

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  
(要約)

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
19-016

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  
(要約)

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	√ <sup>1</sup>
			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	セイッカンナウト	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	
			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	タントアビン					
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

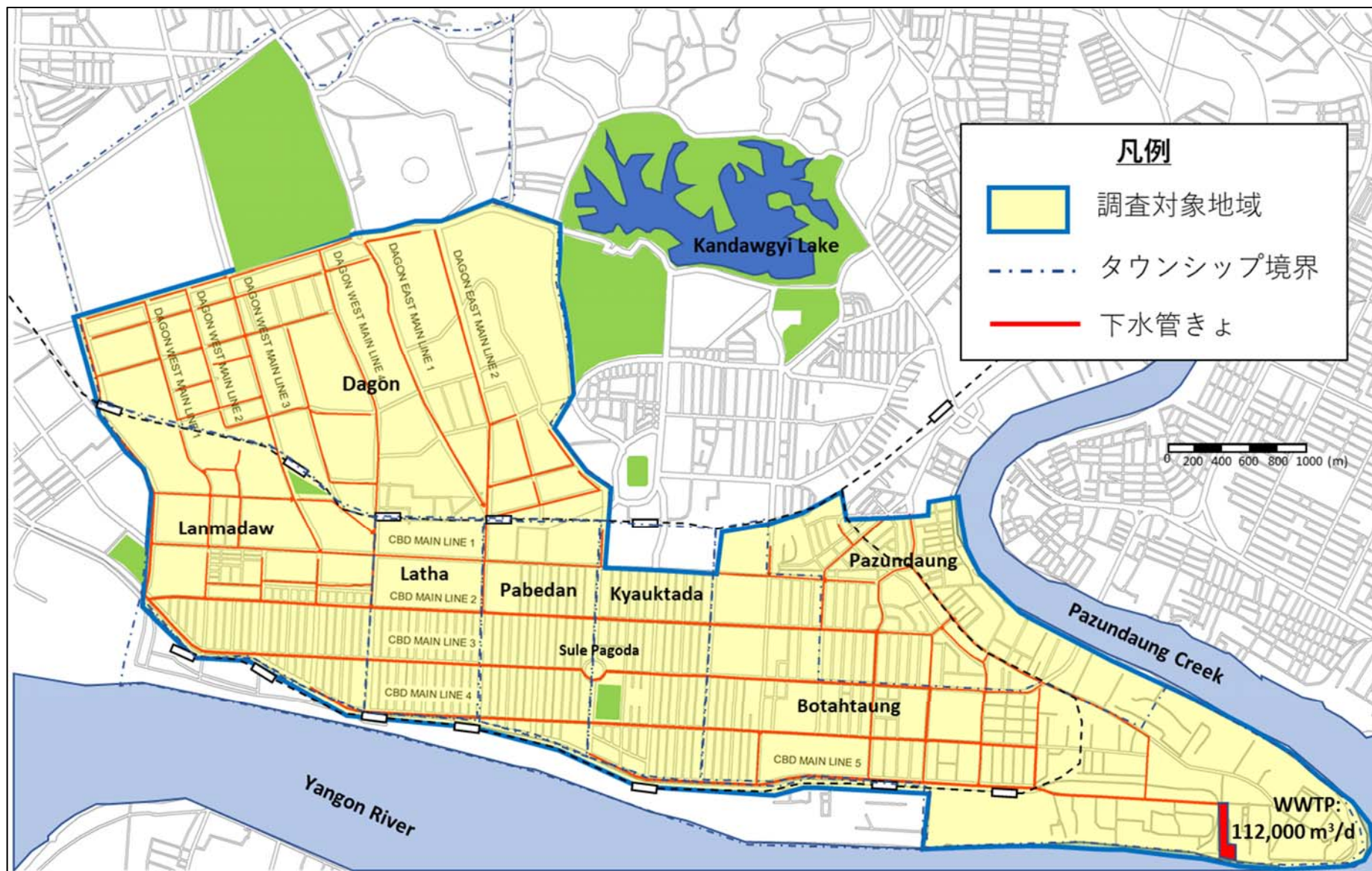


# District Map - Yangon Region



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

Source: Myanmar Information Management Unit



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（要約）

目次

	<u>ページ</u>
<b>第1章 序章</b> .....	<b>1-1</b>
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
<b>第2章 調査対象地域の概要</b> .....	<b>2-1</b>
2.1 自然条件 .....	2-1
2.1.1 気候.....	2-1
2.1.2 水文と水理.....	2-1
2.2 現地状況 .....	2-2
2.2.1 行政区域（タウンシップ） .....	2-2
2.2.2 人口予測.....	2-3
2.3 ヤンゴン市の水供給及び衛生に係る基準 .....	2-3
2.3.1 放流水質基準.....	2-3
<b>第3章 上下水道セクターに関する制度概要</b> .....	<b>3-1</b>
3.1 ヤンゴン市開発委員会(YCDC).....	3-1
3.2 YCDCの水衛生局 .....	3-2
3.3 YCDCの道路・橋梁局 .....	3-4
<b>第4章 対象地区における既存下水道・衛生システム</b> .....	<b>4-1</b>
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
4.2 既存下水道・衛生システムの課題 .....	4-6
4.2.1 下水処理場.....	4-6
4.2.2 下水管渠（管渠及びエジェクターシステム） .....	4-7
4.2.3 下水処理に伴う発生汚泥処分 .....	4-7
<b>第5章 下水道システムの開発方針</b> .....	<b>5-1</b>
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 対象地域の下水収集システムの選定 .....	5-1
5.1.3 対象地域における各戸接続.....	5-2
5.2 下水道開発計画 .....	5-3
5.2.1 汚水発生量.....	5-3
5.2.2 2040年までの下水道開発計画 .....	5-5

5.3	YCDC が要請する下水処理場計画の前提条件	5-7
5.3.1	要請の背景	5-7
5.3.2	下水処理場計画のための前提条件	5-8
<b>第 6 章</b>	<b>下水道システムの改善計画</b>	<b>6-1</b>
6.1	汚水処理場の計画	6-1
6.1.1	設計水質	6-1
6.2	水処理方式の比較検討（一次選定）	6-1
6.3	汚泥処理方法の比較検討	6-3
6.4	水処理施設の配置図	6-5
6.5	維持管理体制	6-5
6.6	下水管渠の検討	6-6
6.6.1	設計条件	6-6
6.6.2	管渠敷設位置の検討	6-7
6.6.3	関連下水道施設	6-9
6.6.4	汚水収集のための工事概要	6-10
6.6.5	下水管渠敷設方法	6-12
<b>第 7 章</b>	<b>ヤンゴン市の下水道整備に活用可能な本邦下水道技術</b>	<b>7-1</b>
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	7-2
7.3.1	膜分離活性汚泥法	7-2
7.4	汚泥処理	7-3
7.4.1	脱水機	7-3
7.4.2	機械乾燥機	7-4
<b>第 8 章</b>	<b>工事計画、事業費積算</b>	<b>8-1</b>
8.1	事業費積算の条件	8-1
8.1.1	積算条件	8-1
8.2	工事スケジュール	8-2
<b>第 9 章</b>	<b>環境社会配慮</b>	<b>9-1</b>
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
9.3	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	9-1
9.3.3	国際条約等	9-1
9.3.4	環境管理の組織制度	9-1
9.3.5	EIA の法的枠組み及び環境適合証明証（ECC）	9-1
9.4	本事業に求められる全環境要求事項	9-2
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	9-2
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	9-2
9.4.3	全環境要求事項	9-2
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	9-2



---

9.5	ヤンゴン市の環境及び社会状況 .....	9-3
9.6	YCDC による EIA 手続き .....	9-3
9.6.1	EIA 手続きに必要な予算要求.....	9-3
9.6.2	EIA 手続き実施手法.....	9-3
9.6.3	EIA 手続き査及び ECC 発行工程案.....	9-3
9.7	用地取得と住民移転 .....	9-4
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 .....	9-4
9.7.2	非自発的住民移転に係る JICA 政策.....	9-4
9.7.3	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.....	9-4
9.8	気候変動への適応 .....	9-4
<b>第 10 章</b>	<b>財務・経済分析.....</b>	<b>10-1</b>
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
<b>第 11 章</b>	<b>運営組織強化、制度整備.....</b>	<b>11-1</b>
11.1	本章の概要 .....	11-1
11.2	組織強化 .....	11-1
11.2.1	運営維持管理のための能力開発 .....	11-2
11.3	制度整備 .....	11-3
<b>第 12 章</b>	<b>結論と提言.....</b>	<b>12-1</b>
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

## 表 目 次

	<u>ページ</u>
表 2.1.1	ヤンゴン港における潮位 (2018) ..... 2-2
表 2.1.2	基準水面及び地盤高 ..... 2-2
表 2.2.1	調査対象地域における 2040 年の人口予測 ..... 2-3
表 2.3.1	YCDC による公共用水域への放流水質基準 ..... 2-3
表 2.3.2	YCDC による下水道への放流水質基準 ..... 2-4
表 2.3.3	CQHP におけるし尿の放流水質基準 ..... 2-4
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 ..... 4-2
表 4.1.3	BDS の種類 ..... 4-6
表 5.2.1	発生汚水量 (計画 1 日平均汚水量) ..... 5-4
表 5.2.2	発生汚水量 (計画 1 日最大汚水量) ..... 5-4
表 5.2.3	発生汚水量 (計画時間最大汚水量) ..... 5-4
表 6.1.1	設計流入水質 ..... 6-1
表 6.1.2	設計放流水質 ..... 6-1
表 6.2.1	水処理方式の二次選定 ..... 6-2
表 6.3.1	汚泥処理方法の比較検討表 ..... 6-4
表 6.6.1	下水管渠敷設の設計条件 ..... 6-6
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 ..... 7-3
表 9.4.1	全環境要求事項 ..... 9-2
表 9.5.1	環境社会状況調査項目 ..... 9-3
表 9.6.1	下水道事業に係る EIA 手続きと ECC 発行の工程 (案) ..... 9-3
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 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 3.3.1	YCDC の構成 .....	3-2
図 3.4.1	YCDC の水衛生局の組織図 .....	3-3
図 3.4.2	水衛生局における下水道部門の組織図 .....	3-4
図 4.1.1	エジェクターシステム .....	4-2
図 4.1.2	既存下水処理場 .....	4-3
図 4.1.3	BDS における腐敗槽の配置 .....	4-5
図 4.2.1	最終処分場位置 .....	4-8
図 4.2.2	ヤンゴン市の既存最終処分場の状況 .....	4-8
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
図 5.1.2	住宅との接続 .....	5-2
図 5.1.3	BDS における各戸接続 .....	5-3
図 5.2.1	発生汚水量と下水処理場の建設 .....	5-6
図 5.3.1	汚泥処分場候補地 .....	5-7
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） .....	5-7
図 6.4.1	水処理施設の配置図 .....	6-5
図 6.5.1	維持管理体制 .....	6-5
図 6.6.1	CBD における幹線管渠ルート .....	6-7
図 6.6.2	ダゴン地区における幹線管渠 .....	6-8
図 6.6.3	水管渠の段階的な整備 .....	6-9
図 6.6.4	BDS のある地区における計画管渠の系統 .....	6-9
図 6.6.5	BDS の現状及び改善後の污水収集の概要 .....	6-11
図 6.6.6	BDS 管渠工事 .....	6-11
図 6.6.7	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 .....	6-12
図 6.6.8	提案施工方法（幹線管渠および支線管渠） .....	6-13
図 7.2.1	長距離推進工法の概念図 .....	7-2
図 7.3.1	平膜ユニットの概念図 .....	7-2
図 7.4.1	多重板型スクリープレス脱水機 .....	7-3
図 7.4.2	インクラインドディスク型乾燥機 .....	7-4
図 8.2.1	工事スケジュール .....	8-2
図 9.3.1	各事業型の EIA 工程における主な段階及び活動の全体図 .....	9-2
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 .....	11-1
図 11.2.2	将来の YCDC 下水道維持管理部署の組織図（提案） .....	11-2

**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	铸铁管
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	ダクタイル铸铁管
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	フィージビリティ調査
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500,000m<sup>3</sup>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55,000m<sup>3</sup>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9km<sup>2</sup>に初めて整備され、1929年に拡張された。また、2005年には日量14,775m<sup>3</sup>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630m<sup>3</sup>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86,000m<sup>3</sup>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。

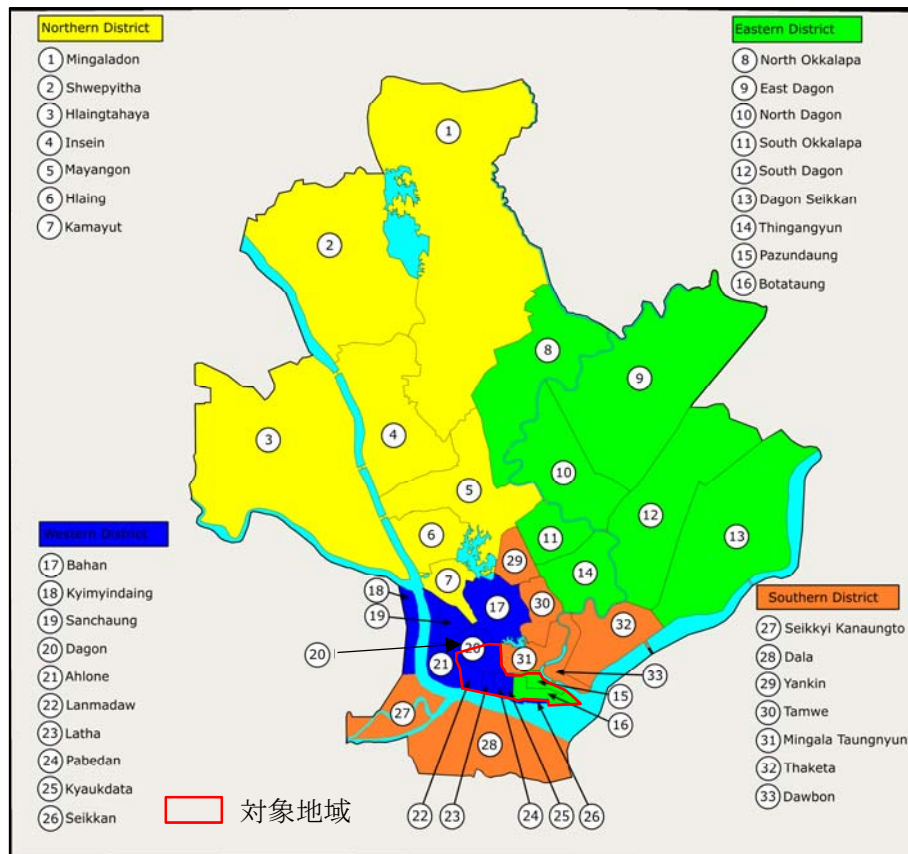
本調査では、以下に示す過去の関係プロジェクトの結果を参照するものとする。

- 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

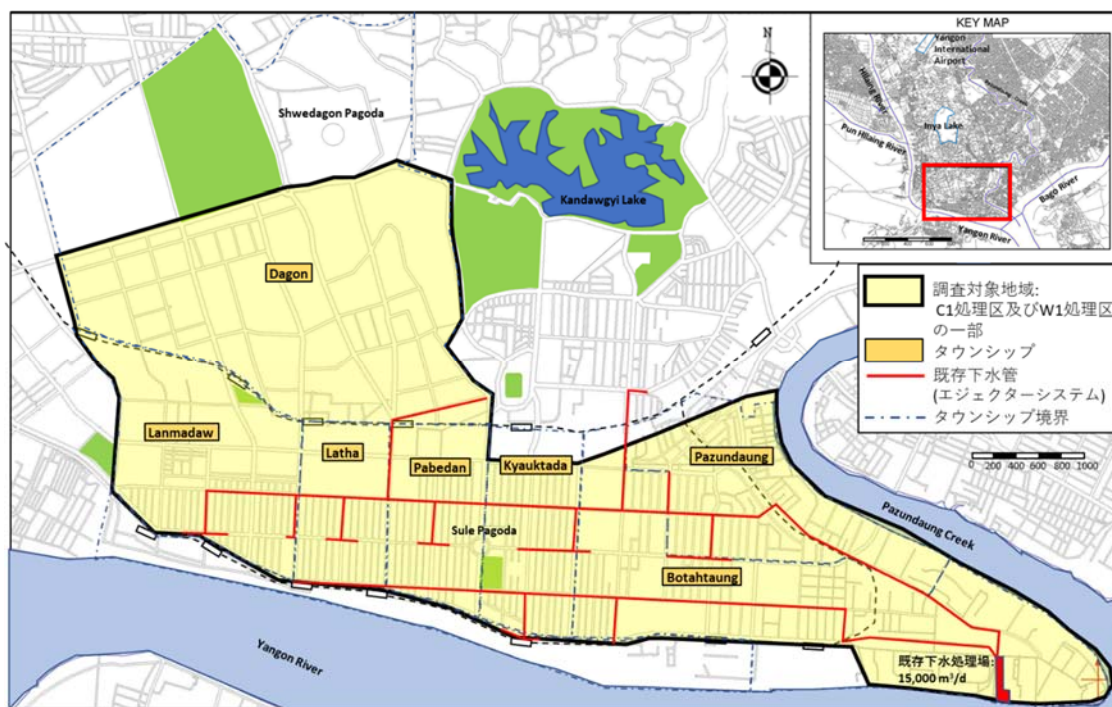
図 1.3.1 に調査対象地域を示す。調査対象地域は図 1.3.2 に示す CBD の 6 タウンシップ（ラター（Latha）、ランマドー（Lanmadaw）、パベダン（Pabedan）、チャウタダー（Kyauktada）、ボタタウン（Botataung）、パズンダウン（Pazundaung））及び、ダゴン（Dagon）タウンシップの南部を含めた C1 処理区及び W1 処理区の一部（=ダゴンタウンシップの一部）である。調査対象地域は本調査の実施に先立ち、ヤンゴン市開発委員会（Yangon City Development Committee 以降「YCDC」）と合意を得たものである。



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

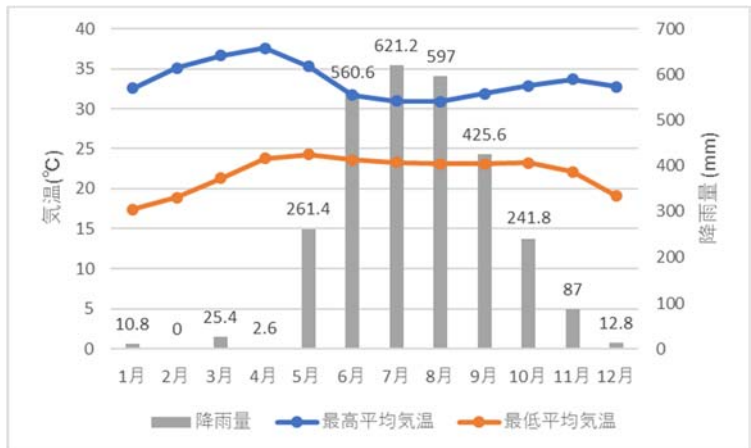
### 2.1 自然条件

#### 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)



出典：

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。

- 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

#### 2.1.2 水文と水理

##### (1) 河川

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(Twintay)運河及び、ライン川に合流するココワ(Kokkawa)川は、いずれもエーヤワディー(Ayeyarwady)川を源流とする。

## (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。

**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

## (3) 下水処理場吐口における水位設定

上記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

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し吐口位置におけるヤンゴン川の H.W.L. は、+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。

## 2.2.2 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 JICAMP 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 2.2.1 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
ランマドー	131	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160
パペダン	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
ポータタウン	260	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995
パズンダウン	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

## 2.3 ヤンゴン市の水供給及び衛生に係る基準

### 2.3.1 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 <sub>Cr</sub>	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 <sub>Cr</sub>	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 <sub>Cr</sub>	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

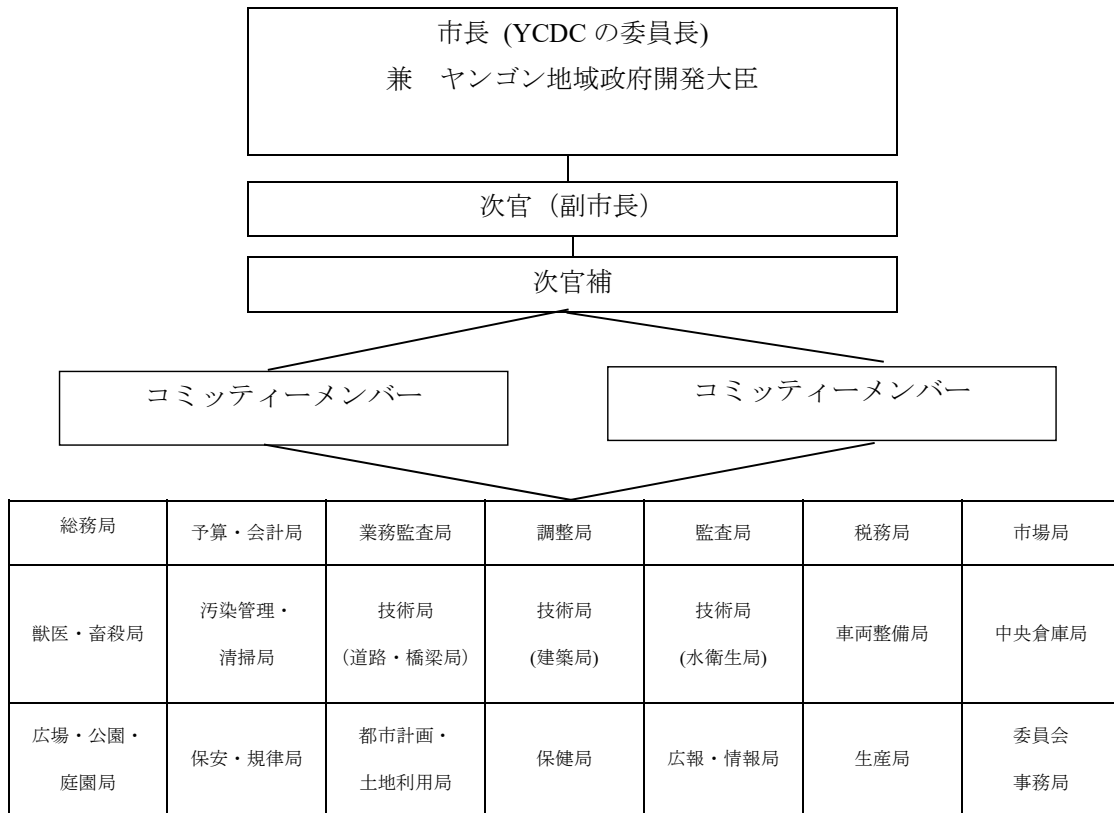
### 3.1 ヤンゴン市開発委員会(YCDC)

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 3.1.1 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。

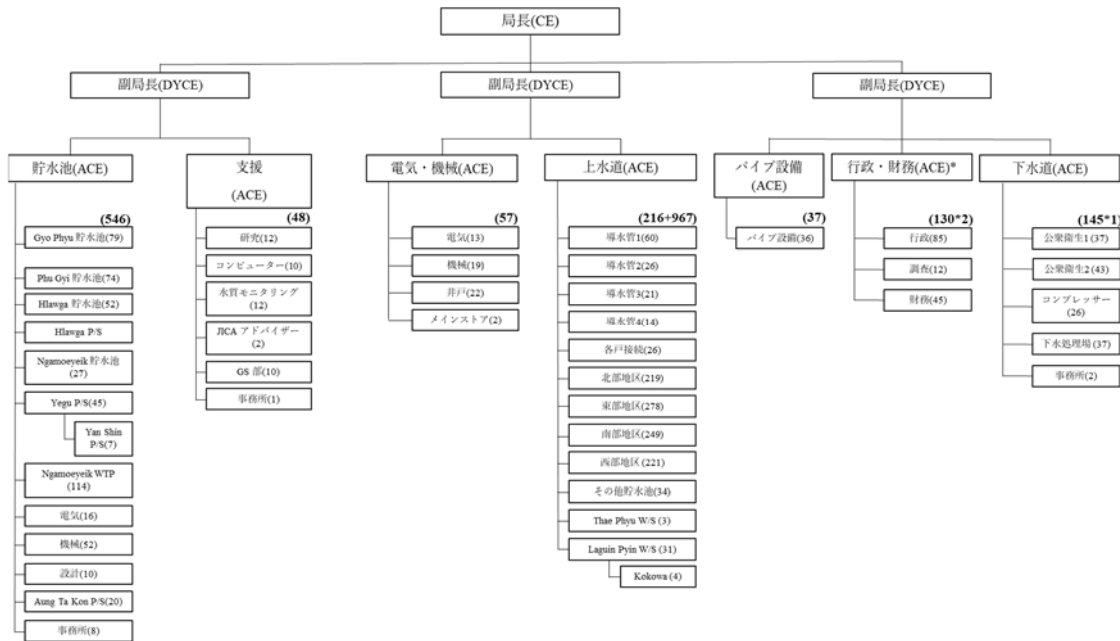


出典：JICA 調査団

**図 3.1.1 YCDC の構成**

### 3.2 YCDC の水衛生局

水衛生局の組織図を図 3.2.1 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

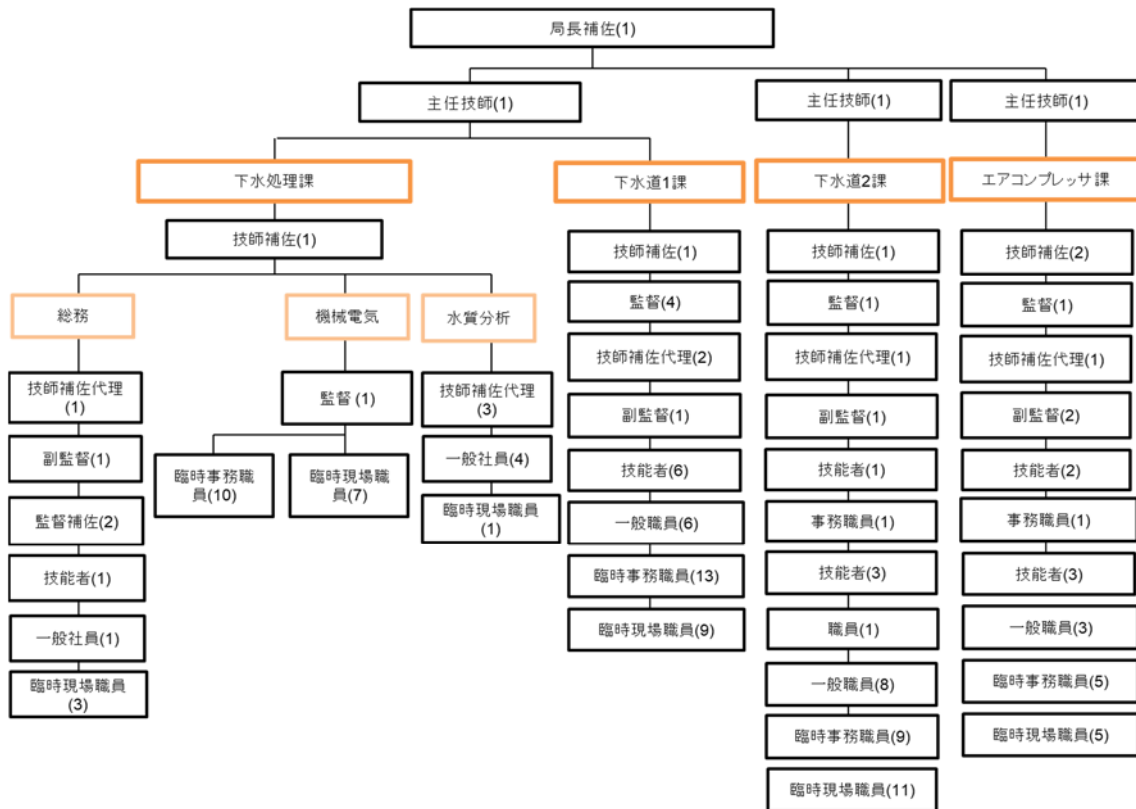
図 3.2.1 YCDC の水衛生局の組織図

下水道部門の組織図を図 3.2.2 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 3.2.2 水衛生局における下水道部門の組織図

### 3.3 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

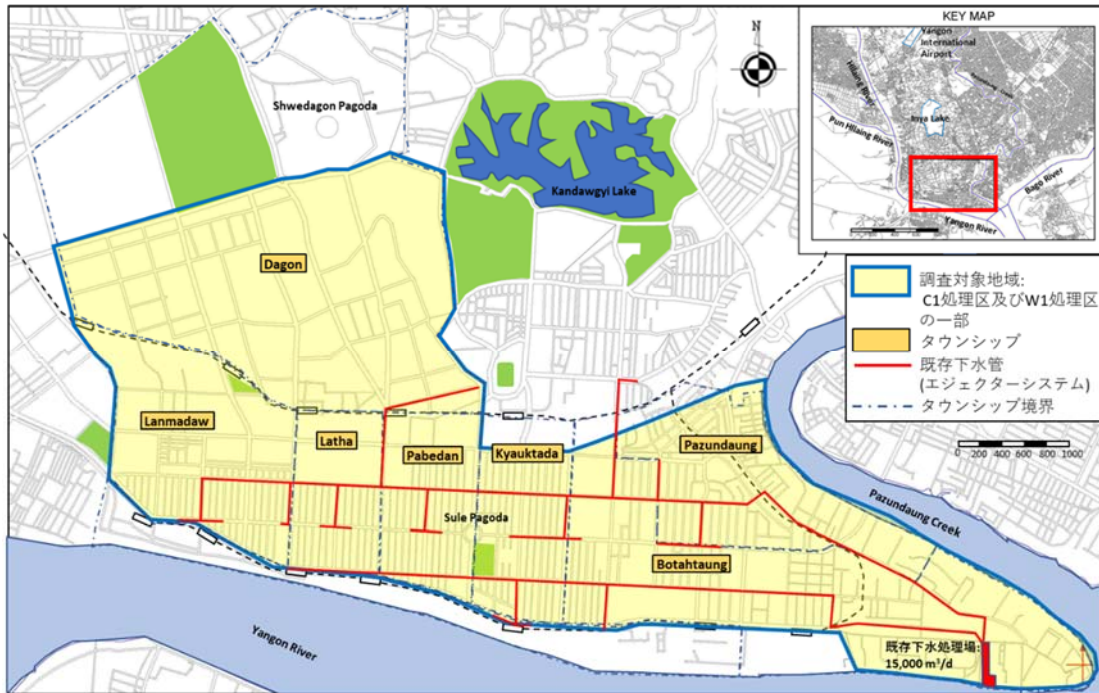
ヤンゴン市では、1888年のイギリス統治下において整備されたエジェクターシステムを現在まで使用しており、CBDを中心とした8つのタウンシップを対象として、汚水（し尿のみ）を収集している。その他の下水排水については、雨水側溝を通じて、ヤンゴン川に未処理で放流されている。

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

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 15,000m<sup>3</sup> 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 150m<sup>3</sup> 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 4.1.2 にそのレイアウトを示す。

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 <sup>3</sup> (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



出典: JICA 調査団

図 4.1.2 既存下水処理場

### (3) 腐敗槽

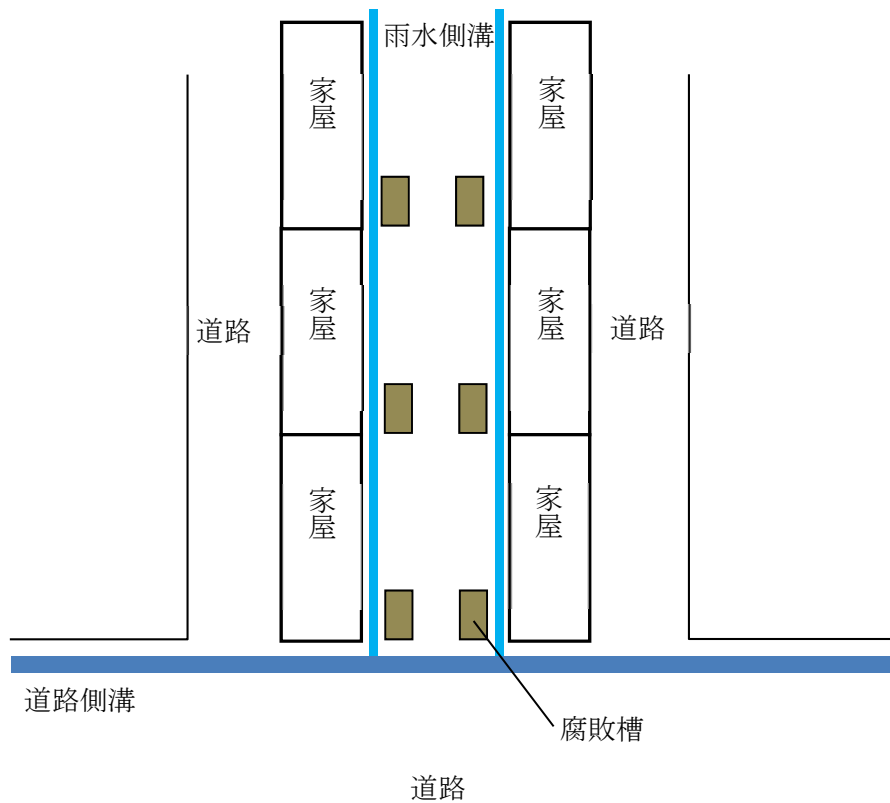
YCDC は、CBD を含む既存下水道の集水区域を除いた地域での汚水処理に腐敗槽の使用を規定している。腐敗槽は、トイレ排水（し尿）のみを対象としており、炊事や洗濯によって発生する雑排水は、直接側溝に放流している。各家庭あるいはビルの所有者は、建物の建設時に水衛生局の下水道部門に対して、下水処理に関する申請書を提出し、建設工事に対する承認を得る必要がある。YCDC は 8 階建てまでの建築物に対しては、承認を与える権利を有する。9 階建て以上の建築物に対しては、建設省下の組織である、高層建築物査定委員会（CQHP：Committee for Quality Control of High-Rise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

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 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

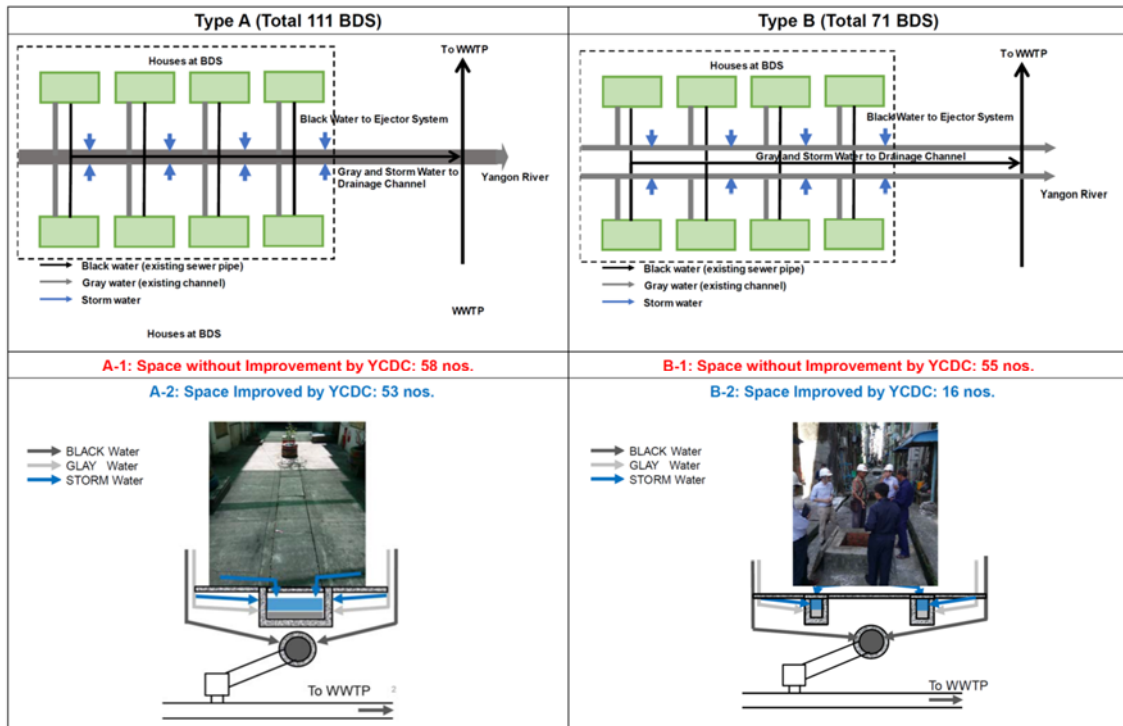
図 4.1.3 BDS における腐敗槽の配置

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。

#### (4) 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 4.1.3 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。

## 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 下水処理場の運営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働しておらず、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 下水処理に伴う発生汚泥処分

##### (1) 汚泥処分場の必要性

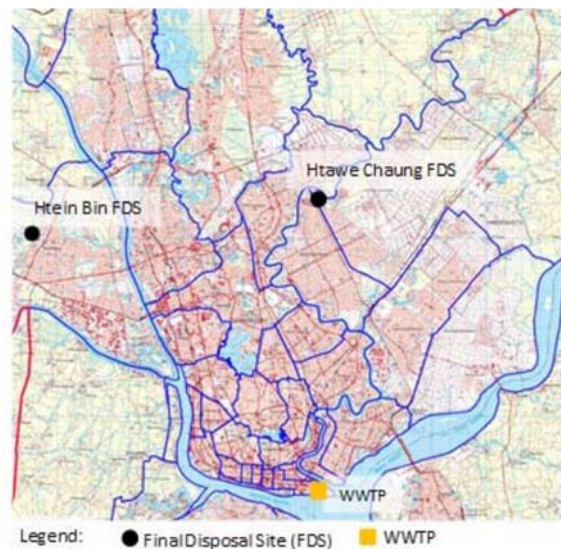
水衛生局は、本調査で計画する新たな処理場から発生する汚泥について、廃棄物として処分せず、可能な限り有効利用することを想定している。新設する処理場から発生する乾燥汚泥は、概算で日量 46 t (含水率 35%)となる。(汚泥量の算出根拠については、Appendix 4 参照) 2007 年以降は汚泥の利用実績はほとんどなく、汚泥の有効利用の実現は困難である。水衛生局は、これまで処理場からの発生汚泥を処分場で処理していないことから、将来の発生汚泥の受け入れ施設を確保する必要がある。



## (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

## 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。本調査における調査対象地域であるC1処理区及びW1処理区の一部の集水域は990haとした。



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 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

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。

## (2) 下水処理場への汚水輸送

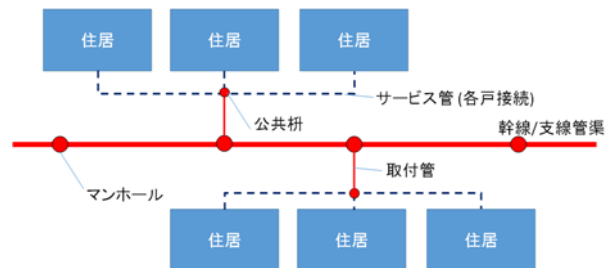
一般的に、下水処理場への汚水輸送システムは、自然流下方式と圧送方式に分類される。通常、下水道計画においては自然流下方式が、運転・維持管理コストの観点から選択される。ただし、輸送方式は集水域の地形的条件を考慮して選択する。

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。

### 5.1.3 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、各家屋では汚水管、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柵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。住宅から公共柵までのサービス管等の設備は住宅所有者が設置する。



備考：赤字は本ローン対象事業

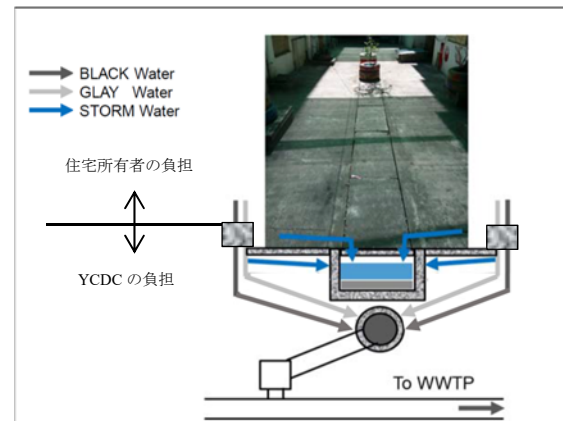
出典：JICA 調査団

図 5.1.2 住宅との接続

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。

## 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 汚水発生量

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、各年の水道普及率と給水人口を推定した。

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。JICA MP 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、JICAMP 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、生活用水及び非生活用水の給水原単位は、2025年には 250 L/人/日、2040年には 333 L/人/日と推定されており、本調査でも同様とした。

本事業対象地域には大量の水を消費する工場はないため、工場排水量は本調査で考慮しない事とした。また、地下水の下水道への浸入は JICA MP 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 m<sup>3</sup>/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。各地区の汚水量を表 5.2.1 から表 5.2.3 に示す。

表 5.2.1 発生汚水量（計画1日平均汚水量）

単位：m<sup>3</sup>/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	<b>55,056</b>	<b>61,359</b>	<b>71,437</b>	<b>81,500</b>	<b>90,898</b>	<b>101,102</b>

出典：JICA 調査団

表 5.2.2 発生汚水量（計画1日最大汚水量）

単位：m<sup>3</sup>/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	<b>60,561</b>	<b>67,495</b>	<b>78,581</b>	<b>89,650</b>	<b>99,988</b>	<b>111,213</b>

出典：JICA 調査団

表 5.2.3 発生汚水量（計画時間最大汚水量）

単位：m<sup>3</sup>/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	<b>90,842</b>	<b>101,243</b>	<b>117,871</b>	<b>134,475</b>	<b>149,982</b>	<b>166,819</b>

出典：JICA 調査団

## 5.2.2 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 m<sup>3</sup>/日
- e. 計画1日最大汚水量は112,000 m<sup>3</sup>/日
- f. 計画時間最大汚水量は167,000 m<sup>3</sup>/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

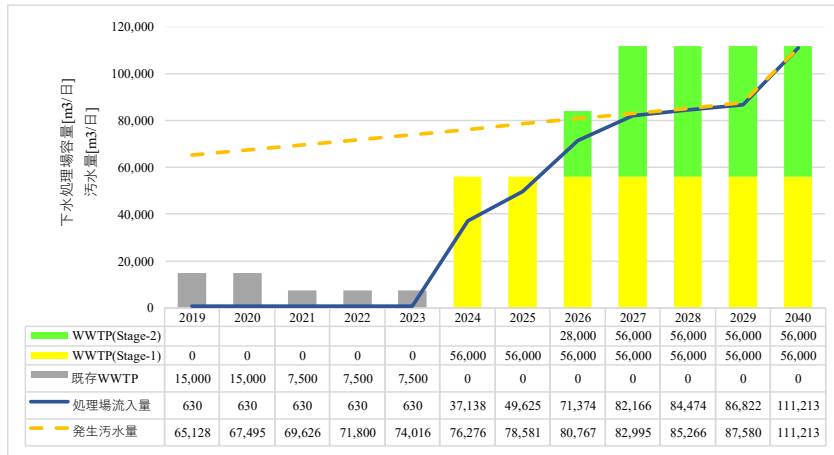
上記の計画諸元は、本調査における下水管渠と下水処理場及びこれらの関連工事の設計条件として用いた。JICA 調査団は各戸接続及び下水管渠の段階整備を基に下水処理場の開発計画について議論し、既存下水処理場の継続的な運転を考慮し、2段階で新設下水処理施設を建設する計画とした。また、幹線と支線下水渠のみならず、サービス管の敷設も本事業実施期間中の敷設が求められる。今後の LA、コンサルタント調達、詳細設計、入札の時期を考慮し、工事開始の時期を2021年中期としている。詳細は6章にて述べるが、下水管渠、下水処理場、及び BDS の改善が主要な事業内容となり、それぞれの工事進捗から本事業における下水道開発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

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。

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 m<sup>3</sup>/日の下水処理場に輸送され処理される。この 56,000m<sup>3</sup>/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 84,000m<sup>3</sup>/日、2027年に 112,000 m<sup>3</sup>/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 5.2.1 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													-	22
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	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											
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 <sup>3</sup> /日 x 2)	コンサルタント調達、 詳細設計、入札			56,000m <sup>3</sup> /日 (半系統)			56,000m <sup>3</sup> /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%	-	100%	
	各戸接続率 (%)	95%	97%	97%	97%	98%	98%	99%	99%	99%	100%	100%	-	100%	
	収集量 (m <sup>3</sup> /d) <sup>※1</sup>	630	630	630	630	630	34,289	35,185	35,997	36,812	37,633	38,458	-	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	-	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	114,436	-	114,436	
b) CBD (No BDS)	管渠整備率 (%)	0%	0%	0%	0%	25%	75%	100%	100%	100%	100%	100%	-	100%	
	各戸接続率 (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	74%	99%	100%	100%	-	100%	
	収集量 (m <sup>3</sup> /d)	0	0	0	0	0	0	8,330	25,576	34,887	35,676	36,470	-	43,893	
	接続人口	0	0	0	0	0	0	27,237	81,987	109,684	110,052	110,420	-	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	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%	-	100%	
	各戸接続率 (%)	0%	0%	0%	0%	0%	22%	46%	71%	73%	75%	77%	-	100%	
	収集量 (m <sup>3</sup> /d)	0	0	0	0	0	2,849	6,110	9,801	10,467	11,165	11,894	-	21,169	
	接続人口	0	0	0	0	0	7,875	16,709	26,547	28,072	29,640	31,251	-	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	40,585	-	48,751	
処理場流入量(m <sup>3</sup> /d): 日最大	630	630	630	630	630	37,138	49,625	71,374	82,166	84,474	86,822	-	111,213		
処理場容量(m <sup>3</sup> /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	-	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	256,107	-	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	265,441	-	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 5.2.1 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。

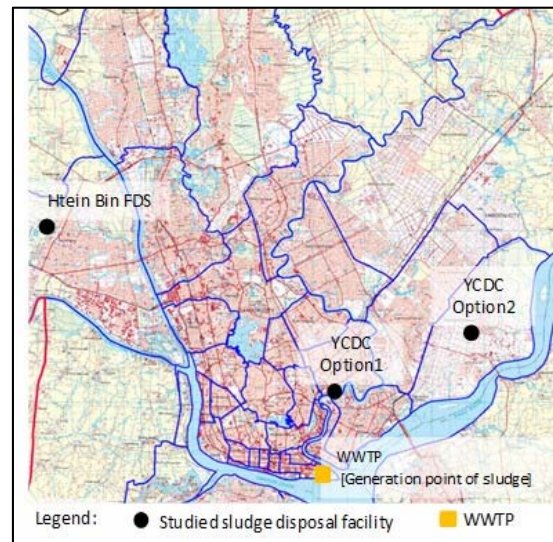
次に、JICA 調査団は水衛生局に対して、汚泥の最終処分場として、一般廃棄物の最終処分場であるテインビン最終処分場(Htein Bin FDS)の利用可否について確認を行った。なお、一般廃棄物処分場の汚泥の処分場としての利用は、諸外国において一般的に行われている。

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 m<sup>3</sup> 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、現況の汚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

##### (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：報告書 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

### 6.2 水処理方式の比較検討 (一次選定)

各水処理方式について設備の配置検討を表 6.2.1 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 6.2.1 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 <sup>3</sup> /日以下	処理能力	112,000m <sup>3</sup> /日	処理能力	56,000m <sup>3</sup> /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	
		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 <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /日処理可能)		既存施設の撤去が必要 (112,000m <sup>3</sup> /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	

### 6.3 汚泥処理方法の比較検討

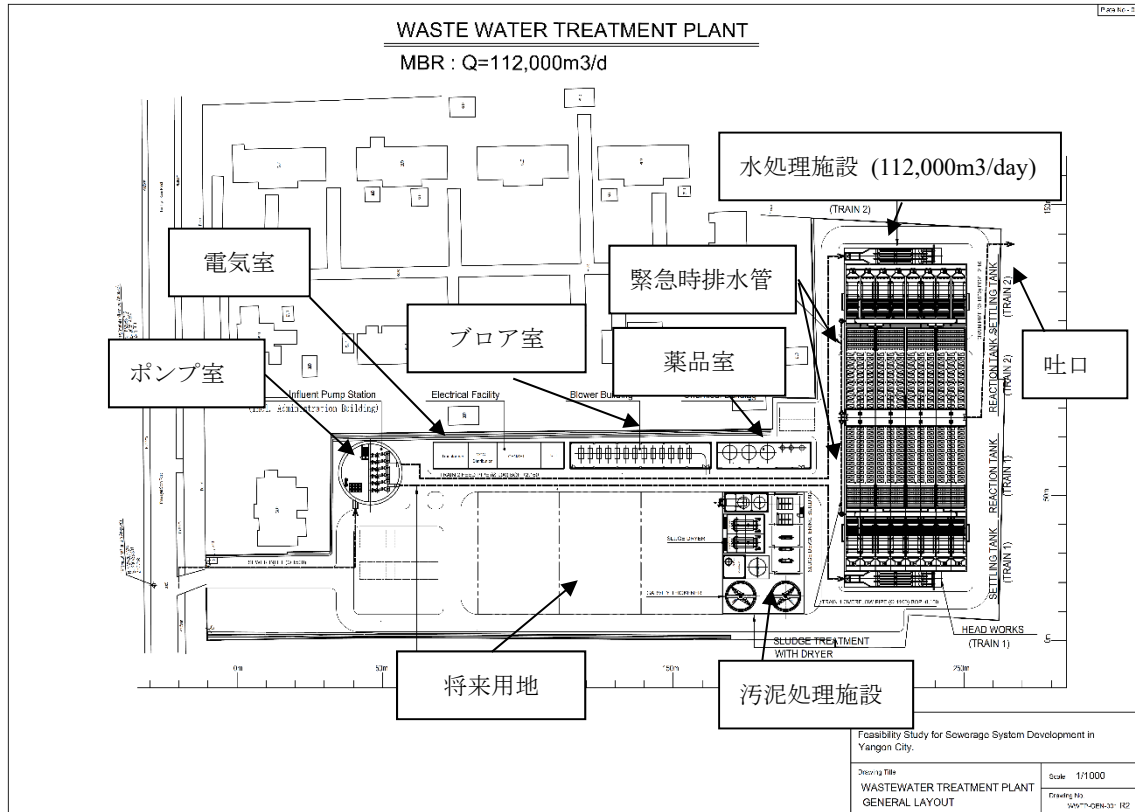
表 6.3.1 に示す比較検討の結果、“濃縮＋脱水＋機械乾燥”が最適なプロセスとして選定された。なお、YCDC は将来的にヤンゴン市全域の集約下水汚泥管理の検討を実施し、既存処理場内に追加施設として汚泥焼却施設の建設を視野に入れている。

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	-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。	-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。	-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。	-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 <sup>2</sup> (天日乾燥床の設置は不可))	N/A (9,500m <sup>2</sup> (天日乾燥床の設置は不可))	1,500m <sup>2</sup>	2,800m <sup>2</sup>	
汚泥量	脱水後:200t/day,乾燥後:46m <sup>3</sup> /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	-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。	-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	-ランニングコストが天日乾燥床よりも高価となる。	-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	-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。	-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。	-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	-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	-	

## 6.4 水処理施設の配置図

水処理施設の配置図を図 6.4.1 に示す。



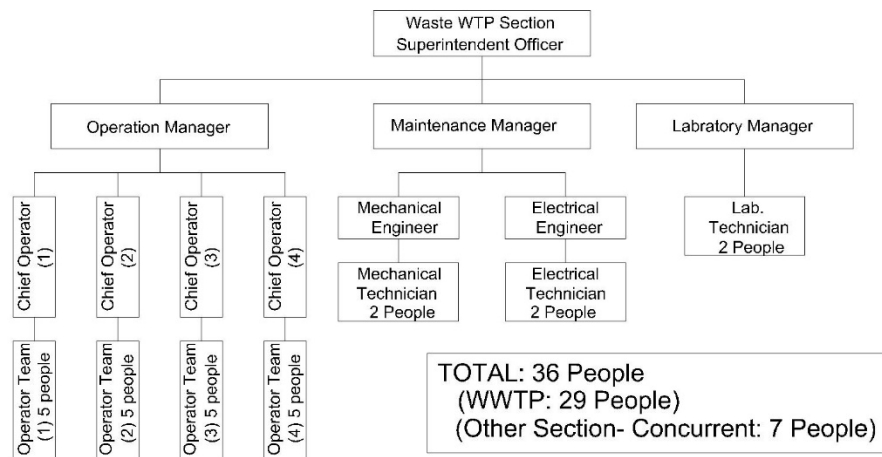
\*THIDA 変電所より処理場まで送電線を新設する。電圧は 33 kV である。

出典: JICA 調査団

図 6.4.1 水処理施設の配置図

## 6.5 維持管理体制

図 6.5.1 に新設する下水処理場の維持管理体制（案）を示す。



出典: JICA 調査団

図 6.5.1 維持管理体制

## 6.6 下水管渠の検討

### 6.6.1 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 6.6.1 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 <sup>※1</sup> : 75 m 以下 (100 m) 600 ≤ D < 700 <sup>※1</sup> : 100 m (100m) 800 ≤ D < 1,000 <sup>※2</sup> : 100 m (200m) 1,000 ≤ D ≤ 1,500 <sup>※2</sup> : 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。

## 6.6.2 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、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 では、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、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 6.6.1 に示す。



出典：JICA 調査団

図 6.6.1 CBD における幹線管渠ルート

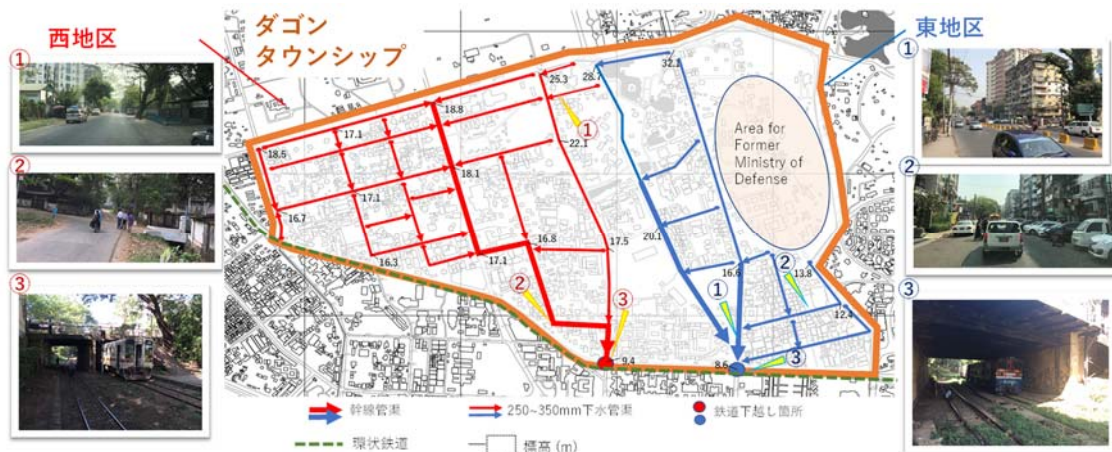
### (3) ダゴン地区における幹線管渠

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す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

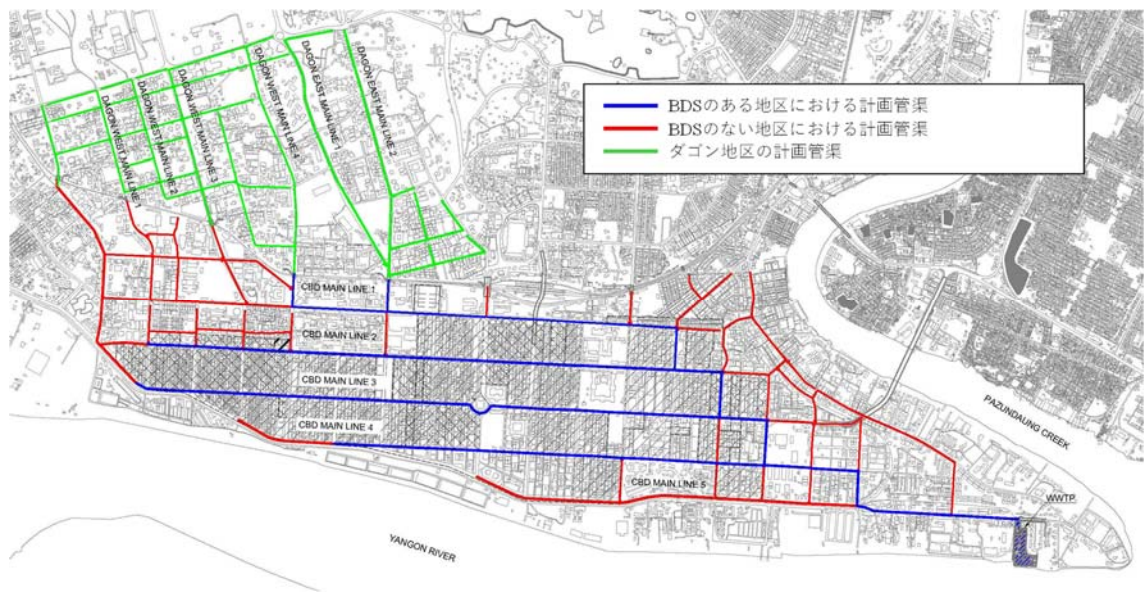
図 6.6.2 ダゴン地区における幹線管渠

#### (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。

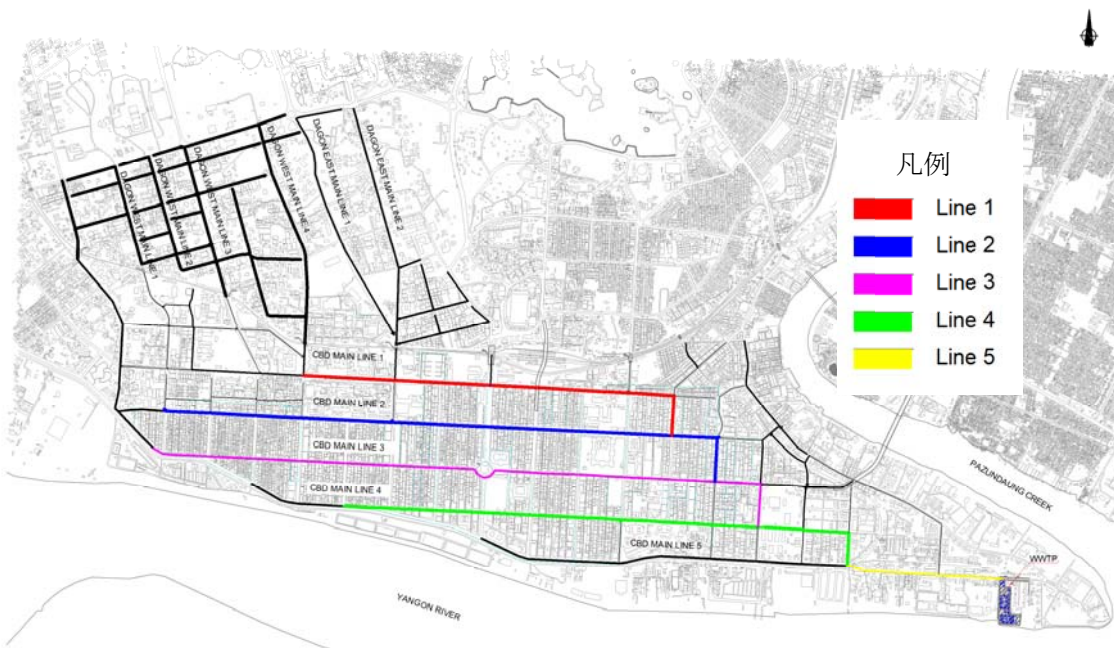
また、ダゴン地区の管渠敷設は、CBD における管渠敷設工程とは別に検討が出来る。各戸接続に時間を要することが予想されるため、ダゴン地区の施工は、CBD の BDS のある地区の管渠敷設と並行して、事業開始に合わせて実施する。ただし、各戸接続は BDS のある地区における計画管渠の整備後となる。

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 6.6.3 に各地区における下水管渠を示す。図 6.6.4 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 6.6.3 下水管渠の段階的な整備



出典：JICA 調査団

図 6.6.4 BDSのある地区における計画管渠の系統

### 6.6.3 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。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。

(2) マンホール

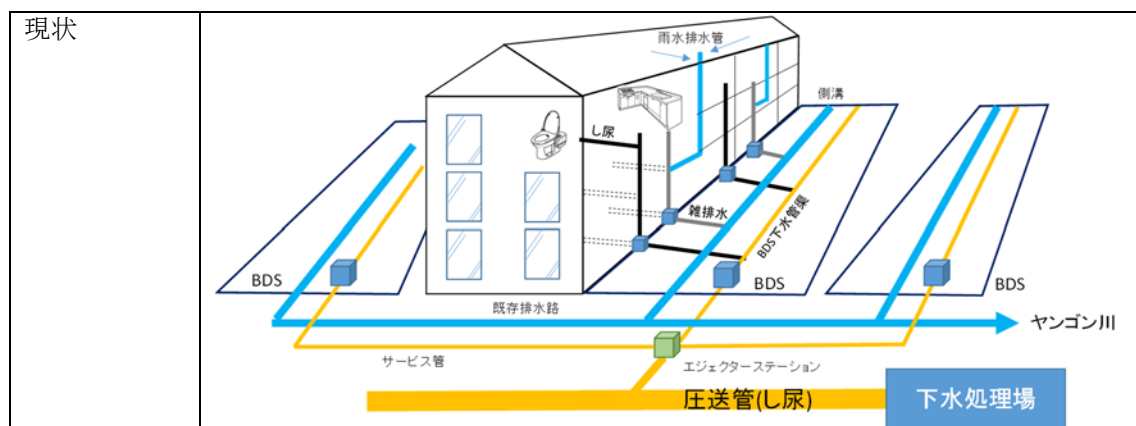
マンホールは、下水管渠における定期的な点検、清掃、修復のためのアクセス手段として下水道システムに建設される。また、管渠の形状、口径、管種、線形、管渠の会合する箇所に設ける。

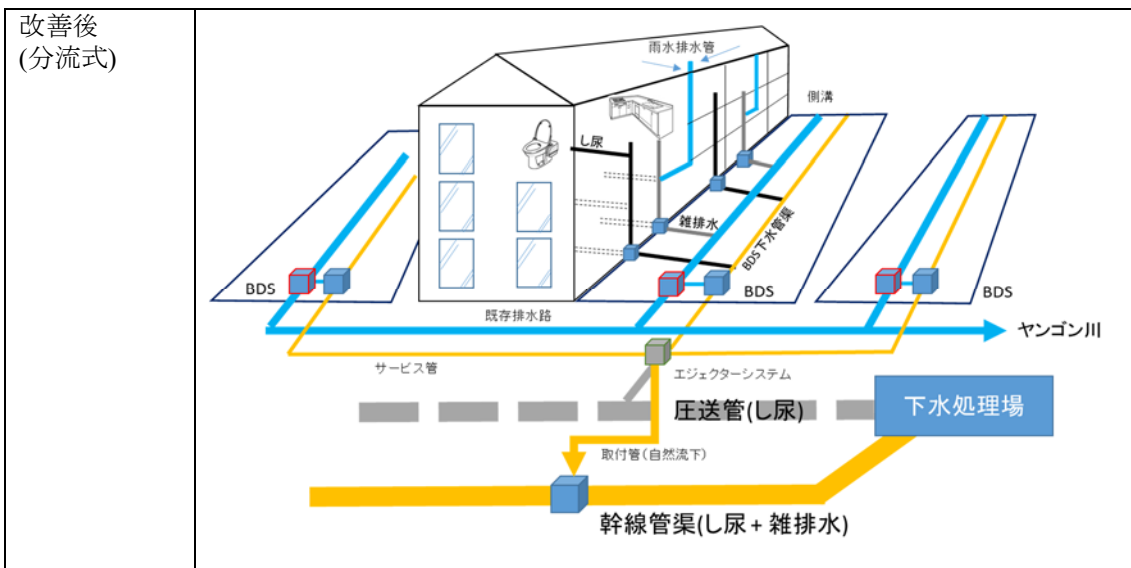
**6.6.4 汚水収集のための工事概要**

(1) CBD のうち BDS のある地区

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。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。

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 6.6.5 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 6.6.6 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 6.6.5 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 Type A sewerage system. It features a split manhole (分水人孔) where urine (し尿) and mixed wastewater (雑排水) are separated. The urine pipe (し尿管) is shown in red, and the mixed wastewater pipe (雑排水管) is shown in blue. Both pipes lead 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 (幹線管渠). The existing BDS sewerage channel (既存BDS下水管渠) is shown as a dashed line, indicating it is to be replaced.

This diagram shows a cross-section of a Type B sewerage system. It features a combined manhole (分水人孔) where urine (し尿) and mixed wastewater (雑排水) are initially combined. The urine pipe (し尿管) is shown in red, and the mixed wastewater pipe (雑排水管) is shown in blue. Both pipes lead 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 (幹線管渠). The existing combined sewerage channel (既存排水路) is shown in blue, indicating it is to be replaced.

備考：赤字は本ローン対象事業

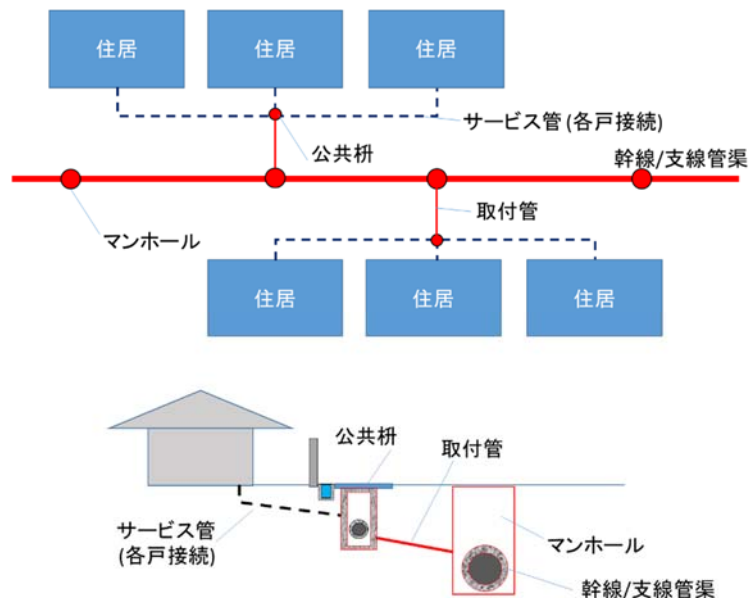
出典：JICA 調査団

図 6.6.6 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 6.6.7 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 6.6.7 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

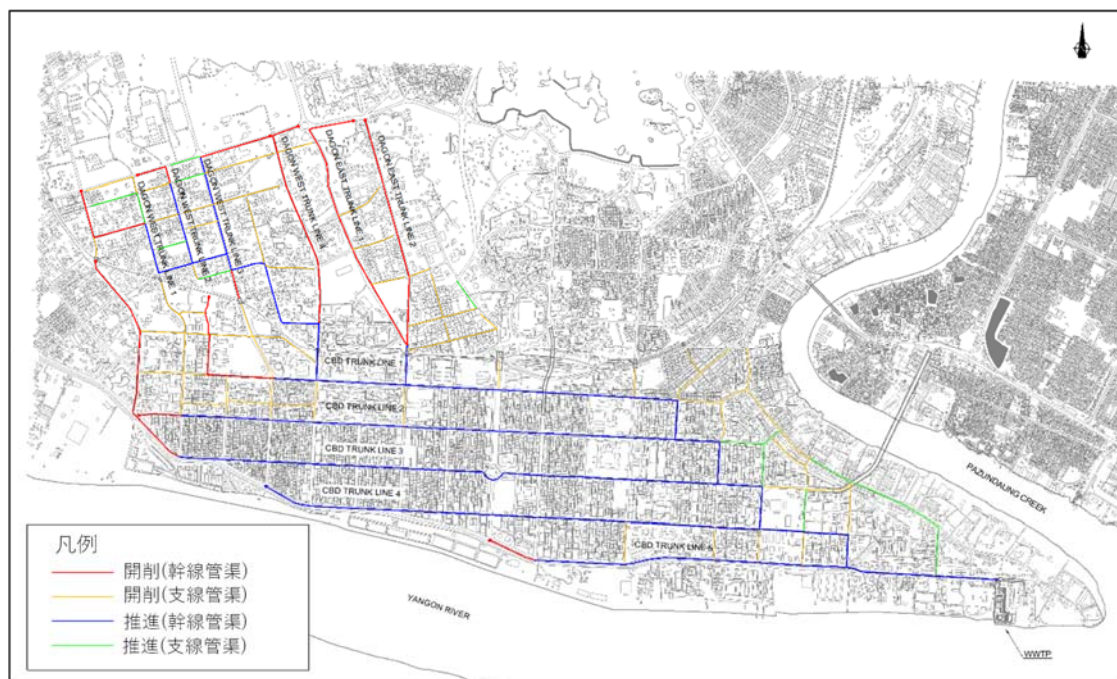
6.6.5 下水管渠敷設方法

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（小口径および大中口径）
  - 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扱い、工事中の交通等を考慮し決められる。図 6.6.8 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。



出典：JICA 調査団

図 6.6.8 提案施工方法（幹線管渠および支線管渠）

## 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

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用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

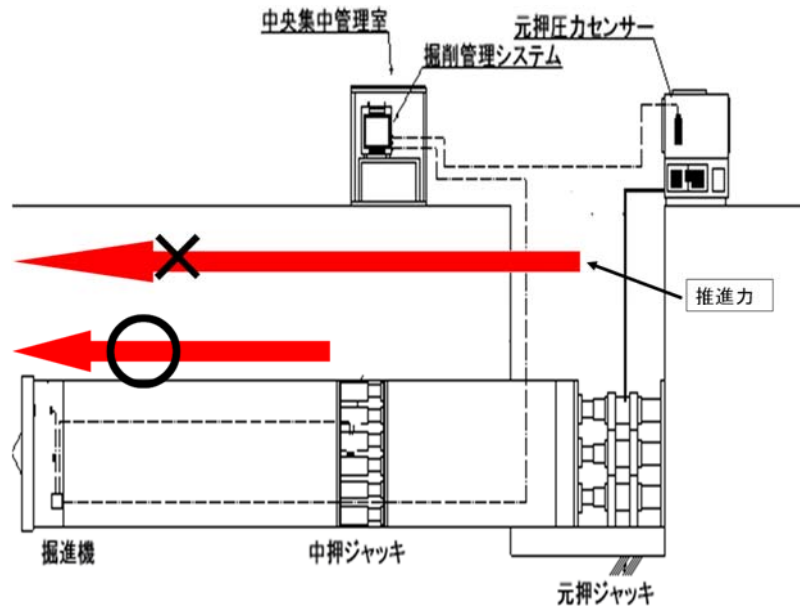
### 7.2 管渠

#### 7.2.1 長距離推進工法

本管渠計画に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を適用することは困難であり、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。

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従させる技術であり、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 7.2.1 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。さらに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 7.2.1 長距離推進工法の概念図

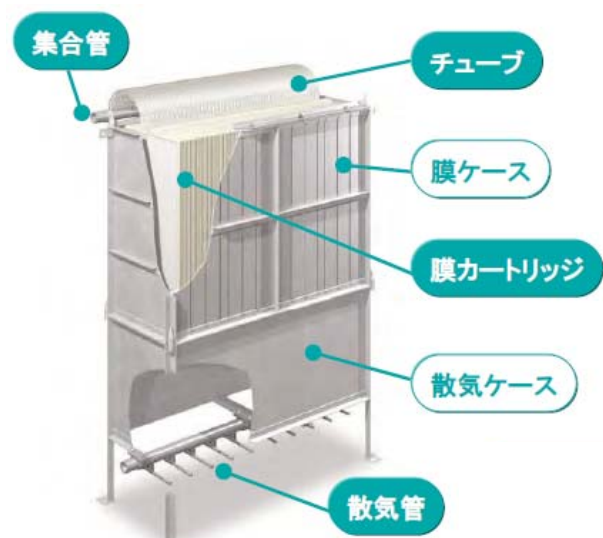
## 7.3 水処理

### 7.3.1 膜分離活性汚泥法

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。



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

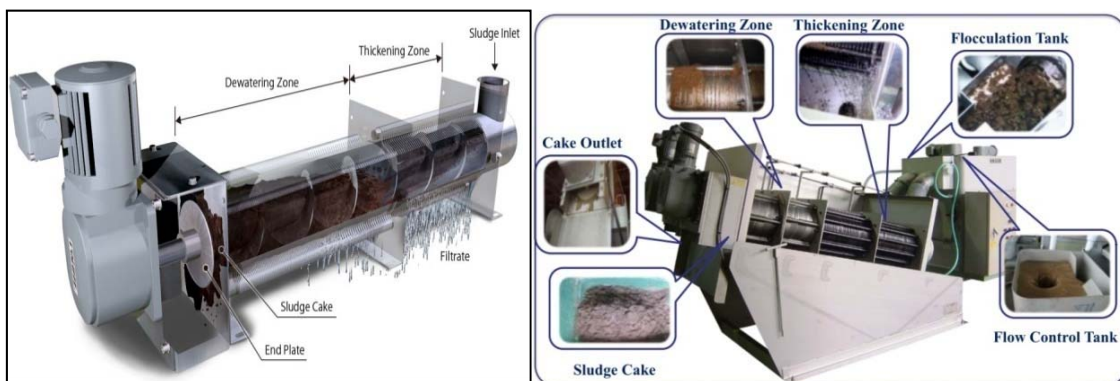
### 7.4.1 脱水機

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、多重板型スクリュープレス、遠心分離型、スクリュープレス、ベルトプレス等の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

	多重板型スクリュープレス	遠心分離	スクリュープレス	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ュ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ュープレス脱水機は、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 多重板型スクリュープレス脱水機

本邦多重板型スクリュープレス脱水機は、①目詰まりしない②維持管理性が良い③省エネルギーであり、電気代が安い④濃縮貯留槽が不要⑤24時間連続無人運転が可能、等の特

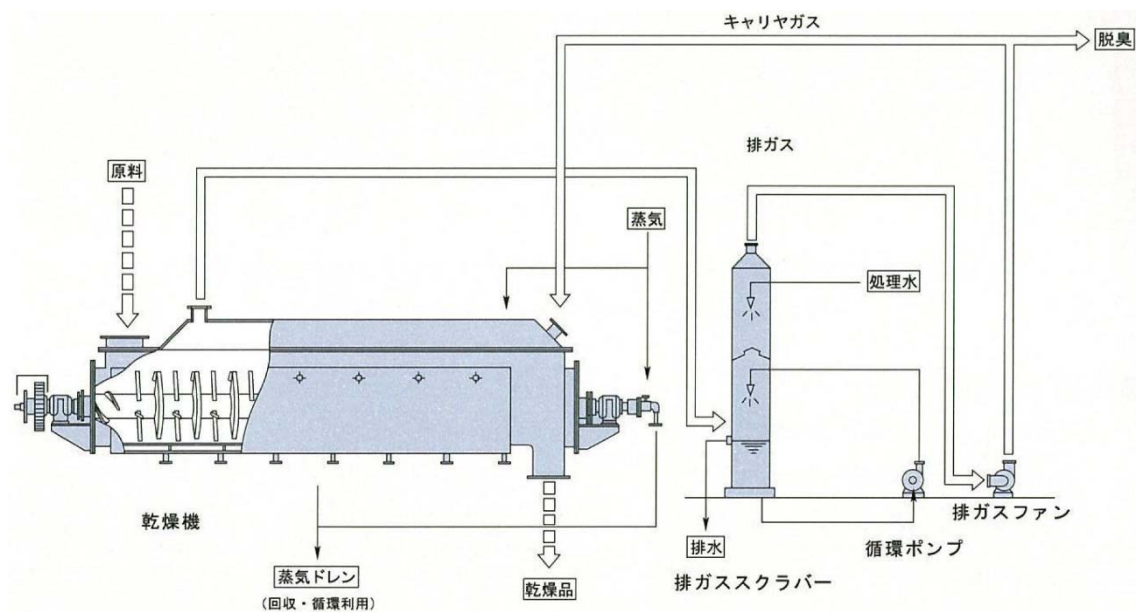
徴を有しており、これまでに 70 カ国以上で 3200 機以上導入されている。したがって本計画に対して極めて有効な本邦技術であると言える。

#### 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ディスク型乾燥機（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

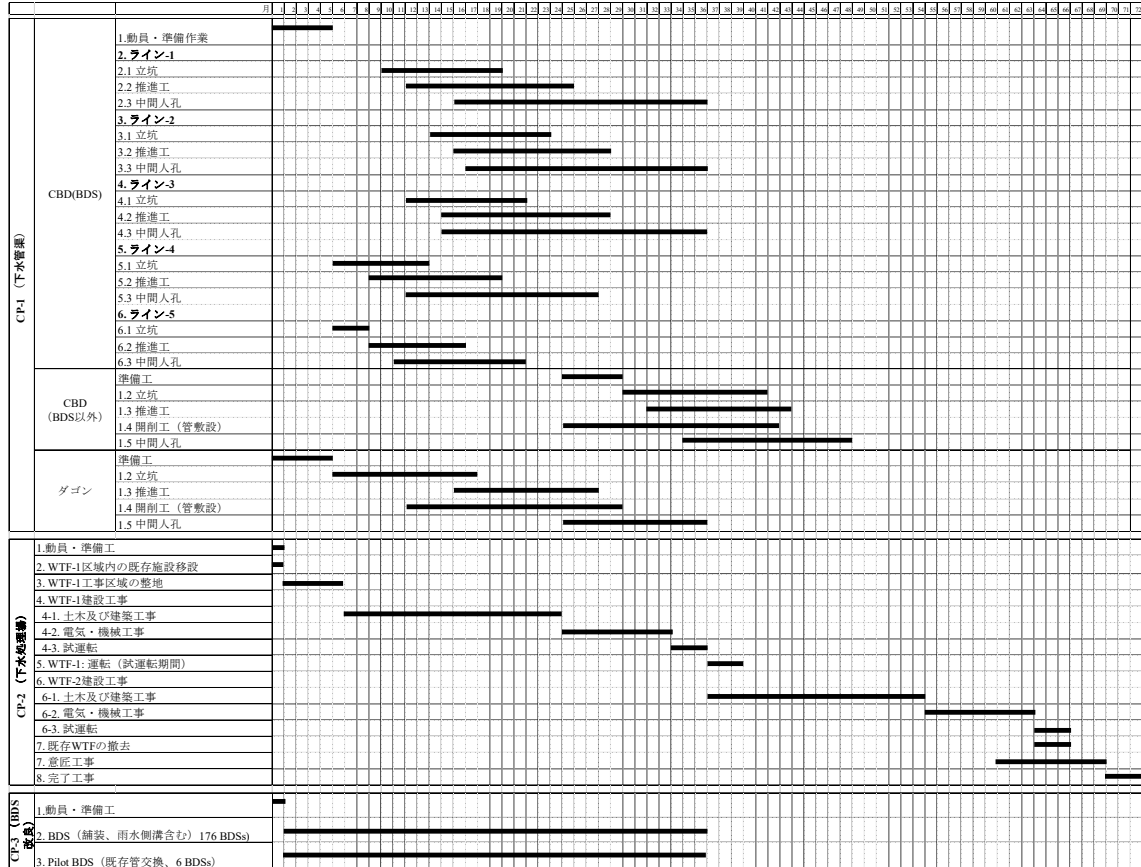
事業費の構成は、建設工事費、事業管理費、コンサルティングサービス費、予備費（物理的、物価上昇）、建中金利、フロントエンドフィー（前払手数料）および税金関連とする。

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。

## 8.2 工事スケジュール

工事スケジュールは図 8.2.1 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。



注: CP-1 の管渠のライン位置は、報告書本文 図 6.8.5 に示すとおり。

出典: JICA 調査団

図 8.2.1 工事スケジュール

## 第9章 環境社会配慮

### 9.1 環境社会配慮の目的

本調査における環境社会配慮（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。

### 9.2 JICA ガイドラインの一般的要求事項

JICA 環境社会配慮ガイドライン（2014年版）（以下、「JICA ガイドラン」とする）に基づき、本調査により提案される事業は「カテゴリ B」に分類されている。（主報告書の 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主要な法規制は以下の通りである。（主報告書の表 9.3.1 参照）。

- 環境保護法（2012年）
- 環境保護規則（2014年）
- 環境影響評価手続き（2015年）（EIA 通知第 616/2015）
- 国家環境質（排出）ガイドライン（2015年）（NEQG 2015）

#### 9.3.2 環境に関する他の関連法規

主報告書の表 9.3.2 を参照。

#### 9.3.3 国際条約等

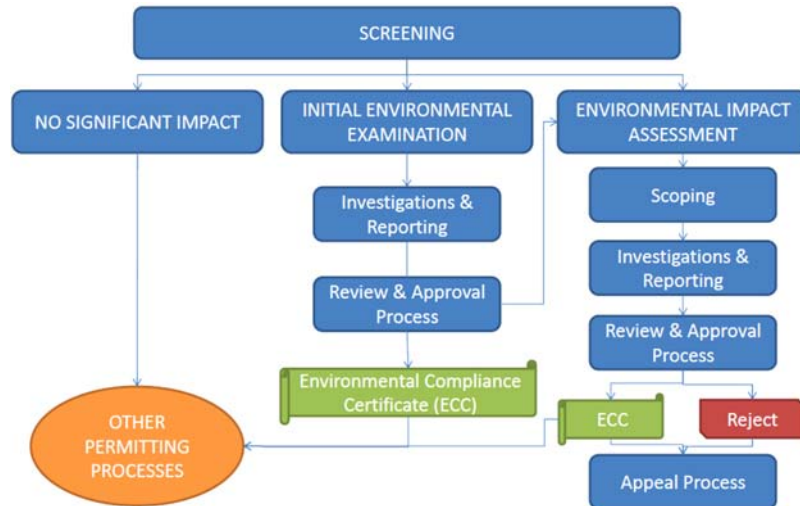
ミャンマー国は、30以上の環境に関する近隣地域及び国際条約に署名等している。（主報告書の表 9.3.3 参照）

#### 9.3.4 環境管理の組織制度

天然資源環境保全省（MONREC：Ministry of Natural Resources and Environmental Conservation）がミャンマー国の環境管理における主務官庁である。MONREC の環境保全局（ECD：Environmental Conservation Department）が、環境保全と管理及び、EIA 手続きに係る責務を担当する。

#### 9.3.5 EIA の法的枠組み及び環境適合証明証（ECC）

EIA 通知第 616 号（EIA Notification No.616/2015）（以下、「EIA 通知（2015）」とする）により、ECC 発行までの EIA 手続きの全体図を表 9.3.1 に示す。（主報告書の項目 9.3.6 参照）



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

図 9.3.1 各事業型の EIA 工程における主な段階及び活動の全体図

#### 9.4 本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

カテゴリ B と分類された事業は、JICA ガイドラインの要件を満たす必要がある。

##### 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

EIA 通知（2015）の附属文書 A（主報告書の Appendix 17 参照）により、下水道事業は EIA 手続きの実施及び、ECD から ECC の発給を受ける必要となる。

##### 9.4.3 全環境要求事項

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）分析を実施した。（主報告書の表 9.4.2 参照）

## 9.5 ヤンゴン市の環境及び社会状況

ヤンゴン市の環境社会状況のベースラインとして、表 9.5.1 に整理した環境及び社会項目を本調査で実施した。(結果は、主報告書の項目 9.5 参照)

**表 9.5.1 環境社会状況調査項目**

分野	項目			
公害	(1) Air Quality	(2) Noise and Vibration	(3) Water Quality	(4) Solid Waste
自然環境	(1) Meteorological Condition	(2) Topography	(3) Geology	(4) Soil
	(5) Hydrology	(6) Flora and Fauna	(7) Protected and Green Areas	(8) Landscape
社会環境	(1) Demography	(2) Economic Activities	(3) Land Use	(4) Transportation
	(5) Infrastructure and Public Facility	(6) Cultural Heritage	(7) Public Health	(8) Risk

出典: JICA 調査団

## 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

YCDC は、EIA 手続き実施のため来年度 (2019 年-2020 年) 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 (主報告書の Appendix 19 参照)。

### 9.6.2 EIA 手続き実施手法

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以下に示す。

- 本 JICA 調査結果の活用
- コンサルティング・サービスにおける EIA 手続き支援
- 国際及び現地の環境及び社会分野専門家の雇用
- YCDC の EDWSC からカウンターパート (C/P) 職員の選定

### 9.6.3 EIA 手続き査及び ECC 発行工程案

表 9.6.1 に、EIA 手続き及び ECC 発行の工程案を示す。

**表 9.6.1 下水道事業に係る EIA 手続きと ECC 発行の工程 (案)**

活動等	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
JICA Study	■■■■■			
Budget for EIA Procedure	▲ Request	▲ EIA Budget Allocation		
EIA investigation and Issuance of ECC	■■■■■	■■■■■	▲ ECC	
Loan Agreement (L/A)	▲▲ FF & AP Missions	▲ L/A		
Consultant Procurement, D/D and BID		■■■■■	▲ BID	
Construction				■■■■■

注: ECC; Environmental Compliance Certificate, FF; Fact Finding, AP; Appraisal, D/D; Detailed Design, BID: Bidding

出典: JICA 調査団

## 9.7 用地取得と住民移転

### 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

#### (1) 関連法規

ミャンマー国における主要な関連法規を以下に示す。(主報告書の表 9.7.1 参照)。

- Land Acquisition Act No. 1/1894
- Land Nationalization Act 1953
- Farmland Law 11/2012
- Farmland Rules 62/2012

しかしながら、現在、ミャンマーにおいて用地取得及び住民移転を総合的に規定している法規は存在しない。

### 9.7.2 非自発的住民移転に係る JICA 政策

JICA は「非自発的住民移転に係る JICA 政策」を整備している。(主報告書の項目 9.7.2 参照)

### 9.7.3 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実施した。(主報告書の表 9.7.2 参照)

## 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できることから、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<sup>1</sup>、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。

---

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

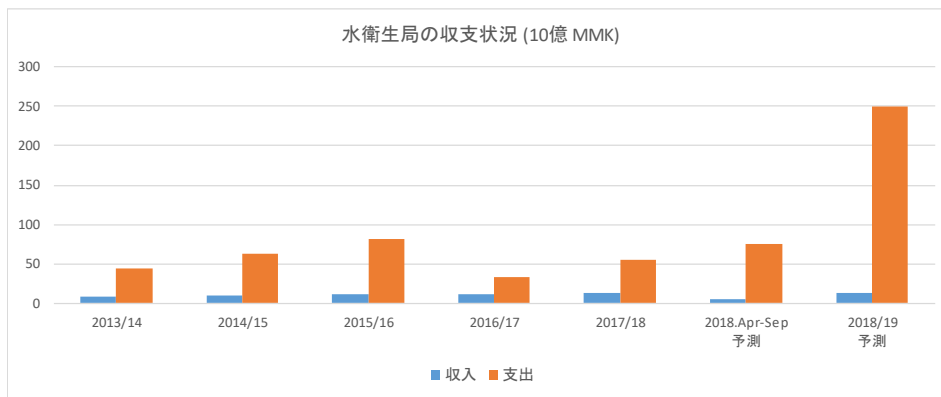
**表 10.2.1 水衛生局の財政状況**

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
<b>I. 収入</b>	<b>7,599</b>	<b>9,288</b>	<b>11,753</b>	<b>12,104</b>	<b>13,323</b>	<b>5,961</b>	<b>12,519</b>
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
<b>II. 経常支出</b>	<b>-9,377</b>	<b>-13,624</b>	<b>-16,496</b>	<b>-18,153</b>	<b>-18,143</b>	<b>-10,864</b>	<b>-22,439</b>
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
<b>III. 資本支出</b>	<b>-34,402</b>	<b>-49,362</b>	<b>-65,461</b>	<b>-14,920</b>	<b>-36,733</b>	<b>-63,943</b>	<b>-226,942</b>
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) Kokkwa	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
<b>IV. 収支</b>	<b>-36,181</b>	<b>-53,698</b>	<b>-70,205</b>	<b>-20,969</b>	<b>-41,553</b>	<b>-68,845</b>	<b>-236,862</b>

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。

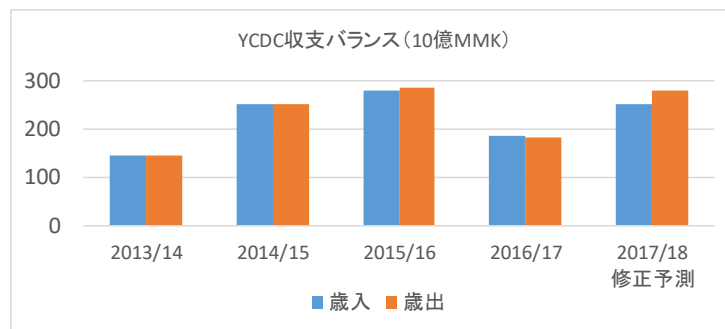


出典: YCDC のデータに基づき JICA 調査団作成

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
<b>I. 歳入</b>	<b>103,167</b>	<b>145,768</b>	<b>252,179</b>	<b>279,359</b>	<b>184,888</b>	<b>250,579</b>
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
<b>II. 歳出</b>	<b>100,198</b>	<b>145,727</b>	<b>252,141</b>	<b>284,826</b>	<b>181,761</b>	<b>278,563</b>
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
<b>III. 収支</b>	<b>2,969</b>	<b>41</b>	<b>38</b>	<b>(5,467)</b>	<b>3,127</b>	<b>(27,984)</b>

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

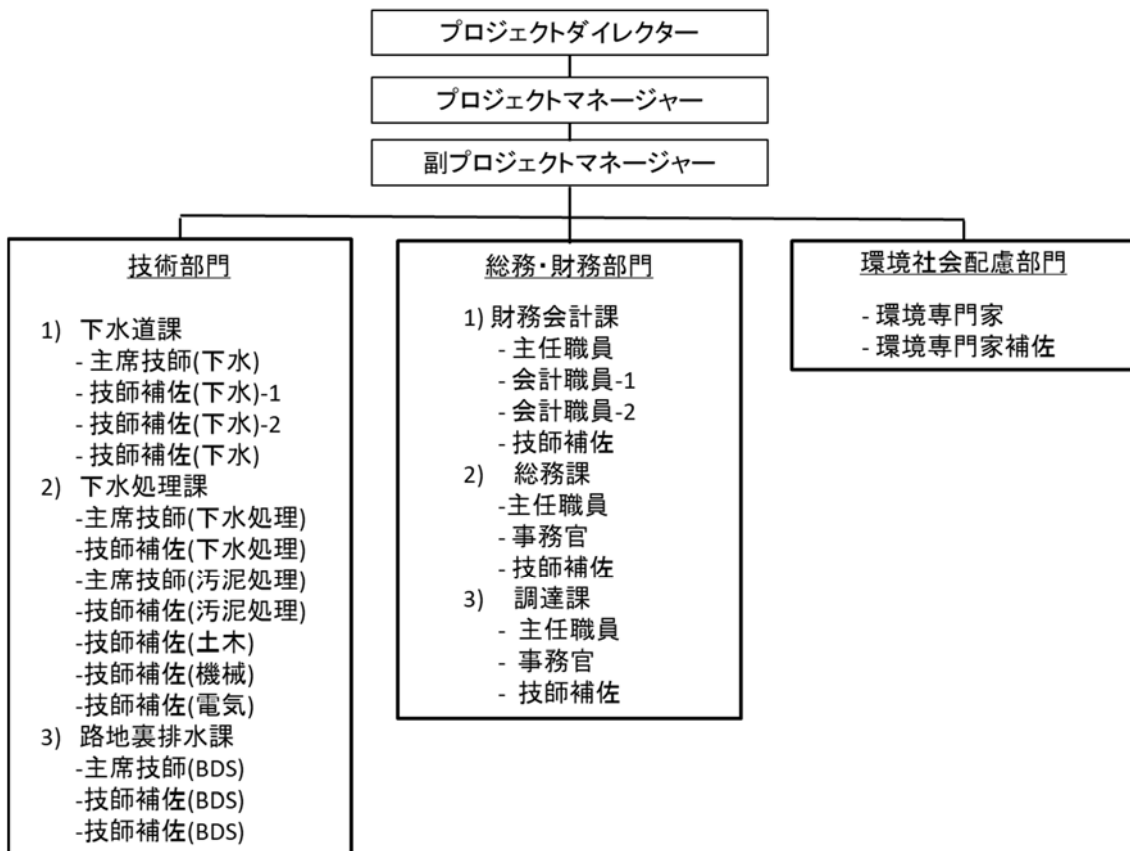
### 11.1 本章の概要

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

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。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。

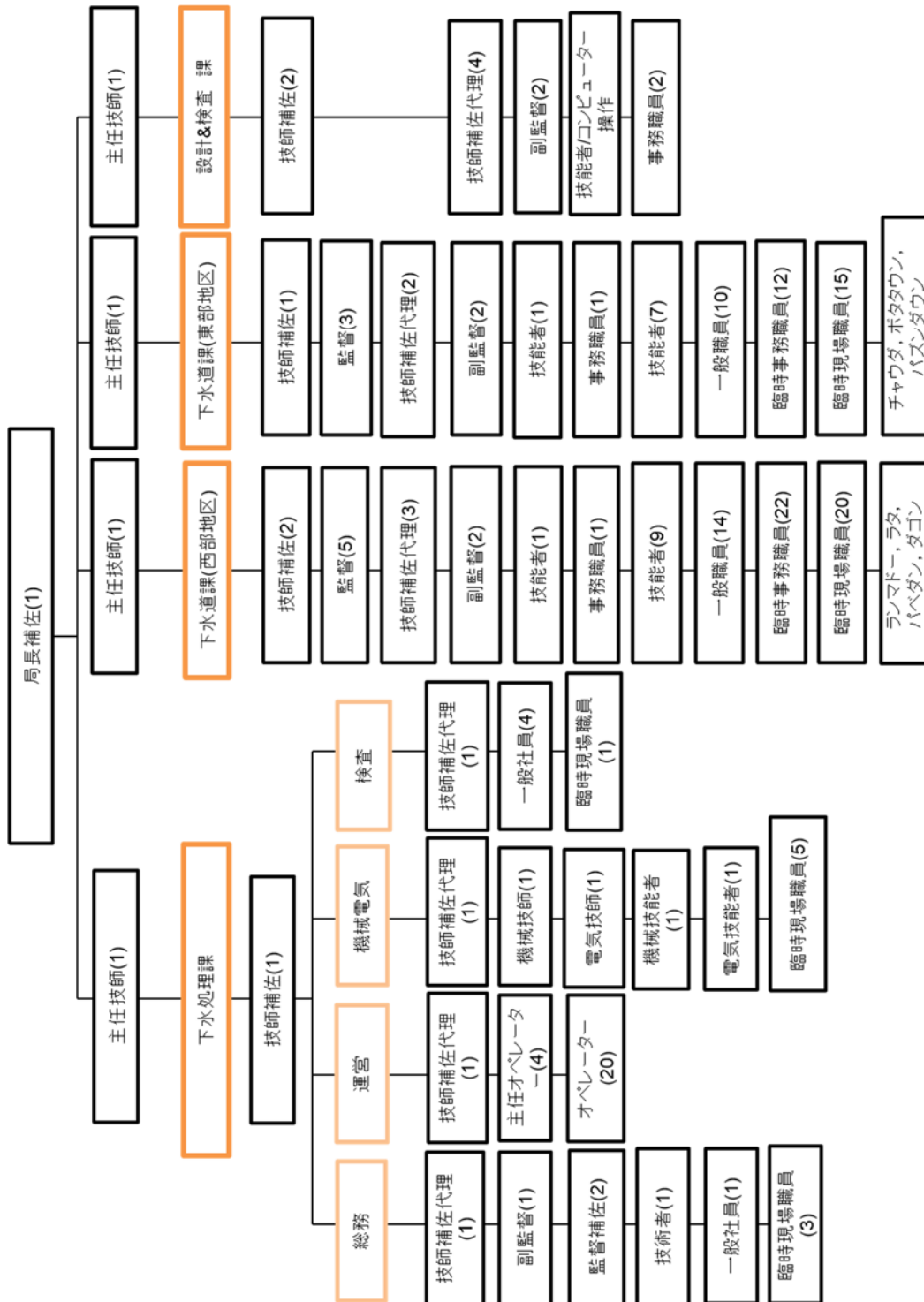


出典: JICA 調査団

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

### 11.2.1 運営維持管理のための能力開発

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。図 11.2.2 に新規下水処理システムに対応した組織図を示す。



出典: YCDC からの情報に基づき JICA 調査団が作成

図 11.2.2 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

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のため、以下の制度整備が必要となる。

#### 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、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と、エジェクターを用いた既存の下水収集システムの廃止と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を実施するための制度の整備する必要がある。

#### 2) 施工、運営に関する法令・基準の制定：

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。

#### 3) 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。下水道料金徴収と YCDC の税収からの補填は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。

## 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 <sup>3</sup> /日(第1期(当初3年の工事期間): 56,000 m <sup>3</sup> /日, 第2期



	<p style="text-align: center;"><b>(WWTP)</b> <b>(CP-2: ICB)</b></p>	<p>(1期後3年の工事期間): 56,000 m<sup>3</sup>/日          汚水処理施設: 膜分離活性汚泥法(MBR)          流入ポンプ場: Q=30 m<sup>3</sup>/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;"><b>BDS管渠工事</b> <b>(CP-3: LCB)</b></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。