

Bangladesh People's Republic
 Chittogram Water Supply and Sewerage Corporation

Bangladesh
 Chittogram Sewerage Rehabilitation Project
 Preparation Study

Final Report
 (Preliminary Edition)

July 2023

Independent Administrative Agency
 International Cooperation Agency (JICA)

Nippon Engineering Co., Ltd.
 Co. Ei Research & Consulting

南ア
JR(P)
23-036

為替レート

USD 1 = 137 円

USD 1 = BDT 104

BDT 1 = 1.32 円

(2023 年 6 月時点)

バングラデシュ国
チョットグラム下水道整備事業準備調査

ファイナルレポート
目次

第1章	序論	1-1
1.1	事業の背景、業務の目的	1-1
1.2	調査対象地域	1-2
1.3	業務概要	1-5
1.3.1	業務内容	1-5
1.3.2	業務フロー	1-6
第2章	プロジェクト対象地域の現状	2-1
2.1	自然条件	2-1
2.1.1	気候	2-1
2.1.2	水質調査	2-2
2.1.3	地形測量	2-5
2.1.4	土質調査	2-6
2.2	人口	2-17
2.2.1	チョットグラム市の人口	2-17
2.2.2	第2・第4処理区の人口	2-18
2.3	地下埋設物	2-18
2.3.1	水道	2-19
2.3.2	ガス	2-20
2.3.3	電話線	2-20
2.3.4	電線	2-21
2.3.5	フライオーバー（陸橋）	2-21
2.4	CWASAの財務状況	2-23
2.4.1	CWASAの上下水道料金	2-23
2.4.2	財務状況	2-28
2.4.3	中期財務計画	2-28
第3章	チョットグラム市の水関連セクターの現状	3-1
3.1	サンテーションマスタープラン	3-1
3.2	水道システム	3-3
3.3	雨水排水システム	3-3
3.4	公共下水道及び衛生システム	3-6
3.5	工場排水処理	3-6
3.6	し尿汚泥の収集システム	3-7
第4章	下水道整備促進の国家目標・戦略、順守すべき法的要求事項	4-1
4.1	国策	4-1

4.1.1	Perspective Plan 2021-2041	4-1
4.1.2	第8次5か年計画.....	4-1
4.1.3	水供給と衛生に関する国家戦略.....	4-2
4.2	水質環境基準.....	4-3
4.3	排水基準.....	4-4
4.3.1	生活排水基準.....	4-4
4.3.2	工場排水基準.....	4-5
第5章	下水道整備計画に係る方針	5-1
5.1	第2・第4処理区の現状	5-1
5.1.1	処理場候補地の現状.....	5-1
5.1.2	道路、既存排水路の現状.....	5-2
5.1.3	既存廃棄物処分場の現状.....	5-8
5.2	下水道整備計画に係る方針	5-10
5.2.1	土地利用計画.....	5-10
5.2.2	目標年	5-11
5.2.3	人口予測、対象人口.....	5-11
5.2.4	計画下水量.....	5-12
5.2.5	下水排除方式.....	5-15
5.2.6	各戸接続に係る事項.....	5-21
5.2.7	汚泥処分場.....	5-23
5.2.8	段階整備に係る方針.....	5-24
5.2.9	本邦技術の活用可能性.....	5-31
第6章	下水道システムの概略設計	6-1
第7章	事業実施及び下水道システムの運営・維持管理のための組織体制.....	7-1
7.1	CWASAの組織の現状.....	7-1
7.1.1	2020年組織図.....	7-1
7.1.2	デジタル化の状況.....	7-4
7.1.3	職員研修	7-5
7.1.4	既往調査結果の概要.....	7-6
7.2	プロジェクト実施のための組織体制	7-8
7.2.1	下水道の設計・施工におけるCWASAの組織体制.....	7-8
7.2.2	PIUの設置	7-9
7.3	運営・維持管理段階の組織体制	7-14
7.3.1	MPで提案された組織体制.....	7-14
7.3.2	上下水道事業運営体制の検討.....	7-14
7.3.3	第2・4処理区下水処理場の職員配置計画.....	7-16
7.3.4	維持管理組織構造の提案.....	7-16
7.4	組織・経営体制構築のための中期的なアクションプラン	7-20
7.4.1	下水道の整備計画を踏まえた短期・中期の区分	7-20
7.4.2	第5処理区のF/Sで作成された組織・人材能力開発ロードマップ	7-20

7.4.3	問題分析	7-21
7.4.4	中期的なアクションプランのまとめ	7-23
第 8 章	事業実施計画	8-1
8.1	施工スケジュール	8-1
8.1.1	対象地域の技術基準、関連法規	8-1
8.1.2	事業コンポーネント	8-1
8.1.3	下水道管の施工方法	8-2
8.1.4	下水処理場の施工方法	8-4
8.2	調達計画および契約パッケージ	8-7
8.2.1	資機材の調達計画	8-7
8.2.2	コンサルタントの調達	8-8
8.2.3	施工業者の調達	8-8
8.2.4	契約パッケージと契約方式	8-9
8.3	プロジェクトに関連する許認可	8-9
8.4	プロジェクト実施スケジュール	8-10
8.4.1	プロジェクト全体のスケジュール	8-10
8.4.2	用地取得に関するスケジュール	8-12
8.5	COVID-19 によるプロジェクト実施スケジュールへの影響への配慮	8-12
第 9 章	事業費積算	9-1
9.1	事業費積算の条件	9-1
9.2	事業コンポーネント及び建設費	9-1
9.3	概算事業費及び支出計画	9-1
9.4	維持管理費用	9-1
9.5	COVID-19 のプロジェクトコストへの影響についての考察	9-1
第 10 章	環境社会配慮	10-1
10.1	環境社会影響を与える事業コンポーネント	10-1
10.2	ベースとなる環境及び社会の状況	10-3
10.2.1	大気質	10-3
10.2.2	水質	10-5
10.2.3	騒音	10-8
10.2.4	振動	10-9
10.2.5	動植物	10-11
10.2.6	水象	10-13
10.2.7	地質	10-14
10.2.8	保護区	10-14
10.2.9	文化遺産	10-15
10.2.10	土地利用	10-16
10.2.11	先住民族	10-17
10.2.12	用地取得及び住民移転	10-18
10.3	相手国の環境社会配慮制度・組織	10-19

10.3.1	自然環境に関連する法令.....	10-19
10.3.2	社会環境に関連する法令.....	10-21
10.3.3	環境基準	10-23
10.3.4	EIA 制度.....	10-24
10.3.5	ギャップ分析.....	10-26
10.3.6	用地取得・住民移転方針.....	10-33
10.3.7	関連組織	10-33
10.4	代替案の検討.....	10-34
10.4.1	事業実施	10-34
10.4.2	事業地	10-35
10.4.3	下水管布設ルート.....	10-36
10.4.4	下水処理方法.....	10-37
10.5	スコーピング及び環境社会配慮調査の TOR	10-38
10.5.1	概要	10-38
10.5.2	方法及び方針.....	10-38
10.5.3	スコーピング結果.....	10-38
10.5.4	環境社会配慮調査の TOR.....	10-42
10.6	環境社会配慮調査結果.....	10-43
10.6.1	大気質	10-43
10.6.2	水質	10-44
10.6.3	廃棄物	10-47
10.6.4	土壌汚染	10-49
10.6.5	騒音・振動.....	10-49
10.6.6	地盤沈下	10-50
10.6.7	悪臭	10-50
10.6.8	底質	10-50
10.6.9	生態系	10-51
10.6.10	用地取得・住民移転.....	10-52
10.6.11	貧困・地域経済（雇用・生計手段）	10-55
10.6.12	土地利用や地域資源利用.....	10-55
10.6.13	既存の社会インフラや社会サービス.....	10-55
10.6.14	ジェンダー.....	10-55
10.6.15	子どもの権利/障がい者への配慮.....	10-57
10.6.16	HIV/AIDS 等の感染症	10-59
10.6.17	労働環境	10-59
10.6.18	事故	10-59
10.6.19	越境の影響及び気候変動.....	10-60
10.7	本事業による影響の検討結果.....	10-60
10.8	緩和策及び緩和策実施のための費用	10-64
10.9	モニタリング計画.....	10-70

10.10	実施体制.....	10-72
10.11	苦情処理メカニズム.....	10-72
10.12	ステークホルダー協議.....	10-74
10.13	気候変動対策.....	10-75
第 11 章	経済財務分析.....	11-1
11.1	前提条件.....	11-1
11.1.1	前提条件.....	11-1
11.1.2	下水処理水量.....	11-1
11.1.3	事業費用.....	11-1
11.2	財務分析.....	11-2
11.2.1	収入予測.....	11-2
11.2.2	財務分析の結果.....	11-3
11.3	経済分析.....	11-4
11.3.1	潜在的な経済便益.....	11-4
11.3.2	衛生状況改善便益.....	11-5
11.3.3	医療費削減便益.....	11-6
11.3.4	腐敗槽の清掃費用削減便益.....	11-6
11.3.5	事業地周辺の地価上昇便益.....	11-7
11.3.6	経済分析の結果.....	11-7
11.3.7	感度分析.....	11-8
第 12 章	事業評価及び事業効果指標.....	12-1
12.1	事業評価.....	12-1
12.1.1	技術面の評価.....	12-1
12.1.2	経済及び財務面の評価.....	12-1
12.1.3	環境面の評価.....	12-1
12.2	運用効果指標.....	12-2
12.3	定性的効果.....	12-2

目 次

図 1.2.1	調査対象地域位置図	1-2
図 1.2.2	第 2・4 処理区内の Ward 位置図	1-3
図 1.2.3	第 2・4 処理区の土地利用計画	1-4
図 1.3.1	業務フロー	1-6
図 2.1.1	チョットグラムにおける気温及び降水量データ（ダッカ及び東京との比較）	2-1
図 2.1.2	水質調査における採水位置	2-2
図 2.1.3	第 2・第 4 処理区における高低図	2-5
図 2.1.4	処理場候補地の標高図	2-5
図 2.1.5	処理場候補地における土質調査箇所	2-6
図 2.1.6	ポンプ場候補地における土質調査箇所	2-8
図 2.1.7	幹線ルート上における土質調査箇所	2-12
図 2.3.1	KWSP 給水エリアにおける管路網	2-19
図 2.3.2	非開削工法により埋設されている電話線の位置図	2-20
図 2.3.3	埋設予定の電線の位置図	2-21
図 2.3.4	第 2・第 4 処理区におけるフライオーバーの位置図	2-22
図 2.3.5	フライオーバーの橋脚の構造図	2-22
図 2.4.1	CWASA の水道料金の過去推移	2-25
図 3.1.1	下水道システムと分散型汚水処理施設の建設スケジュール	3-1
図 3.1.2	処理区境界と処理場の建設予定地	3-2
図 3.2.1	2030 年までの計画水生産量	3-3
図 3.3.1	チョットグラム市の排水問題	3-4
図 3.3.2	CCC の排水施設の課題の解決策	3-5
図 5.1.1	下水処理場候補地の写真	5-1
図 5.1.2	下水処理場候補地の地籍図（DPP に使用されている）	5-2
図 5.1.3	第 2・第 4 処理区の道路データ	5-3
図 5.1.4	チョットグラム市の交通渋滞	5-3
図 5.1.5	道路幅一杯の既設排水路	5-4
図 5.1.6	側溝への家庭排水と水路閉塞の状況	5-5
図 5.1.7	第 2・第 4 処理区の既存道路側溝及び水路のデータ	5-7
図 5.1.8	既存廃棄物処分場の位置	5-8
図 5.1.9	既存廃棄物処分場の写真（2022 年 7 月 16 日撮影）	5-9
図 5.2.1	第 2・第 4 処理区の土地利用計画	5-10
図 5.2.2	第 2・第 4 処理区全体の人口予測	5-12
図 5.2.3	狭隘な道路及びスラム地区の写真（2022 年 7 月 7 日撮影）	5-14
図 5.2.4	第 2・4 処理区全体の計画下水量	5-15
図 5.2.5	汚水を排除・収集するための宅内排水管の仕組み	5-22
図 5.2.6	CCC による新設廃棄物処分場計画地	5-23
図 5.2.7	計画下水量と第 1 期に整備される下水処理場の容量	5-25

図 5.2.8	第2・4 処理区と KSA の位置関係	5-26
図 5.2.9	オプション-1 の対象エリア	5-27
図 5.2.10	オプション-2 の対象エリア	5-28
図 5.2.11	オプション-3 の対象エリア	5-29
図 5.2.12	オプション-4 の対象エリア	5-30
図 5.2.13	刃口式推進工法による下水管布設の概要	5-33
図 5.2.14	泥水式推進工法による下水管布設の概要	5-33
図 5.2.15	長距離推進工法における中間押込機のイメージ	5-34
図 5.2.17	従来方式と開放式配管との比較	5-36
図 5.2.18	VFD 制御による省エネイメージ	5-36
図 5.2.19	遊水池の上部空間を利用して作られた処理場	5-37
図 5.2.20	階層式 CAS 法のイメージ	5-37
図 5.2.21	省エネ型送風機	5-38
図 5.2.23	浄化槽ユニットイメージ (窒素・リン除去タイプ)	5-40
図 5.2.25	省エネ型脱水機 (多重円板型スクリュープレス)	5-41
図 5.2.26	省エネ型脱水機 (その他スクリュープレス型)	5-42
図 5.2.27	インクラインドディスク型汚泥乾燥機の構造	5-43
図 5.2.29	DDMO のイメージ	5-44
図 5.2.30	ポンプゲートのイメージ	5-45
図 5.2.31	アセットマネジメントシステムのツール例	5-45
図 7.1.1	CWASA の 2020 年組織図	7-3
図 7.2.1	MP で提案された設計・建設段階の CWASA 組織体制	7-8
図 7.2.2	2020 年組織図に追加された Additional CE 関連の組織構造	7-9
図 7.2.3	CWASA の標準的なプロジェクト実施体制	7-9
図 7.2.4	詳細設計・入札段階における PIU 体制	7-12
図 7.2.5	建設段階における PIU 体制	7-12
図 7.3.1	MP で提案された運営・維持管理段階の組織体制案	7-14
図 7.3.2	MP でのし尿処理組織体制	7-14
図 7.3.3	上下水道事業運営の組織体制に関する二つの案	7-15
図 7.3.4	第2・4 処理区下水処理場の職員配置計画	7-16
図 7.3.5	運営維持管理段階における CWASA の管理体制案	7-17
図 7.3.6	運営維持管理段階 (2030 年) における詳細な組織体制案	7-18
図 7.4.1	下水道整備及び関連プロジェクトのスケジュール	7-20
図 7.4.2	O&M 段階における問題分析系統図 (1/2)	7-22
図 7.4.3	O&M 段階における問題分析系統図 (2/2)	7-22
図 8.1.1	非開削工法による施工工程	8-3
図 8.1.2	アクセス橋の建設予定地	8-4
図 8.1.3	下水処理場の施工ステップ図 (1/2)	8-5
図 8.1.4	下水処理場の施工ステップ図 (2/2)	8-6
図 8.4.1	プロジェクト事業スケジュール	8-11

図 8.4.2	下水処理場用地範囲及び円借款事業に必要なエリア.....	8-12
図 10.1.1	事業位置図.....	10-1
図 10.2.1	大気質の測定地点.....	10-3
図 10.2.2	表流水質の測定地点.....	10-5
図 10.2.3	騒音レベル測定地点.....	10-8
図 10.2.4	STP 周辺における騒音レベル測定結果.....	10-9
図 10.2.5	振動レベル測定地点.....	10-10
図 10.2.6	下水処理場周辺の河川位置図.....	10-13
図 10.2.7	STP 周辺の地質図.....	10-14
図 10.2.8	保護区の位置図.....	10-15
図 10.2.9	世界遺産の位置図.....	10-16
図 10.2.10	STP 周辺の土地利用区分.....	10-17
図 10.2.11	仏教徒コミュニティーの位置.....	10-18
図 10.2.12	本事業の対象エリア.....	10-19
図 10.3.1	バングラデシュの EIA 手続きフロー.....	10-25
図 10.3.2	CWASA 組織図.....	10-33
図 10.6.1	Halda 川の位置.....	10-44
図 10.6.2	ベースライン調査地点.....	10-46
図 10.6.4	下水処理過程における汚泥発生.....	10-48
図 10.6.5	埋立地の位置.....	10-48
図 10.6.6	STP の施設レイアウト.....	10-50
図 10.6.7	STP 用地範囲及び JICA 事業における STP の開発範囲.....	10-53
図 10.10.1	実施体制図.....	10-72
図 10.11.1	苦情処理フロー図.....	10-73
図 10.13.1	本事業の気候リスクツリー.....	10-78
図 11.2.1	代替案 3 (+6%/年) の収支フロー.....	11-3
図 11.3.1	ATP を用いた基本ケースの費用・便益フロー.....	11-8

表 目次

表 1.1.1	各処理区の下水道整備事業進捗状況（2023年6月時点）	1-1
表 1.2.1	第2・4処理区内のWardリスト	1-3
表 1.3.1	業務項目	1-5
表 2.1.1	水質調査結果（雨季実施分：2022年8月）	2-3
表 2.1.2	水質調査結果（乾季実施分：2022年12月）	2-4
表 2.1.3	土質調査結果（処理場候補地 BH-06）	2-7
表 2.1.4	土質調査結果（ポンプ場候補地 PS-02）	2-9
表 2.1.5	土質調査結果（ポンプ場候補地 PS-03）	2-10
表 2.1.6	土質調査結果（ポンプ場候補地 PS-04）	2-11
表 2.1.7	土質調査結果（幹線ルート上 MTS-01）	2-13
表 2.1.8	土質調査結果（幹線ルート上 MTS-02）	2-14
表 2.1.9	土質調査結果（幹線ルート上 MTS-03）	2-15
表 2.1.10	土質調査結果（幹線ルート上 MTS-05）	2-16
表 2.2.1	2011年及び2022年におけるチョットグラム市における各ワードの人口	2-17
表 2.2.2	2011年及び2022年における第2・第4処理区における各ワードの人口	2-18
表 2.2.3	チョットグラム市全体に対する第2・4処理区の人口	2-18
表 2.4.1	現在のCWASAの水道料金	2-24
表 2.4.2	CWASAの水道料金の過去推移	2-24
表 2.4.3	現在のCWASAの接続費とメーター交換費	2-25
表 2.4.4	現在のCWASAの給水車費	2-26
表 2.4.5	現在のCWASAの地下水利用料金	2-26
表 2.4.6	過去の請求額と徴収額の推移	2-27
表 2.4.7	2022年12月時点の4つのWASAの上下水道料金	2-27
表 3.1.1	MPにおける各処理区の概算事業費	3-1
表 3.3.1	内水及び外水氾濫への対策におけるCCCとBWDBの役割	3-5
表 3.6.1	CCCのし尿処理に関するアクションプラン概要	3-7
表 3.6.2	CWASA、CCC及びCDAのMoU案におけるし尿処理の役割分担	3-8
表 4.1.1	Perspective Plan 2021-2041における都市の水環境に関連する目標	4-1
表 4.1.2	第8次5か年計画における水環境に関連する目標	4-2
表 4.2.1	環境保護規則における内陸地表水の水質環境基準	4-3
表 4.3.1	生活排水基準（下水処理場の排水基準）	4-4
表 4.3.2	産業廃棄物及び事業系一般廃棄物の基準	4-5
表 4.3.3	産業及び事業系排水の排水基準（付則4）	4-6
表 5.1.1	既存廃棄物処分場の現状データ	5-8
表 5.2.1	第2・第4処理区の土地利用区別の割合	5-11
表 5.2.2	各下水道施設の目標年・整備規模	5-11
表 5.2.3	第2・第4処理区全体の人口予測再計算結果	5-12
表 5.2.4	計画下水量算定条件	5-13

表 5.2.5	道路幅調査結果及びセンサスにおけるスラム人口の割合.....	5-14
表 5.2.6	第2・4処理区全体の計画下水量算定結果.....	5-14
表 5.2.7	遮集式及び分流式の特徴.....	5-15
表 5.2.8	12 ケースの基礎項目の比較.....	5-18
表 5.2.9	12 ケースの評価.....	5-19
表 5.2.10	第2・第4処理区の下水道施設を一度に全て整備する場合の必要コスト及び期間	5-24
表 5.2.11	人口カバー率 50%~25%の間の段階整備計画の比較.....	5-25
表 7.1.1	職員の定数、現任数及び空席数の現状.....	7-1
表 7.1.2	一級職員の職位別定員・現任・欠員数（2022年8月現在）.....	7-2
表 7.1.3	各種ソフトウェアの開発状況.....	7-4
表 7.1.4	2017~2021年までの国際研修プログラムへの参加状況.....	7-5
表 7.1.5	下水道事業に対するCWASAのSWOT分析.....	7-7
表 7.2.1	KWSP-2のPIUメンバー.....	7-10
表 7.2.2	PESSCM-1のPIU体制.....	7-11
表 7.2.3	本プロジェクトのPIU体制（詳細設計及び入札段階）.....	7-12
表 7.2.4	本プロジェクトのPIU体制（建設段階）.....	7-13
表 7.3.1	各組織体制案の長所と短所.....	7-15
表 7.3.2	運営維持管理段階に本事業関連で配置が必要な職位別定員数.....	7-19
表 7.4.1	CWASAの組織能力開発ロードマップ.....	7-20
表 7.4.2	CWASA単独またはJICA支援による取り組み課題.....	7-23
表 7.4.3	残された課題に対するドナー等支援の役割分担案.....	7-23
表 7.4.4	中期アクションプランの概要.....	7-23
表 8.1.1	関連するバングラデシュの設計・建設規則（BNBC）.....	8-1
表 8.1.2	準拠予定の技術基準.....	8-1
表 8.1.3	事業コンポーネント.....	8-1
表 8.2.1	バングラデシュにおける小口径非開削工法.....	8-8
表 8.3.1	建設工事に関する許認可.....	8-10
表 9.4.1	年間O&M費用.....	9-1
表 10.1.1	開発対象の施設.....	10-2
表 10.1.2	プロジェクトコンポーネント及び想定される影響.....	10-2
表 10.2.1	STP周辺の大気質の測定結果.....	10-4
表 10.2.2	STP周辺の表流水質の測定結果.....	10-7
表 10.2.3	STP周辺における振動レベル測定結果.....	10-10
表 10.2.4	STP周辺の土地利用区分.....	10-16
表 10.3.1	自然環境に関連する法令.....	10-19
表 10.3.2	社会環境に関連する法令.....	10-21
表 10.3.3	大気質の環境基準.....	10-23
表 10.3.4	水質の環境基準.....	10-24
表 10.3.5	騒音の環境基準.....	10-24

表 10.3.6	JICA 環境社会配慮ガイドライン及びバングラデシュの法令（環境面）との ギャップ分析	10-26
表 10.3.7	JICA 環境社会配慮ガイドライン及びバングラデシュの法令（社会面）との ギャップ分析	10-29
表 10.4.1	事業を実施しない代替案比較	10-34
表 10.4.2	下水処理場位置の代替案比較	10-35
表 10.4.3	第4処理区から STP へのパイプライン布設ルート代替案比較	10-36
表 10.4.4	下水処理方法の代替案比較	10-37
表 10.5.1	スコーピング結果	10-39
表 10.5.2	環境社会配慮調査の TOR	10-42
表 10.6.1	工事中における大気汚染の発生源	10-43
表 10.6.2	放流基準、設計放流水質及びベースラインデータの比較	10-45
表 10.6.3	カルナフリ川の流量	10-45
表 10.6.4	工事中に発生する廃棄物	10-47
表 10.6.5	想定される脱水汚泥発生容量	10-48
表 10.6.6	工事中における騒音・振動の発生源	10-49
表 10.6.7	希少種のリスト（植物相）	10-51
表 10.6.8	絶滅危惧種のリスト（動物相）	10-51
表 10.6.9	用地取得の規模	10-54
表 10.6.10	補償・支援の具体策	10-54
表 10.6.11	ジェンダー平等に関して期待される正の影響	10-56
表 10.6.12	ジェンダー平等に関するニーズと課題	10-56
表 10.6.13	ジェンダー平等のための対策	10-56
表 10.6.14	ジェンダー平等に関する法令及び政策	10-57
表 10.6.15	子どもの権利に関する法令	10-58
表 10.6.16	障がい者への配慮	10-58
表 10.7.1	本事業の影響の検討結果	10-60
表 10.8.1	工事前の緩和策	10-64
表 10.8.2	工事中の緩和策	10-64
表 10.8.3	供用時の緩和策	10-68
表 10.9.1	モニタリング計画	10-70
表 10.12.1	ステークホルダーの整理	10-74
表 10.12.2	主な協議内容	10-74
表 10.13.1	STP からの CO2 排出量削減における省エネ機器の効果	10-76
表 10.13.2	2035 年における第2及び第4処理区全域の生活排水による BOD 負荷	10-76
表 10.13.3	本事業の気候リスクマトリクス	10-77
表 10.13.4	本事業で将来重大となりうると考えられる気候リスクの絞り込み	10-77
表 11.1.1	経済財務分析の前提条件	11-1
表 11.1.2	算出された建設費用	11-1
表 11.1.3	事業における年間維持管理費	11-2

表 11.2.1	経済財務分析の前提条件	11-2
表 11.2.2	現在の料金単価と想定請求水量	11-2
表 11.2.3	想定下水道料金収入	11-3
表 11.2.4	財務分析の結果	11-4
表 11.3.1	事業の潜在的な経済便益	11-4
表 11.3.2	経済分析の結果	11-7
表 11.3.3	経済分析の結果	11-8
表 12.2.1	本事業の運用効果指標	12-2

添付資料 目次

添付資料 1	概略設計の補足資料	
1.1	目標年（2070年）の計画下水量算定表	A1.1-1
添付資料 2	環境社会配慮補足資料	
2.1	用地取得及び住民移転方針	A2.1-1
2.2	環境チェックリスト	A2.2-1
2.3	モニタリングフォーム	A2.3-1

略語集

AAQM	Ambient Air Quality Monitoring	大気環境モニタリング
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AE	Assistant Engineer	アシスタントエンジニア
AQ	Air Quality	大気質
ATP	Affordability to Pay	支払可能性
BBS	Bangladesh Bureau of Statistics	バングラデシュ統計局
BDT	Bangladesh Taka	バングラデシュタカ
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
BPDB	Bangladesh Power Development Board	バングラデシュ電力開発庁
BWDB	Bangladesh Water Development Board	バングラデシュ水開発庁
CAPEX	Capital Expenditure	資本的支出
CAS	Conventional Activated Sludge Process	標準活性汚泥法
CCC	Chattogram City Corporation	チョットグラム市役所
CDA	Chattogram Development Authority	チョットグラム開発庁
CDIA	Cities Development Initiative for Asia	ADB が管理するマルチドナー信託基金
CDP	City Development Plan	都市開発計画
CE	Chief Engineer	チーフエンジニア
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
CSR	Corporate Social Responsibility	企業の社会的責任
CWASA	Chattogram Water Supply and Sewerage Authority	チョットグラム上下水道公社
DOC	Dissolved Organic Carbon	溶存有機炭素
DOE	Department of Environment	環境局
DPP	Development Project Proposal	開発計画提案書
ECA	Ecologically Critical Area	生態学的重要エリア
ECC	Environmental Compliance Certificate	環境承認証
ECR	Effluent Conservation Rules	環境保護規則
EIA	Environmental Impact Assessment	環境アセスメント
EQS	Environmental Quality Standard	環境基準
ESC	Environmental and Social Considerations	環境社会配慮
ESF	Environmental and Social Framework	環境及び社会構造
FIES	Family Income and Expenditure Survey	家庭収入及び支出調査
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的内部収益率
F/S	Feasibility Study	実現可能性調査
FSM	Fecal Sludge Management	腐敗槽汚泥管理
GOB	Government of Bangladesh	バングラデシュ政府
GWI	Groundwater Infiltration	地下水浸透
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission	政府間海洋学委員会

IRA	Internal Revenue Allotment	内国税収入分配
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JPY	Japanese Yen	日本円
JS	Japan Sewage Works Agency	日本下水道事業団
JSWA	Japan Sewage Works Association	日本下水道協会
KWSP	Karnaphuli Water Supply Project	カルナフリ上水道整備事業
LGD	Local Government Division	地方行政総局
MBR	Membrane Bio Reactor	膜分離活性汚泥法
M/D	Minutes of Discussion	議事録
MLD	Million Liter Per Day (100,000 m ³ /day)	一日当たり百万リットル
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solid	活性汚泥浮遊物質
MLIT	Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan	国土交通省
MoPEMR	Ministry of Power, Energy & Mineral Resources	電力エネルギー鉱物資源省
MP	Master Plan	総合計画
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards	全国大気室基準
NOC	No Objection Certificate	同意書
O&M	Operation and Maintenance	維持管理
OD	Oxidation Ditch	オキシデーションディッチ法
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OPEX	Operating Expense	運営経費
PA	Protected Area	保護区
PDPP	Preliminary Development Project Proposal	予備開発計画提案
PESSCM	Project for Establishment of Sewerage System in Chattogram Metropolitan	チョットグラム市下水道開発プロジェ クト
PIU	Project Implementation Unit	業務実施部署
SAE	Sub-Assistant Engineer	サブアシスタントエンジニア
SBR	Sequencing Batch Reactor	回分式活性汚泥法
SDE	Sub-Divisional Engineer	サブディビジョナルエンジニア
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SE	Superintending Engineer	スーパーインテンディングエンジニア
STP	Sewage Treatment Plant	下水処理場
T-N	Total Nitrogen	全窒素
TOR	Teams of Reference	付託条項
T-P	Total Phosphorus	全磷
TSS	Total Suspended Solid	全浮遊物質
USD	United States Dollar	アメリカ合衆国ドル

WB	World Bank	世界銀行
WS	Water Supply	給水
WTP	Willingness to Pay	支払意思額
XEN	Executive Engineer	エクゼクティブエンジニア

要約

1. 事業の背景、業務の目的

1.1 事業の背景

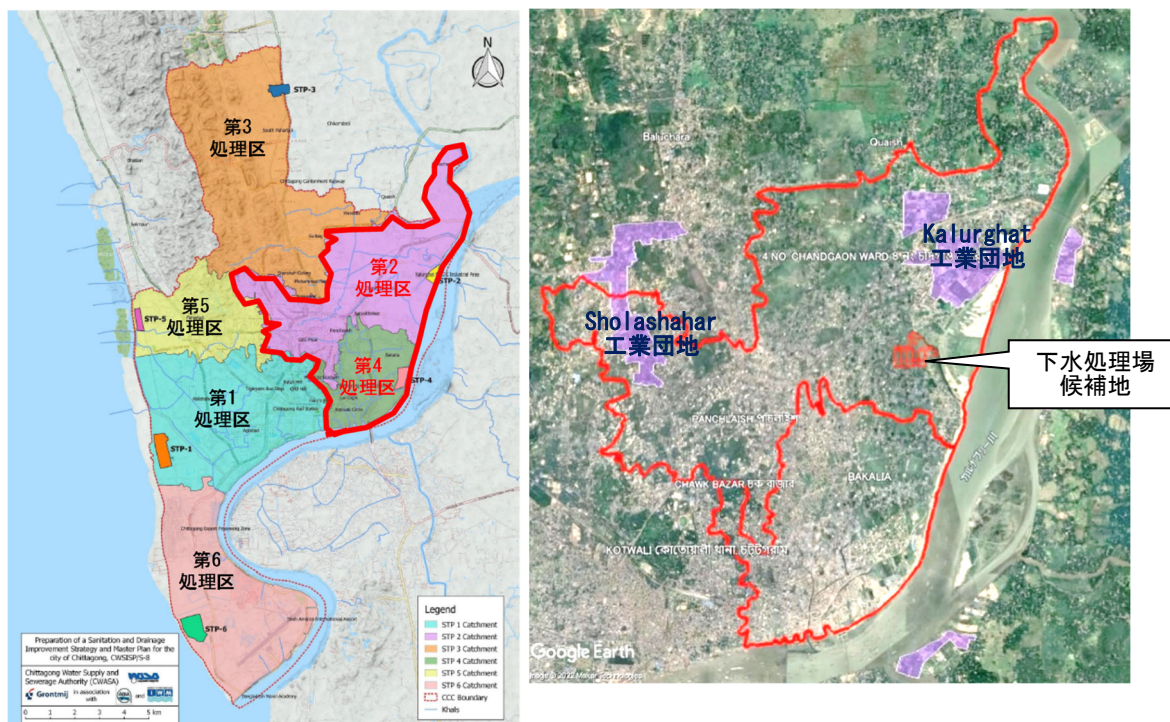
Chattogram 市上下水道公社（以下、CWASA）は、Bangladesh 人民共和国（以下、Bangladesh）の国家戦略に沿ったサンテーションマスタープラン（以下、MP）を世界銀行の支援の下 2017 年に策定し、図 1.1 の通り市内を 6 つの処理区に分け、下水道整備を進めていく方針を示している。このうち市内の中心部に位置する第 2・第 4 処理区の下水道整備は、MP においても優先事業と位置付けられ、支援の緊急性・必要性が高い。

1.2 調査の目的

本業務は、「Chattogram 下水道整備事業」について、当該事業の目的、概要、事業費、実施スケジュール、実施（調達・施工）方法、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境社会配慮等、円借款事業として実施するための審査に必要な調査を行うことを目的とする。

1.3 対象地域

本業務の対象地域は、以下の図 1.1 に示す通り、6 つの処理区のうち第 2・第 4 処理区である。



出典：MP を基に JICA 調査団が編集

図 1.1 調査対象地域位置図

2. 下水道整備計画に係る方針

2.1 目標年

MPにおいては、優先度の高い第1処理区及び第2処理区の目標年を2030年、他の処理区の目標年を2065年と設定されている。一方、先行する第1処理区事業及び第5処理区事業においては、処理区全体の目標年を2070年としている。これら先行事業を基に、第2・第4処理区の最終的な目標年を2070年と設定する。各下水道施設の整備規模・能力は表2.1に示す通り計画する。

表 2.1 各下水道施設の目標年・整備規模

施設	目標年・整備規模
幹線管渠	➤ 初期段階から2070年の計画下水量に見合った規模とする
枝線管渠	➤ 管径：幹線管渠と同様 ➤ 整備対象エリア及び整備延長：段階整備を適用する
下水処理場	➤ 段階整備を適用し、初期段階ではフェーズ1事業の目標年の下水発生予測量に見合った規模の施設を整備する ➤ 最終的には2070年の計画下水量に見合った規模とする

出典：JICA 調査団

2.2 計画人口

MPにおいて2011年から2030年の人口予測が算定されたが、2022年に11年ぶりに国勢調査結果が公表されたため、調査団は以下の条件に基づき人口予測の再計算を行った。

- i) 2022年以降も、2011年から2022年の人口増加率と同率により増加するものと設定する。
- ii) 2022年の人口が2011年の人口よりも減少しているWardについては、2022年以降人口変動がないものとした。

第2・第4処理区の2070年までの人口予測再計算結果を表2.2に示す。

表 2.2 第2・第4処理区全体の人口予測再計算結果

年	2011 (国勢調査)	2022 (国勢調査)	2030	2035	2040	2050	2060	2070
人口予測値	943,941	1,069,809	1,180,033	1,248,922	1,317,812	1,455,591	1,593,371	1,731,150

出典：JICA 調査団

2.3 計画下水量

(1) 計画下水量算定条件

計画下水量は家庭排水、商業排水、工場より発生する汚水のうちし尿及び雑排水の部分及び地下水浸入量により構成される。工場排水については、公共下水道に接続する場合、接続前に各工場用地内での事前処理が環境保護規則（2023年）により求められている。一方、現時点の実態に注目すると各工場で完全に遵守されているとは言い切れない。このため、工場排水を接続すると、下水中に重金属等の有害物質が多量に混入する可能性があり、下水処理場で処理しきれないばかりか、下水処理施設への損傷を及ぼす懸念が生じる。このため、工場排水は計画下水量に加えないこととした。表2.3に計画下水量算定条件を整理する。

表 2.3 計画下水量算定条件

項目	計算方法	備考
家庭排水及び商業排水の単位汚水量	120 lpcd x 90% = 108 lpcd	<ul style="list-style-type: none"> 第 1、第 5 処理区と同じ 120 lpcd：カルナフリ上水道プロジェクト（KWSP-2）で設定されている 1 人当たり単位給水量 90%：（MP で設定されている給水量に対する汚水量の比率=80%）×（KWSP-2 で設定されている非家庭用給水量の家庭用給水量に対する比率=12%）= 90%
家庭排水量及び商業排水量	108 lpcd x 対象人口	<ul style="list-style-type: none"> 第 1、第 5 処理区と同じ
工場より発生する汚水のうちし尿及び雑排水の部分	家庭排水 x 15%	<ul style="list-style-type: none"> 土地利用で工場地帯を含む 6 つの Ward のみ対象（Ward 02、04、05、06、08、18） 15%：KWSP-2 で設定されている非家庭用給水量の家庭用給水量に対する比率=12%を切り上げた
地下水浸入量（GWI）	家庭排水量 x 15%	<ul style="list-style-type: none"> 第 1、第 5 処理区と同じ 15%：日本下水道協会の計画・設計指針を参考に設定

出典：JICA 調査団

日平均汚水発生量及び日最大汚水発生量は以下の手法により算出される。

- 日平均汚水発生量＝家庭排水＋商業排水＋小規模工場排水＋地下水浸入量
- 日最大汚水発生量＝1.25×（家庭排水＋商業排水＋小規模工場排水）＋地下水浸入量
 （1.25＝日最大：日平均の比率；日本下水道協会の計画・設計指針を参考に設定）

(2) 実際の給水状況の考慮

上記 (1) の計画下水量は、全対象人口が上水道サービスに接続している前提の下での最大の下水発生量である。一方、実際には第 2・第 4 処理区における上水道サービスへの接続率は 100%には達していないのが現状である。このため、実際の汚水発生量を以下の数式により算定する。

- 実際の汚水発生量＝90%×実際の給水量（給水量の実データ：第 2・第 4 処理区全体で 2022 年 7 月の実績は日平均 112,700 m³/日、2035 年予測値は日平均 177,400 m³/日）
 （90%の根拠は表 2.3 記載の通り）
- 実際の日最大汚水発生量＝1.25×実際の汚水発生量＋地下水浸入量
 （1.25＝日最大：日平均の比率；日本下水道協会の計画・設計指針を参考に設定）

(3) 下水道サービスを受けられる人口の条件

さらに、上記 (1) 及び (2) で定義した計画下水量は、対象エリアにおける汚水発生量の 100%を下水管網により収集できる前提の下での算定量であるが、実際には下水管路の布設が困難な道路が狭すぎる地区やスラム地区が点在している。

このような下水管路の布設が困難な地区では、当面 CWASA は腐敗槽汚泥管理（FSM）により衛生環境の改善を図る計画である。調査団による第 2・第 4 処理区内の道路幅調査、及びバングラデシュ統計局発行のスラム地区及び水上生活者センサスを基に、第 2・第 4 処理区の下水管路

の布設が困難な地区の割合は、表 2.4 に示す通り処理区全体の 18%と算出された。このため、FSM による一部エリアの衛生改善を考慮した実際の下水発生量は、上記 (2) で設定した計画下水量の 82% (100-18%) となる。

表 2.4 道路幅調査結果及びセンサスにおけるスラム人口の割合

項目	数値
第 2・4 処理区内の幅 2m 未満の道路延長の割合 (スラム地区を除く) (幅 2m 未満の道路への下水管渠布設は困難と想定)	6.9 %
第 2・4 処理区内のスラム人口の割合	11.2 %
計	18.1 % (約 18%)

出典：JICA 調査団

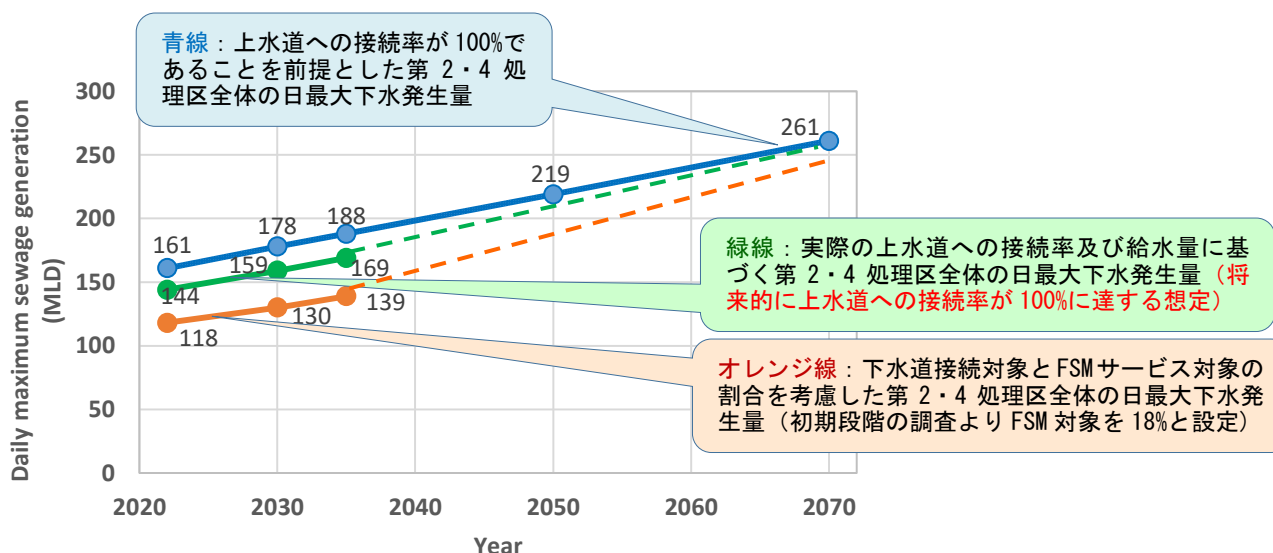
(4) 計画下水量算定結果

上記 (1)、(2) 及び (3) に基づき算定した計画下水量を表 2.5 及び図 2.1 に示す。

表 2.5 第 2・4 処理区全体の計画下水量算定結果

年	計画日最大下水発生量 (1,000m ³ /日)	実際の水道接続状況及び給水量に基づき、実際の日最大下水発生量(1,000m ³ /日)	下水道への接続可能人口を考慮した実際の日最大下水発生量(1,000m ³ /日)
2022	161	144	118
2030	178	159	130
2035	188	169	139
2050	219	—	—
2070	261	—	—

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 2.1 第 2・4 処理区全体の計画下水量

2.4 下水排除方式

以下の 12 ケースを対象に概算事業費、プロジェクト期間、裨益人口等について比較検討した結果、100%分流式かつ第 1 期に整備する人口カバー率が 50%及び 25%のケース (ケース 2 及び 3) が最適ケースとして推奨された。したがって、第 2・第 4 処理区の下水排除方式として、処理区全域を分流式で整備する方針を最適案として選定した。

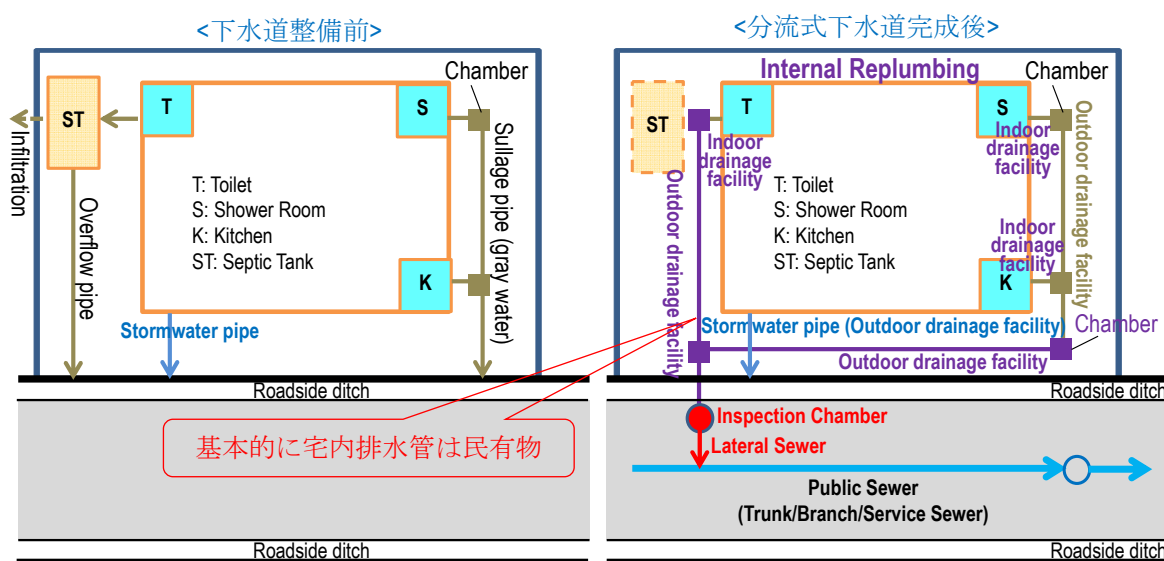
分流式により整備する エリアの割合	第2・第4処理区全域のうち第1期に整備する人口カバー率			
	100%	75%	50%	25%
100%分流式	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
50%分流式 (50%遮集式)	ケース 5	ケース 6	ケース 7	ケース 8
0%分流式 (100%遮集式)	ケース 9	ケース 10	ケース 11	ケース 12

2.5 各戸接続に係る事項

分流式による下水道システムを完成させるためには、家屋内の排水管と新設下水管とを接続し、家屋やビルより発生する汚水を下水管網へ取り込み、下水処理場へ収集することが必要不可欠である。言い換えれば各戸接続が分流式には必要不可欠である。

図 2.2 に下水道整備前及び分流式下水道完成後の 2 ケースの宅内排水管の仕組みを示す。下水道整備前は、トイレより発生するし尿は腐敗槽で処理された後に道路側溝へ排除され、風呂や台所より発生する雑排水は未処理で道路側溝へ排除される。一方、分流式下水道完成後は、し尿及び雑排水のいずれも新設の宅内排水管、マス及び取付管を経て下水本管へ取り込まれる。また腐敗槽は撤去または閉塞可能となる。

円借款のスキームにより第2・第4処理区全域を分流式で整備するには、基本的に民有物である宅内排水管の所有権の取り扱いを考慮する必要がある。



出典：JICA 調査団

図 2.2 汚水を排除・収集するための宅内排水管の仕組み

一般に JICA は民有物を円借款対象とせず、下水道事業の場合、宅内排水管は円借款対象に含めないことが多い。一方、CWASA 内部のルールとして、宅内排水管の所有権は下水処理場の供用開始後に CWASA から家屋所有者へ移管されることとなっているものの、CWASA は宅内排水管整備も円借款の融資対象とする希望を持っている。

この双方の方針の食い違いを解消するため、2023年3月に JICA と CWASA で協議を行い、円借款による分流式下水道導入を実現するために以下の方針を適用することとなった。

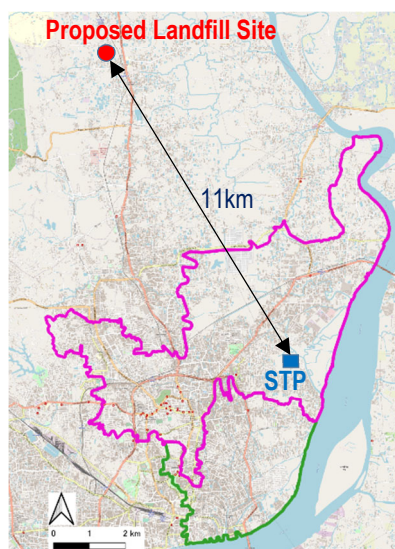
- i) 基本的に公共マスを含めて下流側は CWASA、宅内排水管は土地所有者にそれぞれ所有権があり、所有権保有者は自身で改造可能である。ただし、土地所有者が改造する場合も適切に下水道へ接続する義務は不変である。
- ii) 円借款の整備対象とする第 2・4 処理区の優先地区については、CWASA が下水処理場供用開始後 10 年間宅内排水管の所有権を保持する。このため、土地所有者が宅内排水管を改造・撤去・移設等をする場合には CWASA の許可が必要となる。
- iii) 別業務の「 Bangladesh 国都市衛生改善アドバイザー」において作成中の各戸接続マニュアルに基づき、CWASA は設計及び施工を行う。なお、当マニュアルは 2023 年 8 月の完成に向けて作成作業が進められている。
- iv) 他の処理区と同様に、接続工事完了後、CWASA は土地所有者に対して排水管の詰まりや損傷等の防止を働きかけ、何かトラブルが生じた場合には CWASA が窓口となって修理対応等を行う。この対応に必要なコストは建物所有者が負担する。
- v) 修理の受付、修理実施及び請求までを適切かつ円滑に行える仕組みの一環として、土地所有者名、不具合内容及び範囲、修理内容及び修理費の支払い状況を記載した書類を CWASA が記録として残しておくことを JICA は推奨する。

2.6 汚泥処分場

下水処理過程で汚泥は必ず発生するため、濃縮、脱水、消化等の汚泥処理による減量化が必要である。処理された汚泥は基本的に固形廃棄物と一緒に廃棄物処分場へ処分される。したがって、持続的な下水道事業を行うためには、汚泥処分場の確保が不可避の課題となる。

廃棄物管理は CCC の管轄である。既存廃棄物処分場は第 2・第 4 処理区より発生する下水汚泥を受け入れる容量が無い。

2022 年 12 月時点で、CCC は Chattogram 市の北側、第 2・第 4 処理区の下水処理場から北西に 11km に位置する Sandwip Road 付近に廃棄物処分場の新設を計画している (図 2.3)。



出典：JICA 調査団

図 2.3 CCC による新設廃棄物処分場計画地

2023年3月時点での新規廃棄物処分場にかかる情報を以下に列記する。

- i) 新規ゴミ処分場の想定容量：75～90 エーカー（30～38ha）、うち45 エーカーは民地、30～45 エーカーは公有地
- ii) CCCは自己資金により3～4か月で用地取得を進める計画であり、LGDによる承認が2023年4月中に下りる想定である
- iii) CCCは用地取得後、廃棄物処分場整備のDPP作成、EIA実施に取り掛かる方針
- iv) CCCは汚泥受け入れに関するMOU締結に向けた協議をCWASAと開始できる

2.7 段階整備に係る方針

(1) 基本方針

CWASAが第2・第4処理区の下水道施設を一度に全て整備するには、膨大なコスト及び期間が必要であり、円借款により全施設を一度に整備するのは困難である。このため、段階整備を導入し、第1期事業にて対象とする優先地区を選定し、順次整備を進めていく計画策定が必要である。

前述 2.4 節の比較検討において、100%分流式かつ第1期に整備する人口カバー率が50%及び25%のケースが最適ケースとして推奨された。このため、CWASA及びJICAは以下の方針により段階整備を計画することを確認した。

- i) 基本的に段階整備を導入し、円借款では第2・第4処理区の優先地区のみを対象とする。
- ii) 第1期に整備する人口カバー率については、30%～40%の間で検討する。

第1期の目標年を2035年とし、人口カバー率を35%とする場合、第1期に整備する下水処理場の容量は60MLD（60,000m³/日）となる。

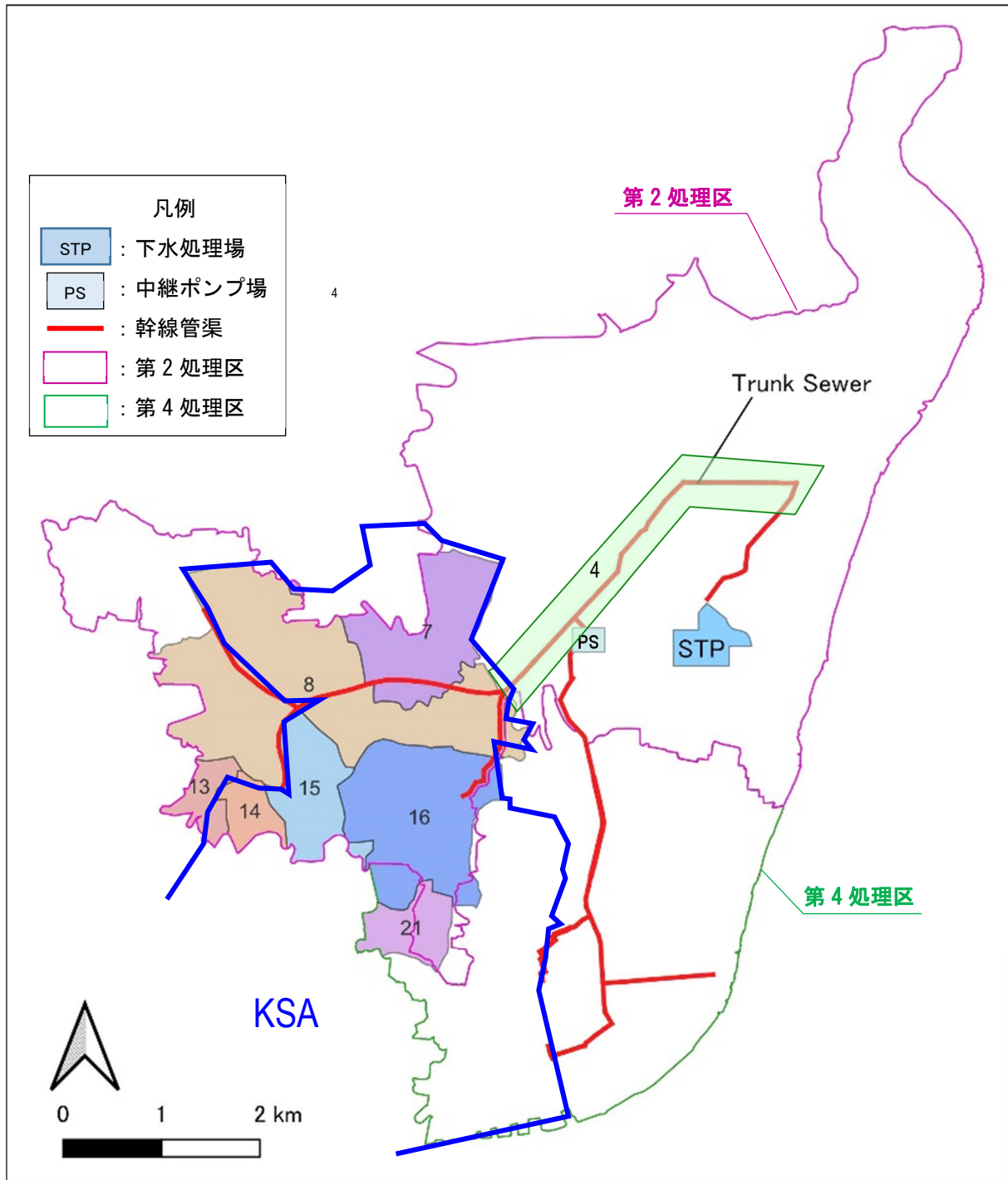
(2) 優先整備地区の選定

上記の基本方針に基づき、人口カバー率が30%～40%となる優先整備地域の選定基準として、以下に該当するWardを第1期の整備対象として選定することとした。

- i) 幹線管渠沿いのWard
- ii) 上水供給量が他のWardより豊富であるカルナフリ上水道プロジェクトの対象エリア（KSA）内のWard
- iii) 第2・4処理区の西部の市中心部付近のWard（当該地区は高層住宅が林立しており、各戸接続を効率的に進めやすい）
- iv) 第2処理区内のWard（第2処理の西部は他のWardよりも標高が高いため、発生汚水を下水処理場へ収集するにあたりポンプ場の整備が不要である）

（一方、第4処理区は低地であり、発生汚水を下水処理場に収集するにはポンプ場の設置が必要となる。このため、第1期の整備対象と第2処理区内のWardに限定すれば、第1期の事業費よりポンプ場と一部の幹線管渠の建設費を控除可能となる）

調査団として推奨する優先整備地区を図2.4に示す。



対象 Ward

Ward No.	Ward 名	Ward No.	Ward 名
Ward 4	Chandgaon	Ward 14	Lalkhan Bazar
Ward 7	West Sholashahar	Ward 15	Bagmaniram
Ward 8	Sholokbahar	Ward 16	Chawkbazar
Ward 13	Pahartali	Ward 21	Jamal khan

- 対象地区面積：740 ha
- 人口カバー率：31～34% (2035年)
- 下水処理量：43,000～47,000m³/日

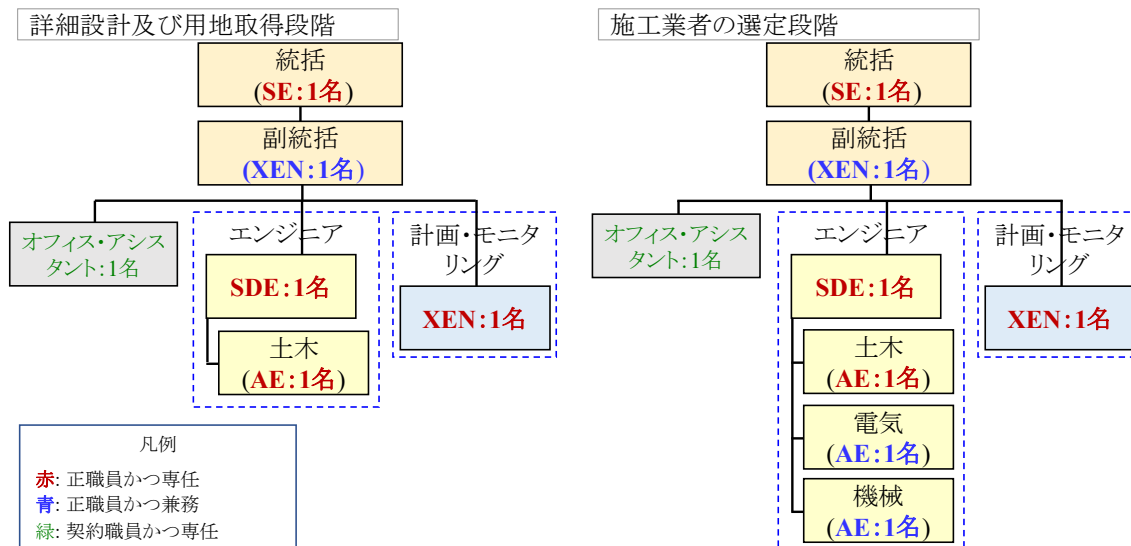
出典：JICA 調査団

図 2.4 推奨する優先整備対象エリア

3. 事業実施及び下水道システムの運営・維持管理のための組織体制

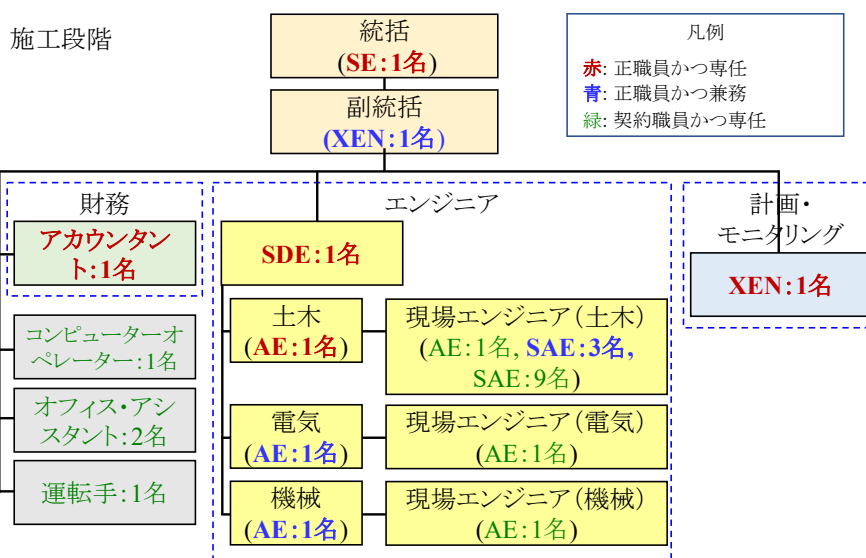
3.1 本事業における PIU 体制の提案

本事業における PIU の体制案を図 3.1 及び図 3.2 に示す。



出典：JICA 調査団

図 3.1 詳細設計・入札段階における PIU 体制

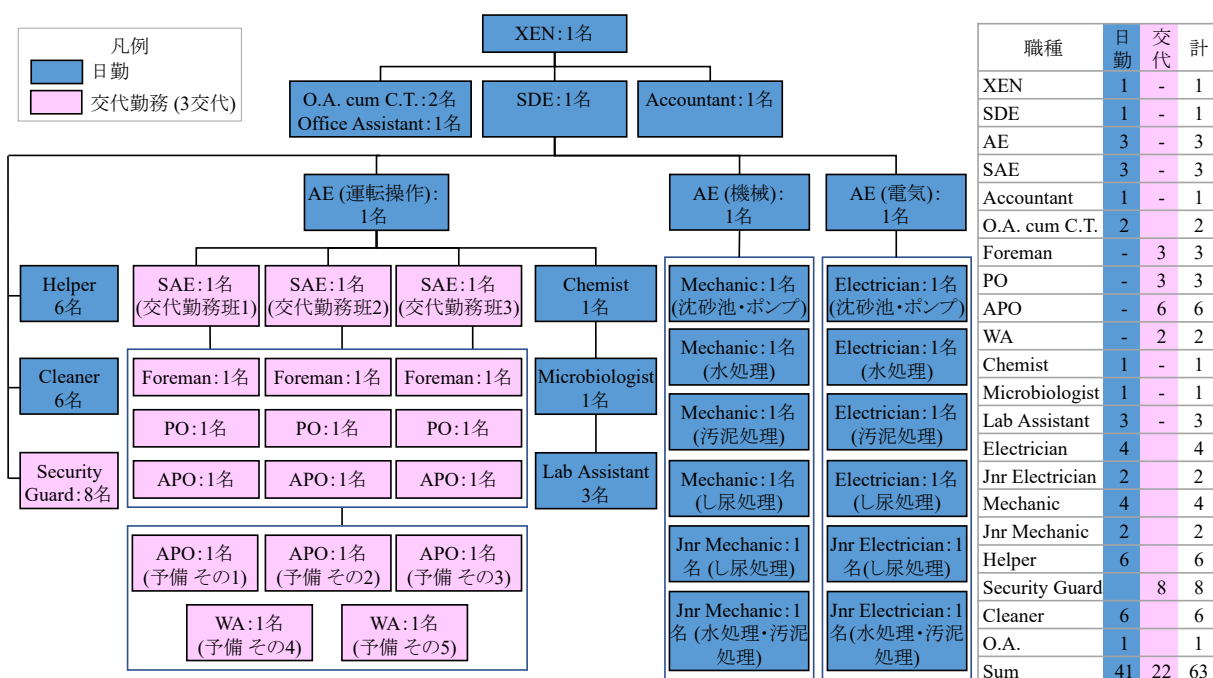


出典：JICA 調査団

図 3.2 建設段階における PIU 体制

3.2 第 2・4 処理区下水処理場の職員配置計画

第 2・4 処理区処理場の人員配置計画を図 3.3 に示す。し尿処理施設を含めた運転・維持管理には 63 人が必要で、うち 41 人が日勤、22 人が交代勤務（1 日 3 シフト）である。



出典：JICA 調査団

図 3.3 第 2・4 処理区下水処理場の職員配置計画

4. 事業実施計画

プロジェクトの構成要素と作業量の特徴を考慮し、本プロジェクトは表 4.1 に示すコンポーネントにより実施する。

表 4.1 事業コンポーネント

造成	盛土：15ha (G.L+3.5m 嵩上) 法面保護工：10,819m ²
下水処理場	下水処理施設 嫌気無酸素好気法 (Q=60,000m ³ /日) 現場打ちコンクリート杭：2,712 本 PVD 打設：1,125,000m アクセス橋：RC 桁橋 (L=30m, W=15m)
幹線管渠 (非開削)	管渠延長：11,000m (直径 600 - 2200mm) マンホール：99 箇所(100m 間隔)
枝線管渠 (開削)	管渠延長：70,000m (直径 200 - 900mm) マンホール：833 箇所 (100m 間隔)
取付管 (開削)	延長：70,000m (直径 150mm)
各戸接続・公共枿	14,000 戸

出典：JICA 調査団

5. 経済・財務分析

5.1 財務分析

(1) 検討ケース

料金が値上げされない基本ケースに加えて、以下に示す料金値上げ幅の異なる 3 つの代替案を計算した。事業別の財務分析では、費用や収入に関連する物価上昇率は計算上無視されている。従い、この値上げ幅は、物価上昇を吸収するための値上げに加え、実質的に値上げされる値幅を示している。

- 基本ケース：現在の料金水準が維持される
- 代替案 1：2023 年以降、2.0%ずつ料金が上昇する
- 代替案 2：2023 年以降、4.0%ずつ料金が上昇する
- 代替案 3：2023 年以降、6.0%ずつ料金が上昇する

(2) 財務分析の結果

Base Case と 3 通りの代替案における、FIRR、B/C、財務的正味現在価値（FNPV）を表 5.1 に示す。B/C と FNPV の割引率は、CWASA が MOF から融資を受ける際の金利である 1.0%を利用した。

収入額が維持管理費を下回るため、FIRR は 3 通りの案で算出できなかった。代替案 3（+6%/年）の場合の FIRR は 3.1%となった。B/C は 0.25 から 1.51 の範囲となり、FNPV は -379.19 億タカから 259.17 億タカとなった。維持管理費をまかなう料金水準を算定するため、初期投資額を除いた場合の B/C を算出し、0.57 から 3.50 となった。

表 5.1 財務分析の結果

料金の代替案	FIRR	B/C	FNPV (百万タカ)	初期投資費を 除く B/C
基本ケースの収入	n.a.	0.25	-37,919	0.57
代替案 1（+2%/年）	n.a.	0.44	-28,393	1.01
代替案 2（+4%/年）	n.a.	0.80	-10,094	1.85
代替案 3（+6%/年）	3.1%	1.51	25,917	3.50

出典：調査団

上記の分析により、事業は下水道料金が毎年 6.0%ずつ値上げされた場合（代替案 3）、FIRR が WACC（1.0%）を超え、同時に B/C が 1 以上となり、事業は財務的妥当性を有することが判明した。それに対し、基本ケース、代替案 1、代替案 2 の場合、補助金なしでは財務的妥当性を有さないことがわかった。

5.2 経済分析

(1) 潜在的な経済便益

事業実施によりもたらされる潜在的な経済便益を表 5.2 に整理した。事業の経済分析として、1 番目から 4 番目まで全ての経済便益を定量化した。

表 5.2 事業の潜在的な経済便益

潜在的便益	説明	定量化	定量化できず
1) 衛生状況改善便益	公衆衛生の状況が改善することで利用者の生活環境が改善する。本便益は裨益者の支払意思額（WTP）と支払可能額（ATP）で定量化される。	x	
2) 医療費削減便益	事業実施により事業地の疾病が減少し、医療費が削減される	x	
3) 腐敗槽の清掃費削減便益	下水施設が整備され、既存の腐敗槽清掃費が不要となる	x	
4) 事業地周辺の地価上昇便益	事業地の住環境が改善し、土地価格が上昇する	x	

出典：調査団

(2) 経済分析の結果

経済分析の結果を表 5.3 に示す。「WTP を用いた基本ケース」では、評価期間において年間発生便益が経済費用よりも低く、EIRR は算出できなかった。B/C、ENPV はそれぞれ 0.35 と -134.14 億タカとなった。「ATP を用いた基本ケース」の結果はより高く、EIRR、B/C、ENPV はそれぞれ 10.8%、1.06、13.01 億タカとなった。

表 5.3 経済分析の結果

代替案	EIRR	B/C	ENPV (百万タカ)
WTP を用いた基本ケース	n.a.	0.35	-13,414
ATP を用いた基本ケース	10.8%	1.06	1,301

出典：調査団

6. 事業評価

6.1 技術面の評価

CWASA の方針に基づき、下水排除方式を分流式とし、各建物の排水施設を下水道へ接続する各戸接続を実施する計画とした。各戸接続を完遂するには長期間を要するが、分流式下水道は対象地域内の衛生状況及び放流先の水質を改善するのに最適なシステムである。

また、2023年3月に新環境保護規則が公布され、窒素及びリンの排水基準が強化されたため、下水処理方式として標準活性汚泥の変法であり、窒素及びリン除去対応の高度処理である嫌気無酸素好気法を提案した。

6.2 経済及び財務面の評価

第2、4処理区における財務分析の結果、料金水準が毎年2%上昇した場合、下水道料金で運営費（維持管理費と機材更新費）を賄える。また料金水準が毎年6%上昇した場合、下水道料金で投資費を含む全費用を賄うことができる。

経済分析では、支払可能額を用いた場合の基本ケースでEIRRが10.8%、B/Cが1.06となった。便益は、1）下水道事業の改善（支払意思額と支払可能額を活用）、2）医療費の削減、3）浄化槽の清掃費削減、4）事業地周辺の地価上昇が定量化された。EIRRは基準となる10%を上回り、経済的妥当性を有すると言える。

6.3 環境面の評価

環境調査の結果、本事業における深刻な環境影響は判明しなかった。また、社会調査の結果、空き地を使用して対象施設を整備することにより、社会影響を最小化する計画となった。

第1章 序論

1.1 事業の背景、業務の目的

(1) 事業の背景

チョットグラム市上下水道公社（以下、CWASA）は、Bangladesh 人民共和国（以下、Bangladesh）の国家戦略に沿ったサニテーションマスタープラン（以下、MP）を世界銀行の支援の下 2017 年に策定し、図 1.2.1 の通り市内を 6 つの処理区に分け、下水道整備を進めていく方針を示している。このうち市内の中心部に位置する第 2・第 4 処理区の下水道整備は、MP においても優先事業と位置付けられ、支援の緊急性・必要性が高い。

なお、2023 年 6 月時点の各処理区の下水道整備事業の進捗状況は表 1.1.1 の通りである。

表 1.1.1 各処理区の下水道整備事業進捗状況（2023 年 6 月時点）

処理区	資金源候補	進捗状況
1	Bangladesh 自己資金	設計・施工（DB）方式により下水処理場・管渠の建設中
2	日本（JICA）	本業務
3	韓国（EDCF）	2022 年 9 月よりフィージビリティスタディ（FS）実施中
4	日本（JICA）	本業務
5	フランス（AFD）	FS が 2022 年末に終了、Loan Agreement が 2023 年 6 月に締結された今後ハード支援は AFD、ソフト支援は ADB（CDIA ¹ ）が実施予定 ²
6	本邦民間企業	2022 年 10 月より FS 実施中

出典：CWASA より入手した情報を基に調査団が編集

(2) 業務の目的

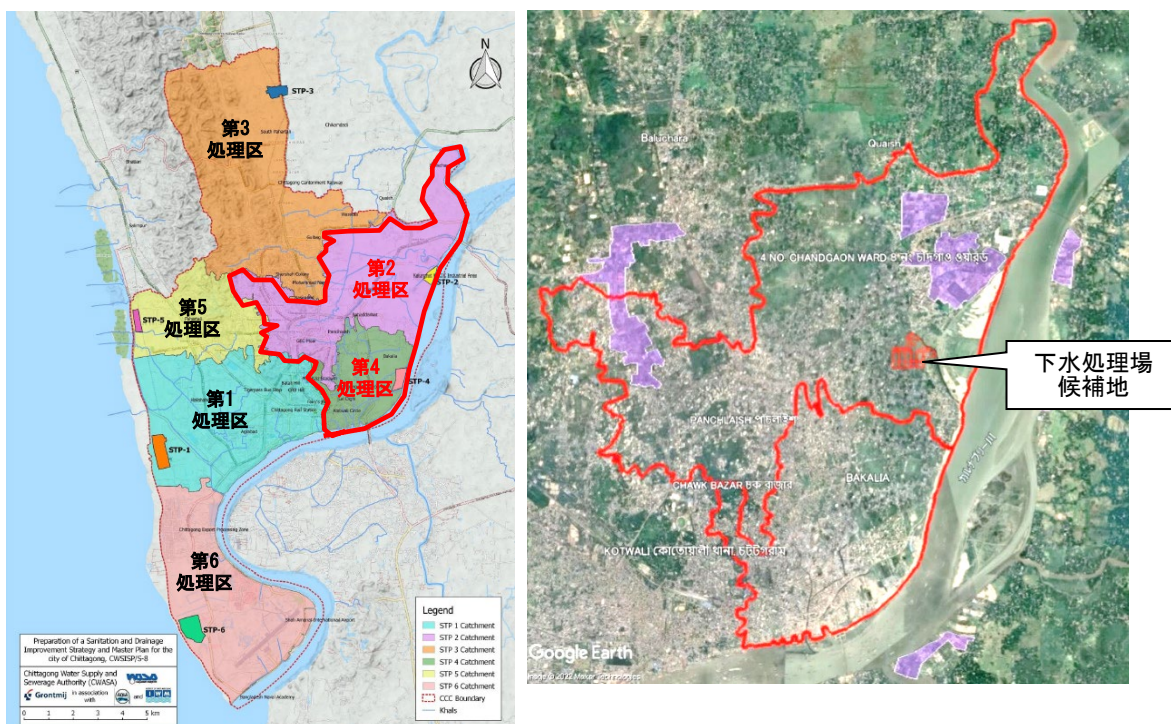
本業務は、「チョットグラム下水道整備事業」について、当該事業の目的、概要、事業費、実施スケジュール、実施（調達・施工）方法、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境社会配慮等、円借款事業として実施するための審査に必要な調査を行うことを目的とする。

¹ Cities Development Initiative for Asia：ADB が管理するマルチドナー信託基金

² ADB（CDIA）のソフト支援は、第 5 処理区のコンサルが作成した Capacity Development のロードマップを基に、全処理区を対象、水道・下水道の別なく検討されている。

1.2 調査対象地域

本業務の対象地域は、以下の図 1.2.1 に示す通り、6つの処理区のうち第2・第4処理区である。



出典：MP を基に JICA 調査団が編集

図 1.2.1 調査対象地域位置図

対象地域の特徴は以下の通りである。

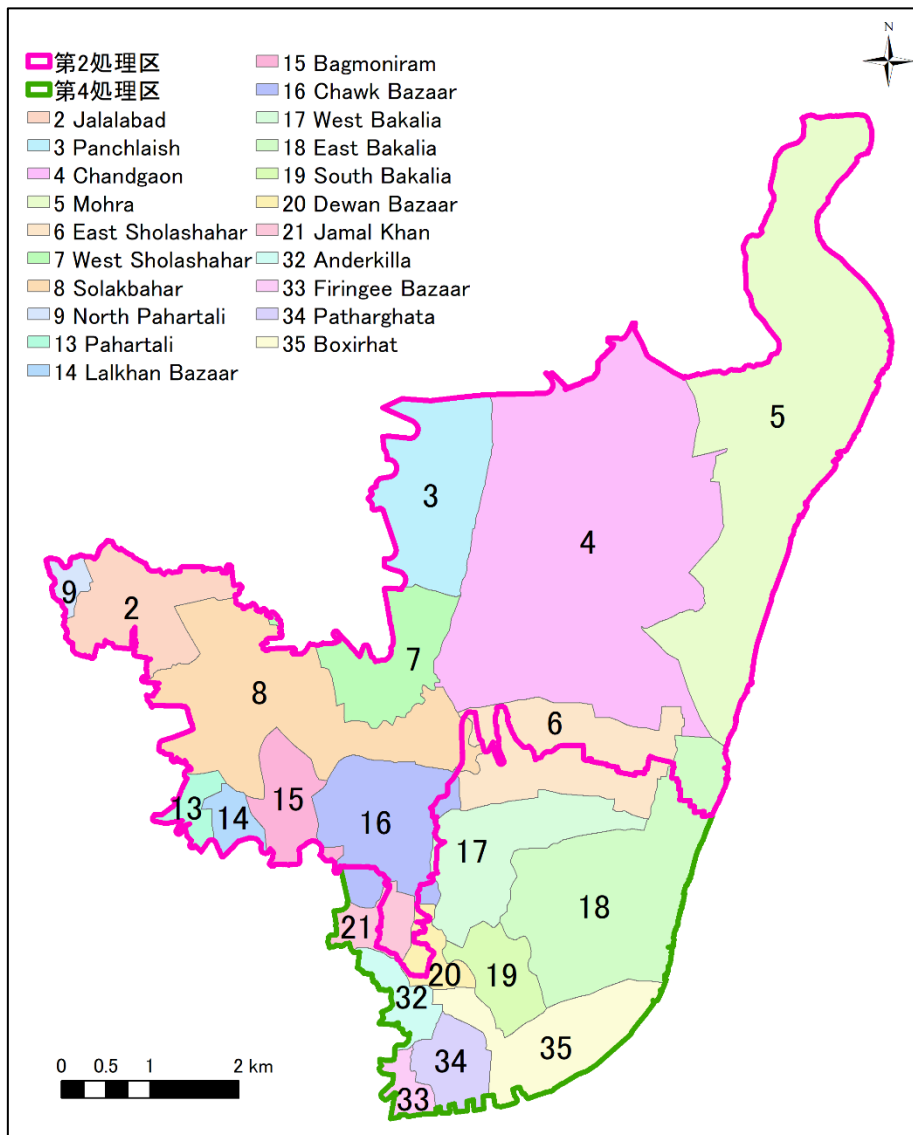
- i) 対象地域は Chattogram 市の中心部³と Kalnafrui 川及び Halda 川に沿った東部エリアとの間に位置している。
- ii) 対象地域は表 1.2.1 に示す 21 の行政区より構成される。
- iii) 第2処理区の西部は高層住宅が林立する Chattogram 市中心部付近の人口密集地である。
- iv) Kalnafrui 川沿いに位置する第2処理区の東端及び北東端エリアは農地が広がっている。下水処理場の候補地は第2処理区の東端に位置している。
- v) 第2処理区の北東部に Kalurghat 工業団地、西部に Sholashahar 工業団地がある。主な業種は繊維、食品及び化学プラスチック産業である。
- vi) 第4処理区は全域が人口密集地であり、特に南西部には小売店や商業施設が広がっている。

³ Chattogram 市の中心部とは、CCC 本部や CWASA 本部が位置している市の中央部のことである。

表 1.2.1 第2・4処理区内の Ward リスト

Ward No.	Ward 名	Ward No.	Ward 名
02	Jalalabad	16	Chawkbazar
03	Panchlaish	17	West Bakalia
04	Chandgaon	18	East Bakalia
05	Mohra	19	South Bakalia
06	East Sholashahar	20	Dewan Bazar
07	West Sholashahar	21	Jamal khan
08	Sholokbahar	32	Anderkillla
09	North Pahartali	33	Firinghee Bazar
13	Pahartali	34	Patharghata
14	Lalkhan Bazar	35	Boxirhat
15	Bagmaniram		

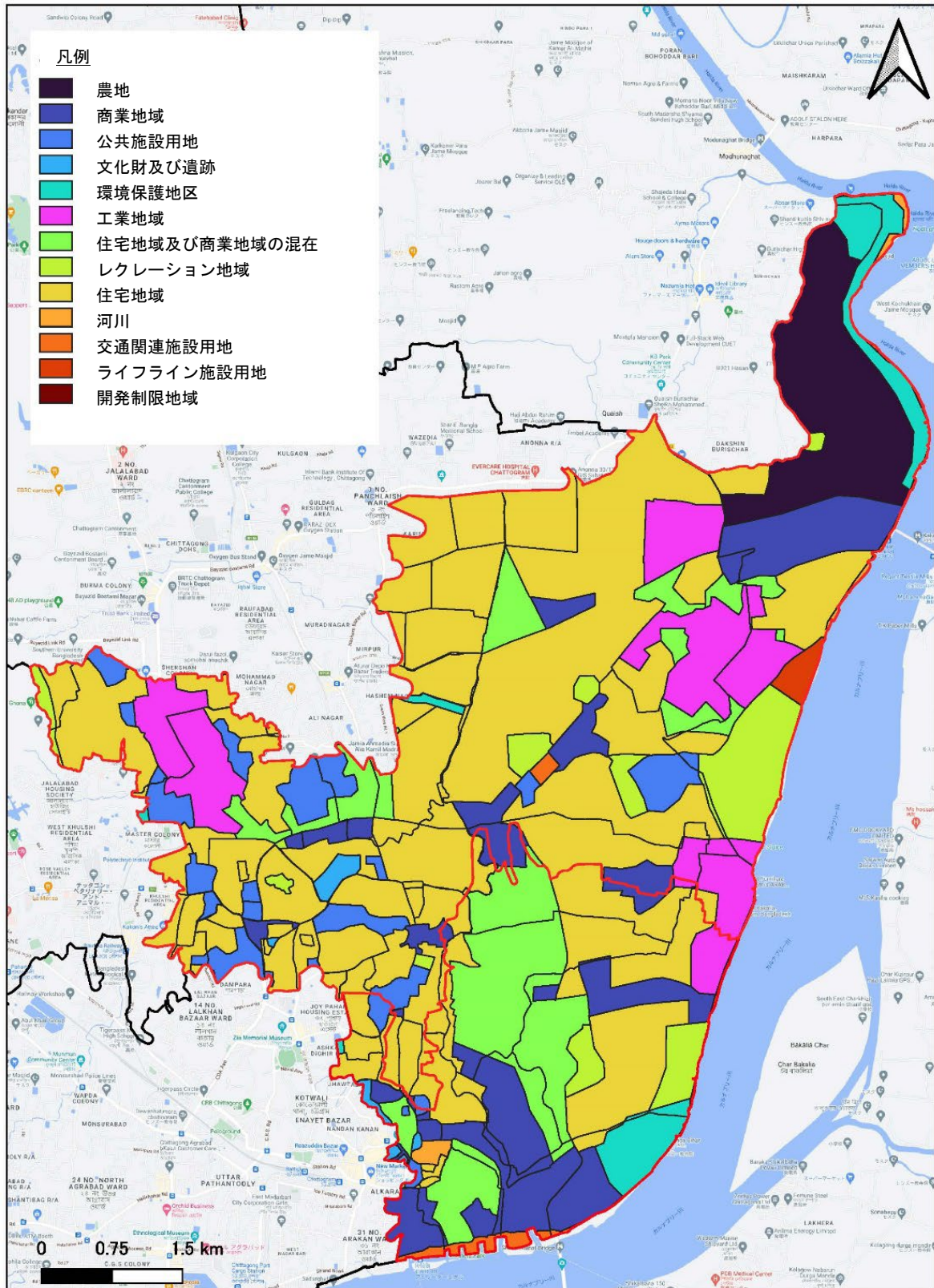
出典：CWASA



出典：CWASA より提供された情報を基に調査団が編集

図 1.2.2 第2・4処理区内の Ward 位置図

第2・4処理区の現況土地利用計画図を図1.2.3に示す。



出典：都市開発計画を基に調査団が編集

図 1.2.3 第2・4処理区の土地利用計画

1.3 業務概要

1.3.1 業務内容

本業務の目的を達成するため、調査団は表 1.3.1 に示す通り、4つのステップの分類された各調査項目を実施する。

表 1.3.1 業務項目

No.	業務項目
Step-1 : FS 実施に向けた準備作業	
1	基礎データ・情報の収集
1-1	事業の背景・必要性の確認・整理
1-2	自然条件調査
2	第2・4処理区の下水道整備にかかる基本方針・条件の設定 1) 目標年、対象人口及び計画下水量 2) 下水処理場位置 3) 下水排除方式 4) 下水管渠のルート及び施工方法 5) ポンプ場の必要性及び設置位置 6) 下水処理方式 7) 汚泥処理・処分方法 8) 本邦技術の活用可能性
Step-2 : 本事業のFS	
3	下水道システムの概略設計
3-1	各施設の概略設計
3-2	施工計画
4	JICA の審査に必要な事項の検討
4-1	事業実施体制の検討
4-2	運営・維持管理体制の検討
4-3	汚泥処分に係る実施体制の検討
4-4	事業費の積算
4-5	事業実施計画の策定
4-6	環境社会配慮に係る調査
4-7	用地取得・住民移転にかかる計画案の策定
4-8	ジェンダー視点に立った調査と計画策定
4-9	経済・財務分析
4-10	調達計画の策定
4-11	実施機関負担事項の確認
4-12	COVID-19 による影響に配慮した計画策定
4-13	免税措置の確認
4-14	気候変動対策としての案件形成に係る情報収集・分析
4-15	事業効果の検討
Step-3 : CWASA の能力強化策の検討	
5	CWASA が持続的な下水道事業及び適切な施設の運営・維持管理を実現するための能力強化策の検討
5-1	組織・経営体制構築のための中期的なアクションプラン案の策定
5-2	本事業を推進するための技術支援の検討
Step-4 : レポート作成	
6	ドラフトファイナルレポートの作成・説明
7	DPP 案の作成支援

出典：JICA 調査団

ステップ1では、対象地域において下水道システムを整備に向けた基本条件を確認するための基礎データ・情報収集を行う。また、CWASA との協議を通じて第2・4処理区の下水道整備にかかる基本方針・条件の設定を行う。

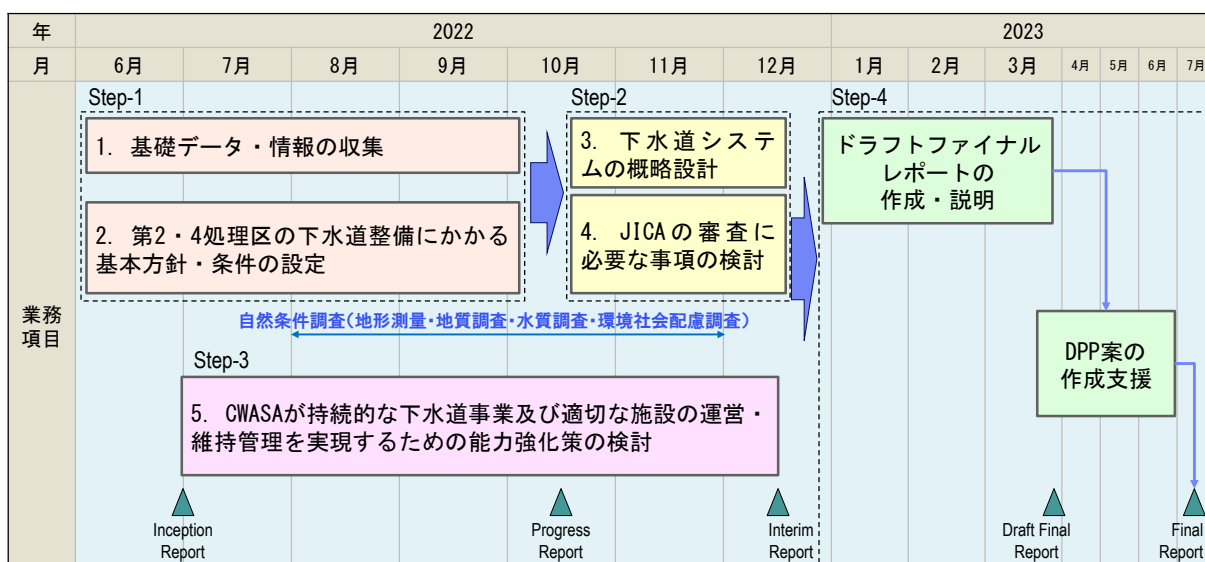
ステップ2では、下水道システムの概略設計及び JICA の審査に必要な事項の検討を行う。

ステップ3では、CWASA が持続的な下水道事業及び適切な施設の運営・維持管理を実現するための能力強化策の検討を行う。

ステップ4では、ドラフトファイナルレポート及びファイナルレポートの作成を行うと共に、DPP 案の作成支援を行う。

1.3.2 業務フロー

上記の業務内容を遂行するため、図 1.3.1 に示す業務フローにより本業務を実施する。



出典：JICA 調査団

図 1.3.1 業務フロー

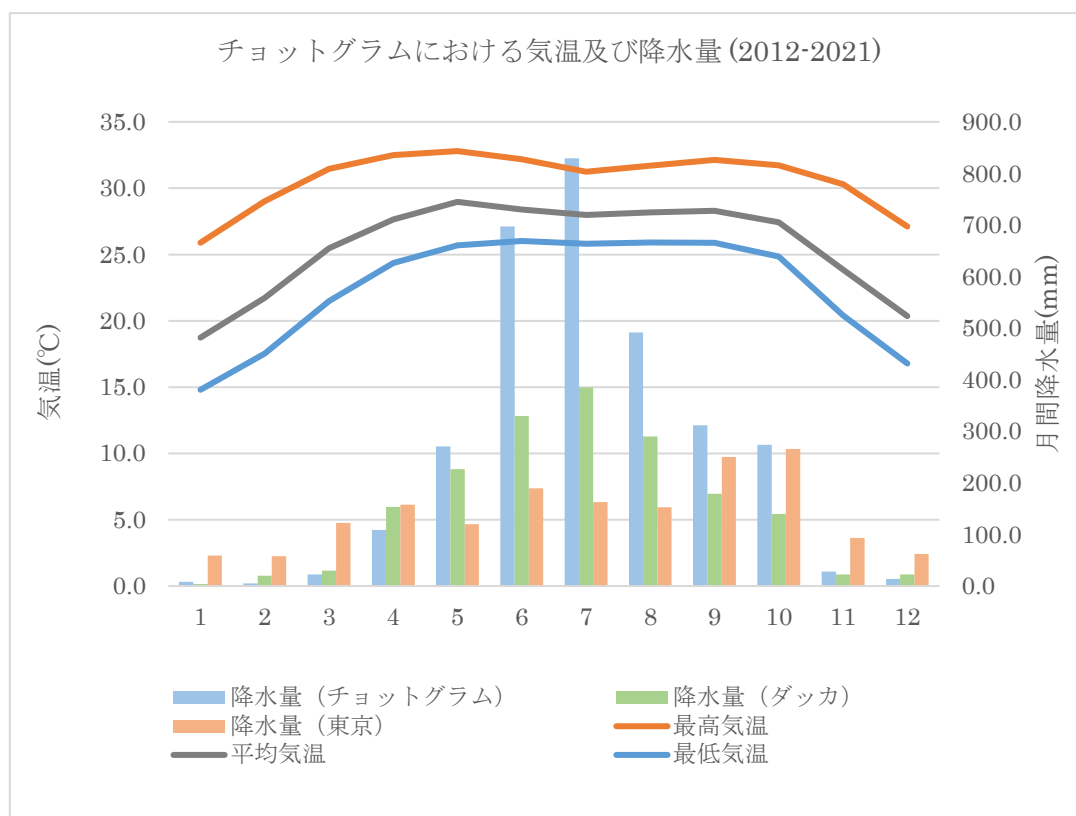
第2章 プロジェクト対象地域の現状

2.1 自然条件

2.1.1 気候

(1) 気温及び降水量

図 2.1.1 はチョットグラムにおける 10 年間の平均気温、並びにダッカ、及び東京との降水量の比較を示している。チョットグラムは熱帯気候に属し、4 月～10 月は雨季、11 月～3 月は乾季となっている。特に 5 月～10 月はモンスーンによる降雨が多く、年間降雨量の 90%以上を占める。気温は年間を通じて約 19～29℃であり気温の低い 12 月～1 月は約 15 度まで気温が下がり、気温の高い 4 月～10 月上旬は約 33 度まで気温が上がる。降水量に関しては、ダッカ及び東京の年間降水量がそれぞれ 1,800mm、1,700mm であるのに対して、チョットグラムの年間降水量は 3,000mm と他の 2 都市を大きく上回る。各都市の最も降水量の多い月の月間降水量を比較すると、チョットグラムはダッカの 2.2 倍、東京の 3.1 倍であり、他の都市と比べて降雨強度が激しい。



出典：気象庁データをもとに JICA 調査団が作成

図 2.1.1 チョットグラムにおける気温及び降水量データ (ダッカ及び東京との比較)

(2) サイクロン

チョットグラム市は西にベンガル湾、東にカルナフリ川に挟まれて位置し、第2・第4処理区の処理場候補地はカルナフリ川の近くに位置している。カルナフリ川は感潮河川であるため、特にモンスーンの時期には高潮、高波によって頻繁に氾濫する。マスタープランによると1960年～2009年の間で6mを超える高潮は5回記録され、そのうち4回は6m～6.7m、最高では10mを記録した。

2.1.2 水質調査

水質調査は雨季と乾季の2回実施された。採水は処理場からの放流地点1箇所、及び人口密集地の水路7か所の計8か所、各地点において朝夕2回実施された。測定項目は当初25項目であったが、Bangladeshでは4項目（n-ヘキサン、フェノール、シアン化物、炭化水素）を測定できる分析施設が存在しないため、上記4項目を除く21項目を測定した。分析箇所は図2.1.2、分析結果は表2.1.1に示すとおりである。

BOD、COD、TSSの値は雨季乾季を問わず排水基準（工場排水の内陸部水域への放流に関する基準）を超過する高い値であり、生下水と同等の水質である。その他、アンモニア、リン、硫黄、ニッケル、油脂分も同様に基準を超過する高い値であり、生活排水が適切に処理されていないことがわかる。また、雨季では窒素と銅の値が基準値を超過した。



※L-2: 処理場からの放流地点

出典: JICA 調査団

図 2.1.2 水質調査における採水位置

表 2.1.1 水質調査結果（雨季実施分：2022年8月）

採水日：2022年8月7日

No.	項目		L-1		L-2		L-3		L-4		L-5		L-6		L-7		L-8		工業排水の内陸部水域への放流に関する基準
			朝	夕	朝	夕	朝	夕	朝	夕	朝	夕	朝	夕	朝	夕	朝	夕	
1	温度	°C	31.5	31.9	31.5	32.4	30.8	31.3	31.6	31.2	30.8	32.7	32.5	32.0	31.9	31.9	32.6	32.0	40
2	pH	--	8.69	7.32	7.22	4.13	6.75	6.63	6.88	7.01	7.79	6.74	7.07	6.95	7.03	7.28	6.97	6.93	6 - 9
3	BOD	mg/L	87.0	37.1	44.3	33.8	44.7	54.8	132.3	92.7	102.6	133.7	133.6	107.4	60.2	6.8	53.0	46.5	50
4	COD	mg/L	630	505	390	360	510	700	785	615	695	735	645	1345	365	425	675	620	200
5	TSS	mg/L	160	140	150	145	710	850	585	215	385	255	175	1665	165	1290	952.5	330	150
6	大腸菌	CFU/100mL	230	510	515	545	320	255	445	490	410	300	360	380	310	365	620	515	5,000
7	アンモニア (NH ₃)	mg/L	24.88	10.00	9.25	8.50	3.13	6.63	18.63	11.75	25.25	14.00	26.50	14.38	12.63	1.63	28.63	3.00	5
8	リン (PO ₄ ³⁻)	mg/L	18.3	13.0	13.1	14.2	7.4	9.0	17.2	16.1	19.4	22.7	20.8	18.3	15.7	4.3	16.3	9.7	8
9	鉄 (Fe)	mg/L	0.14	0.19	0.15	0.31	1.03	2.15	0.60	0.14	0.96	0.14	0.33	0.21	0.48	0.45	0.27	0.43	2
10	塩素 (Total)	mg/L	0.09	0.04	0.03	0.01	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	0.07	0.04	0.07	0.04	0.11	0.02	0.06	0.2
11	硝酸塩 (NO ₃ -N)	mg/L	7.5	1.6	3.1	1.4	2.5	1.2	2.6	1.3	3.2	0.9	13.2	1.4	12.2	0.9	16.0	1.3	10
12	窒素	mg/L	34	18	29	25	21	23	38	30	38	40	37	69	33	21	39	33	100
13	銅	mg/L	0.210	0.270	0.015	0.021	0.265	0.008	0.280	0.002	0.240	0.000	0.080	0.190	0.270	0.240	0.425	0.233	0.5
14	クロム (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.086	0.072	0.108	0.021	0.127	0.005	0.200	0.025	0.178	0.032	0.058	0.050	0.027	0.006	0.014	0.026	0.5
15	クロム (Cr+6)	mg/L	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.006	0.000	0.001	0.5
16	ヒ素	mg/L	0.000	0.000	0.011	0.005	0.013	0.003	0.019	0.004	0.013	0.002	0.008	0.006	0.004	0.006	0.009	0.006	0.2
17	水銀	µg/L	Below Detection Limit (≦ 0 µg/L)																0.01
18	硫黄	mg/L	45.69	44.34	3.50	4.84	0.67	27.56	2.50	3.73	0.00	4.34	0.67	0.50	0.84	0.34	1.17	2.17	1
19	鉛	mg/L	0.063	0.048	0.073	0.040	0.063	0.075	0.025	0.023	0.013	0.000	0.068	0.000	0.033	0.063	0.080	0.020	0.1
20	ニッケル	mg/L	0.70	0.91	1.63	1.40	1.40	1.15	2.11	1.25	1.54	1.07	0.78	1.13	0.67	1.11	1.24	0.53	1
21	油脂分	mg/L	1176	142	2308	142	2166	86	1954	112	224	452	138	3296	448	92	312	126	10

：工業排水の内陸部水域への放流に関する基準を満たさない分析結果

出典：JICA 調査団

表 2.1.2 水質調査結果（乾季実施分：2022年12月）

採水日：2022年12月13日

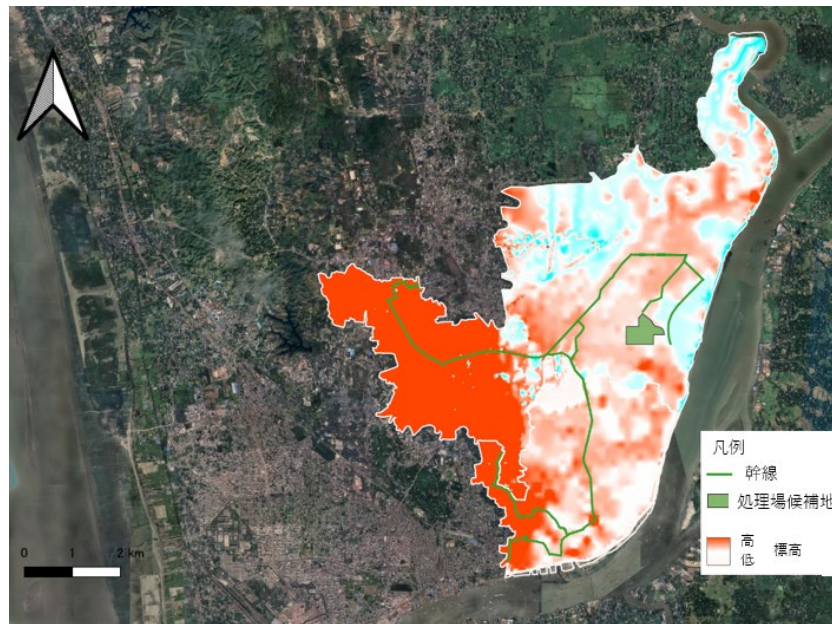
No.	項目		L-1		L-2		L-3		L-4		L-5		L-6		L-7		L-8		工業排水の内陸部水域への放流に関する基準
			朝	夕	朝	夕	朝	夕	朝	夕	朝	夕	朝	夕	朝	夕	朝	夕	
1	温度	oC	23.9	23.2	22.6	22.3	23.3	22.6	23.7	23.4	24.9	23.6	24.2	24.1	25.1	24.7	24.7	25.4	40
2	pH	--	7.16	7.79	7.21	7.25	7.02	7.07	6.90	7.00	7.14	7.09	7.44	7.45	7.00	7.33	6.94	7.21	6 - 9
3	BOD	mg/L	71.1	49.5	65.4	40.5	43.5	47.5	142.1	127.8	132.9	146.4	161.8	133.1	56.1	30.6	40.3	102.3	50
4	COD	mg/L	404	465.5	506	287	445.5	626.5	780	776	983.5	626.7	1101	1077	229	198	354.5	747	200
5	TSS	mg/L	450	195	807	440	641.5	406.5	265	221.5	650	629	915	787	99	304.5	218	155	150
6	大腸菌	CFU/100mL	220	230	335	330	300	360	370	375	410	425	345	370	315	335	270	320	5,000
7	アンモニア (NH3)	mg/L	8.43	15.75	15.68	21.23	17.75	23.03	24.00	26.20	26.05	27.25	26.23	23.60	24.60	26.70	24.65	26.00	5
8	リン (PO43-)	mg/L	22.4	20.9	25.4	21.1	16.8	17.6	16.3	18.4	37.7	40.1	19.9	20.2	20.7	22.2	18.2	18.2	8
9	鉄 (Fe)	mg/L	0.70	0.49	0.50	0.28	0.29	0.19	0.23	0.30	0.30	0.40	2.48	2.10	0.29	0.22	0.26	0.33	2
10	塩素 (Total)	mg/L	0.02	0.02	0.01	0.01	0.05	0.14	0.02	0.03	0.04	0.04	0.07	0.04	0.01	0.01	0.02	0.04	0.2
11	硝酸塩 (NO3-N)	mg/L	4.2	2.0	4.8	2.8	2.9	2.1	8.6	8.7	14.5	13.0	6.8	4.6	3.0	2.3	7.4	6.5	10
12	窒素	mg/L	45	28	126	85	133	85	47	69	43	82	75	78	69	186	39	232	100
13	銅	mg/L	0.265	0.555	0.220	0.295	0.205	0.010	0.750	0.070	0.080	0.100	0.375	0.375	0.310	0.605	1.095	0.425	0.5
14	クロム (Cr+6)	mg/L	0.021	0.009	0.043	0.057	0.028	0.036	0.020	0.037	0.033	0.020	0.011	0.027	0.055	0.056	0.047	0.049	0.5
15	クロム (Cr+6)	mg/L	0.011	0.000	0.013	0.013	0.005	0.011	0.005	0.007	0.006	0.005	0.000	0.006	0.012	0.012	0.012	0.008	0.5
16	ヒ素	mg/L	0.054	0.046	0.022	0.041	0.028	0.006	0.004	0.002	0.045	0.035	0.139	0.046	0.004	0.030	0.017	0.014	0.2
17	水銀	µg/L	Below Detection Limit ($\leq 0 \mu\text{g/L}$)																0.01
18	硫黄	mg/L	49.00	15.84	0.17	5.56	4.50	4.00	32.34	7.83	3.00	6.67	0.00	0.84	0.17	0.00	1.50	5.67	1
19	鉛	mg/L	0.085	0.050	0.050	0.065	0.075	0.085	0.270	0.100	0.050	0.040	0.085	0.090	0.060	0.055	0.065	0.075	0.1
20	ニッケル	mg/L	1.28	1.65	2.42	2.09	2.49	1.41	2.13	2.01	3.08	2.77	2.23	0.91	2.80	2.98	1.96	2.38	1
21	油脂分	mg/L	420	38	140	298	102	214	56	72	132	78	38	90	298	814	130	172	10

：工業排水の内陸部水域への放流に関する基準を満たさない分析結果

出典：JICA 調査団

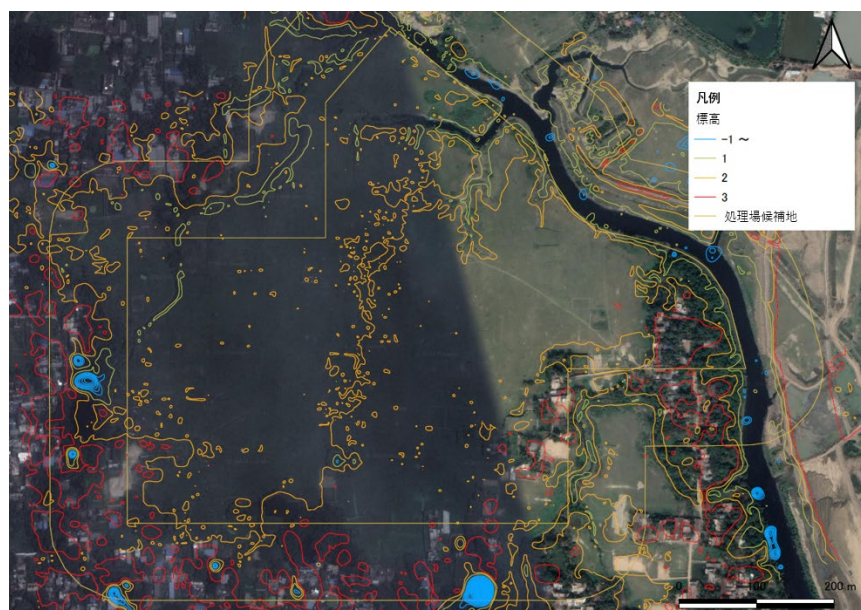
2.1.3 地形測量

Chattogram 市は西にベンガル湾、東にカルナフリ川に挟まれており、中心部を除いて標高が低い。図 2.1.3 に第2・第4処理区における高低図を示す。処理区西側の内陸部ほど標高が高く、最高地点は約 65m であり、東側はおよそ 0~3m である。また、図 2.1.4 に処理場候補地の標高図を示す。処理場候補地は第2・第4処理区の中で東側に位置し、敷地内の標高はおよそ 2m である。



出典：CWASA のデータをもとに JICA 調査団が作成

図 2.1.3 第2・第4処理区における高低図



出典：JICA 調査団

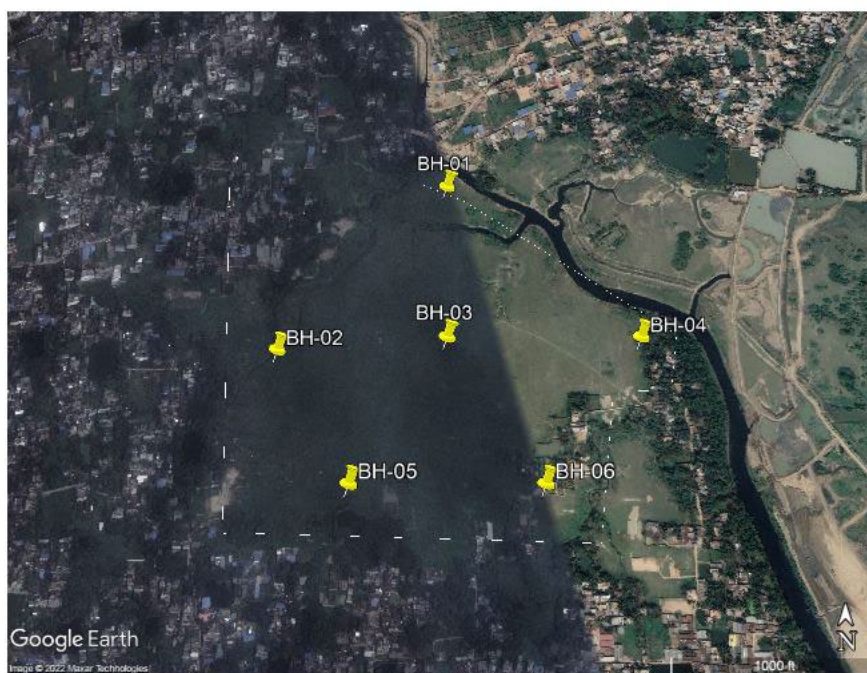
図 2.1.4 処理場候補地の標高図

2.1.4 土質調査

チョットグラム市中央部の丘陵地は泥岩と砂の層から構成され、西のベンガル湾沿い及び東のカルナフリ川沿いの低地は軟弱な粘土と砂の層から構成されている。

(1) 処理場候補地

処理場候補地の土質は軟弱地盤で、特に雨季には水がはけず常に浸水している。支持層は概ね深さ 40m 付近から始まり、0m~40m までは軟弱な粘土質の層で構成されている。図 2.1.5 に処理場候補地の土質調査箇所を示す。また、表 2.1.3 に土質調査結果の一例として、BH-06 の調査結果を示す。



出典：JICA 調査団

図 2.1.5 処理場候補地における土質調査箇所

表 2.1.3 土質調査結果 (処理場候補地 BH-06)

Project Name:	Chattogram Sewerage System Development Project		
Location:	22.3710, 91.8648		
Borehole No:	BH-06	Depth of Water Table in m (From EGL):	0.9
Date of Boring (Starting):	12-Sep-2022	RL at EGL (m):	0

Drilling Details

Drilling Method:	Wash	Drilling Type:	Manual	Borehole Dia (mm):	100
Correction Factor (for SPT, N)					
Hammer Efficiency	0.60	Borehole Diameter	1.00	Standard Sampler	1.00
		Rod Length	0.85		

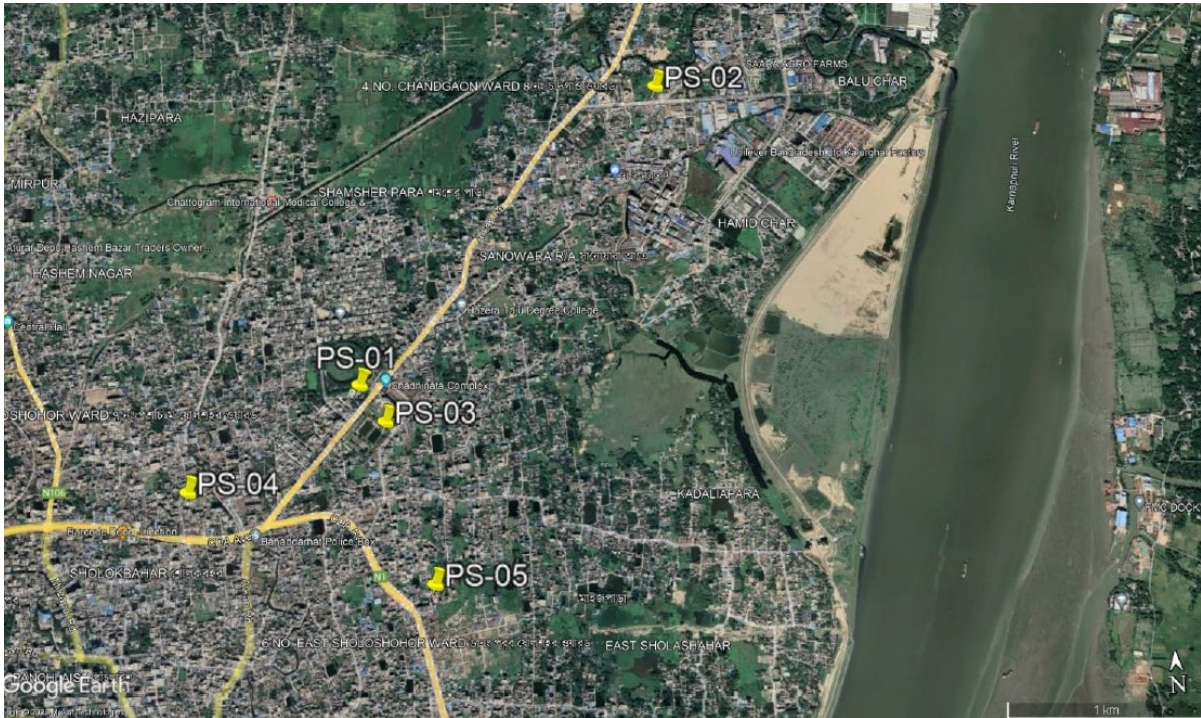
Elevation (m)	Sample Type	Visual Description of the Strata	Symbol	Standard Penetration Test (SPT)				Variation of SPT, N	
				15 cm	15 cm	15cm	SPT, N		
-1	D	Clayey Soils; Soft	█	---	---	---	6	0 50 -1 6 -2 7 -3 3 -4 2 -5 2 -6 2 -7 2 -8 2 -9 3 -10 2 -11 2 -12 2 -13 3 -14 3 -15 3 -16 7 -17 5 -18 6 -19 9 -20 9 -21 12 -22 7 -23 9 -24 13 -25 16 -26 27 -27 10 -28 20 -29 17 -30 14 -31 11 -32 14 -33 22 -34 19 -35 18 -36 28 -37 50 -38 50 -39 50 -40 50 -41 50 -42 50 -43 50 -44 50 -45 50 -46 50 -47 50 -48 50 -49 50 -50 50	
-2	D			---	---	---	7		
-3	D			---	---	---	3		
-4	D			---	---	---	2		
-5	D			---	---	---	2		
-6	D			---	---	---	2		
-7	D			---	---	---	2		
-8	D			---	---	---	2		
-9	D			---	---	---	3		
-10	D			---	---	---	2		
-11	D			---	---	---	2		
-12	D			---	---	---	2		
-13	D			---	---	---	3		
-14	D			---	---	---	3		
-15	D			---	---	---	3		
-16	D			---	---	---	7		
-17	D			---	---	---	6		
-18	D			---	---	---	5		
-19	D			---	---	---	6		
-20	D			---	---	---	9		
-21	D			---	---	---	9		
-22	D			---	---	---	12		
-23	D			---	---	---	7		
-24	D	Silty Soils; Soft	█	---	---	---	9		
-25	D			---	---	---	13		
-26	D	Clayey Soils; Soft to Medium Stiff	█	---	---	---	16		
-27	D			---	---	---	27		
-28	D			---	---	---	10		
-29	D			---	---	---	20		
-30	D			---	---	---	17		
-31	D			---	---	---	14		
-32	D			---	---	---	11		
-33	D			---	---	---	14		
-34	D			---	---	---	22		
-35	D			---	---	---	19		
-36	D			---	---	---	18		
-37	D			---	---	---	28		
-38	D			Sand; Dense	█	---	---	---	50
-39	D					---	---	---	50
-40	D					---	---	---	50
-41	D	---	---			---	50		
-42	D	---	---			---	50		
-43	D	---	---			---	50		
-44	D	---	---			---	50		
-45	D	---	---			---	50		
-46	D	---	---			---	50		
-47	D	---	---			---	50		
-48	D	---	---			---	50		
-49	D	---	---			---	50		
-50	D	---	---			---	50		

█ Sand █ Silt █ Clay █ Shale
 D = Disturbed Sample U = Undisturbed Sample

出典：JICA 調査団

(2) ポンプ場候補地付近

図 2.1.6 にポンプ場候補地付近の土質調査箇所を示す。また、表 2.1.4～表 2.1.6 に土質調査結果の一例として、PS-02～04 の調査結果を示す。ポンプ場候補地はいずれもチョットグラム東部に位置しているため軟弱地盤かつ地下水位が高く、深さ 20m までは N 値は 10 以下であり支持層は存在しなかった。



出典：JICA 調査団

図 2.1.6 ポンプ場候補地における土質調査箇所

表 2.1.4 土質調査結果 (ポンプ場候補地 PS-02)

Project Name:		Chattogram Sewerage System Development Project (Catchment 2 & 4)													
Location:		Chattogram, Bangladesh (22.38758, 91.86468)													
Borehole No:		PS-02				Depth of Water Table in m (From EGL):		1.5							
Date of Boring (Starting):		20-Nov-2022				RL at EGL (m):		0.0000							
Drilling Details															
Drilling Method:		Wash		Drilling Type:		Manual									
				Borehole Dia (mm):		100									
Correction Factor (for SPT, N)															
Hammer Efficiency		0.60		Borehole Diameter		1.00									
				Standard Sampler		1.00									
				Rod Length		0.85									
Elevation (m)	Depth (m)	Sample Type	Soil Type	Visual Description of the Strata	Symbol	Standard Penetration Test (SPT)				Variation of SPT, N	N ₆₀	q' (kPa)	c (kPa)	φ (d)	Vs (m/s)
						15 cm	15 cm	15 cm	SPT, N						
-1.000	1.0	D	---	Rubbish		2	3	3	6		5	18.3	31.3	---	171.1
-2.000	2.0	D	---			2	2	3	5		4	31.2	25.0	---	158.6
-3.000	3.0	D	Clay	Clayey Soils; Soft		2	2	2	4		3	38.4	18.8	---	143.8
-4.000	4.0	D	Clay			1	2	2	4		3	46.3	18.8	---	143.8
-5.000	5.0	D	Clay			1	1	2	3		3	52.0	18.8	---	143.8
-6.000	6.0	D	Clay			1	0	1	1		1	50.4	6.3	---	98.9
-7.000	7.0	D	Clay			1	0	1	1		1	58.4	6.3	---	98.9
-8.000	8.0	D	Clay			1	0	1	1		1	62.4	6.3	---	98.9
-9.000	9.0	D	Clay			1	1	1	2		2	76.7	12.5	---	125.3
-10.000	10.0	D	Clay			1	0	1	1		1	74.3	6.3	---	98.9
-11.000	11.0	D	Clay			1	0	1	1		1	80.2	6.3	---	98.9
-12.000	12.0	D	Clay			1	0	1	1		1	86.2	6.3	---	98.9
-13.000	13.0	D	Clay			1	1	1	2		2	104.2	12.5	---	125.3
-14.000	14.0	D	Clay			1	1	1	2		2	111.1	12.5	---	125.3
-15.000	15.0	D	Clay			1	1	1	2		2	118.0	12.5	---	125.3
-16.000	16.0	D	Clay			1	1	1	2		2	124.9	12.5	---	125.3
-17.000	17.0	D	Clay			1	1	2	3		3	141.6	18.8	---	143.8
-18.000	18.0	D	Clay			1	1	2	3		3	149.1	18.8	---	143.8
-19.000	19.0	D	Clay			1	2	2	4		3	164.6	18.8	---	143.8
-20.000	20.0	D	Clay			2	2	3	5		4	179.3	25.0	---	158.6
-21.000	21.0						---	---	---		---	---	---	---	---
-22.000	22.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-23.000	23.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-24.000	24.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-25.000	25.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-26.000	26.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-27.000	27.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-28.000	28.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-29.000	29.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-30.000	30.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-31.000	31.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-32.000	32.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-33.000	33.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-34.000	34.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-35.000	35.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-36.000	36.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-37.000	37.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-38.000	38.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-39.000	39.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---
-40.000	40.0					---	---	---		---	---	---	---	---	---

Sand
 Silt
 Clay
 Shale

D = Disturbed Sample U = Undisturbed Sample

出典：JICA 調査団

表 2.1.5 土質調査結果 (ポンプ場候補地 PS-03)

Project Name:		Chattoqram Sewerage System Development Project (Catchment 2 &4)												
Location:		Chattoqram, Bangladesh (22.37222, 91.84987)												
Borehole No:		PS-03				Depth of Water Table in m (From EGL):		1.2						
Date of Boring (Starting):		20-Nov-2022				RL at EGL (m):		0.0000						
Drilling Details														
Drilling Method:		Wash	Drilling Type:		Manual	Borehole Dia (mm):		100						
Correction Factor (for SPT, N)														
Hammer Efficiency		0.60	Borehole Diameter		1.00	Standard Sampler		1.00	Rod Length	0.85				
Elevation (m)	Depth (m)	Sample Type	Soil Type	Visual Description of the Strata	Symbol	Standard Penetration Test (SPT)			Variation of SPT, N	N ₆₀	q' (kPa)	c (kPa)	φ (d)	Vs (m/s)
						15 cm	15 cm	15 cm						
-1.000	1.0	D	Clay	Clayey Soils; Soft		3	3	3	6	5	18.3	31.3	---	171.1
-2.000	2.0	D	Clay		3	3	5	8	7	29.7	43.8	---	191.8	
-3.000	3.0	D	Clay		3	4	4	8	7	38.7	43.8	---	191.8	
-4.000	4.0	D	Clay		3	4	5	9	8	48.5	50.0	---	200.7	
-5.000	5.0	D	Clay		4	4	5	9	8	57.6	50.0	---	200.7	
-6.000	6.0	D	Clay		1	1	1	2	2	53.1	12.5	---	125.3	
-7.000	7.0	D	Clay		1	1	1	2	2	60.0	12.5	---	125.3	
-8.000	8.0	D	Clay		1	1	2	3	3	71.5	18.8	---	143.8	
-9.000	9.0	D	Clay		1	1	1	2	2	73.7	12.5	---	125.3	
-10.000	10.0	D	Clay		1	1	2	3	3	86.4	18.8	---	143.8	
-11.000	11.0	D	Clay	1	2	2	4	3	98.6	18.8	---	143.8		
-12.000	12.0	D	Silt	Silty Soils; Medium Stiff		4	5	5	10	9	123.9	---	29.7	197.6
-13.000	13.0	D	Clay	Clayey Soils; Soft		3	3	2	5	4	118.8	25.0	---	158.6
-14.000	14.0	D	Clay		2	2	2	4	3	122.2	18.8	---	143.8	
-15.000	15.0	D	Clay		1	1	2	3	3	123.7	18.8	---	143.8	
-16.000	16.0	D	Clay		2	2	3	5	4	143.5	25.0	---	158.6	
-17.000	17.0	D	Clay	3	2	2	4	3	145.9	18.8	---	143.8		
-18.000	18.0	D	Silt	Silty Soils; Soft		3	3	4	7	6	169.5	---	28.8	170.8
-19.000	19.0	D	Clay	Clayey Soils; Soft		2	3	3	6	5	173.6	31.3	---	171.1
-20.000	20.0	D	Clay		3	3	3	6	5	182.1	31.3	---	171.1	
-21.000	21.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-22.000	22.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-23.000	23.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-24.000	24.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-25.000	25.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-26.000	26.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-27.000	27.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-28.000	28.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-29.000	29.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-30.000	30.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-31.000	31.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-32.000	32.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-33.000	33.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-34.000	34.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-35.000	35.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-36.000	36.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-37.000	37.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-38.000	38.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-39.000	39.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---
-40.000	40.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---

■ Sand
 ■ Silt
 ■ Clay
 ■ Siltstone
 D = Disturbed Sample U = Undisturbed Sample

出典 : JICA 調査団

表 2.1.6 土質調査結果 (ポンプ場候補地 PS-04)

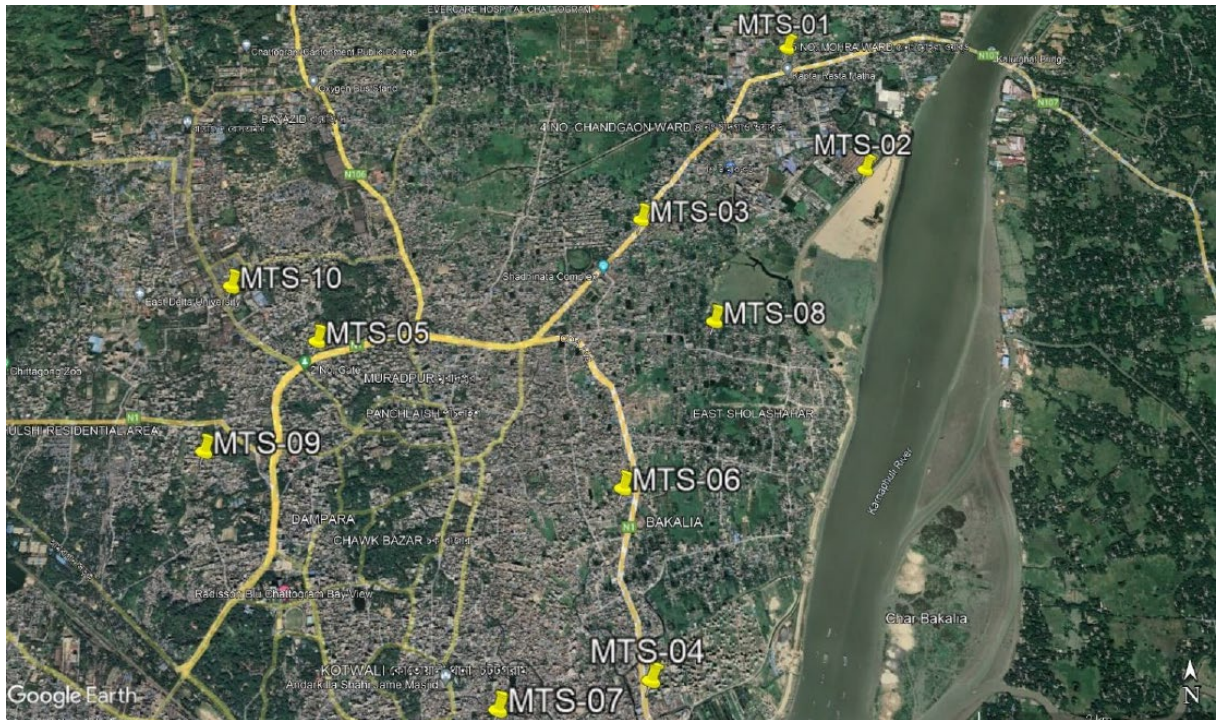
Project Name:		Chattoqram Sewerage System Development Project (Catchment 2 &4)													
Location:		Chattoqram, Bangladesh (22.36953, 91.83985)													
Borehole No:		PS-04				Depth of Water Table in m (From EGL):		1.3							
Date of Boring (Starting):		21-Nov-2022				RL at EGL (m):		0.0000							
Drilling Details															
Drilling Method:		Wash		Drilling Type:		Manual		Borehole Dia (mm):		100					
Correction Factor (for SPT, N)															
Hammer Efficiency		0.60		Borehole Diameter		1.00		Standard Sampler		1.00					
								Rod Length		0.85					
Elevation (m)	Depth (m)	Sample Type	Soil Type	Visual Description of the Strata	Symbol	Standard Penetration Test (SPT)				Variation of SPT, N	N ₆₀	q' (kPa)	c (kPa)	φ (d)	Vs (m/s)
						15 cm	15 cm	15 cm	SPT, N						
-1.000	1.0	D	---	Rubbish		2	3	5	8		7	18.8	43.8	---	191.8
-2.000	2.0	D	---			2	3	3	6		5	29.8	31.3	---	171.1
-3.000	3.0	D	Clay	Clayey Silts; Soft		1	1	1	2		2	33.4	12.5	---	125.3
-4.000	4.0	D	Clay			1	2	2	4		3	44.3	18.8	---	143.8
-5.000	5.0	D	Clay			2	2	2	4		3	52.2	18.8	---	143.8
-6.000	6.0	D	Clay			2	3	3	6		5	63.8	31.3	---	171.1
-7.000	7.0	D	Clay			2	2	2	4		3	68.0	18.8	---	143.8
-8.000	8.0	D	Clay			2	2	3	5		4	78.6	25.0	---	158.6
-9.000	9.0	D	Clay			2	2	4	6		5	89.4	31.3	---	171.1
-10.000	10.0	D	Clay			1	1	2	3		3	87.4	18.8	---	143.8
-11.000	11.0	D	Clay			1	1	1	2		2	88.5	12.5	---	125.3
-12.000	12.0	D	Clay			1	2	2	4		3	107.4	18.8	---	143.8
-13.000	13.0	D	Clay			1	1	2	3		3	109.8	18.8	---	143.8
-14.000	14.0	D	Clay			1	1	1	2		2	109.1	12.5	---	125.3
-15.000	15.0	D	Clay			1	1	2	3		3	124.7	18.8	---	143.8
-16.000	16.0	D	Clay			2	2	2	4		3	139.0	18.8	---	143.8
-17.000	17.0	D	Clay			2	3	2	5		4	152.7	25.0	---	158.6
-18.000	18.0	D	Clay			2	3	4	7		6	170.5	37.5	---	182.0
-19.000	19.0	D	Clay			3	3	4	7		6	179.2	37.5	---	182.0
-20.000	20.0	D	Clay		3	4	5	9		8	196.2	50.0	---	200.7	
-21.000	21.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-22.000	22.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-23.000	23.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-24.000	24.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-25.000	25.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-26.000	26.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-27.000	27.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-28.000	28.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-29.000	29.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-30.000	30.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-31.000	31.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-32.000	32.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-33.000	33.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-34.000	34.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-35.000	35.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-36.000	36.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-37.000	37.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-38.000	38.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-39.000	39.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-40.000	40.0					---	---	---			---	---	---	---	---

■ Sand
 ■ Silt
 ■ Clay
 ■ Shale
 D - Disturbed Sample
 U - Undisturbed Sample

出典：JICA 調査団

(3) 幹線ルート上

図 2.1.7 に幹線ルート上の土質調査箇所を示す。また、表 2.1.7～表 2.1.10 に土質調査結果の一例として、MTS-01～03,05 の調査結果を示す。チョットグラム東側の調査地点では深さ 15m までは支持層が存在せず軟弱地盤であるが、チョットグラム中央部の MST-05 では深さ 12m で支持層に達している。なお、MTS-02 は土手（盛土）上での掘削のため、深さ 7m までは密度の高い砂層である。



出典：JICA 調査団

図 2.1.7 幹線ルート上における土質調査箇所

表 2.1.7 土質調査結果 (幹線ルート上 MTS-01)

Project Name:	Chattogram Sewerage System Development Project (Catchment 2 & 4)		
Location:	Chattogram, Bangladesh (22.39558, 91.86861)		
Borehole No:	MTS-01	Depth of Water Table in m (From EGL):	1.5
Date of Boring (Starting):	1-Nov-2022	RL at EGL (m):	0.0000

Drilling Details					
Drilling Method:	Wash	Drilling Type:	Manual	Borehole Dia (mm):	100

Correction Factor (for SPT, N)							
Hammer Efficiency	0.60	Borehole Diameter	1.00	Standard Sampler	1.00	Rod Length	0.85

Elevation (m)	Depth (m)	Sample Type	Soil Type	Visual Description of the Strata	Symbol	Standard Penetration Test (SPT)				Variation of SPT, N	N ₆₀	q' (kPa)	c (kPa)	φ (d)	Vs (m/s)
						15 cm	15 cm	15 cm	SPT, N						
-1.000	1.0	D	Sand	Filling Sand; Loose		9	3	2	5	4	16.3	---	28.2	147.6	
-2.000	2.0	D	Sand			2	3	3	6	5	28.4	---	28.5	159.9	
-3.000	3.0	D	Clay	Clayey Soils; Soft		1	3	4	7	6	41.0	37.5	---	182.0	
-4.000	4.0	D	Clay	Clayey Soils; Medium Stiff		1	3	17	20	17	56.9	106.3	---	259.4	
-5.000	5.0	D	Clay	Clayey Soils; Soft		1	1	2	3	3	52.0	18.8	---	143.8	
-6.000	6.0	D	Clay		1	1	2	3	3	3	59.5	18.8	---	143.8	
-7.000	7.0	D	Clay		1	1	2	3	3	3	67.0	18.8	---	143.8	
-8.000	8.0	D	Clay		1	1	2	3	3	3	74.4	18.8	---	143.8	
-9.000	9.0	D	Clay		1	1	2	3	3	3	81.9	18.8	---	143.8	
-10.000	10.0	D	Clay		1	1	2	3	3	3	89.4	18.8	---	143.8	
-11.000	11.0	D	Clay		1	1	1	2	2	2	90.4	12.5	---	125.3	
-12.000	12.0	D	Clay		1	2	2	4	4	3	109.4	18.8	---	143.8	
-13.000	13.0	D	Clay		1	2	2	4	4	3	117.3	18.8	---	143.8	
-14.000	14.0	D	Clay		1	1	2	3	3	3	119.2	18.8	---	143.8	
-15.000	15.0	D	Clay		1	1	2	3	3	3	126.7	18.8	---	143.8	
-16.000	16.0						---	---	---		---	---	---	---	
-17.000	17.0						---	---	---		---	---	---	---	
-18.000	18.0						---	---	---		---	---	---	---	
-19.000	19.0						---	---	---		---	---	---	---	
-20.000	20.0					---	---	---		---	---	---	---		
-21.000	21.0					---	---	---		---	---	---	---		
-22.000	22.0					---	---	---		---	---	---	---		
-23.000	23.0					---	---	---		---	---	---	---		
-24.000	24.0					---	---	---		---	---	---	---		
-25.000	25.0					---	---	---		---	---	---	---		
-26.000	26.0					---	---	---		---	---	---	---		
-27.000	27.0					---	---	---		---	---	---	---		
-28.000	28.0					---	---	---		---	---	---	---		
-29.000	29.0					---	---	---		---	---	---	---		
-30.000	30.0					---	---	---		---	---	---	---		
-31.000	31.0					---	---	---		---	---	---	---		
-32.000	32.0					---	---	---		---	---	---	---		
-33.000	33.0					---	---	---		---	---	---	---		
-34.000	34.0					---	---	---		---	---	---	---		
-35.000	35.0					---	---	---		---	---	---	---		
-36.000	36.0					---	---	---		---	---	---	---		
-37.000	37.0					---	---	---		---	---	---	---		
-38.000	38.0					---	---	---		---	---	---	---		
-39.000	39.0					---	---	---		---	---	---	---		
-40.000	40.0					---	---	---		---	---	---	---		

■ Sand ■ Silt ■ Clay ■ Shale
 D - Disturbed Sample U - Undisturbed Sample

出典：JICA 調査団

表 2.1.8 土質調査結果 (幹線ルート上 MTS-02)

Project Name:	Chattogram Sewerage System Development Project (Catchment 2 & 4)		
Location:	Chattogram, Bangladesh (22.39558, 91.86861)		
Borehole No:	MTS-02	Depth of Water Table in m (From EGL):	9.0
Date of Boring (Starting):	1-Nov-2022	RL at EGL (m):	0.0000

Drilling Details					
Drilling Method:	Wash	Drilling Type:	Manual	Borehole Dia (mm):	100

Correction Factor (for SPT, N)							
Hammer Efficiency	0.60	Borehole Diameter	1.00	Standard Sampler	1.00	Rod Length	0.85

Elevation (m)	Depth (m)	Sample Type	Soil Type	Visual Description of the Strata	Symbol	Standard Penetration Test (SPT)				Variation of SPT, N	N ₆₀	q' (kPa)	c (kPa)	φ (d)	Vs (m/s)
						15 cm	15 cm	15cm	SPT, N						
-1.000	1.0	D	Sand	Sand with Trace Silt; Dense	[Green]	17	17	30	47	[Graph]	40	21.0	---	35.0	338.5
-2.000	2.0	D	Sand			15	25	30	55		47	42.7	---	35.0	358.8
-3.000	3.0	D	Sand			30	50+	0	50+		43	63.4	---	35.0	347.4
-4.000	4.0	D	Sand			30	50+	0	50+		43	84.5	---	35.0	347.4
-5.000	5.0	D	Sand			19	50+	0	50+		43	105.6	---	35.0	347.4
-6.000	6.0	D	Sand			15	50+	0	50+		43	126.7	---	35.0	347.4
-7.000	7.0	D	Sand			17	25	30	55		47	149.5	---	35.0	358.8
-8.000	8.0	D	Clay	Clayey Soils; Soft	[Grey]	3	3	3	6	5	146.6	31.3	---	171.1	
-9.000	9.0	D	Clay			3	3	4	7	6	167.1	37.5	---	182.0	
-10.000	10.0	D	Clay			2	2	3	5	4	170.6	25.0	---	158.6	
-11.000	11.0	D	Clay			2	2	3	5	4	178.8	25.0	---	158.6	
-12.000	12.0	D	Silt	Silty Soils; Medium Dense	[Blue]	3	5	5	10	9	200.4	---	29.7	197.6	
-13.000	13.0	D	Silt			7	6	10	16	14	220.3	---	31.2	231.8	
-14.000	14.0	D	Silt			6	10	12	22	19	238.5	---	32.7	258.7	
-15.000	15.0	D	Silt			7	11	17	28	24	255.9	---	34.2	281.5	
-16.000	16.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-17.000	17.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-18.000	18.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-19.000	19.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-20.000	20.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-21.000	21.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-22.000	22.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-23.000	23.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-24.000	24.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-25.000	25.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-26.000	26.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-27.000	27.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-28.000	28.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-29.000	29.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-30.000	30.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-31.000	31.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-32.000	32.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-33.000	33.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-34.000	34.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-35.000	35.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-36.000	36.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-37.000	37.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-38.000	38.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-39.000	39.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-40.000	40.0			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	

■ Sand ■ Silt ■ Clay ■ Shale
 D = Disturbed Sample U = Undisturbed Sample

出典 : JICA 調査団

表 2.19 土質調査結果 (幹線ルート上 MTS-03)

Project Name:	Chattogram Sewerage System Development Project (Catchment 2 & 4)		
Location:	Chattogram, Bangladesh (22.39558, 91.86861)		
Borehole No:	MTS-03	Depth of Water Table in m (From EGL):	2.0
Date of Boring (Starting):	2-Nov-2022	RL at EGL (m):	0.0000

Drilling Details			
Drilling Method:	Wash	Drilling Type:	Manual
Borehole Dia (mm):	100		

Correction Factor (for SPT, N)			
Hammer Efficiency	0.60	Borehole Diameter	1.00
Standard Sampler	1.00	Rod Length	0.85

Elevation (m)	Depth (m)	Sample Type	Soil Type	Visual Description of the Strata	Symbol	Standard Penetration Test (SPT)				Variation of SPT, N	N ₆₀	q' (kPa)	c (kPa)	φ (d)	Vs (m/s)
						15 gm	15 gm	15 gm	SPT-N						
-1.000	1.0	D	Sand	Sand with Silt; Loose		7	5	6	11	0	9	17.8	---	29.7	197.6
-2.000	2.0	D	Silt	Silty Soils; Loose		4	4	4	8	11	7	37.6	---	29.1	180.5
-3.000	3.0	D	Clay	Clayey Soils; Soft		1	2	2	4	8	3	43.3	18.8	---	143.8
-4.000	4.0	D	Clay			1	1	1	2	4	2	47.2	12.5	---	125.3
-5.000	5.0	D	Clay			1	1	1	2	4	2	54.0	12.5	---	125.3
-6.000	6.0	D	Clay			1	1	1	2	4	2	60.9	12.5	---	125.3
-7.000	7.0	D	Clay			1	0	1	1	4	1	61.3	6.3	---	98.9
-8.000	8.0	D	Clay			1	0	1	1	4	1	67.3	6.3	---	98.9
-9.000	9.0	D	Clay			1	0	1	1	4	1	73.2	6.3	---	98.9
-10.000	10.0	D	Clay			1	0	1	1	4	1	79.2	6.3	---	98.9
-11.000	11.0	D	Clay			1	1	2	3	4	3	101.7	18.8	---	143.8
-12.000	12.0	D	Clay			3	4	5	9	4	8	129.7	50.0	---	200.7
-13.000	13.0	D	Clay			3	4	4	8	4	7	136.3	43.8	---	191.8
-14.000	14.0	D	Clay			3	4	5	9	4	8	148.0	50.0	---	200.7
-15.000	15.0	D	Sand	Sand with Trace Silt; Medium Dense		5	8	10	18	4	15	154.6	---	31.5	237.6
-16.000	16.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-17.000	17.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-18.000	18.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-19.000	19.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-20.000	20.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-21.000	21.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-22.000	22.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-23.000	23.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-24.000	24.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-25.000	25.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-26.000	26.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-27.000	27.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-28.000	28.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-29.000	29.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-30.000	30.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-31.000	31.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-32.000	32.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-33.000	33.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-34.000	34.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-35.000	35.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-36.000	36.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-37.000	37.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-38.000	38.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-39.000	39.0					---	---	---			---	---	---	---	---
-40.000	40.0					---	---	---			---	---	---	---	---

■ Sand ■ Silt ■ Clay ■ Shale
 D = Disturbed Sample U = Undisturbed Sample

出典：JICA 調査団

表 2.1.10 土質調査結果 (幹線ルート上 MTS-05)

Project Name:	Chattogram Sewerage System Development Project (Catchment 2 & 4)		
Location:	Chattogram, Bangladesh (22.39558, 91.86861)		
Borehole No:	MTS-05	Depth of Water Table in m (From EGL):	2.5
Date of Boring (Starting):	23-Nov-2022	RL at EGL (m):	0.0000

Drilling Details			
Drilling Method:	Wash	Drilling Type:	Manual
Borehole Dia (mm):	100		

Correction Factor (for SPT, N)			
Hammer Efficiency	0.60	Borehole Diameter	1.00
Standard Sampler	1.00	Rod Length	0.85

Elevation (m)	Depth (m)	Sample Type	Soil Type	Visual Description of the Strata	Symbol	Standard Penetration Test (SPT)				Variation of SPT, N	N ₆₀	q' (kPa)	c (kPa)	φ (d)	Vs (m/s)
						15 cm	15 cm	15cm	SPT, N						
-1.000	1.0	D	Sand	Sand with Silt; Loose	[Symbol]	1	1	1	2	[Graph]	2	14.7	---	27.6	115.0
-2.000	2.0	D	Sand			1	1	1	2		2	29.5	---	27.6	115.0
-3.000	3.0	D	Sand			1	1	1	2		2	39.3	---	27.6	115.0
-4.000	4.0	D	Sand	Sand with Silt; Medium Dense	[Symbol]	2	2	3	5	4	50.5	---	28.2	147.6	
-5.000	5.0	D	Sand			4	8	7	13	11	66.1	---	30.3	212.5	
-6.000	6.0	D	Sand			5	8	10	18	15	78.5	---	31.5	237.6	
-7.000	7.0	D	Sand			6	7	11	18	15	87.5	---	31.5	237.6	
-8.000	8.0	D	Sand			7	10	11	21	18	99.1	---	32.4	253.7	
-9.000	9.0	D	Sand			8	12	13	25	21	111.9	---	33.3	268.2	
-10.000	10.0	D	Sand	Sand with Trace Silt; Dense	[Symbol]	10	15	16	31	26	126.4	---	34.8	289.7	
-11.000	11.0	D	Sand			12	16	20	36	31	140.4	---	35.0	308.7	
-12.000	12.0	D	Sand			20	25	25	50	43	160.3	---	35.0	347.4	
-13.000	13.0	D	Sand			25	25	25	50	43	171.6	---	35.0	347.4	
-14.000	14.0	D	Sand			25	25	25	50	43	182.9	---	35.0	347.4	
-15.000	15.0	D	Sand	25	25	25	50	43	194.2	---	35.0	347.4			
-16.000	16.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-17.000	17.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-18.000	18.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-19.000	19.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-20.000	20.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-21.000	21.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-22.000	22.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-23.000	23.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-24.000	24.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-25.000	25.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-26.000	26.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-27.000	27.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-28.000	28.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-29.000	29.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-30.000	30.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-31.000	31.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-32.000	32.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-33.000	33.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-34.000	34.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-35.000	35.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-36.000	36.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-37.000	37.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-38.000	38.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-39.000	39.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	
-40.000	40.0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	

■ Sand ■ Silt ■ Clay ■ Shale
 D = Disturbed Sample U = Undisturbed Sample

出典：JICA 調査団

2.2 人口

2.2.1 チョットグラム市の人口

バングラデシュ統計局（Bangladesh Bureau of Statistics = BBS）は約10年毎に国勢調査を実施しており、前回の2011年国勢調査から11年後の2022年に最新の国勢調査が実施された。2011年から2022年までのチョットグラム市の各区の人口推移は表2.2.1の通りである。チョットグラム市の総人口の年間成長率は2.0%であり、約63万8千人増加している。人口増加の傾向はワードによって異なり、チョットグラム市全体の2倍以上の増加率のワードがある一方、人口が減少しているワードも存在する。

表 2.2.1 2011年及び2022年におけるチョットグラム市における各ワードの人口

Ward No.	2011年人口	2022年人口	年間増加率
1	39,247	61,679	4.2%
2	103,314	163,705	4.3%
3	68,794	101,615	3.6%
4	107,807	157,612	3.5%
5	86,491	107,920	2.0%
6	62,113	63,689	0.2%
7	125,517	164,553	2.5%
8	138,200	141,570	0.2%
9	78,313	104,316	2.6%
10	41,685	61,802	3.6%
11	75,316	109,825	3.5%
12	73,636	86,820	1.5%
13	80,390	89,594	1.0%
14	75,335	69,617	-0.7%
15	51,603	49,166	-0.4%
16	49,065	56,342	1.3%
17	97,145	111,193	1.2%
18	65,869	76,046	1.3%
19	76,302	55,893	-2.8%
20	32,633	34,982	0.6%
21	40,014	45,944	1.3%
22	35,454	33,965	-0.4%
23	31,175	35,412	1.2%
24	126,759	152,331	1.7%
25	50,366	68,299	2.8%
26	52,999	67,948	2.3%
27	66,755	58,052	-1.3%
28	50,410	50,816	0.1%
29	44,348	36,805	-1.7%
30	45,928	40,949	-1.0%
31	17,857	15,106	-1.5%
32	24,423	30,290	2.0%
33	26,620	28,390	0.6%
34	34,835	32,814	-0.5%
35	30,855	30,088	-0.2%
36	43,929	44,008	0.0%
37	41,998	51,620	1.9%
38	59,990	119,404	6.5%
39	106,272	256,168	8.3%
40	88,593	97,015	0.8%
41	44,084	67,154	3.9%
合計	2,592,439	3,230,517	2.0%

出典：バングラデシュ統計局

2.2.2 第2・第4処理区の人口

表 2.2.2 は 2011 年及び 2022 年における第 2・第 4 処理区内の各ワードの人口を示している。2 つ以上の処理区にまたがるワードの人口は、ワード全体の面積に対する含まれる処理区的面積割合より便宜的に算出している。また、表 2.2.3 はチョットグラム市全体の人口に対する第 2・第 4 処理区の人口の比率を示している。

表 2.2.2 2011 年及び 2022 年における第 2・第 4 処理区における各ワードの人口

ワード		人口 (国勢調査 2011)	人口 (国勢調査 2022)	各ワードにおける第2・ 第4処理区内に属する 面積の割合	各ワードの第2・第4処理区 内の人口 (国勢調査 2011)	各ワードの第2・第4処理区 内の人口 (国勢調査 2022)
ワード No.	ワード名	人口	人口	%	人口	人口
2	Jalalabad	103,314	163,705	10.6%	10,939	17,334
3	Panchlaish	68,794	101,615	39.6%	27,266	40,274
4	Chandgaon	107,807	157,612	92.5%	99,705	145,767
5	Mohra	86,491	107,920	100.0%	86,491	107,920
6	East Sholashahar	62,113	63,689	100.0%	62,113	63,689
7	West Sholashahar	125,517	164,553	43.6%	54,760	71,790
8	Sholokbahar	134,056	141,570	72.8%	97,657	103,131
9	North Pahartali	78,313	104,316	3.3%	2,551	3,398
13	Pahartali	80,390	89,594	10.3%	8,275	9,223
14	Lalkhan Bazar	75,335	69,617	25.9%	19,524	18,042
15	Bagmaniram	51,603	49,166	41.5%	21,401	20,391
16	Chawkbazar	53,209	56,342	98.4%	52,372	55,455
17	West Bakalia	97,145	111,193	100.0%	97,145	111,193
18	East Bakalia	65,869	76,046	100.0%	65,869	76,046
19	South Bakalia	76,302	55,893	100.0%	76,302	55,893
20	Dewan Bazar	32,633	34,982	100.0%	32,633	34,982
21	Jamal khan	40,014	45,944	68.0%	27,223	31,258
32	Anderkilla	24,423	30,290	63.7%	15,549	19,285
33	Firinghee Bazar	26,620	28,390	76.9%	20,475	21,836
34	Patharghata	34,835	32,814	100.0%	34,835	32,814
35	Boxirhat	30,855	30,088	100.0%	30,855	30,088
Total		1,455,638	1,715,339	-	943,941	1,069,809

出典： Bangladesh 統計局のデータをもとに JICA 調査団が作成

表 2.2.3 チョットグラム市全体に対する第 2・4 処理区の人口

年	人口		比率 (%)
	第 2・4 処理区	市全域	
2011	943,941	2,592,439	36.4
2022	1,069,809	3,230,517	33.1

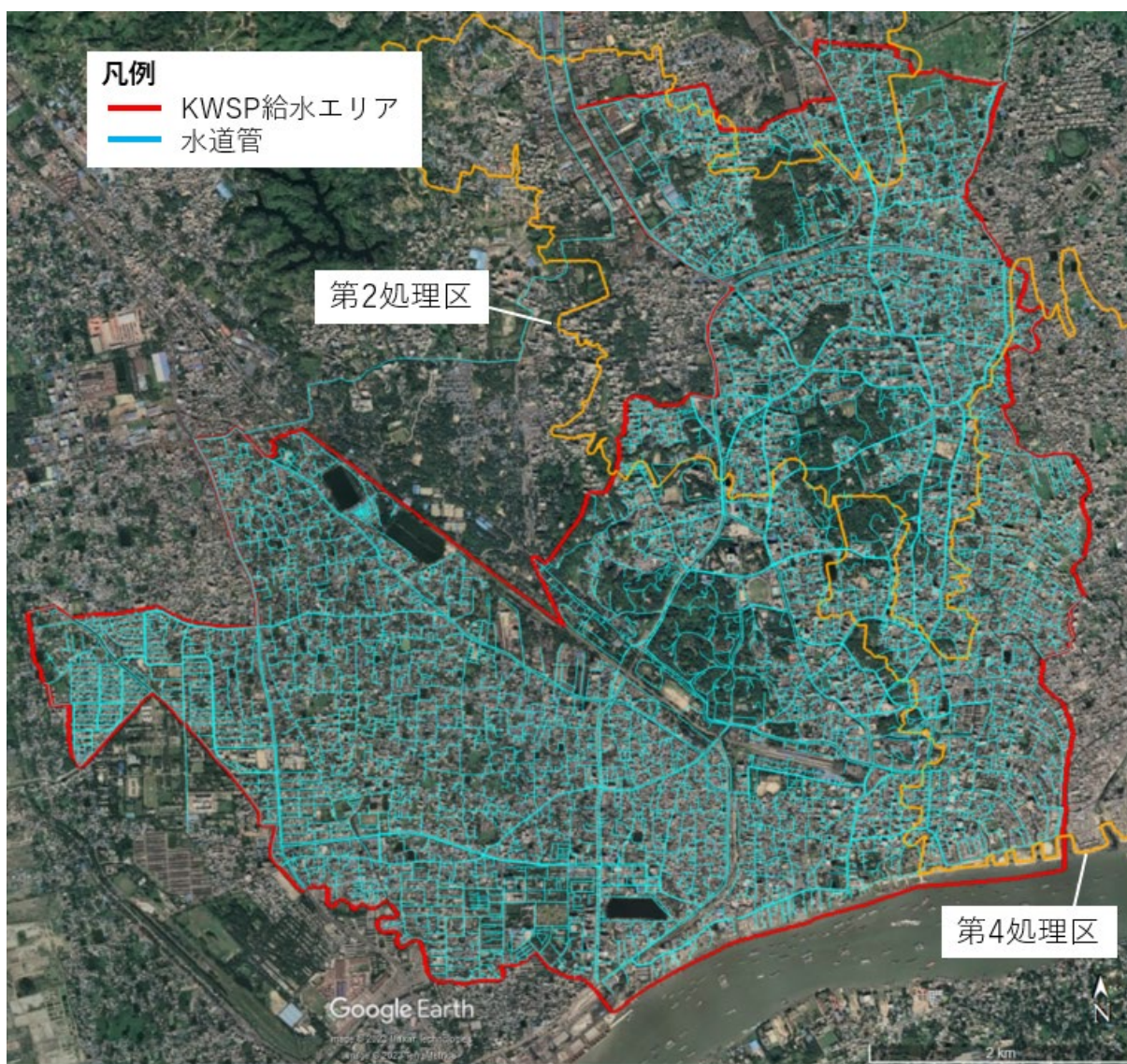
出典： Bangladesh 統計局のデータをもとに JICA 調査団が作成

2.3 地下埋設物

チョットグラム市には、水道管、ガス管、電話線、電線、フライオーバー（陸橋）の橋脚基礎など、様々な地下埋設物が存在する。これらの地下埋設物は下水道管布設の際に影響を与えるため、建設フェーズに向けて地下埋設物の位置を特定する必要がある。

2.3.1 水道

チョットグラム市では都市の拡大に水道の整備が追い付かず、2005年時点で上水道普及率（地下水を除いたパイプ給水）は39%と十分な給水を行えていなかった。また、地下水位の低下、地下水のヒ素汚染も発覚し、上水道を整備し安全な水を供給する必要が高まった。このような背景から、JICA 資金の Karnaphuli Water Supply Project (KWSP) フェーズ1及びフェーズ2や、世界銀行資金の Chittagong Water Supply Improvement and Sanitation Project (CWSISP) 等のプロジェクトにより、上水道の整備が継続して実施されている。水道管網に関する情報は KWSP のサービスエリア内のデータしか得ることができず、KWSP 以前に整備された水道管の埋設箇所に関するデータは存在しなかった。したがって、下水管の詳細設計及び施工の際には、水道管の埋設位置が不明な箇所について、CWASA 立ち合いの下で試掘調査が必要である。



出典：CWASA のデータをもとに JICA 調査団が作成

図 2.3.1 KWSP 給水エリアにおける管路網

2.3.2 ガス

ガス管は GTCL (Gas Transmission Company LTD.) によって管理されている。既存のガス管ネットワークのデータは管理されておらず、情報を得ることはできなかった。下水管の詳細設計及び施工の際には水道管と同様に各道路にガス管が埋設されていると想定し、ガスバルブの位置からガス管理位置を確認する必要がある。また、必要に応じてガス管理者への立ち合いの下、試掘調査も行う。

2.3.3 電話線

電話線は BTCL (Bangladesh Telecommunication Company Limited.) によって管理されている。地中に埋設されている電話線は開削工法、及び非開削工法により布設されている。図 2.3.2 は非開削工法により布設された電話線の位置を示している。開削工法により布設された電話線の位置情報は取得することができなかった。したがって、下水管の詳細設計及び施工の際には、電話線の埋設位置が不明な箇所について、BTCL 立ち合いの下で試掘調査が必要である。



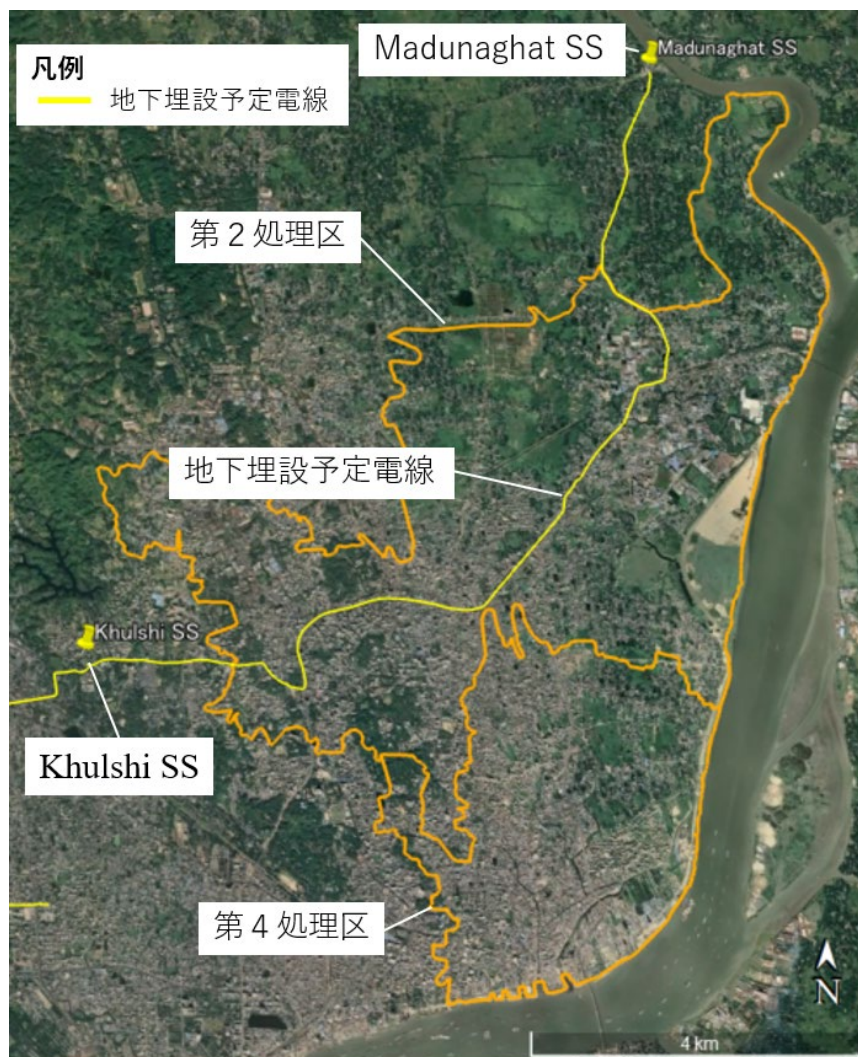
出典:BTCL のデータ

タをもとに JICA 調査団が作成

図 2.3.2 非開削工法により埋設されている電話線の位置図

2.3.4 電線

Chattogram 市における既存の電線は全て地上を通っている。ただし、現在 PGCB (Power Grid Company of Bangladesh) によって進行中の Power System Upgrade and Expansion Project では、一部の主要な電線を地下に埋設する予定である。図 2.3.3 は地中に埋設される電線のルート図である。Madunaghat SS (Sub Station) と Khulshi SS の間の 14.5km が第2・第4処理区を横断している。



出典：PGCB のデータをもとに JICA 調査団が作成

図 2.3.3 埋設予定の電線の位置図

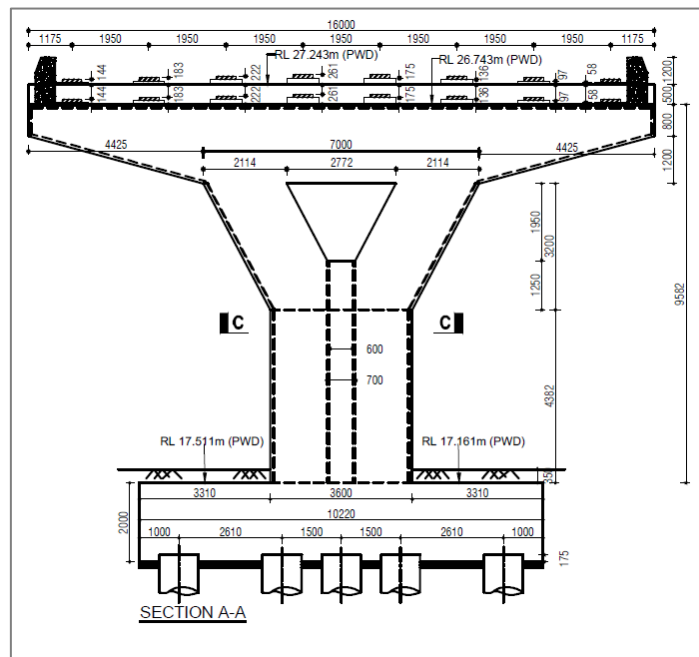
2.3.5 フライオーバー（陸橋）

Chattogram 市は渋滞を緩和するために幹線道路上にフライオーバーを整備している。第2・第4処理区には図 2.3.4 の通り約 8km のフライオーバーが通っている。フライオーバーの橋脚は図 2.3.5 のような構造であり、下水道管を布設する場合は橋脚の支持力に影響を与えないように橋脚基礎から一定の離隔を取らなければいけない。なお、フライオーバーの図面は CDA (Chattogram Development Authority) から受領している。



出典：JICA 調査団

図 2.3.4 第2・第4処理区におけるフライオーバーの位置図



出典：CDA

図 2.3.5 フライオーバーの橋脚の構造図

2.4 CWASA の財務状況

2.4.1 CWASA の上下水道料金

(1) 上下水道料金に関する規定

Bangladesh には、地方自治農村開発共同組合省 (LGD) の傘下に、給水、排水、衛生サービスを提供する上下水道公社 (WASA) が 4 つ存在する¹。WASA の運営は、1996 年に発行された WASA act によって規制されている。

WASA は、WASA board (理事会) と LGD の承認を得た後、上水道と下水道サービスの利用者に料金を課すことができる。料金は毎年値上げが認められており、また特別な理由があればいつでも料金調整することができる。毎年の料金値上げ幅は、WASA act.22 項の規定により物価上昇を考慮し最大 5%とされており、WASA 理事会の承認で認められる。

“WASA Act (1996)”, Article 22. Revision of water, sewer and storm water rates から引用 :

(1) The rates of charges or the services maintained by the Authority shall be reviewed once in every year, or at any time for special reason, and may be revised once in every five years or earlier, and the revised rates, if any shall not be realised without the prior approval of the Government.

(2) Notwithstanding anything contained in sub-section (1): the Authority may increase by adjustment such rates or charges with the approval of the Board upto five percent, if such increase is necessary to meet increased cost of its operation due to inflation

“WASA Act (1996)”, Article 17 (1). General powers and duties of the Authority から引用 :

Provided that the Authority, if it deems fit, may impose and collect a sewer surcharge at a rate not exceeding the normal sewer rate from a holding the owner of which has failed to take sewer connection within six months of commissioning sewerage system in any area.

WASA act に加え、上下水道料金法 (91-Act/2011 通達、Statutory Regulatory Order) が発行され、WASA 理事会、LGD、および首相が適切な理由と認めた場合、5%以上の値上げも容認されることとなった (4 項)。またこの通達の 9 項により、下水道料金が水道料金と同一料金と規定した。また下水道サービスが開始された場合、下水道接続の有無に関わらず、6 か月後にその地域の下水道管路網から 30 メーター以内 (100 フィート) に居住する住民に下水道料金を課すことができる。水道接続が無い場合は、居住者あたり 1 日 150 リットルの水道利用量に応じた下水道料金と規定している。

”SRO no. 91-Act/2011”, Chapter 2, Article 4. Water Tariff から引用 :

(3) Regardless of sub-rule (1), on occasion of inflation, if the management cost increases, in order to bear the additional cost, the Authority if necessary can adjust the tariff or charge once per every fiscal year up to five percent by the approval of the board.

(4) If due to inflation more than five percent or any other justified reason the management cost of the Authority increases, then the Government, by a written order, can authorize the Authority to increase the tariff or charge.

“SRO no. 91-Act/2011”, Chapter 3, Article 9. Sewerage Tariff から引用 :

(1) Within six months of the completion of sewerage system in an area constructed by the Authority, all owners of the holding in the area shall take sewerage connection and if any owner fails to do so, from the next day after 6 months of installation of sewerage system, the Authority can impose and collect the sewerage tariff from all holdings within 100 feet.

(2) The sewerage tariff shall be imposed for every holding at the same rate of water tariff and sewerage tariff shall be collected with the water tariff under this Rules.

¹ 現在 4 つの WASA、Dhaka WASA、Chattogram WASA、Khulna WASA、Rajshahi WASA が存在し、2023 年 5 月時点、Barisal、Shlhet、Rangpur、Mymensing、Faridpur、Narayanganj で新規 WASA 設立が検討されている。

(2) 水道料金

1) 消費量による水道料金

CWASA の現在と以前の水道料金、2021/22 年度の利用者数、請求水量を表 2.4.1 に示す。利用者カテゴリーは家庭用、非家庭用利用者の 2 つがある。一般家庭と公立学校が家庭用カテゴリーに含まれ、その他の工場、レストラン、店舗、病院、民間学校等は非家庭用カテゴリーに含まれている。現在、非家庭用の料金は家庭用料金の 2.1 倍となっている。

表 2.4.1 現在の CWASA の水道料金

利用者タイプ	利用者数 (接続数) (2022 年 6 月)		請求水量 (2021/22 年度)		水道料金単価 (2022 年 9 月まで)	水道料金単価 (2022 年 10 月以降)
家庭用	75,402	93.1%	8,578,894 m ³	90.7%	13.02 BDT/m ³	18.00 BDT/m ³
非家庭用	5,603	6.9%	881,523 m ³	9.3%	31.82BDT/m ³	37.00BDT/m ³
合計	81,005	100.0%	9,463,147 m ³	100.0%		

出典：CWASA

2013/14 年度以降の水道料金の推移を表 2.4.2 に示す。水道料金は物価上昇を反映し、また WASA act.22 項の最大値上げ幅の規制に従って年間 5% 値上げされることが一般的である。例外として、費用の実際的な増加と 5% の料金値上げのギャップを埋めるために、5% 以上の値上げが実施されている年があり、2016/17 年や 2019/20、2022/23 年度が該当する。2020/21 年度は COVID-19 が利用者に及ぼす影響を考慮し、値上げは実施されなかった。

2022 年の 10 月に、家庭用 18.00 タカ/m³、非家庭用 37.00 タカ/m³までの値上げが実施された。料金値上げの主な理由は、過去の大規模事業実施のため、JICA、世界銀行、AFD 等の金融機関から借りた融資を返済するためと公表された。

CWASA は毎年度の合計徴収額と合計請求水量をもとに、平均料金を算出し公表している。平均料金は 2013/14 から 2021/22 まで着実に毎年漸増しており、2022/23 年度も 2022 年 10 月の料金改定の影響を受けて増加する見込みである。

表 2.4.2 CWASA の水道料金の過去推移

(単位：BDT/m³)

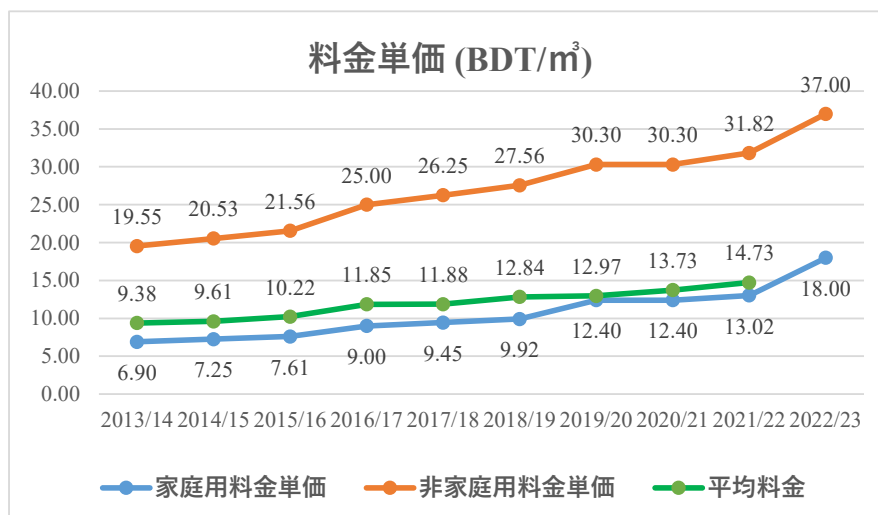
年度	2013/ 14	2014/ 15	2015/ 16	2016/ 17	2017/ 18	2018/ 19	2019/ 20	2020/ 21	2021/ 22	2022/ 23**
家庭用	6.90	7.25	7.61	9.00	9.45	9.92	12.40	12.40	13.02	18.00
非家庭用	19.55	20.53	21.56	25.00	26.25	27.56	30.30	30.30	31.82	37.00
平均料金*	9.38	9.61	10.22	11.85	11.88	12.84	12.97	13.73	14.73	n.a.
増加率 (家庭用)	-	5.1%	5.0%	<u>18.3%</u>	5.0%	5.0%	<u>25.0%</u>	0.0%	5.0%	<u>38.2%</u>
増加率 (非家庭用)	-	5.0%	5.0%	<u>16.0%</u>	5.0%	5.0%	<u>9.9%</u>	0.0%	5.0%	<u>16.3%</u>
物価上昇率	7.0%	6.2%	5.5%	5.7%	5.5%	5.6%	5.7%	5.5%	-	-

* 各年度の平均料金：合計徴収額/合計請求水量 (出展：MIS レポート、CWASA)

** 2022 年 12 月時点の新規料金水準を入力

注：料金水準は各年度の終了時 6 月時点の数値。5.0% 以上の増加率の数値を下線で示した。

出典：CWASA, Inflation Rate from IMF web site



出典：調査団

図 2.4.1 CWASA の水道料金の過去推移

2) 接続費とメーター交換費

サービス接続費、管径毎のメーター交換費を以下の表に整理する。一般的な接続費として、CWASA の定める「接続費」、「メーター費用 (+10% VAT)」、「メーター調整費」、「開発費」を含めた費用とした。これらの費用は、家庭用と非家庭用で同一となっているが、接続管の管径に従い、異なるデポジット費用の支払が課せられている。故障メーターや盗難メーターの交換費用も表に示す。故障や盗難により利用水量が量れない期間は、過去 3 か月間の平均水量分の料金が請求されている。利用者に故障メーターの修理を促すため CWASA が改善通知を発した後、対応されない場合に給水停止できるとした実施細則案を作成中である。

表 2.4.3 現在の CWASA の接続費とメーター交換費

(単位：BDT)

接続管の管径	家庭用利用者	工業・商業の利用者	故障メーターの交換	盗難メーターの交換
3/4 インチ	8,650 + デポジット 5,000	8,650 + デポジット 40,000	4,000	6,000
1 インチ	16,100 + デポジット 10,000	16,100 + デポジット 80,000	5,500	7,500
2 インチ	85,000 + デポジット 20,000	85,000 + デポジット 200,000	18,000	25,000
4 インチ	149,000 + デポジット 30,000	149,000 + デポジット 800,000	25,000	35,000
6 インチ	245,000 + デポジット 50,000	245,000 + デポジット 1,000,000	35,000	45,000

* 接続費は CWASA の定めた接続費、メーター費用 (+10% VAT)、メーター調整費、開発費の合計とした。実際の費用は現地状況によって増減する。

出典：CWASA

3) 給水車料金

CWASA で「Bowser」と呼ばれている給水車による給水も、利用者の要請により実施されている。現在、合計5台の給水車が稼働している。給水車は1台当り10 m³の水を、要請の4～5日後に届ける場合、通常単価BDT1,400/台を請求し、要請の当日または翌日に届ける場合、緊急時単価BDT2,500/台を請求している。

表 2.4.4 現在のCWASAの給水車費

車両タイプ	通常単価	緊急時単価
Bowser	1,400 BDT/10m ³	2,500 BDT/10m ³

出典：CWASA

4) 地下水利用料金

地下水利用のライセンス費用を表 2.4.5 に示す。地下水利用者は初年度にライセンス費用を支払い、それ以降の年は更新費を支払う。費用は利用者カテゴリーと管径により異なる費用が定められている。

表 2.4.5 現在のCWASAの地下水利用料金

地下水費用 (BDT/年)	ライセンス費		年更新費	
	家庭用	非家庭用	家庭用	非家庭用
2 から 3 インチ	30,000	55,000	15,000	33,750
4 インチ	50,000	140,000	25,000	87,500
6 インチ	80,000	225,000	75,000	137,500

出典：CWASA

5) 料金の請求と徴収方法

料金請求は、メーター検査員が利用者を毎月訪問し、確認した消費量を料金システムに入力する。次にCWASA本部で請求書が印刷され、各利用者に配布される。料金支払は、利用者はチョットグラム市にある26銀行250支店で支払いを行うことができる。銀行の支店の他に、利用者はBkash, Nargad accountと呼ばれるスマートフォンのサービスで支払うこともでき、2022年9月にはこの方法で収入の約12%が徴収された。CWASAはオンラインで各銀行の徴収状況を確認でき、集金された料金は、毎週銀行からCWASAに送金される。水道料金以外の接続費、接続交換費、デポジット等についても同じシステムで集金されている。

2014/15年度から2021/22年度における請求された料金総額と徴収額を表に示す。年度毎の「総徴収額/総請求額」で算出される徴収率は、83.4%から99.6%で推移しており、8年間の平均は92.6%である（徴収額は、請求年（本年・前年）に関わらずその年に徴収した金額で計算）。CWASAの収入部によると、徴収率が低い理由は、2017/18年度はメーター故障時でも料金徴収できる様変更されたこと（過去3か月の平均を請求）、2019/20年度はCOVID-19の影響を受けたことを挙げた。2018/19と2019/20におけるDWASAとKWASAの平均徴収率はそれぞれ94.7%と96.8%であり、CWASAの指標と近い水準となっている。料金収入をより安定化させるため、徴収率の改善と安定化が期待される。

収入部の職員の話では、メーター確認の人員が少なく、メーター確認や請求・徴収作業の不足・遅れが生じており、増員が望まれている。現在42名の職員が81,000の利用者のメーターを毎月確認してお

り、平均すると1人当たり1,929のメーターを確認している状況である。料金徴収作業の改善には、新規雇用または徴収作業の再委託が潜在的な解決策である。

表 2.4.6 過去の請求額と徴収額の推移

年度	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	平均
総請求額(A)	509.3	533.0	813.4	925.1	1,088.0	1,199.4	1,423.7	1,806.1	-
総徴収額(B)	497.0	506.9	788.0	804.5	996.2	999.9	1,418.0	1,623.6	-
徴収率(B/A)	97.6%	95.1%	96.9%	87.0%	91.6%	83.4%	99.6%	89.9%	92.6%

出典：CWASA

(3) 下水道料金

1) 下水道料金水準

CWASAは下水道サービスを実施していないため、現在下水道料金は課せられていない。CWASAは下水道サービスが開始され、LGDに承認された後、下水道料金徴収を開始する予定である。下水道料金水準については正式に決定されていないが、上下水道料金法91-Act/2011 通達(2.4.1(1)に前述)の規定に従い、上水道料金と同額にすることが第一案である。

2) 接続費とその他費用

2023年5月時点で、下水道事業の接続費やその他費用については未定である。

(4) 既存4WASAの上下水道料金の比較

既存の4つのWASAの現在の上下水道料金を表2.4.7に示す。DWASAの上水道料金と比較して、CWASAの家庭用料金単価は16%高く、非家庭用の料金単価は14%低い。その他2つのWASAの料金水準はより低い水準である。

表 2.4.7 2022年12月時点の4つのWASAの上下水道料金

料金	利用者カテゴリー	CWASA	Dhaka WASA	Khulna WASA	Rajshahi WASA
水道料金	家庭用	18.00 BDT/m ³	15.18 BDT/m ³	8.98 BDT/m ³	6.81 BDT/m ³
	非家庭用	37.00 BDT/m ³	42.00 BDT/m ³	14.00 BDT/m ³	13.62 BDT/m ³
下水道料金	家庭用	-	15.18 BDT/m ³	-	-
	非家庭用	-	42.00 BDT/m ³	-	-

出典：各WASAホームページ

DWASAの代表的な水道接続費がホームページで開示されており、管径3/4、1、1.5インチでそれぞれBDT10,616、BDT14,836、BDT41,196である。これら費用はCWASAの水道事業の接続費(表2.4.3参照)と類似した水準となっている。

(DWASAが徴収する下水道料金)

下水道料金については、DWASAは20年以上に渡り、上水道料金と同じ金額が利用者から徴収されている。CWASAを含む、それ以外の3つのWASAでは下水道サービスを提供しておらず、下水道料金徴収も開始していない。

DWASA の 2021/22 年度の合計収入は 191.8 億タカであり、そのうち上水道料金収入が 70%、下水道料金収入が 23%を占めている。2021/22 年度は税引き前利益が 7.0 億タカの黒字であった。直近 5 年間では 1 年間を除き黒字であり、最近は収支がほぼ均衡している状況である。2020 年の世界銀行のレポート（Project Appraisal Document, Dhaka Sanitation Improvement Project, 2020）では、DWASA の投資は補助金へ依存度が高く、経営の安定性改善のためには Wasa Act で定める年 5% 以上の適正な値上げの実施が重要と指摘している。

2.4.2 財務状況

2.4.3 中期財務計画

第3章 チョットグラム市の水関連セクターの現状

3.1 サニテーションマスタープラン

第1章で記載の通り、CWASA はバングラデシュの国家戦略に基づき、世界銀行の資金援助を受けて2017年にサニテーションマスタープラン（以下MP）を策定した。MPで策定された下水道計画の概要は以下の通りである。

(1) 目標年次

計画の目標年次は、市の中心部（第1処理区と第2処理区）の下水道工事が完了する2030年とされている。一方、長期的な目標年次として、全ての流域での工事を完了させる予定の2065年が設定されている。

(2) 処理区境界と主要施設の配置

都市域は次頁の図3.1.2に示すように6つの処理区に分けられ、処理区の排水を収集・処理するために下水道とともに処理場が建設される計画となっている。

(3) 概算事業費

表3.1.1に示す通り、概算事業費は10億3,201万USDの見込みである。

表 3.1.1 MPにおける各処理区の概算事業費

(単位：100万USD)

項目	処理区						計
	第1	第2	第3	第4	第5	第6	
下水管渠	165.64	112.17	76.33	81.94	57.65	77.97	571.70
下水処理場	45.00	33.30	18.00	35.10	10.50	15.00	156.90
経費、コンサル費等	87.89	60.60	39.16	48.77	28.37	38.72	303.41
計	298.43	206.07	133.49	165.81	96.52	131.69	1,032.01

出典：MPを基にJICA調査団が編集

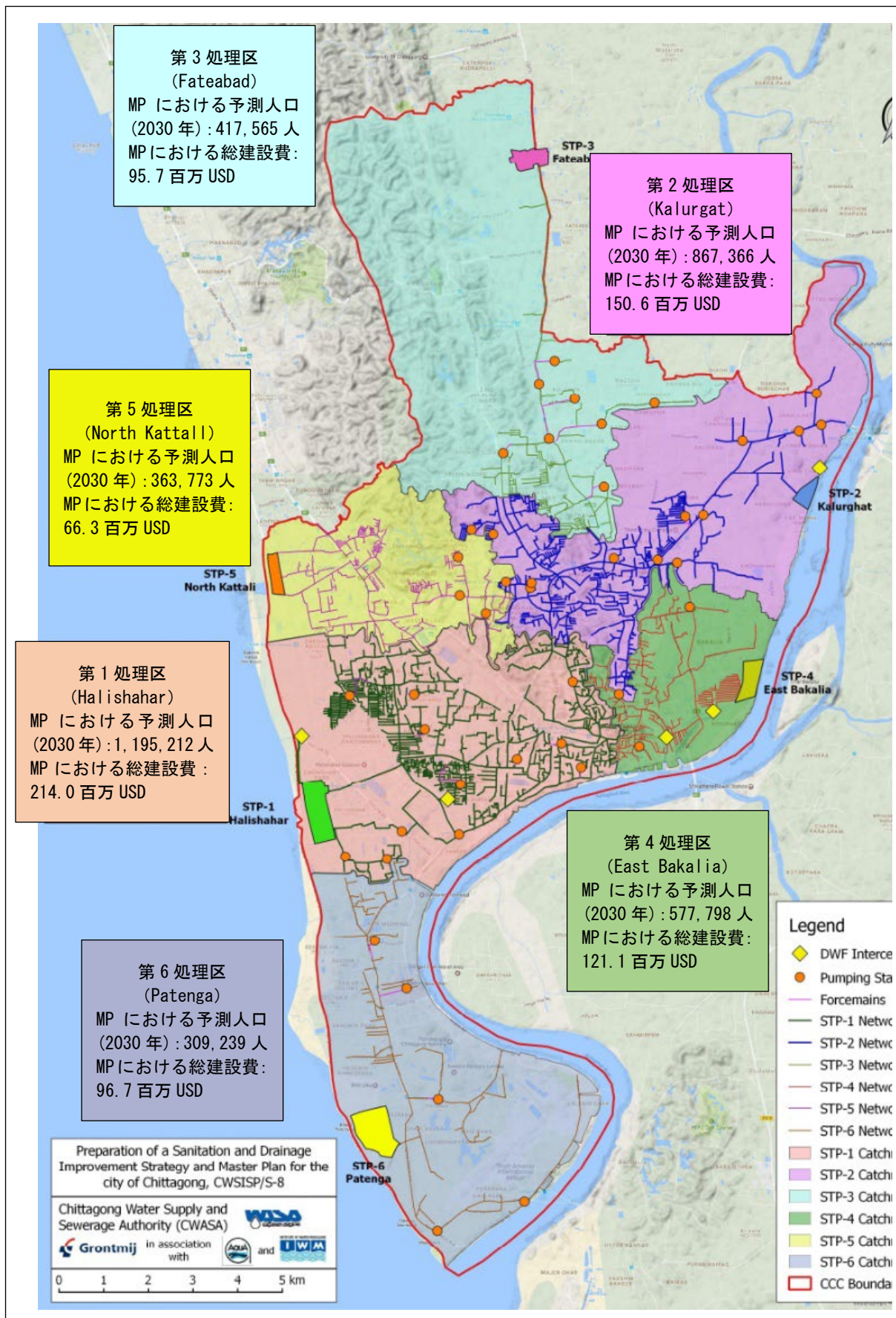
(4) 概算工程

図3.1.1に示す通り、MPの目標年次である2030年までに市の中心部をカバーする第1処理区と第2処理区の下水道システム及び下水道計画区域外の腐敗槽の改修、ならびにし尿処理施設の整備を完了させる計画となっている。市全体の下水道整備は、MPの長期的な目標年次である2065年までに完了することとなっている。

事業分類	対象エリア、事業内容	年															
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
下水道整備	第1処理区																
	第2処理区																
	第3～第6処理区																(2065年までに整備)
オンサイト処理施設及び腐敗槽汚泥管理	腐敗槽汚泥処理施設建設																
	腐敗槽の改築																

出典：MPを基にJICA調査団が編集

図 3.1.1 下水道システムと分散型汚水処理施設の建設スケジュール



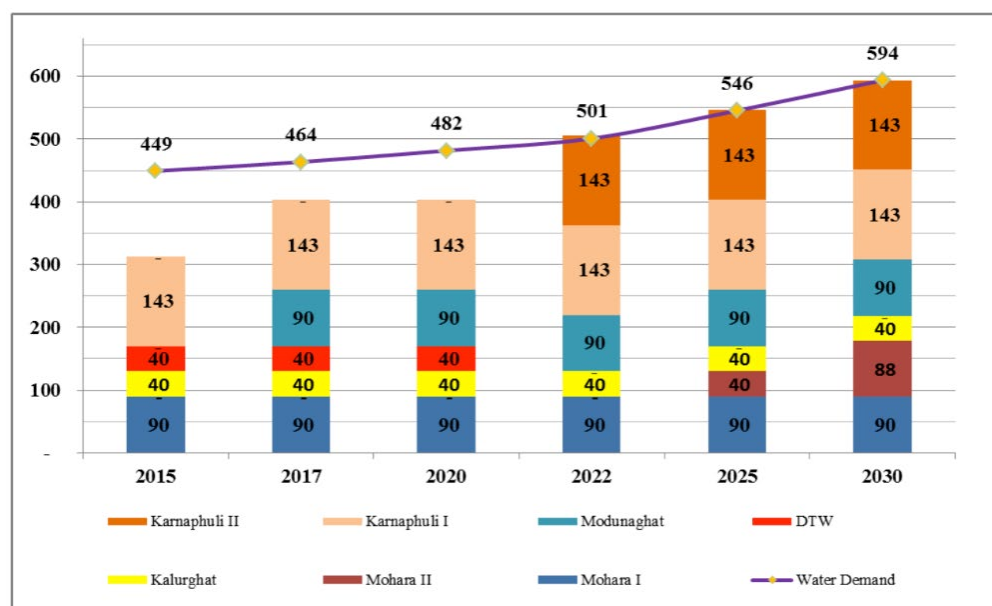
出典：MPを基にJICA調査団が編集

図 3.1.2 処理区境界と処理場の建設予定地

3.2 水道システム

CWASA は、2015 年に世界銀行の支援によるチッタゴン上下水道改善事業計画調査（CWSISP）において給水マスタープランを策定している。2030 年を計画年とする給水計画には、既存の給水施設の評価、チョットグラム市全体の代替案調査などが含まれている。

図 3.2.1 に示すように、2030 年のチョットグラム市の計画水生産量は合計 594,000m³/日である。JICA 資金によるカルナフリ上水道整備事業（フェーズ 1）が 2006 年から 2017 年まで実施され、現在フェーズ 2 が進行中であり、2023 年に完了する予定である。カルナフリ上水道整備事業（フェーズ 2）終了後の送水量は 286,000 m³/日であり、これは 2030 年の水生産量の 48%に相当する。



出典：管網再構築戦略報告書、チッタゴン上下水道改善事業計画調査（2016 年）

図 3.2.1 2030 年までの計画水生産量

3.3 雨水排水システム

世界銀行は、2017 年に上下水道事業計画調査を実施している。同調査では、前述のサニテーションマスタープランと共に、雨水排水マスタープランを策定している。2030 年を計画年としている雨水排水マスタープランは 1995 年にチョットグラム開発局が策定した排水計画、及び 2009 年に KOICA によって策定された旧排水マスタープランを更新したものである。また、雨水排水マスタープランは、チョットグラム市の管轄地区である約 260km²を対象として策定されている。

当雨水排水マスタープランは、下記の通りチョットグラム市内の排水システムを分析している。

- 豪雨時におけるベンガル湾やカルナフリ川への排水は、チョットグラム市内の平坦な地形から潜在的に困難である。
- 雨季における浸水が今後の都市開発の進行に伴い悪化する事が懸念される。
- 無計画に排水施設を建設している傾向にあるため、排水システムが十分に機能していない。

- ▶ 多くの排水路が土砂やごみ、不法居住者によってブロックされており、通水能力が不十分となっている。
- ▶ ごみ収集は廃棄物処分のシステムが構築されていない為、ごみ等の水路への不法投棄が散見され通水能力に影響を及ぼしている。
- ▶ カルナフリ川やハルダ川は感潮河川であり、満潮時の水位が上昇している時間帯に高強度の降雨がある場合、洪水のリスクが高まる。

図 3.3.1 にチョットグラム市の浸水頻発地域を示す。第 4 処理区の東側は、他の地域より標高が低く、排水に問題がある。



出典：JICA 調査団

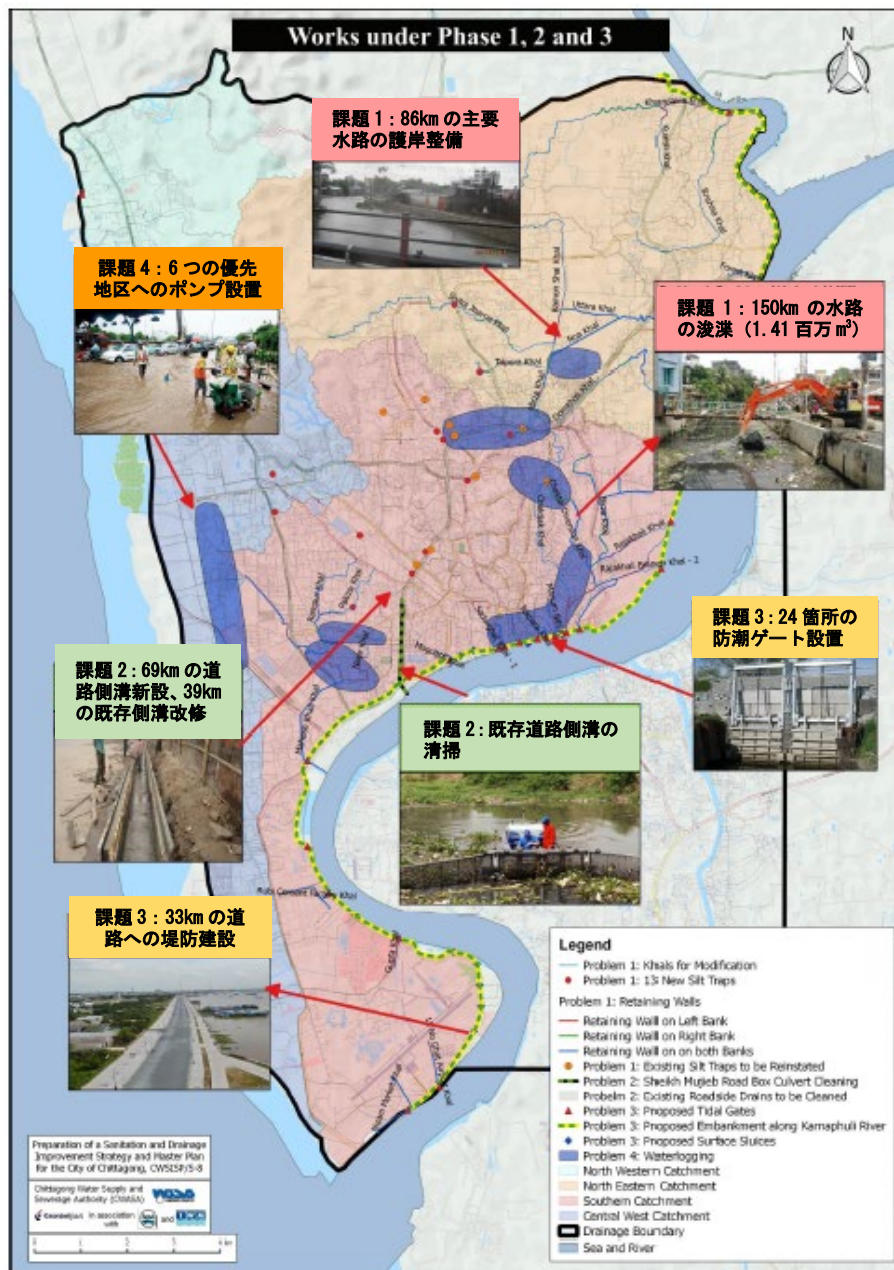
図 3.3.1 チョットグラム市の排水問題

チョットグラム市（CCC）と Bangladesh 水開発委員会（BWDB）は、雨水排水施設と洪水防御を管轄する組織であり、排水施設の改修、老朽化した排水施設の更新、潮汐による洪水の防御を実施している。各組織の役割を以下に示す。

表 3.3.1 内水及び外水氾濫への対策における CCC と BWDB の役割

チョットグラム市 (CCC)	Bangladesh 水開発委員会 (BWDB)
✓ 道路縁石、側溝・排水路、及びその他関連施設	✓ 道路、堤防/洪水防御壁、排水路の吐口、調整池
✓ カルバートやその他構造物を含む開水路	✓ ベンガル湾沿いの堤防然条件調査

出典：チョットグラム市



出典：排水マスタープラン（2017年）

図 3.3.2 CCC の排水施設の課題の解決策

現在の排水不良を改善するために、排水マスタープラン 2017 では以下のような対策案の実施が提案されている。

- 排水路の浚渫と拡張による流量の改善
- 道路側溝の清掃と拡張
- 排水路下流における水門とポンプ設備の設置

3.4 公共下水道及び衛生システム

現在、CWASA によって第 1 処理区においてチョットグラムで最初の下水道施設が建設されているが、既存下水道施設はない。そのため、衛生施設としては腐敗槽があるのみである。下水道マスタープラン 2017 によると、80%以上の世帯で腐敗槽や数種のトイレが整備されており、各世帯からの生活雑排水は各戸近傍の水路に排水されている。そのため、腐敗槽から越流した汚水と生活雑排水は未処理のままカルナフリ川やベンガル湾に放流されている。

3.5 工場排水処理

工業地域では、多くの工場が衣服・ジーンズ・靴・タオル等の布製品に関連する工場である。工場の種類には依るが、各工場では放流する前に排水基準を満たすように 1 次処理を行っている。しかし、工場からのし尿や雑排水は未処理のまま放流されている状態である。一方で、チョットグラム輸出加工区（CEPZ）には CEPZ 内に処理施設を持っている。処理施設は、排水路を通して CEPZ 内の工場排水・し尿・雑排水が混ざった汚水を受け入れている。また雨天時には、雨水が処理施設に流入することから処理能力が不足し、このため処理能力を超えた未処理の汚水がベンガル湾に放流されている。

3.6 し尿汚泥の収集システム

中核都市法（City Corporation Act 2009）では、City Corporation（中核都市）の責任として、管轄域内の公道、公衆トイレ、排水路の整備・管理、すべての建物・土地からの廃棄物の収集・処理（汚泥の収集・輸送及びし尿処理サービスを含む）をあげている。一方、上下水道公社法（WASA Act 1996）では、WASA の責任として、①水道システムの整備と運営、②下水及び産業排水を収集・処理する下水道システムの整備と運営、③不要な排水路の撤去、④雨水排水システムの整備と運営をあげている。しかし、腐敗槽からの汚泥の収集、輸送、処理、処分、し尿汚泥の再利用など、衛生関連のシステム整備とサービス提供に関する責任は明確にされていない。

チョットグラムでは、各家庭の腐敗槽に溜まった汚泥を CCC が定期的にバキューム車で収集し、最終処分場に廃棄するサービスを提供している。このうち CCC 直営によるサービスは2台のバキューム車によっているが、うち1台は故障しているため、現在は1台のみで実施している。また、昨今のし尿収集の需要増を踏まえてドナー（Water and Sanitation for the Urban Poor (WSUP)）から新たに4台のバキューム車の供与を受けており、これらの車両は2つの NGO にリースされ、当該 NGO が収集・廃棄のサービスを実施している。各バキューム車は、各家庭から収集した汚泥を処理場用地の南側に位置するハリシャハール処分場に廃棄している。また、サニテーション MP では、腐敗槽に溜まった汚泥の多くは地域の民間団体によって回収され、近くの排水路に投棄されていると報告している。

表 3.6.1 に示す通り、し尿処理に関する2つの問題を解決するため、サニテーション MP において以下のアクションプランが提案されている。さらに2021年7月には、バングラデシュ工科大学の協力と CWASA の参画を得て CCC のし尿処理アクションプラン案が作成された。

表 3.6.1 CCC のし尿処理に関するアクションプラン概要

課題	フェーズ 1 (2016-2018)	フェーズ 2 (2016-2023)	フェーズ 3 (2023-2030)
課題 1 : CCC によるし尿汚泥の収集・運搬の多くが手作業により行われており、機械化が極めて限られている	150 m ³ /日のし尿汚泥収集のための様々な容量のバキューム車および可搬式ポンプの購入	300 m ³ /日のし尿汚泥収集のための様々な容量のバキューム車および可搬式ポンプの追加購入(フェーズ1の150 m ³ /日から150 m ³ /日追加)	500 m ³ /日のし尿汚泥収集のための様々な容量のバキューム車および可搬式ポンプの追加購入(フェーズ2の300 m ³ /日から200 m ³ /日追加)
課題 2 : CCC と自治体にし尿汚泥処理施設がない	150 m ³ /日の能力を持つし尿汚泥処理施設を建設する。初期段階には、この施設は隣接する自治体からのし尿汚泥受入を想定する。ハリシャハール既存処分場に建設されることを想定する。	300 m ³ /日の能力となるようし尿汚泥処理施設を拡張する。この施設は隣接する自治体からのし尿汚泥受入を想定する。ハリシャハール既存処分場に建設されることを想定する。	500 m ³ /日の能力となるようし尿汚泥処理施設を拡張する。アレフィン・ナガル既存処分場に200 m ³ /日の能力を持つし尿汚泥処理施設を建設することも想定する。隣接する4自治体のために、し尿汚泥処理施設を2基建設する。各施設で25 m ³ /日の能力を持つ必要があり、総処理能力は50 m ³ /日となる。

出典：MP

なお、し尿汚泥の収集・処理に関して、CCC、CDA、CWASAの三者で汚泥の収集、処理、処分の業務分担が議論され、2022年10月にこれら三機関の間で取り交わすMoU案が作成された（世界銀行支援、表3.6.1を参照）。第1処理区の下水道整備事業（PESSCM-1）では、し尿汚泥処理施設の新設が進行中である。締結された覚書に基づき、施設の完成後、し尿汚泥の収集・処理の責任はCCCからCWASAに移管される予定である。

表 3.6.2 CWASA、CCC 及び CDA の MoU 案におけるし尿処理の役割分担

組織	分担する役割
CWASA	<ul style="list-style-type: none"> • CCC の行政区域で基礎調査を実施し、個別処理が必要な地域・世帯を特定するとともに、低所得地域やその他のコミュニティにおけるし尿処理の現状を分析。 • GIS と連動したし尿処理の MIS（保有種別、入居者数、保有税、汚泥引き抜き日、水道接続）を作成。 • MIS を CCC と共有し、データベースを定期的に更新。 • MP に記載されたように、CCC の行政区域内でし尿処理のビジネスモデルをスケールアップし、2025 年までに全域で実施。 • し尿の収集機器や車両の手配、し尿処理施設の整備、運転維持管理。 • CCC の行政区域全体のし尿の収集、輸送及び処理。 • 排水路や公共水域に接続された腐敗槽の接続遮断に関する意識向上プログラムに参画し CCC と CDA を支援。 • スラムでし尿処理の代替計画を試験的に実施し、41 区全域で順次規模を拡大。 • し尿処理の O&M 事業計画を作成し、CCC と共有。
CCC	<ul style="list-style-type: none"> • し尿処理施設が CWASA によって整備されるまでし尿収集処理を継続。 • 当事者間の合意に基づき、すべての資産（トラックとし尿処理施設）を CWASA に譲渡（運転維持管理も CWASA が担当）。 • 国の建築基準（2020 年版）に準じて、腐敗槽の定期的な汲み取りに着手。 • MIS の作成に必要なデータを CWASA に提供。 • CWASA と CDA の支援を受けて、排水路や公共水域に接続された腐敗槽の接続遮断に関する意識向上プログラムを実施。 • 2023 年 1 月から、排水路や公共水域に違法に排水している腐敗槽の接続遮断工事に着手。CDA と CWASA は実施を支援し、望ましい結果が得られるまで継続する。 • スラムでし尿処理の代替計画を試験的に実施する際に CWASA に必要な支援を行い、41 区全域で順次規模を拡大。
CDA	<ul style="list-style-type: none"> • 国の建築基準（2020 年版）に準じて、CCC が腐敗槽の定期的な汲み取りに着手することを支援。 • 排水路、公共水域に接続された腐敗槽の接続遮断に関する意識向上プログラムの実施を支援。 • 2023 年 1 月から排水路や公共水域に違法に排水している腐敗槽の接続遮断工事について CCC を支援。CWASA も支援。望ましい結果が得られるまで継続する。 • スラムでし尿処理の代替計画を試験的に実施する際に CWASA に必要な支援を行い、41 区全域で順次規模を拡大する。 • 新規建物の建築や新住宅地の開発に係る許可取得に際して CWASA と連携し、当該建物や開発地域の衛生施設が CWASA の MP に沿っていることを確認。

出典：JICA 調査団

第4章 下水道整備促進の国家目標・戦略、順守すべき法的要求事項

4.1 国策

4.1.1 Perspective Plan 2021-2041

2020年3月、バングラデシュ政府は約20年後の2041年を視野に入れた経済成長、貧困削減、教育、農業・食料安全保障、工業化・輸出・雇用促進、電力及びエネルギー、交通及び通信インフラ開発、都市開発、環境保全及び気候変動対策に関する政策プログラムを解説するため、Perspective Plan 2021-2041を公表した。Perspective Plan 2021-2041では、都市の環境問題に関して、「都市は適切な排水施設、近代的な下水道、適切な廃棄物管理及び清浄な大気環境を備える」という目的が掲げられている。また、都市の水環境に関する以下の目標が記載されている。

表 4.1.1 Perspective Plan 2021-2041における都市の水環境に関連する目標

目標	基準年 (2018)	目標年 (2041)
総人口に対する都市部の居住人口の割合 (%)	30	80
都市部における上水道への接続率 (%)	40	100
都市部の住宅における衛生的なトイレの整備率 (%)	42	100
都市部の住宅における下水道への接続率 (%)	非適用	100
下水処理施設を持つ都市中心部の割合 (%)	非適用	100
都市水域の水質基準達成率 (%)	0	100
適切な排水施設を有し、浸水リスクの低い都市の割合 (%)	0	100

出典：Perspective Plan 2021-2041 p.202、Table1 2.1

4.1.2 第8次5か年計画

長期計画であるPerspective Plan 2021-2041に対し、短中期計画と位置付けるものとして、バングラデシュ政府は政治・社会・経済の課題解決を支援するため、2020年12月に第8次5か年計画（2021年7月～2025年6月）を2020年12月に発表した。第8次5か年計画は、第6次～第7次5か年計画から得られた教訓に基づき、以下の14の戦略で構成されている。

- 1) 行政・公共機関・ガバナンスの強化
- 2) 輸出産業の成長を主体とする製造業の発展
- 3) 産業構造の転換のためのサービス業の強化
- 4) 農業及び水資源管理
- 5) エネルギー開発
- 6) 交通・通信開発
- 7) 地方自治体及び農村の開発
- 8) 持続可能な開発：環境と気候変動
- 9) 都市開発

- 10) 保健・人口・栄養
- 11) 教育セクター開発
- 12) デジタル・バングラデシュの活用と高成長のための ICT 戦略
- 13) 文化、情報、宗教、スポーツ、青少年育成
- 14) 社会保障、社会福祉、社会的包摂

第8次5か年計画における環境、気候変動、森林管理に関する持続可能な開発目標・戦略として、水環境に関連する以下の目標が記載されている。

表 4.1.2 第8次5か年計画における水環境に関連する目標

目標	基準年 (2018)	目標年 (2025)
下水処理施設を持つ都市中心部の割合 (%)	非適用	50
都市水域の水質基準達成率 (%)	0	50
衛生的なトイレを使用可能な都市人口の割合 (%)	80	100
下水道へ接続する家屋の割合 (%)	5	10

出典：第8次5か年計画（2021年7月～2025年6月）p.489、Table 8.4

4.1.3 水供給と衛生に関する国家戦略

2014年12月に地方政府・農村開発・協同組合省 地方行政総局（LGD）の発出した水供給と衛生に関する国家戦略が2021年5月に改訂・更新された。水供給と衛生に関する国家戦略（2021年）の目標、目的、計画年を以下に示す。

目標：すべての人に安全で持続可能な水の供給と衛生サービスを提供し、より良い健康と福祉を実現すること

目的：政府機関、民間、NGOを含む関係者に水供給と衛生に関する目標達成のための戦略的ガイドラインを提供すること

計画年：2021年から2030年まで

水供給と衛生に関する国家戦略（2021年）では、以下の3つのテーマと17の戦略が掲げられている。

テーマ1：普及率の向上と排水サービスの質の向上

- 1) 安全で安価な飲料水と衛生施設へのアクセスの拡大
- 2) 積極的なヒ素の低減
- 3) 野外排泄の削減段階から衛生設備を安全に管理する段階への移行
- 4) し尿処理システムの確立
- 5) 廃棄物の適正な管理
- 6) 衛生促進の改善
- 7) 手が届きにくい地域や弱い立場の人々への具体的なアプローチ

- 8) ジェンダー配慮の主流化
- 9) 民間連携の促進

テーマ2：水供給と衛生分野における永続的及び新規課題への対応

- 10) 総合的な水資源管理の導入
- 11) 都市化の進展への対応
- 12) 災害への対応、気候変動への適応、環境保全
- 13) 研究・開発の制度化

テーマ3：セクターガバナンス、調整、モニタリング、報告の強化

- 14) 統合的で説明可能な開発手法の実施
- 15) 貧困層のためのセーフティネットの維持と並行したサービスのコスト回収
- 16) 組織の強化と再配置、人的・財政的能力の開発
- 17) 調整、モニタリング、報告メカニズムの強化

特に戦略 11 では、主要な戦略的方向性の一つとして「大都市を始めとする全ての都市部における衛生的な汚水・雨水排水システムの確立」が掲げられており、チョットグラム下水道整備事業は国家戦略に合致していることになる。

4.2 水質環境基準

現在バングラデシュで適用される水質環境基準は、環境保護規則（Environmental Conservation Rules, 2023 年）の付則 2 である。内陸地表水の水質環境基準として、水素イオン濃度（pH）、溶存酸素（DO）、生物化学的酸素要求量（BOD）、硝酸性窒素（NO₃-N）、アンモニア性窒素（NH₄-N）、リン酸塩（PO₄³⁻-P）、全クロム（Total Cr）、鉛（Pb）、水銀（Hg）、大腸菌数（Total Coliform）、全蒸発残留物（TDS）及び化学的酸素要求量（COD）について、6つの用途に分類されており、表 4.2.1 のとおり定められている。

表 4.2.1 環境保護規則における内陸地表水の水質環境基準

利用用途	水質項目											
	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	Total Cr (mg/l)	Pb (mg/l)	Hg (mg/l)	Total Coliform (CFU/100ml)	TDS (mg/l)	COD _{Cr} (mg/l)
消毒のみの処理を行う飲用水の水源	6.5-8.5	6 以上	2 以下	7.0	0.1	0.1	0.02	0.03	0.001	100 以下	1000	10

レクリエーション活動を利用目的とする水	6.5-8.5	5 以上	3 以下	7.0	0.3	0.5	0.2	0.05	0.001	50 以下	1000	10
通常の処理を行う飲用水の水源	6-9	5 以上	3 以下	7.0	0.3	0.5	0.02	0.03	0.001	5000 以下	1000	25
漁業を利用目的とする水	6-9	5 以上	6 以下	7.0	0.3	0.5	0.05	0.1	0.004	5000 以下	1000	50
プロセス及び冷却産業を利用目的とする水	6.5-8.5	1 以上	12	-	2.7	-	0.1	0.1	0.05	-	1000	100
灌漑用水	6.5-8.5	-	12 以下	5.0	1.5	2.0	0.1	0.1	0.002	50000 以下	1000	100

出典：環境保護規則（2023年）付則2

4.3 排水基準

4.3.1 生活排水基準

環境保護規則（1997年）の付則9において、下水処理場の排水基準は表4.3.1の通り定められている。しかし、新環境保護規則が2023年3月5日に公布された。硝酸塩及びリン酸塩の排水基準の変更に伴い、本事業を含め新基準を適用するプロジェクトにおいては、下水処理場において窒素及びリンの処理が求められることになった。なお、新環境保護規則に定められた排水基準は国際的な水準に比べて著しく緩いとはいえず、かつ、円借款事業において本生活排水基準を適用することで、対象国基準に従うことを求めているJICA及び国際基準¹ともに満足することになる。

表 4.3.1 生活排水基準（下水処理場の排水基準）

項目	環境保護規則（1997年） における排水基準	環境保護規則（2023年） における排水基準
水温	30 °C	30 °C
pH	-	6-9
BOD ₅	40 mg/L	30 mg/L
COD _{Cr}	-	125 mg/L
SS	100 mg/L	100 mg/L
油類	-	10 mg/L
硝酸塩 (NO ₃ ⁻)	250 mg/L	50 mg/L
リン酸塩 (PO ₄ ³⁻)	35 mg/L	15 mg/L
油類	-	10 mg/L

¹ JICA 環境社会ガイドライン、世界銀行（国際復興開発銀行(IBRD)と国際開発協会(IDA)）の Environmental and Social Framework に含まれる Environmental and Social Standards 並びに国際金融公社(IFC)の Sustainability Framework に含まれる Performance Standard

大腸菌数 備考	1000 MPN/100mL	1000 MPN/100mL
	1) 本基準は表流水や内陸水域に放流する場合に適用する 2) 処理水は塩素消毒のうえで放流する	1) 本基準は表流水に放流する場合に適用する 2) 処理水は塩素消毒のうえで放流する。残留塩素濃度は0.2mg/Lを超過しないこととする。

出典：環境保護規則 1997、2023

4.3.2 工場排水基準

環境保護規則（1997年）の付則10において、「産業廃棄物及び事業系一般廃棄物の基準」として排水の水質基準が表4.3.2に示す通り定められている。

表 4.3.2 産業廃棄物及び事業系一般廃棄物の基準

No.	項目	単位	a) 内陸表流水	b) 下水処理場を有する下水道	c) 灌漑用地
1	アンモニア性窒素 (Nとして)	mg/l	50	75	75
2	アンモニア (遊離アンモニアとして)	mg/l	5	5	15
3	ヒ素	mg/l	0.2	0.05	0.2
4	BOD ₅ (20°C)	mg/l	50	250	100
5	ホウ素	mg/l	2	2	2
6	カドミウム (Cdとして)	mg/l	0.50	0.05	0.05
7	塩化物	mg/l	600	600	600
8	クロム (総クロムとして)	mg/l	0.5	1.0	1.0
9	COD _{Cr}	mg/l	200	400	400
10	クロム (六価クロムとして)	mg/l	0.1	1.0	1.0
11	銅 (Cuとして)	mg/l	0.5	3.0	3.0
12	溶存酸素 (DO)	mg/l	4.5 - 8	4.5 - 8	4.5 - 8
13	電気伝導度 (EC)	Micro mho/cm	1,200	1,200	1,200
14	総溶解固形物 (TDS)	mg/l	2,100	2,100	2,100
15	フッ化物 (Fとして)	mg/l	2	15	10
16	硫化物 (Sとして)	mg/l	1	2	2
17	鉄 (Fe)	mg/l	2	2	2
18	総ケルダール窒素 (Nとして)	mg/l	100	100	100
19	鉛 (Pb)	mg/l	0.1	1.0	0.1
20	マンガン (Mnとして)	mg/l	5	5	5
21	水銀 (Hg)	mg/l	0.01	0.01	0.01
22	ニッケル (Ni)	mg/l	1.0	2.0	1.0
23	硝酸塩 (Nとして)	mg/l	10	Not yet fixed	10
24	油類	mg/l	10	20	10
25	フェノール化合物 (C ₆ H ₅ OHとして)	mg/l	1	5	1
26	溶存リン (Pとして)	mg/l	8	8	15
27	放射性物質				
28	pH	-	6 - 9	6 - 9	6 - 9
29	セレン (Seとして)	mg/l	0.05	0.05	0.05
30	亜鉛 (Znとして)	mg/l	5	10	10
31	水温	°C	40 (夏季)	40 (夏季)	40 (夏季)

			45 (冬季)	45 (冬季)	45 (冬季)
32	浮遊粒子状物質 (SS)	mg/l	150	500	200
33	シアン (Cnとして)	mg/l	0.1	2.0	0.2

出典：排水保全基準（1997年）付則10

環境保護規則（2023年）において、この排水基準も変更されている。表4.3.3に示す通り、産業及び事業系廃棄物の排水基準が付則4に定められ、新たに海域に放流される場合の排水基準が定められた。

表 4.3.3 産業及び事業系排水の排水基準（付則4）

No.	項目	単位	排水地点での許容濃度（pH以外）		
			内陸水域	2次処理を行う 下水処理場を有する 公共下水道	海域
(1)	アンモニア性窒素 (Nとして)	mg/l	50	50	50
(2)	アンモニア (遊離アンモニアとして)	mg/l	5	5	5
(3)	ヒ素	mg/l	0.2	0.2	0.2
(4)	BOD ₅ (20°C)	mg/l	30	250	100
(5)	ホウ素	mg/l	2	2	4.0
(6)	カドミウム (Cdとして)	mg/l	2	1	2
(7)	塩化物	mg/l	600	600	-
(8)	クロム (総クロムとして)	mg/l	0.5	1.0	1
(9)	COD _{Cr}	mg/l	200	400	250
(10)	六価クロム	mg/l	0.1	2.0	1
(11)	銅	mg/l	3.0	3.0	3
(12)	フッ素	mg/l	2	15	15
(13)	硫黄	mg/l	1	-	5
(14)	鉄	mg/l	3	3	3
(15)	総ケルダール窒素	mg/l	100	-	100
(16)	鉛	mg/l	0.1	1.0	2.0
(17)	マンガン	mg/l	2	2.0	2
(18)	水銀	mg/l	0.01	0.01	0.01
(19)	ニッケル	mg/l	1.0	2.0	5
(20)	硝酸塩 (Nとして)	mg/l	10	-	20
(21)	油類	mg/l	10	20	20
(22)	フェノール化合物 (C ₆ H ₅ OHとして)	mg/l	1.0	5	5
(23)	溶存リン (Pとして)	mg/l	5.0	-	-
(24)	放射性物質 (a) α線 (b) β線	mq/l	バングラデシュ 原子力委員会に より規定	-	-
(25)	pH		6-9	6-9	6-9
(26)	セレン	mg/l	0.05	0.05	0.05
(27)	亜鉛	mg/l	5	15	15
(28)	水温	°C	排出先水温と ≤5°C未満	-	排出先水温と ≤5°C未満
(29)	浮遊粒子状物質	mg/l	100	500	100
(30)	CN	mg/l	0.1	2.0	0.2

No.	項目	単位	排水地点での許容濃度 (pH以外)		
			内陸水域	2次処理を行う 下水処理場を有する 公共下水道	海域
(31)	総残留塩素	mg/l	1.0	-	1.2
(32)	バイオアッセイ (農薬生産者のみ)	-	96 時間後に 90%魚類が生息	96 時間後に 90%魚類が生息	96 時間後に 90%魚類が生息

条件：

- (1) これらの基準は全ての産業系、事業系排水に適用される。但し “Standards for sector wise industrial effluent or emission.”に規定されたものは対象外とする。
- (2) 試験生産もしくは本格稼働を始めた時点から上記排水基準を順守すること。
- (3) いずれの時点で採取したサンプルも上記基準に適合すること。また特殊な状況における環境条件を考慮する必要がある場合においても、上記基準は厳格に運用される。
- (4) 内陸水域は、排水路、池、タンク、湖、運河、川、泉、河口等を意味する。
- (5) 公共下水道とは、1次処理・2次処理・もしくは総合的にそれらを統合した処理施設のこと。
- (6) 内陸水域の排水基準は、公共下水道への排水や排水が第5項及び第6項の定義に合致しない場所に排水される場合に適用される
- (7) どのような処理を行った場合においても地下水が汚染されてはならない。
- (8) 未処理の工場排水は地下水源に排水・貯留・浸透させてはならない。

第5章 下水道整備計画に係る方針

5.1 第2・第4処理区の現状

5.1.1 処理場候補地の現状

(1) 用地選定までの経緯

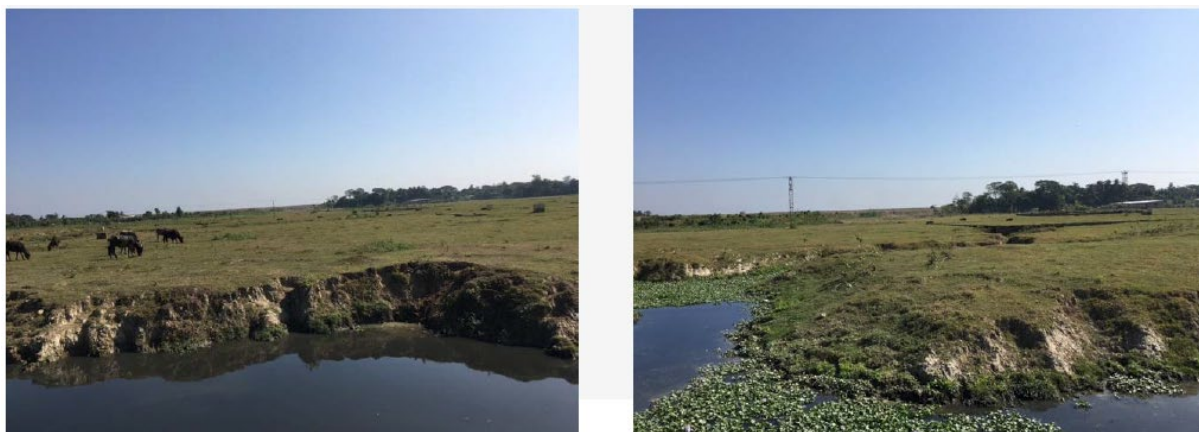
2017年に策定されたサニテーションマスタープラン（以下、MP）では、第2処理区及び第4処理区それぞれに1箇所ずつ下水処理場を整備する計画となっていた。その後、以下の状況により両処理区の下水処理場用地の活用が困難となった。

- 第2処理区：Bangabandhu Maritime Universityの敷地として使用されることとなった
- 第4処理区：外環状道路整備事業の用地及び住宅開発地として使用されることとなった

このため、CWASAはMPで計画していた第2処理区の候補地の近傍に約30haの代替用地の存在を確認し、第2・第4処理区の下水を1箇所で集約処理する施設を整備すべく当地の用地取得を進めるためのDPPをBangladesh政府へ提出した。2023年7月現在、DPPの承認待ちの状況である。

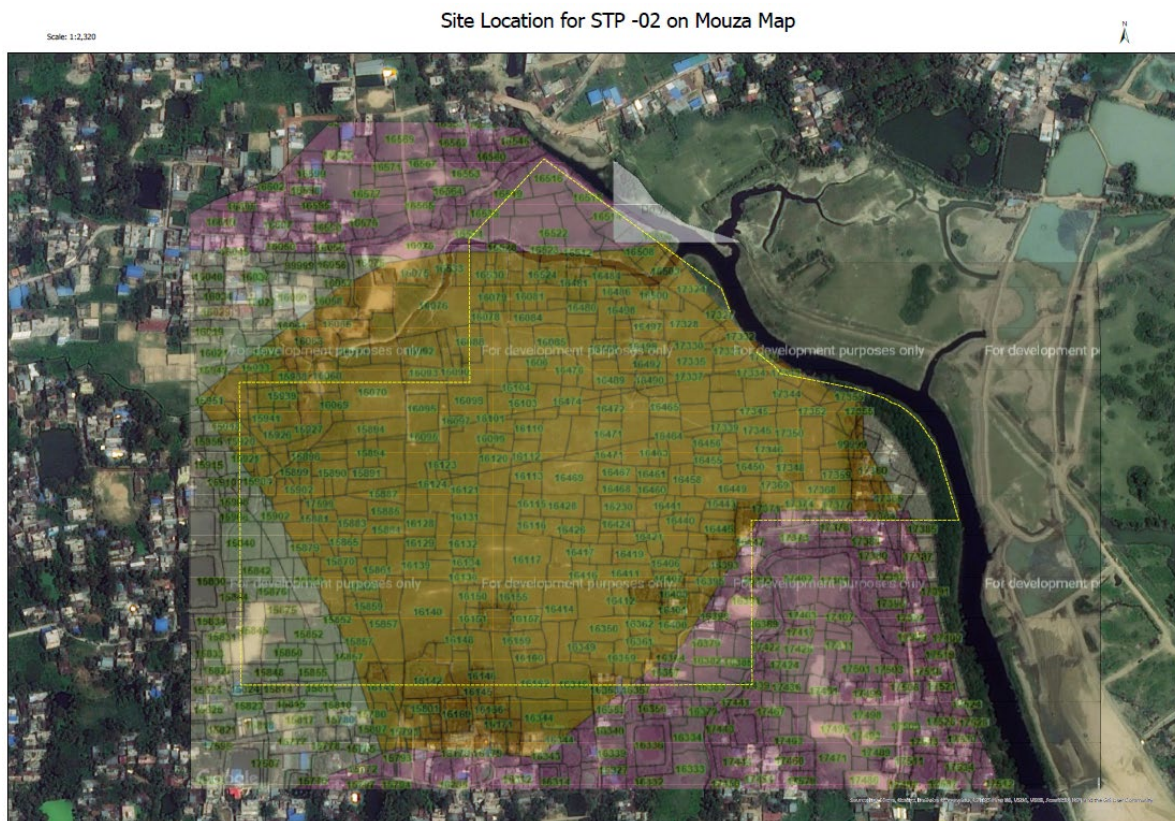
(2) 用地の現状

選定された用地の位置は、カルナフリ川沿いの環状道路及びDom Khali運河とカルナフリ川の合流点付近にある。2022年10月現在、用地内に建物は存在しないが、家畜の放牧に利用されている。



出典：JICA 調査団

図 5.1.1 下水処理場候補地の写真



出典：CWASA

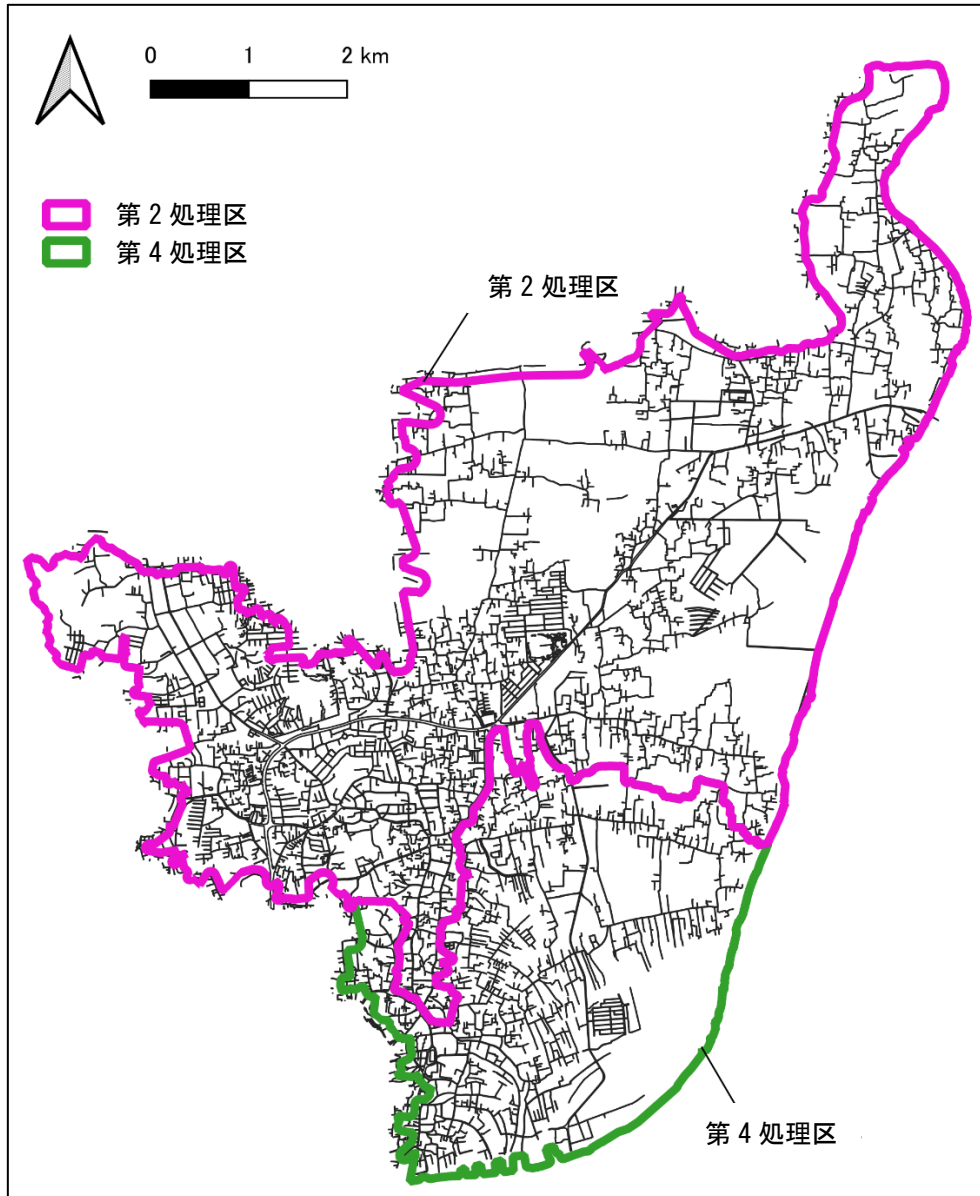
図 5.1.2 下水処理場候補地の地籍図（DPP に使用されている）

5.1.2 道路、既存排水路の現状

(1) 道路

Chottogram市の既存の道路網は、市内の交通量に対し、十分に整備されていない。図 5.1.3 に示すように、第2・第4処理区の西側が市の主要部であり、渋滞している。図 5.1.4 に示すように、幹線道路や狭隘道路で慢性的な渋滞が発生している。また、狭い道路での慢性的な渋滞に加え、歩道の不足による交通安全上の問題もある。市の最大のインフラボトルネックは、道路や橋の整備が十分でないことと考えられる。Chottogram市のさらなる成長には、幹線道路を中心とした満足のいく道路網の整備が不可欠である。

一方、「Chottogram-Cox's Bazar Road Improvement Project」が円借款により進行中であり、当事業によりChottogram市内を通る国道1号線の渋滞緩和が期待される。



出典：CWASA

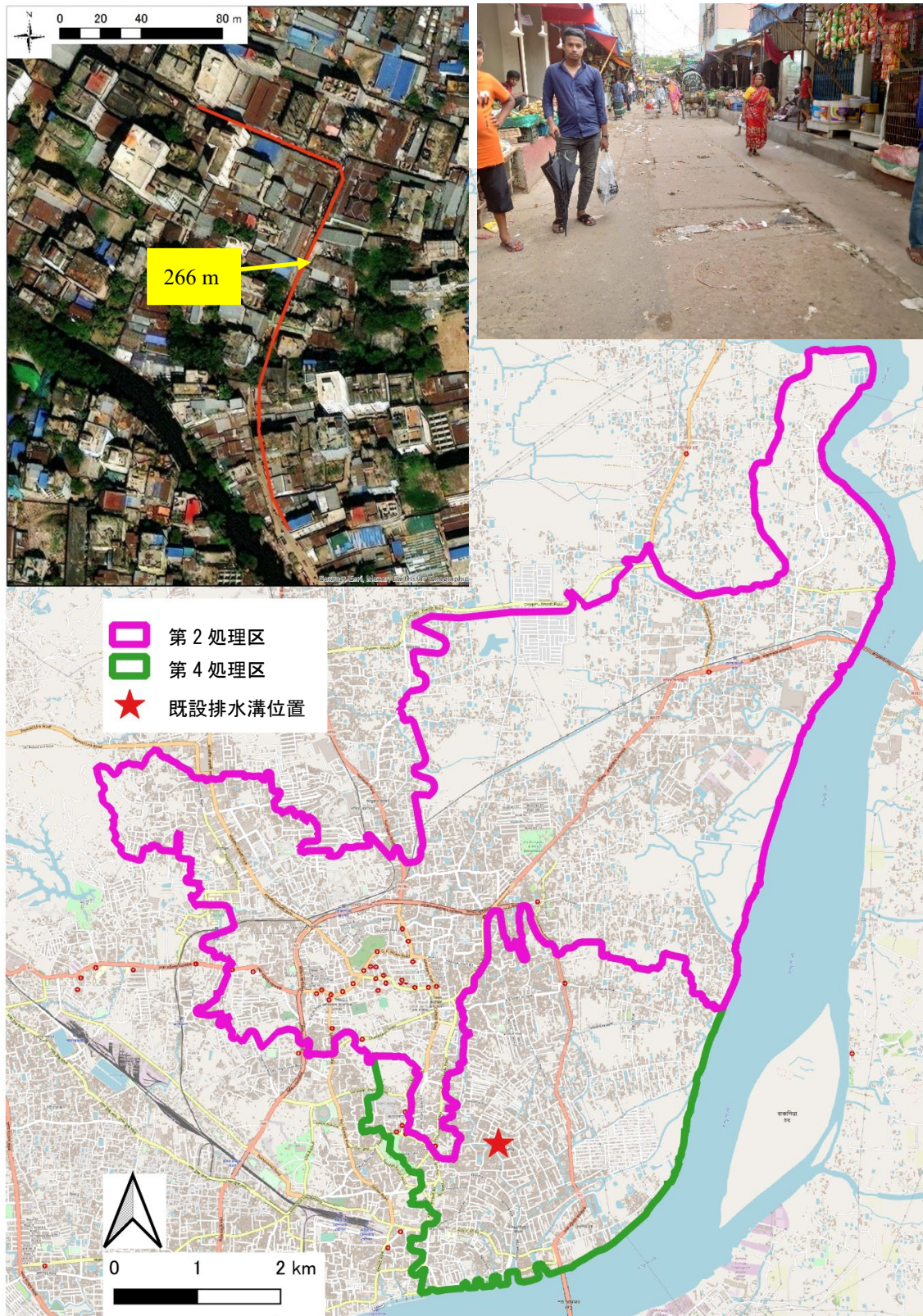
図 5.1.3 第2・第4処理区の道路データ



出典：調査団

図 5.1.4 チョットグラム市の交通渋滞

道路によっては、道路下の既設の排水溝が道路の大きなスペースを占めていることがある。このような地域では、排水路の脇に下水管を設置することは非常に困難である。一例として、第4処理区の34区の状況を図 5.1.5 に示す。



出典：調査団

図 5.1.5 道路幅一杯の既設排水路

(2) 下水道（污水）

現在、チョットグラム市に污水を収集・処理する下水道システムは未整備であり、スラム地区を除いてほとんどの世帯は、腐敗槽といったオンサイトの衛生設備によって排水処理を行っている。しかし、これらは全ての排水を処理しておらず、図 5.1.6 の左側の写真のように、風呂や台所からの雑排水は別の排水管で道路側溝や排水路に未処理で排出されている。また、トイレからのし尿は腐敗槽を経由し、道路側溝や排水路に排出される。腐敗槽が糞便汚泥で満杯になった場合、汚泥はトラックで回収され、埋立地へ運ばれる。しかし、Chattogram City Corporation（以下、CCC）によると腐敗槽の維持管理や汚泥引き抜きに対する一般市民の感心は低いため、し尿が適切に処理されないまま道路側溝や排水路へ排水されるケースが一般的である。

したがって、道路側溝と排水路が市の下水の大部分を受け入れる污水と雨水の複合排水システムとして使用されている。しかし、道路側溝と排水路はもともと下水を排水するための設備ではなく、あくまでも雨水を排水するための設備であるため、効率的に運用されていない。特に道路側溝の勾配が十分でないため、乾季には流速が低下し、沈殿物が発生し、道路側溝の容量が低下している。また、図 5.1.6 の右側の写真に示すように、都市の固形廃棄物も道路側溝や排水路に捨てられている。さらに、この低流速や閉塞により、下水に浮遊する固形物が分離して道路側溝や排水路の底や側面に堆積し、容量低下の状況を悪化させている。

上記状況から、現在チョットグラム市に下水処理場も存在しないため、全ての生活排水は最終的に市内の水路や運河、海へ放流されており、水路周辺の衛生環境の悪い地域が広範囲に及んでいる。



出典：CWASA

図 5.1.6 側溝への家庭排水と水路閉塞の状況

(3) 下水道（雨水）

チョットグラム市の雨水排水システム（図 5.1.7）は、3つの要素に分類される。

- 1) 一次システム：主に都市建設以前に存在した河川に基づく水路（khal）にて構成される。第2・第4処理区内にカルナフリ川に流入する水路が12、ハルダ川に流入する水路が1つある。

- 2) 二次システム：三次システムからの排水を一次システムに運搬する水路から構成される。自然の水路である場合もあるが、多くは住宅地や工業地帯の開発とともに作られた人工的な水路である。
- 3) 三次システム：道路脇の側溝から構成される。主に生活排水の排水先として、また道路の排水路として利用されている。

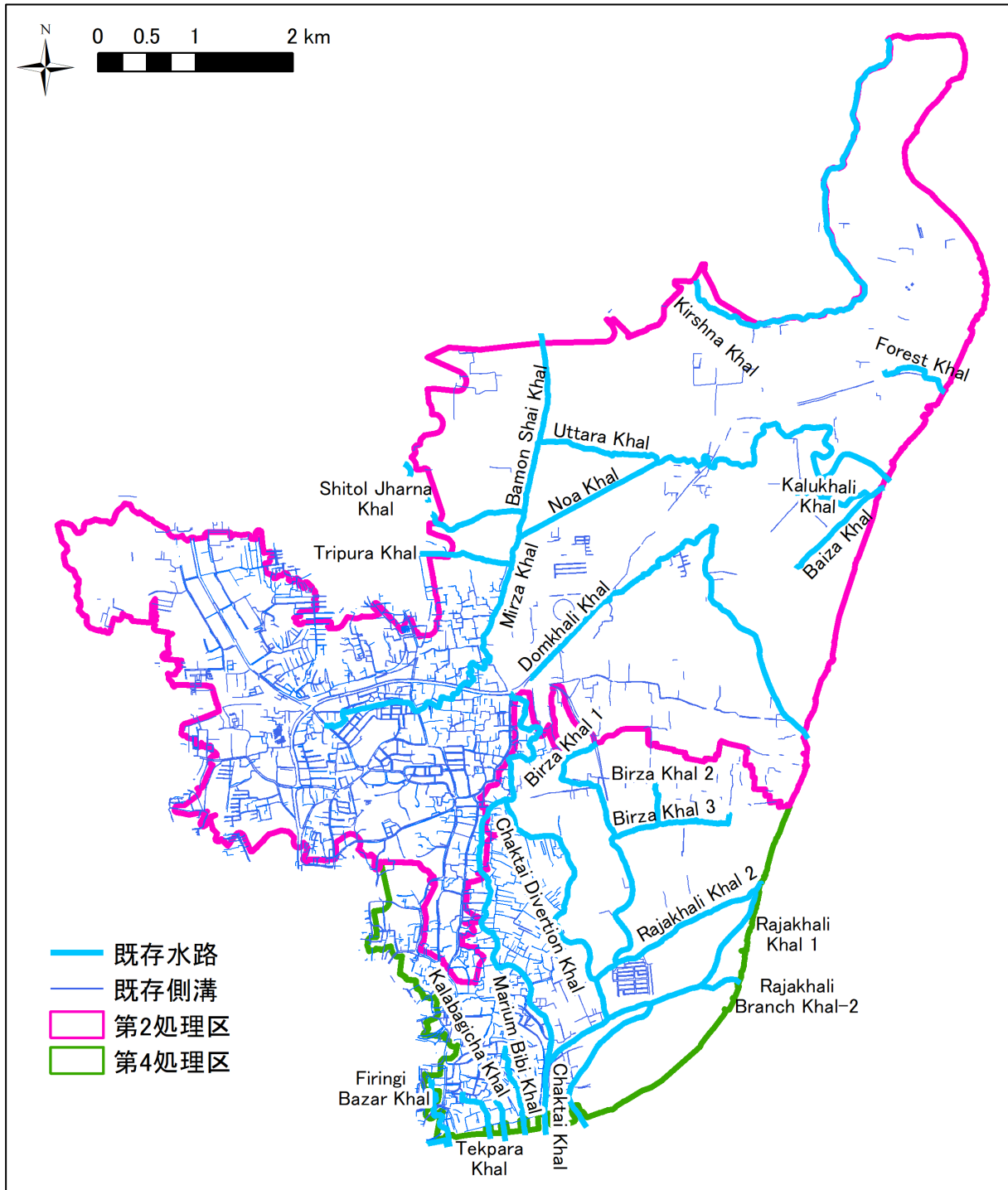
一次、二次、三次システムに加えて、ハルダ川とカルナフリ川は、チョットグラム市の排水にとって非常に重要である。チョットグラム市全体でカルナフリ川は24の水路の排水を受け、ハルダ川は2つの水路の排水を受けている。

カルナフリ川は、河口から約70km上流のカプタイダムまで感潮域である。カルナフリ川では1日に2回の潮汐があり、1回の潮汐は約12.5時間である。これは雨水排水システムに大きな影響をもたらし得る。また、ハルダ川もカルナフリ川との合流点から45kmほど上流まで感潮域である。

既存側溝および水路の下水は全て自然流下であり、ポンプ設備は存在しない。一方、既存側溝は道路勾配に合わせて設置されているが、平坦な地形のエリアが多いため、側溝が十分な勾配を持っていない場合が多く、その結果、多くの水路の流速は、自浄作用に必要な一般的な最低基準を大きく下回っている。また、ポンプ設備がないことは、高潮の際に背水の影響を受けた際に市から雨水を除去するための設備がないことも意味している。

固形廃棄物の収集と処理も不十分で、収集されなかったゴミが側溝や水路に捨てられることが多く、側溝は頻繁に閉塞する。側溝や水路への廃棄物の投棄に加え、メンテナンス不足による土砂の堆積も側溝や水路の排水能力を低下させている。

急斜面での無秩序な開発により植生が失われ、側溝や水路に流れ込む土砂の量が増えたこと、また、固形廃棄物が側溝や水路に投棄されることが原因で、多くの側溝や水路に土砂やその他の固形物が堆積するようになった。その結果、下水で汚染された雨水による浸水が発生し、チョットグラム市の市民に深刻な公衆衛生上の危険をもたらしている。

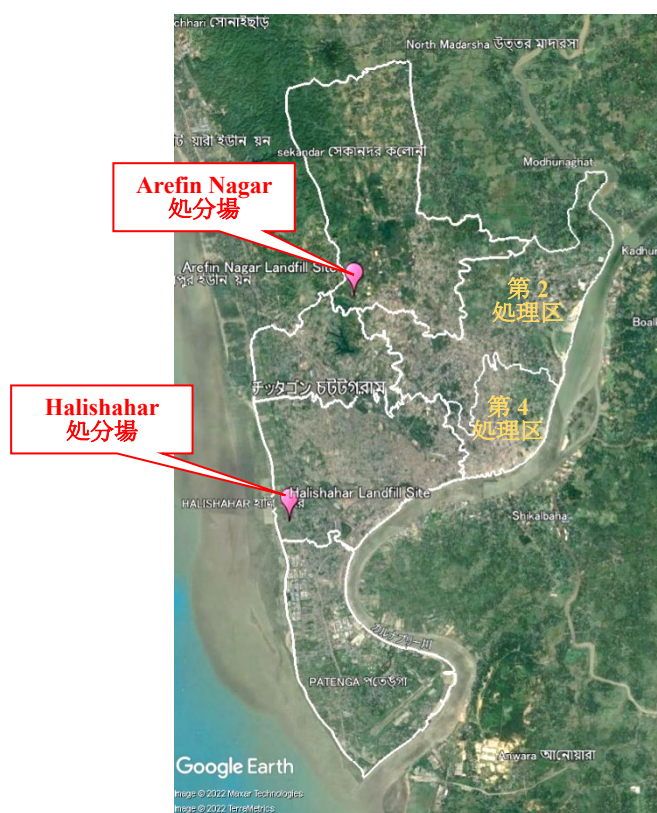


Source: CWASA

Figure 5.1.7 Data of existing side drains and waterways in 2nd and 4th treatment zones

5.1.3 既存廃棄物処分場の現状

現在、チョットグラム市内には Halishahar 処分場及び Arefin Nagar 処分場の2箇所の廃棄物処分場がある (図 5.1.8)。



出典：JICA 調査団

図 5.1.8 既存廃棄物処分場の位置

また、2箇所の既存廃棄物処分場の現状データを表 5.1.1 に、現地写真を図 5.1.9 に示す。

表 5.1.1 既存廃棄物処分場の現状データ

処分場名	Halishahar 処分場	Arefin Nagar 処分場
面積	2.44 ha (6.02 acre)	24.28 ha (60 acre)
供用開始年	1970s	2003
受け入れ廃棄物量	1,200 ton/day	1,200 ton/day with 350 truck/day

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.1.9 既存廃棄物処分場の写真（2022年7月16日撮影）

両方の処分場を管理する CCC によると、以下の理由により廃棄物の追加受け入れは困難である。このため、CWASA は第2・第4処理区より発生する下水汚泥の処分地を新たに探す必要がある。

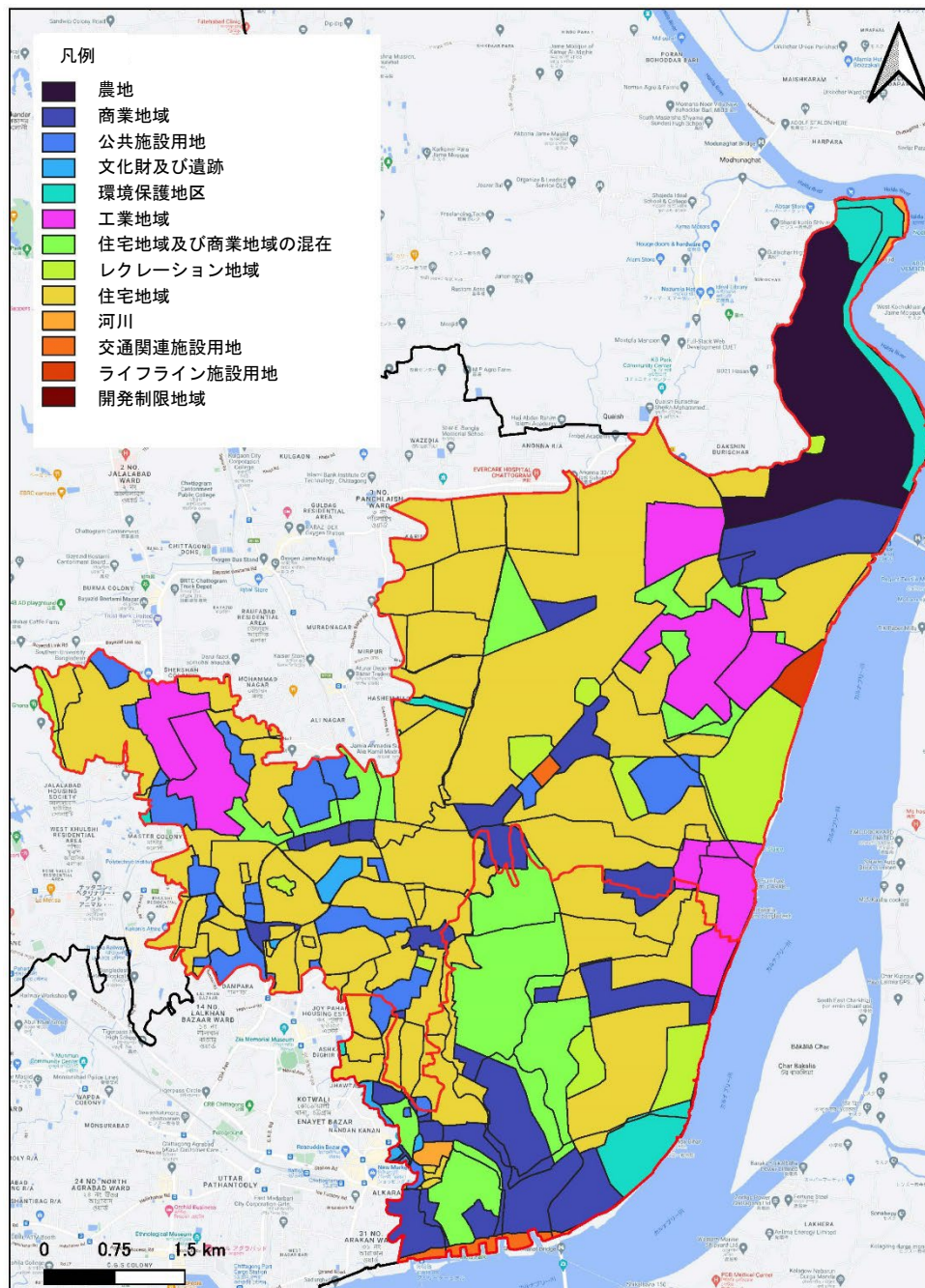
- i) Halishahar 処分場は元々受け入れ容量が小さい。
- ii) Arefin Nagar 処分場の総面積 60 エーカーのうち 20 エーカーは既に使用済み、残りの 40 エーカーも用途が確定している。

5.2 下水道整備計画に係る方針

5.2.1 土地利用計画

Chattogram Development Authority (CDA) によりチョットグラム市開発計画が策定されている。2022年10月現在、CDAは当該計画を更新中であり、2024年～2025年に完成見込みであるため、現時点では2005年版が最新となる。したがって、2005年版のチョットグラム市開発計画における土地利用計画を基に、下水道整備計画を策定する。

第2・第4処理区の最新の土地利用計画を図5.2.1に示す。



出典：チョットグラム市開発計画を基に JICA 調査団が編集

図 5.2.1 第2・第4処理区の土地利用計画

また、土地利用区別の割合を表 5.2.1 に示す。

表 5.2.1 第2・第4処理区の土地利用区別の割合

第2・第4 処理区の 総面積	土地利用区分												
	農地	商業地 域	公共施 設	文化施 設及び 遺跡	環境保 護地区	工業地 域	住宅地 域及び 商業地 域の混 在	レク レー ション 地域	住宅地 域	開発制 限地域	河川	交通関 連施設	ライフ ライン 施設
(ha)	(%)												
4,343.26	6.6%	11.6%	4.8%	0.5%	3.1%	8.8%	10.9%	5.0%	47.2%	0.2%	0.7%	0.1%	0.4%

出典：チョットグラム市開発計画を基に JICA 調査団が編集

第2・第4処理区は都市化が進んでいるため、住宅地、商業地、住宅と商業地の混在エリア、及び工業地で全体の約80%を占めている。

5.2.2 目標年

MPにおいては、優先度の高い第1処理区及び第2処理区の目標年を2030年、他の処理区の目標年を2065年と設定されている。一方、先行する第1処理区事業及び第5処理区事業においては、処理区全体の目標年を2070年としている。これら先行事業を基に、第2・第4処理区の最終的な目標年を2070年と設定する。各下水道施設の整備規模・能力は表 5.2.2 に示す通り計画する。

表 5.2.2 各下水道施設の目標年・整備規模

施設	目標年・整備規模
幹線管渠	➤ 初期段階から2070年の計画下水量に見合った規模とする
枝線管渠	➤ 管径：幹線管渠と同様 ➤ 整備対象エリア及び整備延長：段階整備を適用する
下水処理場	➤ 段階整備を適用し、初期段階ではフェーズ1事業の目標年の下水発生予測量に見合った規模の施設を整備する ➤ 最終的には2070年の計画下水量に見合った規模とする

出典：JICA 調査団

5.2.3 人口予測、対象人口

MPにおいて2011年から2030年の人口予測が算定されたが、2022年に11年ぶりに国勢調査結果が公表されたため、調査団は以下の条件に基づき人口予測の再計算を行った。

- i) 2022年以降も、2011年から2022年の人口増加率と同率により増加するものと設定する。
- ii) 2022年の人口が2011年の人口よりも減少している Ward については、2022年以降人口変動がないものとした。

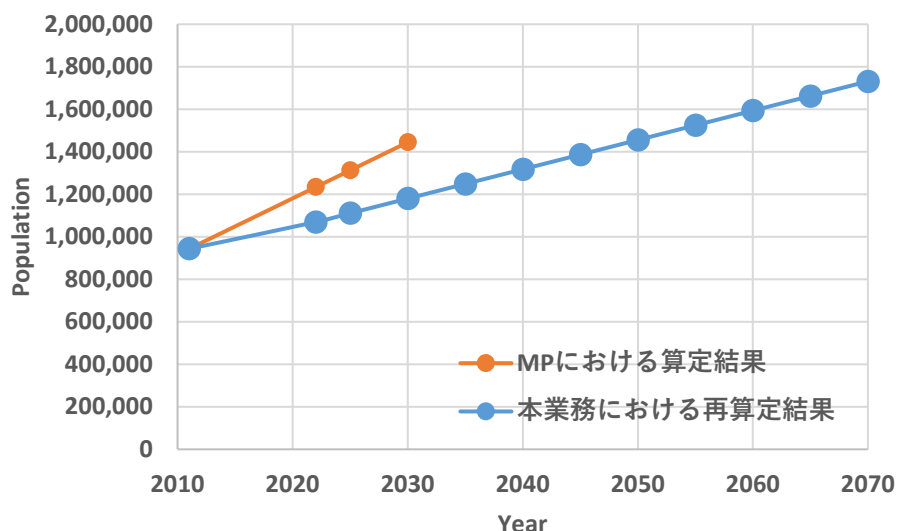
第2・第4処理区の2070年までの人口予測再計算結果を表 5.2.3 に示す。

表 5.2.3 第2・第4処理区全体の人口予測再計算結果

年	2011 (国勢調査)	2022 (国勢調査)	2030	2035	2040	2050	2060	2070
人口予測値	943,941	1,069,809	1,180,033	1,248,922	1,317,812	1,455,591	1,593,371	1,731,150

出典：JICA 調査団

また、図 5.2.2 に第2・第4処理区全体の人口予測グラフを示す。図中の青線は今回再計算した結果、オレンジ線はMPにおける予測値である。最新のセンサスデータを用いた結果、2030年の人口予測値は、MPの予測値よりも18.3%低い値となった。



出典：JICA 調査団

図 5.2.2 第2・第4処理区全体の人口予測

下水道整備最終目標年である2070年の第2・4処理区全体の人口予測は約1,731,000人となる。なお、第2・第4処理区と同様の人口増加率と仮定した場合、チョットグラム市全体の人口は、2035年には3,771,400人、2070年には5,227,600人となり、第2・第4処理区に全体の33%の人口が集中する想定となる。

5.2.4 計画下水量

(1) 計画下水量算定条件

計画下水量は家庭排水、商業排水、工場より発生する汚水のうちし尿及び雑排水の部分及び地下水浸入量により構成される。工場排水については、第4章に記載したように、公共下水道に接続する場合、接続前に各工場用地内での事前処理が環境保護規則（2023年）により求められている。一方、現時点の実態に注目すると各工場で完全に遵守されているとは言い切れない。このため、工場排水を接続すると、下水中に重金属等の有害物質が多量に混入する可能性があり、下水処理場で処理しきれないばかりか、下水処理施設への損傷を及ぼす懸念が生じる。このため、工場排水は計画下水量に加えないこととした。表 5.2.4 に計画下水量算定条件を整理する。

表 5.2.4 計画下水量算定条件

項目	計算方法	備考
家庭排水及び商業排水の単位汚水量	120 lpcd x 90% = 108 lpcd	<ul style="list-style-type: none"> 第1、第5処理区と同じ 120 lpcd：カルナフリ上水道プロジェクト（KWSP-2）で設定されている1人当たり単位給水量 90%：（MPで設定されている給水量に対する汚水量の比率=80%）×（KWSP-2で設定されている非家庭用給水量の家庭用給水量に対する比率=12%）=90%
家庭排水量及び商業排水量	108 lpcd x 対象人口	<ul style="list-style-type: none"> 第1、第5処理区と同じ
工場より発生する汚水のうちし尿及び雑排水の部分	家庭排水 x 15%	<ul style="list-style-type: none"> 土地利用で工場地帯を含む6つのWardのみ対象（Ward 02、04、05、06、08、18） 15%：KWSP-2で設定されている非家庭用給水量の家庭用給水量に対する比率=12%を切り上げた
地下水浸入量（GWI）	家庭排水量 x 15%	<ul style="list-style-type: none"> 第1、第5処理区と同じ 15%：日本下水道協会の計画・設計指針を参考に設定

出典：JICA 調査団

日平均汚水発生量及び日最大汚水発生量は以下の手法により算出される。

- 日平均汚水発生量＝家庭排水＋商業排水＋小規模工場排水＋地下水浸入量
- 日最大汚水発生量＝1.25×（家庭排水＋商業排水＋小規模工場排水）＋地下水浸入量
 （1.25＝日最大：日平均の比率；日本下水道協会の計画・設計指針を参考に設定）

(2) 実際の給水状況の考慮

上記(1)の計画下水量は、全対象人口が上水道サービスに接続している前提の下での最大の下水発生量である。一方、実際には第2・第4処理区における上水道サービスへの接続率は100%には達していないのが現状である。このため、実際の汚水発生量を以下の数式により算定する。

- 実際の汚水発生量＝90%×実際の給水量（給水量の実データ：第2・第4処理区全体で2022年7月の実績は日平均112,700 m³/日、2035年予測値は日平均177,400 m³/日）
 （90%の根拠は表 5.2.4 記載の通り）
- 実際の日最大汚水発生量＝1.25×実際の汚水発生量＋地下水浸入量
 （1.25＝日最大：日平均の比率；日本下水道協会の計画・設計指針を参考に設定）

(3) 下水道サービスを受けられる人口の条件

さらに、上記(1)及び(2)で定義した計画下水量は、対象エリアにおける汚水発生量の100%を下水管網により収集できる前提の下での算定量であるが、実際には図 5.2.3のように、下水管路の布設が困難な道路が狭すぎる地区やスラム地区が点在している。



出典：JICA 調査団

図 5.2.3 狭隘な道路及びスラム地区の写真（2022年7月7日撮影）

このような下水管路の布設が困難な地区では、当面 CWASA は腐敗槽汚泥管理（FSM）により衛生環境の改善を図る計画である。調査団による第2・第4処理区内の道路幅調査、及び Bangladesh 統計局発行のスラム地区及び水上生活者センサスを基に、第2・第4処理区の下水管路の布設が困難な地区の割合は、表 5.2.5 に示す通り処理区全体の 18%と算出された。このため、FSM による一部エリアの衛生改善を考慮した実際の下水発生量は、上記（2）で設定した計画下水量の 82%（100－18%）となる。

表 5.2.5 道路幅調査結果及びセンサスにおけるスラム人口の割合

項目	数値
第2・4処理区内の幅2m未満の道路延長の割合（スラム地区を除く） （幅2m未満の道路への下水管渠布設は困難と想定）	6.9%
第2・4処理区内のスラム人口の割合	11.2%
計	18.1%（約18%）

出典：JICA 調査団

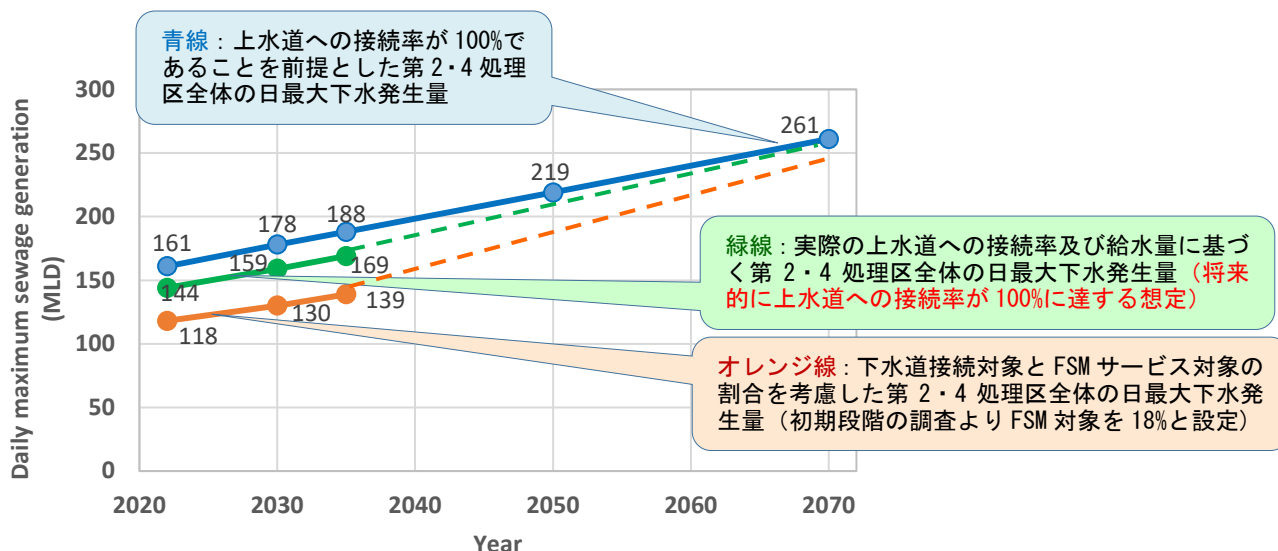
(4) 計画下水算定結果

上記（1）、（2）及び（3）に基づき算定した計画下水量を表 5.2.6 及び図 5.2.4 に示す。

表 5.2.6 第2・4処理区全体の計画下水算定結果

年	計画日最大下水発生量 (1,000m ³ /日)	実際の水道接続状況及び給水量に基づき、実際の日最大下水発生量(1,000m ³ /日)	下水道への接続可能人口を考慮した実際の日最大下水発生量(1,000m ³ /日)
2022	161	144	118
2030	178	159	130
2035	188	169	139
2050	219	—	—
2070	261	—	—

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.2.4 第2・4処理区全体の計画下水水量

5.2.5 下水排除方式

第2・第4処理区の下水排除方式として、MPでは一部エリアで分流式、他のエリアで遮集式を採用する計画が提案されている。一方、第1処理区及び第5処理区事業では、FSM対象地区を除く全エリアで分流式の導入が計画されている。本業務では、第2・第4処理区の最適な下水排除方式を以下の比較検討を通じて選定した。

(1) 遮集式及び分流式の特徴

遮集式及び分流式の特徴を表 5.2.7 に整理する。

表 5.2.7 遮集式及び分流式の特徴

項目	遮集式	分流式
概観	<p>Interceptors and STP are constructed, and sewage is discharged into the river after treatment.</p>	<p>Sewage pipelines are constructed, and interceptors are utilized as sewage trunk sewer</p>
特徴	<p>① 既存の道路側溝を活用し、公共用水域（水路や河川）への放流地点において汚水を収集（遮集）するシステム</p>	<p>① 汚水と雨水を別々の管路で収集するシステム ② 汚水のみを収集する污水管を整備 ③ 雨水排除のためには、別途雨水排水管の整備が必要</p>

項目	遮集式	分流式
	② 放流地点に雨水吐き室を設置し、雨天時には、未処理汚水を含む雨水が水路や河川へ放流される ③ 完全な下水道システム（分流式または合流式）ではなく、暫定的なシステム	④ 現在日本では、下水道の新規導入の際には分流式の採用が原則である
長所	① 汚水対策と雨水対策の両方を進めるという観点からは、分流式と比較して低コスト及び短時間で整備可能 ② 汚水を収集するため、各戸から新規下水管への接続が不要（既に既存の道路側溝へ放流されている汚水を下流側で収集する）	① 汚水のみを収集するため、理論上、下水処理場への雨水の影響はない ② 雨天時も未処理汚水が公共用水域へ流出しない ③ CWASA は、管轄外である道路側溝や水路の状態に関係なく、安定して汚水を収集できる
短所	① 既存の道路側溝の不具合（詰まり、破損、流下能力不足等）により、汚水が収集できない場合がある ⇒ 遮集式では、下水処理場への汚水流入量が計画値よりもかなり少ない場合が多い ② チョットグラムでは、CCC が道路側溝を管理するため、CWASA が汚水を安定的に収集するには、CCC の協力が不可欠となる ③ 雨天時に一部の未処理汚水が公共用水域へ流出するため、放流先の水質改善効果は分流式よりも小さい	① 汚水対策と雨水対策の両方を進めるという観点からは、汚水管網と雨水管網を別々に整備する必要があるため、必要なコスト及び時間が大きい（本事業において雨水管網は対象外） ② 汚水を収集し、下水道施設の整備効果を発現するためには、各戸接続の促進が必須

出典：JICA 調査団

(2) 第2・第4処理区に最適な下水排除方式の選定

上記表 5.2.7 に記載したように、処理区全体に分流式を完備するには膨大な時間とコストを要する。このため、分流式で整備を進めるエリアの割合及び段階整備の第1期に整備する割合をいくつかのケースに分け、比較検討を行った。

なお、段階整備の必要性については、後段の 5.2.8 節に記す。

1) 比較ケース

以下の 12 ケースについて比較検討する。

分流式により整備する エリアの割合	第2・第4処理区全域のうち第1期に整備する人口カバー率			
	100%	75%	50%	25%
100%分流式	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
50%分流式（50%遮集式）	ケース 5	ケース 6	ケース 7	ケース 8
0%分流式（100%遮集式）	ケース 9	ケース 10	ケース 11	ケース 12

2) 処理対象下水量及び分流式の各戸接続数に係る共通条件

また、各ケースについて、以下の共通条件を設定する。

- ① 第1期の目標年を 2035 年とし、第1期における処理対象下水量については、2035 年の給水量予測値を基に設定する。

- ② スラム地区及び道路が非常に狭隘で下水管路の布設が困難な地区は第1期における下水道整備の対象外とし、FSMによる対応とする。現時点の収集資料及び初期段階の現場踏査の結果を踏まえ、第2・第4処理区全体における下水道整備区域は82%、FSM対象区域は18%とする。
- ③ 第1期の分流式下水道整備の各戸接続数=2035年の上水道サービスへの接続軒数×下水道整備区域の割合（82%）とする。
- ④ 第2・第4処理区における過去の上水道サービスへの接続軒数及び給水量実態、並びに上記②の下水道整備区域とFSM対象区域の割合（82%：18%）に基づき、2035年の接続軒数予測値及び日最大給水量予測値を設定する（前述図5.2.4のグラフのオレンジ線の2035年の日最大下水発生量を第1期における処理対象下水量とする）。

3) 比較検討結果

表5.2.8の通り、対象12ケースについて、概算事業費、プロジェクト期間、裨益人口等の基礎項目を比較した。

また、表5.2.9の通り、対象12ケースの点数付けを行い、総合評価を行った。

比較検討の結果、100%分流式かつ第1期に整備する人口カバー率が50%及び25%のケース（ケース2及び3）が最適ケースとして推奨された。したがって、第2・第4処理区の下水排除方式として、処理区全域を分流式で整備する方針を最適案として選定した。

表 5.2.8 12 ケースの基礎項目の比較

ケース No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
給水人口に対するカバー率 (2035年時点)	100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
分流式での整備率 (2035年時点)	100%	100%	100%	100%	50%	50%	50%	50%	0%	0%	0%	0%
上水供給量と接続軒数の予測値を基にし、FSM 対象区域を考慮した下水収集量 (2035年) (m ³ /日)	139,000	105,000	70,000	35,000	139,000	105,000	70,000	35,000	139,000	105,000	70,000	35,000
Fecal Sludge 発生量 (必要収集量) (2035年) (m ³ /日)	43	96	143	189	43	96	143	189	43	96	143	189
整備対象地域の下水道接続軒数 (2035年)	48,000	36,000	24,000	12,000	48,000	36,000	24,000	12,000	48,000	36,000	24,000	12,000
整備対象地域の下水道への各戸接続数 (2035年)	39,360	29,520	19,680	9,840	19,680	14,760	9,840	4,920	なし	なし	なし	なし
概算総事業費 (億円) *												
総借款額 (億円) (各戸接続込み)												
総借款額 (億円) (各戸接続除く)												
【内訳】												
1. 下水道施設建設費												
(1) 下水処理場												
(2) 幹線管渠												
(3) ポンプ場												
(4) 枝線管渠												
(5) 取付管・柵												
(6) 各戸接続												
2. コンサルタント費												
3. 物理的予備費												
4. 物価上昇費 (内貨:年9%、外貨:年2%)												
5. 建中金利												
6. 管理費												
7. FSM 関連費												
8. 付加価値税												
9. 輸入税												
10. その他税金												
プロジェクト期間 (L/A 発効～工事完了)	10年	9年	7年	7年	7年	7年	7年	7年	7年	7年	7年	7年
整備管路延長 (幹線)	15km	15km	11km	11km	15km	15km	11km	11km	15km	15km	11km	11km
(枝線)	180km	140km	90km	50km	90km	70km	50km	30km	なし	なし	なし	なし
下水処理場の処理能力 (m ³ /日)	180,000	120,000	120,000	60,000	180,000	120,000	120,000	60,000	180,000	120,000	120,000	60,000
裨益人口 (2035年予測)	102.4万人	74.9万人	50.1万人	26.2万人	102.4万人	74.9万人	50.1万人	26.2万人	102.4万人	74.9万人	50.1万人	26.2万人
整備対象地域	処理区全域	前頁の2)	前頁の3)	前頁の4)	処理区全域	前頁の2)	前頁の3)	前頁の4)	処理区全域	前頁の2)	前頁の3)	前頁の4)
技術的難易度	△	△	△	△	○	○	○	○	◎	◎	◎	◎
水質改善効果 (排水からのBOD 汚濁負荷削減率)	晴天時: 81% 雨天時: 81% 通年: 81%	晴天時: 61% 雨天時: 61% 通年: 61%	晴天時: 40% 雨天時: 40% 通年: 40%	晴天時: 20% 雨天時: 20% 通年: 20%	晴天時: 61% 雨天時: 53% 通年: 59%	晴天時: 46% 雨天時: 40% 通年: 44%	晴天時: 30% 雨天時: 26% 通年: 29%	晴天時: 15% 雨天時: 13% 通年: 15%	晴天時: 40% 雨天時: 25% 通年: 36%	晴天時: 30% 雨天時: 19% 通年: 27%	晴天時: 20% 雨天時: 13% 通年: 18%	晴天時: 10% 雨天時: 7% 通年: 9%
(ケース1を目標とした場合の達成率)	100%	75%	50%	25%	73%	54%	36%	19%	44%	33%	22%	11%
課題・留意事項	I	I	I	I	I、II、III、IV	I、II、III、IV	I、II、III、IV	I、II、III、IV	III、IV	III、IV	III、IV	III、IV
(参考値) 人口カバー率 (2070年比較)	62%	47%	31%	16%	62%	47%	31%	16%	62%	47%	31%	16%
(参考値) 分流式での整備率 (2070年比較)	64%	47%	32%	16%	32%	24%	16%	8%	0%	0%	0%	0%
2070年を目標年とした場合の 総事業費 (億円)	3,370	2,290	1,490	860	1,750	1,430	1,000	670	870	800	610	460

*: 総事業費に用地取得・住民移転関連費用は含まない

出典: JICA 調査団

表 5.2.9 12 ケースの評価

ケース No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
給水人口に対するカバー率 (2035年時点)	100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
分流式での整備率 (2035年時点)	100%	100%	100%	100%	50%	50%	50%	50%	0%	0%	0%	0%
総借款額 (億円) (各戸接続込み)	(0点)	(0点)	(1点)	(3点)	(0点)	(0点)	(2点)	(4点)	(2点)	(2点)	(3点)	(5点)
総借款額 (億円) (各戸接続除く)	(0点)	(0点)	(2点)	(4点)	(0点)	(1点)	(2点)	(4点)	(2点)	(2点)	(3点)	(5点)
プロジェクト期間 (L/A発効～工事完了)	10年 (0点)	9年 (1点)	7年 (3点)	7年 (3点)	7年 (3点)	7年 (3点)	7年 (3点)	7年 (3点)	7年 (3点)	7年 (3点)	7年 (3点)	7年 (3点)
裨益人口 (2035年予測)	102.4万人	74.9万人	50.1万人	26.2万人	102.4万人	74.9万人	50.1万人	26.2万人	102.4万人	74.9万人	50.1万人	26.2万人
このうち居住地の衛生環境の改善 を実感できる人口 (裨益人口×分流式整備率)	102.4万人	74.9万人	50.1万人	26.2万人	51.2万人	37.5万人	25.1万人	13.1万人	0	0	0	0
居住地の衛生環境改善に係る費用 対効果 (実感できる人口/概算総 事業費×100)	6.0点 (5点)	5.1点 (5点)	4.3点 (4点)	3.0点 (3点)	3.6点 (3点)	3.0点 (3点)	2.6点 (2点)	1.7点 (1点)	0点 (0点)	0点 (0点)	0点 (0点)	0点 (0点)
技術的難易度	△ (2点)	△ (2点)	△ (2点)	△ (2点)	○ (3点)	○ (3点)	○ (3点)	○ (3点)	◎ (5点)	◎ (5点)	◎ (5点)	◎ (5点)
水質改善効果 (排水からのBOD 汚濁負荷削減率)	晴天時：81% 雨天時：81% 通年：81%	晴天時：61% 雨天時：61% 通年：61%	晴天時：40% 雨天時：40% 通年：40%	晴天時：20% 雨天時：20% 通年：20%	晴天時：61% 雨天時：53% 通年：59%	晴天時：46% 雨天時：40% 通年：44%	晴天時：30% 雨天時：26% 通年：29%	晴天時：15% 雨天時：13% 通年：15%	晴天時：40% 雨天時：25% 通年：36%	晴天時：30% 雨天時：19% 通年：27%	晴天時：20% 雨天時：13% 通年：18%	晴天時：10% 雨天時：7% 通年：9%
通年の評価	(5点)	(4点)	(3点)	(2点)	(4点)	(3点)	(2点)	(1点)	(2点)	(2点)	(1点)	(1点)
課題・留意事項	I	I	I	I	I、II、III、IV	I、II、III、IV	I、II、III、IV	I、II、III、IV	III、IV	III、IV	III、IV	III、IV
	CWASA自身で解決できる課題のみ				課題過多の上、CWASA自身のみで解決出来ない問題が多い				該当する課題をCWASA自身のみで解決出来ない			
	(4点)	(4点)	(4点)	(4点)	(0点)	(0点)	(0点)	(0点)	(2点)	(2点)	(2点)	(2点)
総合評価 (各戸接続込みの場合)	16点	16点	17点 (推奨)	17点 (推奨)	12点	12点	12点	12点	14点	14点	14点	16点
総合評価 (各戸接続除く場合)	16点	16点	18点	18点	12点	13点	12点	12点	14点	14点	14点	16点

出典：JICA調査団

注1) 総借款額は、

注2) プロジェクト期間は、5年以下：高評価(5点)、6年：中評価(4点)、7年：中評価(3点)、8年：低評価(2点)、9年：低評価(1点)、10年以上：最低評価(0点)とした。

注3) 居住地の衛生環境改善に係る費用対効果は、5点以上：最高評価(5点)、4～5点：高評価(4点)、3～4点：中評価(3点)、2～3点：低評価(2点)、1～2点：低評価(1点)、1点未満：最低評価(0点)。

注4) 技術的難易度は、◎：枝線と各戸接続が不要、難易度小(5点)、○：整備対象地域の50%で枝線と各戸接続が必要、難易度中(3点)、△：整備対象の全域で枝線と各戸接続が必要、難易度中の下(2点)、×：技術的に対処不可能、難易度大(1点)とした。

注5) 放流先の水質改善効果は、通年で80%以上：最高評価(5点)、60～80%：高評価(4点)、40～60%：中評価(3点)、20～40%：低評価(2点)、0～20%：低評価(1点)とした。

注6) 課題、留意事項は、CWASA自身で解決できる課題Iのみの場合：高評価(4点)、CWASA自身のみで解決できない課題IIIを含む場合：中の下評価(2点)、全ての課題を含む場合：低評価(1点)とした。

注7) 1項目でも0点評価のあるケースは、推奨ケースとして選定しない。

【注釈】

(1) 技術的難易度

以下の理由により評価した。なお、下水処理場及び非開削での幹線管渠の新設はいずれのケースでも必要となるため、評価対象としていない。

◎：100%遮集式で整備するため、枝線管渠が不要となり、狭隘な道路における下水管布設が不要となる。

○：下水管の新設及び各戸接続の施工が比較的容易なエリア・Ward を選択し、分流式の整備を進めることが可能。(施工が比較的難しいエリア・Ward の分流式整備を先送りできる)

△：狭隘かつ交通量が多い道路のような下水管の新設及び各戸接続の施工が比較的難しいエリアにおいても、下水管新設及び各戸接続が必要となる。

(2) 課題・留意事項

I：各戸接続の施工に長期間を要する。また、宅内排水管の維持管理を CWASA が責任を持って所有者へ指導するか、CWASA 自身が実施する必要がある。

II：分流式で整備したエリアと遮集式で整備したエリアでは、住民が実感できる公衆衛生の改善効果に大きな差があるため、同レベルの下水道料金を徴収すると、エリア間で不公平感が生じる。また、遮集式で整備したエリアを分流式へ変更する際に、先に設置した雨水吐き室を撤去する必要があり、コストが無駄になる

III：ゴミ詰まりにより使用できない既存排水路が多いため、晴天時の汚水収集があまり期待できない(上記の水質改善効果は、既存排水路より汚水の 50%を収集できる想定上の試算であるが、さらに小さい可能性もある)。

IV：先行する第 1 処理区、第 5 処理区及び第 6 処理区はいずれも 100%分流式下水道導入で計画されており、チョットグラム市全体での整合がとれない。

(3) プロジェクト期間算定方法

1) 過去の類似プロジェクトを参考に、2070 年を目標年とした場合のケース 1 の各施設整備の所要期間を設定した。(ハノイ市エンサ下水道整備事業を参考：下水処理場 270,000m³/日・・・3 年、幹線 52km・・・5 年)

2) また、各戸接続については、先行している第 1 処理区を基に換算した。(第 1 処理区では 28,000 軒の接続数を 4 年で実施する計画であるため、7,000 軒/年となる。一方、第 2・第 4 処理区の 2070 年を目標年とした場合の接続軒数は、前述比較表より 150,000 軒と想定しており、 $150,000 \div 7,000 = 21.4$ 年と算出され、切り上げて 22 年と設定した。)

結果：2070 年を目標年とした場合 L/A 発行からコンサルタント選定 1 年、詳細設計 1 年、コントラクター選定 1 年、下水処理場の敷地造成 1 年、下水処理場建設 3 年、下水処理場試運転 1 年、幹線管渠布設 3 年、枝線管渠布設 (取付管・柵の布設を含む) 10 年、各戸接続 22 年

3) 以下の①～③の条件に基づき、各ケースの各施設整備の所要期間を算定した。

① 下水処理場の建設期間は処理能力に比例とした (例：処理能力が 50%の場合、期間は $3 \text{年} \times 50\% = 1.5 \text{年}$)

② 下水処理場の敷地造成期間及び試運転期間は全ケースで同様とした。

③ 幹線管渠の建設期間は全ケースで一律 3 年とした。

- ④ 枝線管渠の建設期間は、給水人口に対するカバー率、2035年の分流式での整備率及び2070年と比較した分流式での整備率に比例とした（例：給水人口に対するカバー率75%、分流式整備50%、2070年と比較した分流式整備率の場合、 $10 \text{年} \times 75\% \times 50\% \times 64\% = 2.4 \text{年}$ 、切り上げて3年）
- ⑤ 各戸接続の建設期間は、先行する第1処理区の設定期間（7,000軒/年）との比例計算とした（例36,000軒の場合、 $36,000 \div 7,000 = 5.14 \text{年}$ 、切り上げて6年）。
- 4) 下水処理場、幹線管渠、枝線管渠、各戸接続それぞれを同時に施工可能と想定し、最長となる工種の建設期間を確認した。
- 5) その上で、「各ケースのプロジェクト期間=L/A発行からコンサルタント選定1年+詳細設計期間1年+コントラクター選定期間1年+最長となる工種の建設期間」と算定した。

(4) 水質改善効果算定方法

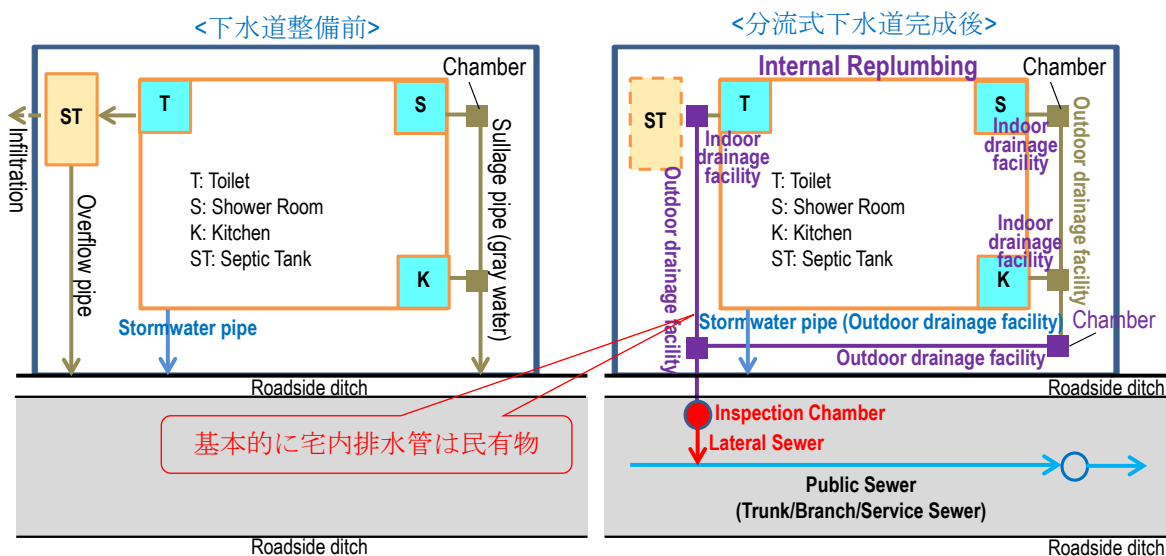
- 1) 1人1日あたりのBOD負荷原単位に対象人口を乗じ、処理区全域のBOD発生量を算出。
- 2) 処理区全域のBOD発生量のうち、公共用水域へ流出するBOD負荷量について、以下の①～③の条件で晴天時の負荷量を算定し、これに④を加えて雨天時の負荷量を算定した。
 - ① 下水処理場へ収集された汚水のBODの90%が除去される（BOD発生量の10%が流出）。
 - ② 分流式で整備されるエリアの汚水は100%下水処理場へ収集される。
 - ③ 既存道路側溝や排水路の流下能力に期待できない現状を踏まえ、遮集式で整備されるエリアの汚水の50%が下水処理場へ収集される（50%は未処理のまま公共用水域へ流出する）。
 - ④ 遮集式で整備されるエリアにおいては、雨天時に流出する未処理汚水のBOD負荷を加算。
- 3) 上記1)及び2)のBOD発生量と流出量から削減率を算定し、晴天時及び雨天時における水質改善効果とした。
- 4) さらに、年間365日のうち雨天日数を100日と想定し、通年の水質改善効果を算定した。

5.2.6 各戸接続に係る事項

分流式による下水道システムを完成させるためには、家屋内の排水管と新設下水管とを接続し、家屋やビルより発生する汚水を下水管網へ取り込み、下水処理場へ収集することが必要不可欠である。言い換えれば各戸接続が分流式には必要不可欠である。

図5.2.5に下水道整備前及び分流式下水道完成後の2ケースの宅内排水管の仕組みを示す。下水道整備前は、トイレより発生するし尿は腐敗槽で処理された後に道路側溝へ排除され、風呂や台所より発生する雑排水は未処理で道路側溝へ排除される。一方、分流式下水道完成後は、し尿及び雑排水のいずれも新設の宅内排水管、マス及び取付管を経て下水本管へ取り込まれる。また腐敗槽は撤去または閉塞可能となる。

円借款のスキームにより第2・第4処理区全域を分流式で整備するには、基本的に民有物である宅内排水管の所有権の取り扱いを考慮する必要がある。



出典：JICA 調査団

図 5.2.5 汚水を排除・収集するための宅内排水管の仕組み

一般に JICA は私有物を円借款対象とせず、下水道事業の場合、宅内排水管は円借款対象に含めないことが多い。一方、CWASA 内部のルールとして、宅内排水管の所有権は下水処理場の供用開始後に CWASA から家屋所有者へ移管されることとなっているものの、CWASA は宅内排水管整備も円借款の融資対象とする希望を持っている。

この双方の方針の食い違いを解消するため、2023 年 3 月に JICA と CWASA で協議を行い、円借款による分流式下水道導入を実現するために以下の方針を適用することとなった。

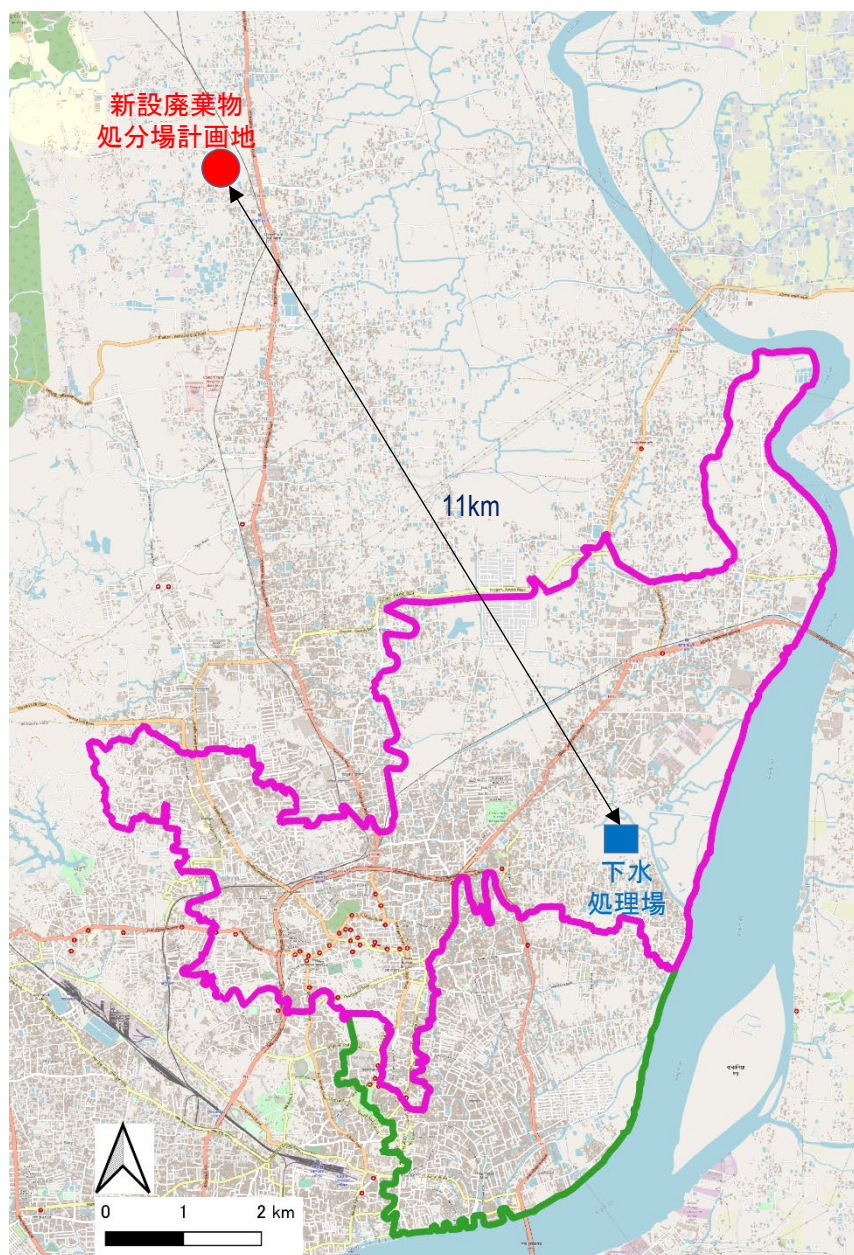
- i) 基本的に公共マスを含めて下流側は CWASA、宅内排水管は土地所有者にそれぞれ所有権があり、所有権保有者は自身で改造可能である。ただし、土地所有者が改造する場合も適切に下水道へ接続する義務は不変である。
- ii) 円借款の整備対象とする第 2・4 処理区の優先地区については、CWASA が下水処理場供用開始後 10 年間宅内排水管の所有権を保持する。このため、土地所有者が宅内排水管を改造・撤去・移設等をする場合には CWASA の許可が必要となる。
- iii) 別業務の「バングラデシュ国都市衛生改善アドバイザー」において作成中の各戸接続マニュアルに基づき、CWASA は設計及び施工を行う。なお、当マニュアルは 2023 年 8 月の完成に向けて作成作業が進められている。
- iv) 他の処理区と同様に、接続工事完了後、CWASA は土地所有者に対して排水管の詰まりや損傷等の防止を働きかけ、何かトラブルが生じた場合には CWASA が窓口となって修理対応等を行う。この対応に必要なコストは建物所有者が負担する。
- v) 修理の受付、修理実施及び請求までを適切かつ円滑に行える仕組みの一環として、土地所有者名、不具合内容及び範囲、修理内容及び修理費の支払い状況を記載した書類を CWASA が記録として残しておくことを JICA は推奨する。

5.2.7 汚泥処分場

下水処理過程で汚泥は必ず発生するため、濃縮、脱水、消化等の汚泥処理による減量化が必要である。処理された汚泥は基本的に固形廃棄物と一緒に廃棄物処分場へ処分される。したがって、持続的な下水道事業を行うためには、汚泥処分場の確保が不可避の課題となる。

廃棄物管理は CCC の管轄である。前述の通り、既存廃棄物処分場は第2・第4処理区より発生する下水汚泥を受け入れる容量が無い。

2022年12月時点で、CCCはチョットグラム市の北側、第2・第4処理区の下水処理場から北西に11kmに位置する Sandwip Road 付近に廃棄物処分場の新設を計画している（図 5.2.6）。



出典：JICA 調査団

図 5.2.6 CCC による新設廃棄物処分場計画地

2023年3月時点での新規廃棄物処分場にかかる情報を以下に列記する。

- i) 新規ゴミ処分場の想定容量：75～90 エーカー（30～38ha）、うち45 エーカーは民地、30～45 エーカーは公有地
- ii) CCCは自己資金により3～4か月で用地取得を進める計画であり、LGDによる承認が2023年4月中に下りる想定である
- iii) CCCは用地取得後、廃棄物処分場整備のDPP作成、EIA実施に取り掛かる方針
- iv) CCCは汚泥受け入れに関するMOU締結に向けた協議をCWASAと開始できる

5.2.8 段階整備に係る方針

(1) 基本方針

CWASAが第2・第4処理区の下水道施設を一度に全て整備するには、表5.2.10に示す概略事業費及び期間が必要となる。なお、以下の事業費及び期間は、整備目標年を2030年、2035年及び2070年の3ケースについて試算したものである。

表 5.2.10 第2・第4処理区の下水道施設を一度に全て整備する場合の必要コスト及び期間

目標年	対象エリア	FSMでカバーされる人口割合	下水処理場の容量	総事業費* (10億円)	総借款費 (10億円)	事業期間 (L/A発行～ 工事完了)
2070	第2・4処理区全域	0%	300MLD			25年
2035		18%	180MLD			10年
2030			180MLD			10年

*総事業費に用地取得、住民移転に係る費用は含まない

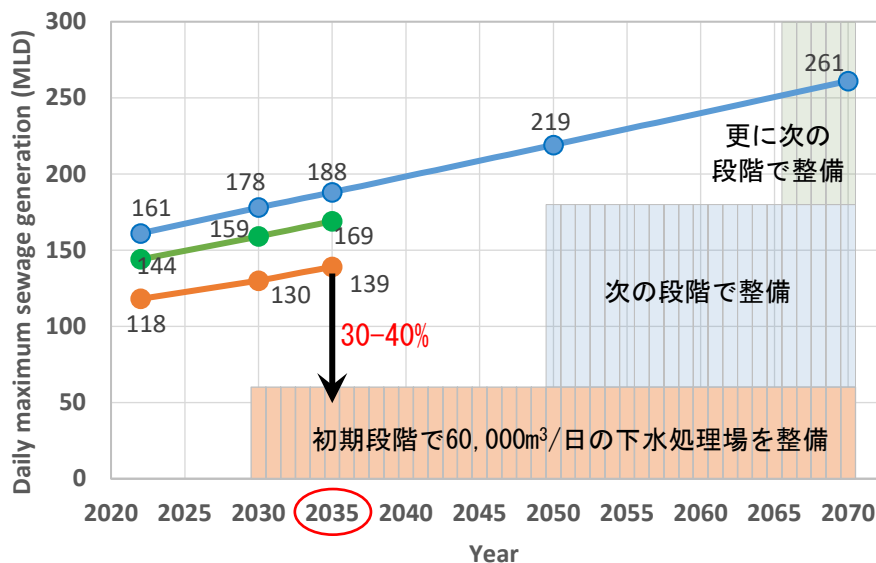
出典：JICA調査団

いずれのケースも必要なコスト及び期間ともに膨大であり、円借款により全施設を一度に整備するのは困難である。このため、段階整備を導入し、第1期事業にて対象とする優先地区を選定し、順次整備を進めていく計画策定が必要である。

前述5.2.5(2)節の比較検討において、100%分流式かつ第1期に整備する人口カバー率が50%及び25%のケースが最適ケースとして推奨された。このため、CWASA及びJICAは表5.2.11の比較検討に基づき、以下の方針により段階整備を計画することを確認した。

- i) 基本的に段階整備を導入し、円借款では第2・第4処理区の優先地区のみを対象とする。
- ii) 第1期に整備する人口カバー率については、30%～40%の間で検討する。

第1期の目標年を2035年とし、人口カバー率を35%とする場合、図5.2.7に示すように第1期に整備する下水処理場の容量は60MLD(60,000m³/日)となる。



出典：JICA 調査団

図 5.2.7 計画下水量と第1期に整備される下水処理場の容量

表 5.2.11 人口カバー率 50%~25%の間の段階整備計画の比較

項目	Case-A	Case-B	Case-C	Case-D	Case-E	Case-F
分流式での整備率	100%					
最終的な下水処理場の処理能力	300,000 m ³ /日					
2035年の人口カバー率	50%	45%	40%	35%	30%	25%
2035年の下水処理人口	512,000	461,000	410,000	358,000	307,000	256,000
2035年の下水処理量 (m ³ /日)	70,000	63,000	56,000	49,000	41,000	35,000
第1期の下水処理場能力 (m ³ /日)	120,000	120,000	60,000	60,000	60,000	60,000
幹線管渠の延長	11km	11km	11km	11km	11km	11km
枝線管渠の延長	90km	80km	70km	60km	50km	45km
各戸接続数	20,000	18,000	16,000	14,000	12,000	10,000
プロジェクト期間(L/A 発行~工事完了)	7年	7年	7年	7年	7年	7年
概算総事業費 (億円) *						
概算工事費 (億円)						
総借款額 (億円) (各戸接続含む)						
水質改善効果 (排水からの BOD 汚濁負荷削減率)	38%	35%	31%	28%	24%	21%

*: 総事業費に用地取得・住民移転関連費用は含まない

出典：JICA 調査団

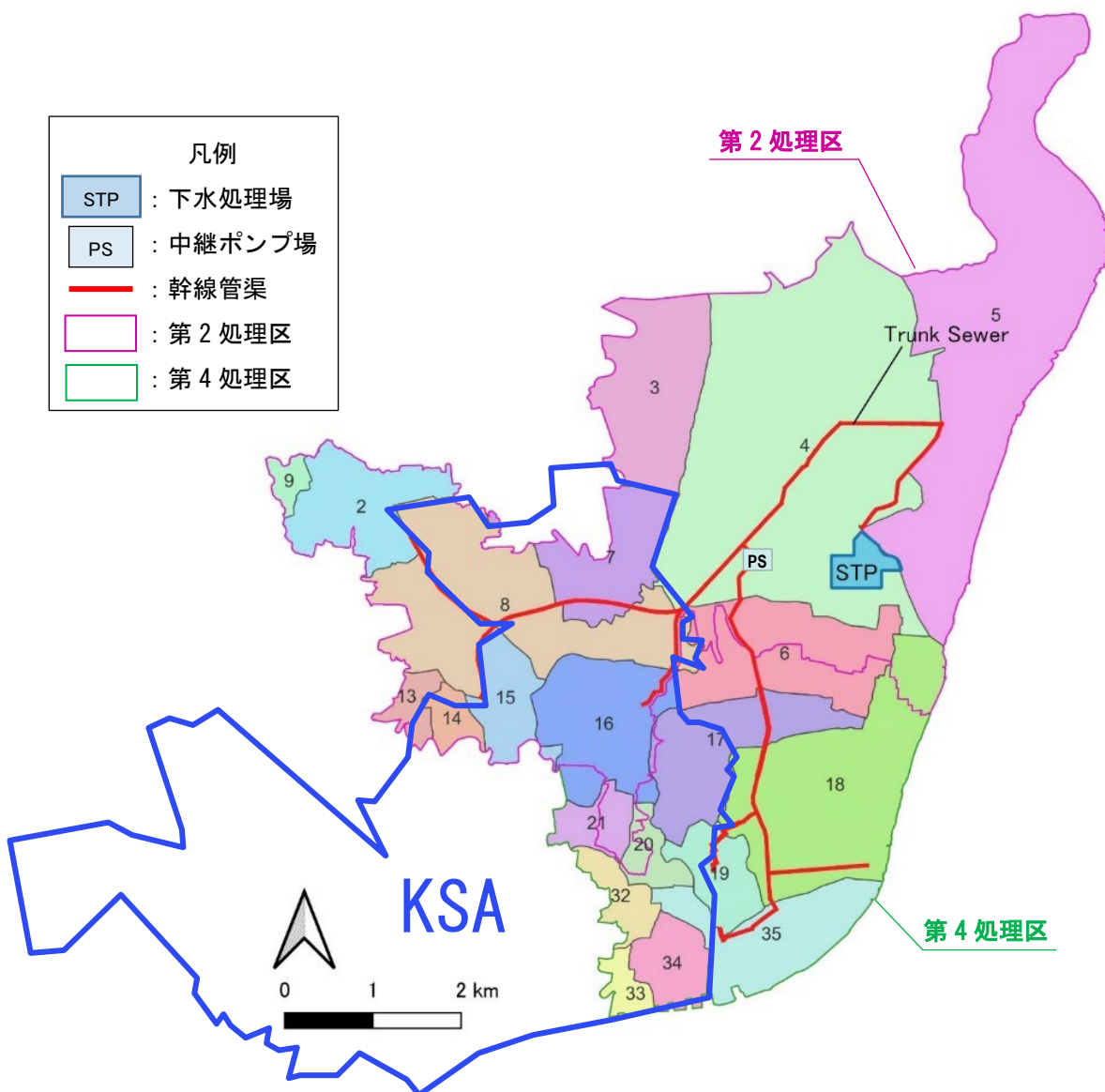
(2) 優先整備地区の選定

上記の基本方針に基づき、人口カバー率が 30%~40%となる優先整備地域の選定基準として、以下に該当する Ward を第1期の整備対象として選定することとした。

i) 幹線管渠沿いの Ward

- ii) 上水供給量が他の Ward より豊富であるカルナフリ上水道プロジェクトの対象エリア (KSA) 内の Ward (図 5.2.8)
- iii) 第 2・4 処理区の西部の市中心部付近の Ward (当該地区は高層住宅が林立しており、各戸接続を効率的に進めやすい)
- iv) 第 2 処理区内の Ward (第 2 処理の西部は他の Ward よりも標高が高いため、発生汚水を下水処理場へ収集するにあたりポンプ場の整備が不要である)

(一方、第 4 処理区は低地であり、発生汚水を下水処理場に収集するにはポンプ場の設置が必要となる。このため、第 1 期の整備対象と第 2 処理区内の Ward に限定すれば、第 1 期の事業費よりポンプ場と一部の幹線管渠の建設費を控除可能となる)

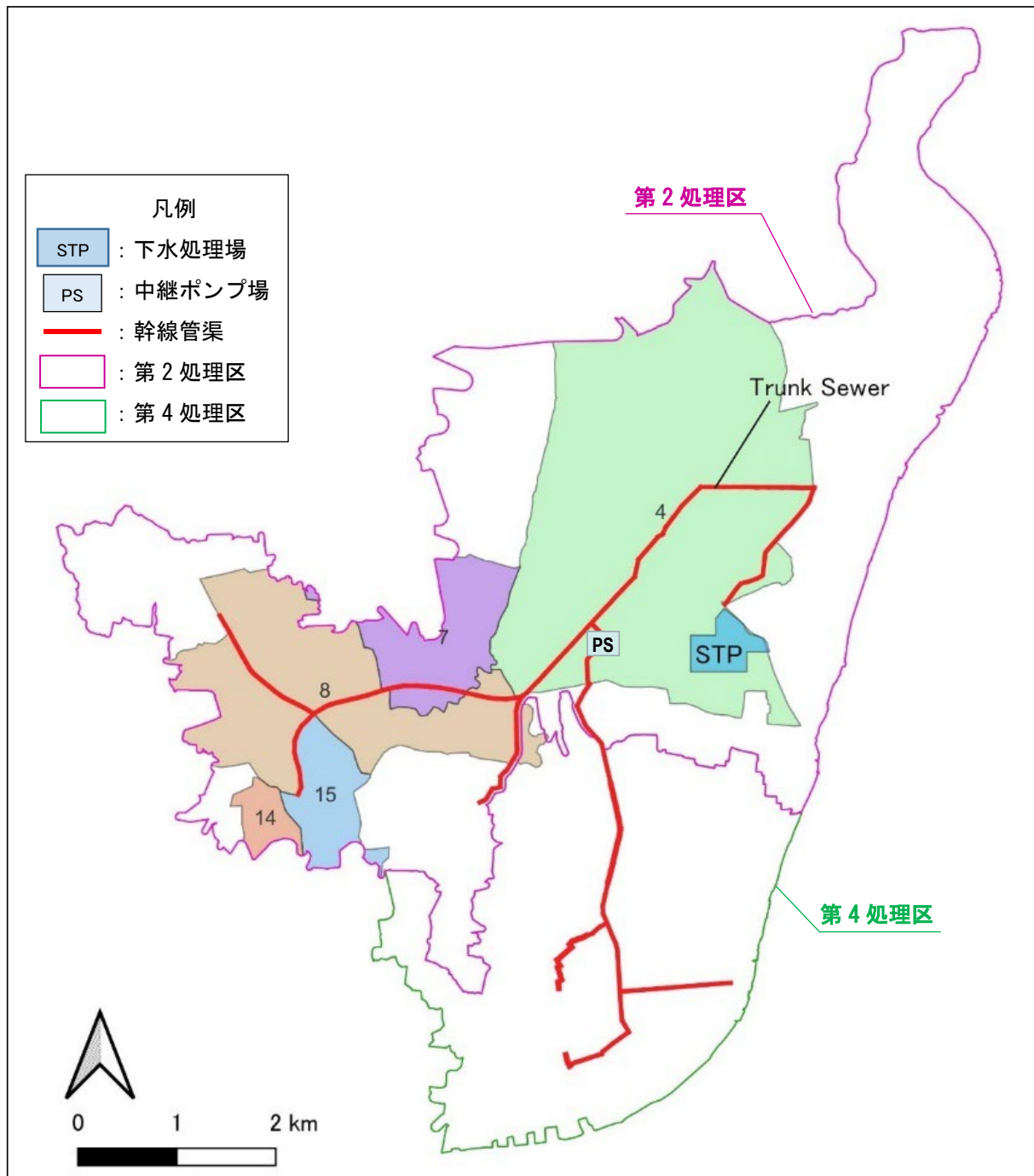


出典：JICA 調査団

図 5.2.8 第 2・4 処理区と KSA の位置関係

上記の選定基準に基づき、以下の 4 つのオプションを提案する。

【オプション-1】：第2処理区内の幹線管渠沿いのWardのみを選定



➤ 対象 Ward

Ward No.	Ward 名
Ward 4	Chandgaon
Ward 7	West Sholashahar
Ward 8	Sholokbahar
Ward 14	Lalkhan Bazar
Ward 15	Bagmaniram

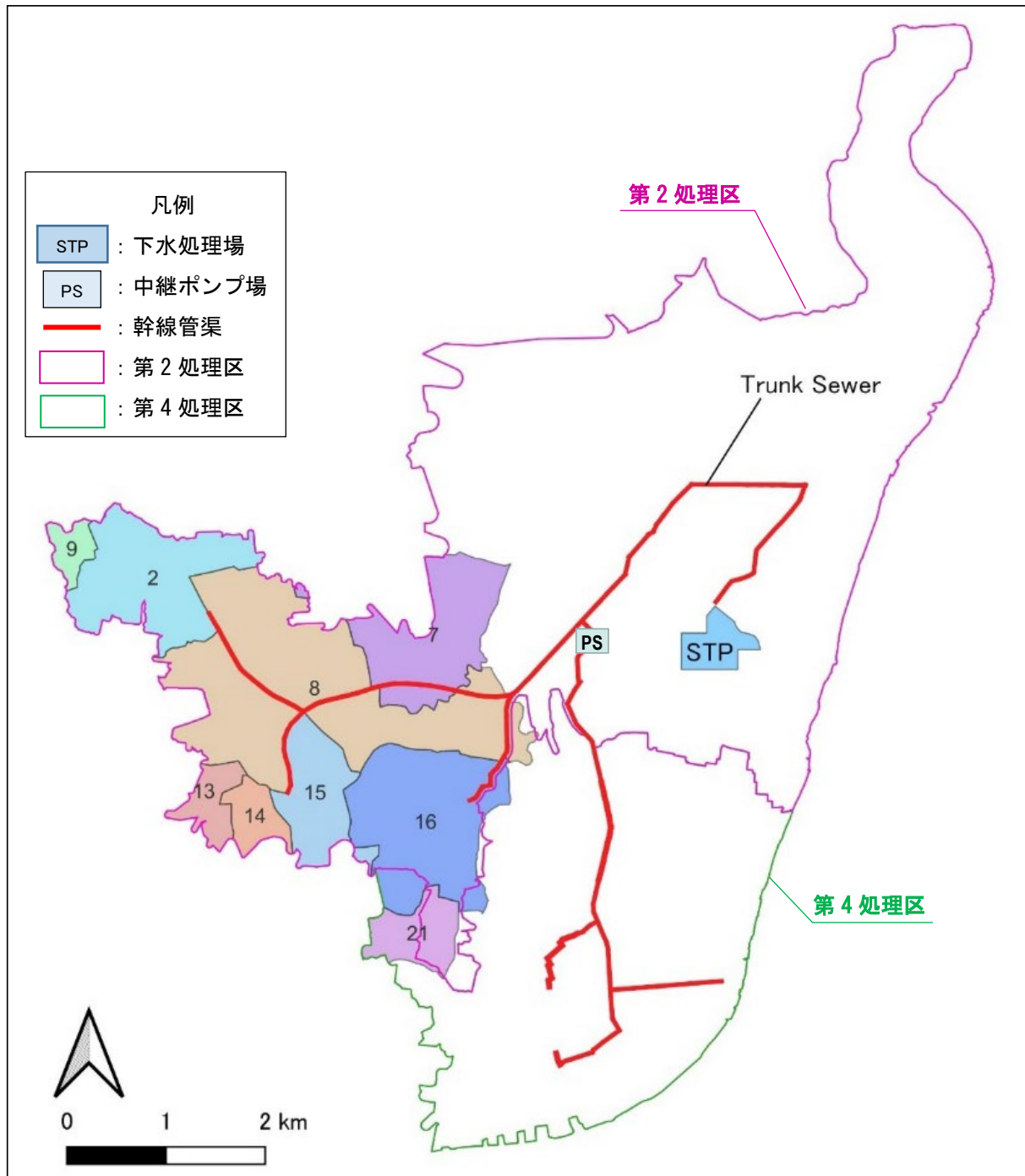
- 対象地区面積：1,212 ha
- 人口カバー率：33% (2035年)
- 下水処理量：46,000m³/日
- コスト

項目	コスト (億円)
総事業費	
借款額	

出典：JICA 調査団

図 5.2.9 オプション-1 の対象エリア

【オプション-2】：第2処理区の上流部の市中心部付近のWardのみを選定



対象 Ward

Ward No.	Ward 名	Ward No.	Ward 名
Ward 2	Chandgaon	Ward 14	Lalkhan Bazar
Ward 7	West Sholashahar	Ward 15	Bagmaniram
Ward 8	Sholokbahar	Ward 16	Chawkbazar
Ward 9	Pahartali	Ward 21	Jamal khan
Ward 13	Pahartali		

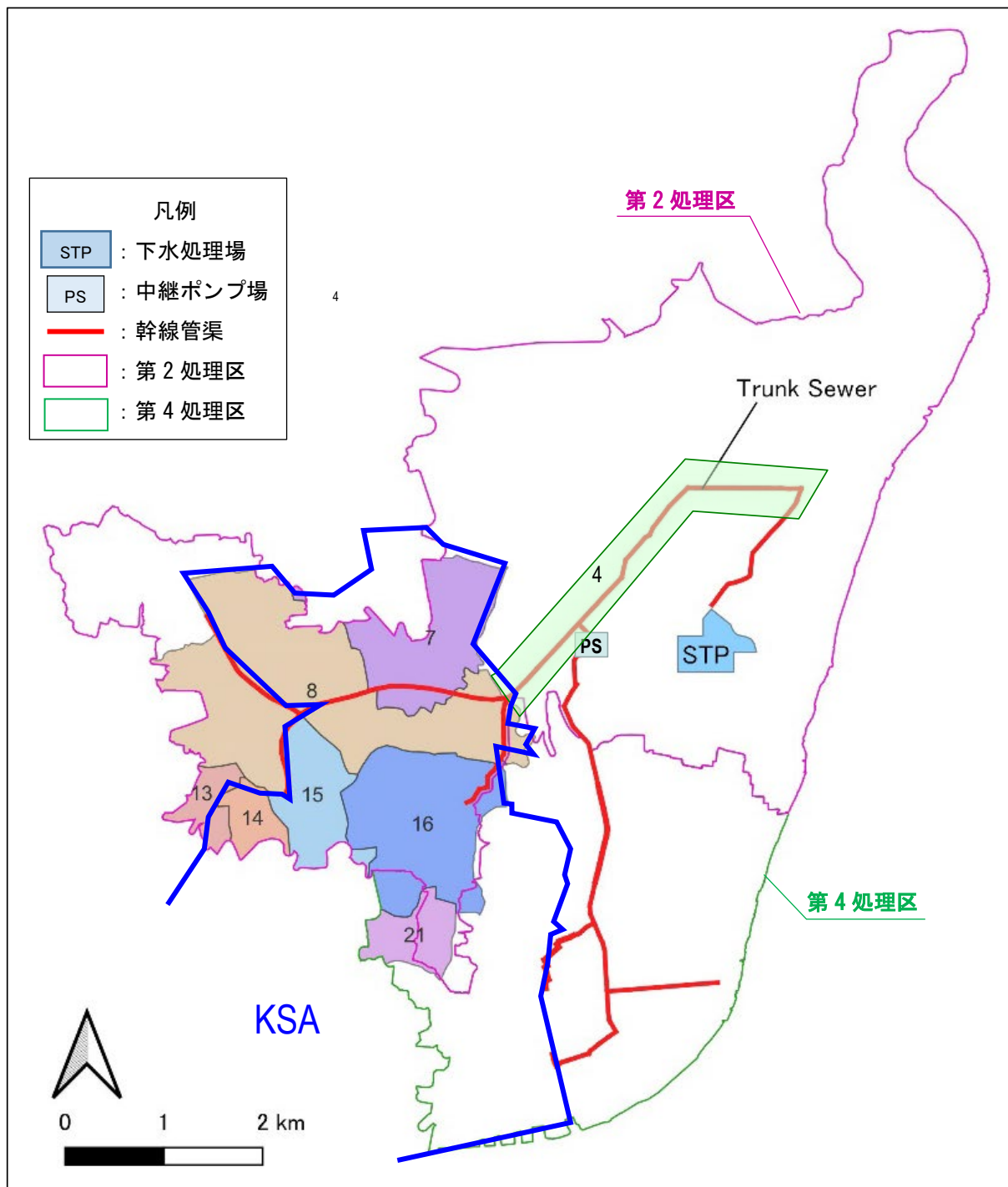
- 対象地区面積：797 ha
- 人口カバー率：30% (2035年)
- 下水処理量：42,000m³/日
- コスト

項目	コスト (億円)
総事業費	
借款額	

出典：JICA 調査団

図 5.2.10 オプション-2 の対象エリア

【オプション-3】：第2処理区のKSA内のWard及び幹線下流部のWard4のうち幹線沿いの家屋のみを接続



対象 Ward

Ward No.	Ward 名	Ward No.	Ward 名
Ward 4	Chandgaon	Ward 14	Lalkhan Bazar
Ward 7	West Sholashahar	Ward 15	Bagmaniram
Ward 8	Sholokbahar	Ward 16	Chawkbazar
Ward 13	Pahartali	Ward 21	Jamal khan

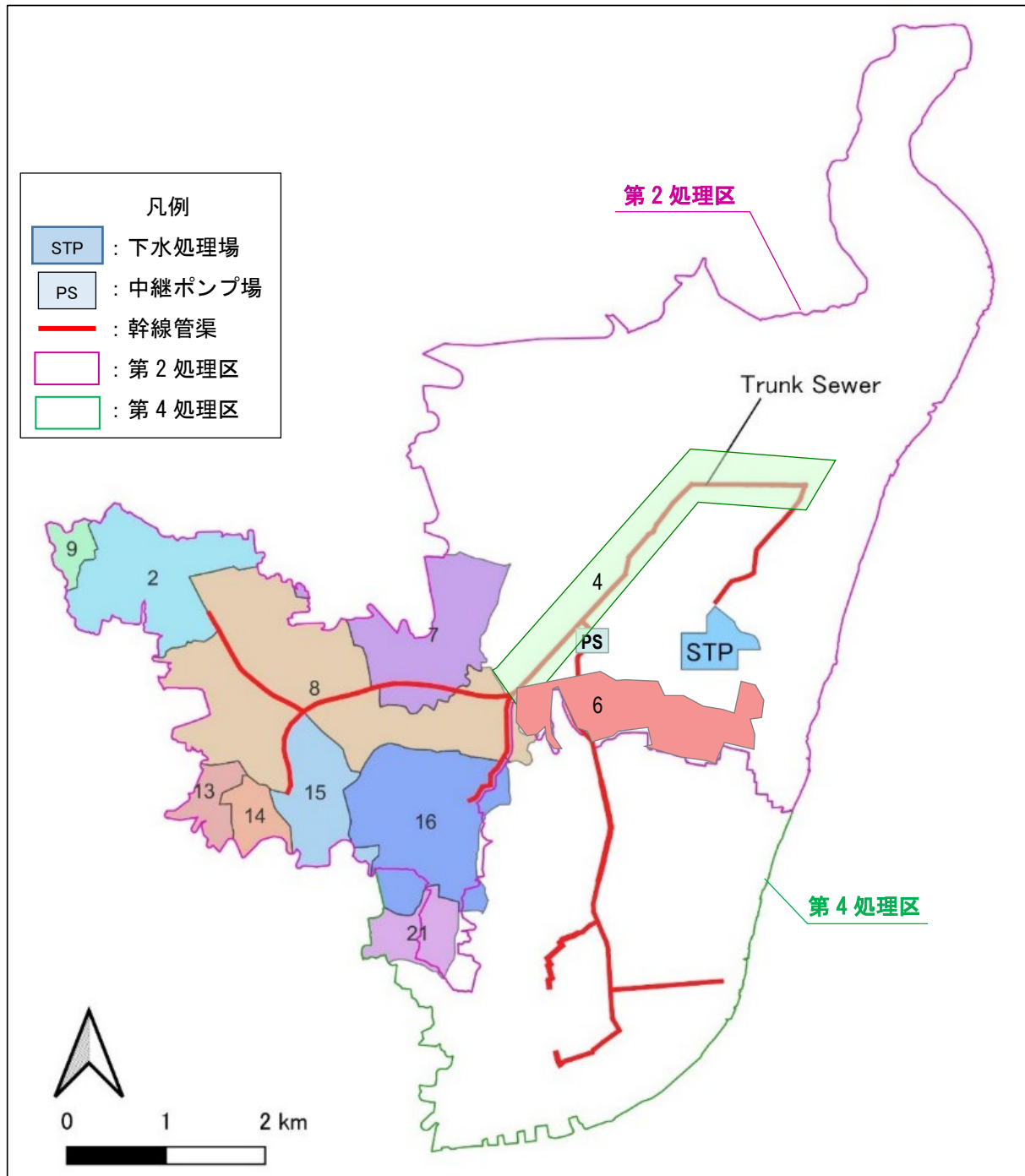
- 対象地区面積：740 ha
- 人口カバー率：31～34%（2035年）
- 下水処理量：43,000～47,000m³/日
- コスト

項目	コスト（億円）
総事業費	
借款額	

出典：JICA 調査団

図 5.2.11 オプション-3 の対象エリア

【オプション-4】：第2処理区の上流部の市中心部付近のWard、Ward 4のうち幹線沿いの家屋、及びWard 6のうち第2処理区内のエリアを接続



対象 Ward

Ward No.	Ward 名	Ward No.	Ward 名
Ward 2	Chandgaon	Ward 13	Pahartali
Ward 4	Chandgaon	Ward 14	Lalkhan Bazar
Ward 6	East Sholashahar	Ward 15	Bagmaniram
Ward 7	West Sholashahar	Ward 16	Chawkbazar
Ward 8	Sholokbahar	Ward 21	Jamal khan
Ward 9	Pahartali		

- 対象地区面積：990 ha
- 人口カバー率：39% (2035年)
- 下水処理量：56,000m³/日
- コスト

項目	コスト (億円)
総事業費	
借款額	

出典：JICA 調査団

図 5.2.12 オプション-4 の対象エリア

調査団として、以下の観点よりオプション-3を推奨し、以降の概略設計及び事業費積算を行う。

- ▶ 第2処理区内の西部に位置し、かつKSA内にある全Wardをカバーしており、豊富な発生量の下水の効率的な収集が見込めるため。
- ▶ 幹線下流部のWard4のうち幹線沿いのエリア・家屋からの発生下水を収集するため、下水処理場付近の住民にも裨益するため。

5.2.9 本邦技術の活用可能性

(1) 本邦技術の概要

JICA調査団は、既存の課題及び民間企業へのヒアリングに基づき、チョットグラム市における様々な下水道技術の事前整理及び適用可能性を調査した。調査地域で適用可能な処理プロセス及び下水道技術を、表5.2.12にまとめた。

表 5.2.12 プロジェクトエリアで適用しうる下水道技術

課題	有効な技術	適用性の高い 下水道技術	CWASAの導入に 係る意向	本事業における 今後の対応方針
1. 管路				
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 現在、下水道普及率が0%であることを鑑みると、迅速な下水道整備が必要である ▶ 開削工法による市街地での管路の布設は困難である 	幹線道路下に大型管渠を布設する際に非開削工法を採用し、掘削面積を最小限に抑え、工期を短縮することで住民への影響を軽減化	(1) 推進工法(長距離・ <u>曲線推進工法</u>) (2) 小口径のミニシールド工法を含むシールド工法	共に幹線道路での管路布設に不可欠な技術であり、導入意向あり	既に導入を前提で積算済み。詳細設計時にさらに検討する。
	非開削工法は密集地や低地にも適用可能	(3) 露出配管	紹介はしたが先行する第1処理区で発生する課題等による	詳細設計時に再度検討する。
<ul style="list-style-type: none"> ▶ ポンプ場を設置し、大量かつ変動する下水流を汲み上げる予定 	ポンプ場におけるエネルギー消費量を削減する技術	(4) <u>ポンプ用可変周波数駆動装置</u>	導入意向あり	詳細設計時に再度検討する。
2. 下水処理施設				
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 大規模な汚泥処理場と敷地用地の制限 ▶ 維持管理を担う職員不足 ▶ 今後、放流基準が厳しくなる可能性への対応(高度処理) 	・操作や維持が簡単で、よりコンパクトな処理システム ・高度処理への適用技術	(1) (深層式) 標準活性汚泥法(CAS法) (2) 回分式活性汚泥法(SBR) (3) 膜分離活性汚泥法(MBR)	本事業ではこれらを導入せず標準活性汚泥法で整備可能な敷地があるため、将来の可能性を考えている。	第6章での検討時に考慮したが本事業では適用が困難である点を確認済
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 電力コスト削減に対する要求 	省エネ型処理法/機器	(4) 省エネ型送風機/散気装置	導入意向ありだがコントラクター提案次第	詳細設計時に再度検討する。

▶ 遠隔地でのオンサイト/コミュニティにおける処理	ユニット型処理	(5) 浄化槽技術	本事業の対象外だが人口が密集していない遠隔地向けに関心はある。	優先地区を整備する本事業では対象外。
3. 汚泥処理施設				
▶ 電力コスト削減に対する要求	省エネ機器	(1) <u>省エネ型脱水機</u>	導入意向あり	詳細設計時に再度検討する。
▶ 汚泥処分場の不足	汚泥の減容化および再資源化の技術	(2) 汚泥乾燥機 (3) リサイクル技術 (堆肥化技術、消化ガス発電、建設資材の利用)	脱水汚泥処分地が確保されている限りはコスト面も踏まえ導入不要	第6章での検討時に考慮したが本事業では適用が困難である点を確認済
4. 維持管理				
▶ 維持管理を担う職員不足およびスキル不足	維持管理の自動化や遠隔監視技術	(1) <u>SCADA システム</u>	現代の処理場に標準的な技術のため導入意向あり	既に導入を前提で積算済み。詳細設計時にさらに検討する。
▶ 運用における電力コスト削減に対する要求	電力コストを削減するために最適化した運用システム	(2) <u>最適化ソリューション (DDMO)</u>	現状では導入意向なし	第6章での検討時に考慮したが本事業では適用が困難である点を確認済
▶ 汚泥処理場の高潮対策	処理水を強制排水するためのポンプとゲート	(3) ポンプゲート	現状では導入意向なし	市全体や将来を見越した紹介であり、本事業では対応不要
▶ 急速に開発が進む状況下であっても、下水道施設および機器情報の記録および更新	効率的な運用を目的とした情報を保持する下水道施設のアセットマネジメント技術	(4) <u>アセットマネジメントシステム</u>	現状では導入意向なし	積算には含めておらず、基本的には他処理区への導入の推奨。

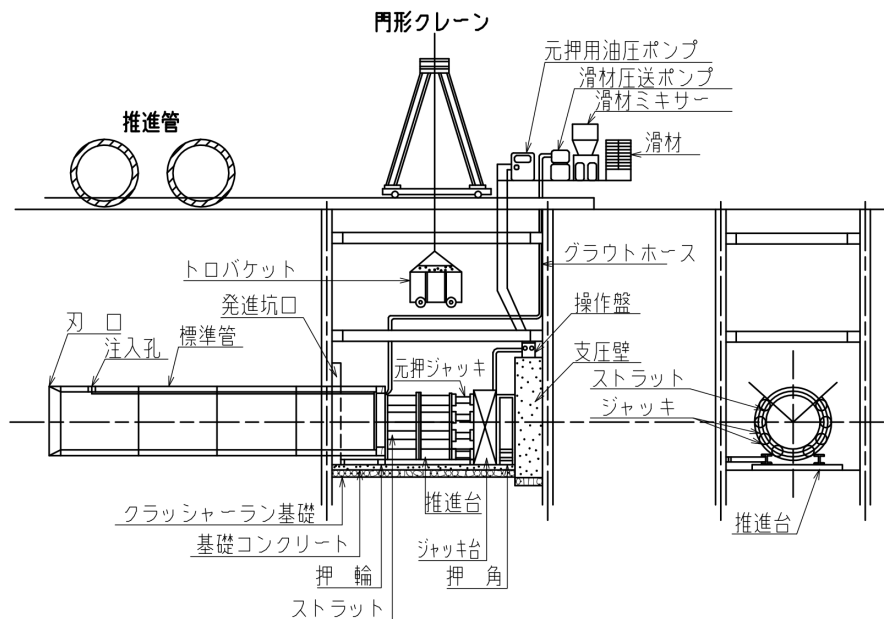
注：下線を記した技術は本事業やチョットグラム市全体にとって有望な技術
 出典：JICA 調査団

(2) 下水道管路技術

1) 長距離推進工法

幹線下水道はビジネス中心街の交通量の多い道路下に建設を予定している。開削工法にて実施した場合、主要道路の占拠は、大渋滞、工事騒音、粉塵、振動の発生を避けられない。そのため、管路の布設には推進工法が適した解決策であると考え。推進工法にはいくつかの工法があり、刃口式推進工法や泥水式工法などがその一例である。

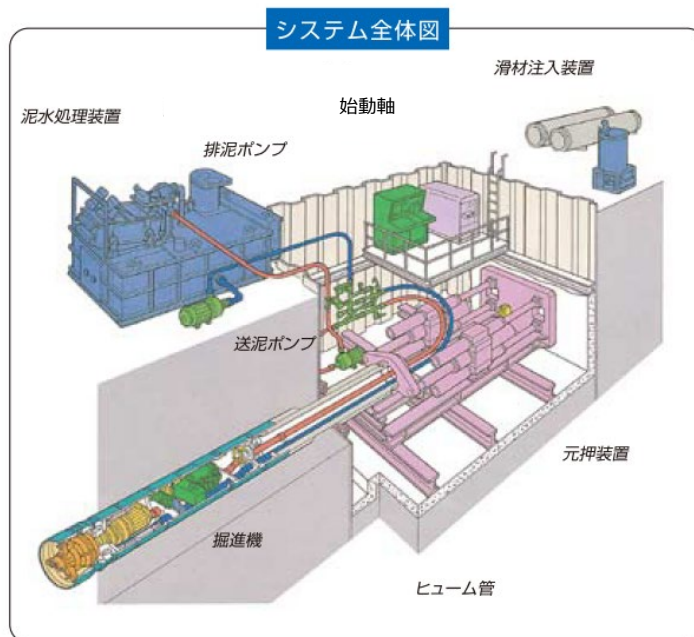
刃口式推進工法は最も伝統的な工法であり、カルナフリ上水道プロジェクトにおける河川横断用の大規模送水管の布設に採用されている。土砂の掘削は基本的に人力で行い、適用可能な直径の範囲は 800mm～3000mm である。



出典：岡山市

図 5.2.13 刃口式推進工法による下水管布設の概要

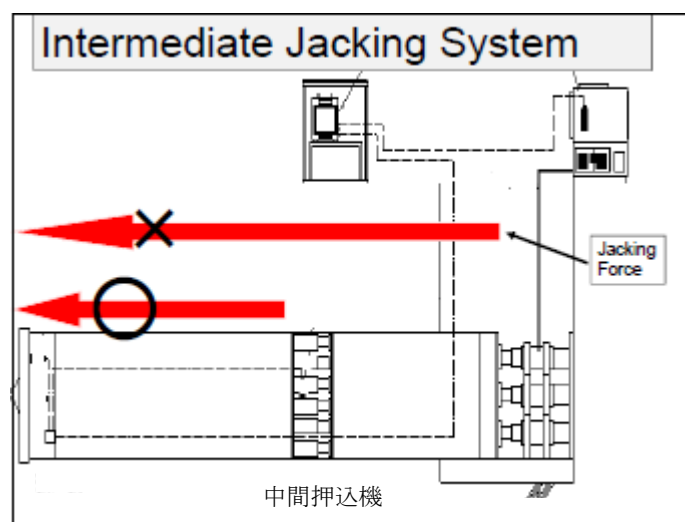
泥水式推進方式の概要を図 5.2.14 に示す。この工法はカッターヘッド後方のチャンバーに流体管で運ばれた泥水を充満させることで安定した切羽操作の維持を可能にしており、掘削した土砂は流体輸送管により地表まで輸送される。適用可能な土質は、地下水位が高く浸透性の高い土質条件を含むあらゆる土質に適用可能である。また、この工法のメリットは大渋滞の回避だけでなく、建設工事で発生する廃棄物の削減にも有効である。適用可能な直径範囲は小径タイプ（高耐荷重方式）を含めて 250mm～3000mm である。



出典：推進機メーカーカタログより抜粋

図 5.2.14 泥水式推進工法による下水管布設の概要

上記のような管路布設と建設による悪影響、リスクを最小限に抑えるための重要な要素のひとつが立坑数を削減することである。図 5.2.15 に示すように管の途中に中間押込機を設置することによりこれが可能となる。この工法は泥水式推進工法を基本とした長距離・曲線推進工法と呼ばれており、1 スパンの長さは数百メートルであり中間押込機を備えた推進力により引き上げることができる。適用可能な直径範囲は 200mm～1500mm である。この技術により、立坑数を半減できる可能性がある。また、通常の推進工法に比べ工期が短縮されるため、工費を抑えることができる。



出典：メーカーカタログより抜粋

図 5.2.15 長距離推進工法における中間押込機のイメージ

チョットグラム市の第 2・第 4 処理区の幹線管路布設箇所では、以下のような状況が見受けられる。

- ①都市化と土地の不足により概ね立坑の建設用地が不足している。
- ②高架道路の区間が多く、路上占用により立坑を建設することも困難。仮に高架道路脇の道路を通行止めにして立坑を建設する場合は、最大限の市民生活への影響が発生する。
- ③第 2 処理区からの幹線と第 4 処理区からの幹線が合流する前は管径が 1000mm より小さい路線も存在するため、ミニシールド工法を含めたシールド工法により長距離の管路を布設することもできない。
- ④管径の小さい比較的上流側の路線では河川横断区間が多いため、開削工法での実施も困難。

こうした事情により、チョットグラム市第 2・第 4 処理区で長距離推進工法により施工することは必須の状況である。

2) シールド工法

シールド工法は、シールド（金属製の保護筒）と後続の支持装置からなる掘削工法である。この非開削工法では、回転する切断ヘッドをシールドの前面に配置し、トンネル内に安定した支持

構造物（コンクリート製の内張りセグメント（壁））が組み立てられるまでの短距離を前進する。恒久的な支持構造が配置されると、機械は油圧ジャッキを介して内張りしたセグメントから推進し、土壌をさらに掘削する。適用可能な直径は、通常のシールド工法では D1350mm 以上、ミニシールド工法では D1000～2000mm である。基本的な施工距離は 600～2000m と推進工法に比べ大幅に長く、技術の向上によりさらに延長が可能である。曲率半径 R=10m の急曲線も施工が可能（ミニシールド工法の例）。



トンネル工事イメージ（施行中）



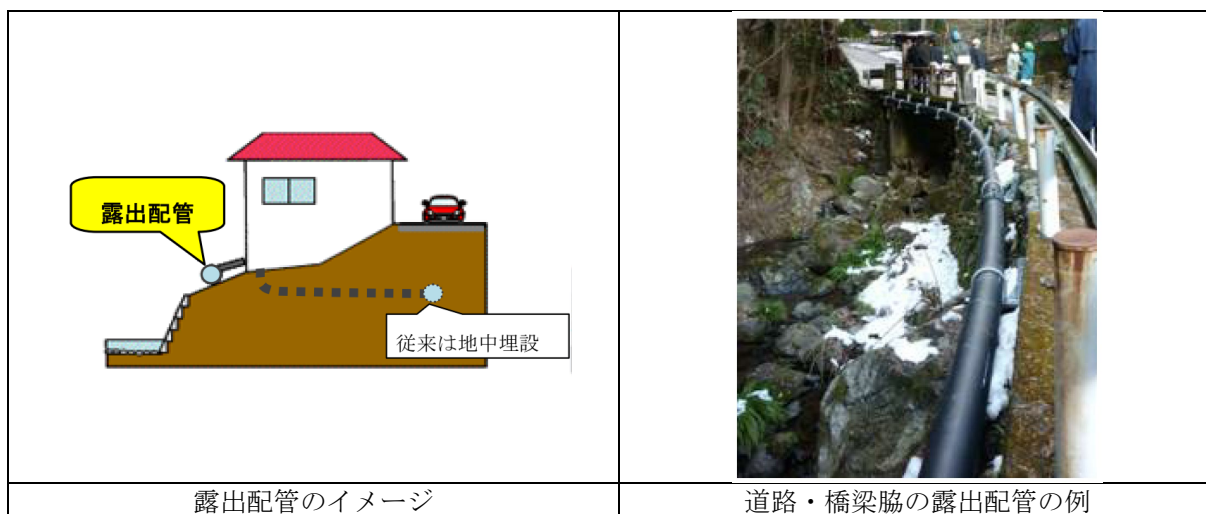
セグメントが組み立てられた内管（施行後）

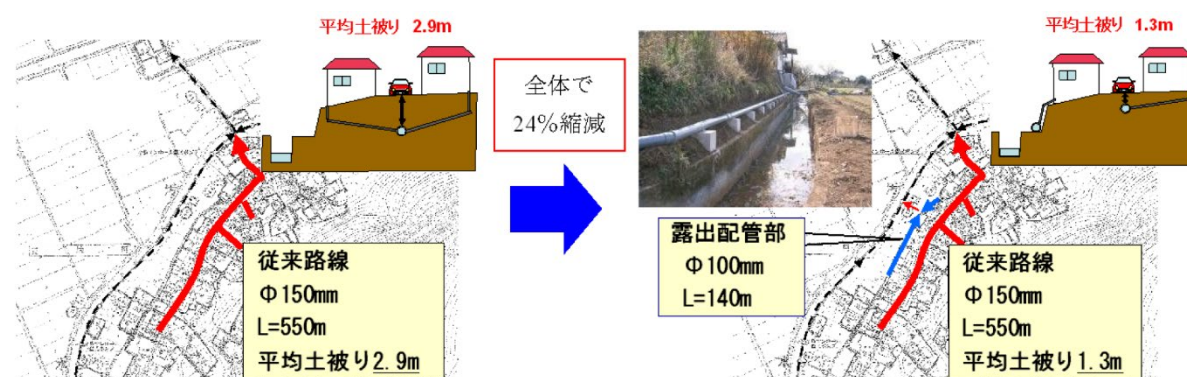
出典：シールド工法メーカーカタログより抜粋

図 5.2.16 シールド工法のイメージ

3) 迅速な下水道整備のための露出配管

通常、下水管は地下に設置されるが、日本では迅速かつ合理的な整備を行うため、新たな下水道整備地域では露出配管の試行が実施されている。日本では下水道整備が遅れている地方都市での試みが見られるが、この方法は地中に下水管を布設することが困難な密集地域を多く抱えるチョットグラムにも適用可能と考えられる。法的な居住権の関係で海・川・水路の脇にある住居を移動することが困難、且つ家屋の近くに露出配管を設置するスペースがある場合にこの方法の検討の余地がある。また、汚水を集める家屋が近くの道路下にある下水管よりもはるかに低い位置にある場合も効果的である。



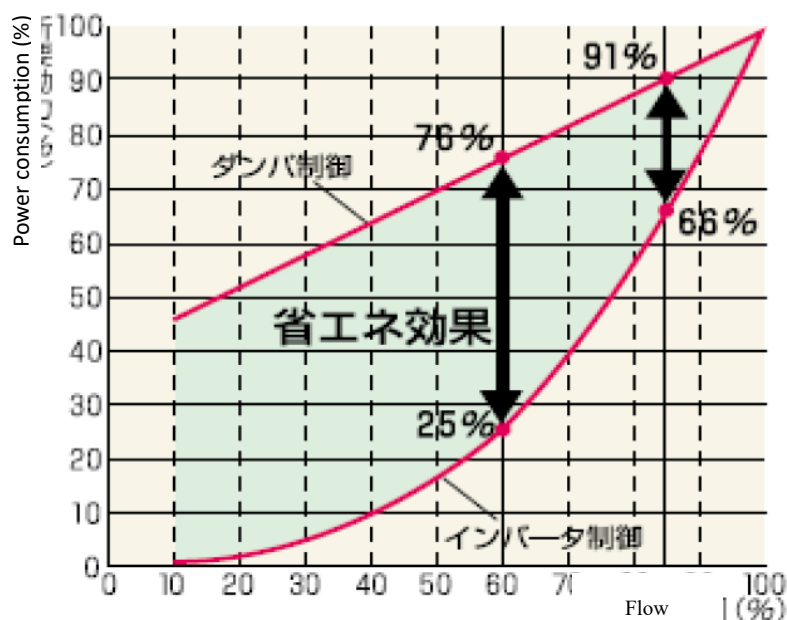


出典：国土交通省管轄の下水道クイックプロジェクト

図 5.2.17 従来方式と開放式配管との比較

4) ポンプ用可変周波数駆動装置（VFD）の取付け

対象地域には複数のポンプ場を設置し、特に下流側のポンプ場は大容量ポンプとする。一般的に排水量は一日の中で大きく変動するため、ポンプの運転はそれに対応する必要がある。ポンプに可変周波数駆動装置（VFD：インバーター）を取り付け、流量に応じて制御盤でポンプ出力を調整する場合、ダンパのみで流量制御する場合と比較して、一定割合（最大 50%程度）の電力消費量を削減することができる。



出典：厚生労働省（日本）

図 5.2.18 VFD 制御による省エネイメージ

(3) 下水処理技術

1) (コンパクトタイプ) 標準活性汚泥法

既存の処理場は利用可能な土地スペースが限られていること、また時間のかかる用地取得は極力避けたいため、国によってはさまざまな土地を活用して建設している。

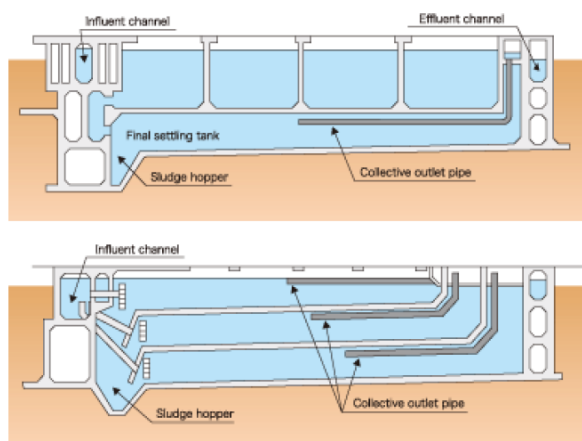
そのため、遊水池の上部に建設された処理場や、水槽類をすべて地下式として、その上部に管理棟を設けた処理場がある。



図 5.2.19 遊水池の上部空間を利用して作られた処理場

階層式沈殿池や深層式反応槽などを用いる深層式標準活性汚泥法は、1960年代に大阪市で開発・採用されてきた方法であり、本邦企業によって既にマニラ首都圏西部に導入され、高い評価を得ている。

Examples of Multi-story Wastewater Treatment Facility



Area required for wastewater treatment (m^2/m^3)
Japanese Average : $0.8 (m^2/m^3)$ Osaka City : $0.27 (m^2/m^3)$

出典：アラブ首長国連邦水インフラセミナーにおける大阪市プレゼン資料より抜粋

図 5.2.20 階層式 CAS 法のイメージ

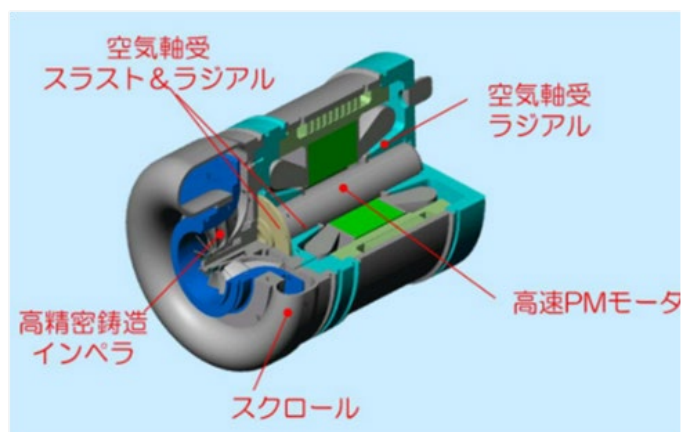
なお、今後求められる高度処理化については、増設可能なスペースを処理場建設時より確保する必要がある。

なお、表 5.2.12 で活性汚泥処理系のコンパクトな技術として回分式活性汚泥法（SBR）、膜分離活性汚泥法（MBR）についても挙げた。第 6 章での検討のとおり、前者は本邦企業が優位性を有する処理法ではないことから、後者は本事業の処理場建設予定地が十分な面積でありコンパクトタイプの標準活性汚泥法よりもコストが高い MBR を採用する必要性が見出せないことから、本事業では適用が困難であるため、本章での詳細な説明を割愛する。

2) 省エネ装置

a) 省エネ型送風機

反応槽に用いられる送風機の使用電力は、下水処理場全体の 2 割程度を占めると言われている。そのため、省エネ型送風機は、機械損失のない空気浮上式軸受けや、インバータ制御に適した永久磁石（PM）モータを採用するなどして、従来型よりも約 10～15%の省エネを実現している。



<送付機外観>

出典：メーカーカタログより抜粋

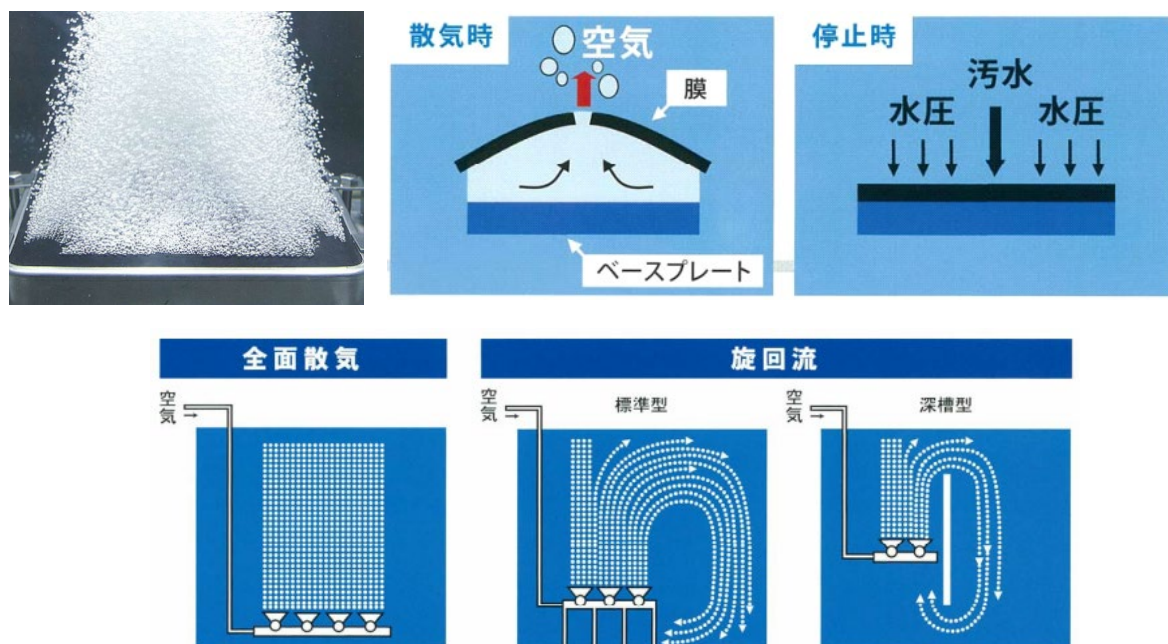
図 5.2.21 省エネ型送風機

b) 省エネ型散気装置

特殊な膜素材を使用して超微細気泡を発生させる散気装置は、従来型と比べて酸素移動効率が高く、また圧力損失も小さいことから、送風機の省エネにとって有効である。

超微細気泡散気板の導入によって、送風機の消費電力を約 20%削減できるという試算もある。

散気装置は全面散気や旋回流にも対応している。



出典：メーカーカタログより抜粋

図 5.2.22 省エネ型散気装置

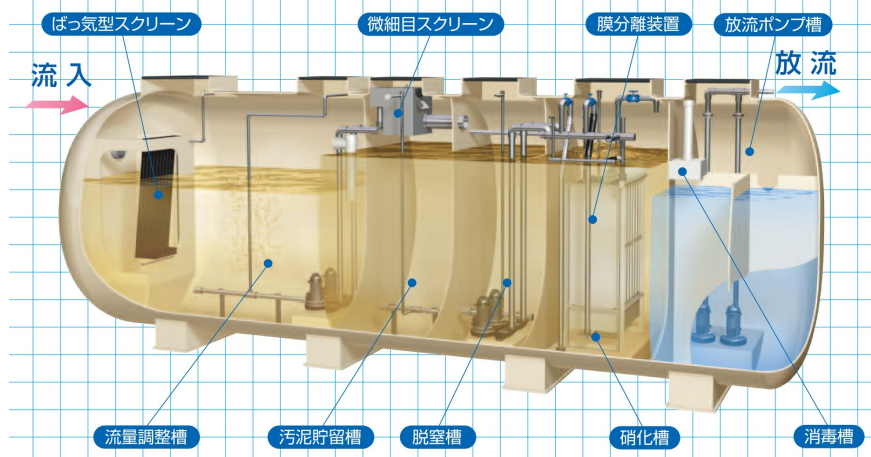
3) オンサイト処理場における浄化槽技術

郊外地域におけるオンサイト処理は、大規模下水道区域にある終末処理場へ下水を運ぶために必要となる、非常に長い延長の管渠やポンプ場の建設を避けるために有効かつ合理的な手段である。浄化槽技術はオンサイト処理に有効であり、小型ユニットで設置や O&M が容易である。本邦での長年にわたる数多くの浄化槽設置経験を経て、技術改良が進み、窒素やリンの除去を目的とした生物学的栄養素除去（BNR）を実現することができるタイプもある。図 5.2.5 に BNR 型浄水場のイメージを、表 5.2.13 に流入・放流水質の例を示す。放流水域や流入水質に応じて、BOD と窒素を処理する簡易タイプ、あるいは BOD のみを処理するタイプを選択することができ、システムの簡素化および合理化を図ることができる。一人当たりの下水排出量を 200 m³/日 とする場合、1,000 人分の下水を処理することが可能である。

表 5.2.13 浄化槽の流入・流出水質例（BNR 型）

水質項目	流入	放流
BOD (mg/L)	50-450	≦5
COD (mg/L)	100	≦10
T-N (mg/L)	50-100	≦10
T-P (mg/L)	5	≦1

出典：メーカーカタログより抜粋



出典：メーカーカタログより抜粋

図 5.2.23 浄化槽ユニットイメージ (窒素・リン除去タイプ)



出典：メーカーカタログより抜粋

図 5.2.24 浄化槽システムのイメージ

(4) 汚泥処理技術

1) 脱水／省エネ型脱水機

a) 各種脱水機

このプロジェクトにおいて重要なポイントは汚泥処分であり、汚泥処理は最も重要なプロセスのひとつである。脱水機で脱水される水量は、その後の乾燥などの汚泥処理工程に大きく影響する。

表 5.2.14 に示すとおり脱水機には4種類ある；1) 多重円板型スクリュウプレス、2) スクリュープレス、3) ベルトプレス、4) 遠心分離機。

表 5.2.14 脱水機

種類	多重円板型スクリュウプレス	スクリュウプレス	ベルトプレス	遠心分離機
項目				

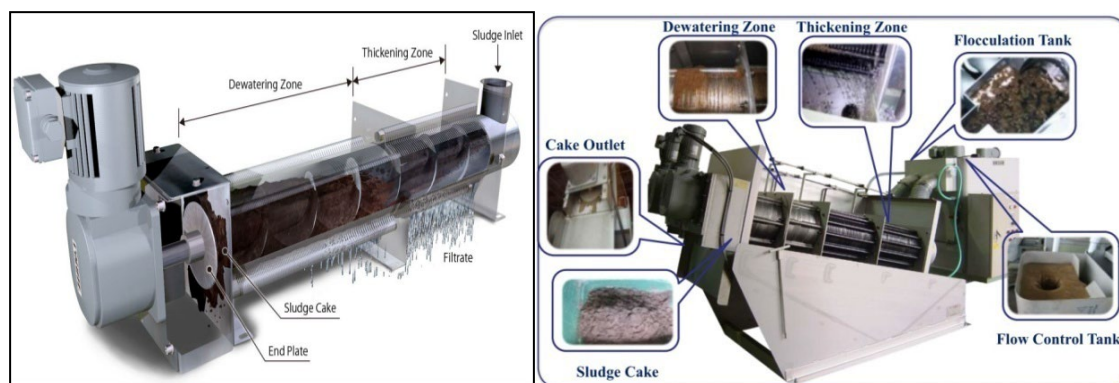
設置面積	小	最小	最大	大
エネルギー消費量	最少	少	少	最多
初期費用	最低	低	高	最高
維持管理費	最低	低	高	最高
維持管理の容易性	容易	容易	容易でない	容易

出典：メーカーの数値を基に JICA 調査団

上記の 4 種類の内、1) 多重円板型スクリープレス、および 2) その他のスクリー プレスを今回のプロジェクトには最も適しているタイプとして以下に紹介する。

b) 多重円板型スクリープレス

汚泥の供給量はオーバーフロー管で調整し、余剰分は汚泥貯槽に戻される。汚泥は濃縮ゾーンで瞬時に濃縮され、後段の脱水ゾーンで内圧を上げながら脱水される。出口側からエンドプレートでさらに加圧し、固形分 20±5%の脱水ケーキを排出する。



出典：メーカープレゼン資料より抜粋

図 5.2.25 省エネ型脱水機（多重円板型スクリープレス）

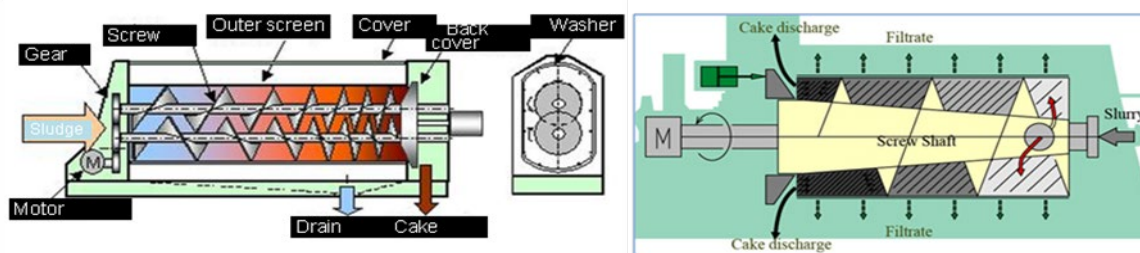
以上のことから多重円板型スクリープレスは、コンパクトで高性能、以下の特性を持つ。

- 目詰まりしない
- メンテナンスしやすい
- 省エネ（低ランニングコスト）
- 濃縮汚泥貯留槽不要
- 24 時間連続無人運転
- 腐敗臭防止

すでに 70 カ国で 3,200 台が設置されていることから製品の優位性が分かる。

c) 省エネ型脱水機（その他スクリープレス型）

省エネ型脱水機には、二軸スクリー型や圧入式外筒外転型などがある。省エネ効果や維持管理の実現性については、詳細設計基準に従い、実用化に向けた実現可能性調査や詳細設計の段階で比較検討が必要であり、多重円板型脱水機と同様に、十分な根拠資料を基に低ライフサイクルコストを十分にアピールする必要がある。



<二軸スクリー型>

<圧入式外筒外転型>

出典：メーカープレゼン資料より抜粋

図 5.2.26 省エネ型脱水機（その他スクリープレス型）

2) 汚泥乾燥機

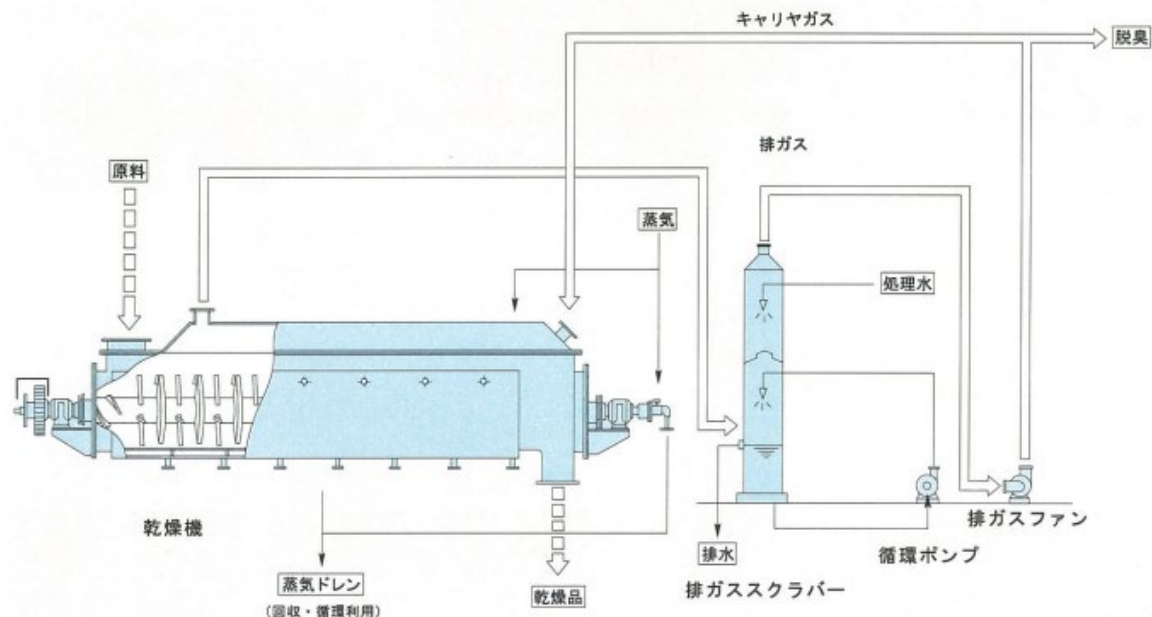
汚泥の減容化と臭気対策の観点から、天日乾燥ではなく汚泥乾燥機を採用することも1つの選択肢である。本プロジェクトに適用しうるインクラインドディスク型汚泥乾燥機の概要を以下に示す。

汚泥は次工程に焼却炉を設置する場合を想定し、通常、含水率が70%程度になるまで乾燥させるが、乾燥方法にかかわらず、乾燥工程では潜熱として大量のエネルギーを必要とするため、省エネ技術が重要である。

乾燥方法は直接加熱式と間接加熱式の2種に分類できる。インクラインドディスク型汚泥乾燥機は后者で、ディスクにより、高い熱伝達率を実現している。有効伝熱面あたりの熱損失面積も小さいため熱効率が非常に高く、これらの特性は、消費エネルギーの節約につながる。また、本邦のインクラインドディスク型汚泥乾燥機は、インクラインドディスクの伝熱面によるセルフクリーニング機能を備えているため、伝熱効率が高く保たれ、他国製品に比べより高い省エネ性を実現している。

また、キャリアーガスの使用量が少なく、排ガスも少量である。

日本製のインクラインドディスク型汚泥乾燥機は、中国など多くの国で導入され設置されており、順調に稼働している。適切な維持管理が行われた場合、耐用年数は15年である。



出典：メーカープレゼン資料より抜粋

図 5.2.27 インクラインドディスク型汚泥乾燥機の構造

(5) 維持管理技術

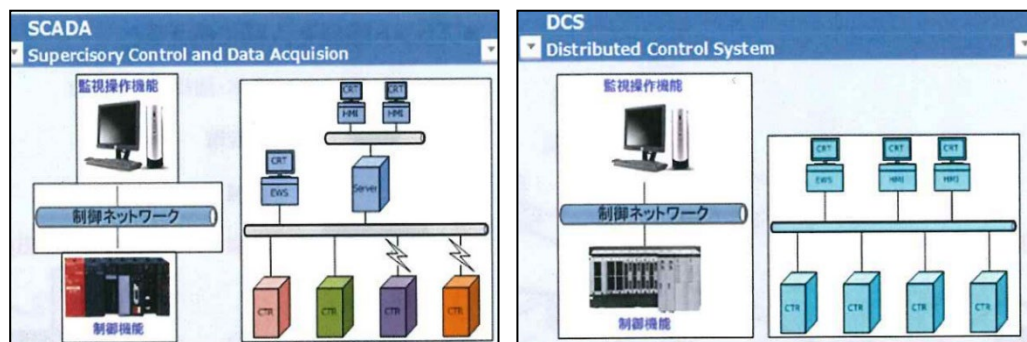
1) SCADA システム

チョットグラム（カルナフリ上水道プロジェクト）では、全施設の一元管理を可能にする監視制御（SCADA）システムを導入している。

下水道においても、今後さらに増加する処理場とポンプ場の集中監視が可能な信頼性の高い SCADA システムが必要であり、導入が期待される。

SCADA システムは、汎用製品を組合せてシステムを構築するため、現地企業が安価に行うことができる反面、システムが大規模になるほど信頼性の確保が難しい。

一方、SCADA の一種である統合生産制御システム（DCS）は、高速データ処理が可能でバックアップ機能を備えた専用機器を用いるため、機器点数の多い大規模施設においても非常に高い信頼性を得ることができる。そのため、DCS は発電所や工場プラントなど高い信頼性が求められる分野においては一般的である。



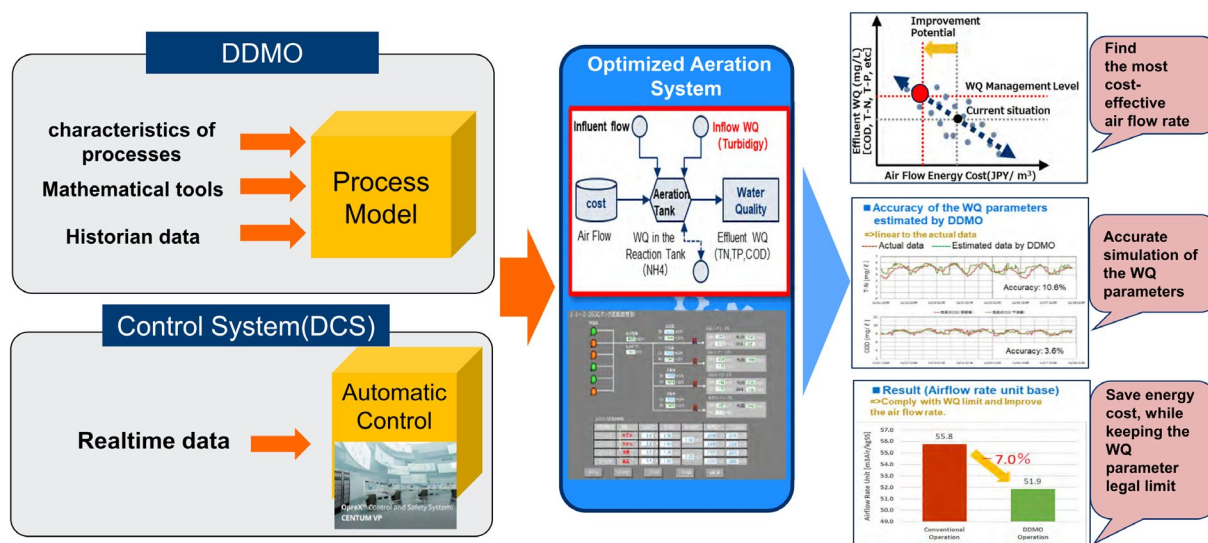
出典：メーカープレゼン資料抜粋

図 5.2.28 SCADA および DCS のイメージ

2) STP 汚泥処理施設における曝気システムの最適化ソリューション (DDMO)

従来、下水処理場における曝気量制御の最適化技術は、省エネ機器の導入や各種水質計による自動制御の導入が中心であった。近年では既存の制御技術に AI と ICT を活用することで、さらなる最適化を図ることが検討されている。DDMO は、ICT やモデリング技術を駆使して、流入・放流水質、運転環境、性能データ等から成る下水処理場の運転状況から特徴的な方程式として関係を抽出することにより、エネルギー効率と節約を最適化するモデルを自動生成するツールである。プログラミングの知識は必要なく、モデルは自動的に生成され、人材の大幅な削減が可能となる。

このシステムを海外事業向けに開発した企業があり、中国では、Shuyang Lingzhi 下水処理場 (79,000 m³/日) の場合、最大で約 25% の消費電力削減を実現した。



出典：メーカーカタログより抜粋

図 5.2.29 DDMO のイメージ

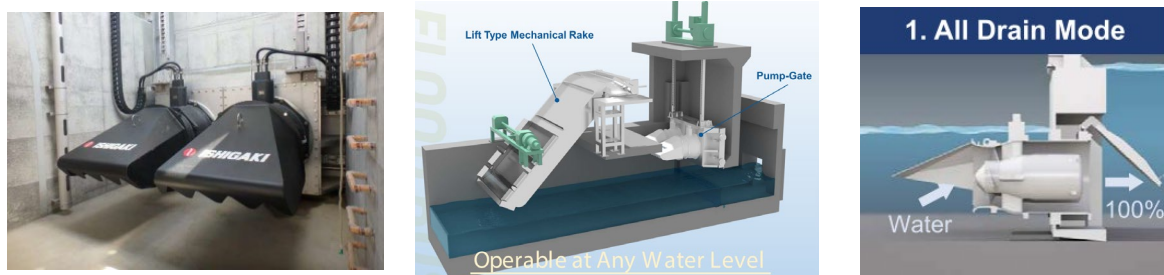
3) ポンプゲート (全速全水位型横軸水中ポンプ)

ポンプゲート (横軸水中ポンプ) は、洪水時に内陸部から水位の高い水路へ強制的に排水するために使用される。通常のゲート式ポンプ場と比較して、以下のような利点がある；

- 1) 既存水路の活用、2) 小規模な建設用地、3) 安価な建設費、4) 短期間の工期、5) 少ない機器数により故障リスクを抑えた高い保守性

適用範囲は、吹出し量 0.1~3.0 m³/秒、全揚程 1.5~5.0 m である。

本技術は、河川への強制排水を目的としたフィリピン・マニラ首都圏の排水改善プロジェクト (「パッシング・マリキナ川改善プロジェクト」: JICA 出資の下、フィリピン国公共事業道路省が実施) に今年、採用されている。下水処理場候補地はカルナフリ川に近く、極端な大雨や高潮の際には洪水の恐れがあるため、洪水時に処理水を緊急排出し、処理場を保護するためにこの技術を活用することができる。



出典：メーカーカタログより抜粋

図 5.2.30 ポンプゲートのイメージ

4) アセットマネジメントシステム

アセットマネジメントシステムとは、下水道事業者が所有しているアセット（施設）から最大の効果を得るため、最適な計画や建設・維持管理実施時の運営をするプロセスのことである。本システムを導入することで、主に以下のメリットが発生する；

1. 都市や地域にある上下水道インフラの膨大な管理情報をデジタル化可能
2. 施設更新時期の平準化、円滑な事業運営の支援
3. 日常業務から緊急対応まで現場作業の効率化
4. ネットワーク・アセットマネジメントの実現

基本のソフトウェアに対し数々のツールを加えることで、既存施設情報（地理情報、台帳システム）のみでなく流量解析や投資計画策定といった機能を利用できる。アセットマネジメントシステムが有するツールの例を図 5.2.31 に示す。



出典：メーカーカタログより抜粋

図 5.2.31 アセットマネジメントシステムのツール例