

インドネシア国
国家開発企画庁
公共事業省
ジャカルタ特別州

インドネシア国
ジャカルタ特別州下水処理場
整備事業準備調査
(PPPインフラ事業)
ファイナルレポート
VOLUME 2 : サポートィングレポート

平成 25 年 3 月
(2013年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

オリックス株式会社
株式会社 オリエンタルコンサルタンツ
株式会社 日 水 コ ン
日本工営株式会社
株式会社 ウォーターエージェンシー
株式会社 パ デ コ
横浜ウォーター株式会社
マーシュブローカージャパン株式会社

| |
|--------|
| 民連 |
| JR |
| 13-042 |

インドネシア国
国家開発企画庁
公共事業省
ジャカルタ特別州

インドネシア国
ジャカルタ特別州下水処理場
整備事業準備調査
(PPPインフラ事業)
ファイナルレポート
VOLUME 2 : サポートィングレポート

平成 25 年 3 月
(2013年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

オリックス株式会社
株式会社 オリエンタルコンサルタンツ
株式会社 日 水 コ ン
日本工営株式会社
株式会社 ウォーターエージェンシー
株式会社 パ デ コ
横浜ウォーター株式会社
マーシュブローカージャパン株式会社

目 次

ページ

はじめに

| | | |
|------------|---|------|
| 第 1 章 | 下水管渠施設計画..... | 1-1 |
| 1.1 | 下水管路施設の概要..... | 1-1 |
| 1.2 | 設計条件 | 1-10 |
| 1.3 | 事業費（初期投資費用）の積算..... | 1-18 |
| 1.4 | 施工計画 | 1-25 |
| 第 2 章 | 中央下水処理場施設計画..... | 2-1 |
| 2.1 | 下水処理施設の概要..... | 2-1 |
| 2.2 | 設計条件 | 2-3 |
| 2.3 | 事業費（初期投資費用）の積算..... | 2-11 |
| 2.4 | 施工計画 | 2-14 |
| 第 3 章 | 再生水利用に関する調査結果..... | 3-1 |
| 3.1 | 本調査の概要..... | 3-1 |
| 3.2 | 調査結果及び提言..... | 3-1 |
| 第 4 章 | 下水汚泥リサイクルに関する調査結果..... | 4-1 |
| 4.1 | 本調査の目的..... | 4-1 |
| 4.2 | 調査結果及び提言..... | 4-2 |
| 4.2.1 | 汚泥利用・処分方法の検討..... | 4-2 |
| 4.2.2 | 汚泥分析試験..... | 4-3 |
| 4.2.3 | 下水汚泥広域処理の概念..... | 4-9 |
| 4.2.4 | 中長期の下水汚泥リサイクル方策..... | 4-10 |
| 第 5 章 | 雨水排除に関する調査結果..... | 5-1 |
| 5.1 | 本調査の目的..... | 5-1 |
| 5.1.1 | 調査の背景と必要性..... | 5-1 |
| 5.1.2 | 雨水排水調査概要..... | 5-1 |
| 5.1.3 | 雨水排水事業の現状..... | 5-2 |
| 5.2 | 調査結果及び提言..... | 5-4 |
| 5.2.1 | 調査計画の基本的な手法..... | 5-4 |
| 5.2.2 | ジャカルタにおける優先雨水排除プロジェクト..... | 5-11 |
| 5.2.3 | 施設計画..... | 5-14 |
| Appendix-1 | Condition on Hydrologic and Hydraulic Analysis..... | 5-23 |
| Appendix-2 | Conceptual Drawings of Drainage Facilities..... | 5-30 |

| | | |
|-------|-----------------------------|------|
| 第6章 | 遠隔監視システムに関する調査結果 | 6-1 |
| 6.1 | 統合監視システムの必要性 | 6-1 |
| 6.1.1 | 導入目的 | 6-1 |
| 6.1.2 | 導入効果 | 6-2 |
| 6.2 | DKI JAKARTA に適した統合監視システムの提案 | 6-3 |
| 6.2.1 | 適用範囲 | 6-3 |
| 6.2.2 | システムの特徴 | 6-4 |
| 6.2.3 | ネットワーク構成 | 6-4 |
| 6.2.4 | システム構成 | 6-5 |
| 6.2.5 | システム機能 | 6-8 |
| 6.2.6 | 概算費用 | 6-10 |
| 第7章 | 研修 | 7-1 |
| 7.1 | 研修日程 | 7-1 |
| 7.2 | 参加研修員 | 7-2 |
| 7.3 | 研修計画 | 7-3 |
| 7.4 | 評価会要旨(研修監理員作成、一部加筆) | 7-4 |
| 7.5 | 研修状況 | 7-10 |
| 添付: | 講義資料 | 7-12 |

添付資料

1. 下水管渠概略設計図
2. 中央下水処理場概略設計
3. 住民意識調査結果
4. 建築物調査結果
5. 道路に関わる環境現況調査結果
6. JCC 会議資料
7. JCC 会議議事録

図リスト

| | ページ |
|--------|-------------------------------------|
| 図 1-1 | MP レビューの下水道区域とゾーニング 1-1 |
| 図 1-2 | 下水管ネットワーク整備の段階的計画 1-2 |
| 図 1-3 | 下水幹線計画（代替案 1） 1-4 |
| 図 1-4 | 下水幹線計画（代替案 2） 1-5 |
| 図 1-5 | 下水管ネットワーク計画 1-9 |
| 図 1-6 | Zone 1 のボーリング位置 1-19 |
| 図 1-7 | Zone 1 の地質断面図 1-20 |
| 図 1-8 | 下水管渠建設工程及び建設費支出計画（ケース 1） 1-29 |
| 図 1-9 | 下水管渠建設工程及び建設費支出計画（ケース 2） 1-30 |
| 図 1-10 | 下水管渠建設工程及び建設費支出計画（ケース 3） 1-31 |
| 図 2-1 | 下水処理場予定地 2-1 |
| 図 2-2 | 下水処理プロセス別処理施設レイアウト 2-3 |
| 図 2-3 | バンコク都の下水処理場の流入水質 2-4 |
| 図 2-4 | Pejajaran 下水処理場 一般平面図 2-8 |
| 図 2-5 | Pejajaran 下水処理場 水位関係図 2-9 |
| 図 2-6 | 処理場近辺の土質調査位置と土質柱状図 2-10 |
| 図 2-7 | Banjir Canal 護岸及び道路断面図 2-15 |
| 図 2-8 | ケース 1 における建設期間と支出割合計画 2-16 |
| 図 2-9 | ケース 2 における建設期間と支出割合計画 2-16 |
| 図 3-1 | 再生水送水計画 3-2 |
| 図 3-2 | 再生水送水管ルート 3-11 |
| 図 3-3 | 再生水送水施設の概略平断面図（ケース A） 3-12 |
| 図 4-1 | 日本における汚泥処分・リサイクルの変遷 4-1 |
| 図 4-2 | 下水汚泥・ごみ焼却施設の連携例 4-9 |
| 図 4-3 | 広域汚泥処理(案) 4-10 |
| 図 4-4 | 下水汚泥の燃料価値（日本の事例） 4-11 |
| 図 4-5 | 下水汚泥の地球環境影響効果 4-11 |
| 図 4-6 | セメント工場・民間廃棄物処分場の位置 4-12 |
| 図 4-7 | PPLi 埋立てプロセス 4-14 |
| 図 5-1 | ジャカルタ特別州の洪水対策河川 5-4 |
| 図 5-2 | 排水対策計画の概念 (Version 1) 5-7 |
| 図 5-3 | 排水対策計画の概念 (Version 2) 5-7 |
| 図 5-4 | 排水対策計画の概念 (Version 3) 5-8 |
| 図 5-5 | 段階的雨水排除計画事例 (Step 0) 5-9 |
| 図 5-6 | 段階的雨水排除計画事例 (Step 1) 5-9 |
| 図 5-7 | 段階的雨水排除計画事例 (Step 2) 5-10 |
| 図 5-8 | 段階的雨水排除計画事例 (Step 3) 5-10 |

| | | |
|--------|--|------|
| 図 5-9 | プロジェクトの位置図 | 5-11 |
| 図 5-10 | Monas 地区の既設排水路..... | 5-12 |
| 図 5-11 | 貯留池の必要容量算定手法..... | 5-15 |
| 図 5-12 | ジャカルタ BMG 降雨観測点における 2002 年及び 2007 年降雨..... | 5-18 |
| 図 5-13 | スクリーン設備 | 5-20 |
| 図 6-1 | 統合監視システムの導入過程..... | 6-1 |
| 図 6-2 | 主要下水道施設の配置図..... | 6-3 |
| 図 6-3 | ネットワーク構成図 | 6-4 |
| 図 6-4 | システム構成図 (Pejagalan 処理場) | 6-6 |
| 図 6-5 | システム構成図 (その他の処理場) | 6-7 |
| 図 6-6 | システム構成図 (他のポンプ場) | 6-8 |

表リスト

| | ページ |
|--------|--|
| 表 1-1 | 口径毎の設計下水管延長..... 1-8 |
| 表 1-2 | MP レビューにおける計画汚水量原単位 (2030, 2050 年)..... 1-10 |
| 表 1-3 | Zone 1 における計画汚水量(2030-2050 年)..... 1-10 |
| 表 1-4 | 流量計算..... 1-13 |
| 表 1-5 | Zone 1 の下水管渠の工事費の概要..... 1-22 |
| 表 1-6 | Zone 1 の下水管渠工事費の内訳..... 1-23 |
| 表 1-7 | Zone 1 の下水管渠の建設期間..... 1-26 |
| 表 2-1 | Banjir Canal 右岸の護岸状況..... 2-10 |
| 表 2-2 | 建設工事費内訳 (ケース 1)..... 2-12 |
| 表 2-3 | 建設工事費内訳 (ケース 2)..... 2-12 |
| 表 2-4 | 各工種別建設工事費内訳..... 2-13 |
| 表 3-1 | ジャカルタ中心部における再生水のニーズ..... 3-1 |
| 表 3-2 | 再生水利用に関する技術上の基準(水質基準等及び施設基準)..... 3-4 |
| 表 3-3 | 再生水送水管ルート..... 3-5 |
| 表 3-4 | 再生水送水管の設置方法と建設コスト..... 3-6 |
| 表 3-5 | 再生水送水施設の主要機器リスト (ケース A)..... 3-7 |
| 表 3-6 | 再生水送水施設の土木工事数量 (ケース A)..... 3-7 |
| 表 3-7 | 再生水送水施設の主要機器リスト(ケース B)..... 3-8 |
| 表 3-8 | 再生水送水施設の土木工事数量 (ケース B)..... 3-9 |
| 表 3-9 | 再生水施設の建設工事費 (ケース A)..... 3-9 |
| 表 3-10 | 再生水施設の建設工事費 (ケース B)..... 3-10 |
| 表 4-1 | 段階的な汚泥処理・リサイクル施設計画..... 4-2 |
| 表 4-2 | 下水汚泥の処分費..... 4-3 |
| 表 4-3 | 下水汚泥の処分・利用可能性..... 4-3 |
| 表 4-4 | 乾燥汚泥の理化学性-1..... 4-4 |
| 表 4-5 | 乾燥汚泥の理化学性-2..... 4-4 |
| 表 4-6 | 肥料取締法 (汚泥肥料) における準金属基準 (日本)..... 4-6 |
| 表 4-7 | 農用地の土壌基準..... 4-6 |
| 表 4-8 | 土壌汚染対策法の基準値 (日本)..... 4-6 |
| 表 4-9 | 乾燥汚泥の理化学性-3..... 4-7 |
| 表 4-10 | 乾燥汚泥焼却灰の組成..... 4-7 |
| 表 4-11 | Holcim Indonesia の受入れ廃棄物..... 4-13 |
| 表 4-12 | Holcim Indonesia の汚泥燃料の取引条件..... 4-13 |
| 表 4-13 | ジャカルタ近郊のセメント工場..... 4-13 |
| 表 4-14 | 西ジャワ・バンテン州の石炭火力発電所..... 4-14 |
| 表 5-1 | 雨水流出抑制手法..... 5-5 |
| 表 5-2 | Monas 地区の稀有各諸元..... 5-12 |

| | | |
|--------|--|------|
| 表 5-3 | Monas 地区における推定流下能力 | 5-13 |
| 表 5-4 | Monas 地区における 2002 年及び 2007 年洪水時の浸水被害 | 5-13 |
| 表 5-5 | Monas 地区における浸水の特徴 | 5-14 |
| 表 5-6 | Monas 地区のハイエトグラフ | 5-15 |
| 表 5-7 | DKI Jakarta における雨水排水基準 | 5-15 |
| 表 5-8 | Monas 地区に適用する計画降雨確率年 | 5-16 |
| 表 5-9 | 雨水流出モデル | 5-16 |
| 表 5-10 | 計画洪水及び実績洪水における浸水量、浸水深及び浸水面積 | 5-17 |
| 表 5-11 | 地下貯留施設の必要容量 | 5-17 |
| 表 5-12 | ポンプ排水 | 5-18 |
| 表 5-13 | Monas 地区の主要な排水施設の計画諸元 | 5-19 |
| 表 5-14 | Monas 地区の建設費 | 5-21 |

略 語

| | |
|----------------|---|
| ADB | アジア開発銀行 |
| ATP | 支払可能額 (Affordability to Pay) |
| ASP | 活性汚泥変法 (Activated Sludge Process) |
| BAPPEDA | 開発計画局 |
| BAPPENAS | 国家開発企画庁 |
| BOD | 生物化学的酸素要求量 (Biochemical Oxygen Demand) |
| BPLHD | 環境管理委員会 (Regional Environment Management Board) |
| CIPTA KARYA | 公共事業省居住総局 |
| COD | 化学的酸素要求量 (Chemical Oxygen Demand) |
| CSO | 合流式下水道越流水 (Combined Sewer Overflow) |
| CVM | 仮想金銭化法 (Contingent Valuation Method) |
| Dinas PU (DKI) | ジャカルタ特別州公共事業局 |
| DKI (Jakarta) | ジャカルタ特別州 |
| GOI | インドネシア国政府 |
| IBRD | 国際復興開発銀行 |
| JETRO | 日本貿易振興機構 |
| JICA | 独立行政法人国際協力機構 (Japan International Cooperation Agency) |
| JPY | 日本国通貨 (円) |
| MBBR | 移動床式接触酸化法 (Moving Bed Biofilm Reactor) |
| MBR | 膜分離活性汚泥法 (Membrane Bioreactor) |
| MLSS | 活性汚泥浮遊物 (Mix Liquor Suspended Solid) |
| MP | マスタープラン |
| O&M | 運転維持管理 (Operation and Maintenance) |
| ODA | 政府開発援助 (Official Development Assistance) |
| OJT | On-the-Job Training |
| PD Pal Jaya | ジャカルタ下水道公社 |
| PLN | インドネシア国営電力会社 (Perusahaan Listrik Negara) |
| PPP | Public-Private Partnership |
| PU | 公共事業省 (Department of Public Works) |
| Rp (IDR) | インドネシア通貨 ルピア (Rupiah) |
| SPC | 特別目的会社 (Special Purpose Company) |
| SS | 浮遊物質 (Suspended Solid) |
| STP | 下水処理場 (Sewage Treatment Plant = Wastewater Treatment Plant) |
| UFRP | 地下貯留施設 |
| USD | 米国通貨ドル |
| VGf | 財務的実施可能性ギャップ補填 (Viability Gap Fund) |
| WTP | 支払意志額 (Willingness to Pay) |
| WWTP | 下水処理場 (=STP) |

はじめに

Volume 2 は、Volume 1（本編）のサポーティングレポートとして、本調査において検討対象とした下水管渠、下水処理施設、再生水利用、下水汚泥リサイクル、雨水貯留施設及び遠隔監視システムの調査・検討の概要、各種資料等を取りまとめたものである。

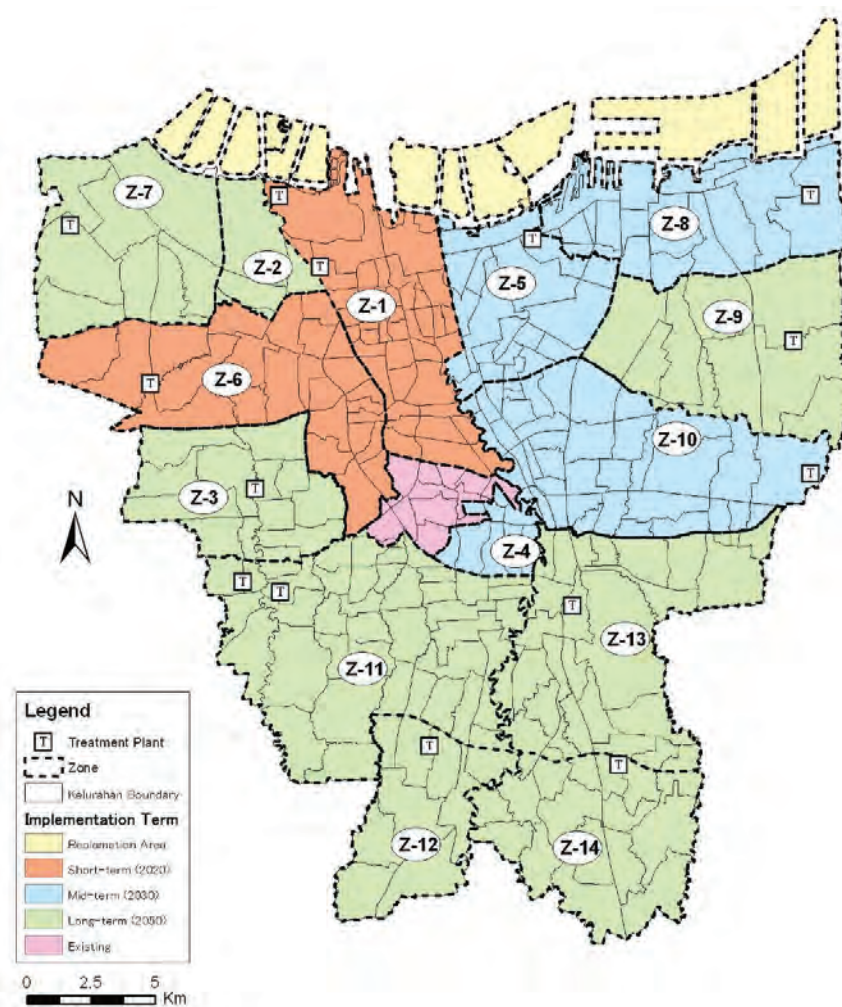
Volume 1（本編）では、これらの検討結果に基づき、PPP 事業の対象として下水管渠及び下水処理場を提案している。

第1章 下水管渠施設計画

1.1 下水管路施設の概要

(1) 概要

DKI ジャカルタの下水道整備の対象区域は、「インドネシア国ジャカルタ汚水管理マスタープランの見直しを通じた汚水管理能力向上計画プロジェクト（以下、「MP レビュー」と称す）」において決定されている。本調査が対象とするゾーン1 (Z-1) の下水道サービス区域面積は4,901haである。



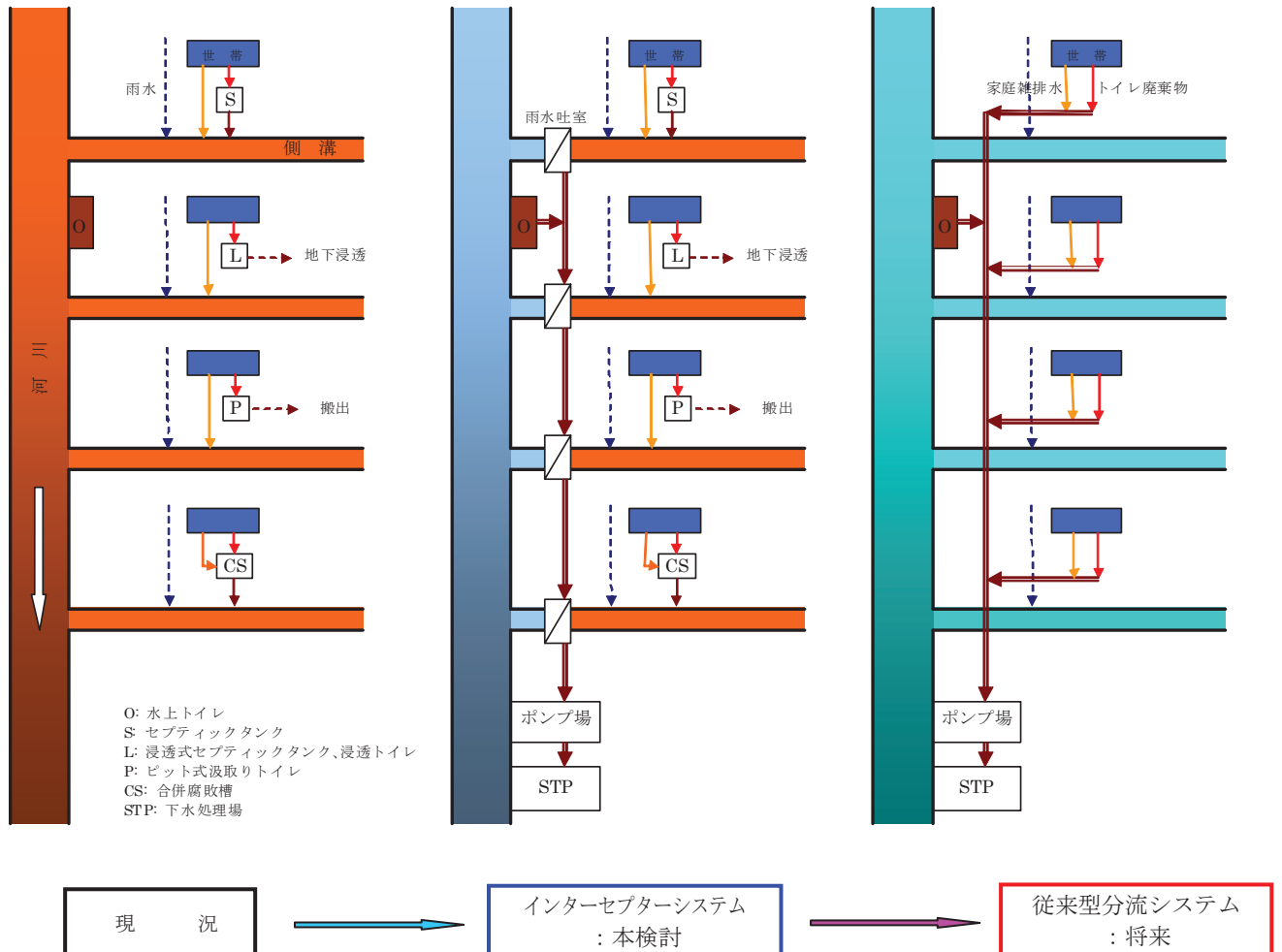
出典：MP レビュー

図 1-1 MP レビューの下水道区域とゾーニング

- a) 本調査における目標年次：2050年(長期)、2030年(中期)、2020年(短期)
- b) 目標とする下水道普及率：80%
- c) Zone 1 の2030年以降のサービス人口：1,236,736人

本調査においては、段階的下水道整備計画の最初の段階として、インターセプター式下水システム（将来は従来型分流式下水システム）を設置することを提案する。（本編の5.1.1章を参照。）

下水管ネットワーク整備の段階的計画のイメージは下図のとおりである。



出典: JICA PPP Study Team

図 1-2 下水管ネットワーク整備の段階的計画

(2) 下水管渠ネットワーク計画

下水管ネットワークを検討する際の主な原則は、次のとおりである。

- 管渠の流れは、可能な限りポンプ場を避け、自然流下（重力流れ）にする。
- 管渠の埋設深さは、可能な限り特殊工法（シールド、推進工法）を避けて、より浅い土被りとする。
- 下水管渠計画は、道路や地下鉄などの他の新しい開発計画と調整する。

下水管渠ネットワーク計画としては、以下の2案が考えられる。

- 1) 代替案1；南北地下鉄線を避けたネットワーク計画
- 2) 代替案2；南北地下鉄線沿いに2つの幹線を設置したネットワーク計画

代替案2では、Zone 1で最も発展した商業地域の汚水を収集することが容易であるが、建設予定の地下鉄との干渉が懸念される。

一方、地下鉄南北線沿いの商業区域の汚水は、地下鉄側の街路ではなく、反対側の河川へ排水されている。従って、この商業区域の汚水は、地下鉄沿いの主要街路より、むしろ反対の河川側で収集する方が妥当と考えられる（代替案1）。



出典: JICA PPP Study Team

図 1-3 下水幹線計画 (代替案 1)



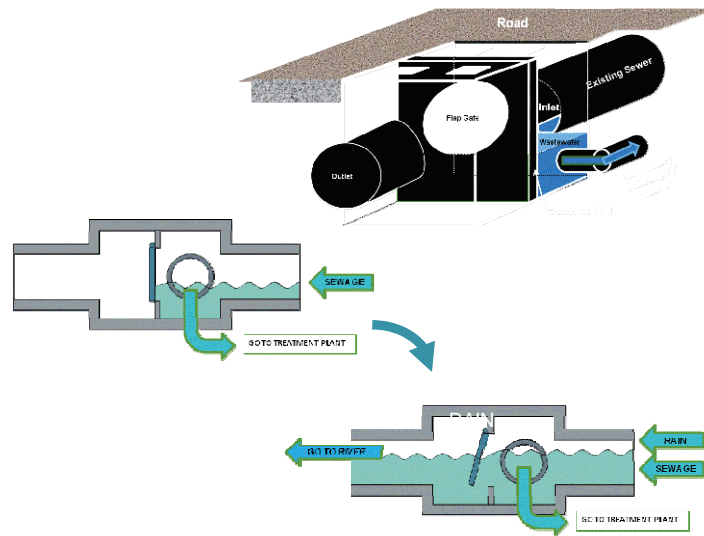
出典: JICA PPP Study Team

図 1-4 下水幹線計画 (代替案 2)

(3) インターセプター下水道幹線／準幹線の路線

インターセプター下水管の幹線と準幹線は以下の項目を考慮して計画する。

- 1) 雨水吐室の一例を下図に示す。汚水は、既設排水側溝（もしくは暗渠）に流れ込む。雨水吐室は、効率的に汚水を収集するために既設排水側溝の吐口直近の近傍に設置する必要がある。また、計画外水位の時でも速やかに放流できる場所（高さ）に設置するのが望まれる。詳細設計の段階では、雨水吐室の設置位置は、既設水路の排水系統やポンプ場・水門等を含めた河川の状況を十分に詳細調査して再検討する必要がある。また、対象区域の既設吐口のある運河沿いの道路は狭い場所が多く、なるべく雨水吐室はコンパクトなサイズにする必要がある。



- 2) 雨水吐室は、晴天時には汚水のみが遮集管に流れ、雨天時には処理場で処理できる量以上の雨水は吐口を介して河川へ放流できる構造とする必要がある。処理場へ必要以上の量(1 Qs)が流入しないように、吐室内に潮位や雨水の逆流防止を防ぐ意味でフラップゲートを設ける、処理場のポンプ場での避越（流入防止）対策を施すなどの対策が必要となる。また、既設排水側溝からのゴミの流入も多くあると予想されるため、ゴミの流入を防ぐスクリーンを設けるなどの対策も検討する必要がある。以上の観点から、吐室の構造や維持管理面の詳細な再検討が今後必要である。
- 3) 下水幹線は、効率的に雨水吐室を結ぶため、また、経済的な工事費となるよう下水管をより短いルートで接続できるように、既設の運河沿いに路線を計画する。しかし、運河沿いの道路幅員が幹線と準幹線を建設するには狭すぎるという場合には、それらを収容するのに十分な幅の最寄りの道路（下図の赤線）にシフトする必要がある。幹線への接続パイプ（下図の黄線）は、幹線（または準幹線）と運河付近の雨水吐室との間の狭い道を通して建設する。



- 4) 下水管ルート沿いの既設構造物との干渉（コンクリート矢板護岸、水道管、電線ケーブル等）は、主要な幹線がコンクリート矢板護岸と運河を交差する場合には許容するが、それ以外はできるだけ避けるべきである。小口径管（例えば、2次及び3次管渠）はできるだけ障害物を避けて路線を計画すべきである。
- 5) インターセプター式下水管の縦断位置は、将来の分流式下水道になった場合においても接続が可能な高さにする。また、接続が容易な位置に人孔などを配置すべきである。

上記を考慮した主要幹線、準幹線、3次管渠を含む下水管ネットワーク計画を下図 1-5 に示す。また、口径毎の設計下水管延長を表 1-1 に示す。（主要幹線、準幹線、3次管渠φ200 mm は図上より実測。取付け管の 150 mm は雨水吐室 1 箇所あたり 50 m を計上した。口径は仮定。）

表 1-1 口径毎の設計下水管延長

| Pipe Diameter (mm) | Distance (m) | Construction Method | | Pipe Slope (%) | Distance of Pipe Jacking Method | | | | | | | Distance of Pipe Open Trench Method | | | | Nos of Manhole | | | | | Nos of Diversion Chamber | Remarks | | |
|-----------------------|-----------------|------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-------------------------------------|---------------|----------|---------------|----------------|------------|------------|-----------|------------|--------------------------------|-------------|------------|----------------------------|
| | | Pipe jacking method | Open trench method | | 3 m | 5 m | 7 m | 9 m | 10 m | >10m | SubTotal | 1.5 m | 3 m | 5 m | SubTotal | Type 1 | Type 2 | Type 3 | Type 4 | SubTotal | | | | |
| φ 150 | 168 | 0 | 168 | 3.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 168 | 0 | 0 | 0 | 168 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | Secondary & Tertiary Sewer |
| φ 200 | 1,397 | 713 | 684 | 3.0 | 100 | 613 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 713 | 0 | 684 | 0 | 684 | 7 | 14 | 0 | 0 | 21 | 15 | | |
| φ 250 | 1,478 | 508 | 969 | 2.8 | 0 | 508 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 508 | 0 | 969 | 0 | 969 | 11 | 8 | 0 | 0 | 19 | 8 | | |
| φ 300 | 5,972 | 1,891 | 4,082 | 2.8 | 0 | 1,891 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,891 | 2,471 | 1,610 | 0 | 4,082 | 42 | 31 | 0 | 0 | 73 | 30 | | |
| φ 350 | 7,830 | 2,996 | 4,835 | 4.0 | 800 | 2,196 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,996 | 588 | 4,247 | 0 | 4,835 | 51 | 49 | 0 | 0 | 100 | 54 | Main Sewer | |
| φ 400 | 10,931 | 5,658 | 5,273 | 3.5 | 100 | 1,324 | 1,734 | 0 | 2,500 | 0 | 0 | 5,658 | 752 | 4,521 | 0 | 5,273 | 44 | 106 | 0 | 0 | 150 | 69 | | |
| φ 450 | 5,113 | 1,820 | 3,293 | 3.0 | 246 | 500 | 1,074 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,820 | 602 | 2,691 | 0 | 3,293 | 38 | 30 | 0 | 0 | 68 | 50 | | |
| φ 500 | 7,104 | 3,441 | 3,663 | 2.8 | 0 | 665 | 0 | 1,220 | 814 | 742 | 3,441 | 2,434 | 1,228 | 0 | 3,663 | 33 | 53 | 0 | 0 | 86 | 58 | | | |
| φ 600 | 6,520 | 5,222 | 1,298 | 2.6 | 0 | 637 | 1,222 | 2,951 | 411 | 0 | 0 | 5,222 | 0 | 1,298 | 0 | 1,298 | 13 | 67 | 0 | 0 | 80 | 24 | | |
| φ 700 | 10,915 | 10,850 | 65 | 2.4 | 1,616 | 560 | 2,537 | 2,558 | 803 | 2,776 | 10,850 | 65 | 0 | 0 | 65 | 0 | 0 | 139 | 0 | 139 | 30 | | | |
| φ 800 | 9,399 | 8,610 | 789 | 2.2 | 0 | 3,723 | 278 | 0 | 1,368 | 3,241 | 8,610 | 0 | 789 | 0 | 789 | 0 | 0 | 53 | 0 | 53 | 23 | | | |
| φ 900 | 4,371 | 4,371 | 0 | 2.0 | 0 | 704 | 1,116 | 0 | 0 | 2,552 | 4,371 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 18 | 36 | Trunk Sewer | | |
| φ 1,000 | 7,165 | 7,165 | 0 | 1.8 | 0 | 1,647 | 1,285 | 0 | 38 | 4,196 | 7,165 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 20 | 32 | | | |
| φ 1,100 | 3,283 | 3,283 | 0 | 1.6 | 0 | 0 | 629 | 0 | 0 | 2,654 | 3,283 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 11 | 2 | | | |
| φ 1,200 | 1,810 | 1,810 | 0 | 1.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,810 | 1,810 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 7 | 0 | | | |
| φ 1,350 | 1,130 | 1,130 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,130 | 1,130 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 | 6 | | | |
| φ 1,500 | 466 | 466 | 0 | 1.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 466 | 466 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | | | |
| φ 1,650 | 970 | 970 | 0 | 1.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 970 | 970 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | | | |
| φ 1,800 | 0 | 0 | 0 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| φ 2,000 | 1,941 | 1,941 | 0 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,941 | 1,941 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | | |
| φ 2,200 | 1,423 | 1,423 | 0 | 1.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,423 | 1,423 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 2 | | |
| Total | 89,386 | 64,267 | 25,119 | | 2,862 | 14,967 | 9,875 | 6,730 | 5,934 | 23,900 | 64,267 | 7,081 | 18,038 | 0 | 25,119 | 241 | 358 | 258 | 10 | 867 | 444 | | | |

BOQ Summary of Tertiary & Collecting Sewer Pipe

| Pipe Diameter (mm) | Distance (m) | Nos of Manhole | Remarks |
|--------------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| Tertiary Pipe (φ150-250) | | | |
| φ 200 | 27,877 | 627 | Average diameter |
| Collecting Sewer Pipe | | | |
| φ 150 | 22,200 | - | |

出典：JICA PPP Study Team

S=1: 40,000

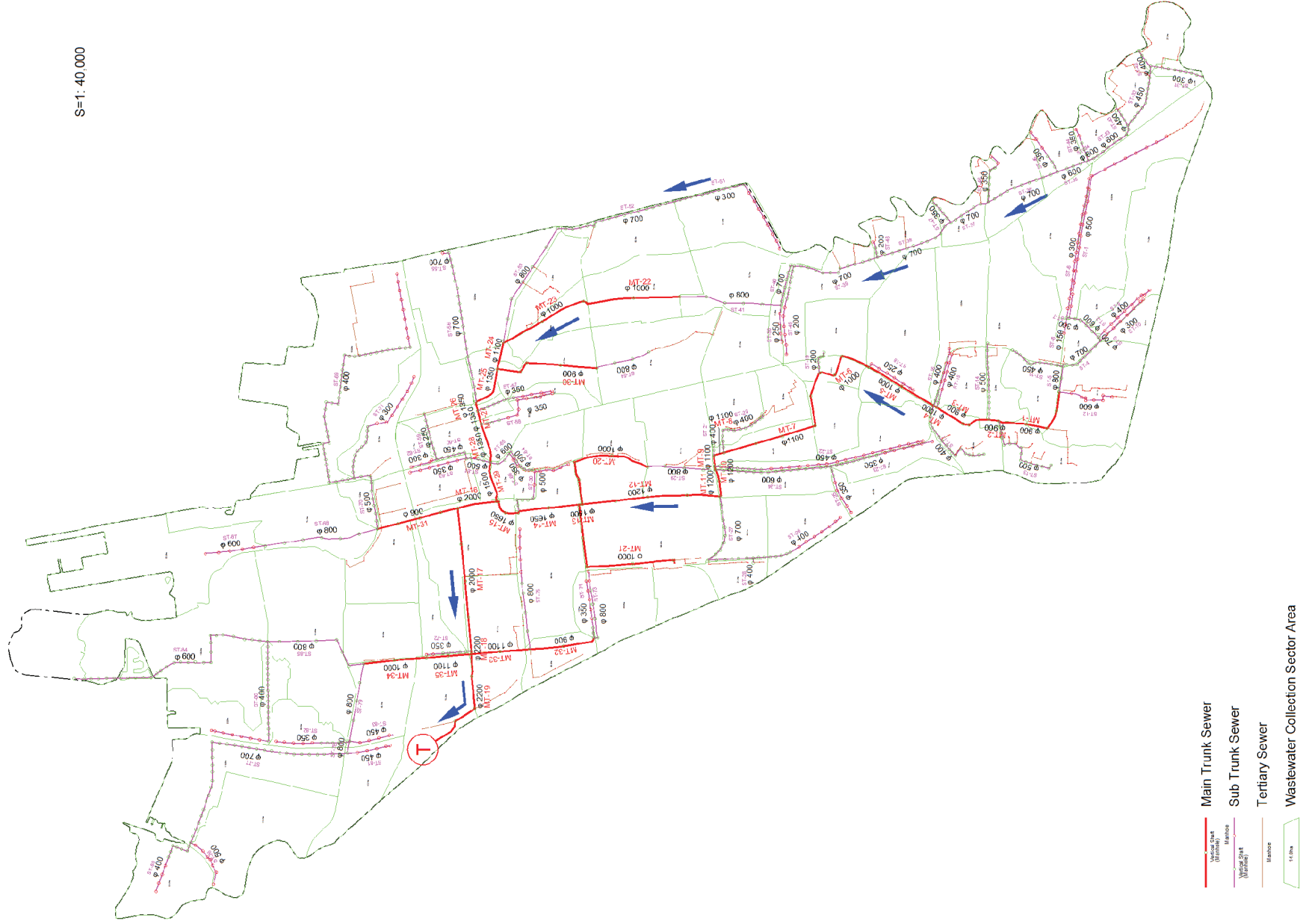


図 1-5 下水管ネットワーク計画

出典 : JICA PPP Study Team

1.2 設計条件

(1) 計画汚水量

MP レビューにおける計画汚水量原単位は以下のとおりである。

表 1-2 MP レビューにおける計画汚水量原単位 (2030, 2050 年)

| 一般家庭の汚水量原単位 (LCD) | 一般家庭汚水以外の汚水量原単位 (商業、政府、工業用) (LCD) | 汚水量の合計 (LCD) |
|----------------------|---|-----------------|
| 150 | 50 | 200 |

出典：MP レビュー

MP レビューの計画汚水量（目標年次 2030-2050 年）は、計画人口（行政人口×下水道普及率 80%）と上記の汚水量原単位から算定されている。

表 1-3 Zone 1 における計画汚水量 (2030-2050 年)

| 行政人口 (2030 年) (cap.) | 下水道普及率 (%) | 計画人口 (2030 年) (cap.) | 汚水量原単位 (LCD) | 計画汚水量 (日平均汚水量) (m ³ /day) |
|----------------------------|---------------|----------------------------|-----------------|--|
| 1,236,736 | 80 | 989,389 | 200 | 198,000 (197,878) |

LCD: liter/cap. day

出典：MP レビュー

(2) 設計基準

1) 使用材料

一般に下水管渠に使用される管の材料としては、鉄筋コンクリート管 (RC)、塩化ビニル管 (PVC)、陶管と強化プラスチック複合管 (FRPM) などがある。

PVC 管は、軽量で建設の作業性が良く、更に、粗度係数が小さく水の流れが滑らかである。しかし、PVC 管の材料コストはφ350 mm 以上のサイズでは高くなり、鉄筋コンクリート管が有利となる。従って、φ300 mm より小さな下水管としては PVC 管、φ350 mm より大きな管は RC 管が推奨される。

本調査で採用した人孔のタイプは、原則としては、現場打ちタイプのマンホールである。他方、値段は高いが、別のタイプとして組立てマンホール (システムマンホール) がある。詳細設計段階においては、組立てマンホールが、“品質の信頼性の改善”、“建設期間の短縮”と“交通渋滞の軽減”に期待できることから、組立てマンホールの比較検証を行うべきである。

2) ピーク係数

下式を日平均汚水量より(時間最大)ピーク係数を推定するために採用する。この提案式は、1991年マスタープラン、及び、本計画区域に隣接するJSSP地区と同じ式である。(MPレビューに準拠していない。)

$$F = 4.02 (0.0864 \cdot Q)^{-0.154}$$

ここに、

F: 日平均汚水量に対するピーク流れ係数

Q: 日平均汚水量 1/s

3) 地下水侵入量

下水管渠への地下水侵入は、地下水侵入量と水道消費量の中の損失水量(庭への散水や車の洗浄などの水損失量)が互いに相殺されていると考え、考慮しない。

4) 流速

流速の計算では、自然流下にはマニング式、圧力流れにはヘーゼン-ウィリアムス式を適用する。

マニング式は以下のとおりである。

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

ここに、

V: 平均流速 (m/s)

n: 粗度係数

R: 径深 (m)

I: 水理勾配 (m/m)

粗度係数(n)は、次のとおりと推定する。

| 管材料 | n |
|--------|-------|
| RC 管 | 0.013 |
| 陶管 | 0.013 |
| PVC 管 | 0.010 |
| FRPM 管 | 0.010 |

ヘーゼン-ウィリアムス式は以下のとおりである。

$$V = 0.84935C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54}$$

ここに、

V: 平均流速 (m/s)

C: 流速係数 (C=110 -PVC 管, 100 - 鋳鉄管)

R: 径深 (m)

I: 水理勾配 (m/m)

最小流速は、土砂堆積を防止し、硫化物の生成を最小限に抑えるために 0.6 m/s とする。パイプ材料の浸食を防止するため、最大流速を 3.0 m/s とする。

5) 下水管渠能力の余裕

計画汚水量に対する下水管渠能力の余裕は下記のとおり決定する。

| <u>下水管渠径 (m)</u> | <u>余裕率 (%)</u> |
|------------------|----------------|
| φ 150 - 300 | 100 |
| φ 350 - 800 | 50 |
| φ 900 より大きな径 | 30 |

6) 下水管渠布設深さ

下水管渠を敷設するための最小土被りは 1.0 m とする。

7) マンホール間隔

800 mm 以下の径の下水管は、人間が中に入ることができない。このような小さな管渠の清掃は、遠隔操作により行われるものと考え、最大マンホール間隔を 100 m とする。

900mm 以上の径の下水管渠のマンホール間隔は 200 m とする。

表 1-4 流量計算

| Line No. | Line No. of Lower Sewer | Sewer Length (m) | | Sewage Area (ha) | | Population | | Average Flow (m ³ /d) | | Peak Factor | Max. Flow (m ³ /s) | Total | Sewer Line | | Ground Elevation (m) | | Earth Covering (m) | |
|----------|-------------------------|------------------|--------|------------------|---------|------------|-----------|----------------------------------|-------|-------------|-------------------------------|-------|------------|-------|----------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | | Increment | Total | Increment | Total | Increment | Total | Increment | Total | | | | Increment | Total | Upper end | Lower end | Upper end | Lower end |
| ST - 1 | ST - 2 | 2,434 | 2,434 | 125.5 | 125.5 | 15,768 | 15,768 | 3,154 | 0 | 3,154 | 0.123 | 0.000 | 0.123 | 0.200 | 2,394 | 11,600 | 4.60 | 1.51 |
| ST - 2 | ST - 3 | 389 | 2,823 | 13.9 | 199.1 | 1,749 | 20,566 | 4,113 | 0 | 4,113 | 0.154 | 0.000 | 0.154 | 0.313 | -1,193 | 4,600 | 3.28 | 5.14 |
| ST - 3 | ST - 4 | 40 | 2,863 | 0.0 | 273.4 | 0 | 29,906 | 5,981 | 0 | 5,981 | 0.211 | 0.000 | 0.211 | 0.454 | -2,429 | 3,280 | 3.28 | 2.86 |
| ST - 4 | ST - 5 | 520 | 3,383 | 14.0 | 303.7 | 1,757 | 33,707 | 6,741 | 0 | 6,741 | 0.234 | 0.000 | 0.234 | 0.454 | -2,600 | 3,280 | 2.09 | 5.12 |
| ST - 5 | MT - 1 | 278 | 3,662 | 0.0 | 335.3 | 0 | 45,665 | 9,133 | 0 | 9,133 | 0.302 | 0.000 | 0.302 | 0.620 | -4,148 | 2,090 | 4.20 | 8.24 |
| MT - 1 | MT - 2 | 939 | 4,600 | 0.0 | 425.4 | 0 | 70,215 | 14,043 | 0 | 14,043 | 0.435 | 0.000 | 0.435 | 0.810 | -4,911 | 4.20 | 9.80 | 16.14 |
| MT - 2 | MT - 3 | 108 | 4,709 | 0.0 | 479.8 | 0 | 87,002 | 17,400 | 0 | 17,400 | 0.521 | 0.000 | 0.521 | 0.810 | -7,313 | 8.60 | 16.14 | 15.23 |
| MT - 3 | MT - 4 | 621 | 5,330 | 0.0 | 587.0 | 0 | 99,290 | 19,858 | 0 | 19,858 | 0.583 | 0.000 | 0.583 | 0.810 | -7,605 | 8.60 | 2.43 | 10.68 |
| MT - 4 | MT - 5 | 38 | 5,368 | 0.0 | 621.8 | 0 | 106,547 | 21,309 | 0 | 21,309 | 0.619 | 0.000 | 0.619 | 1,000 | -9,222 | 2.43 | 2.68 | 10.57 |
| MT - 5 | MT - 6 | 803 | 6,171 | 6.1 | 731.6 | 3,289 | 126,192 | 25,238 | 0 | 25,238 | 0.714 | 0.000 | 0.714 | 1,000 | -9,366 | 2.68 | 3.60 | 10.96 |
| MT - 6 | MT - 7 | 710 | 6,880 | 7.2 | 835.7 | 3,892 | 131,369 | 26,274 | 0 | 26,274 | 0.739 | 0.000 | 0.739 | 1,000 | -11,186 | 3.60 | 2.60 | 13.70 |
| MT - 7 | MT - 8 | 1,588 | 8,468 | 14.1 | 892.2 | 7,590 | 139,522 | 27,904 | 0 | 27,904 | 0.778 | 0.000 | 0.778 | 1,100 | -12,763 | 2.60 | 2.60 | 14.17 |
| MT - 8 | MT - 9 | 113 | 8,582 | 0.0 | 925.8 | 0 | 147,372 | 29,474 | 0 | 29,474 | 0.814 | 0.000 | 0.814 | 1,100 | -15,904 | 2.60 | 2.60 | 17.32 |
| MT - 9 | MT - 10 | 118 | 8,700 | 35.2 | 994.3 | 8,218 | 163,380 | 32,676 | 0 | 32,676 | 0.889 | 0.000 | 0.889 | 1,100 | -16,160 | 2.60 | 1.58 | 17.57 |
| MT - 10 | MT - 11 | 37 | 8,737 | 0.0 | 1,019.8 | 0 | 174,083 | 34,817 | 0 | 34,817 | 0.938 | 0.000 | 0.938 | 1,200 | -16,424 | 1.58 | 1.63 | 16.82 |
| MT - 11 | MT - 12 | 293 | 9,031 | 0.0 | 1,111.0 | 0 | 193,609 | 38,722 | 0 | 38,722 | 1.026 | 0.000 | 1.026 | 1,200 | -16,559 | 1.63 | 3.60 | 16.89 |
| MT - 12 | MT - 13 | 1,479 | 10,509 | 0.0 | 1,216.8 | 0 | 225,162 | 45,032 | 0 | 45,032 | 1.166 | 0.000 | 1.166 | 1,200 | -17,178 | 3.60 | 1.60 | 19.48 |
| MT - 13 | MT - 14 | 33 | 10,543 | 0.0 | 1,365.8 | 0 | 353,097 | 70,619 | 0 | 70,619 | 1.206 | 0.000 | 1.206 | 1,400 | -20,144 | 1.60 | 1.60 | 20.10 |
| MT - 14 | MT - 15 | 642 | 11,184 | 0.0 | 1,504.8 | 0 | 478,435 | 95,687 | 0 | 95,687 | 1.991 | 0.000 | 1.991 | 1,300 | -20,266 | 1.23 | 20.07 | 20.76 |
| MT - 15 | MT - 16 | 329 | 11,513 | 0.0 | 1,525.1 | 0 | 492,342 | 98,468 | 0 | 98,468 | 1.983 | 0.000 | 1.983 | 1,300 | -21,325 | 1.23 | 20.07 | 21.48 |
| MT - 16 | MT - 17 | 477 | 11,990 | 0.0 | 2,740.5 | 0 | 809,165 | 161,833 | 0 | 161,833 | 3.440 | 0.000 | 3.440 | 1,200 | -24,254 | 1.38 | 2.02 | 23.46 |
| MT - 17 | MT - 18 | 1,524 | 13,455 | 96.7 | 3,303.1 | 53,919 | 939,525 | 187,905 | 0 | 187,905 | 3.904 | 0.000 | 3,904 | 1,100 | -24,904 | 2.02 | 1.60 | 24.75 |
| MT - 18 | MT - 19 | 34 | 13,489 | 0.0 | 3,321.8 | 0 | 944,726 | 188,945 | 0 | 188,945 | 3.922 | 0.000 | 3,922 | 1,100 | -27,183 | 2.02 | 2.60 | 26.61 |
| MT - 19 | STP | 1,389 | 14,878 | 0.0 | 4,490.4 | 0 | 1,236,736 | 247,347 | 0 | 247,347 | 4.925 | 0.000 | 4,925 | 1,100 | -27,296 | 2.60 | 2.10 | 27.52 |
| ST - 6 | ST - 7 | 1,543 | 1,543 | 57.7 | 57.7 | 2,948 | 2,948 | 590 | 0 | 590 | 0.030 | 0.000 | 0.030 | 0.941 | 6,750 | 8.60 | 4.60 | 1.54 |
| ST - 7 | ST - 2 | 27 | 1,571 | 0.0 | 59.7 | 0 | 3,050 | 610 | 0 | 610 | 0.031 | 0.000 | 0.031 | 0.941 | -1,041 | 4.60 | 4.60 | 2.00 |
| ST - 8 | ST - 7 | 168 | 168 | 2.0 | 2.0 | 101 | 101 | 20 | 0 | 20 | 0.002 | 0.000 | 0.002 | 0.614 | 2,400 | 4.10 | 4.60 | 1.54 |
| ST - 9 | ST - 3 | 752 | 752 | 74.3 | 74.3 | 9,339 | 9,339 | 1,868 | 0 | 1,868 | 0.079 | 0.000 | 0.079 | 0.980 | 2,800 | 0.026 | 4.82 | 1.58 |
| ST - 10 | ST - 4 | 637 | 637 | 16.3 | 16.3 | 2,044 | 2,044 | 409 | 0 | 409 | 0.022 | 0.000 | 0.022 | 0.941 | 3,150 | 1.246 | 4.97 | 1.51 |
| ST - 11 | ST - 5 | 602 | 602 | 31.7 | 31.7 | 11,958 | 11,958 | 2,392 | 0 | 2,392 | 0.097 | 0.000 | 0.097 | 0.982 | 0.900 | -1,006 | 2.93 | 2.09 |
| ST - 12 | MT - 1 | 653 | 653 | 90.1 | 90.1 | 24,550 | 24,550 | 4,910 | 0 | 4,910 | 0.179 | 0.000 | 0.179 | 1,107 | 1,650 | -0.147 | 3.80 | 4.20 |
| ST - 13 | MT - 2 | 964 | 964 | 54.4 | 54.4 | 16,787 | 16,787 | 3,357 | 0 | 3,357 | 0.130 | 0.000 | 0.130 | 1,018 | 0.258 | -2,967 | 5.80 | 2.00 |

| Line No. | Line No. of Lower Sewer | Sewer Length (m) | | Sewage Area (ha) | | Population | | Average Flow (m ³ /d) | | Peak Factor | | Max. Flow (m ³ /s) | | Sewer Line | | Sewer Invert Elevation | | Ground Elevation (m) | | Earth Covering (m) | | | | |
|----------|-------------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------|---------|----------------------------------|-------|-------------|--------|-------------------------------|---------|------------|---------------|------------------------|---------|--------------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | Increment | Total | Increment | Total | Increment | Total | Sewage | Inlet | Total | Factor | Sewage | Infltr. | Toatl | Diameter (mm) | Slope (%) | V (m/s) | Cap. (m ³ /s) | Upper end | Lower end | Upper end | Lower end | Upper end | Lower end |
| ST - 14 | MT - 3 | 814 | 814 | 107.2 | 107.2 | 12,288 | 12,288 | 2,458 | 0 | 2,458 | 3,500 | 0.100 | 0.000 | 0.100 | 500 | 2.8 | 1.018 | 0.200 | -3.010 | -5.740 | 3.23 | 8.60 | 2.00 | 13.80 |
| ST - 15 | MT - 4 | 588 | 588 | 34.8 | 34.8 | 7,257 | 7,257 | 1,451 | 0 | 1,451 | 3,796 | 0.064 | 0.000 | 0.064 | 400 | 3.5 | 0.980 | 0.123 | 0.200 | -2.013 | 2.17 | 2.43 | 1.54 | 4.01 |
| ST - 16 | MT - 5 | 634 | 634 | 65.5 | 65.5 | 8,379 | 8,379 | 1,676 | 0 | 1,676 | 3,713 | 0.072 | 0.000 | 0.072 | 400 | 3.5 | 0.980 | 0.123 | -0.100 | -2.550 | 1.87 | 2.68 | 1.54 | 4.79 |
| ST - 17 | MT - 5 | 1,001 | 1,001 | 38.2 | 38.2 | 7,977 | 7,977 | 1,595 | 0 | 1,595 | 3,741 | 0.069 | 0.000 | 0.069 | 400 | 3.5 | 0.980 | 0.123 | 2.550 | -1.134 | 4.50 | 2.68 | 1.52 | 3.38 |
| ST - 18 | MT - 6 | 579 | 579 | 96.8 | 96.8 | 1,285 | 1,285 | 257 | 0 | 257 | 4,955 | 0.015 | 0.000 | 0.015 | 250 | 2.8 | 0.833 | 0.041 | 1.800 | 0.078 | 3.60 | 3.60 | 1.54 | 3.26 |
| ST - 19 | MT - 7 | 263 | 263 | 42.4 | 42.4 | 563 | 563 | 113 | 0 | 113 | 5,627 | 0.007 | 0.000 | 0.007 | 200 | 3.0 | 0.743 | 0.023 | -2.607 | -3.620 | 2.60 | 2.60 | 2.00 | 6.01 |
| ST - 20 | MT - 8 | 734 | 734 | 33.6 | 33.6 | 7,850 | 7,850 | 1,570 | 0 | 1,570 | 3,750 | 0.068 | 0.000 | 0.068 | 400 | 3.5 | 0.980 | 0.123 | -3.335 | -6.353 | 2.10 | 2.60 | 2.00 | 8.52 |
| ST - 21 | MT - 9 | 105 | 105 | 33.4 | 33.4 | 7,790 | 7,790 | 1,558 | 0 | 1,558 | 3,755 | 0.068 | 0.000 | 0.068 | 400 | 3.5 | 0.980 | 0.123 | -3.832 | -4.273 | 1.60 | 2.60 | 2.00 | 6.44 |
| ST - 22 | MT - 10 | 2,248 | 2,248 | 25.4 | 25.4 | 10,702 | 10,702 | 2,140 | 0 | 2,140 | 3,575 | 0.089 | 0.000 | 0.089 | 450 | 3.0 | 0.982 | 0.156 | 3.750 | -3.574 | 5.74 | 1.58 | 1.51 | 4.67 |
| ST - 23 | ST - 24 | 1,124 | 1,124 | 28.4 | 28.4 | 5,025 | 5,025 | 1,005 | 0 | 1,005 | 4,017 | 0.047 | 0.000 | 0.047 | 350 | 4.0 | 0.959 | 0.092 | 0.550 | -4.346 | 2.43 | 2.47 | 1.50 | 6.43 |
| ST - 24 | MT - 11 | 1,222 | 2,346 | 34.4 | 91.2 | 9,477 | 19,526 | 3,905 | 0 | 3,905 | 3,259 | 0.147 | 0.000 | 0.147 | 600 | 2.6 | 1.107 | 0.313 | -4.346 | -8.198 | 2.47 | 1.63 | 2.22 | 9.18 |
| ST - 25 | ST - 24 | 542 | 542 | 28.4 | 28.4 | 5,025 | 5,025 | 1,005 | 0 | 1,005 | 4,017 | 0.047 | 0.000 | 0.047 | 350 | 4.0 | 0.959 | 0.092 | 0.462 | -1.862 | 2.34 | 2.47 | 1.50 | 3.95 |
| ST - 26 | ST - 27 | 1,048 | 1,048 | 49.6 | 49.6 | 8,778 | 8,778 | 1,756 | 0 | 1,756 | 3,686 | 0.075 | 0.000 | 0.075 | 400 | 3.5 | 0.980 | 0.123 | 1.650 | -2.439 | 3.60 | 3.60 | 1.52 | 5.60 |
| ST - 27 | MT - 12 | 1,222 | 2,270 | 35.1 | 105.8 | 14,237 | 31,553 | 6,311 | 0 | 6,311 | 3,027 | 0.221 | 0.000 | 0.221 | 700 | 2.4 | 1.179 | 0.454 | -2.439 | -6.046 | 3.60 | 3.60 | 5.28 | 8.89 |
| ST - 28 | ST - 27 | 53 | 53 | 21.1 | 21.1 | 8,538 | 8,538 | 1,708 | 0 | 1,708 | 3,702 | 0.073 | 0.000 | 0.073 | 400 | 3.5 | 0.980 | 0.123 | -1.580 | -1.839 | 3.60 | 3.60 | 4.75 | 2.00 |
| ST - 29 | MT - 20 | 663 | 663 | 81.1 | 81.1 | 51,556 | 51,556 | 10,311 | 0 | 10,311 | 2,807 | 0.335 | 0.000 | 0.335 | 800 | 2.2 | 1.234 | 0.620 | -3.730 | -5.564 | 1.64 | 1.20 | 4.50 | 5.89 |
| MT - 20 | MT - 13 | 1,285 | 1,948 | 67.9 | 149.0 | 76,378 | 127,934 | 25,587 | 0 | 25,587 | 2,440 | 0.723 | 0.000 | 0.723 | 1,000 | 1.8 | 1.295 | 1.017 | -5.564 | -8.402 | 1.64 | 1.60 | 6.12 | 8.92 |
| MT - 21 | MT - 14 | 1,647 | 1,647 | 139.0 | 139.0 | 125,338 | 125,338 | 25,068 | 0 | 25,068 | 2,448 | 0.710 | 0.000 | 0.710 | 1,000 | 1.8 | 1.295 | 1.017 | -2.482 | -6.121 | 3.60 | 1.60 | 2.00 | 6.64 |
| ST - 30 | MT - 15 | 961 | 961 | 20.4 | 20.4 | 13,907 | 13,907 | 2,781 | 0 | 2,781 | 3,434 | 0.111 | 0.000 | 0.111 | 500 | 2.8 | 1.018 | 0.200 | -1.450 | -4.391 | 0.61 | 1.23 | 1.52 | 5.08 |
| ST - 31 | ST - 32 | 563 | 563 | 9.0 | 9.0 | 2,499 | 2,499 | 500 | 0 | 500 | 4,473 | 0.026 | 0.000 | 0.026 | 300 | 2.8 | 0.941 | 0.067 | 5.095 | 3.142 | 9.10 | 11.60 | 3.70 | 8.15 |
| ST - 32 | ST - 33 | 696 | 1,260 | 0.0 | 36.0 | 0 | 10,014 | 2,003 | 0 | 2,003 | 3,612 | 0.084 | 0.000 | 0.084 | 450 | 3.0 | 0.982 | 0.156 | 3.142 | 0.603 | 11.60 | 8.60 | 7.97 | 7.51 |
| ST - 33 | ST - 34 | 540 | 1,800 | 0.0 | 76.8 | 0 | 21,387 | 4,277 | 0 | 4,277 | 3,214 | 0.159 | 0.000 | 0.159 | 600 | 2.6 | 1.107 | 0.313 | 0.603 | -1.102 | 8.60 | 9.60 | 7.35 | 10.05 |
| ST - 34 | ST - 35 | 60 | 1,860 | 0.0 | 76.8 | 0 | 21,387 | 4,277 | 0 | 4,277 | 3,214 | 0.159 | 0.000 | 0.159 | 600 | 2.6 | 1.107 | 0.313 | -1.102 | -1.333 | 9.60 | 9.60 | 10.05 | 10.28 |
| ST - 35 | ST - 36 | 351 | 2,211 | 0.0 | 99.6 | 0 | 27,081 | 5,416 | 0 | 5,416 | 3,099 | 0.194 | 0.000 | 0.194 | 600 | 2.6 | 1.107 | 0.313 | -1.333 | -2.470 | 9.60 | 8.10 | 10.28 | 9.92 |

| Line No. | Line No. of Lower Sewer | Sewer Length (m) | | Sewage Area (ha) | | Population | | Average Flow (m ³ /d) | | Max. Flow (m ³ /s) | | Sewer Line | | | Sewer Invert Elevation | | Ground Elevation (m) | | Earth Covering (m) | | | | |
|----------|-------------------------|------------------|--------|------------------|---------|------------|---------|----------------------------------|-------|-------------------------------|--------|------------|-------|---------------|------------------------|---------|--------------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | Increment | Total | Increment | Total | Increment | Total | Sewage | Inlet | Total | Sewage | Infltr. | Toatl | Diameter (mm) | Slope (%) | V (m/s) | Cap. (m ³ /s) | Upper end | Lower end | Upper end | Lower end | Upper end | Lower end |
| ST - 36 | ST - 37 | 803 | 3,014 | 0.0 | 132.2 | 0 | 31,524 | 6,305 | 0 | 6,305 | 0.221 | 0.000 | 0.221 | 700 | 2.4 | 1.179 | 0.454 | -2,470 | -4,847 | 8.10 | 8.10 | 9.81 | 12.19 |
| ST - 37 | ST - 38 | 459 | 3,473 | 0.0 | 178.0 | 0 | 37,777 | 7,555 | 0 | 7,555 | 0.257 | 0.000 | 0.257 | 700 | 2.4 | 1.179 | 0.454 | -4,847 | -6,248 | 8.10 | 6.60 | 12.19 | 12.09 |
| ST - 38 | ST - 39 | 905 | 4,377 | 0.0 | 209.9 | 0 | 42,886 | 8,577 | 0 | 8,577 | 0.287 | 0.000 | 0.287 | 700 | 2.4 | 1.179 | 0.454 | -6,248 | -8,944 | 6.60 | 5.60 | 12.09 | 13.79 |
| ST - 39 | ST - 40 | 941 | 5,319 | 0.0 | 249.5 | 0 | 43,412 | 8,682 | 0 | 8,682 | 0.290 | 0.000 | 0.290 | 700 | 2.4 | 1.179 | 0.454 | -8,944 | -11,729 | 5.60 | 2.51 | 13.79 | 13.48 |
| ST - 40 | ST - 41 | 471 | 5,789 | 0.0 | 314.2 | 0 | 44,271 | 8,854 | 0 | 8,854 | 0.294 | 0.000 | 0.294 | 700 | 2.4 | 1.179 | 0.454 | -11,729 | -13,158 | 2.51 | 2.26 | 13.48 | 14.66 |
| ST - 41 | ST - 22 | 1,084 | 6,874 | 72.7 | 398.5 | 10,793 | 56,856 | 11,371 | 0 | 11,371 | 0.364 | 0.000 | 0.364 | 800 | 2.2 | 1.234 | 0.620 | -13,158 | -16,144 | 2.26 | 1.60 | 14.55 | 16.88 |
| MT - 22 | MT - 23 | 1,044 | 7,918 | 82.1 | 481.6 | 51,936 | 108,791 | 21,758 | 0 | 21,758 | 0.630 | 0.000 | 0.630 | 1,000 | 1.8 | 1.295 | 1.017 | -16,144 | -18,473 | 1.60 | 0.60 | 16.66 | 17.99 |
| MT - 23 | MT - 24 | 968 | 8,886 | 28.4 | 510.0 | 12,300 | 121,091 | 24,218 | 0 | 24,218 | 0.690 | 0.000 | 0.690 | 1,000 | 1.8 | 1.295 | 1.017 | -18,473 | -20,591 | 0.60 | 1.13 | 17.99 | 20.64 |
| MT - 24 | MT - 25 | 290 | 9,175 | 0.0 | 673.9 | 0 | 165,414 | 33,083 | 0 | 33,083 | 0.898 | 0.000 | 0.898 | 1,100 | 1.6 | 1.301 | 1.237 | -20,591 | -21,204 | 1.13 | 0.85 | 20.53 | 20.87 |
| MT - 25 | MT - 26 | 462 | 9,637 | 0.0 | 849.6 | 0 | 239,362 | 47,872 | 0 | 47,872 | 1.228 | 0.000 | 1.228 | 1,350 | 1.5 | 1.444 | 2.067 | -21,204 | -22,121 | 0.85 | 0.77 | 20.60 | 21.44 |
| MT - 26 | MT - 27 | 97 | 9,734 | 0.0 | 995.8 | 0 | 270,967 | 54,193 | 0 | 54,193 | 1.363 | 0.000 | 1.363 | 1,350 | 1.5 | 1.444 | 2.067 | -22,121 | -22,341 | 0.77 | 1.06 | 21.44 | 21.95 |
| MT - 27 | MT - 28 | 152 | 9,886 | 0.0 | 1,014.9 | 0 | 274,912 | 54,982 | 0 | 54,982 | 1.380 | 0.000 | 1.380 | 1,350 | 1.5 | 1.444 | 2.067 | -22,341 | -22,644 | 1.06 | 1.06 | 21.95 | 22.25 |
| MT - 28 | MT - 29 | 420 | 10,305 | 0.0 | 1,048.4 | 0 | 281,101 | 56,220 | 0 | 56,220 | 1.406 | 0.000 | 1.406 | 1,350 | 1.5 | 1.444 | 2.067 | -22,644 | -23,499 | 1.06 | 1.57 | 22.25 | 23.61 |
| MT - 29 | MT - 16 | 432 | 10,738 | 0.0 | 1,215.4 | 0 | 316,823 | 63,365 | 0 | 63,365 | 1.556 | 0.000 | 1.556 | 1,500 | 1.4 | 1.497 | 2.645 | -23,499 | -24,254 | 1.57 | 1.38 | 23.42 | 23.99 |
| ST - 42 | ST - 32 | 217 | 217 | 27.0 | 27.0 | 7,516 | 7,516 | 1,503 | 0 | 1,503 | 0.066 | 0.000 | 0.066 | 400 | 3.5 | 0.980 | 0.123 | 4,558 | 3,649 | 6.22 | 11.60 | 1.23 | 7.52 |
| ST - 43 | ST - 33 | 246 | 246 | 40.8 | 40.8 | 11,373 | 11,373 | 2,275 | 0 | 2,275 | 0.093 | 0.000 | 0.093 | 450 | 3.0 | 0.982 | 0.156 | 4,514 | 3,627 | 7.69 | 8.60 | 2.69 | 4.48 |
| ST - 44 | ST - 35 | 364 | 364 | 22.8 | 22.8 | 5,694 | 5,694 | 1,139 | 0 | 1,139 | 0.052 | 0.000 | 0.052 | 350 | 4.0 | 0.959 | 0.092 | 3,257 | 1,611 | 5.14 | 9.60 | 1.50 | 7.61 |
| ST - 45 | ST - 36 | 512 | 512 | 32.6 | 32.6 | 4,443 | 4,443 | 889 | 0 | 889 | 0.042 | 0.000 | 0.042 | 350 | 4.0 | 0.959 | 0.092 | 5,147 | 2,890 | 7.03 | 8.10 | 1.50 | 4.83 |
| ST - 46 | ST - 37 | 561 | 561 | 45.8 | 45.8 | 6,253 | 6,253 | 1,251 | 0 | 1,251 | 0.056 | 0.000 | 0.056 | 350 | 4.0 | 0.959 | 0.092 | 3,620 | 1,036 | 6.42 | 8.10 | 2.42 | 6.68 |
| ST - 47 | ST - 38 | 296 | 296 | 31.9 | 31.9 | 5,108 | 5,108 | 1,022 | 0 | 1,022 | 0.047 | 0.000 | 0.047 | 350 | 4.0 | 0.959 | 0.092 | 2,752 | 1,345 | 6.92 | 6.60 | 3.79 | 4.87 |
| ST - 48 | ST - 39 | 180 | 180 | 39.6 | 39.6 | 526 | 526 | 105 | 0 | 105 | 0.007 | 0.000 | 0.007 | 200 | 3.0 | 0.743 | 0.023 | 1,781 | 1,146 | 4.07 | 5.60 | 2.08 | 4.25 |
| ST - 49 | ST - 40 | 954 | 954 | 64.7 | 64.7 | 859 | 859 | 172 | 0 | 172 | 0.010 | 0.000 | 0.010 | 200 | 3.0 | 0.743 | 0.023 | -0.193 | -3,381 | 2.22 | 2.51 | 2.21 | 5.68 |
| ST - 50 | ST - 41 | 390 | 390 | 12.6 | 12.6 | 1,792 | 1,792 | 358 | 0 | 358 | 0.020 | 0.000 | 0.020 | 250 | 2.8 | 0.833 | 0.041 | 0.089 | -1,063 | 2.24 | 2.26 | 1.90 | 3.09 |
| ST - 51 | ST - 52 | 1,542 | 1,542 | 61.5 | 61.5 | 3,237 | 3,237 | 647 | 0 | 647 | 0.032 | 0.000 | 0.032 | 300 | 2.8 | 0.941 | 0.067 | 0.840 | -4,069 | 2.65 | 2.22 | 1.50 | 5.98 |
| ST - 52 | ST - 53 | 1,315 | 2,858 | 60.6 | 122.1 | 26,515 | 29,752 | 5,950 | 0 | 5,950 | 0.210 | 0.000 | 0.210 | 700 | 2.4 | 1.179 | 0.454 | -4,069 | -7,900 | 2.22 | 1.60 | 5.53 | 5.69 |
| ST - 53 | MT - 24 | 1,368 | 4,225 | 41.8 | 163.9 | 14,571 | 44,323 | 8,865 | 0 | 8,865 | 0.295 | 0.000 | 0.295 | 800 | 2.2 | 1.234 | 0.620 | -7,900 | -11,659 | 1.60 | 1.13 | 8.63 | 11.92 |

| Line No. | Line No. of Lower Sewer | Sewer Length (m) | | Sewage Area (ha) | | Population | | Average Flow (m ³ /d) | | | Peak Factor | Max. Flow (m ³ /s) | | | Sewer Line | | | Sewer Invert Elevation | | Ground Elevation (m) | | Earth Covering (m) | | |
|----------|-------------------------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------|-----------|----------------------------------|--------|--------|-------------|-------------------------------|--------|--------|------------|---------------|-----------|------------------------|--------------------------|----------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------|
| | | Total | Increment | Total | Increment | Total | Increment | Total | Sewage | Inlet | | Total | Sewage | Infit. | Total | Diameter (mm) | Slope (%) | V (m/s) | Cap. (m ³ /s) | Upper end | Lower end | Upper end | Lower end | Upper end |
| ST - 54 | MT - 30 | 583 | | 130.1 | | 56,200 | | 11,240 | 0 | 11,240 | 2,770 | 0.360 | 0.000 | 0.360 | 800 | 2.2 | 1.234 | 0.620 | -3.680 | -5.263 | 0.60 | 0.60 | 3.41 | 2.00 |
| MT - 30 | MT - 25 | 1,116 | 533 | 175.7 | 42.6 | 73,948 | 17,748 | 14,790 | 0 | 14,790 | 2,655 | 0.454 | 0.000 | 0.454 | 900 | 2.0 | 1.273 | 0.810 | -5.263 | -8.094 | 0.60 | 0.85 | 4.89 | 5.82 |
| ST - 55 | ST - 56 | 65 | | 125.3 | | 28,802 | | 5,760 | 0 | 5,760 | 3,070 | 0.205 | 0.000 | 0.205 | 700 | 2.4 | 1.179 | 0.454 | -0.700 | -0.877 | 1.60 | 1.60 | 1.54 | 1.72 |
| ST - 56 | MT - 26 | 1,616 | 1,551 | 146.2 | 120.9 | 31,604 | 2,803 | 6,321 | 0 | 6,321 | 3,026 | 0.221 | 0.000 | 0.221 | 700 | 2.4 | 1.179 | 0.454 | -0.877 | -5.580 | 1.60 | 0.77 | 1.72 | 5.60 |
| ST - 57 | MT - 27 | 817 | | 19.1 | | 3,945 | | 789 | 0 | 789 | 4,169 | 0.038 | 0.000 | 0.038 | 350 | 4.0 | 0.959 | 0.092 | 0.000 | -3.650 | 1.88 | 1.06 | 1.50 | 2.65 |
| ST - 58 | MT - 28 | 931 | | 33.5 | | 6,189 | | 1,238 | 0 | 1,238 | 3,890 | 0.056 | 0.000 | 0.056 | 350 | 4.0 | 0.959 | 0.092 | 0.400 | -3.593 | 2.30 | 1.06 | 1.52 | 4.27 |
| ST - 59 | ST - 60 | 508 | | 31.9 | | 1,577 | | 315 | 0 | 315 | 4,802 | 0.018 | 0.000 | 0.018 | 250 | 2.8 | 0.833 | 0.041 | -3.730 | -5.528 | 0.73 | 1.22 | 2.00 | 6.49 |
| ST - 60 | ST - 61 | 378 | | 78.3 | | 7,795 | | 1,559 | 0 | 1,559 | 3,754 | 0.068 | 0.000 | 0.068 | 450 | 3.0 | 0.982 | 0.156 | -5.528 | -6.962 | 1.24 | 1.26 | 6.28 | 6.81 |
| ST - 61 | MT - 29 | 256 | | 122.1 | | 15,002 | | 3,000 | 0 | 3,000 | 3,394 | 0.118 | 0.000 | 0.118 | 500 | 2.8 | 1.018 | 0.200 | -6.962 | -7.829 | 1.26 | 1.57 | 7.68 | 8.85 |
| ST - 62 | ST - 60 | 291 | | 14.5 | | 1,943 | | 389 | 0 | 389 | 4,650 | 0.021 | 0.000 | 0.021 | 300 | 2.8 | 0.941 | 0.067 | -0.650 | -1.524 | 1.19 | 1.22 | 1.53 | 2.44 |
| ST - 63 | ST - 61 | 625 | | 34.6 | | 5,695 | | 1,139 | 0 | 1,139 | 3,940 | 0.052 | 0.000 | 0.052 | 350 | 4.0 | 0.959 | 0.092 | -0.150 | -2.772 | 1.75 | 1.26 | 1.52 | 3.65 |
| ST - 64 | ST - 65 | 365 | | 28.0 | | 13,980 | | 2,796 | 0 | 2,796 | 3,431 | 0.111 | 0.000 | 0.111 | 500 | 2.8 | 1.018 | 0.200 | -3.700 | -4.947 | 1.37 | 0.65 | 4.53 | 2.01 |
| ST - 65 | MT - 29 | 248 | | 44.8 | | 20,720 | | 4,144 | 0 | 4,144 | 3,230 | 0.155 | 0.000 | 0.155 | 600 | 2.6 | 1.107 | 0.313 | -4.947 | -5.742 | 0.65 | 1.57 | 4.95 | 6.66 |
| ST - 66 | ST - 65 | 171 | | 7.6 | | 5,227 | | 1,045 | 0 | 1,045 | 3,993 | 0.048 | 0.000 | 0.048 | 350 | 4.0 | 0.959 | 0.092 | -1.250 | -1.973 | 0.65 | 0.65 | 1.52 | 2.24 |
| ST - 67 | ST - 68 | 645 | | 92.8 | | 25,842 | | 5,168 | 0 | 5,168 | 3,122 | 0.187 | 0.000 | 0.187 | 600 | 2.6 | 1.107 | 0.313 | -0.550 | -2.328 | 1.60 | 1.60 | 1.50 | 3.28 |
| ST - 68 | MT - 31 | 1,227 | | 167.2 | | 46,549 | | 9,310 | 0 | 9,310 | 2,851 | 0.307 | 0.000 | 0.307 | 800 | 2.2 | 1.234 | 0.620 | -2.328 | -5.702 | 1.60 | 1.07 | 3.06 | 5.90 |
| MT - 31 | MT - 17 | 884 | | 465.9 | | 76,441 | | 15,288 | 0 | 15,288 | 2,641 | 0.467 | 0.000 | 0.467 | 900 | 2.0 | 1.273 | 0.810 | -16.304 | -18.522 | 1.07 | 2.02 | 13.96 | 19.56 |
| ST - 69 | ST - 70 | 3,335 | | 193.5 | | 9,572 | | 1,914 | 0 | 1,914 | 3,637 | 0.081 | 0.000 | 0.081 | 400 | 3.5 | 0.980 | 0.123 | -0.540 | -13.852 | 1.40 | 1.40 | 1.51 | 14.82 |
| ST - 70 | MT - 31 | 742 | | 243.3 | | 14,475 | | 2,895 | 0 | 2,895 | 3,413 | 0.114 | 0.000 | 0.114 | 500 | 2.8 | 1.018 | 0.200 | -13.852 | -16.304 | 1.40 | 1.07 | 14.71 | 16.83 |
| ST - 71 | ST - 70 | 1,368 | | 39.2 | | 1,939 | | 388 | 0 | 388 | 4,651 | 0.021 | 0.000 | 0.021 | 300 | 2.8 | 0.941 | 0.067 | -0.450 | -4.795 | 1.40 | 1.40 | 1.54 | 5.89 |
| ST - 72 | MT - 18 | 482 | | 18.7 | | 5,200 | | 1,040 | 0 | 1,040 | 3,996 | 0.048 | 0.000 | 0.048 | 350 | 4.0 | 0.959 | 0.092 | -1.600 | -3.795 | 1.60 | 1.60 | 2.82 | 2.01 |
| ST - 73 | MT - 32 | 756 | | 55.0 | | 50,178 | | 10,036 | 0 | 10,036 | 2,818 | 0.327 | 0.000 | 0.327 | 800 | 2.2 | 1.234 | 0.620 | -0.430 | -2.433 | 3.60 | 3.60 | 3.16 | 2.17 |
| MT - 32 | MT - 33 | 704 | | 30.3 | | 71,734 | | 14,347 | 0 | 14,347 | 2,667 | 0.443 | 0.000 | 0.443 | 900 | 2.0 | 1.273 | 0.810 | -2.433 | -4.215 | 3.60 | 3.10 | 5.06 | 6.34 |
| MT - 33 | MT - 19 | 629 | | 2,088 | | 149,449 | | 29,890 | 0 | 29,890 | 2,382 | 0.824 | 0.000 | 0.824 | 1,100 | 1.6 | 1.301 | 1.237 | -4.215 | -5.521 | 3.10 | 2.60 | 6.13 | 6.93 |

| Line No. | Line No. of Lower Sewer | Sewer Length (m) | | Sewage Area (ha) | | Population | | Average Flow (m ³ /d) | | | Peak Factor | Max. Flow (m ³ /s) | | | Sewer Line | | | Sewer Invert Elevation | | Ground Elevation (m) | | Earth Covering (m) | |
|----------|-------------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------|---------|----------------------------------|--------|-------|-------------|-------------------------------|----------|-------|---------------|-----------|---------|--------------------------|-----------|----------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | | Increment | Total | Increment | Total | Increment | Total | Sewage | Inlet | Total | | Sewage | Infiltr. | Total | Diameter (mm) | Slope (%) | V (m/s) | Cap. (m ³ /s) | Upper end | Lower end | Upper end | Lower end | Upper end |
| ST - 74 | MT - 32 | 615 | 615 | 10.7 | 10.7 | 5,622 | 5,622 | 0 | 1,124 | 0 | 1,124 | 3,948 | 0.051 | 0.000 | 0.051 | 0.092 | 0.092 | 1.700 | -0.936 | 3.60 | 3.60 | 1.52 | 4.15 |
| ST - 75 | MT - 33 | 1,283 | 1,283 | 85.0 | 85.0 | 54,628 | 54,628 | 0 | 10,926 | 0 | 10,926 | 2,782 | 0.352 | 0.000 | 0.352 | 0.620 | 0.620 | -0.875 | -4.153 | 1.60 | 3.10 | 1.61 | 3.39 |
| ST - 76 | ST - 77 | 567 | 567 | 110.1 | 110.1 | 13,582 | 13,582 | 0 | 2,716 | 0 | 2,716 | 3,447 | 0.108 | 0.000 | 0.108 | 0.200 | 0.200 | -0.875 | -2.543 | 1.60 | 1.60 | 1.93 | 3.60 |
| ST - 77 | ST - 78 | 2,558 | 3,125 | 116.9 | 291.5 | 14,417 | 35,945 | 0 | 7,189 | 0 | 7,189 | 2,967 | 0.247 | 0.000 | 0.247 | 0.454 | 0.454 | -4.083 | -11.573 | 1.60 | 1.50 | 4.93 | 12.32 |
| ST - 78 | ST - 79 | 128 | 3,253 | 0.0 | 331.6 | 0 | 47,096 | 0 | 9,419 | 0 | 9,419 | 2,846 | 0.310 | 0.000 | 0.310 | 0.620 | 0.620 | -11.573 | -11.930 | 1.50 | 1.50 | 9.21 | 12.56 |
| ST - 79 | MT - 34 | 836 | 4,089 | 0.0 | 404.3 | 0 | 62,788 | 0 | 12,558 | 0 | 12,558 | 2,723 | 0.396 | 0.000 | 0.396 | 0.620 | 0.620 | -11.930 | -14.218 | 1.50 | 1.50 | 12.56 | 14.85 |
| MT - 34 | MT - 35 | 671 | 4,760 | 40.0 | 834.4 | 11,121 | 122,011 | 0 | 24,402 | 0 | 24,402 | 2,458 | 0.694 | 0.000 | 0.694 | 1.017 | 1.017 | -14.819 | -16.327 | 1.50 | 1.60 | 15.24 | 16.85 |
| MT - 35 | MT - 19 | 545 | 5,305 | 72.2 | 906.5 | 20,551 | 142,562 | 0 | 28,512 | 0 | 28,512 | 2,400 | 0.792 | 0.000 | 0.792 | 1.301 | 1.301 | -16.327 | -17.424 | 1.60 | 2.60 | 13.74 | 18.84 |
| ST - 80 | ST - 77 | 787 | 787 | 64.4 | 64.4 | 7,946 | 7,946 | 0 | 1,589 | 0 | 1,589 | 3,743 | 0.069 | 0.000 | 0.069 | 0.123 | 0.123 | -0.950 | -4.083 | 2.60 | 1.60 | 3.12 | 2.25 |
| ST - 81 | ST - 78 | 468 | 468 | 40.1 | 40.1 | 11,151 | 11,151 | 0 | 2,230 | 0 | 2,230 | 3,553 | 0.092 | 0.000 | 0.092 | 0.156 | 0.156 | -0.500 | -1.985 | 1.50 | 1.50 | 1.51 | 3.00 |
| ST - 82 | ST - 79 | 790 | 790 | 29.4 | 29.4 | 3,624 | 3,624 | 0 | 725 | 0 | 725 | 4,224 | 0.035 | 0.000 | 0.035 | 0.092 | 0.092 | -0.750 | -4.216 | 1.15 | 1.50 | 1.52 | 5.33 |
| ST - 83 | ST - 79 | 475 | 475 | 43.4 | 43.4 | 12,068 | 12,068 | 0 | 2,414 | 0 | 2,414 | 3,510 | 0.098 | 0.000 | 0.098 | 0.156 | 0.156 | -0.500 | -2.004 | 1.50 | 1.50 | 1.51 | 3.02 |
| ST - 84 | ST - 85 | 2,411 | 2,411 | 190.2 | 190.2 | 23,449 | 23,449 | 0 | 4,690 | 0 | 4,690 | 3,169 | 0.172 | 0.000 | 0.172 | 0.313 | 0.313 | -4.050 | -11.594 | 1.60 | 1.45 | 2.00 | 12.39 |
| ST - 85 | MT - 34 | 1,193 | 3,604 | 144.0 | 390.1 | 17,755 | 48,102 | 0 | 9,620 | 0 | 9,620 | 2,837 | 0.316 | 0.000 | 0.316 | 0.620 | 0.620 | -11.594 | -14.819 | 1.45 | 1.50 | 12.18 | 15.45 |
| ST - 86 | ST - 85 | 1,677 | 1,677 | 55.9 | 55.9 | 6,898 | 6,898 | 0 | 1,380 | 0 | 1,380 | 3,826 | 0.061 | 0.000 | 0.061 | 0.123 | 0.123 | -0.950 | -7.541 | 1.00 | 1.45 | 1.52 | 8.56 |

89,386 89,386 4,490 4,490 1,236,736 1,236,736

出典：JICA PPP Study Team

1.3 事業費（初期投資費用）の積算

(1) 建設計画

1) 地質及び地形

プロジェクト区域は、ジャカルタ平野にあり、その地質条件は主に三角州である。区域の大部分が沖積層あるいは若年期の岩により覆われている。若い火山岩がプロジェクト区域の残りを覆っている一方、沖積土層が、主に河川沿いに広がっている。

北部の地表面は、1000 mにつき 0.2～0.3 m の勾配で北に向かって下がり、低い海拔で殆ど平坦となっている。地下水のレベルは、特に北の海岸区域で高い。一方、プロジェクト区域の南部では、地面勾配は 1000 m につき 1～2 m の表面勾配を持ち、むしろ険しい。

プロジェクト区域では、Pluit 池と Abdul Mus 通り沿いの地質調査が各々1986年と1987年に地元コンサルタントにより実施されている。

Pluit 池の河口において、地表面 P.P. +1.50m と P.P. -5.50 m のレベルの間の表土の土質条件は、N 値 0 の砂質ロームである。その下位の P.P. -5.50 m と P.P. -16.5 m の土層は、大部分は平均 N 値 5 の若干の礫を含む粘土と砂質粘土である。P.P. -16.50 m より深い深度では、土層は N 値 50 以上の非常に硬い砂質粘土である。この土層は構造物の支持地盤となり得る。

計画下水管渠沿いの地質条件は次のとおりである。

- a) 上流の 0.5～1.5 m の層は色々な土質を持つ；有機腐植土，シルト質砂，粘土質シルト，砂質シルトと砂質粘土。土のコンシステンシーは、「非常に軟らかい」から「軟らかい」の範囲である。
- b) プロジェクト区域の南部の下位層の厚さは、一般に 9～13 m である。しかし、Kh. Hasyin Asyhari 通りと Pluit 池の南端の間では 30 m 以上になっている。
- c) その下層の土層は、シルト質粘土，シルト質砂，有機粘土，砂質粘土，砂質シルトと凝灰質シルトから構成されている。下層のコンシステンシーは平均 N 値 7 で、軟らかい。
- d) 南部の支持層は凝灰岩，凝灰質シルトと凝灰質砂から成る。N 値は 60 から 100 以上まで変化する。

1986年と1987年に行われた土質調査位置と地質断面図を、図 1-6 と 1-7 に示す。



出典：1991年マスタープラン

図 1-6 Zone 1 のボーリング位置

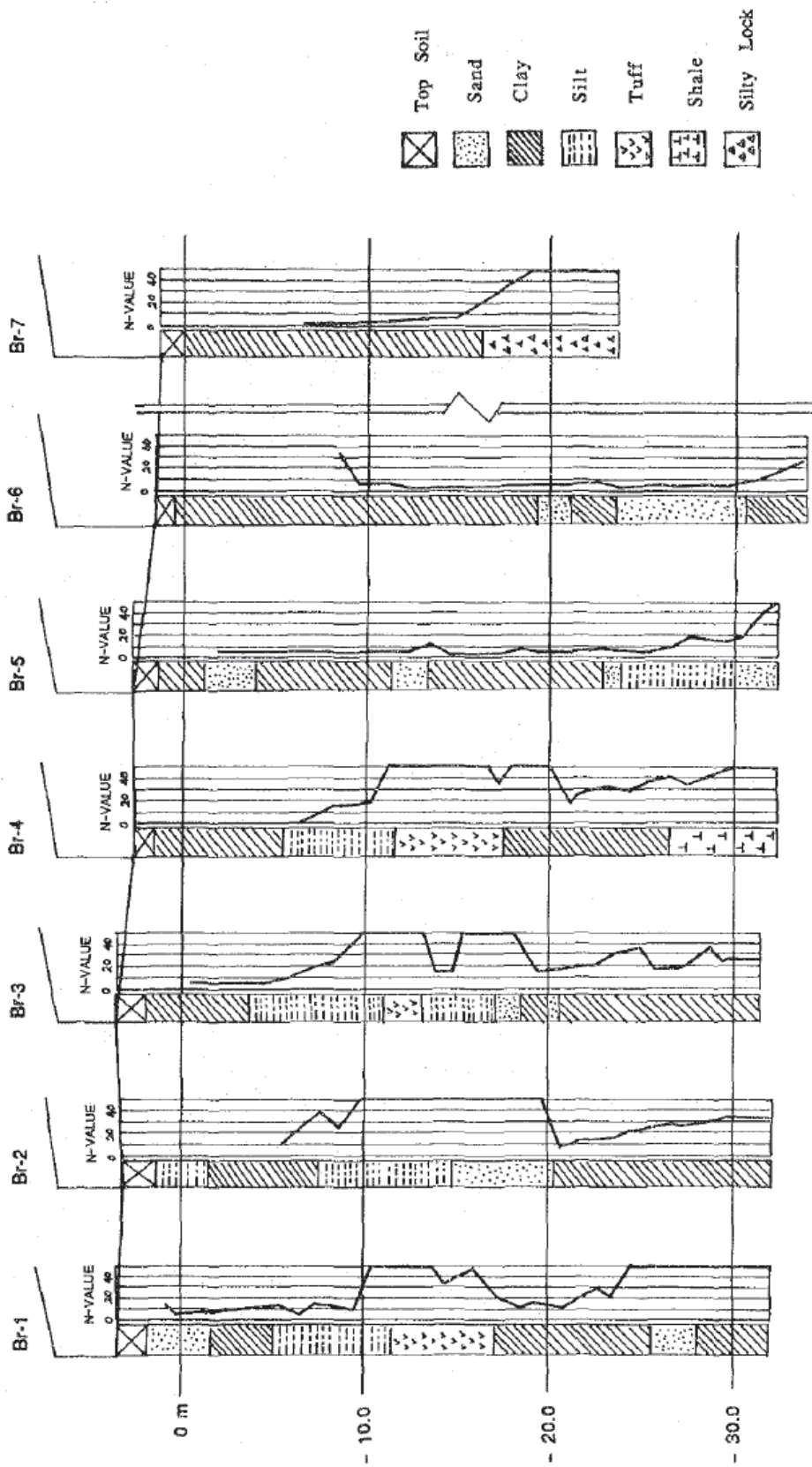


図 1-7 Zone 1 の地質断面図

出典：1991年マスタープラン

2) 下水管渠の整備

開削（オープンカット）工法は、原則として準幹線と3次管渠に採用している。50,077 mの全ての3次管渠（雨水吐室への取付下水管を含む）は、開削工法で整備する。総延長64,267 mの準幹線とメイン幹線の一部は、河川や交通量の多い道路や鉄道を横断するため、推進工法で建設する。準幹線の残りの25,119 mは、開削工法で構築するものとする。シールドトンネル工法の建設コストは高いが、主要下水道幹線の一部で立坑を建設するのが難しい場合、詳細設計段階でシールドトンネル工法を検討する必要がある。

3) 必要となる主要施工機械

下水道整備の主要な工事は、土工作业を必要とする下水道管の設置である。密閉型機械掘りトンネルマシンは、推進もしくはシールドトンネル工法で必要となる。一方、開削工法では、バックホウ、バイブロハンマー、トラッククレーンのような重機がトレンチ堀削、矢板の設置撤去、管渠設置等のために必要となる。

(2) 下水管渠の建設コスト

下水管渠の建設コストは、以下の事項を考慮して推定した。

- 1) イ国に推進工事などの積算基準がないため、日本の積算基準を使用する。ただし、イ国の施工単価に合わせるため、下記の調整を行った。
 - a) 2007年のバリ島のデンパサール下水道整備事業では、下記の管径しか使用されていない。これらの単価に2012年までの物価上昇率29.6%を上乗せした施工単価を出し、それと日本単価を比較して調整のための比率を決めた。
開削工事φ200～700 mm、推進工事φ700～800 mm
 - b) 上記の比較の結果、推進工事については、両単価がほぼ同水準であったため、日本単価を採用することにした。
 - c) 開削工事については、バリ島の事業で使用されていない管径以外についても、上記a)の比率による調整を行った。
- 2) 上記の管渠築造費には、バリ島の積算事例を参考に、支障物撤去復旧、舗装撤去復旧等の工事費として、上記管渠工事費に23.7%上乗せした。

Zone 1の下水管渠の工事費を下表に示す。

表 1-5 Zone 1 の下水管渠の工事費の概要

Summary Cost Estimate of Pipeline IDR= 0.0085 JPY
 1 USD= 9,012.50 IDR
 1 USD= 76.21 JPY

| Item | unit | Quantity | Cost (IDR) |
|--|------|----------|--------------------------|
| Civil works | | | |
| 1-1 (MT-16~MT-19) | Ls | 1 | 265,873,621,439 |
| 1-2 (MT-1~MT-15) | Ls | 1 | 285,094,176,299 |
| 2 (MT-20~MT-21、MT-31~MT-35) | Ls | 1 | 202,532,516,666 |
| 4-1 (ST-1~ST-12、ST-14~ST-16) | Ls | 1 | 109,596,080,306 |
| 4-2 (ST-13、ST-17~ST-19) | Ls | 1 | 37,371,268,627 |
| 5 (ST-20~ST-30) | Ls | 1 | 170,120,133,481 |
| 8 (ST-67~ST-68) | Ls | 1 | 38,562,112,056 |
| 9 (ST-69~ST-83) | Ls | 1 | 263,020,797,501 |
| 10 (ST-84~ST-86) | Ls | 1 | 112,470,743,036 |
| 3 (MT-22~MT-30) | Ls | 1 | 177,982,060,944 |
| 6 (ST-31~ST-50) | Ls | 1 | 241,201,812,480 |
| 7-1 (ST-51~ST-58、ST-60~ST-61、ST64~ST-66) | Ls | 1 | 193,121,545,819 |
| 7-2 (ST-59、ST-62~ST-63) | Ls | 1 | 14,926,430,102 |
| Pipe Line Sub-Total | | | 2,111,873,298,756 |
| Others for Sewer Construction & Restoration | | 23.68% | 500,035,808,065 |
| Pipe Line Total | | | 2,611,909,106,821 |

出典：JICA PPP Study Team

表 1-6 Zone 1 の下水管渠工事費の内訳

| Section No | Item (Dia: mm) | Specification | | | | | unit | Quantity | Unit Price (IDR) | Total (IDR) | | | |
|--------------------|--------------------|---------------------|------------------------------|------------|---------------------|------------------------------|------|----------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| | | Construction Method | Earth Covering Depth Type(m) | Length (m) | Construction Method | Earth Covering Depth Type(m) | | | | | Length (m) | | |
| Civil works | | | | | | | | | | | | | |
| MT-16-19 | Section 1-1 | | | | | | | | | | | | |
| | Pipe | MT-16 | 2,000 | PJ | >10m | 417 | | m | 417 | 71,949,458 | 30,021,115,862 | | |
| | | MT-17 | 2,000 | PJ | >10m | 1,524 | | m | 1,524 | 74,842,271 | 114,070,775,644 | | |
| | | MT-18 | 2,200 | PJ | >10m | 34 | | m | 34 | 170,015,590 | 5,803,664,674 | | |
| | | MT-19 | 2,200 | PJ | >10m | 1,389 | | m | 1,389 | 83,497,527 | 115,978,065,259 | | |
| | Sub total (Pipe) | | | | | | m | 3,365 | | 265,873,621,439 | | | |
| MT-1-15 | Section 1-2 | | | | | | | | | | | | |
| | Pipe | MT-1 | 900 | PJ | >10m | 939 | | m | 939 | 30,210,117 | 28,352,955,559 | | |
| | | MT-2 | 900 | PJ | >10m | 108 | | m | 108 | 35,811,648 | 3,879,545,902 | | |
| | | MT-3 | 900 | PJ | >10m | 621 | | m | 621 | 28,482,808 | 17,690,005,933 | | |
| | | MT-4 | 1,000 | PJ | 10 m | 38 | | m | 38 | 66,463,312 | 2,544,719,393 | | |
| | | MT-5 | 1,000 | PJ | >10m | 803 | | m | 803 | 29,386,304 | 23,591,392,132 | | |
| | | MT-6 | 1,000 | PJ | >10m | 710 | | m | 710 | 32,510,328 | 23,067,829,373 | | |
| | | MT-7 | 1,100 | PJ | >10m | 1,588 | | m | 1,588 | 31,767,447 | 50,451,801,860 | | |
| | | MT-8 | 1,100 | PJ | >10m | 113 | | m | 113 | 42,273,180 | 4,778,699,137 | | |
| | | MT-9 | 1,100 | PJ | >10m | 118 | | m | 118 | 41,392,526 | 4,896,182,477 | | |
| | | MT-10 | 1,200 | PJ | >10m | 37 | | m | 37 | 82,024,771 | 3,060,700,217 | | |
| | | MT-11 | 1,200 | PJ | >10m | 293 | | m | 293 | 42,336,257 | 12,423,619,181 | | |
| | | MT-12 | 1,200 | PJ | >10m | 1,479 | | m | 1,479 | 35,080,109 | 51,874,696,639 | | |
| | | MT-13 | 1,500 | PJ | >10m | 33 | | m | 33 | 106,480,468 | 3,563,485,197 | | |
| | | MT-14 | 1,650 | PJ | >10m | 642 | | m | 642 | 51,818,003 | 33,247,188,144 | | |
| | MT-15 | 1,650 | PJ | >10m | 329 | | m | 329 | 65,920,062 | 21,671,355,155 | | | |
| | Sub total (Pipe) | | | | | | m | 7,851 | | 285,094,176,299 | | | |
| MT-20-21 31-35 | Section 2 | | | | | | | | | | | | |
| | Pipe | MT-20 | 1,000 | PJ | 7 m | 1,285 | | m | 1,285 | 31,990,031 | 41,104,597,103 | | |
| | | MT-21 | 1,000 | PJ | 5 m | 1,647 | | m | 1,647 | 30,622,848 | 50,427,557,368 | | |
| | | MT-31 | 900 | PJ | >10m | 884 | | m | 884 | 34,528,696 | 30,529,542,593 | | |
| | | MT-32 | 900 | PJ | 5 m | 704 | | m | 704 | 25,098,099 | 17,661,887,596 | | |
| | | MT-33 | 1,100 | PJ | 7 m | 629 | | m | 629 | 38,628,595 | 24,288,421,994 | | |
| | | MT-34 | 1,000 | PJ | >10m | 671 | | m | 671 | 30,953,497 | 20,774,741,156 | | |
| | MT-35 | 1,100 | PJ | >10m | 545 | | m | 545 | 32,560,919 | 17,745,768,855 | | | |
| | Sub total (Pipe) | | | | | | m | 6,364 | | 202,532,516,666 | | | |
| ST-1-12 14-16 | Section 4-1 | | | | | | | | | | | | |
| | Pipe | ST-1 | 500 | | | | OC | 2 m | 2,434 | m | 2,434 | 6,817,763 | 16,597,062,412 |
| | | ST-2 | 600 | PJ | 5 m | 389 | | m | 389 | 21,977,136 | 8,546,212,579 | | |
| | | ST-3 | 700 | PJ | 5 m | 40 | | m | 40 | 29,922,317 | 1,198,156,031 | | |
| | | ST-4 | 700 | PJ | 5 m | 520 | | m | 520 | 26,621,116 | 13,842,994,270 | | |
| | | ST-5 | 800 | PJ | 7 m | 278 | | m | 278 | 39,868,356 | 11,101,343,335 | | |
| | | ST-6 | 300 | | | | OC | 2 m | 1,543 | m | 1,543 | 5,031,476 | 7,765,517,499 |
| | | ST-7 | 300 | PJ | 5 m | 27 | | m | 27 | 34,926,691 | 955,149,300 | | |
| | | ST-8 | 150 | | | | OC | 2 m | 168 | m | 168 | 9,507,319 | 1,596,267,645 |
| | | ST-9 | 400 | | | | OC | 2 m | 752 | m | 752 | 4,729,812 | 3,559,125,809 |
| | | ST-10 | 300 | | | | OC | 2 m | 637 | m | 637 | 4,823,921 | 3,073,914,454 |
| | | ST-11 | 450 | | | | OC | 2 m | 602 | m | 602 | 4,359,493 | 2,623,837,508 |
| | | ST-12 | 600 | | | | OC | 3 m | 653 | m | 653 | 7,322,093 | 4,778,254,447 |
| | | ST-14 | 500 | PJ | 10 m | 814 | | m | 814 | 23,697,176 | 19,292,064,666 | | |
| | | ST-15 | 400 | PJ | 3 m | 100 | OC | 3 m | 488 | m | 588 | 13,115,735 | 7,712,730,209 |
| | | ST-16 | 400 | PJ | 5 m | 150 | OC | 3 m | 484 | m | 634 | 10,961,528 | 6,953,450,141 |
| | Sub total (Pipe) | | | | | | m | 10,081 | | | 109,596,080,306 | | |
| ST-13 17-19 | Section 4-2 | | | | | | | | | | | | |
| | Pipe | ST-13 | 500 | PJ | 9 m | 964 | | m | 964 | 24,199,863 | 23,336,711,067 | | |
| | | ST-17 | 400 | | | | OC | 3 m | 1,001 | m | 1,001 | 6,711,632 | 6,720,070,015 |
| | | ST-18 | 250 | | | | OC | 3 m | 579 | m | 579 | 5,428,068 | 3,145,252,125 |
| | ST-19 | 200 | PJ | 5 m | 263 | | m | 263 | 15,865,861 | 4,169,235,419 | | | |
| | Sub total (Pipe) | | | | | | m | 2,808 | | | 37,371,268,627 | | |
| ST-20-30 | Section 5 | | | | | | | | | | | | |
| | Pipe | ST-20 | 400 | PJ | 7 m | 734 | | m | 734 | 28,307,478 | 20,765,611,504 | | |
| | | ST-21 | 400 | PJ | 5 m | 105 | | m | 105 | 28,321,383 | 2,964,143,067 | | |
| | | ST-22 | 450 | PJ | 5 m | 500 | OC | 3 m | 1,748 | m | 2,248 | 10,736,013 | 24,136,262,834 |
| | | ST-23 | 350 | PJ | 5 m | 500 | OC | 3 m | 624 | m | 1,124 | 11,462,574 | 12,883,607,881 |
| | | ST-24 | 600 | PJ | 7 m | 1,222 | | m | 1,222 | 24,557,521 | 30,010,289,158 | | |
| | | ST-25 | 350 | PJ | 3 m | 100 | OC | 3 m | 442 | m | 542 | 7,998,995 | 4,337,167,366 |
| | | ST-26 | 400 | PJ | 5 m | 400 | OC | 3 m | 648 | m | 1,048 | 10,695,936 | 11,213,836,976 |
| | | ST-27 | 700 | PJ | 7 m | 1,222 | | m | 1,222 | 25,354,346 | 30,974,605,808 | | |
| | | ST-28 | 400 | PJ | 5 m | 53 | | m | 53 | 30,829,619 | 1,619,766,244 | | |
| | | ST-29 | 800 | PJ | 5 m | 663 | | m | 663 | 30,167,451 | 20,006,271,539 | | |
| | ST-30 | 500 | PJ | 5 m | 300 | OC | 3 m | 661 | m | 961 | 11,662,025 | 11,208,571,104 | |
| | Sub total (Pipe) | | | | | | m | 9,922 | | | 170,120,133,481 | | |
| ST-67-68 | Section 8 | | | | | | | | | | | | |
| | Pipe | ST-67 | 600 | | | | OC | 3 m | 645 | m | 645 | 8,352,762 | 5,391,053,308 |
| | | ST-68 | 800 | PJ | 5 m | 1,227 | | m | 1,227 | 27,039,887 | 33,171,058,749 | | |
| | Sub total (Pipe) | | | | | | m | 1,872 | | | 38,562,112,056 | | |

| Section No | Item (Dia: mm) | Specification | | | | | | unit | Quantity | Unit Price (IDR) | Total (IDR) | | | |
|---|------------------|---------------------|------------------------------|------------|---------------------|------------------------------|------------|------|----------|------------------|-------------|---------------|-------------------|-----------------|
| | | Construction Method | Earth Covering Depth Type(m) | Length (m) | Construction Method | Earth Covering Depth Type(m) | Length (m) | | | | | | | |
| ST -69-83 | Section 9 | | | | | | | | | | | | | |
| | Pipe | ST-69 | 400 | PJ | 10 m | 2,500 | OC | 3 m | 835 | m | 3,335 | 17,097,712 | 57,016,405,505 | |
| | | ST-70 | 500 | PJ | >10m | 742 | | | | m | 742 | 21,523,563 | 15,966,717,899 | |
| | | ST-71 | 300 | PJ | 5 m | 600 | OC | 3 m | 768 | m | 1,368 | 10,515,328 | 14,384,488,700 | |
| | | ST-72 | 350 | PJ | 5 m | 300 | OC | 3 m | 182 | m | 482 | 12,985,862 | 6,264,226,809 | |
| | | ST-73 | 800 | PJ | 5 m | 550 | OC | 3 m | 206 | m | 756 | 25,701,185 | 19,425,683,016 | |
| | | ST-74 | 350 | PJ | 3 m | 100 | OC | 3 m | 515 | m | 615 | 8,134,484 | 5,004,469,643 | |
| | | ST-75 | 800 | PJ | 5 m | 700 | OC | 3 m | 583 | m | 1,283 | 18,141,860 | 23,275,182,877 | |
| | | ST-76 | 500 | | | | OC | 3 m | 567 | m | 567 | 8,526,754 | 4,834,950,105 | |
| | | ST-77 | 700 | PJ | 9 m | 2,558 | | | | m | 2,558 | 24,574,202 | 62,871,879,814 | |
| | | ST-78 | 800 | PJ | >10m | 128 | | | | m | 128 | 31,188,885 | 3,992,677,730 | |
| | | ST-79 | 800 | PJ | >10m | 836 | | | | m | 836 | 26,121,031 | 21,825,426,116 | |
| | | ST-80 | 400 | PJ | 5 m | 400 | OC | 3 m | 387 | m | 787 | 15,060,215 | 11,846,490,465 | |
| | | ST-81 | 450 | | | | OC | 3 m | 468 | m | 468 | 8,336,503 | 3,904,342,874 | |
| | | ST-82 | 350 | PJ | 5 m | 300 | OC | 3 m | 490 | m | 790 | 10,753,499 | 8,497,671,111 | |
| | | ST-83 | 450 | | | | OC | 3 m | 475 | m | 475 | 8,237,655 | 3,910,184,835 | |
| | | Sub total (Pipe) | | | | | | | | | | m | 15,190 | |
| ST -84-86 | Section 10 | | | | | | | | | | | | | |
| | Pipe | ST-84 | 600 | PJ | 9 m | 2,411 | | | | m | 2,411 | 22,650,013 | 54,610,902,441 | |
| | | ST-85 | 800 | PJ | >10m | 1,193 | | | | m | 1,193 | 27,488,563 | 32,802,200,927 | |
| | | ST-86 | 400 | PJ | 7 m | 1,000 | OC | 3 m | 677 | m | 1,677 | 14,938,062 | 25,057,639,668 | |
| | Sub total (Pipe) | | | | | | | | | | m | 5,282 | | 112,470,743,036 |
| MT 22-30 | Section 3 | | | | | | | | | | | | | |
| | Pipe | MT-22 | 1,000 | PJ | >10m | 1,044 | | | | m | 1,044 | 29,850,436 | 31,153,812,104 | |
| | | MT-23 | 1,000 | PJ | >10m | 968 | | | | m | 968 | 30,245,326 | 29,287,687,839 | |
| | | MT-24 | 1,100 | PJ | >10m | 290 | | | | m | 290 | 34,843,486 | 10,088,247,950 | |
| | | MT-25 | 1,350 | PJ | >10m | 462 | | | | m | 462 | 40,990,224 | 18,923,647,857 | |
| | | MT-26 | 1,350 | PJ | >10m | 97 | | | | m | 97 | 64,939,635 | 6,268,995,080 | |
| | | MT-27 | 1,350 | PJ | >10m | 152 | | | | m | 152 | 49,173,984 | 7,486,579,812 | |
| | | MT-28 | 1,350 | PJ | >10m | 420 | | | | m | 420 | 40,910,689 | 17,162,888,467 | |
| | | MT-29 | 1,500 | PJ | >10m | 432 | | | | m | 432 | 44,595,199 | 19,272,218,899 | |
| | | MT-30 | 900 | PJ | 7 m | 1,116 | | | | m | 1,116 | 34,364,207 | 38,337,982,935 | |
| | | Sub total (Pipe) | | | | | | | | | | m | 4,979 | |
| ST 31-50 | Section 6 | | | | | | | | | | | | | |
| | Pipe | ST-31 | 300 | PJ | 5 m | 563 | | | | m | 563 | 19,445,726 | 10,956,503,279 | |
| | | ST-32 | 450 | PJ | 7 m | 696 | | | | m | 696 | 22,974,924 | 15,998,731,366 | |
| | | ST-33 | 600 | PJ | 9 m | 540 | | | | m | 540 | 23,597,091 | 12,749,679,101 | |
| | | ST-34 | 600 | PJ | 10 m | 60 | | | | m | 60 | 25,405,173 | 1,524,888,748 | |
| | | ST-35 | 600 | PJ | 10 m | 351 | | | | m | 351 | 21,472,313 | 7,537,694,332 | |
| | | ST-36 | 700 | PJ | 10 m | 803 | | | | m | 803 | 23,617,370 | 18,959,602,866 | |
| | | ST-37 | 700 | PJ | >10m | 459 | | | | m | 459 | 28,258,334 | 12,966,665,993 | |
| | | ST-38 | 700 | PJ | >10m | 905 | | | | m | 905 | 25,645,116 | 23,196,321,633 | |
| | | ST-39 | 700 | PJ | >10m | 941 | | | | m | 941 | 26,735,819 | 25,170,762,512 | |
| | | ST-40 | 700 | PJ | >10m | 471 | | | | m | 471 | 29,207,053 | 13,747,726,266 | |
| | | ST-41 | 800 | PJ | >10m | 1,084 | | | | m | 1,084 | 27,087,660 | 29,374,268,840 | |
| | | ST-42 | 400 | PJ | 5 m | 217 | | | | m | 217 | 40,941,533 | 8,879,558,406 | |
| | | ST-43 | 450 | PJ | 3 m | 246 | | | | m | 246 | 42,752,803 | 10,499,097,448 | |
| | | ST-44 | 350 | PJ | 5 m | 200 | OC | 3 m | 164 | m | 364 | 15,412,936 | 5,608,903,738 | |
| | | ST-45 | 350 | PJ | 5 m | 200 | OC | 3 m | 312 | m | 512 | 17,839,925 | 9,127,543,021 | |
| | | ST-46 | 350 | PJ | 5 m | 400 | OC | 3 m | 161 | m | 561 | 16,340,004 | 9,164,923,961 | |
| | | ST-47 | 350 | PJ | 5 m | 296 | | | | m | 296 | 33,822,595 | 9,995,272,949 | |
| | | ST-48 | 200 | PJ | 3 m | 100 | OC | 3 m | 80 | m | 180 | 22,709,161 | 4,084,191,251 | |
| | | ST-49 | 200 | PJ | 5 m | 350 | OC | 3 m | 604 | m | 954 | 9,760,409 | 9,313,785,432 | |
| | ST-50 | 250 | | | | OC | 3 m | 390 | m | 390 | 6,015,036 | 2,345,691,339 | | |
| | Sub total (Pipe) | | | | | | | | | | m | 10,592 | | 241,201,812,480 |
| ST 51-58 60-61 64-66 | Section 7-1 | | | | | | | | | | | | | |
| | Pipe | ST-51 | 300 | PJ | 5 m | 700 | OC | 3 m | 842 | m | 1,542 | 9,991,818 | 15,411,650,718 | |
| | | ST-52 | 700 | PJ | 7 m | 1,315 | | | | m | 1,315 | 27,121,714 | 35,667,349,102 | |
| | | ST-53 | 800 | PJ | 10 m | 1,368 | | | | m | 1,368 | 27,215,163 | 37,218,530,539 | |
| | | ST-54 | 800 | PJ | 5 m | 583 | | | | m | 583 | 31,134,889 | 18,153,798,650 | |
| | | ST-55 | 700 | | | | OC | 2 m | 65 | m | 65 | 11,771,997 | 768,421,294 | |
| | | ST-56 | 700 | PJ | 3 m | 1,616 | | | | m | 1,616 | 22,471,741 | 36,318,300,480 | |
| | | ST-57 | 350 | PJ | 3 m | 400 | OC | 2 m | 417 | m | 817 | 11,098,998 | 9,072,699,409 | |
| | | ST-58 | 350 | PJ | 3 m | 200 | OC | 3 m | 731 | m | 931 | 7,980,971 | 7,429,279,684 | |
| | | ST-60 | 450 | PJ | 7 m | 378 | | | | m | 378 | 21,298,163 | 8,051,399,518 | |
| | | ST-61 | 500 | PJ | 9 m | 256 | | | | m | 256 | 32,331,435 | 8,271,127,541 | |
| | | ST-64 | 500 | PJ | 5 m | 365 | | | | m | 365 | 27,049,945 | 9,870,245,218 | |
| | | ST-65 | 600 | PJ | 5 m | 248 | | | | m | 248 | 23,818,290 | 5,912,683,306 | |
| | | ST-66 | 350 | | | | OC | 2 m | 171 | m | 171 | 5,717,136 | 976,060,361 | |
| | Sub total (Pipe) | | | | | | | | | | m | 9,656 | | 193,121,545,819 |
| ST 59 62-63 | Section 7-2 | | | | | | | | | | | | | |
| | Pipe | ST-59 | 250 | PJ | 5 m | 508 | | | | m | 508 | 21,452,460 | 10,906,412,777 | |
| | | ST-62 | 300 | | | | OC | 2 m | 291 | m | 291 | 3,390,810 | 985,690,368 | |
| | | ST-63 | 350 | | | | OC | 3 m | 625 | m | 625 | 4,851,151 | 3,034,326,957 | |
| | Sub total (Pipe) | | | | | | | | | | m | 1,425 | | 14,926,430,102 |
| Total | | | | | | | | | | m | 89,386 | | 2,111,873,298,756 | |
| Others for Sewer Construction & Restoration | | | | | | | | | | | | 23.68% | 500,035,808,065 | |
| Grand Total | | | | | | | | | | | | | 2,611,909,106,821 | |

1.4 施工計画

(1) 可働日数

毎年の可働日数は、以下の事項を考慮し、240日とする。

| | |
|--------------|-----------------------|
| 年間の日曜日の日数: | 12ヶ月 x 4日 = 48日 |
| 年間の国民の休日の日数: | 約20日 |
| 年間雨天日数: | 57日 (10mm/日以上 of 降雨日) |
| 年間作業停止日数: | 125日 |

従って、実作業日数に1.5 (=365日 / 240日) を乗じて暦日日数とする。

(2) 作業時間

主要道路沿いの開削工法による下水管の設置は夜間時間のみに実施するものとする。トレンチは、昼間は通行用として覆工板によりカバーする。推進やシールド工法での施工は、連続的な作業ペースを確保するために、毎日2交代、それぞれが8時間作業で行なうものとする。

(3) 施工時間の計算

インドネシアでは推進工法の積算（施工時間）の基準が無いため、日本の基準を参照する。参照する基準は下記のとおりである。

- a) 下水道用設計積算要領（開削工法編），（推進工法編），（シールド工法編）－日本下水道協会
- b) 推進工法用設計積算要領－日本推進技術協会

下表に、下水管渠の施工時間の計算を示す。

(4) 実施スケジュール

下水管渠工事の実施スケジュールは、以下の条件に基づいて検討した。

- a) 幹線と準幹線は同時に建設する。
- b) 最大 10 の現場(パーティ)にて行なう。

下水管渠の整備スケジュールは同じであるが、汚水の収集率毎に以下の 3 ケースを比較検討した。

ケース 1： 100%の汚水が流入すると仮定。(本編 5.2.1 章のケース 1)

ケース 2： 総汚水量の 70%が流入すると仮定。(本編 5.2.1 章のケース 2)

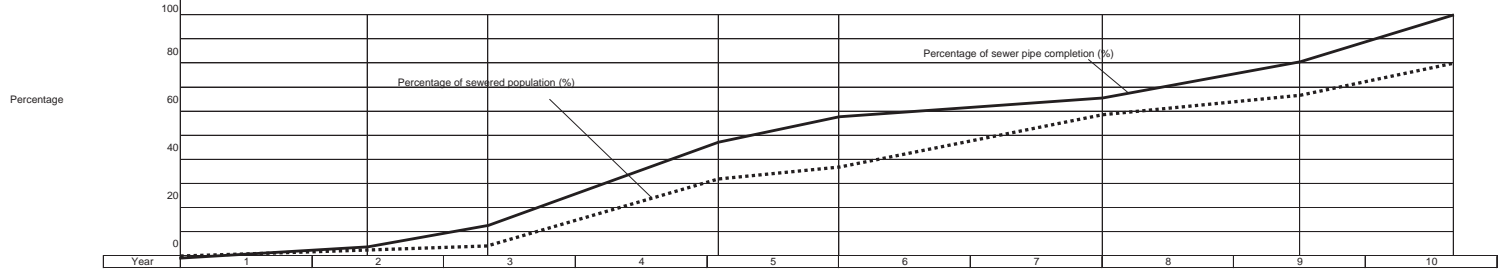
ケース 3： 主要幹線の立坑付近で汚水が流入すると仮定。

ケース 2 では 2017 年に運転開始して 2025 年に下水管渠が完成する。汚水の収集率及び下水処理場の整備計画を考慮すると、ケース 2 が最も妥当であると考えられる。

IDR= 0.0085 JPY
1 USD= 9012.5 IDR
1 USD= 76.21 JPY

Construction Schedule and Disbursement (CASE-2_Inlet=70%)

| Type of works | Month | Year /Month | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | 6 | | | | | | | | | | | | 7 | | | | | | | | | | | | 8 | | | | | | | | | | | | 9 | | | | | | | | | | | | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|-------------|---------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|---------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|---------|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|---------|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|---------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|---------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|---------|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| West Side | 1-1 | 17.50 | 328,825 | 12 | | | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 17 | 12 | | | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1-2 | 28.22 | 328,825 | 232,112 | | | | | | | | | | | | 96,713 | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 28 | 232,112 | | | | | | | | | | | | 96,713 | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 30.61 | 352,597 | 151,113 | | | | | | | | | | | | 151,113 | | | | | | | | | | | | 50,371 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 29 | 151,113 | | | | | | | | | | | | 151,113 | | | | | | | | | | | | 50,371 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4-1 | 27.23 | 250,487 | 0 | | | | | | | | | | | | 58,562 | | | | | | | | | | | | 96,963 | | | | | | | | | | | | 36,963 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 31 | 0 | | | | | | | | | | | | 58,562 | | | | | | | | | | | | 96,963 | | | | | | | | | | | | 36,963 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4-2 | 9.91 | 135,546 | 0 | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 27 | 0 | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 36.28 | 46,220 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 10 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 5.13 | 210,399 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 70,133 | | | | | | | | | | | | 70,133 | | | | | | | | | | | | 70,133 | | | | | | | | | | | | 70,133 | | | | | | | | | | | | 70,133 | | | | | | | | | | | | 70,133 | | | | | | | | | | | | 70,133 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 5 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 70,133 | | | | | | | | | | | | 70,133 | | | | | | | | | | | | 70,133 | | | | | | | | | | | | 70,133 | | | | | | | | | | | | 70,133 | | | | | | | | | | | | 70,133 | | | | | | | | | | | | 70,133 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 58.53 | 47,693 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 5 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | |
| 10 | 16.95 | 325,297 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 61,694 | | | | | | | | | | | | 67,303 | | | | | | | | | | | | 67,303 | | | | | | | | | | | | 67,303 | | | | | | | | | | | | 67,303 | | | | | | | | | | | | 67,303 | | | | | | | | | | | | 67,303 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 17 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 61,694 | | | | | | | | | | | | 67,303 | | | | | | | | | | | | 67,303 | | | | | | | | | | | | 67,303 | | | | | | | | | | | | 67,303 | | | | | | | | | | | | 67,303 | | | | | | | | | | | | 67,303 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 20.33 | 139,101 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 21 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | |
| 6 | 49.64 | 220,124 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 8 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 21 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 8 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7-1 | 36.20 | 298,312 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 11 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 49 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 11 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7-2 | 3.87 | 298,312 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 6,835 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 36 | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 6,835 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total Cost | 340.40 | 2,611,911 | 383,225 | | | | | | | | | | | | 392,430 | | | | | | | | | | | | 371,050 | | | | | | | | | | | | 362,607 | | | | | | | | | | | | 210,021 | | | | | | | | | | | | 210,492 | | | | | | | | | | | | 210,492 | | | | | | | | | | | | 210,492 | | | | | | | | | | | | 205,656 | | | | | | | | | | | | 200,480 | | | | | | | | | | | | 65,459 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2,611,912 | 383,225 | | | | | | | | | | | | 392,430 | | | | | | | | | | | | 371,050 | | | | | | | | | | | | 362,607 | | | | | | | | | | | | 210,021 | | | | | | | | | | | | 210,492 | | | | | | | | | | | | 210,492 | | | | | | | | | | | | 210,492 | | | | | | | | | | | | 205,656 | | | | | | | | | | | | 200,480 | | | | | | | | | | | | 65,459 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|-----------------|--|--|-------------------|--|--|-------------------|--|--|-------------------|--|--|--|--|--|-------------------|--|--|--------------------|--|--|
| Average daily wastewater flow (m ³ /day) | 0.0% | 6,038 | | | 8,614 | | | 79,926 | | | 91,406 | | | 145,943 | | | 165,357 | | | 197,878 | | |
| Percentage of sewered population (%) | 0.0% | (30,195) 2.44% | | | (43,069) 3.48% | | | (399,630) 32.31% | | | (457,030) 36.95% | | | (729,715) 59.00% | | | (826,785) 66.85% | | | (989,389) 80.00% | | |
| Percentage of sewer pipe completion (%) | 0.0% | (3.36 km) 3.76% | | | (11.22 km) 12.55% | | | (42.30 km) 47.32% | | | (61.56 km) 57.69% | | | (89.389)m ³ /day is sewered population. (58.23 km) 65.15% | | | (71.89 km) 80.42% | | | (89.39 km) 100.00% | | |
| Nos of Construction Party | | 4 party | | | 7 party | | | 10 party | | | 8 | | | 9 party | | | 6 party | | | 3 party | | |

出典: JICA PPP Study Team

図 1-9 下水管渠建設工程及び建設費支出計画 (ケース 2)

第2章 中央下水処理場施設計画

2.1 下水処理施設の概要

(1) 概要

1) 下水処理場用地

下水処理場予定地は図 2-1 に示す Banjir Canal と高速道路に挟まれた狭隘な土地で、現在、公園として利用されている土地である。処理場用地としての公的な確定はまだ成されていないが、2011 年 12 月 16 日付の助役 (SEKRETARIS DAERAH PROVINSI DKI JAKARTA) 通達では、公園用地 6.9 ha の内、約 3.3 ha が施設用地としての利用が可能であるとされている。このため、処理場施設に供する用地面積は出来るだけ小さくすることが求められる。



出典：JICA PPP Study Team

図 2-1 下水処理場予定地

2) 水処理方式

水処理方式としては、省面積型処理法が求められるため、以下の 3 処理方法を検討対象とした。

- a) 膜分離活性汚泥法 (MBR) : 生物処理として浮遊型活性汚泥法であるが、活性汚泥と処理水の分離に沈殿池を用いるのではなく膜を使用する方法である。反応槽内に膜設備を設置することが多く、汚泥を返送することなく槽内 MLSS を高く保持できることから、反応槽滞留時間が標準活性汚泥法と比較して、約半分程度となる。また、最終沈殿地が必要でないことから、省面積化が図れる。フローは以下の通りである。

流入→調整槽→微細目スクリーン→反応槽→膜分離→放流

- b) 標準活性汚泥法 (ASP) : 従来から、最も多く採用されている活性汚泥を用いた処理法であり、維持管理手法は確立されている。省面積型として 2 階層式沈殿池、深層曝気方式を想定した。フローは以下の通りである。

流入→最初沈殿池→反応槽→最終沈殿池→消毒槽→放流

- c) 流動床生物膜処理法 (MBBR) 2012 年現在ジャカルタ市ステアブディ処理場において建設が実施されている処理法。反応槽内に担体を約 60% 強投入し、担体による層を形成し、空気で攪拌混合するタイプの生物膜処理法である。担体の投入により MLSS を高く維持でき、反応槽滞留時間を大幅に減少できると言われている処理法である。実績は非常に少ない。フローは以下の通りである。

流入→反応槽→最終沈殿池→消毒槽→放流

これら 3 処理方法について、処理場予定地内に収容が可能かどうかを検討した。その結果は、図 2-2 に示すとおり、MBR 法以外は処理場予定地を大きくはみ出し、尚且つ、許可されている 3.3 ha の 2 倍程度の用地を必要としている。MBR 法にしても必要用地面積は 4.03 ha と、許可数値を若干オーバーしているが、関係部局との調整により用地の手当が可能と考えられる。

以上より、本処理場における水処理方式は MBR 法を採用することとする。

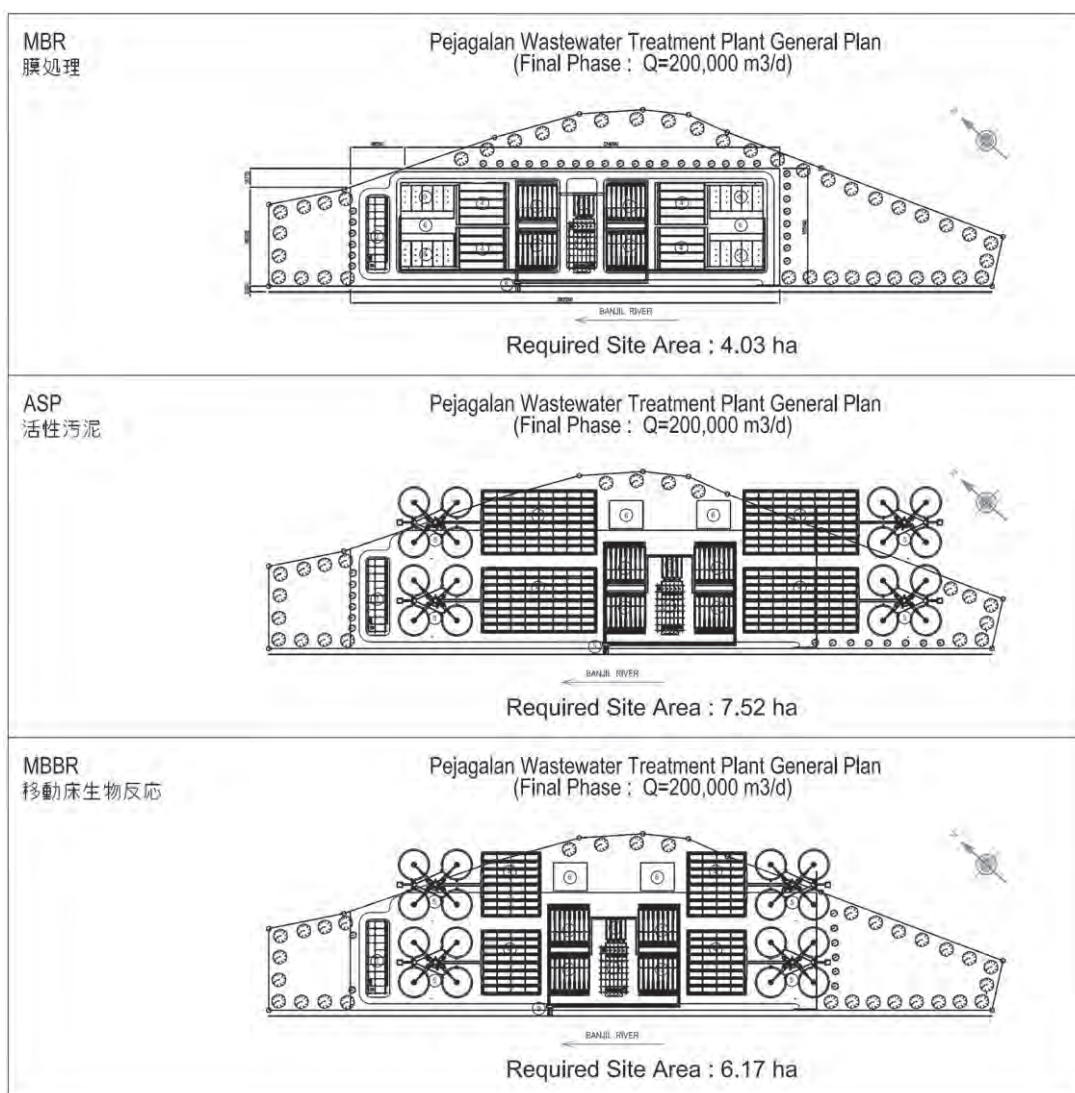
3) 汚泥処理方式

汚泥処理方式としては、以下のように設定した。

反応槽→濃縮機能併用型脱水機→場外搬出処分

- a) 反応槽からの引き抜き汚泥濃度は 0.9% と高く、余剰汚泥のみであり、水温も高ことから重力式濃縮槽では、所定の機能を発揮できないものと考えられる。
- b) 重力式濃縮槽を設置する用地がない。
- c) 別途機械濃縮機を設置するより、スクリュープレス脱水機に濃縮機能を設置させたものを採用する。これは、設置面積が通常タイプと同面積であり、高さが多少高くなるだけである。従って、用地条件に厳しいものがある当プロジェクト

トにとって、相応しいものと言える。建物を含めた建設費においても別途濃縮機を設置するより経済的となる。



出典 : JICA PPP Study Team

図 2-2 下水処理プロセス別処理施設レイアウト

2.2 設計条件

(1) 計画流入水量

計画処理水量は、MP レビューより、以下のように設定した。

日平均水量 = 198,000 m³/d

日最大水量 = 264,000 m³/d

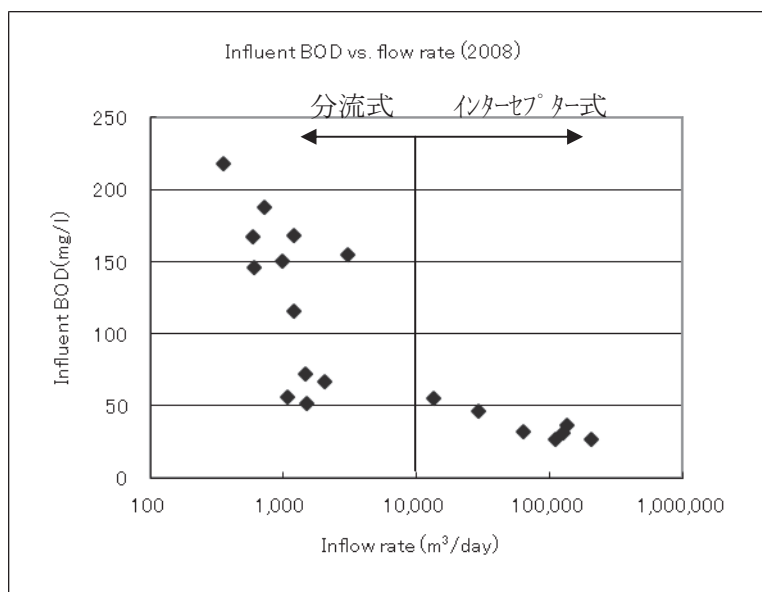
時間最大水量 = 396,000 m³/d

なお、なるべく施設を遊休化させずに効率よく運用するため、管渠工事の進捗に合わせ、2期に分けて建設する計画とした。第1期処理水量は全体の1/2を想定することとした。

(2) 計画流入水質

施設設計に用いる計画水質は、以下のように考え設定した。

- 1) インターセプター方式下水道を前提としたものであり、雑排水を収集する。し尿が流入しない、雨水・表流水の影響を受けて希釈されるなど、分流式下水道と異なる流入水である。
- 2) バンコクの事例では、分流式下水道と比べて、インターセプター方式は1/3の水質 (50~70 mg/l) である (図 2-3 参照)。
- 3) 分流式下水道に移行していく時点では、し尿が入り BOD 濃度が高くなるが、設備の更新時期を迎えている。従って、その時点での水量・水質及び排水基準を勘案した現実に即した設備の更新設計を行うことにすれば良い。
- 4) 以上より、MP レビューでは Grey water の水質 140 mg/l であるが、現実に即した値として本プロジェクトでは **BOD : 120 mg/l、 SS:120 mg/l** とする。



出典：JICA PPP Study Team

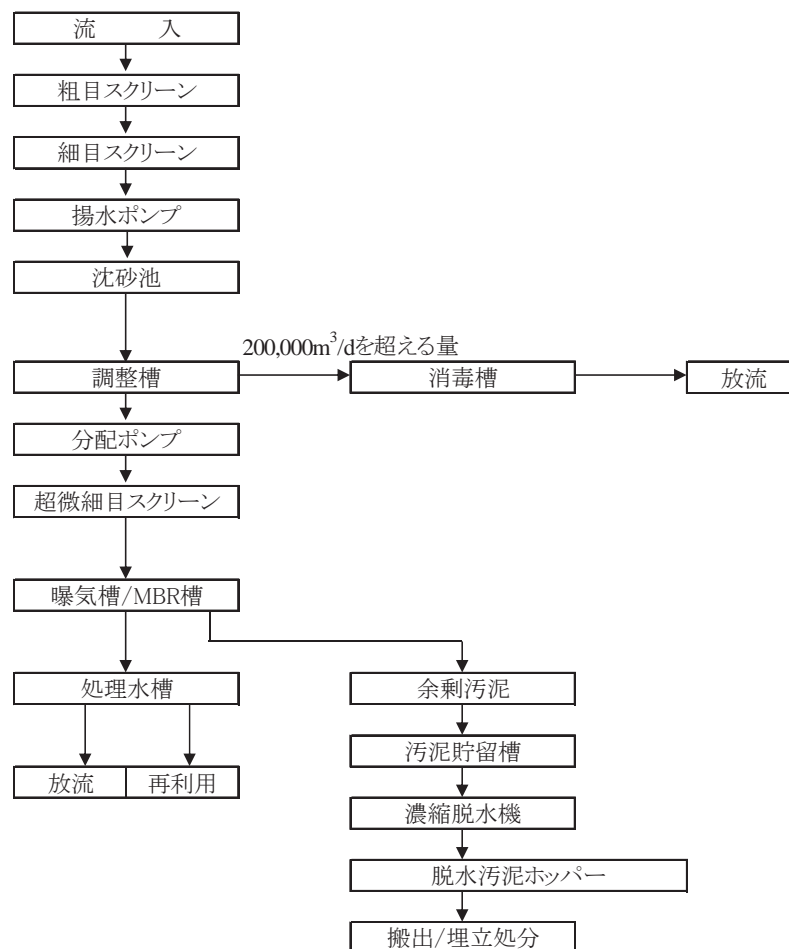
図 2-3 バンコク都の下水処理場の流入水質

(3) 計画放流水質

「イ」国の水質基準 (知事令 No. 122/2005) を基に、以下のように設定する。

- BOD : 20 mg/l
- SS : 20 mg/l
- NH4-N : 10 mg/l

(4) 計画処理フロー



(5) 施設の設計諸元

- 1) 粗目スクリーン：型式＝バースクリーン、目幅＝100 mm、人力式掻揚げ
- 2) 細目スクリーン：型式＝バースクリーン、目幅＝ 20 mm、連続式機械掻揚げ
- 3) 揚水ポンプ：型式＝縦軸渦巻き斜流ポンプ、同口径ポンプを複数台設置し、予備機を 1 台設置する。
- 4) 沈砂池：型式＝曝気式沈砂池、滞留時間＝3 分、空気量＝0.3 m³/分/m
- 5) 調整槽：型式＝矩形沈殿池（上部に流出トラフを設置）、滞留時間＝4 時間、水面積負荷＝50 m³/m²/日、
- 6) 超微細目スクリーン：型式＝ドラムスクリーン、目幅＝1 mm、
- 7) 曝気槽/MBR 槽：MLSS＝9,000 mg/l、膜透過率＝0.4～0.6 m³/m²/日、
余剰汚泥発生率＝70%、BOD 除去率 0.12 kg-BOD/kg-SS/日、
硝化率＝0.025 kg-N/kg-ss/日

- 8) 要求酸素量 : a) BOD 除去=0.5 kg- O_2 /kg-BOD、
b) 硝化反応=64/14 kg- O_2 /kg-N、
c) 内生呼吸=0.12 kg- O_2 /kg-VSS
- 9) 脱水機 : 型式=濃縮機能付き圧入式スクリーンプレス脱水機
運転時間=1日24時間連続運転、投入汚泥濃度=0.9%、
脱水汚泥濃度=83%

(6) 施設の概要

1) 場内ポンプ場施設

場内ポンプ場への流入管底高は、標高-29.20 m で GL+4.5m からの深さは 33.7 m と非常に深いものである。従って、地下部分の建設費を抑えるため、通常、地下に設置される沈砂池は、ポンプ揚水後に設置することとした。ポンプ場内の施設概要は以下の通りである。

- a) 流入管 : 口径 2,200 mm、1 系統、管底高-29.199 m、管勾配 1.1 パーミル
- b) 粗目スクリーン : スクリーン設置底高=-29.70 m、スクリーン水路幅=2.50 m、目幅=100 mm、設置基数=4 基、人力掻揚げ後、コンテナに収容し、ホイストで地上部まで引き上げ場外搬出処分する。
- c) 細目スクリーン : スクリーン設置底高=-29.70 m、スクリーン水路幅=2.50 m、目幅=20 mm、設置基数=4 基、機械で連続掻揚げ後、脱水した後、水平コンベア、垂直コンベアにて地上まで連続して搬送する。搬送後はホッパーに貯留し、場外搬出処分する。
- d) 揚水ポンプ : 口径 700 mm×揚水量 70 m³/分×揚程 35.0 m×580 kw、設置台数=5 台、内 1 台予備を設置する。揚程 35 m と非常に高いめ、縦軸渦巻き斜流ポンプとした。駆動機は地上に設置するため、中間軸受を設けた。吐出管には超音波型の流量計を設置し、流入量の測定を行う。ポンプ吸込み井には、沈殿防止を目的とした水中攪拌機を設置した。
- e) 沈砂池 : 曝気式沈砂池 池幅 4.0 m×池長 17.5 m×池深 3.0 m×4 池
集砂はスクリーンコンベアにて行い、サンドポンプにて揚砂する。揚砂後は、コンテナに収容し場外搬出処分する。

2) 調整槽 : 沈殿池形式、池幅 16.0 m×池長 31.0 m×池深 8.5 m×8 池

一定量を MBR 槽へ送水するための調整槽である。調整槽容量は 1 日の流入量時間変動を実態に合わせて設定しなければならないが、実測データがないため、日本における同様大都市の実測データを基に設定した。その結果、4 時間分の貯留槽容量があれば十分であることが判明した。一定送水量は 200,000 m³/24 時間=8,333 m³/時間である。これを超える流

入量があったときは、上部に設けた越流トラフから流出させ、消毒後 Banjir Canal へ放流する。その際の沈殿放流と膜処理放流の総合放流水質は「イ」国の基準である BOD50 mg/l、SS50 mg/l を下回る。

- 3) 消毒槽 : 迂回流式、池幅 1.2 m×池長 70.0 m×池深 2.1 m×4 水路
滞留時間は、計画時間最大水量時の超過分 200,000 m³ に対して、5 分間。
- 4) 分配ポンプ : 口径 250 mm×揚水量 6.9 m³/分×揚程 14.0 m×37 kw
設置台数=24 台 内 4 台予備を設置する。
MBR 槽 1 槽に対して 1 台のポンプを設置することとした。
- 5) 超微細目スクリーン : ドラムスクリーン、目幅=1 mm、処理能力 420 m³/時間、
設置台数 20 台 予備なし。MBR 槽 1 槽に対して 1 台設置。
- 6) 曝気槽 : 池幅 7.0 m×池長 28.0 m×池深 5.0 m×20 池、
容量=19,600 m³、滞留時間=2.35 時間、全面曝気方式
- 7) MBR 槽 : 池幅 9.0 m×池長 20.0 m×池深 5.0 m×20 池、
容量=18,000 m³、滞留時間=2.16 時間、合計膜面積=477,000 m² 以上
- 8) 送風機

送風機は、BOD 除去及び硝化促進のための曝気槽用送風機と MBR 槽内に設置された膜洗浄用送風機の 2 種類に分けて設置する。

- a) 曝気槽用 : ターボブロワー、口径 250 mm×120 m³/分×68 kps×220 kw、設置台数 10 台 内予備 2 台、
 - b) 膜洗浄用 : ターボブロワー、口径 400 mm×245 m³/分×68 kps×450 kw、設置台数 14 台 内予備 2 台、
- 9) 脱水機

脱水機は、前述したように濃縮機能を併設した圧入式スクリュープレス脱水機とする。脱水機の運転時間は、用地がないことから 24 時間連続運転として、省スペース化を図った。

脱水機 口径 800 mm×320 kg-ds/時間、実運転時間 20 時間/日
設置台数 5 台 内 1 台予備

施設の配置計画図、水位関係図を図 2-4、図 2-5 に示す。

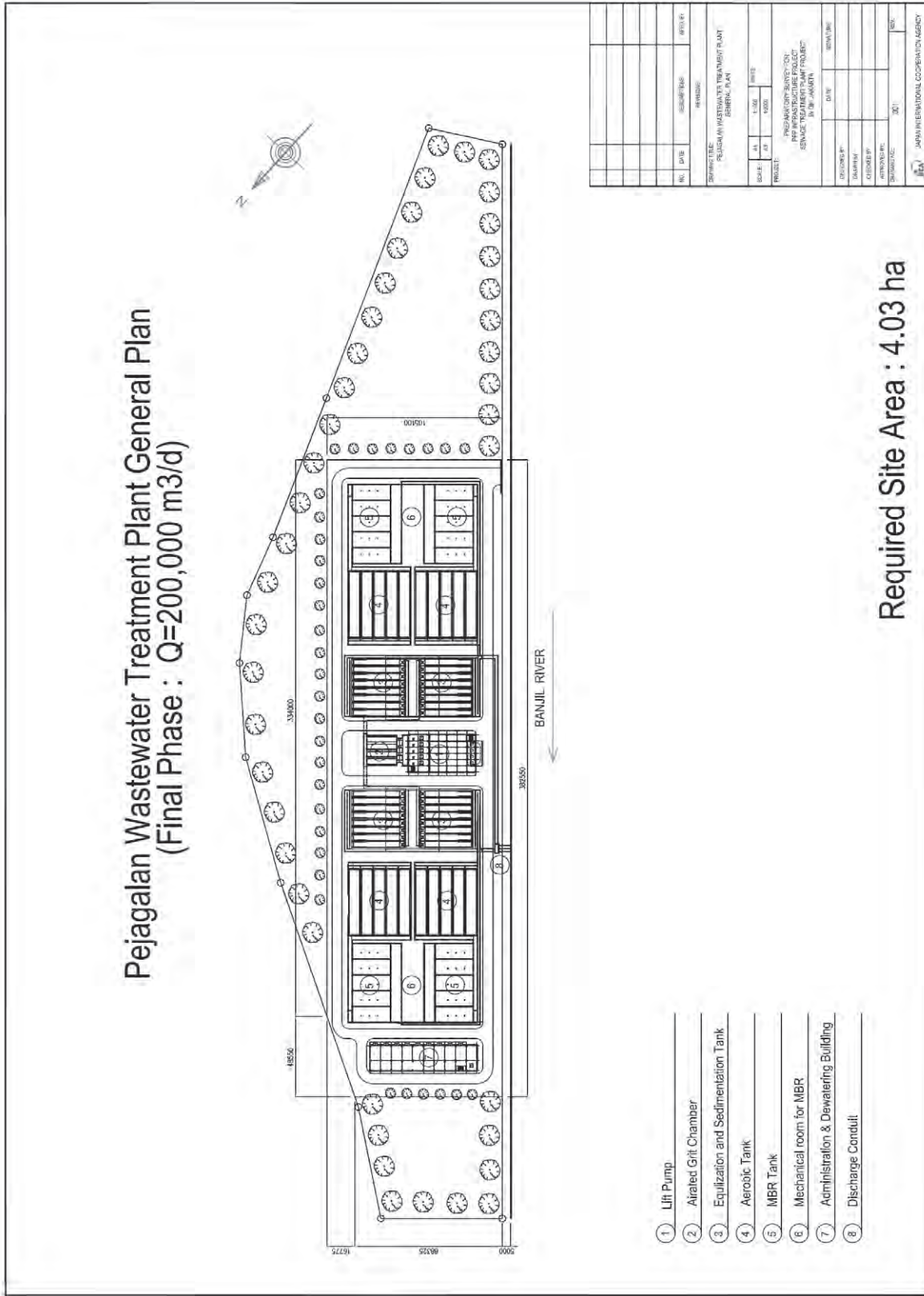


図 2-4 Pejagalan 下水処理場 一般平面図

出典 JICA PPP Study Team

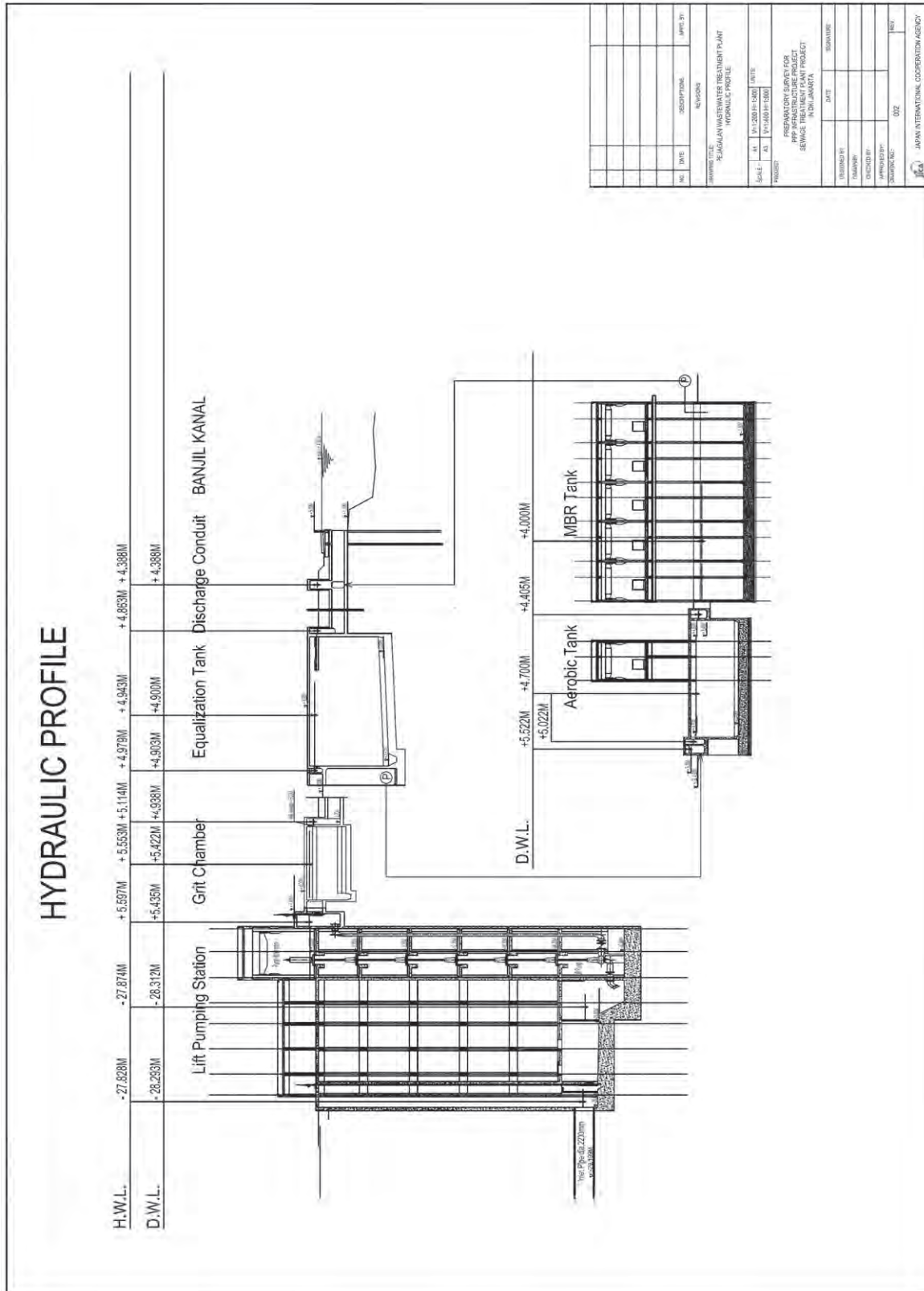


図 2-5 Pejajaran 下水処理場 水位関係図

出典 JICA PPP Study Team

(7) 敷地地盤高の決定

敷地地盤高は、処理水放流先である Banjir Canal の計画高水位及び改修護岸高さを考慮して決定する。

処理場予定地は Banjir Canal 右岸に位置する。改修護岸の状況は以下の通りである。

表 2-1 Banjir Canal 右岸の護岸状況

| 地点 | 護岸高 | 道路地盤高 | H. W. L. | 備考 |
|-------|----------|----------|----------|--------|
| P 135 | +5.104 m | +4.259 m | +4.243 m | 処理場上流側 |
| P 136 | +5.100 m | +4.255 m | +4.234 m | 同上 |
| P 154 | +4.940 m | +4.095 m | +4.076 m | 処理場下流側 |
| P 156 | +4.929 m | +4.084 m | +4.067 m | 同上 |

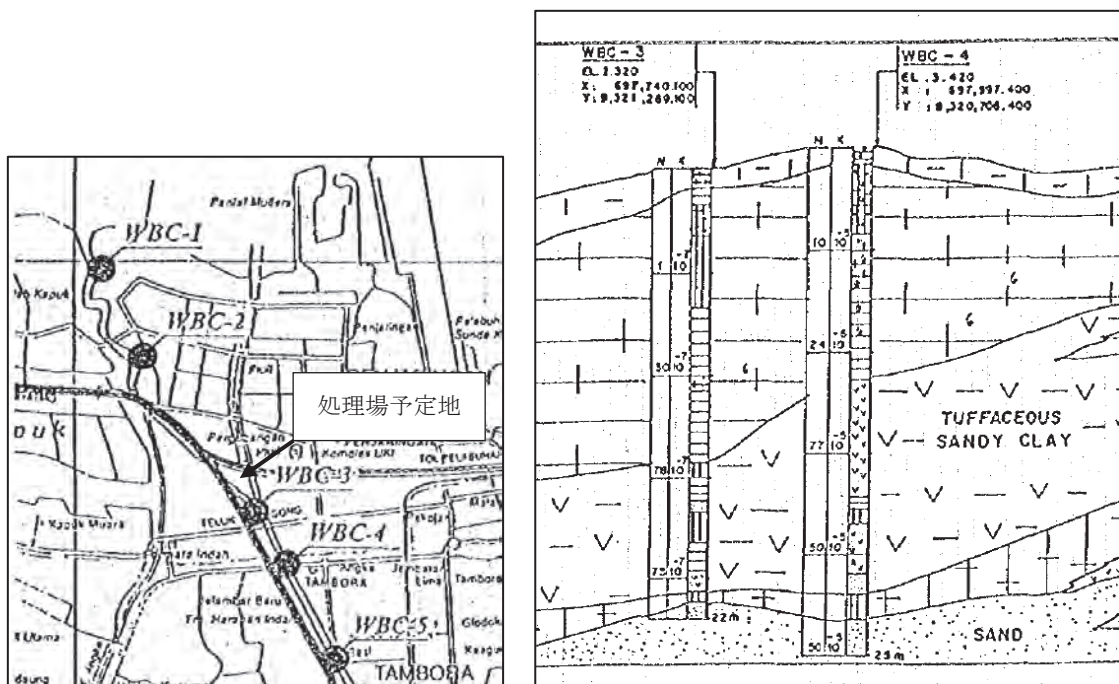
出典：Pekerjaan Peningkatan Kapasitas Dan Perkuatan Tebing BANJIR Kanal Barat Hilir

Banjir Canal に沿って、周辺の地盤も下流方向に向かって緩やかに傾斜している。処理場用地は、この周辺地盤高と H. W. L を考慮して、+4.50 m 敷地地盤高とする。

(8) 基礎形式の計画

処理場予定地は、ジャカルタ平野にありその地質条件は主に三角州である。Banjir Canal 沿いには、沖積土層が広範囲にわたって堆積している。

1986年と1987年に行われた土質調査位置と地質断面図を、図2-6に示す。



出典：1991年マスタープラン

図 2-6 処理場近辺の土質調査位置と土質柱状図

土質柱状図 WBC-3 が処理場予定地に最も近接した調査結果である。地表から約 15m 程度までは貝殻混じりシルト質粘土層が連続している。その下部に凝灰質砂質粘土層が約 6m 程度存在し、その下部が砂層となっている。これら粘性土層は沖積層であり支持力としては期待が薄いものである。そこで本計画としては下部に存在する砂層を支持層とした基礎杭形式を採用することとする。支持層の位置は地表より 22.0 m の位置とする。なお、場内ポンプ場は、この砂層より更に深い位置に底盤があり直接基礎形式を採用して良いと考える。

本計画においては、処理場予定地において土質調査を実施しなく、既存の調査結果を基に推定しているため、詳細設計にあたっては土質調査の実施が不可欠のものとなる。

2.3 事業費（初期投資費用）の積算

(1) 建設計画

処理場建設は、次の 2 ケースを想定した。

ケース 1：一括で全体処理水量 200,000 m³/日相当分を建設する

ケース 2:管渠工事の進捗と処理水量の推移を考慮して、2 期に分割して行うものとした。第 1 期工事としては、土木・建築工事の全体計画処理水量 200,000 m³/日相当分、機械・電気工事の処理水量 100,000 m³/日相当分を建設する。

第 2 期工事としては、機械電気の残り処理水量 100,000 m³/日相当分を建設する。この場合、分割施工となるため、一括工事と比較して割高となる。

(2) 建設費の算出

建設費は、現地ゼネコン、メーカーのヒアリング値をもとに算出した。

各建設費の内訳は以下の通りである。

表 2-2 建設工事費内訳（ケース 1）

| 工種 | 第 1 期 | | 第 2 期 | | 合計 | |
|------|-------------|---------------|-------|---------------|-------------|---------------|
| | USD | IDR (mil.) | USD | IDR (mil.) | USD | IDR (mil.) |
| 土木工事 | 64,506,338 | 581,363 | - | - | 64,506,338 | 581,363 |
| 建築工事 | 9,292,862 | 83,752 | - | - | 9,292,862 | 83,752 |
| 機械工事 | 70,306,755 | 633,640 | - | - | 70,306,755 | 633,640 |
| 電気工事 | 14,534,045 | 130,988 | - | - | 14,534,045 | 130,988 |
| 合計 | 158,640,000 | 1,429,743 | - | - | 158,640,000 | 1,429,743 |

出典：JICA PPP Study team

表 2-3 建設工事費内訳（ケース 2）

| 工種 | 第 1 期 | | 第 2 期 | | 合計 | |
|------|-------------|---------------|------------|---------------|-------------|---------------|
| | USD | IDR (mil.) | USD | IDR (mil.) | USD | IDR (mil.) |
| 土木工事 | 64,506,338 | 581,363 | - | - | 64,506,338 | 581,363 |
| 建築工事 | 9,292,862 | 83,752 | - | - | 9,292,862 | 83,752 |
| 機械工事 | 37,734,019 | 340,077 | 38,450,105 | 346,532 | 76,184,124 | 686,609 |
| 電気工事 | 9,231,412 | 83,198 | 6,035,263 | 54,393 | 15,266,675 | 137,591 |
| 合計 | 120,764,631 | 1,088,390 | 44,485,368 | 400,925 | 165,250,000 | 1,489,315 |

出典：JICA PPP Study Team

1) 為替レート（IDR/USD）：9,012.5

インフレーションや為替の変動（長期予測）は、考慮せず。

2) 算出費用は 2012 年度 6 月現在の価額である。

3) 輸入関税と消費税は別途。

次に、各工種別の建設費内訳を表 2-4 に示す。

表 2-4 各工種別建設工事費内訳

| | | 場内ポンプ場 (USD) | 沈砂池 (USD) | 調整池 (USD) | 反応槽 (USD) | 汚泥貯留槽 (USD) | 合計 (USD) |
|------|------|-----------------|--------------|--------------|--------------|----------------|-------------|
| 土木工事 | 躯体工事 | 3,511,352 | 231,306 | 5,888,708 | 13,077,472 | 431,680 | 23,140,518 |
| | 土工事 | 1,023,988 | | 7,780,832 | | | 8,804,820 |
| | 仮設工事 | 17,000,000 | | 6,000,000 | | | 23,000,000 |
| | 基礎工事 | 0 | | 9,561,000 | | | 9,561,000 |
| | 合計 | 21,535,340 | | 42,970,998 | | | 64,506,338 |

| | | 場内ポンプ場 (USD) | 管理棟 (USD) | 汚泥処理棟 (USD) | 反応槽 (USD) | 送風機棟、他 (USD) | 合計 (USD) |
|------|----|-----------------|--------------|----------------|--------------|-----------------|-------------|
| 建築工事 | 1式 | 883,000 | 1,040,000 | 1,027,584 | 1,317,840 | 5,024,438 | 9,292,862 |

| | | ケース 1 (USD) | ケース 2 | | |
|--|-----------|----------------|----------------|----------------|-------------|
| | | | 第 1 期 (USD) | 第 2 期 (USD) | 合計 (USD) |
| | | | 機械工事 | 揚水ポンプ | 3,297,441 |
| | 粗目スクリーン | 54,144 | 27,219 | 31,059 | 58,278 |
| | 細目スクリーン | 439,560 | 220,958 | 252,158 | 473,116 |
| | 超微細目スクリーン | 674,389 | 338,962 | 386,890 | 725,852 |
| | 沈砂池設備 | 570,770 | 321,290 | 288,171 | 609,460 |
| | 調整池設備 | 1,860,976 | 935,537 | 1,067,537 | 2,003,074 |
| | 膜設備 | 31,608,580 | 16,531,919 | 18,247,519 | 34,779,438 |
| | スクリーン（膜用） | 1,123,974 | 564,932 | 644,812 | 1,209,745 |
| | 送風機（曝気用） | 1,404,968 | 706,165 | 806,016 | 1,512,181 |
| | 送風機（膜洗浄用） | 3,401,556 | 1,710,056 | 1,951,256 | 3,661,312 |
| | 消毒設備 | 435,542 | 218,912 | 249,866 | 468,778 |
| | 脱水設備 | 2,107,470 | 1,271,110 | 967,226 | 2,238,336 |
| | 脱臭設備 | 2,590,783 | 1,741,420 | 984,959 | 2,726,379 |
| | その他（配管含む） | 20,736,602 | 11,055,325 | 11,174,937 | 22,230,262 |
| | 合計 | 70,306,755 | | | 76,184,124 |

| | | ケース 1 (USD) | ケース 2 | | |
|--|--------|----------------|----------------|----------------|-------------|
| | | | 第 1 期 (USD) | 第 2 期 (USD) | 合計 (USD) |
| | | | 電気工事 | 受変電設備 | 11,004,403 |
| | 監視操作設備 | 3,529,642 | 2,064,264 | 1,664,342 | 3,728,606 |
| | 合計 | 14,534,045 | | | 15,266,675 |

- 1) 為替レート (IDR/USD) :9,012.5
インフレーションや為替の変動（長期予測）は、考慮せず。
- 2) 算出費用は 2012 年度 6 月現在の価額である。
- 3) 輸入関税と消費税は別途

出典：JICA PPP Study Team

2.4 施工計画

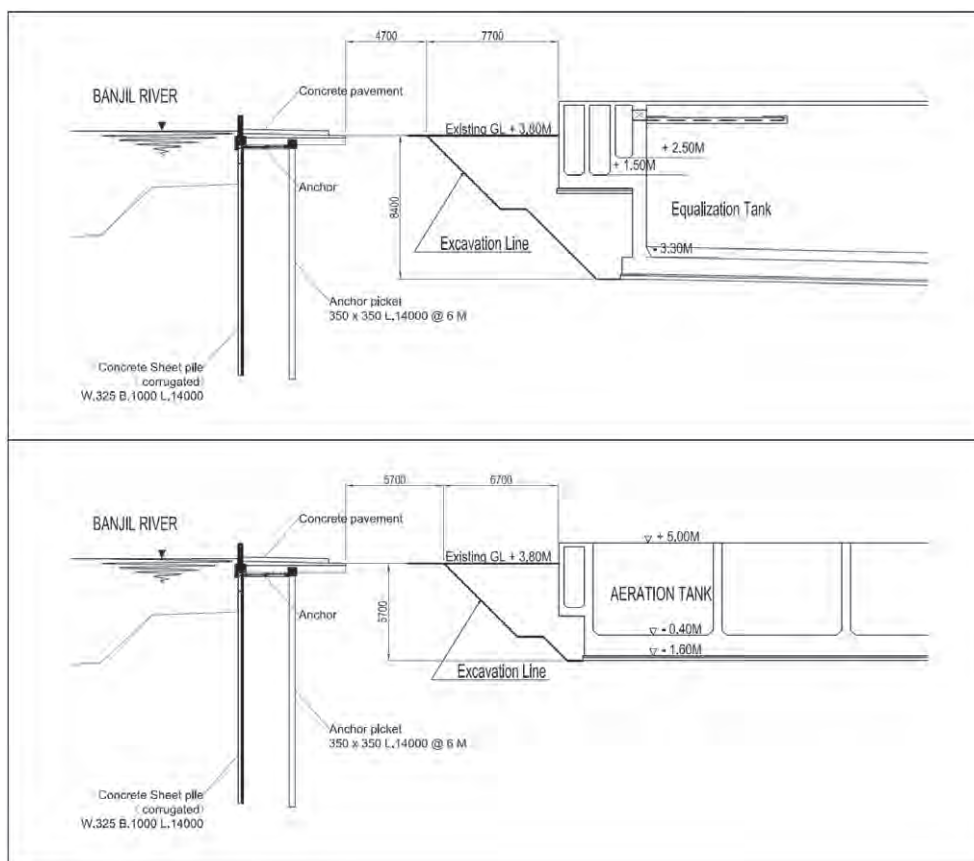
(1) 土工事及び仮設計画

1) ポンプ棟工事

当該ポンプ棟は、最大掘削深 約 40 m である。大深度掘削の設計に当たっては、その土質状況や周辺の土地利用状況に十分な注意を払う必要がある。掘削に伴う地盤変形が他の構造物に大きな影響を与えるからである。掘削山留め壁体には十分な剛性を持たせる必要があり、連続コンクリート地中壁の施工が考えられる。本計画では、この連続コンクリート地中壁による施工とした。

2) 水処理・汚泥処理施設工事

最も深い施設としては調整池であるが、その掘削深は約 9.0 m であり、法切りオープンカット工法の採用が可能な深さである。本計画では、経済性と施工性を考え、法切りオープンカット工法による施工とした。法勾配は 1.0:1.0 と設定した。各施設と護岸との関係は、図 2-7 に示す通りである。



出典：JICA PPP Study Team

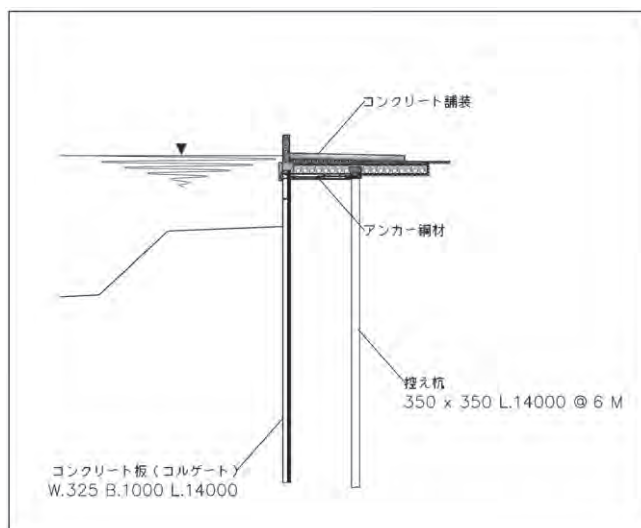
図 2-7 水処理施設掘削断面とバンジル川護岸との関係

法肩と護岸との離隔は、約 5.0m が確保されており、施工は可能と考えられる。一方、前述したように、用地内における土質調査は実施されていないため、詳細な土質データが入手されていない。これらのことから、詳細設計においては、十分な土質データを入手し施工計画を立案する必要がある。

3) 仮設進入路

工事用進入路は Banjir Canal 沿いの道路となる。

道路断面は図 2-8 に示す通りである。幅員は 5.0 m、護岸は控え杭式のプレキャストコンクリート擁壁である。1 車線通行となるが、交通量の面から見て問題にはならないと想定できる。また、護岸の構造についての詳細な検討は行っていないが、建設工事車両の通行は可能と考える。



出典：Pekerjaan Peningkatan Kapasitas Dan Perkuatan Tebing BANJIR Kanal Barat Hilir

図 2-8 Banjir Canal 護岸及び道路断面図

(2) 建設スケジュール

下水処理場建設期間は、以下のとおりとする。

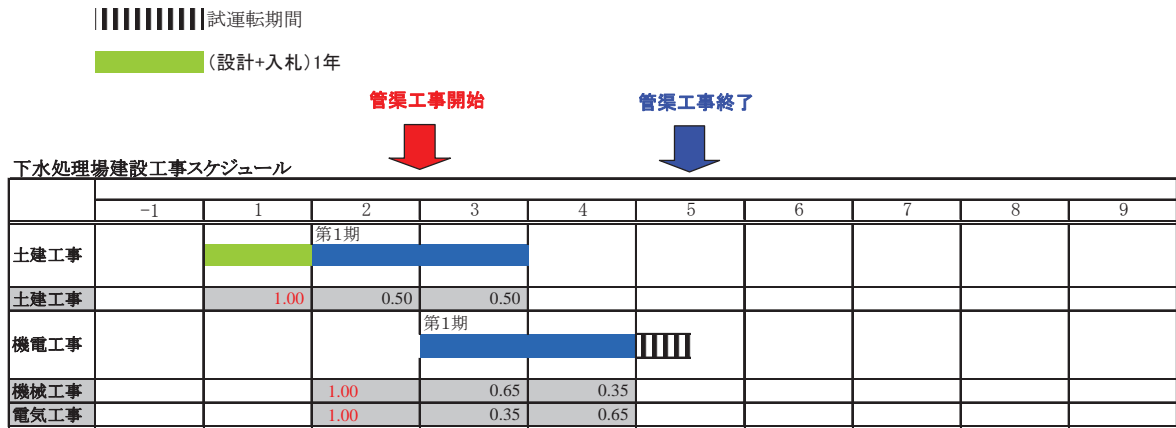
ケース 1：土木工事 2 年、機械電気工事 1.5 年、試運転期間 0.25 年

ケース 2：第 1 期 土木工事 2 年、機械電気工事 1.5 年、試運転期間 0.25 年

第 2 期 機械電気工事 1.5 年、試運転期間 0.25 年

両ケースとも、建設工事前年の 1 ヶ年を、設計・入札期間とする。ケース 2 での第 2 期の詳細設計期間は 0.5 年とする。

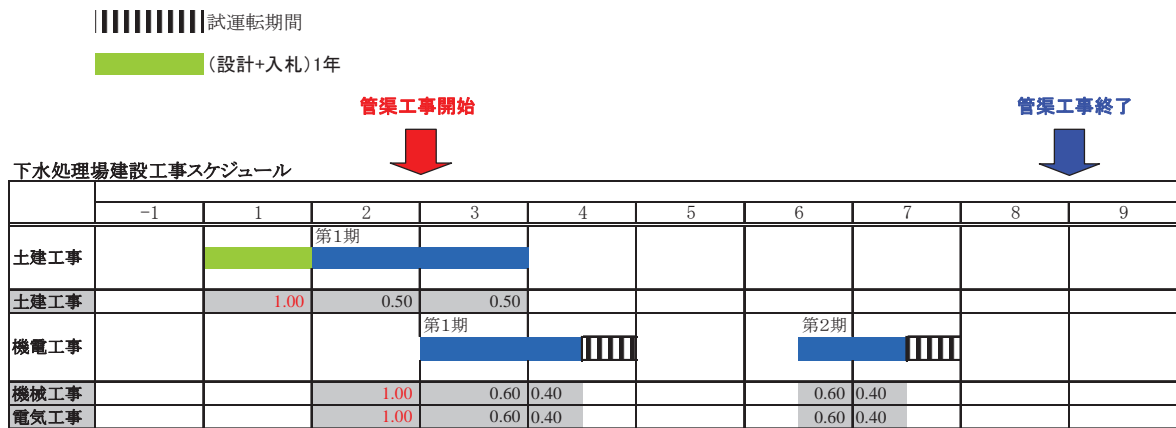
各ケースの建設期間と建設費支出計画を図 2-9、2-10 に示す。



||||||| 試運転期間
 (設計+入札)1年

出典：JICA PPP Study Team

図 2-9 ケース 1 における建設期間と支出割合計画



出典：JICA PPP Study Team

図 2-10 ケース 2 における建設期間と支出割合計画

第3章 再生水利用に関する調査結果

3.1 本調査の概要

下水再生水は、都市部における新たな水資源として注目されている。そこで、本調査では、ジャカルタ中心部における再生水のニーズを検討し、将来プロジェクトとして、再生水施設の概略設計を行った。

3.2 調査結果及び提言

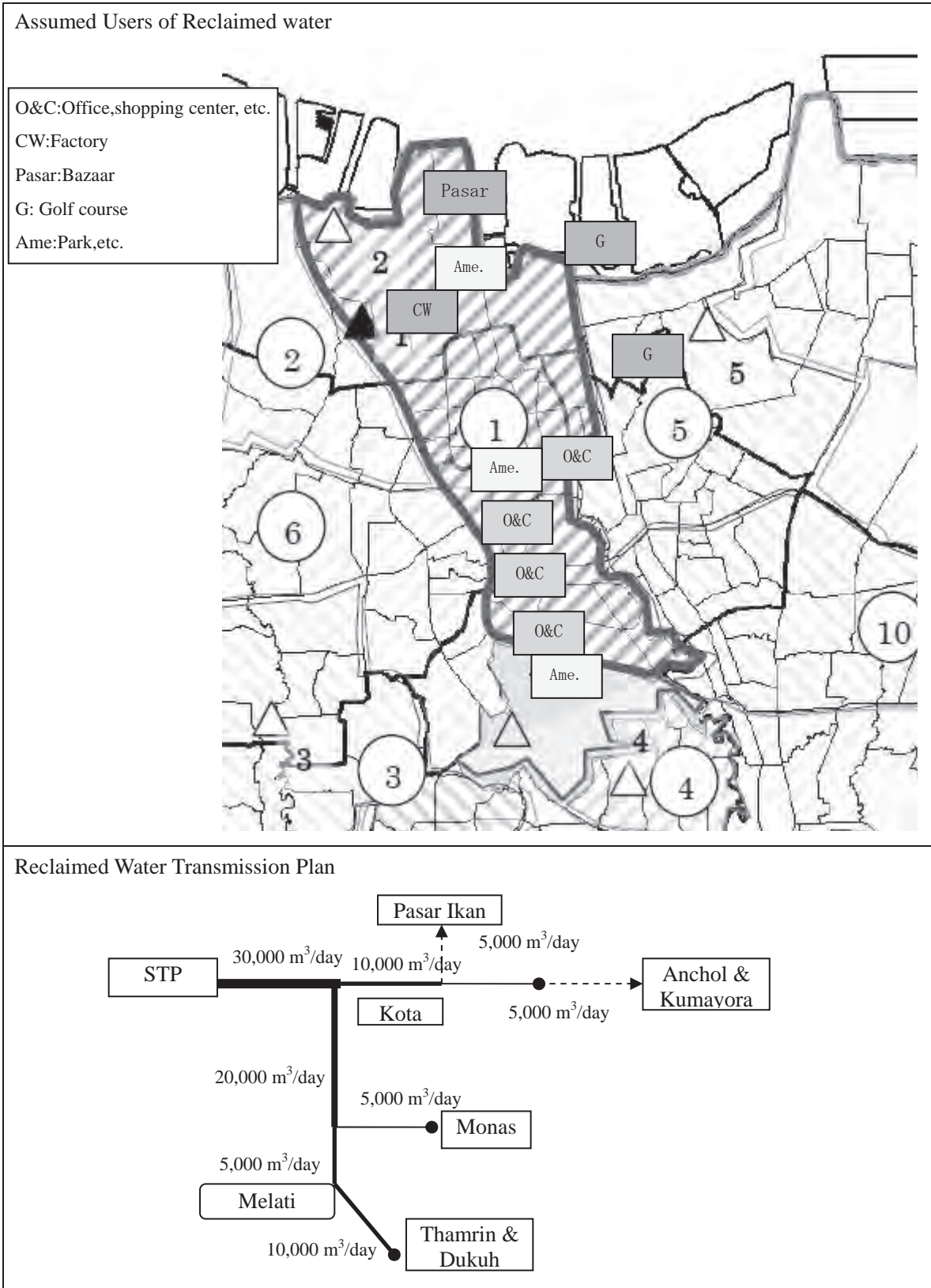
(1) 再生水利用のニーズ

ジャカルタ中心部における再生水ニーズを表 3-1、再生水送水計画を図 3-1 に示す。これらを設計条件として、再生水施設の概略設計を行った。

表 3-1 ジャカルタ中心部における再生水のニーズ

| 利用先 | 潜在需要 | 再生水の用途 |
|---------------------|--|------------------|
| 新設オフィスビル、ショッピングセンター | 100～300 m ³ /日/棟 | トイレ洗浄水、散水用水、洗浄用水 |
| 都市再開発地区 | 5,000～10,000 m ³ /地区 | トイレ洗浄水、散水用水、洗浄用水 |
| 市場、工場 | パサールイカン 3,000～5,000 m ³ /日 | 冷却水、トイレ洗浄水、洗浄用水 |
| ゴルフ場 | ゴルフ場 500～1,000 m ³ /日/箇所 | 散水用水、トイレ洗浄水 |
| 河川、運河、公園 | 100～ m ³ /日/箇所 | 環境用水、修景用水 |

出典：JICA PPP Study Team



出典：JICA PPP Study Team

図 3-1 再生水送水計画

(2) 本調査での提案施設

1) 計画日最大再生水送水量

全体計画：30,000 m³/day

・第1期計画：10,000 m³/day

・第2期計画：20,000 m³/day

ただし、再生水施設への過度の投資を避けるために、利用水量の時間変動は、受水槽※の設置などにより利用者側にて対応するものとする。

※受水槽容量の例：設計1日使用水量の10分の4から10分の6の容量（出典：東京都再生水利用事業実施要綱、平成7年4月1日施行）

2) 段階的整備計画

再生水施設は水需要を考慮して、次の2段階に分けて建設するものとする。なお、再生水施設は、再生水送水管と再生水送水施設（土木施設と送水ポンプなどの機械電気設備）で構成される。

第1期計画

- 全体計画 30,000 m³/day の再生水送水管と再生水送水施設（土木施設）を建設する。
- 第1期計画 10,000 m³/day の再生水送水施設（送水ポンプなどの機械電気設備）を建設する。

第2期計画

残り 20,000 m³/day の再生水送水施設（送水ポンプなどの機械電気設備）を建設する。

3) 再生水の用途及び水質

本調査で計画している中央下水処理場の処理プロセスは、膜分離活性汚泥法（MBR:Membrane Bioreactor）である。我が国での MBR の運転実績※から、MBR 処理水は水洗、散水、修景といった再生水用途について、下記の、再生水利用に関する技術上の基準（水質基準等及び施設基準）を満足すると言える。

そこで、中央下水処理場 MBR 処理水を再生水として送水することとした。次に、再生水の用途は、誤飲の可能性を考慮して、水洗用水、散水用水、修景用水に限定するものとする。また、ボイラー用水など、さらに高度な水質（塩化物イオンなど）が必要な場合は、再生水利用者側にて RO 膜処理などの追加処理の対応を取るものとする。

※下水道への膜処理技術導入のためのガイドライン [第2版]、下水道膜処理技術会議、平成23年3月

4) 下水再生水利用に関する技術上の基準

インドネシア国における再利用に関する水質基準等は、現時点では未整備である。現在、インドネシア国と我が国の国土交通省は、日本・インドネシア「再生水利用基準検討会」において、インドネシア国の再生水利用基準を検討している最中であることから、暫定的に、日本の「下水処理水の再利用水質基準等マニュアル」を本調査における再生水の利用用途及び水質に適用するものとする。

表 3-2 再生水利用に関する技術上の基準(水質基準等及び施設基準)

| | 水洗用水 | 散水用水 | 修景用水 | 親水用水 |
|------|---|--|--------------------------------------|---|
| 大腸菌 | 不検出/100mL | | 大腸菌群数 1000CFU/100mL ¹⁾ | 不検出/100mL |
| 濁度 | 2 度以下 ²⁾ | | | 2 度以下 |
| pH | 5.8～8.6 | | | |
| 外観 | 不快でないこと | | | |
| 色度 | — (規定せず) ³⁾ | | 40 度以下 ⁴⁾ | 10 度以下 ⁴⁾ |
| 臭気 | 不快でないこと(利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて臭気強度を設定) | | | |
| 残留塩素 | 遊離残留塩素 0.1mg/L又は結合 残留塩素 0.4mg/L以上 ^{2) 5)} | 遊離残留塩素 0.1mg/L又は結合 残留塩素 0.4mg/L以上 ^{2) 5) 6)} | — (規定せず) ⁷⁾ | 遊離残留塩素 0.1mg/L 又は結合 残留塩素 0.4mg/L以上 ^{2) 5) 6)} |
| 施設基準 | 砂ろ過施設又は同等以上の機能を有する施設を設けること | | | 凝集沈殿+砂ろ過 施設又は同等以上の 機能を有する施設 を設けること |
| 注記 | 1. 基準適用箇所：残留塩素は責任分界点、その他の項目は再生処理施設出口 | | | |

- 1) 暫定基準
- 2) 管理目標値：常に遵守しなければならない基準値とは異なり、再生処理施設の運転管理において極力満足すべき目標値
- 3) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて基準値を設定
- 4) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて上乗せ基準値を設定
- 5) 供給先で追加塩素注入を行う場合には個別の協定等に基づくこととしても良い
- 6) 消毒の残留効果が特に必要ない場合には適用しない
- 7) 生態系保全の観点から塩素消毒以外の処理を行う場合があること及び人間が触れることを前提としない利用であるため規定しない

出典：国土交通省「下水処理水の再利用水質基準等マニュアル（平成 17 年 4 月）」から引用

(3) 再生水施設の概略設計

1) 再生水送水管

a) 再生水送水管ルート

表 3-3 に示すように、中央下水処理場に位置する再生水送水施設から前述の再生水需要地区に再生水を送水するものとする。再生水送水配管ルートを図 3-2 に示す。

表 3-3 再生水送水管ルート

| 送水ライン名 | 送水地区 | 計画送水量（全体計画） |
|--------|--|----------------------------|
| 南西ライン | Monas, Melati Pond, Thamrin & Dukuh Atas | 20,000 m ³ /day |
| 北東ライン | Kota, Pasar Ikan, Anchol & Kumayoran | 10,000 m ³ /day |

出典：JICA PPP Study Team

b) 再生水送水管の設置方法の代替案検討

次に示すケースについて、再生水送水管設置方法を検討した。

ケースA：再生水送水管を下水管路と別施工する場合

ケースB：再生水送水管を新設の下水管路に収容する場合

再生水送水管を下水管路と別施工する場合については、別途、南西ラインと北東ラインの共通区間（図 3-2 の R1 と R2 区間）の配管を共通の 1 本とする場合（ケースA）と個別の 2 本とする場合（ケースA'）を比較したところ、ケースAはケースA' に比べて、13%送水管建設コストが安いことがわかった。

次に、再生水送水管を下水管路と別施工する場合はケースAを指標として、ケースBと再生水施設の建設コストを比較することとした。

表 3-4 に示すように、再生水送水管の建設コストは、再生水送水管を下水管路と別施工する方が、下水管路に収容する場合よりも、71%低いという試算結果となった。

表 3-4 再生水送水管の設置方法と建設コスト

| | ケースA ※1 | ケースA' ※2 | ケースB |
|------------------|--|---------------|---|
| 再生水送水管の設置方法 | <p>下水管路と別施工する場合</p> | | <p>下水管路に收容する場合</p> |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・開削（オープントレンチ）工法で施工する。ただし、大きな交差点や運河などを横断する場合は特殊工法（推進工法、水管橋など）を採用する。 ・土被りは開削工法では1.5m、推進工法では5mとした。 | | <ul style="list-style-type: none"> ・下水管の底部に再生水管を仮固定した後、再生水管保護を目的に、コンクリートを再生水管周りに充填し、所定の下水管路断面を形成する。 ・下水管路断面を有効利用するために、再生水管は2本配置とした。 |
| 再生水管の管種 | <p>ポリ塩化ビニル管 PVC S-12.5 (pressure work at temp. 25-35 degree. :0.8 MPa)</p> <p>ただし、特殊工法（推進工法、水管橋など）では、各工法に適した、同等の耐内圧能力を持つ管を用いるものとする。</p> | | |
| 管内流速 | <p>ポンプ加圧式での経済流速（該当の管径では、0.8～1.2 m/sec）とする。</p> | | |
| 再生水送水管の建設コスト（※3） | 29% (87%) | 33% (100%) | 100% (※4) |

- ※1 南西ラインと北東ラインの共通区間（図 3-2 の R1 と R2 区間）の配管を共通の1本とする。
- ※2 南西ラインと北東ラインの共通区間（図 3-2 の R1 と R2 区間）の配管を個別の2本とする。
- ※3 再生水送水管の工事費は、第 1 章下水管路施設計画にて試算された、建設単価（IDR/m-pipe）を用いて試算した。
- ※4 再生水送水管を收容することによる下水管路工事費の増額分に、再生水送水管まわりの無筋コンクリート充填工事費、再生水送水管の材料工事費を加えた建設コストである。

出典：JICA PPP Study Team

2) 再生水送水施設

a) ケースA

再生水送水施設の主要機器を表 3-5 に、再生水送水施設の土木工事数量を表 3-6 に示す。

表 3-5 再生水送水施設の主要機器リスト (ケースA)

| No. | Equipment | Specification | Quantity | | | Motor Output (kW) | Remarks |
|-----|-----------------------------------|--|----------|--------|-------|--------------------------------|------------------------|
| | | | Phase1 | Phase2 | Final | | |
| 1 | Reclaimed water transmission pump | Volute type pump 250 mm x 150 mm x 7 m ³ /min x 57 mH | 2 | 2 | 4 | 110 | Including 1 standby |
| 2 | Flow meter | Ultrasonic type Diameter 600 mm | 1 | 0 | 1 | - | - |
| 3 | Hoist | Electrical motor operation hoist lifting capacity:5 ton | 1 | 0 | 1 | 5.9(hosting) 0.7(traveling) | - |
| 4 | Sodium hypochlorite dosing pump | Diaphragm pump 100-500 mL/min x 1Mpa | 4 | 4 | 8 | 0.2 | Including 2 standby |
| 5 | Sodium hypochlorite storage tank | Polyethylene tank 3 m ³ | 1 | 0 | 1 | - | - |

注) 再生水供給圧力は、送水管末端で 50 kPa とした。

出典：JICA PPP Study Team

表 3-6 再生水送水施設の土木工事数量 (ケースA)

| Item | Quantity |
|--|----------------------|
| Civil Work Concrete Volume | 660 m ³ |
| Civil Work Earthwork Volume | |
| Excavation | 3,690 m ³ |
| Disposal | 1,650 m ³ |
| Back-filling | 2,040 m ³ |
| Foundation Pile(diameter:400mm,Length:21m) | 56 piles |

出典：JICA PPP Study Team

b) ケース B

再生水送水施設の主要機器を表 3-7 に、再生水送水施設の土木工事数量を表 3-8 に示す。

表 3-7 再生水送水施設の主要機器リスト(ケース B)

| No. | Equipment | Specification | Quantity | | | Motor Output (kW) | Remarks |
|-----|---|--|----------|--------|-------|--------------------------------|------------------------|
| | | | Phase1 | Phase2 | Final | | |
| 1 | Reclaimed water transmission pump for Southwest (SW) line | Volute type pump 200 mm x 125 mm x 4.7 m ³ /min x 59 mH | 2 | 2 | 4 | 75 | Including 1 standby |
| 2 | Reclaimed water transmission pump for Southwest (NE) line | Volute type pump 150 mm x 125 mm x 2.4 m ³ /min x 53 mH | 2 | 2 | 4 | 45 | Including 1 standby |
| 3 | Flow meter for SW line | Ultrasonic type Diameter 600 mm | 1 | 0 | 1 | - | - |
| 4 | Flow meter for NE line | Ultrasonic type Diameter 400 mm | 1 | 0 | 1 | - | - |
| 5 | Hoist | Electrical motor operation hoist lifting capacity:5 ton | 1 | 0 | 1 | 5.9(hosting) 0.7(traveling) | - |
| 6 | Sodium hypochlorite dosing pump | Diaphragm pump 100-500 mL/min x 1 Mpa | 4 | 4 | 8 | 0.2 | Including 2 standby |
| 7 | Sodium hypochlorite storage tank | Polyethylene tank 3 m ³ | 1 | 0 | 1 | - | - |

注) 再生水供給圧力は、送水管末端で 50 kPa とした。

出典：JICA PPP Study Team

表 3-8 再生水送水施設の土木工事数量 (ケース B)

| Item | Quantity |
|--|----------------------|
| Civil Work Concrete Volume | 760 m ³ |
| Civil Work Earthwork Volume | |
| Excavation | 4,200 m ³ |
| Disposal | 1,960 m ³ |
| Back-filling | 2,250 m ³ |
| Foundation Pile(diameter:400mm,Length:21m) | 62 piles |

出典：JICA PPP Study Team

(4) 事業費 (初期投資費用) の試算結果

再生水送水施設の工事費は、表 3-5 から表 3-8 に示した数量とインドネシア国での想定単価を用いて試算した。再生水送水管の工事費は、第 1 章下水管渠施設計画にて概算された、建設単価 (IDR/m-pipe) を用いて試算した。

表 3-9 (ケース A) と表 3-10 (ケース B) に試算結果を示す。再生水施設の建設コストは、再生水送水管を下水管路と別施工するケース A が、下水管路に収用するケース B よりも、69%低いという試算結果となった。

表 3-9 再生水施設の建設工事費 (ケース A)

第 1 期計画

| Name of facility | Total Cost (mil IDR) | F/C (mil USD) | L/C (mil IDR) |
|-------------------------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| 再生水送水施設 | 9,160 | 0.156 | 7,752 |
| ・土木工事費 (30,000 m ³ /day) | (3,812) | (0) | (3,812) |
| ・機械工事費 (10,000 m ³ /day) | (3,565) | (0.156) | (2,158) |
| ・電気工事費 (10,000 m ³ /day) | (1,783) | (0) | (1,783) |
| 再生水送水管 (30,000 m ³ /day) | 130,504 | 0 | 130,504 |
| 計 | 139,664 | 0.156 | 138,256 |

第 2 期計画

| Name of facility | Total Cost (mil IDR) | F/C (mil USD) | L/C (mil IDR) |
|-------------------------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| 再生水送水施設 | 4,403 | 0.156 | 2,996 |
| ・土木工事費 (30,000 m ³ /day) | (0) | (0) | (0) |
| ・機械工事費 (10,000 m ³ /day) | (2,935) | (0.156) | (1,528) |
| ・電気工事費 (10,000 m ³ /day) | (1,468) | (0) | (1,468) |
| 再生水送水管 (30,000 m ³ /day) | 0 | 0 | 0 |
| 計 | 4,403 | 0.156 | 2,996 |

全体計画

| Name of facility | Total Cost (mil IDR) | F/C (mil USD) | L/C (mil IDR) |
|-------------------------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| 再生水送水施設 | 13,563 | 0.312 | 10,748 |
| ・土木工事費 (30,000 m ³ /day) | (3,812) | (0) | (3,812) |
| ・機械工事費 (10,000 m ³ /day) | (6,500) | (0.312) | (3,685) |
| ・電気工事費 (10,000 m ³ /day) | (3,251) | (0) | (3,251) |
| 再生水送水管 (30,000 m ³ /day) | 130,504 | 0 | 130,504 |
| 計 | 144,067 | 0.312 | 141,252 |

注：1 USD=9012.5IDR、1 USD=76.21 JPY

出典：JICA PPP Study Team

表 3-10 再生水施設の建設工事費（ケース B）

第 1 期計画

| Name of facility | Total Cost (mil IDR) | F/C (mil USD) | L/C (mil IDR) |
|-------------------------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| 再生水送水施設 | 11,958 | 0.22 | 9,975 |
| ・土木工事費 (30,000 m ³ /day) | (4,342) | (0) | (4,342) |
| ・機械工事費 (10,000 m ³ /day) | (5,077) | (0.22) | (3,094) |
| ・電気工事費 (10,000 m ³ /day) | (2,539) | (0) | (2,539) |
| 再生水送水管 (30,000 m ³ /day) | 448,379 | 0 | 448,379 |
| Total | 460,337 | 0.22 | 458,354 |

第 2 期計画

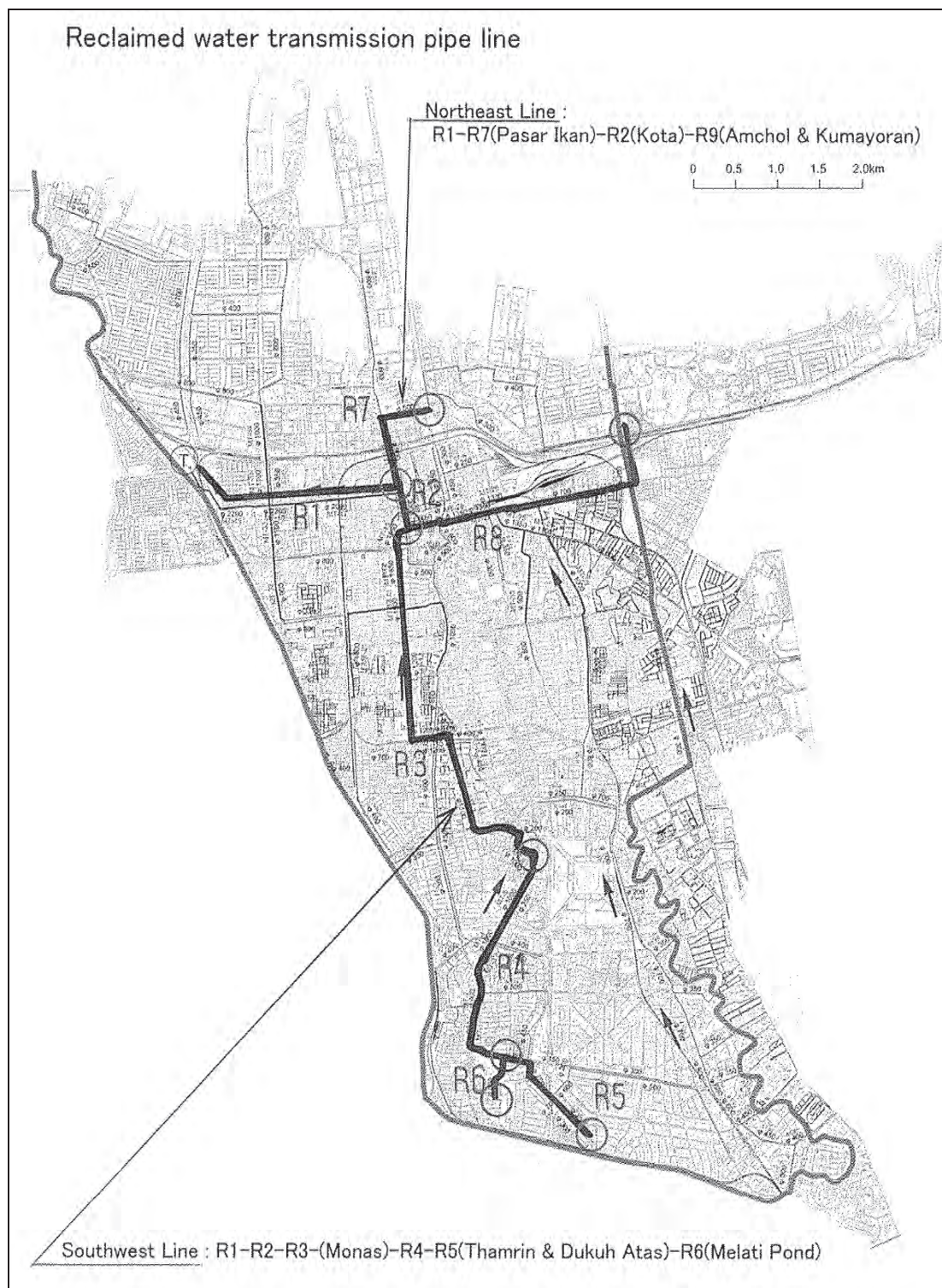
| Name of facility | Total Cost (mil IDR) | F/C (mil USD) | L/C (mil IDR) |
|-------------------------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| 再生水送水施設 | 6,131 | 0.22 | 4,148 |
| ・土木工事費 (30,000 m ³ /day) | (0) | (0) | (0) |
| ・機械工事費 (10,000 m ³ /day) | (4,087) | (0.22) | (2,104) |
| ・電気工事費 (10,000 m ³ /day) | (2,044) | (0) | (2,044) |
| 再生水送水管 (30,000 m ³ /day) | 0 | 0 | 0 |
| 計 | 6,131 | 0.22 | 4,148 |

全体計画

| Name of facility | Total Cost (mil IDR) | F/C (mil USD) | L/C (mil IDR) |
|-------------------------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| 再生水送水施設 | 18,089 | 0.44 | 14,122 |
| ・土木工事費 (30,000 m ³ /day) | (4,342) | (0) | (4,342) |
| ・機械工事費 (10,000 m ³ /day) | (9,164) | (0.44) | (5,197) |
| ・電気工事費 (10,000 m ³ /day) | (4,583) | (0) | (4,583) |
| 再生水送水管 (30,000 m ³ /day) | 448,379 | 0 | 448,379 |
| 計 | 466,468 | 0.44 | 462,501 |

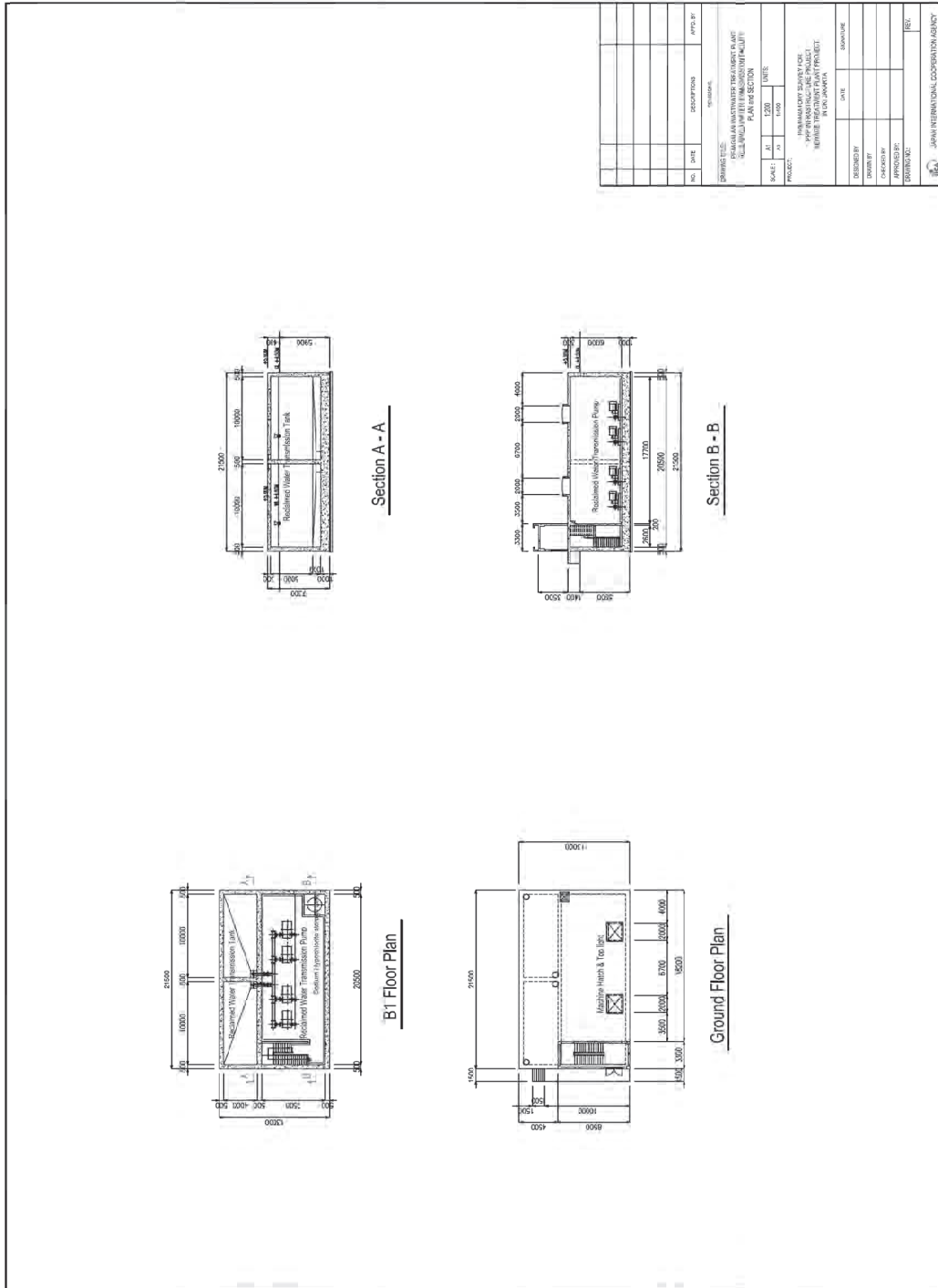
注：1 USD=9012.5IDR、1 USD=76.21 JPY

出典：JICA PPP Study Team



出典：JICA PPP Study Team

図 3-2 再生水送水管ルート



出典：JICA PPP Study Team

図 3-3 再生水送水施設の概略平面図 (ケース A)