

独立行政法人 国際協力機構

## カザフスタン国

# 下水道施設維持管理ノウハウ移転調査

## 最終報告書

2009年6月

日 本 工 営 株 式 会 社

日 本 へ ル ス 工 業 株 式 会 社

東中

JR

09-005

独立行政法人 国際協力機構

## カザフスタン国

### 下水道施設維持管理ノウハウ移転調査

### 最終報告書

2009年6月

日 本 工 営 株 式 会 社

日 本 ヘ ル ス 工 業 株 式 会 社

## 伝 達 状

今般、カザフスタン国「下水道施設維持管理ノウハウ移転調査」が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴機構との契約に基づき弊共同企業体が、平成 21 年 2 月より平成 22 年 6 月までの 5 ヶ月にわたり実施してまいりました。今回の調査に際しましては、インドネシア・ベトナムの現状を踏まえ、持続可能な下水道経営・下水道施設の維持管理に適用可能な経験・成功事例を収集・分析し、両国およびアスタナ市へ適用可能な知見の体系化につとめてまいりました。

つきましては、開発途上国の下水道整備・経営改善に、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成 21 年 6 月 19 日

日本工営株式会社・日本ヘルス工業株式会社共同企業体  
カザフスタン国  
下水道施設維持管理ノウハウ移転調査  
調査団  
業務主任 井上 弥九郎

## 要 約

カザフスタン国（以下「カ」国）アスタナ市は、1997年に首都が移転し都市開発・人口増加が著しい。上下水道設備は、1960年代に建設されたもので施設の老朽化が著しく、現在、円借款事業「アスタナ上下水道整備事業（2003年借款契約調印）」により修復作業が進められている。

一般に、途上国においては下水道事業運営の知見が不足し、施設の劣化、維持管理の巧拙による上下水道料金の影響など、住民生活に重大な影響を及ぼすことがある。下水道は、施設の建設、運営に多額の費用を要し、適切に運営されることで、社会基盤としての衛生環境の改善、水環境・水資源の保全、都市の発展に寄与するものである。また、下水道事業に対する住民の支払い意思が極めて小さく、市場性のない事業という性格を有している。そのため、適切に運営・維持管理できる事業とすることが重要である。

本調査は、下水道事業の持続的な運営・維持管理を可能とするため、円借款により下水道施設整備が進んでいる東南アジアで得られる経営・維持管理ノウハウを、他国に適用が容易な共通事項として分析し、アスタナ下水道をケーススタディーとして提案するものである。

対象都市は、インドネシア国においては、ジャカルタ市、ジョグジャカルタ市の公共下水道、ジャカルタ都市圏の民間で運営されている上下水道施設を選定した。ベトナムにおいては、ハノイ市、ホーチミン市の公共下水道およびハノイ市内の民間で運営されている上下水道施設を選定した。

これらの選定した上下水道施設について、下水道事業運営の実態調査、維持管理計画の分析、財政計画、料金水準・料金体系の分析を行い、下水道施設運営・維持管理の実務ノウハウを整理する。併せて、インドネシア、ベトナムの下水道に対して、現地調査で得られた知見及び日本の経験を取りまとめ、提言を行なう。

アスタナ市下水道については、文献収集で得られたデータを使用し、汎用的に適用可能と考えられる維持管理ノウハウについて、技術的、経営・財務的観点からの提案を行なう。下水道事業官民パートナーシップ（PPP）導入については、PPP参加手法および導入に向けた課題について整理した。

ジャカルタ市の下水道普及率は、2.8%とアジアの首都で最も低い水準にあり、中心市街地のスティアブディ・クニンガン地区で、洪水調整池を暫定的に処理施設に位置づけ運営されている。水質改善効果は、ラグーン方式で近隣市街地への泡の影響で、水処理機能が稚拙な施設である。汚泥処理に関すると、汚泥・土砂の堆積に関する雨水排水・下水処理部局の管理責任が分かれている。このため、下水処理の性能は、環境部局の指導を受けるレベルである。下水道を運営する PD PAL JAYA DKI Jakarta（ジャカルタ市下水道公社）は、現状の下水処理施設の機能の限界を認識しており、市中心地区における適切な下水道システムを求めている。

ジャカルタ市の水道普及率は50%の水準で地下水利用が多いことと水会社が経営していることから、下水道は上水道と分離した運営を行なっている。下水料金の賦課は、水道によるメータ制度

及び料金収集ができないことから、建物の床面積を料金算定の指標としている。料金体系は、住宅については、電気使用量を指標に4段階に区分し、1.76倍の累進性を持たせている。商業施設に対しては、小規模施設・大規模施設（中高層のオフィスビル、高級ホテル）に区分し、グループ内の累進性に加えて、住宅料金の小規模商業施設で1.5～2.5倍、大規模商業施設で5～8倍の累進性を持たせている。料金区分（グループ）は、公共施設、工業を加えた5グループである。

ジャカルタ下水道の経営の特徴としては、床面積を賦課指標とする料金制度、高所得・商業施設から低所得層への内部補助の料金区分および水準により、一般住宅は接続数では86.5%、床面積で3.0%を占めているが、料金収入で0.7%と負担を軽減されている。大規模商業施設は、顧客数で10.6%に過ぎないが、床面積で91%、収入の90.4%（接続料・土地貸付料を除くと、96.8%）に達している。この料金制度により、収入単価3,600 IDR/m<sup>3</sup>は、維持管理単価2,314 IDR/m<sup>3</sup>を上回り、利益率36%（2008年度）を達成している。今回実施した住民支払い意思額調査によれば、WTP約20,000 IDR/戸・月（2 UDR/戸・月）が得られており、一般家庭（下水道料金10,000 IDR/戸・月）の理解を得ることが可能な料金水準にある。

ジャカルタは、この料金制度により、標準活性汚泥法の下水道システム（平均的な処理単価2,500～3,000 IDR/m<sup>3</sup>）を運営可能な水準である。ジャカルタ市内には560棟余りの中高層ビルが、ビジネス・商業地区を構成している（民間調査機関データベース）。現在の処理区域スティアブディ・クニンガン地区（顧客数140棟）と類似の地区で、下水道を整備することにより、市内の水環境の改善効果が期待できる。

ジョグジャカルタ下水道は、1936年のオランダ植民地時代に下水管路施設が整備され、河川水を導入するフラッシングシステムを採用した管路施設が運営されてきた。下水は未所理で市内河川に排出されてきたため、JICA無償援助プロジェクトによるしゃ集幹線管渠とスウォン処理場（処理能力15,500m<sup>3</sup>/日、エアレーティッドラグーン法）が、1996年に供用を開始し、市内の水環境改善に効果を発揮している。処理水質BODで13mg/L、CODで44.0～54.7mg/L、SSで7.6～9.7mg/Lと、放流水質基準を満たしラグーン法の性能を発揮する安定的な運転・維持管理が行なわれている。

ジョグジャカルタ市は、水環境改善のため、PROKASHI（河川浄化計画）、SANIMAS（小規模下水道）を進め、衛生環境の改善と住民の啓蒙を行なっている。スウォン処理場は、セプティックタンクの汚泥を受け入れており、市の污水対策施策の根幹的な施設として機能している。

ジョグジャカルタ市は、スレマン県・バンツール県とともに、ジョグジャカルタ特別州の都市圏を形成している。都市施設の整備・運営は、地方分権化政策により、市・県（municipality government）の事務に位置づけられたが、地域の経済発展や都市計画と、空港・交通、雨水排水、下水処理、廃棄物などのインフラ施設の整備を都市圏の自治体が一体となって意思決定・運営することが合理的である。広域行政の1手法として、環境・工業の発展や民間投資を促し、インフラ施設を計画・整備していく調整機関としてKARTAMANTULを組織し運営してきた。

下水道経営については、一般家庭で500 IDR/戸・月（0.05 USD/戸・月）と極めて低い水準で、ジョグジャカルタ特別州が、費用の約84%を補助してきた（2008年度）。また、下水処理場の運営に従事する職員の給与は、職員派遣の自治体が補填している。下水道料金による収入は約4.5%と

低い水準で、公的負担により下水道が運営されてきた。

下水道財政の健全化のため、従来の排水料金に適用されてきた料金体系が 2009 年に改定された。一般家庭 3,000 または 6,000 IDR/戸・月に料金の値上げにより、約 8 倍の収入増加を見込んでいる。しかし、この料金水準にあっても、健全な経営を維持することに不十分である。一般家庭で、3,000 または 6,000 IDR/戸・月と、低所得層に配慮した下水道料金体系（支払い意思額 3,000 IDR/戸・月、家計支出に占める割合 0.3~0.6%）であるが、商業施設・高所得層への賦課が内部補助の機能を発揮していない。持続可能な経営を可能とするためには、ジャカルタ、バリ島下水道の料金制度を参考に、ホテル・商業施設へ賦課する（内部補助機能）料金体系に改正していくことが望ましい。

ハノイ・ホーチミンの下水道は、水環境改善の効果を早期に発揮するインターセプター方式の汚水収集施設と活性汚泥法の処理施設建設を進めている。下水道経営に関すると、下水道料金が水道料金の 10%の定率または 12%相当であり、維持管理コストの 15~18%（ハノイ）、6~19%（ホーチミン）に過ぎず、下水処理場が本格的に運転を開始していくと、一般会計財政を逼迫することが懸念される。

下水道経営改善の手法として、維持管理計画を検討し、機能を維持しつつコスト縮減を図ること、財政シミュレーションを行い財政需要を見極めること、および民間プロジェクトとの連携や下水道料金の賦課に対する住民理解など、体系的な取り組みが不可欠である。

ハノイ市の下水道については、3 処理場が運転し、建設・計画中の処理場を含めて 7 処理場が供用する予定である。これらの処理場は、中央監視・制御施設を設けず、現場操作方式を採用している。昼夜間および休日の運転・操作、点検は、全て現場作業員に委ねている。人件費の低い現時点では、下水道経営への影響が小さい。

将来の人件費の高騰・影響を未然に抑えるため、簡易 SCADA システムの一種である、統合監視・制御システムを導入することを提案する。この方式は、支援センターが、各施設を監視・制御し、巡回・点検、水質試験、大規模保守・修繕を担うことで、日常の現場点検要員を昼間のみ配置する。職員数を削減することで、維持管理コストを削減する効果がある。加えて、経常的な維持管理データの蓄積と分析により、運転の最適値を把握し運転にフィードバックすることにより、少数の専門家のノウハウを全ての施設で共有し、ユーティリティーの削減、保守点検・補修計画に寄与する。雨天時や停電・機器の故障時には、支援センターにおける情報の分析と職員の派遣により、適切な対応を可能とする。

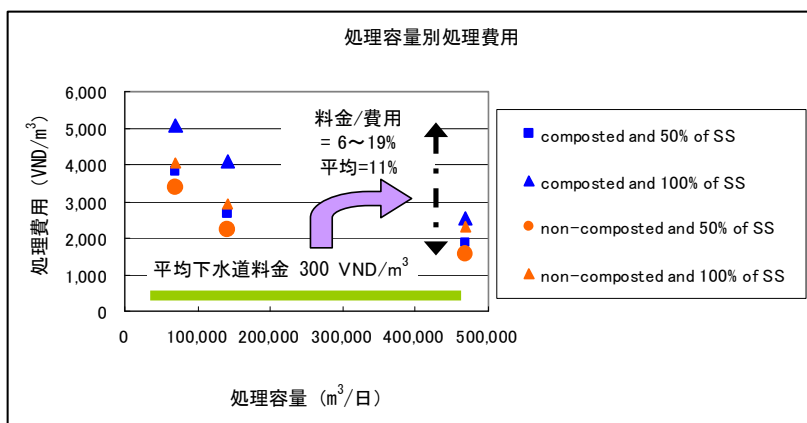


ハノイ市下水処理施設統合監視システムの構想図

ホーチミンの下水道については、インターセプター方式下水道に由来する低濃度の流入下水、段階的に増加する下水量およびコンポスト汚泥の市場性とコストに関して、維持管理計画を検討した。

下水道の整備計画・流入下水量の増加は、運転池数や機器の運転・保守に影響を与える。流入下水量と運転する機器に見合った維持管理体制を構築することが、コスト削減に寄与する。流入下水の水質は、反応タンクにおける BOD 除去、運転池数の設定、発生汚泥量、汚泥処理処分費に影響する。コンポスト汚泥は、発生汚泥量 109t/日（計画処理水量 141,000m<sup>3</sup>/日、含水率 82%）に対して、調質材としての初殻の確保・コスト、農地利用の可能性および埋立処分のリスクが、汚泥処理施設の運転・施設整備計画に影響する。

これらをパラメータとして、維持管理料金の水準を試算すると、中長期には 2,500VND/m<sup>3</sup>（0.15USD/m<sup>3</sup>）まで、改善すると試算された。現在の料金水準は、維持管理コストの 6～19%（平均 11%）であり、維持管理コストの低減、適切な料金水準、低所得層に配慮した料金体系、住民理解、開発プロジェクトとの連携など、体系的な下水道経営計画の制度化が必要である。



### ホーチミン市における処理容量別処理費用と下水道料金水準

統合監視・制御システムについても、Bing Hung 処理場を支援センターに位置づけ、Bing Hung 中継ポンプ場、Binh Hung Hwa 処理場（エアレーティッドラグーン方式）を制御・監視、支援することで、人件費の削減と、緊急時の適切な人的対応・情報提供を可能とする。Tan Quiy Dong パイロットプラントについては、処理能力 500m<sup>3</sup>/日と小規模で、処理水質が良好でないこと、密閉型の処理施設で保守点検が難しいこと、近隣に市街地開発プロジェクトが進行しているので、適切な時期に廃止し、Bing Hung 処理場への中継ポンプ場に改造することを提案する。

アスタナ市下水道の施設計画・維持管理に関して、ベトナム・インドネシアで得られた知見及び日本の経験を以下に体系化する。施設計画段階から維持管理段階まで、適用可能な対策を抽出し、管理の効率化、コスト低減、安全性、住民理解を評価基準として、個々の対策事例を検討・適用することが望ましい。

(効果的な対策事例)

- 簡易 SCADA システム
- 効率化・機械化／手動
- 屋外型設備
- 池数・設備点数
- 管理指標の計測
- 初期対策
- 設備の浸水対策
- 臭気対策・腐食対策
- 周辺環境対策
- 遠方監視・水質分析の統括

区分	内容	管理の効率化	施設の延命化	安全性の向上	コスト削減	住民理解
施設設計	監視室への簡易スキャダシステムの導入 ・トレンド機能、帳票システムの付加	○		○		
	土木構造物の省略・簡素化 ・屋外式受変電設備の採用 ・設置池数の適正化によるゲート、柵の削減	○			○	
	機械化と手作業の適正化を考慮した設備導入	○			○	
	設備の重要度に応じたシステムの二重化		○	○		
	管理指標となる計装機器の導入	○		○		
	ラグーン方式の採用（水質・設置面積を考慮）	○			○	
	天日乾燥床の採用（気候、設置面積を考慮） ・既設の継続利用と脱水機の併用	○			○	
設備設計	冷却水を必要としない機器の採用 ・空冷式非常用発電機 ・無注水型メカニカルシール	○	○			
	電気室の空調設備の導入 ・多用する半導体部品への温度対策		○			
初期対策	施設稼働初期に対応する小型機器の採用 ・間欠運転や調整を容易にできる機器	○			○	
浸水対策	ポンプ場施設の浸水対策 ・電気設備、計装設備の地上設置 ・重要施設への防水壁の採用		○	○		
臭気対策	腐食性ガスの発生箇所の覆蓋・脱臭装置の設置		○	○	○	○
腐食対策	耐腐食性材料の適用（強化プラスチック等） 耐腐食塗料の塗布		○	○		
周辺環境対策	植栽による景観配慮 環境改善の啓蒙					○
維持管理対策	複数施設の一括管理（遠方監視・水質分析）	○			○	
	軽量素材の採用（し渣回収カゴ、開閉作業を要する蓋等の強化プラスチック化）	○		○		

維持管理計画については、運転管理計画・水質管理計画を策定し、記録を作成・保管し、維持管理やユーティリティー調達にフィードバックする。施設の機能を適切に維持しライフサイクルコストを削減するために、保守管理手法にお

ける磨耗・劣化状況を診断する状態基準保全、経歴情報としての設備管理台帳・工事台帳の整備などが重要な業務である。

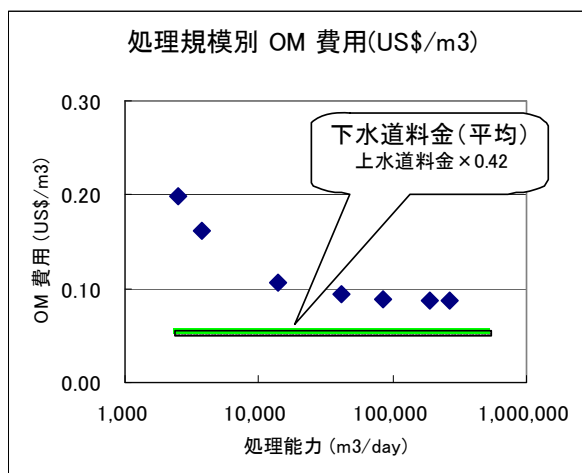
下水道経営に関すると、下水道料金制度は、一般家庭／商業の区分なし、累進性のない（フラット）料金体系である。料金水準は、ベトナムの知見より、コストの60%と試算される。

不足する財源に対して、維持管理計画（コスト削減）、料金制度、住民理解（料金賦課）、セプティックタンク汚泥受入れなど、体系的な経営改善が重要である。

PPPの導入については、民間会社が有するノウハウとして、豊富な維持管理の経験・調達ネット

ワーク、社内の種々の分野の人材を反映・活用することで、機能を維持・向上させつつコストを削減する効果が期待できる。市場性を有しない下水道について、行政が適切に介入することで「市場」と「競争」を通じ、住民サービスの効率性を向上させる仕組みが重要である。

下水道のPPP契約は、民間企業単独では解決し得ない、自然条件、地域・住民理解或いは予想困





難なリスクがある。雨水の浸入や下水道利用者の排水など、事業者単独では対応できないリスクもある。全てのリスクを民に課すると、市場性を損ない住民サービスが破綻することも懸念される。効率的で継続的な住民サービスを提供するために、官民が適切にリスクを分担することが不可欠である。

- ①事業の進捗または遅延に対する資金需要
- ②事業費用の増嵩
- ③事業の中断
- ④プロジェクトの収益性（VFM）
- ⑤設備機能の確保、設備機能診断
- ⑥水質等の性能、水質事故・雨水浸入水

本邦企業は、PPP 事業参画の経験が限られているので、段階的に PPP 市場を均てんすること（「したたり落ちる」ことによって全体に広まる）により市場参加することが实际的である。即ち、技術・ノウハウ支援、技術移転、および施設整備、運営サービスを含む全面的な事業参画等の段階に分けて、民間企業の事業運営能力を強化することが提案されている。技術・ノウハウの支援、技術移転で得られた維持管理事業の各種情報・人材等を結集し、提案型 PPP 事業につながる事が期待できる。

また、上下水道を一体化した PPP 事業、コンセッション方式やホールセール（水の卸）などのサービス提供方式、利益確保を可能とするためのインセンティブまたは PPP 参加を促すための支援策など、PPP を活用する援助国・被援助国の広汎な制度設計が不可欠である。PPP の適正な活用によって、一層の市場化・効率性を高めた公共サービスを究極的に達成する。

インドネシア、ベトナム国の現地調査と文献調査によって、それぞれの国の各都市が下水道事業を都市環境改善のインフラ事業と位置づけて、下水道整備に取り組んでいること、事業運営の改善を模索していることが分かった。インドネシア国は上下水道事業に関するワークショップを頻繁に開催して、各地域の下水処理技術、料金制度及び経営に関する情報交換を行っていた。下水道事業を持続的に行なうためには、成功及び失敗事例・ノウハウ等の情報共有・技術移転が効果的である。維持管理計画については、流入水量や水質によって、ユーティリティーの使用量や汚泥処分量が増減する。維持管理における業務内容及び費用を分析して、問題点の代替案を検討することは効率的な維持管理に不可欠である。例えば、ハノイ市の下水処理施設統合監視システムの導入やホーチミン市の汚泥処理のあり方に関する検討等は、維持管理費用の縮減が可能になる方法である。

施設の維持管理を含む下水道事業運営を適切に行なうための維持管理計画・下水道経営計画は、職員の教育・意識改革を行なうことと初級・中級・上級または処理技術～経営に関する体系的な研修プログラムを構築し、下水道の専門家を養成して可能となる。

中期的には、下水道施設の維持管理及び事業運営で得られたノウハウを、設備の更新及び下水道事業運営計画にフィードバックすることで、効率的で低コストの維持管理・経営が実現できる。

カザフスタン国  
下水道施設維持管理ノウハウ移転調査

## 最終報告書

## 目次

第1章	調査概要.....	1-1
1.1	調査の背景および目的.....	1-1
1.2	調査の実施方針.....	1-2
1.2.1	調査の基本理念.....	1-2
1.2.2	調査対象地域及び機関.....	1-3
(1)	調査対象地域.....	1-3
(2)	調査対象機関.....	1-3
(3)	位置図.....	1-3
1.2.3	調査実施体制.....	1-3
1.2.4	調査実施工程.....	1-4
第2章	インドネシア4都市における上下水道.....	2-1
2.1	現地調査結果.....	2-1
2.1.1	ジャカルタ特別州の下水道.....	2-1
(1)	水環境・下水道の概要.....	2-1
(2)	維持管理の現状.....	2-8
(3)	維持管理の課題.....	2-10
2.1.2	ジョグジャカルタ市の下水道.....	2-12
(1)	水環境・下水道の概要.....	2-12
(2)	維持管理の現状.....	2-19
(3)	広域行政 (SEKBER KARTAMANTUL).....	2-21
(4)	維持管理の課題.....	2-22
2.1.3	タンゲラン市 (Cikokol 浄水場 : TKCM 社 ROT 方式運営) の水道.....	2-24
(1)	水道事業の概要.....	2-24
(2)	維持管理の現状.....	2-25
(3)	維持管理の課題.....	2-30
2.1.4	ブカシ工業団地 (東ジャカルタ工業団地) の上下水道.....	2-32
(1)	事業概要.....	2-32
(2)	維持管理の現状.....	2-32
(3)	維持管理の課題.....	2-36
2.1.5	放流水の排水基準.....	2-38
2.1.6	下水道財政計画.....	2-39
(1)	支払意思額調査及び家計支出調査.....	2-39

(2) 下水道財政 .....	2-47
2.2 インドネシアにおける維持管理・経営計画の提案 .....	2-52
2.2.1 インドネシアにおける知見 .....	2-52
(1) 汚水処理対策の方針 (SANIMAS・下水道) .....	2-52
(2) オフィスビルの汚水対策 (マリオットホテルの経験) .....	2-54
(3) 水法の改正・河川浄化計画 .....	2-54
(4) 広域行政 .....	2-55
(5) 料金の賦課制度 .....	2-56
2.2.2 ジャカルタ下水道への提案 .....	2-57
(1) 維持管理の提案 .....	2-57
(2) 新規下水道プロジェクトの提案 .....	2-57
2.2.3 ジョグジャカルタ下水道への提案 .....	2-64
(1) 維持管理の提案 .....	2-64
(2) 水環境教育及び啓蒙 .....	2-65
(3) 中期整備計画・開発プロジェクトとの連携 .....	2-65
(4) 連絡管渠・複数処理区の施設計画 .....	2-65
(5) 処理施設の能力向上 .....	2-66
(6) 経営計画・料金体系の提案 .....	2-67
第3章 ベトナム2都市における下水道 .....	3-1
3.1 現地調査結果 .....	3-1
3.1.1 ハノイの下水道 .....	3-1
(1) 概要 .....	3-1
(2) 河川環境 .....	3-2
(3) 下水道の運営 .....	3-4
(4) 下水道料金体系及び徴収 .....	3-4
(5) 北タンロン下水処理場 .....	3-5
(6) キムリエン下水処理場 .....	3-9
3.1.2 維持管理の課題 .....	3-13
(1) 維持管理人員の問題 .....	3-13
(2) 流入下水量の問題 .....	3-13
(3) 汎用機器の使用 .....	3-14
(4) 経年劣化対策の構築 .....	3-14
(5) 維持管理教育の必要 .....	3-15
3.1.3 ホーチミンの下水道 .....	3-16
(1) 下水道の概要 .....	3-16
(2) 下水道料金体系及び徴収 .....	3-17
(3) 維持管理の現状 .....	3-18
(4) 維持管理の課題 .....	3-23
3.1.4 タンロン工業団地 (Thang Long Industrial Park) 下水処理場 .....	3-25

(1) 施設概要 .....	3-25
(2) 施設管理体制 .....	3-26
(3) 運転管理状況 .....	3-27
3.1.5 放流水の排水基準 .....	3-28
3.1.6 家計支出調査 .....	3-30
3.2 ベトナムにおける維持管理・経営計画の提案 .....	3-33
3.2.1 統合遠方監視・制御システム導入 .....	3-33
(1) 統合遠方監視・制御システム導入の考え方 .....	3-33
(2) 統合遠方監視・制御システム導入による効果 .....	3-36
3.2.2 維持管理計画の策定（ビンフン処理場） .....	3-37
(1) ビンフン処理場の維持管理計画 .....	3-37
(2) ビンフン処理場の維持管理費用算出 .....	3-40
3.2.3 汚泥利用・燃料化 .....	3-46
(1) 下水汚泥コンポスト化 .....	3-46
(2) 下水汚泥燃料化の可能性 .....	3-47
(3) 下水汚泥のセメント原料化 .....	3-48
(4) CDM プロジェクトの提案 .....	3-49
3.2.4 下水道財政の改善・料金制度 .....	3-50
(1) ハノイ市の下水道財政予測 .....	3-50
(2) ハノイ市の維持管理コスト .....	3-52
(3) ホーチミン市の維持管理コスト .....	3-54
(4) 下水道料金制度 .....	3-54
(5) アジア諸都市の下水道料金水準 .....	3-56
(6) 適正料金水準の試算 .....	3-56
3.2.5 住民理解・住民サービス向上 .....	3-59
(1) インターセプター下水道 .....	3-59
(2) 下水道の機能向上・し尿の受入れ .....	3-59
(3) 住民理解・住民教育 .....	3-60
3.2.6 関係機関の連携 .....	3-61
(1) 官民連携 .....	3-59
(2) 下水道整備コストの削減・都市開発プロジェクトとの連携 .....	3-59
(3) 関連部局の連携 .....	3-59
第4章 アスタナ市下水道維持管理・経営計画 .....	4-1
4.1 上下水道の現状 .....	4-1
(1) 水環境・上下水道事業の概要 .....	4-1
(2) 維持管理の現状 .....	4-3
(3) 維持管理の課題 .....	4-4
4.2 下水道維持管理計画 .....	4-5
(1) インドネシア・ベトナム調査で得られた知見 .....	4-5

(2) アスタナ市下水道施設維持管理計画の提案.....	4-6
4.3 下水道事業に対する提案.....	4-15
(1) 上下水道の料金体系・水準.....	4-15
(2) 事業場排水対策・都市開発プロジェクトとの連携.....	4-16
(3) セプティックタンク汚泥の受入れ.....	4-16
4.4 PPPの導入検討.....	4-17
(1) PPPの概論.....	4-17
(2) アジア、インドネシア及びベトナムにおけるPPPの現状.....	4-19
(3) 海外企業（本邦企業）のPPP事業参入に係わる障壁.....	4-21
(4) 本邦企業によるPPP事業への参画方法.....	4-24
(5) アスタナ市におけるPPPのあり方.....	4-25
第5章 まとめ.....	5-1
5.1 開発途上国における下水道事業の課題と解決の方向性.....	5-1
(1) 開発途上国における下水道事業のあり方.....	5-1
(2) 下水道の段階的な整備手法.....	5-2
5.2 下水道維持管理・経営計画における課題.....	5-3
(1) 維持管理計画.....	5-3
(2) 下水道料金の水準及び体系.....	5-4
(3) 関連部局の連携.....	5-4
5.3 下水道PPPにおける課題.....	5-5
5.4 あとがき.....	5-6
(1) 情報の共有.....	5-6
(2) 施設維持管理・経営ノウハウのフィードバック.....	5-6

< 図 表 目 次 >

< 図 >

図 1.2.1	政策ゴールアンドツール.....	1-2
図 1.2.2	調査対象地域位置図.....	1-4
図 1.2.3	全体調査工程.....	1-5
図 2.1.1	インドネシア各都市の下水道普及率.....	2-1
図 2.1.2	スティアブティ処理場位置.....	2-2
図 2.1.3	スティアブティ処理場の平面図.....	2-3
図 2.1.4	PD PAL JAYA の顧客構成図.....	2-4
図 2.1.5	PD PAL JAYA の組織図.....	2-5
図 2.1.6	2006 年及び 2007 年の料金収入の内訳.....	2-6
図 2.1.7	設置されている曝気機.....	2-8
図 2.1.8	ジョグジャカルタの川.....	2-12
図 2.1.9	スウォン下水処理場.....	2-12
図 2.1.10	スウォン下水処理場フロー図.....	2-13
図 2.1.11	フラッシング水供給場.....	2-13
図 2.1.12	ジョグジャカルタ市内河川の水質試験位置図.....	2-14
図 2.1.13	水質試験.....	2-15
図 2.1.14	チョデ川上流の排水管.....	2-15
図 2.1.15	ウイノゴ川中流の水質試験場所.....	2-15
図 2.1.16	セプティックタンク流出水.....	2-15
図 2.1.17	維持管理費用の経年変化（職員給料除外）.....	2-18
図 2.1.18	スウォン処理場流入水量の日変動（2009.1）.....	2-20
図 2.1.19	スウォン処理場流入水量の日変動（2009.2）.....	2-20
図 2.1.20	BOD 濃度の日変動（2009.1）.....	2-20
図 2.1.21	BOD 濃度の日変動（2009.2）.....	2-20
図 2.1.22	COD 濃度の日変動（2009.1）.....	2-20
図 2.1.23	COD 濃度の日変動（2009.2）.....	2-20
図 2.1.24	SS 濃度の日変動（2009.1）.....	2-20
図 2.1.25	SS 濃度の日変動（2009.2）.....	2-20
図 2.1.26	ジョグジャカルタ特別州.....	2-21
図 2.1.27	SEKBER KARTAMANTUL の意思決定構造.....	2-22
図 2.1.28	チサダネ川位置図.....	2-25
図 2.1.29	浄水フロー図.....	2-26
図 2.1.30	Cikokol 浄水場の維持管理に関する工夫事例.....	2-26
図 2.1.31	Cikokol 浄水場のモニタリング状況.....	2-27
図 2.1.32	維持管理組織.....	2-27
図 2.1.33	浄水場近隣の工場.....	2-30
図 2.1.34	ブカシ市の位置.....	2-32
図 2.1.35	原水取水口.....	2-32
図 2.1.36	沈殿池.....	2-33
図 2.1.37	浄水処理フロー図.....	2-33
図 2.1.38	反応タンク（長時間エアレーション法）.....	2-34
図 2.1.39	下水処理フロー図.....	2-34
図 2.1.40	維持管理体制.....	2-35
図 2.1.41	汚水調整池.....	2-36
図 2.1.42	斜軸スクリー型曝気機.....	2-37

図 2.1.43	支払意思額分析結果 .....	2-43
図 2.1.44	ジョグジャカルタ市におけるアフォーダビリティ .....	2-44
図 2.1.45	支払意思額調査の結果 .....	2-45
図 2.1.46	支払意思額の受諾率 .....	2-45
図 2.1.47	PD PAL JAYA の収入及び支出 .....	2-47
図 2.1.48	PD PAL JAYA の顧客別料金収入の割合 (2007 年度) .....	2-48
図 2.1.49	下水処理コストと収益比較 .....	2-49
図 2.2.1	SANIMAS プロジェクト .....	2-52
図 2.2.2	SANIMAS の施設配置(左図)と処理施設の構造(右図) .....	2-53
図 2.2.3	SANIMAS の位置づけ(左図)と実施状況(右図) .....	2-53
図 2.2.4	SANIMAS プロジェクト地区 (ジョグジャカルタ市内) .....	2-53
図 2.2.5	ジャカルタ市の下水道計画 .....	2-58
図 2.2.6	処理施設の規模別コスト比較 (日本の例) .....	2-59
図 2.2.7	下水道整備優先地区 .....	2-60
図 2.2.8	再開発事業における官民連携 .....	2-60
図 2.2.9	せせらぎプラント .....	2-61
図 2.2.10	ジャカルタ市内の高層ビル .....	2-61
図 2.2.11	街並み保全・水辺環境整備事業 .....	2-63
図 2.2.12	段階的下水道整備計画 (概念) .....	2-63
図 2.2.13	大規模商業施設 .....	2-65
図 2.2.14	幹線管きょ整備計画の概念 .....	2-66
図 2.2.15	ラグーン法の処理能力増強事例 .....	2-67
図 2.2.13	料金制度の検討 (収支試算) .....	2-69
図 2.2.14	利用者別負担割合 .....	2-69
図 3.1.1	ハノイ市下水処理施設の位置図 .....	3-1
図 3.1.2	水質試験位置図 .....	3-3
図 3.1.3	HSDC の組織図 .....	3-4
図 3.1.4	北タンロン処理場の表面曝気方式 .....	3-5
図 3.1.5	処理場近隣のポンプ場 .....	3-5
図 3.1.6	北タンロン処理場の処理フロー図 .....	3-6
図 3.1.7	北タンロン下水処理場の維持管理体制 .....	3-7
図 3.1.8	キムリエン処理場全景 .....	3-9
図 3.1.9	キムリエン処理場の処理フロー図 .....	3-9
図 3.1.10	スクリーン設備の脱臭配管 .....	3-10
図 3.1.11	活性炭を用いた脱臭装置 .....	3-10
図 3.1.12	キムリエン処理場の維持管理組織図 .....	3-11
図 3.1.13	固形塩素による消毒設備 .....	3-12
図 3.1.14	経年劣化対策による費用縮減効果 .....	3-14
図 3.1.15	ビンフン処理場全景 .....	3-16
図 3.1.16	デン水路の光景 .....	3-16
図 3.1.17	ビンフンファ処理場全景 .....	3-16
図 3.1.18	ホーチミン市下水処理施設位置図 .....	3-17
図 3.1.19	ビンフン処理場の処理フロー図 .....	3-19
図 3.1.20	ビンフン処理場の維持管理体制 (案) .....	3-19
図 3.1.21	処理場概要 .....	3-21
図 3.1.22	原水流入口及びスクリーン .....	3-21
図 3.1.23	ビンフンホア処理場の処理フロー図 .....	3-22
図 3.1.24	曝気池の表面曝気機 .....	3-22
図 3.1.25	沈砂池及び点検作業 .....	3-22
図 3.1.26	反応槽全景 .....	3-23

図 3.1.27	タンロン工業団地入口 .....	3-25
図 3.1.28	MBR 反応タンク (全景) .....	3-25
図 3.1.29	タンロン工業団地処理フロー図 .....	3-25
図 3.1.30	タンロン工業団地の維持管理体制 .....	3-26
図 3.1.31	社会条件調査結果概要 .....	3-31
図 3.1.32	下水道料金支払意思額調査結果 .....	3-32
図 3.2.1	ハノイ市下水処理施設統合監視システムの構想図 .....	3-34
図 3.2.2	ハノイ下水処理場の遠方監視システム構成図 (案) .....	3-35
図 3.2.3	ハノイ下水処理場の維持管理体制図(案).....	3-36
図 3.2.4	管理組織構想図 .....	3-38
図 3.2.5	コンポストの発酵プロセス .....	3-46
図 3.2.6	下水汚泥の資源価値 .....	3-46
図 3.2.7	汚泥有効利用可能性調査箇所 .....	3-47
図 3.2.8	Tan Mai 製紙工場.....	3-48
図 3.2.9	ペーパー・スラッジリサイクル設備 .....	3-48
図 3.2.10	Ha Tien Cement 1 工場.....	3-48
図 3.2.11	下水道整備段階-O/M コスト・料金水準 (ハノイ) .....	3-53
図 3.2.12	処理場の整備計画と維持管理費用 .....	3-53
図 3.2.13	ホーチミン市における処理容量別処理費用と下水道料金水準.....	3-54
図 3.2.14	料金の内部補助 (概念) .....	3-54
図 3.2.15	世界各国の上下水道料金及び下水道料金の上水道料金に対する割合.....	3-56
図 3.2.16	ハノイ市下水道料金の適正水準及び家計に占める割合 .....	3-57
図 3.2.17	ホーチミン市下水道料金の適正水準及び家計に占める割合 .....	3-57
図 3.2.18	浸水対策(貯留)・CSO 対策の併用技術 (概念) .....	3-59
図 3.2.19	紙芝居による教育 (日本) .....	3-60
図 3.2.20	社会教育 (インドネシア) .....	3-60
図 3.2.21	ハノイ市の都市開発 .....	3-61
図 4.2.1	アスタナ市下水処理場処理フロー図 .....	4-7
図 4.2.2	アスタナ市下水処理場の維持管理体制図 .....	4-8
図 4.2.3	保全管理方式.....	4-11
図 4.2.4	アスタナ下水処理場の使用電力原単位 .....	4-14
図 4.3.1	下水道施設規模による維持管理費用 (ベトナム国の例) .....	4-15
図 4.4.1	世界水産業の民営化比率及び利用人口 (水道) .....	4-18
図 4.4.2	アジアにおける部門別 PPP 投資現況 (1999~2005) .....	4-19
図 4.4.3	東南アジアにおける部門別 PPP 事案件数現況 (1999~2005) .....	4-19
図 4.4.4	ベトナム国における部門別 PPP 投資現況 (1990~2003) .....	4-21



< 表 >

表 1.2.1	調査団の構成.....	1-3
表 1.2.2	インドネシア国調査実施工程.....	1-6
表 1.2.3	インドネシア国訪問先リスト(1).....	1-7
表 1.2.3	インドネシア国訪問先リスト(2).....	1-8
表 1.2.4	ベトナム国調査実施工程.....	1-9
表 1.2.5	ベトナム国訪問先リスト(1).....	1-10
表 1.2.5	ベトナム国訪問先リスト(2).....	1-11
表 2.1.1	インドネシア各都市の下水道の管網数、普及人口および普及率.....	2-1
表 2.1.2	スティアブディ処理場の概要.....	2-3
表 2.1.3	スティアブディ処理場附属ポンプ場の概要.....	2-3
表 2.1.4	PD PAL JAYA の顧客構成.....	2-4
表 2.1.5	PD PAL JAYA の職員構成.....	2-5
表 2.1.6	PD PAL JAYA による下水道料金収入内訳.....	2-6
表 2.1.7	ジャカルタ特別州の下水道料金体系.....	2-7
表 2.1.8	インドネシア各都市の下水道料金徴収率.....	2-7
表 2.1.9	スティアブディ処理場の流入水及び放流水の水質.....	2-9
表 2.1.10	PD PAL JAYA の年間維持管理費用（直接処理に係わる分野）.....	2-10
表 2.1.11	PD PAL JAYA が委託運営中の民間処理場の概要.....	2-11
表 2.1.12	スウォン処理場概要.....	2-13
表 2.1.13	チョデ川及びウィノンゴ川の水質試験結果.....	2-14
表 2.1.14	市内河川に排出される排水管の水質試験結果.....	2-15
表 2.1.15	スウォン下水処理場の維持管理要員構成.....	2-16
表 2.1.16	維持管理費用分担金の内訳.....	2-16
表 2.1.17	スウォン下水処理場 2008 年度維持管理費用.....	2-17
表 2.1.18	ジョグジャカルタ市の下水道料金体系（現在）.....	2-19
表 2.1.19	維持管理要員数比較.....	2-28
表 2.1.20	水質測定値と水質基準.....	2-29
表 2.1.21	処理水の主な水質測定値と水質基準.....	2-29
表 2.1.22	ユーティリティ使用量（2009.3.18）.....	2-29
表 2.1.23	ユーティリティ単価.....	2-30
表 2.1.24	供給水の水質基準.....	2-33
表 2.1.25	工業用水分析項目・頻度.....	2-35
表 2.1.26	法定（設計）排水基準及び現状.....	2-36
表 2.1.27	放流水の排水基準（ホテル）.....	2-38
表 2.1.28	調査対象都市の家計支出分布（JBIC）.....	2-39
表 2.1.29	代表自治体における家計支出調査結果.....	2-40
表 2.1.30	社会調査実施概要.....	2-41
表 2.1.31	ジャカルタ市サンプル抽出状況及びヒアリング実施件数.....	2-41
表 2.1.32	2 段階 2 項選択による支払意思額抽出.....	2-42
表 2.1.33	支払意思額分析結果.....	2-42
表 2.1.34	ジョグジャカルタ市サンプル抽出状況.....	2-43
表 2.1.35	調査結果に基づくサンプル比.....	2-44
表 2.1.36	ヒアリング調査結果概要.....	2-44
表 2.1.37	PD PAL JAYA の収入及び支出.....	2-47
表 2.1.38	PD PAL JAYA の顧客件数及び顧客別床面積.....	2-48
表 2.1.39	2008 年度 PD PAL JAYA の収入及び処理水量当収入.....	2-48
表 2.1.40	2008 年度 PD PAL JAYA の支出費用及び処理水量当り費用.....	2-49
表 2.1.41	ジョグジャカルタ市下水道事業収支.....	2-50

表 2.1.42	2010年のジョグジャカルタ市下水道事業収支予想	2-50
表 2.1.43	ジョグジャカルタ市の下水道料金体系（現在）	2-51
表 2.1.44	ジョグジャカルタ市の新下水道料金体系（2010年実施予定）	2-51
表 2.2.1	優先プロジェクト下水道施設計画	2-62
表 2.2.2	優先プロジェクトの収支見込	2-62
表 2.2.3	スウォン下水処理場の維持管理要員構成	2-64
表 2.2.4	ジョグジャカルタの下水道経営の現況（2008年）	2-68
表 2.2.5	一般家庭の料金（該当分）	2-68
表 3.1.1	ハノイ市の下水処理施設概要	3-2
表 3.1.2	ハノイ市の新設予定下水処理施設概要	3-2
表 3.1.3	ハノイ市内河川の水質試験結果	3-3
表 3.1.4	ベトナム都市地域の水道料金	3-4
表 3.1.5	北タンロン下水処理場現況	3-5
表 3.1.6	北タンロン下水処理場の維持管理人員構成	3-6
表 3.1.7	北タンロン処理場と同等規模の処理場の運転要員数（ヘルス社管理）	3-7
表 3.1.8	北タンロン下水処理場の流入原水及び放流水質	3-8
表 3.1.9	ユーティリティー使用現況及び調達状況	3-8
表 3.1.10	キムリエン処理場の現況	3-9
表 3.1.11	キムリエン処理場の維持管理人員構成	3-10
表 3.1.12	キムリエン処理場と同規模の日本の施設の維持管理要員の比較	3-11
表 3.1.13	キムリエン処理場の水質	3-12
表 3.1.14	キムリエン処理場のユーティリティー使用量及び調達状況	3-13
表 3.1.15	人材育成に要求される研修事項の例	3-15
表 3.1.16	ホーチミン市の水道料金	3-18
表 3.1.17	ビンフン処理場の概要	3-18
表 3.1.18	ビンフン処理場の拡張計画	3-19
表 3.1.19	ビンフン下水処理場の原水及び処理水質	3-20
表 3.1.20	ビンフン処理場のユーティリティーの使用量（現況 30,000m <sup>3</sup> /日に対し）	3-21
表 3.1.21	ビンフンホア処理場の維持管理要員構成	3-22
表 3.1.22	ビンフンポンプ場の遠方監視項目（案）	3-24
表 3.1.23	タンロン工業団地下水処理場の施設概要	3-26
表 3.1.24	タンロン工業団地維持管理要員構成	3-26
表 3.1.25	タンロン工業団地下水処理場の流入水質及び処理水質	3-27
表 3.1.26	ユーティリティー使用量	3-27
表 3.1.27	放流水の排水基準（TCVN 5945-2005）	3-28
表 3.1.28	社会調査実施概要	3-30
表 3.1.29	社会調査対象所得階層	3-30
表 3.1.30	社会調査実施概要	3-31
表 3.2.1	ハノイ市下水処理場の維持管理人員配置状況	3-33
表 3.2.2	既存3処理場の統合遠方監視システム導入費用	3-35
表 3.2.3	統合遠方監視システム導入による人件費縮減効果	3-37
表 3.2.4	維持管理計画作成の各条件	3-37
表 3.2.5	業務担当別職務内容	3-38
表 3.2.6	各条件別維持管理要員数	3-39
表 3.2.7	各条件別ユーティリティー使用量	3-40
表 3.2.8	各条件別ユーティリティー費用	3-41
表 3.2.9	各条件別コンポスト汚泥及び脱水汚泥の年間発生量	3-41
表 3.2.10	各条件別汚泥処分費用	3-42
表 3.2.11	各条件別コンポスト実施及び未実施の場合の汚泥発生量及び処分費用	3-42
表 3.2.12	年間消耗品費	3-42

表 3.2.13	年間修繕費 .....	3-43
表 3.2.14	年間技術移転費用 .....	3-43
表 3.2.15	各条件別人件費 .....	3-44
表 3.2.16	清掃及び植栽業務費用 .....	3-44
表 3.2.17	年間維持管理費用 .....	3-45
表 3.2.18	ハノイ市下水処理施設維持管理費用 .....	3-50
表 3.2.19	ハノイ市下水処理施設維持管理の為の人の人件費（予想） .....	3-50
表 3.2.20	ハノイ市下水処理施設の年間電気費（予想） .....	3-51
表 3.2.21	ハノイ市下水処理施設維持管理薬品費（予想） .....	3-51
表 3.2.22	ハノイ市下水処理施設の発生汚泥量及び処分費用（予想） .....	3-51
表 3.2.23	ハノイ市下水処理施設の消耗品費及び修繕費（予想） .....	3-51
表 3.2.24	ハノイ市下水処理場の整備計画 .....	3-52
表 3.2.25	ハノイ・ホーチミン市の上下水道料金 .....	3-55
表 3.2.26	調査対象都市の下水道料金制度比較 .....	3-55
表 4.1.1	アスタナ市周辺の水環境 .....	4-1
表 4.1.2	アスタナ市の水需要（水道原水） .....	4-2
表 4.1.3	円借款事業の上水道施設概要 .....	4-2
表 4.1.4	アスタナ市の下水道開発計画 .....	4-3
表 4.1.5	円借款事業の下水道施設概要 .....	4-3
表 4.1.6	ASA の職員数（2000 年当時） .....	4-4
表 4.2.1	インドネシア・ベトナムで得られた処理場の効果的な対策事例 .....	4-5
表 4.2.2	アスタナ市下水処理場の基本事項 .....	4-6
表 4.2.3	計画下水量 .....	4-7
表 4.2.4	計画処理水質 .....	4-7
表 4.2.5	施設計画汚泥量 .....	4-7
表 4.2.6	維持管理体制の職務分担 .....	4-8
表 4.2.7	アスタナ市下水処理場の維持管理要員 .....	4-9
表 4.2.8	保全方式の特徴 .....	4-12
表 4.2.9	設備管理台帳記載内容 .....	4-13
表 4.2.10	薬品使用量 .....	4-14
表 4.2.11	電気使用量 .....	4-14
表 4.3.1	上下水道料金 .....	4-15
表 4.3.2	経営改善の骨子 .....	4-16
表 4.4.1	PPP の事業方式 .....	4-18
表 4.4.2	インドネシアにおける部門別 PPP 投資件数（1990～2005 年） .....	4-20
表 4.4.3	インドネシアにおける部門別 PPP の投資金額（1990～2005 年） .....	4-20

## 添 付 資 料

1. インドネシア・ベトナムの各施設の調査結果
2. 運転・施設管理における成功事例と課題
3. ハノイ市下水処理場遠方監視システム提案
4. ホーチミン市ビンフン下水処理場維持管理計画書（案）
5. 下水道の段階的な整備手法
6. 官民協働の法制度
7. 官民の役割分担
8. 河川浄化計画・広報活動
9. アスタナ市下水処理場維持管理計画書（案）
10. 家計支出及び WTP 調査に関する調査票
11. 下水道料金制度

## 略語集

ASA	Astana Su Arnacy
BOD	Biochemical Oxygen Demand
BORDA	Bremen Overseas Research and Development Association
BPS	Badan Pusat Statistik, Republik Indonesia (Statistics Indonesia of The Republic of Indonesia)
CDM	Clean Development Mechanism
COD	Chemical Oxygen Demand
CSO	Combined Sewer Overflow
DO	Dissolved Oxygen
FCI	Financial Capacity Index
HSDC	Hanoi Sewerage and Drainage One-member State Company Limited
JBIC	Japan Bank of International Cooperation
Kabupaten	Prefectural Government
MBR	Membrane Bio Reactor
MCK	Mandi, Cuci and Kakus (Bathing, Laundry and Toilet)
O/M	Operation and Maintenance
PAC	Poly Aluminum Chloride
PD PAL JAYA	Perusahaan Daerah Pengelolaan Air Limbah DKI Jakarta
PDAM	Perusahaan Daerah Air Minum
PMB	Project Management Board
PPLi	Prasadha Pamunah Limbah Industri
PPP	Public and Private Partnership
PROKASIH	Proyek Kali Bersih(Clean River Program)
PROPER	Performance Level Evaluation Program
ROT	Rehabilitation, Operation and Transfer
SANIMAS	Sanitation for Public
SAWACO	Saigon Water Company
SEKBER KARTAMANTUL	Joint Secretariat Yogyakarta, Sleman and Bantul
SS	Suspended Solid
TKCM	Tirta Kencana Cahaya Mandiri
T-N	Total Nitrogen
UDC	Urban Drainage Company Hi Chi Minh City
WTP	Willingness to Pay

## 第1章 調査概要

### 1.1 調査の背景および目的

本調査の目的は以下に示す2点である。

- ・ 東南アジア地域の下水道施設運営・維持管理について調査し、実務ノウハウを整理する。
- ・ 上記を基に、カザフスタン国アスタナ市における下水道施設運営・維持管理実務に対する技術的、経営・財務的観点からの提言をまとめる。

インドネシア国においては、下水道管路施設は植民地時代に建設され、各地で集中処理場のパイロット事業が実施されているものの、下水道事業の運営は極めて限定的である。ベトナム国及びカザフスタン国アスタナ市においては、円借款による下水処理建設プロジェクトが実施され、大規模の下水道事業を運営していく状況にある。しかし、事業運営の経験に乏しく、下水道事業の持続性が喫緊の課題である。このような状況を踏まえた上で、本報告書では現地調査から得られた知見の「一般性」及び「特殊性」の分類に留意しつつ、アスタナ市下水道の維持管理・事業運営について検討し、財政計画・料金制度および事業運営の民営化について提言する。本調査業務で行なった主たる調査内容について概要を以下に述べる。

- ・ 下水道事業の運営に関する実態調査

インドネシア国及びベトナム国における下水道事業運営実態を把握するため、維持管理業務内容の基本構成及びリソース等の情報収集及び分析を行なった。本調査の精度向上の鍵はリソースに係る情報量の確保にかかっている事を踏まえ、リソース実投入量と費用単価の峻別を明確にするよう、事前の調査票の準備により効率的な調査の遂行に努めた。

- ・ インドネシア国及びベトナム国における維持管理計画の分析

実態調査にて収集したデータを基に、モデル下水道施設の運営・維持管理に必要な維持管理事項及びリソース量と共に、コスト削減、経営改善に向けた年間維持管理計画を評価・提案した。

- ・ インドネシア国及びベトナム国における財政計画、適切な料金水準・料金体系の分析

モデル下水道施設の運営・維持管理計画に従い、施設ライフサイクルにおける年間維持管理費用について推計した。また、住民の下水道料金支払能力について、既存資料及び追加調査結果に基づき分析・推計を行い、運営・維持管理にかかる年間キャッシュフローを推計し、財政支援の投入量を把握した。また住民の支払意思額を推計し、支払能力と比較考量した。

- ・ アスタナ市における維持管理計画、維持管理費用算定、料金水準・料金体系の提言

貴機構から提供されたアスタナ市下水道情報に基づき、インドネシア・ベトナム国の現地調査を通じて得られた実務ノウハウを反映させたアスタナ市下水道施設にかかる運営・維持管理を検討した。アスタナ市下水道事業の「特殊性」を十分に認識した上で、適切な計画の策定に努めた。また、同様の視点に立ち、適切な下水道料金制度について検討し、提言にまとめた。

- アスタナ市における下水道事業官民パートナーシップ（PPP）導入の検討  
アスタナ市下水道事業への PPP 導入及び本邦企業参入の可能性について検討し、導入に向けた課題について整理した。

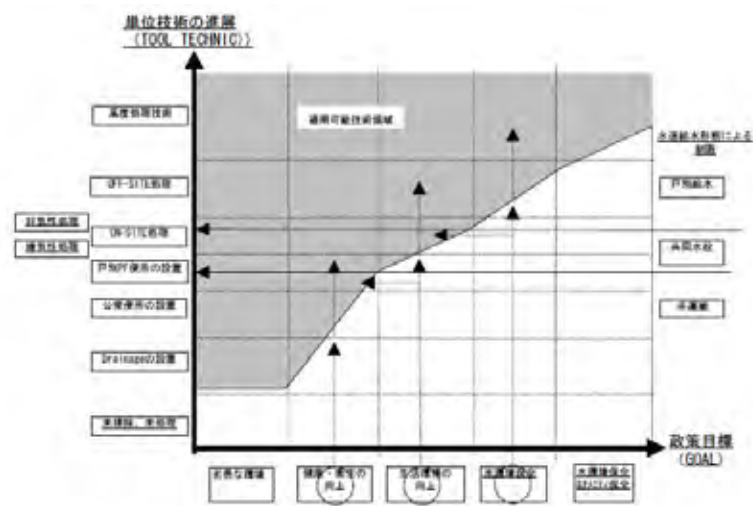
## 1.2 調査の実施方針

### 1.2.1 調査の基本理念

下水道には一般的に次の役割がある。

- ・ し尿処理や汚水の排除により、公衆衛生環境を改善する。
- ・ 雨水排水・浸水の防除により、市民の安全と都市機能を確保する。
- ・ 水環境を改善し、市民生活の潤いや都市の活力を維持し、水資源を保全する。

一方、開発途上国の大都市は、気候・地形などの自然環境や経済・文化など水環境との関わりが多様で、先進国型下水道のサービスに対するニーズは、必ずしも期待されていない。また、高機能・高コストのサービス水準を維持する財政負担や資機材等の調達能力も多様である。一般に、都市排水対策・水環境改善に関する政策ゴール・アンド・ツールは、下図に示されるように、ニーズとコスト負担および水道の普及状況に応じて、汚水排水（未処理）、便所の設置・オンサイト処理、オフサイト処理、雑排水対策・高度処理のツールが使い分けされる。



出典) 発展途上国における下水道経営ガイドライン

図 1.2.1 政策ゴールアンドツール

従って、次に掲げる開発途上国に特有の条件を念頭に置いた下水道経営が不可欠と認識する。

- ・ 下水道の役割とサービス水準を予条件として、下水収集システム（インターセプター、標準下水道（conventional sewerage）、簡易下水道（simplified sewerage）、セプティックタンク汚泥処理など）、処理レベルを選定する。
- ・ 適正技術の観点では、インフラの整備水準や機器・ユーティリティーの供給・メンテナンス体制を考慮して、施設・設備の仕様を選定することが重要である。
- ・ 経営・下水道使用料制度については、水道料金体系・料金収集システムを基本に、内部補助（cross subsidy）の料金体系とする。

このような観点で、アスタナ市に対する中長期的な運営・維持管理のサービスレベル、サービス区域の拡大に適した、運営・維持管理計画を提案した。

## 1.2.2 調査対象地域及び機関

### (1) 調査対象地域

調査対象地域は、ベトナム国、インドネシア国における次の都市で、各国2箇所以上のモデル下水処理場に加え、民活により維持管理を実施している上水あるいは下水道施設を選定した、合計4都市、5箇所以上の施設である。（図 1.2.2 参照）

- ・ ベトナム国： ハノイ市、ホーチミン市
- ・ インドネシア国： ジャカルタ市、ジョグジャカルタ市

### (2) 調査対象機関

現地調査の成果を提言する対象機関は、次の機関である。

- ・ カザフスタン国： アスタナ市、アスタナ市上下水道公社

### (3) 位置図

図 1.2.2 のとおりである。

## 1.2.3 調査実施体制

本調査団は、日本工営株式会社と日本ヘルス工業株式会社との共同企業体により、下表のとおり構成された。

表 1.2.1 調査団の構成

調査分野	団員名	所属企業
総括／土木・下水道計画	井上 弥九郎	日本工営株式会社
下水道維持管理	蔦 英夫	日本工営株式会社
機械設備維持管理	川津 利明	日本ヘルス工業株式会社
企業経営（維持管理契約等）	池田 大介	日本ヘルス工業株式会社
下水道財政計画	金 玄烈	日本ヘルス工業株式会社





図 1.2.2 調査対象地域位置図

#### 1.2.4 調査実施工程

全体の調査工程は次図 1.2.3 のとおりである。

作業項目	期間	2008年度		2009年度		
		2	3	4	5	6
<b>国内準備作業</b>						
1-1 アスタナ市下水道施設の概要把握及び東南アジアにおけるモデル下水道施設の選定		<input type="checkbox"/>				
1-2 インセプション・レポートの作成		<input type="checkbox"/>				
<b>第1次現地調査</b>						
第1次現地調査（ベトナム国）		<input type="checkbox"/>				
2-1 対象施設概要に関する情報収集・整理		<input type="checkbox"/>				
2-2 維持管理計画の把握		<input type="checkbox"/>				
2-3 維持管理費推計及び適切な料金水準の把握		<input type="checkbox"/>				
2-4 適切な費用負担の把握		<input type="checkbox"/>				
<b>第1次国内作業</b>						
3-1 プロGRESS・レポートの作成		<input type="checkbox"/>				
<b>第2次現地調査</b>						
第2次現地調査（インドネシア国）			<input type="checkbox"/>			
4-1 対象施設概要に関する情報収集・整理			<input type="checkbox"/>			
4-2 維持管理計画の把握			<input type="checkbox"/>			
4-3 維持管理費推計及び適切な料金水準の把握			<input type="checkbox"/>			
4-4 適切な費用負担の把握			<input type="checkbox"/>			
<b>第2次国内作業</b>						
5-1 第二次現地調査の結果整理				<input type="checkbox"/>		
5-2 民間オペレータによる施設運営の比較優位性の整理				<input type="checkbox"/>		
5-3 民活契約における免責事項、罰則条項、賠償条項の整理				<input type="checkbox"/>		
5-4 施設運営への本邦民間企業参入可能性の把握				<input type="checkbox"/>		
5-5 アスタナ市下水道施設維持管理計画の作成				<input type="checkbox"/>		
5-6 アスタナ市下水道施設維持管理費推計手法および適切な料金水準設定方法の提案				<input type="checkbox"/>		
5-7 民活導入における留意点の報告				<input type="checkbox"/>		
5-8 ドラフトファイナル・レポートの作成				<input type="checkbox"/>		
5-9 ファイナル・レポートの作成				<input type="checkbox"/>		
<b>成果品・報告書</b>						
R1. インセプション・レポート		★ 2/5				
R2. プロGRESS・レポート		★ 2/27				
R3. ドラフトファイナル・レポート				5/20	★	
R4. ファイナル・レポート						★

凡例：作業（計画） 作業（実施） 報告書 ★

図 1.2.3 全体調査工程

インドネシア国およびベトナム国における調査日程ならびに訪問先機関について以下に示す。

表 1.2.2 インドネシア国調査実施工程

Study Schedule Executed  
Indonesia (Jakarta / Yogyakarta)

Day	Date	Itinerary of Study Team	Participants from Indonesia Side	Accommodation Place	
1	8-Mar	Sun	Travel from Narita to Jakarta via JL725	Jakarta	
2	9-Mar.	Mon	AM/PM Field survey in Jakarta	Jakarta	
3	10-Mar.	Tue	09:00 Courtesy call to Directorate of Human Settlement, Ministry of Public Works (CIPTAKARYA PU)	Mr. Handy B. Legowo / Vice Director of Sanitation Division Mr. Joko Mursito / Vice Director of Technical and Planning Division Ms. Asri Indiyani / Secretary of Mr. Handy Ms. Kitamura / Project Formulation Advisor	
			17:00 Courtesy call to JICA Indonesia Office		
4	11-Mar.	Wed	10:00 Courtesy call to PD PAL JAYA	Ms. Liliansari Loedin / Director General Ir. Erwin Mapijali / Head of Technical Department Ir. Hendry Sitohang / Program & Development Division	
			13:00 Courtesy call to Dians PU, DKI Jakarta		Mr. Fakhrurazi / Head of Water Resources Management Ms. Hemini / Water Resources Management Section
			15:00 Courtesy call to Regional Environment Management Board		
5	12-Mar.	Thu	09:00 Meeting on social survey in Jakarta and field survey for the Setiabudi Pond (aerated lagoon)	Ir. Setyo Dukhito / Program & Development Division Ir. Hendry Sitohang / Program & Development Division	
			11:00 O&M site inspection of wastewater treatment facilities in Agro Building (Hotel Marriot)		Mr. Donny / Assistant Chief of Engineering Mr. Endang / Engineering Supervisor
			14:00 O&M site inspection of the Setiabudi Pond (primary water quality test)		
6	13-Mar.	Fri	09:00 Courtesy call to Japan Embassy in Indonesia	Mr. Muronaga / Second Secretary Economic Section (public Works)	
			11:00 O&M site inspection of private water supply and wastewater treatment facilities in EJIP		
7	14-Mar.	Sat	AM Mobilization to Yogyakarta PM Field investigation along Code River	Yogyakarta	
8	15-Mar.	Sun	AM Field investigation and primary water quality test along Code River and Winongo River	Yogyakarta	
9	16-Mar.	Mon	08:00 Courtesy call to Living Environment Service of Yogyakarta and field investigation of sewer facilities	Ir. Hadi Prabowo / Head Mr. Peter Lawasa / Chief of Environment Recovery Sub-Division Mr. Indro Sutopo / Chief of Recycling Sub-Division	
			13:00 O&M site inspection of Sewon WWTP		
10	17-Mar.	Tue	08:30 Courtesy call to Dinas Pemukiman dan Prasarana Wilayah	Mr. Eko Suryo / Head Ir. Djoko Hardjono / Chief of Wastewater Canal Section Ir. Agus Sularto / Chief of Road and Bridge Section Mr. Nurul Huda / Road and Bridge Section Ms. Nunik / Wastewater Canal Section	
			13:00 Technical meeting with Living Environment Service of Yogyakarta		Mr. Peter Lawasa / Chief of Environment Recovery Sub-Division Mr. Indro Sutopo / Chief of Recycling Sub-Division
			14:00 Data collection at provincial PU (Sewon WWTP electrical consumption amount in FY 2008)		
			16:30 Courtesy call to Joint Secretariat of KARTAMANTUL and return to Jakarta		Mr. R. Ferry Anggoro Surokusumo / Office Manager
11	18-Mar.	Wed	09:00 Meeting with PD PAL JAYA	Ir. Setyo Dukhito / Program & Development Division Ir. Hendry Sitohang / Program & Development Division	
			13:30 Pre-test of WTP survey in Jakarta		Ir. Hendry Sitohang / Program & Development Division Mr. Ahmad Fauzi Mr. Abdur Ahman
			14:00 O&M site inspection Cicokol Water Treatment Plant in Tangerang		
12	19-Mar.	Thu	08:30 O&M site inspection Cicokol Water Treatment Plant in Tangerang	Mr. Jos Tupamahu / President Director	
			PM Internal meeting on social survey and primary water quality test in Jakarta		
13	20-Mar.	Fri	09:00 Courtesy call to Mr. Yudi of PD PAL JAYA and meeting with PD PAL JAYA on social survey in Jakarta	Ir. E. Yudi Indando / Director of Technical & Business Division Ir. Hendry Sitohang / Program & Development Division Mr. Ahmad Fauzi Mr. Abdur Ahman Mr. Inhsidin	
			11:00 CIPTAKARYA PU		Ir. Emah Sudjimah / Engineer of Sanitation Division
			17:00 Report to JICA		
14	21-Mar.	Sat	AM Data organization PM Departure from Jakarta to Narita via JL726		
15	22-Mar.	Sun	Arrival at Narita		

表 1.2.3 インドネシア国訪問先リスト(1)

<b>Directorate General of Human Settlements (CIPTAKARYA), Ministry of Public Works</b>	
Mr. Handy B. Legowo	Vice Director of Sanitation Division
Ir. Emah Sudjimah	Engineer of Sanitation Division
Mr. Joko Mursito	Vice Director of Technical Planning and Development
Ms. Ansi Indiyani	Secretary of Mr. Handy
<b>Perusahaan Daerah Pengelolaan Air Limbah (PD PAL) JAYA, DKI Jakarta</b>	
Ms. Liliansari Loedin	Director General
Ir. E. Yudi Indardo	Director of Technical & Business Division
Ir. Erwin Marpiali	Head of Technical Division
Ir. Setyo Duhkito	Head of Program & Development Division
Ir. Hendry Sitohang	Engineer of Program & Development Division
Mr. Ekky Hariyatno	Program & Development Division
Mr. Rudy Badruin	Pump and Pump House O&M
<b>Dinas Pekerjaan Umum (PU), DKI Jakarta</b>	
Mr. Fakhurrazi	Head of Water Resource Management
Ms. Hernini	Expert of Water Resource Management
<b>Regional Environment management Board (BPLHD), DKI Jakarta</b>	
Mr. H. Djoni Tagor	Director of BPLHD
Mr. Eko Gumelat Susanto	Environmental Impact Control Specialist)
Ms. Dinar Savitri	Head of Environmental Planning and Order Division
Mr. Rahamat Bayangkara	Chief of Environmental Education Sub-division
Ir. Andono Warih	Head of Laboratory
<b>Joint Secretariat of KARTAMANTUL</b>	
Mr. R. Ferry Anggoro Suryokusumo	Office Manager
<b>Dinas Lingkungan Hidup (DLH), Pemerintah Kota Yogyakarta</b>	
Ir. Hadi Prabowo	Head of DLH
Mr. Peter Lawasa	Chief of Environment Recovery Sub-division
Mr. Indro Sutopo	Chief of Recycling Sub-division

表 1.2.3 インドネシア国訪問先リスト(2)

<b>Dinas Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Pemerintah Kota Yogyakarta</b>	
Mr. Eko Suryo	Head
Ir. Djoko Hardjono	Chief of Wastewater Canal Section
Ir. Agus Sularso	Chief of Road and Bridge Section
Mr. Nurul Huda	Road and Bridge Section
Ms. Nunik	Wastewater Canal Section
<b>Sewon Wastewater Treatment Plant (WWTP)</b>	
Ir. Purwoko	General Manager of Sewon WWTP
<b>Agro Building, JW Mariot Hotel</b>	
Mr. Donny	Assistant chief of Engineering
Mr. Endang	Engineering Supervisor
<b>Instalasi Pengolahan Air Minum Cikkokol</b>	
Mr. Jos Tupamahu	President Director
<b>Japan Embassy in Indonesia</b>	
Mr. MURONAGA Takeshi	Second Secretary Economic Section (Public Works)
<b>Japan International Cooperation Agency Indonesia Office</b>	
Ms. KITAMURA Keiko	Project Formulation Advisor
<b>P.T. East Jakarta Industrial Park</b>	
Mr. OMATA Takeichi	President Director
Mr. NASU Yujiro	Engineering Manager
Mr. Gunawan	Water Treatment and Environment Control Manager

表 1.2.4 ベトナム国調査実施工程

Study Schedule Executed  
Vietnam (Hanoi / Ho Chi Minh)

Day	Date	Itinerary of Study Team		Participants from Vietnam Side	Accommodation Place
		Group A	Group B		
1	8-Feb.	Sun	Travel from Narita to Hanoi via JL5135		Hanoi
2	9-Feb.	Mon	09:00 Courtesy call to Hanoi Sewerage & Drainage Project Management Board (HSDPMB)		Hanoi
			10:30 Courtesy call to Hanoi Sewerage & Drainage Company (HSDC)		
			PM Internal meeting with local assistants of study schedule and social survey		
3	10-Feb.	Tue	08:30 Field investigation of water environmental condition around Hanoi city		Hanoi
			14:00 Field investigation of O&M condition of North Thang Long WWTP		
4	11-Feb.	Wed	09:30 Field investigation of O&M condition of North Thang Long WWTP		Hanoi
			PM Data collection of NTLWWTP	14:00 Meeting with Tan Mai Ward PC on social survey permission	
5	12-Feb.	Thu	09:30 Field Investigation of O&M condition of Thang Long Industrial Park	9:00 Field investigation of O&M condition of Kim Lien WWTP	Hanoi
			14:00 Field investigation of O&M condition of Kim Lien WWTP		
6	13-Feb.	Fri	09:00 Technical Meeting with HSDC on Kim Lien WWTP		Hanoi
			15:00 Courtesy call to JICA Vietnam		
7	14-Feb.	Sat	Field investigation of water environmental condition around Hanoi including primary water quality test		Hanoi
8	15-Feb.	Sun	Travel from Hanoi to Ho Chi Minh via VN 217		Ho Chi Minh
9	16-Feb.	Mon	10:30 Courtesy call to East-West Highway & Water Environment Improvement Project Management Unit		Ho Chi Minh
			14:00 Courtesy call to Saigon Water Corporation (SAWACO)		
10	17-Feb.	Tue	09:00 Courtesy call to Urban Drainage Company HCM City		Ho Chi Minh
			10:30 Courtesy call to Anti-Flooding Management Center		
11	18-Feb.	Wed	09:30 Field investigation of O&M condition of Binh Chanh WWTP	09:00 Courtesy call to Ha Tien 1 Cement Factory	Ho Chi Minh
			14:00 Meeting with Mr. Don Audet (Financial expert of SAPI)		
12	19-Feb.	Thu	08:30 Field investigation of O&M condition of Binh Chanh WWTP	9:30 Meeting with Go Vap District People Committee on social survey	Ho Chi Minh
			14:00 Courtesy call to Tan Mai Joint Stock Co.		
13	20-Feb.	Fri	09:00 Field investigation of O&M condition of Thu Duc Water Treatment Plant		Ho Chi Minh
			14:00 Field Investigation of O&M condition of Tan Qui Dong Wastewater Treatment Plant and Binh Hung Hoa Wastewater Treatment Plant		
14	21-Feb.	Sat	Field investigation of construction condition of Water Environment Management Project I of HCMC		
15	22-Feb.	Sun	Arrival at Narita		

表 1.2.5 ベトナム国訪問先リスト(1)

<b>Hanoi Sewerage &amp; Drainage Project Management Board (HSDPMB)</b>	
Mr. Le Hong Quan	Vice Director
Ms. Hoang Thi Mai Huong	Official of Planning Dept.
<b>Hanoi Sewerage &amp; Drainage Limited Company (HSDC)</b>	
Ms. Nguyen Thi Thuy Nga	Head of Water Environment Engineering Dept
<b>Hanoi Sewerage &amp; Drainage Limited Company Wastewater Treatment Enterprise</b>	
Mr. Phan Hoai Minh	Director of Wastewater Treatment Enterprise
Mr. Nguyen Hong Phong	Vice Director of Wastewater Treatment Enterprise
Mr. Son	Head of North Thang Long WWTP (NTLWWTP)
Mr. Trung	Technical Chief of Department of NTLWWTP
<b>People' s Committee of Tan Mai Ward in Hanoi City</b>	
Mr. Vu Ngoc Cung	Vice Chairman of Tan Mai Ward
<b>East-West Highway &amp; Water Environment Improvement Project Management Unit (WEIPMU)</b>	
Mr. Luong Minh Phuc	Vice Director
Mr. Dang Ngoc Hoi	Chief of Division of Water Environment Management Project I
<b>Anti-Flooding Program Management Center of People' s Committee of Ho Chi Minh City</b>	
Mr. Nguyen Phuoc Thao	Director
Mr. Nguyen Ngoc Cong	Vice Director
Mr. Viet	Head of Financial & Investment Division
Mr. Long	Head of Wastewater Management Division
Mr. Yung	Expert of Center
<b>Urban Drainage Company (UDC) of HCM City</b>	
Mr. Chu Quoc Huy	Director
Mr. Nguyen Bao Khanh	Manager of Research & Development Division
Mr. Phung Ngoc Chinh	Expert
Ms. Nguyen Phuoc Minh Uyen	Expert
<b>Saigon Water Corporation (SAWACO)</b>	
Mr. Ly Chung Dan	Vice General Director
Mr. Pham Ngoc Khoi	Deputy Office Manager
Mr. Tran Lim Thach	Environmental Engineer of production Engineering Team
Mr. Tran Nhuan Hoat	Mechanical Engineer of Production Engineering Team

表 1.2.5 ベトナム国訪問先リスト(2)

<b>Saigon Water Corporation (SAWACO)</b>	
Mr. Luong Quang Thuy	Expert of Technology Appl
<b>Thu Duc Water Treatment Plant</b>	
Mr. Vo Duy Quang	Deputy Director
Mr. Mai Luong Binh	Deputy Director
<b>Binh Chanh Wastewater Treatment Plant</b>	
Mr. Suzuki Hiroshi	Project Manager
Mr. Takata Naohiro	Resident Engineer
<b>Binh Hung Hoa Wastewater Treatment Plant</b>	
Mr. Trung	Expert of Binh Hung Hoa Wastewater Treatment Plant
<b>People' s Committee of Go Vap District in HCM City</b>	
Ms. Le Thi Thanh Trang	Vice Chairman
Mr. Le Thanh Tuan	Expert of Economic Division
Mr. Than Huy	Expert of Construction & Environment Division
<b>HCMC Environmental Sanitation Project Institutional Strengthening</b>	
Mr. Don Audet	Team Leader
<b>Ha Tien 1 Cement Factory</b>	
Mr. Nguyen Luyen	Chief of Research & Deploy Department
<b>Tan Mai Joint Stock Company</b>	
Mr. Le Quang Huy	Deputy General Director of Technics
Mr. Nguyen Phi Phung	Manager of Safety and Environment Department
<b>Japan International Cooperation Agency Vietnam Office</b>	
Mr. KATSURAI Taro	Senior Project Formulation Advisor
<b>Thang Long Industrial Park Cooperation</b>	
Mr. OKAJI Toshio	Engineer



## 第2章 インドネシア4都市における上下水道

### 2.1 現地調査結果

#### 2.1.1 ジャカルタ特別州の下水道

##### (1) 水環境・下水道の概要

##### 1) 概要

インドネシアの首都であるジャカルタ特別州は、人口約1,200万人の東南アジア最大の都市であるが、下水道普及率は2.8%（表2.1.1、図2.1.1）程度であり、同国の他都市と比べてもかなり低い状態である。

表2.1.1 インドネシア各都市の下水道の接続戸数、普及人口および普及率

都市	接続戸数	普及人口(人)	普及率(%)
Kota Bandung	90,000	450,000	20
Kota Cirebon	18,800	90,000	32
DKI Jakarta	2,300	220,000	2.8
Kota Meden	7,400	49,000	2.3
Kota/Kab Tangerang	9,800	46,000	4
Greater Yogyakarta	10,100	67,000	13

\* Finacing Affordable Water and Sanitation Systems,2006,JBICより

ジョグジャカルタは、今回調査した数値

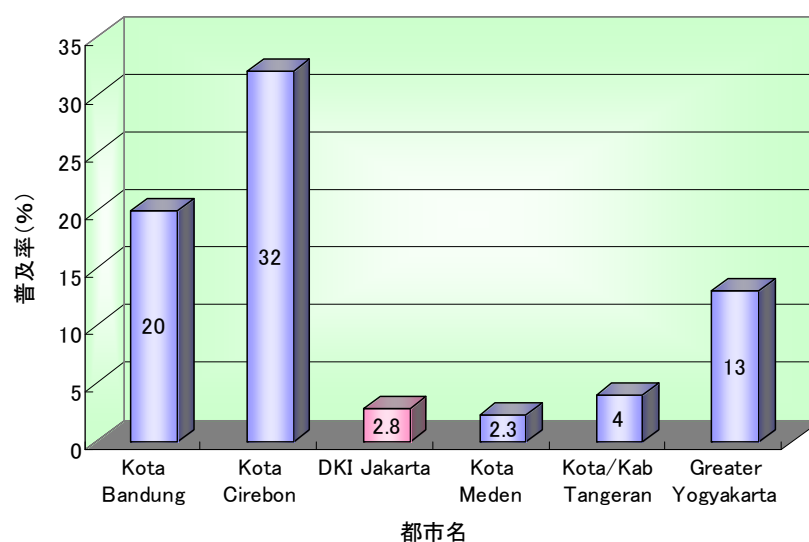


図2.1.1 インドネシア各都市の下水道普及率

現在、ジャカルタ特別州には1箇所の処理場（スティアブティ処理場）があり、費用と用地確保の制約で、新規処理場の建設が遅れている。

スティアブティ処理場はジャカルタ市内に位置する処理場で、1991年に洪水調節のために作られていた池に表面曝気機を設置し、下水を処理できるようにした、洪水調節兼用処理場である。各家庭又は商業施設等からの下水は、直接又はクルクット（Krukut）及びマンガライ（Manggarai）の二つのポンプ場から流入し、池で処理され、バンジールキャナル（Banjir Canal）に放流される。池は小さい水路を挟んで東と西に分けられた、二つの池で構成されている。総面積は4.35haで、容量は84,200m<sup>3</sup>である。表面曝気機は東池に3台、西池に4台が設置されている（図2.1.2、表2.1.2、表2.1.3、図2.1.3参照。維持管理の現状・課題については、§2.1.1(2)及び(3)で詳述）。

下水流入口は東西それぞれ2箇所、4箇所あり、全部で6箇所の入口がある。但し、西池は2箇所が一つの入り口から流入するため、見た目では2箇所である。



図 2.1.2 スティアブティ処理場位置

表 2.1.2 スティアブディ 処理場の概要

項目	東池	西池	合計
池面積 (ha)	1.74	2.61	4.35
容量 (m <sup>3</sup> )	33,300	50,900	84,200
平均水深 (m)	約2m (中心部 : 約3.5m)		
推定平均汚泥層 (m)	1.5m (聞き取り調査結果)		
平均滞留時間 <sup>2)</sup>	計算上 <sup>3)</sup>	4.1日	
	実際 <sup>4)</sup>	2.3日	
表面ばっき機数 (台)	3	4	7
下水流入口 (個所)	2	4	6
雨水排水流入口 (個所)	2	2	4
スクリーン	2	0	2

- 1) 池面積、容量はPENGELOLAAN AIR LIMBAH SISTEM PERPIPAAN.PD PAL JAYAより
- 2) 東池、西池別下水流入量の資料がない関係で平均で計算
- 3) 汚泥層を考えない滞留時間
- 4) 1.5mの汚泥層を考慮した滞留時間

表 2.1.3 スティアブディ 処理場付属ポンプ場の概要

施設	容量	種類	揚程
クルクットポンプ場	1,314m <sup>3</sup> /時間	縦軸渦巻ポンプ	16.7m
マンガライポンプ場	140m <sup>3</sup> /時間	水中ポンプ	11.7m

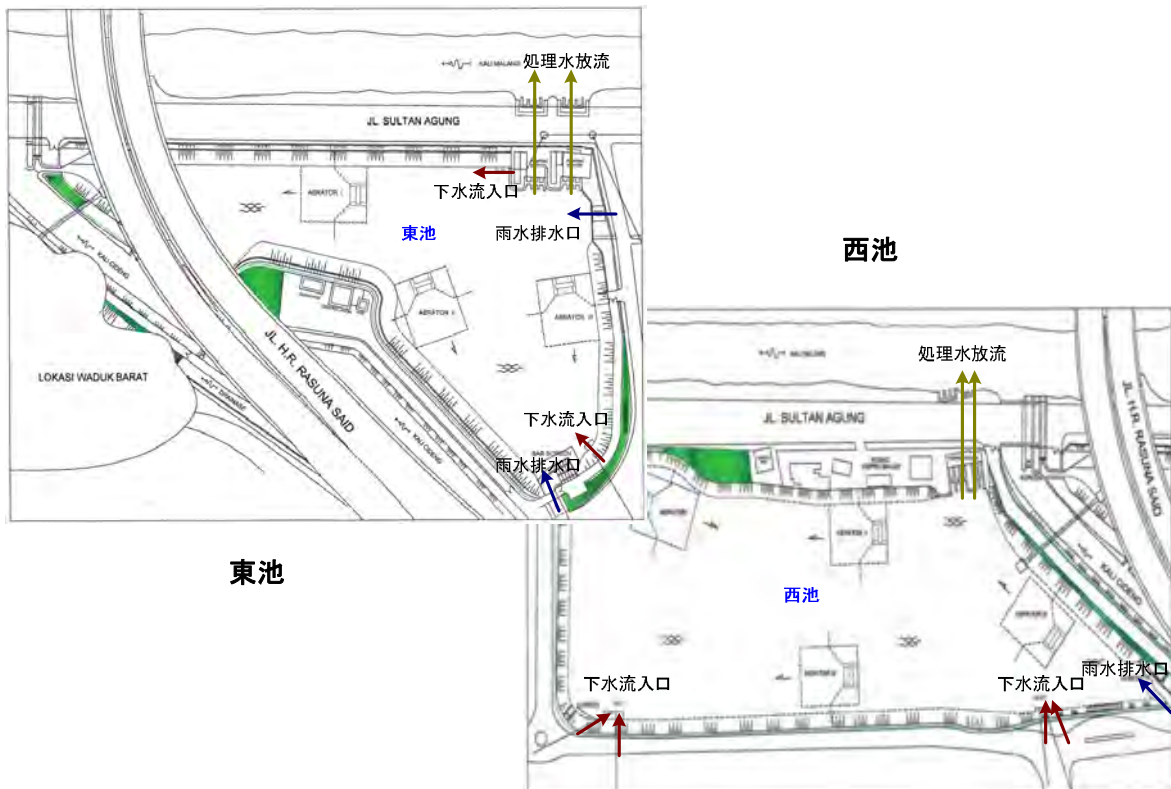


図 2.1.3 スティアブディ 処理場の平面図

2008年度のPD PAL JAYAの年次報告書を見ると、平均流入下水量は20,753 m<sup>3</sup>/日又は240 L/秒と推計している。なお、処理場への流入水量測定用の流量計が設置されていないため、上水使用量から換算した結果であり（換算式不明）、確かな値ではない。

次表で見るように、2008年現在1,147の一般家庭と179のその他商業施設等から下水が流入している。処理対象施設の総床面積は4,193,684 m<sup>2</sup>である。

表 2.1.4 PD PAL JAYA の顧客構成

施設種類	施設数(-)	施設割合(%)	施設面積(m <sup>2</sup> )	面積割合(%)
一般家庭	1,147	86.5	125,597	3.0
小規模商業施設	10	0.8	22,700	0.5
大規模商業施設	140	10.6	3,815,146	91.0
公共用ビル	28	2.1	229,841	5.5
工場	1	0.1	400	0.0
合計	1,326	100	4,193,684	100.0

\* 施設数及び面積はPD PAL Jayaの2008年年次報告書より

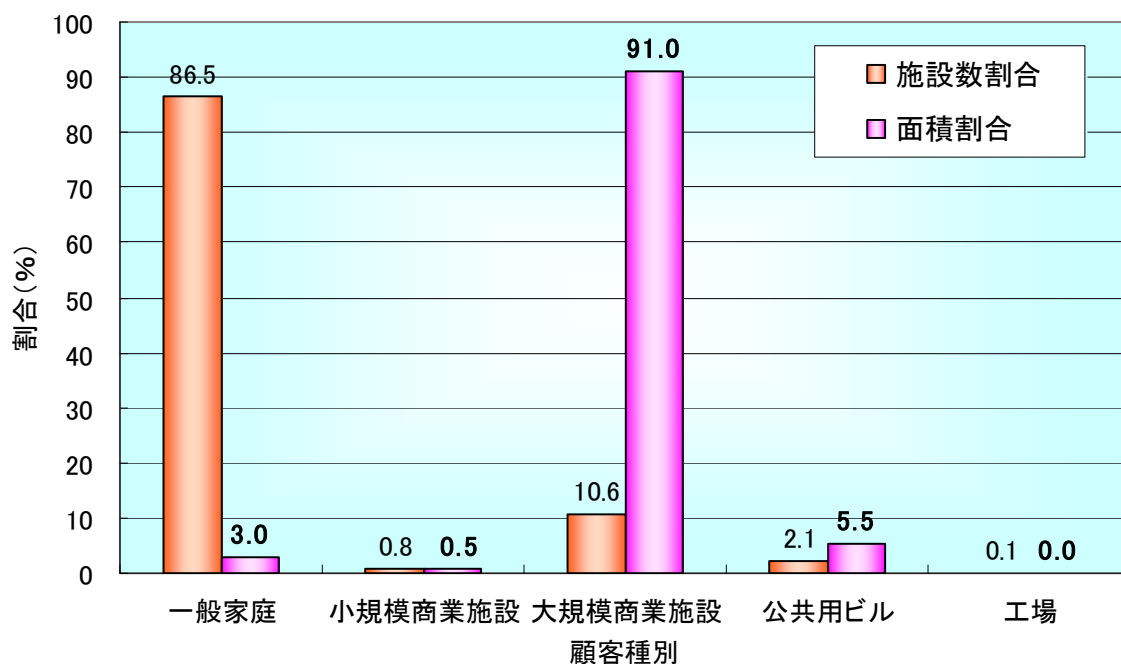


図 2.1.4 PD PAL JAYA の顧客構成図

## 2) 運営

ジャカルタ特別州の下水道施設（管路及び処理場）の設置及び維持管理は、1991年にジャカルタ州政府により下水道施設の設置及び維持管理を目的に設置されたPD PAL JAYA(Perusahaan Daerah Pengelolaan Air Limbah DKI Jakarta)が行なっ

ている。PD PAL JAYA の主な業務は新しい管路の布設、民間の小規模施設の委託運営、スティアブディ処理場の維持管理及び料金徴収業務である。

組織は次の図 2.1.5 に示す通り、大きく技術・営業分野と行政・財務分野の二つに分かれている。その人員構成は次の表 2.1.5 の通りである。

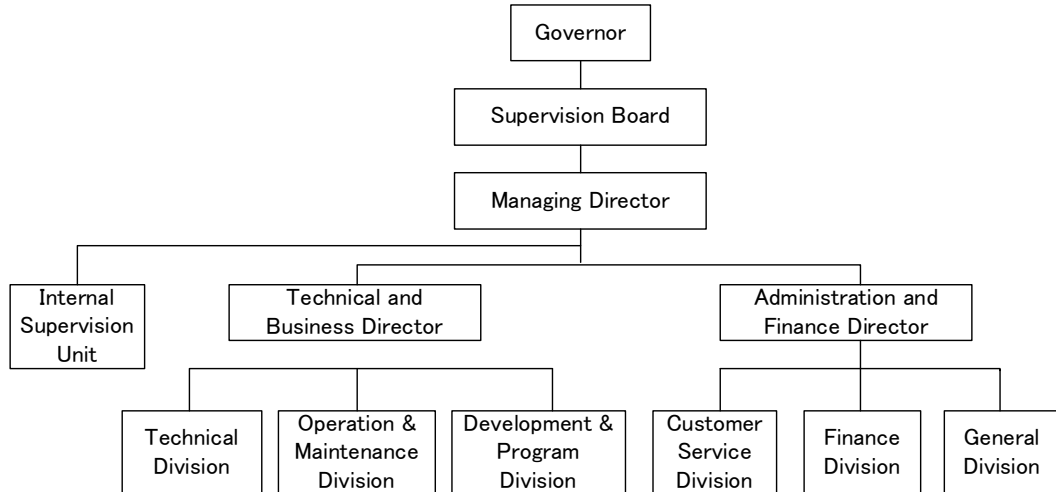


図 2.1.5 PD PAL JAYA の組織図

表 2.1.5 に示す職員構成では、処理場及び管路の維持管理を行っている職員は約 2 2 人であり、処理場、ポンプ場及び管路の維持管理、水質分析等の業務に従事している。池のごみの収集は外部に委託している。Internal Supervision と General Division の合計 32 名は全体の 30% を占め、過大である。間接業務部門の業務内容を精査し、半減させることが望ましい。

表 2.1.5 PD PAL JAYA の職員構成

分 野		人数 (人)	備 考
Management Div.	Supervision Board	3	
	Supervision Board Secretariat	1	
	Management	3	
	Internal Supervision	9	
	小 計	16	
Operation Div.	Technical Div.	9	
	Operation & Maintenance Div.	22	処理場維持管理 : 7人 ポンプ場及び管路維持管理 : 7人
	Development & Program Div.	9	
	小 計	40	
Administration and Financial Div.	Finance Div.	12	
	General Div.	23	
	Customer Service Div.	11	
	Others	4	秘書及び契約職等
	小 計	50	
合 計		106	

\* 資料はPD PAL Jaya Managing Director Decree No.12 of 2009より

### 3) 料金体系

下水道料金体系は表 2.1.7 に示すように、一般家庭、大小商業施設、公共施設、工業の 5 グループ、3～10 階層に細かく区分し、また水道利用量に連動せず、床面積を指標とする体系を採用している。一般家庭の接続が占める割合は 86.5% と高いが、床面積の割合は約 3% (表 2.1.4 参照)、料金収入では全料金収入の 0.7% 程度の水準であり、料金収入は殆どが商業施設等から得ていることが分かる (表 2.1.6、図 2.1.6)。PD PAL JAYA は下水道施設の維持管理にはジャカルタ州から補助を全く受けていない。一般家庭と大規模商業施設の単価は 5～8 倍の累進率とし、商業施設等から得た利益を一般家庭に補助する形を取っている。料金徴収については、商業施設等は銀行振り込みによる徴収をしているが、一般家庭の殆どは各地域のコミュニティ (最小規模の行政組織) に委託し料金徴収を行なっている。

表 2.1.6 PD PAL JAYA による下水道料金収入内訳

(単位:百万Rp)

目	年度	2006		2007	
		金額	割合(%)	金額	割合(%)
大規模商業施設		16,312.5	90.4	20,447.6	90.0
小規模商業施設		41.3	0.2	54.6	0.2
公共施設		391.3	2.2	470.1	2.1
産業施設		0.7	0.0	0.8	0.0
<b>一般家庭</b>		<b>126.3</b>	<b>0.7</b>	<b>149.8</b>	<b>0.7</b>
新規接続手数料・その他		1,169.0	6.5	1,600.1	7.0
合計		18,041.1	100.0	22,723.0	100.0

\* PD PAL JAYA 年次決算書より

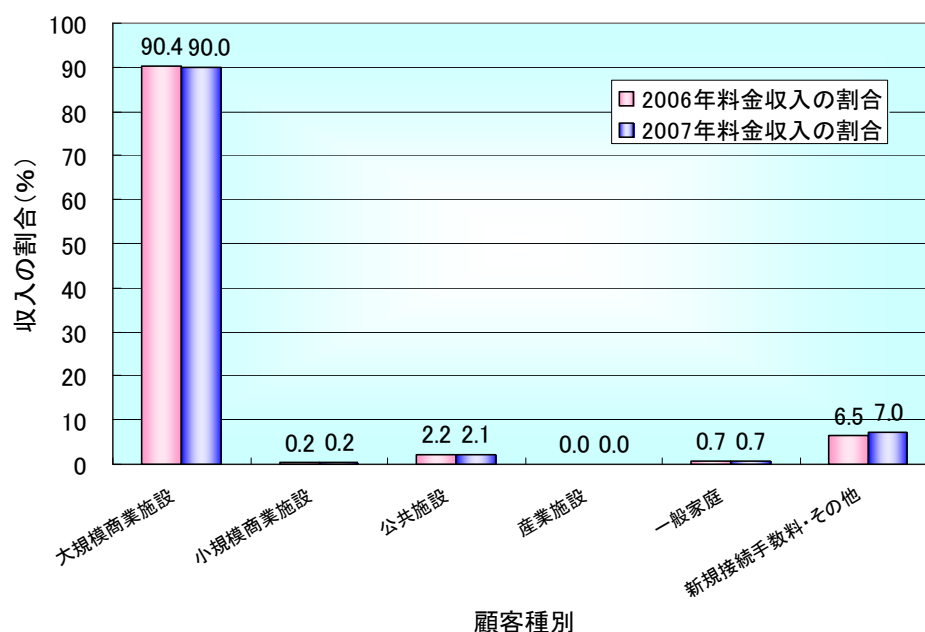


図 2.1.6 2006 年及び 2007 年の料金収入の内訳

表 2.1.7 ジャカルタ特別州の下水道料金体系

NO	CUSTOMER CATEGORY	TARIFF (Rp/m <sup>2</sup> )	CONNECTION FEE	
			Unit	Rp
<b>I</b>	<b>HOUSEHOLDS</b>			
1	HOUSEHOLDS TYPE A(Electricity 450-900VA)	90	unit	10,000
2	HOUSEHOLDS TYPE B(Electricity 900-1,300VA)	113	unit	10,000
3	HOUSEHOLDS TYPE C(Electricity 1,300-2,200VA)	135	unit	10,000
4	HOUSEHOLDS TYPE D(Electricity 2,200- VA)	158	unit	110,000
<b>II</b>	<b>SMALL COMMERCIAL</b>			
1	SHOPS	135	per m <sup>2</sup>	1,000
2	OFFICE(Up to 3 Floors)	135	per m <sup>2</sup>	1,000
3	HAIR DRESSER	158	per m <sup>2</sup>	1,000
4	CATERING	180	per m <sup>2</sup>	1,400
5	RESTAURANT	225	per m <sup>2</sup>	1,500
6	SMALL HOTEL	225	per m <sup>2</sup>	1,500
7	OTHER	225	per m <sup>2</sup>	1,500
<b>III</b>	<b>LARGE COMMERCIAL</b>			
1	HIGH OFFICE BULDINGS	450	per m <sup>2</sup>	1,750
2	HIGH OFFICE BULDINGS INCL. RESTRAUNT AND/OR FITNESS	495	per m <sup>2</sup>	1,925
3	SHOPPING CENTERS/MALLS/SUPERMARKETS/SHOWROOM	495	per m <sup>2</sup>	1,925
4	I, II, III-STARS HOTEL	495	per m <sup>2</sup>	1,925
5	APARTMENT/CONDOMINIUM	675	per m <sup>2</sup>	2,625
6	IV-STARS HOTEL	675	per m <sup>2</sup>	2,625
7	ENTERTAINMENT CENTERS/BIG RESTRAUNTS/CAFE	720	per m <sup>2</sup>	2,800
8	PRIVATE HOSPITALS	720	per m <sup>2</sup>	2,800
9	V-STARS HOTEL	720	per m <sup>2</sup>	2,800
10	OTHER	720	per m <sup>2</sup>	2,800
<b>IV</b>	<b>SOCIAL</b>			
1	RELIGIOUS PLACES	50	per m <sup>2</sup>	550
2	SCHOOLS	135	per m <sup>2</sup>	850
3	COMMUNITY HEALTH CENTERS	180	per m <sup>2</sup>	1,100
4	GOVERNMENT INSTITUTIONS	180	per m <sup>2</sup>	1,100
5	OTHER INSTITUTIONS	180	per m <sup>2</sup>	1,100
6	SCHOOLS INCL. DORMITORY	180	per m <sup>2</sup>	1,100
7	SWIMMING POOLS	225	per m <sup>2</sup>	1,100
8	GOVERNMENT HOSPITALS	270	per m <sup>2</sup>	1,500
9	CLINIC	270	per m <sup>2</sup>	1,500
<b>V</b>	<b>INDUSTRY</b>			
1	SMALL INDUSTRY	475	per m <sup>2</sup>	1,000
2	MEDIUM INDUSTRY	675	per m <sup>2</sup>	4,200
3	LARGE INDUSTRY	720	per m <sup>2</sup>	4,300

料金徴収率は平均 80%程度であり、商業施設等ではほぼ 100%、一般家庭の徴収率では約 60%程度である。法的に料金の未納が長くなると、使用停止措置が出来るようだが、実際には催告だけで抑えているようである。ジャカルタ市の徴収率は同国の他都市とほぼ同程度であった（表 2.1.8）。

表 2.1.8 インドネシア各都市の下水道料金徴収率

都市	徴収率(%)	都市	徴収率(%)
<i>Jakarta</i>	80	Banjarmasin	86
Bandung	80	Kota Medan	97
Yogyakarta	80	Kota Parapat	85

\*ジャカルタ以外はUSAIDの2006年報告書より

## (2) 維持管理の現状

### 1) 表面曝気機の運転

曝気機は2時間の運転サイクルで1日3サイクル程度運転していることから、実際の運転時間は6～7時間程度と見られる。

施設運営を担当している PD PAL JAYA のヒアリングでは、連続運転をしたいが運転中に泡が発生し、近隣住民・商業施設から苦情が申し込まれ、運転時間を短縮しているとのことであった。なお、現在3台が故障中であるが、修理費がかかるだけでなく、今後更新の必要があるため、修理は見合わせている。



図 2.1.7 設置されている曝気機

曝気機の運転時間不足及び低効率が原因と推測される溶存酸素の不足と、池底に堆積した汚泥層が厚くなり、汚泥層内部での嫌気性腐敗が進み、至る所でガスが発生していることが確認された。

曝気機の運転は全て手動で運転しており、水質及び時間制御等を行っていない。現在の運転状況では曝気機による処理効率はそれ程期待できない。今後、更新時には総合的な調査による曝気システムの選定が必要であると判断される。泡の発生は、下水中に含まれる表面活性剤（洗剤）のりんに起因するものと考えられるが、表面曝気機の効率を考えれば、泡の発生を抑えるため低速で長時間運転する方法が適切と判断される。

### 2) 処理水質

上述したような曝気機の運転状況及び底部に堆積した厚い汚泥層の影響により（PD PAL JAYA のヒアリングによると、池の水深 3m 程度で、現在平均 1.5m 程度汚泥が堆積している）、水処理の性能は低い水準にある（前回の汚泥抜きは 2005 年度に実施）。実際 PD PAL JAYA の水質分析担当者のヒアリングでは、2 週間に 1 回程度の比率で BOD の放流水質基準を超えて放流している状況である。PD PAL JAYA の 2008 年度年次報告書を見ると、処理水の BOD の平均濃度は放流水質基準を超えている。（表 2.1.9）



表 2.1.9 スティアブディ処理場の流入水及び放流水の水質

項目	BOD (mg/L)				SS (mg/L)				COD (mg/L)			
	流入水		放流水 <sup>1)</sup>		流入水		放流水 <sup>2)</sup>		流入水		放流水 <sup>2)</sup>	
	東池	西池	東池	西池	東池	西池	東池	西池	東池	西池	東池	西池
基準	400		50		—		50		—		80	
現状 <sup>3)</sup>	80.9	77.0	52.6	51.2	69.3	71.3	50.9	47.9	—	—	75.9	74.1

1)設計値は75mg/Lであるが、放流水の水質基準が2006年に変更されて、新しい法律で50mg/Lになった。

2)放流水の基準は法的基準値である。設計値はなし

3)現状データはPD PAL JAYAの2008年次報告書による年間平均水質

4)流入水の基準は設計値であり、流入水濃度はPD PAL JAYAの水質分析担当者から取得

PD PAL JAYA は、インドネシア政府環境管理庁からの放流水質基準超過の指摘に対し、施設に起因する課題で改善方策が無いことを報告し、逆に新処理場の建設を要求している。処理場の新設は、用地・財源の確保が困難な課題である。

### 3) 管路の維持管理

2008年現在、公共下水道に接続している一般家庭を含む商業施設等は1,326施設であるが、管路施設の維持管理はマンホールの目視点検程度で、殆ど行なわれていない。設置されて時間が経過した管路も多く、管路の点検は必要であると判断される。

今回の調査でスティアブディ処理場に流入する流入水の濃度を測定した。晴天日の値はPD PAL JAYAが発表した水質とほぼ同じであったが、降雨後に測定した水質は流入水CODが18~20mg/Lと低濃度で、雨水の浸入または雨水管の誤接が疑われる。下水処理施設の池容量は余裕があり水処理への影響は少ないが、管路の設計能力を超えた水が流入すると、マンホールからの溢水・蓋の飛散及び管路の破壊等が懸念される。管路の補修も定期的に行なうべきである。

### 4) 維持管理費用

PD PAL JAYAによるスティアブディ処理場及び管路の維持管理に係わる費用を、表2.1.10に示す。人件費は2006年までは増加しているが、2007年度には人員を縮減した効果により人件費は減少している。しかし、福利厚生費が上がっていることから平均人件費は毎年、増加する傾向を示している。

施設維持管理費は毎年ほぼ同じであるが、予算査定で修繕等を抑えているようで適切な修繕が出来ず、表面曝気機の修繕等が行なわれず故障中のままである。下水管路の新設等による減価償却が毎年増えている。

表 2.1.10 PD PAL JAYA の年間維持管理費用（直接処理に係わる分野）

（単位：百万Rp）

年度 項目	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
人件費 （比率）	1,716.8 34.6%	1,769.9 32.8%	2,273.7 36.9%	2,300.6 37.8%	2,602.8 40.2%	2,720.9 38.6%	2,506.6 33.3%
福利厚生費 （比率）	969.9 19.6%	1,037.8 19.2%	1,224.4 19.9%	1,130.1 18.6%	1,232.0 19.0%	1,346.0 19.1%	1,412.7 18.8%
維持管理費 （比率）	1,046.9 21.1%	1,260.9 23.4%	1,412.7 22.9%	1,310.7 21.5%	1,182.7 18.3%	1,233.9 17.5%	1,222.6 16.3%
事務室運営 （比率）	262.5 5.3%	380.3 7.0%	433.4 7.0%	444.8 7.3%	365.3 5.6%	498.7 7.1%	742.0 9.9%
減価償却費 （比率）	959.9 19.4%	945.9 17.5%	816.7 13.3%	903.8 14.8%	1,091.1 16.9%	1,247.0 17.7%	1,635.0 21.7%
<b>合 計</b>	<b>4,956.8</b>	<b>5,395.6</b>	<b>6,161.8</b>	<b>6,090.9</b>	<b>6,474.7</b>	<b>7,047.3</b>	<b>7,519.7</b>

### (3) 維持管理の課題

#### 1) 池の汚泥引き抜き

処理に用いている池は雨水貯留兼用の池（雨水調整池）であり、施設管理は公共事業局（Dinas PU）の所管である。下水処理を担当する PD PAL JAYA は、池の管理に対し権限を有しないため、処理において様々な問題が発生し処理性能に影響を与えている。

主な問題点として、汚泥引き抜きの問題が挙げられる。約 2 年に 1 回汚泥引抜を行うため、PD PAL JAYA の測定結果では約 1.5m 以上の汚泥が堆積している。この堆積した汚泥は分解過程で有機物等を溶出するので、処理水質に悪影響を与えることが懸念される。汚泥引抜を適切に行なうことにより、現在の処理水質より良好な水質が得られる。

堆積汚泥には、雨天時に流入する土砂の量が多いため、PD PAL JAYA が汚泥の引抜を行なうには大きな負担となり、適切な引抜き・水質管理が困難である。そのため、公共事業局と費用を分担する等の方法で、汚泥引抜を適切に行なう必要があると判断される。

#### 2) 新しい処理場の設置

現在、処理を行なっている池は、前述したように下水処理専用の施設でないため、様々な問題点を抱えており、処理水質も望ましい結果を示していない。また、市中心部の高層ビルに設置されている汚水処理施設は、技術・費用の問題で個別処理を止めて下水道管に接続したマリオットホテルの例に見られるように、費用と技術的

な問題で維持管理が困難な状態である。PD PAL JAYA が受託管理している民間処理施設は、BOD 除去率 30～40%と低い処理水準である（表 2.1.11 参照）。

**表 2.1.11 PD PAL JAYA の受託管理する民間処理場**

ビル名	AGRO PLAZA	TIFA ARUM	GRAHA XL	MENARA DANAMON	MENERA DEA
処理方式	Extended Aeration	Bio-Filter	Bio-Filter	Bio-Filter	Rotor Disk
処理容量 (m <sup>3</sup> /日)	300	170	170	261	120
流入水量 (m <sup>3</sup> /日)	不明（未測定）				
流入水 BOD (mg/L)	79.58	78.52	84.08	80.75	82.08
<b>流出水 BOD (mg/L)</b>	<b>47.0</b>	<b>52.83</b>	<b>54.5</b>	<b>50.92</b>	<b>54.5</b>
BOD 除去率 (%)	40.9	32.7	35.2	36.9	33.6

このことから、高層ビルの新設及び既存処理施設の更新時には、個々のビルに処理施設を設けず、下水管路を新設し、集中して処理する公共下水道が合理的である。処理場の新設は、放流水の水質改善・汚泥の適切な処分の観点から、既にスティアブディ池に流入する汚水量を見込んだ下水道計画とすることが適切である。

2005 年にジャカルタ特別州の条例が施行され、既存処理区域に含まれない地域の高層ビルは、個別処理施設を設けなければならない。個別処理施設の設置費用を、公共下水道の分担金とし、国及び州の補助金と合わせて処理場を新設することが、経済的で下水処理効率が良く、環境保全に役立つものである。

## 2.1.2 ジョグジャカルタ市の下水道

### (1) 水環境・下水道の概要

#### 1) 概要

ジョグジャカルタ市 (Kota Yogyakarta) はジョグジャカルタ特別州の州都である。ジョグジャカルタ市はインドネシアの古都として独自の文化を残す著名な観光地で、市内にはクラトンと呼ばれる王宮、市近隣地域には世界遺産であるボロブドゥール寺院及びプランバナナ寺院群があり、多くの観光客が訪れる観光都市である。2004年現在の人口は511,744人である。

1936年、オランダの植民地時代に約110kmの下水道管路が布設されたが、下水は市内を流れるチョデ川 (Code River)、ガジャウオン川 (Gajah Wong River) 及びウィノゴ川 (Winongo River) に放流しており (図 2.1.8 参照)、下水による環境汚染が問題になっていた。このような下水による汚染問題を改善するために、スウォン下水処理場 (スウォン STP) の建設を含む中期計画 (1993年～1998年) が策定された。スウォン下水処理場はジョグジャカルタ市、スレマン県 (5つの小処理区域) 及びバンツール県 (3つの小処理区域) からの下水を受け入れ処理している。同処理場と幹線管渠は、日本政府の無償援助により1996年に完成した。(図 2.1.9 参照)

下水道普及率は10%程度であるが、都市部だけを考えると22%の普及率となる。2012年までには、普及人口を273,000人まで伸ばし、都市部の普及率を59%まで伸ばす予定である。

現在、幹線の整備に力を入れており、2002年に策定されたジョグジャカルタ特別州の都市開発計画最終報告書によると、スレマン県及びジョグジャカルタ市の下水管網においては6.35kmの幹線の拡充及び6kmのフラッシング管の拡充が含まれている。バンツール県においては4.025kmの新しいフラッシング管の設置が含まれ、17,233百万Rp.の費用が必要と試算されている。建設費用は中央政府及びジョグジャカルタ特別州の補助を受けて、ジョグジャカルタ市、スレマン県 (Kabupaten



図 2.1.8 ジョグジャカルタの川



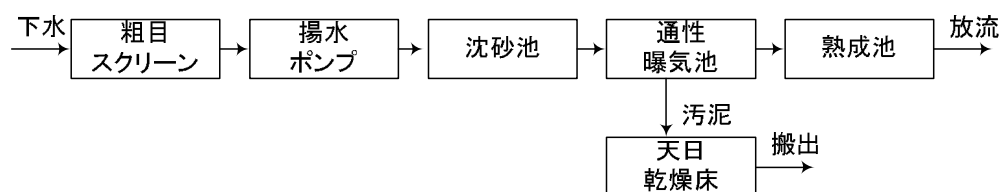
図 2.1.9 スウォン下水処理場

SLEMAN) 及びバンツル県(Kabupaten BANTUL)が分担することになっている。

1996年に建設されたスウォン処理場の概要及び処理フローを、次表 2.1.12 及び図 2.1.10 に示す。

**表 2.1.12 スウォン処理場概要**

施設名称	スウォン・バンツル下水処理場 (SEWON・BANTUL STP)
供用開始年度	1996年
下水排除方式	分流式 (フラッシング式)
計画人口	273,000人
処理容量	15,500m <sup>3</sup> /日
現在流入下水量	8,000m <sup>3</sup> /日 (フラッシング水を含む)



**図 2.1.10 スウォン下水処理場フロー図**

下水管路は、主に人口密集地域である市の西部地域を中心に布設されている。下水排除方式は分流式であるが、地形的に平坦な地域が多いため、上流で取水した河川水を下水管路に流すことで下水の流れを円滑にし、また管路内の堆積物等を流すフラッシングシステムを採用している。この管路システムは、ポンプ場を設置していない。中継ポンプ場は設置費及び電力代等の維持管理費が多く掛かることを考えると、下水の濃度が低くなる問題はあるものの、維持管理費が安価であり優れたシステムと言える。(図 2.1.11 参照)

フラッシング管は下水管路とは別に埋設されており、マンホール内のゲートを開閉することにより、フラッシングを行なう。また、余剰のフラッシング水は、農業用水としても利用されている。

ジョグジャカルタ市内を流れる川は、人口密集地域を流れるウィノンゴ川、チョデ川と、周辺には民家が殆どなく、水田及び畑であるガジャウオン川の三つである。



**図 2.1.11 フラッシング水供給場**

今回、ウィノンゴ川 (Winongo River) 及びチョデ (Code River) 川の上・中・下流で簡易水質試験を行い、川の汚染の程度を把握した。(図 2.1.12 参照)



図 2.1.12 ジョグジャカルタ市内河川の水質試験位置図

表 2.1.13 チョデ川及びウィノンゴ川の水質試験結果

区分	チョコデ川			ウィノンゴ川		
	COD <sub>Mn</sub>	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	COD <sub>Mn</sub>	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
上流	8	0	3	7	0	3
中流	18	0.2	3	6	0.2	3
下流	7	0.4	4	7	0	5

\* 測定は(株)共立理化学研究所の簡易水質測定器のバックテストを利用

両河川の COD<sub>Mn</sub> は、チョコデ川中流部を除き 8mg/L 以下である。生活排水は流入しているものの、アンモニア性窒素が 0.4mg/L 以下、硝酸性窒素が 3~5mg/L と酸化が進む環境にあるので、河川水には十分な溶存酸素があると判断される。このことから両河川は自然浄化能力を維持していると判断されるが、これは 1996 年に下水が処理場に接続されたことにより、河川に排出される生活排水等が少なくなったためと判断される。(表 2.1.13 参照)

また、採水地点付近には排水管が多数見られるため、チョコデ川上流・ウィノンゴ川中流の 2 箇所について排水管からの排水を採水し分析を行なった。チョコデ川上流は

民家が殆どなく水田等が散在する所で、COD<sub>Mn</sub>が5mg/Lと低いため、灌漑排水と推測される。ウイノゴ川中流はCOD<sub>Mn</sub>が75mg/L、アンモニア性窒素70mg/Lと高いことから、生活排水と推測される。

上記のことから、人口が密集している中流では生活排水及び汚水が川に流入しているが、河川の自然浄化により、下流ではCOD<sub>Mn</sub>とアンモニア性窒素が除去されていることと推測される。実際、チョデ川中流において川に直接排出している公衆便所のセプティックタンク流出水の水質を測定した結果、COD<sub>Mn</sub>が450mg/L、アンモニア性窒素が80mg/Lとかなり高い濃度になっており、このことから川の水質を保つためには継続的な下水道の普及が必要であると判断される。

表 2.1.14 市内河川に排出される排水管の水質試験結果

区 分	COD <sub>Mn</sub>	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
チョデ川上流	5	0.6	1
ウイノゴ川中流	75	72	0.5
チョデ川中流 (セプティックタンク流出水)	450	80	3



図 2.1.13 水質試験

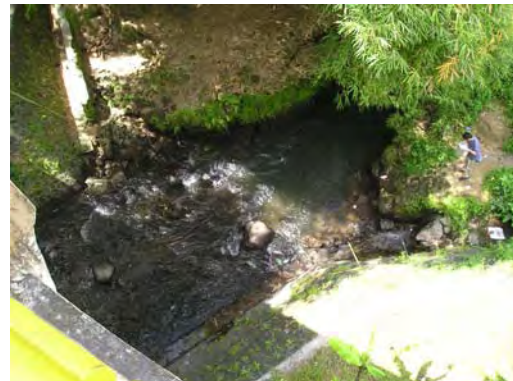


図 2.1.14 チョデ川上流の排水管



図 2.1.15 ウイノゴ川中流の水質試験場所



図 2.1.16 セプティックタンク流出水



## 2) 下水道運営

スウォン処理場の運営管理は、2008 年まではジョグジャカルタ市の清掃局が所管していたが、2009 年に、ジョグジャカルタ市と近隣地域のバンツル県及びスレマン県が下水道を含む社会基盤事業等を共同で行なうために設置した広域行政組織である KARTAMANTUL に移管された。

処理場施設運営要員は全部で 40 人であり、その構成を次表に示す。運営要員はジョグジャカルタ市、バンツル県及びスレマン県の派遣職員である。

表 2.1.15 スウォン下水処理場の維持管理要員構成

区 分	人数(人)	備 考
管理者	1	
運転管理	15	夜間監視業務は2名3班2交代で行なっている。
設備保守点検		
水質分析	3	
一般事務	2	
その他	18	警備員等
合 計	40	

維持管理費用はジョグジャカルタ特別州、ジョグジャカルタ市、バンツル県及びスレマン県が分担する。流入水は、現在、ジョグジャカルタ市の下水が殆どを占めているが、今後はバンツル県及びスレマン県も下水道を拡充する予定である。このため、バンツル県及びスレマン県も分担金を支出している。分担金の内訳を、次表に示す。この分担金は処理場運営費用である。維持管理要員の給料は、ジョグジャカルタ市、バンツル県及びスレマン県が各職員の分を負担する。

表 2.1.16 維持管理費用分担金の内訳

		単位 (Rp)				
地域 \ 年度	2003 <sup>1)</sup>	2004 <sup>1)</sup>	2005 <sup>1)</sup>	2008	2009 <sup>2)</sup>	
ジョグジャカルタ市	100,000,000	125,000,000	125,000,000	145,000,000	145,000,000	
スレマン県	—	—	10,000,000	20,000,000	20,000,000	
バンツル県	—	—	10,000,000	20,000,000	20,000,000	
ジョグジャカルタ特別州	450,000,000	500,000,000	650,000,000	1,000,000,000	1,327,451,520	
合 計	550,000,000	625,000,000	795,000,000	1,185,000,000	1,512,451,520	

1)2003-2005の値は、US AIDの2006年報告書より

2)2009年は予定。2006および2007の値は、入手できなかった。

新設下水管路及び処理場の計画・建設等は KARTAMANTUL が行なうが、既存管路の維持管理はジョグジャカルタ市、バンツル県及びスレマン県が行なう。ジョグジャカルタ市の場合は定期的に管路の浚渫等を行い、管路の維持管理を行なっているが、予算の制約により毎年少しずつ実施している状況である。2008 年度の維持管理費用の内訳を次表に示す。



表 2.1.17 スウォン下水処理場 2008 年度維持管理費用

(単位：Rp)

番号	項目	州補助金	地域負担金 <sup>2)</sup>	小計	割合
1	人件費				
	1.1 職員給料 <sup>1)</sup>	1,200,000,000		1,200,000,000	
	1.2 職員手当	9,120,000	14,040,000	23,160,000	2.0%
	1.3 契約職	22,854,000	1,080,000	23,934,000	2.0%
		31,974,000	15,120,000	47,094,000	4.0%
2	物品及び役務調達				
	2.1 消耗品購入	3,565,200	—	3,565,200	0.3%
	2.2 電気部品購入	47,100,000	—	47,100,000	4.0%
	2.3 掃除道具購入	4,077,900	—	4,077,900	0.3%
	2.4 燃料購入	76,884,000	—	76,884,000	6.5%
	2.5 薬品購入	34,745,000	4,500,000	39,245,000	3.3%
	2.6 電力代、電話代	306,000,000	—	306,000,000	25.8%
	2.7 保険代	—	26,460,000	26,460,000	2.2%
	2.8 環境測定	—	26,200,000	26,200,000	2.2%
	2.9 自動車維持費	22,500,000	—	22,500,000	1.9%
	2.10 コピー代等	5,010,000	—	5,010,000	0.4%
	2.11 飲食補助金	5,300,000	—	5,300,000	0.4%
	2.12 作業服購入	3,610,000	5,605,000	9,215,000	0.8%
	2.13 局外手当	1,900,000	—	1,900,000	0.2%
	2.14 修繕費	247,331,500	19,135,000	266,466,500	22.5%
	2.15 フェンス修繕費	192,133,400	—	192,133,400	16.2%
2.16 その他	—	80,948,000	80,948,000	6.8%	
	小計	950,157,000	162,848,000	1,113,005,000	93.9%
3	資本勘定装置購入	17,869,000	—	17,869,000	1.5%
	余剰金		7,032,000	7,032,000	0.6%
	合計(職員給料除外)	1,000,000,000	185,000,000	1,185,000,000	100%
	合計(職員給料含む)	2,385,000,000		2,385,000,000	

1) 職員は各自自治体からの派遣であり、給料は州及び各自自治体が払うことから予算・決算には含まれない

2) 地域負担金はジョグジャカルタ市、バンツル県及びスレマン県の負担金

前述したように、実際の維持管理要員はジョグジャカルタ特別州、ジョグジャカルタ市、バンツル県及びスレマン県から派遣された職員が行なっていることから、職員の給料は職員が属する州及び各自自治体が払っている。そのため、KARTMANTULの維持管理費用に含まれているものは、職員の手当及び現地採用契約職員の給料のみであり、実際の運転要員の人件費は含まれていない。ヒアリングによると、職員の給料は平均で 30,000,000Rp/年であることから、30,000,000Rp/年×40人＝1,200,000,000Rp(ジョグジャカルタ市負担分：21人で630,000,000Rp、現地ヒアリング調査結果推定人数)を維持管理費用に追加した。表 2.1.17 に示すように、2008年度の職員給料を除いた維持管理費用は1,185,000,000Rp、職員給料を含むと2,385,000,000Rpである。

職員給料を除いた維持管理費用の中では、電力費と修繕費が25.8%、22.5%、合計

約 50%を占めていることから、今後電力費と修繕費の縮減等を考えた維持管理に取り組むことが適切である。

職員給料を除いた維持管理費用は、2002 年の 582, 559, 000Rp から毎年増加し、2008 年には 1, 185, 000, 000Rp に達している。流入水量及び修繕費用等の詳細な資料を入手できず、費用増加原因分析は出来ないが、流入水量の増加による電気使用量の増加及び施設の老朽化による修繕費用の増加が原因であると推察する。

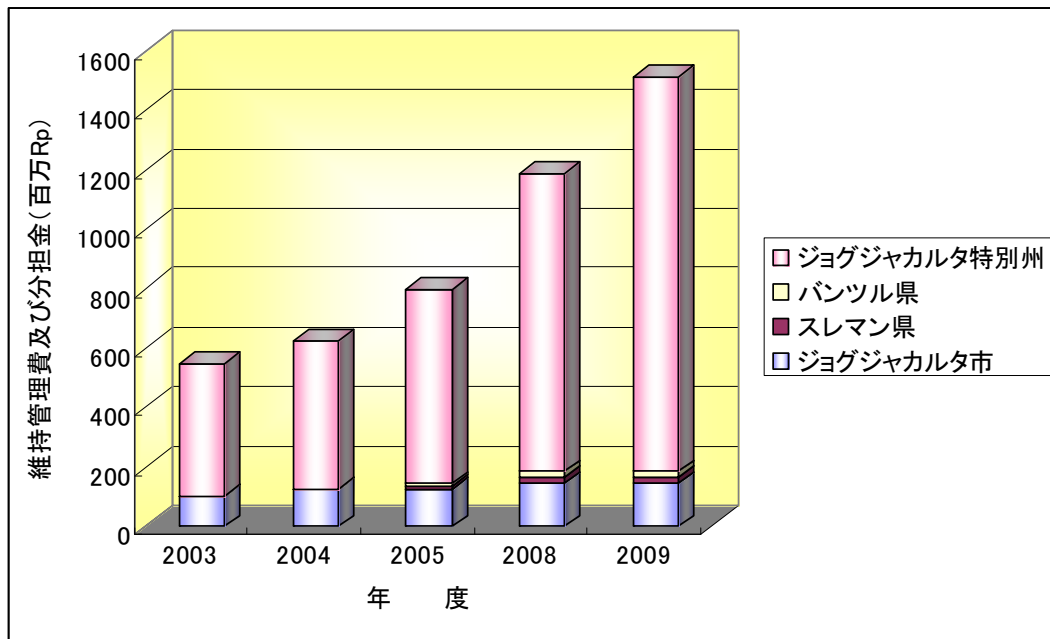


図 2.1.17 維持管理費用の経年変化 (職員給料除外)

### 3) 料金体系

2008 年現在、ジョグジャカルタ市は 10, 100 の顧客に下水道が接続されており、普及人口は約 67, 000 人、人口普及率 13%である。料金体系は表 2.1.18 に示すに、一般家庭と事業場（企業）に区分し、さらに一般家庭は家族構成の人数、企業は収入（資本金）により料金が分かれている。2008 年度の料金収入は約 108, 000, 000 Rp 程度で、前述のように維持管理費用にも満たない少ない水準である。

表 2.1.18 ジョグジャカルタ市の下水道料金体系（現在）

（単位：Rp）

一般家庭					
番号	種類	維持管理費用(月)	行政費用	接続費用	備考*
1	K1	500	500	2,000	1～5人
2	K2	1,000	500	2500	6～10人
3	K3	2,000	500	3000	11～20人
4	K4	4,000	500	3500	21～50人
5	K5	8,000	500	4000	50人以上
企業					
1	P1	3,000	500	2500	25百万Rp以下
2	P2	6,000	500	5000	25百万Rp以上
3	P3	12,000	500	7500	50百万Rp以上

\* 企業は毎年の収入による

\* \* Perda No.9(1991)

## (2) 維持管理の現状

2009年1月及び2月の処理場流入下水量は月間平均で8,681m<sup>3</sup>/日～10,488.7m<sup>3</sup>/日であり、同処理場水質分析室で測定した月間平均流入BOD濃度は100～120mg/L、処理水は13mg/Lであり、安定的なBOD処理が行なわれている。また、月間平均の流入水COD濃度は205.3～339.8mg/L、処理水は44.0～54.7mg/Lである。月間平均の流入水SS濃度は112.1～124.0mg/L、処理水は7.6～9.7mg/Lである。処理方法（ラグーン法）の一般性能から類推すると、安定的な処理が行なわれている。

ジョグジャカルタ特別州が定めた放流水の水質基準は、BOD50mg/L、COD100mg/L及びSS200mg/LのLEVEL II (214/KPTS/1991、Governor Decision of Yogyakarta Special Region (ジョグジャカルタ特別州条例の放流水質基準)) であり、放流水の水質基準を満たしている。

水質分析は、基本的な水質項目に対しては週3回処理場で分析しているが、法定分析項目（35項目）に対しては毎月国が定めた外部機関に委託している。しかし、同処理場の実験室設備は古く故障している機材も多くあり、水質分析の精度に疑問もある。実際の分析結果から判断すると流入下水にかなりのDOが存在するなど疑問点も多いことから、機材の修理又は更新及び拡充を早急に行うことが必要である。

池に堆積した汚泥は、年1～2回程度引き抜き天日乾燥した後、近隣地域の農家等に配布しており、汚泥処分費を要していない。下水汚泥は農家に好評であり、今後も配布する予定である。汚泥の成分分析を、精密に行っていないため、重金属等による土壌汚染が心配である。定期的に汚泥の精密試験を行ない、安全を確認し農業利用することが適切である。

設備については、主要な機材は表面曝気機及びポンプ程度であり、地元の業者及びジャカルタの業者等に修繕を委託している。特に機材の修繕等に困っている様子はなかった。

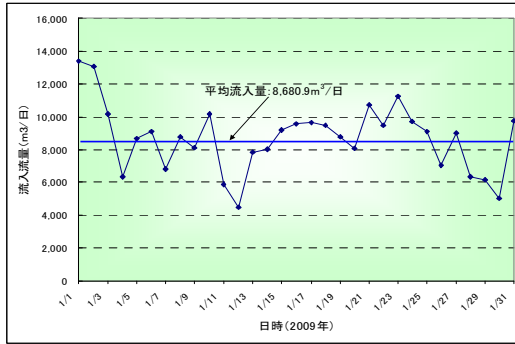


図 2.1.18 スウォン処理場流入水量の日変動 (2009.1)

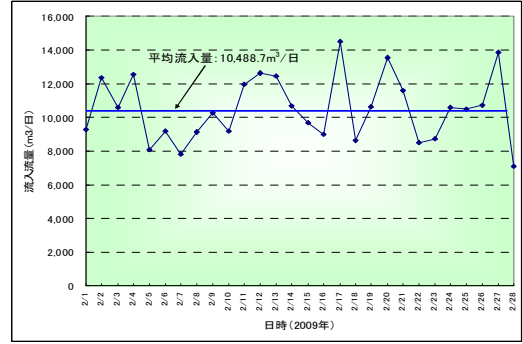


図 2.1.19 スウォン処理場流入水量の日変動 (2009.2)

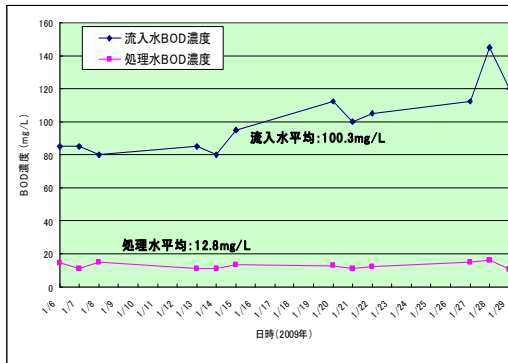


図 2.1.20 BOD 濃度の日変動 (2009.1)

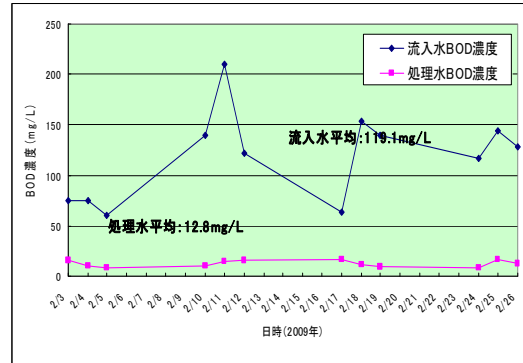


図 2.1.21 BOD 濃度の日変動 (2009.2)

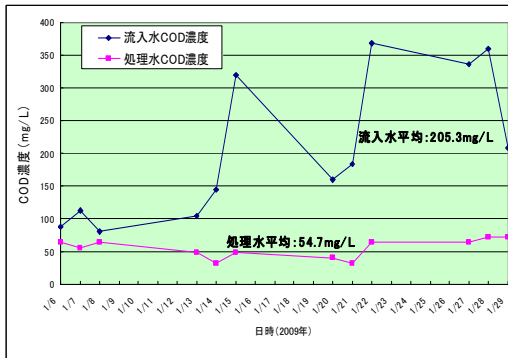


図 2.1.22 COD 濃度の日変動 (2009.1)

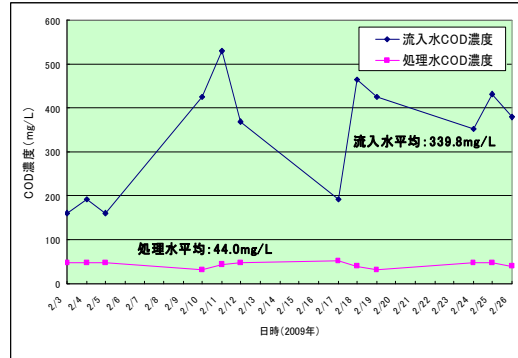


図 2.1.23 COD 濃度の日変動 (2009.2)

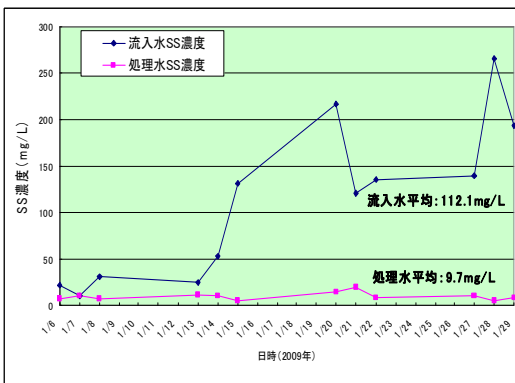


図 2.1.24 SS 濃度の日変動 (2009.1)

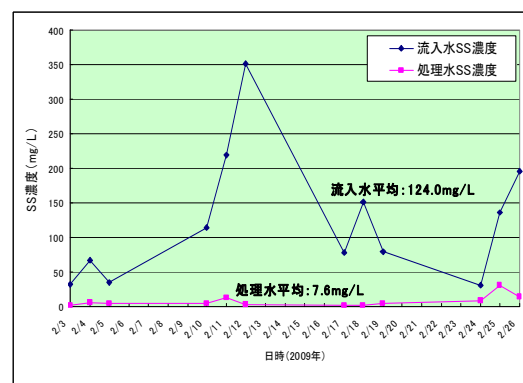


図 2.1.25 SS 濃度の日変動 (2009.2)

## (3) 広域行政 (SEKBER KARTAMANTUL)

## ① 概要

ジョグジャカルタ特別州の中心市街地は、ジョグジャカルタ市に加えて、バンツール、スレマンと連坦する市街地を構成する。観光・工業の発展や民間投資を促し、市（Municipality）の事務である道路、交通、上水道、下水道、廃棄物、雨水排水を近隣都市と一体的に計画・整備していくための調整機関である SEKBER KARTAMANTUL (Joint Secretariat Yogyakarta Bantul Sleman) を 1992 年にジョグジャカルタ特別州政府に設け、施



図 2.1.26 ジョグジャカルタ特別州

設の計画・整備・運営を行っている。行政区域に関わらず各種施設を、システムとして一体的に計画・整備・管理することで効率的な投資及び運営が可能になる。

SEKBER KARTAMANTUL の使命は次の 7 項目を規定している。

- ① 公正な結論を導くための協議
- ② 問題解決のための仲裁
- ③ 管理・実現化プロセスの調整
- ④ 意思決定プロセスの促進
- ⑤ 協働体制の構築
- ⑥ 制度設計の伝授
- ⑦ 政策提言

## ② 意思決定プロセス

担当部局の実務者で構成するテクニカルチームは、計画担当、公共事業、環境管理、法規制のタスクフォースで構成し、Manager で構成する管理委員会 (Head Secretary)、Director で構成する審査委員会 (Steering Committee)、および行政の長で構成する経営会議 (Governing Board) の審議、ステークホルダーの利害関係聴取、州政府との調整を経ながら、制度化と事業実施を行っている。

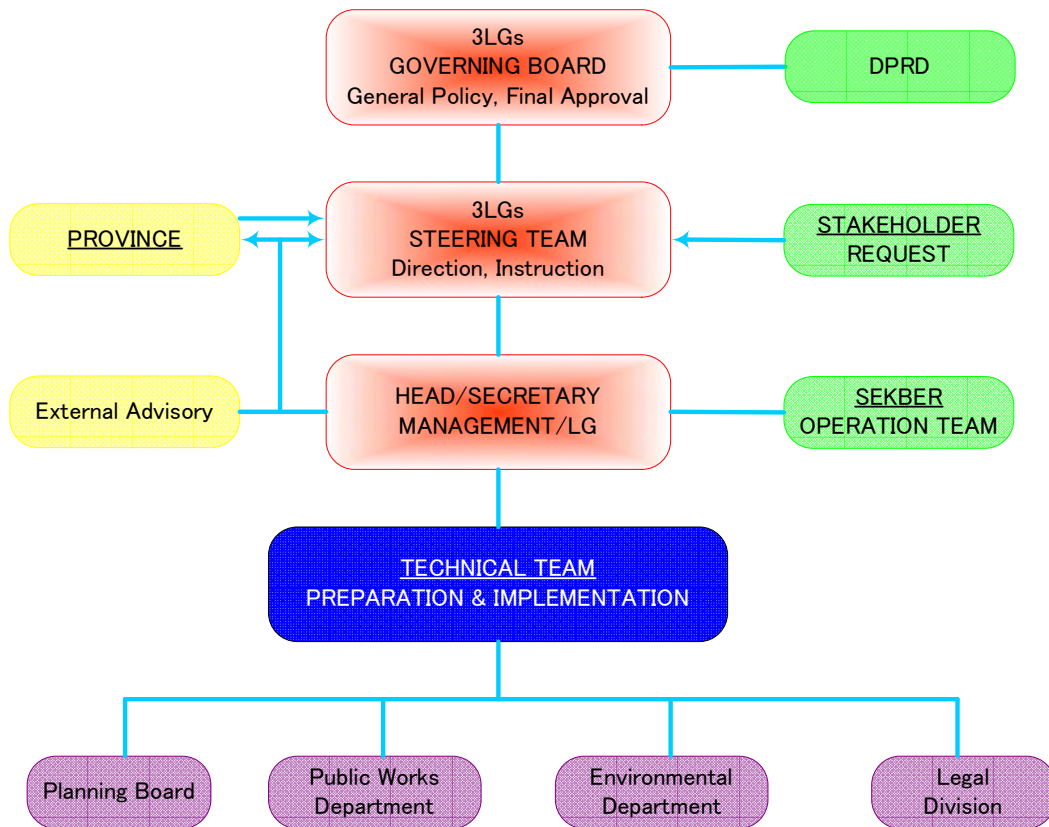


図 2.1.27 SEKBER KARTAMANTUL の意思決定構造

#### (4) 維持管理の課題

##### 1) 水質試験設備の改善及び測定技術の教育

前述したように、試験機器は 1996 年供用開始時の設備がそのまま使われているが、大部分が故障しており、正確な実験が行なわれているか心配である。前述した流入水及び処理水の水質の水質試験結果は、ばらつきが目立つ。その原因として、処理場がセプティックタンク汚泥を受け入れており、その影響も考えられる。また、試験設備の老朽化及び故障による誤測定も考えられる。

処理場の正確な性能評価を行ない適正な施設運転を行なうためには、測定方法（測定時間、採水、測定方法等）の工夫が必要であると判断される。このように原水が広い幅で変動すると、処理にも影響があることから、正確な水質試験が必要である。そのためには既存機材の修繕及び更新が必要であり、また水質試験員に対する教育等が必要である。

##### 2) 維持管理要員の縮減

現在同処理場には 40 人の人員が配置されているが、同施設の規模及び処理方式から見ると、他の処理場と比べると過大な人員が配置されていると判断できる。設備点数は少なく、処理時間（水理的滞留時間）が数日と長いことから、水質分析の

周期も1週間に1回程度で良い。人員の縮減が十分可能である。

人件費は人員を派遣している自治体が負担していることから、各自治体の負担軽減のためにも、維持管理要員は、適切な人員配置とすべきである。

### 3) 処理系列別の汚濁負荷

処理施設は2系列で運転しているが、下水量の配分に差がある。汚濁負荷量の少ない現時点では、各系列とも十分な処理が行われているが、流量負荷をできるだけ均等にし、同一条件を維持して運転することにより、良好な処理水質を得ることができる。

### 2.1.3 タンゲラン市（Cikokol 浄水場：TKCM 社 ROT 方式運営）の水道

#### (1) 水道事業の概要

今回調査を行なったチョココル浄水場は、タンゲラン市水道局（PDAM、Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Daerah Tingkat II Tangerang）所有の浄水場で、1923年にオランダ政府がタンゲラン県（当時）に新しい上水道として 6 L/秒の容量で設置したのがその事業の始まりである。

近代的な浄水場として、1984年に世界銀行の援助で米国のゼイムス・エム・モンゴメリ設計会社の設計とイギリスと地元の合弁会社が建設を行い、500 L/秒の給水を開始した。

1998年にアジア開発銀行の援助で、シンガポールと地元の会社が 500 L/秒の設備を新たに建設し、総計約 1,000 L/秒（約 86,400m<sup>3</sup>/日）の供給能力を持つようになった。

現在、タンゲラン市水道局はチョココル浄水場及びスルポン浄水場から 5,000 L/秒（約 432,000m<sup>3</sup>/日）の上水を生産し、タンゲラン地域の約 100,000 の一般家庭及び事業所に供給している。また、2,800 L/秒の上水はジャカルタ特別州に供給している。タンゲラン市水道局の職員は約 500 人である。

タンゲラン市水道局は 2001年にスルポン浄水場の運営をフランスのオンデオ社に委託し、25年間の飲用水供給契約を行なった（ROT）。また、チョココル浄水場についても 2004年に地元の TKCM（PT. TIRTA KENCANA CAHAYA MANDIRI）社に同じく施設運営を委託し、15年間の飲用水供給契約を行なった。

今回調査を行なった TKCM 社チョココル浄水場は、2004年までは PDAM の予算が少なく施設の整備等が行なわれなかった。設備の故障による施設機能停止などから、その処理水質は悪化する一方であった。その結果、顧客に提供される水道の水質は悪くなり、また断水が絶えなかった。

そのため、PDAM は緊急事案として次の事業を

- ・ 取水源であるチサダネ川の浮遊物を取水施設で除去できる設備の設置
- ・ 停電に備えるための非常用発電機の追加
- ・ 汚泥処理装置の追加及び連続的な沈殿汚泥の搬出
- ・ 適切な監視、薬品注入及び設備運転

民間資金を投入する ROT（Rehabilitation Operation Transfer）方式で業務を発注することになった。TKCM 社が落札し、2004年から 15年間浄水場の運営を受託することになった。

PDAM と TKCM 社との ROT 契約は、最初の 3年間に施設の修繕及び更新に 725 億 Rp を投資することとしている。また、年度別投資額は、

- ・ 1年目：244 億 Rp.
- ・ 2年目：273 億 Rp.



- ・ 3年目：208 億 Rp.

である。

また、主な修繕及び更新内容は、次のようになる。

- ・ 詳細設計コンサル、実施設計
- ・ ISO 認証の取得
- ・ 環境影響評価の実施
- ・ 取水ポンプのオーバーホール、既存取水施設の更新
- ・ 新しい取水施設の建設
- ・ 薬品注入施設の更新
- ・ 沈殿池に傾斜板設置（処理能力の増強）
- ・ 既存ろ過池（3 池）の更新
- ・ 送水ポンプのオーバーホールと新しい流量計の設置
- ・ 新しい塩素及び凝集剤注入システム設置
- ・ 新しい装置取り付け（浄水池、取水水位計、オンライン濁度及び pH 計設置）
- ・ 電気盤及び施設のアップグレード
- ・ 土木構造物の更新（倉庫、管理棟、浄水池及び配水池棟）
- ・ ウェブサイト及びデータ・ベースシステム構築
- ・ 新しい水質試験設備

## (2) 維持管理の現状

### 1) 取水源であるチサダネ川 (Cisadane River)

チサダネ川は、1,100km<sup>2</sup>の流域面積を持ちバンテン州 (Banten province) と西ジャワ州 (West Java Province) を通り、ジャワ海にそそぐ。川の全長は 80km である。流量は主に流域地域の降雨量によって変化し、雨季には流量が増え、乾期には流量は減少する。1971 年から 1997 年までのスルポン地域 (Serpong) で測定した流量は、1991 年には 2.93m<sup>3</sup>/秒の最小流量が、1997 年には 973.35m<sup>3</sup>/秒の最大流量が観測されている。

1981 年から 1997 年までの月間

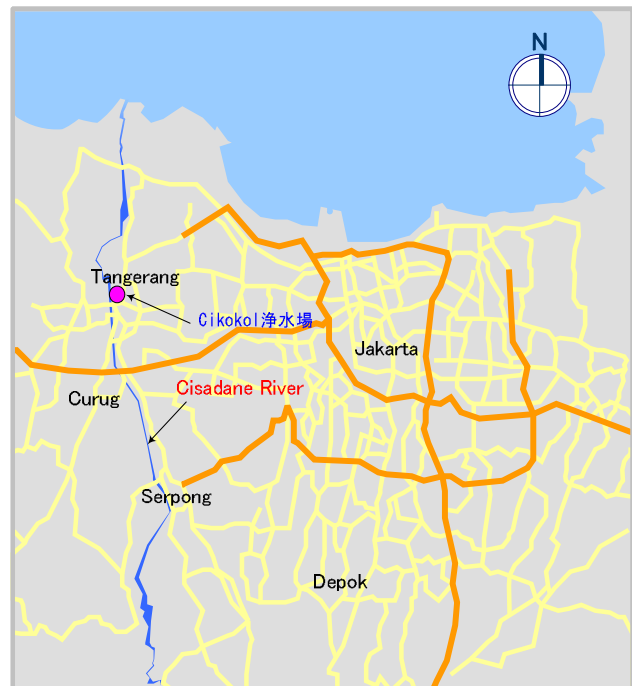


図 2.1.28 チサダネ川位置図

流量を見ると、7月から9月までが最小流量を示し、平均流量は25m<sup>3</sup>/秒である。チサダネ川は流域の工業用水、農業用水及び一般生活用水として用いられている。産業及び都市活動により河川水の汚濁が進行し、また不法な排水の流入により浄水処理が難しくなり、浄水処理費用がかかるようになってきた。

## 2) 浄水施設

浄水システムは図 2.1.29 に示す浄水フローである。浄水システムは急速ろ過システムを採用しており、TKCM 社が ROT 方式で受注した後、傾斜板を沈殿池に設けることで、処理能力は従来の 100,000 m<sup>3</sup>/日から 136,000 m<sup>3</sup>/日に増加した。これは民間の工夫により、生産性を高めた結果であると判断される。また、電気室にエアコンを設置する等の細かい所まで手を加え、設備の延命化を図っており、民営化による経営改善も上手く行なわれていると判断される。

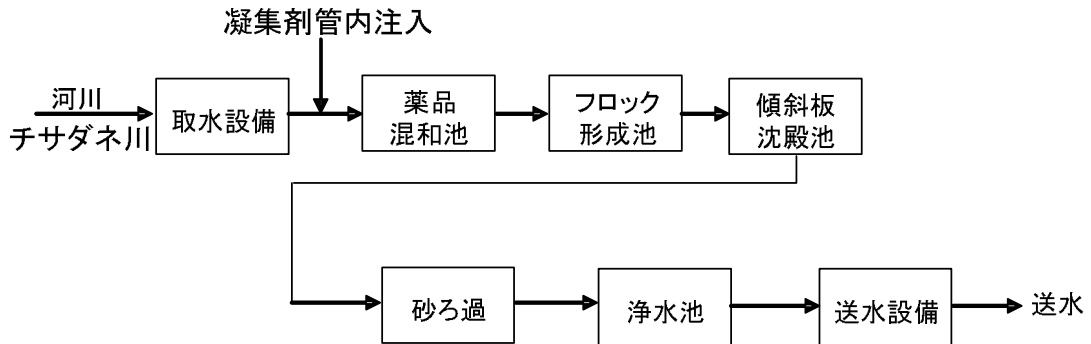


図 2.1.29 浄水フロー図



沈殿池の傾斜板



電気室のエアコン



誤接触防止用カバー

### 図 2.1.30 Cikokol 浄水場の維持管理に関する工夫事例

施設の監視制御システムは3次元の絵を使い、分かり易く出来ており、また各測定機器のデータもリアルタイムで表示されるようになっている。今回調査した他の下水処理場は、設計時に建設工事費を抑えるため画面による監視制御システム（CRTディスプレイ）を設けておらず、それらと比較すると、このような分かり易い監視制御システムの導入は、誤操作を防ぐのに有効である。



混和池及び沈殿池

濁度の表示

送水ポンプ状態表示

図 2.1.31 Gikokol 浄水場のモニタリング状況

### 3) 維持管理組織及び体制

浄水場を運営する TKCM 社は、浄水場を維持管理する現場職員 37 人と経営会社職員 20 人の計 57 人である。浄水場の維持管理体制は、図 2.1.32 で示すように、職員 (37 人) とアウトソーシングで構成されている。

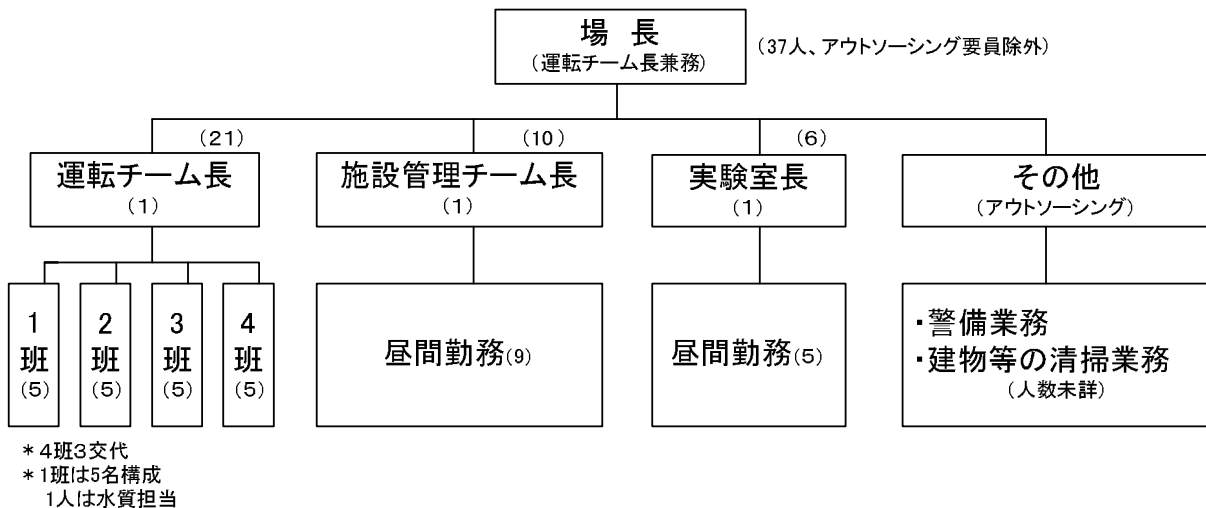


図 2.1.32 維持管理組織

運転チームは 24 時間 3 交代で浄水場の運転・監視業務を行ない、施設管理チームは昼間勤務だけで施設の点検・修繕等を行なっている。主要機器の修繕及びオーバーホールは機器メーカーに直接依頼することになっている。

試験室は施設運営・水質管理のための毎日検査等を行い、施設の維持管理の指標となる水質情報等を提供している。委託運営の契約先であるタンゲラン市と結んだ契約により、国が定めた浄水水質分析項目である 42 項目の水質分析を国が認定した機関に依頼し、市に毎月報告している。国の基準では年 1 回浄水水質分析を義務付けているが、市との契約により、より厳しいもので運用している。また、同じく民間が運営している東ジャカルタ工業団地の浄水場も、同じように毎月 1 回の水質分析を市より指導されている。

浄水場の警備業務及び建物等の清掃業務は経営効率化のためにアウトソーシングしているが、その正確な人数は把握出来なかった。

この浄水場の維持管理要員の数を、日本ヘルス工業（株）が国内で受託・運転しているほぼ同程度の処理容量を持つ浄水場と比較すると（表 2.1.19 参照）、ほぼ同程度の人数で運営されていることが分かった。このことから、同浄水場は民間が運営していることから、無駄のない適正な人数で運営されていると判断できる。

表 2.1.19 維持管理要員数比較

名 称	チココル浄水場	弊社受託浄水場*		
		A浄水場	B浄水場	C浄水場
処理能力 (m <sup>3</sup> /日)	136,000**	135,000	190,000	186,500
配置運営要員数 (人)	37	39	32	39

\* 分析等の官庁直営業務の人数を合わせた人数である。

清掃業務等の要員も含まれた人数である。

\*\* 傾斜板を設置し、既存能力100,000m<sup>3</sup>/日を136,000m<sup>3</sup>/日に増産している。

\*\*\* 処理方式は急速ろ過方式でチココル浄水場と殆ど同じである。

TKCM 社は、ISO9001 及び 14001 を取得しており、品質の向上に力を入れていることも印象的であった。実際、現場で視察した施設はよく整備されて、様々な所に気を配っており、同国の公営で運営されている他施設よりよく整備されていることが分かった。これは、民間の努力及び契約により求められる品質管理計画に因る効果といえる。

#### 4) 原水及び浄水水質

##### ① 原水

SUB (市公認水質試験機関) による 2009 年 2 月 4 日の水質を見ると、SS (浮遊物質、Suspended Solids) が 106 mg/L で、国が定めた水質基準である 50 mg/L を大きく超えている。DO (溶存酸素、Dissolved Oxygen) は 3.9 mg/L で水質基準 6 mg/L に達していない。溶存鉄 (Iron Dissolved) が 0.54 mg/L で水質基準 0.3 mg/L を大きく超えている。特に、大腸菌は問題であり、糞便性大腸菌 (Fecal Coliform) が 4,900/100ml で水質基準 100/100mL の 49 倍、総大腸菌数も 12,000/100ml で水質基準 1,000/100mL の 12 倍である。

この結果を見ると、SS は殆ど粘土質で問題ないと推定される。DO は 3.9 mg/L であり、魚の生息可能な限界値 (一般に 5mg/l) を超えていることから、水源の汚染が疑われる。糞便性大腸菌の数から見ると、河川水は人間又は家畜の排泄物により汚染されていると判断できる。SUB も国の基準を満たしていないと判定している。

このことから、河川流域の下水道整備等が行なわれることが期待出来ないのであれば、汚濁水に対する薬品使用量の増加、処理費用の増加、薬品の過剰使用によるト

リハロメタン等の副生成物の生成の恐れがある。原水の水質は、水道水源の保全や取水地点の移設を検討すべき重要な課題である。

表 2.1.20 水質測定値と水質基準

項目	単位	測定値	類型・水質基準値*				備考
			I	II	III	IV	
浮遊物質	mg/L	106	50	50	400	400	以下であること
溶存酸素	mg/L	3.9	6	4	3	0	以上であること
鉄	mg/L	0.54	0.3	—	—	—	以下であること
糞便性大腸菌	/100mL	4,900	100	1,000	2,000	2,000	以下であること
総大腸菌	/100mL	12,000	1,000	5,000	10,000	10,000	以下であること

\* 水質基準値はインドネシア国法律No.82/2001による。

I：無処理で直接飲料水として利用できる水。II：飲料水の原水として利用できる水。

III：水産や畜産に利用できる水。IV：農業、小規模事業、工業及び水力発電に利用できる水。

## ② 処理水

処理水は全ての項目が基準を満たしていることから、飲用水として問題はない。主な処理水の水質項目を次の表 2.1.21 に示す。

表 2.1.21 処理水の主な水質測定値と水質基準

項目	単位	測定値	水質基準
色度	TCU	0	0
TDS (Total Dissolved Solids)	mg/L	71	1000
濁度	NTU	0.88	5
鉄	mg/L	<0.02	0.3
総軽度 (CaCO <sub>3</sub> として)	mg/L	27.1	500
残留塩素	mg/L	0.65	5
総大腸菌数	/100mL	0	0

## 5) 維持管理費用

今回の調査では、維持管理費に関する資料の入手出来なかった。ヒアリングで把握した各種ユーティリティ使用量を基に、費用を次の表に表わす。

表 2.1.22 ユーティリティ使用量 (2009.3.18)

項目	単位	使用量	備考
取水量	m <sup>3</sup>	105,476	
PAC	kg	3,236	平均注入率 30.7ppm
Chlorine	kg	212	平均注入率 2.0ppm
電力 (取水)	kwh	7,380	
電力 (処理)	kwh	17,040	

表 2.1.23 ユーティリティ単価

項目	単位	単価 (Rp)	備考
電気代*	kwh	450	年間600,000,000Rp程度
塩素ガス	k g	6,500	費用の問題で液体ではなくガスを使用
PAC (凝集剤)	k g	2,000	
炭酸ソーダ	k g	5,000	
重油	L	6,000	
実験室維持管理費	一式	200,000,000	年間費用、人件費除外分

\* Peak Time料金等を考慮した平均料金で聴き込み価額である

## 6) その他

TKCM 社はタンゲラン市に浄水を 1,260Rp/m<sup>3</sup> (約 0.1US\$/m<sup>3</sup>) で販売している。また、タンゲラン市はジャカルタ特別州には 2,300Rp/m<sup>3</sup> (約 0.2US\$/m<sup>3</sup>) で供給している。

### (3) 維持管理の課題

#### 1) 原水水質の安全確保

現在の取水口は、浄水場近くに位置し、チサダネ川の中流に該当する。チサダネ川には各種工場が隣接しており、橋も架かっている。工場からの毒性物質の流出やタンクローリー等の転落による油の汚染等、水質事故の可能性があるが、それらに対する対策が見られない。

上述した原因で取水源である川が汚染され、浄水場全体が運転できない状態になる場合もある。そのため、日本では、取水源の安全を確保するために、危機対策マニュアル等を策定し、水質事故に備えている。

安全な原水の確保及び処理施設を汚染から守るためには、河川が汚染された場合の緊急連絡網の整備及びオイルフェンスの設置等の水質事故対策を構築する必要がある。



図 2.1.33 浄水場近隣の工場

#### 2) 排水処理の問題

本浄水場には排泥施設がなく、運転管理業務にも含まれていない。同国の他浄水場も同様に、発生汚泥の処理システムがなく、全て川に戻す方式である。浄水場では

PAC (Poly Aluminum Chloride) という無機系凝集剤を使用しているが、この凝集剤には健康被害が知られている Aluminum が含まれており、水質基準値が制定されている。凝集後の汚泥には未知の汚染物質が含まれている可能性もあり、その処理は極めて重要であると考える。

日本では、浄水能力 10,000m<sup>3</sup>/日以上浄水場の沈殿設備やろ過施設、及び脱水能力 10m<sup>3</sup>/日以上脱水施設は、水質汚濁防止法により「特定施設」に指定され、これらの施設からの排水は水質汚濁防止法により排水水質基準が適用される。また、浄水場から搬出される脱水ケーキは産業廃棄物として扱い、適正な処分を求めている。

同施設からの排水は、近隣の池に貯めて川に流す方法で処分しており、この排水により河川の汚染が心配されることから、今後、排水処理対策が必要であると判断される。



## 2.1.4 ブカシ工業団地（東ジャカルタ工業団地）の上下水道

### (1) 事業概要

東ジャカルタ工業団地は、日本の住友商事を含む11社が60%の株を持つ現地法人である東ジャカルタ工業団地株式会社が開発した工業団地である。ジャカルタから東に40km程度離れたブカシ市に位置し、開発総面積は320haである。1990年に開発され、現在は日本の大手電気メーカーの現地工場を含めた約30社以上の工場が入居している。

東ジャカルタ工業団地株式会社は、工業団地敷地内に浄水場及び下水処理場を有し、入居企業に工業用水を提供するとともに、各工場から出てくる排水等を処理している。

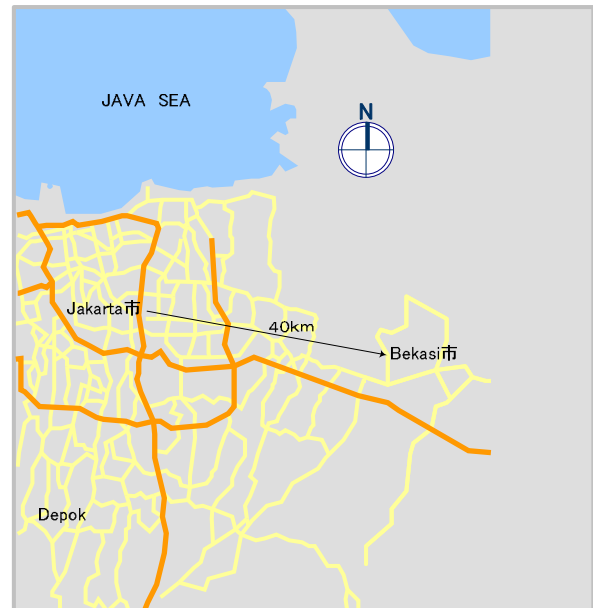


図 2.1.34 ブカシ市の位置

### (2) 維持管理の現状

#### 1) 浄水場施設

浄水能力は9,000m<sup>3</sup>/日であり、2008年まではほぼ9,000m<sup>3</sup>/日を供給していたが、2009年に入り世界経済の影響により工場稼働率が低下し、供給量は減少している。

原水は工業団地の近くを流れる河川・用水路の水を取水しており、濁度以外の水質は良好である。契約者との内部協定で定めている供給水質を、次表に示す。日本の工業用水の水質基準値とほぼ同じである。



図 2.1.35 原水取水口

浄水システムは急速ろ過システムを採用しており、原水の減少や水質事故等に備えて、予備水源である池を設けている。タンゲランのチョコレート浄水場と同様に、沈殿汚泥は河川に直接放流しており、排水処理装置を設けていない。



表 2.1.24 供給水の水質基準

項目	契約供給水質基準	日本の供給標準水質*
pH	5.8 ~ 8.6	6.5 ~ 8.0
浮遊物質(SS)	5.0mg/L	濁度で20mg/L
蒸発残留物(TDS)	500mg/L	—
総硬度(T-Hardness)	CaCO <sub>3</sub> として150mg/L	CaCO <sub>3</sub> として120mg/L
塩化物イオン(Cl <sup>-</sup> )	100mg/L	80
硫酸物イオン(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	100mg/L	—
鉄及びその化合物(Fe)	0.3mg/L	0.3
マンガン及びその化合物(Mn)	0.3mg/L	0.2

\* 昭46制定, 日本工業用水協会・工業用水水質基準制定委員会

また、原水の濁度が高い時には、原水を別途設けている沈殿池を通すことで、浄水施設の能力低下及び薬品使用量の増加を防いでいる。

浄水場から各入居企業に供給する送水管に鉄管を使用していたため、鉄錆・腐食により赤水等の問題が発生している。鉄管を耐腐食性に優れたPE管に交換する工事を行なっている。



図 2.1.36 沈殿池

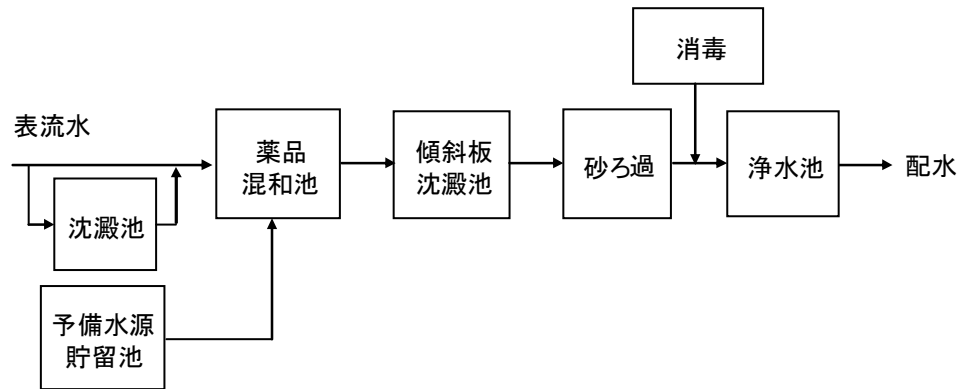


図 2.1.37 浄水処理フロー図

## 2) 下水処理場

処理方式は、スクリーンで固形物を取り除き、斜軸スクリー型水中曝気機を用いる長時間エアレーション法を採用している。処理能力は 9,000 m<sup>3</sup>/日で、工業団地内の下水等を処理する。現在の流入下水量は、推定 4,900~5,600m<sup>3</sup>/日（浄水量の70%で推定）程度であり、曝気槽3池のうち2池を使用している。

汚泥処理は、凝集剤を使わずフィルタープレスで含水率を下げ、天日乾燥で処理している。汚泥の最終処分は近くのセメント工場に搬出し、セメントの燃料及び材料として用いられている。セメント工場に運搬する費用は10 US \$ /t であり、埋立の100US \$ /t（運搬費込み）と比べると安価で、リサイクルの観点からも良い方法である。



図 2.1.38 反応タンク（長時間エアレーション法）

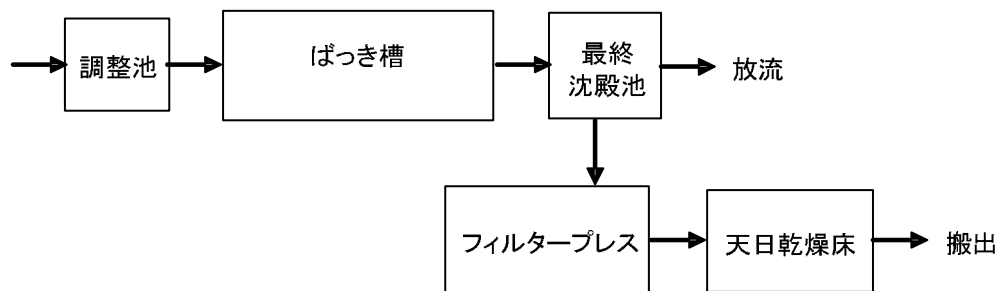


図 2.1.39 下水処理フロー図

### 3) 維持管理体制

維持管理組織は浄水場・下水処理場が一体になっており、しかも浄水場は工業用水供給が目的であることから、全ての業務が兼務となっている。浄水場は、一般の飲料水供給を目的とする場合には、健康上の問題に配慮し維持管理組織を別途に作る事が望ましいが、工業用水供給が目的であることから、問題は生じていない。

運転チームは1班3名の3班で構成されている。勤務体系は7時～15時、15時～23時、23時～7時の3交代である。この体制では、作業員が十分な休みを取れな

い恐れがあるが、ヒアリングでは交代で休みを取っているとのことであった。実際には3名勤務までは至らない事と判断される。労働法が定めている休みを確保し、運転に適切な人員を配置するためには、4班体制が望ましい。施設の点検等を維持管理計画に従って毎日実施し、小修繕等は職員が直接行っている。大規模修繕等はメーカーに発注している。

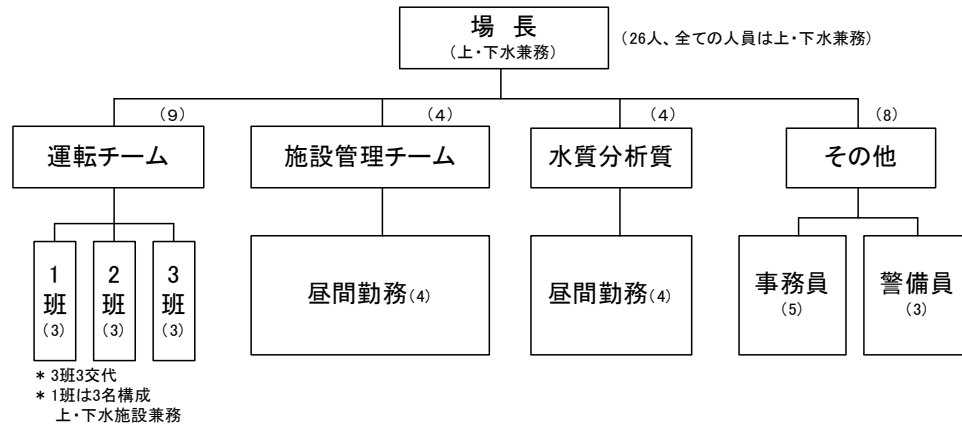


図 2.1.40 維持管理体制

施設管理としては、年間5回程度の停電が発生するが、この施設は国営電力会社と民間会社からの2回線受電をしており、しかも非常用発電機も設けていることから、停電による施設の停止等は見受けられない。

水質分析は、工業用水、下水について工程管理に必要な分析を場内の分析室で行っている。工業用水については、次表に示す頻度で水質試験を行っており、適切な水質管理が行なわれていると判断される。

表 2.1.25 工業用水分析項目・頻度

分析項目	原 水		浄 水	
	毎日	毎月	毎日	毎月
pH	○		○	
濁度	○		○	
浮遊物質(SS)	○		○	
蒸発残留物(TDS)		○		○
総硬度(T-Hardness)	○		○	
電導度(Conductivity)	○		○	
塩化物イオン(Cl <sup>-</sup> )		○		○
硫酸物イオン(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )		○		○
鉄及び化合物(Fe)		○		○
マンガン及び化合物(Mn)		○		○
残留塩素(Residual Chlorine)			○	

下水試験については、原水及び処理水の浮遊物質 (SS)、BOD(生物化学的酸素要求

量)と COD(化学的酸素要求量)を毎日測定している。下水処理水は、国の指定機関である PPLi(P.T. Prasadha Pamunah Limbah Industri)で、毎月法定水質分析を行っている。

### (3) 維持管理の課題

#### 1) 下水処理の問題点

これまでは次表に示す法定排水基準を満たして問題はないが、放流水の BOD 値が変動しており、施設全般の運転を見直し、安定的に BOD 除去を可能とする改善が望ましい。

2009 年中に国の法規制が改定され、アンモニア性窒素 ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) の排出基準値が適用される見込みであり、アンモニア性窒素 ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) の規制に対応するために、硝化・活性汚泥の管理を確実にこなうための曝気装置の更新等を含む施設改造を行なう予定である。

表 2.1.26 法定（設計）排水基準及び現状

項目	BOD (mg/L)		SS (mg/L)	
	流入	放流	流入	放流
設計値	500	50	500	200
現状	100~260	16~47	100	2~50

\* 放流水質の規制は国の規制の Level II に該当する

#### 2) 浄水排水処理

チokol浄水場と同じく、将来の規制強化に対する対応策が望まれる。

#### 3) 下水処理施設及び運転方法の改善

現在の流入量に比べると流量調整槽の容量が大きく、流入下水が滞留し曝気が不十分であるので、下水の腐敗が進んでいるように見える。2 池ある調整槽のうち 1 池を使用し、また水位調節をして下水が滞留しないようにすることが望ましい。

曝気槽については、現在の表面曝気機(斜軸スクルー型曝気機)は老朽化が進み、BOD 除去・硝化に必要な酸素供給と攪拌能力が十分でないことから、曝気システムの根本的な改善策が求められる。



図 2.1.41 汚水調整池

また、系列毎の水量分配が不均衡で、池により運転状況・処理水質に差異が生じている。系列間の水量・水質負荷を均等にする事で、処理水質の改善と運転操作の簡素化が図れる。

今後運転方法の見直し及び機器更新等が必要であると判断される。

その他、優秀な技術者はいるものの、他施設での運転経験が少ないため、トラブル改善手法が限られたものとなっている。排水基準の強化や一層の効率的な維持管理に関する教育・研修等が必要である。



図 2.1.42 斜軸スクロー型曝気機

### 2.1.5 放流水の排水基準

放流水の排水基準は、1995年に制定された環境大臣令で、工場（Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 1995）、3星以上のホテル（Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 52 Tahun 1995）、病院（Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 58 Tahun 1995）に適用される。その後、2003年に汚水処理施設に対する環境大臣令（Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.112 Tahun 2003）が制定されている。2003年政令の対象施設は、a 全ての住宅開発地、官庁、商業施設、アパートメント、b 1,000m<sup>2</sup>以上のレストランおよび c 100人以上の宿舎に適用される。

3星以上のホテル・高度な処理施設を有する工場（「日系企業の海外活動に当たっての環境対策（インドネシア編）、平成10年3月」より、抜粋）および汚水処理施設に適用される放流水の排出基準を以下に示す。

表 2.1.27 放流水の排水基準 (Minister of Environment Decree)

パラメータ	No. Kep 52/MENLH/1/1995 (Hotel)	No. KEP-51/MENLH/10/1995 (Industrial wastewater)	No. Kep 112/2003 (Domestic wastewater)
	最大値 (mg/L)	最大値 (mg/L)	最大値 (mg/L)
BOD <sub>5</sub>	30 (75)	50	100
COD	50 (100)	100	—
TSS	50 (100)	200	100
pH	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0
Oil and Grease	—		10

( )は、2000年1月1日までの経過措置

出典：調査団調べ

## 2.1.6 下水道財政計画

### (1) 支払意思額調査及び家計支出調査

インドネシア国におけるアフォーダビリティについては、2006年に旧国際協力銀行により実施された「Financing Affordable Water and Sanitation System」調査報告書を参照した（以下、JBIC調査）。JBIC調査における家計支出調査概要および得られた知見について、以下に概要をまとめた。JBIC調査では2004年にインドネシア国中央統計局（BPS）が実施した家計調査結果に基づき、地方自治体（District）毎のアフォーダビリティについて推計している。BPSでは143のジャワ州地方自治体において20万世帯に対し、27項目における家計支出項目について聞き取り調査を実施した。JBIC調査では、調査された地方自治体を開発指標（FCI）に基づき4分割し、各グループの中位に属する2～3の自治体を代表例として抽出（全9自治体）すると共に、支出項目の27項目について、共通性を勘案しつつ、次に示す10項目を抽出して家計支出構造を分析した。

表 2.1.28 調査対象都市の家計支出分布（JBIC）

	District Government	Average monthly household expenditure (IDR 1,000)		
		<500	500-1,000	1,000<
1a.	Kota Manado	3%	43%	54%
1b.	Kb. Klungkung	4%	35%	61%
2a.	Kota Bogor	3%	43%	54%
2b.	Kota Surakarta	20%	44%	36%
3a.	Kab. Tasikmalaya	42%	52%	6%
3b.	Kab. Mojokerto	34%	53%	13%
4a.	Kab. Purbalingga	43%	45%	13%
4b.	Kab. Banjarnegara	50%	42%	8%
4c.	Kab. Cilacap	47%	46%	8%
	Total	30%	45%	25%

出典) Financing Affordable Water and Sanitation System, Final Report, 2006, JBIC

#### JBIC調査における家計支出10項目

- 1 Basic foodstuffs (BFT)
- 2 Alcohol and tobacco (A&T)
- 3 Housing and household operations (H&O)
- 4 Non-consumables (N-C)
- 5 Education (EDU)
- 6 Apparel and foot ware (A&F)
- 7 Medical care (MED)

- 8 Recreation (REC)
- 9 Fuel, transport and public services (FTP)
- 10 Others

9 自治体における家計支出構造は下表のとおりとなった。

表 2.1.29 代表自治体における家計支出調査結果

District Government	Average monthly household expenditures by category (IDR '000)										
	BFD	A&T	H&O	N-C	EDU	A&F	MED	REC	FTP	OTH	Total
1a. Kota Manado	516	82	200	91	36	54	18	29	93	7	1126
1b. Kab. Klungkung	610	60	158	106	23	32	25	122	92	12	1240
2a. Kota Bogor	580	120	213	80	51	50	19	9	122	15	1258
2b. Kota Surakarta	397	53	204	118	69	32	31	6	105	13	1028
3a. Kab. Tasikmalaya	306	68	63	28	14	27	10	4	57	3	580
3b. Kab. Mojokerto	362	65	65	64	20	28	27	6	72	7	715
4a. Kab. Purbalingga	328	82	59	55	20	27	13	3	62	4	653
4b. Kab. Banjarnegara	314	52	46	48	14	28	13	2	61	4	582
4c. Kab. Cilacap	298	48	62	59	22	25	13	2	59	4	592
<b>Average share*</b>	<b>49%</b>	<b>9%</b>	<b>13%</b>	<b>8%</b>	<b>3%</b>	<b>4%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>9%</b>	<b>1%</b>	<b>100%</b>

出典) Financing Affordable Water and Sanitation System, Final Report, 2006, JBIC

調査結果からは、自治体間の家計支出構造（優先的な支出項目）が様々であり、アフォーダビリティも大きく変動することが明らかとなった。ただし、下水道料金水準の目安レベルの上限については把握することが出来た。これらを基に、下水道料金設定に際し、次項を考慮することが提案された。

- ① 健康・医療に係る費用を超えないこと
- ② 電気、ガス、水道の各料金よりも低額であること
- ③ 燃料、交通および公共サービスに費やす金額の 25%を超えないこと、かつ低所得層については家計支出の 1%を超えないこと。

以上を踏まえ、ジャカルタ市及びジョグジャカルタ市において支払意思額調査を実施することを当初の計画とした。しかし、2009 年 3 月に実施した現地調査において、ジョグジャカルタ市においては 2009 年に下水道料金の改定が予定されており、市・大学・NGO による下水道料金設定に係る調査が既に実施されたとの情報を得た。従って、住民のアフォーダビリティ調査を主目的に支払意思額についても聞き取りを行う調査方針に変更し、得られた結果と改定された下水道料金体系とを比較し、今後事業拡大が見込まれるジョグジャカルタ市において、持続的な下水道事業に対する課題を抽出することとした。概要について下表に示す。



表 2.1.30 社会調査実施概要

都 市 名	ジャカルタ市	ジョグジャカルタ市
調 査 期 間	2009年3月30日～4月8日(8日間)	2009年4月13日～4月16日(4日間)
調査実施体制	現地社会調査専門家：1名 現地傭人：3名 による2班体制での各戸聞き取り調査	現地社会調査専門家：1名 現地傭人：1名 による各戸聞き取り調査
サ ン プ ル 数	114 サンプル	20 サンプル
有 効 回 答 数	110 通 (96.5%回収)	20 通 (100%回収)

## 1) ジャカルタ市での調査

ジャカルタ市においては、ジャカルタ下水道公社 (PD PAL JAYA) の一般家庭顧客リストを元に、顧客階層毎に無作為抽出法によりサンプル世帯を抽出した。PD PAL JAYA では、月間電気消費量に応じて顧客階層を4段階 (Type A～D) に分類している。下表にサンプル抽出結果及びヒアリング実施件数は下表のとおりである。

表 2.1.31 ジャカルタ市サンプル抽出状況及びヒアリング実施件数

分 類	Type A	Type B	Type C	Type D	合計
定 義	450～900VA	900～1,300VA	1,300～2,200VA	2,200VA～	
位 置 付 け	低所得	中所得	高所得		
顧 客 数	896 世帯	196 世帯	20 世帯	25 世帯	1,137 世帯
サ ン プ ル 数	90	20	2	2	114
参 考 資 料					
①下水道接続料金 <sup>1)</sup>	10,000Rp				
②下水道基本料金 <sup>1)</sup>	90Rp/m <sup>2</sup>	113Rp/m <sup>2</sup>	135Rp/m <sup>2</sup>	158Rp/m <sup>2</sup>	
③平均床面積 <sup>2)</sup>	101.11m <sup>2</sup>	121.18m <sup>2</sup>	136.65m <sup>2</sup>	307.08m <sup>2</sup>	
④平均請求料金 <sup>2)</sup>	10,153Rp	15,234Rp	20,293Rp	52,610Rp	
⑤パコ1箱 (マルロ)	10,000Rp (市場価格)				

1) DKI Jakarta Governor Decree No.1470, 2006 参照。

2) 2008年8月分 PD PAL JAYA 顧客データ参照。請求料金には VAT 加算後の金額。

調査は質問票を用いた各戸インタビュー形式とした。質問票を添付資料に示す。質問項目の主な構成は、家庭汚水による水環境汚染および下水道整備の効果に係る認識に係る質問と、支払意思額の提示に係る質問からなる。支払意思額の確認については、下表に示すとおり各所得階層において2段階2項選択方式を用いた。

同手法の特徴として、提示したある金額に対する支払意思を2度にわたり「Yes」又は「No」で回答する方式であり、戦略的バイアスを生じにくく、被験者の支払意思額を1段階よりも限定できることから、統計的効率性が高いとされている。また、少ないサンプル数でも効率的に評価が可能といわれている。例えば、下水道による水環境改善効果のような非市場財の評価手法として、仮想市場法 (CVM) が用いられている。これは非市場財の便益を、支払意思額等の貨幣価値に転換し評価する手法であるが、この際のアンケート方式として、2段階2項選択方式が用いられている。ヒアリング調査の結果について、回答パターンにより下表のとおり分類した。

表 2.1.32 2段階2項選択による支払意思額抽出

分類	Type A				Type B				Type C		Type D	
サンプル数	90				20				2		2	
実施件数	86				20				2		2	
回収率	95.6%				100%				100%		100%	
第1段階意思額	20,000Rp/世帯/月				30,000Rp/世帯/月				50,000Rp/世帯/月			
第1段階回答	No		Yes		No		Yes		No		Yes	
第2段階意思額	15,000Rp		25,000Rp		25,000Rp		40,000Rp		40,000Rp		70,000Rp	
第2段階回答	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes
回答結果(件)	29	29	15	13	8	8	2	2	0	2	1	1

出典 JICA 調査団

各タイプに対する提示額については、現状の支払額（平均支払料金額）を最低の支払意思額とし、引き上げ限度の把握を目的として、第1回目の提示額は現状の約2倍程度と設定した。タイプC,Dについては件数が少ないことから、同一の質問内容とした。アンケート票を資料編に添付する。

調査結果をもとに、対数ロジットモデル及びワイブル回帰分析（Excel できるCVM(第3.1版)／栗山 浩一氏を利用）により支払意思額に係る受諾曲線を求め、支払意思額の中央値、ならびに平均値を求めた。下表に分析結果を示すと共に、下図にモデル別の受諾曲線を示す。

表 2.1.33 支払意思額分析結果

分析モデル	対数線形ロジットモデル		ワイブル回帰分析	
サンプル数	110		110	
パラメータ	係数	t 値	係数	t 値
① 定数項	34.8327	9.568	10.0552	149.124
② 提示額/シグマ	-3.5407	-9.774	0.5664	12.222
対数尤度	-163.670		-171.434	
WTP(中央値)	18,726IDR		18,913IDR	
WTP(平均値)				
① 裾切りなし	21,429IDR		20,720IDR	
② 最大提示額裾切	21,172IDR		20,715IDR	

出典 JICA 調査団

ロジットモデル、ワイブルモデルは支払意思額の「Yes」選択率の分布に近似するとして適用されるモデルである。一般に、ロジットモデルは分布形の裾野が広く平均値が高めに出る傾向にあり、ワイブルモデルは柔軟な関数であり良好な結果を得られるとされている。本調査では、双方を比較のために用いた。

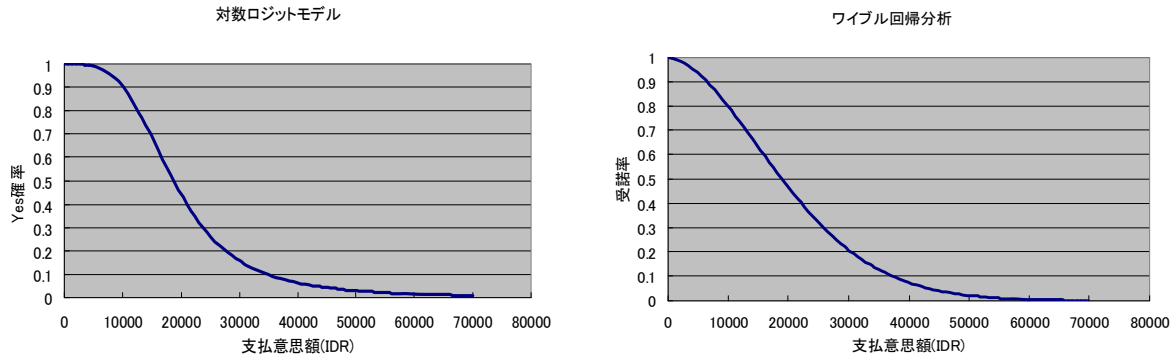


図 2.1.43 支払意思額分析結果

上述の分析結果から、2つの関数モデルから得られた結果はほぼ同一であるとみなせる水準にある。一般には支払意思額は関数モデルの違いによる影響の少ない中央値が用いられる場合が多い。平均値は同じ関数モデルでも積分範囲により値が変化する（最大値で範囲を区切る裾切りの有無）し、中央値よりも大きくなる場合があり、中央値の方が安全側といえる。ただし、本調査の結果では料金水準としては双方に有意な差はないとみなし、住民の支払意思額は概ね 20,000 IDR 程度であると推定した。

2) ジョグジャカルタ市調査結果

ジョグジャカルタ市では、2009年より下水道事業が同市環境部（DLH）より公共事業部（Dinas PU）に移譲されたもののいまだ移行措置の状態にあり、Dinas PUによる実質的な料金徴収業務が実施されていない。従って、Dinas PUより提供された顧客リストを基に、従前の管轄部門であったDLHの協力の下に家計支出構造に係るヒアリング調査を実施した。サンプル抽出に際し、時間的制約を考慮し低所得者層の多いDanurejan郡（Kecamatan）Bausasran町（Kelurahan）を対象として実施した。サンプル抽出結果は下表のとおりである。

表 2.1.34 ジョグジャカルタ市サンプル抽出状況

分類	K1	K2	備考
位置付け	500Rp/月	1,000Rp/月	旧料金体系における月額料金
町内世帯数(戸)	578(73.7%)	165(21.0%)	K3:20(2.6%), K4:2(0.3%), P1:16(2.0%), P3:3(0.4%)
サンプル数	16	4	計 20

調査は質問票を用いた対面式の個別訪問調査とした。調査の結果、リスト上ではK1（家族数1～5人）、K2（家族数6～10人）に分類されているものの、実際の家族数と食い違う結果が散見された。実際の家族数に従った場合との比較を次表に示す。

表 2.1.35 調査結果に基づくサンプル比

分 類	K1	K2
当初サンプル数	16	4
調 査 結 果	12	8

ただし、家計の支出状況について見ると、世帯構成員数からは K2 に分類されるものの、収入額を見る限りでは低所得と判断される例が多く見られ、これら世帯は K1 に分類されるなど、比較的柔軟な対応を図っているように見受けられた。本調査では顧客リストの仕分けに従って、アフォーダビリティについて検討した。

表 2.1.36 ヒアリング調査結果概要

Group	Expenditure Category	Result of Hearing Survey											
		Basic Foodstuffs	Housing and Household operation	Fuels and Transportation	Public Service	Non-consumables	Tobacco and other tasty things	Clothing and foot ware	Education	Health	Recreation and culture	Others	Total Monthly Expenditure
K1	Min(IDR)	150,000	4,000	0	3,000	0	0	0	0	0	0	0	392,500
	Max(IDR)	1,500,000	100,000	288,000	300,000	41,667	60,000	100,000	260,000	30,000	50,000	120,000	2,243,833
	Ave(IDR)	559,333	42,567	101,667	102,200	2,778	9,000	31,611	56,722	4,211	8,896	16,000	934,984
	Ave(%)	59.8	4.6	10.9	10.9	0.3	1.0	3.4	6.1	0.5	1.0	1.7	100
K2	Min(IDR)	240,000	10,000	0	60,000	0	0	0	0	0	0	0	473,000
	Max(IDR)	1,500,000	100,000	150,000	200,000	41,667	210,000	50,000	150,000	200,000	160,000	90,000	1,955,833
	Ave(IDR)	631,818	52,773	50,727	101,818	3,788	30,909	20,833	48,939	21,000	30,303	16,364	1,009,273
	Ave(%)	62.6	5.2	5.0	10.1	0.4	3.1	2.1	4.8	2.1	3.0	1.6	100

家計支出額については、各クラス内においてかなりの幅があることが読み取れる。下表に調査結果をバーチャートで示した。

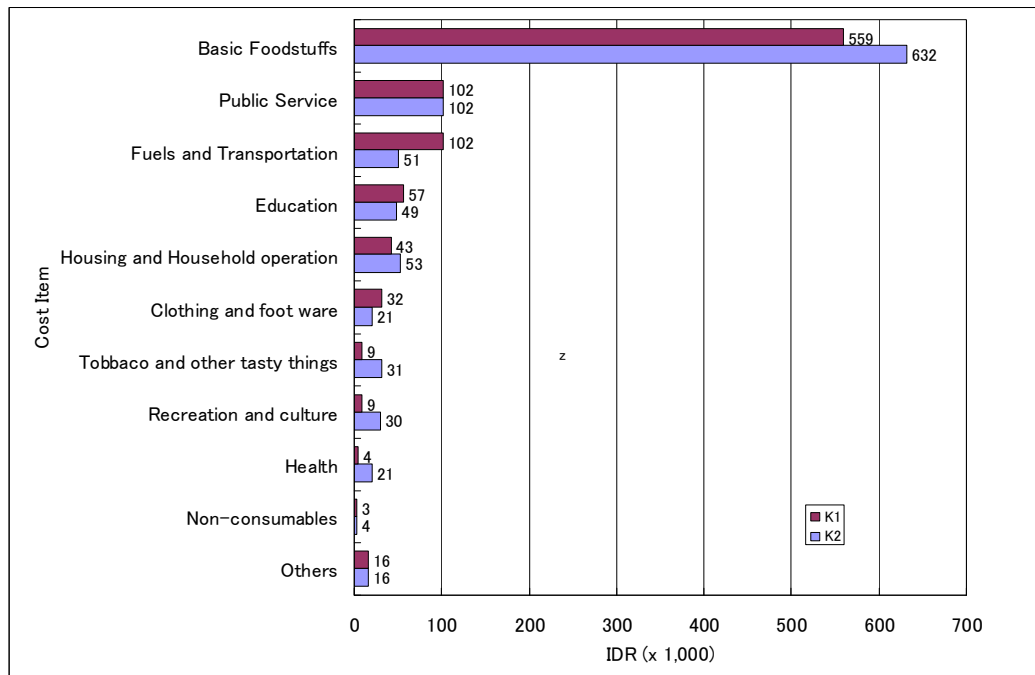


図 2.1.44 ジョグジャカルタ市におけるアフォーダビリティ

調査の結果、各クラス共に食費が家計の 6 割前後を占めており、それに続いて公共料金が約 1 割を占めている。従前の下水道料金は 500IDR/月であり、家計支出に占める割合は 0.1%に満たない水準と推察される。ジョグジャカルタ市では、2009 年より新下水道料金体系に移行しており、従来の K1 クラスにおいては家族数に加えて、家屋床面積により 2 段階の料金設定がなされた (100m<sup>2</sup> 未満: 3,000Rp/月、100m<sup>2</sup>

以上：6,000Rp/月)。家計支出に占める割合は0.3～0.6%程度と推察される。

一方従来の K2 クラスについては9,000Rp/月となった。これら新料金水準の家計支出に占める割合は概ね 1%程度と推察される。従前及び新規の料金制度は世帯構成員数を基準としているが、今回の調査結果からは、実際には所得に応じて柔軟な分類がされているように感じられた。ジャカルタのように、消費電力量等の所得との関連が強い尺度の導入も考えられる。

家計支出調査では、家計支出と合わせて下水道料金の支払意思額について、2段階での質問を実施した。家計調査の聞き取り直後に、初回の支払意思額を尋ねた。続いて、下水道の効果について水環境改善、衛生改善の観点から口頭で説明し、その後第2回目の支払意思額について尋ねた。その結果、下水道料金支払意思額は、以下の結果となった。家計支出に使用した質問票を資料編に添付する。

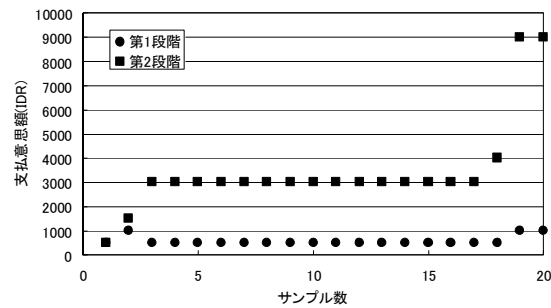


図 2.1.45 支払意思額調査の結果

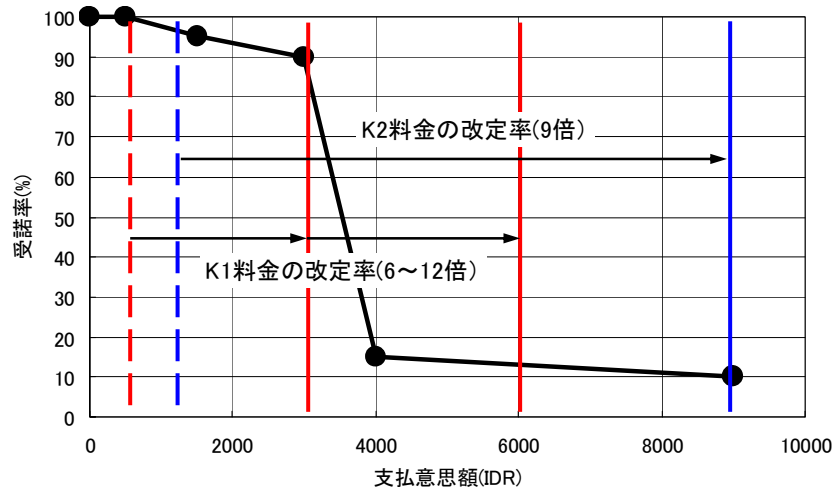


図 2.1.46 支払意思額の受諾率

支払意思額調査からは、住民の下水道料支払意思は 3,000IDR/月を境に 9 割から 1

割程度に急落する結果となった。2009 年からの新料金制度では、従前の料金から大幅に引き上げられる改定となったが、K1 クラスを家屋の床面積で 2 分割し、より費用負担の公平性に配慮した制度となったといえる。従前の KI クラスにおいては 500IDR/月から 3,000~6,000IDR/月となったが、3,000IDR については概ね支払意思に沿った改定であるといえる。6,000IDR 及び K2 クラスの 9,000IDR/月への改定は、受諾率の観点からは厳しいものといえるが、所得に対する比率からは 1%もしくはそれ以下であり、これは健康維持に係る費用と同程度もしくはそれ以下の水準である。また、世帯毎の違いはあるものの、嗜好品に係る費用に比べて十分に低い水準であり、実質的には支払いに耐えうるものと判断される。今後も住民啓発を継続することが肝心といえる。

(2) 下水道財政

1) ジャカルタ市の下水道財政

① 収入及び支出

ジャカルタ市の下水道運営事業を行なっている PD PAL JAYA の 2006 年度から 2008 年度までの収入、支出及び税前利益を次の表 2.1.33 及び図 2.1.46 に示す。表から分かるように料金が値上がりしたことと接続率が毎年上がっている理由で毎年利益は上がっている。年次報告書の収入及び支出から判断すると、PD PAL JAYA は健全に運営されている。

表 2.1.37 PD PAL JAYA の収入及び支出

単位 (百万 Rp)

項目	2006 年	2007 年	2008 年
収入	20,343.4	24,996.0	27,641.8
支出	16,233.8	18,197.7	17,526.6
利益 (税前)	4,109.6	6,798.3	10,115.2

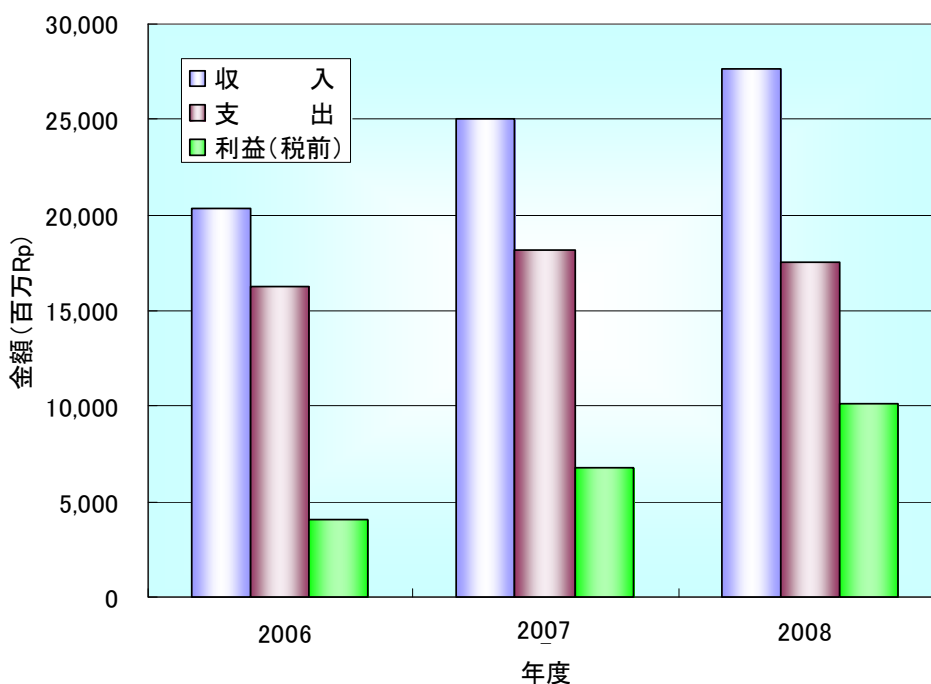


図 2.1.47 PD PAL JAYA の収入及び支出

② 料金水準の検討

PD PAL JAYA は、ジャカルタ市のビジネスセンターを形成する都心地区であるステイアブディ・クニンガン地区の大規模オフィスビル・商業施設に加えて一般住宅を

顧客としている。下水道料金は水道使用料に関わらず床面積で賦課しているため、高層ビル（オフィスビル、ホテル、アパートメント）は、接続戸数で10%に過ぎないが、料金収入では98%を占めている。

表 2.1.38 PD PAL JAYA の顧客件数及び顧客別床面積

顧客区分	戸数（戸）	床面積（m <sup>2</sup> ）
一般住宅	1,147	125,597
小規模商業	10	22,700
大規模商業／オフィスビル	100	2,313,721
大規模商業／ホテル	12	362,738
病院	5	37,736
公共施設	28	229,841
高層アパートメント	23	1,100,951
工場	1	400
計	1,326	4,193,683

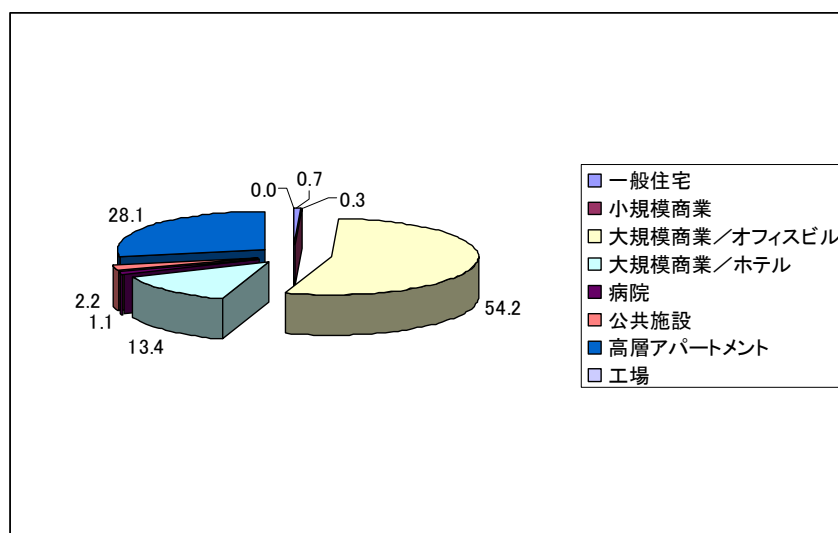


図 2.1.48 PD PAL JAYA の顧客別料金収入の割合（2007 年度）

2008 年度 PD PAL JAYA の処理水量当り料金収入単価を、表 2.1.39 に示す。単位水量当りの料金収入は、3,295 Rp/m<sup>3</sup>（約 0.33US\$/m<sup>3</sup>、1 US\$=10,000 Rp で計算）、接続料・その他収入を入れると 3,600Rp/m<sup>3</sup>（約 0.36US\$/m<sup>3</sup>、1 US\$=10,000 Rp で計算）と、高い水準にある。

表 2.1.39 2008 年度 PD PAL JAYA の収入及び処理水量当収入

項目	2008 年度収入 (Rp)	単位処理水量当り収入 (Rp/m <sup>3</sup> )
Main business revenue (料金収入)	24,960,685,664	3,295
Side business revenue (接続工事等)	995,764,082	131
Others (その他)	1,685,414,869	223
合計	27,642,864,615	3,649

\* 処理水量は PD PAL JAYA の 22008 年次報告書から 20,753m<sup>3</sup>/日（4.95L/床m<sup>2</sup>・日）利用



支出は、処理コスト 1,115 Rp/m<sup>3</sup> (約 0.11US\$/m<sup>3</sup>)、管理費 992 Rp/m<sup>3</sup> (約 0.1US\$/m<sup>3</sup>)、業務費・減価償却その他 207Rp/m<sup>3</sup> (約 0.02US\$/m<sup>3</sup>) であり、利益は 1,335Rp/m<sup>3</sup> (税前、約 0.13US\$/m<sup>3</sup>) であった。

表 2.1.40 2008 年度 PD PAL JAYA の支出費用及び処理水量当り費用

項目	2008 年度支出費用 (Rp)	処理水量当り費用 (Rp/m <sup>3</sup> )
下水処理費	8,449,589,604	1,115
管理費	7,512,134,720	992
業務費・減価償却及びその他	1,685,414,869	207
合計	17,647,139,193	2,314

処理コストに利益を加えた金額 2,450Rp/m<sup>3</sup> (約 0.25US\$/m<sup>3</sup>) は、標準活性汚泥法の処理コスト (0.2~0.3US\$/m<sup>3</sup>、ベトナムの試算値から) に見合う金額であり、新しい処理場 (標準活性汚泥法を適用) を建設した場合でも運営可能な料金水準である。下水道が水環境改善効果の高い公共性を有することと維持管理を料金収入によって賄う経営の自立性を考慮すると、中高層ビルが林立する中心市街地では、下水道経営を可能とする料金水準であると判断される。(図 2.1.49 参照)

公共用水域の水質保全の観点から、下水処理区域に含まれていない地域の各ビルの個別処理施設の排水基準は、BOD50mg/L、SS100 mg/L で水質改善に寄与するレベルに至らない。また、処理水質も現在の基準も満たさない処理水を放流している。

個別処理施設が適切に運転されていないことから、排水規制と排水処理施設の整備を効果的に機能させることが重要であると思われる。即ち、新しい処理場を建設し統合処理することによるコスト低減効果や公共下水道の水質レベルの向上など、下水道の優位性を活用することが出来ると思われる。

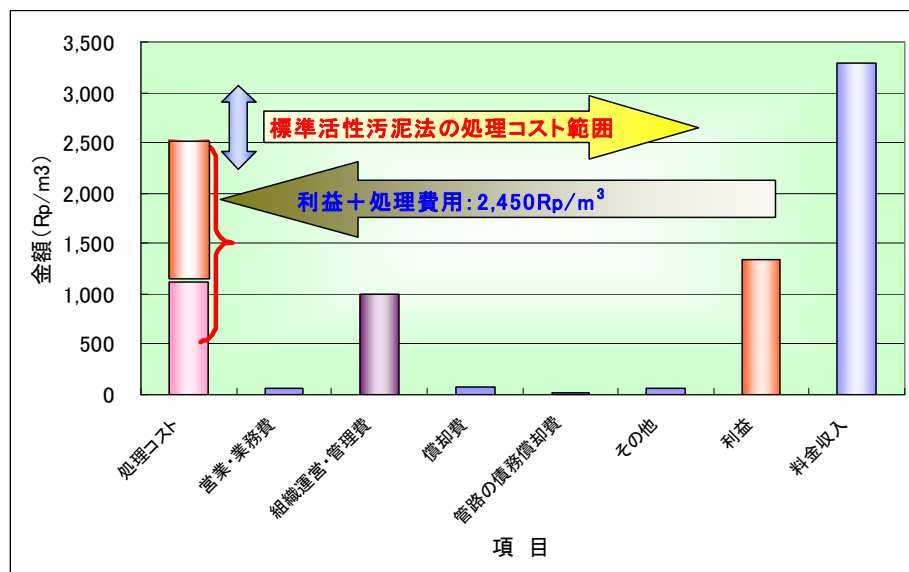


図 2.1.49 下水処理コストと収益比較

## 2) ジョグジャカルタ市の下水道財政

## ① 収入及び支出

次表にジョグジャカルタ市の 2007 年度下水道事業の収支を示すが、180,000,000Rp の赤字である。§ 2.1.1 で記述したように、スウォン処理場への派遣職員の給料を含めると 810,000,000 Rp の赤字であると判断される。

表 2.1.41 ジョグジャカルタ市下水道事業収支

	収 入		支 出
収 入*	115,000,000	徴収員給料	40,000,000
		O&M費用**	130,000,000
		カルツマンツル分担金	125,000,000
計	115,000,000		295,000,000
		スウォン処理場 派遣職員給料	630,000,000
収支（収入－支出、派遣職員給料試算なし）			-180,000,000
収支（収入－支出、派遣職員給料含む）			-810,000,000

1) 料金収入及びその他の収入の合計

2) O&amp;M費用はセウォン下水処理場以外の管路施設等の維持管理費

しかし、表 2.1.44 で示すように 2010 年から料金体系が改定されると、収入は 868,758,000Rp に増え（ジョグジャカルタ市試算）、収支差はそれぞれ 553,758,000 Rp の黒字と 76,242,000 Rp の赤字に改善される見込みである。

表 2.1.42 2010 年のジョグジャカルタ市下水道事業収支予想

	収 入		支 出
収 入 <sup>1)</sup>	868,758,000	徴収員給料	40,000,000
		O&M費用 <sup>2)</sup>	130,000,000
		カルツマンツル分担金	145,000,000
計	868,758,000		315,000,000
		スウォン処理場 派遣職員給料	630,000,000
収支（収入－支出、派遣職員給料試算なし）			553,758,000
収支（収入－支出、派遣職員給料含む）			-76,242,000

1) ジョグジャカルタ市試算金額

2) O&amp;M費用はセウォン下水処理場以外の管路施設等の維持管理費

## ② 料金制度

2008 年現在、ジョグジャカルタ市の下水道は下水道接続戸数 10,100、普及人口は約 67,000 人である。2008 年度の料金収入は約 108,000,000Rp 程度であり、維持管理費用にも満たない少ない水準である。そのため、ジョグジャカルタ市は 2010 年から新しい料金体系を導入する予定である（表 2.1.44 参照）。

新しい料金体系では、一般住宅料金を6～12倍（K1）に増額する。世帯数1～5名の料金を住宅の床面積に応じて2区分し、低所得層に配慮した累進性を設けている。§ 2.1.5 家計支出調査結果によれば、家計の平均月額支出 935,000Rp の0.3%、最低月額支出 400,000Rp の0.75%に相当する。

業種別の料金区分では、住宅、企業の2区分から、住宅、公共、商業の3区分に細かく改定する。下水道会計が改善され、下水道整備の普及が進むものと期待できる。

表 2.1.43 ジョグジャカルタ市の下水道料金体系（現在）

（単位：Rp）

一般家庭					
番号	種類	維持管理費用（月）	行政費用	接続費用	備考*
1	K1	500	500	2,000	1～5人
2	K2	1,000	500	2,500	6～10人
3	K3	2,000	500	3,000	11～20人
4	K4	4,000	500	3,500	21～50人
5	K5	8,000	500	4,000	50人以上
企業					
1	P1	3,000	500	2,500	25百万Rp以下
2	P2	6,000	500	5,000	25百万Rp以上
3	P3	12,000	500	7,500	50百万Rp以上

\* 企業は毎年の収入による

\*\* Perda No.9 (1991)

予

表 2.1.44 ジョグジャカルタ市の新下水道料金体系（2010年実施予定）

（単位：Rp）

一般家庭					
番号	種類	維持管理費用（月）	接続費用	備考	
1	RT1	3,000	10,000	1～5人、床面積100m <sup>2</sup> 以下	
2	RT2	6,000	10,000	1～5人、床面積100m <sup>2</sup> 以上	
3	RT3	9,000	10,000	6～10人	
4	RT4	30,000	10,000	10人以上	
公共施設					
1	S1	6,000	10,000	社寺、社会施設、博物館	
2	S2	9,000	10,000	職員24人以下の役所、職員・生徒数179人以下の学校	
3	S3	21,000	10,000	職員25～50人の役所、職員・生徒数180～240人の学校	
4	S4	37,000	10,000	職員51人以上の役所、職員・生徒数241人以上の学校	
商業施設					
1	P1	9,000	10,000	従業員10人以下、収入5千万Rp以下	
2	P2	28,000	10,000	従業員11～50人、収入5千万～1億Rp	
3	P3	60,000	10,000	従業員50～100人、収入1～5億Rp	
4	P4	100,000	10,000	従業員100～150人、収入5～10億Rp	
5	P5	125,000	10,000	従業員150人以上、収入10億Rp以上	

## 2.2 インドネシアにおける維持管理・経営計画の提案

### 2.2.1 インドネシアにおける知見

#### (1) 汚水処理対策の方針（SANIMAS・下水道）

インドネシア政府は、大都市の中心部では下水道、中小都市では小規模下水道・セプティックタンク汚泥の処理、住宅開発地では小規模下水道と、人口密度や都市の規模を勘案して排水処理施設の整備方針を策定している。ジャカルタにおいも、人口密度 300 人/ha 以上を下水道、100～300 人/ha を小規模下水道、100 人/ha 以下では個別処理と地域区分して、建築許可制度を通じて排水処理施設の整備を指導している。

国・州政府は、「市・地域の連携を支援して流域を都市・生活廃棄物から保全するための下水道施設を整備する」、「PROKASIH Program (Clean River Program) または同様のプログラム」を実行することを責務としている。



出典：COMMUNITY BASED SANITATION (SANIMAS) IN INDONESIA（公共事業省 人間居住総局）

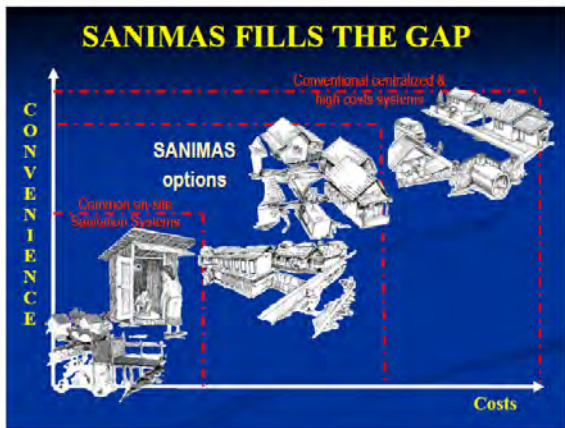
図 2.2.1 SANIMAS プロジェクト

SANIMAS は、図 2.2.2 に示すように小規模下水道・簡易下水道の一種で、コミュニティーの衛生環境改善を目的として MCK（Mandi:水浴、Cuci:洗濯、Kakus: 便所）にバイオマス利用を組み入れた「MCK+1」と地域住民の教育プログラムを展開している。処理施設は河川沿いの低地に設置される事例が多く、埋設深の浅い管で重力式により汚水を収集する。揚水ポンプ・曝気機を採用しない省エネルギーのシステムである。

インドネシア政府とジョグジャカルタに本拠を置く BORDA (Bremen Overseas Research and Development Association) South East Asia により、コミュニティーベースの小規模下水道が進められている。SANIMAS プロジェクトは、2003 年よりジョグジャカルタ、バリで試行され、2006 年より全国の州で実施に移された。



図 2.2.2 SANIMAS の施設配置(左図)と処理施設の構造(右図)



No.	Year	CHOSEN TECHNOLOGY		
		Public Toilet	Shallow Sewer	TOTAL
1	2003	3	3	6
2	2004	6	2	8
3	2005	8	3	11
4	2006	57	12	69
5	2007	104	24	128
TOTAL		178	44	222

出典：COMMUNITY BASED SANITATION (SANIMAS) IN INDONESIA (公共事業省 人間居住総局)

図 2.2.3 SANIMAS の位置づけ(左図)と実施状況(右図)



図 2.2.4 SANIMAS プロジェクト地区 (ジョグジャカルタ市内)



## (2) オフィスビルの汚水対策（マリオットホテルの経験）

ジャカルタ市は、下水処理区域内に入っていない高層ビルの建築許可に当って、ビル内に汚水処理施設の設置及び運営を義務付けている。

ジャカルタ市の中心部に位置するマリオットホテルは当初活性汚泥処理法による処理施設をホテル内に設置し運転したが、処理施設の維持管理技術不在・高い維持管理費用の問題で下水処理区域内に編入申請をし、運転開始2年後に公共下水道へ接続した。

前節のジャカルタ市の現状で述べたように、既存の高層ビル内に設置されている処理場は処理水質もそれ程良くないことから処理区域に編入し、マリオットホテルのように下水道に接続するのが望ましいと考えられる。また、今後新築される高層ビルは法律により既存の下水道処理区域に含まれていない場合は、ビル内に処理場を設けないといけませんが、運転管理技術、汚泥処理対策及び運転費用を考えると新設処理場による統合処理が望ましいと思われる。

## (3) 水法の改正・河川浄化計画

新水法（No. 7/2004）は、水法の改正に当たって、背景となる課題と政策方針を示している。流域管理の観点が強化的な優れた取り組みと評価されている。下水道・水環境に関しても、水資源の保全、住民参加、渇水対策、都市の浸水対策、雨水利用などの多様な役割が期待されている。

### 1) 水資源管理の課題

- ・ 水資源の量的・質的低下
- ・ 堆積物の増加
- ・ 水資源施設の不十分な運営管理
- ・ 洪水・渇水の影響の増加
- ・ 利用者の役割や地域参加の欠如
- ・ 水利用者の立場からの非効率的な水資源施設への政府投資

### 2) 管理目標

- ・ 包括的で持続的な水資源管理手法を達成すること
- ・ 水の利害関係の潜在性をコントロールすること
- ・ 地域や伝統農業の水利用の優先性に加えて、家庭・都市、農業、工業の需要を満たすための供給能力を改善すること
- ・ 洪水・渇水の影響を緩和すること
- ・ 離島、戦略の要衝および国境地域の海岸を紛争から守ること
- ・ 住民参加を強化すること
- ・ 利害関係者間の調整・協力を改善すること
- ・ 正確、実地的で受入れ可能な情報・データシステムを開発すること

- ・水資源及び水インフラを活性化させること
- ・特に都市部において洪水を軽減すること

### 3) 河川浄化プログラム

水質汚濁防止対策を推進するため環境が地方自治体と協力して河川浄化プログラム「PROKASIH (Clean River Program) =プロカシ」に取り組み、その中で水質汚濁防止対策に関する企業のランク付けプログラムを実施している。PROPER (Performance Level Evaluation Program) は、インドネシア環境管理庁が、企業から提供された環境情報をもとに、金、緑、青、赤、黒に企業を格づけし、公表するという制度である。環境対策に優れた事業所と認定された企業にあっては、次のことが評価されている。また、総量規制・汚染賦課金制（チャージ制）が導入されている（資料編参照）。

- ・ 環境対策活動についての報告義務
- ・ 排水の水質基準を遵守する
- ・ 大気汚染についての規定を遵守する
- ・ 有害化学物質の廃棄についての規定を遵守する

### (4) 広域行政

インドネシア政府は、地方分権政策を進めた結果、都市インフラ施設の整備・維持管理を県・市 (Municipality Government) に委ねてきた結果、人口密集地域及び財政が豊かな地域は都市基盤施設の整備が進められてきたが、人口が少なく財政が悪い自治体は都市基盤施設の整備は殆ど出来ない状態である。

地方分権は、各自治体の固有権限により事業が進められる良い面もあるが、このように各自治体の間で格差を生むような弊害も生み出している。特に、生活基盤である道路、交通、上下水道、廃棄物、雨水排水などは問題になっている。このような地域格差を解決すると共に、計画的に整備・維持管理するためには都市地域が連担することが望ましい。道路、交通、上下水道、廃棄物、雨水排水などの主要な都市施設は都市境界を越えて相互に関わってくることで、連担による施設整備・維持管理は経済的な整備・維持管理が出来る方法であると判断される。

ジョグジャカルタ州の中心地域は、ジョグジャカルタ市に加えて、バンツール、スレマンで構成されている。ジョグジャカルタ州政府は観光・工業の発展や民間投資を促すために、自治体の事務である道路、交通、上水道、下水道、廃棄物、雨水排水を近隣都市と一体的に計画・整備していくための調整機関 (SECBER : Joint Secretariat) である KARUTAMANTUL を設け、施設の整備・運営を行っている。

## (5) 料金の賦課制度

ジャカルタ市の下水道料金は、水道普及率が50%と低く、井水を使用している家庭、建築物・商業施設が多いことや水道事業者（民間企業）と下水道事業者が異なることから、建物の床面積を下水道料金の賦課対象としている。また、住宅については電気使用量の多少で料金階層を区分し、所得（生活水準）による料金格差を設けている。事業場については、商業の大小、オフィスビルの低層・中高層の別、ホテルのスタークラスの別によって区分し、高所得（富裕層）から低所得（貧困層）への内部補助の効果を発現している。

きめ細かな料金体系と水道普及・メータの有無に関わらず下水道料金を賦課する制度は、ジョグジャカルタおよびバリで採用されている。バンドンは水道・下水道の普及が進んでおり、水道料金の30%を賦課する制度でメータを設置していない住宅に対しては、一律料金である。

インドネシア政府は、国内の下水道経営に関する部局の関心を高めるため、全国の水道・下水道管理者を集めたシンポジウムを開催し、料金制度に関する情報を交換している。



## 2.2.2 ジャカルタ下水道への提案

### (1) 維持管理の提案

#### 1) 汚水・雨水の連携

ジャカルタの下水道は、水質汚濁及び雨水排除に関する複合的な課題を抱えている。下水道整備の効果は、これらの衛生環境の改善、水環境の改善に寄与することができる。汚水を収集・処理すると同時に、処理水の再利用、雨水の総合的な対策による浸水防除、雨水利用（貯留・浸透）、地下水の水質・水量の保全まで広汎にその効果は及ぶ。

低コスト型のインターセプター方式下水道は、大都市の水環境改善に効果的な手法であり（添付資料 5 参照）、ジャカルタ市にも、プロジェクトコスト押さえ早期に下水道の効果を発揮できることから適した手法である。この方式は、汚水処理・雨水排除を同一の下水道システムを取り扱うが、雨水対策部局は公共事業局、汚水対策は環境部局・下水道公社と分かれた組織で管理されることになる。下水道の整備方針、下水道の経営・料金制度、都市内河川の再生は、汚水・雨水の関連部局が一体となって活動できる仕組みが不可欠である。

#### 2) スティアブティ処理場処理水質の改善

現在、スティアブティ処理場の放流水質は表 2.1.9 にも示すように法的基準も満たしていない状態である。その原因は、雨水調整池を暫定処理施設と位置づけ、汚水処理・雨水対策の二つの目的を課していることや汚泥の処理処分が雨水排除部局の所管であるなど複雑である。放流水質を改善するためには、次のような対策を実施することが適切と考えられる。

- ① 池底の汚泥処分：定期的に汚泥を引き抜くことで処理水質悪化を予防する。
- ② 表面ばっき機の修繕及び利用：泡発生を抑制するため、曝気機を間欠運転しているが、泡発生の原因に対して曝気機を低速・連続運転するなど十分な空気の供給と有機物の除去を行なう運転方案が有効と考えられる。このためには、故障中の曝気機を早急に修理し、曝気を行なうことで処理水質は改善すると見込まれる。

スティアブティ処理場は、暫定処理場として水質改善効果に十分な機能を発揮することが期待できないので、下水処理専用の処理施設を設けることが不可欠である。

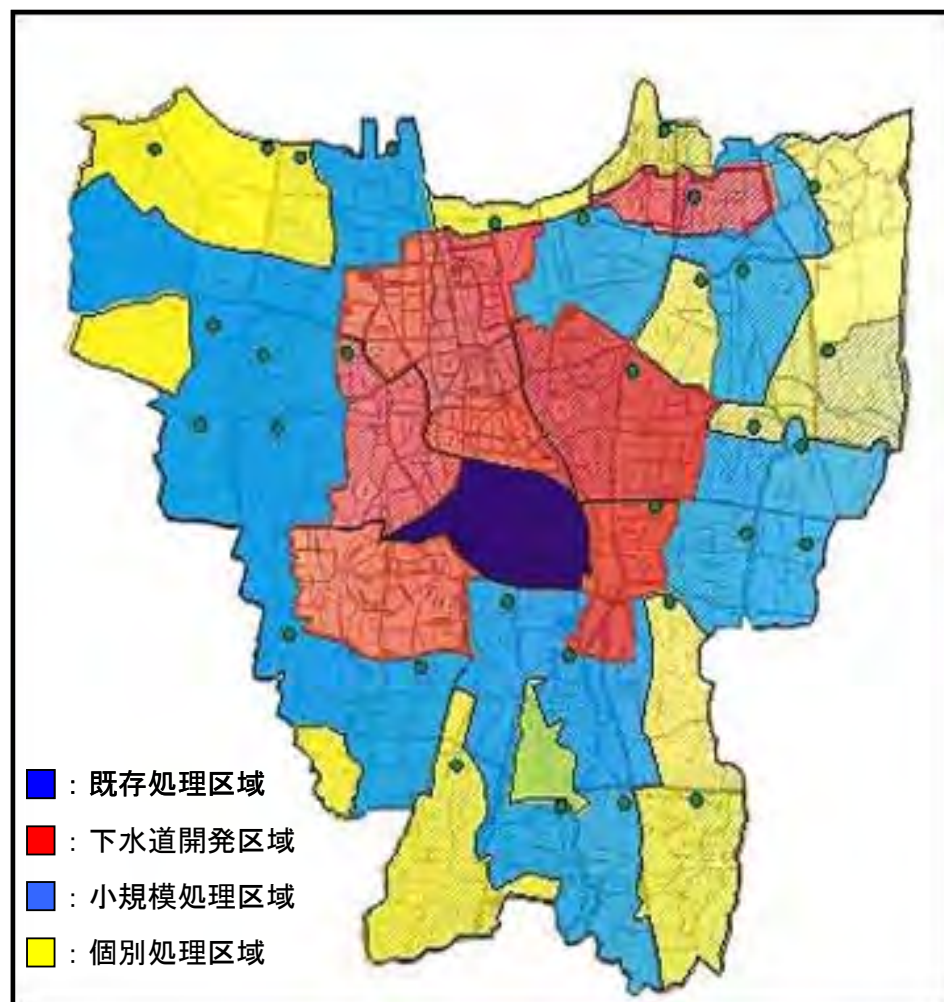
### (2) 新規下水道プロジェクトの提案

#### 1) 新しい処理場の建設

##### ① ジャカルタ市の下水道計画

ジャカルタ市は、人口密度によって下水道・個別処理区域を区分した汚水処理対策計画（下水道マスタープラン）を有している。人口密度 300 人/ha 以上の市街地を下水道、100～300 人/ha の地区を小規模下水道、100 人/ha 以下の地区を個別処理

の区域と位置づけている。スティアブディ・クニンガン地区からタムリン・メンテン地区を経てコタ地区に至る中心市街地は、人口密度が高くオフィス・大規模商業施設が連坦する。広大な土地を必要とする処理場は、海浜部に設けることが適切で、ジャカルタ市内中心部を南北に連なる区域を優先区域と位置づけて、下水道を整備したい意向である。この優先地区は、中高層ビルが林立する高度に土地利用されており、また再開発プロジェクトが進められている。既存高層ビルの個別処理施設の老朽化による更新を行わずに公共下水道への接続や再開発事業と連動した下水道整備計画とすることで、下水道区域を幹線道路沿いから周辺部へ拡大していく事業計画を構想している（図 2.2.5 参照）。また、処理場および幹線管渠は、用地の確保と建設に時間とコストを要するので、処理区域を限って中小規模の処理施設を設け下水道の整備効果を早期に発現することや再生水利用・都市用水の確保を計画している。



出典：CONCEPT AND STRATEGY FOR WASTEWATER MANAGEMENT  
OF JAKARTA CITY (PD PAL JAYA DKI Jakarta)

図 2.2.5 ジャカルタ市の下水道計画

## ② 下水道のコスト効果

下水道は、規模の効果を発現する施設で、建設費・維持管理費ともに処理能力が大きくなるにつれて単位水量当りの建設及び維持管理コストは低減する(図 2.2.6 参照)。このことは、オフィスビル等の建築物が個別処理施設を建設し維持管理することに比べて、公共下水道を利用することが有利であることを意味する。マリオットホテルが処理施設の設置後 2 年間で、維持管理コスト、維持管理技術・維持管理の煩わしさを勘案して公共下水道に切り替えた事例が示すように、建築物の所有者にとっては処理施設の老朽化や建物の改築・建替えを機に、公共下水道への接続が期待できる。建物の所有者にとっても、個別処理施設の悪臭・しき・泥引抜きなどの煩雑な維持管理から開放されることや跡地を有効活用するなどのメリットがある。下水道は、個別処理施設に対して次の特徴を有する。

- ① 下水道は、建設費・維持管理費の規模の効果を有する。人口稠密地区における排水処理に適している。建築物が個々に個別処理施設を設置することは、建設・維持管理・更新事業のライフサイクルにおいて、不合理である。
- ② 下水道は、水質改善効果が高い。個別処理施設は、個々の施設の維持管理体制や汚泥の処理処分によって、性能が左右される。劣悪な水環境の主要な汚濁負荷源である。
- ③ 下水道は、都市の再開発に寄与する。人口稠密地区の様々な都市開発プロジェクトに対して、排水対策、土地の有効利用、再生水利用に適している。

下水道公社 (PD PAL JAYA) は、都市計画部局と連携することで、適切な汚水処理施設の設置・運転または下水道への接続を義務付け、個別処理施設に要するコストと同水準の対価を得ることで、下水道の整備を促すことが可能となる。

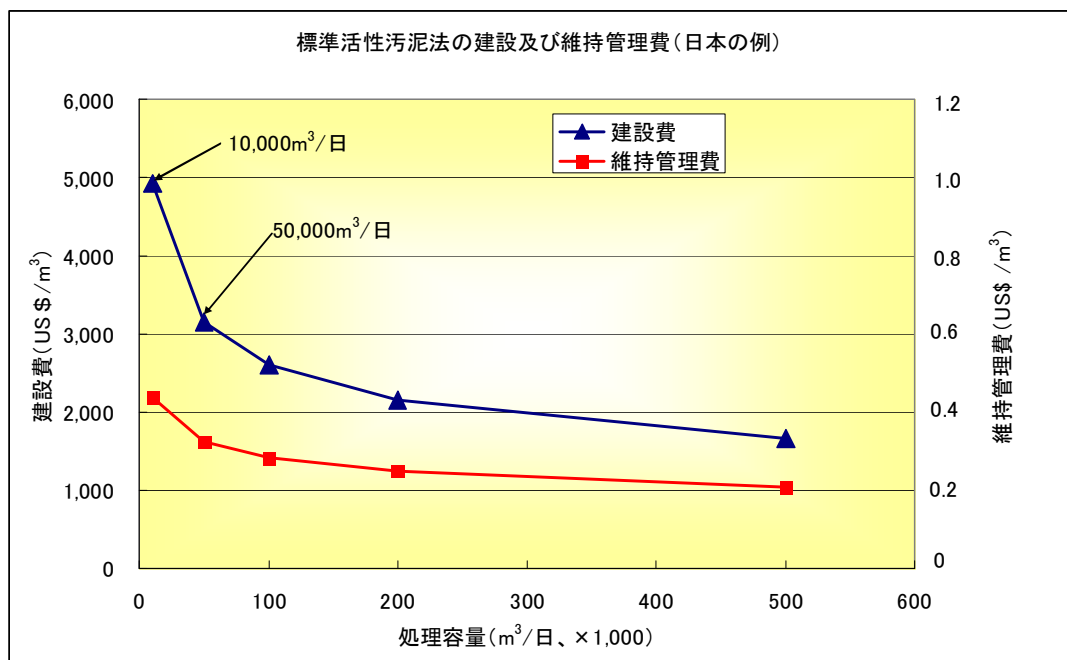


図 2.2.6 処理施設の規模別コスト比較 (日本の例)

### ③ 下水道の優先整備地区

ジャカルタ市は、下水道マスタープランに基づき、スティアブディ・クニンガン地区から、タムリン・コタ地区至る中心市街地を優先地区として下水道を整備したい意向である。この地区には、中高層ビルが林立し、再開発事業や建築物の改築事業が進められている。排水対策は、建築物の新設・改築や処理設備の老朽化・更新事業に対して、下水道への接続を誘導することが合理的である。環境部局や建築許可・開発指導と連携することにより、管路施設を建設し、下水道の整備区域を拡大することが可能である。

下水道条例や開発指導（まちづくり条例）を整備し、都市施設の設置を義務付けることで、個別処理施設に勝る下水道の普及に理解を得ることが可能となる。

管路施設が普及すると、生活環境や水環境が改善され、住宅地を含む広汎の地区に下水道の整備効果が及ぶ。



図 2.2.7 下水道整備優先地区

出典：CONCEPT AND STRATEGY FOR WASTEWATER MANAGEMENT OF JAKARTA CITY (PD PAL JAYA DKI Jakarta)

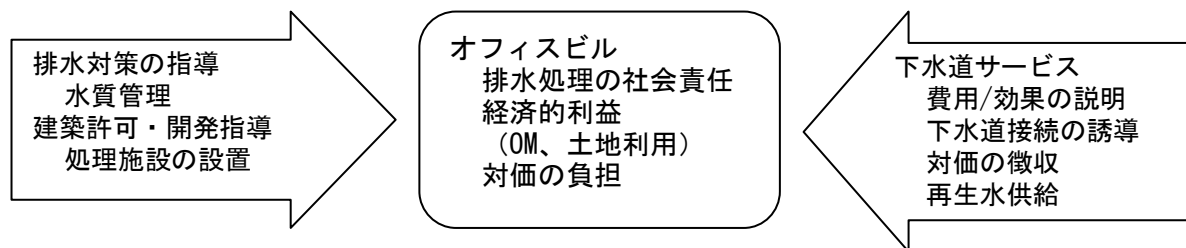


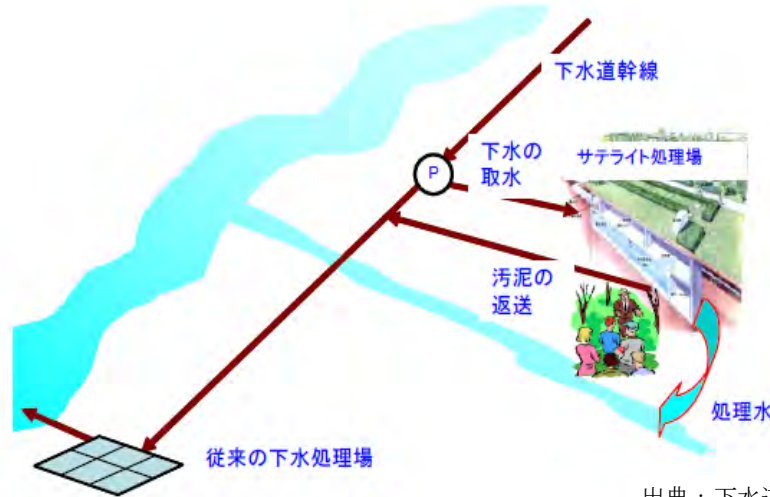
図 2.2.8 再開発事業における官民連携

### ④ 新しい処理場の新設

大規模下水道の整備は、処理施設用地の確保、幹線管渠の建設に、時間・多額の資金を要する。ジャカルタ市は、優先整備地区を処理区域とする下水道整備は、長期のプロジェクトと捉えている。スティアブディポンドの処理機能の向上や優先度の高い都心部で中規模下水道の整備を進める意向を持っている。

下水処理水は、都市の貴重な水源であり、中小規模の処理施設を都心地区に設けて再生水利用を進める事例が増えてきた。また、ジャカルタは、雨期－乾期が明

確に分かれ、水不足が顕在化している。乾期には地下水の過剰な汲み上げを促し、地盤沈下の常態化の原因となっている。都市用水の確保や都市の美観に対する住民ニーズの高まりを受けて、§ 2.1.5(2)で分析したように、スティアブディ・クニンガン地区と同等の都心部では、下水道事業経営が可能な水準である。



出典：下水道ビジョン  
(国土交通省下水道部 2005)

図 2.2.9 セセラギプラント

ジャカルタ市内には、図 2.2.10 に示すように、多数の高層ビルが林立し、また新たな再開発事業が実施されている。ジャカルタ中心部には、スティアブディ・クニンガンと同等の高度に土地利用がなされている地区が多い。概ね 1,000 ha の区域を処理区域とした新しい処理場・処理区について、を想定すると、スティアブディ・クニンガンの実績値を準用して、下水道施設計画および経営計画を試算する。

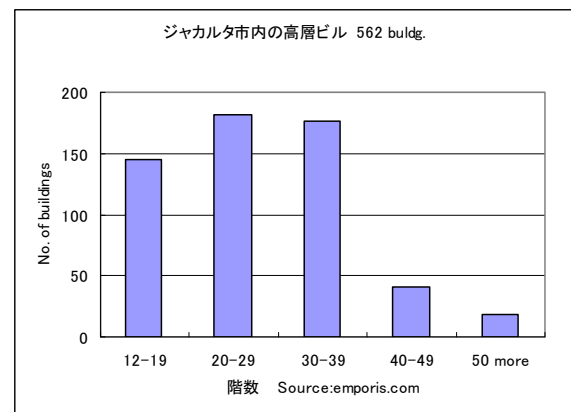


図 2.2.10 ジャカルタ市内の高層ビル

管路施設は、初期投資コストを抑えたインターセプター方式と下水処理施設を Phase 1 プロジェクトとし、面整備管は都市開発プロジェクトと連携し Phase 2 プロジェクトにおいて実施する。収支については、建築物の延べ床面積、スティアブディ・クニンガンの料金料金水準と、ベトナムにおける活性汚泥法の維持管理コストを使って、試算する。表 2.2.2 に示すように、料金収入を維持管理に充当する条件では、経営可能な下水道プロジェクトであることが分かった。コスト縮減の手法としては、管渠の建設は、オフィスビル・処理施設の改築・更新、再開発プロジェクトに賦課することで、行政コストを低減することが可能である。下水処理水は、雨水とともに、上水道や地下水の代替水源として、冷却水・雑用水等の中水道や、水辺環境プロジェクトと連携した環境用水として利用すること



ができる。

表 2.2.1 優先プロジェクト下水道施設計画

プロジェクト Phase	施設・諸元	事業費 (mili IDR)	備考
処理区域面積	1000 ha		
Phase 1			
処理施設	処理能力 30,000 m <sup>3</sup> /日 処理法: 活性汚泥法 敷地面積 1.5 ha	500,000	17,000,000 IDR/m <sup>3</sup>
管路施設	12km	360,000	30,000,000 IDR/m しや集管(12m/ha)
付属施設・調整費・設計施工管理		140,000	
小計		1,000,000	
Phase 2			
管路施設	100 km	500,000	5,000,000 IDR/m 面整備管(100 m/ha)
中長期整備計画 スティルマン・タムリン・コタ地区の大規模下水道			

表 2.2.2 優先プロジェクトの収支見込

項 目	諸元・金額	備 考
処理区域面積(ha)	1,000 ha	
処理能力	30,000 m <sup>3</sup> /day	(20,753 m <sup>3</sup> /day)
建築物延べ床面積	4,200,000 m <sup>2</sup>	(4,193,684 m <sup>2</sup> ) 容積率 約 0.4 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
料金収入	25,200 mili. IDR/年	(24,960 mili IDR) (500 IDR/m <sup>2</sup> /月)
OM 費用	21,900 mili. IDR/年	ベトナム: 2,000 VND/m <sup>3</sup>
収支(料金収入－OM 費用)	+3,300 mili. IDR/年	管路建設費用へ

(注) 延べ床面積、料金水準は、スティアブディ地区の値を( )で表記した。



図 2.2.11 街並み保全・水辺環境整備事業

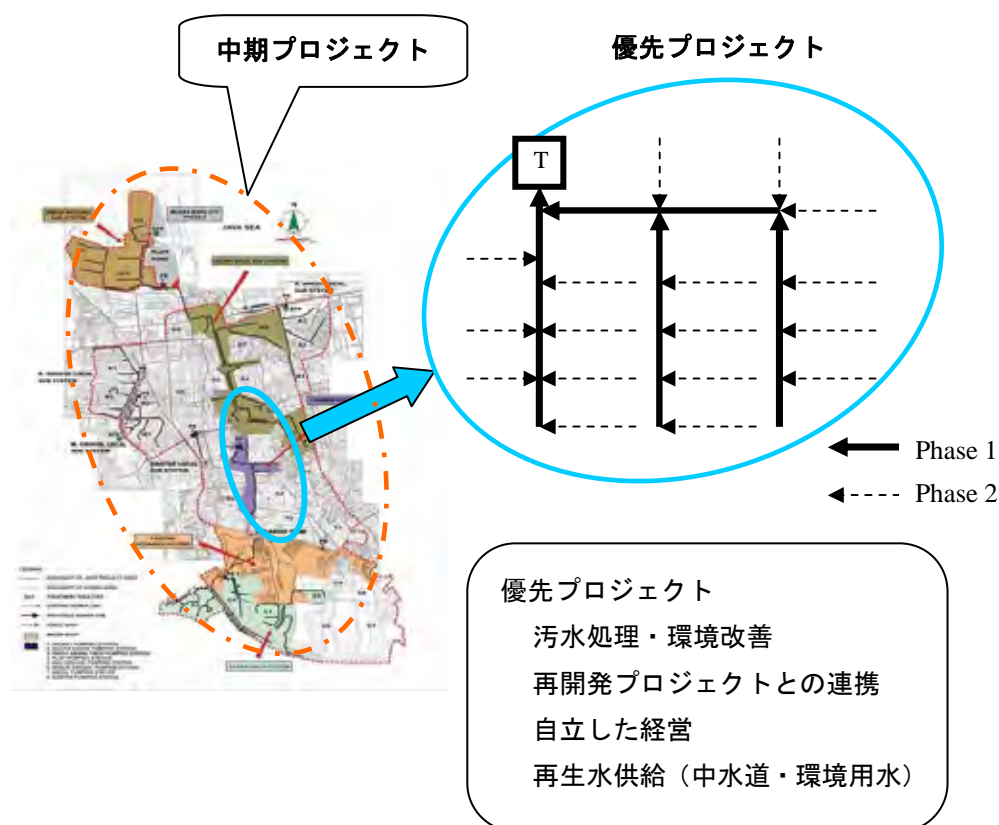


図 2.2.12 段階的下水道整備計画（概念）

## 2) 広域行政・周辺都市との連携

ジャカルタ市は、タンゲラン、デポ、ブカシと市街地が連担する都市圏を構成している。また河川の水質汚濁は、上流～下流の汚水排水と水利用について、流域管理の観点から対策を講じることが不可欠である。

前述したように KARTAMANTUL がジョグジャカルタ都市圏のインフラ整備を 3 都市が連携して取り組んでいるように、ジャボデタベック都市圏を構成する各都市が、連担する都市の汚水処理と水利用について、広域的に連携することは、中長期の観点から、極めて重要な水環境保全手法であると判断される。

## 2.2.3 ジョグジャカルタ下水道への提案

### (1) 維持管理の提案

#### 1) スウォン処理場維持管理人員の縮減

スウォン下水処理場の運営要員は全部 40 人であり、表 2.2.3 に示す構成で配置されている。処理システムがラグーン法であり、汚泥処理も天日乾燥法で手間が掛からないことから維持管理人員は約半分以上縮減出来ると判断される。維持管理要員の人件費が安いこともあり多く配置されているが、維持管理要員の殆どをジョグジャカルタ市が派遣していることもあり、ジョグジャカルタ市の下水道事業財政を悪化させている原因の一つであるとも判断されることから、人員を縮減することで市の下水道事業財政もある程度は良くなると判断される。また、今後急激な人件費の上昇が予想されることから、適正な人員を配置し人件費を抑えることで急激な人件費の上昇が起きても処理費用が高騰しないようにすることが重要であると思われる。

表 2.2.3 スウォン下水処理場の維持管理要員構成

区 分	人数(人)	備 考
管理者	1	
運転管理 設備保守点検	15	夜間監視業務は2名3班2交代で行なっている。
水質分析	3	
一般事務	2	
その他	18	警備員等
合 計	40	

#### 2) スウォン処理場の実験室装備改善

スウォン下水処理場の測定されている水質データには数多くの疑問があり、分析も難しいところがある。現地で実験室を見学した結果、携帯用の測定装備を含む多くの装備が処理場供用開始時に購入された物であり、大部分が故障中で使えない状態である。

現場で測定される水質は現場の維持管理に大事な情報を与える重要な資料であることから、実験室装備の迅速な整備が必要であると判断される。

#### 3) スウォン処理場の発生汚泥の農家提供に関する提案

スウォン下水処理場で発生する汚泥は天日乾燥後、農家に肥料として配られている。しかし、汚泥中の成分分析が全くされていない関係で、その成分は把握できなかった。成分中に含まれている可能性がある重金属等は栽培された農産物等に移され人間にも被害を与える可能性があることから、汚泥の成分分析を行い有害性を判別した



後、農家に配る必要があると思われる。

## (2) 水環境教育及び啓蒙

ジョグジャカルタ市のような観光地の水環境は、歴史的建造物・文化、風光に次いで産業基盤としての重要な役割を担っている。ジョグジャカルタ市にあつては、プロカシ（河川浄化プログラム）を進めており、住民教育及び啓蒙による汚濁源対策を併せて実施することが重要である。

アフォーダビリティ調査によれば、住民の排水対策に関する費用負担の意思は低くかったが、下水道の効果を理解して貰った後の2回目の調査結果では、支払い意思額が3,000Rp/月・戸へ増加している結果からも分かるように、水環境教育及び啓蒙活動は下水道事業を円滑に行なうために必要不可欠な活動である。

小さい子供等に環境教育及び処理施設見学等を行なうことで、小さい時から環境に対する意識を高めるのが大事である。

## (3) 中期整備計画・開発プロジェクトとの連携

下水管路施設を整備する区域については、処理区域を定めて、商業施設等の大規模開発プロジェクトに対して、下水処理施設を義務付けることが効果的である。日本の事例では、下水道条例により公共下水道に接続することを義務付けている。また、一定規模以上の開発プロジェクトに対しては、都市開発条例・指導要綱で、一定の都市施設に加えて下水道施設についても開発者の負担で下水管路施設の設置を義務付けている。



図 2.2.13 大規模商業施設

## (4) 連絡管渠・複数処理区の施設計画

ジョグジャカルタ下水道では、連絡管渠を設けることによって、スウォン処理場の能力を活用できること、長期的には処理場及び幹線管渠能力不足を補うための増補幹線や第2処理場を計画することにより、効率的で都市の発展過程に適した下水道施設整備が可能である。処理施設は、近接して設置することにより、維持管理体制の統合効果や規模の効果が得られる。

下水道施設整備の初期段階では、幹線管渠を結ぶ連絡管を設けて、処理場を先行して整備することにより、投資コストを抑えることが出来る連絡管は、長期的には、2処理場の増設・改築時に、各々の処理能力を融通することにより、稼働施設の能

力を最大限に発揮させて投資効果を上げられる。併せて、地震災害時の機能停止に対して安全性の高い下水道システムが構築できる。

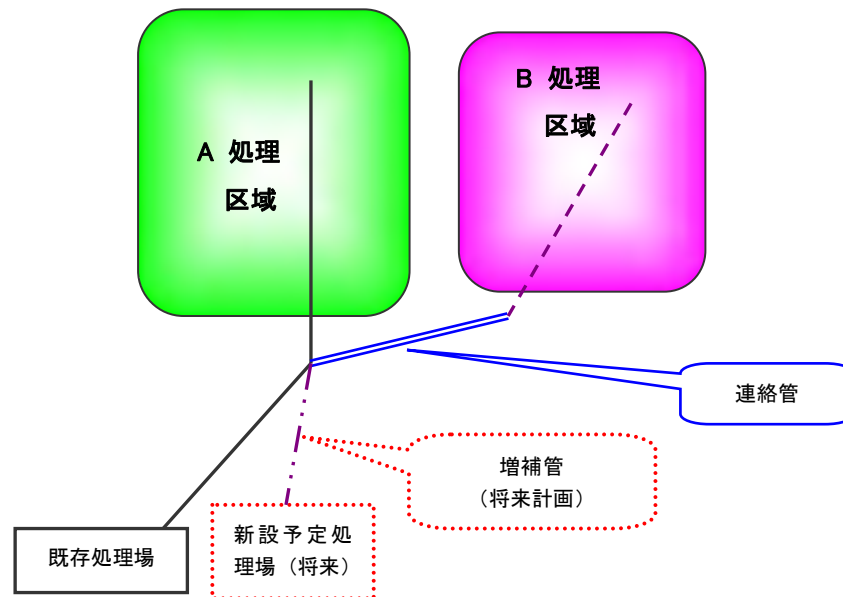


図 2.2.14 幹線管きよ整備計画の概念

#### (5) 処理施設の能力向上

既存のスウォン処理場は図 2.2.12 で示すように、現在は並列の 2 系列で運転している。今後、下水道整備が進むと下水流入量は増えてくるとされる。その場合は下水処理場の増設を考える前にホーチミン市ビンフンホア処理場のよう（第 3 章ホーチミン市の下水道参照）、第 1 段のラグーンを直列にし、通性池または嫌気性池とすることで、処理能力を向上させることができる。

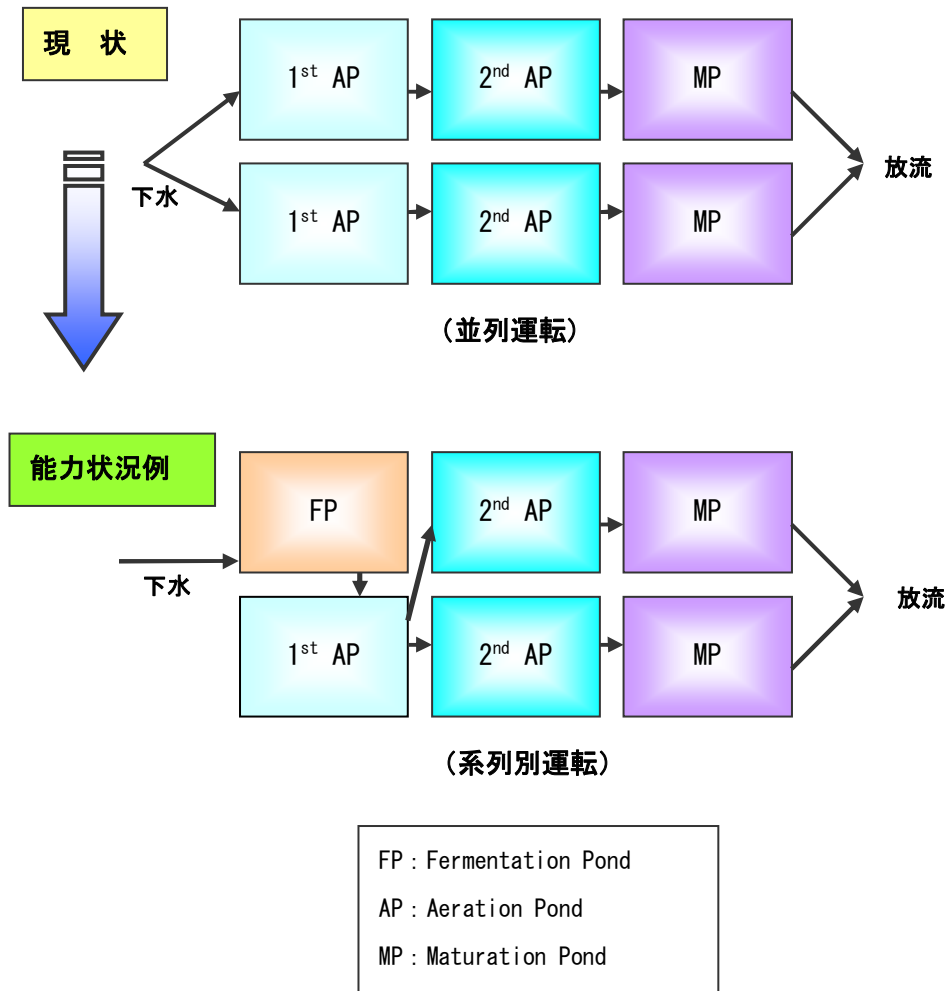


図 2.2.15 ラグーン法の処理能力増強事例

(6) 経営計画・料金体系の提案

ジョグジャカルタ下水道の収入・支出の概要を表 2.2.2 に示す。

スウォン処理場の維持管理は、ジョグジャカルタ州の補助金、ジョグジャカルタ市・スレマン県・バンツール県の分担金と、これらの3市県のからの派遣職員の給与補填で運営されている。スウォン処理場の維持管理費は、維持管理費用と職員給与の合計額として、2,385 百万 IDR と見込まれる。

ジョグジャカルタ市は、別途、管路の維持管理、下水道料金の徴収を独自に行っており、これらの経費は 170 百万 IDR と見込まれる。ところが、下水道料金収入は 115 百万 IDR (2007 年度) であり、ジョグジャカルタ市の負担金、管路の維持管理、料金徴収費用を下回り、不足額は一般会計からの繰り出し金で補填されている。

ジョグジャカルタ市は、2010 年度より新しい料金体系を適用するための制度改革を行い下水道経営の健全化を目指している (§ 2.1.5(2) 2)、表 2.1.44)。ところ

が、新しい料金制度で見込まれる収入は、約 800,000,000 IDR で、ジョグジャカルタ州の補助金、人件費の補填、市の一般会計からの補填が不可欠である。

表 2.2.4 ジョグジャカルタの下水道経営の現況（2008 年）

収入（単位：IDR）		支出（単位：IDR）	
ジョグジャカルタ州補助金	1,000,000,000	スウオン WWTP（職員給与除く）	1,185,000,000
3 市県の分担金		職員給与	1,200,000,000
スレマン県	20,000,000	小計	2,385,000,000
バンツール県	20,000,000	ジョグジャカルタ（管路）	130,000,000
ジョグジャカルタ市	145,000,000	ジョグジャカルタ（料金収集）	40,000,000
職員給与（3 市県の補填）	1,200,000,000	小計	170,000,000
ジョグジャカルタ市の下水道会計繰り出し	170,000,000		
計	2,555,000,000	計	2,555,000,000

下水道経営に必要な財源を賄うための下水道料金制度・水準について、次の試算を行なった。

（前提）

- ① 新しい料金制度（表 2.1.44）では、一般家庭で 6～12 倍（家族数 1～5 名）の料金改定を行なうこと。また、一般家庭と商業施設に内部補助の効果が見られないこと。
- ② 一般家庭が、低所得層に配慮した累進性を採用していること。
- ③ 調査事例（JBIC2006 年）によれば、家計収入の 1%を上限とする場合、約 4,000 IDR/月であること。

表 2.2.5 一般家庭の料金（該当分）

新しい料金制度（ジョグジャカルタ市）	料金	備考
一般家庭 1～5 名	3,000 IDR/月	床面積 100m <sup>2</sup> 以下
一般家庭 1～5 名	6,000 IDR/月	床面積 100m <sup>2</sup> 以上
低所得層への提案料金（例）	約 4,000 IDR/月	家計支出の 1% JBIC 調査（2006）
家計支出調査（支払い意思額）	約 3,000 IDR/月	図 2.1.45、2.1.46

ジョグジャカルタ市の新しい料金制度では、下水道利用者別の負担割合は、一般家庭（44%）、公共施設（2%）商業（14%）、ホテル（40%）と試算している。

ジョグジャカルタが世界的な観光地で、下水道・水環境は観光地にインフラであることを考慮し、富裕層の利用する商業やホテルに対してデンパサールの下水道料金制度を参考にして、3 ケースについて、収入の見込みを試算した。

- ① Case 1 : 商業（ホテルを含む）の料金を 2010 年改定料金の 3 倍とする。
- ② Case 2 : Case 1 に加えて、スタークラスのホテルと豪華な宿泊施設を 2010 料金の 5 倍とする。
- ③ Case 3 : case 2 に加えて、デンパサール下水道の累進率スターホテルの客室料金 100,000 IDR/月、一般家庭 15,000 IDR/月（Type A）を参考に、4 & 5 スタークラスホテルを 7 倍とする。

試算結果によれば、Case 2、Case 3 で、人件費を賄う水準の収入が得られることが分かった。収入全体に占める割合は、ホテルで約 60%を占める。一般家庭では約 20%と半減する（図 2.2.17）。

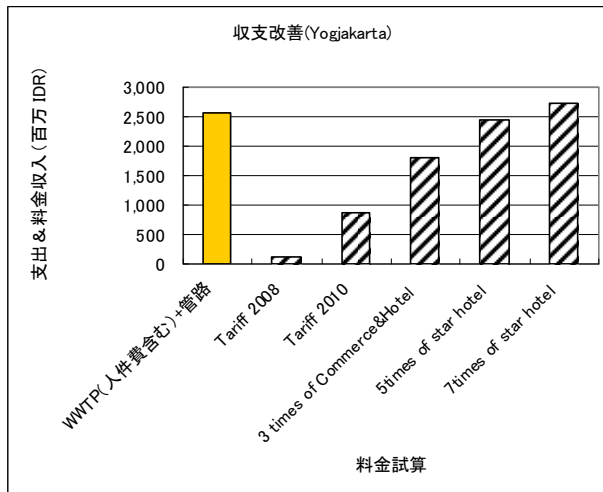


図 2.2.16 料金制度の検討（収支試算）

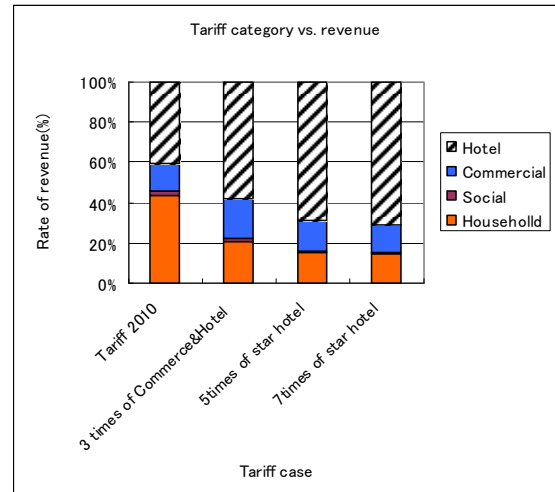


図 2.2.17 利用者別負担割合