

インドネシア国  
バンドン工科大学

インドネシア国  
再生水利用・産業排水処理の  
促進に向けた自動再生式活性炭  
排水処理技術 普及・実証事業  
業務完了報告書

平成 28 年 9 月  
(2016 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

J トップ株式会社

国内
JR
16-110



## 目次

巻頭写真 .....	i
略語表 .....	iii
地図 .....	v
図表番号 .....	vi
案件概要 .....	x
要約 .....	xi
1. 事業の背景 .....	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認 .....	1
① 事業実施国の政治・経済の概況 .....	1
② 対象分野における開発課題 .....	5
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度 .....	15
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析 .....	24
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要 .....	28
① 完成から据え付け・稼働確認までの経緯 .....	30
② 機材等納入結果 .....	30
2. 普及・実証事業の概要 .....	31
(1) 事業の目的 .....	31
(2) 期待される成果 .....	31
(3) 事業の実施方法・作業工程 .....	31
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他） .....	33
(5) 事業実施体制 .....	34
(6) 相手国政府関係機関の概要 .....	35
3. 普及・実証事業の実績 .....	36
(1) 活動項目毎の結果 .....	36
(2) 事業目的の達成状況 .....	87
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献 .....	88
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献 .....	90
(5) 環境社会配慮 .....	91
(6) ジェンダー配慮 .....	91
(7) 貧困削減 .....	92
(8) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について .....	92
(9) 今後の課題と対応策 .....	92
4. 本事業実施後のビジネス展開計画 .....	93

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定 .....	93
① ビジネス展開の仕組み.....	96
② 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール.....	100
③ ビジネス展開可能性の評価.....	102
(2) 想定されるリスクと対応.....	102
(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果.....	103
(4) 本事業から得られた教訓と提言 .....	104

## 巻頭写真



Sari Sandang 社の排水処理施設



Grand Textile 社の排水処理施設



J トップ（及び外部人材）、ITB、西ジャワ州、バンドン市、バンドン県による合同検討



バンドン県内を流れるチタルム川支流



Grand Textile 社の敷地内に据え付け直後の設備



処理水送水用ポンプ及びフィルターの試運転時の様子



2015年11月24日（火）開催のセミナー



実証事業について説明するバンドン工科大学の発表者



2015年11月セミナーでのJトップ技術紹介の状況



2015年11月セミナーでの実証サイト見学の状況



2016年4月再生水利用ガイドライン（案）セミナーでの意見交換会の状況



本邦受入活動での意見交換（大阪市下水道科学館にて）

## 略語表

略語	意味
ADB	アジア開発銀行 (Asian Development Bank)
AusAID	オーストラリア国際開発庁 (The Australian Agency for International Development)
BAPEDAL	インドネシア共和国環境管理庁 (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan)
BAPPENAS	インドネシア共和国国家開発計画庁 (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional)
BOD	生物化学的酸素要求量 (Biochemical Oxygen Demand)
BPLHD	インドネシア共和国環境保護局 (Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah)
BPPT	インドネシア共和国技術評価応用庁 (Badan Penkajian dan Penerapan Teknologi)
C/P	カウンターパート (Counter Part)
COD	化学的酸素要求量 (Chemical Oxygen Demand)
DO	溶存酸素量 (Dissolved Oxygen)
EIA	環境影響評価 (Environmental Impact Assessment)
EMC	環境モニタリングセンター (Environmental Management Center)
EPC	設計・調達・施行を担う総合エンジニアリング (Engineering Procurement and Construction)
EPCM	公害防止管理者 (Environmental Pollution Control Manager)
F/S	事業可能性調査 (Feasibility Study)
GDP	国内総生産 (Gross Domestic Product)
GIZ	ドイツ国際協力公社 (Die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit)
ICWRMIP	チタラム川統合水資源管理投資プログラム (Integrated Citarum Water Resources Management Investment Program)
ITB	バンドン工科大学 (Institut Teknologi Bandung)
JBIC	国際協力銀行 (Japan Bank for International Cooperation)
JICA	国際協力機構 (Japan International Cooperation Agency)
MBR	膜分離活性汚泥法 (Membrane Bio-Reactor)
ODA	政府開発援助 (Official Development Assistance)
PDAM	地方給水事業公社 (Perusahaan Daerah Air Minum)
PERPAMSI	インドネシア共和国水道協会 (Persatuan Perusahaan Air Minum Indonesia)

略語	意味
PPP	官民協働事業 (Public Private Partnership)
PROKASIH	インドネシア共和国河川浄化プログラム (Program Kali Bersih)
PROPER	インドネシア共和国企業の環境管理評価公表制度 (Program for Pollution Control Evaluation and Rating)
PUSTEKLIM	排水処理適正技術センター (Pusat Pengembangan Teknologi Limbah Cair)
RO	逆浸透 (Reverse Osmosis)
RPJMN	国家中期開発計画 (Rancangan Pembangunan Jangka Menengah Nasional)
SMEs	中小規模企業 (Small and Medium-sized Enterprises)
SS	浮遊物質濃度 (suspended solids)
TSS	総懸濁固体量 (total suspended solids)
WASAP	インドネシア共和国における水衛生改善プログラム Water and Sanitation Programme)
WASPOLA	インドネシア共和国における貧困層による水へのアクセス形成支援事業 (Water Supply and Sanitation Policy Formulation and Action Planning Project)

## 地図



(出所：白地図専門店ウェブサイト)

## 図表番号

### 図

図 1.1	第三次国家中期開発計画 (RPJMN) (2015-2019 年) .....	2
図 1.2	GDP 成長率、GDP 及び GNI (一人当たり) の推移 .....	3
図 1.3	インドネシアの財・サービスの貿易収支 .....	4
図 1.4	チタルム川の流域地図 .....	6
図 1.5	チタルム川の水質の傾向 (BOD) .....	7
図 1.6	チタルム川の水質の傾向 (COD) .....	8
図 1.7	チタルム川の水質の傾向 (TSS) .....	8
図 1.8	バンドン市内 16 河川における BOD 濃度 .....	10
図 1.9	バンドン市内 16 河川の COD 濃度 .....	10
図 1.10	バンドン市内 16 河川の DO 値 (容存酸素量) .....	11
図 1.11	第 3 等級における水質評価 .....	11
図 1.12	第 4 等級における水質評価 .....	12
図 1.13	装置本体外観図面及び仕様 .....	29
図 2.1	作業工程表 .....	32
図 2.2	事業実施体制 .....	34
図 3.1	パックテスト結果 .....	38
図 3.2	機材の据え付け .....	39
図 3.3	トランス (写真左) の試運転の様子と制御盤 (写真中) の電源供給 の様子、及びボイラー (写真右) の試運転の様子 .....	40
図 3.4	原水取水場所 (写真左) 及び簡易試験外観 (写真右) .....	40
図 3.5	原水の外観 (写真左) 及び活性炭に浮遊物が付着している様子 (写 真右) .....	42
図 3.6	原水 (写真左) 及び活性炭処理水 (写真右) .....	42
図 3.7	パックテスト結果 .....	44
図 3.8	設置前 (左) 及び据え付け後の機材 (右) .....	45
図 3.9	原水 (左) 及び処理水 (BV24 倍) .....	45
図 3.10	放流槽の様子 .....	46
図 3.11	パックテスト結果 .....	47
図 3.12	設置前 (左) 及び据え付け後の機材 (右) .....	48
図 3.13	原水 (左) 及び処理水 (BV 約 4 倍) (右) .....	49
図 3.14	処理水 (BV 約 4 倍) (左) 及び処理水 (BV 約 50 倍) (右) .....	50

図 3.15	原水（左）及び処理水（BV 約 2 倍）（右）	50
図 3.16	Grand Textile 社の加工工程	53
図 3.17	通常の排水処理フローと化学反応	54
図 3.18	実際の排水処理のフローと化学反応	54
図 3.19	Grand Textile 社の処理水に係る検証	55
図 3.20	Grand Textile 社の処理水に係る検証の結果	55
図 3.21	Grand Textile 社の排水処理プロセスの改善（案）	56
図 3.22	Grand Textile 社への排水処理フロー改善提案	58
図 3.23	Sari Sandang 社の加工工程	59
図 3.24	Sari Sandang 社の排水処理フロー	60
図 3.25	Sari Sandang 社の排水処理施設の配置と概略寸法	60
図 3.26	（参考）標準活性汚泥フロー	61
図 3.27	（参考）製品の加工工程	63
図 3.28	現状の施設の配置図	64
図 3.29	現状の処理フロー	64
図 3.30	ドルトムント方式による活性汚泥沈殿槽	65
図 3.31	原水の設定値に基づく活性汚泥処理に必要な施設容量	65
図 3.32	処理フローの改善案	66
図 3.33	曝気槽（左）及び処理水・原水（右）	66
図 3.34	Stanli Trijaya 社の排水処理工程	67
図 3.35	Stanli Trijaya 社への排水処理工程の提案	69
図 3.36	Hasan Sadikin Hospital の排水処理工程	70
図 3.37	Kimia Farma Comany の排水処理工程	73
図 3.38	繊維排水に見る処理例（凝集沈殿方式）	80
図 4.1	今後のマーケット展開	96
図 4.2	現地におけるビジネス展開スキーム	100

## 表

表 1.1	政治一般概況.....	1
表 1.2	インドネシアの実質 GDP の構成比（2013 年）.....	4
表 1.3	チタルム川水質データ（単位：mg/L）.....	9
表 1.4	等級別水質要求度評価の一覧表（バンドン市内）.....	13
表 1.5	インドネシア共和国の主な環境法令.....	16
表 1.6	政令 2001 年第 82 号に基づく水質等級分類.....	18
表 1.7	排水規制に基づく基準.....	20
表 1.8	西ジャワ州の排水規制.....	21
表 2.1	要員計画及び実績.....	33
表 3.1	実証活動の企業選定の考え方.....	36
表 3.2	Grand Textile 社の概要.....	38
表 3.3	Grand Textile 社の排水の簡易試験結果（10 月 31 日）.....	41
表 3.4	Grand Textile 社の排水の試験結果（11 月 25 日）.....	43
表 3.5	Sari Sandang 社の会社概要・事業概要.....	44
表 3.6	Sari Sandang 社の排水の試験結果（12 月 1 日）.....	45
表 3.7	Kahatex 社の会社概要・事業概要.....	46
表 3.8	Kahatex 社の排水の試験結果（1 月 20 日）.....	49
表 3.9	原水・活性炭処理水（BV 約 4）の各種分析結果.....	49
表 3.10	Kahatex 社の排水の試験結果（1 月 20 日）.....	50
表 3.11	企業訪問調査・指導の企業選定の考え方.....	52
表 3.12	Grand Textile 社の概要（再掲）.....	53
表 3.13	Sari Sandang 社の会社概要・事業概要（再掲）.....	59
表 3.14	化学処理と活性汚泥処理の運転コスト比較（ゴム工場の例）..	61
表 3.15	既存の水槽容量と活性汚泥導入時の設計計算値の比較.....	62
表 3.16	Sinar Majalaya Lestari 社の会社概要・事業概要.....	63
表 3.17	Stanli Trijaya 社の会社概要・事業概要.....	67
表 3.18	原水と処理水の水質.....	68
表 3.19	Hasan Sadikin Hospital 社の会社概要・事業概要.....	70
表 3.20	原水と処理水の水質.....	71
表 3.21	曝気槽の DO 値.....	71
表 3.22	Kimia Farma Company の会社概要・事業概要.....	73
表 3.23	各種現行ガイドラインの比較.....	75
表 3.24	再生水利用ガイドライン（案）の構成.....	76
表 3.25	再生水利用ガイドライン（案）セミナー概要.....	77

表 3.26	バティックの排水処理前後の水質の傾向 .....	79
表 3.27	セミナー概要 .....	81
表 3.28	意見交換会における企業の排水処理を取り巻く状況 .....	82
表 3.29	排水処理改善検討の理由 .....	83
表 3.30	本邦受入活動参加者 .....	85
表 3.31	本邦受入活動のカリキュラム .....	85
表 3.32	各訪問先での活動概要 .....	86
表 3.33	本普及・実証事業の取り組み一覧 .....	89
表 4.1	各種排水処理手法とJトップの自動再生式活性炭との比較 .....	93
表 4.2	既存の活性炭処理方式とJトップ方式との費用比較 .....	94
表 4.3	Jトップの自動再生式活性炭導入のインセンティブ .....	94
表 4.4	排水 1,000 t/日 処理時の装置サイズ別仕様 (例) .....	97
表 4.5	排水 1,000 t/日 処理時の維持管理コスト (例) .....	98
表 4.6	売上計画 .....	102

## 案件概要

### インドネシア

## 自動再生式活性炭排水処理装置を用いた 産業排水処理推進事業の普及・実証事業 Jトップ株式会社(大阪府)

### インドネシア国の開発ニーズ

- 西ジャワ州を縦断するテタルム川の水質悪化。
- 安価で運転・メンテナンスが容易な排水処理技術の不足。
- 同国主要産業である繊維工場からの難分解性物質を含む着色排水による環境負荷。

### 中小企業の技術・製品



### インドネシア側に見込まれる成果

- 現地政府の再生水利用促進・排水管理行政の制度整備。
- 活性炭のオンサイト再生技術の確立し、再生処理コストを大幅軽減。
- 自動再生によるメンテ負担軽減。

### 事業の内容

- 自動再生式活性炭排水処理技術の繊維工場における技術検証及び専門家による規制担当者のキャパシティ・ビルディング。
- 現地行政による企業評価、インセンティブ付与事業、再生水利用義務化、再生水利用ガイドライン作成等の事業支援。

### 自動再生式活性炭排水処理装置

### Jトップ社製品による 染色排水処理結果



### 日本側に見込まれる成果

#### 現状

- 関西・アジア環境・省エネビジネス交流推進フォーラム (Team E-Kansai) のメンバーとして、関西とアジアとの経済交流関係の深化・拡大に寄与
- 産官学連携体制を活用し、現地での経済協力活動に寄与。同国の各関係機関や主要企業、バンドン工科大学とのネットワーク形成。

#### 今後

- 近畿圏内企業の製品の販売開拓に向けた体制整備。

## 要約

I. 提案事業の概要	
案件名	再生水利用・産業排水処理の促進に向けた自動再生式活性炭排水処理技術普及・実証事業
事業実施地	インドネシア共和国 西ジャワ州 バンドン地域
相手国 政府関係機関	バンドン工科大学、西ジャワ州、バンドン市、バンドン県の各環境管理局、インドネシア共和国環境省（組織再編により「環境林業省」に改組。）
事業実施期間	2015年5月～2016年12月
契約金額	99,931,320円（税込）
事業の目的	インドネシアにおける産業排水を対象とした再生水製造・排水処理実験を通じて、同国の技術面・運用面での課題を検証し、改善するとともに、同製品の普及を図る。
事業の実施方針	本事業を通じて、技術面での立証だけでなく、ビジネス展開段階において普及活動や設計・施工・メンテナンス等を担う現地カウンターパートを通じた水処理に係る行政担当者の育成を進める。また、再生水利用技術や産業排水処理技術のニーズ喚起に大きな役割を果たす現地政府機関との密接な協力関係を維持・強化し、関連施策のキャパシティ・デベロップメント活動を進める。
実績	<p>1. 要約</p> <p>現時点までに、第6回現地調査を実施し、関係機関と連携を取り事業を実施してきた。それらの実績は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実証活動について、Grand Textile 社、Sari Sandang 社、Kahatex 社にて実証実験を実施した。</li> <li>・普及活動については、バンドンの現地企業6社に対して企業訪問調査・指導を実施した。</li> <li>・また、再生水利用ガイドライン（案）について、ドラフトを作成し、セミナーで発表した。現在は、バンドン工科大学が環境林業省とともに細部の検討段階にある。</li> </ul> <p>2. 実証活動</p> <p>(1) 機材設置状況</p> <p>機器は2015年8月の中旬に完成、完成検査は8月18日に合格し、機材及び活性炭の輸出を行った。その後、10月</p>

31日に第一回の実証実験の実施企業である、Grand Textile社にて、機材の据え付け・稼働確認を行い、正常に作動することを確認した。なお、活性炭については、11月3日に発送し、10日に、実証予定地に到着し活性炭塔に投入した。

(2) 実証活動の実施状況

実証活動の候補企業について、3つの企業（Sari Sandang社及びGrand Textile社、Kahatex社）にて、実証実験を実施し、その経過及び結果について2015年11月24日及び2016年4月7日のセミナーで発表を行った。

(3) 機材の引渡しについて

4月7日の再生水利用ガイドラインセミナーの終了後、機材をバンドン工科大学への引き渡しのためのメンテナンスについて説明を行うとともに、取扱説明書（英文）をバンドン工科大学へ提供した。

3. 普及活動

(1) 企業訪問調査・指導

訪問対象企業（全6社）は、以下の通り。（①Sari Sandang、②Sinar Majalaya Lestari、③Stanli Trijaya、④Hasan Sadikin Hospital、⑤Grand Textile、⑥Kimia Farma company）

現地調査時に専門家による現地調査を実施し、現行の排水の状況を踏まえつつ排水処理プロセスの変更による水質向上を図るための改善策や、活性炭装置の導入による再生水利用等について提案した。また、行政の規制担当者に対しても助言活動を行った。

(2) 再生水利用ガイドライン（案）

バンドン工科大学 Tjandra 教授及び（一財）造水促進センターの支援により、米国 EPA（Environmental Protection Agency）の作成した「2012 Guideline for Water Reuse」を参考にしながら、インドネシア固有の特性に配慮してドラフトを作成した。その後インドネシア語に翻訳し、Tjandra 教授の監修のもとガイドライン（案）を作成した。また、活用主体となる行政関係者や企業関係者を対象に再

生水利用ガイドラインセミナーを開催し、ガイドライン案の説明と意見聴取を実施し、公布予定主体である同国環境林業省への提出案の最終化を行い、同省に提出した。同省は、今後更に関係者ヒアリングを実施し、必要な修正を行ったうえで公表に向けた手続きを進めるとのことである。

### (3) 中小企業排水処理検討事業

西ジャワ州には、バティック排水が多く集積していることから、バンドン工科大学 Tjandra 教授のもと、環境林業省及び自治体関係者（西ジャワ州、バンドン市、バンドン県）ディスカッションを行った。ほとんどのバティック関連業者は排水処理対策を適切に行える状態になく、SMEs は排水処理規制の対象から漏れている。排水量は少ないが数の集積により結果として深刻であることが指摘された。簡易な環境対策を行っている企業も紹介されたが、それもまだ十分とは言い難い状況である。現在地方自治体などは、産業のクラスターごとにプラントを設置し、排水処理を行っており、これも一定程度有効と見なせる（ただし、クラスターの集積が乏しい地域には不適である）。これらについて、工業省中小企業局及び環境林業省が連携してこれらの対策に取り組む必要がある旨、関係者間で共有された。

### (4) セミナー開催（2回）

セミナーは2回開催し、2015年11月24日（火）に、民間企業を中心に本実証事業の経過の報告として、再生水利用ガイドライン（案）の概要の紹介、Grand Textile 社にて現地サイト見学を行い、意見交換を実施した。出席者は44社70名であった。出席者からは活発な質問が投げかけられたが、初期投資がやや高めであることから、具体的に関心を寄せた企業は、比較的財務が健全な中規模企業以上の企業であった。

2016年4月7日（木）には、民間企業及び自治体関係者を対象に、再生水利用ガイドライン（案）の紹介、当社技術紹介、実証事業の報告等を行った。出席者は11社16名であった。本セミナーでは、出席者から再生水利用ガイドライン（案）の内容に対する同意が得られたことから、同ガイドライン（案）を公布主体となる環境林業省に提出す

	<p>ることとなった。また、当社技術紹介では、海外製造により初期投資を約3分の1で提供できることとなったことを説明したことなどから、これまで以上に具体的な導入相談を受けた。</p> <p>(5) 本邦受入活動</p> <p>西ジャワ州、バンドン市及びバンドン県の職員3名に対して本邦受入活動を実施し、大阪府内を中心に、JTOP及び民間企業における排水処理技術の紹介のほか、本邦自治体における排水処理の現状、公害等克服の経験などの紹介及び意見交換を実施した。受入期間は、2016年5月15日～5月21日である。</p> <p>4. ビジネス展開計画</p> <p>日本の商社あるいは現地EPC企業（プラント建設などにおいて、エンジニアリングの設計、資機材調達、製作、建設工事を含む一連の工程を請け負う事業者のこと。）とライセンス契約を締結し、それらの企業に同国での製造・販売・メンテナンスの一連のライセンスを与え、製造についてもその企業もしくは外注先現地企業において実施する体制をとるべく協議を進めている。ただし、調査時点では、現地で製造を担える企業を確認できなかったため、フィリピンでの製造で一時対応することとした。</p>
<p>課題</p>	<p>1. 実証・普及活動</p> <p>現地企業は、当初想定とは異なる水質の処理水が当社活性炭排水処理装置に流入する可能性があることに留意が必要である。日本など先進国の場合は、事前に確認した処理水から大きく外れた水質の処理水が流入することは極めて稀であるが、現地では前処理工程の不備や運転ノウハウの不足、意識の低さなどから処理水の濃度が変動しやすい。対策としては、稼働開始からしばらくの間、現場のオペレーターに対するフォローをすることが望まれる。</p> <p>他には、使用できる電力量に制約がある場合に導入が困難となる恐れがあり、その点に留意が必要である。例えば、病院において、小児病棟の電源と排水処理設備の電源を共有しており、電力量の制約から医療サービスが停止する恐</p>

	<p>れがあり断念した実証サイトがあった。</p> <p>2. ビジネス展開計画</p> <p>実証事業期間中に現地 EPC 企業とのライセンス契約締結をめざしていたが、事業期間中に提携するのに十分な能力を有する事業者を見つけることができず、一時的にフィリピンでのライセンス製造で対応することとなった。今後もインドネシア日系商社や現地 EPC 企業を通じて同国内での製造事業者についても探索を進める予定である。</p>
事業後の展開	<p>本事業後は、セミナー出席企業に対するフォローアップとして、J トップ技術の導入検討を希望した企業を対象に、商社等を通じて訪問し、技術導入に向けたシステム提案等を行う。</p>
今後のスケジュール	<p>本事業における実証活動及び普及活動は終了した。</p> <p>今後はインドネシアでビジネス展開に向けて取り組む予定である。</p>
<b>II. 提案企業の概要</b>	
企業名	J トップ株式会社
企業所在地	大阪府堺市東八田 188 番地 1
設立年月日	2009 年 12 月
業種	製造業
主要事業・製品	中型排水処理システム、排ガス処理装置、災害時用河川浄化器具等
資本金	60,302,500 円 (2015 年 3 月時点)
売上高	約 110,000,000 円
従業員数	12 名



## 1. 事業の背景

### (1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

#### ① 事業実施国の政治・経済の概況

##### (ア) 政治の概況

インドネシアは、約 189 万km<sup>2</sup>（日本の約 5 倍）、人口約 2.49 億人（2013 年、インドネシア政府統計）の島嶼国である。政治概況は以下の通りである。

表 1.1 政治一般概況

政体	大統領制，共和制
元首	ジョコ・ウィドド大統領（2014 年 10 月 20 日就任，任期 5 年）
議会	(1) 国会（DPR）：定数 560 名（任期 5 年） (2) 地方代表議会（DPD）：定数 132 名（任期 5 年） (注) その他，憲法の改正，大統領・副大統領の任期中の解任等を決定できる国民協議会（MPR）がある：692 名（国会議員 560 名及び地方代表議員 132 名で構成）
内閣	内閣は大統領の補佐機関であり，大統領が国務大臣の任免権を有する。
内政	(1) 2014 年 7 月の大統領選挙において，ジョコ・ウィドド・ジャカルタ首都特別州知事（当時）が約 53% の得票で当選し，10 月 20 日に正式に就任。 (2) ジョコ政権は，経済・社会政策を最優先課題とし，鉄道，港湾，電力・エネルギー等のインフラ整備及び社会保障の充実を目標に掲げている。 2014 年 4 月には総選挙が実施され 10 月 1 日に新国会議員等の就任式が行われた。

（出所：外務省ウェブサイト）

##### (イ) 経済の概況

インドネシア共和国政府は、2010 年に「第二次国家中期開発計画（RPJMN）」（2010-2014 年）を策定し、同計画において、「行政改革」「教育」「保健」「貧困撲滅」「食糧保全」「インフラ」「投資・事業環境」「エネルギー」「環境・災害対策」「後発地域」「文化・創造・技術革新」の 11 項目を 5 年間の国家的な優先事項としてきた。2015 年に入り、「第三次国家中期開発計画（RPJMN）」（2015-2019 年）を策定した。

第三次 RPJMN においては、開発における規範として、「社会と国民の生活の向上」、

「平等な福祉、経済成長、生産性の向上」、「低・中所得層への配慮」、「持続可能な環境保全」を掲げている。また、3つの重点開発においては、人材開発（教育・健康・住居・文化）、重点産業（食糧・エネルギーと電力・海洋産業・観光業と製造業）、公平な成長（収入と地域間格差の解消）を挙げている<sup>1</sup>。



(出所：BAPPENASのホームページ<sup>2</sup>)

図 1.1 第三次国家中期開発計画（RPJMN）（2015-2019年）

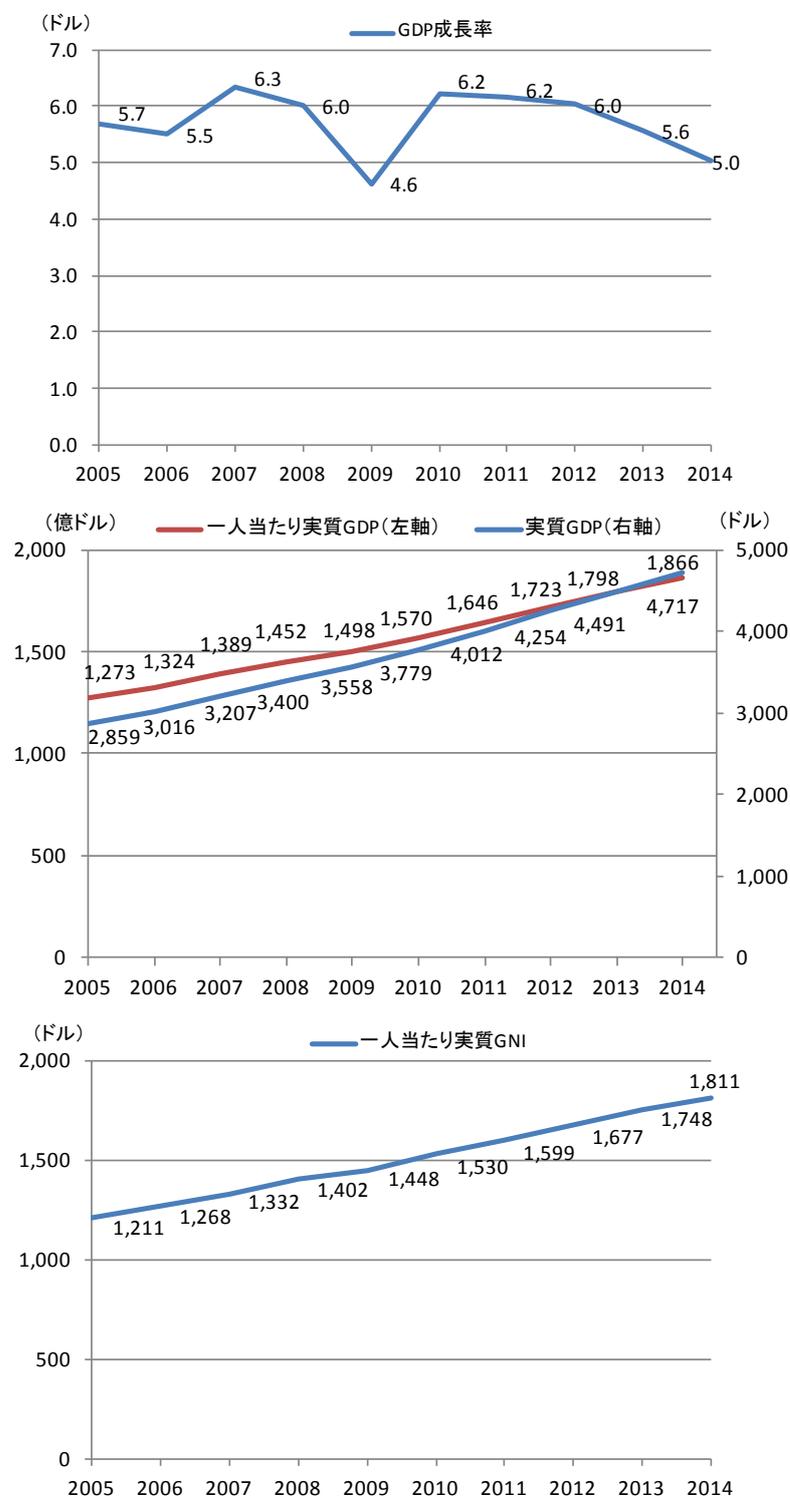
また、数値目標として 2015 年から 2019 年までの間に、経済成長率を 5.8%から 8.0%まで引き上げるとともに、新規投資額を 3,945 兆IDRから 6,947 兆IDRまで引き上げることを目標として掲げている<sup>3</sup>。

<sup>1</sup> BAPPENAS, (2015) “Medium Term Development Plan: RPJMN 2015-2019”  
([http://www.unorcid.org/upload/BAPPENAS\\_Forestry\\_and\\_Water\\_Ressources\\_UNORCID\\_Dialogue\\_Series\\_9\\_March\\_2015.pdf](http://www.unorcid.org/upload/BAPPENAS_Forestry_and_Water_Ressources_UNORCID_Dialogue_Series_9_March_2015.pdf))

<sup>2</sup> BAPPENAS, (2015) “Medium Term Development Plan: RPJMN 2015-2019”  
([http://www.unorcid.org/upload/BAPPENAS\\_Forestry\\_and\\_Water\\_Ressources\\_UNORCID\\_Dialogue\\_Series\\_9\\_March\\_2015.pdf](http://www.unorcid.org/upload/BAPPENAS_Forestry_and_Water_Ressources_UNORCID_Dialogue_Series_9_March_2015.pdf) の 6 ページより転載)

<sup>3</sup> インドネシア内閣ウェブサイト  
(<http://setkab.go.id/en/government-has-issued-medium-term-development-plan-2015-2019/>)

インドネシアの GDP 成長率は近年鈍化しているものの、過去 5 年間で概ね 5%以上を維持している。一人当たり GDP 及び GNI ともに増加傾向にある。



(出所：世界銀行 World Development Indicators)

図 1.2 GDP 成長率、GDP 及び GNI (一人当たり) の推移

インドネシアの実質 GDP の構成比は、製造業が全体の 2 割以上と最も大きな割合を占めている。

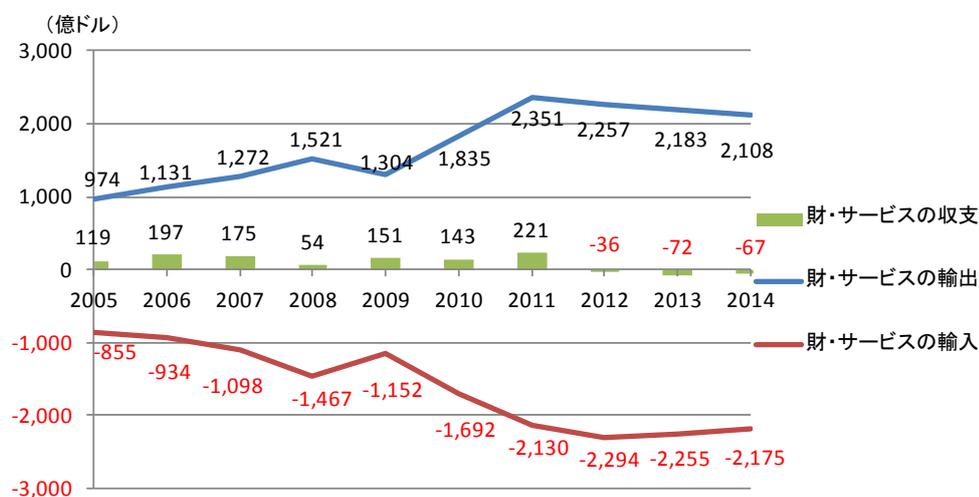
表 1.2 インドネシアの実質 GDP の構成比 (2013 年)

産業	割合 (%)
農林水産業	14.4
製造業	23.7
商業・ホテル・飲食業	14.3
鉱業	11.2
建設	10.0
運輸・通信	7.0
金融・不動産・企業サービス	7.5
サービス	11.0
合計	100.0

(出所：インドネシア政府統計)

インドネシアの投資環境について、貿易額は、輸出額及び輸入額ともに増加傾向にあるが、2012 年以降輸入超過となっている。

なお、主要輸出品目は、石油・ガス、鉱物性燃料、動物・植物油、主要輸入品目は、石油・ガス、一般機械機器、機械・電気部品である<sup>4</sup>。



(出所：世界銀行 World Development Indicators)

図 1.3 インドネシアの財・サービスの貿易収支

<sup>4</sup> 外務省のホームページ

(<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/indonesia/data.html#section2>)

## ② 対象分野における開発課題

### (ア) インドネシア共和国における産業排水処理に係る課題

インドネシア共和国における産業排水は、2004年から2008年にかけて、工場数が約29%増加する<sup>5</sup>等、産業振興に伴い排水量も急激に増加している。排水源である工場は、食品・飲料分野が約47%、繊維関連が21%<sup>6</sup>を占めており、多くの排水が発生する食品・繊維業種が全体工場数の約7割となっている。また、農業・家畜による汚濁負荷も問題となっている。河川の汚濁については、インドネシア共和国政府環境省による2009年度環境年報によると、全国で56%、カリマンタン島では80%、ジャワ島で74%の水域が水質環境基準類型II（レクリエーション、淡水魚養殖、農業・プランテーション灌漑に利用）に不適合という結果が出ている。地下水や土壌に対しても、上述のような汚濁負荷がかかっており、2007年には地表水及び地下水を汚染する可能性のある大規模・中規模の企業が約13,000社存在しているとされ、2004年時と比較し、29%増加している<sup>7</sup>。かかる状況を踏まえ、体系的な環境モニタリング体制が喫緊の課題となっている。

なお、「平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業（本邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費「案件化調査」（以下、「案件化調査」という）」の現地調査時の環境省等現地関係者へのヒアリングによると、水不足から再生水利用のニーズが高まっている。特に、大量に水を使用する業種（鉱山・鉱工業、製紙産業、飲料製造業、繊維業）においても、産業用水用として再生水への関心が高まっている。環境省では、再生水の利用促進に向けた制度化を検討しているが（2010年の大臣令より、再生水利用ガイドラインの策定が指示されている）、同分野での制度策定に係る専門技術や知見が不足しており、まだガイドラインが策定出来ない状況である。現行の制度では、再生水利用を検討する企業は、管轄する地方政府に申請が必要であるが、地方行政側でも許認可に係る基準や技術的な知見がないことから、対応に苦慮している<sup>8</sup>。

また、環境格付けによるインセンティブ制度であるPROPERの対象企業拡大を推進する計画であるが、検査官が不足しており、その推進が円滑に進んでいないことも課題となっている。

### (イ) 地方行政（西ジャワ州、バンドン県、バンドン市）での排水処理に係る課題

西ジャワ州（バンドン県、バンドン市含む）における主な環境課題としては、①

<sup>5</sup> 環境省ホームページインドネシア共和国における環境汚染の現状と対策、環境対策技術ニーズ <https://www.env.go.jp/air/tech/ine/asia/indonesia/0senIN.html>

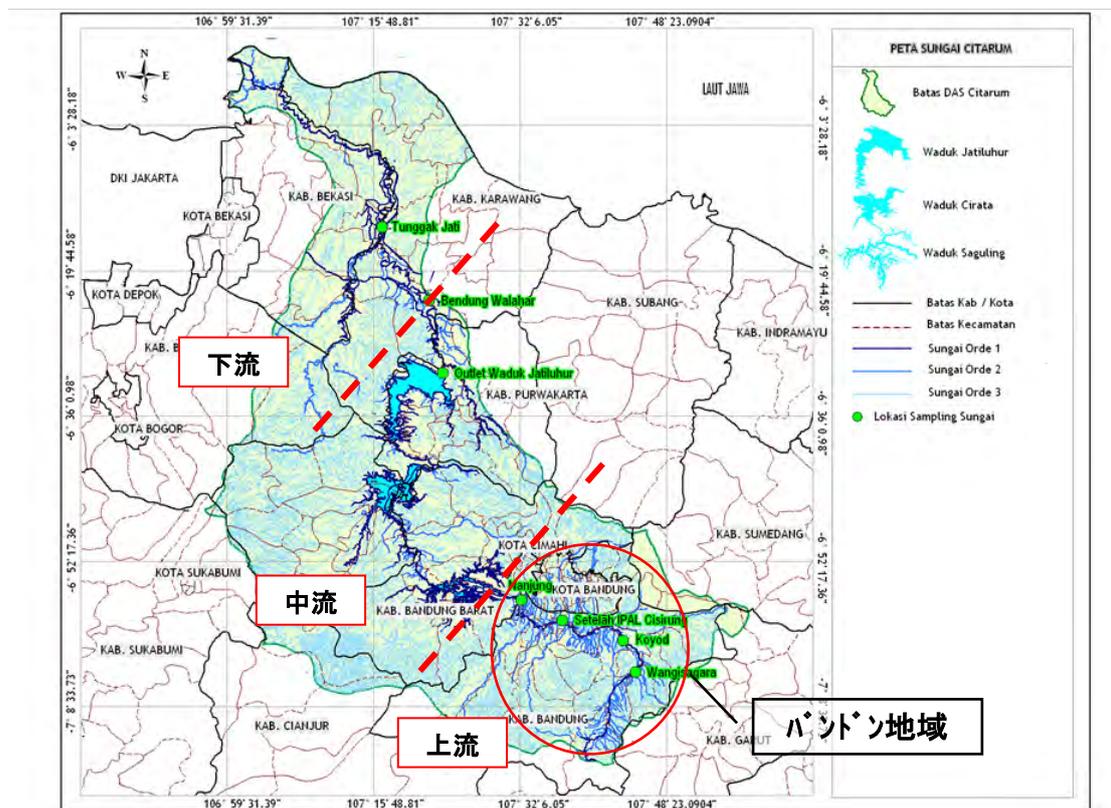
<sup>6</sup> いずれも2008年度の統計

<sup>7</sup> 出所：環境省 インドネシア共和国の環境市場調査（平成23年度調査）

<sup>8</sup> 2013年の案件化調査時の現地調査（インドネシア共和国環境省）ヒアリングより

チタルム川流域の環境汚染の深刻化、②地下水の過剰取水に伴う地下水位の低下および地盤沈下の進行、③環境管理能力不足・管理体制の脆弱さ、が挙げられる。

①の「チタルム川流域の環境汚染の深刻化」について、同州の中心を流れるチタルム川流域の汚染が大きな問題となっている。



(出所：西ジャワ州)

図 1.4 チタルム川の流域地図

次頁以降に後述するチタルム川の河川水質 (COD 値) においては、軒並み 100mg/L を超える値が観測されているが、これは日本国内では下水処理場に流入する汚水に匹敵する水質の悪さを示している。実際、チタルム川は世界一汚染の進んだ川として軒並みマスコミや環境 NGO に取り上げられるなど、汚染状況に対する注目度が高い。

また、次の水質データに関する各図表内において赤破線で示した「第 2 等級の基準」は、水質管理と水質汚染管理に関する政令 2001 年第 82 号において、「農業や家畜の飼育、魚の養殖の他、水を必要とする娯楽等に使用することが可能」とされる水質基準を満たすラインを示したものであり、国および自治体が目指す水質基準であるが、ほとんどの地点でその水準を大きく上回っていることが確認される。

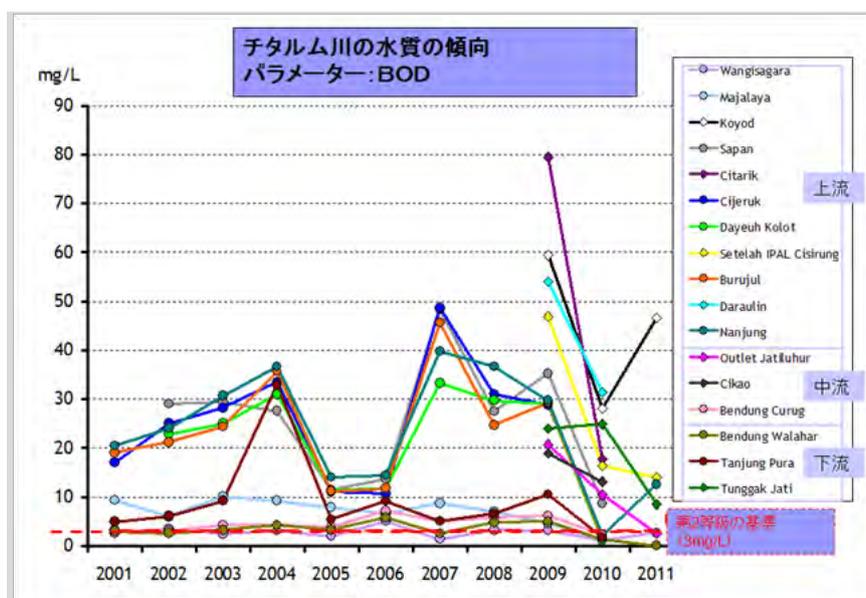
公共水域の水質は、「水質管理と水質汚染管理に関する政令 2001 年第 82 号」に基づき、次の 4 等級に分けられる。

- a) 第 1 等級—飲料水や飲料水としての水質を必要とするその他の目的に使用することが可能。
- b) 第 2 等級—水を要する農業や家畜の飼育、魚の養殖、水を必要とする娯楽及びそれに準ずる水質を必要とする他の目的に使用することが可能。
- c) 第 3 等級—水を要する農業や家畜の飼育、魚の養殖及びそれに準ずる水質を必要とする他の目的に使用することが可能。
- d) 第 4 等級—水を要する農業及びそれに準ずる水質を必要とする他の目的に使用することが可能

政令で定められた 4 つの等級のそれぞれについて、各水域における水質の適合度を評価する尺度として、A から D の 4 段階で評価する尺度を有する。

- ・クラス A : very good, (必要とされる水質基準を満たしている)
- ・クラス B : good, (軽度に汚染されている : Cemar Ringan)
- ・クラス C : moderate, (中程度に汚染されている : Cemar Sedang)
- ・クラス D : bad, (重度に汚染されている : Cemar Berat)

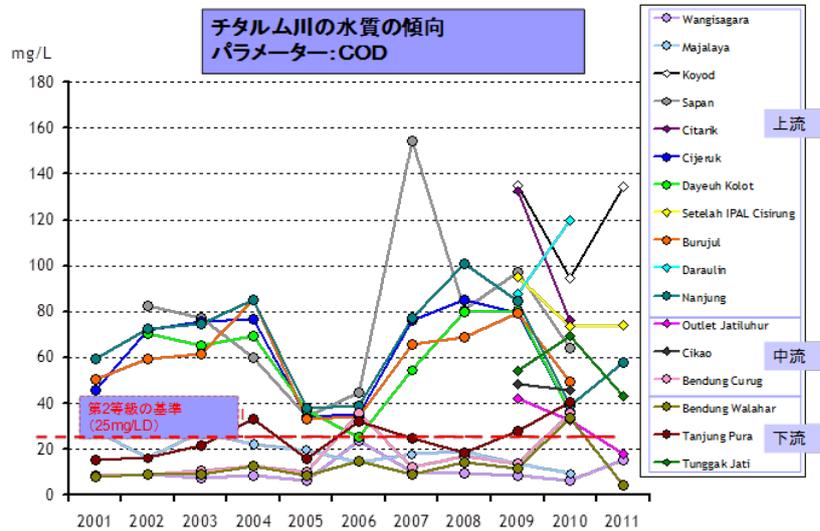
チタルム川の水質 (BOD) は、第 2 等級では 3mg/L であるが、ほとんどの流域で上回っている。



(出所 : 西ジャワ州提供資料をもとに作成)

図 1.5 チタルム川の水質の傾向 (BOD)

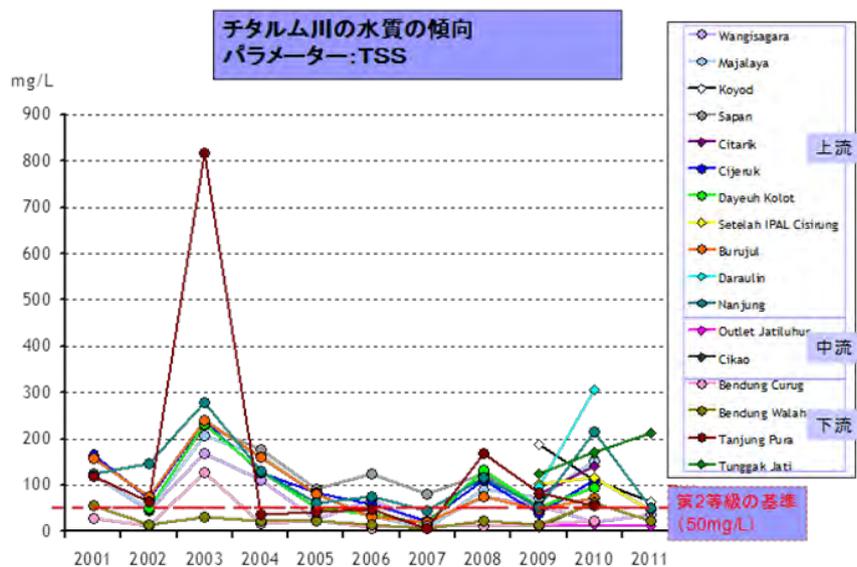
チタルム川の水質（COD）は、第2等級では25mg/Lであるが、一部の上流の流域を除きほとんどの流域で上回っている。



(出所：西ジャワ州提供資料をもとに作成)

図 1.6 チタルム川の水質の傾向 (COD)

チタルム川の水質（TSS）は、第2等級では50mg/Lであるが、一部の上流の流域を除きほとんどの流域で上回っている。



(出所：西ジャワ州提供資料をもとに作成)

図 1.7 チタルム川の水質の傾向 (TSS)

河川汚染の背景には、繊維工業の集積地からの排水や廃棄物の河川投棄、生活廃水の排水、上流の森林破壊等が挙げられる。現地調査での政府関係者へのヒアリングによると、チタルム川の環境汚染による影響として、チタルム川の汚染水を農業用水に利用してきたため、現在では農業ができないほどの土壌汚染につながっている地域も発生している（主に、バンドン県の農場が被害。ランチャエケク (Rancaek) という地域であり、汚染源は染色工場として特定されている。）。

排水量を比較すると、工場排水が最も多く排水される地区はMajalaya 地区と、Dayeuhkolot地区である<sup>9</sup>。実際、繊維工場が集積するMajalaya産業地区への流入前と流入後の水質を比較すると、以下の通り顕著な水質の悪化が見られる。

表 1.3 チタルム川水質データ（単位：mg/L）

区分		水質等級 (II)	2012年 6月	2012年 7月	2012年 8月	2012年 9月	2012年 10月
工場排水 流入前	BOD	3	5.96	11.9	3.34	11.4	14.5
	COD	25	18.4	22.6	29.9	30.7	45.5
工場排水 流入後	BOD	3	4.99	161	41.1	113	184
	COD	25	202	307	221	346	415

※上記は、最上流における工場排水流入前後の比較。

（出所：Study of Pollution and Carrying Capacity of Citarum River Environmental Monitoring Activities Year 2009）

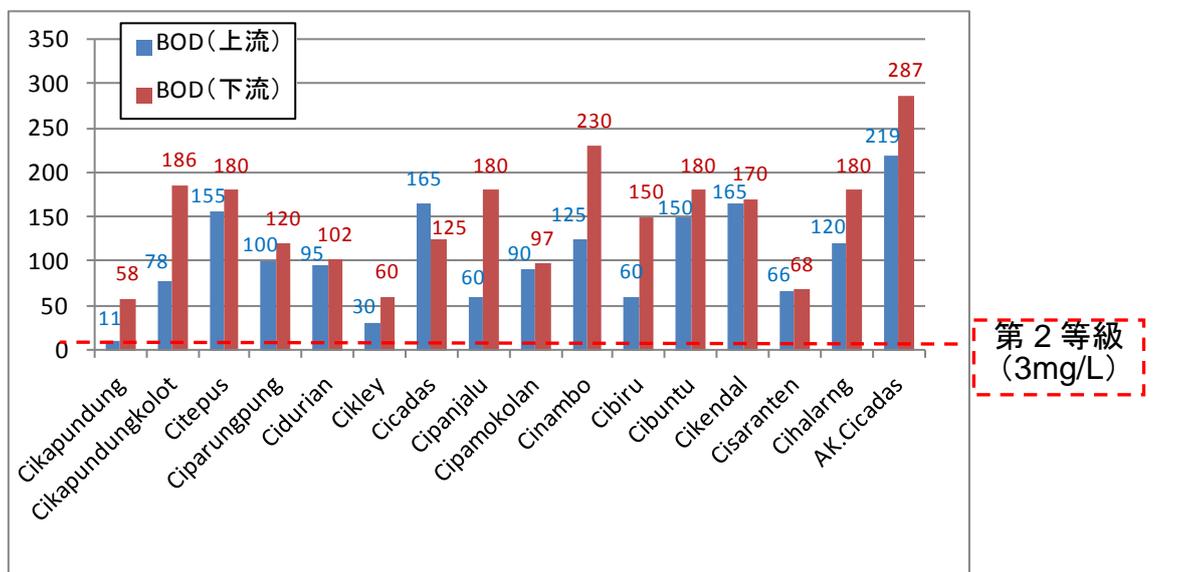
また、現地政府関係者によると、繊維工場から出される染色排水やバティック廃液は、河川等が着色するため、地域住民や環境団体からの苦情・トラブルが多発している。地方行政機関としては対策を進めたいものの、対処技術がないうえに測定が難しく規制対象にできていないため、対策が進んでいないのが現状のようである。また、同関係者によると、バティック、ランドリーに加えて、農業排水や皮なめしなどの様々な分野の中小企業による排水処理も大きな課題となっており、バティック排水の集中処理施設の建設等、様々な検討がされているが、いずれの自治体も目立った対策をとれていない。

周辺住民へのトラブル対応などが困難なことから、繊維工場がすでにバンドン県等の周辺地域に脱出しており、現在はランドリー等の中小企業による排水の影響が深刻となっているバンドン市内においても、極めて低い河川水質を記録している。

BOD は、次のグラフの通り、軒並み 100mg/L を超える非常に高い数値を記録するなど、市内河川全域において水質汚濁が進行していることがうかがえる。上流と下

<sup>9</sup> Study of Pollution and Carrying Capacity of Citarum River Environmental Monitoring Activities Year 2009

流の比較では、下流の方が高い数値となっており、市域を流れる川でさらに汚濁が発生している。

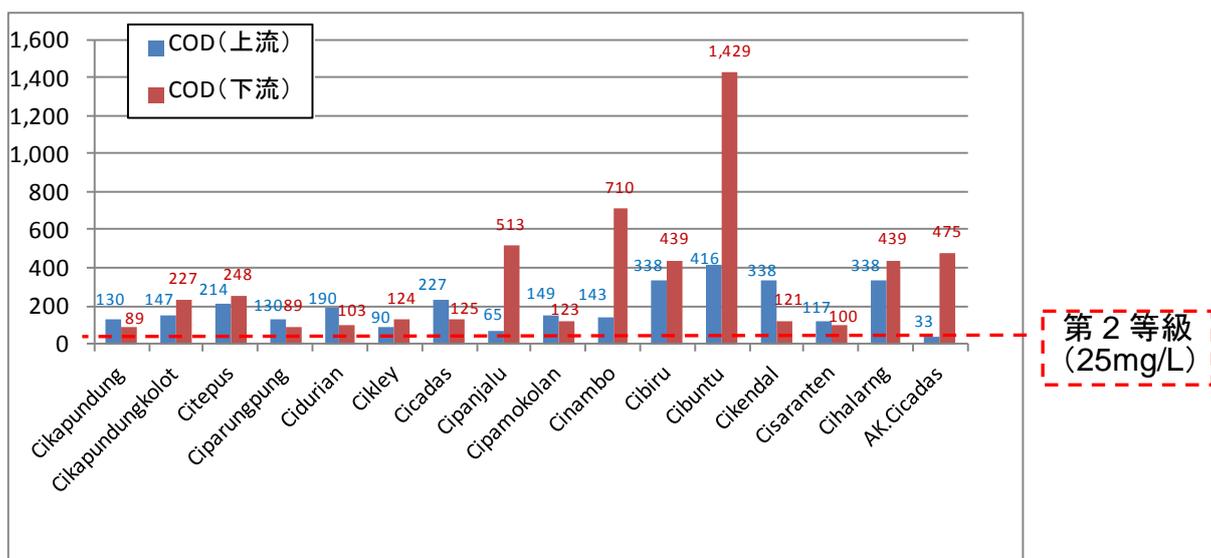


※測定：2012年4月

(出所：バンドン市提供データをもとに MURC 作成)

図 1.8 バンドン市内 16 河川における BOD 濃度

COD は次のグラフの通り、軒並み 100mg/L を超える非常に高い数値を記録するなど、市内河川全域において水質汚濁が進行していることがうかがえる。

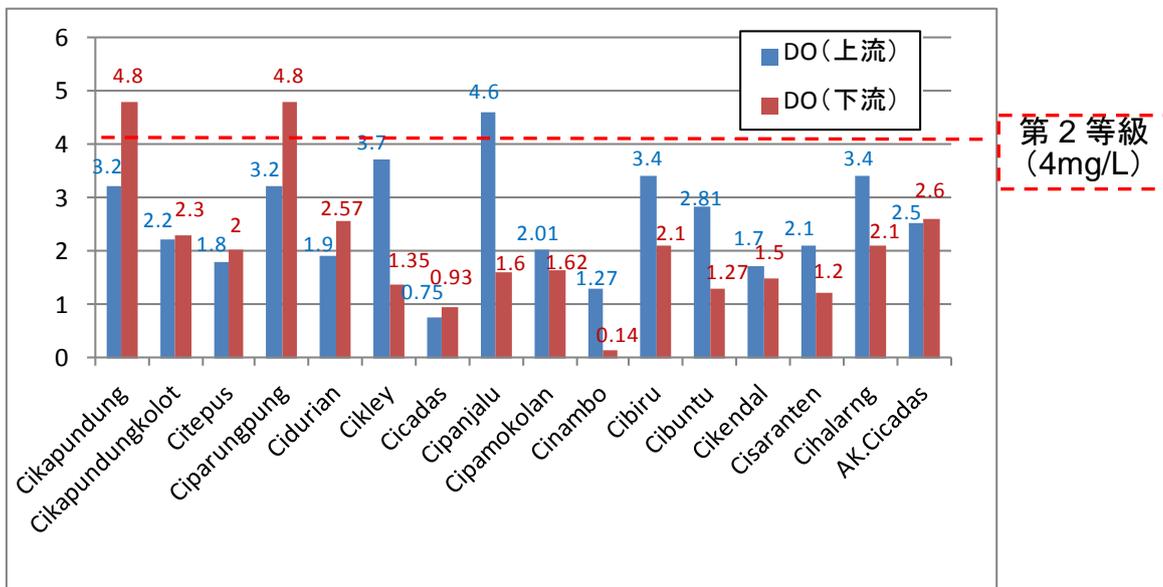


※測定：2012年4月

(出所：バンドン市提供データをもとに作成)

図 1.9 バンドン市内 16 河川の COD 濃度

容存酸素量 (DO 値) については、魚類をはじめとする水生生物の生息限界とされる 3mg/L 以下の河川や、嫌気性分解の発生による悪臭発生が生じるとされる 2mg/L 以下の河川が多数見受けられ、河川環境の悪さがうかがわれる。

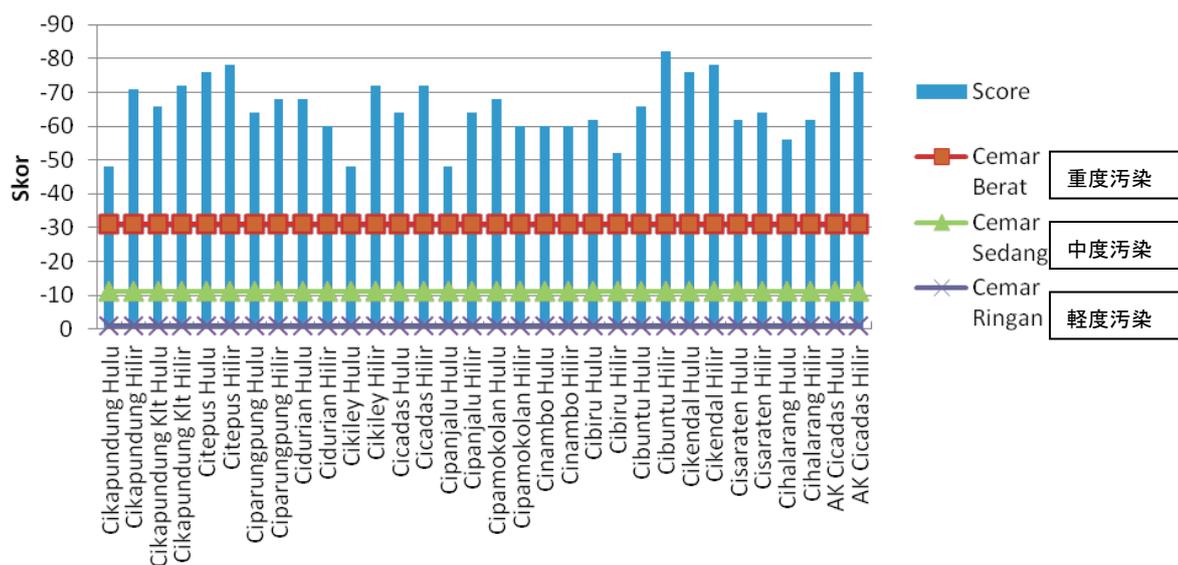


※測定：2012年4月 (出所：バンドン市提供データをもとに作成)

図 1.10 バンドン市内 16 河川の DO 値 (容存酸素量)

第1等級 (飲料水目的) から第3等級 (家畜・養殖目的) までの用途については、バンドン市内の、全ての河川においてクラスD (bad、重度汚染) にランクされる。

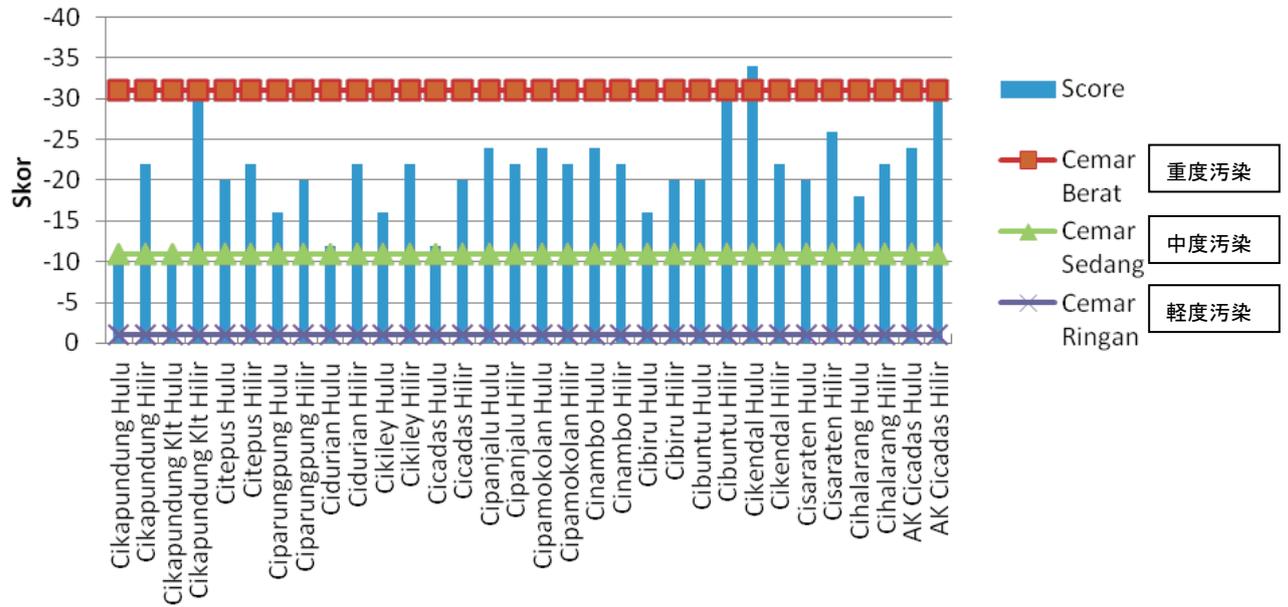
下表は、第3等級 (家畜・養殖用途) の場合の評価である。全ての河川において、「クラス (重度汚染)」の境界値を超えている。



(出所：バンドン市提供資料をもとに作成)

図 1.11 第3等級における水質評価

第4等級の場合の評価では、クラスD（重度汚染）こそ少ないものの、ほとんどの河川においてクラスC（中度汚染）の基準値を大きく超えている。



(出所：バンドン市提供資料をもとに MURC 作成)

図 1.12 第4等級における水質評価

上記の等級別水質評価を一覧にしたものが次表である。第4等級（農業用途）においてさえ、クラスC（中度汚染）以上の川がほとんどで、基準適合には遠い状況にある。

表 1.4 等級別水質要求度評価の一覧表（バンドン市内）

No.	河川名	等級 1	等級 2	等級 3	等級 4
1	Cikapundung Hulu	D	D	D	B
2	Cikapundung Hilir	D	D	D	C
3	Cikapundung Klt Hulu	D	D	D	B
4	Cikapundung Klt Hilir	D	D	D	C
5	Citepus Hulu	D	D	D	C
6	Citepus Hilir	D	D	D	C
7	Ciparungpung Hulu	D	D	D	C
8	Ciparungpung Hilir	D	D	D	C
9	Cidurian Hulu	D	D	D	C
10	Cidurian Hilir	D	D	D	C
11	Cikiley Hulu	D	D	D	C
12	Cikiley Hilir	D	D	D	C
13	Cicadas Hulu	D	D	D	C
14	Cicadas Hilir	D	D	D	C
15	Cipanjaluhulu	D	D	D	C
16	Cipanjaluhilir	D	D	D	C
17	Cipamokolan Hulu	D	D	D	C
18	Cipamokolan Hilir	D	D	D	C
19	Cinambo Hulu	D	D	D	C
20	Cinambo Hilir	D	D	D	C
21	Cibiru Hulu	D	D	D	C
22	Cibiru Hilir	D	D	D	C
23	Cibuntu Hulu	D	D	D	C
24	Cibuntu Hilir	D	D	D	D
25	Cikendal Hulu	D	D	D	C
26	Cikendal Hilir	D	D	D	C
27	Cisaraten Hulu	D	D	D	C
28	Cisaraten Hilir	D	D	D	C
29	Cihalarang Hulu	D	D	D	C
30	Cihalarang Hilir	D	D	D	C
31	AK Cicadas Hulu	D	D	D	C
32	AK Cicadas Hilir	D	D	D	C

出所：バンドン市提供資料をもとにMURC作成

チタルム川流域に係る地方行政府の環境管理体制としては、本流は州政府および中央政府にあり、支流は県や市の管轄となっているが、複数の地方行政管轄エリアにまたがっており、地方分権化の中で、州と県、市間での調整がうまく機能していない点も課題とされている<sup>10</sup>。かかる背景から、水質改善に係る計画プログラムは多く存在するが実行に移されていないものも多い。

#### (ウ) 地下水の過剰取水に伴う地下水位の低下および地盤沈下

河川の水質悪化に起因し、地下水の過剰取水も課題とされ、バンドン市やバンドン県、ジャカルタ周辺などでは地下水位低下が進行している。

#### (エ) 環境管理能力不足・管理体制の脆弱さ

2013年の案件化調査時のヒアリング時には、環境省、バンドン市、バンドン県から、各自治体環境管理局における排水処理管理・モニタリングに係る専門人材不足、職員の技術の不足、実施体制の弱さという問題が課題となっていることが指摘された。

2015年6月の第1回現地調査においても、行政の専門人材不足、管理能力向上は、継続して改善すべき課題であることを確認した。

---

<sup>10</sup> 現地政府関係者からの聞き取りより

### ③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

#### (ア) インドネシア政府の環境政策

政府の環境に対する全般的な基本概念は、1945年憲法の第28条の1節及び第33条に記載されており、国家開発プログラムの一部とみなされている。憲法の第28条の1節では「全ての人間は繁栄的で健康な環境で生活し、保健サービスを受ける権利を有する」と記載されている。一方、改正された憲法の第33条4文節目には、「国家経済は、一体性や持続可能、健全な環境、独立性などを主眼におき、発展と国家経済の統一性のバランスを取った経済的な民主主義に基づいて運営される」と書かれている。

上記の基本概念と合わせ、法律1997年第23号の環境管理法第7条では、「環境管理は国家の責務であり、インドネシア共和国全体の発展という目標に向けた環境にやさしい持続可能な発展の実現という枠組みにおいて国家の持続可能性と利益に基づいて行われる」としている。この条項に基づき、インドネシア共和国政府は、事業活動における環境規制強化、罰則強化、紛争処理に関する規定の充実、国民の環境情報に対する権利規定の導入を行った。環境省は環境管理に関する規則の発行と関連部門における規則に対する環境管理の基本的情報を提供するという方法で環境管理政策を主管している。

さらに2009年法律第32号の環境管理法改正により、環境当局の監査権限や罰則が大幅に強化され、環境省には警察と協力して環境犯罪の容疑者を逮捕する権限が与えられた。また、廃棄物に関する基本的な法律として廃棄物管理法(2008年)が制定された。

個別の水質や大気の管理については、政令などで規定されているが、この環境法体系は1998年以降急速に推進された地方分権の流れに沿っている。水質については、水質汚濁の防止及び水質管理に関する政令(2001年第82号)があり、最近は様々な産業からの排水処理に係る基準について規定した産業排水の基準(2014年第5号)が改訂された。これらの関係法令の執行に必要な環境規制値及びその対象施設などは大臣令や規則により詳細に規定されている。次表にインドネシア共和国における環境関連の主な法令を示す。

表 1.5 インドネシア共和国の主な環境法令

分類	法令名	法令番号	制定年
環境全般	環境保護と管理に関する法律	法律第 32 号	2009 年
	中央政府、州政府及び県・市政府の役割分担に関する政令	政令第 38 号	2007 年
大気汚染	大気汚染の防止に関する政令	政令第 41 号	1999 年
	大気汚染指標に関する環境大臣令	政令第 45 号	1997 年
	固定発生源からの排出基準に関する環境大臣令	環境大臣令第 13 号	1995 年
	有害・毒性廃棄物の管理に関する政令	政令第 74 号	2001 年
水質汚濁・地下水汚染	水質汚濁の防止及び水質管理に関する政令	政令第 82 号	2001 年
	海水の水質基準に関する政令	政令第 51 号及び第 179 号	2004 年
	産業排水の基準	環境大臣規則 2014 年第 5 号	2014 年
振動・騒音	騒音に関する環境基準に関する環境大臣令	環境大臣令第 48 号	1996 年
	振動に関する環境基準に関する環境大臣令	環境大臣令第 49 号	1996 年
悪臭	悪臭に関する環境基準に関する環境大臣令	環境大臣令第 50 号	1996 年
廃棄物	有害廃棄物の管理に関する政令	政令第 18 号	1999 年
省エネ	省エネルギー及び節水に関する大統領通達	大統領通達第 2 号	2008 年

出所：環境省「インドネシア共和国における環境汚染の現状と対策、環境汚染ニーズ」、2011 年

#### ■ 環境管理に係る中央政府の組織

国家レベルでの環境統合管理は、法律 1997 年第 23 号で、大臣レベルで調整を行い、環境管理における国家政策の計画立案、策定、実施を作業範囲とすることを定めている。環境省の作業管理や組織機構に関する 2005 年の環境大臣令第 1 号では、環境大臣は、政策立案、環境管理、環境影響管理において大統領の支援を受けるとともに大統領に直接の任を負うことが明確になっている。

州、県・市レベルの環境政策に関し、計画と実施は地方環境保護局（Badan Lingkungan Hidup: BLH）によって遂行される。1999 年に地方分権制度が導入されて以来、地域の環境管理局は州・中央の環境関連機関の管轄下ではなくなった。それぞれの州、県・市の環境局は、直接、当該行政地域の首長に対する責任を負うことになった。

#### ■ 環境汚染管理に関する政策

大気、水質、土地汚染の管理については 2 つの基本的な政策がある。すなわち、

環境の質の保護と汚染を引き起こすような活動の管理である。2005年のインドネシア共和国環境保護ステータス（Status Lingkungan Hidup Indonesia: SLHI）報告書（環境省、2005年）では、政府の法執行、政策変更、開発活動の調整と同様、社会への認知と啓発のための基準として、最大基準制限値の設定を通じ、環境の質の保護が図られている。一方で、環境汚染を引き起こす活動の管理は、法の遵守や執行、代替技術の使用を通じて行われている。

工場等からの廃水にかかる廃水基準は、2014年に改訂された「産業排水の基準（環境大臣規則2014年第5号）」により水質項目（4項目から12項目）と排水の基準値及び単位生産量当たりの汚染物質の排出量について、46の業種毎に、業種の特性を考慮して策定されている。

なお、この基準は全国一律のものであり、州政府は地域の特性に応じて基準値の嵩上げ、新たな基準値の設定（いわゆる上乘せ、横出し）を行なうことができる。自治体が独自に廃水基準を定めている場合で自治体の基準値が国の基準値より緩い場合には、環境管理法に基づき国の基準に合わせるように定められている。

例えば、繊維産業の排水基準については、処理の難しさを鑑み、COD基準が全産業統一基準の100mg/Lに比べて150 mg/Lと高く設定されている。

なお、染色排水等で問題となる「色」の問題については、現地での既存技術による処理の難しさや測定の困難さ、規制対象項目には含まれていないが、前述の通り頻繁に住民トラブルが発生していることから、各行政機関は対応策の検討を進めているところである。

また、インドネシア共和国における河川の汚染源には、家庭廃水、産業廃水、道路・田畑等からの流出水、固形廃棄物等があるが、バンドン工科大学の廃水処理技術の権威であるチャンドラ教授によれば、行政関係者は産業廃水ばかり要因に挙げ、環境規制や廃水規制を設けているが、実際には、家庭廃水や固形廃棄物の投棄も大きな要因になっているとのこと。同教授は、特に、過去10年は、固形廃棄物の投棄が大幅に悪化しており、行政の対応が遅れていると指摘している。

## ■ 河川等の水質基準

水管理政策は水質管理と水質汚染管理に関する政令2001年第82号に基づいているが、この政令では、河川等の水質は4等級に分けられる（全国統一基準と同じ為、詳細は省略）。

表 1.6 政令 2001 年第 82 号に基づく水質等級分類

パラメーター	単位	等級分類			
		I	II	III	IV
<b>物理指標</b>					
温度	°C	deviation 3	deviation 3	deviation 3	deviation 5
溶解残留物	mg/L	1000	1000	1000	2000
浮動性残留物	mg/L	50	50	400	400
<b>無機性化学物質</b>					
pH		6-9	6-9	6-9	5-9
BOD	mg/L	2	3	6	12
COD	mg/L	10	25	50	100
DO	mg/L	6	4	3	0
Total Phosphate as P	mg/L	0,2	0,2	1	5
NO3 as N	mg/L	10	10	20	20
NH3-N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)
As	mg/L	0,05	1	1	1
Cb	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2
Ba	mg/L	1	(-)	(-)	(-)
B	mg/L	1	1	1	1
Se	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05
Cd	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01
Cr (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01
Cu	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2
Fe	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)
Pb	mg/L	0,03	0,03	0,03	1
Mn	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)
T-Hg	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005
Zn	mg/L	0,05	0,05	0,05	2
Cl	mg/l	600	(-)	(-)	(-)
Sn	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)
F	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)
Nitrit as N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)
Free Chlorine	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)
Sulfur as H2S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)
<b>微生物</b>					
Fecal coliform	per 100 ml	100	1000	2000	2000
-Total coliform	per 100 ml	1000	5000	10000	10000
<b>放射性物質</b>					
- Gross-A	Bq /L	0,1	0,1	0,1	0,1
- Gross-B	Bq /L	1	1	1	1
<b>有機物</b>					
Oil and Fat	ug /L	1000	1000	1000	(-)
Detergen as MBAS	ug /L	200	200	200	(-)
Phenol	ug /L	1	1	1	(-)
BHC	ug /L	210	210	210	(-)
Aldrin / Dieldrin	ug /L	17	(-)	(-)	(-)
Chlordane	ug /L	3	(-)	(-)	(-)
DDT	ug /L	2	2	2	2
Heptachlor and heptachlor epoxide	ug /L	18	(-)	(-)	(-)
Lindane	ug /L	56	(-)	(-)	(-)
Methoxychlor	ug /L	35	(-)	(-)	(-)
Endrin	ug /L	1	4	4	(-)
Toxaphan	ug /L	5	(-)	(-)	(-)

注：単位は以下参照。

mg = ミリグラム

ug = マイクログラム

ml = ミリリットル

L = リットル

Bq = ベクレル

MBAS = Methylene Blue Active Substance (水質分析の指標)

## ■ PROPER (Performance Level Evaluation Program) 制度

環境省は2002年、一般向けの情報開示システムを通じた環境規制への企業の適合を促進する目的で、PROPERシステムを導入した。PROPERシステムとは、企業の環境管理評価を公表するという情報開示アプローチであり、環境規制への適合度合いに関する統合的なモニタリングで水質汚濁、大気汚染、有害廃棄物管理、EIA（環境影響評価）の条件が含まれている。排水管理についても以前のPROKASIH（河川浄化）プログラムより格段に多くの企業が参加するようになり、特に大企業や上場企業にとっては高評価を受けることによる企業のイメージアップや各種優遇措置が高評価取得の動機付けとなっている。

企業の評価格付けは5つの色で表される：

- 金—すべての環境基準を超える水準を満たしており、排水ゼロを達成している。
- 緑—すべての環境基準を超える水準を満たしている。
- 青—すべての環境基準を満たしている。
- 赤—環境管理に努力しているが、基準に達していない。
- 黒—環境管理に努力していない。

なお、PROPERの対象となる企業の選定基準は以下のとおり。

- ✓ 環境に著しい影響を与える企業
- ✓ 環境に大きな影響を与える企業（環境破壊や汚染の可能性のある大量生産や廃棄物排出）
- ✓ 国内及び海外の証券取引所の上場企業
- ✓ 輸出企業

上記の条件に加え、自主的または地方行政機関の提案により企業が参加することができる。例えば、高評価を受けるべき優良環境管理を行っている企業や劣悪な環境管理体制の企業などである。本制度への参加企業は、2012-2013年度時点において合計1,792社で、格付け別では、金：12社、緑：113社、青：1,039社、赤：611社、黒：17社であり、制度導入以来参加企業数は増えている。

## (イ) 西ジャワ州

### ■ 排水規制

西ジャワ州の排水規制は州及び県/市政府によって定義されているか、もしくは、

中央政府によって定義された統一基準を踏襲している。西ジャワ州および州内の市の主な規制は下表のとおりである。

表 1.7 排水規制に基づく基準

Regional Government Regulation of West Java Related to Wastewater

1	<u>West Java Governor Regulation No 69 in 2005</u> <i>Related to Guidance on Defining Water Quality Standard</i>
2	<u>West Java Governor Decree No 660.3/Kep.1197-BPLHD/2004</u> <i>Related to the Establishment of Complaining Center for Environmental Damage and Pollution</i>
3	<u>West Java Regional Regulation No 3 in 2004</u> <i>Related to Water Qiality Management and Water Pollution Control</i>
4	<u>West Java Governor Decree No 6 in 1999</u> <i>Related to Wastewater Quality Satandard for Industrial Activities in West Java</i>
5	<u>Depok City Regional Regulation No 5 in 2002</u> <i>Related to Wastewater Treatment Permit</i>
6	<u>Bekasi City Regional Regulation No. 7 in 2007</u> <i>Related to Permit for Wastewater Discharge in Bekasi City</i>

2004年西ジャワ州地方規則第3号では、国の統一基準に基づき、水は、使用目的によって、以下の4つに分類される。

- 第1等級：このクラスの水は、飲料用の水である。
- 第2等級：このクラスの水は農業、牧畜、魚の養殖、再利用水および上記と同様の品質を求められる他の目的のために使用される。
- 第3等級：このクラスの水は農業、牧畜、魚の養殖、再利用水および上記と同様の品質を求められる他の目的のために使用される。
- 第4等級：このクラスの水は農業、牧畜、魚の養殖、再利用水および上記と同様の品質を求められる他の目的のために使用される。

西ジャワ州の BPLHD(環境保護局)は、西ジャワ州における排水処理制御用の産業用自己モニタリングシステムを実施している。2008年には、480の報告書を受理したが、そのうち71の報告書については、排水処理後の水質が州の品質基準を満たしていなかった。

表 1.8 西ジャワ州の排水規制

No	Parameter	Unit	Maximum Content	Remarks
<b>Physics</b>				
1	Temperature	°C	38 °C	
2	TDS (Total Dissolved Solid)	mg/ L	2000	
3	TSS (Total Suspended Solid)	mg/ L	200	
<b>Chemistry</b>				
1	pH	-	6.0 - 9.0	Min-Max Value
2	Fe	mg/L	5.0	
3	Mn	mg/L	2.0	
4	Ba	mg/L	2.0	
5	Cu	mg/L	2.0	
6	Zn	mg/L	5.0	
7	Cr (VI)	mg/L	0.1	
8	Cr Total	mg/L	0.5	
9	Cd	mg/L	0.05	
10	Hg	mg/L	0.002	
11	Pb	mg/L	0.1	
12	Sn	mg/L	2.0	
13	As	mg/L	0.1	
14	Se	mg/L	0.05	
15	Ni	mg/L	0.2	
16	Co	mg/L	0.4	
17	Cn	mg/L	0.05	
18	H2S	mg/L	0.05	
19	F	mg/L	2.0	
20	Cl2	mg/l	1.0	
21	NH3-N (Free Amoniac)	mg/L	1.0	
22	Nitrate	mg/L	20.0	
23	Nitrite	mg/L	1.0	
24	BOD5	mg/L	50.0	
25	COD	mg/L	100	
26	Methylen (Blue Active Compound)	mg/L	5.0	
27	Phenol	mg/L	0.5	
28	Vegetable Oil	mg/L	5.0	
29	Mineral Oil	mg/L	10.0	
30	Radioactivify*	-	-	-

放射性物質については他の規制に基づく。

(出所：西ジャワ州「1999年西ジャワ州知事規則6号、排水品質規格（一般）」)

■ Upstream Restoration Program (チタルム川上流再生計画：2014－2018)

西ジャワ州では州知事のイニシアティブのもと、チタルム川上流再生計画「upstream restoration program」(2014－2018)が策定され、上流から70kmのエリアを保全対象とし、企業廃水だけでなく家庭排水も含め、同エリアを環境保全モデルエリアとして環境保全を強化する計画が開始されている。今後、新しい規制・条例が出る予定であるが、上流のチサンテ (Cisanti) からサグリン (Saguling) を対象とし、企業への排水処理に関するコミットメントも計画されている。(段階的に対象エリアを設けており、2014年には上流から20kmまで(チサンテからマジャライヤ (Majalaya) くらいまで)、その後毎年15kmずつ対象エリアを広げ、2018

年には合計上流から 70km までを対象とする計画である。(70km になれば、バンドン市、西バンドン県も含む)

#### ■ バティック廃液の集中処理プラント建設計画

チルボン (Cirebon) というバティック工場集積地域で、バティック工場の廃液を対象としたコミュニティプラントの施設の建設計画が存在したことがある。

### (ウ) バンドン市

#### ■ 排水規制

バンドン市は、排水企業に対する検査と監督の権限を持ち、立入検査の権限はバンドン市環境汚染管理部が主管している。繊維産業の排水基準としては、全国統一基準値が適用され、地方行政での上乘せ基準は特に設けられていない。

なお、立入検査等による行政指導は、担当職員が絶対に不足していることから、住民から行政に工場排水に対する苦情が寄せられた事業所や、PROPER (Performance Level Evaluation Program) 制度において低い評価が与えられた企業を中心に実施されている。

#### ■ 地下水利用規制

地下水利用については、市内の広範囲で井戸の新設が禁止され、既存の井戸から取水する場合も、取水量に一定の基準が設けられている。

#### ■ チタルム川環境改善条例 (環境配慮企業に対するインセンティブ制度)

バンドン新市長による発案施策として、2014 年から、環境優良企業へのインセンティブが開始される環境配慮企業に対するインセンティブ制度。排水処理・廃棄物処理の好評価企業に対し、最大 40%の地方土地税の減税インセンティブを付与するもので、排水許可を出している全ての企業を対象としたプログラムとなっている。

### (エ) バンドン県

#### ■ 排水規制

バンドン市と同様、排水企業に対する検査と監督の権限を持ち、立入検査の権限はバンドン県環境汚染管理部が主管している。繊維産業の排水基準としては、全国統一基準値が適用され、地方行政での上乘せ基準は特に設けられていない。

なお、バンドン県は水質検査が可能な独自ラボを保有していることから、バンドン工科大学を中心に専門的な教育を修了した人材が多く在籍しており、比較的排水処理に関する知見が豊富である。ただし、排水処理は、業種間だけでなく、同業種でも利用する原料や薬品等の違いから多様なケースに関する実務上の知見が必要で

あるものの、赴任後はそのような知見獲得の機会に乏しいことから、県職員の排水処理技術や監督行政に関するキャパシティ・ビルディング事業に対するニーズが高い。

#### ■ 地下水の利用制限と、再生水の利用推進施策

バンドン県では、バンドン市同様、地下水の利用制限を実施し、市内の各エリアにおいて、地下水（地表から60m以上）利用を使用禁止としている他、工場用水の深井戸からの取水や新たな井戸の採掘が禁止され、既存の井戸から取水する場合も、取水量に一定の基準が設けられている。また、地盤沈下が激しいエリアでは、バンドン県水源局により、取水量のモニタリングがされている。

なお、第1回現地調査時のヒアリングによると、取水税が引き上げられ、2年前の10倍の単価となっており、地下水の取水をめぐる環境は年々厳しくなっている。

また、再生水利用について、バンドン県では、2011年から、排水ライセンスの新規取得・更新企業に対し、取水量の60%までを排水可能とし、残り40%は再生水として利用することを促している。対象は全産業であるが、特に繊維産業による環境負荷が大きいことから、優先的に繊維産業に適用している。これは、義務ではなく推奨となっている。その他、例えば後述する繊維企業のSari Sandang社の場合、一日900 m<sup>3</sup>までの排水が認められている。ただし日によって1200 m<sup>3</sup>を超える場合があり、900 m<sup>3</sup>を超える分は再利用するように指導している。このように、企業ごとにケースバイケースとなっている。

一方で再利用が進まない理由として、一点目に、モニタリングする対応技術がないこと、および、指導する職員の知識不足から実施が進んでいないことがあげられる。二点目に、環境条例を違反した企業に対する罰則規定は存在するが、それほど厳しくないのが現状である。極めて悪質な場合であれば警察沙汰になることがあるが、現実としては稀である。環境条例違反の罰則は、最低金額が10億ルピアと法令には記されているが、実際はそれよりも低い金額である。2014年に罰金が科された企業の例では1億ルピア、5千万ルピアなどであった。裁判結果によって、法律の最低金額よりも低い金額に落ち着くのが現状である。

#### ■ 生産量に応じた排水許可量の設定

バンドン県では、生産量に応じた排水許可量の設定をしたいと考えているが、生産プロセスに通じた人材がないことなどから、基準値設定ができない状況である。

現在では、排水ライセンスの更新の際に、地下水からの取水を1割削減しており、近年は、地下水から取水する企業は減少している。しかし、河川水は水質がよくないため、県内企業において課題となっている。

#### ④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

過去 10 年間における環境政策および水質管理分野に係る ODA による支援内容は、以下のとおりである。

##### (ア) 我が国の ODA 事業（環境管理／産業排水処理）

###### ■ 環境管理の推進に向けた政策支援・基盤支援（人材育成・能力強化）

日本の無償資金供与により 1992 年に建設されたインドネシア共和国環境管理センター（EMC）<sup>11</sup>に対し、環境保全技術研究、研修、環境モニタリングを行うための人材育成、管理能力強化の支援が継続的に実施されている。1993 年から 2000 年までの施設整備および人材育成支援の後、「地方環境管理システム強化プロジェクト（2002～2006 年）」として引き継がれ、EMCとモデル地域（北スマトラ州）における地方環境ラボの整備と運用、モニタリングの実施、環境データ・情報の水環境行政による活用推進を図る支援が行われている。この地方政府に対する環境支援は、地方政府職員の水質管理法令施行に係る能力強化を目的とする「地方政府職員環境管理能力強化プロジェクト（2009 年～2011 年）」に引き継がれた。また、インドネシア共和国環境省への個別専門家派遣を通じ、エコラベル導入の制度制定支援<sup>12</sup>も実施された（2003～2007 年）。その他、2005 年～2006 年にかけて、「省エネルギー制度導入協力プログラム」として、東ジャワ州におけるエネルギー診断能力向上の支援が実施された<sup>13</sup>。

また、地方政府に対する支援として、「地方政府環境管理能力強化プロジェクト（2009 年～2011 年）」が実施され、地方政府環境管理部局が国の指導のもと、水質管理及び水質汚濁制御に関する大統領令を的確に執行するために必要な能力強化の支援が図られた。その他、また、「スラバヤ市水質管理能力向上（2007 年～ 2009 年）」事業により、スラバヤ市水質保全担当者のモニタリング、データ管理能力、水質改善政策立案能力を向上支援が実施された。

###### ■ 水質管理・排水対策

水質管理・排水対策支援としては、「ジャカルタ汚水管理マスタープラン（2010～2012 年）」、「スラバヤ市水質管理能力向上プロジェクト（2007～2009 年）」、「インドネシア共和国排水処理適正技術センターの創設と運営計画（2001～2004

<sup>11</sup>環境モニタリング手法の確立及び環境行政分野の人材育成を目的とした環境管理センターの設立計画及び関連機材の供与。

<sup>12</sup>ロゴマークや製品の環境基準制定の指導、エコラベル導入のための各業界関係者、消費者へのセミナーが開催され、紙、洗剤等 5 つの製品環境基準が国家基準として決定した。

<sup>13</sup>東ジャワ州のモデル工場において、企業のエンジニア等を対象に、省エネ診断方法、エネルギー測定、データ解析及び省エネルギー対策の提案等の実地指導を行い、省エネ技術がもたらす経済性に対する意識の向上、企業の技術能力の向上を支援したものの。

年)」、「スマラン市モデル都市環境改善プロジェクト(2001~2004年)」等の技術協力が実施されている他、「デンパサール下水道整備計画事業」等、下水道整備等に係る資金協力が実施されている。産業公害対策分野では、1990年代に工業省に対し民間企業に対する産業公害防止技術の普及・指導のできる人材育成を支援した後、「ゴム産業公害防止管理者育成支援(2003~2007年)<sup>14</sup>」及び「西ジャワ州公害防止管理者制度導入支援(2002~2007年)」が実施され、長期にわたり継続した支援がなされている。

また、水質環境モニタリングの能力強化として、EMCへの技術協力の他、「環境モニタリング改善事業(1994~2001年)」が実施され、水質測定機器や大気汚染・騒音測定機器に係る支援(14州対象)がなされている。

草の根技術協力事業「スマラン市モデル河川環境改善プロジェクト(2001年~2004年)」を通じ、スマラン市の豆腐工場排水に起因する河川汚濁改善に向けた管理体制の整備および適正な排水処理技術の開発、住民の環境保全意識の醸成、コミュニティ意識の増大がなされている。

その他、再生水利用に係る民間連携案件として、「南バリ再生水利用事業準備調査(PPPインフラ事業)」が2010年~2011年に実施されている。バリ州の逼迫した水需給状況を改善する一方策として、日本の円借款で整備が進められているデンパサール下水道の処理水を有効活用する再生水利用のPPP事業の可能性を検討するために実施された<sup>15</sup>。

2006年以降、水質管理のための施設や機器整備などハード的な支援が、中央政府から地方政府(県・市)の環境部門に対し行われているが、地方の環境行政を担う人材育成における協力ニーズは依然高いとされる。

## ■ 洪水対策

また洪水対策としては、本調査の対象河川であるチタルム川の上流支川流域を対象に、ODA事業の一環として、円借款で「チタルム川上流支川流域洪水対策セクターローン」(借款契約:2013年3月締結)を実施している。

---

<sup>14</sup> 環境基準遵守に係る環境概論(臭気)、活性汚泥の設計、運転管理、臭気対策の研修用テキスト(インドネシア共和国語版)を作成した。

<sup>15</sup> <http://libopac.jica.go.jp/images/report/12080040.pdf>

## (イ) 他 ODA 事業／国際機関による支援（環境管理／産業排水処理）

環境管理および産業排水処理分野における 2 カ国間ドナー／国際機関による主な支援例は、以下のとおりである。

### ■ ドイツ（GIZ）：「クリーナープロダクションセンター」

ドイツによる同分野での技術協力として「クリーナープロダクション（CP）センター」（2003 年～2009 年）が実施されており、クリーナープロダクションの普及を目指して、人材育成、パイロットプロジェクト実施等を図る支援がなされている。

インドネシア共和国では、企業・工場自体の環境改善を図ることを目的に、2004 年の環境大臣令に基づき、環境省内に「国家クリーナープロダクション（CP）センター」が設置され、同センターの能力強化に向け、ドイツ（GIZ）が支援を行ったものである。PROPER 等、既存の制度では大企業が対象とされていたが、国の公的機関である環境省が中小企業（SMEs）に対して環境管理に関する法的権限を有しないことから、CP センターを通じ SMEs の公害対策を実施・促進を図ることが目的とされた。

### ■ オーストラリア（AusAID）：「SANIMAS（Sanitation for Community）」

世銀と共同で支援している「Water and Sanitation Policy Formulation and Action Planning Project（WASPOLA）」の一環である「SANIMAS（Sanitasi Berbasis Masyarakat: Sanitation for Community）」プログラムに向けた支援を行っている。SAMINAS プログラムは、テンパサールを対象とした家庭排水の処理を目的としたコミュニティレベルでの衛生制度の構築プログラムであり、AusAID は 2003 年から 2004 年まで資金支援を実施している。

### ■ 世界銀行（World Bank）：「Water and Sanitation Programme（WASAP）」

2004 年より開始した水衛生改善プログラムであり、世銀が約 1800 万ドルの融資支援を行っている。

### ■ アジア開発銀行（ADB）：「BAPEDAL REGIONAL NETWORK PROGRAM」<sup>16</sup>

環境政策の実施を担うことを目的に、環境省により 1990 年に設立された環境影響マネジメント機構（The Environmental Impact Management Agency（BAPEDAL））の能力強化、施設設備を支援するもので、1996 年～2004 年の間、約 45 百万米ドルの融資支援が実施された。

また、国家開発計画庁（BAPPENAS）が推進するチタルム川統合水資源管理投資プログラム「Integrated Citarum Water Resources Management Investment Program

<sup>16</sup> <http://www.adb.org/sites/default/files/projdocs/2005/25099-INO-PCR.pdf>

(ICWRMIP)」の政策策定・推進に係る支援を2008年より実施してきている。同計画は、2014年から向こう15年間の中長期にわたる水資源管理計画であり、環境省や地方政府、地域コミュニティと協働したプログラムである。

ADBは2008年から「Integrated Citarum Water Resources Management Investment Program Periodic Financing Request」フェーズ1（融資、技術協力、無償資金協力）、2011年からフェーズ2（技術協力）を実施し、同プログラムの策定支援に関わってきた<sup>17</sup>。

■ **その他（マルチアクター）：「Water and Sanitation Policy Formulation and Action Planning Project (WASPOLA) 」**

貧困層による水へのアクセス拡大を目指し、中小規模の水供給・衛生に係る国家レベルの政策形成を促進する政策形成支援プログラムであり、AusAID（オーストラリア国際開発庁）および世銀が支援をしている。インドネシア共和国側は、国家開発戦略の策定を担う国家開発計画庁（BAPPENAS）をC/Pとし、フェーズ1（1998年から2003年）、およびフェーズ2（2004年～2009年）が実施された<sup>18</sup>。

---

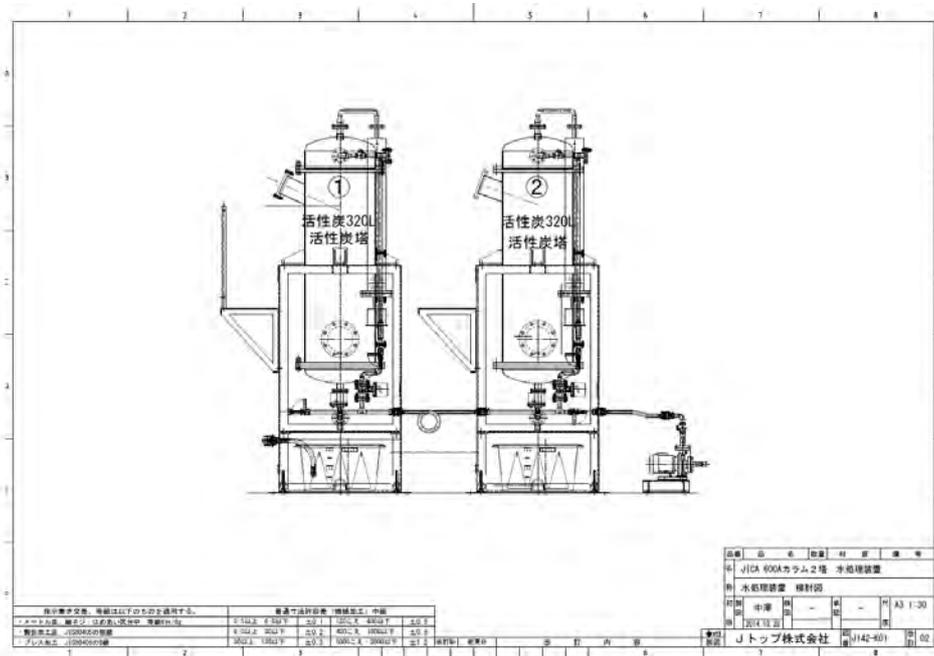
<sup>17</sup> <http://www.adb.org/projects/37049-062/main>

<sup>18</sup> <http://aid.dfat.gov.au/countries/eastasia/indonesia/Documents/waspola-2-icr-may-2009.pdf>

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

名称	自動再生式活性炭排水処理技術（移動式排水処理装置）
スペック（仕様）	・デモ装置処理容量：30t～40t/日（稼働時間：18h～20h）
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・活性炭の交換、交換用の活性炭購入費用が不要。</li> <li>・汚泥およびスラッジが発生しない。</li> <li>・オンサイトで自動的に活性炭を再生。</li> <li>・設備がコンパクト省スペースで設置が可能。 （モバイル対応が可能。）</li> <li>・省エネルギー</li> <li>・水の循環再利用が可能。</li> <li>・高度処理や難分解性物質の除去が可能。</li> <li>・2013年 第25回「中小企業優秀新技術・新製品賞」において優秀賞を受賞。</li> </ul>
競合他社製品と比べた比較優位性	<p>【従来型活性炭技術との比較】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・交換用活性炭の購入費用がかからない為、ランニングコストを大幅に削減可能。</li> <li>・廃棄物処理費用が不要。</li> <li>・機能の継続性やメンテナンスが容易。</li> <li>・従来型の活性炭の再生後の重量損失は30%～50%程度であるのに対し、Jトップ方式では、ほぼ損失無し。</li> </ul> <p>【従来型高度処理技術との比較】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・オゾン方式に比べ電力消費コストが1/50～1/10以下。</li> <li>・MBRを含む膜処理技術は高圧ポンプが必要であり、オペレーションやメンテナンスコストの負担が大き一方、Jトップ方式はオペレーションやメンテナンスが容易である。</li> </ul>
国内外の販売実績	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国内 件数：約20件 主要取引先：東海ゴム工業(株)、日系商社、岡谷鋼機(株)、(株)明電舎</li> <li>・海外 件数：2件、 主要取引先：RYOSHO HONG KONG CO, LTD</li> </ul>
サイズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デモ装置設置必要面積：約17.5 m<sup>2</sup>（W5m×D3.5m×H3.5m）</li> <li>・デモ機装置サイズ：約4.5 m<sup>2</sup>（W3m×D1.5m×H3m）</li> </ul>
設置場所	・屋内仕様
今回提案する機材の数量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デモ機の構成： 活性炭塔2基（1基あたり直径600mm、長さ1700mm） ヒーター装置2台：消費電力平均14kW（最大20kW） ボイラー装置1台：灯油ボイラー（消費電力0.35kW）</li> <li>・3tトラック車に搭載</li> </ul>
価格	<ul style="list-style-type: none"> <li>・活性炭塔1基当たりの製造原価 約1,600万円（※国内製造、国内販売の場合）</li> <li>・活性炭塔1基当たりの販売価格 約2,500万円（※国内製造、国内販売の場合）</li> <li>・本事業での機材費総額（輸送費・関税等含む） ¥38,562,000-（2基の価格）</li> </ul>

図 1.13 装置本体外観図面及び仕様



デモ機の構成

- ・装置構成 2 基  
設置時装置サイズ：1 基あたり 約 W1150mm×D1050mm×H3500mm
- ・活性炭塔 2 塔  
活性炭塔サイズ：1 塔あたり直径約 600mm、本体部長さ約 1700mm
- ・制御盤  
自立型、セミオートマ方式（3 相 220V 50Hz 仕様）
- ・その他機器構成  
ボイラー、ヒーター、ポンプ、フィルター、処理槽、配管類

デモ機的能力

- ・活性炭容量  
1 塔あたり約 300L×2 塔（再生可能特殊活性炭）
- ・排水処理能力※  
約 30t～50t／日（原水内容により変動）  
\*ここで言う排水の処理対象となる項目は、有機物である。

## ① 完成から据え付け・稼働確認までの経緯

デモ機の仕様に基づいて機材を製造し、完成後に試運転を行った結果、機材は出荷時完成検査に合格した。その後、機材を第一回実証事業の予定地であるインドネシア国バンドン市に立地する Grand Textile 社へ輸送し、到着後機材の据え付け・稼働確認を行った。完成からその経緯は以下の通りである。

日時	実施内容	備考
2015年8月17日	機材の完成。	
2015年8月18日	試運転を経て完成検査に合格	検査成績書(出荷時・据付時)
2015年9月29日	機材を輸送	
2015年10月28日	機材のインドネシア税関通過	
2015年10月31日	Grand Textile 社の敷地内にて機材の据え付け・稼働確認。	「機材等納入結果検査調書」 「検査成績書(出荷時・据付時)」

なお、活性炭については、11月3日に発送し、10日に、実証予定地に到着し活性炭塔に投入した。

## ② 機材等納入結果

デモ機の輸送後、Grand Textile 社にて据え付け後、稼働確認を行った。その概要は以下の通りである。

検査年月日 ／場所	2015年10月31日 PT. GRAND TEXTILE INDUSTRY 社 (バンドン市)
内容	実証を行う1社目の PT. GRAND TEXTILE INDUSTRY 社にて装置の据え付け及び電気工事を行い、濾過及び活性炭再生工程の試運転を行った。
検査所見	濾過工程においてはポンプの稼働による濾過工程に必要な各機器の動作確認と配管に漏れ等の不具合の無いことを確認した。活性炭の再生工程についてはヒーターの温度、及びカラムの温度が一定の温度まで上昇する事を確認し、活性炭の再生工程の配管等に漏れの無いことを確認した。

## 2. 普及・実証事業の概要

### (1) 事業の目的

本事業ではバンドン地域を対象に、複数サイト（工場等）において、繊維産業等の排水を対象とした再生水製造・排水処理実験を実施し、技術面・運用面での課題を検証し、改善を図る。また、インドネシア国環境林業省の再生水利用ガイドライン（繊維産業）（案）の策定支援、地方行政担当官のキャパシティ・デベロップメント事業等、現地各行政機関による再生水利用及び水質管理向上に向けた活動を支援するとともに、それら行政施策・指導を通じて、提案の再生水処理・排水処理技術の導入を促し、現地の環境改善と同技術の普及を目指す。

### (2) 期待される成果

期待される成果は以下のとおりである。

成果1：再生水利用の推進に向け、再生水製造・排水処理技術の有用性が認知される。

成果2：環境林業省の再生水利用ガイドライン（繊維産業）（案）が策定される。

成果3：西ジャワ州、バンドン市、バンドン県の再生水利用促進・排水規制行政の監督・指導能力が向上する。

### (3) 事業の実施方法・作業工程

事業の実施方法・作業工程は以下のとおりである。

図 2.1 作業工程表

	予定 実績	2015年度												2016年度											
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
事前調整	-																								
設置箇所特定・現地確認・事前調整	予定 実績	[Gantt chart showing progress from May to August 2015]																							
1箇所目、2箇所目	予定 実績	[Gantt chart showing progress from May to June 2015]																							
3箇所目以降	予定 実績	[Gantt chart showing progress from May to July 2015, with '検討' (Review) in June]																							
機材製造	予定 実績	[Gantt chart showing progress from May to August 2015]																							
輸送	予定 実績	[Gantt chart showing progress from August 2015 to February 2016]																							
実証実験	-																								
第1回	予定 実績	[Gantt chart showing progress from September to November 2015]																							
第2回	予定 実績	[Gantt chart showing progress from October to December 2015]																							
第3回以降	予定 実績	[Gantt chart showing progress from November 2015 to March 2016, with '撤収・移送作業' (Dismantling/Relocation work) in March 2016]																							
実証実験報告書の作成(ITB)	予定 実績	[Gantt chart showing progress from December 2015 to March 2016]																							
企業訪問調査・指導	-																								
方針共有	予定 実績	[Gantt chart showing progress from May to June 2015]																							
訪問先特定	予定 実績	[Gantt chart showing progress from May to July 2015, with '現地委託先実施' (On-site contractor implementation) in June]																							
プレ調査(生産・処理工程・水質確認)	予定 実績	[Gantt chart showing progress from June to August 2015]																							
簡易水処理分析プログラム作成	予定 実績	[Gantt chart showing progress from July to September 2015]																							
第1回訪問(調査・提案)	予定 実績	[Gantt chart showing progress from June to August 2015]																							
水質検査・追加指導検討	予定 実績	[Gantt chart showing progress from August 2015 to October 2015]																							
第2回訪問(提案)	予定 実績	[Gantt chart showing progress from September to November 2015]																							
中小企業排水処理対策	-																								
検討	予定 実績	[Gantt chart showing progress from June to August 2015]																							
ガイドライン作成	-																								
検討(国内)	予定 実績	[Gantt chart showing progress from May to July 2015]																							
方針協議	予定 実績	[Gantt chart showing progress from May to August 2015]																							
作成作業	予定 実績	[Gantt chart showing progress from June to March 2016, with '現地委託先が実施' (On-site contractor implementation) in August 2015]																							
作成支援	予定 実績	[Gantt chart showing progress from July to February 2016]																							
確認	予定 実績	[Gantt chart showing progress from August 2015 to March 2016, with '現地委託先' (On-site contractor) in March 2016]																							
セミナー開催	-																								
セミナー開催	予定 実績	[Gantt chart showing progress from September to February 2016]																							
EPCM研修	予定 実績	[Gantt chart showing progress from December 2015 to February 2016, with '準備' (Preparation) in February 2016]																							
本邦受入活動	-																								
本邦受入活動	予定 実績	[Gantt chart showing progress from September to March 2016]																							
報告 報告書等作成		☆進捗報告 ☆進捗報告 ☆進捗報告 ☆完了報告																							

■ : 現地作業(予定)    ■ : 現地作業(実績)  
■ : 国内作業(予定)    ■ : 国内作業(実績)



・譲与資機材リスト

	機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1	自動再生式活性炭排水処理技術 (移動式排水処理装置)	—	1機	2015年10月	・Sari Sandang社 ・Grand Textile社 ・Khatatex社 ・バンドン工科大学
2	活性炭材料	—	1式	2015年11月	同上

- ・相手国政府関係機関側の投入  
特になし。

(5) 事業実施体制

事業の実施体制は以下のとおりである。ミニッツをJICA、バンドン工科大学、Jトップ間の三者で締結する。Jトップは、外部人材の支援を受けながら、本事業を実施する。

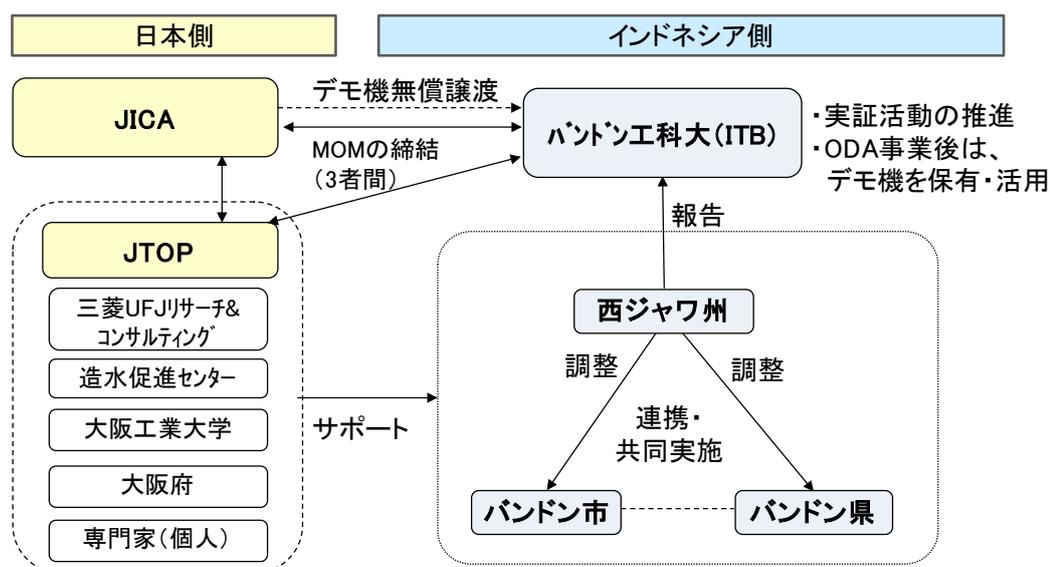


図 2.2 事業実施体制

## (6) 相手国政府関係機関の概要

相手国政府関係機関の概要は以下の通りである。

機関	所在地	概要
バンドン工科大学 (ITB)	Institut Teknologi Bandung JL Sangkuriang 42 A Bandung 40135 Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> <li>同大学の Bioprocess Engineering の Tjandra 教授は、排水処理に関する権威。</li> <li>本事業のカウンターパート (C/P)。</li> </ul>
環境林業省	Ministry of Environment, Republic of Indonesia D.I Panjaitan Kav. 24 Kebon Nanas, Jakarta 13410 Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境林業省は、インドネシアの環境全般の政策立案、調整、計画、実施、監督に関して所掌する。</li> </ul>
西ジャワ州	West Java BPLHD JL. Naripan No. 25 Bandung 40111 Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> <li>西ジャワ州の排水処理の対策に係る企画立案、域内の自治体の研修などの制度面での支援を実施。</li> </ul>
バンドン市	Bandung City Sadang Tengah 4-6, Sadang Serang, Bandung, Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> <li>バンドン市内企業に対し、排水処理対策にかかる指導・監督を実施する。</li> </ul>
バンドン県	Bandung Regency Jl. Raya Soreang Km. 17 Bandung 40911, West Java -Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> <li>バンドン県内企業に対し、排水処理対策にかかる指導・監督を実施する。</li> </ul>

### 3. 普及・実証事業の実績

#### (1) 活動項目毎の結果

##### ① 活動結果 1：実証活動（JTOP 機材を用いた排水処理の実証実験）

実証活動の実施企業 3 社のうち、Sari Sandang 社及び Grand Textile 社は、2013 年の案件化調査時に、J トップ技術及び排水処理能力向上への関心を有する企業として、バンドン県及びバンドン市より推薦された企業である。

いずれの企業も大量の染色排水を処理しているが、水不足の問題による取水価格の上昇や渇水等による操業停止など、再生水利用及び排水処理の向上に対する意識が高い企業であった。また、事業規模も大きく、一定以上の生産量及び排水量を有する企業でもある。

第 1 回現地調査においては、Sari Sandang 社及び Grand Textile 社の 2 社を訪問し、協議を行った。協議にあたっては、2013 年と同様の課題が継続していること、また本実証事業への参画意向を有することが確認された。また、工場内の設置予定個所の現況確認と設置の可否について検討を行った。

なお、残る 1 社の候補企業の選定に際し、以下の条件でバンドン市・バンドン県内の企業を探した。

表 3.1 実証活動の企業選定の考え方

区分	方針
対象産業	・ 繊維、ホテル、モール、食品加工又は金属表面処理など
企業選定の条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 排水処理設備の近くに機材設置のための空間（17.5 m<sup>2</sup>）を有する企業であること。</li> <li>・ 再生水利用の意向を有する企業であること。</li> <li>・ （望ましい条件として）熱源となるボイラーを有すること。</li> <li>・ 中規模以上の事業規模であること。</li> <li>・ 自治体の水質基準を満たすオペレーションを実施していること。</li> <li>・ 工場内に専任常駐の排水処理担当者を配置していること。</li> <li>・ 本事業の実施のための企業訪問・協議を受け入れる意向を有していること。</li> </ul>

3 社目の実施予定企業について、バンドン市から紹介された製薬会社（Kimia Farma Company）と調整を進めていたが、実証期間及び要求水質などのニーズが合致せず断念した。製薬会社は将来的に移転を予定しており、それに向けて長期間の実

証実験を行うことを要望していたこと、また製薬関連において再生水に求められる水質が COD 濃度ゼロであり、対応が困難なためである。次いで検討したのは、バンドン市より紹介され、実証実験を強く希望した病院 (Hasan Sadikin Hospital) であった。しかし、排水処理設備の電源は、小児病棟と共有しており、病棟のピーク時の消費電力と、機材の再生時の消費電力を足してなお電力量にゆとりを確保する必要があった。万が一のケースとして医療サービスが遮断される恐れがあったことから、実証事業の実施を断念した。その後、セミナー時に本事業への実証実験参加の意向を示した現地の繊維最大手である Kahatex 社と協議を行い、同社にて実証実験を実施することとなった。

### (ア) Grand Textile 社

Grand Textile 社の会社及び事業の概要は以下のとおりである。同社はバンドン市内最大手の繊維企業である。

表 3.2 Grand Textile 社の概要

概要	概要
所在地	バンドン市内
敷地概要	工場面積:22ha(22 万㎡)、建築面積:85,000 ㎡
従業員数	1,400 人
加工内容	デニム製品(製糸から織布まで)製造。同社はバンドン市内最大手。
加工生地	綿
工場用水	地下水
排出水量	2,000m <sup>3</sup> /day
排水処理方法	化学処理(凝集沈殿法)

#### ■ 設備設置場所の確認

第1回現地調査時に、Grand Textile 社を訪問し、排水処理の状況を確認するとともに、取水位置及び設置予定地の確認を行った。

#### ■ 最終放流槽のバックテスト結果

下記の2種類のバックテストを実施した結果、COD(Mn)値は概ね100~120ppm程度であった。



写真左：測定範囲0~100ppmで測定した結果  
100ppm以上の範囲を示した。

写真右：測定範囲0~250ppmで測定した結果  
60~120ppmの範囲を示した。

図 3.1 バックテスト結果

パックテストはCOD マンガン法による測定の為、現地の検査基準であるCOD クロム法の場合を考慮すると、CODCr はCODMn よりおよそ1.7倍程度高い値が出ることからCOD (Cr) 値は170～210ppm程度と想定される。

#### ■ 機材の据え付け

第2回訪問調査時の10月30日に、Grand Textile社を訪問し、据え付けを行った（主たる実施事項は、取水位置の確認、装置搬入、搬入品の因数確認、装置の据え付けと装置のレベル合わせ、配管接続、流量計、ポンプ等の据え付け・制御盤と各機器の配線接続。）。



図 3.2 機材の据え付け

#### ■ 据え付け機材の稼働確認

据え付けを行った翌日の10月31日に、Grand Textile社にて、据え付け後の稼働確認を行った。

確認事項として、制御盤に電源を供給する為にトランスの試験を行った。電圧は200Vの目標値に対し203～205Vの実測値で合格水準であるため、引き続き制御盤への電源供給も行った。最後にポンプを稼働させての濾過運転を行い問題なく動作する事を確認した。

機材納入後、設備概要と活性炭濾過及び活性炭再生の取り扱い説明を現場で実際に操作する予定スタッフに対し説明を行った。

#### ■ 活性炭の投入

稼働確認後、Grand Textile社への活性炭の到着に合わせて、11月10日に活性炭塔に活性炭を充填した。



図 3.3 トランス（写真左）の試運転の様子と制御盤（写真中）の電源供給の様子、及びボイラー（写真右）の試運転の様子

■ 最終放流槽のパックテスト結果

Grand Textile 社から排出される排水を活性炭に通した。試験の手順は以下のとおりである。

手順 1：塩ビカラムに活性炭 50mL を入れた。

手順 2：写真 1 の放流口にて採取した原水を塩ビカラムに通水した。

空間速度 (SV) は 10L/h である。



図 3.4 原水取水場所（写真左）及び簡易試験外観（写真右）

試験結果：試験の結果は以下のとおりである。

原水および活性炭を通した処理水の CODMn をパックテストにて測定した。

表 3.3 Grand Textile 社の排水の簡易試験結果 (10 月 31 日)

通水倍率(BV)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)
原水	200
5	20~50
10	20~50
15	20~50
20	50
25	50
30	50
35	50
40	20
45	13
50	20
55	20~50
60	20~50

原水は下記の写真「原水の外観」に見られるように茶色く濁っており、細かい浮遊物と油膜を含む。

この原水を活性炭に通水した所、下記写真「活性炭に浮遊物が付着している様子」に見られるように活性炭に浮遊物が付着し流量の低下が見られた為、その都度塩ビカラム下部のバルブを調整し SV10/h を維持した。

また処理水の CODMn は通水倍率 60 倍までおおよそ 20~50ppm の間を推移した。なお、最も高い 50mg/L を CODCr に換算すると 85mg/L となる。

Grand Textile 社の放流基準値が CODCr 150mg/L 以下であるため、通水倍率 60 倍までの排水を処理することは可能であると考えられる。実証機の活性炭塔について、1 塔あたり活性炭が 400L 入っている為、約 24 m<sup>3</sup>の排水を処理する事が可能であると考えられる。



図 3.5 原水の外観（写真左）及び活性炭に浮遊物が付着している様子（写真右）

活性炭塔への活性炭投入（11月10日）に合わせて、原水と活性炭処理水を、CODパックテストにより測定した。

その結果、原水CODパックテストは約200mg/L、活性炭処理水CODパックテストは約20～50mg/Lであった。COD<sub>Cr</sub>の値は、パックテストの約1.7倍と仮定すると約34～85mg/Lであり、河川法流基準値（COD<sub>Cr</sub>150mg/L）以下であった。また、処理水は臭いもなく、ほぼ透明であった。



図 3.6 原水（写真左）及び活性炭処理水（写真右）

11月25日に、Grand Textile社から排出される排水を活性炭塔に通し、水質検査を行った。活性炭塔の流量は、40L/min (=空間速度 SV 8/h)、処理水出口で処理水を採取しCOD<sub>Mn</sub>をパックテストにて測定を行った。結果は以下の通りである。

表 3.4 Grand Textile社の排水の試験結果 (11月25日)

通水倍率(BV)	COD パックテスト (mg/L)
原水	200~250
2	20
4	20
6	20
8	30
10	30
12	30
14	40
16	40
18	50
20	50
22	60
24	60
30	75
32	75
34	90
36	90

10月31日付の塩ビカラムを用いた簡易試験と比較すると、通水倍率 (BV) 20倍程度まではほぼ同じCODパックテスト値で推移した一方、BV20倍以降はCODパックテスト値の差が開き、BV35倍付近で10月31日の試験はCODパックテスト値が50mg/L、11月25日の試験ではCODパックテスト値が90mg/Lとなった。

以上の結果により、Grand Textile社ではBV20倍程度までは活性炭を繰り返し再生しても排水処理能力を維持する事が可能であることが確認された。

## (イ) Sari Sandang 社

Sari Sandang 社の会社及び事業の概要は以下のとおりである。

表 3.5 Sari Sandang 社の会社概要・事業概要

区分	概要
所在地	バンドン県 Majalaya 地区
従業員数	240 人
加工内容	製錬・漂白、浸染、スクリーン捺染
加工生地	綿・ポリエステル、レーヨン(キュプラ)、3,600,000m/年
操業状況	日曜、祝日は休業、ラマダン中休業、操業時間 24 時間/日(3 交代)
工場用水	河川水を汙過処理
排出水量	最大 900m <sup>3</sup> /日
排水処理方法	化学処理(凝集沈殿法)

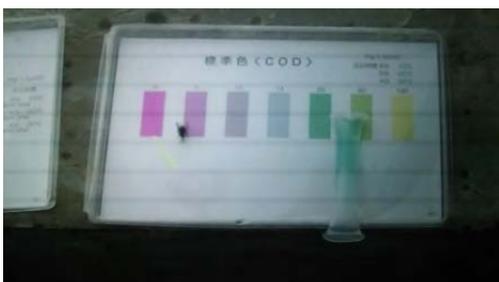
### ■ 設備設置場所の確認

第 1 回現地調査時に、Sari Sandang 社を訪問し、排水処理の状況を確認するとともに、放流槽及び設置予定地の確認を行った。

放流水が入った最終放流槽を原水槽としてそのまま使用する。処理水も装置の下に設置予定の処理槽に水中ポンプを設置し、最終放流槽に戻す。また、実証期間として2週間から1ヶ月程度要するため、ブルーシート等で簡易的に雨対策を行った。

### ■ 最終放流槽のパックテスト結果

下記の 2 種類のパックテストを実施した結果、COD (Mn) 値は概ね 20~30ppm であった。



測定範囲 0~100ppm で測定した結果 50ppm の範囲を示した。



測定範囲 0~250ppm で測定した結果 20~30ppm の範囲を示した。

図 3.7 パックテスト結果

今回のパックテストは COD マンガン法による測定の為、現地の検査基準である COD クロム法の場合では、COD (Cr) 値は 34~51ppm 程度と想定される。

### ■ 機材の設置

第3回訪問調査時（11月30日及び12月1日）に、装置搬入及び確認、機材の据え付け、配管接続、流量計、ポンプ等の据え付け・制御盤と各機器の配線接続、ボイラーの設置等を行った。



図 3.8 設置前（左）及び据え付け後の機材（右）

### ■ 水質検査

12月1日に、Sari Sandang 社から排出される排水を活性炭塔に通し、水質検査を行った。活性炭塔の流量は、40L/min（＝空間速度 SV 8/h）、処理水出口で処理水を採取し COD<sub>Mn</sub> をパックテストにて測定を行った。結果は以下の通りである。

表 3.6 Sari Sandang 社の排水の試験結果（12月1日）

通水倍率(BV)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)
原水	50
8	5
16	8
20	9
24	10

原水はやや黄色がかったのに対し、活性炭処理水は完全な透明であり、原水の色成分の除去効果と Sari Sandang 社の要望する水質の水準に適合していることが確認された。



図 3.9 原水（左）及び処理水（BV24倍）

### (ウ) Kahatex 社

Kahatex 社の会社及び事業の概要は以下のとおりである。

表 3.7 Kahatex 社の会社概要・事業概要

区分	概要
所在地	バンドン県 Sumedang 地区
従業員数	約 36,000 人
加工内容	製錬・漂白、浸染
加工生地	綿、綿-ポリエステル、ポリエステル、アクリル、レーヨン、毛布、カーペット、サザダーフ
操業状況	年中無休、操業時間 24 時間/日(3 交代)
工場用水	河川水を沍過処理。水道水や地下水も使用。 乾期はリサイクルする排水の量を増やすことで生産力を維持している。
排出水量	最大 13,000m <sup>3</sup> /日 排水量は最大 19,000 m <sup>3</sup> /日だが、最大 6, 000 m <sup>3</sup> /日は化学処理を施し、再度工場にて染色工程に使用している。
排水処理方法	化学処理(凝集沈殿法)

#### ■ 設備設置場所の確認

第 5 回現地調査時に、Kahatex 社を訪問し、排水処理の状況を確認するとともに、放流槽及び設置予定地の確認を行った。

放流水が入った放流槽を原水槽として、排水処理設備に隣接する空間に機材を設置し、処理する。処理水は放流槽へ返送する。



図 3.10 放流槽の様子

### ■ 活性炭処理導入の目的

同社が活性炭処理導入を希望する理由は以下の再生水利用と水質の向上の二点である。

第一に、活性炭で処理された水を染色工程で再利用することである。

第二に、最終放流水の水質をより良い状態にして放流することである。そのためには、COD と色の除去をすることが必要となる。

活性炭設備で処理された水が染色工程で再利用できるかどうかは Kahatex 社が分析を行い、判断する。

### ■ 最終放流槽のパックテスト結果

パックテストを実施した結果、COD (Mn) 値は約 50ppm であった。



図 3.11 パックテスト結果

放流水 2 倍希釈水で、測定範囲 0~100ppm  
で測定した結果約 50ppm の範囲を示した。

放流槽の水の COD パックテストで約 100mg/L 程度であった。パックテストは COD マンガン法による測定の為、現地の検査基準である COD クロム法の場合では、COD (Cr) 値では約 170mg/L 程度と想定される。

### ■ 機材の設置

第 6 回現地調査前 (2016 年 1 月 16 日まで) に、現地商社を通じて装置搬入及び確認、機材の据え付け、配管接続、流量計、ポンプ等の据え付け・制御盤と各機器の配線接続、ボイラーの設置等を行った。2016 年 1 月 18 日に設置確認・各機器の接続確認及び配線確認を行った。その後、各機器の動作確認を行った。



図 3.12 設置前（左）及び据え付け後の機材（右）

動作確認を行った結果、処理水ポンプ B が動作しないことが分かった。

サーマルや各種リレーなどを確認したところ、レベル計が壊れている可能性が示唆された。予備の端子などを持ち合わせていなかった為、翌日、レベル計を交換した。レベル計を交換することで、問題なく設備が稼働することを確認した。

#### ■ 活性炭再生時のボイラー水蒸気の流入量の調整

ボイラーからの水蒸気量が多過ぎるとラインヒータで十分に過熱することができない為、450℃程度の過熱水蒸気を供給できるようにヒーター手前の手動バルブを調節した。

#### ■ 活性炭通水試験

1月20日に、Kahatex社から排出される最終放流水を活性炭塔に通し、適宜、パックテストによる水質検査を行った。活性炭塔の流量は、約 35L/min（＝空間速度 SV 約 7/h）、処理水出口で処理水を採取し CODMn をパックテストにて測定を行った。結果は以下の通りである。また、Kahatex社が測定した原水・活性炭処理水（BV 約 4）の各種分析結果を表に示す。

表 3.8 Kahatex 社の排水の試験結果（1 月 20 日）

通水倍率(BV)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)
原水	約140
約7	20～50
約14	20～50
約21	20～50
約28	20～50
約35	約50
約42	約50
約49	約50

表 3.9 原水・活性炭処理水（BV 約 4）の各種分析結果

	原水	活性炭処理水 (BV約4)
pH	6.91	8.29
電気伝導率	5560 $\mu$ s	5690 $\mu$ s
濁度	85 NTU	34 NTU
全懸濁物質	56 mg/L	29 mg/L
色汚染度	1240 Co-Pt	290 Co-Pt
COD(Cr)	151mg/L	66 mg/L
CODパケットテスト	約140 mg/L	約20 mg/L

COD パケットテストで約 1/4 程度にまで COD が除去されていることが確認された。

また、原水は黒茶色く着色しているのに対し、活性炭処理水はほぼ無色であり、原水中の色の成分の除去効果が確認された。



図 3.13 原水（左）及び処理水（BV 約 4 倍）（右）

BV 約 4 倍と BV 約 50 倍の写真は以下のとおりである。

BV 約 20 倍あたりから徐々に処理水が茶色く着色していった。

COD パケットテストの結果と処理水の着色具合から Kahatex 社の要望で通水倍率約

50 倍を活性炭破過点として、活性炭再生を行うこととした。



図 3.14 処理水 (BV 約 4 倍) (左) 及び処理水 (BV 約 50 倍) (右)

■ 活性炭再生後の通水試験

1月21日に活性炭再生を行い、1月22日に、Kahatex社から排出される最終放流水を活性炭塔に通し、適宜、パックテストによる水質検査を行った。活性炭塔の流量は、約40L/min (=空間速度SV約8/h)、処理水出口で処理水を採取しCOD<sub>Mn</sub>をパックテストにて測定を行った。結果は以下の通りである。原水と活性炭処理水 (BV約2) は以下のとおりである。

表 3.10 Kahatex社の排水の試験結果 (1月20日)

通水倍率(BV)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)
原水	約120
4	約20
8	約20
16	約20



図 3.15 原水 (左) 及び処理水 (BV 約 2 倍) (右)

活性炭再生前と同様に、COD パックテストで約 1/6 程度にまで COD が除去されていることが確認された。同じように色に関しても、原水は黒茶色く着色しているのに対し、活性炭処理水はほぼ無色であり、原水中の色の成分の除去効果が確認された。これにより、同社の活性炭処理導入の目的の一つである最終放流水の水質改善については、同社の要望を満たしていることが確認された。

## ② 活動結果 2：普及活動（企業訪問調査・指導）

バンドン工科大学及び本邦再生水・排水処理専門家、本邦自治体排水規制行政等経験者と、現地地方行政機関の規制・監督担当職員（以下、「現地自治体監督官」）がチームを組んで、主要企業（6社程度）を訪問し、再生水製造や排水処理の現状に対する評価と企業への改善提案を実施するものである。なお、改善提案にあたっては、既存設備を活用し、費用負担を可能な限り押さえたものであることが望ましい。

訪問調査・指導の取組を通じて、各企業の再生処理・排水システムの構成やオペレーション方法の再検討を促し、再生水利用の促進や排水水質の改善を図るとともに、現地地方行政機関の規制・監督担当職員のキャパシティ・ディベロップメントを促す。

第1回目のインドネシア訪問では、現地自治体監督官とともに Sari Sandang 社及び Grand Textile 社の2社を訪問し、それぞれの工場の現状調査・課題分析を実施するとともに、帰国後、改善策の検討を行った。次回訪問時には、その改善策を各企業に提示するとともに、現地自治体監督官へのノウハウ移転を進める予定である。

これらの訪問先2社のほかに、訪問調査・指導の企業の選定を行っている。訪問する企業の選定基準は以下のとおりであり、事前情報又は事前調査において入手した企業情報に基づき選定する。

表 3.11 企業訪問調査・指導の企業選定の考え方

区分	方針
対象産業	<ul style="list-style-type: none"><li>・染色プロセスを行う繊維企業</li><li>・またはモール、ホテル、食品（飲料）加工、化学、製薬</li><li>・その他有機性物質の排水が多い業種</li></ul>
企業選定の条件	<ul style="list-style-type: none"><li>・企業訪問調査・指導を行うことに対し、企業側の同意が得られること。</li><li>・自治体または各企業において、水質改善のために排水のオペレーション、設備構成の改善等を行う意向を有していること。</li><li>・比較的汎用性の高い排水処理設備を導入していること。</li><li>・時間的制約により、既にある程度の、企業の生産プロセス、水質分析データなどを自治体が把握できていることが望ましい。</li></ul>

(ア) Grand Textile 社

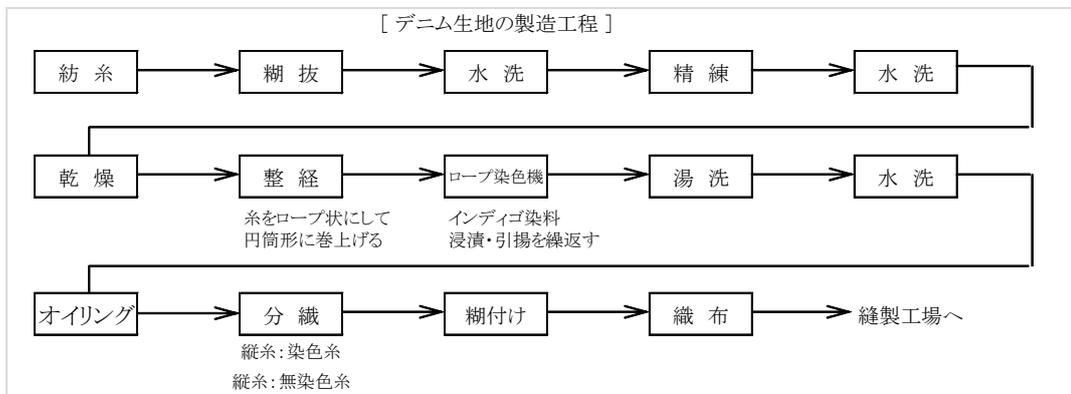
Grand textile 社は、バンドン市に立地し、ジーンズ製造を行う企業である。同社の事業・製品・排水に係る概要は以下のとおりである。

表 3.12 Grand Textile 社の概要（再掲）

概要	概要
所在地	バンドン市内
敷地概要	工場面積:22ha(22 万㎡)、建築面積:8 万 5,000 ㎡
従業員数	1,400 人
加工内容	デニム製品(製糸から織布まで)製造。同社はバンドン市内最大手。
加工生地	綿
工場用水	地下水
排出水量	2,000m <sup>3</sup> /day
排水処理方法	化学処理(凝集沈殿法)

■ 加工工程

Grand Textile 社では、紡糸からデニムの織布までの加工を行っている。そのフローは以下のとおりである。



※ インディゴ染色での使用薬品：インディゴ染料、水酸化ナトリウム(NaOH)、ハイドロサルファイト(Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)

図 3.16 Grand Textile 社の加工工程

### ■ 排水処理施設の状況（仮説）

工場排水は以下の原水槽→反応槽→沈殿槽→ばっ気槽→放流というフローで処理されている。処理水は茶色に濁っている。

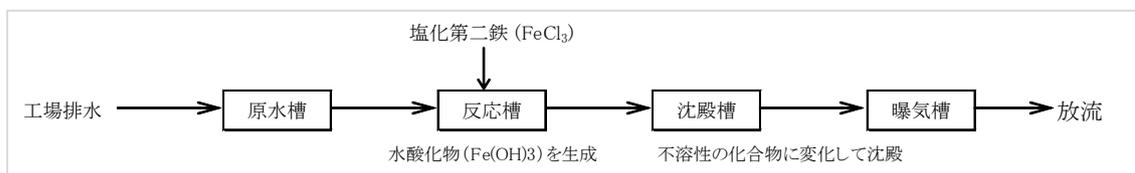


図 3.17 通常の排水処理フローと化学反応

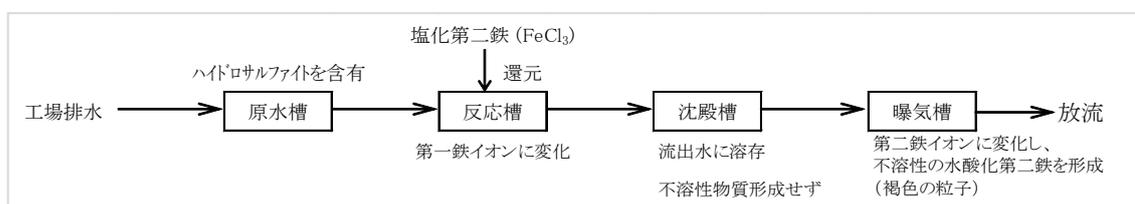


図 3.18 実際の排水処理のフローと化学反応

処理水の濁りの原因として考えられるものは以下のとおりである。

通常、反応槽で注入される塩化第二鉄は、pH 5（酸性）以上では水酸化物 ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) を形成し、不溶性の化合物に変化して沈殿する。

同社の排水（原水）は還元力の強いハイドロサルファイトを含有している。注入された塩化第二鉄の一部は、排水中に含まれるハイドロサルファイトにより還元され、第一鉄イオンに変化する。第一鉄イオンは、pH 10（アルカリ性）以上でないと不溶性の物質を形成しない。このため沈殿槽に沈殿することなく溶存し、残存したままとなる。さらに、沈殿槽からの流出水を曝気すると、第一鉄イオンが第二鉄イオンに変化し、不溶性の水酸化第二鉄を形成し、褐色の粒子として析出する。

こうした一連の化学反応により、曝気槽の水が褐色の粒子を含む水に変化するものと考えられた。こうした仮説が正しいかを確認するために次のような試験を実施した。

### ■ 曝気槽の着色と濁水化に係る試験（仮説の検証）

仮説の検証方法として、反応槽の処理水（pH7.21）に水酸化ナトリウム（NaOH）を加え、pH10（アルカリ性）に調整した。次に、エアレーションを20分間実施したことで、pH9.76まで低下させた<sup>19</sup>。その後、高分子凝集剤5ppmを注入し、5分間静置した。

実験の結果、スラッジと上澄みに分離され、水槽の色は、青く透明な水が得られた。

比較試験として、現在の放流水に高分子凝集剤5ppmを注入し静置したが、濁りがわずかに少なくなる程度で透明にはならなかった。

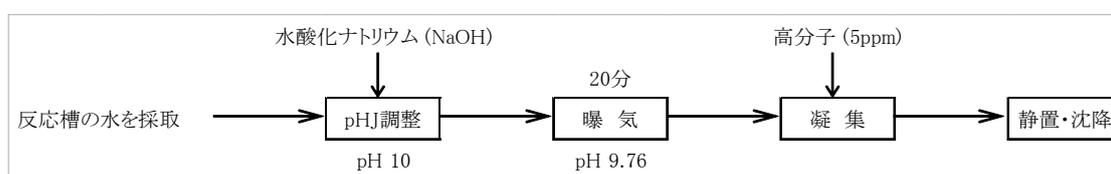


図 3.19 Grand Textile 社の処理水に係る検証



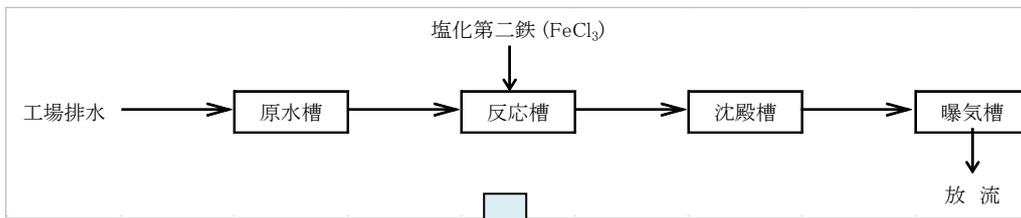
図 3.20 Grand Textile 社の処理水に係る検証の結果

簡易テストによる曝気槽における着色と濁水化の原因は、分析の結果から第一鉄イオンの生成にあると判断できる。

現在の濁水化に対する改善策として、処理フローの変更を提案した。提案の趣旨は、処理の障害となるヒドロサルファイトを凝集反応の前に消去することにある。改善を想定した場合の処理フローは以下のとおりである。

<sup>19</sup> 時間的制約により pH 値の変化はわずかであったが、本来は中性まで反応させるのが望ましい。

【現行（改善前）】



【改善（案）】

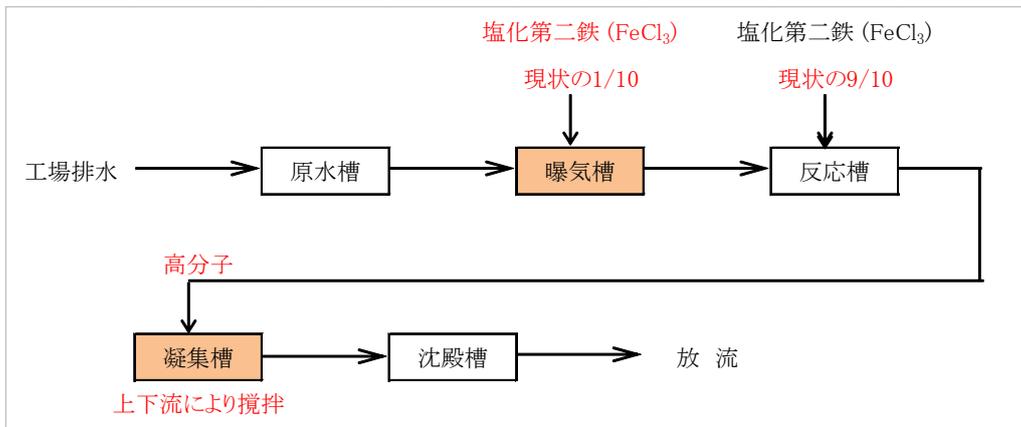


図 3.21 Grand Textile 社の排水処理プロセスの改善（案）

実際のヒドロサルファイトと水酸化鉄の酸化触媒反応には、炭酸水素ナトリウム、炭酸イオン、水酸化ナトリウム、水、溶存酸素など、多くの化合物が関与している。ヒドロサルファイトと水酸化鉄の間の反応として、触媒反応を説明する。

【ヒドロサルファイトと水酸化鉄の酸化触媒反応】

塩化第二鉄 ( $\text{FeCl}_3$ ) は pH5 以上で水酸化第二鉄 ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) に変化する。この水酸化第二鉄がヒドロサルファイト ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) を酸化して、水酸化第一鉄 ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ) に変化する。そして、水酸化第一鉄は水中の溶存酸素により酸化されて、水酸化第二鉄に戻る。これらの反応は、pH が高いほど反応速度が速くなる。触媒となる塩化第二鉄の添加量は、曝気槽の滞留時間、pH 値、水温などの影響を受けるため、曝気条件によって、その適正量を決定する。

## ■ 排水処理（前処理）改善の可能性検討

企業訪問調査・指導では、既存の設備を活用した、排水処理の改善の可能性について以下の通り整理した。

排水処理の改善のためのポイントは以下のとおりである。

- ① 曝気槽として既設の大きな水槽を利用する。（水槽の変更は不要）
- ② 曝気槽に現在使用している塩化第二鉄の 1/10 を注入する。
- ③ 注入した塩化第二鉄はヒドロサルファイトの酸化触媒として利用し、酸化の促進を図る。
- ④ 現状の塩化第二鉄を注入すると中性となっているが、その注入量を 1/10 にすることによりアルカリ性側に保ち、酸化速度を上げる。
- ⑤ 酸化することにより、第一鉄に変化していた塩化第二鉄の浪費がなくなるので、十分に凝集可能と考えられる。
- ⑥ 反応槽の後に凝集槽（滞留時間 5 分）を新設し、沈殿槽での固液分離を確実にする。

一方で、上記の改善策を導入するために、新たに対応が生じる点は、以下のとおりである。

- ① 最終の曝気槽を反応槽の前で行うための配管ルート変更（原水槽→曝気槽、曝気槽→反応槽）。
- ② 曝気槽へ塩化第二鉄を注入するためのポンプの新設。
- ③ 高分子溶解槽、攪拌機、高分子注入ポンプ、高分子注入配管の新設。
- ④ 凝集反応槽の経由する配管の新設（反応槽→凝集槽、凝集槽→沈殿槽）。

排水処理（前処理）の処理システム改善案の具体的内容は以下の通り。なお、同様のフロー図を用いた改善提案は、他の企業訪問調査・指導の対象企業についても実施した。

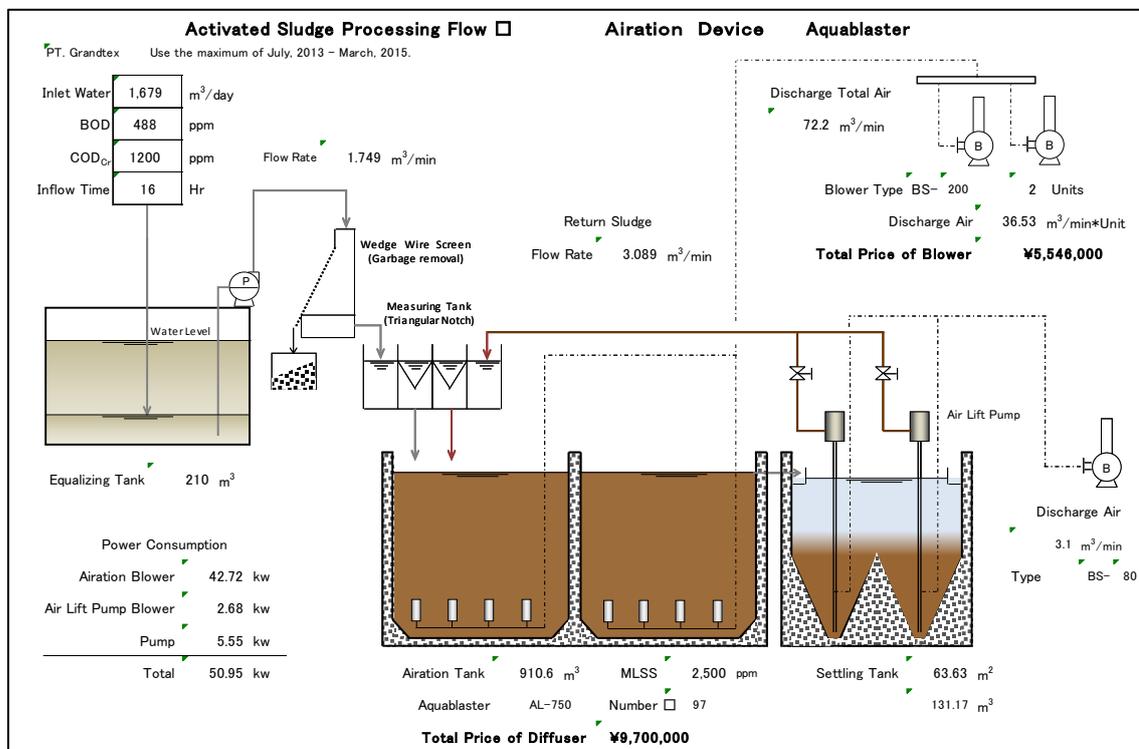


図 3.22 Grand Textile 社への排水処理フロー改善提案

第2回現地調査では、上記の検討内容を基に、既存設備を利用しながら生物処理に変更することにより、水質を改善するとともに、運転費用の削減を実現することを理解し、今後具体的に検討を進めることとなった。また、その結果、Jトップ機材の導入について、初期投資を低く抑えることができることについても理解し、今後の実証実験を通じて導入の検討を進めることとなった。

(イ) Sari Sandang 社

Sari Sandang 社は、バンドン県に立地する繊維企業であり、主に化繊を取り扱っている。同社の事業・製品・排水に係る概要は以下のとおりである。

表 3.13 Sari Sandang 社の会社概要・事業概要（再掲）

区分	概要
所在地	バンドン県 Majalaya 地区
従業員数	240 人
加工内容	製錬・漂白、浸染、スクリーン捺染
加工生地	綿-ポリエステル、レーヨン(キュプラ)、3,600,000m/年
操業状況	日曜、祝日は休業、ラマダン中休業、操業時間 24 時間/日(3 交代)
工場用水	河川水を汙過処理
排出水量	最大 900m <sup>3</sup> /日
排水処理方法	化学処理(凝集沈殿法)

■ 加工工程

再生水利用の用途を検討するために、加工工程と使用薬品の概略を以下に示した。

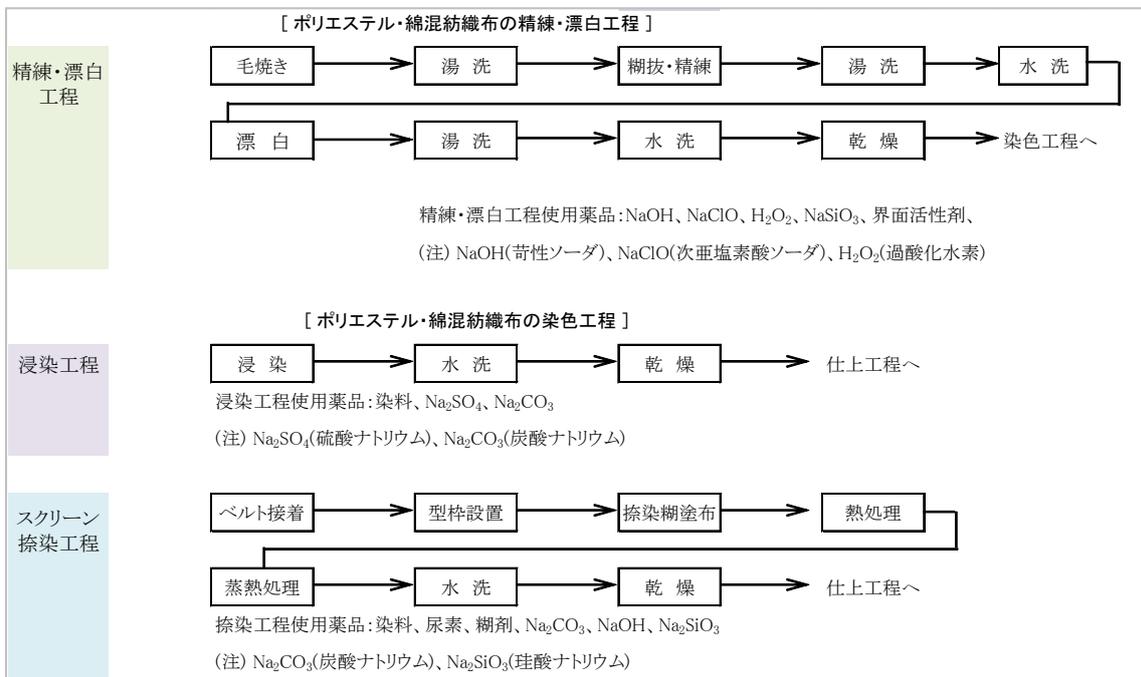


図 3.23 Sari Sandang 社の加工工程

■ 排水処理施設の状況

工場排水は以下のフローで化学処理（凝集沈殿処理）されている。

同社では、工場排水に塩化第二鉄、消石灰、高分子凝集剤を添加して凝集フロックを生成（凝集化）させ、そのフロック内に排水中の不溶物と溶解物質の一部を取込み、沈殿槽で沈降分離することにより、排水を浄化している。

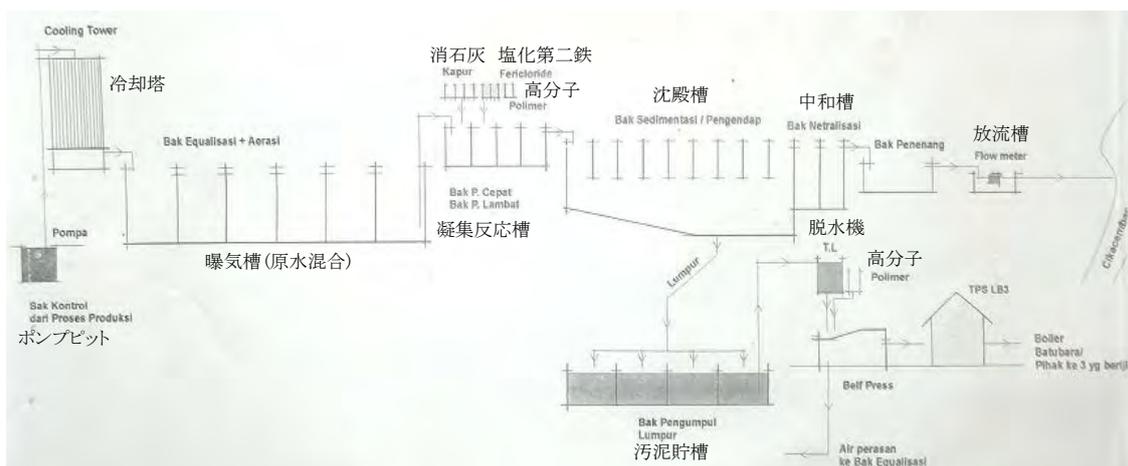


図 3.24 Sari Sandang 社の排水処理フロー

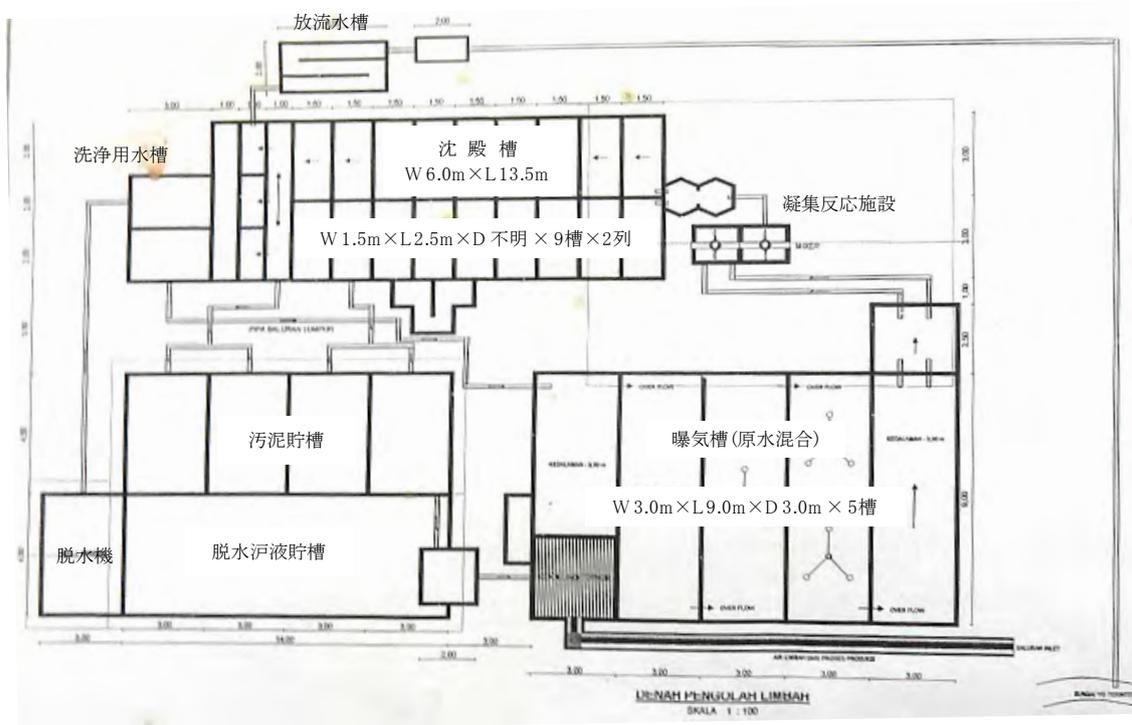


図 3.25 Sari Sandang 社の排水処理施設の配置と概略寸法

■ 排水処理改善の可能性検討

企業訪問調査・指導では、可能な限り大規模な費用負担を伴わない形で、排水の水質改善と運転コストの低減の可能性について検討を行う。

通常、化学処理(凝集沈殿処理)ではBOD・CODの除去率は30~40%である。これ以上の水質向上を望む場合は、一般的に活性汚泥処理が採用されている。また、運転コストも活性汚泥処理の方が安価である。

活性汚泥処理施設は以下に示すように、曝気槽、沈殿槽、曝気システム、返送汚泥システムなどから構成されている。

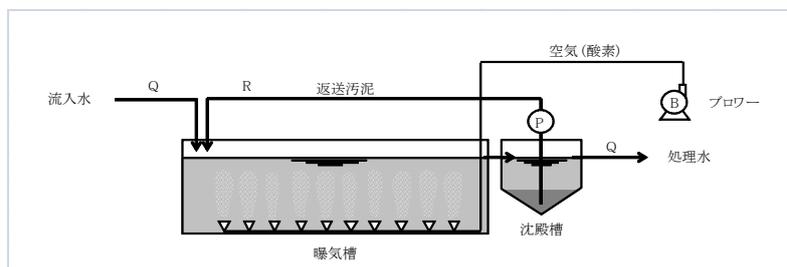


図 3.26 (参考) 標準活性汚泥フロー

活性汚泥処理の導入の例として、ゴム工場における運転コストの事例を以下に示す。

化学的処理から活性汚泥処理に変更することにより、運転コストの55%を削減できた事例が存在する。(スラッジ処理を考えると更に削減量は増加すると考えられる。)

表 3.14 化学処理と活性汚泥処理の運転コスト比較 (ゴム工場の例)

		化学的処理			活性汚泥処理		
排水量	m <sup>3</sup> /day	2,000	3,000	4,000	2,000	3,000	4,000
電力消費量	kw/Hr				27.3	40.9	54.5
単価	Rp/kw				600	600	600
電気料金	10 <sup>3</sup> Rp/月				11,776	17,664	23,551
Al(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 添加量	ppm	110	110	110			
Al(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 単価	Rp/kg	2,200	2,200	2,200			
Al(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 費用	10 <sup>3</sup> Rp/月	14,520	21,780	29,040			
Ca(OH) <sub>2</sub> 添加量	ppm	92	92	92			
Ca(OH) <sub>2</sub> 単価	Rp/kg	1,500	1,500	1,500			
Ca(OH) <sub>2</sub> 費用	10 <sup>3</sup> Rp/月	8,280	12,420	16,560			
高分子添加量	ppm	1.0	1.0	1.0			
高分子単価	Rp/kg	60,000	60,000	60,000			
高分子費用	10 <sup>3</sup> Rp/月	3,600	5,400	7,200			
運転費用	10 <sup>3</sup> Rp/月	26,400	39,600	52,800	11,776	17,664	23,551

注：インドネシア国内に位置するゴム工場75社の数値の平均値に基づく。

(出所：川島専門家による推計)

Sari Sandang 社において、活性汚泥処理への転換の可否について検討するために、簡易的な活性汚泥設計計算を行うとともに、設計計算結果と既存設備(化学的処理)水槽の容量の比較を行った。その結果、既存水槽容量(曝気槽 405 m<sup>3</sup>、沈殿槽 143.9 m<sup>3</sup>)は活性汚泥処理で必要となる水槽の容量(394 m<sup>3</sup>、沈殿槽 93.8 m<sup>3</sup>)を上回っており、活性汚泥処理への転換は可能であると判明した。

ただし、導入時には、新規に曝気と返送汚泥システムを設置する必要がある。

表 3.15 既存の水槽容量と活性汚泥導入時の設計計算値の比較

区 分	排水量	曝 気 槽			沈 殿 槽	
		個別水槽	個数	容量	面積	容量
	m <sup>3</sup> /day	m <sup>3</sup>	槽	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
既存施設	900	81	5	405	81.0	143.9
設計計算	900	—	—	394	45.5	93.8

上記に基づいて第2回現地調査にて、活性汚泥法導入の改善提案を行った。同社の疑問点として、活性汚泥導入時のコストに対する質問が挙げられた。活性汚泥法への転換は、拡張や更新など大規模な工事は必要としないが、沈殿槽内の仕切りを除去し、新たに底面の形状を変更する必要があること、配管などの設置、汚泥の投入によるコストが発生する旨説明した。

これを受けて、既存設備を利用して生物処理に変更することにより、水質を改善するとともに、運転費用の削減を実現することを理解し、今後具体的に検討を進めることとなった。また、その結果、J トップ機材の導入について、初期投資を低く抑えることができることについても理解し、今後の実証実験を通じて導入の検討を進めることとなった。

(ウ) Sinar Majalaya Lestari 社

Sinar Majalaya Lestari 社は、バンドン県に立地する繊維企業であり、主に染色・プリンティング加工を取り扱っている。同社の事業・製品・排水に係る概要は以下のとおりである。

表 3.16 Sinar Majalaya Lestari 社の会社概要・事業概要

区分	概要
所在地	バンドン県 Majalaya 地区
従業員数	260 人
加工内容	染色・プリンティング
加工生地	綿、化繊
操業状況	24 時間操業。(3 交代)
工場用水	河川水。パダウルム川(チタルム川の分流)から取水。他に雨水も利用。
排水水量	500m <sup>3</sup> /日
排水処理方法	化学処理(凝集沈殿法)

■ 加工工程

同社は Sari Sandang 社に隣接しており、製造・加工工程は Sari Sandang 社とほぼ同じである。(下図は、Sari Sandang 社のもの。)

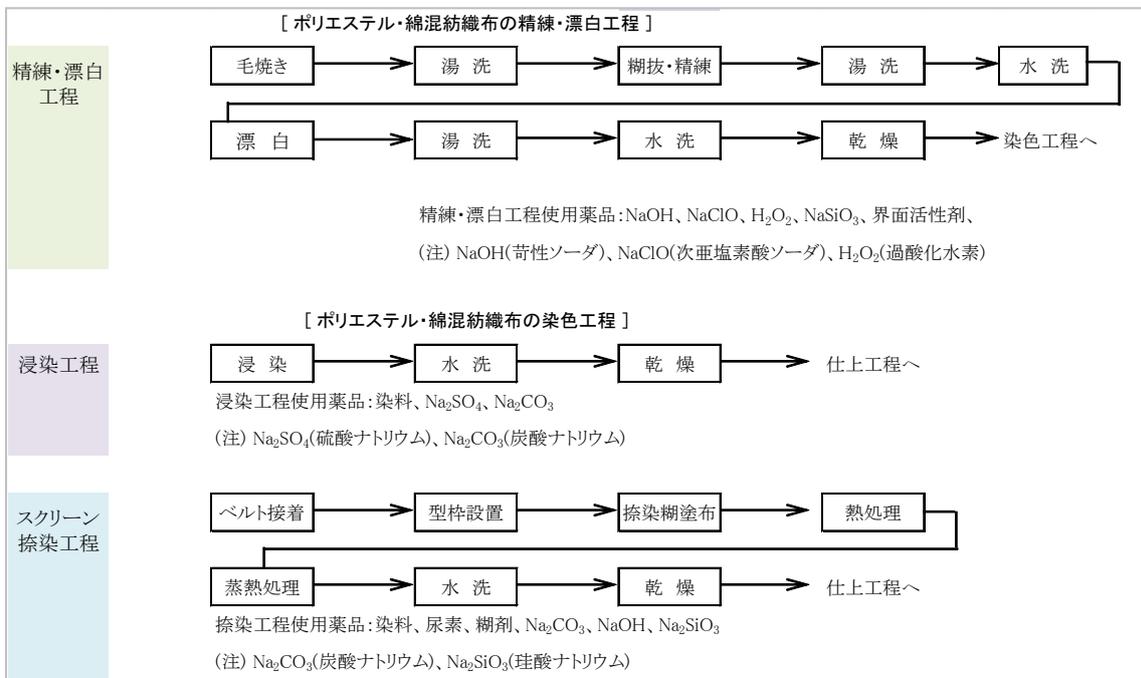


図 3.27 (参考) 製品の加工工程

■ 用水・排水の現状と課題

同社へのヒアリングによると、2015年は乾季の水不足の影響で、染色工程は5日間のうち平均3日間しか操業できなかった。

乾季は水不足のため、洗浄工程の初期洗浄水として処理水を再利用している。用水は、乾季は透明だが、雨季は茶色になる。

訪問時の曝気槽水温は 32.4℃、DO は 0.9~1.0mg/L、原水の COD 濃度は 150mg/L 程度（訪問時パックテストでは 200mg/L 前後）であり、工場側によると、処理水は COD が 50mg/L 程度まで抑えるようにしているということであった。

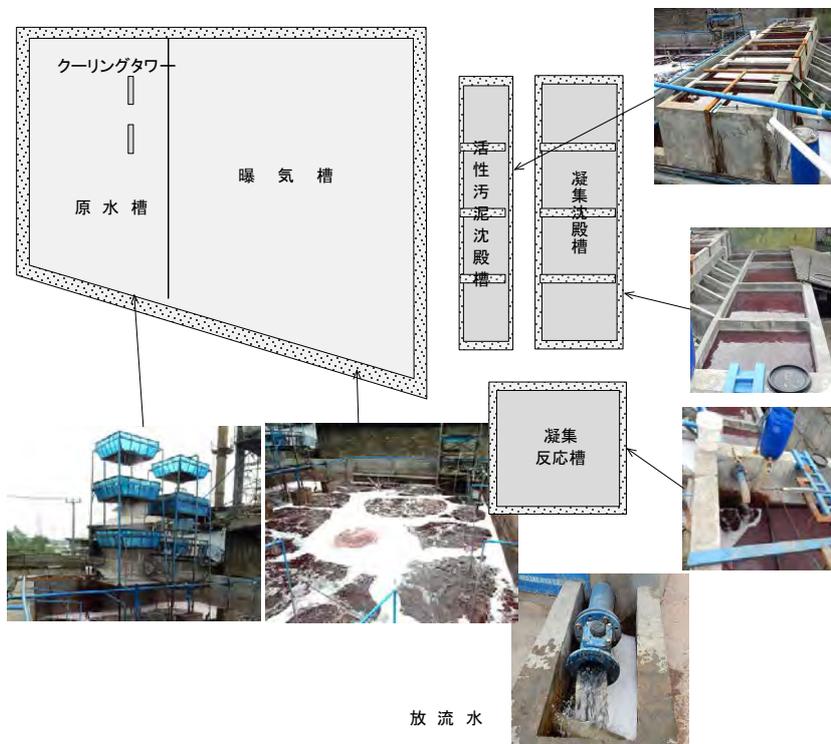


図 3.28 現状の施設の配置図



図 3.29 現状の処理フロー

■ 排水処理改善の可能性検討

既存設備の状況から、活性汚泥処理に必要な施設容量を計算した。その結果、既存施設は、活性汚泥処理に必要な水槽容量に比べ大きすぎることが課題であり、曝気槽を3槽に分割することで、最適な処理が可能となることを確認し、改善を助言した。

具体的には、活性汚泥沈殿槽は改造が必要であり、ドルトムント方式<sup>20</sup>（自然沈降式沈殿槽にエアリフトポンプを設置したもの）に改造することが望ましいと提案した。

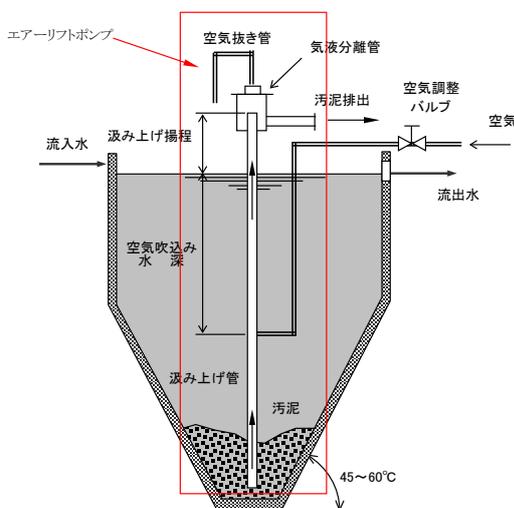


図 3.30 ドルトムント方式による活性汚泥沈殿槽

訪問時点でブロワーの能力は不明であるが、ブロワーの吐出風量が足りない場合には増設することについても助言した。

【原水の設定値】

原水	水量	BOD	COD <sub>Cr</sub>
	559 m <sup>3</sup> /day	250 mg/L	750 mg/L

\* (水質は日本の同業種の工場排水の数値を用いて設計計算を行う)

【現状施設と活性汚泥処理に必要な施設容量】

種別	調整槽	曝気槽	活性汚泥沈殿槽	凝集反応槽	凝集沈殿槽	ブロワー吐出風量	備考
現状施設	250 m <sup>3</sup>	500 m <sup>3</sup>	72 m <sup>3</sup>	27 m <sup>3</sup>	72 m <sup>3</sup>	-	* 水槽容量は目測から計算した数値
必要容量	47 m <sup>3</sup>	196 m <sup>3</sup>	29 m <sup>3</sup>	-	-	21.9 m <sup>3</sup> /min	* 原水の設定値から設計した数値

図 3.31 原水の設定値に基づく活性汚泥処理に必要な施設容量

<sup>20</sup> 日本の沈殿槽は、底部に溜まった汚泥を中心部に集めるための集泥機(汚泥掻き寄せ装置)を設置しているが、インドネシアでは、沈殿槽が大きくなると、集泥機の設計、作成、運搬・設置など、多くの難しい問題が発生する。そのため、活性汚泥処理の進むゴム工場など、比較的容易に製造ができるドルトムント型の沈殿槽（自然沈降式沈殿槽）が採用されている。

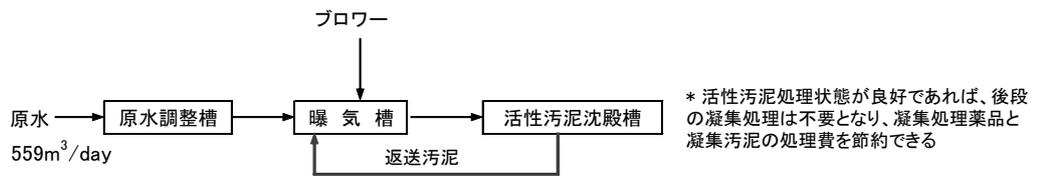


図 3.32 処理フローの改善案



注：写真（右）のビーカーは、最終処理水（左）及び原水（右）。

図 3.33 曝気槽（左）及び処理水・原水（右）

## (エ) Stanli Trijaya 社

Stanli Trijaya 社は、バンドン県に立地する食品製造業であり、主に菓子類を製造している。同社の事業・製品・排水に係る概要は以下のとおりである。

表 3.17 Stanli Trijaya 社の会社概要・事業概要

区分	概要
所在地	バンドン県
従業員数	300 人
加工内容	ケーキ、パン等の菓子類
加工素材	小麦粉、卵、砂糖
操業状況	8 時から 23 時(2 交代)
工場用水	井戸水
排出水量	6~7m <sup>3</sup> /日
排水処理方法	化学処理

### ■ 用水・排水の現状と課題

排水は、容器の洗浄工程から排出されるものが主たるものである（生産工程からの排水は排水処理施設に流している。トイレ等の従業員の生活排水は下水に流している）。

同社は井戸水を使用しているが、多量の用水を必要とするわけではないこと、水不足の深刻な地域に立地していないこともあり、用水確保の問題はそれほど深刻ではない。

しかしながら、同社は、既存の排水処理は失敗と見なしており、その原因について排水処理を設計した業者が、食品分野の排水処理の知見が乏しかったためとみている。化学処理方式を導入したが、導入後に薬品コストが予想以上に負担となっている。新工場の建設に先立ち、現在排水処理方式について設計段階にあることも踏まえて、望ましい排水処理設備について助言を行った。

現在の排水処理工程は下記の通りである。

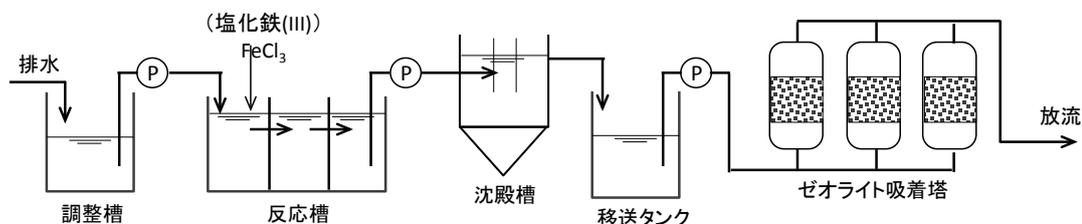


図 3.34 Stanli Trijaya 社の排水処理工程

なお、訪問時の原水、処理水の CODmg パックテスト結果、原水は 1,750mg/L、処理水は 80mg/L である。

表 3.18 原水と処理水の水質

日付 (2015年)	原水				処理水			
	pH	TSS mg/L	BOD mg/L	COD mg/L	pH	TSS mg/L	BOD mg/L	COD mg/L
1月7日	4.63	11,900	2,963	9,876	6.72	148	98	245
2月6日	4.80	1,600	1,380	4,611	7.02	60	38	95
3月5日	4.97	636	450	1,501	7.16	120	50	125
4月6日	4.55	2,550	354	1,180	6.73	192	51	128
6月5日	4.30	32,400	10,921	36,404	7.20	80	48	119
7月8日	4.88	540	516	1,720	4.96	230	497	1,656
9月17日	6.10	4,520	2,667	6,667	7.11	272	84	209
10月13日	5.25	1,700	1,759	5,862	6.51	350	310	1,032
平均	4.30 - 6.10	6,981	2,626	8,478	4.96 - 7.20	182	147	451

#### ■ 排水処理改善の可能性検討

施設の現況及び水質データに基づいて、排水処理改善のために、以下の提案を実施した。

- ・ 流入水の水質は変動が著しく、これを安定させる必要がある。これは容器洗浄水が不規則に排出されることに起因している。処理の安定化のためには排水の水質の均等化を図る必要がある。このため原水ポンプ槽と反応槽の間に調整槽を設置して水量・水質の安定化と均質化を図る必要がある。
- ・ 流入水は多くの TSS を含んでいる。流入水の負荷を下げるためには TSS を除去する必要がある。凝集処理は必要であり、凝集処理により TSS を除去し、BOD と COD を 50% から 60% 程度削減可能である (SS 1 mg は COD 2.7 mg に相当)。なお、SS の除去について、スクリーンで分離することも考えられるが、普通のスクリーンではフロックの強度不足から粒子が破碎され透過し、分離できない可能性もある。このためスクリーンで対応するのであれば、ウェッジワイヤースクリーン (微細な処理を可能とするスクリーン) と呼ばれるスクリーンで分離できる可能性がある。ただしスクリーン設置時には、事前にテストする必要がある。
- ・ 処理水には砂糖などの水溶性物質を含んでいる。活性汚泥処理の導入により水溶性物質の除去が可能となる。
- ・ 新設工場の排水処理設備には、化学処理と生物処理の両方を活用することで最も効率的に処理可能と考えられる。

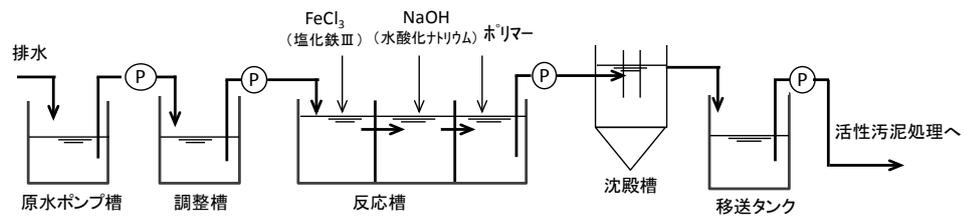


図 3.35 Stanli Trijaya 社への排水処理工程の提案

(オ) Hasan Sadikin Hospital

Hasan Sadikin Hospital は、バンドン市の中央部に立地する総合病院であり、西ジャワ州最大の病院である。

表 3.19 Hasan Sadikin Hospital 社の会社概要・事業概要

区分	概要
所在地	バンドン市
施設規模	928 床
事業概要	総合病院
工場用水	河川水を汙過処理
排出水量	最大水量 400 m <sup>3</sup> /日、平均水量は 200 m <sup>3</sup> /日
排水処理方法	接触酸化法

■ 用水及び排水処理の現状と課題

同病院は、2000 年に JBIC の支援により排水設備が整備され、その後修繕や更新はされないまま来ている。3 か月ほど前にエアレーションタンク（接触酸化法）を追加で設置している。主たる排水は、調理や洗濯水など生活排水である。

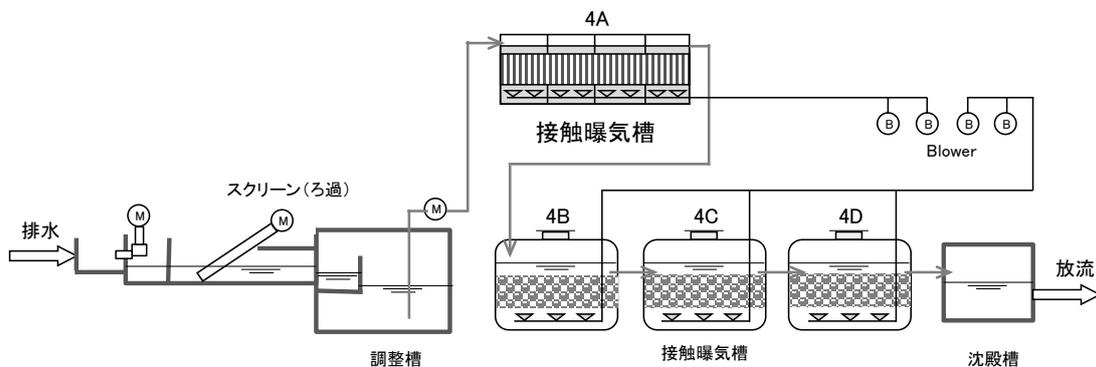


図 3.36 Hasan Sadikin Hospital の排水処理工程

同施設は、見学時の COD は 40 から 50mg/L であり、基準値はクリアしていた。しかしながら、過去のデータを参照する限り、数値は不安定であり、月によっては BOD、COD の値が基準値を超えることもある。

複数の曝気槽の DO 値を測定したが、槽により値のばらつきがみられた。DO 値の均質化を図るとともに、DO 値を 1.5mg/L を目標にすることが望ましい。

曝気槽内の混合液浮遊物質 (Mixed liquor suspended solid: MLSS) は、曝気槽の浄化能力を維持するために、微生物の量を適正に保つ必要がある。MLSS は 1,000 ~ 3,000mg/L が標準だが、現在の処理では 200mg/L 程度しかないと思われる。設備

内において微生物の動きは活発であるが、その数が少ない。

表 3.20 原水と処理水の水質

	原水					処理水				
	pH -	TSS mg/L	BOD mg/L	COD mg/L	N-NH <sub>3</sub> mg/L	pH -	TSS mg/L	BOD mg/L	COD mg/L	N-NH <sub>3</sub> mg/L
2015年1月	7.05	53	139	288	N/A	7.60	16	42.5	87.2	N/A
2月	7.23	103	197	408	N/A	6.87	53	55.0	111.4	N/A
3月	7.80	22	120	250	N/A	7.37	18	42.5	83.3	N/A
4月	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5月	8.49	69	170	338	N/A	7.57	25	40.0	79.2	N/A
6月	7.48	57	29	73	0.02	7.31	32	26.8	64.6	0.01
7月	7.73	60	106	280	3.45	7.72	10	28.6	85.1	3.37
8月	7.54	202	580	1651	3.53	7.36	50	120.0	312	2.63
9月	7.48	110	168	471	3.49	7.80	16	7.8	23.7	3.35
10月	7.44	66	159	274	6.12	7.83	31	158.6	276	6.41
平均	-	82.4	185.3	448.1	3.3	-	27.9	58.0	124.7	3.2
基準						6.0-9.0	30	50	80	10

表 3.21 曝気槽の DO 値

ばっ気槽	容量	DO値
4A	不明	0.10 - 2.2mg/L
4B	90m <sup>3</sup>	0.10 - 2.6mg/L
4C	90m <sup>3</sup>	停止(稼働せず)
4D	90m <sup>3</sup>	0.38 - 5.2mg/L

#### ■ 排水処理改善の可能性検討

施設の現況及び水質データに基づいて、排水処理改善のために、以下の提案を実施した。

- ・ 同病院は現在ガス用のブロワーを使用しており、過去にルートブロワーを使用していたが、現在は使用していないとのことであった。この理由として、ルートブロワーは潤滑油が必要であり、メンテナンスの手間を要したことを挙げている。しかしながら、近年は潤滑油を必要としない、メンテナンスが容易なルートブロワーも数多く存在するため、ルートブロワーの代表的な製品の例を複数紹介した。
- ・ 水質の各検査項目が最大濃度であった時を前提に処理設備を設計すると、曝気槽が不足する。このため、沈殿槽の四分の一を曝気槽に変換することを提案した。

- ・ 活性汚泥処理槽への流入水量を一定にし、処理の安定的に行い、水質を安定化させるために、ポンプからの送水量を調整することを提案した。具体的な方法として、既存の配管に、バイパスとなる配管とバルブを設置し、流入水量を調整するものである。現時点で同病院の流量計は大きな流量しか測定できないが、電磁流量計を設置すれば、微量の水量を調整可能となる。

(カ) Kimia Farma Company

Kimia Farma Company は、バンドン市内に位置し、ジャカルタ工場、メダン工場などインドネシア各地で事業を展開する大手製薬会社である。

表 3.22 Kimia Farma Company の会社概要・事業概要

区分	概要
所在地	バンドン市(近い将来、バンドン県への移転予定あり。) ※本社所在地はバンドン。訪問地はバンドン工場。
工場用水	河川水を汙過処理
製品	抗生物質、サプリメント、抗アレルギー薬、各種ジェネリック薬品
排出水量	35 m <sup>3</sup> /日
排水処理方法	生物学的処理

■ 用水及び排水処理の現状と課題

同社は化学処理を行っているが、水質が不安定であることが課題として指摘されていた。

企業訪問調査・指導を行い、DO 値について槽別に測定した結果、D06.8~7.7gm/Lの範囲である。また、ディフューザーは溶存酸素の高いものを使用している。また、パケットテストの結果、CODmg120 mg/L (流入水)、15mg/L(処理水)であった。

同社は、近い将来バンドン県東部への移転計画があり、その際には、現行の施設を閉鎖の予定である。移転に当たっては、原水を直接活性炭で処理して、製造ラインに使用する旨希望している。しかしながら、製薬会社の水質は、洗浄水、製造ラインなどその用途を問わず厳しい水質基準が要求されており、再利用には COD 濃度がゼロであることが求められている。

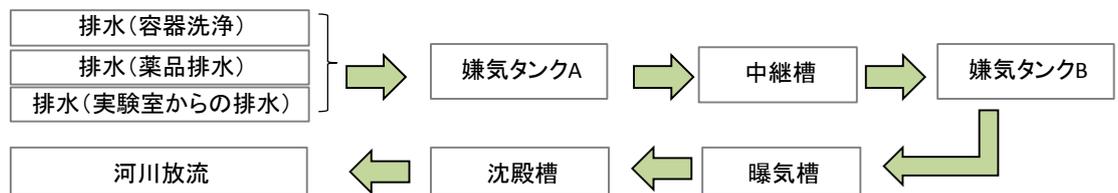


図 3.37 Kimia Farma Comany の排水処理工程

COD 濃度をゼロにすることは、RO 膜等による処理を必要とし、現行の処理施設の改善によって対応することは困難であることを助言した。

(キ) バンドン市及びバンドン県

バンドン市及びバンドン県に対して、日本の排水処理行政の経験を伝えるとともに

に、企業訪問調査・指導を通じて本邦排水規制経験者より、主に以下の助言活動を行った。

#### ○立入検査・水質検査の実施方法

- ・事業場（工場・病院等）外への処理水放流に際して、事業者が常に細心の注意を払って管理するため、行政担当者は、可能な限り「抜き打ち」かつ「事前連絡なし」で事業所に立入調査・水質検査を実施することが必要である。
- ・立入調査・水質検査の際には、事業活動の状況（工場の稼働状況、生産等での大きな変化の有無）を確認し、排水処理状況の悪化、水質の規制基準超過時の原因を事前に把握しておくことが必要である。
- ・処理施設に計測機器（水質、流量）が設置されているときは、必ず正常に稼働しているか確認しておく。
- ・pH調整を行う必要がある処理施設では、薬液注入槽、最終処理水等の地点において、「pH試験紙」（※現地で測定可能な簡易試験ツールである）を用いて適切にpH管理しているか確認しておく。

#### ○立入検査・水質検査の実施体制

- ・事業場への立入調査には、環境林業省から認定を受けた職員のみが立入権限を有しているとのことだが、認定を受けた職員が少なく、所管する規制対象事業場を1年間に全てカバーできない状況となっている。認定職員の数を増やせるよう、計画的な職員採用や人員配置を行う必要がある。
- ・上記に関連して、予算面・人員面の関係で独自の水質検査できない事業場が多く、その場合、事業場から定期的な水質結果報告書を提出させている。しかし、報告データと実データとの乖離が懸念される。規制対象事業場全てに水質検査が実施できるよう、追加的な予算的措置が必要である。（日本のように、サンプリングのみ行政担当者が行い、分析は外部委託する方法も考えられる。）

### ③ 活動結果 3 : 普及活動 (再生水製造に向けた設備導入のための利用ガイドライン (案))

本再生水ガイドラインは、大臣令により同国環境林業省が作成することになっているものの、同国での対応が難しく作成が進んでいない状況を受け、本事業において本邦専門家とバンドン工科大学の専門家等の協力の下、同ガイドラインのドラフト (以下、「再生水利用ガイドライン (案)」という。) を作成した。

これにより、再生水利用を検討する企業に、当社技術を含む適切な排水再生技術に関する知識を提供するとともに、許認可取得等の機会に企業からの技術照会を受けるものの知識不足から高価な技術を紹介し企業側は資金負担の大きさから再生水利用の実施を断念するといった悪循環の改善をめざす。

#### (ア) 再生水製造に向けた設備導入のためのガイドライン (案) の対象産業の範囲

再生水製造に向けた設備導入のためのガイドライン (案) の策定にあたり、繊維産業は紡糸、製糸、紡績、織布、染色、縫製、編み物など極めて多岐にわたる分野に細分化されるが、本事業では、繊維産業のうち染色工業 (プリント加工業も含む) に特化したガイドライン (案) とした。

染色工業は、繊維産業のなかでも特に大量の水 (地下水) を使用し、また大量の染色排水を放出していること、バンドン地域に同産業は多数集積し本事業の実証事業及び企業訪問調査の範囲ともなっていることによる。ガイドライン (案) 策定によりバンドン地域の排水処理対策、地下水の取水の抑制などに効果が期待される。

#### (イ) 既存の再生水利用ガイドライン

排水処理に関連して入手可能なガイドラインは、国土交通省が 2005 年に刊行した「下水処理水の再利用水質基準等マニュアル」、及び米国 EPA (Environmental Protection Agency) の作成した 2004 年に策定され、2012 年に改訂されたガイドライン「Guideline for Water Reuse」が存在する。

ガイドライン (案) 策定にあたり重要な視点は、以下の通りである。

表 3.23 各種現行ガイドラインの比較

ガイドライン	策定主体	特徴
下水処理水の再利用水質基準等マニュアル (2005)	国土交通省	・ 下水処理水に限定したガイドラインである。 ・ 繊維産業は対象外。
Guideline for Water Reuse (2004)	米国 EPA	・ 各産業共通。1 章は序章、2 章以下は、各種用途、最後にケーススタディと続

		く。 ・繊維産業については、ケーススタディにおいて言及。
Guideline for Water Reuse (2012)	同上	・各産業共通。1章は序章、2章は <u>再生水利用のための計画及び管理の検討</u> 、3章以下は各種用途、最後にケーススタディと続く。 ・繊維産業に対する具体的な言及なし。

ガイドライン策定にあたって、米国 EPA の「Guideline for Water Reuse」(2012)を参考とする。本事業において作成するガイドライン(案)は、染色排水に限定しているが、将来的に他の産業を再生水利用ガイドラインに追加できる構成とすることが望ましい。そのために、米国 EPA のガイドラインが、総論と各論(各用途や産業)の構成が明快であるため、この構成を参考とする。また、米国 EPA の 2012 年の改訂版は、序章に加えて再生水利用計画策定時や管理も踏まえていることから、2012 年の改訂版を参照するとともに、ケーススタディにおいて染色排水のケースを取り上げている 2004 年版も参照した。

これらの構成に基づき、バンドン工科大と検討した再生水利用ガイドライン(案)の構成は以下の通りである。

表 3.24 再生水利用ガイドライン(案)の構成

<p>Guidelines for Water Reuse - Dyeing and Printing Textile Industries -</p> <p>Chapter 1: Introduction</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Objectives of the Guidelines</li> <li>2) Guidelines Terminology</li> <li>3) Motivation for Reuse</li> <li>4) Fit for Purpose</li> </ol> <p>Chapter 2 : Planning and Management Considerations</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Concept of Reuse</li> <li>2) Procedure of Reuse Intended use, Required water quality and quantity, Selection of technology</li> <li>3) Application considerations</li> </ol> <p>Chapter 3 : Regulations and Legislation of Water Reuse in Indonesia</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Regulation Regarding Wastewater</li> <li>2) Regulation Regarding Water Reuse</li> <li>3) Industrial wastewater reuse for land application in Depok city</li> </ol> <p>Chapter 4 : Production Process and Required Water Quality</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Production Process of Dyeing and Printing Textile Industries <ul style="list-style-type: none"> <li>-Pretreatment Process( Desizing / Scouring / Bleaching)</li> <li>-Dyeing(Dyeing / Printing)</li> <li>-Finishing</li> </ul> </li> </ol>
--

- 2) Wastewater Quality and Quantity of Each Process
- 3) Required Water Quality of Each Process

Chapter 5 : Treatment Technologies for Water Reuse

- 1) Physical treatment
  - Filtration
  - Membrane separation (MF,UF, RO etc)
  - Sedimentation
  - Floatation
  - Adsorption
- 2) Chemical treatment
  - Coagulation
  - Neutralization
  - Oxidation, reduction
- 3) Biological treatment
  - Activated sludge
  - Membrane bioreactor

Chapter 6 : Practical Example

再生水利用ガイドライン（案）は、同国環境林業省からの要望を受け、インドネシア語版も作成した。

再生水利用ガイドライン（案）は、同国環境林業省への提出を前に、利用予定主体からのヒアリングを実施することが望ましいことから、2016年4月に行政関係者と企業関係者を招聘して再生水利用ガイドラインセミナーを開催し、ヒアリングを実施した。

表 3.25 再生水利用ガイドライン（案）セミナー概要

時刻	概要	出席者数
11:30-13:00	受付、昼食	11 団体・企業 (16 人)
13:00-13:05	開催意図・スケジュール説明	
13:05-13:10	開会挨拶（チャンドラ教授）	
13:10-14:10	再生水利用ガイドライン（案）の説明	
14:10-14:30	休憩	
14:30-14:50	Jトップ社技術の説明	
14:50-15:10	実証事業結果の紹介	
15:10-16:00	質疑応答	

※出席者は、自治体からは、西ジャワ州、バンドン市、バンドン県から合計6名、企業からは、繊維企業を中心に、ペイント企業、製紙企業や病院などから合計10名の出席者があった。

質疑応答では、再生水利用ガイドライン（案）の構成や内容について、出席者か

ら同意を得たことから、環境林業省へ提出する原稿内容についてもその場で確定した。確定原稿については、環境林業省担当部署のアドバイザーを務めるバンドン工科大学チャンドラ教授より、担当者に説明の上提出し、議論がなされた。環境林業省の今後の方針としては、ドラフトは今後、政府関係者及び地方の排水行政関係者との議論を重ね、ニーズを反映させたいうで、公表手続きを進めるとのことである。

一方、J トップの技術については、当社から具体的な価格情報を提示したこともあり、繊維企業、ペイント企業、製紙企業のそれぞれから導入に向けた機材の実証導入等の相談を受けた。これらの相談企業に対しては、今後、現地連携先商社等を通じて協議を進めていくこととなった。

#### ④ 活動結果 4：普及活動（中小企業排水処理検討事業）

バティック産業の排水処理の状況について、バンドン工科大より調査を実施した。

##### (ア) インドネシアのバティック産業の概要

バティック産業はインドネシアの伝統産業であり、バンドンにおいてもバティック産業の集積が見られる。ほとんどのバティック業者は、零細・小規模から中規模までの規模の事業者が大半である。多くは脆弱な経済基盤のもと、ファミリービジネスとして家族で製造に従事している。

バティックの製造工程は、大きく概ね以下の5つの工程に分かれる。生産工程には、布、ろう、天然又は人工染料を用いられる。

##### 1) 前処理

前処理段階として、染色に先立ち布の汚れを落とすために洗浄する。その後天日干しをする。

##### 2) ろう置き

ろう置き段階では、生地表面について防染して色を染めない箇所にろうを置いて冷やすプロセスである。

##### 3) 染色

ろうを乾燥させたのち、布を染料に浸して染色と洗浄を行う。

##### 4) ろう落とし

染色し、デザイン通りのバティックが完成したら、ろうが落ちるまで熱湯で煮る。（豊かな模様をつけるため、ろう置きから、ろう落としまでのプロセスを複数回繰り返す。）

##### 5) 磨き

生地を柔らかくするために、キャッサバ粉で洗う。

### (イ) バティック排水の水質

チタルム川をはじめ、バティック産業が集積する地域の河川は、水質汚濁の問題を抱えている。COD 濃度、BOD 濃度の上昇、着色水や悪臭の発生など、多くの河川で顕著に水質が悪化している。BOD や COD の濃度の上昇は、プリント工程や染色工程に発生し、バティックを洗浄する過程で排水となる。なお、バティック業者は、バティック排水が有害であることを正しく認識していないのが現状である。なお、バンドンより西の中部ジャワに位置する、ペカロンガンのケースでは、排水を処理して河川に放流しているバティック業者は、わずかに全体の 25% であり、平均して概ね日量 5 から 6 トンの排水が排出されている。また、次表はバティックの原水及び処理水の水質は、バンドン工科大が収集した複数のバティック排水のデータに基づく、処理前後の数値の幅を示したものである。TSS、COD、BOD や油脂は、総じて基準値より高くなっている。

表 3.26 バティックの排水処理前後の水質の傾向

パラメータ	基準	処理前	処理後
pH	6 - 9	6 - 9.93	6.95 - 10.26
TSS (mg/L)	50	214 - 535	110 - 160
COD (mg/L)	150	2707 - 4230	400 - 680
BOD (mg/L)	50	707	164 - 201.6
硫化物 (mg/L H <sub>2</sub> S)	0.3	0.04	0.01
全アンモニア (mg/L NH <sub>3</sub> -N)	8	5.47	4.51
総クロム (mg/L)	1	0.083 - 0.1385	0.001 - 0.06
油脂(mg/L)	3.6	253	14.4 - 600
フェノール (mg/L)	1	0.008 - 0.045	0 - 0.02

### (ウ) バティック産業における排水処理の例

バティック排水の成分は繊維排水に近いが、主な汚染物質はろう及びインクである。ろうとインクの排水は、それぞれ異なる生産工程で発生する。これらの排水処理は必ずしも不可能ではない。

ろうについて、東ジャワのソロ地域に立地し、バティック業界では比較的企業規模が大きい Danar Hadi 社のケースでは、排水と複数の油水分離機にかけ分離し、ろう及び水を再利用している。

主な汚染物質であるインクについても、繊維排水同様に処理することは可能である。下図に示したように、繊維排水の凝集沈殿方式（化学処理）において、汚染物質を可能な限り凝集させるために、凝集沈殿層（coagulation-Flocculation Basin）における処理のプロセスを適切な pH で行う必要がある。次に、スラッジを沈殿槽と

ベルト濾過機を用いて分離する必要がある。

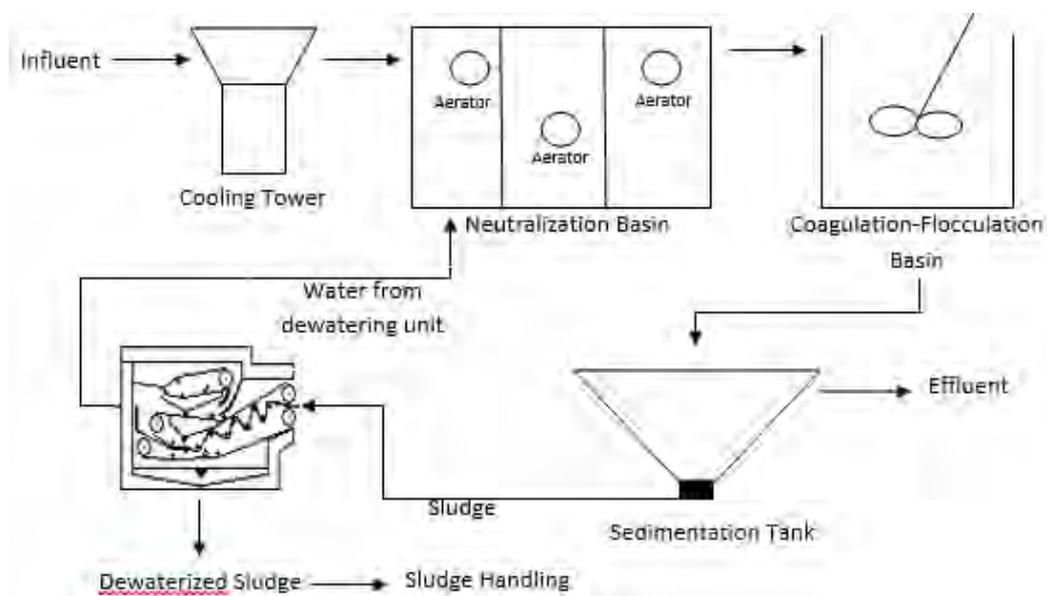


図 3.38 繊維排水に見る処理例（凝集沈殿方式）

実際の処理の方法は様々であり、比較的規模の大きいパティック業者のケースにおいて、ベルト濾過器ではなくヤシの繊維・炭等を用いて濾過しスラッジを除去するケースも存在する。また、東ジャワ州ジェンベルのケースでは、小規模事業者が排水処理を行っているケースもある。この場合、使用する水量が異なく、生産プロセスも比較的簡便であることから、事業者は水を単一の用途に用いたのち、凝集処理して24時間放置し、放流するという手法である。

パティック産業において、未処理のまま排水するケースは未だに多いものの、徐々に環境対策に関心を向け始めた事業者も現れている。また、比較的大手であるとはいえ、水の再生利用を行った事業者も存在する。パティック排水は、繊維産業の凝集沈殿法などの手法を取り入れることで処理をすることはできるが、設備規模が大きくなると導入が困難になる。小規模事業主の場合、生産工程が簡素であるため、簡便な排水処理の仕組みを構築することで、排水処理が可能となる。

#### ⑤ 活動結果5：普及活動（セミナー開催）

11月24日に、バンドン工科大学にて既存の排水処理について課題を抱えている企業や、その他排水処理行政関係者等を対象に、セミナーを実施した。

セミナーは午前の部及び午後の部の構成からなり、午前の部においては、再生水利用ガイドライン（案）の基本的な考え方の紹介、大阪府を例とした日本の排水処理行政の紹介、Jトップ技術の紹介、実証事業及び企業訪問調査・指導の経過の報

告を実施した。

午後の部においては、PT. Grand Textile 社にて実証サイトの見学を行った後、バ  
ンドン工科大学にて希望する企業に対して個別に相談を受け付ける意見交換会を開  
催した。

表 3.27 セミナー概要

・	時刻	概要	出席企業数 (出席者数)
午 前 の 部	09:00 - 09:30	受付	44 社 (70 人)
	09:30 - 09:35	本日のアジェンダ	
	09:35 - 09:40	開会挨拶	
	09:40 - 10:00	発表① “Water Recycling, Reclamation and Reuse”	
	10:00 - 10:20	発表② “Japanese Experience of Wastewater Treatment”	
	10:20 - 10:35	発表③ “Introduction of Jtop Product”	
	10:35 - 11:05	発表④ “Visit Survey and Field Test Result”	
	11:05 - 11:30	質疑応答	
-	11:30 - 12:30	昼食	-
午 後 の 部	12:30 - 13:30	PT. Grand Textile 社へ移動	-
	13:30 - 14:30	実証サイト見学 (PT. Grand Textile 社)	38 社 (61 人)
	14:30 - 15:30	ITB へ移動	-
	15:30 - 17:00	意見交換会	8 社 (11 人) ※

※実際には 9 社だが、うち 2 社は同一グループに属する企業しており、8 社とし  
て整理している。

午後の意見交換会での出席企業との意見交換の内容は次表のとおりである。

表 3.28 意見交換会における企業の排水処理を取り巻く状況

1. Company (Organization) Information 企業情報		1	2	3	4	5	6	7	8
Company Name / 企業名		A社	B社	C社	D社	C社	E社	F社	G社(及びH社)
Company Profile / 企業概要	Employees / 従業員数	600人	不明	不明	800	200	不明	510	1600
	Location(HQ, firms) / 企業所在地	Moyalage Kab, Bandung	Desa Canguang Wetan Bundong(ITBから一時間くらい)	Holis Regency Ruko-A WEST Java	Cimahi Bandung	JL industri II No26 CIMAHI		JL Raya Rancaekek KM 22,5 Samedang-45363	Cisirung Km.2 (Moh, Toha) Bandung, West Java - Indonesia
	Industry Categories / 業種	繊維	糸の染色	ケミカル系 (染料メーカー)	texile(染色・プリント)	textile Pencelupan	繊維	繊維	繊維
Products and Services / 製品及びサービス	Business Outline / 事業概要	繊維					ポリエステル製品の仕上げの染色		仕上げ、輸出 (アラブ)。日本企業にも納入。生産量：月350万m
	Products and/or Services 製品・サービス				knitted dyed fabric	maklon pencelupan kain kaos	Tシャツ、布製品等	ユニフォーム、ファブリック	
Other features その他									* G社とH社は同じグループ会社に属している。
2. Current situation of wastewater treatment (排水処理の現状)									
Current Amount of Wastewater (m3/day) (一日当たり排水量)		1200mm2/day(染色) 500/700 => 7 0 0 m2分リサイクル希望	500mm3(MAX) 300mm3(平均) 排水費用 100万Rp/Day 水道料 5000Rp/mm3)	排水 なし 活性炭に興味あり 染料メーカーとしてお客様に活性炭を紹介したい 現状も汚れにくい染料を販売	排水量 3000-4000m3/Day すべてJTOP処理するなら数億円単位でコスト 900pタンクが約100本 TDS 5000~6000 前処理無しでは再利用不可 BOD 300 (基準/ターゲット <60) COD 600-270(基準/ターゲット <150)	85~100m3/day 50m3 再利用	4800ml / 日	1200m / Day	3500m/日 物理化学処理
-COD of in influent and effluent (COD濃度について)		現状 773できている COD60, BOD30, 生物と化学併設で対応中。	-	-	-	80	原水：1200mg/L 処理水：140mg/L	原水：1800-2600 排水：70~120	処理水：安定して排水基準 (150mg/L) を守ることができない。時に1800mg/Lになることもある。
3. Questionnaire									
1) Please explain the reason(s) for consideration of improvement of wastewater treatment. 排水処理の改善検討の理由をご教示ください。		再生水 (生物処理は済み)	乾季は水不足になる 井戸も掘れない		行政からBODを50まで下げるよう指示あり				
Example:例	Meeting regulation standards 規制への適合	✓	✓		✓				✓
	Improving discharging water quality 排水の水質改善	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
	Reusing water, 再生水利用	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
	Reducing sludge スラッジ削減	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
	Reducing cost コスト削減	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
	Reducing operation burden, 運営効率化 other purposes, etc その他	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
2) Please tell us your budget for introducing or improving wastewater treatment facility or recycling wastewater 排水処理施設 (機器) に関する御社のご予算について、ご教示ください。		オーナーと相談	予算不明も見積もり希望あり 500mm3だと70億Rpレベルになると回答	12億Rp	見積書がほしい 数億円単位の価格であることは伝えた	先日30m2を10億Rpで買った	・予算については未定。 ・今の排水処理をJTOP技術でリサイクルしたい。溶解性蒸発残留物 (TDS) の処理が難しくければ別途新しい処理で対応が必要。 <参考> ・現在の排水処理ユニットは300万ドル	・6年後~8年後に導入計画あり。	・特に決めていない。排水基準をクリアできるかが重要。
3) Assuming that your company would introduce Jtop plant, please tell us your idea.-What is/are important condition(s) for introducing product? -How much is a reasonable price to consider purchasing for Jtop plant? 御社の工場でJTOP製品を導入すると仮定して、導入のための重要な条件、また購入を検討する妥当な価格はいくらかを教示ください。		10億Rp以下	活性炭寿命は? : 約10年 設置面積は? : 5m*6m(900p*4本) 3700Rp/m3 1日あたり100万Rpを支払っている 3 0 万 Rp / 月 支払いレベル希望	-	排水再利用したいがRO膜では処理できなかった。数億円でもよいので再利用できれば見積希望	-	・求めている排水処理は、色を取ること、TDSを下げられること (TDS濃度1500mg/L) 。 ・価格については明言なし。	・6000~8000IDR/ m <sup>3</sup> (排水~再利用まで) を希望。ランニングコストであれば、購入したい。 ・1000万円以下を希望。	・今の運転コストは月額2億5千IDR (約250万円) 。これと同等、あるいはコストをより下げられるとよい。
3) Others Information(その他) *Please write down any information related to Participant Company (その他、参加者の抱える課題、ニーズ、要望等記載。)		塩を使っているため濁りが残っている リサイクルと色をよくする JTOP装置で色はとれるがJTOP 価格問い合わせあり 購入予算はオーナーと相談だが10億Rp以下を希望	現状第三者に水処理を委託 水質目標あり。 現状フェノール有機物が高い (これはJTOPで除去実績あり) 打ち合わせしたい。来社希望あり 早く設備を導入したい。 →受け取り次第スケジュール調整 300万Rp/日~400万Rp/日 水が乏しく水のリサイクルをしないと5年後が心配	-	原水量 4000m3/日 原水内容 染色排水 TDS5000~6000mg/L 一日のリサイクルコストが非常に高いのでRO膜やエンブレイン処理はやめた。 BODで800mg/Lまで下げられる →生物処理で200mg/Lまで下げられる 計画的にはBOD<50mg/Lが再生水としては望ましい	価格問い合わせあり @17億Rpで回答	・低コストで排水処理したい。 ・排水の水質：化学処理しているが能力を超過。色つきの排水と無色の排水を分け、無色の排水を再利用したい。 ・生物処理ではTDSは処理できない。良い処理方法はないか探している。 ・河川水を利用。乾季は水質が悪化する。臭いもする (利用にあまり適さない) 。 ・再利用の場合の用途は染色の前処理を考えている。	・再利用をしたい。 ・工場内にボイラーあり。	・C O D、BOD、たまにSSが排水基準を超過。 ・CODの処理を安定化させ、排水基準 (150mg/L) をクリアしたい。 BODも800mg/Lになることがある。 ・色は規制項目になっていないので、特に関心なし。 ・JTOPの技術だけでできると思っていたが前処理が必要となればコストが高くなる。 ・コンサルタントした結果は最後までやり遂げてほしい。技術援助をお願いしたい。工場に来てもらって一度確認いただきたい。

意見交換会において、排水処理を改善検討の理由を確認したところ、8社中7社と、ほとんどの企業が「水質改善」を挙げ、かつ「再生水利用」を希望していた。これは近年の水不足による操業停止や取水税の高騰が、企業活動に影響していることによる。

表 3.29 排水処理改善検討の理由

排水処理改善検討の理由	回答者数
規制への適合	3
排水の水質改善	7
再生水利用	7
スラッジ削減	2
コスト縮減	4
運営効率化	1
その他	0

#### ■ Jトップ技術に対する参加企業の反応

午前の部における質疑応答及び午後の部の意見交換会を通じて得られた所見は以下の通りである。

- ・ Jトップ技術や実証サイト見学での質疑応答において、Jトップ技術の初期投資及び維持管理コスト（主に電力コスト）について、高いと捉えた企業は多かった。この点について、終日電力を消費するわけではなく、再生時間（3～4時間）のみの稼働であること、水の再利用を行うことで取水税等の用水コストが抑えられる効果を考慮する必要があることを説明した。水質改善のみの効果を求める場合、Jトップの設備は比較的価格が高く導入は全ての企業にとって必ずしも容易とは限らない。しかしながら、水不足に悩む企業にとっては、再生水利用を図ることで乾季の操業停止による売上の減少を回避することができるため、Jトップ技術の有する付加価値への期待は高い。
- ・ Jトップ技術に積極的に関心を示した企業は、相応の設備投資を行えるだけの一定の事業規模を有する企業（G社、H社、及びKahatex社など）が主であった。
- ・ 全ての現地企業のニーズを満たすわけではなく、Jトップ技術の導入が見込まれるのは、深刻な水不足の問題を抱えている（又は将来その可能性がある）地域の企業で、初期投資を行いうる財務体質を有する企業での導入が期待できる。
- ・ ほとんどの企業担当者は、排水処理に関する知見が不足しており、排水処理施設の改善について苦慮している企業が多い。知見が不足し適切な事前の検討ができない状況下で、言われるがままに現地の水処理会社や薬品会社から高価な

機材・薬品や、使用やニーズの適合しない機材を導入するなどのケースが多くみられた。このため現地の企業から、設備の販売のみではなく、適切な排水処理の工程やオペレーションへの助言にも期待されている。

⑥ 活動結果 6 : 普及活動 (本邦受入活動)

本事業の一貫として、プロジェクト対象地域自治体 (西ジャワ州、バンドン市、バンドン県) の環境規制担当職員を本邦に招聘し、日本における水処理の現状について知見を深めるためのトレーニングプログラムを実施した。

西ジャワ州、バンドン市、バンドン県の各自治体から各 1 名招聘し、2016 年 5 月 15 日から 21 日にかけて本邦受入活動を実施した。

表 3.30 本邦受入活動参加者

名前	所属先	役職
Mr.Hery Herawan Suganda	西ジャワ州環境局	Staff of Environmental Monitoring Sub Division (環境モニタリング課 係員)
Ms.Teti Mulyawati	バンドン市環境局	Head of Environmental Pollution Control Division (環境管理局 汚染管理部長)
Ms.Atih Witartih	バンドン県環境局	Head of BPLH(環境管理局長)

トレーニングプログラムでは、本邦自治体の排水規制や排水処理・リサイクル技術の他、現地自治体における優先課題となっている下水処理場についても研修を実施した。なお、訪問先のカリキュラムは以下のとおりである。

表 3.31 本邦受入活動のカリキュラム

日時		訪問先
5/16(月)	13:00	大阪府 環境農林水産部 環境管理室 事業所指導課 水質指導グループ (本邦排水規制行政の知見供給)
	16:00	鈴木産業(本邦染色排水処理システムの事例紹介)
5/17(火)	14:00	Jトップ株式会社(工場見学、協議)
5/18(水)	10:00	Jトップ技術導入先企業(温浴施設):排水高度処理事例紹介
5/19(木)	10:00	近畿経済産業局(TeamE-Kansai 活動紹介・協議)
	13:30	関西環境管理技術センター(排水等モニタリング技術・事例紹介)
5/20(金)	14:00	大阪市海老江下水処理場(下水道科学館)(排水処理技術紹介)

それぞれの訪問先での活動概要は以下の通り。

表 3.32 各訪問先での活動概要

訪問先	活動概要
大阪府 環境農林水産部 環境管理室 事業所指導課 水質指導グループ	大阪府の排水処理行政の歴史と、規制行政遂行上のポイントを紹介。インドネシアにおける規制行政能力向上の参考とするため、両国の規制行政担当者間の意見交換を行った。インドネシア側出席者は、特に、課題を抱える事業者に対して、技術指導ができる人材の育成が必要であることについて共感し、今後、日本との間でもそのような人材育成事業ができないか検討を進めることとなった。
鈴木産業	日本における繊維・染色排水処理の事例等について紹介。また、今後の排水処理および再生水利用促進事業の可能性についても検討。インドネシア側出席者の方でも、今後必要となる取り組みについて検討することとなった。
Jトップ株式会社	英語版パワーポイントを用いて技術概要・導入実績等の説明。施設内見学後、意見交換を実施。同社技術のインドネシアでの普及の可能性と重要性について、これまで以上に認識を深めた。
Jトップ技術導入先企業(温浴施設)	温浴施設に導入されている J トップ社の廃水処理技術について説明。その後、装置の見学および意見交換を実施した。J トップ社技術の運用実態について認識を深めた。
近畿経済産業局	当社も参加する近畿経済産業局推進の環境クラスター (Team-E kannsai) による海外展開活動等について紹介。本技術を中心に、それ以外の本邦技術の普及についても今後協力していくことで合意を得た。
関西環境管理技術センター	日本の排水等モニタリング技術と、規制行政の中での排水モニタリングの体制や役割、留意点について情報提供を実施した。
大阪市海老江下水処理場	大阪市の下水道の一般概況及び海老江下水道の概要について、木下副館長及び中畑氏より説明・意見交換。その後、海老江下水道及び下水道科学館を見学。今後推進する下水処理システムの整備にあたっての知見を得た。

## (2) 事業目的の達成状況

事業目的の達成状況は、以下の通り。

実証活動（JTOP 機材を用いた排水処理実験）を通じて、J トップ技術は活性炭を繰り返し再生しながら適切に排水処理を行うことが可能であり、技術的に有効であることが明らかとなった。

企業訪問調査、中小企業排水処理検討事業、セミナー開催、本邦受入活動を通じて、インドネシアの排水行政担当者の課題の共有および日本の規制・指導行政に関する知見の移転が進み、現地行政機関の責任者及び担当者が自らの規制・指導行政の改善の方向性を認識し反映することができるようになった。

また、再生水製造に向けた設備導入のための利用ガイドライン（案）の策定とそのガイドライン（案）の発表を通じて再生水利用の議論が深まるとともに、今後のさらなる再生水利用の拡大が見込まれることとなった。

活動	実施状況
活動結果 1：実証活動（JTOP 機材を用いた排水処理の実証実験）	3つの工場（いずれも繊維産業）において実証実験を実施し、活性炭の再生能力及び水質改善効果が認められた。経過については、2015年11月のセミナーで発表した。
活動結果 2：普及活動（企業訪問調査・指導）	6つの企業（繊維3社、食品1社、病院1社、製薬1社）において、企業訪問調査を実施し、指導を実施した。
活動結果 3：普及活動（再生水製造に向けた設備導入のための利用ガイドライン（案））	再生水製造に向けた設備導入のための利用ガイドライン（案）をITBのチャンドラ教授の監修の下で策定し、セミナー発表を行った。現在は環境林業省において、公表に向けた最終調整を進めているところである。
活動結果 4：普及活動（中小企業排水処理検討事業）	排水処理の検討について、バンドン工科大学を中心に行政関係者が集まり、バティック産業の排水処理についての意見交換を実施した。
活動結果 5：普及活動（セミナー開催）	セミナーを2回開催した。一度目のセミナーは、Grand Textile社での実証実験経過を発表、二度目のセミナーは再生水利用ガイドライン（案）と残りの実証実験結果を発表した。
活動結果 6：普及活動（本邦受入活動）	2016年5月15日～21日にかけて、西ジャワ州、バンドン市、バンドン県より排水処理行政の担当者を招へいし、日本の排水処理行政関係者との意見交換、JTOP機材の活用視察を行った。

### (3) 開発課題解決の観点から見た貢献

当社の「自動再生式活性炭排水処理技術」は、上述の様々な課題のボトルネックとなっている「現地企業でも導入可能な低コスト再生水製造・排水処理装置の不足の問題」に対する回答を提供することができる。つまり、現地企業が負担可能な金額とスペースで、再生水製造や排水処理設備を導入・運転できるようにするとともに、行政機関側に対しても、企業に対策技術を紹介することが可能になることで、規制や指導を厳しく実行することができ、適切な処理技術の導入と環境改善、水不足の解消を進めることが可能になる。

本装置は自動再生が特徴ではあるものの、基本的には安価に「活性炭処理を利用できるようにする技術」である。よって、実証実験によってサンプル排水を継続的に処理することができれば、技術的には現地でも問題無く活用できることが確認できる。あとは、価格面や販促方法、維持管理体制の構築など事業面での戦略検討とその準備を着実に進めることで、現地での技術普及とそれによる環境貢献の維持・拡大を見通すことができる。

また、本事業では、日本国内で地下水の取水規制や排水規制に取り組んできた大阪府や、水処理を専門とする大学等の研究者・技術者、国内外で産業排水等のリサイクルを進める（一財）造水促進センター、同じく繊維企業や環境エンジニアリング企業を通じて国内外で排水処理や水リサイクルに取り組んできた水処理専門家等が、実証実験や現地行政機関の各対応施策の展開をサポートした。これらの活動により、中長期的には、現地の再生水利用促進施策や排水処理規制・指導を促進し、当社技術を中心とした本邦技術の市場創出と技術導入を進め、本邦企業、現地政府機関、現地企業や、環境悪化で影響を受ける現地住民のいずれにもメリットが得られるものとする。

なお、本事業の主対象地である西ジャワ州バンドン県(チタルム川上流部に立地)では、排水量の多い大企業の8割を繊維企業が占めている。今後のビジネス展開の段階において、繊維産業に本技術が導入された場合、同地域における産業排水起因の地下水過剰取水や河川水質汚濁、地下水過剰取水の問題を一定程度減少させることが可能となる。(繊維業の場合、日本での経験上、全水利用量の2～4割程度の再生水利用が見込まれる。)

以上の貢献内容を一覧表に示すと次ページの通り。本事業や当社技術の普及により、全ての貢献項目が十分に達成できるものではないが、当社としては、今後ともそれぞれの項目の実現に向けて微力ながら努力を続けるところである。

表 3.33 本普及・実証事業の取り組み一覧

取組	活動	貢献1	貢献2	貢献3
(1) 繊維工場等へのJトップ装置のモデル導入(実証事業)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・複数企業・産業におけるJトップ装置の実証実験</li> <li>・実証実験サイトでの見学者の受け入れ</li> <li>・実験結果の公表・セミナー開催</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・繊維産業等におけるJトップ技術の適用可能性確認と効果立証</li> <li>・Jトップ技術の認知度向上</li> <li>・バンドン工科大・EPC企業への技術移転</li> </ul>	安価で高機能な対処技術の技術立証と認知度向上	地盤沈下の抑制(再生水利用の促進)
(a) 環境林業省 再生水利用ガイドラインの策定(繊維産業)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ITBと本邦専門家による繊維産業再生水利用ガイドライン(処理水質基準、活用可能技術等)の策定</li> <li>・環境省・地方行政機関担当者へのレクチャー</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・繊維産業再生水利用ガイドラインの整備</li> <li>・再生水利用を検討する企業による活用</li> <li>・許認可権を持ち技術相談を受ける地方行政担当者による活用</li> </ul>	再生水利用に係る理解度向上	
(b) バンドン県再生水利用義務化取組支援	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ローカル専門家・本邦専門家・行政担当官による対象企業訪問調査・改善提案</li> <li>・バンドン県への助言活動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地方行政機関(指導担当者)の再生水利用技術に関する知見向上</li> </ul>	再生水利用の行政指導強化	産業排水規制の基準強化もしくは指導の強化
(c) 地方行政機関(指導担当者)等のキャパシティ・ビルディング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・行政担当者・企業環境管理担当者向けセミナー</li> <li>・EPCM(公害防止管理者)向け講習会</li> <li>・本邦受入活動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地方行政機関・行政機関等の排水処理技術・規制行政に関する知見向上</li> </ul>	地方行政機関の能力向上と企業担当者の運転・設備構成能力向上	
(d) 中小企業(ランドリーやパティック工場)の排水処理対策の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地方行政機関、本邦・ローカル専門家との対処方針協議</li> <li>・Jトップ装置の実証実験(仮)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ランドリー及びパティック排水処理に係る対処方針案の策定</li> </ul>	中小企業の排水処理スキームの構築	
(e) モデル地域における企業訪問調査・指導	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ローカル専門家・本邦専門家・行政担当官による、エリア内6工場・商業施設に対する訪問調査・改善提案</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・訪問対象企業の処理システム・オペレーション改善、担当者の能力向上</li> <li>・地方行政機関(担当者)の排水処理技術に関する知見向上</li> </ul>		チタルム川の水質改善
(f) 西ジャワ州環境コミットメントプログラム支援	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ローカル専門家・本邦専門家・行政担当官による対象企業訪問調査・改善提案</li> <li>・西ジャワ州への助言活動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・環境コミットメント締結企業の目標達成、更に高い目標の設定</li> <li>・それに伴う排水負荷量・取水量低減</li> </ul>	上流・支流部における排水水質向上	
(g) バンドン市環境配慮企業インセンティブ事業支援	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ローカル専門家・本邦専門家・行政担当官による対象企業訪問調査・改善提案</li> <li>・バンドン市への助言活動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・インセンティブ受給企業の増加</li> <li>・それに伴う排水負荷量・取水量低減</li> </ul>		

#### (4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

- 本邦技術を広く紹介し、本邦技術の普及に貢献

本事業のうち、普及事業パートでは、当社の技術に限らず、本邦技術を広く紹介し、本邦技術の認知度向上と普及・拡大に努めた。

また、普及事業の一つである「企業訪問調査・指導」事業についても、現地専門家と日本人専門家、それに現地行政職員が水質改善モデル地域内の排水工場を訪問し、処理システムの評価及び提案を行う中で、当社以外の適正技術も紹介し、現地企業、政府、研究機関に本邦技術を広く知らせ、導入促進につなげた。実際、企業訪問調査・指導に同行した本邦商社には、前処理工程における他技術の導入も含めた引き合いが寄せられている。

- 大阪・関西企業の製品の販路開拓に向けた体制整備

当社と大阪府、大阪工業大学が連携してプロジェクトを行うことにより、相手国の産学官との関係構築を進め、**大阪・関西企業の製品の販路開拓に向けた体制を整備した。**

特に、協力主体である大阪府は、大阪府・大阪市が一体となって平成25年(2013年)1月に策定した『大阪の成長戦略』において、“強みを活かす産業・技術の強化ー世界市場に打って出る大阪産業・大阪企業への支援ー”を掲げ、Jトップ株式会社のような中小企業等のアジア等への海外展開支援として、海外関係機関等とのネットワークを活用した販路開拓を進めている。

- 経済産業省・近畿経済産業局と連携し、アジア諸国でのビジネス展開の活性化に寄与

近畿圏内の環境関連企業のアジア展開、特にインドネシア展開を推進する経済産業省・近畿経済産業局とも連携し、同局の活動と域内環境関連企業の海外展開をサポートしている。

具体的には、同局は「関西・アジア 環境・省エネビジネス交流推進フォーラム」を結成し、当社を含む関西主要企業200社を超える企業が会員となり、官民連携による環境分野でのアジア諸国とのビジネス展開を活発に進めているところであり、特に平成26年度(2014年度)からは、インドネシア共和国をメインターゲットの一つに設定している。このインドネシア展開に向けた取り組みでも、環境技術の移転という事業分野の特性上、現地行政機関や業界団体との連携の下、同国における対象技術の導入環境を整備する活動や実証活動が必要となることから、その先駆的事例として、年に1~2回の頻度で本事業の取り組みを紹介し、会員企業の進出に当たっての情報提供と意欲向上に貢献している。

また、本事業において、環境林業省や地方行政機関、主要研究機関、水道協会

等の業界団体等とのネットワークを構築していたことから、同局の活動推進に当たって積極的にそれらの情報と人脈を共有し、現在においては同局の活動もそれらのネットワークを基礎に、幅広い活動展開が進められている。

▶ その他セミナーでの産官学連携による海外展開事例報告

本事業の関西地域での注目度は高く、近畿経済産業局以外にも、（公財）新産業創造研究機構や商工会議所、その他各種セミナーなどの機会にて、本事業の取り組みの紹介を希望され、セミナー出席者の海外展開支援への情報提供を進めている。

## （５）環境社会配慮

### ① 事業実施前の状況

実証事業の対象企業では、既存の排水処理設備により工場排水を処理しているが、時には排水基準を超える処理水を放流していることがある。

本実証事業において、その処理水を用いて活性処理し河川放流する場合、原水の濃度変化によって同じく排水基準を超えた処理水を放流する可能性がある。

### ② 事業実施国の環境社会配慮法制度・組織

「産業活動からの排水基準に関する環境大臣令（環境大臣令第 51 号）」にて、業種ごとの排水基準が設定されている。

### ③ 事業実施上の環境及び社会への影響

実験機材からの処理水を直接放流せず、処理水を原水槽に戻し入れることで、環境への追加的負荷が発生しないよう配慮する。また、原水槽に戻し入れる処理水の水質については、現地委託先企業が適宜水質検査を行い、前処理工程における異常の発生等により実験機材からの処理水の水質悪化が生じた場合には実験装置の稼働を停止・改善するなどの対応をとる。

### ④ 環境社会配慮結果

実証期間を通じて、処理水を原水槽に戻し入れを行ったことにより、環境への追加的負荷は発生しなかった。

## （６）ジェンダー配慮

特になし。

**(7) 貧困削減**

特になし。

**(8) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について**

当社製品の譲渡先であるバンドン工科大学は、実証活動を通じて、当該製品の技術的側面から設置・運用面まで、一通りの知見を活用しており、今後は彼らの関心業種・企業での実証実験推進や、他研究機関、業界団体、企業等からの実証実験要望に応じて、自律的に実証実験を推進する。

また、同大学とは実証実験を希望する本邦企業との共同実験も進められるよう、役割や責任分担を示した共同実験に関する覚書のフォーマットを作成し、その覚書に応じて共同実験を進められるよう環境を整えている。

**(9) 今後の課題と対応策**

実証活動について、第3回目の実証サイト候補を製薬会社から病院、病院から繊維会社と、候補企業の決定に時間を要し若干の遅延が生じたが、その後 Kahatex 社に決まり現在は順調に実証実験を実施している。2016年1月に発生した爆弾テロの政情不安を受けて予定に若干の遅延がみられるが、その他は懸念すべき課題は見られない。

## 4. 本事業実施後のビジネス展開計画

### (1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

#### ① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

以下は、既存の排水処理技術との比較である。

表 4.1 各種排水処理手法と J トップの自動再生式活性炭との比較

技術	J トップの自動再生式活性炭との比較
従来型活性炭処理	・活性炭の重量損失や吸着性能の劣化（20～30%）により、活性炭の入れ替えが発生するため、多額の運用コストを要する。自動再生式の場合、活性炭の吸着性能の劣化、損耗などはほとんどない。
オゾン処理式	機能面では競合技術になりうるが、オゾン処理方式は放電時の電力コスト負担や、周辺設備のコスト負担が大きく、途上国での導入は事実上困難であり、本事業で考慮すべき競合製品とはならない。
MBR・膜処理技術	初期費用や電力コスト負担面や、オペレーション及びメンテナンスの容易さなどの面で競争力を有する。
活性汚泥法	活性汚泥法は、日本などの先進国では広く活用されている処理方式であるが、インドネシア共和国では、オペレーション負担が大きいことや汚泥が大量に発生し、廃棄コストがかさむことなどから、あまり活用されていない。また、そもそも活性汚泥法の導入には、処理層設置のために広い敷地と土木作業が必要となることから、工場が密集して立地している繊維産業集積地や、商業施設などでは導入できない事例が多い。 また、処理能力面では、染色排水等の色の除去や溶存物質の除去などが困難なことから、それらの処理が必要な繊維産業等では、活性汚泥処理に対して技術面での競争優位を保つことができる。

本技術は、土木工事を必要としない装置型技術であり、規格生産・導入が可能なことから、新たな市場創出にも適している。

また、費用面でも以下の点において強みを有する。

表 4.2 既存の活性炭処理方式と J トップ方式との費用比較

項目	一般の活性炭処理方式	自動再生（本装置）
運用コスト (10 m <sup>3</sup> /回の活性炭の入れ替えが、月に4回発生する場合。)(自動再生は月4回再生で試算。)	約 700 万円/月の処理委託費用が発生。  薪炭単価:300 円/kg、廃棄:3万円/t、交換:10 万円/回)で算定。  なお、再生処理は薪炭価格の約半額だが品質劣化が生じる。	約 8 万円/月以下の加熱蒸気発生にかかる電気代のみ。(従来の 87 分の1以下)  再生用電気コスト4円/kg で算定。 ボイラー利用事業者の場合は、余剰水蒸気を活用可能なため更にコスト減が可能。
再生後の吸着性能	活性炭の場合、新品活性炭に比べ吸着性能が 20~30%劣化する可能性あり	ほぼ劣化なし
再生後の重量	活性炭の場合、新品活性炭に比べ重量が 20~30%損失する可能性あり	ほぼ損失なし
メンテナンス	月に一度程度の交換が必要。また、予備装置の準備もしくは機器の停止が必要。	自動洗浄処理により、メンテナンスはほとんど不要。

なお、J トップ技術をインドネシアに立地する企業が導入するインセンティブとして、排水処理上及び再生水利用上の観点から、以下のとおり整理する。

表 4.3 J トップの自動再生式活性炭導入のインセンティブ

項目	概要	
再生水の利 用面	操業継続による 渴水時の売上 確保	(河川水を利用している場合) 渴水時に操業停止となり、逸失利益が生じる。この場合使用している水の再生水を利用することで操業停止が回避できれば、生産が可能となり収益が得られることになる。
	取水制限への 対応	(地下水の取水制限を受ける場合) 取水税の急速な上昇(5,000IDR/m <sup>3</sup> , 2年前の 10 倍)による取水費用の増加を削減することが可能となる。  また、取水制限(地下水の新規採掘の禁止、既存の井戸の取水量の制限、等)への備えとして対応することで、排水ライセンスの更新が可能となり、安定的な操業が可能となる。
排水処理面	活性炭の消費 量の減少	自動再生可能な活性炭により、活性炭の入れ替えコストが減少する。
	運用コストの 減少(電気代)	(既存のボイラーを熱源とする場合) ほとんど電気代がかからない。

今後のマーケットの展開の方針は、以下の通りである。

#### ■ 企業規模に応じたマーケット展開

インドネシアの市場を大きく、日系・外資企業、ローカル系大企業、ローカル系中小企業の3つに分類してそれぞれに異なる展開戦略をとる。

日系・外資系企業については、日本国内での販売実績や販売チャンネルを活用可能なため、ODAの実施如何に関わらず、既存チャンネルを通じた営業活動を進める。

ローカル系大企業については、ODAを活用した技術実証事業や、現地行政機関・高等研究機関・業界団体との共同による技術紹介等を通じて、Jトップ社技術の認知度向上を図りつつ、個別企業との商談実施をすすめる。

ローカル系中小企業については、零細企業も多くJトップ社技術の導入に必要な財務体力が不足していると考えられることから、中小企業からの排水対策に対して法律上の支援責任を持つ地方行政機関が公営事業として当該技術を導入して処理事業を実施する方策を検討することとする。

#### ■ 再生水利用ニーズの高い地域

マーケットの展開にあたっては、再生水利用ニーズの高いエリアをマーケットに、事業の展開を図ることとする。水不足の地域では、操業停止による機会損失を回避する強いインセンティブが存在する。

#### ■ 産業の特性に配慮した対応

マーケットの展開にあつては、当該企業の属する産業の特性により、Jトップ技術の導入が難しい分野、特有の配慮事項があることに留意して展開を進める。

一例として、製薬会社が再生水を用いる場合には、洗浄水、トイレの利用など用途にかかわらずCOD濃度ゼロが求められるため、実証の検討を断念したケースがあった。このため製薬業界は、再生水利用を目的とした導入はなじみにくいことが判明した。

病院のケースでは、病棟と排水処理設備が同じ電源を共有しており、排水処理設備の電力負荷が過剰にかかることで、病棟の電気の供給が止まる危険性が指摘された。医療サービスを優先する必要があることから、実証の検討を断念したケースがあった。

これらはいずれも繊維産業とは異なる固有の背景が存在しており、相手企業の産業、企業の固有の特性に留意して事業の展開を図る。

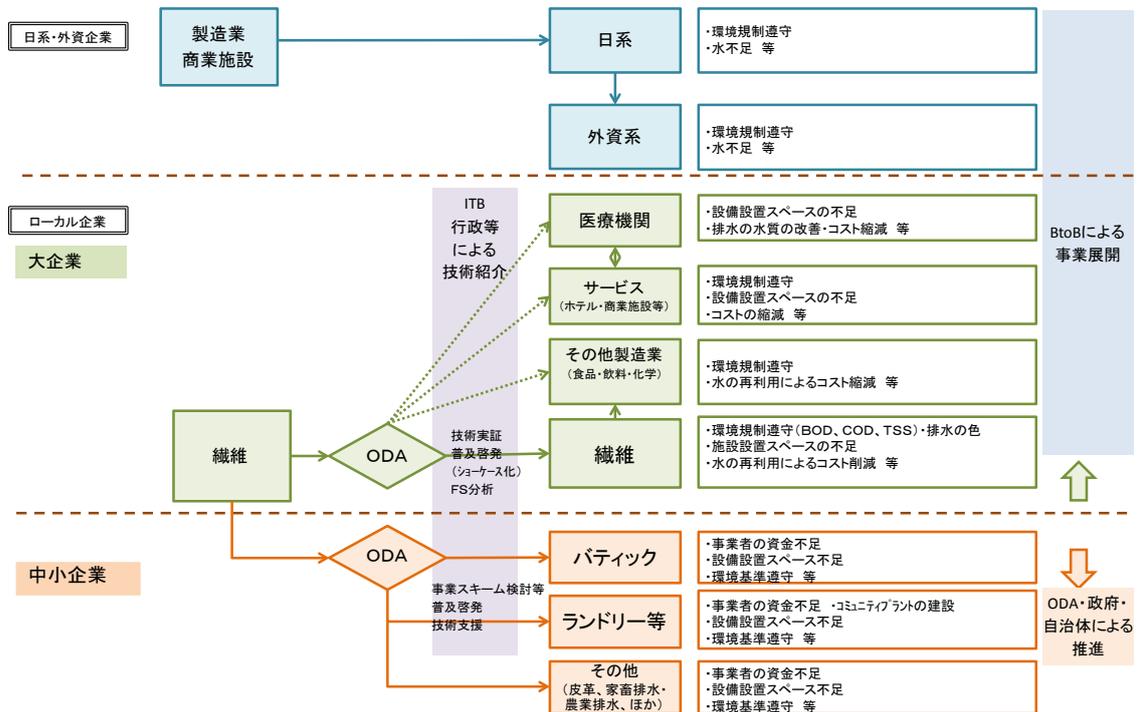


図 4.1 今後のマーケット展開

### ① ビジネス展開の仕組み

#### (ア) 製造・販売・メンテナンス主体の現地企業活用

当該装置は、比較的シンプルな構造であり、金属加工と装置組立の技術蓄積があれば、現地での製造・組立が可能である。また、施工や運転・メンテナンスについても、一般的な水処理プラントの導入及びメンテナンス実績があれば対応できる。よって事業実施後は、日本の商社あるいはインドネシア国内の EPC 企業とライセンス契約を締結し、それらの企業に同国での製造・販売・メンテナンスの一連のライセンスを与え、製造についてもその企業もしくは外注先現地企業において実施する体制をとるべく協議を進めてきた。

ただし、これまで自社にて機材製造部門を持つ 4 つのインドネシア EPC 企業と協議を実施したものの、製造面において、技術力や資材調達能力、条件面で十分に満足できる企業を見出すことができなかつたため、製造についてはフィリピンの企業を活用することとなった。しかしインドネシアでの導入にあたっては、輸送コストの面からも同国内での製造が望ましいことから、同国において販売やメンテナンスにあたる日系商社や現地 EPC 企業を通じて同国内での製造事業者についても探索を進める予定である。

(イ) 現地製造による製造価格低減

装置の製造価格については、国内での装置製造コストの大部分を人件費が占めていることから、現地製造により半額以下での製造実現をめざす。なお、既に、フィリピンの提携予定企業の製造技術や品質管理方法は確認済みで、現地製造が可能なることを確認している。

製造にあたり、直径約 600mm、1000 トン処理設備を販売した場合、必要な活性炭塔は 18 塔、製造から納品までの納期は 4 か月となる。この場合の販売価格について、日本で製造した場合には、2 億 3 千万円であるのに対し、フィリピンで製造した場合には、1 億 1,500 万円で販売が可能となる。なお、直径約 900mm、1000 トン処理設備を販売した場合、必要な活性炭塔は 6 塔、納期は 3 か月となり、日本で製造した場合の販売価格は 9,000 万円、フィリピンで製造した場合で 7,000 万円となる。

表 4.4 排水 1,000 t/日 処理時の装置サイズ別仕様 (例)

コラムサイズ	塔数	販売価格	活性炭量	必要スペース	納期
600A	18塔	<p>日本生産 約2億3,000万円</p> <p>① 日本生産の1/2の価格</p> <p>↓ ①</p> <p>フィリピン生産 約1億1,500万円</p> <p>② 日本で600Aの装置を生産するより 日本で900Aの装置で生産した場合 約1/2のコストで生産可能!</p>	6,000ℓ	30m <sup>2</sup>	4ヶ月
900A	6塔	<p>日本生産 約9,000万円</p> <p>③ 日本生産の4/5の価格</p> <p>↓ ③</p> <p>フィリピン生産 約7,000万円</p> <p>④ 日本で600Aの装置を生産するより 900Aの装置をフィリピンで生産した場合 約1/3のコストで生産可能!</p>	6,000ℓ	<p>↓</p> <p>設置スペース 約2/3</p> <p>20m<sup>2</sup></p>	<p>↓</p> <p>納期 約1ヶ月短縮</p> <p>3ヶ月</p>

※原水濃度により排水処理量が変わるため、上記はあくまでも参考値である。

維持管理費用として、活性炭の再生時に電気代が必要となる。その場合の費用は、直径約 600mm の設備の場合では処理 1 m<sup>3</sup>あたり 7.9 円、直径約 900mm の設備では処理 1 m<sup>3</sup>あたり 5.9 円となる。

表 4.5 排水 1,000 t/日 処理時の維持管理コスト（例）

活性炭塔のサイズ (塔数)	一塔あたり活性炭再生に要する維持管理費用
600A (18塔)	440円/塔 7.9円/m <sup>3</sup>
900A(6塔)	990円/塔 5.9円/m <sup>3</sup>
※:使用条件 ・工場内の熱を利用するものとする。 ・ポンプ稼働に要する電力は含まない。 ※(例)600A=18塔 1,000m <sup>3</sup> /日 ※(例)900A=6塔 1,000m <sup>3</sup> /日	

■ 費用対効果に関する検討

費用対効果についての検討（1日1,000t（m<sup>3</sup>）処理、1 m<sup>3</sup>あたりの維持管理コストが5.9円）は以下のとおりである。

900A 活性炭 6t 1000t 処理の場合 通水倍率 167 倍で 1 m<sup>3</sup>あたりの維持管理コストは 5.9 円（工場ボイラー余剰蒸気有りの場合）、以下の通りとなる。

$$\text{電気代 } 25\text{kW} \times \text{電気効率 } 60\% = 15\text{kW}$$

$$15\text{kW} \times 2 \text{ 台} \times 4 \text{ 時間} \times \text{電気代 } 8.2 \text{ 円} \times 6 \text{ 塔} = \text{約 } 5,900 \text{ 円}$$

$$\text{よって } 1 \text{ m}^3 \text{ あたりの維持管理コストは } 5,900 \div 1,000 \text{ m}^3 = 5.9 \text{ 円/m}^3$$

バンドン地域での工業用途水道料金約 150 円、装置の初期投資が 7,000 万円（900A 6 塔）と仮定すると 1 m<sup>3</sup>あたりの（業務用）水道料金が 129 円であり、費用対効果は以下のとおりである。

$$900A \text{ 6 塔の装置初期投資費 } 70,000,000 \text{ 円} \div ((150 \text{ 円} - 5.9 \text{ 円}) \times 1,000 \text{ m}^3) = 486 \text{ 日}$$

全て再生水に利用できたと仮定した場合、1 年半以内に投資資金の回収が可能となる見込みである。

仮に通水倍率が半分の 83 倍とした場合、1 m<sup>3</sup>あたりの維持管理コストは 11.8 円/m<sup>3</sup>となる。この場合の費用対効果は、以下のとおりである。

$$70,000,000 \text{ 円} \div ((150 - 11.8 \text{ 円}) \times 1,000 \text{ m}^3) = 506 \text{ 日}$$

通水倍率が半分に低下した場合でも、同じく 1 年半以内に投資資金の回収が可能となる見込みである。

(ウ) 現地企業のネットワークや産学との連携による販促活動

インドネシアにおける販売促進活動は、現地の産業排水処理ニーズや顧客情報に

明るい日本の商社やインドネシア国内の EPC 企業が中心を担うが、バンドン工科大学や PERPAMSI（インドネシア水道協会）などによる技術紹介やセミナー開催等により、認知率の向上を図る。

#### **(エ) 大学による技術サポート**

新たな業種への導入を検討する場合などには、様々な検証や設計・エンジニアリングが必要となることから、バンドン工科大学のサポート体制を整備する。具体的には、現地において新たな業種から引き合いを受け、実証機による実証実験を実施することになった場合、処理水の特性や既存の排水処理工程の各種情報をもとに、活性炭処理装置の導入にあたっての留意点や追加的な前処理装置の検討、再利用する場合の留意点や対策方法についての検討が必要になる。そういった場合に、現地の連携先企業や当社からバンドン工科大学に相談することで、同大学の専門家からアドバイスを受けられる体制を構築する。

#### **(オ) ユーザー企業・業界団体の前処理技術サポート**

企業訪問調査・指導活動において、当社技術の前提となる排水処理（前処理）が不十分な企業が多く見られたが、それらの企業の多くが既存の設備のまま、オペレーションや処理フローを少し変更すれば当社技術の導入条件を満たせるだけの水質を得られることが確認された。よって、当社技術導入促進のためにも、個別企業や業界団体に対し、日本人エンジニアや関連水処理会社等により、前処理工程の改善を促す取組を進めることや、当社技術の営業活動において前処理工程の改善も同時に行うことで当社技術の普及促進を図る。前処理工程の改善については、既存の処理設備を活用しつつ、化学処理から生物処理に移行することで、処理効果を高めつつ薬品コストを大幅に削減することができることから、繊維企業としても前向きに検討を進めており、実際に導入に向けた最終協議の段階にある企業もある。なお、この化学処理から生物処理への転換は、生物処理槽の MLSS（活性汚泥浮遊物質）濃度の管理など日常のオペレーションがやや難しくなることもあり、これまで現地では転換が進まない傾向があったが、そのオペレーションまでサポートする体制をつくることが重要であり、現在は個別企業によるサポートで賄っているが、広範な転換の推進には現地側エンジニアの体系的な育成プログラムの推進が望まれるところであり、現地の関係自治体や関係業界団体等と具体的な推進方法について検討を進めているところである。

なお、前処理工程の転換は、それ自体で初期投資を低く抑えつつ、運営コストを大きく抑えることから、繊維企業側にコストメリットをもたらすが、それに加えて、当社技術の導入により廃水の再生利用を進める企業にとっては、活性炭塔へ流入する COD 濃度の低減（活性炭での処理負荷の低減）を通じて、当社活性炭処理装置の導入サイズダウンが図られることから、当社製品の導入に係る初期コストとランニ

ングコストの低減も進めることができる。

なお当社は、同国において、昨年から本邦環境事業系商社との間で、主に日系企業に対する営業・販売事業に関する代理店契約を締結している。

現地におけるビジネス展開スキームは以下のとおりである。

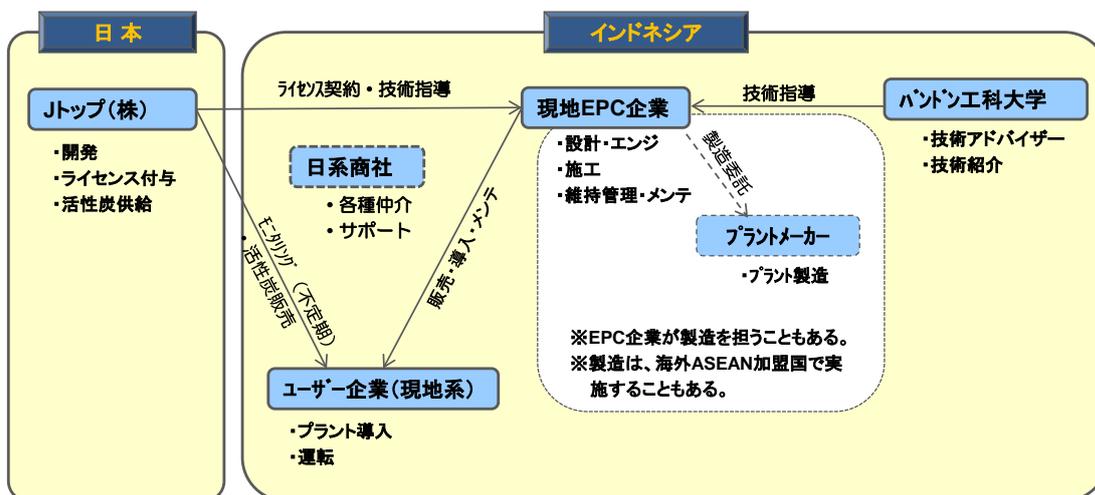


図 4.2 現地におけるビジネス展開スキーム

その他、特に日系企業や外資系企業などについては、日系商社や日系 EPC 企業を通じた販促活動や、包括的水処理・再生水製造システムの一モジュールとしての導入促進を図る。

## ② 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

事業化スケジュールについては、実証事業期間中に現地 EPC 企業を決定と、ライセンス契約の締結をめざしていたが、事業期間中に見つけることができなかった。このため、現在は、一時的であるが、フィリピンでのライセンス製造で対応することとなった。しかしインドネシアでの導入にあたっては、今後も在インドネシア日系商社や現地 EPC 企業を通じて同国内での製造事業者についても探索を進める予定である。

### (ア) 原材料・資機材の調達計画(含、許認可の必要性の有無)

活性炭については、製造方法を公開せず自社にてノウハウを秘匿した上で生産しており、今後もその方針に変わりないので自社にて生産・出荷を進める。資材の確保や輸出に制限は無いため、懸念事項はない。

処理装置についても、特別な資材を利用しなく、現地を含めた海外生産・組立時には、最も安価に購入できるところから調達する。懸念事項はない。

#### (イ) 生産・流通・販売計画(含、許認可の必要性、現地生産計画の有無)

インドネシア国での事業化当初は、国内での生産を継続するが、2018年頃より、現地生産あるいは他の開発途上国にて現地企業での委託生産を計画している。その場合、インドネシア国では実証事業での協力企業が委託先の有力候補先であり、他国の場合は現在連携中の商社紹介先が有力候補となる。

なお、現地での委託生産の場合には、ロイヤリティ収入の他、商社間および活性炭の販売収入が当社としての売上になる。現在のところ、その割合は売上額の20%前後を想定しているが、実際の割合については今後個別に協議のうえ決定する。

なお、本事業の推進に当たって、支障となる許認可は確認されていない。

#### (ウ) 要員計画・人材育成計画

当社は、処理装置および活性炭のメーカーであり、現地での販売や設置・施工、メンテナンス業務は、現地EPC企業や日系商社に委託して推進する。また、機器製造についても、需要拡大時には現地等での委託製造を予定している。よって、当社としては、本事業の推進に当たって大規模な要因増強策は検討していない。

その一方で、現地での製造や販売、設置、施工、メンテナンス業務委託に当たっては、当社技術や設備に精通した人材の育成が重要となる。現地人材の育成については、実証事業期間中の技術指導に加えて、ビジネス展開時の現地訪問指導や本邦当社工場への招聘研修を通じて推進する計画である。

#### (エ) 収支分析・資金調達計画

具体的な売上・粗利計画については、大型排水循環処理システム（廃水処理量1,000 m<sup>3</sup>未満/日）について、以下の通りを見込んでいる。（当初は中型排水循環処理システムを想定していたが、インドネシアにおいては大型排水処理システムのニーズが高いため、設備システムの想定規模を変更した。）なお、2017年までは国内製造を見込んでいるため製造単価は高いままととなっているが、2018年度から現地生産を想定していることから、2017年度比で4割強の製造単価低減を見込んでいる。

なお、自社工場による生産設備の増強は検討していないため、大規模場資金調達計画はない。

表 4.6 売上計画

排水処理量1,000m<sup>3</sup>/日未満、大型排水循環処理システム

年度	販売台数 (計画)	製造単価 (計画)	売上合計 (計画)	粗利合計 (計画)
2017	1	6,500万円	11,000万円	4,500万円
2018	5	※4,680万円	32,500万円	※※9,100万円
2019	10	※4,680万円	65,000万円	※※18,200万円
2020	15	※4,680万円	97,500万円	※※27,300万円

※2年目以降は、現地製造を前提としている。

※※照射ノズル：売上額7%、活性炭：6%、ロイヤルティ：15%、計28%

③ ビジネス展開可能性の評価

実証活動結果を紹介した2015年11月のセミナーでは、水不足に悩む参加企業から改めて高い関心が寄せられた一方、関心を示した企業の多くが比較的資金力のある大企業及び中堅企業に限られ、価格の低減が課題となっていたが、2016年に入り、フィリピン等でのライセンス製造が実施できる段取りが付き、初期投資額の大幅な削減が可能となったことことから、大手・中堅企業だけでなく、現地の中小企業への販売も見通せるようになった。今後は、特に水不足の地域や地下水および水道料金の高騰が深刻な地域を中心に、本技術の導入展開が見込まれる。

(2) 想定されるリスクと対応

① 模倣リスクへの対応

活性炭の製造技術は、リバースエンジニアリングによっても解明困難なため、模倣リスクは低い。しかし、装置製造委託にあたりそのリスクを想定し、当該技術の核となる活性炭製造と、装置の一部を構成する照射管製造を日本国内で行うことにより、コア技術の流出を防ぐ。また、現地カウンターパートと機密保持契約を結び、法的にも機密漏洩リスクを抑える。

② その他リスクへの対応

近年為替変動が激しいことから為替リスクも考えられるが、本事業は多額の初期投資やランニングコスト支出を伴わないビジネスモデルであり、為替変動による影響は小さい。政治上のリスクについては、本技術が大規模なインフラ事業等ではないことから、政権交代等によるリスクは限定的と考えられる。

また、経済情勢上のリスクについては、本製品の需要への影響は避けられないであろうが、特筆すべき課題とは言えない。

その他、製品規制リスクや許認可リスク、外資参入規制リスク、環境影響リスク、社会影響リスク等についても検討したが、本製品に特に該当するリスクは見当たらない。

### ③ 誤った水質データに基づく設計リスクへの対応

偽りの水質データ、日常の処理よりも適切に処理した条件での水質データ（行政への報告データ等）、不適切な計測に基づく水質データに基づいて設計を行った場合、機材のパフォーマンスが悪化し、処理水が要求水準を満たさない場合や、想定より早い段階での破過、目詰まり発生などのトラブルを招く。

誤った情報に基づく設計が、稼働後にトラブルにつながることを説明し、企業側に認識の共有を図るとともに、実施者側でサンプル水の取水・分析を行い、適切な数値の把握に努める。

### ④ 通関手続きに係る遅延等のリスクへの対応

通関手続きに想定以上の時間を要し、事業が遅延するリスクが存在する。

それに対して、手続きに要する時間を踏まえた製造計画を立て、早期に輸送ができるようにする必要がある。また、手続きに習熟した輸出業者を選択するとともに、輸出業者との密な連携を図り、J トップ社製品の輸出手続きに習熟させる必要がある。

また、受け取り側にもあらかじめ遅延のリスクについて事前に説明する。

## (3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

当社の「自動再生式活性炭排水処理技術」は、同国において課題となっている、「現地企業でも導入可能な低コスト再生水製造・排水処理装置の不足の問題」に対する回答を提供することができる。つまり、現地企業が負担可能な金額とスペースで、再生水製造や排水処理設備を導入・運転できるようにするとともに、行政機関側に対しても、企業に対策技術を紹介することが可能になることで、規制や指導を厳しく実行することができ、適切な処理技術の導入と環境改善、水不足の解消を進めることが可能になる。

本技術の現地での適用性及び貢献可能性については、同国の排水処理行政・技術の権威であるバンドン工科大学教授兼環境学センター長である Tjandra（チャンドラ）教授から高く評価され、また同国環境林業省や各現地地方行政機関の担当者からも高く評価され強い関心を寄せられていることから、本事業でもそれぞれの機関と共に推進することで合意している。

実際に、案件化調査時に実施した企業向けセミナー（30社程度が参加）や個別企業訪問、現地 EPC 企業訪問でも、非常に多くの引き合いや取り扱いに向けた相談を受けている。現地での技術実証が実現した場合には、導入に向けた具体的な協議の進展が期待される。

なお、本装置は自動再生が特徴ではあるものの、基本的には安価に「活性炭処理を利用できるようにする技術」である。よって、実証実験によってサンプル排水を継続的に処理することができれば、技術的には現地でも問題無く活用できることが確認できる。あとは、価格面や販促方法、維持管理体制の構築など事業面での戦略検討とその準備を着実に進めることで、現地での技術普及とそれによる環境貢献の維持・拡大を図る。

当然のことながら、現地行政機関の支援においては、当該技術を中心とした本邦技術の導入が進みやすくなるよう、各種制度や技術スタンダード等へのスペクインを図ることとする。

本事業の主対象地である西ジャワ州バンドン県(チタルム川上流部に立地)では、排水量の多い大企業の8割を繊維企業が占めている。本技術は、繊維産業の排水対策・再生水製造に強く、繊維産業を重点普及対象企業に選定し、現地の繊維系業界団体と協同で繊維業への導入を図る計画である。今後のビジネス展開の段階において、繊維産業に本技術が導入された場合、同地域における産業排水起因の地下水過剰取水や河川水質汚濁や地下水過剰取水の問題を一定程度減少させることが可能となる。(繊維業の場合、日本での経験上、全水利用量の2～4割程度の再生水利用が見込まれる。)

#### (4) 本事業から得られた教訓と提言

確実な業務の履行の上で、事業実施前に相手国政府関係者との事前の綿密な協議を行うことが、必須である。ここで言う相手国政府関係者とは、実務上の協働する相手国自治体・研究機関のみならず、ミニッツのサイナーである上位官庁も含めた概念である。インドネシアは制度上、地方自治体と直接ミニッツを締結することができないため、サイナーとなる上位官庁の同意を得る必要がある。本邦政府との関与が少ない政府機関がサイナーとなる可能性もあり、留意が必要である。事前相談・協議を案件化調査の段階から着手する必要がある。

技術面では、日本とは異なり、当初想定や合意とは異なる水質の処理水が、当社装置に流入することがあることも判明した。背景には、排水処理現場のオペレーターの理解不足によるところが多く見られたことから、事前に現場オペレーターに対して、最低限守るべき事項について説明するとともに、稼働開始から数日の間は、当社技術に詳しいスタッフが現場の状況を監視しつつ、異常が発生した場合やオペレーターの日常業務の改善点が見られた場合には、適切な指導を行うことが望まれる。