分可能と考えている。

(2) 競合分析・比較優位性

本提案サービスの競合企業、製品、サービスについては、以下のとおり、排水処理設備を製造している企業はあるものの、ファインバブルを用いた排水処理設備は見受けられなかった。本調査では、他社の既存設備に提案製品を追加設置することにより排水処理能力を高められる事例が多くみられたことから、以下の各社は競合というよりは協業先であると考えられる。

本提案企業と同じく水処理に関わる企業には、欧州系企業のスエズ・ウォーターT&S、ドシオン・ベオリア・ウォーター・ソリューションズ、日系の現地法人として東芝ウォーター・ソリューションズ、インド企業では L&T Construction などの大手建設企業がある。これらの企業は、比較的規模の大きい施設の新設がメインであり、本提案サービスとは対象とする顧客層が異なっていることから競合しない。むしろ、これら大企業が新設の下水処理場を整備する際、本提案製品を使用することによって処理能力を高めることができれば、競合ではなく協業相手として考えることができる。

また、工場に設備を卸している企業としては、WTE Infra Projects 社などのインド企業がある。これら企業の設定は価格が安いものの、その多くは生物処理の沈殿槽とフィルターろ過からなる初歩的かつ簡易な設備を新設するものである。これに対し、提案サービスは既存施設にファインバブル装置を増設することにより処理能力を高めるものであることから、処理効果の面で優れていると考えられる。また、生産ラインを止めることなく数日で設置・運用が可能であることから、製品導入に伴うロスを防止できるという利点がある。これら現地企業の製品の多くは生物処理方法を用いており、本提案製品と併用することで処理能力を高めることができるため、競合というより、協業することが可能である。

3. ビジネスモデルとバリューチェーン

(1) ビジネスモデル

本提案ビジネスは、既存の下水処理場や生産工場等において、事前の調査・設計によるオーダーメイドのファインバブル排水処理システムを増設するエンジニアリングサービスを

提供するものである。ファインバブル排水処理システムには、大別して、空気からファインバブルを製造するもの、酸素からファインバブルを製造するもの、オゾンからファインバブルを製造するものがあり、排水処理、悪臭除去、脱色などの目的に応じて使い分けることができる。提案サービスの価格は調査・設計・製造まで全ての費用を含んでいるため、排水の質と量、既存設備の能力等に応じて変動するが、標準仕様として、処理量 100 m³規模の設備は 500 万円、処理量 500 m³の設備は 2,060 万円、処理量 1,000 m³の設備は 5,040 万円と設定した。本調査で州政府や複数社に面談した結果、本製品を導入することによって削減される水道代及び電気代から本製品導入の投資回収がどの程度できるかによって購入価格は決まるとの意見があったことから、ビジネス展開においては、現地調達を最大限活用するなどして価格を抑えつつ、提案製品導入によるコスト削減効果を明確に示しながら価格交渉を進めていく。

本ビジネスの事業展開として、当初はチェンナイ市内でも水質悪化の激しいクーアム川流域の工場群を対象とする予定であった。しかしながら、工場から河川への直接排出は禁止されており、むしろ生活排水への対応が優先的課題と本調査を通じて確認された。同時に、工業排水についても悪臭除去や排水処理の効率化といった課題が把握できた。そのため、以下のとおり、家庭排水と工業排水の両面についてビジネス展開を図ることとした。

1) 家庭排水

家庭排水については、本調査後に、タミルナドゥ州政府の協力を得て、近隣の湖沼にて 1 年程度の実証試験を行うことを予定している。その結果、水質の改善効果が実証されれば、インド政府又は日本政府の補助金等に申請して資金を獲得し、クーアム川沿いの公営下水処理場、周辺湖沼、河川そのものの浄化に取り組むこととする。実証試験の候補地としては、クーアム川河口付近、複数の湖沼を検討して、マダムバックム小湖を選定した。これは、最初から大規模な範囲で実証試験を行うことは資金面で困難であること、検査対象となる汚染物質の種類が多いと検証に時間とコストがかかることから、飲料用の水源ではなく農業用水として利用されている湖沼の方が適切と考えられたためである。今後、マダムバックム小湖での実証試験計画を立て、資金獲得のための準備を進めていく予定である。チェンナイ都市上下水道委員会 (CMWSSB、メトロウォーター) からは実証試験への協力の意向が示されている。他方、この実証には時間がかかることが想定されることから、生活排水処理施設への展開はビジネス開始から 5～6 年後を想定している。

2) 工場排水処理

事業開始直後からターゲットとするのは工場排水の処理施設であり、これら施設に販売することにより収益を確保する。初年度はパイロット事業として、本調査において提案製品に関心を示した皮革工場や繊維工場の集中下水処理施設に提案システムを導入する。2 年目以降は他の皮革工場、繊維工場などへ事業を拡大し、5 年間で 20 か所の施設に提案システムを販売する。

(2) バリューチェーン

バリューチェーンは図 5 のとおり。提案法人が現地の既存排水処理施設を調査し、処理水の水質・量や施設の現状を把握した上で、この調査結果と現地の水質基準を照らし合わせ、同基準をクリアする最適な排水処理システムを設計する。この設計に基づき、排水処理シス

テムを構成する機器（スクリーンバケット、ファインバブル発生装置、酸素発生装置、ポンプなど）を提供する。その際、ファインバブル発生装置など精緻な製造が必要な機器は日本で調達・製造して現地に輸送して、提案システムの価格を最大限抑制するため、他の装置や部品は、可能な限り現地生産を追求する。現地では、パートナー企業が提案法人から技術指導を受けながら営業を行い、顧客を獲得する。販売契約締結後に、排水処理システムの設置工事を行う。施工管理や施工後の運用・維持管理に必要なサービスも基本的に現地パートナー企業が行うが、高度な作業が必要な場合は提案法人が日本から出張して対応する。

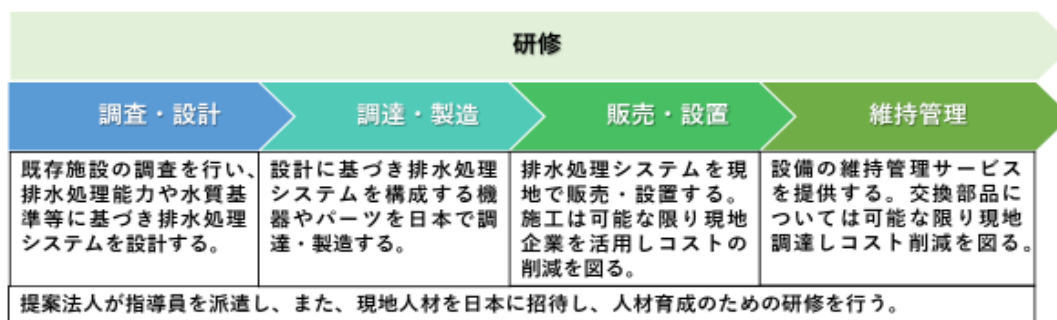


図 5 バリューチェーン

また、本ビジネスの実施・展開には現地人材の育成が不可欠であるため、提案法人の技術者を現地に派遣したり現地人材を日本に招聘し研修したりして現地人材を育成する。将来的には、その人材を現地に還流し、現地における事業運営の責任者として活躍してもらう予定である。

4. 進出形態とパートナー候補

インドに進出する主な形態としては、①現地法人、②支店、③駐在員事務所、④プロジェクトオフィス、⑤有限責任事業組合がある。本ビジネスでは、当面の間、そのいずれの形態もとらず、現地パートナー企業を通じて提案製品の販売を行う。先述のとおり、提案法人が現地調査に基づいて設計と主要機器及びパーツの製造を行い、現地パートナー企業が現地顧客に対する営業を行って顧客から販売契約を獲得していく。

現地パートナーについては、事前調査において、Inno Advisory India 社を想定していたが、今回の調査において、チェンナイ市を中心にインド全土で環境ビジネスを展開している Ariake Bio Tech Solutions 社（以下、ARIAKE 社という）の方が水質改善における経験とネットワークを豊富に有していることが確認されたことから、同社を連携先として選定した。ARIAKE 社は、2010 年代から、姉妹企業である SR Environ 社と連携し、下水処理、膜処理、エコ・バイオ・ブロック、これらを用いた河川浄化などを実施している。すでにこれら製品の販売・設置に関する販路を確保しており、政府の事業なども受注していることから、有力な連携先と考えた。また、United Economic Forum（以下、UEF という）はイスラム教徒が中心の、チェンナイ市における産業界のリーダーが参加する経済団体であり、皮革産業、繊維産業などに広いネットワークを有している。本事業の成功と今後の

事業展開において、これら産業界への働きかけが鍵となることから、UEFにはリエゾンの役割を果たしてもらおうこととし、主に営業活動などで支援を得ることとした。

さらに、河川や湖沼における水質浄化に関しては、現地 NGO であるケアアース基金 (Care Earth Trust) と提携することとした。ケアアース基金は、2000 年から、自然保護、生物多様性、人材育成の分野で活動している団体である。特に、河川等の自然環境保護活動においては、タミルナドゥ州政府と連携してきた歴史が長く、環境局 (DOE)、公害管理委員会 (PCB)、環境影響評価局 (SEIA)、チェンナイ都市水供給下水処理委員会 (Chennai Metro Water Supply and Sewerage Board、通称 Metro Water) に強いコネクションを持っている。この団体と連携することにより、今後の調整を円滑に進めることができると期待されることから、同団体の協力を得て、河川や湖沼への家庭排水処理事業に取り組むこととした。また、本ビジネスは水質汚染対策という公的性格の強い事業であるため、タミルナドゥ州政府と協力しながら、事業を進めていく。



図 6 実施形態

5. 収支計画

このビジネスモデルに基づく収支計画は、初年度は小規模なパイロット事業のため経常収支が赤字となるが、2年目からは、中型、大型設備の販売を展開することで単年度黒字化し、累積収支も3年目から黒字化する予定である。6年目以降、実証試験も終え、本提案設備をクーアム川への直接排出に関わる下水処理場などの施設へ展開する。さらに、他の河川、タミルナドゥ州全域、ひいてはインド全体に拡大していきたい。ビジネス開始当初は赤字を

覚悟することになるが、本ビジネスモデルは、現地パートナー企業を通じた販売方式であり、固定資産を抱えるものではないこと、また、徐々に販売量を増やしていくことにより3年目には累積黒字を達成できると想定されることから、ビジネスとして実施可能と考えている。

表 6 収支計画

事業計画書																	
収益	単価	単位	第1期		第2期		第3期		第4期		第5期						
売上高			数	単位	千円	数	単位	千円	数	単位	千円	数	単位	千円			
FJP-12	765	千円	4	個	3,062	4	個	3,062	4	個	2,756	8	個	4,960	14	個	8,680
FJP-100	4,050	千円	0	個	0	1	個	4,050	2	個	7,290	2	個	6,561	3	個	9,842
FJP-150	5,994	千円	0	個	0	0	個	0	0	個	0	4	個	19,421	4	個	19,421
FJP-300	7,655	千円	0	個	0	2	個	15,309	5	個	34,445	6	個	37,201	8	個	49,601
FJP-12 設計	60	千円	4	式	240	4	式	240	4	式	240	8	式	480	14	式	840
FJP-100 設計	1,000	千円	0	式	0	1	式	1,000	2	式	2,000	2	式	2,000	3	式	3,000
FJP-150 設計	1,000	千円	0	式	0	0	式	0	0	式	0	4	式	4,000	4	式	4,000
FJP-300 設計	1,000	千円	0	式	0	2	式	2,000	5	式	5,000	6	式	6,000	8	式	8,000
メンテナンス売上=現地法人	0	千円															
収益合計					3,302			25,661			51,731			80,623			103,383
I 売上原価	単価		数量	単位	千円	数量	単位	千円	数量	単位	千円	数量	単位	千円	数量	単位	千円
材料費等		千円/年			990			14,080			16,390			22,770			37,345
小計					990			14,080			16,390			22,770			37,345
II 販売管理費及び一般管理費	単価		数量	単位	千円	数量	単位	千円	数量	単位	千円	数量	単位	千円	数量	単位	千円
人件費		千円/年			3,600			4,620			10,520			20,020			16,960
渡航・宿泊費用		千円/回			1,500			2,700			4,700			4,700			3,700
Pilot費		千円/年			500			500			1,650			3,600			4,500
設備投資		千円/年			0			695			1,738			1,738			1,738
営業活動費		千円/年			0			0			2,000			2,000			2,000
契約案作成		千円/年			300			0			500			0			0
Web製作費		千円/年			300			0			0			0			0
通訳費		千円/年			300			300			950			2,000			2,500
人材育成費		千円/年			1,200			1,200			1,200			0			0
小計					7,700			10,015			23,258			34,058			31,398
費用合計					8,690			24,095			39,648			56,828			68,743
営業利益					▲ 5,388			1,566			12,083			23,795			34,641
【営業外費用】支払利息		%			0			0			0			0			0
経常利益					▲ 5,388			1,566			12,083			23,795			34,641
【特別損失】																	
税引前当期純利益					▲ 5,388			1,566			12,083			23,795			34,641
累積赤字・黒字					▲ 5,388			▲ 3,822			8,261			32,056			66,697

6. 想定される課題・リスクと対応策

(1) 法制度面にかかる課題/リスクと対応策

本ビジネスを展開する上で想定される法制度面のリスクは、州政府からの許認可がある。インドでは、下水・排水処理施設の管理は州政府の直轄となっており、新技術の導入は、州政府関係機関の承認が必要である。タミルナドゥ州政府関係機関によれば、排水処理に有効であることが証明されれば許認可に大きな障害はないとのことであったことから、今後、現地で実証試験を行って効果を証明し、具体的な設置場所を確定して申請を行う予定である。また、本提案製品ではオゾンを使用することから、環境影響評価の必要性を確認したが、タミルナドゥ州政府との面談では、排水処理設備そのものに対する環境影響評価は不要と確認した。

(2) ビジネス面にかかる課題/リスクと対応策

ビジネス面でのリスクは、現地における営業活動の実効性がある。本ビジネスは、提案法人が設計や主要機器及びパーツの製造を行うが、営業は現地パートナー企業が行うことにしており、ビジネスを成功させるには現地パートナー企業の販売能力が鍵となる。現地パートナー企業としては、州政府や本ビジネスのターゲットとする皮革産業や繊維産業の企業に販路を持つ ARIAKE 社を選定し、基本連携協定を結んでいる。しかしながら、インドにおいて提案製品は無名であり、ARIAKE 社およびその関連企業が効果的な営業活動を展開する

には、いかに提案製品が優れた技術を持ち、かつ価格競争性があるかを説明できるかにかかっている。このため、ビジネス展開においては、提案法人から現地パートナー企業に試験機を提供し、現地パートナー企業がその試験機を用いてデモンストレーションを行いながら営業を行うこととした。今回の調査においても、排水処理場や工場での実証試験によって顧客候補を獲得できたことから、この手法を用いてビジネス面の課題を克服できると考えている。

(3) 政治・経済面にかかる課題・リスクと対応策

インドでは、2020年5月以降政策金利を4%に据え置いていたが、2022年5月以降段階的に引き上げており、消費者物価指数も基準上限値6%を超える水準で推移していることから、物価上昇に留意する必要がある。本ビジネスでは、可能な限り現地調達を行うことでコストを抑制しようとしていることから、物価の動向を注視していく。政府体制については、モディ政権が安定しており、特段のリスクは想定されない。2024年4～5月に予定されている総選挙と、その後の政策動向を注視していく。

(4) その他課題/リスクと対応策

その他のリスクと対応策は以下のとおり。

表 7 その他のリスクと対応策

区分	リスク	留意点・対応策
知財	知財の侵害	特許、商標、著作権など知財保全に十分注意を払う。
為替	急激な為替変動	現地通貨による収入とコストのバランスに十分配慮する。また、現金収入は早めに通貨を交換するように心掛ける。
周辺環境	気象条件、送電、盗難防止策など	屋外設置の場合の気象条件、送電環境、盗難防止策などを検討し、適切な対策をとる。

7. ビジネス展開を通じて期待される開発効果

提案ビジネスは、詳細調査と設計に基づき対象となる施設に適切な排水設備を提供することで、排水処理に関する課題を解決することに貢献できる。定量的には、水質に関してBOD、COD、SS (suspended solids:不溶性物質) を基準値以内に抑え、悪臭は、硫化水素の値などを下げることができる(水質基準は、インドの環境保護規則に定められている。基準は産業によって異なるが、代表的な下水処理場の排水基準は表8のとおり)。本ビジネスでは、5年間で日量最大100 m³の施設34か所、同300 m³の施設8か所、同500 m³の施設8か所、同1,000 m³の施設21か所の排水処理能力を改善する予定であり、工場排水処理場や下水処理場71か所で日量30,800 m³の水質を改善することから、チェンナイ市における排水処理の改善に貢献できる。また、定性的な効果としては、排水処理場、工場、クーアム川流域、周辺の湖沼や貯水池沿いなどに生活する人々の水利用の安全性を高め、生活環境を改善することに貢献できる。地域住民が本提案ビジネスの効果を実感することにより、人々の環境意識の改善にも貢献できる。さらに、本ビジネスは、提案法人が現地人材に調査、設計、

運営、維持管理の技術移転を行い、この人材を現地に還流することで現地の人的資源の底上げにも貢献する。

表 8 水質基準(下水処理場)

パラ メーター	基準			
	大都市	1級都市	その他	海中放流
pH	5.5-9.0	5.5-9.0	5.5-9.0	5.5-9.0
BOD	10	20	30	30
TSS	20	30	50	50
COD	50	100	150	150
全窒素	10	15	-	-
全リン	1.0	1.0	1.0	-
糞便性大腸菌 (数/100ml)	100-230	100-230	1000-10,000	1,000-10,000

また、本ビジネスを通じて、持続可能な開発目標（SDGs）のうち、以下の目標達成に貢献できると考えている。

- 目標 6：すべての人々の水と衛生へのアクセスと持続可能な管理を確保する
- 目標 3：あらゆる年齢のすべての人々の健康的な生活を確保し、福祉を推進する
- 目標 14：海洋と海洋資源を持続可能な開発に向けて保全し、持続可能な形で利用する

8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

(1) 関連企業・産業への貢献

提案法人は、現場のニーズに合致する設備をその都度設計し、主要機器やパーツは地元横浜の企業をはじめ様々な企業からの調達を通じて地域経済の発展に貢献している。また、提案法人は横浜市での公民連携事業である Y-PORT 事業に積極的に参画し、本事業を通じて横浜市内の地元企業との連携を深めている。こうした取組は横浜市からも高く評価されており、同市からは本提案ビジネスに対する推薦状を受けている。本提案ビジネスで販売・設置する排水処理システムの主要機器及びパーツは日本製であり、これらをインドに展開することにより、日本製品に対する現地需要の発掘とそれに伴う販売促進、雇用創出効果が期待される。特に、ファインバブル発生装置は横浜市の地元企業も製造しており、当該企業の売り上げ増を通じ、地元経済への貢献が期待できる。

(2) その他関連機関への貢献

提案法人は 1972 年に日本公害防止技術センターとして設立し、日本が深刻な環境汚染に直面していた時代から環境モニタリングを行ってきた。こうした取組が評価され、主に大気汚染分野では環境省と長年の協力関係にあり、同省の行う事業や研究に協力してきた。また、海外環境協力事業を実施しており、ルーマニア「国立環境レファレンスラボラトリー強化プロジェクト」、インドネシア「環境管理センタープロジェクトに係る能力強化プロジェクト」など日本政府及び JICA の技術協力や無償資金協力を通じ海外の人材育成に貢献してきた。

また、慶應義塾大学とファインバブルを用いた浄化作用の研究、北里大学と畜産系排水処理施設・廃棄物の有効利用の研究、東京大学先端研究センターとファインバブルを用いた大豆などの種子発芽研究、他にも京都大学や神奈川歯科大学との研究を行っている。特に北里大学との排水試験では、ファインバブル装置やソフトウェアなどの技術的改良を行っている。本事業の成果をこれらの大学などと共有することで研究材料を提供でき、大学や研究機関と民間企業の共同研究を通じ、地元企業の製品開発などにも役立てることができると考えている。

参考文献

Chennai Pursuit of Clean Development, *“National Inventory of Sewage Treatment Plants”*, 2021

The Government of India, NITI Aayog, *“Urban Wastewater Scenario in India”*, 2022
N. S. Elangovan and M. Dharmendirakumar, *“Assessment of Groundwater Quality along the Cooum River, Chennai, Tamil Nadu, India”*, 2013

M. Mary Bai, *“Ecological Studies on the River Cooum with Special Reference to Pollution”*, 1993

Pravakar Mishra et al., *“Coastal water quality monitoring and modelling off Chennai city”*, 2015

Tamil Nadu Pollution Control Board, *“Chennai City Water Ways Project”*, 2022

Tamil Nadu Pollution Control Board, *“TNPCB & YOU 2020”*

V. E. Nethaji Mariappan et al., *“Water Quality of Cooum Sub Basin, Chennai”*, Nature Environment and Pollution Technology, 2017

英文要約 (Summary Report)

Summary Report

India

SDGs Business Model Formulation Survey

with the Private Sector

for

Water Pollution Control Project by Fine Bubble

Wastewater Treatment System in India

February 2024

Japan International Cooperation Agency

Green Blue Corporation

1. BACKGROUND

In India, the living environment has deteriorated as a result of the large influx of people into urban areas due to population growth. The drainage of sewage exceeds the processing capacity, and the discharge of sewage into rivers exceeds the nature's purifying ability. The contaminated water causes diarrhea and hepatitis against people's health. In the Chennai metropolitan area in southern India, the demand for both domestic and industrial water is rapidly increasing in accordance with the population growth. The government of India announced the National Water Policy (2012), which aims to provide water to the entire population. The government emphasizes efficient water use through the use of recycled water, and the development of sewage treatment facilities that are compatible with urban water supply facilities.

Against the background, Japanese Government expressed to support addressing environmental issues and climate change in Japan's country assistance policy for India. It is indicated that efforts will be made to promote private sector participation to improve efficiency in waste management and pollution control. Under this policy, JICA has implemented activities such as the Bengaluru water supply and sewerage system development project, the Guwahati sewerage system development project amongst others, and is working actively on water supply and sewage systems installation, sanitation improvement, and pollution prevention measures. . The proposed business will introduce a wastewater treatment system using fine bubbles to facilities in river basins with serious water pollution in order to improve the facility's wastewater treatment capacity, which will contribute to improving the water quality and living environment of residents.

2. RESULTS

The results of this study revealed that there is a large demand for the proposed product, and that it has a high potential to contribute to improving water quality in southern India. India's wastewater treatment equipment market is worth approximately US\$2.4 billion as of 2019, but is expected to expand to US\$4.3 billion by 2025 as water demand increases. By region, southern India has the largest demand as approximately 4.5 billion liters of wastewater treatment, which is 80% of urban water usage are required in Tamil Nadu. However, only about 1.8 billion liters of water is properly treated at sewage treatment plants, and 2.7 billion liters, which is about 60%, are discharged without proper treatment. This is equivalent to 27,000 wastewater treatment facilities with capacity of 100 m³ per day. As such, there is a large demand for wastewater treatment facilities.

Basically, there are two types of wastewater: domestic wastewater discharged from homes and industrial wastewater discharged from factories. The domestic wastewater is treated at a sewage treatment plant (STP) to keep below the wastewater quality standards set by the government's pollution control committee under the Environmental Protection Act before it is discharged to rivers and lakes. However, water quality tests conducted in the Adyar, Buckingham, and Cooum rivers in Chennai in 2021 revealed that all rivers were seriously contaminated. Additionally, as far as we have observed in the Cooum River and lakes during this study, untreated wastewater was flowing into rivers and lakes at the inlets, sludge settles and oil floats, creating a particularly bad odor. There is an extremely large

need for improved processing capacity in STP. In this study, Chennai Metropolitan Water Supply & Sewerage Board (CMWSSB) pointed out the needs for wastewater treatment at rivers and lakes around Chennai and expressed their support to a verification test to be conducted by the proposing corporation.

Industrial wastewater is treated at a common effluent treatment plant (CETP) to meet the government's wastewater quality standards. Under revised Environmental Protection Rules in 2017, Zero Liquid Discharge (ZLD) system has become mandatory for newly established factories, and direct discharge into rivers and lakes is prohibited. The treated water is reused for toilets and horticultural purposes (watering gardens, etc.) within the factory. At the CETP in Ranipet where we visited in this study, wastewater is treated biologically and then through RO membrane. This was equivalent to or better than the treatment in Japan, and the water quality after treatment cleared the standard. However, the treatment plant has produced a considerable odor, which affected not only the premises but also the surrounding area approximately 100 meters away from the treatment plant. The cause was hydrogen sulfide generated from the inlet tank, and no countermeasures had been taken. In Tripur where textile industry is thriving, large amounts of water and electricity are used to remove colors from the wastewater. Although strict regulations are imposed on industrial wastewater, there are issues to challenge and room for improvement in the industrial wastewater treatment.

3. FUTURE PROSPECTS

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

The proposed business can contribute to solving problems related to wastewater treatment by providing fine bubble equipment to the target facility based on detailed research and design. Quantitatively, BOD, COD, and SS (suspended solids: insoluble substances) can be kept within standard values. Malodorous substances, such as hydrogen sulfide values can be far lowered. In this business, we plan to improve the wastewater treatment of 34 facilities with daily capacity of 100 m³, 8 facilities with a daily capacity of 300 m³, 8 facilities with a daily capacity of 500 m³, and 21 facility with a daily capacity of 1,000 m³. It will contribute to improving wastewater management in Chennai by 30,800 m³ per day at 71 sewage treatment plants in total.

As a qualitative effect, it can contribute to improving the people's living environment by increasing safe water use in wastewater treatment plants, factories along the Cooum River, lakes and reservoirs. This proposed business also raise people's environmental awareness throughout the process of wastewater treatment. Furthermore, the knowledge and technology for research, design, operation, and maintenance can be transferred to local human resources. It is a circulation of educated and skilled human resources among developed and developing countries, which will improve the level of local human resources. We also believe that through this business, we can contribute to achieving the following Sustainable Development Goals (SDGs).

- Goal 6: Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all
- Goal 3: Ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages
- Goal 14: Conserve and sustainably use oceans, seas and marine resources for sustainable development

(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

In this study, we found that there is a risk in obtaining permission and approval from the state government when starting this business. In India, the management of sewage and wastewater treatment facilities is under the direct control of state governments, and the introduction of new technology requires approval from relevant state government agencies. According to the state governmental agencies of the Tamil Nadu, obtaining approval will be no major obstacles to the business if the proposed products and technologies are proven to be effective for wastewater treatment. In this regard, it would be effective to conduct on-site demonstration tests to prove the effectiveness before determining of the installation location, and submission of an application to the authorities. Additionally, since this proposed product uses ozone, we study the need for an environmental impact assessment. The Government of Tamil Nadu has confirmed that an environmental impact assessment of the wastewater treatment facility itself is not necessary.

It is also found that local sales activities are important for the success of this business. Sales of this business will be conducted through ARIAKE, a local partner company, who has a lot of experience in sales of environmental products and strong network with government agencies. However, the proposed product is still unknown in India, and it is important to ensure that the proposed product has excellent technology and price competitiveness. To this end, proposing corporation has decided to provide a test machine to a local partner company so that the partners will show the effectiveness of the proposed products and technologies while conducting demonstrations as we were able to acquire customer candidates through demonstration tests in this study.

OUTLINE OF THE SURVEY



India: SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector
for Water Pollution Control Project by Fine Bubble Wastewater Treatment System
Green Blue Corporation (Yokohama City, Kanagawa)



Development issue (Needs)

- A large amount of untreated wastewater is generated due to population increase and economic growth, but it is not properly treated.
- Tamil Nadu produces the third largest amount of wastewater in India, but only about 40% of it is treated.
- As a result, a large amount of untreated wastewater is discharged into rivers, lakes, and the sea, causing serious water pollution and adverse effects on domestic water.

Proposed product/technologies

- Wastewater quality and existing facilities and equipment etc. will be investigated in detail through a preliminary survey. An optimal wastewater treatment system is to be designed to meet local water quality standards.
- Based on this design, an optimal wastewater treatment system that appropriately combines hardware and software is to be provided.

Contents of Project

- Contract period: August 2022 to February 2024
- Target country/region: Chennai, Tamil Nadu, India
- Counterpart Agency (assumed): Chennai Metropolitan Authority, Pollution Control Board
- Project overview: Implement a survey to introduce a wastewater treatment system using fine bubbles (FB) to a facility in a river basin where water pollution is serious, and to improve the facility's wastewater treatment capacity and water quality. Through this project, we aim to increase the possibility of business development of the proposed system and contribute to the improvement of the living environment of residents by improving the water quality of rivers.



Fine bubble device

Method to approach development issue (Business Model)

- Green Blue Co. to survey wastewater treatment facilities and design optimal wastewater treatment systems. The FB wastewater treatment equipment will be manufactured in Japan and transported to local site, whereby a local partner company will install the wastewater treatment facilities.
- Through this business, the treatment capacity of existing wastewater treatment facilities will be improved and contribution towards improving the water quality of surrounding rivers and oceans will be achieved.
- Green Blue will provide training to local human resources and improve their survey, design, operation and maintenance capabilities, thereby contributing to raising the skill level of local human resources.

Expected results (Development effect)

- The treatment capacity of wastewater treatment facilities is increased, and the wastewater quality index is improved.
- The water quality index of surrounding rivers is improved.
- Awareness regarding water quality improvement is raised among industrial factories and other wastewater generators.
- Human resources responsible for the design, maintenance, etc. of FB wastewater treatment facilities is developed.
- Environmental awareness of local community is cultivated and improved.

As of 2023/12.