

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  
ヤンゴン都市圏上水整備事業  
(フェーズ2) 準備調査  
ファイナル・レポート

平成29年2月  
(2017年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

株式会社 TEC インターナショナル  
日本工営 株式会社  
株式会社 NJS コンサルタンツ

東大
JR(先)
17-029



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  
ヤンゴン都市圏上水整備事業  
(フェーズ2) 準備調査  
ファイナル・レポート

平成29年2月  
(2017年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

株式会社 TEC インターナショナル  
日本工営 株式会社  
株式会社 NJS コンサルタンツ

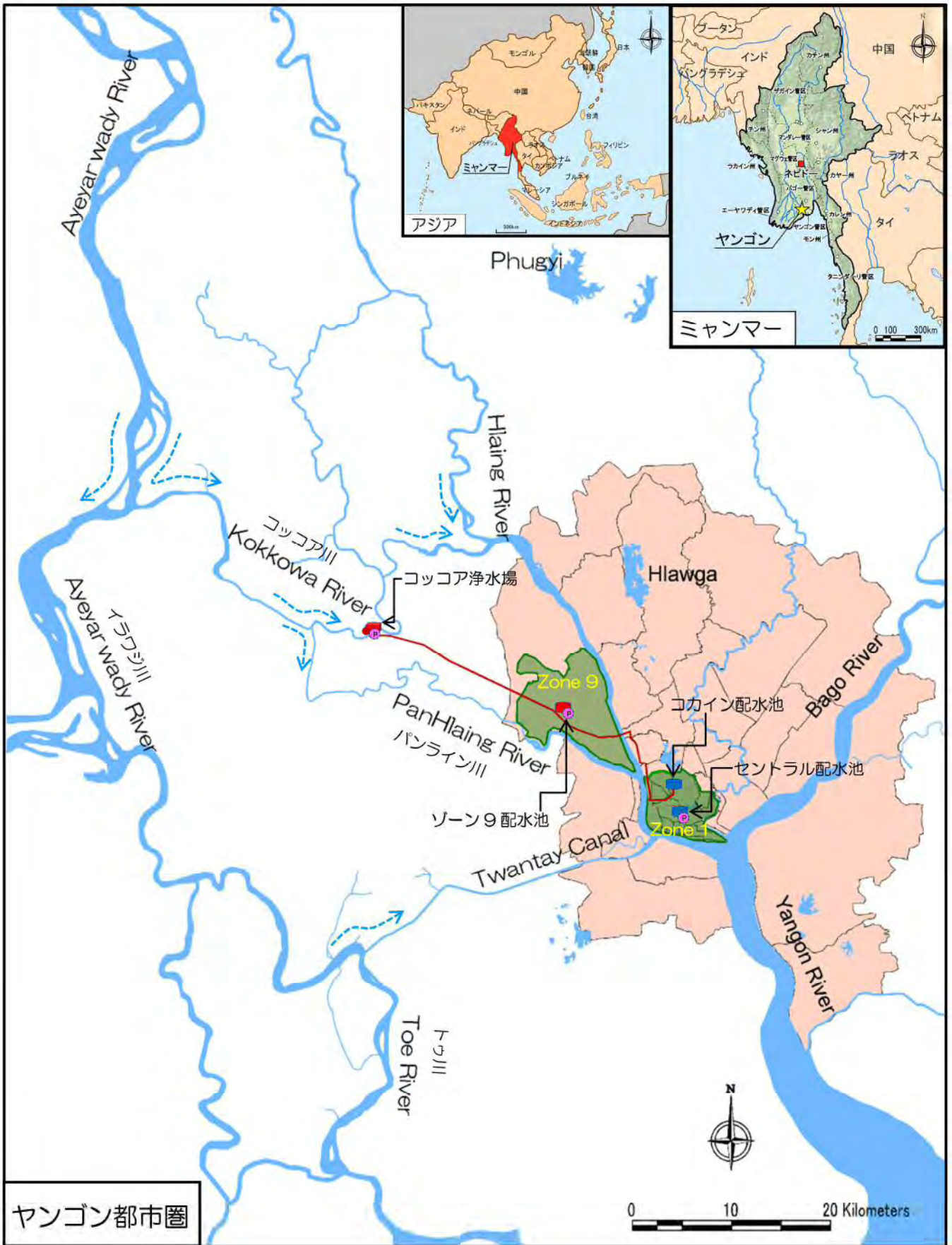
## 為替レート

1 USD = 109.2 JPY

1 USD = 1183.0 Kyat

1 Kyat = 0.0923 JPY

(2016年7月)



調査対象地域位置図





YCDC エリア (33 タウンシップ) 及び配水 10 ゾーン





## ミャンマー国ヤンゴン都市圏上水整備事業 (フェーズ2) 準備調査

調査対象地域位置図

YCDC エリア (33 タウンシップ) 及び配水 10 ゾーン

目次

図表目次

添付図書

略語表

調査の略称

単位

### 目 次

<b>第1章 序章</b> .....	<b>1-1</b>
1.1 調査の背景.....	1-1
1.1.1 水道サービス状況.....	1-1
1.1.2 水道マスタープランとフィージビリティ調査.....	1-2
1.1.3 ヤンゴン都市圏上水整備事業 (フェーズ1) -ラグンビン水道システム.....	1-2
1.1.4 コココア水道システムに係るフィージビリティ調査.....	1-4
1.2 円借款事業「ヤンゴン都市圏上水整備事業 (フェーズ2)」の概要.....	1-4
1.3 調査の概要.....	1-5
<b>第2章 ヤンゴン市の概要</b> .....	<b>2-1</b>
2.1 自然条件.....	2-1
2.1.1 地形.....	2-1
2.1.2 地質.....	2-2
2.1.3 気象.....	2-2
2.1.4 水文・水理.....	2-3
2.1.5 水理地質.....	2-6
2.2 ヤンゴン市の汚水処理.....	2-6
2.2.1 汚水処理の現状.....	2-6
2.2.2 MPにおける汚水処理に関する整備基本方針.....	2-7
2.2.3 YCDCが着手すべき作業の優先順位.....	2-9
2.3 貧困層の現状.....	2-10
<b>第3章 マスタープランの見直し</b> .....	<b>3-1</b>
3.1 2014-JICA 水道MPの概要.....	3-1
3.1.1 技術面の主な課題.....	3-1
3.1.2 給水サービス目標.....	3-1

3.1.3	無収水率	3-2
3.1.4	人口・水需要量	3-2
3.1.5	水源	3-3
3.1.6	水道計画方針	3-4
3.1.7	水道施設計画	3-5
3.2	計画フレームワークのレビュー	3-9
3.2.1	人口増加	3-10
3.2.2	現在人口及び人口推計	3-14
3.2.3	人口配分	3-15
3.2.4	タウンシップ別水需要量	3-20
3.2.5	配水ゾーン（配水区）毎の計画諸元	3-27
3.3	水配分計画のレビュー	3-28
3.3.1	水源開発	3-28
3.3.2	新たな水源計画（パンライン川）	3-28
3.3.3	新たな水源開発シナリオ	3-29
3.3.4	10 配水ゾーンへの水配分計画	3-31
3.3.5	見直し後の水道施設計画	3-34
3.4	本事業の必要性	3-37
<b>第4章</b>	<b>浄水場</b>	<b>4-1</b>
4.1	計画条件	4-1
4.1.1	実施済/実施中のココア関連計画	4-1
4.1.2	ココア浄水場の拡張計画	4-1
4.1.3	YCDC の用地取得	4-2
4.1.4	計画用地の妥当性	4-4
4.1.5	取水地点の検討	4-9
4.1.6	浄水処理プロセス及び前沈澱池容量	4-12
4.2	浄水場の計画方針	4-17
4.3	取水・導水施設	4-21
4.3.1	計画方針	4-21
4.3.2	計画施設能力	4-22
4.3.3	取水口及び導水路	4-22
4.3.4	取水ゲート	4-23
4.3.5	前沈澱池	4-23
4.3.6	揚水ポンプ設備	4-24
4.4	浄水施設	4-33
4.4.1	計画対象の浄水施設	4-33
4.4.2	浄水処理方式	4-33
4.4.3	着水井及び混和池	4-34

4.4.4	フロック形成池及び沈殿池 .....	4-36
4.4.5	ろ過池 .....	4-40
4.4.6	浄水池 .....	4-41
4.4.7	排水処理 .....	4-42
4.4.8	薬品注入設備 .....	4-43
4.4.9	消毒設備 .....	4-44
4.4.10	電気設備 .....	4-45
4.4.11	SCADA (中央監視制御装置) .....	4-50
4.4.12	管理施設 .....	4-54
<b>第5章</b>	<b>送水施設.....</b>	<b>5-1</b>
5.1	計画概要.....	5-1
5.2	配水ゾーン9のための送水施設.....	5-2
5.2.1	計画方針 .....	5-2
5.2.2	送水施設計画 .....	5-3
5.3	配水ゾーン1のための送水施設.....	5-4
5.3.1	計画概要 .....	5-4
5.3.2	水運用の概要 .....	5-4
5.3.3	計画方針 .....	5-8
5.3.4	送水施設計画 .....	5-10
5.3.5	電気設備計画 .....	5-18
5.3.6	SCADA.....	5-19
5.4	送水管の占用位置.....	5-20
5.4.1	ココア浄水場からライン川までの送水管ルート.....	5-20
5.4.2	ライン川から配水ゾーン1への送水管ルート.....	5-27
5.4.3	ライン川横断計画 .....	5-29
<b>第6章</b>	<b>配水施設 (配水ゾーン9) .....</b>	<b>6-1</b>
6.1	計画概要.....	6-1
6.1.1	計画配水量 .....	6-2
6.2	配水池・配水ポンプの計画.....	6-4
6.2.1	配水池 .....	6-4
6.2.2	配水ポンプ .....	6-4
6.3	配水本管の計画.....	6-5
6.4	配水小管計画.....	6-11
6.4.1	DMA の計画.....	6-11
6.4.2	SCADA.....	6-13
<b>第7章</b>	<b>配水施設 (配水ゾーン1) .....</b>	<b>7-1</b>
7.1	計画概要.....	7-1

7.1.1	現況及びマスタープランのレビュー .....	7-1
7.1.2	イェグポンプ場の現況 .....	7-2
7.1.3	ココイン配水池の現況 .....	7-4
7.1.4	既設セントラル配水池及びシュエダゴン・パゴダ配水池の現況.....	7-7
7.1.5	計画条件.....	7-8
7.1.6	配水形態の複数案の比較 .....	7-11
7.2	配水池・配水ポンプの計画.....	7-14
7.2.1	ココイン配水池 .....	7-14
7.2.2	セントラル配水池・配水ポンプ .....	7-16
7.2.3	セントラル配水池・ポンプ場の電気設備.....	7-19
7.2.4	SCADA.....	7-19
7.3	配水本管.....	7-20
7.4	配水小管、DMA 内の配管計画.....	7-25
7.4.1	配水施設 .....	7-25
7.4.2	DMA 及び配水小管の計画 .....	7-26
7.5	配水切替え計画.....	7-29
7.5.1	現況の配水と切替え計画 .....	7-29
7.5.2	ステップ 1: コッコア浄水場からの送水開始時 .....	7-29
7.5.3	ステップ 2: 低区 DMA の整備 (1) とココイン配水池の躯体調査 .....	7-30
7.5.4	ステップ 3: 低区 DMA の整備 (2) .....	7-30
7.5.5	ステップ 4: 高区 DMA の整備 .....	7-31
<b>第 8 章</b>	<b>運転・維持管理計画.....</b>	<b>8-1</b>
8.1	課題の整理.....	8-1
8.1.1	浄水場.....	8-1
8.1.2	送水管 .....	8-2
8.1.3	配水管 .....	8-2
8.1.4	給水装置 .....	8-2
8.1.5	顧客管理 .....	8-3
8.1.6	課題解決策 .....	8-3
8.2	運営・維持管理計画.....	8-3
8.2.1	コッコア浄水場における運転・維持管理計画.....	8-3
8.2.2	水質管理に係る水供給・衛生局の水質試験室が実施すべき優先項目 .....	8-18
8.2.3	管路の運転・維持管理計画 .....	8-18
8.2.4	メーター検針、請求、水道料金徴収の改善.....	8-19
8.2.5	ミャンマーにおける既設の設備・機器の維持管理対策.....	8-19
8.2.6	広報・啓発 .....	8-20
8.3	職員配置、人材育成計画.....	8-21
8.3.1	体制 .....	8-21

8.3.2	本事業の維持管理費用 .....	8-23
8.3.3	人材育成計画 .....	8-23
8.4	重点的に能力強化を図るべき技術項目 .....	8-24
8.5	技術協力プロジェクトで行う技術項目と円借款事業で行う技術支援項目 .....	8-25
8.5.1	JICA 技術協力プロジェクト .....	8-25
8.5.2	本事業に関連する技術支援と地方自治体との連携.....	8-25
<b>第9章</b>	<b>概算事業費と事業実施計画.....</b>	<b>9-1</b>
9.1	施工計画.....	9-1
9.1.1	フェーズ2 事業の工事概要 .....	9-1
9.1.2	自然条件 .....	9-6
9.1.3	材料及び施工機械の調達 .....	9-7
9.1.4	概略施工計画 .....	9-9
9.1.5	安全管理 .....	9-19
9.1.6	リスク管理 .....	9-19
9.2	事業費算定条件.....	9-20
9.2.1	事業費の算定条件 .....	9-20
9.2.2	提案する事業のパッケージ分け .....	9-20
9.2.3	建設工事費 .....	9-20
9.2.4	概算事業費 .....	9-20
9.3	事業実施計画.....	9-20
9.3.1	事業実施スケジュール .....	9-20
9.3.2	事業の年次別実施費用 .....	9-21
9.4	資金調達計画.....	9-21
9.5	運転維持管理費.....	9-22
9.6	事業実施体制.....	9-22
9.6.1	ヤンゴン上水道に係る関連組織 .....	9-22
9.6.2	事業実施体制の確認 .....	9-25
9.6.3	プロジェクト運営調整委員会 (PCC) .....	9-25
9.6.4	プロジェクト管理ユニット (PMU) .....	9-26
9.6.5	実施機関の技術水準、及び類似事業実施の経験.....	9-27
9.6.6	実施機関の財務管理能力 .....	9-27
9.6.7	コンサルタントの選定方針 .....	9-28
9.6.8	コンサルティングサービス .....	9-28
9.6.9	入札方法、契約条件の設定 .....	9-28
9.6.10	施工業者の選定方針 .....	9-28
<b>第10章</b>	<b>財務・経済分析.....</b>	<b>10-1</b>
10.1	財務分析.....	10-1

10.2	経済分析.....	10-4
10.3	本事業における YCDC の財務予測.....	10-9
<b>第 11 章 環境社会配慮..... 11-1</b>		
11.1	環境社会配慮が必要な事業コンポーネントの概要.....	11-1
11.2	環境及び社会の状況.....	11-1
11.2.1	社会インフラサービスの現状.....	11-1
11.2.2	土地利用.....	11-2
11.2.3	保健・衛生.....	11-2
11.2.4	大気質.....	11-4
11.2.5	水質及び気候変動適応策.....	11-4
11.2.6	廃棄物.....	11-5
11.2.7	騒音.....	11-6
11.2.8	地盤沈下.....	11-7
11.2.9	文化遺産.....	11-7
11.2.10	生態系.....	11-8
11.2.11	保護区.....	11-8
11.2.12	少数民族・先住民族.....	11-8
11.2.13	HIV 感染症対策.....	11-9
11.2.14	ジェンダー、障害者に対する配慮.....	11-9
11.3	ミャンマー国の環境社会配慮制度・組織.....	11-10
11.4	代替案の検討.....	11-13
11.5	スコーピング及び環境社会配慮調査の TOR.....	11-14
11.5.1	緩和策.....	11-15
11.5.2	モニタリング計画.....	11-16
11.5.3	環境チェックリスト.....	11-18
11.6	用地取得と非自発的住民移転.....	11-21
11.6.1	各建設予定地の用地取得状況と非自発的住民移転の要否.....	11-21
11.6.2	住民移転に係る現地法制度.....	11-28
11.7	住民移転計画.....	11-30
11.7.1	住民移転にかかる基本方針.....	11-30
11.7.2	用地取得・住民移転の規模・範囲.....	11-31
11.7.3	補償・支援の具体策.....	11-31
11.7.4	苦情処理メカニズム.....	11-33
11.7.5	実施体制.....	11-34
11.7.6	住民移転・補償に係る実施スケジュール.....	11-34
11.7.7	費用と財源.....	11-35
11.7.8	モニタリング.....	11-35
11.7.9	住民協議と情報公開.....	11-36

11.8	ステークホルダー会議(SHM)及び社会経済インタビュー調査.....	11-39
11.8.1	浄水場事業に関する SHM.....	11-39
11.8.2	提案送水管路位置における社会経済インタビュー調査.....	11-42
<b>第 12 章</b>	<b>事業効果.....</b>	<b>12-1</b>
12.1	定量的効果.....	12-1
12.2	定性的効果.....	12-2
<b>第 13 章</b>	<b>提言.....</b>	<b>13-1</b>

## 表 目 次

表 1-1	水道事業体の業務指標.....	1-1
表 1-2	レポート内容と提出時期.....	1-5
表 2-1	ヤンゴン港における潮位.....	2-5
表 2-2	YCDC が実施すべき作業手順の一覧.....	2-9
表 2-3	世帯収入分布表.....	2-10
表 3-1	給水サービス全体目標.....	3-2
表 3-2	無収水率及び漏水率の目標値.....	3-2
表 3-3	ヤンゴン市の水需要.....	3-2
表 3-4	現況水源（貯水池系）.....	3-3
表 3-5	地下水源計画.....	3-3
表 3-6	給水状況の改善目標を達成するための方針.....	3-4
表 3-7	2014-JICA 水道 MP の水需要量のレビュー及び推計手順.....	3-9
表 3-8	2011 年及び 2014 年の推計人口.....	3-14
表 3-9	タウンシップグループの 2014 年人口比較(都市圏調査及び 2014 年国勢調査) .....	3-15
表 3-10	見直し後のタウンシップグループ及びタウンシップ人口.....	3-19
表 3-11	見直し後のヤンゴン市の給水サービス目標.....	3-20
表 3-12	MP の給水サービス目標（参考）.....	3-20
表 3-13	見直し後のヤンゴン市、タウンシップグループ、タウンシップの水道普及 率（%）.....	3-22
表 3-14	見直し後のヤンゴン市、タウンシップグループ、タウンシップの給水人口.....	3-23
表 3-15	タウンシップ・グループごとの給水原単位の計画値（LPCD）.....	3-24
表 3-16	給水件数と一日使用水量（2009 年度～2013 年度）.....	3-25
表 3-17	給水件数と一日使用水量（2014 年度）.....	3-25
表 3-18	無収水率と漏水率.....	3-25
表 3-19	見直し後のタウンシップグループごとの一日最大需要量: MGD).....	3-26
表 3-20	見直し後の配水ゾーン毎の計画諸元（2014 年）.....	3-27

表 3-21	見直し後の配水ゾーン毎の計画諸元 (2025 年)	3-27
表 3-22	見直し後の配水ゾーン毎の計画諸元 (2040 年)	3-28
表 3-23	見直し後の段階的水源開発計画	3-30
表 3-24	2040 年の河川系の水源開発計画 (単位 MGD)	3-30
表 3-25	年間 (2012 年) の水及び蚊を媒介とする罹患患者数及び罹患率	3-38
表 3-26	水道に関する顧客不満足度 (配水ゾーン 1 及び配水ゾーン 9)	3-39
表 4-1	提案された水源開発候補地の比較	4-5
表 4-2	目標浄水水質及びその他の基準	4-12
表 4-3	取水点近くのココア川の水質データ	4-13
表 4-4	施設計画に用いる計画最大濁度 (NTU)	4-15
表 4-5	取得済み用地と理想形用地との費用比較	4-17
表 4-6	施設計画に用いる計画水量	4-17
表 4-7	ココア浄水場の建設区分	4-19
表 4-8	取水施設の計画能力	4-22
表 4-9	取水ゲートの概要	4-23
表 4-10	揚水ポンプ設備の概要	4-25
表 4-11	揚水ポンプ形式の比較	4-26
表 4-12	ポンプ運転制御方式の比較	4-27
表 4-13	計画浄水施設の要約表	4-33
表 4-14	攪拌方式の比較	4-35
表 4-15	沈殿設備の概要	4-37
表 4-16	フロック形成池の攪拌方式の比較	4-38
表 4-17	沈殿方式の比較	4-39
表 4-18	ろ過設備の概要	4-40
表 4-19	ろ過池逆洗方式の比較	4-41
表 4-20	凝集剤の注入率の設定	4-44
表 4-21	塩素の注入率	4-44
表 4-22	塩素剤の比較	4-44
表 4-23	送電線仕様と YCDC による施工スケジュール	4-48
表 4-24	水質監視項目及び計測点	4-50
表 4-25	管理施設	4-54
表 5-1	水理計算結果	5-3
表 5-2	口径 1600 mm の管材質の比較	5-3
表 5-3	配水ゾーン 9 送水ポンプ計画	5-4
表 5-4	計画送水量 (浄水場～ゾーン 9 配水池/中継ポンプ場)	5-8
表 5-5	計画送水量 (中継ポンプ場～ゾーン 1,3,4 配水池)	5-8
表 5-6	イエグポンプ場からの計画送水量	5-9
表 5-7	水理計算結果	5-10



表 5-8	水理計算結果.....	5-11
表 5-9	管材質の比較.....	5-12
表 5-10	送水系統化の比較.....	5-13
表 5-11	中継ポンプ場からの送水量 (南系) .....	5-14
表 5-12	中継ポンプ場からの送水量 (北系) .....	5-14
表 5-13	ポンプ整備案の比較 (南系) .....	5-14
表 5-14	送水ポンプ設備計画 (南系) .....	5-14
表 5-15	ポンプ整備案の比較 (北系) .....	5-15
表 5-16	送水ポンプ設備計画 (北系) .....	5-15
表 5-17	配水池兼ポンプ井の必要容量.....	5-15
表 5-18	イエグポンプ場からセントラル配水池への送水量.....	5-18
表 5-19	イエグポンプ場の送水ポンプ計画.....	5-18
表 5-20	管路計画及び国道 5 号線の管轄.....	5-20
表 5-21	トンネル工法における推進工法とシールド工法の比較.....	5-30
表 5-22	河川横断工法の比較.....	5-31
表 6-1	配水ゾーン 9 の 2014, 2025 及び 2040 年の給水計画概要.....	6-2
表 6-2	ゾーン 9 配水池容量の検討.....	6-4
表 6-3	配水ポンプの概要.....	6-5
表 6-4	2025 年及び 2040 年の配水ゾーン 9 の配水本管の計画延長.....	6-6
表 6-5	2025 年における配水ゾーン 9 の DMA 計画.....	6-11
表 6-6	配水ゾーン 9 の配水管の計画延長.....	6-11
表 6-7	配水ゾーン 9 の SCADA の監視項目 .....	6-13
表 7-1	2015 年のイエグポンプ場の配水水質データ .....	7-4
表 7-2	既設コカイン配水池の概要.....	7-4
表 7-3	コカイン配水池の滞留時間の将来推移.....	7-5
表 7-4	既設コカイン配水池の概要.....	7-7
表 7-5	配水ゾーン 1 の 2014 年、2025 年及び 2040 年の給水計画概要.....	7-10
表 7-6	配水ゾーン 1 の水源配分計画.....	7-11
表 7-7	配水形態の複数案の比較.....	7-12
表 7-8	コカイン配水池の補修及びセントラル配水池の改築.....	7-14
表 7-9	コカイン配水池の施設概要.....	7-14
表 7-10	コカイン配水池の滞留時間 (低区) .....	7-14
表 7-11	改築後のセントラル配水池の滞留時間 (高区) .....	7-16
表 7-12	セントラル配水池における施設概要.....	7-17
表 7-13	電気設備に関する計画諸元.....	7-19
表 7-14	配水ゾーン 1 の SCADA の監視項目 .....	7-20
表 7-15	配水ゾーン 1 の配水本管の計画延長.....	7-21
表 7-16	配水ゾーン 1 低区の DMA 計画.....	7-26

表 7-17	配水ゾーン1 高区の DMA 計画.....	7-26
表 7-18	配水ゾーン1 の配水管の計画延長.....	7-27
表 8-1	コッコア浄水場の組織の職位・業務内容 (案) .....	8-4
表 8-2	コッコア浄水場の職員数・専門分野 (案) .....	8-4
表 8-3	福岡市の浄水場の職位・業務内容 (参考) .....	8-5
表 8-4	福岡市の浄水場の職員数・専門分野 (参考) .....	8-5
表 8-5	日常点検チェックリスト (例) .....	8-12
表 8-6	定期点検チェックリスト (例) .....	8-14
表 8-7	委託点検項目内容例 (ポンプ設備) .....	8-15
表 8-8	委託点検内容例 (次亜注入設備) .....	8-16
表 8-9	委託点検項目内容例 (電気計装設備) .....	8-16
表 8-10	水供給・衛生局の水質試験室が日常的に検査している水質項目 .....	8-18
表 8-11	主要機械設備の法定耐用年数と目標耐用年数.....	8-20
表 8-12	主要電気設備目標耐用年数.....	8-20
表 8-13	浄水場における人材育成計画.....	8-23
表 8-14	配水管理に係る人材育成プログラム.....	8-24
表 8-15	新しい技術支援プログラム (案) .....	8-26
表 9-1	本事業の施工区分.....	9-2
表 9-2	本事業の工事詳細.....	9-2
表 9-3	コッコア浄水場に適用できる本邦技術の仕様.....	9-5
表 9-4	送配水施設及び管路に適用できる本邦技術の仕様.....	9-5
表 9-5	管材の調達.....	9-8
表 9-6	設備材の調達.....	9-8
表 9-7	盛土工法の比較.....	9-11
表 9-8	杭基礎の比較.....	9-12
表 9-9	円借款対象候補事業.....	9-20
表 9-10	YCDC 予算の工事概要.....	9-20
表 9-11	建設工事費の内訳.....	9-20
表 9-12	概算事業費の内訳.....	9-20
表 9-13	パッケージ毎の事業実施スケジュール.....	9-20
表 9-14	コンサルタント選定の標準的実施スケジュール.....	9-20
表 9-15	施工業者選定の標準的実施スケジュール.....	9-20
表 9-16	建設工事の実施スケジュール.....	9-20
表 9-17	年次別支出計画.....	9-21
表 9-18	円借款事業の年次支出計画.....	9-21
表 9-19	円借款事業の資金計画.....	9-21
表 9-20	費用内訳.....	9-21
表 9-21	年次支出計画の要約.....	9-21

表 9-22	運転維持管理費の数量と単価の設定	9-22
表 9-23	本事業における年間運転維持管理費	9-22
表 9-24	事業実施体制とその役割	9-25
表 9-25	プロジェクト管理ユニットの人員構成 (案)	9-27
表 9-26	コンサルティングサービス	9-28
表 10-1	財務分析の前提条件	10-1
表 10-2	初期投資費用	10-1
表 10-3	再投資費用	10-1
表 10-4	O&M 費用	10-2
表 10-5	無収水率・漏水率	10-2
表 10-6	加重平均資本費用 (WACC)	10-2
表 10-7	財務キャッシュフロー予測	10-3
表 10-8	円借款フェーズ1事業の初期投資費用	10-3
表 10-9	円借款フェーズ1事業の O&M 費用	10-3
表 10-10	平均 O&M 費用と水道料金収入の比較 (2035 年)	10-4
表 10-11	統合キャッシュフロー予測	10-4
表 10-12	経済分析の前提条件	10-4
表 10-13	初期投資費用	10-4
表 10-14	再投資費用	10-5
表 10-15	O&M 費用	10-5
表 10-16	水道サービスのない家庭の水使用量	10-6
表 10-17	井戸にかかる費用	10-6
表 10-18	井戸の消費水量当たり費用	10-6
表 10-19	代替水源費用	10-7
表 10-20	新しい水道サービスに対する支払意志額	10-7
表 10-21	新しい水道サービスの消費水量	10-7
表 10-22	EIRR の推計	10-8
表 10-23	感度分析	10-8
表 10-24	財務予測の結果	10-10
表 11-1	本事業のコンポーネント概要	11-1
表 11-2	タウンシップ毎の社会インフラサービスの整備率	11-2
表 11-3	タウンシップ毎の土地利用割合	11-2
表 11-4	ヤンゴン市の下水処理状況	11-3
表 11-5	ヤンゴン市における各種疾病の罹患数及び死亡数	11-3
表 11-6	タウンシップ毎の乳児死亡率、病院数、及び医者数	11-3
表 11-7	大気質観測結果	11-4
表 11-8	EHS ガイドライン排水基準	11-5
表 11-9	騒音に関する WHO 基準	11-7

表 11-10	タウンシップ毎の民族構成.....	11-9
表 11-11	IEE/EIA 対象である水供給事業.....	11-13
表 11-12	環境項目スコーピング結果.....	11-14
表 11-13	緩和策.....	11-15
表 11-14	モニタリング計画.....	11-16
表 11-15	環境チェックリスト.....	11-18
表 11-16	JICA 環境社会配慮ガイドラインと「ミ」国における用地取得・住民移転 関連法令との相違.....	11-28
表 11-17	エンタイトルメントマトリクス.....	11-31
表 11-18	生活再建策による職業訓練案.....	11-32
表 11-19	住民移転・補償に係る暫定スケジュール.....	11-35
表 11-20	Anyasu 村の寺院における YCDC による事業説明会.....	11-39
表 11-21	浄水場サイト事務所における SHM.....	11-40
表 11-22	SHM に於ける質疑応答.....	11-41
表 11-23	送水管占用範囲上の計 7 の不法占拠世帯/商業施設.....	11-44
表 11-24	事業概要及び非自発的移転に係る説明.....	11-44
表 11-25	被影響世帯の影響民及び家族等.....	11-45
表 11-26	平均世帯支出 (MMK/月).....	11-46
表 11-27	被影響世帯/商業施設の構造.....	11-46
表 11-28	意見、質問、コメント及び YCDC の返答.....	11-47
表 12-1	運用効果指標.....	12-1
表 12-2	指標のモニタリング方法.....	12-2

## 目 次

図 1-1	ヤンゴン都市圏上水整備事業 (フェーズ1) の計画概要.....	1-3
図 2-1	ヤンゴン市の地形.....	2-1
図 2-2	ヤンゴンの地質図.....	2-2
図 2-3	ヤンゴン市の最高・最低の月平均気温 (1991-2008 年).....	2-3
図 2-4	月間平均降水量 (ヤンゴン市カバエ、1991-2008 年).....	2-3
図 2-5	ヤンゴン市周辺河川の位置図.....	2-4
図 2-6	ヤンゴン市周辺河川の塩水遡上.....	2-5
図 2-7	ヤンゴン市の地下水開発ポテンシャル.....	2-6
図 2-8	ヤンゴン市の既設下水道システム.....	2-7
図 2-9	汚水処理に関する整備基本方針.....	2-8
図 2-10	世帯収入分布図.....	2-10
図 3-1	2014-JICA 水道 MP における需要量に応じた段階的水源開発計画.....	3-4
図 3-2	3 階層送配水システムの概念図.....	3-6

図 3-3	水道施設計画 (2040 年)	3-8
図 3-4	水需要量の推計フロー	3-10
図 3-5	2040 年のヤンゴン都市圏の将来都市構造・土地利用計画図 (都市構造統括図)	3-12
図 3-6	土地利用予測図 2025 年	3-13
図 3-7	ヤンゴン都市圏 (ヤンゴン市と 6 タウンシップの一部から構成) 及びヤンゴン市 (YCDC エリア内の 33 タウンシップから構成)	3-16
図 3-8	ヤンゴン市 (YCDC エリア) のタウンシップグループ	3-17
図 3-9	見直し後のタウンシップグループ人口	3-18
図 3-10	見直し後のヤンゴン市及びタウンシップグループの水道普及率 (%)	3-21
図 3-11	見直し後のヤンゴン市、タウンシップグループ、タウンシップの給水人口 (単位:千人)	3-24
図 3-12	見直し後のタウンシップグループごとの一日最大需要量 (単位: MGD)	3-27
図 3-13	見直し後の段階的水源開発計画	3-30
図 3-14	2014 年の水配分計画 (左) 及び 2025 年の水配分計画 (右)	3-32
図 3-15	2030 年の水配分計画 (左) 及び 2035 年の水配分計画 (右)	3-32
図 3-16	2040 年の水配分計画 (左: 見直し計画、右: 代替案)	3-33
図 3-17	本調査における配水ゾーン 1 の修正水配分計画 (2025 年)	3-34
図 3-18	見直し後の水道施設計画図 (2025)	3-35
図 3-19	見直し後の水道施設計画図 (2040)	3-36
図 4-1	ココア浄水場及びパンライン浄水場の全体開発計画	4-2
図 4-2	YCDC の土地取得状況 (2016 年 7 月 31 日現在)	4-3
図 4-3	YCDC の取得済み用地 (黄色範囲) と追加の用地取得	4-4
図 4-4	ココア浄水場の選定理由	4-5
図 4-5	ライン川の塩水遡上	4-6
図 4-6	過去 50 年間のココア川の線形	4-7
図 4-7	浄水場計画用地周辺の浸水状況 (2008 年及び 2015 年)	4-8
図 4-8	検討中の計画取水位置 (取得用地の形状により変更の可能性有り)	4-11
図 4-9	MoAI が提案する取水ゲート計画図	4-11
図 4-10	濁度・色度・鉄及びマンガンの除去特性 (2015 年)	4-14
図 4-11	ココア川の沈降試験結果 (2015 年 5 月~2016 年 2 月)	4-15
図 4-12	原水濁度と凝集剤注入率との関係 (5 回のジャーテストの結果)	4-16
図 4-13	140MGD 時の浄水場の施設配置案	4-20
図 4-14	第 1 期 60MGD 時の浄水場の施設配置	4-20
図 4-15	ココア川 (Pandaing 村) における観測水位 (2008~2015 年の毎 12:00 時)	4-21
図 4-16	揚水ゲートの配置計画	4-24
図 4-17	浄水処理プロセス	4-34

図 4-18	排水処理プロセス .....	4-42
図 4-19	2015-16 年の YESC の 230 kV 及び 66 kV 配電網.....	4-47
図 4-20	浄水場の電源系統図.....	4-48
図 4-21	コッコア浄水場までの送電ルート図.....	4-49
図 4-22	SCADA システムの概要 .....	4-51
図 4-23	将来におけるシステム集約の概念図.....	4-53
図 5-1	段階的なゾーン 9 配水池兼中継ポンプ場への送水計画.....	5-1
図 5-2	水運用モード図 (2025~2035 年) .....	5-6
図 5-3	2040 年の水運用モード図.....	5-7
図 5-4	イエグポンプ場以降の既存水道システム .....	5-9
図 5-5	配水ゾーン 1 用の送水管路の口径 (2025 年) .....	5-11
図 5-6	2035 年の水運用モード図.....	5-13
図 5-7	ゾーン 9 配水池の電源系統図.....	5-19
図 5-8	ゾーン 9 配水池・中継ポンプ場への送水管ルート .....	5-21
図 5-9	国道 5 号線沿いの灌漑用水路.....	5-22
図 5-10	タンタツピン TS 道路北側：スペースのない区間の断面図 .....	5-23
図 5-11	送水管占用位置モード図.....	5-25
図 5-12	国道 5 号線占用位置案および断面図.....	5-26
図 5-13	送水管計画ルート .....	5-28
図 5-14	水管橋方式の概略計画図.....	5-29
図 5-15	シールドトンネル方式の概略計画図.....	5-30
図 5-16	ライン川横断計画図.....	5-32
図 6-1	配水ゾーン 9 (ラインタヤ・タウンシップ) の既存配水網.....	6-3
図 6-2	配水ゾーン 9 の 2025 年需要量における配水本管の管網解析結果.....	6-7
図 6-3	配水ゾーン 9 の 20240 年需要量における配水本管の管網解析結果.....	6-8
図 6-4	配水ゾーン 9 の 2025 年における配水本管の計画図 .....	6-9
図 6-5	配水ゾーン 9 の 2040 年における配水本管の計画図 .....	6-10
図 6-6	配水ゾーン 9 の DMA・配水管の計画図.....	6-12
図 7-1	配水ゾーン 1 の現況の配水形態.....	7-2
図 7-2	イエグポンプ場以降の配水状況の概略図.....	7-3
図 7-3	ココイン配水池の水位低下量.....	7-6
図 7-4	逆止弁の影響を除いた場合のコカイン配水池の水位低下量 .....	7-6
図 7-5	配水ゾーン 1 の既存配水管網及び高区・低区の範囲 .....	7-9
図 7-6	配水ゾーン 1 の 2025 年における配水本管及び DMA の計画図 (2040 年も同 様) .....	7-10
図 7-7	配水形態 (第 1 案) の概略図.....	7-13
図 7-8	配水ゾーン 1 ポンプ場及び 33 kV ケーブルの予想経路.....	7-19
図 7-9	自然流下系の低区 (ココイン配水池) の配水本管の管網解析結果.....	7-22

図 7-10	ポンプ加圧系の高区（セントラル配水池）の配水本管の管網解析結果	7-23
図 7-11	自然流下系の低区（コカイン配水池）の配水本管の計画図（上）、及びポンプ加圧系の高区（セントラル配水池ポンプ）の配水本管の計画図（下）	7-24
図 7-12	配水本管の鉄道横断位置	7-25
図 7-13	配水ゾーン1の配水管及びDMAの計画図	7-27
図 7-14	既存の給水接続状況	7-28
図 7-15	建物間のバックヤードの状況	7-28
図 7-16	推奨する水道メーターの例	7-29
図 7-17	現況配水の概略図	7-32
図 7-18	配水切替手順図[ステップ-1: コッコア浄水場からの送水開始時]	7-33
図 7-19	配水切替手順図[ステップ-2: 低区DMAの整備(1)]	7-34
図 7-20	配水切替手順図[ステップ-3: 低区DMAの整備(2)]	7-35
図 7-21	配水切替手順図[ステップ-4: 高区DMAの整備]	7-36
図 7-22	既設配水本管への不断水工法の位置図	7-37
図 8-1	コッコア浄水場の組織体制（案）	8-4
図 8-2	福岡市の浄水場の組織体制（参考）	8-5
図 8-3	水供給・衛生局の新組織図（案）	8-22
図 8-4	リモート監視システムによる遠隔支援のイメージ	8-27
図 9-1	本事業の工事概要	9-1
図 9-2	本事業の施工区分図	9-2
図 9-3	既存構造物の撤去方法の概要	9-15
図 9-4	5号線沿いの管路布設施工概要断面	9-17
図 9-5	円借款の転貸	9-21
図 9-6	中央政府からの補助金（案）	9-22
図 9-7	ヤンゴン地域政府の組織図	9-22
図 9-8	YCDC全体組織図	9-23
図 9-9	水供給・衛生局の組織図	9-24
図 9-10	事業実施の組織体制（案）	9-25
図 10-1	経済便益の推計	10-8
図 10-2	財務予測（ベースケース）	10-9
図 10-3	財務予測（ケース1）	10-10
図 10-4	財務予測（ケース2）	10-10
図 10-5	財務予測（ケース3）	10-10
図 10-6	水道料金値上げに関する4つのシナリオ	10-10
図 11-1	事業コンポーネント位置図	11-1
図 11-2	大気質観測地点	11-4
図 11-3	ヤンゴン市内の廃棄物処理場位置図	11-6

図 11-4	騒音観測地点.....	11-6
図 11-5	騒音観測結果(地点1、2012年3月7~8日計測).....	11-7
図 11-6	騒音観測結果(地点2、2012年3月8~9日計測).....	11-7
図 11-7	保護区.....	11-8
図 11-8	環境影響評価に関する承認手続き.....	11-12
図 11-9	取得済みの浄水場建設用地及び追加取得予定地.....	11-21
図 11-10	浄水場建設用地の状況と土地台帳.....	11-22
図 11-11	再取得価格調査位置図.....	11-23
図 11-12	国道5号線沿いの送水管布設位置.....	11-24
図 11-13	ライン川横断の計画箇所.....	11-25
図 11-14	補償体制に係る組織の概念図.....	11-34
図 11-15	送水管計画位置における送水管占用範囲と不法占拠世帯/商業施設のイメージ図.....	11-43
図 11-16	送水管占用範囲上の不法占拠世帯等位置図.....	11-44

## 添 付 図 書

添付図書1	人口と需要量の見直し結果
添付図書2	マスタープランの水源調査
添付図書3	ココア川の水質試験
添付図書4	土質ボーリング調査結果
添付図書5	ココア浄水場の容量計算
添付図書6	送水管の水力計算
添付図書7	国道5号線沿い(浄水場からライン川まで)の送水管占用位置の検討
添付図書8	配水ゾーン1の水源(貯水池あるいはココア)及び配水方式の比較
添付図書9	既存施設の管理状況・組織体制及び職員の能力
添付図書10	建設工事の安全管理ガイダンス
添付図書11	事業手法の検討及びPPP事業の適用可能性
添付図書12	YCDCの財務分析
添付図書13	図面集
添付図書14	リスク管理シート
添付図書15	YCDC作成ステークホルダーミーティングの議事録
添付図書16	調査団作成ステークホルダーミーティングの議事録
添付図書17	不法占拠住民移転に関するインタビュー調査



**略 語 表**

ACE	Assistant Chief Engineer	局長補佐 (Dy CE の管轄下にある)
ACH	Aluminum Chlorohydrate	ポリ塩化アルミニウム
ACP	Asbestos Cement Pipe	石棉管
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AE	Assistant Engineer	技師補
ARAP	Abbreviated Resettlement Action Plan	簡易住民移転計画
B/C	Cost Benefit Ratio	費用便益比
BOT	Build-Operate-Transfer	建設・運営を民間に委託する方式
CAPEX	Capital Expenditure	キャペックス、建設費
CBD	Central Business District	中心商業地区
CE	Chief Engineer	局長
CIP	Cast Iron Pipe	鋳鉄管
DB	Design Build	設計・建設を民間に委託する方式
DBO	Design Build Operation & Maintenance	設計・建設・運営を民間に委託する方式
DCIP	Ductile Cast Iron Pipe	ダクタイル鋳鉄管
DICA	Directorate of Investment and Companies Administration	投資企業管理局
DMA	District Metered Area	配水小ブロックあるいは配水管理区画
Dy CE	Deputy Chief Engineer	副局長
EC	Electric Conductivity	電気伝導率
ECC	Environment Conservation Committee	環境保護委員会
EDWS	Engineering Department (Water & Sanitation)	水供給・衛生局
EE	Executive Engineer	技師 (ACE の管轄下にある)
EHS	Environmental, Health and Safety	環境・労働安全衛生ガイドライン
EIA	Environmental Impact Assessment	環境アセスメント
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的內部収益率
FC	Foreign Currency	外貨
FIL	Foreign Investment Law	外国投資法
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的內部収益率
FS	Feasibility Study	フィージビリティ調査
FY	Fiscal Year	会計年度
GIS	Geographical Information System	地理情報システム
GL	Ground Level	地盤面の高さ
GL	Guideline	ガイドライン
GPCD (or gpcd)	Gallons Per Capita per Day	ガロン/人/日 (給水原単位)
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
HDPE	High-Density Polyethylene	高密度ポリエチレン
HH	Hose Hold	世帯
HHWL	Highest High Water Level	既往最高水位
HIS	Household Interview Survey	世帯訪問調査
HIV	Human Immunodeficiency Virus	ヒト免疫不全ウイルス
HWL	High Water Level	高水位
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境評価
IFC	International Finance Corporation	国際金融公社
IRP	Income Restoration Program	生活再建策
IRPSC	Income Restoration Program Implementation Sub-Committee	生活再建策に関する小委員会
IUR	Inner Urban Ring	内環状地区 (都市計画で用いている)

JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構 (日本)
JPY	Japanese Yen	日本円
IWA	International Water Association	国際水協会
Kyat	Myanmar Kyat	ミャンマー国の通貨 (チャット)
L/A	Loan Agreement	借款契約
LC	Local Currenct	内貨
LCC	Life Cycle Cost	ライフサイクルコスト (設計・施工・運 転を民間に委託する方式の一つ)
LLWL	Lowest Low Water Level	既往最低水位
LPCD (or lpcd)	Liters Per Capita per Day	リットル/人/日 (給水原単位)
LWL	Low Water Level	低水位
MCA	Myanmar Companies Act	ミャンマー会社法
M&E	Mechanical & Electrical	機械・電気
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry	経済産業省 (日本国)
MG	Million Gallons	百万ガロン
MGD	Million Gallons per Day	日量百万ガロン
MIC	Myanmar Investment Commission	ミャンマー投資委員会
ML	Million Liters	百万リットル (=千 m <sup>3</sup> )
MLD	Million Liters per Day	日量百万リットル
MMK	Myanmar Kyat	ミャンマー国の通貨 (チャット)
MNPED	Ministry of National Planning and Economic Development	国家計画経済開発省 (ミ国)
MoAI	Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation	農業畜産灌漑省 (ミ国)
MoC	Ministry of Construction	建設省 (ミ国)
MoEE	Ministry of Electricity and Energy	電力エネルギー省 (ミ国)
MoFA	Ministry of Foreign Affairs	外務省 (ミ国)
MoNREC	Ministry of Natural Resources and Environmental Conservation	環境保護・林業省 (ミ国)
MoPF	Ministry of Planning and Finance	計画財務省 (ミ国)
MOU	Memorandum Of Understanding	覚書
MP	Master Plan	マスタープラン
MS	Mild Steel Pipe	鋼管
MVA	MegaVolt-Ampere	メガボルトアンペア
MWL	Mean Water Level	平均水位
N/A	Not Available	該当データなし
New SZ	New Suburbs Zone	新郊外地区 (都市計画で用いている)
NO <sub>2</sub>	Nitrogen Dioxide	二酸化窒素
NPV	Net Present Value	正味現在価値
NRW	Non Revenue Water	無収水
NTU	Nephelometric Turbidity Unit	濁度
NSZ	Northern Suburbs Zone	北部郊外地区 (都市計画で用いている)
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On-the-Job Training	オンザジョブトレーニング
O&M	Operation & Maintenance	運転・維持管理
Old SZ	Older Suburbs Zone	旧郊外地区 (都市計画で用いている)
OP	(World Bank) Operations Manual	(世銀) 業務政策
OPEX	Operating Expenditure	オペックス、運転維持管理費
ORZ	Outer Ring Zone	外環状地区 (都市計画で用いている)
PAC	Polyaluminum Chloride	ポリ塩化アルミニウム
PAPRD	Project Appraisal and Progress Reporting	MNPED のプロジェクト評価・調査局

	Department	
PAPs	Project Affected Persons	被影響住民
PCP	Prestressed Concrete Pipe	プレストレスト・コンクリート管
PCC	Project Coordination Committee	プロジェクト運営調整委員会
PIs	Performance Indicators	業務指標
PM <sub>10</sub>	Coarse Particulate Matter	粒子状物質 10μm 以下
PMU	Project Management Unit	プロジェクト管理ユニット
ppm	parts per million	100 万分の 1
PPP	Public-Private Partnership	官民パートナーシップ、官民連携
PS	Pumping Station	ポンプ場
PSIF	Private Sector Investment Finance	海外投融資
PVC	Polyvinyl Chloride	ポリ塩化ビニル
QCBS	Quality and Cost Based Selection	質とコストに基づく選定
RC	Reinforced Concrete	鉄筋コンクリート
RFP	Request For Proposal	プロポーザル要請書
RPS	Relay Pumping Station	中継ポンプ場
RISC	Resettlement Implementation Sub-Committee	住民移転に関する小委員会
ROW	Right of Way	道路用地
RPF	Resettlement Policy Framework	住民移転にかかる基本方針
SAE	Sub-Assistant Engineer	準技師補
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	計測データの制御及び監視
SCBD	South of Central Business District	南部中心商業地区
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	利害関係者会議
SMW	Soil-cement Mixing Wall	ソイルセメント地中連続壁工法
SO <sub>2</sub>	Sulphur Dioxide	二酸化硫黄
SP	Steel Pipe	鋼管
SR	Service Reservoir	配水池
SS	Suspended Solids	浮遊物質
TCU	True Color Unit	色度
TDS	Total Dissolved Solids	溶解性物質
ToR	Terms of Reference	業務指示書
TS	Township	タウンシップ (区に相当する)
TS	Total Solids	蒸発残留物
TSP	Total Suspended Particulate Matter	総浮遊粒子状物質
US\$, USD	United States Dollars	米国ドル
VAT	Value Added Tax	付加価値税
VFD	Variable Frequency Drive	(ポンプ) 回転数制御
WHO	World Health Organization	世界保健機構
WTP	Water Treatment Plant	浄水場
YCDC	Yangon City Development Committee	ヤンゴン市開発委員会 (市に相当する)
YESC	Yangon Electricity Supply Corporation	ヤンゴン配電公社
YRG	Yangon Region Government	ヤンゴン地域政府

## 調査の略称

ミャンマー国ヤンゴン市給水改善計画調査 (JICA)	2002-JICA 水道 MP
ミャンマー国ヤンゴン市上水道施設緊急整備計画 (JICA)	JICA 無償資金協力
ヤンゴン都市圏開発プログラム形成協力準備調査 (JICA)	2013-JICA ヤンゴン都市圏調査
・サブコンポーネント世帯訪問調査 (HIS)	2013-JICA 世帯訪問調査
ミャンマー国ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査 (JICA)	2014-JICA 水道 MP フェーズ 1-FS
ヤンゴン都市圏上水整備事業 (フェーズ1)	円借款フェーズ 1 事業
ミャンマー国ヤンゴン都市圏上水整備事業 (フェーズ 2) 準備調査 (JICA)	本調査
ヤンゴン都市圏上水整備事業 (フェーズ 2)	本事業

## 単 位

### 面積

1 Acre = 4046.86 m<sup>2</sup> = 0.404686 ha (ヘクタール)

### 長さ

1 ft (フィート) = 0.3048 m

1 mi (マイル) = 1.61 km

### 容量

1 gal (英ガロン) = 0.004546 m<sup>3</sup> = 4.546 l (リットル)

1 MG (百万英ガロン) = 4546 m<sup>3</sup>

### 圧力

1 MPa (メガパスカル) = 10 bar ≒ 100 mAq (水頭)

## 第1章 序章

### 1.1 調査の背景

#### 1.1.1 水道サービス状況

ミャンマー国人口の約10%、521万人の人口（2014年）を抱えるヤンゴン市は、同国の経済・商業・通信の中核である。ヤンゴン市開発委員会（以下「YCDC」という）が、同市の水道サービス整備（計画、運転、運営）を担っている。同市の水道システムは1842年に整備が始まった。旧市街である市中心部の水道普及率は高く、24時間給水の割合も高い。一方、広大な周辺部での水道普及率は低く、1日当たりの給水時間も3時間以下に留まっている。ちなみに、市全体の給水時間は8時間であり、水道普及率も40%以下である。

このため、信頼性の低い地下水、雨水、池の水を用いている人々が多い。また老朽化した送配水管が適切に更新されていないため無収水量が多い。給水時間が連続でないため、水圧も適切でない。ヤンゴン市の市域は拡張しているが、拡張された周辺部の水道需要を満たすため、YCDCは拡張事業を行っている。近年、1ヶ所の大規模浄水場と4ヶ所の小規模浄水場を建設した。

YCDCは、4ヶ所の貯水池と多数の地下水を水源としている。2014年時点の総水源水量は一日当たり97万 $m^3$ （215MGD）であり、このうち約60%が無収水量と推定され、NRWは高い率に留まっている。今後も人口が増加する事が想定されるが、これに伴い水需要量も増大する。従って、新たな水源の開発と浄水・送水・配水施設の整備が喫緊の課題となっている。YCDCは、頻繁に起こる施設・機材の故障や断水への応急的な対応に留まり、新規の施設整備や、老朽化した施設の更新には十分に対応できていない。

上述の通り、YCDC水道の特徴は低い水道普及率、連続給水区域の少なさ、高い無収水率、低い一人当たり給水量等であるが、これらは東南アジア諸都市の数値（下表参照）と比較すると明らかである。同表には、YCDCの水道料金も示しているが、これも諸都市に比べて低い。

表 1-1 水道事業体の業務指標

都市名	給水区域内人口	給水接続数	給水率 (%)	無収水率 (%)	平均水道料金 (US\$/ $m^3$ )	運転費÷給水収益	一日給水原単位 ( $m^3$ /接続数)
ヤンゴン市	5,211,000	252,898	35	66	0.07	-	0.82
Phnom Penh	2,000,000	219,498	100	6	0.24	0.37	1.32
Jakarta East	4,595,099	388,166	63	47	0.75	N/A.	1.02
Jakarta West	4,500,000	414,470		40	0.88	0.67	1.03
Manila East	6,000,000	857,981	99	11	0.62	0.45	1.32
Manila West	9,379,449	1,005,350	84	42	0.77	0.42	1.20
Bangkok	8,000,000	2,017,531	100	25	0.39	0.67	1.75
Ho Chi Minh	7,541,000	856,655	100	42	0.35	0.71	1.00

出典: ヤンゴン市; YCDC 2014年, 他都市; Urban Water Supply and Sanitation in Southeast Asia, A Guide to Good Practice, Arthur C. McIntosh, アジア開発銀行

### 1.1.2 水道マスタープランとフィージビリティ調査

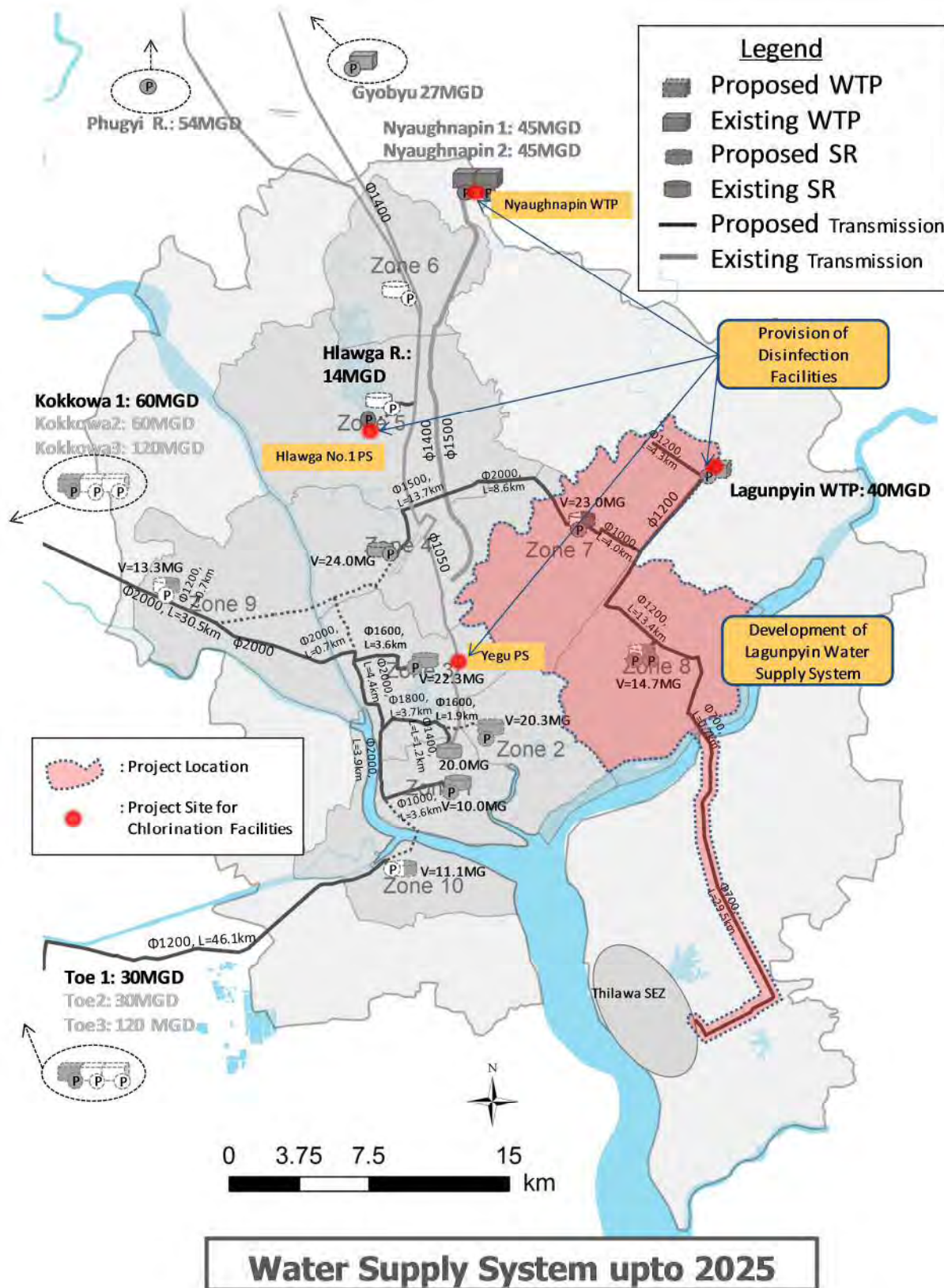
ミャンマー国の自由化政策採択を受けて、JICA はヤンゴン地域政府とヤンゴン都市圏の総合開発計画策定に協力した。同総合計画には、上水道、下水道、都市排水、電力、道路、鉄道、港湾等の分野を含んでおり、2012年に総合開発計画策定等に関する議事録が署名された。諸プロジェクトの内、「ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査」（以下、2013-JICA ヤンゴン都市圏調査と称する）が上位計画として位置づけられる。

この2013-JICAヤンゴン都市圏調査と並行して2012～2014年に、「ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査」（以下、2014-JICA水道MPと称する）が実施された。2014-JICA水道MPの人口フレームワーク及び目標年は、2013-JICAヤンゴン都市圏調査と同一である。当該MP調査の結果、次の4項目の優先コンポーネントが選定されて、これらに対するFSが実施されている。

- 1) ラグンビン貯水池系水道システムの構築（配水ゾーン7、8、及びティラワSEZ）
- 2) 配水ゾーン1の再構築と近代化
- 3) 消毒施設の設置
- 4) キャパシティ・デベロップメント

### 1.1.3 ヤンゴン都市圏上水整備事業（フェーズ1）-ラグンビン水道システム

JICA の支援を受けて、YCDC は40MGD のラグンビン浄水場を建設している。また、浄水場下流の諸施設すなわち、ティラワ経済特別区への送水を含むヤンゴン市東部の送・配水施設の整備に関する「ヤンゴン都市圏上水整備事業（フェーズ1）」の借款契約（L/A）は2014年9月に締結され、2015年から実施設計が進められている（図1-1参照）。



出典: フェーズ 1-FS

図 1-1 ヤンゴン都市圏上水整備事業 (フェーズ1) の計画概要

#### 1.1.4 コッコア水道システムに係るフィージビリティ調査

ヤンゴン市外西部のコッコア川を水源とする調査が、中国、韓国の支援を受けて各々実施されている。両調査ともコッコア川での開発水量を、MP で提案したヤンゴン市西部の配水ゾーン 9 に供給する計画であった。韓国の調査では、配水ゾーン 9 に加えて市中心部の配水ゾーン 1 にも供給する計画であった。しかしながら、取水・浄水場地点の調査結果を除き、YCDC は両調査を活用する事はなく、コッコア川を水源とし、配水ゾーン 9 及び配水ゾーン 1 を対象とする調査を JICA に改めて要請し、本調査が開始された。

コッコア川を水源とする浄水場は、MPでは、第1期、第2期（各々60MGD、27.27万m<sup>3</sup>/日）、第3期（120MGD、54.54万m<sup>3</sup>/日）の段階的な開発が提案されており、第1期の浄水場は、ヤンゴン市商業中心地区（配水ゾーン1）及び同市のラインタヤ地区（配水ゾーン9）へ配水することが計画されている。本調査は上記のコッコア第1期整備を対象とする。JICAは、本調査結果を円借款事業「ヤンゴン都市圏上水整備事業（フェーズ2）」の審査資料として用いることになっている。

### 1.2 円借款事業「ヤンゴン都市圏上水整備事業（フェーズ2）」の概要

#### (1) 事業目的

本事業は、ヤンゴン市において、コッコア川を水源とする浄水場及び関連する送配水施設を新設・改修することにより、同市内の上水道サービスの改善を図り、もって同地域住民の生活環境の改善に寄与する。

#### (2) 事業概要

ヤンゴンにおいて、コッコア川浄水場及び関連施設整備を行うものであり、本調査で策定した本事業の施設概要は以下のとおりである。

##### a) 配水ゾーン 1

- ・ 取水施設/浄水場（40MGD、181,800 m<sup>3</sup>/日規模）
- ・ 送水管（19.9 km、うち河川横断 0.6 km）
- ・ DMA（37 ヶ所）
- ・ 配水池（2 ヶ所）
- ・ 配水本管約（61.4 km）
- ・ 配水小管約（430.3 km）

##### b) 配水ゾーン 9

- ・ 取水施設/浄水場（20MGD、90,900 m<sup>3</sup>/日規模）
- ・ 送水管（21.4 km）
- ・ DMA（23 ヶ所）
- ・ 配水池（1 ヶ所）
- ・ 配水本管（43.2 km）
- ・ 配水小管（636.9 m）



### (3) 実施機関

ヤンゴン市開発委員会 (YCDC) 水供給・衛生局 (EDWS)

### (4) 円借款フェーズ2事業に関連する JICA の主な援助活動

- ・ 円借款「ヤンゴン都市圏上水整備事業 (フェーズ1)」
- ・ 技術協力プロジェクト「ヤンゴン市水道事業運営改善プロジェクト」
- ・ ヤンゴン市水供給・衛生アドバイザー

## 1.3 調査の概要

### (1) 調査の目的

ヤンゴン都市圏上水整備事業 (フェーズ2) について、背景、目的及び内容を精査し、必要性を検討する。また、必要性が確認された上で、当該事業の目的、概要、事業費、実施スケジュール、実施方法 (調達・施工)、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境社会配慮等、我が国円借款事業として実施するための審査に必要な調査を行うことを目的とする。ただし、本調査は円借款供与を約束するものではないことに留意し、ミャンマー政府関係者に本調査結果がそのまま円借款事業として承認されるものとして誤解を与えないよう留意する。

### (2) 調査の実施方法及び工程

2012～2014年に実施された水道マスタープラン (2014-JICA 水道 MP) の需要量予測、水収支等の妥当性について、2014年の最新の国勢調査で得られた人口等を用いて需要量を確認・修正する。修正された需要量に基づき、取水・浄水場、配水ゾーン1及び配水ゾーン9への送配水施設を策定し、インテリム・レポート1及びインテリム・レポート2にまとめた。その後、財務分析の検討を含むドラフト・ファイナル・レポートを作成・提出した。最後に、同レポートに関するミャンマー側のコメントを反映し、本ファイナル・レポートを作成・提出した。

表 1-2 レポート内容と提出時期

報告書名	提出時期	内容
インテリム・レポート1	2015年8月	将来水需要量と水配分計画の見直し 施設計画 (事業規模含む)
インテリム・レポート2	2016年2月	施設の予備設計 (事業規模含む)
ドラフト・ファイナル・レポート	2016年4月	全ての調査結果
ファイナル・レポート	2017年2月	ドラフト・ファイナル・レポートについての コメントを反映した全ての調査結果



## 第2章 ヤンゴン市の概要

本章で、2014-JICA 水道 MP の調査結果を引用して、ヤンゴン市の概要を述べる。

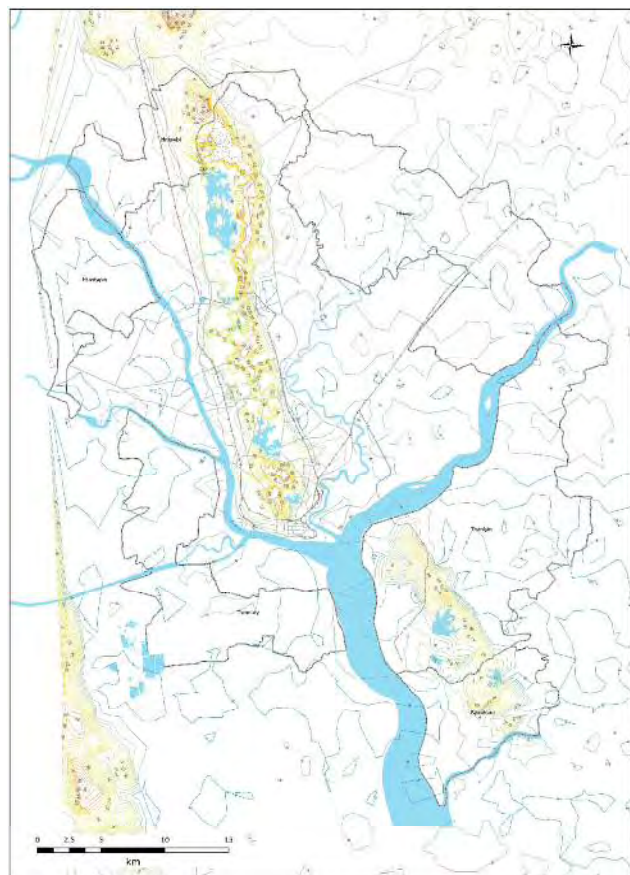
### 2.1 自然条件

#### 2.1.1 地形

ヤンゴン市は、イラワジ川のデルタ地帯を縦断するヤンゴン川の河口から 34km ほど内陸に位置している。下図に示すとおり市の地盤高は、中央部を除く東西地区は、大規模で平坦な地形となっており標高は 3~5m 程度である。中心部近傍は市街地となっているが、それを除くと多くは湿地帯、水田地帯となっている。

地形的な特徴としては、ヤンゴン市を南北に貫く中央部分に緩い丘陵地形（標高 30 m）があり、この丘陵の小河川（いずれもライン川の支流）に貯水池が設けられ、YCDC の水源となっている。1 箇所（Hlawga 貯水池）は市域の最北部、2 箇所（Gyobyu 及び Phugyi 貯水池）は市外に位置している。市中心部に近い Kandawgyi 湖と Inya 湖は、現在、水道の水源として活用されおらず市民の憩いの場となっている。

市内の配水拠点となる 3 箇所の配水池はいずれも標高 30m を超え、Pegu Yomas と呼ばれる南北に連なる細く狭い丘陵の頂点に配置されている。丘陵から東と西に向かっては緩やかに傾斜し平野を形成している。



出典: 2014-JICA 水道 MP

図 2-1 ヤンゴン市の地形

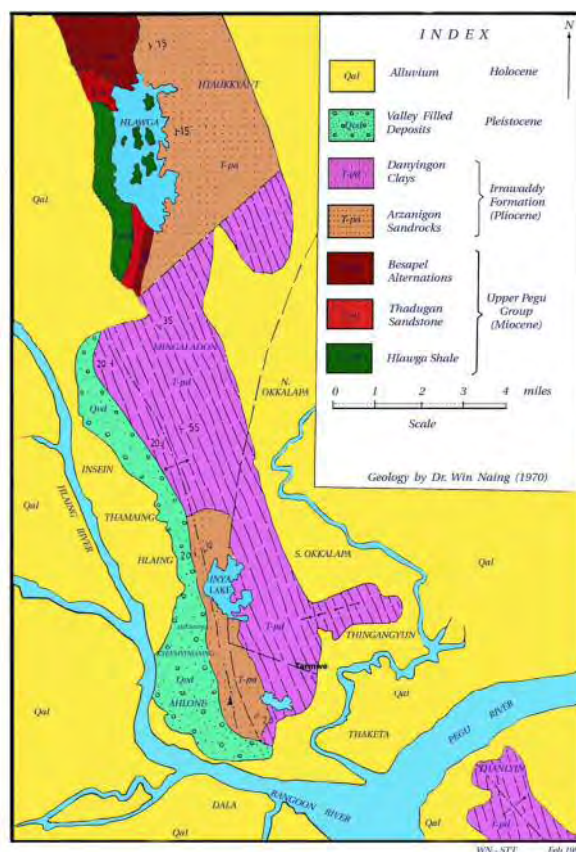
## 2.1.2 地質

下図にヤンゴンエリアの地質図を示す。市の地質構造は緩やかな低地に分類される。第四紀の岩は、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み、傾斜地の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。

本調査の浄水場等の計画用地における地質ボーリング調査結果を添付図書-4 に示す。



出典: Win Naing, 1970 年

図 2-2 ヤンゴンの地質図

## 2.1.3 気象

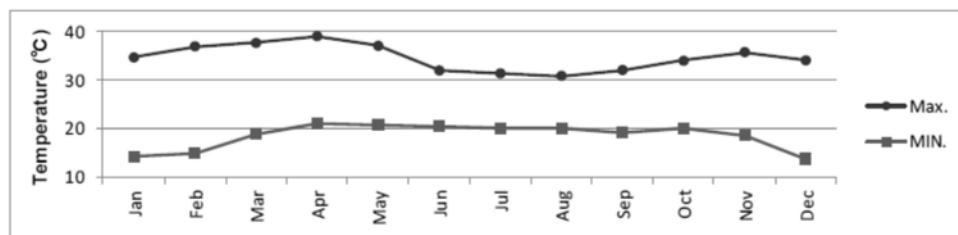
### (1) 気候

熱帯モンスーン気候で、3つの季節に分かれる。年間降雨量 2,700 mm、平均蒸発量 1,347 mm、平均気温 27.4°C、平均最高気温 33.0°C、平均最低気温 21.8°Cである。

- 夏季：3月～5月中旬
- 雨季：5月中旬～10月
- 乾季（冬季）：10月～2月

### (2) 気温

下図に月平均気温（1991-2008年）の最高・最低を示す。気温は1年を通じて、4月が最も高く、12月が最も低い。月最高気温と月最低気温の差異は、12月から2月で約20°C、6～8月で約10°Cである。

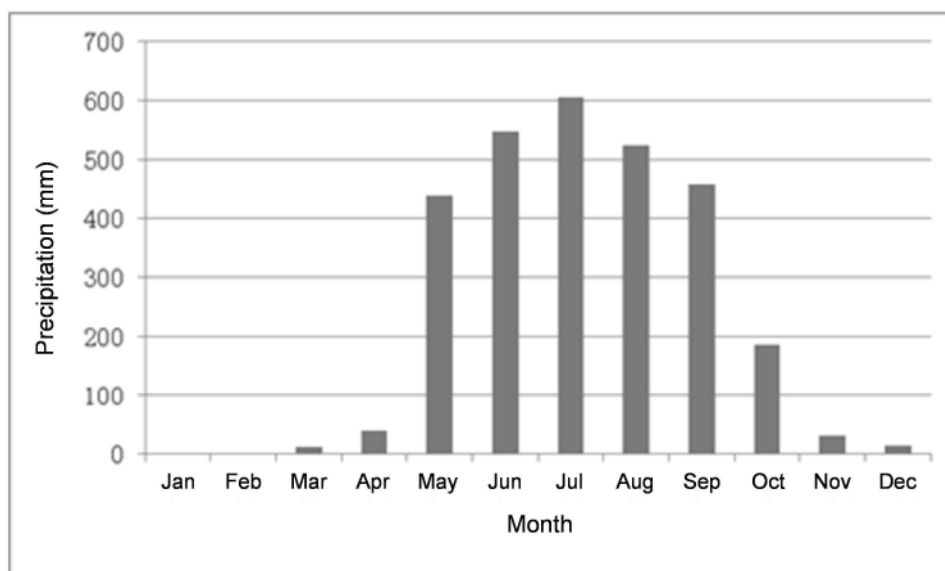


出典: 2014-JICA 水道 MP

図 2-3 ヤンゴン市の最高・最低の月平均気温 (1991-2008年)

### (3) 降雨

ヤンゴン市内にあるカバエ観測所における 2001 年～2008 年の月間平均降水量を下図に示す。年間平均降雨量は 2,700 mm、その 95%が雨季の 5～10 月に集中する。



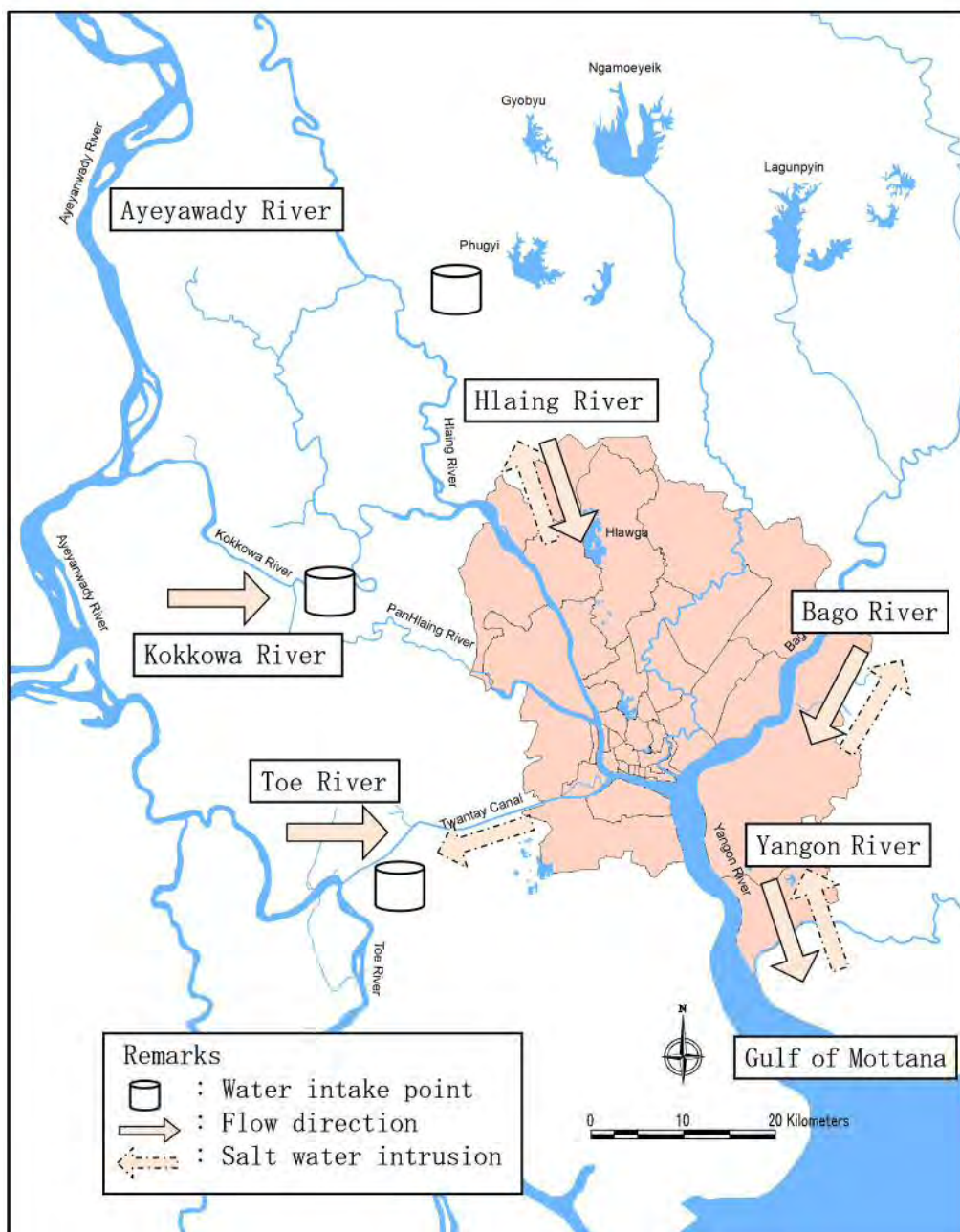
出典: 2014-JICA 水道 MP

図 2-4 月間平均降水量 (ヤンゴン市カバエ, 1991-2008年)

## 2.1.4 水文・水理

### (1) 河川

ヤンゴン市周辺の河川の位置を下図に示す。ヤンゴン都市圏はバゴー川とライン川の合流地点周辺に発達している。二つの河川は合流してヤンゴン川となり、Mottama 湾に流入する。ヤンゴン川に合流するパンライン川、トワンテ運河とライン川に合流するコッコア川は、いずれもその源はイラワジ川である。これらの河川のうちコッコア川、パンライン川、トゥ川は、将来の水需要の増加に対する水源開発候補である。



出典: 2014-JICA 水道 MP

図 2-5 ヤンゴン市周辺河川の位置図

### (2) 水源ポテンシャル

MP における水源調査結果は、添付図書-2 を参照のこと。

### (3) 塩水遡上

水源開発候補の河川は全て感潮河川であり、乾季の河川流量が少ない時期には、塩水遡上が発生している。従って、水道水源として開発する際は塩分遡上の影響を把握する必要がある。ヤンゴン周辺河川における塩水遡上の実績として、農業灌漑省 (MoAI) が 2009~2011 年に調査した塩分濃度 1,000 ppm の位置が下図中の赤丸に示されている。

なお、MPで提案されたココア川とトゥ川の取水候補地点の塩分濃度は、MPにおける水質調査により水道水源として問題ないことが確認されている。



出典: 2014-JICA 水道 MP

図 2-6 ヤンゴン市周辺河川の塩水遡上

#### (4) 潮位

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

表 2-1 ヤンゴン港における潮位

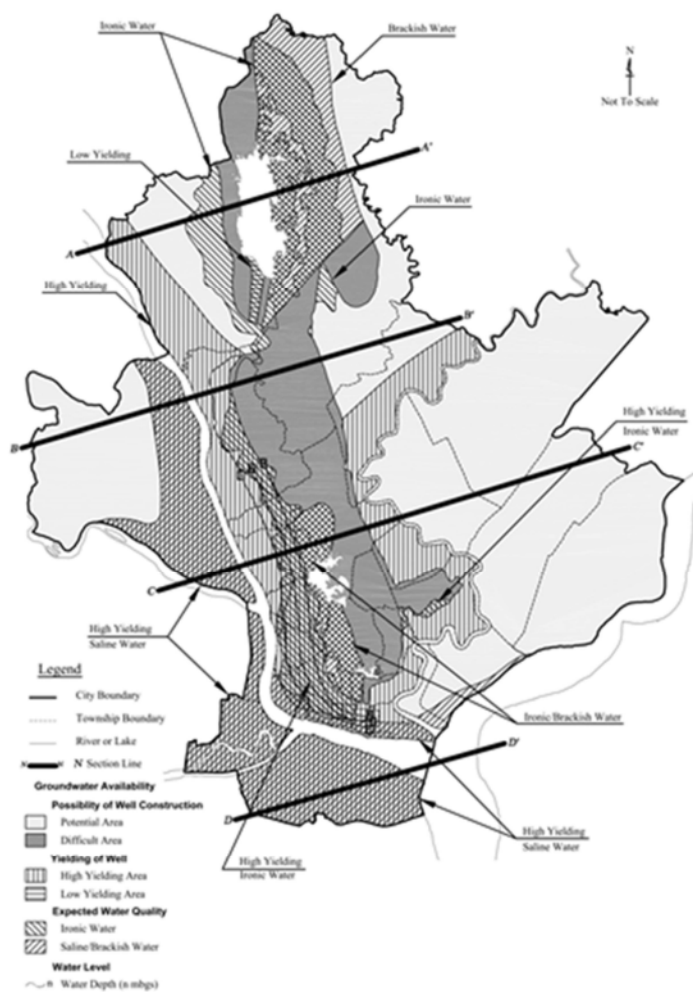
項目	潮位 (m)	記録年
既往最大水位 (HHWL)	+6.74	1899 年 9 月
平均水位 (MWL)	+3.121	1936 年まで
Bo Aung Kyaw Street Wharf における既往最小水位	-0.24	1902 年 12 月
Indian Spring の最低水位	+0.338	-

出典: 2014-JICA 水道 MP

### 2.1.5 水理地質

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

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



出典: 2014-JICA 水道 MP

図 2-7 ヤンゴン市の地下水開発ポテンシャル

## 2.2 ヤンゴン市の汚水処理

### 2.2.1 汚水処理の現状

YCDCにおける汚水処理は、下水道、腐敗槽、注水式トイレ、ハエ防止トイレ、その他の非衛生トイレ、トイレなしに区別されている。以下に説明するように下水道のサービスを受用できる人口はヤンゴン市の総人口の僅か7.3%であり、市街地の中、高所得の住居や公共施設、商業施設は主として腐敗槽、周辺部の低所得の住居は浄化施設なしのトイレとなっている。下水道も19世紀末に整備されたトイレの排水のみを収集するシステムであり、雑排水は無処理のまま雨水排水路へ排出されている。

ヤンゴン市の既設下水道は英国統治下の1890年に建設されたエジェクターシステムによって収集されている。このシステムは現在まで、120年間改良を加えながら継続して使用されている。下水道の排水区域は、CBD内の8つのタウンシップ(TS)である。この下水道は、東西に長い排水区を東西に走る2本の圧送管にエジェクター・ステーションから空気圧を利用して下水を圧送



するといった独特のシステムである。排水区域内には当初 40 箇所のエジェクター・ステーションが設けられたが、現在稼働しているのはそのうちの 34 箇所である（下図参照）。下水処理状況は芳しいものではなく、住環境の悪化あるいは健康に悪影響を及ぼす恐れがある。



出典: 2014-JICA 水道 MP

図 2-8 ヤンゴン市の既設下水道システム

### 2.2.2 MP における汚水処理に関する整備基本方針

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

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

（以上、2014-JICA 水道 MP から抜粋）

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

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

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

出典：JICA-2014 MP

図 2-9 汚水処理に関する整備基本方針

### 2.2.3 YCDC が着手すべき作業の優先順位

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

表 2-2 YCDCが実施すべき作業手順の一覧

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

出典: 2014-JICA 水道 MP

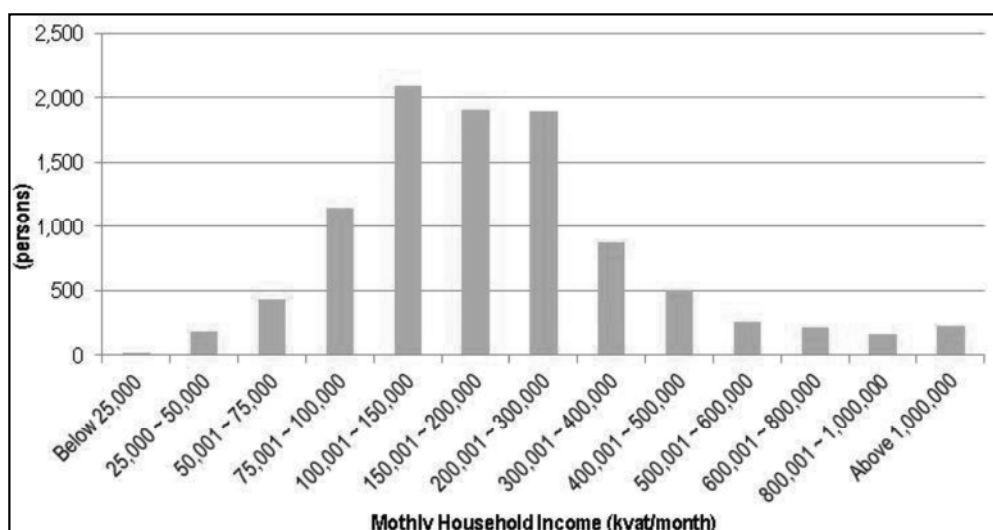
## 2.3 貧困層の現状

本調査対象地域内の全世帯に対して安全な水を安定して供給することが重要となるため、水道料金の徴収体系に関しては貧困層にも十分配慮する必要がある。ヤンゴン市の世帯収入分布を以下に示す（2013 JICA 世帯訪問調査参照）。

同調査によればヤンゴン地域政府エリア内の平均世帯収入は 175,000 kyat/月である。貧困層を食糧と食糧以外の消費を併せた最低限の生計レベルとなる“一日 3 ドル以下(100,000 kyat/月に相当)の世帯収入で生活する人”と定義した場合、ヤンゴン市の貧困層は全人口の約 18%を占めている。

現在、一般家庭向け水道料金は、従量制で 88 kyat/m<sup>3</sup>と定められている。また、水供給・衛生局によれば、一般家庭が水道に新規接続するために必要な平均的な費用は 100,000 kyat（接続許可に係る費用に 50,000 kyat、工事費に 50,000 kyat）とされている。88 kyat/m<sup>3</sup>という料金水準は、平均世帯人数 4.4 人、平均水消費 111 lpcd とすると、1 ヶ月当り 1,289 kyat の支出に相当する。また、メーターがついていない定額制料金は一般家庭向けで毎月 1,800 kyat とされている。

OECD の調査<sup>1</sup>によれば、水道サービスに対する支払い可能額の国際的な基準は、世帯収入のおよそ 3～5%とされている。貧困世帯の平均収入を 75,000 kyat とした場合、上記の水道サービス向け支出（1,289～1,800 kyat）は、世帯収入の 1.7%～2.4%に相当し、現在の水道料金水準は支払い可能なレベルにあると考えられる。



出典: 2013-JICA ヤンゴン都市圏調査

図 2-10 世帯収入分布図

表 2-3 世帯収入分布表

Items (kyat/month)	Below 25,000	25,000 ~ 50,000	50,001 ~ 75,000	75,001 ~ 100,000	100,001 ~ 150,000	150,001 ~ 200,000	200,001 ~ 300,000	300,001 ~ 400,000	400,001 ~ 500,000	500,001 ~ 600,000	600,001 ~ 800,000	800,001 ~ 1,000,000	Above 1,000,000	No Answer	Total
Number	20	185	434	1,145	2,091	1,908	1,890	871	506	258	215	160	223	163	10,069
% of Total	0.2	1.8	4.3	11.4	20.8	18.9	18.8	8.7	5.0	2.6	2.1	1.6	2.2	1.6	100

出典: 2013-JICA ヤンゴン都市圏調査

<sup>1</sup> “Managing Water for All – An OECD Perspective on Pricing and Financing” OECD, March 2009

## 第3章 マスタープランの見直し

本章では、第1節で2012～2014年に策定された2014-JICA水道MPの概要を述べ、第2節で当該MPをレビューする。当該MPで人口予測に用いられた2011年現況人口は、信頼性の高くない推定人口であったが、2014年に数十年ぶりに国勢調査が実施された。本調査では、この信頼性の高い国勢調査人口を活用して、当該MPで採用された人口等の計画フレームワークの妥当性を評価した。

その結果、若干の数値調整は必要であるものの、当該MPのフレームワークが有効であることを確認した。本調査では、当該MPの目標年である2040年までの見直した水配分計画を第3節で述べる。この結果、当該MPの中間目標年である2025年までには、ココア川を水源とする60MGDの水源開発が必要であることが判明した。

### 3.1 2014-JICA 水道MPの概要

#### 3.1.1 技術面の主な課題

ヤンゴン市の水道サービスは1842年に始まった。現在、市中心部の大半は給水区域としてカバーされているが、郊外の給水区域は狭く、市全体の水道普及率は40%以下にとどまっている。このため、多くの市民は信頼性の低い地下水、雨水、溜池の水を利用している。さらに、水道管が適切に修理されていないため、漏水等も多く、無収水率が高い。給水時間も断続的であり、水圧も十分でない。

以上をまとめると、技術面の主な課題は下記の通りである。

- ・ 低い水道普及率
- ・ 高い無収水率
- ・ 貧弱な水質
- ・ 古い施設
- ・ 不適切な施設配置
- ・ 不十分な維持管理

#### 3.1.2 給水サービス目標

当該MPにおける給水サービスの全体目標をヤンゴン市域（YCDCエリア）及びヤンゴン都市圏別に下表に示す。

表 3-1 給水サービス全体目標

項目	エリア		単位	2011年 (Present)	2018年	2025年	2040年
普及率	YCDC		%	38	48	58	80
	ヤンゴン地域			35	41	49	69
給水人口	YCDC		百万人	1.93	2.74	3.76	6.81
	ヤンゴン地域			1.93	2.74	3.92	8.09
原単位	家庭用	YCDC	LPCD	95	117	135	178
		地域		95	117	133	173
	非家庭用			原単位計×40%			
水圧			MPa	0.075	-	0.15MPa以上	
平均給水時間			時間	平均8	-	24	
水質			-	飲料不可	飲料可		

出典: 2014-JICA 水道 MP

### 3.1.3 無収水率

当該 MP では 2013 年時点のヤンゴン市の無収水率を 66%と推定している。YCDC は無収水削減に向け、高い目標を掲げ、これに向け努力するために、2040 年の無収水率を 15%に低減させるよう目標を設定している。当該 MP における無収水率と漏水率の 5 年毎の目標値を下表に示す。

表 3-2 無収水率及び漏水率の目標値

項目	2013	2018	2020	2025	2030	2035	2040
無収水率 (%)	66	51	46	35	26	20	15
漏水率 (%)	50	37	33	25	18	13	10

出典: 2014-JICA 水道 MP

### 3.1.4 人口・水需要量

#### (1) 人口

2013-JICA ヤンゴン都市圏調査の計画人口が、2014-水道 MP に適用されている。

#### (2) 水需要量

水需要量を下表に記す。当該 MP の目標年である 2040 年及び FS の目標年である 2025 年の日最大需要量は各々 272MGD、543 MGD と予測されている。

表 3-3 ヤンゴン市の水需要

項目	単位	2011	2025	2040
人口	人	5,142,128	6,463,609	8,519,527
給水人口	人	1,933,689	3,764,310	6,810,338
給水率	%	38	58	80
原単位	Lpcd	95	135	178
漏水率	%	50	25	10
一日平均給水量	m <sup>3</sup> /day	611,952	1,125,773	2,242,961
一日最大給水量	m <sup>3</sup> /day	673,148	1,238,351	2,467,258
一日平均給水量 (換算)	MGD	135	248	493
一日最大給水量 (換算)	MGD	148	272	543

出典: 2014-JICA 水道 MP

### 3.1.5 水源

#### (1) 現況の水源

需要予測値の 272 MGD (2025 年)、543 MGD (2040 年) に対し、貯水池系の現況水源水量は 215 MGD であり水源水量が不足する。新たに開発可能な貯水池系の適地はなく、河川からの取水が必要となる。なお、総量 8 MGD の地下水が現在は水源として利用されているが、地下水源は、将来に向け徐々に廃止されバックアップ用の水源として位置づけられている。現況の水源を下表に示す。

表 3-4 現況水源 (貯水池系)

名称	水源能力		備考
	m <sup>3</sup> /day	MGD	
Gyobyu 貯水池 (表流水)	123,000	27	
Phugyi 貯水池 (表流水)	245,000	54	
Hlawga 貯水池 (表流水)	64,000	14	
Ngamoeyeik 貯水池 (表流水)	410,000	90	2013 年に第 2 期 45 MGD 完成
Lagunbyin 貯水池 (表流水)	135,400	30	左記の数字は Thilawa SEZ 用の 10 MGD は含まない。2018 年完成予定
合計	977,400	215	左記の数字は Thilawa SEZ 用の 10 MGD は含まない。

出典: 2014-JICA 水道 MP

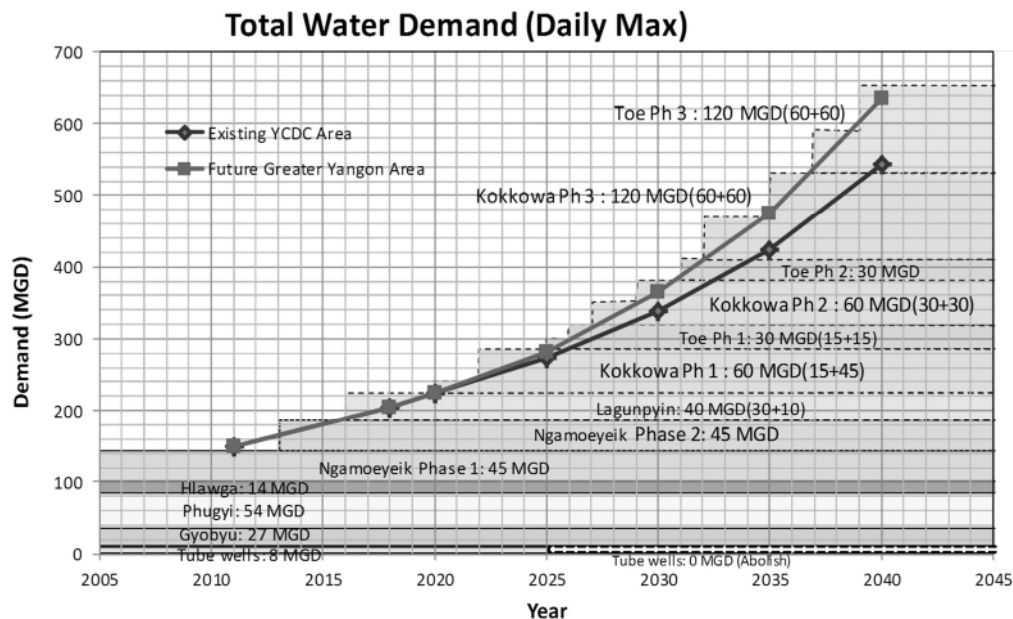
表 3-5 地下水源計画

	2011	2020	2025	2030	2040
計画取水量 (MGD)	8	8	0	0	0
計画取水量 (m <sup>3</sup> /day)	36,000	36,000	0	0	0

出典: 2014-JICA 水道 MP

#### (2) 将来の水源

これまでの水源開発は、ヤンゴン市近傍の河川の水量が充分でない事あるいは塩分濃度が高い事から、貯水池系が優先されていたが、これ以上の貯水池の開発の適地はなく、当該 MP では、イラワジ川の派川であるココア川及びトゥ川が、新たな水源候補として提案されている。ヤンゴン市からの各々の取水候補地の距離は、ココア川の方がトゥ川より近く、導水費用も安価となることから、ココア川の開発を優先している。



出典: 2014-JICA 水道 MP

図 3-1 2014-JICA 水道 MP における需要量に応じた段階的水源開発計画

### 3.1.6 水道計画方針

#### (1) 対象地域

当該 MP の対象地域は、ヤンゴン都市圏（YCDC 全域の 33 タウンシップに、ティラワ SEZ を含む周辺 6 タウンシップの一部）である。

#### (2) 給水状況改善方針

YCDC の上水道施設が抱える課題を解決し、給水状況の改善目標を達成するために以下の方針で水道施設を計画する。

表 3-6 給水状況の改善目標を達成するための方針

目標項目	新規施設	既存施設
1. 水道普及率の増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>増大する水需要量に対応する水道施設の整備</li> <li>河川表流水源の新規開発と浄水場の新規（貯水池系ラグンビン、河川系水源ココア川、トゥ川）</li> <li>送水施設の整備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水の取水の休止（バックアップとする）</li> </ul>
2. 適切な水圧で24時間給水の達成	<ul style="list-style-type: none"> <li>送配水機能の分離を含む送配水施設の合理化</li> <li>送配水能力の整備</li> <li>10配水ゾーンの配水施設の整備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>送配水機能の分離を含む送配水施設の合理化</li> <li>送配水能力の増強</li> <li>既存セントラル配水池とココイン配水池の改修</li> <li>配水合理化に伴う既存ポンプの変更</li> <li>配水合理化に伴う既存Yegu 中継ポンプ場の廃止</li> </ul>
3. 消毒された浄水の供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hlawgaの消毒設備の導入</li> <li>新設配水池での塩素消毒</li> <li>水質管理センターの設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gyobyu浄水場の改修</li> <li>Nyaunghnapin浄水場の改修</li> </ul>



目標項目	新規施設	既存施設
4. 漏水率の削減 (50%から10%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>給水普及地域でのDMAの設定</li> <li>水道メータの全戸設置</li> <li>配水管理センターの設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DMAの整備、SCADAの活用</li> <li>DMAの整備に合わせた老朽管の計画的な更新</li> </ul>

出典: 2014-JICA 水道 MP

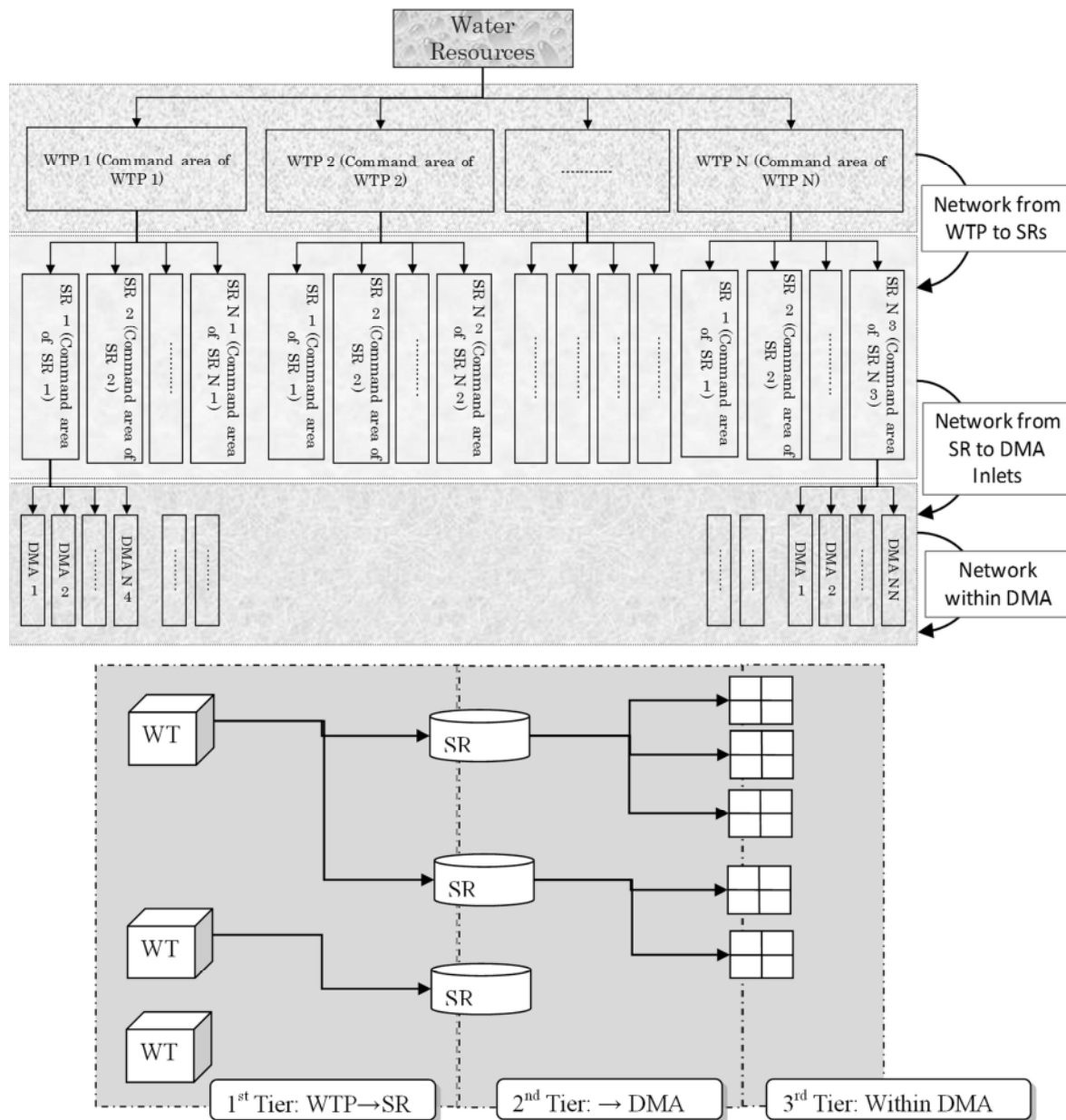
### 3.1.7 水道施設計画

#### (1) 三階層送配水管理システムの導入

現在の市内への配水は市南部の一部を除くと、浄水場あるいは貯水池からの直接配水である。浄水場または貯水池からの送・配水は一定量となる。このため、水需要のピーク時には浄水場または貯水池に近い地域において水が消費され、標高の高い地区あるいは遠隔地では水圧が不足して出水不良になっている。

均等給水の実現かつ無収水削減を実施する目的で、①浄水場から配水池、②配水池から各 DMA、③DMA から給水栓の3階層の送配水システムを提案する。3階層の配水システムの概念図を下図に示す。この3階層送配水システムの導入により、送配水管の分離を図り、浄水場と配水池を結ぶ送水管からの各戸給水を止め、給水は DMA 内の配水小管からとする。また、送水管（浄水場から配水池）、配水本管（配水池あるいは配水ポンプから DMA）は各々の専用配管とする。

さらに、市内全体を幾つかの配水ゾーンに分け、各配水区には需要量に応じた配水池を設け需要量の時間変動に対応する。配水ゾーン内をさらに細かく分割し DMA を設定する。これにより、各配水区への送水量及び配水ゾーン内の DMA への流量の監視・制御をする。この階層間の流量を監視・制御することで均等給水、適正水圧を確保する。これらの監視・制御をするツールとして SCADA を用いるものとする。



出典: 2014-JICA 水道 MP

図 3-2 3階層送配水システムの概念図

## (2) 配水ゾーンの設定

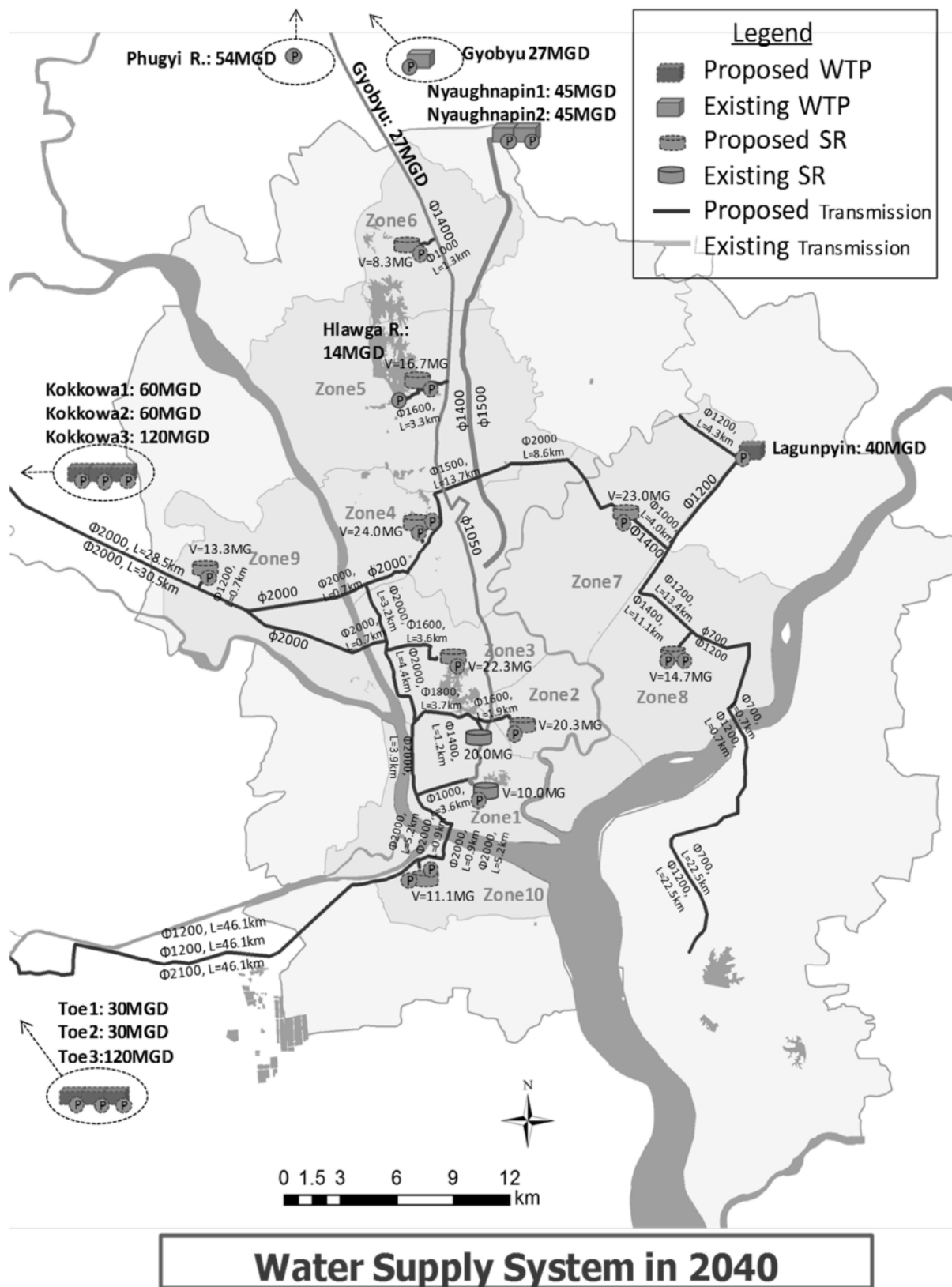
市全体を地形、水需要量を勘案した上で複数の配水ゾーンに分割する。配水ゾーンには配水池を設け、ピーク需要に対応する容量を確保し需要ピーク時には必要水量を配水できるようにし、最終的には24時間給水を目指す。24時間給水が実現すれば、各戸に設置されている自家用井戸、自家用ポンプ、ルーフタンクの廃止が可能であり、負圧による汚水の混入を防ぎ安全な水を配水することが可能となる。配水区内の給水圧を確保するため、配水ゾーン内の低区には自然流下方式で、高区にはポンプ圧送方式にて配水する。

## (3) DMA の設定

配水ゾーン内部は、適切な規模のブロックに細分しDMAを設定する。DMAへの流入管は原則1

箇所とし、水圧・流入量を監視・制御し、均等供給を図る。DMA のもう一つの目的は、無収水量の削減対策にある。DMA への流入量と DMA 内の使用量を比較することで、容易に無収水率が算定できる。無収水削減対策は、無収水率の高い DMA から行うことが効果的である。配管状況、道路状況等を勘案して DMA を設定する。

上述の計画思想に基づき、ヤンゴン市の給水区域は 10 ヶ所の配水ゾーンに分割されている。下図に 10 ヶ所の配水ゾーンと各配水ゾーンに設ける配水池を示す。同図には、浄水場と配水池を結ぶ送水管も示されている。



出典: 2014-JICA 水道 MP

図 3-3 水道施設計画 (2040 年)

### 3.2 計画フレームワークのレビュー

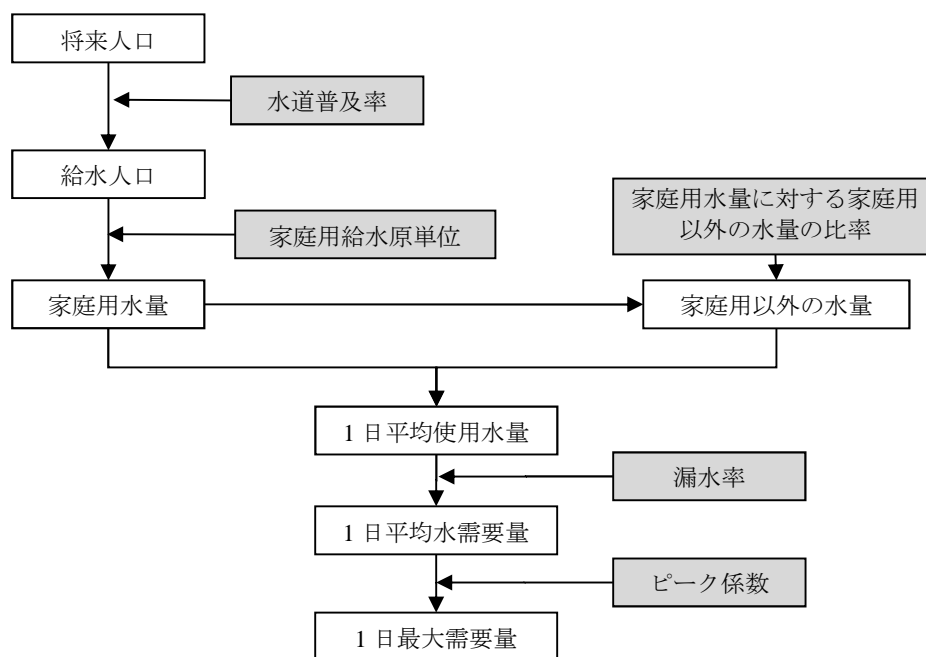
YCDC の給水範囲は、YCDC の管轄するエリアであるヤンゴン市であり、2014-JICA 水道 MP で計画したヤンゴン地域の周辺 6 タウンシップ<sup>2</sup>の一部は含まれない。従って、本調査ではヤンゴン市を計画対象区域とする。将来、周辺の 6 タウンシップの一部を YCDC が給水範囲とする場合は、YCDC はヤンゴン地域政府との合意が必要となる。また、以降で再検討する水需要量の推計手順を下表に示す。この手順は当該 MP と同じである。

表 3-7 2014-JICA 水道 MP の水需要量のレビュー及び推計手順

項目	給水量の算定方法	報告書の記載箇所	見直し項目等
<b>ヤンゴン市の人口</b>			
		3.2.1 人口増加	上位計画である2013 都市圏開発計画調査の人口予測の根拠を記載する。
		3.2.2 現在人口及び人口推計	同上人口と2014年国勢調査人口の比較し、妥当性を確認する。この結果、2013 都市開発調査の予測人口を採用する。
タウンシップの人口	A	3.2.3 人口配分	タウンシップ人口は、2014 国勢調査人口に基づき修正する。
<b>タウンシップの水需要量</b>			
		3.2.4 タウンシップ別水需要量	
タウンシップの給水普及率	B	3.2.4(2) 水道普及率	タウンシップの水道普及率は、2014 国勢調査に基づき修正する。
タウンシップの給水人口	$C = A \times B$	3.2.4(3) 給水人口	
一人当たり給水原単位	D	3.2.4(4) 一人当たり給水量	2012～2014年の追加データも加味して見直しする。なお、給水原単位は家庭用、非家庭用の合計値である。
漏水率	E	3.2.4(5) 無収水率と漏水率	YCDCの目標値
ピークファクター	110 %	3.2.4(6) ピークファクター	MP計画値
最大需要量	$F = (C \times D) / (1 - E) \times 110 \%$	3.2.4(7) 水需要量の予測	
<b>配水ゾーンの水需要量</b>			
	タウンシップの水需要量をゾーン毎の需要量に変換する。	3.2.5 配水ゾーン毎の計画諸元	タウンシップ及びゾーンの名称・範囲は巻頭図を参照のこと。

出典: JICA 調査団

<sup>2</sup> 名称、位置は図 3.7 を参照。同図の TS Code 34～40 が該当する



出典: 2014-JICA 水道 MP

図 3-4 水需要量の推計フロー

### 3.2.1 人口増加

2014-JICA 水道 MP は、2013-JICA ヤンゴン都市圏調査を上位計画として策定されている。両計画の対象区域は、共にヤンゴン都市圏(約 1,500 km<sup>2</sup>)である。ヤンゴン都市圏はヤンゴン市(784 km<sup>2</sup>、33 タウンシップ)及び隣接する周辺 6 タウンシップから構成される。目標年も両計画に共通しており、マスタープランの目標年が 2040 年、FS の目標年が 2025 年となっている。

なお、当該調査時に用いられた人口データの信頼性は欠けていたものの、将来の飛躍的な経済発展が見込まれており、2013-JICA ヤンゴン都市圏調査では下記の想定によりフレームワークが計画されている。

- 2011 年の推計人口を用いた(国勢調査は 1980 年代初頭以降 2014 年まで未実施であった)
- 過去の東南アジア諸国の都市と同様な経済発展

下記は、フレームワーク設定に関する都市圏開発調査の抜粋である。

本項目ではヤンゴン都市圏における社会経済フレームを検討・設定する。社会経済フレームの検討アプローチとしては、様々な視点により複数のシナリオを想定して比較検討を行ない、ヤンゴン都市圏における実現性の高いフレームづくりを行うことである。

ヤンゴン都市圏の将来人口シナリオとして、低位、中位、高位の 3 シナリオを想定した。低位シナリオは、過去 10 年間のヤンゴン市の年平均伸び率以下の 2.4%、中位シナリオは、過去 10 年間のヤンゴン市の水準であり、1975 年から 2000 年のタイのバンコクの水準と同等の 2.6%、高

位シナリオは過去10年のヤンゴン市の人口増加率よりも高く、1975年から2000年のインドネシアのジャカルタ水準と同等の3.3%と想定した。

表 将来人口の伸び率想定

人口シナリオ	年平均伸び率	備考
低位	2.4%	過去のヤンゴン市の増加水準以下
中位	2.6%	過去のヤンゴン市のレベル (過去のバンコク水準)
高位	3.3%	過去のジャカルタ水準

出典: 2013-JICA ヤンゴン都市圏調査

表 アセアン主要都市の人口増加率 (1975～2000年)

市/国人口	増加率
バンコク/タイ	2.61%
ハノイ/ベトナム	2.75%
ジャカルタ/インドネシア	3.30%

出典: 'World Urbanization Prospect (The 2001 Revision)', 世界銀行

タイのNESDB (National Economic and Social Development Board) は、2011年のバンコク市の人口規模は6.7百万人、バンコク都市圏では10百万人以上と推計している。1980年代から1990年代半ばまで、日本の援助を中心に、ESDP (Eastern Seaboard Development Program) に基づいて、イースタンシーボードの産業インフラである道路、鉄道、港湾、工業団地、電力開発、水資源開発が急速に進められた。また、ESDPの実施中、1985年のプラザ合意以降の急速な円高を背景に、産業インフラの急速に整備されつつあるタイに対して、日本からの直接投資が集中した。特に、イースタンシーボードには、本邦企業を中心としたグローバル企業の生産拠点が急速に形成されていった。このような急速な製造拠点の形成は、タイの地方部からバンコクに流れ込んだ労働人口を吸収することで、バンコク都市圏も急速に拡大した

1985年の急速な円高を背景として、日本からタイへの集中的な直接投資が行われてから今日までおよそ30年が経過している。同様にヤンゴン都市圏もバンコク都市圏の経験を踏まえて、将来フレームを想定した。

上記の考えに基づき、カウンターパートであるYCDC等との協議を経て、ヤンゴン都市圏の将来人口フレームを「中位シナリオ (2.6%)」で想定するものとする。

上記のように都市圏開発調査では、都市圏における経済発展を予測し、既存CBDから半径10～15kmの範囲にサブ・センター、緑地帯等の配置を計画している (図3-5)。農地及び開発地における市街化が進行しており、今後もこの傾向は変わらないものとして2025年の土地利用計画が策定されている (図3-6)。

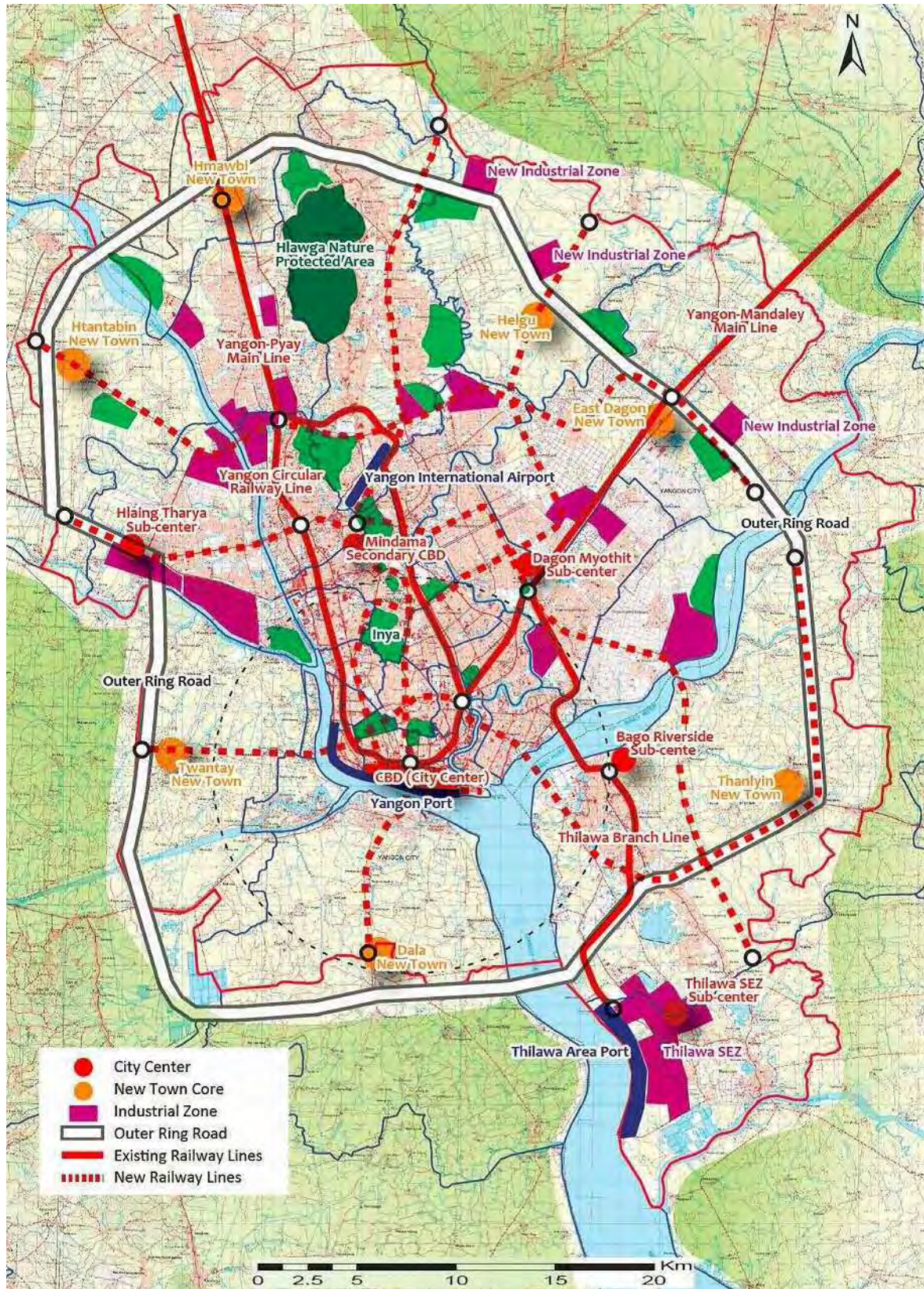
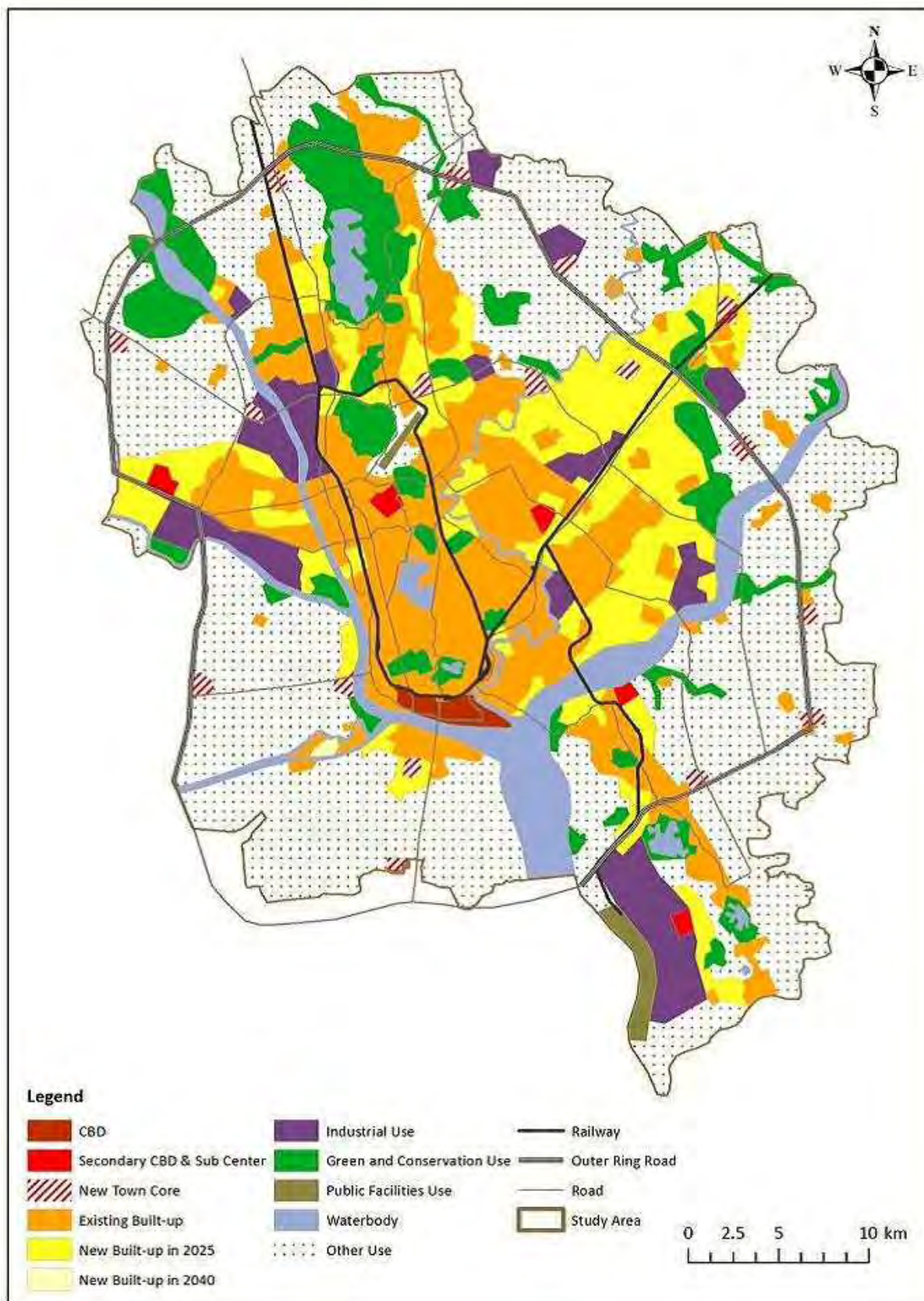


図 3-5 2040年のヤンゴン都市圏の将来都市構造・土地利用計画図(都市構造統括図)





出典: 2013-JICA ヤンゴン都市圏調査

図 3-6 土地利用予測図 2025 年

### 3.2.2 現在人口及び人口推計

2013-JICA ヤンゴン都市圏調査では、2011年人口をベースとして将来人口を予測している。この2011年人口は、国勢調査が1983年以降行われていないため、ミャンマー側から提供されたものである。5.57百万人と推定されたヤンゴン都市圏の2011年人口は、2040年には11.73百万人に増加すると推計されている。一方、ヤンゴン市の人口は、2011年に5.14百万人、2040年には8.52百万人に増加すると推定されている。

その後、2014年に行われた国勢調査によると、ミャンマー国全体の2014年の実績人口は2011年の推計人口を大きく下回っていた。一方、2014年のヤンゴン市の人口は、2011年の同市の推計人口を上回っていた。

調査団は、2014年の国勢調査人口と2013-JICA ヤンゴン都市圏調査に基づく2014年の推計人口を比較した。ただし、当該調査では2014年の人口を明示していないので、当該調査の2011年と2018年の人口から人口増加率（都市圏2.6%、ヤンゴン市1.6%）を適用して2014年の人口を推定した。その結果、当該調査の2014年人口は、国勢調査の2014年人口を3%上回っていることを確認できた。

表 3-8 2011年及び2014年の推計人口

項目	2011年	ヤンゴン都市圏 調査で適用され た人口増加率	2014年 (ヤンゴン都市圏 調査の推計値)	2014年 (センサス)
ヤンゴン市	5,142,128	1.6%	5,392,920	5,211,431
周辺6タウンシップの 一部	430,114	11.5%	597,346	N/A.
ヤンゴン都市圏(合計)	5,572,242	2.6%	5,808,266	N/A.

出典: 2011年及び2014年；2013-JICA ヤンゴン都市圏調査、2014年；2014年センサス

調査団は、2013-JICA ヤンゴン都市圏調査で用いられたベース人口（2011年）と経済発展シナリオは、マスタープラン策定時期から日も浅く改定するには時期尚早であり、2.6%の人口増加率で人口が増大するシナリオを本調査にも適用する事は、以下の理由により妥当であると判断する。

- ・ 東南アジア諸国での経済発展と同様な現象がミャンマー及びヤンゴンで生じるとして、人口増加率2.6%は公に設定されている。
- ・ この公称人口は、水道計画に限らず他セクターの計画でも採用されている。
- ・ 公に採用された2014年人口と国勢調査の2014年人口の差は3%に過ぎない。現時点では国勢調査人口を用いて、将来の人口増加率を想定する事は難しい。
- ・ 将来人口を、実際の人口に基づいて改定する必要があるとしても、短期間で改定をするのではなく中長期の視点、例えば10年後に改定すればよい。

今後の経済発展及び人口増加が、本調査で採用した経済発展及び人口増加と異なった場合でも、本調査で提案する施設が無駄になる事はなく、実際の人口増加率が低く水需要量の伸びが低くなった場合でも、いずれは計画した水需要量に達する。言い換えると、本計画では2025年に60MGDの需要増が見込まれており、需要量増が2025年より遅れたとしても、ヤンゴンの水源不足を鑑み

るに、いずれは 60MGD の需要量を追い抜くこととなる。

### 3.2.3 人口配分

2013-JICA ヤンゴン都市圏調査では、2011 年から 2040 年の間に増加する 6.16 百万人を、開発可能地及び土地利用計画を勘案して配分している。増加人口は、既存市街地でなく、主に開発地域である“new suburbs zone”及び周辺 6 タウンシップに配分している。

本調査では、タウンシップグループの 2014 年人口を、2013-JICA ヤンゴン都市圏調査の 2011～2018 年の人口増加率を適用して推定した。この推定人口は、“New Suburbs Zone”を除くすべてのグループで、2014 年の国勢調査人口を上回っていた。

表 3-9 タウンシップグループの 2014 年人口比較 (都市圏調査及び 2014 年国勢調査)

(単位: 千人)

タウンシップグループ	1998年	(A) 都市圏調査の 2011年	(B) 都市圏調査の 2011～2018年増加率	2014年推計人口 (A) × (B)	2014年 (国勢調査)
CBD	256	252	0.03 %	253	225
Outer Ring Zone	598	596	0.17 %	599	525
Inner Urban Ring	664	848	0.27 %	855	764
Older Suburbs Zone	689	778	0.40 %	788	715
South of CBD	103	220	3.59 %	244	207
Northern Suburbs	595	805	2.20 %	860	835
New Suburbs Zone	687	1,642	2.89 %	1,788	1,940
<b>ヤンゴン市計</b>	<b>3,592</b>	<b>5,142</b>	<b>1.59 %</b>	<b>5,391</b>	<b>5,211</b>
<b>周辺6TS(全域)</b>	-	<b>1,072</b>	<b>7.18 %</b>	<b>1,320</b>	<b>1,289</b>
<b>合計</b>	-	<b>6,214</b>	<b>2.60 %</b>	<b>6,711</b>	<b>6,500</b>
<b>周辺6TS(一部)</b>	-	<b>430</b>	<b>11.57 %</b>	<b>926</b>	<b>N/A.</b>

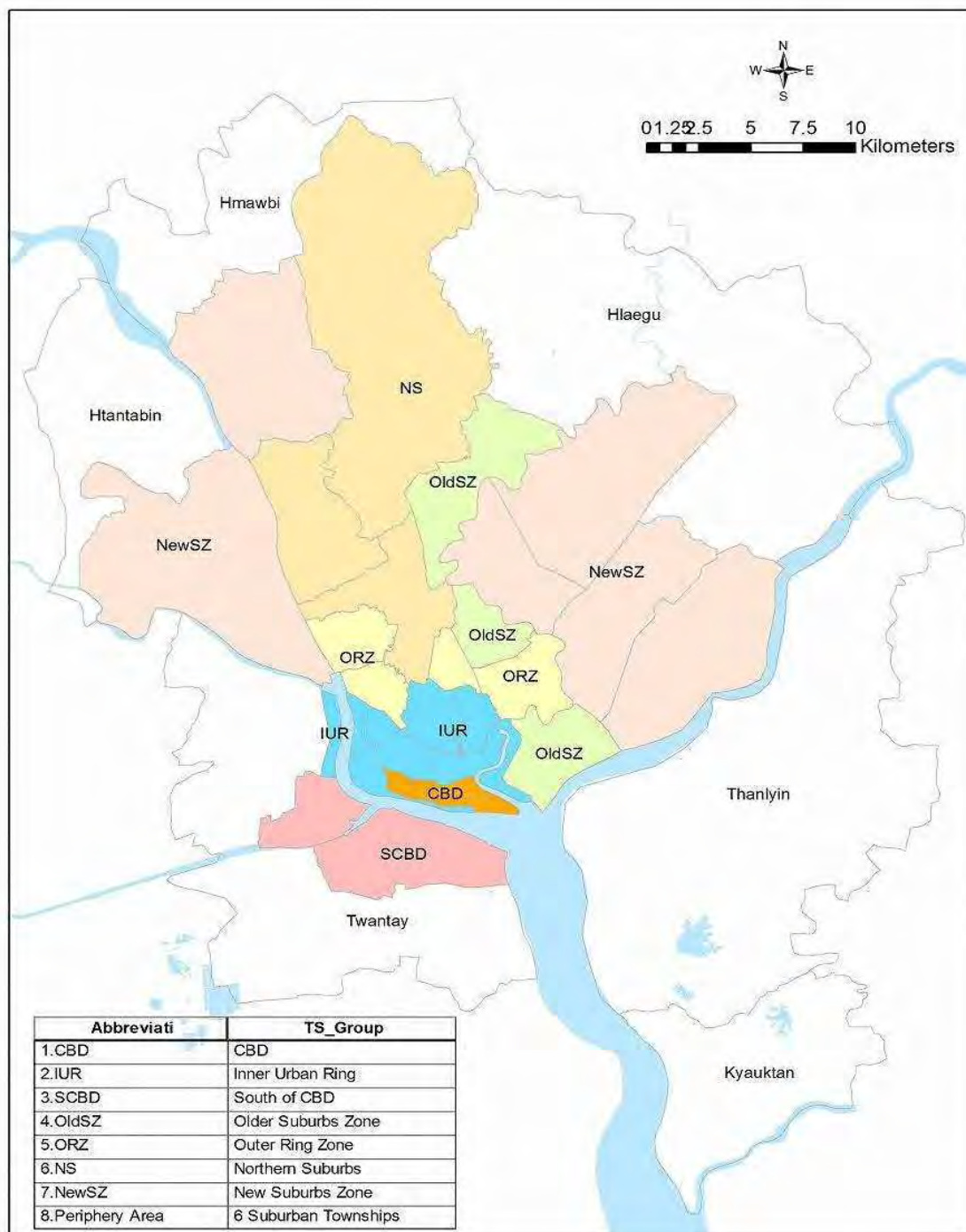
出典: 2013-JICA ヤンゴン都市圏調査及び 2014 年センサスを基に JICA 調査団が編集



注: 薄緑は YCDC エリア、薄ピンクはヤンゴン都市圏の範囲を示す。

出典: 2014-JICA 水道 MP

図 3-7 ヤンゴン都市圏(ヤンゴン市と 6 タウンシップの一部から構成) 及びヤンゴン市 (YCDC エリア内の 33 タウンシップから構成)



注: 市中心は、CBD (オレンジ色)、 IUR (水色)、 ORZ の一部(薄黄色)のエリアから構成  
出典: 2014-JICA 水道 MP

図 3-8 ヤンゴン市 (YCDC エリア) のタウンシップグループ

ヤンゴン市の人口は、2014 年国勢調査と都市圏開発調査の推計人口で大きな差異は見られなかったものの、タウンシップごとの人口分布に差異が見られた。このため、総人口は変えずに、タウンシップ別人口を本調査用に修正する。タウンシップ毎に両者の人口を比較し、2014 年国勢調査人口を採用すべきか都市圏開発調査の推計人口を採用すべきかあるいは修正すべきかを判断した。改定方針は以下のとおりである。

- ・ まずヤンゴン市の総人口は変えない。すなわち都市圏開発調査での推計人口を採用する。
- ・ 既存市街地である CBD 及び Inner Urban Ring zones に属するタウンシップは 1998 年以降減少傾向である。ただし、将来人口は増減がないとし 2014 年国勢調査人口で固定する（下表で C と表示）。
- ・ Inner Urban Ring Zone に属する Dagon、Bahan、Dawbon タウンシップは、上記と同様な理由により、2014 年国勢調査人口で固定する。Inner Urban Ring Zone に属する他のタウンシップは都市圏開発調査の推計人口を採用する（下表で D と表示）。

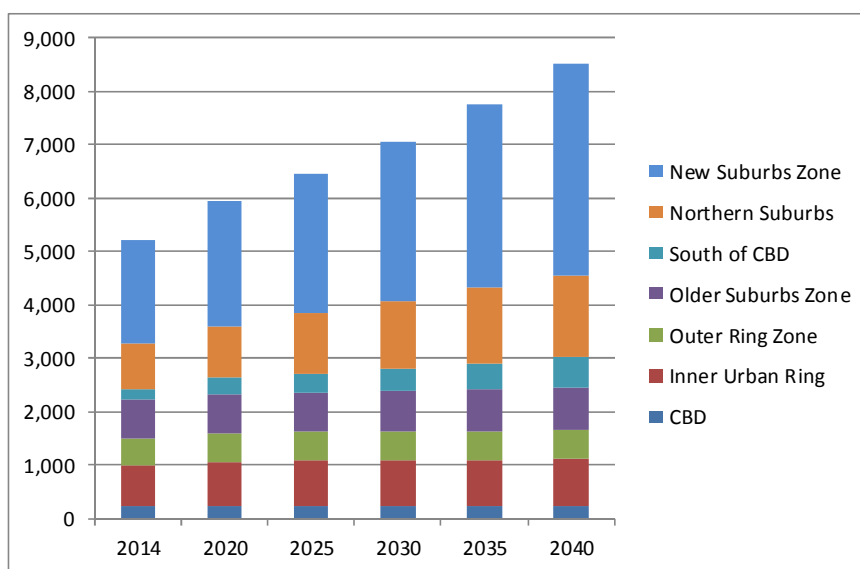
既存市街地である Outer Ring Zone と Older Suburbs Zone は、人口が若干増加している。

- ・ Outer Ring Zone に属する Yankin と Thingangyun タウンシップの人口は 2014 年国勢調査人口で固定するが、他のタウンシップは都市圏開発調査の推計人口を採用する。
- ・ Older Suburbs に属する South Okkalapa と Thakayta の人口は 2014 年国勢調査人口で固定し、North Okkalapa タウンシップは都市圏開発調査の推計人口を採用する。

Northern Suburbs Zone、South of CBD 及び New Suburbs Zone の人口は大幅に増加している。

- ・ Northern Suburbs に属する Mayangon タウンシップの人口は修正（下表で R と表示）するが、他の 2 タウンシップは都市圏開発調査の推計人口を採用する。
- ・ South of CBD に属するタウンシップは都市圏開発調査の推計人口を採用する。
- ・ New Suburbs に属するタウンシップの内、ヤンゴン市東部にあるタウンシップは都市圏開発調査の推計人口を採用する。一方、北部あるいは西部の Shwepyitha 及び Hlaing Tharyar タウンシップの人口は大幅に増加するため修正する。

タウンシップグループごとの人口を下図に示す。増加する人口は開発エリアである New Suburban Zone、Northern Suburban Zone、South of CBD Zones に多く配分されている。



出典: JICA 調査団

図 3-9 見直し後のタウンシップグループ人口

表 3-10 見直し後のタウンシップグループ及びタウンシップ人口

(単位: 千人)

No	Township	District	Area (km <sup>2</sup> )	2014	2020	2025	2030	2035	2040	Note
1	Latha	West	0.60	25	25	25	25	25	25	C
2	Lanmadaw	West	1.31	47	47	47	47	47	47	C
3	Pabedan	West	0.62	33	33	33	33	33	33	C
4	Kyauktada	West	0.70	30	30	30	30	30	30	C
5	Botahtaung	East	2.60	41	41	41	41	41	41	C
6	Pazuntaung	East	1.07	48	48	48	48	48	48	C
	<b>CBD</b>		<b>6.91</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	
7	Ahlon	West	3.38	55	66	67	67	68	69	D
8	Kyimyindine	West	4.46	112	124	129	135	141	149	D
9	Sangyoung	West	2.40	100	106	106	107	108	108	D
10	Dagon	West	4.89	25	25	25	25	25	25	C
11	Bahan	West	8.47	97	97	98	98	99	99	C
12	Tamway	East	4.99	165	193	193	195	196	197	D
13	Mingala Taungnyunt	East	4.94	132	158	159	161	163	165	D
14	Seikkan	West	1.17	3	3	3	3	3	3	D
15	Dawbon	East	3.11	75	75	75	75	75	75	C
	<b>Inner Urban Ring</b>		<b>37.83</b>	<b>764</b>	<b>847</b>	<b>856</b>	<b>866</b>	<b>877</b>	<b>890</b>	
16	Kamayut	West	6.47	85	91	94	96	99	103	D
17	Hline	West	9.82	160	160	160	160	160	160	D
18	Yankin	East	4.79	71	71	71	71	71	71	C
19	Thingangyun	East	13.12	209	209	209	209	209	209	C
	<b>Outer Ring Zone</b>		<b>34.20</b>	<b>525</b>	<b>532</b>	<b>534</b>	<b>537</b>	<b>540</b>	<b>544</b>	
20	Mayangon	West	25.83	198	207	208	213	218	223	R
21	Insein	North	31.40	305	327	337	349	362	377	D
22	Mingaladon	North	127.96	332	427	576	704	832	907	D
	<b>Northern Suburbs</b>		<b>185.19</b>	<b>835</b>	<b>961</b>	<b>1,121</b>	<b>1,266</b>	<b>1,411</b>	<b>1,507</b>	
23	North Okkalapa	East	27.76	333	355	369	385	403	423	D
24	South Okkalapa	East	8.22	161	161	161	161	161	161	C
25	Thakayta	East	13.45	221	221	221	221	221	221	C
	<b>Older Suburbs Zone</b>		<b>49.42</b>	<b>715</b>	<b>736</b>	<b>750</b>	<b>766</b>	<b>785</b>	<b>805</b>	
26	Dala	South	98.41	173	254	302	357	419	490	D
27	Seikkyi/ Khanaungto	South	12.10	34	47	53	59	66	74	D
	<b>South of CBD</b>		<b>110.51</b>	<b>207</b>	<b>301</b>	<b>354</b>	<b>416</b>	<b>485</b>	<b>564</b>	
28	Shwepyitha	North	52.69	344	369	385	448	506	602	R
29	Hlaing Tharyar	North	77.61	688	741	769	794	854	962	R
30	Dagon North	East	24.18	204	237	247	259	272	287	D
31	Dagon South	East	37.51	372	413	441	473	509	550	D
32	Dagon East	East	170.87	166	390	552	736	945	1,183	D
33	Dagon Seikkan	East	42.04	167	186	229	279	335	399	D
	<b>New Suburbs Zone</b>		<b>404.90</b>	<b>1,940</b>	<b>2,335</b>	<b>2,623</b>	<b>2,988</b>	<b>3,421</b>	<b>3,985</b>	
	<b>Total</b>		<b>828.96</b>	<b>5,211</b>	<b>5,936</b>	<b>6,464</b>	<b>7,063</b>	<b>7,745</b>	<b>8,520</b>	<b>D</b>

Note:

C: 2014 Census population is used for population in 2014 which is lower than the projected population in the Urban Development Study.

D: The projected population in the Urban Development Study is employed for future population.

R: Population is re-allocated upward in Shwepyitha and Hlaing Tharyar TS while re-allocated downward in MaYanogn township,

出典: JICA 調査団

### 3.2.4 タウンシップ別水需要量

#### (1) 水需要量のまとめ

人口、水道普及率及び一人当たり水使用量を見直した。準拠したデータは、人口と水道普及率は国勢調査、一人当たり水使用量は最新（2012年4月～2015年3月）のYCDCデータである。見直しの結果、若干の修正はあるものの基本的には2014-JICA水道MPで用いたフレームワークは、本調査でも有効であることが判明した。見直し後のフレームワークを、他の給水サービス目標と併せて、表3-11に示す。参考のために当該MPの値を表3-12に示す。

表 3-11 見直し後のヤンゴン市の給水サービス目標

項目	単位	2014	2025	2040
人口	千人	5,211	6,464	8,520
給水人口	千人	<u>1,845</u>	<u>3,618</u>	<u>6,661</u>
水道普及率	%	<u>35</u>	<u>56</u>	<u>78</u>
原単位（家庭用）*	Lpcd	111/69	150/100	200/150
原単位（非家庭用）*	Lpcd	74/46	100/67	133/100
漏水率	%	50	25	10
一日平均給水量	千 m <sup>3</sup> /day	643	<u>1,072</u>	<u>2,174</u>
一日最大給水量	千 m <sup>3</sup> /day	708	<u>1,179</u>	<u>2,391</u>
一日平均給水量	MGD	142	<u>237</u>	<u>477</u>
一日最大給水量	MGD	<u>156</u>	<u>258</u>	<u>525</u>
水圧	MPa	0.075	0.15Mpa 以上	
平均給水時間	時間	8	24	
水質	-	飲料不可	飲料可	

注：\*右側の数値はSouth of CBDとNew Suburbs Zoneに適用され、左側の数値はそれ以外のエリアに適用される。  
出典：JICA 調査団

表 3-12 MPの給水サービス目標（参考）

項目	単位	2011	2025	2040
人口	千人	5,142	6,464	8,520
給水人口	千人	1,934	3,764	6,810
水道普及率	%	38	58	80
原単位（家庭用）*	Lpcd	95	150/100	200/150
原単位（非家庭用）*	Lpcd	63	100/67	133/100
漏水率	%	50	25	10
一日平均給水量	千 m <sup>3</sup> /day	612	1,126	2,243
一日最大給水量	千 m <sup>3</sup> /day	673	1,238	2,467
一日平均給水量	MGD	135	248	493
一日最大給水量	MGD	148	272	543
水圧	MPa	0.075	0.15Mpa 以上	
平均給水時間	時間	8	24	
水質	-	飲料不可	飲料可	

注：\*右側の数値はSouth of CBDとNew Suburbs Zoneに適用され、左側の数値はそれ以外のエリアに適用される。  
出典：2014-JICA 水道MP

#### (2) 水道普及率

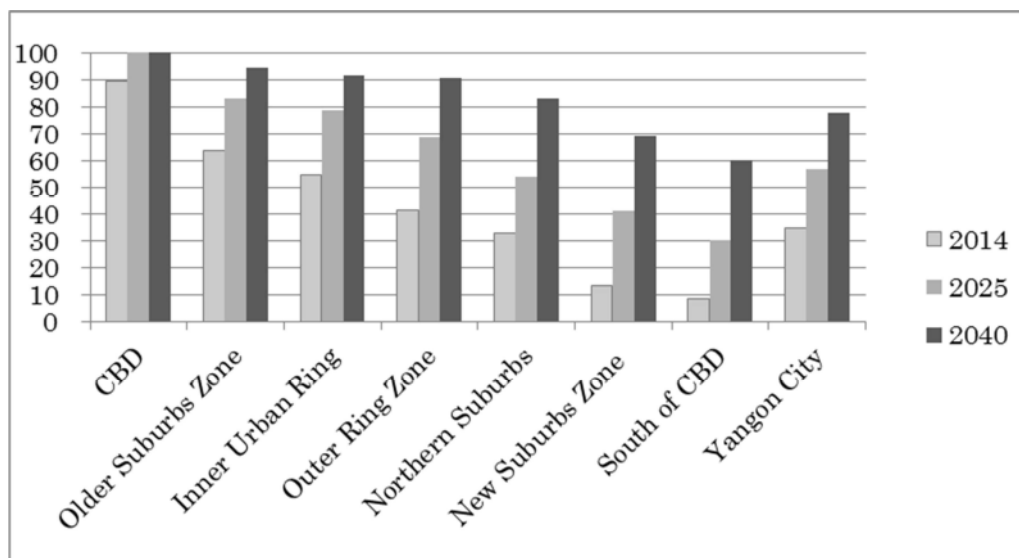
当該MPでは各タウンシップの水道普及率は2011年を基準として、2012年に実施された世帯調査を用いて推定されている。なお、目標年2040年における水道普及率は80%に設定されている。2014年の国勢調査における水道普及率と当該MPで推定された水道普及率を比較した結果、若干



の差異がみられた。

2014年センサスに基づく人口実績値はタウンシップ毎に若干の違いがあるため、本調査での普及率は、当該MPにおいて設定された2040年の水道普及率の目標値に近づくように、タウンシップ毎に2014年の普及率の実績値から年2%の増加を見込むものと設定する。ただし、本調査対象の配水ゾーン1及び9内において現在10%代の低普及率なタウンシップであるAhlon、Sangyoung、Kamayut、Hlaing Tharyar（添付図書-1参照）については、事業実施後に普及率が増加するものとして、実施中の円借款フェーズ1事業対象の配水ゾーン7及び8(Dagon North, Dagon South, Dagon East 及びDagon Seikkanの4つのタウンシップを含む)と同程度の普及率になるものとして2025年に45%を見込んだ。

見直したタウンシップ毎の目標水道普及率を下表に示す。ヤンゴン市の2011年の水道普及率（当該MPでの数値2013-JICA世帯訪問調査の結果から）は38%であったが、2014年の水道普及率は、タウンシップ毎の2104年国勢調査から35%と推定される。当該MPでのヤンゴン市の目標水道普及率は、58%（2025年）、80%（2040年）と設定されているが、見直し後のヤンゴン市の目標水道普及率は若干低下し56%（2025年）、78%（2040年）となる。低下の理由は、水道普及率の低いタウンシップに増加人口の多くが配分されている事にある。



出典：JICA 調査団

図 3-10 見直し後のヤンゴン市及びタウンシップグループの水道普及率 (%)

表 3-13 見直し後のヤンゴン市、タウンシップグループ、タウンシップの水道普及率 (%)

No	タウンシップ	2014	2020	2025	2030	2035	2040
1	Latha	85	97	100	100	100	100
2	Lanmadaw	70	82	92	100	100	100
3	Pabedan	88	100	100	100	100	100
4	Kyauktada	96	100	100	100	100	100
5	Botahtaung	98	100	100	100	100	100
6	Pazuntaung	99	100	100	100	100	100
	<b>CBD</b>	<b>89</b>	<b>96</b>	<b>98</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
7	Ahlon	20	32	45	55	65	75
8	Kyimyindine	4	16	26	36	46	56
9	Sangyoung	14	26	45	55	65	75
10	Dagon	47	59	69	79	89	99
11	Bahan	86	98	100	100	100	100
12	Tamway	87	99	100	100	100	100
13	Mingala Taungnyunt	96	100	100	100	100	100
14	Seikkan	66	78	88	98	100	100
15	Dawbon	29	41	51	61	71	81
	<b>Inner Urban Ring</b>	<b>55</b>	<b>66</b>	<b>72</b>	<b>77</b>	<b>82</b>	<b>86</b>
16	Kamayut	8	20	45	55	65	75
17	Hline	27	39	49	59	69	79
18	Yankin	89	100	100	100	100	100
19	Thingangyun	48	60	70	80	90	100
	<b>Outer Ring Zone</b>	<b>41</b>	<b>52</b>	<b>63</b>	<b>72</b>	<b>80</b>	<b>89</b>
20	Mayangon	48	60	70	80	90	100
21	Insein	26	38	48	58	68	78
22	Mingaladon	30	42	52	62	72	82
	<b>Northern Suburbs</b>	<b>33</b>	<b>45</b>	<b>54</b>	<b>64</b>	<b>74</b>	<b>84</b>
23	North Okkalapa	86	98	100	100	100	100
24	South Okkalapa	68	80	90	100	100	100
25	Thakayta	28	40	50	60	70	80
	<b>Older Suburbs Zone</b>	<b>64</b>	<b>77</b>	<b>83</b>	<b>88</b>	<b>92</b>	<b>95</b>
26	Dala	10	22	32	42	52	62
27	Seikkyi/ Khanaungto	0	12	22	32	42	52
	<b>South of CBD</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>41</b>	<b>51</b>	<b>61</b>
28	Shwepyitha	8	20	30	40	50	60
29	Hlaing Tharyar	3	15	45	55	65	75
30	Dagon North	34	46	56	66	76	86
31	Dagon South	25	37	47	57	67	77
32	Dagon East	16	28	38	48	58	68
33	Dagon Seikkan	14	26	36	46	56	66
	<b>New Suburbs Zone</b>	<b>14</b>	<b>26</b>	<b>42</b>	<b>51</b>	<b>61</b>	<b>71</b>
	<b>合計</b>	<b>35</b>	<b>46</b>	<b>56</b>	<b>63</b>	<b>71</b>	<b>78</b>

出典：2014年；2014年センサス、2020～2040年；JICA調査団

### (3) 給水人口

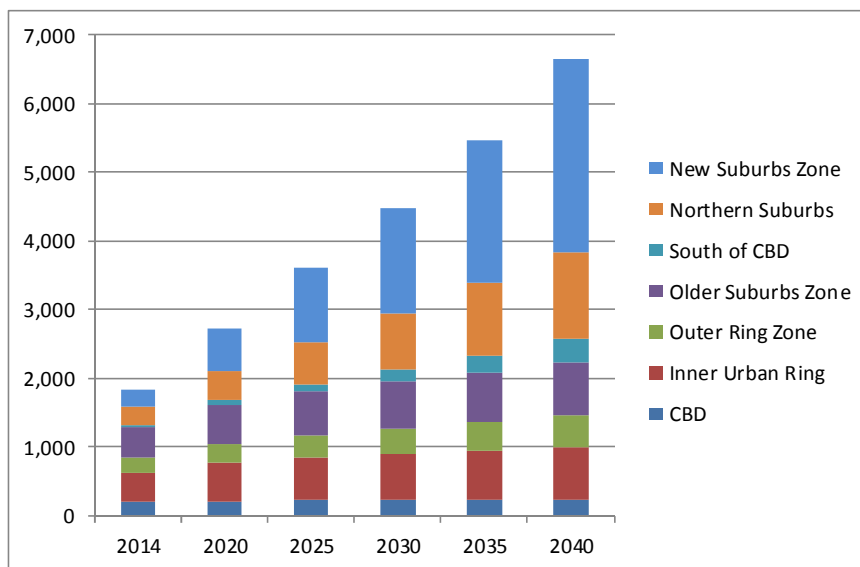
給水人口は人口及び水道普及率を用いて算定し、その結果を下表及び下図に示す。2014年に1.8百万人であった給水人口は、2025年には約2倍増の3.6百万人に達する。

表 3-14 見直し後のヤンゴン市、タウンシップグループ、タウンシップの給水人口

(Unit: 1,000 persons)

No	タウンシップ	2014	2020	2025	2030	2035	2040
1	Latha	21	24	25	25	25	25
2	Lanmadaw	33	39	43	47	47	47
3	Pabedan	29	33	33	33	33	33
4	Kyauktada	29	30	30	30	30	30
5	Bothtaung	40	41	41	41	41	41
6	Pazuntaung	48	48	48	48	48	48
	<b>CBD</b>	200	215	220	224	224	224
7	Ahlon	11	21	30	37	44	51
8	Kyimyindine	4	20	34	48	65	83
9	Sangyoung	14	28	48	59	70	81
10	Dagon	12	15	17	20	22	25
11	Bahan	83	96	98	98	99	99
12	Tamway	144	191	194	195	196	197
13	Mingala Taungnyunt	128	158	159	161	163	165
14	Seikkan	2	2	2	3	3	3
15	Dawbon	22	31	38	46	53	61
	<b>Inner Urban Ring</b>	420	562	620	667	715	765
16	Kamayut	7	18	42	53	65	77
17	Hline	43	63	79	95	111	127
18	Yankin	63	71	71	71	71	71
19	Thingangyun	101	126	147	168	189	209
	<b>Outer Ring Zone</b>	214	278	339	387	436	484
20	Mayangon	96	124	146	171	196	224
21	Insein	79	124	162	202	246	294
22	Mingaladon	98	180	299	436	599	744
	<b>Northern Suburbs</b>	273	428	607	809	1,041	1,262
23	North Okkalapa	287	348	369	385	403	424
24	South Okkalapa	110	129	145	161	161	161
25	Thakayta	61	88	110	132	154	176
	<b>Older Suburbs Zone</b>	458	565	624	678	718	761
26	Dala	18	56	97	150	218	304
27	Seikkyi/ Khanaungto	0	6	12	19	28	39
	<b>South of CBD</b>	18	62	109	169	246	343
28	Shwepyitha	29	74	115	179	253	361
29	Hlaing Tharyar	21	111	346	437	555	722
30	Dagon North	70	109	138	171	207	247
31	Dagon South	93	153	207	269	341	424
32	Dagon East	26	109	210	353	548	805
33	Dagon Seikkan	23	48	83	128	188	263
	<b>New Suburbs Zone</b>	262	604	1,099	1,537	2,092	2,822
	<b>合計</b>	1,845	2,714	3,618	4,471	5,477	6,661

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3-11 見直し後のヤンゴン市、タウンシップグループ、タウンシップの給水人口 (単位:千人)

#### (4) 一人当たり給水量

当該 MP では 2 種類の給水原単位を提案している。すなわち、発展した市域の給水原単位と、これから発展する市域の給水原単位である。いずれの給水原単位も、経済発展に伴い増加すると予測されている。計画給水原単位は、人口増加率と同様に、東南アジア諸国の各都市の給水原単位を参考にして下表の通り設定されている。この計画給水原単位は、後述の通り妥当であるため本調査にも適用する。

表 3-15 タウンシップ・グループごとの給水原単位の計画値 (LPCD)

タウンシップ・グループ			2011	2014	2020	2025	2030	2035	2040
ヤンゴン市	CBD, Inner Urban Ring Outer Ring Zone, Northern Suburbs, Older Suburbs Zone	家庭用	100	111	132	150	167	183	200
		非家庭用	67	74	88	100	111	122	133
		原単位計	167	185	220	250	278	305	333
ヤンゴン郊外	South of CBD, New Suburbs Zone	家庭用	60	69	86	100	117	133	150
		非家庭用	40	46	57	67	78	89	100
		原単位計	100	115	143	167	195	222	250

出典：2014-JICA 水道 MP

調査団は YCDC の 2012～2014 年度の給水件数及び請求金額のデータを入手し、このデータを当該 MP に用いられた 2009～2011 年度のデータと比較した。なお、2009～2013 年度 (表 3-16) にかけては新たな水源開発は行われておらず、同年度間の給水件数及び (請求金額から換算した) 使用水量に大きな変化は見られず、一人当たり使用水量は家庭用で 115 リットル、非家庭用で 82 リットルである<sup>3</sup>。この値は当該 MP の 2011～2014 年推計原単位とほぼ同じであるため、本調査でも当該 MP の値を採用する。なお、2014 年度 (表 3-17) からはニューフナピン浄水場の 2 期 (45MGD) が運用を開始している。

<sup>3</sup> 1 世帯当たり 4.4 人 (2014 年国勢調査) を適用。

表 3-16 給水件数と一日使用水量 (2009 年度～2013 年度)

年	家庭用			商業用			公共用	合計
	メーター	定額	小計	メーター	定額	小計		
接続件数								
2009/10	145,159	60,465	205,624	13,791	3,510	17,301	1,168	224,093
2010/11	152,405	56,938	209,343	13,749	3,239	16,988	1,168	227,659
2011/12	162,890	54,937	217,827	14,359	2,725	17,084	1,168	238,920
2012/13	178,483	54,000	232,483	17,112	3,797	20,909	1,256	254,648
2013/14	159,480	51,832	211,312	16,359	1,669	18,028	1,256	230,596
<b>平均</b>	<b>159,683</b>	<b>55,634</b>	<b>215,318</b>	<b>15,074</b>	<b>2,988</b>	<b>18,062</b>	<b>1,203</b>	<b>235,183</b>
一日当り使用水量 (m3)								
2009/10	69,544	38,670	108,214	19,942	6,778	26,720	43,104	179,908
2010/11	70,192	35,623	105,815	21,644	6,565	28,209	43,104	179,241
2011/12	75,782	35,552	111,334	25,139	5,828	30,967	43,104	187,186
2012/13	76,588	32,877	109,465	25,311	7,270	32,581	50,250	194,166
2013/14	79,953	31,505	111,458	25,837	3,313	29,150	50,250	192,728
<b>平均</b>	<b>74,412</b>	<b>34,845</b>	<b>109,257</b>	<b>23,574</b>	<b>5,951</b>	<b>29,525</b>	<b>45,962</b>	<b>186,646</b>

注: イタリック体の数値は推計値  
出典: YCDC データを基に JICA 調査団が集計

表 3-17 給水件数と一日使用水量 (2014 年度)

年	家庭用			商業用			公共用	合計
	メーター	定額	小計	メーター	定額	小計		
接続件数								
2014/15	197,234	33,237	230,471	21,259	0	21,259	1,256	252,986
一日当り使用水量 (m3)								
2014/15	100,600	20,352	120,952	34,059	0	34,059	50,250	207,131

出典: YCDC データを基に JICA 調査団が集計

### (5) 無収水率と漏水率

2013 年に YCDC は 148 MGD (673,000 m<sup>3</sup>/日) の水量を 1.85 百万人に供給した。一人当たり換算すると日量 365 リットルの水量を供給したことになる。この水量は顧客の需要量を十分に満たすものであるが、一方で 2013 JICA 世帯訪問調査によると、顧客は水圧、給水時間等に不満を抱いている。実際、有収水率は低く、2011～2013 年度の YCDC データによると約 30 % に過ぎない。YCDC はこの無収水率を改善し、2040 年の計画目標値 15% まで下げることを目指している。

漏水量削減には、たゆまない努力と経営層の強力な支援が必要である。財政面でも漏水が起きやすい老朽管の更新費用の確保が不可欠である。YCDC は、2040 年の漏水率を 10% にする目標<sup>4</sup>を掲げている。無収水率と漏水率の当該 MP の目標値を下記に示す。2025 年の目標値は各々 35 %、25 % である。

表 3-18 無収水率と漏水率

項目	2013	2020	2025	2030	2035	2040
無収水率 (%)	66	46	35	26	20	15
漏水率 (%)	50	33	25	18	13	10

出典: 2014-JICA 水道 MP

<sup>4</sup> 海外の援助機関の協力で、無収水削減は既に始まっている。現在は、漏水削減に向け、JICA による技術協力プロジェクト以外に、日本の無償事業 (外務省及び JICA)、フランス、デンマーク、Manila Water による協力が進められている。本調査でゾーン 1 の老朽管更新を提案する他、ヤンゴン東部 (円借款フェーズ 1 事業) 及びヤンゴン西部 (本調査対象ゾーン 9) で管路が新設される予定であり、漏水の大幅な改善が期待できる。

## (6) ピークファクター

当該 MP では YCDC の過去の実績、バンコク、日本の大都市を参考として、ピークファクターを 110% に設定している。本調査でも同値を採用する。

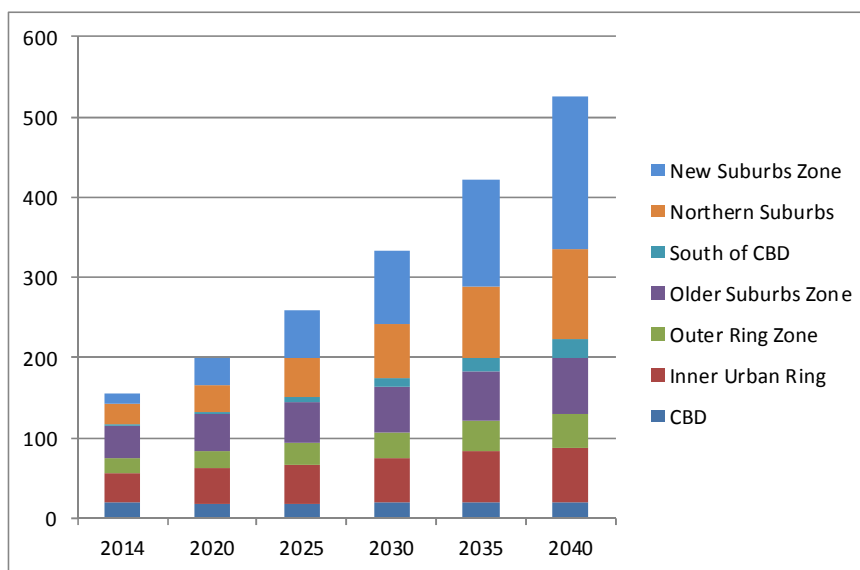
## (7) 水需要量の予測

一日最大水需要量は、ピークファクター110%を用いて推定した。

表 3-19 見直し後のタウンシップグループごとの一日最大需要量: MGD)

No	タウンシップ	2014	2020	2025	2030	2035	2040
1	Latha	2	2	2	2	2	2
2	Lanmadaw	3	3	3	4	4	4
3	Pabedan	3	3	3	3	3	3
4	Kyauktada	3	2	2	3	3	3
5	Botahaung	4	3	3	3	4	4
6	Pazuntaung	4	4	4	4	4	4
	<b>CBD</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
7	Ahlon	1	2	2	3	4	5
8	Kyimyindine	0	2	3	4	6	7
9	Sangyoung	1	2	4	5	6	7
10	Dagon	1	1	1	2	2	2
11	Bahan	7	8	8	8	9	9
12	Tamway	13	15	16	16	17	18
13	Mingala Taungnyunt	11	13	13	14	14	15
14	Seikkan	0	0	0	0	0	0
15	Dawbon	2	2	3	4	5	5
	<b>Inner Urban Ring</b>	<b>36</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>56</b>	<b>63</b>	<b>68</b>
16	Kamayut	1	1	3	4	6	7
17	Hline	4	5	6	8	10	11
18	Yankin	6	6	6	6	6	6
19	Thingangyun	9	10	12	14	16	19
	<b>Outer Ring Zone</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>27</b>	<b>32</b>	<b>38</b>	<b>43</b>
20	Mayangon	9	10	12	14	17	20
21	Insein	7	10	13	17	21	26
22	Mingaladon	9	14	24	37	52	67
	<b>Northern Suburbs</b>	<b>25</b>	<b>34</b>	<b>49</b>	<b>68</b>	<b>90</b>	<b>113</b>
23	North Okkalapa	26	28	30	32	35	38
24	South Okkalapa	10	10	12	14	14	14
25	Thakayta	5	7	9	11	13	16
	<b>Older Suburbs Zone</b>	<b>41</b>	<b>45</b>	<b>51</b>	<b>57</b>	<b>62</b>	<b>68</b>
26	Dala	1	3	5	9	14	20
27	Seikkyi/ Khanaungto	0	0	1	1	2	3
	<b>South of CBD</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>23</b>
28	Shwepyitha	2	4	6	11	16	24
29	Hlaing Tharyar	1	6	19	26	35	49
30	Dagon North	4	6	7	10	13	17
31	Dagon South	5	8	11	16	22	28
32	Dagon East	1	6	11	21	35	54
33	Dagon Seikkan	1	3	4	8	12	18
	<b>New Suburbs Zone</b>	<b>14</b>	<b>33</b>	<b>58</b>	<b>92</b>	<b>133</b>	<b>190</b>
	<b>合計</b>	<b>156</b>	<b>199</b>	<b>258</b>	<b>334</b>	<b>422</b>	<b>525</b>

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3-12 見直し後のタウンシップグループごとの一日最大需要量 (単位: MGD)

### 3.2.5 配水ゾーン (配水区) 毎の計画諸元

前節では行政区であるタウンシップ毎の水需要量等を推定した。この水需要量等を配水ゾーン毎の水需要量に変換する。2014年 (現況)、2025年 (本調査目標年) 及び2040年 (2014-JICA 水道MP 目標年) の配水ゾーン毎の水需要量を下表にそれぞれ示す。

表 3-20 見直し後の配水ゾーン毎の計画諸元 (2014年)

配水ゾーン	人口	普及率	給水人口	給水接続件数	一日最大給水量	一日最大給水量
	千人	%	千人	千件	mld	MGD
1	794	62	488	111	199	44
2	637	47	299	68	122	27
3	653	47	310	70	126	28
4	653	58	380	86	155	34
5	501	15	75	17	26	6
6	133	30	39	9	16	4
7	370	26	96	22	24	5
8	539	22	117	26	29	6
9	688	3	21	5	5	1
10	243	8	19	4	5	1
合計	5,211	35	1,845	419	708	156

出典：JICA 調査団

表 3-21 見直し後の配水ゾーン毎の計画諸元 (2025年)

配水ゾーン	人口	普及率	給水人口	給水接続件数	一日最大給水量	一日最大給水量
	千人	%	千人	千件	mld	MGD
1	866	77	667	152	245	54
2	655	68	445	101	163	36
3	673	69	463	105	170	37
4	746	75	562	128	206	45
5	659	39	258	59	80	18
6	231	52	120	27	44	10

配水ゾーン	人口	普及率	給水人口	給水接続件数	一日最大給水量	一日最大給水量
	千人	%	千人	千件	mld	MGD
7	799	44	348	79	85	18
8	670	43	290	66	71	15
9	769	45	346	79	85	19
10	397	30	119	27	30	6
合計	6,464	56	3,618	822	1,179	258

出典：JICA 調査団

表 3-22 見直し後の配水ゾーン毎の計画諸元 (2040年)

配水ゾーン	人口	普及率	給水人口	給水接続件数	一日最大給水量	一日最大給水量
	千人	%	千人	千件	mld	MGD
1	896	89	793	180	323	71
2	658	91	599	136	244	54
3	697	91	632	144	258	56
4	875	90	791	180	322	71
5	1,034	69	715	163	255	56
6	364	82	298	68	122	26
7	1,471	72	1,052	239	321	71
8	950	72	687	156	210	46
9	962	75	722	164	221	49
10	613	60	370	84	116	25
合計	8,520	78	6,661	1,514	2,391	525

出典：JICA 調査団

### 3.3 水配分計画のレビュー

#### 3.3.1 水源開発

ヤンゴン市の日最大需要量は2025年に258 MGDに達する。一方、2014年時点の水源量は215 MGDである。この215 MGDにはラグンビン浄水場からヤンゴン市外のティラワ SEZ へ供給する10 MGD および地下水は含んでいない。この215 MGDの水源量で2023年までの水需要量を賄うことができる。

新たな水源が必要となるのは2023年以降であり、必要な水源量は、2025年（本調査の目標年）で43 MGD、2026年で58 MGDとなる。従って、本調査ではコッコア川を水源とする60 MGDの施設を計画（コッコア第1期と呼称）する。

#### 3.3.2 新たな水源計画（パンライン川）

2014-JICA 水道 MP では、2025～2040年までに開発する水源としてコッコア川（第2期以降）、トゥ川が提案されている。しかし、当該 MP 策定後、YCDC は上記以外の水源としてパンライン川における水源開発の検討を始めた。パンライン川はコッコア川から分岐して、ヤンゴン市南部でライン川に合流する。当該 MP ではパンライン川の塩分濃度が高く飲料水として不的確なため水源候補ではなかったが、当該 MP 策定後、防潮堤の建設が計画されており塩分濃度が低くなる可



能性があるため、YCDC は、防潮堤が建設された後、配水ゾーン9 のパンライン川沿いに浄水場の建設を構想している。このパンライン川水源はココア川水源の代替水源とみなすことができる。すなわち、パンライン川で 60 MGD の水源を開発するのであれば、同量の水源開発量をココア川から差し引くことで当該 MP と整合を図るものとする。

ココア川及びパンライン川を水源とする浄水は、いずれもゾーン9 配水池に送水され一部は配水ゾーン9 に配水される。残る水量はさらに配水ゾーン1 他に送水される。浄水場とゾーン9 配水池間の送水管延長は、パンライン川系統がココア川系統に比べはるかに短い。このため、パンライン川系統の建設費、維持管理費はココア川系統に比べ安価となる。ただし、防潮堤の完成、農業灌漑省との水利権の配分交渉等にはしばらく時間がかかり、直ちにパンライン浄水場を建設する事は出来ない。このため、水供給・衛生局は先ずココア川 60MGD を開発し、その後 Toe 川及びココア川 2 期の水源開発に先立ち、このパンライン川 60MGD を開発する意向である。

### 3.3.3 新たな水源開発シナリオ

この新たに浮上したパンライン川の開発を考慮すると、当該 MP で提案されている水源開発シナリオは下記のように改定される。2030 年までに、ココア川第1期とパンライン川との合計 120 MGD を開発する。2040 年までに累計で 310 MGD の水源が必要となるため、当該 MP で提案されている河川系のココア川、トゥ川に加え、パンライン川を開発する。水供給・衛生局によるとパンライン川の開発総量は 60~100 MGD を予定しているが、水理権として幾ら獲得できるかは、農業灌漑省との交渉次第である。

本調査では、パンライン川の開発総量が未定であるため、水供給・衛生局との協議により、パンライン川とココア川とを合わせた開発水量を 240 MGD と決定した。2040 年までに開発すべき水量は 310 MGD であるため、トゥ川の開発水量は 70 MGD となる。この組み合わせを“Revision” (図 3-16 及び表 3-24) とする。もう一方の“Alternative” (図 3-16) は、トゥ川の開発水量をヤンゴン市南端の配水ゾーン10 の水需要量 (2040 年) である 25 MGD にとどめ、パンライン川とココア川の開発水量を 285 MGD に増やす代替案である。

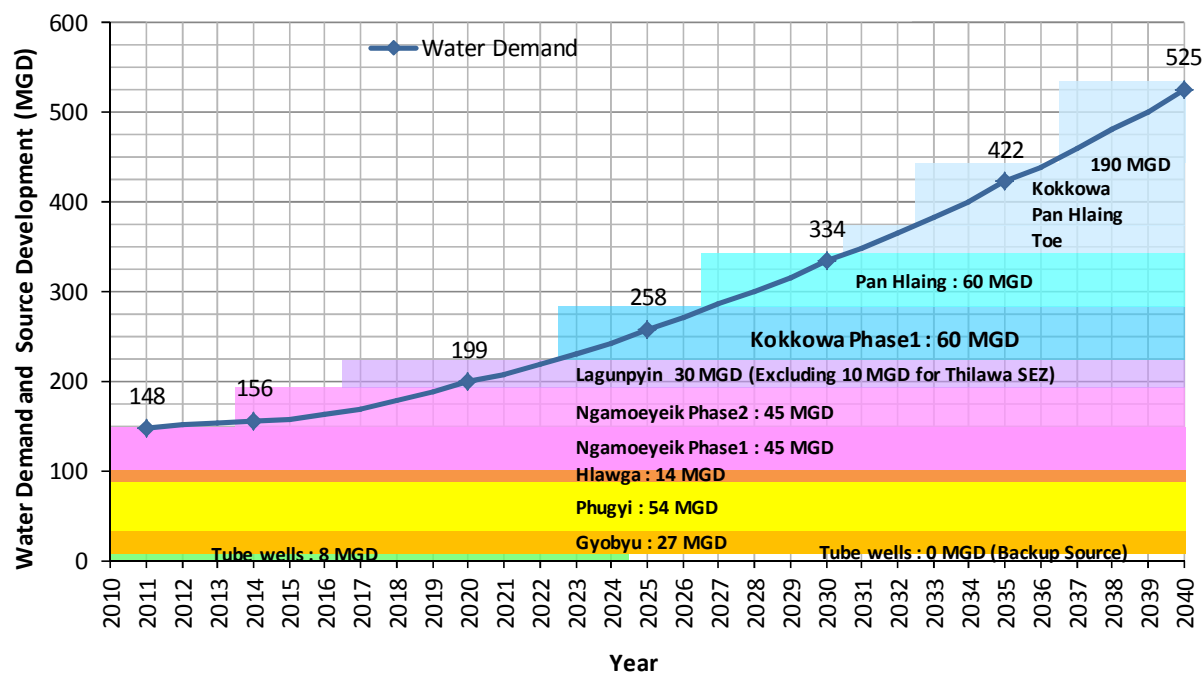
表 3-23 見直し後の段階的水源開発計画

(Unit: MGD)

年	2014	2020	2025	2030	2035	2040
<b>一日最大給水量</b>	<b>156</b>	<b>199</b>	<b>258</b>	<b>334</b>	<b>422</b>	<b>525</b>
<b>水源</b>						
<b>(貯水池 (ダム) 系)</b>						
ジョビュー貯水池	27	27	27	27	27	27
プジー貯水池	54	54	54	54	54	54
ローガ貯水池	14	14	14	14	14	14
ガモエ貯水池	90	90	90	90	90	90
井戸	8	8	0	0	0	0
ラグンビン貯水池*	-	30	30	30	30	30
<b>小計 (1)</b>	<b>193</b>	<b>223</b>	<b>215</b>	<b>215</b>	<b>215</b>	<b>215</b>
<b>(河川系)</b>						
ココア第1期	-	-	60	60	60	60
パンライン第1期	-	-	-	60	60	60
ココア第2期、パンライン第2期、あるいはトゥ	-	-	-	-	100	190
<b>小計 (2)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>220</b>	<b>310</b>
<b>水源の合計</b>	<b>193</b>	<b>223</b>	<b>275</b>	<b>335</b>	<b>435</b>	<b>525</b>
<b>差分 (水源 - 給水)</b>	<b>+37</b>	<b>+24</b>	<b>+17</b>	<b>+1</b>	<b>+13</b>	<b>0</b>

注：\* ティラワ SEZ への 10MGD は除く

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3-13 見直し後の段階的水源開発計画

表 3-24 2040年の河川系の水源地開発計画 (単位 MGD)

案	ココア及びパンラインの合計開発量	トゥ開発量	合計
見直し計画	240	70	310
代替案	285	25	310

出典：JICA 調査団

### 3.3.4 10 配水ゾーンへの水配分計画

#### (1) 10 配水ゾーンへの水配分計画

図 3-14～16 に 2014 年、2025 年、2030 年、2035 年、2040 年の水配分計画を示す。図から明らかのように、ココア川の浄水は配水ゾーン 9 及び配水ゾーン 1 の各配水池へ配分される。当該 MP で提案されている 10 ヶ所の配水ゾーンに変更はないが、水供給・衛生局は配水ゾーン 2 及び 3 の配水池の位置を当該 MP の計画位置から変更した。ゾーン 2 配水池の計画位置は、ゾーン内の西側から東側の境界付近に変更され、ゾーン 3 配水池の位置は当該 MP の計画位置の近くに変更されている。

#### (2) MP と同様の配水ゾーン 1 及び配水ゾーン 9 への 2025 年の水配分計画

2025 年の水需要量を満たすために追加の水源開発が必要であり、見直し後の段階的水源開発計画によれば、新規開発水源のココア川の 60 MGD の水量は、配水ゾーン 9 の全需要量と配水ゾーン 1 の約半量に充てられる。配水ゾーン 1 の残り半分の水需要量はヤンゴン北部に位置する貯水池系の水源水が引き続き供給される。

従って、ココア開発水量 60 MGD のうち 20 MGD と 40 MGD の浄水はそれぞれ配水ゾーン 9 と配水ゾーン 1 への送水を計画する。

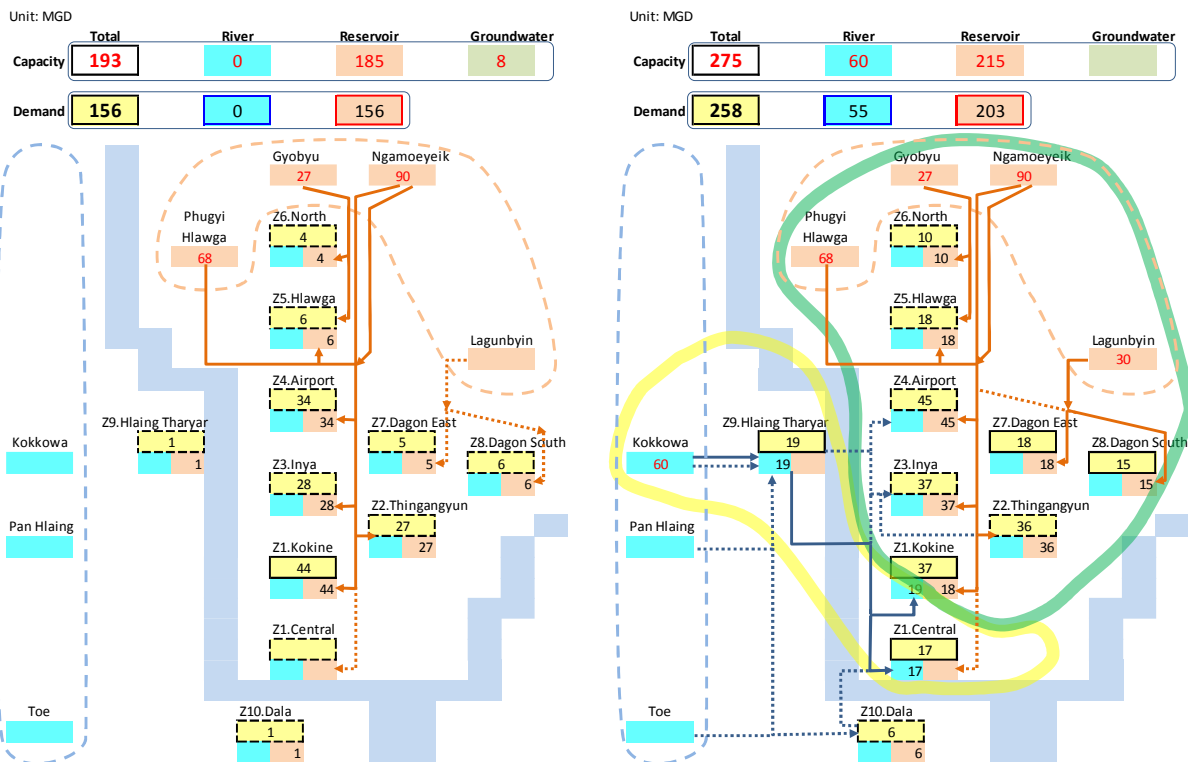
##### 1) 配水ゾーン 9

配水ゾーン 9 の既存給水区域は、工場地域とわずかな住居地域に限定されている。配水ゾーン 9 の給水区域には、地下水を水源とする 1 MGD の小規模プラントと、貯水池系から 300 mm の配管により給水がなされている。配水ゾーン 9 は、ラグンビン浄水場から配水ゾーン 7 及び 8 に給水する円借款フェーズ 1 事業と同様に、市街化が著しく進展しているゾーンである。

##### 2) 配水ゾーン 1

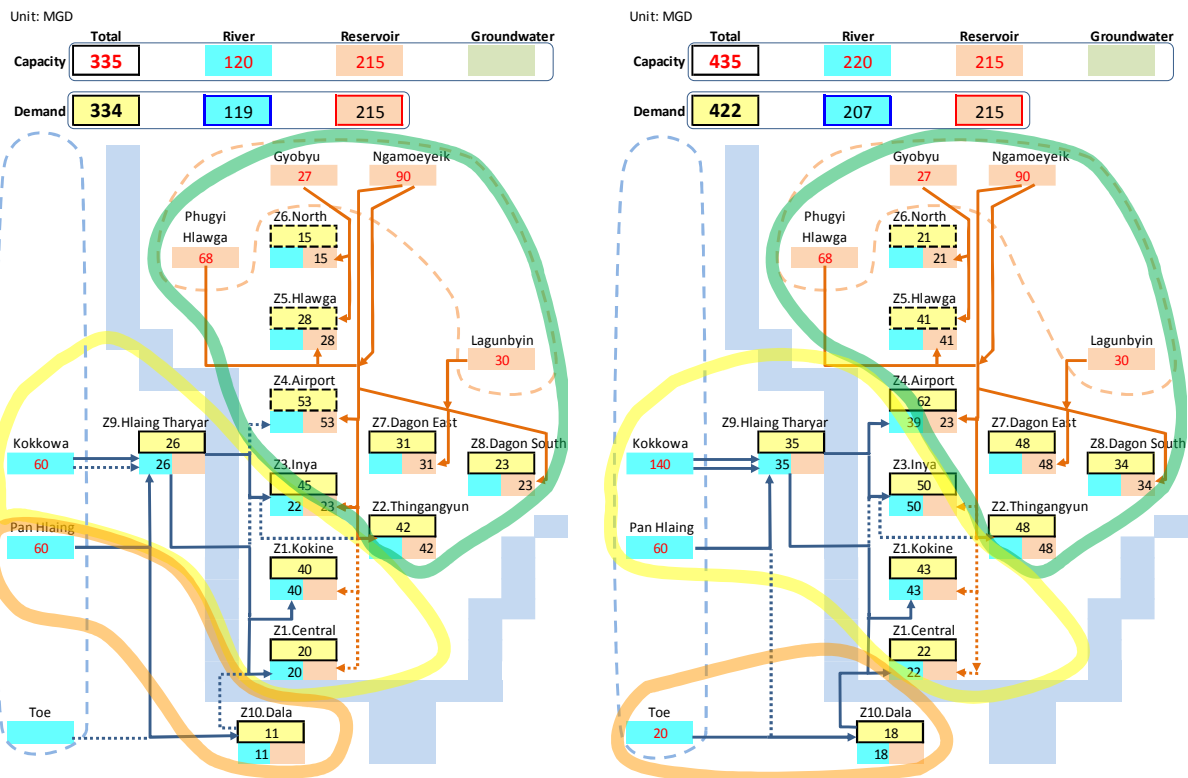
配水ゾーン 1 には既に配水管網が整備されているが、配水管の老朽化もかなり進行しているため、漏水も頻繁に起こり漏水率も高いと言われている。配水ゾーン 1 への配水は、貯水池系水源から直接ポンプで配水される地区と、一旦、コカイン配水池で貯留された水が自然流下で配水する地区に分けられる。この配水方式が十分に機能していないため、ゾーン内の水圧が不均一となっている。水圧の均一化・水量の均等配分を目的に、当該 MP では浄水場からポンプによる直配方式から全ての配水ゾーンに配水池を設けて、その配水池から配水する方式への変更を提案している。

2025 年の配水ゾーン 1 の総需要量は約 60MGD である。ココア浄水場から送水される約 40 MGD の浄水は、配水ゾーン 1 低区の水需要量とほぼ同量である。当該 MP の水配分計画に基づけば、そのうち約 20 MGD はセントラル配水池へ送水し、配水ゾーン 1 高区へ供給される。一方、残る約 20 MGD は、配水ゾーン 1 低区のコカイン配水池へ送水される。配水ゾーン 1 低区の 2025 年の水需要量は約 40 MGD であるため、コカイン配水池で不足する 20 MGD は、引き続き貯水池系の水がイエグポンプ場を経由して同配水池に供給される計画である。



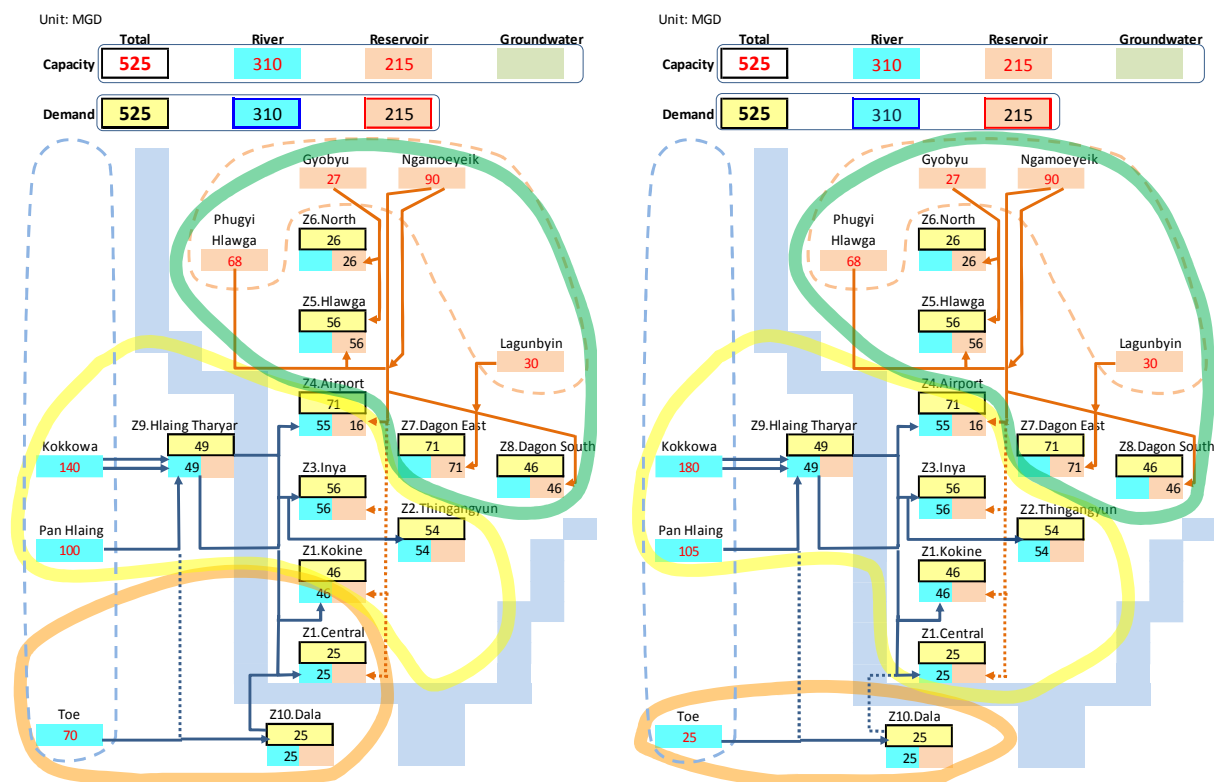
出典：JICA 調査団

図 3-14 2014 年の水配分計画 (左) 及び 2025 年の水配分計画 (右)



出典：JICA 調査団

図 3-15 2030 年の水配分計画 (左) 及び 2035 年の水配分計画 (右)

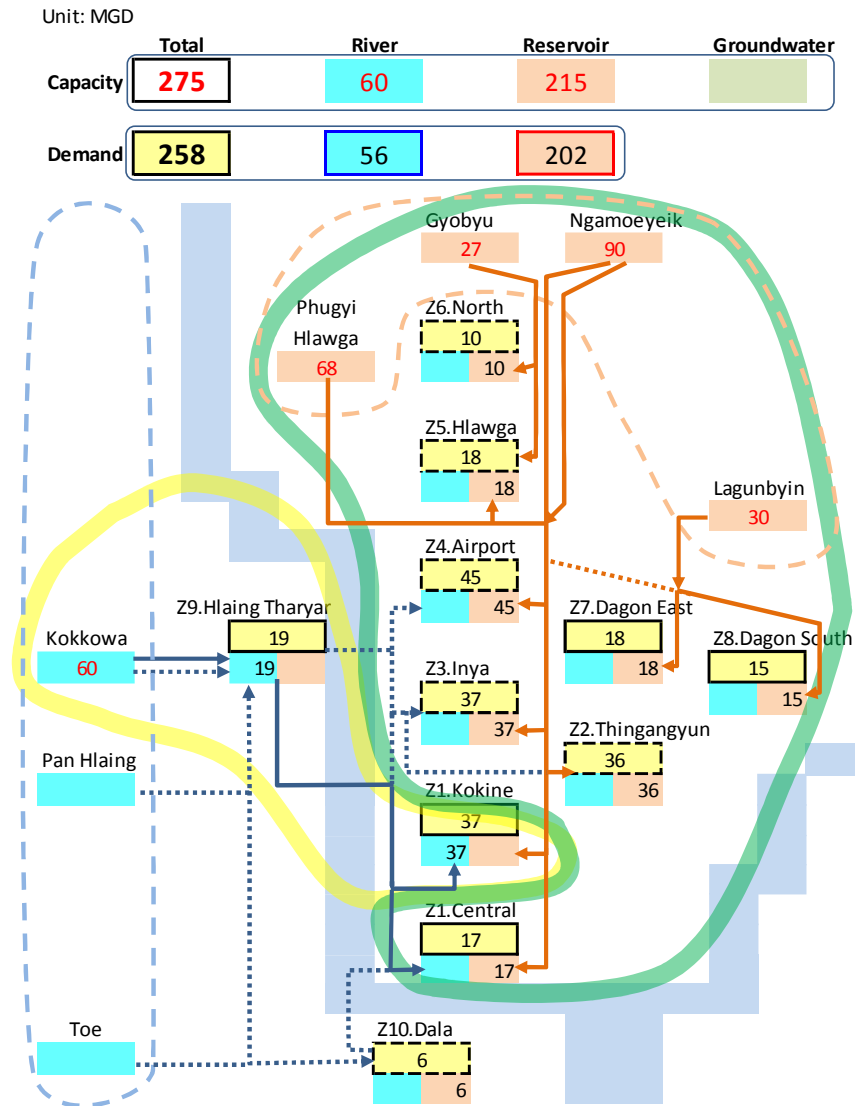


出典：JICA 調査団

図 3-16 2040 年の水配分計画 (左：見直し計画、右：代替案)

### (3) 本事業用の配水ゾーン1の修正水配分計画 (2025年)

本調査期間中、ココア浄水場からの40 MGDの送水と、イエグポンプ場を経由する未浄水処理の貯水池系の水とが、コカイン配水池において混合されることを避け、安全な水を供給する配水ゾーン1の新たな水配分計画が検討された。この修正水配分計画はココア浄水場で処理された浄水をより多くの市民に届けることが可能となる。一方、未浄水処理の貯水池系の水はイエグポンプを経由してセントラル配水池へ送水される。その修正水配分計画を下図に示す。

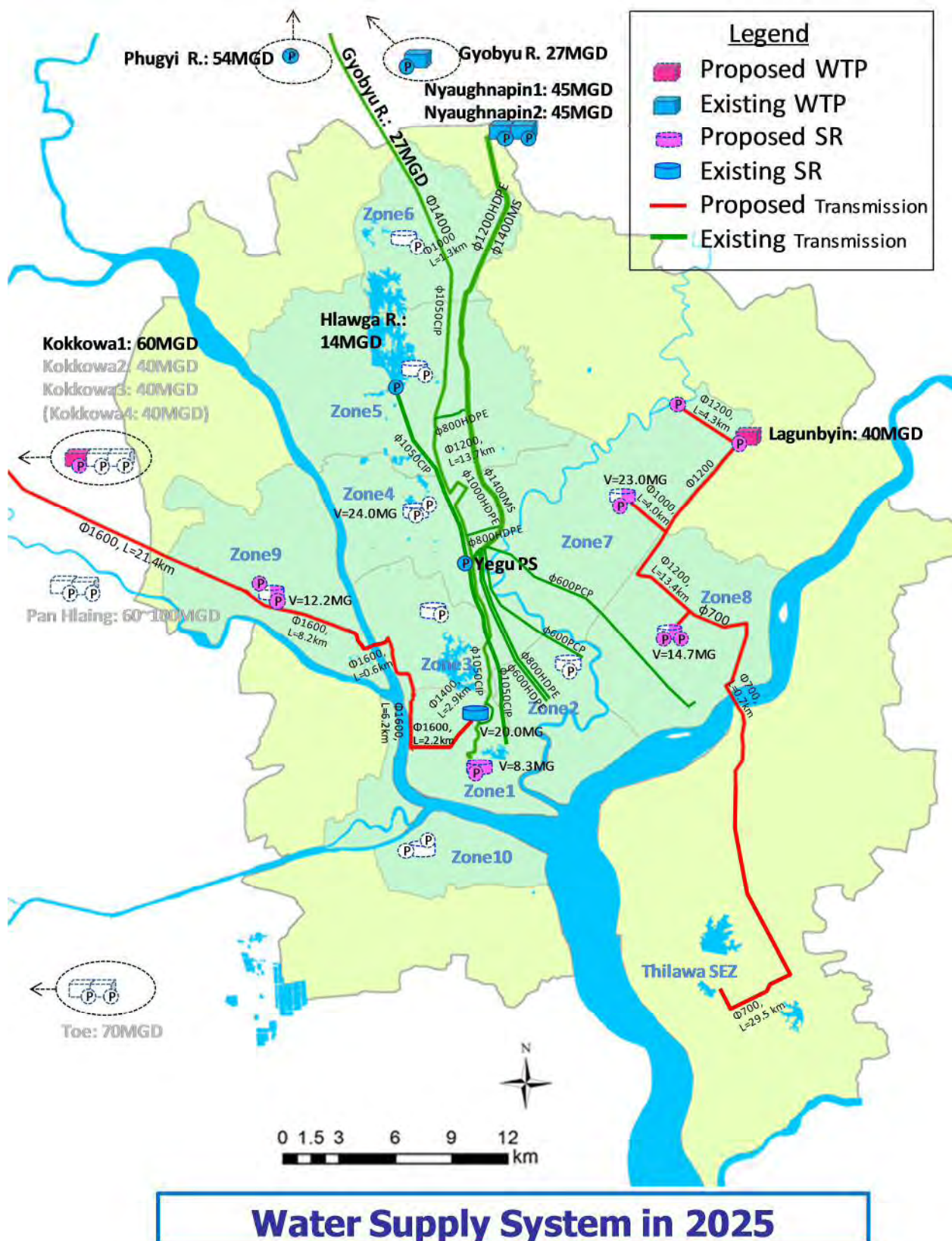


出典：JICA 調査団

図 3-17 本調査における配水ゾーン1の修正水配分計画（2025年）

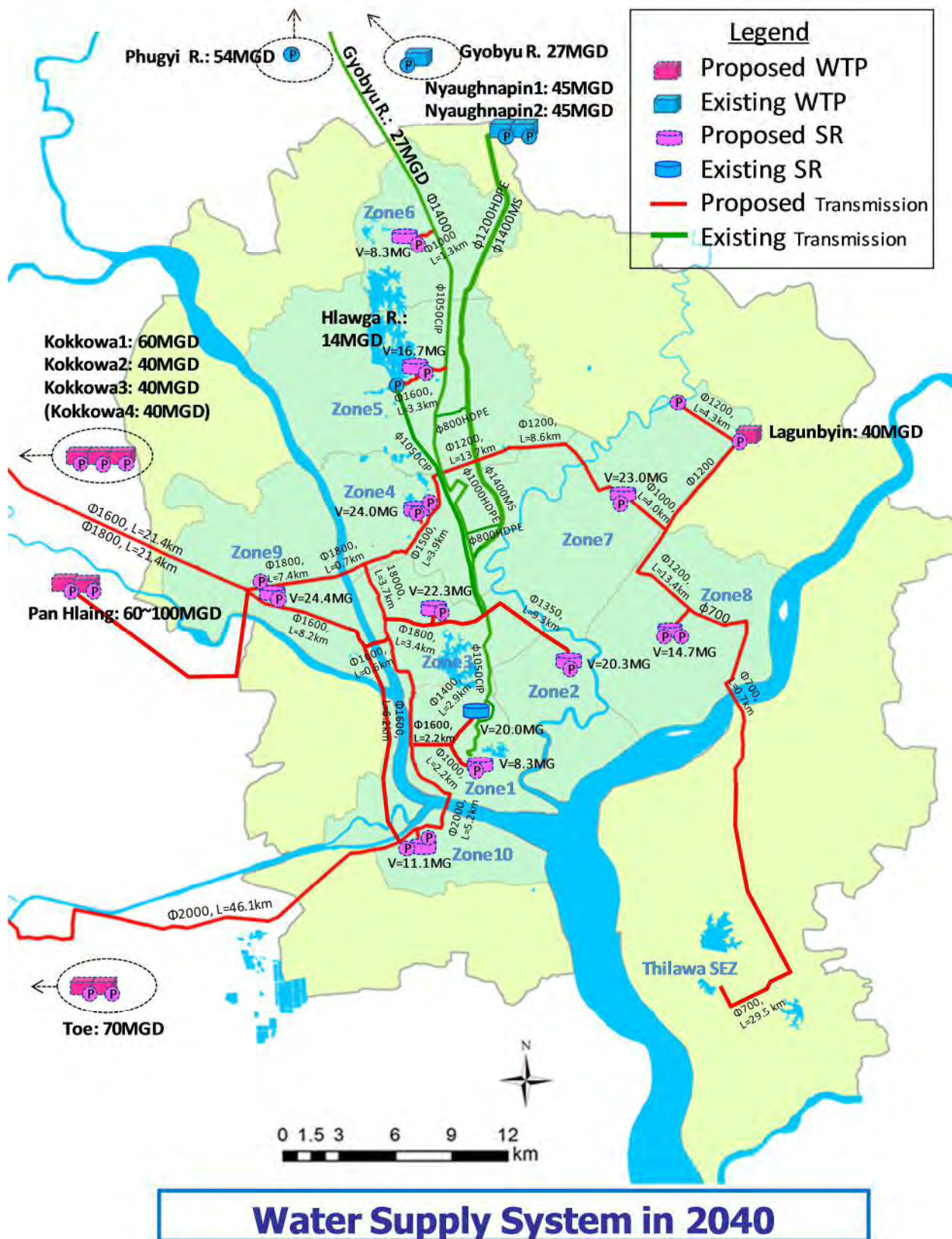
### 3.3.5 見直し後の水道施設計画

見直し後の2025年及び2040年の水道施設計画を図3-18及び3-19に示す。



出典：JICA 調査団

図 3-18 見直し後の水道施設計画図 (2025)



出典：JICA 調査団

図 3-19 見直し後の水道施設計画図 (2040)



### 3.4 本事業の必要性

YCDCにとって、郊外の水道の普及率の向上は市民サービスの向上のために不可欠であるが、新たな水源開発が伴い、開発費用は多額となり容易ではない。費用負担を軽減するために、ラゲンビン浄水場の建設に伴う市東部の配水ゾーン7、8の水道普及率の向上が、円借款フェーズ1事業として先行実施されている。

本調査は、ココア浄水場の開発に伴い、配水ゾーン9の水道普及率の向上を対象としている。さらに、配水ゾーン1は他の配水ゾーンと異なり、既に管路による水道は普及しており水道普及率も高いものの、ダウンタウンエリアでは、イギリス統治時代の管年齢100歳近い管が多く存在し、その高い漏水率が問題であり、管更新は容易ではない。YCDCは日本の高い技術力と運営能力により配水ゾーン1の配水施設が更新されることを期待している。

当該MPで既に提案されているが、より具体的には上述の水需給状況の見直しにより、水源水量の不足が改めて確認された。この水不足及び劣悪な水供給状況の改善を図るため、当該MPでは下記が提案されており、本調査でも変わりなく再度提案する。

- 新たな水源の開発
- 開発した水量を送配水する施設の整備
- 高い無収水率・漏水率の低減
- 清浄な（消毒した）水の供給

#### (1) 新たな水源開発

2025年及び2040年のヤンゴン市の日最大水需要量は各々258 MGD、525 MGDである。一方で既存の水源は全て貯水池でありその総水量は215 MGDである。新たな貯水池の開発は難しいため、当該MPでは増加する需要量に対応するため、最初の河川系の水源開発候補としてココア川が提案されており、本調査対象も同様にココア川を計画対象とする。増大するヤンゴン市の水需要量を賄い新たな水源を開発するためには、本事業の実施が必要である。

#### (2) ヤンゴン中心部（配水ゾーン1）他への安定供給

市中心部は人口約80万人を擁しヤンゴン市の経済活動の拠点となっている。しかしながら、水源地从ら遠いため、給水圧は低く給水時間も断続的等と市中心部の給水状況は悪い。従って、給水状況を改善し、ミャンマー国の経済拠点としての経済活動、健全な市民生活を確保するためには、新たな水源と市中心部を結ぶ送水管の建設が必要である。新たな送水管の敷設、並びに新規水源からの水供給に伴い、従来水源から市中心部への直接配水は不要となり、この水量を他の地区へ融通することが可能となる。

#### (3) ヤンゴン中心部（配水ゾーン1）での漏水量削減

配水ゾーン1を構成するヤンゴン中心部の配管は、敷設後100年以上経過している管が多く、既に管の寿命は尽き老朽化（平均管齢80年）している。その結果、漏水量が多く発生している。配

水ゾーン1の水圧は低く、安定給水のために水圧を適正化すると、水圧は現在よりも高くなり、漏水量の増加が予想される。この漏水量の削減及び給水量を増加するために、老朽管の更新が必要である。

#### (4) ヤンゴン中心部（配水ゾーン1）及びラインタヤ・タウンシップ（配水ゾーン9）への安全で清浄な水の供給

YCDC が供給している水は、消毒されていないため飲用には適さない。配水ゾーン1及び9の水源となるココア浄水場に消毒設備を設け、飲用に適する安全で清浄な水を供給する。

これらの事業の実施により、下記の間接的な効果が期待できる。

- 貧困層への水供給
- 水系伝染病の減少
- ラインタヤ・タウンシップ（配水ゾーン9）の水道の普及
- 水道サービスレベルの改善

#### (5) 貧困層への水供給

貧困層を含む多くのヤンゴン市民は、飲料用として高価なボトルウォーターを購入している。貧困層にとってボトルウォーター購入費用が家計の支出に占める割合は高い。また、ボトルウォーターを購入できない貧困層は非衛生的な水を飲み水とせざるを得ない。その結果、貧困層の水系伝染病罹患率が高くなっている。これを防ぐために、安全で清浄な水を供給する必要がある。なお、貧困層が水道水を購入できるように、料金の設定に留意する必要がある。

#### (6) 水系伝染病の減少

水及び蚊を媒介とする疾病罹患患者数を下表に示す。罹患患者数及び罹患率は高くはないものの、住民は下痢や赤痢にしばしば罹患している。水及び蚊を媒介とする疾病を減らすために、安全で清浄な水を供給する消毒設備を備えた水道施設の建設が必要となる。

表 3-25 年間（2012年）の水及び蚊を媒介とする罹患患者数及び罹患率

Items	Diarrhea	Dysentery	Chorera	Infectious Hepatitis	Typhoid or Paratyphoid	Malaria	Dengue Fever	Ogthers
No.	141	61	6	15	10	8	42	38
Disease Rate	1.4%	0.6%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.4%	0.4%

注：調査サンプル数は 10,069 家庭  
出典：2013-JICA ヤンゴン都市圏調査

#### (7) ラインタヤ・タウンシップ（配水ゾーン9）の水道の普及

タウンシップ毎の人口及び水道普及率（2014年）は上述の表 3-13 に示したとおりである。ラインタヤ・タウンシップの人口は 68.8 万人と最も多いが、66 万人の未給水人口がおり水道普及率はたった 3%に過ぎない。ラインタヤの住民は非衛生的で水質の悪い浅井戸の水を使っている。従って、安全で清浄な水を未給水の多くの住民に供給することで水道普及率が向上する。

### (8) 水道サービスレベルの改善

配水ゾーン1及び9における YCDC 水道に対する顧客満足度を下表に示す。配水ゾーン9では、ほぼすべての項目（水圧、給水時間、水量、水質）に満足していない。一方、配水ゾーン1での満足度は配水ゾーン9より高いものの、押しなべて満足度は低い。本事業の実施により顧客満足度の改善が見込まれる。

表 3-26 水道に関する顧客不満足度（配水ゾーン1及び配水ゾーン9）

Zone	No.	Township	Water Supply from YCDC				
			Water pressure	Hours of supply	Water quantity	Water quality	Price
Zone 1	1	Latha	△	△		×	
	2	Lanmadaw	△	△	△	×	
	3	Pabedan	×		△	×	△
	4	Kyauktada	△	△	△	×	△
	5	Botahtaung	△	△	△	×	
	6	Pazuntaung	△	△		×	
	7	Ahlon	△	△	△	×	
	8	Kyemyindaing		△		△	
	9	Sanchaung		△		×	
	10	Dagon		△		△	
	11	Bahan	△	△		△	△
	12	Tarnwe	△	△		×	
	13	Mingalar Taung Nyunt	×	×		×	△
	14	Seikkan					
Zone 9	29	Hlaing Tharyar	×	×	×	×	

注: 上表のうち、×は20%以上、△は10-20%の不満足の見込回答者をそれぞれ示す。

出典: 2014-JICA 水道 MP



## 第4章 浄水場

### 4.1 計画条件

#### 4.1.1 実施済/実施中のココア関連計画

- a) 2013年7月：Capital Engineering& Research Incorporation Limited（中国）によるFS<sup>5</sup>
- b) 2013年3月：SKEC（韓国）によるFS<sup>6</sup>
- c) パンライン川の灌漑計画：MoAIが下流側と上流側との2つの防潮堤を建設する計画である。下流側の防潮堤はオランダの支援により設計された。この計画により同河川は塩水遡上の影響を受けずに淡水化され、当該河川周辺に灌漑用地が整備される。YCDCは当該河川から60～100MGD程度の水利権を獲得し、ラインタヤ、チーミンダイン等のライン川により隔てられた市西部のタウンシップへの配水を構想しており、MoAIと協議中である。
- d) コココアの将来計画は2014-JICA水道MPにおける計画水量240MGDのうち、上述のパンライン開発量60～100MGDを差し引いた、140～180MGDが建設される予定である。
- e) YCDCは、そのうちの140MGDの浄水場を建設すべく2015年5月末までに計画された用地の一部を購入し、同範囲の測量を2015年5月までに実施した。YCDCは引き続き用地取得を進める予定である。
- f) さらに、国道5号線から浄水場へ至るアクセス道路の拡幅、及び道路橋を建設した。

#### 4.1.2 コココア浄水場の拡張計画

ココア浄水場の全体計画水量は、パンライン川から獲得できる水利権量（60～100MGD）に応じて、140MGD～180MGDとなる見込みである。水供給・衛生局との協議の結果、ココアの水源開発計画は、以下のとおり本調査のために暫定的に整理された。

- 第1期ココア計画：60MGD（総量60MGD）
- パンライン浄水場の建設：総量60～100MGD（MoAIと協議中）
- 第2期ココア計画：+40MGD（総量100MGD）
- 第3期ココア計画：+40MGD（総量140MGD）
- 第4期ココア計画：+40MGD（総量180MGD）、ただし、パンラインの計画により水量は決定される。

第4期の計画が不確定であるものの、確定された建設計画は当面は第3期までの140MGDであり、その内の第1期ココア計画の60MGDを本調査の対象とする。

<sup>5</sup> 報告書は公開されていない。

<sup>6</sup> 報告書は公開されていない。



出典：MoAI と YCDC の協議事項を JICA 調査団まとめ

図 4-1 コッコア浄水場及びパンライン浄水場の全体開発計画

#### 4.1.3 YCDC の用地取得

YCDC が取得済みの土地は 2016 年 7 月末現在、下記のとおりである。YCDC の取得済みの土地形状を下図に示す。

- 取水場の用地面積：16,187 m<sup>2</sup> (4Acre)
- 浄水場の初回購入分の用地面積：137,593 m<sup>2</sup> (34 Acre)
- 浄水場の追加購入分の用地面積：31,379 m<sup>2</sup> (7.754 Acre)
- 現在取得済みの用地面積の合計：185,159 m<sup>2</sup> (45.754 Acre)

##### (1) 用地取得に関わる概況

用地交渉が困難であることから、取水・浄水場のために取得できた土地は歪な形であり、右向きの“ネズミ”の形状をしている。

YCDC によると、取水場用の川沿いの土地は当該地点のみが交渉で取得でき、他の土地は交渉がまとまらなかったとのことである。また、現在取得済みの浄水場用地も旧土地使用者であった農家との交渉がまとまった範囲であり、その他の土地交渉はこれまでの提示額では取得困難な状況であるとのことである。現在の土地面積は 60 MGD の浄水施設の建設には十分な面積を確保しているものの、後述する 60 MGD 当り 48 時間分の貯留量を持つ前沈殿（原水調整）池を設置するには 20 Acre の面積が不足している（後述 4.1.6.(6)参照）。

調査団は水質調査を実施し、前沈殿池の必要性を提示し不足用地について水供給・衛生局と協議した。水供給・衛生局は 60 MGD 当り 48 時間分の前沈殿（原水調整）池及び浄水場の用地を確保すべく、2016/17 年度の予算で周辺の土地所有者と再交渉する予定である。



出典：YCDC の計画図に JICA 調査団加筆

図 4-2 YCDC の土地取得状況 (2016 年 7 月 31 日現在)

### (2) 取水/浄水場用地の取得状況

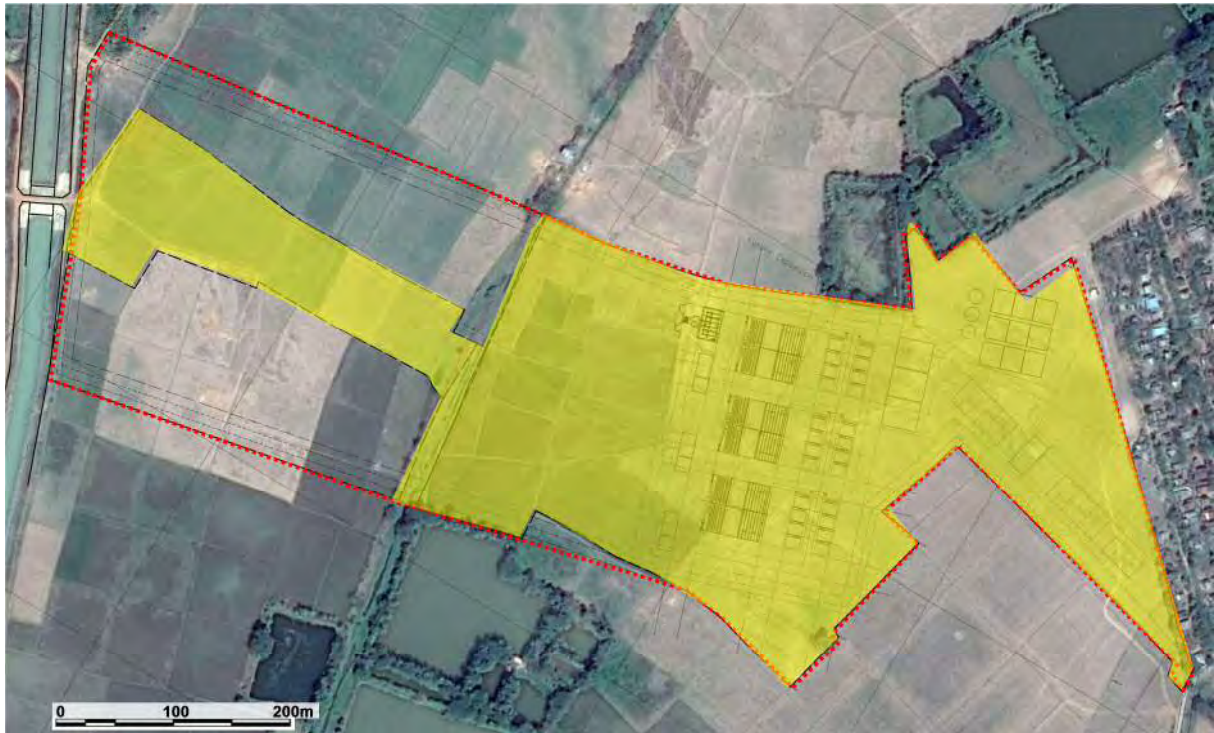
- 取水場用の 4 Acre 及び浄水場用の 34 Acre は、YCDC が取得済みで名義変更まで終わっており、補償先は 7 戸の農家だったとのことである。
- 追加取得した 31,379 m<sup>2</sup> (7 Acre) も名義変更が終わっている。
- 取得済みのネズミ形の用地の全て及びアクセス道路は、既に標高+3.5m 程度まで盛土されている。
- YCDC の土地内には既に作物等の栽培はない。
- ココア浄水場の計画用地を南北に貫く幅 1 m 程度の自然排水路が存在しているため、この排水路の向きを変更し、周辺の既存排水路に接続する計画である (詳細は第 11 章 11.6.1 参照)。

### (3) アクセス道路

- 取水場及び浄水場西側へのアクセス：MoAI の堤防天端 (標高+7m 程度) は国道 5 号線からのアクセス道路として利用できる。
- 浄水場東側へのアクセス：国道 5 号線から ANYASU 村に向かう既存道路で浄水場 (ネズミの鼻先) まで行ける。同道路は YCDC により複車線に拡幅・表層改良が行われた。
- ANYASU 村：同村は浄水場計画用地の北東側に位置し、現在人口は 1,042 人、家屋は 240 棟である。米作 (野菜少々) 農家が中心で、ヤンゴン郊外では標準的な村落である。飲料水は雨水を溜めた池、雑用水は川と井戸を利用しているが、井戸水には若干の塩分が混じっている。

#### (4) 追加の用地取得

2016年7月までに取得された土地面積は12時間分の前沈殿池、沈殿池、ろ過池、浄水池、送水ポンプ棟等の60MGDの浄水施設の配置としては十分である。しかしながら、60MGD当り48時間分の前沈殿池を設けるには用地が不足している。この理由は後述する(後述4.1.6.(6)参照)。



出典：JICA 調査団、背景 Googl Earth

図 4-3 YCDC の取得済み用地（黄色範囲）と追加の用地取得

#### 4.1.4 計画用地の妥当性

ココア浄水場の計画用地は、以下の理由から選定されており、技術的な観点から、現計画位置は、最適地のうちの一つであり妥当であると判断した。

- (1) 貯水池系水源としてダム開発の適地がないため、ヤンゴン水道には河川系の水源開発が必要である。
- (2) 段階的水源開発計画のうち優先度の高い水源開発候補地である。
  - ・ MoAI は、稲作に悪影響を及ぼす限界である 1,000 mg/L (図 4-4 赤線) の塩分濃度の位置を調査 (2008～2010 年) した。ただし、ミャンマーの飲料水質基準の塩分濃度は 250 mg/L 未満である。
  - ・ 上記に基づき 2014-JICA 水道 MP では、塩水遡上の影響が少ない取水候補地点として 4ヶ所が提案された。ヤンゴン市の中心 (シュエダゴンパゴダ) に近い方からパンライン、ココア、トゥ、及びライン川である (表 4-1 及び図 4-4 参照)。





出典：JICA 調査団

図 4-4 コッコア浄水場の選定理由

表 4-1 提案された水源開発候補地の比較

	河川名	市中心からの距離	検討事項	結果
①	パンライン	25 km	YCDC と MoAI とはパンライン浄水場の開発について協議中であり、その位置・容量は未決定である。	
②	コッコア	35 km	市中心からのアクセスに優れ、水質は適しており事業用地も取得済みである。	○
③	トゥ	40 km	トゥ川は市中心から遠く、開発順位はコッコアより劣る。	
④	ライン	50 km	2000 年の MP により計画されたものの、取水可能量が少なく 2014-JICA 水道 MP では選択されていない。	

出典：JICA 調査団

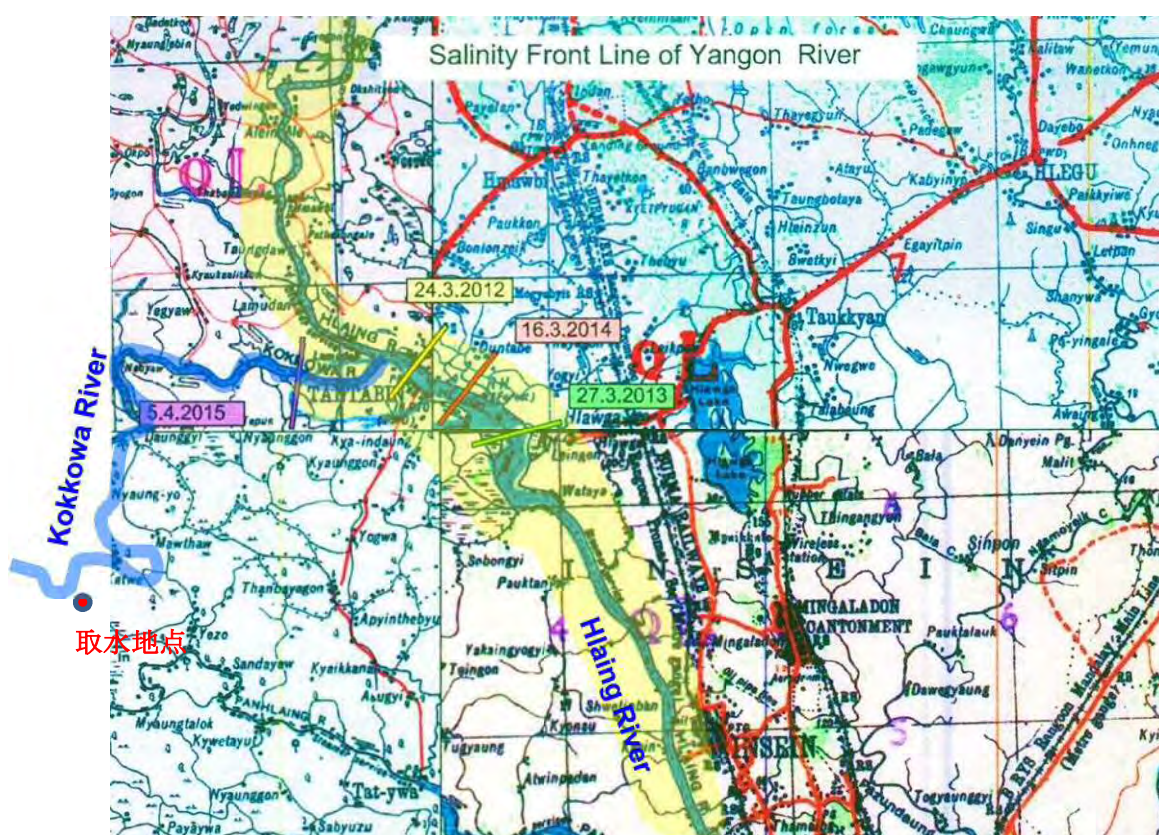
### (3) 原水水質の塩分濃度が基準内にある。

上表の比較の結果、ヤンゴン地域政府によりコッコアの開発が決定されている。コッコア川に関する塩水遡上の詳細は以下のとおりである。

- MoAI から入手した 2012～2015 年のライン川における塩水遡上調査の結果を下図に示す。この結果からコッコアとライン川との合流付近は塩分濃度 1,000 mg/L 以上になる。コッコア川の縦断方向の水質データはないものの下図の黄色の範囲は飲料水質の目標値 250 mg/L の取水地点としては不適と考えられる。
- コッコア川の水源水質は塩分濃度を除いて、コッコア川の流域全体でほとんど同等であ

ると見なされる。図 4-4 及び図 4-5 に示すとおり、ライン川上での塩水遡上は、ココア川との合流地点より上流まで到達していることから、取水地点はココワ川のより上流が望ましい。

- ・ ココア川は、イラワジ川及びヤンゴン（ライン）川のデルタ地帯にある感潮河川であるため、流量の少ない乾季に塩水遡上が発生している。乾季の塩水遡上調査は 2014-JICA 水道 MP 期間中及び本調査期間中（2012 年 9 月、2013 年 3 月及び 2016 年 2 月、添付図書-3 を参照）に実施された。これらの結果から、ココア取水候補地点及びその下流約 15 km 地点における塩化物イオン濃度は、高潮時及び低潮時のいずれも 100 mg/L 未満であり、水道水源として満足できる水質であることを確認した。
- ・ よって、塩水遡上の影響を受けないココア川の上流地点が取水地点として選定されている。

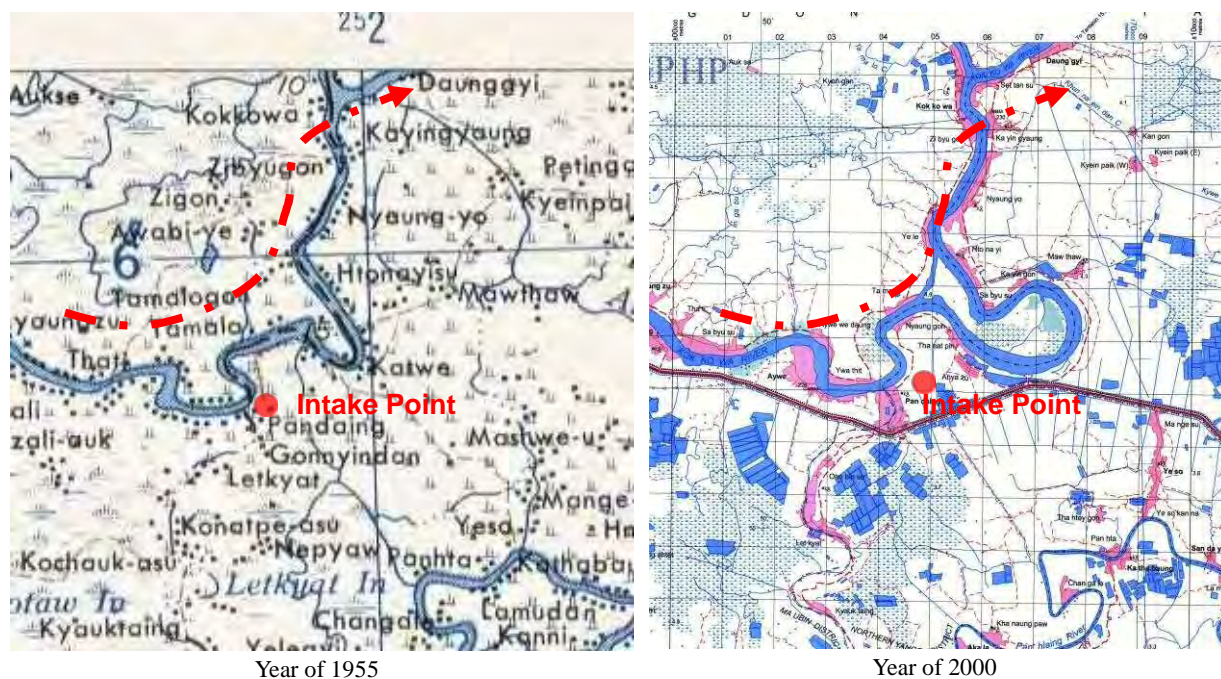


出典：MoAI、JICA 調査団編集

図 4-5 ライン川の塩水遡上

#### (4) 河道が安定している。

入手可能な過去 50 年間のココア川の河道を下図に示す。取水地点近傍の河川幅及び河道は取水点より上流では変化していないため、取水点の河道は安定していると考えられる。



出典: (US) Army Map service, corps of engineers, University of Texas Libraries

出典: JICA and Department Ministry of Forestry of Myanmar

図 4-6 過去 50 年間のココア川の線形

(5) 下流の水利権者に悪影響を及ぼさない。

2014-MP 調査で、10 年渇水年流量を  $1,045 \text{ m}^3/\text{s}$  (9,861 MGD)、下流の灌漑水量を  $12.0 \text{ m}^3/\text{s}$  と推定している。本浄水場の計画水量 60 MGD (27.27 万  $\text{m}^3/\text{日}$ 、2025 年)、及び 140 MGD (2040 年) は、10 年渇水の河川流量の各々 0.6%、1.4% に過ぎないため河川水量は十分であり、かつ下流の水利権者に悪影響を及ぼすことはないと考えられる。

(6) ヤンゴン地域内で確保できる広い土地である。

ヤンゴン地域内で土地取得が容易な広大な土地であり、ヤンゴン地域政府の土地利用計画に基づき本計画位置が選択されている。

(7) 幹線道路である国道 5 号線へのアクセスが良い。

ココア川が北に蛇行していることから、同河川のどの地点を取水地点に選定したとしても、需要点（ゾーン 9 配水池）までの距離はほぼ同じである。選定された取水地点は、ヤンゴン西部を東西に貫く国道 5 号線に近く、アクセスが容易である。かつ、河川近傍に設ける取水施設と浄水施設は、維持管理性、及び技術的な観点から隣接している方が望ましい。

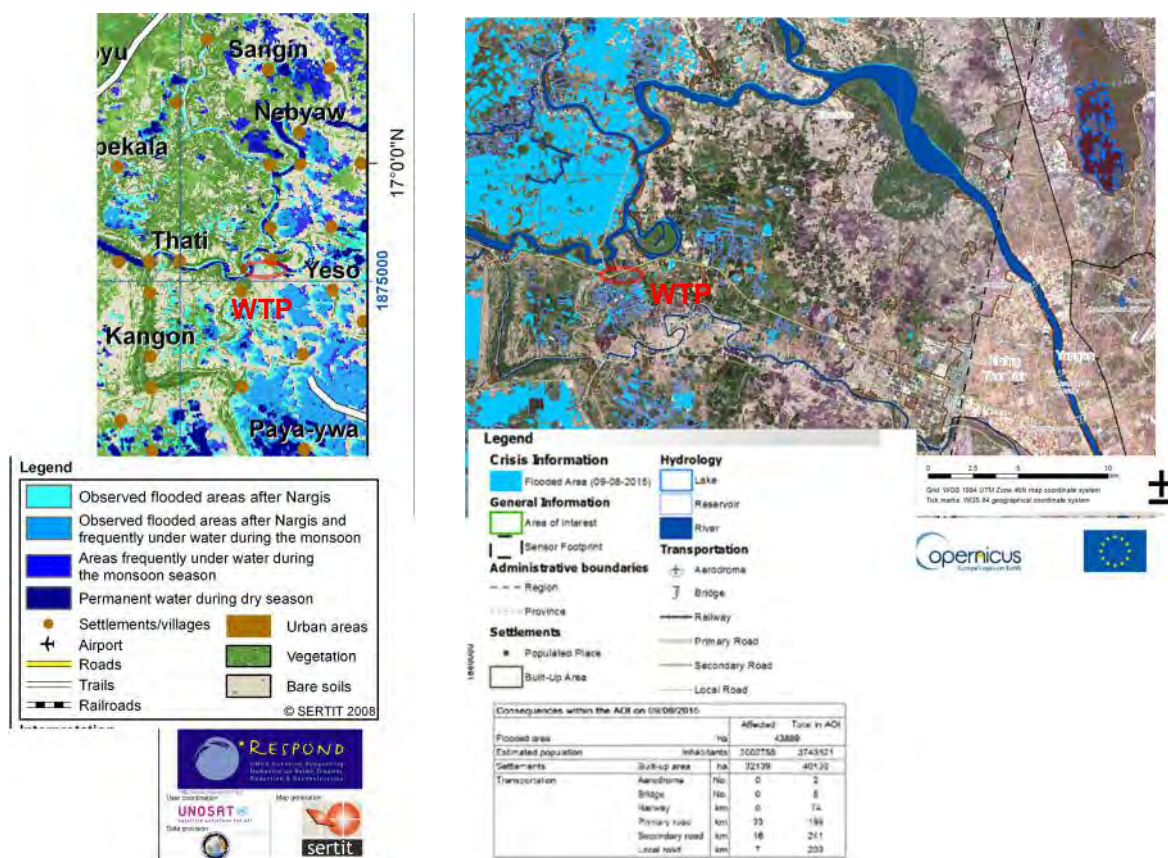
(8) 洪水・浸水による影響を受けない場所である。

ヤンゴン西部は平坦な低地である。ココア浄水場の計画位置の近傍には、ココア川沿いに洪水対策として MoAI の堤防が設けられている。ココア川の最高水位である約 6 m に対して堤防天端高は約 7m であるため、浄水場用地は洪水による被害を受けないと想定される。さらに、安全性の観点から YCDC は浄水場用地の地盤高を現地盤 +3.5 m から河川堤防高と同等の +7.1 m まで盛土する計画である。従って、計画用地は近傍の地盤高よりも約 4 m 高くなり、例え洪水水位

が堤防を越えたとしても、洪水は直ちに周辺へ流れて拡散してしまうため浄水場が浸水することはない。

浄水場計画用地の近傍の Anyasu 村の住民へのインタビュー結果と歴史的な浸水発生状況を以下に示す。

- 約 70 歳の古老、男性
  - 40 年前から村に住んでいるが、村が洪水にあったことはない。
  - 田んぼは雨期になると雨で水浸しになる。
  - 浄水場を横断する溝は、田んぼの水はけのための排水路である。
  - 村の高さは田んぼのエリアより若干高くなっている（注：現在の浄水場用地及びアクセス道路の高さは村の地盤高と同じである）。
- 28 歳男性、28 年在住の農家
  - 浄水場建設用地の田んぼでのなかでの洪水被害は聞いたことがない。
- 40 歳男性、7 年在住の農家
  - 雨季になると田んぼが水に浸かり、あぜ道が壊れることがあるが、毎年のことなのであまり気にしていない。
- 30 歳男性、8 年在住の農家
  - 村落内の水はけの悪い窪地では浸水する箇所がある。



2008 年 2015 年  
図 4-7 浄水場計画用地周辺の浸水状況（2008 年及び 2015 年）



写真 4-1 2015 年 8 月 19 日撮影：高水位時の灌  
漑水路の状況



写真 4-2 写真 4.1 と同時刻の浄水場計画用地の  
状況（浸水はなかった）



写真 4-3 2015 年 8 月 19 日撮影：洪水水位後の  
取水計画用地の状況

出典：JICA 調査団

#### 4.1.5 取水地点の検討

上述のとおり、Komen サイクロンの影響でココア川の水位は既往最大水位+5.8 m に達した（写真 4-1～4-3 参照）。この洪水位は取水場予定地の地盤高（+3.3～+4.6 m）を最大で約 2 m 超えたと予想できる。一方、乾季における灌漑水路の状況は、水路底に砂が堆積しココア川の低水位時に、灌漑水路からココア川に向けて逆流が発生していた（写真 4-4 参照）。



出典：JICA 調査団

写真 4-4 2015 年 11 月 23 日撮影：低水位時の灌漑水路の状況

これらの状況を踏まえて取水位置の変更について調査団は水供給・衛生局に提案し、2015年8～12月にMoAI、水供給・衛生局及び調査団により取水計画に関する協議が行われた。その協議結果は下記のとおりである。

#### (1) 一般事項

- ・ 水利権：河川全てを管轄する省庁はない。灌漑用水については MoAI、河川内の船の運航については運輸通信省が管轄する。
- ・ コッコア川の水利権については、ラグンビン浄水場等の事例と同様に、ヤンゴン地域政府が開発許可を発出することになると想定されるものの、現時点では、はっきりとした回答は得られていない。

#### (2) 取水量

- ・ 既存の灌漑水路の取水能力は約 900 ft<sup>3</sup>/s (460 MGD) である。浄水場の計画取水量約 300 ft<sup>3</sup>/s (154 MGD) を加えると合計取水量は約 1200 ft<sup>3</sup>/s (614 MGD) となる。
- ・ コッコア川の 10 年渇水流量 9,861 MGD に対して、同取水量 614 MGD は、6.2 %でありコッコア川からの取水は河川水量への影響は少ない。

#### (3) MoAI の灌漑水路からの取水の可能性

- ・ 2015年8月の会議にて次の案が協議された。仮に、取水点を MoAI が保有する灌漑水路から分岐する場合は、灌漑ゲートから上流 200 ft (約 60 m) 以上の離隔を取ること、水路幅を確保するために、コッコア川から引込む灌漑水路の先端部の掘削することが必要である。なお、先端部の掘削は MoAI が実施する。
- ・ 2015年12月8日の会議の結果、MoAI は灌漑水路への水量影響を極力避けるために、灌漑水路からの分岐は認められないと意見し、取水口の位置はコッコア川から直接とすることが合意された。

#### (4) 取水点および導水路の形状

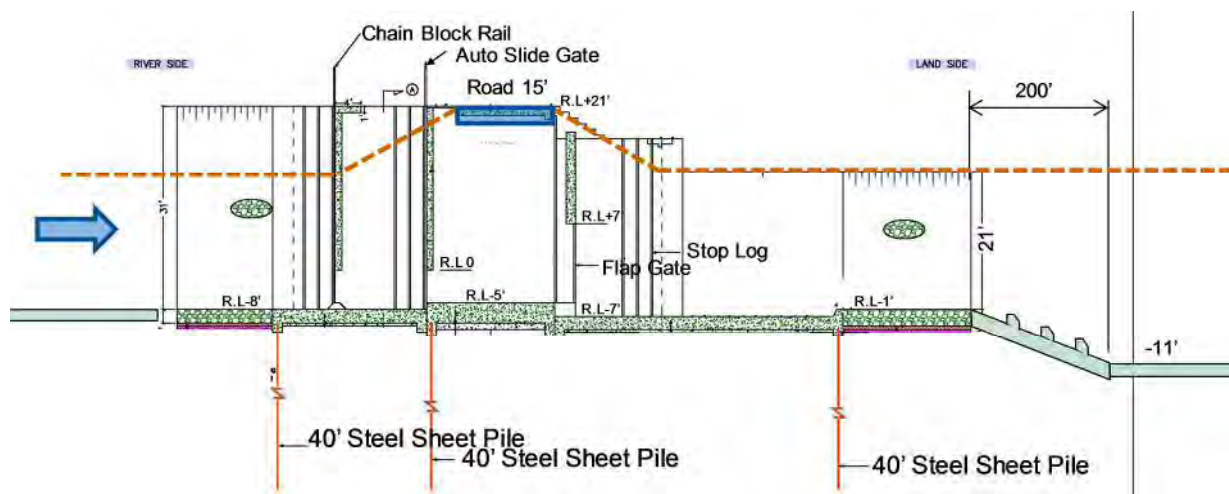
- ・ 上記の会議において、調査団は、導水路の形状はコッコア川と直角となる位置が望ましいと提案した (下図)。
- ・ YCDC の 2016/17 年度以降の予算で購入する土地形状により、導水路の形状を決定 (変更) することが確認された。



出典：JICA 調査団、背景 Google Earth  
 図 4-8 検討中の計画取水位置（取得用地の形状により変更の可能性有り）

(5) MoAI が提案する取水ゲート図

- ・ 上記の会議において、MoAI は 3 段の取水ゲートの設置を提案した。河川側から、1 段目：手動ゲート、2 段目：水位調整用の電動ゲート。3 段目：フラップゲートである。フラップゲートは前沈殿池の水位が高く、かつココア川の水位が低い時に生じる逆流を防止するために設けられる。
- ・ さらに、MoAI 案では各々のゲートの前に、取外し可能な堰板を入れるスペース（ストップログ）を設けている。
- ・ 洪水対策として、ゲート周りのコンクリート構造物の天端高は洪水水位+19.3 フィート（+5.8 m）よりも高い 21 フィート（+6.3 m）で計画される。



出典: MoAI

図 4-9 MoAI が提案する取水ゲート計画図

## (6) MoAI 堤防近傍での建設工事

- ・ 堤防中心線から両側30 mはMoAIの管理用地である。河川敷内はゲート方式の取水方式とし、堤防の横断はボックスカルバートのようなコンクリート構造物が許可される。
- ・ 河川堤防近傍の工事は MoAI が管轄し、法令等はなく全てのルールは MoAI が決めると回答した。
- ・ 詳細設計では、引き続き MoAI との協議が必要である。

### 4.1.6 浄水処理プロセス及び前沈澱池容量

#### (1) 飲料水質基準

目標浄水水質は、ミャンマー国及び WHO の飲料水質基準を考慮し、下表のとおり 2014-JICA 水道 MP と同様とする。

表 4-2 目標浄水水質及びその他の基準

モニタリング項目	目標値	WHO 基準 (参考)	ミャンマー基準 (参考)
pH	6.5 – 8.5	設定なし	6.5 – 8.5
味	異常でない事	受容できる事	受容できる事
臭気	異常でない事	受容できる事	受容できる事
色度	5 TCU	15 TCU	15 TCU
濁度	5 NTU (1 NTU を浄水場での浄水の目標水質とする)	1 NTU を目標とする	5 NTU
一般細菌	< 100CFU/mL	設定なし	設定なし
糞便性大腸菌群	検出されないこと	検出されないこと	0
残留塩素	検出されること (直結給水栓あるいは貯水槽前) 浄水場出口では、別途、配水区の末端までの到達時間を考慮して残留塩素濃度を設定する必要がある。	5.0 mg/L未満	設定なし
亜鉛及びその化合物	1.0 mg/L 未満	設定なし	3.0 mg/L未満
アルミニウム及びその化合物	0.2 mg/L 未満	設定なし	0.2 mg/L 未満
鉄及びその化合物	0.3 mg/L 未満	設定なし	1.0 mg/L 未満
銅及びその化合物	1.0 mg/L 未満	2.0 mg/L 未満	2.0 mg/L 未満
マンガン及びその化合物	0.05 mg/L 未満	0.4 mg/L 未満	0.4 mg/L 未満
硬度	100 mg/L 未満	設定なし	500 mg/L 未満
塩化物	200 mg/L 未満	設定なし	250 mg/L 未満
硫化物	200 mg/L 未満	設定なし	250 mg/L 未満

出典: 2014-JICA 水道 MP、WHO 飲料水質ガイドラン第四版、及び National drinking water quality standards\_Myanmar (September 2014)

#### (2) 水源水質

調査団は EDWS 水質試験室と協力して、2015 年 5 月からココア川の水質分析を始めた。添付図書-3 に水質試験の報告書を示す。

その結果とフェーズ 1-FS 及び他 FS における水質調査結果をまとめたココア川の水源水質を下



表に示す。ばらつきはあるものの雨期の濁度の平均値は517 NTU、乾季の濁度の平均値は150 NTUである。

さらに、ココア川の水源地水質は下記の特徴がある。

- ・ 濁度、色度、鉄濃度は、年間を通して高い。
- ・ これらの濃度は、雨季に上昇する。

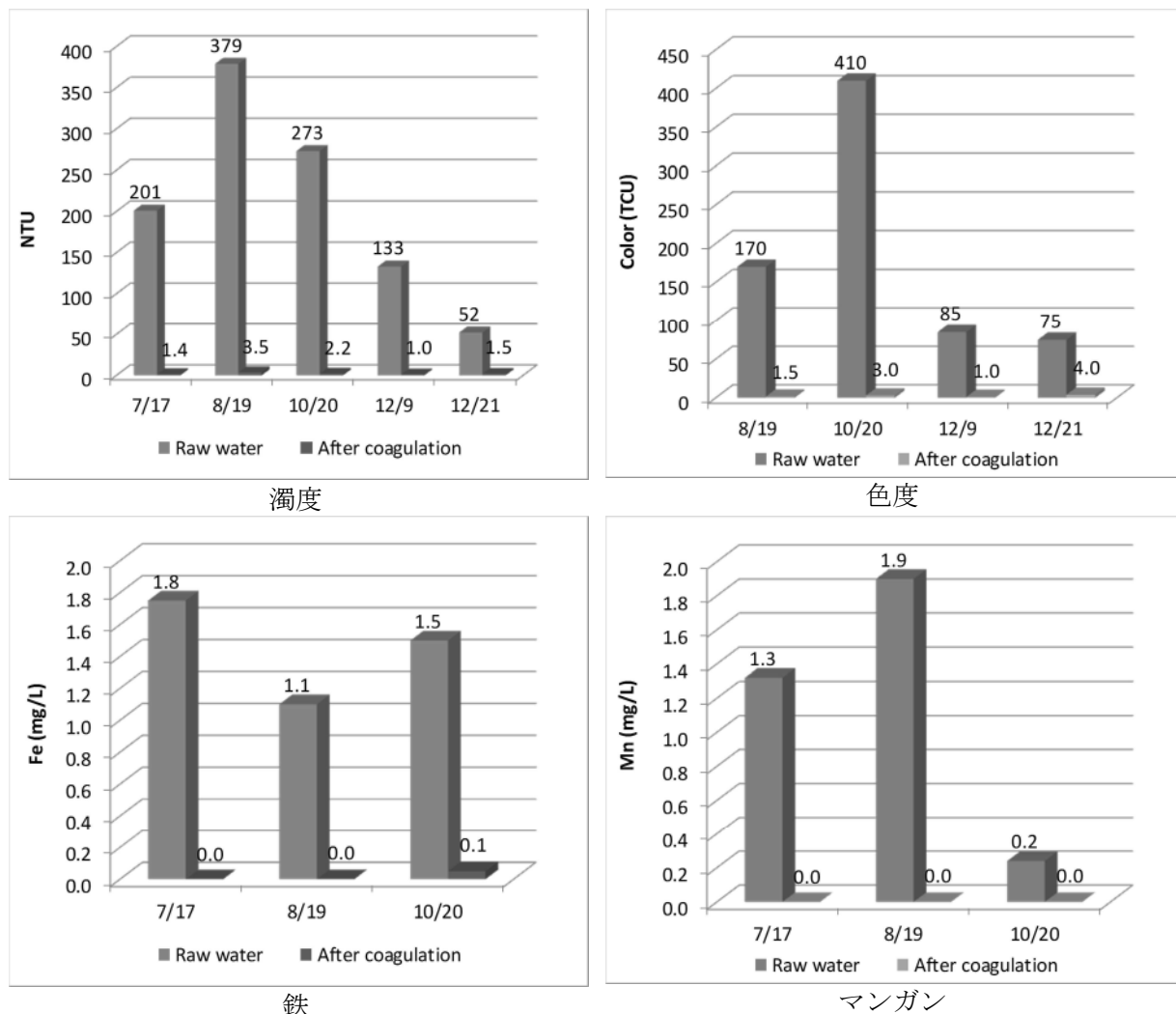
表 4-3 取水点近くのココア川の水質データ

Test by	No	Date	pH	TDS (mg/L)	SS (mg/L)	EC (µS/cm)	Total Hardness (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Turbidity (NTU)	Color (TCU)	Total Alkalinity (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	HCO <sub>3</sub> (mg/L)	Cl (mg/L)	Salinity (mg/L)	Nitrite(NO <sub>2</sub> ) (mg/L)	Nitrate(NO <sub>3</sub> )	Ammonia(NH <sub>4</sub> ) (mg/L)	E-coli	Fecal Coli
China FS		14.6.2012	7.6				80.0	1.0		280.0	120.0											
JICA MP		9.12.2012	7.8	56.0		24.0	54.0	4.6	1.0	365.0	180.0						4.0	0.019	N.D.			
China FS		8.12.2012	8.2	99.0	113.0		90.0	2.9		116.0	60.0											
Korea FS		28.12.2012	7.5	146.0			50.0	1.0	<0.01	100.0	25.0	71.0	13.2	4.1							Detected	N.D.
JICA MP		8.3.2013	8.2	19.0		220.0	94.0	4.6	N.D.	75.0	20.0						4.0	0.006	N.D.		Detected	Detected
China FS		2.4.2013	8.0	69.0	382.0		98.0	1.8		236.0	80.0											
		5.4.2013	8.4	67.0	488.0		102.0	2.9		306.0	110.0											
YCDC	1	28.5.2015	7.5	74.9		149.9	68.0	1.2	0.2	57.0		8.0	11.2	9.6	8.0	31.0	7.0				Detected	Detected
	2	2.6.2015	7.2	89.7		179.4	108.0	1.2	0.4	120.0		12.0	33.7	5.7	12.0	19.0	9.0					
	3	8.6.2015	6.6	66.6		133.0	84.0	2.0	0.3	129.0		36.0	14.4	11.5	36.0	15.0	7.0					
	4	15.6.2015	7.1	65.9		114.9	64.0	1.9	0.5	204.0		42.0	12.8	7.7	42.0	24.0	7.0					
	5	22.6.2015	7.3	58.9		117.5	76.0	2.2	0.9	376.0		36.0	8.0	13.4	36.0	21.0	6.0					
	6	29.6.2015	7.4	42.1		84.8	84.0	1.6	1.0	685.0		40.0	6.4	9.6	40.0	31.0	4.0					
	7	6.7.2015	7.2	42.3		84.7	52.0	1.6	0.8	242.0		36.0	6.4	8.6	36.0	14.0	5.0					
	8	17.7.2015	7.0	20.4		76.0	76.0	1.8	1.3	523.0		56.0	9.6	12.5	56.0	20.0	2.0					
JICA Team		17.7.2015															0.0	0.3	0.3	Detected	Detected	
YCDC	9	3.8.2015	6.9	53.9		10.8	68.0	1.1	0.7	214.0		40.0	4.7	10.6	40.0	17.0	6.0					
	10	10.8.2015	7.1	69.3		140.6	44.0	35.8	7.5	2520.0	1950.0	24.0	4.8	7.7	24.0	18.0	7.0					
	11	17.8.2015	6.7	71.0		142.8	72.0	0.9	2.8	1000.0		122.0	16.0	7.7	122.0	10.0	7.0					
	12	19.8.2015	7.4	93.3		193.3	84.0	1.1	1.9	1000.0		24.0	16.0	10.5	24.0	20.0	9.0					
JICA Team		19.8.2015							1190.0	513.0							0.0	1.1	0.1	Detected	Detected	
YCDC	13	24.8.2015	7.3	62.8		125.7	68.0	1.1	1.3	496.0	210.0	24.0	12.8	8.6	24.0	14.0	6.0					
	14	31.8.15	7.2	50.4		100.9	72.0	0.7	1.4	524.0		56.0	16.0	7.7	56.0	9.0	5.0					
	15	7.9.15	7.1	46.1		93.0	48.0	0.8	2.4	570.0		52.0	11.2	4.8	52.0	13.0	5.0					
	16	21.9.15	6.9	44.0		88.1	48.0	4.5	1.0	245.0		86.0	11.2	4.8	86.0	12.0	5.0					
	17	28.9.15	7.0	58.1		116.5	56.0	0.3	0.5	186.0		88.0	8.0	8.6	88.0	25.0	6.0					
	18	6.10.15	7.2	52.9		104.5	48.0	2.1	0.6	205.0		80.0	9.6	5.8	80.0	6.0	5.0					
	19	12.10.15	6.9	61.6		123.0	44.0	1.8	0.6	188.0		80.0	10.4	4.3	80.0	14.0	6.0					
	20	20.10.15	8.3	75.0		150.6	76.0	1.5	0.2	410.0		112.0	16.0	8.6	112.0	14.0	8.0					
	21	2.11.15	7.3	79.3		163.6	76.0	1.4	0.4	227.0		94.0	17.6	7.7	94.0	15.0	8.0					
	22	9.11.15	7.0	103.2		206.0	76.0	2.6	0.4	141.0		106.0	14.4	9.6	106.0	19.0	10.0					
	23	16.11.15	6.7	95.6		191.7	92.0	1.5	0.5	59.0		114.0	24.1	7.7	114.0	20.0	9.0					
	24	23.11.15	6.6	83.3		166.6	80.0	4.8	0.6	124.0		116.0	19.2	7.7	116.0	11.0	8.0					
	25	30.11.15	7.7	88.8		177.7	80.0	0.4	0.0	102.0		114.0	17.6	8.6	114.0	13.0	9.0					
	26	7.12.15	6.6	80.0		144.6	70.0	4.0	0.6	118.0		110.0	19.0	7.0	110.0	10.0	8.0					
	27	14.12.15	7.0	95.6		190.8	104.0	1.8	0.3	59.0		110.0	25.7	9.6	110.0	12.0	9.0					
	28	21.12.15	7.5	103.6	283.5	211.0	80.0	1.8	0.5	124.0	120.0	94.0	20.8	6.7	94.0	21.0	10.0					
	29	28.12.15	6.7	37.6		74.8	92.0	0.4	0.0	134.0		94.0	19.2	10.5	94.0	14.0	4.0					
	30	11.1.16	7.4	105.4		208.0	80.0	0.2	0.1	217.0		84.0	25.7	3.8	84.0	16.0	10.0					
	31	18.1.16	6.9	105.8		211.0	124.0	1.4	0.4	64.0		120.0	30.5	11.5	120.0	28.0	10.0					
	32	25.1.16	7.4	104.8		210.0	92.0	2.1	0.4	71.0		100.0	22.4	8.6	100.0	20.0	10.0					
	33	22.2.16	7.1	104.9		214.0	120.0	0.5	0.1	298.0		96.0	24.1	14.4	96.0	16.0	10.0					
	34	25.2.16	7.6	110.8		226.0	100.0	0.7	0.2	52.0		96.0	22.4	10.6	96.0	20.0	11.0					
JICA Team		25.2.16								47.0							0.0	0.0	0.3			
Target values of YCDC Laboratory			6.5 to 8.5	<500 mg/L	<1000 µ S/cm	<500 mg/L	<1 mg/L	<0.4 mg/L	<5 NTU	<15 TCU	<250 mg/L	<150 mg/L	<250 mg/L	<250 mg/L	<250 mg/L						0 in 250 ml	

出典：EDWS 水質試験室まとめ

### (3) 浄水プロセス

水質レビューから、ココア川の浄水プロセスは、濁度、色度、鉄・マンガンの除去が主たる目的となる。EDWS 水質試験室と調査団が合同で実施したジャーテストによる濁度/色/鉄/マンガンの除去特性を下図に示す。凝集沈殿/ろ過プロセス後の浄水プロセス後のこれらの水質項目は、水質基準以下に低下しているため、本処理プロセスにて除去可能であることが分かる。従って、ココア原水に対して一般的な浄水処理プロセス（凝集、沈殿）が適用可能である。



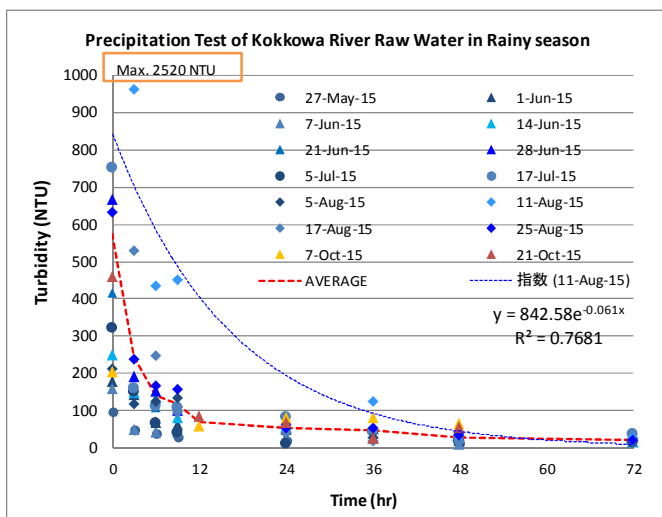
出典：EDWS 水質試験室及び JICA 調査団

図 4-10 濁度・色度・鉄及びマンガンの除去特性 (2015 年)

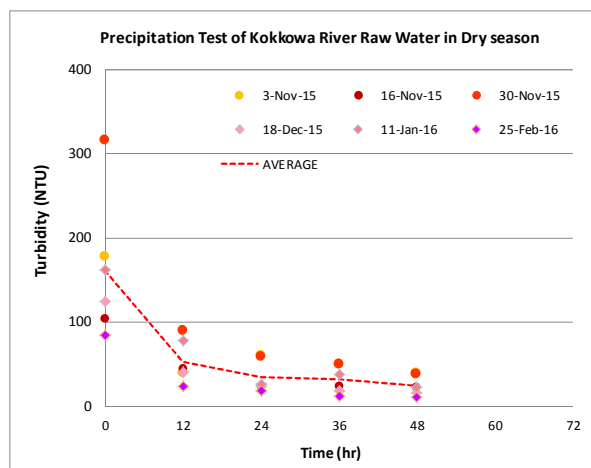
#### (4) 沈降特性

下図にココア川の濁度の沈降特性を示す。メスシリンダーに注いだサンプリング水を静置後に、水面の濁度をある時間ごとに測定した。下図左側のグラフは雨期 (2015 年 5 月～10 月)、下図右側は乾季 (2015 年 11 月～2016 年 4 月) の試験結果のまとめである。

両図に示す平均濁度 (図中赤線) は、概ね 12 時間を超えると一定レベルに落ち着いていることが分かる。一方、2015 年 7 月末から 8 月前半まで続いた長雨の期間中は、1,000 NTU を超える濁度が約 10 日間観測された。このような高濁度は、約 36 時間後に 100 NTU を下回り、48 時間を超えたとほぼ一定値の 50 NTU に落ち着いている (下図左のグラフ青色点線)。



雨季 (2015年5月～10月)



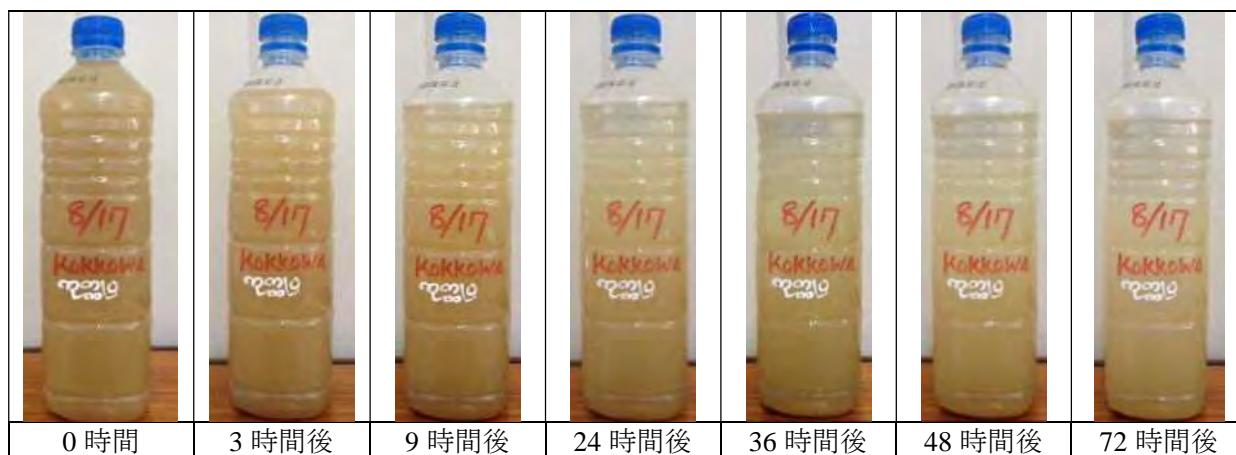
乾季 (2015年11月～2016年2月)

出典：JICA 調査団

注：濁度はメスシリンダー内の表層 1cm から採水した値を示す。

図 4-11 コッコア川の沈降試験結果 (2015年5月～2016年2月)

下の写真に、0～72時間の沈降試験の様子を示す。作業時間の関係から12時間後の写真はないが、濁質が徐々に沈降し表層水は底層水と比較して澄んでいることが分かる。



出典：JICA 調査団

写真 4-5 沈降試験の様子 (サンプル 2015年8月17日採水)

### (5) 計画濁度および凝集剤注入量

施設計画に用いる計画濁度は、上図左の高濁度原水の沈降曲線 (青色点線) より下表を提案する。

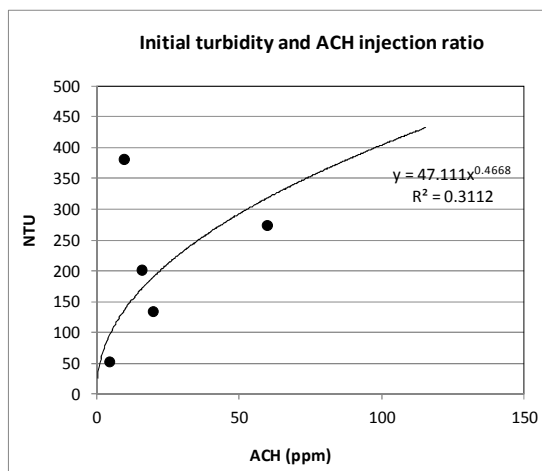
表 4-4 施設計画に用いる計画最大濁度 (NTU)

時期	原水濁度	12 時間後	24 時間後	36 時間後	48 時間後
雨季	2500	400	200	100	50

出典：JICA 調査団

本調査期間中に EDWS 水質試験室が実施した 5 回のジャーテストの結果から、原水濁度と凝集剤注入量の関係を下図に示す。データ数が少なく相関係数が低いため信頼度の高いデータではない

が、原水濁度の低下と共に ACH 注入量が少なくなる傾向を示している。濁度レンジ 0~200 NTU に対して、概ね注入量 25 ppm 未満で凝集沈殿処理ができています。



出典: EDWS 水質試験室

図 4-12 原水濁度と凝集剤注入率との関係 (5 回のジャーテストの結果)

#### (6) 凝集剤注入率と前沈殿池容量に関する費用比較及び前沈殿池容量

48 時間の貯留時間を持つ前沈殿池の建設には広大な土地の購入が必要である。しかしながら、高価な凝集薬品 (ACH 等) のランニングコストを抑えることにより、土地購入費用を短期間で回収できることが明らかとなった。

下表では、12 時間と 48 時間の貯留時間を持つ前沈殿池の費用比較をしている。仮に、面積の小さい 12 時間の前沈殿池を設置した場合、その反面、凝集剤の注入量は増加して、その結果、薬剤の運転コストが増加する。ヤンゴン市内で収集した薬剤単価を基に、調査団は ACH 注入量 10 mg/L 当り 3.3 百万 USD/年の凝集剤の費用がココア浄水場 60 MGD に必要であると試算している。

EDWS 水質試験室による上記ジャーテストの結果から、12 時間と 48 時間の貯留時間を持つ前沈殿池の建設コストと運転コストを比較すると、48 時間の貯留時間を持つ前沈殿池は、10 年で 28.2 百万 USD の薬品コストの削減が可能であると試算される。従って、48 時間の貯留時間を持つ前沈殿池の設置を計画する。

表 4-5 取得済み用地と理想形用地との費用比較

項目	取得済みの 60MGD の浄水場の用地	48 時間分の前沈殿を備えた 60MGD の浄水場用地 (理想形状)
略図		
総面積	168,972 m <sup>2</sup> (41.754 エーカー)	約 250,000 m <sup>2</sup> (62 エーカー)
前沈殿池	60MGD 用 12 時間として、面積 37,000 m <sup>2</sup>	60MGD 用 48 時間として、120,000 m <sup>2</sup>
技術評価	歪な土地形状のため水質試験と同等の能力が発揮できない可能性がある。	土地形状が良く、水質試験と同等の能力が発揮できる。
土地取得	現在取得済み	追加で約 81,028 m <sup>2</sup> (約 20.2 エーカー) 必要
追加建設費用	--	- 掘削、埋戻し、残土処分費として 4.7 百万 USD - 用地買収費: 0.08 百万 USD (3,850 USD/エーカー)
凝集剤費用/年	5 百万 USD/年 ACH 注入量=15 mg/L として	1.7 百万 USD/年 ACH 注入量=5 mg/L として
10 年当りの費用	5.0*10 年=50.0 百万 USD	4.7+0.08+1.7*10 年=21.8 百万 USD
評価		10 年間で 28.2 百万 USD の費用削減 (平均 2.8 百万 USD /年)

出典：JICA 調査団

## 4.2 浄水場の計画方針

### (1) 施設計画と水量条件

第 3 章 3.3.4 “10 配水ゾーンへの水配分計画” に基づき一日最大需要量を 60 MGD とする。施設計画に当っては安全率等を見込み下表の水量で計画する。すなわち、浄水量は逆洗水量等を考慮して 63 MGD とする。送水量は、一日最大需要量 60 MGD と同量である。また、配水量は時間変動量を考慮して一日最大需要量 60 MGD に対して時間係数 1.5 を見込むものとする。

浄水・送水施設の計画水量は 2025 年の需要量に対して 60 MGD とするが、第三期までのココア浄水場の拡張計画を考慮して、導水路や取水ゲートの取水施設の計画水量は 140 MGD とする。これは、複数回の取水施設の建設に伴う掘削工事等が河川堤防に及ぼす影響を避けるためである。

表 4-6 施設計画に用いる計画水量

項目	計画水量	計算式	備考
取水ゲート	700,000 m <sup>3</sup> /日	140MGD×110%	日本の設計指針を参考
前沈殿用の取水量	300,000 m <sup>3</sup> /日	60MGD×110%	日本の設計指針を参考
浄水量	286,400 m <sup>3</sup> /日	60MGD×105%	逆洗水量等を含む
送水量	272,800 m <sup>3</sup> /日	60MGD	需要量と同量

出典：JICA 調査団

## (2) 留意事項

浄水場の計画方針において下記事項に留意する。

### 1) シンプルな方式の選定

各施設方式の選定にあたっては、維持管理性を重視して選定を行う。機械的作動部を多く持つ浄水機器は、浄水施設を停止させて機器の定期的なメンテナンス・機器の交換が必要である。機器故障時にスペアパーツが保持されていない場合、長期的な浄水施設の停止となる。従って、可能な限り動力を必要としない自然流下による水流混合や、維持管理性の容易な方式を選定する。

### 2) YCDC 建設の既存浄水場の知見の活用

YCDC は市北部にニューフナピン浄水場（90MGD）を建設し、市東側にラグンビン浄水場（40MGD）を建設中である。両浄水場とも詳細設計・施工・施工監理を水供給・衛生局自ら実施している。両浄水所場に共通するのは、雨季の高濁度に備え浄水処理の前段に前沈殿池を設けていること、雨季の浸水対策として地上式の構造物が採用されていることである。本調査においても、既存浄水場の長所を取り入れる。

### 3) 軟弱層と基礎杭

浄水場用地は安定した地盤が望ましいが、ヤンゴン西部は押しなべて軟弱な地盤で構成されている。このため構造物を支えるためには基礎杭が必要であり、杭先端は軟弱層の下に存在する岩盤や礫岩等の支持層に到達しなければならない。

### 4) YCDC 及び円借款対象施設の考慮

浄水場の計画は、先行実施中の YCDC 及び円借款対象施設を考慮して決定する。

## (3) 浄水場の計画目標

ヤンゴン地域の先進的な浄水場として、以下に掲げる 5つの目標を提案する。

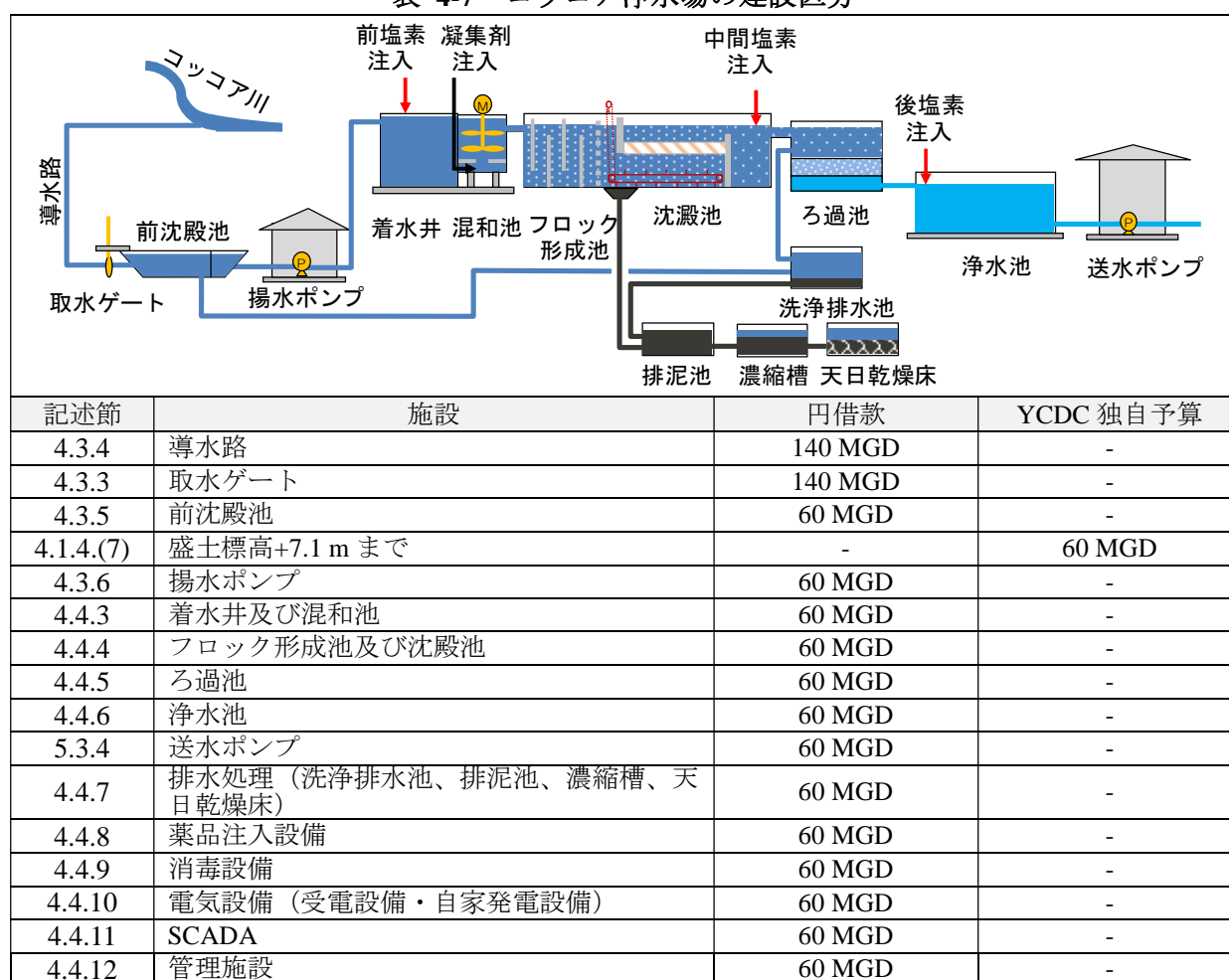
<b>方針 1) 拡張が容易な施設</b>
➤ 拡張が容易なシンプルな系列システムとして、揚水ポンプから浄水池までを 1 系列として計画する。1 系列は 20 MGD 単位として、140 MGD の総合計画に対して 7 系列とする。
<b>方針 2) 安定供給</b>
➤ 河川から安定した取水量の確保
➤ 大量の汚泥を処理できる汚泥処理施設の適用
➤ 洪水/浸水対策として浄水場の計画地盤の嵩上げ
<b>方針 3) 水質管理</b>
➤ 高濁度原水を処理可能な浄水処理プロセスの適用
➤ 自動水質分析機器等の導入による水質モニタリング
➤ 次亜塩素酸ナトリウム消毒設備の採用による危険薬品の排除

<b>方針4) 運転・維持管理</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ SCADAによる各処理プロセスの流量把握</li> <li>➤ 水質変動に対応できる薬品注入設備の採用</li> </ul>
<b>方針5) 環境配慮</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ポンプのインバータ制御による消費電力の低減</li> <li>➤ ポンプ動力を必要としないろ過池洗浄方式の採用</li> </ul>

#### (4) YCDC 及び円借款の建設区分

下表のとおり JICA 及び YCDC は円借款コンポーネントの建設区分について基本合意している。

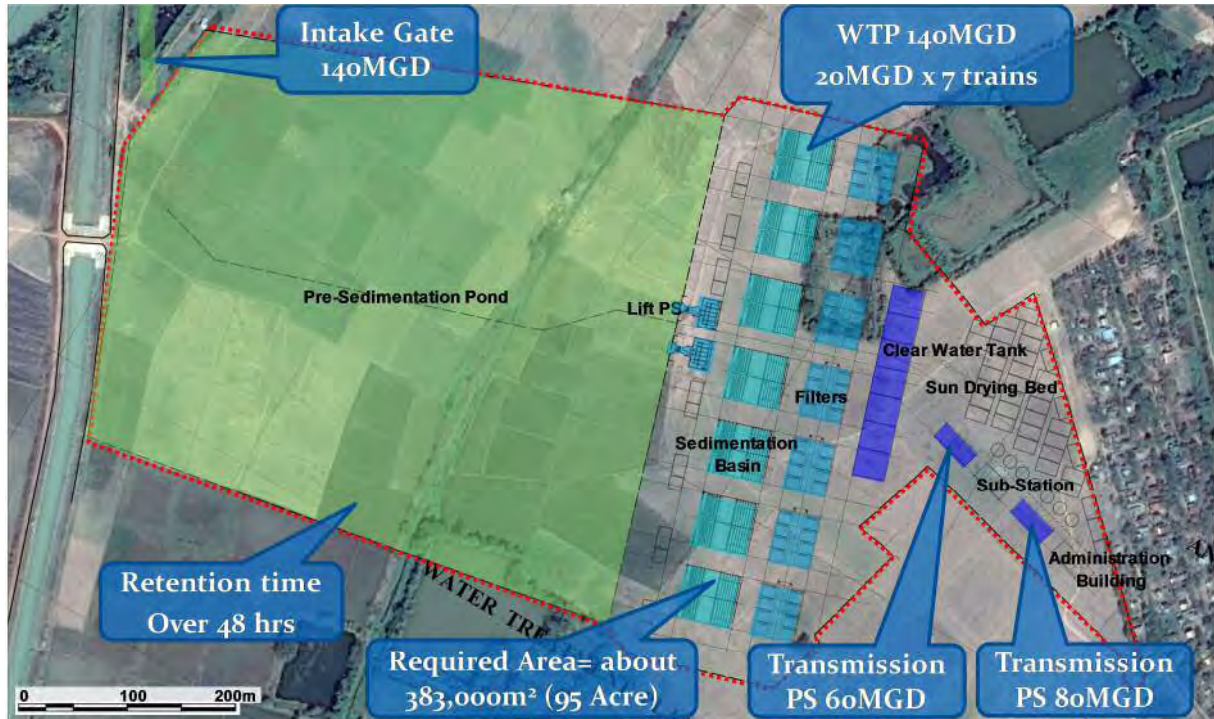
表 4-7 コッコア浄水場の建設区分



出典：JICA 調査団

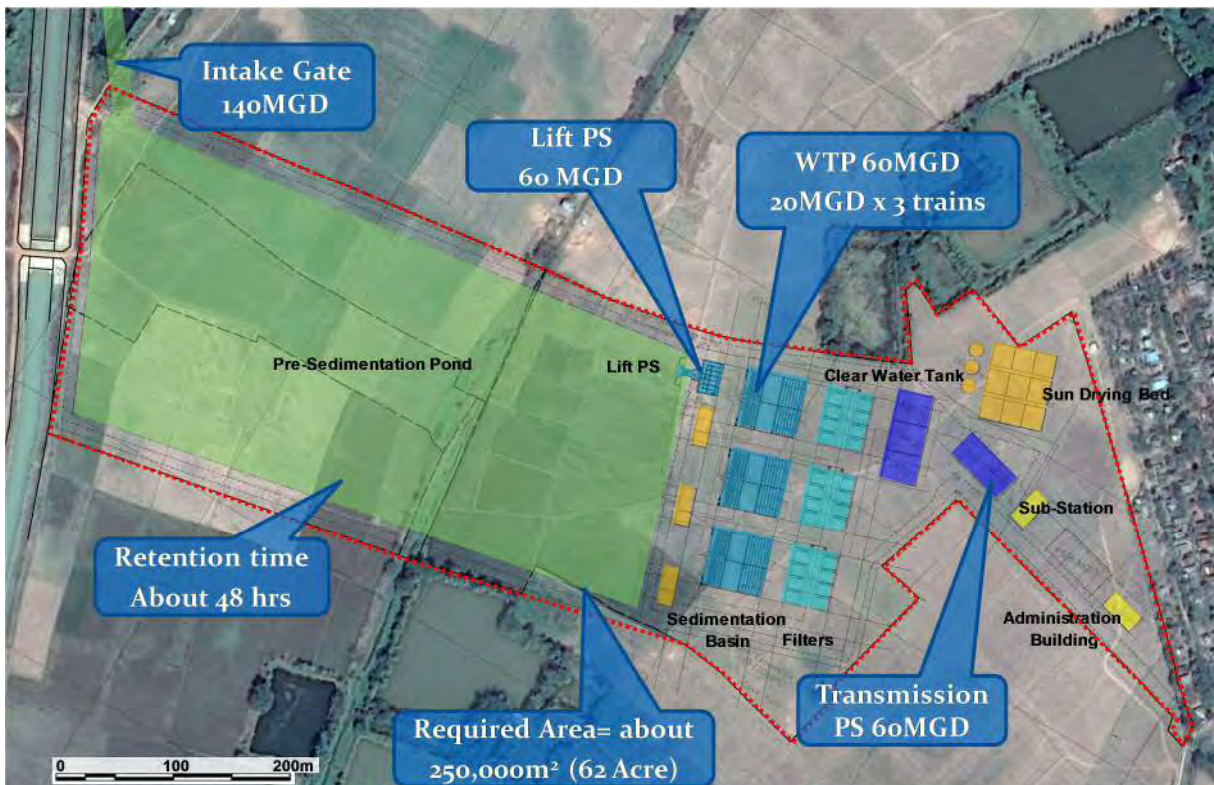
#### (5) 浄水場の配置計画

前項で述べたとおり、YCDC は、60 MGD 当り 48 時間の滞留時間をもつ前沈殿（原水調整）池の建設に必要な土地を、2016/17 年度以降に取得する予定である。本計画では、追加の土地取得が行われることを前提に、60 MGD の浄水場を計画する。まず、第三期までの計画水量である 140 MGD 時の施設配置を下図に示す。次いで、60 MGD の施設を 140 MGD の先行分と位置づけて配置する。



出典：JICA 調査団、背景 Googl Earth

図 4-13 140MGD 時の浄水場の施設配置案



出典：JICA 調査団、背景 Googl Earth

図 4-14 第 1 期 60MGD 時の浄水場の施設配置



## 4.3 取水・導水施設

### 4.3.1 計画方針

#### (1) 取水計画方針

本計画の取水点と浄水場はココア川に近接している。ココア川の水位変動が大きいことからポンプ揚程の変動も大きい。高水位時には、自然エネルギーである河川水位を有効に利用することで、ポンプ揚程を小さくして電力費を低減することができる。従って、自然流下方式にてココア川から前沈殿池へ導水して、前沈殿池の後端に揚水ポンプを設けるものとする。

また、後述の理由から、取水計画の方針を以下のとおりとする。

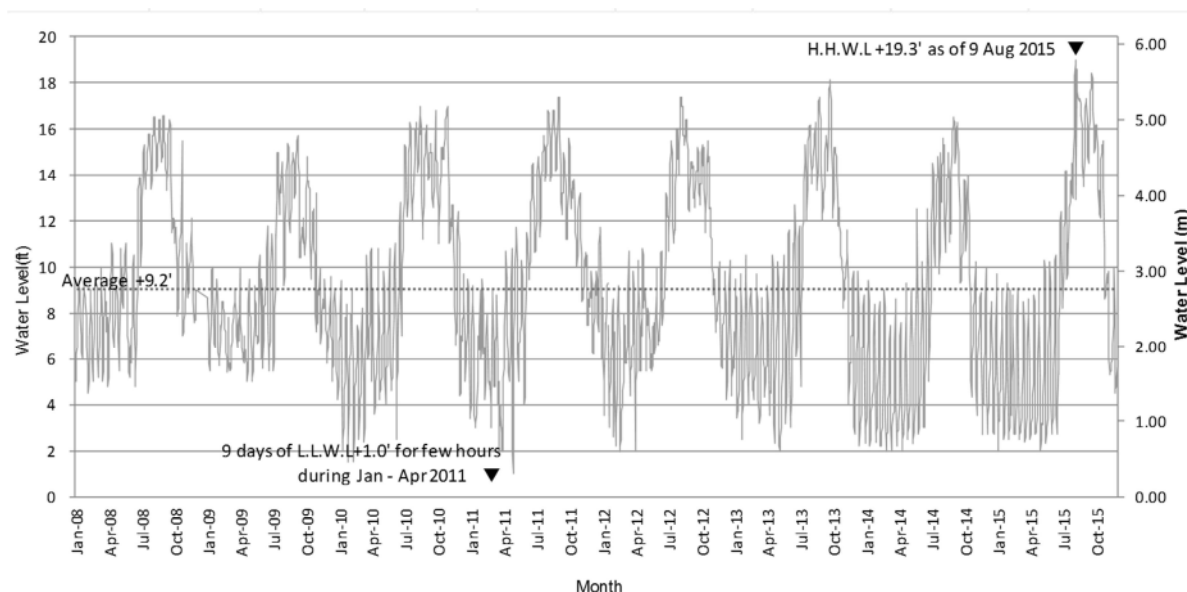
#### 【取水計画方針】

- 自然エネルギーの有効利用
- 浄水場の運用を止めないために、ココア川の LLWL 以下への取水ゲート設置
- 高濁度対策として薬品消費量を低減するため前沈殿池の設置
- 濁度の高い低層水ではなく、濁度の低い表層水の取水

#### (2) 河川水位の変動

MoAI は取水点近くの Pandaing 村 (図 4-2 参照) で毎日 3 回 (6:00、12:00、18:00) 水位を測定している。下図に 12 時の観測水位を示す。平均水位は+2.81 m (+9.2 フィート : 2011 年 1 月~2015 年 11 月) である。既往最大水位 (HHWL) は+5.88 m (+19.3 フィート : 2015 年 8 月)、既往最小水位 (LLWL) は+0.30 m (+1.0 フィート : 2011 年 1 月~4 月間に 9 日間の記録) でありその差は約 5.6 m と大きい。1 日のうちの水位差も約 2 m ある。

近年では、11 月~5 月に約+1.0 m (約+3 フィート) の水位が多く観測されるようになっており、今後も LLWL+0.30 m の発生が予想される。このため浄水場の運用が止まらないように導水路、取水ゲート、揚水ポンプ等は LLWL 以下で計画する。



出典 : MoAI、JICA 調査団編集

図 4-15 ココア川 (Pandaing 村) における観測水位 (2008~2015 年の毎 12:00 時)

### (3) 高濁度の対策

上図の観測水位のうち平均水位を超える期間は7月～10月に集中し、これは表4-3の原水濁度500 NTUを超える期間と概ね一致する。また、2015年と同様に1,000 NTUを超える濁度が10日間以上続くことも今後も予想される。従って、これらの高濁度の低減を目的に前沈殿池を計画する。

図4-11の沈降試験が示すとおり、浄水プロセス入口までの到達時間を稼ぐことにより、流入濁度を低減することができる。図4-11(左)の雨季の高濁度の沈降試験結果から、濁度が一定値を示す48時間以上を、前沈殿池の貯留量として計画する。一方、乾季は河川水位も低く、平均濁度も150 NTUと凝集範囲内であるため、12時間以上を前沈殿池の貯留量として計画する。

### (4) 上澄水の取水

図4-11の沈降濁度の結果は、表面濁度を示しており、低濁度の表層水を可能な限り取込むことができるポンプ井の構造を計画する。

#### 4.3.2 計画施設能力

ココア川に沿って洪水対策の重要施設としてMoAIの河川堤防が存在する。本取水施設はこの堤防を横断するため施設建設により河川堤防を緩める危険性がある。従って、複数回の取水施設の建設は避けるべきであり、可能な限り1回の建設が望まれる。本計画では、ココア浄水場の第三期までの拡張計画を考慮して、計画取水量154 MGD (140 MGD x 110%)の取水施設を計画する。前沈殿池および揚水ポンプは66 MGD (60 MGD x 110%)とする。

表 4-8 取水施設の計画能力

施設計画	全体計画	施設能力
総計画取水量	700,000 m <sup>3</sup> /日 (154 MGD)	154 MGD
取水口及び導水路		154 MGD
取水ゲート		154 MGD
前沈殿 (原水調整) 池		66 MGD
揚水ポンプ		66 MGD

出典：JICA 調査団

#### 4.3.3 取水口及び導水路

ココア川から直接取水する。

導水路は、マンニング式を用いて次の断面で計算する。

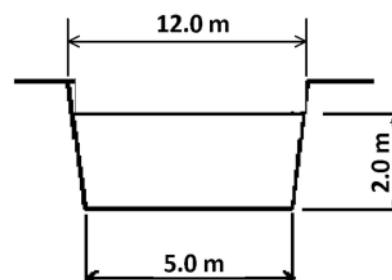
$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} = 0.7 \text{ m/s}$$

$$\text{流量} = A \times V = 11.92 \text{ m}^3/\text{s} > 8.10 \text{ m}^3/\text{s} = 154 \text{ MGD}$$

ここで、

V:流速 (m/s)、n:粗度係数 0.017 (底面砂利として)、

R:径深=A/P (A:面積 17.0 m<sup>2</sup>、P:潤辺 (m))、I:勾配 (1/10,000)



#### 4.3.4 取水ゲート

取水ゲートは24時間連続取水ができるように LLWL 以下に設置する。以下のとおり 6 基 (5 基運用+1 基予備あるいは 6 基運用) 設置する。取水ゲートは常時オープンな状態で運用する。

- ・ 計画取水量 : 154MGD
- ・ サイズ : 1500 mm x 1500 mm
- ・ ゲート設置高 : G.L.-1.2 m ~ +0.3m (LLWL)
- ・ 導水路の底高 : G.L.-2.2 m (日本指針参考、取水口、0.5~1.0mの余裕高)
- ・ 設定流速 : 0.4~0.8 m/s (日本指針参考、取水口)
  - 4 基運用+2 基休止時流速 : 0.90 m/s > 0.8 m …NG
  - 5 基運用+1 基休止時流速 : 0.72 m/s < 0.8 m …OK
  - 6 基運用+0 基休止時流速 : 0.60 m/s < 0.8 m …OK

コッコア川の水位は一日のうちに数メートル変化するため、フラップゲートは前沈殿池とコッコア川の河川水位とが逆転する時に発生する逆流水を防止するために設置する。

表 4-9 取水ゲートの概要

	施設	仕様	数量	
			設置	将来
1	取水ゲート	幅 1500 mm x 高 1500 mm 角型、スクリーン付	6 基	-
2	フラップゲート	幅 1500 mm x 高 1500 mm	6 基	-

出典：JICA 調査団

#### 4.3.5 前沈殿池

雨季に高濁度になることから、凝集剤の使用量が増大し不経済となるため、揚水ポンプ設備の前端に前沈殿池を設け、濁度を低減させる。

コッコア川の高水位の対策として、前沈殿池の堤体の天端高は河川堤防と同等の+7.10 mとする。

本計画では総計画取水量 154 MGD 分のうちの 66 MGD 分を対象とするため、前沈殿池の複数系列化は、将来の土地形状を踏まえて検討すべきである。この施設拡張に備えバイパス管 φ1800mm を取水ゲートから揚水ポンプ井の間に設置する。

水質試験の SS の結果から 1 年間で約 20cm の泥が池底に溜まる見込みである。乾季の低位水位時に、YCDC が保有するバックホウを用いて底泥を浚渫する。作業はバイパス管を用いて浄水場を運用している間、前沈殿池を空水にして実施する。よって、前沈殿池に重機搬入用のスロープを設ける。

##### 【設計条件】

- 計画水量: 66 MGD
- 池内最大流速: 2~7 mm/s < 20~70mm/s 枕砂が再浮上しない流速 (日本指針参考)
- 高濁度時 (最高水位) の滞留時間: 約 64 時間 > 48 時間
- 平均水位時の滞留時間: 約 40 時間
- 最低水位時の滞留時間: 約 20 時間 > 12 時間

【設備諸元】

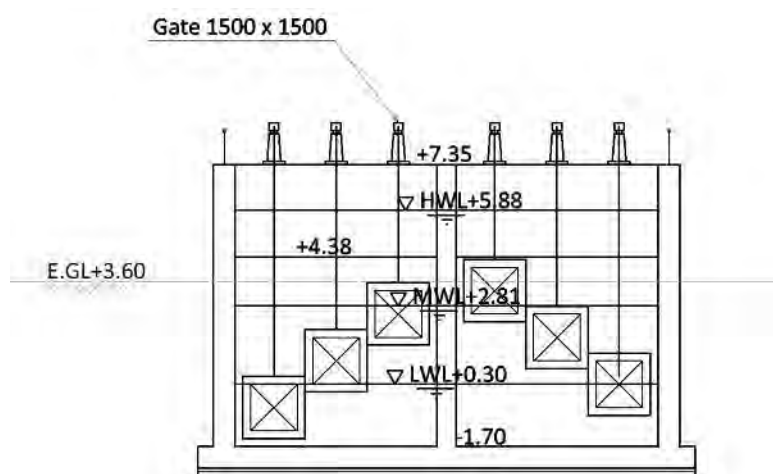
- 表面積: 100,000 m<sup>2</sup>
- 泥溜め: 0.5 m 高 (有効水深には含めない)
- HWL: +5.88 m (+15.0'), 有効水深 8.12 m (泥溜高除く) →貯留量 812,000 m<sup>3</sup>
- MWL: +2.81 m (+9.2'), 有効水深 5.05 m →貯留量 505,000 m<sup>3</sup>
- LWL: +0.30 m (+1.0'), 有効水深 2.54 m →貯留量 254,000 m<sup>3</sup>
- 底盤高: -2.74 m (-9.0') : LWL+0.3 m - 有効水深 2.54m -泥溜 0.5 m
- 天端高: +7.10 m > 河川堤防高+7.00 m
- 付属設備: バイパス管 φ1800 mm、重機用スロープ

4.3.6 揚水ポンプ設備

揚水ポンプ設備は、揚水ゲート、自動除塵機および揚水ポンプで構成する (表 4-10 参照)。

(1) 揚水ゲート

ココア川の水位変動が大きく、濁度の低い沈降後の表層水 (写真 4-5 参照) を取り込むために複数の流入口を計画する。ここで、最大水位変動 5.6 m、開口高 1.5 m とするとゲートは 3 段 (5.6 m ÷ 1.5 m = 3.7 ≒ 3) となる。下図のとおり、それぞれ異なる高さにゲートを千鳥配列に配置する。さらに、ゲート運用を容易にするために電動ゲートを採用する。ただし、その運用の設計のためには、少なくとも 5 分間隔のココア川の河川水位データが必要であり、詳細設計時にこれらの河川データを収集しなければならない。このデータ収集にはコンピュータを用いた自動計測が有効である。



出典: JICA 調査団

図 4-16 揚水ゲートの配置計画

(2) 自動除塵機

スクリーンは流入するゴミ等からポンプを守るために設置する。設置高が 9m となり手作業が困難なため自動除塵機とする。

(3) 揚水ポンプ

5 基の揚水ポンプ (3 台運転+2 台予備) を設置する。各々 3 系列 (沈殿池-ろ過池-浄水池) の運転を容易にするために、各々対応する揚水ポンプを 1 対 1 で運転して原水を着水井へ導水する。

予備ポンプは、対応する系統に導水するだけでなく、弁の切替えにより他の系統に導水する。

揚水ポンプは、前沈殿池の水位変動が大きいことから、回転数制御式（VFD）の横軸両吸込渦巻ポンプを選定する。その比較を表 4-11 及び 4-12 に示す。

- 横軸両吸込渦巻ポンプは高効率である。
- 横軸両吸込渦巻ポンプはヤンゴン市の既設浄水場やポンプ場で用いられており、YCDC の運転員はその取り扱いを熟知している。
- VFD 制御により水位変化に追従でき動力費が削減できる。

表 4-10 揚水ポンプ設備の概要

	設備	仕様	数量	
			運転	予備
1	電動揚水ゲート HWL 用	幅 1500 mm x 高 1500 mm 角型	2 基	-
2	電動揚水ゲート MWL 用	幅 1500 mm x 高 1500 mm 角型	2 基	-
3	電動揚水ゲート LWL 用	幅 1500 mm x 高 1500 mm 角型	2 基	-
4	自動除塵機	自動細網目スクリーン	2 基	-
5	揚水ポンプ	両吸込渦巻ポンプ（VFD） 67 m <sup>3</sup> /分 x 揚程 18m x 約 300kW	3 台	2 台
6	前沈殿池の水位計	超音波式、ポンプ運転制御用	1 式	1 式

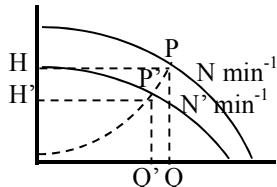
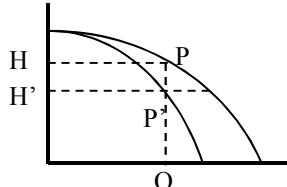
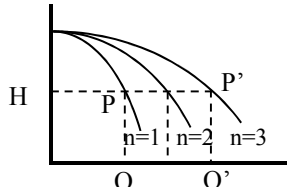
出典：JICA 調査団

表 4-11 揚水ポンプ形式の比較

	渦巻ポンプ		斜流ポンプ		軸流ポンプ	
イメージ図	 <p>横軸両吸込式</p> <p>縦軸片吸込式</p>		 <p>横軸式</p> <p>縦軸式</p>		 <p>横軸式</p> <p>縦軸式</p>	
ポンプ重量	重い	△	中間	○	軽い	◎
必要設置面積	大	△	渦巻ポンプより小さい	◎	斜流ポンプと同等	◎
ポンプ揚程	横軸: 10-150 m	◎	横軸: 2.5-15 m	×	横軸: 6 m or less	×
	縦軸: 10-200 m	◎	縦軸: 4-60 m	◎	縦軸: 8 m or less	×
ポンプ効率	吐出範囲が広く高効率	◎	渦巻ポンプより若干劣る	○	斜流ポンプより若干劣る	△
軸動力	低吐出時に小さい	○	吐出範囲が広く一定	◎	停止駆動力は設計値と比較して2倍と大きい	○
吐出能力	高い	◎	やや低い	○	低い	△
運転幅	広い	◎	渦巻ポンプより狭い 軸流ポンプより広い	○	狭い (設計揚程の約140%未満)	△
ヤンゴンにおける実績	多い	◎	少ない	△	少ない	△
総合評価	◎		○		×	

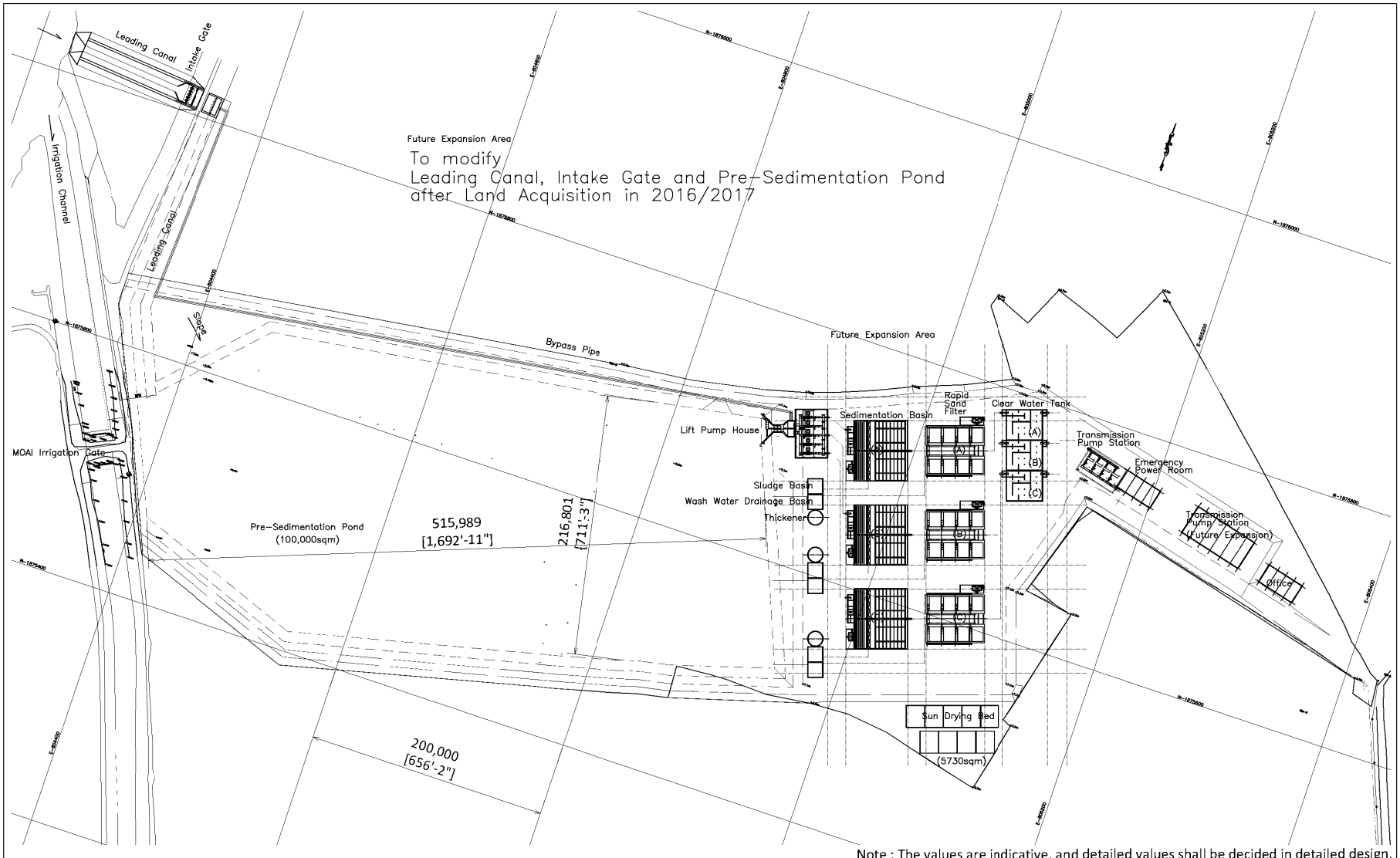
出典：JICA 調査団

表 4-12 ポンプ運転制御方式の比較

	流量制御	弁制御	ポンプ台数制御			
概要	 <p> <math>Q' = N'/N \times Q</math>  <math>H' = (N'/N)^2 \times H</math>  <math>L' = (N'/N)^3 \times L</math>                      *N, N': 回転速度                 </p> <p>吐出量はポンプモータの回転数を変化させることにより制御される。</p>	 <p> <math>Q' = Q</math>  <math>H' = H - KQ^2</math>  <math>L' = L</math>                      *K: 弁開度による係数                 </p> <p>吐出量は付属弁の開度を変化させることにより制御される。</p>	 <p> <math>Q' = n \times Q</math>  <math>H' = H</math>                      *n: ポンプの台数                 </p> <p>吐出量は運転するポンプの台数を変化させることにより制御される。</p>			
長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>一定量の設定が可能</li> <li>動力コストが削減できる</li> <li>無駄な運転がない</li> <li>水位変化に追従できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一定量の設定が可能</li> <li>シンプルな運転</li> <li>設備費用が比較的安い</li> <li>水位変化に追従できる.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>特殊な設備を必要としない</li> <li>シンプルな運転</li> <li>ポンプ台数を増やすことにより危険分散できる</li> </ul>			
短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>設備費用が比較的高い</li> <li>関連設備のための設置面積が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>無駄な電力費が発生</li> <li>振動・騒音の発生</li> <li>吐出弁が低圧時にキャビテーションが発生する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一定量の設定が不可能</li> <li>水位変化に追従できない</li> </ul>			
運転費用*	1.0	○	1.4	△	- (比較条件が異なる)	-
総合評価	◎	○	△			

\*経済性については、流量制御を基準である 1.0 として、他の方式はこれと比較して数値で表示した。

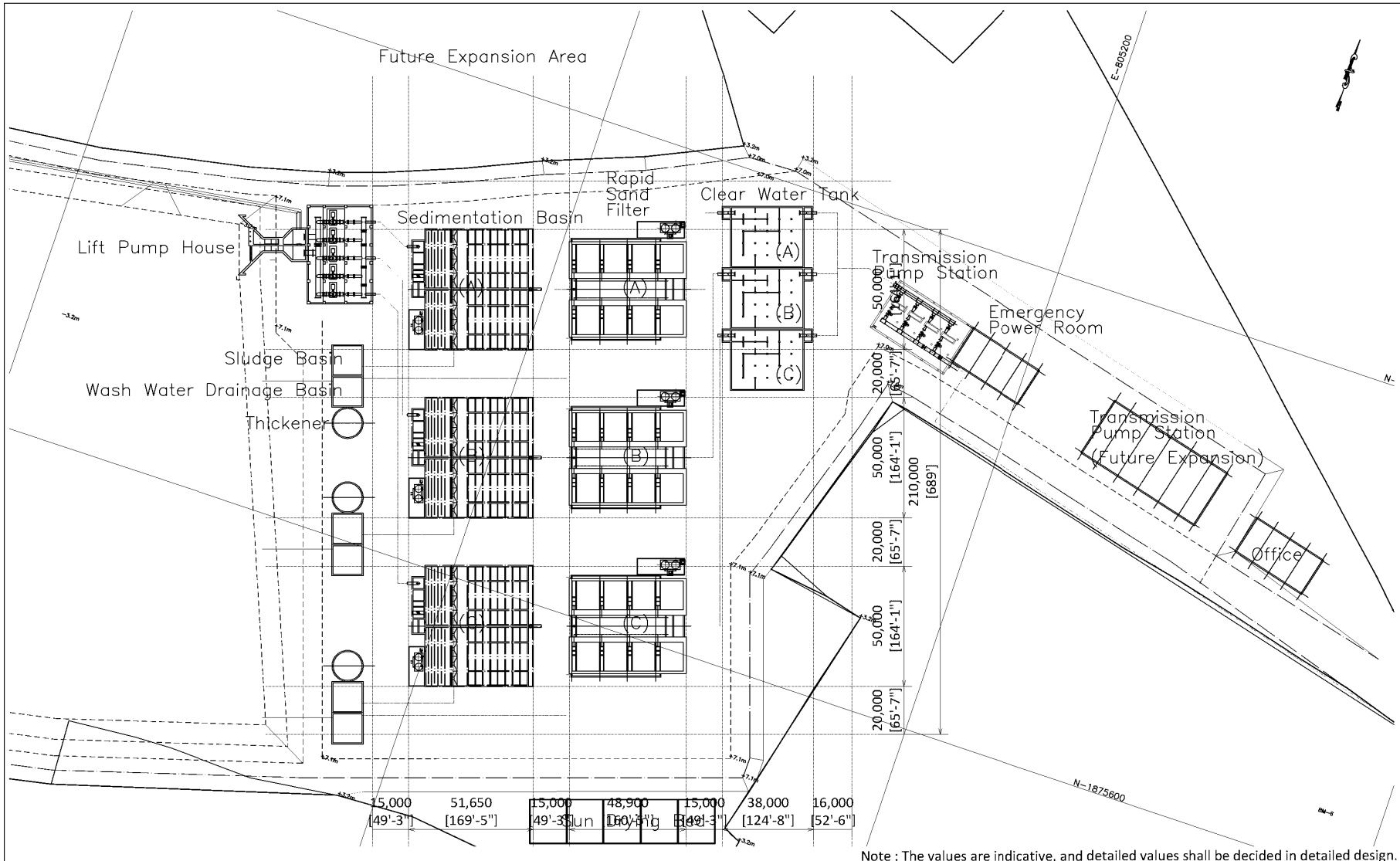
出典：JICA 調査団



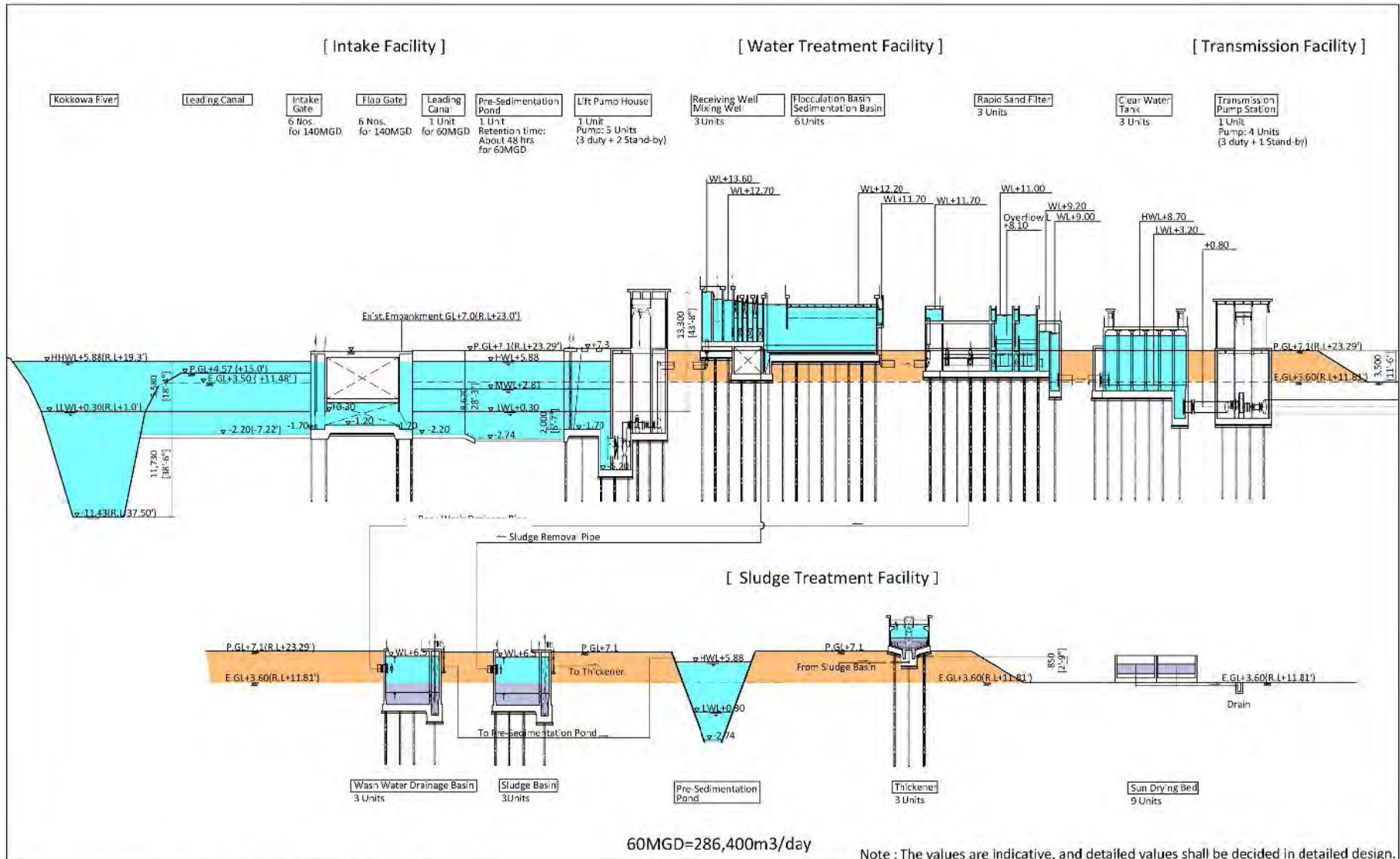
Note : The values are indicative, and detailed values shall be decided in detailed design.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY YANGON CITY DEVELOPMENT COMMITTEE		JICA Study Team ENGINEERING DEPARTMENT (WATER & SANITATION)		PROJECT	Preparatory Survey for Greater Yangon Water Supply Improvement Project Phase II (Kokkewa River)	Scale	A3; S=1:3000
DRAWN BY	DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	TITLE	Kokkewa Water Treatment Plant Layout Plan(1/2)	Drawing No.	WTP-1
-	-	-	-			Date	30 June 2016



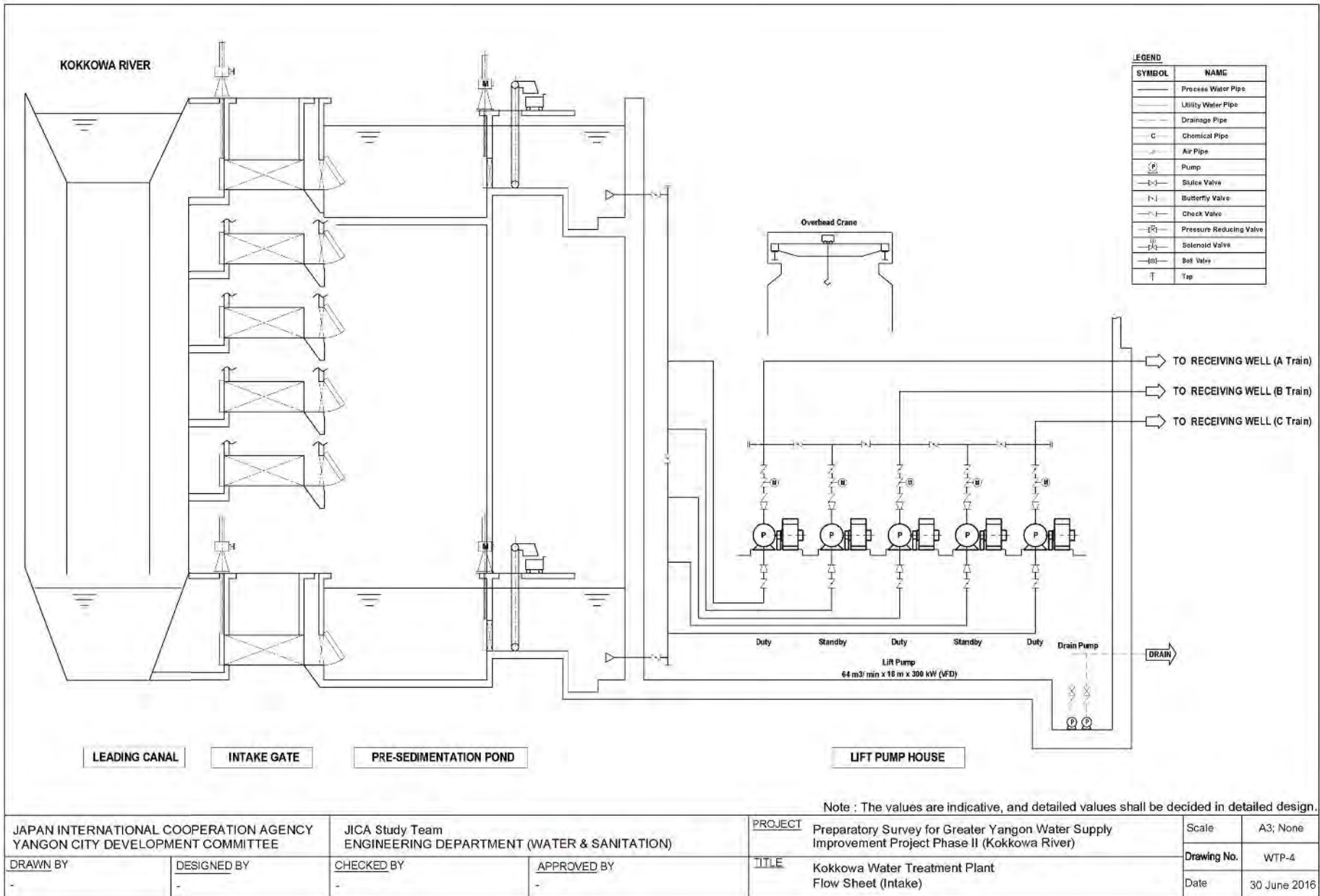


JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY YANGON CITY DEVELOPMENT COMMITTEE		JICA Study Team ENGINEERING DEPARTMENT (WATER & SANITATION)		PROJECT	Preparatory Survey for Greater Yangon Water Supply Improvement Project Phase II (Kokkowa River)	Scale	A3; S=1:1500
DRAWN BY	DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	TITLE	Kokkowa Water Treatment Plant Layout Plan (2/2)	Drawing No.	WTP-2
-	-	-	-			Date	30 June 2016



Note : The values are indicative, and detailed values shall be decided in detailed design.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY YANGON CITY DEVELOPMENT COMMITTEE		JICA Study Team ENGINEERING DEPARTMENT (WATER & SANITATION)		PROJECT	Preparatory Survey for Greater Yangon Water Supply Improvement Project Phase II (Kokkowa River)	Scale	None
DRAWN BY	DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	TITLE	Kokkowa Water Treatment Plant Water Level Chart	Drawing No.	WTP-3
-	-	-	-			Date	30 June 2016



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
YANGON CITY DEVELOPMENT COMMITTEE

JICA Study Team  
ENGINEERING DEPARTMENT (WATER & SANITATION)

**PROJECT** Preparatory Survey for Greater Yangon Water Supply  
Improvement Project Phase II (Kokkowa River)

Scale A3; None

**DRAWN BY**

**DESIGNED BY**

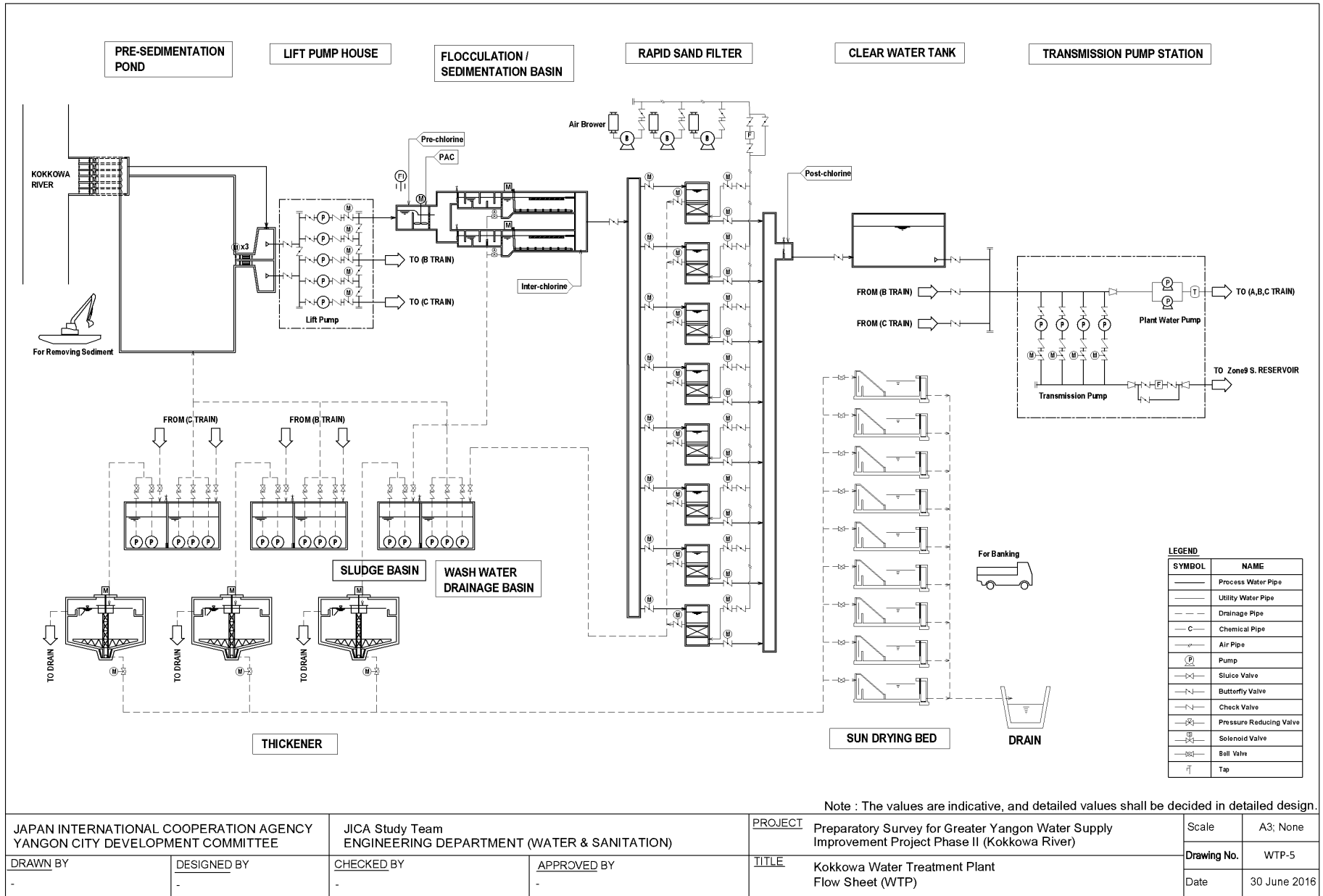
**CHECKED BY**

**APPROVED BY**

**TITLE** Kokkowa Water Treatment Plant  
Flow Sheet (Intake)

Drawing No. WTP-4

Date 30 June 2016



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY YANGON CITY DEVELOPMENT COMMITTEE		JICA Study Team ENGINEERING DEPARTMENT (WATER & SANITATION)	
DRAWN BY	DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY

<b>PROJECT</b>	Preparatory Survey for Greater Yangon Water Supply Improvement Project Phase II (Kokkowa River)	Scale	A3: None
<b>TITLE</b>	Kokkowa Water Treatment Plant Flow Sheet (WTP)	Drawing No.	WTP-5
		Date	30 June 2016

## 4.4 浄水施設

### 4.4.1 計画対象の浄水施設

計画浄水施設の要約を下表に示し、その計算根拠を添付図書-5 に示す。

表 4-13 計画浄水施設の要約表

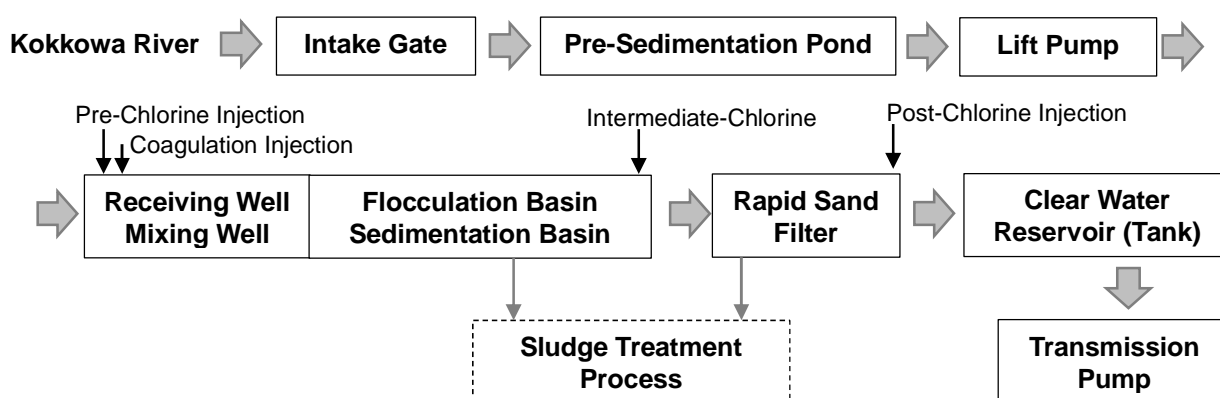
	施設	1 池当たりの規模	計
	<b>計画浄水量: 63MGD</b>		
1	着水井	幅 4.5 m x 長さ 4.5 m x 水深 6.0 m	3
2	混和池	幅 4.5 m x 長さ 4.5 m x 水深 5.1 m	3
3	フロック形成池	平均幅 1.08 m x 長さ 145.2 m x 水深 4.35 m	3
4	沈殿池	幅 24.2 m x 長さ 31.1 m x 水深 4.0 m 傾斜管寸法: 幅 23.9 m x 長さ 24.4 m	6
5	ろ過池	幅 9.5 m x 長さ 12.0 m	24
6	浄水池	幅 25.0 m x 長さ 30.0 m x 水深 5.5 m = 容量 4,125m <sup>3</sup>	3
7	洗浄排水池	幅 12.0 m x 長さ 12.0 m x 有効水深 3.0 m	3
8	排泥池	幅 12.0 m x 長さ 12.0 m x 有効水深 3.0 m	3
9	濃縮槽	径 12.0 m x 有効水深 1.5m	3
10	天日乾燥床	幅 15.0 m x 長さ 18.0 m = 面積 270 m <sup>2</sup>	9
11	薬品注入設備		3
12	受変電設備		1
13	管理施設		1

出典: JICA 調査団

### 4.4.2 浄水処理方式

浄水処理の対応技術は、濁度、藻類、微生物など不溶解性成分と異臭味、色度、有機物、消毒副生成物、無機物などの溶解成分とに分けられる。水質試験結果から、河川水源の浄水処理プロセスとして最も一般的である「凝集+沈澱+急速ろ過」方式を採用する。ヤンゴンでは、同方式のニューフナピン浄水場が既に稼働しており、ヤンゴンにおいて適用できる。

凝集剤や pH 調整剤等の薬品注入量は、詳細設計においてジャーテスト等を行った上で決定する必要がある。ここでは計画のために、凝集剤として ACH (PAC) を採用し、配水管網内の殺菌のために消毒剤として次亜塩素酸ナトリウムを採用する。さらに、浄水処理プロセス内に 3 段階の塩素注入を計画する。これは原水中の鉄/マンガン濃度が高い場合や、凝集プロセスにおいて効率的に除去できない場合に備えて導入する。下図にココア浄水場の浄水プロセスを示す。



出典：JICA 調査団

図 4-17 浄水処理プロセス

#### 4.4.3 着水井及び混和池

原水は前沈殿池から揚水ポンプを経て着水井へ送られて、着水井は原水量調整のために設置し、前塩素を注入する。着水井と沈殿池の間には混和池が設けられて、凝集剤（ACH）を注入する。

前沈殿池にて多くの濁度の除去が期待できるものの、揚水ポンプを通過する濁度はなお高く、これらの高濁度原水を低注入量の凝集剤で処理するには、ジャーテストの結果から、確実な混合が必要であるため機械攪拌方式を採用する。

しかしながら、ミャンマー国に当該機器の代理店が現状では存在せず、機器故障時の修繕に時間がかかることが想定されるため、機械故障時を考慮して堰落しによる跳水方式を混和池とフロック形成池の間に予備的に設ける。この堰落しとは流量計測を主目的として設置する。

##### 【設計条件】

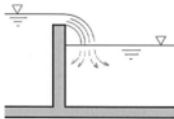
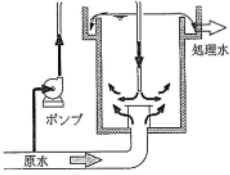
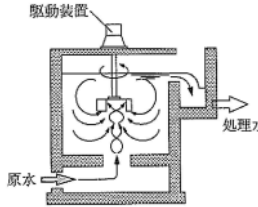
- 滞留時間（日本の指針 1～5 分以上）
  - 着水井：1.8 分
  - 混和池：1.8 分

##### 【設備諸元】

- 着水井： 幅 4.5 m x 長さ 4.5 m x 水深 6.0 m x 3 池、鉄筋コンクリート製
- 混和池： 幅 4.5 m x 長さ 4.5 m x 水深 5.1 m x 3 池、鉄筋コンクリート製
- 付帯設備： フラッシュミキサー、越流堰、ACH/塩素の注入点

攪拌方式の比較を下表に示す。

表 4-14 攪拌方式の比較

	跳水方式		ポンプ攪拌方式		機械攪拌方式	
構造						
攪拌効化	攪拌効果は大きい	◎	水の循環量を調整して攪拌効果を得る	◎	攪拌機の回転数を調整して効果を得る	◎
流量変動	水量変動が大きいと攪拌強度が大きく変動する	△	水量が変動すると影響をやや受ける	○	攪拌強度（G 値）は一定にできる。	◎
維持管理性	故障が無く維持管理が容易	◎	機械部品及び維持管理が必要	△	機械部品及び維持管理が必要	△
必要動力	1.5	△	1.4	○	1.0	◎
設置面積	小	◎	大：ポンプ室が必要	△	小	◎
イニシャルコスト※	0.1	◎	1.6	△	1.0	○
運転コスト※	1.5	△	1.4	○	1.0	◎
実績	多い	◎	少ない	△	多い	◎
総合評価	○		△		高濁度対策として確実な混合が必要であり、ランニングコストが有利 ◎	

※ 日本の浄水場において比較的多く採用されている機械攪拌式を基準である 1.0 として、他の方式はこれと比較して数値で表示した。

出典：JICA 調査団

#### 4.4.4 フロック形成池及び沈殿池

##### (1) フロック形成池

フロック形成池は、混和池で生成された微小フロックを穏やかに攪拌し大きく成長させ、後段の沈殿池で効率的に沈降分離させる目的で設置する。

機械故障時を考慮して、自然流下方式である上下水平迂流式のフロック形成池を採用し、フロック形成池への流入は上向流にて流入させる。

##### 【設計条件】

- 滞留時間： 20.5 分（日本の指針 20～40 分以上）

##### 【設備諸元】

- 寸法： 平均幅 1.08 m×長さ 145.2 m×水深 4.35 m x 3 池、鉄筋コンクリート製
- 攪拌方式： 上下水平迂流式
- 付帯設備： 上下迂流堰

##### 【選定理由（表 4-16 参照）】

- ミャンマー国に機器の代理店がないため、機械式は故障時のリスクが高い。
- イニシャルコストが安価である。
- 水位差を確保することにより、機械式と比較してランニングコストを低減できる。

##### (2) 沈殿池

沈殿池は、フロック形成池で生成された大きなフロックを沈降分離する目的で設置される。沈殿池の一般的な沈殿方式としては、高速凝集沈殿池、横流式沈殿池、水平流式傾斜板沈殿池、上向流式傾斜管沈殿池に大別される。

傾斜板沈殿池及び傾斜管沈殿池は原水の濁度変動に対して有利である。そのうち、傾斜板沈殿池は濁質が傾斜版に付着するため、定期的な維持管理を要し、それを怠ると板の落下の危険性がある。従って、上向流式傾斜管方式を採用する。

##### 【設計条件】

- 滞留時間： 1.5 時間（日本の指針 1 時間以上）
- 平均流速： 0.4m/分
- 平均上昇流速： 80 mm/分以下
- 表面負荷率： 7～14 mm/分以下

##### 【設備条件】

- 寸法： 幅 24.2 m×長さ 31.1 m×水深 4.0 m（傾斜管：幅 23.9 m×長さ 24.4 m）×2 池×3 系列=6 池、鉄筋コンクリート製
- 沈殿池： 上向流式傾斜管+機械式汚泥掻寄機
- 排泥弁： タイマー制御式・自動偏心弁
- 付帯設備： 傾斜管設備、阻流設備、集水トラフ、モノレール式掻寄機、排泥設備（弁・管）



【沈澱方式の採用理由（表 4-17 参照）】

- 設置面積が小さい。
- 近隣国での採用実績が多い。

傾斜管は、フロックの沈降を促進させて沈殿池の表面積を小さくする目的で設置する。沈殿池の底に沈殿する汚泥は、汚泥掻寄機によって排泥ピットに集められて定期的な排泥弁の開閉により沈殿池外へ排出する。

表 4-15 沈殿設備の概要

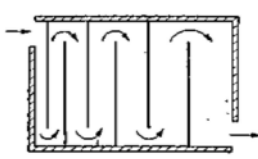
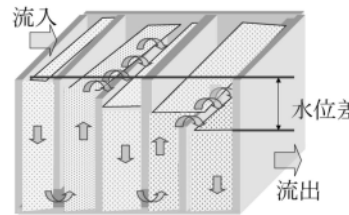
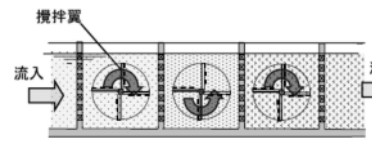
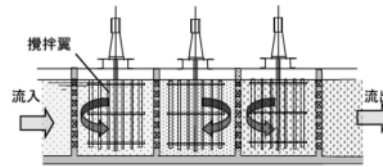
	施設	仕様	数量	
			運転	予備
1	傾斜管	上向流式	6 池	-
2	汚泥掻寄機	モノレール式	6 基	-

出典：JICA 調査団

(3) 中間塩素

中間塩素は、鉄・マンガン等の除去及びトリハロメタン対策として、原水の水質状況に応じて中間塩素の注入を行う。塩素注入点は沈殿水渠とする。

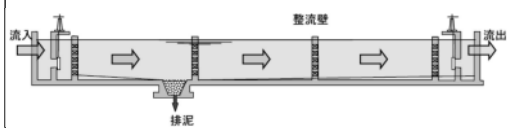
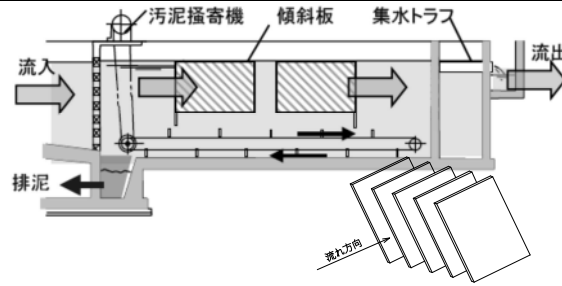
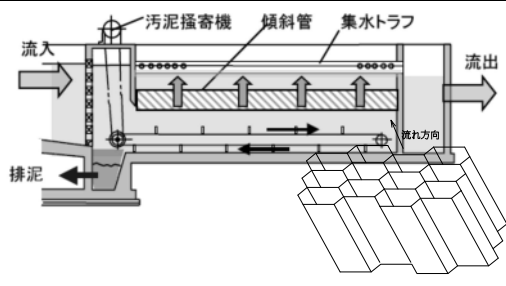
表 4-16 フロック形成池の攪拌方式の比較

	水流自体のエネルギーを利用する方式		機械攪拌方式	
	水平迂流式	上下水平迂流式	横軸パドル式	縦軸パドル式
構造	 (2) 水平迂流式 (平面図)			
攪拌効果	十分な攪拌効果を得るには、水位差 0.5m 以上が必要。 ○	十分な攪拌効果を得るには、水位差 0.5m 以上が必要。 ○	1 段目、2 段目と回転数を変えることで理想的な攪拌・フロック形成が行える。 ◎	1 段目、2 段目と回転数を変えることで理想的な攪拌・フロック形成が行える。 ◎
流量変動	水量変動が大きいと攪拌強度が大きく変動する △	水量変動が大きいと攪拌強度が大きく変動する。(同面積の水平迂流に比べて攪拌強度は高い。) ○	攪拌強度 (G 値) は一定であり、影響は受けない ◎	攪拌強度 (G 値) は一定であり、影響は受けない ◎
維持管理性	故障が無く維持管理が容易 ◎	故障が無く維持管理が容易 ◎	機械的作動部があるため、維持管理が煩雑。駆動部が水没しており、耐久性やや劣る。 △	機械的作動部があるため、維持管理が煩雑。駆動部が水上にあるため、耐久性はよい。 ○
必要動力	0.1 ◎	0.1 ◎	1.0 △	1.0 △
設置面積	大 △	中 ○	小 ◎	小 ◎
イニシャルコスト※	0.2 ◎	0.2 ◎	1.0 △	0.6 ○
運転コスト※	0.1 ◎	0.1 ◎	1.0 △	1.0 △
総合評価	○	故障が無く維持管理が容易及びランニングコストが有利 ◎	△	○

※ 経済性については、日本の浄水場において比較的多く採用されている横軸パドル式を基準である 1.0 として、他の方式はこれと比較して数値で表示した。

出典：JICA 調査団

表 4-17 沈殿方式の比較

	横流式沈殿池		沈降促進装置付沈殿池			
			水平流傾斜板式		上向流傾斜管式	
構造						
滞留時間	3~5 時間		約 1 時間		約 1 時間	
表面負荷	15~30mm/分		4~9mm/分		7~14mm/分	
流速	0.4 m/分以下		0.6 m/分以下		0.08 m/分 (上昇流速) 以下	
池水深	3~4m		4~5m		4~5m	
設置面積	100	△	30~40	◎	50~70	○
上澄水濁度	中間整流壁が必要。偏流、密度流の影響を受けやすく、上澄水濁度が高くなる可能性がある	△	沈降促進装置により、上澄水濁度を低下できる	◎	沈降促進装置により、上澄水濁度を低下できる	◎
変動への対応	原水濁度変化に弱い 原水水温変化に弱い 処理水量変動に強い	△	原水濁度変化に強い 原水水温変化に強い 処理水量変動に強い	◎	原水濁度変化に強い 原水水温変化に強い 処理水量変動に強い	◎
維持管理	密度流、偏流の影響を受けやすく、上澄水濁度の監視が必要。支障物が無く、清掃等は容易。	◎	傾斜板の間、表面に汚泥フロックが堆積する事があり、定期的な清掃が必要。清掃には装置の取り外し等の手間を要する。	△	汚泥フロックが傾斜管に付着することがあり、定期的な清掃が必要。ただし、清掃は比較的容易。	○
イニシャルコスト※	1.0	◎	2.5	△	2.0	○
運転コスト※	0		0		0	
実績	多い	○	少ない (日本での実績は多い)。	△	比較的多い (周辺国での実績は多い)。	◎
総合評価	△		○		◎	

※ 経済性については、沈降装置がない横流式沈殿池を基準である 1.0 として、他の方式はこれと比較して数値で表示した。

出典：JICA 調査団

#### 4.4.5 ろ過池

急速ろ過池は、沈澱池で除去されなかった微フロックを、砂層等のろ材で捕捉する。既存のニャウフナピン浄水場のろ過池ではアンスラサイトと砂の2層ろ過が採用されているが、粒径が小さいこと、逆洗強度が強いことから、ろ材が流出してろ層が薄くなる等の問題が発生しているため、ろ過層厚はヤンゴン近郊で入手可能な粒径から層厚 600 mm の単層ろ過（珪砂）を採用する。ろ過速度は単層ろ過を考慮して最大 150 m/日に抑えるものとする。

洗浄方式は、省エネルギーを考慮して自己洗浄方式を採用する。従来はポンプ逆洗方式が用いられており、この方式はヤンゴン市で初事例である。逆洗時の維持管理は、ニャウフナピン浄水場では、逆洗時のバルブ開閉作業を人力で行っている。しかし、バルブ数が多いことから、多大な労力を要しており弁の電動化が要望されているため、ラグンビン浄水場と同様に電動弁を採用する。

ろ過池数は洗浄作業時間を 30 分と考え、昼間（12 時間）の間に全ての池を洗浄可能な時間として、60 MGD 浄水場当り全 24 池とする。

##### 【設計条件】

- ろ過速度： 150m/日未満
- 従来型急速ろ過

##### 【設備諸元】

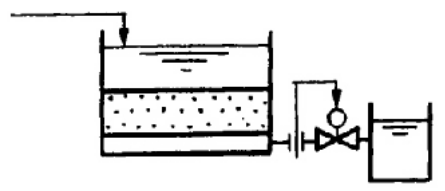
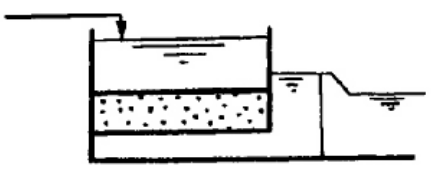
- 寸法： 幅 9.5m×長さ 12.0m×8 池×3 系列=合計 24 池、鉄筋コンクリート製
- ろ材（単層ろ過）： 単層珪砂 層厚 600 mm、均等係数 1.7 mm 以下
- 洗浄方式： 自己逆流洗浄（表 4-19 参照）+空気洗浄方式あるいは表面洗浄
- 付帯設備： 空洗設備（ブロワ）、下部集水装置（有孔ブロック）、排水トラフ、排水管、流入・流出・排水弁（電動弁）

表 4-18 ろ過設備の概要

	施設	仕様	数量	
			運転	予備
1	急速ろ過池	重力式単層砂ろ過	24 池	-
2	空気送風機（例）	回転式ブロワ	6 台	3 台

出典：JICA 調査団

表 4-19 ろ過池逆洗方式の比較

	逆洗ポンプあるいは高架水槽洗浄型 定量ろ過		自己洗浄型ろ過池	
概略図				
形状	ろ過池、流入渠、各種電動弁、排水渠等から構成される。		左記と同じ	
	ろ過池は独立している		全てのろ過池は連結されている	
ろ過流速	120 - 150 m/日		120 - 150 m/日	
逆洗速度と方法	0.6 - 0.8 m/分	○	0.6 - 0.8 m/分	◎
	逆洗ポンプあるいは高架水槽の圧力水により逆洗が行われる。		浄水堰と排水トラフと水位差を利用して、連結された他の池でろ過された浄水により逆洗が行われる。  逆洗ポンプあるいは高架水槽が不要である。	
流量調整	流出量と流出量のバランスのために弁が必要。	○	流出量と流出量は自然にバランスする	◎
運転維持管理	流入、流出、逆洗、排水用の電動弁が必要	○	流入、流出、排水用の電動弁が必要 (逆洗弁が不要)	◎
建設費用*	1.0	○	0.8	○
運転費*	1.0	○	0.3	◎
実績	多い	◎	比較的多い	○
総合評価	○		運転費用で有利 ◎	

\*経済性については、定量ろ過を基準である 1.0 として、他の方式はこれと比較して数値で表示した。

出典：JICA 調査団

#### 4.4.6 浄水池

基本的には、浄水量と送水量は同量である。しかしながら、2つの流量が異なる場合があり、浄水池はその水量調整のために設置される。必要容量は、日本の設計指針では一日最大送水量の1時間分以上を推奨している。3つの浄水池を計画し、1池ごとに1ヶ所後塩素の注入点を設けて、水平迂流式の迂流壁を池内に設けるものとする。

##### 【設計条件】

- 滞留時間： 浄水量の 1.0 時間分 (日本の指針 1 時間以上)
- 混和方式： 水平迂流式

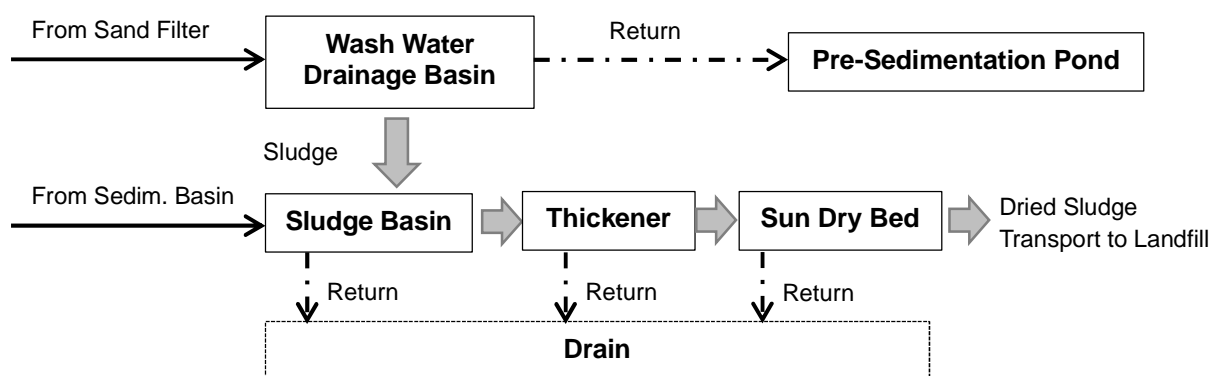
##### 【設備諸元】

- 寸法： 幅 25.0 m × 長さ 30.0 m × 水深 5.5 m (容量 4,125m<sup>3</sup>) × 3 系列、鉄筋コンクリート製
- 付帯設備： 後塩素注入点、水位計、越流管、排水設備 (管・弁)、ベンチレータ

#### 4.4.7 排水処理

排水処理方式は、原水の水質、排水の量と質、スラッジの性状、発生ケーキの処分方法、維持管理の難易、用地面積、建設費などを勘案して決定される。排水処理施設は、一般的には、排水池、排泥池、濃縮槽等から構成され、その後段に、ラグーン、天日乾燥、機械脱水等の脱水設備が付加される。

ジャーテストから汚泥の十分な沈降性が確認できたため、脱水方式として安価である天日乾燥床を採用する。濃縮槽からの排泥は全て天日乾燥床に移送し、汚泥を沈降させた後、上澄水は場内排水路に放流する。



出典：JICA 調査団

図 4-18 排水処理プロセス

##### (1) 洗浄排水池（ろ過池逆洗排水用）

洗浄排水池はろ過池の洗浄排水を一時的に貯留する。その容量は、1日に発生する逆洗水量以上である。排水ポンプは各池に設置する。

###### 【設計諸元】

- 寸法： 幅 12.0 m × 長さ 12.0 m × 有効水深 3 m × 3 系列

###### 【設備諸元】

- 洗浄排水池： 3 池、鉄筋コンクリート製
- 汚泥引抜ポンプ： 常用 6 台 + 予備 3 台（1 池当り常用 2 台 + 予備 1 台）

##### (2) 排泥池（沈殿排水用）

排泥池は、沈殿池からの排泥を受け、濃縮槽への送泥量・質の調整のために設置する。その容量は、雨季の高濁度の間に沈殿池から発生する 1 日の排泥量以上である。排水ポンプは各池に設置する。

###### 【設計諸元】

- 寸法： 幅 12.0 m × 長さ 12.0 m × 有効水深 3 m × 3 系列

【設備諸元】

- 排泥池： 3 池、鉄筋コンクリート製
- 汚泥引抜ポンプ： 常用 3 台+予備 3 台 (1 池当り常用 1 台+予備 1 台)

(3) 濃縮槽

濃縮槽は汚泥の脱水を促進させて、汚泥量を減らすために設置する。濃縮槽は、重力式、浮上式、ろ過式の大きく 3 つの方式に大別される。一般的には重力式の濃縮槽が浄水場で用いられるため、一般的な回転レーキ式を採用する。底に溜まった汚泥は自然流下で天日乾燥床へ送る。

【設計諸元】

- 寸法： 径 12.0 m×有効水深 1.5 m×3 系列

【設備諸元】

- 濃縮槽： 3 池、回転レーキ付円筒型鉄筋コンクリート製
- 汚泥引抜ポンプ： 常用 3 台 (1 池当り常用 1 台)

(4) 天日乾燥床

天日乾燥床は濃縮槽から送られる汚泥を貯留し脱水するために設置する。天日乾燥床の上澄水は自然流下で場外に排水し、汚泥は天日により乾燥させる。乾燥汚泥の搬出のために、アクセス道路を配置する。乾燥汚泥は浄水場の用地拡張の土地造成等の盛土材や処分場の覆土等に活用する。

【設計諸元】

- 寸法： 幅 15.0m×長さ 18.0m×9 床=計 2,430 m<sup>2</sup>、鉄筋コンクリート製

4.4.8 薬品注入設備

(1) ACH 注入設備

浄水場の凝集過程に使用される凝集剤は、一般的に硫酸バンドやポリ塩化アルミニウム (PAC、ACH) である。ポリ塩化アルミニウムは、硫酸バンドと比較すると凝集適用範囲が広く、水質変動に対して扱いやすい。また、YCDC は、液体 ACH を既存浄水場にて使用している。従って、既設と同方式とし、貯留タンク及び注入ポンプを設置する。

(2) ACH 注入率

本計画では、前沈殿池にて濁度の低減を図るものとしている。調査団が実施した沈降実験では、原水濁度は、静置 48 時間後に 50 NTU まで低下することが確認されている。本調査のジャーテスト結果から、注入率を下表のように設定する。

理論的には、ACH 注入量 1 mg/L につきアルカリ度 0.15 mg/L を消費するため、以下の注入率の条件下ではアルカリ度は 1~4 mg/L 低下する。これまで得られている水質データは、最低でも 20 mg/L 程度のアルカリ度を含有しているため、本計画ではアルカリ助剤は不要と判断する。

表 4-20 凝集剤の注入率の設定

前沈殿池後の濁度想定値	注入率
50 NTU 未満	5- 25 mg/L

注：注入率は詳細設計時に水質試験にて再確認が必要  
出典：JICA 調査団

### (3) 凝集剤注入設備

凝集剤注入設備の注入率は次の数値で計画する。

- 凝集剤：液体 ACH
- 注入量：1～30 mg/L
- 注入ポンプ：（常用 1 台＋予備 1 台）×3 系列
- 付帯整備：薬品貯留タンク

#### 4.4.9 消毒設備

水道水質の安全性を保つために、浄水場に塩素消毒設備を設ける。さらに、鉄・マンガン除去を考慮して3段階の塩素注入ステップを適用する。塩素の注入点とその目的は以下の通りである。

- [前塩素]：藻類の繁殖を抑制、及び原水中の鉄マンガンの除去を目的として最低限の注入率とする。
- [中間塩素]：鉄マンガンの除去、及び灌漑水路が生活排水やし尿排水等による汚染に備えて、前塩素の代替として使用する。
- [後塩素]：配水管路内への汚水流入に備え残留塩素を確保する。

塩素注入率は、EDWS 水質試験室と調査団が実施した水質試験結果を基に下表の通り設定する。

表 4-21 塩素の注入率

項目	注入率 (mg/L)		
	最大	平均	最小
前塩素	6.0	3.0	1.5
中間塩素	6.0	3.0	1.5
後塩素処理	1.0	0.5	0.25

注：注入率は詳細設計時に水質試験にて再確認が必要  
出典：JICA 調査団

薬剤は、下表から安全性を考慮して液体次亜塩素酸ナトリウムを採用する。液体次亜塩素酸ナトリウムは比較的高価ではあるものの、注入設備が簡単である。円借款フェーズ1事業の実施状況を考慮して、フェーズ2の詳細設計にて再検討が必要である。

表 4-22 塩素剤の比較

	液化塩素	市販次亜塩素酸ナトリウム	生成次亜塩素酸ナトリウム
性状	● 塩素ガスを液化しポンベに充填	● 液体	● 食塩から電気分解により製造、液体
有効塩素濃度	● 99.4%以上	● 12.0%程度	● 無隔膜法:1%程度 ● 隔膜法:5%程度
品質	● 安定している。	● アルカリ性が強い。	● 弱アルカリ。



	液化塩素	市販次亜塩素酸ナトリウム	生成次亜塩素酸ナトリウム
		<ul style="list-style-type: none"> <li>有効塩素濃度が高いほど不安定で、食塩濃度が高いほど分解されやすい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>市販次亜塩素酸ナトリウムに比べて安定している。</li> </ul>
貯蔵	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本では、「一般高圧ガス保安法」、「特定化学物質等生涯予防規則」の適用を受ける。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>12%次亜塩素酸ナトリウムの場合、濃度低下に留意。次亜塩素酸ナトリウムとして長期保管は不可。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原料塩として長期保存できる。</li> </ul>
注入設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>複雑</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>簡単</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>やや複雑</li> </ul>
留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>刺激臭のガス、毒性が強く取扱いには十分注意を要する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>次亜塩素酸ナトリウムの分解により気泡が発生する。</li> <li>ポンプ、配管内にエアロックができないように考慮する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>気泡による障害、スケアの発生が少ない。</li> <li>生成時に水素を発生するので、希釈ファンにより安全濃度まで希釈し屋外に放出。</li> </ul>
漏洩時の対策、除外設備その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>塩素ガス漏洩の場合、重大な事故に繋がる。</li> <li>小規模ではガス漏洩検知器、中和及び吸収剤の常備が必要。さらに大規模の場合中和反応等の除外設備を設ける。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯槽の防液堤が必要。</li> <li>次亜塩素酸ナトリウムが ACH と混合しないようにする（廃液も含めて）（次亜塩素酸ナトリウムと ACH の混合で塩素ガスが発生する）。漏洩時、pH が高いため危険性が大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯槽の防液堤が必要。</li> <li>水素の除去を十分に行わないと引火・爆発の危険性がある。</li> </ul>
維持管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>塩素注入機、気化器、除害設備などのメンテナンスが必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>注入設備のメンテナンスが必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電解槽注入設備のメンテナンスが必要。</li> </ul>
ランニングコスト*	0.3	1.0	1.6
総合評価	○	安全でシンプルな設備 ◎	△

※ 経済性については、市販次亜塩素酸ナトリウムを 1.0 として、他の方式はこれと比較して数値で表示した。  
出典：浄水技術ガイドライン 2010（発行（財）水道技術研究センター）より抜粋

#### 4.4.10 電気設備

##### (1) 電気設備における基本コンセプト

電気機器は IEC 国際規格や日本国内における JIS や JEC, JEM などの規格・基準に準拠し、各種試験をクリアした安全性の高いものが推奨される。一方で水供給・衛生局の既存の施設ではミャンマー製の電気機器が広く採用されていて、維持管理や増設の際に大きなメリットになっている。しかしながら調査の結果、標準試験をパスしている機器は容量の小さい変圧機器に限られており、大きな変圧器等のミャンマー製機器の採用には標準規格に基づいた試験を行い、それパスすることを確認する必要がある。なお、既存施設には危険を伴う施設はなく、基本的な保護装置が適応されており特別な装置は不要である。

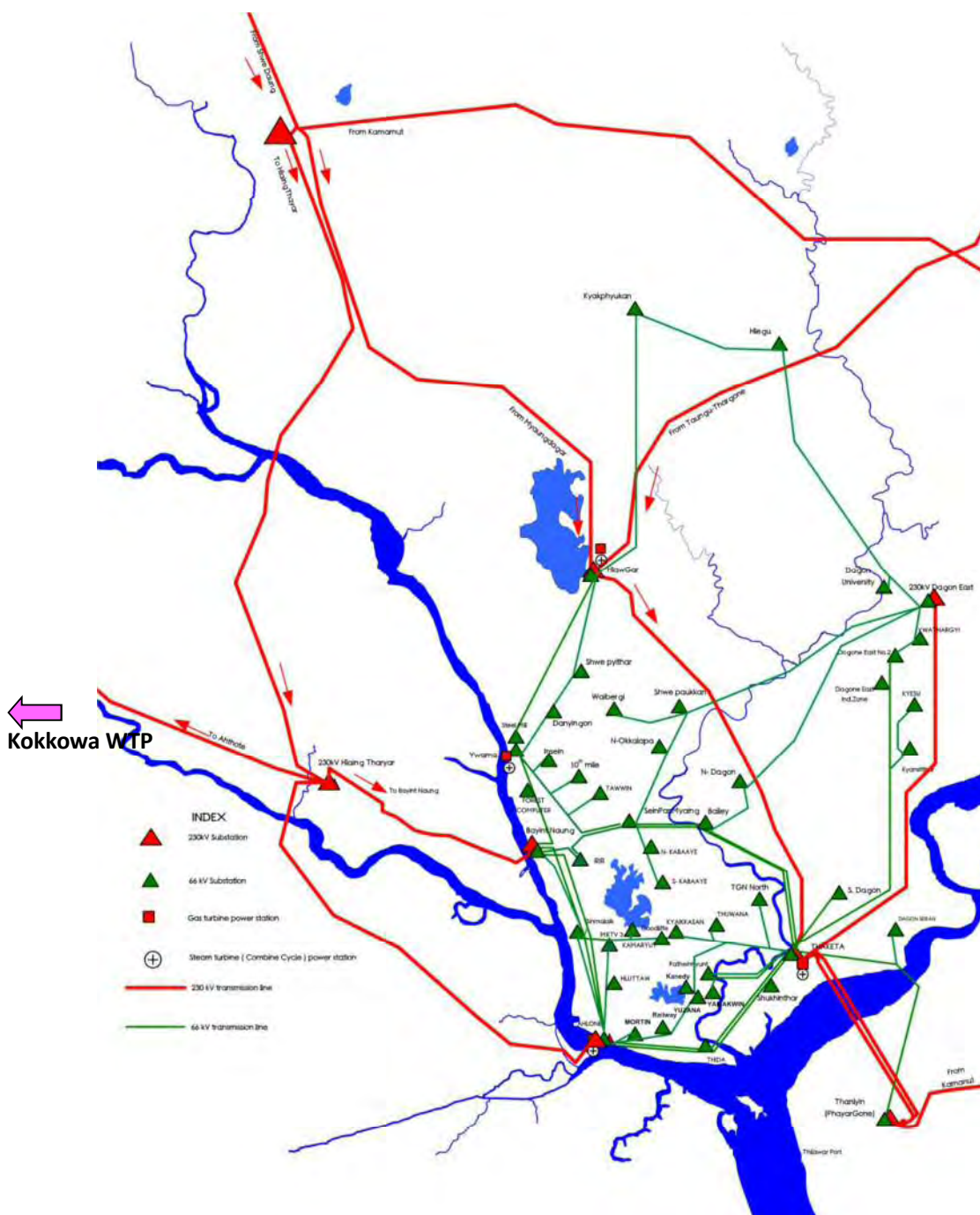
電気ケーブルの品質は施設の運転操作に大きな影響を及ぼす。ミャンマーでは通常、インド製や中国製のケーブルが用いられているが、そのほとんどは工場における工場検査報告書がなく品質に問題がある。本計画施設においては、IEC 国際規格や日本の規格に準じた試験をパスしたケーブルの採用が推奨される。

電気工事に関しては、水供給・衛生局による既存浄水場等の建設に携わったいくつかの施工業者があり、今後の維持管理や修繕等を考慮すると、本計画施設の建設においても地元業者の参画が期待されるが、その採用に当たっては安全基準を満たした業者の採用が求められる。

## (2) ヤンゴン市の電気事情

YESC は施設建設予定地において送配電を管轄する電力会社である。送電線はメインネットワークが 230 kV であり、サブネットワークが 66 kV または 33 kV で構成されている。ヤンゴン市における送電線のネットワークの概要図を下図に示す。市内の配電電圧は工業用が 6.6 kV、家庭用が 400 V であり、計画停電、事故停電を合わせて、停電は頻発している。工業地帯においても、日中はかろうじて電力供給がなされている地域もあるが、数か月間受電用のブレーカが開いたままで電源供給がなされていない地域もある。

本計画施設へは、33 kV のサブネットワーク送電線からの電源供給が求められ、YESC の基準によると接続される変圧器の容量は 1 MVA から 10 MVA までとされている。YCDC の既存水道施設にも専用線による 33 kV 架空送電されていて、24 時間の連続給電が優先的に行われている。

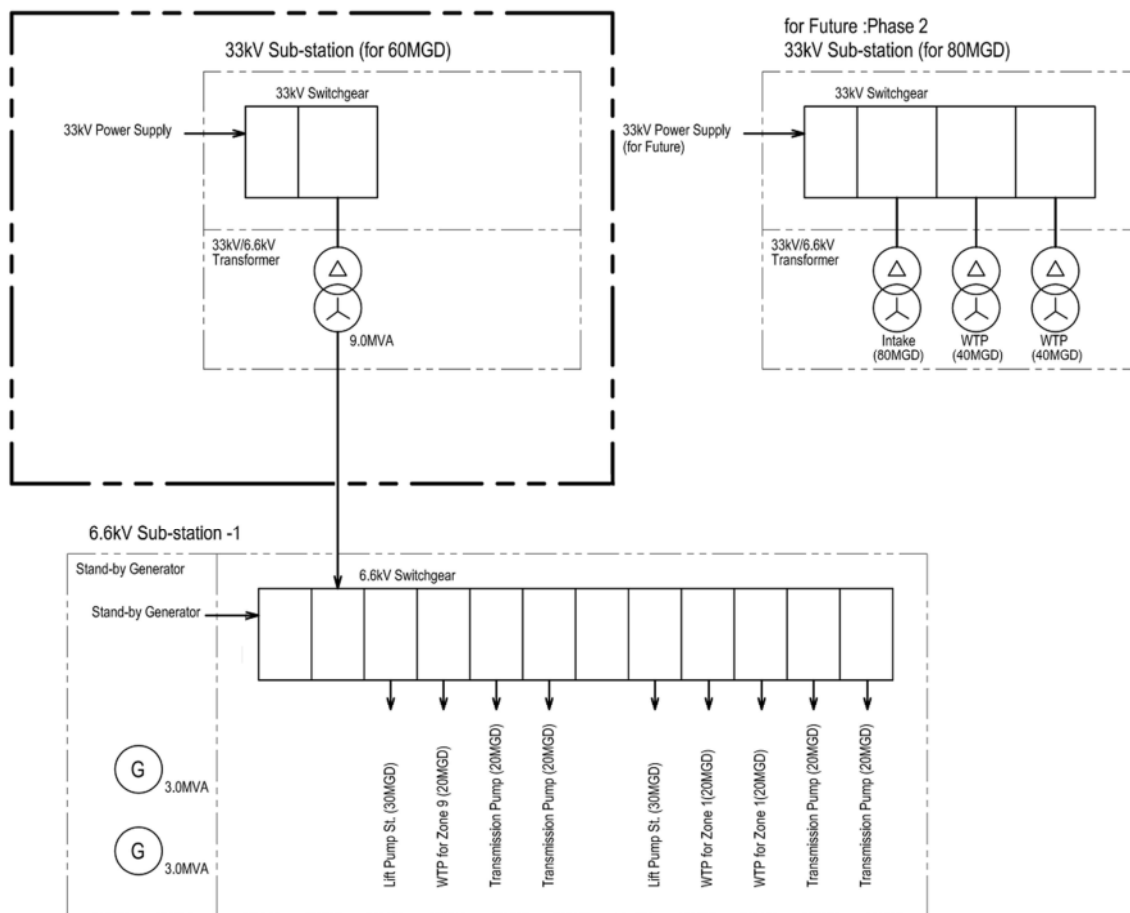


出典: YESB (現在 YESC に名称変更) Infrastructure of Yangon City Electricity Supply Board in July 2013

図 4-19 2015-16 年の YESC の 230 kV 及び 66 kV 配電網

### (3) 本施設への電源供給

浄水場の受電は、YESC から 33 kV 3 相 50 Hz で供給される。変電所は浄水場入り口付近に配置する。33 kV で受電した電圧は主変圧器によって、ポンプの高圧モーターの電圧に合うように、6.6 kV に降圧される。変圧器のタイプは屋外型自然冷却油入変圧器とする。60 MGD 浄水場の主変圧器の容量は 6.0 MVA と試算され、浄水場の全てをカバーする。電源系統図を以下に示す。



注：太枠線内は YCDC 施工区分  
出典：JICA 調査団

図 4-20 浄水場の電源系統図

#### (4) 電源計画 (33 kV 送電線)

ヤンゴン市では電源供給は YESC が管轄しており、新規受電には YESC の許認可が必要になる。YCDC は、当該浄水場まで約 20 km の 33 kV 送電線の延線工事を条件に、新規受電の許認可を既に得ている。想定される最大需要電力 6.0 MVA に対して、承認済みの送電容量は 10.0 MVA である。

送電線の仕様と施工スケジュールを下表及び下図に示す。

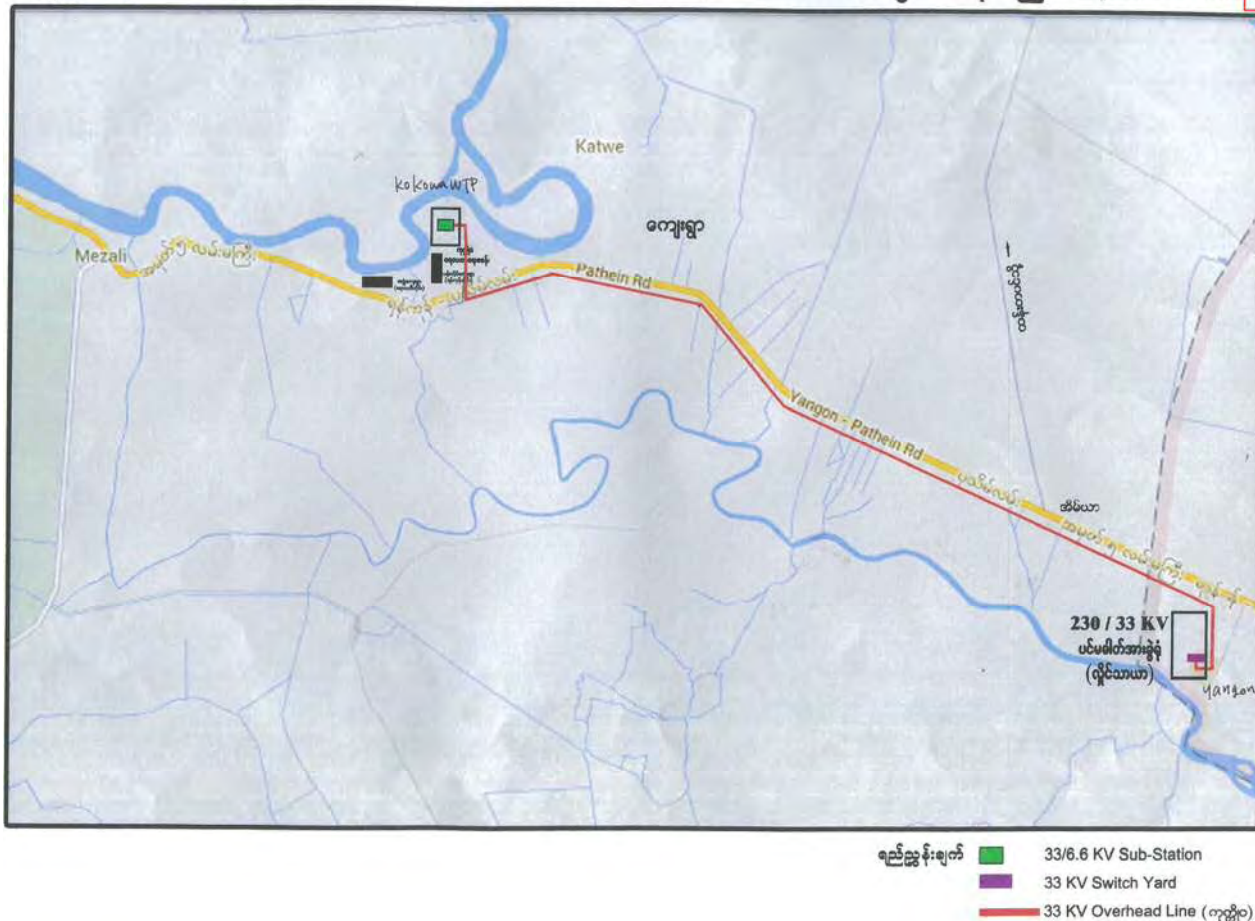
表 4-23 送電線仕様と YCDC による施工スケジュール

送電電圧	33 kV 3 相 50 Hz
送電方式	架空送電
送電容量	10.0 MVA (承認済)
短絡容量	31.5 kA
施工開始時期	2015 年 8 月
施工完了時期	2016 年 8 月

出典：JICA 調査団

YCDC による 20 km の送電線の施工後は、送電線施設は YESC に引き渡され、送電線施設に係わる維持管理は YESC によって行なわれる。従って、電源供給は原則として円借款の対象外とする。

ကုက္ကိုမြစ်ဝရေပေးဝေရေးစီမံကိန်း: 33KV Overhead Line (12.5 mile) သွယ်တန်းမည့် Layout Plan



注：ヤンゴン - パテイン道路は国道 5 号線と同じ  
出典：YCDC

図 4-21 コッコア浄水場までの送電ルート図

### (5) 非常用電源設備

受電に関して、浄水場の容量増加に伴い送電線の追加工事の計画はあるものの、二回線受電やループ受電といった電源の信頼性を高める計画はない。また架空送電を行う同様の施設の過去 10 年間の停電実績を調査したところ、2008 年のサイクロン・ナルギスの影響で一か月間以上にわたり停電した記録があるが、それを除外しても 10 時間以上の停電が 72 回、内 24 時間以上の停電が 9 回発生している。停電の理由は送電線事故や電力事情に伴う送電停止によるものである。電力事情は年々改善してきているものの、現在の状況下では安定した水供給には非常用発電機が不可欠といえる。特に本浄水場では全浄水をポンプにて送水し、大部分をポンプにより配水する計画であるため、受電の停電は直ちに水供給の停止を招くことになる。このため本計画において非常用発電設備を計画する。

発電機のタイプは現地でも実績があり、維持管理が容易に可能なラジエータ搭載型ディーゼルエ

ンジン発電機とする。発電機容量は停電時間が浄水池や配水池の貯留時間を大きく上回っていることから、取水から配水まで全ての負荷を賄えるものとし、燃料タンクの容量は、24 時間以上の停電にも補給することで対応可能なように 72 時間分とする。

非常用発電機は複数台で同期をとる必要があるため、機種を統一するために全て円借款の対象工事とする。

#### 4.4.11 SCADA (中央監視制御装置)

集約監視、自動制御、維持管理支援を目的として SCADA システムを計画する。SCADA システムは大別して、①取水・浄水施設 SCADA、②ゾーン 9 送配水施設 SCADA、③ゾーン 1 配水施設 SCADA の 3 システムに分けて計画し、それぞれ、ココア浄水場の監視室、ゾーン 9 配水池の中継ポンプ場、セントラル配水池のポンプ場に設置する。

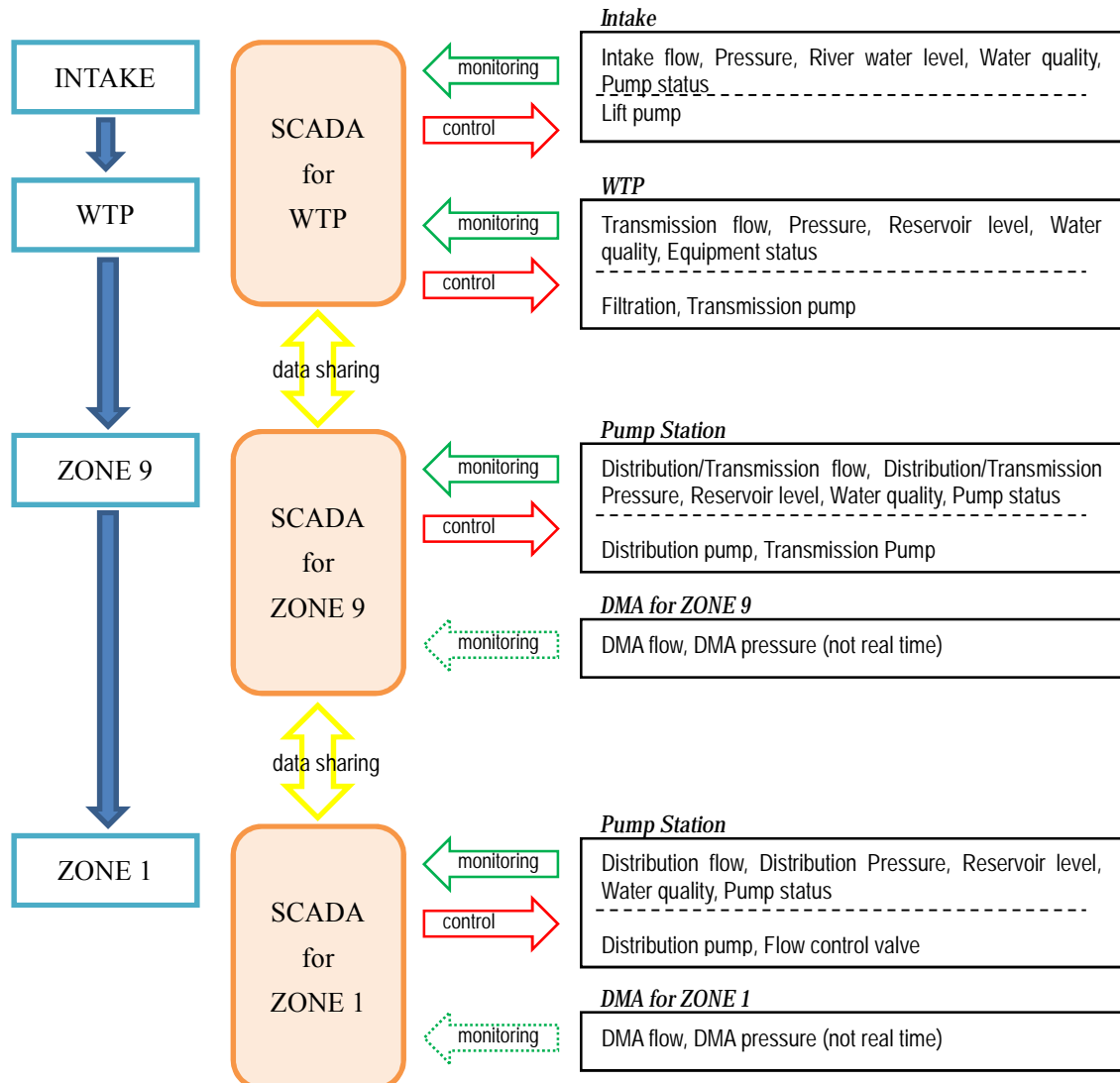
3 ヶ所のシステムを高速データ伝送が可能な通信幹線（光ケーブル）で接続し、送水流量や各種警報などの重要な信号は各システムにおいてリアルタイムで共有するものとし本事業の費用に含めるものとする。下図に各 SCADA システムにおける主な監視制御項目を示す。

また、水質基準を守るためには水質の連続的な監視が有効であり、最低限必要な水質監視項目及び計測点は下表のとおりである。

表 4-24 水質監視項目及び計測点

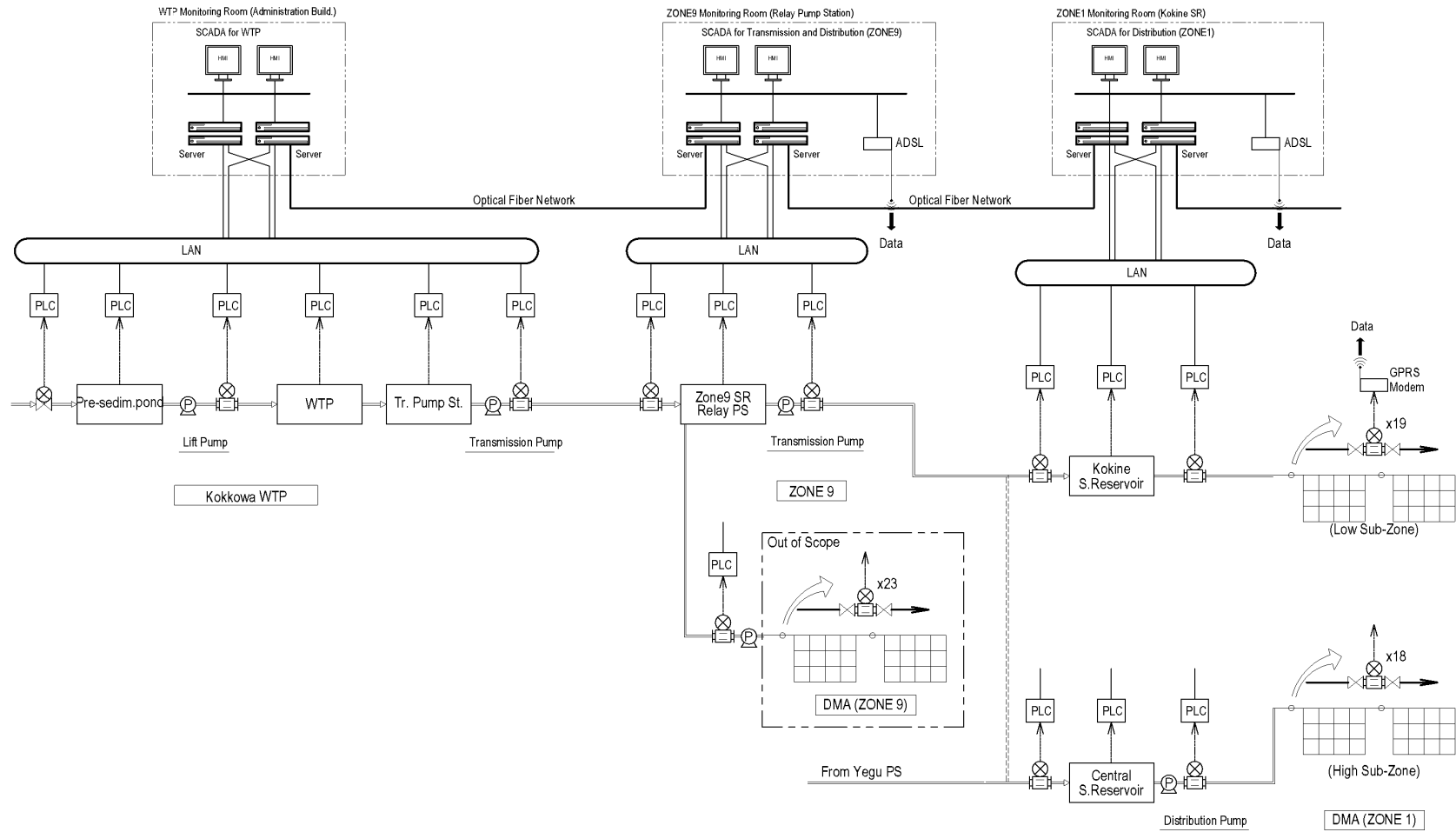
	測定箇所	監視項目と制御内容
原水	前沈殿池	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 濁度：ACH 注入量制御用</li> <li>・ pH：ACH 注入量制御用</li> </ul>
沈澱処理水	沈殿水渠	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 濁度</li> <li>・ pH</li> <li>・ 残留塩素</li> </ul>
ろ過水	ろ過池流出渠	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 濁度</li> <li>・ pH</li> </ul>
浄水	送水ポンプ後	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 濁度</li> <li>・ pH</li> <li>・ 残留塩素</li> </ul>
配水	配水池出口	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 濁度</li> <li>・ pH</li> <li>・ 残留塩素：配水末端の残塩制御</li> </ul>

出典：JICA 調査団



注：3ヶ所のシステムを結ぶ光ケーブルは本事業の計画対象である。  
出典：JICA 調査団

図 4-22 SCADA システムの概要



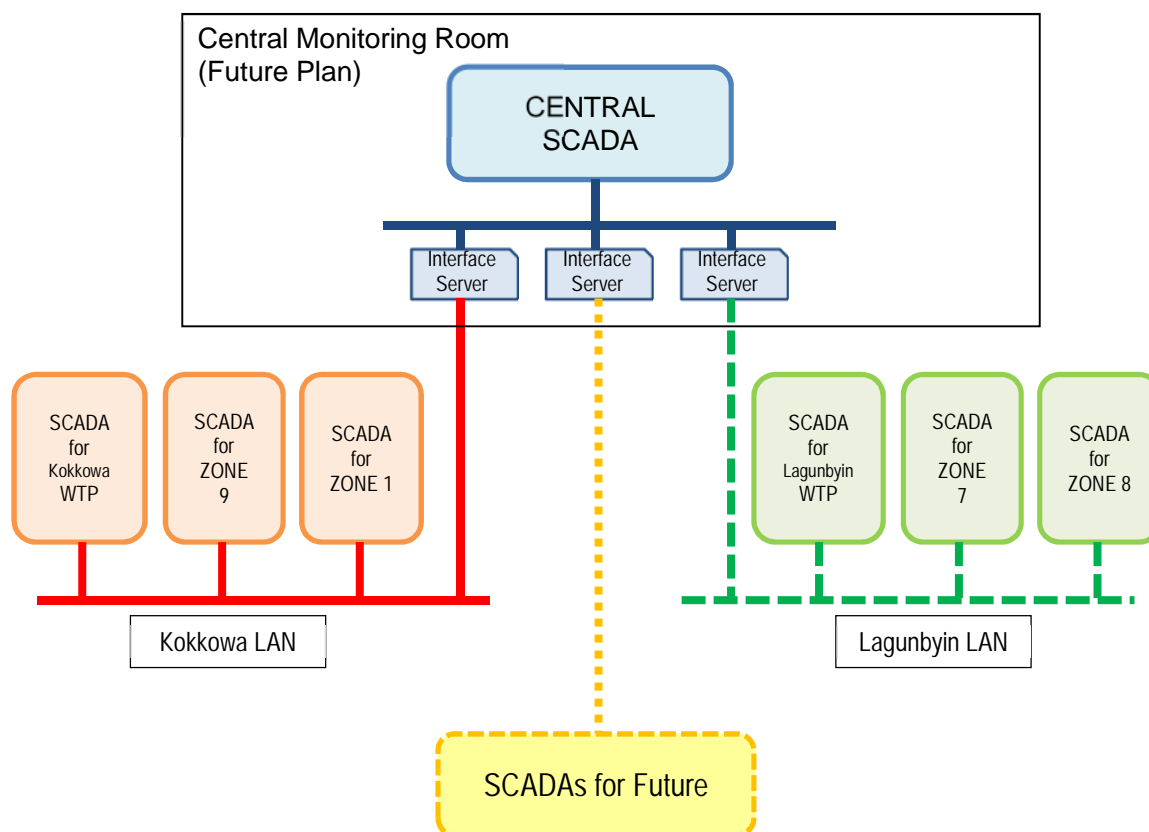
**Flow Monitoring Diagram**

Note : The values are indicative, and detailed values shall be decided in detailed design.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY YANGON CITY DEVELOPMENT COMMITTEE		JICA Study Team ENGINEERING DEPARTMENT (WATER & SANITATION)		PROJECT	Preparatory Survey for Greater Yangon Water Supply Improvement Project Phase II (Kokkova River)	Scale	NTS
DRAWN BY	DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	TITLE	General Flow Monitoring Diagram	Drawing No.	SCADA
-	-	-	-			Date	30 June 2016



将来は、ヤンゴン市内広域に点在する各浄水場、各配水ゾーンにおいて、それぞれ独立した SCADA システムの導入が計画されている。各配水ゾーンの水バランスを監視し各浄水場からの水供給を包括的に制御するために、これらの SCADA システムを統合した中央集約システムの導入が推奨される。将来においてシステムの集約を容易に実現するためには、オープンプロトコルやオープンデータベース、OPC サーバー等の標準機器で構成される開放型システムの構築が求められる。本事業の SCADA システムは開放型システムが設計される予定であるが、将来の他プロジェクトにおいても同様の開放型システムによって構築されることが推奨される。将来におけるシステム集約の概念図を下図に示す。



出典：JICA 調査団

図 4-23 将来におけるシステム集約の概念図

#### 4.4.12 管理施設

管理施設は、維持管理に欠かせない下表の施設から構成される。

表 4-25 管理施設

施設名	内容
中央管理棟	中央監視室 (SCADA 室) : 無停電源 UPS 装置
水質試験室	少なくともジャーテストが実施可能なサイズ
場内給水	送水ポンプ棟からユニットポンプで分岐
倉庫	薬品貯蔵庫兼用
工作室	ポンプ補修用
駐車場	
守衛室	
外周道路 (仮設)	コンクリート舗装+緑地帯: 盛土の沈下を考慮し完成は先送りする。
外周フェンス	鋼製あるいはレンガ造のフェンス (敷地境界上)

出典: JICA 調査団

## 第5章 送水施設

### 5.1 計画概要

#### (1) 計画概要

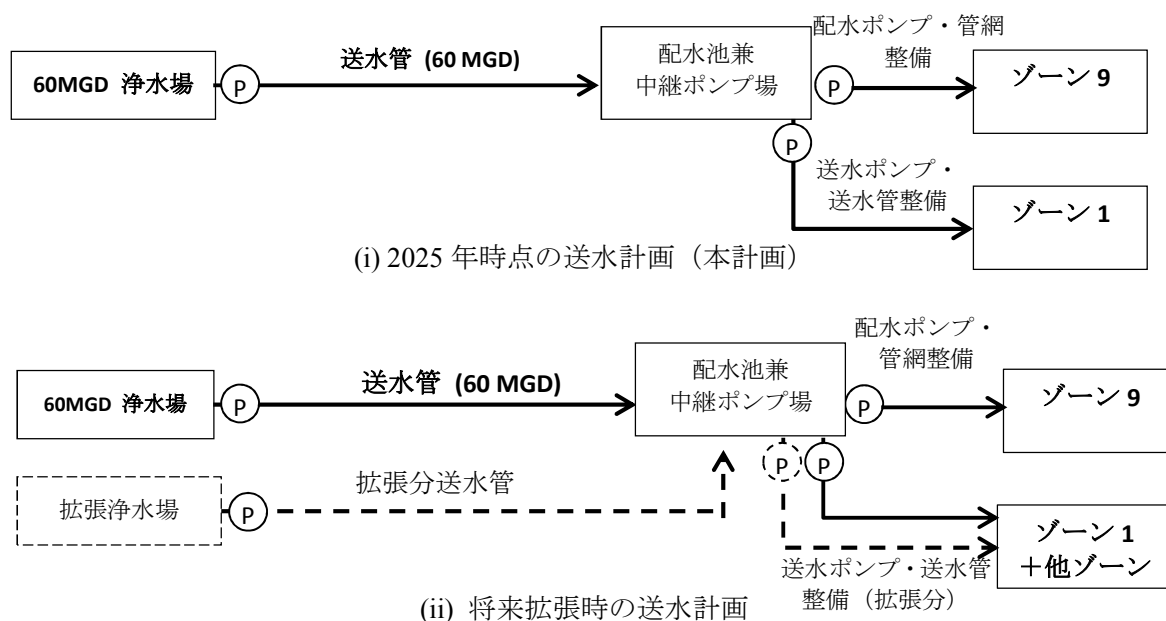
本施設は、ココア浄水場にて浄水処理された浄水をゾーン9配水池へ送水するための施設である。2014-JICA水道MPでは、本調査の目標年である2025年時点には、施設能力60MGDのココア浄水場から配水ゾーン1及び配水ゾーン9へ送水する計画である。また、将来は浄水場を拡張し、ライン川以東の他の配水ゾーンへも送水を行う計画である。

立地条件から浄水場からライン川以東の配水ゾーンへの送水は配水ゾーン9を通過すること、また、浄水場から各々の配水ゾーンまでの距離は遠距離であることなどから、ココア浄水場の浄水は全てゾーン9配水池で一旦受水し、そこから他の配水ゾーンへ送水する。このため、ゾーン9配水池は他の配水ゾーンへ送水するための中継ポンプ場の機能を兼ね備えた施設となる。

#### (2) 水運用の概要

2025年には、ココア浄水場からゾーン9配水池兼中継ポンプ場へ56MGDの浄水を送水し、そこから配水ポンプにより配水ゾーン9（需要量19MGD）へ配水する。また、残る37MGDは配水ゾーン1のココア配水池へ送水する。そのため、本施設の計画規模は60MGDとする。

なお、将来的には、ココア浄水場は施設能力140MGDまで拡張される計画である。拡張分に対する追加の送水施設は、浄水場の拡張に合わせて建設する。



出典：JICA 調査団

図 5-1 段階的なゾーン9配水池兼中継ポンプ場への送水計画

### (3) 送水管敷設ルート及び占用位置

2025年までの60MGDのコックア浄水場の建設に伴い、国道5号線沿いに以下の大口径送水管の布設を計画する。

- ・ 浄水場からゾーン9配水池兼中継ポンプ場への送水管（本事業）
- ・ ゾーン9配水池兼中継ポンプ場から配水ゾーン1への送水管（本事業）
- ・ ゾーン9配水池兼中継ポンプ場から配水ゾーン9内の配水本管（YCDC独自事業）

国道5号線は浄水場と配水ゾーン9を結ぶ唯一の道路であり、上記の管路は国道5号線沿いの布設を計画する。これら送水管の布設ルート及び占用位置は、添付図書-7に詳述する。

本章の第1節にて、配水ゾーン9への送水施設について述べ、第2節にて配水ゾーン1への送水施設について述べる。

## 5.2 配水ゾーン9のための送水施設

### 5.2.1 計画方針

#### (1) 送水施設の計画規模

コックア浄水場の施設能力60MGDに合せ、本送水施設は60MGDで計画する。浄水場とゾーン9配水池の標高差から、送水ポンプが必要であり、送水ポンプ施設と約21.4kmの送水管路を計画する。

#### (2) 送水管の口径選定

ポンプ圧送管の口径は、流速1～3m/sの範囲内とし、必要となるポンプ揚程を考慮して選定する。

#### (3) 送水ポンプ設備の計画

##### a) 送水ポンプ形式の選定

ヤンゴンにおける実績を考慮して、横軸両吸込渦巻ポンプを基本とする。なお、本形式は、ポンプ効率が良く、経済性、維持管理性にも優れ、水供給・衛生局は本型式の扱いを熟知している。

##### b) 送水ポンプ台数

送水ポンプ台数は、建設コストを考慮し決定する。最小常用ポンプ台数は、需要変動への追従性を考慮し2台とする。

##### c) ウォーターハンマー対策

ウォーターハンマー対策として、フライホイール方式もしくはサージタンク方式による対策がある。本調査では維持管理性に優れ、かつ本邦優位技術であるフライホイール方式を推奨する。なお、同方式は既にラグンビンの取水ポンプ場において導入されている。

d) 需要変動への対応

ゾーン9配水池兼中継ポンプ場への送水は、浄水場と配水池が1対1の関係にあるためポンプのオン・オフ制御とし、回転数制御などの高度な制御システムは導入しない。

5.2.2 送水施設計画

(1) 送水管

a) 送水管の口径及び揚程

送水管の口径及び揚程は水理計算により算出する。水理計算の結果、60 MGDの送水のために送水管口径はφ1600 mmとなる。

【水理計算書は添付図書-6 参照】

- ・ 送水量 : 60 MGD
- ・ コッコア浄水場 LWL : +3.20 m
- ・ ゾーン9配水池 HWL : +3.00 m
- ・ 送水管延長 : 21,350 m
- ・ 計算式 : ヘーゼン・ウィリアムズ式、流速係数 C=110
- ・ 残存水頭 : 5.0 m 以上
- ・ ポンプ周り損失 : 0.5 m
- ・ ポンプ揚程の上限 : 100 m

表 5-1 水理計算結果

項目	結果
管路口径	φ1600 mm
流速	1.57 m/s
管路損失水頭	32.39 m
送水ポンプ揚程	38.0 m

出典：JICA 調査団

(2) 管材質の選定

管材質としては鋼管、ダクタイル鋳鉄管およびHDPE管が挙げられる。本送水管は配水ゾーン9および配水ゾーン1における重要な施設の一つであり求められる強度および耐久性から、HDPE管は採用せず、鋼管とダクタイル鋳鉄管を比較する。φ1600 mmの管材質の比較を下表に示す。鋼管とダクタイル鋳鉄管を比較の結果、施工性では劣るが、工事費が安価であり比較優位で有利な鋼管φ1600 mmを推奨する。しかしながら、鉄の材料価格は常に変化するため、材質の決定は詳細設計時のコスト分析および工法の検討の後に決定されるべきである。

表 5-2 口径 1600 mm の管材質の比較

項目	鋼管(SP)	ダクタイル鋳鉄管(DCIP)	比較評価
強度	管体強度が大きく、靱性に富み、衝撃に強い。	管体強度が大きく、靱性に富み、衝撃に強い。	同等
耐久性	耐久性がある。	耐久性がある。	同等
施工性	溶接継手は、専門技術が必要。	施工性が良い。	DCIPが有利
工事単価 (直接工事費)	222 千円/m	276 千円/m	SPが有利
推奨	施工性は劣るが、価格がダクタイ	単価が高く、比較優位の面で不	SPが有利

項目	鋼管(SP)	ダクタイル鋳鉄管(DCIP)	比較評価
	ル鋳鉄より管安く、比較優位の面で有利。	利。	

出典：JICA 調査団

### (3) 送水ポンプ計画

#### a) 計画流量

送水ポンプ設備の計画流量は 60 MGD としゾーン 9 配水池兼中継ポンプ場へ送水する。2025 年以降の増量分は、浄水場の拡張時に伴いポンプ場が追加される。

#### b) 送水ポンプ設備計画

常用ポンプ 3 台及び予備ポンプ 1 台を計画する。

表 5-3 配水ゾーン 9 送水ポンプ計画

項目	仕様	備考
送水ポンプ	20 MGD (63.1 m <sup>3</sup> /分)×38 m×720 kW×4 台 (内予備 1 台) 横軸両吸込渦巻ポンプ、オン・オフ制御方式	全て円借款対象

出典：JICA 調査団

## 5.3 配水ゾーン 1 のための送水施設

### 5.3.1 計画概要

本調査対象の本施設は、2025 年を目標年度に、ゾーン 9 配水池兼中継ポンプ場から配水ゾーン 1 のコカイン配水池へ送水するための施設である。当該 MP では、2025 年にココア浄水場からコカイン配水池及びセントラル配水池の両配水池へ送水し、ココア浄水及び貯水池系の水がコカイン配水池で混合され配水される計画であった。しかし、YCDC は WHO ガイドライン値に従い 1NTU の上水供給を目指しており、それを実現するために、JICA と YCDC との協議の結果、ココアの浄水はコカイン配水池へ、貯水池系の水はセントラル配水池へ別々に送水し、水源を混合させない計画が合意された。この協議結果に基づき、ココア川浄水は、ココア浄水場からゾーン 9 配水池兼中継ポンプ場を経由して、同ポンプ場からコカイン配水池に送水するものとする。他方で、セントラル配水池はイエグポンプ場を経由する貯水池系の水を受ける計画とする。

ゾーン 9 配水池兼中継ポンプ場及び配水ゾーン 1 の配水池間の標高差からポンプ設備が必要であり、中継ポンプ場からコカイン配水池への送水施設として、約 20 km の送水管と、中継ポンプ場における送水ポンプ設備を計画する。

### 5.3.2 水運用の概要

#### (1) 浄水場建設計画の変更に伴う送水計画の変更

当該 MP では、ココア浄水場の施設能力は 2025 年までに 60 MGD、2040 年までには 240 MGD まで拡張する計画である。しかしながら前述の第 4 章の通り、YCDC はココア浄水場に加え、新たにパンライン浄水場の建設も計画しており、将来には両浄水場から配水ゾーン 9、かつヤン

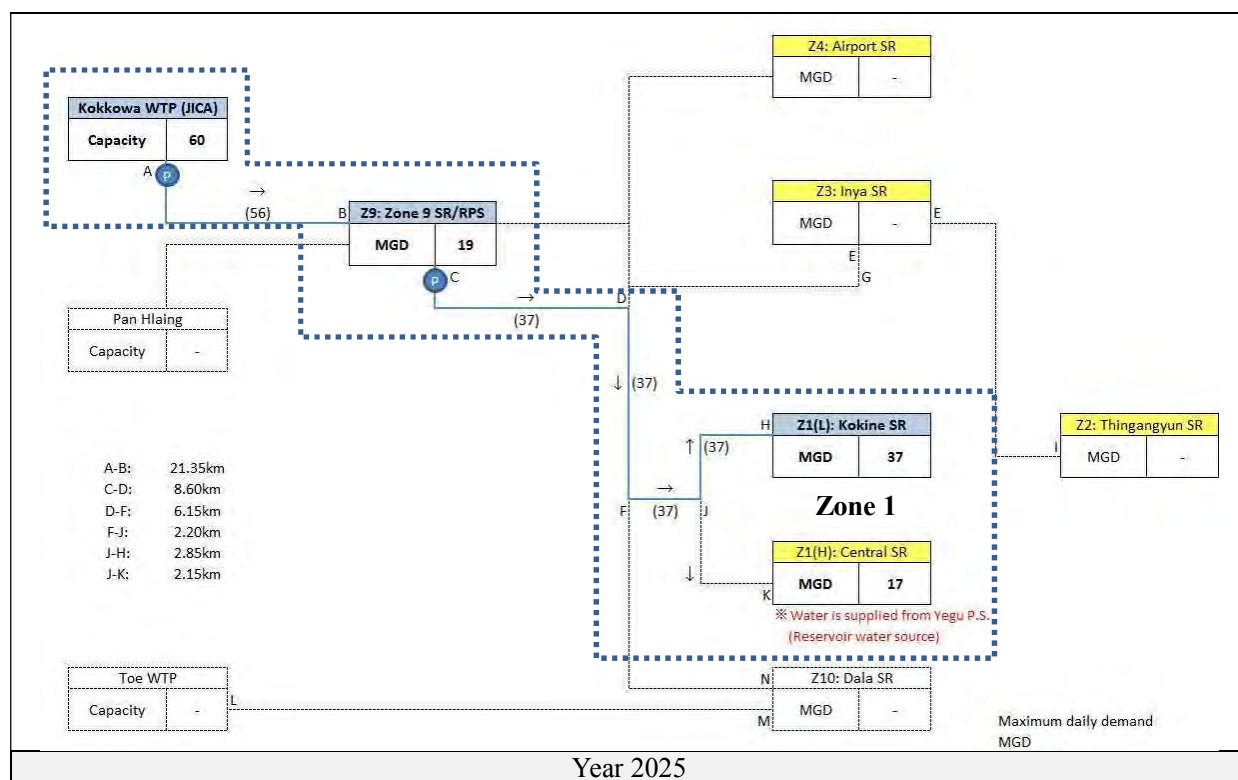
ゴン市の複数の配水ゾーンへの送水が必要となる。

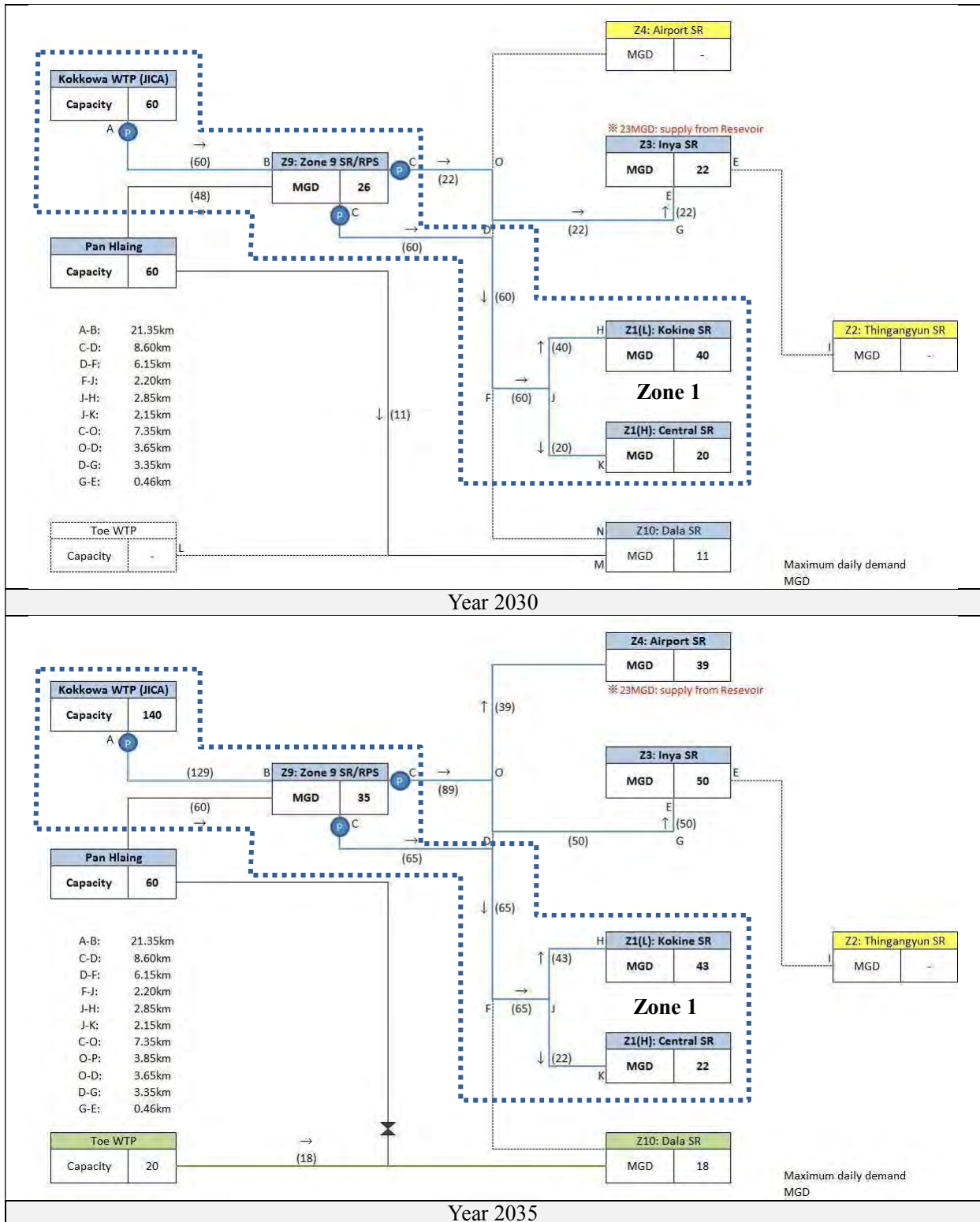
複数の浄水場から複数の配水池への送水は、一般的にポンプの運転管理が複雑になる。水運用を容易にするために、両浄水場からの送水は、ゾーン9配水池の敷地内に中継ポンプ場を設けそこで一旦受ける計画に変更する。各浄水場からの送水管は、ココア浄水場から国道5号線沿いに1系統、パンライン浄水場から1系統とし個別に計画する。将来には両浄水場からヤンゴン市内の複数の配水ゾーンへの送水は、中継ポンプ場を経由する計画とする。

## (2) 配水ゾーン1の水運用

送水施設は2025年から2035年にかけての水需要の増加、並びに浄水場の施設能力を考慮して計画する。各段階の水運用を以下に述べる。

- ・ **2025年:** ココア浄水場からゾーン9配水池兼中継ポンプ場に56MGDを送水し、さらに中継ポンプ場から送水ポンプにより37MGDをココイン配水池へ送水する。また、イエグポンプ場からセントラル配水池に17MGDを送水する。
- ・ **2030年:** ココア浄水場及びパンライン浄水場から、それぞれ60MGD、48MGDをゾーン9配水池兼中継ポンプ場へ送水し、そのうち26MGDは配水ポンプにより配水ゾーン9へ配水する。残りは、中継ポンプ場から配水ゾーン1及び3の配水池へ送水する。
- ・ **2035年:** ココア浄水場から129MGD、パンライン浄水場から60MGDをゾーン9配水池兼中継ポンプ場へ送水し、そのうち35MGDは配水ポンプにより配水ゾーン9へ配水する。残りは中継ポンプ場から配水ゾーン1、3及びゾーン4の配水池へ送水ポンプにより送水する。





出典：JICA 調査団

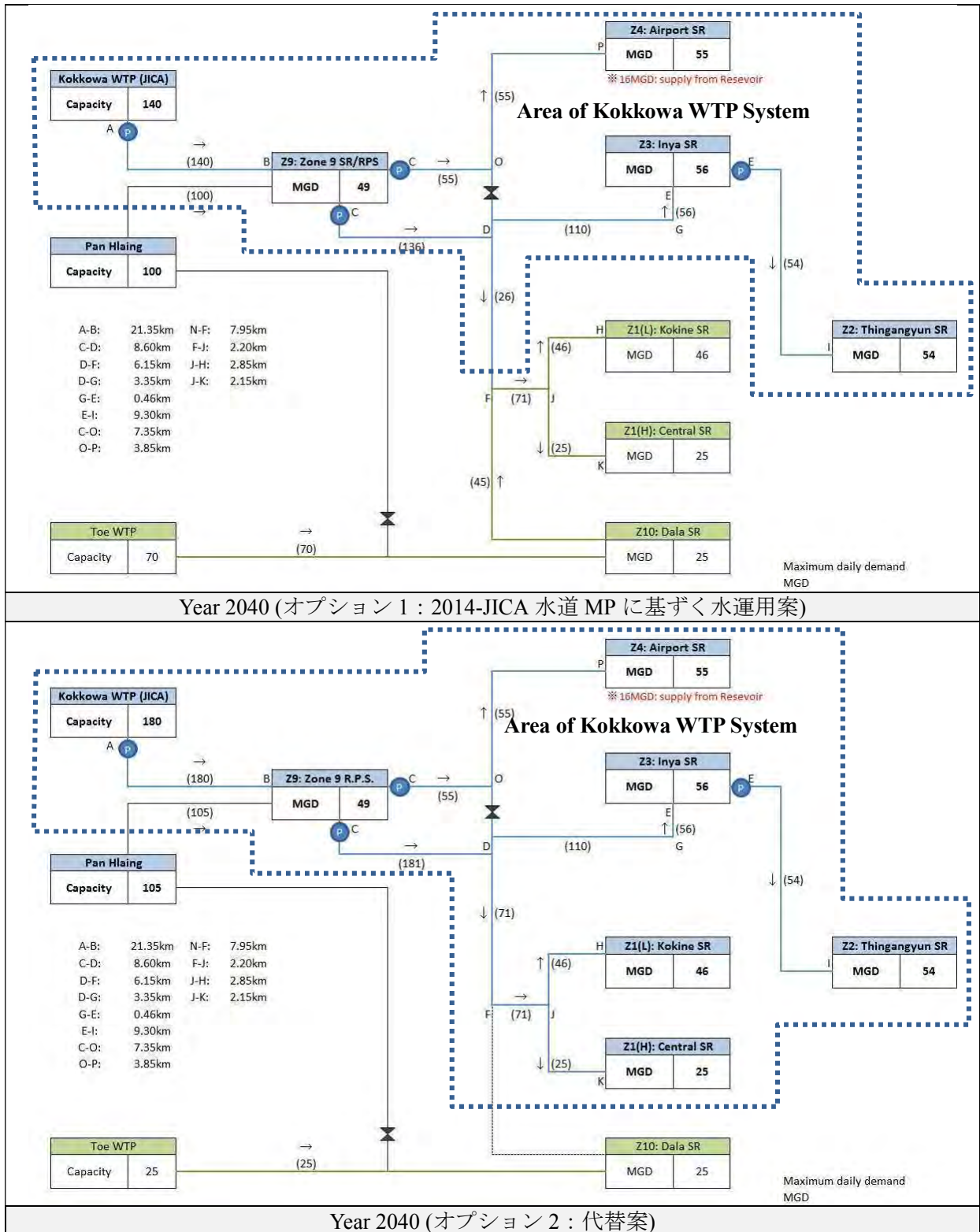
図 5-2 水運用模式図 (2025~2035 年)

(3) 2040 年における配水ゾーン 1 の水運用

2040 年の配水ゾーン 1 への水運用は 2 つのオプションが想定される。オプション 1 はトゥ浄水場から、オプション 2 は中継ポンプ場からであるが、現時点ではパンライン浄水場の計画が定まっておらず水運用を確定することは時期尚早である。そのため、本調査では送水施設計画を 2035



年までの水運用に基づき計画し、2040年の水運用は参考として検証するに留める。



出典：JICA 調査団

図 5-3 2040年の水運用模式図

#### (4) システム変更のための水運用

配水ゾーン1において、既存の貯水池系の水供給システムからココア浄水場の河川系へのシステムへと変更する過程で、コカイン配水池の点検・修理工事のために、一時的に中継ポンプ場から配水ゾーン1への直接配水が必要である(第7章参照)。このため、中継ポンプ場から配水ゾーン1への一時的な直接配水を考慮して中継ポンプ場の施設を計画する。

#### (5) 配水ゾーン1の送水管

中継ポンプ場は将来、配水ゾーン1以外の配水ゾーンへも送水する計画であり、当該MPでは配水ゾーン1~4の4つの配水ゾーンと接続する2系統の送水管が計画されている。後述の5.3.4(3)に述べるように過剰な初期投資を避けるため、2系統の送水管網のうち1系統は配水ゾーン1専用管とする。配水ゾーン1以外の配水ゾーンへの送水施設は、将来計画(2025年以降)とする。

### 5.3.3 計画方針

#### (1) 送水施設の計画能力

##### a) 浄水場から中継ポンプ場

ココア浄水場の施設能力は2025年までに60MGD、2035年までに140MGDまで拡張する計画である。浄水場拡張用の送水管として、80MGDの送水管を考慮して、60MGDと80MGDの2系統の送水管をココア浄水場とゾーン9配水池兼中継ポンプ場との間に計画する。

表 5-4 計画送水量(浄水場~ゾーン9配水池/中継ポンプ場)

年	送水量	送水元	送水先	口径(資金)
2025	<b>56 MGD</b>	ココア	ゾーン9配水池/中継ポンプ場	<b>①φ1600 (JICA)</b>
2030	<b>60 MGD</b> 48 MGD	ココア パンライン		<b>①φ1600 (JICA)</b> *②φ1600(YCDC)
2035	<b>60 MGD</b> 60 MGD 69 MGD	ココア パンライン ココア		<b>①φ1600 (JICA)</b> *②φ1600(YCDC) ③φ1800 (YCDC)

※：動水勾配2パーミリ以下の条件で試算した口径  
出典：JICA 調査団

##### b) 中継ポンプ場から配水ゾーン1、3及び4

中継ポンプ場からヤンゴン市部への計画送水量は下記表の通りである。送水施設は計画送水量及び送水先の増加に対応できるように計画する。

表 5-5 計画送水量(中継ポンプ場~ゾーン1,3,4配水池)

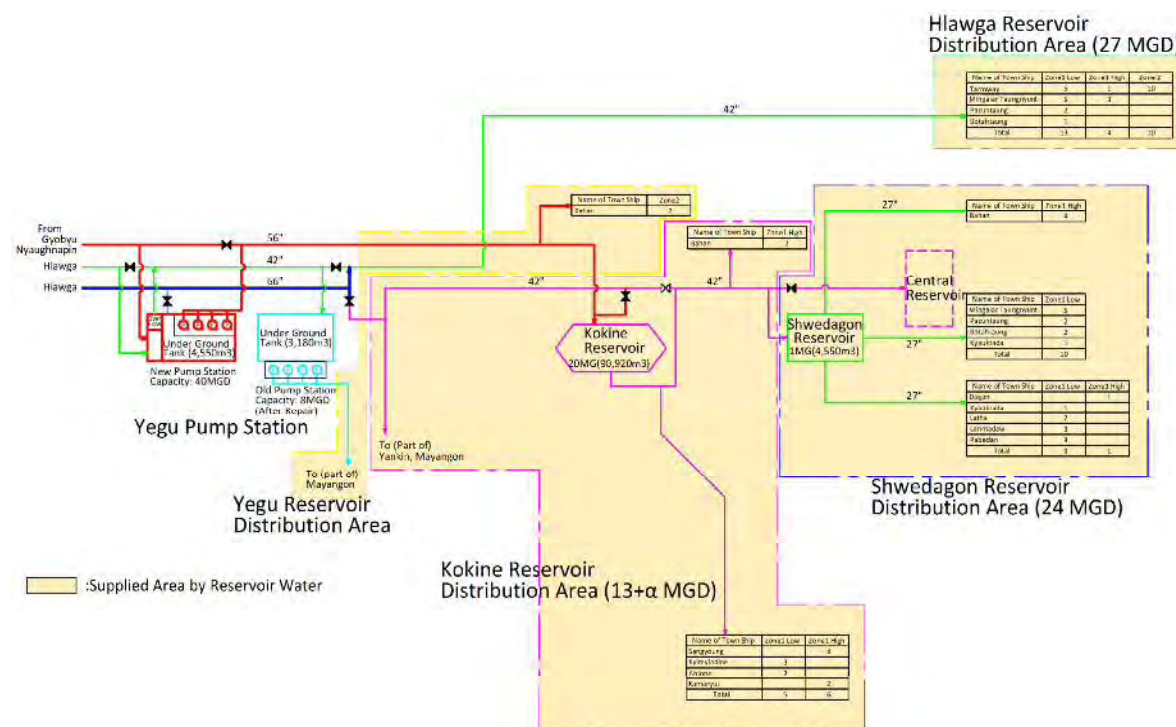
年	送水量	送水元	送水先	口径(資金)
2025	<b>37 MGD</b>	ゾーン9配水池兼中継ポンプ場	コカイン配水池(ゾーン1)	<b>①φ1600,1400 (JICA)</b>
2030	<b>40 MGD</b> 20 MGD 22 MGD		コカイン配水池(ゾーン1)	<b>①φ1600,1400 (JICA)</b>
			セントラル配水池(ゾーン1) インヤ配水池(ゾーン3)	②φ1000 (YCDC) ③φ1800,1600 (YCDC)
2035	<b>43 MGD</b> 22 MGD 50 MGD 39 MGD	コカイン配水池(ゾーン1)	<b>①φ1600,1400 (JICA)</b>	
		セントラル配水池(ゾーン1)	②φ1000 (YCDC)	
		インヤ配水池(ゾーン3) 空港配水池(ゾーン4)	③φ1800,1600 (YCDC) ④φ1500 (YCDC)	

出典：JICA 調査団

c) イェグポンプ場からセントラル配水池

イェグポンプ場には新旧2系統のポンプ場があり、ジョビュー貯水池、ロウガ貯水池及びニャウフナピン浄水場からの貯水池系の水は新ポンプ場の地下タンクへ送られ、そこから既設56インチ管を通じてココイン配水池へと送られる。さらにシュエダゴン・パゴダ配水池へも送られて、そこからダウンタウンへと配水されている。既設56インチ管は途中でバハン・タウンシップの一部への配水も担っている。

新ポンプ場タンクの越流水は旧ポンプ場の地下タンクへと送られて、そこからポンプによりマヤンゴンTSへ配水している。



出典：JICA 調査団

図 5-4 イェグポンプ場以降の既存水道システム

イェグポンプ場からセントラル配水池への2025年までの送水量は下表の通りである。それ以降の将来はセントラル配水池へはココア川浄水が送水される計画であるため、イェグポンプ場からの送水は不要となる。

表 5-6 イェグポンプ場からの計画送水量

年	送水量	送水先
2025	17 MGD	配水ゾーン1 (セントラル配水池)

出典：JICA 調査団

(2) 送水管の口径選定

5.2.1 (2)参照のこと。

### (3) 送水ポンプ場施設計画

a) 送水量の増加を考慮した送水設備規模

ポンプ場の規模は図 5-2 の水運用模式図に基づき計画する。

b) 送水ポンプ形式の選定

5.2.1(3)、a)参照のこと。

c) 送水ポンプ台数

5.2.1(3)、b)参照のこと。

d) ウォーターハンマー対策

5.2.1(3)、c)参照のこと。

e) 中継ポンプ場のポンプ制御方式

中継ポンプ場は 2030 年までに 2 ヶ所の配水池に送水するため、それぞれの配水池の水位および送水量を監視しながら運転しなければならないため、ON/OFF 制御による送水ポンプの運転は困難である。また、各々の配水池は、水需要の季節変動や配水管網の整備状況により送水量が変動するため、送水ポンプの運転操作はより複雑になる。ポンプ運用を容易にし、エネルギー効率を上げるために、複合制御が可能な回転数制御方式を導入する。

f) イェグポンプ場のポンプ制御方式

イェグポンプ場とセントラル配水池は 1 対 1 の関係にあり既存設備が ON/OFF 制御方式のため、イェグポンプ場の送水ポンプは ON/OFF 制御方式を導入する。

### 5.3.4 送水施設計画

#### (1) 送水管路

a) 中継ポンプ場・コカイン配水池間の送水管口径及びポンプ揚程

- ・ 中継ポンプ場から配水ゾーン 1 配水池への送水量
  - 2025 : 37 MGD
  - 2030 : 60 MGD
  - 2035 : 65 MGD
- ・ 中継ポンプ水槽 LWL : -3.00 m
- ・ 送水先 HWL
  - コカイン配水池 (配水ゾーン 1) : +42.60 m
  - セントラル配水池 (配水ゾーン 1) : +41.94 m
- ・ 計算式 : ヘーゼン・ウィリアムズ式、流速計数 C=110
- ・ 残存水頭 : 5.0 m 以上
- ・ ポンプ周り損失 : 0.5 m
- ・ ポンプ揚程の上限 : 100 m

表 5-7 水理計算結果

項目	施設概要	備考
口径/延長	φ1600 mm x 16.95 km φ1400 mm x 2.85 km φ1000 mm x 2.15 km	計: 21.95 km
ポンプ揚程	87.0 m	2035 年推測値に基づく

出典：JICA 調査団

b) イェグポンプ場・セントラル配水池間の送水管口径及びポンプ揚程

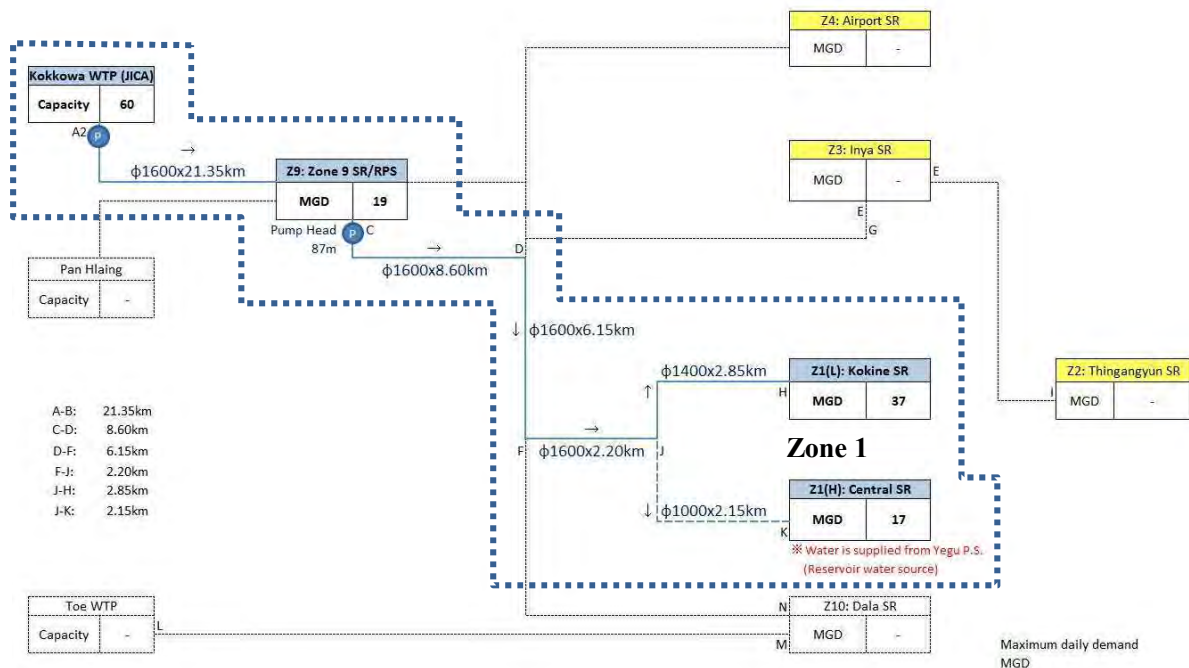
水理計算の結果により、既設管路による送水はポンプの揚程の変更(ポンプ更新)が必要である。さらに不断水分岐工法による既存のφ1400及びφ1050管の接続工事が必要となる。

- ・ 2025年のイェグポンプ場からセントラル配水池への送・配水量
  - 送水量 : 17 MGD
  - 配水量 : 5.1 MGD (バハン・タウンシップ分)
- ・ 管口径/延長 : φ1400 x 5,360 m, φ1050 x 2,670 m (既存)
- ・ ポンプ揚程 : 47.0m (既存)
- ・ イェグポンプ場 LWL : +3.70 m
- ・ 送水先 HWL : +41.94 m
- ・ 計算式 : ヘーゼン・ウィリアムズ式、流速計数 C=110
- ・ 残存水頭 : 5.0 m 以上
- ・ ポンプ周り損失 : 2.0 m

表 5-8 水理計算結果

項目	施設概要	備考
管口径/延長	φ1400 mm x 5.36 km φ1050 mm x 2.67 km φ1050 mm x 0.15 km	既存管路 (イェグ-コカイン配水池) 既存管路 (コカイン-セントラル配水池) 不断分岐工法を用いた既設幹線の接続工事
ポンプ揚程	53.0 m	ポンプ更新が必要

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5-5 配水ゾーン1用の送水管路の口径 (2025年)

## (2) 管材質の選定

φ1600 mm、φ1400mm と φ1000mm の送水管の材質としては鋼管およびダクタイル鋳鉄管が挙げられる。下表に管材質の比較を示す。鋼管とダクタイル鋳鉄管を比較の結果、施工性では劣るが、工事費が安価であり比較優位で有利な鋼管を推奨する。しかしながら、鉄の材料価格は常に変ずるため、材質の決定は詳細設計時のコスト分析および工法の検討の後に決定されるべきである。

表 5-9 管材質の比較

項目	鋼管(SP)	ダクタイル鋳鉄管(DCIP)	比較評価
強度	管体強度が大きく、韌性に富み、衝撃に強い。	管体強度が大きく、韌性に富み、衝撃に強い。	同等
耐久性	耐久性がある。	耐久性がある。	同等
施工性	溶接継手は、専門技術を必要とする。	施工性が良い。	DCIP が有利
工事単価 (直接工事費)	241 千円/m (φ1600) 204 千円/m (φ1400) 118 千円/m (φ1000)	295 千円/m (φ1600) 244 千円/m (φ1400) 153 千円/m (φ1000)	SP が有利
推奨	施工性は劣るが、ダクタイル鋳鉄管より単価が安く、比較優位の面で有利。	単価が高く、比較優位の面で不利。	SP が有利

出典：JICA 調査団

## (3) 中継ポンプ場の送水ポンプ施設計画

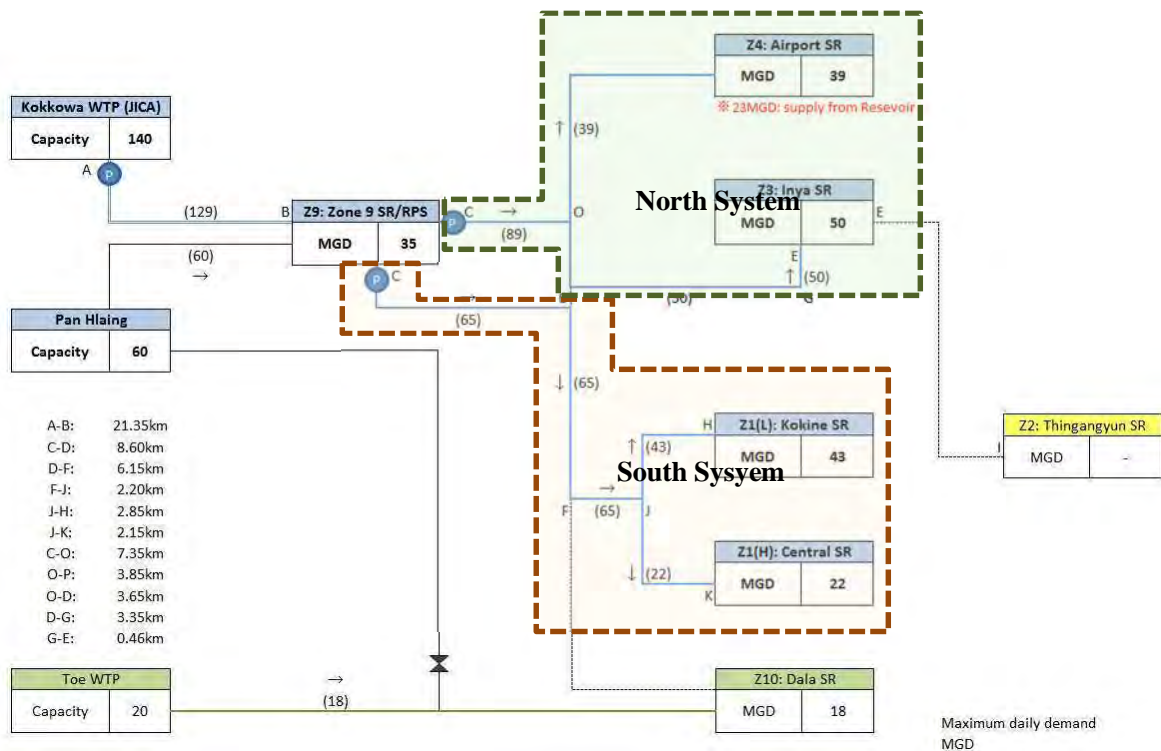
### a) 送水システムの分離

中継ポンプ場からの送水管は、将来には 2 系統の幹線となる計画である。1 系統は中継ポンプ場から南東方面へ、もう 1 系統は北東方面へ伸びて、2 つの系統はライン川を横断した後に合流する計画である。そのため、送水ポンプの構成としては下記の 2 通りの方式がある。

- 1 系統共通送水： 中継ポンプ場の共通ポンプから、2 つの幹線に送水する
- 2 系統独立送水： 中継ポンプ場の独立した 2 系統のポンプから個別に送水する（北・南系統）

下表に示す通り、中継ポンプ場と各配水池の高低差から、系統ごとにポンプ揚程が選定できるため、エネルギー効率の観点からは 2 系統独立送水が有利である。他方で、1 系統共通送水は両系統のポンプ揚程が同じであるため、非常時における水運用の面で有利である。

非常時の水運用の頻度は低いと想定されることから、通常時におけるエネルギー効率を重視する方が望ましいと考えられるため、本調査では 2 系統独立送水を採用し、本計画では、南系統の送水施設を配水ゾーン 1 の送水に利用する。



出典：JICA 調査団

図 5-6 2035 年の水運用模式図

表 5-10 送水系統化の比較

項目	1 系統共通送水	2 系統独立送水 (南系及び北系)
考え方	同揚程の送水ポンプ	北系と南系で異なる揚程のポンプ
送水先	ゾーン 1：コカイン、セントラル ゾーン 2～4	北系：ゾーン 2～4 南系：ゾーン 1
通常時	ゾーン 2～4 の配水池での残存水頭が必要以上に大きくエネルギー効率が悪い。	北系のポンプ揚程を低く設定できるため、エネルギー効率が 1 系統送水案より優れる。
非常時	ポンプ揚程が同一のため、管路事故発生時などにおいても北系と南系の相互融通は容易である。	北系のポンプ揚程が低いため、管路事故時等に、特に、北系から南系への送水の融通量は限定される。
設備計画	予備機を共有できるため、ポンプ台数は少ない。	各系統に予備機を設ける必要があるため、ポンプ台数は 1 系統案より多い。
ポンプ運転	水運用は一括して行われる。2 系統送水案より送水先が多いため、送水ポンプの運転は複雑になる。	水運用は系統ごとに行われる。各系統の送水先は 1 系統送水案より少ないため、1 系統送水案よりポンプの運転は容易である。

出典：JICA 調査団

b) 計画送水量

中継ポンプ場はココア浄水場及び新たに計画されているパンライン浄水場の浄水をヤンゴン市の中心部に送水する拠点となる。2025 年の送水先はコカイン配水池のみであるが、2030 年と 2035

年にはそれぞれセントラル配水池（配水ゾーン1）、インヤ湖近くのゾーン配水池及び空港近くのゾーン4配水池が追加される。

2035年における南系の最大送水量は65 MGDであるため、ポンプ台数はこの2035年の水運用に基づいて計画する。その上で、2025年の水運用を考慮したポンプ台数を円借款の対象施設とする。北系のポンプ台数は2035年の水需要を考慮して計画する。

表 5-11 中継ポンプ場からの送水量（南系）

年	送水量	送水先
2025	36 MGD	配水ゾーン1（ココイン配水池）
2030	60 MGD	配水ゾーン1（ココイン配水池、セントラル配水池）
2035	65 MGD	配水ゾーン1（ココイン配水池、セントラル配水池）

出典：JICA 調査団

表 5-12 中継ポンプ場からの送水量（北系）

年	送水量	送水先
2030	22 MGD	ゾーン3（Inya 配水池）
2035	89 MGD	ゾーン3、4（Inya 配水池、エアポート配水池）

出典：JICA 調査団

c) 南系ポンプ設備計画

(i) ポンプ仕様及び費用比較

ポンプ整備案の比較結果を下表に示す。比較の結果、B案が費用面で有利である。

表 5-13 ポンプ整備案の比較（南系）

項目	A案：常用3代案	B案：常用4台案	C案：常用5台案
吐出力	21.6 MGD (68.2 m <sup>3</sup> /min)	16.3 MGD (51.5 m <sup>3</sup> /min)	13.0 MGD (41.0 m <sup>3</sup> /min)
ポンプ揚程	87 m	87 m	87 m
ポンプ形式	両吸込単段渦巻ポンプ		
電動機出力	1600 kW	1250 kW	1050 kW
ポンプ台数	4台（内予備1台）	5台（内予備1台）	6台（内予備1台）
概算費用	1,378 百万円 (33.5 百万円/台)	<b>1,085 百万円</b> (21.7 百万円/台)	1,107 百万円 (18.5 百万円/台)

出典：JICA 調査団

(ii) 送水ポンプ設備計画

本送水ポンプ設備には、既存水道システムからココア浄水場システムへと送水システムを切替える期間中に、一時的に配水ゾーン1へ直接配水する能力が求められる（7章参照）。この一時的な配水のために必要な吐水量は、1.875 MG/hr（45MGD、時間最大配水量）であり、3台のポンプ運用で実現可能である。上記B案はこの需要量を満たすことができるため、B案を採用する。

表 5-14 送水ポンプ設備計画（南系）

項目	仕様等	備考
送水ポンプ	16.3 MGD (51.5 m <sup>3</sup> /min) × 87 m × 1250 kW × 5台（内予備1台） 横軸両吸込渦巻ポンプ、回転数制御方式	円借款で4台設置

出典：JICA 調査団



d) 北系の送水ポンプ設備計画

(i) ポンプ仕様及び費用比較

ポンプ整備案の比較結果を下表に示す。比較の結果、B案が費用面で有利である。

表 5-15 ポンプ整備案の比較 (北系)

項目	A案：常用3台案	B案：常用4台案	C案：常用5台案
吐出量	29.7 MGD (93.8 m <sup>3</sup> /min)	22.3 MGD (70.4 m <sup>3</sup> /min)	17.8 MGD (56.2 m <sup>3</sup> /min)
ポンプ揚程	50 m	50 m	50 m
ポンプ形式	両吸込単段渦巻ポンプ		
電動機出力	1500 kW	1000 kW	820 kW
ポンプ台数	4台 (内予備1台)	5台 (内予備1台)	6台 (内予備1台)
概算費用	1,623 百万円 (40.6 百万円/台)	<b>1,457 百万円</b> (29.1 百万円/台)	1,494 百万円 (24.9 百万円/台)

出典：JICA 調査団

(ii) 送水ポンプ設備計画

検討の結果、B案を採用する。北系送水ポンプは2030年にはゾーン3配水池（インヤ湖近く）、2035年には標高の異なるゾーン3配水池および空港ゾーン4配水池（空港近く）へ送水する計画で、送水量や送水先が年度により異なる。そのため送水ポンプの制御方式は、送水条件の変化に柔軟に対応可能で、消費電力量の削減効果が見込める回転数制御方式を提案する。

表 5-16 送水ポンプ設備計画 (北系)

項目	仕様等	備考
送水ポンプ	22.3 MGD (70.2 m <sup>3</sup> /min) × 58 m × 1000 kW × 5台 (内予備1台) 横軸両吸込渦巻ポンプ、回転数制御方式	将来計画

出典：JICA 調査団

e) 中継ポンプ井計画

(i) 中継ポンプ井容量

中継ポンプ場のポンプ井は、ゾーン9配水池と送水ポンプ井を兼用するため、配水池容量と送水調整容量を持つ施設とする。配水池容量は一日最大給水量の8時間分、ポンプ井容量は計画送水量の1時間分で計画する。

ポンプ井の規模を計画するための2040年の計画送水量は、2通り（図5-3のオプション1および2）が考えられるが、当該MPに準じたオプション1の計画送水量191MGDで計画する。各年の配水池兼ポンプ井の必要容量は下表の通りとなる。

表 5-17 配水池兼ポンプ井の必要容量

項目	2025	2030	2035	2040
配水ゾーン9一日最大給水量 (MGD)	19	26	35	49
計画送水量 (MGD)	37	82	154	191
配水池必要容量 (MG)	6.33	8.67	11.67	16.33
送水調整必要容量 (MG)	1.54	3.42	6.42	7.96
配水池ポンプ井必要容量 (MG)	7.87	12.09	18.09	24.29

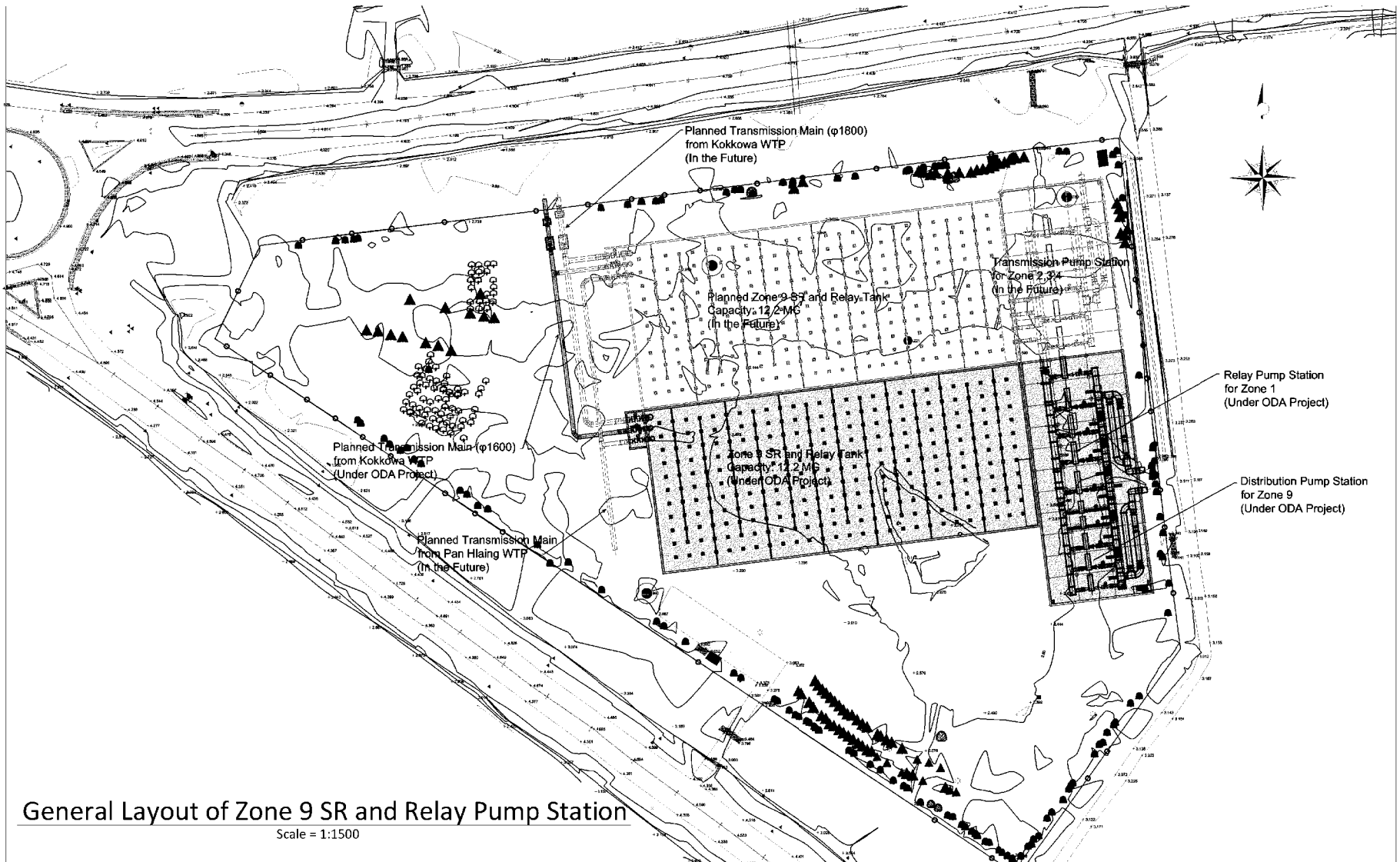
出典：JICA 調査団

2040年で約24.3 MG、2025年で7.9 MGの配水池容量が必要となるため、本調査での建設容量は下記の2案が考えられる。

- ・ 3池割案： 8.1 MG×1池（将来3池で24.3 MG）
- ・ 2池割案： 12.2 MG×1池（将来2池で24.4 MG）

3池割案は2025年の必要容量と同程度の規模での建設が可能であるが、経年的な容量の増加により配水池を短期間で連続的に建設しなければならず、合理的ではないため、2池割案を採用し、円借款事業にて12.2 MGの配水池兼ポンプ井を建設する。

(ii) 配水ゾーン1への暫定配水時（コカイン配水池改修時）の配水池としての容量の照査  
中継ポンプ場から配水ゾーン1への暫定配水は、7.5.3に示す配水系統切替段階に実施する計画であり、その時の計画配水量は30 MGDである。この時の中継ポンプ井（配水池として活用）の滞留時間は約9.8時間分となり、配水池の計画必要容量の8時間分を満たしている。



General Layout of Zone 9 SR and Relay Pump Station

Scale = 1:1500

5-17

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
YANGON CITY DEVELOPMENT COMMITTEE

JICA Study Team  
ENGINEERING DEPARTMENT (WATER & SANITATION)

DRAWN BY

DESIGNED BY

CHECKED BY

APPROVED BY

PROJECT Preparatory Survey for Greater Yangon Water Supply  
Improvement Project Phase II (Kokkova River)

TITLE General Layout of Zone 9 SR and Relay Pump Station

Scale 1:1500

Drawing No. Z9SR-1

Date June 2016

#### (4) イェグポンプ場の送水ポンプ設備計画

##### a) 計画送水量

イェグポンプ場からセントラル配水池への2025年の送水量は、バハン・タウンシップへの配水量5.1 MGDを含め22.1 MGDである。2030年以降の将来はセントラル配水池へはココア川浄水が送水される計画であるため、イェグポンプ場からの送水は不要となる。

表 5-18 イェグポンプ場からセントラル配水池への送水量

年	送水量	備考
2025	22.1 MGD	配水量を含む

出典：JICA 調査団

##### b) 送水ポンプ設備計画

セントラル配水池には送水ポンプ3台（内予備1台）を新設し、既存の4台は撤去する。

表 5-19 イェグポンプ場の送水ポンプ計画

項目	仕様	備考
送水ポンプ	11 MGD (35 m <sup>3</sup> /min)×53 m×450 kW×3 台（内予備1台） 横軸両吸込渦巻ポンプ、オン・オフ制御方式	YCDC が既設ポンプ撤去

出典：JICA 調査団

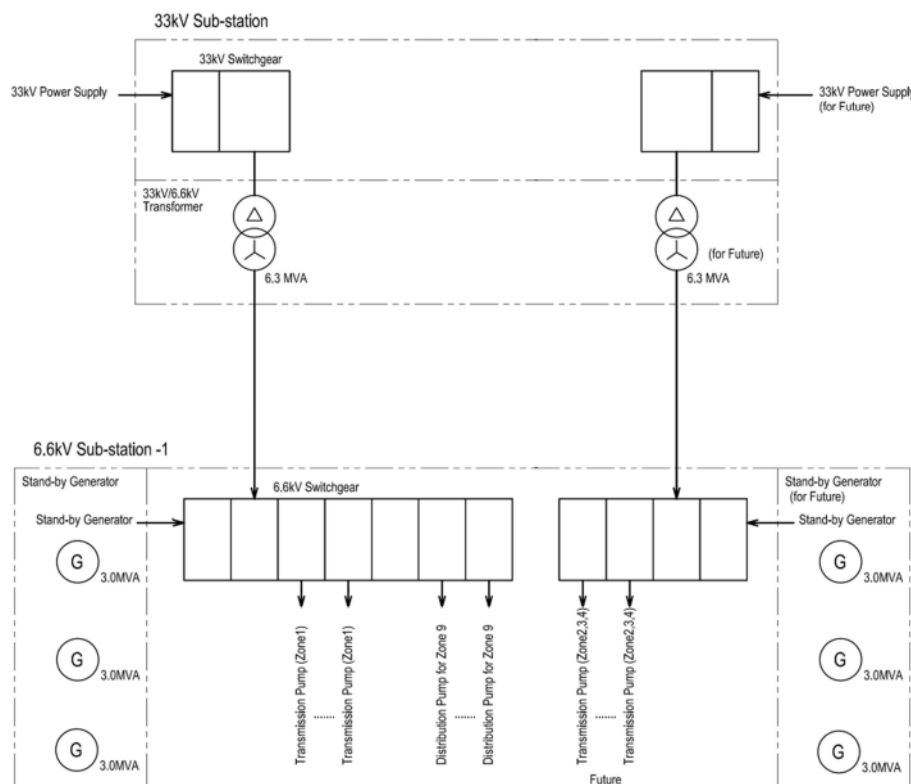
### 5.3.5 電気設備計画

#### (1) 電源供給

配水ゾーン9への配水ポンプと配水ゾーン1のための中継ポンプ場は隣接して計画する。このため、電源設備は共通とし、YESC から33kV 3相 50 Hz で供給される。33 kV で受電した電圧は主変圧器によって、配水ポンプや送水ポンプの高圧モーターの電圧に合うよう6.6 kV に降圧される。変圧器のタイプは、浄水場と同様に、屋外型自然冷却油入変圧器とする。必要とされる変圧器容量は、2025年において9 MVAが見込まれる。ゾーン9配水池兼中継ポンプ場の電源供給のためのYESCとの協議はYCDCの範囲とする。電源供給は原則として全て円借款の対象工事とする。電源系統図を以下に示す。

なお、2035年の将来において、北系送水ポンプの追加に伴い追加の電源供給と変圧器が必要となる。

### for Zone 9 (Prior Construction)



出典：JICA 調査団

図 5-7 ゾーン9 配水池の電源系統図

## (2) 非常用発電設備

浄水場の施設計画でも述べたように安定した水供給には非常用発電機が必要となる。特に本送配水計画では全浄水をポンプにて送配水するため、受電の停電は直ちに水供給の停止を招くことになる。このため本調査では非常用発電設備を計画する。

発電機のタイプは現地でも実績があり、維持管理が容易に可能なラジエータ搭載型ディーゼルエンジン発電機とする。発電機容量は、2025年にポンプ場で必要される全電気容量をカバーできるように計画し、9.0 MVA (3.0 MVA x 3台)と試算される。燃料タンクの容量は、24時間以上の停電にも補給することで対応可能なように72時間分とする。

非常用発電機は複数台で同期をとる必要があるため、機種を統一するために原則として全て円借款の対象工事とする。

## 5.3.6 SCADA

SCADAに関する記述は第4章4.4.11を参照されたい。

## 5.4 送水管の占用位置

2025年までのココア浄水場 60MGD の整備に伴い、下記の大口径管路が布設される。

- ・ 浄水場からゾーン9配水池兼中継ポンプ場への送水管 (φ1600 : 60 MGD、円借款事業)
- ・ ゾーン9配水池兼中継ポンプ場から配水ゾーン1への送水管 (φ1600 : 65 MGD、円借款事業)
- ・ ゾーン9配水池から配水ゾーン9への配水幹線 (YCDC 建設)

また、将来的なココア浄水場の拡張に伴い 2035年までには下記の大口径管路が追加で布設される計画である。

- ・ 浄水場から配水ゾーン9への送水管 (φ1800 : 80 MGD、YCDC 建設)

浄水場とゾーン9配水池・中継ポンプ場を結ぶ道路は国道5号線のみであるため、上記の管路は国道5号線沿いに布設する。

### 5.4.1 ココア浄水場からライン川までの送水管ルート

#### (1) 送水管整備計画及び国道5号線の概要

下表に示す通り、区間1(浄水場からゾーン9配水池・中継ポンプ場)には、円借款対象のφ1600mm送水管が布設され、将来のココア浄水場拡張時にφ1800mm送水管が追加で布設される計画である。そのため、管路の占用位置決定においては2035年までに追加される管路の占用位置も含めて検討する。

表 5-20 管路計画及び国道5号線の管轄

区間	管轄	管路布設予定
区間1：浄水場からゾーン9配水池 (管延長約21km)	ヤンゴン地域 (タンタッピン TS)	・φ1600mm 新設送水管 ・φ1800mm 新設送水管(将来)
	YCDC (ラインタヤ TS)	・φ1600mm 新設送水管 ・φ1800mm 新設送水管(将来) ・φ1000mm ~ φ1600 新設配水幹線
区間2：ゾーン9配水池からライン川 (管延長約10km)	YCDC (ラインタヤ TS)	・φ1600mm 新設送水管 ・φ1000mm ~ φ800mm 新設配水幹線

出典：JICA 調査団

下図に示す通り、区間1はYCDCが管轄するラインタヤ・タウンシップ (TS) とヤンゴン地域政府が管轄するタンタッピン・タウンシップ (TS) に分割されている。区間2は全域がYCDC管轄区域である。



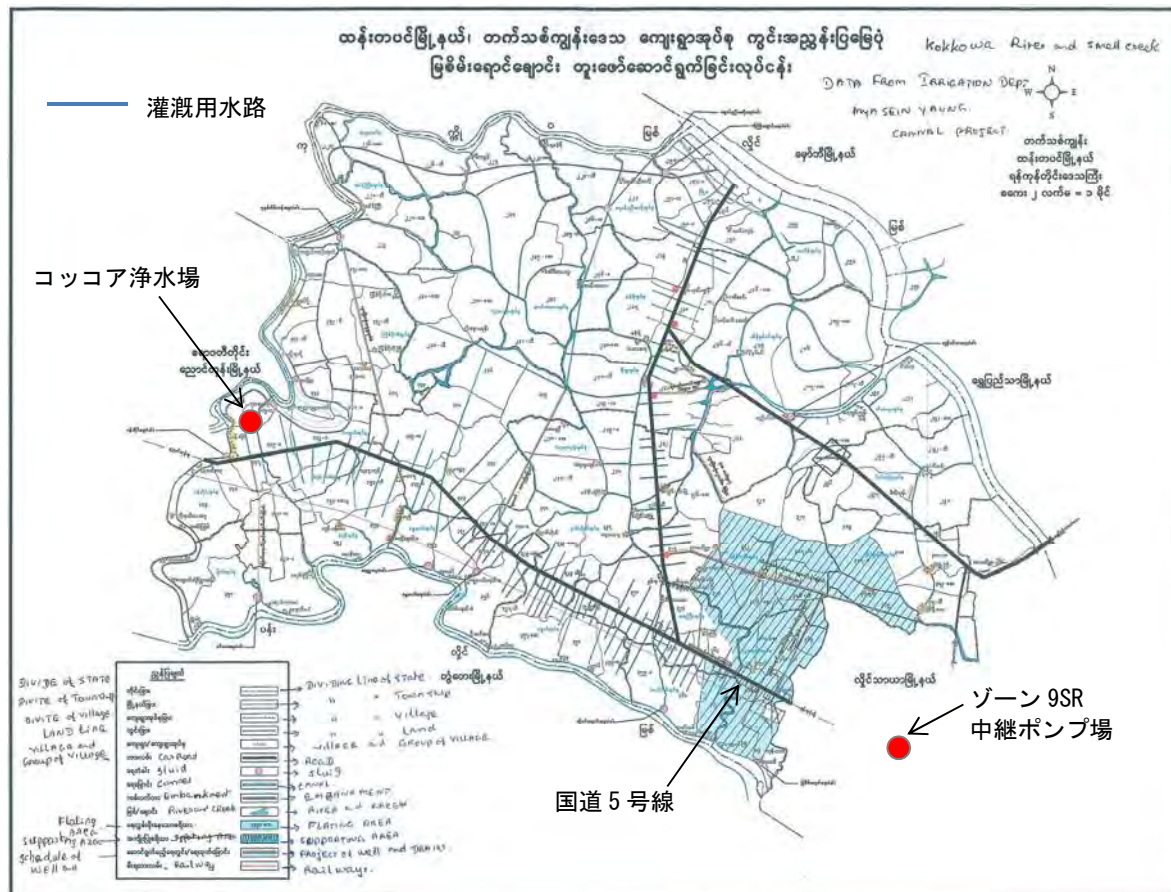
出典：JICA 調査団、背景 Google Earth

図 5-8 ゾーン9 配水池・中継ポンプ場への送水管ルート

国道5号線の道路用地（ROW）の平均幅は150フィート（約45m）である（図5-10）。国道5号線はライン川から浄水場に向かって四車線道路が9.1km、二車線道路が17.6km続いている。標準断面はROWの両側約75フィートの範囲の土地は公共用地であり、所有区分は下記の通りである。

- タンタッピン TS      : 北側、南側共にヤンゴン地域政府
- ラインタヤ TS       : 北側-YCDC、南側-MoC

ROW 両側の土地は、図5-9に示すとおりタンタッピン TSでは灌漑水路として利用されている。ライインタヤ TSでは溝のようにになっているが灌漑用水路としては利用されていない。



出典：MoAI

図 5-9 国道5号線沿いの灌漑用水路

## (2) 管路布設位置の基本方針

表 5-20 の通り、将来計画を含め国道5号線沿いに2~3本の大口径管の埋設が計画されるため、管路のスペース確保・占用位置の決定は重要である。管路占用位置の基本方針として以下を提案する。

### (a) 全区間共通

国道5号線沿いには工業団地や遠距離バスのターミナルがあり、主要幹線道路の一つであることから大型車両の交通量が多い。そのため、既設車道下への送水管の布設は、施工時に交通へ与える影響が大きい。施工後は車両の荷重が繰返し作用するため管材損傷の可能性が車道外の場所に布設された場合よりも高く、損傷が生じた場合の補修等の維持管理も作業性が悪く、交通に影響を与えることが懸念される。

そのため、国道5号線の車道下には縦断的に送水管は布設しない方針とする。また、現時点では道路拡幅の具体的な予定はないが、将来的に拡幅される見込みであるため、拡幅後に車道になると想定される範囲についても同様の方針とする。

### (b) ヤンゴン地域政府の管轄区域内（タンタッピン TS）

上述の通り、この区域内には2025年までにφ1600mmの送水管が布設され、さらに将来にはコ



ツコア浄水場の拡張に併せて送水管 φ1800 mm の布設が計画されている。ラインタヤ TS 内は後述(c)項の通り、送水管の占用位置を道路の北側で計画しており、タンタツピン TS 内においても道路北側の占用とすれば国道 5 号線の横断が不要となる。しかしながら、現地踏査による確認の結果、道路北側はルート全体を通して樹木や電線、通信ケーブル、灌漑水路などの障害物が存在する。また、北側の一部区間では鉄塔や既設管の存在によりスペースが非常に限られた場所があり、将来分を含め 2 本の送水管を布設するスペースはない。

他方で道路南側は北側に比べ障害物は少なくガス管のみがある。そのため、本事業で布設する送水管 φ1600 mm および将来布設予定の送水管 φ1800 mm は比較的スペースに余裕のある国道 5 号線南側への布設を計画する。



出典：JICA 調査団

図 5-10 タンタツピン TS 道路北側：スペースのない区間の断面図



国道 5 号線南側



国道 5 号線北側

写真 5-1 ヤンゴン地域政府の管轄区域 (タンタツピン TS)



鉄塔と水色の用地境界壁



鉄塔脇の既設管 φ600mm

写真 5-2 タンタッピン TS 内の管路布設の障害物

### (c) YCDC 管轄区域内 (ラインタヤ TS)

国道 5 号線に隣接する南側用地は MoC、北側は YCDC の管轄用地である。ゾーン 9 配水池の上流側では、道路南側は YCDC の用地でない上に、数多くの不法占拠家屋が密集して建てられている。

配水池の下流側では、道路南側は多くの工場が誘致された工場地帯であり、今後も新たな工場の誘致が見込まれる。一方、北側は住宅地である。道路南側への管布設は、YCDC の用地でない上、立地条件から工場に出入りする大型車両が管上を多く横断すること、高圧の送電線・鉄塔が建っていることから好ましくない。さらに北側に比べ非常に多くの不法占拠家屋が存在する。よって、この区間は道路北側への管路布設を計画する。



国道 5 号線北側



国道 5 号線南側

写真 5-3 YCDC 管轄区域 (配水ゾーン 9・ラインタヤ TS)

### (3) 不法占拠家屋数の現地確認

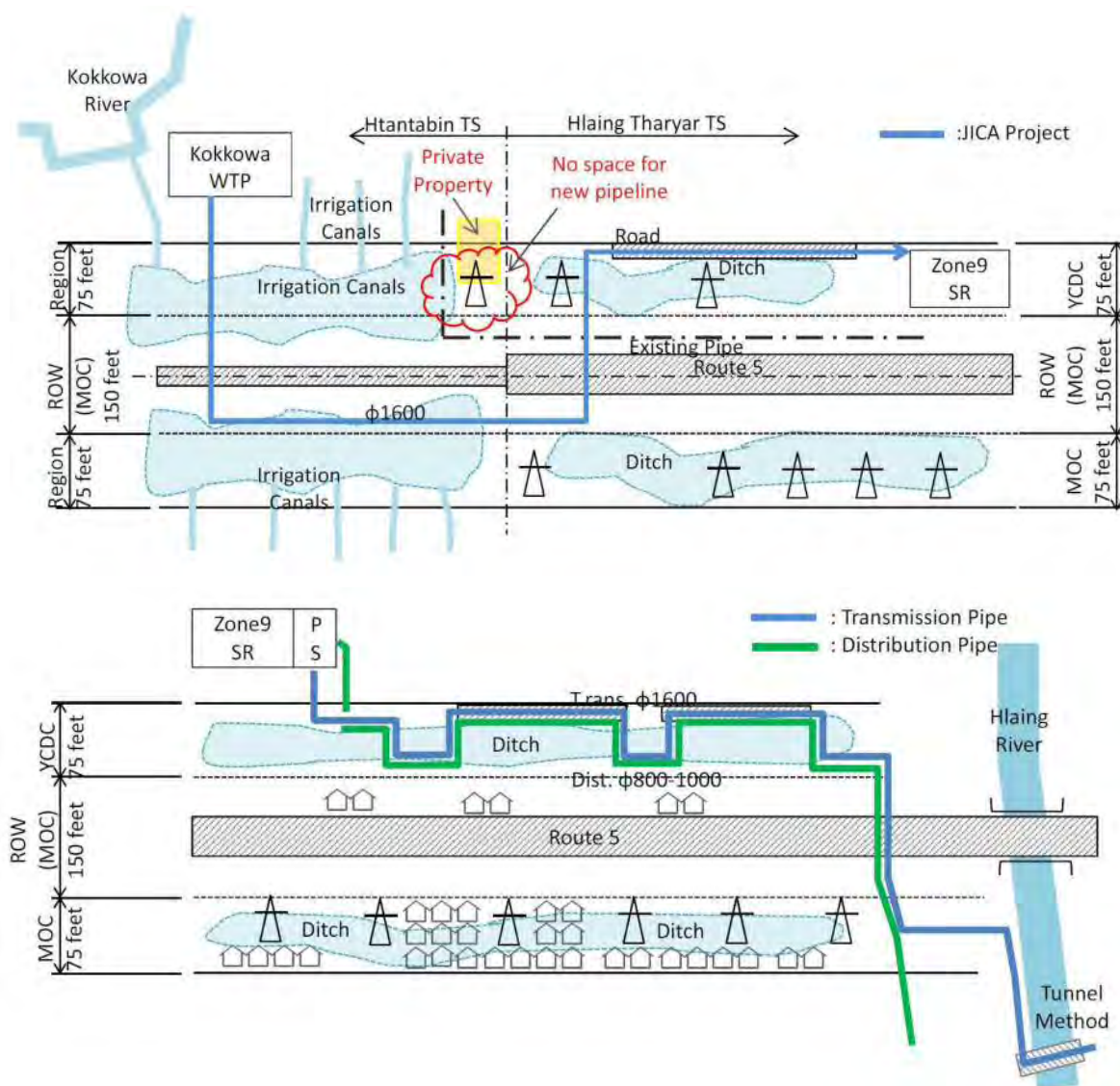
タンタッピン TS からラインタヤ TS にかけて、送水管の計画布設位置には不法占拠家屋が存在している。詳細は 11 章 8.2 項に後述する。

#### (4) 結論

添付図書-7 に示す比較評価、詳細検討の結果より、タンタッピン TS の区間は、灌漑水路への影響がない国道 5 号線南側の道路用地内を管路占用位置として採用する。

ラインタヤ TS は、側道がある箇所は、側道部へ送水管占用位置を計画することにより、住民移転や国道 5 号線脇の溝部を横断する橋の取壊しを避ける。また、側道がない区間で横断橋がある場所は、溝部を横断し国道 5 号線側に占用位置を変えることにより、横断橋の上部工の取壊しを避ける占用案とする。

YCDC は本調査結果を MoC、MoAI、MoEF 及び土地管理等の関係機関に報告した。その結果、上記計画占用位置案について合意が得られている。



出典：JICA 調査団

図 5-11 送水管占用位置模式図

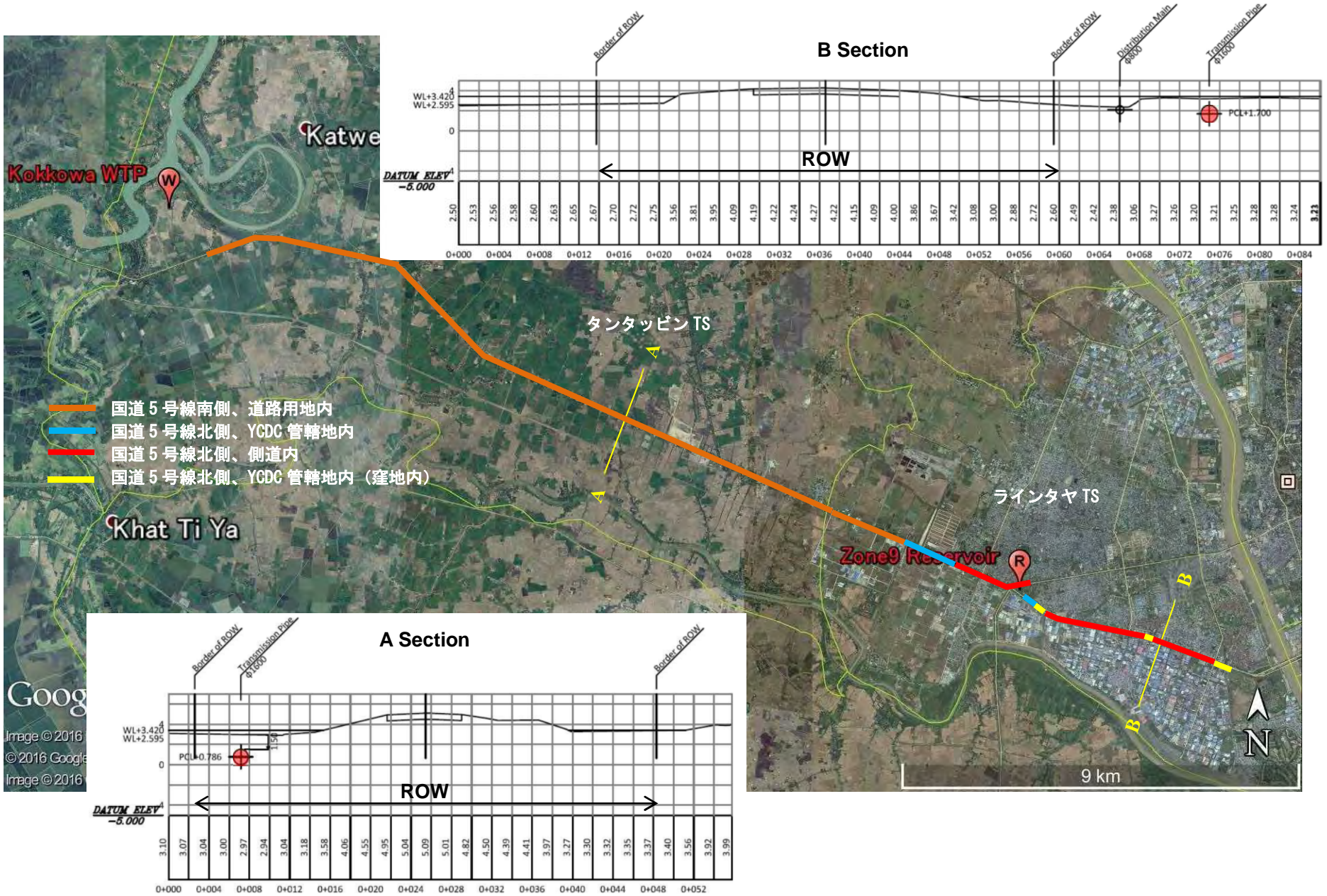


図 5-12 国道5号線占用位置案および断面図

#### 5.4.2 ライン川から配水ゾーン1への送水管ルート

送水管ルート案を図 5-13 に示す。図中の黄線が当該 MP にて提案されたルート、赤線が JICA 調査団及び水供給・衛生局によるルート踏査の結果に基づき見直したルートである。ルート見直しの理由を下記に述べる。

##### a) 見直しルート 1

この箇所はライン川の横断箇所であり、送水管ルートはライン川の横断箇所に制約される。5.4.3 の記述の通り、シールド工法が河川横断工法として選定され、発進や到達立杭などの施工スペースが必要となる。現地踏査の結果、シールド工法に必要なスペースが確保可能なルートとして、本ルートを選定する。

##### b) 見直しルート 2

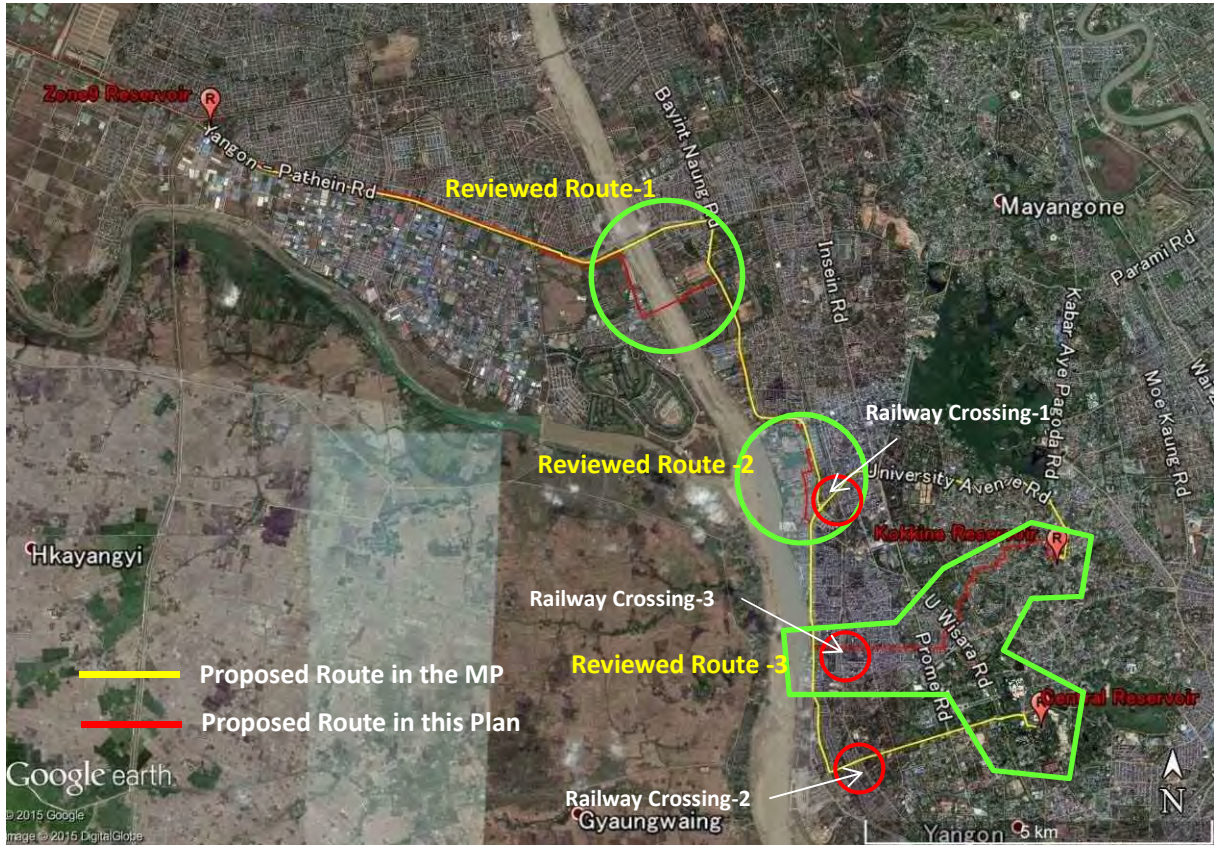
当該 MP では送水管ルートは Bayint Naung 道路に計画されている。この道路は交通量が多いが、車道脇に送水管を埋設する余地がなく車道下に管路を布設しなければならない。特に Bayint Naung 道路とユニバーシティー・アベニュー道路の交差点の交通渋滞は毎日のように発生している。この交差点付近の工事による渋滞を少しでも緩和するために、本ルートを選定する。

##### c) 見直しルート 3

当該 MP の計画ルートは写真 5-6～5-8 に示す通り、2ヶ所の鉄道横断を含んでいる。現地踏査の結果、特に鉄道横断箇所 1 は十分な施工スペースが無く、施工が困難であると判断された。

他方で図 5-13 に赤色で示す代替ルート案は、1 箇所の鉄道横断（鉄道横断箇所 3、写真 5-9）を含むが、鉄道橋が道路上部を横断しているため開削工事による鉄道横断が可能である。さらに本ルート案は送水管の総延長が短く経済的であり、管路損失水頭も少ない。

以上の点から水供給・衛生局との協議結果を踏まえ、本ルート案を選定した。



出典：JICA 調査団、背景 Google Earth

図 5-13 送水管計画ルート



写真 5-6 鉄道横断箇所 1 (北側)



写真 5-7 鉄道横断箇所 1 (南側)



写真 5-8 鉄道横断箇所 2



写真 5-9 鉄道横断箇所 3

### 5.4.3 ライン川横断計画

#### (1) 適用可能な工法

ゾーン9 配水池から配水ゾーン1 への送水管の布設は、ライン川を横断しなければならない。可能な河川横断工法としては、水管橋方式とトンネル工法が考えられる。

#### (2) 水管橋方式とトンネル方式の概略計画

##### (a) 水管橋方式

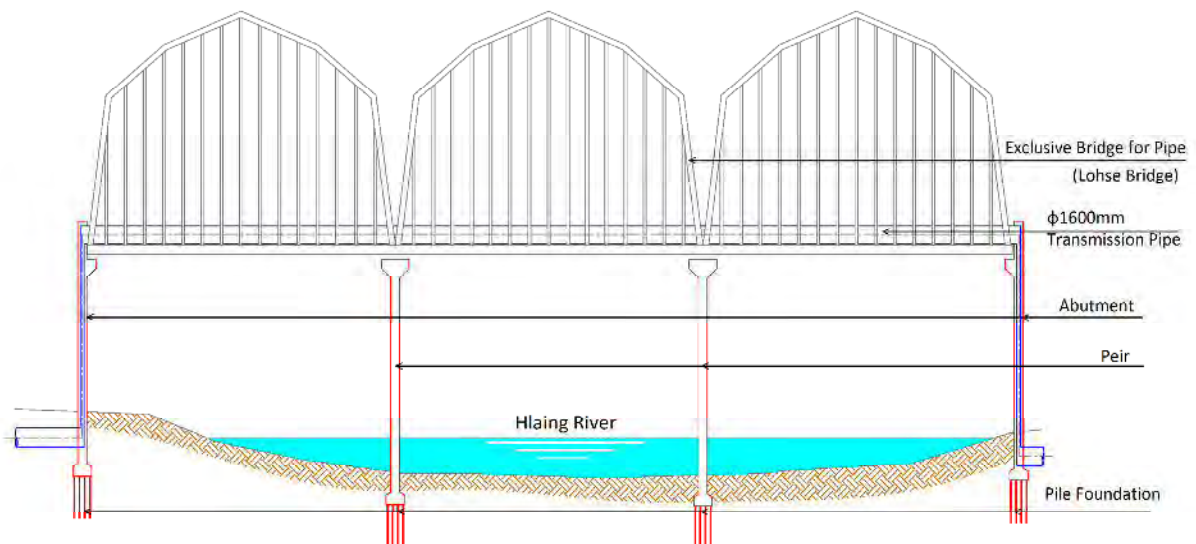
##### (i) 水管橋形式

管口径が大きく満水状態での管重量が重いため、道路橋添架方式の採用はできない。そのため、独立水管橋形式が選定される。独立水管橋形式には、パイプビーム形式、パイプ補剛形式及び水道管添架専用橋など様々な形式があるが、ライン川を横断する既存道路橋の条件を参照し、条件に適合する水道管添架専用橋を選定する。

- ・ 水管橋形式 : 水道管添架専用橋
- ・ 水道管口径 :  $\phi 1600$
- ・ 径間数 : 3 径間
- ・ 径間長 : 160 m

##### (ii) 水管橋の構造

径間長から水道管添架専用橋は補剛が必要である。橋梁下側の補強はライン川を往来する船の支障となる恐れがあるため、ローゼ桁橋形式を選定する。



出典：JICA 調査団

図 5-14 水管橋方式の概略計画図

##### (b) トンネル工法

##### (i) トンネル工法の形式

トンネルは送水管のさや管として利用することを前提とする。一般的にトンネル工法としてはシールド工法と推進工法が考えられるが、本現場の条件への適合性からシールド工法を採用する(下表参照)。

- ・ トンネル工法 : シールド工法
- ・ 水道管口径 : φ1600
- ・ トンネル延長 : 550 m
- ・ 水道管布設方式 : トンネル内配管

表 5-21 トンネル工法における推進工法とシールド工法の比較

	推進工法	本計画	シールド工法
管口径 (mm)	内径 3,000 以下	1,600 (内径 1350~3000 の範囲内でありどちらも適用可)	内径 1,350 以上
一般的な施工距離 (m)	20~400 <sup>7</sup>	550 (シールド工法のみ適用可)	制限なし

(出典) 下水道工事積算の実際 (一般財団法人建設物価調査会) 資料を加工

(ii) シールド工法の計画

- ・ シールド工法の方式

トンネルが河川下を横断するため、高い地下水圧が想定される。そのため、逆循環式シールド工法を採用する。

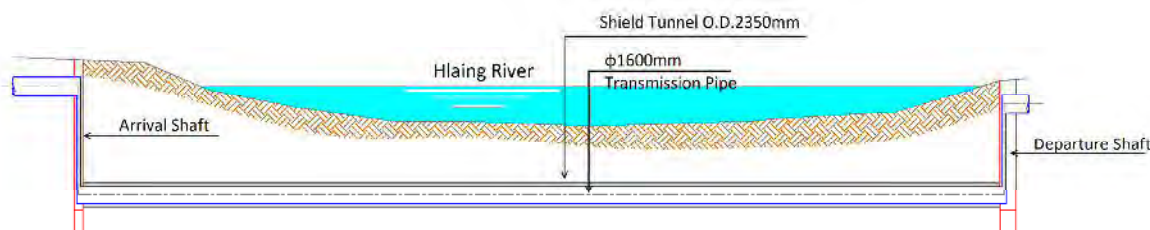
- ・ トンネル径

シールドトンネルが送水管のケーシングとして利用される場合は、標準シールドトンネルと縮径シールドトンネルが考えられる。トンネルの線形はほぼ直線で水道管の挿入に支障が無い場合、縮径シールドトンネルを採用する。縮径シールドトンネルの仕上がり外径・内径はそれぞれ 2350 mm と 2200 mm とする。

- ・ 川床からの土被り

トンネルの土被りは、2.0m の洗掘深さにトンネル外径の 1.5 倍を加えた深さと 5.0 m を比べ、大きい方としなければならない。トンネル外径が 2.35 m のため、河川からの最少土被りは 5.525 m となる。若干の余裕を考慮し、計画土被りは 6.0 m とする。

$$\text{トンネル土被り} = 2.0 \text{ m} + 2.35 \text{ m} \times 1.5 = 5.525 \text{ m} \approx 6.0 \text{ m} > 5.0 \text{ m}$$



出典 : JICA 調査団

図 5-15 シールドトンネル方式の概略計画図

<sup>7</sup> 推進工法にも、400m 以上の長距離施工が可能な特殊工法はあるものの、土質などに制約があり、その確認が必要である。



### (3) 工法の比較

本計画では、下表に示す比較結果に基づき、技術的に本邦企業の競争性が高いシールドトンネル工法を推奨する。

なお、右岸側の到達立坑用地は YCDC の管轄用地、左岸側の発進立坑用地は MoAI の管轄用地に位置しており、用地買収は不要である。また、YCDC は用地の使用および管路の占用許可を MoAI より協議により得ている。

表 5-22 河川横断工法の比較

項目	水管橋方式	シールドトンネル方式																		
利点	<ul style="list-style-type: none"> <li>水管橋方式は露出しているため、建設後においても地域住民に日本の援助をアピールすることが可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>景観への影響がない</li> <li>工事期間中でも船の往来への影響がない</li> <li>基本的に維持管理不要</li> </ul>																		
欠点	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期的な橋の塗装の塗り替えが必要であり、維持管理コストが生じる</li> <li>水管橋建設のための仮栈橋や河川の締切工事などは、船の往来を考慮する必要があり、施工性は悪い</li> <li>景観への配慮が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下構造物のため、建設後は日本の援助のアピールが難しい</li> </ul>																		
概算工事費 (直接工事費) (単位：百万円)	<table border="0"> <tr> <td>・上部工：</td> <td>997</td> </tr> <tr> <td>・下部工：</td> <td>205</td> </tr> <tr> <td>・仮設工：</td> <td>309</td> </tr> <tr> <td>・配管工：</td> <td>240</td> </tr> <tr> <td>計</td> <td>1,751</td> </tr> </table>	・上部工：	997	・下部工：	205	・仮設工：	309	・配管工：	240	計	1,751	<table border="0"> <tr> <td>・立坑工：</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>・シールド工：</td> <td>950</td> </tr> <tr> <td>・配管工：</td> <td>495</td> </tr> <tr> <td>計</td> <td>1,495</td> </tr> </table>	・立坑工：	50	・シールド工：	950	・配管工：	495	計	1,495
・上部工：	997																			
・下部工：	205																			
・仮設工：	309																			
・配管工：	240																			
計	1,751																			
・立坑工：	50																			
・シールド工：	950																			
・配管工：	495																			
計	1,495																			
総合評価	シールドトンネル工法と比較し、工事費が高く、施工性や維持管理性で劣る ×	水管橋方式と比較し、工事費が安く、施工性や維持管理性で有利である ○																		

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団、背景 Google Earth

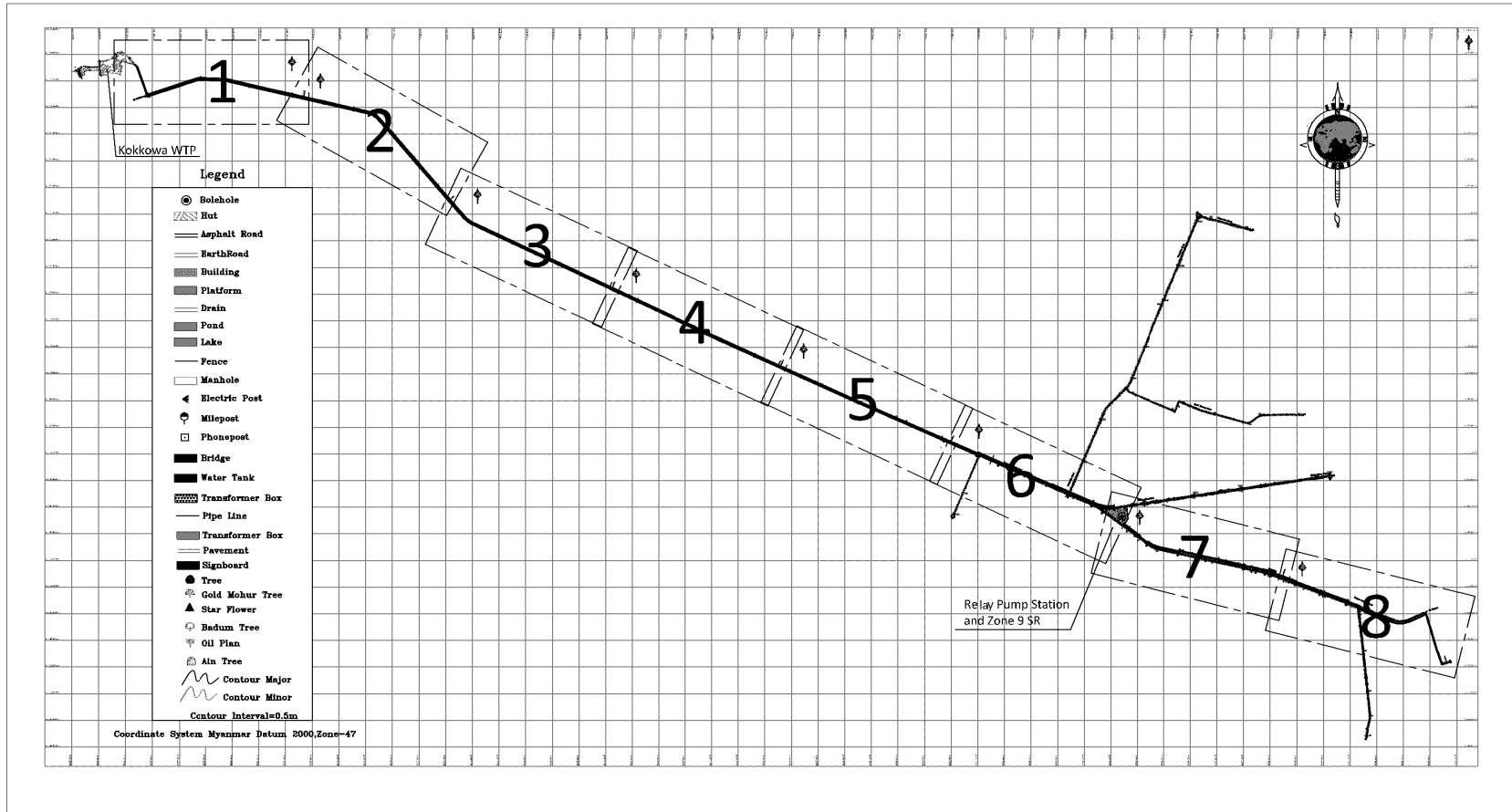
図 5-16 ライン川横断計画図



写真 5-10 発進立坑用地



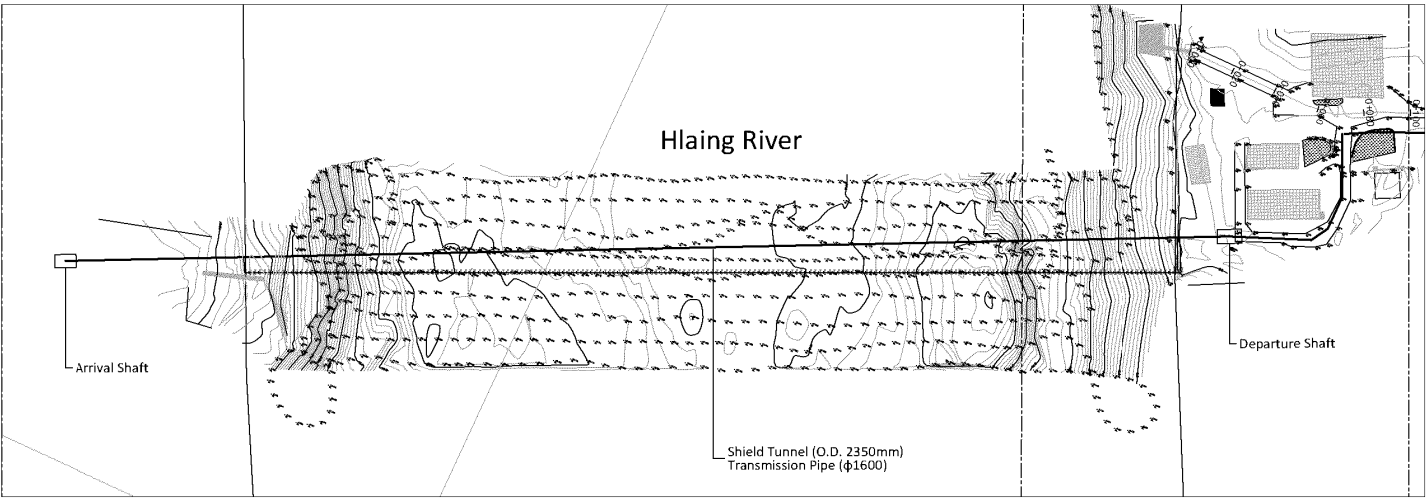
写真 5-11 到達立坑用地



**Index Map (1)**

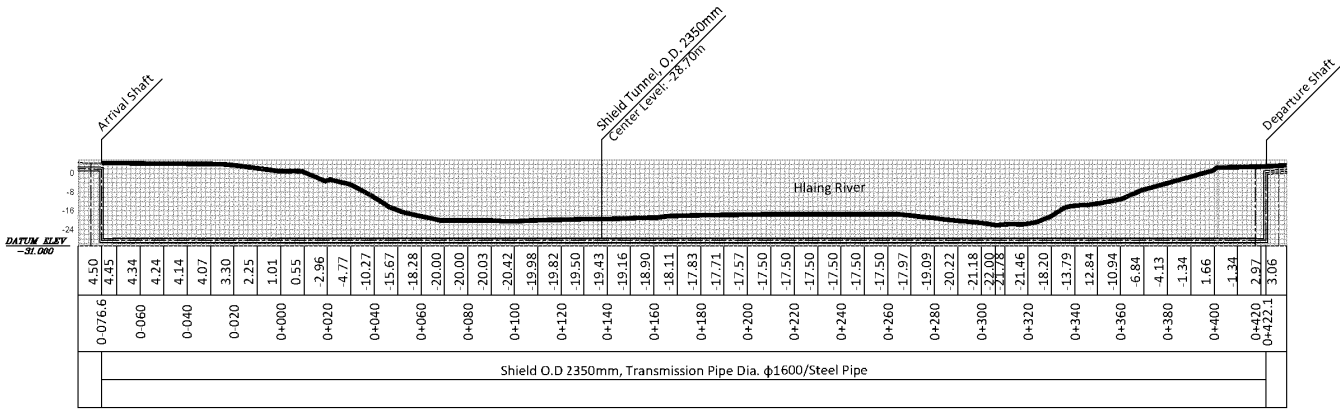
Scale = 1: 80000

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY YANGON CITY DEVELOPMENT COMMITTEE		JICA Study Team ENGINEERING DEPARTMENT (WATER & SANITATION)		<b>PROJECT</b>	Preparatory Survey for Greater Yangon Water Supply Improvement Project Phase II (Kokkowa River)	Scale	1:80000
<b>DRAWN BY</b>	-	<b>DESIGNED BY</b>	-	<b>TITLE</b>	Transmission Pipe to Zone 9 Index Map (Hlaing Tharyar TS)	Drawing No.	TRM-PL-001
<b>CHECKED BY</b>	-	<b>APPROVED BY</b>	-			Date	June 2016



**Hlaing River Crossing Plan**

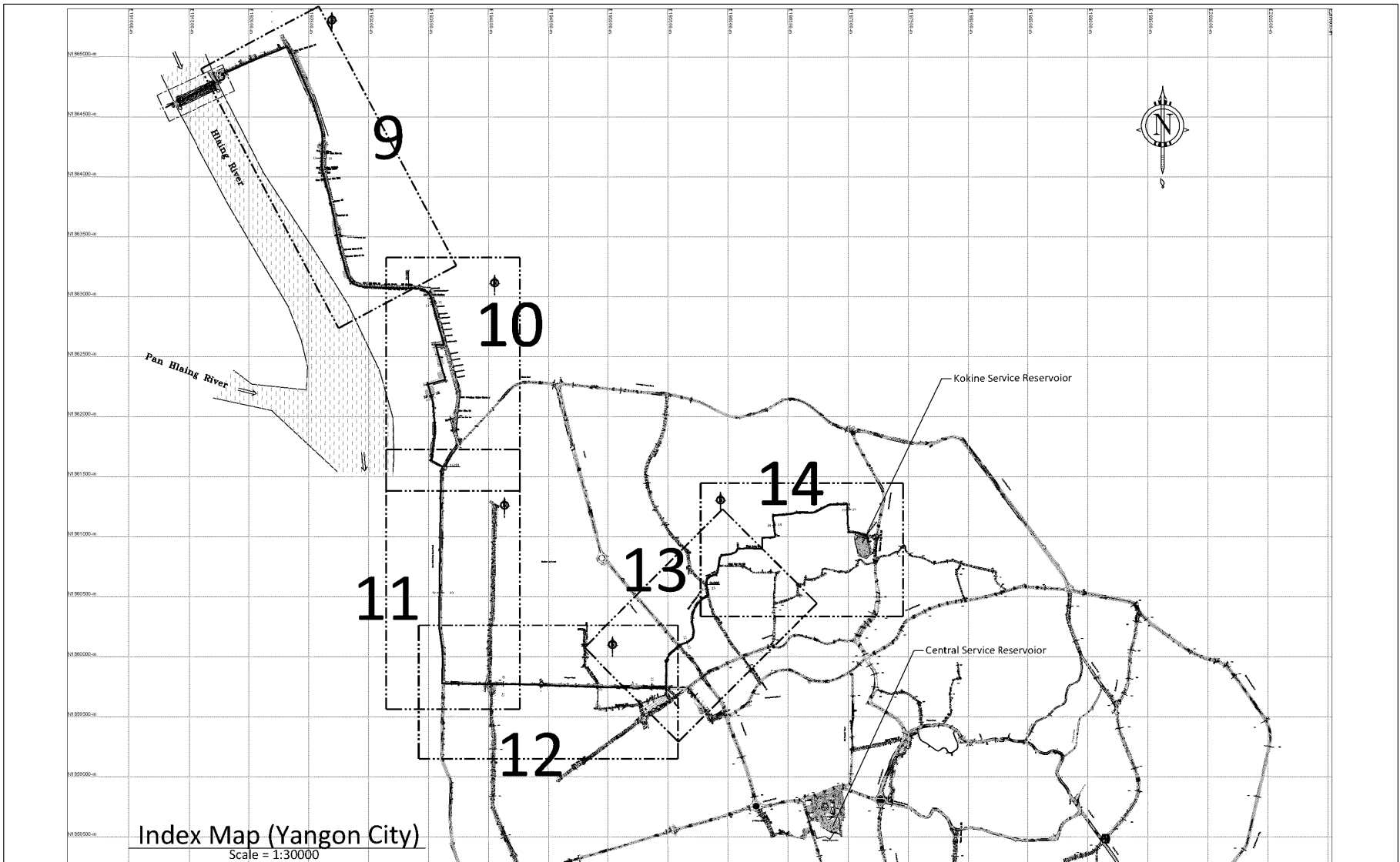
Scale = 1:1000



**Hlaing River Crossing Longitudinal Section**

Scale: H=V= 1:1000

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY YANGON CITY DEVELOPMENT COMMITTEE		JICA Study Team ENGINEERING DEPARTMENT (WATER & SANITATION)		<b>PROJECT</b>	Preparatory Survey for Greater Yangon Water Supply Improvement Project Phase II (Kokkova River)	Scale	1:1000
<b>DRAWN BY</b>	-	<b>DESIGNED BY</b>	-	<b>CHECKED BY</b>	-	<b>APPROVED BY</b>	-
				<b>TITLE</b>	Transmission Pipe for Zone 1 Hlaing River Crossing Plan and Longitudinal Section	<b>Drawing No.</b>	TRM-PL-013
						<b>Date</b>	June 2016



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY YANGON CITY DEVELOPMENT COMMITTEE		JICA Study Team ENGINEERING DEPARTMENT (WATER & SANITATION)		<b>PROJECT</b> Preparatory Survey for Greater Yangon Water Supply Improvement Project Phase II (Kokkowa River)	Scale 1:30000
<b>DRAWN BY</b> -	<b>DESIGNED BY</b> -	<b>CHECKED BY</b> -	<b>APPROVED BY</b> -	<b>TITLE</b> Transmission Pipe for Zone 1 Index Map (Yangon City)	<b>Drawing No.</b> TRM-PL-014
					<b>Date</b> June 2016

