

ミャンマー国
ヤンゴン市上下水道改善プログラム
協力準備調査報告書

第 6 卷
下水道・排水マスタープラン

平成 26 年 3 月
(2014 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

(株) TEC インターナショナル
(株) エヌジェーエス・コンサルタンツ
日本工営(株)
東京水道サービス(株)
東洋エンジニアリング(株)

環境
JR (先)
14-080

ミャンマー国
ヤンゴン市上下水道改善プログラム
協力準備調査

ファイナル・レポート

2014年3月

総目次

第1巻：ヤンゴン市水ビジョン
第2巻：上水道（要約）
第3巻：上水道マスタープラン
第4巻：上水道フィジビリティスタディ
第5巻：下水道・排水（要約）
第6巻：下水道・排水マスタープラン
第7巻：下水道・排水フィジビリティスタディ

目次

第1章	序章	1-1
1.1	調査の背景.....	1-1
1.2	調査目的.....	1-2
1.3	調査実施体制.....	1-2
1.4	調査対象地域.....	1-2
1.5	計画目標年.....	1-2
1.6	調査工程.....	1-2
第2章	調査対象地域の概要	2-1
2.1	社会経済状況.....	2-1
2.1.1	行政組織と行政境界.....	2-1
2.1.2	土地利用の現況.....	2-1
2.1.3	人口.....	2-5
2.1.4	経済.....	2-8
2.1.5	保健衛生.....	2-9
2.2	自然条件.....	2-11
2.2.1	地形.....	2-11
2.2.2	地質.....	2-13
2.2.3	気象.....	2-13
2.2.4	水文と水理.....	2-14
2.3	上下水道・排水に係る関連組織.....	2-18
2.3.1	ヤンゴン地域政府.....	2-18
2.3.2	ヤンゴン市開発委員会 (YCDC)	2-19
2.3.3	農業灌漑省.....	2-22
2.4	水供給・衛生に係る法制度.....	2-23
2.4.1	「ミ」国関連法.....	2-23
2.4.2	ヤンゴン市の上下水道・排水関連法制度.....	2-24
2.4.3	日本とミャンマー、ヤンゴンの関連法制度の比較.....	2-25
2.4.4	官民パートナーシップ (PPP) とプライベート・フィナンス・イニシアティブ (PFI) 関連法.....	2-27
2.5	水供給・衛生に係る予算制度と運営状況.....	2-29
2.5.1	水供給・衛生に係る予算制度.....	2-29
2.5.2	地域政府の予算・運営状況.....	2-30
2.5.3	YCDC の予算・運営状況	2-30
2.6	環境社会配慮にかかるフレームワーク	2-30

2.6.1	「ミ」国環境社会配慮にかかる政策・法制度.....	2-30
2.6.2	環境社会配慮にかかる行政制度.....	2-33
2.6.3	環境社会配慮手続き.....	2-35
2.6.4	国際・地域協定.....	2-36
2.6.5	環境基準.....	2-37
2.6.6	本調査における環境社会配慮.....	2-37
第3章	下水道の現状.....	3-1
3.1	汚水処理の現状.....	3-1
3.1.1	汚水処理の形態.....	3-1
3.1.2	住民調査の結果.....	3-2
3.2	個別処理の現状.....	3-3
3.2.1	腐敗槽の構造と設置の承認.....	3-3
3.2.2	腐敗槽の維持管理.....	3-9
3.3	下水道システム.....	3-10
3.3.1	エジェクターシステム.....	3-10
3.3.2	下水処理場.....	3-14
3.4	工場排水.....	3-18
3.4.1	汚濁制御・清掃局による規制.....	3-18
3.4.2	Mingaladon Industrial Park の排水基準.....	3-19
3.5	水質管理.....	3-22
3.5.1	既存の水質管理体制.....	3-22
3.5.2	本調査における水質測定.....	3-23
3.5.3	水質データの要約.....	3-27
3.6	水域の汚染の状況.....	3-27
3.6.1	河川、排水路の汚染状況.....	3-27
3.6.2	カンドーシ湖の汚染状況.....	3-30
3.7	下水道事業財政の現状.....	3-34
3.8	関連の下水道計画.....	3-36
3.9	汚水処理処分に係る主要な課題.....	3-37
3.9.1	技術面.....	3-37
3.9.2	組織・制度面の課題.....	3-38
3.9.3	財務運営上の課題—PPP の可能性.....	3-42
第4章	雨水排除の現状.....	4-1
4.1	雨水排水に係る環境.....	4-1
4.1.1	降雨.....	4-1
4.1.2	潮汐.....	4-1
4.1.3	都市化の状況.....	4-2

4.2	排水施設の現状.....	4-2
4.3	浸水状況.....	4-3
4.4	運営維持管理.....	4-5
4.5	財務状況.....	4-6
4.6	排水の重要性に関する住民意識分析.....	4-6
4.7	関連計画.....	4-10
4.8	既存排水施設に係る課題.....	4-10
4.8.1	技術面の課題.....	4-10
4.8.2	組織・制度面の課題.....	4-11
第5章	汚水処理施設整備方針、改善目標と改善策	5-1
5.1	汚水処理に関する整備方針.....	5-1
5.1.1	整備方針の概要.....	5-1
5.1.2	短期（～2025年）整備方針	5-3
5.1.3	中期（～2040年）整備方針	5-6
5.1.4	長期（2040年～）整備方針	5-8
5.1.5	YCDCが当面着手すべき事項の優先順位	5-10
5.2	近隣国の類似都市のケーススタディー.....	5-11
5.2.1	バンコクのケース.....	5-11
5.2.2	近隣アジアの諸都市の上下水道普及率.....	5-12
5.3	改善目標の設定.....	5-13
5.4	汚水処理施設の改善策と汚濁負荷削減効果.....	5-13
5.4.1	腐敗槽の改善.....	5-13
5.4.2	腐敗槽流出水と雑排水を収集して処理するシステム.....	5-15
5.4.3	下水道やその他のシステムによる汚濁負荷削減効果.....	5-17
第6章	計画条件と基本方針	6-1
6.1	計画フレーム.....	6-1
6.1.1	人口予測.....	6-1
6.1.2	下水量.....	6-2
6.2	下水道以外による汚水処理計画.....	6-3
6.2.1	腐敗槽による汚濁負荷削減と改善の可能性.....	6-3
6.2.2	コミュニティープラントと浄化槽.....	6-6
6.2.3	腐敗槽汚泥の処理.....	6-8
6.3	下水道計画にあたっての検討事項.....	6-8
6.3.1	排除方式.....	6-8
6.3.2	下水の水質.....	6-10
6.3.3	下水の処理・処分.....	6-12
6.3.4	汚泥処理・処分.....	6-13

6.3.5	下水道施設の設計基準.....	6-14
第7章	下水道計画.....	7-1
7.1	汚水処理計画.....	7-1
7.1.1	下水道計画区域，下水処理場の用地，および整備方式.....	7-1
7.1.2	下水道計画区域外の下水処理場必要面積.....	7-6
7.1.3	工場排水の受け入れ.....	7-7
7.2	処理区別下水道施設計画.....	7-8
7.2.1	C1 処理区.....	7-8
7.2.2	C2+E1 処理区.....	7-13
7.2.3	W1 処理区.....	7-18
7.2.4	W2 処理区.....	7-22
7.2.5	N1 処理区.....	7-26
7.2.6	E3 処理区.....	7-30
7.3	下水処理区の優先順位.....	7-34
第8章	カンドー湖水質改善対策.....	8-1
8.1	水質改善対策.....	8-1
8.2	水質改善計画.....	8-2
8.2.1	緊急対策.....	8-2
8.2.2	短期及び中長期対策.....	8-6
第9章	維持管理と能力向上計画.....	9-1
9.1	維持管理計画.....	9-1
9.2	技術力の開発.....	9-4
9.3	組織開発.....	9-5
9.4	法制度の整備.....	9-10
9.4.1	浄化槽・腐敗槽に関連する法規.....	9-11
9.4.2	環境及び汚水処理に関する法体系.....	9-11
9.4.3	下水道関連法規.....	9-12
9.4.4	開発行為に関する規制法規.....	9-12
9.4.5	工場排水受入れに関する規制法規.....	9-13
9.4.6	環境基準・排水基準の整備.....	9-13
9.5	住民に対する啓発活動.....	9-13
9.5.1	YCDC の活動.....	9-14
9.5.2	啓発活動内容.....	9-14
9.5.3	手法.....	9-15
第10章	下水道整備のプロジェクト実施計画とコスト積算.....	10-1
10.1	2040年までの下水道段階的整備計画.....	10-1

10.2	積算方針・条件.....	10-5
10.3	プロジェクトコスト積算.....	10-5
10.3.1	資本費用.....	10-5
10.3.2	維持管理費.....	10-6
第11章	プロジェクト財務計画.....	11-1
11.1	下水道料金設定政策.....	11-1
11.1.1	社会公正と効率.....	11-1
11.1.2	適正水準と差別価格制度.....	11-1
11.1.3	累進料金方式の導入プログラム.....	11-2
11.1.4	下水道価格と環境保全.....	11-2
11.2	下水道への支払い意思額及び支払い可能額.....	11-3
11.2.1	住民の支払い意思額.....	11-3
11.2.2	住民の支払い可能な下水道料金.....	11-3
11.3	財務予測.....	11-4
11.3.1	財源のマクロフレーム.....	11-4
11.3.2	財務シミュレーションモデル.....	11-5
11.3.3	財源計画.....	11-11
11.3.4	財務シミュレーション結果.....	11-11
11.3.5	財源実現性の評価.....	11-13
11.3.6	分散型下水処理の財源計画.....	11-14
第12章	IEE レベルの環境社会配慮.....	12-1
12.1	環境社会配慮の必要性.....	12-1
12.2	マスタープランに対する IEE レベルの環境社会配慮.....	12-1
12.3	マスタープランの代替案の設定.....	12-2
12.4	評価項目の選定.....	12-2
12.5	評価項目に関する現況.....	12-3
12.5.1	用地取得及び非自発的住民移転.....	12-3
12.5.2	土地利用及び地域資源利用.....	12-4
12.5.3	生活・生計.....	12-5
12.5.4	保護区/文化遺産.....	12-5
12.5.5	景観.....	12-6
12.5.6	水質.....	12-6
12.5.7	廃棄物.....	12-8
12.5.8	土壌汚染.....	12-9
12.5.9	悪臭.....	12-9
12.5.10	生物・生態系.....	12-9
12.6	代替案分析.....	12-10

12.7	緩和策.....	12-14
12.8	ステークホルダー協議.....	12-14
第13章	フィジビリティ調査のための優先プロジェクトの選定.....	13-1
第14章	浸水改善目標.....	14-1
第15章	排水施設整備 計画方針及び設計条件.....	15-1
15.1	計画方針.....	15-1
15.2	計画諸元.....	15-1
第16章	排水施設整備計画.....	16-1
16.1	計画策定フロー.....	16-1
16.2	施設整備計画.....	16-1
16.3	施設整備に係る環境社会配慮面からの提言.....	16-5
16.4	将来開発区域における雨水排水施設整備に係る提言.....	16-5
第17章	排水施設の維持管理計画と能力開発.....	17-1
17.1	維持管理業務の流れ.....	17-1
17.2	維持管理体制.....	17-2
17.3	能力開発.....	17-2
第18章	排水施設整備のプロジェクトコスト.....	18-1
18.1	積算条件.....	18-1
18.2	プロジェクトコスト.....	18-1
18.2.1	資本費用.....	18-1
18.2.2	維持管理費.....	18-3
18.3	財源計画.....	18-3

表 目 次

表 2.1	土地利用割合 (2012 年)	2-5
表 2.2	ヤンゴン市の人口の推移	2-5
表 2.3	ヤンゴン都市圏のタウンシップの人口、人口増加率、人口密度	2-7
表 2.4	産業構造 (GDP ベース)	2-8
表 2.5	ヤンゴン地域出生・死亡率	2-10
表 2.6	流行性疾患数及び死亡数	2-10
表 2.7	疾病患者数及び死亡数	2-11
表 2.8	ヤンゴン港における潮位	2-17
表 2.9	水供給衛生局各部署の役割	2-21
表 2.10	主要部局業務	2-23
表 2.11	上下水道セクターにおける官民連携事業	2-29
表 2.12	環境にかかる国際・地域協定	2-36
表 3.1	ヤンゴン市における汚水処理の形態(1991 年)	3-1
表 3.2	ヤンゴン市における汚水処理の形態(2011 年)	3-2
表 3.3	トイレの形態、住民調査結果	3-2
表 3.4	トイレ排水、家庭雑排水の処理	3-3
表 3.5	腐敗槽容量と滞留時間の比較	3-4
表 3.6	YCDC による腐敗槽承認数	3-9
表 3.7	腐敗槽汚泥の除去頻度	3-9
表 3.8	腐敗槽の汚泥除去費用算定式	3-10
表 3.9	腐敗槽汚泥除去費用 (2012 年 11 月)	3-10
表 3.10	下水道施設概要	3-11
表 3.11	下水処理施設概要	3-14
表 3.12	処理場流入、流出水質	3-16
表 3.13	工場排水基準	3-18
表 3.14	工場排水検査結果(2011 年度)	3-19
表 3.15	工場排水受け入れ基準	3-20
表 3.16	排水水質基準	3-22
表 3.17	工場排水分析結果	3-23
表 3.18	分析項目および分析実施機関	3-23
表 3.19	河川・排水路の水質分析結果 雨季 (COD、BOD)	3-28
表 3.20	河川・排水路の水質分析結果 乾季 (COD、BOD)	3-28
表 3.21	河川・排水路の水質分析結果 雨季 (T-N、T-P)	3-29
表 3.22	河川・排水路の水質分析結果 乾季 (T-N、T-P)	3-29
表 3.23	カンドー湖 水深データ	3-33

表 3.24	湖水中窒素・リン濃度.....	3-34
表 3.25	湖水中窒素・リン濃度（乾季）.....	3-34
表 3.26	下水道部門の経費推計.....	3-35
表 3.27	ヤンゴン市下水道事業財政の推計.....	3-36
表 3.28	戦略開発計画による下水道整備計画.....	3-37
表 4.1	ヤンゴン港 潮位データ（Sule Pagoda Wharf）.....	4-1
表 4.2	ヤンゴン市周辺における主要排水路.....	4-2
表 4.3	洪水対策への住民意識調査.....	4-8
表 5.1	当面 YCDC が実施すべき作業と手順の一覧.....	5-10
表 5.2	ヤンゴン都市圏の1人当たり GDP 予測とバンコクがヤンゴンとほぼ同じ1人当たり GDP を達成した年及びその時の下水道普及率.....	5-12
表 5.3	近隣アジアの諸都市の上下水道普及率.....	5-12
表 5.4	排出 BOD 負荷量.....	5-17
表 6.1	タウンシップ別将来人口.....	6-1
表 6.2	発生水量.....	6-3
表 6.3	生活系汚濁負荷の内訳.....	6-4
表 6.4	腐敗槽と下水道システムによる汚濁負荷(BOD)の低減(し尿のみを処理).....	6-4
表 6.5	腐敗槽と下水道システムによる汚濁負荷(BOD)の低減(し尿+雑排水を処理)...	6-4
表 6.6	目標処理水質.....	6-13
表 6.7	管径別のマンホール最大間隔.....	6-15
表 7.1	タウンシップ別現況、将来人口、人口密度.....	7-2
表 7.2	タウンシップと下水処理区の相関（当初案と最終案）.....	7-4
表 7.3	処理区（処理分区）別人口、汚水量、面積.....	7-6
表 7.4	下水処理場必要面積（将来の下水道計画区域）.....	7-7
表 7.5	工場排水の受け入れ基準（環境項目）.....	7-8
表 7.6	C1 処理区、下水道管網の概要.....	7-9
表 7.7	C1 処理場の概要.....	7-9
表 7.8	C2+E1 処理区、下水道管網の概要.....	7-13
表 7.9	C2+E1 処理場の概要.....	7-14
表 7.10	W1 処理区、下水道管網の概要.....	7-18
表 7.11	W1 処理場概要.....	7-18
表 7.12	W2 処理区、下水道管網の概要.....	7-22
表 7.13	W2 処理場概要.....	7-22
表 7.14	N1 処理区、下水道管網の概要.....	7-26
表 7.15	N1 処理場概要.....	7-26
表 7.16	E3 処理区、下水道管網の概要.....	7-30
表 7.17	E3 処理場概要.....	7-30
表 7.18	7 処理区（処理分区）の概要.....	7-35

表 7.19	下水道整備優先度の評価.....	7-35
表 8.1	アオコ対策の方法.....	8-1
表 9.1	下水道に関する能力開発プログラムの例(技術).....	9-5
表 9.2	下水道に関する能力開発プログラムの例(一般).....	9-5
表 9.3	主な下水道事業 業務指標分類と業務指標 (一部).....	9-6
表 9.4	法整備に係る工程表.....	9-10
表 9.5	啓発活動内容と長所/短所.....	9-15
表 10.1	2040年までの整備計画.....	10-1
表 10.2	下水道事業の実施計画.....	10-3
表 10.3	各事業の概算工事費 (2040年時点).....	10-6
表 10.4	下水道事業の年間維持管理費用.....	10-6
表 11.1	財務シミュレーションの想定概要.....	11-7
表 11.2	財務シミュレーション: 分流2次処理型、料金年率3%上昇.....	11-8
表 11.3	公的補助/処理方式別-財務シミュレーション結果.....	11-11
表 12.1	戦略的環境影響評価項目.....	12-3
表 12.2	下水処理場必要面積 (将来の下水道計画区域).....	12-4
表 12.3	河川・排水路の水質分析結果 (COD、BOD).....	12-7
表 12.4	既存廃棄物処分場概要.....	12-8
表 12.5	絶滅危惧のある動植物.....	12-10
表 12.6	代替案評価マトリックス.....	12-11
表 13.1	優先プロジェクト.....	13-1
表 15.1	雨水排水施設整備手法の分類.....	15-1
表 15.2	雨水排水施設整備における計画諸元.....	15-2
表 16.1	雨水排水施設整備 概要.....	16-4
表 16.2	雨水流出抑制施設の分類.....	16-5
表 17.1	能力開発プログラム(例).....	17-3
表 18.1	各事業の概算工事費.....	18-1
表 18.2	排水施設位置、仕様、着手時期及び概算.....	18-2
表 18.3	排水事業の年間維持管理費用.....	18-3
表 18.4	排水事業優先順位別事業費.....	18-3

目 次

図 1.1	調査工程.....	1-3
図 2.1	調査対象地域（ヤンゴン市 33 タウンシップと周辺 6 タウンシップの一部） ...	2-2
図 2.2	YCDC（33 タウンシップ）のグルーピングと周辺地域.....	2-3
図 2.3	ヤンゴン都市圏の土地利用（2012 年）.....	2-4
図 2.4	タウンシップ別人口増加率の推移.....	2-6
図 2.5	タウンシップグループ別人口密度（2011 年）.....	2-8
図 2.6	ヤンゴン都市圏の工場地区.....	2-9
図 2.7	ヤンゴン都市圏の地形.....	2-12
図 2.8	ヤンゴン市の地質.....	2-13
図 2.9	ヤンゴン市の月平均気温.....	2-13
図 2.10	月平均降水量(ヤンゴン市 Kaba Aye 観測所).....	2-14
図 2.11	ヤンゴン周辺の河川.....	2-15
図 2.12	ヤンゴン周辺の塩水遡上実績.....	2-16
図 2.13	ヤンゴン市における地下水ポテンシャル.....	2-18
図 2.14	地域政府の関連部署.....	2-19
図 2.15	YCDC 全体組織図.....	2-20
図 2.16	YCDC 水供給衛生局 組織図.....	2-21
図 2.17	農業灌漑省組織図.....	2-23
図 2.18	環境社会配慮手続き.....	2-35
図 3.1	腐敗槽 1（10 人槽）.....	3-4
図 3.2	腐敗槽 2（100 人槽）.....	3-5
図 3.3	腐敗槽 3（200 人槽）.....	3-6
図 3.4	上向流ろ床付き腐敗槽.....	3-7
図 3.5	BDS がある場合の腐敗槽の配置.....	3-8
図 3.6	下水道施設平面図.....	3-12
図 3.7	エジェクター・ステーション.....	3-13
図 3.8	工場排水監視用ピット標準配置図.....	3-21
図 3.9	下水処理場の採水および測定位置.....	3-24
図 3.10	下水処理場の水質分析・測定結果（平均値、雨季）.....	3-25
図 3.11	下水処理場の水質分析・測定結果（平均値、乾季）.....	3-25
図 3.12	工場、病院排水の水質分析結果（BOD、COD）.....	3-26
図 3.13	工場、病院排水の水質分析結果（T-N、T-P）.....	3-26
図 3.14	河川・排水路の水質分析結果（COD、BOD）.....	3-28
図 3.15	河川、排水路の水質分析結果（T-N、T-P）.....	3-29
図 3.16	カンドー湖周辺の状況.....	3-31

図 3.17	カンドーシ湖 水質調査サンプリング地点.....	3-33
図 4.1	ヤンゴン市 月別降水量.....	4-1
図 4.2	ヤンゴン市における土地利用の現況.....	4-2
図 4.3	ヤンゴン市周辺における主要排水路.....	4-4
図 4.4	ヤンゴン市周辺における浸水発生状況.....	4-5
図 4.5	ヤンゴン市周辺における浸水発生状況雨水排水管理 関連組織.....	4-6
図 4.6	洪水対策に対する住民意識の階級分け.....	4-9
図 5.1	汚水処理に関する整備基本方針.....	5-2
図 5.2	1人当り GDP と上下水道普及率の関係.....	5-11
図 5.3	下水道普及率と水道普及率の関係 (%).....	5-12
図 5.4	遮蔽版および嫌気性フィルター付き腐敗槽.....	5-14
図 5.5	腐敗槽の改造例 (10人槽).....	5-15
図 5.6	2連排水路システムのフロー.....	5-16
図 5.7	2連排水路の概念.....	5-16
図 5.8	排出 BOD 負荷量.....	5-18
図 6.1	腐敗槽処理の効果(し尿のみを処理).....	6-5
図 6.2	腐敗槽処理の効果(し尿+雑排水を処理).....	6-5
図 6.3	浄化槽の例.....	6-7
図 6.4	コミュニティープラントと浄化槽の下水道への切り替え.....	6-7
図 6.5	腐敗槽汚泥の処理フロー.....	6-8
図 6.6	下水道の3つの排除方式.....	6-11
図 7.1	下水処理区 (最終案).....	7-5
図 7.2	幹線系統図、C1 処理区.....	7-10
図 7.3	施設平面図、C1 下水処理場.....	7-11
図 7.4	処理場位置図、C1 下水処理場.....	7-12
図 7.5	幹線系統図、C2+E1 処理区.....	7-15
図 7.6	施設平面図、C2+E1 下水処理場.....	7-16
図 7.7	処理場位置図.....	7-17
図 7.8	幹線系統図、W1 処理区.....	7-19
図 7.9	施設平面図、W1 下水処理場.....	7-20
図 7.10	処理場位置図.....	7-21
図 7.11	幹線系統図、W2 処理区.....	7-23
図 7.12	施設平面図、W2 下水処理場.....	7-24
図 7.13	処理場位置図、W2 下水処理場.....	7-25
図 7.14	幹線系統図、N1 処理区.....	7-27
図 7.15	施設平面図、N1 下水処理場.....	7-28
図 7.16	処理場位置図、N1 下水処理場.....	7-29
図 7.17	幹線系統図.....	7-31

図 7.18	施設平面図、E3 下水処理場	7-32
図 7.19	処理場位置図、E3 下水処理場	7-33
図 8.1	アオコ除去実証実験 実施水域（点線内）	8-2
図 8.2	アオコ除去実証実験 実施水域（詳細）	8-3
図 8.3	アオコ回収・処理装置	8-3
図 8.4	処理水における汚濁除去率	8-5
図 8.5	遮集管ルート図（案）	8-7
図 8.6	雨水吐きの例	8-7
図 8.7	短期対策の実施イメージ	8-8
図 9.1	水供給・衛生局下水道部の組織図	9-3
図 9.2	下水処理場組織図	9-4
図 10.1	2040 年までの下水道整備計画	10-4
図 11.1	ヤンゴン市月間世帯所得分布	11-4
図 11.2	ヤンゴン市月間世帯所得累積分布	11-4
図 12.1	2040 年下水処理区	12-2
図 12.2	各処理区の処理場予定地	12-5
図 12.3	保護区	12-6
図 12.4	採水地点（河川、排水路）	12-7
図 12.5	既存廃棄物処分場位置図	12-8
図 16.1	雨水排水施設整備計画策定フロー	16-1
図 16.2	雨水排水施設整備 計画一般図	16-3
図 16.3	雨水流出抑制施設のイメージ	16-6
図 17.1	雨水排水施設（管路施設）維持管理業務フロー	17-1
図 17.2	雨水排水施設 維持管理体制（案）	17-2

写真目次

写真 3.1	下水処理場.....	3-17
写真 3.2	受水槽.....	3-17
写真 3.3	最初沈澱池.....	3-17
写真 3.4	エアレーター.....	3-17
写真 3.5	最終沈澱池.....	3-17
写真 3.6	塩素混和池.....	3-17
写真 3.7	排水路の状況 (Nat Chaung).....	3-29
写真 3.8	排水路の状況 (Thamaing Chaung).....	3-29
写真 3.9	カンドーシ湖水面 (その1)	3-32
写真 3.10	カンドーシ湖水面 (その2)	3-32
写真 3.11	レストラン (R-6) 排水処理装置.....	3-32
写真 3.12	レストラン (R-6) 排水処理装置.....	3-32
写真 3.13	Drainage 放流口 (I-2)	3-32
写真 3.14	Drainage 放流口 (I-5)	3-32
写真 4.1	浸水発生状況.....	4-3
写真 8.1	カンドーシ湖水面の状況.....	8-1
写真 8.2	処理水および回収されたアオコの状態.....	8-4

略 語 表

B/C	Benefit per Cost	費用便益比
BDS	Back Drainage Space	家屋後方排水スペース
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
CBD	Central Business District	中心商業地区
CIP	Cast-Iron Pipe	铸铁管
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
DDA	Department of Development Affair	開発事業局
DIP	Ductile Iron Pipe	ダクタイル铸铁管
DMA	District Metered Area	配水管理区画
E/N	Exchange of Notes	交換公文
ECC	Environment Conservation Committee	環境保護委員会
F/S	Feasibility Study	フィジビリティ調査
FC	Foreign Currency	外貨
FY	Fiscal Year	会計年度
GPCD	Gallons Per Capita per Day	給水量原単位 (一人一日当り使用水量)
HHWL	Highest High Water Level	既往最高潮位
HWL	High Water Level	高水位
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境評価
IUR	Inner Urban Ring	内環状地区
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構 (日本)
Kyat	Myanmar Kyat	ミャンマーチャット (ミ国の通貨)
LPCD (or Lpcd)	Liters Per Capita per Day	給水量原単位 (一人一日当り使用水量)
LWL	Low Water Level	低水位
M&E	Mechanical & Electrical	機械・電気
M/P	Master Plan	マスタープラン
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry	経済産業省 (日本)
MG	Million Gallons	百万ガロン
MGD	Million Gallons per Day	百万ガロン/日
MIP	Mingaladon Industrial Park	ミンガラドン工業団地
ML	Million Liters	百万リットル
MLD	Million Liters per Day	百万リットル/日
MOAI	Ministry of Agriculture and Irrigation	農業灌漑省 (ミ国)
MOECAP	Ministry of Environment Conservation and Forestry	環境保護・林業省
MOF	Ministry of Forestry	林業省 (ミ国)
MOFA	Ministry of Foreign Affairs	外務省 (ミ国)
MOU	Memorandum of Understanding	覚書
MWL	Mean Water Level	平均水位
N/A	Not Available	該当データなし、入手不能
NCEA	National Commission for Environmental Affairs	国家環境対策委員会
NewSZ	New Suburbs Zone	新郊外地区
NRW	Non Revenue Water	無収水
NS	Northern Suburbs	北部郊外
O&M	Operation & Maintenance	(施設の) 運転・維持管理

OldSZ	Older Suburbs Zone	旧郊外地区
ORZ	Outer Ring Zone	外環状地区
P/S	Pumping Station	ポンプ場
PPP	Public-Private Partnership	官民パートナーシップ、官民連携
PVC	Polyvinyl Chloride	ポリ塩化ビニール
R.	Reservoir	貯水池
RC	Reinforced Concrete	鉄筋コンクリート
S/R	Service Reservoir	配水池
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	SCADA
SCBD	South of CBD	CBDの南
SEA	Strategic Environmental Assessment	戦略的環境アセスメント
SEZ	Special Economic Zone	経済特別区
SS	Suspended Solids	浮遊物質
STP	Sewage Treatment Plant	下水処理場
T-N	Total Nitrogen	全窒素
T-P	Total Phosphorus	全リン
TS	Township	タウンシップ
TS	Total Solids	蒸発残留物
US\$, USD	United States Dollars	米国ドル
VAT	Value Added Tax	付加価値税
WTP	Water Treatment Plant	浄水場
WWTP	Wastewater Treatment Plant	下水処理場
YCDC	Yangon City Development Committee	ヤンゴン市開発委員会

調査の略称

プログラム形成協力準備調査「ヤンゴン都市圏開発プログラム形成協力準備調査」(JICA) ・サブコンポーネント 世帯訪問調査(HIS)	JICA ヤンゴン都市圏調査 2012年 JICA 世帯訪問調査
ティラワ経済特別区及び周辺区域水資源賦存量に係る基礎情報収集・確認調査(JICA)	JICA Thilawa 水源調査
ミャンマー・ヤンゴン市上下水道改善基礎調査(経済産業省)	METI 上下水道調査

単位

1 ガロン (イギリスガロン) = 4.546 リットル

1 エーカー = 4,047 m²

通貨換算率

1USD=84.64 円 (2012 月 12 月平均)

第1章 序章

1.1 調査の背景

ミャンマー国（以下「ミ」国）の首都は2006年にネピドーに移されたが、ヤンゴン市は未だ経済、ビジネス、通信の中心地であり、ヤンゴン市開発委員会（YCDC：Yangon City Development Committee）によると、現在の人口は約510万人である。

ヤンゴン市の上水道システムの歴史は古く1842年に始まっており、上水道の給水普及率は約38%と低く、老朽化した導水管、送配水管の更新が適切に行われておらず、結果として現在の日給水量52万 m^3 強の内、漏水量が約66%にもものぼっている。また、水質に関しては、水源の約9割が表流水利用にも関わらず、その3分の2が浄水処理を行わず直接配水されているほか、浄水場における処理も不十分である（塩素消毒もほとんど行われていない）。水道メータ設置率は約7割と他の途上国に比べると比較的高いものの、水道料金はメータの設置された家庭で約8円/ m^3 、設置されていない家庭では月額180～300円と低く抑えられており、水道経営に必要な十分な額の料金徴収が行われているとは言い難い。技術力に関しては、ヤンゴン市開発委員会（YCDC）は限定的な予算の中で独自に上水道の設計、管の加工を行うなどの努力を行っており、施設の維持管理に関する基本的能力は高いと言える。一方、既存のNyaunghnapin浄水場、Kokkine配水池等では水質が目視でも分かる程度に濁っており、浄水場の維持管理、水質管理等技術面に関しては改善の余地は多分にあると思われる。なお、ヤンゴン市以外の12タウンシップの上下水道についてはヤンゴン地方開発省（Yangon Region Ministry of Development Affairs）が管轄している。

ヤンゴン市の下水道は、1880年代に南部地区の旧市街9 km^2 を対象に敷設され、1929年に拡張されている。また、下水処理場は2004年に建設されており、日量14,500 m^3 の浄化能力を持っている。しかし、ヤンゴン市33タウンシップの内、下水道が完備されているのは6タウンシップのみであり、残りの27タウンシップでは処理効率の不十分な個別排水処理施設（腐敗槽等）による処理を行っているのが現状である。加えてヤンゴン市はモンスーン地域に位置しており、洪水による被害も被っている。係る状況に鑑み、ヤンゴン市では上水、下水及び雨水排水を合わせた効率的な開発が急務である。

上記ヤンゴン市上水道の改善を目的として、JICAは2002年に開発調査「ヤンゴン市給水改善計画を実施し、ヤンゴン市の上水道におけるマスタープラン作成、プレフィジビリティ調査を行い、2020年を目標とした開発計画策定支援を行った。計画の中には、将来の需要予測、水源のポテンシャル調査、配水ブロック化、管網のリハビリ、浄水場の新設、導水管の新設、配水池の新設などの施設計画、事業費の積算等が含まれていた。しかしながら、提案された長期計画事業のほとんどが、実施されなかった。一方、新興住宅地域における需要増加に応えるため、貯水池を水源とする浄水場1箇所、地下水を水源とする浄水場4箇所を建設すると共に、メータ設置を進めた。

一方、近年「ミ」国の政治的状況は急激に変わってきており、JICAはヤンゴン地域政府と上下水道、電力、道路等基礎インフラの開発を含むヤンゴン市の包括的開発計画を策定する協議を実

施してきた。同協議を受けて、「ヤンゴン都市圏都市開発プログラム」に係るミニッツが2012年5月1日付で署名され、続けて、プログラムの中に位置づけられる都市圏開発に係る協力内容につき合意がなされ、さらにその内の上下水道及び雨水排水改善に係る協力内容について2012年5月22日付ミニッツの中で合意された。

なお、ヤンゴン都市圏都市開発プログラムのサブプロジェクト及び関連する調査は以下のとおりである。

- 1) ミャンマー国ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査 (JICA) : 「本調査」
- 2) ヤンゴン都市圏開発プログラム形成協力準備調査 (JICA) : 「ヤンゴン都市圏調査」
- 3) ティラワ経済特別区及び周辺区域水資源賦存量に係る基礎情報収集・確認調査 (JICA) : 「ティラワ水資源調査」
- 4) ミャンマー・ヤンゴン市上下水道改善基礎調査 (経済産業省) : 「METI 調査」

1.2 調査目的

ヤンゴン市の上下水道及び雨水排水に関する開発計画策定及び優先プロジェクトの発掘により、同市の経済発展と生活環境の改善に貢献することを調査の目的とする。

1.3 調査実施体制

本調査の主な関係機関は、ヤンゴン市開発委員会 (YCDC) である。

1.4 調査対象地域

調査対象地域はヤンゴン市の33タウンシップ (829km²) 及びその近隣6 (Thanlyin, Kyauktan, Hmawbi, Helgu, Htantabin、及び Twantay) タウンシップの一部 (705km²) とし、ヤンゴン都市圏 (1,534km²) と称する。

なお本報告書内では、Yangon City はヤンゴン市、Periphery Areas は近隣6タウンシップの一部、Greater Yangon はヤンゴン都市圏を示す。

1.5 計画目標年

マスタープラン (M/P) の計画目標年は「ヤンゴン都市圏都市開発プログラム」と同じ2040年とし、優先プロジェクトの目標年は中間年である2025年を目途とした。フィジビリティ調査 (F/S) は、日本国が無償あるいは有償で実施する可能性のあるプロジェクト候補案件とする。

1.6 調査工程

2012年8月、インセプションレポートを提出し、本調査を開始した。上位調査である「ヤンゴ

ン都市圏都市開発プログラム」のフレームワーク、住民に対する世帯訪問調査の提供を受けて、水ビジョン及びマスタープラン(M/P)を作成し、2013年3月に同内容を含むインテリムレポートを提出した。さらに、同年5月に公開用のマスタープランを含む改訂版のインテリムレポートを提出した。

マスタープランのプロジェクトコンポーネントから優先プロジェクトを選定し、2013年2月からフィジビリティスタディ(F/S)を開始した。同年7月にはフィジビリティスタディを完了し、技術移転セミナーでその内容を説明した。その後、配水池用地の位置及びThilawa SEZへの送水管ルートの変更を受けて、追加調査を行い、同年10月にフィジビリティスタディを完了した。

水ビジョン、マスタープラン及びフィジビリティスタディの全ての調査内容を含むドラフトファイナルレポートを2013年11月に提出した。

YCDCからのコメントを受けて、調査結果を最終化し、ファイナルレポートとして2014年3月に提出した。

年	2012年					2013年												2014年		
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
業務	水ビジョンの形成					マスタープランの形成														
	△ インセプション レポート					△ インテリム レポート					△ インテリム レポート (改定)		△ ドラフトファイナル レポート							

図 1.1 調査工程

第2章 調査対象地域の概要

2.1 社会経済状況

2.1.1 行政組織と行政境界

YCDC の行政区域は、市街地の拡大に応じて近隣タウンシップを加え広がっており、2012 年時点では 33 タウンシップが含まれている。近隣 6 タウンシップは、将来 YCDC の行政区域に併合される可能性はあるものの、現在は YCDC の行政区域外でありヤンゴン地域 (Region) に属している (図 2.1)。なお、JICA ヤンゴン都市圏調査では、対象地域を、地域の特色を表した 7 つのタウンシップグループに区分している (図 2.2)。

2.1.2 土地利用の現況

(1) 都市化の傾向

近代ヤンゴンはヤンゴン川沿いに 1885 年、英国により下ミャンマーの首都として開発された中心街区 (Central Business District: CBD) からその歴史が始まった。第二次世界大戦後、戦災による住宅の復旧と、大量の移民によるスラム、不法占拠を解消するため 1950 年頃までに、郊外への新しい住宅地の造成が進められた。新たな市街地は CBD 地区から北方の丘陵地帯に向かって拡大した。図 2.2 の CBD、Inner Urban Ring、Outer Ring Zone、Northern Suburbs が該当する地区である。これらに、低湿地帯に 1959 年以降開発された Older Suburbs (サテライトタウン) を加えた面積は 126.54 mile²、人口 (2011 年) は 328 万人であり、人口密度は約 100 人/ha となっている。

1980 年代後半になると、南北の帯状に伸びた卵形の丘陵市街地では増加する人口を吸収しきれなくなり、丘陵北部に加えて Pazuntaung 川を越えた東方及び Hlaing 川を越えた西方の両低湿地帯にニュータウンを建設し、郊外開発を進めた。New Suburbs がそれに該当し、面積で 174.02 mile²、人口で 164 万人であり、人口密度は約 36 人/ha となっている。

一方、南部及び西南部は市中心部に近いにもかかわらず市街化が進んでいないが、これは河川にかかる橋梁がなく交通が不便な事に起因する。

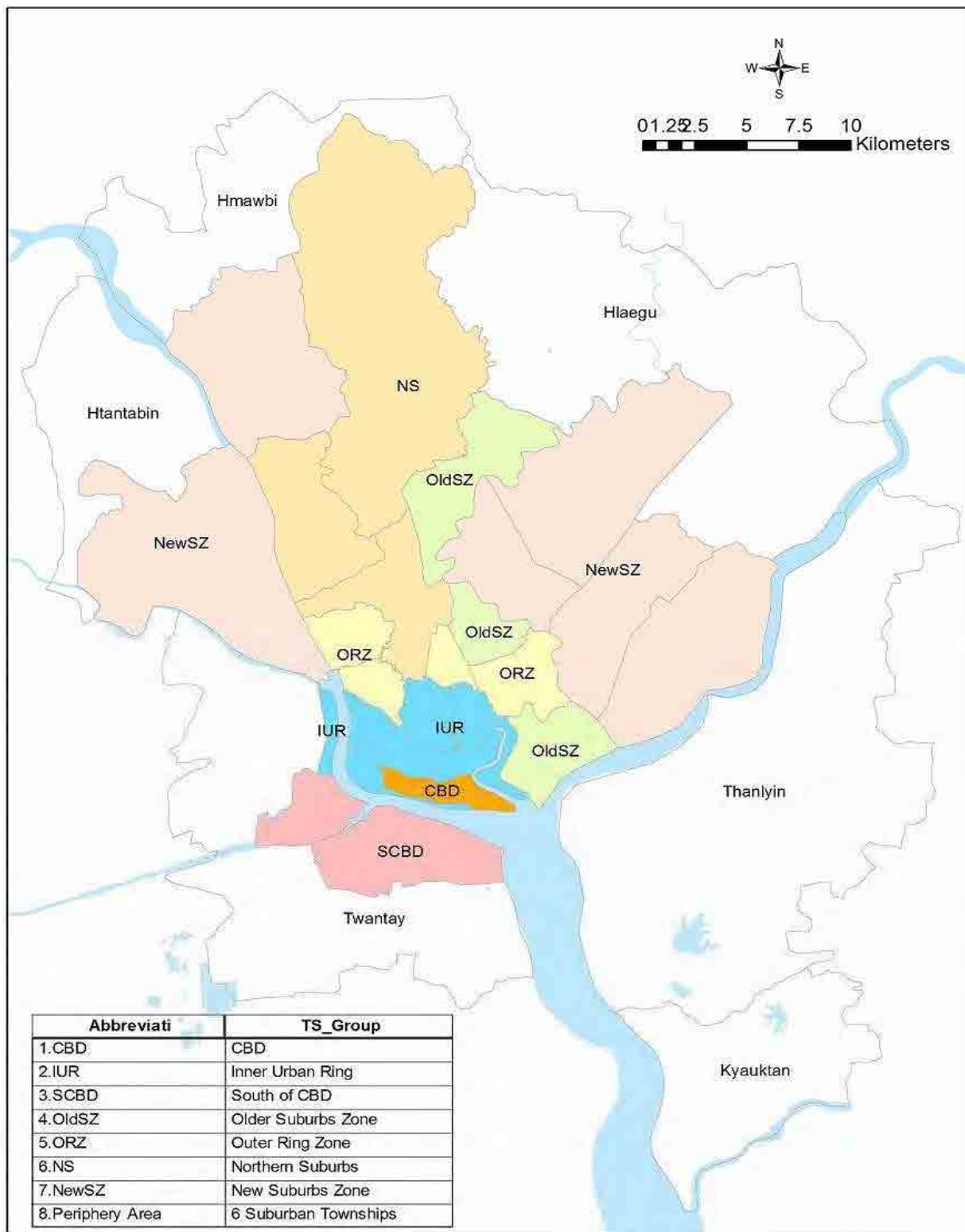
(2) 土地利用の現況

衛星写真から作成された 2012 年の土地利用パターンを図 2.3、表 2.1 に示す。ヤンゴン市域では、都市化あるいは現在開発が進行中である。特に、新規開発は市東部で顕著である。ヤンゴン市周辺地域は、Thanlyin と Kyauktan の一部を除き、農業地帯であり未開発地域である。



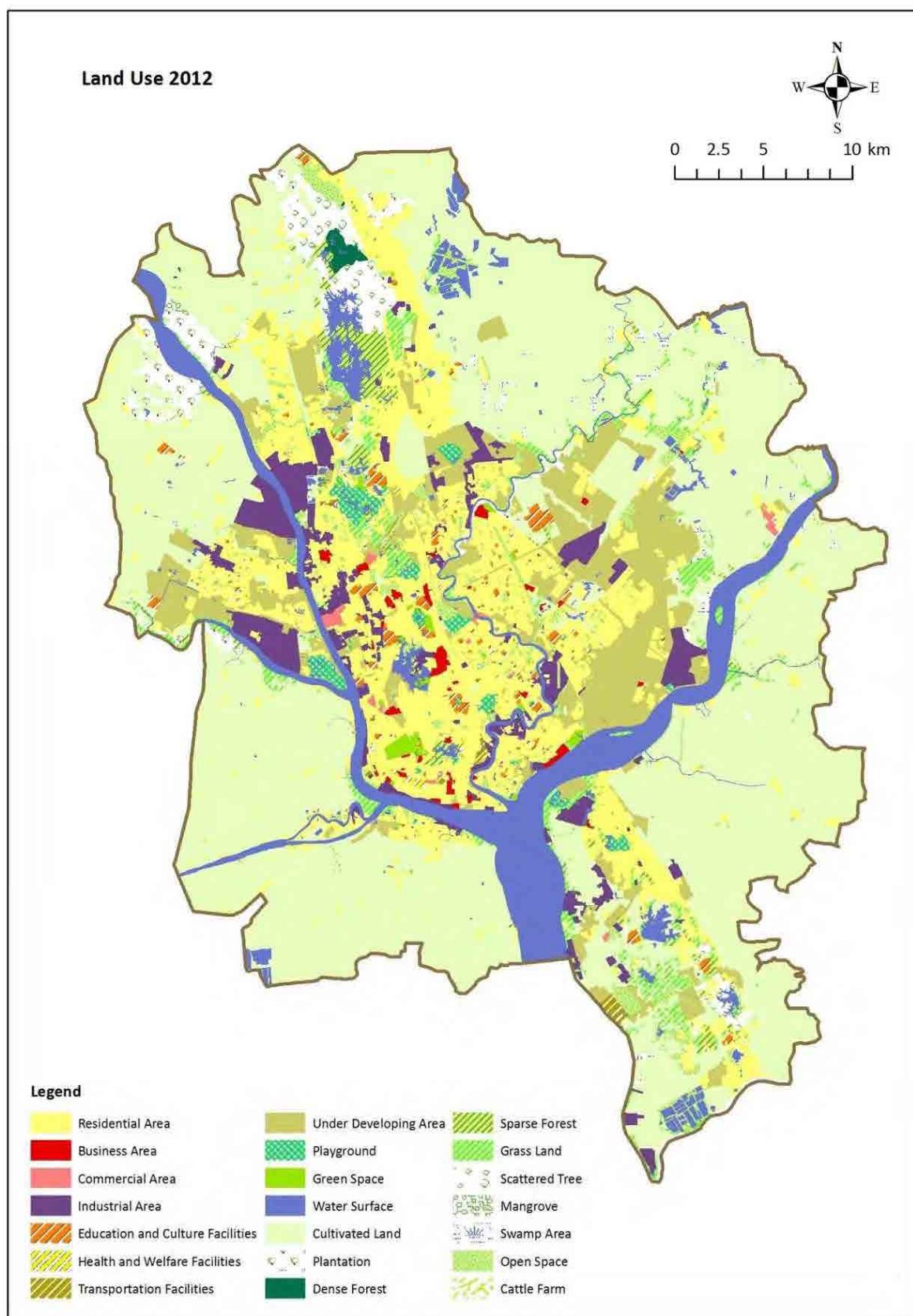
出典：JICA 調査団

図 2.1 調査対象地域（ヤンゴン市 33 タウンシップと周辺 6 タウンシップの一部）



出典：JICA 調査団

図 2.2 YCDC (33 タウンシップ) のグルーピングと周辺地域

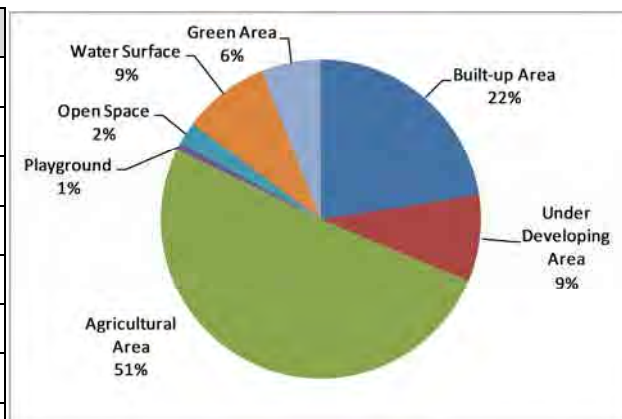


出典：2012年 JICA 都市圏調査

図 2.3 ヤンゴン都市圏の土地利用（2012年）

表 2.1 土地利用割合 (2012 年)

土地利用	面積 (sq. km)	%
Built-up Area	360.7	22%
Under Developing Area	139.7	9%
Agricultural Area	815.8	51%
Playground	11.5	1%
Open Space	36.4	2%
Water Surface	139.9	9%
Green Area	96.3	6%
Total	1,600.3	100%



出典：2012 年 JICA 都市圏調査

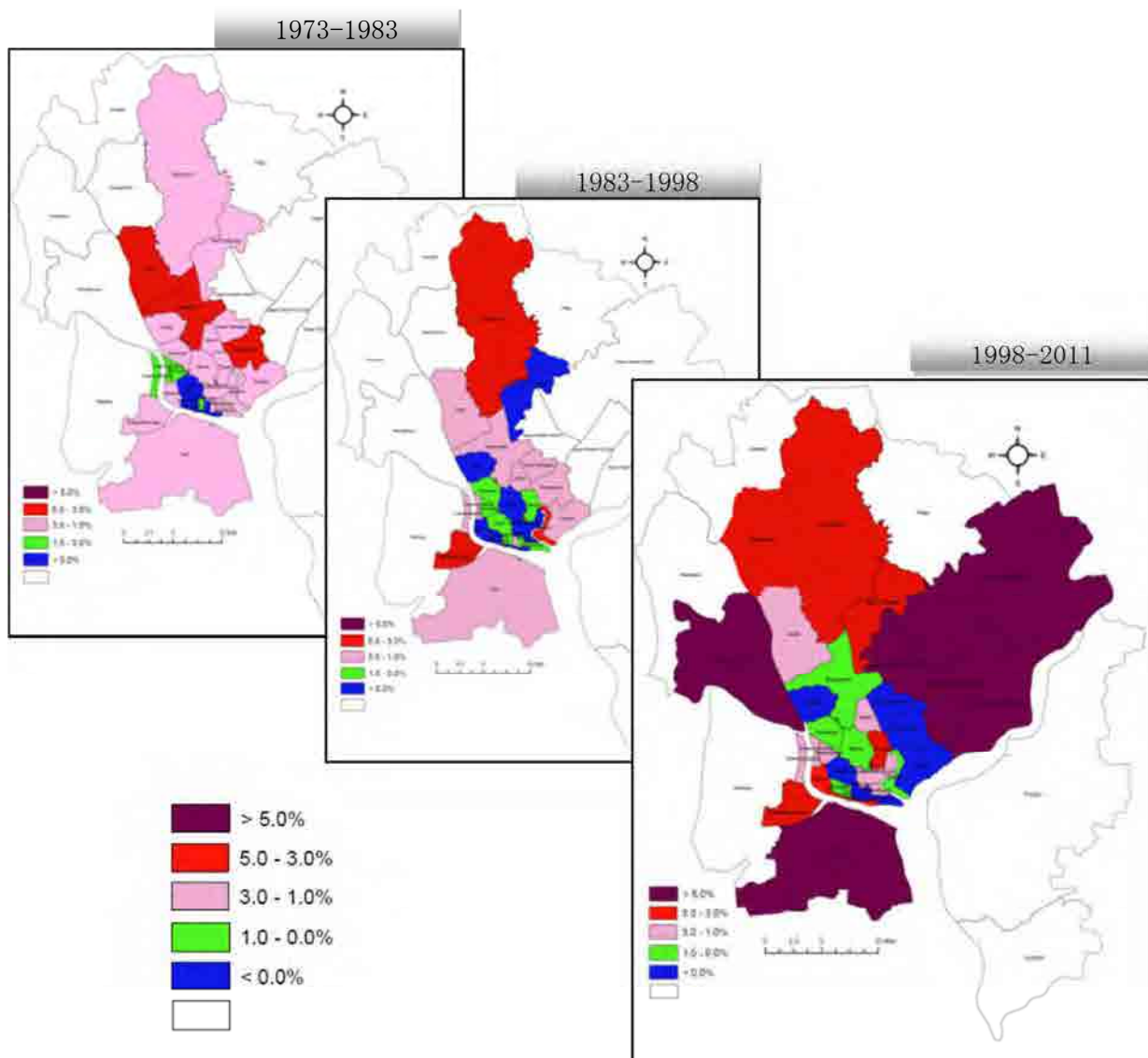
2.1.3 人口

ヤンゴン市の人口と市域の変遷を下表および下図に示す。1953 年には 73 万人であった人口は 63 年に 94 万人とおよそ 100 万人に近い水準に達している。その後市域の拡大に伴い 1973 年には 200 万人、1993 年には 300 万人を超え、さらに 2003 年には 400 万人を超え、現在 (2011 年) は 514 万人にまで人口が増加している。人口増加率は、1970 年前後に異常に高い時期があったが、1980 年以降は 2% 台後半である。

表 2.2 ヤンゴン市の人口の推移

年	人口(百万人)	平均人口増加率 (%)	面積 (km ²)	人口密度 (人/km ²)	備考
1953	0.73		123.3	5,925	
1963	0.94	2.5	164.2	5,725	
1973	2.01	7.9	221.4	9,077	1965 年及び 73 年に市域拡大
1983	2.51	2.2	346.0	7,254	1983 年に市域拡大
1993	3.09	2.1	603.5	5,120	1991 年に市域拡大
2003	4.10	2.8	794.3	5,161	2003 年に市域拡大
2011	5.14	2.9	794.3	6,471	

出典：YCDC



出典：2012年 JICA 都市圏調査

図 2.4 タウンシップ別人口増加率の推移

また、「ミ」国における都市化率（総人口に対する都市人口の比率）は 1983 年に 25%であったが、2010 年には 29%に上昇した。全世界における都市化率は 2008 年に 50%を超えていることから、「ミ」国の都市化率は全世界の平均値は大きく下回っている。今後、経済発展とともに都市化率が上昇することが予測される。

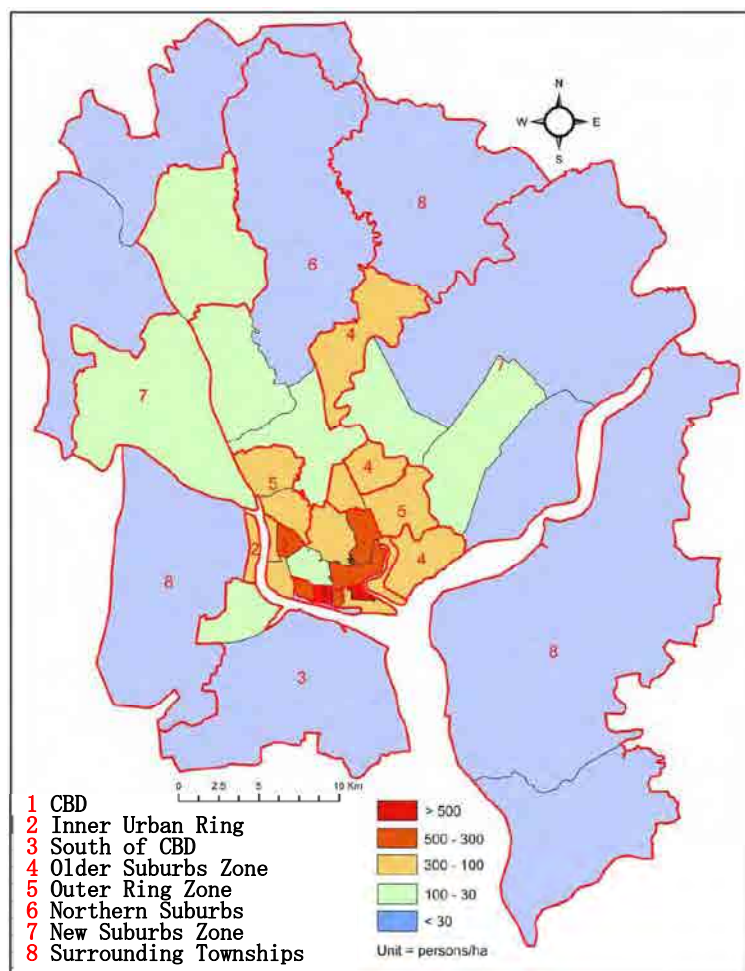
ヤンゴン都市圏のタウンシップ毎の人口を下表に示す。また、タウンシップグループ別の人口密度を下図に示す。対象地域の人口は、5.57 百万人であり、その中、ヤンゴン市が 5.14 百万人、周辺地域が 0.43 百万人となっている。人口密度は、CBD グループが最も高く 365 人/ha、最低は CBD 南部グループの 20 人/ha である。ヤンゴン市周辺地区は平均 6 人/ha である。

人口増加は、CBD では既に停止あるいは減少している。New Suburbs 及び CBD 南部グループでは非常に高い伸びを示しており、人口増加率は 4%～15%を示している。

表 2.3 ヤンゴン都市圏のタウンシップの人口、人口増加率、人口密度

番号	タウンシップ	TSグループ	ワード数	面積 (m ²)	人口	世帯数	人口増加率 (%)	人口密度 (pop/ha)	TSグループ 毎の人口密度 (pop/ha)
				2011年	2011年	2011年	1998-2011年	2011年	2011年
1	Latha	CBD	10	604770.4	34125	5368	0.37%	564	
2	Lanmadaw	CBD	12	1310572	43137	7334	0.47%	329	
3	Pabedan	CBD	11	618984.4	37551	5366	-1.79%	607	
4	Kyauktada	CBD	9	701876.1	34797	6078	-1.80%	496	
5	Botahtaung	CBD	10	2601921.3	49134	8148	-0.53%	189	
6	Pazuntaung	CBD	9	1067498.3	53648	8258	2.61%	503	365
7	Ahlone	IUR	11	3380983.6	65510	9021	3.19%	194	
8	Kyeemyindaing	IUR	22	4570109.9	115841	20215	2.18%	253	
9	Sanchaung	IUR	18	2404655.5	105208	17242	2.25%	438	
10	Dagon	IUR	5	4894632.9	24492	3682	-3.70%	50	
11	Bahan	IUR	22	8474439.4	100695	16339	0.44%	119	
12	Tarmwe	IUR	20	4985869.1	191114	32505	3.10%	383	
13	Mingalar Taung Nyunt	IUR	20	4943031.6	155767	22732	2.73%	315	
14	Seikkan	IUR	3	1174224.5	2241	433	3.81%	19	
15	Dawbon	IUR	14	3111295	87284	13603	0.71%	281	224
16	Kamaryut	OR	10	6472492.7	87881	13663	0.45%	136	
17	Hlaing	OR	16	9820283	151014	25969	-0.81%	154	
18	Yankin	OR	16	4791565.1	125909	13921	1.25%	263	
19	Thingangyun	OR	39	13120302	231621	35335	-0.29%	177	174
20	Mayangone	NS	10	25834479	205403	33738	0.89%	80	
21	Insein	NS	21	31397616	311200	53324	2.00%	99	
22	Mingalardon	NS	32	127943855	288858	48896	4.12%	23	43
23	North Okkalapa	OldS	19	27755247	333484	57101	4.46%	120	
24	South Okkalapa	OldS	13	8217704.9	191388	33800	-1.07%	233	
25	Thaketa	OldS	19	13448713	253284	43076	-0.76%	188	157
26	Dala	SCBD	46	98400859	181087	31192	6.77%	18	
27	Seikgyikhanaungto	SCBD	9	12101872	38425	6804	3.18%	32	20
28	Shwe Pyi Thar	NewS	27	52706107	295993	38636	4.25%	56	
29	Hlaing Tharyar	NewS	29	77614147	488768	73668	7.15%	63	
30	North Dagon	NewS	27	24177408	221200	36919	6.16%	91	
31	South Dagon	NewS	39	37506127	370403	58779	7.75%	99	
32	East Dagon	NewS	60	170871278	145505	22734	7.74%	9	
33	Dagon Seikkan	NewS	48	42035707	120161	21741	15.59%	29	41
	Yangon City Total		676	829060625	5142128	825620		62	
34	Kyauktan	PA	13	76120987	48473	40552	-	6	
35	Thanlyin	PA	36	254846226	181959	135772	-	7	
36	Hlegu	PA	14	101003839	50793	37996	-	5	
37	Hmawbi	PA	18	84228570	83719	133977	-	10	
38	Htantabin	PA	18	81770250	40234	88888	-	5	
39	Twantay	PA	10	107864054	24936	135958	-	2	
	Periphery Total		109	705833925	430114	252477		6	6
	Greater Yangon Total		785	1,534,890	5572242	825620		36	36

出典：2012年 JICA 都市圏調査



出典：2012年 JICA 都市圏調査

図 2.5 タウンシップグループ別人口密度 (2011年)

2.1.4 経済

2011年のヤンゴン地域のGRDPは8,165百万US\$、1人当りGRDPは1,465US\$と推定されている(2012年JICAヤンゴン都市圏調査)。ヤンゴン地域の産業構造を下表に示す。製造業が最大で37%を占め、次いで商業、サービス業が占めている。農林水産業は8%を占めるのみであり、ヤンゴン地域は商工業都市といえる。

表 2.4 産業構造 (GDP ベース)

	商業	サービス	建設	電力	製造業	エネルギー 鉱業	農林魚業
比率 (%)	25	24	5	1	37	0	8

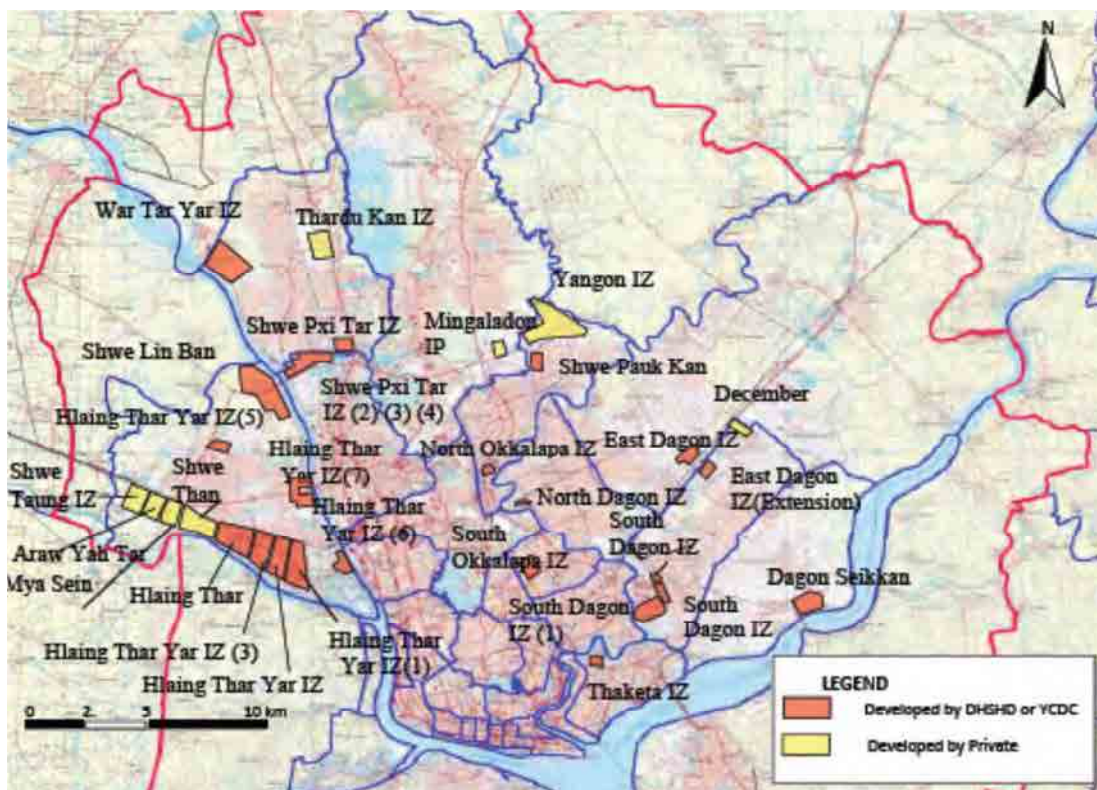
出典：2012年 JICA 都市圏調査

2011年現在、ヤンゴン都市圏には15,089の工場があり、この内、調査対象地域には13,582の

工場がある。最も多く立地しているのは、3,685工場(39タウンシップ全工場の27%)があるNew Suburbs Zoneであり、Inner Urban Ring Zone(2,543工場、19%)、Older Suburbs(1,749工場、13%)、周辺6タウンシップ(1,697工場、12%)、Northern Suburbs Zone(1,428工場、11%)がこれに次ぐ。

ヤンゴン都市圏には主として1990年代にDHSHD(Department of Human Settlement and Housing Development)により建設された25箇所、6,665haの工場区がある(下図参照、計画中のThilawa SEZ、1,560ha等も含む)。

停電が多いことを反映して、工場の85%、近代商業施設の全てでバックアップ用の発電機を備えている。水源については、伝統的なマーケット、商店では50%以上がYCDC水道に依存しているものの、工場では17%に過ぎない、私設井戸の割合も高く、工場75%、商店45%、マーケット30%が井戸に依存している。



出典：2012年 JICA 都市圏調査

図 2.6 ヤンゴン都市圏の工場地区

2.1.5 保健衛生

「ミ」国都市部の平均寿命は2003年に男62.1歳、女66.2歳であったが2009年には男65.5歳、女70.7歳に改善されている(Statistical Yearbook 2010による)。WHOによると、2009年の男性の寿命は中央値で69歳、女性が75歳、東南アジアではそれぞれ64、67歳である。「ミ」国の平均寿命は世界平均より低い、東南アジアよりは高いということがいえる。以下にヤンゴ

ン地域の出生率、死亡率、乳幼児死亡率、妊産婦死亡率、5歳以下死亡率の2002年～2011年の推移、及び世界の2010年の中央値を示す。

表 2.5 ヤンゴン地域出生・死亡率

Sr. No	IMPACT INDICATORS	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	World median 2010
1	Crude Birth Rate (per 1,000 Population)	19.06	18.61	18.73	16.46	16.15	15.83	15.22	15.22	15.51	15.79	19.9
2	Crude Death Rate (per 1,000 Population)	8.11	7.72	7.97	7.72	7.76	8.01	8.09	7.35	7.24	6.76	8.2*
3	Infant Mortality Rate (per 1,000 live Births)	43.97	38.24	36.56	33.53	35.84	32.56	25.51	22.96	16.67	16.27	18
4	Maternal Mortality Rate (per 1,000 live Births)	0.39	0.52	1.22	1.30	0.93	1.15	0.86	0.94	1.07	1.05	0.66
5	Under 5 Mortality Rate (per 1,000 live Births)	57.27	51.04	47.10	45.18	45.11	45.13	33.80	28.76	22.15	21.78	20

出典：Yangon Regional Health Department, Ministry of Health
WHO for world median
* Data for 2009

右端の世界の中央値と比較すると、出生・死亡・乳児死亡率は低いという結果だが、妊産婦死亡率及び5歳以下幼児の死亡率は高いということが分かる。

下表は2007年～2011年のヤンゴン地域の流行性疾患数及び死亡数を示す。

表 2.6 流行性疾患数及び死亡数

Diseases	2007		2008		2009		2010		2011	
	Cases	Deaths	Cases	Deaths	Cases	Deaths	Cases	Deaths	Cases	Deaths
Cholera	4	-	49	0	191	7	22	1	37	0
DHF (Dengue Haemorrhagic Fever)	4,759	54	3,604	31	3,333	38	3,162	21	552	4
Plague	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

出典：Yangon Regional Health Department, Ministry of Health

世界平均では、コレラが2010年では951ケース、ペストが2011年で0である。コレラについてはヤンゴン地域の状況は世界平均と比較して良いといえる。

下表は水系伝染病を含む疾病の患者数及び死亡者数である。

表 2.7 疾病患者数及び死亡数

Sr. No	Name Of Disease	2007		2008		2009		2010		2011	
		Cases	Death	Cases	Death	Cases	Death	Cases	Death	Cases	Death
1	Diarrhea	17,344	7	17,462	9	13,166	10	11,851	2	10,969	4
2	Dysentery	8,507	0	9,489	-	6,135	0	6,361	0	4,436	0
3	Food Poisoning	244	7	259	3	435	7	255	0	395	0
4	Typhoid & Para Typhoid	103	1	71	1	55	0	98	0	47	0
5	Other Tetanus	2	1	3	1	6	1	4	0	5	0
6	Meningitis/ Encephalitis	32	5	24	2	1	4	9	4	10	2
7	ARI (Acute Respiratory Infections)	23,664	59	21,579	37	3	32	17,008	20	17,568	16
8	Viral Hepatitis	188	6	251	1	14	4	271	3	205	2
9	Rabies	17	17	14	14	10	8	8	8	8	8
10	Malaria	5,155	36	5,741	26	4,605	27	4,374	16	2,226	3
11	Snake Bite	486	62	446	57	401	45	479	45	569	64

出典：Yangon Regional Health Department, Ministry of Health

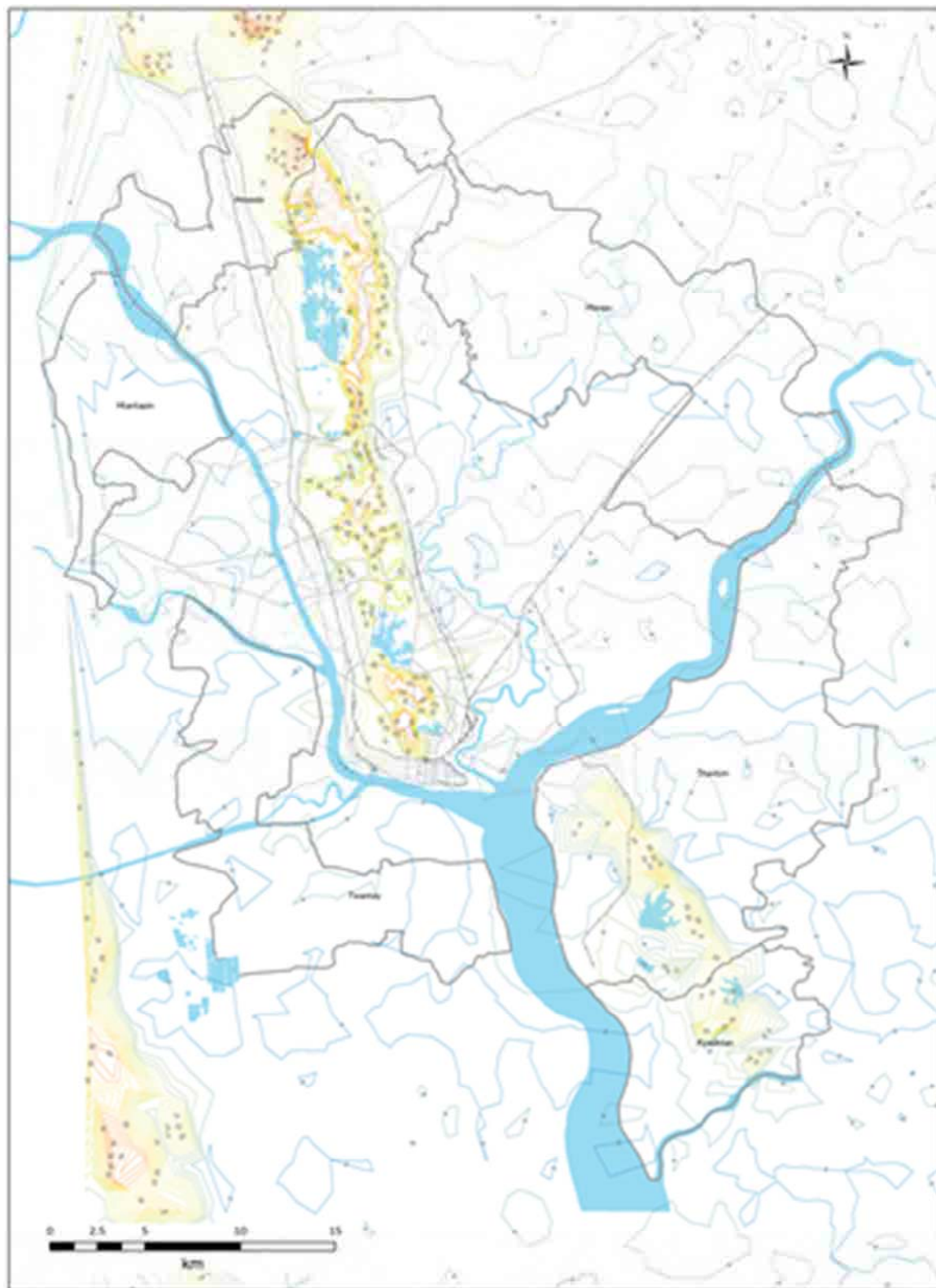
深刻な下痢症状については、タウンシップ毎の 2012 年のデータを入手した。ヤンゴン地域 45 タウンシップ内で深刻な下痢症状が 2,741 ケース報告されており、その内 Hlaing Thayar (374 人)、South Dagon (327 人)、North Okkalapa (235 人)、Insein (233 人) の 4 タウンシップで 43% を占めている。1998 年では、下痢患者全体 8,269 人で、Hlaing Tharyar、1,299 人、Shwe Pyi Thar、1,239 人、Mingalardon、778 人、South Dagon、714 人で半数以上を占めていたとのことで、Hlain Thayar と South Dagon は未だに改善されていないことが伺える。2012 年は Shwe Pyi Thar で 140 人、Mingalardon で 58 人であった。

2.2 自然条件

2.2.1 地形

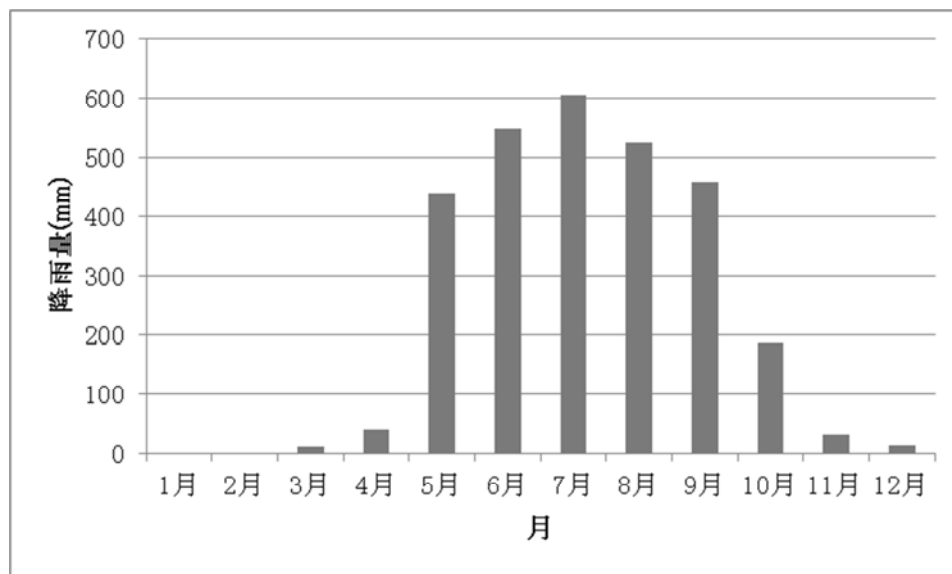
ヤンゴン都市圏は、エーヤワディー川（旧称イラワジ川）のデルタ地帯を縦断するヤンゴン川の河口から 34km ほど内陸に位置している。地形的な特徴としては、ヤンゴン市を南北に貫く中央部分に標高 100 フィート（約 30m）を越える緩い丘陵地形があり、ヤンゴン市の象徴である Shwedagon Pagoda（寺院）がこの丘陵の南端に位置している。この丘陵の小河川（いずれも Hlaing 川の支流）に貯水池が設けられ、YCDC の水源となっている。1 箇所は市域の最北部、2 箇所は市外にある。市内の CBD、Inner Urban Ring、Outer Ring Zone の一部への配水拠点となる 3 箇所の配水池はいずれも標高 100 フィートを越える丘陵の頂点に配置されている。

上記の中央部を除く調査対象地区は、平坦な地形であり標高は 5m 以下である。



出典：JICA 調査団

図 2.7 ヤンゴン都市圏の地形



出典: JICA 調査団

図 2.10 月平均降水量(ヤンゴン市 Kaba Aye 観測所)

2.2.4 水文と水理

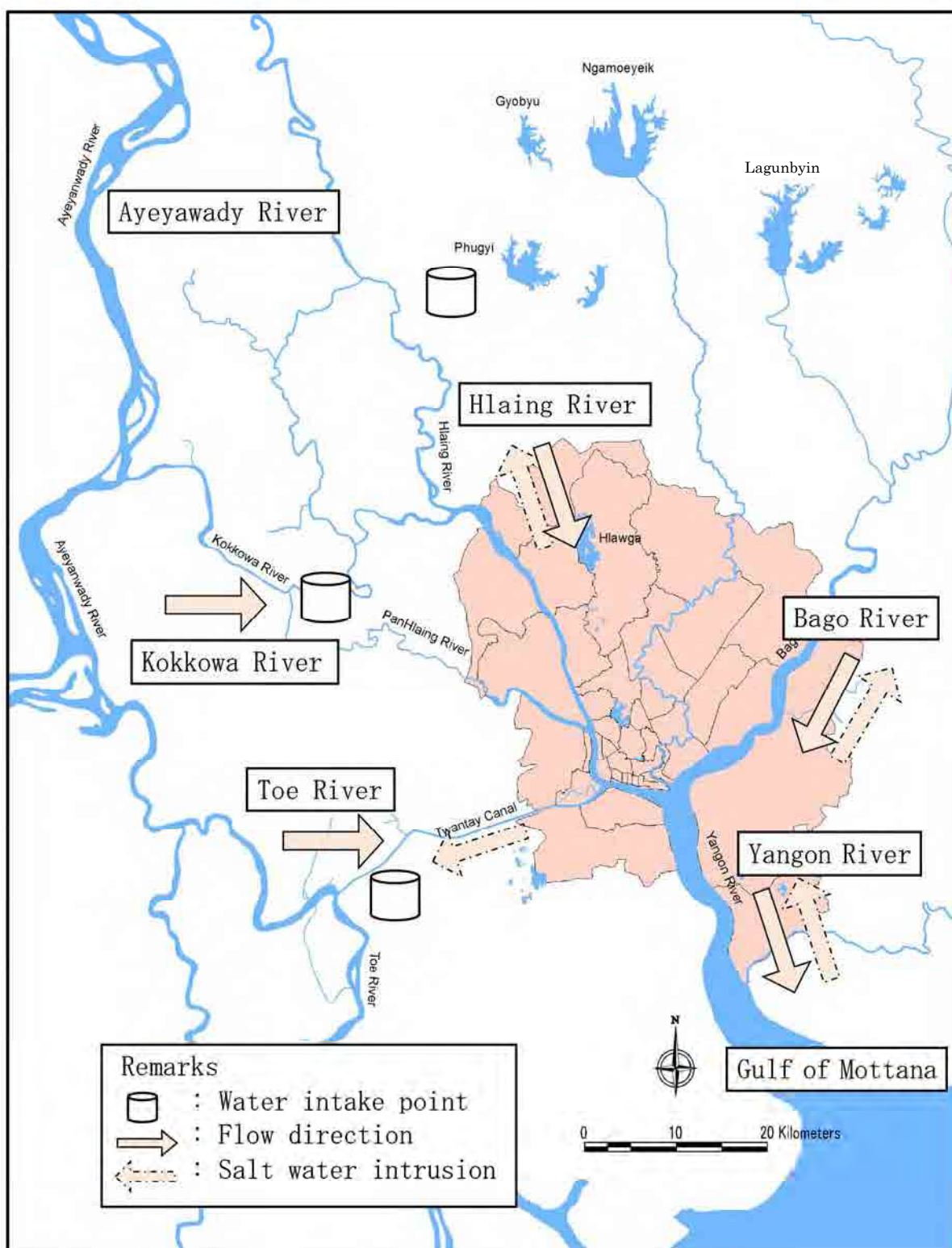
(1) 河川

ヤンゴン都市圏周辺の河川システムを下図に示す。ヤンゴン都市圏は Bago 川と Hlaing(Yangon) 川の合流地点周辺に発達している。二つの河川は合流して Yangon 川となり、Mottama 湾に流入する。

Yangon 川に合流する Pan Hlaing 川、Twan Tay Canal と Hlaing 川に合流する Kokkowa 川は、いずれもその源はエーヤワディー川である。これらの河川は、将来の水需要の増加が予想されるヤンゴン都市圏の水源地候補である。

市内 CBD 東部には Pazuntaung 川が流れ、この上流は Ngamoyeik 川と呼ばれ、YCDC の水源の一つである Ngamoyeik 貯水池がある。

Hlaing 川と Bago 川以外では河川の流量観測がされていないため河川流量は不明である。

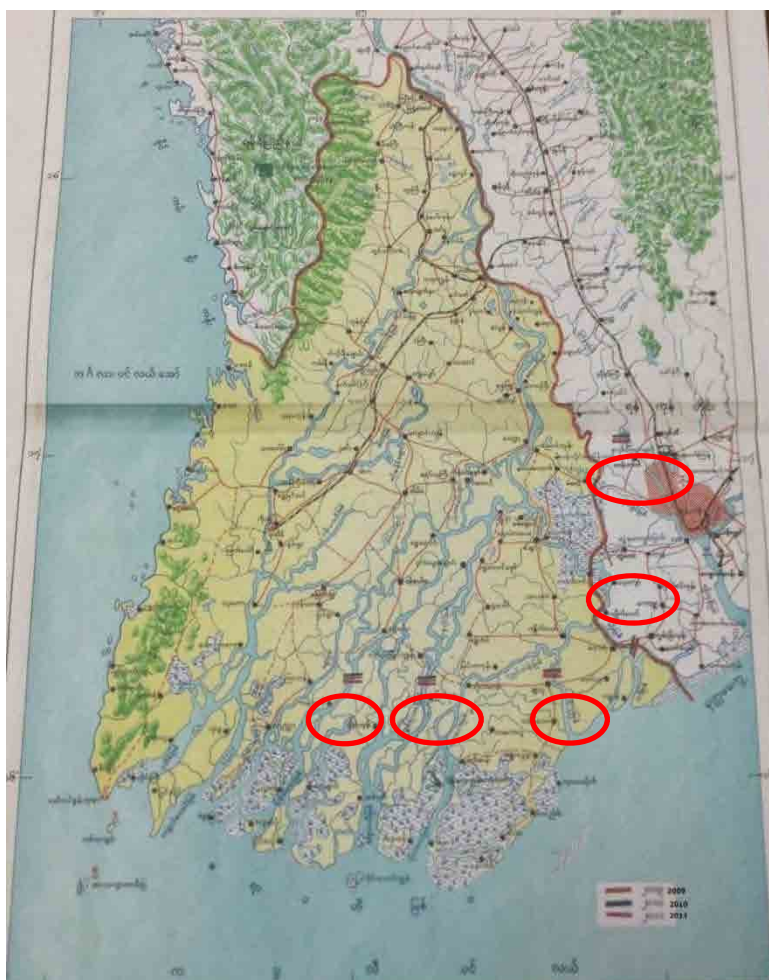


出典：JICA 調査団

図 2.11 ヤンゴン周辺の河川

ヤンゴン周辺の塩水遡上

これら河川は、全て感潮河川であり、乾季の河川流量が少ない時期には、塩水遡上が発生している。従って、水道水源として開発する際は塩分遡上を検討する必要がある。ヤンゴン周域における塩水遡上の実績として、2009～2011年に塩分濃度が1,000ppmの位置（図中の赤丸）に示されている。



出典：農業灌漑省

図 2.12 ヤンゴン周辺の塩水遡上実績

潮位の観測は数年前から行われていないが、ミャンマー港湾局（MPA）が保有する潮汐の情報は下表に示すとおりである。過去の観測記録は、ヤンゴン港（Sule Pagoda Wharf）と、ヤンゴン川河口（Elephant point）で行われている。ヤンゴン港では、潮位を含めた最高高水位（HHWL）は6.74mであり、平均水位（MWL）は3.121mである。平均水位と最高水位の差は3.619mである。

表 2.8 ヤンゴン港における潮位

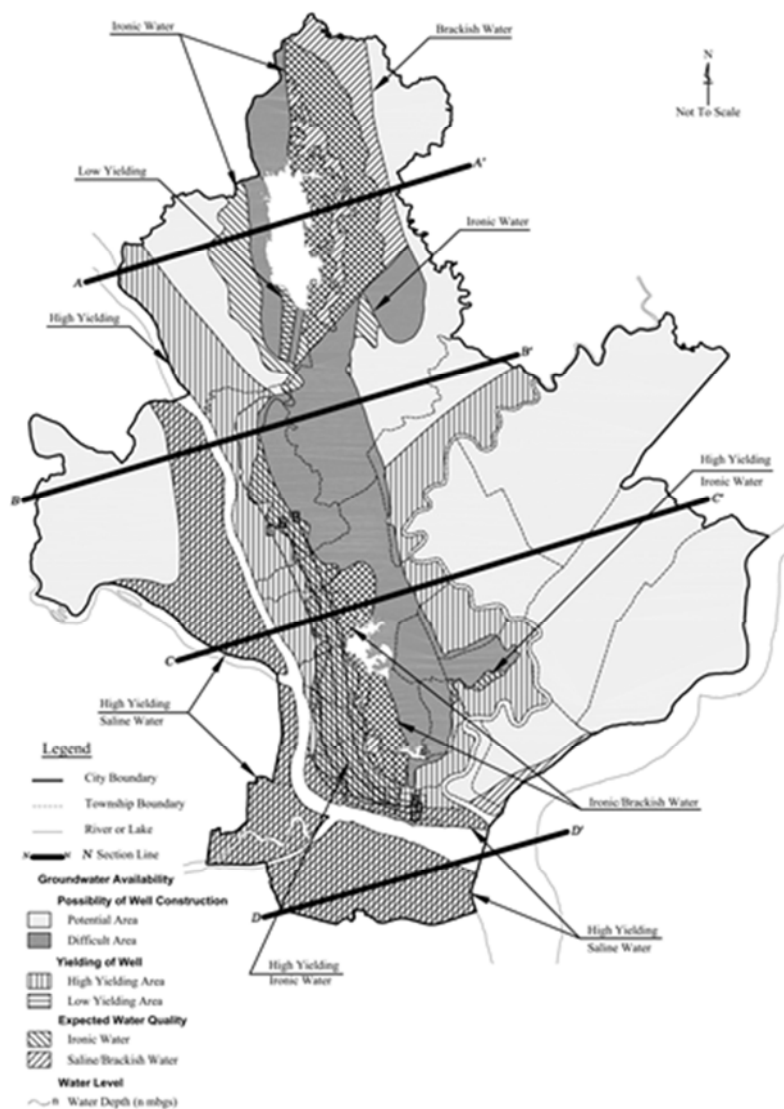
Items	Tidal Height (m)	Observed Date
Highest High Water Level (HHWL)	+6.74	Sep. 1899
Mean Water Level (MWL)	+3.121	Up to 1936
Lowest Low Water Level at Bo Aung Kyaw Street Wharf	-0.24	Dec. 1902
Indian Spring Low Water Mark	+0.338	-

出典：ミャンマー港湾局(MPA)

(2) 水理地質

2002年ヤンゴン市給水改善計画調査において、地下水利用可能地図が作成されている（下図参照）。それによれば地下水のポテンシャル及び水質には以下の地域的特色がある。

- ヤンゴン市の中央を走る丘陵地帯では地下水の賦存量は少なく開発が難しい。
- 丘陵以外では地下水の開発が可能である。
- 特に河川周辺は高い開発ポテンシャルがある。
- ヤンゴン川左岸に面する地域及びCBDでは、塩分濃度が高い懸念がある。
- 丘陵地の周辺では、鉄分の高い地下水の可能性がある。



出典：2002年ヤンゴン市給水改善計画調査

図 2.13 ヤンゴン市における地下水ポテンシャル

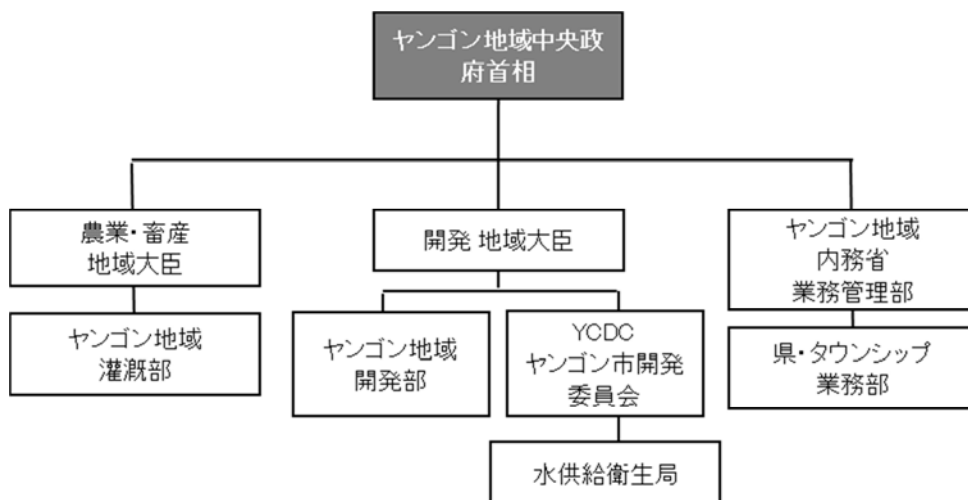
2.3 上下水道・排水に係る関連組織

2.3.1 ヤンゴン地域政府

農業用排水路の建設、維持管理は、国、州・地域政府の役割であると憲法に明記されている。一方、上下水道及び都市排水の建設・維持管理主体は必ずしも明確でないものの、州・地域政府の役割の一つに水税（Water tax）の徴収権限があるとの記述があり、これが水道料金を示していると考えられ、上水道は州・地域政府開発局（下図参照）の業務であると読める。ヤンゴン地域ではこの地域政府開発局は YCDC と共に地域政府の管轄下にある。周辺 6 タウンシップの内、Thanlyin と Kyauktan タウンシップ市街地および Thilawa SEZ に小規模水道施設があるが、地域内に下水道施設はない。

国レベルの水管轄省庁について、これまで国境省開発局 (Ministry of Border Affairs, Department of Development Affairs) が、規模に関わらず給水を担当していたが、2012年7月に組織変更が行われ、国境省 地方開発局 (Ministry of Border Affairs, Department of Rural Development Affairs) となり、村落給水のみ在所掌となったため、都市規模の場合は、自治体(委員会)が直接管轄しており、国レベルでの管轄省庁はない。その後、2013年に地方開発局は国境省から畜産水産・農村開発省 (Ministry of Livestock, Fisheries and Rural Development) に移行された。

一方、次節で述べる YCDC 法では、YCDC は上下水道の建設・維持管理の権限を明らかに有している。



出典: JICA 調査団

図 2.14 地域政府の関連部署

2.3.2 ヤンゴン市開発委員会 (YCDC)

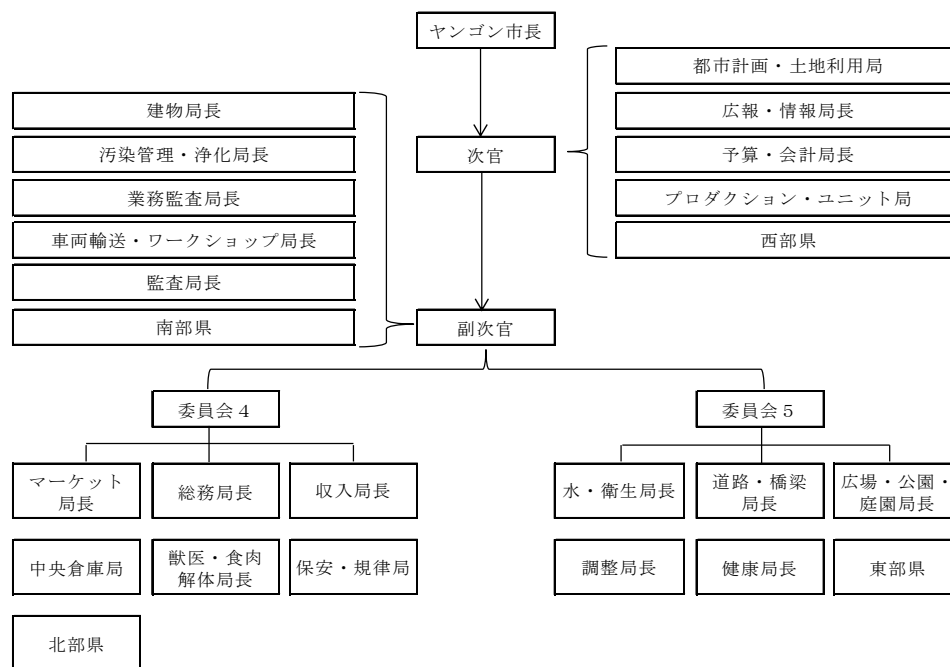
(1) ヤンゴン市開発委員会 (YCDC)

YCDC は、ヤンゴン市の開発事業の自発的な促進を目的として、「ヤンゴン市都市開発法」によって設立された。同様な法律は、「ミ」国第二の都市マンダレーと首都ネピトーにある。ヤンゴン都市開発法によって、YCDC は自己資金による独自事業の遂行が権限として認められている。しかしながら、現状では事業の許認可申請を政府に行わなければならないこと、国家予算体系の枠組みに組み込まれた活動内容となっていること等、必ずしもその権限を十分に行使できる環境となっていない。

YCDC の組織図を下図に示す。YCDC の役割の一つに上下水道・衛生事業が含まれている。上下水道事業や公衆衛生事業について政策を策定し、管理、実施する責務が同法によって規定されている。YCDC は市長 (地域政府開発大臣の兼任) をトップとし、その下に次官、副次官がいる。委員会メンバーは、市長、次官、副次官および2名の理事 (委員会 4, 5) から構成される。

水供給衛生局 (Department of Engineering (Water and Sanitation)) が上下水道・衛生事業を管轄する部署である。

一方、市内の雨水・排水事業は道路・橋梁局 (Department of Road and Bridge) が担っている。排出先の河川、クリークは農業灌漑省の管轄となっている。上水道の水源及び水道水の水質検査は健康局 (Department of Health) が担当し、水質検査結果のモニタリングは水供給衛生局の水質モニタリング課が担当している。



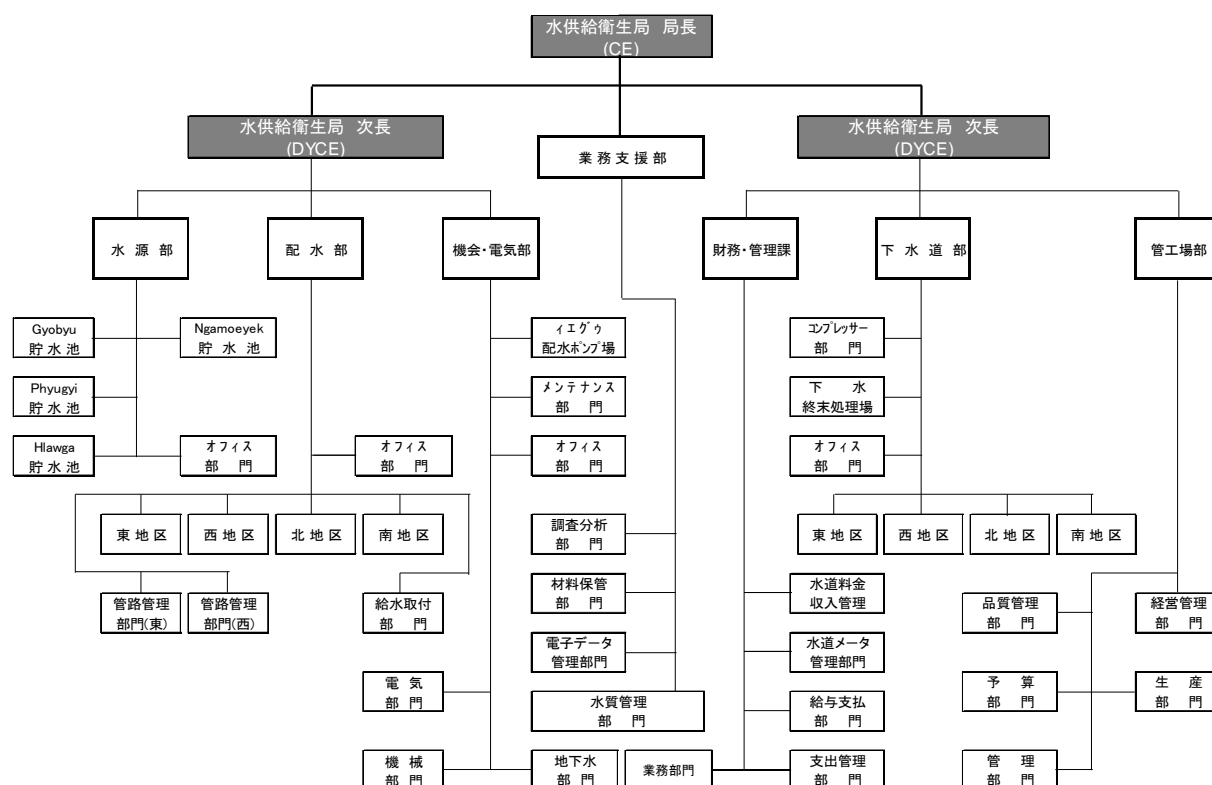
出典：YCDC DEWS

図 2.15 YCDC 全体組織図

(2) 水供給衛生局

水供給衛生局は、局長 (1名) および副局長 (2名) の下、次の6つの部 (Division) から構成されている：①貯水池部 (Reservoir)、②配水部 (Water Distribution)、③電気・機械部 (Electrical & Mechanical)、④財務・管理部 (Finance & Administration)、⑤下水道部 (Sewerage)、⑥管工場部 (Pipe Plant)。また、業務支援部署として、調査係、倉庫係、コンピュータ係、水質モニタリング課がある。総職員数は、2,196名 (2012年6月現在) となっている。

水供給衛生局の組織図を下図に示す。



出典：YCDC DEWS

図 2.16 YCDC 水供給衛生局 組織図

水供給衛生局の各部署の役割を下表に示す。

表 2.9 水供給衛生局各部署の役割

部署名	人数	主な役割
貯水池部	485 人	下記の 4 貯水池と 4 ポンプ場の運転管理、及びペットボトル入り飲料水の製造管理。 <ul style="list-style-type: none"> ・ Gyobyu 貯水池&ポンプ場 ・ Phyuugi 貯水池&ポンプ場 ・ Hlawga 貯水池&ポンプ場 ・ Ngamoeyeik 貯水池 ・ Nyaunghnapin (浄水場) 送水ポンプ場
配水部	1,060 人	YCDC 庁舎内に本部、ヤンゴン市内、東・西・南・北の各地区に地区事務所 4 箇所、及び 32 のタウンシップ事務所を配置している。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 給水設備工事の受付 ・ 水道料金徴収 ・ 漏水修理 ・ 市民からの苦情受付や新規接続の受付 ・ 漏水発見のキャンペーン実施 各タウンシップオフィスには、①漏水修理、②集金、③井戸ポンプの運転管理者の 3 種のスタッフがおり、32 オフィス総勢で現在 345 名が業務にあたっている。
機械・電気部	86 人	ヤンゴン市東部 (South Dagon) とヤンゴン市西部 (Thaephyu) の地下水の浄水処理及び配水維持処理。
財務・管理部	215 人	水道料金の収入支出管理、給与の支払業務。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 政府関連組織や外国人事業投資家からの料金 (\$ 払い分) 徴収

部署名	人数	主な役割
		<ul style="list-style-type: none"> 水道メータ代金回収 水供給衛生局職員への給与支払い 水道料金の収入（メーターで徴収する水道料金のみ）・支出管理
下水道部	198人	下水道の維持、運転管理。 <ul style="list-style-type: none"> 公共下水道管の維持管理 下水終末処理場の運転管理 高気圧送排水システム（エジェクターステーション）の運転管理 コンプレッサー場の運転管理
管工場部	136人	プレストレストコンクリート製のパイプ工場の運営。 <ul style="list-style-type: none"> 口径16”、24”、36”のコンクリートパイプを製造販売（販路：YCDC 水供給衛生局、灌漑省）
業務支援部	13人	水供給衛生局長に直結した部署であり、上記6つの部の業務支援。 <ul style="list-style-type: none"> コスト分析やドラフティング実施 管路網等の電子データの管理 水質管理 <ul style="list-style-type: none"> 上水道に係る貯水池と浄水場の水質のモニタリング。水質検査用のラボ施設は保有していない。水質検査は、ラボのあるYCDC健康局へ毎月1回、水質基準10項目について依頼。同課はサンプリング結果をモニタリング、管理 材料などの保管

出典：YCDC

(3) 健康局 (Health Department)

健康局の主な活動は感染症の予防と管理であり、具体的には、①衛生教育、②疾病の監視、③予防的管理対策（HIV/AIDS、食品管理衛生、労働衛生を含む）、④感染症発生対応、⑤訓練、について活動を行っている。健康局には、1998年にYCDC自己資金で設立された水質検査室を備えている。同局には225名の職員がおり、その内、水質検査室では15名程度が働いている。

水供給衛生局の依頼を受け水質サンプリング検査を実施しているほか、レストランや工場など民間から依頼された飲料水の水質検査を行っており、月平均30-50サンプルの水質検査を実施している。水質検査項目は、WHO水質基準項目の内、17項目について検査可能とのことであった。

将来的に検査サンプル数が増えた場合、既存の体制では人的資源、予算の面から対応が難しい状況にある。

2.3.3 農業灌漑省

農業灌漑省（MOAI）は、水資源管理を含む灌漑と農業開発を主管する省庁である。灌漑用水を十分に確保することは農業生産力を高める上で重要であるとの認識の下、貯水池やダムの新規建設、貯水量増加のための修繕、地下水の効率的活用などに取り組んでいる。主に洪水管理、水力発電、灌漑、ダム建設、タウンシップ給水、などの多目的な内容を含むプロジェクトを実施してきている。

ヤンゴン周辺にあるNgamoeyeikダム、Lagunbyinダムなどの多くの水源やダムの水利権は、農業灌漑省が管掌している。

灌漑局は、表流水を利用した灌漑事業の運営・維持管理、施設建設を主な業務としている。水

文地質部門では、河川の流量観測を行っており、モニタリングデータも管理している。

水資源利用局は、地下水を水源とする地下水開発も行っており、ポンプ揚水による灌漑だけでなく、一般家庭用水としての給水も事業の一部として行っている。

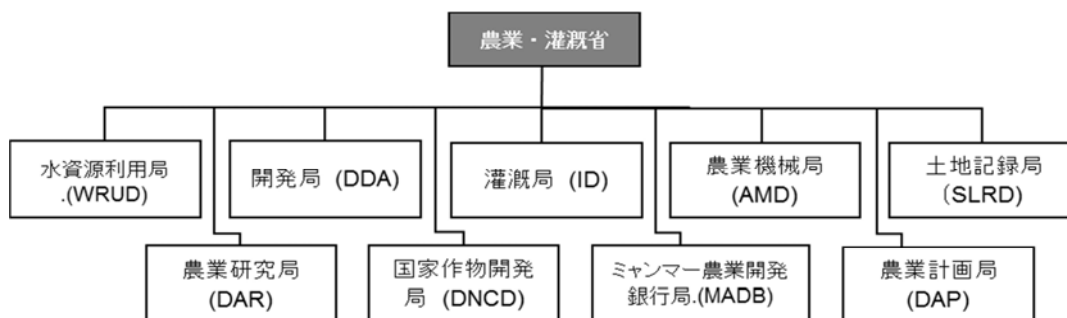
両部局の業務を下表に示す。

表 2.10 主要部局業務

部 署	主な業務、職員数	
灌 漑 局 (ID)	業務内容： 部 署： 職員数：	表流水を利用した灌漑事業の運営・維持管理、新規プロジェクトの建設、調査、設計、実施。 主要ダム、頭首工、主な運河などの大規模施設の維持管理と運転も担当。 (1) 本部、(2) 調査課、(3) 維持管理課、(4) 機械課、(5) 建設課 20,367 人
水資源利用局 (WRUD)	業務内容： 部 署： 職員数：	地下水及び河川のポンプ揚水による灌漑及び農村開発、スプリンクラーの開発・促進。 (1) 計画課、(2) 地下水課、(3) ポンプ課、(4) 自然流下・土木課、(5) 生産・調達課、(6) 業務課 1,778 人

出典：農業灌漑省

農業灌漑省の組織図を下図に示す。



出典：JICA 調査団

図 2.17 農業灌漑省組織図

2.4 水供給・衛生に係る法制度

2.4.1 「ミ」国関連法

同国は、1932 年まで英領インドの一州として位置づけられていた歴史的経緯から、その法制度は英国法の流れを汲むビルマ法典が法体系のベースとなっている。しかしながら、現在では全く運用されていない法律も存在し、民政転換後は、法改正が徐々に行われているのが現状である。

現憲法は 2011 年 1 月に発効し、15 章 457 条から成っている。複数政党民主主義、大統領制を採用し、公正・自由・平等・国民の平和と繁栄の継続と発展をうたう一方で、国軍が国民政治への指導的役割に参画することを認めている。

憲法には、立法権、行政権、司法権の分立の原則、三権の相互監視、抑制、均衡についても記載されており、基本的人権に関しては、第 8 章に「平等権」や「自由権」といった基本的な人権

の保障が謳われている。私企業を国有化しないことや、営業、就業の自由も保障されており、国民の権利保護に関する内容も多く含まれている。

前述したが、都市に関する上下水道の所管は国の責務ではなく地方の責務と規定されている。

2.4.2 ヤンゴン市の上下水道・排水関連法制度

(1) ヤンゴン市開発法

水供給・衛生事業に関連して、YCDC 法の「第3章 委員会の職務規定」の中では、次の事業が YCDC の所管事業として明確に規定されている。

- 上水道に関する事業
- 貯水池及びパイプラインの建設及び維持
- 下水道事業
- 公衆衛生に関する事業

「第4章 委員会権限」、「第9条」には YCDC が自治権を行使する根拠となる下記の条文が規定されている。

- 自治地域の設定
- 自己資金による独自事業の遂行
- 外国通貨を開発事業に使用する権利
- 連邦内外の組織、個人との契約により市の開発事業に寄与する権利

今回の調査により、現在は上記第9条の規定内容については大部分が形骸化していることが窺える。『ヤンゴン市開発法』に基づき自主的に行われるべき YCDC の事業活動は、各事業において YCDC が企画・積算を行った後、本来、地域政府に対し事業に対する許認可の申請を行うものである。

しかしながら、事業執行に必要とされる予算については、2011年4月から連邦政府の国家予算の体系に組み込まれ、地域政府の許認可に基づいた執行を余儀なくされている。

今後、同法及び関連法制度との整合性を含め、将来の展望を見据えた法制度の改変と整備が必要である。

(2) ヤンゴン市開発法 施行規則（水供給衛生）

YCDC は、国家平和発展評議会議長の合意の下、ヤンゴン市開発法第33条を受けて、YCDC 開発法に関する施行規則を定めた。水道衛生に関する規則も通達 No. 6/99 として定められている。

その中では、水供給衛生事業に係る YCDC の責務と権利について言及されている。主な関連する条文を次に示す。

ヤンゴン市開発法 水供給事業に関する主な施行規則（Notification No. 6/1999）

第3条 委員会は、ヤンゴン市の住民が必要とする適切な水を十分に配水しなければならない。

- 第4条 委員会は、ヤンゴン市の内外において下記の事業を行える。
- a) 市の配水事業に必要とされる貯水地、井戸、パイプライン、ポンプ場などの建設や配備。
 - b) 市の配水事業に必要とされる土地や関連機械等を所有者から購入することや賃借すること。
- 第5条 委員会は、水源の取得や配水事業等に関する契約や入札を行える。
- 第11条 委員会は、
- a) 水道配管工事を行う施工者は委員会公認の資格取得配管技工に限る。
 - b) 委員会は、配管工事を行なっている全ての配管技工の作業を検査することができる。
- 第13条 委員会は、水道使用者側が水道料金を支払わない場合や、規則等に従わない場合等に水道の使用を停止させることができる。
- 第16条 水道使用者は以下の作業を行う際、委員会が定めた手順に従い申請を行わなければならない。
- a) 委員会の配水管から使用者の住宅の給水管に直接接続する場合
 - b) 委員会が許可している配管から分岐する場合
 - c) 委員会のパイプから電動や手動ポンプを使用して取水する場合
 - d) 委員会の許可で設置した元々の水道関連設備等の改善及び増設
- 第21条 委員会は、国の飲料水基準が定められるまでWHOが定めた飲料水基準を使用する。
- 第22条 委員会は委員会が所有する配水システムの水道使用者に水道料金を請求できる。

ヤンゴン市開発法 下水道及び公衆衛生事業に関する主な施行規則 (Notification No.6/1999)

- 第24条 委員会は、ヤンゴン市内外で政府機関や団体などと提携して以下の事業を行える。
- a) 公衆衛生処理や下水事業管理
 - b) 公衆衛生処理や下水事業管理のため、土地・建物や機械等の購入又は借入
 - c) 定められた規則や基準通りに民間に下水事業を許可すること
- 第25条 委員会は、
- a) 建物の所有者や使用者の責任で建設する下水道システムの精査、許可
 - b) 下水道システムがある地域で250名以上で共有している建物や、委員会が複数で共有していると判断した建物などから出された下水を委員会の下水道システムに流入させる場合、委員会は流入の可否等についての判断や管理を行うことができる。
 - c) 下水道システムがない地域では、個人や多数の人が使用する浄化槽から出された透明汚水に限り、委員会が許可した河川、小川、池等に放流することができる。
 - d) 透明汚水の基準は委員会が定める。
 - e) 前項に基いて透明汚水が、委員会が定めた基準通りなので放流したい旨の申請を受けた場合は精査の上許可をすることができる。
 - f) 住宅団地から出された排水については、委員会が定めた所定の手数料を支払い、委員会の下水道システムの中に放流して処分することができる。
- 第26条 委員会は、市内外の下水道事業のため建物等の所有者や使用者に対し所定の手数料を請求することができる。
- 第28条 委員会は、市内外の下水道基準や規則等を定めることができる。
- 第32条 団地や住宅等に使用している浄化槽や下水システムが基準に適合していない場合、使用者や所有者に再構築や再配管等必要な整備を命ずることができる。

2.4.3 日本とミャンマー、ヤンゴンの関連法制度の比較

上下水道事業に係る現行の関連法について、「ミ」国と我が国の対比表を以下に示す。都市水道がヤンゴン、マンダレー等の大都市に限定されている現状から、予算配分等を除くと国の関与がなく、従い国レベルの水道法等はない。

日本国内法	「ミ」国内法
<p>地方公営企業法 「地方公共団体の経営する企業（水道事業、工業用水道事業、電気事業、ガス事業）の組織・財務及びこれに従事する職員の身分取扱、その他企業の経営の根本基準、並びに企業の経営に関する事務処理関連の特例を定め、地方自治の発達に資すること」と目的を定め、基本原則として、常に企業の経済性を発揮すると共にその本来の目的である公共の福祉を増進させることを記している。</p> <p>地方公営企業法施行規則</p> <p>地方公営企業法施行令 「地方公営企業法」の実施細則を定めている。</p>	<p>該当法令なし</p> <p>上水の供給に関する事業費の原資確保の観点から、水道事業を独立した企業会計として行うことの検討が必要。</p> <p>該当法令なし</p> <p>該当法令なし</p>
<p>水道法 水道の布設及び管理を適正ならしめると共に、水道を計画的に整備し、及び水道事業を保護育成することによって、清浄にして豊富低廉な水の供給を図り、もって公衆衛生の向上と生活環境の改善とに寄与すること」と目的を定め、水道事業の形態と、給水人口により「水道事業」「簡易水道事業」「水道用水供給事業」及び「専用水道」「簡易専用水道」などの定義と共に各水道事業の実施に係る認可要件等について記している。</p> <p>第一章 総 則</p> <p>第1条 この法律の目的</p> <p>第4条 水質基準</p> <p>第5条 施設基準</p> <p>第二章 水道事業</p> <p>第一節 事業の認可等</p> <p>第6条 事業の認可及び経営主体</p> <p>第8条 認可基準</p> <p>第12条 技術者による布設工事の監督</p> <p>第13条 給水開始前の届出及び検査</p> <p>第二節 検 査</p> <p>第14条 供給規程</p> <p>第15条 給水義務</p> <p>第16条 給水装置の構造及び材質</p> <p>第16条の2 給水装置工事</p> <p>第17条 給水装置の検査</p> <p>第19条 水道技術管理者</p> <p>第20条 水質検査</p> <p>第三節 指定給水装置工事事業者</p> <p>第25条の2 指定の申請</p> <p>第25条の3 指定の基準</p> <p>第25条の4 指定給水装置工事主任技術者</p> <p>第三章 水道用水供給事業</p>	<p>該当法令なし</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 水道事業の定義及び事業母体の定義の規定、又、給水設備設置者の責任の定義に係る検討が必要。 ◆ 国の水質基準の策定に向けて検討を進めているが、現在はWHOの基準に準拠。 ◆ 類似法令：「ヤンゴン市開発法」 ◆ 類似法令：「YCDC 開発法 施行規則」 ◆ 類似法令：「YCDC 開発法 施行規則」 ◆ 類似法令：「YCDC 開発法 施行規則」 ◆ 類似法令：「YCDC 開発法 施行規則」 ◆ 類似法令：「YCDC 開発法 施行規則」 ◆ 類似法令：「YCDC 開発法 施行規則」

日本国内法	「ミ」国内法
<p>第26条 事業の認可 第20条 認可基準</p> <p>第四章 専用水道 第四章の2 簡易専用水道</p> <p>第34条の3 検査の義務</p> <p>水道法施行令</p> <p>水道法施行規則 「水道法」の実施細則を定めている。</p>	<p>◆ ホテルなどのような大型建築物に自己水源（井戸）による給水設備を設置するに際し、独立した水道設備を監理するための技術者の選任・配置の法制化が必要</p> <p>該当法令なし</p> <p>該当法令なし</p>
<p>各都市給水条例 「水道法」第二章、第二節「業務」に「水道事業者は料金、給水装置工事の費用の負担区分その他の供給条件について供給規程を定めなければならない」との規定に基づき、各都市が給水区域内の需要家に対し水道水供給の際に必要なとする細則を定めている。</p>	<p>類似法令：「YCDC 開発法 施行規則」</p> <p>◆ 市民が安心して利用できる安全な水道水の供給を目的とし、都市の環境を考慮した水道料金や工事の施工方法、検査規定、工事業者に対する施工基準の検討。（一部細則において類似）</p>
<p>下水道法 公共下水道、都市下水路等の整備に関する基本方針や根幹的施設の配置、構造及び能力に関する事項、また、放流水の水質基準を定め、公衆衛生への寄与と公共用水域の水質の保全を目的としている。</p> <p>下水道法施行令</p>	<p>該当法令なし</p> <p>◆ 下水道事業の定義、下水道事業母体の定義、また、下水道の基本的な概念及び公共下水道の維持に関する規定、除害施設の設置など、流入汚水に対する水質の規定等に関し早急な検討が必要。</p> <p>該当法令なし</p>
<p>各都市下水道条例 公共下水道に接続される排水設備について、用語の定義や排水設備の接続方法、排水設備工事に係る工事業者の指定、排水設備工事における技術者に対する規定、排出量に対する下水道料金の徴収等について各都市が定めている。</p>	<p>該当法令なし</p> <p>◆ 市民が設置する排水設備について受益者負担の原則に基づく下水道料金の徴収や、排水設備工事に係る届出、雨水排水生活排水、汚水等、水質区分による処理方式及び放流先の区分等市街地における実質的な排水設備に関する法律の整備が必要。</p>

2.4.4 官民パートナーシップ（PPP）とプライベート・ファイナンス・イニシアティブ（PFI）関連法

(1) 官民連携（PPP）の概念と官民連携に係る法整備の現状

官民連携（PPP）とは、行政主体の公共サービスに、何らかの形で民間企業やNPO、地域住民などの民間が参画し、事業全体の有効性を高める手法をとらえた幅広い概念であるといえる。

官民連携によって、上下水道事業において行政が直面してきている様々な問題、例えばサービスの導入にあたっての財政的制約、高価な運営・維持管理費、給水原価の低いリカバー率、限られた人的資源と技術的資源、政治的な干渉等、民間事業者のノウハウと資源動員力を活用することで改善していくことが一般的に期待されている。

官側の主なメリットとしては、①民間セクターの能力やノウハウの活用によるサービスの改善、②民間セクターとの事業サービスの責任分担、③民間資金の活用機会向上があげられる。

「ミ」国においては、国民の生活に直結する上下水道環境改善事業、インフラ整備事業等において民間の参入による PPP 事業が活発化することが考えられる。現時点においては、1914年に制定された「パートナーシップ法」があるにもかかわらず、各案件の発生を契機とした対症的な措置に依らざるを得ないのが実情であると見受けられる。

また、昨今の世界的な金融危機に加え、「ミ」は国家としての事業環境の安定性や信用力が、アジアの発展途上国同様に十分ではなく、今後、早期に国際的な投資家や金融機関が長期の事業資金を拠出できるよう経済面や外資受入時の保証、支援の提供など法制度面における環境の整備が望まれている。

こうした中で、「ミ」国においては、外国からの投融資を前提とした「外国投資法」の改訂が2012年11月に行われたが、外国資本の出資割合に関し、多大な関与が懸念されるミャンマー投資委員会 (MIC) の在り方等や、決定に係る経過の透明性などについて、より一層の改善が期待される所である。

上下水道セクターにおける官民連携は、前述した通り、効率性や収益性の点でメリットがあると認識されている一方で、実際の官民連携事業では、問題点や失敗も徐々に明らかになってきている。世界銀行によるアジア地域の官民連携水道事業に関するレビューでは、民間水道の効率化は公営水道との差異は特にみられないとの報告もある。

民間事業者がある程度の効率性と収益性を追求するのは当然であるが、それが行き過ぎ、「安全な水を適正な価格で市民に供給する」という本来の目的が薄れることも過去の事例から指摘されている。官側はそうした民間事業者をコントロールできる十分な事業管理能力が求められる。

途上国の官民連携事業が成立するための要件として、参考までに IMF が指摘する主な点を次に示す。

- 官側の事業管理能力が成熟していること
- 官民連携に係る法制度環境が十分に整備されていること
- 資金調達ができる金融市場が成熟していること
- 受益者負担の文化が成熟していること
- 事業のための水資源が十分に存在すること

(2) 官民連携事業の動向

1) 東・東南アジア、南アジア地域における上下水道セクター官民連携事業の動向

世銀 PPAIF データによると、上下水道セクターでは、同地域における低所得国での実績はマネジメント契約による1件と非常に限られている。一方、低中所得国を対象としたものは33件と、対象国の所得レベルが上がることで、一般的に件数も増える傾向がみられる。低中所得国では、特にコンセッション契約の建設、復旧、運営、引き渡し方式 (BROT) や建設、運営、引き渡し方式 (BOT) の実績が比較的多い。

東・東南アジア、南アジア地域における、低所得国及び低中所得国の上下水道セクターにおける官民連携事業の実績を下表に示す。

表 2.11 上下水道セクターにおける官民連携事業

	マネジメント 契約	リース 契約	コンセッション契約			新設 BOT, BOO		資産 売却	合計
			BROT	ROT	RLT	BOT	BOO		
低所得国									1
東/東南アジア									0
南アジア	1								1
低中所得国									33
東/東南アジア		1	10	3		5	1		20
南アジア	5		2	1	1	4			13
合計	6	1	12	4	1	9	1	0	34

出典：世界銀行 PPAIF データベース

[注記] BROT -- Build, Rehabilitate, Operate and Transfer, ROT -- Rehabilitate, Operate and Transfer
RLT -- Rehabilitate, Operate and Transfer, BOT -- Build, Operate and Transfer
BOO -- Build, Own and Operate

2) 「ミ」国における官民連携事業の動向

「ミ」国では、主にエネルギーセクター及び交通セクターで官民連携事業の実績があるものの、全体的な事業実績数は少なく、低調である。世界銀行が運営している民活インフラ (PPI) 事業データベースの統計によると、1995年にエネルギーセクターではじめての官民連携事業が開始され、2011年までに5件、全体投資金額は1,325US\$となっている。事業様式は、主にBOTを主体とする新設事業がそのすべてを占めている。最近では、2012年9月にHanthawaddy新国際空港建設事業の官民連携スキーム (BOT) での公募が中央政府から行われている。水道事業に関しても、官民連携事業の実施に向けた、外国企業側からのアプローチは既に始まっている。

「ミ」国では中央政府の厳しい予算繰りの中で、官民連携の枠組みを活用した資金調達と事業実施の可能性は、これから全般的に増していくと予想される。一方で、官民連携の法制度がまだまだ十分に環境整備されていない現状では、民間側にとって、よりリスク回避できる魅力的な事業メリットや事業契約内容が重要となってくる。また、公共側にとっては、案件毎に試行錯誤と経験を重ねながら、法制度などの環境整備を継続的に充実させていくことが必要となる。

2.5 水供給・衛生に係る予算制度と運営状況

2.5.1 水供給・衛生に係る予算制度

2011年10月以降、YCDCはその歳入のすべてを地域政府、中央政府に納付することになった。それ以前は、上水道事業収入をはじめとするYCDCの収入は、YCDC独自の予算に組み入れられていた。

YCDCは、予算申請後、中央政府より承認された予算額を地域政府から受け取っている。そのため、YCDCは収益の使途を自ら決定できる自由度はきわめて少ない。

2.5.2 地域政府の予算・運営状況

地域政府の予算に関する詳細な情報は入手できていないが、2012年10月、2012/13年度（2012年4月～2013年3月）下半期の支出をカバーするための予算156億Kyatが中央政府より配分された。また年間では50億Kyat程度の財政赤字状況にあると確認されている（ヤンゴン都市圏調査）。なお、ヤンゴン地域政府を構成する25部局の内、20部局が赤字状態であると想定されている。

2.5.3 YCDCの予算・運営状況

(1) YCDCの予算と推移

YCDCの歳入は、一般税、環境税で構成される固定資産税に大きく依存している。特に、コンドミニアム、ホテル、マーケット、ゴルフ場、自動車税等からの収入がその主な財源となっている。

YCDCの予算に関しては、地域政府同様、YCDCから正式な情報を入手できていない。報道(Weekly Eleven Journal Myanmar)の告知(Notification)の情報によると、2012/2013年度の全体予算は550億Kyatである。主な用途は人件費に50%、道路・橋梁事業21%、上水道事業17%、清掃事業11%とのことである。

一方、水供給衛生局を含む20の各部局は、自らの予算の使途を決定できる権限は与えられていない。また各局は、設備投資など資本支出の分野を自ら決定できる権限はなく、執行委員会による承認を受けることが必要となっている。

(2) YCDCの予算配分と収入フロー

予算の申請から承認までのフローは次のとおりである。まず、YCDCにある20の各局が予算案を作成し、市長宛てに案を提出する。市長は、取りまとめた予算申請をヤンゴン地域首相に提出する。地域首相は、同政府の財務・歳入省地域事務所と協議後、さらにヤンゴン市長、委員会メンバー7人、予算・会計局で協議し、予算が決定、承認される。

水道料金の収入フローは、次のようになっている。現金支払いの場合、まずメータ検針・徴収員が水道料金を徴収し、各タウンシップ職員は徴収台帳に記録する。徴収された現金はYCDCの一般会計歳入としてYCDC予算・会計局を、経由して、ヤンゴン地域政府に入金される。銀行振込も現金同様、タウンシップ事務所からYCDC予算・会計局に送金の手続きがとられ、さらに地域政府へ送金される。

2.6 環境社会配慮にかかるフレームワーク

2.6.1 「ミ」国環境社会配慮にかかる政策・法制度

2012年4月に環境保護法が制定されるまで、体系的に環境保護を目的とした行政組織・法制度・環境基準はなかった。代わりに産業分野ごとに施行されている環境に関する法律が環境保護法の

機能を果たすものとみなされていたが、セクター別に策定されたものであり、環境影響全体を俯瞰した環境保護の観点からは十分なものではなかった。近年の環境保護林業省（Ministry of Environmental Conservation and Forestry）が天然資源と環境管理改善のために設立され、2012年4月には環境保護法（Environment Conservation Law）が制定され、環境管理実施の法的根拠を規定している。現在環境アセスメント法及び大気・水質等排出基準を含む環境関連法制度の整備が進められている。

下記に現在の政策及び環境社会配慮に関わる主要な法について記載する。

(1) 国家環境政策 1994 (National Environment Policy 1994)

「ミ」国は、環境を保護・保全するために、水・土地・森林・鉱物・海洋資源の利用に関する環境政策を 1994 年に制定した。

- 「国の財産はその国民、文化遺産、環境及び天然資源である。ミャンマー環境政策は国民の生活の質の向上を推進する開発行為に環境配慮を取り入れることで、上記の調和・バランスを取ることを目的とする。全ての国民は環境政策に沿って天然資源を利用する主権者の権利を有するが、他国民の利益を害さないように十分な配慮が取られるべきである。現在及び次世代の利益のために天然資源を保護するのは国及び全国民の責任である。開発を進める上で環境保護は第一の目的である。

(2) ミャンマーアジェンダ 21 (Myanmar Agenda 21)

上記開発政策に続き、持続可能な開発の多方面アプローチのための UN フレームワークに従いミャンマーアジェンダ 21 が採択された。ミャンマーアジェンダ 21 は天然資源の統合管理及び持続可能な開発を達成するための青写真を示している。下記の 4 つを主要な目的としている。

- 持続可能な開発及び将来の共通ビジョンについて公開討論の場の提供
- 環境に係る開発達成のための交渉・調停・コンセンサス形成のためのフレームワークの提供、共通の優先事項の設定
- 環境保護・開発に関する価値、知識、技術、制度の改変・強化の戦略及び実施計画の提供
- 持続的開発に必要な組織能力発展のための推進力とフレームワークの提供

ミャンマーアジェンダ 21 は環境保護の推進と環境悪化を予防するためのプログラムと活動を含んでいる。これらプログラムは社会・経済・組織・インフラ強化に加え、持続可能な開発の道程に進めるための環境保護・保全プログラムを含んでいる。

(3) ミャンマー国憲法 (Constitution of the Republic of the Union of Myanmar) 2008

2008 年に新しいミャンマー国憲法が制定された。環境社会配慮に係る記述としては、「国は自然環境を保護・保全しなければならない (1 章第 34 項)」とあり、また「環境保護に関する法律を制定しなければならない (4 章第 96 項)」とある。また、「全ての国民は文化遺産・環境保護のために国を支援する義務を負う」との記述もある。土地については、「国は土地及び地上・地下、水上・水中、空気中の天然資源の絶対的な所有者である」と 1 章 37 項に記載されている。同項に

は、国は法に従い、国民の私有財産権利、相続権利、民間主導権利、特許権を許可するとある。

(4) 国家持続的開発戦略 (National Sustainable Development Strategy (NSDS)) 2009

NSDS は 2002 年の持続可能な開発に関する世界首脳会議後に設立された国連持続可能な開発委員会の 1 プログラムの一環として作成された。

NSDS では 3 つのゴールを設定しており、天然資源の持続可能な管理、総合的経済開発、及び持続可能な社会開発である。各ゴールに対しての戦略骨子がまとめられている。天然資源の持続可能な管理については、森林資源管理、持続可能なエネルギー生産及び消費、生物多様性保全、持続可能な淡水資源管理、持続可能な土地資源管理、持続可能な鉱物資源管理等の戦略が提案されている。NSDS は政府により公的に承認されており、政府機関、地方政府、国際・ローカル NGO の活動に対する指針となっている。

(5) 環境保護法 2012 (Environment Conservation Law 2012)

環境保護法は 2012 年 3 月 30 日に発効した。法の目的は下記の通りである。

- 国家環境政策の実施
- 開発計画への体系的環境保護手法の索敵のための基本原則及びガイドラインの採用
- 現在及び将来世代への自然環境および文化遺産継承を目的とした清浄な環境の確立
- 現時点において見落とされている生態系の確認
- 天然資源枯渇対策及びその持続的な利用のための対策策定
- 環境保護意識向上のための教育
- 環境保護活動に関する国際協力拡大
- 政府関係機関、国際機関、NGO 及び国民の協力推進

環境保護法では、環境保護委員会 (Environment Conservation Committee、ECC) 及び環境保護林業省 (Ministry of Environment Conservation and Forestry、MOECAF) の設立及び役割を規定している。詳細については、次節で記載する。本法には、環境影響評価 (EIA) や戦略的環境アセスメント (SEA) に関する記載はない。

(6) 土地関連法

英国統治時代に制定された 1894 年の土地買収法 (Land Acquisition Act) が未だに使用されているとのことである。この法は公共の目的のために必要である場合は国に土地買収の権限を与えている。法には告知、取得手続き、土地価格評価の方法、裁判所での手続き、土地の一時的な使用に関する手続き等が記載されている。その他下記のような土地に関する法があるが、現在まで効力を有しているか否かについては不明である。

- The Land and Revenue Act (1879)
- The Transfer of Property Act (1882)
- The Rangoon Development Trust Act (1922)
- The Transfer of Immovable Property Restriction Act (1987)

- The Law Amending the Transfer of Immovable Property Restriction Act (2005)
- Procedures conferring the Right to Cultivate Land / The Right to Utilize Land (1991)

土地のタイプについては、UN-HABITAT と UNHCR が作成した「Guidance Note on Land Issues Myanmar」に記載がある。

- Freehold Land
- Grand Land
- Agricultural Land
- Garden Land
- Grazing Land
- Culturable Land, Fallow Land and Waste Land
- Forest Land
- Town Land
- Village Land
- Cantonments
- Monastery

2012年にFarmland Law (No. 11/2012) が新たに制定され、農地 (Farmland)、農民 (Farmer)、農地使用の権利についての定義が定められた。土地の使用権を入手するための手続き、使用権を持つ人の権利、使用に当たっての契約条件、条件を満たさなかった場合の対応、使用権にかかる争いの調停、権利の取り消し、管理行政制度等の項目が記載されている。国家及び公共の利益のための土地の没収については補償を支払うと規定されている。ただし補償方針、方法については明確な記述がない。Farmland Lawに基づき、Farmland Rules が2012年8月31日に制定されており、使用権を得るための申請から承認までの詳細な手続き、使用権の移転・移譲・相続、使用権にかかる争いの調停プロセス等が定められている。

(7) その他関連法

現在「ミ」国には下記のような環境社会配慮に関する法がある。

- Protection of Wildlife and Wild Plants and Conservation of Natural Areas Law, 1994
- Protection and the Preservation of Cultural Heritage Region Law, 1998
- The Conservation of Water Resources and Rivers Law 2006
- Forestry Law 1992
- Public Health Law

2.6.2 環境社会配慮にかかる行政制度

(1) 国家環境対策委員会 (National Commission for Environmental Affairs, NCEA)

1990年にNCEAが政府へ環境政策の助言、環境対策管理の中心組織の役割、環境保全型・持続

可能な開発の促進のために設立された。2005年までは外務省大臣がNCEAの議長であり、「ミ」国政府がNCEAの国際承認を得るためのツールとして設立したということを示していた。2005年には林業省の管轄に移された。NCEAの主要な任務は、環境資源の持続可能な使用の確保と工業・経済活動における環境保全型の活動を促進することであった。

2012年の環境保護法にはNCEAの役割・機能に関する記述はなく、NCEAの役割はECC及びMOECAFに引き継がれたものと考えられる。

(2) 環境保護委員会 (Environment Conservation Committee, ECC)

2012年環境保護法には、ECCを設立及びその債務について記載がある。

- 環境教育の実施
- 国内外からの寄付、機材及び技術の受入れ、利用、管理
- 政府及び関連機関等への環境保護に関する助言及び環境保護実施の勧告
- 政府及び関連機関からの環境保護推進に関する提案及び助言を要求
- 環境への悪影響を生じさせる、もしくは生じさせることが予見されるような活動に対する政府及び関連機関への禁止措置、必要が認められた場合の当該活動に対する改善要求を目的とした政府への報告
- 政府承認の下、環境保護推進のため国家環境政策及びその他関連政策の採択

(3) 環境保全林業省 (Ministry of Environment Conservation and Forestry, MOECAF)

2012年環境保護法には、MOECAFの責務について記載があり、下記のような幅広い責任を有する。

- 環境保護に関する政策の実施
- 全国・地域レベルの環境管理の計画策定
- 環境保護・及び推進のための計画・実施・監督、環境汚染の防止・規制・削減
- 持続可能な開発のための道筋作り

上記の目的のために、MOECAFはオゾン層・生物多様性・海域の保護、温暖化と気候変動防止のための努力、砂漠化防止、廃棄物管理を含む様々なセクターにおける環境管理・保護・促進のためのガイドラインの策定を実施する。特に、

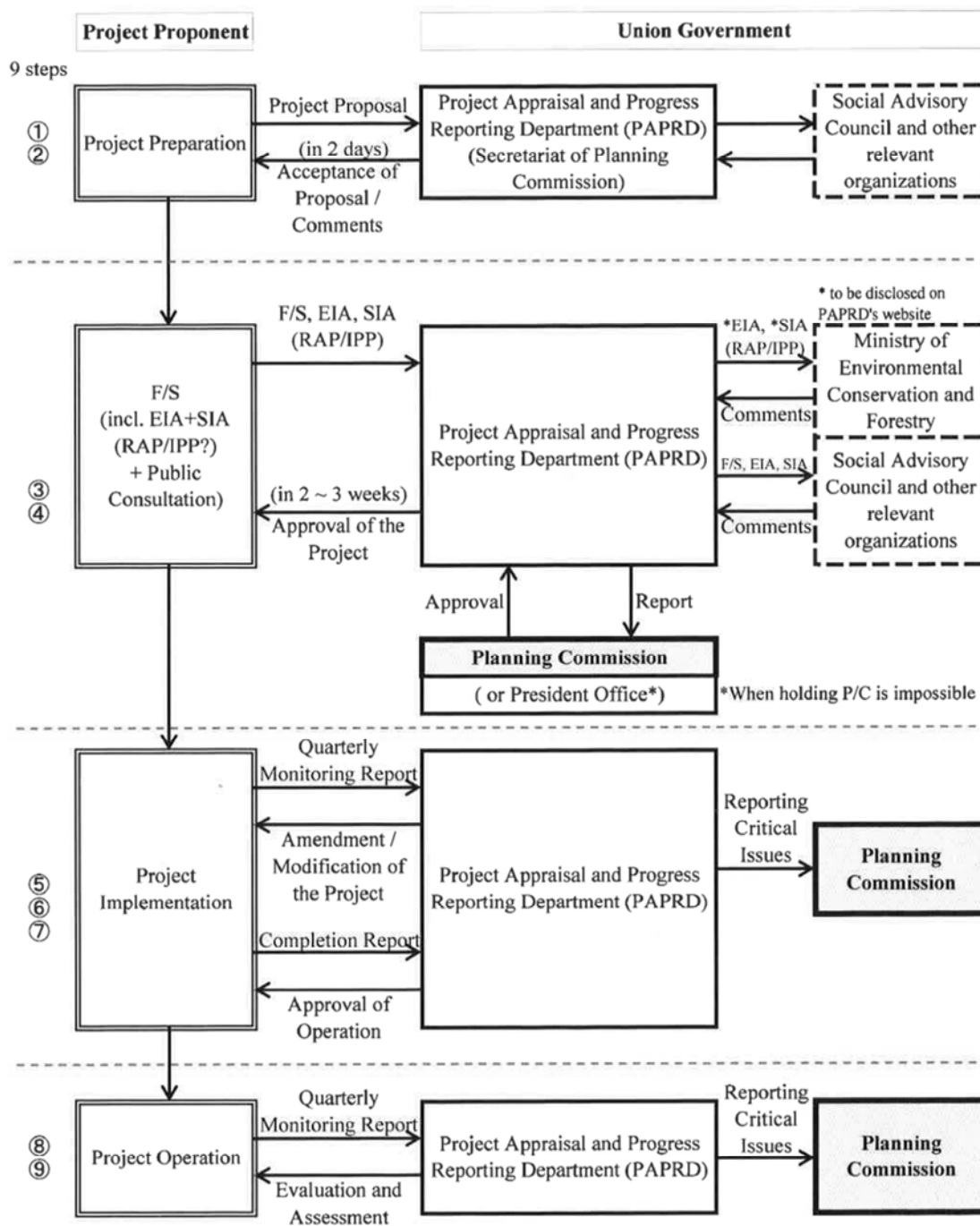
- 排水・排ガス等の汚染物質の許容量・タイプに関する規則、汚染削減のための活動ルールの策定
- 政府・民間セクターのプロジェクトの環境社会影響評価のシステムの構築
- 農業・工業・鉱業セクターからの汚染監督システムの構築
- 操業許可を要するプロジェクトタイプの決定
- 個別プロジェクトの許可/不許可の決定
- 環境破壊を引き起こした会社に対し環境保護プロジェクトに係る支払を要求
- 環境破壊に対する罰則システムの監督
- 国際協定・地域協定に関する協議

を実施し、自然災害が発生した際には人々への警告を含め、MOECAFとECCは政府と協力して行動

を取る。

2.6.3 環境社会配慮手続き

「ミ」国では環境法制度が確立途上であるが、JICA から入手した情報によると、下記の手続きとなる見込みである。



出典：JICA

図 2.18 環境社会配慮手続き

これによると環境社会配慮にかかる審査を担当するのは計画経済開発省事業審査局となる見込みであり、MOECAFは審査手続きにおいて、EIA（SIA）についてコメントを求められることになっている。EIA、SIAはF/S段階での実施が想定されており、情報公開・市民参加についても、F/S時あるいは実施後に事業サイト周辺の住民も含めた住民協議の実施が求められる。

2.6.4 国際・地域協定

「ミ」国は下記の31の国際・地域協定に署名をしている。しかしこれらの協定の内容がどの程度国内法に反映されているかについては明確ではない。

表 2.12 環境にかかる国際・地域協定

番号	協定名
1	Plant Protection Agreement for the Southeast Asia and Pacific Region
2	Treaty Banning Nuclear Weapons Test in the Atmosphere in Outer Space and Under Water
3	Outer Space Treaty: Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploitation and Use of Outer Space including the Moon and other Celestial Bodies
4	Treaty on the Prohibition of the Emplacement of Nuclear Weapons and other Weapons of Mass Destruction on the Sea-bed and Ocean Floor and in the Subsoil there of (Seabed Treaty)
5	Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of Bacteriological and Toxin Weapons, and their Destruction
6	Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer
7	Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer
8	MARPOL: International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
9	MAPROL: International Convention for the Prevention of Pollution from Ships as amended 1978
10	Agreement on the Networks of Aquaculture Centers in Asia and the Pacific Region
11	London Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer
12	United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)
13	Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons
14	ICAO: ANNEX 16 Annex to the Convention on International Civil Aviation Environmental Protection Vol. I, II, Aircraft Noise
15	United Nations Convention to Combat Desertification
16	Vienna Convention for the Protection of Ozone Layer
17	Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer
18	London Amendment to the Montreal Protocol
19	Convention concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage
20	Convention on Biological Diversity (CBD)
21	United Nations Convention on the Law of the Sea
22	International Tropical Timber Agreement (ITTA)
23	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES)
24	ASEAN Agreement on the Conservation of Nature and Natural Resources
25	Catagena Protocol on Biosafety
26	ASEAN Agreement on Transboundary Haze Pollution
27	Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change

番号	協定名
28	Convention on the Prohibition of the Development, Production, and Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on their Destruction
29	Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants
30	Ramsar Convention on Wetlands
31	Copenhagen Amendment to Montreal Protocol on Substances that deplete the Ozone Layer

出典：Burma's Environment, The Burma Environmental Working Group (BEWG)

2.6.5 環境基準

2012年制定の環境保護法に基づき、MOECAFが下記の環境基準を準備中である。

- 地表水質（河川、井戸、湖沼、湿地及びダム）
- 沿岸部及び扇状地帯の水質
- 地下水質
- 大気環境
- 騒音・振動
- 排ガス
- 排水
- 固体廃棄物
- その他政府により規定されたもの

関係各所及び政府組織により制定された基準が、MOECAFにより制定された基準よりも厳格な場合は、同基準を適用し、MOECAFにより制定された基準よりも緩和されたものである場合はMOECAF規定の基準が適用される。

2.6.6 本調査における環境社会配慮

上述の通り、「ミ」国の環境社会配慮にかかる法制度は発展途上にある。根幹となる環境保護法は制定されたものの、補完する規定・基準等は現在MOECAFが作成しており、SEAを含むEIAに関しても準備中とのことである。そのため、「ミ」国のEIAに関する法制度が発効するまでは、JICAの環境社会配慮ガイドライン（2010年4月）（以下「JICAガイドライン」）を適用し、環境社会配慮調査を実施する。

JICAガイドラインでは、本格調査段階（マスタープラン調査）では、IEEレベルでプロジェクトを実施しない案を含む代替案の検討を含んだ環境社会配慮調査を相手国側と共同で行うとある。また、事業段階より上位の調査（マスタープラン調査）を含む場合には、戦略的環境アセスメントを適用するとある。そのため、本調査内におけるマスタープラン調査段階においては、戦略的環境アセスメントの概念を取り入れたIEEレベルの環境社会配慮調査を実施することとする。

第3章 下水道の現状

3.1 汚水処理の現状

3.1.1 汚水処理の形態

YCDCにおける汚水処理は、下水道、腐敗槽、注水式トイレ、ハエ防止トイレ、その他の非衛生トイレ、トイレなしに区別されている。以下に説明するように下水道のサービスを楽しむ人口はヤンゴン市の総人口の僅か5.8%であり、市街地の中、高所得の住居や公共施設、商業施設は主として腐敗槽、周辺部の低所得の住居は浄化施設なしのトイレとなっている。下水道も19世紀末に整備されたトイレの排水のみを収集するシステムであり、雑排水は無処理のまま雨水排水路へ排出されている。このような状況は劣悪な生活環境を生み出しているばかりでなく衛生的にも潜在的な危険を孕んでいるものと言わざるを得ない。「Yangon Infrastructure and Environmental Services」報告書によると、1991年時点における汚水処理の施設別の割合は表3.1の通りである。この当時のヤンゴン市の人口は約298万人であった。

表 3.1 ヤンゴン市における汚水処理の形態(1991年)

汚水処理施設	人口比率 (%)
下水道	7.3
腐敗槽(集合式)	4.2
腐敗槽(個別)	14.3
注水式トイレ	27.6
ハエ防止トイレ	18.4
非衛生的トイレ	27.9
無トイレ	0.3

出典：「Yangon Infrastructure and Environmental Services」報告書

現在の状況を示す資料が得られないため、以下の仮定の基に2011現在の状況を想定した。結果を表3.2に示す。

現状予測の仮定条件

- 下水道処理区域は変わらないため、区域内の人口増減によって処理人口を推定する
- 非衛生的なトイレ、トイレ無は1991年のまま、すなわち増加人口は腐敗槽、注水式トイレ、ハエ防止トイレのいずれかによって汚水処理が行われる
- 既成市街地（CBD地区、IUR地区）では増加人口は腐敗槽（集合式、個別）による

表 3.2 ヤンゴン市における汚水処理の形態(2011年)

汚水処理施設	人口比率 (%)
下水道	4.3
腐敗槽(集合式)	4.0
腐敗槽(個別)	18.9
注水式トイレ	31.5
ハエ防止トイレ	25.3
非衛生的トイレ	15.8
無トイレ	0.2

出典：JICA 調査団

2011年のヤンゴン市の人口は525万人であるから、1991年より227万人が増加したことになる。下水道の処理人口は1991年21.8万人であり、2011年では22.6万人と、ほとんど変わらないものと推定される。非衛生的なトイレやトイレ無は1991年のままと仮定しているため、かなり比率を下げた。増加が最も多いのは注水式トイレであり、次いで腐敗槽(個別)が増えたものと想定される。

3.1.2 住民調査の結果

2012年10月から11月に行われたJICA世帯訪問調査の結果から、汚水処理に関する結果を表3.3、3.4に示す。表3.3はトイレの形態を調べた結果であり、表3.4はトイレ排水(Black Water)と家庭雑排水(Gray Water)の処理法を調べたものである。トイレの形態としては注水式のトイレが82.4%を占め最多数であった。これは前節の状況と変わらないが、比率的には前節の推定値の倍以上となっている。非衛生的トイレ(Pit Latrine)は10.9%であり、前節の推定値よりも低い値となっている。1991年から改善が進んだことを示している。

一方、汚水の処理方法であるが、トイレ排水で9.3%、家庭雑排水で13.5%が下水道によると回答しているが、これは回答者の勘違いと考えられる。下水道に接続しているトイレは水洗式(Flush Toilet)でなければならず、また、現在の下水道は家庭雑排水を収集していない。

トイレ排水、家庭雑排水のいずれも処理施設なしが多数、トイレ排水で47.2%、家庭雑排水で59.2%であり、腐敗槽による処理はトイレ排水でも43.1%に留まっている。これらから現在の状況は、1991年よりも改善が進んだとは言え、いまだ劣悪な住環境にあると言わざるを得ない。

表 3.3 トイレの形態、住民調査結果

	水洗式トイレ	注水式トイレ	非衛生トイレ	トイレなし	未回答	合計
トイレ数	580	8,278	1,098	58	31	10,045
(%)	5.8	82.4	10.9	0.6	0.3	100.0

出典：ヤンゴン都市圏開発調査

表 3.4 トイレ排水、家庭雑排水の処理

分類		下水道システム ^e	腐敗槽	未処理	未回答	合計
Black Water	Number	935	4,333	4,742	35	10,045
	(%)	9.3	43.1	47.2	0.3	100.0
Gray Water	Number	1,357	2,699	5,946	43	10,045
	(%)	13.5	26.9	59.2	0.4	100.0

出典：ヤンゴン都市圏開発調査

一部前節の2011年の現状予測と住民調査の結果では条件が異なる（ハエ防止トイレが住民調査にはない）が、両者の比較から以下のことが明らかである。

- 腐敗槽によるトイレ排水は予測の22.9%に対し、住民調査結果では43.1%となっている。予測の仮定条件、非衛生的なトイレ、トイレなし人口を1991年で固定したが、実際は新規増加人口ばかりでなく、1991年時点でこれらの施設を利用していた人口の多くが腐敗槽を設置したと考えられる。
- 前項に関連し、非衛生的トイレの利用人口は予測値で15.8%であったものが、住民調査結果では、10.9%と減少している。
- 下水道利用人口は予測値で4.3%であったが、住民調査結果では水洗式トイレで5.8%であった。CBD内でも下水道普及地区の人口増加が下水道未普及地区よりも高かったためと推測される。

住民調査の結果を資料編Gに示す。

3.2 個別処理の現状

3.2.1 腐敗槽の構造と設置の承認

YCDCは汚水処理として腐敗槽の設置を推進している。腐敗槽はトイレの排水のみを処理するので、台所や洗濯排水などの雑排水は無処理で直接雨水排水路に排出される。家屋やビルを建設する場合、建築主はYCDCのDepartment of Water Supply and Sanitation, Sanitation Divisionに申請を行い、承認を得る必要がある。YCDCでは腐敗槽の構造に標準的な例を持っており、図3.1～3.3に、それぞれ10人槽、100人槽、200人槽の標準構造図を示す。なお、YCDCの承認は8階までの建物についてであり、9階以上の高層建物の処理施設については国の高層建物の品質管理委員会（Committee for Quality Control of High-Rise Building）の承認を得なければならない。同委員会は上向流ろ床付きの腐敗槽を推奨しており、承認された構造図を図3.4に示す。これらの構造図に示したように、腐敗槽からの浸出水は地下浸透させており、雨水排水路には流出させていない。

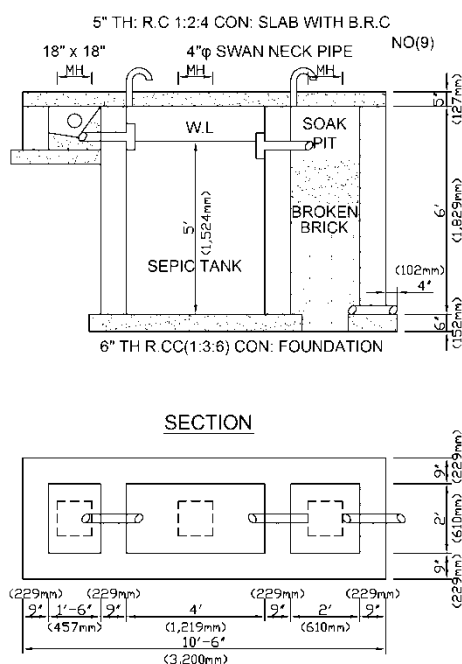
YCDCの腐敗槽の一人当たりの槽容積と滞留時間を近隣諸国の例と比較した。比較の対象はベト

ナム、タイ、フィリピンであり、これに腐敗槽が主に近郊地域で多用されている米国を加えた。結果を表 3.5 に示す。一人当たりの槽容積はタイとほぼ同じであるが、ベトナム、フィリピン、米国に比べるおおよそ 1/5 である。これはフィリピンや米国では雑排水も処理対象としているためである。ベトナムについては雑排水を処理しているかは不明であるが、おそらく雑排水処理も考慮しているのではないかと推定される。YCDC では水洗トイレと手桶式トイレで大幅に滞留時間が異なる。水洗式で一人当たりの排出量を 50l/人・日 (lpcd) とすれば滞留時間は 2.9 日となりタイ、フィリピン、米国と同程度となる。

表 3.5 腐敗槽容量と滞留時間の比較

国名	汚水処理の種類	平均腐敗槽容積 (m ³ /人)	平均排出量 (lpcd)	平均滞留日数 (日)
Vietnam	Black water (flush toilet)	0.70	50	13.8
Vietnam	Black water + Gray water	0.70	189	3.7
Thailand	Black water (flush toilet)	0.12	50	2.4
Philippine	Black water + Grey water	0.70	189	3.7
USA	Black water + Grey water	0.80	285	2.7
YCDC	Black water (flush toilet)	0.15	50	2.9
YCDC	Black water (pour-flush toilet)	0.15	3.1	47.3

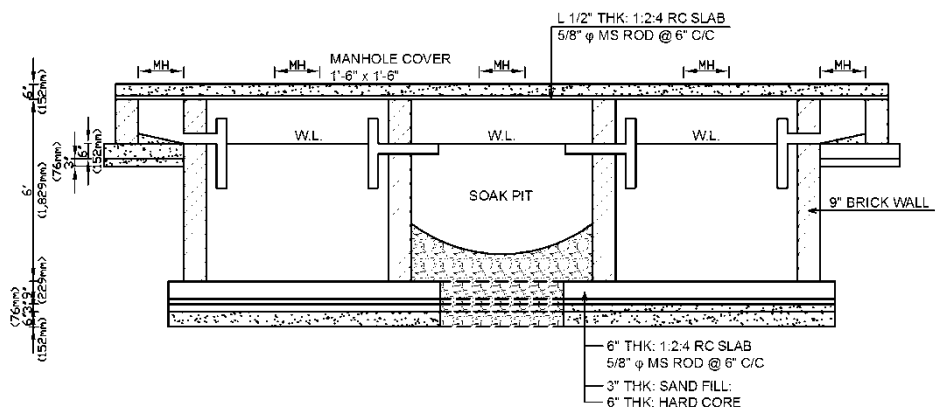
出典：JICA 調査団



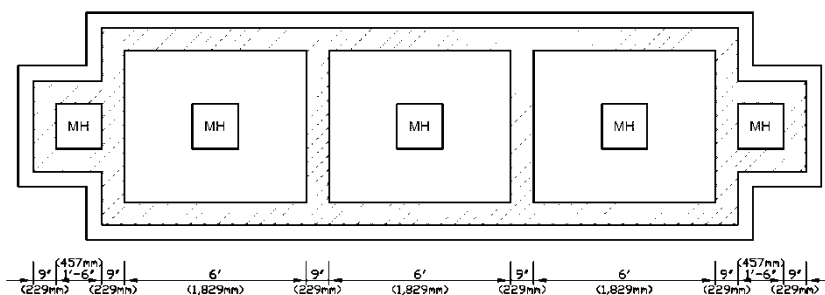
出典：YCDC

図 3.1 腐敗槽 1 (10 人槽)

(100) PERSONS SEPTIC TANK



SECTION OF SEPTIC TANK



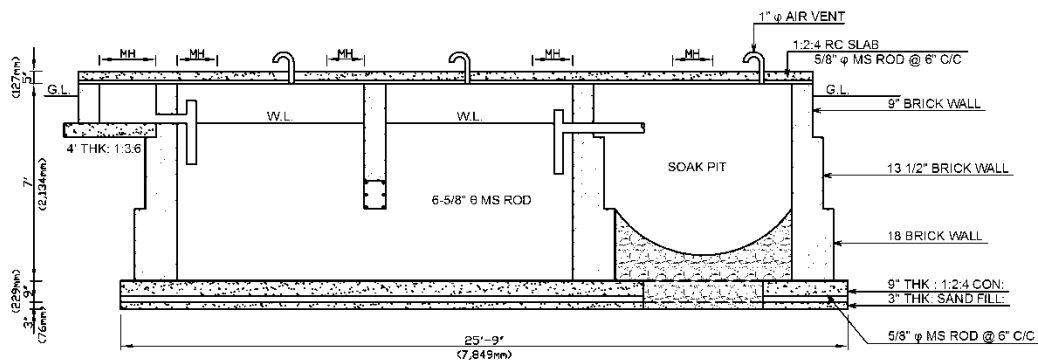
PLAN

SCALE : 1/4"=1'-0"

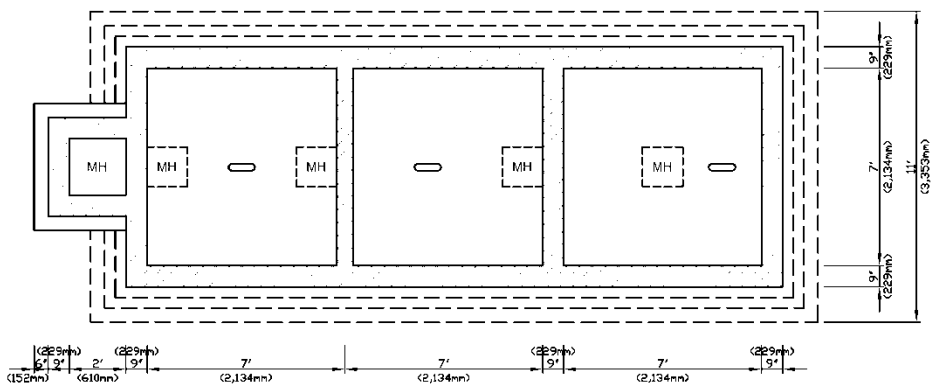
出典：YCDC

図 3.2 腐敗槽 2 (100 人槽)

(200) PERSONS SEPTIC TANK



SECTION OF SEPTIC TANK



PLAN

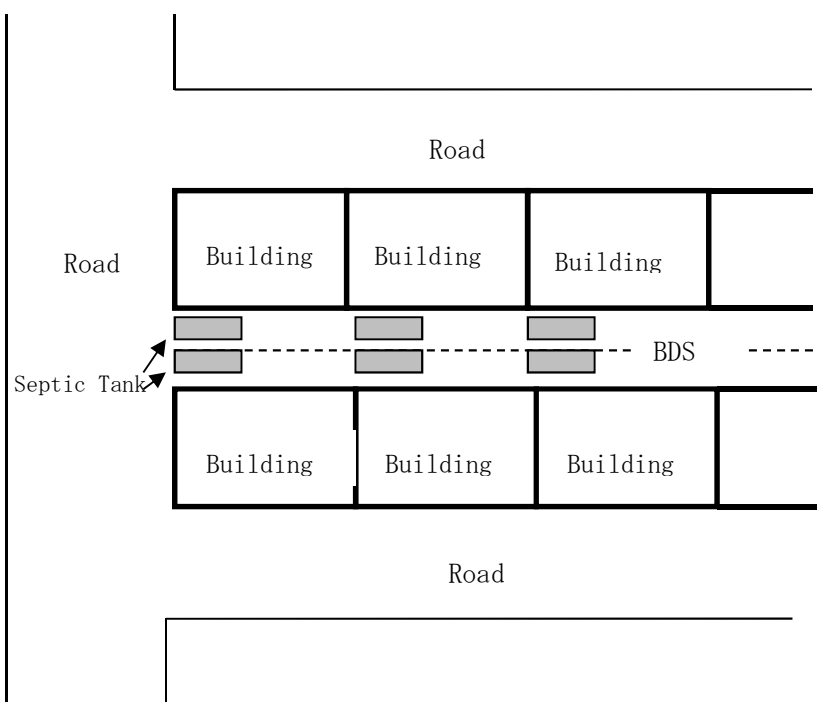
SCALE : 1/4"=1'-0"

出典 : YCDC

図 3.3 腐敗槽 3 (200 人槽)

CDB や Inner Urban Ring 地域などの市街地では、通りに面した建物の背割りの部分に BDS (Back Drainage Space) が設けられている。この BDS は通常 10~15ft (3.0~4.5m) の幅があり、両側の建物がそれぞれ半分の部分に腐敗槽を設けることとなっている。図 3.5 に模式的に配置例を示す。通常、BDS の両側には幅 1.0~1.5ft (30~45cm) の排水路が設けられており、雨水はこの排水路に排出される。BDS は YCDC が所有しており、家主は腐敗槽を設けるにあたり、使用料を毎年収める。腐敗槽設置費用は家主の負担である。

1 戸建ての住宅の場合は建物からの雑排水と雨水は敷地内の排水路 (多くの場合レンガ造り開水路、たまにパイプ) で道路わきの雨水排水路に排出される。



出典：YCDC

図 3.5 BDS がある場合の腐敗槽の配置

YCDC は腐敗槽の容量について以下の基準を設けており、これに基づいて承認を行っている。

腐敗槽の容量基準

- 1) BDS がある場合 (比較的高密度な市街地)
2.25 ft³/人 (0.06075m³/人)
- 2) BDS がない場合 (1 戸建て等の低密度な市街地)
4.0 ft³/人 (0.108m³/人)

住宅の人数については部屋数から 5 人/部屋として、人数を算出するとのことであった。過去 2 年度の YCDC の承認数は表 3.6 に示すように、2010/11 年度で 3,660 件、2011/12 年度で 5,444 件であった。

表 3.6 YCDC による腐敗槽承認数

種別	2010/11 年度	2011/12 年度
下水道への接続 (CBD 地区)	60	124
腐敗槽 (1~3 階)	3,081	4,685
腐敗槽 (4~8 階)	519	635
合 計	3,660	5,444

出典：YCDC

3.2.2 腐敗槽の維持管理

腐敗槽汚泥の除去は家主の要請によって、YCDC の運送工場局 (Department of Motor Transport and Workshop) が行う。当局は 33 台のバキューム車 (1.8m³車 10 台、5.4m³車 23 台) を有している。一部のタウンシップでは民間業者による除去が行われているが、その実態は YCDC では把握していない。YCDC の 2012 年の年間出動回数は 16,261 回であった。

一方各家庭の汚泥の除去頻度を住民調査の結果から整理すると表 3.7 のようになる。最も多くの家庭 (33.8%) が 1~3 年に 1 度除去しており、これに次ぐのが 1 年以内 (30.6%) である。大半 (64.6%) の家庭が 3 年以内に 1 回は汚泥を除去している。しかし、5 年以上 (6.7%) や除去を 1 度もしなかった家庭 (20.4%) がかなり存在している。

表 3.7 腐敗槽汚泥の除去頻度

	1 年以下	1 ~ 3 年	3 ~ 5 年	5 年以上	なし	未回答	合計
トイレ数	3,072	3,391	823	668	2,048	43	10,045
(%)	30.6	33.8	8.2	6.7	20.4	0.4	100.0

出典：2012 年 JICA 都市圏調査

汚泥の除去は YCDC を含め周辺のタウンシップにも行われているが、Seikigyikhanaungto タウンシップは YCDC 内であるにもかかわらず、アクセスが不便であることにより、このサービスが受けられない。汚泥除去費用はタウンシップの位置 (距離) により 5 つのグループに区分され、それぞれ、表 3.8 に示すような算定式となっている。ディーゼル油の単価は毎月見直される。2012 年 11 月、12 月はガロン当たり 3,650Kyat であった。これを基に現在の料金を算定すると表 3.9 のようになる。1 回当たりの除去費用は最低 7,475Kyat から最高 34,725Kyat となる。

YCDC の 2012 年における料金収入は 51,486,490Kyat であった。これを出動回数で除すと 1 回当たりの平均収入は 3,166Kyat となる。これは上記の計算式による料金よりかなり低い額である。この理由は公共施設からは料金を徴収していないからとのことである。

一方、住民調査によると汚泥除去 1 回当たりの費用は平均で 19,021Kyat となっている。最高額は 220 万 Kyat と飛びぬけて高い値となっていることから、平均値は少数の高額支払い額に引っ張

られていると考えられる。ちなみに、支払い額の中央値は3,000Kyatである。

表 3.8 腐敗槽の汚泥除去費用算定式

タウンシップの種別	1.8 m ³ 車	5.4 m ³ 車
1種 (3TS)	5.0 gallon x ティーゼール油単価 +3,500 Kyat	6.5 gallon x ティーゼール油単価 +11,000 Kyat
2種 (6TS)	4.0 gallon x ティーゼール油単価 +3,000 Kyat	5.0 gallon x ティーゼール油単価 +8,500 Kyat
3種 (11TS)	2.5 gallon x ティーゼール油単価 +2,500 Kyat	3.0 gallon x ティーゼール油単価 +6,500 Kyat
4種 (9TS)	2.0 gallon x ティーゼール油単価 +2,000 Kyat	2.5 gallon x ティーゼール油単価 +4,500 Kyat
5種 (10TS)	1.5 gallon x ティーゼール油単価 +2,000 Kyat	2.0 gallon x ティーゼール油単価 +4,000 Kyat

出典：YCDC

表 3.9 腐敗槽汚泥除去費用 (2012年11月)

タウンシップ 分類	1.8m ³ ハキューム 車 (Kyat)	5.4m ³ ハキューム 車 (Kyat)
1	21,750	34,725
2	17,600	26,750
3	11,625	17,450
4	9,300	13,625
5	7,475	11,300

出典：JICA 調査団

3.3 下水道システム

3.3.1 エジェクターシステム

ヤンゴン市の既設下水道は英国統治下の1890年に建設されたエジェクターシステムによって収集されている。このシステムは現在まで、120年間改良を加えながら継続して使用されてきた。下水道の排水区域は市の中心商業地区 (CBD: Central Business District) である8つのタウンシップ (TS) である。この下水道は、東西に長い排水区を東西に走る2本の圧送管にエジェクター・ステーションから空気圧を利用して下水を圧送するといった独特のシステムである。排水区域内には当初40ヶ所のエジェクター・ステーションが設けられたが、現在稼働しているのはそのうちの34ヶ所である (図3.6参照)。

下水は自然流下でエジェクター・ステーションに流入し、そこに設置された排水エジェクターに貯められる。水位がある一定の高さに達すると排水エジェクターの空気弁と排水弁が開き、流入した圧搾空気により下水が圧送管へと送られる (図3.7参照)。エジェクター・ステーションに圧搾空気を送るためのコンプレッサー施設が排水区域内に2ヶ所設けられている。エジェクターシステムの概要を以下に示す。

表 3.10 下水道施設概要

項目	内容
建設開始	1888年 2月
完成	1890年 3月
計画人口	40,000人
計画区域	8 タウンシップ Lanmadaw, Latha, , Panbedan, Kyauktada, Botadaung, Puzondaung (一部)、 Dagon (一部)、 Mingalataungnyunt (一部)
建設会社	Huges & Lancaster
設備会社	Shone Hydro-Pneumatic Ejector
建設費	230 万ルピー (インド政府からの借款)
圧送管延長	北幹線 5.55km、南幹線 5.03km、合計 10.58km
圧送管口径	北幹線 300~1,200mm、南幹線 300~600mm
圧送管材質	铸铁管
エジェクター・ステーション	40ヶ所(現在 34ヶ所稼働)
マンホール	2,114ヶ所

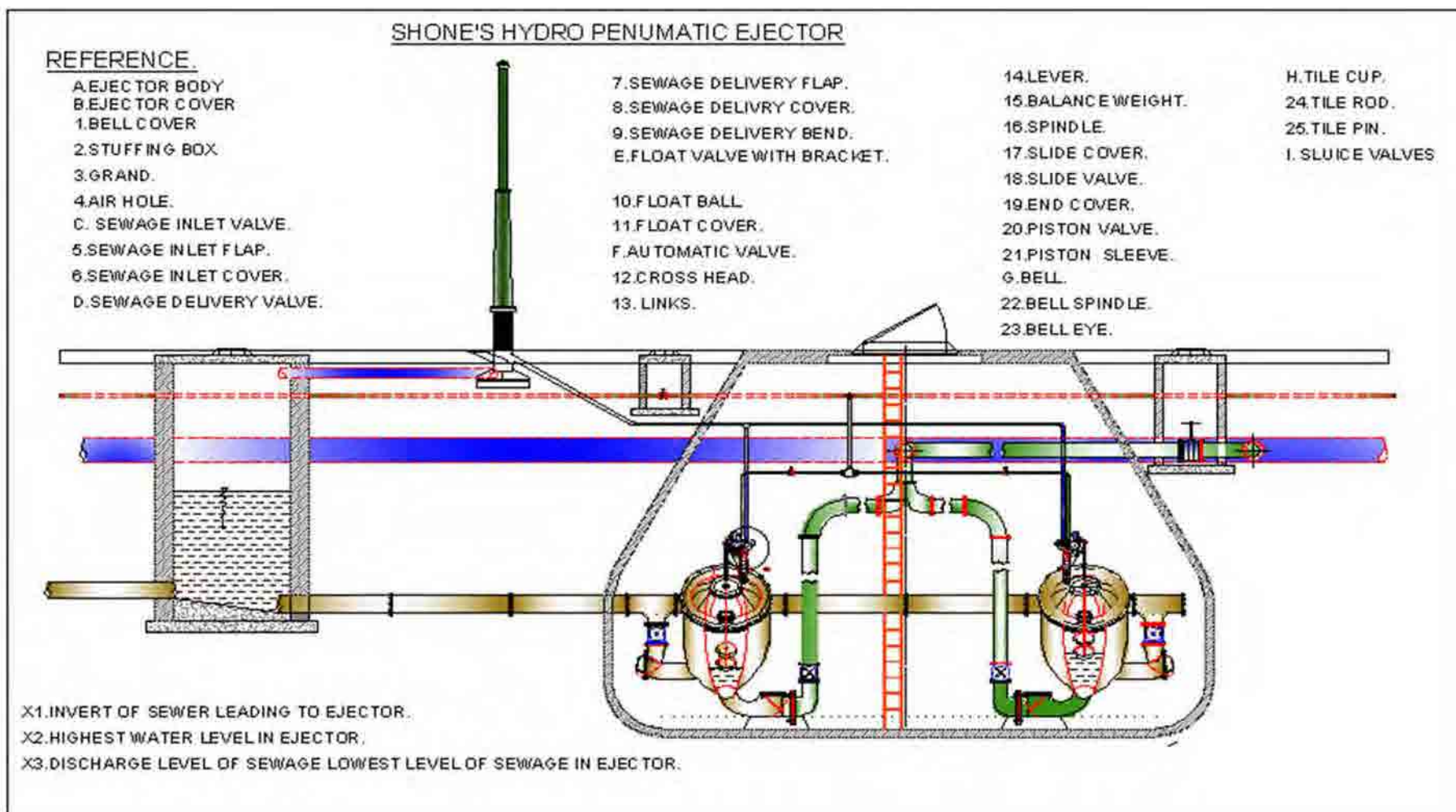
出典：JICA 調査団

YCDC は 2011 年維持管理用マンホールから圧送管の内部を観察したが、その結果、建設から年数を経て圧送管の腐食が激しいことが判明した。また、エジェクター・ステーションでは下水中に含まれるゴミによってエジェクター流入管の閉塞が問題となっている。



出典：YCDC

図 3.6 下水道施設平面図



出典：YCDC

図 3.7 エジェクター・ステーション

3.3.2 下水処理場

下水道管渠の建設以降、収集された下水は未処理でヤンゴン川へ放流されていたが、2005年1月に下水処理場が完成したことによって処理されるようになった。下水処理場の設計、建設はYCDCにより行われた。建設資金は建設省（Ministry of Construction）を始めいくつかの省で分担された。施設概要を以下に示す。

表 3.11 下水処理施設概要

敷地面積	2.25 ha (5.56 acre)
建設開始	2003年 4月
完成	2005年 1月
計画処理人口	300,000人
施設容量	14,775 m ³ /日 (3.25MGD)
建設費	196 万 US ドル (2,065.7 M Kyat)
流入水質	BOD 600 mg/l、SS 700 mg/l (設計値)
処理水質	BOD 60 mg/l、SS 40 mg/l (設計値)

出典：YCDC

下水処理は活性汚泥法（長時間エアレーション法）である。エアレーションは機械式の表面ばっきである。汚泥処理は好気性汚泥消化とベルトプレスによる機械脱水が計画され、施設も建設されている。下水処理と汚泥処理のフローは以下の通りである。

下水処理フロー	流入→沈砂池→スクリーン→ポンプ→最初沈殿池→エアレーション・タンク→最終沈殿池→塩素混和池→放流
汚泥処理フロー	混和池→重力濃縮槽→ポンプ→好気性消化槽→ポンプ→機械脱水（ベルトプレス）→搬出 混和池から天日乾燥へのバイパスがある

出典：JICA 調査団

下水処理場の運転時間は、現在1日午前、午後それぞれ2時間ごとの間欠運転とのことであった。これによると、1日の運転時間は4時間にしかならず、流入下水量が施設容量に対してかなり少ないことが考えられる。流入下水量は測定されていないが、処理場管理者の話によれば0.5MGD（約2,300m³/日）とのことである。既設処理場ばっき槽は長時間ばっきで設計されており、ばっき時間は20時間である。現在の流入量からばっき槽における滞留時間を計算すると、20時間 x 14,775 / 2,300 = 128時間（約5.3日）となる。このようなことから結果的に良好な処理ができていていると言える。しかし、汚水ポンプの自動制御システムが故障しており、運転者の判断により短時間で大量な汚水が投入されることとなっている。瞬間的な負荷変動が大きい、ばっき槽での長い滞留時間がそれを吸収していると考えられる。また、運転・維持管理面では、水位計や水位制御の故障が見られ、水質、水温が測定されていないことと相まって適切な運転ができていない。さらに補修部品や薬品の調達ができておらず、改善が望まれる。

2006年6月～8月にヤンゴン工科大学によって分析された処理場への流入下水と処理水の水質を表3.12に示す。12回の測定の結果をみると、BOD濃度とCOD濃度はトイレ排水としては低いと判断される。流入下水のBODとSSの平均値は142mg/l、297mg/lであり、処理下水のそれぞれは7.2mg/l、5.3mg/lであった。これは除去率に換算すると、95%、98%となり、処理が良好に行われていたことを示している。BOD、SS以外の項目をみても下水処理が良好に行われていたことを示している。採水が行われた期間の運転状況は不明であるが、少なくとも処理水質に関する限り正常な処理が行われていたと考えられる。今回測定した流入下水のBOD濃度は680mg/lであり、2006年とは測定対象が異なると考えられる。したがって、処理水質や処理効率を単純に比較することはできない。

現在の処理区域内人口を約30万人とし、これらが皆水洗トイレを使用し、平均汚水量が50lpcdとすると、処理場流入量は15,000m³/日となる。これは既設施設の容量にほぼ等しい。しかし、実際の流入量は2,300m³/日程度と推測される。

汚泥処理は前述のように好気性消化と機械脱水の施設が設けられているものの、これらは建設以来一度も稼働していない。実際には、混和池から天日乾燥床へのバイパスが設けられており、天日乾燥が実施されている。脱水機を運転しない理由は添加剤であるポリマーが高価であるためとのことであった。脱水ケーキは公園などの土壌改良剤として再利用されている。

表 3.12 処理場流入、流出水質

Item	8 Jun. 2006		15 Jun. 2006		20 Jun. 2006		22 Jun. 2006		27 Jun. 2006		4 Jul. 2006		11 Jul. 2006		13 Jul. 2006		20 Jul. 2006		8 Aug. 2006		17 Aug. 2006		Aug. 2006		Average	
	Infl.	Effl.	Infl.	Effl.	Infl.	Effl.	Infl.	Effl.	Infl.	Effl.	Infl.	Effl.	Infl.	Effl.	Infl.	Effl.	Infl.	Effl.	Infl.	Effl.	Infl.	Effl.	Infl.	Effl.	Infl.	Effl.
BOD (mg/l)	144	21	175.2	7.8	60	3	86.4	4.5	188.4	13.8	97.2	1.8	39	4.8	66	3.6	64.2	4.92	594	4.68	86.4	11.4	98.4	5.22	142	7.2
DO (mg/l)	0.36	6.5	0	6.4	0.3	4.9	0	6.0	0	6.1	0	0	0	5.2	1.7	5.4	0.2	6.06	0	0	0	0	0	0	0.2	3.9
COD (mg/l)	560	48	640	25.6	192	38.4	432	13.44	736	124.8	240	19.2	272	38.9	340	32	192	48	275.2	16	64	28.8	968	16	409	37.4
pH	6.7	6.3	6.9	6.3	6.6	6.4	6.6	6.3	7.4	6.5	7.3	6.1	7.4	6.7	7.4	6.5	7.6	6.7	6.8	3.9	6.6	6.6	7.3	6.4	7.1	6.2
Total Solid (mg/l)	572	618	1,176	842	454	862	21,638	652	1,246	572	526	994	260	874	408	824	382	706	438	842	856	634	880	584	654	750
SS (mg/l)	450	5	775	0	40	0	450	0	300	0	340	0	50	0	20	25	60	20	240	5	460	0	375	8	297	5.3
Dissolved Solid (mg/l)	122	613	401	842	414	862	20,588	652	946	572	186	860	210	874	388	799	322	686	198	837	396	694	485	584	370	740
Conductivity (µS/cm)	960	1,150	1,095	790	1,225	730	1,345	775	1,250	775	860	860	900	740	950	765	850	695	1,045	850	1,195	760	1,080	795	1,063	807
NaCl (mg/l)	470	560	570	430	590	370	640	360	650	370	440	425	455	350	470	375	415	330	480	390	575	360	505	355	522	390
Turbidity (FTU)	450	5	1,225	35	100	15	600	0	550	13	336	40	120	18	130	25	110	38	219	12	500	15	365	15	392	19.3
Color (TCU)	100	3	100	0	140	45	150	50	50	0	48	0	60	0	65	0	63	0	125	0	95	0	80	0	89.7	8.2
Ammonia (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.75	0.45	5.5	0.21	1.8	0.23	1.38	0.28	1.5	0.13	1.41	1.25	1.38	0.98	2.7	0.5

Excluded from average calculation

出典：YCDC

写真 3.1 下水処理場



写真 3.2 受水槽



写真 3.3 最初沈澱池



写真 3.4 エアレーター



写真 3.5 最終沈澱池



写真 3.6 塩素混和池



3.4 工場排水

3.4.1 汚濁制御・清掃局による規制

YCDC 区域内に 24 の工業区域があり、3,562 の工場が操業している。これらの工場排水については YCDC の汚濁制御・清掃局 (Department of Pollution Control and Cleansing) が管理している。工場排水規制は工業省のものではなく YCDC 独自のものを適用している。汚濁制御・清掃局の基準を表 3.13 に示す。実際は全ての工場を検査できないため、主に以下の業種を対象に検査を行っている。

- 化学
- 醸造業 (アルコール工場)
- 電池製造
- 海産物加工

2011 年度は 79 の工場を検査しており、検査の結果を表 3.14 に示す。表に示したように、操業中の 66 工場のうち排水処理が必要な工場は 24 工場であり、これらの工場排水の水質試験を科学省 (Ministry of Science) の試験室に依頼して行った。その結果、工場排水基準を満たした工場が 11、満たさなかった工場が 13 となり、満たさなかった工場に処理施設の設置を要請した。12 工場は要請に応じて処理施設を設置し、1 工場のみが設置していなかった。しかし、この工場も近々設置の予定であるとのことであった。処理施設については標準的な基準はなく、水質試験の結果をもとに汚濁制御・清掃局と工場とが協議をしてプロセスを決めるとのことである。設置後に水質の監視を行っているとのことであった。

重金属については現在基準が設定されておらず、監視も行われていない。現在排出基準を作成中であり、2014 年には施行されるとのことであった。なお、基準作成にあつたてはフィリピンとラオスの基準を参考としているとのことであった。工場排水の下水道受け入れに関しては、排水水質の規定を設け、さらに監視が必要である。規制値を上回る排水については、除害施設の設置が必要である。

表 3.13 工場排水基準

Parameter	Permissible Limit	Unit	Notes
BOD ₅	20 - 60	mg/l	Depending on geography of waste discharging point
Suspended Solids	200	mg/l	
pH	6 - 9.5		
COD	200	mg/l	
Total Solids	500	mg/l	

出典 : Department of Pollution Control and Cleansing, YCDC

表 3.14 工場排水検査結果(2011 年度)

Total number of factories to be inspected	Total number of closed or non-operated factories	The number of factories inspected	The number of factories that do not purify wastes	The number of factories that need to purify wastes	The number of factories of which results were received	The number of factories that consist with standards	The number of factories that do not consist with standards	The number of factories that built filtration tank	The number of factories that need to build filtration tank
79	13	66	42	24	24	11	13	12	1

出典： Department of Pollution Control and Cleansing, YCDC

3.4.2 Mingaladon Industrial Park の排水基準

Mingaladon Industrial Park (MIP) は三井物産、シンガポール企業とミャンマー政府の合弁企業で、Mingaladon タウンシップに工業団地を開発し、土地の利用権を進出企業に再リースし、団地内のユーティリティサービスを提供する管理会社である。MIP は造成費用と運営費用を土地のリース代（一時金）と月別の管理費、電力および上下水道使用料で賄っている。工場排水については受け入れ基準を設け、これを満足するような除外施設の設置を義務付けている。さらに、企業と MIP による監視体制を確立し、監視施設の形態も定めている。また、この基準を超過した場合、3 度の警告の後、工場用水や工場排水受け入れの停止ができることとなっている。このような厳しい工場排水に対する規制は他の工業団地では行われていない。表 3.15 に工場排水受け入れの基準値を、図 3.8 に監視用ピットの配置図を示す。

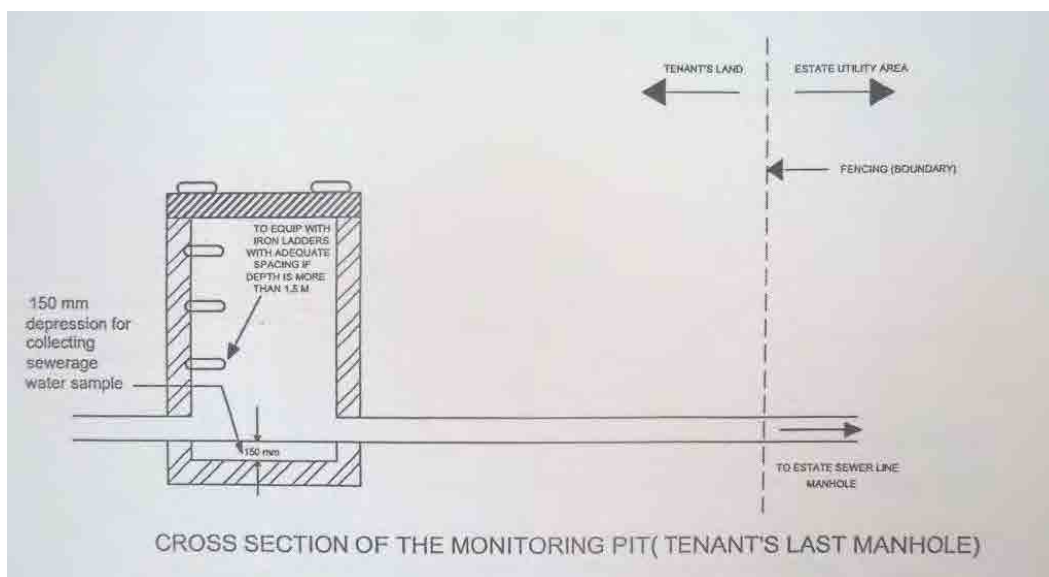
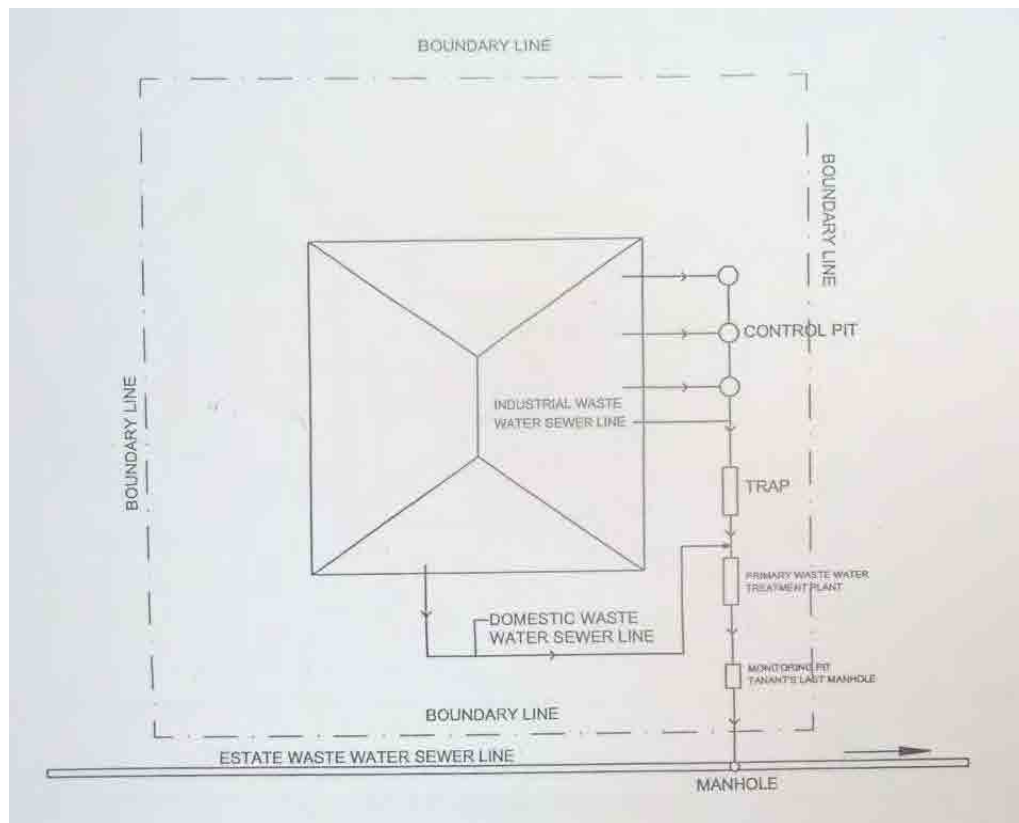
排水規制値は MIP の自主規制値であり、工場から年 1 回の報告を義務づけている。水質分析は外部機関に委託しているとのことであったが、詳細は不明である。なお、同工業団地にはメッキや化学関係の工場は存在しないとのことであった。

表 3.15 工場排水受け入れ基準

パラメーター	単位	最大許容限界
PHYSICAL		
Temperature	℃	35
Dissolved Solids	mg/l	1,000
Suspended Solids	mg/l	200
CHEMICAL		
pH	units	6-9
Iron (Fe)	mg/l	5
Manganese (Mn)	mg/l	0.5
Zinc (Zn)	mg/l	5
Copper (Cu)	mg/l	0.5
Chromium Hexav. (Cr ⁶⁺)	mg/l	0.1
Cadmium (Cd)	mg/l	0.01
Total Mercury (Hg)	mg/l	0.005
Boron (B)	mg/l	1
Nickel (Ni)	mg/l	0.1
Phosphate (PO ₄ -P)	mg/l	1
PCB	mg/l	0.003
Lead (Pb)	mg/l	0.1
Arsenic (As)	mg/l	0.05
Selenium (Se)	mg/l	0.01
Cyanide (CN)	mg/l	0.02
Sulphur (S)	mg/l	0.01
Fluorine (F)	mg/l	1.5
Chlorine (Cl ₂)	mg/l	1
Chloride (Cl)	mg/l	600
Sulphate (SO ₄)	mg/l	400
Free Ammonia (NH ₃ -N)	mg/l	0.5
Nitrate (NO ₃ -N)	mg/l	10
Nitrite (NO ₂ -N)	mg/l	1
Oxygen Demand		
Biology (BOD)	mg/l	240
Chemical (COD)	mg/l	500
Blue Active Compound Methylene (Mixed Active Methyl Blue)	mg/l	0.5
Phenol	mg/l	0.002
Vegetable Oil & Fats	mg/l	30
Mineral Oil (Hydrocarbon)	mg/l	10
MBAS (Detergent)	mg/l	0.5
Radioactivity*		

Note: 1. Radioactivity* concentration follows the valid regulations.
2. No substances constituting an obstacle to the biological treatment process shall be included.

出典：MIP



出典：MIP

図 3.8 工場排水監視用ピット標準配置図

3.5 水質管理

3.5.1 既存の水質管理体制

下水道に関する既存の水質管理体制は、以下のとおりである。

(1) 下水処理場

下水処理水については、YCDC Water and Sanitation Department により、下水処理場で pH および MLSS の測定を行っているのみである。その他のモニタリング、特に放流水質のモニタリングについては、研究目的のモニタリングが行われたが、定期的なモニタリングは行われていない。

(2) 工場排水および排水路

排水路モニタリングについては、YCDC Environment and Cleansing Department が管理しているが、モニタリングの実施状況については情報が無い。

工場排水については、YCDC Department of Pollution control and Cleansing が担当している。YCDC Department of Pollution control and Cleansing による排水水質基準を下表に示す。

表 3.16 排水水質基準

パラメーター	許容限度	排水基準 (日本)
pH	6 - 9.5	5.8 - 8.6 (海域以外)
SS	200 mg/L	200 mg/L (日間平均 150 mg/L)
TS	500 mg/L	規定なし
BOD ₅	20 - 60 mg/L Depending on discharging point	200 mg/L (日間平均 120 mg/L)
COD	200 mg/L (COD _{Cr})	COD _{Mn} として 160 mg/L (日間平均 120 mg/L)

出典：JICA 調査団

日本の基準値と比較すると、BOD は日本より厳しい値を定めている。COD は日本より大きい値であるが、COD_{Cr} と COD_{Mn} の測定方法の違いを考慮すると、実質的に同程度か、より厳しい水質を求めていると考えられる。

ミャンマーの基準値(表 3.16)と工場排水の既存分析結果(表 3.17)を比較する。表 3.17 にある工場排水水質の特徴は、以下のとおりである。

- 酸性あるいは極度なアルカリ性
- BOD：平均 2,008 mg/L
- COD：平均 4,169 mg/L
- TS：平均 6,552 mg/L
- SS：平均 1,391 mg/L

すなわち、いずれの項目についても基準値を大きく外れており、BOD、COD、TS および SS は基

準値をはるかに超えている。

このような排水を下水道で処理する場合、以下の問題が起こりうる。

- 酸性の排水が下水管に放流される場合、管渠が腐食する可能性が高くなる
- 有機物の急激な負荷量の変化あるいは有害物質の流入により、下水処理場の処理機能が低下する

表 3.17 工場排水分析結果

Parameter	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F12	F13	F14	F15	F16	Average
pH	5.00	5.60	4.99	4.92	5.12	5.00	5.35	9.11	5.35	3.90	3.97	4.26	3.98	5.12
BOD	1,484	648	2,089	3,711	684	396	2,490	140	1,593	1,593	2,393	6,493	2,393	2,008
COD	2,053	2,023	2,023	2,490	2,156	562	1,225	468	200	7,200	4,600	20,800	8,400	4,169
TS	6,505	2,181	2,181	2,980	2,983	2,095	7,750	5,710	5,980	6,780	5,940	27,070	7,025	6,552
SS	1,915	391	391	658	658	515	300	1,210	300	1,280	3,140	6,710	610	1,391

出典：Department of Pollution Control and Cleansing

3.5.2 本調査における水質測定

本調査における分析項目と、分析実施機関（分析業者含む）を以下に記す。

表 3.18 分析項目および分析実施機関

分析項目	分析実施機関
T-N, K-N, T-P	Water TEST（タイ分析業者）
MLSS, Total coliforms, Fecal coliforms	MSTRD（Myanmar Scientific and Technological Research Department）
SS, COD, BOD, NH ₄ -N	ISO Tech（ミャンマー分析業者）

出典：JICA 調査団

(1) 下水処理場

既存下水処理場は都市区域の南端にあたるヤンゴン川の川岸に位置しており、処理方法は表面ばっきによる活性汚泥法である。用地内には腐敗槽から引き抜かれる腐敗汚泥の貯留ピットがあり、流入下水と混合され処理されている。

採水箇所は、流入ピット、初沈出口、最終沈澱池出口およびばっき槽の4カ所である。雨期の採水は午前、昼間、午後の3回実施した。

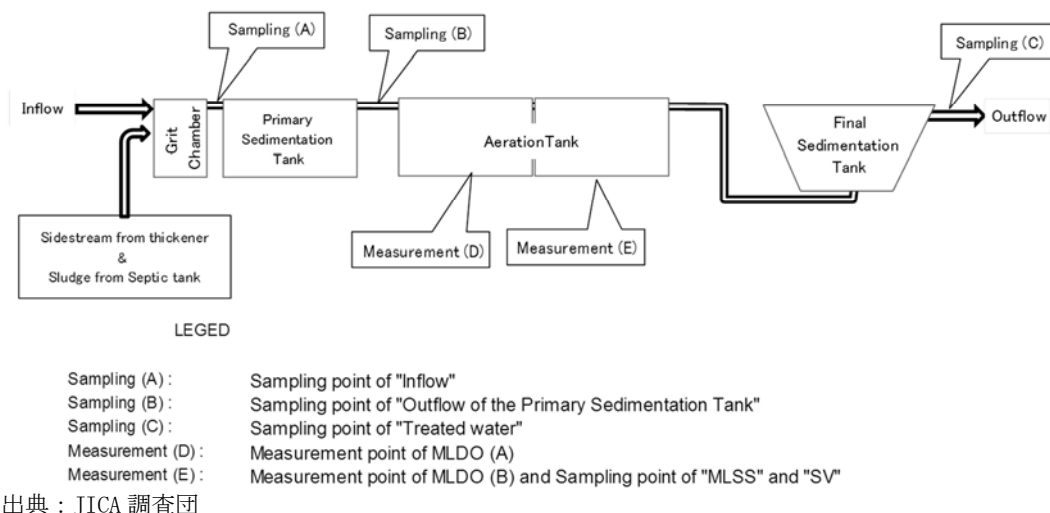


図 3.9 下水処理場の採水および測定位置

下水処理場における水質調査結果の要点を以下に示す。

雨季

- 流入水は黒色を呈しており、流入水質の平均値は SS 1,551 mg/L、COD 1,600 mg/L、BOD 680 mg/L、T-N 147 mg/L、T-P 11.4 mg/L である。流入水には浄化槽引抜汚泥、汚泥処理施設からの返流水が混合している。
- ばっき槽混合溶液中の溶存酸素 (MLDO) は流入側槽で平均 1.2 mg/L、流出側槽で 2.3mg/L となっており、MLDO 値としては概ね適正である。
- 活性汚泥浮遊物質 (MLSS) は平均 6,033 mg/L、活性汚泥の沈殿特性として活性汚泥沈殿率 (SV30) は 29.8 %、汚泥容量指標 (SVI) は 49.3 である。
- 処理水質の平均値は SS 199 mg/L、COD 32 mg/L、BOD 19 mg/L、T-N 16.3 mg/L、T-P 8.32 mg/L (平均値) である。平均除去率は SS 87%、COD 98 %、BOD 97%、T-N 89 %、T-P 27 % である。

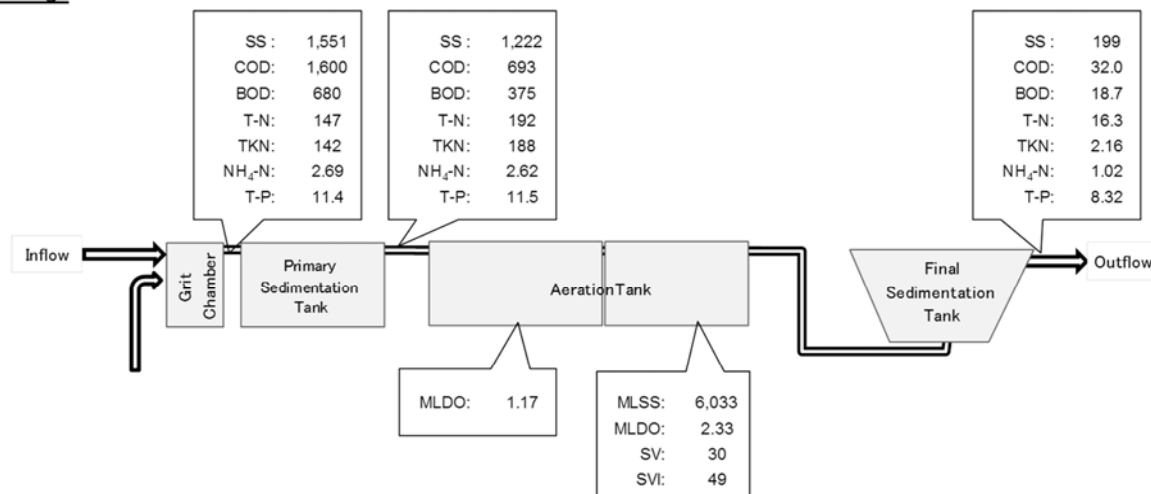
乾季

- 流入水は雨季と同様、黒色を呈しており、流入水質の平均値は SS 942 mg/L、COD 176 mg/L、BOD 79 mg/L、T-N 221 mg/L、T-P 7.97 mg/L である。流入水には浄化槽引抜汚泥、汚泥処理施設からの返流水が混合している。
- ばっき槽混合溶液中の溶存酸素 (MLDO) は流入側槽で平均 0.0 mg/L、流出側槽で 0.26mg/L となっており、ほぼ無酸素状態であった。
- 活性汚泥浮遊物質 (MLSS) は平均 9,223 mg/L、活性汚泥の沈殿特性として活性汚泥沈殿率 (SV30) は 90 %、汚泥容量指標 (SVI) は 115 である。すなわち、非常に沈降性の悪い状態であった。
- 処理水質の平均値は SS 109 mg/L、COD_{cr} 36 mg/L、BOD 19 mg/L、T-N 13.4 mg/L、T-P 6.56 mg/L (平均値) である。活性汚泥の状態は良好とはいえないが、平均除去率は SS 88%、COD

80 %、BOD 76%、T-N 94 %、T-P 18 %である。

水質調査結果に基づく評価として、除去率は良好であるが、活性汚泥の状況は良好ではないと判断する。

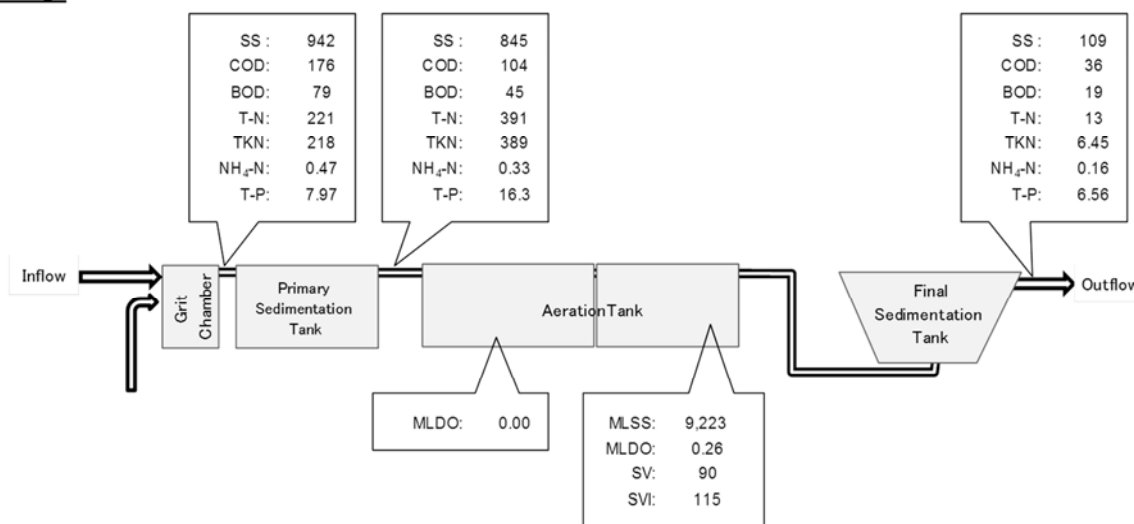
Average



出典：JICA 調査団

図 3.10 下水処理場の水質分析・測定結果（平均値、雨季）

Average



出典：JICA 調査団

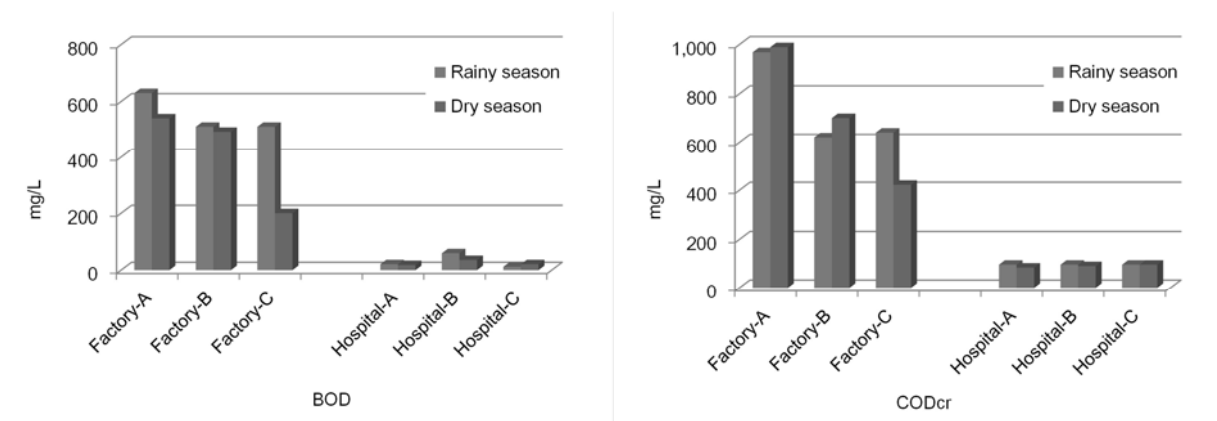
図 3.11 下水処理場の水質分析・測定結果（平均値、乾季）

(2) 工場および病院

調査対象となった3つの工場の概要を資料編に示す。工場-A（清涼飲料水製造）の排水は未処理で排水路に排出している。工場-B（製菓）は処理施設を有しており、処理水を工場内の緑地に灌漑しており、排水路への排出はない。工場-C（製パン）は採水のための立入が出来ず、工場に

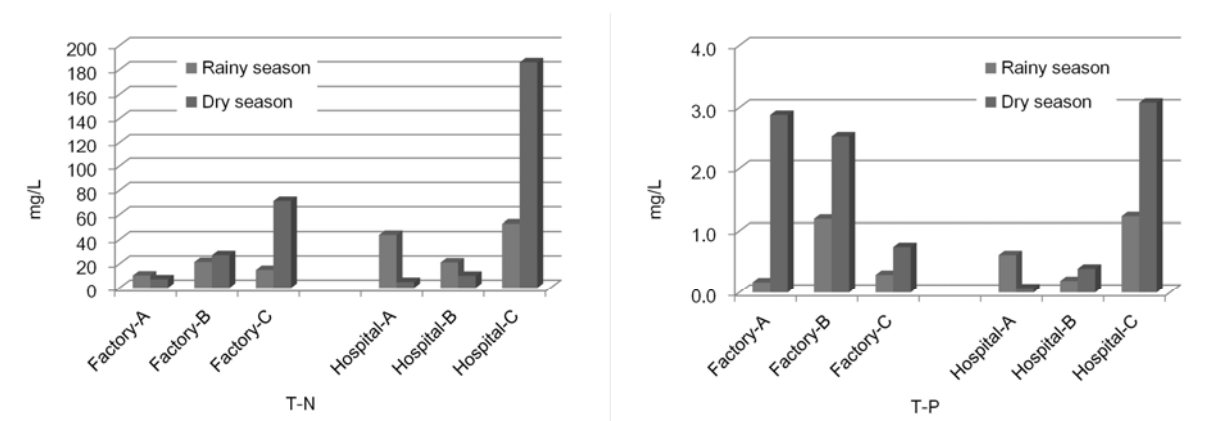
接する排水路において採水を実施した。この工業地区の工場排水は排水路に排出され、最終的にはHlaing川に流出している。

調査を実施した3つの病院はヤンゴン市の主要な病院である。2つの病院(Yangon General Hospital, Department of oral surgery, and Yangon General Hospital)のサンプルは主に入院患者の生活排水であり、医療排水の混入は少ないと考えられる。もう一つの病院(Yangon New General Hospital)は別名、「日本病院」と呼ばれており、日本の援助協力により建設され、排水処理施設がある。しかし、排水処理施設は部分的に老朽化しており、現在、停止している。



出典：JICA 調査団

図 3.12 工場、病院排水の水質分析結果 (BOD、COD)



出典：JICA 調査団

図 3.13 工場、病院排水の水質分析結果 (T-N、T-P)

(3) 水質特性の要約

工場、病院の水質調査結果の要点を以下に示す。

- 3つの工場の排水水質の平均値は、雨季：COD 743 mg/L、BOD 550 mg/L、T-N 15.6 mg/L、T-P 0.55 mg/L、乾季：COD 704 mg/L、BOD 411 mg/L、T-N 35.2 mg/L、T-P 2.05 mg/Lである。
- 3つの病院の排水水質の平均値は、雨季：COD 96 mg/L、BOD 31 mg/L、T-N 39.2 mg/L、T-P

0.68 mg/L、乾季：COD 90 mg/L、BOD 25 mg/L、T-N 67.0 mg/L、T-P 1.18 mg/L である。

- 一部の工場を除き、ほとんどの工場と病院の排水は未処理で排水路へ排出されている。
- 工場排水は、病院排水と比較して、高い有機性汚濁を示している。ミャンマー国の排水基準と比較した場合、3つの工場排水は BOD および COD の最大許容濃度を大きく超過している。

3.5.3 水質データの要約

水質調査によって得られた知見を以下に要約する。

(1) 既存下水処理場の状況

下水処理場の平均除去率は雨季：SS 87%、COD 98 %、BOD 97%、T-N 89 %、T-P 27 %であり、乾季：SS 88%、COD 80 %、BOD 76%、T-N 94 %、T-P 18 %である。

しかし乾季の MLDO はほぼ 0mg/L であった。これはヤンゴンの電力事情による停電あるいは間歇ばつきによる不完全なばつきのためと考えられた。また汚泥の特性は非常に悪く、汚泥引き抜きがほとんど行われていない。

したがって、活性汚泥の適切な管理が行えるよう、施設の改善や運転要員の訓練を行うべきである。

(2) 工場排水と病院排水

工場排水は、病院排水と比較して、高い有機性汚濁を示している。ミャンマー国の排水基準と比較した場合、3つの工場排水は BOD および COD の最大許容濃度を大きく超過している。

一方、病院排水は生活排水に類似した汚濁特性を示している。しかし将来、人工透析やより高度な医療行為が一般化した場合、病院の排水水質にも注意を払う必要がある。

3.6 水域の汚染の状況

3.6.1 河川、排水路の汚染状況

(1) 水質調査の概要

この水質調査は2つの部分から構成され、それぞれの調査概要を以下に示す。この調査は雨期と乾期において各々1回ずつ実施される。

- YCDC の公共水域における水質汚濁状況
生活排水が排出される排水路および主要な河川の水質汚濁状況を把握する。
- カンドー湖の水質汚濁状況とその汚濁源
カンドー湖の水質状況の把握、およびカンドー湖に係る汚濁源（レストラン排水および湖に流入する排水路）の水質特性を把握する。

(2) 水質調査結果

排水路、河川における水質調査結果の要点を以下に示す。

- 市街地域の主要排水路は生活雑排水等により汚濁が進行している。さらに固形廃棄物の収集サービスが十分でない為、排水路が固形廃棄物で汚濁されている。生活環境の観点から、排水路の水質改善が必要である。(写真 3.7、写真 3.8を参照)
- 河川 (Hlaing River、Yangon River、Bago River) の水質汚濁は排水路より悪化している。特に雨季に、高い濃度の BOD、COD が測定された。
- 河川、排水路共に、その水質は良好であると判定できない。(次表を参照)

表 3.19 河川・排水路の水質分析結果 雨季 (COD、BOD)

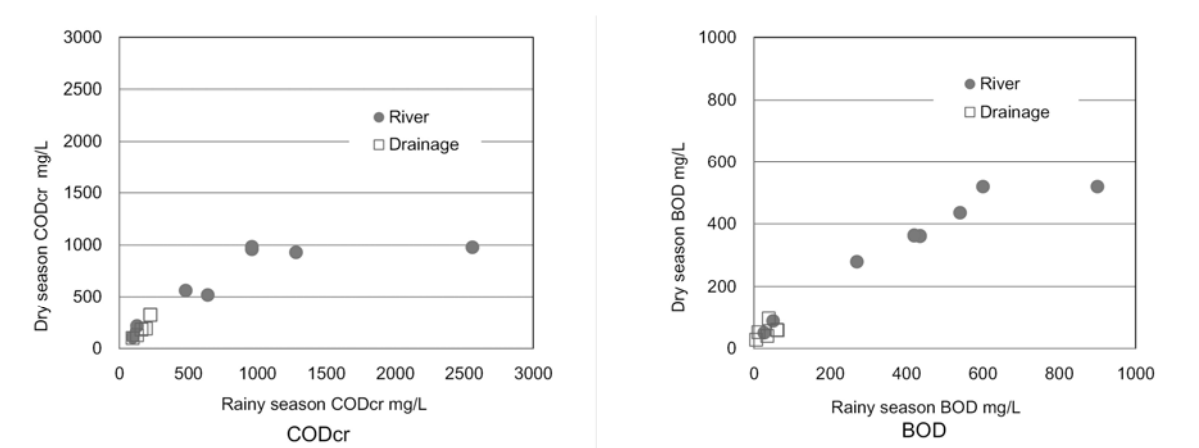
サンプル	COD _{Cr} (mg/L)		BOD (mg/L)	
	範囲	平均	範囲	平均
河川	96 - 2560	888	27 - 900	405
排水路	96 - 224	171	6 - 62	36

出典：JICA 調査団

表 3.20 河川・排水路の水質分析結果 乾季 (COD、BOD)

サンプル	COD _{Cr} (mg/L)		BOD (mg/L)	
	範囲	平均	範囲	平均
河川	110 - 985	658	50 - 520	328
排水路	100 - 322	207	28 - 96	56

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3.14 河川・排水路の水質分析結果 (COD、BOD)

河川、都市排水路の水質 (T-N、T-P) を次表および次図に示す。

- T-N、T-P 共に、排水路の濃度が高い。BOD、COD との傾向の違いは、水中における分解性の違いによるものと考えられる。

- T-N、T-P 共に、乾季の濃度が高い。すなわち、雨季は降雨による希釈により濃度が低下するものと考えられる。

表 3.21 河川・排水路の水質分析結果 雨季 (T-N、T-P)

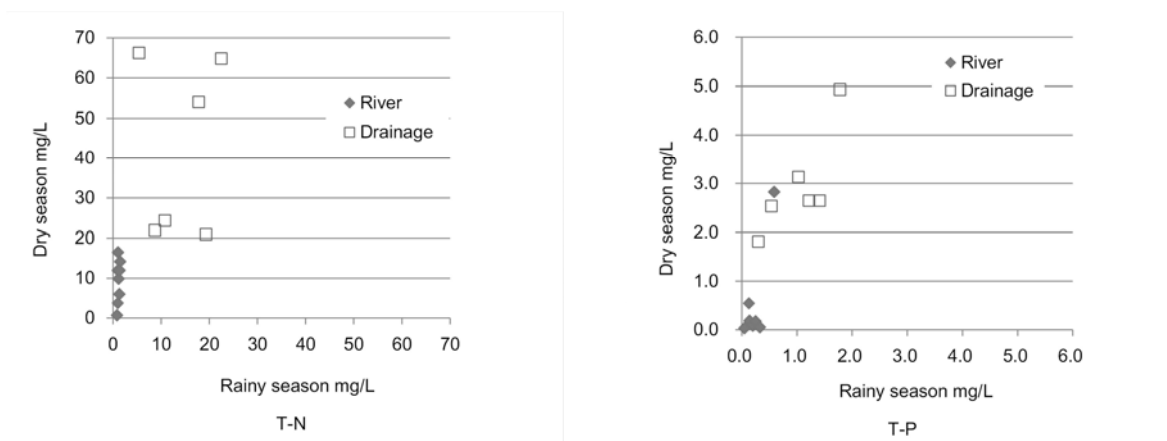
サンプル	T-N (mg/L)		T-P (mg/L)	
	範囲	平均	範囲	平均
河川	0.84 - 1.49	1.15	0.05 - 0.59	0.24
排水路	5.42 - 22.5	14.09	0.30 - 1.78	1.05

出典：JICA 調査団

表 3.22 河川・排水路の水質分析結果 乾季 (T-N、T-P)

サンプル	T-N (mg/L)		T-P (mg/L)	
	範囲	平均	範囲	平均
河川	0.58 - 16.4	9.28	0.03 - 2.82	0.50
排水路	20.9 - 66.2	42.03	1.81 - 4.93	2.95

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3.15 河川、排水路の水質分析結果 (T-N、T-P)

写真 3.7 排水路の状況 (Nat Chaung)



写真 3.8 排水路の状況 (Thamaing Chaung)



3.6.2 カンドーシ湖の汚染状況

(1) カンドーシ湖流域の概要

カンドーシ湖は Yangon 市南部の Bahan township に位置し、その南岸は Mingalartaungnyunt townsihp、東岸は Tamwe township に接している。湖の表面積は 647,497m²、水深は最深部で約 3m (2012 年 10 月 29 日実測) である。

カンドーシ湖は Yangon 市の水道水源として 1879 年に開発され、約 35,000 人の飲料水源として利用された。しかし Hlawga 貯水池の開発 (第一期 1904 年完成、第二期 1921~1924 年) 以降、水道水源として使用されておらず、現在では公園として整備されている。

カンドーシ湖の周辺の状況を図 3.14 に示す。カンドーシ湖水面の写真を、写真 3.9 および写真 3.10 に示す。湖面には広範囲に藻類が繁殖していた。

カンドーシ湖の周辺では、12 箇所のレストラン (R-1~R-12) と 1 箇所のホテルが営業を行っている。レストランのほとんどは湖の北岸に位置している。レストランの排水処理装置の状況を、写真 3.11 および写真 3.12 に示す。いずれも簡易なグリストラップ (油分補足) あるいはセップティックタンク (腐敗槽) を使用しているのみである。

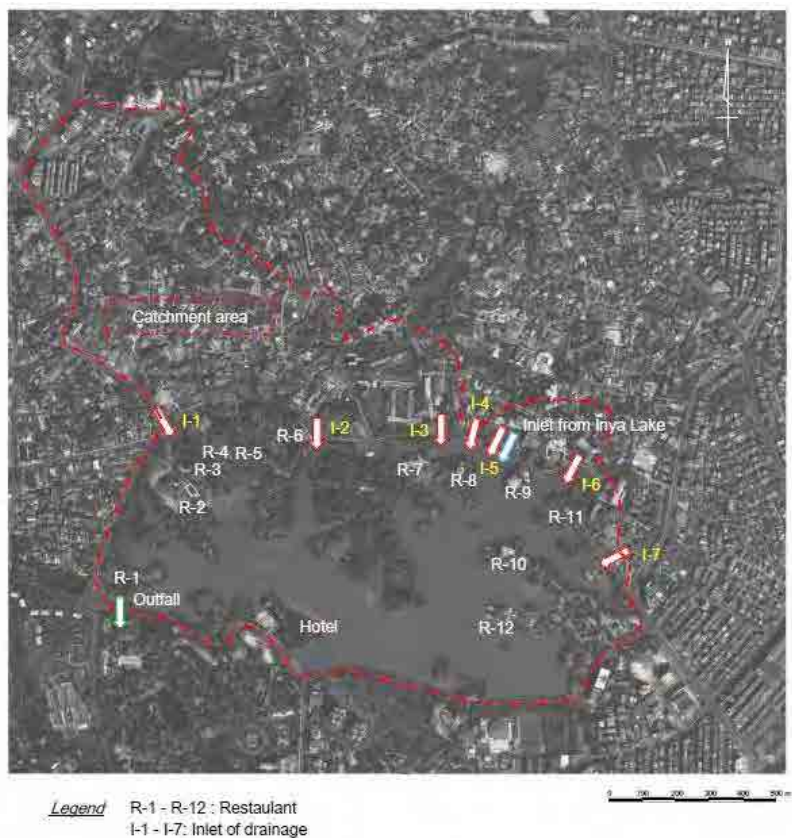
また、湖の北岸にある 7 箇所の排水口 (I-1~I-7) より、流域 (赤点線で表示) である Bo Cho (1) ward からの生活排水および雨水排水が流入している。湖の南岸の雨水排水および生活排水は、別途排水路に集められ、Pazundaung creek に放出される。

排水口の状況を写真 3.13 および写真 3.14 に示す。排水口周辺には油脂、ビニール類が浮遊している。またユスリカと思われる生物が生育しており、ガスの気泡が浮上している。

すなわち、排水口からは汚染された排水が流入しており、カンドーシ湖の水質に大きな影響を与えていると考えられる。

一方、湖からの放流口は 1 箇所であるが、堰は閉じられている。また、Inya Lake からの導水管は、常時使用されていない (YCDC によると、水祭りの期間中の 15 日間のみ、導水管が使用される)。

したがって、カンドーシ湖への流入は、周辺施設および Catchment area からの汚水と雨水のみであり、また放流口が閉じられていることから、湖水の交換は行われず、汚染物質の蓄積が進行していると考えられる。



出典：JICA 調査団

図 3.16 カンドー湖周辺の状況

写真 3.9 カンドーシ湖水面 (その1)



写真 3.10 カンドーシ湖水面 (その2)



写真 3.11 レストラン (R-6) 排水処理装置
(グリストラップ)



写真 3.12 レストラン (R-6) 排水処理装置
(放流口)

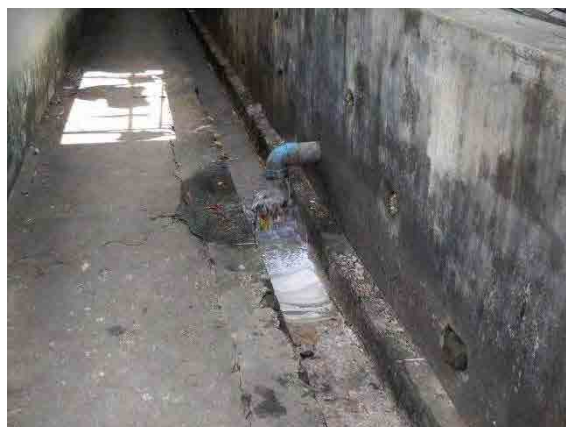


写真 3.13 Drainage 放流口 (I-2)



写真 3.14 Drainage 放流口 (I-5)



(2) カンドーシ湖の水質

雨季および乾季にカンドーシ湖の水質調査を行った。サンプリング地点は、下図のとおりである。地点名については、表 3.23 を参照されたい。



出典：JICA 調査団

図 3.17 カンドーシ湖 水質調査サンプリング地点

採水と同時に、カンドーシ湖の水深を測定した。測定結果は以下のとおりである。

表 3.23 カンドーシ湖 水深データ

地点	水深
WW-22	2.5m
WW-23	2.5m
WW-24	1.5m
Deepest point	3.0m

出典：JICA 調査団

雨季

雨季の測定結果を以下にまとめる。

- カンドーシ湖には、排水路を通して Bo Cho (1) Ward (Bahan township) の生活排水が流入している
- また、カンドーシ湖周辺のレストランなどからは、グリストラップのみ、あるいはグリストラップ+セプティックタンクで処理された排水が流入している
- カンドーシ湖の放流口は閉ざされており、湖水は滞留している
- 水温は 30℃以上であるため、アオコの原因となる藻類である、ミクロキスティスの増殖に非常に有利な条件である
- 湖水の pH は 9.2 - 9.5 であり、藻類による光合成の影響であると考えられる

- 湖水の窒素およびリンの分析結果より、富栄養化の状態にあると考えられる（下表）

表 3.24 湖水中窒素・リン濃度

No.	場所	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
WW-22	Kandawgyi Lake-1	2.17	0.13
WW-23	Kandawgyi Lake-2	1.98	0.13
WW-24	Kandawgyi Lake-3	1.69	0.14

出典：JICA 調査団

乾季

乾季の測定結果を以下にまとめる。

- 湖水の pH は 10.9 - 11.1 であり、雨季より光合成が活発に行われている可能性がある。
- 東側の WW-24 を除き、雨季と比較して T-N および T-P の濃度が増加している。すなわち、富栄養化がさらに進行している可能性がある。

表 3.25 湖水中窒素・リン濃度（乾季）

No.	場所	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
WW-22	Kandawgyi Lake-1	19.9	0.19
WW-23	Kandawgyi Lake-2	11.3	0.17
WW-24	Kandawgyi Lake-3	7.74	0.03

出典：JICA 調査団

富栄養化の判定基準

日本（環境省） T-N: 0.5 - 1.3 mg/L, T-P: > 0.02mg/L

OECD（1982） T-P: 0.035 - 0.1mg/L Eutrophic, > 0.1 mg/L Hypereutrophic

3.7 下水道事業財政の現状

YCDC における上下水道事業は分離されておらず、また、下水道料金は徴収されていない。現在そのサービス提供している地域はダウンタウン地域に限られ、処理している下水の量は 50 万ガロン/日 (2300/日) 程度の少量であるため、大きな負担になっていない。下水道セクションには 139 名の職員が所属するが、その構成はコンプレッサー部門 30 人、西下水管路 41 人、東下水管路 39 人、下水処理場 29 人である。人員的には下水道部門は水供給・衛生局全体の 6% 程度である。

予算が上水道と分離されていないため、推計による下水道事業経費は次の表 3.26 の通りである。予算の大半は管路、処理場の清掃・メンテナンスに使われている。この予算合計額は約 3 億 Kyat で、YCDC 水供給・衛生局の年間予算の約 7% に相当する。予算全体への負担は少ないが、市内人口カバー率が 5.8% 以下でこれだけの経費が生じている。

表 3.26 下水道部門の経費推計

(単位：百万 Khat)

費 目	数 量	単 位	経 費
直接経費			
正規職員	42	人	35
労働者	97	人	58
電力	511	MWh	18
保守管理		/年	192
その他			11
推計合計			314

出典：JICA 調査団

現在、下水道料金は明示的に課金されておらず、YCDC の上下水道サービスにおいて水道料金が唯一の収入源と見てよい。水道料金も、国際水準としてはかなり低い水準にある。こうした低料金を可能とするのはいくつかの理由が存在するが、基本的には灌漑水路からの濁度/BOD の低い水源を得ているため処理コストが低廉なこと、取水も重力式で電力を必要としないこと、更には多人数を占めるオペレーターなどの労働力は正規職員ではなく、日雇い労働者であること等に起因している。通常上下水道の労働生産性をはかる目安の指標としては、接続千個当たりの職員数で表すことが一般である。YCDC 水供給・衛生局のこの指標は約 8 人である。先進国では一般に 1-2 人を目標とするため、職員数はやや過剰という判断も可能であるが、第三の要因である日雇い労働者の存在の結果、YCDC における損益計算書に占める日雇い賃金を含めた人件費の割合は全体の 25% しかしていない。最大の費用項目は電力で費用全体の 40% を占めている。YCDC の会計は典型的な政府の経理制度であるため、減価償却といった費用は計上されていない。減価償却を考慮すると人件費の割合は更に低下するはずで、その意味でも人件費の合理化は一番の課題ではない。

次の表 3.27 は上下水道部門全体の過去 5 年間の収支の推移を示したものである。運転収支の余剰の収入との比率である経常余剰比率を見ると、2007 年度は 36% と比較的健全であったが、2011 年度ではわずかに 5% となっている。これは、この間、収入は斬増したのに対し、経費が 60% も上昇したためである。経費が増加した主な理由は物価の上昇で、消費者物価は 50% 上昇している。費用の費目別では日雇い労働者賃金とメンテナンス補修費用が急増している。一般世帯の上水料金は 2002 年の 13.2 Kyat/m³ が 2011 年まで据え置かれたままであった。これが 2012 年に 88 Kyat/m³ に、商業顧客は 2006 年の 77 Kyat/m³ から、やはり 2012 年に 110 Kyat/m³ に改定されており、単純計算では収入が倍増以上になり、収益状況は大きく改善することと予想される。YCDC の水部門の投資金額を見ると 2011 年は 2007 年の 2 倍以上になっており、積極的な施設整備も行われていることが明らかである。

通常下水道サービスを拡充すると運転・メンテナンスコストが上水よりも大きいため、これまでのように上水の売り上げ収入で賄うことは不可能となってくる。資本コストの回収をどのようにするかによって下水道料金の設定は大きく異なる。料金と財源の問題については財源計画の項でより詳しく検討を行う。

表 3.27 ヤンゴン市下水道事業財政の推計

(単位：百万 Kyat)

項目	2007	2008	2009	2010	2011
収入 (A)	4,308	4,320	4,433	4,571	4,709
経常経費 (B)	2,745	3,511	3,366	3,682	4,496
資本経費 (C)	2,009	2,064	2,276	4,157	4,731
経常余剰 Operating Surplus (A)-(B)	1,563	809	1,067	889	213
経常余剰比率 Operating Surplus Ratio ((A)-(B))/(A)	36%	19%	24%	19%	5%
投資比率 (C)/(A)	47%	48%	51%	91%	100%

出典：JICA 調査団

3.8 関連の下水道計画

ヤンゴン市における過去の下水道計画としては、以下の4件があげられる。

- 1) J.D & D.M Watson Report, July 1953
- 2) “Master Sewerage Plan for Rangoon”, Metcalf and Eddy, April 1965, funded by USAID
- 3) “Yangon Infrastructure and Environmental Services” August 1993, UNCHS/UNDP
- 4) “Yangon Strategic Development Plan” Dec. 2006, YCDC, Economic Planning Unit, Prime Minister’s Department, Malaysia

この中で入手できたのは、3) “Yangon Infrastructure and Environmental Services” と 4) “Yangon Strategic Development Plan” であり、1)、2)は入手できなかった。いずれにせよ、1)、2)の計画は資金不足などの理由により今日まで実現することはなかった。ただし、1962/64年に政府資金により、エジェクターシステムのコンプレッサーを蒸気動力から電動モーターに切り替えた。また、1964/67年に西部に1箇所エジェクター・ステーションを増設し、処理区域の拡大が行われた。2003/05年に下水処理場の建設が行われたことは前述のとおりである。

3)は当時の汚水処理や都市排水の状況を調査した報告書であり、具体的な下水道計画等の提案はない。4)はYCDCの33タウンシップを対象区域とし、2020年を目標年次とする戦略的開発計画である。社会経済的な分析、セクター別の産業開発計画、それらを支えるための必要なインフラ、最後にこれらの結果に基づく政策の提案を行っている。下水道については12のタウンシップについて下水道施設の建設を提案しており、それらを短期(2005~2010年)、中期(2010~2015年)、長期(2015~2020年)に区分している。処理場規模はいずれのタウンシップについても人口当量30万人であり、処理場の必要面積は10エーカー(4.05ha)である。下水道施設計画というよりは下水道整備の構想といった提案である。

この構想に基づく具体的な下水道計画は現在に至るまで作成されていない。

表 3.28 戦略開発計画による下水道整備計画

Implementation Period	Township	Population Equivalent	Area for WWTP (acre)
Short Term (2005 - 2010)	Insein	300,000	10
	Thingangyun	300,000	10
	Hlaing Tharyar	300,000	10
	Shwe Pyi Thar	300,000	10
	South Okkalapa	300,000	10
	North Okkalapa	300,000	10
	Thaketa, No.1	300,000	10
Medium Term (2010 - 2015)	South Dagon	300,000	10
	Mayangone	300,000	10
Long Term (2015 - 2020)	Mingalardon	300,000	10
	North Okkalapa	300,000	10
	Shwe Pyi Thar	300,000	10
	Thaketa, No.2	300,000	10
Total		3,900,000	130

出典：Yangon Strategic Development Plan

3.9 汚水処理処分に係る主要な課題

3.9.1 技術面

汚水処理処分にに関する技術面の課題を列記すると以下のようになる。

(1) 汚水処理全般

- ① YCDCにおける下水道の普及率は5%程度であり、非常に低い。
- ② 現在の下水道の普及率は35%程度であり、下水道の普及を妨げる要因の一つとなっている。
- ③ 以上の状況から汚水処理は個別処理に頼らざるを得ないが、現在唯一の処理方式である腐敗槽の普及率も全人口の43%程度であると推定される。
- ④ 腐敗槽はトイレ排水しか処理できず、家庭雑排水は未処理で雨水排水路へ流出している。また、腐敗槽は嫌気性処理であるため、その処理効率は高く見積もっても50%程度と考えられる。既設の腐敗槽を雑排水も処理するように改善することは構造、設置場所から考えて非常に困難である。
- ⑤ 下水道と腐敗槽以外の未処理人口は全人口の52%に達すると考えられ、これらの家庭からはトイレ排水は地下浸透、雑排水は流域へ直接排出されている。その結果、雨水排水路は事実上下水路となっているが、住民の多くはあまり問題としてはいない。住民調査の結果では、排水路の状況について、非常に良好、良好、まあまあと答えた住民が全体の67%であり、悪い、非常に悪いと答えたのは29%であった。臭気についても非常に良好、良好、まあまあが74%であったのに対し、悪い、非常に悪いは26%であった。
- ⑥ 現状では住民の問題意識は低いですが、将来生活水準の向上に伴い、臭気や美観等への関心が

高まり、不満が増えてくるものと考えられる。

- ⑦ したがって、トイレ排水はもとより雑排水の処理を行う必要がある。究極的には下水道の整備となるが、整備には時間がかかるため、暫定的な方策を考える必要がある。

(2) 下水道

- ⑧ 放流水質基準が制定されていない。
- ⑨ 下水処理場で水量、水質が観測されていない。水量、水質は変動するため、適切な運転を行うにはこれらを把握しておかねばならない。現在、下水処理場ではこのことと⑩、⑪が原因となって適切な運転管理がなされていない。
- ⑩ 下水処理場の設計容量 14,775m³/日に対し、現在の流入量は約 2,300m³/日と推定される。下水収集のエジェクターシステムに欠陥があるためと考えられるが、原因は突き止められていない。
- ⑪ 腐敗槽汚泥が投入されており、流入水質が高濃度となっている。
- ⑫ エジェクターシステムは約 120 年前に建設されたものであり、修理のための部品の入手が困難となっている。

3.9.2 組織・制度面の課題

(1) 組織

下水道課の主たる任務は、既設の小規模の下水道の維持管理であり、計画や設計を行った経験が少ない。また、今後、下水道の整備を進めていく上で、維持管理を含むこれらの業務を行う要員が不足している。

上水道同様、水質ラボラトリもないため、水質モニタリング体制が非常に脆弱である。

(2) 制度

ここでは我が国における下水道・排水に係る法制度の概要を紹介し、その後、「ミ」国で必要と考えられる法制度について触れることとする。

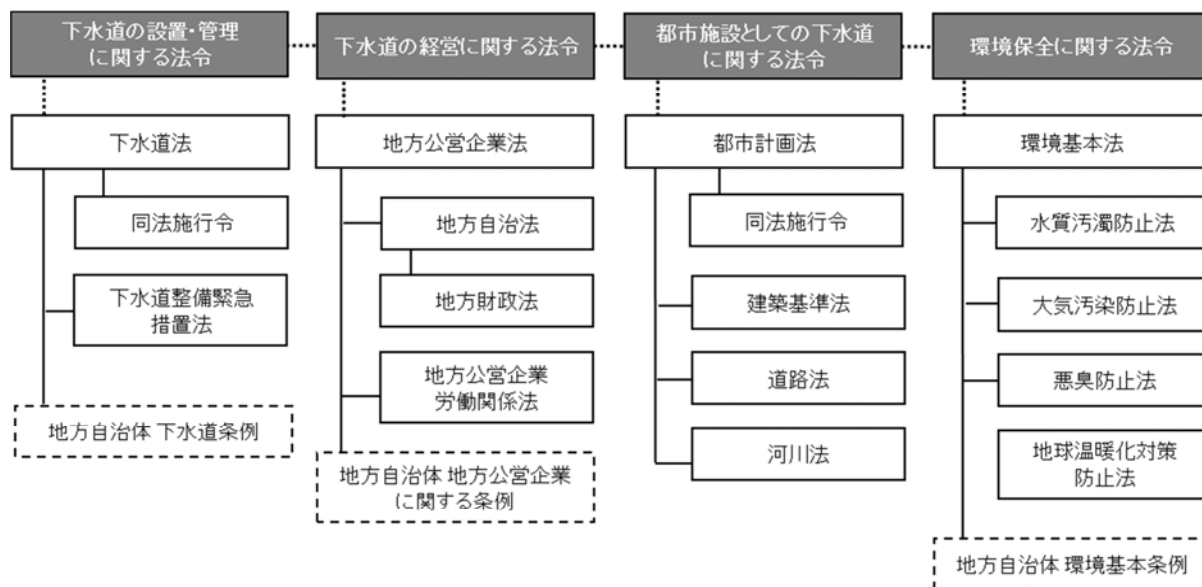
1) 我が国における下水道・排水に係る法制度

我が国の場合、下水道の役割は時代の要請とともに変遷してきているおり、次の3つに大きく絞ることができる：① 浸水被害の解消、② 公衆衛生の観点からの生活環境の改善、③ 公共用水域の水質保全。我が国では、当初、雨水による浸水被害の排除を目的としていたが、明治時代中期にコレラが大流行して以来、公衆衛生の重要性が認識されるようになった。その後、急速な経済成長と都市の人口集中化による河川の水質汚濁が進展するにもなって、水質保全がその役割に加えられた。

こうした下水道の役割を十分に発揮させるために、法制度面から後押しするものが「下水道法」をはじめとする法律や規則であり、施策を具体化するための基本的な枠組みであるともいえる。法制度を充実させることは、下水道の使命を実現するための施策を効果的に促進することに繋が

るため、重要となる。

下水道事業に係る関連主要法令の体系図を次図に示す。



「下水道法」は公共下水道の整備、使用、維持管理を規定した基本法であり、根幹となるものである。公共下水道の構造、放流水の水質、終末処理場の維持管理などの技術的基準を明示するとともに、下水道の設置、管理の主体を原則として市町村下水道と定め、排水設備の設置義務や悪質な排水者に対する除害施設の設置命令も規定し、下水道の責任体制について規定している。また、「水質汚濁防止法」によって、水質汚濁に関する排水基準の設定や下水道が特定事業場として取扱われる等、下水道の水質保全に果たす役割が拡大し、かつその責任も増大した。

一方、下水道は街づくりに必要な施設であること、環境保全に不可欠な施設であることから、都市整備や環境保全の法規とも深く関わってきている。我が国においては、下水道の目的や役割が広がったことに伴い、重要な都市施設について規定する都市計画法等及び環境保全の基本法令である環境基本法等の重要性も増してきている。

都市整備の側面からは、下水道は都市計画上の都市施設として位置づけられており、都市計画区域内においては、「都市計画法」に基づき規定されるものとなっている。また、下水道管渠を布設する際の占有の関係上、「道路法」や「河川法」とも関連してくる。

環境保全の側面からは、下水道が水質保全に資する事業であることから、水質環境基準や公害防止計画を定めている「環境基本法」、排水規制や総量規制などを定めている「水質汚濁防止法」と関わっている。地方自治体によっては、国の基準より厳しい基準値（上乘せ基準）を条例で設定するところもある。

経営・財政の側面からは、公共下水道事業は特別会計により、独立採算制が採用された経営が地方自治体によって行われており、「地方公営企業法」、「地方財政法」、「地方自治法」が関連している。

下水道法及び関連法令の概要を次表に整理している。

分野	法令名	概要
基本法	下水道法	<ul style="list-style-type: none"> 都市の健全な発達、公衆衛生の向上、公共用水域の水質保全を図ることを目的 公共下水道、流域下水道及び都市下水路の管理運営に係る規定（原則として市町村が実施） 排水設備の設置義務の規定 放流水の水質管理基準の規定 悪質下水の排除者に対する規制 下水道管理の費用負担の規定
都市整備	都市計画法	<ul style="list-style-type: none"> 下水道を都市計画に定めるべき都市施設として位置づけるとともに、都市計画及び都市計画事業を決定、施行、変更する場合等について規定
	下水道整備緊急措置法	<ul style="list-style-type: none"> 下水道を緊急、かつ計画的に整備するための下水道整備7ヵ年計画の根拠法
	河川法	<ul style="list-style-type: none"> 下水道工事に関連して、河川の占用許可、工作物の新築等の許可等について規定
	道路法	<ul style="list-style-type: none"> 下水道工事に関連して、下水道管渠を布設する際に必要な道路の占用許可等について規定
	道路交通法	<ul style="list-style-type: none"> 下水道施設の工事に係る道路の使用許可（77条）等について規定
環境保全	環境基本法	<ul style="list-style-type: none"> 環境保全に関する基本的な理念と施策を規定 大気汚染、水質汚濁、土壌汚染及び騒音に係る環境上の基準を定めること等を規定
	水質汚濁防止法	<ul style="list-style-type: none"> 特定施設を設置する工場、事業所から公共用水域に排出される水の水質について規定 処理場からの放流水はこの法律により規制 工場、事業所からの汚水・廃液が人の健康に被害を及ぼした場合の事業者の賠償責任を規定
	大気汚染防止法	<ul style="list-style-type: none"> 処理場の一定規模以上のボイラ、乾燥炉、焼却炉から発生するばい煙排出の規制等について規定
	悪臭防止法	<ul style="list-style-type: none"> 汚水が流入する場所を管理する者の責務について規定
	廃棄物の処理及び清掃に関する法律	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物の収集、運搬及び処分について規制しており、下水道管理者以外の者が下水汚泥を運搬又は処分する場合の基準等について規定
経営・財政	地方公営企業法	<ul style="list-style-type: none"> 地方公営企業の基本・経営組織・財務・企業職員の身分取扱等について規定 公共下水道事業は、条例で同法令の全部、または一部が適用される
	地方自治法	<ul style="list-style-type: none"> 公の施設である下水道施設の設置・管理、利用に関しての使用料（下水道料金）等の徴収等について規定
	地方財政法	<ul style="list-style-type: none"> 地方公営企業の経営の基本原則（独立採算制・特別会計の設置等）、地方債の運用等について規定
その他	下水道条例	<ul style="list-style-type: none"> 下水道法の規定に基づき、地方公共団体が公共下水道の設置及びその他の管理について必要事項を規定

分野	法令名	概要
		<ul style="list-style-type: none"> • +各都市は、排水設備の定義、接続方法、排水設備工事に係る工事業者の指定と技術者の規定、水質管理責任者の選任、下水道料金の料率・徴収方法・減免などを規定
	浄化槽法	<ul style="list-style-type: none"> • 浄化槽によるし尿及び雑排水の適正な処理を図り、生活環境の保全及び公衆衛生の向上に寄与することを目的 • 浄化槽の設置、保守点検、清掃及び製造について規制 • 浄化槽工事業者の登録制度及び浄化槽清掃業の許可制度を整備

出典：国土交通省ホームページ (<http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/index.html>) を基に作成

2) 「ミ」国における下水道・排水に係る法制度の課題

「ミ」国では、全般的に下水道法及びその関連法、個別処理に関する法令が十分に整備されていないため、その整備が必要であると考えられる。また、下水道を整備が進んでいない「ミ」国の状況では、個別処理に関する法令の整備、及び整備状況のモニタリングも重要となる。

法制度面の主な課題について以下に示す。

① 下水道の基本的な概念に関する規定がない

下水道事業の定義、下水道事業主体の定義、下水道の基本的概念、事業計画の認可などに関する規定がない。ヤンゴン市では下水道計画の実施が急務となっている中で、その根幹となる法令及び規定の整備によって、下水道の位置づけを明確にする基本法の制定が必要である。

② 公共下水道の維持に関する規定がない

下水道施設の維持管理主体や公共下水道施設（処理施設、ポンプ施設）の維持管理、汚泥処理、またこれらの維持管理業務に携わる技術者に関する規定は整備されていない。下水道施設の適切な維持管理レベルを確保し、持続的に行うためにも、明確な規定の整備が望ましい。

③ 流入汚水及び放流水に関する水質基準の制定が必要

工場及び事業所から排出される、排水に含まれる汚濁物質等を除去するための除害施設の設置や、流入汚水及び放流水に関する法制度が未整備の状態である。また、それに対する意識も希薄である。極度に水質の悪い下水は、下水道管の損傷、終末処理場の機能低下などの障害を招くため、処理可能な水質となるよう規制が必要である。また、企業の経済活動の活発化にとめない、置き去りにされがちな環境の保全と国民の公衆衛生環境を保つためにも必要である。

④ 設置する排水設備及びその工事、受益者負担の原則などを明示した法整備が必要

対象都市において、市民が設置する排水設備の接続方法、排水設備工事に係る工事業者や手続き、設置技術者に対する規定などの実質的な法律が整備されていない。また、現在は

下水道料金も徴収されていないため、受益者負担の原則に基づく料金徴収を規定することも、事業の持続性の観点から必要となる。

⑤ 個別処理（腐敗槽、浄化槽など）に関する法整備が必要

公共下水道の未整備地区における一般住宅では、腐敗槽によるし尿処理が行われている。今後、住宅用浄化槽が効果的と判断されるケースでは、その普及・促進にともなう法整備も必要になると想定される。また、下水道の整備・普及にはかなりの年月を要すると考えられることから、汚泥処理や廃棄等に関する法整備への対応も必要になると考えられる。

3.9.3 財務運営上の課題—PPPの可能性

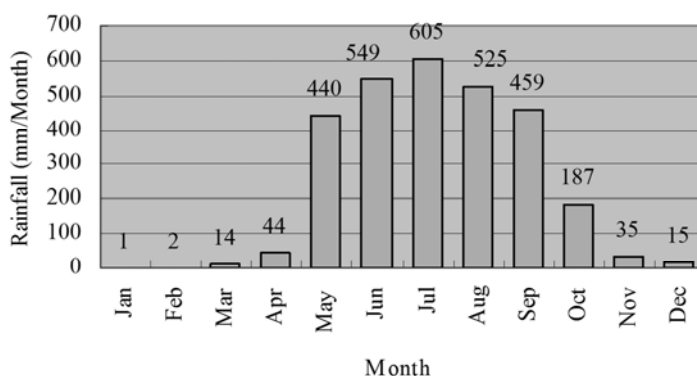
YCDCは先進国の民間、公的セクターの順で進みつつある労働市場の流動化、アウトソーシングによる合理化をすでに内包して取り込んでいると見る事も可能である。多くの労働者は日雇いのステータスでその賃金は一日当たり2,000-2,500 Kyat、3ドル前後にしかない。これは財務分析を超えてPPP、BOTなどの民間連携を検討する際にも大きな影響を与える事柄である。民間の公的セクターへの参入による合理化を可能にする第一の要素は民間企業という雇用規制のより少ない組織による柔軟な雇用方式による省力化、賃金の抑制である。しかしながら、YCDCは既にそうした合理化を達成している可能性が高い。単純にみれば、YCDCが民間との連携によるメリットがある可能性があるのは、1) 資本調達を民間業者に委託するBOT方式の場合 2) 特定の企業で運営の合理化を可能にする技術力と資本力を有している場合の2つが考えられる。単純なサービスコントラクト方式のPPPは現状では必要性は薄いと判断される。

第4章 雨水排除の現状

4.1 雨水排水に係る環境

4.1.1 降雨

ヤンゴン市の月別降水量を下図に示す。雨期のピークである7月には、月間降水量は600mmを超え、年間降水量は約3,000mmに達する（東京での年間降水量の2倍程度）。また、短時間に高強度の降雨が多いことが降雨特性のひとつである。



出典：Kaba-aye Station (2001-2010), DMH

図 4.1 ヤンゴン市 月別降水量

4.1.2 潮汐

ヤンゴン市を流れる主要排水路の放流先であるヤンゴン川、Hlaing 川及び Pazundaung 川は、いずれも感潮河川となっている。ヤンゴン港における潮位データを下表に示す。地盤高標記と同様に、平均潮位を基準にした場合の既往最高潮位 (HHWL) は、+3.619m(+6.74-3.121=3.619m)となっている。河川沿いの一部地域では、既往最高潮位と同等以下の地盤高となっている。

東南アジア近隣諸国においても、ヤンゴン市と同様な低平地に位置する都市では、高潮による浸水被害や、過剰な地下水揚水に伴う地盤沈下による雨水排水不良、等の状況が生じている。ヤンゴン市においても、早期の雨水排水対策の実施が望まれる。

表 4.1 ヤンゴン港 潮位データ (Sule Pagoda Wharf)

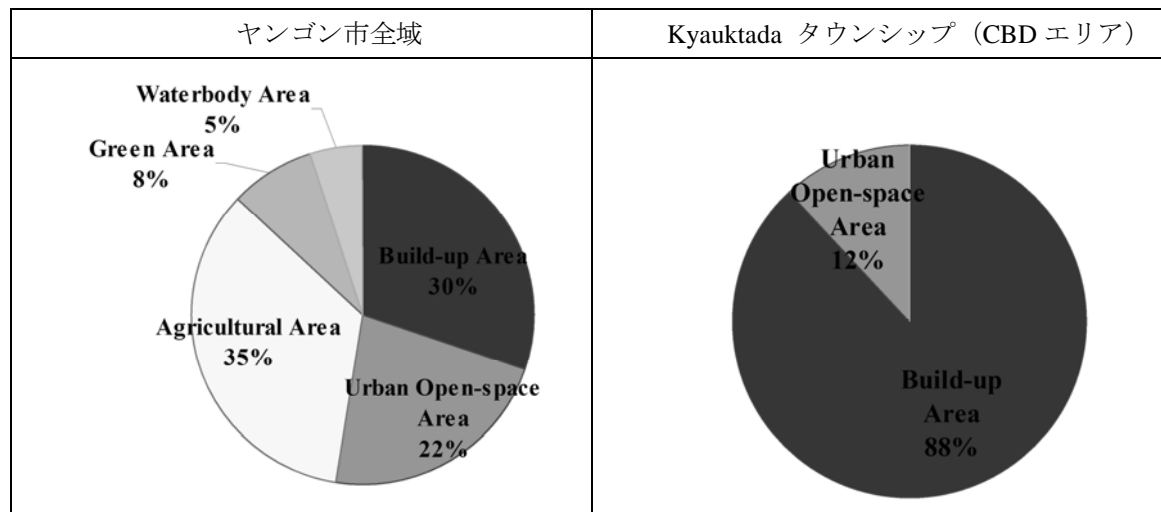
項目	潮位 (m)	備考
Highest High Water Level (HHWL)	+6.74	Observed date: Sep. 1899
Mean Water Level (MWL)	+3.121	Observed date: Up to 1936
Lowest Low Water Level (LLWL)	-0.24	Observed date: Dec. 1902

出典：Record at Yangon Port (Sule Pagoda Wharf), MPA

4.1.3 都市化の状況

ヤンゴン市の土地利用状況を下図に示す。ヤンゴン市全域では、都市化区域（Build-up Area 及び Urban Open-space Area）の比率が 52%であるのに対し、CBD（中心商業地区）内の代表的なエリアである、Kyauktada タウンシップにおいては、その比率が 100%に達している。

エリアによる特性はあるが、今後も、ヤンゴン市全域における都市化の進展に伴い、雨水流出量の増加が予想される。



出典：2012年 JICA 都市圏調査

図 4.2 ヤンゴン市における土地利用の現況

4.2 排水施設の現状

ヤンゴン市及びその周辺地域の既存主要排水路を下表及び図 4.4 に示す。

調査対象区域への降水は、約 50 本の開水路を經由して、6 本の河川及び水路（ヤンゴン川、Bago 川、Hlaing 川、Nga Moeyeik 水路、Pazundaung 川、Pan Hlaing 川、Twante 水路）へ流出している。また、CBD 内には 14 本の主要排水暗渠がある。

市中心部中央には南北に走る小高い丘陵地（標高約 30m）があり、東西の低平地へなだらかに下っている。このため、市内中心部の雨水排水は地形勾配を利用した自然流下により行われており、22 本（No. 1～22）の主要排水路は、この丘陵地を分水嶺として Pazundaung 川及び Hlaing 川へ流入している。

CBD 地区を除けば、既存排水路の多くは法面が保護されていない自然水路であり、また、周辺の生活雑排水の流入により、水質が悪化している。

表 4.2 ヤンゴン市周辺における主要排水路

No.	排水路名称	No.	排水路名称
1	Ywa ma Chaung	23	Thaung gyi Chaung
2	Ka thwe Chaung	24	Sula kan Chaung
3	Pauk taw Chaung	25	Shwe lin ban Chaung

No.	排水路名称	No.	排水路名称
4	Yoe gyi Chaung	26	Ka sin Chaung
5	Tha maing Chaung	27	Htain hna pin Chaung
6	Aung theik di Chaung	28	Dun ta be Chaung
7	Pa dauk Chaung	29	Hmaw bi Chaung
8	Kamayut Chaung	30	Lat that Y Chaung
9	Kwin Chaung	31	Tagu gyan Chaung
10	Ywa thit Chaung	32	Ok po Chaung
11	Thebyu Chaung	33	Hte Tan Chaung
12	Aung mingalar myopat Chaung	34	To gyaung ga lay Chaung
13	Moemaka Chaung	35	Seik gyi Chaung
14	Nat Chaung	36	Pagan Daung Chaung
15	Kunitpinlain Chaung	37	Taw thun Chaung
16	Kyaikasan Chaung	38	Pa lan Chaung
17	Semyaung Chaung	39	Shwe byauk Chaung
18	Yeipauk-kyi Chaung	40	Ayun zok Chaung
19	Zwezon Chaung	41	Bo gyok Chaung
20	Shwehle Chaung	42	Tama ta kaw Chaung
21	Thunandar Chaung	43	Weta Chaung
22	Danityoe Chaung	44	Kon ywa Chaung
		45	Alat Chaung
		46	Ta ma aung Chaung
		47	Baw Chaung

出典：JICA Study Team based on the Interview to engineer of Dept. of Roads and Bridges

4.3 浸水状況

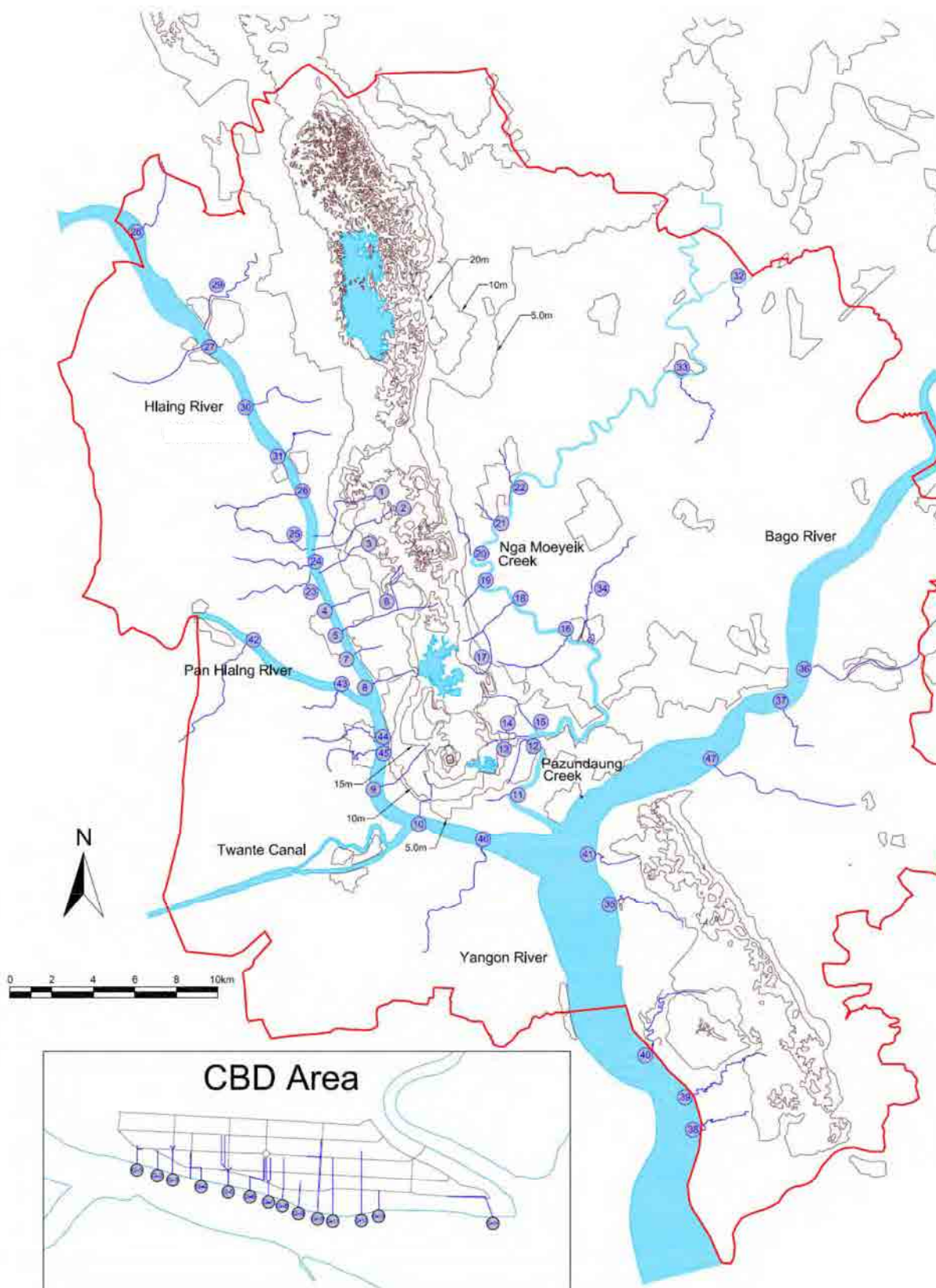
ヤンゴン市周辺の浸水発生状況を写真4.1及び図4.4に示す。市内では浸水が頻発しているが、床上浸水以上の被害はなく、長くても3~4時間程度の道路冠水が多いことから、浸水被害に対する住民の危機意識は低い。浸水原因の多くは、下記理由に集約される。

- 側溝及び雨水管等の雨水排除施設の整備不足
- 既存水路の流下能力不足（水路内の土砂/ごみ及び阻害物による流下断面積の縮小を含む）
- 外水位（高潮）の影響による排水不良
- 防潮ゲートの不備（背水による浸水）

写真 4.1 浸水発生状況

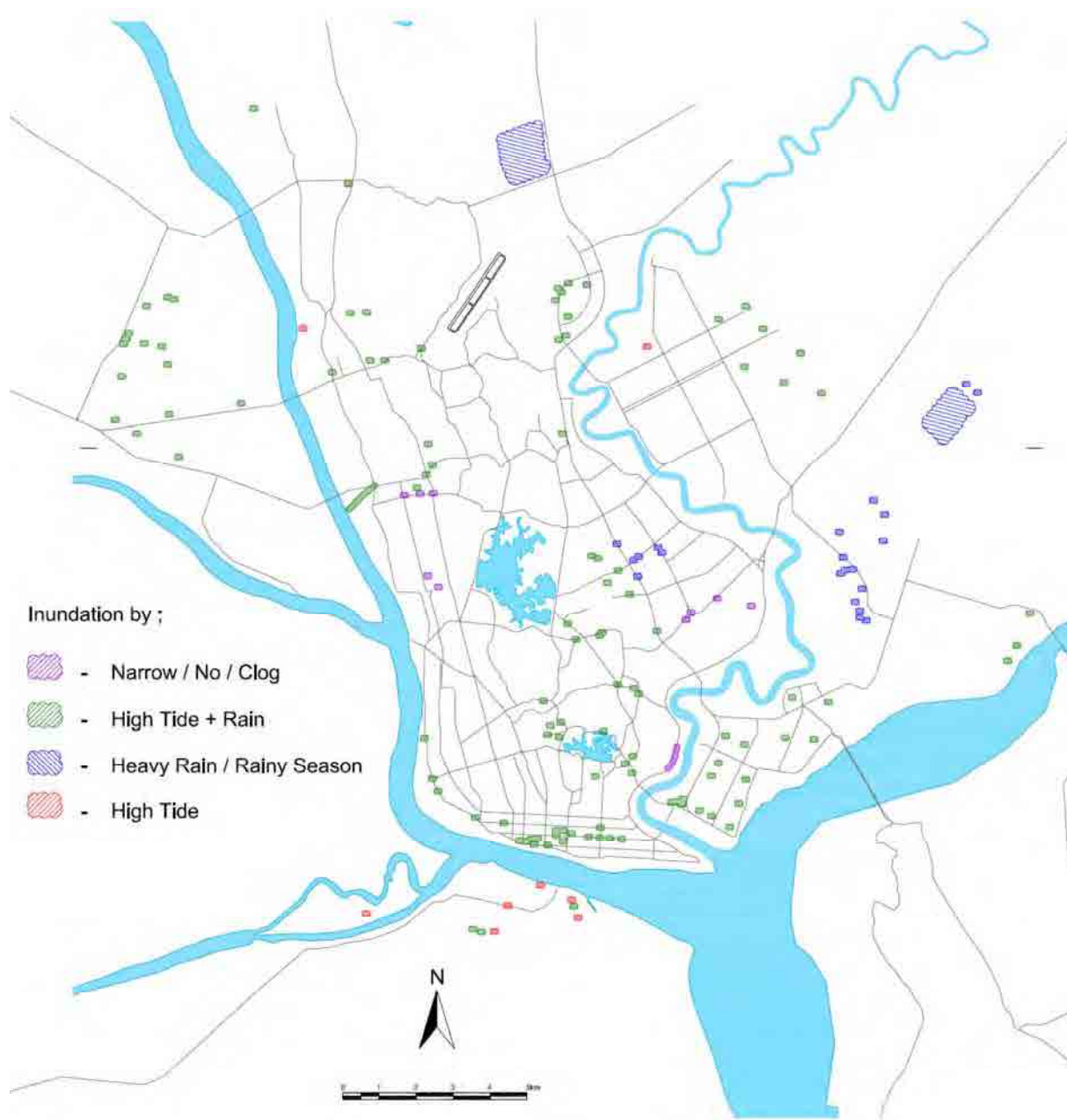


出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 4.3 ヤンゴン市周辺における主要排水路



出典：JICA Study Team based on the data from YCDC Township Office and Interview to Residents

図 4.4 ヤンゴン市周辺における浸水発生状況

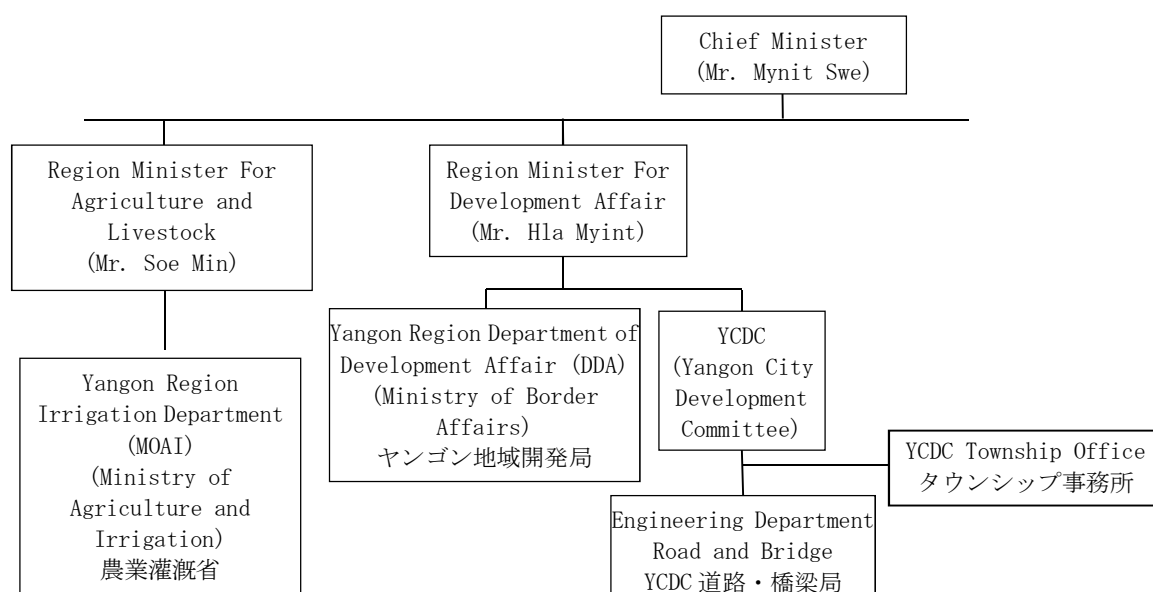
4.4 運営維持管理

雨水排水施設は「ラングーン市 Municipal Act」(1922)に基づき、その管轄が定められている。主要排水路の放流先となっている 6 本の河川及び水路（ヤンゴン川、Bago 川、Hlaing 川、Nga Moeyeik 水路、Pazundaung 川、Pan Hlaing 川、Twante 水路）は、農業灌漑省（MOAI）が管轄して

いる。

ヤンゴン市内の主要排水路は、YCDC 道路・橋梁局の管轄となっており、各タウンシップ事務所と連携し、管理が行われている。また、ヤンゴン市周辺タウンシップ（ヤンゴン管区）はヤンゴン地域政府の1つである開発事業局(DDA)が管轄している。

下図に雨水排水管理に係る関連組織図を示す。各組織間の管理区分は定められているものの、YCDC 道路・橋梁局においても、雨水排水事業を管轄する特定部所がない。このため、管理対象となる排水路数等も正確に把握されていない。雨期に入る前の水路清掃が主要な維持管理作業である。



出典：JICA 調査団

図 4.5 ヤンゴン市周辺における浸水発生状況雨水排水管理 関連組織

4.5 財務状況

排水の施設整備及びメンテナンスは YCDC 道路・橋梁局の管轄であるが、直接に排水を担当している担当者は配置されておらず、予算上も明確な区分があるわけでない。予算の仕分けを YCDC に依頼しているがその作業の結果はいまだに出ていない。側溝の清掃には1-3 千万 Kyat 程度の予算が計上されているようであるが、その総額も判明していない。現在は洪水対策用に特定の施設があるわけではなく、道路を建設した際の付帯施設として側溝および交差点におけるカルバートなどが建設され、道路の補修の一環としてこれらの施設も管理されている。

4.6 排水の重要性に関する住民意識分析

次の表は先行して行われたヤンゴン都市圏開発プログラム形成協力準備調査の住民意識調査サンプル 1 万件弱の洪水に関する回答のタウンシップ毎の分析結果である。WTP とは洪水を減じる

対策のためにどの程度毎月払ってもよいかという設問への答えで、設問は 1) Less than 500 Kyat、2) 501 to 1,000 Kyat、3) 1,001 to 2,000 Kyat、4) 2,001 to 3,000 Kyat、5) 3,001 to 5,000 Kyat、6) 5,001 to 7,000 Kyat、7) more than 7,000 Kyat の 7 区分で支払い意思額を質問している。設問が数値ではないので平均値を求める事はできないが、中央値（メディアン）を求める事はおおよそできる。WTP の値は 1-7 の区分のどのあたりにメディアンがあるかという数値を元にして平均から乖離を指数にしている。WTP の次は洪水頻度、洪水の水準、洪水の継続日数で、それぞれを平均値からのかい離度でインデックス化したものである。洪水頻度の設問は 1) Every month、2) Every year、3) Every 2 years、4) Every 10 years、5) More than 10 years、6) Never experienced の 6 区分の選択である。洪水の水準の設問は 1) up to ankles、2) up to knees、3) up to waist、4) more than waist の 4 区分の選択である。洪水の継続日数は 1) less than half day、2) half day- one day、3) more than one to three days、4) more than three to five days、5) more than 6 days の 5 区分の選択である。

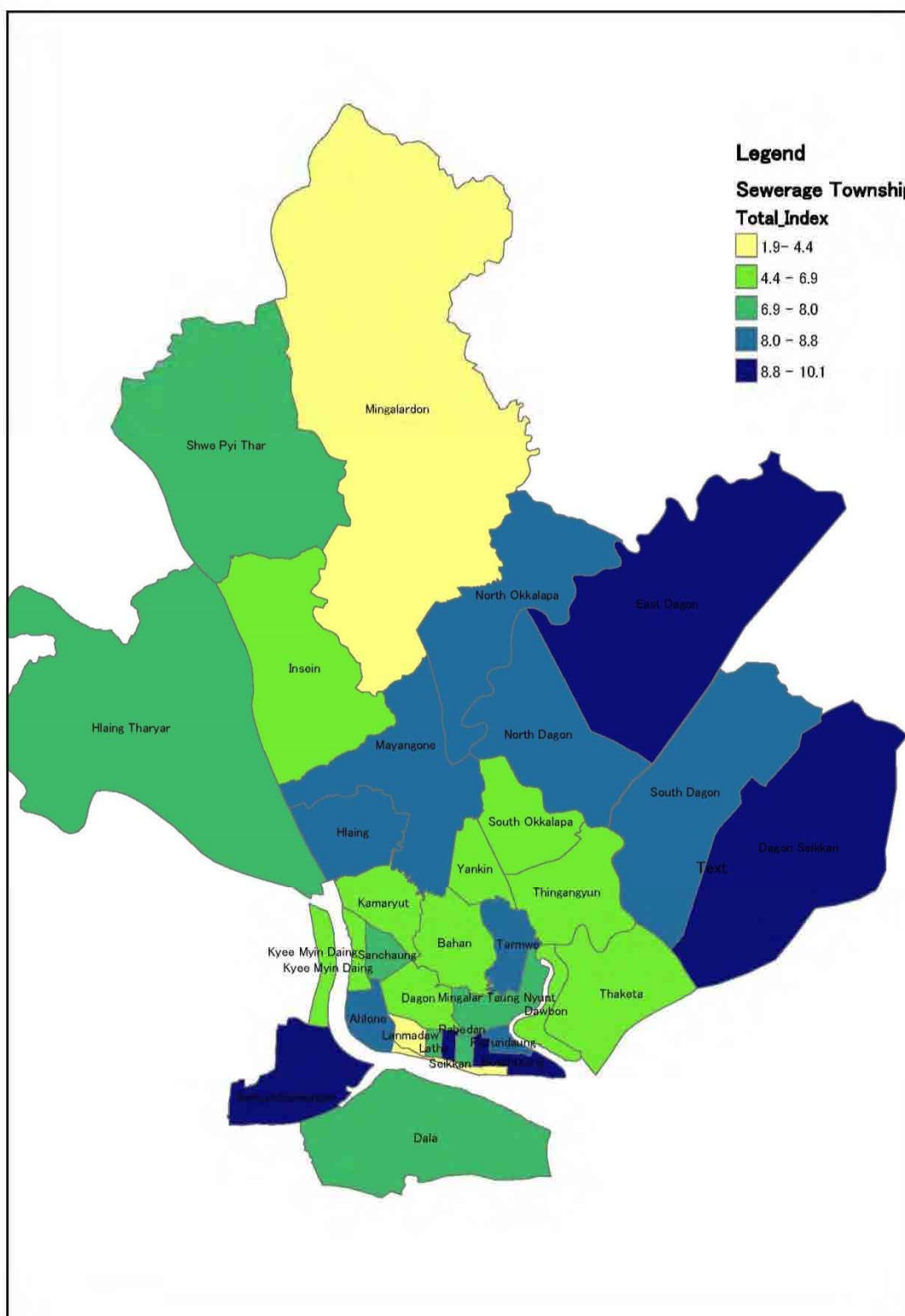
Total_Index はインデックス値をすべて足し合わせた総合評価である。この分析から大まかな、洪水被害対策に対する住民のニーズをうかがい知ることができる。

図 4.6 は最後の Total_Index を 5 階級に分類して、地図上でタウンシップごとに色分けしたものである。全般として、中央の高台の開発の進んだ地域よりも川沿いの周辺部に洪水対策のニーズが強いことが見て取れる。

表 4.3 洪水対策への住民意識調査
(洪水対策に対する支払い意志額、被害状況)

Township Code	Township	WTP	Flood Frequency	Water Level	Duration	Total_Index
01	Latha	3.35	1.72	2.29	0.63	8.0
02	Lanmadaw	1.92	0.87	0.79	0.49	4.1
03	Pabedan	3.46	2.89	3.06	0.70	10.1
04	Kyauktada	3.10	2.08	1.18	0.75	7.1
05	Botahtaung	3.36	2.51	2.45	0.74	9.1
06	Pazundaung	3.44	1.98	2.42	0.49	8.3
07	Ahlon	2.86	3.06	2.29	0.56	8.8
08	Kyee Myin Daing	2.18	0.61	3.07	0.79	6.7
09	Sanchaung	3.78	1.01	1.98	0.49	7.3
10	Dagon	2.86	0.59	2.29	0.49	6.2
11	Bahan	2.71	1.07	2.35	0.68	6.8
12	Tarmwe	3.59	2.38	1.92	0.51	8.4
13	Mingalar Taung Nyunt	2.88	2.10	2.20	0.66	7.8
14	Seikkan	1.58	0.56	-0.70	0.49	1.9
15	Dawbon	1.50	1.40	2.23	1.58	6.7
16	Kamaryut	2.98	0.90	1.40	0.49	5.8
17	Hlaing	2.85	2.79	1.84	0.74	8.2
18	Yankin	3.09	1.19	1.25	0.49	6.0
19	Thingangyun	2.67	2.18	1.29	0.76	6.9
20	Mayangone	2.68	2.26	2.54	0.74	8.2
21	Insein	1.78	1.53	2.08	0.94	6.3
22	Mingalardon	1.48	0.69	1.33	0.90	4.4
23	North Okkalapa	2.30	3.23	1.85	1.43	8.8
24	South Okkalapa	2.61	2.17	0.84	0.73	6.3
25	Thaketa	1.70	1.82	0.75	0.92	5.2
26	Dala	0.54	1.92	2.48	2.80	7.7
27	Seikgyikhanaungto	1.10	0.59	5.28	2.66	9.6
28	Shwe Pyi Thar	1.54	2.47	1.70	2.05	7.8
29	Hlaing Tharyar	1.50	2.09	1.82	2.52	7.9
30	North Dagon	2.48	3.15	1.40	1.59	8.6
31	South Dagon	2.20	2.69	1.82	1.82	8.5
32	East Dagon	1.53	2.87	2.21	2.51	9.1
33	Dagon Seikkan	2.46	2.60	2.34	1.84	9.2
34	Kyauktan	1.12	1.99	3.05	1.47	7.6
35	Thanlyin	0.62	0.22	3.17	1.64	5.6
36	Hlaegu	1.02	4.49	3.41	2.85	11.8
37	Hmawbi	0.43	0.50	2.47	1.95	5.3
38	Htantapin	0.37	3.04	3.92	3.94	11.3
39	Twantay	0.18	3.50	1.24	2.00	6.9

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 4.6 洪水対策に対する住民意識の階級分け

4.7 関連計画

雨水排水に係る関連計画を以下に列挙する。

- (1) Yangon Infrastructure and Environmental Services -Pre Feasibility Study, UNCHS/UNDP, Aug 1993
「国連 水と衛生の10カ年計画 1981-1990」への参加の一環として、YCDC とミャンマー政府は Yangon City and Regional Development Project (MYA/85/016) をスタートさせた。本調査は、このプロジェクト活動の一部として、都市排水の状況を調査したものである。
- (2) Study on Drainage System of Mingalar Taung Nyunt Area, Fukken Co., LTD, Nov 2002
ECFA の資金支援で、復建コンサルタントは現地調査団を 1996 年に派遣し、Mingalar Taung Nyunt Area が浸水被害に対して最も深刻な地域と判断した。本格調査の実施を想定して、同社が、当該地域の現状等をまとめたものである。
- (3) Existing Drainage System of Yangon City, Mr. Aung Swe (ex Technical Advisor in YCDC), Jan 2004
本報告書は、YCDC の前アドバイザーであった著者が、市内の主要 22 排水路に関する現状及び課題等をまとめたものである。
- (4) Yangon Strategic Development Plan, YCDC/Economic Planning Unit, Prime Minister' s Dept., Malaysia, Dec 2006
YCDC33 タウンシップを対象とした戦略的都市開発計画であり、インフラ整備の提案も行われている。都市排水に関しては、市内の主要 22 排水路に対する改修及び防潮ゲートの設置が提案されている。

上記調査報告書の中では、いずれも具体性を持った計画内容は提示されていない。YCDC は、浸水発生状況に応じて対症的（排水路の浚渫、道路のかさ上げ、防潮ゲートの設置等）に対応しているのが実情である。このことが雨水排除に関する YCDC の危機意識の低さを表しているとも言える。

4.8 既存排水施設に係る課題

4.8.1 技術面の課題

前述した通り、ヤンゴン市内では浸水が頻発している。現状では深刻な被害には至っていないが、今後の都市化の進展に伴い、浸水による経済被害額も増加することが予想される。浸水の発生は基本的に雨水排除施設の整備（能力）不足に起因しており、浸水解消に向けた早期の施設整

備が望まれる。

施設の維持管理面においては、市内の雨水排水事業を管轄している YCDC 道路・橋梁局に雨水排水事業を担当する独立した部署がないため、維持管理作業は、部分的、対処療法的なものとなっている。将来的には、水供給・衛生局の独立したセクションとして雨水排水担当部署を設立し、計画的に維持管理を実施していくことが必要である。

なお、現状においては、ごみの投棄による排水路の閉塞が排水施設能力不足の一因となっており、雨水排水路管理に対する市民への啓蒙活動を強化していくことも重要である。

4.8.2 組織・制度面の課題

YCDC の道路・橋梁局がヤンゴン市内の排水作業に責任を持っているが、排水を担当している職員は非常に限られており、既存の排水路の維持管理や改善はしばしば遅れている。職員人数を増加する等、組織の再構成が必要である。

第5章 汚水処理施設整備方針、改善目標と改善策

5.1 汚水処理に関する整備方針

5.1.1 整備方針の概要

2012年10月から11月に実施されたJICA世帯訪問調査によると、ヤンゴン市において、トイレ排水を下水道で処理している人口の割合は5.8%、腐敗槽で処理されている人口の割合が43.1%となっている。また、実態として、雑排水は一部腐敗槽で処理されているものの、訪問調査によると、少なくとも59.2%の市民は未処理で放流しているのが実態である。このような状況から判断すると、現状での本市の汚水処理に関する整備は非常に低水準にあると言わざるを得ない。

このような状況に呼応して、下水道を含む汚水処理に関しては、その管理・運営組織も本格的整備に向けては不十分であり、汚水処理や水環境に関しての法的な整備もされておらず、従って整備財源の基盤も明確ではない状況にある。このような状況を鑑みるに、上水道に引き続き整備が進められる下水道等に関しては、本格的な整備に向けての制度的なフレームワークの構築、財源等確保に向けての段階的な取り組み、コストを踏まえた汚水処理の効果を上げるための各種汚水処理の段階的な採用・移行などを考慮した効率的な汚水処理整備の方針が不可欠である。

以上のことを勘案し、短期（～2025年）・中期（～2040年）・長期（2040年～）に分けて、以下のような整備項目ごとに、整備の基本方針・ロードマップを整理する。整備方針の概要を図5.1に示す。

整備項目

- ◆ 制度的なフレームワーク整備
 - 組織力の拡充、下水道計画（建設・運営・財務）
 - 法整備
 - 下水道事業計画
 - 整備財源
- ◆ 汚水処理施設整備
 - 下水道計画区域（～2040）内の汚水処理施設
 - 下水道計画区域（～2040）外の汚水処理施設
 - 大規模開発地域の汚水処理
 - 工場排水対策

整備項目		短期 ～2025	中期 ～2040	長期 2040～
制度的なフレームワーク整備方針	組織力の拡充 下水道計画（建設・運営・財務）	JICA ビジョン・M/Pの活用 組織構築 法制度の整備 先進国からの専門家・技術者招聘	短期で育成された人員による 内部での人材育成 YCDCによる下水道整備計画の作成 本格的な下水道拡張期	自主的な運営 YCDCによるM/Pの見直し(効率的整備) 継続的な施設・経営管理システム
	法整備	各種基本方針の策定 下水道法・下水道条例・開発行為に 関する規制・工場排水規制等の制定	法の運用 施行細則の拡充 規制法による取り締まりの強化	
	下水道事業計画	円借款による1号案件(技術支援付き) C1処理区の実施 可能ならばW1処理区	複数個所での下水道整備事業を実施 2040年の下水道普及率50%を目標	下水道整備区域の拡張 最終的な下水道システムへグレードアップ
	整備財源	円借款等の活用	円借款等の活用 料金収入・国庫補助	自主財源での下水道整備料金収入・ 国庫補助
汚水処理施設整備方針	下水道計画区域（～2040年）内			個別接続のある 分流式下水道
	下水道計画区域（～2040年）外			個別接続のある 分流式下水道
	大規模開発地域	規制法の制定・開発指導の開始	指導の実施・取締りの強化 民間事業者による下水道整備(マレーシアのように) ・住宅開発はミニ下水道システム(コミュニティプラント) ・大規模ビルは個別排水処理施設・(浄化槽) など	
	工場排水対策	規制法の制定・規制の開始	取締りの強化 除害施設の設置	

注1：当面は暫定的な下水道整備により、下水道普及率の向上を目指す。重点を下水処理水量に置く場合はインターセプター方式により下水処理場の建設を進め、身近な生活環境の改善に置くならば、下水管渠の建設を進め処理場は後に整備する、方法が選択できる。いずれにしても、下水管路へのごみの投棄防止、下水道料金（使用料とするか、環境改善費用として税方式とするか）への理解など、下水道に関する市民への意識啓発が必要。

注2：新規に設置する腐敗槽は雑排水も処理可能な改良型とし、既存建物や既成市街地で改良型腐敗槽が技術的に設置不可能な地域については、建物の立替や地域の再開発にあわせて改良型（もしくは下水道への接続）を導入する。

出典：YCDC

図 5.1 汚水処理に関する整備基本方針

5.1.2 短期（～2025年）整備方針

2025年までの整備は、1) 基本的に上水道の整備が最優先されること、2) 下水道等を効率的に整備するための制度的なフレームワークが確立されていないこと、3) 資金規模の制約が大きいこと等を勘案し、当初は組織体制の整備・拡充、汚水処理・下水道に関する法律・条例・制度の整備に重点を置いた取組みを進める。その後、優先順位の高い処理区（C1、W1）の整備を進める。これとともに、現行のピット・ラトリンや腐敗槽の改良型腐敗槽あるいは合併浄化槽への移行を進めるための各種の基準、制度を検討・構築するとともに、市民の啓蒙、市民へのPR活動を推進する。

(1) 制度的なフレームワーク整備

◆ 組織力の拡充、下水道計画（建設・運営・財務）

- JICA作成のビジョン・M/Pを活用し、組織の構築・法制度の整備を進める。
- 組織の構築に関しては、M/Pに基づいて、下水道を計画・建設・管理・運営するための部署の構成とその責任、必要な人員、タウンシップとの協働と責任分担などを勘案し、整備レベルに応じた組織構成を検討し、実際の組織の再構築を行う。またこれに伴い必要となるYCDC、各タウンシップ内での制度、条例等（料金体系、徴収方法を含む）に関しても検討を行い実施する。
- 組織構築・拡充等に関しては本M/Pが参考となるが、実際には日本の自治体、他国の事例をも参照して、詳細な検討が必要となる。この際、先進国から技術者を招聘し、アドバイス、共同作業を通して、実際に組織構築・制度創設あるいは改革を実施するとともに、YCDCの能力開発を行う。

◆ 法整備

- 下水道を含む汚水処理施設の計画・建設・運営・管理・監視を適正かつ効率的に実施するために、法整備を行い、所管団体・権限・責任・施設・要求機能等の法的な位置づけを明確にする。
- このために、上記のような各項目に関する基本方針を策定する。基本方針の策定に関しては、基本的にはYCDCが一次的に作成するものの、実際に法制度化を進めるためには、国を中心とした上位官庁の関わりが不可欠であり、国及び地域政府との緊密な協議が必要となる。
- 下水道事業を実施するためには、その目的・所管団体・権限・責任・施設・要求機能・実施の手続き等を明確にした下水道法、それを補完して所管団体が実施に際して必要となる細則を定める下水道条例の法制化が第一に必要なとなる。同様に、他の汚水処理施設に関しても法制化を図る。
- 下水道等汚水処理は、最終的には河川、湖沼、海域等の公共用水域の水環境を保全するために実施される。従って、その水域の利用目的を勘案し、どの程度の水質を

維持すべきかを定義する水質環境基準に関しても検討を行い、設定する。また、それを達成するために、直接公共用水域に放流される排水の基準が必要であることから、検討を行い、設定する。一般的には、水域の状況にも左右されることから、全国的に一律の基準と、個別の水域に合わせて設定される上乘せ規制（地域政府あるいは市で設定）を設ける必要がある。

- 無秩序な開発行為が実施されると、下水道等污水处理施設には大量の汚水が流入し、また雨水流出量の増大が見込まれる。このような開発行為は污水处理施設及び周辺水環境に与える影響が大きい。また、逆に開発段階でのこれら諸課題への対処は、極めて効率的な污水处理の普及促進を可能とする。このような観点から、開発行為に関する規制法規を当初から検討・制定を行う。
- 工場は業種によって、極めて大きな負荷・重金属等の微量有害物質等を有する排水を放流する。これらが無制限に処理施設に受け入れることは、健全な水処理に過大な負担をかけ、処理パフォーマンスを著しく低下させる可能性がある。従って、下水道等に受け入れる場合の受け入れ規制等を設定する必要がある。基準の制定の事前準備として、業種別の工場排水水質調査を実施する。
- 下水道等を実施する際に、処理施設周辺等の各種環境への影響が懸念される。下水道の環境影響を低減・制限することを目的として、水質汚濁防止、廃棄物処理（汚泥）、大気汚染、騒音規制、振動規制、悪臭防止等の環境関連法規の整備を検討し、実施可能な法規の制定を図る。
- 上記の法整備は、基本的には国や地域政府で制定するものと考えられることから、両レベルの政府と綿密な協議のもと制定をめざす。しかし場合によっては、YCDCがその素案を上位官庁と協議の上で、条例という形で先行設定することも視野に入れる。
- また、法整備に関しては、他国の状況をも十分踏まえて行う必要があることから、海外先進国の専門家を招聘した対応が必要である。

◆ 下水道事業計画・整備財源

- 基本的には、優先順位が最も高いとされた C1 処理区（既存の処理区・処理場を中心とした処理区）を最初に整備する。次に、優先順位が第二位と考えられる W1 処理区（Hlaing River 及び Yangon River に接した市の南西部に位置した処理区）を可能な限り整備する。
- 何らかの法的対応が必要かもしれない（日本では、都市計画法に基づいた都市計画決定）が、基本的には 2040 年までの計画区域内の処理場用地を確保する。
- 現状の経済状況、財政規模では自主財源での事業実施は困難である上に、YCDC の事業実施に向けての体制も十分でないことから、技術援助を伴った円借款の活用等で事業を実施する。この間に、事業を実施しつつ YCDC における能力開発、人材育成等を行い、中期での単独実施に備える。

(2) 汚水処理施設整備

◆ 下水道計画区域（～2040年）内

- 2040年までに整備予定の下水道計画区域内においては、短期的にはC1及びW1処理区の下水道整備を実施する。C1及びW1処理区の整備だけでは、すべて整備が完了したとしても、下水道の普及率で10.2%程度であり、水質改善・周辺環境改善といった点に関する効果発現は必ずしも十分ではない。
- 現状、ヤンゴン市では腐敗槽及びピット・ラトリンで汚水を処分している市民が大半である。上記の水質改善、周辺環境改善効果を若干でも高めるために、これらの改良型腐敗槽あるいは合併浄化槽への転換を促進する。基本的には、コストの面から改良型腐敗槽への転換をベースに考えるものの、可能ならば処理効率の高い合併浄化槽も視野に入れて促進活動を行う。改良型の導入、改良型への改造等への資金の助成制度の創設、市民への環境意識の啓蒙等を含めて、PRを行う。
- C1及びW1処理区以外は短期的な下水道整備の対象となっていないが、その他の区域において水質改善、周辺環境改善効果を上げるために、インターセプター方式による汚水排除・処理を検討し、可能な地区で実施する。
- この際、1)現状でも汚水は未処理で放流されている状況にあること、2)財政的には処理施設を建設する余裕がないことから、現状の既存水路を利用し、雨水・汚水を収集し、水域に放流する方法も検討対象とし、適地区を検討する。また、放流直前に適当な用地があれば、例えば素掘りの植生池を通過させ、いくらかの処理効果（沈殿・吸着等）を期待するような暫定的な処理も考慮に入れた検討を行う。これにより少なくとも生活・周辺環境の改善効果が得られる。

◆ 下水道計画区域（～2040年）外

- 下水道整備は2040年以降になることから、基本的には、現行の腐敗槽やピット・ラトリンを改良型腐敗槽あるいは合併浄化槽への転換を促進する。区域内と同様、市民に対して助成制度や環境教育を広く知らしめることにより、転換促進を行う。
- 短期的には、処理効率は高いものの、費用が高価となる合併浄化槽の採用は難しいことから、改良型腐敗槽の利用を中心に市民への普及を促進する。

◆ 大規模開発地域

- 開発規制法の制定を急ぎ、開発指導を行う。開発規制に関しては、今後の開発の動向、汚水処理施設の整備見通し等を見据えて、規制法の適用規模等に関して検討した上で、汚水処理、雨水対策の観点から規制の方法を明確にする。これに基づいた開発指導を行うことにより、各種汚水処理・雨水排水施設への負担、周辺環境への影響を極力低減する。
- 開発の規模・種類によるものの、基本的には下水道に接続できない区域での開発に関しては、開発区域内での小規模な汚水処理施設（コミュニティープラント）の設置を指導する。

- また高層ビル等開発においては、ビル内に処理施設を設置させるとともに、可能な限りビル内での汚水処理水の再利用（トイレ用水）を実施するよう指導を行う。
- また、上記のような施設に関しては、その管理が適正にモニターされるような仕組み（例えば毎月の処理水質記録の提出等）を検討し、本制度の浸透を図る。

◆ 工場排水対策

- 工場排水に関する放流水質の規制、下水道へ受け入れる際の排除基準を整備し、それに基づいた規制・監視を開始する。
- 上記の基準等の設定のために、業種別に主要な工場を対象に汚水の質・量等の調査を行うとともに、先進国での規制方法・基準のレベルに関する調査も行い、基準値の設定を行う。規制値の設定に関しては、工業の成長を著しく損なうことがないよう、期限付きの暫定的な緩い規制値を設ける等の配慮も行う必要がある。
- 工場排水に関しても、その管理が適正にモニターされるような仕組み（例えば毎月の処理水質記録の提出等）を検討し、本制度の浸透を図る。

5.1.3 中期（～2040年）整備方針

(1) 制度的なフレームワーク整備

◆ 組織力の拡充、下水道計画（建設・運営・財務）

- 2025年までに実施された先進国専門家・技術者との共同事業遂行を通して育成された YCDC 職員による、広範な職員に対する人材育成教育を実施し、中期における本格的な下水道整備に必要な人材育成を行う。
- JICA M/P は当初作成されてから、12年間経過することとなる。YCDC 職員の OJT を兼ねて、その計画の妥当性をチェックし、必要に応じて計画の若干のローリングを行う。これをもとに、YCDC を中心に、下水道整備計画の作成を行う。
- 長期的な下水道事業の健全経営に向けて、企業会計等導入をも睨んだ、ファイナンス手法、料金体系の見直し、資産管理手法の検討等を行う。
- M/P に示された C2+E1、W2、N1、E3 の 4 処理区の整備により本格的な下水道の拡張を行う。

◆ 法整備

- 2025年までに制定した法規の運用を徹底するとともに、短期での実績をもとにした施行細則等の整備・拡充を図る。
- 2025年までに検討・制定をめざした各種規制法を体系的に再検討・再整備し、厳格化を図るとともに、これに基づいた監視・取り締りを強化し、実効性のある法執行を実現する。また、2025年までの下水道整備初期においては暫定的に緩い基準が設けられた規制基準に関しては、漸次強化を図り、水を含む環境の大幅な改善をめざす。

◆ 下水道事業計画・整備財源

- 複数処理区（C2+E1、W2、N1、E3の4処理区）の下水道整備事業を実施し、下水道の整備効果を大きく飛躍させる。M/Pで2040年までに整備する計画となっている、C2+E1処理区（C1処理区の北側のヤンゴン市中央部の処理区）、W2処理区（Hlaing River沿いのW1処理区の北側）、N1（W2処理区に接した北側）及びE3（C1、C2、E1処理区に接した西部区域）を可能な限り整備する。
- これを整備することにより、下水道の普及率、約50%（49.4%、2040年の人口ベース）をめざす。
- 経済情勢は大幅に改善されていることが予測されているものの、完全に自主財源で事業を実施することは困難であることから、円借款等の活用で事業を実施する。しかし、下水道普及率も最終的には概ね50%に届きつつあることから、料金収入が確保出来る上に、国等による補助制度も確立するであろうことから、これらの財源の併用により、下水道の建設、運営、維持管理を賄う。

(2) 汚水処理施設整備

◆ 下水道計画区域（～2040年）内

- 2025年までの整備（C1、W1）は目標としては、完了しているはずであるが、整備未了の施設・区域があれば、引き続き整備を進める。
- 新たに整備を進める4処理区に関しては、順次下水道を整備する。この中に2025年までに暫定な処理やインターセプター方式での整備を行っていた地区があれば、順次、正規の下水道に移行する。
- 目標としては、追加4処理区すべてを2040年までに整備する予定であるが、財政その他の理由ですべての整備が困難と考えられた場合には、可能な処理区（あるいはその一部）に関しては、中期の早い時期に暫定的な整備を行うことも視野に入れる。
- ピット・ラトリンや現行の腐敗槽を継続している家屋に関しては、基本的には2030年頃までに、改良型腐敗槽にすべて転換する。（基本的には下水道への取り込みが近いことから、高価な合併処理浄化槽への移行は積極的には促進しない。）このために市民の啓蒙活動、市民へのPRをより一層進める。ただし、下水道の整備時期を勘案し、改造後すぐに下水道に接続するような地区、家屋に関しては、現行の腐敗槽の存置を考慮する。

◆ 下水道計画区域（～2040年）外

- 下水道整備は長期（2040年以降）となることから、基本的には、現行の腐敗槽やピット・ラトリンの改良型腐敗槽あるいは合併浄化槽への転換をより一層促進する。
- 改良型腐敗槽あるいは合併浄化槽への転換を促進するものの、この頃には、1)個人の所得も大幅に向上されているであろうし、2)建設した施設も長期的に有効に活用できることから、処理効率の高い合併浄化槽の採用を積極的に促進する。
- また、図5.1には明確には記してはいないが、可能な地区では、必要に応じて暫定的な対応（インターセプター方式（簡易な処理施設付き））も検討・実施する。

◆ 大規模開発地域

- 開発指導の実施を徹底するとともに、監視・取締りを強化する。
- 下水道がない区域での大規模開発に関しては、開発区域内での小規模な污水处理施設（コミュニティープラント）の設置を建築許可の条件とし、過大な負荷量の排出を極力制限する。
- また高層ビル等開発においては、ビル内での処理施設の設置を建築許可の条件とする。また、ビル内での污水处理水の再利用（トイレ用水）を実施するよう指導を強化するとともに、貴重な都市内水源の確保の観点から、これを推進するためのインセンティブ制度創設を検討、実施する。

◆ 工場排水対策

- 工場排水放流規制、下水道への受入れ基準による取締りを強化する。
- 短期の際に設けられた規制値の期限付きの暫定的設定を、少なくとも下水道整備区域内においては順次撤廃し、一律の規制・基準値に変更していく。このために、工場排水に関わる規制・基準に関しては再度体系的な整理・改訂を検討・実施する。
- 下水道の整備が進んでくるので、工場排水も下水道に接続されるものが増えてくると想定される。大規模工場においては、下水道に接続することにより、非常に高価な使用料金を強いられる工場も現れ、むしろ工場内での処理を望むところも出現すると考えられる。工場の規模によっては、下水道に接続しないことにより処理施設規模に大きな影響を与える場合があるので、大規模工場に関してはその接続の有無を明確にする必要がある。

5.1.4 長期（2040年～）整備方針

(1) 制度的なフレームワーク整備

◆ 組織力の拡充、下水道計画（建設・運営・財務）

- 基本的には、下水道普及率も50%を超え、十分な知識・経験等が蓄積されることから、YCDCが自主的に事業運営を実施する。
- JICA M/Pは中期で若干ローリングを掛けているものの、M/Pに基づく下水道事業を開始後約30年経過することとなる。このため当初の計画諸元等の全面的な見直しにより、2040年代初頭段階での最も効率的な計画にリフレッシュする必要がある。YCDC独自で、これまでの整備状況を踏まえた、改訂M/Pの策定を行う。
- 下水道事業の開始から概ね30年経過しているため、一部施設の老朽化が進んでくる。中期で行った資産管理方法等の検討結果をも参照して、継続的な機能の維持・改善を効率的に行うために、アセットマネジメント等の手法を用いた下水道事業の継続的・効率的な管理に関して検討を行い、下水道マネジメントシステムの構築を進める。
- 中期での整備で未了の施設、区域の整備を完了させるとともに、残りの区域の下水道整備を順次行う。

◆ 法整備

- 基本的に中期での取組みを継続的に行う。
- 法規、規制・基準値に関しては、時代の状況に応じて適宜、基準値の強化、改訂等を実施する。

◆ 下水道事業計画・整備財源

- 整備未了の地域に関して順次整備を進める。なお、整備にあたっては上記改訂 M/P の結果に基づいて行う。なお、2040 年までの整備の積み残しに関しては、整備を優先的に行うこととし、2040 年以降の早い段階での普及率 50% の達成をめざす。
- 経済情勢は飛躍的に改善されていることから、完全に YCDC 独自の、事業実施をめざす。下水道料金収入、国庫補助金をはじめとする各種の助成金の活用、市の自主財源等での事業の実施・運営を行う。また、今後の整備等に関しては、民間資金を用いた民間企業による運営という方法も考えられるので、その可否についても検討を行い、可能な範囲での実施をめざす。

(2) 汚水処理施設整備

◆ 下水道計画区域（～2040 年）内

- 2040 年までの整備予定区域の整備を完了させる。
- 2040 年までの整備区域のうち、暫定処理やインターセプター方式での整備を行っていた区域で、正規の下水道整備が未了の地区に関しても、早急に下水道を整備する。
- 2040 年以降の出来るだけ早い時期に、全区域の下水道化を完了する。

◆ 下水道計画区域（～2040 年）外

- 長期整備地区に関しては、現状では具体的な年次設定をしていないが、その人口密度の状況、財政的な状況、市民の意向等を勘案して、整備順位を設定して順次整備を行う。
- 下水道整備は長期に亘ることから、基本的には、現行の腐敗槽やピット・ラトリンを改良型腐敗槽あるいは合併浄化槽への転換をより一層促進する。
- 改良型腐敗槽あるいは合併浄化槽への転換を促進するものの、中期同様、処理効率の高い合併浄化槽の採用を積極的に促進する。
- 中期同様、可能な地区では、必要に応じて暫定的な対応（インターセプター方式（簡易な処理施設付き））を検討・実施する。

◆ 大規模開発地域

- 開発指導の実施を徹底するとともに、監視・取締りを一層強化する。
- 下水道がない区域での大規模開発に関しては、中期と同様の取組みを積極的に進める。
- また高層ビル等開発に関しても、中期と同様の取組みを強化・徹底する。

◆ 工場排水対策

- 工場排水放流規制、下水道へ受け入れる基準による取締りを一層強化する。
- 中期での各種取組みを強化・継続する。

5.1.5 YCDC が当面着手すべき事項の優先順位

YCDC は JICA 等の協力・支援のもと、上記の整備方針に基づいて整備を進めることとなるが、早期整備・早期供用開始を実現するためには、第1期建設に先立って、多くの事項を効率的に進める必要がある。ここでは、これらの作業を整理し、優先順位を勘案してその進め方の概要を下表に整理して示す。

表 5.1 当面 YCDC が実施すべき作業と手順の一覧

当面 YCDC が実施すべき作業	優先順位					摘 要
	高	→			低	
1. 用地取得及び取得の目処	●					
2. 下水道事業運営方針の作成						
a. 下水道事業の運営体制の検討(管理・計画及び運転管理)	●					
b. YCDC とタウンシップの下水道に関する役割分担	●					
c. 建設財源の確保方策の検討(国、地方政府との協議)	●					
d. 下水道に関する料金体系の検討		●				
e. 料金条例の制定			●			
3. 関連法規等の基本方針及び国との調整						
a. 関連法規の現状確認		●				
b. 環境及び汚水処理に関する法体系の素案作成及び国との協議		●				
c. 環境・汚水処理に関する法規の基本方針及び国との協議		●				
4. 下水道関連法規の素案作成及び国との協議						
a. 下水道法の枠組みの検討		●				
b. 下水道法の素案作成、国との協議		●				
c. 国への下水道法制定の要請		●				
d. YCDC とタウンシップでの条例素案の作成及び協議			●			
e. 下水道条例の制定			●			
5. 環境基準・排水基準に関する検討及び国との協議						
a. 水質環境基準素案の作成			●			
b. 汚泥処理に関連する廃棄物処理関連法規の検討			●			
c. 国、地方政府、大学、事業者等との協議			●			
d. 一律排水基準の素案作成及び国への制定要請				●		
e. YCDC での上乗せ排水規制素案の作成、制定				●		
6. 他の汚水処理に関する法規・助成制度の創設						
a. 腐敗槽の改良に関する方策の検討	●					
b. 浄化槽・腐敗槽に関する法規(構造基準)の検討及び国との協議	●					
c. 腐敗槽の改良、浄化槽設置に関する助成制度の検討・創設		●				
7. 開発行為に関する規制法規の基本方針と国との協議						
a. 必要規制、協力要請事項の検討		●				
b. 規制に関する都市計画法との調整、国との協議		●				
c. 開発行為の下水道に関連する規制条例の検討、制定			●			
8. 工場排水受け入れに関する条例制定						
a. 業種別の工場排水水質調査		●				
b. 利害関係者(国、地方政府、YCDC 他部署、事業者)との協議			●			
c. 工場排水の下水道受け入れに関する条例制定				●		
9. 下水道・汚水処理に関する市民への PR						
a. 一般的な啓蒙資料、制度紹介資料等の作成			●			
b. 説明会の開催				●		
10. 供用開始・事業進捗に向けての手続き						
a. 各種手続き、及び管理台帳、運転日報・月報等の作成					●	
b. 水質管理計画の作成					●	

出典：JICA 調査団

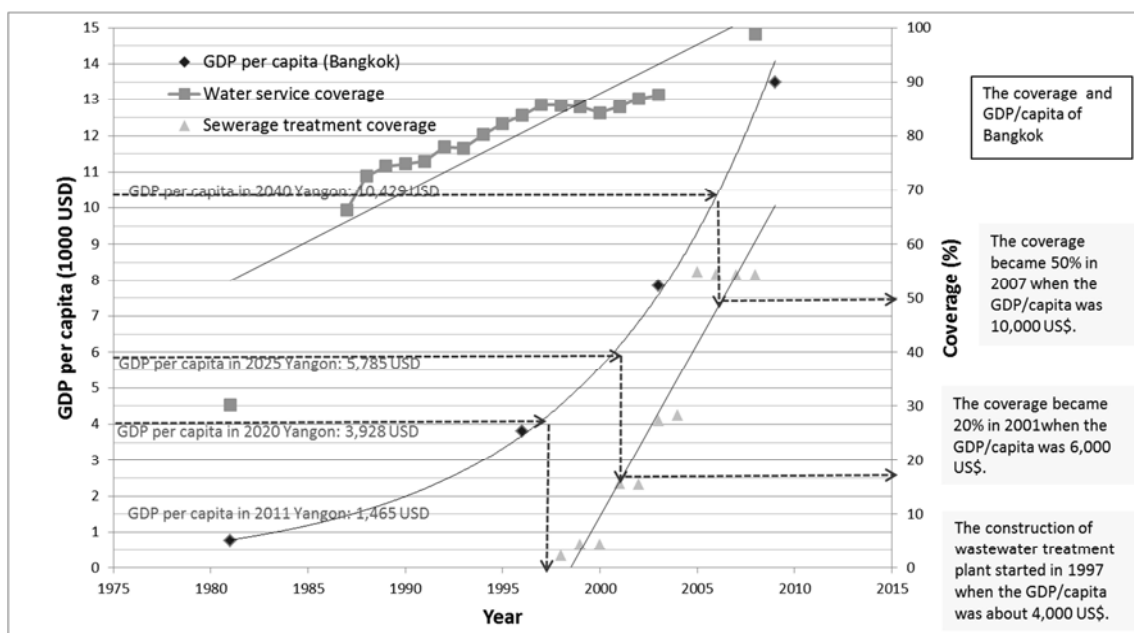
5.2 近隣国の類似都市のケーススタディー

5.2.1 バンコクのケース

将来の人口規模や経済レベルを考慮すると、ヤンゴン市が目指すべき最も類似する都市はバンコク首都圏である。従って、本マスタープランでは、バンコクの1980年代以降の下水道が整備されてきたトレンドを参考とする。

上下水道普及率と1人当たりGDPの変遷を次図に示す。バンコクでは、1994年に最初の下水処理場が整備された。バンコクで採用された下水道は、通常下水道ではなく、インターセプター式下水道であった。1997年頃一人当たりGDPが4,000US\$の時に下水道の整備が本格的に開始された。2003年1人当たりGDPが6,000US\$になると下水道の整備率は、20%程度となった。2007年頃には1人当たりGDPは10,000US\$となり、普及率は50%を超えた。この間13年間の短期間で下水道普及率は50%に達した。

この間、下水道への投資金額は総額19,871百万Baht（ドル換算で約483百万US\$）となった。計画人口は約3百万人である。1人当たりの投資額は、162US\$と比較的安価である。普及率の急激な増加と少ない整備費は、インターセプター式下水道を採用したことにより可能となったと考えられる。



出典：JICA 調査団

図 5.2 1人当たりGDPと上下水道普及率の関係

表 5.2 ヤンゴン都市圏の1人当りGDP予測とバンコクがヤンゴンとほぼ同じ1人当りGDPを達成した年及びその時の下水道普及率

年	ヤンゴン都市圏	バンコク首都圏	
	1人当りGDP予測	ヤンゴンとほぼ同じ1人当りGDPを達成した年	その時の下水処理普及率
2011	1,465 US\$	1987	0%
2020	3,928 US\$	1997	下水処理場の建設開始
2025	5,785 US\$	2001	約18%
2040	10,429 US\$	2006	約50%

注1：表の内容は、「図5.2 1人当りGDPと上下水道普及率の関係」から抽出した。

注2：1人当りGDPの予測は、JICAヤンゴン都市圏調査から参照。

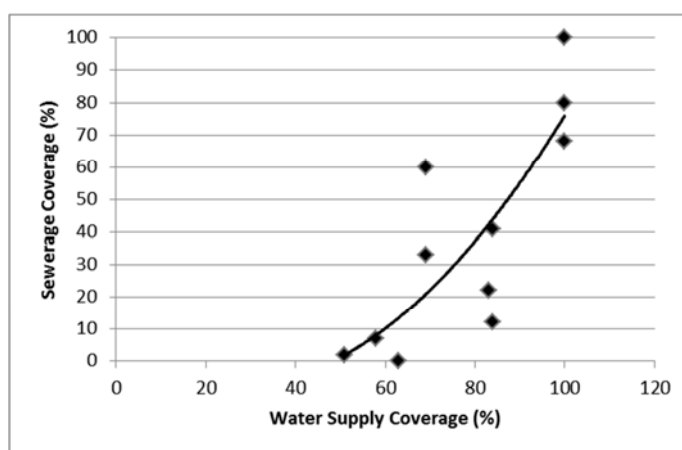
出典：JICA調査団

5.2.2 近隣アジアの諸都市の上下水道普及率

近隣アジアの諸都市の上下水道普及率を下表に示す。さらに同じデータを使用して下水道普及率と水道普及率の関係を右図に示す。

水道普及率が50%頃から、下水道の整備が開始され、約80%で、下水道普及率は20~40%程度となる。水道普及率が100%に達すると下水道普及率は70%を超える。

水道普及率が低い段階では、水道普及への投資が重点的に実施され、下水道の普及まで資金が回らず、水道普及が50%を超えたところから、下水道への投資が開始される傾向がある。さらに、水道への投資に目途が付き下水道へ投資できる余裕ができ、加えて、水道整備により増加した未処理汚水が住環境を悪化させると、下水道整備への投資が加速してくると推測される。



データ: Water in Asian Cities, 2004 ADB

図 5.3 下水道普及率と水道普及率の関係 (%)

表 5.3 近隣アジアの諸都市の上下水道普及率

項目	Colombo	Ho Chi Minh	Hong Kong	Jakarta	Kuala Lumpur	Manila	Phnom Penh	Vientiane	Delhi	Kathmandu	Shanghai
上水道普及率 (%)	69	84	100	51	100	58	84	63	69	83	100
下水道普及率 (%)	33	12	100	2	80	7	41	0	60	22	68

データ：Water in Asian Cities, 2004 ADB

注1：データは2001年

注2：下水道普及率は下水道へのアクセスであり、必ずしも下水処理がなされているとは限らない。例えば、Phnom Penhは41%であるが、下水処理普及率は0%である。

上下水道の普及を同時に実施できることが理想であるが、やはり限られた資金では、水道普及が最初で、下水道普及が後追いで実施されざるをえない。これは、ヤンゴン市の場合も同様であ

ると考えられる。上記の図から、目安として、水道普及率が50%で下水道普及開始、80%で40%前後を目標とすることが考えられる。

5.3 改善目標の設定

上水道計画では2040年の整備目標を以下のように設定している。

上水道整備目標(2040年)

上水道普及率(24時間給水)： YCDC内総人口の80%

一人当たり消費量： 150~200 lpcd (平均183 lpcd)

無収水： 15% (内漏水10%)

前節のバンコクの下水道普及率(処理率)と一人当たりのGDPの相関から以下の普及率が予測される。GDPの予測は都市計画調査による値を用いている。

下水処理施設整備開始： 一人当たりGDP, USD 4,000： ヤンゴンでは2020年に相当

整備率10%： 一人当たりGDP, USD 6,000： ヤンゴンでは2025年に相当

整備率50%： 一人当たりGDP, USD 10,000： ヤンゴンでは2040年に相当

上水道計画の目標値およびバンコクの下水道整備率と一人当たりGDPの相関から、ヤンゴンにおける2040年の下水道普及率目標を50%に設定する。この目標にしたがって施設の計画を行い、事業費を算定して事業実施可能性を検討する。

5.4 汚水処理施設の改善策と汚濁負荷削減効果

5.4.1 腐敗槽の改善

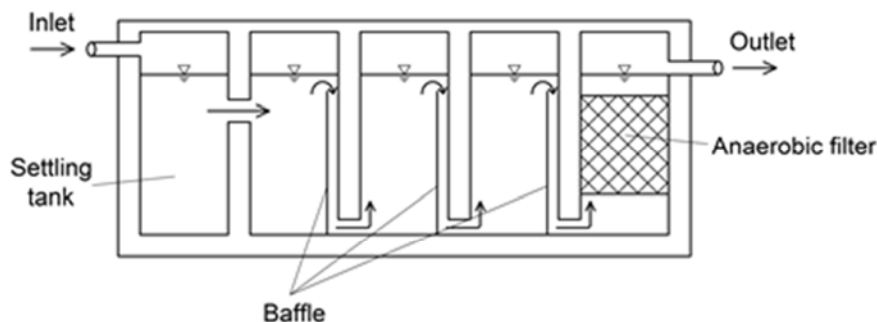
ヤンゴンにおける現在の汚水処理の状況および前節で設定した2040年における下水道整備の目標、YCDC内人口の50%を処理人口とする、を考慮すると下水道が整備されるまでの間、未整備地区では汚水が未処理で排水されることとなる。さらに、下水道整備の目標が達成されたとしても、まだ人口の半分は下水道サービスの恩恵に浴さないこととなる。生活環境の保全と河川等の水質汚濁の防止を図るため、下水道整備以外どのような方策が考えられるかを検討する。

まず最初に、現在YCDCにおける唯一の個別処理である腐敗槽で雑排水を合併処理する可能性を検討する。腐敗槽で雑排水を処理する方法はアメリカ合衆国で、主に郊外や農村部において行われている。腐敗槽の容量は、一人当たりの排水量284lpcdに対して滞留日数1.7~6.7日、おおむね2日程度となるように基準が定められている。これは一人当たりの容量に換算すると、0.5~1.9m³/人となり、ヤンゴンにおける一人当たりの容量0.12~0.17m³/人の5~10倍である。ヤンゴ

ンの腐敗槽では手汲み式トイレの一人当たりのし尿量（洗浄水を含む）を 3.1lpcd とすると滞留日数は 40～55 日である。今仮に、雑排水も腐敗槽に流入させたとしても、一人当たりの排水量 178lpcd に対して、滞留日数は 0.7～0.9 日となり、ほとんど処理は期待できないこととなる。雑排水を合併処理するためには、腐敗槽容量を 5 倍以上にする必要があり、既設の腐敗槽を改良すること困難である。

次に腐敗槽を現在の規格から大幅に変更することなく、処理効率を上げる方策を検討する。

この方法としてベトナムのハノイ大学を中心に開発されている方法を紹介する。¹ この研究は腐敗槽の処理効率を向上させるため、革新的な方法を見つけるために行われた。実際の構造は腐敗槽内に遮蔽版を挿入することで上向流を生じ、さらに後段に嫌気性フィルターを設置するものである。推奨されているシステムは、前段に沈殿槽を設け、遮蔽版付腐敗槽を 3 段以上とし、最後に嫌気性フィルターを設けるものである。例を図 5.4 に示す。



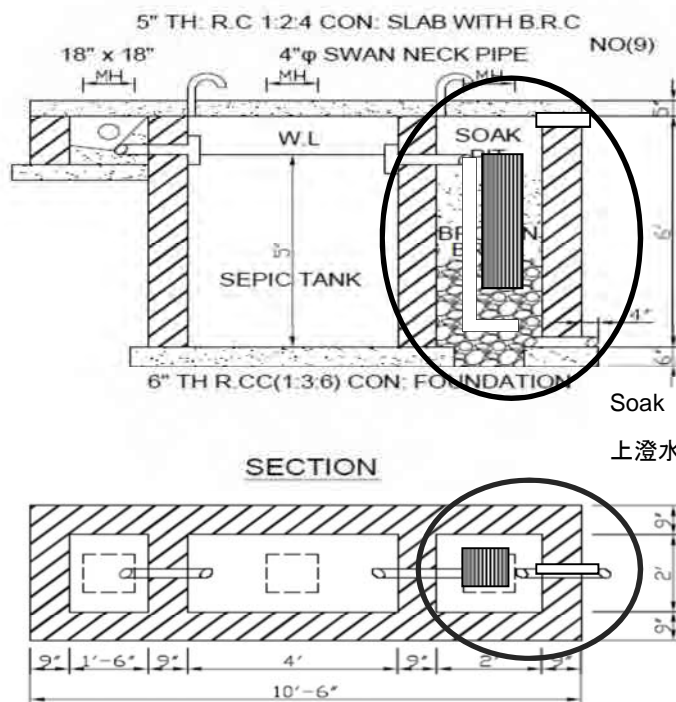
出典：JICA 調査団

図 5.4 遮蔽版および嫌気性フィルター付き腐敗槽

腐敗槽における滞留時間は 2 日が推奨されている。これにより COD と SS の除去率は 80～90%が期待できるとされる。また、処理効率を維持するためには、沈殿槽に堆積する汚泥を 2 年間に 1 度除去する必要がある。

嫌気性フィルターを設け、それを上向流で通すように、既設の 10 人槽を改造する例を図 5.5 に示す。これにより腐敗槽における処理効率の向上が期待できる。

¹ “IMPROVED SEPTIC TANK WITH CONSTRUCTED WETLAND, A PROMISING DECENTRALIZED WASTEWATER TREATMENT ALTERNATIVE IN VIETNAM”, Anh Viet Nguyen, Nga Thuy Pham, Thang Huu Nguyen, Antoine Morel and Karin Tonderski, Paper XI-RCS-07-30 NOWRA 16th Annual Technical Education Conference & Exposition (Baltimore, Maryland; March 2007)



Soak pit を廃し、上向流ろ床（嫌気ろ床）および
 上澄水 Outlet を追加

出典：JICA 調査団

図 5.5 腐敗槽の改造例（10 人槽）

100 人槽、200 人槽に対しても同じような改良を行うことができる。YCDC はハノイ大学の研究成果を調査するとともに、YCDC 内において研究室レベルやパイロットスケールの実験をヤンゴン工科大学と共同で進めることが推奨される。このシステムの有効性が確認されれば、既設の腐敗槽の改善を進めるとともに、近郊などに新たに設置される腐敗槽の設計基準を確立できる。

5.4.2 腐敗槽流出水と雑排水を収集して処理するシステム

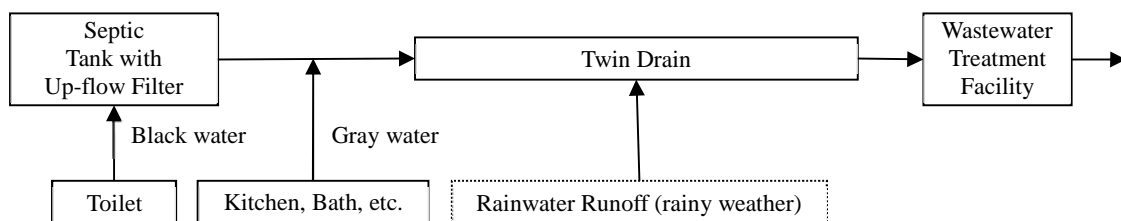
個別の腐敗槽の改善とは別に、腐敗槽からの流出水と雑排水を収集して処理するシステムを検討する。この方法としては次の2つの施設が考えられる。

腐敗槽流出水と雑排水を収集して処理する施設

- ① 2連排水路（インド、タミールナド州）
- ② インターセプター下水道（フィリピン、マニラ）

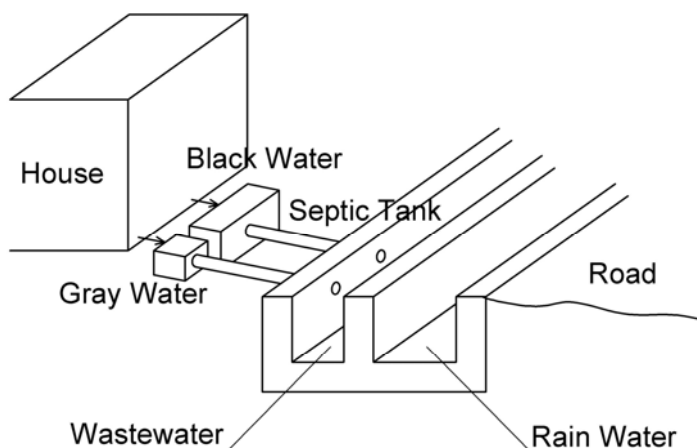
(1) 2連排水路施設

これは2004年の津波被害者を収容するためにインド、タミールナド州で建設された住宅群に設置された施設である。2連の排水路を道路わきに建設し、住宅側の水路を汚水用、道路側の水路を雨水用として使用するものである。汚水水路は下水処理場に流入し、そこで処理を受けることになる。システムの概要を図5.6に、2連排水路の概念を図5.7に示す。



出典：JICA 調査団

図 5.6 2連排水路システムのフロー



Twin Drain

出典：JICA 調査団

図 5.7 2連排水路の概念

既成市街地における既設排水路を2連排水路に改造することは、用地の制約、家屋との接続施設の改造等があり、非常に困難であると考えられる。一方、下水道計画区域外や今後開発される住宅地などには適用可能と考えられる。その場合、河川等への放流前に酸化池等の低コストな処理施設を設置できることが採用の条件となる。

(2) インターセプター下水道

フィリピンのマニラでは分流式下水道が完備するまでの間、幹線管渠と処理施設を先に建設し、現在未処理で放流されている汚水を収集し、汚濁負荷量の削減を早期に実現しようとする方式である。最終的には枝線と各戸接続を整備し、分流式下水道とするが、多大な投資を必要とする枝線の建設と各戸接続を後にすることで初期投資の削減を意図している。最終的には分流式下水道とするため、遮集量は1Q（晴天時汚水量の1倍）である。インターセプター下水道は既存の雨水排水路を汚水を収集する枝線とすることで、コストのかかる枝線整備を後にすることができる。この下水道の特徴や利点については6.3節で述べるが、このシステムについても下水道整備の1

手法として、検討すべきである。

5.4.3 下水道やその他のシステムによる汚濁負荷削減効果

下水道が整備された場合と現状のままであった場合を比較して汚濁負荷量削減の効果を評価する。また、下水道以外の汚水処理についても腐敗槽だけによる場合と浄化槽やコミュニティープラントが建設された場合を比較し、これらの施設の汚濁負荷量削減効果を評価する。腐敗槽の除去率については6.2.1節で、浄化槽とコミュニティープラントについては6.2.2節で説明する。

評価に当たっては、以下のような単純な仮定に基づきBODの発生源における排出量を算定した。現在のYCDC内人口514万人について、住民調査の結果を用い、汚水処理について、①下水処理（トイレ排水のみ）（5%、26万人）、②腐敗槽によるトイレ排水の処理、雑排水は無処理（43%、221万人）、③トイレ排水も雑排水も未処理（52%、267万人）とし、2040年について以下の3ケースを想定する。

- ケース1： 下水道が整備されず、新たに増加する人口は腐敗槽による
- ケース2： 下水道が整備され、新たに増加する人口は腐敗槽による
- ケース3： 下水道が整備され、新たに増加する人口は合併浄化槽あるいはコミュニティープラントによる

排出BOD負荷量の算定にあたっての仮定条件は以下の通りである。

一人当たりのBOD負荷量原単位： 40g/人・日（内し尿13g、雑排水27g）

腐敗槽による除去率：し尿に対して50%

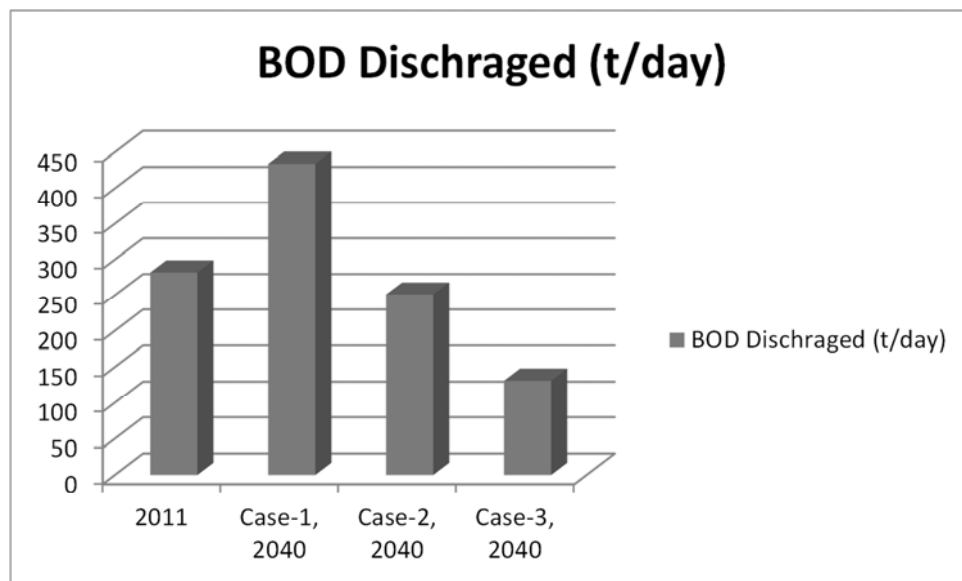
下水道、コミュニティープラント、合併浄化槽による除去率：90%

結果を表5.4、図5.8に示す。

表 5.4 排出BOD負荷量

	BOD Discharged (t/day)
2011	282
Case-1, 2040	434
Case-2, 2040	251
Case-3, 2040	131

出典：JICA調査団



出典：JICA 調査団

図 5.8 排出 BOD 負荷量

下水道が整備されず、腐敗槽のみに頼った場合、排出負荷量は現在の約 1.5 倍となり、排水路や河川の汚濁が現在よりも進行すると考えられる。一方、下水道が整備された場合は人口が増加したにも拘わらず、排出負荷量は現在よりも減少する。今後増加する下水道区域外の人口が下水道と同程度の負荷量削減効果の見込めるコミュニティープラントや合併浄化槽により処理されたとすれば、排出負荷量は現在の半分以下となり、水質汚濁が改善されると考えられる。下水道の整備のみでは、水質汚濁が現在よりも顕著に改善されるとは考えられない。水質汚濁を改善するためには、下水道サービスを受けられない約半数の人口についても何らかの対策が必要である。

第6章 計画条件と基本方針

6.1 計画フレーム

6.1.1 人口予測

人口予測は、水道計画で用いたものと同様、「2012年 JICA ヤンゴン都市圏調査」で想定されたタウンシップ別の人口とする。タウンシップ別人口を表 6.1 に示す。YCDC 内では 2011 年の人口 514 万人が 2025 年、2040 年にはそれぞれ、646 万人、852 万人に増加するものと推計される。YCDC と周辺 6 タウンシップの総人口は 2011 年、2025 年、2040 年でそれぞれ、557 万人、798 万人、1,173 万人に達するものと推計される。

表 6.1 タウンシップ別将来人口

Code	Township Group	Township	Population (persons)						
			2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
1	CBD	Latha	34,125	34,125	34,125	34,125	34,125	34,125	34,125
2	CBD	Lanmadaw	43,137	43,137	43,137	43,137	43,137	43,137	43,137
3	CBD	Pabedan	37,551	37,551	37,551	37,551	37,551	37,551	37,551
4	CBD	Kyauktada	34,797	34,797	34,797	34,797	34,797	34,797	34,797
5	CBD	Botataung	49,134	49,134	49,134	49,134	49,134	49,134	49,134
6	CBD	Pazundaung	53,648	54,182	54,353	54,822	55,354	55,959	56,647
7	IUR	Ahlon	65,510	66,044	66,215	66,684	67,216	67,821	68,509
8	IUR	Kyee Myin Daing	115,841	121,718	123,600	128,751	134,607	141,265	148,835
9	IUR	Sanchaung	105,208	105,742	105,913	106,382	106,914	107,519	108,207
10	IUR	Dagon	24,492	28,766	30,135	33,881	38,140	42,982	48,488
11	IUR	Bahan	100,695	102,298	102,811	104,216	105,813	107,629	109,693
12	IUR	Tarmwe	191,114	192,182	192,525	193,461	194,526	195,737	197,113
13	IUR	Mingalar Taung Nyunt	155,767	157,370	157,883	159,288	160,885	162,701	164,765
14	IUR	Seikkan	2,241	2,241	2,241	2,241	2,241	2,241	2,241
15	IUR	Dawbon	87,284	87,818	87,989	88,458	88,990	89,595	90,283
16	ORZ	Kamaryut	87,881	90,552	91,408	93,749	96,411	99,437	102,878
17	ORZ	Hlaing	151,014	153,151	153,835	155,708	157,838	160,259	163,012
18	ORZ	Yankin	125,909	125,909	125,909	125,909	125,909	125,909	125,909
19	ORZ	Thingangyun	231,621	233,758	234,442	236,315	238,445	240,866	243,619
20	NS	Mayangone	205,403	216,622	220,215	230,049	241,229	253,940	268,392
21	NS	Insein	311,200	322,953	326,718	337,019	348,732	362,048	377,188
22	NS	Mingalardon	288,858	398,909	434,158	530,621	640,293	764,983	906,748
23	OldSZ	North Okkalapa	333,484	349,511	354,644	368,692	384,664	402,823	423,468
24	OldSZ	South Okkalapa	191,388	192,456	192,799	193,735	194,800	196,011	197,387
25	OldSZ	Thaketa	253,284	258,092	259,632	263,846	268,638	274,086	280,279
26	SCBD	Dala	181,087	236,112	253,737	301,968	356,804	419,150	490,032
27	SCBD	Seikgyikhanaungto	38,425	44,836	46,889	52,508	58,897	66,160	74,419
28	NewsSZ	Shwe Pyi Thar	295,993	334,992	347,483	381,666	420,531	464,717	514,954
29	NewsSZ	Hlaing Tharyar	488,768	533,109	547,311	586,177	630,366	680,605	737,724
30	NewsSZ	North Dagon	221,200	232,953	236,718	247,019	258,732	272,048	287,188
31	NewsSZ	South Dagon	370,403	402,457	412,724	440,819	472,763	509,080	550,371
32	NewsSZ	East Dagon	145,505	330,348	389,553	551,573	735,779	945,210	1,183,320
33	NewsSZ	Dagon Seikkan	120,161	169,844	185,758	229,306	278,818	335,111	399,111
		YCDC Su-total	5,142,128	5,743,669	5,936,343	6,463,609	7,063,078	7,744,637	8,519,527
34	Out of YCDC	Kyauktan	48,473	67,171	73,160	89,549	108,183	129,368	153,454
35	Out of YCDC	Thanlyin	181,959	371,076	431,650	597,416	785,881	1,000,154	1,243,770
36	Out of YCDC	Hlaegu	50,793	136,804	164,353	239,744	325,458	422,910	533,707
37	Out of YCDC	Hmawbi	83,719	167,059	193,752	266,802	349,854	444,280	551,636
38	Out of YCDC	Htantapin	40,234	103,807	124,170	179,893	243,247	315,277	397,170
39	Out of YCDC	Twantay	24,936	79,427	96,881	144,644	198,947	260,687	330,882
		Out of YCDC Sub-total	430,114	925,344	1,083,966	1,518,048	2,011,570	2,572,676	3,210,619
		Total	5,572,242	6,669,013	7,020,309	7,981,657	9,074,648	10,317,313	11,730,146

出典：2012年 JICA ヤンゴン都市圏調査

6.1.2 下水量

下水量は水道の供給量を基に算定する。実際に家庭等で消費された水量に地下水等の浸透量を加えたものを発生下水量とする。家庭等の消費量は水道の給水量から漏水量を除いたものである。なお、大規模な工業団地等で独自の水源を利用しているような大規模工場は工場排水規制を遵守する排水処理施設を設けるものとし、下水道の対象外とする。

下水量については日平均下水量、日最大下水量、時間最大下水量を推定する。日平均下水量は年間の下水総量を365日で除した値で、使用料収入の計算等に用いられる。日最大下水量は計画年次における年間で最大の下水量発生の日当たりの下水量であり、主に下水処理場の設計に用いられる。時間最大流量は最大下水量日における1時間当たりのピーク流量であり、管渠、ポンプ場、処理場内のポンプや導水渠の設計に用いられる。日最大下水量は日平均下水量の1.1倍とし、時間最大下水量は日最大の1.5倍とする。これらはいずれも水道計画の考え方と統一したものである。

地下水量はヤンゴン市の実測データや設計例が得られないため、東南アジアの類似都市としてバンコクで採用されている $10\text{m}^3/\text{ha}/\text{day}$ を採用する。ただし、タウンシップの実質面積（行政面積から水面と大規模公園を除いたもの）を基に計算しており、これから開発される場所では実際の市街地面積よりも過大に計算される。したがって、地下水量が下水量の30%を超えるタウンシップについては30%を上限とした。2040年における発生下水量を表6.2に示す。地下水量については日最大も時間最大も日平均量と変わらないものとする。

表 6.2 発生下水水量

Code	Township	2011			2025			2040		
		Wastewater	Infiltration	Total	Wastewater	Infiltration	Total	Wastewater	Infiltration	Total
1	Latha	13,373	600	13,973	15,513	600	16,113	15,167	600	15,767
2	Lamadaung	17,938	1,310	19,248	19,609	1,310	20,919	19,171	1,310	20,481
3	Pabedan	20,076	610	20,686	17,069	610	17,679	16,689	610	17,299
4	Kyauktada	17,276	670	17,946	15,818	670	16,488	15,464	670	16,134
5	Botataung	11,776	2,580	14,356	15,633	2,580	18,213	21,837	2,580	24,417
6	Pazundaung	15,324	1,040	16,364	24,918	1,040	25,958	25,176	1,040	26,216
7	Ahlon	7,405	3,290	10,695	9,095	3,290	12,385	18,269	3,290	21,559
8	Kyee Myin Daing	3,703	4,520	8,223	17,558	4,520	22,078	39,689	4,520	44,209
9	Sanchaung	10,492	2,390	12,882	14,505	2,390	16,895	28,856	2,390	31,246
10	Dagon	6,438	4,640	11,078	10,782	4,640	15,422	21,551	4,640	26,191
11	Bahan	31,414	7,670	39,084	33,160	7,670	40,830	48,753	7,670	56,423
12	Tarmwe	58,662	4,990	63,652	79,142	4,990	84,132	87,607	4,990	92,597
13	Mingalar Taung Nyunt	26,459	600	27,059	50,682	600	51,282	73,229	4,780	78,009
14	Seikkan	0	0	0	305	92	397	597	134	731
15	Dawbon	2,289	610	2,899	12,064	610	12,674	24,076	2,950	27,026
16	Kamaryut	6,724	2,017	8,741	12,785	3,836	16,621	27,433	6,173	33,606
17	Hlaing	12,614	2,580	15,194	21,233	2,580	23,813	43,469	9,250	52,719
18	Yankin	27,724	1,040	28,764	28,615	1,040	29,655	44,767	4,780	49,547
19	Thingangyun	20,873	3,290	24,163	53,709	3,290	56,999	86,620	12,090	98,710
20	Mayangone	29,870	8,961	38,831	52,285	15,686	67,971	95,429	21,472	116,901
21	Insein	26,441	7,932	34,373	45,958	13,787	59,745	100,584	22,631	123,215
22	Mingalardon	14,751	4,425	19,176	72,358	21,707	94,065	241,800	54,405	296,205
23	North Okkalapa	51,073	7,670	58,743	117,313	7,670	124,983	188,209	26,460	214,669
24	South Okkalapa	25,473	7,960	33,433	44,031	7,960	51,991	70,183	7,960	78,143
25	Thaketa	6,454	12,600	19,054	35,978	12,600	48,578	74,743	12,600	87,343
26	Dala	1,176	353	1,529	27,451	8,235	35,686	98,007	22,052	120,059
27	Seikgyikhanungto	4,108	1,232	5,340	11,140	3,342	14,482	24,807	5,582	30,389
28	Shwe Pyi Thar	3,751	1,125	4,876	34,696	10,409	45,105	102,991	23,173	126,164
29	Hlaing Tharyar	2,432	730	3,162	53,287	15,986	69,273	147,544	33,197	180,741
30	North Dagon	14,149	4,245	18,394	37,427	11,228	48,655	76,584	17,231	93,815
31	South Dagon	8,716	2,615	11,331	40,076	12,023	52,099	110,073	24,767	134,840
32	East Dagon	2,851	855	3,706	50,142	15,043	65,185	236,664	53,249	289,913
33	Dagon Seikkan	0	0	0	20,845	6,254	27,099	79,823	17,960	97,783
YCDC Sub-total		501,805	105,151	606,956	1,095,182	208,287	1,303,469	2,305,861	417,206	2,723,067
34	Kyauktan	0	0	0	1,493	448	1,941	15,345	4,604	19,949
35	Thanlyin	0	0	0	9,957	2,987	12,944	124,377	37,313	161,690
36	Hlaegu	0	0	0	3,995	1,199	5,194	53,370	16,011	69,381
37	Hmawbi	0	0	0	4,447	1,334	5,781	55,163	16,549	71,712
38	Htantapin	0	0	0	2,998	899	3,897	39,717	11,915	51,632
39	Twantay	0	0	0	2,410	723	3,133	33,088	9,926	43,014
Out of YCDC Sub-total		0	0	0	25,300	7,590	32,890	321,060	96,318	417,378
Total		501,805	105,151	606,956	1,120,482	215,877	1,336,359	2,626,921	513,524	3,140,445

出典：JICA 調査団

6.2 下水道以外による汚水処理計画

6.2.1 腐敗槽による汚濁負荷削減と改善の可能性

現在 YCDC 市内ではトイレの排水を処理する腐敗槽の設置が義務づけられている(3.3節参照)。水道による十分な給水を受けられない家屋では、注水式(手桶で汲んで流す)のトイレとならざるを得ず、この場合処理施設としては腐敗槽に限られる。したがって、水道整備が進まない地域においては、将来も腐敗槽の設置が続くものと考えられる。しかし、水質汚濁防止の観点からは腐敗槽は以下に記すように、不完全な施設であると言わざるを得ない。

生活排水の汚濁負荷源はし尿と雑排水に区分できる。BOD 負荷では、日本の例を引用すると、し尿と雑排水の割合は、30%、70%である(表 6.3 参照)。ミャンマー国でこのようなデータは得られないため、日本の例を参考に腐敗槽における汚濁負荷量削減を検討する。

腐敗槽における処理は嫌気性消化であることから、BOD の除去率を嫌気性消化槽と同様の 50% と仮定する。し尿のみを処理対象とした場合、1 人当たりの削減率は、表 6.4 に示すように、僅か 15.5%にしか過ぎない(図 6.1 参照)。また雑排水も処理する場合、表 6.5 に示すように、1 人当たりの削減率は 50%である(図 6.2 参照)。

一方、下水道では全体の 90%が削減されることとなる。したがって、汚濁負荷量削減の観点からすると腐敗槽は不十分な施設と言わざるを得ない。

表 6.3 生活系汚濁負荷の内訳

項目	平均値 (g/人/日)	標準偏差 (g/人/日)	データ数	平均的な内訳 (g/人/日)	
				し尿	雑排水
BOD	58	17	169	18	40
COD	27	9	153	10	17
SS	45	16	169	20	25
T-N	11	3	29	9	2
T-P	1.3	0.4	25	0.9	0.4

出典：流域別下水道整備総合計画調査指針と解説(平成 20 年 9 月) 日本下水道協会

表 6.4 腐敗槽と下水道システムによる汚濁負荷(BOD)の低減(し尿のみを処理)

汚濁源	原単位 (g/人/日)	処理効率 (%)	排出負荷 (g/人/日)	除去率 (%)	下水道
し尿	18	50	9	—	除去率 90%
雑排水	40	0	40	—	
合計	58	—	49	15.5	

出典：JICA 調査団

表 6.5 腐敗槽と下水道システムによる汚濁負荷(BOD)の低減(し尿+雑排水を処理)

汚濁源	原単位 (g/人/日)	処理効率 (%)	排出負荷 (g/人/日)	除去率 (%)	下水道
し尿	18	50	9	—	除去率 90%
雑排水	40	50	20	—	
合計	58	—	29	50.0	

出典：JICA 調査団

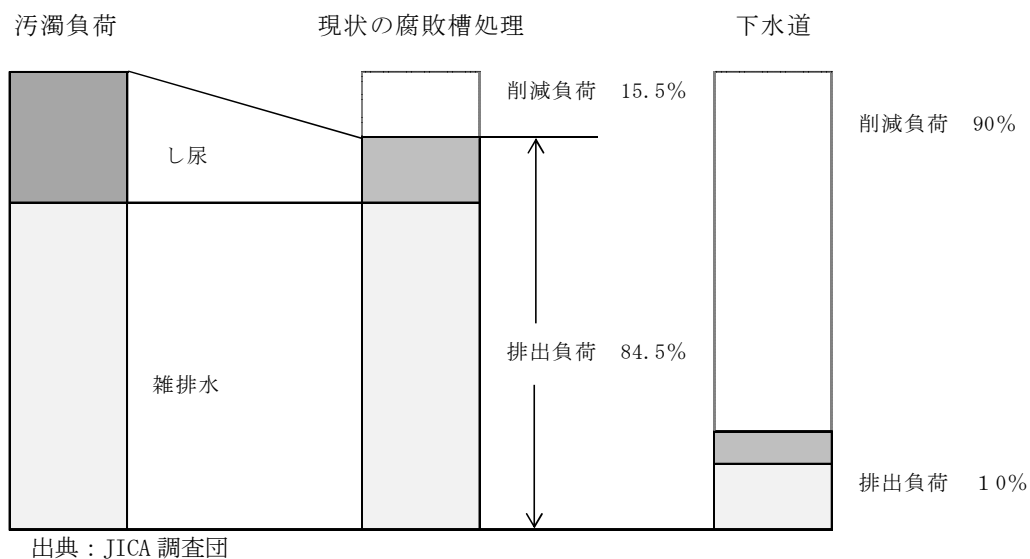


図 6.1 腐敗槽処理の効果(し尿のみを処理)

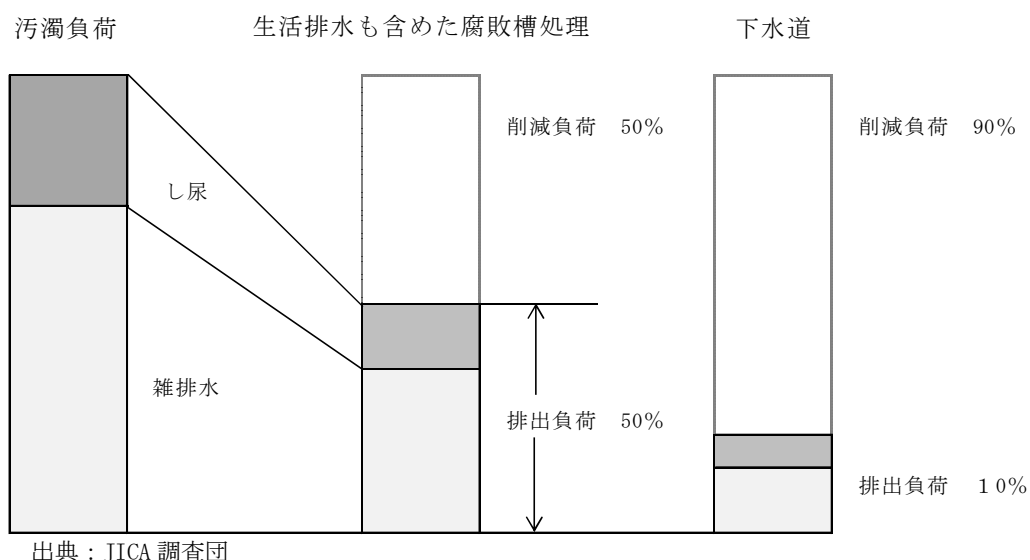


図 6.2 腐敗槽処理の効果(し尿+雑排水を処理)

YCDC内の既設腐敗槽の改善は5.4.1で述べた方法を研究することによって具体的な方法が明らかになる。

6.2.2 コミュニティープラントと浄化槽

腐敗槽がトイレの排水のみを処理する施設であるのに対して、雑排水を同時に処理できる施設として浄化槽がある。浄化槽は工場で作製され、設置場所では簡単な据付工事で設置できる。浄化槽のBOD除去率は下水道と同様90%程度が期待できる。したがって、汚濁負荷量削減の観点からは下水道と同様の効果が期待できる。浄化槽は前述のように工場製され、現場まで運搬する必要上容量に限度があり、約100m³/日が上限と考えられる。1日1人当たりの排水量を100l/人/日とすれば、これは1,000人槽に相当する。したがって、家庭用から商業施設、公共施設等への適用が考えられる。家庭用の小型の例を図6.3に示す。

浄化槽は東南アジアにおいては一般的に気温が高いため、日本などよりも効率よく処理が行われる。しかし、建設費は腐敗層の3~4倍と言われており、また、運転には電力を必要とする。ヤンゴンで浄化槽の設置が可能と考えられるのは高所得層やレストラン等の商業施設に限られると考えられる。

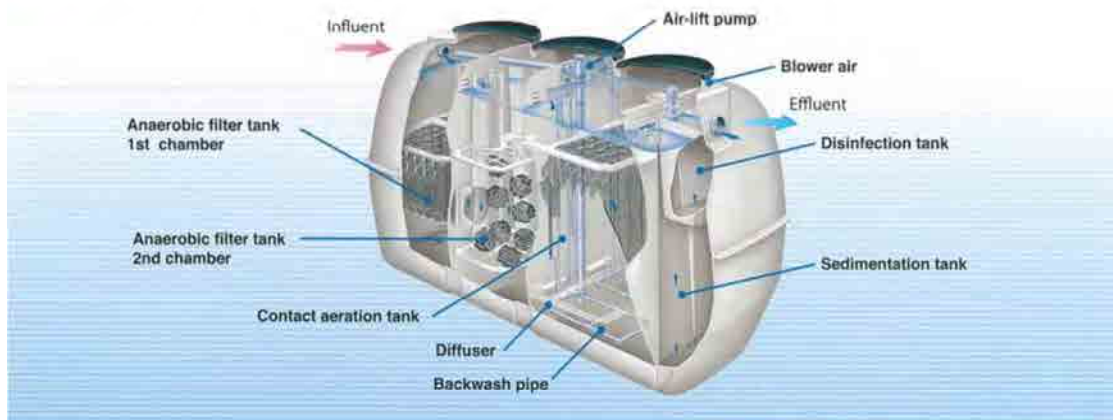
大規模な住宅開発等の場合、開発主体によって小規模な下水道施設を建設することが考えられる。これは機能的には下水道と全く同様であり、家庭から排出される下水(トイレ排水+雑排水)を処理するものである。日本では一般的にコミュニティープラントと称されている。採用されている下水処理法は活性汚泥法がほとんどであり、標準法を主体に長時間エアレーション法、回分法等である。この他、オキシデーションディッチ法や散水ろ床法の適用も考えられる。

汚濁負荷量削減に関しては下水道と同様の効果が期待できる。コミュニティープラントは下水道計画区域においても、区域外においても適用でき、区域内のものは下水道が建設される場合は、管渠施設はそのまま活用し、処理施設は廃止して新たな下水道管網に接続するものとする。将来の下水道整備区域において浄化槽やコミュニティープラントを設置し、最終的に下水道整備区域となる概念を図6.4に示す。

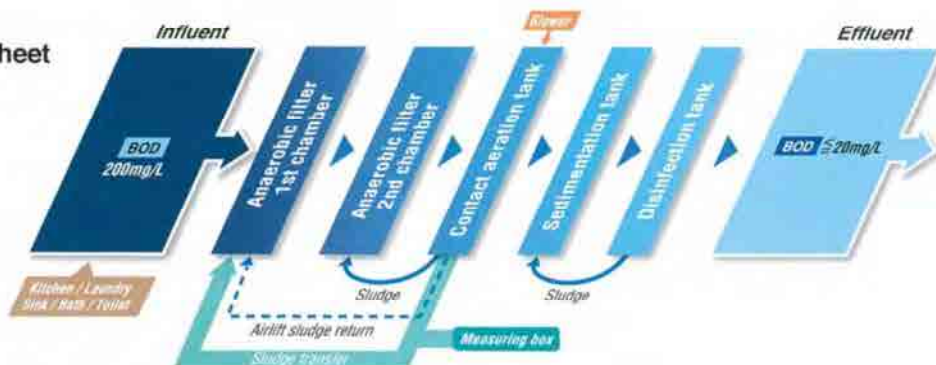
他国の例ではコミュニティープラントの維持管理が適正に行われておらず、十分な効果が発揮されていないだけでなく、下水道への接続意欲を低下させているケースも見られる。コミュニティープラントの設置を制度化する場合は、適正な維持管理を行わせるため、あわせて罰則規定を含めた当局による取り締まりを導入する必要がある。

浄化槽およびコミュニティープラントについては定期的な維持管理を行う必要がある。コミュニティープラントは小規模な下水道施設であるから、公的機関によって建設されたものは、YCDCの水供給・衛生局が維持管理することが考えられる。民間業者によって建設されたコミュニティープラントや浄化槽の維持管理は、YCDCの担当部局が維持管理することも考えられるが、民間の専門業者を育成し、これらが担当することがより適切と考える。将来的にはYCDCが維持管理するコミュニティープラントもこれら民間業者に移管すべきである。

■ Cross-section perspective

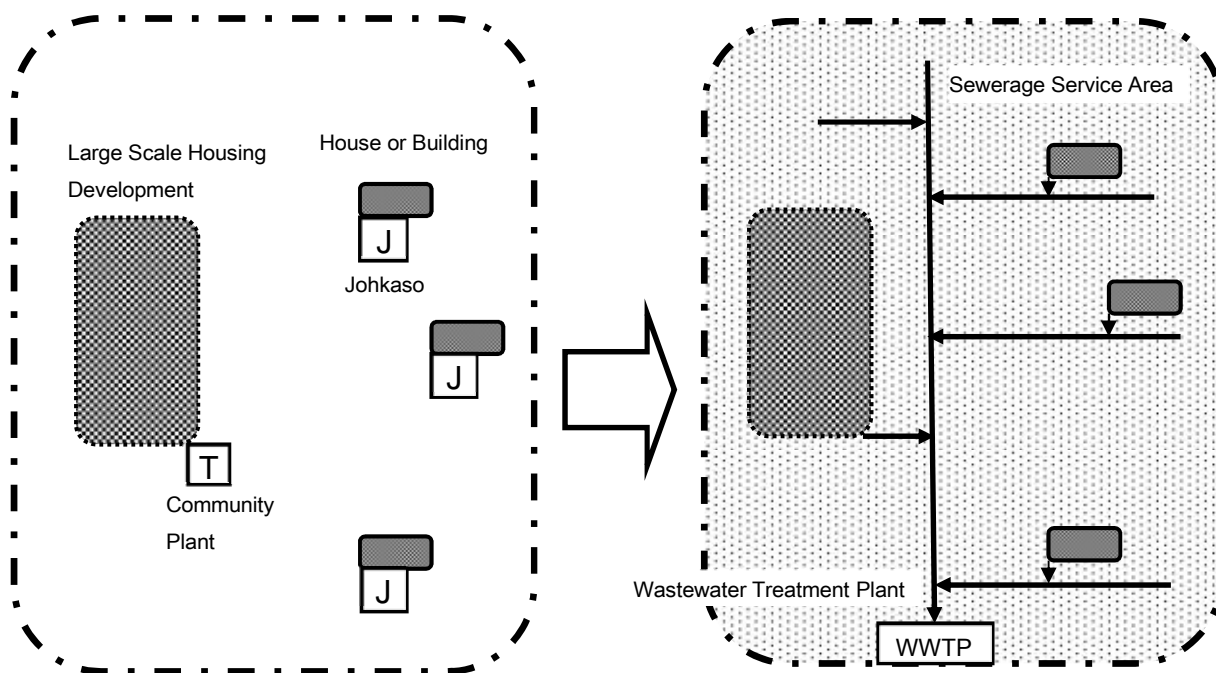


■ Flow sheet



出典：日本のメーカー

図 6.3 浄化槽の例



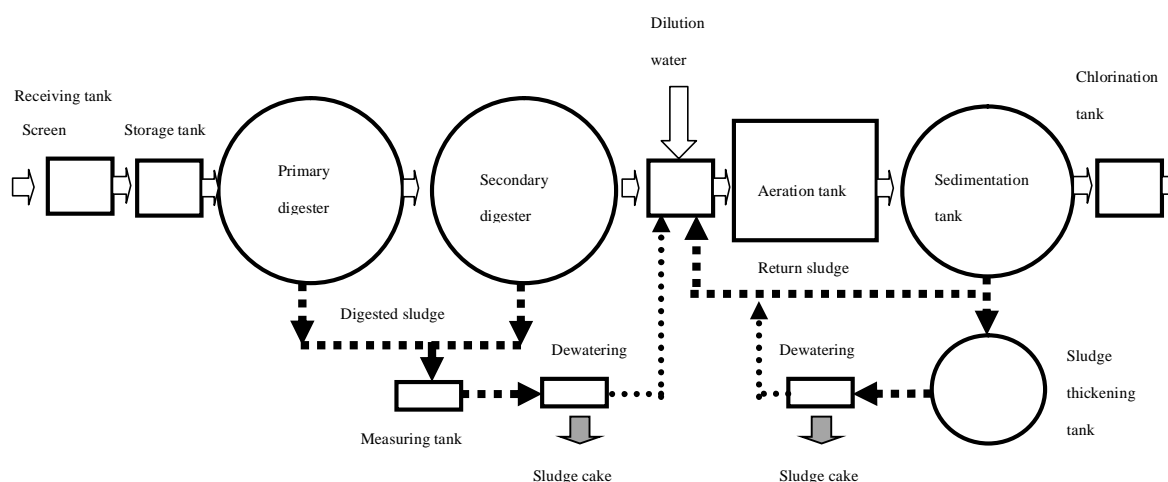
出典：JICA 調査団

図 6.4 コミュニティプラントと浄化槽の下水道への切り替え

6.2.3 腐敗槽汚泥の処理

現在収集された腐敗槽汚泥は既設下水処理場へ運搬され、処分されている。このことにより水処理施設への流入水の BOD、COD 濃度が高くなっている。腐敗槽汚泥は別途処理施設を設け、そこで処理、処分を行うことが望ましい。日本ではし尿処理としていくつかの方法が実施されている。現在の水処理施設への水質から、腐敗槽汚泥は有機物濃度が高いと考えられることから、嫌気性処理と好気性処理の組み合わせが適していると考えられる。日本の例のなかから嫌気性処理と好機性処理の組み合わせの処理フローの代表例を図 6.5 に示す。この方式は2段の嫌気性消化槽と活性汚泥法による処理で、活性汚泥法の前に20倍の希釈水を加えるものである。この方式の目標水質を以下に示す。

目標水質 BOD 30mg/l
 SS 70mg/l
 大腸菌群数 3,000 Nos./cm³



出典：JICA 調査団

図 6.5 腐敗槽汚泥の処理フロー

ヤンゴン市の現在の腐敗槽汚泥量は、バキューム車の運転実績から推定すると、100～140m³/日である。固形廃棄物の処分地が予定されている2ヶ所にそれぞれ100m³/日規模の処理施設を建設することを推奨する。

6.3 下水道計画にあたっての検討事項

6.3.1 排除方式

一般的に下水道の排除方式は、汚水と雨水を別々に収集する分流式と一緒に収集する合流式に区分される。ヤンゴン市の状況を踏まえ、以下の理由により分流式を採用する。なお、YCDC の法令による、方式の選定は確認されていない。

- 1 既設の下水道整備区域は分流式である。
 - 2 雨水の降雨強度は高く、合流管の口径は過大となる。
 - 3 地形的に雨水排水は容易に河川等に排水可能である。
 - 4 合流式に比べ、汚濁負荷の削減が大きく、将来の水質汚濁防止に有利である。
- (1) 既設の下水道区域は面積的に限られており、しかもトイレの排水のみを収集する不完全な下水道施設である。しかし、不完全とはいえ一応分流式である。さらに、将来の改善を考える場合、合流管を新たに設置するよりも分流式の污水管の設置と既設の排水路の改善を行う方がはるかに経済的である。
- (2) ヤンゴンの5年確率の降雨強度は約63mm/時間である。今20haの市街地(4,000人、流出係数0.65)をとって、汚水量と雨水流出量を計算すると、それぞれ0.0177m³/sec、3.463m³/secとなる。雨水流出量は汚水量の実に約200倍にも達する。流域面積が大きくなるに従いこの比は小さくなるが、雨水流出量は汚水量に比べはるかに大きな値となる。このようなことから、合流式下水道の場合は、収集区域内に雨水吐きを設け、順次河川等に雨水を排出する。雨水吐き以降の遮集幹線は汚水量の3~5倍量を収集するのが普通である。いずれにせよ雨水流出量を基に管渠を設計することは汚水量を基にした管渠よりも極度に過大な管径となることは明らかである。
- (3) ヤンゴン市の中心部及び旧市街地は東にPazundaung Creek(上流部はNgamoeyeik Creek)、南はヤンゴン川、西はHlaing川に囲まれた南北に長い地形である。Pazundaung Creek(とその支流)とHlaing川の間東西の幅は広いところで15kmほどである。その中央部を標高30mを超えるなだらかな丘陵が南北に走っている。したがって、中心部及び旧市街地に関しては、雨水は比較的短時間でいずれかの河川に排水される。ただ、現在では東はPazundaung Creekを、西はHlaing川を越えて市街地が拡大しており、これらの地域は平坦な低地であるところから雨水排水については中心部および旧市街地と状況が異なる。
- (4) 合流式下水道は汚水と雨水を同一の管で収集するため、雨天時には汚水が流域へ放流されることとなる。これは、上述のように、雨水量が汚水量に比べはるかに大きく、全量を収集して下水処理場へ送ることをせず、汚水の一定倍率(通常3~5倍)以上の下水を管路の途中に置いて河川への放流するためである。したがって、流域への汚濁負荷量の放流は分流式に比べ2倍近くになり、放流河川等の水質汚濁の観点からは非常に劣ることとなる。日本の東京都に隣接する千葉県松戸市の調査例では、年間下水道への流入BOD汚濁負荷量694.8t/年に対して、合流式水道では129.6t/年(削減率81.3%)、分流式では73.3t/年(削減率89.5%)との試算結果が得られている。

分流式下水道の欠点として、既成市街地ではなかなか接続が進まないことがあることに注意すべきである。

分流式、合流式に加え、最終的にはいずれかの方式となるが暫定的な形態として、インターセプター下水道がある。これは現在汚水が流れている水路や管を河川への放流点直前で遮集する雨水吐きと汚水を処理施設まで流下させる遮集幹線から構成される。多額の費用を要する枝管や各戸への接続を当初は省略できることから、水質改善効果を早期に実現するために採用されている。ただし、既存の管渠には雨天時には汚水と雨水両方が流下しているため、遮集される下水は雨水で希釈され、また、遮集されない下水は雨水吐きから河川等へ放流されることになる。雨天時の雨水吐きからの放流によって、汚濁負荷量の削減は分流式に比べ低くなるが、合流式とほぼ同等となる。

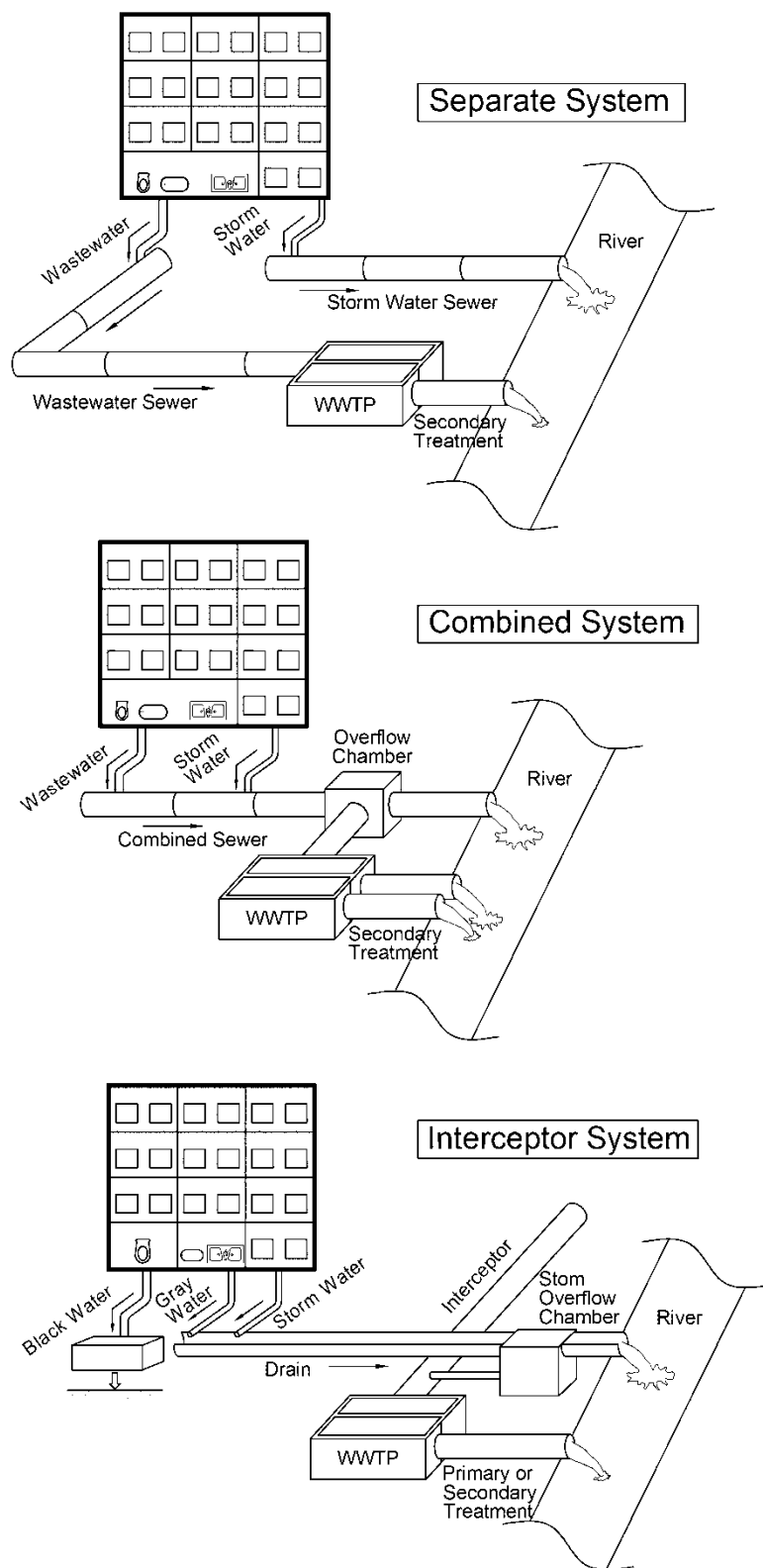
遮集量についてはバンコクの例では晴天時汚水量 (Q) の 5 倍、マニラの例では 1 倍である。バンコクでは 5Q を遮集し、処理場において 2Q が簡易処理 (スクリーン、沈砂池)、2Q が一次処理、1Q が二次処理される。汚濁負荷量削減の観点からは合流式下水道とほぼ同等の効果と考えられる。一方、マニラの例は将来分流式下水道への転換を意図しているもので、1Q を遮集する幹線はそのまま分流式汚水管の幹線として利用されることとなる。汚濁負荷量削減の観点からは分流式、5Q 遮集のものより劣ると考えられるが、整備費用は安価になる。

ヤンゴンにおいては将来的には分流式下水道の整備を目標とするところから、採用できるのはマニラ方式の 1Q を遮集するインターセプター下水道となる。

3 つの排除方式を図 6.6 に示す。

6.3.2 下水の水質

将来の流入水質を想定するため、近隣国の値を参考に、一人一日当たりの BOD 負荷量を 40g/人・日とすると、2040 年の一人当たりの平均排水量 221/人・日 (消費水量 178 l + 地下水量 43 l) から BOD 濃度は 173mg/人・日となる。これより、余裕をみて 2040 年の流入下水の BOD 濃度を 200mg/l とする。SS 濃度は BOD と日本における下水処理場流入水の比、BOD:SS、1.125:1 から 180mg/l とする。



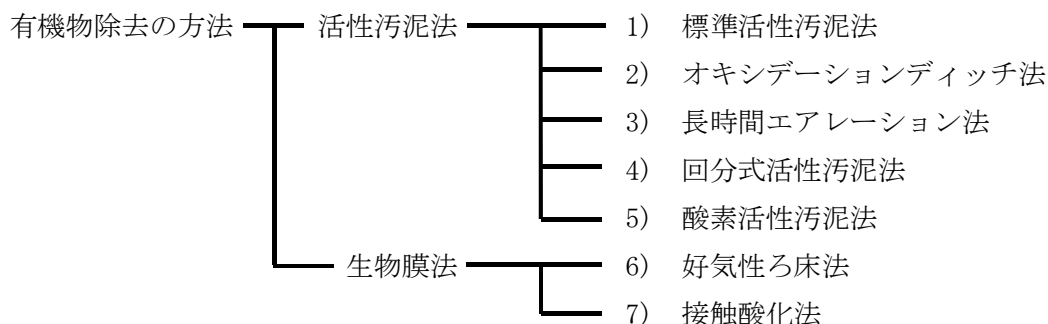
出典：JICA 調査団

図 6.6 下水道の3つの排除方式

6.3.3 下水の処理・処分

下水処理は放流河川の水質汚濁防止、将来の処理水と汚泥の再利用等を考慮し、生物処理を用いた二次処理を前提とする。生物処理は生物を利用することにより他の処理法よりも比較的エネルギー消費が少なく済む利点がある。生活排水の主要汚濁物である有機物の処理には最も適した処理法であると言える。世界的に下水の処理法としては生物処理による二次処理が用いられている。現在、ヤンゴン市で唯一稼働している下水処理場も長時間活性汚泥法による二次処理を行っている。

有機物を除去する生物処理としては一般的に下記のような処理法が適用されている。



上記の処理法の他にも酸化池やエアレットドラグーンなどの処理法がある。これらの処理法は機器類が少なく、エネルギー消費が少なくすむ利点を有しているが、広大な敷地を必要とし、ヤンゴンでは適用は限定的である。オキシデーショondiッチ法と好気性ろ床法は維持管理が容易であることから、主として小規模施設での適用例が多い。ヤンゴンにおいても郊外の小規模施設への適用が考えられる。上記の生物処理のなかでも最も古く、また世界的にも適用例が多く、安定した処理が期待できるのは1)標準活性汚泥法である。2)から5)の処理法は標準活性汚泥法の変法であり、用地面積等の制約がある場合、採用されることが多い。したがって、マスタープラン段階では標準活性汚泥法を標準とし、立地条件に応じて、その他の活性汚泥法を考慮することとする。また、将来の課題として、さらなる有機汚濁物質の除去、下水処理水の再利用、湖沼などの閉鎖水域の富栄養化防止など対しては高度処理の検討が必要となることが考えられる。高度処理としては栄養塩除去のための生物処理や、砂ろ過、活性炭吸着、膜処理などのプロセスが適用されている。

現在ミャンマー国では下水処理場からの放流水に関する水質基準は制定されていないが、ここでは活性汚泥法の一般的な目標水質として以下の表に示す値とする。

表 6.6 目標処理水質

水質項目	上限値
BOD	20 mg/l
SS	30 mg/l

出典：JICA 調査団

処理水はヤンゴン川、Pazundaung Creek (川)、Hlaing 川のいずれかに放流するものとする。これらの河川の YCDC 区域内はいずれも感潮域であり、水道用水、農業用水としての利用はない。

6.3.4 汚泥処理・処分

既設下水処理場の発生汚泥は、流入下水量が少ないため、僅かな量である。天日乾燥された汚泥は公園等の肥料として利用されているが、その量は把握されていない。将来、下水道の整備により多量の汚泥が発生することとなる。将来的には、汚泥の減量化や有効利用の推進が重要な課題となってくる。循環型社会の実現や地球温暖化対策は地球規模の課題となっており、下水汚泥を資源、エネルギーとして活用、再生するシステムへと転換することが重要である。

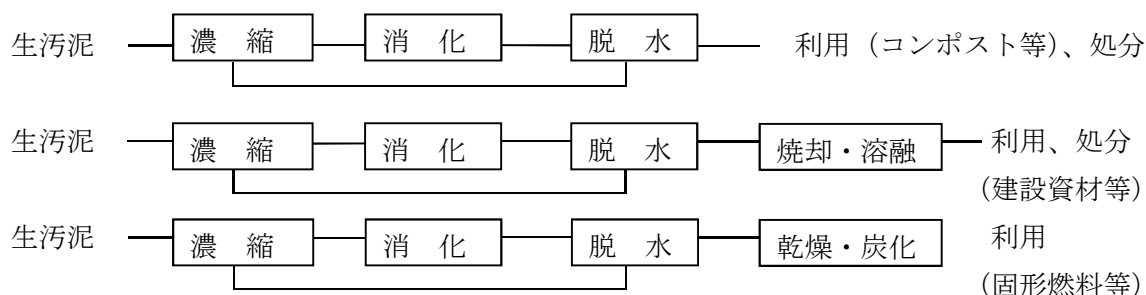
汚泥処理方は主として、汚泥の減量化、安定化を図る様々なプロセスの組み合わせによって行われる。プロセスとしては以下のようなものが考えられる。

量の減量化： 濃縮、脱水、乾燥

固形物の減量化： 消化、焼却、熔融

質的安定化： 嫌気性消化、コンポスト化、焼却、熔融、炭化、燃料化

また、汚泥の最終処分をどのようにするかによって最適なプロセスの組み合わせが変わってくる。代表的な組み合わせとして、以下のようなものが適用されている。なお、図中の消化プロセスは省略し、濃縮から直接脱水へつなげることも可能である。



ヤンゴン市の土地利用の状況や電力事情を考慮し、コンポスト等として緑農地への再利用を行うものと考え、濃縮、脱水を採用する。将来、下水道汚泥の増加に対応し、最終処分量を減量化、資源やエネルギー回収を考慮すると、消化、焼却、熔融を検討する必要が生じるものと考えられる。また、汚泥処理施設を集約化してこれらの処理の効率化を検討する必要が生じると考えられる。

汚泥の有効利用に当たっては、汚泥中の重金属等の濃度が下水道の先進国でも問題となっている例がある。重金属等の濃度を基準値以内に収めるには、工場排水対策が重要である。工場排水の受け入れに当たっては、受け入れ基準の遵守を徹底させなければならない。

6.3.5 下水道施設の設計基準

管渠の設計基準については YCDC に明確な設計基準がないため、日本の例を参考に、以下の通りとした。

最小管径

最小管径は 200mm とする。

流下能力算定式

以下の Manning 式を用いる。

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

ここで、

v : 流速 (m/s)

n : Manning 粗度係数 (-)

R : 径深 (m)

I : 管勾配 (-)

管はコンクリート管とし、Manning 粗度係数 n は 0.013 とする。

最小流速、最大流速

一般に下水管は自然流下とし、管路内への沈殿物が堆積しないよう最小流速を定める。また、流速が大きすぎる場合、管路内やマンホールが損傷するため、最大流速を定め適正な管径と勾配を設定する。本概略設計では、最小流速及び最大流速を以下のように設定した。

最小流速 = 0.6 m/s、最大流速 = 3.0 m/s

最小土被り、既設構造物からの離隔

- 管の最上流マンホールの最小土被り = 1.0 m
- 運河を下越しする場合、最小離隔 = 2.0 m
- 高速道路下の最小土被り = 2.5 m

マンホールの設置位置、間隔

マンホールは点検、清掃、維持補修などの作業時に下水管内へ立ち入るために必要である。マンホールを設置すべき位置は以下の通りとする。

- 路線の起点
- 下水管の会合部
- 管径、勾配、方向が変化する箇所

また、直線部など上記以外の場所においても維持管理のためにマンホールを設置する必要がある。表 6.7 に管径別のマンホール最大間隔を示す。

表 6.7 管径別のマンホール最大間隔

管径 (mm)	マンホール最大間隔 (m)
$D < 600$	75
$600 \leq D < 1,000$	100
$1,000 \leq D \leq 1,500$	150
$1,650 \leq D$	200

出典：JICA 調査団

その他の設計基準

- 管勾配はマンホール間で一定とする。
- マンホールにおいて、流出管の管頂高は最も低い流入管の管頂高と一致させる。
- 下流側の管の管径は、上流側の遮集管の管径より大きいかあるいは同一とする。

第7章 下水道計画

7.1 汚水処理計画

7.1.1 下水道計画区域、下水処理場の用地、および整備方式

計画目標年次 2040 年の下水道整備区域を設定するために、現在および計画目標年次におけるタウンシップごとの都市化の指標として、2011 年と 2040 年のタウンシップごとの人口及び、人口密度を検討した。結果を表 7.1 に示す。2011 年現在人口密度 100 人/ha を超えるタウンシップは CBD を中心に 20 を数える。CBD では 189 人/ha から 606 人/ha と非常に高い人口密度となっている。CBD を含む 20 のタウンシップは既に高密度に市街化された区域であり、このような区域の汚水処理は下水道によることがもっともふさわしいと考えられる。したがって、これらタウンシップは全て目標年次における下水道計画区域とする。

次に 2011 年では人口密度が 100 人/ha 以下であるが、目標年次ではこれを超えると考えられるタウンシップが 4 つ存在する。これらは 2011 年においても人口密度がそれぞれ 79～99 人/ha と高いためいずれも下水道計画区域とする。Dagon タウンシップは、2011 年、2040 年の人口密度がそれぞれ、50 人/ha、99 人/ha であるが、ここには Swe Dagon Pagoda と周辺の公園といった宗教施設、観光施設が広い面積を占めているからである。周囲は商店を始め高度に市街化している区域であり、このタウンシップは当然下水道計画区域に含まれる。一方、Seikkan タウンシップは CBD 内であるが、ほとんどが港湾施設を中心とした業務地域であり、その性格上下水道計画区域からは除外した。ただし、下水が発生する施設が建設された場合は隣接の下水道整備区域に取り込むものとする。

以上の結果下水道計画区域は合計 25 のタウンシップとなり、その人口は 2011 年で 358 万人(ヤンゴン市全体の(70%)、2040 年で 421 万人(同 49%)となる。

表 7.1 タウンシップ別現況、将来人口、人口密度

Code	Township	Township Group	Area (ha)	Population		Population Density		Core Area
				2011	2040	2011	2040	
1	Latha	CBD	60	34,125	34,125	569	569	✓
2	Lanmadaw	CBD	131	43,137	43,137	329	329	✓
3	Pabedan	CBD	62	37,551	37,551	606	606	✓
4	Kyauktada	CBD	70	34,797	34,797	497	497	✓
5	Bothtaung	CBD	260	49,134	49,134	189	189	✓
6	Pazundaung	CBD	107	53,648	56,647	501	529	✓
7	Ahlon	Inner Urban Ring	338	65,510	68,509	194	203	✓
8	Kyee Myin Daing	Inner Urban Ring	457	115,841	148,835	253	326	✓
9	Sanchaung	Inner Urban Ring	240	105,208	108,207	438	451	✓
10	Dagon	Inner Urban Ring	489	24,492	48,488	50	99	✓
11	Bahan	Inner Urban Ring	847	100,695	109,693	119	130	✓
12	Tarmwe	Inner Urban Ring	499	191,114	197,113	383	395	✓
13	Mingalar Taung Nyunt	Inner Urban Ring	494	155,767	164,765	315	334	✓
14	Seikkan	Inner Urban Ring	117	2,241	2,241	19	19	
15	Dawbon	Inner Urban Ring	311	87,284	90,283	281	290	✓
16	Kamaryut	Outer Ring	647	87,881	102,878	136	159	✓
17	Hlaing	Outer Ring	984	151,014	163,012	153	166	✓
18	Yankin	Outer Ring	479	125,909	125,909	263	263	✓
19	Thingangyun	Outer Ring	1,312	231,621	243,619	177	186	✓
20	Mayangone	Northern Suburbs	2,588	205,403	268,392	79	104	✓
21	Insein	Northern Suburbs	3,163	311,200	377,188	98	119	✓
22	Mingalardon	Northern Suburbs	12,783	288,858	906,748	23	71	
23	North Okkalapa	Older Suburbs	2,766	333,484	423,468	121	153	✓
24	South Okkalapa	Older Suburbs	822	191,388	197,387	233	240	✓
25	Thaketa	Older Suburbs	1,356	253,284	280,279	187	207	✓
26	Dala	South of CBD	9,840	181,087	490,032	18	50	
27	Seikgyikhanaungto	South of CBD	1,210	38,425	74,419	32	62	
28	Shwe Pyi Thar	New Suburbs	5,271	295,993	514,954	56	98	
29	Hlaing Tharyar	New Suburbs	7,761	488,768	737,724	63	95	
30	North Dagon	New Suburbs	2,418	221,200	287,188	91	119	✓
31	South Dagon	New Suburbs	3,751	370,403	550,371	99	147	✓
32	East Dagon	New Suburbs	17,064	145,505	1,183,320	9	69	
33	Dagon Seikkan	New Suburbs	4,204	120,161	399,111	29	95	
	YCDC Sub-total		82,901	5,142,128	8,519,524	62	103	
34	Kyauktan	Periphery Area	7,612	48,473	153,454	6	20	
35	Thanlyin	Periphery Area	25,485	181,959	1,243,770	7	49	
36	Hlaegu	Periphery Area	10,100	50,793	533,707	5	53	
37	Hmawbi	Periphery Area	8,423	83,719	551,636	10	65	
38	Htantapin	Periphery Area	8,175	40,234	397,170	5	49	
39	Twantay	Periphery Area	10,786	24,936	330,882	2	31	
	Out of YCDC Sub-total		70,581	430,114	3,210,619	6	45	
	Total		153,482	5,572,242	11,730,143	36	76	

出典：JICA 調査団

上記 25 タウンシップを下水道計画区域とし、下水処理区の設定を行った。25 タウンシップの面積は 24,000ha を超え、東西、南北それぞれ 20km にも達する。このような広大な区域を 1 処理区とするのは、技術的に非常に困難であり、経済的にも非常に不利となる。したがって、まず、市街化の状況の似ているタウンシップをいくつかまとめ処理区を設定した。さらに、地形や放流先の河川等を考慮しタウンシップの境界が処理区の境界として相応しくないものは 1 つのタウンシップを複数の処理区に分割した。その結果、調査区域全体は 15 の処理区に分割された。このうち 8 つの処理区域が 2040 年の下水道計画区域となる。

2040 年の下水道計画区域である 8 つの処理区について、下水処理場の候補地の選定を行った。航空写真をもとにいくつかの候補地を選定し、YCDC のカウンターパートに取得可能性の調査を依頼した。その結果、C2 処理区には適当な面積を確保できる候補地が見つからないことが判明した。そこで隣接する E1 処理区とタウンシップの組み換えを行い、処理場用地を確保した。

さらに E1 処理区の処理場候補地に他の開発計画があることが判明し、処理区内に用地を確保できないため、隣接する C2 処理区の下水処理場内に E1 の処理施設を建設することとした。その結果、E1 処理区と C2 処理区は統合され 1 処理区となった。ただし、この処理区は面積が広大で、なおかつ市街化の程度もことなるため、C2 と E1 をそれぞれ処理分区とし、事業の優先度の評価は処理分区ごとに行うこととする。当初想定した 15 処理区と最終的な 13 処理区に含まれるタウンシップの相関を表 7.2 に示す。

最終的な処理区の姿を図 7.1 に示す。処理区ごとの面積、計画人口、下水量を表 7.3 に示す。なお、処理区毎を構成するタウンシップ毎の汚水量原単位、地下水量、日平均下水量を資料編 F に示す。

表 7.3 は処理場ごとの必要敷地面積を示す。下水処理は標準活性汚泥法によるものと考え、日本の「流域別下水道総合計画指針」の以下の関数によって算出した。

$$A = 4.59 \times Q^{0.62}$$

ここに

A：面積(1,000m²)

Q：日最大下水量 (1,000m³/日)

下水道は最終的には分流式下水道で整備されるが、整備手法の一つとして暫定的に 6.3.1 節で説明したインターセプター下水道を採用することを検討する。これは下水道建設の初期投資を抑制するためである。すなわち、既存の排水路から汚水を遮集することにより、枝線管渠および接続管を建設せず、その費用を削減するものである。さらに下水処理についても一次処理と二次処理の 2 ケースを設け、一次処理とした場合の費用削減効果を評価する。

既設の下水道処理区 (C1 処理区の全部と W1 処理区の一部) は腐敗槽が設置されておらず、ま

た、都市化が高度に進んだ地区であるためインターセプター下水道が適用できない。W1 処理区の残り と C2 処理区の一部も既設下水道処理区と同様都市化の進展した区域であり、当初から分流式下水道で整備することが適切であると考えられる。したがって、インターセプター下水道はこれらの処理区を除く処理区について適用を検討する。これらの処理区においてはそれぞれ FS 調査において、インターセプター下水道適用を検討するものとする。

当初から分流式で整備する処理区 : C1、W1、C2 の一部 (Bahan、Tarmwe、Mingalar Taung Nyunt、Yankin の 4 タウンシップ)

インターセプター下水道適用処理区 : C2 の一部 (Thingangyun、Mayangone、South Okkalapa の 3 タウンシップ)、W2、N1、E1、E3

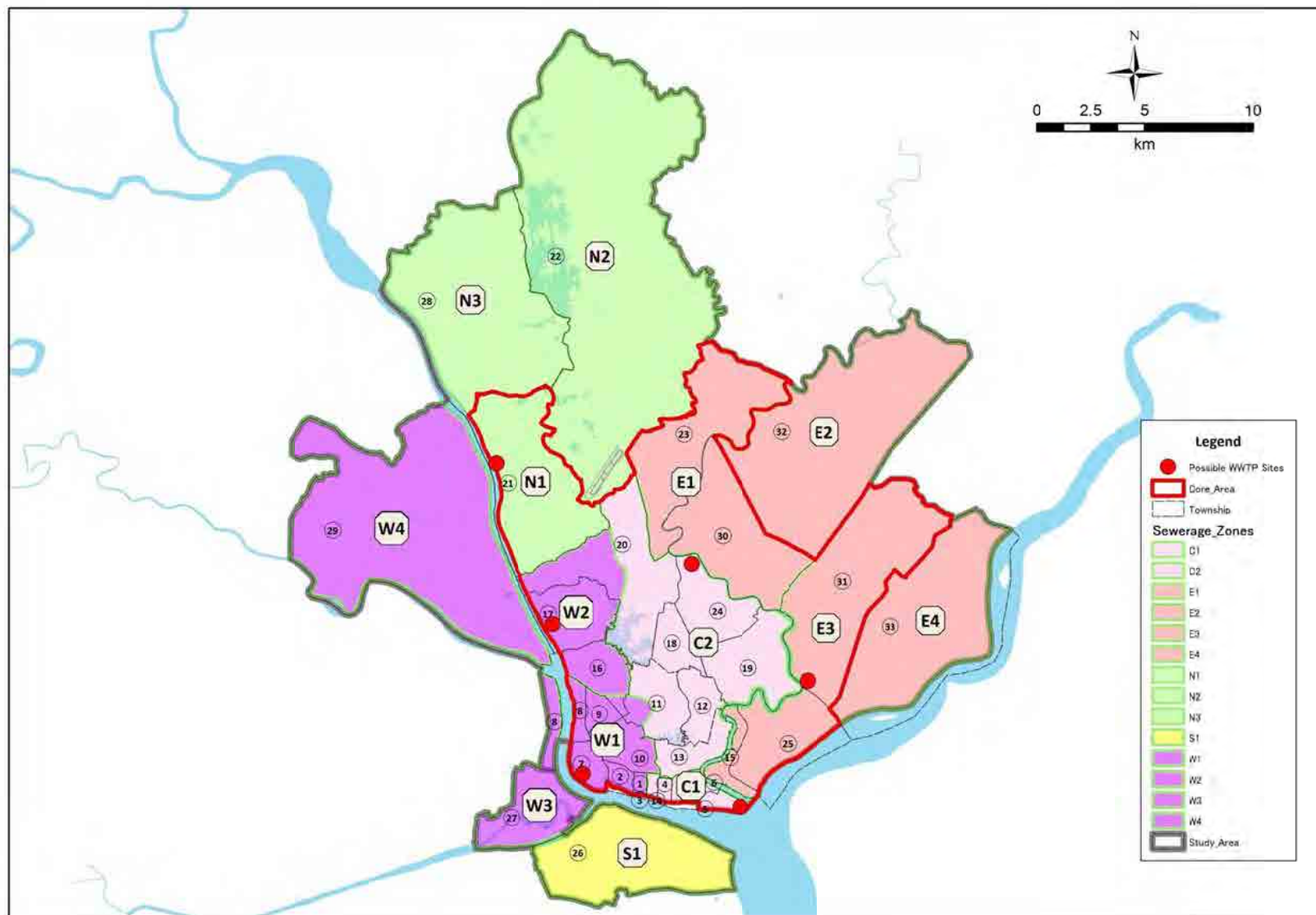
表 7.2 タウンシップと下水処理区の相関 (当初案と最終案)

Township		Sewerage Zone																				
		C1		C2		W1	W2	W3	W4	N1	N2	N3	E1		E2	E3		E4		E5		S1
Code	Name	Ori.	Last										Ori.	Last		Ori.	Last	Ori.	Last	Ori.	Last	
1	Latha																					
2	Lanmadaw																					
3	Pabedan																					
4	Kyauktada																					
5	Botataung																					
6	Pazundaung																					
7	Ahlonge																					
8	Kyee Myin Daing																					
9	Sanchaung																					
10	Dagon																					
11	Bahan																					
12	Tarmwe																					
13	Mingalar Taung Nyunt																					
14	Seikkan																					
15	Dawbon																					
16	Kamaryut																					
17	Hlaing																					
18	Yankin																					
19	Thingangyun																					
20	Mayangone																					
21	Insein																					
22	Mingalardon																					
23	North Okkalapa																					
24	South Okkalapa																					
25	Thaketa																					
26	Dala																					
27	Seikgyikhanaungo																					
28	Shwe Pyi Thar																					
29	Hlaing Tharyar																					
30	North Dagon																					
31	South Dagon																					
32	East Dagon																					
33	Dagon Seikkan																					

Note: Original Plan Final Plan

出典：JICA 調査団

マスタープランで設定した処理場用地取得について YCDC は土地所有者等と折衝を重ねてきたが、ドラフトファイナル報告書提出時点で一部の用地について変更が必要となったとの情報を得た。変更の詳細は付録 K に示す。処理場用地の変更により、下水道処理区、施設計画が変わり、それに伴い事業費や財務分析も変更されることとなる。したがって、変更が必要な処理区については、それぞれのフィジビリティ調査時点で新たに施設計画を見直すものとする。



出典：YCDC

図 7.1 下水処理区（最終案）

表 7.3 処理区（処理分区）別人口、汚水量、面積

Sewerage Zone	Population (person)	W. Flow (m ³ /day)		Area (ha)	WWTP Area (ha)	Township
		Daily Ave.	Daily Max.			
C 1	178,127	64,276	70,213	499	6.4	Pazundaung, Botahtaung, Kyauktada, Pabedan
C 2	1,191,499	452,548	492,264	6,102	21.4	a part of Bahan, Mingalar Taung Nyunt, Tamwe, South Okkalapa, Thingangyun, Yankin, a part of Mayangone
W 1	483,058	169,214	184,247	1,654	11.7	Lanmadaw, Latha, Dagon, a part of Bahan, a part of Kye Myin Daing, Ahlone, Sanchaung, a part of Kamaryut
W 2	349,512	116,999	126,410	2,356	9.2	Hlaing, a part of Kamaryut, a part of Mayangon
W 3	74,419	14,512	15,628	1,485	2.5	A part of Kye Myin Daing, Seikgyikhanaungto
W 4	737,724	191,809	206,563	7,761	12.5	Hlaing Tharyar
N 1	377,188	129,633	139,691	3,163	9.8	Insein
N 2	906,748	294,693	317,362	12,783	16.3	Mingaladon
N 3	514,954	100,416	108,140	5,271	8.4	Shwe Pyi Thar
E1	710,656	232,953	252,094	5,184	14.2	North Okkalapa, North Dagon
E 2	1,183,320	269,207	289,915	17,064	15.4	East Dagon
E 3	920,933	243,849	263,583	5,418	14.5	Dawbon, Taketa, South Dagon
E4	399,111	77,827	83,814	4,202	7.1	Dagon Seikkan
S 1	490,032	127,409	137,210	9,840	9.7	Dala
Out of SZ	2,241	971	1,046	117		Seikkan
Total	8,519,522	2,486,316	2,688,180	82,899	159.2	

注：C2 と E1 は処理分区で C2+E1 処理区となる

出典：JICA 調査団

7.1.2 下水道計画区域外の下水処理場必要面積

2040年までの下水道区域は上記の6処理区であるが、それ以外の7処理区についても市街化区域についてはいずれ下水道を整備する必要がある。これらの処理区は2040年時点でも処理区全体としては人口密度が低い、これからの開発は自然発生的なスプロールではなく、かなりまとまった住宅開発等によって市街地が拡大するものと予想される。そのような新市街地については腐敗槽ではなく、前節で述べた浄化槽やコミュニティープラントの設置が推奨される。最終的には下水道による整備が行われることが望ましいため、ここでは2040年の発生汚水量を基に、下水処理場の必要面積を提示する。必要敷地面積の計算式は前項で用いたものと同じである。参考として、6つのYCDC外のタウンシップについても必要面積を算出した。今後、土地利用計画がこれらの地域に策定される場合、放流水域の近傍にこれだけの下水処理場用地を確保すべきである。

表 7.4 下水処理場必要面積（将来の下水道計画区域）

Sewerage Zone	Population (person)	Daily Max. (m ³ /day)	Area (ha)	WWTP Area (ha)	Township
W 3	74,419	15,628	1,485	2.5	East Dagon
W 4	737,724	206,563	7,761	12.5	Dagon Seikkan
N 2	906,748	317,362	12,783	16.3	A part of Kyimyindaing, Seikkyikhanaungto
N 3	514,954	108,140	5,271	8.4	Hlaingtharyar
E 2	1,183,320	289,915	17,064	15.4	Mingaladon
E4	399,111	83,814	4,204	7.1	Shwepyithar
S 1	490,032	137,210	9,840	9.7	Dala
YCDC Total	4,306,308	1,158,632	58,408	72.0	
Kyauktan	153,454	21,483	7,612	3.1	
Thanlyin	1,243,770	174,128	25,485	11.2	
Hlaegu	533,707	74,718	10,100	6.7	
Hmawbi	551,636	77,228	8,423	6.8	
Htantapin	397,170	55,604	8,177	5.5	
Twantay	330,882	46,323	10,786	5.0	
Out of YCDC	3,210,619	449,484	70,583	38.3	
Total	7,516,927	1,608,116	128,991	110.3	

出典：JICA 調査団

7.1.3 工場排水の受け入れ

工場排水については、3.4 節 工場排水で述べたように、YCDC の汚濁制御・清掃局（DPCC）が管轄している。DPCC の排水規制値は BOD、SS、pH、COD、TSS の 5 項目のみが設定されている。これらの基準値は直接放流を前提に定められたものであり、基準値以内であれば下水道受け入れに問題はない。しかし、有毒、有害物質についての基準値が定められていないため、下水道受け入れに当たっては水供給・衛生局が基準値を独自に設定する必要がある。日本の下水道法施行令の基準値（環境項目）を参考例として表 7.5 に示す。日本では各都市は表に示した基準値よりも厳しい値を独自に定めることが可能である。

工場排水は業種により、高濃度の有機物を含むものや重金属のような有害物質を含むものがある。高濃度の有機物は下水処理に過負荷となり、処理を阻害し、処理水が放流基準を守れなくなる恐れが生じる。また、重金属は生物処理では原理的に除去ができないため、放流処理水にそのまま排出され、処理場が汚濁源となる。このような事態を避けるためには、これらの物質を下水道に受け入れないようにすることが重要である。したがって、工場排水については受け入れ基準を遵守させることが肝要である。このような物質の発生源については汚染者負担の原則からも、発生源での除去が義務付けられるべきである。

工場排水の受け入れに当たっては、基準の設定とともに監視および遵守の徹底が重要である。工場からの定期的な報告とともに、DWSS による随時の立ち入り検査、採水ができるような合意を工場と交わす必要がある。さらに、違反した場合、受け入れ停止を含む罰則規定を設けなければならない。水質分析は当面公的な機関に委託しなければならないが、BOD、SS 等の一般項目につ

いてはDWSSが自ら分析できるようにすることが望ましい。さらに、将来は重金属についてもDWSSが自ら分析できるようになることが望ましい。

表 7.5 工場排水の受け入れ基準(環境項目)

項目	上限値 (mg/l)
アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素及び硝酸窒素	380 (125)
pH (no unit)	5 - 9 (5.7 - 8.7)
BOD	600 (300)
SS	600 (300)
鉱油	5
動植物油	30
窒素含有量	240 (150)
磷含有量	32 (20)
フェノール	5
銅及びその化合物	30
亜鉛及びその化合物	2
鉄及びその化合物 (溶解性)	10
マンガン及びその化合物 (溶解性)	10
クロム及びその化合物	2
弗素化合物	15

注：()は日間平均

出典：下水道法施行令を基に調査団が作成

7.2 処理区別下水道施設計画

前節で設定した6処理区毎の施設計画を以下に述べる。

7.2.1 C1 処理区

C1 処理区は既設の処理区域であるが、現在の収集システムは耐用年数をはるかに超過しており、管の劣化が著しい。さらに、このシステムはトイレの汚水のみを収集するものである。6.2.1 で述べたように、汚濁負荷量は雑排水によるものがし尿起因よりも多い。したがって、雑排水を処理しなければ、水質汚濁防止の目的を十分にはたせない。また、3.3.2 節で述べたように、区域内の推定汚水量（トイレ排水）の約 15%の流量しか流入しておらず、収集システムに欠陥があるものと考えられる。このようなことから、早急に通常の下水道システムへの切り替えが必要とされている。改善を含め、新たに建設する下水道管網の概要を表 7.6 に、幹線の系統図を図 7.2 にそれぞれ示す。

既設処理場は現在の長時間エアレーション法による運転を標準活性汚泥法のそれに切り替え、さらに不足分を増設するものとして計画した。表 7.7 に処理場の概要を、図 7.3 に施設平面図を、図 7.4 に処理場の位置図を示す。

表 7.6 C1 処理区、下水道管網の概要

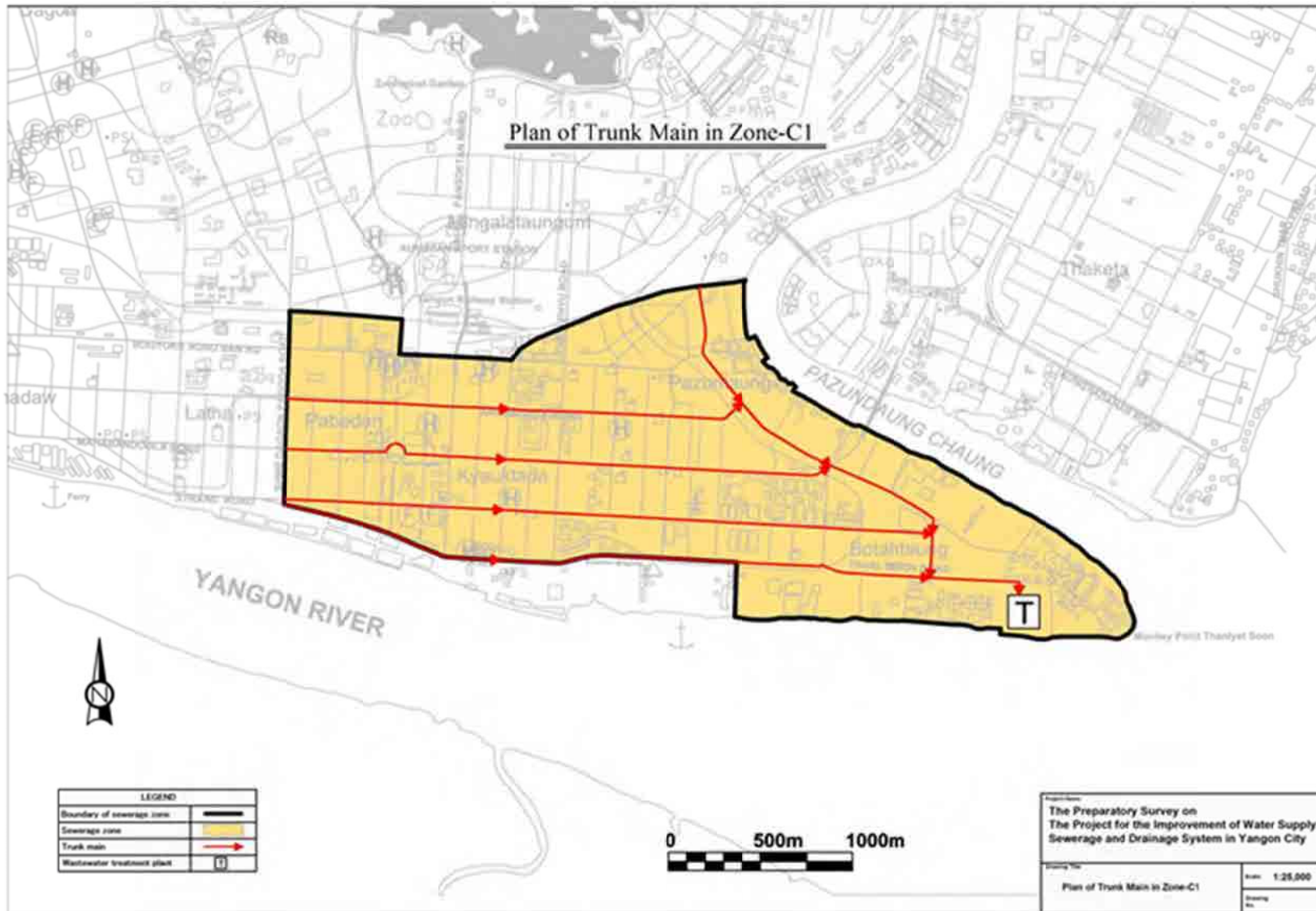
C1 Sewerage Zone		
Trunk Sewer		
Dia. (mm)	Length (m)	Construction Method
500	1,100	Small diameter pipe jacking
600	1,900	Small diameter pipe jacking
700	5,400	Small diameter pipe jacking
800	2,400	Pipe jacking
900	600	Pipe jacking
1,100	720	Pipe jacking
1,350	240	Pipe jacking
1,500	550	Pipe jacking
Branch Sewer		
<500	47,600	Open cut
House connection		
100	6,376 Nos.	Open cut

出典：JICA 調査団

表 7.7 C1 処理場の概要

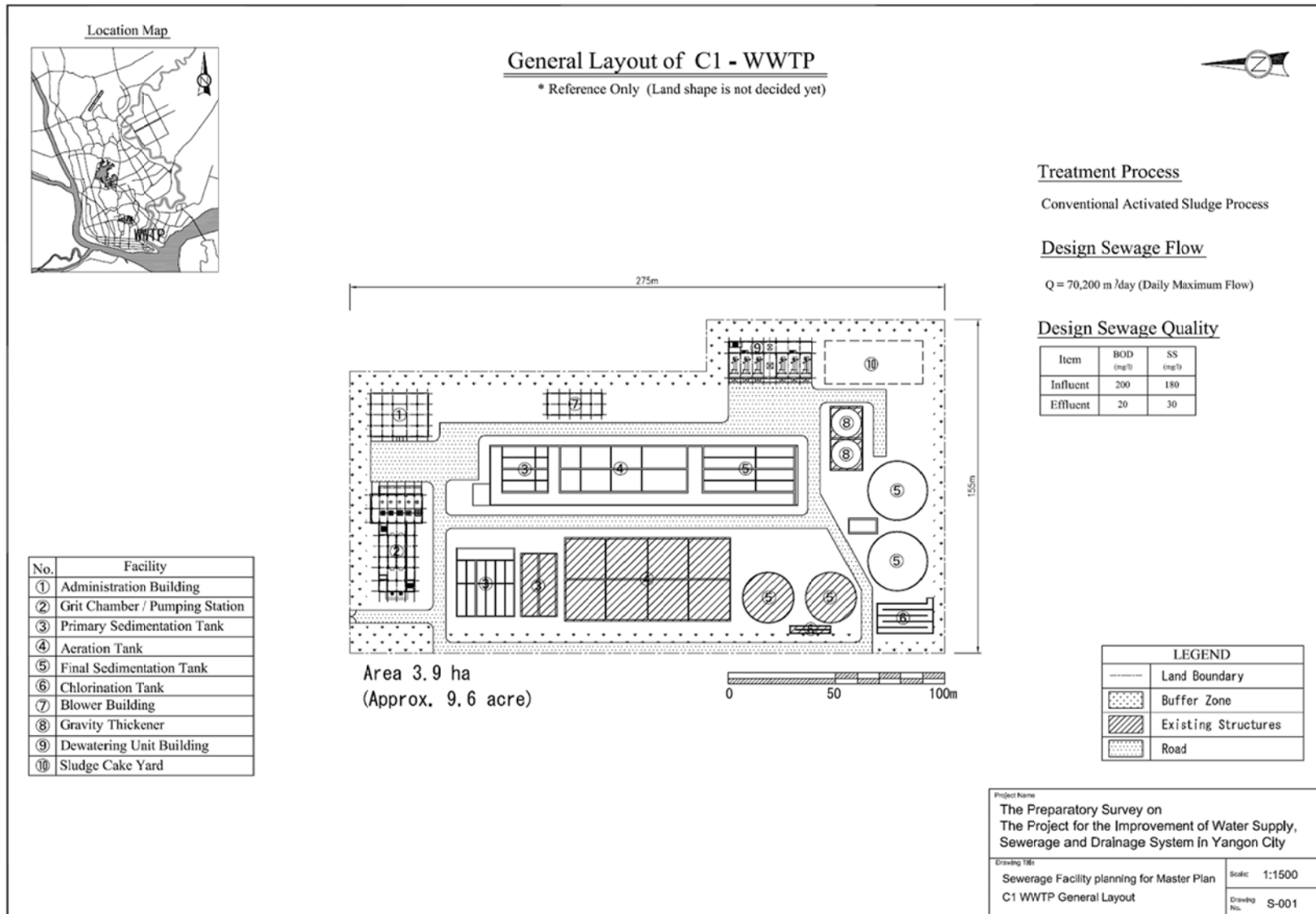
C1 WWTP		
Served Population in 2040 (persons)	178,127	
Per Capita Wastewater daily ave. (lpcd)	333	
Design Capacity (m ³ /day)	70,200	
BOD and SS Concentrations (mg/l)	BOD in	200
	SS in	180
	BOD out	20
	SS out	30

出典：JICA 調査団



出典：YCDC

図 7.2 幹線系統図、C1 処理区



出典：YCDC

図 7.3 施設平面図、C1 下水処理場



出典：YCDC

図 7.4 処理場位置図、C1 下水処理場

7.2.2 C2+E1 処理区

C2+E1 処理区は、当初 C2 処理区として設定されたが、区域内に処理場用地が確保できず、E1 処理区と統合され、さらに変更された E1 処理区内にも処理場用地が確保できず E1 処理区と再度統合された処理区である。そのため、処理区面積が 11,286ha と他の処理区の 2 倍以上の広大な処理区となった。また、C2 処理区と E1 処理区はそれぞれに含まれるタウンシップの性格や市街化の程度にも顕著な差がある。したがって、次に行う優先度の評価を適切なものとするため、C2 と E1 の 2 つの処理分区に区分した。C2+E1 処理区の下水道施設は全て新しく建設される。下水道管網の概要を表 7.8 に、幹線の系統図を図 7.5 に示す。表 7.9 に処理場の概要を、図 7.6 に施設平面図を、図 7.7 に処理場の位置図を示す。

C2 処理区を構成するタウンシップの中で、Thingangyun、Mayangone、South Okkalapa の 3 つ、並びに E1 処理区全体については FS 段階で、初期投資抑制のため、インターセプター下水道の適用を考慮する。

表 7.8 C2+E1 処理区、下水道管網の概要

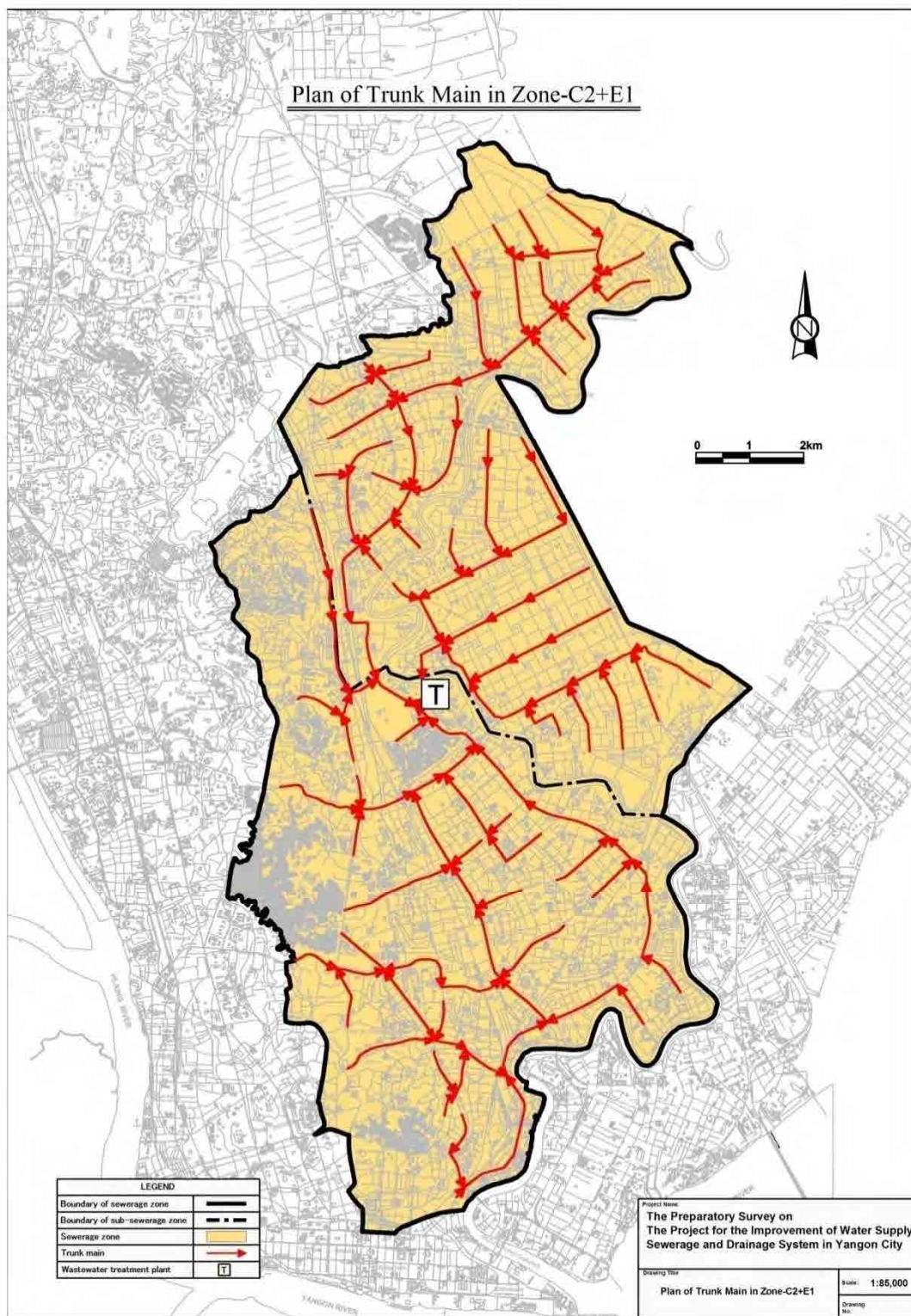
C2+E1 Sewerage Zone		
Trunk Sewer		
Dia. (mm)	Length (m)	Construction Method
500	780	Small diameter pipe jacking
600	25,000	Small diameter pipe jacking
700	26,400	Small diameter pipe jacking
800	7,500	Pipe jacking
900	6,800	Pipe jacking
1,000	4,000	Pipe jacking
1,100	6,000	Pipe jacking
1,200	4,700	Pipe jacking
1,350	7,500	Pipe jacking
1,500	4,600	Pipe jacking
1,650	6,800	Pipe jacking
1,800	5,800	Shield
2,200	3,200	Shield
2,400	2,200	Shield
2,600	810	Shield
2,800	1,400	Shield
3,200	150	Shield
Branch Sewer		
<500	863,000	Open cut
House connection		
100	252,789 Nos.	Open cut

出典：JICA 調査団

表 7.9 C2+E1 処理場の概要

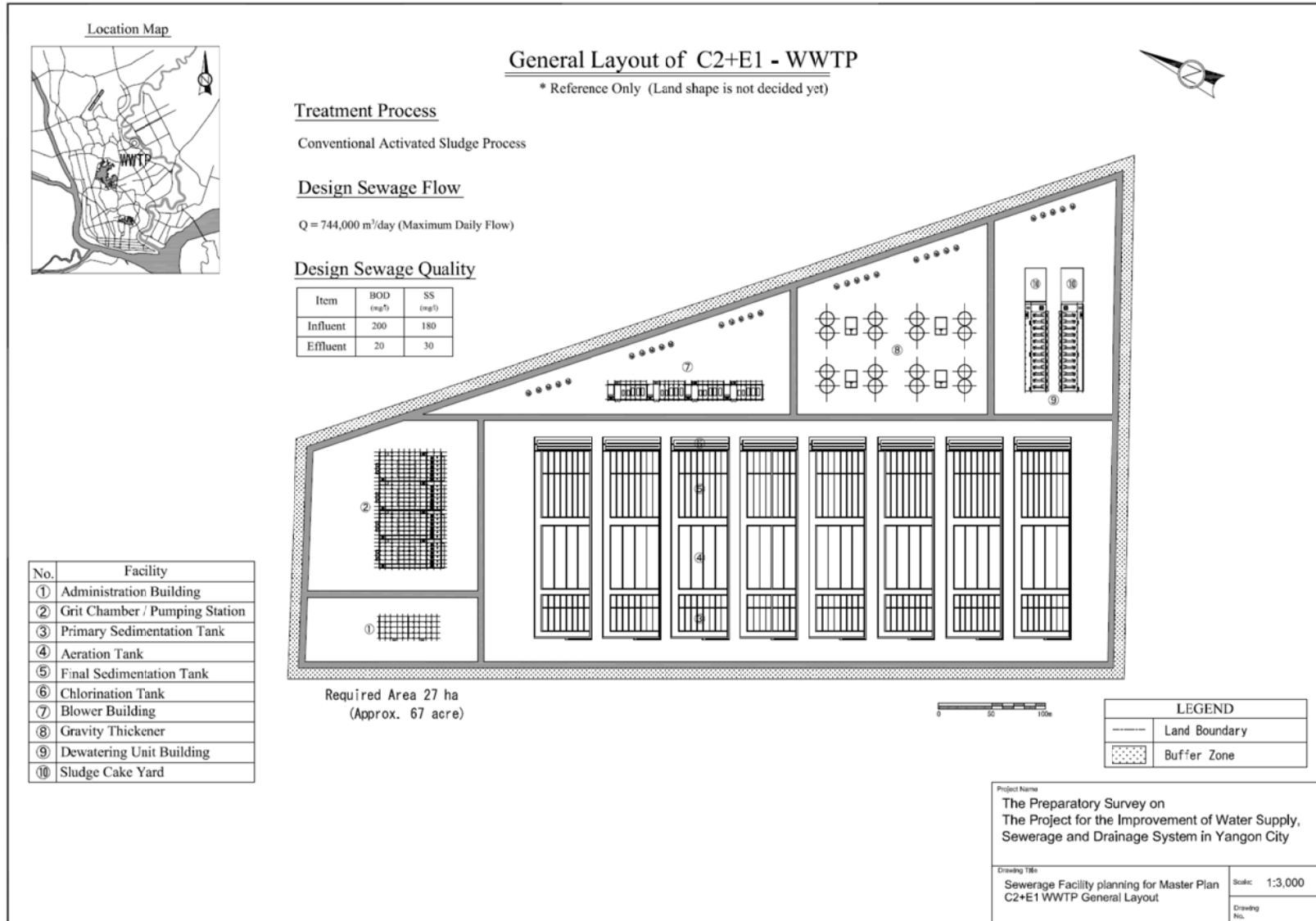
C2+E1 WWTP		
Served Population in 2040 (persons)	1,902,155	
Per Capita Wastewater daily ave. (lpcd)	333,269	
Design Capacity (m ³ /day)	744,400	
BOD and SS Concentrations (mg/l)	BOD in	200
	SS in	180
	BOD out	20
	SS out	30

出典：JICA 調査団



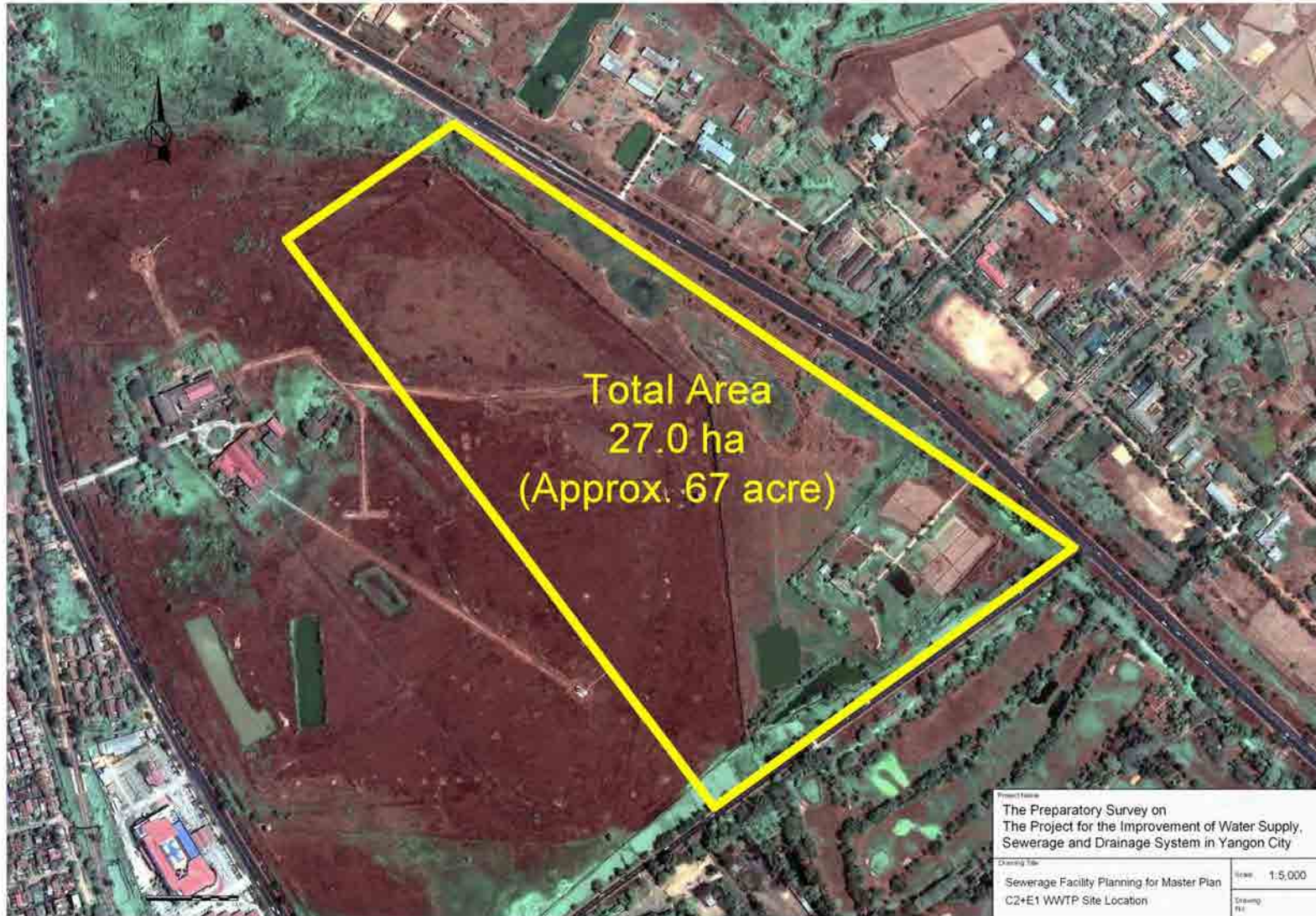
出典：JICA 調査団

図 7.5 幹線系統図、C2+E1 処理区



出典：YCDC

図 7.6 施設平面図、C2+E1 下水処理場



出典：YCDC

図 7.7 処理場位置図

7.2.3 W1 処理区

W1 処理区は、一部既設の処理区域を含む。これらの既設処理区は C1 処理区の下水道施設の完成後、W1 処理区の下水処理場が稼働するまでの間は現在のまま、C1 処理場に暫定的に送られ、処理される。W1 処理場が完成すれば、家庭雑排水を収集できるようなシステムに切り替え、W1 処理場に送ることとなる。W1 下水処理場の用地は 4.5ha(11.1acre)に限られるため、2 階層の沈澱池、深層エアレーションを用いた標準活性汚泥法として設計した。処理場の形態（2 階層）下水道管網の概要を表 7.10 に、幹線の系統図を図 7.8 に示す。表 7.11 に処理場の概要を、図 7.9 に施設平面図を、図 7.10 に処理場の位置図を示す。

表 7.10 W1 処理区、下水道管網の概要

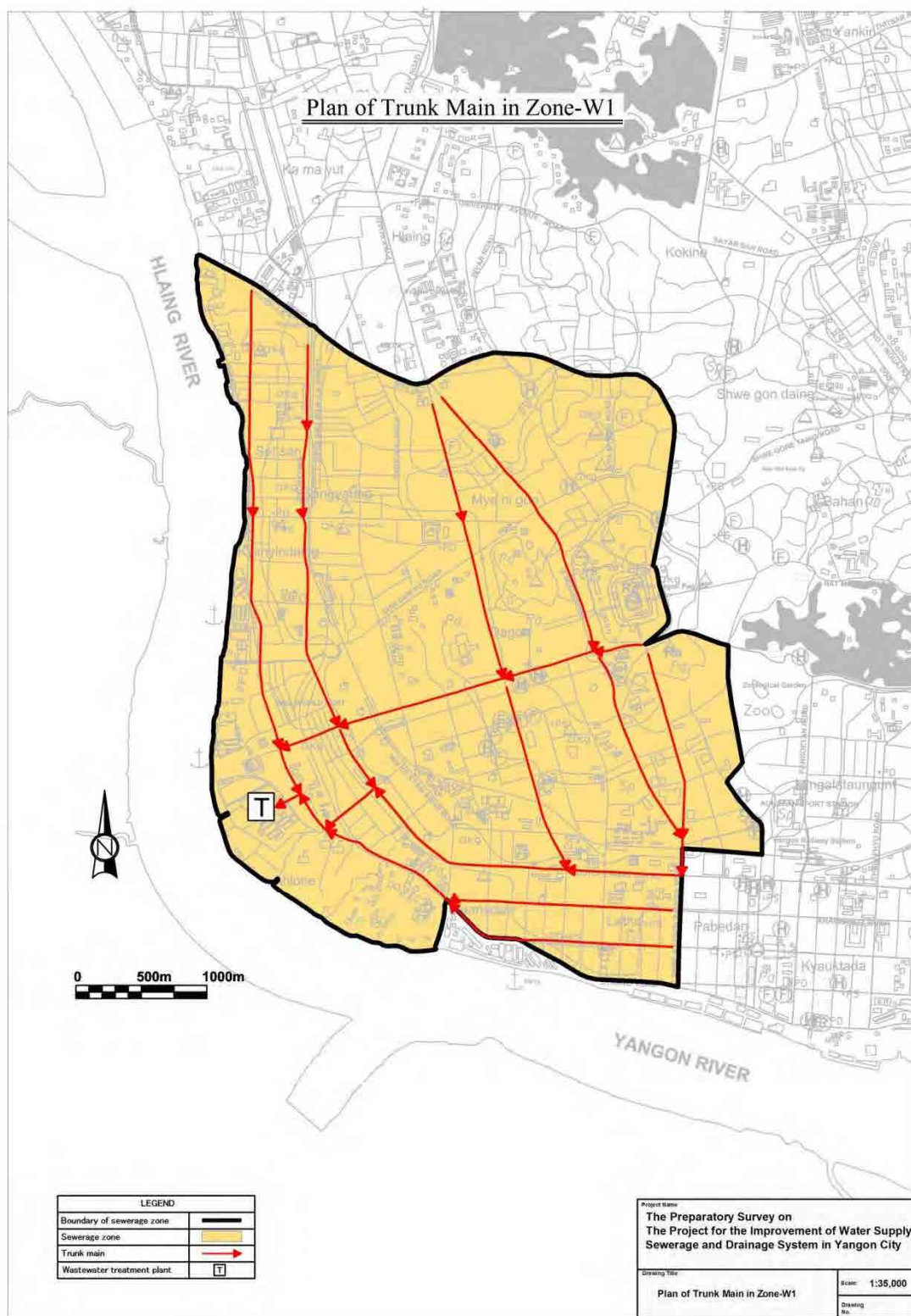
W1 Sewerage Zone		
Trunk Sewer		
Dia. (mm)	Length (m)	Construction Method
500	1,500	Small diameter pipe jacking
600	5,100	Small diameter pipe jacking
700	5,900	Small diameter pipe jacking
800	2,800	Pipe jacking
900	1,100	Pipe jacking
1,000	3,200	Pipe jacking
1,100	2,400	Pipe jacking
1,200	1,700	Pipe jacking
1,350	1,800	Pipe jacking
1,500	340	Pipe jacking
1,650	860	Pipe jacking
2,000	220	Shield
Branch Sewer		
<500	122,000	Open cut
House connection		
100	32,363 Nos.	Open cut

出典：JICA 調査団

表 7.11 W1 処理場概要

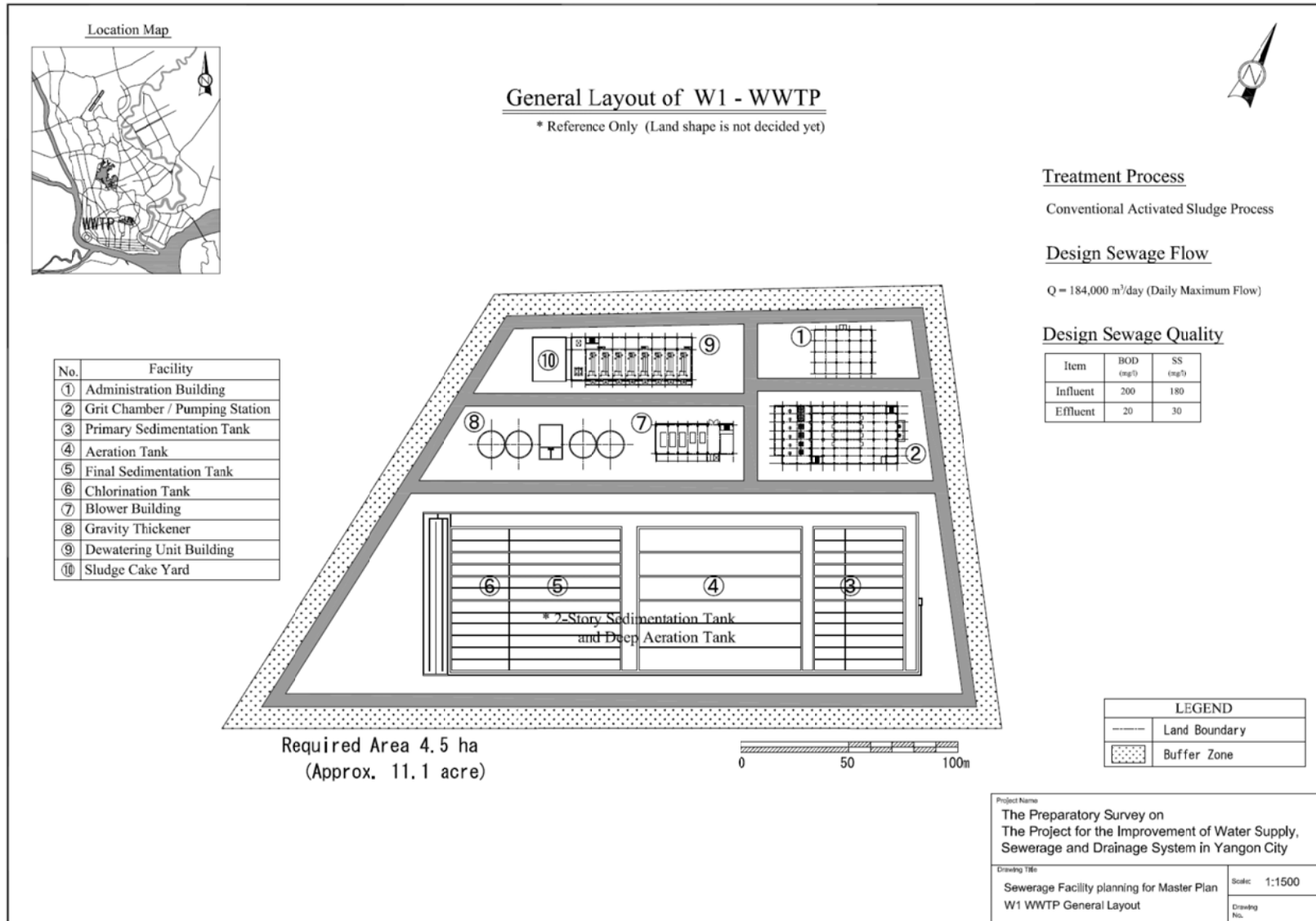
W1 WWTP		
Served Population in 2040 (persons)	483,058	
Per Capita Wastewater daily ave. (lpcd)	311	
Design Capacity (m ³ /day)	184,200	
BOD and SS Concentrations (mg/l)	BOD in	200
	SS in	180
	BOD out	20
	SS out	30

出典：JICA 調査団



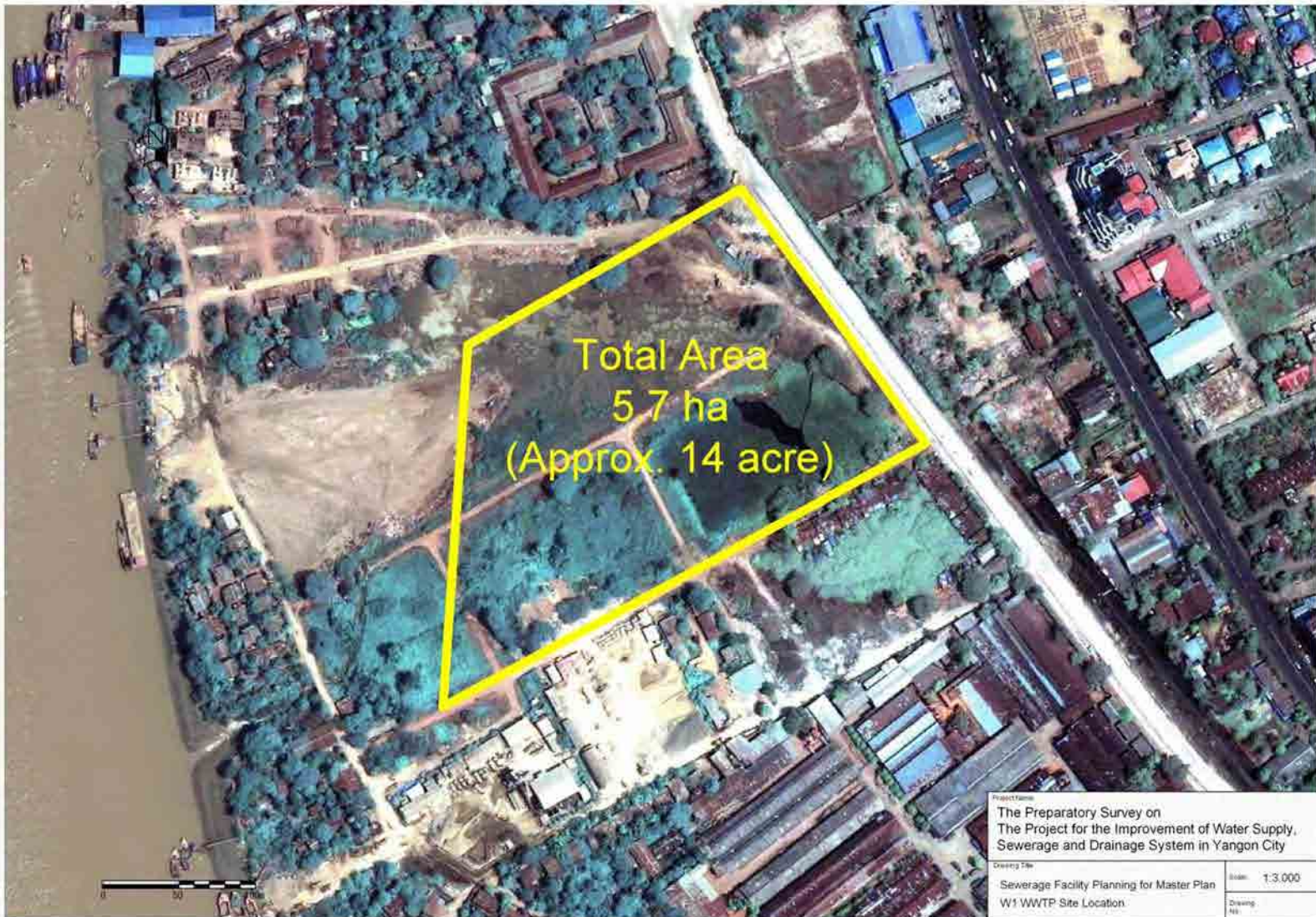
出典：JICA 調査団

図 7.8 幹線系統図、W1 処理区



出典：YCDC

図 7.9 施設平面図、W1 下水処理場



出典：YCDC

図 7.10 処理場位置図

7.2.4 W2 処理区

W2 処理区の下水道施設は全て新しく建設される。下水道管網の概要を表 7.12 に、幹線の系統図を図 7.11 に示す。表 7.13 に処理場の概要を、図 7.12 に施設平面図を、図 7.13 に処理場の位置図を示す。

W2 処理区については FS 段階で、初期投資抑制のため、インターセプター下水道の適用を考慮する。

表 7.12 W2 処理区、下水道管網の概要

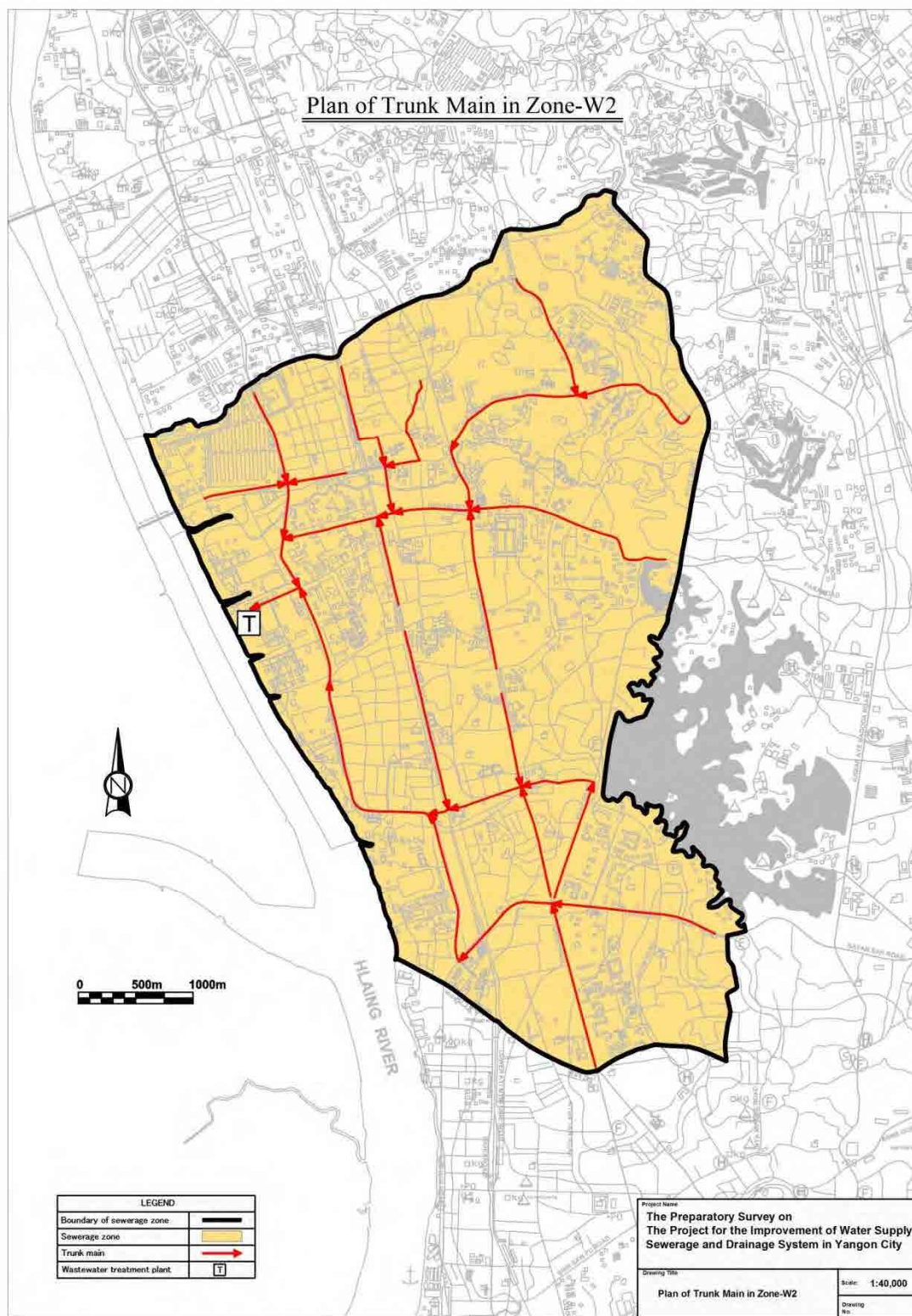
W2 Sewerage Zone		
Trunk Sewer		
Dia. (mm)	Length (m)	Construction Method
500	4,400	Small diameter pipe jacking
600	2,900	Small diameter pipe jacking
700	6,300	Small diameter pipe jacking
800	660	Pipe jacking
900	1,000	Pipe jacking
1,000	1,300	Pipe jacking
1,100	2,300	Pipe jacking
1,350	2,800	Pipe jacking
1,500	1,700	Pipe jacking
1,650	470	Pipe jacking
1,800	470	Shield
Branch Sewer		
<500	207,000	Open cut
House connection		
100	37,787 Nos.	Open cut

出典：JICA 調査団

表 7.13 W2 処理場概要

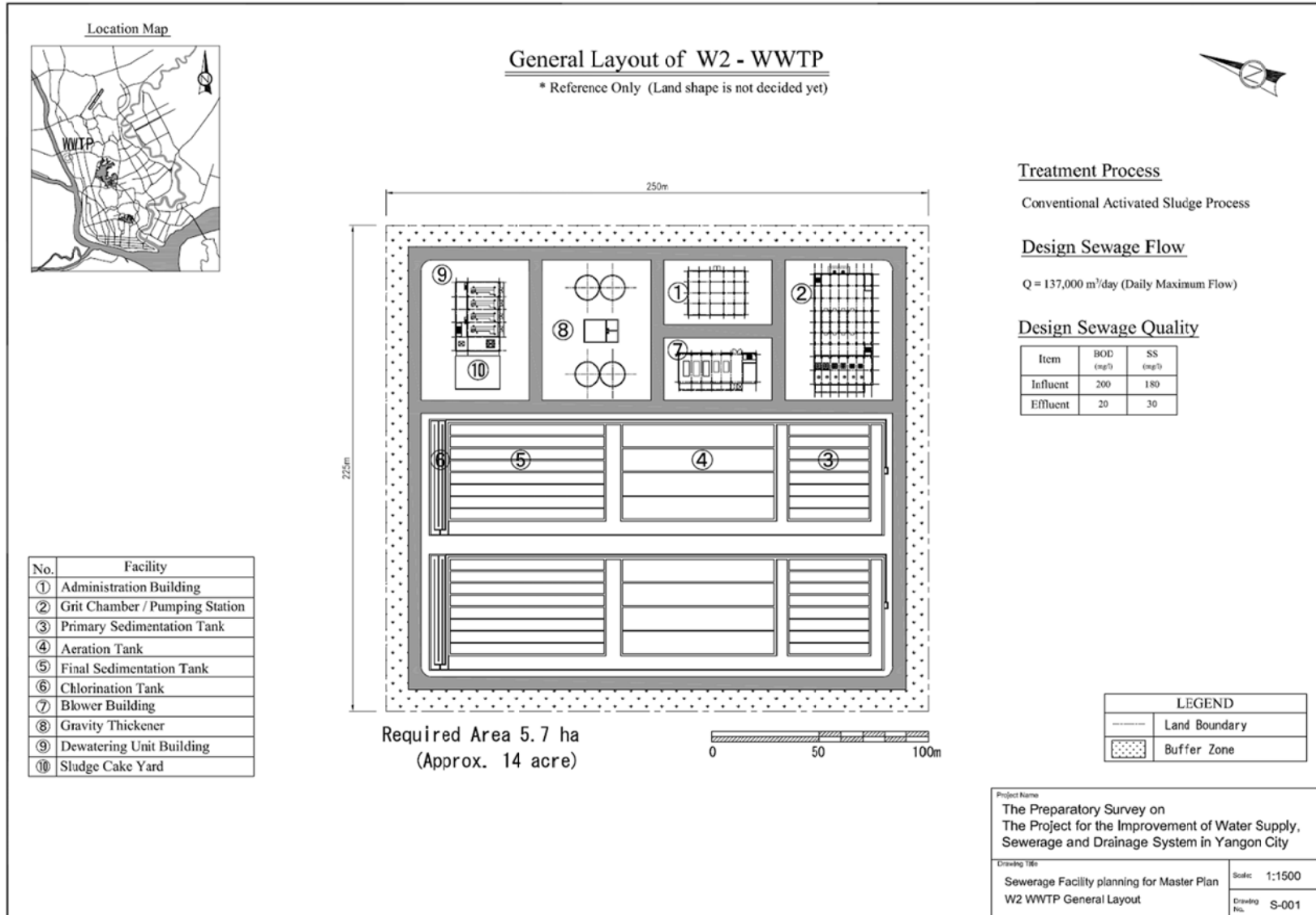
W2 WWTP		
Served Population in 2040 (persons)	349,512	
Per Capita Wastewater daily ave. (lpcd)	269	
Design Capacity (m ³ /day)	126,400	
BOD and SS Concentrations (mg/l)	BOD in	200
	SS in	180
	BOD out	20
	SS out	30

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 7.11 幹線系統図、W2 処理区



出典：YCDC

図 7.12 施設平面図、W2 下水処理場



出典：YCDC

図 7.13 処理場位置図、W2 下水処理場

7.2.5 N1 処理区

N1 処理区の下水道施設は全て新しく建設される。下水道管網の概要を表 7.14 に、幹線の系統図を図 7.14 に示す。表 7.15 に処理場の概要を、図 7.15 に施設平面図を示す。

N1 処理区については FS 段階で、初期投資抑制のため、インターセプター下水道の適用を考慮する。

表 7.14 N1 処理区、下水道管網の概要

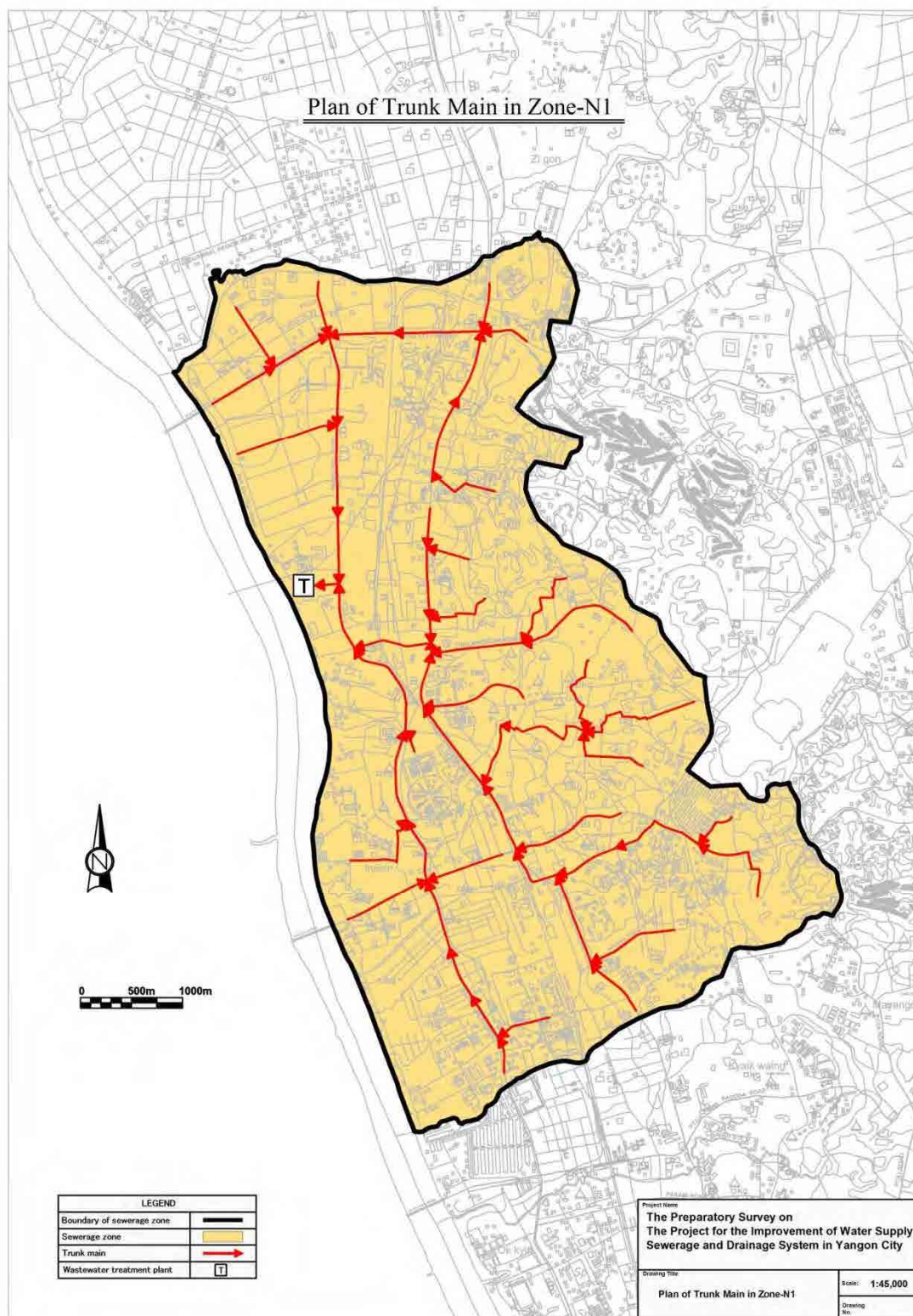
N1 Sewerage Zone		
Trunk Sewer		
Dia. (mm)	Length (m)	Construction Method
500	1,000	Small diameter pipe jacking
600	1,400	Small diameter pipe jacking
700	4,200	Small diameter pipe jacking
800	930	Pipe jacking
900	1,300	Pipe jacking
1,100	12,300	Pipe jacking
1,200	100	Pipe jacking
1,350	770	Pipe jacking
1,650	900	Pipe jacking
Branch Sewer		
<500	269,000	Open cut
House connection		
100	58,863 Nos.	Open cut

出典：JICA 調査団

表 7.15 N1 処理場概要

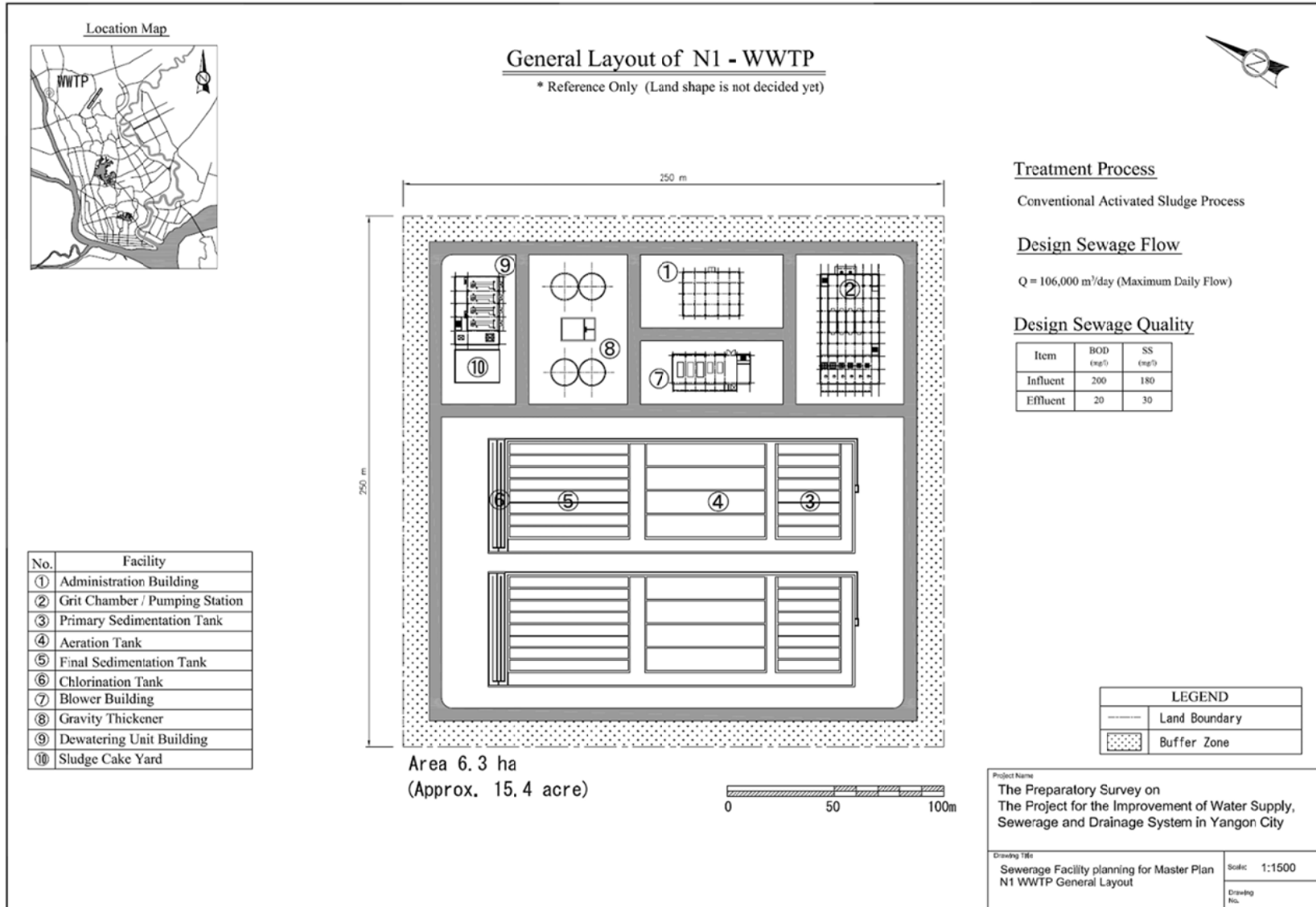
N1 WWTP		
Served Population in 2040 (persons)	377,188	
Per Capita Wastewater daily ave. (lpcd)	234	
Design Capacity (m ³ /day)	140,000	
BOD and SS Concentrations (mg/l)	BOD in	200
	SS in	180
	BOD out	20
	SS out	30

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 7.14 幹線系統図、N1 処理区



出典：YCDC

図 7.15 施設平面図、N1 下水処理場



出典：YCDC

図 7.16 処理場位置図、N1 下水処理場

7.2.6 E3 処理区

E3 処理区の下水道施設は全て新しく建設される。E3 下水処理場の用地は 8.1 ha (20 acres)に限られるため、2 階層の沈殿池、深層エアレーションを用いた標準活性汚泥法として設計した。下水道管網の概要を表 7.16 に、幹線の系統図を図 7.17 に示す。表 7.17 に処理場の概要を、図 7.17 に施設平面図を示す。

E3 処理区については FS 段階で、初期投資抑制のため、インターセプター下水道の適用を考慮する。

表 7.16 E3 処理区、下水道管網の概要

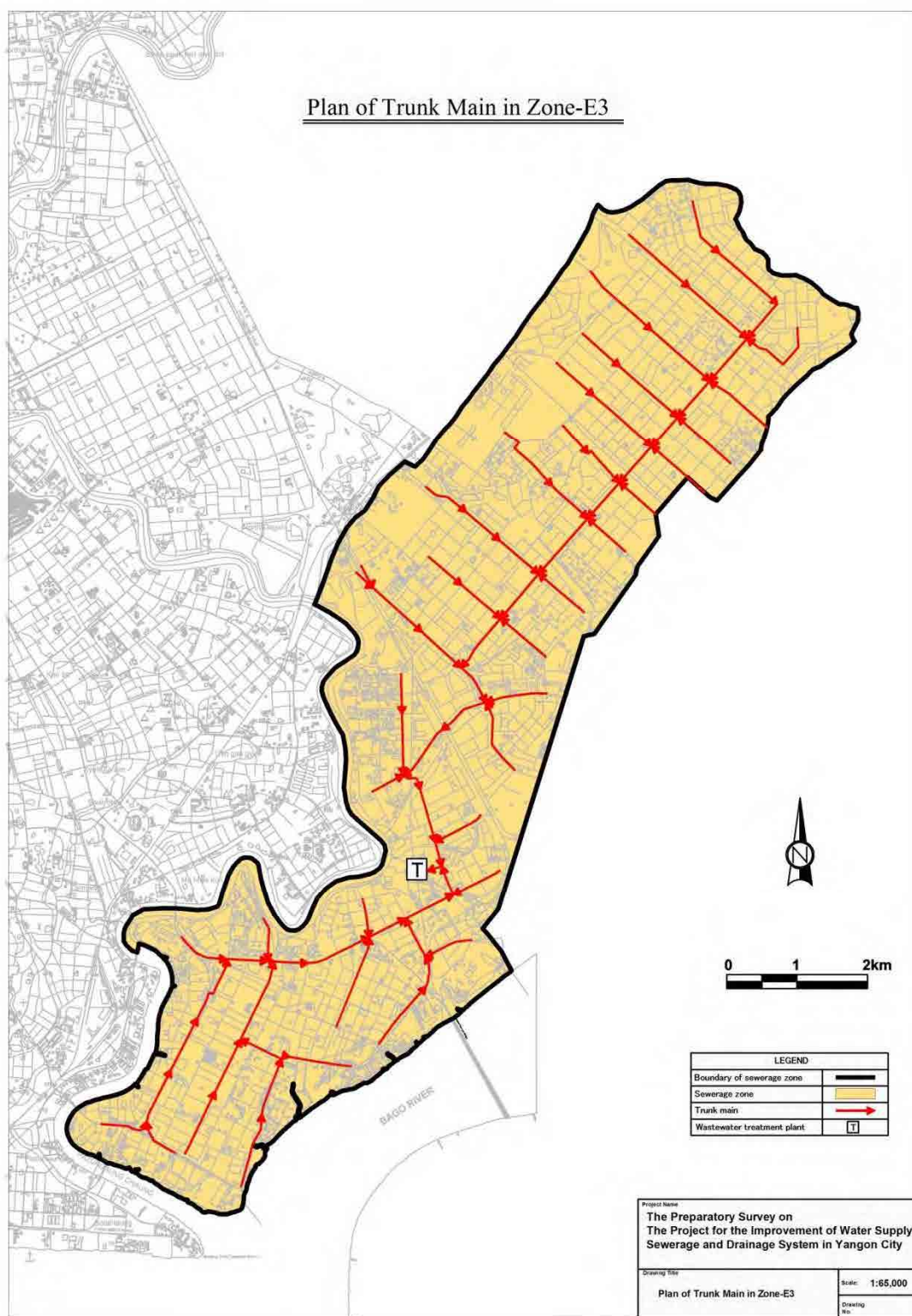
E3 Sewerage Zone		
Trunk Sewer		
Dia. (mm)	Length (m)	Construction Method
500	5,100	Small diameter pipe jacking
600	10,600	Small diameter pipe jacking
700	14,600	Small diameter pipe jacking
800	1,600	Pipe jacking
1,000	2,900	Pipe jacking
1,100	1,700	Pipe jacking
1,200	690	Pipe jacking
1,350	2,000	Pipe jacking
1,500	1,300	Pipe jacking
1,650	3,800	Pipe jacking
1,800	1,500	Shield
2,000	3,100	Shield
2,400	220	Shield
Branch Sewer		
<500	462,000	Open cut
House connection		
100	143,838 Nos.	Open cut

出典：JICA 調査団

表 7.17 E3 処理場概要

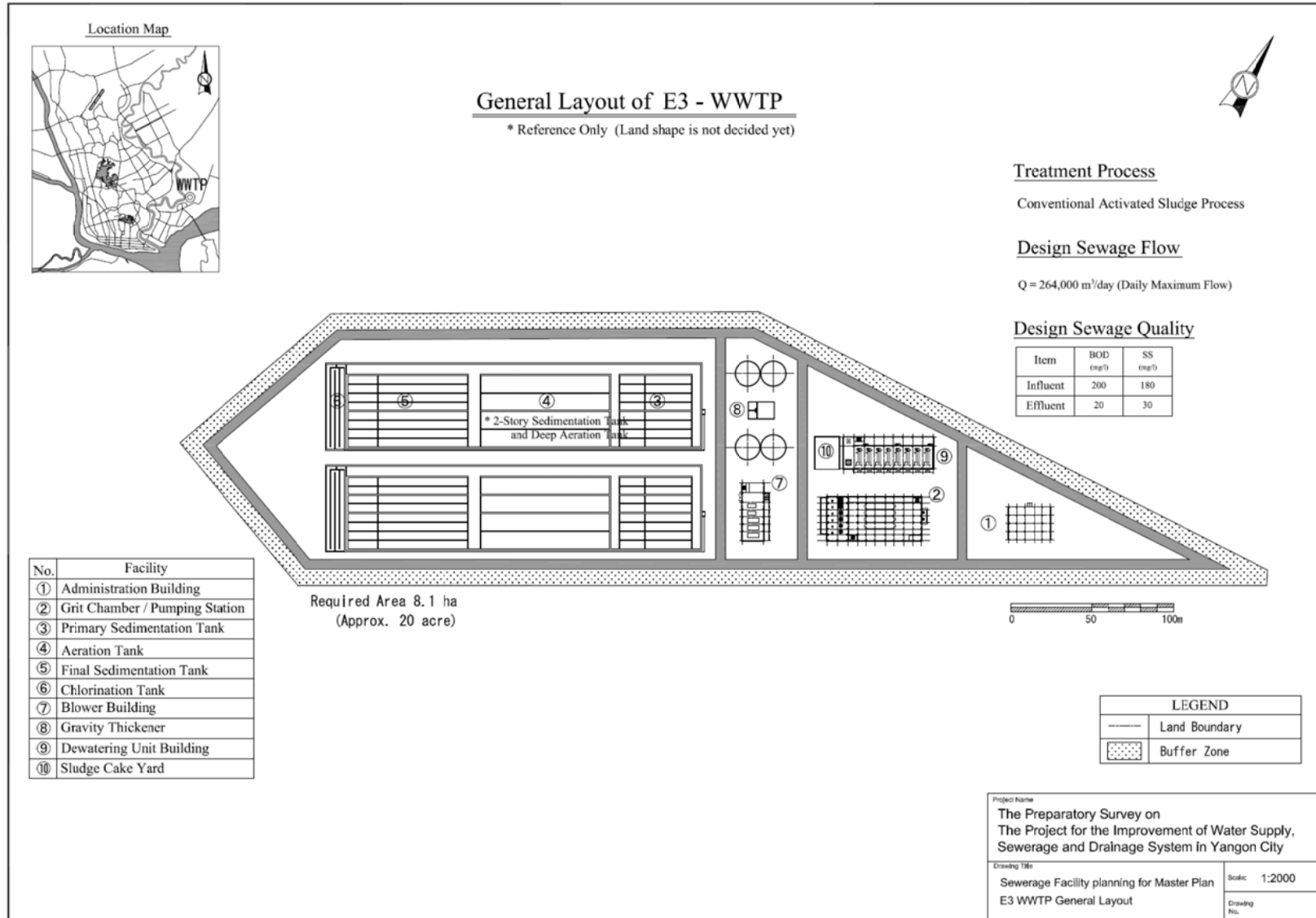
E3 WWTP		
Served Population in 2040 (persons)	920,933	
Per Capita Wastewater daily ave. (lpcd)	214	
Design Capacity (m ³ /day)	264,000	
BOD and SS Concentrations (mg/l)	BOD in	200
	SS in	180
	BOD out	20
	SS out	30

出典：JICA 調査団



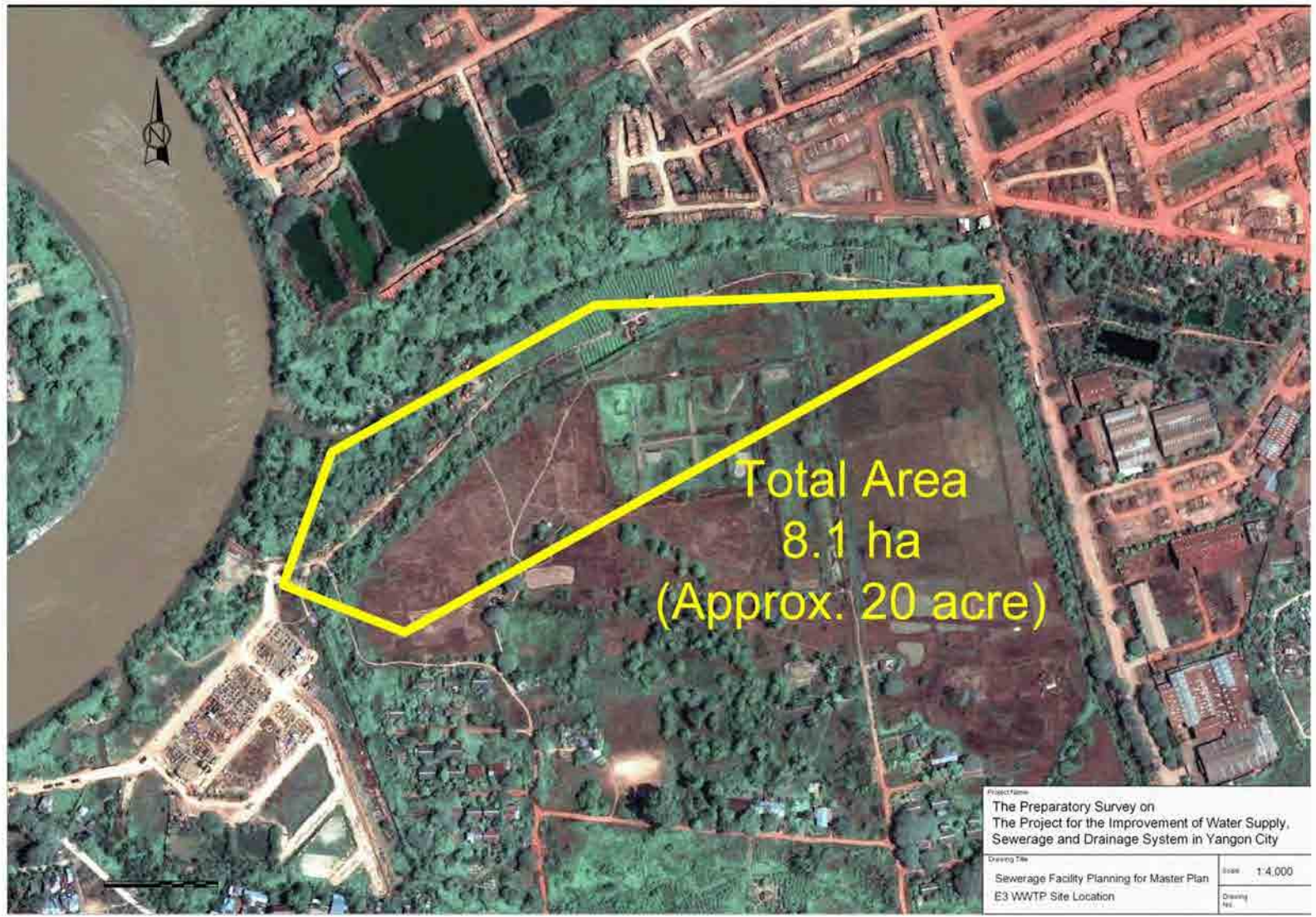
出典：JICA 調査団

図 7.17 幹線系統図



出典：YCDC

図 7.18 施設平面図、E3 下水処理場



出典：YCDC

図 7.19 処理場位置図、E3 下水処理場

7.3 下水処理区の優先順位

目標年次 2040 年の下水道計画区域の段階的整備計画を作成するため、7 処理区（C2+E1 処理区はそれぞれ独立と扱う）の優先度を評価する。7 処理区の 2040 年における、面積、人口、下水量（日平均量）、処理場位置（タウンシップ）、放流河川を示すと表 7.18 のようになる。放流河川はヤンゴン川、Pazunduang 川、Hlaing 川であり、放流点はいずれも感潮域に位置している。Inya 湖と Kandawgyi 湖はいずれも C2 処理区に含まれる。また、現在の下水道整備区域は C1 処理区の全部と一部は W1 処理区に分割される。

次に処理区の整備順序を決めるため、優先度の評価を行った。評価項目としては、市街化の状況、処理区の物理的な特性、水質汚濁防止への影響度を選定した。また、これらの項目の評価指標として人口密度（2011 年、2040 年）、処理区の大きさ、道路延長、汚濁負荷の削減量を選定した。それぞれの評価項目、評価指標の選定理由を以下に示す。

下水道は市街地の下水処理に最適な方法であり、また、経済性も人口密度が高ければ高いほど高くなると考えられる。市街化の程度を測る指標としては人口密度が最も適当であることから、現況（2011 年）および計画年次（2040 年）の人口密度を指標とした。人口密度が高いほど高順位とした。

処理区の物理的特性として、処理区的面積と、道路延長を指標に選定した。面積が小さいほど、また、道路延長が短いほど下水道整備が容易であると考えた。評価項目の最後に放流水域の汚濁防止への寄与率を取りあげた。放流水域における利水目的などにより、下水道整備の優先度が影響を受けるからである。しかし、7 処理区の放流水域はいずれも感潮河川であり、飲料水などの高度な利水は行われていない。したがって、この観点からの評価には差が生じない。以上の考察を基に、水質汚濁防止への寄与としては単純に下水処理による汚濁物質（BOD）の削減量を指標とした。

優先度の評価結果を表 7.19 に示す。

表 7.18 7 処理区（処理分区）の概要

Sewerage Zone	Area (ha)	Population in 2040 (persons)	Daily Average Flow (m ³ /day)	Location of WWTP (Township)	Receiving Water Body	Remarks
C 1	499	178,127	64,276	Botahtaung	Yangon River	Existing sewerage service area
C 2	6,102	1,191,499	452,548	South Okkalapa	Ngamoeyeik Creek	Inya Lake and Kandawgyi Lake are included
W 1	1,654	483,058	169,214	Ahlone	Yangon River	A part of the existing sewerage service area
W 2	2,356	349,512	116,999	Hlaing	Hlaing River	
N 1	3,163	377,188	129,633	Insein	Hlaing River	
E1	5,184	710,656	232,952	South Okkalapa	Ngamoeyeik Creek	WWTP in C2
E 3	5,418	920,933	243,849	South Dagon	Ngamoeyeik Creek	

注：C2 と E1 は処理分区で C1+E1 で処理区となる

出典：JICA 調査団

表 7.19 下水道整備優先度の評価

Sewerage Zone	Urbanization				Size and Road Length				Pollution Control		Total Points	Priority Order
	Population Density in 2012		Population Density in 2040		Area		Road Length		BOD Reduction			
	(persons/ha)	Point	(persons/ha)	Point	(ha)	Point	(km)	Point	(kg/day)	Point		
C 1	351	1	357	1	499	1	47	1	17,997	7	11	1
C 2	182	3	195	3	6,102	7	476	7	116,832	1	21	3
W 1	252	2	292	2	1,654	2	122	2	37,784	4	12	2
W 2	128	5	148	5	2,356	3	206	3	27,603	5	21	3
N 1	98	7	119	7	3,163	4	268	4	27,459	6	28	7
E1	107	6	137	6	5,184	5	386	5	67,840	2	24	6
E 3	131	4	170	4	5,418	6	462	6	55,156	3	23	5

注：C2 と E1 は処理分区で C1+E1 で処理区となる

出典：JICA 調査団

第8章 カンドーシ湖水質改善対策

8.1 水質改善対策

カンドーシ湖の周辺にはレストラン等があり、また北岸には市街地からの排水が流入している。これらの排水は、沈殿等の簡易処理のみ実施、あるいは未処理のままカンドーシ湖に放流されている。カンドーシ湖の北西岸には可動堰が設置されているが、常時は閉じているため、事実上閉鎖水域となっており、排水による汚染物が蓄積していると考えられる。

カンドーシ湖の写真を以下に示す。既に富栄養化が進行しており、アオコが発生している。

写真 8.1 カンドーシ湖水面の状況



カンドーシ湖およびその周辺は親水公園として整備されており、またヤンゴンを代表する観光地である。したがって、まずアオコの対策を行い、清澄な湖水による景観を創造し、維持することが重要である。アオコ対策として、日本で行われている代表的な方法を、以下に示す。

表 8.1 アオコ対策の方法

番号	方法	特徴	適合性
1	硫酸銅の散布による殺藻	早期に結果が現れる 藻類の死骸が沈殿物として残留する 他の水生生物の発生・生育に対して影響を与える	不適合 他の水生生物への影響
2	アオコの除去	早期に結果が現れる 他の水生生物の発生・生育に対する影響が無い アオコ回収、固液分離等の要素技術で様々な方法が実施されている	適合 緊急対策として採用
3	散気筒の設置	水深 10m 以上の湖で適用されている	不適合 水深が浅いため
4	底泥の浚渫	栄養塩類の供給源の除去として適用されている	採用
5	Inya 湖からの希釈水の導入	Inya 湖からの希釈水導入は少ないため、カンドーシ湖の 1 水循環サイクルが長期であるため、単独では効果が発揮しない。	不適合
6	遮集管の整備	短期的対策で栄養塩類の流入が停止する	適合
7	下水道の整備	中長期的対策で栄養塩類の流入が停止する 工事資金の点から、普及に時間がかかる	適合
8	個別浄化施設の設置	(合併) 浄化槽を管理し、普及させるための法令と補助金制度等の整備、および管理業者を育てる必要がある	適合

出典：JICA 調査団

8.2 水質改善計画

8.2.1 緊急対策

前述の表に示した方法のうち、アオコの除去は、早急に結果が現れるうえ、他の水生生物に対する影響が無いことから、緊急対策として、最も有望なアオコ対策である。

2013年5月から6月にかけて、カンドーシ湖にアオコ除去処理装置を設置し、実証実験を実施した。

実験の概要と結果は、以下のとおりである。

(1) 実験の概要

実験期間：2013年5月23日～6月21日

実験水域：カンドーシ湖北東部の入江（下図参照）



出典：JICA 調査団

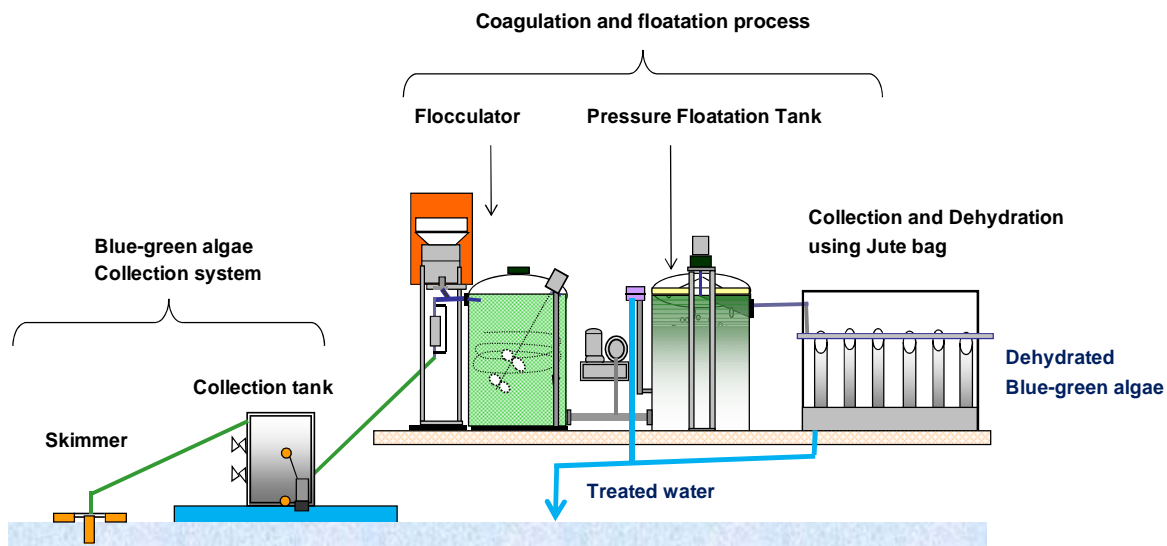
図 8.1 アオコ除去実証実験 実施水域（点線内）



出典：JICA 調査団

図 8.2 アオコ除去実証実験 実施水域（詳細）

実験装置： 装置の概念図を以下に示す。



出典：JICA 調査団

図 8.3 アオコ回収・処理装置

アオコの処理プロセスは、以下のとおりである。

水面のアオコ収集→凝集→マイクロバブルによる浮上分離→アオコ凝集物の回収・脱水→廃棄

湖水と共に回収されたアオコは、ポンプにより処理プラントに送られる。処理装置は「凝集－浮上分離」技術を用いており、アオコだけでなく SS、COD、T-N および T-P の除去も行われる。処理された湖水は、カンドー湖に返送され、回収したアオコは脱水後、廃棄される。

(2) 実験の結果

処理装置の能力

実証実験において示された、アオコ処理装置の処理能力は、以下のとおりである。

- 湖水処理能力：67m³ / day
- アオコ除去能力：48 kg (dry weight) / day
- 汚濁除去能力：SS：85%，COD_{cr}：80%，T-N：98%，T-P：91%

処理前の湖水と、放流水の状態を以下に示す。実験が行われたのは雨季であり、実験期間 24 日のうち、19 日は雨天であった。降雨によりアオコが水中に分散したため、実験条件は非常に悪かった。しかし、湖水中のアオコは、凝集・浮上分離処理を行うことにより除去され、放流水は非常に清澄な状態となった。



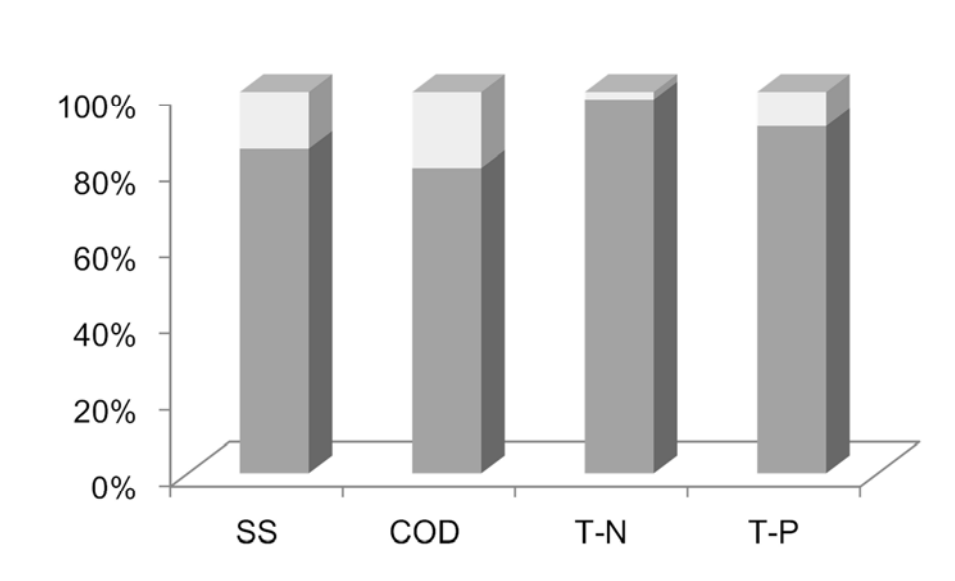
左：処理前の湖水、右：処理後の放流水



回収されたアオコ

写真 8.2 処理水および回収されたアオコの状態

放流水における、SS、COD_{cr}、T-N および T-P の除去率を示す。



出典：JICA 調査団

図 8.4 処理水における汚濁除去率

以上より、実験に用いた処理装置は、アオコ除去および水質の浄化に対し、非常に有効であることが示された。

(3) カンドー湖全体の処理に関する試算

本実験の結果をもとにして、本処理装置を用いてカンドー湖全体のアオコを除去する場合に、必要となる日数および装置の能力を試算した。

－ 湖全体の処理日数

湖水表面積 647,497m² に対し、アオコが存在する水深を 0.5m とすると、処理水量は、以下のよう求められる。

$$647,497 \text{ m}^2 \times 0.5 \text{ m} = 323,749 \text{ m}^3$$

さらに、湖水の SS よりアオコ量を推定すると、以下のようになる。

$$323,749 \text{ m}^3 \times 121.3 \text{ mg/L (本実験における平均 SS)} = 39,271 \text{ kg}$$

ここで、実験で得られたアオコ回収量は、8 時間/日の運転で、48kg/日（乾燥重量換算）であった。しかし、実際の運用では、運転時間は 6 時間/日と考えられる。そのため、アオコ回収量は 36kg/日とする。

この場合、処理日数は以下のようになる。

$$39,271 \text{ kg} / 36 \text{ kg} = 1,091 \text{ 日}$$

ここで、乾季(約6ヶ月)のうちにアオコ処理を1回行うための、必要となるアオコ処理容量を推定する。

乾季の正味作業可能期間を5ヶ月=100日(稼働時間:20日/月)とすると、1日あたりに処理しなければならないアオコ量は、以下のようになる。

$$39,271\text{kg (アオコ総量)} / 100\text{日 (作業期間)} = 393\text{kg/日}$$

したがって、本実験装置の12倍の処理能力(例えば、3倍の能力の装置を4台使用)を用いることが可能であれば、乾季のうちに湖水表面のアオコを除去することが可能となる。

8.2.2 短期及び中長期対策

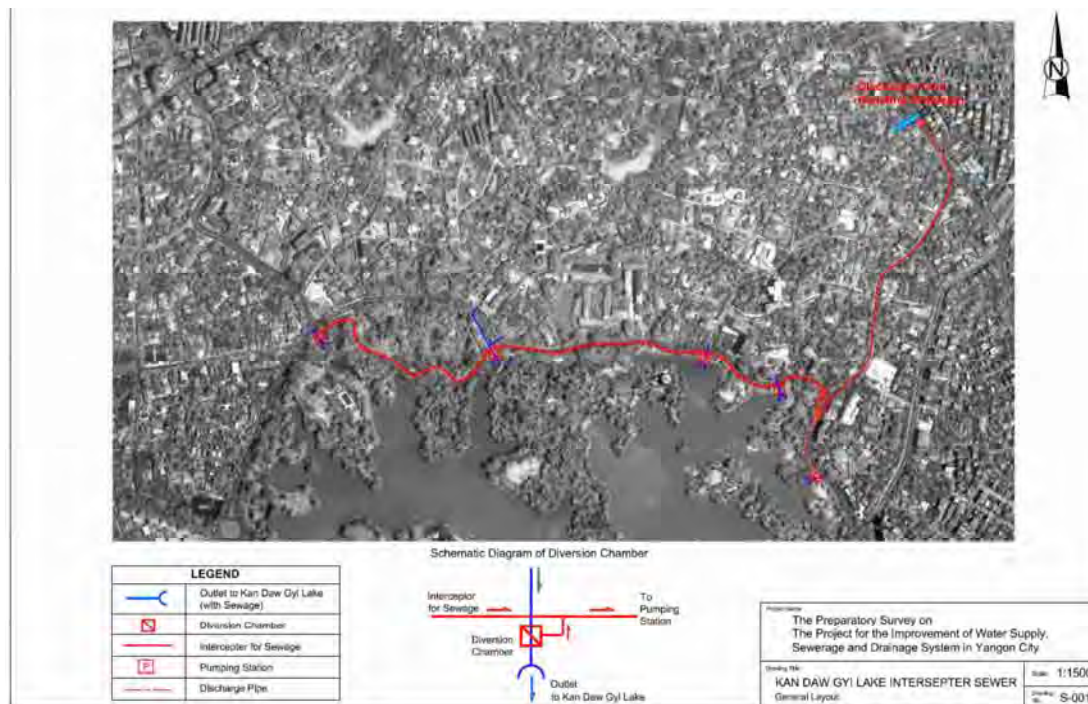
湖沼における根本的なアオコ対策は、底泥中の栄養塩の除去と、栄養塩の流入防止である。栄養塩の除去は、浚渫による底泥の除去により行われる。

- 浚渫の実施による、栄養塩の除去

また、カンドー湖への栄養塩の流入を防止する対策として、生活排水の対策がある。生活排水の対策には、以下の3つが考えられる。

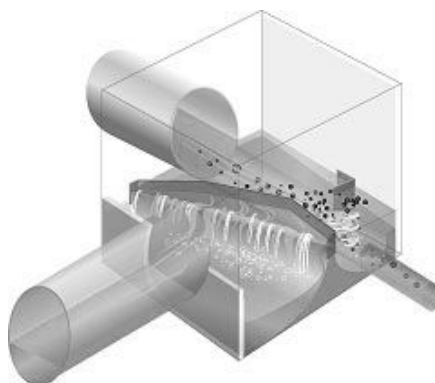
- 排水放流口を結ぶ、遮集管の設置(図8.5)
- 湖周辺のレストラン(合計12箇所)への浄化槽の設置(施設設置および浄化槽管理のための法整備等も含む)
- 本格的な下水道の整備

遮集管のルート案を以下に示す。既存の排水溝に設置された雨水吐き(図8.6)を結んで設置され、最後にポンプアップされた後に、既存の排水路に放流される。



出典：JICA 調査団

図 8.5 遮集管ルート図（案）



出典：JICA 調査団

図 8.6 雨水吐きの例

上記4つの方法のうち、浚渫および遮集管の設置は、比較的容易に実施できるため、短期的な対策と位置づけることが出来る。一方、浄化槽の整備は法による強制力と行政の指導が必要であり、早期に効果を発揮することは不確定である。本格的な下水道の整備は完了までは長い期間を必要とするため、中長期的なカンドー湖の環境保全手段として位置付けられる。

遮集管設置の短期対策の工程は、以下のイメージである。具体的な遮集管の設置計画については、フィジビリティ調査内で検討を行う。

第9章 維持管理と能力向上計画

9.1 維持管理計画

現在下水道課は、エジェクターシステムと下水処理場の維持管理、腐敗槽の申請の審査を担当している。今後下水道整備の進展に伴い組織の大幅な強化を図らなければならない。ここでは2040年の施設整備が完成した場合に必要な組織体系を検討する。提案する組織構成を図9.1に示す。提案の要点は以下の通りである。

- 現在2名のDeputy Headを3名とし、新たな1名を下水専任とし、下水道部を設ける。
- Deputy Head 直属の部署として、総務課 (Office Section)、財務課 (Finance Section)、データベース・料金課 (Database & Tariff Collection Section)、計画課 (Planning Section)、技術開発課 (Research and Development Section)、建設課 (Construction Section)、開発調整課 (Development Coordination Section)、顧客サービス・広報課 (Customer Care and Public Relation Section)、工場排水対策課 (Industrial Wastewater Section)、水質試験室 (Laboratory)、を設ける。
- 管路および個別処理施設の維持管理に関しては管路・個別処理課 (Pipe Network and On-site Treatment Section)を設け、その下に現在の4地区事務所 (District Office)を配する。
- 下水処理場の維持管理は本部に下水処理場課 (WWTP Division)を設け、6か所の下水処理場を統轄する。
- 雨水排水について、上下水道部が管轄するようになれば、同じDeputy Headの下に排水課 (Drainage Section)を設け、タウンシップ事務所あるいは地区事務所を総括する。
(下線は新設の部署)

新たに設けられた部署の任務は以下の通り。

財務課

部全体の事業に関する資金の収支を総括する。

データベース・料金課

GISを用いた下水道台帳の作成、管理。料金徴収は水道部門によるが料金の会計処理。

計画・モニタリング課

関連機関との折衝。下水道計画の作成。

技術開発課

下水道および個別処理についての調査、実験、設計基準の作成

建設課

管渠、下水処理場の設計、工事監理。

開発調整課

大規模開発の指導、腐敗槽新規設置の監督。

顧客サービス・広報課

料金、個別接続を含め市民対応。

工場排水対策課

工場排水受け入れ基準の作成、工場排水の監視。

水質試験室

下水処理場およびその他の関連施設等の水質分析。

管路・個別処理課

下水道管路（各戸接続を含む）の維持管理。合併浄化槽、コミュニティープラントの維持管理。

下水処理場課

下水処理場の統轄。

排水課

雨水排水路等の維持管理を行うタウンシップ事務所あるいは地区事務所の統轄。詳細は排水編を参照。

Deputy Head 直属の課のなかで、データベース・料金課、水質試験室、計画・モニタリング課については可能な限り早期の設置が望まれる。その他の課の業務は総務課あるいは計画・モニタリング課が担当し、業務の拡大に伴い必要に応じて課を設置する。また、下水処理場課、管路・個別処理課は事業の進展とともに拡大していくこととなる。組織の規模は排水課を除き、総勢 600 名程度であるが、民間業者への委託の形態や規模により増減する。現在、維持管理作業は全て YCDC の職員によって実施されている。今後下水道整備の進展とともに管路や下水処理場の維持管理業務が増大するにつれ、これらを民間業者に委託して実施することが、事業の効率化を図る上で必要となるものと推測される。600 名は、下水処理場と管路の現場作業を一部民間業者への委託とした場合の人数である。

下水処理場における組織を図 9.2 のように提案する。各下水処理場に、運転管理課 (Operation & Control Section)、電気・コンピューター課 (Electrical & Computer Section)、機械・車両課 (Mechanical & Vehicle Section) を設ける。各課の任務は以下の通り。

運転管理課

電気設備、機械設備を除く施設全般の維持管理。水質分析のための採水。工場排水の監視。施設の軽微な補修。

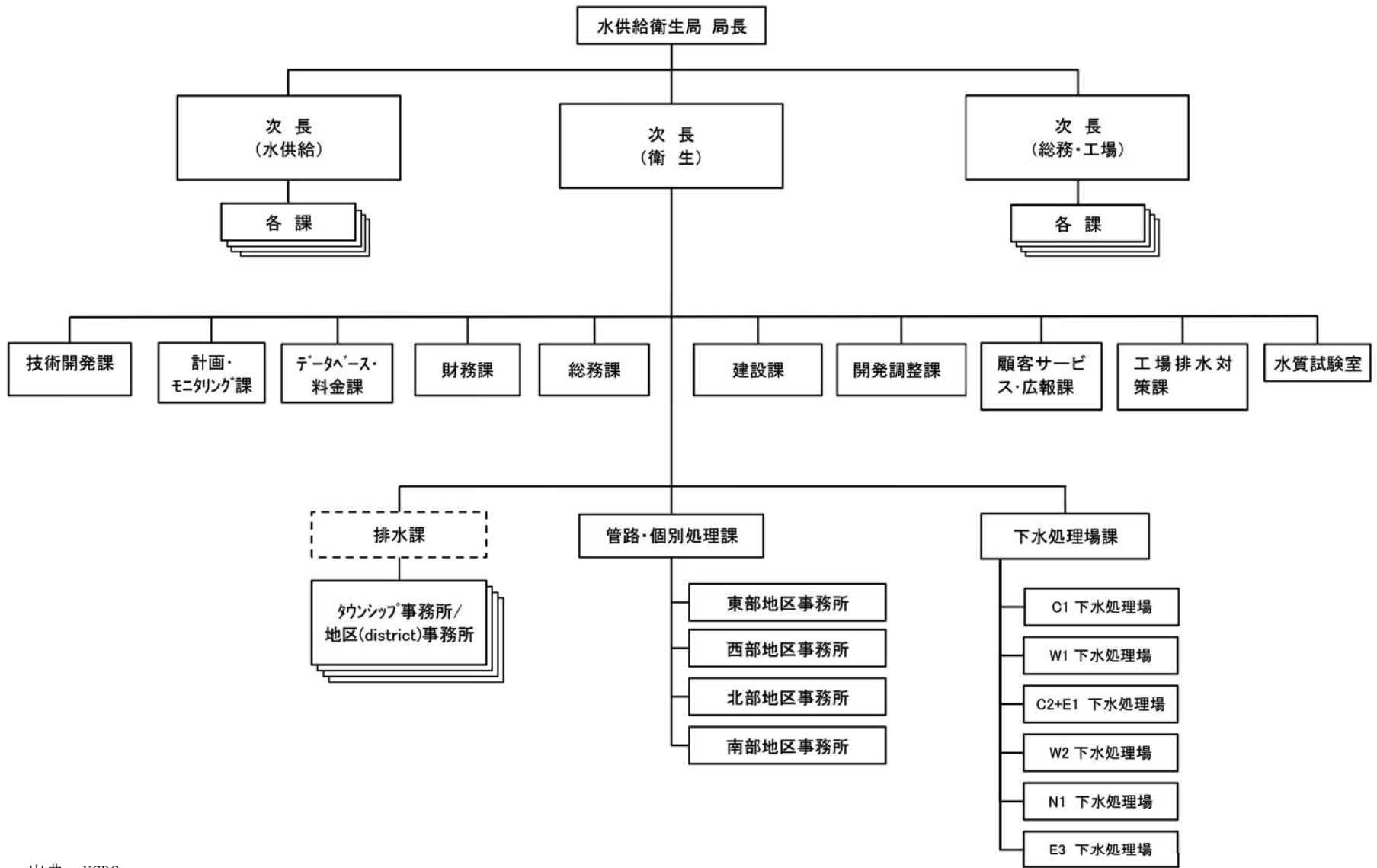
電気・コンピューター課

受変電施設を含む電気設備と計装設備の維持管理。運転記録の作成、管理。

機械・車両課

場内機械設備の維持管理。下水処理場所有の車両の維持管理、運転。

2040 年には 6 か所の処理場が稼働するが、処理能力に従い 1 か所当たり最少 30 名、最大で 60 名程度の職員が必要と考えられる。



出典：YCDC

図 9.1 水供給・衛生局下水道部の組織図

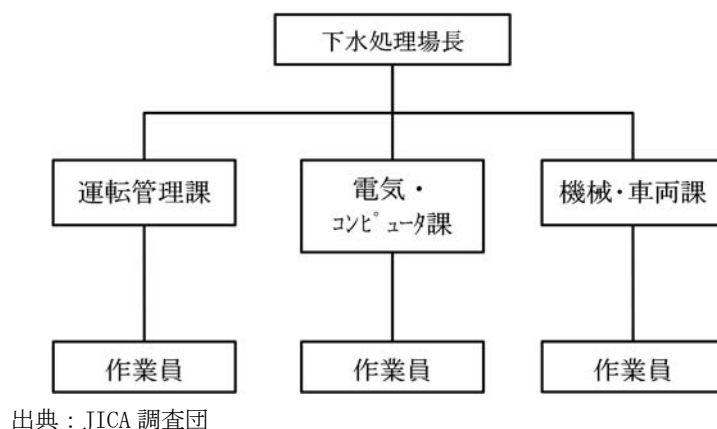


図 9.2 下水処理場組織図

9.2 技術力の開発

下水処理場は土木・建築施設、機械設備、電気・計装設備で構成されており、さらに下水処理は生物処理で行われている。したがって、維持管理には土木、建築、機械、電気に加え生物や化学の知識が要求される。職員のこれらの専門分野の能力開発は実際の施設を利用した OJT が望ましいが、1 か所稼働している下水処理場では、流入下水量が施設容量の約 15% であること、計器類の故障等が原因で、現在正常な運転ができない状態であるため、OJT の実施は困難である。

下水道管網施設についても、現状はエジェクターシステムの維持管理を行っているだけであり、OJT を実施できる状況ではない。このような状況の下、下水道施設の維持管理に関する能力開発は以下のような手順を踏んで実施されるべきである。

- YCDC 担当部署（下水処理場課、管路・個別処理課）におけるトレーニングニーズアセスメントの実施
- トレーニングプログラムの作成
- 専門家、外部機関（大学、海外機関等）による OJT、研修、講義等の実施
- トレーニングプログラム実施に関するモニタリングおよび評価

トレーニングは当初、大学や YCDC の幹部職員経験者などの外部機関の協力を得て実施し、徐々に常設のプログラムをとるように計画すべきである。これらは、また、YCDC に限らずミャンマーの他都市への普及を考慮すべきである。さらに、海外援助機関や教育機関が提供しているトレーニングプログラムを積極的に利用すべきである。トレーニングプログラムの 1 例を表 9.1、9.2 に示す。

表 9.1 下水道に関する能力開発プログラムの例(技術)

分野	コース
機械設備	ポンプの維持管理
	塩素注入設備の安全管理
	機械式計測機器の維持管理
	バルブの維持管理
	沈澱池設備の維持管理
	ばっき設備の維持管理
電気・計装設備	電気設備の維持管理
	電気設備設計の基礎
	電氣的計測機器の維持管理
	情報管理システム (SCADA)
	結線図
下水道管網	下水管網の設計
	下水道管網の維持管理
	各戸接続
水質分析	下水水質
	下水の化学的水質分析
	下水の生物化学的水質分析
	顕微鏡試験
下水処理一般	

出典：JICA 調査団

表 9.2 下水道に関する能力開発プログラムの例(一般)

分野	内容
一般/事業管理	<ul style="list-style-type: none"> - プロジェクトマネジメント - 財務、会計、予算、IT アプリケーション人材開発 - 事業マネジメントマニュアル/ハンドブックの整備
法制度	<ul style="list-style-type: none"> - 下水道法、条例、各種基準（排水基準、工場排水受け入れ基準等）
データベース/GIS	<ul style="list-style-type: none"> - GIS を用いたデータベースの構築 - データベースの活用
環境管理	<ul style="list-style-type: none"> - 環境管理計画の整備 - 環境管理の実施
広報・広聴	<ul style="list-style-type: none"> - 広報活動（パンフレット配布、説明会実施等）のトレーニング - 広聴活動（地域集会の開催等）のトレーニング

出典：JICA 調査団

9.3 組織開発

本マスタープランでは、短期（～2025年）、中期（～2040年）、長期（2040～）の整備方針・ロードマップの内、短期における組織開発で最初に取り組むべき組織強化の基盤造りについて、次の三つの柱となる指針を提案する。

- ① 水供給衛生局の方針の明確化

- ② 水供給衛生局及びタウンシップ事務所の再構築
- ③ 水供給衛生局及びタウンシップ事務所の組織強化

各指針の内容について、次に示す。

(1) 指針1：水供給衛生局の方針の明確化

組織上位の方針、計画の策定

- 上下水道事業体に限らず、組織にはその目指すべき方針があつてはじめて、計画や戦略、ビジネスプラン、具体的目標の設定が可能となる。水供給衛生局の上位の方針について明確にし、進むべき方向性を定めることが上下水道事業を持続可能なものとするために非常に重要となる。マスタープランで作成したビジョンは、その一部となるものである。こうした水供給衛生局の方針をうけて、下水道部としてもまた個別に上位の方針、短・中・長期計画を、今後、段階的に策定すべきである。

計画・モニタリング課の創設

- 上位の方針や計画、戦略、ビジネスプランなどを取りまとめ、継続的にモニタリング、更新していく部署として、計画・モニタリング課を下水道部内に創設すべきである。同部署はDeputy Headに直属し、必ずしも大規模である必要はないが、既存の各部課の役割と業務を、組織全体の上位の立場から俯瞰し、計画・モニタリングに加え、改善のための提言を行っていく役割をもつべきである。

業務指標（PIs）の導入

- 下水道事業の事業運営にあたっては、業務指標（PIs）を導入し、事業運営に有効的に活用する。PIsは、パフォーマンスの定量的な評価に効果的であり、同一事業体で過去、現在、将来のパフォーマンスを比較したり、他の事業体のパフォーマンスと比較することで、将来的な定量的な目標設定も行うことが可能である。現在、業務指標を使用した取り組みはなされていないが、定期的に下水道事業のパフォーマンスを取りまとめ、現在の事業運営状況や目標の達成状況を可視化し、常にモニタリングしていくことは、事業体の取り組むべき課題や改善点が明らかになり、効果的なツールとなる。

(IBNET) の下水道事業サービスの業務指標の分類、及び指標の一部を次に示す。

表 9.3 主な下水道事業 業務指標分類と業務指標（一部）

サービス普及	請求・料金徴収
管路システム・パフォーマンス	財務パフォーマンス
費用と職員配置	サービスへの支払意思
サービス品質	プロセス指標

コード	業務指標	単位	定義
2.1	下水道普及率 (Sewerage Coverage)	%	事業体対象地域における、全人口に対する下水道サービス人口（直接サービス接続）の割合
10.1	下水道管渠 1km 当りの閉塞数 (Sewer System Blockages)	blockages/km/yr.	年間の下水道管渠閉塞数 / 下水道管渠延長
11.6	汚水処理費用 (Unit Operational Cost – Wastewater)	US\$/WW pop served	年間下水道営業費用 / 汚水処理人口
12.2	1,000 接続当りの職員数 (Staff Wastewater/'000 Wastewater connections)	#/'000 WW conn	全職員数 / 全接続数 x 1,000
12.6	汚水処理人口 1,000 人当りの職員数 (Staff Wastewater/'000 Wastewater pop served)	#/'000 WW pop served	全職員数 / 汚水処理人口 x 1,000
13.1	営業費用における人件費割合 (Labor Costs vs Operational Costs)	%	(年間人件費 / 年間総営業費用) x 100
13.2	営業費用における電力費割合 (Electrical Energy Costs as percentage of Operational Costs)	%	(年間電力費 / 年間総営業費用) x 100
17.1	処理汚泥割合 (Wastewater – at least primary treatment)	%	処理汚泥の収集割合（少なくとも主要な汚水処理場処理から）。固形物の除去を対象とした処理で、生物的処理は含まない。適切なラグーン及び機械的処理は含むことができる。
16.1	1 接続当りの汚水処理サービスに対するクレーム割合 (Complaints about W&WW services)	% of W&WW conn	(年間顧客クレーム総数 / 総接続数) x 100
18.5	汚水処理収入 (Revenue Split - % wastewater)	%	(汚水処理総収入 / 総収入) x 100
18.10	汚水処理人口 1 人当りの収入割合 (Wastewater revenue per person served)	US\$/person served	営業収入 (汚水処理) / 汚水処理人口
23.2	料金徴収率 (Collection ratio)	%	(現金収入 / 請求額) x 100
27.3	汚水処理人口 1 人当りの固定資産額 (Gross Fixed Assets – wastewater)	US\$/WW pop served	固定資産額 / 汚水処理人口

出典：IBNET

下水道部における目標設定

- 下水道部における業務目標や達成基準を明確に設定する。下水道部でも個別に業務目標や達成基準を設定し、それを目指して取り組むこと、また目標に対して実際のパフォーマンスがどうだったかをレビューする。その際、できるかぎり業務指標を利用した目標を取り入れることで、成果が可視的になる。

(2) 指針 2：水供給衛生局及びタウンシップ事務所の再構築

顧客ニーズに基づいたサービス

- 下水道および汚水処理は市民への公共サービス事業であり、より顧客ニーズに基づいたサービスを提供できるよう、より顧客を意識した体制に転換していくことが必要である。

ビジネスを意識した組織への変革

- 水供給衛生局は地方自治体の一部であるが、技術的に特化した行政組織というよりは、組織文化をよりビジネスを意識したサービス・プロバイダーへと変革していくことが重要である。こうした変革には、職員一人一人の業務への意識と姿勢を変えていくことから始まるが、そのためには組織上層部の強力なリーダーシップが必要となる。下水道部もその例外ではない。下水道施設の維持管理には費用がかかっており、事業を持続的なものにするためにも、費用回収を常に意識した事業運営を行うことが必要である。

明確な職務分担と権限移譲

- 各部署の職務分担と責任を明確に定めるとともに、より下層へと権限移譲を図り、今以上に職員の自覚と自立を促す。

水質試験室の創設

- できるだけ早期に水質試験室を下水処理場内に設置し、定期的に自らの試験室で水質モニタリングできる体制を構築する。現在、下水処理場の水質検査は行われていないが、新設する水質試験室では下水処理場及び関連施設の水質試験とモニタリングを担う。化学的・生物化学的水質分析の双方ができる水質機材・設備を整備するとともに、専門的知識のある職員を採用する。

顧客サービス・広報課

- 市民への衛生教育・啓蒙の機能強化のため、YCDC 水供給衛生局内に顧客サービス・広報課の部署を創設する。特にフロントラインとなる各タウンシップ事務所にも顧客サービス・広報係を設ける。同部署は上下水道事業の区別なく、両方の業務を兼務する。M/P では、下水道整備予定の 2025 年まで、大半の市民が使用している腐敗槽及びピット・ラトリンから、改良型腐敗槽への転換をベースにしている。そのため、市民に改良型の導入、改良型への改造等への資金助成制度等の創設の PR 活動と環境意識の IEC 活動が必要不可欠となる。IEC 活動による普及・啓蒙には時間がかかるため、こうした業務を専門的に担当し、IEC 活動を計画・実施していく課を本部に早急に創設することが必要である。下水道事業が本格的に軌道にのった段階で、同課はより顧客サービスの改善、顧客満足度の向上に重点を移し、サービスの質の向上を図る。

(3) 指針 3：水供給衛生局及びタウンシップ事務所の組織強化

人材育成計画の策定

- 人材育成計画を立案し、計画的かつ継続的に人材の能力向上を図る。施設整備の拡大と共に、下水道サービスの効率性や質も向上させていく必要がある。そのためには、人材が第一の資源という認識の下、人材育成を重点的に行い、職員の能力向上を図ることが重要となる。特に、2025 年までの本格的な下水道施設整備までの期間、IEC 活動を通じた市民への衛生教育・啓蒙がまず必要となる。また、下水・衛生事業の基本的な技術基盤、経営基盤も育成する必要がある。こうした喫緊のニーズを汲み取り、短・中期的な

人材育成計画に反映していくことが求められる。

人材管理システムの構築

- 本部の人材管理システムを構築することで、人的資源を常時把握し、効率的な運用と配分を行うべきである。また、職員の業績を適切に評価するための評価基準の設定や情報のシステム化も進める必要がある。下水道部も水供給衛生局の一部としてシステム化される。

コンピューター導入による業務の効率化

- 手書き書類による業務管理を極力削減し、業務の効率化を図る。本部やタウンシップでのコンピューター化を促進する。初期の段階では、IEC 活動状況や腐敗槽の普及状況などコンピューターを利用して情報管理を行い、効率的な業務推進のために利用されるべきである。また、下水道事業が開始されれば、顧客情報の管理及び料金徴収業務に適用する。その際、本部については、上水道事業の料金請求業務に統合する形で、同じデータベースを使用して管理を行う。

IEC 活動による衛生教育・啓蒙の強化

- YCDC 水供給衛生局内の顧客サービス・広報課の部署は、外部機関や外部専門家などの協力を得て IEC 教材を開発し、IEC 活動プログラムを計画する。また、メディア、広報誌などを利用して、本部からの積極的な教育・啓蒙に努める。フロントラインとなる各タウンシップ事務所には、適切にプログラムを実施するために、人材育成のためのトレーニングを重点的に行う。一方、タウンシップ職員は、市民の衛生教育・啓蒙、意識向上、トレーニング、モニタリングなどのフィールド活動を委託先パートナーとなり得る、NGO の育成、活用の能力を習得することで、組織的な教育・啓蒙活動を展開する。

(4) 下水道部の組織機能

下水道部の組織開発にあたって、想定される各部署の主な機能について、次表に整理している。

部署名	主な機能
計画・モニタリング課	<input type="checkbox"/> 目標設定 <input type="checkbox"/> 戦略立案 <input type="checkbox"/> 業務指標によるパフォーマンス管理 <input type="checkbox"/> 業務指標の評価・モニタリング <input type="checkbox"/> 下水道整備計画、中・長期の需要管理計画 <input type="checkbox"/> 資産管理計画、更新・修繕計画
調査・研究課	<input type="checkbox"/> プロジェクト調査の実施、実施支援 <input type="checkbox"/> 技術的研究活動
技術開発課	<input type="checkbox"/> 下水道及び個別処理に関する調査、実験、 <input type="checkbox"/> 設計基準の作成
顧客サービス・広報課	<input type="checkbox"/> 顧客とのコミュニケーション促進 <input type="checkbox"/> 顧客相談の窓口、顧客ケアと顧客管理 <input type="checkbox"/> 顧客クレーム処理

部署名	主な機能
	<input type="checkbox"/> 顧客満足度調査 <input type="checkbox"/> マーケティング <input type="checkbox"/> IEC 活動による啓蒙・普及 <input type="checkbox"/> 出版・情報提供 <input type="checkbox"/> 定期刊行物の発行 <input type="checkbox"/> プレス・リリース
財務課	<input type="checkbox"/> 事業収支の管理 <input type="checkbox"/> 予算作成・申請
データベース・料金課	<input type="checkbox"/> 下水道台帳の作成・管理 <input type="checkbox"/> 請求書の発行 <input type="checkbox"/> 料金の会計処理 <input type="checkbox"/> 徴収管理
建設課	<input type="checkbox"/> 施設の計画、設計 <input type="checkbox"/> 外部契約における建設工事の調達 <input type="checkbox"/> 直営工事 <input type="checkbox"/> 施工監理、品質管理、承認 <input type="checkbox"/> 工事に係る支払い、財務管理
開発調整課	<input type="checkbox"/> 開発プロジェクトの調整、指導 <input type="checkbox"/> 開発プロジェクトの管理
下水処理場課	<input type="checkbox"/> 下水処理場の運転維持管理 <input type="checkbox"/> 汚泥、廃水の適切な廃棄
工場排水対策課	<input type="checkbox"/> 工場排水の受入基準の規定、工場排水の水質管理
管路・個別処理課	<input type="checkbox"/> 下水道管路の維持管理 <input type="checkbox"/> コミュニティープラントの維持管理

出典：JICA 調査団

9.4 法制度の整備

マスタープランでは、2040年までの整備計画では、下水道普及率を50%に設定し、トイレ・生活雑排水を併せて処理する一方、それ以外の地域では腐敗槽の改善、合併浄化槽やコミュニティープラントで処理を行っていくことを提案している。特に、下水道普及率が高くなるまでに、コミュニティープラントや改良型腐敗槽等を含む下水道以外の施設の普及が必要であり、そのための法整備は喫急の課題である。その後、下水道の整備にあわせて、下水道を含む汚水処理や水環境保全関連する法制度の基盤整備が必要である。

下水道を含めた汚水処理に関する法整備工程表を次表に示した。

表 9.4 法整備に係る工程表

必要な法整備	年			
	2014	2015	2020	2025
1. 浄化槽・腐敗槽に関する法規				
2. 環境及び汚水処理に関する法体系				
3. 下水道関連法規(下水道法、下水道条例)の整備				
4. 開発行為に関連する汚水収集処理に係る規制法規の整備				
5. 工場排水受け入れに関する条例制定				

	年		2014		2015		2020		2025	
6. 環境基準・排水基準に関する整備										
下水道施設の整備										
1. C1 処理区建設										
2. W1 処理区建設										

出典：JICA 調査団

必要と想定される各法令・規制について、その意義と必要性、規定すべき項目について次表に整理した。

9.4.1 浄化槽・腐敗槽に関連する法規

法令：	浄化槽・腐敗槽に関連する法規
意義と必要性：	<ul style="list-style-type: none"> 一般家庭からし尿及び雑排水が未処理で放流されると、生活環境の悪化や水因性疾病などによる公衆衛生の悪化がおこる。腐敗槽・浄化槽によるし尿及び雑排水の適正な処理を図り、生活環境の保全及び公衆衛生の向上を図る。 下水道普及には長年月を要する。下水道が普及するまでの未整備地域の水質改善、環境改善効果を向上させるため、設置を規定する必要がある。 現行の腐敗槽やピット・ラトリンの処理効率は極端に低いため、改良型腐敗槽、あるいは合併浄化槽への転換をより一層促進させる。
規定項目：	<ul style="list-style-type: none"> 定義 改良型腐敗槽及び浄化槽によるし尿処理、雑排水処理の必要性 構造基準、容量基準、などの設計基準 施工基準 形式の認定と登録方法 設置の届出、勧告、変更 管理者の義務 保守点検 浄化槽の点検、修理 工事業者、清掃業者、保守点検業者などの登録、許可 処理水の水質基準と水質検査方法 定期検査についての勧告及び命令 違反したときの罰則 資金助成制度、等

9.4.2 環境及び汚水処理に関する法体系

法令：	環境及び汚水処理に関する法体系
意義と必要性：	<ul style="list-style-type: none"> 下水道等の整備を実施する際に、処理施設周辺等の各種環境への影響が懸念されるため、環境関連法規の整備を検討し、実施可能な法規の制定を図ることが必要である。 例えば、水質汚濁防止、廃棄物処理（汚泥）、大気汚染、騒音規制、振動規制、悪臭防止等の下水道の環境影響を低減・制限することを目的とした法整備が考えられる。

規定項目：	<ul style="list-style-type: none"> • 水質汚濁防止 • 廃棄物処理（汚泥） • 大気汚染 • 騒音規制 • 振動規制 • 悪臭防止、等
-------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

9.4.3 下水道関連法規

法令：	下水道関連法規
意義と必要性：	<ul style="list-style-type: none"> • 下水道整備の根幹となる法令及び規定の整備によって、下水道の位置づけを明確にする基本法の制定が必要である。 • また、インターセプター適用処理区に関しては、最終的な分流式下水道整備が完備するまでの間、暫定的にその整備について下水道法、あるいは下水道条例で規定することが望ましい。
規定項目：	<ul style="list-style-type: none"> • 下水道事業及び下水道事業主体の定義 • 所轄団体、権限、責任、施設 • 事業計画の要件、構造基準 • 下水道施設の整備、使用、維持管理 • 排水設備の設置、検査 • 特定事業所からの下水排除の制限 • 特定施設の設置と届出 • 水質の測定義務 • （受益者）負担の原則 • 罰則、賠償責任 • インターセプター式下水道の整備（インターセプター適用処理区） <ul style="list-style-type: none"> - 分流式下水道が完備するまでの間、YCDC が幹線管渠と処理施設を先に建設整備 - 既存の雨水排水路を枝線として利用し、汚水を遮集して、汚濁負荷量を低減 - 費用のかかる枝線管渠と接続管は後で整備、等

9.4.4 開発行為に関する規制法規

法令：	開発行為に関連する污水収集処理に係る法規
意義と必要性：	<ul style="list-style-type: none"> • 無秩序な開発行為が実施されると、下水道等污水処理施設には大量の汚水が流入し、また雨水流出量の増大も見込まれる。污水処理施設、雨水排水施設及び周辺水環境に与える影響を低減するためにも法令の整備が必要である。 • 例えば、都市計画法は無秩序な市街化を防止し、計画的な開発を図ることを規制することを目的としている。
規定項目：	<ul style="list-style-type: none"> • 一定規模以上の開発行為に対する許可制度 • 開発地域・地区の規制 • 建築制限 • 污水処理施設、排水施設の設置 • 施設の配置、構造及び検査、等

9.4.5 工場排水受入れに関する規制法規

法令：	工場排水受入れに関する法規
意義と必要性：	<ul style="list-style-type: none"> 工場は業種によって、極めて大きな負荷・重金属等の微量有害物質等を有する水質の悪い排水を放流する。これらを無制限に処理施設に受け入れることは、健全な水処理に過大な負担をかけ、処理パフォーマンスを著しく低下させる可能性があるため、処理可能な水質となるよう規制が必要である。 水質汚濁を事前に予防する観点からも規制が必要となる。
規定項目：	下水道へ受け入れる場合の排除基準 <ul style="list-style-type: none"> 工場及び特定事業所からの排水について、特定水質項目の下水道受入れ条例や基準 工場排水に関する放流水質規制 <ul style="list-style-type: none"> 有害物質の水質項目ごとの水質の許容限度、等

9.4.6 環境基準・排水基準の整備

法令：	環境基準・排水基準の整備
意義と必要性：	<ul style="list-style-type: none"> 公共用水域の水環境保全のために、維持しなければならない水質基準を定義する水質環境基準を定める必要がある。 また、その基準を達成するために、直接公共用水域に放流される排水の基準が必要となる。 全国的に一律の基準と、個別の水域に合わせて設定される上乘せ規制（地域政府あるいは市で設定）を設ける必要がある。
規定項目：	<ul style="list-style-type: none"> 水質汚濁に係る環境基準 人の健康に係る基準項目 生活環境に係る基準項目（河川、湖沼、海域）

9.5 住民に対する啓発活動

ヤンゴン市では、下水道施設に接続しトイレからの汚水が処理されているのは総人口の僅か5.8%のみであり、腐敗槽が43%、残りの人口は未処理のまま流域に排出されていると推定されている。下水道も腐敗槽もトイレの排水のみの処理であり雑排水は未処理のまま雨水排水路へ排出されている。このような状況により、雨水排水路を流れる汚水が湖・河川へと流出し、水質の悪化を招いている。

2040年までの整備計画では、下水道普及率を50%に設定し、トイレ・生活雑排水を併せて処理、それ以外の地域では腐敗槽の改善、合併浄化槽やコミュニティープラントで処理を行っていくことを提案している。下水道への接続、料金支払い、腐敗槽の改善、合併浄化槽やコミュニティープラントの建設は住民の理解と行動が必要不可欠であり、理解を促進していくための啓発活動が必要である。なお、住民の意識向上活動を実施するにあたっては法制度の面からの裏付けが必要

である。下水道法、下水道条例、個別処理法等の法整備が必要となるが、どのような法が「ミ」国に必要なかについては、今後協議を実施する。

9.5.1 YCDC の活動

YCDC 内で住民啓発、広報活動を行っているのは下記の部局である。

- Department of Public Relations and Information
市民への広報として、City News を毎日発効、また City-FM というラジオを持っており、水道管破裂に伴う断水のお知らせ等、市民生活に必要な情報を提供している。これらは今後の啓発活動にとって有用なツールである。
- Department of Health
Public Education Program を実施しており衛生教育、蚊による伝染病対策をメインとして学校での活動、住民・コミュニティを訪問しての活動を実施している。
- Pollution Control and Cleansing Department
学校での活動を行っているとのことである。
- Department of Engineering, Water and Sanitation
District Engineer が池や河川を主要な水源としている地域を巡り、安全な水や節水についての活動を不定期で行っている。他の部局が実施している活動に協力している。

9.5.2 啓発活動内容

啓発活動は下記項目に関する住民意識向上を目的として実施する。

- 未処理汚水の健康、生活環境・自然環境への影響の認識
- 汚水処理の必要性、汚染者負担の原則の理解
- 排水路・河川へのゴミ不法投棄による影響の認識、不法投棄禁止のための市民の意識及び行動改革の推進
- 住民の汚水処理に関する義務（法整備後）の周知徹底
- 下水道接続の義務、効果、使用料の必要性の理解
- 腐敗槽設置・改善の必要性の認識
- 腐敗槽の維持管理の重要性の認識
- 住宅・商業施設開発業者への合併浄化槽、コミュニティープラント設置の周知徹底

なお、下水道整備は段階を踏んで実施することになるため、スケジュールに合わせて対象地域を優先順位付けしていくことが重要である。また住民の意識レベルを考慮しながら、まずは身近な健康と衛生の問題、その意識が高まったらコミュニティの問題、都市の問題、そして環境問題と意識レベルの向上を図るべきである。

9.5.3 手法

啓発活動には様々な手法があり、どの手法にも短所・長所がある。それを踏まえ、状況に応じて適切な手法を選択、組み合わせる必要がある。下記に主要な手法とその短所・長所をまとめた。

表 9.5 啓発活動内容と長所/短所

活動	内容	長所/短所
出版物	<ul style="list-style-type: none"> ● スローガン・メッセージ・絵を多用した出版物を作成する。 ● 広報誌、冊子、パンフレット、リーフレット、チラシ、ポスター等 	<ul style="list-style-type: none"> ● 保存性に優れている ● 内容の伝達について確実性が高い ● 作成に時間がかかることが多い ● 見てもらうための工夫が必要
マスメディア	<ul style="list-style-type: none"> ● テレビ、ラジオ、新聞等のマスメディアを通じての広報 	<ul style="list-style-type: none"> ● 多くの不特定多数の住民が最も振れやすい広報媒体である ● 速報性に優れている。 ● YCDC 独自のラジオ、新聞があるため、初期費用なしで活動を開始できる。 ● 言葉や映像、音楽で同時に訴えるため分かりやすい ● 伝達の効果が浸透するには何度も繰り返す必要がある。
イベント	<ul style="list-style-type: none"> ● 住民と直接触れ合う手法。双方向コミュニケーションツール ● イベント・ブースを下水道週間、水の日、環境の日などに合わせ開催し、説明パネルの展示、クイズラリー、水質実験等を行い、住民との触れ合いの中で広報、住民ニーズを把握 ● 下水道処理施設の施設公開 ● 下水道教室や出張教室（出前教室）の開催 ● 絵画展・写真展 	<ul style="list-style-type: none"> ● 住民に直接工法の内容を説明し、より理解を深めてもらうことができる。 ● 直接住民ニーズを把握することができる。 ● 費用に対して参加人数が少なく、費用対効果が低いと捉えられる場合が多い
セミナー、ワークショップ	<ul style="list-style-type: none"> ● 開発業者、工場等に対する排水規制や法制度に関する説明の実施 ● 一方的ではなく意見効果ができる双方向コミュニケーション方式 	<ul style="list-style-type: none"> ● 頻繁に開催することが難しい、かつ参加人数に限られるが、効果は高い
教師・生徒を対象とした活動	<ul style="list-style-type: none"> ● 教育省と連携して水・環境に関する題材を社会科等の教科書に掲載する ● 学校で出張教室を開催する。 ● 水質モニタリングキット等を活用した体験授業の実施 ● 校内での水にかかる活動・コンテスト等の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ● 子供を教育することで将来世代の認識を変えること、また子供から親への波及効果が見込まれる。 ● 継続性がある ● 様々な機関が絡むため調整に時間がかかる
宗教指導者を対象とした活動	<ul style="list-style-type: none"> ● 宗教行為で水に関する行為の改善 ● 影響力のある宗教指導者の関与 	<ul style="list-style-type: none"> ● 調整に時間がかかる
YCDC 職員によるコミュニティ説明会	<ul style="list-style-type: none"> ● 下水道サービス予定地域を対象に、下水道施設の必要性、整備効果、接続義務、支払義務にかかる説明会の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ● カバーできる対象は少ないが、効果は高い

出典：JICA 調査団

第10章 下水道整備のプロジェクト実施計画とコスト積算

10.1 2040年までの下水道段階的整備計画

評価の結果、最も優先度が高いのはC1処理区となった。これはC1処理区の高い人口密度とコンパクトさによるものである。しかし、この他にもC1処理区は既設の下水道処理区であり、現在のシステムがトイレの排水しか収集、処理できないこと、また、施設が耐用年数を過ぎていることなどから、緊急な改善を必要としている。いずれにせよ、C1処理区の優先度が高いことはどのような観点から考えても明らかである。

2番目に高い評価はW2処理区である。W2処理区は現在の下水道整備区域の一部を含み、さらに市街化の進展もC1処理区に次いで進んでいる区域であり、ほぼC1処理区と変わらない高い優先度を有していると考えられる。これに続いて若干、差が開くものの、高い優先度となるのがC2処理区とW2処理区である。C2処理区は前述のように、区域内にInya湖とカンドー湖が存在する。

以上の優先度の評価結果から、目標年次2040年までの整備計画を以下のように定めた。結果を表10.1に示す。表10.1はインターセプター下水道を採用した場合を示しており、処理区全てが分流式で整備される場合は計画人口合計が分流式となる。

表 10.1 2040年までの整備計画

Priority	Sewerage Zone	Target Year	Type of Sewerage System	Population in 2040 (persons)	Accumulated Population in 2040 (persons)	Coverage Ratio (%)
1st	C1	2020	Separate System	178,127	178,127	3.0
			Interceptor System	0	0	
			Total	178,127	178,127	
1st	W1	2025	Separate System	483,058	661,185	10.2
			Interceptor System	0	0	
			Total	483,058	661,185	
2nd & 3rd	C2, W2, N1, E1, E3	2040	Separate System	577,171	1,238,356	49.4
			Interceptor System	2,972,617	2,972,617	
			Total	3,549,788	4,210,973	

出典：JICA 調査団

2040年までの事業実施計画を表10.2に示す。建設工事が始まるまでに、フィジビリティ調査(FS)、資金手当ての準備、詳細設計(DD)が必要であり、これらの期間をそれぞれ、1年間、2年間、1年間とした。現在下水道に関する5ヶ年計画のような開発計画はなく、特に数年のうちに始めなければならない事業については2国間あるいは国際融資機関からの資金の導入も必要になると考えられるところから、資金準備に2年間を見込んだ。将来、下水道の多年度にわたる開発計画が樹立され、予算が保証されるようになれば、この期間は無視できる。

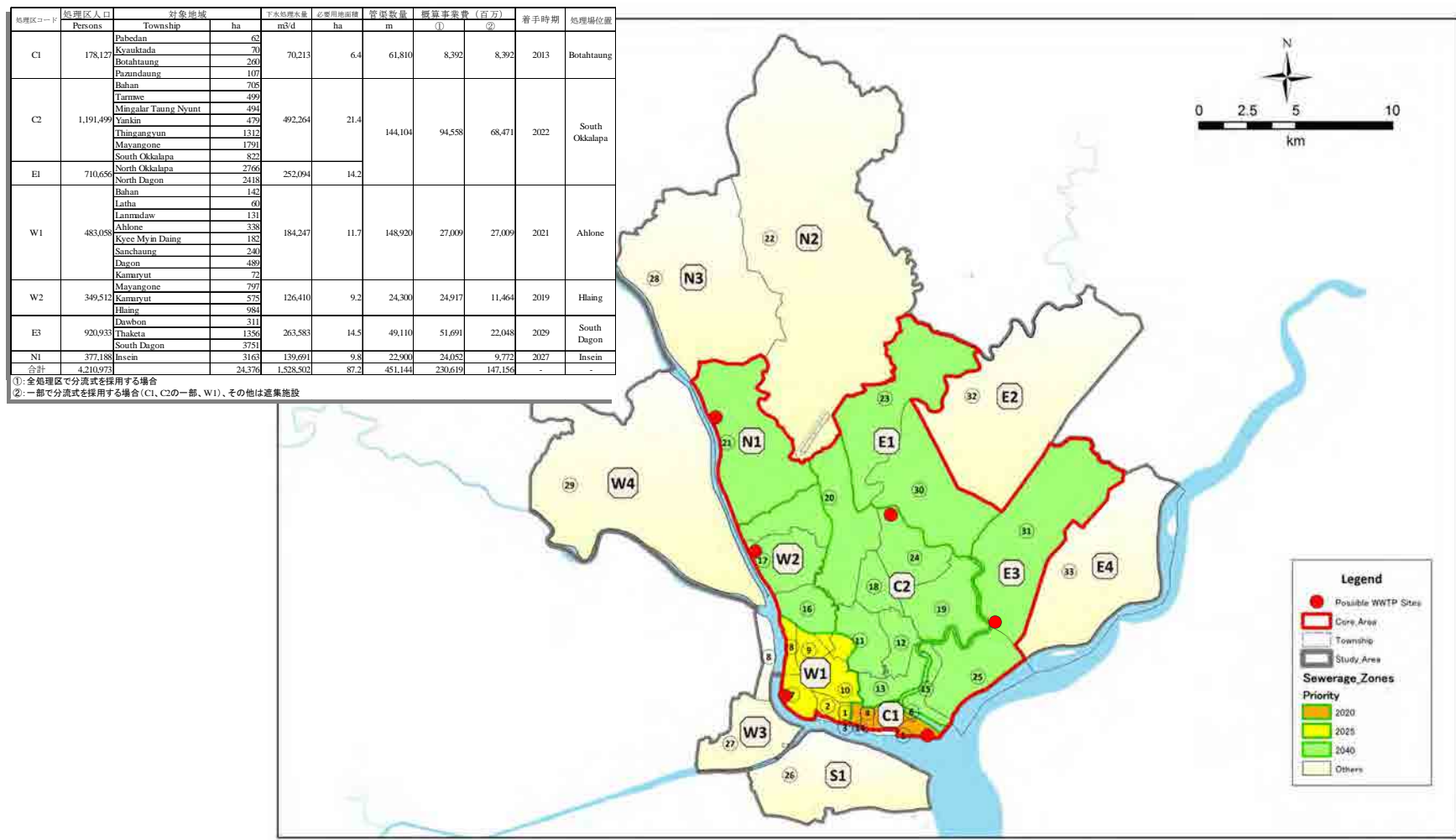
建設期間は下水道施設の規模によって算定した。C2+E1 処理区はそれぞれの分区の優先度が異なるため、C2 分区は 2030 年までに、E1 分区は 2040 年までに共用開始できるような計画とした。さらに、この処理区の下水処理場は規模が大きいため、4 期に区分して建設されるものとした。第 1 期の完成は 2030 年、最後の第 4 期の完成は 2040 年である。同様に E3 処理場も 2 期に区分して建設するものとした。第 1 期の完成が 2035 年、第 2 期の完成が 2040 年である。

下表に下水道事業の実施計画を示す。

表 10.2 下水道事業の実施計画

Sewerage Zone	Components		Year																											
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
C1	F/S			■																										
	Preparation of Fund				■	■	■																							
	WWTP	DD					■																							
		Construction						■	■	■																				
Sewer Network	DD					■																								
	Construction						■	■	■																					
W1	F/S								■																					
	Preparation of Fund									■	■																			
	WWTP	DD																												
		Construction																												
Sewer Network	DD																													
	Construction																													
C2+E1	F/S																													
	Preparation of Fund																													
	WWTP	DD																												
		Construction																												
Sewer Network	DD																													
	Construction																													
W2	F/S																													
	Preparation of Fund																													
	WWTP	DD																												
		Construction																												
Sewer Network	DD																													
	Construction																													
N1	F/S																													
	Preparation of Fund																													
	WWTP	DD																												
		Construction																												
Sewer Network	DD																													
	Construction																													
E3	F/S																													
	Preparation of Fund																													
	WWTP	DD																												
		Construction																												
Sewer Network	DD																													
	Construction																													

出典：JICA 調査団



出典：YCDC

図 10.1 2040年までの下水道整備計画

10.2 積算方針・条件

積算時点は、2012年12月の平均とし、交換レートは1USD=84.64円とする。

建設工事は、以下の条件に基づき算出した。

- 土木・建築資材、労務費および建設機械は国内での調達が可能のため、現地調達を基本とする。
- 機械・電気設備は、EU諸国等の第三国調達を含む海外調達を基本とする。調達先は、品質性能、経済性および維持管理性等に配慮して調達する。
- 現地施工業者は、土木工事の経験・能力は十分であるが、上下水道に特化した事業の経験・能力が十分ではない。しかし、施工実施体制には日本人技術者及び外国人技術者を配置するため、施工実施については現地業者で実施する。
- 推進工事およびシールド工事については、現地施工業者が施工の経験・能力を有していないため、近隣国であるタイ国の施工業者より見積を徴取し、その金額を採用する。
- 各戸接続管についてはYCDCの積算部署による積算結果を用いて工事費の算定を行う。
- 自然条件（地勢・地質条件、気象条件）及び法規・慣習に考慮した施工計画とする。
- 概算事業費については遮集施設を採用する場合、下水処理場は一次処理及び汚泥処理施設の費用を算定する。また、面整備費は見込まないものとする。
- 運転維持管理費については遮集施設を採用する処理区については、一次処理及び一次処理で発生する汚泥処理までの費用を算定する。

10.3 プロジェクトコスト積算

10.3.1 資本費用

非公開情報

表 10.3 各事業の概算工事費（2040年時点）

非公開情報			
-------	--	--	--

10.3.2 維持管理費

下水道事業に必要な維持管理費用を下記に示す。全処理区で分流式を採用する場合、一部の処理区にて分流式を採用する場合（その他はインターセプター下水道（一次処理））及び一部の処理区にて分流式を採用する場合（その他はインターセプター下水道（二次処理））は、それぞれ1,903百万円、1,152百万円及び1,840百万円となる。処理区ごとの年間維持管理費は資料編Eに示す。

表 10.4 下水道事業の年間維持管理費用

単位：百万円／年

区分	費用（百万円／年）		
	全処理区で分流式 を採用する場合	一部で分流式を採用する場合（C1、C2の一部、W1）	
		その他はインターセプター 下水道（一次処理）	その他はインターセプター 下水道（二次処理）
人件費	32.9 (0.4)	31.0 (0.4)	31.0 (0.4)
電気代	535.5 (6.3)	331.0 (3.9)	535.5 (6.3)
スペアパーツ	431.1 (5.1)	224.1 (2.6)	431.1 (5.1)
汚泥処分	165.4 (2.0)	115.3 (1.4)	165.4 (2.0)
薬品費	621.8 (7.3)	409.5 (4.8)	621.8 (7.3)
管渠維持管理費	80.3 (0.9)	19.2 (0.2)	19.2 (0.2)
その他	35.8 (0.4)	22.7 (0.3)	22.7 (0.4)
合計	1,902.8 (22.5)	1,152.4 (13.6)	1,839.8 (21.7)

() 内は百万 USD

出典：JICA 調査団

第11章 プロジェクト財務計画

11.1 下水道料金設定政策

下水道料金は通常、水道使用量をベースに課金される。基本的に料金徴収を効率的に行うための方策であるが、通常、上水道を利用する顧客の排出する下水量は上水量にほぼ等量であるため、合理的な算定方式といえる。また、料金徴収も上水の料金徴収と同時に行われるのが一般である。経済学的に言っても、上水サービスと下水道サービスは所謂、補完材の関係をなしており、双方が提供される事によって都市水サービスの目的であるライフラインと公衆衛生の確保が達成されるという相互不可欠なサービス関係にある。

上下水道料金水準の設定に際しては次の三つの政策目的の達成が重要である。

- 1) 大多数の住民にとって支払いが可能であること。
- 2) 上下水道サービス事業が長期的に健全な運営を継続できること。
- 3) 公衆衛生・環境保全の目的を達成できること。

第三点については後のセクションで検討するので、まずは最初の二つの目的について検討する。

11.1.1 社会公正と効率

第一点は上下水道サービスの社会的公正 (Equity) の問題であり、第二点は事業の経済的効率性 (Efficiency) の問題である。この二つは一方の目的だけを追求すると他方が成り立たなくなる関係にある。どの社会にも所得格差は存在するので、単純に低所得者層が全く痛みを感じないほどの低料金での、事業の継続は、政府の補助金なしには立ちゆかないことになる。他方、高所得者需要に合わせた価格政策をとれば、地方独占という事業の特殊性から、多大な事業利益を上げ、経営維持を容易にする。同時に、生命維持に必要な水を購入せざるを得ない低所得者層の生活を困難にしてしまう可能性が大である。しかしながら、社会公正と経営効率は二律背反の問題ではなく、両者を満たす価格政策の達成を前提にする必要がある。

11.1.2 適正水準と差別価格制度

社会公正と持続性のある経営のための適正な価格を保つために、所得水準の低い世帯からは低い料金、所得に余裕のある世帯からは高い料金をとることができれば、二つの目的を達成することは容易である。こうした価格体系を差別価格制度 (Discriminatory Pricing) と呼ぶが、その実施には障害がある。一番の問題はいかに貧富の差あるいは支払い能力を判別するかという問題である。低所得者が申請を行って、減額を行うという方式をとっている例もまれにある²が、通常

² 米国カリフォルニアでは低所得者層は半額料金になる制度があるが、申請による認可が必要である。

とられている方策は従量累進料金制度である。消費量に3段階程度の区分を設け、第一区分はかなり低水準、第二区分は平均、第三区分は供給コストからより高い料金設定にするという消費量水準に応じた変動単価方式である。この方式の前提には裕福な世帯は節水することなくふんだんに水を使用し、貧困家庭では最低限の水しか使わないように節水するという消費者行動を前提にしている。この方式が通常、運営上も最もコストが低く現実的である。現在のYCDCの水道料金は一定料金であるので今後の料金改定の際にはこの累進料金制度の導入の検討が望まれる。

11.1.3 累進料金方式の導入プログラム

累進料金制度の導入に際しては2つのプログラム実施を提言する。

住民啓蒙活動

第一は利用者への制度変更の周知である。累進料金制度の下で節水を怠ると利用料金が急激に増え、利用者が支払いに難渋し、苦情が殺到するという事態も想定しうる。こうした事態を避けるためには周到な住民啓蒙プログラムの実施が重要である。

顧客管理システムの導入

運営上においては料金の計算が複雑になり、現在の手作業方式では計算ミスが発生する可能性が大であり、これも円滑な導入を妨げる可能性が高い。こうした事態を避けるため、また将来の経営の合理化の契機とするためにも検針、料金計算、請求書発行という一連の作業をIT化し、データベース処理することが望まれる。

現在のYCDCは数台のPCが本部に設置されて料金徴収の最終的な記録を残しているのみである。各支部における検針記録、請求書の発行、支所での料金徴収の記録も手作業である。こうした作業を合理化するのみでなく、IT化によって、より戦略的な経営情報の創出も可能となる。たとえば、漏水対策の計画の第一歩は水収支をDMAごとに管理することである。そのためにはDMAごとの顧客の水消費情報が不可欠である。戦略的経営のためには、水供給サイドの技術情報と整合性を保った顧客情報システムの導入が望まれる。

11.1.4 下水道価格と環境保全

下水道事業においては水という資源を扱う事業の性格上、環境保護の視点を価格政策に反映させることも重要である。一般に環境保護では汚染者負担の原則(Principle of Polluter Pay)がある。この一般原則は工場などの生産者には厳しく適用される必要があるが、生活を営む住民に厳格に適用すると環境保全の目的が達成できないリスクがある。上水の場合には貴重な水資源を無駄にしないための需要抑制策としてのより高い水道料金水準が合理性をもつが、下水道の場合には水環境という公共財を汚染から守るために価格が設定されなければならない。下水排水は、生活を営む住民の全員が正しい下水の処理（つまりは正規の下水道接続を行う）を順守することが最も社会的にも望ましいが、各住民からしてみれば、他の住民が下水接続を遵守するならば、自身のみ不法投棄できれば最も経済効率的ということが出来る。これはいわゆるフリーライダー(ただ乗り)問題の一種であり、その対策は遵守のための社会意識の啓蒙活動と違反のペナルティを

課すことにより、違反コストを高くすることが解決策である。他方、遵守するコストが高いと違反するインセンティブが高くなってしまふ。単純に言えば、接続料金を含む下水道料金は低く設定した方が加入率を高め、環境保全の目的を達成できるという構図が存在する。上水道は節水のために料金を高め、下水道料金は加入率を高めるために低めの料金設定が長期的な目的達成のためには正しい方策といえる。

下水道管網の整備が完了した地域でも、このように市民の中にはすぐに接続をしない可能性もあり、維持管理に支障を来す可能性もある。これは、環境保護のインフラが整備されても住民がその機会を遺失させているとみなすことができる。この場合、下水道整備税を整備が終わった地域全体に課金するということが環境保護政策の一環としては理にかなっている。

環境保全を確実に行うためには通常行われている下水料金は上水料金の8掛け程度というのが妥当な水準と考えられる。また、接続料金を実質コストよりも大幅に低めに設定し、従量料金は多めにするという料金の組み合わせも妥当な方針であろう。

11.2 下水道への支払い意思額及び支払い可能額

11.2.1 住民の支払い意思額

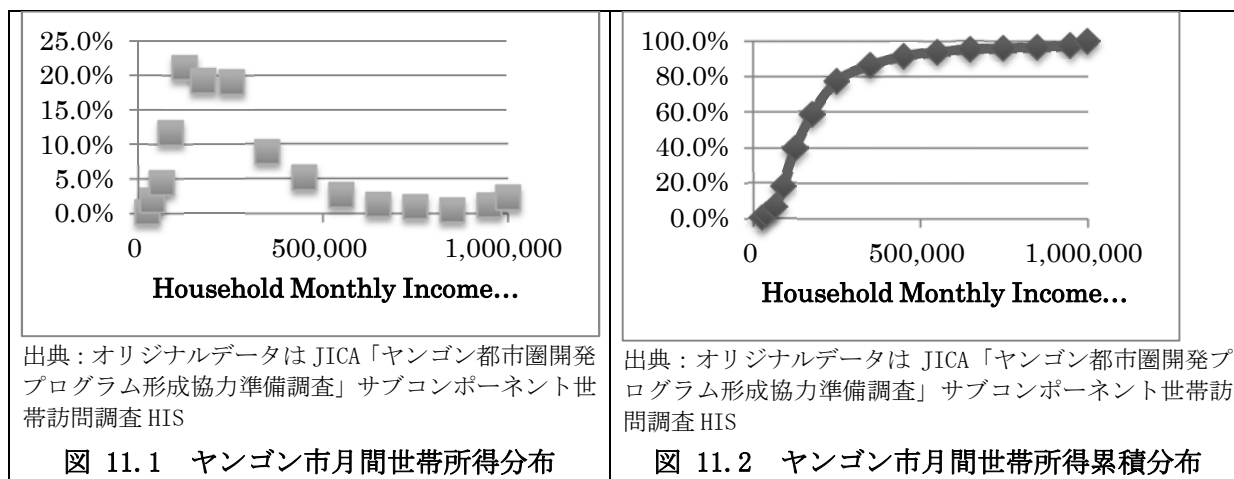
支払い意思額に関する本調査に先行するヤンゴン都市圏開発プログラム形成協力準備調査の住民意識調査により約1万サンプルの調査が行われている。この調査では下水処理にどの程度の金額を支払う意思があるかという設問が設けられている。

設問では1) Less than 500 Kyat, 2) 501 to 1,000 Kyat, 3) 1,001 to 2,000 Kyat, 4) 2,001 to 3,000 Kyat, 5) 3,001 to 5,000 Kyat, 6) 5,001 to 7,000 Kyat, 7) more than 7,000 Kyat の7区分で支払い意思額を質問している。設問が数値ではないので平均値を求める事はできないのと、価格設定の最上位区分が低すぎたために最上位にもかなり得票が集まっている。しかしながら中央値（メディアン）を求める事はおおよそできる。また、上水道についても同じ価格区分で24時間飲料水の供給に対する支払い意思額の設問がある。この2つの質問への回答を比較すると妥当な結果が出ている。市全体の回答では上水のメディアン（中央値）は、第3区分の1,001-2,000 Kyat、下水の中央値は第2区分の501-1,000 Kyatにある。下水道で第3区分にメディアンがあるタウンシップは Botahtaung、Pazundaung、Sanchaung、Tarmwe の4タウンシップで、これらのタウンシップでは排水問題のニーズも高い傾向がある。ほとんどの下水が道路側溝に排出されているため、浸水が生じると下水道が未整備であるため、深刻な衛生上の問題を生じているであろう。したがって、排水の問題と併せて更なる詳細調査が必要であろう。

11.2.2 住民の支払い可能な下水道料金

財源確保のため機械的に将来の下水道料金を設定しているが、実際に住民はこうした料金を無理なく支払うことができるのかを検討しなければならない。いわゆる Affordability-To-Pay（支払い能力）の検討が必要である。

次の2つのグラフはヤンゴン都市圏開発プログラム形成協力準備調査の住民意識調査から算出したヤンゴン市の住民の世帯所得分布とその累積分布である。この調査における、平均世帯所得は371,853 Kyat/月であった³。



また、この分布からわかることは多くの世帯の月間所得が20万 Kyat 前後に集中しているが、百万 Kyat 以上も次に山を作っており、所得の二極分化が観察されることである。

次節から行う財務シミュレーションでは長期的な財務的持続性を検討する。その際に、現行の低廉な上下水道料金をより、経済的に現実的な支払い可能料金まで上昇させるという料金政策を採用するという仮定に基づき、2040年を目標年度とした料金体系を検討する。

料金の支払い可能性を考える際には、大多数の住民の支払いが可能であることが重要である。このことを考慮して所得分布における80%以上の世帯にとっての支払い可能性を基準とする。所得の下層からでは累積分の20%以上の世帯を意味することになる。推計による累積分布の20%は、105,000 Kyat/月/世帯となる。2040年までは所得は経済成長とともに順調に伸びることが予想され、その伸びは次節のマクロフレームと同じく年率5%、すなわち27年間に3.7倍になると設定する。結果、下位20%水準所得世帯の収入は392,000 Kyat となる。所得の4%の上下水道への支出が可能とすれば、支出額の上限は16,000 Kyat/月が総額である。この時点での平均世帯人数を5人、一日当たりの水消費量を200リットル/人/日とすると、560 Kyat/m³が上限料金である。この料金を上水：下水で、1：0.8の配分比率で配分したとすると、下水の料金の上限は240 Kyat/m³である。これは、ドルベースでは2040年で、0.28ドル/m³になる。

11.3 財務予測


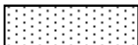
11.3.1 財源のマクロフレーム

2040年という遠い将来においてどの程度のインフラ整備が適正であるかを検討することは困難な課題である。30年近い時間のスパンにおける国際的な経済の変化、地域経済間の競合と連携、

³ 25000Kyat 以下から百万 Kyat 以上までを15区分に分けて質問しているので、最高額はわからないため、平均値は実際にはより高い。

国内社会経済体制の改革など、予測することが不可能な事柄が多すぎ、正確な予測はおよそ不可能である。あえてインフラ整備の目標をたてるのであれば、比較的楽観的かつ過大ではない予想に基づきインフラの未整備が経済成長の足かせにならないように、かつ負債が所謂デットオーバーハングとならないことを基準とするのが妥当と推察される。

IMF の Economic Outlook データベースの最新版によれば、ミャンマーの一人当たり実質 GDP は、1999 年から 2007 年まで、年率 10%前後の高い伸びを示しているが、その後は急速に減速し、2008 年は 1.5%、2009 年から 2011 年は 3%台の伸びで推移している。この IMF の将来予測は 2017 年まで 4%に設定されている。これより楽観的な予測を採用するとした場合、年率 5%が妥当な値と考えられる。2040 年の実質的なヤンゴンの一人当たり実質 GDP は、2013 年が 1,500 ドル前後として、年率 5%で成長すると仮定すると 2040 年には 5,600 ドルに達する予測となる。

当面大規模なインフラ整備を行う際にミャンマーは開発融資機関からの外貨建て融資によるファイナンスが中心となると考えられる。適正な外貨建て債務の水準は一概にはいえないが、GDP の 50%を上限と考えると、ヤンゴンの場合には一人あたり 2,800 ドルが上限と設定可能である。これが全てインフラ整備に回されると仮定して、セクター毎に振り分ける必要がある。日本の経験からすると、一般に道路が最優先で約 50%、上下水道セクターへの公共投資は 10%ずつ程度である。以上を総合して当面の枠組みとしては市民一人当たり上下水道それぞれにおいて 280 ドルの累積公共投資を上限の目安となる。2040 年の予想人口は 8 百万人であるので、投下資本枠は   となる。

11.3.2 財務シミュレーションモデル

現在想定されている下水道事業をベースに投資および運営の経費と下水道料金からの事業収入の総合収支を検討するために 2013 年から 2040 年までの施設建設期間及び、2041 年から 2080 年までの運営・保守期間を設定した下水道事業財務シミュレーションモデルを作成した。このモデルでは、政策変数として、下水料金及びその年率増加額、投下資本の借入金利、建設資金への公的補助率、固定費用の上昇率などを変更し財政へのインパクトを検証することが可能である。その他のパラメータである投資コスト、O&M コスト、家族人員数、下水カバー率、水需要、および浸透水率などの変更も可能である。

その他主な設定は次の通りである。

プロジェクトスコープ：対象となる下水処理区は C1, W1, C2&E1, W2, E3, および N1 である。このうち大規模な処理区である C2&E1 は 4 期 (C2-南、C2-北、E1-西、E1-東) に分けて建設、E3 は E3-西、E3-東の 2 期の建設を想定する。基本的なプロジェクト概要の想定は表 11-1 に記している。

下水処理方式の代替案：財務シミュレーションでは下水処理に 2 つの方式の検討を行う。第一は雨水と下水を完全に分別回収する分流方式でまた下水の処理も生物処理を含む完全な処理を行うという通常の方式である。第二は現在の下水処理の方式の延長で、家庭雑排水を側溝で排水しているのをインターセプターで集水し、二次処理あるいは一次処理を施して放流するインターセ

プター型整備である。長期的には側溝も暗渠分流式に置き換えていく前提の計画である。都市開発の現況を鑑みて、C1, W1, C2-南処理区はより進んだ分流方式を採用し、他の処理区ではインターセプター型をベースに比較検討を行う。

プロジェクト期間：プロジェクトの建設期間は2013年から2040年、この間に整備された施設の料金回収を含む運用の評価期間は2041年から2080年までの40年間とする。

政策変数：財務シミュレーションモデルはMS-Excelで作られているため、政策変数の変更によるインパクトを簡単に検証することが可能である。主な政策変数は料金、料金の年率上昇率、建設資金補助率、借入金利などである。

財務シミュレーション結果：財務シミュレーションの結果の概要はプロジェクト全体の結果のまとめの表の「Operating Cash Flow」により毎年のキャッシュバランスを見ることができる。プロジェクト期間全体を通じた財務状況は各項目の現在価値の値を比較するか、「Debt Balance」の最終残高を見ることで評価を行うことが可能である。

投資：分流式の集水方式では幹線、枝線、接続の投資費用が発生する。一方インターセプター型の場合には幹線の整備費用が発生するのみである。

料金想定：検討した料金政策を基に、2013年の仮の基本料金を上水道料金の8割と設定した。さらに将来の価格変更についてはベースケースとしては2013年の下水道料金の年率3%上昇とする。

処理量：処理量は上水道の計画で算出されている水消費量をベースに下水道計画で想定されている浸透水を加えて毎年、タウンシップごとの処理必要量を計算している。さらには接続戸数の増加に合わせて処理量の増加も想定する。

接続戸数：処理区ごとに世帯数推計を行い、これをベースに接続戸数費用量を算定している。基本的には下水処理場完成から3年間でその期末の世帯数を目標として接続工事を行う想定である。接続数は毎年3分の1ずつ設定である。この設定では各年の期末の接続数の半数がその期の平均稼働接続数になるため、第一年目の平均接続顧客数は目標世帯数の6分の1、第二年目は2分の1、第三年目は6分の5ということになる。一戸あたりの接続コストは住宅密度の高いC1, C2-南は290ドル、その他の地域は550ドルに設定している。インターセプター型での汚水収集のシステムでは側溝から集水するため、接続コストは必要ない。

収入：下水道料金を上水消費量に掛け合わせたものを収入として計上している。上記の接続数と同じく、第一年目の平均処理量は目標年の6分の1、第二年目は2分の1、第三年目は6分の5に設定されている。

固定経費：固定経費はそれぞれの下水処理場の必要人員から算出した人件費、管路延長に管路あたりのメンテナンス費用に処理場の必要とするスペアパーツを合計したものを処理区ごとに算定している。スペアパーツを除く固定費は2040年までは年率5%で上昇するものと設定されている。

変動経費：下水処理に必要な電力、薬品、スラッジ処理の投入必要量及び単価を算定して、処理量に乗じて算定している。単位 m^3 あたりの変動経費は一次処理のみの場合には0.015ドル/ m^3 、二次処理までの場合には0.03ドル/ m^3 という算定結果になっている。処理量も最初の3年間は接続戸数の増加に合わせて、6分の1、2分の1、6分の5の漸増方式に従う設定である。

再投資費用：下水道処理場稼働 10 年後から機械・電気設備の投資額の 5%が毎年、再投資として必要という設定とする。

運転収支 (Net Operating Cash Inflow) は収入から運転経費および接続コストを差し引いた余剰で計算している。

表 11.1 財務シミュレーションの想定概要

Project	C1	W1	C2 south	C2 north	E1 west	E1 east	W2	E3 south	E3 north	N1
Sewer System	Separate	Separate	Separate	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional
Capacity (MLD)	70,200	172,000	226,200	226,200	150,800	75,400	133,000	198,000	66,000	106,000
Construction Start Year	2016	2018	2025	2028	2033	2038	2024	2033	2038	2033
Period (Years)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Service Start Year	2019	2026	2028	2031	2036	2041	2027	2036	2041	2036
Sewer Length Main (km)	14	27	34	34	23	11	24	17	6	49
Sewer Length Branch (km)	48	122	259	259	173	86	207	347	116	269
Sewer Total (km)	62	149	293	293	195	98	231	364	121	318
Sewer Construction Start Year	2016	2016	2025	2028	2033	2038	2021	2030	2036	2028
Sewer Construction Period (Years)	3	5	3	5	5	3	6	6	5	8

出典：JICA 調査団

表 11.2 が作成した財務シミュレーションモデルである。この分流/二次処理ケースでは初年の下水料金は水道料金の 80%水準である 0.08 ドル/m³ (2013 年)、これが年率 3%で少々するものという設定である。2040 年以降この設定では毎年 34 百万ドルの経常的な余剰が生じ、これを総て借款の返済に充てるという想定でも、2080 年における債務は 104 億ドルにまで増加するという結果になっている。財務的には維持できるようにするためには、更に財政的な工夫が必要ということがいえる。

表 11.2 財務シミュレーション：分流2次処理型、料金年率3%上昇

非公開情報

表 11.2 財務シミュレーション：分流2次処理型、料金年率3%上昇

非公開情報

表 11.2 財務シミュレーション：分流2次処理型、料金年率3%上昇

非公開情報

11.3.3 財源計画

下水道施設整備のための資金調達は短期と長期の計画を要する。下水サービスは一般に資本集約型の事業であり、上下水道サービス人口比率が比較的低い現状下、まだ所得水準の低いミャンマーにおいて利用者の負担によって総ての資金調達をすることは不可能である。基本的な調達方法としては、ミャンマー政府が円借款を代表とする低利の開発資金を利用し、ヤンゴン市に転貸、下水道事業の余剰の中から元利返済していくというスキームである。価格政策において検討したように、下水事業は利用者の汚水排除という個人の利便以上に環境保全という公共の福利に資する面が大きいのが特徴である。下水道施設を公共財としてとらえるならば、施設整備に必要な資本のすべてを利用料金でまかなう必要はなく、政府の直轄事業とみなす、あるいは必要資金の一部を補助金でまかなうこともあり得る。

作成した財務シミュレーションモデルを使って、政府による補助と利用者負担（料金設定）の関係を検討する。

前提：借り入れ金利の利率は年利3%に設定する。円借款の利率はミャンマーに対して1%以下であり、世銀IDA、およびADBの低所得国に対する金利も同程度である。ただすべての資金をこうした低利融資で調達できるかは不明であり、いわゆる市場金利で調達する必要に迫られる可能性もあり得る。また、ミャンマーが中期的に低所得国から躍進して所得中進国に発展することも前提とすれば、将来の金利がより市場金利に近づく可能性も否定できない。こうした可能性を考慮に含めて平均金利は3%に設定する。

11.3.4 財務シミュレーション結果

財務シミュレーションの結果は次の通りである。

表 11.3 公的補助/処理方式別-財務シミュレーション結果

公的資本 補助率	分流/二次処理	インターセプター/ 二次処理	インターセプター/ 一次処理
80%	3.9%/Year= 0.22 /m ³ In 2040	2.7%/Year= \$ 0.16/m ³ In 2040	1.7%/Year= \$ 0.13/m ³ In 2040
60%	5.0%/Year= 0.30 /m ³ In 2040	3.9%/Year= \$ 0.22/m ³ In 2040	3.0%/Year= \$ 0.18/m ³ In 2040
40%	5.9%/Year= \$ 0.38/m ³ In 2040	4.9%/Year= \$ 0.29/m ³ In 2040	4.0%/Year= \$ 0.23/m ³ In 2040
0%	7.3%/Year= \$ 0.53/m ³ In 2040	6.3%/Year= \$ 0.41/m ³ In 2040	5.4%/Year= \$ 0.33/m ³ In 2040

出典：JICA 調査団

資本補助率 80%のケース：

- 分流/二次処理型の場合には、下水料金を年率 3.9% ずつ上昇させ、2013 年の USD 0.08/ m³ の料金を 2040 年には USD 0.22/ m³ (以後一定) とすると 2080 年までに借入金の元本・利子を完済することができる (資料編 C、表 C.1)。
- インターセプター/二次処理型の場合には年率 2.7% の料金上昇、2013 年の USD 0.08/ m³ の料金を 2040 年に USD 0.16/ m³ (以後一定) とすることで 2080 年までに借入金の元本・利子を完済することができる (資料編 C、表 C.2)。
- インターセプター/一次処理型の場合には年率 1.7% の料金上昇、2013 年の USD 0.08/ m³ の料金を 2040 年に USD 0.13/ m³ (以後一定) とすることで 2080 年までに借入金の元本・利子を完済することができる (資料編 C、表 C.3)。

資本補助率 60%のケース：

- 分流/二次処理型の場合には、下水料金を年率 5.0% ずつ上昇させ、2013 年の USD 0.08/ m³ の料金を 2040 年には USD 0.30/ m³ (以後一定) とすると 2080 年までに借入金の元本・利子を完済することができる (資料編 C、表 C.4)。
- インターセプター/二次処理型の場合には年率 3.9% の料金上昇、2013 年の USD 0.08/ m³ の料金を 2040 年に USD 0.22/ m³ (以後一定) とすることで 2080 年までに借入金の元本・利子を完済することができる (資料編 C、表 C.5)。
- インターセプター/一次処理型の場合には年率 3.0% の料金上昇、2013 年の USD 0.08/ m³ の料金を 2040 年に USD 0.18/ m³ (以後一定) とすることで 2080 年までに借入金の元本・利子を完済することができる (資料編 C、表 C.6)。

資本補助率 40%のケース：

- 分流/二次処理型の場合には、下水料金を年率 5.9% ずつ上昇させ、2013 年の USD 0.08/ m³ の料金を 2040 年には USD 0.38/ m³ (以後一定) とすると 2080 年までに借入金の元本・利子を完済することができる (資料編 C、表 C.7)。
- インターセプター/二次処理型の場合には年率 4.9% の料金上昇、2013 年の USD 0.08/ m³ の料金を 2040 年に USD 0.29/ m³ (以後一定) とすることで 2080 年までに借入金の元本・利子を完済することができる (資料編 C、表 C.8)。
- インターセプター/一次処理型の場合には年率 4.0% の料金上昇、2013 年の USD 0.08/ m³ の料金を 2040 年に USD 0.23/ m³ (以後一定) とすることで 2080 年までに借入金の元本・利子を完済することができる (資料編 C、表 C.9)。

最初の資本補助率 0%のケース：


- 分流/二次処理型の場合には、下水料金を年率 7.3% ずつ上昇させ、2013 年の USD 0.08/ m³ の料金を 2040 年には USD 0.53/ m³ (以後一定) とすると 2080 年までに借入金の元本・利子を完済することができる (資料編 C、表 C.10)。
- インターセプター/二次処理型の場合には年率 6.3% の料金上昇、2013 年の USD 0.08/ m³

の料金を 2040 年に USD 0.41/ m³ (以後一定) とすることで 2080 年までに借入金の元本・利子を完済することができる (資料編 C、表 C.11)。

- インターセプター/一次処理型の場合には年率 5.4%の料金上昇、2013 年の USD 0.08/ m³ の料金を 2040 年に USD 0.33/ m³ (以後一定) とすることで 2080 年までに借入金の元本・利子を完済することができる (資料編 C、表 C.12)。

以上、資本補助率で借款の返済のための必要な下水料金は大きく変動することが認められる。

11.3.5 財源実現性の評価

マクロの財務的な投下資本規模としては  という目標数字が出ている。これに対してはインターセプター型二次処理あるいは一次処理の方式は一応、目標に近いが、完全な分流/二次処理型では目標値を超えている。しかしながら、この数値目標も仮定に基づくものであり、その実現性についてはよりミクロな分析が必要である。財務シミュレーションはよりミクロな必要な料金増加率と 2040 年の料金という形で検証を可能にする。上述の支払い可能額の分析から求められた 0.28 ドル/m³(2040 年)を上限値として上記の財務シミュレーションを再度行い、最低限必要な公的資本補助率を算出すると次のようになる。

- 1) 分流/二次処理方式：公的資本補助 65%以上必要
- 2) インターセプター/二次処理：公的資本補助 42%以上
- 3) インターセプター/一次処理：公的資本補助 20%以上

以上の結果は下水道整備という公的資本整備による水系環境保全をどの程度、公共で負担すべきかという国民合意水準によって整備の方式を変えることが望ましいという結果と解釈することもできる。最も、経済的なインターセプター型の場合には低い資金補助率で支払い可能能力の上限値を下回る料金設定を可能にしている。しかしながら、資本補助無しのケースでは支払い可能額の上限をこえる可能性も高い。支払い可能額の分析の節にあるように、ヤンゴン市の世帯所得分布は低所得者が大きく膨らんだ形になっている。低所得者にとって、上下水道料金支出は大きな経済インパクトを持ちうるため、政治的な判断がなされる可能性も大きい。実際に大部分の住民に支払い能力があるかどうか、住民の所得分布を含めた詳細な調査を行う必要がある。困難を伴う貧困層が存在する場合、先述した累進料金制度による負担軽減の程度をどの程度にすればよいかも検討されねばならない。詳細な調査結果に基づいた新しい料金体系を検討する事が望まれる。

留意点として、シミュレーション結果はすべて設定した GDP の伸び、料金の伸び等に依存したものであるという点である。また、料金増加率にインフレーション分は含めておらず、すべてが実質の伸びである。ここでは詳しく触れていないが、想定にある毎年の料金改定は、正常な保守運営の為に望ましい。これらの点に配慮しつつ、将来の経済動向と照らし合わせて整備計画は漸次見なおしていく必要がある。

11.3.6 分散型下水処理の財源計画

以上検討したように下水道事業には多大な資金を必要とし、整備には長い時間を必要とする。提案する事業が実現しても、ヤンゴン市人口の5割の汚水しか処理できない。残りの市民の汚水を特に家庭雑排水を垂れ流しにするのは環境衛生上大きな問題を残す可能性が大である。日本で90年代からとられている方法は、下水道事業対象区域以外での合併処理槽の推進である。基本的には家庭あるいは集合住宅で個別に処理を行うものであるが、この設置にも約4割の補助金を政府が提供している。前述の建設資金補助の財務分析の結果が示すように、おそらく下水事業を全て受益者負担で行う事は不可能である。同様に個別の合併処理槽の導入は全く市場に任せれば、初期投資の大きさから普及が進まず、水環境悪化を野放しにする事になりかねない。社会公正の観点からすれば、個別の合併処理槽にも下水道整備と同率の資本補助がなされるべきである。

合併処理槽の推進には次の2点が重要である。

- 1) 下水道整備地区と非整備地区の区分けの都市計画上の線引きを行う。
- 2) 非整備地区で合併処理槽を導入する場合には下水道整備への資本補助と同率の資本補助を公的に行う。

提案する分散型の下水処理を推進するには法整備も必要と考えられる。

第12章 IEE レベルの環境社会配慮

12.1 環境社会配慮の必要性

プロジェクトの実施及び建設された施設の運営は、大気・水・土壌・生態系等の環境、非自発的住民移転、土地利用、水利用等の社会へ負の影響を及ぼす。これらの負の影響は可能な限り、回避・最小化・もしくは緩和されなければならない。環境社会配慮は、プロジェクトに関する主要な決定や約束がなされる前に、プロジェクトによる社会・環境への影響の予測、評価をし、影響を回避・最小化・緩和をするためのプロセスである。環境社会配慮調査には、ベースラインデータの収集、負の起こり得る影響の予測及び評価、緩和・回避・最小化する方策の提案が含まれる。

環境社会配慮調査はプロジェクトのレベルにより、内容と深度が変わる。戦略的環境アセスメント（SEA: strategic environmental assessment）は政策・計画・プログラムの策定にあたり、環境やその他持続可能のための観点から考慮されることを目的とした体系的な策定支援プロセスである。初期環境評価（IEE: initial environmental examination）と環境影響評価（EIA: environmental impact assessment）はプロジェクトに適用され、プロジェクト実施による起こりうる環境社会影響を評価するものである。これら評価には代替案の分析、影響の予測・評価、緩和策とモニタリング計画策定が含まれる。IEE は既存データや簡単な調査に基づく調査であり、EIA はより詳細な現場の調査により実施される。

12.2 マスタープランに対する IEE レベルの環境社会配慮

前述「2.6 節」の通り、「ミ」国の環境社会配慮にかかる法制度は発展途上であり、根幹となる環境保護法には環境影響評価に関する記述はない。SEA を含む EIA に関する法制度、環境基準等は MOECF により作成中とのことであるが、内容については不明である。そのため、「ミ」国の EIA に関する法制度が発効するまでは、JICA の環境社会配慮ガイドライン（2010 年 4 月）（以下「JICA ガイドライン」）を適用する。本調査内におけるマスタープラン調査段階においては、戦略的環境アセスメントの基本的考え方により IEE レベルの環境社会配慮調査を実施する。SEA とは、事業段階のいわゆる環境影響評価（EIA）ではなく、初期の政策や計画段階に対する環境影響評価をいう。

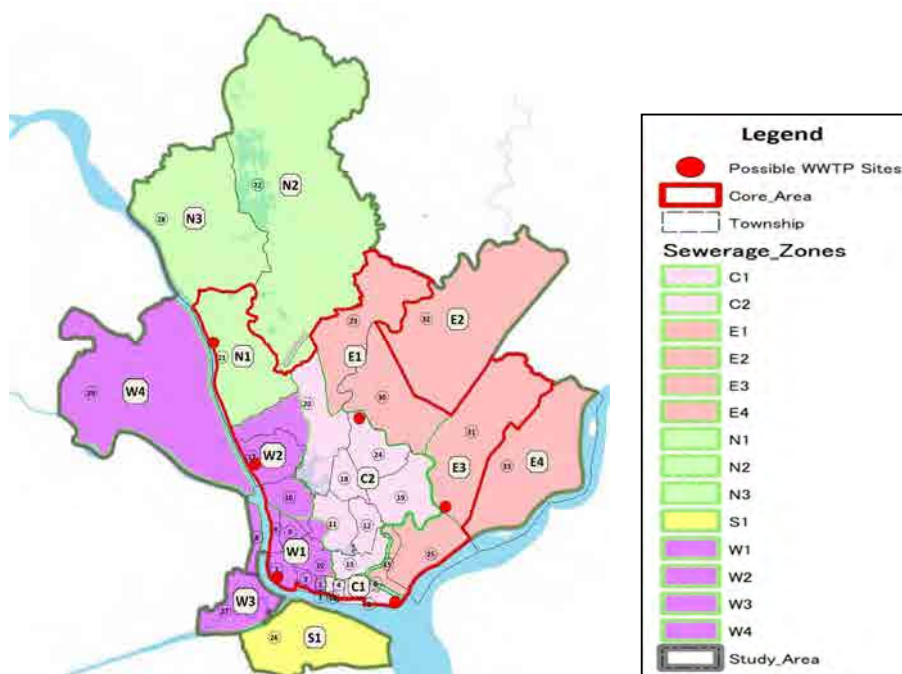
本調査では、M/P における汚水処理方式の策定をひとつのプログラムと捉え、SEA の基本的考え方に基づいて、プログラムレベルでの評価を実施する。M/P の代替案の比較検討が行われる場合、環境影響の比較に加えて、代替案の経済性、実現可能性、社会・経済的インパクト等を総合的に評価した。

12.3 マスタープランの代替案の設定

マスタープランの代替案は、2040年の汚水処理方式に関する代替案を設定した。

- ゼロ・オプション：現状のまま新規の下水処理施設は建設しない。ただし新たに増加する人口は従来通り腐敗槽を設置する。
- 代替案1：下水道を建設（普及率50%）し、整備地域外の新たに増加する人口は腐敗槽を設置する。
- 代替案2：下水道を建設（普及率50%）し、整備地域外の新たに増加する人口は合併浄化槽あるいはコミュニティプラントを設置する。

なお、下水道施設により処理される範囲は下記の通りである。



出典：JICA 調査団

図 12.1 2040年下水処理区

下水道の普及率については、2040年時点の水道普及率、及び近隣諸国の下水道整備率と一人当たりGDPの相関から、設定されている。詳細については第5章を参照。

12.4 評価項目の選定

SEA代替案評価にあたり、戦略的環境影響評価項目及び主な影響を下記の通り設定した。

表 12.1 戦略的環境影響評価項目

評価項目	主な影響
用地取得及び非自発的住民移転	<ul style="list-style-type: none"> ● 下水処理場、下水管渠建設のために必要となる土地 ● 土地の取得による非自発的住民移転の発生
土地利用及び地域資源利用	<ul style="list-style-type: none"> ● 取得が必要となる土地への影響
生活・生計	<ul style="list-style-type: none"> ● プロジェクトによる住民の生活への影響 ● 下流の水利用への影響
保護区/文化遺産	<ul style="list-style-type: none"> ● ヤンゴン地域内の保護区への影響
景観	<ul style="list-style-type: none"> ● 景観に配慮の必要な施設への影響
少数民族・先住民族	<ul style="list-style-type: none"> ● 少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響 ● 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利の尊重
水質	<ul style="list-style-type: none"> ● 河川・排水路の水質への影響
廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> ● 下水処理により発生する污泥処分
土壌汚染	<ul style="list-style-type: none"> ● 未処理汚水・腐敗槽からの土壌への浸水による影響
悪臭	<ul style="list-style-type: none"> ● 下水処理場、河川、排水路から発生する悪臭による影響
生物・生態系	<ul style="list-style-type: none"> ● 処理水の放流、未処理汚水の流入による影響

出典：JICA 調査団

12.5 評価項目に関する現況

12.5.1 用地取得及び非自発的住民移転

下水処理場を建設するための用地が必要となる。ヤンゴン市内で用地取得が必要となった場合は、Ministry of Home Affair に許可を申請し、許可を得た後に新聞に1か月間用地取得の掲示を行い、土地所有者に通達する。その後 YCDC の General Administration Department が全ての手続きを行うとのことである。より詳細な用地取得手続きについてはF/S段階で調査を行う。なお、用地取得はJICAガイドラインを満たす形で実施する必要があり、F/S時に必要に応じ簡易住民移転計画を作成する。なお、用地取得により影響を受ける資産については再取得価格での補償が必要である。

全調査対象地域に下水処理場を建設する場合には、下記の面積が必要となる。腐敗槽については建物建設時に付随する施設であり特別に土地の取得は必要とならない。

表 12.2 下水処理場必要面積（将来の下水道計画区域）

Sewerage Zone	Population (person)	W. Flow (m ³ /day)		Area (ha)	WWTP Area (ha)	Township
		Daily Ave.	Daily Max.			
C 1	178,127	64,276	70,213	499	6.4	Pazundaung, Botahtaung, Kyauktada, Pabedan
C 2	1,191,499	452,548	492,264	6,102	21.4	a part of Bahan, Mingalar Taung Nyunt, Tamwe, South Okkalapa, Thingangyun, Yankin, a part of Mayangone
W 1	483,058	169,214	184,247	1,654	11.7	Lanmadaw, Latha, Dagon, a part of Bahan, a part of Kyee Myin Daing, Ahlone, Sanchaung, a part of Kamaryut
W 2	349,512	116,999	126,410	2,356	9.2	Hlaing, a part of Kamaryut, a part of Mayangon
W 3	74,419	14,512	15,628	1,485	2.5	A part of Kyee Myin Daing, Seikgyikhanaungto
W 4	737,724	191,809	206,563	7,761	12.5	Hlaing Tharyar
N 1	377,188	129,633	139,691	3,163	9.8	Insein
N 2	906,748	294,693	317,362	12,783	16.3	Mingaladon
N 3	514,954	100,416	108,140	5,271	8.4	Shwe Pyi Thar
E1	710,656	232,953	252,094	5,184	14.2	North Okkalapa, North Dagon
E 2	1,183,320	269,207	289,915	17,064	15.4	East Dagon
E 3	920,933	243,849	263,583	5,418	14.5	Dawbon, Taketa, South Dagon
E4	399,111	77,827	83,814	4,202	7.1	Dagon Seikkan
S 1	490,032	127,409	137,210	9,840	9.7	Dala
Out of SZ	2,241	971	1,046	117		Seikkan
Total	8,519,522	2,486,316	2,688,180	82,899	159.2	

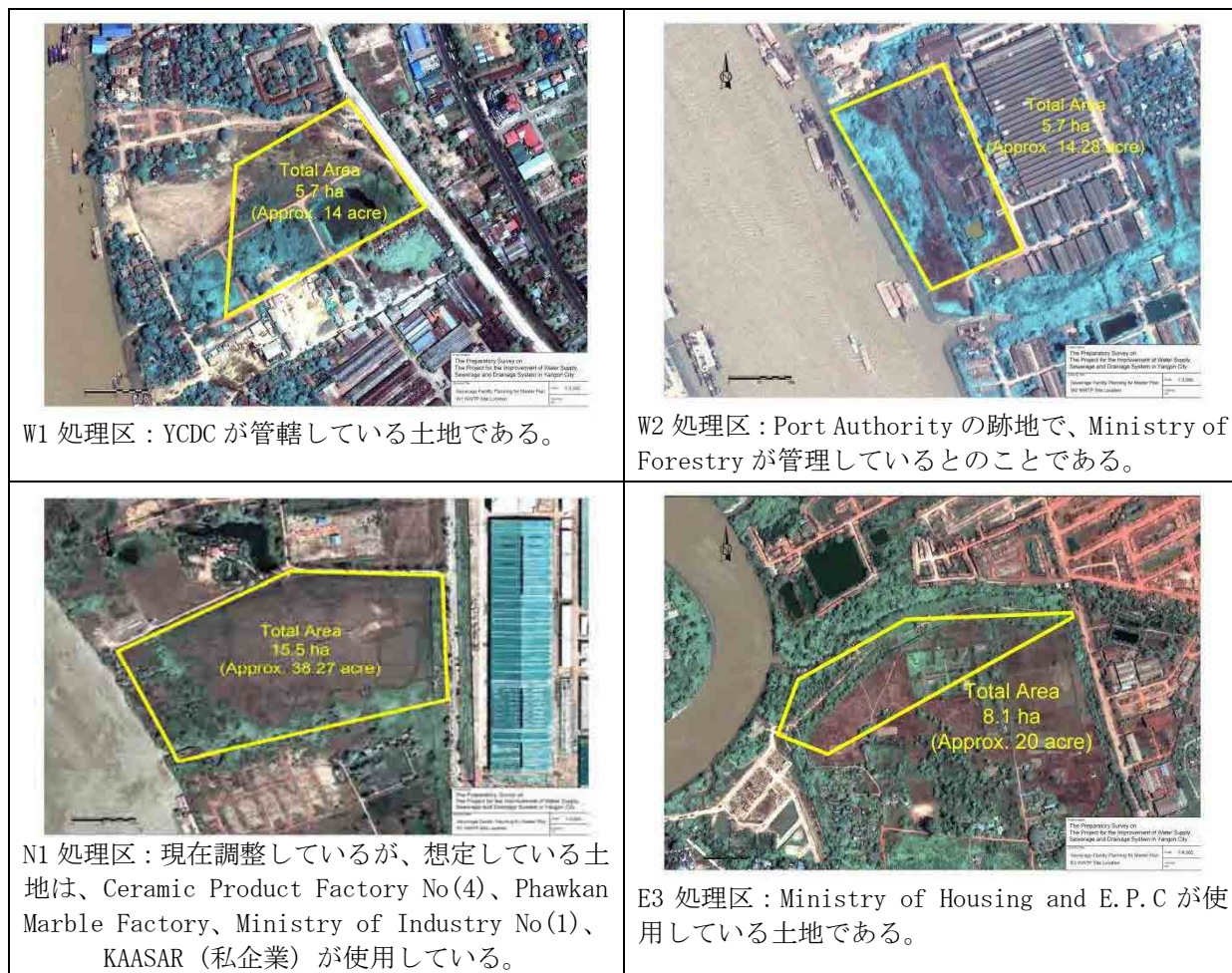
注：C2 と E1 は処理分区で C2+E1 処理区となる

出典：JICA 調査団

12.5.2 土地利用及び地域資源利用

下水処理場の予定場所としては、現在いかなる用途にも使われていない場所を可能な限り選択することとする方針で選定を進めてきた。現在提案をヤンゴン市長に提出しており、今後関係省庁と交渉して最終的に用地が決定する見込みである。現時点で判明している土地利用につき、下図に示す。

<p>C1 処理区：既存の施設の拡張を行う。拡張部分は海軍が使用しており、Ministry of Transport と土地利用について YCDC が協議をしている。</p>	<p>C2+E1 処理区：Ministry of Defense と Ministry of Information が使用権を有する土地である。</p>



出典：JICA 調査団

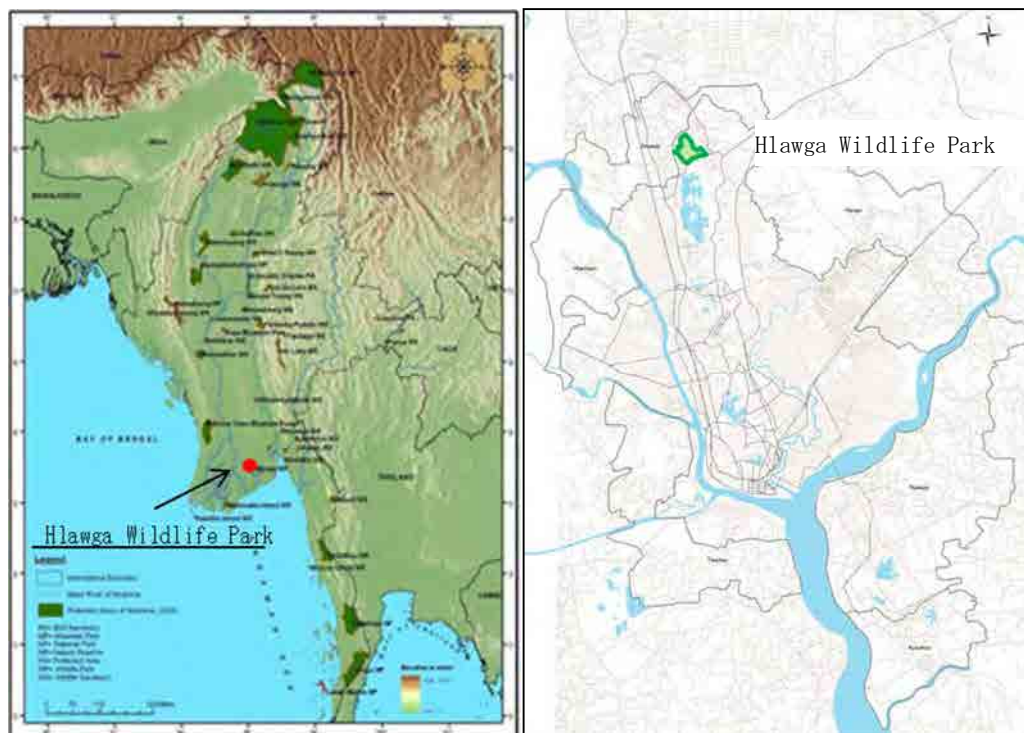
図 12.2 各処理区の処理場予定地

12.5.3 生活・生計

下水処理場に必要となる用地取得は、現在使用されていない土地、かつ政府所有の土地を選定しており、用地取得による住民の生活・生計への影響は想定されない。下水処理場からの処理水が河川へと放流されるが、下流は農業・飲料用水等に使用されておらず影響はない。

12.5.4 保護区/文化遺産

下図に「ミ」国の保護区（野生動物公園、野生動物保護区、野鳥保護区）を示す。本調査対象地域内に存在するのは、Hlawga 野生動物公園 1 つである。ヤンゴン市から 35 km 離れた場所に位置し、敷地は 6.2 km²、内 3.1 km² が野生動物公園、0.3 km² がミニ動物園、2.7 km² がバッファゾーンで構成されている。この動物公園はヤンゴン近郊での環境教育、Hlaga 湖の森林・植生の保護、「ミ」国特有の哺乳類、爬虫類、鳥類を自然な形で集め、観察できるという目的のために 1982 年に設立された。下水道整備地区からは遠く離れており、保護区への影響はない。



出典：(左) Fourth National Report to the United Nations Convention on Biological Diversity, Ministry of Forestry, 2009、(右) JICA 調査団

図 12.3 保護区

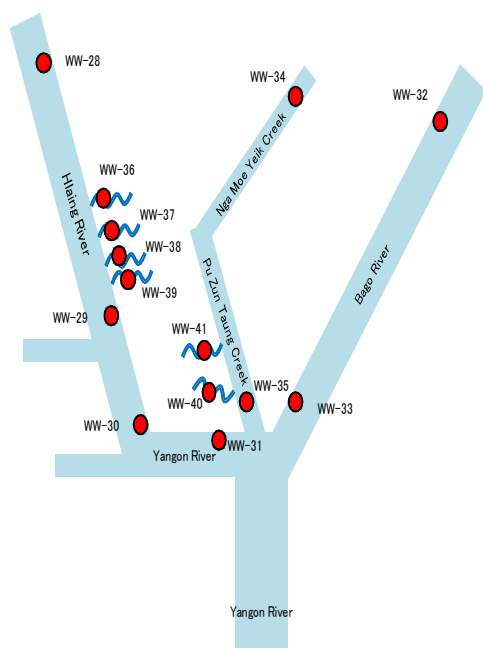
ヤンゴン市内には1950年以前に建設された189の歴史的建造物が1996年にYCDCにより保護の対象としてリストアップされた。これらは市の南部に集中しており、中心区域の下水処理場建設により影響を受ける可能性がある。

12.5.5 景観

下水処理場は現在利用されていない場所で住宅地から離れた場所を選定していることから、周辺には特に配慮が必要となる景観はないと判断している。

12.5.6 水質

現在ヤンゴン市の下水道サービスを受けている人は人口の5.8%であり、さらにトイレの排水のみの収集・処理であり、雑排水は未処理のまま雨水排水路へ排出されている。下水道サービスに接続していない家庭ではトイレ排水を腐敗槽で処理している、もしくは全ての汚水を未処理のまま雨水排水路へ排出している。本調査内において河川と雨水排水路からサンプルを取り水質の検査を行った。



Sample No.	Location of Sampling Point
WW - 28	River -1 (Hlaing River, Wartayar Village, upstream)
WW - 29	River -2 (Hlaing River, midstream)
WW - 30	River -3 (Hlaing River, downstream, Myanmar Industrial Port)
WW - 31	River -4 (Yangon River, Near Bo Ta Htaung Pagoda)
WW - 32	River -5 (Bago River, upstream)
WW - 33	River -6 (Bago River, downstream, Near Thanlyin - Yangon Bridge)
WW - 34	River -7 (Nga Moe Yeik Creek)
WW - 35	River -8 (Pu Zun Taung Creek)
WW - 36	Drainage Canal -1 (Pauk Tar Chaung)
WW - 37	Drainage Canal -2 (Yoe Gyi Chaung)
WW - 38	Drainage Canal -3 (Thamaing Chaung)
WW - 39	Drainage Canal -4 (Padauk Chaung)
WW - 40	Drainage Canal -5 (Tbebyu Chaung)
WW - 41	Drainage Canal -6 (Nat Chaung)

出典：JICA 調査団

図 12.4 採水地点（河川、排水路）

分析の結果、以下が判明している。

- 市街地域の主要排水路は生活雑排水等により汚濁が進行している。排水路の水質は河川の水質のそれぞれ約 2.4 倍(COD)、約 1.0 倍(BOD)、窒素 12.2 倍、リン 4.4 倍である。
- 雨期の河川 (Hlaing River、Yangon River、Bago River) は流量が多く、河川の水質汚濁は排水路と比較して軽微である。しかしながら、主要な河川の水質分析結果として COD 72 mg/l (48~128 mg/l)、BOD 36 mg/l (27~50 mg/l) が得られており、その水質は良好であると判定できない。

なお、乾季の水質は次回現地調査時に実施する予定となっているが、雨季の結果よりさらに悪いものと想定できる。

表 12.3 河川・排水路の水質分析結果 (COD、BOD)

	COD _{Cr} (mg/l)		BOD (mg/l)		T-N (mg/l)		T-P (mg/l)	
	Range	Average	Range	Average	Range	Average	Range	Average
河川	48~128	72	27~50	36	0.84~1.49	1.15	0.05~0.59	0.24
排水路	96~224	171	6~62	36	5.42~22.5	14.09	0.30~1.78	1.05
排水路/河川	-	2.4 倍	-	1.0 倍	-	12.2 倍	-	4.4 倍

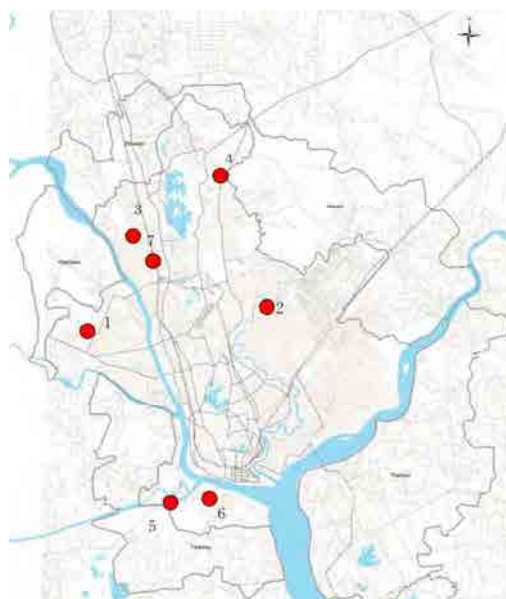
出典：JICA 調査団

12.5.7 廃棄物

PCCD は 2011 年～2012 年にかけて廃棄物発生量の調査を行い、ヤンゴンでは一日一人当たり 0.396 kg の廃棄物が発生していることが明らかになった。有機性が 76%、プラスチックが 10%、紙・繊維が 4% という構成である。一日発生廃棄物の内 92%にあたる 1,550 トンが収集されている。収集廃棄物の内、62%が家庭ごみ、商業・市場からのゴミが 35%、病院からが 0.1%である。

最終処分場での廃棄物量は過去 5 年で一日 1,250 ～1,400 トンであり、2007 年から 2010 年にかけては減少傾向にあったものの、2010 年から 2011 年には増加した。

ヤンゴン市内には最終処分場が 2 つ、一時的に使用している処分場が 5 つある。Htein Bin と Htawe Chaung は 24 時間廃棄物を受け入れており、YCDC の PCCD によって運営されている。一時的な処分場についても PCCD が監督している。これら処分場は全て開放埋立方式である。



出典：2012 年 JICA 都市圏調査

図 12.5 既存廃棄物処分場位置図

表 12.4 既存廃棄物処分場概要

No.	Name	TSP/District	Area (ha)	Planned service period	Present condition
Disposal site					
1	Htein Bin	Hlaing Tha Yar / West	61	2002-2021	28 ha has been occupied with disposed waste
2	Htawe Chaung	North Dagon / East	60	2004-2015	19 ha has been occupied with disposed waste
Temporal site					
3	Shwe Phi Thar [Kyun Chaung]	Shwe Pyi Thar / West	1	1998-2015	There are two separate sites in operation within the area for rainy and dry season
4	Mingalar Done	Mingalar Done / North	1	2003-2012	Fence is set along the main road, A candidate site for future landfill
5	Seikkyi Khanaung	Seikkyi Khanaung / South	0.1	1962-?	
6	Dala	Dala / South	1	1950-?	A candidate site for future landfill
7	Damyongone Train Station, vegetable Market	Shwe Pyi Thar / North	5	2009-2012	Dumping is accepted for land reclamation. No fence at the site. This site is used in dry season.

出典：2012 年 JICA 都市圏調査

12.5.8 土壌汚染

土壌汚染についてのデータは入手できなかった。しかし未処理の汚水及び腐敗槽からの浸出水の土壌への浸透があり、土壌汚染が起きていると考えられる。






12.5.9 悪臭

悪臭は未処理汚水が流れ込む雨水排水路からは悪臭が発生している状況を確認した。住民意識調査では、排水路からの悪臭がとても悪い・悪いと答えているのが26%であり、悪臭の頻度については、洪水した時に毎回感じると答えたのが50%、たまにが23%とあまり気にしていないことが判明した。

12.5.10 生物・生態系

ミャンマーの生物多様性に関するリストは完成されていないが、153種の絶滅危惧種が存在している。そのうち、調査対象地域には、絶滅危惧IB類に属するのが4種（下表No. 1～4）、絶滅危惧II類に属するのが1種（下表No. 5）いるとのことである。どの種も生息地は森林が主であり、本プロジェクトでは森林に対する活動は実施されないことより、影響は想定されない。

表 12.5 絶滅危惧のある動植物

No.	Scientific name	Common name	Family	IUCN, 2011
1	Lissemys punctata 	Indian flap shell turtle	Trionychidae	Endangered
2	Indotestudo elongate 	Yellow tortoise	Testudinidae	Endangered
3	Python molurus bivittatus 	Burmese Python	Boidae	Endangered
4	Dipterocarpus alatus 	Kanyin-phyu	Dipterocarpaceae	Endangered
5	Hopea odorata 	Thin-gan	Dipterocarpaceae	Vulnerable

出典：2012年 JICA 都市圏調査

12.6 代替案分析

MP の代替案の比較検討にあたっては、環境社会項目に加えて、財務的評価、技術面の考察を入れ、影響を総合的に評価した。

表 12.6 代替案評価マトリックス

	環境項目	ゼロ・オプション（下水道なし）	代替案1（下水道+腐敗槽）	代替案2（下水道+コミュニティプラント）
環境 社会 影響 評価	用地取得及び非 自発的住民移転	下水処理場建設のための土地が必要ないため、取得もなく、非自発的住民移転も発生しない。今後増加する人口への腐敗槽建設は建物建設の際に義務付けられるため影響は発生しない。 D	下水処理場建設のための土地が必要となる。住居のない土地を選択するため非自発的住民移転は発生しない。今後増加する人口への腐敗槽建設は建物建設の際に義務付けられるため影響は発生しない。 B-	下水処理場建設のための土地が必要となる。住居のない土地を選択するため非自発的住民移転は発生しない。コミュニティプラント建設の土地が必要となる。 A-
	土地利用及び地 域資源利用	上述より土地利用及び地域資源利用に影響はない。 D	用地取得により既存の土地利用への影響が発生する。 B-	用地取得により既存の土地利用への影響が発生する。 B-
	生活・生計	影響はない。 D	影響はない。 D	影響はない。 D
	保護区/文化遺産	影響はない。 D	保護区への影響はない。 市内には歴史的建造物が多数あり、下水道整備地区において管の布設により影響を受ける可能性がある。 B-	保護区への影響はない。 市内には歴史的建造物が多数あり、下水道整備地区において管の布設により影響を受ける可能性がある。 B-
	景観	影響はない。 D	下水処理場は使用されていない土地や中心からは離れた場所に建設することから、周囲に配慮すべき景観はない。 D	下水処理場は使用されていない土地や中心からは離れた場所に建設することから、周囲に配慮すべき景観はない。 D
	少数民族・先住民 族	影響はない。 D	少数民族・先住民が居住している地域はプロジェクトサイトには存在しておらず、影響はない。 D	少数民族・先住民が居住している地域はプロジェクトサイトには存在しておらず、影響はない。 D
	水質	現在排出されている BOD 負荷量は 282 トン/日であるが、2040 年には 434 トン/日と 1.5 倍以上の汚濁が排水路を通じ河川へと流出し、水質汚染へと繋がる。 また 2040 年には一人当たり給水量が増加するため、未処理汚水量の増加による水質への影響も予測される。 A-	このケースでは人口が増加したにも関わらず、現在の 282 トン/日から 2040 年には 251 トン/日に削減され、水質が改善される。 下水処理場から処理水が放流されることによる下流への影響がありうる。 B+ / B-	このケースでは人口が増加したにも関わらず、現在の 282 トン/日から 2040 年には 131 トン/日に削減され、水質が改善される。 下水処理場から処理水が放流されることによる下流への影響がありうる。 A+ / B-

	環境項目	ゼロ・オプション（下水道なし）	代替案1（下水道＋腐敗槽）	代替案2（下水道＋コミュニティプラント）
12-12	廃棄物	汚濁の多くが未処理のまま排水路・河川へと流出するため、下水処理・腐敗槽からの汚泥量は今より少し増加するのみで、廃棄物量に大きな影響は出ない。 D	下水道からの汚泥と腐敗槽汚泥の処分が必要となる。現在は天日乾燥した上で公園等の肥料として利用されている。将来はコンポスト等として緑農地への再利用を促進するが、残りは廃棄物処分場で処分する必要がある。 B-	下水道とコミュニティプラントからの汚泥の処分が必要となる。現在は天日乾燥した上で公園等の肥料として利用されている。将来はコンポスト等として緑農地への再利用を促進するが、残りは廃棄物処分場で処分する必要がある。 B-
	土壌汚染	未処理汚水の土壌浸水で土壌汚染が進むと考えられる。 A-	下水道と腐敗槽による処理で未処理汚水量は減ると考えられ、土壌への影響は軽減される。 B+	下水道とコミュニティプラントによる処理で未処理汚水量は減ると考えられ、土壌への影響は軽減される。 A+
	悪臭	未処理で放流される汚水量が増加するため、雨水排水路及び河川からの悪臭の問題は増大する。下水処理場からも悪臭が発生するが、規模に対して稼働率が低いことと、周辺に住居はなく大きな影響とはならない。 B-	未処理で放流される汚水量の減少に伴い、雨水排水路及び河川からの悪臭は軽減される。腐敗槽は地下にあるため悪臭が発生するのはバキュームでの汲み取り時で一時的な影響である。下水処理場からはある程度の悪臭が発生するが、周辺に住居なく大きな影響とはならない。 B+ / B-	未処理で放流される汚水量の減少に伴い、雨水排水路及び河川からの悪臭は軽減される。コミュニティプラントからの悪臭の問題が出る可能性がある。下水処理場からはある程度の悪臭が発生するが、周辺に住居なく大きな影響とはならない。 B+ / B-
	生物・生態系	未処理汚水量が増加し、雨水排水路を通じて河川に流入するため、生態系への影響が考えられる。 A-	現在の汚濁負荷量は減少するため、生物・生態系への正の影響が期待できる。 A+	現在の汚濁負荷量は減少するため、生物・生態系への正の影響が期待できる。 A+
	財務的評価	現況のままでは追加的な資金が必要ではない。 D	下水道建設資金が必要となる。水道・下水道料金で賄う必要があることから、料金値上げが必要である。 B-	コミュニティプラントの建設費は腐敗槽の3～4倍で、運転には電力を必要とする。 B-
	技術的評価	-	腐敗槽のBOD除去率は約16%と下水道の90%に比べて低く、汚濁負荷量削減の観点からは不十分な施設である。腐敗槽で雑排水を処理できるようにするためには構造及び設置場所から考えて、不可能ではないが非常に限定される。 B-	コミュニティプラントはBOD除去率においては下水道と同様の90%程度であり、下水道と同様の効果が期待できる。価格が高いため、設置できる場所（高所得者層や商業施設等）が限られる。定期的な維持管理が必要である。 A+ / B-

	環境項目	ゼロ・オプション（下水道なし）	代替案1（下水道＋腐敗槽）	代替案2（下水道＋コミュニティプラント）
総合評価		現状のままでは人口増加及び水利用増加による未処理汚水量により環境に多大な影響が発生する。 <p style="text-align: center;">推奨されない</p>	下水処理施設と腐敗槽設置によりある程度の環境改善が見込まれる。 <p style="text-align: center;">推奨される</p>	下水処理施設を建設できない地域に下水道施設と処理能力がほぼ変わらない施設をつけることで、より大きな環境改善が見込まれる。 <p style="text-align: center;">高く推奨される</p>

A+/-： 重大な正負の影響が見込まれる。

B+/-： Aほどではないが正負の影響が見込まれる。

D： 影響は見込まれない。

出典：JICA 調査団

12.7 緩和策

上記で選択された最適案に対する緩和策を提言する。

(1) 用地取得及び非自発的住民移転

非自発的住民移転は発生しない見込みである。下水処理場として提案している場所は現在使われていない用地、もしくは使用しても住民への生活に影響を与えない所を選択している。取得にあたってはYCDCの担当部局と協議をし、用地取得が生じる場合は、規模に関わらずJICAガイドラインに従った住民移転計画もしくは簡易住民移転を策定し、補償方針、資格受給者を明確にする。

(2) 土地利用及び地域資源利用

上述の通り下水処理場予定地には現在使用されていない場所を選んでおり、土地使用及び地域資源利用に影響は与えない。

(3) 水質

下水処理場・コミュニティープラントからの処理水が河川、雨水排水路に放流されるが、その水質は放流基準を満たすものとする。

(4) 保護区/文化遺産

処理場の建設予定地には保護区、保護すべき文化遺産は存在しない。

(5) 大気汚染/騒音・振動

現在「ミ」国には大気環境、騒音・振動にかかる基準がないため、WHO等の国際基準を用いるなどして、建設・運営時の大気汚染、騒音・振動レベルが周辺住民にとって受け入れ可能な範囲になるよう、建設機械・車両の使用に制限を設けることとする。

12.8 ステークホルダー協議

SEAの過程において、情報公開と透明性は重要な要素の1つである。M/P構想及びSEAの結果の説明・協議のためにステークホルダー協議を開催し、情報公開を行った。ステークホルダー協議の目的は以下の通りである。

- ・ ヤンゴン市の上下水道・排水MP策定プロセスに関する情報の共有・公開
- ・ ステークホルダーとの意見交換

ステークホルダー協議の詳細は以下の通りである。

日時：2013年4月10日（水）9:00～13:00

会場：Traders Hotel

- アジェンダ： 1) 開催スピーチ
2) プレゼンテーション
 (i) Water Vision of Yangon City
 (ii) Master Plan for Water Supply in Yangon City
 (iii) Master Plan for Sewerage and Drainage in Yangon City
3) 質疑応答
4) 閉会挨拶

140名以上の幅広いステークホルダーの参加を得た。住民の代表として、直接選挙により選ばれたヤンゴン地域の国会議員、知見をもつ有識者として大学教授・アドバイザー、民間会社が参加した。参加者の構成は下記の通りである。

- 関連省庁：5
- 大学教授・アドバイザー：7
- 国会議員：8
- 引退した関連省庁・YCDC職員（アドバイザー）4
- 「ミ」国企業：12
- メディア：10～19人
- 日本企業：23
- JICA関係者：5
- 大使館・援助機関：4
- YCDC：78
- JICA調査団：7

ステークホルダー協議の資料としてコメント用紙を配り、参加者より積極的にコメント・意見を聴取できるよう配慮を行った。コメントについては質疑応答の際に読み上げ、それに対する回答を行った。

主なコメント・提言は以下の通りである。詳細は第2巻水道マスタープラン資料編Gの議事録にある。

- MP提案事業の早急な実施が必要。中でも、漏水削減のためのポンプと老朽管の更新、既存下水道システムの更新、Ngamoyeik貯水池とNyaughnapin浄水場を結ぶ水路のパイプへの転換（濁度と農薬等を避け、浄水費用の低減を図る）。
- 安全で正常な水を供給するため水道施設改善の早期実施が必要。
- 事業実施後の料金は高騰するが、住民は払えるのか。
- 都市、SEZ、工場地帯を網羅する総合的水利用計画が必要である。水配分、水価格等は総合的に決めるべきである。その意味で、調査団の提案した「水ビジョン」はヤンゴン開発計画の一部となる。
- 分散型汚水処理も検討し、水の再利用を図る。
- 既存下水道の改善と並び、既存セプティック・タンクの改良も重要である。
- 法制度について、例えば、工場下水道への排除基準等をM/Pで提示されたい。これらの情

報は現在ミャンマー政府が策定し、2014年に法制化を予定している基準設定に有益である。

- 水問題の専門家（ミャンマー）が水法の制定を行っているが、それへの（JICAの）支援が必要である。
- 広い分野をカバーしている JICA 調査を活用して、ヤンゴン市長は水法制定のリード役になる。JICA の支援を受けて YCDC が水法を制定するならば、水法の施行、モニタリングはより効果的であり効率的なものになる。しかして、YCDC はこのようなシステムティック・アプローチのパイオニアとなる。

第13章 フィジビリティ調査のための優先プロジェクトの選定

下水道の目的は、住居環境の改善と水路、河川の環境改善である。市街地では腐敗槽が相当数普及し住居環境は既に保たれている。もう一方の周辺環境であるが、排水路の水質は相当悪化し、ヤンゴン川等も悪化の兆しを見せている。その点では、下水道整備に対する優先度は高い。反面、下水道の施設整備費は巨額であるため、経済状況を勘案しながら施設整備を進めざるをえない。さらに、ヤンゴン市の水道の普及率がいまだ38%と低く、水道に対する事業費も巨額なものになる。従い、当面は水道整備を優先するものとし、下水は経済情勢が好転した段階で水道の後追いの整備をしていくことが現実的である。

以上の背景の下、下水道の優先プロジェクトは、本格的な資本投資を必要とする下水道区域の拡張とせずに、既存の下水道区域の改善整備のみとする。

加えて、ヤンゴン市民の憩いの場であり、2012年 JICA 世帯訪問調査の結果では、ヤンゴン市民にとってもっとも重要な公園として位置付けられているカンドージ湖の水質改善とする。この改善は、YCDC から強い要望が寄せられている。

優先プロジェクト（表 13.1）

- ① CBD をカバーする C1 処理区の下水道の改善
- ② 市民の憩いの中心であるカンドージ湖の浄化対策

前者は、既存の下水道処理区であるものの下水管の老朽化が激しいため、これを機会に近代的な分流式下水管に敷設替えするものである。

後者では富栄養化によりアオコが発生しているため、この抜本的対策を策定するものである。

表 13.1 優先プロジェクト

番号	プロジェクト名	施設内容	備考	緊急性/効果
SW-1	CBD 下水道改修・拡張プロジェクト	CBD 地区の既存下水道システムの分流式下水道への改善と処理場の拡張 <ul style="list-style-type: none"> • 下水本管・支管 (61.8 km) • 既存下水処理場の改修・拡張 (70,200m³/日、内拡張分 35,000m³/日) 	現在、エジェクターシステムで、し尿排水のみを収集している。システムを分流式に変更し雑排水・し尿排水を併せて処理する。また、腐敗槽汚泥も本処理場に移送され処理されている。	人口密度が最も高い地区であり、下水道の費用対効果が最も高い地域である。
SW-2	カンドージ湖水質改善プロジェクト	カンドージ湖の北側水路の遮集 <ul style="list-style-type: none"> • 遮集管 (2.0km) • 排水ポンプ場 • 雨水吐き室 (7箇所) カンドージ湖南側のレストラン排水対策	北側にはカンドージ湖に流入する水路は7本ありこれを遮集する。加えて、湖岸のレストラン排水を遮集する。	緊急性は高いヤンゴンを象徴する湖であり、市民の憩いの場である。意識調査では最も重要な場所としている。

第14章 浸水改善目標

「第1部第4章 雨水排除の現状」で述べたように、現在ヤンゴン市内各所で浸水が頻発している。現状では、浸水は小規模なものであり、住民及びYCDCの浸水被害に対する危機意識は高くないが、今後、ヤンゴン市の更なる都市化に伴い、浸水被害に対する経済損失額も増大していくことが予想される。また、生活雑排水を含む排水の溢水防止は、衛生環境及び景観の観点からも、早期の改善が求められることから、雨水排水施設整備に係る浸水改善目標を、下記のとおり設定した。

計画目標年 : 2040年

計画目標 : 市内中心部及びCBD地区における浸水被害の解消
計画目標年までに、市内中心部（既成市街地）の浸水被害を段階的に解消することを、施設整備計画目標とする。

対象排水区 : 市内中心部の主要22排水区及びCBD地区
施設整備計画の対象は、既成市街地である中心部22排水区及びCBD地区とする。当該地区における既存排水施設の管理はYCDCであり、今後YCDCが主体となって雨水排除（内水排除）計画を策定していく必要がある。
※計画対象区域外については、「16.3 将来開発区域における雨水排水施設整備に係る提言」を記載

第15章 排水施設整備 計画方針及び設計条件

15.1 計画方針

一般的な、雨水排水施設整備手法を下表に示す。施設整備計画の策定においては、これらの整備手法を適切に組み合わせ、放流先河川整備計画との整合にも配慮した効率的な施設整備計画とする必要がある。

こうした施設整備計画策定のためには、既存排水路の放流先河川の管理機関である農業灌漑省等、関連機関との調整が必要である。一方、現状においては、関連機関における治水対策方針及び計画が明確ではなく、貯留施設等の流出抑制型施設に対する計画条件を設定することが困難であるため、本調査においては、計画雨量に対する、流下型施設整備（管きょ及びポンプ場）を基本とした計画策定を行い、事業規模の把握に資するものとする。

なお、将来的には、施設整備だけでなく、高潮による浸水被害防止を目的とした地盤沈下対策としての地下水揚水規制や、民間開発事業者に対する雨水流出抑制施設設置の義務付け、さらには計画的な土地開発の指導等、関連規制/制度を整備し、総合的な雨水排水計画としていくことが肝要である。

表 15.1 雨水排水施設整備手法の分類

項目	整備手法
流下型施設整備	<ul style="list-style-type: none"> ・管きょ ・ポンプ場
流出抑制型施設整備	<ul style="list-style-type: none"> ・貯留施設 ・浸透施設
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・関連規制・制度整備 ・土地利用管理 ・降雨情報管理

出典：JICA 調査団

15.2 計画諸元

ヤンゴン市の雨水排水における現状、及び YCDC との協議を踏まえ、雨水排水施設概略計画策定のための計画諸元を、下表のとおり設定した。

計画の実施には長期間を要することから、当面は、既存排水路の浚渫やごみの回収、ごみ投棄の防止キャンペーン、局所的なボトルネックの改修等の対策を実施していくことが重要である。

表 15.2 雨水排水施設整備における計画諸元

項目	採用値	備考
(1) 計画目標年	2040年	上水道/下水道(汚水)整備計画との整合
(2) 降雨確率年	5年	農業灌漑省 計画諸元との整合 (出典: "Study on Drainage System of Mingalar Taung Nyunt Area", Fukken Co., LTD, Nov 2002) ※計画対象施設は、既成市街地における根幹的施設であるため、出来るだけ浸水に対する安全度を高める必要がある。一方で、過大な施設整備は、財政面からも事業実施が困難となるため、施設整備水準として、降雨確率5年程度が妥当であると判断した。
(3) 雨水流出量算定	合理式 $Q = \frac{1}{360} C \cdot I \cdot A$ ここに、 C: 流出係数 I: 降雨強度 A: 排水面積 <降雨強度式> $I = 1,115/t^{0.7}$ t: 流達時間	
(4) 流出係数	CBD地区: 0.8 CBD地区以外: 0.4~0.6	2040年における都市化(人口密度)を基に想定
(5) 計画外水位	+3.619	既往最高潮位

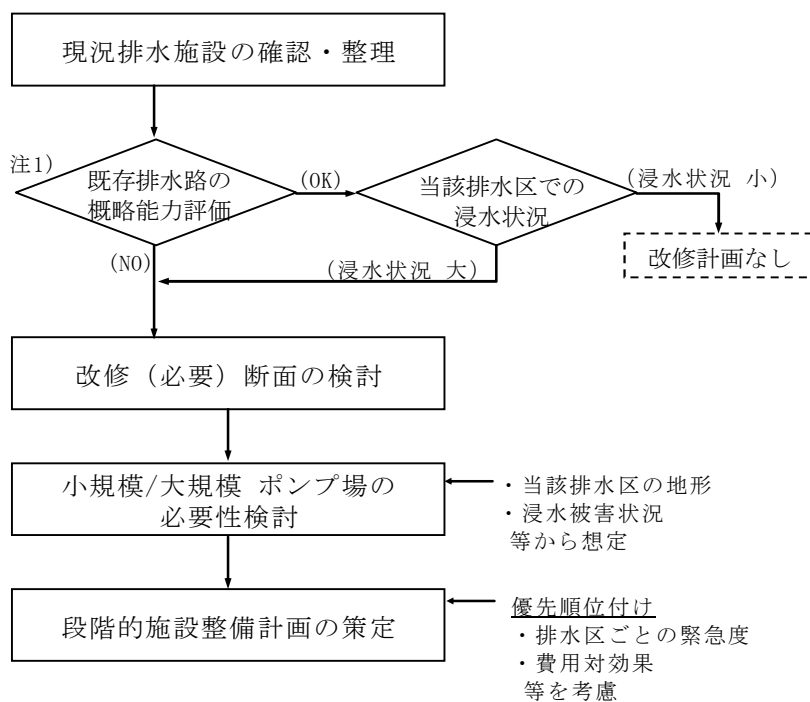
出典: JICA 調査団

第16章 排水施設整備計画

16.1 計画策定フロー

施設整備計画策定フローを下図に示す。施設計画にあたっては、現況排水路の能力評価及び現状での浸水被害状況に基づき、流下水路に対する必要断面の算定及びポンプ場の必要性検討を行った。また、整備計画策定においては、下記事項に配慮した。

- 優先順位付け
現状における浸水被害状況を踏まえて、排水区ごとの緊急度を考慮する。
- 段階的整備
効率的な施設整備となるよう、短期（～2020年）、中期（～2030年）、長期（～2040年）の段階的な対応を考慮する。



注1) 部分的な水路断面測量結果に基づく、流下能力の概略評価

図 16.1 雨水排水施設整備計画策定フロー

16.2 施設整備計画

設計方針及び設計条件を踏まえた施設整備計画を、図 16.2 及び表 16.1 に示す。また、既存排水路の流下能力評価及び施設計画に係る流量計算等を添付資料に附す。

施設計画にあたっては、前項の計画策定フローに従い、下記検討を行った。

(1) 現況排水施設（管路施設）の能力評価及び必要改修断面の算定

主要幹線排水路については、計画雨水量に対する速やかな流下能力が求められる。既存報告書（「Yangon Infrastructure and Environmental Services -Pre Feasibility Study, UNCHS/UNDP, Aug 1993」）における排水区画割りをベースに、排水路のルート・延長等については既存排水路の改修を前提として、改修断面の算定を行った。


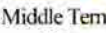

(2) ポンプ場の必要性検討

現況における浸水被害の発生状況を踏まえて、強制排水を必要とする区域にはポンプ場施設を計画した（浸水被害の状況については、第4章4.3「浸水状況」参照）。局所的な浸水被害に対しては、小規模ポンプ場（ゲートポンプ）による対応とした。また、地形的に自然排水による排水が困難と想定される排水区（排水区 No. 5, 11, 16 及び CBD）には、幹線水路流末に大規模ポンプ場を計画した。

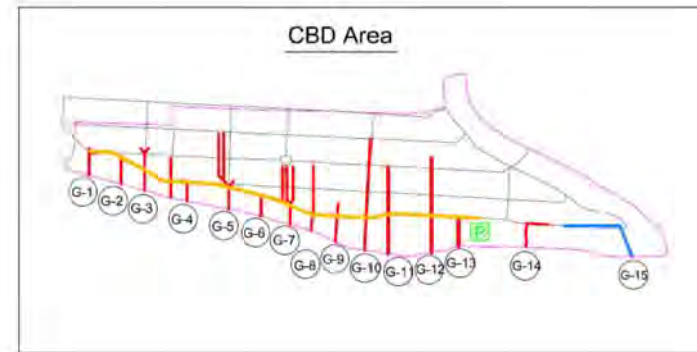
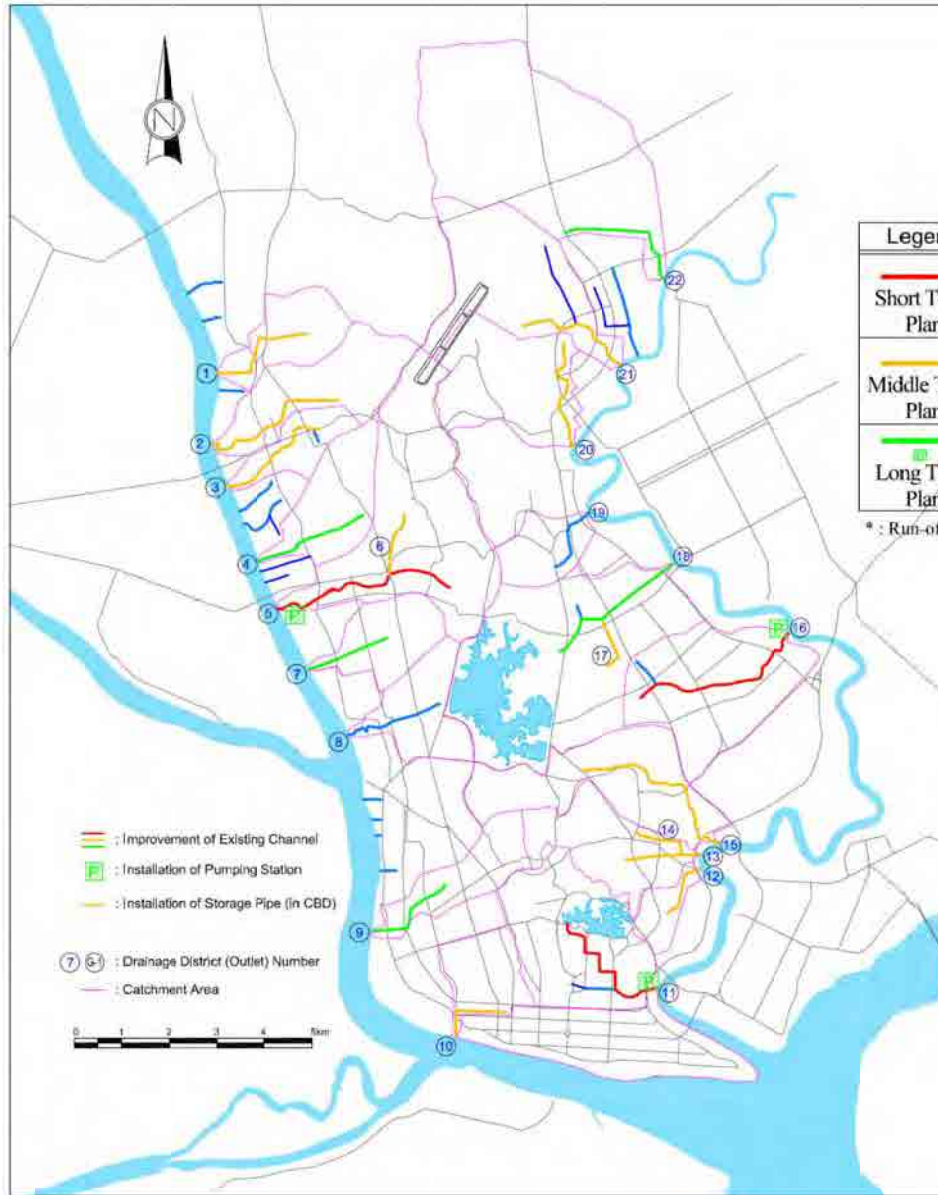
(3) 段階的施設整備計画の策定

現状において、浸水被害の発生が報告されている排水区については、早期の浸水解消を実現するため、短期及び中期計画に位置づけた。中でも、浸水被害の規模・頻度が大きく、改善の緊急度が高い、排水区 No. 5, 11, 16 及び CBD を短期計画とした。一方で、これらの排水区に計画されている大規模ポンプ場については、費用対効果の観点からも、早期の事業実施が容易ではないため、大規模ポンプ場の建設のみ、長期計画として位置づけた。なお、CBD 地区における大規模ポンプ場への流入管については、CBD 地区の浸水被害に対する安全度を早期に高めるため、中期計画において貯留管として活用する計画とした。

The Improvement Plan of Drainage Facilities

Legend	Purpose of Plan	Measures	Target Areas
 Short Term Plan	Mitigation of Inundation in Emergency Area	(1) Improvement of Existing Channel (2) Installation of Small-scale Pump [Gate-pump]	5, 11, 16, CBD
 Middle Term Plan	Mitigation of Inundation in Whole Area	(1) Improvement of Existing Channel (2) Installation of Small-scale Pump [Gate-pump] (3) Installation of Storage Pipe in CBD	1, 2, 3, 6, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 20, 21, CBD
 Long Term Plan	Elimination of Inundation in Entire Area	(1) Improvement of Existing Channel (2) Installation of Pumping Station (3) Installation of Run-off Control Facilities*	4, 5, 7, 9, 11, 16, 18, 22, CBD

*: Run-off control facilities should be installed actively even in Short/Mid term plan stage.



出典：JICA 調査団

図 16.2 雨水排水施設整備 計画一般図

表 16.1 雨水排水施設整備 概要

番号	排水区	吐口番号	段階的整備計画						備考							
			段階1整備 (~2020) 【浸水区域に関する局所的な対応】		段階2整備 (~2030) 【中期的な規模施設投資】		段階3整備 (~2040) 【長期的な施設投資】		管施設		ポンプ施設		貯留施設			
			管施設	ポンプ施設	管施設	ポンプ施設	貯留施設	管施設	ポンプ施設	貯留施設	管施設	ポンプ施設				
			・既設水路の改造	・小規模施設投資 (ゲートポンプ)	・既設水路の改造	・小規模施設投資 (ゲートポンプ)	・大規模幹線の設置	・既設水路の改造	・大規模施設投資 (ポンプ場)	・オンサイト施設の設置	計画断面 (m)	延長 (m)	計画排水量 (m ³ /min)	設置個所数	計画排水量 (m ³ /min)	設置個所数
1	Ywa ma Chung Area	①		○	○						4.50×2.25 ~6.50×3.25	2,770	200	2		
2	Ka thre Chung Area	②		○							6.50×3.25 ~8.00×4.00	2,610				
3	Paik aw Chung Area	③		○	○						4.50×2.25 ~6.50×3.25	2,460	200	2		
4	Yoe gyi Chung Area	④						○			6.00×3.00 ~7.00×3.50	2,050				
5	Tha maing Chung Area	⑤	○	○					○		5.00×2.50 ~10.00×5.00	4,410	200	4	5,370	1
6	Aung thak Chung Area	⑥			○						8.50×4.25 ~9.50×4.75	1,250				
7	Pa dauk Chung Area	⑦						○			5.50×2.75 ~7.50×3.75	1,480				
8	Kamayut Chung Area	⑧						△			4.50×2.25 ~7.00×3.50	2,360				
9	Khin Chung Area	⑨						○			5.50×2.75 ~6.00×3.00	1,840				
10	Ywa thit Chung Area	⑩		○							4.00×2.00 ~7.00×3.50	1,630				
11	Thabyu Chung Area	⑪	○	○					○		8.50×4.25 ~9.50×4.75	3,420	200	5	4,470	1
12	Aung minglar myopar Chung Area	⑫						○			3.50×1.75 ~5.00×2.50	1,330				
13	Moemaia Chung Area	⑬			○	○					5.00×2.50 ~8.00×4.00	1,800	200	1		
14	Nat Chung Area	⑭			○	○					5.50×2.75 ~6.50×3.25	1,340	200	2		
15	Kunipintain Chung Area	⑮			○	○					7.00×3.50 ~8.50×4.25	4,740	200	3		
16	Kyaiksan Chung Area	⑯	○	○					○		6.00×3.00 ~9.50×4.75	4,370	200	3	5,300	1
17	Bemyang Chung Area	⑰			○	○					8.00×4.00 ~12.00×6.00	1,120	200	2		
18	Yeipauk-kyi Chung Area	⑱						○			8.00×4.00 ~12.00×6.00	3,230				
19	Zwazon Chung Area	⑲						△			3.50×1.75 ~6.50×3.25	1,320				
20	Shwethi Chung Area	⑳			○	○					4.00×2.00 ~7.50×3.75	1,990	200	4		
21	Thunandar Chung Area	㉑			○	○					5.00×2.50 ~7.50×3.75	4,480	200	4		
22	Dankyoe	㉒						○			6.50×3.25 ~8.50×4.25	9,010				
23	War Dan St. Area	G-1	○								□2.20×2.20	295				
24	Lanthit St. Area	G-2	○								□2.40×2.40	348				
25	Phone Gyi St. Area	G-3	○								□2.60×2.60	366				
26	Lanmadaw St. Area	G-4	○	○							□3.20×3.20	637	200	1		
27	Bo Ywa St. Area	G-5	○	○							□3.20×3.20	889	200	1		
28	Sula Pagoda Rd. Area	G-6	○	○							□3.20×3.20	1,220	200	1		
29	Maha Bando la Garden St. Area	G-7	○	○							□2.20×2.20	984	200	1		
30	Pansoden St. Area	G-8	○					○			□2.80×2.80	1,009			2,280	1
31	Bo Aung Kyaw St. Area	G-9	○								□2.60×2.60	1,164				138,500 (中期計画) ※長期計画 においては、 68,000m ³
32	Thain Phyu Rd. Area	G-10	○	○							□3.40×3.40	1,223	200	1		
33	Bo Myat Tin St. Area	G-11	○	○							□3.00×3.00	1,134	200	1		
34	Bonhtsang Pagoda Rd. Area	G-12	○								□3.00×3.00	1,209				
35	Bonhtsang Rd. Area	G-13	○								□4.40×4.40	1,033				
35	Mya Nandar Yeik Thar St. Area	G-14	○								□4.40×4.40	520				
36	Mya Nandar Yeik Thar St. Area	G-14	○								□3.20×3.20	632				

注1: ○は各対策の実施を示す。

注2: △は将来の都市化の状況等により、必要に応じて対策を実施する。

出典: JICA 調査団

16.3 施設整備に係る環境社会配慮面からの提言

既存の雨水排水路は不法に投棄されたゴミで詰まっている状況がしばしば見られ、雨季になるとゴミにより排水されずに周辺に溢れ出す状況となっている。また、排水路のすぐ脇に住居や店、小屋等が建てられている。今後、雨水排水路の清掃、拡張が実施される際には、このような住居や小屋により実施が阻害されることが考えられる。そのため、施設整備にあたっては、下記の対応が合わせて取られなければならない。

- 啓発活動による排水路へのゴミ不法投棄による影響の認識、不法投棄禁止のための市民の意識及び行動改革の推進
- 不法住居・不法居住者への法による規制、罰則の確立
- 雨水排水路拡張による不法居住者の立ち退きが発生する場合、法に基づいた補償の実施

16.4 将来開発区域における雨水排水施設整備に係る提言

ヤンゴン市では現在も都市化が進んでおり、特に周辺タウンシップでは、今後更なる都市開発を推進していくことが予想される。こうした地域では、都市化の進捗に伴い雨水流出量も増大していくため、適切な雨水排水施設整備が必要となる。

将来の施設整備にあたっては、従来の河川改修や排水路整備といった、雨水を速やかに流出させる対策に加え、雨水を貯留・浸透させることで、流出時間を遅らせ、雨水流出量そのものを減少させるといった流出抑制手法の活用が、効果的・効率的な施設整備を実施するうえで重要となる。

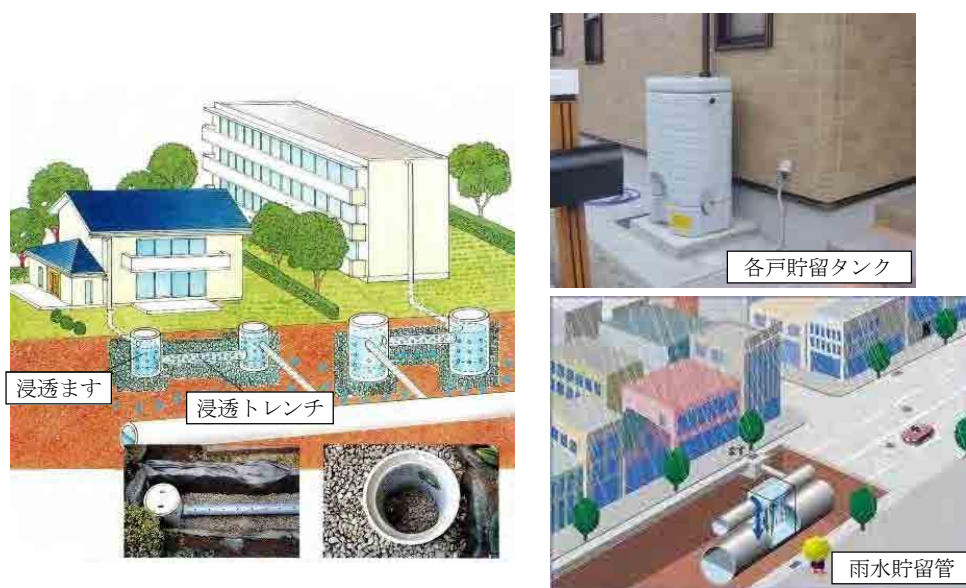
雨水流出抑制は、単に施設による対応だけでなく雨水が管渠に流出する以前の対策、すなわち、適正な土地利用計画に基づく都市化の抑制、治水機能としての水田及び緑地の保全等、土地開発管理が重要である。開発行為に対する行政の適切な指導及び規制を強化し、土地開発部局の他、河川部局、道路部局といった関連部局との連携をとりながら、総合的な雨水排水対策を実施していくことが求められる。

下表及び下図に、雨水流出抑制施設の種類、施設イメージ図を付す。

表 16.2 雨水流出抑制施設の種類

項目		整備手法
貯留型	オンサイト貯留	<ul style="list-style-type: none"> • 公園貯留、校庭貯留 • 駐車場貯留、広場貯留 • 各戸貯留 • 公共施設用地での貯留
	オフサイト貯留	<ul style="list-style-type: none"> • 雨水調整池 • 雨水貯留管 • 治水緑地整備
浸透型		<ul style="list-style-type: none"> • 浸透地下トレンチ、浸透側溝 • 浸透雨水マス • 浸透性舗装 等

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 16.3 雨水流出抑制施設のイメージ

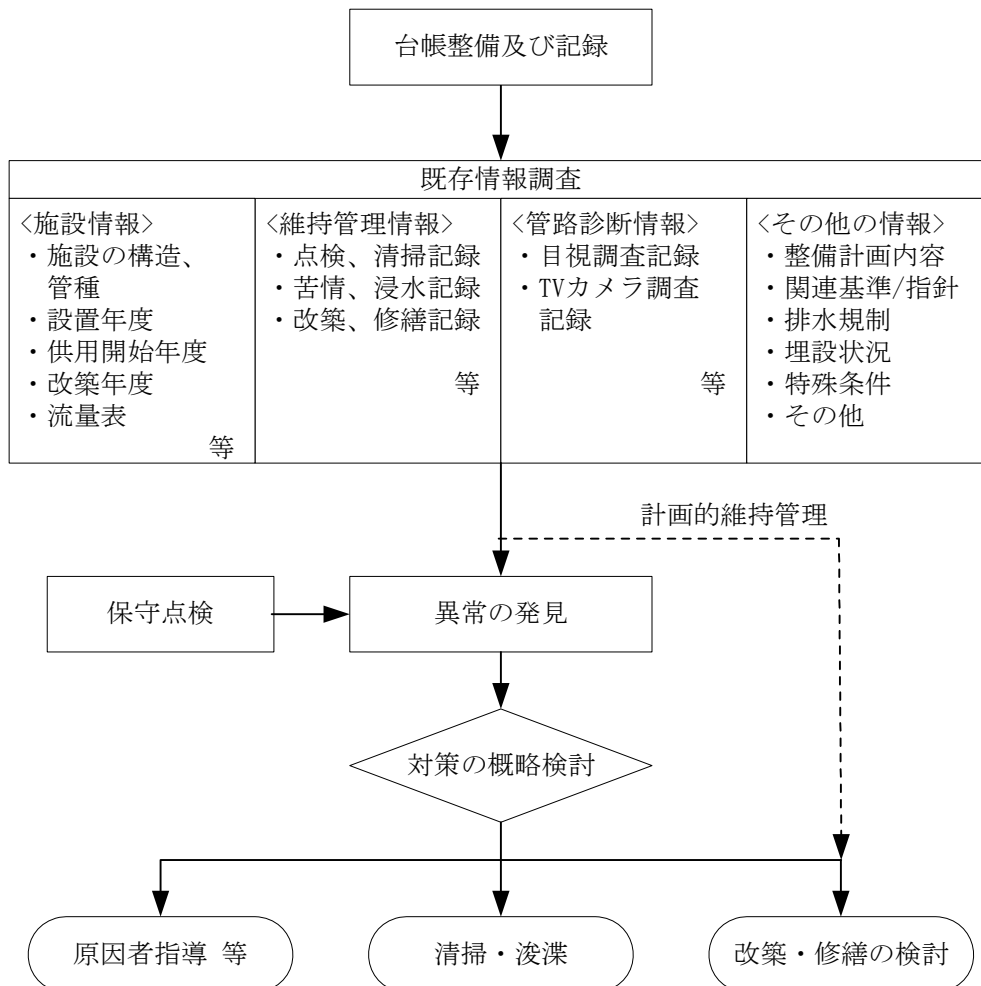
第17章 排水施設の維持管理計画と能力開発

17.1 維持管理業務の流れ

排水施設維持管理の主な作業は、1) 保守・点検、2) 清掃・浚渫、3) 老朽管（水路）の補修・修繕、4) 排水路調査 等のほか、5) 施設台帳・記録を管理する必要がある。

また、将来的に建設されるポンプ場に関しては、これらの作業に加え、1) 雨天時のポンプ運転管理、2) 沈砂・スクリーンかすの除去、3) 機器設備の保守及び定期点検 等が必要となる。

維持管理業務の実施においては、これらの作業を適正に実施し、また、各作業間の連携（情報のフィードバック）を行うことで、計画的・予防的な維持管理とすることが重要である。下図に管路施設における維持管理業務フローを示す。



出典：JICA 調査団

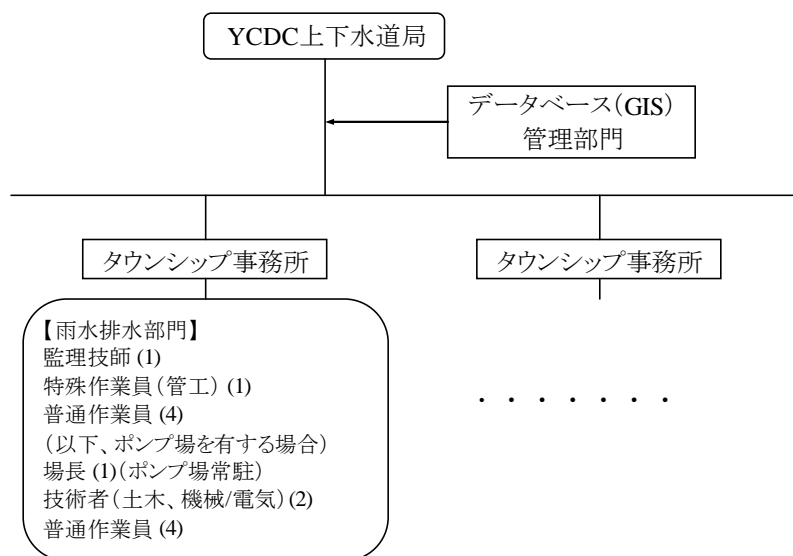
図 17.1 雨水排水施設（管路施設）維持管理業務フロー

17.2 維持管理体制

雨水排水施設の維持管理のために必要な組織図（案）を下図に示す。

雨水排水施設は、複数のタウンシップに存在するため、YCDC タウンシップ事務所（もしくは地区事務所）ごとに雨水排水施設管理部門を設置する。また、YCDC 水供給・衛生局は、全タウンシップの維持管理業務を統括する役割を担い、データベース（GIS）管理部門と連携し各タウンシップの施設管理情報を集計・管理する。

各部門に必要な職種は図示のとおり。YCDC 及び各タウンシップ事務所は、施設整備の進捗にあわせ、必要な人材を確保していく必要がある。また、必要に応じて維持管理業務の外部委託を活用し、効率的な維持管理体制とすることが重要である。



出典：JICA 調査団

図 17.2 雨水排水施設 維持管理体制(案)

17.3 能力開発

現在 YCDC の組織には、雨水排水施設を管理する独立した部署がない。このため、前述した維持管理体制の構築には、既存の水供給・衛生局から異動する一部の職員を除き、経験の浅い人材の新規採用が必要となる。一方、これらの職員には、維持管理業務に関する経験・技術が不足している。適切な維持管理を継続的に実施するためには、組織体制の整備と併せて、職員レベルでの十分な能力開発が不可欠である。

能力開発プログラムは、以下の手順により実施する。

- YCDC 担当部署に対するトレーニングニーズアセスメントの実施
- 各分野の専門家による OJT、各種講義及び研修の実施
- 能力開発プログラム実施に対するモニタリング及び評価

能力開発プログラムの内容（例）を下表に示す。

表 17.1 能力開発プログラム(例)

範囲	内容
一般/事業管理	<ul style="list-style-type: none"> - プロジェクトマネジメント（他国支援プロジェクト含む） - 財務、会計、予算、IT アプリケーション、人材開発等に関するトレーニング - 事業マネジメントマニュアル/ハンドブックの整備
排水施設管理	<ul style="list-style-type: none"> - O&M マニュアルの整備 - 施設維持管理に関するトレーニング (1) <u>管路（排水路）の維持管理に関する研修</u> <ul style="list-style-type: none"> ① 管路の点検、清掃/浚渫、及び補修/改築 ② 防潮ゲートの保守/点検、補修/更新 ③ 維持管理記録 等 (2) <u>ポンプ場の維持管理に関する研修</u> <ul style="list-style-type: none"> ① 沈砂・スクリーンかす除去及び処分 ② ポンプ運転管理 ③ 機械電気設備の保守/点検、修繕/更新 ④ 運転管理/維持管理記録 等
データベース /GIS	<ul style="list-style-type: none"> - GIS を用いたデータベースの構築 - データベース活用に関するトレーニング
環境管理	<ul style="list-style-type: none"> - 環境管理計画の整備 - 環境管理（モニタリング含む）に関するトレーニング
広報・広聴	<ul style="list-style-type: none"> - パンフレットの配布、説明会の実施等の広報活動に関するトレーニング - アンケートの実施、地域集会の開催等の広聴活動に関するトレーニング

出典：JICA 調査団

第18章 排水施設整備のプロジェクトコスト

18.1 積算条件

積算時点は、2012年12月の平均とし、交換レートは1USD=84.64円とする。

建設工事は、以下の条件に基づき算出した。

- 土木・建築資材、労務費および建設機械は国内での調達が可能のため、現地調達を基本とする。
- 機械・電気設備は、EU諸国等の第三国調達を含む海外調達を基本とする。調達先は、品質性能、経済性および維持管理性等に配慮して調達する。
- 施工実施体制には現地業者の活用を優先する。
- 現地の自然条件（地勢・地質条件、気象条件）および法規・慣習に考慮した施工計画とする。

18.2 プロジェクトコスト

18.2.1 資本費用

非公開情報

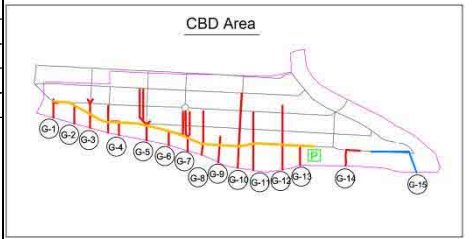
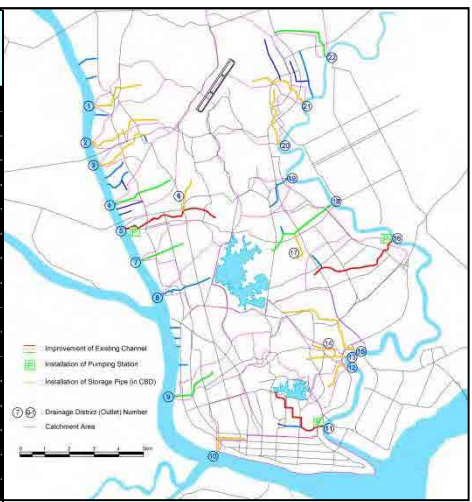
表 18.1 各事業の概算工事費

非公開情報

また、表 18.2 に排水施設位置、仕様、着手時期及び概算事業費を示す。

表 18.2 排水施設位置、仕様、着手時期及び概算

番号	排水区	吐口番号	段階的整備計画						備考					概算工事費(百万円)					概算事業費(百万円)		
			段階1整備(~2020)		段階2整備(~2030)		段階3整備(~2040)		管施設		ポンプ施設			貯留施設	排水渠	雨水貯留槽	ポンプ施設			合計	
			管施設 既設水路の 改造	ポンプ施設 小規模施設 の設置	管施設 既設水路の 改造	ポンプ施設 小規模施設 の設置	貯留施設 大規模貯留 の設置	管施設 既設水路の 改造	ポンプ施設 大規模施設 の設置	貯留施設 オンサイト 施設の設置	計画断面 (m)	延長 (m)	小規模施設 計画排水量 (m ³ /min)				設置個数	大規模施設 計画排水量 (m ³ /min)			設置個数
1	Yw ma Chaung Area	①							450×225 ~850×325	2,770	200	2				1,772	0	283	0	2,055	2,419
2	Ka thwe Chaung Area	②							850×325 ~800×400	2,610						2,767	0	0	0	2,767	3,257
3	Pank tau Chaung Area	③							450×225 ~550×275	2,460	200	2				1,416	0	283	0	1,699	2,000
4	Yoe yi Chaung Area	④							600×300 ~700×350	2,050						1,649	0	0	0	1,649	1,940
5	Tha maing Chaung Area	⑤	○	○					500×250 ~1000×500	4,410		4	5,370	1		5,605	0	566	12,383	18,554	21,838
6	Aung theik Chaung Area	⑥							850×425 ~950×475	1,250						1,781	0	0	0	1,781	2,097
7	Pa duk Chaung Area	⑦							550×275 ~750×375	1,490						1,266	0	0	0	1,266	1,491
8	Kamayut Chaung Area	⑧							450×225 ~700×350	2,360						1,533	0	0	0	1,533	1,804
9	Kwin Chaung Area	⑨							550×275 ~600×300	1,840						1,229	0	0	0	1,229	1,447
10	Yw a thit Chaung Area	⑩							400×200 ~700×350	1,630						1,046	0	0	0	1,046	1,231
11	Thebyu Chaung Area	⑪	○	○					850×425 ~950×475	3,420		5	4,470	1		4,986	0	707	11,894	17,587	20,700
12	Aung myinglar myapat Chaung Area	⑫							350×175 ~500×250	1,330						488	0	0	0	488	574
13	Moemaka Chaung Area	⑬							500×250 ~800×400	1,800	200	1				1,350	0	141	0	1,491	1,755
14	Nat Chaung Area	⑭							550×275 ~800×325	1,340	200	2				925	0	283	0	1,208	1,422
15	Kunpinlain Chaung Area	⑮							700×350 ~850×425	4,740	200	3				5,738	0	424	0	6,162	7,252
16	Kyalkar Chaung Area	⑯	○	○					600×300 ~950×475	4,370		3	5,300	1		5,446	0	424	11,814	17,684	20,814
17	Seny aung Chaung Area	⑰							800×400	1,120	200	2				1,385	0	283	0	1,668	1,964
18	Yeypank-kyi Chaung Area	⑱							800×400 ~1200×600	3,230						5,275	0	0	0	5,275	6,208
19	Zw e z on Chaung Area	⑲							350×175 ~500×250	1,320						541	0	0	0	541	637
20	Shwehik Chaung Area	⑳							400×200 ~750×375	1,990	200	4				1,432	0	566	0	1,998	2,352
21	Thamandar Chaung Area	㉑							500×250 ~750×375	4,480	200	4				2,895	0	566	0	3,461	4,073
22	Danilyoe	㉒							850×325 ~850×425	9,010						7,399	0	0	0	7,399	8,709
23	Wat Dan St. Area	G-1	○						□220×220	295											
24	Lanthit St. Area	G-2	○						□240×240	348											
25	Phone Gyi St. Area	G-3	○						□260×260	386											
26	Lamadau St. Area	G-4	○	○					□320×320	637	200	1									
27	Bo Ywe St. Area	G-5	○	○					□320×320	889	200	1									
28	Sule Pagoda Rd. Area	G-6	○	○					□320×320	1,220	200	1									
29	Maha Bandoola Garden St. Area	G-7	○	○					□220×220	984	200	1									
30	Pansodan St. Area	G-8	○						□280×280	1,009			2,280	1		20,438	19,811	707	7124	48,080	56,591
31	Bo Aung Kyaw St. Area	G-9	○						□260×260	1,164											
32	Thain Phyu Rd. Area	G-10	○	○					□340×340	1,223	200	1									
33	Bo Myat Tun St. Area	G-11	○	○					□300×300	1,134	200	1									
34	Botahatung Pagoda Rd. Area	G-12	○						□300×300	1,209											
35	Botahatung Rd. Area	G-13	○						□440×440	1,033											
35	Mya Nandar Yeik Thar St. Area	G-14	○						□440×440	520											
36	Mya Nandar Yeik Thar St. Area	G-14	○						□320×320	632											
合計									12,683						78,362	19,811	5,233	43,215	146,621	172,575	



18-2

注1: ○は各対策を実施する。
注2: △は将来の状況により、必要に応じて対策を実施する。

出典: JICA 調査団

18.2.2 維持管理費

排水事業に必要な維持管理費用を下記に示す。電気代を除く人件費とスペアパーツ代で年間約4.6億円であるが、排水ポンプ及びポンプゲートの稼働状況により電気代が追加される。電気代は全排水ポンプが1日稼働すると電気代は201.5百万円/日となる。

表 18.3 排水事業の年間維持管理費用

単位：億円

区分	費用（百万円/年）
人件費	23.4 (0.3)
スペアパーツ	436.0 (5.2)
汚泥処理	0 (0)
薬品費	0 (0)
その他	13.2 (0.2)
合計	459.4 (5.7)

() 内は、百万USD

*全排水ポンプが1日稼働すると電気代は201.5百万円/日となる。

出典：JICA 調査団

18.3 財源計画

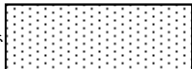
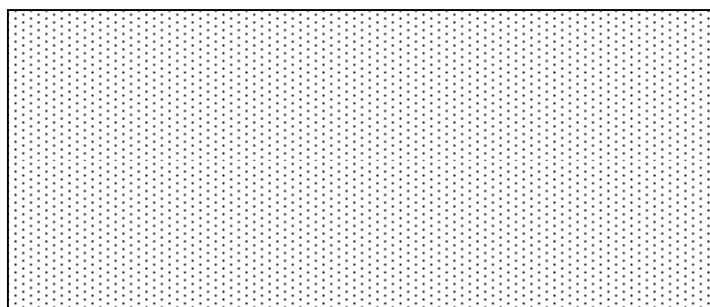
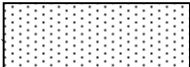
表現在特定されている排水対策事業は総額で  とかなり大規模である。財源としては当面は開発金融機関からのソフトローンを活用することが資金調達が一番の方法であると考えられる。上下水道事業のようにサービス対価として料金収入を得られるわけではない。今回第一優先順位として提示されている地域はCBD及び排水路5番、11番、16番である。これらの排水路のカバーする流域は決まっているので、それ以外の地域がこの事業裨益効果からは除外されることになる。その意味ではかなり地域的偏向があるのも事実である。地域不公正をただす方法としては、洪水管理区という線引きを明確に規定し、その地域の固定資産税に上乗せする形で洪水制御税を創設して上乗せする方法がある。これは裨益する住民にのみ課税されるので不公平を改善するのに寄与すると考えられる。その額、課税方法などについてはさらに調査が必要で、実現には新たな税金の創設のための立法も必要となるであろう。

表 18.4 排水事業優先順位別事業費



下水道の財源のマクロフレームで検討したように、2040年のヤンゴンの一人当たりGDPを

5,600 ドルと想定すると、債務率を 50%として更にその 5%で一人当たり 140 ドルであるが、先にも議論したように裨益地域がかなり限られているので  は規模としては上限を超えていると判断される。