

ミャンマー連邦共和国
ヤンゴン市開発委員会 (YCDC)

ミャンマー国
ヤンゴン市下水道分野
情報収集・確認調査報告書

平成 31 年 2 月
(2019 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

東大
JR
19-014

ミャンマー連邦共和国
ヤンゴン市開発委員会 (YCDC)

ミャンマー国
ヤンゴン市下水道分野
情報収集・確認調査報告書

平成 31 年 2 月
(2019 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

為替レート (2018年5月)

JPY/USD = 110

MMK/USD = 1,320

JPY/MMK = 0.0833

調査対象地域の定義

行政界		タウンシップ・グループ	タウンシップ名称		処理区	調査対象地域
ヤンゴン地域	ヤンゴン市	中心商業区	Latha	ラター	W1	√
			Lanmadaw	ランマドー	W1	√
			Pabedan	パベダン	C1	√
			Kyauktada	チャウタダー	C1	√
			Bothtaung	ボータタウン	C1	√
			Pazundaung	パズンタウン	C1	√
		内環状地区	Ahlon	アロン	W1	
			Kyee Myin Daing	チーミンダイン	W1/W2	
			Sanchaung	サンチャウン	W1	
			Dagon	ダゴン	W1	√ ¹
			Bahan	バハン	C2/W1	
			Tarmwe	タムウェ	C2	
			Mingalar Taung Nyunt	ミンガラータウンニユン	C2	
			Seikkan	セイカン		
		外環状地区	Dawbon	ドボン	E3	
			Kamaryut	カマーユツ	W1/W2	
			Hlaing	ライン	W2	
			Yankin	ヤンキン	C2	
		北部郊外地区	Thingangyun	ティンガンヂュン	C2	
			Mayangone	マヤンゴン	C2/W2	
			Insein	インセイン	N1	
		旧郊外地区	Mingalardon	ミンガラドン	N2	
			North Okkalapa	ノースオッカラパ	E1	
			South Okkalapa	サウスオッカラパ	C2	
		南部郊外地区	Thaketa	タケタ	E3	
			Dala	ダラ	S1	
		新郊外地区	Seikgy ikhanaungto	セイッカナウント	W3	
			Shwe Pyi Thar	シュウェピタ	N3	
			Hlaing Tharyar	ラインタヤ	W4	
			North Dagon	ノースダゴン	E1	
	South Dagon		サウスダゴン	E3		
	East Dagon		イーストダゴン	E2		
	その他タウンシップ (ヤンゴン市周辺)	Dagon Seikkan	ダゴンセイカン	E4		
		Kyauktan	チャウタン			
		Thanlyin	タンリン			
		Hlegu	レグ			
Hmawbi		モビ				
Htantabin		タンタビン				
Twantay		トゥワンテ				
Taikkyi		タイチー				
Kawhmu		カウム				
Kungyangon		クンジャンゴン				
Kayan	カヤン					
Thongwa	トンワ					

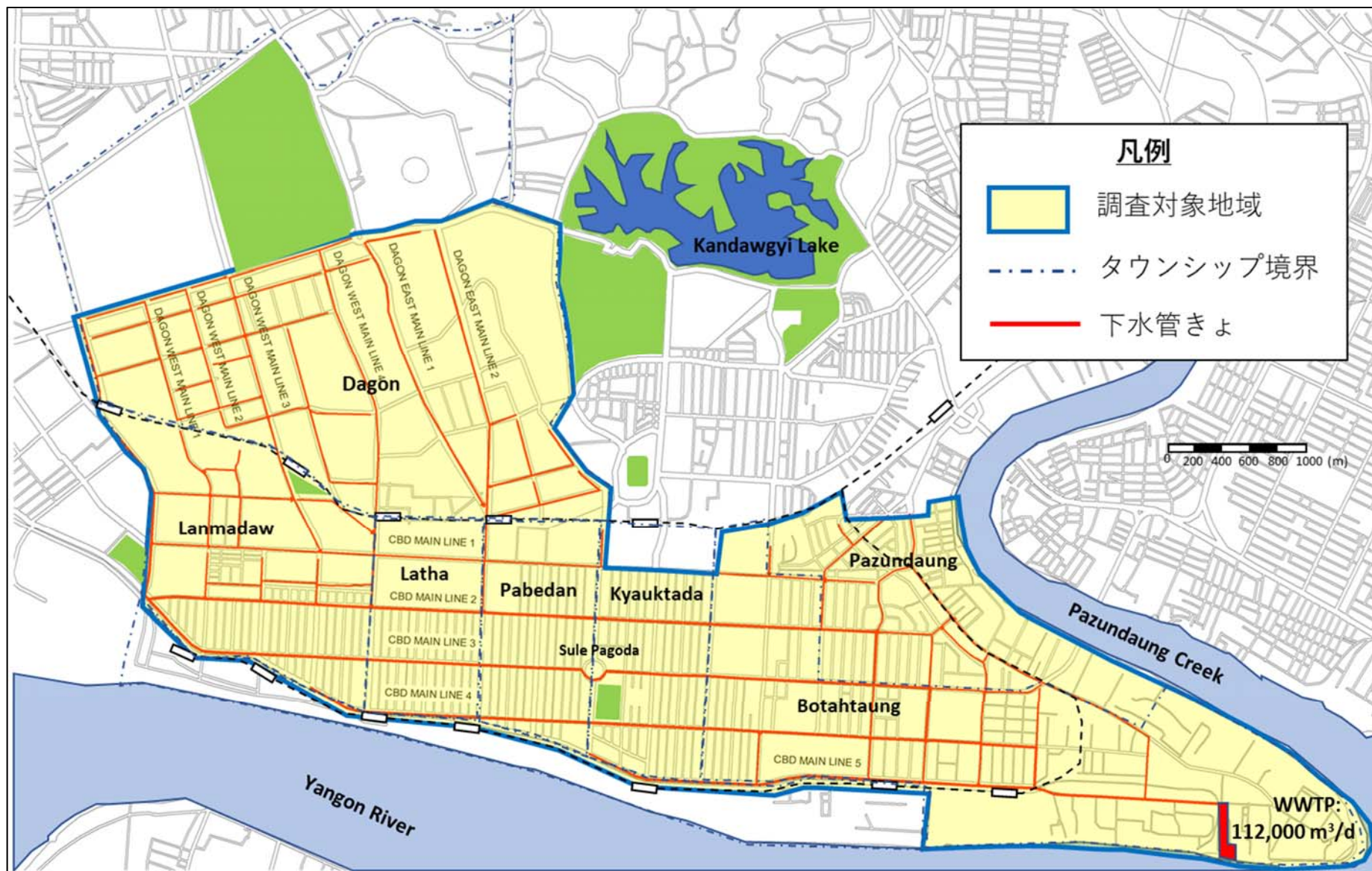
1:ダゴンタウンシップの一部が調査対象地域

出典: JICA 調査団

District Map - Yangon Region



Disclaimer: The names shown and the boundaries used on this map do not imply official endorsement or acceptance by the United Nations.



出典：JICA 調査団

調査対象地域における下水道整備計画

ミャンマー国
ヤンゴン市下水道分野情報収集・確認調査

ファイナルレポート

目次

	<u>ページ</u>
第1章 序章	1-1
1.1 調査の背景	1-1
1.2 本調査の目的	1-1
1.3 調査対象地域	1-2
1.4 目標年次	1-3
第2章 調査対象地域の概要	2-1
2.1 自然条件	2-1
2.1.1 気候	2-1
2.1.2 地形	2-3
2.1.3 地質	2-4
2.1.4 水文と水理	2-4
2.2 現地状況	2-9
2.2.1 行政区域（タウンシップ）	2-9
2.2.2 土地利用の現況	2-11
2.2.3 人口	2-13
2.2.4 ヤンゴン地域の経済規模及び産業構造	2-14
2.3 ヤンゴン市の水供給及び衛生に係る基準	2-15
2.3.1 水道及び下水道に関する法令、基準	2-15
2.3.2 放流水質基準	2-16
第3章 上下水道セクターに関する制度概要	3-1
3.1 ヤンゴン地域政府	3-1
3.2 建設省	3-2
3.3 ヤンゴン市開発委員会(YCDC).....	3-3
3.4 YCDCの水衛生局	3-4
3.5 YCDCの道路・橋梁局	3-6
第4章 対象地区における既存下水道・衛生システム	4-1
4.1 既存下水道・衛生システムの概要	4-1
4.1.1 下水道システムの現況	4-1
4.1.2 衛生システムの現況	4-6
4.1.3 既存下水処理場の流入水質	4-10
4.1.4 Back Drainage Space (BDS)	4-11
4.1.5 下水処理に伴う発生汚泥の処分	4-14
4.1.6 運転維持管理	4-14

4.2	既存下水道・衛生システムの課題	4-15
4.2.1	下水処理場	4-15
4.2.2	下水管渠（管渠及びエジェクターシステム）	4-15
4.2.3	維持管理	4-16
4.2.4	下水処理に伴う発生汚泥処分	4-16
4.2.5	財政	4-18
4.3	調査対象地域における関連事業	4-18
4.3.1	世界銀行による排水事業	4-18
4.3.2	英国国際開発省（DFID）による既存の下水道システムの調査	4-19
4.3.3	ヤンゴン都市圏上水整備事業（フェーズ2）	4-20
4.3.4	ダラ大橋	4-21
第5章	下水道システムの開発方針	5-1
5.1	下水収集システム	5-1
5.1.1	本調査における対象集水区域	5-1
5.1.2	下水収集システムの種類及び特徴	5-2
5.1.3	対象地域の下水収集システムの選定	5-3
5.1.4	対象地域における各戸接続	5-5
5.2	下水道開発計画	5-6
5.2.1	給水人口予測	5-6
5.2.2	汚水発生量	5-7
5.2.3	2040年までの下水道開発計画	5-9
5.3	YCDCが要請する下水処理場計画の前提条件	5-12
5.3.1	要請の背景	5-12
5.3.2	下水処理場計画のための前提条件	5-13
第6章	下水道システムの改善計画	6-1
6.1	汚水処理場の計画	6-1
6.1.1	設計水質	6-1
6.1.2	下水処理場の建設予定地	6-2
6.2	水処理施設の検討	6-3
6.2.1	水処理方式の比較検討（一次選定）	6-3
6.2.2	水処理方式の比較検討（二次選定）	6-6
6.2.3	水処理設備	6-8
6.2.4	吐口	6-8
6.3	汚泥処理施設の検討	6-10
6.3.1	汚泥処理施設の建設予定地	6-10
6.3.2	汚泥処理方法の比較検討	6-10
6.3.3	汚泥処理設備	6-11
6.4	施工期間中の既存水処理施設の利用	6-16
6.4.1	検討条件	6-16
6.4.2	既存水処理施設の改造	6-16
6.5	下水処理場への電力供給	6-19
6.6	下水処理場の配置計画	6-20
6.7	水処理施設の維持管理	6-22

6.7.1	下水処理場の運転について	6-23
6.7.2	下水処理場の維持管理体制	6-24
6.8	下水管渠の検討	6-28
6.8.1	設計条件	6-28
6.8.2	管渠敷設位置の検討	6-29
6.8.3	関連下水道施設	6-32
6.8.4	汚水収集のための工事概要	6-33
6.8.5	鉄道横断	6-38
6.8.6	既存雨水排水路	6-39
6.8.7	下水管渠敷設方法	6-40
第7章	ヤンゴン市の下水道整備に活用可能な本邦下水道技術	7-1
7.1	ヤンゴン市の下水道整備に活用可能な本邦下水道技術の概要	7-1
7.2	管渠	7-1
7.2.1	長距離推進工法	7-1
7.3	水処理	7-3
7.3.1	膜分離活性汚泥法	7-3
7.4	汚泥処理	7-4
7.4.1	脱水機	7-4
7.4.2	機械乾燥機	7-5
第8章	工事計画、事業費積算	8-1
8.1	事業費積算の条件	8-1
8.1.1	積算条件	8-1
8.1.2	工事費の条件	8-2
8.2	建設資材及び施工機械・機材の調達	8-6
8.3	事業費積算条件	8-8
8.4	コンサルティングサービス	8-8
8.5	事業費	8-10
8.5.1	事業費積算	8-10
8.6	O&M費用概算	8-10
8.7	事業実施の留意点	8-10
8.7.1	施工業者の選定方針	8-10
8.7.2	契約パッケージ	8-11
第9章	環境社会配慮	9-1
9.1	環境社会配慮の目的	9-1
9.2	JICAガイドラインの一般的要求事項	9-1
9.2.1	事業カテゴリ	9-1
9.2.2	「カテゴリ B」事業に求められる調査	9-1
9.3	ミャンマー国の環境管理制度	9-1
9.3.1	環境管理に係る主要な法規制	9-1
9.3.2	環境に関する他の関連法規	9-3
9.3.3	国際条約等	9-3
9.3.4	国家環境質ガイドライン	9-5
9.3.5	環境管理の組織制度	9-5

9.3.6	EIA の法的枠組み及び環境適合証明証 (ECC)	9-6
9.4	下水道事業に求められる全環境要求事項	9-13
9.4.1	JICA ガイドラインによるカテゴリ B 事業に対する要求事項.....	9-13
9.4.2	ミャンマー政府 EIA 通知 (2015) による事業への要求事項.....	9-13
9.4.3	全環境要求事項.....	9-14
9.4.4	JICA ガイドラインとミャンマー国環境管理制度のギャップ分析	9-14
9.5	ヤンゴン市の環境及び社会状況	9-18
9.5.1	公害	9-18
9.5.2	自然環境.....	9-22
9.5.3	社会環境.....	9-32
9.6	YCDC による EIA 手続き	9-40
9.6.1	EIA 手続きに必要な予算要求.....	9-40
9.6.2	EIA 手続き実施手法.....	9-40
9.6.3	EIA 手続き査及び ECC 発行工程案	9-40
9.7	用地取得と住民移転	9-41
9.7.1	ミャンマー国の用地取得と住民移転に関する法的枠組み	9-41
9.7.2	非自発的住民移転に係る JICA 政策.....	9-42
9.7.3	用地取得及び住民移転に係る JICA ガイドラインとミャンマー国関連法規 とのギャップ分析	9-43
9.8	気候変動への適応	9-44
第 10 章	財務・経済分析.....	10-1
10.1	資金調達	10-1
10.2	YCDC の財政状況	10-1
10.2.1	水衛生局の財政状況.....	10-1
10.2.2	YCDC の財政状況	10-3
第 11 章	運営組織強化、制度整備.....	11-1
11.1	本章の概要	11-1
11.2	組織強化	11-1
11.2.1	組織の設置.....	11-1
11.2.2	プロジェクト実施のための能力開発	11-1
11.2.3	運営維持管理のための能力開発	11-3
11.3	制度整備	11-6
11.3.1	システムの整備.....	11-6
11.3.2	運営・維持管理.....	11-6
11.3.3	制度整備の詳細.....	11-6
第 12 章	結論と提言.....	12-1
12.1	本調査の結論	12-1
12.2	事業概要	12-1
12.3	運用・効果指標	12-2
12.4	詳細設計時における必要な追加検討	12-2
12.4.1	EIA に関する支援.....	12-2
12.4.2	汚泥特性の調査.....	12-2
12.4.3	土質調査.....	12-2

12.5 推奨される支援内容	12-2
12.5.1 技術移転.....	12-2
12.5.2 能力開発.....	12-3
12.5.3 汚泥処理に関するマスタープランの策定	12-3

付 録

ページ

Appendix 1	汚水処理後の発生汚泥処理に関する調査	App-1-1
Appendix 2	MBR システムの運営・維持管理に関する説明資料	App-2-1
Appendix 3	下水道管渠敷設の比較	App-3-1
Appendix 4	水処理施設の容量計算	App-4-1
Appendix 5	既存水処理施設の容量計算	App-5-1
Appendix 6	流量計算表 (CBD)	App-6-1
Appendix 7	流量計算表 (Dagon)	App-7-1
Appendix 8	既存の排水路の配置計画	App-8-1
Appendix 9	現場写真集	App-9-1
Appendix 10	測量調査	App-10-1
Appendix 11	地質調査	App-11-1
Appendix 12	既存施設インベントリ調査	App-12-1
Appendix 13	構造調査	App-13-1
Appendix 14	高層ビル建設プロジェクトのガイドライン (水衛生)	App-14-1
Appendix 15	下水処理場からの汚泥焼却	App-15-1
Appendix 16	JICA ガイドラインのプロジェクト区分と IEE レベル調査	App-16-1
Appendix 17	アセスメント目的のための下水道事業の分類	App-17-1
Appendix 18	ヤンゴン地域の動植物種別	App-18-1
Appendix 19	EIA 予算提案書	App-19-1
Appendix 20	発生汚水量の算定根拠	App-20-1
Appendix 21	運用・効果指標	App-21-1
Appendix 22	家計調査	App-22-1

表 目 次

	<u>ページ</u>
表 2.1.1	ヤンゴン港における潮位 (2018) 2-6
表 2.1.2	基準水面及び地盤高 2-8
表 2.2.1	行政区域と調査対象地域の定義 2-9
表 2.2.2	ヤンゴン市の人口推移 2-13
表 2.2.3	ヤンゴン市全体の人口予測 2-13
表 2.2.4	調査対象地域における 2040 年の人口予測 2-13
表 2.3.1	YCDC による公共用水域への放流水質基準 2-16
表 2.3.2	YCDC による下水道への放流水質基準 2-17
表 2.3.3	CQHP におけるし尿の放流水質基準 2-17
表 4.1.1	既存下水道システム (エジェクターシステム) の概要 4-1
表 4.1.2	既存下水処理場の概要 4-3
表 4.1.3	汚泥回収費用 4-10
表 4.1.4	2017 年の 3 月から 2018 年 3 月における平均流入水質 (BOD) 4-10
表 4.1.5	BDS の種類 4-12
表 5.1.1	JICA MP 2014 における処理区と集水面積 5-1
表 5.1.2	下水道システムの特徴 5-3
表 5.1.3	分流式下水道と合流式下水道の比較 5-4
表 5.2.1	水道普及率と給水人口 5-6
表 5.2.2	給水原単位 5-7
表 5.2.3	発生汚水量 (計画 1 日平均汚水量) 5-8
表 5.2.4	発生汚水量 (計画 1 日最大汚水量) 5-8
表 5.2.5	発生汚水量 (計画時間最大汚水量) 5-8
表 6.1.1	設計流入水質 6-1
表 6.1.2	設計放流水質 6-2
表 6.2.1	水処理方式の比較検討 6-5
表 6.2.2	水処理方式の二次選定 6-7
表 6.3.1	汚泥処理方法の比較検討表 6-12
表 6.7.1	MBR の運転に関する注意点 6-23
表 6.7.2	バックアップ体制 6-24
表 6.7.3	各役職 6-26
表 6.8.1	下水管渠敷設の設計条件 6-28
表 6.8.2	管種の比較 6-32
表 6.8.3	管渠敷設工法の比較 6-41
表 7.1.1	本計画に適用可能な本邦下水道技術 7-1
表 7.4.1	脱水機の比較表 7-4
表 8.1.1	事業コンポーネント 8-2
表 8.2.1	ゼネコンへのヒアリング結果 (要約) 8-7
表 8.4.1	コンサルティングサービス 8-9
表 8.6.1	O&M 費用 8-10
表 9.3.1	ミャンマー国の環境管理の主要な法規制 9-1
表 9.3.2	環境に関する他の関連法規 9-3
表 9.3.3	ミャンマー国の環境関連国際条約 9-3
表 9.3.4	各事業型の EIA 工程における主な段階 及び活動 9-8
表 9.3.5	EIA 工程手続き期間 9-12
表 9.3.6	EIA 工程上の社会配慮 9-12

表 9.4.1	全環境要求事項.....	9-14
表 9.4.2	JICA ガイドラインとミャンマー国環境管理制度のギャップ分析.....	9-15
表 9.5.1	大気質、騒音及び振動計測地点及び期間.....	9-18
表 9.5.2	大気質計測サンプリング及び分析方法.....	9-19
表 9.5.3	大気質計測結果.....	9-19
表 9.5.4	騒音及び振動計測方法.....	9-19
表 9.5.5	騒音レベル (L _{Aeq}) (dB(A)).....	9-20
表 9.5.6	振動 (加速度) 測定結果 (dB).....	9-20
表 9.5.7	河川水質計測地点.....	9-20
表 9.5.8	事業地周辺の河川水質.....	9-21
表 9.5.9	ヤンゴン市固形廃棄物発生原単位 (kg/person/day).....	9-22
表 9.5.10	ヤンゴンの 3 季節.....	9-22
表 9.5.11	ヤンゴン市の月別平均気温 (2011 - 2017) (°C).....	9-23
表 9.5.12	ヤンゴン市月別降雨量 (2011-2017) (mm)	9-23
表 9.5.13	ヤンゴン市相対湿度 (2012 年～2017 年の月別平均) (%)	9-24
表 9.5.14	月別最大風速 (2010 年 - 2014 年) (m/s)	9-25
表 9.5.15	ヤンゴン市の 18:30 における毎日の風向 (2014)	9-25
表 9.5.16	ヤンゴン周辺及び Bago 山脈の地域的岩相層序単元.....	9-28
表 9.5.17	調査対象地域の土壌.....	9-29
表 9.5.18	ヤンゴン港 (Sule Pagoda Wharf) の潮汐記録.....	9-30
表 9.5.19	ヤンゴン都市圏の動植物種数 (2012 年-2017 年)	9-30
表 9.5.20	絶滅危惧種の動植物 (2017 年)	9-30
表 9.5.21	ヤンゴン市の拡張.....	9-31
表 9.5.22	各タウンシップの人口動態 (2016 年-2017 年)	9-33
表 9.5.23	各タウンシップの経済活動.....	9-33
表 9.5.24	道路交通量増加予測 (PCU/時)	9-35
表 9.5.25	調査対象地域の各タウンシップの経済基盤と公共施設.....	9-36
表 9.5.26	ヤンゴン地域の保健施設 (2012 年)	9-36
表 9.5.27	ヤンゴン市遺産建造物.....	9-37
表 9.5.28	ヤンゴン地域の主要疾病 (2013 年)	9-37
表 9.5.29	ヤンゴン地域の主要死亡原因 (2013 年)	9-38
表 9.5.30	ヤンゴン都市圏における過去の主要洪水 (1997 年-2007 年)	9-38
表 9.5.31	ヤンゴン市のタウンシップにおける交通事故数 (2008 年-2012 年) ...	9-39
表 9.5.32	ヤンゴン地域の交通事故分類 (2008 年-2012 年)	9-39
表 9.6.1	適切な EIA 手続きのための実施手法.....	9-40
表 9.6.2	下水道事業に係る EIA 手続きと ECC 発行の工程 (案)	9-41
表 9.7.1	用地取得及び樹民移転に係る関連法規.....	9-41
表 9.7.2	用地取得及び住民移転に係る JICA ガイドラインとミャンマー国関連法規とのギャップ分析.....	9-43
表 10.2.1	水衛生局の財政状況.....	10-2
表 10.2.2	YCDC の歳入および歳出.....	10-4
表 11.2.1	PMU に推奨されるセミナー、トレーニング.....	11-1
表 11.2.2	運営維持管理部門の職員数 (現在/計画)	11-3
表 12.2.1	事業概要.....	12-1

目 次

	ページ
図 1.3.1	ヤンゴン市における調査対象地域..... 1-2
図 1.3.2	調査対象地域..... 1-3
図 2.1.1	ヤンゴン市の気候..... 2-1
図 2.1.2	ミャンマーの年平均降雨量..... 2-2
図 2.1.3	ミャンマーの年平均気温..... 2-2
図 2.1.4	ミャンマー中央部地図..... 2-3
図 2.1.5	ミャンマーの地質図..... 2-4
図 2.1.6	ヤンゴン市周辺の河川..... 2-5
図 2.1.7	潮位観測点..... 2-7
図 2.2.1	ヤンゴン市及びヤンゴン地域の行政区域..... 2-10
図 2.2.2	ヤンゴン市とその周辺の土地利用図（2012年）..... 2-12
図 2.2.3	ヤンゴン地域の経済規模..... 2-14
図 2.2.4	ヤンゴン地域の産業構造..... 2-15
図 3.1.1	ヤンゴン地域政府..... 3-1
図 3.2.1	建設省の組織構成..... 3-2
図 3.3.1	YCDC の構成..... 3-4
図 3.4.1	YCDC の水衛生局の組織図..... 3-5
図 3.4.2	水衛生局における下水道部門の組織図..... 3-6
図 4.1.1	エジェクターシステム..... 4-2
図 4.1.2	汚水処理施設及び汚泥処理施設のプロセスフロー..... 4-4
図 4.1.3	既存下水処理場..... 4-5
図 4.1.4	腐敗槽（左：10人用 右：100人用）..... 4-7
図 4.1.5	腐敗槽（200人用）..... 4-7
図 4.1.6	上向流フィルター付き腐敗槽..... 4-8
図 4.1.7	BDS における腐敗槽の配置..... 4-9
図 4.1.8	BDS の位置と状況..... 4-13
図 4.1.9	推定汚泥利用量..... 4-14
図 4.1.10	YCDC の下水道部門..... 4-15
図 4.2.1	最終処分場位置..... 4-17
図 4.2.2	ヤンゴン市の既存最終処分場の状況..... 4-18
図 4.3.1	排水事業の対象流域..... 4-18
図 4.3.2	配水ゾーン1の配水管網図..... 4-20
図 4.3.3	ダラ大橋完成予想図..... 4-21
図 5.1.1	調査対象地域における C1 処理区及び W1 処理区の一部の集水境界..... 5-2
図 5.1.2	住宅との接続..... 5-5
図 5.1.3	BDS における各戸接続..... 5-6
図 5.2.1	2040年までの人口増加と日最大汚水量..... 5-9
図 5.2.2	発生汚水量と下水処理場の建設..... 5-11
図 5.3.1	汚泥処分場候補地..... 5-12
図 5.3.2	テインビン最終処分場における火災の様子（2018年4月）..... 5-12
図 6.1.1	既存の下水処理場のエリア..... 6-3
図 6.2.1	水処理施設に適用可能なエリア..... 6-6
図 6.2.2	概略施設配置図..... 6-8
図 6.2.3	既存の吐口とその周辺施設..... 6-9
図 6.3.1	汚泥処理施設用地..... 6-10

図 6.3.2	汚泥処理フロー図.....	6-13
図 6.3.3	汚泥処理施設の配置図.....	6-14
図 6.3.4	YCDC のデータに基づく汚泥の推定有効利用量.....	6-15
図 6.3.5	汚泥の最終処分場の候補地.....	6-16
図 6.4.1	既存水処理施設の改造.....	6-17
図 6.4.2	既存反応槽改造後のフロー.....	6-18
図 6.4.3	既存水処理施設改造後の配置図.....	6-18
図 6.5.1	Thida 変電所の位置.....	6-19
図 6.6.1	フロー図 1.....	6-20
図 6.6.2	フロー図 2.....	6-20
図 6.6.3	フロー図 3.....	6-21
図 6.6.4	水処理施設の配置図.....	6-22
図 6.7.1	MBR のフロー図.....	6-22
図 6.7.2	維持管理体制.....	6-25
図 6.8.1	世界銀行による改善事業の対象である雨水排水路.....	6-29
図 6.8.2	CBD における幹線管渠ルート.....	6-30
図 6.8.3	ダゴン地区における幹線管渠.....	6-30
図 6.8.4	下水管渠の段階的な整備.....	6-31
図 6.8.5	BDS のある地区における計画管渠の系統.....	6-32
図 6.8.6	マンホール的一般図.....	6-33
図 6.8.7	BDS 内の下水管渠の付け替え工程.....	6-34
図 6.8.8	BDS の現状及び改善後の汚水収集の概要.....	6-36
図 6.8.9	BDS 管渠工事.....	6-36
図 6.8.10	CBD の下水道未整備地区及びダゴン地区における各戸接続.....	6-37
図 6.8.11	エジェクターステーション、既存圧送管と圧縮空気管.....	6-38
図 6.8.12	鉄道横断箇所.....	6-39
図 6.8.13	既存水路との交差位置.....	6-40
図 6.8.14	提案施工方法（幹線管渠および支線管渠）.....	6-43
図 6.8.15	プラントの平面配置図.....	6-44
図 7.2.1	推進工法の概念図.....	7-2
図 7.2.2	長距離推進工法の概念図.....	7-3
図 7.3.1	平膜ユニットの概念図.....	7-4
図 7.4.1	多重板型スクリュープレス脱水機.....	7-5
図 7.4.2	インクラインドディスク型乾燥機.....	7-6
図 8.1.1	推進工法による下水管渠施工工程.....	8-3
図 8.1.2	下水処理場工事のステップ.....	8-5
図 8.1.3	工事スケジュール.....	8-6
図 9.3.1	MONREC の環境保全局（ECD）.....	9-6
図 9.3.2	各事業型の EIA 工程における主な段階 及び活動の全体図.....	9-8
図 9.3.3	EIA 工程におけるスクリーニング手続き.....	9-9
図 9.3.4	EIA 工程におけるスコーピング手続き.....	9-10
図 9.3.5	EIA 工程における EIA 調査、報告書作成及び承認手続き.....	9-11
図 9.5.1	ヤンゴン市の固形廃棄物管理フロー図.....	9-22
図 9.5.2	ヤンゴン市の起伏と水系.....	9-26
図 9.5.3	ヤンゴン市の地質図.....	9-27
図 9.5.4	ヤンゴン地域（Yangon Region）の土壌分布図.....	9-29
図 9.5.5	ヤンゴン市土地利用図.....	9-32
図 9.5.6	ヤンゴン市土地利用図.....	9-34
図 9.5.7	ヤンゴン市内道路及び鉄道網.....	9-35

図 10.2.1	水衛生局の収支.....	10-3
図 10.2.2	YCDC の収支バランス.....	10-3
図 11.2.1	プロジェクトマネジメントユニット（PMU）の組織図.....	11-2
図 11.2.2	現在の YCDC 下水道維持管理部署の組織図.....	11-4
図 11.2.3	将来の YCDC 下水道維持管理部署の組織図（提案）.....	11-5

略 語 表

Abbreviation	English	日本語
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	鋳鉄管
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
CQHP	Committee for Quality Control of High-Rise Building Construction Project	高層建築物査定委員会
DDA	Department of Development Affair	開発事業局
DIP	Ductile Iron Pipe	ダクタイル鋳鉄管
DMA	District Metered Area	配水管理区画
E/N	Exchange of Notes	交換公文
EDWS	Engineering Department of Water and Sanitation	水衛生局
ECC	Environment Conservation Committee	環境保護委員会
ECC	Environmental Compliance Certificate	環境許可
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
ESC	Environmental and Social Considerations	環境社会配慮
F/S	Feasibility Study	フイージビリティ調査
FC	Foreign Currency	外貨
FDS	Final Disposal Site	最終処分場
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	初期環境影響調査
IUR	Inner Urban Ring	内環状地区
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構（日本）
JST	JICA Study Team	JICA 調査団
Kyat	Myanmar Kyat	ミャンマーチャット（ミ 国の通貨）
LPCD or(Lpcd)	Litters 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 Litters	百万リットル
MLD	Million Litters per Day	百万リットル/日
MOALI	Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation	農業畜産灌漑省（ミ国）
MOC	Ministry of Construction	建設省（ミ国）
MONREC	Ministry of Natural Resources and Environmental Conservation	天然資源・環境保全省（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
PCCD	Pollution Control and Cleansing Department	汚染管理清掃局
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
SEA	Strategic Environmental Assessment	戦略的環境アセスメント
SEZ	Special Economic Zone	経済特別区
SHM	Stakeholder Meeting	ステークホルダー協議
SS	Suspended Solids	浮遊物質
STF	Sludge Treatment facility	汚泥処理施設
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
WTF	Wastewater Treatment Facility	汚水処理施設
YCDC	Yangon City Development Committee	ヤンゴン市開発委員会
YRG	Yangon Regional Government	ヤンゴン地域政府

第1章 序章

1.1 調査の背景

ミャンマー国（以降「ミ国」）の旧首都であるヤンゴン市は、2014年時点で人口521万人、33タウンシップから成り、同国経済の中心である。2011年のデータによると、ヤンゴン市からは一日当たり約500,000m³の下水（し尿、生活排水、工場排水）が発生している。同市内の中心商業区（Central Business District 以降「CBD」）では、およそ25万人が生活しており、一日当たり約55,000m³の下水が発生している。

ヤンゴン市の下水道は、英国植民地時代である1880年代に同市南部の中心街における約9km²に初めて整備され、1929年に拡張された。また、2005年には日量14,775m³の能力を有する下水処理場が、ミ国政府の自己資金により建設された。現在のところ、下水道は6タウンシップに限られている。本調査では上述した既存の下水処理区をC1処理区と呼ぶ。

しかしながら、処理区は従前のままであり、また、しばしば老朽化による漏水、ポンプ設備の故障がみられる。そのため、処理場への汚水流入量は一日当たり630m³であり、これは既存処理場能力の4%程度である。6タウンシップを除く、27タウンシップでは人口の80%の汚水が腐敗槽によって処理されており、15%は未処理のまま雨水側溝に排水されている。また、生活排水及び工場排水も、同様に雨水側溝へ排水されている。そのため、河川及び湖沼の水質は低下しており、さらに雨季においては、し尿を含む雨水が市内で溢水することで、衛生状態の悪化を招いている。また、今後「ヤンゴン都市圏上水道整備事業（フェーズ2）」（円借款、2017年L/A調印）において、給水区域の拡大及び給水状況が改善される見込みである。CBDにおいては、給水量が86,000m³まで向上する予定であり、これに伴って下水発生量の増加が見込まれる。以上より、現状の下水処理環境が続くと、生活環境の悪化だけでなく、潜在的な健康リスクも増加する。

上述した状況下では、ヤンゴン市における下水道の発展は、既存下水道及び生活環境の改善の観点から喫緊の課題といえる。

過去、（独）国際協力機構（以降、JICA）において、「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（以降、JICAMP2014）」が実施され、2040年を目標年次と定め、下水道計画が策定された。上記の調査を基に、ヤンゴン地域政府（以降、YRG）はJICAに本調査の実施を要請した。

1.2 本調査の目的

本調査の目的は、ヤンゴン市の経済発展及び生活環境の改善を目的としたヤンゴン市内の優先地域における下水道計画の策定である。

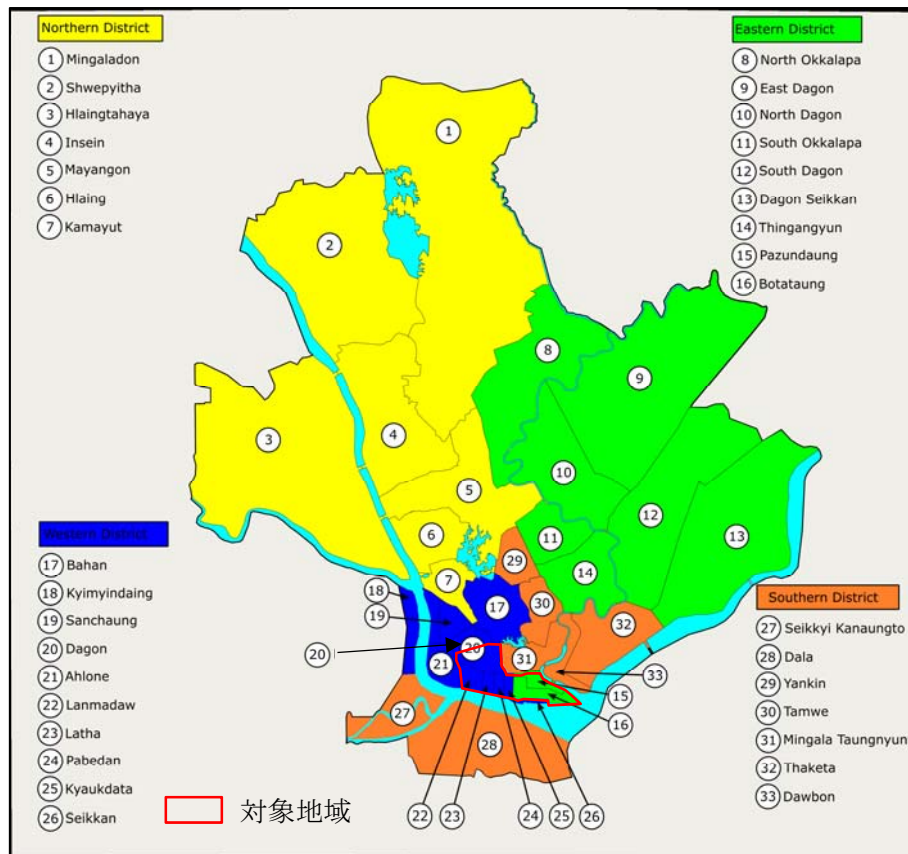
本調査では、以下に示す過去の関係プロジェクトの結果を参照するものとする。

- ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査（JICA 2013）

- ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査（JICA 2014）
- ミャンマー国：ヤンゴン市下水道設備改善計画調査報告書（経済産業省 2017）
- ミャンマー国における本邦下水道技術展開方策検討業務（国土交通省 2017）

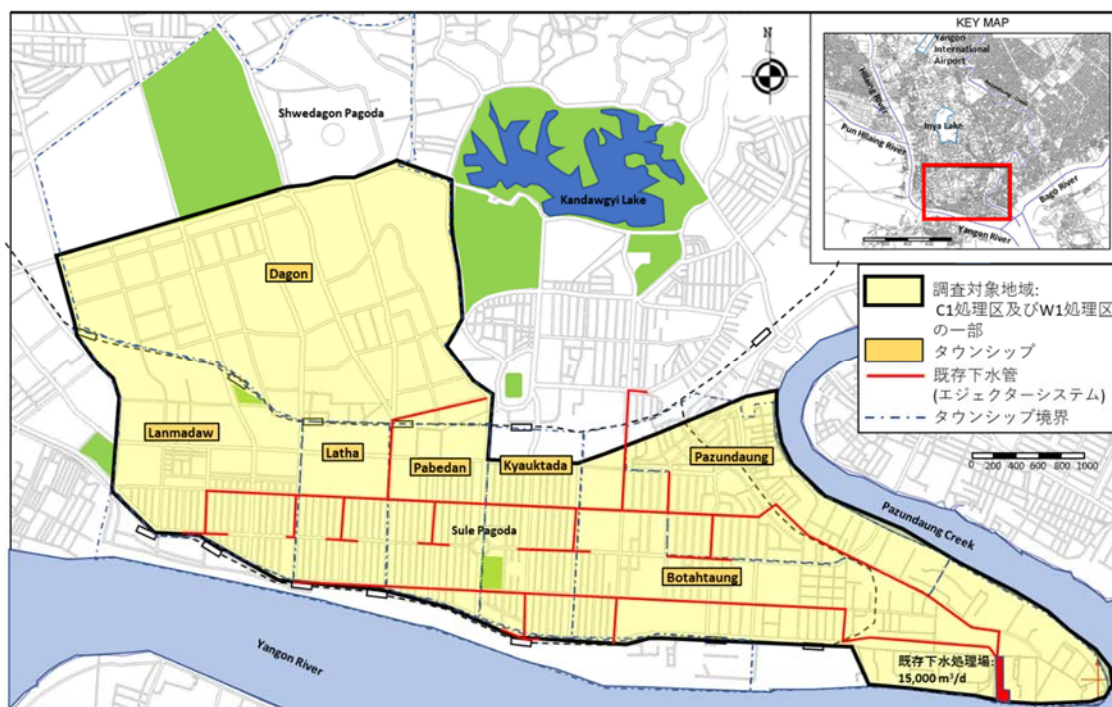
1.3 調査対象地域

図 1.3.1 に調査対象地域を示す。調査対象地域は図 1.3.2 に示す CBD の 6 タウンシップ（ラター（Latha）、ランマドー（Lanmadaw）、パベダン（Pabedan）、チャウタダー（Kyauktada）、ボタタウン（Botataung）、パズンダウン（Pazundaung））及び、ダゴン（Dagon）タウンシップの南部を含めた C1 処理区及び W1 処理区の一部（=ダゴンタウンシップの一部）である。調査対象地域は本調査の実施に先立ち、ヤンゴン市開発委員会（Yangon City Development Committee 以降「YCDC」）と合意を得たものである。



出典：JICA 調査団

図 1.3.1 ヤンゴン市における調査対象地域



出典：JICA 調査団

図 1.3.2 調査対象地域

1.4 目標年次

本調査における目標年次は JICA MP 2014 に基づき、2040 年とする。

第2章 調査対象地域の概要

2.1 自然条件

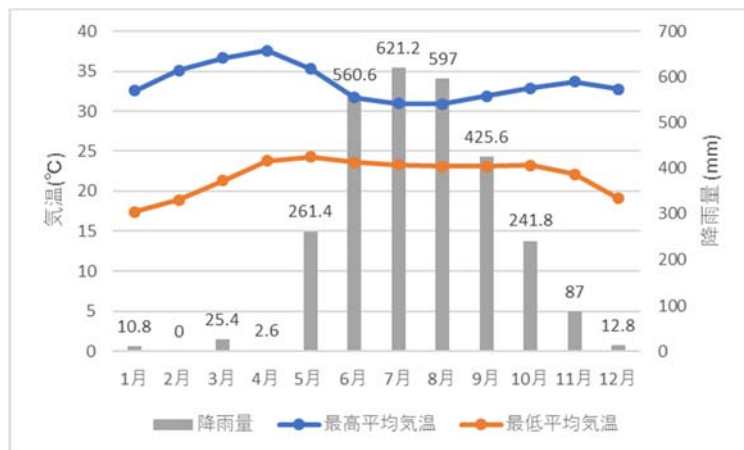
2.1.1 気候

ヤンゴンは熱帯モンスーン気候の地域に位置し、3つの季節に分かれている。

- 夏季：3月から5月中旬
- 雨季：5月中旬から10月
- 乾季：10月から2月

2011年から2017年の年間降雨量は2,840mm、平均気温は27.7℃、平均最高気温37.6℃、平均最低気温17.4℃である。(図2.1.1参照)

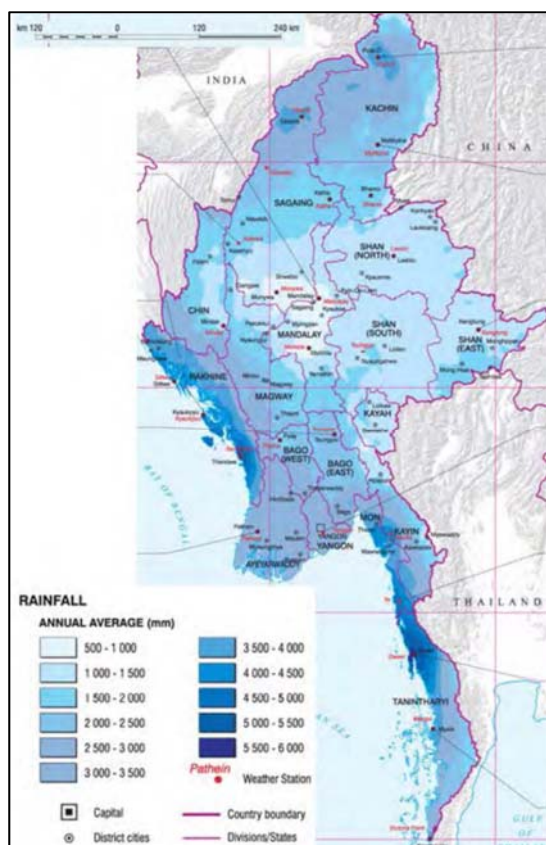
ヤンゴン市における月最高気温と月最低気温の差異は、12月から4月で15℃程度となり、6月から8月にかけては10℃程度となる。年間降雨量の95%は、5月から10月の雨季に発生する。



出典：

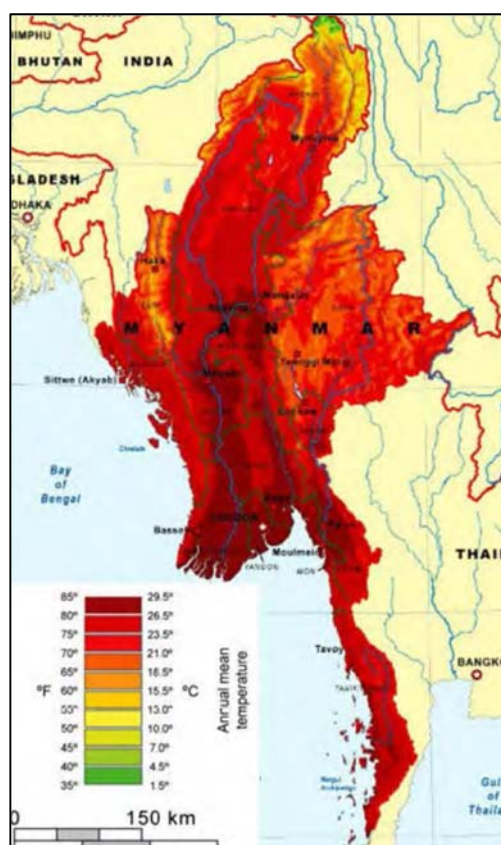
- 1) 気温：カバエー観測所 (2011-2017)
- 2) 降雨量：ミャンマー国ヤンゴン港航路改善情報収集・確認調査報告書 2016, JICA (2010-2014)
カバエー観測所 (2015-2017)

図 2.1.1 ヤンゴン市の気候



出典：YCDC

図 2.1.2 ミャンマーの年平均降雨量

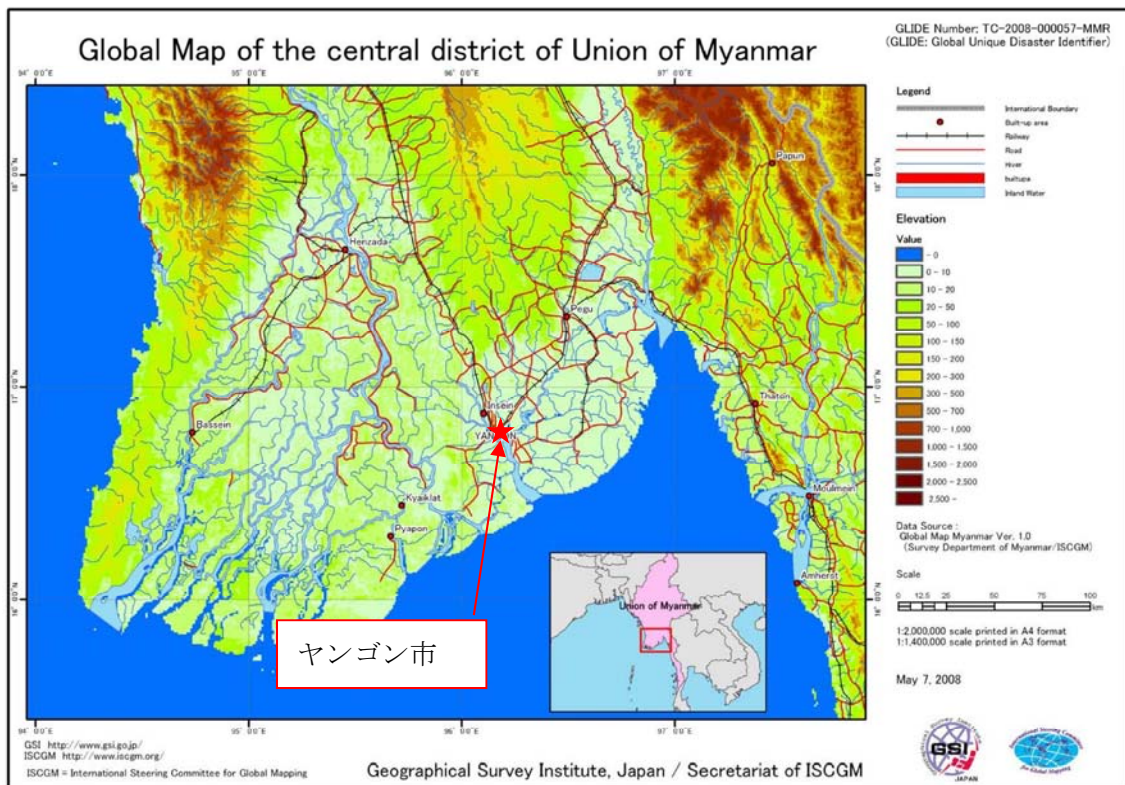


出典：YCDC

図 2.1.3 ミャンマーの年平均気温

2.1.2 地形

ヤンゴン市は、エーヤワディー(Ayeyarwady)川のデルタ地帯を縦断するヤンゴン川の河口から、およそ 34km 内陸に位置している。図 2.1.4 に示す通り、ヤンゴン市の地形は、中央部を除く東西において広範囲で平坦な地形となっている。平地の標高は 3~6m 程度であり、その大半は水田地帯であり、湿地帯も見られる。



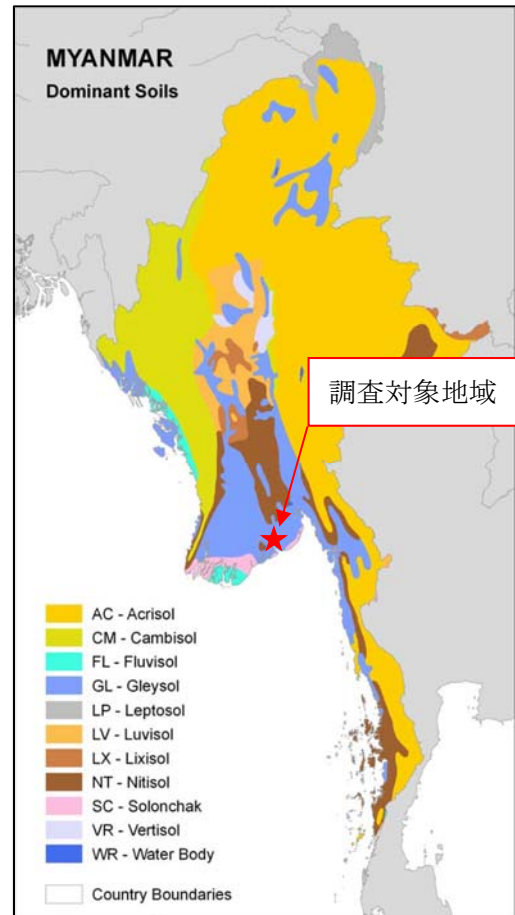
出典:YCDC

図 2.1.4 ミャンマー中央部地図

2.1.3 地質

図 2.1.5 にミャンマーの地質図を示す。市の地質構造は緩やかな低地丘陵に分類される。第三紀時代の岩は、不連続凝固な海性砂岩と Pegu グループの頁岩、イラワジ系統の大陸性デルタ層と海性堆積層を含む。向斜谷と尾根は不整合な第四紀の堆積層から成る。

そのうちヤンゴン市の中央部丘陵地帯は、第四紀イラワジ系統の粘土及び砂岩からなり、平野部は新生代第四紀の最も新しい地層である沖積層からなる。ヤンゴンデルタは浸食されたイラワジ系統層の上に、軟弱な粘土質を含む砂・砂利の堆積から形成される。完新世の沖積層は砂利、粘土、シルト及びラテライトから構成されており、これらはヤンゴン市周辺に広く堆積している。



出典: JICA Urban Plan Study, 2012、及び
The Geology of Burma (Myanmar): An Annotated Bibliography of
Burma's Geology, Geography and Earth Science, September 2008

図 2.1.5 ミャンマーの地質図

2.1.4 水文と水理

(1) 河川

図 2.1.6 にヤンゴン市周辺の河川、湖及び貯水池を示す。ヤンゴン市はバゴー(Bago)川とライン(Hlaing)川の合流地点に位置している。二つの河川は合流してヤンゴン川となり、モッタマ(Mottama)湾に流入する。ヤンゴン川に合流するパンライン(Pan Hlaing)川、トゥワンテ(Twantay)運河及び、ライン川に合流するコッコワ(Kokkowa)川は、いずれもエーヤワディー(Ayeyarwady)川を源流とする。

ハローガ(Hlawga)貯水池、ジョピュー(Gyobyu)貯水池及びピユヂィ(Phugyi)貯水池は YCDC の水源となっている。市中心部に近いカンドーヂ(Kandawgyi)湖とインヤ(Inya)湖は、現在、水道の水源としては利用されていない。



出典：JICA 調査団

図 2.1.6 ヤンゴン市周辺の河川

(2) 潮位

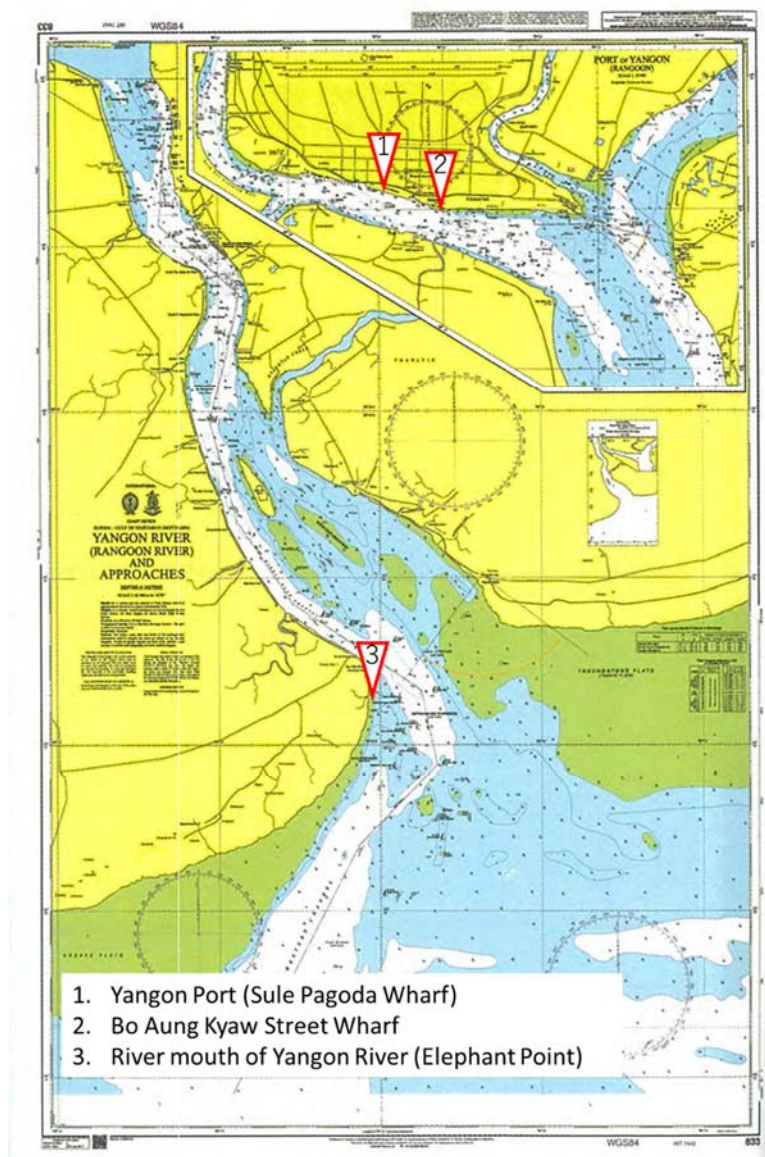
ヤンゴン市内の河川は全て感潮河川である。表 2.1.1 にミャンマー国運輸省港湾公社 (MPA) から提供されたヤンゴン港における潮位データを示す。潮位データは過去に実施された、ヤンゴン港 (Sule Pagada Wharf) と、ヤンゴン川河口 (Elephant point) の観測記録に基づいている。ヤンゴン港では、潮位を含めた既往最高水位 (HHWL) は 6.74 m であり、平均水位 (MWL) は 3.121 m である。平均水位と既往最高水位との差は 3.619 m (= HHWL +6.74 m - MWL +3.121 m) である。

表 2.1.1 ヤンゴン港における潮位 (2018)

項目	潮位 (m)	記録年
既往最大水位 (HHWL)	+6.74	1899 年 9 月
平均水位 (MWL)	+3.121	1936 年まで
Bo Aung Kyaw Street Wharf における既往最小水位	-0.24	1902 年 12 月
Indian Spring における最低水位	+0.338	-

出典：MPA

図 2.1.7 にヤンゴン港及びヤンゴン川における潮位観測点を示す。



出典: JICA 調査団

図 2.1.7 潮位観測点

(3) 下水処理場吐口における水位設定

1) 下水処理場吐口における水位に関する検討

下水処理場の吐口における水位設定は、処理場の水位高低を設定するうえで重要であり、一般的に、処理場に流入した下水は、ポンプによって揚水され、各処理工程を自然流下で通過し、放流される。そのため、吐口は地表よりも低い位置にあることが多い。自然流下による排水を計画した場合、放流地点における水位は処理場の水位高低の設定基準となる。

処理水の放流先であるヤンゴン川は感潮河川であり、水位は 2.00m から最大で 3.00m に達する。また、水位は台風等、気象条件によっても左右される。処理場吐口の水位設定に当

たっては、過去の潮位データから放流地点における最高水位(HWL)を設定し、高水位においても、放流機能が保たれるよう、余裕を設ける必要がある。

本調査における処理場の水位高低は、ヤンゴン川が高水位であっても、処理が行えるよう、ヤンゴン川の HWL を考慮して決定する。

2) ヤンゴン川における潮位と地盤高の水準点による差異

ヤンゴン川には、複数の潮位観測点がある。そのうちの一つである、Elephant point は河口に最も近く、Monkey point 及び Sule Pagoda は下水処理場の上流に位置する。放流地点における HWL の設定には、下水処理場に最も近い観測点である Sule Pagoda の値に基づいて決定する。

過去のヤンゴン川における潮位観測結果より、既往最高水位は+6.740m であり、1936 年からの平均水位は+3.121m である。これらの水位はヤンゴン川水面を基準とした値であり、地上の標高を測定する際に使用する水準点とは異なる。このベンチマークからの差異については、「Myanmar Port Authority Tide Table 2018」を用いて確認を行った。

表 2.1.2 基準水面及び地盤高

項目	Elephant Point	Monkey Point (Close to Sule Pagoda)
Chart Datum Level (CDL)	+0.00m	N/A
Ground Elevation at Bench Mark (BM)	CDL+2.979m	CDL+2.814m

出典：Myanmar Port Authority Tide Table 2018

3) 処理水放流地点における HWL

前述した水面基準による水位を地上における水準点であるベンチマークによる水位に変換すると、以下の通りとなる。

$$HHWL = +6.74\text{m} - 2.814\text{m} = +3.926\text{m}$$

$$MWL = +3.121\text{m} - 2.814\text{m} = +0.307\text{m}$$

「The Project for the Improvement of Water Supply, Sewerage and Drainage System in Yangon City」(以降、「JICA MP 2014」)において計画された 6 処理場の放流地点における水位は、+3.700m と設定されている。一方で処理場位置は各々異なることから、本調査では C1 処理場に対して、個別に設定することが適切である。従って、吐口位置におけるヤンゴン川の HWL は、上記の値を丸め、+3.950m と設定した。

また、処理場の現況地盤高は、調査結果より+4.3m から+4.7m 程度であることから、河川氾濫による処理場の浸水の恐れはない。

2.2 現地状況

2.2.1 行政区域（タウンシップ）

YCDC の行政区域は、周辺の都市化が進む都市を加えながら、徐々に拡大しており、2018 年時点では 33 タウンシップが含まれている。ヤンゴン市周辺の 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、ヤンゴン地域政府に属している。

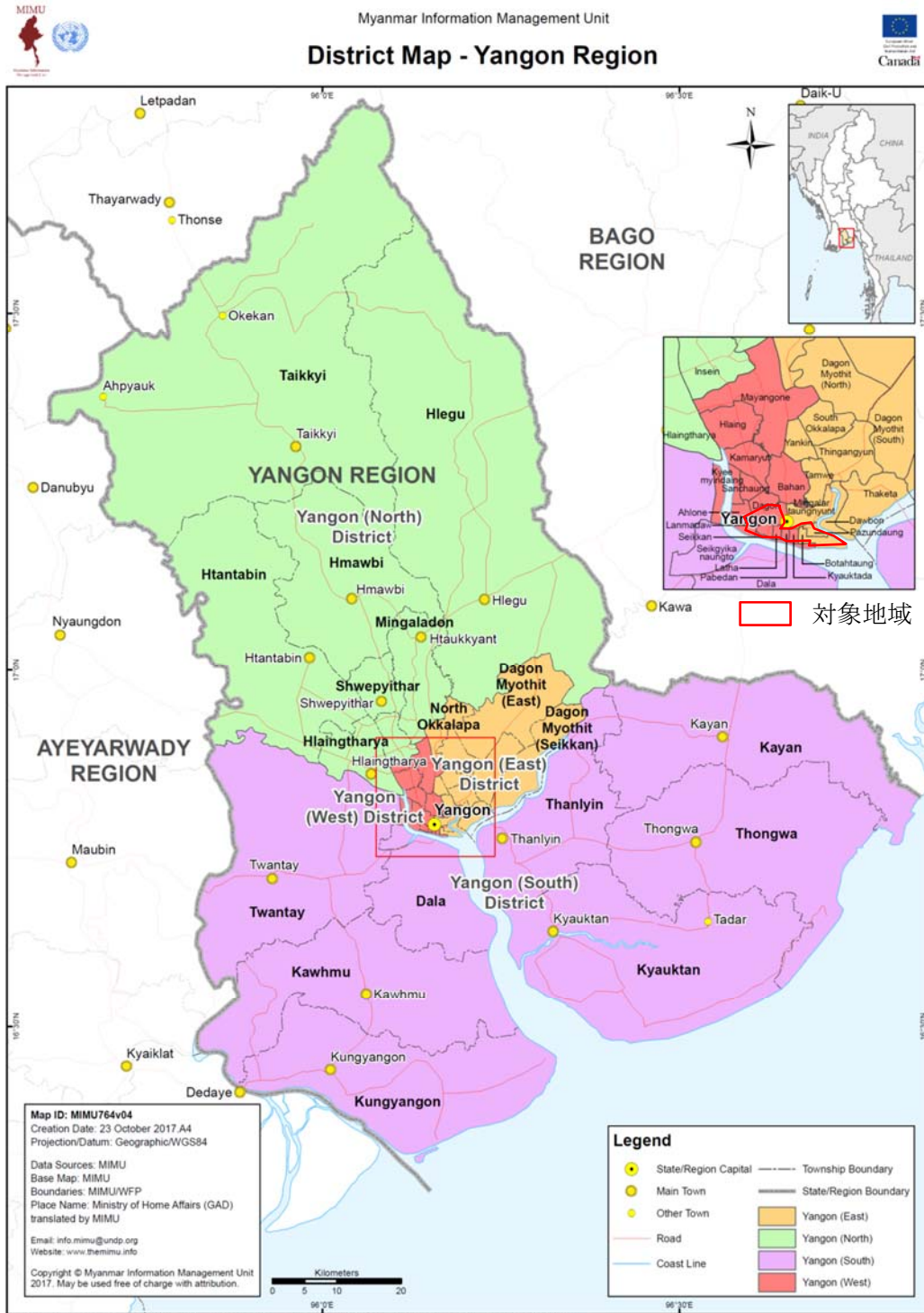
表 2.2.1 行政区域と調査対象地域の定義

行政界		タウンシ ップ・グ ループ	タウンシップ名称		処理区	調査 対象地域
ヤンゴン 地域	ヤンゴン 市	中心 商業区	Latha	ラター	W1	√
			Lanmadaw	ランマドー	W1	√
			Pabedan	パベダン	C1	√
			Kyauktada	チャウタダー	C1	√
			Bothtaung	ボータタウン	C1	√
			Pazundaung	パズンタウン	C1	√
		内環状 地区	Ahlon	アロン	W1	
			Kyee Myin Daing	チーミンダイン	W1/W2	
			Sanchaung	サンチャウン	W1	
			Dagon	ダゴン	W1	√ ¹
			Bahan	バハン	C2/W1	
			Tarmwe	タムウェ	C2	
			Mingalar Taung Nyunt	ミンガラータウンニ ュン	C2	
			Seikkan	セイカン		
		外環状 地区	Dawbon	ドボン	E3	
			Kamaryut	カマーユツ	W1/W2	
			Hlaing	ライン	W2	
			Yankin	ヤンキン	C2	
		北部郊外 地区	Thingangyun	ティンガンヂュン	C2	
			Mayangone	マヤンゴン	C2/W2	
			Insein	インセイン	N1	
		旧郊外 地区	Mingalardon	ミンガラドン	N2	
			North Okkalapa	ノースオッカラパ	E1	
			South Okkalapa	サウスオッカラパ	C2	
		南部郊外 地区	Thaketa	タケタ	E3	
			Dala	ダラ	S1	
			Seikgy ikhanaungto	セイッカンナウト	W3	
		新郊外 地区	Shwe Pyi Thar	シュウェピタ	N3	
			Hlaing Tharyar	ラインタヤ	W4	
			North Dagon	ノースダゴン	E1	
			South Dagon	サウスダゴン	E3	
			East Dagon	イーストダゴン	E2	
			Dagon Seikkan	ダゴンセイカン	E4	
その他タウンシップ (ヤンゴン市周辺)	Kyauktan	チャウタン				
	Thanlyin	タンリン				
	Hlegu	レグ				
	Hmawbi	モビ				
	Htantabin	タンタビン				
	Twantay	トゥワンテ				
	Taikkyi	タイチー				
	Kawhmu	カウム				

		Kungyangon	クンジャンゴン		
		Kayan	カヤン		
		Thongwa	トンワ		

1:ダゴンタウンシップの一部が調査対象地域

出典：JICA 調査団



Disclaimer: The names shown and the boundaries used on this map do not imply official endorsement or acceptance by the United Nations.

出典: Myanmar Information Management Unit

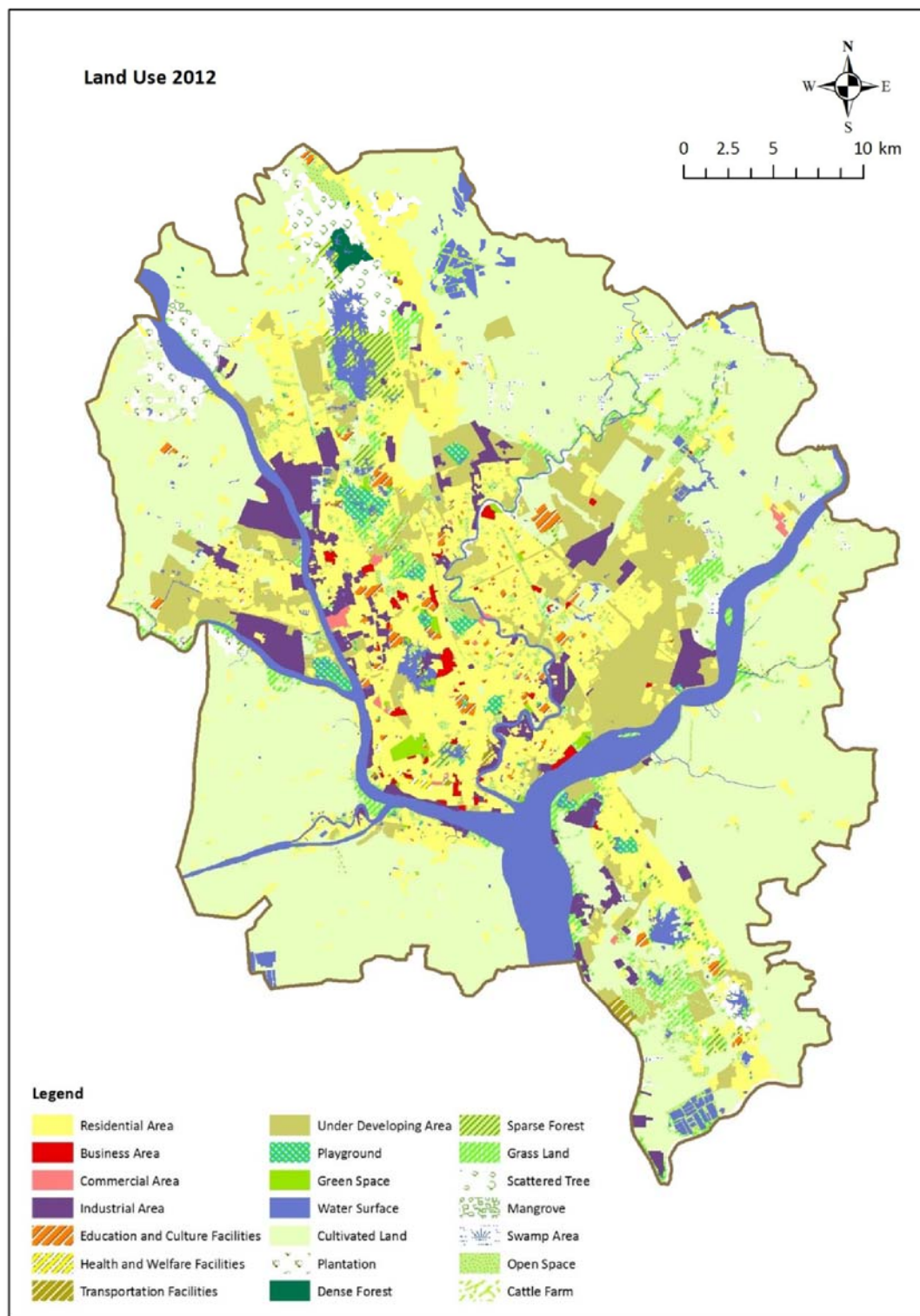
図 2.2.1 ヤンゴン市及びヤンゴン地域の行政区域

2.2.2 土地利用の現況

近代ヤンゴンは1885年、英国によりミャンマーの首都として、ヤンゴン川沿いに開発された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。新たな市街地である、内環状地区、外環状地区、北部郊外地区はCBDから北方の丘陵地帯に向かって拡大した。1959年以降、CBDからパズンダウン川を挟んだ低地に旧郊外地区が開発された。

JICAにより実施されたヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査(2012)において作成されたヤンゴン市周辺の2012年の土地利用図を図2.2.2に示す。ヤンゴン市は、既に都市化している、あるいは現在開発が進行中である地域がほとんどであるのに対し、YCDCの行政区域外のエリアの大半は、タンリン(Thanlyin)とチャウタン(Kyauktan)の一部を除き、農業地帯であり未開発地域である。

工業地帯はヤンゴン市全域に散見され、郊外の幹線道路沿いに大規模な工業地区が配されているが、既成市街地にも小規模ながら幾つか存在する。



出典: ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査 (JICA 2012)

図 2.2.2 ヤンゴン市とその周辺の土地利用図 (2012年)

2.2.3 人口

(1) ヤンゴン市の現在の人口

2014年時点の人口及び過去の人口を表 2.2.2 に示す。1993年から2014年にかけての人口増加率の平均値は238.2%である。1950年代には73万人であった人口は、1960年代には94万人まで増加した。その後、ヤンゴン市の発展に伴い、1973年には200万人、1993年には300万人、2003年には400万人を超え、2011年には514万人に達した。2014年時点の人口は736万人である。

表 2.2.2 ヤンゴン市の人口推移

年	面積 (km ²)	人口密度 (人/km ²)	人口 (百万人)
1953	123.3	5,925	0.73
1963	164.2	5,725	0.94
1973	221.4	9,077	2.01
1983	346.0	7,254	2.51
1993	603.5	5,120	3.09
2003	794.3	5,161	4.10
2011	794.3	6,471	5.14
2014	1,036.0	7,104	7.36

出典：ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査 (JICA 2012)及び JICA 調査団

(2) ヤンゴン市の人口予測

ヤンゴン都市圏開発の課題整理のための情報収集・確認調査 (JICA 2017) によって、ヤンゴン市の人口予測が JICA MP 2014 から更新された。これによると、CBD における人口は2040年まで横ばいで推移する。一方で、ダゴンタウンシップにおける人口は、年平均3.2%で増加する。

表 2.2.3 ヤンゴン市全体の人口予測

	2017	2020	2025	2030	2035	2040
Yangon City	5,558,858	6,003,820	6,825,971	7,760,706	8,823,442	10,031,707

出典：ヤンゴン都市圏開発の課題整理のための情報収集・確認調査 (JICA 2017) 及び JICA 調査団

表 2.2.4 調査対象地域における 2040 年の人口予測

タウンシップ	面積(ha)	2017	2020	2025	2030	2035	2040
ラター	61	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057
ランマダー	131	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160
パベダン	62	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336
チャウタダー	70	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853

ポーતાタウン	260	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995
パズンタウン	107	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455
ダゴン	299	28,222	30,999	36,325	41,651	45,201	48,751
合計	990	253,078	255,855	261,181	266,507	270,057	273,607

出典：ヤンゴン都市圏開発の課題整理のための情報収集・確認調査（JICA 2017）及び JICA 調査団

2.2.4 ヤンゴン地域の経済規模及び産業構造

(1) 経済規模

ヤンゴン地域の 2016-2017 年末現在の人口は、736 万 1,000 人である。これは、図 2.2.3 に示すように国全体の人口の 12%に相当する。一方、経済規模については、同時期におけるヤンゴン地域の純生産額は 10 兆 9,364 億 1,400 万 MMK であり、ミャンマー国の国内総生産（GDP）の約 18%を占めており、ヤンゴンはミャンマー国経済の中心地と位置づけられる。

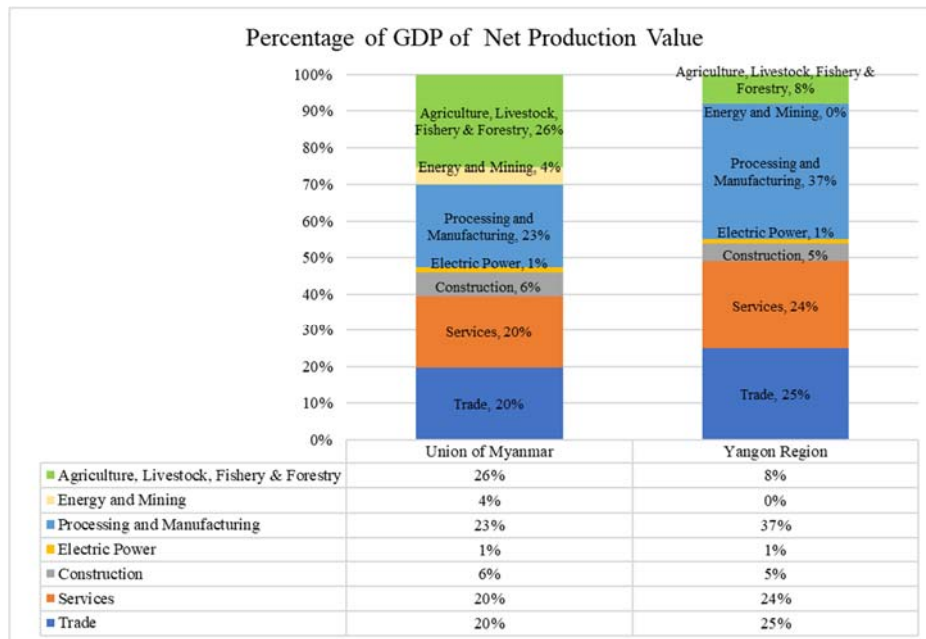


出典: Myanmar Statistical Yearbook2018 を基に JICA 調査団が作成

図 2.2.3 ヤンゴン地域の経済規模

(2) 産業構造

ミャンマー国の産業構造（GDP ベース）は、農業・畜産・水産・林業 26%、商業 20%、製造・加工業 20%、サービス業 20%となっている。一方で、ヤンゴン地域の産業構造は、製造・加工業 37%、商業 25%、サービス業 24%を占めているが、農業・畜産・水産・林業はわずか 8%を占めるに過ぎない。このように、ヤンゴン地域では製造業に集中した産業構造の形成が見られ、農業・畜産・水産・林業の比率の高いミャンマー国全体とは異なるものとなっている。



出典: Myanmar Statistical Yearbook2018 を基に JICA 調査団が作成。YRG については、2010 年時の値

図 2.2.4 ヤンゴン地域の産業構造

2.3 ヤンゴン市の水供給及び衛生に係る基準

2.3.1 水道及び下水道に関する法令、基準

ミャンマーでは、上下水道に関する行政は中央政府の管轄外であり、上下水道に関する法律および条令は、以前より各都市で独自に制定されてきた。ヤンゴン市では以下に示す法体系が現時点でも効力を持つ。

- The Yangon Water- Works Act (1885) : ヤンゴン市内の給水に関する法律
- The City of Yangon Municipal Act (1922) : ヤンゴン市の行政及び、インフラ改善に関する法律であり、排水施設、下水道、上水道（水源保全）に関して規定されている
- The Water Power Act (1927) : 水力発電に関する法律
- The Underground Water Act (1930) : 地下水保全に関する法律
- The City of Yangon Development Law (1990) : ヤンゴン市における上水場、貯水池、管渠及び、衛生に関するYCDCの責任を規定した法律

ミャンマー国建築コード（Myanmar National Building Code, MNBC）は建設省（Ministry of Construction, MOC）内の建設局(Construction Department)が担当し、2014年にイギリスが支援した国際連合人間居住計画（UN-HABITAT）のプロジェクト下で、ミャンマーエンジニアリング協会(Myanmar Engineering Society, MES)の協力により制定され、建築基準法における施工令及び、施工規則に相当する。

MNBCは2016年に改正されたものの、その内容を規定する建築規制法は、議会を通過しておらず、成立に至っていない。

MNBC の第 5 章は、建築物の給排水施設に関連した内容であり、公共水道に関する基本的な仕様、公共水道への接続義務及び、公共水道の設計を行う上で必要な内容が規定されている。また、管路施設（建築物からの排水、表流水、地下水及び下水）に関する設計、施工、及び維持管理についても規定されている。具体的には、建屋内外の下水管と給排水設備、マンホール及び腐敗槽の接続に関する内容である。

また、ミャンマー国内において、日本を含む外国企業による下水道部門への投資に関連する法律はない。

2.3.2 放流水質基準

(1) YCDC による放流水質

ミ国では、2012 年からアジア開発銀行（Asia Development Bank, ADB）による支援の下、環境保全林業省（Ministry of Environmental Conservation、MOECAF）の環境保全局（Environmental Conservation Department、ECD）によって、環境影響評価法、環境保護法及び放流水質基準が定められた。環境保護法及び環境保全規制は、それぞれ 2012 年および 2014 年に制定された。また、ミ国全体に対する環境基準及び放流水質基準に関するガイドラインは 2015 年に制定された。

過去、ミ国における環境基準及び放流水質に関するガイドラインが発行されたが、YCDC 下の汚染管理清掃局（Pollution Control and Cleaning Department、以降「PCCD」）は、YCDC の行政地区に対して、公共用水域への独自の放流水質を定めている。（表 2.3.1 参照）

表 2.3.1 YCDC による公共用水域への放流水質基準

項目	基準値
pH	6~9
BOD	60 mg/l 未満
COD _{Cr}	200 mg/l 未満
TSS	2,000 mg/l 未満
SS	500 mg/l 未満

出典：YCDC

YCDC の水衛生局（Engineering Department of Water and Sanitation、以降「EDWS」）では、上記放流水質基準を超過した際の改善を指導しており、運転管理者に対して、下水処理場への汚泥搬入を要請している場合もある。汚泥搬入は管理者負担でバキュームカーにより行われている。上記の指導は、CBD、カンドーチ湖及びインヤ湖周辺に対して行われている、環境モニタリングによるものと推測される。

表 2.3.2 YCDC による下水道への放流水質基準

項目	基準値
BOD	20 mg/l 未満
COD _{Cr}	60 mg/l 未満
SS	30 mg/l未満

出典: YCDC

備考: 9 階以上の建築物に対して適用

(2) 高層建築物査定委員会 (CQHP) におけるし尿の放流水質基準

YCDC は 4 から 8 階建ての建築物に対して、腐敗槽によるし尿の処理を指導しており、下水道への放流水質は BOD で 200 から 250mg/L と定められているが、厳格な運用はなされていない。

CQHP により定められた高層建築物に対するガイドライン (Appendix 14 参照) では、表 2.3.3 に示すし尿の排出基準が定められているが、これは表 2.3.2 に示した YCDC の放流水質基準よりも緩やかなものとなっている。

表 2.3.3 CQHP におけるし尿の放流水質基準

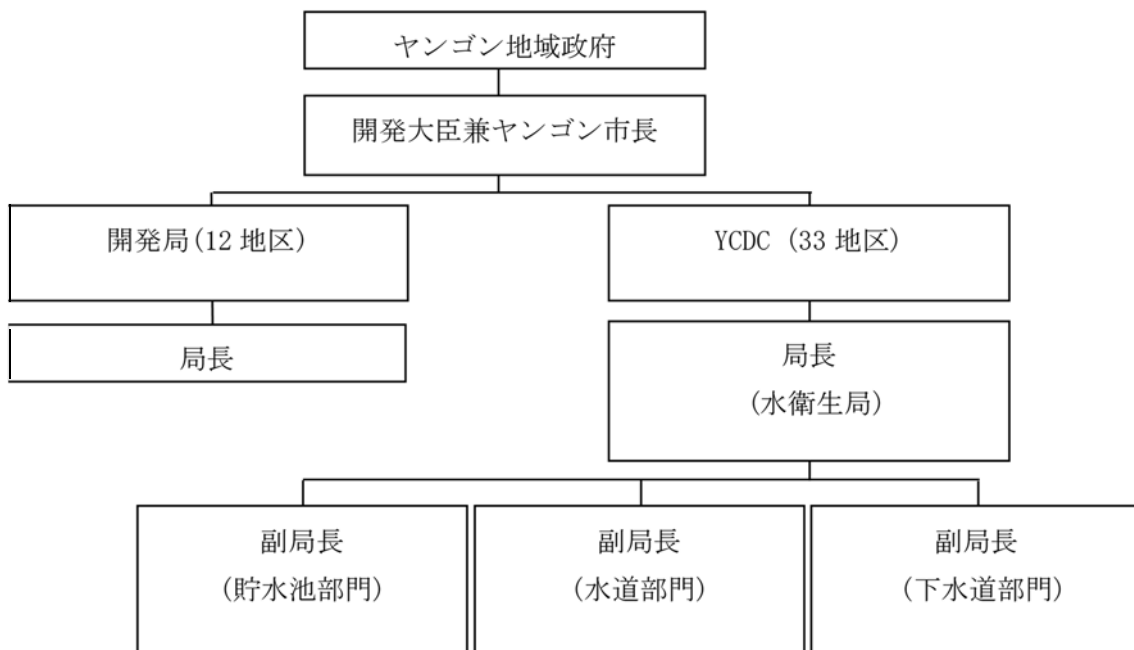
項目	CQHP による公共用水域 への放流水質基準	YCDC による 下水への放流水質基準
BOD	50 mg/l 未満	150 mg/l 未満
COD _{Cr}	100 mg/l 未満	200 mg/l 未満
SS	50 mg/l未満	150 mg/l未満

出典: Guidelines for high-rise building construction projects (water supply and sanitation), CQHP

第3章 上下水道セクターに関する制度概要

3.1 ヤンゴン地域政府

憲法では、農業排水路に関する建設、運営及び維持管理は、国、地域政府、州政府の役割であると明記している。一方で、水道、下水道及び都市排水の建設と維持管理を行う組織は明確に規定されていない。しかし、州、地域政府の役割の一つとして、水税（water tax）の徴収権限があるとの記述があり、これが水道料金であると読めることから、水道に関しては、地域政府の開発局の管轄であると考えられる。図 3.1.1 に示す通り、この開発局は YCDC と共にヤンゴン地域政府の管轄下にある。



出典：JICA 調査団

図 3.1.1 ヤンゴン地域政府

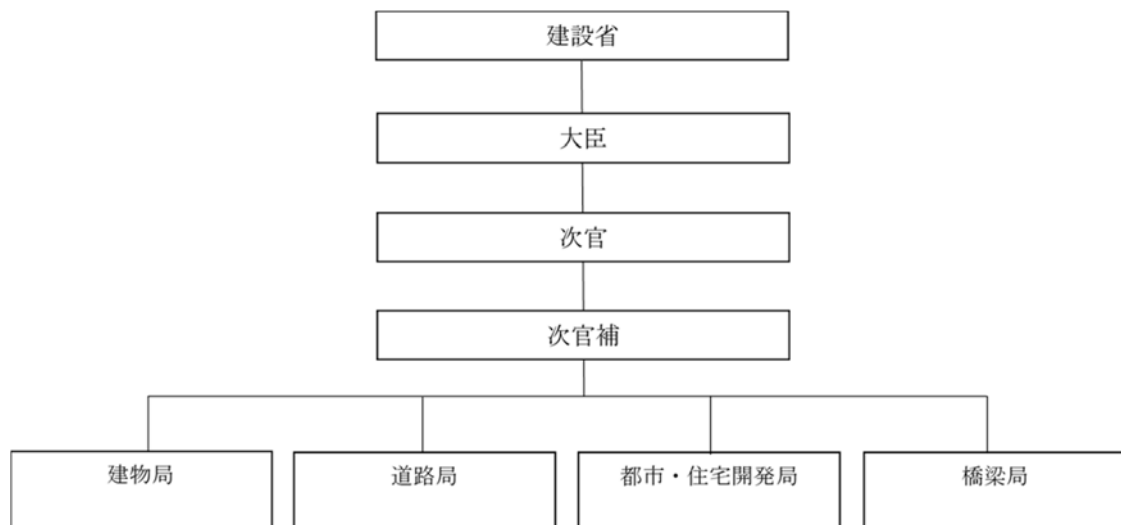
ヤンゴン地域政府の予算は、2011 年以前は、連邦政府の予算に含まれていたが、ヤンゴン地域政府議会の議決によって、2012 年から別予算となった。予算案は会計年度ごとに各地方政府の議会で承認された後、連邦政府による承認が必要である。連邦政府からの予算は補助金として地方政府の財源に加えられ、必要に応じてヤンゴン地域政府から YCDC に再配分される。さらに、連邦政府は債権を発行できるが、地方政府は権限を有していない。

3.2 建設省

連邦政府の建設省(MOC)は図 3.2.1 に示すように建物局、道路局、都市・住宅開発局、橋梁局で構成されている。建物局は、ミャンマー国建築コードを含む法制度の整備に加え、住居(設計及び受注)以外の構造物の建設も担当している。都市・住宅開発局は、分譲マンションや借家などの住宅開発を担当しており、過去には、日本住宅都市開発公社に似た役割を担っていた。道路局と橋梁局は、それぞれ道路と橋梁の管理を行っている。

上記の内、建物局と都市・住宅開発局が下水道に関係している。建物局には上下水道部があり、官庁施設(保健省管轄の病院を含む)の建設に伴う下水処理施設の改良を管理している。都市・住宅開発局では、新たな都市開発における下水処理施設の改良を担っている。

一方で、各都市の上下水道は MOC の管轄外にあるため、ヤンゴン市、マンダレー市、ネピドー市などの主要都市における、上下水道行政を担当する都市開発委員会が設置された。都市開発委員会は MOC ではなく、地方政府の下で組織されている。MOC とヤンゴン市開発委員会(YCDC)の上下水道担当部署に上下関係は無い。



出典：JICA 調査団

図 3.2.1 建設省の組織構成

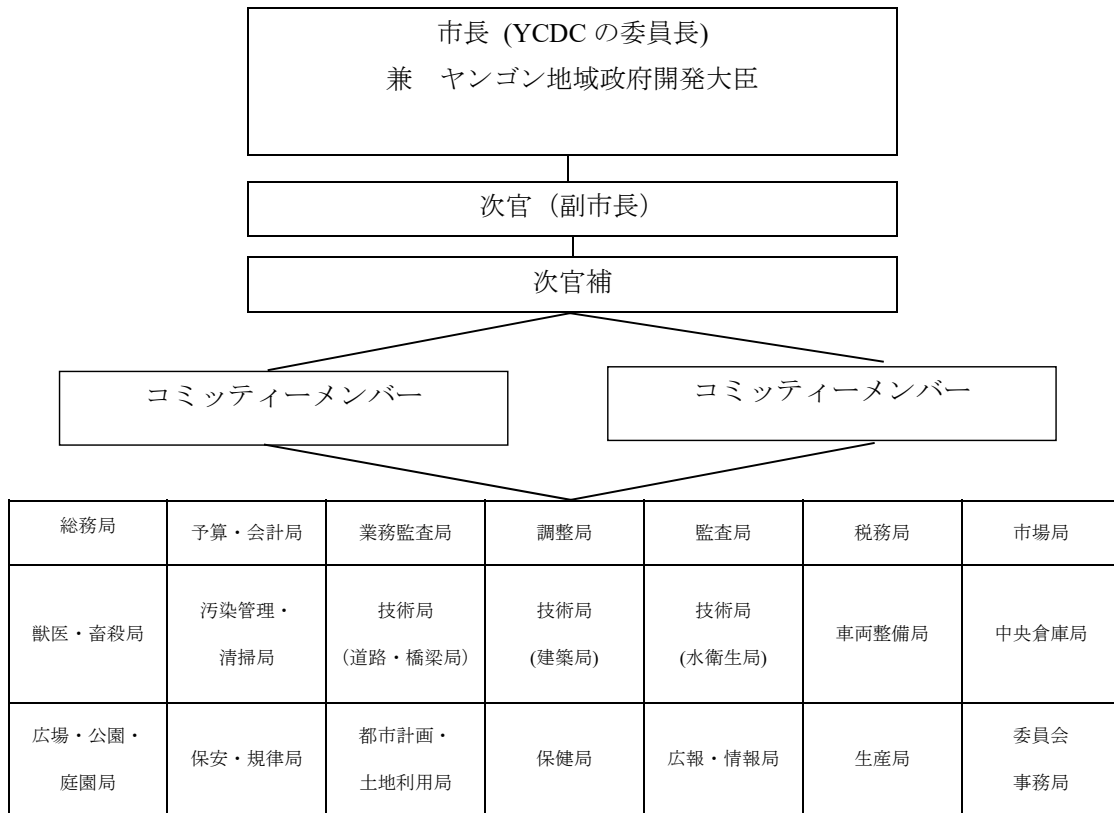
3.3 ヤンゴン市開発委員会(YCDC)

YCDC は、ヤンゴン市開発の自発的な促進を目的に含む、ヤンゴン都市開発法の下に設立された。同様の法律は、第二の都市であるマンダレー及び、首都であるネピドーで制定された。ヤンゴン都市開発法は、YCDC が自己資金で自身のプロジェクトの実行を認可している。一方でプロジェクトに対しては、ヤンゴン地域政府による承認が必要であること、プロジェクトの目的と内容が、連邦政府の予算で計画されている活動と一致している必要があることから、必ずしもその権限を行使できるわけではない。

YCDC の組織を図 3.3.1 に示す。YCDC は、委員長である市長、次官（副市長）、次官補と2つの委員会構成されている。なお、市長は、ヤンゴン地域政府の開発大臣を兼任している。

YCDC は、ヤンゴン地域政府管轄である 45 タウンシップのうち、33 タウンシップにおける水道、下水道、公衆衛生と雨水排水に関する業務を行っている。法律では、これらの水関係の業務に関する計画の作成、実行、管理する責任を規定している。水衛生局は上下水道と公衆衛生を管轄しており、道路・橋梁局が雨水排水を管轄している。

YCDC の独自予算はあるものの、ヤンゴン地域政府の予算に組み込まれており、予算の執行は、ヤンゴン地域政府と連邦政府からの承認を必要とする。YCDC はヤンゴン地域政府と連邦政府からの補助金を受け取っておらず、基本的に自身の財源である公共サービス及び税金収入のみによって運営されている。具体的には、道路や橋の通行料、駐車料金、民間会社との不動産開発事業、水道サービス、廃棄物処理、不動産税、及び印紙税等である。しかしながら、水道サービスからの収入を含むこれらの財源は、ヤンゴン地域政府の予算に含まれており、YCDC が自由に使うことはできない。

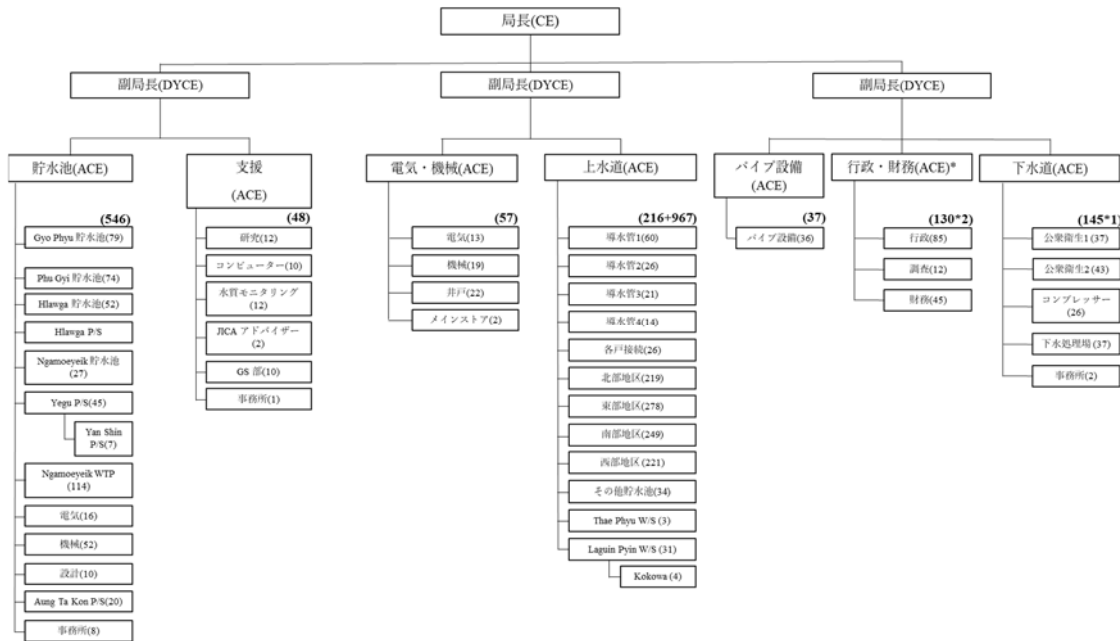


出典：YCDC

図 3.3.1 YCDC の構成

3.4 YCDC の水衛生局

水衛生局の組織図を図 3.4.1 に示す。水衛生局は局長と 3 人の副局長で構成され、その下に 7 つの部署がある。2017 年 12 月時点の職員数は 2152 人である。現在、進行中の JICA の技術協力プロジェクト（ヤンゴン市開発委員会（YCDC）水道事業運営改善プロジェクト）の支援により、再編成が検討されている。



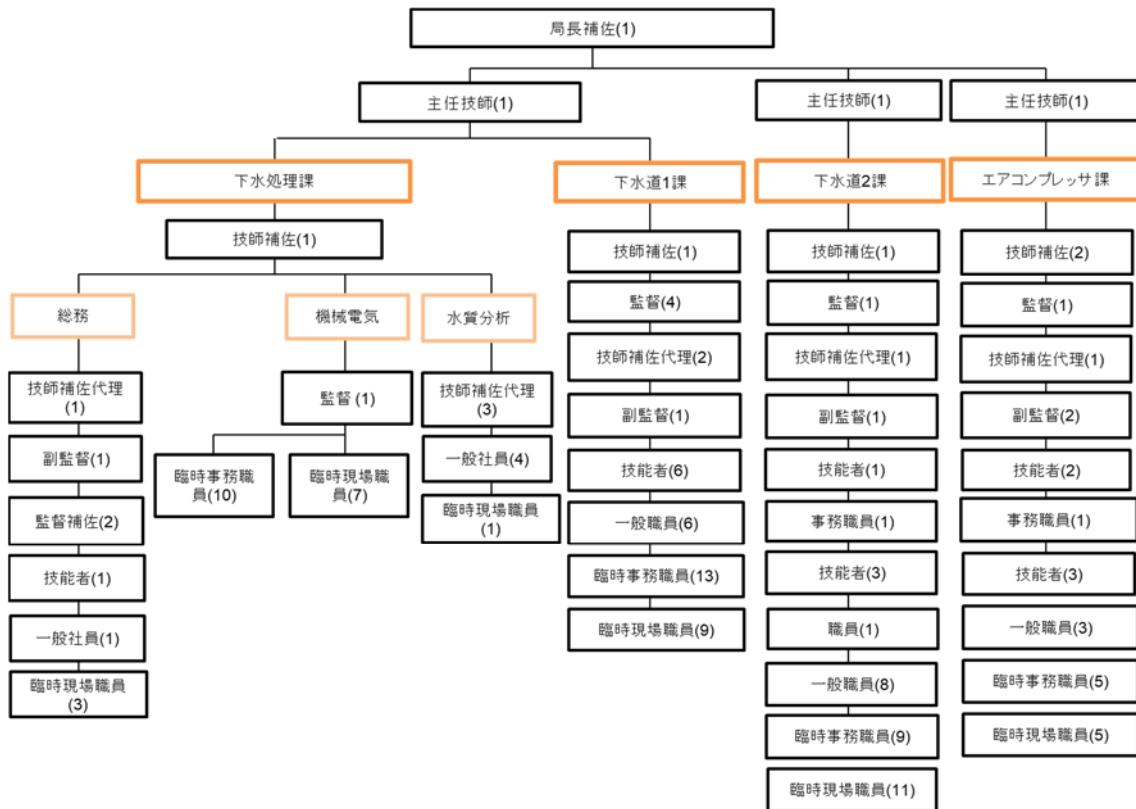
出典：YCDC

図 3.4.1 YCDC の水衛生局の組織図

下水道部門の組織図を図 3.4.2 に示す。所属するスタッフは 145 人であり、以下に主な役割を示す。

1. 下水道の清掃
2. コンプレッサー、エジェクター、下水処理場の運営及び維持管理
3. 下水管きょ網の拡大計画及び運営計画の策定
4. 下水処理システムの抜本的な改善
5. 施設、設備及び機械の購入

YCDC によると、2018 年 4 月から組織の再編成が実施される予定であったが、詳細はヤンゴン地域政府によって検討中であり、時期については未定である。



出典：YCDC

図 3.4.2 水衛生局における下水道部門の組織図

3.5 YCDC の道路・橋梁局

排水部門は、YCDC の水衛生局の業務と密接に関連しているが、道路・橋梁局に所属している。Back Drainage Space(BDS)の改良作業は主に総務局の管轄であり、主な作業は舗装の改良である。YCDCによると、水衛生局内の下水道部門と道路・橋梁局の排水部門は、近く統合される予定である。

第4章 対象地区における既存下水道・衛生システム

4.1 既存下水道・衛生システムの概要

4.1.1 下水道システムの現況

(1) 既存エジェクターシステム

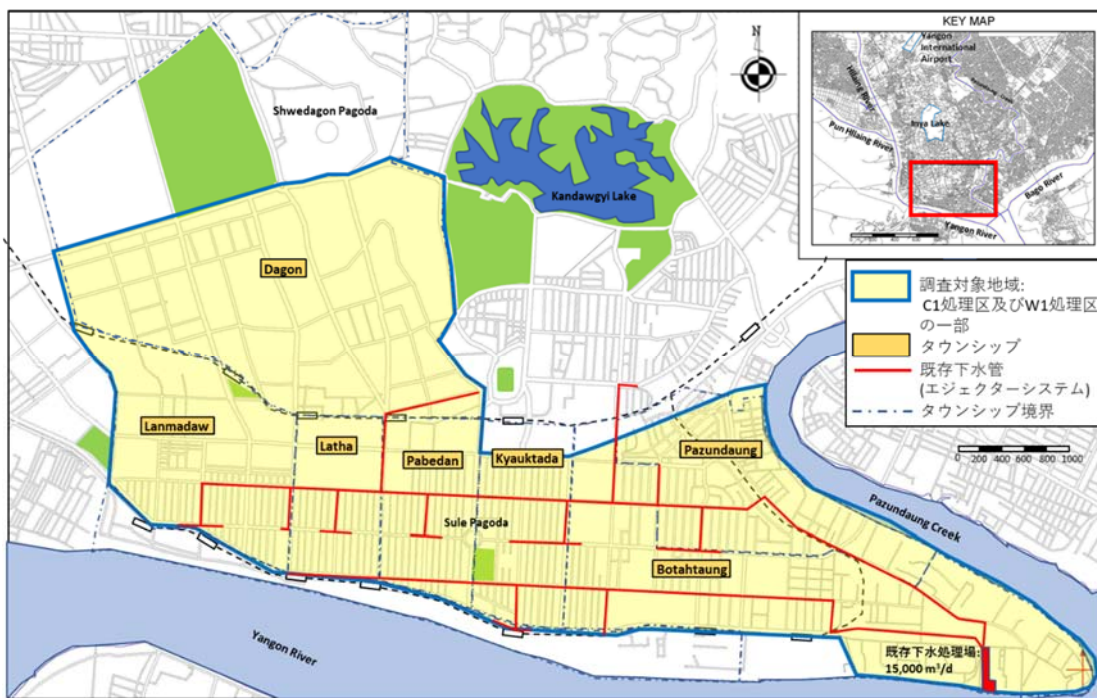
ヤンゴン市では、1888年のイギリス統治下において整備されたエジェクターシステムを現在まで使用しており、CBDを中心とした8つのタウンシップを対象として、汚水（し尿のみ）を収集している。その他の下水排水については、雨水側溝を通じて、ヤンゴン川に未処理で放流されている。

エジェクターシステムは、エジェクターステーションから、空気圧送により、東西を走る2本の幹線に汚水を搬送している。建設当初は、40か所のエジェクターステーションが稼働していたが、現在は35か所が稼働しており、120年以上の間、修理と改良が行われながら、使用されている。表 4.1.1 に既存下水道システムであるエジェクターシステムの概要を示す。また、図 4.1.1 にエジェクターシステムの位置を示す。

表 4.1.1 既存下水道システム（エジェクターシステム）の概要

項目	内容
竣工	1888年
計画処理人口	40,000人
計画処理区域	8タウンシップ Lanmadaw, Latha, Panbedan, Kyauktada, Botadaung, Puzondaung(一部), Dagon(一部), Mingalataungnyunt(一部)
建設業者	Hughes & Lancaster
メーカー	Shone Hydro- Pneumatic Ejector
建設費用	230万ルピー（インド政府のローンにより実施）
圧送管延長	北幹線 5.55 km, 南幹線 5.03 km, 合計 10.58 km
圧送管径	北幹線 300~1,200mm, 南幹線 300~600mm
配管材質	铸铁管
エジェクターステーション数	35/40が現在も稼働中
マンホール数	2,114箇所

出典：YCDCからの情報を基に、JICA調査団が作成



出典：JICA 調査団

図 4.1.1 エジェクターシステム

(2) 既存下水処理場

既存の下水処理場は 2005 年に建設されたが、それまでは、エジェクターシステムによって、家庭及び商業施設から収集された汚水は、未処理のままヤンゴン川へと放流されていた。この処理場は YCDC の設計及び施工により建設され、その費用は、MOC を含む複数の省庁によって調達された。

計画処理人口は 300,000 人、発生原単位を 50L/日/人とし、下水処理場の能力は、日最大で 15,000m³ である。汚水処理方法は、長時間ばっ気法を採用しており、処理水はヤンゴン川へと放流される。発生汚泥は重力濃縮後、自然乾燥（天日乾燥）により処理される。また、当該処理場は、各戸から日量 150m³ の腐敗槽の引抜汚泥を受け入れている。引抜汚泥は調整槽に投入され、上澄みは処理系列に返送される。また、固形分は天日乾燥床に移される。表 4.1.2 に既存下水処理場の概要を示し、図 4.1.3 にそのレイアウトを示す。

YCDC によると、既存処理場は処理水の放流水質で、pH が 6 から 8、BOD が 60mg/L 以下、COD が 100mg/L 以下、TSS が 70mg/L 以下になるように運転されている。一方で、行政等により規制された数値は存在しない。

表 4.1.2 既存下水処理場の概要

項目	内容
処理場面積	2.25ha (5.56 acres)
着工	2003 年 4 月
竣工	2005 年 1 月
計画処理人口	300,000 人
計画処理水量	日量 14,775m ³ (3.25MGD)
建設費	1.96 百万米ドル (2065.7 百万チャット)
流入水質 (設計流入水質)	BOD 600 mg/L, SS 700 mg/L
放流水質 (設計処理水質)	BOD 60 mg/L, SS 40 mg/L

出典：YCDC からの情報を基に、JICA 調査団が作成

既存処理場の処理プロセスを図 4.1.2 に示す。ばっ気は機械式の表面ばっ気が採用されている。当初、汚泥は好気性消化の後、ベルトプレス式脱水機での処理が計画されており、必要な設備が設置されていた。現在、混合槽から引き抜かれた汚泥は乾燥床に運ばれており、重力濃縮槽、好気性消化タンク及びベルトプレス脱水機は使用されていない。

下水処理場は、1 日のうち午前と午後に、それぞれ 2 時間ずつの計 4 時間、間欠運転されている。これは、流入水量が設計水量と比較し、極めて少ないことを意味している。最新の測定結果によると、流入水量は日量 630m³ 程度であり、施設の半分が休止している。

当該処理場における、ばっ気槽の滞留時間を、現況の流入水量から算定したところ、およそ 19.5 日 (20 時間×14,775 m³/日÷630 m³/日=469 時間) であり、長い滞留時間が確保されている一方で、流入ポンプの自動制御は故障しており、ポンプの手動運転による、一時的な水量の増加や、瞬間的な負荷変動がみられる。

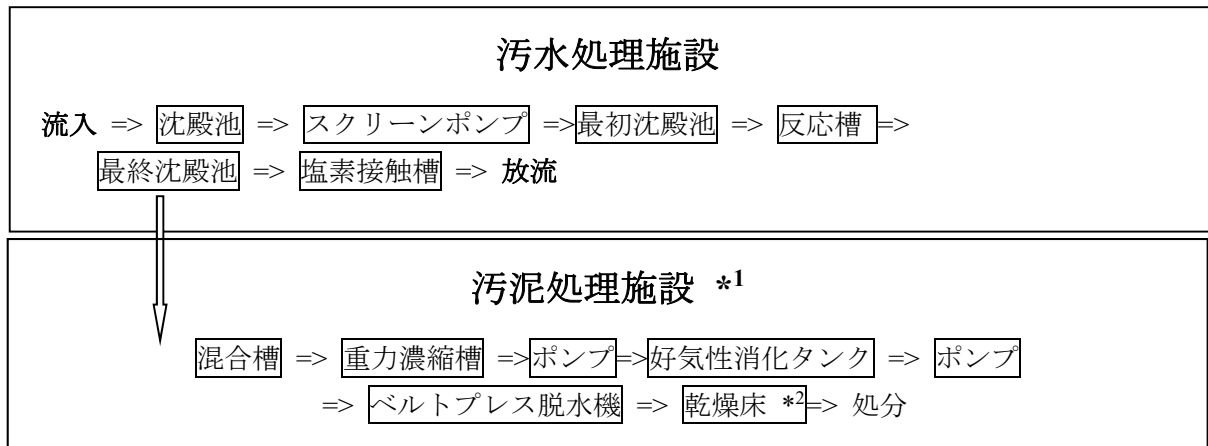
運転管理に関していえば、水位制御装置が故障して以来、水質や水温は計測されておらず、適切な運転管理は行われていない。また、修理に必要な部品や薬品が購入されていない等、改善が必要である。



写真 4.1.1 既存下水処理場



写真 4.1.2 ばっ気槽



出典: JICA 調査団

*1 汚泥処理施設は現在使用されていない。

*2 混合層から乾燥床へのバイパスルートが設けられ、使用されている。

図 4.1.2 汚水処理施設及び汚泥処理施設のプロセスフロー



出典: JICA 調査団

図 4.1.3 既存下水処理場

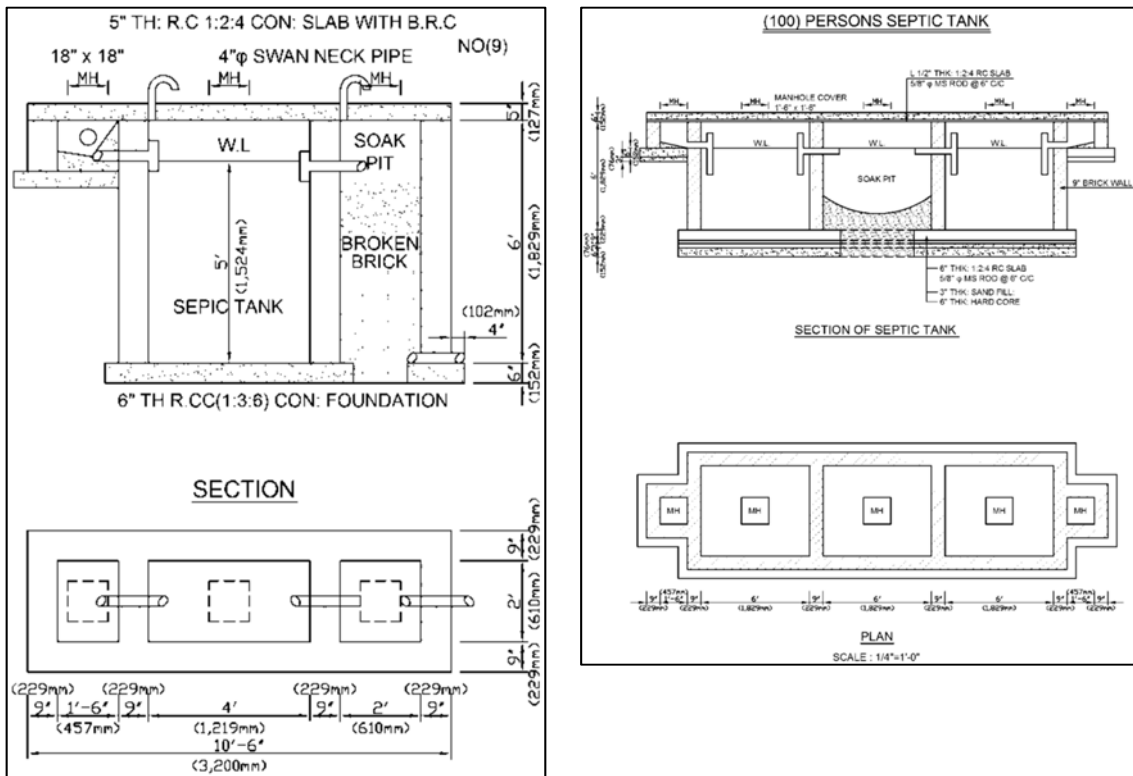
4.1.2 衛生システムの現況

(1) 腐敗槽

YCDC は、CBD を含む既存下水道の集水区域を除いた地域での汚水処理に腐敗槽の使用を規定している。腐敗槽は、トイレ排水（し尿）のみを対象としており、炊事や洗濯によって発生する雑排水は、直接側溝に放流している。各家庭あるいはビルの所有者は、建物の建設時に水衛生局の下水道部門に対して、下水処理に関する申請書を提出し、建設工事に対する承認を得る必要がある。YCDC は 8 階建てまでの建築物に対しては、承認を与える権利を有する。9 階建て以上の建築物に対しては、建設省下の組織である、高層建築物査定委員会（CQHP : Committee for Quality Control of High-Rise Building）による承認が必要となる。腐敗槽の種類は、以下に示す通り、建物の階数によって決められている。

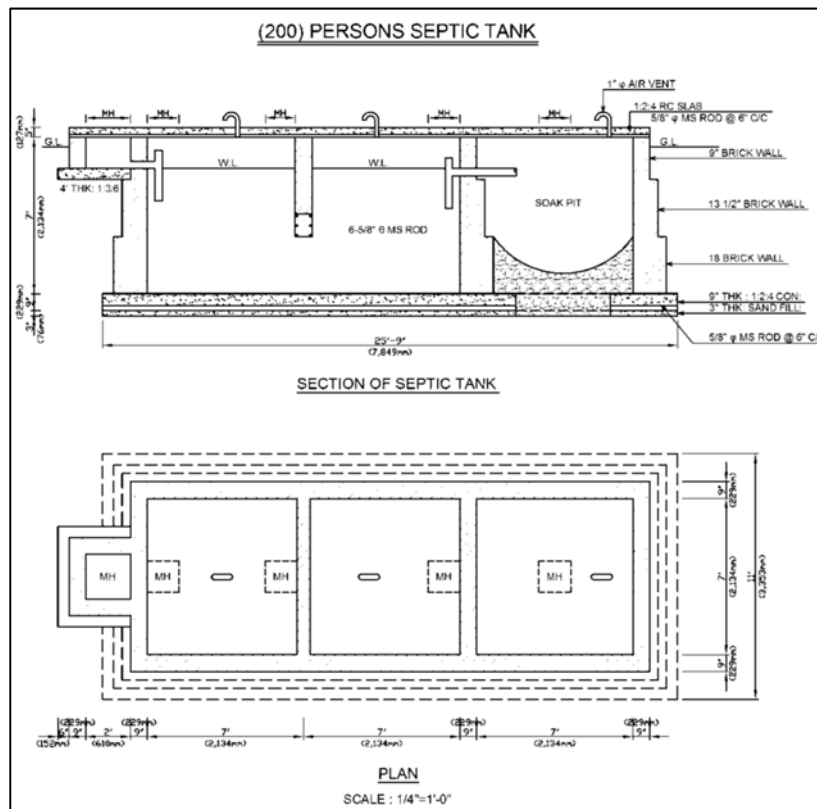
- 3 階以下：浸透式腐敗槽
- 4 階以上：上向流フィルター付き腐敗槽

CBD のうち既存下水道の集水区域については、基本的に腐敗槽の設置が禁止されている。ただし、ホテルやショッピングセンター等の大型施設は、既存システムの能力不足により、各自腐敗槽を有している。YCDC は腐敗槽の標準図を有しており、図 4.1.4 及び図 4.1.5 に、それぞれ、10 人用、100 人用及び 200 人用の浸透式腐敗槽の標準図を示す。腐敗槽からの処理水は地下浸透しており、雨水側溝には排水されていない。また、図 4.1.6 に上向流フィルター付きの腐敗槽を示す。腐敗槽からの処理水は道路側溝に排水されている。



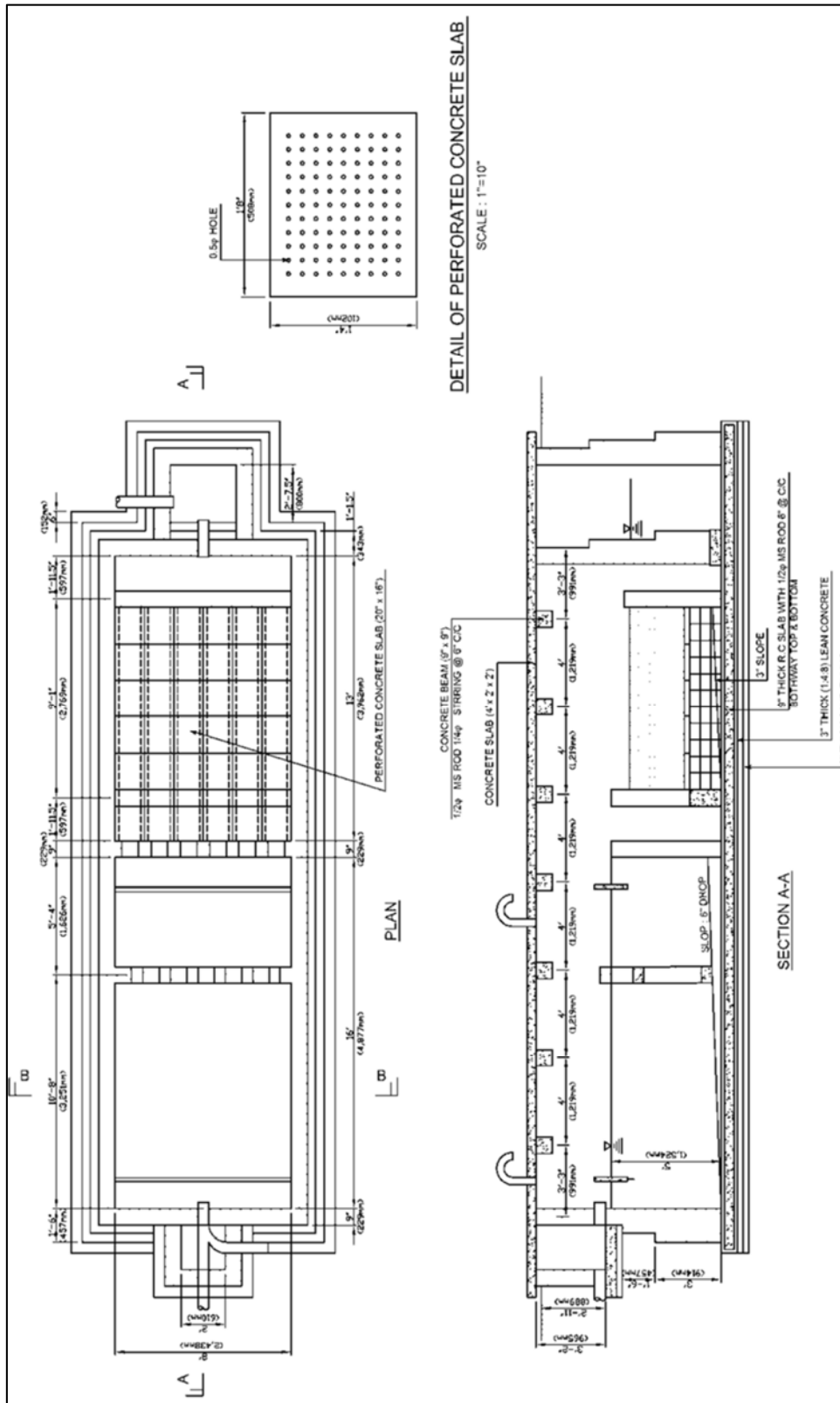
出典: YCDC

図 4.1.4 腐敗槽 (左: 10 人用 右: 100 人用)



出典: YCDC

図 4.1.5 腐敗槽 (200 人用)

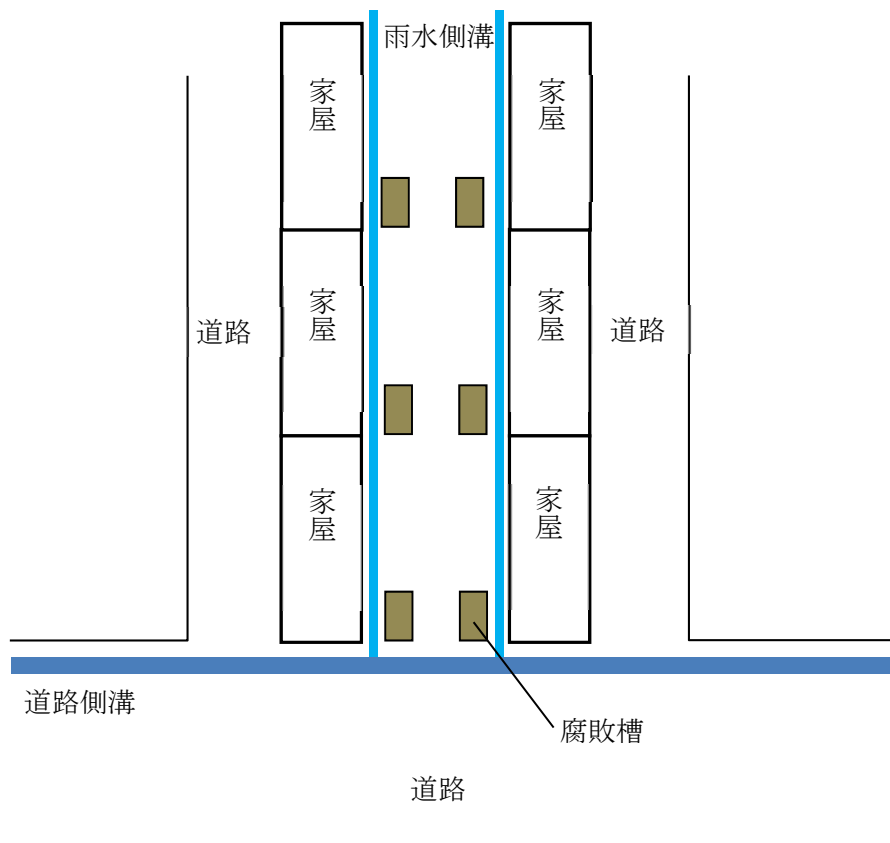


出典: YCDC

図 4.1.6 上向流フィルター付き腐敗槽

CBD 及び内環状地区(IUR)の多くは、建築物が背中合わせに配置されており、その建築物間にあるスペースを 4.1.4 節に示す BDS (Back Drainage Space) と呼んでいる。BDS は大きく既存下水道に繋がる污水管を有するものと、腐敗槽を有するものに分けられる。BDS はスペースだけを指す言葉ではなく、そこに設置されている雨水側溝、埋設管、舗装を含む。一般的に、BDS の幅は 10 から 15 フィート (3.0 から 4.5 m) であり、その半分程度の幅を使って、各建屋のための腐敗槽が設けられている。また、BDS は両側、或いは中央に幅 1.0 から 1.5 フィート (30 から 45cm) の雨水側溝を有している。YCDC は BDS を所有及び管理しており、維持管理費は YCDC の負担である。一方で腐敗槽の建設費は建物の所有者の負担である。

一戸建ての家屋では、雑排水は雨水と一緒に、側溝を通じて道路脇の排水路に排水されている。家屋と道路脇の排水路を繋ぐ側溝の大半は、レンガ造りの開水路であり、しばしば配管も見られる。なお、CBD は大半が既存下水道でカバーされており、腐敗槽が設置されている場所は、既存下水道の集水範囲を除いた範囲のうち、BDS を有さない場所である。



出典: JICA調査団

図 4.1.7 BDS における腐敗槽の配置

YCDC は、腐敗槽の容量に関して以下に示す基準を設け、これに基づき承認を行っている。

- 1) CBD のうち、人口密度が極めて高く、BDS が存在する地域については、一人当たり、 2.25 ft^3 (0.06075 m^3)とする。

2) CBDのうち、一戸建てが見られるような人口密度が低く、BDSが存在しない地域については、一人当たり、4.0 ft³ (0.108 m³/person)とする。

YCDCによれば、1世帯当たりの人数は5人である。

(2) 腐敗槽の維持管理

ヤンゴン市では、車両整備局 (Department of Transportation Workshop) が、家主の要請に応じて、腐敗槽の汚泥を引抜き、既存処理場へ運搬している。各家庭における引抜頻度は、年1、2回である。当局は、バキュームカーを45台所有しており、その内訳は、1200ガロン車が10台、800ガロン車が20台、400ガロン車が15台であるが、うち6台は使用不能である。当局によると、2017年1月から同年12月にかけての1年間の収集回数は、延べ23,133回である。表4.1.3に示す汚泥の回収費用は燃料費、人件費及び車両の維持管理費を含む。YCDCによれば、一部のタウンシップでは、民間企業により汚泥回収が行われているとのことだが、詳細は不明である。

表 4.1.3 汚泥回収費用

	タウンシップ	回収費用 (1回あたり)	
		1,200 Gallons Truck	Others
1	Hlaing Thar Yar, Palal, Wayarlat, Htauk Kyaut, Shwe Pyi Thar, Padamyamyothit	MMK 41,000 5 ガロン相当のガソリン代を含む	MMK 32,000 4 ガロン相当のガソリン代を含む
2	Mingalardon, Insein, Mayankone, North/Oakalarpa, Shwepaukkan, Thanlan, Dagon (South/North/East/Seik Kan)	MMK 33,000 3 ガロン相当のガソリン代を含む	MMK 26,000 2.5 ガロン相当のガソリン代を含む
3	Hlaing, Kamaryut, San Chaung, Kyaumyintaing, Tharkayta, South Oakkalarpa	MMK 30,000 2.5 ガロン相当のガソリン代を含む	MMK 24,000 2 ガロン相当のガソリン代を含む
4	Dagon, Tarmwe, Daw Paw, Pazuntaung, Botataung, Pabaedan, Latha, Kyauktadar, Lanmataw, Mingalartaungnyut	MMK 29,000 2 ガロン相当のガソリン代を含む	MMK 22,000 1.5 ガロン相当のガソリン代を含む

出典：JICA 調査団

4.1.3 既存下水処理場の流入水質

YCDCより提供された2017年の3月から2018年3月における、平均流入水質 (BOD) を表4.1.4に示す。流入汚水は、既存のエジェクターシステム及び、バキュームカーにより処理場に運搬された腐敗槽の汚泥を含む。なお、処理水質におけるBODの最大値は2017年5月4日に記録された98mg/Lである。

表 4.1.4 2017年の3月から2018年3月における平均流入水質 (BOD)

項目	腐敗槽からの引抜汚泥	下水処理場の流入水質	処理水質
値	5,030mg/L	2,040mg/L	59mg/L

出典：YCDCからの情報を基に、JICA 調査団が作成



写真 4.1.3 バキュームトラックによる既存処理場への汚泥搬入の様子

4.1.4 Back Drainage Space (BDS)

(1) BDS の現況

CBD の各家庭からの汚水は、BDS 内に敷設された小配管を通して、エジェクターステーションに集められ、その後、下水処理場に送られる。雑排水及び雨水は BDS の側溝を通して、ヤンゴン川へと放流される。市長の指示の下、2015 年度から BDS の改良が開始され、汚染管理・清掃局が BDS の清掃を行った。次に水衛生局により、BDS の表面舗装の補修が行われた。2018 年 2 月時点で、182 箇所ある BDS のうち、69 か所において、上述した清掃及び舗装工事が行われたが、依然として、BDS には各家庭からのゴミが雨水側溝に投棄されている。これにより雨水排水の溢水が生じており、BDS における衛生状態は、望ましいものではない。根本的な衛生環境の改善のため、今後 BDS の維持管理は YCDC だけでなく、住人により自発的に行われることが望ましい。

現在、上述した BDS 改良に関する費用は YCDC が負担している。一方で、BDS による汚水の収集システムは 120 年以上が経過しており、老朽化が進んでいるため、YCDC はコンクリート製の既存汚水管の付け替えを含んだ修繕を希望している。BDS の既存汚水管の一部に関しては、YCDC の職員による定期的な清掃が必要である。



写真 4.1.4 既存 BDS

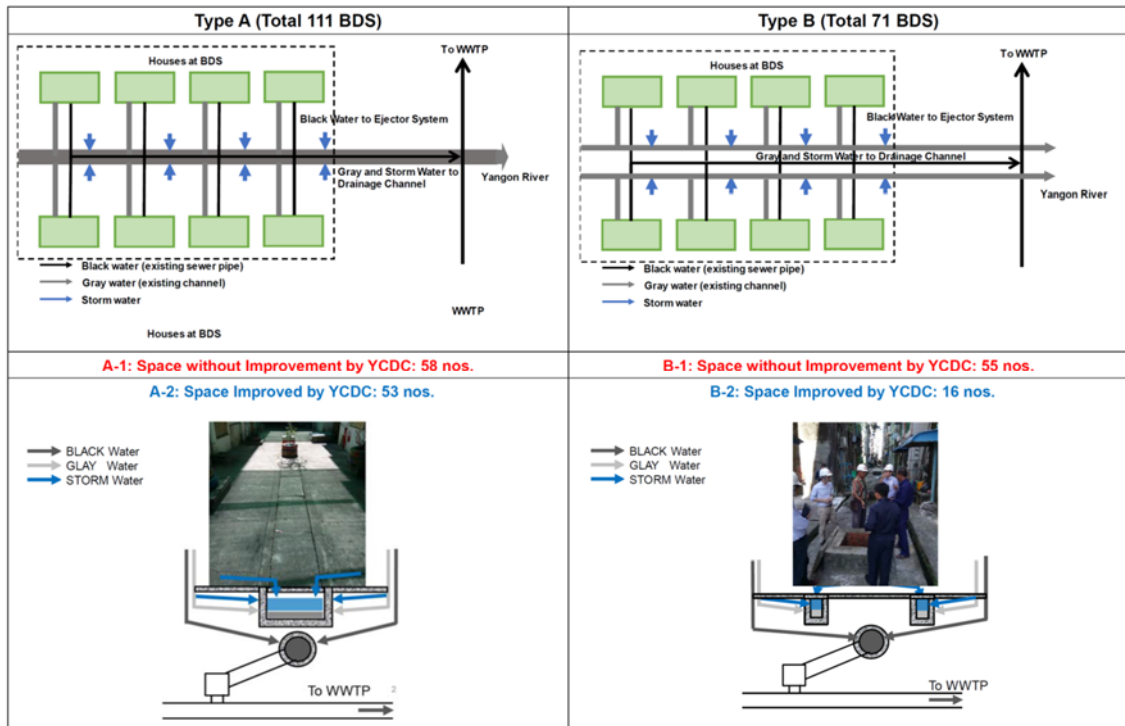


写真 4.1.5 既存排水管(雨水と雑排水)

(2) BDS の種類

CBD では腐敗槽を有する BDS は無く、BDS の中心に雨水側溝があるものと、両脇に雨水側溝があるものの 2 種類に分けられる。以下に概要を示す。

表 4.1.5 BDS の種類



出典: JICA 調査団

現時点において、YCDC は BDS の既存の舗装の上に、新たな舗装を施す改良工事を行っているが、雨水や下水などの排水に関する改善はなされていない。図 4.1.8 に BDS の位置及び改修状況について示す。

BDS in CBD Area

BDS No.	Type	Remark	BDS No.	Type	Remark	BDS No.	Type	Remark	BDS No.	Type	Remark	BDS No.	Type	Remark	BDS No.	Type	Remark	BDS No.	Type	Remark	BDS No.	Type	Remark
1	A	Unimproved	24	A	Improved	47	B	Unimproved	70	A	Improved	93	A	Improved	116	B	Unimproved	139	A	Improved	162	A	Unimproved
2	A	Unimproved	25	A	Improved	48	B	Unimproved	71	A	Unimproved	94	A	Unimproved	117	B	Unimproved	140	A	Unimproved	163	A	Unimproved
3	A	Unimproved	26	A	Improved	49	B	Improved	72	A	Unimproved	95	A	Improved	118	B	Unimproved	141	A	Unimproved	164	A	Unimproved
4	A	Unimproved	27	A	Improved	50	B	Unimproved	73	A	Unimproved	96	A	Improved	119	B	Unimproved	142	A	Unimproved	165	A	Improved
5	A	Unimproved	28	A	Improved	51	B	Unimproved	74	A	Unimproved	97	A	Improved	120	B	Unimproved	143	B	Unimproved	166	A	Improved
6	A	Unimproved	29	B	Unimproved	52	B	Unimproved	75	A	Unimproved	98	A	Improved	121	B	Unimproved	144	A	Unimproved	167	A	Improved
7	A	Unimproved	30	B	Unimproved	53	B	Unimproved	76	A	Improved	99	A	Unimproved	122	A	Improved	145	A	Unimproved	168	A	Improved
8	A	Unimproved	31	B	Unimproved	54	B	Unimproved	77	A	Improved	100	A	Unimproved	123	A	Improved	146	B	Unimproved	169	A	Improved
9	B	Unimproved	32	B	Unimproved	55	B	Unimproved	78	B	Unimproved	101	A	Unimproved	124	A	Improved	147	B	Unimproved	170	A	Unimproved
10	B	Improved	33	B	Improved	56	B	Unimproved	79	B	Unimproved	102	A	Unimproved	125	A	Improved	148	B	Unimproved	171	A	Unimproved
11	B	Improved	34	B	Unimproved	57	B	Unimproved	80	B	Unimproved	103	A	Unimproved	126	A	Improved	149	B	Unimproved	172	A	Improved
12	B	Improved	35	B	Improved	58	B	Unimproved	81	A	Improved	104	A	Improved	127	B	Unimproved	150	B	Unimproved	173	A	Improved
13	B	Improved	36	B	Unimproved	59	B	Unimproved	82	B	Unimproved	105	A	Unimproved	128	A	Unimproved	151	B	Unimproved	174	A	Unimproved
14	B	Improved	37	B	Unimproved	60	B	Unimproved	83	A	Unimproved	106	A	Improved	129	A	Unimproved	152	A	Unimproved	175	A	Improved
15	B	Unimproved	38	B	Unimproved	61	B	Improved	84	A	Unimproved	107	A	Improved	130	A	Unimproved	153	A	Improved	176	A	Improved
16	A	Improved	39	B	Improved	62	B	Improved	85	A	Unimproved	108	A	Improved	131	A	Unimproved	154	A	Unimproved	177	A	Improved
17	B	Unimproved	40	B	Unimproved	63	B	Improved	86	A	Improved	109	A	Improved	132	A	Unimproved	155	A	Unimproved	178	A	Unimproved
18	B	Unimproved	41	B	Unimproved	64	B	Unimproved	87	A	Unimproved	110	B	Improved	133	A	Unimproved	156	A	Unimproved	179	A	Improved
19	A	Improved	42	B	Unimproved	65	B	Improved	88	A	Unimproved	111	A	Unimproved	134	A	Unimproved	157	A	Improved	180	A	Improved
20	A	Improved	43	A	Improved	66	B	Unimproved	89	B	Unimproved	112	B	Unimproved	135	A	Unimproved	158	A	Unimproved	181	A	Unimproved
21	A	Improved	44	A	Improved	67	A	Unimproved	90	B	Unimproved	113	A	Unimproved	136	A	Unimproved	159	A	Unimproved	182	A	Unimproved
22	A	Improved	45	B	Improved	68	A	Improved	91	B	Unimproved	114	A	Unimproved	137	A	Improved	160	A	Unimproved			
23	A	Improved	46	B	Unimproved	69	A	Improved	92	A	Improved	115	B	Unimproved	138	A	Improved	161	A	Unimproved			



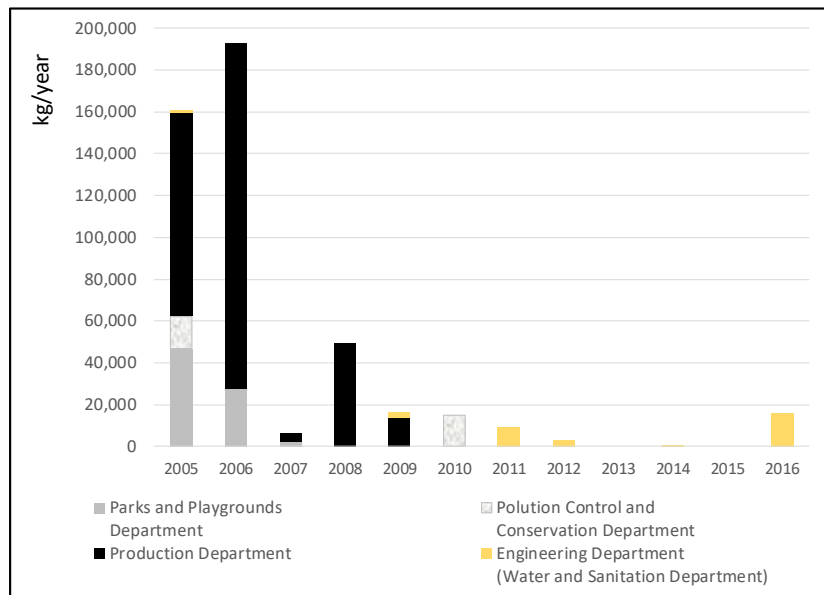
出典：JICA 調査団

図 4.1.8 BDS の位置と状況

4.1.5 下水処理に伴う発生汚泥の処分

下水処理による汚泥発生量は、YCDC では記録していないが、汚泥処理に関する施設は、天日乾燥床のみが運用されていることから、発生量は多くないと考えられる。現状は、汚泥は天日乾燥床で乾燥させた後、その一部は、不定期に WWTP 外で街路樹の肥料などに用いられているが、計画的な利用は行われていない。

下水処理場における汚泥利用の記録によれば、YCDC の 4 つの部局（水衛生局、汚染管理・清掃局、公園・広場局(Parks and Playgrounds Department)、及び製造局(Production Department)) が、図 4.1.9 に示す量の汚泥を利用している。汚泥の利用量は安定しておらず、2007 年及び 2012 年から 2015 年は他の年度と比較し、極めて少ない。水衛生局のみが、2011 年以降も乾燥汚泥の使用を継続しているが、その量は小さく、問題になるようなものではない。

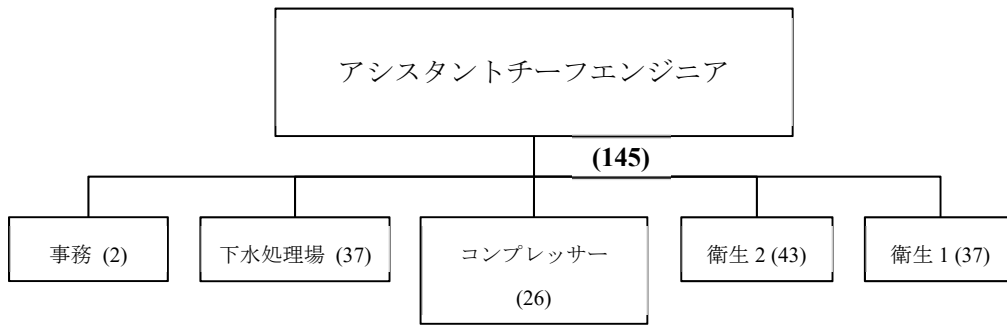


出典: YCDC からの情報を基に JICA 調査団が作成

図 4.1.9 推定汚泥利用量

4.1.6 運転維持管理

下水道部には、145 人の職員が所属しており、そのうち、26 人がコンプレッサー部門、37 人が下水処理場部門、82 人がその他の部門に所属している。衛生部門 1 及び 2 の担当する職務に差異はなく、担当地域が異なるのみである。それぞれの担当地域は C1 エリアを Sule Pagoda を境にして、東西に分割した地域であり、衛生部門 1 及び 2 は、それぞれ東側及び西側を管轄する。



出典: YCDC

図 4.1.10 YCDC の下水道部門

4.2 既存下水道・衛生システムの課題

4.2.1 下水処理場

現地調査及び YCDC へのインタビュー調査により明らかとなった既存の下水処理場が有する課題を以下に示す。

- 既存 C1 下水処理場の設計当事は計画外であった腐敗槽の引抜汚泥の流入とエジェクターシステムの老朽化によって流入負荷が大きく変動しており C1 下水処理場の運転管理に影響を与えている。
- 下水処理場の計画段階では考慮されていなかった腐敗槽の引抜汚泥が、バキューム車により運び込まれているため、流入負荷量が計画値を大きく上回っている。その結果、処理しきれない下水が公共水域に排出され、水環境に悪影響を与えている。
- エジェクターの操作及びバキューム車による汚水の持ち込みは、日中のみ行われるため、流入負荷量の日変動が大きい。
- 汚泥処理工程については、濃縮槽及び好気性消化槽、ベルトプレス型脱水機は稼動しておらず、最終沈殿池からの汚泥の引き抜きができていないため、反応槽の MLSS が高い状態となっている。現在のところ、バキューム車による搬入汚泥からのスカムや沈砂池の表面に堆積しているスカム等を場外利用している状況にある。

4.2.2 下水管渠（管渠及びエジェクターシステム）

現地調査及び YCDC への聞き取り調査から、既存の下水管渠について、以下に示す課題が明らかとなった。

- 以下に示す理由から、既存下水処理場への汚水流入量は、計画値の 4%程度であり、極めて少ない。
 - 1) ホテルやショッピングモールといった大型施設は、腐敗槽を有しており、既存下水道に接続していない
 - 2) 誤接続により下水が側溝に排水されている

3) 既存管の閉塞により下水の流下が阻害されている

また、YCDCによると2014年にMarchant通りにおいて、下水管の破裂事故があったとのことだが、現在は修復されている。

- 下水管渠は汚水（し尿）のみ収集しており、雑排水については、未処理のまま市内の排水側溝を通じて河川に排水されており、市内の衛生状態の悪化を招いている。
- 1890年に運用を開始したエジェクターシステムの老朽化が進んでいるが、補修用の部品が手に入りにくい状況となっているため、補修用部品を地元企業に特注している。
- YCDCによると、40か所あるエジェクターステーションのうち、2か所は不要であり、3か所は故障によりその他のシステムに更新済みであることから、現在では35か所が稼働している。しかしながら、プラスチックやゴムといったゴミの影響で、たびたび運転を停止している。
- コンプレッサーから、各エジェクターステーションに圧縮空気を送る空気管も劣化が進んでいる。7か所のエジェクターステーションでは、それぞれ、小型のコンプレッサーを設置して対応している。

4.2.3 維持管理

YCDCの水衛生局は、下水処理場内に分析室を設け、計測機器を設置しているが、pHとMLSSのみ計測している。処理水質の計測は、一時的にデータの収集のために行われていたが、現在は定期的な計測は行われていない。写真4.2.1に下水処理場内の分析室の様子と処理水質のモニタリングシートを示す。

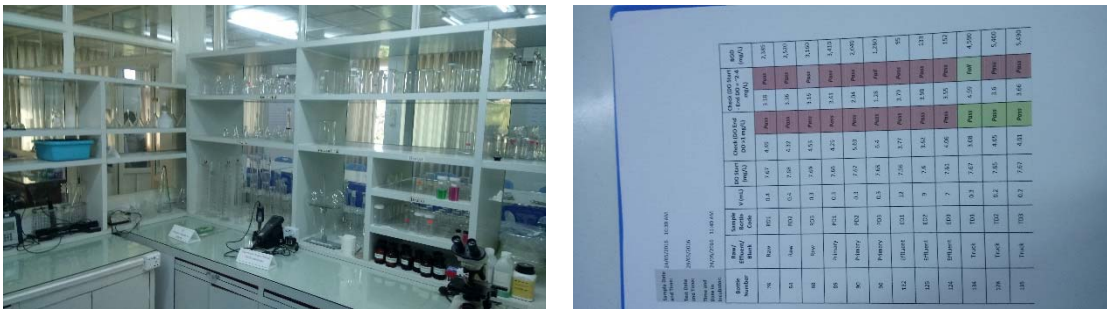


写真 4.2.1 分析室とモニタリングシート

水衛生局の主な職務は既存のエジェクターシステムと処理場の運営・維持管理に限定されている。職員は施設的设计・計画を行う能力は有していない。加えて、本調査で計画する現在よりも規模の大きな下水道システムの運営・維持管理には、職員の数が不足している。

4.2.4 下水処理に伴う発生汚泥処分

(1) 汚泥処分場の必要性

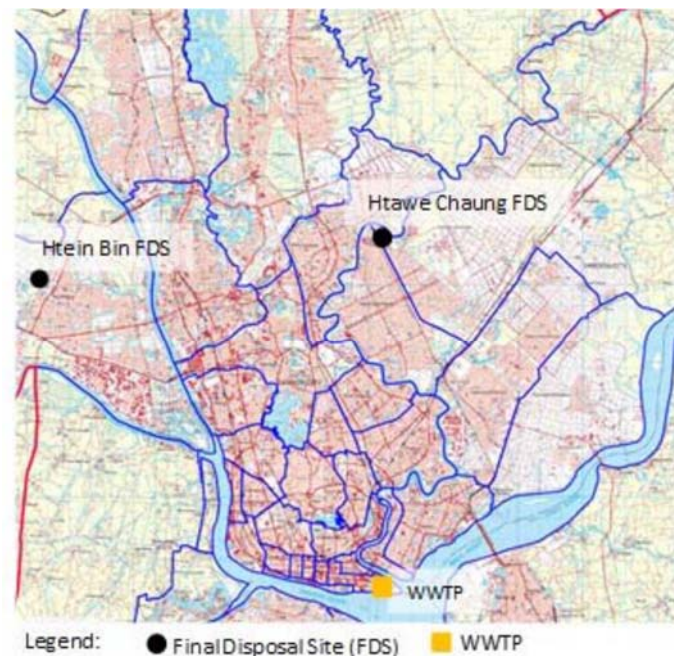
水衛生局は、本調査で計画する新たな処理場から発生する汚泥について、廃棄物として処分せず、可能な限り有効利用することを想定している。新設する処理場から発生する乾燥汚

泥は、概算で日量 46t(含水率 35%)となり、図 4.1.9 に示す 2006 年の利用実績の 60 倍以上である。(汚泥量の算出根拠については、Appendix 4 参照) 2007 年以降は汚泥の利用実績はほとんどなく、汚泥の有効利用の実現は困難である。水衛生局は、これまで処理場からの発生汚泥を処分場で処理していないことから、将来の発生汚泥の受け入れ施設を確保する必要がある。

(2) 汚泥処分候補地

現在、対象地域で発生した廃棄物は既存の最終処分場に輸送される。YCDC はラインタヤタウンシップにあるテインビン(Htein Bin)最終処分場と、イーストダゴンタウンシップにあるタウェイチャン(Htawe Chaung)最終処分場の 2 つの最終処分場を運営している。テインビン処分場は、汚染管理・清掃局によって、2002 年から 17 年間管理されている。2 つの最終処分場の位置と概況を図 4.2.1 と図 4.2.2 に示す。なお、一般廃棄物処分場の汚泥の処分場としての利用は、諸外国において一般的に行われている。

タウェイチャン最終処分場は既に満杯であり、近いうちに閉鎖されることは明らかである。テインビン最終処分場もタウェイチャン最終処分場と同様に、積み重なった廃棄物が丘のように見える。テインビン最終処分場の用地は、120ha のうち 60ha が利用可能と推計される。YCDC によると、ヤンゴン市の発展に伴い、廃棄物の発生量は増加しており、毎日 800 トン以上の一般廃棄物が搬入、処分されている。



出典: YCDC

図 4.2.1 最終処分場位置



テインビン最終処分場



タウェイチャン最終処分場

出典：JICA 調査団

図 4.2.2 ヤンゴン市の既存最終処分場の状況

4.2.5 財政

- 既存のエジェクターシステムの廃止と、新たな下水道システムの構築は喫緊の課題であるが、対外援助に頼らない自前による財源の確保は困難である。
- YCDC 内部で、上水道及び下水道を明確に分割しておらず、また、下水道使用料は徴収されていない。
- 会計方式に関していえば、減価償却費用は含まれていないため、収入と支出を明確にし、収入の増加を明らかにする必要がある。

4.3 調査対象地域における関連事業

4.3.1 世界銀行による排水事業

世界銀行からの資金提供によって実施される排水改善事業は、設計、入札支援及び施工監理の実施が予定されている。YCDC は、ミャンマー東南アジア災害リスク管理プロジェクトへの資金に相当する 1 億 1600 万米ドルを国際開発協会（IDA：世界銀行グループの一員）へ借入れを申請した。これには、約 7,100 万米ドルと推定される総合都市洪水リスク管理のコンポー



出典：YCDC

図 4.3.1 排水事業の対象流域

ネットを含んでいる。本事業は、マルチドナー・トラスト・ファンドである東南アジア災害リスク保険ファシリティ(SEADRIF)から 100 万米ドルの無償を含む協調融資事業である。本事業は 2018 年 12 月にステージ 1 が開始された。

ステージ1では、選定されたコンサルタントは、6つのタウンシップにおける優先排水改善事業の詳細設計、積算、入札図書作成の支援を行う。これらは、サブプロジェクトの進捗、土地の有無、下水管渠やその他施設の計画条件を元に進められる。設計と調達の準備を優先すると予想されるサブプロジェクトは、雨水排水施設（主排水路、支線水路、マンホール、放水路、排水ポンプ、越流分水人孔等）及び制御ゲート及び防潮ゲート等の洪水防御施設がある。排水計画に関連する環境・社会配慮の作成、及び6タウンシップにおける優先事業の選定は、ステージ1において提供されるサービスの一部であり、これらは8か月の期間で設計/入札図書作成の中で実施し、その後10週間入札支援を実施する。これにより、6タウンシップ全てを対象とする優先排水事業の土木工事業者契約が締結される。ステージ1は2019年7月完了予定である。

ステージ2は、優先的に実施する排水事業の建設工事監理、契約監理、及び瑕疵期間中の支援業務からなる。ステージ2の全期間は36ヶ月となる。

4.3.2 英国国際開発省（DFID）による既存の下水道システムの調査

(1) 調査の目的

英国国際開発省（以降、DFIDとする）は、1888年に建設されたヤンゴン市内の下水道システムの調査を行うためにコンサルタントの専門家を派遣した。この調査では、既存のエジェクターシステム及び下水管（圧送）、マンホール、C1下水処理場の調査に加えて、CCTVカメラを用いたBDSの下水管の調査も実施された。この調査は、第三者の立場から既存の下水道システムを調査する目的で実施されたものであるが、調査結果は、本プロジェクトにおいて、ヤンゴン市内に新規下水処理システムを計画するのに資する内容であると考えられる。

(2) 調査結果の概要

調査結果の要点を以下の通りまとめた。この調査結果については、新規下水道システムの計画にも参考とした。

1) BDSにおける収集システム

- 現況の収集システムでは、家庭及び商業施設からの汚水を収集しており、雑排水は側溝に排水されている。
- 下水管が詰まっているために、下水が側溝に流れてしまっていることもある。
- CCTV調査は限られた数しか実施されていないが、調査の結果からは、铸铁管が敷設経過年数の割に良い状態であり、流下能力は5～15%の損失しか生じていないことが判明した。

BDSでの収集システムを改善するための詳細設計段階では、追加のCCTV調査が必要である。

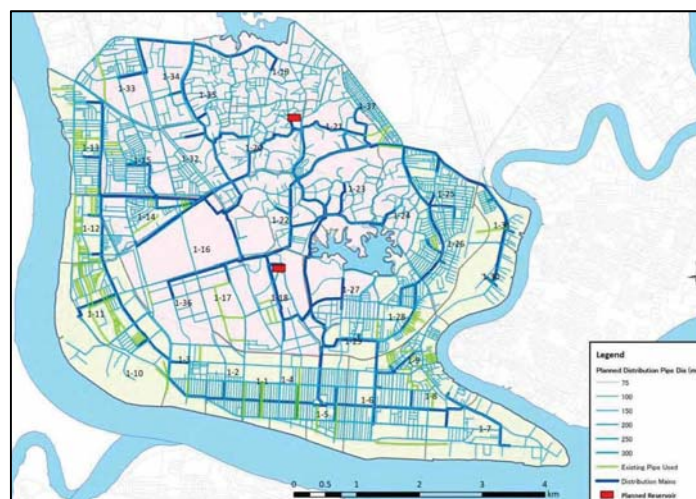
- 2) コンプレッサー・エジェクターステーション
- ▶ 一酸化炭素濃度が高かったことや地下水流入があったこと、さらには人孔内の堆積物の影響で、一部調査に支障をきたした。
 - ▶ 33 の作動中のエジェクターステーションの内、少なくとも 6 施設において、下水が側溝または河川に流出するのが確認された。
 - ▶ 数多くのエジェクターがある中で、他のエジェクターから部品を流用して修理され運転されているのは、1 施設のみであった。

YCDC によれば、ステーションの調整には技術的に限界があるため、主たる圧縮装置ステーションは、将来的に住民理解を得るための展示施設として改装される予定である。

- 3) 下水管渠システム
- ▶ 南北の圧送管は汚水のみを流すには十分な容量を有している。
 - ▶ 南の圧送管はエジェクターによる大幅な圧力上昇無しに、汚水及び雑排水を流す能力がある。一方で、北の圧送管は雑排水を流下する余裕はないと考えられる。
 - ▶ 一部の管内には断面積を 10～20%侵食する腐食及び錆が見受けられた。

4.3.3 ヤンゴン都市圏上水整備事業（フェーズ 2）

YCDC は、2018 年 5 月以降 JICA の円借款事業としてヤンゴン都市圏上水整備事業（フェーズ 2）を実施している。当事業の主要な施設として、272,800 m³/日の新設浄水場、送水管路、配水管網、貯水池および増圧ポンプがあり、その詳細設計および建設が実施される。原水はココア川から取水し、浄水後、口径 1600 mm の管路で送水し、配水池を経由して配水ゾーン 1 とゾーン 9 に配水される。図 4.3.2 に示す配水ゾーン 1 には、CBD エリアが含まれるため、給水管路網と下水管渠が干渉しないよう本下水道事業の詳細設計時に確認が必要である。なお、配水ゾーン 1 における配水管網の詳細設計は、2018 年 6 月から実施されており、2019 年半ばまでに完成する予定である。



出典: YCDC

図 4.3.2 配水ゾーン 1 の配水管網図

4.3.4 ダラ大橋

ダラ大橋は現在フェリーボートでの往来が唯一の交通手段となっているヤンゴン川に架かるダウンタウンとダラを結ぶプロジェクトである。ダラ大橋は、ダラのポーミンヤウン通りとランマドーのポンジー通りを結ぶ。ヤンゴン地域政府がヤンゴン川の西部・南部での都市開発を計画しており、ダラ大橋の建設が同計画を後押しするものとなる。この橋は当初、2012年に韓国とミャンマーの友好の象徴として計画されていたが、2013年の資金不足と地価の高騰により、プロジェクトは遅延していた。2014年後半、建設省が韓国からの融資により継続すると発表し、2018年12月に着工、2022年の完成を予定している。総事業費は約207億円である。



出典：YCDC

図 4.3.3 ダラ大橋完成予想図

第5章 下水道システムの開発方針

5.1 下水収集システム

5.1.1 本調査における対象集水区域

2014年にJICAによって策定された協力準備調査（以下JICA MP 2014）において、C1処理区とW1処理区の境界が決められた。しかし、本調査初期段階において、W1処理区の一部から発生する汚水をC1処理場に取り込むこととした。これは、C1処理区の処理場用地を最大限活用し、処理能力を確保するためであり、W2処理区における下水処理場の用地が確保できない点からも望ましい。W1処理区であるラタータウンシップ、ランマドータウンシップ、ダゴンタウンシップの南部で発生する汚水はC1処理区における下水処理場にて処理する事とした。図5.1.1にC1処理区及びW1処理区の境界を示す。また、表5.1.1に示すように、本調査における調査対象地域であるC1処理区及びW1処理区の一部とC1処理場で処理する地域を除いたW1処理区の集水域は、それぞれ990haおよび1,163haとした。

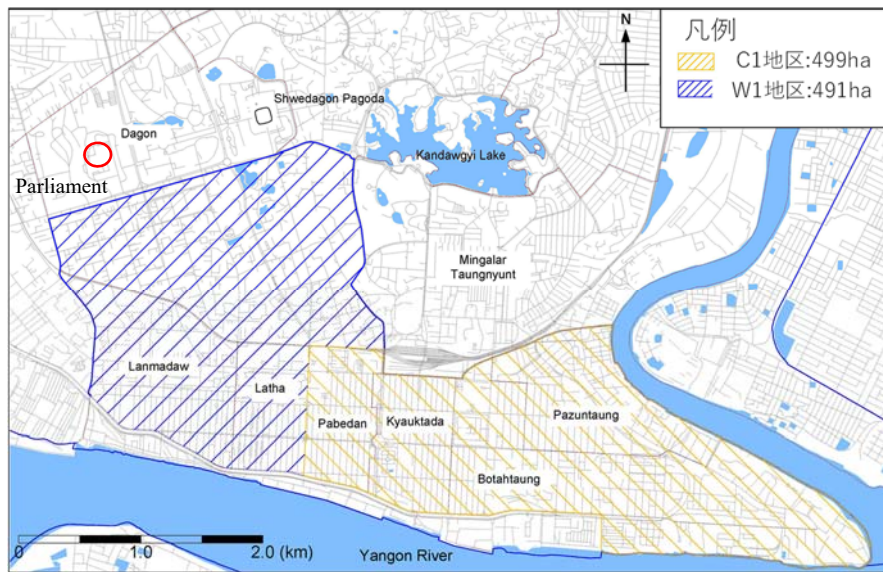
YCDCによれば、ヤンゴン地域政府の議会からの下水は、現在W1処理区の一部に排水されており、将来的にはC1処理区に集められる。そのため、333 m³/日（およそ1000人相当）と推定される同議会からの下水は、C1処理区の下水処理場にて処理される。また、シュエダゴンパゴダ周辺に設置されている浄化槽は、同パゴダ及び周辺の公園からの汚水を処理している。従って、当該地域は本調査で計画する処理区外となる。

表 5.1.1 JICA MP 2014 における処理区と集水面積

タウンシップ名称		タウンシップグループ	処理区	今回調査対象地域	集水面積(ha)	
					JICA MP 2014	本調査
Pabedan	パベダン	中心商業区 (CBD)	C1	√	499	990
Kyauktada	チャウタダー		C1	√		
Bothtaung	ボタタウン		C1	√		
Pazundaung	パズンタウン		C1	√		
Latha	ラター	W1	√	1654		
Lanmadaw	ランマドー	W1	√			
Dagon	ダゴン	W1	√*1			
Ahlonge	アロン	W1				
Kyee Myin Daing	チーミンダイン	内環状地区 (IUR)	W1		1163	
Sanchaung	サンチャウン		W1			
Bahan	バハン		W1			
Kamaryut	カマーユツ		W1			
		外環状地区 (OR)	W1			

備考：*1 ダゴンタウンシップの南側が調査対象地域

出典：JICA MP 2014 及び YCDC



出典：JICA 調査団

図 5.1.1 調査対象地域における C1 処理区及び W1 処理区の一部の集水境界

5.1.2 下水収集システムの種類及び特徴

(1) 既存の下水道システム

4.1.1 節に示されているように、1888 年に導入されたエジェクターシステム及び圧送管下水道システムは、CBD と内環状地区の一部に設置されており、各家庭及び商業施設からのし尿のみを収集している。既存下水処理場は、CBD 東部のボタタウンシップに位置し、エジェクターシステムによって送られたし尿を処理している。ダゴンタウンシップでは、各家庭から発生するし尿は、腐敗槽により処理されている。

(2) 下水収集システム

下水収集システムは、地形、気象、及び既存のシステムの現況を考慮して決定される。下水収集システムは 1) 合流式下水道、2) 分流式下水道の 2 つのタイプに基本的に分けられる。それぞれの下水収集システムの特徴は表 5.1.2 に示す。

表 5.1.2 下水道システムの特徴

下水収集システム	合流式下水道		分流式下水道
	合流式	遮集管方式	
特徴	- 同じ管渠で雨水と汚水を集める。	- 既存の排水システムを活用し下水を集める。	- 雨水と汚水を分けて集める。
建設	- 管渠の敷設は1本でよいため、建設期間とコストを削減できる。 - 雨水と汚水が1つの管渠で集められるため、管径は分流式と比べて大きくなる。	- 既存の排水システムを使用するため、建設期間とコストを削減できる。 - 分水人孔が排水路への放流地点で必要となる。	- 雨水と汚水を分けて収集するため、2本の管渠が必要となり、建設期間とコストが増加する。 - 管径を最小限にすることができる。
運転維持管理	- 乾季には管渠内に堆積物が溜まり易い。 - 雨季には雨水によるフラッシングがあるが、希釈された汚水が越流する。 - 定期的な点検と清掃は容易である。		- 管渠内の堆積物は合流式下水道よりも少ない。 - 雨水管と汚水管の両方の管理が必要。 - 汚水管の埋設深は深くなる。
水環境の保護	- 合流式下水道越流水（CSO）は、未処理のまま水域に排出される。 - 汚濁負荷の高いファーストフラッシュは、下水処理場で処理できる。		- 汚水は水域に排出されない。 - 汚濁負荷の高いファーストフラッシュは、未処理のまま水域に排出される。
各戸接続	- 必要	- 不要	- 必要

出典：JICA 調査団

5.1.3 対象地域の下水収集システムの選定

(1) 下水道システムの比較

表 5.1.3 に示すように、合流式下水道と分流式下水道の両方の特徴を考慮して汚水の収集方法を選択する。YCDC との議論の結果、合流式下水道越流水は雨水で希釈されてはいるもののヤンゴン川に排水することは望ましくないため、分流式下水道を適用することが決定された。

表 5.1.3 分流式下水道と合流式下水道の比較

項目	分流式下水道		合流式下水道	
し尿及び雑排水の収集	新設の下水管渠によって集められる。	◎	新設の下水管渠によって集められる。分流式よりも配管径が大きい	○
雨水の収集	世界銀行によって改善される予定の CBD における排水路によって集められる。ダゴンタウンシップの排水路は YCDC によって建設されている。	○	新設の下水管渠によって集められる。許容流量より大きい雨水は、分水人孔から既存の排水路に排出される。	◎
汚濁負荷	道路表面や住宅地の降雨は、降雨初期の雨水は未処理のまま排出される。事業実施後、汚水はヤンゴン川に排水されない。	○	乾季の汚濁負荷は減少し、雨水で希釈された越流汚水はヤンゴン川に排出される。YCDC はヤンゴン川への如何なる汚染も避けたい意向。	△
BDS の改善	雨水、し尿、雑排水は分けて集められるため、衛生環境は良くなる。BDS の出口付近に、雑排水を収集するための人孔を設ける。埋設管の更新を含む BDS の改良は、6 か所のパイロットを除き実施しない。	◎	既存施設は維持され、YCDC が改善事業を行う。雑排水は雨水と共に既存の側溝に排出される。	○
施工性	新設の施設は、幹線管渠のみ。雨水は既存の排水管を通してヤンゴン川に排水される。	◎	分流式下水道に比べ大口径の管渠が必要となるが、BDS 内の建設スペースに問題はない。合流式下水道越流水(CSO)の分水人孔における堰高の設計は困難であると考えられる。	△
運転・維持管理	排水の運営・維持管理は道路橋梁局によって担当され、下水道は水衛生局によって担当される。したがって、各施設の責任は明確に区別される。	◎	排水と下水道の担当部局が異なるが、水衛生局が合流式下水道を担当する必要がある。	○
建設費	既存の排水路は雨水のために使われる。世界銀行は CBD の水路改修事業の実施を計画している。管径は合流式下水道より小さくなる。	◎	ヤンゴン川に沿って遮集管渠を敷設する場合、建設費は減少するが、本事業における合流式下水道は既存の収集システムを考慮した計画とする必要があるため、分流式下水道と同程度の敷設延長が必要となる。	○
有効性	雑排水とし尿を分ける必要はあるが、集水域の大部分をカバーする BDS における排水路の建設だけによってシステムを完成させることができる。	○	プロジェクト効果の発現は、既存 BDS を利用するため分流式下水道より早い。	◎
建設期間	合流式下水道より建設期間が一般的に長い。一方、下水管渠の全長は同程度であるが、BDS 改善には更なる建設期間が必要となる。	○	遮集管による収集方式が適用された場合、建設期間は合流式下水道より著しく短くできる。これには、BDS 改善は含まれていない。	◎

備考：◎：優、○：良、△：可

出典：JICA 調査団

(2) 下水処理場への汚水輸送

一般的に、下水処理場への汚水輸送システムは、自然流下方式と圧送方式に分類される。通常、下水道計画においては自然流下方式が、運転・維持管理コストの観点から選択される。ただし、輸送方式は集水域の地形的条件を考慮して選択する。

自然流下方式の場合、下水道システムは経済的であり、下水道接続は容易である。更に、維持管理は圧送方式より容易である。しかし、一定以上の勾配を確保する観点から延長の長い下水管渠の敷設深は圧送方式より深くなる。その為、深い下水管渠の設置を避けるために、数箇所の下水ポンプが必要になることがある。一方、圧送方式の場合、管渠の敷設深は地形に拘らず浅くできるが、下水道接続と維持管理は自然流下方式の下水道よりも困難となる。

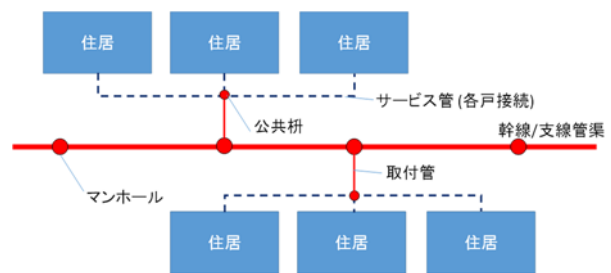
CBD の地盤高はほぼ平坦であり、既存下水道には圧送方式が適用されている。しかし、CBD の上流側に位置するダゴンタウンシップ地盤高は CBD に向かい下り勾配で低くなる。さらに、自然流下方式が適用される場合、下水処理場の流入渠の土被りが約 14m となったため、中継汚水ポンプ場は不要であると判断した。したがって、圧送方式の場合よりも運営・維持管理はより容易であることは明らかである。以上を考慮し、CBD とダゴンタウンシップの汚水輸送システムには、自然流下方式を適用する事とした。

5.1.4 対象地域における各戸接続

Back Drainage Space (BDS)では、雑排水と雨水は最終的には側溝で合流しているが、各家庭では污水管、雨水管及び雑排水管が設置されていることから、調査対象地域における各戸接続の方法は、BDS の有無により分けて考えなければならない。したがって、本事業において各戸接続に必要な設備の改良と新設には、建設費と実施期間を考慮し、既存施設の状況と合わせて検討する。

通常、各戸接続は住宅所有者の義務である。各戸接続にあたって、行政側は各戸からの汚水を収集する公共枡を官民境界付近に設置し、幹線管渠または支線管渠に取付管を使って接続する。住宅から公共枡までのサービス管等の設備は住宅所有者が設置する。

各戸接続によって、下水が処理場に到達することで、はじめて下水道事業の効果が発現することから、各戸接続の推進は不可欠な課題である。従って、YCDC は、事業の実施に先立ち各戸接続の義務化や法制度の整備を行い、これらを適切に運用することで、各戸接続を推進しなければならない。以降に本調査における責任分担を示す。



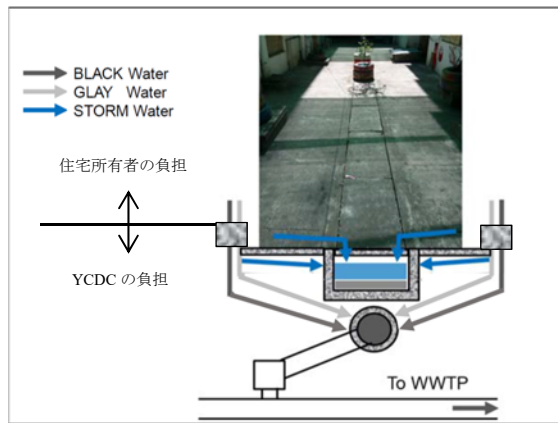
備考：赤字は本ローン対象事業

出典：JICA 調査団

図 5.1.2 住宅との接続

1) CBD のうち BDS のある地域

現状、BDS では、住宅所有者は建物から BDS 表面に設置されている枦までの竖樋の設置費用を負担している。一方、地下の施設の設置費用については YCDC が負担している。本事業においても図 5.1.3 に示すように、各戸接続に必要な地上部の費用は住宅所有者が負担し、地下部分の費用は YCDC が負担する。



出典：YCDC からの情報に基づき JICA 調査団が作成

2) CBD のうち BDS の無い地域及びダゴンタウンシップ

当該地域では図 5.1.2 に示すように、公共枦は本事業で設置し、住宅から公共枦までのサービス管などの設備は住宅所有者が負担する。

図 5.1.3 BDS における各戸接続

5.2 下水道開発計画

5.2.1 給水人口予測

下水道システムの基本条件は、原則として JICAMP 2014 における計画構想を踏襲するものとする。しかし、2040 年までの人口予測は、2017 年に JICA によって策定されたヤンゴン都市圏開発の課題整理のための情報収集・確認調査において更新された。したがって、本調査では更新された人口予測を使用する事とした。汚水発生量を算定するために、各年の水道普及率と給水人口を表 5.2.1 に示されるように推定した。

表 5.2.1 水道普及率と給水人口

タウンシップ	2017年		2020年		2025年		2030年		2035年		2040年	
Latha	91%	22,802	97%	24,305	100%	25,057	100%	25,057	100%	25,057	100%	25,057
Lanmadaw	76%	35,842	82%	38,671	92%	43,387	100%	47,160	100%	47,160	100%	47,160
Pabedan	94%	31,336	100%	33,336	100%	33,336	100%	33,336	100%	33,336	100%	33,336
Kyauktada	98%	29,256	100%	29,853	100%	29,853	100%	29,853	100%	29,853	100%	29,853
Bothtaung	99%	40,585	100%	40,995	100%	40,995	100%	40,995	100%	40,995	100%	40,995
Pazundaung	100%	48,213	100%	48,455	100%	48,455	100%	48,455	100%	48,455	100%	48,455
Dagon	53%	14,958	59%	18,290	69%	25,064	79%	32,904	89%	40,229	100%	48,751
合計	222,991		233,905		246,147		257,760		265,085		273,607	

出典：JICA 調査団

5.2.2 汚水発生量

汚水発生量は主に生活排水、商業排水、工場排水、地下水の浸入で構成されている。ここでは、商業排水と工業排水の和を非生活排水とする。

(1) 生活排水量および非生活排水量

JICAMP 2014 では、2040 年までの生活用水及び非生活用水の給水原単位を定義しており、上述の分類とは異なるが、本調査対象地区では、工業団地のような地区は無いため、工場排水は発生しない前提としている。そのため、本調査対象地区では非生活排水は、商業排水と同量となる。生活用水の原単位は、2025 年に 150 L/人/日、2040 年に 200 L/人/日と推定されている。非生活用水の原単位は、JICA MP 2014 第 3 巻 第 4 章の 4.3.7 項で述べたヤンゴンの現在の水使用量を基に、生活用水と非生活用水を 60:40 の割合で算定していた。そのため、生活用水及び非生活用水の給水原単位は表 5.2.2 に示すように、2025 年には 250 L/人/日、2040 年には 333 L/人/日と推定されている。

表 5.2.2 給水原単位

単位：L/人/日

地区	2014 年	2017 年	2020 年	2025 年	2030 年	2035 年	2040 年
C1 と W1 の一部	185	203	220	250	278	305	333
生活用水				150			200
非生活用水				100			133

出典：JICA MP 2014 第 3 巻 第 4 章 4.3.7 節

(2) 工場排水

本事業対象地域には大量の水を消費する工場はない。大量の水を消費する大規模な工場がある場合、事業者は工場内における処理場で放流基準を満たす一次処理を実施することが求められている。ヤンゴン市では、下水道受け入れ基準として定めているものは現在無いが、MONREC 及び YCDC が排水処理の改善を含む環境管理改善の指導強化を行っている。排水負荷の高い事業者を中心に環境管理計画(EMP)の策定、並びに排水処理の改良が行われており、工場による排水処理・一次処理は適宜準備されている状況である。そのため、工場排水量は本調査で考慮しない事とした。

(3) 地下水の浸入

地下水の下水道への浸入は主に接続不良、管渠の老朽化や地下水位が高い場合に発生するため、浸入量の推定は調査無しに正確に算定することは困難である。そのため、JICAMP 2014 で定義された東南アジア地域の同程度の都市における 10 m³/ha/日を浸入量として採用した。

計画 1 日平均汚水量は、水供給量+地下水浸入の 100%で計算される。日平均汚水量から日最大汚水量を計算する際のピーク係数は 1.1、時間最大汚水量は日最大汚水量の 1.5 倍とした。JICA MP 2014 ではバンコクや日本の主要都市での値を見直しピーク係数を定義している。各地区の汚水量を表 5.2.3 から表 5.2.5 に示す。

表 5.2.3 発生汚水量 (計画 1 日平均汚水量)

単位：m³/日

地区	2017年	2020年	2025年	2030年	2035年	2040年
Latha	5,222	5,952	6,869	7,565	8,261	8,957
Lanmadaw	8,568	9,818	12,157	14,411	15,721	17,031
Pabedan	6,964	7,953	8,953	9,879	10,805	11,731
Kyauktada	6,626	7,270	8,165	8,994	9,824	10,653
Botahtaung	10,820	11,621	12,851	13,989	15,128	16,267
Pazundaung	10,831	11,728	13,181	14,527	15,873	17,219
Dagon	6,023	7,018	9,260	12,134	15,287	19,245
合計	55,056	61,359	71,437	81,500	90,898	101,102

出典：JICA 調査団

表 5.2.4 発生汚水量 (計画 1 日最大汚水量)

単位：m³/日

地区	2017年	2020年	2025年	2030年	2035年	2040年
Latha	5,744	6,547	7,556	8,322	9,087	9,853
Lanmadaw	9,425	10,800	13,373	15,852	17,293	18,734
Pabedan	7,661	8,748	9,848	10,867	11,885	12,904
Kyauktada	7,289	7,996	8,982	9,894	10,806	11,718
Botahtaung	11,902	12,783	14,136	15,388	16,641	17,894
Pazundaung	11,914	12,900	14,499	15,980	17,461	18,941
Dagon	6,626	7,720	10,186	13,348	16,815	21,169
合計	60,561	67,495	78,581	89,650	99,988	111,213

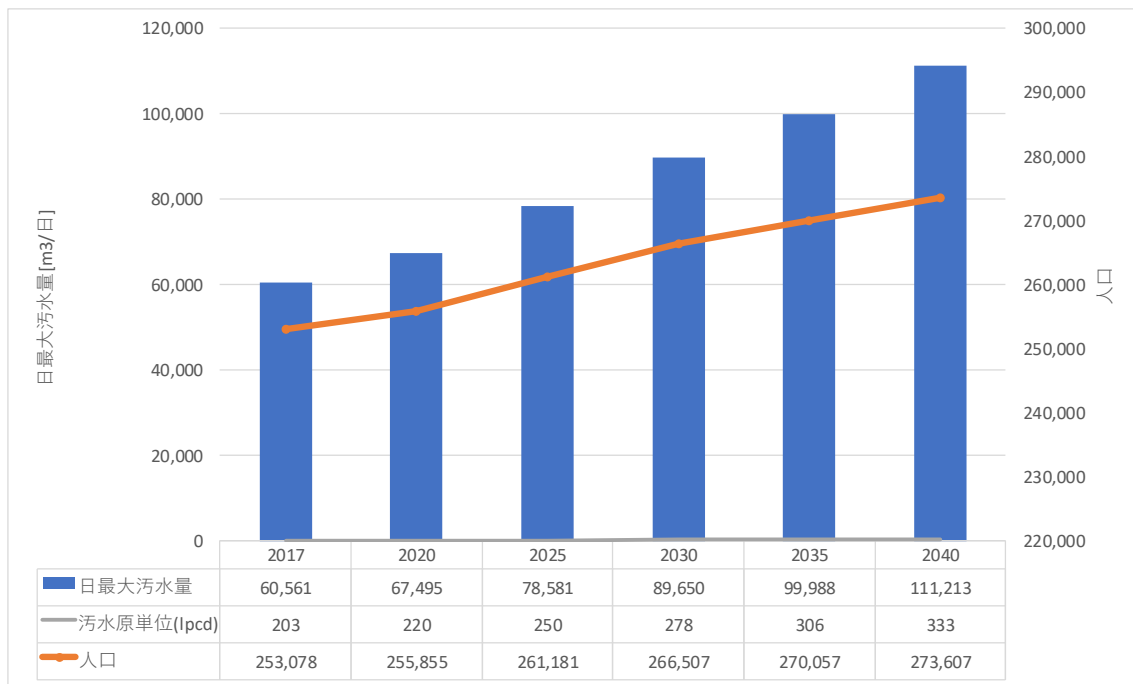
出典：JICA 調査団

表 5.2.5 発生汚水量 (計画時間最大汚水量)

単位：m³/日

地区	2017年	2020年	2025年	2030年	2035年	2040年
Latha	8,617	9,821	11,334	12,482	13,631	14,779
Lanmadaw	14,138	16,200	20,060	23,777	25,939	28,100
Pabedan	11,491	13,122	14,772	16,300	17,828	19,356
Kyauktada	10,933	11,995	13,472	14,841	16,209	17,577
Botahtaung	17,854	19,174	21,204	23,083	24,961	26,840
Pazundaung	17,870	19,351	21,749	23,970	26,191	28,412
Dagon	9,938	11,580	15,280	20,022	25,223	31,754
合計	90,842	101,243	117,871	134,475	149,982	166,819

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.2.1 2040 年までの人口増加と日最大汚水量

5.2.3 2040 年までの下水道開発計画

下水道システムの計画諸元を以下に纏める。

- a. 目標年は 2040 年
- b. 対象集水面積は 990 ha、内 C1 処理区：499 ha、Dagon 地区：491 ha を含む
- c. 2040 年の下水道普及人口は 273,607 人
- d. 計画 1 日平均汚水量は 102,000 m³/日
- e. 計画 1 日最大汚水量は 112,000 m³/日
- f. 計画時間最大汚水量は 167,000 m³/日
- g. 下水収集システムは、分流式を適用
- h. 下水道管渠、エジェクターステーション及び空気管を含む既存エジェクターシステムは、本事業完了後、新規下水道システムに移管される

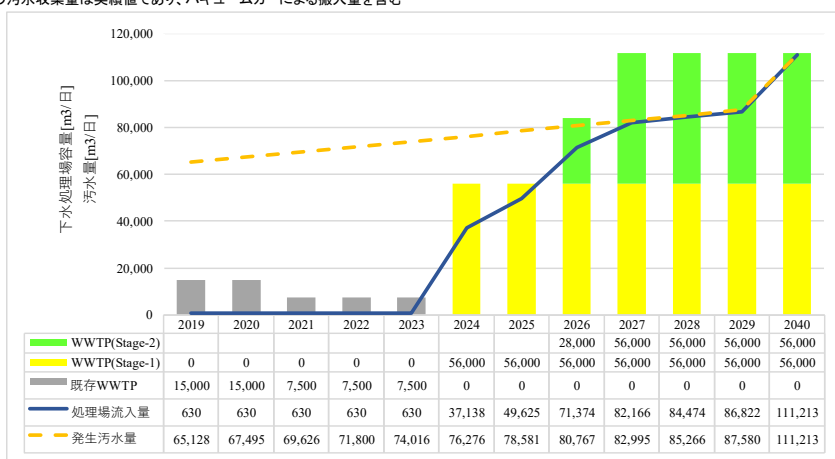
上記の計画諸元は、本調査における下水管渠と下水処理場及びこれらの関連工事の設計条件として用いた。JICA 調査団は各戸接続及び下水管渠の段階整備を基に下水処理場の開発計画について議論し、既存下水処理場の継続的な運転を考慮し、2 段階で新設下水処理施設を建設する計画とした。また、幹線と支線下水渠のみならず、サービス管の敷設も本事業実施期間中の敷設が求められる。今後の LA、コンサルタント調達、詳細設計、入札の時期を考慮し、工事開始の時期を 2021 年中期としている。詳細は 6 章にて述べるが、下水管渠、下水処理場、及び BDS の改善が主要な事業内容となり、それぞれの工事進捗から本事業における下水道開発計画を検討した。

下水管渠の敷設は、CBD の BDS が存在する地区と無い地区、及びダゴン地区に分けて開発計画を検討した。CBD の BDS が存在する地区においては、一定の既存下水システムがあるため本事業で幹線管渠を敷設する事で、比較的早く汚水収集が可能となることを考慮している。また、CBD 内の BDS が無い地区、及びダゴン地区は、幹線管渠敷設後の段階的な各戸接続が必要となるため、各戸接続の期間を考慮した計画とした。

既存下水処理場の処理能力は 15,000 m³/日であるが、実際の流入量は平均 630 m³/日である。したがって、既存下水処理場は、半系統分の 7,500 m³/日のみ稼動しているのが実情である。BDS が存在する CBD から集められた汚水は、3 年間で建設された下水管渠によって 56,000 m³/日の下水処理場に輸送され処理される。この 56,000m³/日の下水処理場の運転開始される 2024 年に既存のエジェクターシステムから、本事業で敷設される下水管渠への切り替えが行われる。また、2023 年以降には BDS の無い CBD 地区の幹線管渠整備及び各戸接続、またダゴン地区における各戸接続が進められるため、2026 年に 84,000m³/日、2027 年に 112,000 m³/日の下水処理能力が得られるよう下水処理場の拡張を実施する計画としている。また、下水道普及率の 100%を維持するために、現在、住宅や商業施設が存在しない地区における各戸接続は、2027 年以降も各地区での開発事業の実施に従い住宅所有者あるいは事業者によって実施しなくてはならない。特にダゴン地区では、2029 年における各戸接続率は 77%であり、2040 年にかけて継続して各戸接続の実施が必要となる。他の地区と比較し、ダゴン地区の各戸接続率が低い理由として、ダゴン地区では水道の普及に伴って、下水道が普及することが考えられる。図 5.2.2 に 2040 年までの下水管渠、下水処理場の段階的な整備の開発計画を示す。

期間	年													
	1 2019	2 2020	3 2021	4 2022	5 2023	6 2024	7 2025	8 2026	9 2027	10 2028	11 2029	-	22 2040	
	詳細設計・入札			建設期間(6年)						稼働期間				
下水管渠														
a) CBD (BDS)	コンサルタント調達、 詳細設計、入札			下水管渠敷設			下水管渠敷設			各戸接続				
b) CBD (No BDS)				下水管渠敷設			各戸接続							
c) ダゴン地区 (W1の一部)				下水管渠敷設			各戸接続							
下水処理場														
a) 下水処理場(新設: 56,000m ³ /日 x 2)	コンサルタント調達、 詳細設計、入札			56,000m ³ /日(半系統)			56,000m ³ /日(半系統)							
				既存施設の運転										
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	-	2040	
a) CBD (BDS)	管渠整備率 (%)	0%	0%	17%	50%	83%	100%	100%	100%	100%	100%	-	100%	
	各戸接続率 (%)	95%	97%	97%	97%	98%	98%	99%	99%	99%	100%	-	100%	
	収集量 (m ³ /d) ^{※1}	630	630	630	630	630	34,289	35,185	35,997	36,812	37,633	-	46,151	
	接続人口	109,064	110,431	110,927	111,423	111,918	112,414	112,910	113,292	113,673	114,055	-	114,436	
	全体人口	114,436	114,436	114,436	114,436	114,436	114,436	114,436	114,436	114,436	-	114,436		
b) CBD (No BDS)	管渠整備率 (%)	0%	0%	0%	0%	25%	75%	100%	100%	100%	100%	-	100%	
	各戸接続率 (%)	0%	0%	0%	0%	0%	25%	74%	99%	100%	100%	-	100%	
	収集量 (m ³ /d)	0	0	0	0	0	0	8,330	25,576	34,887	35,676	-	43,893	
	接続人口	0	0	0	0	0	0	27,237	81,987	109,684	110,052	-	110,420	
	全体人口	110,420	110,420	110,420	110,420	110,420	110,420	110,420	110,420	110,420	-	110,420		
c) ダゴン地区	管渠整備率 (%)	0%	0%	17%	50%	83%	100%	100%	100%	100%	100%	-	100%	
	各戸接続率 (%)	0%	0%	0%	0%	0%	22%	46%	71%	73%	75%	-	100%	
	収集量 (m ³ /d)	0	0	0	0	0	2,849	6,110	9,801	10,467	11,165	-	21,169	
	接続人口	0	0	0	0	0	7,875	16,709	26,547	28,072	29,640	-	48,751	
	全体人口	30,074	30,999	32,064	33,130	34,195	35,260	36,325	37,390	38,455	39,520	-	48,751	
処理場流入量(m ³ /d):日最大	630	630	630	630	630	37,138	49,625	71,374	82,166	84,474	-	111,213		
処理場容量(m ³ /d):日最大	15,000	15,000	7,500	7,500	7,500	56,000	56,000	84,000	112,000	112,000	-	112,000		
総接続人口	109,064	110,431	110,927	111,423	111,918	120,289	156,856	221,826	251,429	253,747	-	273,607		
総全体人口	254,930	255,855	256,920	257,986	259,051	260,116	261,181	262,246	263,311	264,376	-	273,607		
下水道普及率	総接続人口/総全体人口 x 100		43%	43%	43%	43%	43%	46%	60%	85%	95%	96%	100%	

※1: 2019年から2023年の汚水収集量は実績値であり、バキュームカーによる搬入量を含む



出典: JICA 調査団

図 5.2.2 発生汚水量と下水処理場の建設

5.3 YCDC が要請する下水処理場計画の前提条件

5.3.1 要請の背景

(1) ヤンゴン市の処分場の不足

JICA 調査団による汚泥処分場の候補地に関する質問に対して、YCDC は、自らが所有する 2 か所の用地を、汚泥処分場の候補として提案した。しかし、両者とも住宅に囲まれた用地であり、周辺住民から、汚泥に起因する悪臭に対して苦情が出ることは明白であり、合意形成は困難であると予想されるため、最終処分場としては不適であると判断した。

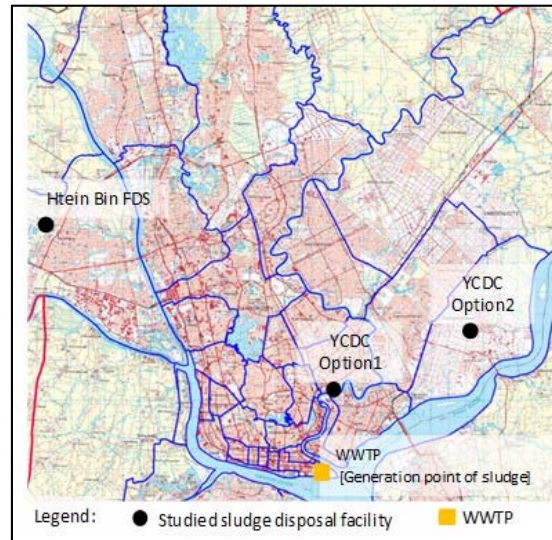
次に、JICA 調査団は水衛生局に対して、汚泥の最終処分場として、一般廃棄物の最終処分場であるテインビン最終処分場(Htein Bin FDS)の利用可否について確認を行った。なお、一般廃棄物処分場の汚泥の処分場としての利用は、諸外国において一般的に行われている。

テインビン最終処分場の用地は 60ha が利用可能と推計されており、層厚を 5m と仮定すると残容量は約 3 百万 m³ 程度と推測され、市内からの廃棄物量の急速な増加に比べて十分ではない。そのため、YCDC は早急に新規処分場の用地を見つけ、処分場を確保することが喫緊の課題である。

(2) テインビン最終処分場での火災

本調査の実施中である 4 月 21 日に、ラインタヤタウンシップ北西部に位置するテインビン最終処分場において火災が発生し、処分場の半分以上に急速に広がった。YCDC の汚染管理・清掃局によると、火災は生分解性有機廃棄物を腐敗させることによって生成されるメタンによって助長され、5 月 14 日まで続いた。(出典：YCDC 及びミャンマータイムス)

この火災により、YCDC は将来に渡



出典：JICA 調査団

図 5.3.1 汚泥処分場候補地



出典：YCDC

図 5.3.2 テインビン最終処分場における火災の様子 (2018 年 4 月)

る本処分場での廃棄物処分を慎重に考えることを決めた。当初、YCDC の廃棄物管理を担当する部署である汚染管理・清掃局は、本事業の下水処理場で発生する脱水汚泥の処分先をテインビン最終処分場とすることに決定した。しかしながら、この火災後、汚染管理・清掃局は有機分を含む乾燥汚泥をテインビン最終処分場に搬送する事を認めず、将来同様の事故の発生リスクを減少させることを目的として、JICA 調査団に対して発生汚泥の減量及びメタンを発生しない汚泥性状に変化させる汚泥処理方法について、さらなる技術的検討を強く求めた。また、現状 YCDC が管轄するその他最終処分場に余裕は無いため、ヤンゴン地域政府は本調査対象地域を含むヤンゴン市から発生する廃棄物と下水汚泥を、YCDC が適切且つ安全に処分・管理するため、ヤンゴン地域政府主導の下、廃棄物処分場の改善・開発を行うこととしている。

5.3.2 下水処理場計画のための前提条件

このような状況から、YCDC は JICA 調査団に対し下水処理場の計画のための以下の前提条件を要請した。

(1) 汚泥処理過程及び施設

- 汚泥処理工程は i) 濃縮、ii) 脱水、iii) 乾燥とする。
- 乾燥工程は機械乾燥でなければならないが、天日乾燥は広大な場所を必要とし、臭気のために下水処理場周辺の環境に影響する可能性があるため天日乾燥は採用しない。
- 汚泥処理施設は、汚泥焼却施設等が将来的に設置できるよう出来る限り省スペースの施設とし、適切な施設配置計画を検討する。
- 上述した YCDC からの要請は、対象地域のみならず、ヤンゴン市内の汚泥処分場の制約によるものである。しかし汚泥はヤンゴン市全体の人口増加に伴って増加する。従って、YCDC は、汚泥量の削減と環境影響を最小化するために、既存処理場内に汚泥焼却施設の導入を計画している。

(2) 建設期間中の既存下水処理場の活用

- 既存下水処理場は新設する処理施設が供用されるまで運転する必要がある。
- 既存下水処理施設は焼却施設等の将来的に設置される施設に利用できる用地確保のため、新設下水処理場の建設後に取り壊す。

JICA 調査団は、その妥当性を検証し、YCDC によって与えられた上記前提条件のもと調査を行った。調査内容については第 6 章に示す。

第6章 下水道システムの改善計画

6.1 汚水処理場の計画

6.1.1 設計水質

(1) 設計流入水質

YCDC との協議により決定した設計流入水質を表 6.1.1 に示す。なお、現況の污水収集システムではし尿のみが下水処理場に流入しているが、工事完了後は分流式下水道に移行することとなる。

表 6.1.1 設計流入水質

項目	設計値 (mg/L)
BOD	250
SS	250

出典：YCDC

現在は、し尿のみが既存の下水処理場に流入しているため、BOD が数千 mg/L を記録している状況である。新設する下水処理場の完成後、生活雑排水も収集されし尿とともに処理されることになる。

協議の中で、YCDC は同じ ASEAN 地域のクアラルンプールやマニラ、シンガポールを参考として BOD=250mg/L、SS=250mg/L という値を提案した。この設計値の妥当性を確かめるために、日本の設計基準（BOD、SS とともに 54g/人・日）を用いて以下の通り換算した。その結果、日変動による多少の余裕を見込めば、YCDC の提案した BOD 及び SS の設計値は日本の設計基準と比較しても妥当であると考えられた。この換算を根拠として YCDC と JICA 調査団は本流入設計水質について合意に至った。

(換算方法)

新規下水処理場が 2023 年に完成するとした場合、原単位は 242.5L/人・日となる。つまり、流入する BOD は 220 mg/L である。(54g/人・日 / 242.5L/人・日 × 1,000=220mg/L)

(2) 設計放流水質

2016 年度調査「ミャンマー国における本邦下水道技術展開方策検討業務」で YCDC が承認した値に基づいて、今回設定した設計放流水質を表 6.1.2 に示す。ミャンマー国では放流水質基準に関するガイドライン（YCDC の内規：表 2.3.1 参照）が発行されているが、今回設定した値は、活性汚泥法で処理した場合に用いられる一般的な基準値である。

表 6.1.2 設計放流水質

項目	設計値 (mg/L)
BOD	20 以下
SS	30 以下

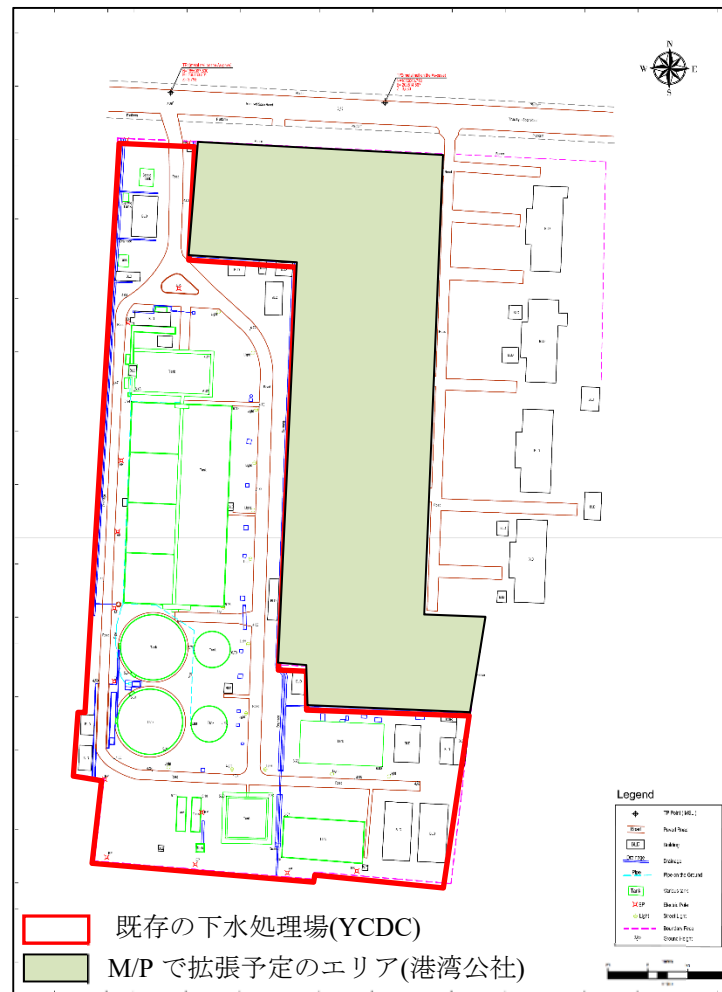
出典：YCDC

6.1.2 下水処理場の建設予定地

過年度調査によれば、既存の下水処理場用地は図 6.1.1 に示す通りに拡大される計画であった。しかし、以下に示す理由から用地拡大は行われなかった。

- 1) 拡張予定であった敷地は、YCDC でなくミャンマー港湾公社が管轄する場所である。
YCDC はミャンマー港湾公社と 5 年間に渡り交渉を続けてきたが、使用不可という結論に至った。
- 2) 拡張予定であった敷地は、軍関係者の家族の居住エリアとなっており、住民を移動させることは不可能である。

以上の理由から、YCDC と JICA 調査団は、新規下水処理場は既設の下水処理場がある敷地内に収めるということで合意した。



出典：JICA 調査団

図 6.1.1 既存の下水処理場のエリア

6.2 水処理施設の検討

6.2.1 水処理方式の比較検討（一次選定）

水処理方式の選定にあたり、現在世界で適用されている一般的な処理方法 6 つ（表 6.2.1 参照）について比較検討を行った。本検討においては、将来的に高度処理が適用可能であることを選定条件の一つとした。その理由を以下に示す。

マレーシアやフィリピン、タイ、ベトナムといった東南アジア諸国と同様に、今後ヤンゴン市の人口は増加し、さらに都市開発が行われることが予想されている。これに伴い市内の河川水質保全のために、将来的により厳しい放流水質基準が検討されることが予想される。（東南アジア諸国の下水処理施設は、高度処理への改造を見据えた水処理方式を採用している。）

アジア開発銀行（ADB）が検討したミャンマー国の環境ガイドライン（National Environmental Quality (Emission) Guidelines）では、将来的には窒素及びリンを除去すること

が推奨されている。

現在、ヤンゴン川の水辺開発が計画されており近い将来建設工事が実施される予定であるため、将来的にはヤンゴン川への放流基準がより厳しくなる可能性がある。

将来的により厳しい放流水質基準が設けられたとしても、ヤンゴン市内には新たな下水処理場を建設する用地が残されておらず、新たな下水処理場を建設することは厳しい状況である。したがって、本計画において高度処理が可能な水処理を検討しておく必要がある。

表 6.2.1 水処理方式の比較検討

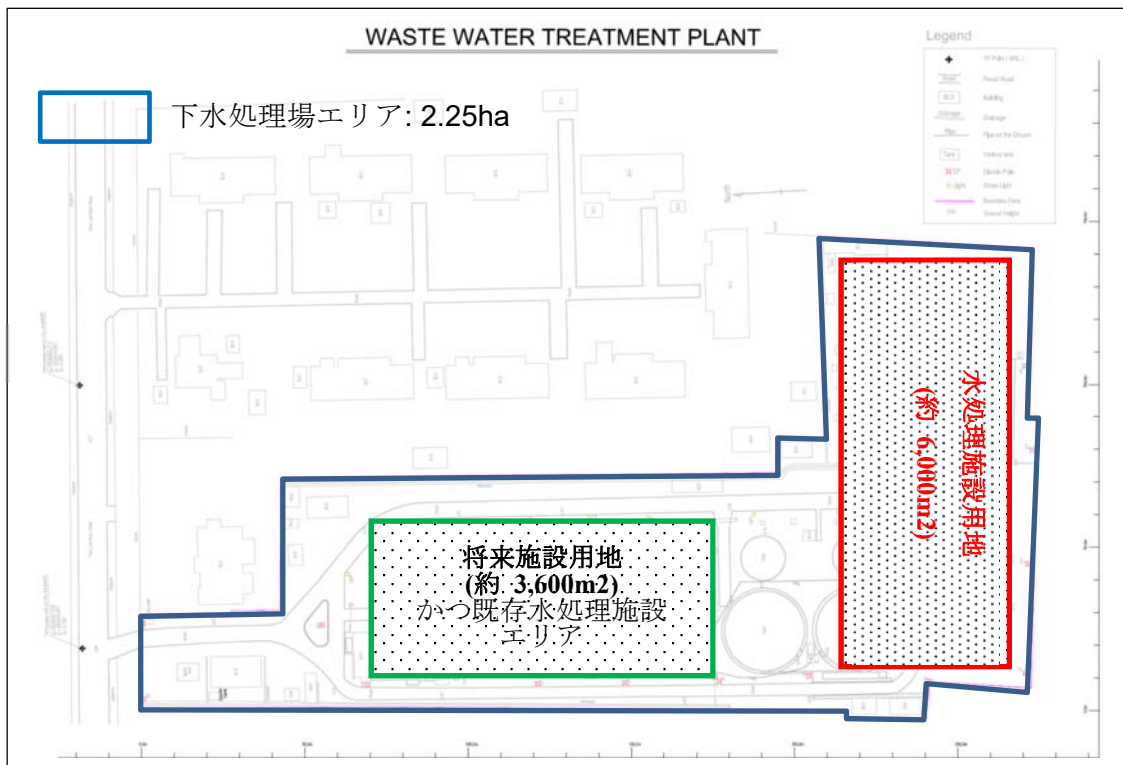
No.	項目	水処理方式					
		標準活性汚泥法 (深層式)	前ろ過散水ろ床法 (PTF)	膜分離活性汚泥法 (MBR)	回分式活性汚泥法 (SBR)	オキシデーションディッチ法 (OD)	結合生物膜活性汚泥法 (IFAS)
	概要図	<p>Area required for wastewater treatment (m²/m³) Japanese Average : 0.8 (m²/m³) Osaka City : 0.27 (m²/m³)</p>					
0	特徴	<p>深層式標準活性汚泥は、1960年代に開発された処理方式で、標準活性汚泥法の最初沈殿池や最終沈殿池を2～3層に重ね合わせ、さらに反応槽も深くすることで、省スペース化を実現した処理方式である。したがって、用地制約がある場合に採用される処理方式であり、日本では東京都や大阪府といった大規模処理場での採用実績がある。また、高度処理や省エネ設備を適用することも可能である。</p>	<p>PTFはASEAN地域で一般的な処理方式で、標準活性汚泥法に比べて電力消費量を抑えることができる。設備が少なく施設をコンパクトにすることが可能であるため、建設用地に制約がある場合や電力使用量が高価な地域では、効果的な方法である。しかし、高度処理には対応していない。</p>	<p>反応層に膜を設置し、ろ過により処理水を得る方法であり、高度処理に対応している処理方法である。また、最初沈殿池や最終沈殿池を省略することができるため、必要用地を劇的に縮小することが可能である。</p>	<p>単一の反応タンクに反応タンクと最終沈殿池の機能を持たせ、活性汚泥による反応と混合液の沈殿、上澄水の排水、沈殿汚泥の排泥の工程を繰り返し行う処理方法である。しかし、高度処理には対応しておらず、運転管理にも技術を要する。</p>	<p>OD法は、最初沈殿池を設けず、機械式エアレーション装置を有する無終端水路を反応タンクとして低負荷で活性汚泥処理を行い、最終沈殿池で固液分離を行う一連の処理方式である。機械式エアレーション装置は、酸素を供給するほか、反応タンク内の活性汚泥と流入水を混合かくはんし、混合液に流速を与えて反応タンク内を循環させるとともに活性汚泥が沈降しないようにするのである。比較的大きな用地が必要となるが、単純な構造であり運転管理が容易である上、窒素除去も可能である。したがって、小規模下水処理場での採用実績が多数有る。</p>	<p>IFASは、標準活性汚泥法と生物担体を組み合わせた処理方式であり、反応タンクに投入した生物担体が生物反応を促進するため、処理能力を向上させることが可能である。また、本処理方法は既存の標準活性汚泥法の処理施設に生物担体とスクリーンを設置し、エアレーションシステムを改造するだけで導入することができる。</p>
1	運転管理性	標準的	容易	標準的	標準的	容易	標準的
2	発生汚泥量(標準活性汚泥法を基準とする)	1	0.8	0.8	0.9	0.75	1.1
3	消費電力 (kWh/m ³)	0.3	0.15	0.5	0.45	0.9	0.3
4	必要用地	小	小	最小	中	大 (本プロジェクトでは困難)	小
5	高度処理対応の可否	可	不可	可	可 (処理能力は半減する。運転方法を調整する必要有)	可 (処理能力は半減する。運転方法を調整する必要有)	可
	選定結果	適用可能		適用可能			適用可能

6.2.2 水処理方式の比較検討（二次選定）

(1) 水処理施設の設置可能面積

水処理方式の一次選定結果を踏まえて二次選定を行った。なお、5.3章で述べた条件を考慮し二次選定を実施した。

新規水処理施設は、汚泥処理施設の用地の必要性も踏まえ、図 6.2.1 に示す敷地内に収める必要がある。なぜなら、新規下水処理場の建設中も既存の処理設備を用いて汚水を処理し続けなければならないためである。また、その敷地には将来的に YCDC が追加施設を建設する計画である。



出典: JICA 調査団

図 6.2.1 水処理施設に適用可能なエリア

以上の状況から、本計画で適用可能な水処理方式は敷地の制約条件を満たす処理方式となる。

(2) 水処理方式の選定

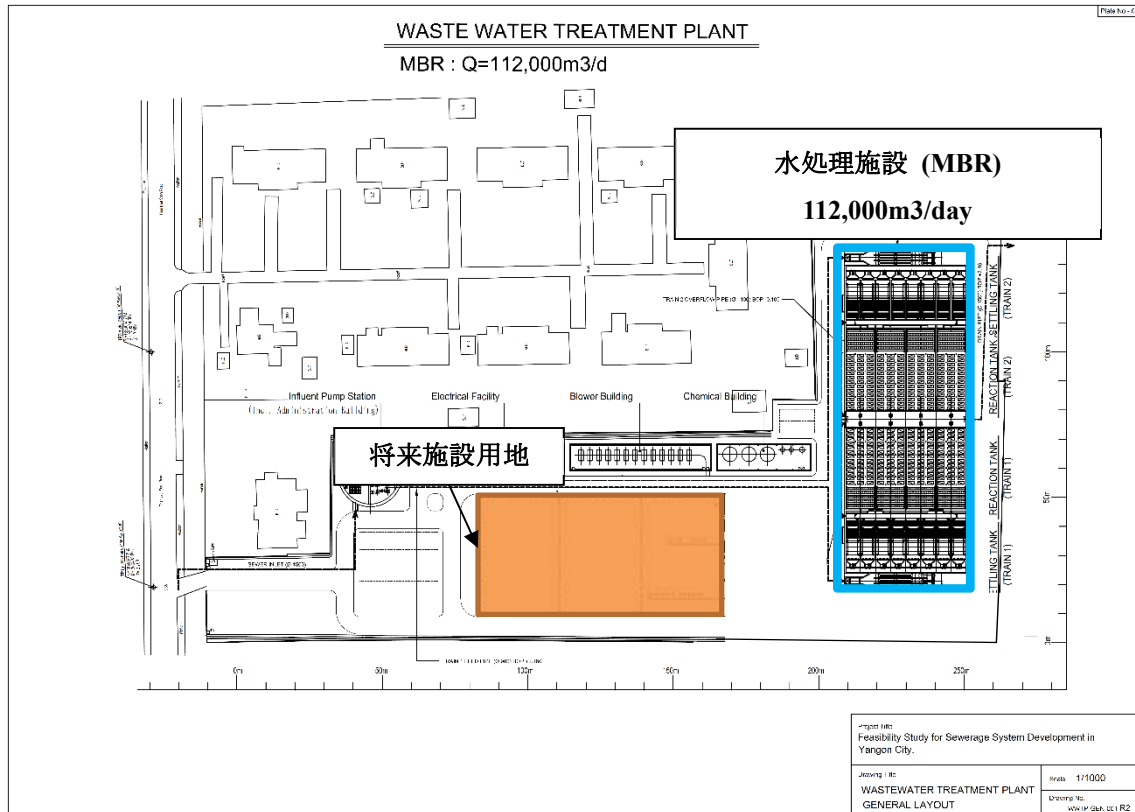
各水処理方式について設備の配置検討を表 6.2.2 に示す通り実施した。検討の結果、施工期間中も既存施設を稼働させ、かつ将来的に YCDC が追加で設備を導入する敷地を残しておくことを考慮すると、敷地制約条件を満たすのは MBR のみであることが判明した。

表 6.2.2 水処理方式の二次選定

項目		水処理施設の配置案							
		オプション 1: 深層式標準活性汚泥法		オプション 2: 膜分離活性汚泥法(MBR)		オプション 3: 結合生物膜活性汚泥法(IFAS)			
配置図									
特徴		容量		容量		容量			
		処理能力 (南側)	56,000m ³ /日以下	処理能力	112,000m ³ /日	処理能力	56,000m ³ /日以下		
		最初沈殿池 (2 階層)	L=23m, B=55m(25*2), H=8m(4*2)	最初沈殿池 (2 階層)	L=35m, B=55m(25*2), H=4m	最初沈殿池 (2 階層)	L=23m, B=55m(25*2), H=8m(4*2)		
		反応槽 (深層式)	L=46m, B=55m(25*2), H=10m	反応槽	L=35m, B=55m(25*2), H=4m	反応槽 (深層式)	L=40m, B=55m(25*2), H=10m		
		最終沈殿池 (2 階層)	L=42m, B=55m(25*2), H=8m(4*2)	最終沈殿池 (2 階層)	-	最終沈殿池 (2 階層)	L=42m, B=55m(25*2), H=8m(4*2)		
追加の処理施設の建設		不可				追加の処理施設の建設		不可	
		設計処理水量を満足できない		設計処理水量を満足できる		設計処理水量を満足できない			
YCDCの 要求条件	新規水処理 施設	既存施設の撤去が必要 (112,000m ³ /日処理するには、新規水処理施設1、2ともに必要)		既存施設を撤去せずに新規施設を施工可能 (新規水処理施設1のみで112,000m ³ /日処理可能)		既存施設の撤去が必要 (112,000m ³ /日処理するには、新規水処理施設1、2ともに必要)			
	汚泥処理 施設	汚泥処理施設用地を確保できない		汚泥処理施設の布設が可能		汚泥処理施設用地を確保できない			
	既存水処理 施設	建設期間中の既存水処理の運転は不可		施工期間中も既存水処理施設を運転可能 将来用地として利用可能		建設期間中の既存水処理の運転は不可			
	将来用地	既存の水処理施設用地を追加の水処理施設用地として使用するため、 将来用地は確保できない		追加の水処理施設は不要なため、将来用地が確保できる		既存の水処理施設用地を追加の水処理施設用地として使用するため、 将来用地は確保できない			
維持管理性		維持管理用道路の敷設が不可		維持管理用道路の敷設が可能		維持管理用道路の敷設が不可			
総評		建設用地が不十分である		MBRのみがYCDCの要求条件を満たすことができる		建設用地が不十分である			
		適用不可		適用可能		適用不可			

6.2.3 水処理設備

前述の通り、本プロジェクトの水処理には MBR が選定された。図 6.2.2 に施設配置図を示す。容量計算書は Appendix4 を参照のこと。



出典：JICA 調査団

図 6.2.2 概略施設配置図

6.2.4 吐口

新規吐口建設の一部障害となっている下水処理場周辺の擁壁と栈橋は撤去される予定である。しかしながら、擁壁と栈橋は新規吐口建設の目的以外にも以下の理由から撤去されるべきである。

- 擁壁は劣化が進んでおり、一部は既に壊れている状況である。
- 施工手順の観点から、擁壁の撤去をしなければ栈橋が撤去できないため。

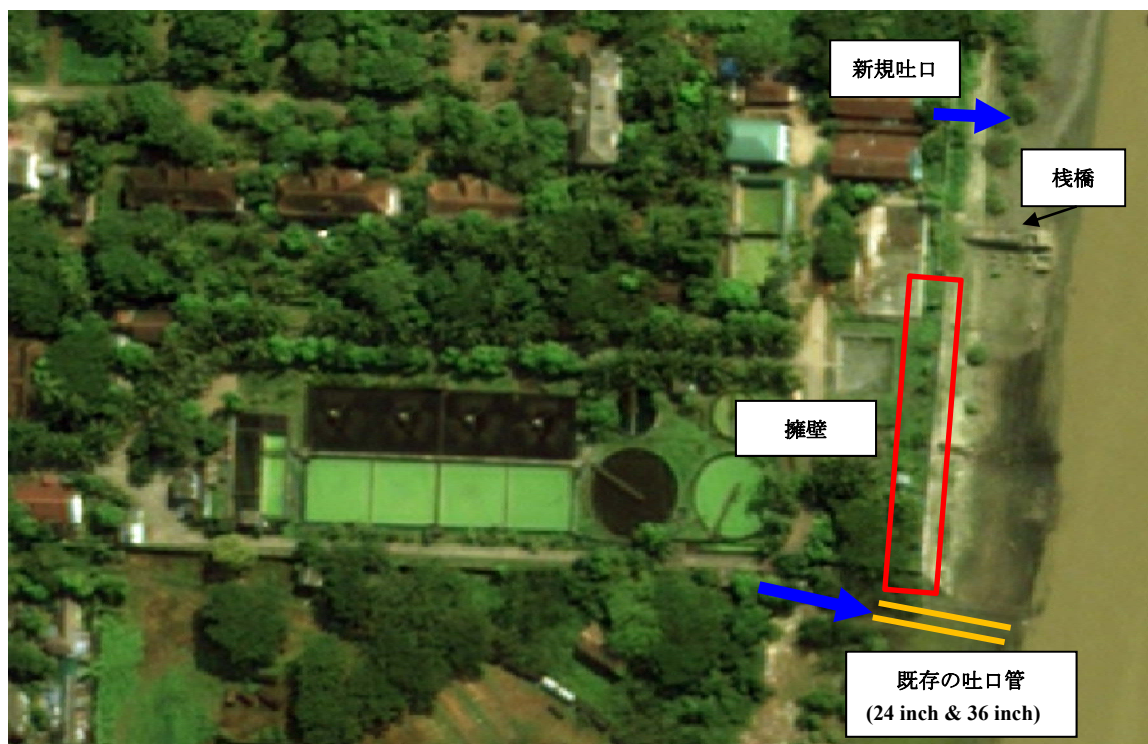


擁壁



栈橋

さらに、エジェクターシステムにより回収された下水を排出するために現在使用している吐口も、新規下水処理場が完成した際には不要となるので、撤去すべきである。しかし、擁壁や栈橋等の処理場周辺の構造物は MPA の所有物であるため、詳細設計段階では、MPA との協議が必要となる。



出典 JICA 調査団

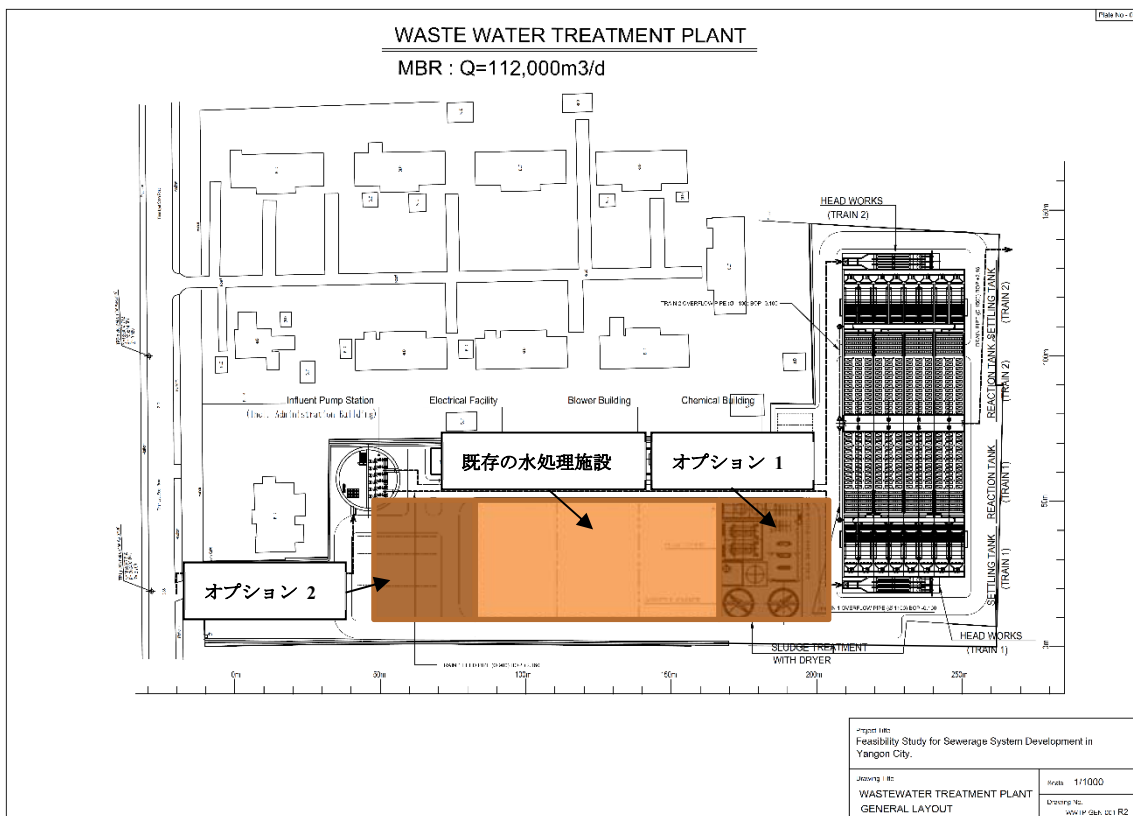
図 6.2.3 既存の吐口とその周辺施設

6.3 汚泥処理施設の検討

本節では、汚泥処理施設の検討及び計画について述べる。

6.3.1 汚泥処理施設の建設予定地

6.2 節で述べた水処理施設の計画を受けて、汚泥処理施設は図 6.3.1 に示す 2 つのオプションが考えられる。



出典：JICA 調査団

図 6.3.1 汚泥処理施設用地

オプション 1 は、水処理施設に近接しており処理の流れも効率的である。さらに、水処理と汚泥処理が隣り合っているため、維持管理もしやすいと考えられる。よって、オプション 1 が汚泥処理施設配置として選定された。

6.3.2 汚泥処理方法の比較検討

水処理で生じた余剰汚泥は、汚泥処理工程に流入することとなる。現況では、C1 下水処理場への汚水流入量が少ないため、発生汚泥量も少ない状況であるが、今後の新規下水管渠の敷設に伴い、発生汚泥量も増加することが予想される。

汚泥処理は、単位プロセスの組み合わせにより構成されるもので、各単位プロセスは、主

に汚泥量の縮小と汚泥性状の安定化を行うものである。

最適な汚泥処理プロセスは、汚泥の処分方法（有効利用含む。）により異なる。以下に、単位プロセスの組み合わせの例を述べる。5.3 節で述べた通り、汚泥の性状及び発生量、有効利用の観点から、汚泥は脱水のみでなく乾燥まで行うこととなった。YCDC により提示された前述の与条件に従い、以下のオプションを検討した。比較検討の結果は 6.3.3 項にて詳述する。

オプション 1: 濃縮+脱水+天日乾燥

オプション 2: 濃縮+消化+脱水+天日乾燥

オプション 3: 濃縮+脱水+機械乾燥

オプション 4: 濃縮+脱水+焼却

5.3 節で述べた通り、汚泥処理は乾燥工程まで既存の下水処理場内で行い、乾燥汚泥を YCDC が今後開発予定の処分施設へ運搬することになっている。オプション 1、2 は 6,600m² を天日乾燥(含水率 85%で乾燥日数 30 日間)するものであるが、天日乾燥床は敷地内に収まらないため、本プロジェクトでは適用不可である。また、天日乾燥床の維持管理には手間がかかる上に、作業の安全性も危ぶまれているため不適切である。

その一方で、オプション 4 の焼却施設を導入する案は、将来的に計画されるべき案であるとする。導入に際しては、汚泥処理施設の建設や維持管理性を考慮し、本プロジェクトの対象エリアだけでなくヤンゴン市内で発生する汚泥を一箇所で統合処理することを YCDC は考えており、必要であれば既存の下水処理施設のあるエリア内に焼却炉を設置することも視野に入れている。

6.3.3 汚泥処理設備

6.3.1 項の検討結果として、オプション 3 が推奨された。そこで本項では、機械乾燥工程を含む汚泥処理設備の検討を行う。

(1) 機械乾燥機の種類

現在主流となっている機械乾燥機を以下に示す。

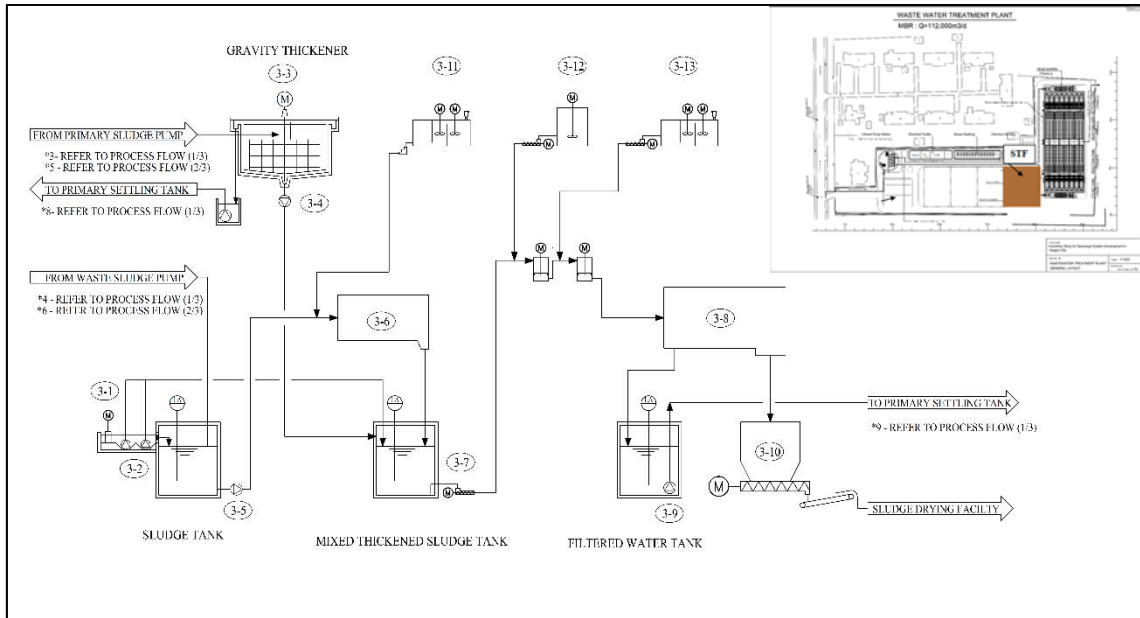
- 1) ディスク型乾燥機
- 2) 気流乾燥機
- 3) バンド型乾燥機

表 6.3.1 汚泥処理方法の比較検討表

		オプション1	オプション2	オプション3	オプション4
		濃縮+脱水+天日乾燥	濃縮+消化+脱水+天日乾燥	濃縮+脱水+機械乾燥	濃縮+脱水+焼却
処理フロー					
概要	濃縮 濃縮汚泥含水率 (97.5%)	汚泥濃度約2%の生汚泥と汚泥濃度0.8%の余剰汚泥が混合され、重力濃縮槽に流入する。濃縮槽で汚泥濃度が2.5%となるまで濃縮した後、脱水工程に送泥する。	汚泥濃度約2%の生汚泥と汚泥濃度0.8%の余剰汚泥が混合され、重力濃縮槽に流入する。濃縮槽で汚泥濃度が2.5%となるまで濃縮した後、消化工程に送泥する。	オプション1に同じ	オプション1に同じ
	消化 消化汚泥含水率 (99%)	-	消化により有機物の含有量が減少することで汚泥性状が安定すると同時に汚泥の臭気も軽減される。汚泥濃度2.5%となった消化汚泥が脱水工程に送られる。	-	-
	脱水 脱水汚泥含水率 (82%)	脱水ケーキの含水率が82%程度となるまで機械脱水を行い、場外運搬する。	オプション1に同じ	オプション1に同じ	オプション1に同じ
	乾燥 (自然乾燥or機械乾燥I) 乾燥汚泥含水率 (60%)	天日乾燥床で約30日かけて含水率が40%程度になるまで乾燥させた後、Hein Bin最終処分場に運搬する。	オプション1に同じ	場内に設置した機械乾燥機で乾燥を行い、汚泥量を減量させる。	-
	焼却	-	-	-	焼却炉を用いて脱水汚泥量を大幅に減量する
特徴	<ul style="list-style-type: none"> -脱水汚泥は多量の不溶解残渣を含んでいるので揮発性と臭気がある。 -乾燥工程は、運転管理方法を改善することで含水率をさらに下げることができるので、肥料として利用できる可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> -消化汚泥を天日乾燥させることで、固形廃棄物量を減量することが可能である上、揮発性を上げることができる。 -広い用地が必要である。 -乾燥工程は、運転管理方法を改善することで含水率をさらに下げることができるので、肥料として利用できる可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> -汚泥量を削減することが可能 -ある程度広い用地が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> -汚泥量を大幅に削減することが可能 -広い用地が必要である。 	
必要用地	N/A (7,200m ² (天日乾燥床の設置は不可))	N/A (9,500m ² (天日乾燥床の設置は不可))	1,500m ²	2,800m ²	
汚泥量	脱水後: 200t/day, 乾燥後: 46m ³ /day	脱水後: 100t/day, 乾燥後: 46t/day	脱水後: 200t/day, 機械乾燥後: 46t/day	焼却後: 9t/day	
初期費用	N/A	N/A	32 million USD (42,800 million MMK)	62 million USD (83,000 million MMK)	
運転維持管理費用	N/A	N/A	3.5 million USD (4,600 million MMK)	4.0 million USD (5,200 million MMK)	
メリット	N/A	N/A	<ul style="list-style-type: none"> -YCDCの要望通り、乾燥工程を処理場内に収めることが可能であり、汚泥量も減量することが可能。 -機械乾燥であるため、天日乾燥床よりも短い期間で乾燥が可能。 -天日乾燥床よりも発生臭気量が少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> -汚泥量をオプション3よりもはるかに少なくすることが可能。 -最終処分場への運搬が不要であるため、運搬費用が削減できる。 	
デメリット	N/A	N/A	<ul style="list-style-type: none"> -ランニングコストが天日乾燥床よりも高価となる。 	<ul style="list-style-type: none"> -焼却施設があるため、ランニングコストはオプション3よりも高価となる。 -効率的な焼却処理を行うために汚泥の含水率は可能な限り下げることが必要である。例) 乾燥工程を追加する。ただし、天日乾燥床は用地制約があるため設置不可。 	
総評	<ul style="list-style-type: none"> -YCDCの要望に従い、乾燥工程を処理場内に設ける検討をしたが、天日乾燥床は用地制約があるため設置不可である。 -天日乾燥は臭気を伴い、周辺環境へ悪影響を及ぼすため推奨されない。 	<ul style="list-style-type: none"> -YCDCの要望に従い、乾燥工程を処理場内に設ける検討をしたが、天日乾燥床は用地制約があるため設置不可である。 -天日乾燥は臭気を伴い、周辺環境へ悪影響を及ぼすため推奨されない。 	<ul style="list-style-type: none"> -YCDCの要望通り、乾燥工程を処理場内に収めることが可能 -将来的にYCDCにより焼却炉が設置された場合、機械乾燥機をその前処理として用いることが可能 	<ul style="list-style-type: none"> -YCDCは将来的に焼却炉を導入する方針である。(YCDCは、ヤンゴン市内で発生する汚泥を統合的に処理するための焼却炉の導入検討を実施する予定) -上記検討の後、YCDCにより焼却炉が導入される予定である。 	
	不適	不適	選定	-	

(2) 汚泥処理のフロー図

汚泥処理のフロー図を図 6.3.2 に示す。汚泥脱水設備及び乾燥設備の設置箇所は図 6.3.3 に示す通り。

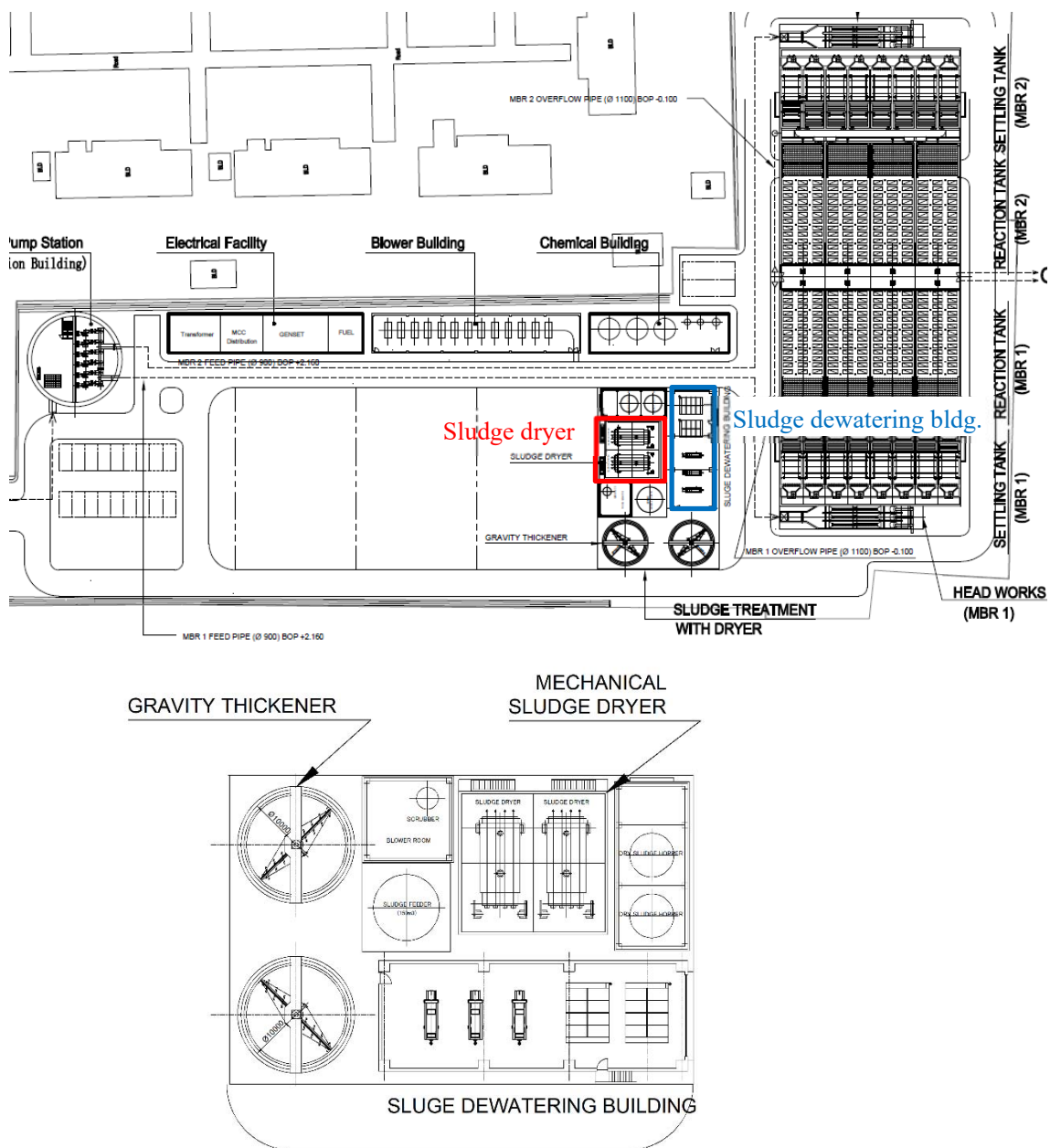


出典：JICA 調査団

図 6.3.2 汚泥処理フロー図

(3) 汚泥処理施設の配置図

汚泥処理施設の配置図を図 6.3.3 に示す。



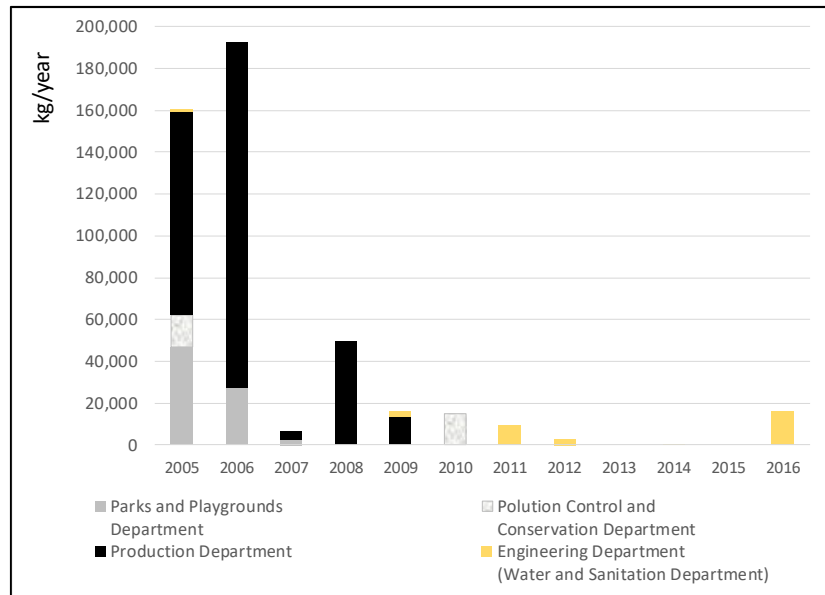
出典：JICA 調査団

図 6.3.3 汚泥処理施設の配置図

(4) 汚泥処分施設の必要性

水衛生局は、将来焼却施設が建設されるまでは、極力、発生汚泥の有効利用を検討する意向である。JICA 調査団は、水衛生局の意向に理解を示しているものの、過去数年間の乾燥汚泥の利用実績を考慮すると、新設下水処理場から発生する汚泥を全て有効利用するのは、厳しいと考えている。新設下水処理場から発生する乾燥汚泥量は約 46 t/日（含水率 35%）であり、これは 2006 年に有効利用された汚泥量（図 6.3.4 参照）の 60 倍以上となる。

したがって、将来有効利用されない発生汚泥が適正に処分されるようにするため、今後の汚泥発生量の増加に備えて汚泥処分施設を検討しておく必要がある。



出典：YCDC

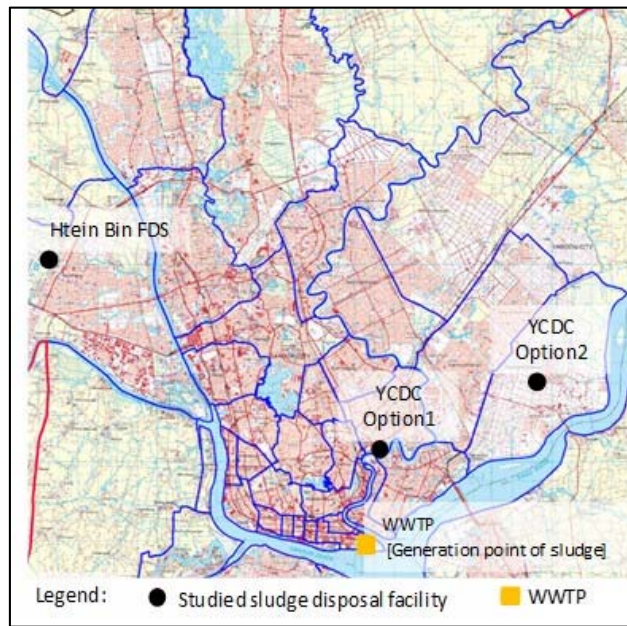
図 6.3.4 YCDC のデータに基づく汚泥の推定有効利用量

(5) 汚泥処分場の候補地

JICA 調査団からの要請で、YCDC は汚泥処分場用地として2箇所の候補地を提案したが、JICA 調査団の調査の結果、両者とも候補地としては不適切であることが判明した。その理由としては、候補地の周辺が住宅地であることが挙げられる。汚泥処理施設が建設された場合は臭気が発生するため、地域住民やその他のステークホルダーから建設計画に同意を得ることは難しいと考えられる。図 6.3.5 に処分場の候補地を示す。

これに対して、JICA 調査団は水衛生局に対して汚染管理清掃局が管轄する Htein Bin 最終処分場への汚泥処分を提案した。最終処分場への汚泥処分は他国では一般的な方法である。Htein Bin 最終処分場は、2002 年から 15 年間使用されている処分場で、現時点で総面積 120 ha の内 60ha が利用可能である。汚染管理清掃局によると、現在 800 トン/日の廃棄物がこの処分場に運び込まれており、今後もヤンゴン市の発展に伴い、その量は増加していくと予測されている。

水衛生局と汚染管理清掃局を含む関係機関との協議を経て、YCDC がヤンゴン地域政府と共に汚泥の最終処分場を検討することで合意した。



出典：YCDC

図 6.3.5 汚泥の最終処分場の候補地

6.4 施工期間中の既存水処理施設の利用

6.4.1 検討条件

5.3 節で述べた通り、YCDC の要望に基づき、既存ストックの有効活用の観点から、新規下水処理場の建設期間中も既設の水処理施設を運転することが決まっている。8 章に記載の通り、新規の処理施設の処理能力は 112,000m³/日であるが、下水の流入量に基づき半分の 56,000m³/日ずつ段階的に整備する計画である。なお、既存の処理施設を稼働させるのは、はじめに整備する 56,000m³/日分が完成し試運転が完了するまでの期間である。

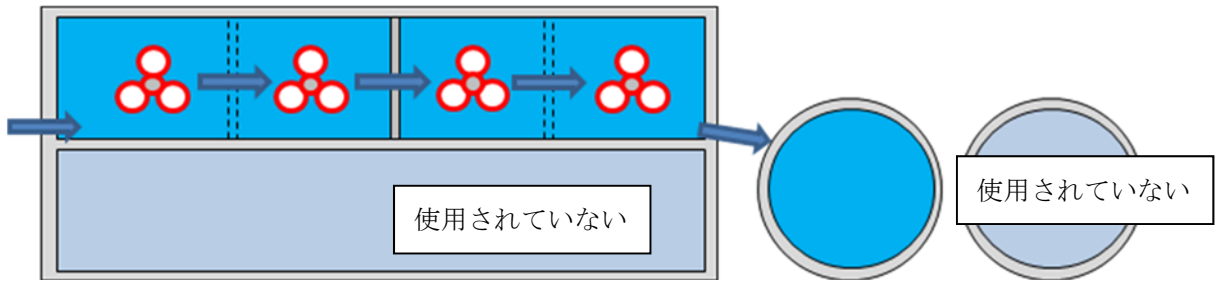
本項では、既設施設を利用するために必要な改造について述べる。

6.4.2 既存水処理施設の改造

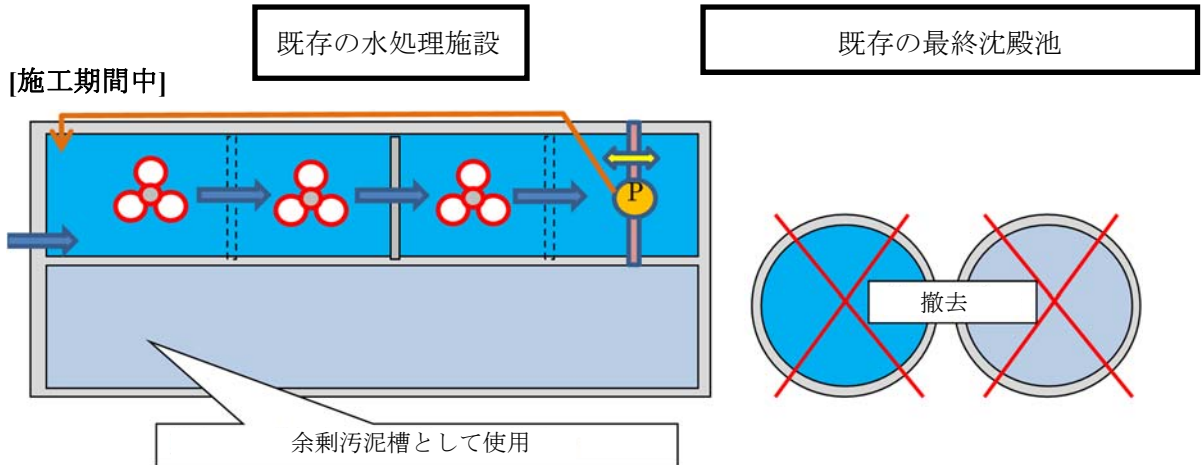
(1) 改造方法

既存の水処理施設の容量は 15,000m³/日 (実流入量は 500~2,000m³/日、BOD=約 600mg/L) である。現在は片側系統 (7,500m³/日) しか稼働していない状況であるが、この分を建設期間中も確保しなければならない。この状況を受けて、施工期間中は以下に示す一時的な対策を施すことを提案した。

[既存施設]



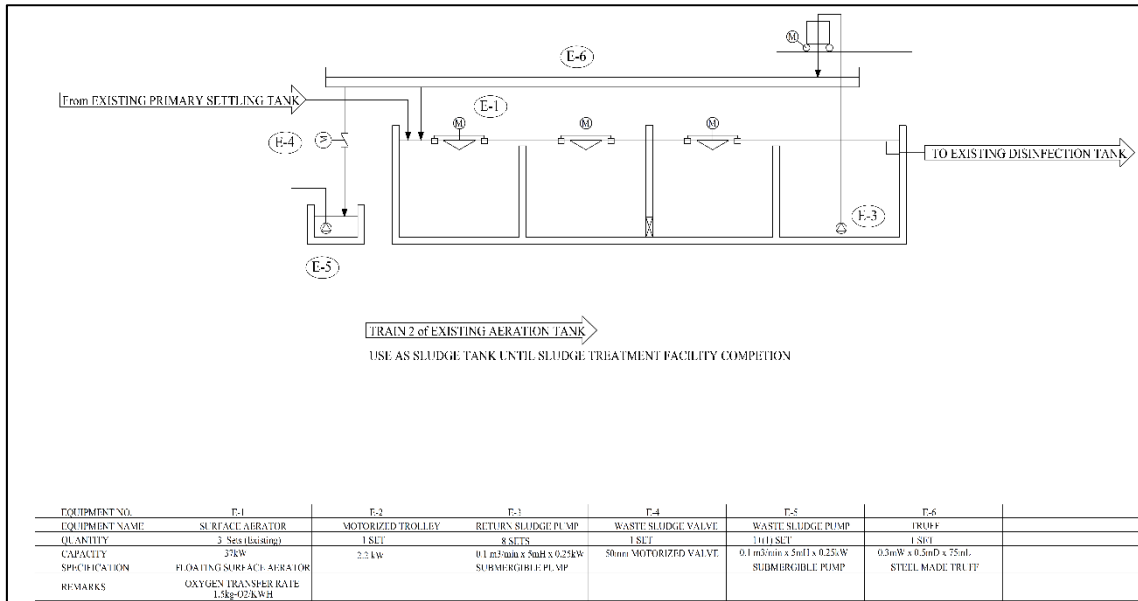
[施工期間中]



出典：JICA 調査団

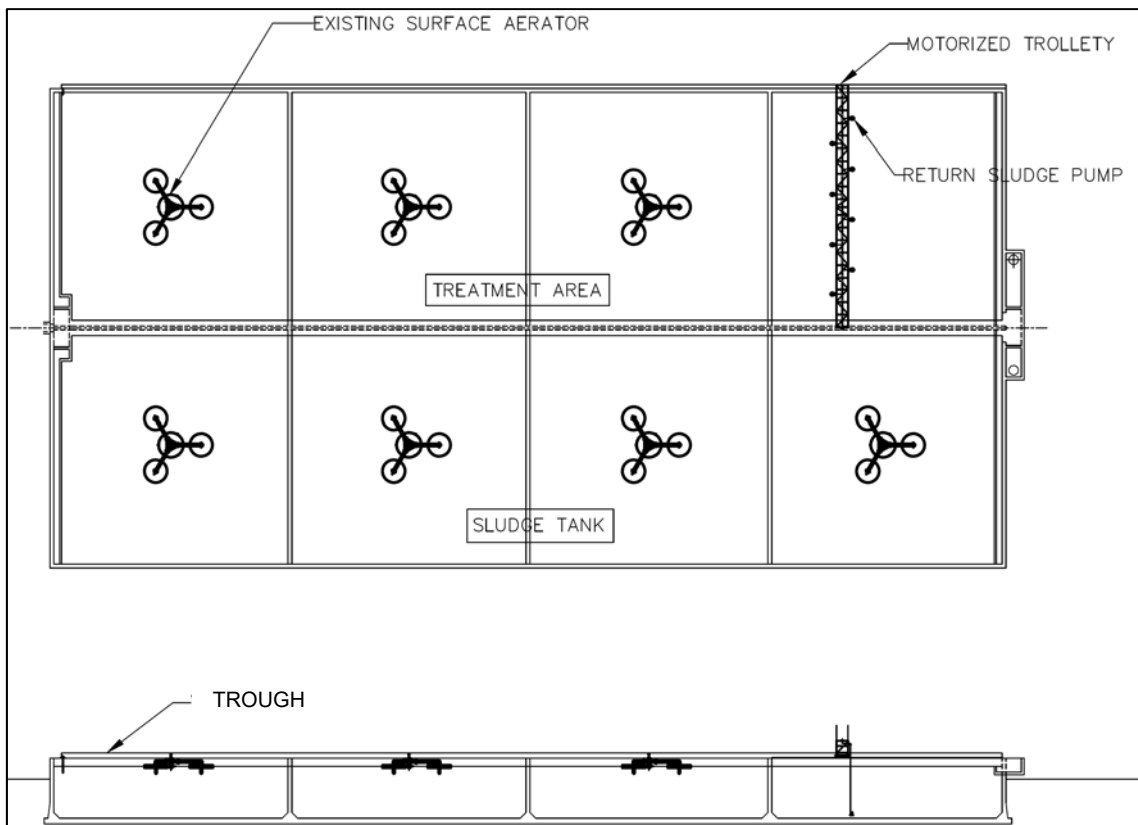
図 6.4.1 既存水処理施設の改造

2つある最終沈殿池（直径 24.5m、面積 471.40m²）の内 1つは稼動していない状況である。図 6.4.1 に示す通り、反応槽は 4 つに分かれており最終段の池に水中ポンプを設置することでこれを最終沈殿池として利用することが可能である。施工期間中は、既設汚泥乾燥床が使用できない。そこで、汚泥処理施設が完成するまでの間、既設の水処理施設の片側半分を余剰汚泥槽として使用する。



出典：JICA 調査団

図 6.4.2 既存反応槽改造後のフロー



出典：JICA 調査団

図 6.4.3 既存水処理施設改造後の配置図

容量計算書は、Appendix5 を参照。

(2) 運転方法

運転方法は以下に示す通りである。

- 1) 4段階目に設置される8機的水中ポンプは余剰汚泥を引き抜くために使用する。
- 2) 返送汚泥は、トラフで返送する。
- 3) 余剰汚泥は、電動弁により排出する。
- 4) 片側系統は、余剰汚泥槽として用いる。(余剰汚泥量は $2\text{m}^3/\text{日}$ で、片側系統の容量は $5,400\text{m}^3$ であるため、2~3年使用可能である。たとえ余剰汚泥が溢れたとしても、余剰汚泥は微量であるため返送汚泥として処理系統に戻すことができる。)余剰汚泥量は次の計算から算定した。

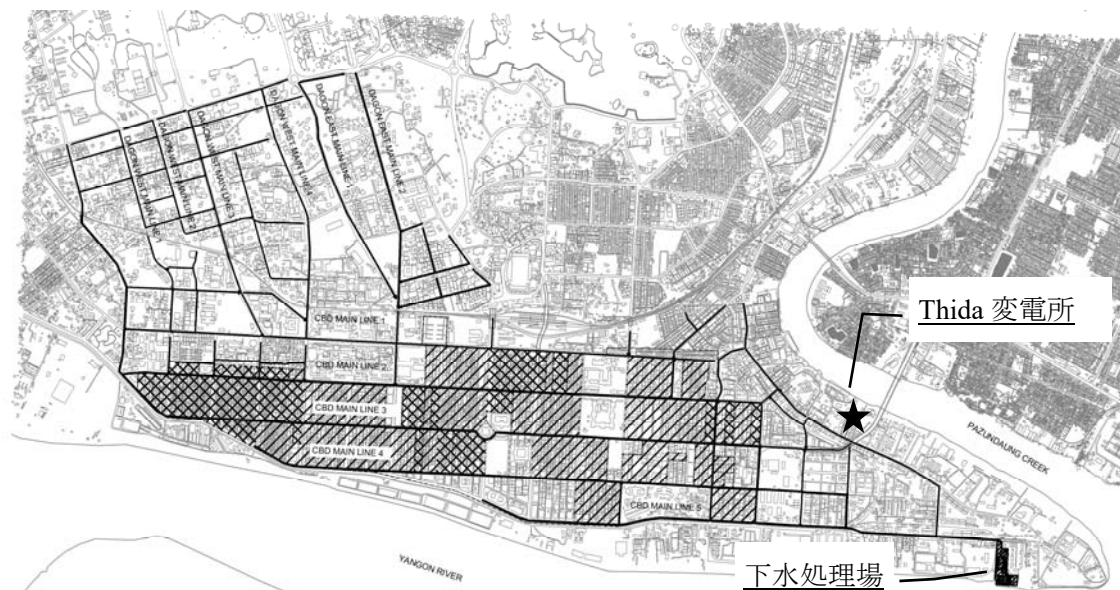
$$(\text{流入水量 } 2,000\text{m}^3/\text{日}) \times (\text{BOD } 600\text{mg/l}) / 1,000 / (\text{濃度 } 0.6\%) / 1,000$$

- 5) 改造工事は、運転を止めることなく実施することが可能である。

6.5 下水処理場への電力供給

JICA 調査団はヤンゴン市電力供給公社 (YESC : Yangon Electricity Supply Corporation) と協議を行い、新設下水処理場で必要とする電力を、Thida 変電所から受電することで合意した。本変電所の主変圧器の電圧は 66/33 kV、容量は 20 MVA である。今後、YESC は将来の電力需要に対応すべく市内の電力供給量を増強する計画である。

ヤンゴンの市街地は他の構造物との干渉を避けるために地下ケーブルとすることが推奨されており、本調査においても地下ケーブルを想定する。また、ケーブル敷設費用は YCDC の負担となる。図 6.5.1 に Thida 変電所の位置を示す。変電所はボタタウンシップに位置し、下水処理場からおよそ 2 km の距離に位置している。



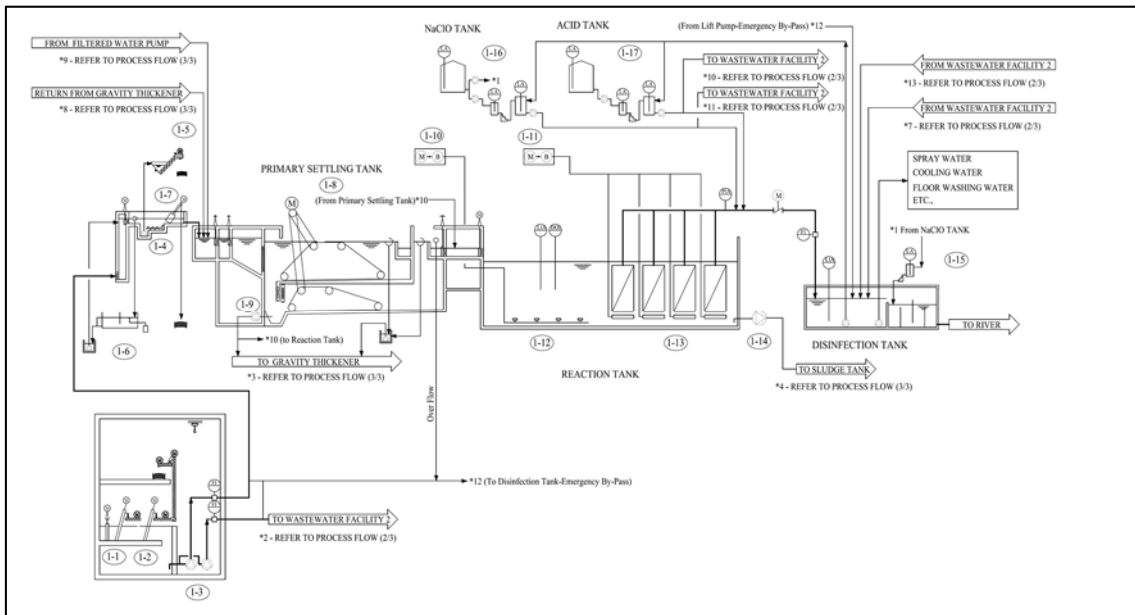
出典：JICA 調査団

図 6.5.1 Thida 変電所の位置

6.6 下水処理場の配置計画

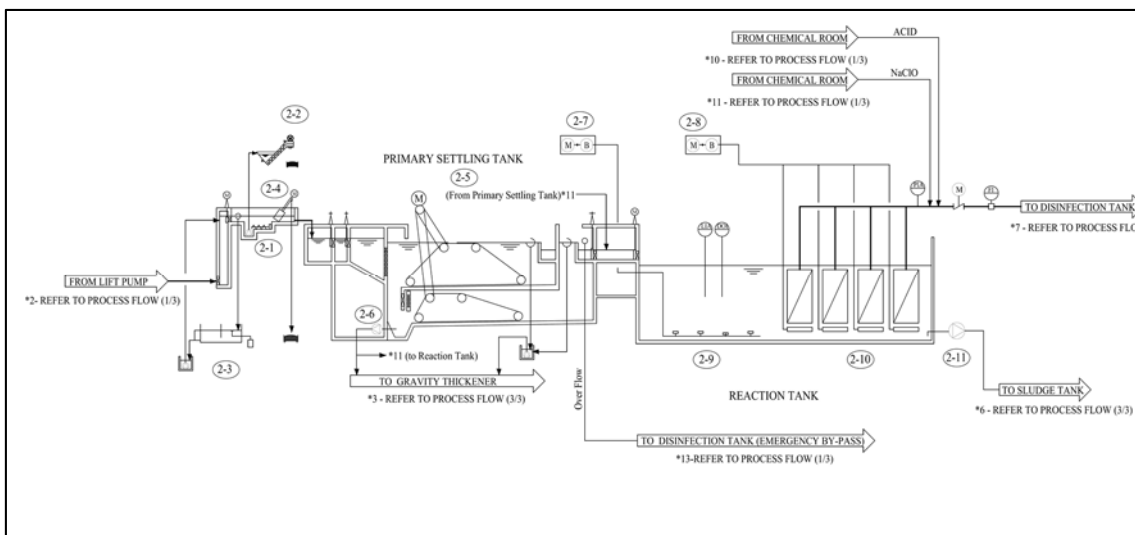
(1) フロー図

水処理及び汚泥処理のフロー図を図 6.6.1、図 6.6.2、図 6.6.3 に示す。汚泥脱水設備及び乾燥設備の設置箇所は図 6.3.3 に示す通りである。



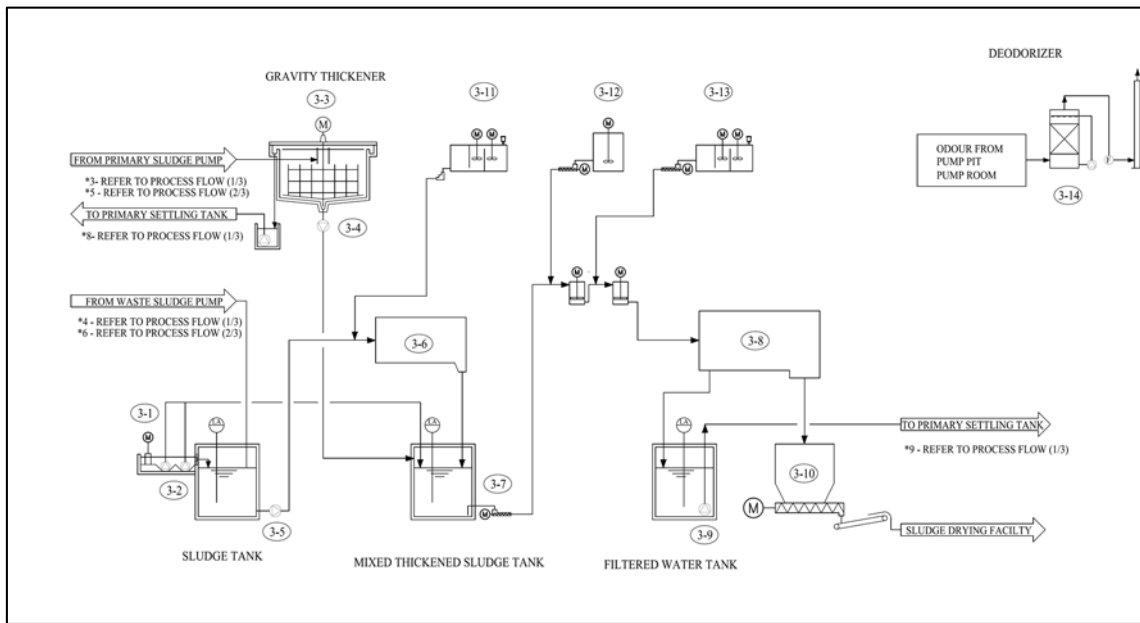
出典：JICA 調査団

図 6.6.1 フロー図 1



出典：JICA 調査団

図 6.6.2 フロー図 2

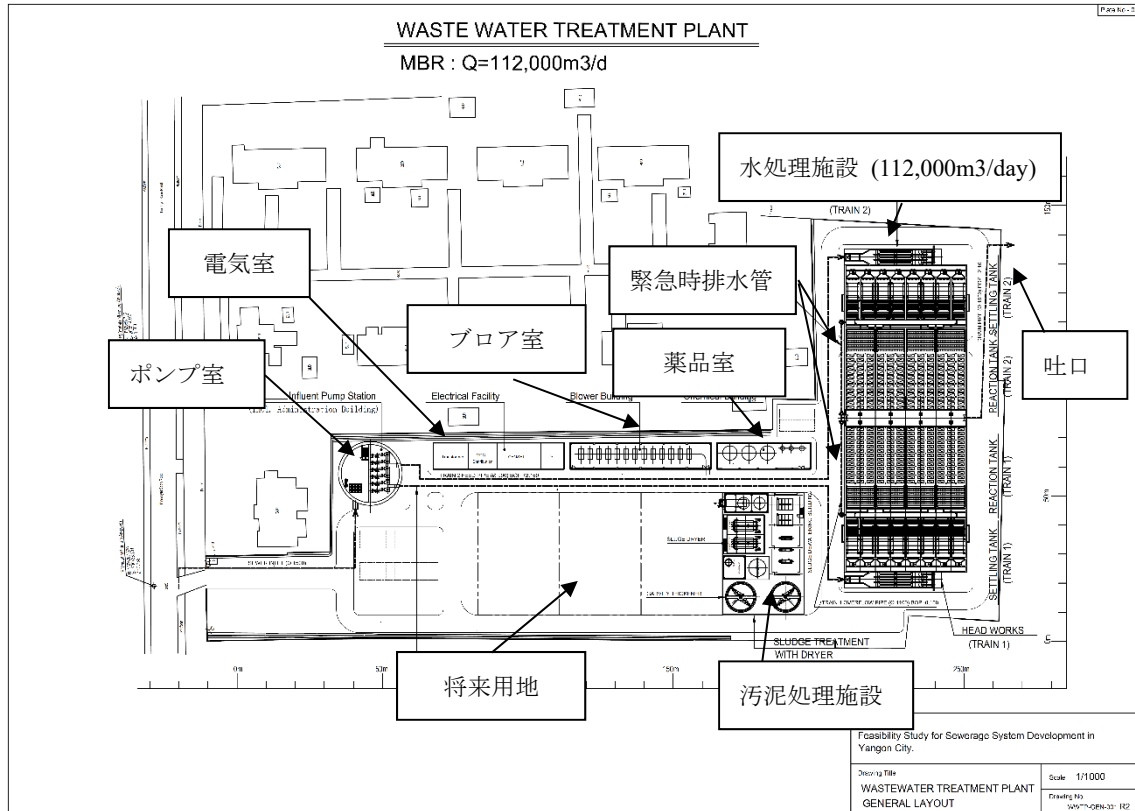


出典：JICA 調査団

図 6.6.3 フロー図 3

(2) 水処理施設の配置図

水処理施設の配置図を図 6.6.4 に示す。



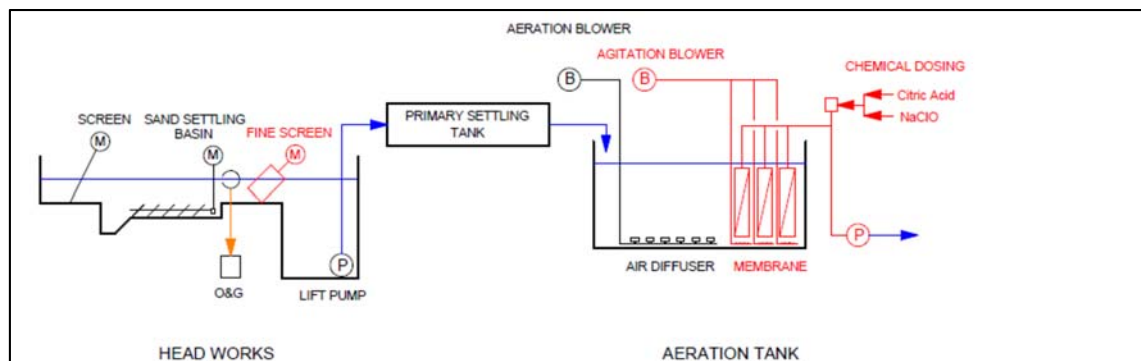
*THIDA 変電所より処理場まで送電線を新設する。電圧は 33 kV である。

出典: JICA 調査団

図 6.6.4 水処理施設の配置図

6.7 水処理施設の維持管理

この節では、MBR の維持管理方法について述べる。図 6.7.1 に赤字で示した部分が MBR の主たる設備であり、本節で維持管理のポイントについて述べる。



出典: JICA 調査団

図 6.7.1 MBR のフロー図

6.7.1 下水処理場の運転について

MBR の運転に際して注意すべきポイントを表 6.7.1 にまとめた。

表 6.7.1 MBR の運転に関する注意点

重要事項	運転管理上発生する問題	手法/対策
ファウリング の防止	バクテリアやカルシウム等が膜表面に付着し、目詰まりを引き起こす。長期間付着したままの状態では放置しておくこと、夾雑物が取り除けなくなり、結果的にフラックスが低下してしまう。	定期的(通常は3ヵ月に1回)な薬品洗浄を行う。洗浄にはクエン酸と次亜塩素酸ナトリウムを用いる。
反応槽への凝集剤流入防止	脱水工程で過剰に凝集剤が添加された場合、凝集剤が反応槽に流入し、膜に付着してしまう。これによりフラックスが低下する。	脱水工程での凝集剤添加量は適正量に調整すると同時に、凝集剤溶液を排水しない。
攪拌機の空運転防止	ろ過停止中に攪拌機が運転し続けた場合、膜が損傷する可能性がある。(平膜の場合)	ろ過停止時には、攪拌ブローアを連続運転せず、間欠運転する。小流量での運転を避ける。
散気管の詰まり防止	反応槽下部に堆積した汚泥により散気管が詰まる。エアレーションが不十分になると、膜がすぐにファウリングを起こす。	堆積した汚泥を取り除くために、毎日手動で散気装置をフラッシングする。
細目スクリーン	粗目スクリーン及び細目スクリーンでの処理を省略すると、目詰まりが発生する。エアレーションタンクの前に1~2mmの細目スクリーンを設置する。非常事態以外はスクリーンを省略してはならない。	粗目スクリーンと合わせて細目スクリーンの適切な維持管理を実施する。
オイルとグリースの除去	オイルが膜表面に付着した場合は、容易に取り除くことはできず、特殊な洗浄が必要となる。	水処理工程(膜)の前に設置するオイル分離装置を適切に運転し、分離されたオイルは処分場所に廃棄する。

出典：JICA 調査団

安定した水処理を行うための適切な運転を実施するには、詳細設計段階において表 6.7.2 にまとめた追加のバックアップ体制を検討する必要がある。

表 6.7.2 バックアップ体制

バックアップ 事項	説明
トレーニング	膜メーカーが運転管理員向けに膜の運転管理方法講習を実施する。 例： <ul style="list-style-type: none"> • 運転管理チームに、2～3 ヶ月の講習会を受けさせる。
メーカー点検	メーカー点検の実施 例： <ul style="list-style-type: none"> • 導入1年後に実施 • 2年に1回実施 • インターネット経由でデータをメーカーに送り、状況を確認してもらう。
計装技術者	計装技術者を維持管理チームに入れる。 <ul style="list-style-type: none"> • MBRは90%が自動運転である。 • 運転管理のプログラミングはPLCまたはSCADAシステムで行われる • PLCまたはSCADAシステムの回路基板が多機能である場合は計装技術者が修正を行う。

出典：JICA 調査団

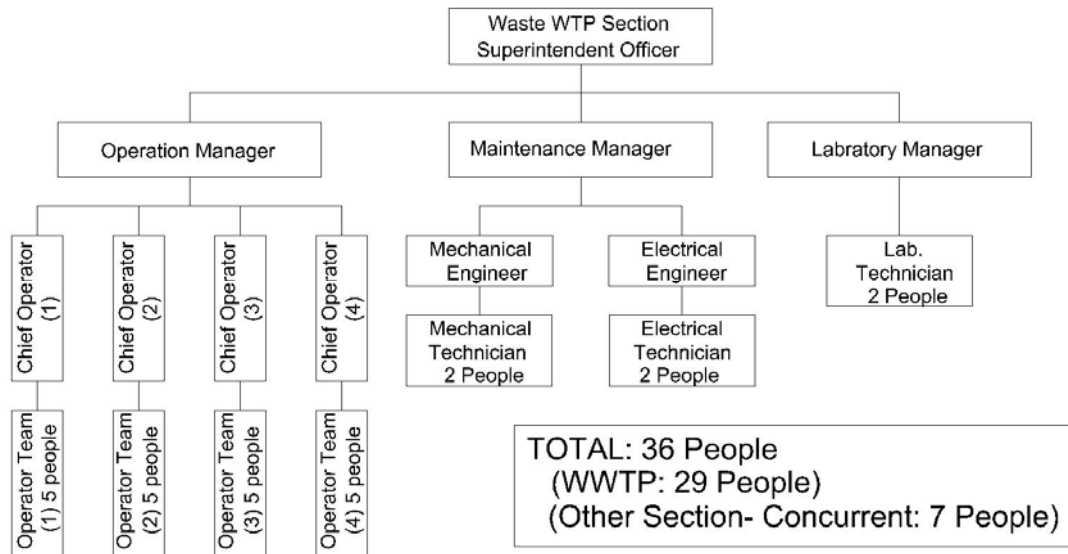
6.7.2 下水処理場の維持管理体制

本項では、新規下水処理場の維持管理を行う組織体制に必要な事項についてまとめた。

(1) 維持管理体制

維持管理には以下に示す3チームを組織する。

- a. 運転管理チーム
- b. 維持管理チーム
- c. 分析チーム



出典：JICA 調査団

図 6.7.2 維持管理体制

(2) 維持管理における留意点

維持管理業務を行う上で留意すべき点は以下の通りである。

- 1) 全体
 - a. 異常の確認は運転管理チームが行う。
 - b. 補修は維持管理チームが実施する。
- 2) 危機管理
 - a. 緊急事態が発生した場合は、上長と運転管理マネージャーが指示を行う。
 - b. 緊急事態対策組織が作られる。
- 3) 各チームの役割分担
 - a. 上長が維持管理チームのリーダーを務め、全ての情報は上長及び運転管理マネージャーに集められるようにする。
 - b. 運転管理マネージャーは上長を補佐し、上長が不在の場合にはその代わりに務める。
 - c. 運転管理チームは全ての設備を点検し、分析チームと協力して処理状況を確認する。
 - d. 分析チームは、定期的に流入水質と処理水質を分析し、その結果を上長と維持管理マネージャーに報告する。
 - e. 分析チームはジャーテストにより水処理及び汚泥処理に必要な薬品注入率を算定し、上長と維持管理マネージャーに報告する。
 - f. 維持管理チームは定期点検を行う。
 - g. 上長または運転管理マネージャーの要請があった場合、維持管理チームは速やかに機械電気設備の補修を行う。

4) 役職

各役職について表 6.7.3 の通りまとめた。

表 6.7.3 各役職

No.	役職	求められる能力	場所	役割と仕事	報告先
1	場長	下水処理と機械設備に関する全知識 (大学卒レベル)	汚水処理場	<ul style="list-style-type: none"> - 下水処理場の維持管理に関する全責任を負う - 運転維持管理チームをとりまとめる - 危機管理を行う 	副部長
2	運転管理マネージャー	下水処理と機械設備に関する全ての知識 (大学卒レベル)	汚水処理場	<ul style="list-style-type: none"> - 円滑な運転のために運転管理員に指示を行う - 異常を発見し関係者に連絡する - 他のチームから得た情報を元に機器やバルブの調整を行う - 運転管理状況を記録する 	場長
3	維持管理マネージャー	機械の知識と電気設備の基礎知識 (大学卒レベル)	YCDC オフィス	<ul style="list-style-type: none"> - 維持管理チームをとりまとめる - 運転維持管理マニュアルに従い、ルーティンの維持管理を行う - 運転管理マネージャーから故障した装置の報告を受ける - 故障した装置の修理またはメーカーへの補修依頼 	場長
4	分析マネージャー	分析方法に関する知識 (大学卒レベル)	汚水処理場	<ul style="list-style-type: none"> - 分析チームのとりまとめ - 分析結果を確認し、運転管理マネージャーに報告する - 処理水水質に異常がある場合は、場長を含む関係者に報告する。 	場長
5	チーフオペレーター (4 チーム 8-シフト)	下水処理と機械設備に関する基礎知識 (技術専門学校卒レベル)	汚水処理場	<ul style="list-style-type: none"> - ルーティンワークとして運転管理データを記録する - 運転管理状況を確認し、運転管理マネージャーに報告する - 分析チームとジャーテストを実施し、汚泥処理に使用する薬品添加量を調整する - 脱水汚泥の状況を確認し記録する 	運転管理マネージャー
6	オペレーター (4 チーム 8-時間シフト)	運転管理方法に関する基礎知識	汚水処理場	<ul style="list-style-type: none"> - 汚泥脱水機の確認 - 毎日のルーティンワークの記録 - スラッジの沈降状態を確認し記録する - 各処理工程において異常が無いか確認しチーフオペレーターに報告する。 - 処理場の掃除 	チーフオペレーター
7	機械エンジニア	機械設備に関する知識(技術専門学校卒レベル)	YCDC オフィス	<ul style="list-style-type: none"> - ルーティンの維持管理作業の実施 - 機械の補修を行う 	維持管理マネージャー
8	機械テクニシャン	ルーティンの維持管理作業及び補修方法に関する知識	YCDC オフィス	<ul style="list-style-type: none"> - 機械設備の定期的な維持管理作業 - 小規模な故障の修理 - 管渠の補修等 	維持管理マネージャー及び運転管理マネージャー
9	電気エンジニア	機械電気盤の知識 (技術専門学校卒レベル)	YCDC オフィス	<ul style="list-style-type: none"> - ルーティン維持管理作業の実施 - 電気盤や機械の修理を行う 	維持管理マネージャー
10	電気テクニシャン	ルーティンの維持管理作業及び補修方法	YCDC オフィス	<ul style="list-style-type: none"> - 機械設備の定期的な維持管理作業 	維持管理マネージャー及び

		に関する知識	ス	- 小規模な故障の修理 - 管渠の補修等	運転管理マネージャー
11	分析 テクニシャン	水質分析に関する知識	汚水 処理場	- 定期的な分析作業 - 分析結果の整理	維持管理マネージャー及び 運転管理マネージャー

出典：JICA 調査団

維持管理に関する能力開発については、11 章で詳述する。

6.8 下水管渠の検討

6.8.1 設計条件

下水管渠敷設に関する設計条件はミャンマー国内で適用できる基準類が存在しない為、本邦の基準を参照し設定した。

表 6.8.1 下水管渠敷設の設計条件

項目	パラメータ	備考
最小口径	幹線管渠及び支線管渠：200 mm サービス管： 1) CBD のうち既存下水道システムの処理区：150 mm 2) CBD のうち既存下水道システムの処理区外及びダゴンタウンシップ 100 mm	管渠内の清掃、定期的な点検、新規接続等の維持管理を考慮し、各管渠の最小口径を設定した。
管渠の接続	管頂接合	管頂接合は、流水が円滑となり水理学的には安全な接続方法である。
最小土被り	3.0 m	住居（BDS を含む）と既設道路間に敷設されている道路側溝を下越しする際に十分な離隔が取れるよう、最小土被りを設定した。
流量計算式	マニング式 $V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$ n: 粗度係数 = 0.013 (コンクリート管)	
流速	最小流速=0.6 m/秒、最大流速=3.0 m/秒	管渠内の汚水の堆積を防ぐ為、最小流速を設定し、また、管渠・マンホールへの損傷を避けるよう最大流速を設定した。
マンホール間隔	D < 600 ^{※1} : 75 m 以下 (100 m) 600 ≤ D < 700 ^{※1} : 100 m (100m) 800 ≤ D < 1,000 ^{※2} : 100 m (200m) 1,000 ≤ D ≤ 1,500 ^{※2} : 150 m (200m) ()内は最大値	建設費、施工性を考慮しマンホール間隔を設定した。 ※1：小口径推進工法の対象である 700mm 以下の管渠については、維持管理性及び推進延長を考慮し、100m 程度を上限とした。 ※2：中大口径推進工法の対象である 800mm 以上の管渠については、維持管理性及び推進延長を考慮し、200m 程度を最大とした。

出典：下水道施設計画・設計指針と解説、(社)日本下水道協会

本調査における下水管渠計画に用いられる汚水量は、計画時間最大汚水量であり、計画 1 日最大汚水量の 1.5 倍のピーク係数を乗じて算出する。幹線管渠の流量計算は Appendix 6 及び Appendix 7 に示す。

6.8.2 管渠敷設位置の検討

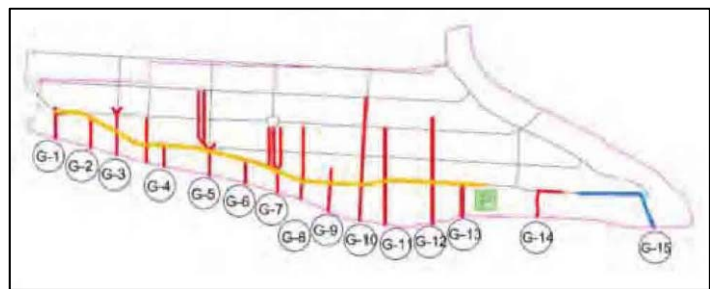
(1) 下水管渠の定義

本調査における下水管渠は、1)幹線管渠、2)支線管渠、3)サービス管及び4)BDS管渠に大別される。

- 幹線管渠：下水処理場に接続する主線管渠
- 支線管渠：集水域内のサービス管からの汚水を収集し、幹線管渠に接続する管渠
- サービス管：各戸接続し支線管渠に接続する管渠
- BDS管渠：CBDのうち既存下水道システムの集水範囲からの汚水を収集するBDS内の管渠であり、サービス管に接続する管渠

(2) CBDにおける幹線管渠の比較検討

CBDにおける幹線管渠のルートに関する概要は、基本的にBDSからの支線管渠及びサービス管の位置による。本調査では、Appendix 3に示すように、管渠延長、立坑の数、建設費、施工性、排水系統との整合の観点から3つの代替案を作成し比較検討した。CBDにおける世界銀行



出典：JICA MP 2014

図 6.8.1 世界銀行による改善事業の対象である雨水排水路

による既存排水路は、図 6.8.1 に示す 14 の排水路を対象としている。14 の既存排水路は北から南に向か

って流れており、最終的にヤンゴン川に注いでいる。そのため、西から東に向かって敷設される幹線管渠は、これらの排水路と交差する必要がある。また幹線管渠は支線管渠からの汚水を受け取る必要がある。比較においては、世界銀行による事業との整合性も考慮し選定する。幹線ルートを2ルート、3ルート、及び5ルートの場合を比較検討した。ルート数が増えるに従って、幹線管渠の総延長が増えるものの、支線管渠の総延長は減少する。一方で、2ルートを適用した場合、幹線管渠の総延長が減少するものの、汚水を収集し幹線管渠まで輸送する支線管渠の総延長が増加する。そのため、管渠の総延長、高い建設費の観点から、2ルートの案は推奨されないものと判断した。3ルート、5ルートのいずれかを選定するため、各々の長短所を比較し、またYCDCとの協議の結果、5ルートを採用することとした。CBDにおける下水管渠のルートを図 6.8.2 に示す。



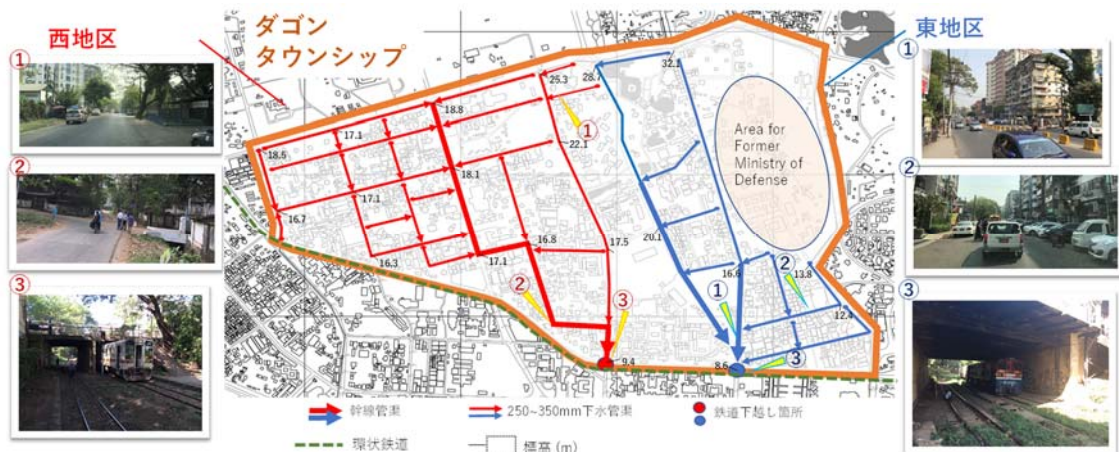
出典：JICA 調査団

図 6.8.2 CBDにおける幹線管渠ルート

(3) ダゴン地区における幹線管渠

ダゴン地区は CBD の上流に位置している。ダゴン地区の地盤高は、シュエダゴンパゴダに向かって高くなっていき、地盤高は CBD と比べて高い。ダゴン地区における下水道裨益者の多くは、個人宅や病院・学校・大使館等の公的な施設となっている。また、ヤンゴン環状鉄道が CBD とダゴン地区の境界を走っているため、管渠敷設のためには鉄道の横断を考慮する必要があり、工事中に鉄道の運行を阻害しないよう横断箇所数は可能な限り少なくするよう検討した。幹線管渠の敷設深があまり深くないよう、ダゴン地区の集水域、管渠延長および地形的な条件を考慮した上で 2 箇所の鉄道横断箇所を選定した。

ダゴン東地区には、約 50 ha の旧防衛省の土地があり、この地区には入る事が許可されなかった。また、地区内の汚水は域外へ放流されていない事が確認された。YCDC によると、同地区は、詳細は不明であるものの将来的に他の目的で使用される事が決められている。そのため、本調査においては、同地区内における下水管渠の敷設計画は検討せず、将来的に地区内からの汚水を受け取れるのに十分な深さの位置に下水管渠を設置する計画とした。



出典：JICA 調査団

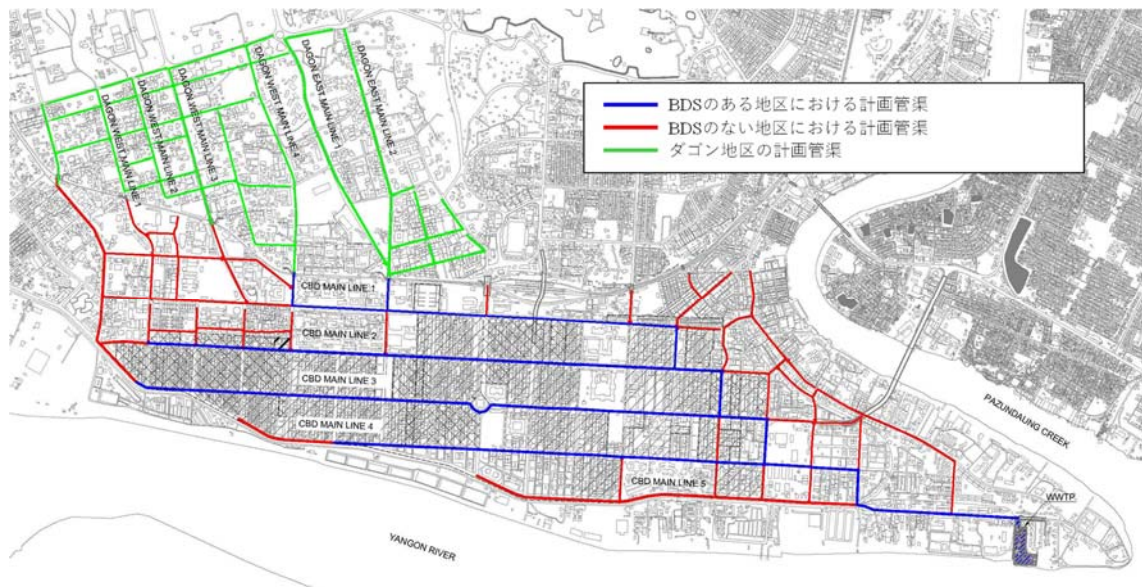
図 6.8.3 ダゴン地区における幹線管渠

(4) 下水管渠の段階的な整備

事業効果の早期発現のために、CBDにおける下水管渠の建設は、BDSがある地区から開始する事とした。これは各戸接続に要する工事期間をBDSの無い地区に比べて短縮できるためである。

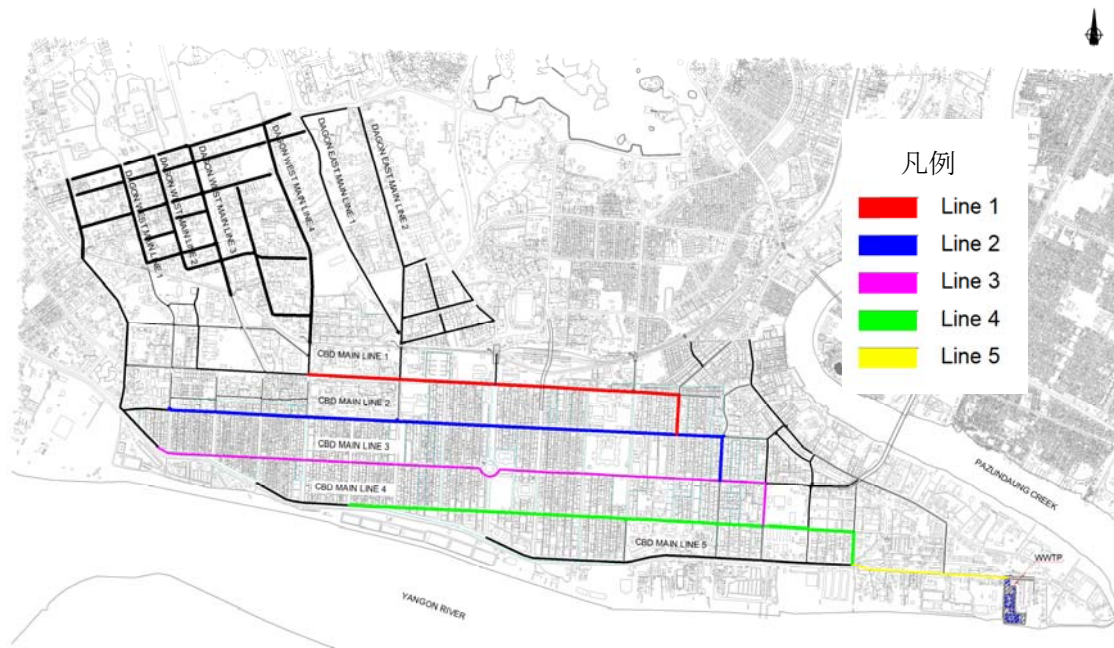
また、ダゴン地区の管渠敷設は、CBDにおける管渠敷設工程とは別に検討が出来る。各戸接続に時間を要することが予想されるため、ダゴン地区の施工は、CBDのBDSのある地区の管渠敷設と並行して、事業開始に合わせて実施する。ただし、各戸接続はBDSのある地区における計画管渠の整備後となる。

従って、下水管渠の敷設は、BDSがある地区及びダゴン地区から開始し、CBDのうちBDSの無い地区の管渠敷設は、BDSがある地区における管渠敷設後とした。図6.8.4に各地区における下水管渠を示す。図6.8.5にBDSのある地区における計画管渠の系統について示す。



出典：JICA 調査団

図 6.8.4 下水管渠の段階的な整備



出典：JICA 調査団

図 6.8.5 BDS のある地区における計画管渠の系統

6.8.3 関連下水道施設

(1) 管種

管種の選定には、下水道システムや管渠敷設環境を考慮し行うことが適切である。表 6.8.2 に管種の比較を示す。本調査においては、鉄筋コンクリート管を下水道計画に適用する事とした。しかし、高密度ポリエチレン管も近年価格競争力が増しているため、採用の可能性も大いにある。

表 6.8.2 管種の比較

管種	特徴	適用例
鉄筋コンクリート管 (RCP)	<ul style="list-style-type: none"> - 製造方法によって振動機を用いて締め固める方法と遠心力によって締め固める方法に分けられる。 - 振動によって作られた鉄筋コンクリート管は現場打ちに適する。 - 遠心タイプの鉄筋コンクリートはヒューム管と呼ばれ、通常の鉄筋コンクリートより質が高い。 - 硫化水素による腐食の防止対策が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 【敷設方法】 - 開削工法 - 推進工法 - シールド工法 - 現場打ち 【管渠タイプ】 - 自然流下
ポリ塩化ビニル管 (PVC)	<ul style="list-style-type: none"> - 軽量で施工性に優れるが、地震等の振動に弱い。 - 圧力管にはあまり適さない。 	<ul style="list-style-type: none"> 【敷設方法】 - 開削工法 【管渠タイプ】 - 自然流下
ポリエチレン管 (PE) 高密度ポリエチレン管 (HDPE)	<ul style="list-style-type: none"> - 柔軟性、収縮性、耐摩耗性に優れる。 - 地盤沈下、寒中、早い流速に適している。 - 自然流下管及び圧力管のどちらでも使用できる。 - 費用は高いが、耐久性に優れる 	<ul style="list-style-type: none"> 【敷設方法】 - 開削工法 - 推進工法 【管渠タイプ】 - 自然流下 - 圧送
ダクタイル鋳鉄管 (DCIP)	<ul style="list-style-type: none"> - 圧力管として使われることが多い。 - 耐圧性、耐食性に優れており、じん性に富んだ可とう管である。 - 耐用年数は 20 年から 25 年である。 	<ul style="list-style-type: none"> 【敷設方法】 - 開削工法 - 推進工法 【管渠タイプ】 - 圧送
鋼管	<ul style="list-style-type: none"> - 幅広い口径に対応可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 【敷設方法】

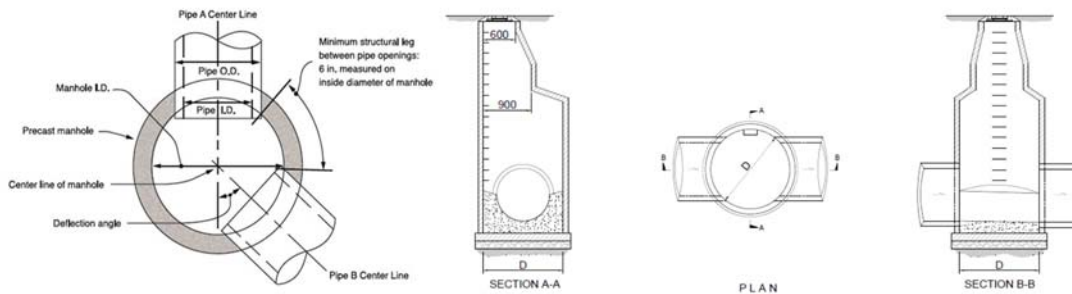
(SP)	<ul style="list-style-type: none"> - 水密性が高く、強度、じん性、伸びなどに優れた可とう管である。 - 一般的に圧力管として使用される。 	<ul style="list-style-type: none"> - 開削工法 - 推進工法 - シールド工法 <p>【管渠タイプ】</p> <ul style="list-style-type: none"> - 自然流下 - 圧送
------	--	--

出典：JICA 調査団

(2) マンホール

マンホールは、下水管渠における定期的な点検、清掃、修復のためのアクセス手段として下水道システムに建設される。また、管渠の形状、口径、管種、線形、管渠の会合する箇所

に設ける。



出典：JICA 調査団

図 6.8.6 マンホールの一般図

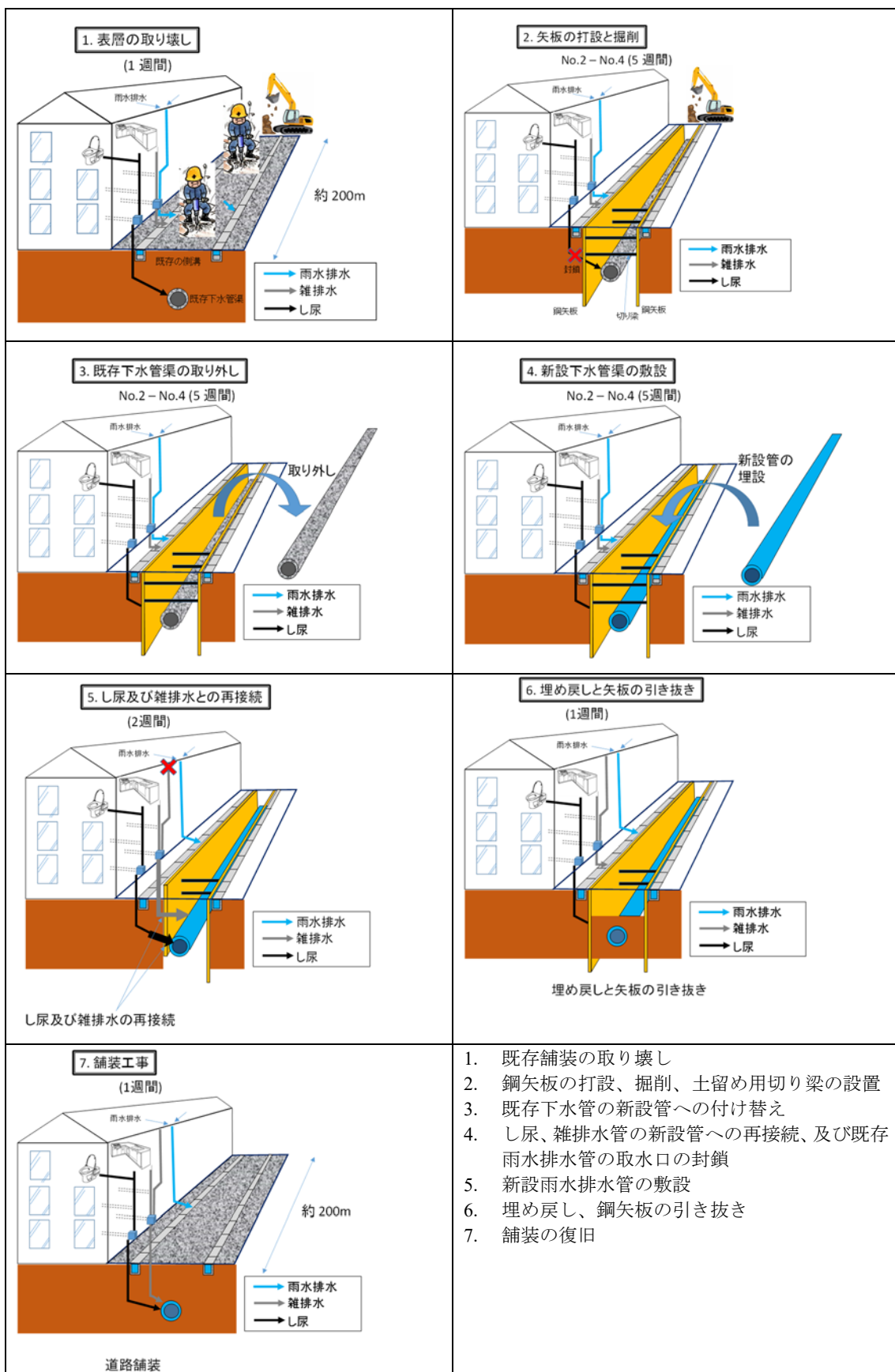
6.8.4 汚水収集のための工事概要

(1) CBD のうち BDS のある地区

現況、各戸からのし尿は自然流下によって BDS 内の下水管渠及びサービス管によってエジェクターステーションに輸送される。集められたし尿はエジェクターステーションから既存下水処理場へ空気圧送によって運ばれる。1つのエジェクターステーションは、数箇所の BDS からのし尿を集めている。雑排水及び雨水排水は BDS 内の側溝から外部の水路へ放流されている。

4.1.4 項に示したとおり、YCDC は BDS における清掃や舗装の修繕を定期的に行っている。しかし、それら改善事業は舗装改善を行っているだけで、新設管渠を敷設し雑排水とし尿を分けて収集するような工事は含まれていない。そのため、雑排水と雨水は現在も既存水路に混ざって放流されている。

BDS 内の既存下水管(口径 150 mm)は汚水を受け入れるのには十分であると思われるが、同管渠を付け替える場合、図 6.8.7 に示す建設工程で既存 BDS 管渠の付け替え工事を実施する必要がある。

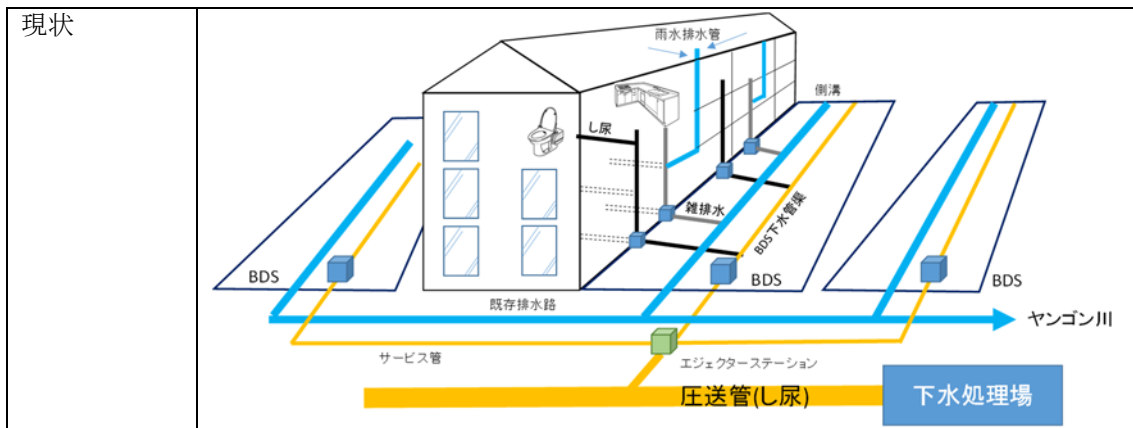


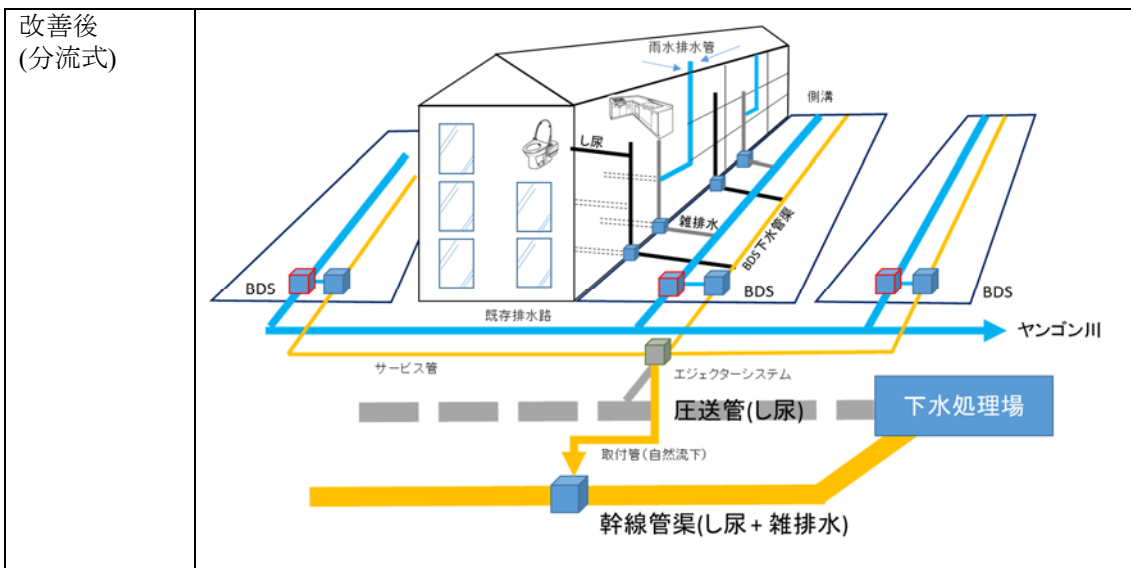
出典：JICA 調査団

図 6.8.7 BDS 内の下水管渠の付け替え工程

182 箇所ある BDS の全ての既存下水管渠の付け替えには多くの時間を要するため、BDS 内におけるし尿を収集する下水管渠は、既存のまま使用することを推奨する。BDS1 箇所あたり約 2.5 ヶ月の工事期間が掛かると推定され、182 箇所では 455 ヶ月を要する。仮に 6 チームで本工事を全ての BDS で同時に進めたとしても、6 年以上の年月を要する計算である。その為、事業効果の早期発現の為には、新設する幹線管渠と接続を最優先の事業とし、既存管の付け替えはその後の事業とするべきである。なお、BDS が狭小であり、建物の老朽化が進んでいることが、既存下水管渠の付け替え工事を難しくしている。

本事業において、上記の既存下水管渠の付け替えの事業をパイロット事業として実施することを提案する。YCDC はパイロット事業の対象として 6 箇所の BDS を事業実施期間中に選定する。それ以外の 176 箇所の BDS は、図 6.8.8 に示すように側溝の流末に分水人孔を設置する。分水人孔によって取り込まれた雑排水は、既存の BDS 下水管渠及びサービス管を通して、エジェクターステーションのマンホールに集められ、幹線管渠へと流される。各戸からのし尿もまた、既存の BDS 下水管渠からエジェクターステーションのマンホールへと運ばれる。なお、図 6.8.9 に示すよう、分水人孔設置及び取付管の敷設は本事業で実施する。雨水に関しては、既存下水管渠と分水人孔間の流下能力を超える雨水が流下される場合は、既存排水路へ放流され、ヤンゴン川へと至る。分水人孔の設置は一時的な対応であり、雨季において雑排水と雨水を完全に分離するものではない。その為、本事業とは別に既存下水管渠の付け替えと、176 箇所の BDS におけるし尿及び雑排水との再接続は順次実施が必要となる。





出典：JICA 調査団

図 6.8.8 BDS の現状及び改善後の汚水収集の概要

A タイプ (全 111 BDS)	B タイプ (全 71 BDS)
A-1: YCDC による改善が含まれない BDS: 58 箇所	B-1: YCDC による改善が含まれない BDS: 55 箇所
A-2: YCDC による改善が含まれる BDS: 53 箇所	B-2: YCDC による改善が含まれる BDS: 16 箇所

This diagram shows a cross-section of a sewerage system. It features a split water hole (分水人孔) where a new pipe (red) branches off from an existing BDS sewerage channel (blue, labeled as 'existing BDS sewerage channel (re-laid)'). The new pipe leads to an ejector station manhole (エジェクターステーションマンホール) and then to a main sewerage channel (red, labeled as 'main sewerage channel'). A service pipe (サービス管) and a pressure pipe (圧送管) are also shown.

This diagram shows a cross-section of a sewerage system. It features a split water hole (分水人孔) where a new pipe (red) branches off from an existing BDS sewerage channel (blue). The new pipe leads to an ejector station manhole (エジェクターステーションマンホール) and then to a main sewerage channel (red, labeled as 'main sewerage channel'). A service pipe (サービス管) and a pressure pipe (圧送管) are also shown.

備考：赤字は本ローン対象事業

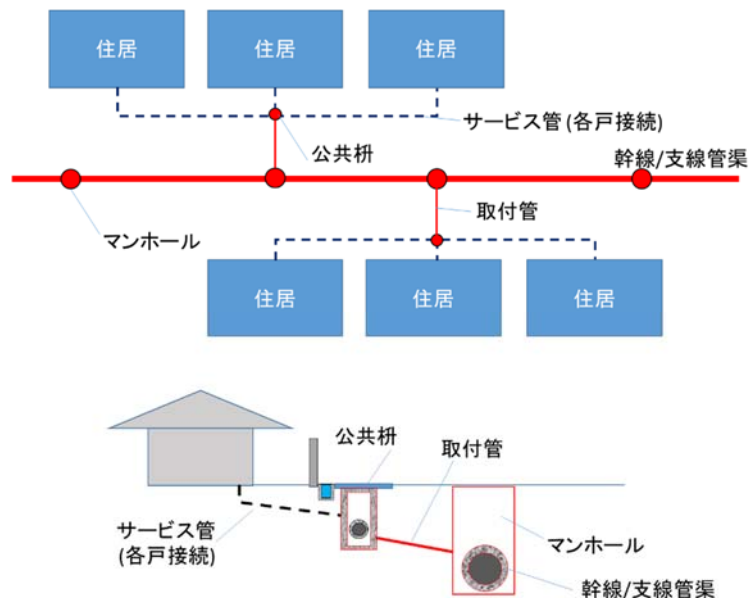
出典：JICA 調査団

図 6.8.9 BDS 管渠工事

(2) CBD のうち BDS のない地区及びダゴン地区

CBD のうち BDS のない地区及びダゴン地区においては、各戸からの汚水は腐敗槽で処理している。各戸付近に敷設される下水管渠に繋がる公共枡は本事業で設置されるが、各戸から公共枡まで接続する管渠（サービス管）の敷設は各戸が負担しなくてはならない。

図 6.8.10 に当該地区における下水管渠敷設と汚水収集の分けを示す。個人宅や病院・学校・大使館等の公共施設があり、各戸からの発生汚水はサービス管を通して公共枡へ輸送される。公共枡は数軒の個人宅・公共施設から汚水を受け入れ、集められた汚水は支線管渠を通して幹線管渠へ運ばれる。幹線管渠、支線管渠、公共枡は本事業における円借款対象となる施設である。一方で、サービス管は建物所有者によって敷設及び管理され、その費用まで負担する。また、3 階建てまでの住居については浸透式の腐敗槽を使用していることから、これらの住居の各戸接続に当たっては、腐敗槽の底部を閉塞する等により、処理水の地下への浸透を防ぐ必要がある。これら事業分けは、基本的には官民の用地境界による。



赤字は本ローン対象事業

出典：JICA 調査団

図 6.8.10 CBD の下水道未整備地区及びダゴン地区における各戸接続

(3) 既存エジェクターシステムと下水管渠の撤去

1) エジェクターシステム

本調査対象地区には、40 箇所のエジェクターステーションがあり、その内 35 箇所が現在も稼動中である。エジェクターステーションは主にコンプレッサー、エアタンク、下水タンク、铸铁管から成る。コンプレッサーとエアタンクは地上に設置されており、下水タンクと铸铁管はマンホールの地下に設置されている。これらの施設は、本事業における下水道システム完成後は不要となる施設である。しかし、下水タンクと铸铁管のあるマンホールは汚水

収集のために利用される。そのため、マンホール以外の施設は事業後に撤去される。



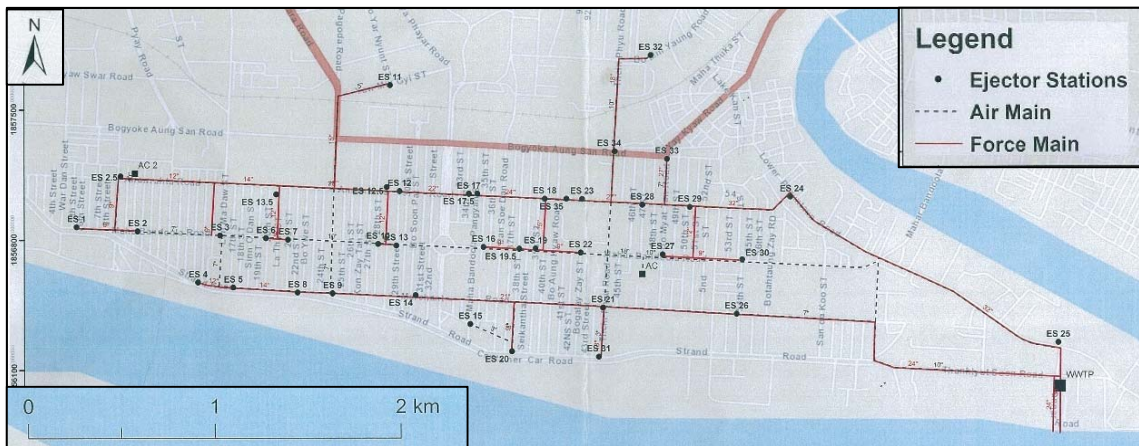
コンプレッサーとエアタンク



マンホール内の下水タンク

2) 既存圧送下水管渠及び圧縮空気管

既存圧送下水管渠と圧縮空気管は本事業の下水道施設完成後不要となる。調査の結果から、現存する下水管渠では、2040年を目標年とした新規下水道システムに対応する能力を有していないことが明らかとなった。また、既設管路の劣化により、道路の沈下や陥没が発生する危険性もあるため、JICA 調査団は、新規下水道システムの建設に合わせて、既設管へのコンクリート充填を推奨した。しかし、(1)撤去が必要な配管の総延長は35km（16kmの支線管渠、19kmの空気管）となる、(2)撤去費用が事業費を増加させる、(3)撤去作業が渋滞を招く、(4)管敷設位置が明確でないことから、管渠の残置に関する工事は円借款事業には含めず、将来的に YCDC が実施することに決定した。



出典：JICA 調査団

図 6.8.11 エジェクターステーション、既存圧送管と圧縮空気管

6.8.5 鉄道横断

6.8.2 節で示したように、本調査においては 2 箇所の鉄道横断がある。1 箇所はミョーマタウン通り沿いのランマダー駅付近、もう 1 箇所はシュエダゴンパゴダ通り沿いのパヤーラン駅付近である。両箇所において、(1)工事期間中の鉄道運転を阻害しない、(2)鉄道は道路より 2、3m 低い位置を通っていることから、下水管渠は推進工法によって敷設する事

とした。その為、鉄道横断の前から、下水管は十分な深さに埋設し、横断後も十分な土被りの確保ができるようにする。



ランマドー駅



パヤーラン駅

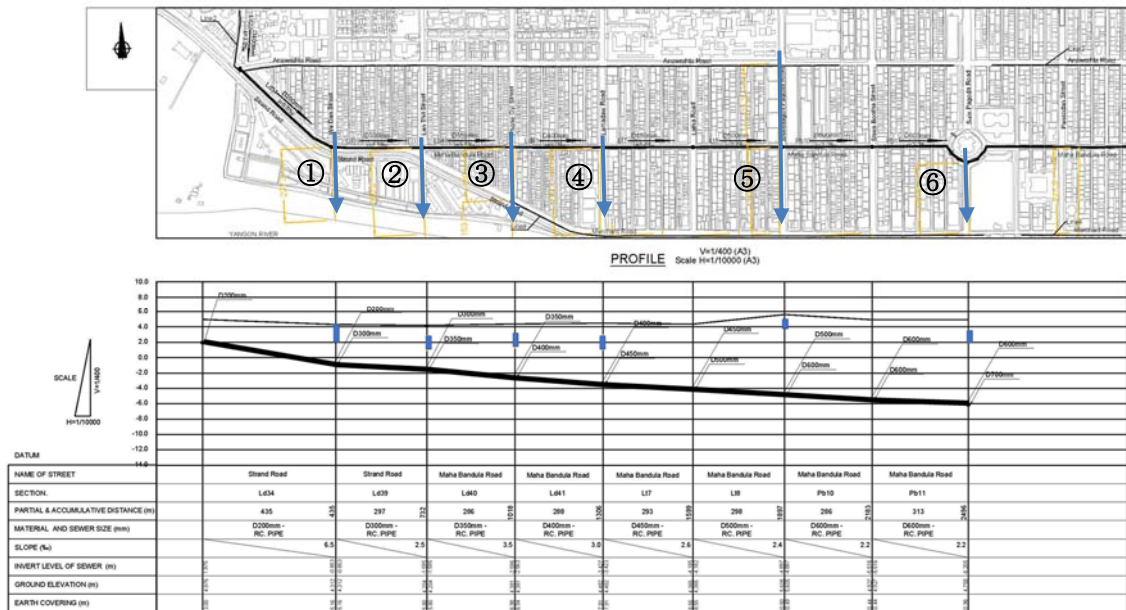
出典：JICA 調査団

図 6.8.12 鉄道横断箇所

6.8.6 既存雨水排水路

CBD において、開水路及び埋設された暗渠を含む十数か所の既存排水路が北から南に向かってヤンゴン川に注がれている。雨水と雑排水はこれらの水路によって放流されている。新設の幹線管渠は CBD を西から東に向かって敷設され、これら既存排水路と交差することとなる。幹線管渠は既存排水路を下越しする必要があるため、既存排水路と新設管渠の交差する地点で、既存排水路の外形と位置について確認を行った。本調査において確認された 5 つのタウンシップにおける水路の外形と位置を図 6.8.13 に示す。調査結果から、既存排水路と新設下水管渠が干渉する箇所は確認されなかった。一方で、これらの排水路は、世界銀

行によって実施される事業において改修される予定である。設計の完了が 2019 年の 7 月を予定しているため、事業実施段階で改修内容について確認が必要である。既存排水路の平面位置及び寸法は Appendix 8 に示す。



No.	幅 (cm)	高さ (cm)	土被り (cm)	形状
1	76.2	152.4	0	矩形
2	152.4	152.4	137.16	矩形
3	167.64	152.4	121.92	矩形
4	152.4	152.4	152.4	矩形
5	106.68	-	289.56	円形
6	91.44	106.68	137.16	矩形

出典：JICA 調査団

図 6.8.13 既存水路との交差位置

6.8.7 下水管渠敷設方法

(1) 敷設方法

1) 幹線管渠及び支線管渠

内径 200 mm から 1500 mm の下水管渠の敷設計画のある本事業において、管渠敷設の方法を検討した。管渠敷設方法として一般的に以下があげられる。

- 開削工法
- 非開削工法
 - 推進工法（小口径および大口径）
 - シールド工法

開削工法、非開削工法の2種類に大別され、選定にあたっては管渠の口径、深度、土質条件、地下水位、地上での工事用地、その他埋設物との取り合い、工事中の交通等を考慮し決められる。表 6.8.3 に工法の比較を示す。

i) 開削工法

開削工法は、下水管敷設工法のなかでは、掘削深の比較的浅い工事で最も一般的な工法である。開削工法では安全面からある程度の深度以上の掘削の際には仮設土留めが必要である。また、開削工法は、工事中の排水の観点から地下水位よりも低い位置での工事が難しい。開削工法では既存のユーティリティー（電線、水道、排水路、下水）や道路付帯構造物（街灯、街路樹）との近接施工について注意する必要がある。ただし想定される埋設物の情報を可能な限り収集したとしても、これらのユーティリティーや構造物が公示に影響を及ぼす潜在的なリスクは残される。

開削工法は、比較的複雑ではなく、また廉価な方法ではあるが、既存施設への近接、大きな交通量、またはその両方により施工用地が十分に確保できないことから、CBD において下水管を深い位置に埋設することには適さない。さらに言えば、CBD はヤンゴン川に近く地下水位が高い可能性がある。本調査で実施したボーリング調査によると、既存処理場における地下水位は、地表から 1.5m 及び 4m の位置で確認された。CBD は概ね平坦な地形であり、配管の最小土かぶりを 3m としていることから、施工時には地下水の対策が必要になることが想定されることから、CBD では開削が適さない理由である。ダゴンタウンシップでは、CBD に向かって地盤高が低くなり、管渠の埋設深さを浅い状態で維持できる範囲では、開削工法が適している。

ii) 非開削工法

非開削方法は、費用対効果が大きく、また地下水面以下の掘削を開削工法で行う場合に懸念される主要な問題点や制約を解決できる工法であり、特に交通障害を引き起こさないよう限られた場所で工事をする点において優れている。その為、非開削工法を CBD に適用する事とした。本事業においては、口径が 200 mm から 1500 mm の範囲であることから、推進工法のみを採用する事とした。

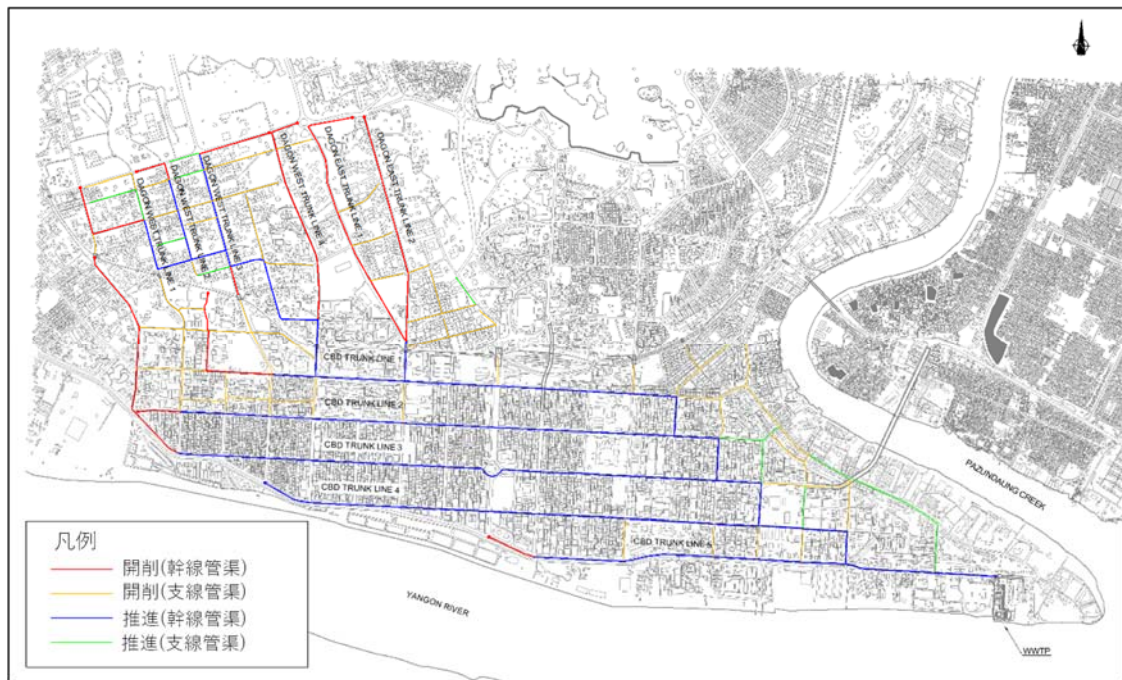
図 6.8.14 に開削工法、非開削工法を適用した管渠のレイアウト図を示す。

表 6.8.3 管渠敷設工法の比較

工法	開削工法	非開削工法	
		推進工法	シールド工法
特徴	<ul style="list-style-type: none"> - 人力或いは機械による掘削後、管を敷設し埋め戻し、道路舗装を行う。 - 土質条件によって、土留めや支保工が必要となる。 - 全て地上での作業となる。 - 適切な埋設深は 4 m 程度である。 	<ul style="list-style-type: none"> - 発進立坑から到達立坑までを掘進しながら管渠を敷設する。 - 管渠（推進管）は発進立坑に設置された油圧ジャッキによって推進され、到達立坑まで進められる。 - 立坑位置で掘削が必要となる。 - 長距離及び曲線部掘進が可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> - 推進工法同様に立坑を作業基地としてトンネルを築造する。 - トンネル先端部に設置したシールド機を用いて、トンネル本体となるセグメントを組み立てながら掘進する。 - 長距離及び曲線部掘進が可能である。 - 長距離施工や大口径の

		<ul style="list-style-type: none"> - 700 mm 以上で開放型、密閉型に分けられる。 開放型は、安定した土壌に適用され最初の推進管の前面で直接掘削する事が出来る。 密閉型は、悪い土壌に適用され最初の推進管の前面で掘削面を安定させ掘削するための機械を必要とする。 	<ul style="list-style-type: none"> - 施工に適している。 - 開放型と密閉型に分類される。
適用口径	<ul style="list-style-type: none"> - 3,000 mm 以下 	<ul style="list-style-type: none"> - 150 mm ~ 3,000 mm 	<ul style="list-style-type: none"> - 1,350 mm ~ 10,000 mm 以上 - 日本の実績では、最大 14,000 mm
最大延長	<ul style="list-style-type: none"> - 制限なし 	<ul style="list-style-type: none"> - 約 1,000 m まで - 一般的には 150 m ~ 500 m. 	<ul style="list-style-type: none"> - 約 2,000 m まで - 特殊機械によって更なる長距離施工も可能となる。
建設費	<ul style="list-style-type: none"> - 一般的に埋設深が 4 m 程度までの場合には最も廉価 - 掘削深が深くなる場合や既存埋設物の保護・移設・現状復帰のための仮設工事が増えた場合、建設費が高くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> - 埋設深が 4 m 以上深い場合、開削工法よりも安価となる。 - 軟弱地盤、或いは地下水位が高い場合、地盤改良が必要となり高価となる。 - 既存埋設物の保護・移設・現状復帰に対する仮設工事は最小限にできる。 - 一般的に、同条件下においては、2,000 mm まではシールド工法よりも安価となる。 	<ul style="list-style-type: none"> - シールド工法は一般的に大口径管に適用される工法であり開削工法及び推進工法よりも高価である。
周辺環境への影響	<ul style="list-style-type: none"> - 交通量が多く、狭い道路での工事の場合、交通に大きな影響を与える。 - 掘削作業に伴う騒音・振動等が発生するため、周辺に影響を与える。 	<ul style="list-style-type: none"> - 掘削は立坑箇所に限られるため、道路交通への影響を抑えることができる。 - 掘削に伴う騒音・振動は、立坑箇所に限られる。 - 軟弱地盤の場合、地盤沈下の原因となる可能性があるため事前の対策が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> - 掘削は立坑箇所に限られるため、道路交通への影響を抑えることが出来る。 - 掘削に伴う騒音・振動は、立坑箇所に限られる。 - 軟弱地盤の場合、地盤沈下の原因となる可能性があるため事前の対策が必要である。
施工性	<ul style="list-style-type: none"> - 最も簡易な工法である。 - 土質性状の変化に対応しやすい。 - 施工前の確認が困難な埋設物によって工事進捗に影響が出る。 - 地下水位が掘削深よりも高い場合、施工環境が悪くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> - 掘削土工量は最小である。 - 立坑及び作業スペースはシールド工法に比べ小さい。 - 施工開始後に障害となる埋設物があった場合は対応が難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> - 立坑に必要な作業スペースは推進工法に比べ大きい。 - 施工開始後に障害となる埋設物があった場合は対応が難しい。
工期	<ul style="list-style-type: none"> - 一般的に、大規模な埋設物の撤去が無ければ、他の工法よりも工期は短い。 	<ul style="list-style-type: none"> - 二次製品の管材を使用するため、シールド工法よりも工期は短い。 	<ul style="list-style-type: none"> - 推進工法よりも工期は長い。
その他	<ul style="list-style-type: none"> - 河川横断がある場合、適用しない。 	<ul style="list-style-type: none"> - 管径 700 mm 未満の推進工法は、小口径推進工法と呼ばれる。 	

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 6.8.14 提案施工方法（幹線管渠および支線管渠）

2) サービス管及び BDS 下水管渠

サービス管及び BDS 下水管渠については、埋設深度が浅いため開削で施工する。

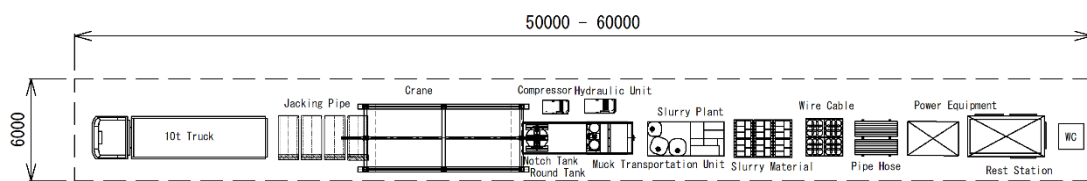
(2) 推進工法

推進工法はいくつかの工法に分類される。本調査では、その工法の選定は行っていないが、推進工法による敷設延長、立坑の作業スペースはその工法による。そのため、詳細設計時には測量調査、土質調査及び地下埋設物調査を行い、工法の選定を行う必要がある。

推進延長を大きくすることで、発進及び到達立坑の数を減らすことができる。これにより、下水管渠の建設コスト及び立坑による道路占有期間や占有面積を減らすことができ、特に CBD では有効である。本事業では、「推進工法用設計積算要領 推進工法応用編（長距離・曲線推進）（公社）日本推進技術協会 2013」を参考に、中大口径推進工法の対象であるφ1500mmの管渠における推進延長を400mと設定した。中間マンホールについては、施工後に割込みマンホールで対応する。

(3) 立坑

立坑の構造は、管材、発進・到達立坑を元に決定され、発進立坑の寸法は、推進機の大きさ、支圧壁、ジャッキ、推進台、ストラット、押輪や発進立坑の開口部の長さを考慮して決定する。また、到達立坑の寸法は、推進機の引き上げに十分な長さが確保できる大きさとする。さらに、マンホールの設置に必要な寸法とすることを考慮する。推進工法のプラントの一般的なレイアウトを図 6.8.15 に示す。約 300 m² ~ 360 m²の面積が必要となる。



出典：JICA 調査団

図 6.8.15 プラントの平面配置図

第7章 ヤンゴン市の下水道整備に活用可能な本邦下水道技術

7.1 ヤンゴン市の下水道整備に活用可能な本邦下水道技術の概要

前述の通り、本調査で決定した建設計画を実施する上で問題となるのは、交通量の極めて多い主要道路での幹線管渠工事が発生することと、更新対象である下水処理場の敷地面積が限られている点である。また、当該国での電力供給状況を考慮すると、省エネルギー製品を採用することが望ましい。以上の課題を鑑み本計画に適応可能な本邦技術を表 7.1.1 の通りまとめた。本章では各技術の概要を述べる。

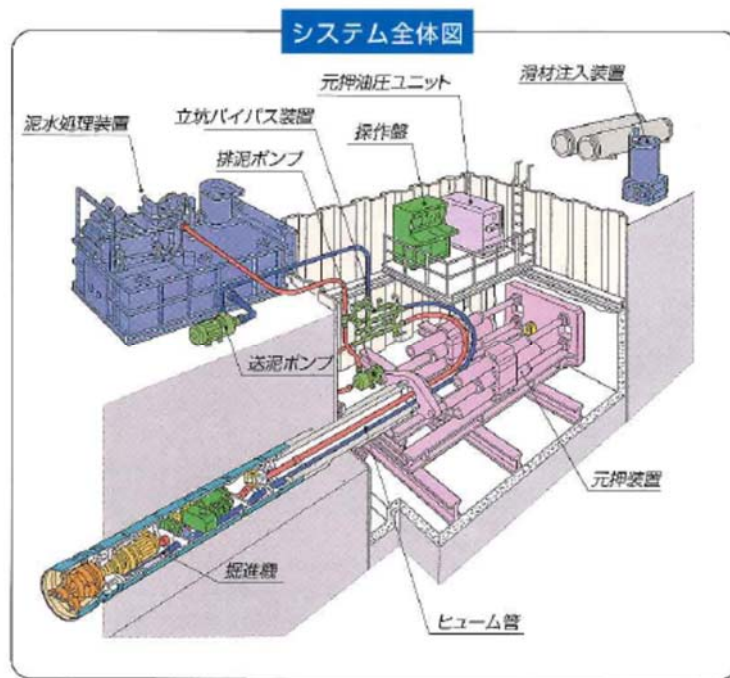
表 7.1.1 本計画に適用可能な本邦下水道技術

分類	施設・設備	本邦技術
管渠	管渠	長距離推進工法
水処理	反応槽	膜分離活性汚泥法
汚泥処理	脱水	省エネルギー脱水機
	乾燥	機械乾燥機

7.2 管渠

7.2.1 長距離推進工法

本管渠計画では交通量の多い主要幹線道路において総延長 26.3km におよぶ幹線管渠工事を予定している。長期間にわたり大規模な交通規制が必要となる開削工法の適用は困難であり、推進工法の適用が妥当であることは自明である。推進工法の概念図を図 7.2.1 に示す。推進方法において道路占用が発生するのは、発進及び到達立坑の周辺のみであるため、交通渋滞や工事の騒音や振動、廃棄物量を軽減することが可能である。

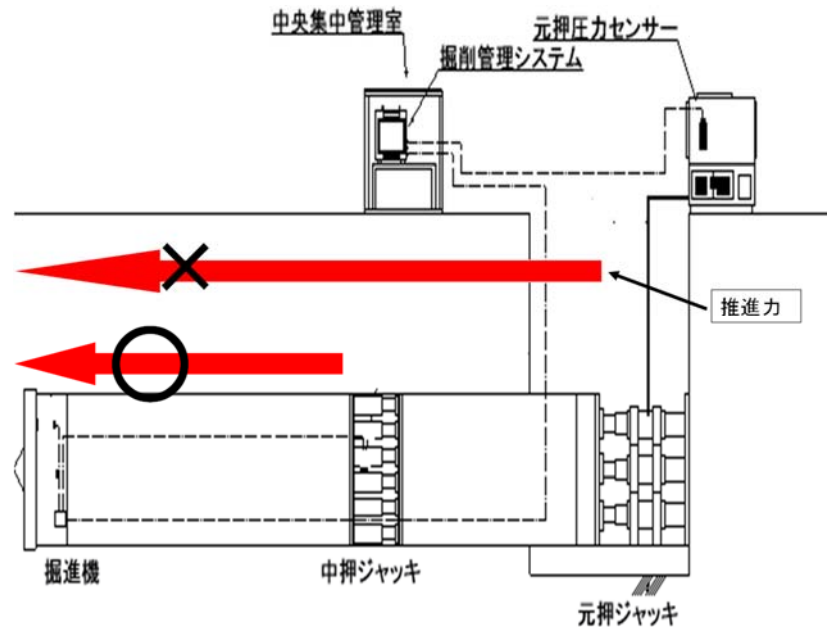


出典：メーカー資料

図 7.2.1 推進工法の概念図

管渠敷設工事時に発生する道路占用をさらに縮小する方法としては、本邦が強みとする長距離・曲線推進技術の適用が有効である。一般的な推進工法よりも1スパンをさらに長くすることで、発進及び到達立坑数を減らすことができ、道路占用を最小限に抑えることができる。長距離・曲線推進工法技術は、掘削機に装備した曲線造成ジャッキを用いて曲線を造成し、推進力伝達材を推進管端部に設置することで、推進管を破損させることなく曲線線形に追随させる技術であり、本邦企業が大きくリードしている技術である。概念図を図 7.2.2 に示す。長距離推進工法を導入することにより、施工期間の短縮や建設費用の縮小を期待することができる。

本技術は、工法に関するものであるため、導入にあたっては施工技術及び実績の有無が極めて重要となる。例えば、本邦企業の滑材は滑材自動注入装置を用いて、注入量、箇所、時間を管理し効率的に注入される。また、カーブの制御は、掘進機に設置されたジャイロコンパスにより行われる。本邦企業はこれらの技術を用いて、これまでに海外における実績を多数積んでいることから、本技術の有望性は高いと考えられる。



出典：メーカー資料

図 7.2.2 長距離推進工法の概念図

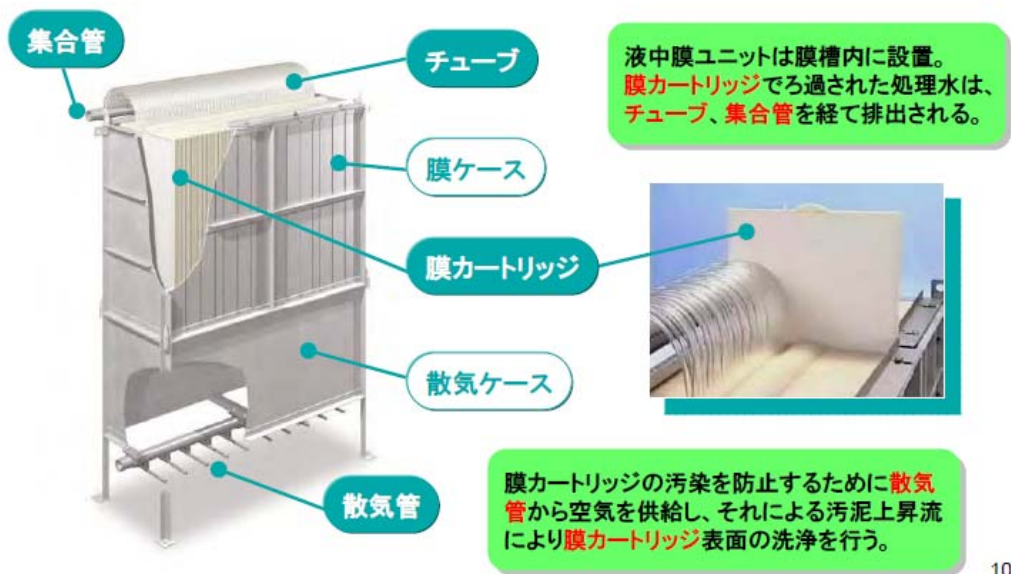
7.3 水処理

7.3.1 膜分離活性汚泥法

第 6 章で述べた通り、本計画では敷地面積の制約から膜分離活性汚泥法（MBR）が採用されている。膜ユニットの概念図を図 7.3.1 に示す。MBR は、膜を反応槽に導入することで、MLSS を高濃度に保ち運転することが可能となり、反応槽を劇的に縮小化することができる。さらに、最終沈殿池を必要としないため、水処理施設全体としても設置面積を縮小することが可能である。技術的には、消毒工程も省略することが可能であるが、停電に備えて省略しないことが定石である。

MBR に使用される膜の世界市場においては、本邦企業が 40% のシェアを占めており（2009 年時点）、販売実績の面からも本邦技術の優位性が裏付けられている。

MBR の膜を選択するにあたり、判断基準の一つとなるのが、設備導入後の維持管理である。MBR は年に数回薬品洗浄を行う必要があり、業者による定期的な維持管理作業が発生する。したがって、導入後の維持管理作業を迅速かつ円滑に実施することが可能な業者を選定する必要がある。例えば、支店がミャンマー国内にある業者を選択するという選定基準が考えられる。



10

出典：メーカー資料


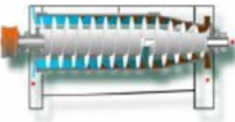

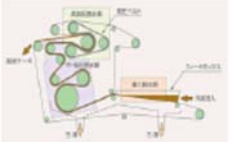
図 7.3.1 平膜ユニットの概念図

7.4 汚泥処理

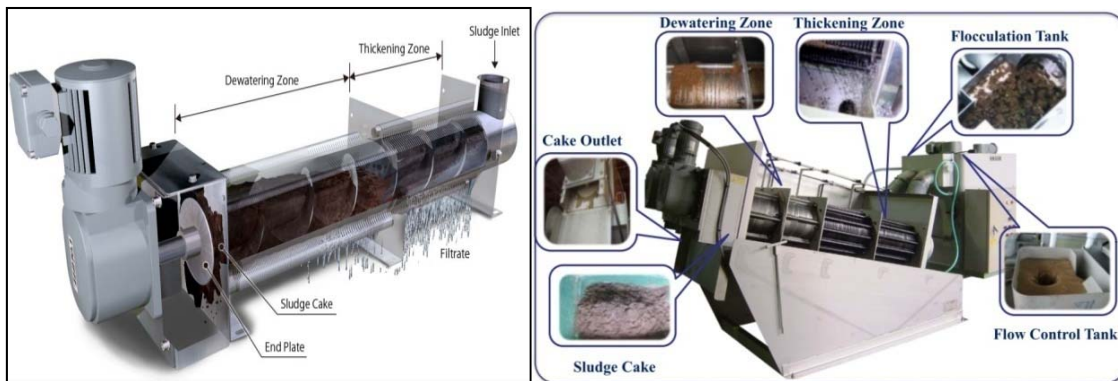
7.4.1 脱水機

本計画では、汚泥の処分方法が課題の一つとなっているため、汚泥処理工程の効率化は重要事項である。脱水工程でどこまで脱水できるかが、脱水工程や焼却工程といった後段の汚泥処理方法に大きな影響を与える。一般的に使用されている脱水機は、多重板型スクリュウプレス、遠心分離型、スクリュウプレス、ベルトプレスの4種類に大分される。これらについて比較表を表 7.4.1 の通りまとめた。

表 7.4.1 脱水機の比較表

	多重板型スクリュウプレス	遠心分離	スクリュウプレス	ベルトプレス
				
設置面積	小さい	大きい	最小	最大
消費電力	最小	最大	少ない	少ない
初期費用	最小	最大	少ない	最大
維持管理費用	最小	最大	小さい	最大
維持管理性	容易	容易でない	容易	容易でない

比較検討の結果より、本計画への適用可能性が高い多重板型スクリープレス脱水機の概要を次に示す。図 7.4.1 に示す多重板型スクリープレス脱水機は、本邦企業が開発した脱水機であり、省エネルギー性能や維持管理性、維持管理費において優れている。脱水機への流入汚泥はオーバーフロー管により制御され、余剰汚泥は汚泥貯留槽へ戻される。汚泥は凝集混和タンク内で攪拌され、その後濃縮部を経て脱水部にて圧力下で脱水される。脱水ケーキの含水率は、 $20\pm 5\%$ となる。



出典：メーカー資料

図 7.4.1 多重板型スクリープレス脱水機

本邦多重板型スクリープレス脱水機は、以下のような特徴を有しており、これまでに 70 カ国以上で 3200 機以上導入されている。したがって本計画に対して極めて有効な本邦技術であると言える。

- 目詰まりしない
- 維持管理性が良い
- 省エネルギーであり、電気代が安い
- 濃縮貯留槽が不要
- 24 時間連続無人運転が可能

7.4.2 機械乾燥機

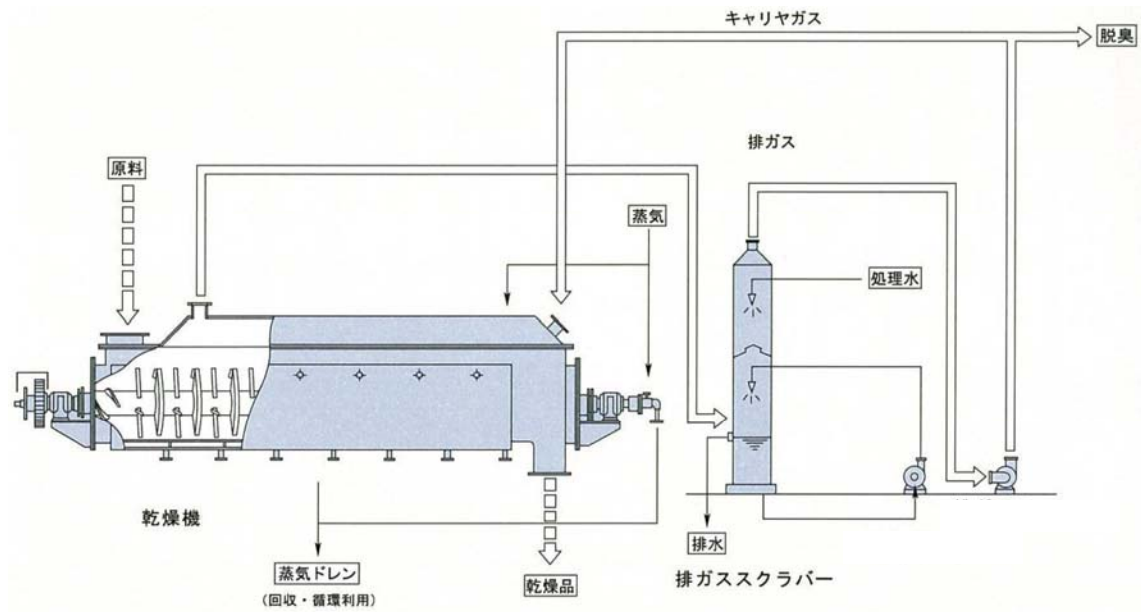
第 6 章で述べた通り、本計画では乾燥工程には機械乾燥機が選定されている。本計画に最適と考えられるインクラインド型ディスク乾燥機の概要を以下に述べる。

汚泥処理において焼却工程まで含む場合は、乾燥工程で含水率 70%程度になるまで乾燥することが一般的である。乾燥工程では、乾燥機の種類に関わらず潜熱として多くのエネルギーが必要となるため、省エネルギー製品を導入することが望ましい。

乾燥方法は、直接乾燥型と間接乾燥型の 2 種類に分類することができ、インクラインド型ディスク乾燥機は後者にあたる。間接乾燥型は熱伝導率が良いことが特徴であるが、インクラインド型ディスク乾燥機は、ディスクにより攪拌効率を高め、さらに熱伝導率を向上させる構造となっている。

本邦のインクラインド型ディスク乾燥機（図 7.4.2）は、伝熱面が傾斜したディスクによ

りセルフクリーニングされるため、熱伝導率が常に高く保持される。これにより他国製品に比べて省エネルギー性能が高くなっている。また、吹き込まれるキャリアガスが少ないため、排ガス量も削減されており、脱臭処理を容易に行うことができる装置となっている。既に本邦のインクラインドディスク型乾燥機は、中国等多くの国々に導入されており、適切な維持管理が行われれば、15年は使用することが可能である。



出典：メーカー資料

図 7.4.2 インクラインドディスク型乾燥機

第8章 工事計画、事業費積算

8.1 事業費積算の条件

8.1.1 積算条件

(1) 基本条件

事業費の構成は、建設工事費、事業管理費、コンサルティングサービス費、予備費（物理的、物価上昇）、建中金利、フロントエンドフィー（前払手数料）および税金関連とする。

事業費は、以下の条件に基づいて算出した。：

- 事業費は、外貨部分（FC）内貨部分（LC）に分けて算出する。
- 事業管理費は、ミャンマー側の事業の実施管理に必要な経費であり、建設工事費の 5.0%とする。
- コンサルティングサービス費は、コンサルタントサービスに必要な人月を積み上げ算出する。
- 物理的予備費は、建設工事費に 10%、コンサルティングサービス費に対してそれぞれ 5.0%分を計上する。
- 物価上昇予備費は、外貨分を 1.83%/年、内貨分を 5.0%/年とする。
- 積算時点: 2018 年 5 月
- 通貨換算レート: USD 1 = JPY 110.0, USD 1 = MMK 1320, MMK 1 = JPY 0.0833
- 建中金利は、JICA 円借款により事業費用の資金を調達する場合を想定して算出する。
（供与条件：本体部分・コンサルティングサービス部分ともに金利 0.01%、償還期間 40 年、据置期間 10 年）
- フロントエンドフィーは、後発途上国（Least among Less Developed Countries）であることから設定しない。
- 関税はミャンマー国が参加する各関税協定を参考に、輸入税率を 10%（前払い法人税相当分）とし、国外調達品に計上する。また、輸入品、国産品を問わず商品の購入時に課せられる商業税を 5%とする。
- 事業費を円借款により資金調達する場合、建設工事費、エンジニアリング費用および予備費（物理的／物価上昇）は融資適格項目となり、事業管理費、建中金利、フロントエンドフィー および税金関連は融資非適格項目となる。

8.1.2 工事費の条件

(1) 事業コンポーネント

本事業は、表 8.1.1 に示すとおり、i) 下水管渠、ii) 下水処理場、iii) BDS 管渠工事の 3 種の施設から構成される。

表 8.1.1 事業コンポーネント

コンポーネント	内 容
1. 下水管渠	
1) 下水管渠（開削工法）	管渠延長: 26,320m（直径 200-400mm） 人孔: 732 カ所（直径 250-1500mm 管渠用）
2) 下水管渠（推進工法）	管渠延長: 26,319m（直径 250-1500mm） 立坑: 732 カ所（直径 250-1500mm 管渠用）
3) 機材	高圧洗浄機: 3 基 管渠モニタリング用 CCTV: 3 基
2. 下水処理場	
1) 流入ポンプ場	ドライピット水中ポンプ 6 基（30 m ³ /min x 25mH）
2) WTF1	MBR 方式 処理能力 56,000m ³ /day（28,000 m ³ /day x 2 系列）
3) WTF2	MBR 方式 処理能力 56,000m ³ /day（28,000 m ³ /day x 2 系列）
4) 汚泥処理施設	濃縮施設：フィルター式濃縮機 2 基（90m ³ /h） 汚泥脱水施設：汚泥脱水機 2 基（880kg-ds/h） 汚泥乾燥施設：汚泥乾燥機 2 基（100m ³ /day）
5) 排水路	排水及び緊急排水水路: 管径 1,000 mm x 2 条, 延長 = 20 m
6) 電源接続工事	33kV, 2km
7) 運営・維持管理トレーニング	WTF1: 稼働開始前 6 か月（試運転期間を含む）、稼働開始後 1 年間（瑕疵担保期間）、合計 1 年 6 か月） WTF2: 稼働開始前 3 か月（試運転期間）、稼働開始後 1 年間（瑕疵担保期間）、合計 15 か月）
8) 汚泥運搬用トラック	10ton、密閉型、3 台
3. BDS 管渠工事	
1) 管渠接続	176 カ所、分水人孔
2) 管渠入替（パイロット BDS）	6 カ所、既設管の入替を伴う改善
3) エジェクターシステムの撤去	40 基

出典：JICA 調査団

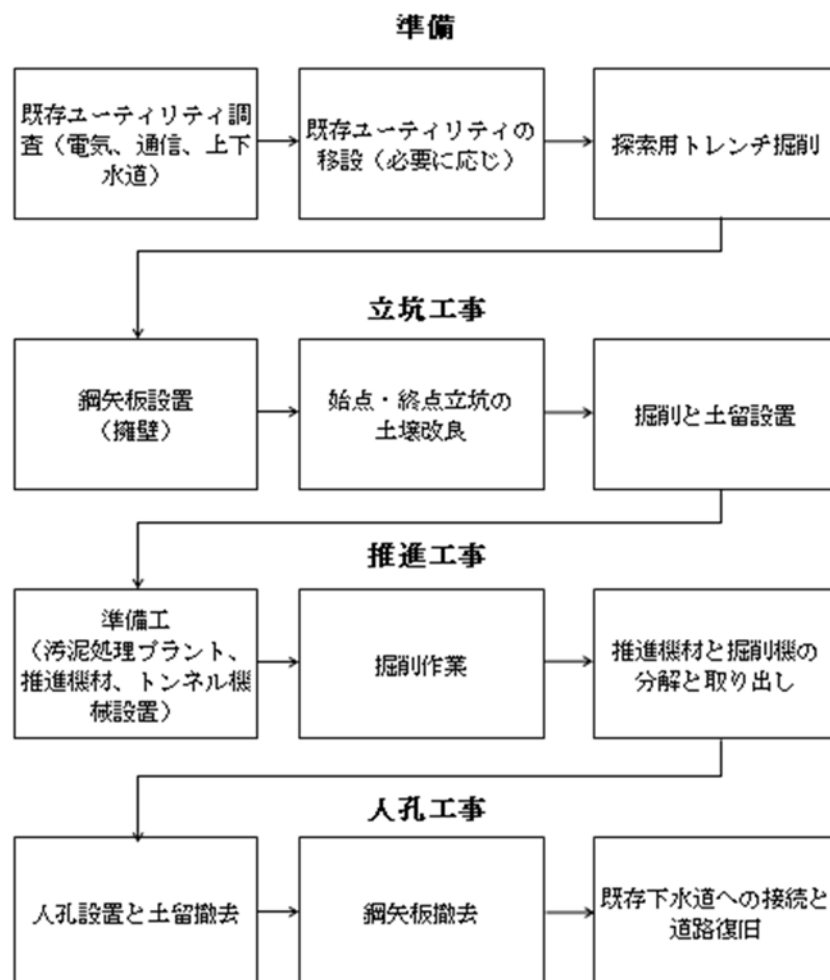
(2) 工法

1) 下水管渠

下水管渠は従来の開削工法もしくは推進工法により施工する計画である。推進工法による施工は、i) 準備工、ii) 立坑工事、iii) 推進工事、iv) 人孔及び既存管渠への接続工事からなる。

立坑は既存道路敷地上に建設される。電気、通信、上下水道の既存ユーティリティのケーブル・管については施工着手前に位置を確認し、必要に応じて移設する。矢板設置前に、探索用のトレンチ掘削を行い、ユーティリティがないことを確認する。立坑と仮設ヤードのために 300m²が必要である。このため、車線規制が必要となる。作業現場の柵づけや看板の設置などの安全対策を実施する。施工業者は、道路建設の許可を得るために、上記の建設計画を関係当局に提出しなければならない。

推進工法による施工工程は図 8.1.1 に示すとおりである。



出典: JICA 調査団

図 8.1.1 推進工法による下水管渠施工工程

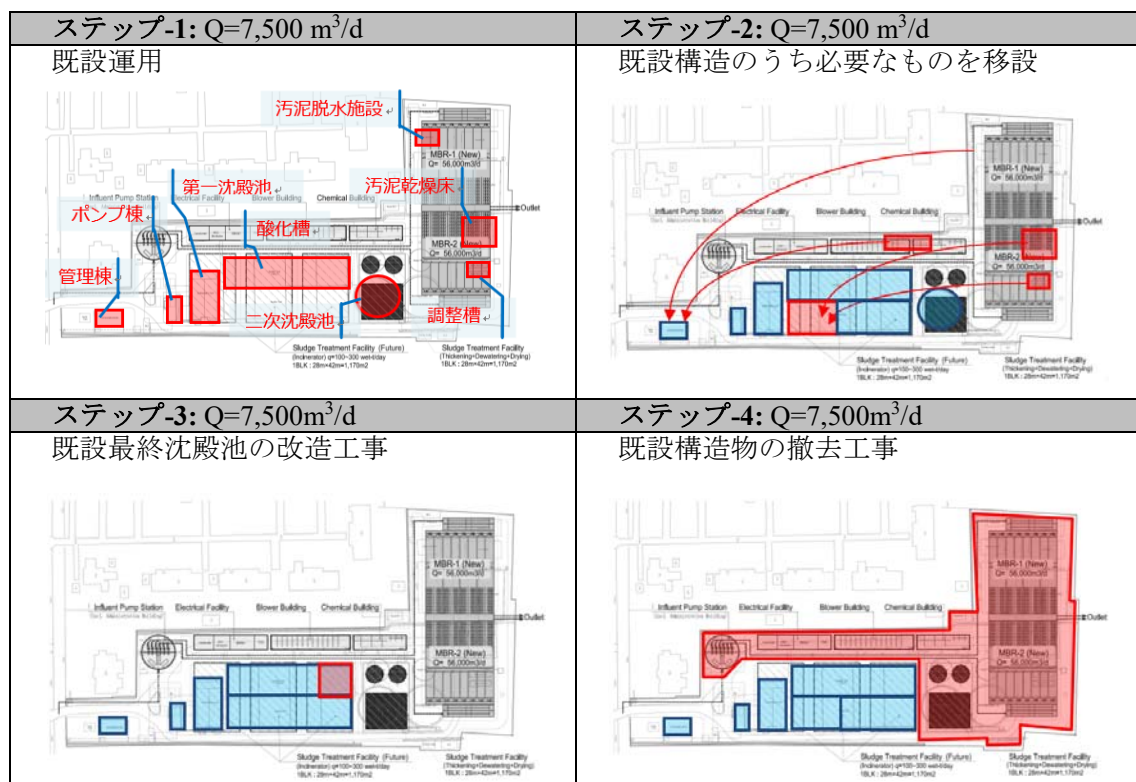
2) 下水処理場

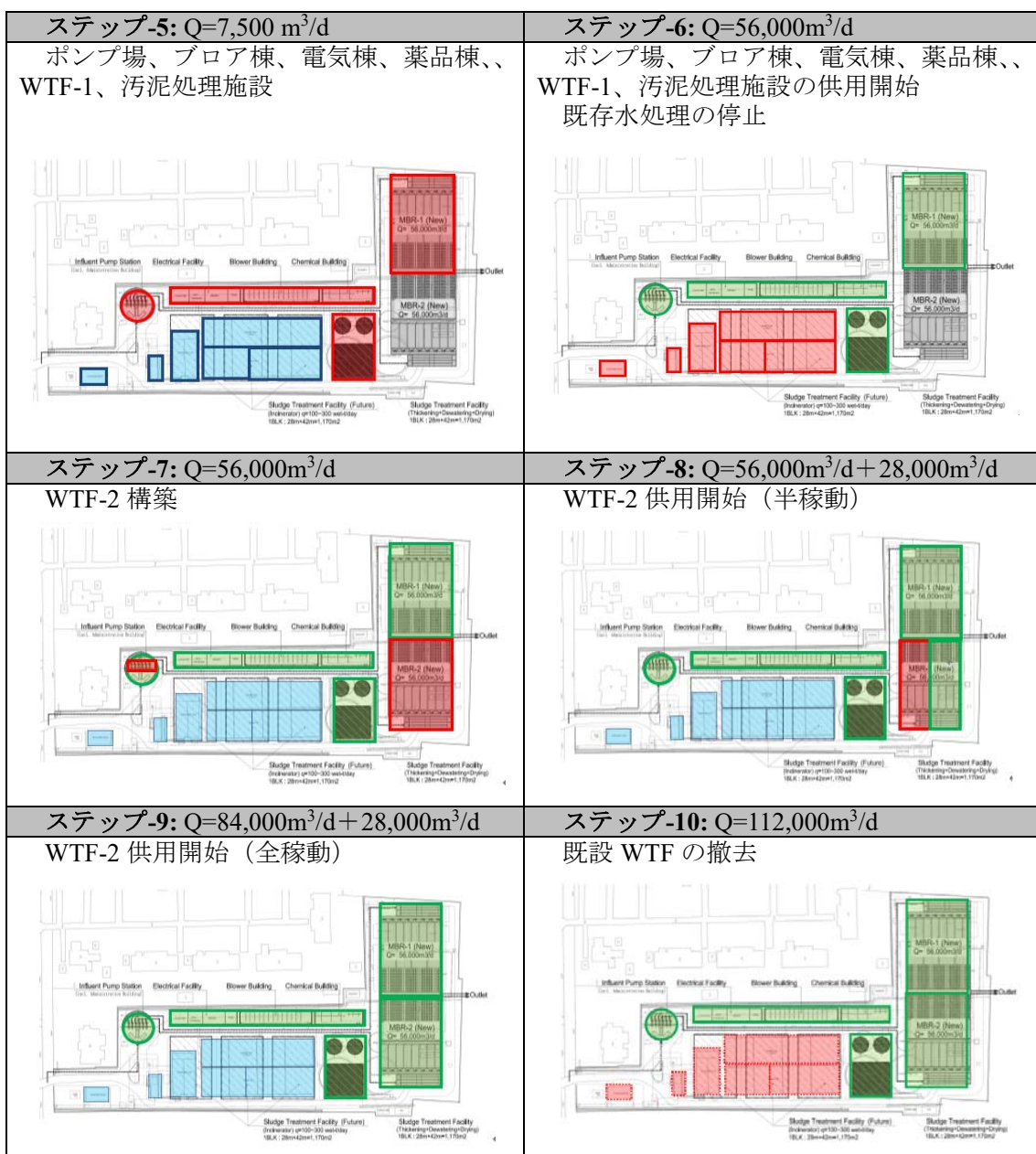
建設用地は運用されている既存の下水処理場用地とし、新下水処理場は下水処理のために MBR 方式の導入を予定する。下水処理場は、水処理施設（最初沈殿池、反応槽、MBR 槽、消毒槽）と汚泥処理施設で構成される。流入ポンプ場は、下水処理場の構内に建設される。ポンプ場のコンクリート打設及び電気・機械的作業は、立坑からの推進管渠の接続後に行われる。

下水処理場建設に想定する手順は図 8.1.2 に示すとおりである。既存の下水処理場は、新しい WTF-1 の試運転開始まで運用を続けることができるように、施設内の既存施設の一部を移設して利用する。建設区域の他施設は解体・撤去される。その後、WTF-1 と WTF-1 の運用に必要な施設が建設される。WTF-1 は建設開始から 4 年目の初めに操業を開始する予定である。WTF-1 と同じ処理能力を持つ WTF-2 の建設は、WTF-1 の試運転と同時に開始される。処理容量は、56,000m³/日（WTF-1 供用時）、84,000m³/日（WTF-2 半系列供用時）、112,000m³/日（WTF-2 全供用時）と段階的に増加される。WTF-2 の運用準備が整うと、既存の下水処理場は解体・撤去される。

各施設の建設作業は、土木工事と電気工事と機械工事で構成される。土木工事は、杭基礎施工に続き、土留め用のシートパイルの設置により開始される。近隣の建物に近接する比較的狭隘な建設区域で、深さ約 30m、掘削幅約 20m の流入ポンプ場の基礎工事には、高地下水位の影響を避けつつ同区域での施工が可能な、圧入ケーソン工法の採用を想定する。

電気・機械設備は、土木構造物の完成後に設置される。試運転試験の終了後、引渡証明が発行される。





出典: JICA 調査団

図 8.1.2 下水処理場工事のステップ

3) BDS 管渠工事

BDS 管渠工事は、2 種に大別される。1 つは、BDS に生活雑排水と雨水を分離する分水人孔を設置することによって、生活雑排水と雨水の混合状態を改善する。もう 1 種はモデルとして 6 ヶ所の BDS で行うものであり、現在の下水道管渠を置き換え、家庭からのし尿、雑排水を導入し、幹線の下水道に接続して、現在は雨水とともに放流されている雑排水が公共水域に排出されないようにする。

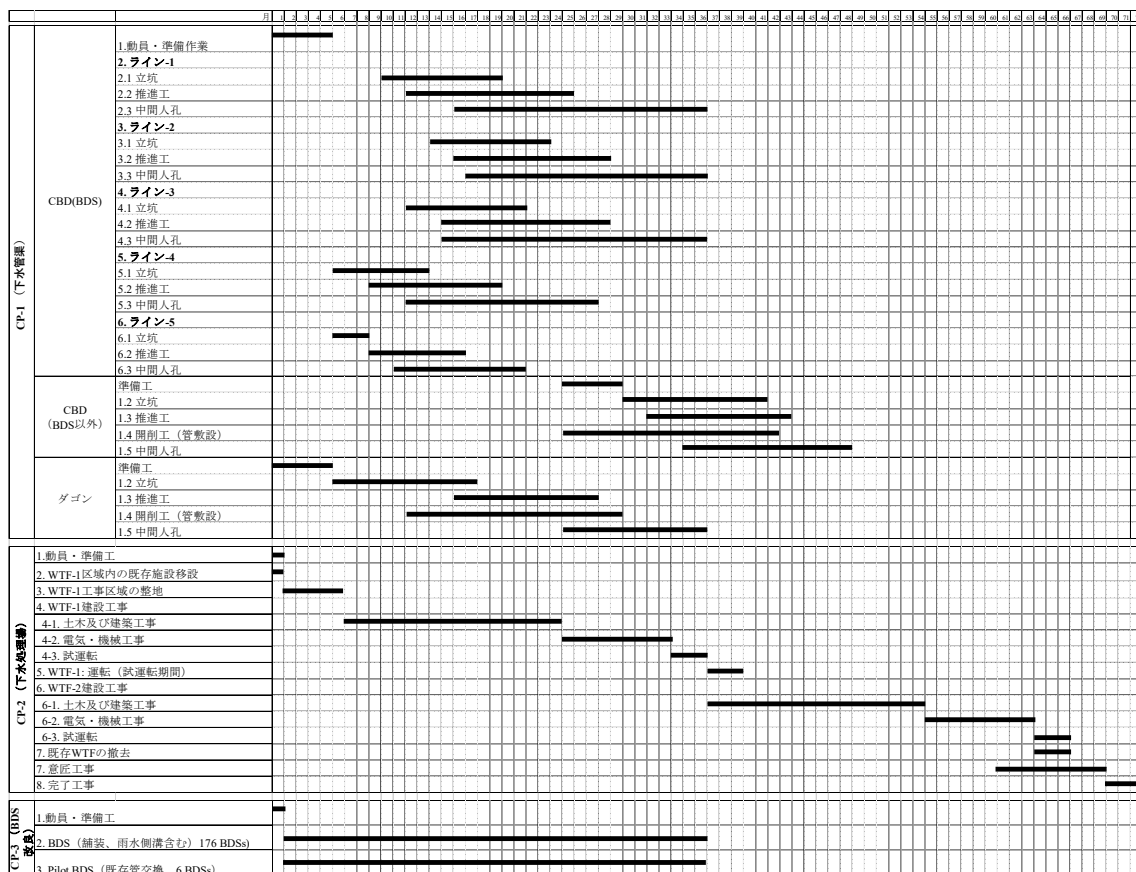
(3) 工事スケジュール

工事スケジュールは図 8.1.3 に示すとおりである。本事業の3つの構成要素の建設期間を以下に示す。下水道処理場の工事期間は3つのコンポーネントの中で最長となる。

CP-1 下水管渠: 4年

CP-2 下水処理場: 6年

CP-3 BDS 管渠工事: 3年



注: CP-1 の管渠のライン位置は、図 6.8.5 に示すとおり。

出典: JICA 調査団

図 8.1.3 工事スケジュール

8.2 建設資材及び施工機械・機材の調達

ヤンゴンで調達可能な建設資材、建設機械、機材は、陸上輸送により仮設ヤードに運搬する。下水処理場の建設予定地は主要幹線道路沿いにありアクセスも良いと考えられる。

輸入品はヤンゴン港もしくはティラワ港に荷揚げされた後、工事現場まで陸上輸送される。なお、ヤンゴン管区の通達(2016年12月)により、ヤンゴン市内では大型車の昼間の通行は制限されており、通行する場合には申請と許可が必要なため、大型車による輸送は通常は夜間に行われる。ヤンゴン及びミャンマーにおいて工事实績を有す施工業者へのヒア

リング結果の要約は表 8.2.1 に示すとおりである。これらの情報に基づき、建設資材、機械及び機材の調達条件を分析し、想定した。

表 8.2.1 ゼネコンへのヒアリング結果（要約）

施工業者	ヒアリング内容
A	<ul style="list-style-type: none"> - ヤンゴンでセメントを調達するのに困難はない - 性能保証付き鉄筋が輸入されている - 鋼矢板の在庫はなく、工事ごとに輸入される - ミャンマーでは、コンクリート杭は現場打ちが一般的である
B	<ul style="list-style-type: none"> - コンクリートパイプはタイから輸入される。推進工用コンクリート管は日本から輸入している - 地元の施工業者は推進工法施工の能力がないため、外国業者が同作業を担当する - PVC 及び PE パイプは、JIS に準拠しヤンゴンで製造されている - 開削管施工には、輸入したシートパイルを使用した。 - ミャンマーでは地中連続壁が一般的ではない - ヤンゴンでは切梁支保工のレンタルはない。材料は工事ごとに調達される
C	<ul style="list-style-type: none"> - 基礎杭：角杭 35-40cm 角、スパンパイル 径 300-600mm - CBD で振動ハンマーによる杭打ちが禁止されている - 600mm の既製パイルの採用によりコスト削減に努めている - HDPE パイプはヤンゴンで生産され、軽量で操作性がよい - 下水道建設による交通渋滞を避けるための措置が必要。特に CBD。

出典: JICA 調査団

(1) 建設資材

主な建設資材は、コンクリート、土、砂、鉄筋、仮設材等である。現地業者へのインタビューによれば、これらの資材は、ほぼ遅滞なく供給可能である。

- コンクリート：セメント・骨材は、ヤンゴン市内で調達可能である。ヤンゴン市内には、十分な品質管理を行っている生コン製造業者がある。
- 鉄筋：中国製の英国規格品が流通している。
- 鋼矢板のように輸入が必要なものもあるが、山留め材（鋼矢板、切梁等）、型枠、足場支保材、重仮設材は、ヤンゴン市で調達可能である。

(2) 管材

無償資金協力事業（ヤンゴン市上水道施設緊急整備計画, 2013 年）における工事の実績から、市内は自立性粘性土層であり、推進管は高耐力のものが要求される。したがって、本邦からの調達を想定する。

高性能の管材は現在のところミャンマーでは生産されていないため、全ての管材は日本もしくは周辺国からの輸入を想定する。

(3) 設備機器

機械・電気設備は、ミャンマー国にて製造されていないため輸入品となり、本邦あるいは周辺国からの調達を想定する。設備機器を長く使うためには、信頼性の高い製品が望ましい。設備機器は技術要件を定め、実績のある製造業者から調達すべきである。

(4) 施工機械

建設機械はヤンゴン市内及び近郊でのホテル、集合住宅等の建設工事で広く使用されている。下水処理場の建設は、WWTP の入口の流入ポンプ場に用いられる圧入ケーソン工法等一部の特殊工法以外は、一般的な建設機械で施工可能である。圧入ケーソン工法、推進工法の建設機械は輸入する必要がある。

(5) 労働者及び建設業者

近年、建設市場は非常に活発で、有能な労働者、熟練技術者の移動・引抜きが盛んであり、雇用条件も変動が大きい。

8.3 事業費積算条件

1) 土木工事

建設費は、施設計画に基づく作業量に土木工事の単価を掛けて見積もった。単価は、ヤンゴンの現状の人件費、資材費、機械運営費で構成し、設定した。

全ての機械費を含む推進工事のコストは、推進工事を専門とする日本の業者の見積を基に積算した。推進工法用コンクリート管には、信頼性のある高品質が要求される。推進工法用コンクリート管の費用は日本のメーカーの見積もりに基づいて算定した。膨大な管材に十分な仮置き場を確保するために、横浜港にて船積みし、ヤンゴン港ではなくティラワ港にて船降ろしされる仮定とした。

また、動員費用と一般的な準備作業（建設費の 10%）、一般管理費（建設費の 25%）を計上した。

2) 下水処理場設備工事

設置コストと試運転コストを含む下水処理場の機械・電氣的作業のコストは、MBR 方式と機械式汚泥処理の経験を有する排水処理プラントを専門とする業者からの見積を参考として、積算した。積算額は、1) 機械設備、2) 電気設備・機材、3) 設置工事で構成される。また、一般管理費（建設費の 25%）を計上した。

3) BDS 管渠工事

BDS 管渠工事は、YCDC が過去に実施した工事の費用をもとに積算した。一般管理費は建設費の 10%を計上した。

8.4 コンサルティングサービス

事業実施機関である YCDC を支援し、本事業を円滑に実施するために、以下に挙げるコンサルタントサービスが必要となる。

- フィージビリティ調査のレビュー
- 各施設建設に必要な現地調査（測量、土質調査、既存構造物調査、地下ユーティリティ調査、家庭接続状況調査を含む）

- 上記調査結果を利用した詳細設計の実施
- 入札書類の作成
- 事前資格審査・入札評価・契約交渉における支援
- 施工監理
- 環境社会配慮に関する支援
- 技術移転
- 住民意識向上活動及び汚泥有効利用推進に係る支援

施主側コンサルタントは、国際コンサルタントと現地コンサルタントで構成される。現地コンサルタントは、全ての活動で国際コンサルタントを支援する。コンサルタントの業務工程は、事業実施スケジュールと一致する工程でなければならない。本事業の事業実施段階におけるコンサルティングサービスに必要な国際コンサルタントと現地コンサルタントの人数は下表に示すとおりである。

必要な人月は国際コンサルタントが 427 人月、現地コンサルタントが 883 人月と算定される。また、現地作業をサポートする人員は 587 人月を必要とする。

表 8.4.1 コンサルティングサービス

	国際コンサルタント	現地コンサルタント
コンサルタント・専門家		
全体管理		
プロジェクトマネージャー	78	-
副プロジェクトマネージャー	-	93
測量エンジニア	7	-
O&M/汚泥利用専門家	17	-
環境専門家	37	45
調達/契約専門家	17	-
積算専門家	8	187
顧客情報専門家	17	-
下水道/土木エンジニア	-	232
インスペクター	-	224
地質・地盤専門家	-	12
測量調査担当	-	12
CP-1 下水管渠		
副プロジェクトマネージャー/下水道ネットワークエンジニア	47	-
下水道エンジニア/推進工事専門家	41	-
CP-2 下水処理場		
下水処理エンジニア	46	-
構造エンジニア	21	-
建築エンジニア	2	-
機械エンジニア	27	28
電気エンジニア	22	26
構造エンジニア	-	24
CP-3: BDS 管渠工事		
下水管接続専門家	40	-
小計	427	883
支援スタッフ		
秘書	-	97
会計士	-	97
翻訳/通訳	-	130

CAD オペレーター	-	166
オフィスキーパー	-	97
小計	-	587

出典: JICA 調査団

8.5 事業費

8.5.1 事業費積算

総事業費は 8.1 に示した基本条件に基づき積算した。

8.6 O&M 費用概算

プロジェクトに必要な維持管理費は、表 8.6.1 に示すとおりである。下水管渠の OM 費用は、CBD 管渠における YCDC 実績値を参考に算定した。下水道処理場の OM 費は、既存事例と同様の廃水処理技術を有すメーカーの見積に基づき算定した。年間 O&M 費用は年間 1,000 百万円と算定される。

表 8.6.1 O&M 費用

	項目	O&M 費用(百万円)
下水管渠		
1	光熱費 (電力)	19
2	人件費	40
3	維持費	191
	小計	250
下水処理場		
1	光熱費	323
2	化学薬品	10
3	汚泥処分費	7
4	人件費	28
5	維持費	382
	小計	750
合計		1,000

注: 表の値は WWTP が全供用時の費用である。

出典: JICA 調査団

8.7 事業実施の留意点

8.7.1 施工業者の選定方針

(1) 事前資格審査 (Pre-Qualification : P/Q)

本事業の品質を確保し工期を遵守するため、応札社が技術的・財務的に能力を有することを確認する目的で事前資格審査を行う。契約内容の履行能力を評価するため以下の事項を考慮する。

- i) 類似業務の経験と実績
- ii) 人材、設備に関する能力
- iii) 財務状況

(2) 入札方式

施工業者の選定における入札方式は、コンサルタント調達と同様に、二札入札（Two Envelop Bidding）が妥当と考える。同方式では、技術提案と価格提案が、同時に別々に提出される。

8.7.2 契約パッケージ

プロジェクトコンポーネントの特性と作業量を考慮して、本プロジェクトを 3 つの契約パッケージで実施することを提案する。入札方式は、CP-1 と CP-2 は ICB、CP-3 は現地入札（Local Competitive Bidding (LCB)）を適用する。

- 契約パッケージ-1(CP-1, ICB): 下水管渠
- 契約パッケージ-2(CP-2, ICB): 下水処理場
- 契約パッケージ-3(CP-3, LCB): BDS 管渠工事

下水管渠のパッケージ CP-1 は、開削工法と推進工法による膨大な延長の配管工事が含まれる。推進工事の専門業者は、通常、大規模な建設を管理できるゼネコンではない。このため、CP-1 はゼネコンが、同種の工事に特化した下請け業者によって施工される下水管渠敷設工事を監督する体制が望ましい。

また CP-2 については、国際工事の経験を有し、本パッケージの全工事を管理できるコントラクターが、MBR や機械式汚泥処理の技術を含む各種業者と共同企業体もしくは業社との下請け関係を組織し、実施体制を整えることが必要である。

第9章 環境社会配慮

9.1 環境社会配慮の目的

環境社会配慮（ESC）に関しては、被援助国の関連法規に加え、JICA 支援の全ての事業は JICA 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」とする）を遵守することが求められる。

本調査における ESC は、全ての日本側及びミャンマー側の諸要求事項を満たしているかを確認することを目的とする。また、不足がある場合には、JICA 調査団は、JICA ガイドラインの全要求事項を満たすよう実施すべき活動等を提案し、実施機関を支援する。

9.2 JICA ガイドラインの一般的要求事項

9.2.1 事業カテゴリ

JICA ガイドラインの要求事項は、JICA ガイドラインが規定している各事業の「事業カテゴリ」（本報告書の Appendix 16 参照）に基づく。現時点で、本調査により提案される事業は、JICA により「カテゴリ B」に分類されている。

9.2.2 「カテゴリ B」事業に求められる調査

JICA ガイドラインに基づき「カテゴリ B」と分類されたすべての事業は、初期環境影響調査レベル（Initial Environmental Examination (IEE) Level Study）の調査実施が求められる（Appendix 16 参照）。

9.3 ミャンマー国の環境管理制度

9.3.1 環境管理に係る主要な法規制

ミャンマー国の環境管理に係る憲法、政策、戦略や関連法規等主要な法規制を表 9.3.1 に示す。なお、EIA 制度に関しては、項目 9.3.6 に示す。

表 9.3.1 ミャンマー国の環境管理の主要な法規制

主な法規	概要
Constitution (2008)	The Myanmar's Constitution (2008) provides that “the Union is the ultimate owner of all lands and all-natural resources above and below the ground, above and beneath the water and in the atmosphere in the Union” and stipulates Articles on environment as shown below. - Article 45: The Union shall protect and conserve natural environment of the country. - Article 390: Every citizen has the duty to assist the Union in carrying out preservation and safeguarding of cultural heritage, Environmental conservation, striving for development of human resources, and Protection and preservation of public property

主な法規	概要
National Environmental Policy (1994)	The National Environment Policy (NEP) 1994 is the basis of the Myanmar's environmental statutory framework which is supported by the Constitution (2008) and empowers Government to conserve Myanmar's natural environment and enables Parliament to enact environmental laws. NEP emphasizes the following points; <ul style="list-style-type: none"> - To harmony and balance between these through the integration of environmental considerations into the development process to enhance the quality of the life of all its citizens. - Responsibility of the State and every citizen to preserve its natural resources in the interest of present and future generation. - Environmental protection should always be the primary objective in seeking development.
National Biodiversity Strategy and Action Plan (2012)	The National Biodiversity Strategy and Action Plan (NBSAP) of Myanmar was adopted by the Cabinet on 03 May 2012 which contains 10 strategic directions as followings: <ul style="list-style-type: none"> - Strengthening conservation of priority sites; - Mainstreaming biodiversity into other policy sectors; - Implementing focused conservation actions for priority species; - Supporting local Non-Governmental Organization (NGOs) and academic institutions; - Creating capacity to coordinate conservation investment in Myanmar; - Scaling up implementation of in-situ and ex-situ conservation of agriculture, livestock and fisheries biodiversity and genetic resource management; - Expediting the process of implementing the national bio-safety framework; - Promoting the initiative to manage IAS; - Facilitating the legislative process of environmental protection and environmental impact assessment; and - Enhancing communication, education and public awareness on biodiversity conservation.
Myanmar Agenda 21 (1997)	The Myanmar Agenda 21 was formulated in 1997 in response to the call of the United Nations Conference on Environment and Development (Earth Summit) held in 1992 to develop national strategies for the implementation of the Global Agenda 21.
National Sustainable Development Strategy (2009)	The Myanmar's National Sustainable Development Strategy (NSDS) was formulated in 2009 to meet its global commitment made at the Johannesburg Plan of Implementation (JPOI) in 2002, which covers the three pillars of environment, economic and social aspects of the country. Vision of Myanmar's NSDS is "Wellbeing and Happiness for Myanmar People". Three goals of NSDS identified are as follows: <ul style="list-style-type: none"> - Goal 1: Sustainable Management of Natural Resources - Goal 2: Integrated Economic Development - Goal 3: Sustainable Social Development.
Protection of Wildlife, Wild plants and Conservation of Natural Area Law (1994)	Protection of Wildlife, Wild plants and Conservation of Natural Area Law in 1994, focuses on protecting wildlife including their habitats and formulating protected areas while stipulating penalties against offenses. The major objectives of the law are to implement the Government policy for wildlife protection as well as for natural areas conservation and to protect endangered species and their habitats.
Environmental Conservation Law (2012)	The Environmental Conservation Law, consists of 14 chapters and 42 articles, was signed by the President on 30th March 2012 which has eight objectives as shown below. <ul style="list-style-type: none"> - To enable to implement the Myanmar National Environmental Policy. - To enable to lay down the basic principles and give guidance for systematic integration of the matters of environmental conservation in the sustainable development process. - To enable to emerge a healthy and clean environment and to conserve natural and cultural heritage for the benefit of present and future generations. - To reclaim ecosystems as may be possible which are starting to degenerate and disappear. - To enable to manage and implement for decrease and loss of natural resources and for enabling the sustainable use beneficially. - To enable to implement for promoting public awareness and cooperation in educational programmes for dissemination of environmental perception. - To enable to promote international, regional and bilateral cooperation. - To enable to cooperate with Government departments, Government organizations, international organizations, non-government organizations and individuals in matters of environmental conservation.
Environmental Conservation Rule (2014)	Environmental Conservation Rules (ECR) was enacted on 5 th June 2014. ECR 2014 stipulates the details on the environmental conservation including EIA system based on the Environmental Conservation Law (2012).
Environmental Impact Assessment Procedure (2015)	EIA Procedure (2015) (or EIA Notification No. 616/2015) came into force on December 2015 as the first legal framework of EIA in Myanmar.

出典: Directorate of Investment and Company Administration (DICA), Myanmar's changing landscape June 2014 coffey.com, National Sustainable Development Strategy 2009, Environmental Conservation Law 2012, EIA Portal Site in Myanmar MONREC, Current Environmental Situation in Myanmar April 2015 Mr. Hein Latt MOECF, Environmental Safeguard and Environmental Impact Assessment System in Myanmar Dr. San Oo January 2015 MOCAF, Overview on Environmental Governance in Myanmar Hla Maung Thein June 2016 MONREC

9.3.2 環境に関する他の関連法規

ミャンマー国の環境に関する他の関連法規を表 9.3.2 に示す。

表 9.3.2 環境に関する他の関連法規

分野	政策、法及び規則
Forestry	- Forest Law, 1992 - Forest Policy 1994 - National Code of Practice for Forest Harvesting 2000
Water	- National Water Policy 2014 - The Underground Water Act, 1930 - The Conservation of Water Resources and River Law, 2006
Health	- National Food Law, 1997 - Traditional Drug Law, 1996 - Prevention and Control of Communicable Diseases Law, 1995 - National Drug Law, 1992 - Union of Myanmar Public Health Law, 1972
Tourism	- Myanmar Hotel and Tourism Law, 1993
Industrial	- Private Industrial Enterprise Law, 1990 - Factory Act, 1951 - Oilfield (Workers and Welfare) Act, 1951 - Petroleum Act, 1934 - Oilfield Act, 1918
Livestock & Fisheries	- Animal Health and Development Law, 1993 - Freshwater Fisheries Law, 1992 - Myanmar Marine Fisheries Law, 1990 (Law Amending the Myanmar Marine Fisheries Law, 1993) - Law Relating to Aquaculture, 1989 - Law Relating to the Fishing Right of Foreign Fishing Vessels, 1989 (Law Amending the Law Relating to the Fishing Rights of Foreign Fishing Vessels, 1993)
Mining	- Myanmar Gemstone Law, 1995 - Myanmar Pearl Law, 1995 - Myanmar Mines Law, 1994 - Salt Enterprise Law, 1992 - Land Acquisition (Mines) Act, 1885
Science & Technology	- Science and Technology Development Law, 1994
Transportation	- Highways Law, 2000 - Motor Vehicles Law, 1964 (Law Amending the Motor Vehicles Law of 1964 enacted in 1989) - Myanmar Aircraft Act, 1934 - Island Steam Vessels Act, 1917 - Ports Act, 1908 - Defile Traffic Act, 1905 - Yangon Port Act, 1905 - Canal Act, 1905 - Obstruction in Fairways Act, 1881
Electricity	- State Law and Order Restoration Council (The Law Amending the Electricity Law, 1990) - Electricity Law (2014)

出典: Government of Myanmar (JICA 調査団作表)

9.3.3 国際条約等

ミャンマー国は、表 9.3.3 に整理のとおり 30 以上の環境に関する近隣地域及び国際条約に署名等している。

表 9.3.3 ミャンマー国の環境関連国際条約

	名称	署名	批准	加盟	閣議承認
近隣地域条約	Plant Protection Agreement for the South-East Asia and the Pacific Region, Rome, 1956		4-11-1959 (Adherence)	4-11-1959	
	Agreement on the Networks of Aquaculture Centers in Asia and the Pacific, Bangkok, 1988		22-5-1990 (Accession)		
	Southeast Asia Nuclear Weapon Free Zone Treaty, Bangkok, 1995	15-12-1995	16-7-1996		

	名称	署名	批准	加盟	閣議承認
			(Ratification)		
	ASEAN Agreement on the Conservation of Nature and Nature Resources, Kuala Lumpur, 1985	16/10/1997			
	ASEAN Agreement on Transboundary Haze Pollution	10/6/2002	13-3-2003 (Ratification)		7/2003 27-2-03
国際条約	Treaty Banning Nuclear Weapons Test in the Atmosphere in Outer Space and Under Water, Moscow, 1963	14/8/1963	15-11-1963 (Ratification)		
	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, London, Moscow, Washington, 1971	11/2/1971			
	Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of Bacteriological (Biological) and Toxin Weapons, and on their Destruction, London, Moscow, Washington, 1972	10/4/1972			
	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, London, 1973	(Accession)	undertakes to give effect to this Convention under para 1 & 2 of Article 1 of the Protocol of 1978		
	Protocol of 1978 Relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, London, 1973		4-8-1988 (Accession)	Except for Annexes III, IV and V of the Convention	
	United Nations Convention on the Law of the Sea, Montego Bay, 1982	10/12/1982	21-5-1996 (Ratification)		
	United Nations Framework Convention on Climate Change, New York, 1992 (UNFCCC)	11/6/1992	25-11-1994 (Ratification)		41/94 9-11-94
	Convention on Biological Diversity, Rio de Janeiro, 1992	11/6/1992	25-11-1994 (Ratification)		41/94 9-11-94
	Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, London, Moscow, Washington, 1968		2-12-1992 (Accession)		
	Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and their Destruction, Paris, 1993	14-1-1993			
	International Tropical Timber Agreement (ITTA), Geneva, 1994	6-7-1995	31-1-1996 (Ratification)		
	Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer, Vienna, 1985		24-11-1993 (Ratification)	22-2-1994	46/93
	Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, Montreal, 1987		24-11-1993 (Ratification)	22-2-1994	46/93
	London Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, London, 1990		24-11-1993 (Ratification)	22-2-1994	46/93
	Convention for the Protection of the World Culture and Natural Heritage, Paris, 1972		29-4-1994 (Acceptance)		6/94 9-2-94
	ICAO ANNEX 16 Annex to the Convention on International Civil Aviation Environmental Protection Vol. I Aircraft Noise	(Accession)			
	ICAO ANNEX 16 Annex to the Convention on International Civil Aviation Environmental Protection Vol. II Aircraft Engine Emission	(Accession)			
	Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space Including the Moon and Other Celestial Bodies (Outer Space Treaty), London, Moscow, Washington, 1967	22-5-1967	18-3-1970 (Ratification)		
	Agreement on the Networks of Aquaculture Centres in Asia and the Pacific, Bangkok, 1988		22-5-1990 (Accession)		
	South East Asia Nuclear Weapon Free Zone Treaty, Bangkok, 1995	15-12-1995	16-7-1996 (Ratification)		
	United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and / or Desertification, Particularly in Africa, Paris, 1994 (UNCCD)		2-1-1997 (Accession)	2-4-1997	40/96 4-12-96
	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, Washington, D.C., 1973; and this convention as amended in Bonn, Germany, 1979 (CITES)		13-6-1997 (Accession)	11-9-1997	17/97 30-4-97
	Agreement Relating to the Implementation of Part XI of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982, New York, 1994		21-5-1996 (Accession)		
	Agreement to Promote Compliance with International Conservation and Management Measures by Fishing Vessels on the High Seas, Rome, 1973		8-9-1994 (Acceptance)		

	名称	署名	批准	加盟	閣議承認
	Catagena Protocol on Biosafety, Cartagena, 2000	11/5/2001			13/2001 22-3-01
	International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, 2001		4-12-2004 (Ratification)	29-6-2004	
	Kyoto Protocol to the Convention on Climate Change, Kyoto, 1997		13-8-2003 (Accession)		26/2003 16-7-03
	Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs), 2001		18-4-2004 (Accession)	18-7-2004	14/2004 1-4-04

出典: NBSAP Myanmar

9.3.4 国家環境質ガイドライン

2015年12月、天然資源環境保全省（MONREC: Ministry of Natural Resources and Environmental Conservation）は、国家環境質（排出）ガイドライン（NEQG: National Environmental Quality (Emission) Guidelines）を発行した。以下にNEQGの概要を示す。

- NEQS は基本的に、世銀グループ（WBG: World Bank Group）の国際金融公社（IFC: International Finance Corporation）の環境・衛生・安全（EHS: Environmental Health and Safety）ガイドラインから抜粋した内容となる。
- NEQG は特に、EIA 通知（EIA Notification 2015）の「評価目的のための経済活動の分類（Categorization of Economic Activities for Assessment Purposes）」に記載されている全ての事業に適用される。

9.3.5 環境管理の組織制度

(1) 国家環境保全及び気候変動中央委員会（NECCCCC）

1990年に、① 環境政策に係る政府への助言、② 環境対応に係る調整機能、③ 環境保全型持続的開発の推進、を担当する国家環境対策委員会（NCEA: National Commission for Environmental Affairs）が設置された。NCEA は 2011年4月の大統領官邸通知第 21/2012（Notification No.21/2011 of the Office of the President）により国家環境保全委員会（NECC: National Environmental Conservation Committee）として改組された（出典: REDD+ Myanmar, <http://www.myanmar-redd.org/mm/>）。

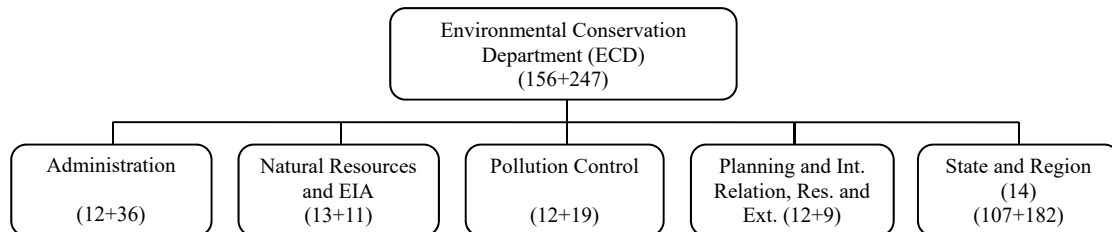
2016年6月にミャンマー政府はNECCを、副大統領を議長に6つの分科委員会を持つ、環境に係る最高位の政府委員会として「国家環境保全及び気候変動中央委員会（NECCCCC: National Environmental Conservation and Climate Change Central Committee）」に再組織した。

(2) 天然資源環境保全省（MONREC）

2016年の新ミャンマー政府発足に伴い、旧環境保全森林省（MOCAF: Ministry of Environmental Conservation and Forest）と旧鉱業省（MOM: Ministry of Mines）が統合され、ミャンマー政府における環境管理及びEIA手続きに係る主務官庁として天然資源環境保全

省（MONREC : Ministry of Natural Resources and Environmental Conservation）が設立された。

MONREC の環境保全局（ECD : Environmental Conservation Department）が、環境保全と管理 及び EIA 手続きの責務を担当する。表 9.3.1 に示す通り ECD は 6 つ部局から構成されている。



Note: (12+36) the former is the staffs who are working + the latter is the staff to be appointed as of 2015.

出典: Sustainable Road Map for Myanmar by Dr. San Oo, Environmental Conservation Department, 2015, MONREC

図 9.3.1 MONREC の環境保全局（ECD）

9.3.6 EIA の法的枠組み及び環境適合証明証（ECC）

(1) EIA 通知（2015）及び手続

ミャンマーにおける EIA の最初の法的枠組みは、2015 年 12 月に発効した EIA 通知第 616 号（EIA Notification No.616/2015）（以下、「EIA 通知（2015）」とする）により、以下要約したとおり制定された。

- EIA 通知(2015)は、EIA および環境適合証明書(ECC: Environmental Compliance Certificate)の全手続きを規定し、手続期間、工程と手順やステークホルダーの責任などが含まれる。
- 提案事業による影響の規模と重要性に応じ、「スクリーニング」と呼ばれるプロセスにより、同事業は3つのカテゴリ（EIA, IEE あるいは Non IEE/EIA type project）の1つに分類される。
- EIA 手続きの第一段階として、事業提案者は事業概要と想定影響予測を含む「プロジェクト提案書（PP : Project Proposal）」を MONREC の環境保全局（ECD）へ提出する必要がある。
- ECD は、EIA 通知（2015）附属文書 A「評価目的のための経済活動の分類（Categorization of Economic Activities for Assessment Purposes）」および、第 25 条および条項 28（分類の特定要因を規定している条項）に従い、提出された PP に基づき提案事業を「EIA」、「IEE」または「Non IEE / EIA」に分類する。

（出典: EIA Portal Site in Myanmar, ECD Homepage at MONREC）

(2) EIA 型事業

EIA 型事業 (EIA Type Project) においては、事業提案者は提案内容と EIA 調査内容を含む「仕様書 (TOR)」及び「スコーピング報告書」を提出する必要がある。

- 提案事業に係るステークホルダーからの意見を聴取するため、事業提案者は「住民協議 (Public Consultation)」を開催することが義務付けられている。
- 事業提案者は承認された TOR に従い、データ収集、影響分析、緩和策の検討などを含む必要な調査を実施し、調査結果に基づく「EIA 報告書」と「環境管理計画 (EMP: Environmental Management Plan)」を作成する。
- 事業提案者は、調査の適切な時期に、事業被影響民 (PAP : Project Affected People)、非政府組織 (NGO) や政府機関などのステークホルダー参加による「住民協議 (Public Consultation)」を開催する必要がある。
- EIA 報告書案と EMP 案は、住民協議 (Public Consultation) の参加者からの意見を反映し、修正や更新をする。
- 関連省庁と専門家から構成される「EIA 報告書審査委員会 (EIA Report Review Body)」は、事業提案者が提出した EIA 報告書／関連書類を審査し評価する。
- 委員会の勧告に基づき MONREC 大臣は、提出された報告書を承認するか否かを決定する。
- 承認された場合、ECD 規定の費用を事業提案者は支払後に、ECD は環境保護に必要な附帯条件を付した ECC を発行する。

(出典: EIA Portal Site in Myanmar, ECD Homepage at MONREC)

(3) IEE 型事業

初期環境影響調査 (IEE : Initial Environmental Examination) とは、一定の環境及び社会影響はあるが重大な影響は想定されない事業に適用される。

- IEE 報告書と EMP を ECD へ提出する必要がある、ECD により審査される。
- 適宜住民協議の開催が求められる。
- ECC は適切な審査に基づき MONREC により発行される。

(出典: EIA Portal Site in Myanmar, ECD Homepage at MONREC)

(4) Non IEE / EIA 型事業

上記以外の事業は EIA / IEE は必要とされないが、ECD は環境保護および社会保障の観点から、これら Non IEE / EIA 型事業 (Non IEE/EIA Type Project) の環境管理を促進し支援す

ることができる。

(出典: EIA Portal Site in Myanmar, ECD Homepage at MONREC)

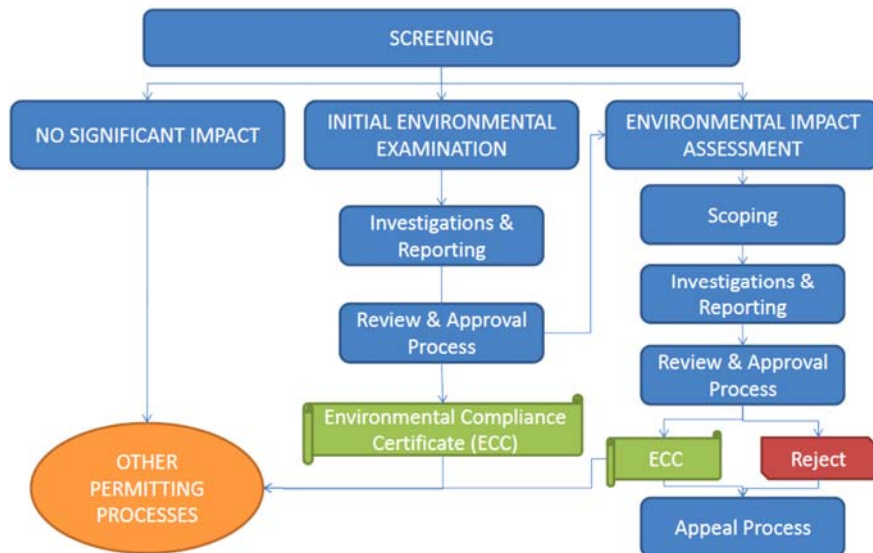
(5) EIA 工程の段階及び活動

表 9.3.4 及び図 9.3.2 に各事業型の EIA 工程における主な段階 及び活動を整理する。

表 9.3.4 各事業型の EIA 工程における主な段階 及び活動

段階	活動等		
Before any EIA/IEE Study	Consultant Licensing		
EIA/IEE Process	Project Proposal (Screening)		
	EIA Type Project	IEE Type Project	Non IEE/EIA Type Project
	Organizing the study team for EIA type project	Organizing the study team for IEE type project	Close of the process
	Scoping	N/A	
	Investigation and review process of EIA type project	Investigation and review process of IEE type project	
	Preparation of EMP	Preparation of EMP	
	Issuance of ECC	Issuance of ECC	

出典: EIA Portal Site in Myanmar, ECD Homepage at MONREC, JICA 調査団による追記

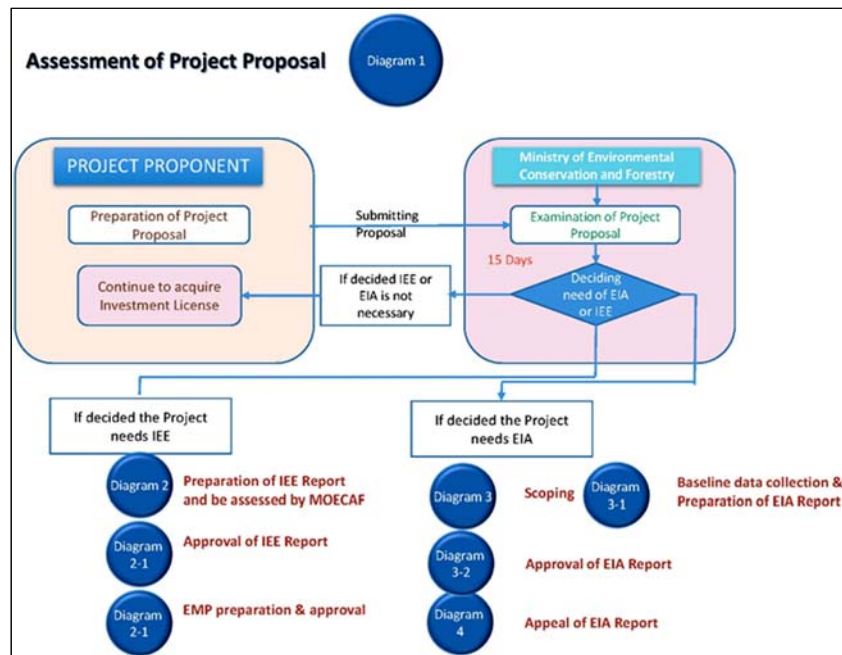


出典: EIA Good Practices in Myanmar Dr. San Oo Director ECD MONREC, 10 May 2016, ASIA EIA Conference Japan

図 9.3.2 各事業型の EIA 工程における主な段階 及び活動の全体図

1) スクリーニング

EIA 工程は、図 9.3.3 に示すとおり、スクリーニングから開始される。



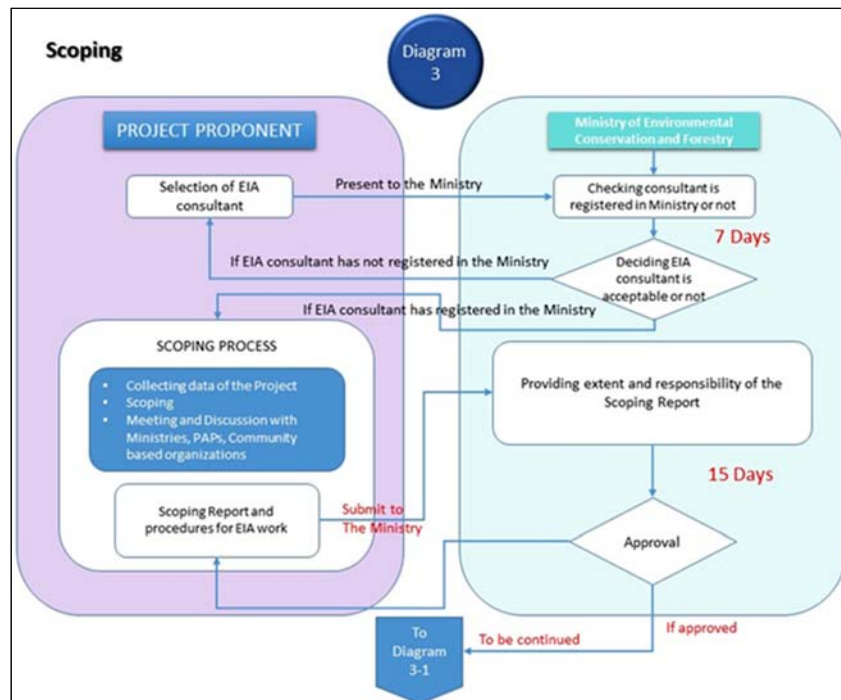
Note: Ministry of Environment Conservation and Forest (MOECAF) in Figure is MONREC at present
 出典: EIA Notification (2015), MONREC

図 9.3.3 EIA 工程におけるスクリーニング手続き

- EIA 通知（2015 年）の附属文書 A に、IEE または EIA の実施が必要な事業及び活動が指示されている。
- この附属分書 A は、提案事業は IEE または EIA が適用されるかどうかの選択基準を（提案事業の）経済活動別に示している。
- MONREC は、提案事業が、IEE 型事業、EIA 型事業あるいは Non IEE/EIA 型事業のいずれかを判断する。
- 事業提案者は、ECD にスクリーニング手続きを開始するため事業提案書（MONREC のガイドラインに従い作成する）を提出する必要がある
- MONREC は、事業提案書を受領してから 15 日以内に、環境評価の必要な事業型（EIA、IEE、または Non IEE/EIA）を決定し文書にて事業提案者に通知する。
- さらに、MONREC は、上記の要件に基づく追加的な条件を考慮し、IEE 型事業を EIA 型事業に変更できる。

2) スコーピング

EIA 型事業は、図 9.3.4 に示す、スコーピング手続きを行う必要がある。

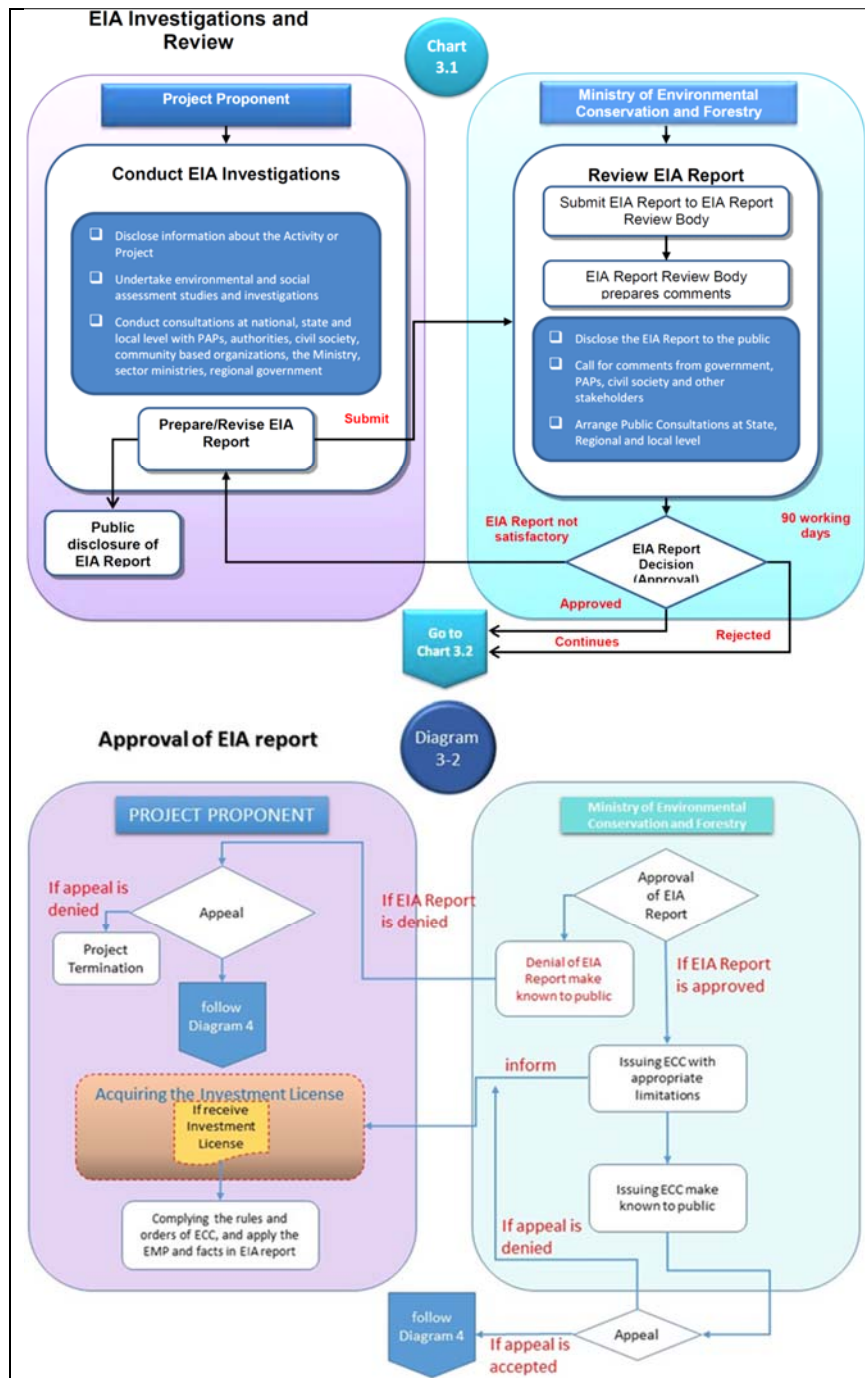


Note: Ministry of Environment Conservation and Forest (MOECAF) in Figure is MONREC at present
 出典: EIA Notification (2015), MONREC

図 9.3.4 EIA 工程におけるスコーピング手続き

- 事業提案者は、スコーピング手続き及び EIA 報告書の仕様書 (TOR) 作成は、専門家により、また MONREC が発行・承認した有効なガイドラインに基づき遂行する責任を負う。
 - 事業提案者は、スコーピング手続き一環として、住民協議と住民参加を確実に実施する。
 - 事業提案者は、EIA 調査のスコーピング報告書と仕様書 (TOR) を MONREC に提出し、審査と承認を受ける必要がある。
- 3) EIA 調査実施、報告書作成及び承認

図 9.3.5 に EIA 工程における EIA 調査実施、EIA 報告書作成及び EIA 報告書の承認手続きを示す。



Note: Ministry of Environment Conservation and Forest (MOECA) in Figure is MONREC at present
 出典: EIA Notification (2015), MONREC

図 9.3.5 EIA 工程における EIA 調査、報告書作成及び承認手続き

- 事業提案者は、EIA 調査がすべてのマイナス影響に適切に対応し、承認された TOR に基づいて確実に実施する必要がある。
- 事業提案者は、国家基準、政府および/または MONREC が採用する国際基準を使用、遵守、参照することを、又は関連する国内基準または国際基準が存在しない場合は、MONREC と合意された基準を適用することが義務付けられている。

- 事業提案者は、EIA 型事業に必要なすべての調査と住民協議と住民参加プロセスを完了した後、EIA 報告書を電子版及び印刷版で、必要な費用と共に MONREC に提出しなければならない。
- MONREC は EIA 報告書受領後 10 日以内に、EIA 報告書を一般市民、事業被影響民 (PAP)、関係政府機関、およびその他のステークホルダーに開示する。
- MONREC は EIA 報告書を EIA 報告書審査委員会 (EIA Report Review Body) に提出し、委員会の意見と勧告を聴取し、また事業提案者が EIA 報告書を開示する国及び州/地域/地方において住民協議を調整する。
- EIA 報告書審査委員会を含むすべての意見と勧告は MONREC が収集し審議した後に、EIA レポートの承認に関する MONREC の最終決定が下される。
- MONREC は EIA 報告書の受領から 90 日以内に最終決定の結果を送付する
- EIA 報告書の審査の完了後に MONREC は ECC を発行する、あるいは EIA 報告書の却下を事業提案者への通達及び審査結果を開示する。

(6) EIA 工程手続き期間

EIA 工程の手続き期間を表 9.3.5 に整理する。

表 9.3.5 EIA 工程手続き期間

EIA 工程		期間(営業日)
IEE/EIA/NON- Proposal Screening		15
IEE Process	Approval of IEE experts	7
	IEE report preparation	-
	IEE report approval	60
EIA Process	Approval of EIA experts	7
	Developing EIA scoping report and TOR	-
	Scoping report and TOR approval	15
	Investigation/preparing EIA report	-
	EIA report approval	90

出典: EIA Notification (2015), edited and tabulated by JICA 調査団

(7) EIA 工程上の社会配慮

EIA 工程における社会配慮については、表 9.3.6 に示す通り EIA 通知 (2015) に社会面の取扱いに関する記載がある。

表 9.3.6 EIA 工程上の社会配慮

社会面	EIA 通知 (2015) の要求事項
非自発的住民移転及び先住民	<ul style="list-style-type: none"> • EIA Procedure does not address the social impacts of involuntary resettlement or which on indigenous people. • Separate procedures shall be issued by responsible ministries, and in the absence of such procedures all such projects shall adhere to international practice on involuntary resettlement and indigenous people.

社会面	EIA 通知 (2015) の要求事項
ステークホルダー、国民、地域社会及び個人	<ul style="list-style-type: none"> ・ EIA Report shall consider the views, concerns, and perceptions of stakeholders, communities and individuals that could be affected by the project or who otherwise have an interest in the project. ・ EIA should include the results of public consultations and negotiations with the affected populations on the environmental and social issues. ・ Public concerns should also be taken into account in assessing impacts, designing mitigation measures, and selecting monitoring parameters.

出典: EIA Notification (2015), (編集及び作表: JICA 調査団)

9.4 下水道事業に求められる全環境要求事項

9.4.1 JICA ガイドラインによるカテゴリ B 事業に対する要求事項

既に記した通り、本調査により提案される事業は JICA によりカテゴリ B と分類されており、JICA ガイドライン及び借款協定 (L/A) に基づき以下に示す要件が求められる (表 9.4.1 参照)。

- EIA 報告書 (カテゴリ B 事業であるが、ミャンマー側から EIA が求められる場合)
- ECC (カテゴリ B 事業であるが、ミャンマー側から ECC が求められる場合)
- 住民移転計画 (RAP: Resettlement Action Plan) (用地取得及び／あるいは非自発的住民移転が事業に必要な場合)
- 先住民族計画 (IPP: Indigenous Peoples Plan) (事業に必要な場合)
- ステークホルダー協議 (SHMs: Stakeholder Meetings、情報開示及び住民協議含む)
- IEE レベル 調査
- 環境モニタリング計画 (EMoP: Environmental Monitoring; 事業期間及び事業後 2 年間 YCDC から JICA への定期的報告義務)
- その他 (事業に応じ)

9.4.2 ミャンマー政府 EIA 通知 (2015) による事業への要求事項

(1) 事業分類

EIA 通知の附属文書 A 「評価目的のための経済活動の分類 (Categorization of Economic Activities for Assessment Purposes)」に基づき、下水分野の全ての事業は「廃棄物管理型の経済活動 (Waste Management of Type of Economic Activity) と分類される (Appendix 17 参照)。

(2) 事業スコープ

本調査により提案される事業は、第 1 章に記したとおりヤンゴン市の下水処理設備の開発である。なお、事業コンポーネントの一つである下水処理汚泥処理に関し、YCDC の公告

防止清掃局（PCCD : Pollution Control and Cleansing Department）によると、ミャンマー国において下水処理汚泥は「無害廃棄物（Non-hazardous waste）」と分類している。

(3) 下水道事業の環境要求事項

EIA 通知（2015）の事業分類及び事業内容（本報告書の Appendix 17 参照）から、本調査により提案される事業（EIA 通知の付属文書の「Waste Water Treatment Plant: centralized systems」と見做される）は、EIA 調査及び MONREC の ECD から ECC の取得が必要であると認識される。

即ち、下水道事業における EIA 事業提案者は YCDC でありまた、関連住民との協議（ステークホルダー協議）を YCDC による開催が求められる。

9.4.3 全環境要求事項

上記したミャンマー国と JICA 両者の全環境要求事項を表 9.4.1 に整理する。

表 9.4.1 全環境要求事項

要求事項	EIA 通知（2015）	JICA ガイドライン	両者を満たす要求事項
EIA Report	Yes (Project is categorized as Waste Management)	No	Yes
ECC	Yes (EIA is required for the Project)	Yes (ECC is to be obtained for the Project)	Yes
RAP	Yes (Households in existing WWTP)	Yes (Households in existing WWTP)	Yes
SHMs	Yes	Yes	Yes
IEE level Study	Not specified	Yes	Yes
Environmental Monitoring	Yes	Yes	Yes
Others (such as IPP)	If required	If required	If required

出典: JICA 調査団

9.4.4 JICA ガイドラインとミャンマー国環境管理制度のギャップ分析

JICA ガイドラインとミャンマー国の環境管理制度とのギャップ（非整合性）分析結果を表 9.4.2 に示す。なお、ギャップのある項目に対しては整合性担保に必要な対応を示している。

用地取得及び非自発的住民移転に関する JICA ガイドラインとミャンマー国の関連法規のギャップ分析は表 9.7.2 に整理している。

表 9.4.2 JICA ガイドラインとミャンマー国環境管理制度のギャップ分析

項目	JICA ガイドライン	ミャンマー国環境管理制度	ギャップ分析 (✓)及び、整合性担保の対応等 (➤)
原則	<ul style="list-style-type: none"> - Environmental impacts that may be caused by projects must be assessed and examined in the earliest possible planning stage. - Alternatives or mitigation measures to avoid or minimize adverse impacts must be examined and incorporated into the project plan. (Appendix 1 JICA Guidelines) 	<ul style="list-style-type: none"> - Art. 3 of EIA Notification (2015) stipites that pursuant to Section 21 of ECL and Articles 52, 53 and 55 of ECR, all Projects (snip) are required to obtain Prior Permission in accordance with Section 21 of ECL and Art. 62 of ECR having the potential to cause Adverse Impacts, are required to undertake IEE or EIA or to develop an EMP, and to obtain an ECC in accordance with EIA Notification (2015). - Art. 35 and 36 of EIA Notification (2015) stipulate alternatives and mitigation measures as requirements of IEE report as well as Art. 51, 58, 60, 62 and 63 stipulate alternatives and/or mitigation measures as requirements of EIA report 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ There is basically no gap. ➤ Based on Annex A “Categorization of Economic Activities for Assessment Purposes” of EIA Notification (2015), an EIA is required for this Project. ➤ YCDC initiated the next fiscal year’s (2019) budgetary request for the EIA investigation for the Project.
情報公開	<ul style="list-style-type: none"> - EIA reports (which may be referred to differently in different systems) must be written in the official language or in a language widely used in the country in which the project is to be implemented. - When explaining projects to local residents, written materials must be provided in a language and form understandable to them; - EIA reports are required to be made available to the local residents of the country in which the project is to be implemented. - The EIA reports are required to be available at all times for perusal by project stakeholders such as local residents and copying must be permitted; (Appendix 2 JICA Guidelines) 	<ul style="list-style-type: none"> - EIA Notification (2015) stipulates that the IEE Report (Art. 35), Scoping Report (Art. 51) and EIA report (Art. 62) shall be prepared either in the Myanmar language, or in the English language with an accompanying, accurate summary in the Myanmar language. - Art. 65 of EIA Notification stipulates that not later than fifteen (15) days after submission of the EIA Report to ECD, the Project Proponent shall disclose the EIA Report to civil society, PAPs, local communities and other concerned stakeholders: (i) by means of national media (i.e. newspapers); (ii) the website(s) of the Project or Project Proponent; (iii) at public meeting places (e.g. libraries, community halls); and (iv) at the offices of the Project Proponent. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ There is basically no gap. ➤ The official language of Myanmar is Myanmar language so that public notice, invitation and agenda, minutes of discussion and other documents are prepared in Myanmar language which are translated into English depending on circumstances.
住民協議	<ul style="list-style-type: none"> - For projects with a potentially large environmental impact, especially, sufficient consultations with local stakeholders, such as local residents, must be conducted via disclosure of information at an early stage, at which time alternatives for project plans may be examined. The outcome of such consultations must be incorporated into the contents of project plans. (Social Acceptability1, Appendix 1 of JICA Guidelines) - In preparing EIA reports, consultations with stakeholders, such as local residents, must take place after sufficient information has been disclosed. Records of such consultations must be prepared; - Consultations with relevant stakeholders, such as local residents, should take place if necessary throughout the preparation and implementation stages of a project. Holding consultations is highly desirable, especially when the items to be considered in the EIA are being selected, and when the draft report is being prepared. (Appendix 2, JICA Guidelines) 	<ul style="list-style-type: none"> - Art. 13 of EIA Notification (2015) stipulates the Project Proponent shall arrange for appropriate public consultation through all phases of the IEE and EIA process as required by Art. 34, 50, and 61. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ There is basically no gap. ➤ At the time of the F/S a total of 4 times stakeholder meetings (SHMs) for the Project were held from Mar. to May. of 2018 by YCDC as well as GAD (General Administration Department) initiatives depending on the Governmental Admission System in cooperation with the JICA Study Team. ➤ In addition, in the F/S a Consultation Meeting was held on 16th May 2018 for those households live on the premises of the existing WWTP and whose family heads are YCDC staff work for the existing WWTP are required involuntary resettlement for the construction of new WWTP. ➤ Necessary documents on the SHMs and the Consultation meeting (such as agenda, participant lists and minutes of meetings and others) were prepared by YCDC or GAD in the local language of Myanmar.

項目	JICA ガイドライン	ミャンマー国環境管理制度	ギャップ分析 (✓)及び、整合性担保の対応等 (➤)
影響評価スコープ	<ul style="list-style-type: none"> - The impacts to be assessed with regard to environmental and social considerations include impacts on human health and safety, as well as on the natural environment, that are transmitted through air, water, soil, waste, accidents, water usage, climate change, ecosystems, fauna and flora, including trans-boundary or global scale impacts. These also include social impacts, including migration of population and involuntary resettlement, local economy such as employment and livelihood, utilization of land and local resources, social institutions such as social capital and local decision-making institutions, existing social infrastructures and services, vulnerable social groups such as poor and indigenous peoples, equality of benefits and losses and equality in the development process, gender, children's rights, cultural heritage, local conflicts of interest, infectious diseases such as HIV/AIDS, and working conditions including occupational safety. (Scope 1, Appendix 1, JICA Guidelines) - In addition to the direct and immediate impacts of projects, their derivative, secondary, and cumulative impacts as well as the impacts of projects that are indivisible from the project are also to be examined and assessed to a reasonable extent. It is also desirable that the impacts that can occur at any time throughout the project cycle should be considered throughout the life cycle of the project. (Scope 2, Appendix 1, JICA Guidelines) 	<ul style="list-style-type: none"> - Art. 2 of EIA Notification (2015) stipulates that Environmental Impact means the probable effects or consequence on the natural and built environment, and people and communities of a proposed Project or businesses or activities or undertaking. Impacts can be direct or indirect, cumulative, and positive or adverse or both. For purposes of this Procedure, Environmental Impacts include occupational, social, cultural, socio-economical, public and community health, and safety issues. Moreover, social impacts include Involuntary Resettlement and relating to Indigenous People. - Art. 56 of EIA Notification (2015) stipulates that the EIA investigation shall consider all biological, physical, social, economic, health, cultural and visual components of the study area, together with all pertinent legal matters relating to the environment, people and communities (including land use, resources use, and ownership of and rights to land and other resources) that may be affected by the Project during all Project phases including pre-construction, construction, operation, decommissioning, closure, and post-closure, and shall identify and assess all Adverse Impacts, risks, Cumulative Impacts and Residual Impacts for environment, social and, if relevant, health that potentially could arise from the Project. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ There is basically no gap. ➤ In order to fulfill both requirements of Myanmar and the JICA Guidelines, the JICA Study Team provides necessary advices in the preparation of a Draft ToR for the EIA investigation, and presents appropriate recommendations to YCDC in the environmental and social considerations study done by the JICA Study Team as needed.
モニタリング、苦情処理等	<ul style="list-style-type: none"> - Project proponents etc. should make efforts to make the results of the monitoring process available to local project stakeholders. (Monitoring 3, Appendix 1, JICA Guidelines) - When third parties point out, in concrete terms, that environmental and social considerations are not being fully undertaken, forums for discussion and examination of countermeasures are established based on sufficient information disclosure, including stakeholders' participation in relevant projects. Project proponents etc. should make efforts to reach an agreement on procedures to be adopted with a view to resolving problems. (Monitoring 4, Appendix 1, JICA Guidelines) 	<ul style="list-style-type: none"> - Art. 60 of EIA Notification (2015) stipulates that the EIA shall consider the views, concerns, and perceptions of stakeholders, communities and individuals that could be affected by the Project or who otherwise have an interest in the Project. The EIA shall include the results of consultations with the public, affected populations and other stakeholders on the environmental and social issues. The concerns raised during such consultations shall be considered in assessing impacts, designing mitigation measures, and in the development of management and monitoring plans. - Art. 106 of EIA Notification (2015) stipulates that the Project Proponent shall, during all phases of the Project (pre-construction, construction, operation, decommissioning, closure and post-closure), engage in continuous, proactive and comprehensive self-monitoring of the Project and activities related thereto, all Adverse Impacts, and compliance with applicable laws, the Rules, this Procedure, standards, the ECC, and the EMP. - Art. 110 of EIA Notification (2015) stipulates that within ten days of completing a monitoring report as contemplated in Art. 108 and Art. 109 in accordance with the EMP schedule, the Project Proponent shall make such report (except as may relate to National Security concerns) publicly available on the Project's website, at public meeting places (e.g. libraries, community halls) and at the Project offices. Any organization or person may request a digital copy of a monitoring report and the Project shall, within ten days of receiving such request, submit a digital copy via e-mail or as may otherwise be agreed upon with the requestor. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ There is basically no gap. ➤ In order to fulfill both requirements of Myanmar and the JICA Guidelines, JICA Study Team provides necessary advices in the preparation of a Draft ToR for the EIA investigation, and presents appropriate recommendations to YCDC in the environmental and social considerations study done by the JICA Study Team as needed.

項目	JICA ガイドライン	ミャンマー国環境管理制度	ギャップ分析 (✓)及び、整合性担保の対応等 (➤)
生態系と生物相	<p>Projects must not involve significant conversion or significant degradation of critical natural habitats and critical forests. (JICA Guidelines)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Art. 18 of ECL stipulates that the relevant Government departments and Government organizations shall, in accord with the guidance of the Union Government and the Committee, carry out the conservation, management, beneficial use, sustainable use and enhancement of regional cooperation of the environmental natural resources. - Art. 36 of PWCNAL stipulates that whoever commits any of the following acts shall, on conviction be punished with imprisonment for a term which may extend to 7 years or with fine which may extend to kyats 50,000 or with both. <ul style="list-style-type: none"> (a) killing, hunting or wounding a completely protected wild animal without permission, possessing, selling, transporting or transferring such wild animal or any part thereof without permission; (b) exporting without the recommendation of the Director General a completely protected wild animal or a protected wild plant or any part thereof. - Art. 40 of FL stipulates that whoever commits any of the following acts shall, on conviction be punished with fine which may extend to kyats 5,000 or with imprisonment for a term which may extend to 6 months or with both: <ul style="list-style-type: none"> (a) Trespassing and encroaching in a reserved forest; (b) Pasturing domestic animals or permitting domestic animals to trespass in a reserved forest; (c) Breaking up any land, clearing, digging or causing damage to the original condition of the land without a permit in a reserved forest; (d) Causing damage to a water-course, poisoning in the water, using chemicals or explosives in the water in a reserved forest; (e) Catching animals, hunting or fishing in a reserved forest; (f) Kindling, keeping, carrying any fire or leaving any fire burning which may set fire to the forests in a reserved forest; (g) Moving forest produce without submitting to examination at the revenue station; (h) Violating any provision of the rule, procedure, order, directive or notification issued under this Law - Art. 25 of EIA Notification (2015) stipulates that an EIA is required in all cases where the Project will be located in or will have foreseeable adverse effects on any legally protected national, regional or state area, including without limitation: (i) a forest conservation area (including biodiversity reserved area); (ii) a public forest; (iii) a park (including marine parks); (iv) a mangrove swamp; (v) any other sensitive coastal area; (vi) a wildlife sanctuary; (vii) a scientific reserve; (viii) a nature reserve; (ix) a geophysically significant reserve; (x) any other nature reserve nominated by the Minister; (xi) a protected cultural heritage area; and (xii) a protected archaeological area or area of historical significance. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ It can be overinterpreted that there is basically no gap between both provisions on Ecosystem and Biota. ➤ Even though, there is no such critical natural habitats and critical forests in the Project area in urban areas in Yangon, the JICA Study Team provides necessary advices in the preparation of a Draft ToR for the EIA investigation, and presents appropriate recommendations to YCDC in the environmental and social consideration study done by the JICA Study Team as needed.
先住民	<p>Any adverse impacts that a project may have on indigenous peoples are to be avoided when feasible by exploring all viable alternatives. When, after such an examination, avoidance is proved unfeasible, effective measures must be taken to minimize impacts and to compensate indigenous peoples for their losses. (JICA Guidelines)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Art. 7 of EIA Notification (2015) stipulates that projects (snip) which may potentially have an Adverse Impact on Indigenous People shall comply with specific procedures separately issued by the responsible ministries. Prior to the issuance of any such specific procedures, all such Projects shall adhere to international good practice (as accepted by international financial institutions including the World Bank Group and Asian Development Bank) on (snip) Indigenous Peoples. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ There is no clear-cut rule on indigenous peoples in Myanmar. ➤ Even though, Myanmar is a multiethnic country, and there are no such inhabited areas of indigenous people in the Project area in urban areas in Yangon, the JICA Study Team provides necessary advices in the preparation of a Draft ToR for the EIA investigation, and presents appropriate recommendations to YCDC in the environmental and social consideration study done by the JICA Study Team as needed.

Note: Art.; Article, ECL; Environmental Conservation Law (2012), ECR: Environmental Conservation Rule (2014), PWCNAL; Protection of Wildlife and Conservation of Natural Areas Law (1994), ECC; Environmental Compliance Certificate, EMP; Environmental Management Plan FL; Forest Law (1992)
 出典: JICA ガイドライン, Forest Law (1992), Protection of Wildlife and Conservation of Natural Areas Law (1994), Environmental Conservation Law (2012), ECR: Environmental Conservation Rule (2014), EIA Notification (2015) 及び、JICA 調査団

9.5 ヤンゴン市の環境及び社会状況

9.5.1 公害

(1) 大気質

ヤンゴン市内の調査対象地域（下水管敷設及び既存下水処理場用地周辺）の大気質を事業に必要なベースラインデータとして計測した。






1) 計測項目

ヤンゴン市内の交通渋滞を考慮し、SO₂、NO₂、CO、PM_{2.5}及びPM₁₀を大気質計測調査の計測項目に選定した。

2) 計測地点及び期間

大気質の計測地点は、表 9.5.1 に示すとおり騒音及び振動計測（以下、項目(2)）を同時に実施した。

表 9.5.1 大気質、騒音及び振動計測地点及び期間

地点番号	GPS 座標	計測地点概要	計測期間	計測状況写真
ANV-1	16° 46' 52.91"N 96° 9' 12.50"E	<ul style="list-style-type: none"> At the corner of Yawmingyi Road and Shwedagon Pagoda Road, Pabedan Township, Yangon. ANV-1 is surrounded by many residential houses and closed to the Phayalan Railway Station. Shwedagon Pagoda Road is highly traffic. The emitted source, noise and vibration might be from the vehicular traffic. 	Mar. 17 th - 18 th 2018 (24 hours)	
ANV-2	16° 46' 38.32"N 96° 8' 52.82"E	<ul style="list-style-type: none"> At the corner of Lanmadaw Road and Arnawyahtar Road, Latha Township, Yangon. Arnawyahtar Road is more traffic than Lanmadaw Road. The emitted source, noise and vibration might be from the vehicular traffic. 	Mar. 18 th - 19 th 2018 (24 hours)	
ANV-3	16° 46' 17.12"N 96° 10' 3.51"E	<ul style="list-style-type: none"> At the Merchant Road, Botahtaung Township, Yangon. Merchant Road is quite closed to the traffic junction point of Merchant Road and Theinphyu Road, Botataung Township, Yangon region. Merchant Road is more traffic than Theinphyu Road. The emitted source, noise and vibration might be from the vehicular traffic. 	Mar. 16 th - 17 th 2018 (24 hours)	
A-4	16° 46' 3.32"N 96° 11' 25.05"E	<ul style="list-style-type: none"> Within the wastewater treatment plant compound, Pazuntaung Township, Yangon 	Mar. 15 th - 16 th 2018 (24 hours)	
NV-4	16° 46' 9.72"N 96° 10' 50.33"E	<ul style="list-style-type: none"> At the corner of Yarzardirit Road and Strand Road, Pazuntaung Township, Yangon. NV-4 is surrounded by residential buildings. Noise and vibration might be from the vehicular traffic. 	Mar. 15 th - 16 th 2018 (24 hours)	

出典: JICA 調査団

3) 計測方法

大気質計測のサンプリング及び分析方法を表 9.5.2 に示す。

表 9.5.2 大気質計測サンプリング及び分析方法

計測項目	サンプリング	装置	分析方法
Nitrogen dioxide (NO ₂)	USEPA recommendation	Haz-Scanner EPAS	On site reading
Carbon monoxide (CO)	USEPA recommendation	Haz-Scanner EPAS	On site reading
Particulate matter 10 (PM ₁₀)	USEPA recommendation	Haz-Scanner EPAS	On site reading
Particulate matter 2.5 (PM _{2.5})	USEPA recommendation	Haz-Scanner EPAS	On site reading
Sulphur dioxide (SO ₂)	USEPA recommendation	Haz-Scanner EPAS	On site reading

Note: USEPA; United States Environmental Protection Agency, EPAS; Environmental Perimeter Air Station
出典: JICA 調査団

4) 計測結果

表 9.5.3 に 24 時間計測による大気質平均値を示す。

表 9.5.3 大気質計測結果

計測地点	計測時間	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ANV-1	24	354	51	2	9	15
ANV-2	24	976	52	2	8	52
ANV-3	24	400	57	2	9	14
A-4	24	189	78	2	7	2
NEQG	24	(9ppm) *	200**	25	50	20

Note NEQG (National Environmental Quality (Emission) Guidelines)

* CO: USEPA Standard (8 hour-value), 1 ppm of CO \approx 1.146 mg/m³ \approx 1,146 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 9 ppm of CO \approx 10.314 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

** NO₂: NEQG apply NO₂ of 200 of 1-hour value, (World Bank Standard: 24 hour-value of NO₂ is 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

出典: JICA 調査団

- 粒子状物質 (PM) 濃度は NEQG 基準値以下を示した。
- 各計測地点の SO₂ 濃度は、計測地点 ANV-2 を除き NEQG の基準値以下を示した。
- CO 及び NO₂ は、それぞれ USEPA 及び世銀基準 (24 時間値) 以下を示した。

(2) 騒音と振動

ヤンゴン市内の調査対象地域 (下水管敷設及び既存下水処理場用地周辺) の騒音レベル及び振動レベルをベースラインデータとして計測した。

1) 計測項目

ヤンゴン市内の交通渋滞を考慮し、交通由来の騒音として等価騒音レベル (L_{Aeq}) 及び振動レベルとして振動加速度 (dB) を計測項目に選定した。

2) 計測地点及び期間

騒音及び振動計測地点は、表 9.5.1 に整理したとおり大気質計測同じ地点計測した。

3) 計測方法

騒音及び振動は表 9.5.4 に示した測定装置を用いて計測した。

表 9.5.4 騒音及び振動計測方法

計測項目	測定装置	計測方法
交通騒音 (dB(A))	Sound level meter (Model: SL-4023SD, Manufacture: Lutron)	One-day L _{Aeq} was calculated by using the following array formula in the excel sheet. $10 * \text{LOG}10(\text{AVERAGE}(10^{((\text{RANGE})/10)}))$ The formula is firstly used for hourly L _{Aeq} and then for the 24 hours L _{Aeq} .
交通騒音 (dB)	Vibration level meter (Model: VB-8206SD, Manufacture: Lutron)	Recorded as 10 minutes of each hours and then averaged.

出典: JICA 調査団

4) 計測結果
a. 騒音レベル

各計測地点における交通騒音レベルを表 9.5.5 に示す。

表 9.5.5 騒音レベル (L_{Aeq}) (dB(A))

計測地点	昼間 (7:00 AM – 10:00 PM)	夜間 (10:00 PM – 7:00 AM)
ANV-1	72	72
ANV-2	78	76
ANV-3	71	61
NV-4	74	60
NEQG (Myanmar Guidelines)	70	70

出典: JICA 調査団

- 交通騒音としての計測結果であるが、国家環境質（排出）基準（NEQG）の「工業、商業地域」における規制騒音基準値との比較を行った。
- 全ての計測地点は、交通量の多い道路脇で計測したことから、昼間の全騒音レベル（L_{Aeq}）は同基準以上を示した。

b. 振動レベル

各計測地点における交通振動レベルを表 9.5.6 に示す。

表 9.5.6 振動（加速度）測定結果 (dB)

計測地点	昼間 (7:00 AM – 10:00 PM)	夜間 (10:00 PM – 7:00 AM)
ANV-1	54	30
ANV-2	54	36
ANV-3	50	24
NV-4	58	43
Japanese Request Limit*	65	60

Note *: Applied “Type 1: Residential Area”; The Vibration Regulation Law (Japan) (Law No.75 of 1995 (Not Environmental Standard but Request Limit Value on Vehicle Traffic Vibration stipulated by the Ministry of the Environment of Japan)

出典: JICA 調査団

- ミャンマー国には振動基準がないため、日本の交通振動の要求値（環境基準はない）を表 9.5.6 に参考として併記した。

(3) 水質

JICA ミャンマー国 新タケタ橋建設計画準備調査（2014 年）で河川の水質調査が実施された。同調査による計測水質を、環境のベースラインとして参考とした。

- 河川水質計測は、ヤンゴン川に合流する Pazundaung 川（Pazundaung Creek）の 4 地点で実施された。
- 同 4 計測地点は、表 9.5.7 に示すとおり、既存の汚水処理場から約 2km 離れている。

表 9.5.7 河川水質計測地点

番号	計測日	計測内容	計測地点
TSW-1	7 th Nov. 2013	Water Quality and Sediment (bottom layer) Quality	Pazundaung Creek leading into Yangon River which is about 2 km from the existing WWTP
TSW-2	7 th Nov. 2013	Water Quality and Sediment (bottom layer) Quality	Pazundaung Creek leading into Yangon River which is about 2 km from the existing WWTP
TSW-3	7 th Nov. 2013	Water Quality and Sediment (bottom layer) Quality	Pazundaung Creek leading into Yangon River which is about 2 km from the existing WWTP
TSW-4	7 th Nov. 2013	Water Quality and Sediment (bottom layer) Quality	Pazundaung Creek leading into Yangon River which is about 2 km from the existing WWTP

出典: JICA Preparatory Survey Report for The Project for Construction of New Thaketa Bridge 2014

ヤンゴン川に合流する Pazundaung 川（Pazundaung Creek）の水質の二次データ（表 9.5.8

を環境のベースラインとして参考とする。

表 9.5.8 事業地周辺の河川水質

計測項目	単位	TSW-1		TSW-2		TSW-3		TSW-4		生活環境の保全に関する環境基準(河川)* 項目類型 D**
		表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	底層	
River Depth	m	12.9		8.1		12.9		5.2		-
Sampling Depth	m	0.5	11.5	0.5	6.5	0.5	10.1	0.5	4.0	-
Water Temp.	°C	28.27	28.24	28.38	28.35	28.44	28.42	28.63	28.60	-
Salinity	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
Turbidity	FNU	645	684	623	809	616	693	608	845	(5 NTU)***
SS	mg/L	78	65	67	66	62	61	63	61	100<***
pH	-	7.74	7.67	7.67	7.07	7.7	7.14	7.78	7.29	6.5~8.5**
DO	mg/L	3.89	3.65	3.71	3.60	3.63	3.60	3.45	3.43	>2**
BOD	mg/L	2.5	1.5	2	2.5	2	1.5	2	1	8<***
COD	mg/L	1.47	0.36	2.2	3.31	6.99	0.36	0.73	0.36	(250)****
Oil & Grease	mg/L	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	(10)****
E. Coli	MPN/100 mL	0	4x10 ²	0	0	0	2x10 ²	0	0	-
F. Coli	MPN/100 mL	7x10 ²	3.6x10 ³	6x10 ³	2.4x10 ⁴	3x10 ³	5x10 ³	2x10 ³	4x10 ²	-
T. Coli	MPN/100 mL	7x10 ²	4x10 ³	6x10 ³	2.4x10 ⁴	3x10 ³	5.2x10 ³	2x10 ³	4x10 ²	(400)****
T-P	mg/L	0.0363	0.0396	0.0396	0.33	0.33	0.33	0.396	0.33	(2)****
T-N	mg/L	2.016	UDL	1.34	UDL	2.016	3.36	0.672	0.672	(20)****

Note

*: 日本環境省：生活環境の保全に関する環境基準（河川）（1971）

**項目類型 D: 工業用水 2 級農業用水及び工業用水 3 級環境保全の欄に掲げるもの

*** WHO Standard: NTU (Nephelometric Turbidity Unit), NTU ≙ FNU (Formazin Nephelometric Units)

**** NEQG (National Environmental Quality (Emission) Guidelines)

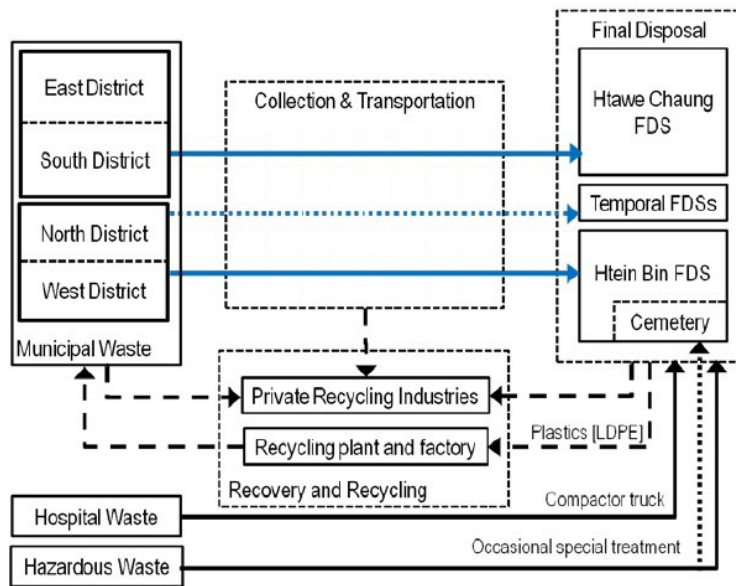
***** USEPA Standards for Discharge of Effluent (as reference)

出典: Preparatory Survey Report on The Project for Construction of New Thaketa Bridge, JICA, 2014 (追記: JICA 調査団)

- SS、pH、DO 及び BOD 値は、日本の「生活環境の保全に関する環境基準（河川）（項目類型 D）以下を示している。
- COD、油類（オイル、グリス）及び全リンは NEQG 基準値以下である。
- 濁度は WHO 基準より高いが、これはヤンゴン市の都市部及び郊外部の生活や産業活動による土砂、大型船舶の往来、上流域からの堆積土砂が、河川の濁度に影響を与えている可能性が考えられる。
- 計測した総大腸菌数（T. Coli : Total Coliform）は NEQG 基準値より高く、また糞便性大腸菌（F. Coli : Faecal Coliform）と同程度の計測結果を示している。このことは、ヤンゴン市の住民、動物や家畜の尿尿が処理されずに河川に排出されていること及び、河川構造（一部で湾曲）や観測各地点や流速や深さの違いが大腸菌数に影響を与えていると考えられる。

(4) 固形廃棄物

ヤンゴン市の固形廃棄物は、YCDC の公害防止清掃局（PCCD : Pollution Control and Cleansing Department）が収集し最終投棄場（FDS : Final Disposal Site）に運搬される。図 9.5.1 に固形廃棄物の収集から最終投棄の流れを示す。



出典: Strategic Urban Development Plan of the Greater Yangon, Apr. 2013, JICA

図 9.5.1 ヤンゴン市の固形廃棄物管理フロー図

PCCD は2001年から2012年の12年間にヤンゴン市における固形廃棄物発生原単位に係る調査を計5回実施した。この調査とは別に2015年から2017年の間にPCCDは固形廃棄物発生原単位に係る類似調査を実施した。表9.5.9にヤンゴン市におけるこれら固形廃棄物発生原単位を示す。

表 9.5.9 ヤンゴン市固形廃棄物発生原単位 (kg/person/day)

年	2001-2002	2003-2004	2006-2007	2010-2011	2011-2012	2015-2016	2016-2017
発生源単位	0.395	0.321	0.287	0.267	0.396	0.41	0.41

注) - Data from 2012 to 2011 and data from 2015 to 2017 are based on different survey results by YCDC.
 - Date from 2013 to 2014 are not available in PCCD.

出典: PCCD, YCDC

- 表から、固形廃棄物発生原単位は0.267 kg/day/person から0.41 kg/day/personとなる。

9.5.2 自然環境

(1) 気象状況

1) 気候

ヤンゴン地域 (Yangon Region) は熱帯モンスーン気候帯に位置し、表 9.5.10 に示す3つの明確な季節を持つ。

表 9.5.10 ヤンゴンの3季節

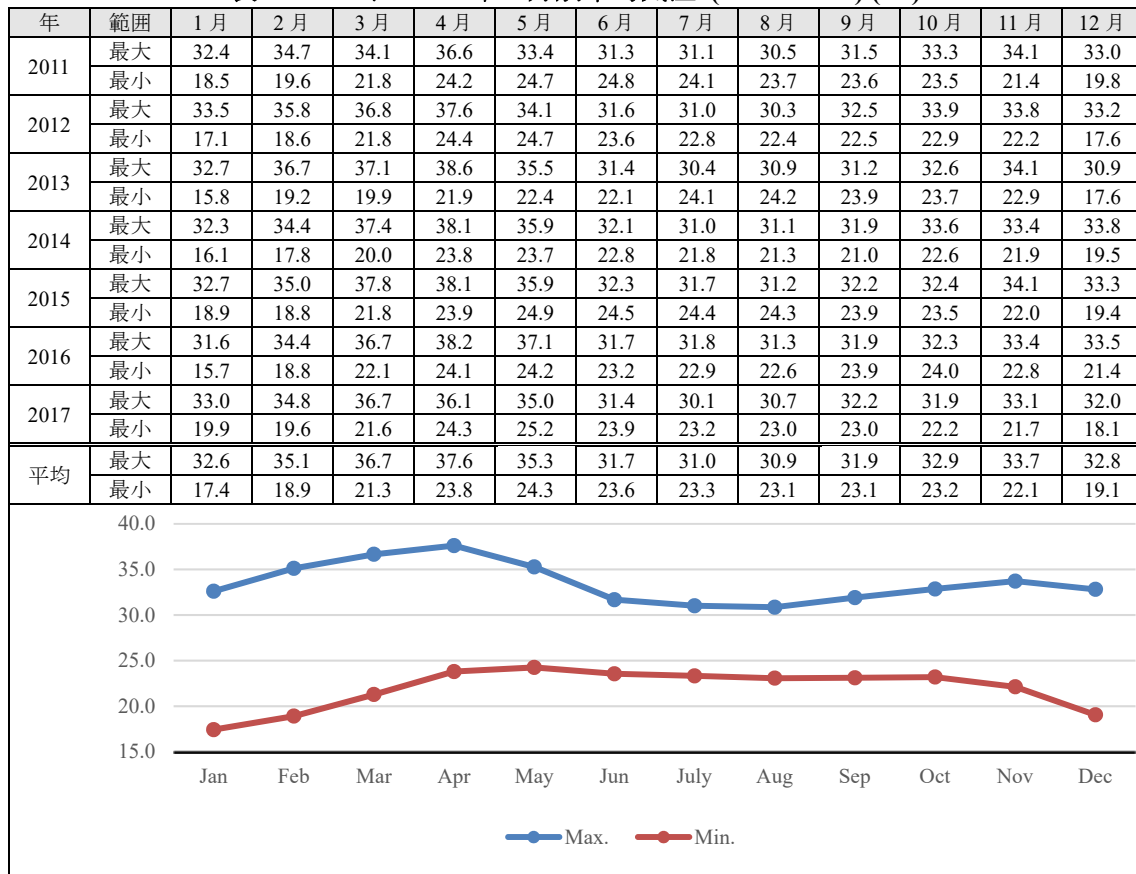
季節	月
夏	March - Middle of May
雨季	Middle of May - Middle of October
涼季	Middle of October - February

出典: JICA調査団

2) 気温

表 9.5.11 に、2011 年～2017 年のヤンゴン市 Kaba-aye 気象観測所における月別最大及び最小気温を示す。

表 9.5.11 ヤンゴン市の月別平均気温 (2011 - 2017) (°C)



出典: Meteorology and Hydrology Department, Kaba-aye Station, Yangon

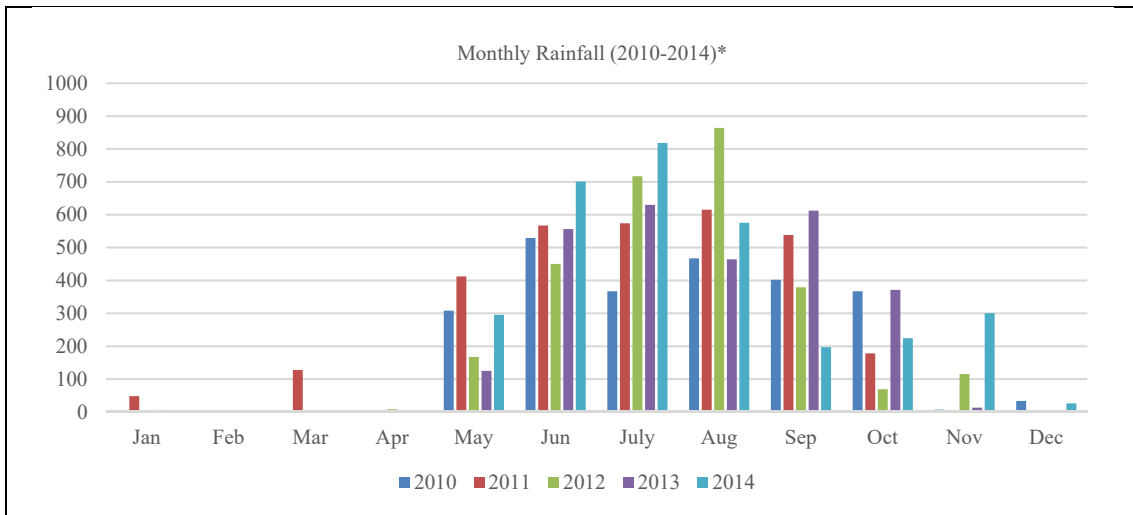
- 最高平均気温は4月の37.6°C。
- 最低平均気温は1月の17.4°C。
- 12月、1月及び2月を除き、他の月の最低平均気温は20.0°C以上。

3) 降雨

表 9.5.12 に 2011 年～2017 年のヤンゴン市における月別降雨量を示す。

表 9.5.12 ヤンゴン市月別降雨量 (2011-2017) (mm)

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
2010	0	0	0	0	308	529	367	467	402	367	7	33	2,480
2011	48	0	127	5	412	567	574	615	538	178	0	0	3,064
2012	0	0	0	8	167	450	717	864	379	69	115	2	2,771
2013	6	0	0	0	125	556	630	464	612	371	13	3	2,780
2014	0	0	0	0	295	701	818	575	197	224	300	26	3,136
2015	Trace	0	9	40	185	580	692	408	329	355	69	0	2,667
2016	23	0	0	0	288	386	618	526	543	227	1	0	2,612
2017	1	0	0	81	449	650	802	382	401	371	125	0	3,262



注) * Due to the different data sources of the rainfall and existences of missing data from 2016-2017, the line graph was prepared from 2010-2014 only.

- Data 2016-2017: Depending on the day, rainfall data for each month were not measured.

- Trace: No data

出典: - Data 2010-2014: Data Collection Survey Report for Improvement of Navigation Channel of Yangon Port, 2016, JICA

- Data 2015-2017: Meteorology and Hydrology Department, Kaba-aye Station, Yangon

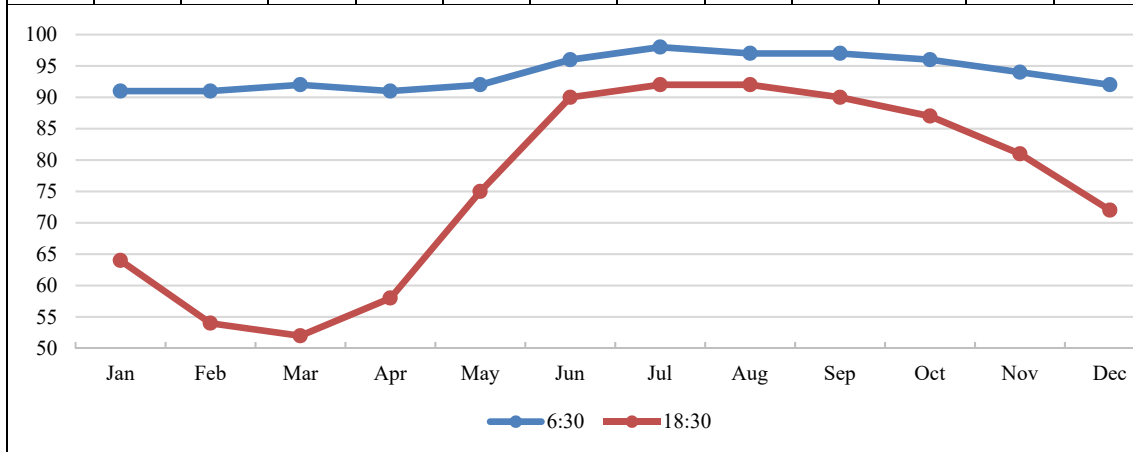
- 南西モンスーン風が降雨の主供給源でヤンゴン市は2010年～2014年各年における5月から10月に降雨が集中している。
- 2010年～2017年のヤンゴン市の年平均降雨量は表から約2,847mmと計算される。
- 表9.5.12に示すように、2010年～2014年各年における12月から4月の降雨量は激減する。

4) 相対湿度

2012年～2017年のヤンゴン市 Kaba-aye 気象観測所における月別相対湿度を表 9.5.13 に示す。

表 9.5.13 ヤンゴン市相対湿度 (2012年～2017年の月別平均) (%)

時間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
6:30	91	91	92	91	92	96	98	97	97	96	94	92
18:30	64	54	52	58	75	90	92	92	90	87	81	72



Note: The Kaba-aye Meteorological Station, managed by the Department of Meteorology and Hydrology, Ministry of Transport (DMH, MOT), has been observing meteorological conditions of Greater Yangon since 1968. Relative humidity has been recorded twice a day at 9:30 and at 18:30.

出典: Meteorology and Hydrology Department, Kaba-aye Station, Yangon

- 6月～9月の朝と夕の相対湿度の差は大きくない。
- 6:30及び18:30の年平均相対湿度はそれぞれ93.9% 及び75.6%と算出される。

- 最大月別平均相対湿度は7月の6:30の98.0 % で、最小月別平均相対湿度は3月の18:30の52.0% であった。

5) 風速

ヤンゴン市における 2010 年～2014 年の月別最大風速を表 9.5.14 に示す。

表 9.5.14 月別最大風速 (2010 年 - 2014 年) (m/s)

時間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
6:30	3.4	2.9	3.8	4.6	3.4	3.6	3.8	3.1	2.6	3.1	2.4	3.6
9:30	4.6	4.6	4.1	4.1	4.6	5	4.3	4.1	3.8	4.6	5	6
12:30	4.8	4.8	5	4.6	5.5	5.8	5.3	5.3	5.3	7.4	5	6
18:30	2.9	2.9	4.8	6.5	7.4	5	5.5	5.5	4.6	4.3	2.6	3.4

出典: Data Collection Survey Report for Improvement of Navigation Channel of Yangon Port, 2016, JICA

- 風速は毎日4回 (6:30、9:30、12:30及び18:30) 観測した。
- 2010年～2014年の月別最大風速を収集し、各観測時間の風速傾向を確認した。
- 場合により、サイクロン発生により風速は増加するが、一方、各月の最大風速はほぼ12:30に観測される。

6) 風向

表 9.5.15 に 2014 年におけるヤンゴン市の風向を示す。

表 9.5.15 ヤンゴン市の 18:30 における毎日の風向 (2014)

日	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	NW	S	Clam	SE	SW	SE	SW	SW	W	NW	N	SE
2	NW	SW	SW	SE	SW	SW	SW	S	SW	S	SW	SW
3	SW	SE	SW	SW	SW	SW	SW	SE	SW	NE	NW	SE
4	W	SW	SW	SW	SW	N	NW	SW	SW	SW	SE	NW
5	S	SE	NW	SE	SW	SW	SW	N	SW	NW	SW	SE
6	NE	SW	SW	SWSW	SW	SW	SW	SW	SW	Clam	NE	SE
7	NW	SE	SW	NW	SW	SW	SW	SW	N	SE	SE	SW
8	NW	SE	SE	SE	W	SW	SW	SW	NE	SE	NW	SE
9	W	SE	W	SW	Clam	NW	SW	SW	SW	SE	W	SW
10	SW	SW	SW	NW	SW	NW	SW	SW	SW	SW	SW	SW
11	W	SE	SW	SE	SE	SW	SW	S	SW	SW	Clam	SW
12	NW	SW	S	SW	SW	NW	NW	SW	SW	SW	W	NE
13	NW	SW	SW	N	S	S	NW	SW	NE	S	W	SW
14	SE	NW	NW	S	SW	SW	SW	SE	SW	W	NW	NW
15	SE	SW	SW	SW	SW	SE	S	NW	SE	Clam	NW	SW
16	SW	SW	Clam	NW	SW	SE	SW	SW	NW	NW	NW	NW
17	SE	SW	SW	S	SE	SW	SW	S	SW	NE	W	SE
18	SW	NW	SW	NW	SW	SE	SE	SE	SW	Clam	SE	NW
19	SE	SW	SW	SW	SW	NW	SW	SW	SW	N	SW	W
20	W	S	S	SW	SW	SW	SW	S	SW	SE	SW	SW
21	SE	SW	SW	SW	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	NE
22	SE	NE	SW	NE	SW	SE	SW	SW	SE	SW	SW	SE
23	W	NW	SW	SW	SE	SW	SW	SW	SE	W	NW	Clam
24	W	W	SW	SE	SW	SW	NW	SW	SW	SW	NW	NW
25	SW	SE	SW	SW	SW	SW	SE	SW	NW	SW	NW	NE
26	E	SW	SE	SW	SW	SW	SW	W	SW	NW	W	Clam
27	SW	SW	SE	SW	SW	NW	NW	SW	SW	SWSW	NE	NW
28	NW	S	SE	S	S	W	SW	W	SW	NE	NE	SW
29	W	-	SW	SW	NW	SW	SE	W	NW	SW	NE	SW
30	Clam	-	SW	SW	SE	NW	S	SW	SE	SE	NE	NW
31	NW	-	SW	-	S	-	SW	SW	-	NW	-	S

出典: Data Collection Survey Report for Improvement of Navigation Channel of Yangon Port, 2016, JICA

- 夏季 (3月から5月中旬) 及び雨季 (5月中旬から10月中旬) の間の風向 (卓越風) は南西である。
- 涼季 (10月中旬から2月) は北西となる。

(2) 地形

図 9.5.2 にヤンゴン市の地形（起伏と水系）を示す。

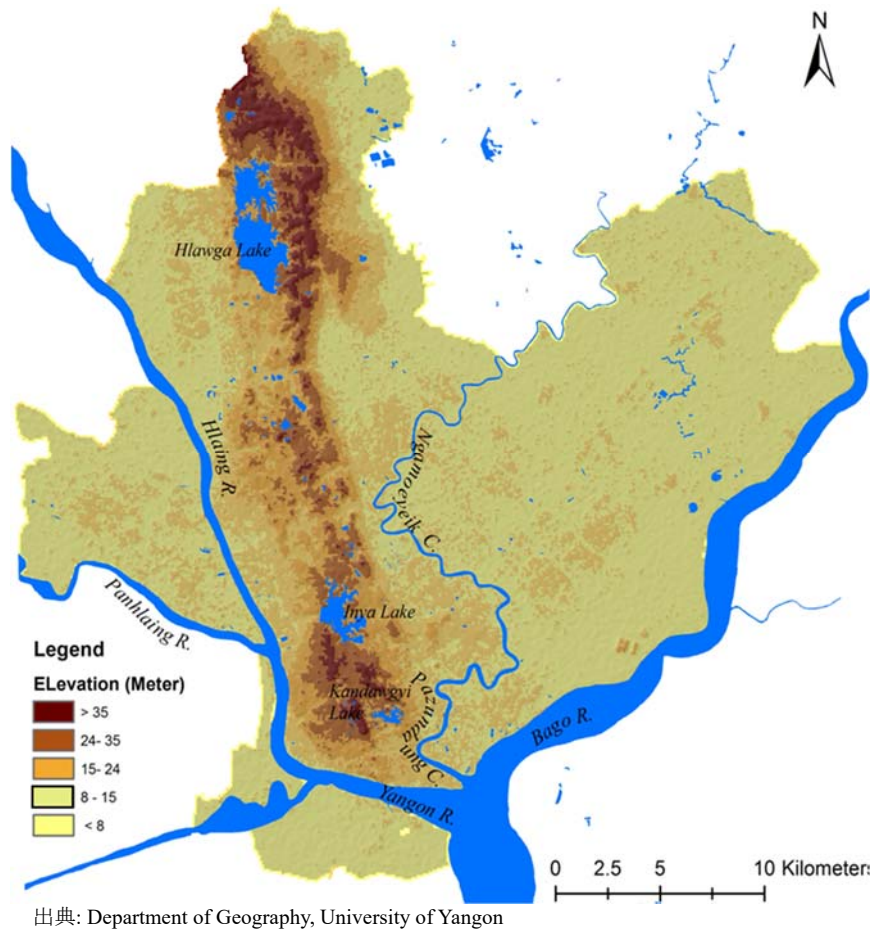
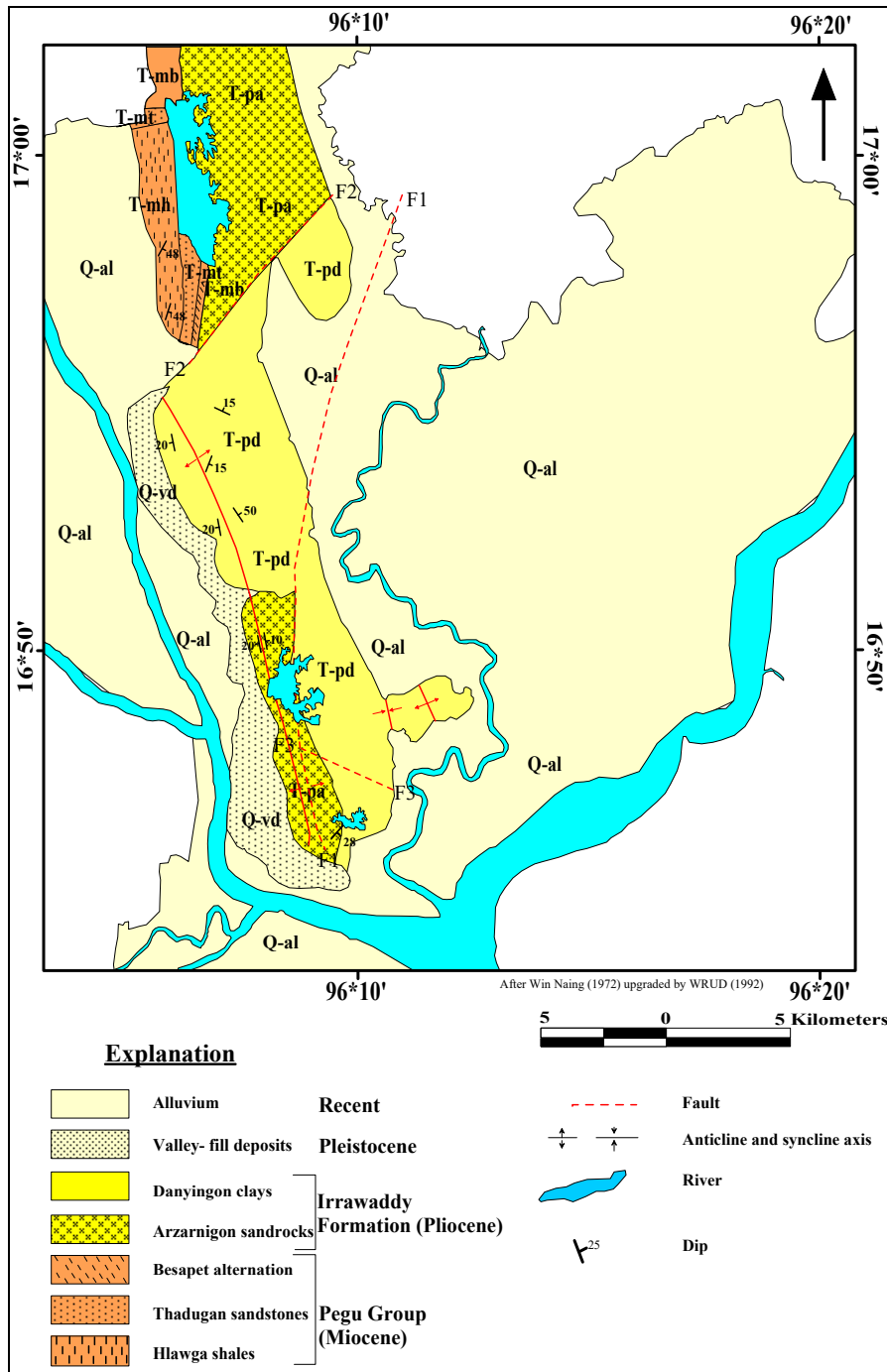


図 9.5.2 ヤンゴン市の起伏と水系

- ヤンゴン市の主な地形的特性は、ヤンゴンーミンガラドン山系、形態的には同斜山稜に近い背斜山稜である。
- 北部は 150 フィート（約 46m）以上の標高があり、南部に向かい広域な傾斜地となる。
- シュエダゴン・パゴダの基盤は海拔約 100 フィート以上（約 30m）ある。
- その他として、Thingangyun 山稜と呼ばれる小規模な山稜は、Thanlyin-Kyauktan 山稜北部の連稜と考えることができる。

(3) 地質

ヤンゴン市の地質図を図 9.5.3 に示す。



出典: Modified by Tint Lwin Swe (2006)

図 9.5.3 ヤンゴン市の地質図

1) 起伏

ヤンゴン市と、隆起とデルタ低地を含む周辺地域及びバゴ山脈複背斜の伸張帯は、南北に方向の第三紀および第四紀の堆積盆地に位置している。

- 第三紀堆積層は、Pegu 古層群の Hlawga 頁岩、Thadugan 砂岩（古層）、Pegu 上層群の Besapet 互層（上層）及び、Irrawaddy 層の Arzarnigon 砂岩（下層）と Danyingon 粘土（上層）に属する。
- 第四紀堆積層は、ヤンゴン周辺に広く分布している古層及び新層の沖積層である。

- 地域的傾斜は、東に向かって低から中程度の傾斜角を有し、西の傾斜は非常に狭くしばしば若い沖積層により覆われている。

2) 岩相層序単元 (Lithostratigraphic Unit)

ヤンゴン周辺及び Bago 山脈の地域的な岩相層序単元を表 9.5.16 に示す。

表 9.5.16 ヤンゴン周辺及び Bago 山脈の地域的岩相層序単元

紀	統 (Series)	ヤンゴン周辺	Bago 山脈
第四紀	Recent	Young Alluvium	Alluvium
	Pleistocene	Valley-filled deposit	
第三紀	Pliocene	Danyingon Clay	Irrawaddy Formation
		Arzanigon Sandrock	
	Miocene	Besapet Alternation	Obogon Formation
		Thadugan Sandstone	Kyaukkok Formation
Oligocene	Hlawga Shale	(Unclear)	

注: 不整合 (Unconformity)

出典: Kyaw Htun (1996), Department of Geology, Yangon Technological University

3) 褶曲と背斜

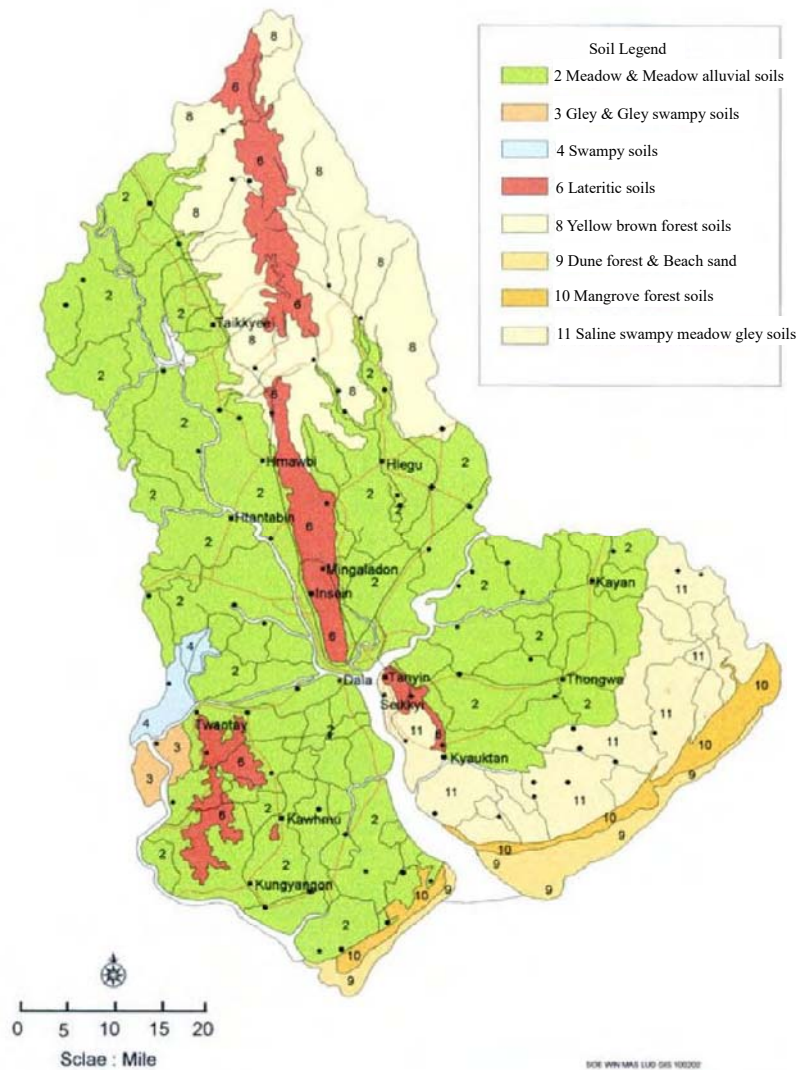
- ヤンゴン周辺は数多くの褶曲により複雑化しており、その結果、Hlawga 背斜、ヤンゴン – Mingaladon 背斜、Thingangyun-Thanlyin 背斜、Twante 背斜と見做される Bago 山脈の階層化された岩石褶曲が特徴的である。これら構造は、ほぼ北西から東北東-西南西方向の多数の断層が横断している。
- ヤンゴン – Mingaladon 背斜は北側に向かって突き出る弧状褶曲の長く狭い背斜隆起で、背斜突起の地形学的証拠が Danyingon で観察される。このヤンゴン – Mingaladon 背斜は対称ではなく非対称構造を持つ。
- この背斜の隆起の北端は、Htaukkyant を通り Hlegu の西方向の地域的向斜の西側面として北に向かい延びている。この背斜構造は、Danyingon と Mingaladon 空港の西側で区別され識別可能となる。

4) 断層

- Sagaing 断層 (最近活発な右横ずれ断層) は、新第三紀の構造発展特性の可能性を示唆する地域的な標識 (マーカー) として認識され、東部中央部を横断している。
- Mingaladon 空港の東側の水田で直線構造として観測される Mingaladon 断層はヤンゴン市で最大の断層で、通常の断層と考えられ、その断層面は東南東方向に沈み込んでいると推定される。
- 他の明確な断層として、Hlawga 背斜内の Pegu 上層群と Irrawaddy 層の岩石との間の岩石境界に Danyingon 断層が認識される。この断層は、特に Hlawga 湖周辺の 2 つの異なる岩石ユニットが並置されているため、現場で容易に観測することができる。

(4) 土壌

図 9.5.4 にヤンゴン地域の土壌分布を示す。



出典: Ministry of Agriculture and Irrigation

図 9.5.4 ヤンゴン地域 (Yangon Region) の土壌分布図

本調査対象地域は、表 9.5.17 に要約したように、主に牧草地土壌および牧草地沖積土壌およびラテライト性土壌で構成される。

表 9.5.17 調査対象地域の土壌

土壌	概要
Meadow Soil and Meadow Alluvial Soil	<ul style="list-style-type: none"> • The meadow soils which occur near the river plains with occasional tidal floods are non-carbonate. • This kind of soil usually contain large amount of salts. Meadow alluvial soils can be found in the flood plains. • This type of soil has the texture of silty clay loam and has neutral soil reaction and richly available in plant nutrients.
Lateritic Soil	<ul style="list-style-type: none"> • These soils occur mostly in the lower Myanmar in the lower slopes of the hills of Pegu Yoma, Rakhine Yoma, and Donna hill range. • These soils are found on well-drained low uplands and at the foot of low hills. • These usually occur at the elevation not higher than 90 m above sea level. • These are formed under the influence of the tropical forests under the conditions of wet tropical monsoon climate with 2000-5000 mm of rainfall. • Morphologically, yellow or yellow brown and reddish-brown colours characterize these soils. • The yellow and red colours of the soils are due to the presence of iron with oxidation and reduction processes. • In some places the horizons of pisolithic laterite are found at the depth of 457-508 mm, whereas, in other places these soils are not found even at the depth below 1.2 - 1.5 m. • The humus content of these soils in forest area is high but can be less in the deforested areas. • The soil reaction is acidic in the upper horizon and can be more acidic at the lower horizons.

出典: Ministry of Agriculture and Irrigation

(5) 水象

Panhlaiing 川 (Ayeyarwady 川の分流) と Hlaing 川 (Bago 山脈が源流) の合流地点 (モンキーポイントから約 8 マイル上流) でヤンゴン川が形成される。

- ヤンゴン市北部にある Ngamoeyeik/Pazundaung Creek は、市内の南東端に位置する「モンキーポイント」と呼ばれる地点でヤンゴン川に合流する。
- バゴ川はまた、ヤンゴン都市部の東部でヤンゴン川に合流し、合流地点からヤンゴン川は約 28 マイル南部でベンガル湾に流れ込む。
- ヤンゴンの河川は全て感潮河川である。

表 9.5.18 に、ヤンゴン港 (Sule Pagoda Wharf) における過去潮汐情報を示す。

表 9.5.18 ヤンゴン港 (Sule Pagoda Wharf) の潮汐記録

項目	潮汐高 (m)	観測日
Highest High-Water Level (HHWL)	+6.74	Sept. 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: Myanmar Port Authority

(6) 動植物

1) ヤンゴン都市圏の動植物相

ヤンゴン都市圏の植生は、半常緑、湿潤混合落葉樹、低混合落葉樹、沼沢林及びマングローブから構成される。一般的な樹木として、*Aporosa sp.*, *Pteropermum semiagittatum*, *Eugenia megacarpa*, *Rauvolfia ophiorrhizoides*, *Microcos paniculata*, *Markhamia stipulata*, *Casia sp.* 他, *Eupatorium sp.*, *Miliusa roxburghiana*, *Connarus monocarpus* 及び *Jasminum sessiliflorum* が挙げられる。

2012 年～2017 年の間に表 9.5.19 に示すように、ヤンゴン都市圏で計 554 種の動植物種が観測された (Appendix 18 参照)。

表 9.5.19 ヤンゴン都市圏の動植物種数 (2012 年-2017 年)

分類群		種数
植物相	Plant	234
動物相	Mammal	12
	Bird	161
	Reptile	16
	Amphibian	6
	Fish	55
	Invertebrate (Butterfly)	70
計		554

出典: JICA調査団調べ

2) 絶滅危惧種

表 9.5.20 に示すように、ヤンゴン都市圏で観測された 554 種の中で、2 種の動物種と 2 種の植物種が絶滅危惧種として記録されている。

表 9.5.20 絶滅危惧種の動植物 (2017 年)

分類群	科学名	一般名	属	IUCN 分類 (2017)*
植物相	<i>Dipterocarpus alatus</i>	Kanyin-phyu	Dipterocarpaceae	Vulnerable
	<i>Hopea odorata</i>	Thin-gan	Dipterocarpaceae	Vulnerable
動植物	<i>Indotestudo elongate</i>	Yellow tortoise	Testudinidae	Endangered
	<i>Python molurus bivittatus</i>	Burmese Python	Boidae	Vulnerable

注*: IUCN (International Union for Conservation of Nature) の絶滅危惧種分類(2017 年)

出典: JICA調査団調べ

- 黄色亀 (*Indotestudo elongate*) は、地元での消費と中国への輸出で乱獲され、自然生息地における個体数の減少を引き起こしている。
- ビルマニシキヘビ (*Python molurus bivittatus*) は、主に生息地喪失と人間活動のために危惧種となっている。
- 植物種の *Dipterocarpus alatus* と *Hopea odorata* は、国内消費と輸出用に過剰伐採されている。
- これら絶滅危惧種は、ミャンマー国の森林法で保護されている。

(7) 保護区及び緑地帯

1) 保護区

327ha の柵で囲われた中心部を持つ総面積 624ha の Hlawga 野生動物公園がヤンゴン市の Mingaladon タウンシップに位置している。公園の東側はヤンゴン Pyay 道路、南部は Hlawga 森林保護区、西部は水田、北部は Pe-Nwe-Gone Village と接している。

2) 都市緑地帯

Kandawgyi 庭園は著名な緑地で、自然と人工の植生が観察できる。また、一般的に知られている緑地帯として、Kandawgyi 公園、Inyar 湖公園、Thadu 湖公園、Mingalardon 公園、Myaing Hay Wun 公園、人民公園 (People's Park)、View Point Amusement 公園や Thakhinmya 公園がある。

(8) 風景

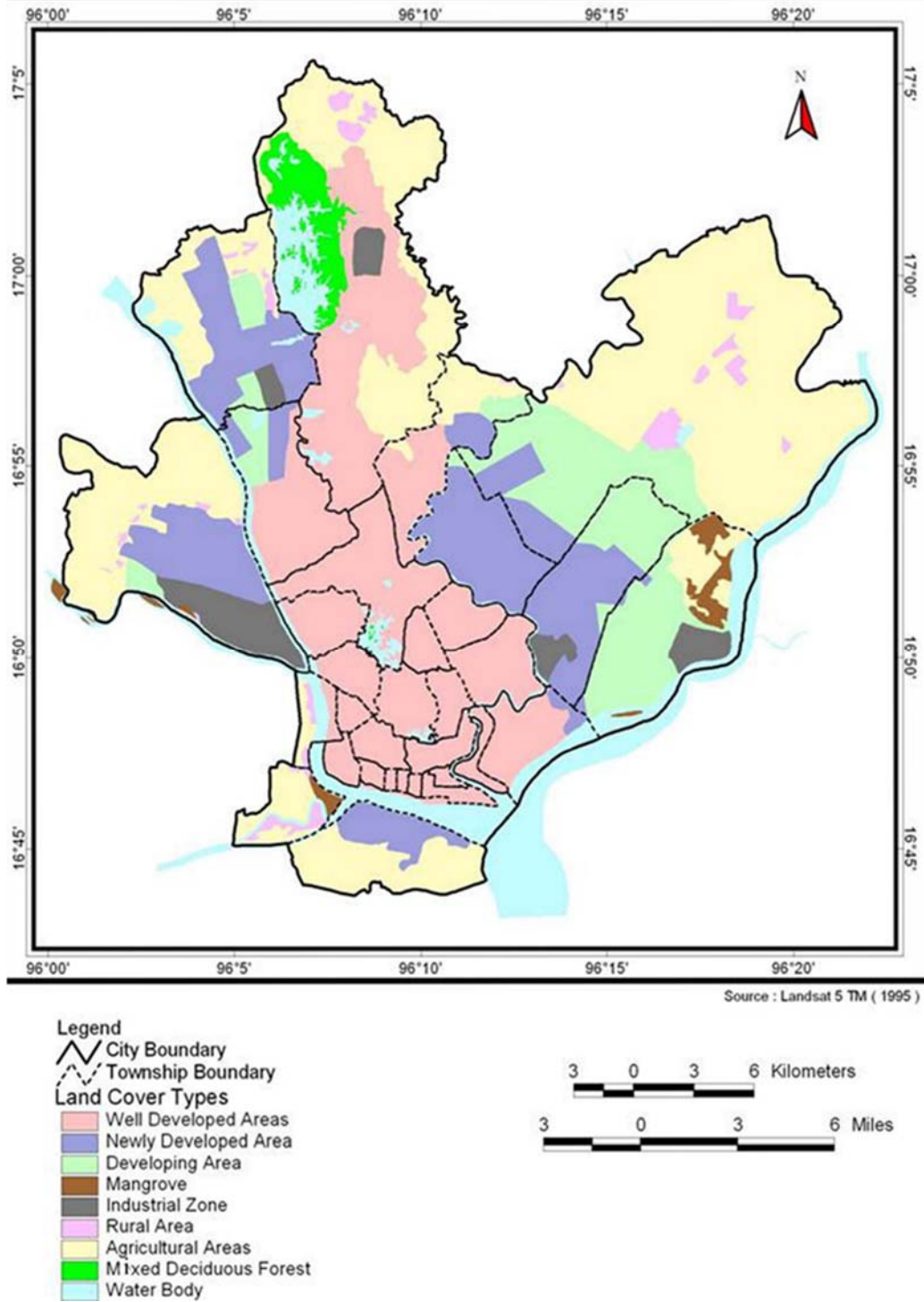
ヤンゴン市は、ミャンマー南部の Ayawady デルタ東部に位置し、西部の Haling 川と Pan-Hlaing 川及び、東部の Bago 川が南北に流れている。表 9.5.21 に 1872 年から 2005 年におけるヤンゴン市の面積拡張を示す。

表 9.5.21 ヤンゴン市の拡張

Year	Area (Square Miles)
1872	11
1876	13
1891	22
1901	18
1921	33.38
1953	47.57
1965	63.54
1973	80.55
1983	133.64
1991	223.22
1995	262.08
2005	306.81

出典: Forest Department, MONREC

ヤンゴン市の特徴的な景観は、図 9.5.5 に示す通りよく開発された住宅地、新しく開発された住宅地、住宅地の開発、マングローブ地域、(v) 工業地帯、農村地域、農業地域、混合落葉樹林、及び湖沼となる。



出典: Aye Myint et. Al (2009), UDE Research Journal, vol.1, no. 1

図 9.5.5 ヤンゴン市土地利用図

9.5.3 社会環境

(1) 人口動態

ヤンゴン市には、中心商業地区（CBD）、内環状地区、CBD 南部地区、旧郊外地区、外環状地区、北部郊外地区、新郊外地区など地区あり、合計 33 のタウンシップと 7 つのタウンシップ・グループで構成される。また、Kyauktan、Thanlyin、Hlegu、Hmawbi、Htantabin 及び Twantay の 6 つのタウンシップがヤンゴン市外部に存在している。

表 9.5.22 に調査対象地域の各タウンシップの人口及び人口密度を示す。

表 9.5.22 各タウンシップの人口動態 (2016年-2017年)

タウン シップ	家屋数	世帯数	人口			面積 (km ²)	人口密度 (per km ²)
			男性	女性	計		
Dagon	828	4,575	12,108	13,103	25,211	5.05	4,992
Latha	2095	7,800	15,901	21,337	37,238	1.40	26,596
Lanmadaw	965	5,563	12,113	15,228	27,341	0.81	33,754
Pabedan	1087	5,356	14,318	16,115	30,433	0.73	41,689
Kyauktada	1240	6,078	30,10	14,805	27,815	0.73	38,103
Bothtaung	1242	7,937	18,774	21,133	39,907	2.45	16,289
Pazuntaung	1591	9,533	20,127	24,658	44,785	1.01	44,342

出典: Township profiles (2017), Township Administrative Department

(2) 経済活動

調査対象地域の各タウンシップの経済活動を、主要経済活動、民間企業数及びタウンシップ純生産を示すことで、表 9.5.23 に要約する。

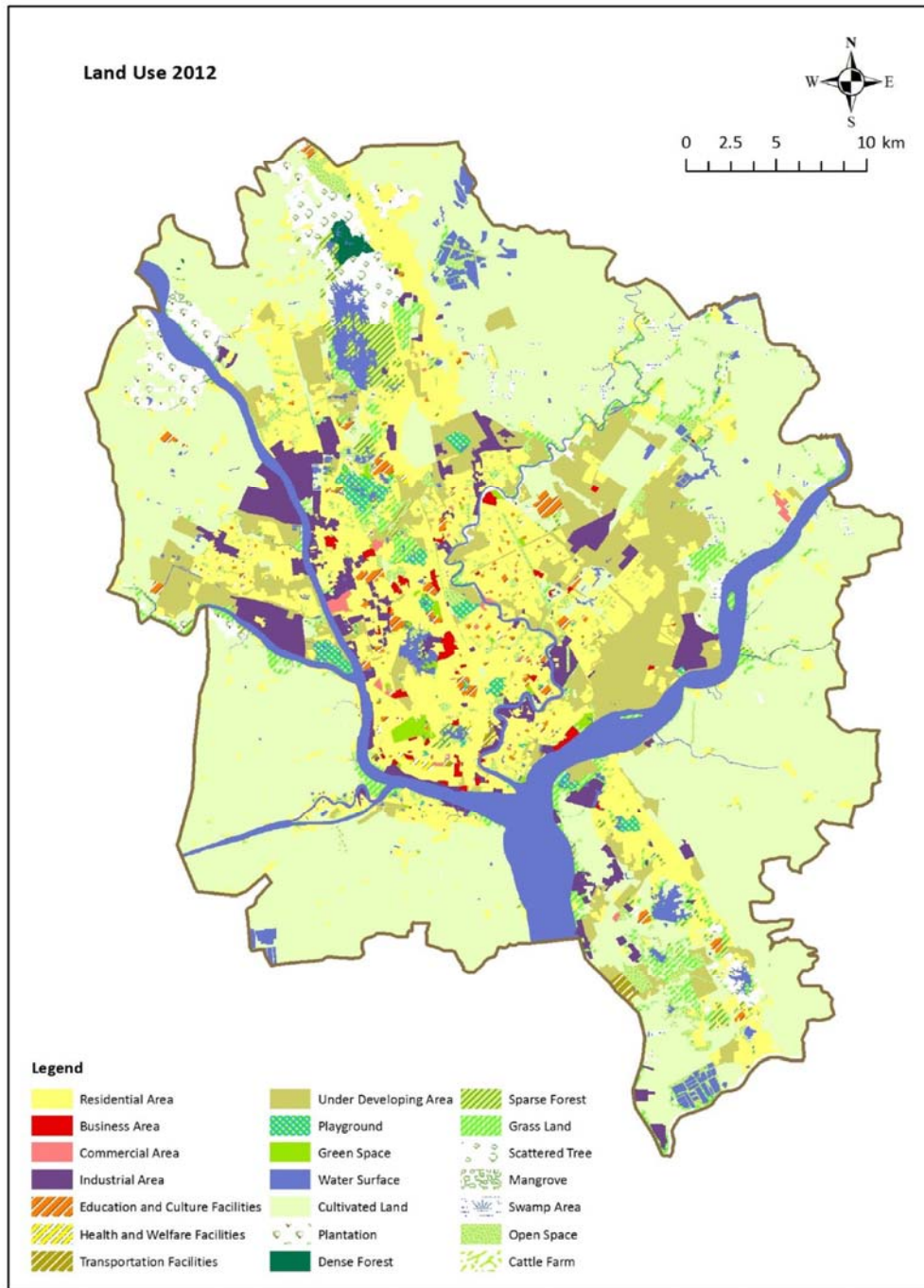
表 9.5.23 各タウンシップの経済活動

タウンシップ	概要
Dagon	<ul style="list-style-type: none"> • Main economic activities are export-import, hotel and tourism and other sale services. • There are about 37 private companies in Dagon Township. • Domestic net production (2016-2017) of the township is 70,649.5 million kyats and the net production and value of services is 3.7 million kyat/person.
Latha	<ul style="list-style-type: none"> • Main economic activity is sale services especially in gold and jewellery and hotel and tourism service is minor. • There are about 48 private companies in Latha Township. • Domestic net production (2016-2017) of the township is 140,652.3 million kyats and the net production and value of services is 6.6 million kyat/person.
Lanmadaw	<ul style="list-style-type: none"> • Main economic activity is sale services especially in gold and jewellery. • There are about 118 private companies in Lamadaw Township. • Domestic net production (2016-2017) of the township is 130,220.9 million kyats and the net production and value of services is 2.9 million kyat/person.
Pabedan	<ul style="list-style-type: none"> • Main economic activity is sale services especially in gold and jewellery, chemical, electric products. Hotel and tourism, and printing services are secondary. • There are about 4 private companies in Pabedan Township. • Domestic net production (2016-2017) of the township is 145,989.1 million kyats and the net production and value of services is 4.8 million kyat/person.
Kyauktada	<ul style="list-style-type: none"> • Main economic activities are sale services especially in electric and electronic products and media production while hotel and tourism, and printing services are secondary. • There are about 6 private companies in Kyauktada Township. • Domestic net production (2016-2017) of the township is 577,605.3 million kyats and the net production and value of services is 23.6 million kyat/person.
Bothtaung	<ul style="list-style-type: none"> • Main economic activities are inland water transportation, cargo handling services, etc. • There are about 112 private companies in Bothtaung Township. • Domestic net production (2016-2017) of the township is 100,782.1 million kyats and the net production and value of services is 2.8 million kyat/person.
Pazuntaung	<ul style="list-style-type: none"> • Main economic activities are fisheries, jetty service, cargo handling services, etc. • There are about 33 private companies in Pazundaung Township. • Domestic net production (2016-2017) of the township is 115,647.6 million kyats and the net production and value of services is 2.3 million kyat/person.

出典: Township profiles (2017), Township Administrative Department

(3) 土地利用

ヤンゴン市の土地利用図が、2012年のJICAの「ミャンマー国 ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査 (Project for the Strategic Urban Development Plan of the Greater Yangon)」において衛星情報を用いて作成された (図 9.5.6)。



出典: Project for the Strategic Urban Development Plan of the Greater Yangon, Final Report I, April 2013, JICA

図 9.5.6 ヤンゴン市土地利用図

同地図から、YCDC 管轄地域は開発済みと開発中の地域に分かれ、YCDC 境界外の地域のほとんどはヤンゴン中央の丘陵地帯から広がる丘陵地帯に位置する Thanlyin と Kyauktan の部分を除き農地となることがわかる。

(4) 交通

図 9.5.7 にヤンゴン市の道路及び鉄道網を示す。



出典: Final Report of A Strategic Urban Development Plan of Greater Yangon, 2013, JICA

図 9.5.7 ヤンゴン市内道路及び鉄道網

- バス、国所有の環状鉄道、河川船舶、タクシー及び自家用車の5つの輸送手段がある。
- バス網が市内の主要な交通手段であるが、鉄道は不便であるためその利用は限定されている。
- バスは、すべての公共交通機のほぼ80%を占め、残り20%は鉄道、河川輸送、タクシーとなる。
- 表 9.5.24 にヤンゴン市内の主要2道路の交通量増加予測を示す。

表 9.5.24 道路交通量増加予測 (PCU/時)

道路名	交通量ピーク	2012年	2020年	2025年	2030年
Lower Pazundaung Road	Morning Peak	2,105	3,111	3,970	5,067
	Evening Peak	2,114	3,167	4,042	5,159
Shwe Dagon Pagoda Road	Morning Peak	2,569	3,796	4,845	6,183
	Evening Peak	2,645	3,907	4,987	6,365

注: Traffic volume in each year was calculated based on the traffic counting results by YCDC in 2004 with 5.0% annual growth ratio.
 PCU; Passenger Car Unit

出典: Final Report of A Strategic Urban Development Plan of Greater Yangon, 2013, JICA

(5) 経済基盤と公共施設

調査対象地域の各タウンシップの経済基盤と公共施設を表 9.5.25 に示す。

表 9.5.25 調査対象地域の各タウンシップの経済基盤と公共施設

施設	Dagon	Latha	Lanmadaw	Pabedan	Kyauk tada	Botahtaung	Pazun taung
Cinema	1	-	-	5	-	-	-
Park	6	-	-	-	1	1	1
Market	2	3	3	4	1	2	3
Shopping Mall	-	-	-	1	-	-	-
Bank	6	28	16	24	30	20	13
University/Collage	-	2	1	-	-	1	1
School	10	9	6	6	7	13	16
Pagoda/Stupa	6	3	-	-	2	-	5
Monastery	45	66	-	1	-	5	29
Church	5	5	3	3	3	5	2
Mosque	2	4	1	11	8	10	1
Hindu Temple	-	-	1	7	2	7	8
Chinese Temple	-	5	3	1	-	-	-

出典: Township Profiles (2017), Township Administrative Departments

- 世帯の飲料及びその他利用のための水源は、市サービスの上水道及び掘削井戸からである。
- 電気は国所有の発電所からの供給である。
- 各タウンシップの下水道網は、エジェクターシステムによる下水網が多くの地区 (Word) で利用されているが、一方、市下水網が整備されていない幾つかの地区では腐敗槽が使用されている。
- 表 9.5.26 にヤンゴン地域の保健施設を示す。

表 9.5.26 ヤンゴン地域の保健施設 (2012 年)

No.	保健施設	数
1	Specialist Hospitals	9
2	General Hospitals	15
3	District Hospital	1
4	Township Hospitals	20
5	Station Hospitals	28
6	Primary Urban Health Centers	28
7	Secondary Urban Health Centers	22
8	Rural Health Centers (Main)	77
9	Rural Health Centers (Sub)	402
10	Maternity and Child Health Centers	15
11	School Health Centers	12
12	Community Nutrition Centers	25
13	Indigenous Medicine Centers	43
14	Diseases Campaigns	4
15	Private Clinics and Hospitals	2,887

出典: Health Profile, Department of Public Health, Yangon Region, 2012

調査対象地域の Latha、Lanmadaw 及び Dagon タウンシップには、3 つの中央レベルの病院がそれぞれある。一方、Botahtaung タウンシップには 200 床病院及びスクール保健所がそれぞれ一つある。

(6) 文化遺産

ヤンゴン市内には、仏塔、寺院、教会、モスクや 19 世紀から 20 世紀に建てられた英国植民地統治時代の建造物などの歴史的及び宗教的遺産が数多く存在している。

こうした歴史的建造物の保護として、1998 年に文化省により文化遺産保護保全法が施行された。1996 年には YCDC によりヤンゴン市遺産建造物保全リストが発行された。1930 年以前に建設された計 189 建造物が同リストに掲載された。このため、各建造物は歴史的建造物として 1996 以降維持管理されている。表 9.5.27 に各建造物及び所在地を示す。

表 9.5.27 ヤンゴン市遺産建造物

No.	Township	Admin / Institution	Social Bldg	Commercial Bldg	Residential	Religious Buildings					Total	Ratio	
						Christian	Buddhism	Hindu	Muslim	Chinese			others
1	Latha		2					1	1	3	7	3.7%	
2	Lanmadaw	2	3			1			1		7	3.7%	
3	Pabedan	6	2	1		2	1	5	5	1	23	12.2%	
4	Kyauktada	33		1		2	1		2		39	20.6%	
5	Bothtaung	3	3			2	1				9	4.8%	
6	Pazundaung					1	1	1	1		4	2.1%	
7	Ahlone		1								1	0.5%	
8	Kyee Myin Daing						1		1	1	3	1.6%	
9	Sanchaung	1	2			2	5		1	1	12	6.3%	
10	Dagon	2	5		1	3	6				17	9.0%	
11	Bahan	2			2		3			5	12	6.3%	
12	Tarnwe					1			2		3	1.6%	
13	Mingalar Taung Nyunt			1		3		3	2		9	4.8%	
14	Kamaryut		17			1	1				19	10.1%	
15	Hlaing							1			1	0.5%	
16	Yankin						1	3			4	2.1%	
17	Thingangyun					1	2				3	1.6%	
18	Mayangone						3				3	1.6%	
19	Insein	3	3			1					7	3.7%	
20	Mingalardon		1			2	2				5	2.6%	
21	North Okkalapa						1				1	0.5%	
Total		52	39	3	3	22	29	14	16	9	2	189	100%
		27.5%	20.6%	1.6%	1.6%	11.6%	15.3%	7.4%	8.5%	4.8%	1.1%	100%	

Notes: Administrative and Institutional Building: Offices, Medical Centers, etc. Social Buildings: Schools, hospitals, etc. Commercial Buildings: Hotels, Markets, etc.

出典: Project for the Strategic Urban Development Plan of the Greater Yangon, Final Report, April 2013, JICA

(7) 公衆衛生

2013 年におけるヤンゴン地域の主要疾病を示す。

表 9.5.28 ヤンゴン地域の主要疾病 (2013 年)

Sr. No.	ICD-10 Code	Causes	Male		Female		Total		Average duration of stay
			No.	%	No.	%	No.	%	
1	O80	Single spontaneous delivery	0	0.0	26777	13.7	26777	7.6	4.9
2	S09	Other and unspecified injuries of head	11010	7.0	4319	2.2	15329	4.3	4.1
3	O82	Single delivery by caesarean section	0	0.0	11478	5.9	11478	3.3	8.1
4	A09	Diarrhoea and gastroenteritis of presumed infectious origin	5946	3.8	4944	2.5	10890	3.1	4.2
5	H26	Other cataract	3899	2.5	6016	3.1	9915	2.8	3.2
6	A91	Dengue haemorrhagic fever	5114	3.2	4740	2.4	9854	2.8	4.5
7	B34	Viral infection of unspecified site	4706	3.0	4259	2.2	8965	2.5	4.4
8	F10	Mental and behavioural disorders due to use of alcohol	7223	4.6	195	0.1	7418	2.1	13.7
9	K29	Gastritis and duodenitis	3363	2.1	4027	2.1	7390	2.1	4.5
10	O06	Unspecified abortion	0	0.0	6715	3.4	6715	1.9	3.9
11	P59	Neonatal jaundice from other and unspecified causes	3373	2.1	2930	1.5	6303	1.8	4.7
12	J18	Pneumonia, organism unspecified	2753	1.7	2256	1.2	5009	1.4	5.7
13	A16	Respiratory tuberculosis, not confirmed bacteriologically or histologically	3226	2.0	1740	0.9	4966	1.4	9.5
14	K35	Acute appendicitis	1878	1.2	2339	1.2	4217	1.2	6.3
15	F39	Unspecified mood [affective] disorder	2662	1.7	1488	0.8	4150	1.2	30.6
	...	All other causes	102733	65.1	110617	56.8	213350	60.5	10.4
Total			157886	100	194840	100	352726	100	7.2

出典: Annual Hospital Statistics Report, Ministry of Health (2013)

表 9.5.29 に 2013 年におけるヤンゴン地域の主要死亡原因を示す。表から、HIV 感染による死亡者数は 809 例が確認され、2013 年における主要死亡原因の約 6.6%となる。

表 9.5.29 ヤンゴン地域の主要死亡原因（2013年）

Sr. No.	ICD-10 Code	Causes	Male		Female		Total		Average duration of stay
			No.	%	No.	%	No.	%	
1	B20	Human immunodeficiency virus [HIV] disease resulting in infectious and parasitic diseases	543	7.2	266	5.8	809	6.6	11.6
2	S09	Other and unspecified injuries of head	599	7.9	143	3.1	742	6.1	4.6
3	A41	Other septicaemia	321	4.2	271	5.9	592	4.9	5.8
4	A16	Respiratory tuberculosis, not confirmed bacteriologically or histologically	324	4.3	152	3.3	476	3.9	7.4
5	I61	Intracerebral haemorrhage	309	4.1	163	3.5	472	3.9	4.2
6	P07	Disorders related to short gestation and low birth weight, not elsewhere classified	228	3.0	169	3.7	397	3.3	7.0
7	K74	Fibrosis and cirrhosis of liver	289	3.8	67	1.5	356	2.9	6.4
8	I64	Stroke, not specified as haemorrhage or infarction	201	2.7	119	2.6	320	2.6	5.6
9	I50	Heart failure	149	2.0	157	3.4	306	2.5	6.5
10	I21	Acute myocardial infarction	151	2.0	125	2.7	276	2.3	3.1
11	N18	Chronic renal failure	130	1.7	131	2.8	261	2.1	8.7
12	R57	Shock, not elsewhere classified	115	1.5	93	2.0	208	1.7	3.6
13	C34	Malignant neoplasm of bronchus and lung	127	1.7	72	1.6	199	1.6	18.0
14	J18	Pneumonia, organism unspecified	112	1.5	87	1.9	199	1.6	3.9
15	C22	Malignant neoplasm of liver and intrahepatic bile ducts	144	1.9	42	0.9	186	1.5	9.3
	...	All other Causes	3816	50.5	2552	55.4	6368	52.3	7.8
		Total	7558	100.0	4609	100.0	12167	100.0	7.4

出典: Annual Hospital Statistics Report, Ministry of Health (2013)

(8) リスク

1) 洪水

ヤンゴン地域の洪水は、以下の3つの類型に分類される。

- 河川洪水。
- 局地的洪水；都市部の舗装等による低浸透率、排水インフラの悪化及び、村落部の老朽化したダム、堤防や築堤と相まった局所的に発生する豪雨（おそらく気候変動、ヒートアイランド現象などによる）。
- サイクロン及び高潮による洪水。

1997年～2007年に発生した主要な洪水は「Hazard Profile of Myanmar」に記録されているが、ヤンゴン都市圏における洪水は限定的である（表 9.5.30）。

表 9.5.30 ヤンゴン都市圏における過去の主要洪水（1997年-2007年）

場所	日付	被影響世帯数	被影響民数	死亡者数	備考
Kayan Township	7 th June 1997	1,189	5,878	0	North part of the region
Hta/16 Ward, Shwe Pyi Thar Township	8 th Sep 2002	886	4,541	0	Along the Hlaing River left bank within Greater Yangon

出典: Hazard Profile of Myanmar, Jul. 2009

2) サイクロン

サイクロンは、ベンガル湾で発生し、徐々に西側のインド方面に向かい、その後バングラデシュ及びミャンマーへと進路を取る。勢力の強いサイクロンは、4月から5月のプレ・モンスーン期及び10月から11月のポスト・モンスーン期に発生する傾向がある。

- 「Hazard Profile of Myanmar (2009)」によると、1887年～2005年の間に1,248のサイクロン（tropical stormとも呼ばれる）がベンガル湾で発生したが、その内80（全体の6.4%）がミャンマー沿岸に上陸した。
- 1947年から2008の間には、12のサイクロンが原因による高潮で甚大なる被害をミャンマーにもたらしたが、中でも2008年に発生したサイクロンNargisにより計138,373名が死

亡あるいは不明となった。

- サイクロンNargisは、ヤンゴン地域にも上陸し、洪水はヤンゴン市周辺の多くのタウンシップに広がった。特に、同サイクロンで浸水被害があった地域はDala、Twantay、Htantabin 及び Hleguタウンシップである。

3) 交通事故

表 9.5.31 及び 表 9.5.32 に 2008 年～2012 年のヤンゴン市における交通事故数及び、事故原因の分類を示す。

表 9.5.31 ヤンゴン市のタウンシップにおける交通事故数 (2008 年-2012 年)

Township	Cases					Died					Hurt				
	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
North Okkalapa	28	44	36	37	32	2	10	5	5	4	37	70	55	53	35
South Okkalapa	21	37	23	33	11	2	10	3	4	1	42	48	31	40	8
Thingungone	30	27	25	47	32	6	5	3	8	8	42	71	44	99	47
Yankin	24	7	13	27	17	4	1	-	2	2	32	6	29	34	13
South Dagon	27	32	27	54	32	8	6	10	13	11	49	61	47	51	59
Dagon Harbor	10	16	13	26	15	2	7	4	8	6	22	95	12	42	20
North Dagon	17	17	14	20	7	3	5	-	6	2	27	34	22	23	7
East Dagon	9	8	9	25	11	3	1	3	11	3	15	29	10	54	11
Pazundaung	8	1	6	11	4	3	-	1	2	1	5	-	4	8	3
Mingalartaungnyunt	29	30	18	30	20	4	5	4	2	3	41	68	32	37	21
Tarmwe	26	20	23	45	16	3	4	1	2	1	24	22	24	40	14
Tharkayta	19	28	38	46	22	4	4	6	9	4	52	62	67	50	35
Dawpone	10	13	18	19	9	3	1	6	2	1	26	26	25	25	16
Botahatung	8	24	13	23	2	1	4	1	2	-	8	79	14	47	7
Mayangone	53	70	51	78	42	8	19	7	11	9	104	128	75	139	56
Hlaing	27	44	37	61	41	6	8	12	15	9	38	94	56	85	74
Kamaryut	24	40	20	44	26	4	6	6	1	4	63	42	43	72	46
Bahan	31	50	39	70	36	8	7	6	11	5	60	67	65	106	51
Sanchaung	18	5	12	24	10	1	1	-	2	-	34	3	21	47	8
Kyimyindine	24	25	30	24	5	6	5	8	5	1	40	26	32	25	4
Ahlone	14	22	24	21	10	5	1	3	1	4	35	49	30	20	6
Dagon	11	22	16	24	9	1	-	2	1	-	26	22	25	41	5
Lanmadaw	17	19	16	19	9	5	3	2	6	-	19	26	34	21	7
Latha	7	12	4	13	7	1	1	-	-	3	11	15	3	12	4
Panbedan	8	5	5	12	2	-	-	-	1	1	7	6	7	9	1
Kyauktada	19	12	10	12	5	3	1	-	-	-	25	42	20	21	5
Seikkan	1	1	2	3	1	6	-	1	2	-	1	-	-	-	-
Insein	36	62	54	88	50	21	16	15	13	12	48	91	74	138	114
Mingalardon	52	88	103	104	73	5	34	31	31	34	135	203	212	206	189
Shwepyithar	14	19	23	23	15	25	7	9	3	7	35	27	22	46	12
Hlaing Tharyar	46	64	73	106	49	-	34	26	29	16	82	107	116	239	78
Total	668	864	795	1169	620	153	206	175	208	152	1185	1619	1251	1830	956

出典: YCDC (2013)

表 9.5.32 ヤンゴン地域の交通事故分類 (2008 年-2012 年)

Category	Cases					Died					Hurt				
	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
Careless driving	393	411	432	601	282	90	87	78	101	53	828	895	771	895	382
Over speed	19	72	32	126	69	4	13	12	24	27	46	322	129	469	285
Passenger's careless	25	23	21	32	18	7	7	8	6	11	19	17	15	28	8
Across road	127	218	181	238	137	34	63	46	56	34	113	186	150	195	117
Slow vehicle	26	41	33	44	18	7	13	12	9	6	27	44	28	45	16
Driver's no expert	4	4	5	8	1	-	-	1	-	-	18	11	6	6	-
No license	41	70	68	100	84	8	19	15	11	18	57	95	87	162	109
Car breaking down	21	18	20	14	9	2	1	3	1	3	60	43	56	18	27
Drunk driving	10	5	-	4	-	-	-	-	-	-	12	3	-	2	-
Waether condition	1	1	3	1	2	-	-	-	-	-	5	3	9	10	12
Rough roads	1	1	-	1	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	668	864	795	1169	620	153	206	175	208	152	1185	1619	1251	1830	956

出典: YCDC (2013)

- 2008 年～2012 年の 5 年間の死亡者数は 150～200 名／年であった。
- 交通事故原因としては 11 の分類があるが、中でも不注意運転が死亡事故の原因とした高い率を示している主原因である。

9.6 YCDC による EIA 手続き

9.6.1 EIA 手続きに必要な予算要求

項目 9.3.6 に示した通り下水道事業は EIA 通知（2015）に基づき、YCDC は事業提案者として MONREC の ECD から環境許可証（ECC：Environmental Compliance Certificate）取得するための EIA 手続きを実施することが求められる。

YCDC は、EIA 手続き実施のため来年度予算として 50 百万チャットの予算要求手続きを開始している（Appendix 19 参照）。

- 2017 年の後半にミャンマー政府は新予算年度を決定した。この結果、2018-2019 年度予算は 2018 年 10 月から開始され 2019 年 9 月に終了する。
- 従って、本調査後に実施することになる当該 EIA 調査予算の執行は、2019-2020 年度予算の 2019 年 10 月～2020 年 9 月の間となる。

9.6.2 EIA 手続き実施手法

下水道事業は、EIA 手続きが必要となるが、項目 9.3.6 及び表 9.3.4 に整理したように、EIA 手続きは、スクリーニングから始め、その後に MONREC 登録のローカルコンサルタントを調達する必要がある。

下水道事業に係る適切な EIA 手続き実施の考えうる手法を表 9.6.1 に整理する。

表 9.6.1 適切な EIA 手続きのための実施手法

手法	概要
本 JICA 調査結果の活用	The results of the environmental and social considerations in this Study shall be reflected in the EIA investigation for the Project during the detailed design stage.
コンサルティング・サービスにおける EIA 手続き支援	A local consultant licensed by MONREC shall implement the EIA Procedure for the Project under the supervision by a consultant team to be employed by YCDC. An EIA investigation (which is conducted in the EIA Procedure) results shall be reflected appropriately in the implementation and operation of the Project.
国際及び現地専門家の雇用	Two international experts and two national experts in environmental impact assessment and social impact assessment shall be assigned as the members of the consultant team and shall take charge of the supervision of the EIA Procedure.
YCDC の EDWSC からカウンターパート（C/P）職員の選定	YCDC shall assign two C/Ps from EDWS staff to take charge of the supervision of the EIA investigation in collaboration with the consultant's experts, who shall also organize a technical cooperation program for capacity development of the EDWS staff through on-the-job training (OJT) relating to the subjects of environmental and social considerations, EIA, environmental management plan (EMP), and environmental monitoring plan (EMoP).

出典: JICA 調査団

9.6.3 EIA 手続き査及び ECC 発行工工程案

表 9.6.2 に、以下に示す諸点を考慮した EIA 手続き及び ECC 発行の工工程案を示す。

- 2019 年 10 月に EIA 手続き予算の執行が予期される。
- EIA 通知（2015）で規定されている、EIA 手続きに係る必要日数（表 9.3.5 参照）。
- EIA 手続きに必要な全体の期間としては、スクリーニング手続き、ローカルコンサルタントの雇用、スコーピング手続き、EIA 調査、SHM、住民協議、環境許可発行等が含まれるため、1 年となる。
- 下水道事業に係る EIA 手続きは入札図書準備前に終了することが求められる。

に規定した法規はミャンマー国に存在しない。しかしながら、以下に示す EIA 通知 (2015) の第 7 項に以下の規定がある。(表 9.3.6 参照)

- **EIA 通知 (2015) の第 7 項:** 「EIA 手続きは、住民移転に関連した特定の事項を扱っていない。住民移転を伴う全ての事業は、各関連省が発行する別個の手続きに追加して従うものとするが、そのような手順がない場合には、非自発的定住に関する国際的なベストプラクティスに従うものとする」。

従って、この事業はまた、国際的金融機関のセーフガード政策、具体的には IFC パフォーマンス基準 (PS) および JICA ガイドラインと整合する必要がある。

さらに、JICA ガイドラインは、世銀のセーフガード政策 (OP4.12 附属書 A 住民移転計画) と整合性を取っているため、参考とする。

(3) 公益のための農地取得手続き

- 公益のために、農地を取得するための主な段階を以下に示す。
- 第一段階: 事業者は、農地転用の許可を関連のタウンシップにある土地登記局 (Land Record Department) から取得する。
- 第二段階: 事業者は、関連のタウンシップの GAD (General Administration Department) が組織する補償委員会 (Compensation Committee) と協議し補償金額を決定する。

9.7.2 非自発的住民移転に係る JICA 政策

「非自発的住民移転に係る JICA 政策」を以下に示す。

<p>The key principle of JICA policies on involuntary resettlement is summarized below.</p> <p>I. Involuntary resettlement and loss of means of livelihood are to be avoided when feasible by exploring all viable alternatives.</p> <p>II. When, after such an examination, avoidance is proved unfeasible, effective measures to minimize impact and to compensate for losses must be agreed upon with the people who will be affected.</p> <p>III. People who must be resettled involuntarily and people whose means of livelihood will be hindered or lost must be sufficiently compensated and supported, so that they can improve or at least restore their standard of living, income opportunities and production levels to pre-project levels.</p> <p>IV. Compensation must be based on the full replacement cost* as much as possible.</p> <p>V. Compensation and other kinds of assistance must be provided prior to displacement.</p> <p>VI. For projects that entail large-scale involuntary resettlement, resettlement action plans must be prepared and made available to the public. It is desirable that the resettlement action plan include elements laid out in the World Bank Safeguard Policy, OP 4.12, Annex A.</p> <p>VII. In preparing a resettlement action plan, consultations must be held with the affected people and their communities based on sufficient information made available to them in advance. When consultations are held, explanations must be given in a form, manner, and language that are understandable to the affected people.</p> <p>VIII. Appropriate participation of affected people must be promoted in planning, implementation, and monitoring of resettlement action plans.</p> <p>IX. Appropriate and accessible grievance mechanisms must be established for the affected people and their communities.</p> <p>Above principles are complemented by World Bank OP 4.12, since it is stated in JICA Guideline that “JICA confirms that projects do not deviate significantly from the World Bank’s Safeguard Policies”. Additional key principle based on World Bank OP 4.12 is as follows.</p> <p>X. Affected people are to be identified and recorded as early as possible in order to establish their eligibility through an initial baseline survey (including population census that serves as an eligibility cut-off date, asset inventory, and socioeconomic survey), preferably at the project identification stage, to prevent a subsequent influx of encroachers of others who wish to take advance of such benefits.</p> <p>XI. Eligibility of Benefits include, the PAPs who have formal legal rights to land (including customary and traditional land rights recognized under law), the PAPs who don't have formal legal rights to land at the time of census but have a claim to such land or assets and the PAPs who have no recognizable legal right to the land they are occupying.</p> <p>XII. Preference should be given to land-based resettlement strategies for displaced persons whose livelihoods are land-based.</p> <p>XIII. Provide support for the transition period (between displacement and livelihood restoration).</p> <p>XIV. Particular attention must be paid to the needs of the vulnerable groups among those displaced, especially those below the poverty line, landless, elderly, women and children, ethnic minorities etc.</p> <p>XV. For projects that entail land acquisition or involuntary resettlement of fewer than 200 people, abbreviated resettlement plan is to be prepared.</p>
--

In addition to the above core principles on the JICA policy, it also laid emphasis on a detailed resettlement policy inclusive of all the above points; project specific resettlement plan; institutional framework for implementation; monitoring and evaluation mechanism; time schedule for implementation; and, detailed Financial Plan etc.

* Description of “replacement cost” is as follows.

Land	Agricultural Land	The pre-project or pre-displacement, whichever is higher, market value of land of equal productive potential or use located in the vicinity of the affected land, plus the cost of preparing the land to levels similar to those of the affected land, plus the cost of any registration and transfer taxes.
	Land in Urban Areas	The pre-displacement market value of land of equal size and use, with similar or improved public infrastructure facilities and services and located in the vicinity of the affected land, plus the cost of any registration and transfer taxes.
Structure	Houses and Other Structures	The market cost of the materials to build a replacement structure with an area and quality similar or better than those of the affected structure, or to repair a partially affected structure, plus the cost of transporting building materials to the construction site, plus the cost of any labour and contractors’ fees, plus the cost of any registration and transfer taxes.

出典: JICA Guidelines

9.7.3 用地取得及び住民移転に係る JICA ガイドラインとミャンマー国関連法規とのギャップ分析

用地取得及び住民移転に係る JICA ガイドラインとミャンマー国関連法規とのギャップの比較分析を表 9.7.2 に示す通り実施した。

**表 9.7.2 用地取得及び住民移転に係る JICA ガイドラインと
ミャンマー国関連法規とのギャップ分析**

No.	JICA ガイドライン (GL)	ミャンマー国の関連法規	JICA GL とミヤ国の関連法規とのギャップ分析
1	Involuntary resettlement and loss of means of livelihood are to be avoided when feasible by exploring all viable alternatives. (JICA GL)	No relevant laws other than the Art. 7 of EIA Notification (2015).	There is no regulation which mentions or requests to avoid or minimize involuntary resettlement and loss of livelihood means in Myanmar. However, following the Article 7 of EIA Notification (2015), it can be considered there may have no gap.
2	When population displacement is unavoidable, effective measures to minimize impact and to compensate for losses should be taken. (JICA GL)	Compensation or indemnity is provided for farmland acquisition for the interest of the State or public. (Farmland Law (2012) Art. 26, Farmland Rules (2012) Art. 64)	There is no difference.
3	People who must be resettled involuntarily and people whose means of livelihood will be hindered or lost must be sufficiently compensated and supported, so that they can improve or at least restore their standard of living, income opportunities and production levels to pre-project levels. (JICA GL)	Damages to standing crops/trees, lands, movable/immovable properties, transfer cost, economic activities are requested to compensate. (Land Acquisition Act (1894) Art. 23, Farmland Rules (2012) Art. 67)	There is no stipulation of improving or at least restoring living standard, income opportunities and production levels to pre-project levels in the Myanmar legal framework
4	Compensation must be based on the full replacement cost as much as possible. (JICA GL)	Land: Market-value compensation (Land Acquisition Act (1894) Art.9, 23 (1) and 23(2)) Crops: Compensation at three times of the value calculated based on the average production of crops in the current market price of that area is provided. (Farmland Rules (2012) Art. 67)	Land: Partial gap since the act lacks standard methodology in determining compensation, though it requires considering the market value. Additionally, there would be a gap between the market value and full replacement cost. Crops: There is no significant difference.
5	Compensation and other kinds of assistance must be provided prior to displacement. (JICA GL)	When compensation is not paid on or before land acquisition, compensation amount awarded with interest rate must be paid.	There is no clear indication about timing of compensation payment in the Myanmar legal framework.
6	For projects that entail large-scale involuntary resettlement, resettlement action plans must be prepared and made available to the public. (JICA GL)	Not applicable	There is no regulation which mentions or requests to avoid or minimize involuntary resettlement and loss of livelihood means.
7	In preparing a resettlement action plan, consultations must be held with the affected people and their communities based on sufficient information made available to them in advance. (JICA GL)	Not applicable	There is no regulation requesting to organize consultations with PAPs.
8	When consultations are held, explanations must be given in a form, manner, and language that are understandable to the affected people. (JICA GL)	Not applicable	There is no regulation requesting to organize consultations with PAPs
9	Appropriate participation of affected people must be promoted in planning, implementation, and monitoring of resettlement action plans. (JICA GL)	Not applicable	There is no regulation requesting participation of PAPs into planning, implementation and monitoring of resettlement action plans.
10	Appropriate and accessible grievance mechanisms must be established for the affected people and their communities. (JICA GL)	1) Notice of compensation amount to PAPs directly; appeal to the court within six weeks from the date of compensation award 2) Notice of compensation amount to representatives of PAPs: i) within six weeks of	The procedure of grievance in the Myanmar context is direct settlement at the court, which is not necessarily easy or accessible to PAPs.

No.	JICA ガイドライン (GL)	ミャンマー国の関連法規	JICA GL とミヤ国の関連法規とのギャップ分析
		receipt of compensation notice, or ii) within six months from the from the date of compensation award, whichever period shall be first expiring (Land Acquisition Act (1894) Art. 18)	
11	Affected people are to be identified and recorded as early as possible in order to establish their eligibility through an initial baseline survey (including population census that serves as an eligibility cut-off date, asset inventory, and socioeconomic survey), preferably at the project identification stage, to prevent a subsequent influx of encroachers of others who wish to take advance of such benefits. (WB OP4.12 Para.6)	A notification of land acquisition or public purposes is published in the Gazette, which is also published at the convenient place in the concerned municipality. (Land Acquisition Act (1894) Article 4)	There is no specific description of identifying affected people as early as possible in the national law.
12	Eligibility of benefits includes, the PAPs who have formal legal rights to land (including customary and traditional land rights recognized under law), the PAPs who don't have formal legal rights to land at the time of census but have a claim to such land or assets and the PAPs who have no recognizable legal right to the land they are occupying. (WB OP4.12 Para.15)	Occupiers/stakeholders of lands to be acquired are explained about acquisition and claims to compensations. (Land Acquisition Act (1894) Article 9)	Detail procedures as well as eligibility criteria are not clearly defined. Also, there is no specific indication about displaced persons without titles.
13	Preference should be given to land-based resettlement strategies for displaced persons whose livelihoods are land-based. (WB OP4.12 Para.11)	Not Applicable	There is no regulation stipulating to give land-based resettlement strategies.
14	Provide support for the transition period (between displacement and livelihood restoration). (WB OP4.12 Para.6)	Not Applicable	There is no regulation stipulating to provide support for the transition period.
15	Particular attention must be paid to the needs of the vulnerable groups among those displaced, especially those below the poverty line, landless, elderly, women and children, ethnic minorities etc. (WB OP4.12 Para.8)	Not Applicable	There is no regulation stipulating to provide particular attention to the vulnerable groups.
16	For projects that entail land acquisition or involuntary resettlement of fewer than 200 people, abbreviated resettlement plan is to be prepared. (WB OP4.12 Para.25)	Not Applicable	There is no regulation stipulating to prepare resettlement plan.

Note: PAH: Project Affected Household, PAP: Project Affected People, RAP: Resettlement Action Plan, ARAP: Abbreviated Resentment Plan
 出典: - Framework of Resettlement Works for the 2000ha Development Area of Thilawa SEZ, Feb 2016, Thilawa SEZ Management Committee
 - EIA Notification (2015), - JICA Guidelines (GL), - WB Safe Gard Policy, - JICA 調査団

9.8 気候変動への適応

下水道事業は下水道施設整備を通じ雨天時における排水を改善することにより、気候変動の影響として想定される豪雨や洪水の際における公衆衛生環境等の悪化の低減が期待されるため、気候変動適応策に資する。

第10章 財務・経済分析

10.1 資金調達

本事業の実施機関は YCDC であり、初期投資費は円借款（融資適格部分）と YCDC の独自資金（融資非適格部分）により賄われる。円借款部分は、借款契約（L/A）に基づきミャンマー計画財務省に貸し出され、転貸契約にもとづき YCDC へ転貸される。YCDC が以前転貸を受けた円借款事業（ヤンゴン都市圏上水整備事業）では、転貸条件（金利や返済スケジュール等）は借款契約に準じている。また返済時は円建て返済額をその時点での現地通貨で YCDC から計画財務省へ支払うことから、為替リスクは YCDC が負う。今回も同様の転貸条件であると想定する。

10.2 YCDC の財政状況

YCDC の中長期的な財務持続性を検討するため、ここでは現在の収支・債務状況をみる。YCDC はヤンゴン市中心部 33 タウンシップの行政を担当し、課税、サービス・ライセンス料金や不動産開発などにより独自収入を得る権限を有する。本調査開始時点では 20 の部局があり¹、ある部局の赤字は他部局の黒字により全体として収支バランスを保ってきた。YCDC の予算はヤンゴン地域政府の一部であるが、YCDC がヤンゴン地域政府および中央政府から定期的に補助金を受け取ることはない。

10.2.1 水衛生局の財政状況

表 10.2.1 に水衛生局の現金ベースの収支を示す。

¹ 2018 年 6 月に承認された新 YCDC 法で組織変遷が予定される。

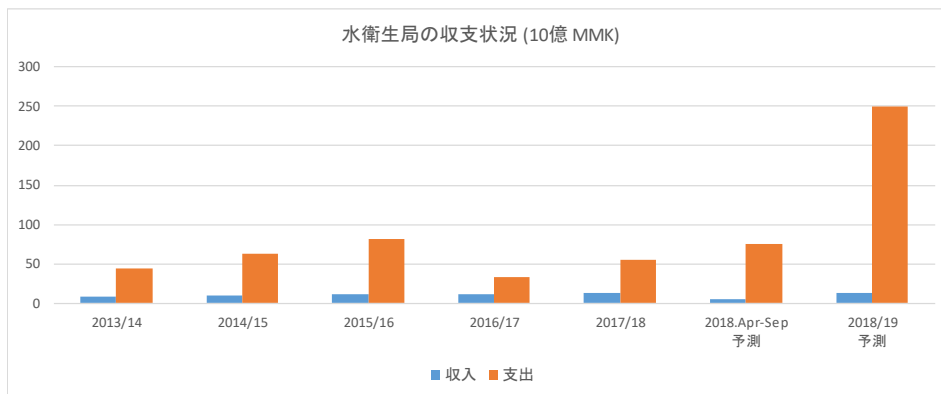
表 10.2.1 水衛生局の財政状況

水衛生局 財務状況 (単位: 百万MMK)	実績 2013/14	実績 2014/15	実績 2015/16	実績 2016/17	実績 2017/18	予測 2018-Apr-Sep	予測 2018/19
I. 収入	7,599	9,288	11,753	12,104	13,323	5,961	12,519
1. Water Tariff Revenue	7,084	8,515	10,193	10,908	12,102	5,350	11,419
(1) Government	1,111	1,608	1,697	1,620	1,677	500	1600
(2) Public	5,973	6,906	8,497	9,288	10,425	4,850	9,818.7
2. House Connection Fees	218	296	536	416	456	282	450
3. Water Meter Sales	130	280	732	549	580	261	519
4. Others	167	197	292	232	186	68	131
II. 経常支出	-9,377	-13,624	-16,496	-18,153	-18,143	-10,864	-22,439
1. Salary and allowance	-1,512	-1,729	-2,233	-2,186	-2,146	-1,144	-2,287
2. Materials and service expenses	-5,631	-9,552	-11,474	-13,006	-13,110	-7,989	-15,975
(1) Labor expenses	-951	-1,055	-1,192	-1,407	-1,448	-797	-1,602
(2) Transportation	-27	-28	-30	-11	-16	-15	-20
(3) Fuel and lubricant	-121	-72	-45	-33	-50	-50	-100
(4) Electricity	-2,865	-6,374	-8,964	-10,111	-9,838	-5,400	-10,800
(5) Equipment	-1,603	-1,943	-1,192	-1,381	-1,688	-1,672	-3,339
(6) Others	-63	-80	-50	-63	-69	-55	-114
3. Maintenance expenses	-2,234	-2,343	-2,789	-2,961	-2,886	-1,731	-4,178
(1) Machinery and accessories	-240	-290	-143	-150	-237	-220	-451
(2) Buildings	-340	-340	-337	-314	-200	-185	-524
(3) Roads	-59	-60	-95	-147	-86	-150	-550
(4) Vehicles	-20	-18	-19	-19	-25	-25	-50
(5) Watercrafts	-10	-9	-3	-3	-3	-3	-3
(6) Others	-1,566	-1,626	-2,192	-2,328	-2,335	-1,149	-2,600
III. 資本支出	-34,402	-49,362	-65,461	-14,920	-36,733	-63,943	-226,942
1. Expansion of piping	-190	-2,243	-5,146	-1,277	-3,626	-718	-5,198
2. Water supply projects	-32,153	-38,860	-56,055	-11,863	-29,375	-60,741	-211,236
(1) Ngamoeyeik-Hlawga	-13,299	-11,571	-31,766	-3,987		-4,603	-8,595
Ngamoeyeik-Hlawga (YCDC)	-12,665	-9,185	-19,227	-2,814			
Ngamoeyeik-Hlawga (ODA Grant)	-634	-2,385	-12,539	-1,172			
(2) Lagunbyin	-12,834	-22,328	-15,913	-6,580	-26,404	-46,436	-98,518
Lagunbyin (YCDC)	-12,834	-22,328	-13,098	-3,554	-4,741	-5,011	-20,925
Lagunbyin (ODA Loan)	0	0	-2,815	-3,026	-21,663	-41,425	-77,593
(3) Greater Yangon Water Supply	-3,350	-930	-282	-204	-202	-1,677	-4,445
(4) Reservoirs and tube wells	-2,556	-3,527	-5,231	-821	-2,629	-2,515	-2,990
(5) Hlawga-Yangon	-115	-5	-80	0	0	0	0
(6) Kokkowa	0	-498	-2,783	-271	-140	-5,510	-96,688
3. Sanitation works	-167	-241	-208	-55	-389	-352	-3,693
4. Water supply facility expansion	-1,843	-7,950	-4,013	-1,725	-3,344	-2,132	-6,815
(1) Water supply facility expansion (Downtown)	-732	-4,922	-2,990	-510	-3,344	-2,132	-6,815
(2) Myo Daw purified water production	-784	-3,028	-1,024	-1,215	0	0	0
(3) Pipe production factory	-327	0	0	0	0	0	0
5. Sewerage treatment plant	-49	-69	-39	0	0	0	0
IV. 収支	-36,181	-53,698	-70,205	-20,969	-41,553	-68,845	-236,862

出典: YCDC のデータに基づき JICA 調査団作成

注: ミャンマーの会計年度は 2018 年に従来の 4 月～3 月から、10 月～9 月へと変更している。従い 2018 年 4 月～9 月の半年間は過渡期として設定されている。

水衛生局への収入は、約 90%が上水料金収入からなり、残りは戸別接続料や水道メータ売上からなる。下水関連では浄化層設置の許可を付与する際にごく僅かの収入があるのみである。運営・維持管理費が同局の全収入を超過しており、電気代がその約半分を占める。今後ヤンゴン都市圏上水整備事業（フェーズ 1 および 2）の実施が進展すると共に資本支出は急増し、収支バランスが悪化することが見込まれる（図 10.2.1）。現状の改善には水道料金の値上げや下水料金の導入が重要な手段と考える。

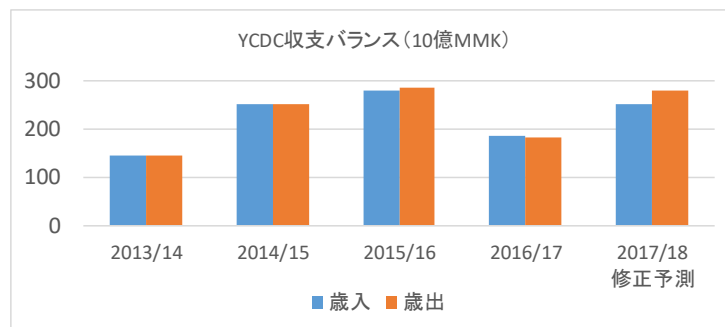


出典: YCDC のデータに基づき JICA 調査団作成

図 10.2.1 水衛生局の収支

10.2.2 YCDC の財政状況

YCDC の現金収出入状況は図 10.2.2 の通り (2016/17 年までは実績値、2017/18 は修正予測値)。これまでは全体として収支をバランスさせてきたが、2015/16 は例外で、中央政府が公務員の昇給を決定し、不足分は後に政府補助金で補填された。



出典: YCDC のデータに基づき JICA 調査団作成

図 10.2.2 YCDC の収支バランス

内訳(表 10.2.2)をみると、経常収入は 5 年間を通じて経常支出を上回っている。資本収入の 70-80%は技術部 (建築物) および都市計画・土地管理部が住宅開発や土地リース等を通じて上いるため、不動産市場から多大な影響を受ける。よって、政府により関連規制が導入された 2016/17 はマーケットが停滞したため資本収入は下落した。資本支出は 2013/14 から 2015/16 にかけて急増し、同 3 年間の平均内訳は、道路・橋梁 (40%)、水・衛生(31%)、建築物(17%)事業への開発投資となっている。2016/17 は市の収入減と合わせる形で前年比 61% 減だが、翌年は回復しており、内 48%が水・衛生事業への投資である。

表 10.2.2 YCDC の歳入および歳出

単位: 百万MMK

YCDC財政	実績 2012/13	実績 2013/14	実績 2014/15	実績 2015/16	実績 2016/17	修正予測 2017/18
I. 歳入	103,167	145,768	252,179	279,359	184,888	250,579
1. 経常収入	95,311	92,180	134,232	141,795	140,821	145,146
2. 資本収入	7,856	52,953	115,562	122,210	39,870	46,516
3. 海外からのグラント		634	2,385	12,539	1,172	0
4. 借入				2,815	3,026	58,917
II. 歳出	100,198	145,727	252,141	284,826	181,761	278,563
1. 経常支出	48,273	50,410	67,693	79,779	101,337	103,370
2. 資本支出	51,926	95,317	184,448	205,047	80,424	175,192
III. 収支	2,969	41	38	(5,467)	3,127	(27,984)

出典: YCDC のデータに基づき JICA 調査団作成

第11章 運営組織強化、制度整備

11.1 本章の概要

新規下水道システムの円滑な導入を目的とし、本章では組織強化及び制度整備について提案する。

11.2 組織強化

11.2.1 組織の設置

プロジェクトの実施には、“詳細設計”、“入札支援”、“施工”の段階が含まれ、さらに本事業の実施に関与するコンサルタントと施工業者の調達も含まれる。プロジェクトの実施を管理するためにプロジェクトマネジメントユニット（PMU）と選定委員会を YCDC は設置する。

11.2.2 プロジェクト実施のための能力開発

大規模プロジェクトの実施に際しては、詳細設計や施工監理段階において、政府機関、コンサルタント、施工業者、裨益住民など全てのステークホルダーとの連携を統括する管理部門の設置が必要となる。本事業では図 11.2.1 に示す PMU を提案する。PMU は、コンサルティングサービス開始前に設立する。

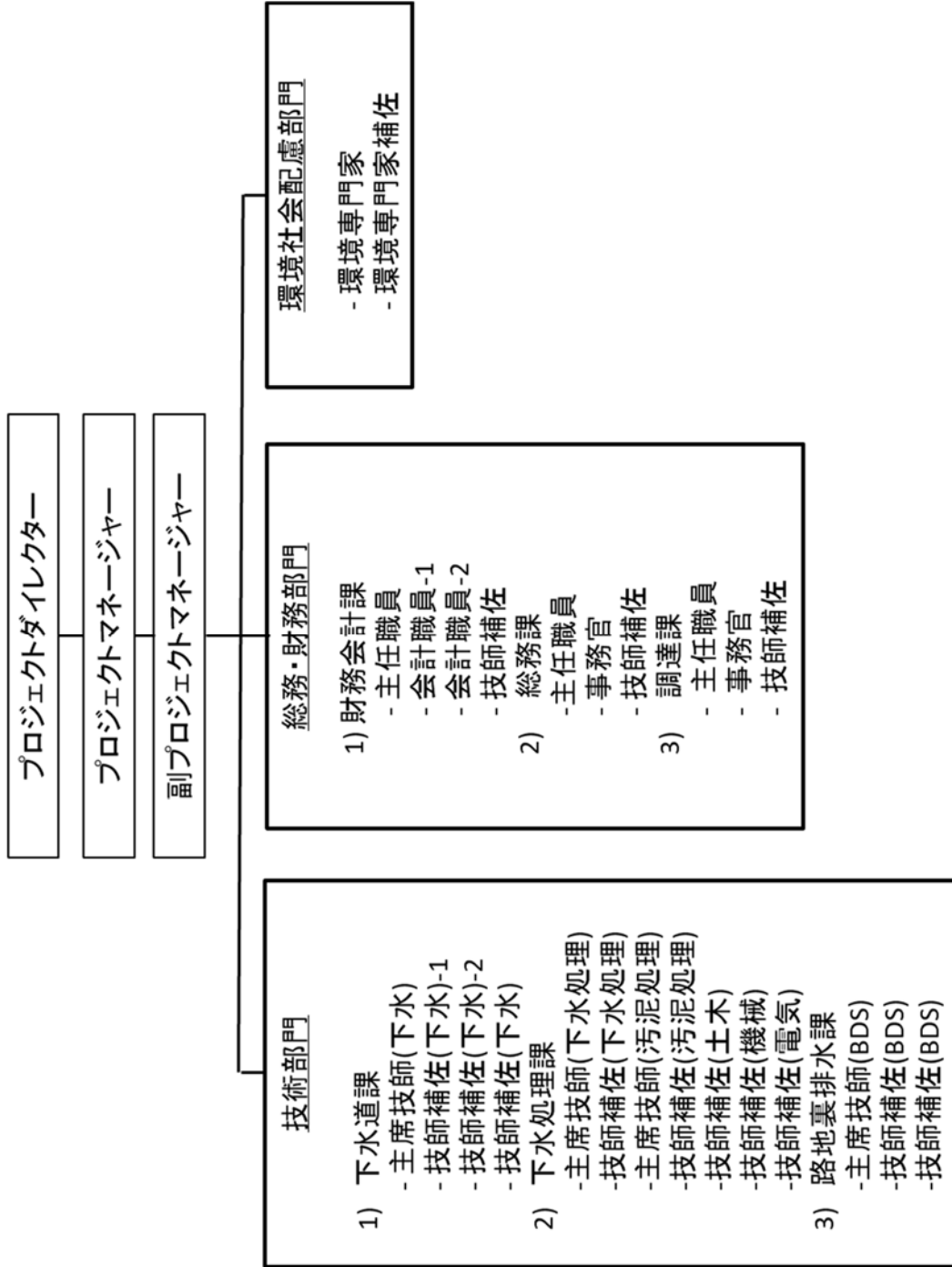
コンサルタントや施工業者の選定作業のために、YCDC 副市長を委員長とした“選定委員会”を設置する。

YCDC では既に、JICA 円借款による 2 つの給水プロジェクトを実施中であるが、プロジェクト運営についての十分な経験が蓄積されていない状況である。そのため、PMU の構成員には表 11.2.1 に示すセミナーやトレーニングを受けることが推奨される。

表 11.2.1 PMU に推奨されるセミナー、トレーニング

対象	時期	内容
PMU 構成員	プロジェクト 開始時期及び適宜	<ul style="list-style-type: none"> ・ JICA や各ドナーとの連携、報告書作成について ・ 関係機関との協議、交渉について ・ 必要とされる承認手続きについて ・ コンサルタント、施工業者の選定手順について ・ 用地取得に係る公聴会と情報公開について ・ 環境モニタリングについて ・ JICA ローン支払いの概要について ・ 支払い管理について ・ 住民移転計画について

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 11.2.1 プロジェクトマネジメントユニット (PMU) の組織図

11.2.3 運営維持管理のための能力開発

YCDC の水衛生局の下水道部門は既存の下水処理場や下水道管網を含む下水道システムの運営維持管理を担当している。現在の下水道部門の組織図を図 11.2.2 に示す。

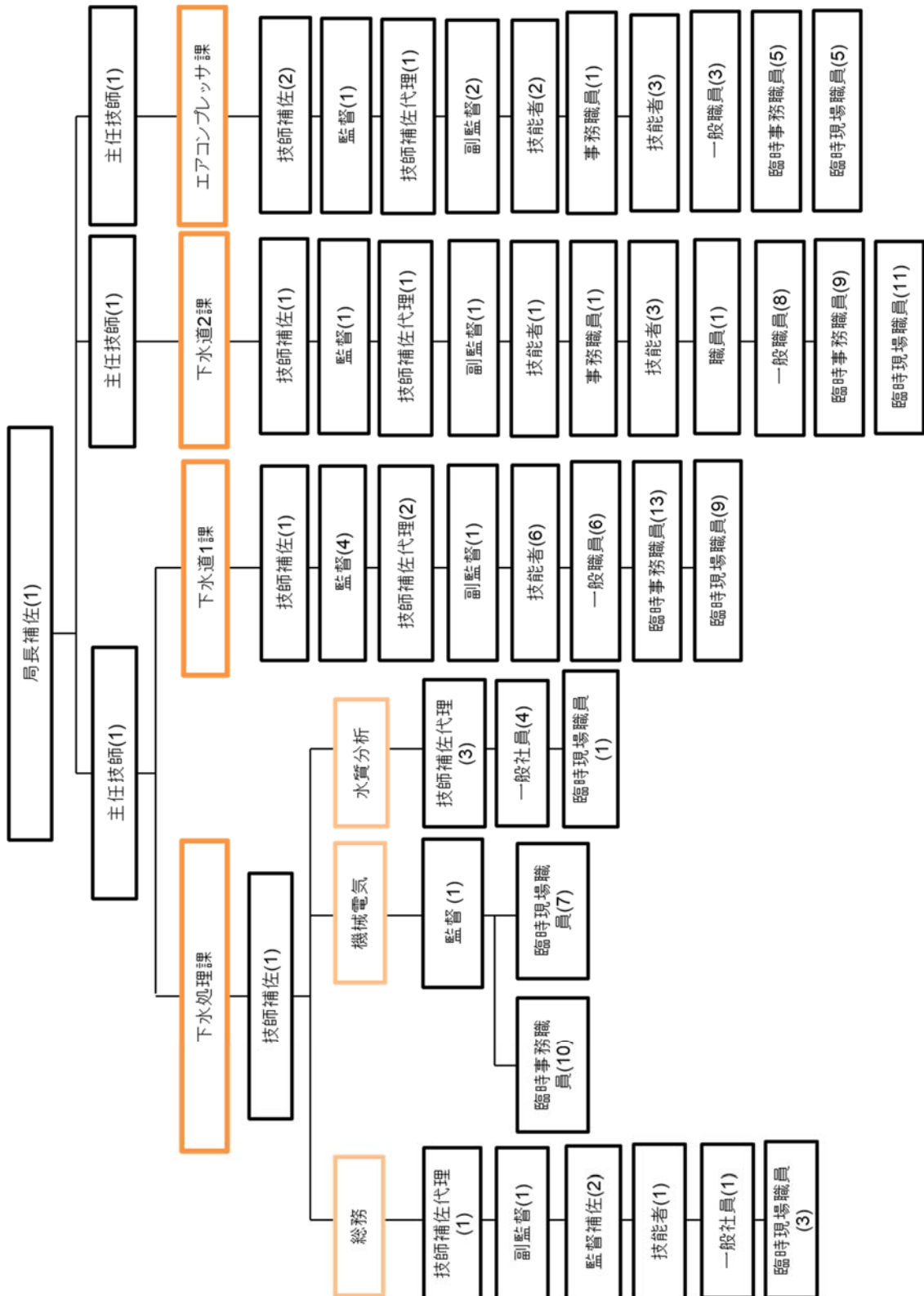
JICA 調査団は水衛生局との協議を経て、既存のエジェクターシステムの廃止、下水道管網の拡張・更新、MBR や汚泥乾燥法等の高度技術の導入を目的とした運営維持管理組織の設立を提案する。

表 11.2.2 に下水道部門の現在とプロジェクト開始後の職員数を示す。ダゴン処理区の新規下水処理場と新規管網の運営スタッフを増強する計画としている。その一方で、エジェクターシステムに必要なエアコンプレッサーの維持管理スタッフは削減する計画である。図 11.2.3 に新規下水処理システムに対応した組織図を示す。

表 11.2.2 運営維持管理部門の職員数（現在/計画）

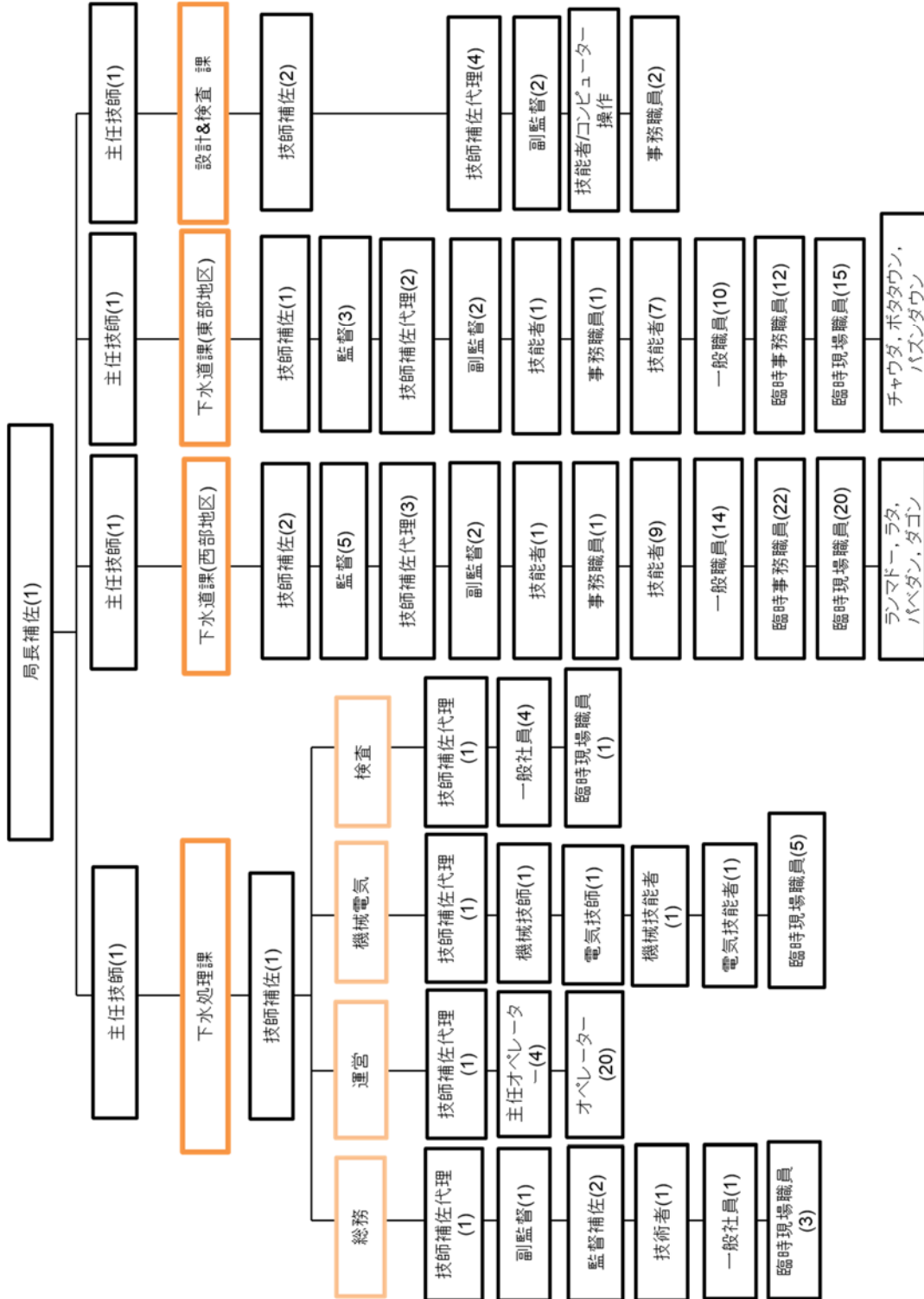
ポジション		職員数		
		現在	計画	増減
1) 運営管理		4	4	0
2) 下水処理場	事務	10	10	0
	運転	0	25	+25
	機械・電気	18	15	-3
	ラボ	8	8	0
	小計	36	58	+22
3) 下水管渠	CBD (処理区-1,2)	80	78	-2
	ダゴン地域	0	54	+54
	エアコンプレッサー	25	0	-25
	小計	105	132	+27
合計		145	193	+48

出典: JICA 調査団



出典: YCDC からの情報に基づき JICA 調査団が作成

図 11.2.2 現在の YCDC 下水道維持管理部署の組織図



出典: YCDC からの情報に基づき JICA 調査団が作成

図 11.2.3 将来の YCDC 下水道維持管理部署の組織図 (提案)

11.3 制度整備

11.3.1 システムの整備

本事業には、下水管渠の建設と下水処理場の拡張が含まれているが、下水道管網から各世帯への接続工事は含まれていない。

対象世帯は家屋から下水道管網への接続工事の実施を行い、さらに新たに設定される下水道料金を原資とした運営維持管理費の支払いを負担することになる。

11.3.2 運営・維持管理

(1) 運営体制の整備

新規下水道システムの運営・維持管理を円滑に実施するために、以下の点を考慮した能力開発を実施しなければならない。

- MBR や汚泥乾燥などの先端技術を用いた新規下水処理場の運営維持管理組織の強化
- エジェクターを用いた既存の下水収集システムを廃止し、新規の下水収集システムの導入に対応した運営維持管理組織体制の変更

(2) 料金制度の整備

運営維持管理のため一定額の予算が確保される必要があるが、財源については確定していない状況である。

運営維持管理のための予算確保のためには、下水道料金や政府補助金などの制度整備が必要である。

11.3.3 制度整備の詳細

本事業の実施および、新規下水処理システムの運営維持管理においては、以下の制度整備が必要となる。

(1) 施工、運営に関する法令・基準の制定

本事業の施工が完了しても、下水道システムの整備は完了しない。裨益住民は下水道法の下で、下水道管網への各戸接続を自費で実施する必要がある。裨益住民の責任、義務を明記する下水道法は施工完了前、もしくは施工開始前に整備されるのが望ましい。

適切な運営維持管理のためには、公共水域への排水基準、緊急時の規制、下水道への放流水質基準、汚泥処理及び再利用に係る規制、下水道関税規制など、様々な基準・規制が必要

となる。これらの基準・規制は運転開始前に整備されなければならない。

(2) 財源の確保のための制度整備

本事業の終了後、新規下水道システムの運営維持管理には多額の予算が必要となる。また、2028 年以降、本融資の返済も必要となるが、運営維持管理や返済に十分な財源は未だ確保されていない。

下水道料金徴収と YCDC の税収からの補填は可能であり、下水道システムの整備と運営維持のために不可欠な財源である。2023 年の新規下水処理場稼働開始前に、十分な予算を確保するため下水道料金設定と政府補助金導入を制定する必要がある。

上記法整備の円滑な実施には、適切な技術支援とトレーニングプログラムが必要となる。

第12章 結論と提言

12.1 本調査の結論

本調査では、CP-1：下水管渠、CP-2：下水処理場、CP-3：BDS 管渠工事の3つのパッケージが提案されている。

対象地区には既存下水道システムが整備されているが、既存の下水道システムには深刻な問題があり、十分に機能を果たしていない。第一に、既存下水道システムは、し尿のみを収集しており、雑排水は未処理のまま放流している。汚水を収集しているエジェクターシステムは、1888年に建設されたものであり、これまでに不定期な修繕を行ってきた。また、現在では使われていない方式のため、スペアパーツの調達も困難である。加えて、圧送管の腐食が非常に懸念されるが、全ての既存下水システムを調査するのは困難な状況である。

技術的、経済的な観点から既存システムの改修は困難であるため、将来的に増加する汚水量を考えると、既存エジェクターシステムの運用を止め、新規下水道システムを構築すべきであると考えられる。

一方で、狭小な用地の制限から下水処理場の処理方法として、MBRが選定された。また下水処理場からの汚泥の減容化として、機械式の乾燥方式が採用された。将来的に、YCDCは、処理場用地への焼却施設導入可能性に関する調査を実施する予定である。

本事業により、全ての下水道施設が完成した際には、調査対象地区からの全ての発生汚水が収集、処理され、住民の居住環境の改善、公共水域の水質改善につながる。

12.2 事業概要

本調査において提案された本事業の事業概要を表 12.2.1 に示す。

表 12.2.1 事業概要

	事業項目	概要
1	下水管渠 (CP-1: ICB)	<p>[下水管渠(開削工法)] 26,320 m (CBD: 13,113 m, Dagon: 13,207 m) 管径200mm - 450 mm</p> <p>[下水管渠(推進工法)] 26,319 m (CBD: 21,263 m, Dagon: 5,056 m) 管径 200 mm - 1,500 mm 立坑: H = 4.00 m – 14.90 m, 210箇所</p> <p>[マンホール] 732 箇所</p>
2	下水処理場	処理能力: 112,000 m ³ /日(第1期(当初3年の工事期間): 56,000 m ³ /日, 第2期

	<p style="text-align: center;">(WWTP) (CP-2: ICB)</p>	<p>(1期後3年の工事期間): 56,000 m³/日 汚水処理施設: 膜分離活性汚泥法(MBR) 流入ポンプ場: Q=30 m³/分 x 6 基 (4基: 稼動ポンプ, 2期: スタンバイポンプ) 汚泥処理施設: 濃縮、脱水機、乾燥機(100 t/日 x 2 基) 管理棟: 管理事務所、運転室(SCADA)、分析室、広報施設、 電気室: (電気容量) 4,000 KVA 放流管: 管径 1,000 mm x 2 条, 延長 = 20 m</p>
3	<p style="text-align: center;">BDS管渠工事 (CP-3: LCB)</p>	<p>BDSにおける雑排水を収集する下水管渠・分水人孔の敷設: 176箇所 既存下水管渠の付け替えパイロット事業: 6箇所 エジェクターステーションから新設幹線管渠への接続管の敷設: 40箇所</p>

12.3 運用・効果指標

運用・効果指標については Appendix21 に示す。

12.4 詳細設計時における必要な追加検討

以下の追加検討が詳細設計時に必要となる。

12.4.1 EIA に関する支援

YCDC が作成する環境影響評価の支援として、環境・社会配慮に関する詳細調査が必要となる。

12.4.2 汚泥特性の調査

汚泥処理施設の詳細設計を実施する際に、施設規模を検討するにあたり汚泥特性の調査が必要となる。

12.4.3 土質調査

敷設工法を選定するため、新設する下水管渠に沿って土質調査が必要となる。特に、推進工法のタイプは土質調査の結果をもって選定される必要がある。

12.5 推奨される支援内容

12.5.1 技術移転

MBR、汚泥脱水機、汚泥乾燥機等の新設下水道施設を適切に運転するために、YCDC 職員に対して、機材を納入するサプライヤーから派遣を想定する運転の専門家からの技術移転が必要である。また、既存下水処理場における日常の運転管理の記録は現在のところ残さ

れていなく適切な維持管理計画の設定に支障を来たすため、専門家による訓練が必要である。さらに、将来的な維持管理計画の策定と機材管理のために、下水道管理台帳の作成も重要である。

12.5.2 能力開発

第4章、第11章で示したとおり、ヤンゴン市における下水処理場建設は全般的に低水準であり、下水道施設の維持管理技術もレベルが低い。そのため、新規施設による下水処理場の改善には個人・組織への能力開発が必要である。また、法制度、規制の枠組み、下水道施設拡充を目的とした地元住民への社会環境活動等も優先的に検討が必要である。

近い将来、新設下水道システムを適切に運転するためには、幅広くより深い理解と技術指導が可能である経験豊富なトレーナーの育成が不可欠である。長期的な視野で、中心的な人材を効果的に育てることが期待されており、得られた知識や経験を若手スタッフに教えられるようにする必要がある。また、各人が学ぶためのモチベーションを高める環境作りも整備する必要がある。

初期段階では、YCDC スタッフの総合的な能力開発に十分な知識と技術を有する外国人専門家による技術支援プロジェクトが必須であると考えられる。

12.5.3 汚泥処理に関するマスタープランの策定

YCDC は将来的に汚泥処理のための焼却施設の導入に興味を持っている。そのため、将来的に建設される数箇所の下水処理場から発生した汚泥は適切な処理の後、処分されなくてはならない。ヤンゴン市における汚泥処理の計画方針を把握するため、汚泥量の予測、処理方法、処分場、汚泥再利用等を含めた汚泥処理に関するマスタープランの策定が推奨される。