

第6章 配水施設（配水ゾーン9）

6.1 計画概要

配水ゾーン9はラインタヤ・タウンシップと同じエリアで、主に住宅地域及び工場地帯から構成されている。現在、このエリアへの配水は、ヤンゴン地域政府下のタンタッピン・タウンシップにある既設 Thephyu 浄水ステーションからのφ600 mm 及びローガ・ポンプ場からのφ300 mm により給水されている。既設配水管網を下図に示す。

既存配水は主に工業ゾーン No.1~4、ワード No.10、及び Dagon Ayeyar Highway Station（バスターミナル）である。既存配水管網の多くは、国道5号線の南側にあり、国道の北側にあるのはバスターミナルとワード No.10のみである。この他、ワード No.15 及び 19 は、YCDC の既存井戸から配水されており、既存配水管網の多くは2009年以降に布設されている。既設配水本管の管路延長は約17 km（φ300~600 mm）であり、配水管の管路延長は約126 km（φ50~150 mm）である。合計の管路長は約143 km である。

上記の配水区域以外では、住民は飲料用として井戸、非飲料用として溜池等を利用している。本ゾーンには、多くの工場があり、今後も高い人口増加率が予測されており、それに伴い住宅地域と工業地域の拡大が見込まれる。

(1) 計画方針

配水ゾーン9内の既存の配水施設に配水池はない。配水は Thephyu 浄水ステーション及びローガ・ポンプ場から直接配水されており、水圧の低い範囲があり、特にワード No.10 では、配水管網の能力不足によりそれが顕著である。

本計画では、ココア浄水場からの浄水を新設の配水池で受水し、配水池から配水ポンプにより配水し、水圧の適正化を図る。既存配水管は、近年布設されたものであるため引き続き使用する一方、配水管網が未だ整備されていない大部分のエリアに対して配水管網を計画する。

(2) 計画条件

配水ゾーン9に関する計画条件を下表に整理する。現在の給水普及率は現在3%であるが、2025年に45%、2040年に75%と計画する。人口増加及び工業の発展に伴い、一日最大給水量は現在の1MGDが、2025年に19MGD、2040年に49MGDへ増加する。

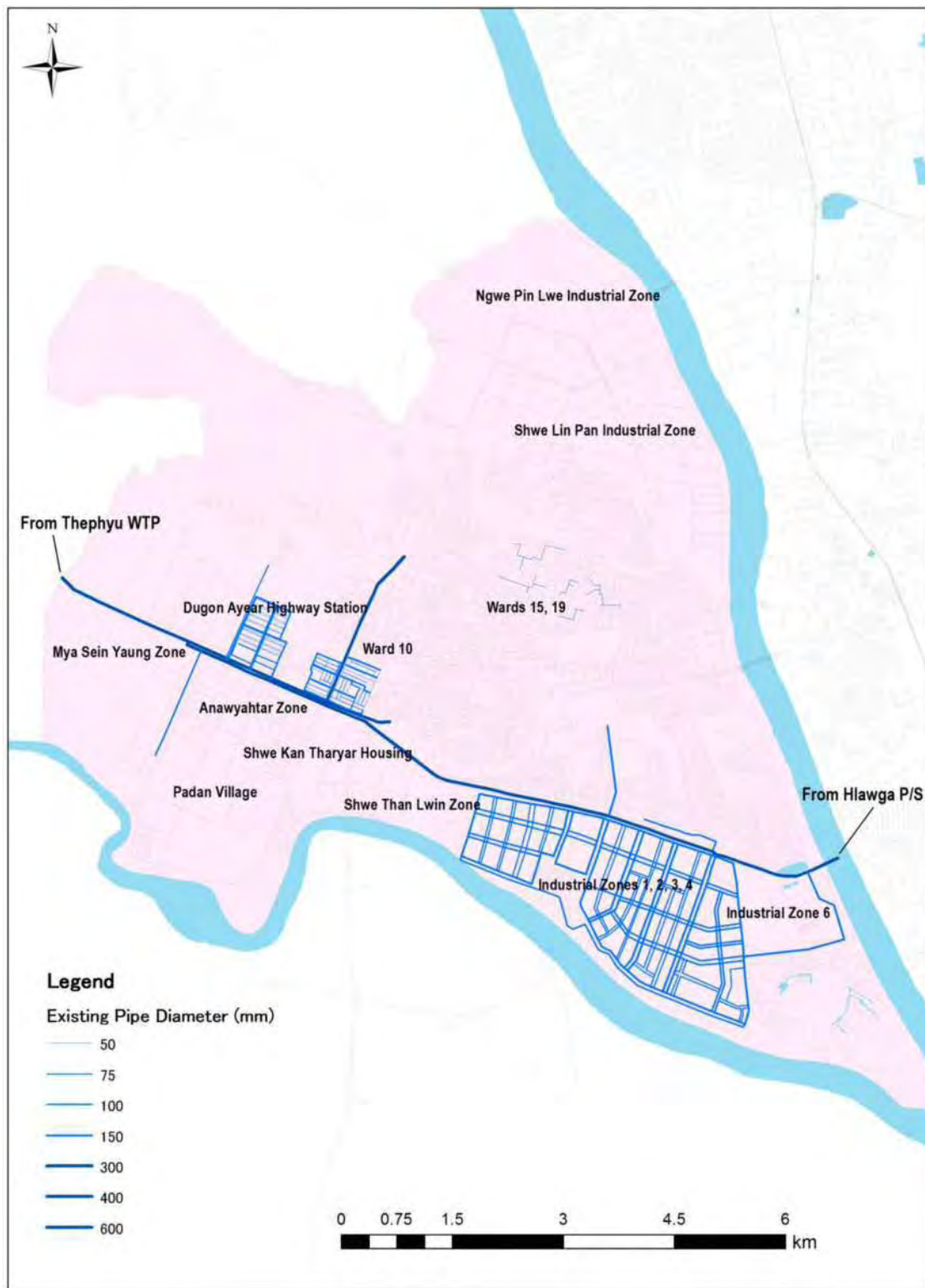
表 6-1 配水ゾーン9の2014, 2025及び2040年の給水計画概要

年	人口	給水率	給水人口	一日最大給水量	一日最大給水量
	千人	%	千人	mld	MGD
2014	688	3	21	5	1
2025	769	45	346	85	19
2040	962	75	722	221	49

出典：JICA 調査団

6.1.1 計画配水量

2025年及び2040年のコッコワ浄水場の開発水量を、配水ゾーン9配水池へ送水する。本計画では、コッコア浄水場に送水ポンプを設け、20 MGDの浄水を新設送水管により、新設の配水池に送水する。



出典：JICA 調査団

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

6.2 配水池・配水ポンプの計画

6.2.1 配水池

配水池は浄水場から送水される浄水を貯留・配水調整するために設置する。必要な滞留時間は日中の需要量の変化に基づいた分析が必要であるが、ヤンゴン市における需要量の変動パターンのデータがないことから、最低限の変動を満たすために滞留時間は 8 時間以上とする。配水池は YCDC が所有する公園内に建設し、YCDC の要請に基づき地下式の構造物として、配水池の上部は公園・造園に利用する。

[施設の特記事項]

- YCDC の公園用地
- 構造：迂流壁付の地下式鉄筋コンクリート造
- 配水ポンプ室：鉄筋コンクリート造
- 流入弁：SCADA 制御による電動弁
- 流出弁：SCADA 制御による電動弁（流量調整）

[施設能力]

- 配水池容量：一日最大給水量×(8 時間/ 24 時間)
- 送水ポンプ井容量：一日最大給水量の 1 時間分
- 配水池容量：送水ポンプ井と兼用し 12.2 MG とする（下表の比較による）。

表 6-2 ゾーン 9 配水池容量の検討

項目	2025	2030	2035	2040	備考
配水ゾーン 9 の配水量 (MGD)	19	26	35	49	*
配水ゾーン 1 への送水量 (MGD)	37	60	65	26	**
他ゾーンへの送水量 (MGD)		22	89	165	**
配水池必要容量 (MG) (配水ゾーン 9 の配水量*の 8 時間分+配水ゾーン 1、他ゾーン**への送水量の 1 時間分)	7.8	12.1	18.1	24.3	
配水池 2 池案(MG)	12.2	12.2	24.4	24.4	1 池目：2025 年 2 池目：2035 年
配水池 3 池案(MG)	8.1x2=16.2	16.2	24.3	24.4	2 池：2025 年 3 池目：2035 年

出典：JICA 調査団

6.2.2 配水ポンプ

下表に示す配水ポンプ設備は、流量変化を調整するために VFD 制御方式の横軸両吸込渦巻ポンプを採用する。SCADA はこれらの流量を制御するために導入する。

表 6-3 配水ポンプの概要

	施設	仕様	数量	
			運転	予備
1	流入制御弁	流量調整電動弁	1 基	-
2	流出制御弁	流量調整電動弁	1 基	-
3	配水ポンプ (大)	両吸込渦巻ポンプ 76 m ³ /分 x 揚程 40 m x 約 720 kw、VFD 制御方式	1 台	1 台
4	配水ポンプ (小)	両吸込渦巻ポンプ 32 m ³ /分 x 揚程 40 m x 約 375 kw、VFD 制御方式	1 台	1 台

出典：JICA 調査団

6.3 配水本管の計画

配水本管は、配水ポンプと各 DMA を結ぶ管であり、顧客への給水は各 DMA にある配水小管から分岐する。配水ゾーン 9 を 27 ヶ所の DMA (6.4.1 節参照) に分ける (本ゾーンの南東角に位置するゴルフコースを含むエリアは配水区域外)。さらに MP 計画とは異なるが YCDC の要請により、ライン川の西にある Kyimyindine タウンシップへも送水する。

2025 年及び 2040 年の需要量 19 MGD 及び 49 MGD を配水ゾーン 9 の各 DMA に配分する。2014-JICA 水道 MP によれば、総給水量に対して工場用水量は約 17% であり、残る 83% は家庭用・非家庭用及び公共用である。水量配分に当り、2025 年までの人口は、タウンシップの中心にあるワードから先に増加し、飽和 (1 ヘクタール当り約 80 世帯) するものと設定した。その後、タウンシップ外縁部の幾つかのワードにおいて人口増加が波及するものと仮定する。工業地帯の水需要量は工場用水の現在の水量比率から算出する。これらの設定を考慮して需要量を各 DMA に配分する。

配水管の口径は、ヘーゼン・ウィリアムス式を使用した EPANET2 の管網解析により決定する。最小動水頭 (水圧) は、DMA の入口で 18 m に設定する。その 2025 年及び 2040 年の解析結果を図 6-2 及び 6-3 にそれぞれ示す。

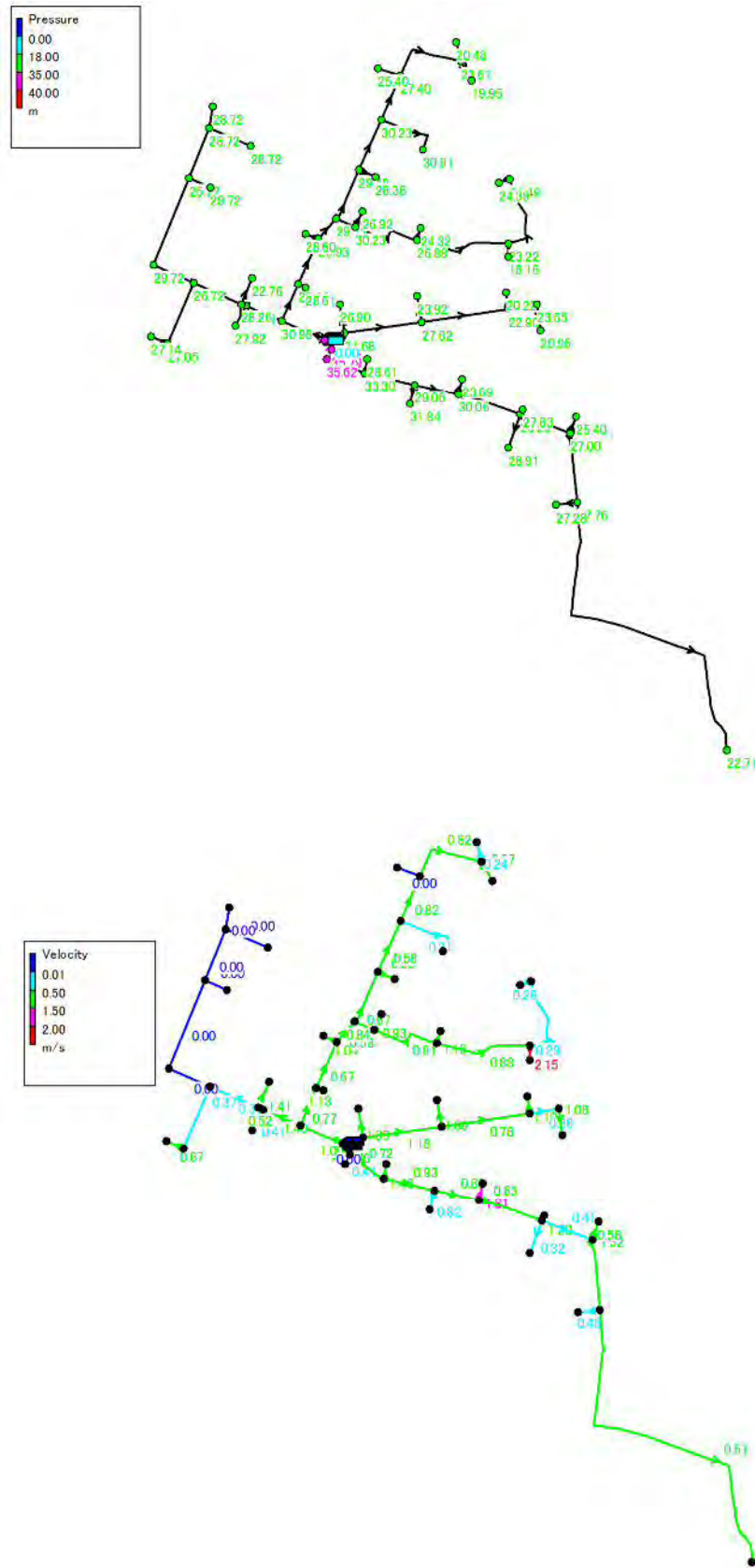
管網解析の結果、配水本管の口径は 2025 年及び 2040 年の需要により決定し、解析結果による管の延長・口径を下表に示し、管路の計画位置を図 6-4 及び 6-5 にそれぞれ示す。また、下表に 2025 年及び 2040 年の配水本管の管路延長を示す。

既存管の能力は 2025 年及び 2040 年の需要量に適しておらず、新たな配水管網には取り込めないため、別途新設管路を計画する。配水本管の口径は、2025 年の需要量に対して、既設管 φ 300 mm の路線に対しては φ 800 mm となり、既設管 φ 400 mm の路線に対しては φ 800 mm となる。既存管 φ 400 mm 及び φ 600 mm の管材質はコンクリート管のため当該路線を廃棄する。既設管 φ 300 mm は 2002 年に設置された PVC 製で比較的新しい管路のため、新たな配水管網に含めるものとする。

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

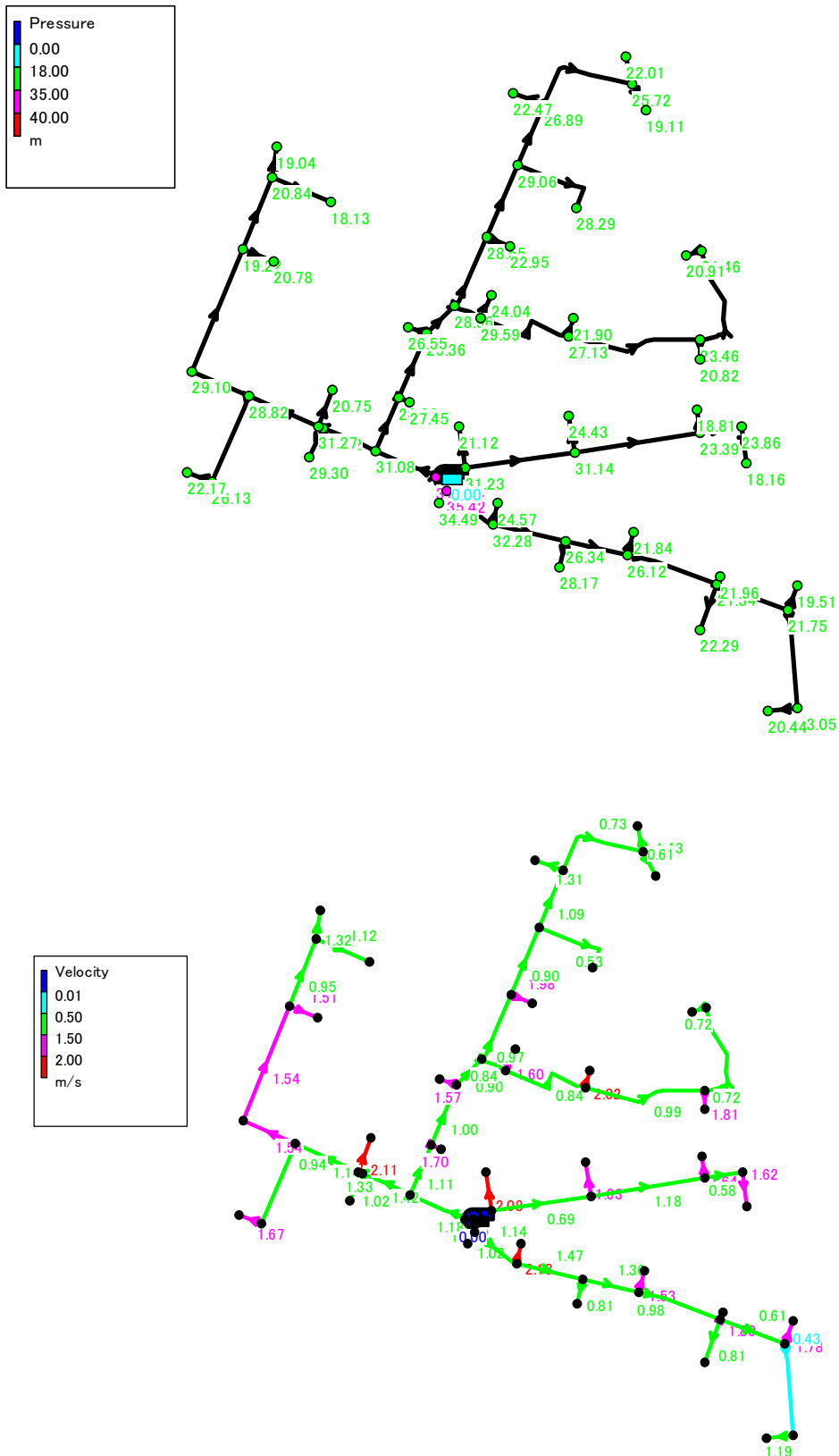
口径 (mm)	廃棄予定管の 総延長 (m)	使用可能な既 設管の延長(m)	新設管の延長 (m)	新設管の延長 (m)	備考
300			13,691	921	既設管 φ300 mm は PVC 製 2002 年 布設。口径は配水本管として能力不 足のため配水管に転用する。
400	1,095	0	4,164	2,278	コンクリート管のため廃棄
450			6,743	1,519	2025 年まで Kyimyindine への配水 管として使用。2025 年以降は配水 ゾーン 10 に含む。
500			7,894	1,735	
600	6,086	0	1,376	3,329	コンクリート管のため廃棄
700			399	2,894	
800			4,545	5,897	
900					
1000			4,180	1,849	
1200					
1600				883	
2000			198		
合計	7,181	0	43,190	21,305	

出典：JICA 調査団



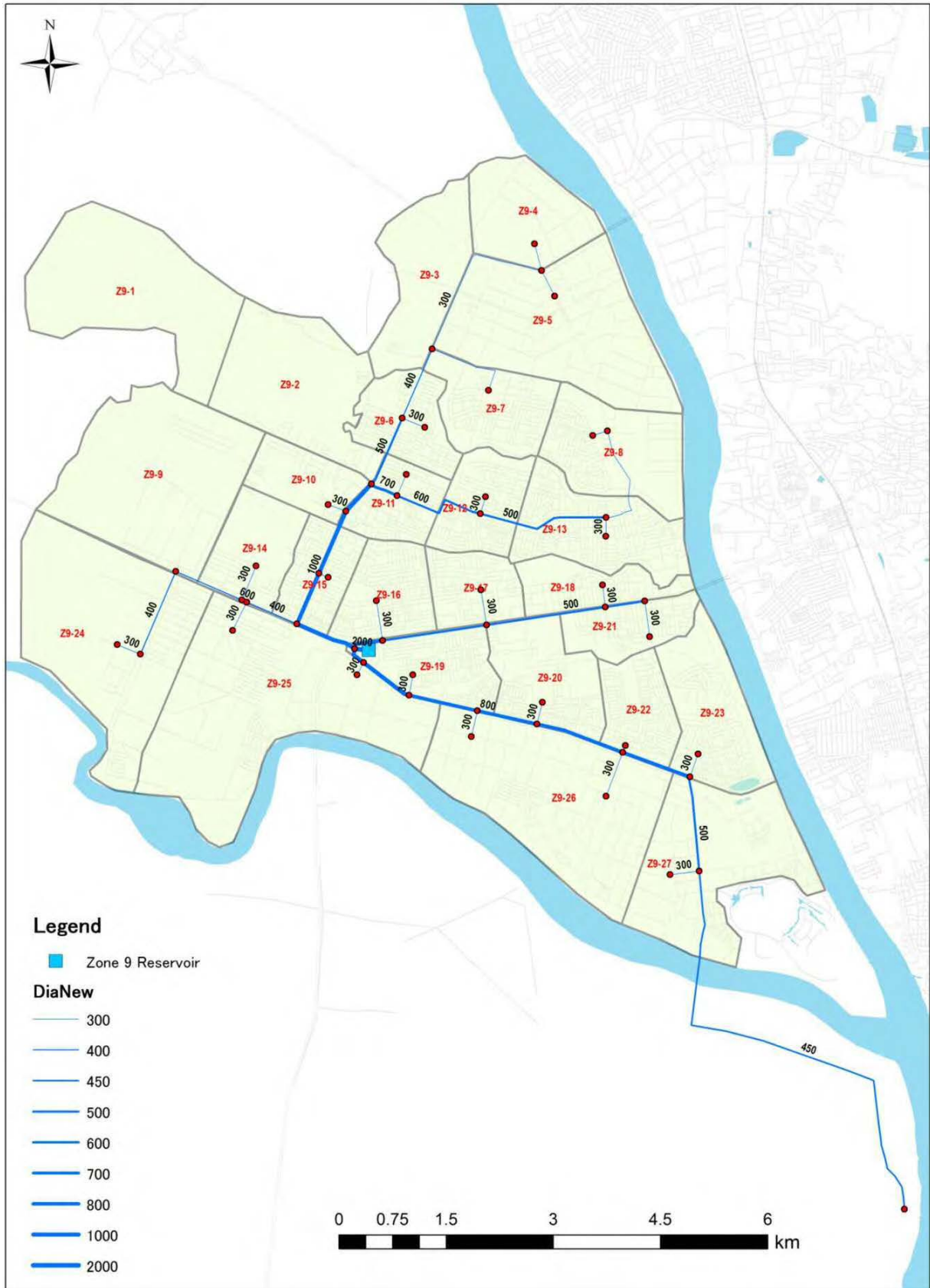
出典：JICA 調査団

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



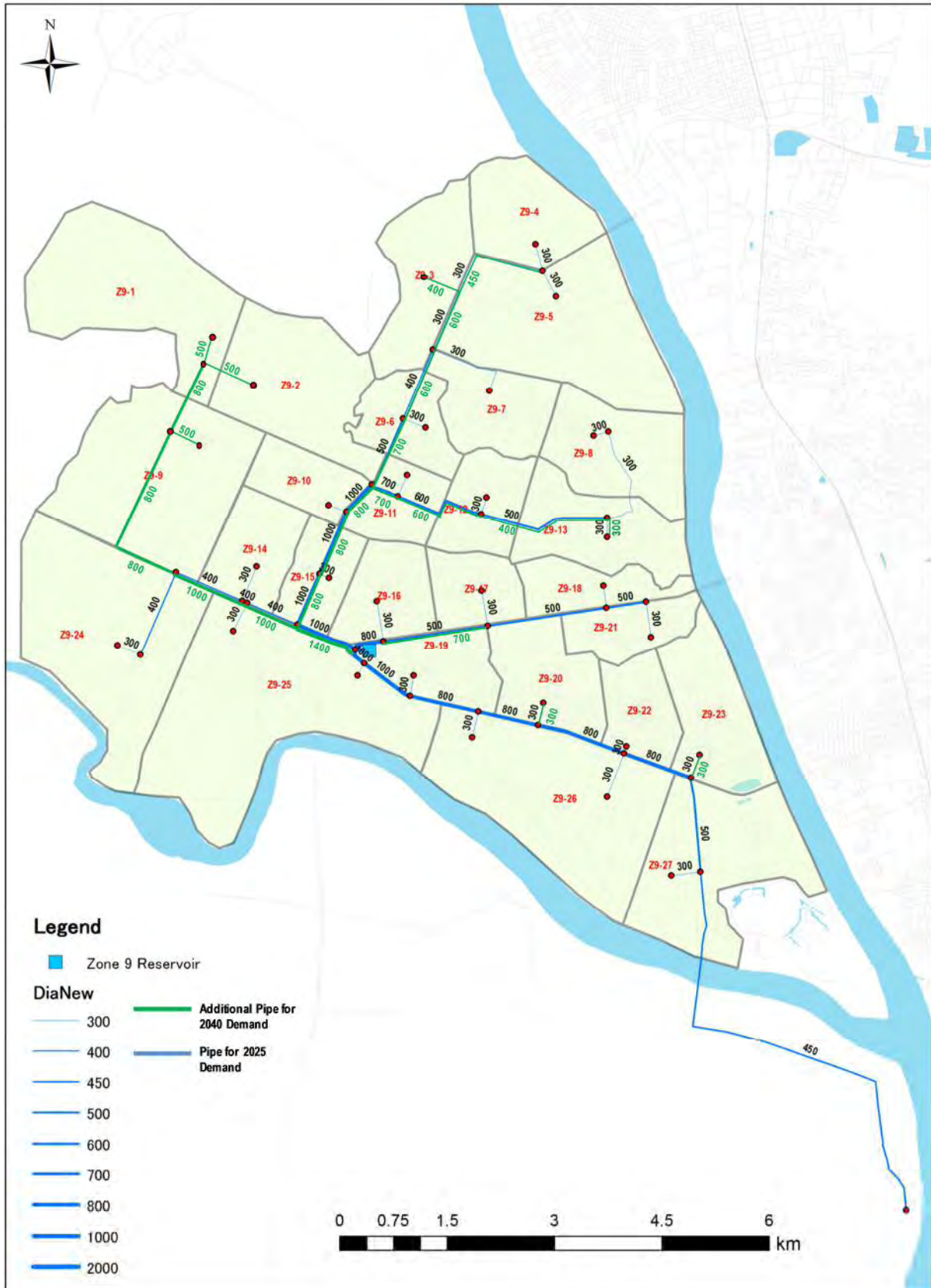
出典：JICA 調査団

図 6-3 配水ゾーン9の2024年需要量における配水本管の管網解析結果



出典：JICA 調査団

図 6-4 配水ゾーン9の2025年における配水本管の計画図



出典：JICA 調査団

図 6-5 配水ゾーン 9 の 2040 年における配水本管の計画図

6.4 配水小管計画

6.4.1 DMA の計画

(1) 計画 DMA

DMA は、配水ゾーン9内の均等給水を目的に、DMA への流入量を監視・制御するものであり、同時に、DMA への流入量と DMA 内の需要量との比較により、DMA 毎の NRW をモニターすることができる。DMA の大きさは、ワードの水需要の増加に伴う効率的な水配分を考慮して、実務的な取扱いの観点から、本計画では若干大きめに計画する。

DMA の境界は運転管理のし易さと均等給水を図るために、地形の標高、自然排水路、道路、給水接続数、及び行政区域を考慮して計画する。下表に示すように、配水ゾーン9における DMA 当りの平均給水件数は3,435 件となる。

表 6-5 2025 年における配水ゾーン9 の DMA 計画

2025 年の需要量 (m ³ /d) (MGD)	2025 年給水人口 (千人)	推定給水件数 (件) *	DMA 当りの平均給水 件数 (件)
86,374 m ³ /d, (19 MGD)	346	79,000	3,435
DMA 数 (ヶ所)	大口メーター室 数量 (個)	給水状況調査 および集計 数量 (件)	給水メーター接続の 更新/新規接続 数量 (件)
23	23	79,000	79,000

注： *推定給水件数 4.38 人/戸

出典：JICA 調査団

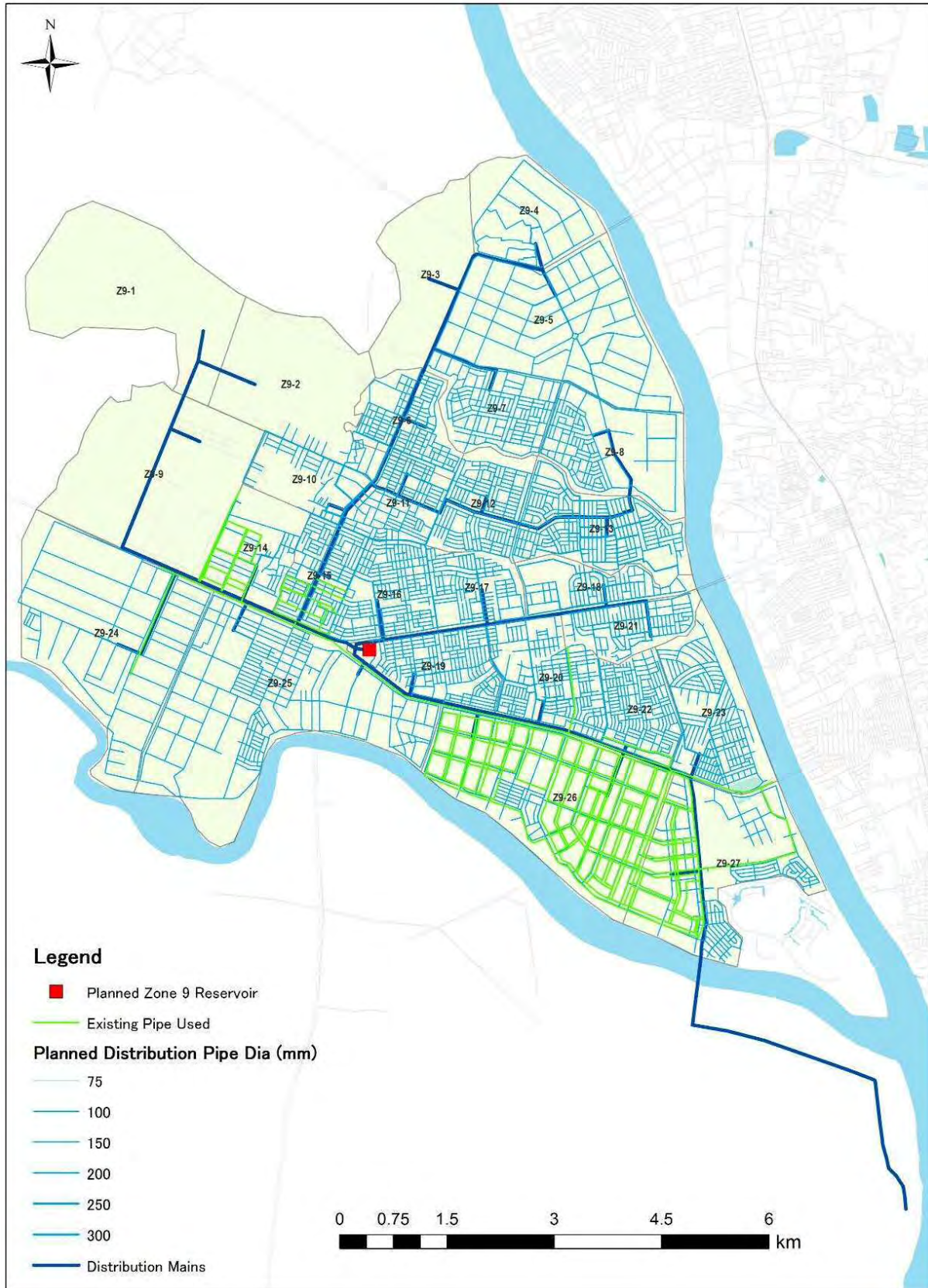
(2) DMA 内の配水小管

管網解析による配水管網の口径別延長を下表に示し、下図に配水管網および DMA の全体計画図を示す。図中の緑色の線は、引続き新しい管網に用いられる既設管路を示している。

表 6-6 配水ゾーン9 の配水管の計画延長

口径 (mm)	廃棄予定管の総延長 (m)	使用可能な既設管 の延長 (m)	新規管の延長 (m)	配水管の計画総延長(m)
	(1)	(2)	(3)	(2)+(3)
50	27,179			
75	0	31,395		31,395
100	0	35,327	577,513	612,840
150	0	32,540	33,834	66,374
200			17,821	17,821
250			6,482	6,482
300		9,570	1,256	10,826
Total	27,179	108,832	636,906	745,738

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 6-6 配水ゾーン9のDMA・配水管の計画図

6.4.2 SCADA

SCADA は 4.4.11 を参照のこと。

SCADA の監視項目は下表のとおりである。

表 6-7 配水ゾーン9の SCADA の監視項目

項目	内容	数量
中央監視装置	ゾーン9 配水池の中継ポンプ場	1 式
ゾーン9 配水池兼中継 ポンプ場	水位計	1 ヶ所
	送水流量計 (流入)	1 ヶ所
	送水流量計 (流出)	1 ヶ所
	配水流量計 (流出)	1 ヶ所
	送水流入弁開度	1 ヶ所
	送水流出弁開度	1 ヶ所
	配水流出弁開度	1 ヶ所
	ポンプ運転情報	1 式
	送水圧	1 ヶ所
	配水圧	1 ヶ所
各 DMA の入口	流量計、水圧計	23 DMA

出典：JICA 調査団

第7章 配水施設（配水ゾーン1）

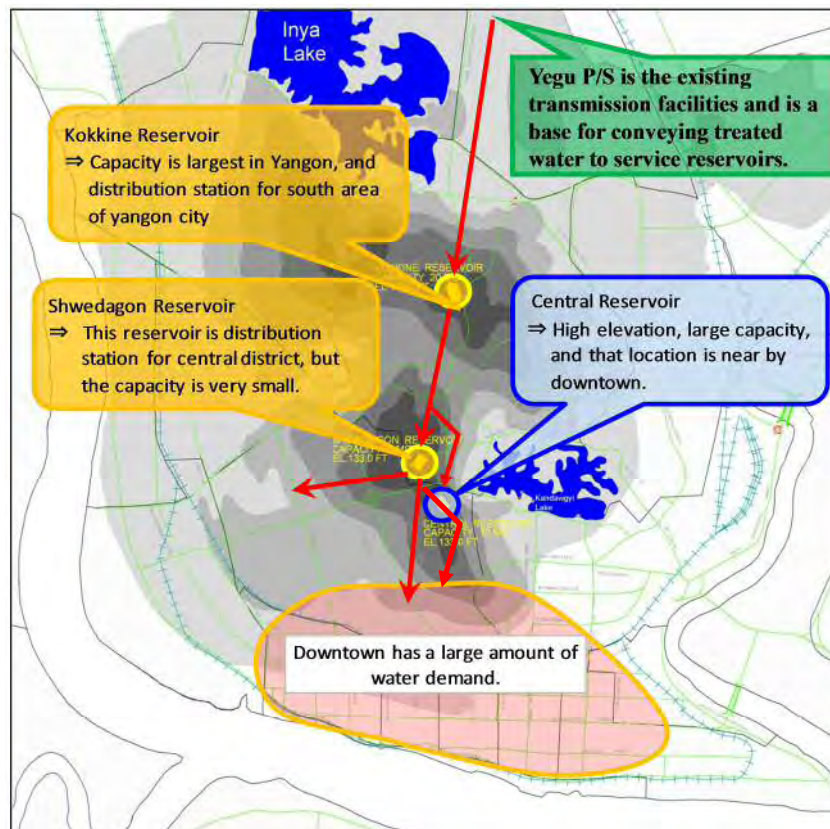
7.1 計画概要

配水ゾーン1はCBDおよびIURのタウンシップ（図3-8参照）から構成されており、イギリス統治時代からの水道施設がある配水ゾーンである。従って、多くの水道施設が老朽化しており、漏水率の低減を図るには、それらの施設更新が必要である。本調査では、同配水ゾーン内の水道施設の近代化として、配水施設の全面更新を計画し、さらに、ゾーンを高区、低区に分け、給水圧の適正化を図る。

7.1.1 現況及びマスタープランのレビュー

2014-JICA水道MPでは、新たな水源としてココア川を開発し、ココア浄水場及び関連する送水施設の建設を計画している。同時に、既存セントラル配水池を改築するとともに、配水ゾーン1高区に配水するためのポンプ場を同配水池に併設する計画である。一方、配水ゾーン1低区への配水は、既存コカイン配水池の利用が計画されている。さらに、高区・低区のための配水管が計画されている。

複数の配水池を含む現況の配水形態を下図に示す。現在、ローガ、ジョビュー、ガモエの貯水池系の水は、既設イエグポンプ場を経由して配水ゾーン1へ供給されている。当該MPによれば、コカイン配水池への送水量は、開発するココア浄水場の水量増に伴い、貯水池系の水量を減らすことで賄い、イエグポンプ場は暫定的に2030年頃まで使用される。同年までには配水ゾーン1への全送水量がココア浄水場の浄水に切換えられ、既設イエグポンプ場は廃止される計画である。



出典: METI 調査

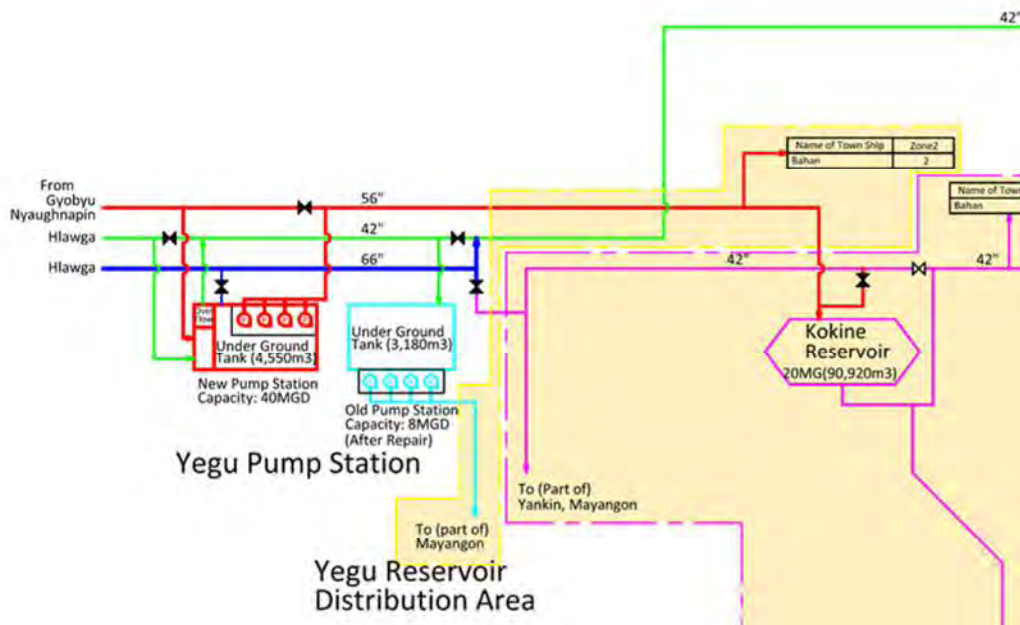
図 7-1 配水ゾーン1の現況の配水形態

7.1.2 イェグポンプ場の現況

イェグポンプ場にあるタンクで、ジョビュー貯水池、ローガ貯水池の原水及びニューフナピン浄水場の浄水を受水しており、同タンクで混ざり合った水が圧送されている。

同ポンプ場は新系と旧系に分けられ、新系には、2007年に設置された4台のポンプがあり全てが正常に稼働している。その内2台（他2台は予備）のポンプがφ1400mmの管路を通じて既存ココイン配水池へ20MGDを送水している。ココイン配水池からの配水は南側に位置するシュエダゴン配水池を経て配水ゾーン1の南側及び西側へ配水されている。

配水ゾーン1の東側は、イェグポンプ場の旧系ポンプにより配水池を経ずにφ1050mmの管路を通じて配水されている。旧系ポンプ7台は、当初1964年に設置され1990年に更新されている。その内の4台が稼働できる状況である。



出典：JICA 調査団

図 7-2 イェグポンプ場以降の配水状況の概略図

イェグポンプ場における 2015 年の水質データを下表に示す。3 貯水池の原水が混ざることにも関わらず、濁度の最大値は 5.8 NTU、平均値は 2.71 NTU であり、配水水質は、概ね飲料水質基準内にあるといえる。

表 7-1 2015年のイエグポンプ場の配水水質データ

No	Date	Lab Code	pH	TDS(mg/l)	EC(μS/cm)	Total Hardness	Fe(mg/L)	Mn(mg/L)	Turbidity(NTU)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Colour	Total Alkalinity	Ca	Mg	CO ₃	HCO ₃	Cl	E. Coli	Salinity	Arsenic (As)
1	6.1.15	WC-150130	7.24	35.8	70.5	52	0.05		1.38			4	9.62	6.710	Nā	4	15		0.04	
3	13.1.15	WC-150158	7.27	30.2	60.6	32	0.02		0.00			4	4.81	4.790	Nā	4	17		0.03	
5	20.1.15	WC-150196	6.98	30.5	60.5	48	0.18		1.16			4	4.81	8.630	Nā	4	12		0.03	
7	27.1.15	WC-150104	7.24	35.5	70.5	52	0.04		1.61			4	9.62	6.710	Nā	4	15		0.04	
9	4.2.15	WC-150245	7.30	35.8	71.5	48	0.04		1.18			6	9.62	5.750	Nā	6	20		0.04	
12	11.2.15	WC-150268	7.30	49.2	98.4	44	0.07		1.61			4	6.41	6.710	Nā	4	13		0.05	
13	17.2.15	WC-150205	7.02	47.6	95.8	64	0.18		0.19			8	9.62	9.580	Nā	8	15		0.05	
15	24.2.15	WC-150211	7.56	31.8	63.6	28	0.06		0.88			2	6.41	2.870	Nā	2	13		0.04	
17	3.3.15	WC-150354	7.57	50.5	101.3	56	0.08		1.61			8	11.22	6.710	Nā	8	24		0.05	
19	10.3.15	WC-150366	7.77	48.3	96.7	72	0.10		4.05			6	3.62	15.11	Nā	6	20		0.05	
21	19.3.15	WC-150390	7.24	35.5	70.5	52	0.04		1.61			4	9.62	6.710	Nā	4	15		0.04	
23	24.3.15	WC-150392	6.78	49.2	98.4	64	0.08		2.12			4	11.22	55.34	Nā	4	26		0.05	
25	7.4.15	WC-150419	7.28	42.9	84.5	28	0.05		4.40			6	4.81	3.830	Nā	6	14		0.04	
27	27.4.15	WC-150464	7.11	52.1	106	72	0.04		2.35			8	8.02	12.47	Nā	8	354		0.05	
29	5.5.15	WC-150597	7.28	42.9	84.5	28	0.05		4.40			6	4.81	3.830	Nā	6	14		0.04	
31	12.5.15	WC-150524	7.40	43.10	86.1	25	0.03		3.58			4	35.00	3.800	Nā	4	16		0.02	
33	20.5.15	WC-150545	6.79	5.73	11.5	88	0.17		5.40			4	11.20	14.40	Nā	4	68		0.05	
35	26.5.15	WC-150555	7.02	5.79	11.47	80	0.17		5.80			4	19.23	7.66	Nā	4	40		0.02	
37	2.6.15	WC-150619	7.25	57.9	113.1	72	0.05	0.01	3.06			14	17.64	6.690	Nā	14	10		0.06	
39	17.6.15	WC-150651	6.70	80.3	100.5	64	0.21	0.013	3.22			32	12.82	7.67	Nā	32	16		0.05	
41	23.6.15	WC-150664	7.46	27.9	51.7	52	0.03	0.007	3.07			42	11.22	5.748	Nā	42	20		0.03	
43	1.7.15	WC-150797	7.28	42.8	85.4	32	0.21	0.093	2.25			26	6.413	3.83	Nā	26	8		0.05	
45	14.7.15	WC-150717	6.87	43.6	87.2	52	0.15	0.069	3.47			30	6.41	8.63	Nā	30	23		0.05	
47	21.7.15	WC-150740	7.08	17.54	35.1	56	0.14	0.087	2.45			32	8.016	8.630	Nā	32	12		0.02	
49	28.7.15	WC-150756	6.87	43.6	87.2	52	0.15	0.069	3.47			30	6.41	8.63	Nā	30	23		0.05	
51	4.8.15	WC-150874	7.24	43.0	85.6	52	0.16	0.046	3.37			34	17.63	1.899	Nā	34	16		0.05	
53	11.8.15	WC-150816	6.73	36.4	72.9	64	0.23	0.050	5.53			18	16.03	5.74	Nā	18	19		0.04	
55	17.8.15	WC-150835	7.01	34.2	68.5	28	0.14	0.064	1.69			58	4.81	3.83	Nā	58	16		0.04	
57	24.8.15	WC-150884	7.27	35.6	71.3	32	0.17	0.081	2.84			10	4.81	4.79	Nā	10	13		0.04	
59	1.9.15	WC-150933	7.98	41.6	82.8	48	0.16	0.079	2.86			58	11.22	4.79	Nā	58	15		0.05	
61	7.9.15	WC-150955	7.20	38.6	77.2	36	0.15	0.050	2.18			52	4.81	5.75	Nā	52	20		0.04	
63	14.9.15	WC-150985	6.38	38.8	77.6	26	0.17	0.058	1.79			56	6.412	2.39	Nā	56	9		0.04	
65	21.9.15	WC-150901	7.04	36.9	75.4	32	0.15	0.081	3.82			58	9.62	1.91	Nā	58	10		0.04	
67	28.9.15	WC-150922	7.22	42.9	82.1	32	0.16	0.072	2.94			64	4.81	4.79	Nā	64	16		0.05	
69	5.10.15	WC-151089	6.90	40.9	81.1	48	0.22	0.064	3.05			16	8.02	6.71	Nā	16	8		0.04	
71	13.10.15	WC-151030	6.91	30.6	61.2	48	0.32	0.108	2.77			48	8.016	5.75	Nā	48	9		0.03	
73	19.10.18	WC-151053	7.23	38.3	76.6	32	0.23	0.053	2.45			52	6.413	3.83	Nā	52	11		0.04	
75	26.10.15	WC-151098	7.04	44.2	87.9	80	0.33	0.088	1.89			66	11.22	12.47	Nā	66	14		0.05	
77	2.11.15	WC-151137	7.44	44.5	88.7	48	0.36	0.144	3.83			70	8.016	6.71	Nā	70	8		0.05	
79	9.11.15	WC-151174	6.54	45	88.9	40	0.38	0.160	2.00			68	8.016	4.79	Nā	68	7		0.05	
81	16.11.15	WC-151195	6.74	44.6	88.9	52	0.44	0.107	3.95			68	9.62	6.71	Nā	68	22		0.05	
83	23.11.15	WC-151127	7.14	44.3	90.1	36	0.66	0.227	4.72			70	8.016	3.83	Nā	70	10		0.05	
85	1.12.15	WC-151285	7.23	40.9	81.8	180	0.44	0.08	3.14			260	40.08	19.15	Nā	260	50		0.04	
87	8.12.15	WC-151244	7.47	39.2	79	72	0.27	0.03	0.24			60	3.21	15.35	Nā	60	14		0.04	

出典：YCDC

7.1.3 コカイン配水池の現況

(1) 概要

コカイン配水池はヤンゴン丘陵の高台（標高約 40m）にあり、1926 年に完成し約 90 年の長期間使用されている。構造物の健全度については不明な部分が多いものの、YCDC によると漏水は確認されていないとのことである。2016 年 5 月にシュミットハンマーによる既設構造物のコンクリート強度試験を行った結果、圧縮強度は約 36 MPa と十分な強度を有していた。

一方、2007 年の清掃時には、汚泥が水深 6.1 m の底部 1.5 m に堆積し、有効容量の減少が報告されている。堆泥はポンプにより引抜き除去されたものの、未処理の原水が供給され続け限り堆泥は生じるため、配水池の定期的な清掃が不可欠である。根本的な解決には、浄水場における原水濁度の除去が必要となる。

表 7-2 既設コカイン配水池の概要

項目	諸元
建設時期	1925～1926 年
敷地面積	559 フィート×286 フィート
構造	半地下式鉄筋コンクリート式

項目	諸元
容量	90,920 m ³ (20MG)
水位	HWL +42.7 m (140 フィート), LWL +36.6 m (120 フィート)
水深	6.1 m
流入管	イエグポンプ場から φ1400 mm 鋼管
流出管	φ1050 mm 鋳鉄管：南方面の Shwedagon 配水池へ φ1050 mm 鋳鉄管：北方面タウンシップ φ1050 mm 鋳鉄管：南西方面タウンシップ

出典：JICA 調査団

(2) 滞留時間

ココイン配水池の下流にはシュエダゴン配水池（1894年築造、容量1MG）があるが、それを除く配水ゾーン1の滞留時間の将来推移を下表に示す。配水池の需要量の時間変動を調整するための滞留時間の目安を8時間とすると、2030年までの池容量は十分である。しかしながら、同年以降は需要増に伴い滞留時間が8時間未満に減少する。従って、配水池の容量増あるいは増設が必要である。

表 7-3 コカイン配水池の滞留時間の将来推移

項目	2014	2025	2030	2035	2040
配水ゾーン1の総需要量	44 MGD	54 MGD	60 MGD	65 MGD	71 MGD
滞留時間*	11.0 hr	8.9 hr	8.0 hr	7.4 hr	6.8 hr

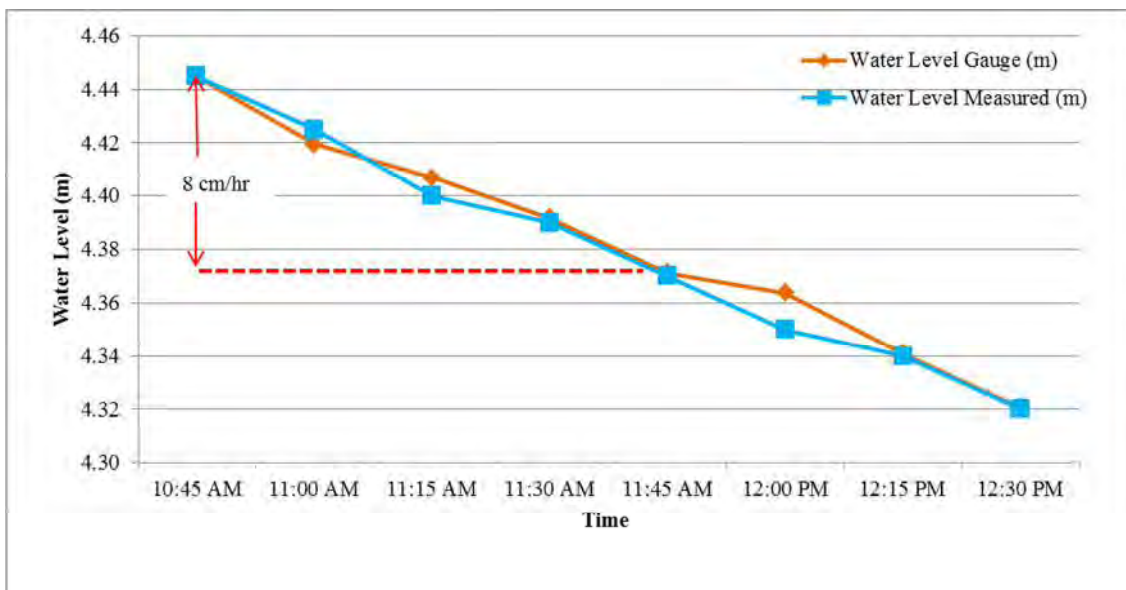
* 滞留時間＝配水池容量(20MG)÷需要量 MGD×24 時間

出典：JICA 調査団

(3) 配水池の漏水

本調査において、90年以上前に建設されたため老朽化の懸念のあるココイン配水池の漏水試験を実施した。この試験は、ココイン配水池の流入量及び流出量がない間の水位を計測し、低下した水位を漏水とみなした。

同試験は、流入元であるイエグポンプを停止し、かつココイン配水池の2ヶ所の流入弁、3ヶ所の流出弁を閉じた状態で配水池の水位を15分ごとに計測した。水位測定には2種類の測定方法を用いた。一つは、配水池に設置されているロープ式水位表示計、もう一つは測量テープによる測定である。その計測結果を下図に示す。図中のオレンジ線はロープ式水位表示計の記録、青線は測量テープによる測定値である。両測定結果ともに、配水池水位の低下量は1時間当たり8cmであった。その数値に基くと、1日当たりの水位低下量は1.92mとなり、貯水池の水深6.1mの30%に相当する。

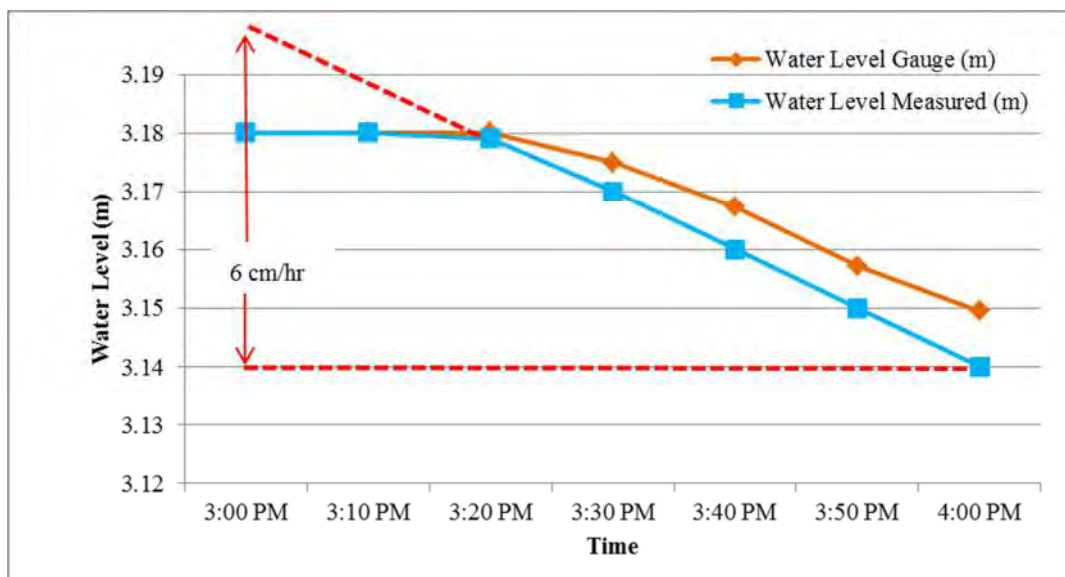


出典：JICA 調査団

図 7-3 コカイン配水池の水位低下量

この測定結果について、水供給・衛生局からは池本体からの漏水ではなく、逆止弁からの漏水ではないかとの指摘があった。逆止弁と接続する管の管底が約 10 フィートの位置にあり、池側に 4 フィート以下の圧力が逆止弁にかかった状態では、逆止弁が適切に閉まらず、弁からの漏水が生じるとのことであった。

逆止弁の影響を除いた条件下で漏水を確認するために、逆止弁と接続する管の設置高より配水池の水位を下げた条件で試験を実施した。その計測結果を下図に示すものの、低下量は減少したものの依然として多く 1 時間当たり 6 cm であった。



出典：JICA 調査団

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

(4) 漏水の原因特定と配水池本体の修繕の必要性

上記の試験から、漏水により配水池の水位低下が生じていることが分かる。しかしながら、漏水が、接続弁・管路を通してか、あるいは貯水池の壁を通してかあるいは両者から発生しているかは現時点では特定できない。流入弁、逆止弁、流出弁等も約 90 年間使用され老朽化しており、完全に止水できないため、弁を通じた漏水の可能性も高い。同様に、配水池の底版・側壁からの漏水の可能性もある。

原因を特定するには、補修前に、全ての流入弁と流出弁を交換し、弁からの漏水をなくした上で、池本体からの水位低下（漏水の有無）を判断する。水位低下が観測され、池本体からの漏水と判断された場合には、配水池の底盤・壁を修繕する。漏水の検査は、配水池を空にして清掃した後、漏水箇所がないかを確認する。配水池を安全に再使用するために、漏水箇所を特定し確実に修繕する必要がある、漏水状況に応じた修繕対策案の選択、並びにその対策案の実施が必要である。さらに、ココイン配水池の敷地において利用可能なスペースは限定されているため、建設工事期間中は、その点に注意しなければならない。

ココイン配水池のコンクリート強度がまだ十分にあることから、水供給・衛生局は漏水調査とその補修により、引き続き配水池の使用を望んでいる。

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

セントラル配水池は、ヤンゴン丘陵にあるシュエダゴン・パゴダ近くにあり、東西を住宅や寺院（パゴダ）に囲まれた軍用地内にある。配水池は上部が覆土された半地下式の鉄筋コンクリート製のフラットスラブ構造となっている。内部に仕切壁等はなく、10 MG (= 45,460m³) の 1 池構成である。

半世紀以上にわたり放置状態であったセントラル配水池を活用するため、YCDC は 2009 年以降 2 度にわたり、コンクリートの補修を行った。しかしながら補修はうまくいかず依然放置されている。目視可能な範囲でも所々で鉄筋の露出やクラック等が以下の写真のとおり確認されている。従って、本調査では配水池の改築を計画する。

隣接するシュエダゴン・パゴダ配水池は、池容量も 1 MG と小さく、老朽化により頂版の構造が弱くなっているため、セントラル配水池の改築後に廃棄するものとする。

表 7-4 既設ココイン配水池の概要

項目	諸元
建設時期	1965 年
敷地面積	幅 347 フィート × 長さ 220 フィート
構造	半地下式鉄筋コンクリート式
容量	45,460 m ³ (10 MG)
水位	HWL +38.1 m (125 フィート), LWL +32.0 m (105 フィート)
水深	6.1 m

項目	諸元
流入管・流出管	既存の流入管 φ1200 mm (鋳鉄管) は流出管としても使用される。
接続個所	“コカイン～シュエダゴン”の送水管から鋼管 φ1050 mm が分岐

出典：JICA 調査団



写真 7-1 配水池の頂部外観



写真 7-2 配水池内観



写真 7-3 劣化した柱



写真 7-4 SIKA 社による補修跡

出典：METI 調査

7.1.5 計画条件

(1) 計画方針

配水ゾーン 1 は高区と低区の 2 つのサブゾーンに区分する (下図参照)。高区は標高の比較的高いエリアから構成されポンプ方式による配水となり、低区は標高の低いエリアから構成され自然流下方式による配水となる。

a) 既存の配水池とその容量

既存のコカイン配水池と放棄されているセントラル配水池は標高の高い所にある。コカイン配水池 (20 MG) は丘陵地の北側にあり、シュエダゴン・パゴダ配水池 (1 MG) とセントラル配水池 (10 MG) は丘陵地の南側にある。その配水池総容量は 31MG である。

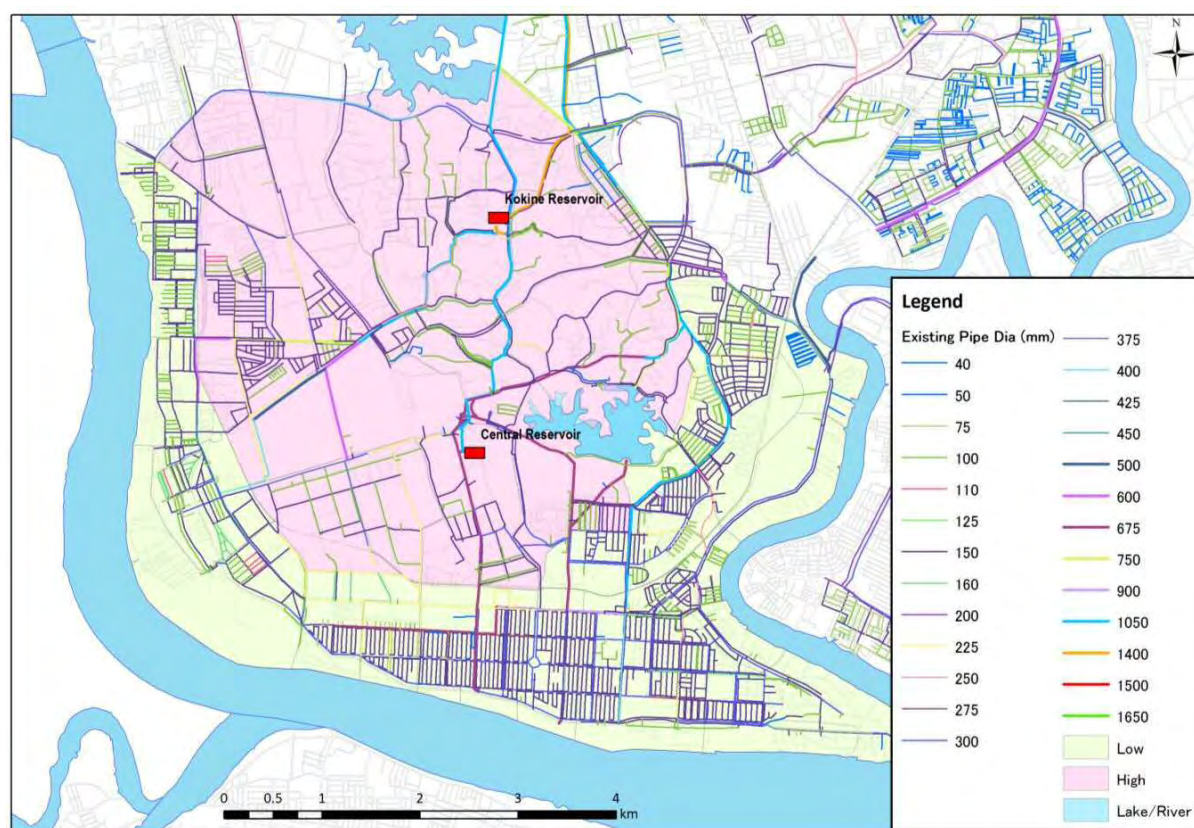
b) 高区・低区

高区は丘陵部の比較的高いエリアとし、現状の自然流下系からポンプ圧送方式に変更する。

これにより、標高が 10~20m 以上と比較的高く、出水不良地区となっている Dagon、Bahan、Sanchaung タウンシップの出水不良を解消する。配水ポンプはセントラル、ココイン配水池のいずれにも設置可能であるが、本計画ではセントラル配水池の改築と併せてポンプ設備を設けるものとする。これは、ココイン配水池の地盤高がセントラル配水池よりも若干高く自然流下方式として有利なためである。もう一方の低区は川沿いの比較的標高の低いエリアとし、ココイン配水池から自然流下方式により配水する。

c) 水源

低区の配水拠点となるココイン配水池への水は、ココア浄水場から供給する。また、セントラル配水池への水は貯水池系のイエグポンプ場より供給する。



出典：JICA 調査団

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

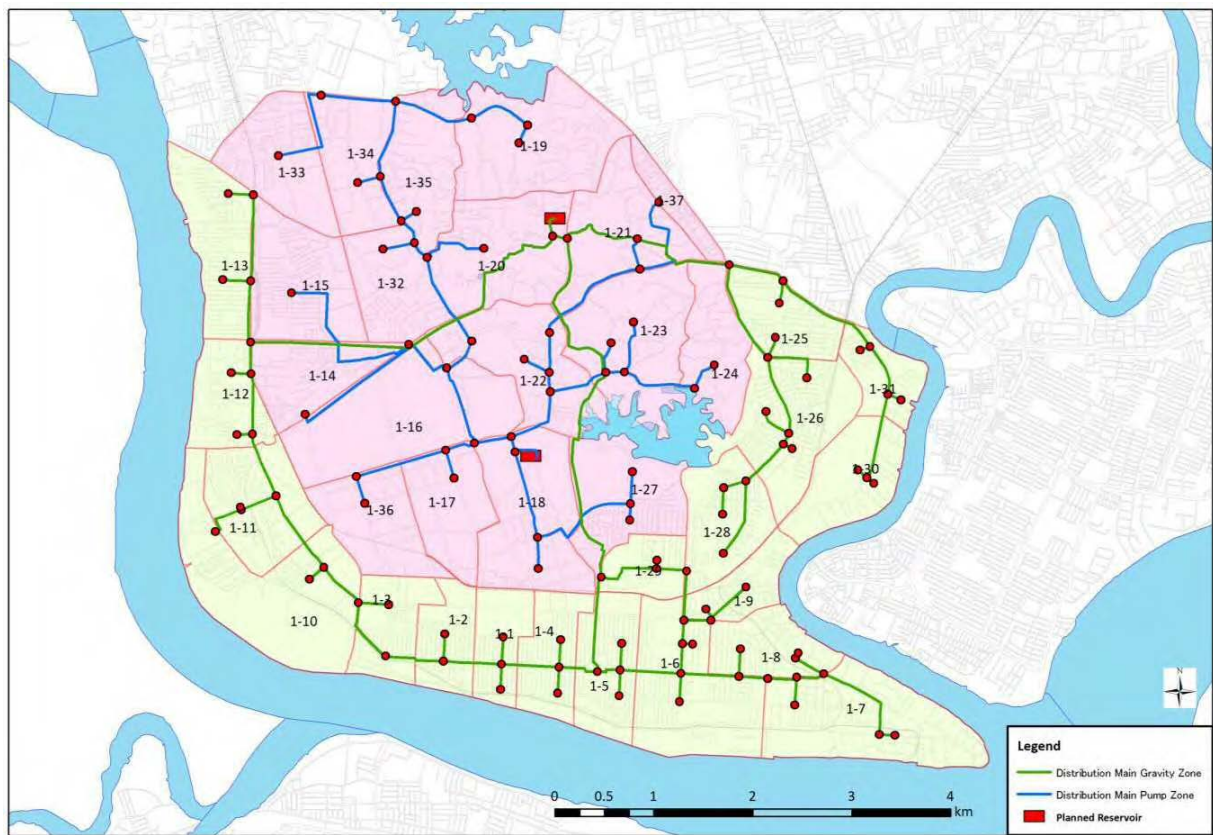
(2) 計画条件

配水ゾーン 1 に関する計画条件を下表に記す。一日最大給水量は現状 2014 年から 2025 年には 1.2 倍、2040 年には 1.6 倍になる見込みである。人口が密集しており交通渋滞の発生が多く大口径の管布設が容易ではないことを考慮して、配水本管は 2040 年の需要量を見たすように計画する。また、配水ゾーン 1 のエリアを 37 区画の DMA に分割する。下図に配水本管と DMA の区画の計画図を示す。

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

年	人口	給水率	給水人口	一日最大給水量	一日最大給水量
	千人	%	千人	MLD	MGD
低区					
2014	506	70	354	144	32
2025	557	81	452	166	37
2040	577	89	516	210	46
高区					
2014	288	47	134	55	12
2025	309	70	215	79	17
2040	318	87	277	113	25
配水ゾーン1					
2014	794	62	488	199	44
2025	866	77	667	245	54
2040	896	89	793	323	71

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

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)

(3) 水配分計画

配水ゾーン1の水源地計画は下表のとおりである。2014年の配水ゾーン1の需要量は、ココイン配水池を經由して貯水池系の水源地により全て供給されている。2025年には、ココア水源の開発に伴い河川系の水源地と貯水池系の水源地から供給する。2040年には、配水ゾーン1の水源地は、ココアあるいはトゥの河川系の水源地システムから全て供給される。

表 7-6 配水ゾーン1の水源配分計画

(単位: MGD)

サブゾーン	年	配水量計	貯水池系	ココアを含む河川系
低区 (コカイン配水池)	2014	44	44	未開発
	2025	37	0	37
	2040	46	0	46
高区 (セントラル配水池)	2014	未使用	未使用	未開発
	2025	17	17	0
	2040	25	25	0
合計	2014	44	44	未開発
	2025	54	17	37
	2040	71	25	46

出典：JICA 調査団

7.1.6 配水形態の複数案の比較

当該 MP では配水ゾーン1の配水形態は、ココア浄水場からの浄水とイエグポンプ場を経由する貯水系の水をコカイン配水池で混合し配水する計画である。この計画思想はイエグポンプ場が将来的に廃止予定であること、河川系の水源開発に伴いコカイン配水池の水源が徐々に河川系の水源に代わっていく計画に基づいている。しかしながら、円借款の効果を最大限に発揮し、安全な飲料水を供給する目的で、YCDC と JICA との議論の結果、コカイン配水池において未処理の貯水系の水を混ぜず、ココア浄水場の 40 MGD のみを配水する計画案が決定された。本計画案は 40 MGD の給水エリアに対して、同量の 40 MGD の浄水場、送水ポンプ、送水管、配水池、配水管、及び給水管の整備により達成できる。この条件に該当する約 40 MGD の需要量を持つ低区にココア浄水場からの浄水を供給する。

上述の条件を考慮して、配水水質の観点から複数の配水形態案を比較検討し、その結果を下表に示す。併せて、それぞれの配水形態の案に最低限必要な配水施設を記載した。

第0案 (MP に基づく原案) の配水形態では、コカイン配水池は、ココア浄水と貯水池系の混合水を低区へ配水し、セントラル配水池はココア浄水を高区へ配水する。本案はコカイン配水池でココア浄水と貯水池系の未処理水が混ざることにより、配水水質濁度を常時 1 NTU 未満に抑えることが難しいために、水質に関して安全ではないと考えられる。

第1案の配水形態は、第0案とほぼ同じであるが、低区用のコカイン配水池の水源はココア浄水のみであり、高区用のセントラル配水池の水源は貯水池系のみとなり、ココア浄水とイエグポンプ場の水はそれぞれ別個のエリアに配水される。ただし、本案は高区用のセントラル配水池への送水を担保するために、イエグポンプ場のポンプの揚程変更が必要である。

表 7-7 配水形態の複数案の比較

項目	第0案(原案)	第1案(JICA-YCDC discussion)	第2案	第3案	第4案
配水形態の概要	低区：ココイン配水池から自然流下にて混合水を配水。 高区：セントラル配水池からポンプ圧送にてココア浄水を配水。	低区：ココイン配水池から自然流下にてココア浄水を配水。 高区：セントラル配水池からポンプ圧送にて貯水系の水を配水。	低区：セントラル配水池から自然流下にてココア浄水を配水。 高区：ココイン配水池からポンプ圧送にて貯水系の水を配水。	低区：ココイン配水池から自然流下にてココア浄水を配水。 高区：ココイン配水池からポンプ圧送にて貯水系の水を配水。	低区：セントラル配水池から自然流下にてココア浄水を南部、及びココイン配水池から東部・西部へ配水。 高区：ココイン配水池からポンプ圧送にて貯水系の水を配水。
概略図					
配水池の必要容量	ココイン：20 MG (既設の補修) セントラル：8.3 MG	ココイン：20 MG (既設の補修) セントラル：8.3 MG	ココイン：8.3 MG (改築) セントラル：15.3 MG > 10 MG	ココイン：23.6 MG (改築) > 20 MG セントラル：0 MG	ココイン：16 MG (改築) セントラル：7.7 MG
2025年に最低限必要な施設	<ul style="list-style-type: none"> ■浄水場 ココア浄水場(40 MGD) ■送水施設 浄水場の送水ポンプ(40 MGD) 送水管 浄水場～中継ポンプ場(φ1600) 中継ポンプ場(40 MGD) 送水管 中継ポンプ場～分岐点(φ1600) 分岐点～ココイン配水池(φ1400) 分岐点～セントラル配水池 (φ1000) ■配水施設 セントラル配水池/ポンプ(17 MGD) 配水本管(低区) 配水網(低区) 配水管(高区) 配水網(低区) 	<ul style="list-style-type: none"> ■浄水場 ココア浄水場(40 MGD) ■送水施設 浄水場の送水ポンプ(40 MGD) 送水管 浄水場～中継ポンプ場(φ1600) 中継ポンプ場(40 MGD) 送水管 中継ポンプ場～分岐点(φ1600) 分岐点～ココイン配水池(φ1400) イェグポンプ場のポンプ更新 ■配水施設 セントラル配水池/ポンプ(17 MGD) 配水本管(低区) 配水網(低区) 配水管(高区) 配水網(低区) 	<ul style="list-style-type: none"> ■浄水場 ココア浄水場(40 MGD) ■送水施設 浄水場の送水ポンプ(40 MGD) 送水管 浄水場～中継ポンプ場(φ1600) 中継ポンプ場(40 MGD) 送水管 中継ポンプ場～分岐点(φ1600) 分岐点～セントラル配水池(φ1600) ■配水施設 セントラル配水池/ポンプ(17 MGD) ココイン配水池の改築(8.3 MG) 配水本管(低区) 配水網(低区) 配水管(高区) 配水網(低区) 	<ul style="list-style-type: none"> ■浄水場 ココア浄水場(40 MGD) ■送水施設 浄水場の送水ポンプ(40 MGD) 送水管 浄水場～中継ポンプ場(φ1600) 中継ポンプ場(40 MGD) 送水管 中継ポンプ場～分岐点(φ1600) 分岐点～ココイン配水池 (φ1600) ■配水施設 ココイン配水池/ポンプ改築(23.6MG) 配水本管(低区) 配水網(低区) 配水管(高区) 配水網(低区) 	<ul style="list-style-type: none"> ■浄水場 ココア浄水場(40 MGD) ■送水施設 浄水場の送水ポンプ(40 MGD) 送水管 浄水場～中継ポンプ場(φ1600) 中継ポンプ場(40 MGD) 送水管 中継ポンプ場～分岐点(φ1600) 分岐点～ココイン配水池(φ1400) 分岐点～セントラル配水池 (φ1000) ■Distribution セントラル配水池/ポンプ(16 MGD) ココイン配水池/ポンプ改築(7.7MG) 配水本管(低区) 配水網(低区) 配水管(高区) 配水網(低区)
特記事項	ココイン配水池にてココア浄水と貯水池系の水が混合する ⇒ 協議により不採用となった。	イェグのポンプの交換が必要である。	セントラル配水池の容量を大きくし、ココイン配水池の改築が必要。	ココイン配水池の改築、かつ配水池容量を大きくしなければならない。セントラル配水池の改築は不要。	ココイン配水池の改築が必要。低区へは2つの配水池から配水される。
建設費用 (百万 USD)	51,016 (管路: 44,779, セントラル配水池: 3,737, ココイン配水池: 2,500)	52,932 (管路: 44,779, セントラル配水池: 3,737, ココイン配水池: 2,500, イェグポンプ: 1,916)	59,001 (管路: 48,374, セントラル配水池: 6,890, ココイン配水池: 3,737)	56,528 (管路: 45,900, ココイン配水池: 10,628)	51,693 (管路: 41,020, セントラル配水池: 3,468, ココイン配水池: 7,205)
結論		◎			

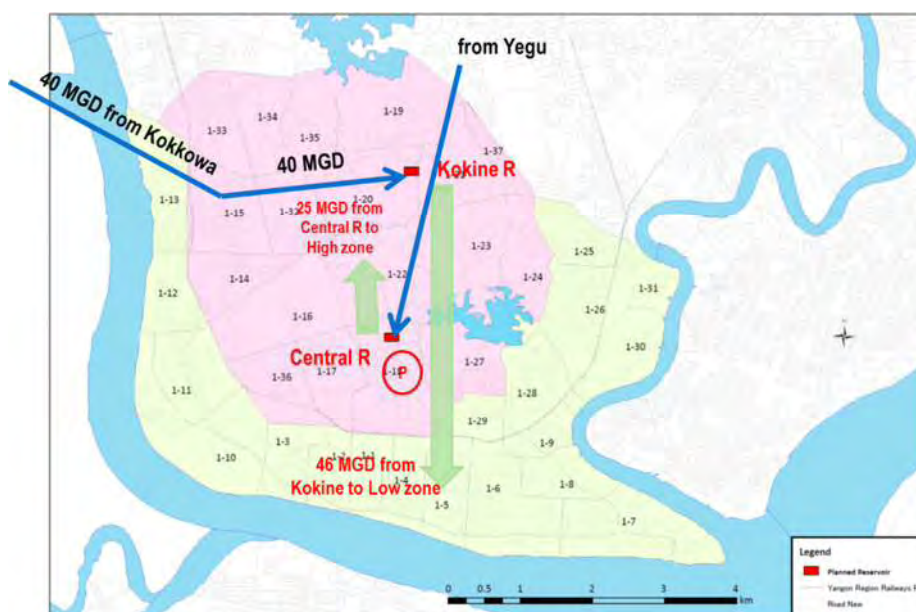
出典：JICA 調査団、詳細は添付図書 8 参照

第2案の配水形態は、ココイン配水池は、貯水池系の水を高区へ配水し、セントラル配水池はココア浄水を低区へ配水する。本案では低区へココア浄水の37 MGDの水を配水するために、セントラル配水池の容量を15.3 MGまで拡張しなければならない。従って、敷地面積の制約からセントラル配水池の高さは他案と比べ高くなる。このことから、配水池がシュエダゴン・パゴダの近傍にあり、社会的配慮の観点からYCDCにとって受け入れられない案である。なお、本案はポンプ場併設のためにココイン配水池の改築も必要となる。

第3案の配水形態は、ココイン配水池は、貯水池系の水を高区へ配水し、かつココア浄水をココイン配水池から低区へ配水する。本案ではココイン配水池を既設より大きな23.6 MGの容量に増強し2池割の配水池に改築する。片方の池は貯水池系を受水し、もう片方の池はココア浄水を受水する。さらに、ココイン配水池において高区用の配水ポンプ設備を設ける。一方、セントラル配水池は不要となる。ココイン配水池の増強・改築を考慮するとセントラル配水池は不要となるが、本案は水供給・衛生局によってココイン配水池の工事期間中の給水の安全性の観点から除外された。

第4案の配水形態は、ココイン配水池は、貯水池系の水を高区へ配水し、かつココア浄水をココイン配水池から低区の東側・西側へ配水する。セントラル配水池はココア浄水を低区の南側へ配水する。本案ではココイン配水池を16MGの容量として2池割の配水池に改築する。片方の池は貯水池系を受水し、もう片方の池はココア浄水を受水する。

建設費用とココイン配水池の改築による信頼性向上の観点から調査団は第4案を推奨する。しかしながら、水供給・衛生局はココイン配水池を改築せず既存のまま使用する案(7.1.3(4)参照)の採用を望んでおり、そのため第0案と第1案が選択される。さらに、上記の配水水質に基づく検討、並びに水供給・衛生局との各案に関する協議の結果、第1案の配水形態を選定することとした。



出典：JICA 調査団

図 7-7 配水形態 (第1案) の概略図

7.2 配水池・配水ポンプの計画

配水ゾーン1には2ヶ所の配水池を計画する。既存コカイン配水池は自然流下系の低区への配水のために補修を計画する。また、セントラル配水池はポンプ圧送系の高区への配水のために改築を計画する。

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

項目	コカイン配水池	セントラル配水池
サブゾーン	低区	高区
配水方法	自然流下系	ポンプ加圧系
池容量	20 MGD×4546 = 90,920 m ³	8.3 MGD×4546 = 37,882 m ³
改築	漏水調査をして補修	改築

出典：JICA 調査団

7.2.1 コカイン配水池

コカイン配水池の使用年数が長期間であり、かつ修理あるいは改築の必要性を考慮すると、配水池構造の健全性を確認するために、内部を清掃した後に配水池を一時的に止め検査・分析される必要がある。本事業では、漏水検査およびその補修を施工期間中に実施する計画とする。

コカイン配水池の施設概要を下表に示す。施設は流入制御弁、流出制御弁で構成される。流入量のある値に設定することで流入量を制御する。SCADA はこれらの流量を制御するために導入する。

表 7-9 コカイン配水池の施設概要

No.	施設	仕様	数量	
			運転	予備
1	コカイン配水池	既設 20 MG 鉄筋コンクリート造	1 池	-
2	流入制御弁	流量調整電動弁	2 基	-
3	流出制御弁	流量調整電動弁	3 基	-

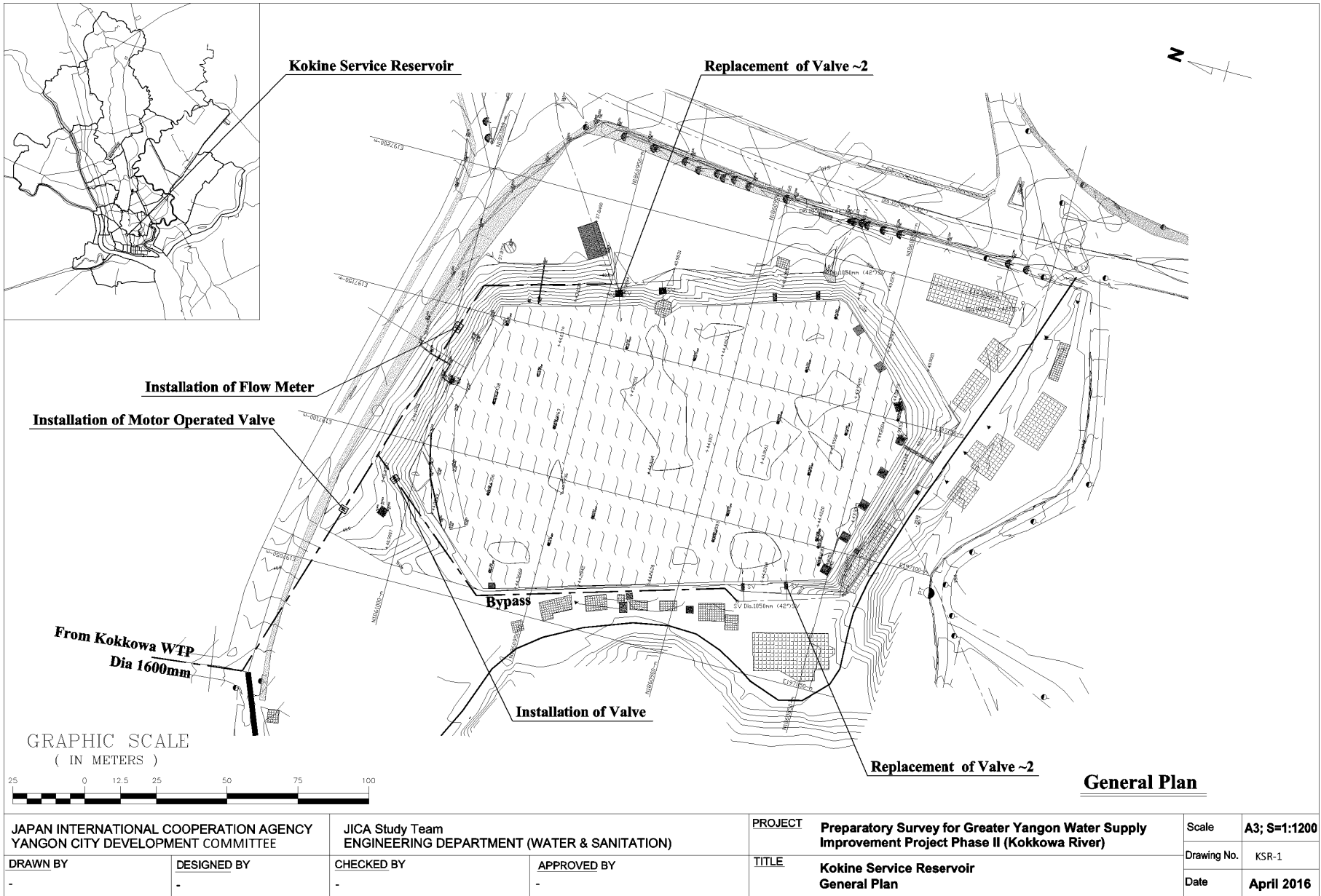
出典：JICA 調査団

コカイン配水池の滞留時間を下表に示す。滞留時間の標準を8時間とすると将来においても満足できる。

表 7-10 コカイン配水池の滞留時間（低区）

項目	2025	2040
低区の日最大需要量 (MGD)	37 MGD	46 MGD
滞留時間*	13.0 hr	10.4 hr

注：* 滞留時間=配水池容量(20MG)÷需要量 MGD×24 時間。需要量は自然流下系の低区のみ
出典：JICA 調査団



7.2.2 セントラル配水池・配水ポンプ

(1) セントラル配水池の改築

セントラル配水池を改築し、配水ポンプ場を設ける。改築によるメリットは下記の通りである。

- 配水池の改築により池容量が増え、配水ゾーン 1 の総配水池容量が確保できる（表 7-3 参照）。
- ポンプ圧送による高区の創設により、出水不良地域を解消できる。
- コカイン配水池の構造物診断・改築のための一時停止が容易となる。

(2) 改築計画方針

配水池を改築する際の制約条件と計画方針は次のとおりである。

【制約条件】

- 改築後の配水池の HWL は、既存の配水池 HWL と同程度とする。
- 配水池の周辺状況から、敷地の拡張はできないため配水池容量の増量は困難である。
- 2040 年の需要量から、配水池容量として 8.3 MG の改築を計画する。

【計画方針】

- イェグポンプ場からセントラル配水池へ送水するために、イェグポンプ場のポンプを更新する。
- 鉄筋コンクリート造の半地下構造物を採用する。
- 配水池内での滞留水を防ぐため、池内に導流壁を設ける。
- 隣接するパゴダ等への影響を避けるために、掘削範囲は可能な限り最小とする。
- 配水池の撤去・築造工事時は、周辺状況より低騒音・低振動の工法を採用する。
- 建設時の土留めとして既存配水池の壁を利用する。

(3) 施設計画

高区用に改築されるセントラル配水池の滞留時間を下表に示す。

表 7-11 改築後のセントラル配水池の滞留時間（高区）

項目	2025	2040
高区の日最大需要量 (MGD)	17	25
滞留時間*	11.7 hr	8.0 hr

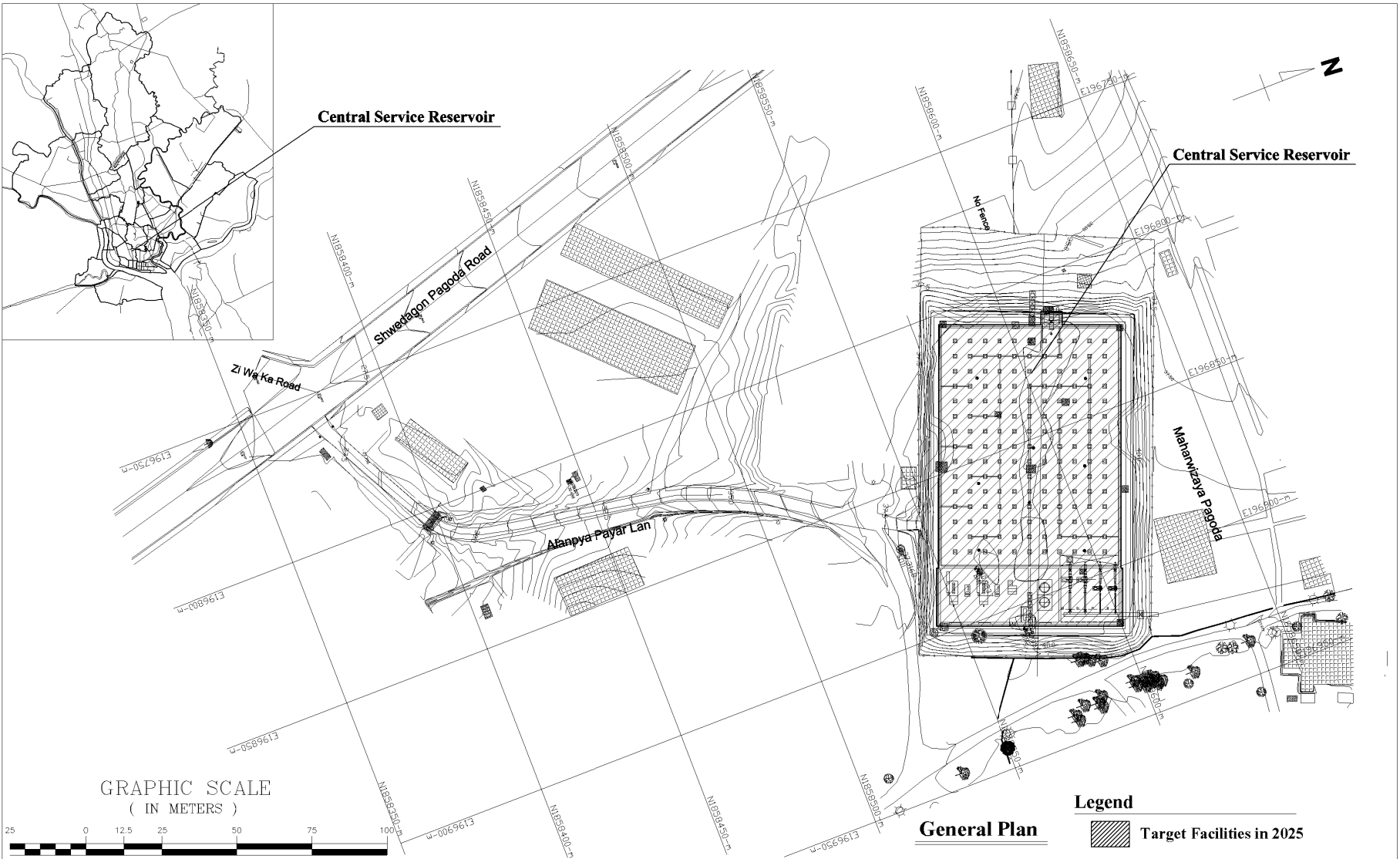
注：* 滞留時間＝配水池容量(8.3MG)÷需要量 MGD×24 時間。需要量はポンプ配水系の高区のみ
出典：JICA 調査団

下表に示すセントラル配水池の施設概要は、流入制御弁、流出制御弁、及び配水ポンプから構成される。配水ポンプ設備は、流量変化を調整するために VFD 制御方式の横軸両吸込渦巻ポンプを採用する。これらの流量を制御するために SCADA を導入する。

表 7-12 セントラル配水池における施設概要

No.	設備	仕様	数量	
			運転	予備
1	セントラル配水池	8.3MG 鉄筋コンクリート造	1 基	-
2	流入制御弁	流量調整電動弁	2 基	-
3	流出制御弁	流量調整電動弁	2 基	-
3	配水ポンプ (大)	67 m ³ /分 x 42 m x 660 kw VFD 式横軸両吸込渦巻ポンプ	1 台	1 台
4	配水ポンプ (小)	32 m ³ /分 x 42 m x 375 kw VFD 式横軸両吸込渦巻ポンプ	1 台	1 台

出典：JICA 調査団



7-18

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=1:1200
DRAWN BY	DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	TITLE	Central Service Reservoir General Plan	Drawing No.	CSR-1
-	-	-	-			Date	April 2016

7.2.3 セントラル配水池・ポンプ場の電気設備

(1) 一般事項

電気設備の設計条件を下表に示す。電気供給事情は 4.4.10 に記載してある。

表 7.13 電気設備に関する計画諸元

設計条件	
1) 受電電圧	33kV, 50Hz, 1 回線
2) 受電変圧器容量	3,000 kVA
3) 電気負荷設備容量	2,400 kW
4) 電気負荷運転容量	1,800 kW

出典：JICA 調査団

(2) 受電計画

セントラル配水池及びポンプ場(下図の Dagon) は、3 MVA の受電変圧器容量、及び受電電圧 33kV となる。最も近い YESC の 33 kV 変電所より 33 kV 地中ケーブル(約 1 km) による配線を計画する(変電所位置は YCDC による想定)。



出典：フェーズ 1 FS (旧名 YESB、現在 YESC に名称変更)

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

(3) 受電設備および配電設備

電源供給のための YESC との協議は YCDC のスコープとする。電源供給は原則として全て円借款の対象工事とする。市街地のためケーブル配線となる配水ゾーン 1 (セントラル配水池/ダゴン・タウンシップ) では屋内閉鎖配電盤に直接引込むことでケーブル配線のメリットを最大限活かし、屋外型変電所のオプションは考えない。

7.2.4 SCADA

SCADA は 4.4.11 を参照のこと。

配水ゾーン 1 の SCADA の監視項目は以下のとおりである。

表 7-14 配水ゾーン1のSCADAの監視項目

項目	内容	数量
中央監視装置	セントラル配水池のポンプ場	1式
コカイン配水池 (低区)	水位計 配水流量計 (流入) 配水流量計 (流出) 流入弁開度 流出弁開度 配水圧	1ヶ所 1ヶ所 1ヶ所 1ヶ所 1ヶ所 1ヶ所
セントラル配水池 (高区)	水位計 配水流量計 (流入) 配水流量計 (流出) 流入弁開度 流出弁開度 配水ポンプ運転情報 配水圧	1ヶ所 1ヶ所 1ヶ所 1ヶ所 1ヶ所 1式 1ヶ所
各 DMA の入口	流量計、水圧計	37 DMA

出典：JICA 調査団

7.3 配水本管

配水本管は、コカイン配水池あるいはセントラルポンプ場と 37ヶ所の DMA (図 7-6 参照) 入口を結ぶ管路であり、最短経路かつ交通量の少ない路線となるよう検討する。

市内にある広い道路の大部分が 6 車線であり、最も外側の車線は駐車スペースとして使われていることから、工事時の交通渋滞を避けるために、このスペース下への管路埋設を計画する。2014-JICA 下水道 MP では、下水道管渠は、道路の中央かつ地表から約 3 m 以下の深さに埋設される計画である。従って、配水本管の埋設深さは地表から 2~3 m の間とする。

配水管の口径は、ヘーゼン・ウィリアムス式を使用した EPANET2 の管網解析により決定する。最小動水頭 (水圧) は、DMA の入口で 18 m に設定する。各接点の標高は、YCDC が作成した GIS 等高線と路線測量図を適用する。各接点の需要量は、その接点がカバーする面積の需要量とする。

配水ゾーン 1 の配水本管の設定のために行った管網解析の結果として、低区 (コカイン配水池) 系を図 7-9 に、高区 (セントラル配水池) 系を図 7-10 に示す。

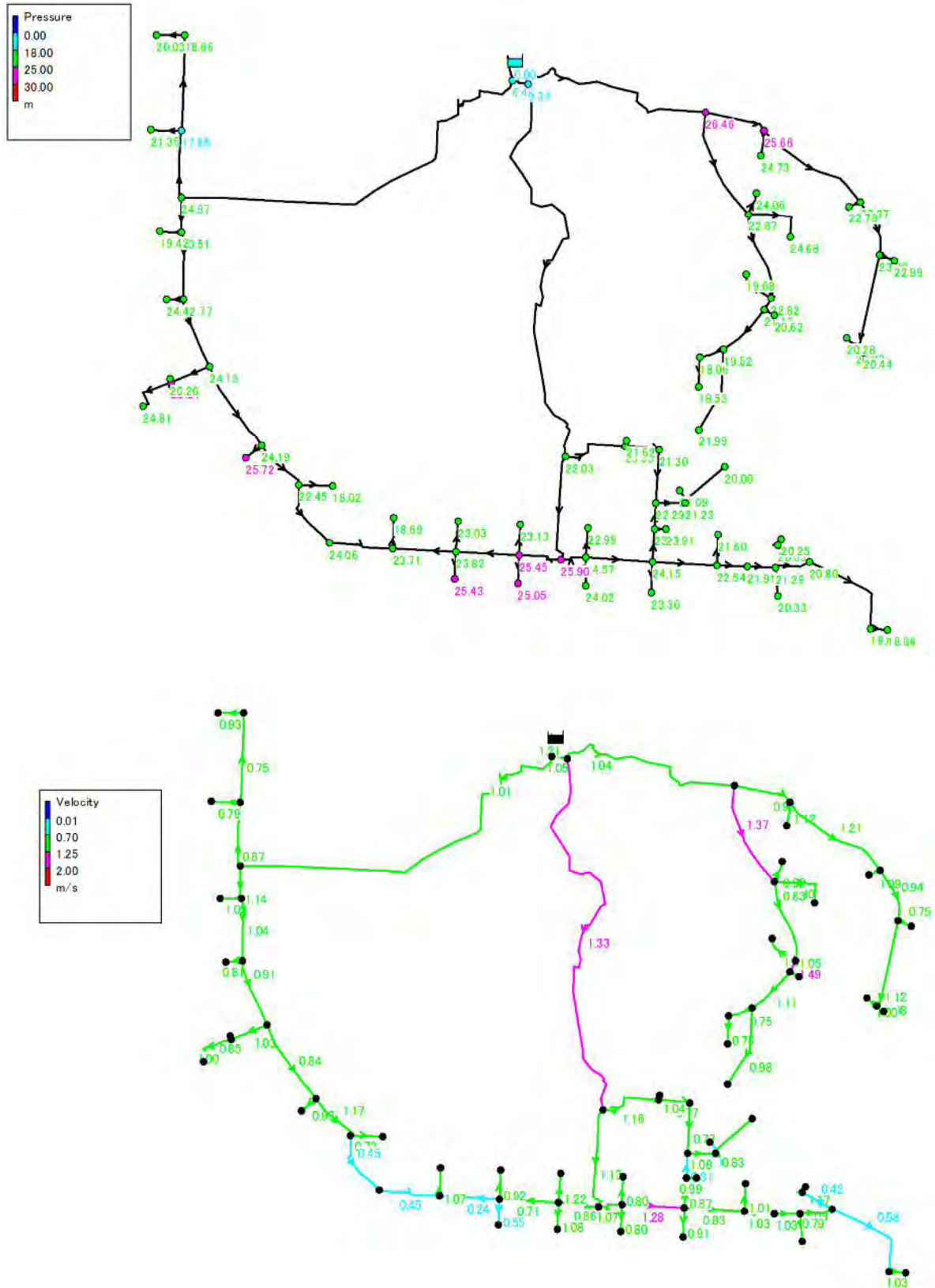
配水本管の口径、長さ、ルート計画を下表及び図 7-11 に示す。下表に示すとおり、既存管の多くは新しい管網に適さず廃棄され、引き続き使用できる既設管はごく僅かとなる。

表 7-15 配水ゾーン1の配水本管の計画延長

口径 (mm)	廃棄管の 総延長(m)	使用可能な既 設管の延長 (m)	新設管の延長 低区 (m)	新設管の延長 高区 (m)	配水本管の計画総 延長(m)
	(1)	(2)	(3)	(4)	
200				1,181	1,181
300	50,898		1,647	5,836	7,483
375	1,750				
400	1,439	2,368 (823 低区 + 1,545 高区)	7,663	4,446	14,477
425	1,371				
450	3,357		252		252
500	546	893 (高区)	7,126	4,588	12,607
600	2,458		3,863	1,603	5,466
675	13,014				
750	5,154				
800			4,938	2,252	7,190
900	1,313			1,369	1,369
1,000			1,862	826	2,688
1,050	11,189				
1,200			10,738	377	11,115
1,400	1,408			455	455
1,800			156		156
2,000			223		223
合計	93,897	3,261	38,468	22,933	64,662

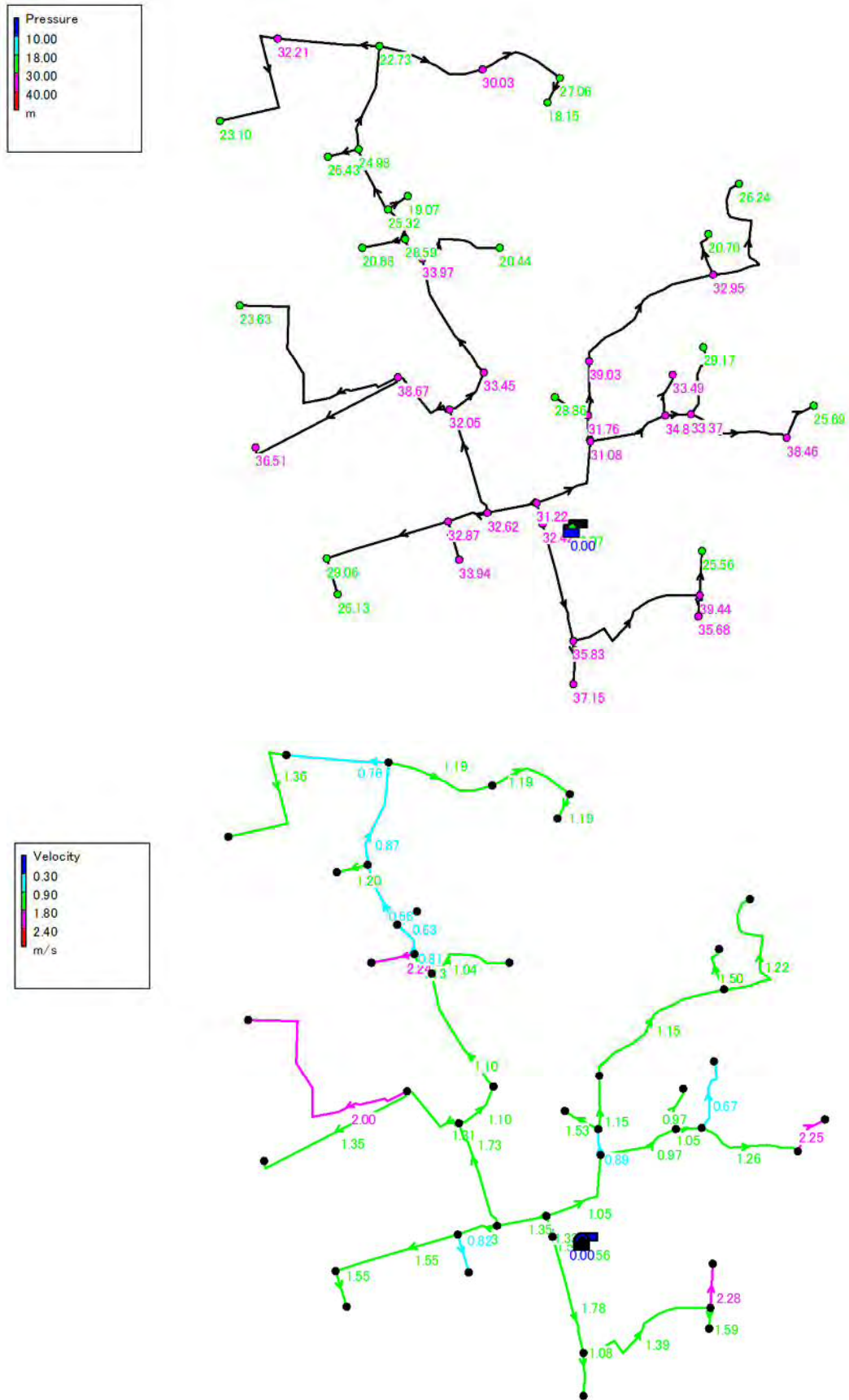
注：既設管の多くは老朽化しており廃棄する。

出典：JICA 調査団



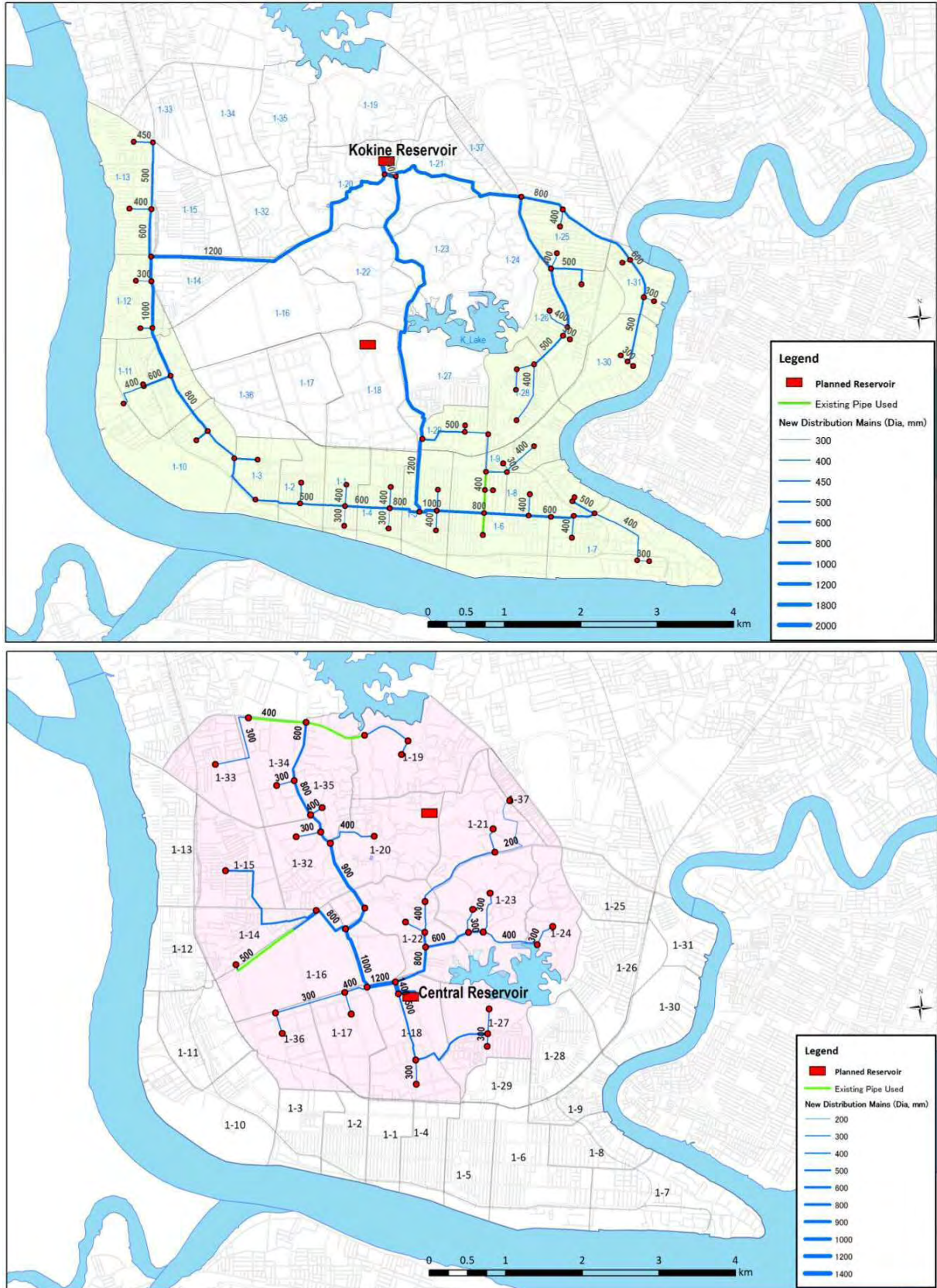
出典：JICA 調査団

図 7-9 自然流下系の低区（コカイン配水池）の配水本管の管網解析結果



出典：JICA 調査団

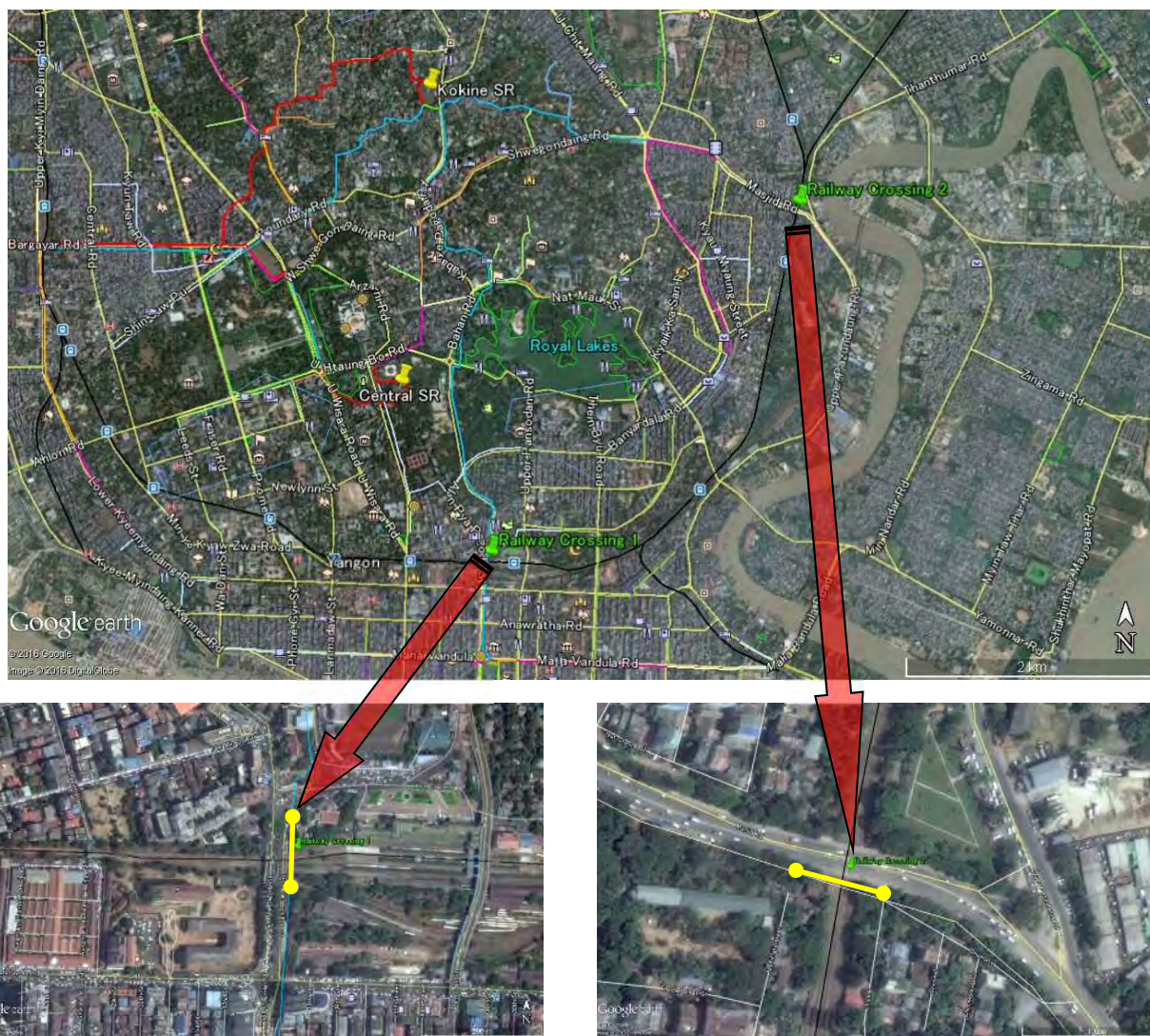
図 7-10 ポンプ加圧系の高区（セントラル配水池）の配水本管の管網解析結果



出典：JICA 調査団

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）、及びポンプ加压系の高区（セントラル配水池ポンプ）の配水本管の計画図（下）

配水本管ルートには、下図の鉄道横断のために2箇所の大口径の非開削工法が必要となる。Sule Pagoda 道路沿いルートは口径は 1200 mm であり、鉄道局から管敷設のための許可が必要となる。また、もう一方の Masjid 道路沿いルートは口径は 600 mm であり、こちらも同様に鉄道局からの許可が必要となる。どちらも立坑スペースは確保できる。



ヤンゴン中央駅近くの Sule Pagoda 道路沿い鉄道横断位置 (口径 ϕ 1200mm, L=200m)
出典: JICA 調査団

Pazuntaung 内 Masjid 道路沿い鉄道横断位置 (口径 ϕ 600mm, L=200m)

図 7-12 配水本管の鉄道横断位置

7.4 配水小管、DMA 内の配管計画

7.4.1 配水施設

現在の配水網は、イェグポンプ場からの配水に加え、市内に点在する井戸と直接接続しているが、本事業終了後の水運用では、井戸水は使用されない。また、既存の配水管網は、本事業終了時には、ゾーン 1、2、および 3 との配水境界はバルブによって適切に分離する。

7.4.2 DMA 及び配水小管の計画

(1) DMA の計画

DMA は、配水ゾーン 1 内の均等給水を目的に、DMA への流入量を監視・制御するものであり、同時に、DMA への流入量と DMA 内の総需要量とを比較することにより、DMA 毎の NRW をモニターすることができる。DMA の大きさは、IWA では DMA 当り 500~3500 件を推奨しているが、運転管理における実務上の取扱いの観点から、本計画ではこの数値より若干大きめに計画する。

配水ゾーン 1 の低区はダウンタウンエリアであり、中層建築物が密集し整然とした街並みである。配水管の総延長が短くなるように、DMA の境界は建築物と建築物の間にあるバックヤードとする。一方、高区は道路が樹枝状に広がっており、一つの敷地の面積も広い。従って、DMA の境界を道路上とする。下表に示すとおり、DMA 当りの平均給水件数は、低区で約 5,400 件、高区で約 2,700 件となる。

表 7-16 配水ゾーン 1 低区の DMA 計画

2025 年の需要量	2025 年給水人口 (千人)	推定給水件数 (件) *	DMA 当りの平均給水 件数 (件/DMA)
168,202 m ³ /d (37MGD)	452	103,200	5,432
DMA 数	大口メーター(BM)室	給水状況調査および集計	給水メーター接続の更 新/新規接続
	数量 (個)	数量 (件)	数量 (件)
19	39	103,200	103,200

注： *推定給水件数 4.38 人/戸

出典：JICA 調査団

表 7-17 配水ゾーン 1 高区の DMA 計画

2025 年の需要量	2025 年給水人口 (千人)	推定給水件数 (件) *	DMA 当りの平均給水 件数 (件/DMA)
77,282 m ³ /d (17MGD)	215	49,100	2,728
DMA 数	大口メーター(BM)室	給水状況調査および集計	給水メーター接続の更 新/新規接続
	数量 (個)	数量 (件)	数量 (件)
18	240	49,100	49,100

注： *推定給水件数 4.38 人/戸

出典：JICA 調査団

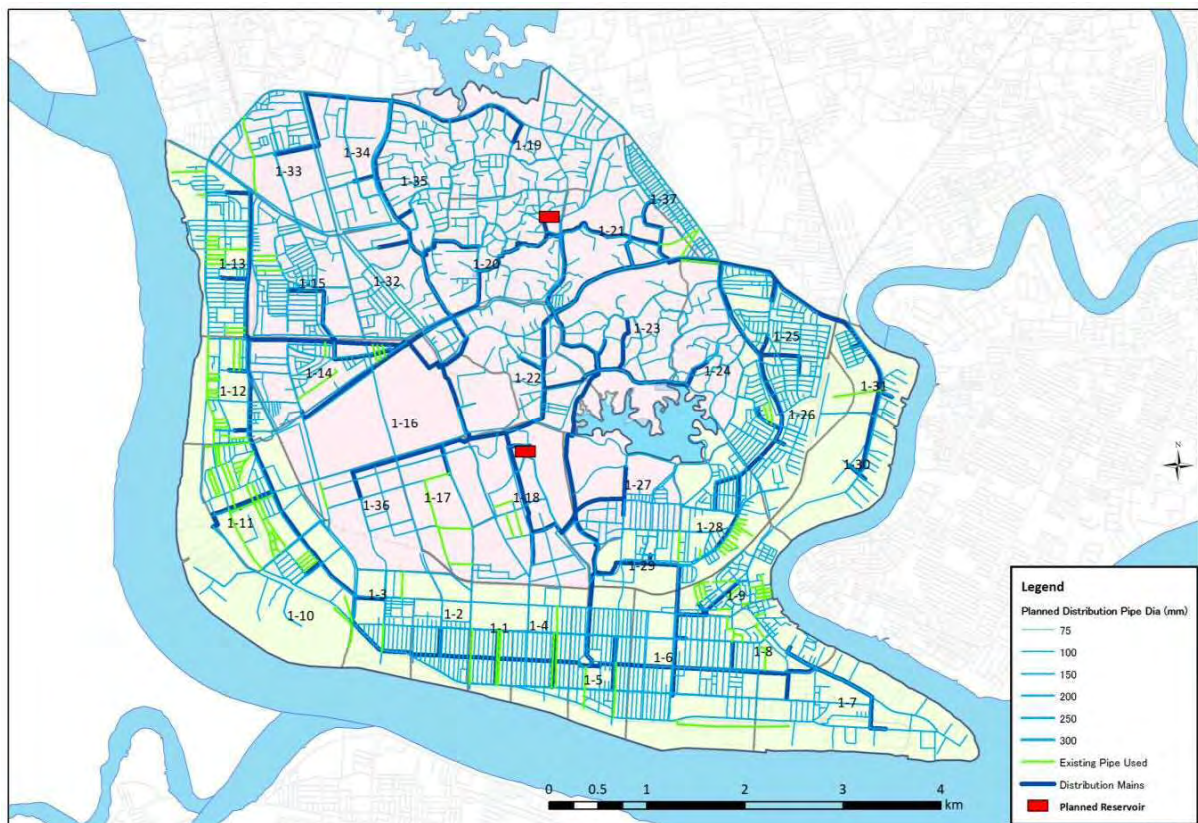
(2) DMA 内の配水管

管網解析による配水管網の口径別延長を下表に示し、配水管網および DMA の全体計画図を下図に示す。図中の緑色の線は、引き続き新しい管網に取り込まれる既設管を示している。既存管の多くは、水圧条件から新しい管網に適さない。これは、水圧が改善した条件下において老朽管を引き続き使用すれば、多くの漏水の原因となるためである。従って、老朽管は廃棄するものとし、新設管の布設を計画する。

表 7-18 配水ゾーン1の配水管の計画延長

口径 (mm)	廃棄管の 総延長 (m)	低区 (ココイン配水池) 管延長(m)			高区 (セントラル配水池) 管延長(m)			配水管の計 画総延長(m) (4+7)
		使用可能 な既設管 の延長(m)	新設管 の延長 (m)	小計 (m)	使用可能 な既設管 の延長 (m)	新設管の 延長(m)	小計 (m)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
40	2,284							
50	6,609							
75	13,675	2,123		2,123	151		151	2,274
100	71,146	7,127	153,278	160,405	3,734	123,986	127,720	288,125
110	1,435							
125	1,516							
150	220,792	14,838	42,968	57,806	2,632	67,754	70,386	128,193
160	3,672							
200	4,726		12,932	12,932		17,094	17,094	30,026
225	19,181							
250	3,714		9,185	9,185		3,122	3,122	12,307
275	2,609							
300		473		473				473
合計	351,359	24,561	218,363	242,924	6,517	211,956	218,473	461,397

出典：JICA 調査団



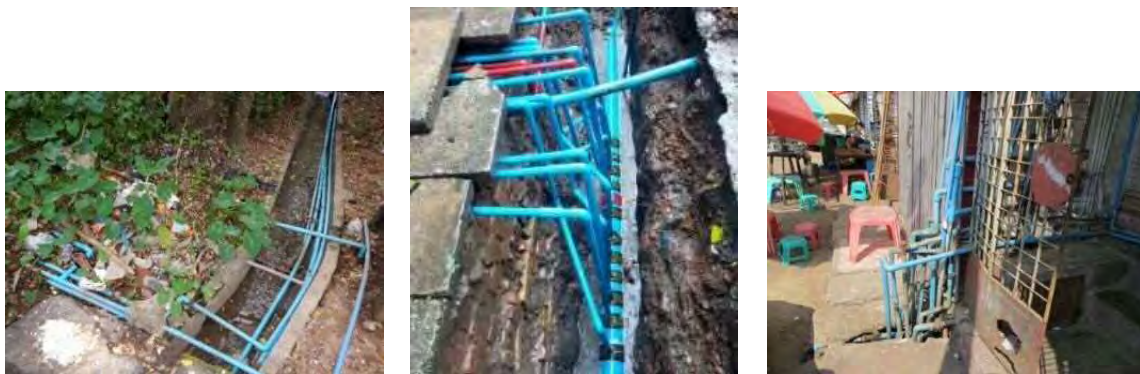
出典：JICA 調査団

図 7-13 配水ゾーン1の配水管及びDMAの計画図

(3) 給水管

多くの家庭において私設井戸と YCDC 管路を併用しており、一旦、私設貯水槽にこれらの水を貯留し混合水を使用している。本調査では、24 時間給水の実現により、貯水槽等を経由しない配水管からの直接給水を計画する。

また、下図に示すとおり、ダウンタウンエリアでの給水管は道路内で配水管と接続されている。道路の両側には排水路が位置し、近隣の家屋からの雨水管と汚水管が排水路に接続している。給水接続には、このような排水路を横断する必要があるが、給水管に漏れ・負圧等が生じた場合には排水が混入して供給水が汚染される可能性がある。これを避けるために、給水管はバックヤードへの敷設を計画する。



出典：JICA 調査団

図 7-14 既存の給水接続状況



出典：JICA 調査団

図 7-15 建物間のバックヤードの状況

(4) 水道メーター

本調査では、152,300 件の水道メーターの設置を計画する。水道メーターは耐圧に優れ、不正に改造されにくい金属仕様が良い。また、鉛製の使用は避けるべきである。水道メーターの例を下図に示す。



図 7-16 推奨する水道メーターの例

7.5 配水切替え計画

7.5.1 現況の配水と切替え計画

ゾーン1の現況の配水システム(図7-17)は、大きく下記の3系統に分けられる。

- イェグポンプ場からの直接配水
- イェグポンプ場からの送水をココイン配水池で受け、同配水池からの直接配水
- コカイン配水池からシュエダゴン・パゴダ配水池を経由して配水

本計画により配水ゾーン1は高区、低区に再編成する。この切替えを瞬時に実施する事はできないため、順次切り替える。その手順、注意事項を本節で述べる。なお、工事実施前に分析、確認が必要な前提条件を下記に示す。

1. 本調査で計画するDMA、高区、及び低区の需要量に大きな変更が生じていないこと。
2. 浄水場及び送水管の施工が既に完了していること。
3. イェグポンプ場が適切に稼働しており、セントラル配水池に十分な送水量を送ることができる(つまり送配水先に現状から大きな変更がない)こと。
4. コカイン配水池が、配水池内の清掃及び修繕のみが実施されて、改築されない条件であること。

7.5.2 ステップ1: コッコア浄水場からの送水開始時

本ステップにおける特記事項と工事内容を下記に示す(図7-18参照)。

- ・ 40MGDのコッコア浄水場、及び中継ポンプ場を建設する。送水管は浄水場から中継ポンプ場へ、さらに中継ポンプ場から配水ゾーン1のコカイン配水池まで布設する。
- ・ 上記の送水管を、コカイン配水池内で既設管56インチ(1400mm)に接続する。
- ・ これにより、イェグポンプ場からコカイン配水池への送水を止め、コッコワ系の水がコカイン配水池へ送水できる。
- ・ コカイン配水池からシュエダゴン配水池へ引き続き送水することにより、低区の多く(南側、西側)がコッコア浄水場系の配水区域に切り替わる。

- ・ 低区東側他で、イエグポンプ場から既設管 42” (1050 mm) により配水されている区域 (Pazuntaung、Botahtaung、Mingala Taungnyunt、Bahan タウンシップの一部、及び Tamway タウンシップ全域) へは、引続きイエグポンプ場から配水する。

【必要な管路工事】

- ・ 送水管の布設：浄水場～中継ポンプ場、及び中継ポンプ場～ココイン配水池まで

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

本ステップにおける特記事項と工事内容を下記に示す(図 7-19 参照)。

- ・ コカイン配水池から低区内の DMA に至る配水本管を整備する。
- ・ コッコワからの送水管と上記の配水本管をココイン配水池付近で接続し、ココイン配水池への流入を止める。
- ・ さらに、コッコワからの新設送水管と低区の西側へ伸びる既設配水本管とを接続する。
- ・ その後、低区の南側と西側において配水小管の敷設及び DMA を構築する。
- ・ イエグポンプ場からの貯水池系の水は、シュエダゴン配水池を経由して、Bahan 及び Dagon タウンシップに送水する。
- ・ 低区の東側の大部分のエリアは、引き続きイエグポンプ場から配水する。
- ・ Bargayar 道路においてココイン配水池からの新設配水本管と既設配水管 750 mm(30”)とを不断水工法により接続する。これにより、高区内の DMA が完成するまでの間、ココイン浄水を既存配水本管により高区へ供給する。
- ・ この段階で、ココイン配水池の流入弁・流出弁が新設され完全に閉じることができると漏れ水調査が可能となる。その診断結果に基づき、ココイン配水池の補修を計画し、実施する。

【必要な管路工事】

- ・ 低区の南側・西側用の配水本管の布設
- ・ コカイン配水池における $\phi 1000$ mm のバイパス管の連絡
- ・ $\phi 1400$ mm x $\phi 1000$ mm の不断水工事 (図 7-22 参照)
- ・ $\phi 1050$ mm x $\phi 1000$ mm の不断水工事 (図 7-22 参照)
- ・ コカイン配水池の新設配水本管と Bargayar 道路内の既設配水本管の接続： $\phi 750$ mm (30”) x $\phi 700$ mm の不断水工事 (図 7-22 参照)
- ・ $\phi 750$ mm の不断水弁据付 (図 7-22 参照)、及びココイン配水池から Bargayar 道路に向かう既設管の一部の堀上撤去
- ・ 低区における配水管網及び DMA の整備(11 DMA)

7.5.4 ステップ 3: 低区 DMA の整備 (2)

本ステップにおける特記事項と工事内容を下記に示す(図 7-20 参照)。

- ・ 低区の東側において配水管網と DMA を構築する。低区における DMA の構築はこの時点で完了する (配水ゾーン 1 と他ゾーンとの分離完了)。

- ・ イェグポンプ場からの貯水池系の水は、シュエダゴン配水池を経由し、Bahan 及び Dagon タウンシップに送水する。
- ・ Hlawga ポンプ場の水源水は、イェグポンプ場を経由して低区・東側の Tarmway タウンシップ、高区の一部である Mingala Taungnyunt に直接配水する。

【必要な管路工事】

- ・ 低区の東側用の配水本管の布設
- ・ 残る低区における配水管網及び DMA の整備(8 DMA)

7.5.5 ステップ 4: 高区 DMA の整備

本ステップにおける特記事項と工事内容を下記に示す (図 7-21 参照)。

- ・ セントラル配水池の改築
- ・ イェグポンプ場からセントラル配水池へ向け既設管 56”及び既設管 42”を用いて送水する。
- ・ 高区における配水管網及び DMA の整備
- ・ シュエダゴン配水池及び当該配水池からの 27”管の廃止

【必要な管路工事】

- ・ 高区の全配水本管の布設
- ・ イェグポンプ場のポンプの交換
- ・ 高区における配水管網及び DMA の整備 (18 DMA)



配水ゾーン1の全体配水計画

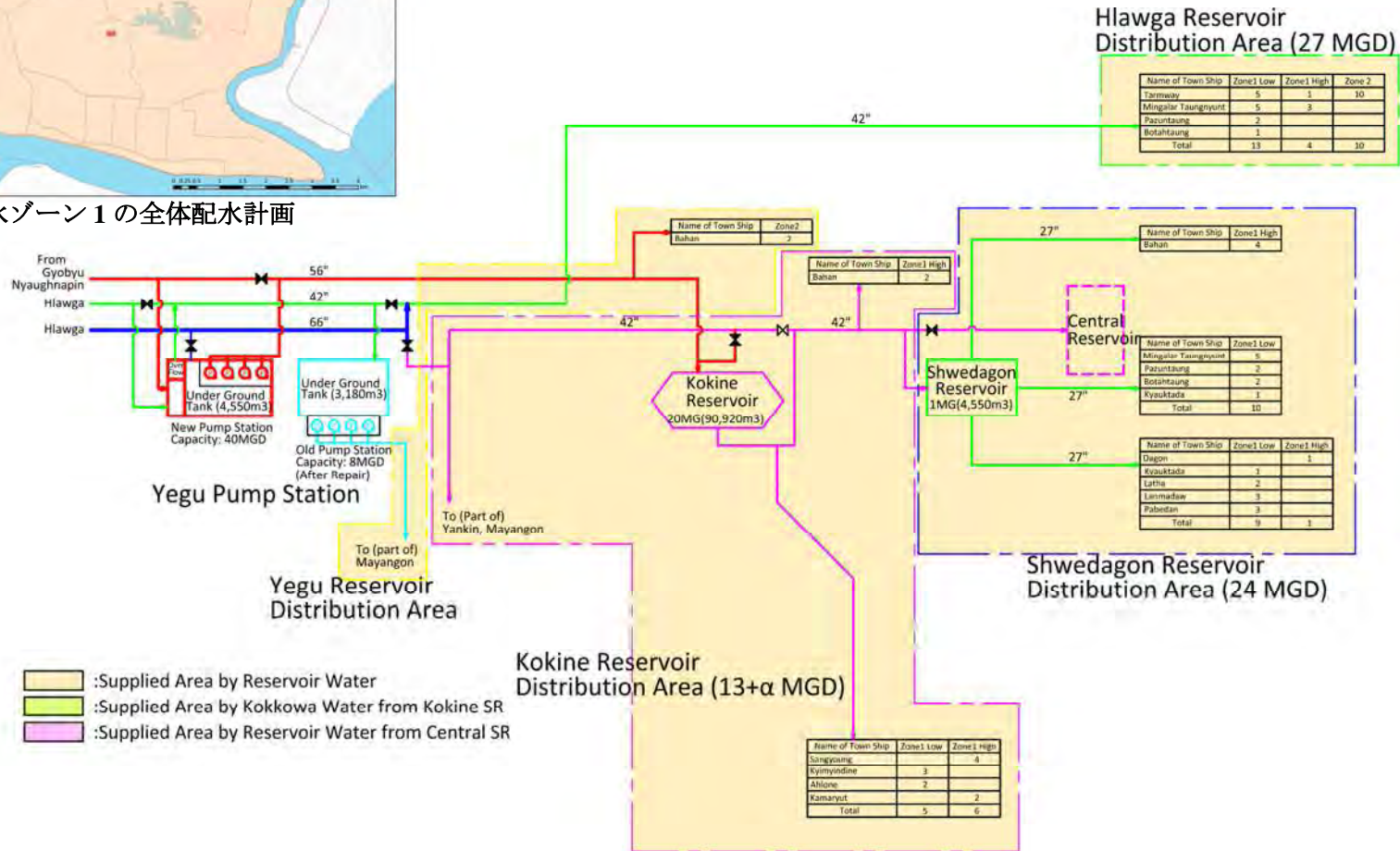


図 7-17 現況配水の概略図

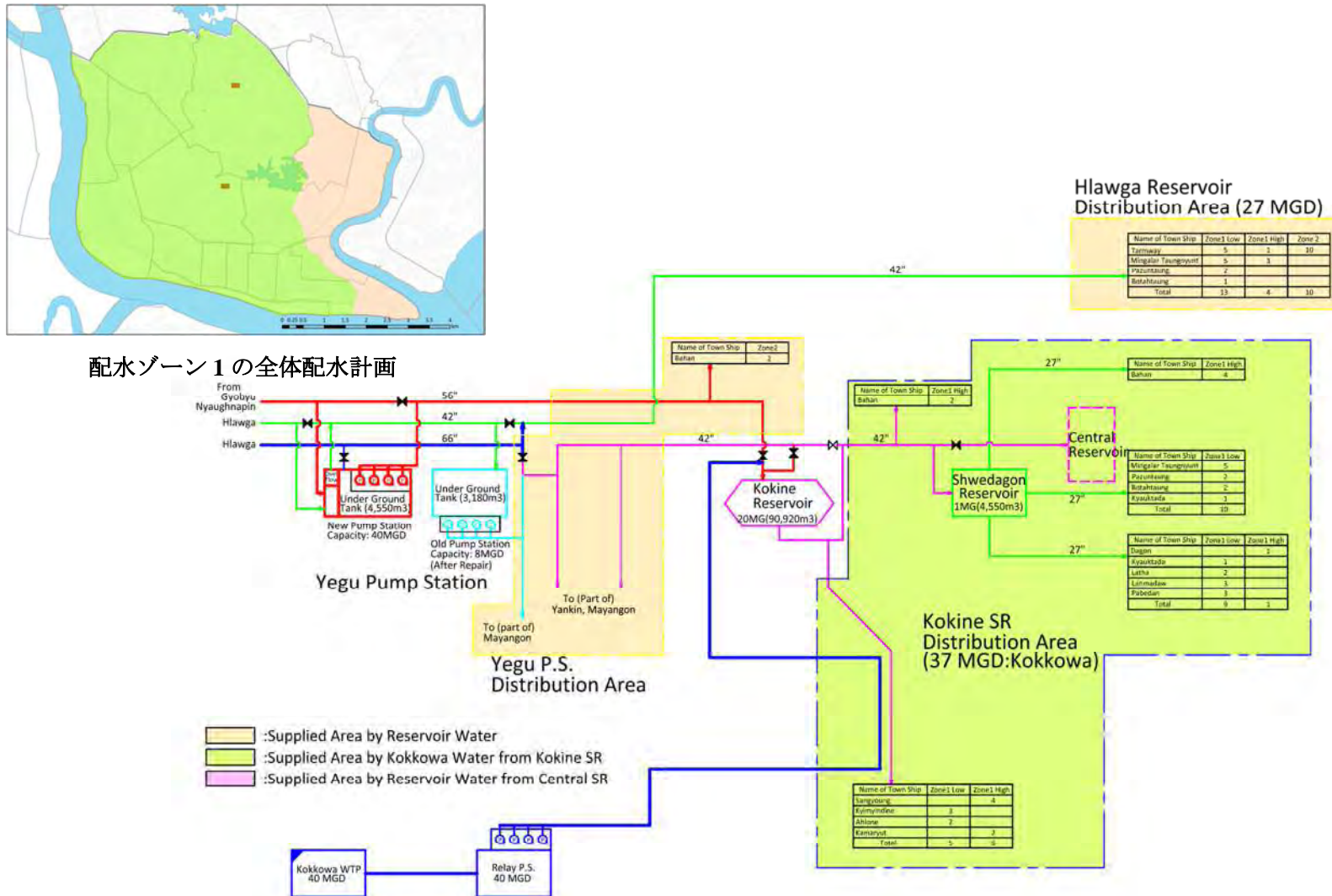


図 7-18 配水切替手順図[ステップ-1: コッコア浄水場からの送水開始時]



配水ゾーン1の全体配水計画

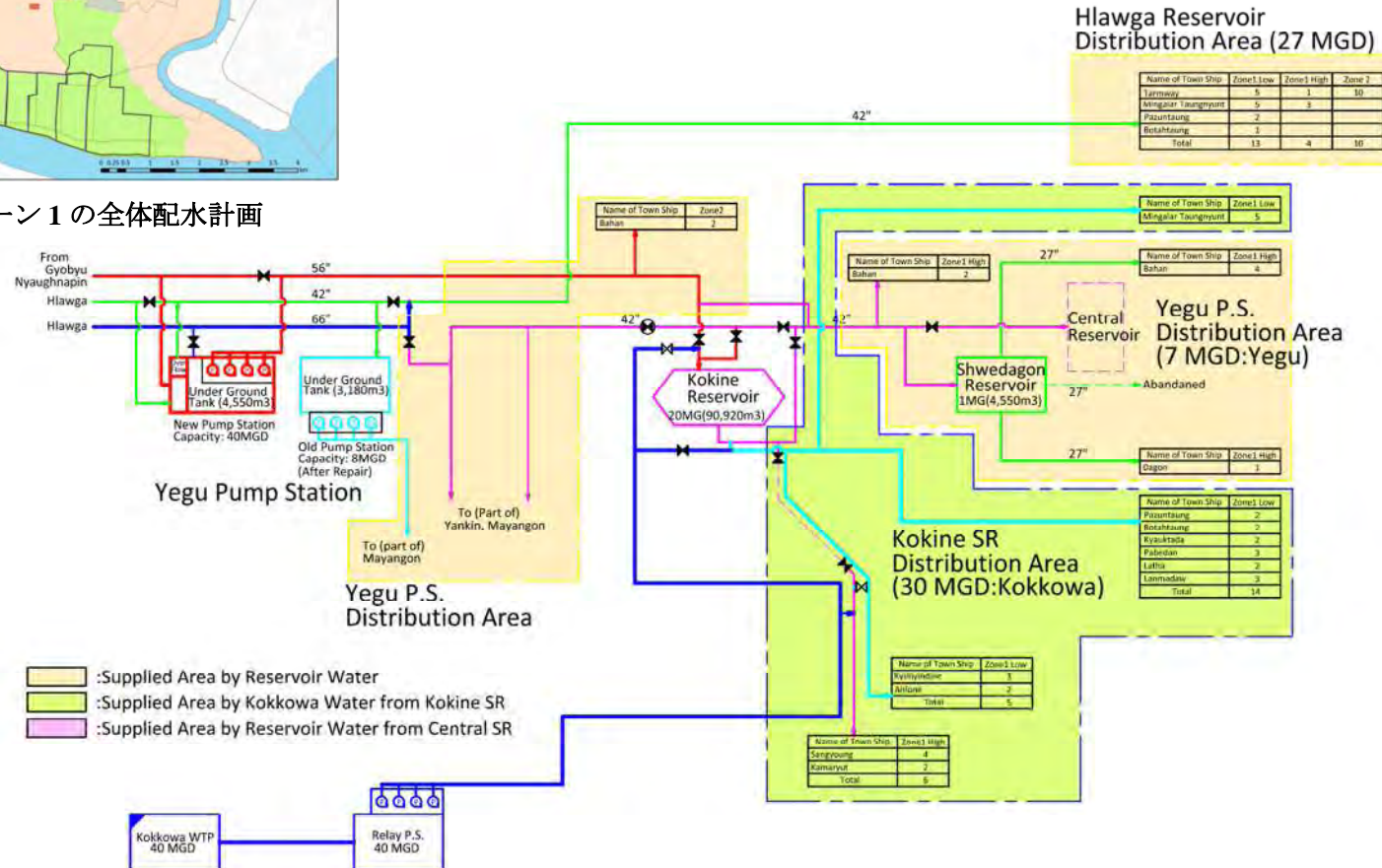


図 7-19 配水切替手順図[ステップ-2: 低区 DMA の整備(1)]



配水ゾーン1の全体配水計画

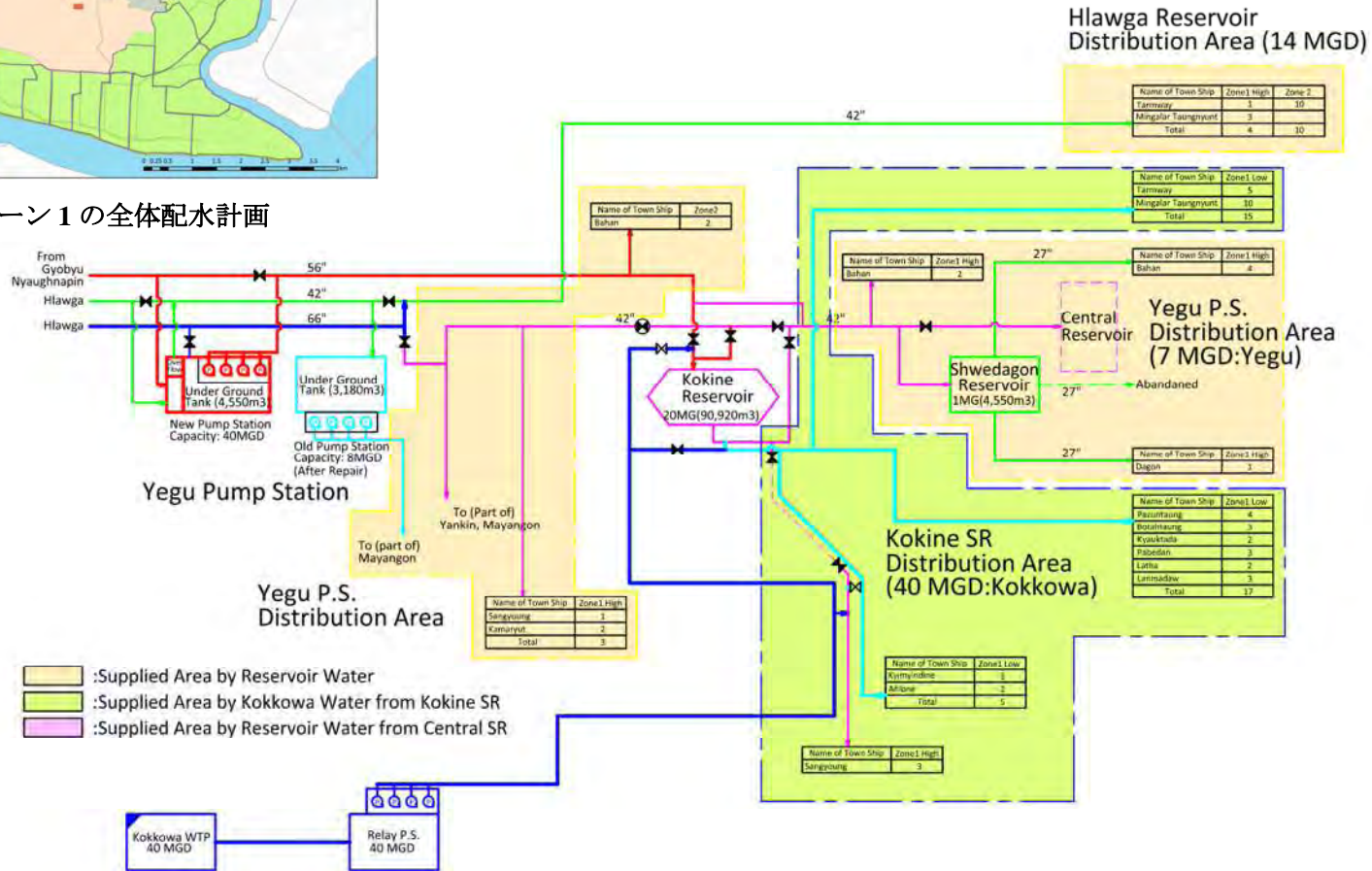


図 7-20 配水切替手順図[ステップ-3: 低区 DMA の整備(2)]



配水ゾーン1の全体配水計画

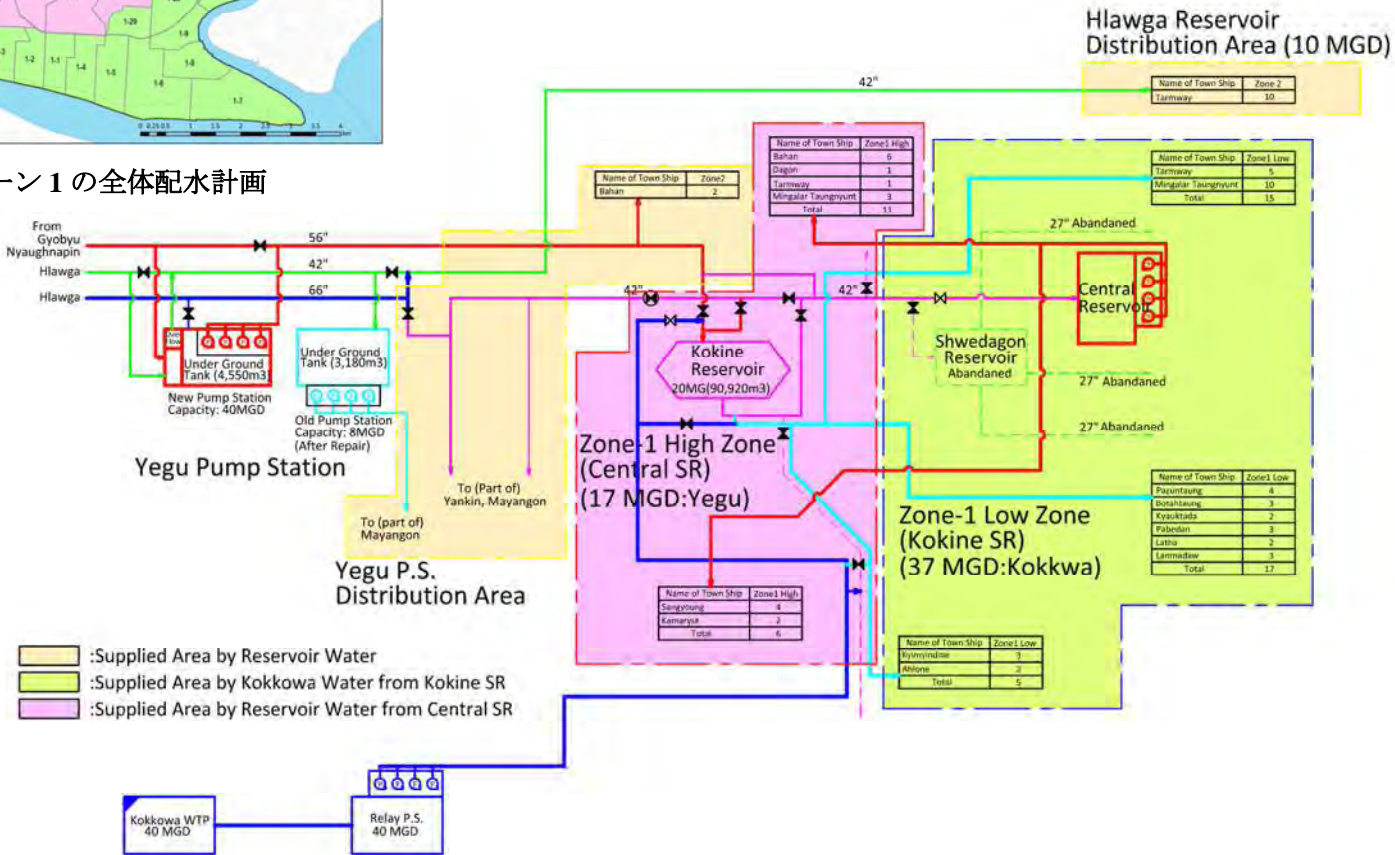
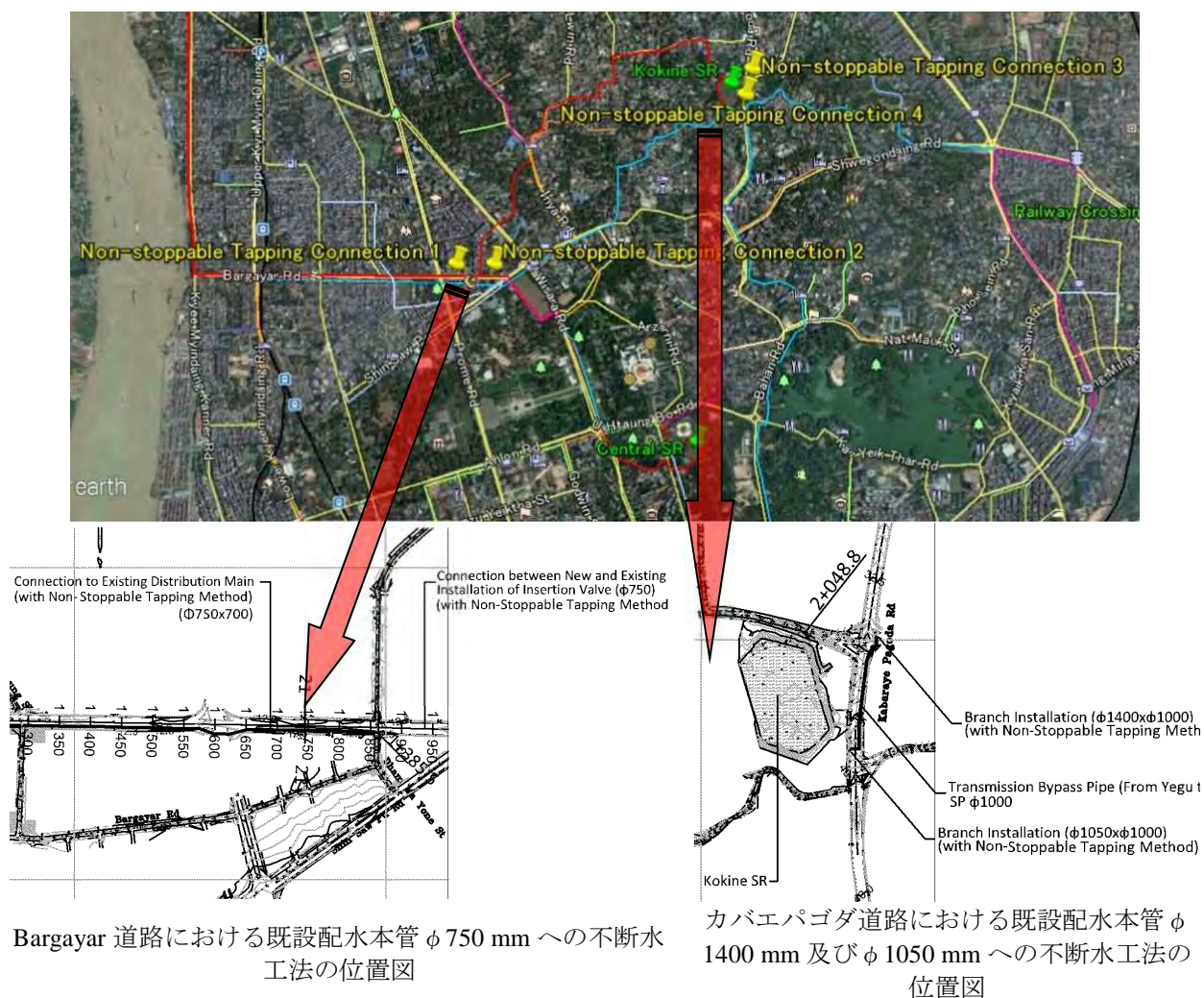


図 7-21 配水切替手順図[ステップ-4: 高区 DMA の整備]



出典：JICA 調査団

図 7-22 既設配水本管への不断水工法の位置図

第8章 運転・維持管理計画

計画施設に関して既存施設から想定される問題点を添付図書-9 に記述する。その施設、施設管理と維持管理能力に関する課題を以下に整理する。

8.1 課題の整理

8.1.1 浄水場

(1) 維持管理

- ・ 日々の設備点検、修繕が実施されていない。浄水処理を適切に行うためには水質と流量の管理が必要である。
- ・ ろ過池の洗浄を最適化するために洗浄工程や洗浄水量、ろ過材の品質管理を再検討する必要がある。
- ・ 浄水場の管理を改善するため、日常点検や薬品・電気の使用量を記録する必要がある。
- ・ 施設や設備を適切に維持管理するため、仕様書や図面を管理する必要がある。
- ・ 施設や設備を長期間適切に使用するため、イニシャルコストや修繕部品の調達を含む維持管理コストを検討することや設備系職員の人材育成が必要である。
- ・ 将来設備の更新を効果的に行うため、導入年度、メーカー、品番、故障履歴などを含む機器台帳を整備する必要がある。

(2) 設備

- ・ 適切な凝集率を決定するため、取水量及び凝集剤注入量を計測する流量計を設置する必要がある。
- ・ 凝集沈殿処理を改善するため、凝集剤注入点の変更、適切な凝集剤注入率への変更、バルブ開度による各フロック形成池への流入量の調整、フロック形成池の流出口の改築を検討する必要がある。
- ・ 沈殿池、ろ過池の藻の除去や浄水の消毒のため、塩素注入設備を設置する必要がある。
- ・ 凝集剤注入率の最適化を図るため、原水水質、沈殿処理水、浄水等の水質の連続監視を行う必要がある。
- ・ 水質の毎日試験を、簡易測定器ではなく各項目毎の試験機を導入し、また、水質検査機器の校正手順及び頻度を明確にして、検査の信頼度を向上させる必要がある。

(3) 品質管理

- ・ 納品物が発注仕様書に適合したものであるかどうか、納品業者から提出された成分分析表等を確認する必要がある。

(4) 構造

- ・ ニャウフナピン浄水場の老朽化したコンクリート構造物、故障や漏水しているゲート、壊れた表洗管を改修する必要がある。

(5) その他

- ・ 電気設備室の浸水対策が必要である。

8.1.2 送水管

(1) 設備

- ・ 流量計を送水管に設置する必要がある。

(2) 維持管理

- ・ 漏水や違法接続を発見するため、定期的な送水管のパトロールを実施する必要がある。
- ・ 地上漏水修理、違法接続対策を実施する必要がある。

8.1.3 配水管

(1) 仕様・指針・手順の規格化

- ・ 資機材の仕様や品質管理や施工管理の指針を基準化する必要がある。
- ・ 配水管網設計手順を確立する必要がある。

(2) 計画的な施設整備

- ・ 配水池や配水管網といった配水施設が計画的に設計・建設される必要がある。

(3) 維持管理

- ・ 漏水調査機器を揃えたあと、漏水調査を実施する必要がある。
- ・ 老朽化した配水管については、配水管網図や漏水修理報告書、漏水地点マップを活用して効果的に更新する必要がある。

8.1.4 給水装置

(1) 仕様・指針・手順の規格化

- ・ 水道メーターや給水装置の仕様、配水管からの給水管取り出し、品質管理や施工管理の指針を基準化する必要がある。
- ・ 配水管接続部から水道メーターまでの配管モデルを決める必要がある。
- ・ メーター口径については、損失水頭を計算して決定する手順を確立する必要がある。

(2) メーター所有者

- ・ メーターの維持管理を容易にするため、所有者を顧客から YCDC に変更する必要がある。

8.1.5 顧客管理

(1) 新規給水申込

- ・ 新規給水申込者については、タウンシップ・オフィスではなく本部で統一的に登録する必要がある。

(2) 料金徴収

- ・ 効果的に漏水や盗水を発見するため、新システムで毎月、各顧客の水道使用量を通常の使用量と比較する必要がある。

8.1.6 課題解決策

(1) 浄水場

- ・ 既存施設に関する維持管理、設備、品質管理、構造及びその他に関する課題については、現在実施中の JICA 技術協力プロジェクトや JICA 長期専門家の活動及び JICA 課題別研修を通じた解決が期待できる。ココア浄水場は初の河川水を浄水処理するため、これらの活動に加え、新しい技術協力プロジェクト等を継続することで課題解決を図ることが望ましい。

(2) 送配水管

- ・ 仕様・指針・手順の規格化、計画的な施設整備及び維持管理に関する課題については、現在実施中の JICA 技術協力プロジェクトや JICA 長期専門家の活動及び JICA 課題別研修を通じた解決が期待できる。また、本事業の関連施設においても、これらの活動で得た方法・経験を継続する必要がある。

(3) 給水装置

- ・ 仕様・指針・手順の規格化及びメーター所有者に関する課題については、現在実施中の JICA 技術協力プロジェクトや JICA 長期専門家の活動及び JICA 課題別研修を通じた解決が期待できる。本事業の関連施設においても、これらの活動で得た方法・経験を継続する必要がある。

(4) 顧客管理

- ・ 新規給水申込みや料金徴収に関する課題については、現在実施中の JICA 技術協力プロジェクトの活動を通じた解決が期待できる。本事業においても、これらの活動で得た方法・経験を継続する必要がある。

8.2 運営・維持管理計画

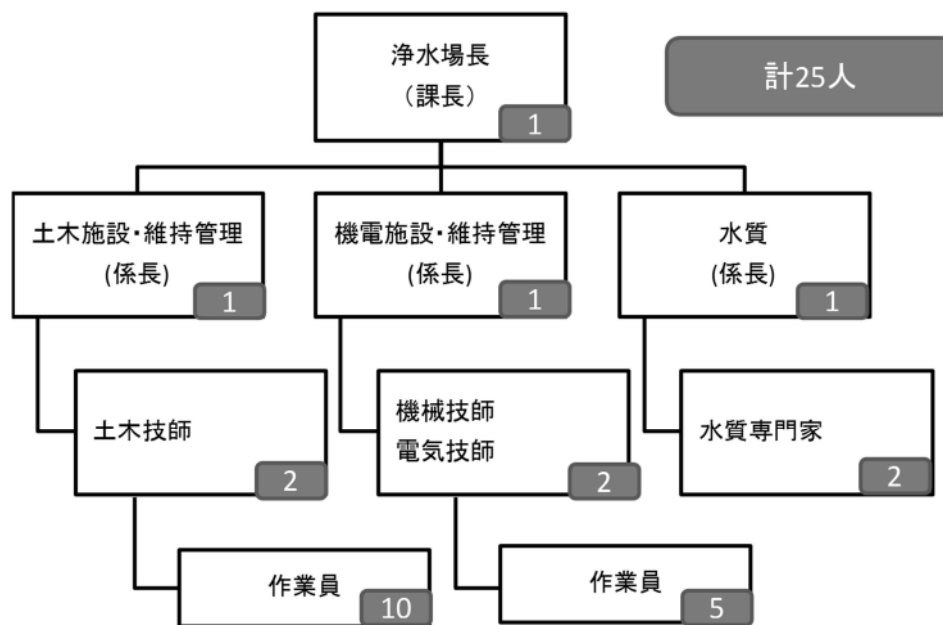
8.2.1 ココア浄水場における運転・維持管理計画

ココア浄水場における運転・維持管理は、SCADA システムが導入される計画であるため、多くの作業員を必要とするニューフナピン浄水場のような方法ではなく、日本の浄水場のような運

転・維持管理方法が必要となる。福岡市は YCDC と姉妹都市であり、YCDC 職員の招聘実績が豊富で YCDC 職員が福岡市の施設をイメージしやすいことを踏まえ、日本の福岡市水道局の浄水場における組織体制、福岡市で使用されている指針のいくつかを参考として記載する。

(1) 浄水場における組織体制

コッコア浄水場の組織体制は水供給・衛生局の Reservoir division の下に設立される予定であり、その体制を下図のとおり提案する。現職員は土木エンジニアが多くを占めるために、浄水場の設立当初は専門分野別に土木、機電、水質部門の3つのチーム編成が容易である。しかしながら、施設を適正に維持管理するためには、機械・電気分野の専門家の増員・能力向上が必要であるため、将来的には、機電エンジニアの増加と、YCDC 職員の能力向上に伴い少しずつ体制が変わっていくことが予想される。このため、将来の参考となるよう、福岡市の浄水場における基本的な体制、業務内容及び職員の数と専門分野を紹介する。



出典：JICA 調査団

図 8-1 コッコア浄水場の組織体制 (案)

表 8-1 コッコア浄水場の組織の職位・業務内容 (案)

職位	業務内容
場長	浄水場全体の管理
土木担当	施設（取水、導水、浄水、送水）の運転・維持管理
機電担当	機械電気設備の運転・維持管理
水質担当	水質試験の実施

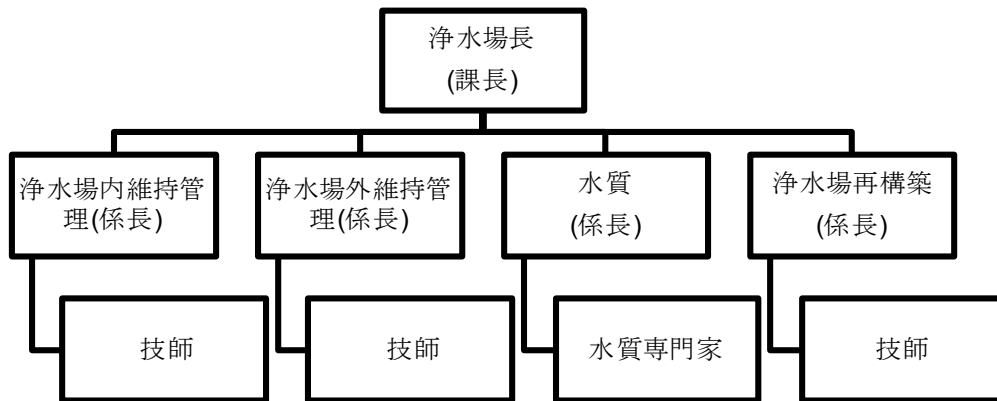
出典：JICA 調査団

表 8-2 コッコア浄水場の職員数・専門分野 (案)

浄水場	内容
施設能力 (m ³ /day)	273,000
職員総数	25

浄水場	内容	
場長	1	土木 or 機電
土木担当 (交代勤務)	3	土木
	10	分野は問わない
機械電気担当	3	機械及び電気
	5	機械及び電気
水質担当	3	水質

出典：JICA 調査団



出典：福岡市

図 8-2 福岡市の浄水場の組織体制 (参考)

表 8-3 福岡市の浄水場の職位・業務内容 (参考)

職位	業務内容
場長 (課長)	浄水場の管理
第1係長	浄水場内施設の運転・維持管理
第2係長	浄水場外施設 (貯水池、取水施設、導水施設) の運転・維持管理
水質係長	水質試験の実施
主査 (係長)	浄水場の再構築など

出典：福岡市

表 8-4 福岡市の浄水場の職員数・専門分野 (参考)

浄水場	乙金		高宮		多々良		夫婦石		瑞梅寺	
施設能力 (m ³ /day)	110,500		199,000		122,000		174,000		15,000	
職員総数	22		27		24		24		19	
場長	1	M	1	E	1	M	1	M	1	E
第1係 (交代勤務)	6	E	7	E	6	E	8	E	7	E
	7	M	8	M	8	M	7	M	5	M
第2係	2	E	3	E	2	E	3	E	2	E
	2	M	3	M	2	M	1	M	1	M
水質係	3	H	3	H	4	H	3	H	3	H
主査	1	3	2	M	1	E	1	E	-	-

*職種 (M: 機械、E: 電気、H: 衛生管理)

出典：福岡市

(2) 効率的な運転・維持管理

1) 電気コスト削減策

- ・ 自然流下による施設計画。
- ・ 回転数制御ポンプを設置する。
- ・ ろ過池の損失水頭の確認や適正な間隔での洗浄により、洗浄ポンプの運転時間を最適化する。
- ・ ろ過池洗浄を自動化する。
- ・ 取水ポンプと送水ポンプの流量監視によりポンプ運転を最適化する。
- ・ 高効率モーター及び高効率変圧器を導入する。
- ・ 将来的には太陽光パネルも有効である。

2) 薬品コスト削減

- ・ 各浄水処理工程に水質基準を設け、水質試験やジャーテストを行い適正な量の薬品を注入する。
- ・ 各浄水処理工程の流量を管理して薬品注入率の最適化を行う。
- ・ 調達業者と長期契約を結び薬品単価を削減する。

(3) 効率的な維持管理

1) 点検

- ・ 設備・機器については、ポータブル端末で点検し、マスターPCで記録の管理を行う。
- ・ 点検導線を考慮した効率的な日常点検ルートを定める。

2) 設備・機器

- ・ 各浄水処理工程に検水ポンプを設け、検水を水質試験室に送水する。
- ・ 浄水処理を効率的に行うためフロック形成池や沈殿池の状況を監視カメラでモニタリングする。
- ・ 設備・機器の更新サイクルや修繕計画を検討するため、設備台帳を整備する。

(4) 運転管理

1) 一般事項

運転管理は、関連する設備を含め効率的に運転・制御することで、その施設の機能を十分に発揮させることを目的とする。浄水場の運転管理範囲は、取水施設、浄水施設、配水施設、薬品注入施設、排水処理施設及びその他処理施設と多岐にわたっている。運転にあたっては、これらの個々の施設を良好に機能させるだけではなく、全施設を有効的・一体性のある水処理システムとして機能させることが重要である。

原水水質の悪化や緊急時なども含め、水処理条件がある程度変化しても、それに余裕を持って対応できるような運転管理を行う。そのためには、水源状況や取水、送配水の状況に関する情報を十分に把握した上で各施設の運転管理を行う。

2) 取水施設

取水施設は、水道水源から需要に応じて良質な水道原水を安定して取り入れるための施設である。より良い状態で原水を取水するには、施設の点検・整備等の基礎的管理を実施することが重要である。ゲート、除塵機、取水ポンプ等の機器類の維持管理が適切に行われなければ、取水の円滑性を欠き、取水不能などの非常事態になる恐れもある。また、日常の水質確認を行うことにより、水源水質の異常を早期に発見することができる。

a) 取水ゲート・除塵機

取水ゲート及び除塵機は、河川の漂流物・泥質等が堆積することで、取水機能の低下や、水質に影響を与えることがある。日常の目視による監視を行い、定期的に清掃を行うことで、設備を良好な状態に保つことが重要である。

b) 沈砂池

沈砂池は、取水した原水の中に混入している小石や砂などを沈降させて除去する施設である。沈砂池内に、小石や砂などが過度に堆積すると、沈砂池内での滞留時間が短くなることで沈降が不十分になったり、スクリーン等の目詰まりにより取水機能が低下することがある。定期的に、堆砂量を計測・除去し、また、スクリーンの清掃を行うことで、設備を良好な状態に保つことが重要である。

c) 取水ポンプは、安定した量の原水を浄水施設へ送水するための施設である。地表水を取水するポンプは、原水に土砂、塵芥その他懸濁物質を含むため、異物の吸込みや羽根車の摩耗などによる機器の異常によって揚水量の減少などが生じやすい。したがって、ポンプ運転中は電流値を常時点検記録し、ポンプの状態を把握するほか、定期的に揚水量の確認を行い、取水量が確保されているかの確認が望ましい。

d) 上記のような点検の外に、日常の目視による点検や、定期点検を行い、それらの点検データに基づいた保守・整備を行うことにより、常に良好な運転のできる状態に維持する。

3) 浄水施設

a) 着水井

着水井は、導水施設から流入する原水の水圧・水量を安定させ、原水量を調整するための施設である。また、着水井は浄水処理に用いられる酸・アルカリ剤等の注入点としても利用される。着水井は原水の最初の到達点であり、浄水処理を適正に行うために、原水水質を正確に把握しておく。そのため、サンプリングポンプ等の点検を行い、また、原水水質の目視点検等も行う。

b) 凝集池

i. 混和池

混和池は、原水に凝集剤を注入した後、速やかに急速な攪拌を与えて、凝集剤を原水中に均一に拡散させるための施設である。一般的なフラッシュミキサの場合、周辺速度は 1.5m/s 以上で回転して混和する。また、処理水量や注入量によって攪拌強度を調整することもできる。

ii. フロック形成池

フロック形成池は、凝集した微小フロックを適正な攪拌により、沈殿しやすい大型のフロックへ集塊成長させるための施設である。フロックの成長が十分でないと、沈殿処理水濁度が高くなり、ろ過継続時間が短くなったり、未凝集の懸濁物質がろ過水中に流出する場合がある。迂流式攪拌は、後段側の流れを比較的緩やかにすることでフロックを大きく成長させる。迂流式フロック形成池では処理水量の変動に対して適応幅に限界があるため、池毎の流入量を均一にし、計画水量を大きく脱しないように注意が必要である。

c) 凝集沈殿池

凝集沈殿池は、フロック形成池で成長したフロックの大部分を、重力沈降作用により分離除去する施設である。凝集沈殿池を管理する上で、沈殿処理後の水質には特に注意が必要であり、沈殿処理水の濁度目標値を設定して、厳に監視する。沈殿処理水に異常が検出された際には、ジャーテストの実施により適切な薬品注入、機器運転を行う必要がある。沈殿池内に汚泥が過度に堆積すると、滞留時間が減少し、フロックが十分に沈降しないことがあるため、定期的に汚泥堆積量を測定し、排泥を行う。また、沈殿池に藻類が発生し、処理工程に悪影響を及ぼす恐れがあるときは、薬品（塩素剤など）もしくは沈殿池を空にし清掃することで藻類を除去する。沈殿池は、年に1回程度は池を空にして、平常時は行うことができない内面の清掃、付属設備の補修、点検、整備を行うことが望ましい。

d) ろ過池

ろ過池は、原水中の懸濁物質を凝集させた後、濾層に水を通し、主として濾材への付着と濾層でのふるい分け作用により濁質を除去するものである。除去対象の懸濁物質は、あらかじめ凝集作用によって、付着やふるい分けされやすい状態のフロックになっていることが必要であり、凝集が不十分であれば、コロイド・懸濁物質の十分な除去は期待できない。

i. 洗浄について

ろ過池の洗浄は、次のいずれかの状態に達した時に行う。

- ろ過水に目標値を超える濁質が漏出した場合
- 損失水頭が設定値に達した場合

損失水頭とは、ろ過前後での水頭差であり、濾層の目詰りによって大きくなる。損失水頭が過大になると、濾層内の負圧により気泡が生じたり、濾層表面の収縮、亀裂を引き起こし、ろ過水質が悪化する恐れがある。

- ろ過継続時間が設定値に達した場合

ろ過水質の目標値が保たれるような一定のろ過継続時間を設定し（通常24時間～1週間程度）、これに達した場合、ろ過池の洗浄を計画的に実施でき、契約電力のデマンド管理にも有効である。

- 長時間ろ過池の運転を停止した後、運転を再開する場合

長時間ろ過池の運転を停止した際には、濾層中に藻類や微小動物が繁殖してろ過水への漏出やろ過障害を生じさせることがある。したがって、ろ過池運転の停止・再開時に洗

浄を行うとともに、停止中にも定期的に洗浄を行う。

ii. 洗浄方法

洗浄は、逆流洗浄と表面洗浄又は空気洗浄を組み合わせで行う。逆流洗浄のみでは洗浄が不十分となり、マッドボールが発生しやすくなる。洗浄用の水量、水圧及び時間は、十分な洗浄効果が得られるように設定することが重要である。洗浄効果の判定は、日常的には洗浄排水の良否をもって判定し、洗浄排水の最終濁度は、通常2度以下を目標とする。最終的な洗浄効果は、洗浄の直前直後の濾層から採取した濾材の濁質量を測定し、その汚れの程度を比較して判定する。洗浄効果は、水温、濾層の粒度及び厚さ等により変化するため、定期的に洗浄排水を調査し、洗浄時間等を調整する必要がある。洗浄方法が適切でないと、長期的には次のような障害が発生し、ろ過水水質の悪化や、損失水頭が増大することがある。

- マッドボールの発生
- 濾層表面に亀裂発生
- 濾層とろ過池側壁の間に間隙発生
- 濾材の有効径の粗大化
- 濾層厚の減少
- 砂利層と濾層の境界面に不陸

e) 浄水池

浄水池は、ろ過水量と送水量との間の不均衡を調整緩和する浄水施設としては最終段階の施設である。浄水が外部から汚染されないように定期的に内部の点検を実施するなど、衛生面での管理に十分注意する。その運転・管理では、残留塩素濃度が目標値に適合しているか監視する。また、浄水を貯留する役割を十分に発揮させるため、また、水位低下による送水ポンプのキャビテーション防止のため、水位は常に把握しておく。浄水池の人孔、監視廊出入口、検水口等は必ず施錠し、また、外部から雨水、塵埃、昆虫及び小動物などが入らないよう換気設備、ガラリ及び防虫網を常に点検・整備し、水質汚染を防止する。

4) 送配水施設

a) 配水（送水）ポンプ

配水ポンプは、時間的に変動する配水量に対応して、配水ポンプの運転台数等の制御を行い、安定して配水を行うものである。送配水量を変更する際には、急激に管内流速を大きくすると赤水の発生の可能性があり、またポンプの急停止による水撃作用にも注意が必要である。また、前項（浄水池）でも述べたように、浄水池の水位が低下し吸込み圧が低下すると、ポンプ内部のキャビテーションによって壊食（エロージョン）や送水不能といった障害が発生することがあるため、浄水池水位の監視が必要となる。ポンプの運転状態を監視するために、吸込み、吐出水圧は連続測定又は定時測定・記録し、また、送水流量、電圧、電流、電力についても、同様に記録する。また、ポンプは、予備機を含めて交互運転し、特定のポンプを長期間停止させないようにする。

5) 薬品注入施設

a) 凝集用薬品注入設備

凝集剤は、原水中の懸濁物質をフロックとして凝集させ、沈殿しやすく、ろ過池での補足を容易にするために用いられる。薬品の注入は、原水の水質と水量に対して最適な注入率と注入量を確保することが重要であり、これらを正確に計測できるように、機器類の維持管理が重要である。また、凝集剤は希釈すると加水分解により懸濁し、注入配管の目詰まり等の影響を及ぼすことがあるため、注入配管の点検・清掃を定期的実施する。凝集剤の効果を最大限に発揮させるには、攪拌条件の調節、注入量の調整を的確に行うことが大切であり、適切な凝集処理を行うための注意点を下記に示す。

i. 注入率

凝集に影響を与える要因として、攪拌、pH 値、アルカリ度、水温等が複雑に作用し、これらが凝集剤の注入率に大きく影響する。凝集剤の注入率の決定にあたっては、処理する原水を用いてジャーテストを行うのが基本であり、その結果と実池における処理状況や原水水質の変動傾向を考慮し、総合的に判断する。ジャーテストは定期的実施するほか、原水水質の急変時（降雨等による河川水質の変動時）等は迅速に行い、処理工程のフロックの形成、沈殿状況を監視し、凝集沈殿処理が適正であるかを確認する。

ii. pH 値

pH 値は凝集作用にとって重要な因子である。凝集剤には、薬品によって適用 pH 値があり、pH 値がこの範囲外になると、凝集効果は急激に悪化する。したがって、原水の pH 値が高すぎる場合又は低すぎる場合は、最適凝集領域に入るよう、酸剤あるいはアルカリ剤によって pH 値を調整する必要がある。なお、PAC は酸性であり、この注入率が大きくなると、pH 値は低下するため、アルカリ剤の注入が必要となる。

iii. アルカリ度

アルカリ度は凝集効果に影響を与える重要な因子である。良好なフロックを形成するためには、凝集剤注入後のアルカリ度が 20mg/L 程度以上であることが望ましい。アルカリ度が低い場合は、pH 値の緩衝作用が小さいので、適度なアルカリ度を保持するためにアルカリ剤の注入が必要である。

iv. 水温

水温は、凝集反応、フロック粒子の成長、沈降分離に影響する重要な因子である。水温が高くなれば、フロックの成長が早まり、水温が低くなれば成長が遅くなる。ポリ塩化アルミニウムであれば低水温でも凝集効果は期待できる。

v. 凝集剤の自動注入

薬品の自動注入率を制御するにあたって、ジャーテストにより適時注入率を決定する方法と、過去の水質もしくはジャーテストのデータに基づいて注入率式を作成し、各水質計器から得られる凝集に影響する水質データ（原水の濁度、pH 値、アルカリ度、水温等）を補正しながら注入率を決定し、注入制御を行う方法がある。どちらの方法でも定期的なジャーテストによる注入率の確認は必要である。

b) 消毒設備

水道水の消毒は、水中の病原生物による汚染を防止し、配水管網における衛生上の安全を保つことを目的に行うものである。塩素剤による消毒は、効果が確実で大量の水を容易に消毒でき、その効果が残留する利点がある。反面、トリハロメーターンなどの消毒副生成物が生じたり、特定の物質と反応して臭気を強めたり、アンモニア体窒素と反応して消毒効果を弱めたりすることがある。特に濁りがあると、濁質が病原生物の保護体となり消毒効果を弱めることになるので、沈殿、ろ過の段階で適正な濁質除去を行う。塩素剤の注入率は、給水栓水の残留塩素濃度が、常時規定量を維持するよう水質、滞留時間などを考慮して設定しなければならないが、残留塩素濃度が過大とならないように十分留意する。

i. 次亜塩素酸ナトリウム

次亜塩素酸ナトリウムは、淡黄色の液体であり、強いアルカリ性を示し、腐食性がある。酸によって急激に分解し、塩素ガスを放出し危険なため、酸性溶液と混合しないように注意する。また、強アルカリ性のため皮膚、粘膜に付着しないように取り扱いに注意する。また、次亜塩素酸ナトリウムは、不安定で常温でも保存中に酸素を放出して分解し、これは、日光、紫外線、温度の上昇によって促進される。このため、冷暗所に貯蔵する。また、貯蔵時に有効塩素量が減少する傾向が強いため、長期間貯蔵するのではなく、短い期間で納品することが望ましい。また、次亜塩素酸ナトリウムは硬度の高い水に触れると、炭酸カルシウムなどが析出しスケールが発生しやすいため、注入点付近などは点検・清掃を実施する。

ii. 前塩素処理

前塩素処理は、塩素剤を沈澱池以前の着水井、混和池等で注入し、塩素との反応時間を確保する方法である。前塩素処理は、混和池や凝集沈澱池において生物の死滅や藻類等繁殖防止ができる他、アンモニア態窒素を含む原水にも有効である。アンモニア態窒素対策として前塩素処理を行う際は、アンモニア態窒素の約10倍を注入量の目安とする。しかし、原水中にトリハロメーターン前駆物質やかび臭産生藍藻類等が含有していた際には、トリハロメーターン及びかび臭発生の可能性が高く、注意が必要である。

iii. 中間塩素処理

中間塩素処理は、凝集沈澱池と急速ろ過地の間でよく混和される場所に塩素剤を注入する方法である。この方式は、原水中のトリハロメーターン前駆物質、かび臭産生藍藻類等を凝集沈澱池ですでに除去した後に、塩素剤を注入することから、トリハロメーターンやかび臭対策に有効である。

iv. 後塩素処理

後塩素処理は、ろ過池と浄水池の間でよく混和される場所に塩素剤を注入する方法である。ろ過池などで消費された有効塩素を補う際に塩素剤を注入する。

6) 排水処理施設

排水処理施設は、浄水過程から排出される沈澱池のスラッジを適切に処理することにより、排水中の固液を離脱液とケーキ（固形物）とに分離するものである。分離した離脱液は、原水へ返送

して再利用するか又は公共用水域へ放流する。また、ケーキは、埋立処分又は有効利用を行う。排水処理の一般的処理は、調整、濃縮、脱水、乾燥及び処分構成され、浄水処理の一環としてとらえることが重要で、排水処理施設の管理に当たっては、浄水処理工程との関連を的確に把握し、浄水処理が円滑に行えるように心掛ける。このため、年間を通じての処理水量や原水状況から、スラッジの発生量を分析、推定し、各季節や各月ごとの処理計画を立てる。なお、沈澱池、濃縮槽などへの長期堆積は、スラッジの腐敗が生じるので注意すること。

7) 受配電設備

配電設備の運転管理においては、各機器の正常運転状態を常に把握しておき、異常の判断を迅速、適切に行うとともに、機器の特性や操作インターロック条件などを理解しておく必要がある。点検にあたっては、異常を早期発見するため、電流値や電圧などの計測値を、定められた時間に記録する。受配電設備の機器性能の劣化は、その部分の単なる能率の低下や故障にとどまらず、他設備故障への波及や、給水停止、感電、火災等の災害にまで直結する危険性をも有している。

(5) 保守点検及び修繕

保守点検及び修繕は、施設の機能の劣化を補完し、本来の機能を保持することを目的としており、その主な内容を下記に示す。

1) 日常点検

日または週単位での点検を基準として、機器の運転状況の調査、確認及び記録を主な内容とする。点検実施にあたって、点検項目、点検内容、計測データ及び備考などを記録するチェックシートを作成し、点検結果が規定内となっているか、前回点検時のデータと変化がないかを明確に記録する。施設毎の点検リストの一例を次に示す。

- ・ 主な点検内容 : 目視による異常の有無、異音や異臭の有無、各計器の読取り等

表 8-5 日常点検チェックリスト (例)

	点検項目	点検内容	頻度 (回/日)
取水施設	取水ゲート	ゲート周辺に漂流物・濁質等が堆積していないか	1~3
		河川及びゲート内の原水水質に異常が無い 濁度・色度の異常、油面、魚類の死骸等はないか	1~3
	沈砂池・ポンプ井	原水水質に異常が無い 濁度・色度の異常、油面や魚類の死骸等はないか	1~3
		取水ポンプ	送水流量、吸込・吐出圧力、電流値の記録
	異音、異臭、過度な振動や温度異常はないか		1~3
浄水施設	着水井	原水水質に異常が無い 濁度・色度の異常、油面や魚類の死骸等はないか	1~3
	混和池	注入薬品が均一に拡散されているか	1~3
		フラッシュミキサから異音、異臭、振動等はないか	1
	フロック形成池	フロックは良好に成長しているか	1~3
浮遊物、スカムなどはないか		1~3	

	点検項目	点検内容	頻度 (回/日)
	沈澱池	フロックは良好に沈降しているか	1~3
		浮遊物、スカムなどは無いか	1~3
	ろ過池	浮遊物は無いか	1~3
		濾層表面の状態は良好か (亀裂の有無など)	1
		水質 (濁度、臭気など) に異常はないか	1~3
	浄水池	水質 (濁度、臭気など) に異常はないか	1
		水位計指示値の記録	1
		防虫対策は良好であるか	1
	ポンプ設備共通	吸込・吐出圧力、電流値の記録	1
		異音、異臭、過度な振動のは無いか	1
	電気設備共通	各計測指示計の指示値の記録	1
		外観に異常は無いか	1
	水質計器	脱泡槽や測定槽などに汚れは無いか	1
		各計測値の記録	1
その他	配水ポンプ設備	ポンプ送水流量、吸込・吐出圧力、電流値の記録	1
		ポンプに異音、異臭、過度な振動のは無いか	1
	PAC 注入設備	注入機に異常 (異音、異臭、漏洩等) が無いか	1
		注入流量、その他 (開度や回転数等) の記録	1
		貯蔵量の記録	1
		貯蔵庫及び配管等からの漏洩が無いか	1
	次亜注入設備	注入機に異常 (異音、異臭、漏洩等) が無いか	1
		注入流量、その他 (開度や回転数等) の記録	1
		貯蔵量の記録	1
		貯蔵庫及び配管等からの漏洩が無いか	1
	受変電設備	各計測指示計の指示値の記録	1
		外観に異常は無いか	1
		その他、異常や警報は無いか	1

出典：福岡市

2) 定期点検

目視等感覚による点検を標準として、機器の整備状況と偶発損傷の発見に主眼を置き、さらに給油清掃、パッキン等の損傷の有無のチェック、スイッチの損傷や動作のチェック、ゼロ点・スパン調整、入出力値の調整、消耗品保有量のチェック等を主な内容とする。

・ 主な点検内容

- a) 機械工作物：潤滑油の給油及び清掃、グランド部の調整等
- b) 計測機器等：実測による入出力値の調整、スパン・ゼロ調整等

表 8-6 定期点検チェックリスト (例)

	点検項目	点検内容	頻度 (回/月)
取水施設	取水ゲート	ゲート周辺の堆積状況の確認・清掃	1
		ゲートの開閉動作確認	1
	沈砂池	沈砂池内の堆積量の記録	1
		スクリーンの目詰まりは無い	1
	取水ポンプ	グラウンド部パッキンなどの調整は正常か	1
潤滑油の点検・補充		1	
浄水施設	混和池	フラッシュミキサの潤滑油点検・補充	1
	フロック形成池	各フロック形成池への流入量は均等か	1
		スカム、その他異物の除去	1
		沈降物の堆積量は正常か	1
	沈澱池	沈降装置に目詰まりは無い	1
		壁面などに藻類等が繁殖していない	1
		沈降物の堆積量の記録	1
	ろ過池	洗浄後にマッドボールなどの異常は無い	1
		洗浄水量は適量か	1
		洗浄後の排水水質は正常か	1
	ポンプ設備共通	グラウンド部パッキンなどの調整は正常か	1
		潤滑油の点検・補充、Vベルト等は正常か	1
	電気設備共通	盤内に塵・埃などが溜まっていない	1
	水質計器	脱泡槽や測定槽などの清掃	1
		実測によるスパン調整の実施	1
その他	配水ポンプ設備	グラウンド部パッキンなどの調整は正常か	1
		潤滑油の点検・補充	1
	PAC 注入設備	注入配管及び注入点にスケールの固着等は無い	1
		注入量やその調整幅に異常は無い	1
	次亜注入設備	注入配管及び注入点にスケールの固着等は無い	1
		注入量やその調整幅に異常は無い	1
	受変電設備	盤内に塵・埃などが溜まっていない	1
		その他、異常や警報は無い	1

出典：福岡市

3) 委託点検

各種計測機器による測定、分析及び動作テストによる点検を標準とし、総合的な点検を主な内容とする。主に、普通点検や定期点検では本来の機能を保持できない特殊機器や、定期点検を十分な頻度で実施できない無人施設において、専門技術・知識を有する業者によって精密な点検整備を実施する。特に、大型ポンプや特殊機器については、点検に専門技術・知識を有するため、メーカーまたはその代理店により点検を実施する。

表 8-7 委託点検項目内容例 (ポンプ設備)

	点検項目	点検内容	点検頻度 (回/年)
陸上ポンプ	グラント部	グラント部パッキンは正常か	1
		その他必要な点検、試験、記録	1
	潤滑油	潤滑油の状態は良好か	1
		その他必要な点検	1
	カップリング	軸継ぎ手は正常か	1
		芯出しは良好か	1
		その他必要な点検	1
	ボルトナット類	増締め	1
		その他必要な点検	1
	計器類	圧力計は正常か	1
		圧力スイッチは正常か	1
		その他必要な点検	1
	軸受温度	温度は正常か	1
		その他必要な点検	1
運転状態	起動・停止時に振動、異音等の異常はないか	1	
	吐出バルブ全閉時の圧力は正常か	1	
	その他必要な点検	1	
電動機	絶縁抵抗測定	1	
	その他必要な点検	1	
ポンプ制御盤	全般	内面は汚れていないか	1
		盤内配線の損傷及び端子の緩みはないか	1
		その他必要な点検	1
	計器類	指示値の確認	1
		その他必要な点検	1
	電磁接触器 補助リレー類	接点は変色摩耗していないか	1
		その他必要な点検	1
	保護継電器 タイマー	動作試験	1
		設定値の確認	1
		その他必要な点検	1
	各種測定	一次側電源電圧測定	1
		制御回路の電圧測定	1
		絶縁抵抗測定	1
		ポンプ運転時の電圧、電流測定	1
接地抵抗測定		1	
その他必要な点検		1	
各種連動試験	各種制御モードに対し、正常に動作するか	1	
	その他必要な点検	1	
インバータ装置	外観	異音、異臭、異常振動はないか	1
		冷却ファンは正常に動作しているか	1
		その他必要な点検	1
	各種測定	主回路電圧測定	1
		絶縁抵抗測定	1
		その他必要な点検	1

出典：福岡市

表 8-8 委託点検内容例 (次亜注入設備)

	点検項目	点検内容	点検頻度 (回/年)
制御盤	各種連動試験	フロートスイッチ及び、各機器からの出力信号に対し、正常に作動するか	1
		比例設定器による動作範囲の確認及び調整	1
		その他必要な点検、試験、記録	1
	制御盤本体	各部の損傷、亀裂、変形の有無	1
		盤内及び機器配線の損傷の有無	1
		その他必要な点検	1
注入装置	制御ユニット	フロートスイッチ及び、追塩設備制御盤からの出力信号に対し正常に作動するか	1
		首藤、自動等の各種制御モードに対し、正常に動作するか	1
		盤内及び機器配線の損傷の有無	1
		その他必要な点検	1
	ポンプ本体	各部の損傷、亀裂、変形の有無	1
		液漏れの有無	1
		ストレーナの汚れ、目詰まりの有無	1
		絶縁抵抗、電流、電圧の確認	1
		吐出量及び吐出圧の確認	1
		その他必要な点検	1
	その他	サイフォン防止弁の液漏れ、損傷等の有無	1
		配管等の点検	1

出典：福岡市

表 8-9 委託点検項目内容例 (電気計装設備)

	点検項目	点検内容	点検頻度 (回/年)
共通機器	整備前点検、試験及びデータ作成	入出力試験	1
		各設定値記録	1
	外観点検	目視点検、清掃	1
		機器等の取付状態点検	1
		接続部分の点検	1
		損傷及び腐食の有無	1
	内部点検	目視点検、清掃	1
		注油	1
		機械部分 (摺動部、リンク、回転部等) の点検	1
		電気部分 (ケーブル、コネクタ、基板等) の点検	1
		絶縁抵抗測定	1
		損傷及び腐食の有無	1
	その他必要な点検	1	
	予防保全	劣化、摩耗部品、消耗部品等の調査、整備	1
発信器	超音波流量計	入出力試験	1
		送受信の点検	1
		電源部の点検	1
		同軸ケーブルの絶縁抵抗測定	1
		その他必要な点検	1
	フロート式水位計	入出力試験	1
		ワイヤーフロート部の点検・清掃	1

	点検項目	点検内容	点検頻度 (回/年)
		軸受け、ギヤ部の注油、清掃	1
		その他必要な点検	1
	投込み式水位計	入出力試験	1
		伝送器入出力試験	1
		その他必要な点検	1
	その外発信器	入出力試験	1
その他必要な点検		1	
演算器	加減演算器	入出力試験	1
		演算機能点検	1
		電源部点検	1
設定器	警報設定器	入出力試験	1
		設定機能点検	1
		電源部点検	1
記録計	自動平衡形	入出力試験	1
		警報機能点検	1
		モーター部点検	1
		リンク・スライド部点検	1
		電源部点検	1
		その他必要な点検	1
水質計器	残留塩素計	入出力試験	1
		電極の清掃	1
		性能試験及び校正	1
		その他必要な点検	1
制御器	シーケンサー	電源電圧の確認	1
		メモリバックアップ電池の確認	1
		冷却ファンの清掃	1
		動作表示灯の確認	2
		その他必要な点検	1
無停電電源装置	インバータ	運転状況の確認	1
		絶縁抵抗測定	1
		指示計器の校正	1
		出力電圧波形測定	1
		警報動作試験	1
		切替試験	1
		その他必要な点検	1
	整流器	運転状況の確認	1
		絶縁抵抗測定	1
		指示計器の校正	1
		出力電圧波形測定	1
		動作試験	1
	蓄電池	その他必要な点検	1
		蓄電池清掃	1
		触媒栓及び液量の点検	1
蓄電池電圧及び電解液比重測定		1	
その他必要な点検	1		

出典：福岡市

4) 定期修繕

主として、設備の老朽化を防ぐ目的で一定の期間ごとに行う整備である、数年に一度（目標耐用年数の半分を目安とする）の周期で機器のオーバーホールを行うもの。該当機器についても専門知識を要し、また特殊部品の調達も考えられるため、制作メーカーによる実施が望ましい。

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

ヤンゴンでは、表流水の濁度は高く、地下水には鉄分が含まれ塩分が高い。YCDC はミャンマー国飲料水基準と WHO の飲料水基準 (4 版) を用いて、配水水質のチェックを行っている。水供給・衛生局の水質試験室が日常的に検査をしている水質項目は下表のとおりである。これ以外に、浄水場の運転に重要な水質項目である残留塩素、アルカリ度もチェックするべきである。

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

優先水質項目	現在の水質基準	追加検査項目
pH	6.5 – 8.5	
Taste	Acceptable	
Odor	Acceptable	
Color	< 15 TCU	
Turbidity	< 5 NTU	
Total coliform	0 CFU/100ml	
Fecal coliform	0 CFU/100ml	
Residual chlorine	N/A	> 0.1 mg/l
Salinity	0 - 0.5 ppt	
Alkalinity	N/A	> 20 mg/l
Total Hardness	< 500 mg/l as CaCO ₃	
TDS	< 1,000 mg/l	
Arsenic	< 0.001 mg/l	
Chloride	< 250 mg/l	
Iron	< 0.3 mg/l	
Lead	< 0.01 mg/l	
Nitrate	< 50 mg/l	
Manganese	< 0.4 mg/l	
Sulphate	< 250 mg/l	

出典: EDWS 水質試験室の表に JICA 調査団追記

8.2.3 管路の運転・維持管理計画

(1) 組織体制

水供給・衛生局の既存の送水管管理部が現在、送水管を管理している。JICA が実施中の技術協力プロジェクトの支援で設立される予定の NRW 管理部が配水管を管理し、タウンシップ・オフィスが給水装置を管理する計画である（図 8-3 参照）。

(2) 送水管

- ・ 送水管布設ルート図面を作成する。
- ・ 漏水や違法接続などの異変を発見するため、定期的にパトロールを実施する。

(3) 配水管

- ・ 配水管を更新したところでは漏水の発生が懸念されるため、水圧調整を実施する。
- ・ 配水管網図を常時更新する。
- ・ 漏水修理報告書や漏水地点マップを蓄積して将来、効果的に管路を更新する。
- ・ DMA 内の水圧、流量を SCADA システムによりモニタリングする。
- ・ SCADA システムの水圧、流量データや e-government システムの水使用量を活用して、効果的に漏水調査を実施する。
- ・ 漏水調査を計画的に実施するため、バルブ類を定期的に調査・維持管理する。

(4) 給水装置

- ・ 将来漏水を早期発見するためにも給水装置は今後作成する配管モデルに基づいて配管する。
- ・ 検針員はメーター検針時にメーターの状況、漏水、盗水についても調査する。
- ・ 漏水地点マップなどを活用して効果的に漏水調査を実施する。

8.2.4 メーター検針、請求、水道料金徴収の改善

- ・ 新規給水申込者については、タウンシップ・オフィスではなく本部で統一的に登録する必要がある。
- ・ 効果的に漏水や盗水を発見するため、新システムで毎月、顧客の水道使用量を通常の使用量と比較する必要がある。
- ・ 将来的には、人的エラーを削減するため、メーター検針ターミナルの活用や口座自動引き落としを導入する必要がある。
- ・ E-government システムが、新規給水申込み、料金徴収、料金不払いに伴う給水停止の手順にも活用される必要がある。

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

(1) アセットマネジメント

- ・ 持続可能な水道事業の実現のため、中長期の施設整備・更新計画、財政収支見通しを策定し、計画的な施設の整備や更新、資金を確保する必要がある。
- ・ また施設整備・更新計画策定にあたっては、設備・機器の適切な維持管理により延命化を図りながら、予算の平準化を検討する必要がある。
- ・ これらの手法の一つとしてアセットマネジメントの手法が有用である。水道におけるアセットマネジメント（資産管理）とは、MP の各プロジェクトを実現するために、中長期的な視点に立ち、施設のライフサイクルに基づき効率的に水道施設を管理運営する手法である。
- ・ その実践においては、技術的な知見に基づき現有資産の状態・健全度を適切に診断・評価し、中長期の更新需要の見通しを予測し、そして、財政収支の見通しを踏まえた更新財源の確保を検討し、事業の実行可能性を担保する必要がある。

(2) 維持管理

- ・ 納品時に納入業者から運転・維持管理マニュアルを受領するとともに、それらに基づく運転・維持管理のデモンストレーションを実施してもらう。
- ・ 納入業者独自の技術を有する監視システムや計測機器を発注者が自ら点検することは難しいため、長期間使用するために納入者と点検委託契約を結ぶ必要がある。
- ・ 既存の設備・機器についても延命化を図るため適切に維持管理する必要がある。

(3) コスト縮減

- ・ 納入国を一元化し、故障部品等の一括輸送等で費用の低減化を図る。
- ・ 設備・機器導入時に付属品、予備品を確保しておく。

(4) 設備・機器の延命化

- ・ 全ての設備・機器は適切に維持管理することで延命化を図ることができる。ここでは日本における法定耐用年数と福岡市水道局における目標耐用年数を参考に紹介する。

表 8-11 主要機械設備の法定耐用年数と目標耐用年数

設備名	法定耐用年数	目標耐用年数
陸上ポンプ	15	30
水中ポンプ	15	25
自動除塵機	17	25
急速攪拌ポンプ	15	30
フロキュレーター	17	30
クラリファイヤー	17	30
活性炭注入設備	15	20~25
凝集剤注入設備	15	20
苛性ソーダ注入設備	15	20~25
硫酸注入設備	15	25
次亜塩注入設備	10	20
汚泥処理設備	17	25

出典：福岡市

表 8-12 主要電気設備目標耐用年数

設備名	法定耐用年数	目標耐用年数
受変電設備	20	23
直流電源装置	20	23
発電設備	15	25~27
建築電気設備	20	23
ITV 設備	9	23
中央監視制御設備	10	23
多重無線設備	9	20
遠方監視設備	9	15
水質計器	10	15

出典：福岡市

8.2.6 広報・啓発

顧客とよい関係を持つことは重要であるため、広報・啓発活動を実施する必要がある。参考にい

くつかの活動を以下に紹介する。



ホームページ

出典：福岡市



広報紙



出張授業



浄水場見学

8.3 職員配置、人材育成計画

8.3.1 体制

(1) コッコア浄水場

8.2.1.(1)を参照。

(2) 管路

8.2.3.(1)を参照。

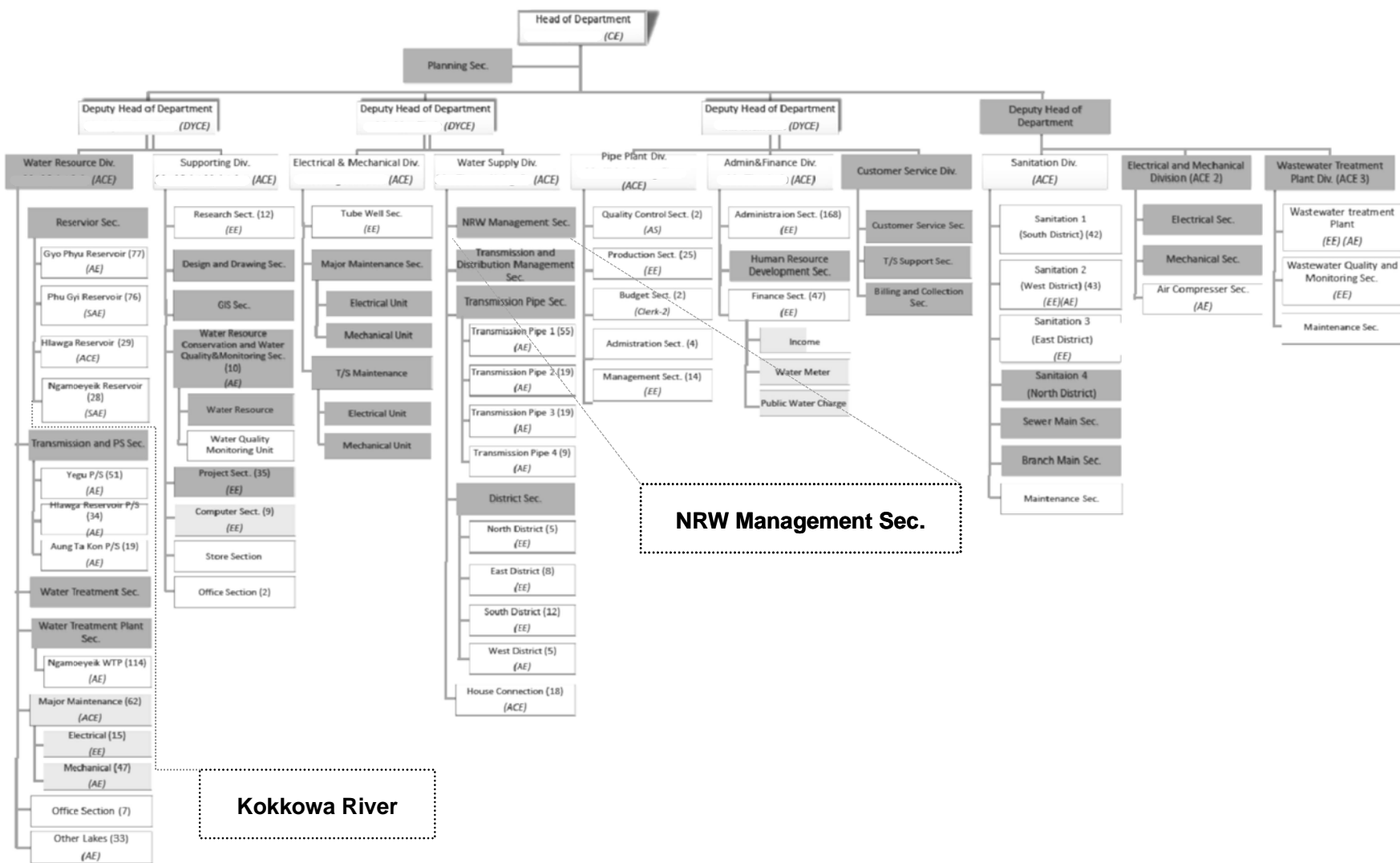


図 8-3 水供給・衛生局の新組織図 (案)

8.3.2 本事業の維持管理費用

9.5 節を参照。

8.3.3 人材育成計画

(1) コッコア浄水場

福岡市の浄水場における人材育成計画を参考に紹介する。

表 8-13 浄水場における人材育成計画

種類	内容
講義	全般 <ul style="list-style-type: none"> ・浄水場の体制及び各係の業務内容 ・浄水処理及び排泥処理 ・設備・機器 ・当該年度における設備・機器の修繕・建設計画 ・委託内容
	緊急時対応 <ul style="list-style-type: none"> ・停電 ・薬品漏洩 ・油、アンモニア、その他
運転・維持管理に係る実技研修	全般 <ul style="list-style-type: none"> ・日報 ・日常点検報告書
	中央監視システム <ul style="list-style-type: none"> ・モニタリング ・運転 ・セキュリティシステム
	沈澱池 <ul style="list-style-type: none"> ・排泥 ・壁面と傾斜板の清掃 ・泥面測定
	ろ過池 <ul style="list-style-type: none"> ・表洗、逆洗
	日常点検 <ul style="list-style-type: none"> ・電気室 ・水質試験室 ・沈澱池とろ過池の検査廊
	薬品注入 <ul style="list-style-type: none"> ・凝集剤、次亜塩素酸ナトリウム及び苛性ソーダ ・薬品の受領
	水質管理 <ul style="list-style-type: none"> ・浄水場での水質試験概要 ・採水 ・毎日検査 ・ジャーテスト
	現地視察 <ul style="list-style-type: none"> ・浄水場外施設 ・貯水池、量水池、空気揚水装置 ・導水管送水管ルート ・配水池 ・最終処分場

出典：福岡市

(2) 管路

福岡市の配水管理に係る人材育成プログラムを参考に紹介する。

表 8-14 配水管理に係る人材育成プログラム

種類	内容
講義及び実技	全般 ・配水管網の設計指針及び積算指針 ・施工管理指針
	配水管 ・接合タイプ ・フランジタイプ ・管接合と解体
	バルブ・付属設備 ・バルブ類（仕切弁、空気弁、止水栓、空気弁、消火栓） ・曲管
	給水装置 ・配管（ポリエチレン管、ビニル管、亜鉛メッキ鋼管） ・サドル付き分水栓
	漏水 ・漏水調査方法 ・漏水調査機器（音聴棒、漏水探知機、相関式漏水探知機、データログ） ・漏水修理方法（木栓、修理用クランプ、三割） ・漏水事故事例 ・緊急時対応（給水車、応急給水栓、給水バッグ）
	配水調整 ・断水計画

出典：福岡市

8.4 重点的に能力強化を図るべき技術項目

重点的に能力強化を図るべき技術項目は次のとおりである。2015年以降、YCDCの能力強化のために、浄水場を除く技術強化プロジェクトがJICAにより並行して実施されている。

(1) 浄水場

- ・ 日常点検及び修繕技術
- ・ 水質管理、流量管理
- ・ 運転記録、書類管理、設備台帳の整備
- ・ 納品物の品質管理

(2) 配水管理

- ・ 仕様、指針、作業工程の基準化
- ・ 配水管網の設計
- ・ 施工管理
- ・ 漏水調査、漏水修理
- ・ 老朽管の更新

- ・ 配水幹線パトロール

(3) 給水装置

- ・ 仕様、指針、作業工程の基準化
- ・ 適切なメーター口径の計算
- ・ 施工管理

(4) 顧客管理

- ・ 新規給水申込み
- ・ 水道料金徴収

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

8.5.1 JICA 技術協力プロジェクト

2015 年から実施されている JICA 技術協力プロジェクトによる YCDC 職員の人材育成支援分野は次のとおりである。

- ・ 水道事業運営改善：水道経営の強化のために計画課の設立と組織改編が計画されている。
- ・ 無収水削減：無収水量削減のための漏水対策課の設立とパイロットプロジェクトが実施されている。
- ・ 水質管理：水供給・衛生局の水質管理に関する人材育成・能力強化が実施されている。

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

(1) 配水ゾーン 9 の配水管網の設計・施工監理の能力強化

本事業では、配水ゾーン 9 内の配水本管、配水管及び DMA の設計・施工を YCDC が自ら実施する計画である。水供給・衛生局は配水管の設計・施工の実績はあるものの DMA の設定及び SCADA を用いた配水システムの設計は未経験である。そのため、配水ゾーン 9 の配水施設の設計支援及び施工監理を支援することで、配水ゾーン 9 において円借款対象コンポーネントである配水ゾーン 1 と同程度の品質確保が見込まれる。

想定される作業内容は下記のとおりである。業務期間 27 ヶ月、専門家の投入 30 MM、現地専門家の投入 30 MM 程度を想定する。

- ・ ゾーン 9 の配水管ルート of 測量、GIS データ作成
- ・ ゾーン 9 の配水管・SCADA の基本計画、及び詳細設計の支援
- ・ SCADA 機器の仕様書作成、及び施工業者の調達・評価の支援
- ・ ゾーン 9 の配水管および SCADA の施工監理の支援 (1 年間)

(2) 建設施設の維持管理能力強化

本事業では 60 MGD の水道施設が建設され、運転データが SCADA により収集される計画である。これらの収集されたデータを YCDC が自ら適切に分析し、運転・維持管理が行うことができるようになることを目的として、日本の地方自治体や維持管理会社とオンラインで施設の運転情報を共有し、日本の地方自治体や維持管理会社がそれらの情報分析や運転・維持管理マニュアルを更新することで、YCDC への運転・維持管理に関する技術移転を図ることを提案する。

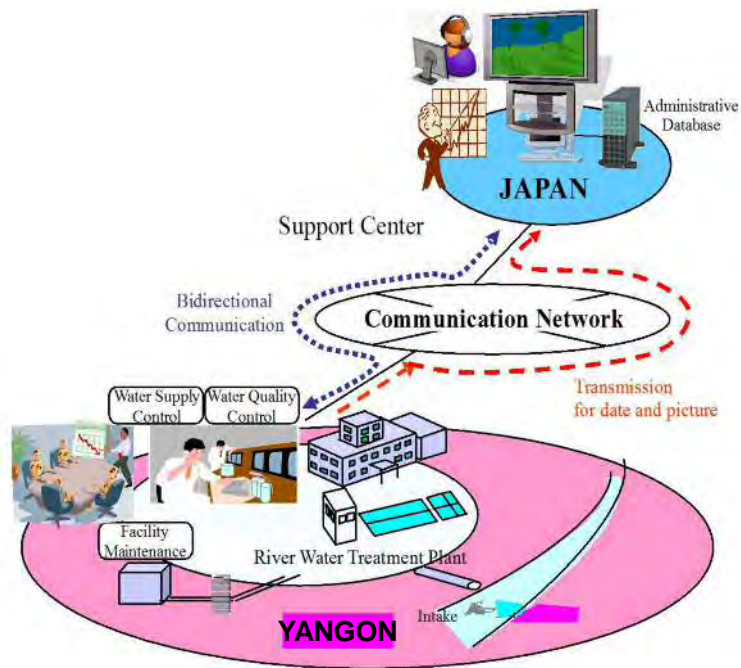
オンラインの遠隔監視システムを用いることにより、浄水場やポンプ場等の中央監視室で得られる監視画面や画像等が、日本でも現場状況が手に取るように分かる。さらに、水道施設内で生じる問題に対して、現場スタッフと日本側スタッフがリアルタイムなコミュニケーションで取り組むことにより、日本の技術支援をリーズナブルに提供することができる。

なお、YCDC と情報を共有する日本の地方自治体や維持管理会社は、浄水処理状況、水量、水質、日常点検記録といった重要な情報を扱うため、YCDC と信頼関係を構築する必要がある。また ID 認証や接続制限によりセキュリティー対策も実施する必要がある。提案する内容やスケジュールを下表及び下図に示す。

表 8-15 新しい技術支援プログラム (案)

項目	内容
名称	円借款施設の運転・維持管理に係る人材育成プログラム
目標	YCDC が自ら新しい施設を適正に運転・維持管理することができる。
概要	本邦組織は、水道施設に関する情報を共有し、分析することを通じて、YCDC へ運転・維持管理に係る技術移転を行う。
共有データ	浄水処理状況、水量、水質、日常点検記録
共有される組織	YCDC と信頼関係のある日本の地方自治体あるいは維持管理会社
言語	ビルマ語、日本語、英語
スケジュール	
1 年目	YCDC へ技術者の派遣 ・円借款コンサルタントにより作成された運転・維持管理マニュアルをレビューする。 ・本邦組織に YCDC 設備からの情報を受信する通信施設を設置する。
2～3 年目	技術指導および日本から遠隔で監視 ・定期的に現地で YCDC へ運転・維持管理の技術指導を行う ・運転・維持管理マニュアルを改訂する
備考	認証 ID や接続制限を設けることによりセキュリティー対策を実施する。

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

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

第9章 概算事業費と事業実施計画

本章では施工計画、事業費算定、事業実施計画、資金調達計画、および事業実施体制について述べる。

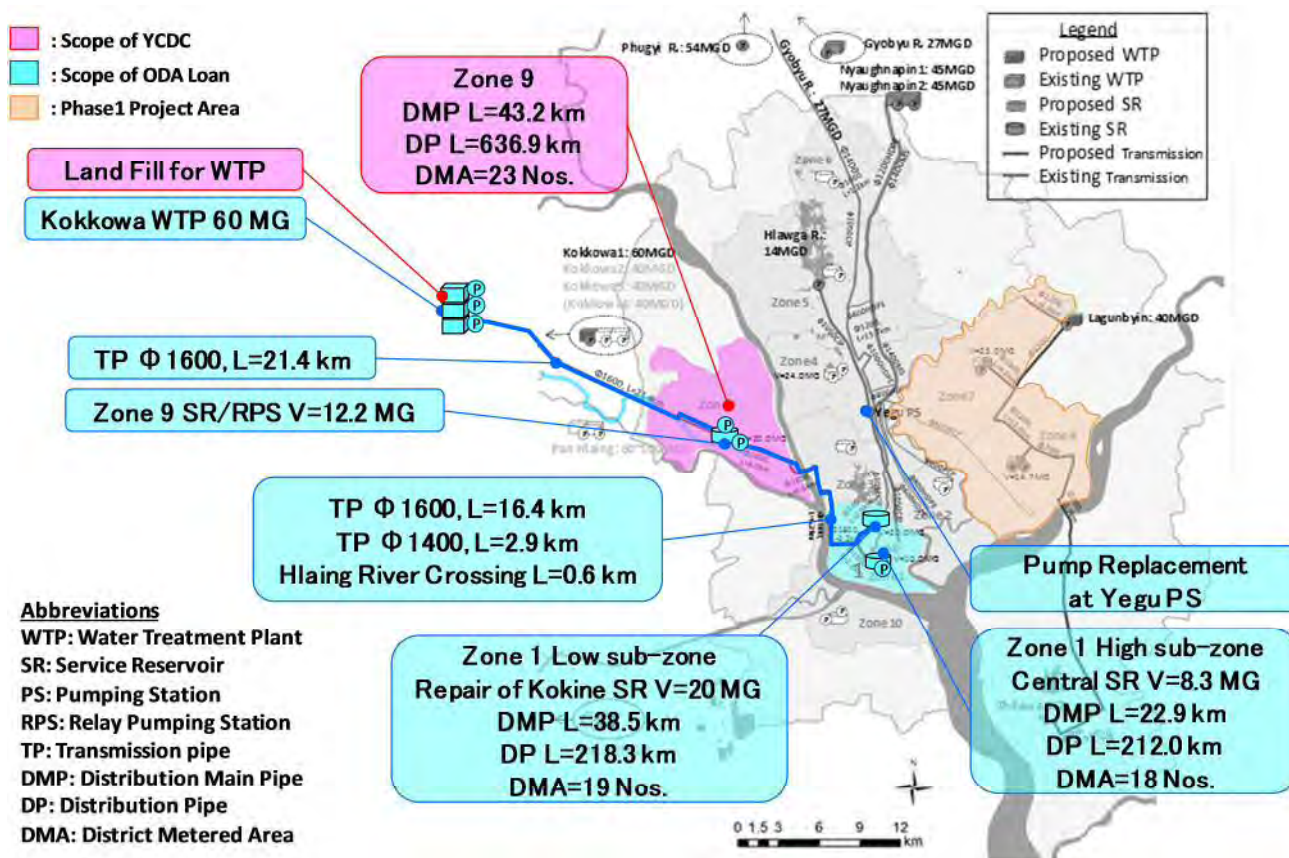
9.1 施工計画

現状の建設市場の状況に関する、現地の建設業者やミャンマー進出中の本邦企業等のインタビュー結果を参考に、施工計画を策定する。

9.1.1 フェーズ2事業の工事概要

(1) 本事業の工事概要

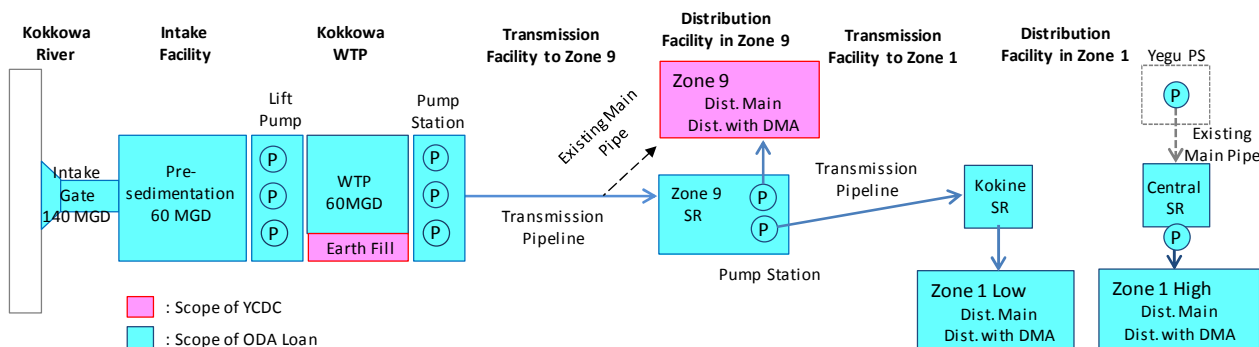
本事業の工事概要を下図に示す。



出典：JICA 調査団

図 9-1 本事業の工事概要

(2) 本事業の施工区分



出典：JICA 調査団

図 9-2 本事業の施工区分図

表 9-1 本事業の施工区分

円借款コンポーネント	YCDC のコンポーネント
<ul style="list-style-type: none"> 取水施設（導水路・取水ゲート）（140 MGD） 前沈殿池（60 MGD） 	<ul style="list-style-type: none"> 浄水場用地の盛土（60 MGD）
<ul style="list-style-type: none"> ココア浄水場（60 MGD） 	
<ul style="list-style-type: none"> 送水管（41.3 km 内 0.6 km の河川横断含む） ゾーン 9 配水池（12.2 MG x 1 池） 中継ポンプ場（ゾーン 1 用送水ポンプ及びゾーン 9 用配水ポンプ設置） イエグポンプ場のポンプ取替え 	
配水ゾーン 1 低区 <ul style="list-style-type: none"> 既設ココイン配水池（20 MG x 1 池）の補修 配水本管（38.5 km） 配水管（218.3 km）及び DMA（19 区画） 	配水ゾーン 9 <ul style="list-style-type: none"> 配水本管（43.2 km） 配水管（636.9 km）及び DMA（23 区画）
配水ゾーン 1 高区 <ul style="list-style-type: none"> セントラル配水池（8.3 MG x 1 池）の改築及びポンプ設置 配水本管（22.9 km） 配水管（212.0 km）及び DMA（18 区画） 	
車両調達（四輪駆動車 x 8 台）	

出典：JICA 調査団

(3) 本事業の工事詳細

本フェーズ 2 事業の工事詳細を下表に示す。

表 9-2 本事業の工事詳細

		施設名	数量	規模	方式等
円借款対象					
スコープ 1: ココア浄水場建設（60 MGD）					
A	1	堤防防護を含む導水路、取水施設	1 式	140 MGD	スクリーン付角型ゲート W 1500 mm x H 1500 mm x 6 基
		前沈殿池	1 式	60 MGD	表面積: 100,000 m ² 容量=812,000 m ³
	2a	揚水ポンプ室（土建）	1 式	60 MGD	自動スクリーン x 2 基
	2b	揚水ポンプ室（機電）	ポンプ設備: 5 台	20 MGD x 揚	横軸両吸込渦巻ポンプ、回転

		施設名	数量	規模	方式等
			(3台+予備2台)	程 18m x 約 300 kW	数制御方式
	3	着水井	1式 (3池)	60 MGD	
	4	急速混和池	1式 (3池)	60 MGD	攪拌機、越流堰
		フロック形成池	1式 (3池)	60 MGD	上下水平迂流式
		沈殿池	1式 (6池)	60 MGD	上向流傾斜管式、汚泥掻寄機
	5	急速ろ過池	1式 (24池)	60 MGD	自己逆流洗浄式
	6	浄水池	1式 (3池)	容量=4125 m ³ x3池	
	7	薬品注入設備	1式 (3系)	60 MGD	液体 ACH、次亜塩素酸ナトリウム
	8a	送水ポンプ場 (土建)	1式	60 MGD	
	8b	送水ポンプ場 (機電)	ポンプ設備: 4台 (3台+予備1台)	20 MGD x 揚程 38m x 約 720kW	横軸両吸込渦巻ポンプ、オン・オフ制御方式
	9	洗浄排水池	1式 (3池)	60 MGD	排水ポンプ x 9台
	10	排泥池	1式 (3池)	60 MGD	排泥ポンプ x 6台
	11	濃縮槽	1式 (3池)	60 MGD	
	12	天日乾燥床	1式 (9池)	60 MGD	
	13	管理施設、水質試験室、浄水場職員用の管理棟等	1式	60 MGD	中央管理棟、水質試験室、SCADA室、倉庫、道路、照明、排水路、外周フェンス、修景等
	14	受電設備・自家発電設備	1式	60 MGD	ラジエータ搭載型ディーゼルエンジン発電機 6MVA
	15	浄水場用の SCADA システム	1式	60 MGD	
スコープ 2: 送水施設建設 (浄水場～ゾーン9配水池兼中継ポンプ場)					
B	1a	送水管	Length: 21.4 km	口径: 1600 mm	管材質: DCIP あるいは MS
C	a	管理施設を含むゾーン9配水池兼中継池 (土木)	1式	12.2 MGD	
	b	ゾーン9配水池兼中継池におけるゾーン1用の中継ポンプ場 (機電)	ポンプ設備: 4 nos. (3台+予備1台)	16.3 MGD x 揚程 87 m x 約 1250 kW	横軸両吸込渦巻ポンプ、回転数制御方式
		受電設備・自家発電設備	1式		ラジエータ搭載型ディーゼルエンジン発電機 9 MVA
		送水用の SCADA システム	1式		
Z	1	ゾーン9用の配水ポンプ場 (機電)	ポンプ設備: 2台 (1台+予備1台)	容量: 76 m ³ /分 x 揚程 40 m x 約 720 kW	横軸両吸込渦巻ポンプ、回転数制御方式
			ポンプ設備: 2台 (1台+予備1台)	容量: 32 m ³ /分 x 揚程 40 m x 約 375 kW	横軸両吸込渦巻ポンプ、回転数制御方式
スコープ 3: 送水施設建設 (中継ポンプ場～ゾーン1まで)					
B	1b	送水管	延長: 16.4 km	口径 1600 mm	管材質: DCIP あるいは MS
			延長: 2.9 km	口径 1400 mm	管材質: DCIP あるいは MS
	2	ライン川河床をシールド工法で横断する送水管	延長: 0.6 km	シールド径 2400 mm 管径 1600 mm	管材質: DCIP あるいは MS

			施設名	数量	規模	方式等
		3	不断水工法による既存管との仮接続	4ヶ所	口径 1400 mm x 1000mm、 口径 1050 mm x 1000mm、 口径 750 mm x 700mm、 口径 700 mm 不断水弁	
スコープ 4: 配水ゾーン 1 低区の近代化 (低区)						
D	1	流出入弁を含むコカイン配水池の補修	1式	20 MGD		
	2	配水本管 (推進工法含む)	延長: 38.5 km	口径 300~2000 mm	管材質: DCIP あるいは MS 推進工法 (鉄道横断): 2ヶ所; 口径 600 mm および口径 1200 mm	
	3	配水管、DMA	延長: 218.3 km	口径 100~250 mm	管材質: HDPE あるいは DCIP	
		給水接続の更新	103,200ヶ所			
		水道メータ交換及び設置	103,200ヶ所			
	4	DMA用のSCADAシステム	19区画			
スコープ 5: 配水ゾーン 1 低区の近代化 (高区)						
D	5a	セントラル配水池の改築 (土木)	1式	8.3 MGD		
	5b	ゾーン 1 高区用の配水ポンプ場 (機電)	ポンプ設備: 2台 (1台+予備1台)	容量: 67 m ³ /分 x 揚程 42 m x 約 660 kW	横軸両吸込渦巻ポンプ、回転数制御方式	
			ポンプ設備: 2台 (1台+予備1台)	容量: 32 m ³ /分 x 揚程 42 m x 約 375 kW	横軸両吸込渦巻ポンプ、回転数制御方式	
	6	ケーブル配線、受電設備・自家発電設備	1式		ラジエータ搭載型ディーゼルエンジン発電機 4MVA	
	7	配水本管	延長: 22.9 km	口径 200~1400 mm	管材質: DCIP あるいは MS	
	8	配水管、DMA	延長: 212.0 km	口径 100~250 mm	管材質: HDPE あるいは DCIP	
						給水接続の更新
		水道メータ交換及び設置	49,100ヶ所			
	9	DMA用のSCADAシステム	18区画			
	10	イエグポンプ場の配水ポンプ設備及び関連電気設備の更新	ポンプ設備: 3台 (2台+予備1台)	容量: 11 MGD x 揚程 53 m x 約 450 kW	横軸両吸込渦巻ポンプ、オン・オフ制御方式	
スコープ 6: 車両調達						
			コンサルティングサービス用の四輪駆動車の購入			

		施設名	数量	規模	方式等
非円借款対象					
スコープ 7: コッコア浄水場用地の盛土工事					
Y	1	浄水場用地の盛土工事 (土木)	盛土量:約 210,000 m ³		
スコープ 8: 配水ゾーン 9 の配水施設					
Z	2	配水本管	延長: 43.2 km	口径 300~2000 mm	管材質: HDPE、DCIP あるいは MS
	3	配水管、DMA	延長: 636.9 km	口径 100~300 mm	管材質: HDPE
	4	DMA 用の SCADA システム	23 区画		

出典: JICA 調査団

(4) コッコア浄水場に適用できる本邦技術

本事業では、技術的観点及び YCDC の本邦視察を踏まえ以下の設備・機器を採用する。

表 9-3 コッコア浄水場に適用できる本邦技術の仕様

項目	主要技術仕様
混和池	フラッシュ・ミキサー (急速攪拌装置)
沈殿池	傾斜管
排泥設備	機械式掻き寄せ機
ろ過池逆流洗浄	自己洗浄型
ポンプ (流量制御)	回転数制御
ウォーターハンマー対策	フライホイール付ポンプ
監視制御装置 (浄水場)	SCADA システム

出典: JICA 調査団

(5) 送配水施設及び管路に適用できる本邦技術

本事業では、技術的観点及び YCDC の本邦視察を踏まえ以下の資機材や仕様を採用する。

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

項目	主要技術仕様
ポンプ (流量制御)	回転数制御
ウォーターハンマー対策	フライホイール付ポンプ
配水池の流量調整	流量調整弁
監視制御装置 (送水調整)	SCADA システム
送配水管	鋼管/ダクタイル鋳鉄管
既設管との接続	不断水分岐/不断水弁工法
河川横断部	非開削: シールド工法
鉄道横断部	非開削: 推進工法
監視制御装置 (DMA)	SCADA システム

出典: JICA 調査団

9.1.2 自然条件

工事期間及び費用は、自然条件の制約を受けるため、自然条件の把握は施工計画の立案、適切な対策工事費を算出する上で重要である。考慮すべき自然条件を以下に述べる。

(1) 降水量

ヤンゴンは、2.1.3「気象」で述べたとおり、熱帯モンスーン気候に属し、大きく3月から5月中旬の夏季、5月中旬～10月の雨季、10～2月の乾季（冬季）に分けられる。

夏季の気温は35度を超えるが、市内では日常的に建設工事が行われており、気温による特殊な対策は必要ないと判断する。

一方、雨季（特に7～8月）の降雨量が多い。雨季には、一日中雨が降り、その間に集中豪雨があり、作業効率が低下するため、施工に際しては注意が必要である。

無償工事（2014～2016年）の実績では稼働日数率は、年平均60%（18日/月）であり、降雨日数・降雨量の多い7月、8月の稼働率は20%（6日/月）まで低下する。また、本計画では掘削工事が多いことから、降雨による掘削面の崩壊・地下水位の上昇等の安全対策を鑑みて、降雨量の多い雨季は大規模な土木工事を避けるものとする。

(2) 土質及び地下水位の状況

添付図書-4に本調査にて実施した土質調査結果を示す。

a) コッコア浄水場

現地盤は表層から軟弱なシルト・粘土層がGL-30～50mまで続き、その下に支持層の砂層がある。地下水位の平均はGL-1 m程度であり、土質調査時のボーリング孔内の地下水位に変化はなかった。

b) ゾーン9配水池兼中継ポンプ場

中継ポンプ場およびゾーン9配水池の建設予定地はYCDCの公園内である。現地盤は表層から4mまで軟弱なシルト層があり、その下に砂層が続きGL-20 m以深が支持層となる。地下水位の平均はGL-5m程度であり、土質調査時のボーリング孔内の地下水位は上昇傾向であった。

c) 配水ゾーン1配水池

2ヶ所の配水ゾーン1配水池の建設予定地はYCDCの敷地内である。現地盤は表層から砂層が続き、GL-8m以深が支持層となる。地下水位の平均はGL-8m程度である。

d) ライン川の横断

河川横断部の建設予定地はライン川両岸にあるMoAI用地と市道である。現地盤は表層から軟

弱なシルト・粘土層が GL-25 m 程度まで続き、その下に支持層の砂層がある。地下水位の平均は GL-3m 程度であり、土質調査時のボーリング孔内の地下水位は上昇傾向であった。詳細設計では河道内で土質ボーリング調査を実施する必要がある。

e) 送配水管

送水管の布設位置は、浄水場を起点にヤンゴン市中心部に向かう国道5号線脇にある排水路の地面下である。また、その他の送・配水管は市内の道路下に布設される。これらの地盤は粘性土からなる。

(3) 河川水位

a) 取水・浄水場

河川内に取水口を設置するため、河川水位が施工に影響する。雨期は水位が高いため、可能な限り掘削工事を避けるべきである。

b) ライン川の横断

発進・到達立坑を河川近くに設置する。雨期は水位が高いため、施工時期は河川水位の低い乾期とすべきである。

9.1.3 材料及び施工機械の調達

ヤンゴンで調達可能な建設資材は、陸上輸送により仮設ヤードに運搬する。浄水場・配水池等の建設予定地は主要幹線道路沿いにありアクセスも良い。

一方、輸入品はヤンゴン港に荷揚げされた後、ヤンゴン港から工事現場まで陸上輸送される。なお、ヤンゴン市内では大型車による昼間の通行は制限されているため、輸送は夜間に行われる。

(1) 建設資材

主な建設資材は、コンクリート、鉄筋、仮設材等である。現地業者へのインタビューによれば、これらの資材は、ほぼ遅滞なく供給できているとのことである。

- ・ コンクリート：セメント・骨材は、ヤンゴン市内で調達可能である。ヤンゴン市内には、十分な品質管理を行っている生コン製造業者があり、1,500 m³/日の供給能力がある。
- ・ 鉄筋：中国製の BS 規格品が流通している。
- ・ 仮設材：山留め材（鋼矢板、切梁等）、型枠、足場支保材、重仮設材も同様に、ヤンゴン市内で調達可能である。

(2) 管材

管径・用途・コストを考慮して、鋼管・ダクタイル鋳鉄管・HDPE 管を使い分ける計画である。

- ・ 鋼管及びダクタイル鋳鉄管は、ミャンマー国内では製造されていないため輸入品となる。現在は、主に中国からの輸入が多い。一方、本邦企業がヤンゴン市内に鉄鋼製品の加工工場を

有しており将来的には同工場からの鋼管調達の可能性も高い。

- HDPE 管は、ヤンゴン市内の工場で製造しており、既に YCDC が使用している。品質も ISO 基準で製作されている。
- ライン川横断部は、止水性が重要となるため、シールドマシン、セグメント、資機材等は、本邦を想定する。
- 鉄道軌道横断や主要交差点では、推進工法の採用が想定される。無償工事の実績から、市内は自立性粘性土層であり、推進管は高耐力のものが要求される。したがって、本邦からの調達を想定する。
- また、無償工事の実績から、不断水分岐工事も本邦からの調達を想定する。

表 9-5 管材の調達

材料	調達予定先	使用箇所
HDPE 管	ヤンゴン市内	口径 150 mm 以下
ダクタイル鋳鉄管	本邦あるいは周辺国	口径 200 – 1,600 mm
鋼管	ヤンゴン市内、本邦あるいは周辺国	口径 1650 mm 以上
シールド工法	本邦	河川横断
推進工法	本邦	軌道横断
穿孔機	本邦	不断水分岐

出典：JICA 調査団

(3) 設備機器

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

表 9-6 設備材の調達

設備	調達予定先
陸上ポンプ類	本邦あるいは周辺国
薬品注入ポンプ類	本邦あるいは周辺国
自動除塵機	本邦あるいは周辺国
傾斜管	本邦あるいは周辺国
汚泥搔寄機	本邦あるいは周辺国
有孔ブロック	本邦あるいは周辺国
電動弁	本邦あるいは周辺国
受変電設備	本邦あるいは周辺国
配電盤	本邦あるいは周辺国
VFD 盤	本邦あるいは周辺国
ディーゼル発電設備	本邦あるいは周辺国
計装設備(流量計、水質計器等)	本邦あるいは周辺国
監視制御設備 (SCADA)	本邦あるいは周辺国

出典：JICA 調査団

(4) 施工機械

浄水場等の建設は、一般的な建設機械で施工可能である。建設機械はヤンゴン市内・近郊のホテル、集合住宅等の建設工事で広く使用されている。主要機器を下記に示す。

- ・ 掘削・造成
バックホー、ショベルローダー、クラムシェル、ブルドーザー、
ダンプトラック、振動ローラー、ロードローラー、グレーダー
- ・ 躯体築造
クローラクレーン、タワークレーン、コンクリートポンプ車
- ・ 杭打設
杭打設機
- ・ 山留め工
ラフテレーンクレーン、クレーン付トラック、パイプロハンマー
- ・ その他の建設機械
発電機、溶接機、コンプレッサー、排水ポンプ

(5) 労働者及び建設業者

近年、建設市場は非常に活発で、有能な労働者、熟練技術者の移動・引抜きが盛んであり、定着率が悪いとのことである。

浄水場・配水池等の建設は、YCDC 自ら実施しており特殊な工事ではない。ただし、高い水密性が要求されるため、経験を有する建設業者を選定することが必要である。

ヤンゴン市内で管工事の経験を有するのは YCDC の水供給・衛生局のみである。ただし、本事業ではシールド工法や推進工法の区間があり、水供給・衛生局にはこれらの施工経験がなく、ミャンマー国内での実績も乏しい。従って、経験を有する建設業者を選定することが必要である。

9.1.4 概略施工計画

(1) 浄水場

上述した土質条件を考慮して詳細設計時には、盛土の工法、軟弱地盤対策（杭基礎の検討）、地下水位対策等の検討が必要である。本調査における概略の施工計画を以下に示す。

a) アクセス

浄水場予定地は、ヤンゴン西部を東西に走る国道5号線の北側約300mに位置する。ヤンゴン市内からのアクセスも良好である。なお、浸水対策として国道5号線から浄水場までのアクセス道路は+3.5mまで水供給・衛生局により嵩上げされている。

b) 土工事

掘削・埋戻しに使用する機械は、バックホー、ブルドーザー、ダンプトラック等である。

c) 仮設工事

河川近くの止水・山留め工として鋼矢板工法を想定する。一方、主要構造物は、盛土後の計画地盤に対して地上式となるため特殊な仮設工事は不要である。

d) 盛土工事

浄水場の建設予定地の周囲は水田や湿地帯である。浸水対策として、浄水場の用地の標高は水供給・衛生局により既に+3.5 mまで盛土されている。さらに、洪水対策として、YCDCは既存堤防高と同等の+7.1 mまで地盤を嵩上げする予定である。なお、ココア川の既往最高水位は約+6 mである。

浄水場用地の盛土はYCDCの工事区分であり、前沈殿池の掘削工事で発生する発生土は、浄水場計画用地の盛土材として使用する。余剰分は建設資材への転用あるいは処分が必要である。

前沈殿池の総掘削量：約 750,000 m³ > 盛土の総量：約 210,000 m³

e) 盛土の沈下量

現地盤からの掘削土は粘性土が主であるため、盛土直後から沈下が始まる。実施したボーリングデータのうち最も悪い条件の No.7 ボーリング孔を用いた盛土工法の比較を下表に示す。圧密沈下量は以下の式により算出した。

$$S = \sum \frac{C_c}{1+e_0} H \log \frac{\sigma_v + \Delta \sigma_v}{p_c}$$

ここに、

S: 圧密沈下量 (m)

C_c: 設計用圧縮係数; 0.23 No.7 ボーリング孔

e₀: 初期間隙比; 0.85 No.7 ボーリング孔

H: 圧密層厚 (m); 53.5 m No.7 ボーリング孔

p_c: 計算する地中の点における先行圧密応力 (kN/m²); 454.8 kN/m² = 53.5 x 8.5 (土質定数)

σ_v: 盛土前の有効上載圧 (kN/m²); p_c + Δσ_v

Δσ_v: 盛土による増加有効地中応力 (kN/m²); ブシネスクの応力計算式による

表 9-7 盛土工法の比較

<p>緩速盛土工法の説明</p>	<p>徐々に（毎年）に盛土の高さを上げていく工法。</p>	
<p>サーチャージ工法の説明</p>	<p>盛土の沈下を促進させるために、一時的に計画地盤高より盛土高を上げて、その後に、表面を削り計画地盤高まで成形する工法</p>	
<p>項目</p>	<p>緩速盛土工法</p>	<p>サーチャージ工法</p>
<p>建設期間</p>	<p>計6年 盛土3年+浄水場3年</p>	<p>計5年 盛土2年+浄水場3年</p>
<p>直接工事費</p>	<p>1.9 百万 USD</p>	<p>2.5 百万 USD</p>

出典：JICA 調査団

円借款の工事着手までの時間的余裕があるため、上表より緩速盛土工法を採用する。

- 計画の前提条件：構造物は杭基礎により支持し沈下しないものとする。
- 緩速盛土工法：推定沈下量は最大 16 cm と推定される。

f) 沈下対策

沈下対策として下記を計画する。

- 1) 杭基礎による構造物支持
- 2) 管路に可とう管の採用

3) 140 MGD の全体完成 (2040 年) までの外構工事の先送り

特に、構造物と管路との接続部は沈下時に弱点となりやすい。構造物は杭基礎によって沈下は防止されるが、周辺地盤の沈下に追従して管路が沈下するため、接続部は大きな変位量が生じる。従って、可とう管の設置を計画する。

ココア浄水場の全体計画は 140 MGD であり、本事業は最初のステップの 60 MGD が対象であり、外構工事の完成を急ぐ必要はない。また、盛土個所は沈下が落ち着くまでに長期間を要するため、外構工事の完成は 140 MGD 完成後まで先送りした方が良い。

g) 杭工事

建設予定地は、表層が軟弱地盤のため重量構造物を支えるため基礎杭が必要となる。ヤンゴン市内では、基礎杭に現場打ち RC 杭が多用されている。以下の杭基礎の適用範囲 (深度と杭径) から現場打ち RC 杭が適している。

- ・ 現場打ち RC 杭 (径 3000mm 未満) : 適用深度 ≥ 60 m
- ・ プレストレストコンクリート杭 (径 400-600mm) : 適用深度 ≤ 40 m
- ・ 鋼管杭 (径 400-600mm) : 適用深度 ≤ 60 m

本計画地盤は、厚い軟弱層のため杭基礎が長くなり、かつ粘性土層のために杭表面に負の摩擦力が生じる恐れがある。その検討結果を既設浄水場の杭と比較し下表に示す。本計画では、検討結果から杭先端の径拡大工法を採用する。

表 9-8 杭基礎の比較

項目	ニャウフナピン浄水場	ラゲンビン浄水場	ココア浄水場
構造	鋼管杭	現場打ち RC 杭	現場打ち RC 杭
長さ	12 – 18 m	30 – 35 m	約 60 m
適用したボーリング番号	----	----	No.7
杭径(参考値)	$\Phi 400$ mm	$\Phi 800$ mm	$\Phi 1200$ mm あるいは $\phi 800$ mm + 先端径 $\phi 900$ mm
負の摩擦力*	低	低	1290 kN/m x 円周長

注: 負の摩擦力は地盤沈下に伴い杭表面に発生する。

*負の摩擦力は参考値である。

出典: JICA 調査団

h) 躯体工事

コンクリートの使用量が膨大であるが、ヤンゴン市内に生コン業者のプラントが多くあることから、近傍のプラントからの調達を想定する。

i) 設備工事

機械・電気設備工事は、機器の保管場所の確保と劣化防止のため、土木建築工事が完了した後に据付け工事を行う。なお、必要に応じて、機器の保管場所を確保しなければならない。

j) 外構工事

外構工事は、上述 f)の沈下対策のとおり完成を先送りする。ただし、保安を考慮して敷地境界にフェンスを設置する。この工事は YCDC 施工区分に含む。

k) 工事期間

施工期間は、準備工から試運転完了まで 41 ヶ月を見込む。

(2) ゾーン9 配水池兼中継ポンプ場

上述した土質条件を考慮して詳細設計時には、軟弱地盤対策（杭基礎の検討）、地下水位対策等の検討が必要である。本調査における概略計画を以下に示す。

a) アクセス

ゾーン9 配水池兼中継ポンプ場の予定地は、国道5号線沿いであり、ヤンゴン市内からのアクセスも良好である。

b) 土工事

掘削・埋戻しに使用する機械は、バックホー、クラムシエル、ダンプトラック等である。

c) 仮設工事

配水池は地下式であり、掘削深が深く砂質土層のため、地下水対策の止水・山留め工として、柱列式ソイルセメント地中連続壁工法（SMW）工法を計画する。この工法は切梁・腹起し材が不要であり、ヤンゴン市内の建設工事で広く用いられている。

d) 沈下対策

沈下対策として下記を計画する。

- 1) 杭基礎による構造物支持
- 2) 管路に可とう管の採用

e) 杭工事

建設予定地は、表層が軟弱地盤のため重量構造物を支えるため基礎杭が必要となる。本計画地盤から杭基礎の長さは 20 m 程度であり、標準的な現場打ち RC 杭を採用する。

f) 躯体工事

コンクリートの使用量が膨大であるが、ヤンゴン市内に生コン業者のプラントが多くあること

から、近傍のプラントからの調達を想定する。

g) 設備工事

機械・電気設備工事は、機器の保管場所の確保と劣化防止のため、土木建築工事が完了した後に据付け工事を行う。なお、必要に応じて、機器の保管場所を確保しなければならない。

h) 工事期間

施工期間は、準備工から試運転完了まで 24 ヶ月を見込む。

(3) コカイン配水池

第7章の検討結果から、既設コカイン配水池の補修を計画する。

a) アクセス

コカイン配水池は既存施設である。市の中心を南北に縦断するカバエ・パゴダ道路沿いにあり、アクセスも良好である。

b) 作業ヤード

周辺に建造物があり作業ヤードに制限があることに注意しなければならない。

c) 補修手順（第7章参照）

コッコア浄水場・中継ポンプ場からの新設送水管と既設管とを接続する。これにより、コッコア浄水場・中継ポンプ場からの送水は、コカイン配水池を経由せずに既設管経由で直接配水することができる。その後、コカイン配水池の内部を清掃・検査する。

d) 工事期間

配水池の流入・流出弁を取替えて弁からの漏水を止めた後、躯体の水張り試験を実施し、漏水箇所を特定する。その後、補修方法を検討し躯体を補修する。これらの調査・検討・補修期間として 22 ヶ月を見込む。

(4) セントラル配水池

既設配水池を取壊して配水池を新設する。

a) アクセス

セントラル配水池は現在廃棄されている。シュエダゴン・パゴダ道りに沿いにあり、アクセスは良好である。

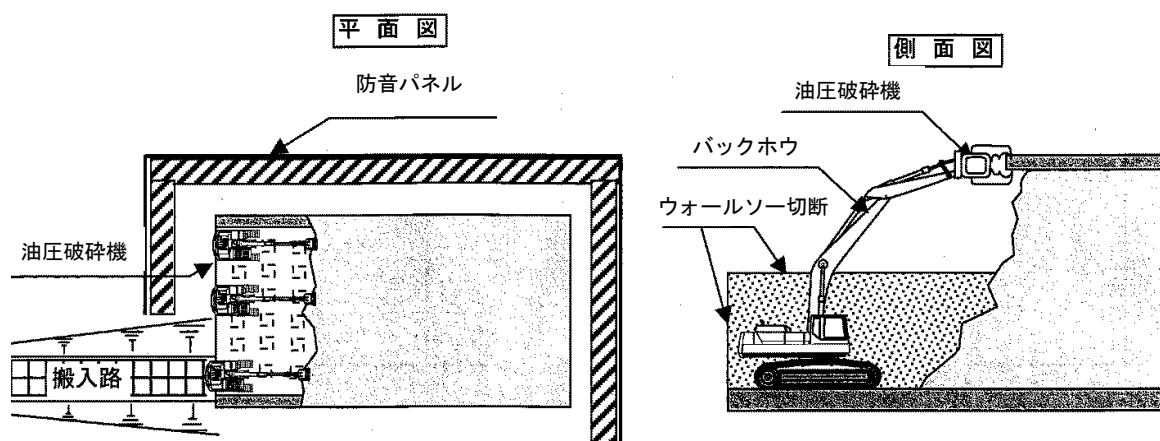
b) 作業ヤード

軍用地内であるため作業時には YCDC を通じた許可取得が必要である。敷地面積も狭く、配水

池の北側・西側はパゴダ及び付属物に囲まれていることに注意しなければならない。

c) 撤去工事

既存構造物の全撤去は周辺の構造物へ悪影響を及ぼすため、既存の躯体壁の下部を残置し土留め壁として活用する。撤去工法として、低騒音・低振動の「ウォールソーイング工法+油圧圧砕機」による撤去を提案する（下図参照）。機材がヤンゴン市内にない場合は、本邦あるいは第三国から調達する。



出典：JICA 調査団

図 9-3 既存構造物の撤去方法の概要

d) 仮設工事

山留め工として、ヤンゴン市内の建設工事で広く用いられている切梁・腹起し材を想定する。

e) 基礎形式

既設配水池の底盤の上に新設の底盤を設け直接基礎とする。

f) 躯体工事

コンクリートの使用量が膨大であるが、ヤンゴン市内に生コン業者のプラントが多くあることから、近傍のプラントからの調達を想定する。

g) 設備工事

機械・電気設備工事は、機器の保管場所の確保と劣化防止のため、土木建築工事が完了した後に据付け工事を行う。なお、必要に応じて、機器の保管場所を確保しなければならない。

h) 工事期間

施工期間は、準備工から試運転完了まで 24 ヶ月を見込む。

(5) 国道5号線沿いの送水管

a) 工程計画

溝内の水位の低い乾季に建設工事を行う。

b) 埋設位置

国道5号線脇にある溝の下に鋼管あるいはダクタイル鋳鉄管を埋設する。管土被りは1.5 m以上とする。一部の区間は灌漑用水として利用されているため、溝を締切らないように計画する。

c) 土工事

掘削・埋戻しに使用する機械は、バックホー、ダンプトラック等である。

d) 仮設工事

乾季の現場工事を視察したところ、溝内の水位は低下し、土塁等で水路と仕切りを設けて素掘りにより工事をしていた。基本的に同工法を採用する。

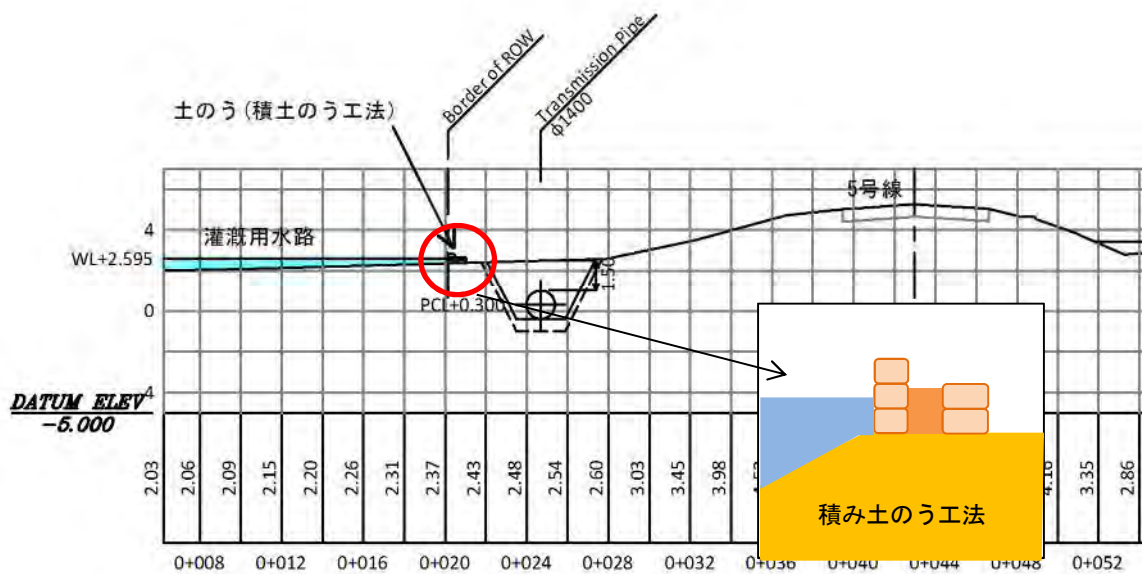
e) 管布設

管吊り込み、据付用にクレーンを使用する。

f) 施工手順

- ① 直管数本分の掘削範囲に対して、灌漑用水路からの浸水を防止のために、道路用地境界に沿って土のう（積土のう工法）を設置する。
- ② 掘削深さは約3 mのため、オープンカット工法により掘削を行う。また、管接続部は会所掘りをする。掘削時は、排水ポンプにより水替えを行い、排水は灌漑用水路に返送する。
- ③ 管吊り込み・据付を行い、管継手の溶接（鋼管の場合）を行う。
- ④ 管接続が完了した管を埋戻しする。
- ⑤ 布設施工場所を移動し、土のう積みの積み替えを行う。
- ⑥ 以後②～⑤を繰り返す。

障害物等によりオープン掘削による施工が困難な場所は適宜、鋼矢板による土留め工を実施する。



出典：JICA 調査団

図 9-4 5号線沿いの管路布設施工概要断面

g) 工事期間

施工期間は、1日当たり9m管1本を布設するとして調達を含み41ヶ月および42ヶ月の2工区を見込む。

(6) ライン川横断部

上述した土質条件を考慮して詳細設計時には、地下水位対策等の検討が必要である。本調査における概略計画を以下に示す。

a) 工程計画

可能な限り河川水位の低い乾季に施工する。

b) 横断工法

ライン川横断区間（ケーシング外径2350mm、φ1600mm、延長550m）は、シールド工法を採用する（第5章参照）。シールド工法の施工実績のある業者は、近隣国に少ないことから、施工機材（推進機・坑口・泥水修理設備等）は、本邦からの調達を想定する。

c) 埋設位置

ラインの川幅は約400m、最大水深は-22.0mであり、さや管の土被りは河床-6.0m以上とする（第5章参照）。

d) 立坑の仮設工事

立坑の深さは31m、ボーリング対策のための土留め壁の根入れを考慮すると立坑の壁体の深さ

は 43 m 程度となる。止水性と土圧等外力に対する安定性から下記工法が想定されるが、適用可能な深度から立坑の土留め壁は地中連続壁工法あるいは連続地中壁工法（SMW 工法等）となる。

- ・ 地中連続壁工法（RC 地下連続壁工法）：適用深度 \leq 150m
- ・ 連続地中壁工法（ソイルセメント(SMW)原位置混合攪拌）：適用深度 \leq 45m
- ・ 鋼矢板（パイプロハンマ圧入工法）：適用深度 \leq 25m

費用面では SMW 工法が安価であり、現地の施工実績から、立坑の止水・土留め工として SMW 工法を想定する。また、施工時は土塁等を周辺に設け、排水設備を設け安全対策を講じる。

e) 工事期間

施工期間は、準備工から完了まで 24 ヶ月を見込む。

(7) 市内道路内の送配水管

a) 工程計画

雨季のピークである 7 月～8 月の平均月間雨量は 500 mm を超える。この期間の掘削工事は危険を伴うことから避けるものとする。その代替として、乾季は夜間作業を計画する。

b) 埋設位置

ヤンゴン市内の道路下に鋼管、ダクタイル鋳鉄管を布設する。土被りは、地下埋設物状況により異なるが埋設深さは、大中口径管で 2～3 m、小口径管で 1～1.5 m とする。

c) 土工事

掘削・埋戻しに使用する機械は、バックホー、ダンプトラック等である。

d) 仮設工事

掘削が深くなる箇所は土留めが必要となる。無償工事で用いられた簡易土留めパネル、及びライナープレート工法は、大型機械が不要で道路占有スペースを小さくできる点で有利である。また、工事時はポンプによる水替えを併用する。

e) 管布設

管吊り込み、据付用にクレーンを使用する。

f) 他企業埋設物

市街地には確実に埋設ケーブルがあるが情報が少ない。埋設ケーブルを発見した場合は、電力・通信会社の立会により、その対処方法を協議しなければならない。

g) 鉄道横断

2 ヶ所の鉄道横断を計画している。管種は電食対策が不要なダクタイル管を採用する。詳細設

計時に鉄道会社と協議し、レールの沈下限界値とその対策方法を決定する。工事中はレール高さを計測する。

h) 交通渋滞の緩和

管路の多くは交通量の多い道路に敷設することから、工事計画を事前に YCDC 及び交通警察と協議し、工事期間と占用位置を明確にしなければならない。う回路等を含め渋滞緩和に努めるために、事前にそれらの情報を市民に知らせ、周知しなければならない。

i) 安全対策

工事区間は連続したバリケードを設けて歩行者が作業スペースへ入らないように対策する。また、作業スペースから外側へ資機材が流出しないように対策する。さらに、専属の交通誘導員を配置する。

j) 断水による市民への影響

本計画では大口径管の接続工事は不断水で計画しているため、大規模な断水は生じない見込みである。しかしながら、小口径管の切替え時には、短時間の断水が生じる。従って、可能な限り夜間時の接続工事を採用する。また、給水車の手配等の代替給水が適宜、求められる。

k) 工事期間

無償工事の日進量は、昼夜間工事でφ1000 mm が6m/日である。また、配水小管は昼間工事で25m/日である。施工期間は、調達を含み低区 63 ヶ月、高区 62 ヶ月を見込む。

(8) 付帯的施設の検討

本対象事業にて「付帯的施設」として想定されるのは、①浄水場の「外構工事」、②送水中継ポンプ場の「公園整備」、③ゾーン1配水池の「外構工事」、④「配電工事」である。

- ① 浄水場の外構工事：上述のとおり盛土の沈下が落ち着くまで外構整備は先送りする。ただし、保安の観点から敷地境界にフェンスを設ける。この工事は YCDC 側の費用負担とする。
- ② 送水中継ポンプ場の公園整備：公園整備は YCDC 公園局の管轄のため本事業に含めない。
- ③ ゾーン1配水池の外構工事：若干の費用を計上する。
- ④ 配電工事：浄水場の受電設備は本事業に含めるが、架線のみ YCDC が既に実施した。ゾーン9配水池およびセントラル配水池への配電・受電設備は本事業に含める。

9.1.5 安全管理

2015年12月に YCDC に対して安全管理ガイダンスを開催した。内容は添付図書-10 に示す。

9.1.6 リスク管理

本事業期間中の想定されるリスクに対する緩和策あるいは回避策を添付図書-14 に示す。

9.2 事業費算定条件

9.2.1 事業費の算定条件

9.2.2 提案する事業のパッケージ分け

表 9-9 円借款対象候補事業

非公開

表 9-10 YCDC 予算の工事概要

非公開

9.2.3 建設工事費

表 9-11 建設工事費の内訳

非公開

9.2.4 概算事業費

表 9-12 概算事業費の内訳

非公開

9.3 事業実施計画

9.3.1 事業実施スケジュール

表 9-13 パッケージ毎の事業実施スケジュール

非公開

表 9-14 コンサルタント選定の標準的実施スケジュール

非公開

表 9-15 施工業者選定の標準的実施スケジュール

非公開

表 9-16 建設工事の実施スケジュール

非公開

9.3.2 事業の年次別実施費用

表 9-17 年次別支出計画

非公開

9.4 資金調達計画

表 9-18 円借款事業の年次支出計画

非公開

表 9-19 円借款事業の資金計画

非公開

表 9-20 費用内訳

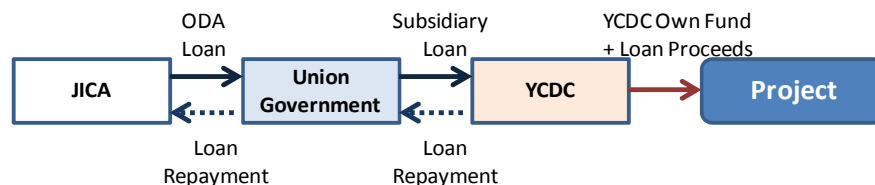
非公開

表 9-21 年次支出計画の要約

非公開

(3) 資金源

円借款事業の適格部分は円借款により実施される。円借款フェーズ1事業の実施状況及び YCDC からのヒアリング結果によれば、円借款資金は中央政府から YCDC に転貸される。転貸条件は円借款と同じであり、YCDC が全額の返済義務を負うとされる（下図参照）。

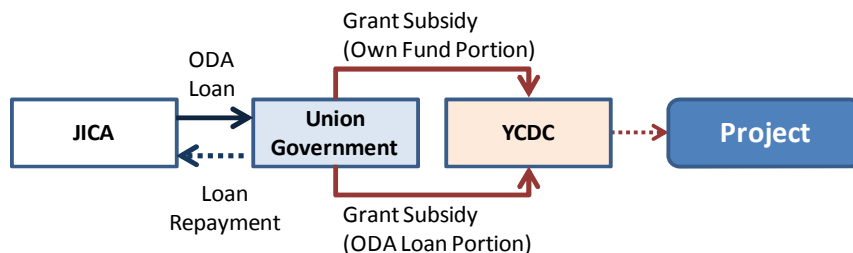


出典: JICA 調査団

図 9-5 円借款の転貸

YCDC 自己資金部分については、通常 YCDC は資本投資に中央政府・地域政府から補助金を受けていないため、まず YCDC が投資資金の責任を負う。しかし、本事業が非常に大規模であり、水道事業の収益性が低いことから、YCDC が中央政府から無償資金支援を受ける必要がある可能性が高い。その場合、円借款の返済義務及び自己資金部分の負担（またはその一部）は中央政府が

負うことになる(下図参照)。中央政府による資金支援の必要性については、第10章で検討する。



出典: JICA 調査団

図 9-6 中央政府からの補助金 (案)

9.5 運転維持管理費

表 9-22 運転維持管理費の数量と単価の設定

非公開

表 9-23 本事業における年間運転維持管理費

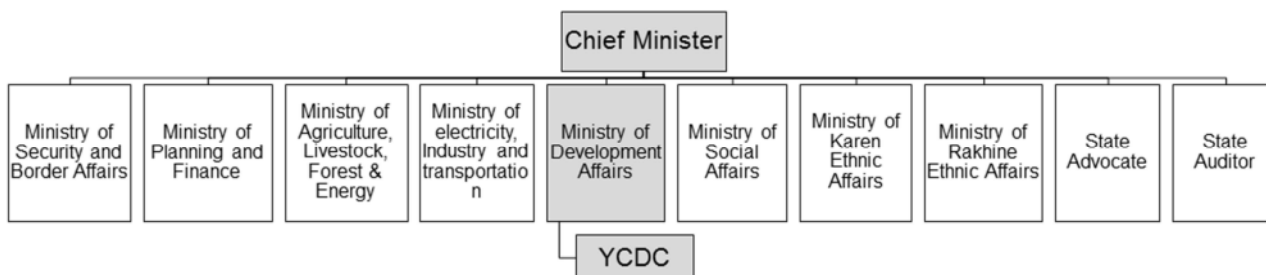
非公開

9.6 事業実施体制

9.6.1 ヤンゴン上水道に係る関連組織

(1) ヤンゴン地域政府 (YRG)

農業用排水路の建設、維持管理は、国、地域政府/州政府の役割であると憲法に明記されている。一方、上下水道及び都市排水の建設・維持管理主体は必ずしも明確でないものの、地域政府/州政府の役割の一つに水税 (Water tax) の徴収権限があるとの記述があり、これが水道料金を示していると考えられ、上水道は地域政府開発局 (下図参照) の業務であると読める。この地域政府開発局は YCDC と共にヤンゴン地域政府の管轄下にある。



出典: JICA 調査団

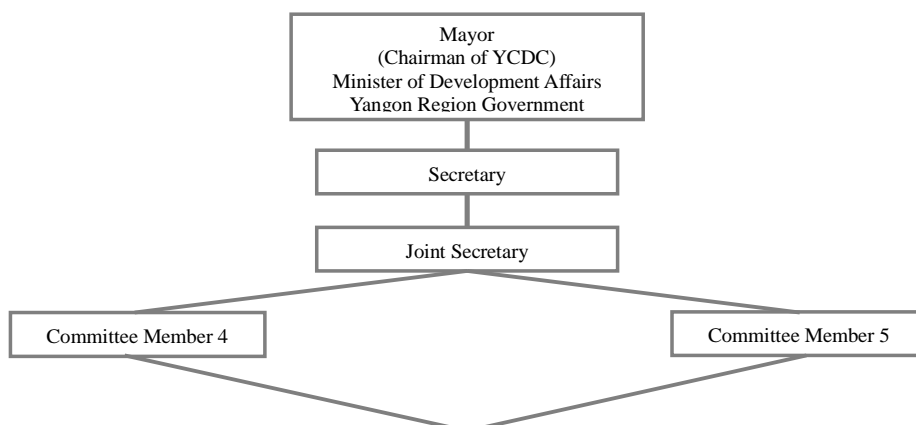
図 9-7 ヤンゴン地域政府の組織図

(2) ヤンゴン市開発委員会 (YCDC)

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

YCDC の組織図を下図に示す。YCDC は市長（地域政府開発大臣を兼任）をトップとし、その下に次官、副次官がいる。委員会メンバーは、市長、次官、副次官および2名の理事（委員4, 5）から構成される。

YCDC の役割の一つにヤンゴン地域政府内の45 タウンシップのうちの33 タウンシップに対する上下水道・衛生事業が含まれている。上下水道事業や公衆衛生事業について政策を策定し、管理、実施する責務が同法によって規定されている。水供給・衛生局が上下水道・衛生事業を管轄する部署である。



The Administration Department	Budget & Accounts Department	Work Inspection Department	Co-ordination Department	Assessors' Department	Revenue Department	Markets Department
Veterinary & Slaughter House Department	Pollution Control & Cleansing Department	Engineering Department (Roads & Bridges)	Engineering Department (Buildings)	Engineering Department (Water & Sanitation)	Motor Transport & Workshop Department	Central Stores Department
Playgrounds, Parks & Gardens Department	Security & Disciplinary Department	City Planning and Land Administration Department	Health Department	Public Relations and Information Department	Production Department	Committee Office

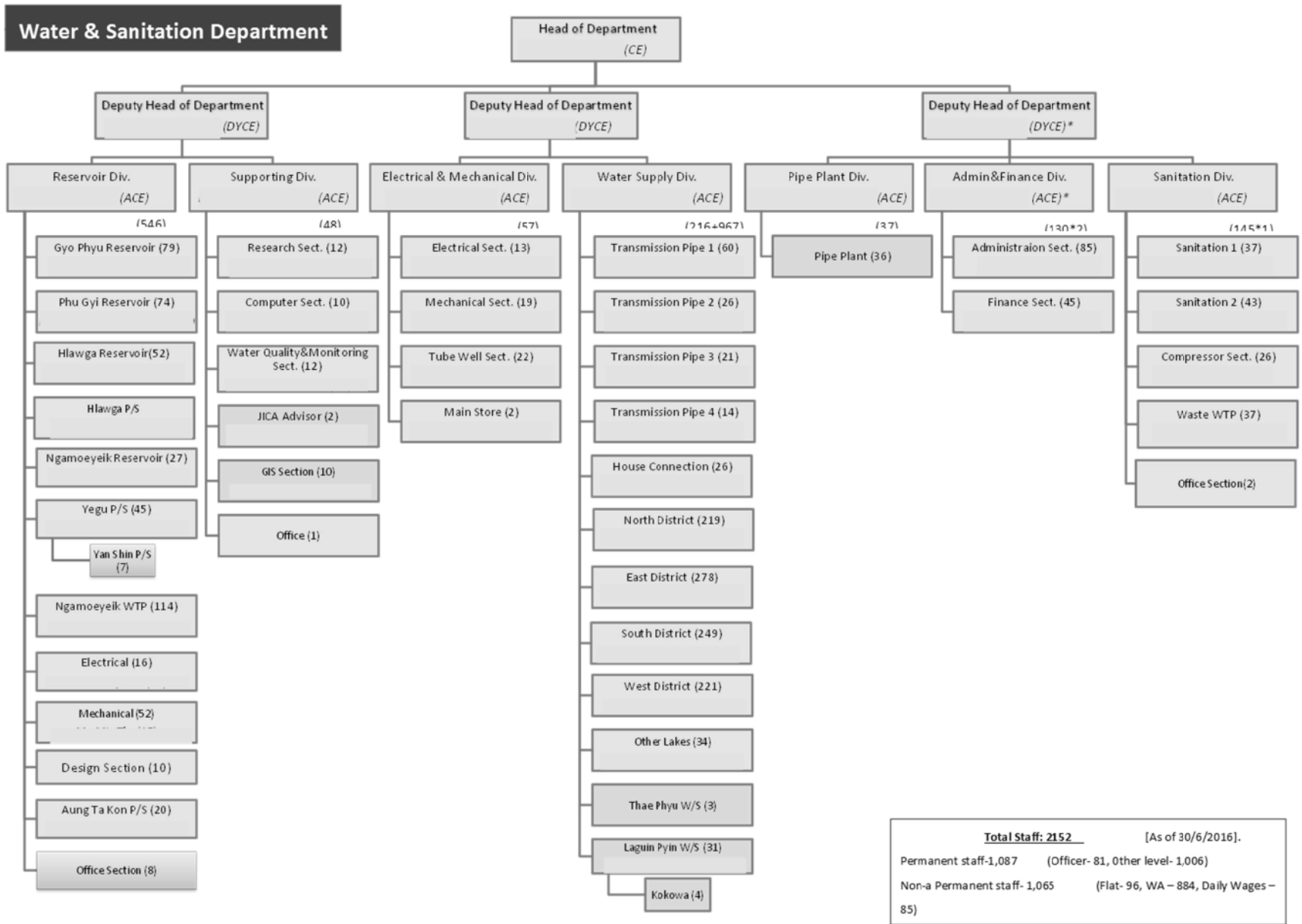
出典：YCDC

図 9-8 YCDC 全体組織図

(3) YCDC 水供給・衛生局の組織図

水供給・衛生局の組織図を下図に示す。水供給・衛生局は、局長（1名）および副局長（3名）の下、7つの部（Division）から構成されている。総職員数は、2,152名（2016年6月30日現在）である（詳細は添付図書-9を参照）。

第8章で述べた通り、実施中の技術協力プロジェクトの支援を受け、現在、組織改編を検討中である。



出典：水供給・衛生局

図 9-9 水供給・衛生局の組織図

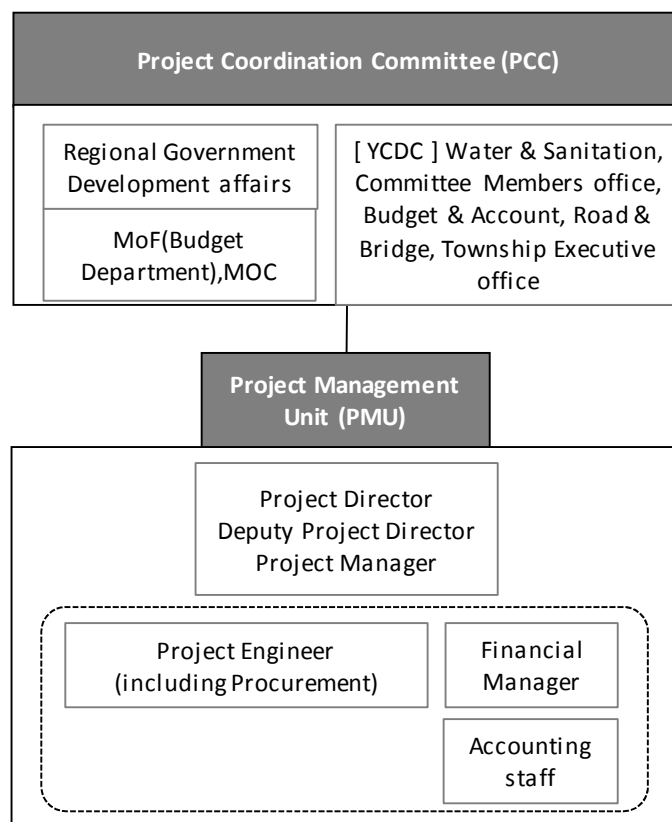
9.6.2 事業実施体制の確認

本事業の実施体制は、プロジェクト運営調整委員会（PCC）及びプロジェクト・マネジメント・ユニット（PMU）から構成される。

表 9-24 事業実施体制とその役割

機関	担当機関	役割と責任
プロジェクト運営調整委員会 (Project Coordination Committee : PCC)	ヤンゴン地域政府、 YCDC、関連省庁	<ul style="list-style-type: none"> 事業計画・実施活動の調整
プロジェクト管理ユニット (Project Management Unit : PMU)	水供給・衛生局	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクト管理 施工監理 モニタリングと調整 予算管理

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 9-10 事業実施の組織体制（案）

9.6.3 プロジェクト運営調整委員会（PCC）

プロジェクト運営調整委員会（PCC）は、事業実施に関する最上位組織であり、本事業の開始時、終了時の節目に加え、四半期毎などに定期的開催される委員会である。委員会の構成する運営委員は、本事業の主要関係者からなり、YCDC が議長を務める。PCC は、本事業の実施にともなう各関連機関との合意、協議、協力が必要な事項について調整を行う。また、本事業の進捗を定期的にレビューし、本事業の実施に関する指示・指導する。

想定される主な主要関係機関は、地域政府開発局、YCDC の財務局、会計局、道路・橋梁局、各タウンシップ事務所、等である。主な機能について以下に示す。

- 事業計画及び予算について認可業務
- 本事業の進捗状況の確認、問題発生時の解決方法の検討
- 定期的な委員会の開催
- 本事業に関連する各機関の利害調整、紛争解決、円滑なプロジェクト実施の促進
- 関係機関の活動状況のモニタリング及びレビュー
- 関連機関の本事業の活動実施に当たっての問題点とボトルネックの明確化、解決法の提案
- 関連機関との合意、協議、協力、調整が必要な事項の明確化と調整
- フォローアップ・アクションの調整

9.6.4 プロジェクト管理ユニット (PMU)

水供給・衛生局は、円借款フェーズ1 事業において、PMU の設立を既に経験している。

(1) 役割

プロジェクト管理ユニット (PMU) は、本事業の運営と管理・モニタリングの促進を目的として、水供給・衛生局内に一時的に立ち上げられる組織である。水供給・衛生局のチーフ・エンジニア (CE) がプロジェクト・ダイレクター (PD) として責任者となり、技術部門、財務部門、業務部門等の職員で PMU を構成し、同局内にプロジェクト・オフィスを設ける。

プロジェクト・ダイレクターは、品質の確保、工期の遵守を図りつつ事業を進捗させるために、部門間の調整、関連事業者との調整等を含め、本事業の実施のすべてに責任・権限をもつ。PMU は、プロジェクト運営調整委員会及びプロジェクト実施機関の監理の下、運営される。PMU の主な機能について以下に示す。

- ・ 本事業の期間中における、融資契約に準じたプロジェクト実施に係る包括的な責任
- ・ 本事業実施の調整と管理
- ・ 本事業の進捗を確認するためのモニタリング・評価体制の構築
- ・ 本事業活動の日常業務についての管理・モニタリング
- ・ コンサルタントの支援による業務計画書の準備、本事業実施、本事業進捗状況の報告
- ・ 建設工事の調整および施工監理
- ・ 本事業に必要な資機材、工事及びサービスの調達
- ・ 本事業活動に必要な資金の調達と分配
- ・ 本事業の会計の運用と監査の実施

(2) 人員配置

プロジェクト・ダイレクターは副チーフ・エンジニアの補佐によりチーフ・エンジニアが、プロジェクト・マネージャーはアシスタント・チーフ・エンジニアが担当する。職員の能力向上とその相乗効果の観点から、その人員は水供給・衛生局から配置されることが望ましい。

下表にプロジェクト管理ユニットの人員構成（案）を示す。なお、人数はあくまで目安であり、必ずしもこれに限ったものではない。

表 9-25 プロジェクト管理ユニットの人員構成（案）

部門	職種	所属	人数
マネジメント			
1	プロジェクト・ダイレクター	チーフ・エンジニア	1
2	プロジェクト・副ダイレクター	副チーフ・エンジニア	2
3	プロジェクト・マネージャー	アシスタント・チーフ・エンジニア	1
技術部門（マネージャー含む）			
4	エンジニア	土木(EE) 2 調達(EE) 2	4
5	エンジニア補佐	土木(AE 又は SAE) 2 調達(AE 又は SAE) 2 水質(AE 又は SAE) 1 環境(AE 又は SAE) 1	6
業務部門（マネージャー含む）			
6	財務	財務部	1
7	会計	会計部	1
合 計			16

出典：JICA 調査団

9.6.5 実施機関の技術水準、及び類似事業実施の経験

水供給・衛生局は、水道システムの計画・設計も実施し、YCDC 内では水道システムの各種研修も行っている。そのため、水供給・衛生局には、一定水準の水道システムの知見と技術は蓄積されていると判断する。

水供給・衛生局の工事・工事監理の経験は、既存のニューナピン浄水場 I 期、II 期、及びラグンビン浄水場の建設に、責任者として複数名のエンジニアを派遣し、日雇い労働者を多数雇って工事監理を行っている。従って、建設工事・工事監理の経験は有しており、一定水準のプロジェクト・マネジメント経験もあると判断する。

9.6.6 実施機関の財務管理能力

本事業を実施するための財務管理について、水供給・衛生局は、限定的ながら円借款フェーズ 1 事業の経験を有しているといえる。しかしながら、水道事業体としての財務管理全般については、依然発展途上の段階にあり、相当な能力向上が必要だと考えられる。水供給・衛生局の財務管理能力の現状は、下記の通りである。

- 予算策定： 予算は YCDC の申請に基づき中央政府により決定される。YCDC または水供給・衛生局として、事業実施・運営のために、独自に外部の財源・資金調達先を持つことはない。
- 会計： YCDC は単式簿記による政府会計を維持しており、水供給・衛生局として独立

した複式簿記による会計（水道事業会計）を有していない。水道料金水準は極めて低く、また収入・支出はそれぞれ別々に予算策定され執行・記帳されることから、収益性を正確に把握することは困難であり、また水供給・衛生局は YCDC の他部局の収入に大きく依存しており、独立採算の組織として管理されていない。

- 水道料金： 政府機関向けに特別に安く設定された料金や、水道メーター設置顧客に適用される従量制料金と、メーター未設置顧客に適用される固定料金との不公平といった問題は徐々に解決されつつあるものの、水道料金は全体として極端に低く、コストリカバリーには程遠い水準にある。水供給・衛生局の財務健全性を保つために適正な料金を設定するための基準やガイドラインは存在しない。
- 検針・料金請求・回収： 検針員の作業手順・マニュアルが整備されていない。水道料金回収に係るモニタリングの仕組みが明確化されていない。
- 資産管理： 適切な資産管理の前提となる資産台帳が未整備である。

こうした課題への対応のため、YCDC は JICA の支援を受け技術協力プロジェクト「ヤンゴン市開発委員会水道事業運営改善プロジェクト」を実施中であり、水供給・衛生局の財務管理体制の改善・強化をプロジェクトの主要な活動の一つとして取り組んでおり、料金設定、資産管理、水道会計などの組織能力向上を目指している。なお、YCDC 及び水供給・衛生局の財務状況については、添付図書-12 に詳述する。

9.6.7 コンサルタントの選定方針

9.6.8 コンサルティングサービス

表 9-26 コンサルティングサービス

非公開

9.6.9 入札方法、契約条件の設定

9.6.10 施工業者の選定方針

第10章 財務・経済分析

10.1 財務分析

(1) 前提条件

本項では、本事業のキャッシュフロー分析により事業の収益性と財務的効率性・持続可能性を実施機関である YCDC の視点から評価する。

特に記載がない限り、本分析では第9章の事業費概算とその前提条件に従う。主な前提条件は下表の通りである。

表 10-1 財務分析の前提条件

No.	項目	前提条件	出典/備考
1	為替レート	Kyat 1.00 = JPY 0.0923	第9章参照
2	価格予備費	FC = 1.6% LC = 5.8%	第9章参照
3	物的予備費	建設工事: 5% コンサルティングサービス: 5%	第9章参照
4	管理費	5%	第9章参照
5	VAT 及び輸入税	VAT: 5% Import Tax: 2%	第9章参照
6	金利	- 円借款: 0.01% (償還期間 40 年、うち据置期間 10 年間を含む)	貧困国向け円借款条件 (2016 年 7 月現在)
		- フロントエンドフィー: なし (0%)	
		- 想定為替リスク・プレミアム: 6.0%	調査団による想定 (内外貨のインフレ予測の差より) IMF の World Economic Outlook Database (2015 年 10 月) における 2016~2020 年インフレ率予測の差から推計した。 先進7カ国 (G7): 1.8% ミャンマー国: 7.8%
7	プロジェクトライフ	2016 年より 40 年間	調査団による想定
8	価格	価格は 2016 年 7 月時点の実質価格で表示し、インフレを考慮しない。	一般的な財務分析手法に従った調査団の想定

出典: JICA 調査団

(2) 初期投資費用

表 10-2 初期投資費用

非公開

(3) 再投資費用

表 10-3 再投資費用

非公開

(4) O&M 費用

第9章の積算にもとづき、既存水道施設からの増分である O&M 費用を下表の通り推計した。

表 10-4 O&M 費用

O&M Cost per year (million Kyat)	Kokkova WTP and Trans. PS to Zone 9	Relay PS for Zone1	Dist. for Zone9	Central SR including Yegu PS	Kokine SR	Total
Salary	61	12	0	12	0	86
Electricity	1,924	2,125	712	1,972	11	6,744
Maintenance (Spare parts)	962	326	151	150	0	1,588
Sludge cake	380	0	0	0	0	380
Chemical Chlorine: Liquid Hypochlorite	801	0	0	0	0	801
Chemical Coagulant; ACH	2,474	0	0	0	0	2,474
Other cost	132	49	17	43	0	241
Total	6,733	2,513	879	2,177	11	12,314
Average daily demand (m ³)	229,118	151,382	77,737	69,554	151,382	298,672
Cost per m ³ (Kyat/m ³)	81	45	31	86	0	113

出典: JICA 調査団

(5) 水道料金と無収水率

現行の水道料金（家庭向け 88 kyat/m³、非家庭向け 110 kyat/m³）を分析に用いる。無収水率、漏水率の想定は下表の通りとする。

表 10-5 無収水率・漏水率

	2015	2020	2025	2030	2035	2040 ~
Non-revenue water ratio	60%	35%	10%	10%	10%	10%
Leakage ratio	55%	30%	5%	5%	5%	5%

出典: JICA 調査団

(6) 加重平均資本費用 (WACC)

第 9 章の通り、初期投資費用のうち円借款部分は中央政府による YCDC への転貸により賄われ、非適格部分の費用は YCDC の自己資金により賄われる。財務的なフィージビリティを判断する基準となる加重平均資本費用 (WACC) は下表の通り推計される。

表 10-6 加重平均資本費用 (WACC)

非公開

(7) 財務キャッシュフロー予測

前述の前提条件と推計を元に予測した財務キャッシュフローは下表の通りである。本事業ではプロジェクト期間を通じマイナスの正味キャッシュフローしかもたらされないため、プロジェクトライフ終了年の更新費用の残存価値に係る負の費用の計上がなければ財務的内部収益率 (FIRR) を推計することはできない。この残存価値を加味した FIRR はマイナス 18.7%と推計される。正味現在価値は、割引率を加重平均資本費用の 5.04%とした場合、■■■kyat と推計され、事業は収益性が低く、財務的にフィージブルではないと評価される。

これは、現在の水道料金水準が極めて低く、O&M 費用すらカバーできない（年間の水道料金収入は■■■kyat である一方、O&M 費用は 123 億 kyat にのぼる）ことによる。年利 6.01%の財務費用と資本投資費用を含めたフルコストリカバリーを達成するためには、水道料金を現行の水準から、インフレを除く実質で 805 % (9.1 倍) 高く設定する必要がある。

表 10-7 財務キャッシュフロー予測

非公開

(8) フェーズ 1 を含めたキャッシュフロー予測

本項では、フェーズ 2 (本事業) と円借款フェーズ 1 事業のキャッシュフローを合わせた場合の財務的なフィージビリティを評価する。円借款フェーズ 1 事業の初期投資費用について、JICA による元の積算から下表の通り変換した。

表 10-8 円借款フェーズ 1 事業の初期投資費用

非公開

円借款フェーズ 1 事業の O&M 費用も下表の通り元の推計から変換した。ラグンビン浄水場の能力 40 MGD から、10 MGD はティラワ SEZ へ (平均 9 MGD または 40,900 m³/日)、残りの 30 MGD は前述の無収水率推移と水道料金水準 (家庭用 88 kyat/m³、非家庭用 110 kyat/m³) に基づいて、ゾーン 7 及びゾーン 8 に給水される (平均 124,000 m³/日) と想定する。

表 10-9 円借款フェーズ 1 事業の O&M 費用

O&M Cost per year (million Kyat)	USD thousand	million Kyat equivalent *
Manpower	278	270
Electricity	1,837	1,784
Replacement of Parts	400	388
Chemical Dosing	14,776	14,346
Others	359	349
Total	17,650	17,136

* Exchange rate applied: USD 1.00 = 970.9 Kyat
出典: JICA の情報にもとづき調査団作成

上記前提条件にもとづいたフェーズ 1・2 を統合したキャッシュフロー予測を表 10-11 に示す。880 kyat/m³ という有利な水道料金収入があるティラワ SEZ への給水を含めても、プロジェクト期間中の正味キャッシュフローは、最終年の再投資費用の残存価値計上を除き常にマイナスとなった。FIRR はマイナス 18.8% となりフェーズ 2 単体の推計と結果は殆ど変わらない。割引率 5.04% の場合の正味現在価値はマイナス 793,395 百万 kyat である。フェーズ 2 の結果と同様に、これは一般向け水道料金 (ティラワ SEZ 向けを除く) が極めて低く、O&M 費用すら賄えない水準にあることによる。投資費用と年利 6.01% の財務費用を含めたフルコストリカバリーの水準に達するためには、現在の水道料金水準を、インフレ率を除いた実質で 659% (7.6 倍) 上昇させる必要がある。

しかしながら、ティラワ SEZ からの水道料金収入があるため、統合した事業の O&M 費用に対する収支 (カバー率) は、フェーズ 2 単体の場合より改善している (下表参照)。

表 10-10 平均 O&M 費用と水道料金収入の比較 (2035 年)

Average Cost and Revenue per Revenue Water (Kyat/m ³) in Year 2035	Phase 1	Phase 2	Phase 1 + Phase 2 Combined
O&M Cost	308	164	225
Water Tariff Revenue	307	97	186
O&M Cost Coverage	100%	59%	83%
Phase 1 (excluding Thilawa SEZ)	71	-	30
Phase 1 (Thilawa SEZ)	236	-	100
Phase 2	-	97	56

出典: JICA 調査団

(9) YCDC の財政収支見通し

YCDC の財政収支に対する本事業の影響及び、将来の水道料金や転貸条件に関する検討は 10.3 節に記載する。

表 10-11 統合キャッシュフロー予測

非公開

10.2 経済分析

(1) 前提条件

本項では、本事業の社会経済的インパクトと効率性を経済分析により評価する。経済評価は割引キャッシュフロー予測を用いた費用便益分析により行い、指標として経済的内部収益率 (EIRR) を推計する。

他に明示がないかぎり、経済分析では財務分析と同様の前提条件を用いる。その他の前提条件は下表の通りである。

表 10-12 経済分析の前提条件

No.	項目	前提条件	出典等
1	価格	すべて 2016 年時点の実質価値で表示し、インフレは考慮しない。	一般的な経済分析手法に従った調査団の想定
2	事業費の移転項目	税金 (VAT・輸入税) や建中金利は移転項目としてキャッシュフローから除外する。	一般的な経済分析手法に従った調査団の想定
3	内貨費用の標準変換係数	内貨費用に標準変換計数 0.975 を用いて経済価値に変換する	ADB の Mandalay Urban Services Improvement Project 審査資料 (2015 年 10 月) に基づく調査団の想定
4	土地の機会費用	土地収用のための補償費が土地の機会費用を反映していると想定する。	調査団の想定
5	社会的割引率	10%	一般的な経済分析手法に従った調査団の想定

出典: JICA 調査団

(2) 経済費用

表 10-13 初期投資費用

非公開

再投資費用の経済価値は下表の通りである。

表 10-14 再投資費用

非公開

O&M 費用の経済価値は下表の通りである。

表 10-15 O&M 費用

O&M Cost per year (million Kyat)	WTP	Transmission PS	Distribution to Zone 9	Distribution to Zone 1 Central SR (including Yegu PS)	Distribution to Zone 1 Kokine SR	Total
Salary	60	12	0	12	0	84
Electricity	1,876	2,072	694	1,923	11	6,576
Maintenance (Spare parts)	938	318	147	146	0	1,548
Sludge cake	370	0	0	0	0	370
Chemical Chlorine: Liquid Hyp	781	0	0	0	0	781
Chemical Coagulant; ACH	2,412	0	0	0	0	2,412
Other cost	129	48	17	42	0	235
Total	6,565	2,450	857	2,123	11	12,006

出典: JICA 調査団

(3) 経済便益

水道事業の一般的な経済分析手法にしたがって、本事業の経済便益について①非増分便益、②増分便益に分けて推計する。

非増分便益

非増分便益は代替水源の費用から推計する。本事業の受益者は、プロジェクトを実施しないケースにおいて代替水源を使用すると想定され、本事業を実施することでその代替水源費用が節減されると考えられる。フェーズ1 FS 及び 2013 年世帯調査のデータから、YCDC の水道サービスを受けていない世帯の大半は、飲用・炊事にボトル入り飲料水を使用し、他の用途に家庭用の井戸を使用している。代替水源費用はこれらにかかる費用の合計から推計する。

まず調査結果から平均使用水量を推計する。下表の通り、水道サービスのない世帯では一日 90.9 ガロン (413 リットル) の水を消費している。平均世帯人数を 4.4 人とすると、一人当たり消費水量は 94 lpcd となる。また一世帯当たり 1 日 20 リットルのボトル入り飲料水を飲用・炊事に使用し、残り (1 日当たり 393 リットル) は井戸から他の用途に利用されると想定する。

表 10-16 水道サービスのない家庭の水使用量

To who answered not having connection with "Piped water supply system by YCDC"

Q49e: How much is the average water consumption in a day? (Gallon/day)

Water consumption per day (Gallon)	Less than 50	51 - 100	101 - 200	201 - 300	301 - 400	More than 400	No Answer	Answered	Total	
Number	1,813	3,190	1,198	277	110	74	41	6,662	6,703	
% to Total	27.0%	47.6%	17.9%	4.1%	1.6%	1.1%	0.6%	99.4%	100.0%	
% to Answered	27.2%	47.9%	18.0%	4.2%	1.7%	1.1%		100.0%		
Median value assumptin	25.0	75.0	150.0	250.0	350.0	450.0		Gallon/day/HH	L/day/HH	LPCD
Weighted Average	6.8	35.9	27.0	10.4	5.8	5.0		90.9	413	94

出典: フェーズ1 FS 及び2013年世帯調査より JICA 調査団作成

代替水源にかかる費用は地域住民のインタビュー結果に基づく調査団の想定から推計する。下表に家庭用の井戸にかかる費用（資本費用 1,420,000 kyat、運転費用 6.17 kyat/m³）の推計を示す。

表 10-17 井戸にかかる費用

	Capital Cost (Kyat)	Recurrent Cost (Electricity Cost) Estimation	
Well Construction	1,000,000	Pump Capacity	2,100 L/hour
Electric Pump (0.5HP)	150,000	Pump Output	370 Wh
Water Tank	200,000	Electricity	0.176 kW/m ³
Piping	70,000	Unit Cost	35 Kyat/kWh
Total Capital Cost	1,420,000	Electricity Cost	6.17 Kyat/m³

出典: JICA 調査団作成

下表に井戸の消費水量当たりの平均費用の推計に係るキャッシュフロー表を示す。プロジェクトライフ 20 年間のうち 3 年毎に電動ポンプの交換を行うと想定すると、消費水量当たり費用の現在価値は社会的割引率 10% の場合 1,380 kyat/m³ と推計される。

表 10-18 井戸の消費水量当たり費用

Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capital Cost	1,420,000	0	150,000	0	0	150,000	0	0	150,000	0
Well Construction	1,000,000									
Electric Pump (0.5HP)	150,000		150,000			150,000			150,000	
Water Tank	200,000									
Piping	70,000									
Electricity Cost	917	917	917	917	917	917	917	917	917	917
Total Cost (Kyat)	1,420,917	917	150,917	917	917	150,917	917	917	150,917	917
Water Consumption (m³) (393 L per day)	141.5	141.5	141.5	141.5	141.5	141.5	141.5	141.5	141.5	141.5
Year	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Capital Cost	0	150,000	0	0	150,000	0	0	150,000	0	-50,000
Well Construction										
Electric Pump (0.5HP)		150,000			150,000			150,000		-50,000
Water Tank										
Piping										
Electricity Cost	917	917	917	917	917	917	917	917	917	917
Total Cost (Kyat)	917	150,917	917	917	150,917	917	917	150,917	917	-49,083
Water Consumption (m³) (393 L per day)	141.5	141.5	141.5	141.5	141.5	141.5	141.5	141.5	141.5	141.5

Present Value at 10% Social Discout Rate

Present Value of Cost	1,662,949	Kyat
Present Value of Water Consumption	1,205	m ³
Average Well Water Cost	1,380	Kyat/m³

出典: JICA 調査団作成

消費水量当たりの平均代替水源費用の推計を下表に示す。ボトル入り飲料水（20 リットル）の費用を 500 kyat とし、上記推計から管井戸の費用を 1,380 kyat/m³ とすると、平均代替水源費用（非増分便益）は 2,524 kyat/m³ と推計される。

表 10-19 代替水源費用

Alternative Water Source	Consumption per day (L/HH)	Cost per day (Kyat)	Average watercost (Kyat/m ³)
Water for drinking and cooking: Bottled water	20	500	
Water for other use: Domestic tube well (1380Kyat/m ³)	393	543	
Total	413	1,043	2,524

出典: JICA 調査団作成

増分便益

プロジェクトは他の水源からの既存の水消費を代替する（非増分便益）だけでなく、新しい水道サービスに対する支払意志額の価値で受益者の水消費を増加させる（増分便益）。増分便益は2013年の世帯調査の結果から推計する。下表の通り、世帯あたりの平均支払意思額は 2,530 kyat/月であった。

表 10-20 新しい水道サービスに対する支払意志額

For 24 hour drinkable water supply (Kyat/month)	Less than 500	501 - 1000	1001 - 2000	2001 - 3000	3001 - 5000	5001 - 7000	More than 7000	No Answer	Answered	Total
Number	2,279	2,191	1,557	1,221	1,040	264	1,516	1	10,068	10,069
% to Total	22.6%	21.8%	15.5%	12.1%	10.3%	2.6%	15.1%	0.0%		100.0%
% to Total Answered	22.6%	21.8%	15.5%	12.1%	10.3%	2.6%	15.1%		100.0%	
Median value assumption	250	750	1,500	2,500	4,000	6,000	8,000			Kyat/month
Weighted Average	57	163	232	303	413	157	1,205			2,530

出典: フェーズ 1 FS 及び 2013 年世帯調査より JICA 調査団作成

同様に、2013 年の世帯調査の結果から、新しい水道サービスの消費水量は平均 1.23 倍に増加すると推計される（下表参照）。平均世帯人数を 4.4 人/世帯とすると、これは一日一人当たり 116 リットル、または一世帯あたり 15.26 m³/月に相当する。従って、平均支払意思額は 166 kyat/m³ と推計される（2,530 kyat/15.26m³）。

表 10-21 新しい水道サービスの消費水量

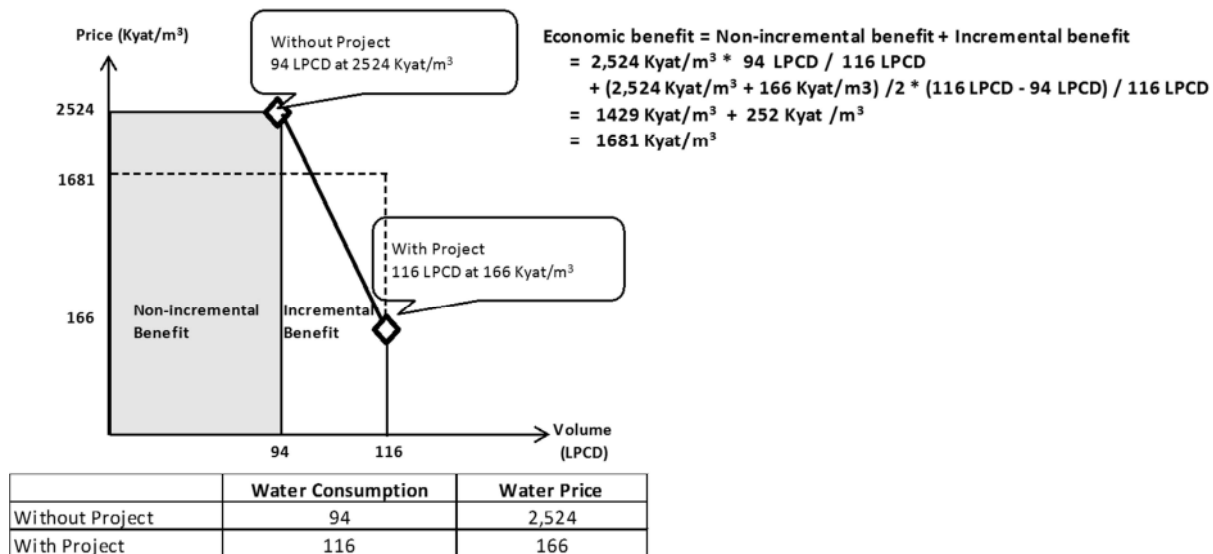
Q50: How many times do you want to consume more water comparing to the current consumption if possible?

Times to the current consumption	1	1.25	1.5	2	3	More than 3	No answer	Answered	Total
Number	7,432	778	424	1,125	131	178	1	10,068	10,069
% to Total	73.8%	7.7%	4.2%	11.2%	1.3%	1.8%	0.0%		100.0%
% to Total Answered	73.8%	7.7%	4.2%	11.2%	1.3%	1.8%		100.0%	
Median value assumption	1	1.25	1.5	2	3	4		Times	LPCD
Weighted Average	0.74	0.10	0.06	0.22	0.04	0.07		1.23	116

出典: JICA 調査団作成

経済便益の推計

前述の非増分便益及び増分便益から、本事業の平均経済便益は 1,681 kyat/m³ と推計される（下図参照）。



出典: JICA 調査団

図 10-1 経済便益の推計

(4) EIRR の推計

前述の前提条件と推計に基づいた経済キャッシュフロー予測は下表の通りである。EIRR は社会的割引率 10% を超える 14.3 % と推計され、プロジェクトは経済的にフィージブルであると評価される。

表 10-22 EIRR の推計

非公開

(5) 感度分析

水消費量 (需要) の減少やコスト増加に対する EIRR の感度を分析した。下表の通り、水需要の減少の方がコストの増加よりやや感度が高い。EIRR が 10% に達する値は、それぞれ 38 % のコスト増加、27 % の水需要減少である。

表 10-23 感度分析

EIRR		Water Consumption (Demand) Decrease						
		0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%	-30%
Cost Increase	0%	14.3%	13.5%	12.8%	12.0%	11.2%	10.4%	<u>9.6%</u>
	5%	13.6%	12.9%	12.1%	11.4%	10.6%	<u>9.8%</u>	<u>9.0%</u>
	10%	12.9%	12.2%	11.5%	10.8%	10.0%	<u>9.2%</u>	<u>8.4%</u>
	15%	12.3%	11.6%	10.9%	10.2%	<u>9.5%</u>	<u>8.7%</u>	<u>7.9%</u>
	20%	11.8%	11.1%	10.4%	<u>9.7%</u>	<u>9.0%</u>	<u>8.2%</u>	<u>7.4%</u>
	25%	11.2%	10.6%	<u>9.9%</u>	<u>9.2%</u>	<u>8.5%</u>	<u>7.7%</u>	<u>7.0%</u>
	30%	10.7%	10.1%	<u>9.4%</u>	<u>8.7%</u>	<u>8.0%</u>	<u>7.3%</u>	<u>6.5%</u>

出典: JICA 調査団

10.3 本事業における YCDC の財務予測

(1) 前提条件

10.1 節で分析したとおり、本事業は、水道料金が極めて低いために財務的にフィージブルではない。事業単体の財務分析では、対象受益者にのみ（つまり配水ゾーン 1 及び 9 のみ）水道料金値上げを行う場合には、現在の水準の 9.1 倍の値上げ（インフレを除く）が必要であることが示されており（10.1 (7)）、実現性は低い。

本項では、①YCDC の水道サービス顧客全体に対する料金値上げによるフィージビリティ確保、②中央政府からの補助金・転貸債務の一部負担を検討する財務予測を行う。

財務予測では、10.1 節の財務分析の前提条件を用い、インフレを考慮した名目価格で表示して実施する。インフレ率の前提条件は事業費積算の前提条件に従いベースケースで内貨 5.8%、外貨 1.6%とする。ベースケースの転貸条件は、①円借款と同等の金利（年利 0.01%）、借款額及び返済期間とし、②為替リスクプレミアム 6.0%を想定する。

(2) 想定ケース

以下のケースを想定して財務予測を行う。

- ベースケース：中央政府から YCDC へ補助金が供与されない。
- ケース 1： 中央政府から YCDC への補助金はない。プロジェクト期間終了時の累積キャッシュフローがゼロになるように、YCDC の全顧客向け水道料金を、2019 年（円借款フェーズ 1 事業の運転開始）と 2023 年（フェーズ 2 事業の運転開始）の 2 回に亘り同率の値上げを実施する。
- ケース 2： 円借款部分の 25%を補助金として供与される（残り 75%が YCDC に転貸される）。
- ケース 3： 円借款部分の 50%が補助金として供与される。

(3) 財務予測と必要となる水道料金値上げ

ベースケースの財務予測は下図の通りである。YCDC が円借款部分及び自己資金部分のすべてを負担するため、正味キャッシュフローはプロジェクト期間を通じてマイナスである。累計キャッシュフローは■■■kyat である。ベースケースは財務的にフィージブルではない。

非公開

図 10-2 財務予測（ベースケース）

ケース 1 では、累計キャッシュフローをゼロになるよう YCDC の全顧客向けの水道料金を値上げする（下図参照）。必要な料金値上げ幅は名目で+62.1 %（値上げ 2 回の合計で 2.6 倍）と推計された。これは、ゾーン 1 顧客に限定して値上げを行った場合（9.1 倍）と比較して極めて低い値上げ幅である。下図に示す通り、YCDC 顧客全体に対する値上げを行う結果、事業の営業キャッシュフローは大幅に改善している。

非公開

図 10-3 財務予測 (ケース 1)

ケース 2 とケース 3 においては、YCDC が負う転貸債務の負担を軽減するために中央政府が補助金を無償で供与する。ケース 2 は円借款部分の 25%、ケース 3 では 50% が補助されると想定する。結果は図 10-4 (ケース 2) 及び図 10-5 (ケース 3) の通り、YCDC のデットサービスが軽減もしくは免除されるために、事業の収益性が改善し、必要とされる料金値上げ幅はそれぞれ値上げ 2 回の合計で 2.4 倍 (ケース 2)、値上げ 2 回の合計で 2.3 倍 (ケース 3) に低下する。

非公開

図 10-4 財務予測 (ケース 2)

非公開

図 10-5 財務予測 (ケース 3)

(4) 財務予測の結果および貧困層の水道料金水準

各ケースの財務予測の結果の要約は下表及び下図の通りである。中央政府からの補助金を受けるケース (ケース 2~3) では、補助金の大きさに応じて水道料金値上げ幅が縮小した。しかし、円借款額の 50% に相当する政府補助金を受けるケース 3 の場合でも、2019 年および 2023 年の 2 回に亘りそれぞれ 50% 以上の料金値上げが必要となる。事業が財務的にフィージルであるためには、政府補助金の額に応じ、全顧客に適用される現行の水道料金の値上げ幅をそれぞれ値上げ 2 回の合計で 2.6 倍 (ケース 1) ~ 2.3 倍 (ケース 3) とする必要がある。

貧困層の水道サービスに対する支払可能額を所得の 3~4% とすると (第 2 章 2.3 項参照)、下表の通り、水道料金水準は全てのケースで所得の 3% 未満となり、住民にとって値上げ後の料金は支払可能の範囲内にあると考えられる。

表 10-24 財務予測の結果

非公開

非公開

図 10-6 水道料金値上げに関する 4 つのシナリオ

第11章 環境社会配慮

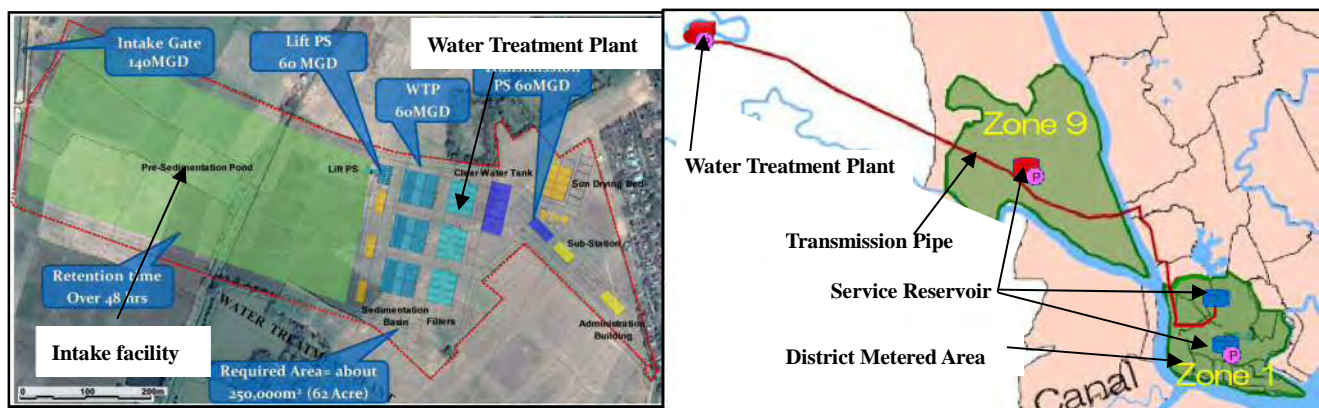
11.1 環境社会配慮が必要な事業コンポーネントの概要

本事業はココア川を水源とする浄水場及び送配水施設の建設によって増加する水需要に対応した給水システムを確立し、ヤンゴン市の住環境と経済発展に寄与することを目的としている。本事業において環境社会影響を与える事業コンポーネントを以下に示す。

表 11-1 本事業のコンポーネント概要

事業内容	ゾーン9用	ゾーン1用	面積
取水ゲート	140 MGD		25 ha (62 Acre)
前沈殿池	60 MGD		
浄水場	60 MGD		
送水管	21.4 km (WTP→ゾーン9 配水池)	19.9 km (ゾーン9 配水池→ゾーン1)	-
配水池 (2025年まで)	12.2 MG	20 MG (ココイン) 8.3 MG (セントラル)	ゾーン9 配水池 1.5 ha, ココイン配水池 1.4 ha, セントラル配水池 0.7 ha
配水本管	43.2 km	61.4 km	-
配水管	636.9 km	430.3 km	-
DMA	23 個	37 個	-

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 11-1 事業コンポーネント位置図

11.2 環境及び社会の状況

11.2.1 社会インフラサービスの現状

タウンシップ毎の既存の社会インフラの整備率を下表に示す。ほぼ全てのタウンシップにおいて電気、トイレ／公衆衛生は高い整備率であるが、チーミンダインやラインタヤ・タウンシップのような一部のタウンシップにおいては電話、水道サービス、ごみ収集の整備率が低い状況である。

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

ゾーン	No	タウンシップ	電気 (%)	電話 (%)	管路水道 (%)	トイレ / 公衆衛生 (%)	固形廃棄物収集 (%)
ゾーン1	1	Latha	88	93	87	100	99
	2	Lanmadaw	100	92	91	100	97
	3	Pabedan	100	92	86	98	95
	4	Kyauktada	99	93	82	100	92
	5	Botahtaung	100	79	84	100	91
	6	Pazuntaung	100	93	89	100	94
	7	Ahlon	100	92	67	100	93
	8	Kyimyindine	86	54	38	96.5	54
	9	Sangyoung	100	84	65	99.5	94
	10	Dagon	97	95	85	100	82
	11	Bahan	99	77	86	100	90
	12	Tamway	100	86	85	99.7	95
	13	Mingala Taungnyunt	100	81	91	98.9	95
	14	Seikkan	100	60	80	100	100
ゾーン9	29	Hlaing Tharyar	88	42	3	100	69
平均			97	81	75	100	89

出典:2013 JICA 世帯訪問調査

11.2.2 土地利用

タウンシップ毎の土地利用状況を下表に示す。土地開発率が 90 %以上のタウンシップがほとんどであるが、配水ゾーン1のチーミンダイン、ダゴン、セイカン、及び配水ゾーン9のラインタヤ・タウンシップは面積のうち半分近くが未開発地であり、開発余地がある。

表 11-3 タウンシップ毎の土地利用割合

ゾーン	No	タウンシップ	開発済み							未開発地						
			面積 (km ²)	住居 (%)	ビジネス (%)	コマージャーナル (%)	工場 (%)	公共 (%)	開発済み計 (%)	都市開発地 (%)	公園 (%)	農業 (%)	オーブンエリア (%)	緑地 (%)	水表 (%)	未開発地計 (%)
ゾーン1	1	Latha	0.81	55	0	0	0	45	100	0	0	0	0	0	0	0
	2	Lanmadaw	1.41	65	10	0	0	25	100	0	0	0	0	0	0	0
	3	Pabedan	0.76	76	4	19	0	1	100	0	0	0	0	0	0	0
	4	Kyauktada	0.71	88	11	0	0	0	99	0	0	0	0	0	0	0
	5	Botahtaung	2.38	64	15	0	8	2	89	9	0	1	0	0	0	10
	6	Pazuntaung	1.01	78	3	0	8	0	89	10	0	0	0	0	1	11
	7	Ahlon	2.69	62	5	0	20	3	90	0	0	0	9	0	1	10
	8	Kyimyindine	10.77	44	0	0	4	3	51	0	0	45	2	0	1	48
	9	Sangyoung	2.47	92	0	0	0	7	99	0	0	0	1	0	0	1
	10	Dagon	11.65	48	4	0	0	3	55	0	2	0	41	3	0	46
	11	Bahan	8.84	79	1	0	1	1	82	1	0	0	6	5	6	18
	12	Tamway	4.79	71	0	0	0	17	88	0	4	1	3	2	1	11
	13	Mingala Taungnyunt	5.06	53	0	3	13	14	83	1	3	0	2	8	3	17
	14	Seikkan	0.13	3	9	0	50	0	62	9	0	0	0	0	30	39
ゾーン9	29	Hlaing Tharyar	67.33	22	0	0	19	1	42	24	2	19	3	1	8	57
平均			-	60	4	1	8	8	82	4	1	4	4	1	3	18

出典:2013 JICA 世帯訪問調査

11.2.3 保健・衛生

ヤンゴン市の下水処理状況を下表に示す。下水道施設があるのはゾーン1の6つのタウンシップ(前表の

No.1～6)に限定される。市全体で見ると7.3%に過ぎず、残りの90%以上の人々は各世帯での個別処理を実施しているため、衛生状況としては好ましい状態ではない。

表 11-4 ヤンゴン市の下水処理状況

Treatment facility	Percentage of population (%)
Sewerage system	7.3
Septic tank	18.4
Pour-flush toilet	28.0
Fly-prevention toilet	18.0
Unsanitary toilet	28.0
No toilet	0.3

出典: Water Supply Improvement Project Study for Yangon City and Patheingyi City, 2014

ヤンゴン市における各種疾病(コレラ、下痢、赤痢、食中毒、腸チフス、ウイルス性肝炎)の罹患数、及び死亡数を下表に示す。罹患数と比較するとごくわずかではあるが死亡数が確認されている。水道サービスを受けていない世帯においては水質の安定した飲料水を確保できていないことから、各種疾病への罹患リスクが高くなっていると考えられる。

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

Sickness	2007		2008		2009		2010		2011	
	No. of patients	No. of deaths	No. of patients	No. of deaths	No. of patients	No. of deaths	No. of patients	No. of deaths	No. of patients	No. of deaths
Cholera	4	0	49	0	191	7	22	1	37	0
Diarrhea	17,322	7	17,462	9	13,166	10	11,851	2	10,969	4
Dysentery	8,507	0	9,489	0	6,135	0	6,361	0	4,436	0
Food poisoning	244	7	259	3	435	7	255	0	395	0
Typhoid & Paratyphoid	103	1	71	1	55	0	98	0	47	0
Viral hepatitis	188	6	251	1	14	4	271	3	205	2

出典: Water Supply Improvement Project Study for Yangon City and Patheingyi City, 2014

タウンシップ毎の乳児死亡率、病院数、及び医者数を以下表に示す。乳児死亡率は平均すると7.1となっており、これはミャンマー国平均の41、全世界平均の16よりも低い数値となっているが、病院数と医者数も低い数値となっている。

表 11-6 タウンシップ毎の乳児死亡率、病院数、及び医者数

ゾーン	No.	タウンシップ	Death Rate During Child Birth per 1000	No. of Hospitals per 1000	No. of Doctors per 1000
ゾーン1	1	Latha	5	0.91	0.03
	2	Lanmadaw	5	1.9	0.09
	3	Pabedan	6	2.13	0.08
	4	Kyauktada	5	1.21	2.56
	5	Botahtaung	8	0.77	0.1
	6	Pazuntaung	8	0.89	1.6
	7	Ahlon	9	0.67	0.05
	8	Kyimyindine	10	0.59	0.85
	9	Sangyoung	0.1	1.02	0.04
	10	Dagon	7	0.65	0.04
	11	Bahan	3	0.43	0.03
	12	Tamway	5	0.72	0.62
	13	Mingala Taungnyunt	9	0.55	0.04
	14	Seikkan	20	0.45	0.89

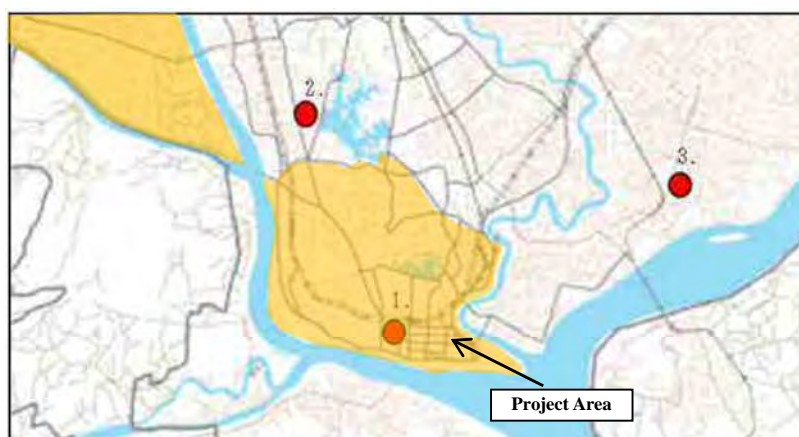
ゾーン	No.	タウンシップ	Death Rate During Child Birth per 1000	No. of Hospitals per 1000	No. of Doctors per 1000
ゾーン9	29	Hlaing Tharyar	6	0.01	0.02
平均			7.1	0.9	0.5

出典:2013 JICA 世帯訪問調査

11.2.4 大気質

大気汚染に関して YCDC は定期観測を実施していないが、2007 年 4 月と 2008 年 1 月にスポット観測を実施しており、TSP 及び PM10 の観測値が WHO 基準を上回っている。

MoNREC は環境基準を管理する Environmental Conservation Department を新たに設置し、各種環境基準の制定を検討しているが、2015 年末現在で制定はされていないため、ミャンマー国基準が制定されるまでは WHO 基準を参考とし、工事期間においては建設機器の適切な管理、アイドリングオフの実施、マフラー設置等の措置を講ずる必要がある。



出典:2014 JICA 水道 MP

図 11-2 大気質観測地点

表 11-7 大気質観測結果

Site	Observational Month	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1. Commercial site (Traders Hotel)	April, 2007	342.58	177.69	-	-
	Jan., 2008	143.21	71.75	-	-
2. Residential site (IBC)	April, 2007	168.61	68.59	1.14	23.22
	Jan., 2008	118.70	65.3	1.24	22.28
3. Surrounding site near to industrial zone (Forest Department Head Quarter)	April, 2007	127.37	66.95	0.37	28.36
	Jan., 2008	188.66	136.92	0.25	25.42
WHO Standard		100	50	20	40

出典:2014 JICA 水道 MP

11.2.5 水質及び気候変動適応策

1) 水質

浄水処理過程で発生する排水の水質は、表流水域の汚染を引き起こさないよう当該国、もしくは国際機関の排水基準に沿うこととする。「ミ」国では排水基準は未制定となっているため、国際金融公社(IFC)が制定した環境・労働安全衛生(EHS)ガイドラインを基準とする。

表 11-8 EHS ガイドライン排水基準

Pollutant	Guideline Value (mg/l)
pH	6-9
BOD	30
COD	125
Total nitrogen	10
Total phosphorus	2
Oil and grease	10
Total Suspended solids	50
Total coliform bacteria	400 MPN/ 100ml
Acrolein, Aldrin, alpha-Endosulfan, Aluminum, Arsenic, beta-Endosulfan, Carbaryl, Cadmium, Chlordane, Chloride, Chlorine, Chlorpyrifos, Chromium (III), Chromium (VI), Cyanide, Diazinon, Dieldrin, Endrin, gamma-BHC, 4,4'-DDT, Heptachlor, Heptachlor Epoxide, Lead, Mercury, Methylmercury, Nickel, Parathion, Pentachlorophenol, Silver, Toxaphene, Tributyltin, Zinc	Ultra-low level

出典: EHS Guidelines 2007, World Bank Group

2) 気候変動適応策

上水道セクターにおいて、気候変動によって生じる負の影響には主に干ばつや洪水などの極端現象の増加による水量や水質の変化が挙げられる。そのため、本事業においても気候変動の適応に資するかどうかを確認する必要がある。

2014-JICA 水道 MP によれば、「Kokkowa 川の 10 年渇水年流量は約 20,000 MGD であり、河川維持水量を考慮して 10 年渇水年流量の半量を取水可能とすると Kokkowa 川からは最大で 10,000 MGD の取水が可能であると考えられる。」としている。本事業で計画している取水施設の容量は 140 MGD であり、これは取水可能量の 1.4%となる。

また、洪水の発生による河川濁度の上昇も懸念されており、数時間にわたって濁度 1,000 NTU を超過することも想定される。この高い濁度を下げるために前沈殿池（滞留時間 12-48 時間）を計画している。さらに、この低減した濁度に対応する凝集剤の添加を前提に、凝集・沈殿池を計画している。

したがって、Kokkowa 川は豊富な河川流量を保持しており、本事業の取水量は割合として非常に小さいこと、また浄水場は高濁度原水にも十分対応できる計画であることから、気候変動に対する脆弱性は低く、本事業は気候変動に対して十分適応に資するものであると考えられる。

11.2.6 廃棄物

浄水場建設、運転に際して発生する廃棄物に関して、ミャンマー国基準、及び EHS ガイドラインでは処分方法等に関する特定の規制等は制定されていない。ヤンゴン市内の廃棄物管理はヤンゴン市汚染管理清掃規則（Pollution Control and Cleansing Rules 2001）に従って実施されている。監督部署は YCDC 内に設置された汚染管理/清掃局（Department of Pollution Control and Cleansing, DPCC）である。ヤンゴン市内には最終処分場が 2 つ、一時的に堆積させている処分場が 5 つある。開放埋立方式を採っており、24 時間廃棄物の受け入れを実施している。

本事業では掘削土、浄水場からの汚泥が発生する。これらの汚泥は盛土材への再利用あるいは一般廃棄物として既存処分場にて埋立処分することとなる。



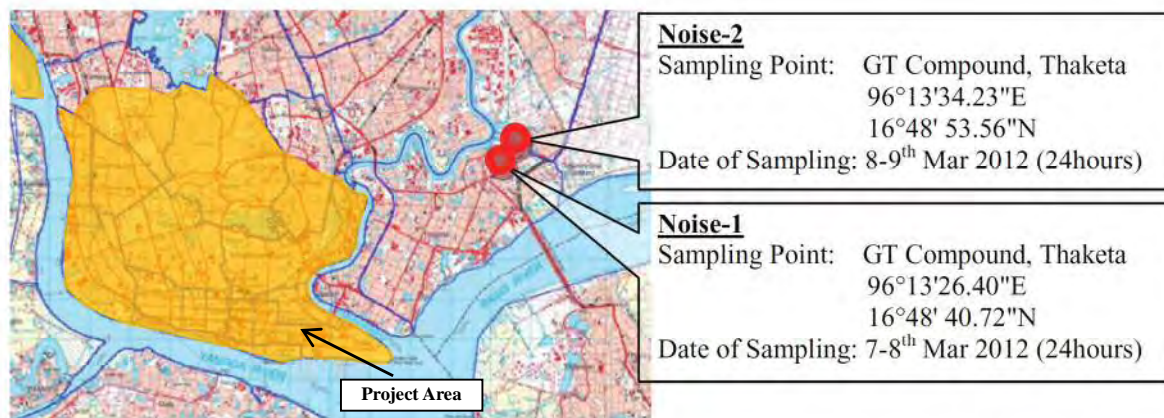
出典:2014 JICA 水道 MP

図 11-3 ヤンゴン市内の廃棄物処理場位置図

11.2.7 騒音

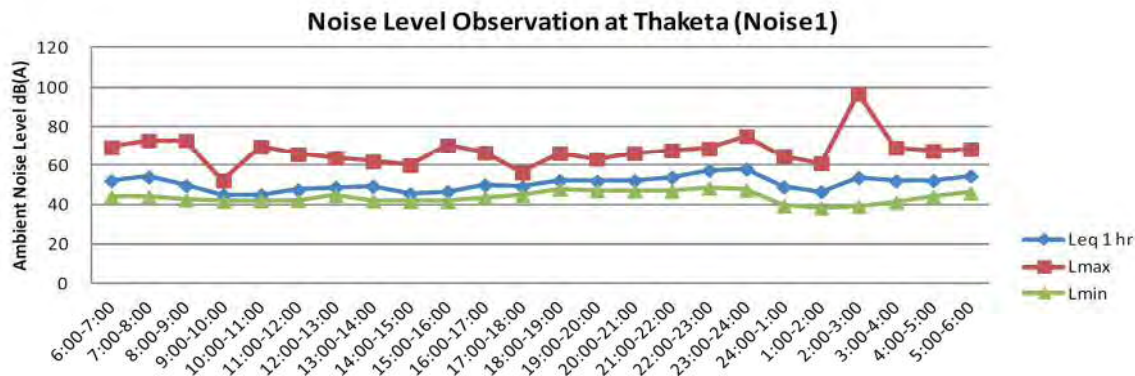
騒音に関して、YCDC は定期観測を実施しておらず、事業対象地域における測定データはないが、JICA 都市圏調査で調査（2012年3月に24時間連続観測）した事業対象地域近傍でのスポット観測値を以下に示す。測定箇所を、(図 11-5 及び 11-6) に示すが、交通量はさほど多くない場所である。1時間平均値は地点 1、2 でそれぞれ 45.06～58.16dB、42.88～54.53dB であり、24時間平均値はそれぞれ 50.81dB、49.25dB であった。

ミャンマー国では騒音に係る基準は制定されておらず、WHO 基準を参照すると、住宅地域(屋外)の基準値 50～55 dB と調査結果の 24 時間平均値はほぼ同等であったため、大きな問題は起きていないと考えられる。



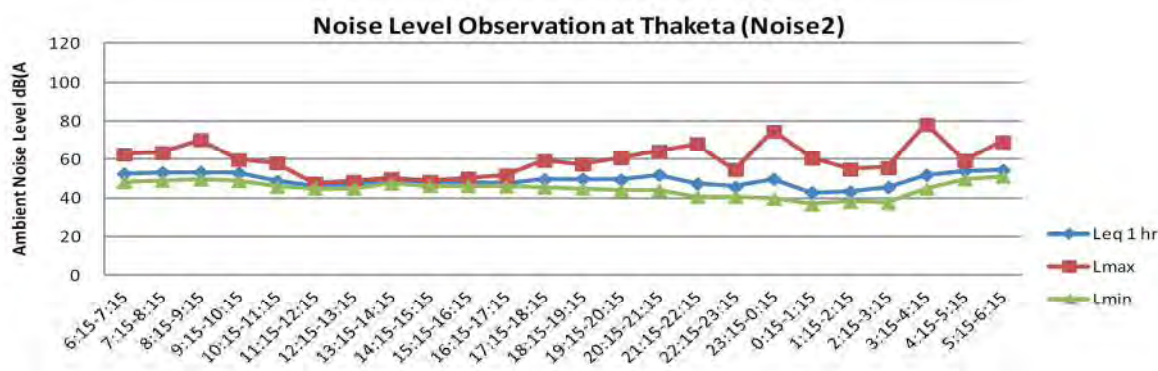
出典: 2013-JICA ヤンゴン都市圏調査

図 11-4 騒音観測地点



出典: 2013-JICA ヤンゴン都市圏調査

図 11-5 騒音観測結果(地点1、2012年3月7~8日計測)



出典: 2013-JICA ヤンゴン都市圏調査

図 11-6 騒音観測結果(地点2、2012年3月8~9日計測)

表 11-9 騒音に関する WHO 基準

Specific Environment	Critical Health Effect	L_{Aeq} (dB)	L_{Amax} (dB)
Outdoor living area	Serious annoyance	55	-
	Moderate annoyance	50	-

出典: WHO Guideline for specific noise

また、第7章に記載の通り、配水池の撤去・築造工事時には低騒音・低振動工法を採用するため、周辺家屋及びパゴダへの影響は想定されない。

11.2.8 地盤沈下

本事業では、地下水くみ上げを実施しないため、大規模な地下水くみ上げによる地盤沈下は発生しない。また、杭基礎支持を採用するため、構造物の自重による地盤沈下も発生しない。洪水対策のために実施する浄水場建設用地の盛土箇所においては、掘削土が粘性土であるため、盛土直後から沈下が始まるが、緩速盛土工法を採用し、沈下量も小さいことから、地盤沈下による周辺への環境影響は発生しない。

11.2.9 文化遺産

ヤンゴン市内には1950年以前に建設されたパゴダ、モスク等の宗教施設を含む189の歴史的建造

物が存在しているが、本事業の施設建設予定地においては確認されていない。そのため、事業実施による文化遺産への影響は発生しない。

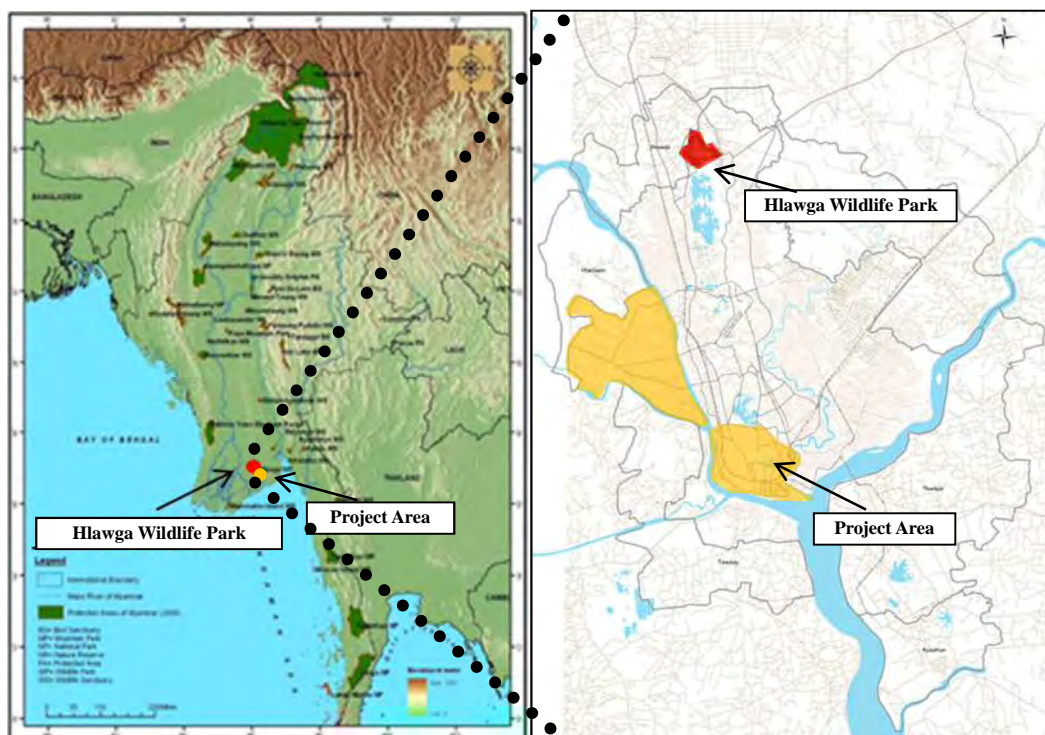
11.2.10 生態系

ヤンゴン市内には 153 種類の絶滅危惧種が存在しているが、本事業の施設建設予定地においては確認されていない。そのため、事業実施による生態系への影響は発生しない。

11.2.11 保護区

ヤンゴン市の北 35 km の位置には Hlawga 野生生物公園があり、占有面積は野生生物公園 (3.1 km²)、動物園 (0.3 km²)、及び緩衝地帯 (2.7 km²) の合計 6.2 km² からなる。公園は、Hlawga 湖の流域内の森林と植物を保護すること、ミャンマー固有の哺乳類、爬虫類、鳥類等の野生生物の種類、代表群を確定させること、及び可能な限り自然な条件での観察・記録を実施することを目的に 1982 年に制定された。

本事業の施設建設予定地（下図）においてミャンマー国の法律、及び国際条約で定められた保護区は確認されていない。そのため、事業実施による保護区への影響は発生しない。



出典：2014 JICA 水道 MP

図 11-7 保護区

11.2.12 少数民族・先住民

タウンシップ毎の民族構成を下表に示す。民族構成はビルマ族、カイン族、ラカイン族、その他（カチン族、カヤー族、モン族、シャン族、外国籍）で分類している。中心商業地区ではその他

の割合が高いタウンシップもあるが、ほとんどのタウンシップではビルマ族が過半数を占める。

事業対象地域には、世界銀行の環境・社会面のセーフガード政策で規定されている業務政策(OP) 4.10 に規定されている少数民族・先住民族の集落等は確認されておらず、事業実施による少数民族・先住民族への影響は発生しない。

表 11-10 タウンシップ毎の民族構成

ゾーン	No.	タウンシップ	Bamar	Karin	Rakhine	Others
ゾーン1	1	Latha	24.2	0.5	2.0	73.3
	2	Lanmadaw	61.7	0.9	2.7	34.7
	3	Pabedan	31.6	2.0	1.0	65.4
	4	Kyauktada	73.7	1.5	1.8	23.0
	5	Bothtaung	72.4	2.5	1.9	23.2
	6	Pazuntaung	81.1	1.9	1.1	15.9
	7	Ahlon	78.0	1.3	6.0	14.7
	8	Kyimyindine	97.0	0.7	2.1	0.2
	9	Sangyoung	84.3	1.7	1.4	12.6
	10	Dagon	64.5	1.1	2.9	31.5
	11	Bahan	88.4	3.4	2.5	5.7
	12	Tamway	80.0	4.1	1.1	14.8
	13	Mingala Taungnyunt	93.1	1.5	0.9	4.5
	14	Seikkan	95.0	3.4	0.4	1.2
ゾーン9	29	Hlaing Tharyar	92.9	1.4	1.6	4.1
平均			74.5	1.9	2.0	21.7

出典:2013 JICA 世帯訪問調査

11.2.13 HIV 感染症対策

HIV 感染症は現在ミャンマー国で深刻な問題となっている。HIV の感染経路は主に HIV 感染者との性交渉や注射針の共用などである。国連合同エイズ計画 (UNAIDS) が発表している AIDS Epidemic Update 2004、及びフェーズ1 FS によると、同国における HIV 感染率は 1.2% (2005 年) となっており、ヤンゴン市における HIV 感染率は 0.55% (2005 年)、0.25% (2010 年)、0.15% (2011 年) となっている。

HIV 感染症に対する対策は施工期間中実施されるべき事項であり、建設業者と取り交わす契約書類にも以下の項目を明記することが一般的である。

- －コンドーム使用の促進
- －性感染症の検査
- －感染症に関するグループ学習
- －無償カウンセリング

これらのサービスを提供する人員や組織は同国の HIV 感染症予防対策に関わる組織(保健省など) から承認を得ている。

11.2.14 ジェンダー、障害者に対する配慮

本事業は対象地域におけるジェンダー、障害者に配慮した事業実施が期待されている。以下に詳細を示す。

1) 女性、障害者の労働負担軽減

本事業の実施によって、水道水へのアクセス及び水の質・量が向上する結果、多くの女性、障害者に直接的、間接的な利益が供与される。

現在 YCDC による給水が実施されていないラインタヤ・タウンシップ郊外では一般的に飲料用水は業者が運搬する 20L ボトルを購入し、生活用水は井戸もしくは貯め池から汲み上げることで入手している。生活用水の水汲み労働は主に女性が担っており、一日に数回、数十分/回の時間がかかることから日常生活において多くの時間を消費し、物理的・精神的負担がかかっているのが現状である。したがって、本事業において各戸給水が達成された場合、多くの女性、障害者の生活用水の調達に係る負担が軽減されて、特に郊外地域におけるジェンダーの平等に寄与することが期待できる。

2) 女性の雇用機会創出

YCDC 水供給・衛生局における女性職員の割合は 70% となっており、女性にも雇用機会は均等に与えられている。「ミ」国全体においても女性の社会進出は活発であり、職業選択の自由も一部の特殊な就業分野（鉱山での肉体労働、軍隊での戦場労働、寺院での僧職など）を除いてほぼ認められている。更に本事業の実施によって以下のような効果が期待できる。

- －本事業の建設工事の際に女性の雇用を含むことによる機会創出
- －本事業の運営・維持管理の際に女性の雇用を含むことによる機会創出
- －職業訓練を通じた女性の安全管理、運営・管理能力等の向上

3) 本事業実施に際してのジェンダー配慮事項

本事業の実施に際しては以下のようなジェンダーへの配慮が必要となる。

- － HIV やセクシュアル・ハラスメント、工事現場における女性の安全教育に係る啓発活動の実施
- － 水質管理への女性スタッフの雇用
- － 保健衛生、女性の意識向上に係る公衆教育の実施
- － 工事現場のトイレを男女別に設置

11.3 ミャンマー国の環境社会配慮制度・組織

(1) 環境社会配慮に関する法令・基準

ミャンマー国の環境社会配慮に関する法令・基準としては、Environmental Conservation Law (2012) と Environmental Conservation Rules (2014) が発令されている。

- Environmental Conservation Law (2012)

現 MoNREC によって制定され、2012 年 3 月より施行されている。これはミャンマー国の環境保護の基本となる法規であり、関連項目について網羅している。以下にその構成を示す。

章	内容
1	Title and Definition
2	Objectives
3	Formation of the Environmental Conservation Committee
4	Duties and Powers relating to the Environmental Conservation of the Ministry
5	Environmental Emergency
6	Environmental Quality Standard
7	Environmental Conservation
8	Management of Urban Environment
9	Conservation of Natural Resources and Cultural Heritages
10	Prior Permission
11	Insurance
12	Prohibitions
13	Offences and Penalties
14	Miscellaneous

- Environmental Conservation Rules (2014)

2014年6月より現 MoNREC によって施行されており、文化遺産や自然保護地域に関する基本的な法規となっている。以下にその構成を示す。

章	内容
1	Title and Definition
2	Adaptation Policy Relating to Environmental Conservation
3	Environmental Conservation
4	International, Regional and Bi-lateral Cooperation Relating to Environmental Conservation
5	Environmental Management Fund
6	Environmental Emergency
7	Environmental Quality Standards
8	Management of Urban Environment
9	Waste Management
10	Conservation of Natural Resources and Cultural Heritages
11	Environmental Impact Assessment
12	Prior Permission
13	Prohibitions
14	Miscellaneous

上記の法はプロジェクト策定時における基本方針について以下のように示している。

- プロジェクト策定時に環境マネジメント計画を含むEIA レポートを MoNREC に提出すること
- 環境マネジメント計画を規定期間内に実施し、実施状況を MoNREC に報告すること

(2) 環境影響評価に関する制度・承認手続き

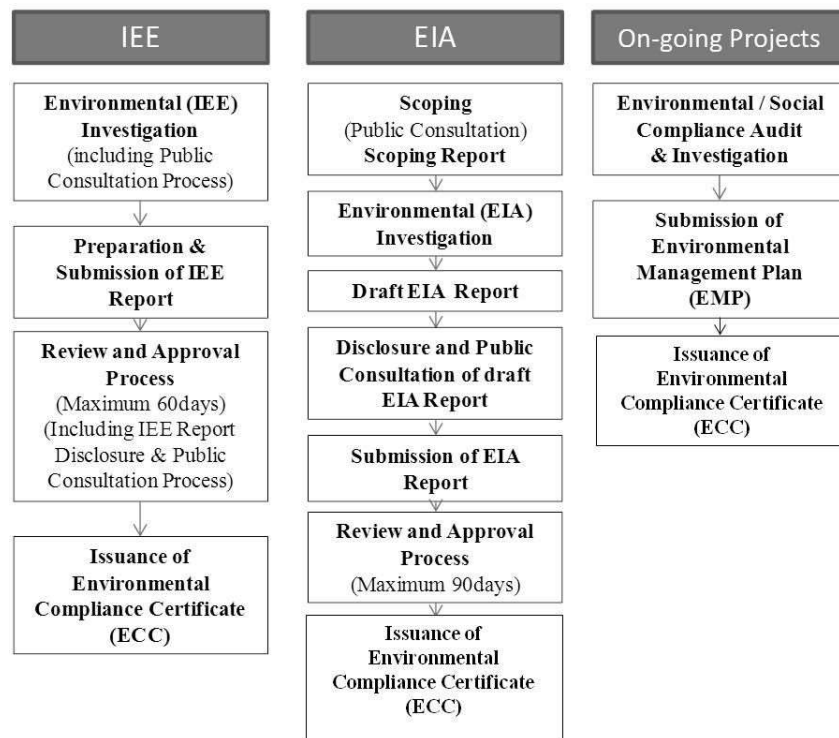
ミャンマー国では近年のインフラ事業の急激な進展に伴い、EIA 手続きの早期整備が求められており、環境影響評価に関する承認手続き (EIA Procedure) が内閣の承認を受け 2016年1月に公布された。同承認手続きにおいてはプロジェクトのスクリーニング、IEE/EIA レポートの様式、住民説明、承認手続き、モニタリング等について網羅されている。以下にその構成を示す。

章	内容
1	Title and Definition
2	Establishment of Environmental Impact Assessment Process
3	Screening
4	Initial Environmental Examination
5	Environmental Impact Assessment
6	Appeal Process
7	Environmental Management Plan
8	Environmental Consideration in Project Approval
9	Monitoring
10	Administrative Panishment
Annex 1	Categorization of Economic Activities for Assessment Purposes
Annex 2	Environmental Assessment Procedure Flowchart
Annex 3	Prescribed Penalties Under Procedure

承認手続きの概要は以下の通りである。

- ・ (Article 3) 環境に対して負の影響があるプロジェクトについては環境影響評価を実施し、Environmental Compliance Certificate (ECC) を取得しなければならない。
- ・ (Article 9) 住民移転への対応については規定していない。これらの対応については国際機関等が発行しているポリシー等に準拠する。
- ・ (Article 10) 2016年1月現在実施中のプロジェクトについては環境マネジメント計画を指定期間内に提出し、承認を得る。

IEE、EIA、及び現在実施中のプロジェクトに関して求められる承認手続きは、下図に示す通りである。



出典: The EIA Procedure (2016)

図 11-8 環境影響評価に関する承認手続き

同承認手続きでは、IEE/EIA の対象として 142 の事業カテゴリーが設定されている。水供給事業については地下水取水が設定されており、河川からの表流水を利用する本事業は対象とされていない。

表 11-11 IEE/EIA 対象である水供給事業

Water Supply			
No.	Type of Economic Activity	Criteria for IEE Type Economic Activities	Criteria for EIA Type Economic Activities
111	Groundwater Development for Industrial, Agricultural or Urban Water Supply	< 4,500 m ³ /day	≥ 4,500 m ³ /day

出典: The EIA Procedure (2016)

(3) その他の法令・基準

以下の法令・基準でも環境社会配慮について一部網羅している。

- The Water Power Act 1927 (Burma Act 11, 1927)
- The Underground Water Act (1930)
- Public Health Law (1972)
- Territorial Sea and Maritime Zone Law (1977)
- Irrigation Laws and Regulations (1982)
- Law on Aquaculture (1989)
- Marine Fisheries Law (1990)
- The Forest Law (1992)
- The Protection of Preservation of Cultural Heritage Region Law (1994)
- The Protection of Wildlife, Wild Plant and Conservation of Natural Area Law (1994)
- National Environmental Policy (1994)
- Mines Law (1994)
- Myanmar Agenda 21 (1997)
- The Conservation of Water Resources and River Law (2006)
- National Sustainable Development Strategy NSDS (2009)
- Myanmar Investment Law (2011)
- Farmland Law (2012)
- Farmland Rules (2012)
- Vacant, Fallow and Virgin Lands Management Law (2012)
- Vacant, Fallow and Virgin Lands Management Rules (2012)
- Myanmar Investment Rule (2013)
- Investment Notification (2013)
- The Standard Performance and Specification Law (2014)

11.4 代替案の検討

(1) With/Without プロジェクト

第 10 章 10.2 (3)を参照のこと。

(2) 浄水場位置の代替案

第 4 章 4.1.4 を参照のこと。

(3) 送水管ルートの変更案

国道5号線は浄水場、ゾーン9配水池、ライン川を結ぶ唯一の道路であるため、代替案は存在しない。

11.5 スコーピング及び環境社会配慮調査のTOR

重要と考えられる環境項目を抽出し、その調査方法を決定するためにスコーピングを実施する。スコーピングとは、環境社会配慮、重要と考えられる評価項目を抽出し、その調査方法を決定することである。スコーピング結果を下表に示し、A～Cに評価された環境項目についてはその調査項目、調査方法を併記した。

表 11-12 環境項目スコーピング結果

分類	環境項目	評価		評価理由	調査項目	調査手法
		P/C	O			
汚染対策	大気質	B-	D	P/C:建設重機や機械の運転により、建設地周辺に粉じんが拡散する。 O:大気汚染を発生する施設は含まれていない。	・環境大気質基準 ・事業予定地内の大気質 ・建設時の影響	・文献調査、関係機関からのヒアリング ・建設方法、建設重機に関するデータ収集
	水質	D	D	施設、管路の建設に伴う水質への影響は想定されない。	-	-
	廃棄物	B-	B-	P/C:建設廃棄物が発生する。 O:浄水場から汚泥が発生する。	・廃棄物に係る法制度 ・建設廃棄物の既存処分方法 ・既存埋立処分場の状況	・文献調査、関係機関からのヒアリング ・埋立処分場管理者からのヒアリング
	騒音・振動	B-	D	P/C:建設時に建設重機・機械による騒音・振動が発生する。 O:ポンプ施設、発電機からの騒音・振動が予想されるが、建屋を防音構造とし、用地境界との距離も十分とっていることから影響はない。	・環境基準 ・事業予定地の騒音・振動状況 ・建設時の影響	・文献調査、関係機関からのヒアリング ・建設方法、時間、建設重機等に関するデータ収集
	地盤沈下	D	D	大規模な地下水汲み上げは実施せず、施設規模・構造からみても、地盤沈下は想定されない。	-	-
自然環境	保護区	D	D	周辺に保護区はない。	-	-
	生態系	D	D	本事業では、原生林、自然林の伐採等は実施せず、下流域に保護対象となっている生物もいないことから、影響は想定されない。	-	-
	水象	D	D	10年渇水年流量の半量を取水可能とした場合、Kokkowa川からは10,000MGDの取水が可能である。本事業での取水量は140MGDであり、取水可能量の1.4%となっており、水象への影響は想定されない。	-	-
社会環境	住民移転	B-	D	送水管路布設の際に7つの不法占拠世帯/商業施設の非自発的住民移転が必要となる。	・非自発的住民移転規模の確認	・現地調査
	生活・生計	D	D	住民の生活に対する悪影響は想定されない。 また、取水量は取水可能量の1.4%程度であり、影響は想定されない。	-	-
	文化遺産	D	D	施設、管路の建設予定地に文化遺産はない。	-	-

分類	環境項目	評価		評価理由	調査項目	調査手法
		P/C	O			
	景観	D	D	P/C:工事中には舗装道路の掘り起こし、建設資材の散乱等により景観が悪くなるのが想定されるが大きな影響はない。	-	-
	少数民族、先住民族	D	D	少数民族、先住民族は事業地域に存在しない。	-	-
	労働環境	B-	D	建設時の事故の危険性がある。	・労働安全対策	・類似事例調査

A+/-: Significant positive/negative impact is expected
 B+/-: Positive/negative impact is expected to some extent.
 C+/-: Extect of positive/negative impact is unknown.
 (A further examination is needed, and the impact could be clarified as the study progresses.
 D: No impact is expected.
 P/C: Planning/Construction
 O:Operation

出典：JICA 調査団

11.5.1 緩和策

負の影響の回避・緩和策はいかにして影響を最小化し、それでも生じる影響をいかにして代償するか、といった視点で検討する。環境項目ごとに緩和策実施の責任機関、費用を以下に示す。

表 11-13 緩和策

分類	環境項目	評価		評価理由	緩和策	責任機関	費用
		P/C	O				
汚染対策	大気質	B-	D	P/C:建設重機や機械の運転により、建設地周辺に粉じんが拡散する。 O:大気汚染を発生する施設は含まれていない。	施工業者は使用する建設重機や機械を良い状態に保つ。 粉じんの防止のために建設現場に散水する。 トラックでの運搬の際には荷台にカバーをする、アイドリングオフ、マフラー装着等の措置を取る。	施工業者、YCDC	施工業者の契約に含む
	廃棄物	B-	B-	P/C:建設廃棄物が発生する。 O:浄水場から汚泥が発生する。	建設廃棄物は一般廃棄物処分場で処分を行う。	施工業者、YCDC	施工業者の契約に含む
	騒音・振動	B-	D	P/C:建設時に建設重機・機械による騒音・振動が発生する。 O:ポンプ施設、発電機からの騒音・振動が予想されるが、建屋を防音構造とし、用地境界との距離も十分とっていることから影響はない。	「ミ」国には騒音・振動の基準が制定されていないが、工事による一時的な騒音は、IFCが定める基準値以下になるよう重機・機器の適切な維持管理及び運転により制御される。適切な重機、機器については詳細設計次に検討される。また、管路布設の際には周辺の住民に対して工事計画、期間、想定される影響等を公開し、工事期間中の協力を依頼する。	施工業者、YCDC	施工業者の契約に含む
社会環境	住民移転	B-	D	送水管路布設の際に7つの不法占拠世帯/商業施設の非自発的住民移転が必要となる。	JICA環境社会配慮ガイドラインに基づいた住民移転計画を作成し、十分な補償及び支援を適切な時期に実施する。	YCDC	円借款財源に含む
	労働環境	B-	D	建設時の事故の危険性がある。	建設作業員への安全配慮は施工業者が策定し実施する。その際にILOの労働条約を満たすよう施工業者との契約書に明記し、労働環境の安全を確保する。また建設作業員への安全教育(作業服、作業靴の着用徹底、道交法順守の徹底等)を施工業者が実施する。また工事期間中の警備員への教育を徹底する。	施工業者、YCDC	施工業者の契約に含む

A+/-: Significant positive/negative impact is expected
 B+/-: Positive/negative impact is expected to some extent.
 C+/-: Extect of positive/negative impact is unknown.
 (A further examination is needed, and the impact could be clarified as the study progresses.)
 D: No impact is expected.
 出典：JICA 調査団

11.5.2 モニタリング計画

工事中・供用時それぞれのモニタリング項目、地点、頻度、責任機関を下表に示す。

表 11-14 モニタリング計画

環境項目	項目	地点	頻度	責任機関	予算
大気質	PM10, TSP, CO, NOx, SOx	工事現場近隣	1回/月	施工業者、 YCDC	施工業者の契約に含 む
廃棄物	建設廃棄物量、発生汚泥量	工事現場近隣	1回/月 (供用後半年間)	施工業者、 YCDC	施工業者の契約に含 む
騒音・振動	騒音量、振動量	工事現場近隣	1回/月	施工業者、 YCDC	施工業者の契約に含 む
住民移転	住民移転進捗状況	送水管布設ル ート	住民移転実施時	YCDC	YCDC
労働環境	安全器具の着用、危険作業 の有無、道交法の遵守	工事現場近隣	建設期間中、安全担 当を任命し、随時対応 する。	施工業者、 YCDC	施工業者の契約に含 む

出典：JICA 調査団

モニタリングを実施するには以下のモニタリングフォームを使用する。

The latest result of the below items shall be submitted to the lenders as part of Quarterly Progress Report throughout the construction phase.

Monitoring Form

1. Response/Actions to Comments and Guidance from Government Authorities and the Public

Monitoring Item	Monitoring Results
Number and contents of formal comments made by the public	
Number and contents of responses from Government agencies	

2. Pollution

Air Quality (Ambient Air Quality)

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max)	Referred International Standards	Measurement Point	Frequency
PM10						
TSP						
CO						
NOx						
SOx						

Garbage

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max)	Referred International Standards
Construction garbage amount				
Sludge amount				

3. Natural Environment

Noise

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max)	Referred International Standards
Noise level				

4. Social Environment

Working Condition

Monitoring Item	Monitoring Results
Safety gear use, Workplace hazards, Compliance of traffic law	

11.5.3 環境チェックリスト

本事業の環境チェックリストを以下に示す。

表 11-15 環境チェックリスト

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/No の理由、根拠、緩和策等)
1 許認可・説明	(1)EIA および環境許認可	(a) 環境アセスメント報告書 (EIA レポート)等は作成済みか。 (b) EIA レポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIA レポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a) - (b) - (c) - (d) -	(a) 「ミ」国で整備途上の EIA にかかる法制度においては、表流水を水源とする事業に関しては EIA 対象外としているが、JICA 環境ガイドラインに従い環境社会配慮調査を実施した。 (b) - (c) - (d) -
	(2)現地ステークホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a) Y (b) Y	(a) ステークホルダー会議及び社会経済インタビュー調査が本調査で実施されている (項目 11.8 参照)。 (b) 同上。
	(3)代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は (検討の際、環境・社会に係る項目も含めて) 検討されているか。	(a) Y	(a) 送水管布設の布設位置について、三案を検討し、施工面、環境社会配慮の面などから影響の最も少ない布設位置を選定した。
2 汚染対策	(1)大気質	(a) 消毒用塩素の貯蔵設備、注入設備からの塩素による大気汚染はあるか。 (b) 作業環境における塩素は当該国の労働安全基準等と整合するか。	(a) N (b) Y	(a) 消毒用塩素の貯蔵・注入設備が含まれるが、事故等による大気汚染が発生しないよう、設備の維持管理が容易な次亜塩素酸ナトリウム溶液の使用、漏えい防止用の防液堤の設置等を提案した。 (b) 「ミ」国には労働安全基準に係る規定が未制定である。ILO の科学物質使用に関する安全条項に従い、安全対策 (保護具の着用、十分な換気等) を取ることとした。
	(2)水質	(a) 施設稼働に伴って発生する排水の SS、BOD、COD、pH 等の項目は当該国の排水基準等と整合するか。	(a) Y	(a) 「ミ」国の排水基準は未制定であるため、EHS ガイドラインを基準とする。
	(3)廃棄物	(a) 施設稼働に伴って発生する汚泥等の廃棄物は当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。	(a) Y	(a) 「ミ」国、EHS ガイドラインでは廃棄物に関する規定・基準は未制定である。汚泥は一般廃棄物処分場にて処分をする。
	(4)騒音・振動	(a) ポンプ施設等からの騒音・振動は当該国の基準等と整合するか。	(a) Y	(a) 「ミ」国では騒音・振動にかかる基準が未制定であるため、IFC 基準等の国際基準を使用する。工事による一時的な騒音は、重機・機器の適切な維持管理及び運転 (アイドリングストップ、マフラー装着等) により制御することとする。
	(5)地盤沈下	(a) 大量の地下水汲み上げを行う場合、地盤沈下が生じる恐れがあるか。	(a) N	(a) 大量の地下水くみ上げは実施しない。
3 自然環境	(1)保護区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a) N	(a) サイトは保護区内に立地せず、影響を与えない。
	(2)生態系	(a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地 (珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等) を含むか。 (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。	(a) N (b) N (c) N (d) N	(a) サイトに原生林、生態学的に重要な生息地等は含まない。 (b) サイトに貴重種の生息地は含まない。 (c) 生態系への重要な影響は懸念されない。 (d) 取水による悪影響は想定されない。

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/No の理由、根拠、緩和策等)
		(c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) プロジェクトによる取水（地表水、地下水）が、河川等の水域環境に影響を及ぼすか。水生生物等への影響を減らす対策はなされるか。		
	(3)水象	(a) プロジェクトによる取水（地下水、地表水）が地表水、地下水の流れに悪影響を及ぼすか。	(a) N	(a) 本事業での取水量は 140MGD であり、ココア川の取水可能量の 1.4%となっており、水象への影響は想定されない。
4 社会 環境	(1)住民移転	(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。 (b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。 (c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。 (d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。 (e) 補償方針は文書で策定されているか。 (f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民族等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。 (g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。 (h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。 (i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。 (j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。	(a)Y (b)Y (c)Y (d)Y (e)Y (f)Y (g)Y (h)Y (i)Y (j)Y	(a) 送水管の布設位置は、非自発的住民移転が最小限となるように検討している。 (b) 本調査で社会経済インタビュー調査が実施されている（項目 11.8.2 参照）。 (c) Abbreviated Resettlement Action Plan を作成済み。 (d) 移転前に実施するスケジュールとしている。 (e) Abbreviated Resettlement Action Plan にて策定されている。 (f) Abbreviated Resettlement Action Plan にて配慮されている。 (g) 本調査で社会経済インタビュー調査が実施されている（項目 11.8.2 参照）。 (h) YCDC 水供給・衛生局の組織、予算によって実施予定。 (i) 環境モニタリングを実施予定。 (j) Abbreviated Resettlement Action Plan にて構築している。
	(2)生活・生計	(a) プロジェクトにより住民の生活に対し悪影響が生じるか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。 (b) プロジェクトによる取水（地表水、地下水）が、既存の水利用、水域利用に影響を及ぼすか。	(a)Y (b) N	(a) 補償金支払い、生活再建策などで緩和する予定。 (b) 取水による影響は想定されない。
	(3)文化遺産	(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。	(a) N	(a) サイトに遺産、史跡などは確認されていない。
	(4)景観	(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策は取られるか。	(a) N	(a) 景観への悪影響は想定されない。
	(5)少数民族、先住民族	(a) 当該国の少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。 (b) 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。	(a)N (b)N	(a) サイトに少数民族、先住民族は確認されていない。 (b) サイトに少数民族、先住民族は確認されていない。

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/No の理由、根拠、緩和策等)
	(6)労働環境	(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。 (b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されているか。 (c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育(交通安全や公衆衛生を含む)の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。 (d) プロジェクトに関係する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。	(a) Y (b) Y (c) Y (d) Y	(a) 「ミ」国に労働環境に係る法律は未制定である。 (b) 建設時の安全配慮は建設請負者が策定、実施する。その際、ILOの労働条約を満たすよう請負者との契約に明記し、労働環境の安全を確保する。 (c) 安全教育(安全用具の装着、道交法の順守等)は請負者が策定、実施する。 (d) 警備員への教育(住民対応、苦情処理、勤務態度是正等)は請負者が策定、実施する。
5 その他	(1)工事中の影響	(a) 工事中の汚染(騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等)に対して緩和策が用意されるか。 (b) 工事により自然環境(生態系)に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (d) 工事による道路渋滞は発生するか、また影響に対する緩和策が用意されるか。	(a) Y (b) N (c) Y (d) Y	(a) 工事中の騒音、振動、粉じん、排ガスに対しては、建設機器・車両の適切な管理、アイドリングオフ、マフラー装着等の措置を取る。建設廃棄物は廃棄物処分場で処理を行う (b) 生態系への悪影響は想定されない。 (c) 社会環境に対する悪影響は想定されていない。 (d) 送水管布設、配水管更新工事において交通渋滞が発生する。工事時間帯の考慮、事前告知、迂回ルートの提示等の緩和策を講じる。
	(2)モニタリング	(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等はどのように定められているか。 (c) 事業者のモニタリング体制(組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性)は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。	(a) Y (b) Y (c) Y (d) N	(a) 事業者によるモニタリングが予定されている。 (b) 「ミ」国ではモニタリング制度が未確立となっている。フェーズ1 FS、類似案件等を参照にして任意回数実施する。 (c) 事業者、請負者によるモニタリング体制を提案している。 (d) 「ミ」国ではモニタリング制度が未確立となっている。フェーズ1 FS、類似案件等を参照にして任意回数実施する。
6 留意点	他の環境チェックリストの参照	(a) 必要な場合は、ダム、河川に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること。	(a)-	(a) -
	環境チェックリスト使用上の注意	(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する(廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等)。	(a)-	(a) -

注1) 表中『当該国の基準』については、国際的に認められた基準と比較して著しい乖離がある場合には、必要に応じ対応策を検討する。当該国において現在規制が確立されていない項目については、当該国以外(日本における経験も含めて)の適切な基準との比較により検討を行う。

注2) 環境チェックリストはあくまでも標準的な環境チェック項目を示したものであり、事業および地域の特性によっては、項目の削除または追加を行う必要がある。

11.6 用地取得と非自発的住民移転

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

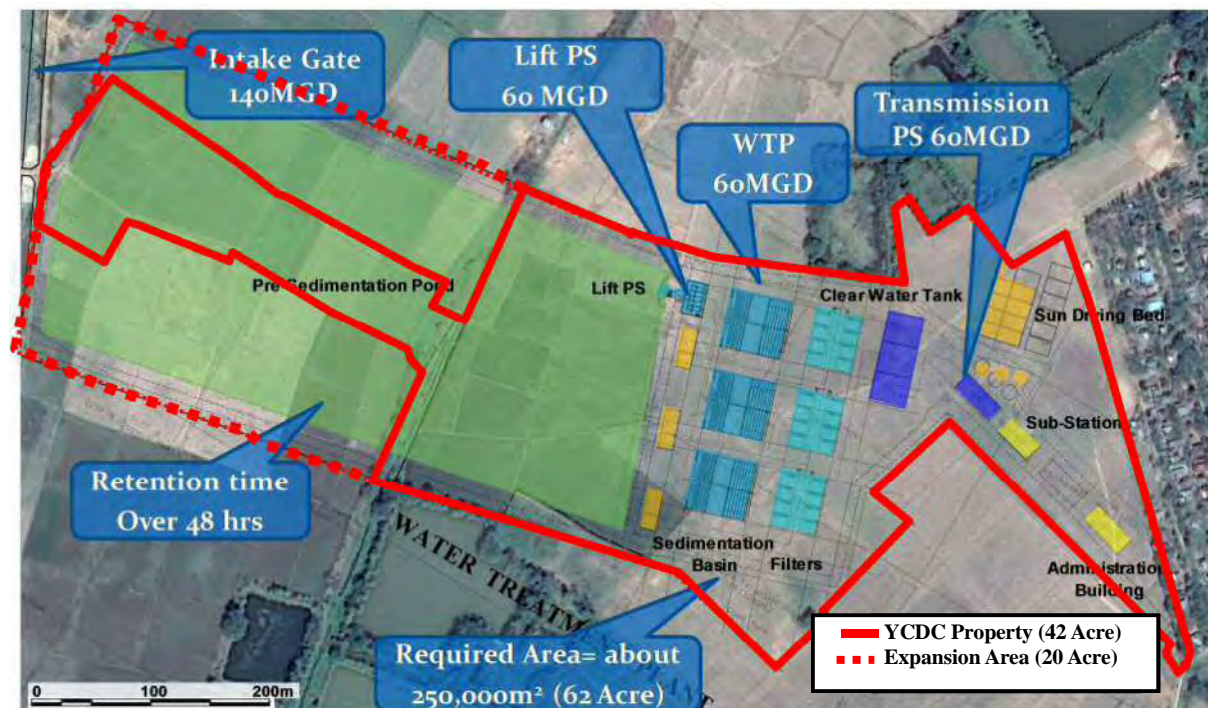
各建設予定地の用地取得状況と非自発的住民移転の要否を以下に示す。

(1) 取水場・浄水場建設用地

浄水場の用地取得に関して、YCDC はヤンゴン地域政府に土地取得に関する許可を申請し、この申請を受けたヤンゴン地域政府は土地管理局に土地台帳の提供を命じた。提供された土地台帳を基にYCDCは12名の土地所有者を特定し、用地取得交渉を実施した。1Acre当たり5百万Kyats（約54万円）で交渉が行われ、合意形成された後、2015年1月、2015年9月に用地売買契約書が締結された。総面積は41.7Acre(168,972 m²)である。用地境界内に不法占拠家屋はなく、非自発的住民移転は発生しなかった。

用地取得価格は土地所有者とYCDCとの合意で決定された。取得地で栽培されていた米は一年生植物であり、YCDCと耕作者の同意のもと、耕作者の収穫時期を待って取得がなされており、作物に対する補償は発生していない。

以下の図・写真に示す通り、浄水場建設用地には南北方向に自然発生した排水路が走っているため、建設工事の際には周辺の既存排水路に排水先を変更する。排水路の切廻しはYCDCが用地整備と併せて実施する。詳細設計時までに進捗状況の確認が必要である。

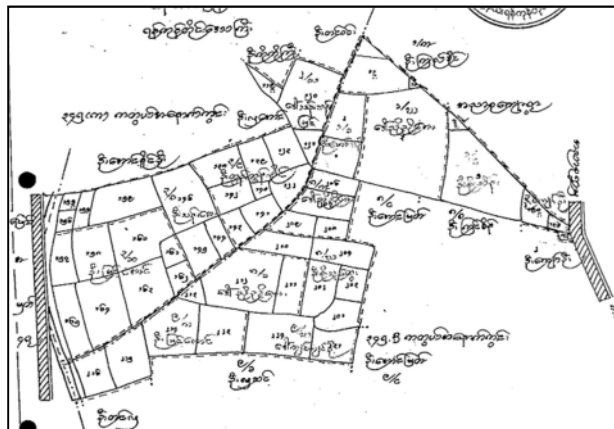


出典：JICA 調査団、背景 Googl Earth

図 11-9 取得済みの浄水場建設用地及び追加取得予定地



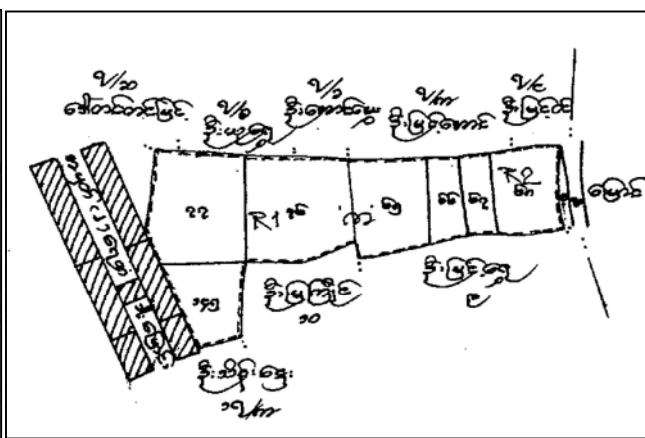
浄水場建設用地



浄水場建設予定地の土地台帳



前沈殿池の建設用地



前沈殿池の建設予定地の土地台帳



既存排水路

出典：JICA 調査団



既存排水路周辺の状況

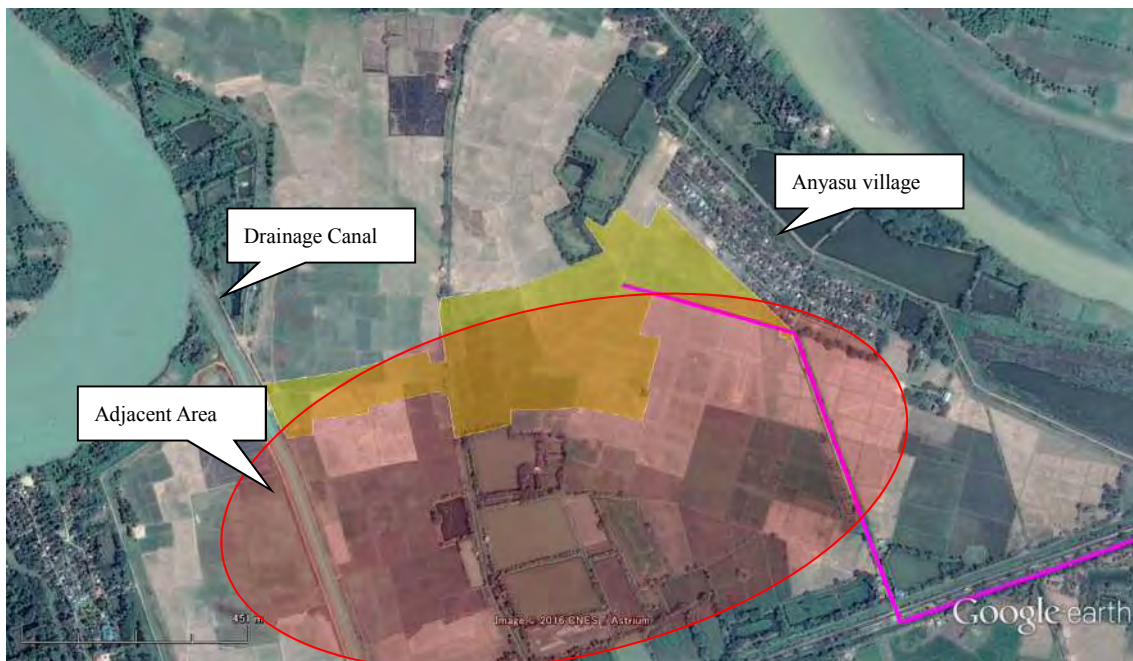
図 11-10 浄水場建設用地の状況と土地台帳

取得済みの用地面積では、浄水場の計画水量 60 MGD に対して 12 時間分の貯留能力しか保持できず、48 時間分の貯留能力をもつ前沈殿池を建設するには面積が不足するため、さらに約 20Acre (80,940 m²) の追加用地が必要となる。YCDC は 2016 年度予算で用地取得をする予定であるが、

買収手続きは取得済みの用地取得と同じである。すなわち、土地台帳に基づき土地所有者を確認し、用地取得交渉を進める。交渉の合意後に、用地売買契約書を締結する。なお、拡張予定地において不法占拠家屋はないため、非自発的住民移転は発生しない。

-再取得価格調査

2015年に浄水場建設用地取得のため支払われた価格5百万Kyats/Acreが再取得価格であったかを調べるため、周辺土地価格相場の調査を実施した。調査に際しては、周辺に不動産屋が存在しなかったため、浄水場に近接するAnyasu村に在住する農民へのヒアリングを行った。



備考: 浄水場に隣接する排水路はMOAIによって2013年に建設され、用地取得の際には2.5百万kyat/acreが支払われた。

出典: JICA 調査団、背景 Googl Earth

図 11-11 再取得価格調査位置図

Anyasu村に在住している農民(男性、50年在住)からのヒアリングの結果、2016年の周辺用地の平均相場価格7百万kyat/acre程度となっていることが分かった。

浄水場建設予定地は周辺の土地に比べて河川に隣接していること、国道5号線からのアクセスが悪いことから、浄水場建設予定地は周辺の用地価格よりも2-3割程度安いと想定されるため、2015年にYCDCが支払った価格5百万kyat/acreは再取得価格であるといえる。

なお、ヤンゴン市周辺では近年土地価格相場が上昇しており、浄水場拡張分の新規取得用地に関して、YCDCではこの土地価格相場の上昇を考慮した価格での用地売買契約を検討中である。

(2) 送配水管布設予定地

- 国道区間

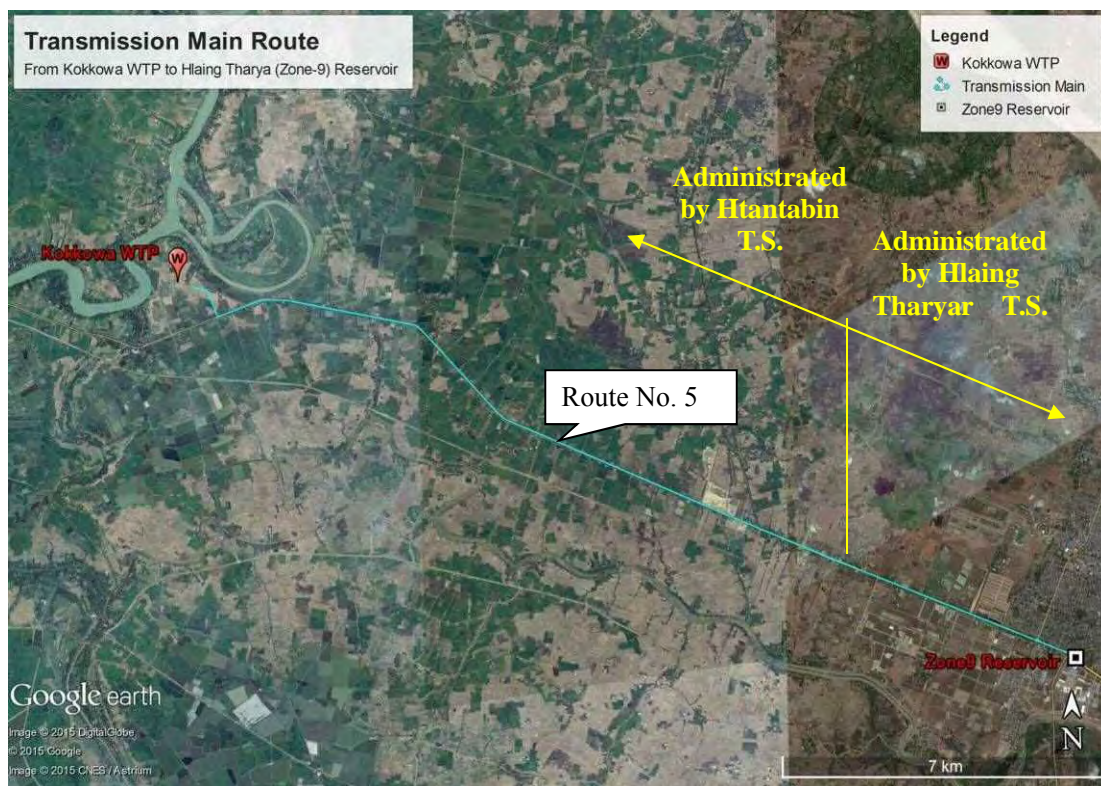
国道5号線沿いに第一期及び第二期の送水管の布設が予定されている。現状の5号線の車線数は、ラインヤ・タウンシップ内は4車線(片側2車線)、タンタビン・タウンシップ内は2車線(片側1車線)となっ

ているが、MOC が管理する道路境界 (ROW) は 45.75 m となっており、現時点では具体的な計画はないものの、将来的な人口増加や物流の発達に伴う交通量の増加から、道路が拡幅される可能性がある。現在、既存道路沿いには多くの不法占拠家屋が存在するため、道路境界端の窪地が管路布設位置として計画されている。

ココワ浄水場は 2025 年までに 60MGD まで拡張されるため、国道 5 号線沿いには以下の管路の布設が予定されている。

- φ1600mm 新設送水管 (浄水場から配水ゾーン 9 配水池)
- φ1600mm 新設送水管 (配水ゾーン 9 配水池から配水ゾーン 1 配水池)
- 新設配水管 (配水ゾーン 9 配水池から配水ゾーン 9 給水区域、YCDC 建設予定)

国道 5 号線は浄水場と配水ゾーン 9 配水池を結ぶ唯一の道路となっている。



出典：JICA 調査団、背景 Googl Earth

図 11-12 国道 5 号線沿いの送水管布設位置

なお、2015 年 11 月 30 日付で締結された YCDC-JICA の協議録において、YCDC と JICA は以下の項目について確認している。

- 送水管は国道 5 号線沿いの MoC、ヤンゴン地域政府、または YCDC の管轄用地内に布設される。YCDC は関連機関に対して管路布設位置に関する情報を共有する。
- 国道 5 号線沿いにはガス管の布設も実施されているため、YCDC と JICA はこのガス管布設位置を避けることに留意する。
- 管路布設位置には送電鉄塔が存在するため、YCDC は MoEE と YESC に対して管路布設位置に関する情報を共有する。

JICA 調査団は、送水管計画位置上の事業による被影響住民 (PAPs) に対し、社会経インタビュー調査の実施と併せて、事業概要等を説明した。当該インタビュー調査の結果 (11.8.2 に後述) から、タンタビン・タウンシップ内のココア浄水場からラインタヤ・タウンシップ内のゾーン 9 配水池までの国道 5 号線沿いの送水管の計画位置上に計 7 軒の不法占拠世帯/商業施設の存在を特定した。

(3) 河川横断ヶ所

浄水場から配水ゾーン1に水を送るために、ライン川を横断して送水管を布設する。河川横断方法として、シールド工法を提案しており、発進立坑、発進立坑用作業ヤード、到達立坑のスペースが必要である。発進立坑及び発進立坑用作業ヤードは MoAI の用地内に、到達立坑は市道上を予定しているため、用地取得の必要はなく、非自発的住民移転は発生しない。



出典：JICA 調査団、背景 Googl Earth

図 11-13 ライン川横断の計画箇所



発進立坑、作業ヤード予定地



到達立坑予定地

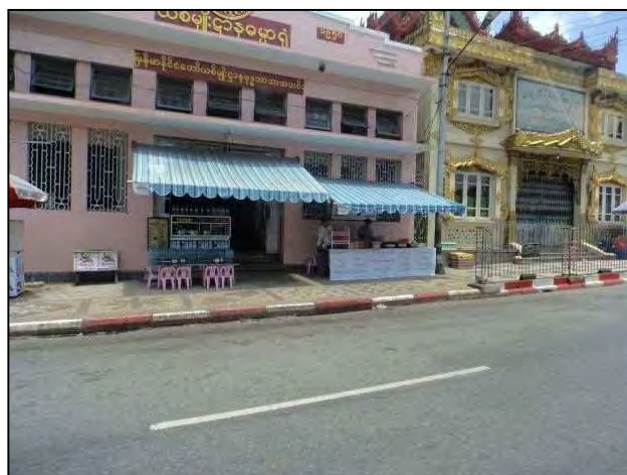
出典：JICA 調査団

写真 11-1 河川横断の建設予定地

「ミ」国では公用地の一時占用に関する法的手続きは未制定であるが、YCDC と MoAI との間で MoAI 用地内のシールド工事時の一時占用に関する事前協議は既に実施された。YCDC は用地占用に関する承認レターの発行を MoAI に要請中である。

(4) 市道区間

送水管布設位置は、YCDC 管轄の市道の道路下あるいは側道であるため用地取得、非自発的住民移転は発生しない。



ヤンゴン市内の市道



セントラル配水池付近の市道

出典：JICA 調査団

写真 11-2 管理設の予定地(市道)の状況

(5) 配水池建設予定地

1) ゾーン9 配水池

ゾーン9 配水池の建設予定地は、国道5号線とライン川道路とがY字に交差するロータリーの東側に位置する YCDC 管轄の公園である。YCDC 所有の土地となっており、用地取得、非自発的住民移転は発生しない。



ゾーン9 配水池の建設予定地



ゾーン9 配水池の建設予定地

出典：JICA 調査団

写真11-3 ゾーン9配水池の建設予定地の状況

2) 配水ゾーン1 コカイン配水池

配水ゾーン1内にあるコカイン配水池は既存施設である。YCDC 所有の土地であり、用地取得、非自発的住民移転は発生しない。



出典：JICA 調査団

写真11-4 配水ゾーン1既存コカイン配水池の状況

3) 配水ゾーン1 セントラル配水池

配水ゾーン1内にあるセントラル配水池は既存施設である。YCDC 所有の土地であり、用地取得、非自発的住民移転は発生しない。



出典：JICA 調査団

写真11-5 配水ゾーン1既存セントラル配水池の状況

(6) 配水管網整備予定地

配水管網は YCDC が管理する既存の道路下に布設する予定であり、用地取得、非自発的住民移転は発生しない。

11.6.2 住民移転に係る現地法制度

(1) 法制度の概要

「ミ」国の用地取得と住民移転に関して全て網羅した法規は未制定となっており、1894年に制定されたThe Land Acquisition Actが基本的な法的根拠となっている。

住民移転に関する記載はいくつかの法律で確認できるが、厳密な法的手続き等については未制定となっている。以下に用地取得と住民移転に係る主な関連法規を示す。

用地取得と住民移転に係る主な関連法規

- ・ Farmland Law, 2012
- ・ Farmland Rules, 2012
- ・ Vacant, Fallow and Virgin Lands Management Law, 2012
- ・ Vacant, Fallow and Virgin Lands Management Rules, 2012
- ・ Constitution of the Republic of the Union of Myanmar, 2008
- ・ Forest Law, 1992
- ・ Transfer of Immovable Property Restriction Law, 1987
- ・ The Law Amending the Disposal of Tenancies Law, 1965
- ・ The Lower Burma Town and Village Land Act, 1899
- ・ Land Acquisition Act, 1879 (Amended in 1937 (Adaptation of Laws Orders), and 1940 (Burma Act 27)
- ・ The Land and Revenue Act 1876 (Amended in 1945 (Burma Act No 12), 1946 (Burma Act No 64), and 1947 (Burma Act No 6)
- ・ The Lower Burma Land Revenue Manual, 1876
- ・ Development Committee Law, 1993

(2) 住民移転にかかる JICA の方針

住民移転にかかる JICA の方針を参考として 11.7.9 の最終頁に示す。

(3) JICA 環境社会配慮ガイドラインとの相違点

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点を下表に示す。

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

No.	JICA 環境ガイドライン	「ミ」国法規	JICA環境社会配慮ガイドラインと「ミ」国法規との相違点	相違点への対応
1	非自発的住民移転及び生計手段の喪失は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。	該当なし	非自発的住民移転及び生計手段の喪失の回避、最小化に関する規定は定められていない。	非自発的住民移転及び生計手段の喪失の回避、最小化を目的とした代替案を検討する。
2	非自発的住民移転が回避できない場合には、影響を最小化し、損失を補償するために、実効性ある対策が講じられなければならない。	公共利用のための用地取得の対象となる土地所有者に対して補償が提供される。 (Farmland Law (2012) Art. 26, Farmland Rules (2012) Art. 64)	特になし。	-
3	非自発的住民移転及び生計手段の喪失の影響を受ける者に対しては、移転住民が以	土地取得によって損害を受ける農産物や樹木、土地、建物等の財産、移転のため	移転住民の生活水準の向上もしくは維持についての規定は定められ	移転住民の生活水準を実施前のレベルまで向上させる。

No.	JICA 環境ガイドライン	「ミ」国法規	JICA環境社会配慮ガイドラインと「ミ」国法規との相違点	相違点への対応
	前の生活水準や収入機会、生産水準において改善又は少なくとも回復できるよう、十分な補償及び支援が与えられなければならない。	の費用、経済活動等に対して補償が提供される。 (Land Acquisition Act (1894) Art. 23, Farmland Rules (2012) Art. 67)	ていない。	
4	補償は、可能な限り再取得価格に基づき、行われなければならない。	作物補償に関しては市場価格の3倍で提供されるものとする。 (Farmland Rules (2012) Art. 67)	特になし。	-
5	補償や支援は、移転前に行われなければならない。	補償が移転前に行われていない場合、利子を含む補償が提供される必要がある。	補償支払いの時期に関する詳細な記述はない。	補償や支援は移転前に実施する。
6	協議に際しては、影響を受ける人々が理解できる言語と様式による説明が行われていなければならない。	該当なし	-	住民協議は影響住民が理解可能な説明によって実施する。
7	影響を受ける人々やコミュニティのため、適切で利用可能な苦情処理システムが構築されなければならない。	1) 影響住民の補償に関する異議申し立ては補償受領後6週間以内であれば行うことができる。 2) 影響住民の代表への補償に関する異議申し立ては i)補償通知後6週間以内、もしくはii)補償受領後6カ月以内であれば行うことができる。(Land Acquisition Act (1894) Art. 18)	異議申し立ては裁判所を通して行うこととされており、影響住民にとって簡便な苦情処理システムではない。	影響住民にとって簡便な苦情処理システムを確立する。
8	被影響住民は、補償や支援の受給権を確立するため、初期ベースライン調査(人口センサス、資産・財産調査、社会経済調査を含む)を通じて特定・記録される。これは、補償や支援等の利益を求めて不当に人々が流入することを防ぐため、可能な限り事業の初期段階で行われることが望ましい。	公共利用による用地収用に関する通知は公報上及び関係機関に都合のよい場所で公開される。 (Land Acquisition Act (1894) Article 4)	被影響住民に対する受給権の初期段階での確立に関する詳細な記述はない。	受給権の確認のための初期ベースライン調査を実施予定。
9	補償や支援の受給権者は、土地に対する法的権利を有するもの、土地に対する法的権利を有していないが、権利を請求すれば、当該国の法制度に基づき権利が認められるもの、占有している土地の法的権利及び請求権を確認できないものとする。	対象となる土地所有者は補償を請求する権利を有する。 (Land Acquisition Act (1894) Article 9)	補償や支援の受給権者に関する要件に関する詳細な記述はない。	事業実施による収入、財産への負の影響を受ける住民を受給権者とする。
10	移行期間の支援を提供する。	該当なし	-	移行期間の支援を提供する。
11	移転住民のうち社会的な弱者、得に貧困層や土地なし住民、老人、女性、子ども、先住民族、少数民族については、特段の配慮を行う。	該当なし	-	社会的弱者に対する配慮を行う。
12	200人未満の住民移転または	該当なし	-	本事業では200人未満の

No.	JICA 環境ガイドライン	「ミ」国法規	JICA環境社会配慮ガイドラインと「ミ」国法規との相違点	相違点への対応
	用地取得を伴う案件については、移転計画(要約版)を作成する。			住民移転が発生するため、移転計画(要約版)を作成する。

出典：JICA 調査団

11.7 住民移転計画

11.7.1 住民移転にかかる基本方針

本事業において YCDC は各施設の建設段階などで発生する負の影響を最小化するための方策を実施する責任を負う。住民移転計画を作成する主な目的は、非自発的住民移転が必要な被影響住民に対して再取得価格による補償を実施することである。

住民移転にかかる基本方針として次に示す JICA ガイドラインに従う。

- a) 非自発的住民移転及び生計手段の喪失は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。
- b) このような検討を経ても回避が可能でない場合には、影響を最小化し、損失を補償するために、実効性ある対策が講じられなければならない。
- c) 移転住民には、移転前の生活水準や収入機会、生産水準において改善又は少なくとも回復できるような補償・支援を提供する。
- d) 補償は可能な限り再取得費用に基づかなければならない。
- e) 補償やその他の支援は、物理的移転の前に提供されなければならない。
- f) 非自発的住民移転及び生計手段の喪失にかかる対策の立案、実施、モニタリングには、影響を受ける人々やコミュニティの適切な参加が促進されていなければならない。
- g) 影響を受ける人々やコミュニティからの苦情に対する処理メカニズムが整備されていなければならない。

上記の原則は世界銀行 OP 4.12 によって補完される。世銀 OP 4.12 に基づき追加すべき主な原則は以下のとおりである。

- a) 被影響住民は、補償や支援の受給権を確立するため、初期ベースライン調査（人口センサス、資産・財産調査、社会経済調査を含む）を通じて特定・記録される。これは、補償や支援等の利益を求めて不当に人々が流入することを防ぐため、可能な限り事業の初期段階で行われることが望ましい。
- b) 移行期間の支援を提供する。
- c) 移転住民のうち社会的な弱者、得に貧困層や土地なし住民、老人、女性、子ども、先住民、少数民族については、特段の配慮を行う。
- d) 200 人未満の住民移転または用地取得を伴う案件については、移転計画(要約版)を作成する。

被影響住民とは事業実施によって生活水準や家屋、財産、収入機会に負の影響を被る住民であり、再取得価格とは以下の通り定義される。

- ・ 住宅及びその他の構造物については、影響を受ける構造物と類似のもしくはそれ以上の面積及び質を備えた代替構造物を建築するため、または部分的に影響を受ける構造物の修繕のための建材の市場価格に、建築現場までの建材の輸送費、人件費及び請負料、ならびに登録税及び譲渡税を加えた額である。
- ・ 再取得価格を求める際、当該資産の減価償却及び発生材価値は考慮に入れず、影響を受ける資産の評価から控除される当該プロジェクトからの利益の価値も考慮しない。

11.7.2 用地取得・住民移転の規模・範囲

人口センサス調査及び財産・用地調査は、被影響住民と補償対象となる資産の確認のために実施される。これらの調査は全ての被影響住民とその資産が対象となっており、通常、カットオフデイトは、人口センサス調査開始日に設定され、線引き後のさらなる人口流入を防ぐことを目的としている。カットオフデイト以後に対象地域に流入した住民は補償の対象外となる。YCDC は人口センサス調査の開始日をカットオフデイトとして設定し、住民協議及び公共の場においてこれを広く通知しなければならない。

11.7.3 補償・支援の具体策

(1) 補償対象

住民移転計画は、被影響住民が損失する財産を再取得するための十分な機会を与え、事業実施以前の生活水準まで改善することを目的とする。この目的を達成するためには、全ての被影響住民を特定し、適切な緩和策が実施されることが必要となる。

被影響住民は損失する全ての不動産及び移転後使用不可となる動産、及び作物に対して補償を受ける権利を有する。占有している土地の権利及び請求権を有していない住民も被影響住民として考えるが、この場合は不動産、及び作物は補償の対象とならない。損失の種類毎の補償・支援内容等を下表に示す。

表 11-17 エンタイトルメントマトリクス

損失の種類	受給者	補償内容	責任機関
土地	土地所有者	再取得価格に基づく補償金の供与	1. 損失資産の確認：円借款 本体コンサルタント 2. 補償金額の算定：円借款 本体コンサルタント 3. 補償金額の承認：YCDC 4. 補償金の供与：YCDC
土地を基にした収入	土地所有者	再取得価格に基づく補償金の供与	
固定資産	資産所有者	再取得価格に基づく補償金の供与	
	樹木所有者	市場価格に基づく補償金の供与 (例えば樹木になる果実の補償等)	
動産	動産所有者	市場価格に基づく補償金の供与 (移転後使用不可となる場合のみ)	
	家畜所有者		
収入機会	業務従事者	移転期間中の所得分に基づく補償金の供与 生活再建策による収入機会の付与	1. 損失収入の確認：円借款 本体コンサルタント 2. 生活再建策の策定： YCDC, NGO 3. モニタリング：YCDC

出典：JICA 調査団

(2) 生活再建策

生活再建策（IRP）は移転対象となる被影響住民の収入機会を事業実施前の基準にまで向上させることを目的とし、生活再建策に対するニーズ調査の結果を踏まえて実施される。生活再建策に対するニーズ調査の要約を以下に示す。

1. 目的

人口センサス調査、及び社会経済調査の結果を基に、生活再建策に対するニーズを調査する。

2. 調査対象

非自発的住民移転が発生する送水管布設位置の住民を対象とする。

3. 調査内容

- 損失資産と収入機会
- 生活補助、職業訓練、雇用機会の提供を含む生活再建策に対するニーズ

4. 調査方法

生活再建策に対するニーズは人口センサス調査、及び社会経済調査の結果を基に確認される。調査結果に関しては全て生活再建策に記載され、これを基に生活再建策が策定される。

5. スケジュール

人口センサス調査、社会経済調査：本調査で社会経済インタビュー調査を実施した（項目 11.8.2 参照）。

生活再建策に対するニーズ調査：ヤンゴン地域政府により実施予定である。

生活再建策は収入機会の向上による経済的支援で構成されている。転職、及び職業訓練を希望している被影響住民が対象となる。生活再建策は男性だけでなく、就業年齢に達している女性も対象としている。収入機会の向上のための職業訓練は実施機関によっていくつかの方法が考慮される。

生活再建策の詳細な内容については被影響住民との住民協議に基づいて最終化されるが、主に 3 つの方法（職業訓練、生計管理支援、雇用機会提供）に大別される。それに加えて、内部モニタリングと外部モニタリングによるフォローアップも考慮される。生活再建策を効果的に実施するため、各機関を包括した横断的な組織が設置される必要がある。

i) 職業訓練

実施機関は被影響住民の収入機会を増加させるため、下表に示す様々な職業訓練を提供する。

表 11-18 生活再建策による職業訓練案

No.	大分類	小分類	実施機関	内容	訓練期間	概算費用 (MNK/ Person)	訓練場所
1	建設作業	建設作業（道路工、大工、石工、電気工、配管工等）	YCDC	説明・講義、実技指導、実地研修、技術アドバイス	6 週間	125,000	指定職業訓練所

No.	大分類	小分類	実施機関	内容	訓練期間	概算費用 (MNK/ Person)	訓練場所
		機械作業（土木機械、重機、ポンプ機器操作等）			6週間	38,000	
2	小売業	木工品販売	YCDC, NGO (Capacity Building Initiative, PACT in Myanmar. etc.)	説明・講義、実技指導、実地研修、技術アドバイス	30日間	180,000	指定職業訓練所
		食品加工			7日間	55,000	
		仕立て、服飾			3カ月	150,000	
3	畜産業、農業	家禽飼育	YCDC, NGO (Capacity Building Initiative, PACT in Myanmar. etc.)	実技指導、現地視察、技術アドバイス	5-15日間	-	作業現場
		小規模農業（野菜、換金作物、果樹等）			5-15日間	-	

出典：JICA 調査団

ii) 生計管理支援

技術指導と教育を通じた生活環境の向上を目的とし、グループ分け（必要な規則を整備したグループの構成）、生計管理指導（銀行口座の開設、補償金受領後の生計管理方法）、衛生教育（健康維持に関する指導）を実施する。

iii) 雇用機会提供

建設段階と運転段階における被影響住民に対する雇用機会がミャンマー国労働・入国管理・人口省の労働局より優先的に提供される。

iv) フォローアップ

生活再建策の実施状況についてモニタリングが実施され、必要であれば適切な追加支援を実施する。生活再建策は住民移転完了後、参加型ワークショップによって開始される。

11.7.4 苦情処理メカニズム

補償金、建設時の損害等に対する不満をもつ被影響住民の苦情に対応するために、いくつかの段階を含む苦情処理メカニズムが策定される必要がある。YCDC は詳細な苦情処理メカニズムを策定し、簡易住民移転計画ではその手順について記載する。苦情処理メカニズムの主な内容については以下の通りである。

a) 第一段階

補償プロセスに対して不満を有する住民はまず地域の自治体に対して口頭、もしくは文書による異議申し立てを行い、受領より 30 日以内に問題解決に至らない場合には第二段階へと進む。

b) 第二段階

第一段階における対応に不満を有する住民は YCDC が設立する苦情処理機関に対して異議申し立てを行う。この苦情処理機関は 30 日以内に対応策を提案することとする。

c) 第三段階

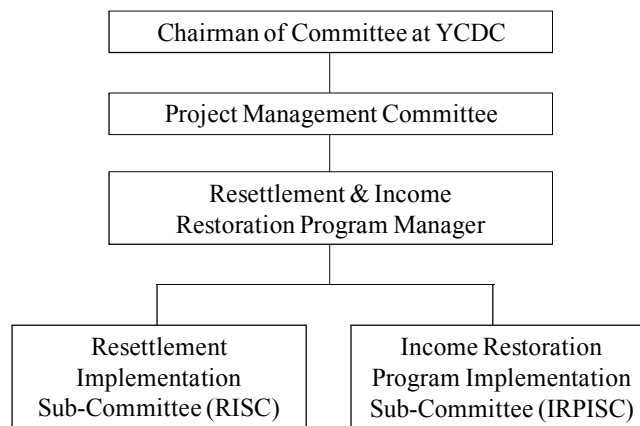
苦情処理機関による対応に不満を有する住民はミャンマー法に則った法的措置に訴えることとなる。

YCDC は住民の苦情に関する全ての活動、経緯を記録する。

11.7.5 実施体制

YCDC は簡易住民移転計画実施に関する責任機関となり、住民移転と生活再建策に関する小委員会を設立する。組織の概念図を下図に示す。

- ・ 住民移転に関する小委員会 (RISC) は、被影響住民との協議を実施し住民移転に関する支援、及び苦情処理、モニタリング等を行う。
- ・ 生活再建策に関する小委員会 (IRPISC) は、被影響住民の意向を反映した生活再建策を最終化し、実施、フォローアップまでを行う。



出典：JICA 調査団

図 11-14 補償体制に係る組織の概念図

これらの組織は YCDC の水供給・衛生局のスタッフによって構成され、水供給・衛生局のチーフエンジニアによって管轄されることが予定されている。

11.7.6 住民移転・補償に係る実施スケジュール

住民移転・補償に係る実施スケジュールは下表の通り想定している。ただし、状況変化に伴い手順あるいはスケジュールは変更されるため暫定スケジュールであり、実施前に確定される。

表 11-19 住民移転・補償に係る暫定スケジュール

Items	Months	0	1	2	3	4	5	6
Completion of Detailed Design			▼					
Preparation and agreement of detail payment plan (amount and mode)	1M							
Award of assistances	3.5M							
Relocation of PAPs	1M							
Organization of IRP Implementation Committee	1M							
Registration for IRP	1M							
Implementation of IRP	3M							
Monitoring and evaluation	3M+α							

出典：JICA 調査団

11.7.7 費用と財源

家屋の建設費、移転費、土地・財産の再取得費を含む補償費用は人口センサス調査と社会経済調査の結果から算出される。また、土地に関する補償費用については土地所有者との交渉に基づいた契約金額とする。

YCDC は補償費用の支払いに関する責任を負い、事業による負の影響を被る住民全てに対して十分な補償と適切な緩和策を実施する。被影響住民には全損失財産に対する補償が実施されるべきであり、補償費用と生活再建策に関する費用は YCDC の水供給・衛生局の予算に計上される。

11.7.8 モニタリング

YCDC は簡易住民移転計画の進捗状況をモニタリングし、その結果について JICA に定期的に報告しなければならない。

モニタリングの目的は、生活再建策の進捗確認、住民移転の進捗確認、進捗に対する対応策の実施、が挙げられる。

モニタリングにおける主な確認事項は以下の通りである。

- － 苦情処理システムの効果と問題
- － 生活再建策実施状況
- － 生活再建策実施において発生する問題（実施スケジュール、予算・人事、関連組織の促進）

IRPISC はモニタリング報告書を住民移転完了後の段階で YCDC に提出する。記載事項は以下の通りである。

- － 生活再建策の指針と対象人数
- － 生活再建策の進捗
- － 住民移転先の状態
- － 苦情処理段階において発生した問題と解決策

評価方法は移転前後の非影響住民の社会経済状況と満足度の比較による。社会経済状況と満足度はモニタリング実施時の住民へのインタビューを基に確認される。もし簡易住民移転計画と生活再建策の目的が達成されていない場合には、RISC と IRPISC、及び関連機関によって適切な解決策が提案される。

11.7.9 住民協議と情報公開

簡易住民移転計画の準備段階においては被影響住民の意見を聴取、反映することとし、現地語訳をした上で最終化される。住民との協議は現地語によって実施し、十分な検討期間を設けることとし、全対象住民が簡易住民移転計画の内容について理解できるようにする。

簡易住民移転計画は住民に対する配慮を含み、協議の結果についても網羅する必要がある。また、YCDC は住民に対してこの簡易住民移転計画を広く公表する。住民協議において説明すべき事項は以下の通りである。

- －事業概要
- －人口センサス調査と社会経済調査の結果
- －補償方針・内容

参考資料：非自発的住民移転に関する JICA の補償方針（英和文併記）

The key principle of JICA policies on involuntary resettlement is summarized below.
Involuntary resettlement and loss of means of livelihood are to be avoided when feasible by exploring all viable alternatives. (非自発的住民移転及び生計手段の喪失は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。)

When, population displacement is unavoidable, effective measures to minimize the impact and to compensate for losses should be taken. (このような検討を経ても回避が可能でない場合には、影響を最小化し、損失を補償するために、実効性ある対策が講じられなければならない。)

People who must be resettled involuntarily and people whose means of livelihood will be hindered or lost must be sufficiently compensated and supported, so that they can improve or at least restore their standard of living, income opportunities and production levels to pre-project levels. (移転住民には、移転前の生活水準や収入機会、生産水準において改善又は少なくとも回復できるような補償・支援を提供する。)

Compensation must be based on the full replacement cost⁸ as much as possible. (補償は可能な限り再取得費用に基づかなければならない。)

Compensation and other kinds of assistance must be provided prior to displacement. (補償やその他の支援は、物理的移転の前に提供されなければならない。)

For projects that entail large-scale involuntary resettlement, resettlement action plans must be prepared and made available to the public. It is desirable that the resettlement action plan include elements laid out in the World Bank Safeguard Policy, OP 4.12, Annex A. (大規模非自発的住民移転が発生するプロジェクトの場合には、住民移転計画が、作成、公開されていなければならない。住民移転計画には、世界銀行のセーフガードポリシーの OP4.12 Annex A に規定される内容が含まれることが望ましい。)

In preparing a resettlement action plan, consultations must be held with the affected people and their communities based on sufficient information made available to them in advance. When consultations are held, explanations must be given in a form, manner, and language that are understandable to the affected people. (住民移転計画の作成に当たり、事前に十分な情報が公開された上で、これに基づく影響を受ける人々やコミュニティとの協議が行われていなければならない。協議に際しては、影響を受ける人々が理解できる言語と様式による説明が行われていなければならない。)

Appropriate participation of affected people must be promoted in planning, implementation, and monitoring of resettlement action plans. (非自発的住民移転及び生計手段の喪失にかかる対策の立案、実施、モニタリングには、影響を受ける人々やコミュニティの適切な参加が促進されていなければならない。)

Appropriate and accessible grievance mechanisms must be established for the affected people and their communities. (影響を受ける人々やコミュニティからの苦情に対する処理メカニズムが整備されていなければならない。)

⁸ Description of “replacement cost” is as follows.

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

Above principles are complemented by World Bank OP 4.12, since it is stated in JICA Guideline that “JICA confirms that projects do not deviate significantly from the World Bank’s Safeguard Policies”. Additional key principle based on World Bank OP 4.12 is as follows. (また、JICA ガイドラインには、「JICA は、環境社会配慮等に関し、プロジェクトが世界銀行のセーフガードポリシーと大きな乖離がないことを確認する。」と記載していることから、上記の原則は、世界銀行 P 4.12 によって補完される。世銀 OP 4.12 に基づき追加すべき主な原則は以下のとおりである。)

Affected people are to be identified and recorded as early as possible in order to establish their eligibility through an initial baseline survey (including population census that serves as an eligibility of cut-off date, asset inventory, and socioeconomic survey), preferably at the project identification stage, to prevent a subsequent influx of encroachers who wish to take advance of such benefits. (被影響住民は、補償や支援の受給権を確立するため、初期ベースライン調査 (人口センサス、資産・財産調査、社会経済調査を含む) を通じて特定・記録される。これは、補償や支援等の利益を求めて不当に人々が流入することを防ぐため、可能な限り事業の初期段階で行われることが望ましい。)

Eligibility of Benefits include, the PAPs who have formal legal rights to land (including customary and traditional land rights recognized under law), the PAPs who don't have formal legal rights to land at the time of census but have a claim to such land or assets and the PAPs who have no recognizable legal right to the land they are occupying. (補償や支援の受給権者は、土地に対する法的権利を有するもの、土地に対する法的権利を有していないが、権利を請求すれば、当該国の法制度に基づき権利が認められるもの、占有している土地の法的権利及び請求権を確認できないものとする。)

Preference should be given to land-based resettlement strategies for displaced persons whose livelihoods are land-based. (移転住民の生計が土地に根差している場合は、土地に基づく移転戦略を優先させる)

Provide support for the transition period (between displacement and livelihood restoration. (移行期間の支援を提供する。)

Particular attention must be paid to the needs of the vulnerable groups among those displaced, especially those below the poverty line, landless, elderly, women and children, ethnic minorities etc. (移転住民のうち社会的な弱者、得に貧困層や土地なし住民、老人、女性、子ども、先住民族、少数民族については、特段の配慮を行う。)

For projects that entail land acquisition or involuntary resettlement of fewer than 200 people, abbreviated resettlement plan is to be prepared. (200 人未満の住民移転または用地取得を伴う案件については、移転計画 (要約版) を作成する。)

In addition to the above core principles on the JICA policy, it also laid emphasis on a detailed resettlement policy inclusive of all the above points; project specific resettlement plan; institutional framework for implementation; monitoring and evaluation mechanism; time schedule for implementation; and, detailed Financial Plan etc. (上記の主要原則に加え、各事業の住民移転計画、実施体制、モニタリング・評価メカニズム、スケジュール、詳細な資金計画も必要である。)

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

11.8.1 浄水場事業に関する SHM

コックア浄水場事業に係る SHM は、以下の通り YCDC により計 2 回開催された。

(1) 周辺住民等への事業説明会 (2015 年 4 月)

YCDC は浄水場用地に隣接する Anyasy 村でコックア浄水場の建設事業に関する説明会を、2015 年 4 月の 2 日間で実施した (下表参照)。

表 11-20 Anyasu 村の寺院における YCDC による事業説明会

項目	概要	
1. 開催日	2015 年 4 月 11 日及び 12 日	
2. 会場	Anyasu 村寺院	
3. 参加者	組織/役職等	計
	YCDC (EDWS): Chief Engineer, Deputy Chief Engineer (計 3), Executive Engineer, Assistant Chief Engineer, Assistant Engineer,他の YCDC 職員	約 150 人
	コミュニティー長 (Htan Tapin タウンシップ) 村落長 (Htan Tapin タウンシップ)	
	Anyasu 村寺院聖職者	
Anyasu 村民 Pandaing 村民		
4. 内容	<ul style="list-style-type: none"> - 事業概要及び利点等の説明 - 事業に対する宗教的儀式 	
   		

出典: YCDC

YCDC によると、この説明会は、地元の高僧と近隣住民を招待し事業の成功を祈る宗教的儀式を含む伝統的な方法で開催されたとのことである。従って、議事録などの文書記録は残されていない。

(2) 本事業に関する SHM (2017 年 1 月)

2017 年 1 月、事業に関する SHM が YCDC により開催された。SHM では、下表に示すとおり、20Acre の追加用地取得、用地取得に関する JICA 政策やエンタイトルメント、カットオフデートなどを含む事業概要が説明された。

表 11-21 浄水場サイト事務所における SHM

項目	概要	
1. 日時	2017 年 1 月 11 日 (9:00 am -10:45 am)	
2. 会場	浄水場事業事務所	
3. 参加者	組織/役職等	計
	YCDC (水供給・衛生局)	18
	YCDC (都市計画及び土地管理局(北部地区))	1
	建設省道路局	1
	土地登記局 (Htantabin タウンシップ)	1
	総務局 (Htantabin タウンシップ)	1
	総務局(北部地区)	1
	総務局(Hlaing Tharyar タウンシップ.)	1
	宗教指導者 (Anyasu 村)	1
	宗教指導者 (Ka Twel 村)	1
	村行政官 (Ka Twel 村)	1
	村副行政官 (Pandaing 村)	1
	村副行政官(Anyasu 村)	1
	村民 (Pandaing 村)	16
	村民 (Htantabin 村)	1
	村民 (Anyasu 村)	1
JICA 調査団 (ローカルスタッフ)	1	
	計	48
4. 議題	- 事業経緯、事業概要及び工程 - 環境及び社会影響及び対応策 - 補償に関する JICA 政策及び事業に係るエンタイトルメント、カットオフデート等 - 質疑	





出典: JICA 調査団

1) 環境社会への影響と緩和策

SHM では、スコーピング結果（表 11-12 参照）及び緩和策（表 11-13 参照）に基づき、事業により想定される環境及び社会への影響と提案緩和策が説明された。また、YCDC から、事業はヤンゴン地域住民に対する社会貢献となることや、建設時及び供用時における地元民の雇用の可能性についての説明が参加者に対して行われた。

2) 用地取得に係る補償に関する JICA 政策及びエンタトルメント

用地取得及び移転に関する主要法規（11.6.2 項参照）と、移転政策原則（11.7 項参照）に基づき、補償に関する用地取得に係る JICA 政策及びエンタトルメントが説明された。

3) カットオフデート(Cut-off Date)

用地取得に係るカットオフデートについて以下が説明された。

- ✓ 2015年4月11日及び12日にAnyasu村寺院でYCDCは、ステークホルダーに対する事業説明会（表11-20参照）を開催した。
- ✓ このため、2015年11日は第一回用地取得に関する事実上のカットオフデートであると認識される。
- ✓ さらに、2017年1月11日開催のSHM（表11-21参照）は、特に追加取得予定地20Acreを含む全ての事業用地取得に関する第二のカットオフデートであると認識される。

4) 質疑応答

本 SHM の最後に、ステークホルダーと YCDC との間で質疑応答が実施された。

表 11-22 SHM に於ける質疑応答

質問、協議、コメント等	回答、対応策
(a) When the project is started, YCDC shall consider for job opportunities of the people who live near by the project area.	(a)As presented in the SHM, YCDC will consider the job opportunities.
(b) Land owner should accept the fair land price which will be decided appropriately by Yangon Regional Government as per entitlement matrix and JICA policy on replacement cost. (Monk)	(b) Speech by Monk
(c) How does YCDC evaluate for the price of land per acre? (A land owner)	It will be appraised by

質問、協議、コメント等	回答、対応策
	Yangon Regional Government depends on current price and unit price without abasing to the land owner. However, proof of land ownership is necessary to be compensated. (Htantabin Township Administrator)
(d) Warmly welcome and thanks to the government because their village have to be developed due to this kind of big project. (Pandaing Village Leader)	Comments
(e) They said that they will cooperate and perform for this project to be implemented successfully as it's the government level project and there are a lot of positive impacts and benefits to the people of the project area. (Government Administration Department (Northern District), General Administration Department (Hlaing Tharyar Township), Htantabin Land Record Department Road Department(MOC)	Comments
(f) This project is a beneficial project not only for villagers but also for the Yangon Region people, so he wants the success of it and to negotiate between land owner and concerned departments for required land acquisition. (Ka Twel Village Administrator)	Comments
(g) To submit concerned department for the additional land acquisitions (20Acre is for the Project) which is required for project with appropriate price as per JICA policy.(Deputy Chief Engineer, YCDC(EDWS))	Action to be taken by YCDC
(h) To recognize as 2 nd cut-off date for the date of this SHM for land acquisition. (Deputy Chief Engineer, YCDC(EDWS))	Action to be taken by YCDC
(i) To negotiate for fair price with Katwe Village, Pandaing Village, Anyasu Village land owners and farm owners not to abase them. (Deputy. Chief Engineer)	Action to be taken by YCDC

注：インタビューは YCDC がミャンマー語で行い、英語にまとめているので、口頭によるニュアンスを残すため上表は英語表記のままとしている。

出典: JICA 調査団

SHM の詳細は、YCDC 作成の議事録（添付図書 15 参照）、及び JICA 調査団作成の議事録に記載されている（添付図書 16 参照）。

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

2017 年 1 月、本調査団のローカル調査員は、国道 5 号線沿いの送水管計画位置上の不法占拠世帯/商業施設に関する社会経済インタビュー調査を以下の通り実施した。

(1) 目的

- ✓ 計画された送水管位置上の不法占拠世帯/商業施設の現状を把握すること。
- ✓ 不法占拠民に対し、事業概要、環境社会影響・対応策、移転に関する JICA 政策、不法占拠に係るエンタイトルメント、カットオフデート、及び事業工程などを説明すること。
- ✓ 不法占拠世帯/商業施設の社会経済状況を調査すること。
- ✓ 不法占拠民からの意見聴取等を行うこと。

(2) 調査方法

1) 送水管計画位置の確認

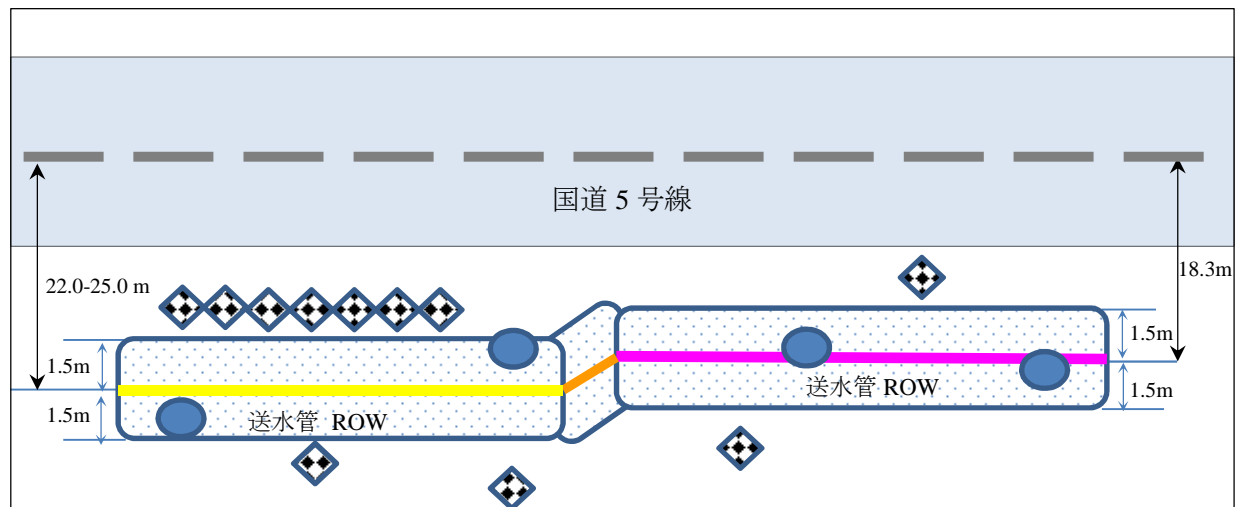
国道5号線の現況、及び本調査の送水管の計画に基づき、送水管計画位置を以下の方針で現場確認した(下図参照)。

- a. 管計画位置は国道5号線の中央線から18.3mとする(下図のピンク線)。
- b. 上記a.の位置に不法占拠世帯や障害物が存在する場合、管計画位置を国道5号線の中央線から22~25m位置に移動する(下図の黄色線)。
- c. 国道5号線の北側における管計画位置はYCDC道路下にあるため、不法占拠世帯は存在しない。

2) 送水管占用範囲の明確化と位置決定

YCDCと社会経済インタビュー調査員との協議及び、JICA調査団からの技術仕様や指示に基づき、送水管占用範囲を以下の通りとした(下図参照)。

- ✓ 計画送水管の管径は1.6mである。
- ✓ 送水管敷設工事に必要な緩衝地帯及び安全地帯を考慮し、本調査での送水管占用範囲は送水管の計画中央線から ± 1.5 mの範囲(つまり幅3m)とした。



- 調査で確認された送水管 ROW (Right of Way) 上の不法占拠世帯/商業施設
- ◆ 調査で確認された送水管 ROW の外にある不法占拠世帯/商業施設 (インタビュー対象外)

出典: JICA 調査団

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

3) 不法占拠世帯/商業施設に確認

2017年1月16日及び17日の2日間で、送水管を敷設するタングビン・タウンシップとラインタヤ・タウンシップの2つのタウンシップにおいて、インタビュー調査を実施した。

調査の結果、計41の不法占拠世帯等が送水管占用範囲の周辺で確認され、そのうち送水管占用範囲上で、6つの不法占拠世帯/商業施設、及び1つの簡易宗教施設が確認された(下図及び下表参照)。なお、インタビュー調査の詳細は添付図書17に整理した。



出典: JICA 調査団 (Google Earth Map 利用)

図 11-16 送水管占用範囲上の不法占拠世帯等位置図

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

不法占拠世帯/商業施設番号	タウンシップ	GPS 位置		世帯/商業施設等
1	タントabin	16°53'9.35"N	96°0'14.75"E	精米所・保管所
2	タントabin	16°53'11.17"N	96°0'10.61"E	竹さお店
3	タントabin	16°54'56.32"N	95°56'2.33"E	ヌードル店
4	タントabin	16°54'56.02"N	95°56'2.52"E	雑貨店
5	タントabin	16°54'56.62"N	95°56'2.02"E	店舗 (閉鎖済み)
6	タントabin	16°55'58.7"N	95°54'47.64"E	家屋兼レストラン
7	タントabin	16°56'29.70"N	95°53'13.64"E	地元宗教(仏教)施設

出典: JICA 調査団

(3) インタビュー調査時における事業説明

下表に整理した事業概要、法的状況、環境社会影響、移転政策やエンタイトルメント等について、計 7 つの各不法占拠民に対し、社会経済インタビュー調査の冒頭で、調査員が口頭で説明した。

表 11-24 事業概要及び非自発的移転に係る説明

No.	説明内容	口頭での説明概要
1.	国道 5 号線道路用地内の送水管敷設工事	<ul style="list-style-type: none"> This project can support and improve the distribution of water in the Greater Yangon by YCDC in corporation with JICA. The Project includes a WTP at Kokkowa and about 1.6 m diameter of transmission pipeline. This line will be passed through the Htantabin and Hlaing Tharyar townships. Generally, the pipe alignment is about 18.3 m from the center of the Route No.5. The pipeline ROW of pipe line is about 3 m width. So the affected area is in 16.8 m (55 ft) and 19.8 m (65 ft) for the center of the Route No.5.
2.	本事業に伴う移転の必要性、及び不法占拠の法的状況	<ul style="list-style-type: none"> The transmission pipeline is planned to be constructed the pipeline ROW in which your households/shops are situated. Your occupation status on the pipeline ROW is illegal because the land owner is the

No.	説明内容	口頭での説明概要
		government. • Therefore, you are requested to involuntarily remove your household/shop by the project.
3.	本事業における環境社会配慮及び緩和策	<ul style="list-style-type: none"> • The possible environment and social impacts by this project are air, noise and water pollution and soil degradation during the pipe line construction. Temporary distributing the transportation because of the heavy machines and cutting the private entrances. • Air pollution will be engaged at the construction period due to the transportation the heavy machines and power generators, and exhaust emission and dusting. The mitigation plans are: <ul style="list-style-type: none"> (a) altering work practices to avoid or minimize the generation of dust, (b) Spraying water on roads and tracks, (c) Dust limit vehicle speed on unsealed private road to less than 40 km/hr. • The noise will be generated from the transportation of the heavy machines and pipes during construction stage. • Mitigation plan will be carried out: <ul style="list-style-type: none"> (a) Turn equipment off when not in use, (b) Perform regular inspection and maintenance of construction vehicles and equipment to ensure that they have good quality mufflers installed and worn parts are replaced, (c) Avoid operations at night, where possible. • Soil degradation by removing the vegetation or trees, trenching for the pipeline and muddy soil will be come out from these operation.
4.	不法占拠民に対する非自発的移転に関する JICA 政策及びエンタイトルメント	<ul style="list-style-type: none"> • All the policies, processes, procedures and implementation arrangements are fully consistent with the JICA guidelines and JICA policy as well as relevant laws and regulations of Myanmar. • Namely loss of fixed and movable assets will be compensated in the replacement cost and for loss of income source will be achieve the rehabilitation assistance to restore their livelihoods. • However, the compensation for land is not eligible due to the illegal occupation.
5.	カットオフデート	<ul style="list-style-type: none"> • A cut-off date can be defined as the first date of the interview survey to the Project Affected Persons (PAPs) on the pipeline ROW. • Namely, any persons who occupy or insist the ownership for the project affected areas (lands are subject to acquisition, namely pipeline ROW) after the cut-off date are not eligible for any compensation and consultation.
6.	移転のスケジュール	<ul style="list-style-type: none"> • According to the implementation schedule, the possible resettlement schedule will be started at end of 2018 or at the middle of 2019.
7.	移転に関する YCDC のコンタクト先	<ul style="list-style-type: none"> • U Zaw Min, Executive Engineer, YCDC (water & sanitation).

注：インタビューは YCDC がミャンマー語で行い、英語にまとめているので、口頭によるニュアンスを残すため上表は英語表記のままとしている。

出典: JICA 調査団

(3) 送水管占用範囲上の社会経済調査結果

社会経済調査により、タンタビン・タウンシップで計 6 世帯の被影響民計 24 名、及び 1 つの宗教的施設が影響を受けることを確認した。その要約を以下に示す。

1) 被影響不法占拠世帯

下表に、被影響不法占拠世帯の影響民及び家族の詳細を示す。

表 11-25 被影響世帯の影響民及び家族等

不法占拠世帯番号	世帯主性別	世帯主年齢	仕事内容	業務許可	世帯主教育	宗教	民族	居住年	世帯数
1	女性	58	精米所の精米保管	取得済み	初等教育	仏教	ビルマ	40	3
2	男性	51	竹さお店	取得済み	初等教育	仏教	ビルマ	51	5
3	女性	40	ヌードル店	未取得	読み書き不可	仏教	ビルマ	11	4
4	女性	48	雑貨店	未取得	初等教育	仏教	ビルマ	14	2

5	男性	31	店(閉鎖)	未取得	中等教育	仏教	ビルマ	13	5
6	男性	37	家屋兼レストラン	未取得	初等教育	仏教	ビルマ	7	5
計	男性 3 女性 3	-	全員 自営業	取得:2 未取得:4	初等 4 中等 1 その他 1	全員 仏教	全員 ビルマ	-	24
最小値	-	31	-	-	-	-	-	7	2
最大値	-	58	-	-	-	-	-	51	5
平均値	-	44	-	-	-	-	-	23	4
中央値	-	44	-	-	-	-	-	14	5

出典: JICA 調査団

2) 世帯支出

下表に被影響世帯の平均支出を示す。

表 11-26 平均世帯支出 (MMK/月)

不法占拠 世帯番号	食費	施設利用費 (水、電気、電話)	税金	交通費	教育費	医療費	衣服費	調理 燃油費
1	200,000	900,000	79,000	100,000	0	100,000	50,000	0
2	200,000	5,000	1,250	0	100,000	50,000	50,000	150,000
3	150,000	0	0	22,500	0	0	20,000	72,000
4	150,000	0	0	60,000	150,000	0	30,000	30,000
5	150,000	0	0	75,000	3,000	10,000	15,000	10,000
6	150,000	0	125,000	100,000	100,000	30,000	50,000	100,000
最小値	150,000	0	0	0	0	0	15,000	0
最大値	200,000	900,000	125,000	100,000	150,000	100,000	50,000	150,000
平均値	166,667	150,833	34,208	59,583	58,833	31,667	35,833	60,333
中央値	150,000	0	1,250	60,000	58,833	30,000	35,833	60,333

出典: JICA 調査団

3) 世帯/商業施設の構造

下表に被影響世帯/商業施設の構造を示す。

表 11-27 被影響世帯/商業施設の構造

不法占拠 世帯番号	外形寸法 (m x m)	建設年	建設許可	現況		素材		
				外部	内部:	壁	屋根	床(内部)
1	30mx1-1.7m	2014	無	良	良	-	ブリキ	-
2	9.14mx11m	2014	無	良	良	-	Nipa	-
3	3.96mx3.04m	2013	無	貧	貧	-	Nipa	竹
4	4.87mx4.57m	2015	無	貧	貧	-	Nipa	-
5	3.9mx3.96m	2015	無	貧	貧	-	Nipa	竹
6	21.9mx8.2m	2015	無	良	良	竹	Nipa	コンクリ

注: Nipa = Nipa の葉を編んだもの、-: 壁・床なしを示す。

出典: JICA 調査団

調査結果のデータから、被影響民、家族、世帯/商業施設や構造物は以下の通り要約される。

A. 被影響商業活動

- ✓ 精米所の精米保管施設が部分的影響を受ける (精米機、精米保管屋根、壁等に影響を受ける)

が商業活動としては継続可能である)。

- ✓ 竹ざお店が部分的影響を受ける (竹ざおは施設フェンス内へ移動可能) 計 3 つの小規模商業施設は全面的影響を受ける。
- ✓ 家屋兼レストランが部分的影響を受ける (レストランの一部に影響がある)。
- ✓ 地元の小規模宗教施設が部分的影響を受ける。

B. 社会的脆弱性

- ✓ 3 世帯は女性が世帯主であり、男性が世帯主の 1 世帯には精神的障害を持つ娘がいる。
- ✓ 精米所の精米保管施設の一部は村の土地の上に、残りは国道 5 号線の道路用地内に建設されている。
- ✓ 精米所と竹ざお点は適切な営業許可書を持っている。
- ✓ なお、他の 4 つの商業施設は営業許可を持っていない。
- ✓ 6 つ全ての被影響構造物及び 1 つの宗教施設は建設許可を取得していない。

C. 被影響民の宗教及び民族等

- ✓ 被影響世帯全ての影響民は仏教徒のビルマ族である。
- ✓ 被影響世帯全ての生計は、事業で影響を受ける自営の商業活動により成り立っている。
- ✓ 基本的には、全ての被影響民は本事業の実施に賛成している。

(4) 意見聴取及び YCDC の返答等

インタビュー対象被影響民からの意見及び YCDC の返答等を下表に示す。

表 11-28 意見、質問、コメント及び YCDC の返答

不法占拠世帯/商業施設番号	被インタビュー者	意見、質問、コメント	YCDC の返答及び対応
1	所有者	The owner requested to shift the pipe alignment if possible.	EE, YCDC, replied that YCDC will try to find other alternative ways to shift the alignment. So, the change of the alignment route will be considered at the detailed design stage.
2	所有者	The owner requested that YCDC to make quick action while in construction stage. Because pipe line alignment passes through his house entrance. So, if possible pipe line installation should be finished in short time.	EE, YCDC, replied that it will be quick because good heavy machines and vehicles will be used for this systematically. As explained before the interview, the impacts during construction phase are small and limited time and necessary countermeasures against the impacts are proposed.
3	所有者	The owner said that she will resettle her shop during construction into another place stage due to this project is for the public water supply. But after construction of pipe line, she wants to reopen her shop here.	As explained before the interview, this structure is located on the ROW of Route No. 5 as illegal occupation, for the involuntary resettlement, the JICA policy and entitlement for the resettlement were explained to the owner. In addition, EE replied that there'll needed to maintain after construction (operation stage). Therefore, her shop cannot be re-opened on the pipeline ROW.
4	所有者	The owner commented, this project is for the public water supply, so she will remove her shop during construction stage. But	As explained before the interview, this structure is located on the ROW of Route No. 5 as illegal occupation, for the

不法占拠世帯/商業施設番号	被インタビュー者	意見、質問、コメント	YCDCの返答及び対応
		after construction of pipeline, she wants to reopen the shop right here.	involuntary resettlement, the JICA policy and entitlement for the resettlement were explained to the owner. In addition, EE replied that there will needed to maintain after construction (operation stage). Therefore, her shop cannot be re-opened on the pipeline ROW.
5	所有者	The owner has neither complained nor comments on this project, because his shop has been abandoned since last year. He will remove his shop from the pipeline alignment if necessary.	EE said that they will consider for replacement cost based on JICA entitlement matrix though he has not belonged to this shop anymore.
6	所有者	The restaurant owner said that he will dissolve his shop by the time construction is started. And only this business is their livelihood. Therefore, he requested that he would like to dissolve his shop partially.	As explained before the interview, this structure is located on the ROW of Route No. 5 as illegal occupation, for the involuntary resettlement, the JICA policy and entitlement for the resettlement were explained to the owner. EE replied that partially dissolved might have to be decided after the detail design stage.
7	寄附者	The benefactor said that this chapel was constructed by the instruction of his dream. So he is not willing to remove and resettle to another place. He has no another place to reconstruct.	As explained before the interview, this structure is located on the ROW of Route No. 5 as illegal occupation, for the involuntary resettlement, the JICA policy and entitlement for the resettlement were explained to the benefactor.

注：インタビューは調査員がミャンマー語で行い、英語にまとめているので、口頭によるニュアンスを残すため上表は英語表記のままとしている。

出典: JICA 調査団

第12章 事業効果

12.1 定量的効果

本事業の実施により期待される直接効果は、円借款フェーズ1事業と同様に以下のとおりである。

1. 浄水処理された安全な水の給水を受ける人口が増加する。
2. 1人当りの水使用量が増加する。
3. 給水水質が改善される。
4. 給水時間が増加する。

下表に本事業の運用効果指標と目標年の数値を示す。

表 12-1 運用効果指標

指標	基準年 (2015年)	目標年 (2026年)
配水ゾーン1及び9の指標		
運用指標		
給水人口 (単位千人)	546	1,040
- 配水ゾーン1 (低区)	369	457
- 配水ゾーン1 (高区)	142	219
- 配水ゾーン9	36	364
一日最大給水量 (MGD)	46	75
- 配水ゾーン1 (低区)	32	37
- 配水ゾーン1 (高区)	12	18
- 配水ゾーン9	2	20
最大施設稼働率 (%) (ココア浄水場) *1	-	95
配水管網内の有効水圧 (MPa) *2*3	0.075	0.15
無収水率 (%) *2*4	66	20
消毒施設の連続稼働率 (%) *3	0	100
残留塩素濃度の最小値 (mg/L) *3	0	0.1
効果指標		
水道普及率 (%)	36	63
ヤンゴン市の指標 (参考)		
給水人口 (単位千人)	1,991	3,789
一日最大給水量 (MGD)	162	274
水道普及率 (%)	37	58

注:

*1: 施設稼働率= 配水ゾーン1及び配水ゾーン9の一日最大給水量/ ココア浄水場の計画施設能力

*2: 基準値は2011年のヤンゴン市の平均値とする。

*3: 目標値は2014水道MPにおける目標値とする。

*4: 目標値は東南アジアの諸都市の平均レベルとする。

その他: 目標値は本調査の水需要量の値とする。

目標年は施設完成年(2024年)の2年後とする。

出典: JICA 調査団

また下表の通り、各々の事業効果のモニタリングの入手方法を提案する。

表 12-2 指標のモニタリング方法

配水ゾーン1及び9の指標	モニタリング担当部署	入手方法	モニタリングの頻度
給水人口	YCDC	計算式=各戸給水接続数×平均世帯人員	年1回
日最大給水量	YCDC	配水池(ゾーン9、コカイン、セントラル)からの配水量	年1回
ココア浄水場の施設利用率	YCDC	計算式=ココア浄水場年間生産水量/年間日数/浄水場処理能力	年1回
給水圧力	YCDC	配水管網のうち、もっとも圧力が低くなると想定される位置にて測定(配水管網の末端または標高が高い場所)	年4回
無収水率	YCDC	計算式=年間有収水量/年間配水量(ゾーン9、コカイン、セントラル配水池からの配水量)	年1回
塩素消毒の連続実施率	YCDC	ココア浄水場にて測定	年4回
遊離残留塩素濃度	YCDC	配水管網のうち、もっとも残留塩素濃度が低くなると想定される箇所にて測定(配水管網の末端)	年4回
水道普及率	YCDC	計算式=各戸給水接続数/(人口÷平均世帯人員)	年1回

出典: JICA 調査団

12.2 定性的効果

本事業実施の定性的な効果として、以下が考えられる。

- ヤンゴン市民の生活環境が改善される。
 - 給水状況の改善は、コレラ、腸チフス、皮膚病および眼病など水系疾病発症の低減に寄与する。これは、家庭の医療費の低減、健康の増進に寄与する。
 - 飲料水購入代金が減少し家庭の水支出に対する負担が減少する。
 - 必要な時に必要量の水を使用可能となり、水利用の利便性が高まる。
 - 水汲みの時間と労力が低減および緩和され、労働および就学の機会が増える。

- ヤンゴン市の投資環境が整備される。
 - 水道施設の建設および維持管理を通じて雇用機会が生まれる。
 - 地域住民の生計の安定に寄与し、政情の安定化に寄与する。
 - 現在の不衛生な給水により不利益を受けている産業および各種事業が活性化され、同国の経済発展に寄与する。
 - 地下水取水量の減少による将来想定される地盤沈下の防止(構造物の破損防止)と地下水の塩水化が防止できる。

第13章 提言

既存の給水状況の主要な問題は、低い給水普及率、低い給水圧と短い給水時間、飲用できない給水水質である。水道施設における主要な問題は、限られた浄水生産量、老朽化した管路、塩素消毒施設の不備がある。水道運営の主要な課題は、高い無収水率や水道経営基盤の不備があげられる。これらの問題に対処するための、提案された施設整備を早急に開始する必要がある。

また、能力向上に関しても、高い技術力を有する日本等の国からの支援の元、効率的かつ迅速にその運営ノウハウ・技術の移転を行うことを薦める。そのためには平行して実施されている円借款フェーズ1事業、JICA 技術協力プロジェクト、並びにその他援助プロジェクトを通じた経験の蓄積は YCDC にとって有益である。

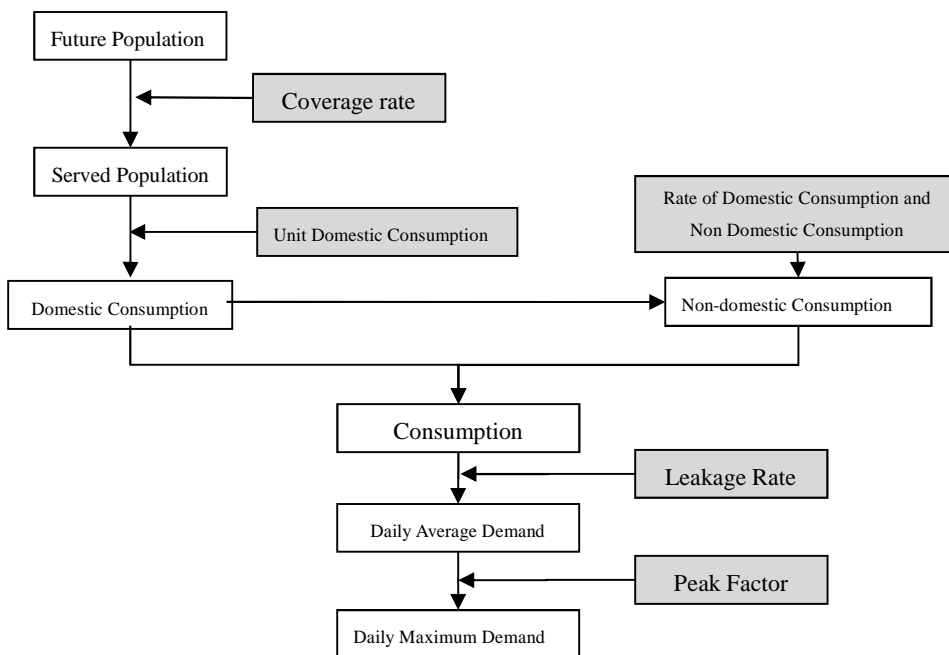
長期間インフラ投資が滞ったため、水道サービスレベルも低いままであり、水道サービスの改善のための施設整備には、多額の資金の投入が必要となる。様々なドナーの低利融資を活用することにより YCDC あるいは国の負担を少なくして整備を実施する必要がある。しかしながら、大規模な投資条件と給水プロジェクトの低い収益性のために、YCDC は中央政府からの補助金制度を必要としている。ODA ローンの返済額及び自己資金額の両方（あるいはどちらか）を中央政府が負担することが求められる。

さらに、持続的に施設を整備し水道サービスを改善するためには、水道料金の引き上げと最適化が避けられない。住民への啓蒙活動、貧困層への配慮等を検討し、最適な水道料金を設定し、その実現に向けた取り組みが望まれる。

添付図書

Table Review of Water Demand and Estimation Procedures

Item	Procedure of Water Demand Estimation	Sections	Remarks
Population of Yangon			
Township Population	A	3.2.3 Population Allocation	Township populations are revised using the 2014 census.
Water Demand by Township			
Service Coverage Ratio by Township	B	3.2.4(2) Service Coverage Ratio	Township service coverage ratio in 2014 is based on the census data
Served Population by Township	$C = A \times B$	3.2.4(3) Served Population	Revised
Per Capita Consumption	D	3.2.4(4) Per Capita Consumption	Same as the MP
Leakage Ratio	E	3.2.4(5) NRW ratio and Leakage Ratio	Same as the MP, the targeted values of YCDC
Peak Factor	110%	3.2.4(6) Peak Factor	Same as the MP
Maximum Water demand	$F = (C \times D) / (1 - E) \times 110\%$	3.2.4(7) Water Demand Estimation	Revised
Water Demand by Supply Zone			
	Converting township water demand into supply zone demand.	3.2.5 Water Demand by Water Supply Zone	Revised



Source: 2014 JICA Water MP

Figure Flow Chart of Water Demand Estimation

Population

No	Township	District	WS Zone	Source Census						→ Projected					
				2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
1	Latha	West	1	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057
2	Lanmadaw	West	1	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160
3	Pabedan	West	1	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336
4	Kyauktada	West	1	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853
5	Botahtaung	East	1	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995
6	Pazuntaung	East	1	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455
	CBD			224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856
7	Ahlon	West	1	55,482	58,122	60,763	63,403	66,044	66,129	66,215	66,308	66,402	66,496	66,590	66,684
8	Kyimyindine	West	1,10	111,514	114,065	116,616	119,167	121,718	122,659	123,600	124,630	125,660	126,690	127,720	128,751
9	Sangyoung	West	1,3	99,619	101,149	102,680	104,211	105,742	105,827	105,913	106,006	106,100	106,194	106,288	106,382
10	Dagon	West	1	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082
11	Bahan	West	1,2	96,732	96,807	96,882	96,957	97,032	97,244	97,456	97,533	97,611	97,689	97,766	97,844
12	Tamway	East	1,2	165,313	172,030	178,747	185,464	192,182	192,353	192,525	192,712	192,899	193,086	193,273	193,461
13	Mingala Taungnyunt	East	1	132,494	138,713	144,932	151,151	157,370	157,626	157,883	158,140	158,445	158,726	159,007	159,288
14	Seikkan	West	1	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826
15	Dawbon	East	2	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325
	Inner Urban Ring			764,387	784,119	803,853	823,586	843,321	845,071	846,825	848,586	850,350	852,114	853,877	855,643
16	Kamayut	West	1,3	84,569	86,064	87,560	89,056	90,552	90,980	91,408	91,876	92,344	92,812	93,280	93,749
17	Hliline	West	3	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307
18	Yankin	East	2,3	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946
19	Thingangyun	East	2	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486
	Outer Ring Zone			525,308	526,803	528,299	529,795	531,291	531,719	532,147	532,615	533,083	533,551	534,019	534,488
20	Mayangon	West	3,4	198,113	199,607	201,102	202,597	204,092	205,383	206,675	207,037	207,399	207,762	208,124	208,487
21	Insein	North	3,4	305,283	309,700	314,118	318,535	322,953	324,835	326,718	328,778	330,838	332,898	334,958	337,019
22	Mingaladon	North	4,5,6	331,586	344,660	357,735	370,810	383,885	405,638	427,392	457,079	486,766	516,453	546,140	575,828
	Northern Suburbs			834,982	853,967	872,955	891,942	910,930	935,856	960,785	992,894	1,025,003	1,057,113	1,089,222	1,121,333
23	North Okkalapa	East	4	333,293	337,347	341,402	345,456	349,511	352,077	354,644	357,453	360,263	363,072	365,882	368,692
24	South Okkalapa	East	2,3	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126
25	Thakayta	East	2	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556
	Older Suburbs Zone			714,975	719,029	723,084	727,138	731,193	733,759	736,326	739,135	741,945	744,754	747,564	750,374
26	Dala	South	10	172,857	188,670	204,484	220,298	236,112	244,924	253,737	263,383	273,029	282,675	292,321	301,968
27	Seikkyi/ Khanaungto	South	10	34,003	36,711	39,419	42,127	44,836	45,862	46,889	48,012	49,136	50,260	51,384	52,508
	South of CBD			206,860	225,381	243,903	262,425	280,948	290,786	300,626	311,395	322,165	332,935	343,705	354,476
28	Shwepyitha	North	5	343,526	348,537	353,549	358,560	363,573	366,207	368,842	372,003	375,164	378,326	381,487	384,649
29	Hlaing Tharyar	North	9	687,867	696,350	704,833	713,317	721,801	731,502	741,204	746,791	752,380	757,968	763,556	769,145
30	Dagon North	East	7	203,948	211,199	218,450	225,701	232,953	234,835	236,718	238,778	240,838	242,898	244,958	247,019
31	Dagon South	East	8	371,646	379,348	387,051	394,754	402,457	407,590	412,724	418,343	423,962	429,581	435,200	440,819
32	Dagon East	East	7	165,628	206,808	247,988	289,168	330,348	359,950	389,553	421,957	454,361	486,765	519,169	551,573
33	Dagon Seikkan	East	8	167,448	168,047	168,646	169,245	169,844	177,801	185,758	194,467	203,177	211,886	220,596	229,306
	New Suburbs Zone			1,940,063	2,010,289	2,080,517	2,150,745	2,220,975	2,277,885	2,334,799	2,392,339	2,449,882	2,507,424	2,564,966	2,622,511
	Total (Yangon city)			5,211,431	5,344,444	5,477,467	5,610,487	5,743,514	5,839,932	5,936,364	6,041,820	6,147,284	6,252,747	6,358,209	6,463,681
34	Kyauktan	South		N/A				N/A		N/A					N/A
35	Thanlyin	South		N/A				N/A		N/A					N/A
36	Hlegu	North		N/A				N/A		N/A					N/A
37	Hmawby	North		N/A				N/A		N/A					N/A
38	Htantabin	North		N/A				N/A		N/A					N/A
39	Twantay	South		N/A				N/A		N/A					N/A
	a part of 6 suburban TSS			N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Total of Greter Yangon			N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
34	Kyauktan	South		123,565											
35	Thanlyin	South		204,486											
36	Hlegu	North		213,754											
37	Hmawby	North		192,270											
38	Htantabin	North		125,220											
39	Twantay	South		212,763											
	All 6 suburban TSS			1,072,058											

Note:

Constant : 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.

Re-allocated: Population is re-allocated upward in Shwepyitha and Hlaing Tharyar townships while re-allocated downward in Mayangon township,

Population

No	Township	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	Note
1	Latha	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	Constant
2	Lanmadaw	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	Constant
3	Pabedan	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	Constant
4	Kyauktada	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	Constant
5	Botahtaung	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	Constant
6	Pazuntaung	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	Constant
	CBD	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	
7	Ahlon	66,896	67,003	67,109	67,216	67,337	67,458	67,579	67,700	67,821	67,958	68,096	68,233	68,371	68,509	D
8	Kyimyindine	131,093	132,264	133,435	134,607	135,938	137,270	138,601	139,933	141,265	142,779	144,293	145,807	147,321	148,835	D
9	Sangyoung	106,594	106,701	106,807	106,914	107,035	107,156	107,277	107,398	107,519	107,656	107,794	107,931	108,069	108,207	D
10	Dagon	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	25,082	Constant
11	Bahan	98,028	98,119	98,211	98,304	98,473	98,642	98,812	98,981	99,151	99,193	99,235	99,277	99,319	99,361	D
12	Tamway	193,887	194,100	194,313	194,526	194,748	195,010	195,252	195,494	195,737	196,012	196,287	196,562	196,837	197,113	D
13	Mingala Taungnyunt	159,926	160,246	160,565	160,885	161,248	161,611	161,974	162,337	162,701	163,113	163,526	163,939	164,352	164,765	D
14	Seikkan	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	Constant
15	Dawbon	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	75,325	Constant
	Inner Urban Ring	859,657	861,666	863,673	865,685	868,032	870,380	872,728	875,076	877,427	879,944	882,464	884,982	887,502	890,023	
16	Kamayut	94,813	95,346	95,878	96,411	97,016	97,621	98,226	98,831	99,437	100,125	100,813	101,501	102,189	102,878	D
17	Mayangon	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	160,307	Constant
18	Yankin	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	Constant
19	Thingangyun	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	209,486	Constant
	Outer Ring Zone	535,552	536,085	536,617	537,150	537,755	538,360	538,965	539,570	540,176	540,864	541,552	542,240	542,928	543,617	
20	Mayangon	210,345	211,275	212,204	213,134	214,012	214,890	215,768	216,647	217,526	218,547	219,568	220,589	221,611	222,633	Re-allocated
21	Insein	341,704	344,046	346,389	348,732	351,395	354,058	356,721	359,384	362,048	365,076	368,104	371,132	374,160	377,188	D
22	Mingaladon	627,012	652,604	678,196	703,789	729,381	754,973	780,566	806,158	831,751	846,750	861,749	876,749	891,748	906,748	D
	Northern Suburbs	1,179,061	1,207,925	1,236,789	1,265,655	1,294,788	1,323,921	1,353,055	1,382,189	1,411,325	1,430,373	1,449,421	1,468,470	1,487,519	1,506,569	
23	North Okkalapa	375,080	378,275	381,469	384,664	388,295	391,927	395,559	399,191	402,823	406,952	411,081	415,210	419,339	423,468	D
24	South Okkalapa	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	Constant
25	Thakayta	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	220,556	Constant
	Older Suburbs Zone	756,762	759,957	763,151	766,346	769,977	773,609	777,241	780,873	784,505	788,634	792,763	796,892	801,021	805,150	
26	Dala	323,902	334,869	345,836	356,804	369,273	381,742	394,211	406,680	419,150	433,326	447,502	461,679	475,855	490,032	D
27	Seikkyi/ Khanaungto	55,063	56,341	57,619	58,897	60,349	61,802	63,254	64,707	66,160	67,811	69,463	71,115	72,767	74,419	D
	South of CBD	378,965	391,210	403,455	415,701	429,622	443,544	457,465	471,387	485,310	501,137	516,965	532,794	548,622	564,451	
28	Shwepyitha	409,941	422,587	435,233	447,879	459,471	471,063	482,655	494,247	505,840	525,125	544,410	563,695	582,980	602,266	Re-allocated
29	Hlaing Tharyar	779,078	784,046	789,013	793,981	805,933	817,885	829,837	841,790	853,743	875,474	897,205	918,937	940,669	962,401	Re-allocated
30	Dagon North	251,704	254,046	256,389	258,732	261,395	264,058	266,721	269,384	272,048	275,076	278,104	281,132	284,160	287,188	D
31	Dagon South	453,596	459,985	466,374	472,763	480,026	487,289	494,553	501,816	509,080	517,338	525,596	533,854	542,112	550,371	D
32	Dagon East	625,255	662,096	698,937	735,779	777,665	819,551	861,437	903,323	945,210	992,832	1,040,454	1,088,076	1,135,698	1,183,320	D
33	Dagon Seikkan	249,110	259,013	268,915	278,818	290,076	301,335	312,593	323,852	335,111	347,911	360,711	373,511	386,311	399,111	D
	New Suburbs Zone	2,768,684	2,841,773	2,914,861	2,987,952	3,074,566	3,161,181	3,247,796	3,334,412	3,421,032	3,533,756	3,646,480	3,759,205	3,871,930	3,984,657	
	Total (Yangon city)	6,703,537	6,823,472	6,943,402	7,063,345	7,199,596	7,335,851	7,472,106	7,608,363	7,744,630	7,899,564	8,054,501	8,209,439	8,364,378	8,519,323	as same as MP
34	Kyauktan				N/A					N/A						N/A
35	Thanlyin				N/A					N/A						N/A
36	Hlegu				N/A					N/A						N/A
37	Hmawby				N/A					N/A						N/A
38	Htantabin				N/A					N/A						N/A
39	Twantay				N/A					N/A						N/A
	a part of 6 suburban TSS	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
	Total of Greter Yangon	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
34	Kyauktan															
35	Thanlyin															
36	Hlegu															
37	Hmawby															
38	Htantabin															
39	Twantay															
	All 6 suburban TSS															

Note:

Constant : 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.

Re-allocated: Population is re-allocated upward in Shwepyitha and Hlaing Tharyar townships while re-allocated downward in Mayangon township,

Served Population

No	Township	District	WS Zone	Source: Census				→ Projected								
				2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1	Latha	West	1	21,382	21,862	22,342	22,822	23,303	23,804	24,305	24,455	24,605	24,756	24,906	25,057	25,057
2	Lanmadaw	West	1	32,884	33,859	34,834	35,809	36,784	37,727	38,671	39,614	40,557	41,500	42,443	43,387	44,141
3	Pabedan	West	1	29,277	29,958	30,639	31,320	32,002	32,669	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336
4	Kyauktada	West	1	28,599	28,912	29,226	29,539	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853
5	Botahtaung	East	1	40,165	40,372	40,580	40,787	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995
6	Pazuntaung	East	1	47,777	47,946	48,116	48,285	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455
	CBD			200,084	202,909	205,737	208,562	211,392	213,503	215,615	216,708	217,801	218,895	219,988	221,083	221,837
7	Ahlon	West	1	11,057	12,915	14,774	16,633	18,492	19,840	21,188	22,951	24,715	26,479	28,243	30,007	31,399
8	Kyimyindine	West	1,10	4,395	6,947	9,500	12,053	14,606	17,191	19,776	22,515	25,255	27,995	30,735	33,475	36,471
9	Sangyoung	West	1,3	14,231	16,489	18,747	21,005	23,263	25,400	27,537	31,603	35,670	39,737	43,804	47,871	50,057
10	Dagon	West	1	11,735	12,250	12,765	13,280	13,795	14,296	14,798	15,299	15,801	16,302	16,804	17,306	17,807
11	Bahan	West	1,2	83,442	85,384	87,326	89,268	91,210	93,152	95,077	96,974	98,871	100,768	102,665	104,562	106,459
12	Tamway	East	1,2	144,069	153,694	163,320	172,946	182,572	186,585	190,599	191,171	191,743	192,316	192,888	193,461	193,674
13	Mingala Taungnyunt	East	1	127,571	135,020	142,470	149,920	157,370	157,626	157,883	158,139	158,395	158,651	158,907	159,163	159,419
14	Seikkan	West	1	1,867	1,923	1,979	2,035	2,091	2,147	2,204	2,260	2,316	2,373	2,429	2,486	2,542
15	Dawbon	East	2	21,924	23,410	24,897	26,383	27,870	29,356	30,843	32,329	33,815	35,302	36,788	38,274	39,760
	Inner Urban Ring			420,291	448,032	475,778	503,523	531,269	545,819	560,375	572,326	584,281	596,239	608,194	620,153	629,413
16	Kamayut	West	1,3	6,672	8,626	10,580	12,534	14,488	16,384	18,281	20,177	22,074	23,971	25,868	27,765	29,662
17	Hline	West	3	42,780	46,111	49,443	52,775	56,107	59,313	62,519	65,725	68,931	72,137	75,343	78,550	81,756
18	Yankin	East	2,3	63,292	64,673	66,054	67,435	68,817	69,881	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946
19	Thingangyun	East	2	100,942	105,034	109,127	113,219	117,312	121,501	125,691	129,880	134,070	138,260	142,450	146,640	150,829
	Outer Ring Zone			213,686	224,444	235,204	245,963	256,724	267,079	277,437	289,613	301,790	313,967	326,144	338,323	347,885
20	Mayangon	West	3,4	95,853	100,462	105,072	109,681	114,291	119,148	124,005	128,392	132,779	137,166	141,553	145,940	150,853
21	Insein	North	3,4	78,934	86,651	94,369	102,086	109,804	116,978	124,152	131,675	139,198	146,722	154,245	161,769	169,868
22	Mingaladon	North	4,5,6	98,186	110,108	122,031	133,953	145,876	162,690	179,504	203,489	227,474	251,459	275,444	299,430	326,813
	Northern Suburbs			272,973	297,221	321,472	345,720	369,971	398,816	427,661	463,556	499,451	535,347	571,242	607,139	647,534
23	North Okkalapa	East	4	286,487	297,000	307,513	318,026	328,540	338,045	347,551	351,779	356,007	360,235	364,463	368,692	371,886
24	South Okkalapa	East	2,3	110,186	113,253	116,320	119,387	122,455	125,522	128,590	132,122	135,345	138,567	141,790	145,013	148,235
25	Thakayta	East	2	61,339	65,854	70,369	74,884	79,400	83,811	88,222	92,633	97,044	101,455	105,866	110,278	114,689
	Older Suburbs Zone			458,012	476,107	494,202	512,297	530,395	547,533	564,673	576,534	588,396	600,257	612,119	623,983	634,810
26	Dala	South	10	17,644	23,858	30,072	36,286	42,500	49,161	55,822	63,983	72,144	80,306	88,467	96,629	107,274
27	Seikkyi/ Khanaungto	South	10	21	912	1,803	2,694	3,586	4,606	5,626	6,811	7,996	9,181	10,366	11,551	13,010
	South of CBD			17,665	24,770	31,875	38,980	46,086	53,767	61,448	70,794	80,140	89,487	98,833	108,180	120,284
28	Shwepyitha	North	5	28,511	35,926	43,341	50,756	58,171	65,969	73,768	82,093	90,418	98,743	107,068	115,394	128,145
29	Hlaing Tharyar	North	9	21,023	35,616	50,210	64,804	79,398	95,289	111,180	158,167	205,154	252,141	299,128	346,115	364,229
30	Dagon North	East	7	69,770	76,787	83,805	90,822	97,840	103,365	108,890	114,778	120,666	126,554	132,442	138,330	144,816
31	Dagon South	East	8	93,288	103,168	113,049	122,929	132,810	142,758	152,707	163,602	174,497	185,393	196,288	207,184	219,642
32	Dagon East	East	7	26,397	39,618	52,840	66,061	79,283	94,178	109,074	129,178	149,283	169,387	189,492	209,597	238,312
33	Dagon Seikkan	East	8	23,245	26,775	30,305	33,835	37,365	42,831	48,297	55,147	61,998	68,848	75,699	82,550	91,691
	New Suburbs Zone			262,234	317,890	373,550	429,207	484,867	544,390	603,916	702,965	802,016	901,066	1,000,117	1,099,170	1,186,835
	Total (Yangon city)			1,844,945	1,991,373	2,137,818	2,284,252	2,430,704	2,570,907	2,711,125	2,892,496	3,073,875	3,255,258	3,436,637	3,618,031	3,788,598

* Served Population = Population x Coverage Rate

Served Population

Source:

No	Township	WS Zone	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
1	Latha	1	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057	25,057
2	Lanmadaw	1	44,896	45,650	46,405	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160	47,160
3	Pabedan	1	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336	33,336
4	Kyauktada	1	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853	29,853
5	Botahtaung	1	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995
6	Pazuntaung	1	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455	48,455
	CBD		222,592	223,346	224,101	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856	224,856
7	Ahlon	1	32,791	34,183	35,575	36,968	38,391	39,814	41,237	42,660	44,083	45,542	47,002	48,461	49,921	51,381
8	Kyimyindine	1,10	39,468	42,464	45,461	48,458	51,762	55,067	58,371	61,676	64,981	68,654	72,327	76,000	79,673	83,347
9	Sangyoung	1,3	52,243	54,429	56,615	58,802	61,019	63,236	65,453	67,670	69,887	72,140	74,394	76,647	78,901	81,155
10	Dagon	1	18,309	18,810	19,312	19,814	20,315	20,817	21,318	21,820	22,322	22,823	23,325	23,827	24,329	24,831
11	Bahan	1,2	98,027	98,119	98,211	98,303	98,472	98,642	98,811	98,981	99,151	99,193	99,235	99,277	99,319	99,361
12	Tamway	1,2	193,887	194,100	194,313	194,526	194,768	195,010	195,252	195,494	195,737	196,012	196,287	196,562	196,837	197,113
13	Mingala Taungnyunt	1	159,926	160,246	160,565	160,885	161,248	161,611	161,974	162,337	162,701	163,113	163,526	163,939	164,352	164,765
14	Seikkan	1	2,599	2,655	2,712	2,769	2,780	2,791	2,803	2,814	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826	2,826
15	Dawbon	2	41,428	42,934	44,441	45,948	47,454	48,960	50,467	51,973	53,480	54,986	56,493	57,999	59,506	61,013
	Inner Urban Ring		638,678	647,940	657,205	666,473	676,209	685,948	695,686	705,425	715,168	725,289	735,415	745,538	755,664	765,792
16	Kamayut	1,3	46,522	48,690	50,858	53,026	55,347	57,669	59,990	62,312	64,634	67,138	69,643	72,148	74,653	77,158
17	Hline	3	84,962	88,168	91,374	94,581	97,787	100,993	104,199	107,405	110,611	113,817	117,023	120,229	123,435	126,642
18	Yankin	2,3	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946	70,946
19	Thingangyun	2	155,019	159,208	163,398	167,588	171,777	175,967	180,157	184,347	188,537	192,726	196,916	201,106	205,296	209,486
	Outer Ring Zone		357,449	367,012	376,576	386,141	395,857	405,575	415,292	425,010	434,728	444,627	454,528	464,429	474,330	484,232
20	Mayangon	3,4	155,766	160,680	165,593	170,507	175,560	180,613	185,666	190,719	195,773	201,144	206,516	211,888	217,260	222,632
21	Insein	3,4	177,967	186,066	194,165	202,264	211,049	219,835	228,620	237,406	246,192	255,794	265,397	275,000	284,603	294,206
22	Mingaladon	4,5,6	354,197	381,581	408,965	436,349	468,851	501,353	533,855	566,357	598,860	627,794	656,729	685,663	714,598	743,533
	Northern Suburbs		687,930	728,327	768,723	809,120	855,460	901,801	948,141	994,482	1,040,825	1,084,732	1,128,642	1,172,551	1,216,461	1,260,371
23	North Okkalapa	4	375,080	378,275	381,469	384,664	388,295	391,927	395,559	399,191	402,823	406,952	411,081	415,210	419,339	423,468
24	South Okkalapa	2,3	151,458	154,680	157,903	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126	161,126
25	Thakayta	2	119,100	123,511	127,922	132,333	136,744	141,155	145,566	149,977	154,389	158,800	163,211	167,622	172,033	176,444
	Older Suburbs Zone		645,638	656,466	667,294	678,123	686,165	694,208	702,251	710,294	718,338	726,878	735,418	743,958	752,498	761,038
26	Dala	10	117,920	128,565	139,211	149,857	163,477	177,097	190,717	204,337	217,958	235,130	252,302	269,474	286,646	303,819
27	Seikkyi/ Khanaungto	10	14,469	15,928	17,387	18,847	20,635	22,423	24,211	25,999	27,787	29,969	32,151	34,333	36,515	38,697
	South of CBD		132,389	144,493	156,598	168,704	184,112	199,520	214,928	230,336	245,745	265,099	284,453	303,807	323,161	342,516
28	Shwepyitha	5	140,896	153,648	166,399	179,151	193,904	208,658	223,412	238,166	252,920	274,607	296,295	317,983	339,671	361,359
29	Hlaing Tharyar	9	382,344	400,459	418,574	436,689	460,337	483,986	507,634	531,283	554,932	588,305	621,679	655,052	688,426	721,800
30	Dagon North	7	151,303	157,789	164,276	170,763	177,961	185,160	192,358	199,557	206,756	214,801	222,846	230,891	238,936	246,981
31	Dagon South	8	232,100	244,558	257,016	269,474	283,795	298,117	312,439	326,761	341,083	357,623	374,163	390,704	407,244	423,785
32	Dagon East	7	267,027	295,742	324,457	353,173	392,182	431,192	470,201	509,211	548,221	599,508	650,795	702,082	753,369	804,657
33	Dagon Seikkan	8	100,832	109,973	119,114	128,256	140,137	152,018	163,899	175,780	187,662	202,812	217,962	233,112	248,262	263,413
	New Suburbs Zone		1,274,502	1,362,169	1,449,836	1,537,506	1,648,316	1,759,131	1,869,943	1,980,758	2,091,574	2,237,656	2,383,740	2,529,824	2,675,908	2,821,995
	Total (Yangon city)		3,959,178	4,129,753	4,300,333	4,470,923	4,670,975	4,871,039	5,071,097	5,271,161	5,471,234	5,709,137	5,947,052	6,184,963	6,422,878	6,660,800

* Served Population = Population x Coverage Rate

Coverage Rate

Source: MP Census → Projected

No	Township	District	WS Zone	2011	2014	2018	2020	2025	2030	2035	2040	Note
1	Latha	West	1	93.0	85.3	93.0	97.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
2	Lanmadaw	West	1	86.0	69.7	78.0	82.0	92.0	100.0	100.0	100.0	
3	Pabedan	West	1	94.0	87.8	96.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
4	Kyauktada	West	1	96.0	95.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
5	Botahtaung	East	1	92.0	98.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
6	Pazuntaung	East	1	99.0	98.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	CBD			93.4	89.0	94.0	95.9	98.3	100.0	100.0	100.0	
7	Ahlon	West	1	47.0	19.9	28.0	32.0	45.0	55.0	65.0	75.0	**
8	Kyimyindine	West	1,10	17.0	3.9	12.0	16.0	26.0	36.0	46.0	56.0	
9	Sangyoung	West	1,3	43.0	14.3	22.0	26.0	45.0	55.0	65.0	75.0	**
10	Dagon	West	1	59.0	46.8	55.0	59.0	69.0	79.0	89.0	99.0	
11	Bahan	West	1,2	82.0	86.3	94.0	98.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
12	Tamway	East	1,2	88.0	87.1	95.0	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
13	Mingala Taungnyunt	East	1	96.0	96.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
14	Seikkan	West	1	60.0	66.1	74.0	78.0	88.0	98.0	100.0	100.0	
15	Dawbon	East	2	26.0	29.1	37.0	41.0	51.0	61.0	71.0	81.0	
	Inner Urban Ring			63.0	55.0	63.0	66.2	72.5	77.0	81.5	86.0	
16	Kamayut	West	1,3	24.0	7.9	16.0	20.0	45.0	55.0	65.0	75.0	**
17	Hline	West	3	18.0	26.7	35.0	39.0	49.0	59.0	69.0	79.0	
18	Yankin	East	2,3	85.0	89.2	97.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
19	Thingangyun	East	2	50.0	48.2	56.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	
	Outer Ring Zone			45.5	40.7	48.3	52.1	63.3	71.9	80.5	89.1	
20	Mayangon	West	3,4	39.0	48.4	56.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	
21	Insein	North	3,4	26.0	25.9	34.0	38.0	48.0	58.0	68.0	78.0	
22	Mingaladon	North	4,5,6	16.0	29.6	38.0	42.0	52.0	62.0	72.0	82.0	
	Northern Suburbs			25.7	32.7	40.6	44.5	54.1	63.9	73.7	83.7	
23	North Okkalapa	East	4	84.0	86.0	94.0	98.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
24	South Okkalapa	East	2,3	66.0	68.4	76.0	80.0	90.0	100.0	100.0	100.0	
25	Thakayta	East	2	14.0	27.8	36.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	
	Older Suburbs Zone			56.8	64.1	72.5	76.7	83.2	88.5	91.6	94.5	
26	Dala	South	10	5.0	10.2	18.0	22.0	32.0	42.0	52.0	62.0	
27	Seikkyi/ Khanaungto	South	10	0.0	0.1	8.0	12.0	22.0	32.0	42.0	52.0	
	South of CBD			4.1	8.5	16.4	20.4	30.5	40.6	50.6	60.7	
28	Shwepyitha	North	5	7.0	8.3	16.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	
29	Hlaing Tharyar	North	9	2.0	3.1	11.0	15.0	45.0	55.0	65.0	75.0	**
30	Dagon North	East	7	26.0	34.2	42.0	46.0	56.0	66.0	76.0	86.0	
31	Dagon South	East	8	28.0	25.1	33.0	37.0	47.0	57.0	67.0	77.0	
32	Dagon East	East	7	20.0	15.9	24.0	28.0	38.0	48.0	58.0	68.0	
33	Dagon Seikkan	East	8	0.0	13.9	22.0	26.0	36.0	46.0	56.0	66.0	
	New Suburbs Zone			13.4	13.5	21.8	25.9	41.9	51.5	61.1	70.8	
	Total (Yangon city)			37.3	35.4	42.3	45.7	56.0	63.3	70.6	78.2	

* Increase in 2%/year from 2014

** Low rate TSs in Zone1 & 9 are set to 45%

- This page left blank intentionally -

LPCD of Domestic

Source: → as same as MP

No	Township	District	WS Zone	2014	2018	2020	2025	2030	2035	2040	Note
1	Latha	West	1	111	126	133	150	167	183	200	
2	Lanmadaw	West	1	111	126	133	150	167	183	200	
3	Pabedan	West	1	111	126	133	150	167	183	200	
4	Kyauktada	West	1	111	126	133	150	167	183	200	
5	Bothtaung	East	1	111	126	133	150	167	183	200	
6	Pazuntaung	East	1	111	126	133	150	167	183	200	
	CBD			111	126	133	150	167	183	200	
7	Ahlon	West	1	111	126	133	150	167	183	200	
8	Kyimyindine	West	1,10	111	126	133	150	167	183	200	
9	Sangyoung	West	1,3	111	126	133	150	167	183	200	
10	Dagon	West	1	111	126	133	150	167	183	200	
11	Bahan	West	1,2	111	126	133	150	167	183	200	
12	Tamway	East	1,2	111	126	133	150	167	183	200	
13	Mingala Taungnyunt	East	1	111	126	133	150	167	183	200	
14	Seikkan	West	1	111	126	133	150	167	183	200	
15	Dawbon	East	2	111	126	133	150	167	183	200	
	Inner Urban Ring			111	126	133	150	167	183	200	
16	Kamayut	West	1,3	111	126	133	150	167	183	200	
17	Hline	West	3	111	126	133	150	167	183	200	
18	Yankin	East	2,3	111	126	133	150	167	183	200	
19	Thingangyun	East	2	111	126	133	150	167	183	200	
	Outer Ring Zone			111	126	133	150	167	183	200	
20	Mayangon	West	3,4	111	126	133	150	167	183	200	
21	Insein	North	3,4	111	126	133	150	167	183	200	
22	Mingaladon	North	4,5,6	111	126	133	150	167	183	200	
	Northern Suburbs			111	126	133	150	167	183	200	
23	North Okkalapa	East	4	111	126	133	150	167	183	200	
24	South Okkalapa	East	2,3	111	126	133	150	167	183	200	
25	Thakayta	East	2	111	126	133	150	167	183	200	
	Older Suburbs Zone			111	126	133	150	167	183	200	
26	Dala	South	10	69	80	86	100	117	133	150	
27	Seikkyi/ Khanaungto	South	10	69	80	86	100	117	133	150	
	South of CBD			69	80	86	100	117	133	150	
28	Shwepyitha	North	5	69	80	86	100	117	133	150	
29	Hlaing Tharyar	North	9	69	80	86	100	117	133	150	
30	Dagon North	East	7	69	80	86	100	117	133	150	
31	Dagon South	East	8	69	80	86	100	117	133	150	
32	Dagon East	East	7	69	80	86	100	117	133	150	
33	Dagon Seikkan	East	8	69	80	86	100	117	133	150	
	New Suburbs Zone			69	80	86	100	117	133	150	
	Total (Yangon city)										

LPCD (Dom. + Non dome.)

Source: → as same as MP

No	Township	District	WS Zone	2014	2018	2020	2025	2030	2035	2040	Note
1	Latha	West	1	185	210	222	250	278	305	333	
2	Lanmadaw	West	1	185	210	222	250	278	305	333	
3	Pabedan	West	1	185	210	222	250	278	305	333	
4	Kyauktada	West	1	185	210	222	250	278	305	333	
5	Bothtaung	East	1	185	210	222	250	278	305	333	
6	Pazuntaung	East	1	185	210	222	250	278	305	333	
	CBD			185	210	222	250	278	305	333	
7	Ahlon	West	1	185	210	222	250	278	305	333	
8	Kyimyindine	West	1,10	185	210	222	250	278	305	333	
9	Sangyoung	West	1,3	185	210	222	250	278	305	333	
10	Dagon	West	1	185	210	222	250	278	305	333	
11	Bahan	West	1,2	185	210	222	250	278	305	333	
12	Tamway	East	1,2	185	210	222	250	278	305	333	
13	Mingala Taungnyunt	East	1	185	210	222	250	278	305	333	
14	Seikkan	West	1	185	210	222	250	278	305	333	
15	Dawbon	East	2	185	210	222	250	278	305	333	
	Inner Urban Ring			185	210	222	250	278	305	333	
16	Kamayut	West	1,3	185	210	222	250	278	305	333	
17	Hline	West	3	185	210	222	250	278	305	333	
18	Yankin	East	2,3	185	210	222	250	278	305	333	
19	Thingangyun	East	2	185	210	222	250	278	305	333	
	Outer Ring Zone			185	210	222	250	278	305	333	
20	Mayangon	West	3,4	185	210	222	250	278	305	333	
21	Insein	North	3,4	185	210	222	250	278	305	333	
22	Mingaladon	North	4,5,6	185	210	222	250	278	305	333	
	Northern Suburbs			185	210	222	250	278	305	333	
23	North Okkalapa	East	4	185	210	222	250	278	305	333	
24	South Okkalapa	East	2,3	185	210	222	250	278	305	333	
25	Thakayta	East	2	185	210	222	250	278	305	333	
	Older Suburbs Zone			185	210	222	250	278	305	333	
26	Dala	South	10	115	133	143	167	195	222	250	
27	Seikkyi/ Khanaungto	South	10	115	133	143	167	195	222	250	
	South of CBD			115	133	143	167	195	222	250	
28	Shwepyitha	North	5	115	133	143	167	195	222	250	
29	Hlaing Tharyar	North	9	115	133	143	167	195	222	250	
30	Dagon North	East	7	115	133	143	167	195	222	250	
31	Dagon South	East	8	115	133	143	167	195	222	250	
32	Dagon East	East	7	115	133	143	167	195	222	250	
33	Dagon Seikkan	East	8	115	133	143	167	195	222	250	
	New Suburbs Zone			115	133	143	167	195	222	250	
	Total (Yangon city)										

* LPCD (Dom. + Non dome.) = LPCD (Domestic) ÷ 60%

Daily Average Demand

Source: → Projected

No	Township	District	WS Zone	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1	Latha	West	1	7,911	7,875	7,839	7,803	7,767	7,904	8,041	8,103	8,165	8,227	8,289	8,352	8,425
2	Lanmadaw	West	1	12,167	12,190	12,214	12,237	12,261	12,527	12,794	13,127	13,461	13,794	14,128	14,462	14,851
3	Pabedan	West	1	10,832	10,790	10,749	10,708	10,667	10,848	11,029	11,045	11,062	11,078	11,095	11,112	11,209
4	Kyauktada	West	1	10,581	10,423	10,266	10,108	9,951	9,913	9,876	9,891	9,906	9,921	9,936	9,951	10,038
5	Botahtaung	East	1	14,861	14,562	14,263	13,964	13,665	13,614	13,563	13,583	13,603	13,624	13,644	13,665	13,784
6	Pazuntaung	East	1	17,677	17,295	16,914	16,532	16,151	16,091	16,031	16,055	16,079	16,103	16,127	16,151	16,292
	CBD			74,029	73,135	72,245	71,352	70,462	70,897	71,334	71,804	72,276	72,747	73,219	73,693	74,599
7	Ahlon	West	1	4,091	4,609	5,127	5,645	6,164	6,586	7,009	7,607	8,206	8,804	9,403	10,002	10,573
8	Kyimyindine	West	1,10	1,626	2,436	3,247	4,057	4,868	5,705	6,542	7,465	8,388	9,311	10,234	11,158	12,298
9	Sangyoung	West	1,3	5,265	5,887	6,509	7,131	7,754	8,432	9,110	10,479	11,848	13,218	14,587	15,957	16,857
10	Dagon	West	1	4,341	4,405	4,469	4,533	4,598	4,746	4,895	5,069	5,244	5,418	5,593	5,768	5,993
11	Bahan	West	1,2	30,873	30,755	30,638	30,520	30,403	31,000	31,598	31,801	32,004	32,207	32,410	32,614	32,931
12	Tamway	East	1,2	53,305	55,193	57,081	58,969	60,857	61,957	63,058	63,343	63,629	63,915	64,201	64,487	65,125
13	Mingala Taungnyunt	East	1	47,201	48,514	49,828	51,142	52,456	52,345	52,234	52,406	52,578	52,751	52,923	53,096	53,671
14	Seikkan	West	1	690	691	693	695	697	713	729	748	768	788	808	828	855
15	Dawbon	East	2	8,111	8,405	8,700	8,995	9,290	9,753	10,217	10,734	11,252	11,769	12,287	12,805	13,441
	Inner Urban Ring			155,503	160,895	166,292	171,687	177,087	181,237	185,392	189,652	193,917	198,181	202,446	206,715	211,744
16	Kamayut	West	1,3	2,468	3,058	3,648	4,238	4,829	5,438	6,048	7,650	9,253	10,856	12,459	14,062	14,939
17	Hline	West	3	15,828	16,546	17,265	17,983	18,702	19,693	20,684	21,783	22,883	23,983	25,083	26,183	27,527
18	Yankin	East	2,3	23,418	23,298	23,178	23,058	22,939	23,205	23,472	23,507	23,542	23,577	23,612	23,648	23,855
19	Thingangyun	East	2	37,348	37,787	38,226	38,665	39,104	40,344	41,584	43,043	44,502	45,961	47,420	48,880	50,765
	Outer Ring Zone			79,062	80,689	82,317	83,944	85,574	88,680	91,788	95,983	100,180	104,377	108,574	112,773	117,086
20	Mayangon	West	3,4	35,465	36,123	36,781	37,439	38,097	39,561	41,026	42,550	44,074	45,598	47,122	48,646	50,781
21	Insein	North	3,4	29,205	31,054	32,903	34,752	36,601	38,838	41,075	43,644	46,214	48,783	51,353	53,923	57,212
22	Mingaladon	North	4,5,6	36,328	39,402	42,476	45,550	48,625	54,006	59,388	67,472	75,556	83,641	91,725	99,810	110,210
	Northern Suburbs			100,998	106,579	112,160	117,741	123,323	132,405	141,489	153,666	165,844	178,022	190,200	202,379	218,203
23	North Okkalapa	East	4	106,000	106,878	107,756	108,634	109,513	112,249	114,985	116,567	118,149	119,732	121,314	122,897	125,083
24	South Okkalapa	East	2,3	40,768	40,780	40,793	40,805	40,818	41,732	42,646	43,784	44,922	46,060	47,198	48,337	49,881
25	Thakayta	East	2	22,695	23,637	24,580	25,523	26,466	27,826	29,187	30,701	32,215	33,730	35,244	36,759	38,615
	Older Suburbs Zone			169,463	171,295	173,129	174,962	176,797	181,807	186,818	191,052	195,286	199,522	203,756	207,993	213,579
26	Dala	South	10	4,058	5,292	6,526	7,760	8,994	10,468	11,942	13,848	15,754	17,660	19,566	21,473	24,483
27	Seikkyi/ Khanaungto	South	10	4	192	381	569	758	980	1,203	1,475	1,748	2,020	2,293	2,566	2,971
	South of CBD			4,062	5,484	6,907	8,329	9,752	11,448	13,145	15,323	17,502	19,680	21,859	24,039	27,454
28	Shwepyitha	North	5	6,557	7,995	9,434	10,872	12,311	14,046	15,781	17,753	19,725	21,698	23,670	25,643	29,248
29	Hlaing Tharyar	North	9	4,835	7,827	10,819	13,811	16,803	20,293	23,784	34,410	45,036	55,662	66,288	76,914	82,819
30	Dagon North	East	7	16,047	17,211	18,376	19,541	20,706	22,000	23,294	24,783	26,272	27,761	29,250	30,740	32,916
31	Dagon South	East	8	21,456	23,118	24,781	26,444	28,107	30,387	32,668	35,342	38,016	40,691	43,365	46,040	49,968
32	Dagon East	East	7	6,071	8,748	11,425	14,102	16,779	20,056	23,334	27,982	32,631	37,279	41,928	46,577	54,478
33	Dagon Seikkan	East	8	5,346	5,986	6,626	7,266	7,907	9,119	10,332	11,934	13,536	15,139	16,741	18,344	20,927
	New Suburbs Zone			60,312	70,885	81,461	92,036	102,613	115,901	129,193	152,204	175,216	198,230	221,242	244,258	270,356
	Total (Yangon city)			643,429	668,962	694,511	720,051	745,608	782,375	819,159	869,684	920,221	970,759	1,021,296	1,071,850	1,133,021

Leakage Ratio (%)	50%	37%	33%	25%
1- Leakage Ratio (%)	50%	63%	67%	75%

* Daily Average Demand = (Served Population x LPCD (Dom. + Non dome.)/1000) ÷ (1- Leakage Ratio (%))

Daily Average Demand

Source:

Mld

No	Township	WS Zone	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
1	Latha	1	8,498	8,571	8,644	8,717	8,771	8,826	8,881	8,936	8,991	9,048	9,106	9,164	9,222	9,280
2	Lanmadaw	1	15,240	15,629	16,018	16,407	16,510	16,613	16,716	16,819	16,922	17,030	17,139	17,248	17,357	17,466
3	Pabedan	1	11,306	11,403	11,500	11,598	11,670	11,743	11,815	11,888	11,961	12,038	12,115	12,192	12,269	12,346
4	Kyauktada	1	10,125	10,212	10,299	10,386	10,451	10,516	10,581	10,646	10,711	10,780	10,849	10,918	10,987	11,056
5	Botahtaung	1	13,903	14,023	14,142	14,262	14,351	14,440	14,530	14,619	14,709	14,803	14,898	14,993	15,088	15,183
6	Pazuntaung	1	16,433	16,575	16,716	16,858	16,963	17,069	17,174	17,280	17,386	17,498	17,610	17,722	17,834	17,946
	CBD		75,505	76,413	77,319	78,228	78,716	79,207	79,697	80,188	80,680	81,197	81,717	82,237	82,757	83,277
7	Ahlon	1	11,145	11,717	12,289	12,861	13,452	14,043	14,635	15,226	15,818	16,460	17,102	17,745	18,387	19,030
8	Kyimyindine	1,10	13,438	14,578	15,718	16,859	18,150	19,441	20,733	22,024	23,316	24,826	26,337	27,847	29,358	30,869
9	Sangyoung	1,3	17,757	18,657	19,557	20,458	21,381	22,305	23,229	24,153	25,077	26,073	27,069	28,065	29,061	30,057
10	Dagon	1	6,218	6,443	6,668	6,893	7,116	7,339	7,562	7,785	8,009	8,246	8,483	8,721	8,958	9,196
11	Bahan	1,2	33,248	33,566	33,883	34,201	34,476	34,751	35,026	35,301	35,577	35,852	36,066	36,310	36,555	36,800
12	Tamway	1,2	65,763	66,401	67,039	67,678	68,189	68,700	69,212	69,723	70,235	70,788	71,342	71,896	72,450	73,004
13	Mingala Taungnyunt	1	54,247	54,822	55,398	55,974	56,455	56,936	57,417	57,898	58,380	58,908	59,437	59,966	60,495	61,024
14	Seikkan	1	882	909	936	963	973	983	993	1,003	1,014	1,020	1,026	1,033	1,039	1,046
15	Dawbon	2	14,077	14,713	15,349	15,986	16,626	17,267	17,907	18,548	19,189	19,870	20,552	21,233	21,915	22,597
	Inner Urban Ring		216,775	221,806	226,837	231,873	236,818	241,765	246,714	251,661	256,615	262,012	267,414	272,816	278,218	283,623
16	Kamayut	1,3	15,816	16,693	17,570	18,448	19,396	20,345	21,294	22,243	23,192	24,269	25,346	26,423	27,500	28,577
17	Hline	3	28,872	30,216	31,561	32,906	34,262	35,619	36,975	38,332	39,689	41,132	42,575	44,018	45,461	46,904
18	Yankin	2,3	24,062	24,269	24,476	24,683	24,876	24,992	25,147	25,302	25,457	25,620	25,784	25,948	26,112	26,276
19	Thingangyun	2	52,650	54,535	56,420	58,306	60,175	62,044	63,913	65,782	67,651	69,638	71,625	73,612	75,599	77,587
	Outer Ring Zone		121,400	125,713	130,027	134,343	138,670	143,000	147,329	151,659	155,989	160,659	165,330	170,001	174,672	179,344
20	Mayangon	3,4	52,916	55,051	57,186	59,322	61,507	63,692	65,877	68,062	70,247	72,688	75,130	77,572	80,014	82,456
21	Insein	3,4	60,502	63,791	67,081	70,371	73,964	77,558	81,151	84,745	88,339	92,464	96,589	100,714	104,839	108,965
22	Mingaladon	4,5,6	120,611	131,011	141,412	151,813	164,427	177,041	189,656	202,270	214,885	226,984	239,083	251,183	263,282	275,382
	Northern Suburbs		234,029	249,853	265,679	281,506	299,898	318,291	336,684	355,077	373,471	392,136	410,802	429,469	448,135	466,803
23	North Okkalapa	4	127,270	129,457	131,644	133,831	135,973	138,115	140,257	142,399	144,542	147,001	149,461	151,920	154,380	156,840
24	South Okkalapa	2,3	51,425	52,969	54,513	56,058	56,409	56,760	57,112	57,463	57,815	58,187	58,559	58,931	59,303	59,676
25	Thakayta	2	40,471	42,327	44,183	46,040	47,911	49,783	51,654	53,526	55,398	57,388	59,378	61,368	63,358	65,349
	Older Suburbs Zone		219,166	224,753	230,340	235,929	240,293	244,658	249,023	253,388	257,755	262,576	267,398	272,219	277,041	281,865
26	Dala	10	27,494	30,505	33,516	36,527	40,589	44,652	48,714	52,777	56,840	62,350	67,861	73,372	78,883	84,394
27	Seikkyi/ Khanaungto	10	3,376	3,782	4,187	4,593	5,123	5,654	6,184	6,715	7,246	7,946	8,647	9,347	10,048	10,749
	South of CBD		30,870	34,287	37,703	41,120	45,712	50,306	54,898	59,492	64,086	70,296	76,508	82,719	88,931	95,143
28	Shwepyitha	5	32,853	36,458	40,063	43,668	48,125	52,583	57,041	61,499	65,957	72,841	79,725	86,609	93,493	100,377
29	Hlaing Tharyar	9	88,725	94,630	100,536	106,442	114,097	121,752	129,407	137,062	144,717	155,873	167,030	178,186	189,343	200,500
30	Dagon North	7	35,093	37,269	39,446	41,623	44,082	46,541	49,000	51,459	53,918	56,855	59,792	62,730	65,667	68,605
31	Dagon South	8	53,897	57,826	61,755	65,684	70,337	74,990	79,643	84,296	88,949	94,702	100,456	106,210	111,964	117,718
32	Dagon East	7	62,380	70,281	78,183	86,085	97,461	108,837	120,214	131,590	142,967	159,076	175,186	191,295	207,405	223,515
33	Dagon Seikkan	8	23,511	26,094	28,678	31,262	34,797	38,332	41,868	45,403	48,939	53,785	58,631	63,477	68,323	73,170
	New Suburbs Zone		296,459	322,558	348,661	374,764	408,899	443,035	477,173	511,309	545,447	593,132	640,820	688,507	736,195	783,885
	Total (Yangon city)		1,194,204	1,255,383	1,316,566	1,377,763	1,449,006	1,520,262	1,591,518	1,662,774	1,734,043	1,822,008	1,909,989	1,997,968	2,085,949	2,173,940

Leakage Ratio (%) **80%** **15%** **10%**
 1- Leakage Ratio (%) **80%** **85%** **90%**

* Daily Average Demand = (Served Population x LPCD (Dom. + Non dome.)/1000) ÷ (1- Leakage Ratio (%))

Daily Maximum Demand

Source: → Projected

No	Township	District	WS Zone	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1	Latha	West	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	Lanmadaw	West	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
3	Pabedan	West	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	Kyauktada	West	1	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	Bothtaung	East	1	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	Pazuntaung	East	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	CBD			19	19	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	18
7	Ahlon	West	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3
8	Kyimyindine	West	1,10	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
9	Sangyoung	West	1,3	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4
10	Dagon	West	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Bahan	West	1,2	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8
12	Tamway	East	1,2	13	13	14	14	15	15	15	15	15	15	16	16	16
13	Mingala Taungnyunt	East	1	11	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	Seikkan	West	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Dawbon	East	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
	Inner Urban Ring			36	38	40	40	42	44	45	47	47	47	49	50	51
16	Kamayut	West	1,3	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4
17	Hline	West	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	7
18	Yankin	East	2,3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
19	Thingangyun	East	2	9	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12
	Outer Ring Zone			20	20	20	20	21	22	22	23	25	26	26	27	29
20	Mayangon	West	3,4	9	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12
21	Insein	North	3,4	7	8	8	8	9	9	10	11	11	12	12	13	14
22	Mingaladon	North	4,5,6	9	10	10	11	12	13	14	16	18	20	22	24	27
	Northern Suburbs			25	27	27	28	30	32	34	37	40	43	45	49	53
23	North Okkalapa	East	4	26	26	26	26	26	27	28	28	29	29	29	30	30
24	South Okkalapa	East	2,3	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12
25	Thakayta	East	2	5	6	6	6	6	7	7	7	8	8	9	9	9
	Older Suburbs Zone			41	42	42	42	42	44	45	46	48	48	49	51	51
26	Dala	South	10	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6
27	Seikkyi/ Khanaungto	South	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	South of CBD			1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	6	6	7
28	Shwepyitha	North	5	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7
29	Hlaing Tharyar	North	9	1	2	3	3	4	5	6	8	11	13	16	19	20
30	Dagon North	East	7	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8
31	Dagon South	East	8	5	6	6	6	7	7	8	9	9	10	10	11	12
32	Dagon East	East	7	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13
33	Dagon Seikkan	East	8	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5
	New Suburbs Zone			14	17	20	22	25	27	33	37	42	48	53	58	65
	Total (Yangon city)			156	164	168	171	179	189	199	210	223	233	245	258	274

* Daily Maximum Demand (MGD) = Daily Average Demand (Mld) x 1.1 ÷ 4,546

Daily Maximum Demand

Source:

No	Township	WS Zone	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	MGD
1	Latha	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	Lanmadaw	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	Pabedan	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	Kyauktada	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	Bothtaung	1	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
6	Pazuntaung	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	CBD		18	18	18	19	19	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20
7	Ahlon	1	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5
8	Kyimyindine	1,10	3	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7
9	Sangyoung	1,3	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7
10	Dagon	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11	Bahan	1,2	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9
12	Tamway	1,2	16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17	18	18	18
13	Mingala Taungnyunt	1	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15
14	Seikkan	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Dawbon	2	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
	Inner Urban Ring		52	55	55	56	56	58	60	61	63	63	64	66	67	68	68
16	Kamayut	1,3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7
17	Hline	3	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11
18	Yankin	2,3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
19	Thingangyun	2	13	13	14	14	15	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19
	Outer Ring Zone		30	30	32	32	34	35	35	36	38	39	39	41	42	43	43
20	Mayangon	3,4	13	13	14	14	15	15	16	16	17	18	18	19	19	19	20
21	Insein	3,4	15	15	16	17	18	19	20	21	21	22	23	24	25	26	26
22	Mingaladon	4,5,6	29	32	34	37	40	43	46	49	52	55	58	61	64	67	67
	Northern Suburbs		57	60	64	68	73	77	82	86	90	95	99	104	108	113	113
23	North Okkalapa	4	31	31	32	32	33	33	34	34	35	36	36	37	37	38	38
24	South Okkalapa	2,3	12	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
25	Thakayta	2	10	10	11	11	12	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16
	Older Suburbs Zone		53	54	56	57	59	59	60	61	62	64	64	66	66	68	68
26	Dala	10	7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	19	20	20
27	Seikkyi/ Khanaungto	10	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3
	South of CBD		8	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	20	21	23	23
28	Shwepyitha	5	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21	23	24	24
29	Hlaing Tharyar	9	21	23	24	26	28	29	31	33	35	38	40	43	46	49	49
30	Dagon North	7	8	9	10	10	11	11	12	12	13	14	14	15	16	17	17
31	Dagon South	8	13	14	15	16	17	18	19	20	22	23	24	26	27	28	28
32	Dagon East	7	15	17	19	21	24	26	29	32	35	38	42	46	50	54	54
33	Dagon Seikkan	8	6	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	18
	New Suburbs Zone		71	78	85	92	100	106	115	123	133	144	153	166	179	190	190
	Total (Yangon city)		289	303	319	334	352	366	385	402	422	442	457	483	503	525	525

* Daily Maximum Demand (MGD) = Daily Average Demand (Mld) x 1.1 ÷ 4,546

By Zone

Actual -> estimate

Population	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Zone1	793,619	808,977	824,335	839,693	855,051	856,561	858,072	859,608	861,144	862,680	864,216	865,752	867,501
Low	505,645	516,638	527,631	538,624	549,617	550,579	551,542	552,595	553,648	554,701	555,755	556,809	558,006
High	287,974	292,339	296,704	301,069	305,434	305,982	306,530	307,013	307,496	307,979	308,461	308,944	309,495
Zone2	636,790	641,130	645,470	649,810	654,150	654,312	654,474	654,614	654,754	654,895	655,035	655,176	655,336
Zone3	653,154	656,011	658,868	661,725	664,583	666,217	667,852	668,814	669,778	670,741	671,705	672,669	674,170
Zone4	653,434	662,841	672,249	681,657	691,065	698,039	705,015	713,144	721,274	729,404	737,533	745,664	754,016
Zone5	501,245	512,476	523,706	534,937	546,168	559,149	572,131	589,413	606,695	623,978	641,260	658,542	683,361
Zone6	133,165	138,415	143,666	148,917	154,168	162,904	171,641	183,563	195,485	207,407	219,330	231,253	241,530
Zone7	369,576	418,007	466,438	514,869	563,301	594,786	626,271	660,735	695,199	729,663	764,127	798,592	837,775
Zone8	539,094	547,395	555,697	563,999	572,301	585,391	598,482	612,810	627,139	641,467	655,796	670,125	686,416
Zone9	687,867	696,350	704,833	713,317	721,801	731,502	741,204	746,791	752,380	757,968	763,556	769,145	774,111
Zone10	243,487	262,846	282,206	301,566	320,926	331,074	341,222	352,330	363,439	374,547	385,655	396,764	409,393
Total	5,211,431	5,344,448	5,477,468	5,610,490	5,743,514	5,839,935	5,936,364	6,041,822	6,147,287	6,252,750	6,358,213	6,463,681	6,583,609

Served Population	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Zone1	488,174	510,833	533,493	556,153	578,814	591,094	603,375	616,106	628,838	641,570	654,302	667,034	675,564
Low	353,891	368,737	383,583	398,429	413,276	419,835	426,396	431,523	436,651	441,779	446,908	452,036	456,556
High	134,283	142,096	149,910	157,724	165,537	171,259	176,980	184,583	192,187	199,791	207,394	214,998	219,008
Zone2	298,747	315,522	332,298	349,073	365,849	379,037	392,226	402,808	413,392	423,975	434,558	445,142	455,409
Zone3	310,157	324,145	338,133	352,121	366,110	379,867	393,625	407,400	421,176	434,951	448,727	462,503	475,609
Zone4	380,391	399,345	418,300	437,255	456,211	474,390	492,570	506,522	520,474	534,426	548,379	562,331	576,226
Zone5	75,213	88,299	101,385	114,471	127,557	143,353	159,149	178,883	198,616	218,350	238,084	257,818	283,594
Zone6	39,432	44,219	49,007	53,795	58,584	65,336	72,089	81,721	91,353	100,986	110,618	120,251	131,248
Zone7	96,167	116,406	136,645	156,884	177,123	197,543	217,964	243,956	269,949	295,941	321,934	347,927	383,128
Zone8	116,533	129,943	143,354	156,764	170,175	185,589	201,004	218,750	236,496	254,242	271,988	289,734	311,333
Zone9	21,023	35,616	50,210	64,804	79,398	95,289	111,180	158,167	205,154	252,141	299,128	346,115	364,229
Zone10	19,109	27,052	34,995	42,939	50,883	59,413	67,943	78,189	88,435	98,682	108,928	119,175	132,263
Total	1,844,945	1,991,380	2,137,820	2,284,259	2,430,704	2,570,911	2,711,125	2,892,502	3,073,883	3,255,264	3,436,646	3,618,031	3,788,603

Coverage (%)	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Zone1	61.5%	63.1%	64.7%	66.2%	67.7%	69.0%	70.3%	71.7%	73.0%	74.4%	75.7%	77.0%	77.9%
Low	70.0%	71.4%	72.7%	74.0%	75.2%	76.3%	77.3%	78.1%	78.9%	79.6%	80.4%	81.2%	81.8%
High	46.6%	48.6%	50.5%	52.4%	54.2%	56.0%	57.7%	60.1%	62.5%	64.9%	67.2%	69.6%	70.8%
Zone2	46.9%	49.2%	51.5%	53.7%	55.9%	57.9%	59.9%	61.5%	63.1%	64.7%	66.3%	67.9%	69.5%
Zone3	47.5%	49.4%	51.3%	53.2%	55.1%	57.0%	58.9%	60.9%	62.9%	64.8%	66.8%	68.8%	70.5%
Zone4	58.2%	60.2%	62.2%	64.1%	66.0%	68.0%	69.9%	71.0%	72.2%	73.3%	74.4%	75.4%	76.4%
Zone5	15.0%	17.2%	19.4%	21.4%	23.4%	25.6%	27.8%	30.3%	32.7%	35.0%	37.1%	39.1%	41.5%
Zone6	29.6%	31.9%	34.1%	36.1%	38.0%	40.1%	42.0%	44.5%	46.7%	48.7%	50.4%	52.0%	54.3%
Zone7	26.0%	27.8%	29.3%	30.5%	31.4%	33.2%	34.8%	36.9%	38.8%	40.6%	42.1%	43.6%	45.7%
Zone8	21.6%	23.7%	25.8%	27.8%	29.7%	31.7%	33.6%	35.7%	37.7%	39.6%	41.5%	43.2%	45.4%
Zone9	3.1%	5.1%	7.1%	9.1%	11.0%	13.0%	15.0%	21.2%	27.3%	33.3%	39.2%	45.0%	47.1%
Zone10	7.8%	10.3%	12.4%	14.2%	15.9%	17.9%	19.9%	22.2%	24.3%	26.3%	28.2%	30.0%	32.3%
Total	35.4%	37.3%	39.0%	40.7%	42.3%	44.0%	45.7%	47.9%	50.0%	52.1%	54.1%	56.0%	57.5%

PerCapita (Lpcdd)	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Zone1	111	115	119	123	126	130	133	137	140	144	147	150	154
Low	111	115	119	123	126	130	133	137	140	143	147	150	154
High	111	115	119	123	126	130	133	137	141	144	147	150	154
Zone2	111	115	119	123	126	130	133	137	140	144	147	150	154
Zone3	111	115	119	123	126	130	133	137	140	144	147	150	154
Zone4	111	115	119	123	126	130	133	137	140	144	147	150	154
Zone5	95	99	101	103	105	108	111	116	120	123	125	128	132
Zone6	111	116	120	123	126	130	133	138	142	145	148	150	155
Zone7	69	73	76	78	80	83	86	90	93	96	98	100	105
Zone8	69	73	76	78	80	83	86	90	93	96	98	100	104
Zone9	69	75	78	79	80	83	86	92	95	98	99	100	104
Zone10	72	78	81	83	84	88	90	95	98	101	103	105	109
Total	105	108	111	114	116	119	121	124	127	129	131	133	137

Daily Max. MGD	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Zone1	200,024	200,024	204,570	204,570	209,116	213,662	218,208	222,754	227,300	231,846	236,392	245,484	250,030
Low	145,472	145,472	145,472	145,472	150,018	150,018	154,564	154,564	159,110	159,110	163,656	168,202	168,202
High	54,552	54,552	59,098	59,098	59,098	63,644	63,644	68,190	68,190	72,736	72,736	77,282	81,828
Zone2	122,742	122,742	127,288	127,288	131,834	136,380	140,926	145,472	150,018	154,564	159,110	163,656	168,202
Zone3	127,288	127,288	127,288	127,288	131,834	136,380	145,472	150,018	154,564	159,110	163,656	168,202	172,748
Zone4	154,564	154,564	159,110	163,656	168,202	172,748	177,294	181,840	186,386	190,932	195,478	204,570	209,116
Zone5	27,276	27,276	31,822	36,368	40,914	45,460	50,006	54,552	59,098	68,190	72,736	81,828	90,920
Zone6	18,184	18,184	18,184	18,184	22,730	22,730	27,276	27,276	31,822	36,368	40,914	45,460	50,006
Zone7	22,730	27,276	31,822	36,368	40,914	45,460	50,006	54,552	59,098	68,190	72,736	81,828	90,920
Zone8	27,276	27,276	31,822	36,368	40,914	45,460	50,006	54,552	59,098	68,190	72,736	81,828	90,920
Zone9	4,546	4,546	9,092	13,638	18,184	22,730	27,276	36,368	50,006	59,098	72,736	86,374	90,920
Zone10	4,546	4,546	4,546	4,546	9,092	13,638	18,184	18,184	18,184	22,730	22,730	27,276	31,822
Total	709,176	713,722	745,544	768,274	813,734	854,648	904,654	941,022	991,028	1,050,126	1,100,132	1,172,868	1,227,420

Daily Max. MGD	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Zone1	44.0	44.0	45.0	45.0	46.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	52.0	54.0	55.0
Low	32.0	32.0	32.0	32.0	33.0	33.0	34.0	34.0	35.0	35.0	36.0	37.0	37.0
High	12.0	12.0	13.0	13.0	13.0	14.0	14.0	15.0	15.0	16.0	16.0	17.0	18.0
Zone2	27.0	27.											

By Zone

Population	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Zone1	869,249	870,998	872,747	874,496	876,533	878,571	880,609	882,647	884,685	886,886	889,088	891,290	893,492	895,695
Low	559,203	560,400	561,598	562,796	564,157	565,518	566,880	568,241	569,603	571,150	572,698	574,246	575,794	577,342
High	310,046	310,598	311,149	311,700	312,376	313,053	313,729	314,406	315,082	315,736	316,390	317,044	317,698	318,353
Zone2	655,496	655,657	655,817	655,978	656,176	656,374	656,571	656,769	656,968	657,156	657,346	657,535	657,724	657,914
Zone3	675,671	677,173	678,675	680,177	681,743	683,311	684,878	686,445	688,013	689,582	691,152	693,411	695,211	697,011
Zone4	762,369	770,722	779,075	787,429	796,547	805,485	814,513	823,541	832,570	841,108	849,647	858,186	866,724	875,264
Zone5	708,180	732,999	757,818	782,638	806,402	830,168	853,933	877,698	901,464	927,883	954,302	980,722	1,007,142	1,033,562
Zone6	251,808	262,086	272,364	282,642	292,919	303,197	313,475	323,753	334,032	340,055	346,079	352,102	358,126	364,150
Zone7	876,959	916,143	955,327	994,511	1,039,060	1,083,609	1,128,159	1,172,708	1,217,258	1,267,908	1,318,558	1,369,208	1,419,858	1,470,508
Zone8	702,707	718,998	735,289	751,581	770,103	788,625	807,147	825,669	844,191	865,249	886,307	907,365	928,423	949,482
Zone9	779,078	784,046	789,013	793,981	805,933	817,885	829,837	841,790	853,743	875,474	897,205	918,937	940,669	962,401
Zone10	422,023	434,653	447,282	459,913	474,271	488,630	502,990	517,349	531,708	548,033	564,359	580,684	597,010	613,336
Total	6,703,540	6,823,475	6,943,407	7,063,345	7,199,597	7,335,855	7,472,112	7,608,369	7,744,630	7,899,564	8,054,503	8,209,440	8,364,379	8,519,323

Served Population	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Zone1	684,094	692,624	701,154	709,685	717,879	726,073	734,268	742,463	750,658	759,223	767,790	776,356	784,922	793,489
Low	461,076	465,596	470,117	474,637	478,637	482,637	486,636	490,636	494,636	498,956	503,276	507,595	511,915	516,236
High	223,018	227,028	231,037	235,047	239,242	243,436	247,632	251,827	256,021	260,267	264,514	268,761	273,007	277,253
Zone2	465,677	475,944	486,212	496,480	506,785	517,090	527,396	537,701	548,007	558,303	568,599	578,896	589,193	599,490
Zone3	488,716	501,822	514,929	528,036	538,254	548,472	558,691	568,910	579,129	589,865	600,603	611,340	622,077	632,814
Zone4	590,122	604,017	617,913	631,808	647,332	662,856	678,379	693,903	709,428	725,713	741,998	758,284	774,569	790,855
Zone5	309,371	335,147	360,924	386,701	416,914	447,128	477,341	507,555	537,769	573,219	608,669	644,120	679,570	715,022
Zone6	142,245	153,243	164,240	175,238	188,290	201,343	214,396	227,449	240,502	252,122	265,362	279,362	286,983	298,603
Zone7	418,330	453,532	488,734	523,936	570,144	616,352	662,560	708,768	754,977	814,309	873,641	932,973	992,305	1,051,638
Zone8	332,932	354,531	376,130	397,730	423,933	450,136	476,339	502,542	528,745	560,435	592,126	623,816	655,507	687,198
Zone9	382,344	400,459	418,574	436,689	460,337	483,986	507,634	531,283	554,932	588,305	621,679	655,052	688,426	721,800
Zone10	145,352	158,441	171,530	184,620	201,113	217,607	234,100	250,594	267,088	287,648	308,209	328,769	349,330	369,891
Total	3,959,183	4,129,760	4,300,340	4,470,923	4,670,981	4,871,043	5,071,104	5,271,168	5,471,234	5,709,142	5,947,056	6,184,968	6,422,882	6,660,800

Coverage (%)	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Zone1	78.7%	79.5%	80.3%	81.2%	81.9%	82.6%	83.4%	84.1%	84.9%	85.6%	86.4%	87.1%	87.8%	88.6%
Low	82.5%	83.1%	83.7%	84.3%	84.8%	85.3%	85.8%	86.3%	86.8%	87.4%	87.9%	88.4%	88.9%	89.4%
High	71.9%	73.1%	74.3%	75.4%	76.6%	77.8%	78.9%	80.1%	81.3%	82.4%	83.6%	84.8%	85.9%	87.1%
Zone2	71.0%	72.6%	74.1%	75.7%	77.2%	78.8%	80.3%	81.9%	83.4%	85.0%	86.5%	88.0%	89.6%	91.1%
Zone3	72.3%	74.1%	75.9%	77.6%	79.0%	80.3%	81.6%	82.9%	84.2%	85.5%	86.8%	88.2%	89.5%	90.8%
Zone4	77.4%	78.4%	79.3%	80.2%	81.3%	82.3%	83.3%	84.3%	85.2%	86.3%	87.3%	88.4%	89.4%	90.4%
Zone5	43.7%	45.7%	47.6%	49.4%	51.7%	53.9%	55.9%	57.8%	59.7%	61.8%	63.8%	65.7%	67.5%	69.2%
Zone6	56.5%	58.5%	60.3%	62.0%	64.3%	66.4%	68.4%	70.3%	72.0%	74.1%	76.2%	78.2%	80.1%	82.0%
Zone7	47.7%	49.5%	51.2%	52.7%	54.9%	56.9%	58.7%	60.4%	62.0%	64.2%	66.3%	68.1%	69.9%	71.5%
Zone8	47.4%	49.3%	51.2%	52.9%	55.0%	57.1%	59.0%	60.9%	62.6%	64.8%	66.8%	68.8%	70.6%	72.4%
Zone9	49.1%	51.1%	53.1%	55.0%	57.1%	59.2%	61.2%	63.1%	65.0%	67.2%	69.3%	71.3%	73.2%	75.0%
Zone10	34.4%	36.5%	38.3%	40.1%	42.4%	44.5%	46.5%	48.4%	50.2%	52.5%	54.6%	56.6%	58.5%	60.3%
Total	59.1%	60.5%	61.9%	63.3%	64.9%	66.4%	67.9%	69.3%	70.6%	72.3%	73.8%	75.3%	76.8%	78.2%

PerCapita (Lpcdd)	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Zone1	157	160	164	167	170	174	177	180	183	187	190	193	197	200
Low	157	160	164	167	170	174	177	180	183	187	190	193	197	200
High	157	161	164	167	170	174	177	180	183	187	190	194	197	200
Zone2	157	161	164	167	170	174	177	180	183	187	190	194	197	200
Zone3	157	161	164	167	170	174	177	180	183	187	190	194	197	200
Zone4	157	161	164	167	171	174	177	180	183	187	190	194	197	200
Zone5	136	139	142	144	148	151	154	157	159	163	167	170	172	175
Zone6	158	162	165	167	171	175	178	181	183	187	191	194	197	200
Zone7	109	112	115	117	121	125	128	131	133	137	141	144	147	150
Zone8	108	111	114	117	121	125	128	130	133	137	141	144	147	150
Zone9	108	111	114	117	121	124	127	130	133	137	141	144	147	150
Zone10	113	116	119	121	125	129	132	135	137	141	145	148	151	154
Total	140	143	145	148	151	154	157	159	162	165	168	171	174	176

Daily Max. MGD	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Zone1	254,576	259,122	263,668	272,760	277,306	281,852	286,398	290,944	295,490	300,036	304,582	309,128	313,674	322,766
Low	172,748	172,748	177,294	181,840	181,840	186,386	186,386	190,932	195,478	195,478	200,024	200,024	204,570	209,116
High	81,828	86,374	86,374	90,920	95,466	95,466	100,012	100,012	104,558	104,558	109,104	109,104	113,650	118,196
Zone2	172,748	177,294	181,840	190,932	195,478	200,024	204,570	209,116	218,208	222,754	227,300	231,846	236,392	245,484
Zone3	181,840	186,386	195,478	204,570	209,116	213,662	218,208	222,754	227,300	231,846	236,392	240,938	245,484	254,576
Zone4	218,208	222,754	231,846	240,938	245,484	254,576	263,668	272,760	281,852	286,398	295,490	304,582	313,674	322,766
Zone5	100,012	109,104	118,196	127,288	136,380	150,018	159,110	172,748	186,386	200,024	213,662	227,300	240,938	254,576
Zone6	54,552	59,098	63,644	68,190	72,736	77,282	81,828	86,374	95,466	100,012	104,558	109,104	113,650	118,196
Zone7	104,552	113,650	127,288	140,926	154,564	168,202	186,386	200,024	218,208	236,392	259,122	277,306	300,036	322,766
Zone8	81,828	86,374	95,466	104,558	113,650	122,742	131,834	140,926	154,564	163,656	172,748	186,386	195,478	209,116
Zone9	95,466	104,558	109,104	118,196	122,742	131,834	140,926	150,018	159,110	168,202	181,840	195,478	209,116	222,754
Zone10	36,368	40,914	45,460	50,006	54,552	59,098	68,190	72,736	81					

B. WATER SOURCE SURVEY

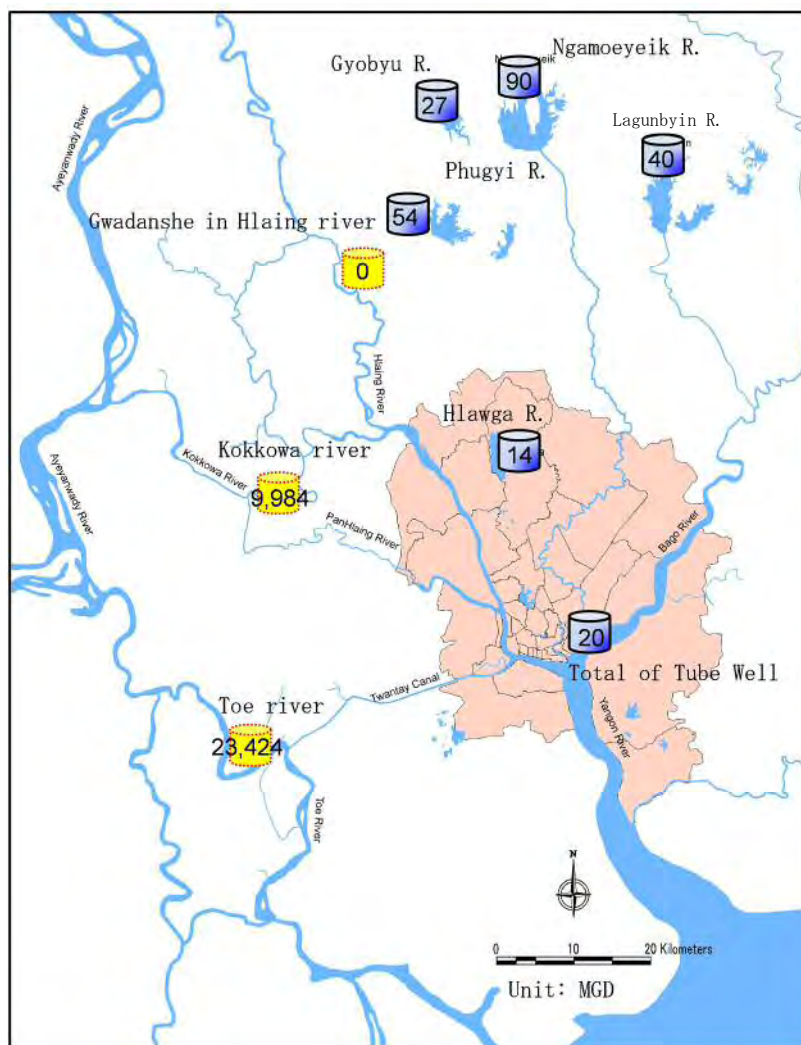
1. Development of Potential Surface Water (Reservoir and River)

Table B.1 shows the list of water supply sources while Figure B.1 shows the map of water sources around Yangon City. The current water supply source of 215 MGD (977,400 m³/day) are utilized continually. To meet future increased water demand, the potential of Kokkowa river and Toe river as new sources of water are studied. The existing ground water source (20 MGD) shall be gradually abolished after the development of river water source and distribution facilities.

Table B.1 List of Water Supply Sources

Name	Water Supply Volume	
	m ³ /day	MGD
1) Existing Water Resource		
Gyobyu Reservoir (Surface water)	121,500	27
Hpugyi Reservoir (Surface water)	243,000	54
Hlawgar Reservoir (Surface water)	63,000	14
Ngamoeyeik (Surface water: First + Second Phase)	405,000	90
Sub-Total	832,500	185
2) Planned Water Resource		
Lagunbyin Reservoir (Surface water)	135,000	30
Total-Existing fixed sources	977,400	215
3) Required river source		
Kokkowa River	1,909,300	420
Toe River		
Total 1) + 2) + 3)	2,886,700	635

Source: JICA Study Team



Source: JICA Study Team

Figure B.1 Map of Water Resource for Water Supply around Yangon City

2. Evaluation of Existing Reservoirs

In 2002 JICA-M/P study, the water balance study was carried out for Gyobyu, Phugyi, Hlawga, and Ngamoeyeik reservoirs (drinking water sources) and Lagunbyin reservoir (an exclusive irrigation reservoir). The simulation period was adopted as the last six years (May 1995–December 2000) with a 10-year return period, which covers the severe drought year of 1998. Table B.2 shows the results of analysis of the water balance study in the 2002 JICA study. The capacity of the current reservoir for water supply was recognized as 868,600 m³/day (186.5 MGD) approximately, on condition of maintaining the low water level in each reservoir during the drought year. In addition, it was analyzed that Lagunbyin reservoir will enable to divert 10 MGD for drinking water source.

Table B.2 Results of Reservoir Water Balance Study

Name	Low Water level Unit: ft	Water Supply Unit: m ³ /day (MGD)
Gyobyu Reservoir	138.0	118,300 (27.0)
Hpugyi Reservoir	90.0	245,700 (54.0)
Hlawgar Reservoir	47.0	75,075 (16.5)
Ngamoeyeik (First + Second stage)	81.0	409,500 (90.0)
Lagunbyin Reservoir	46.0	45,000 (10.0)

Source: JICA Study Team

To evaluate the results of water balance study in the 2002 JICA survey, an examination was made for the applicability of the 2002 JICA survey to the existing conditions based on comparing the rainfall data of the previous study with the recent rainfall data. The methods of evaluation are summarized below.

a. Long term fluctuation

The rainfall data used in the 2002 JICA survey rainfall data was compared with the rainfall data of years from 2001 to 2010. As a result of comparison, it is observed that the average rainfall in 2001 to 2010 was higher than the average rainfall in 1965 to 2000. It was also found out that little rainfall during 2001-2010 has not been renewed from any observatories.

b. Non-exceedance probability

In the 2002 JICA study, the probability by annual rainfall has been studied using the rainfall from January to December in Bago, Tharrawaddy, and Kaba Aye. Table B.3 shows the non-exceedance probability of annual rainfall at these stations as estimated by Gumbel's Minimum Values method.

Table B.3 List of Non-Exceedance Probability Annual Rainfall

Station Name	2 years	5 years	10 years	20 years	50 years	100 years	Number of Records
Bago	3,284.9	2,922.3	2,740.0	2,598.7	2,454.5	2,369.3	36
Tharrawaddy	2,206.1	1,963.4	1,829.9	1,719.1	1,597.1	1,519.2	36
Kaba Aye	2,680.7	2,413.8	2,296.5	2,214.5	2,139.7	2,100.4	33

Source: 2002 JICA Study

Table B.4 shows the list of non-exceedance probability estimation by the latest annual rainfall from 2001 to 2010. There are no large differences in the past ten years for non-exceedance probability rainfall in each station, and no changes in water trend were also determined.

Table B.4 List of Non-Exceedance Probability Annual Rainfall from 2001 to 2010

Station Name	2 years	5 years	10 years
Bago	3,386.0	2,854.0	2,513.0
Tharrawady	2,165.0	1,847.0	1,831.0
Kaba Aye	2,757.0	2,478.0	2,315.0

Source: JICA Study Team

The results of water balance study in the 2002 JICA Survey (Table B.2) enabled the utilization of the current surface water supply sources (Table B.1).

3. Evaluation of Potential Water Sources

3.1 Water Flow Measurement Survey

Hlaing (Gwedanshe), Kokkowa, and Toe rivers were initially considered as potential water sources. Bago River was not considered because it has relatively low water availability according to the 2002 JICA survey. Available amounts of water intake from these water sources depend highly on the river flow from January to April which is lowest during dry season. From the river flow data in Hlaing and Bago rivers, the minimum flow is dropping to approximately one-hundredth of the maximum value.

Currently, no water flow but water level is monitored for both rivers. To convert the water level to water flow, the JICA Study team requested MOAI to measure flow rate and cross section of the rivers. The MOAI carried out the measurement in November 2012 in Kokkowa river and in December 2012 in Toe river. Also, to measure the minimum flow rate, measurement was made in March 2013 in both rivers. In addition, planned irrigation plans were confirmed with MOAI. The following are measurement results.

River	Flow rate (Date)	
	2012	2013
Kokkowa	1,941m ³ /s(24 Nov.)	1,233 m ³ /s (20 Mar.)
Toe	2,572m ³ /s(11 Dec.)	1,930m ³ /s (18 Mar.)

Source: MOAI

3.2 River Maintenance Flow

While planning water intake from the river, maintenance of minimum flow is considered taking into account the protection of nearby flora and fauna, fishing, and landscape. The definition of normal flow is combined with the maintenance flow, viable water source amount, flow discharge for maintaining normal flow functions of water, and target flow discharge on the management of low water level through the year.

Maintenance flow is the part of flow in river which cannot be utilized as water available for intake from the source. Following its characteristic, it is necessary to assess the distinction of each river and season in terms of fishing, landscape, and saltwater intrusion. However, the available information is insufficient to determine the ideal maintenance flow in this study. In response to this situation, maintenance flow is assumed to be half of the 10-year minimum drought discharge as referred to the Japanese manual. In the case of Japan, there was a tendency where the maintenance flow was between the 10-year average drought discharge and the 10-year minimum drought discharge. Though the characteristics of rivers in Yangon is very different from the rivers in Japan, it is assumed that: 1) Water levels in target rivers use a minimum value in daily fluctuations, and 2) the characteristic of river flow is applicable to its maintenance flow which is lower than the 10-year minimum drought discharge.

The 10-year average drought discharge in the Kokkowa River was estimated using the following processes presented below, as well as the background of available amounts of direct river intake.

Table B.5 Estimation of 10-year Minimum Drought Discharge in the Kokkowa River

Process	Subject	Remarks
A	Set of Basic Condition (River Cross Section of Target River)	Refer: Actual river cross section
B	Set of Basic Condition (Characteristics of Minimum Rainfall over the Past 10 years)	Target year: 2001-2010
C	Set of Cross Section Area (A) and Velocity (V) in 10-year minimum drought discharge	Refer: Measurement of river flow discharge on site
D	Calculation of 10-year minimum drought discharge (Q)	$Q = A \times V$

Source: JICA Study Team

3.3 Water Source Evaluation

3.3.1 Hlaing River (Gwedanshe)

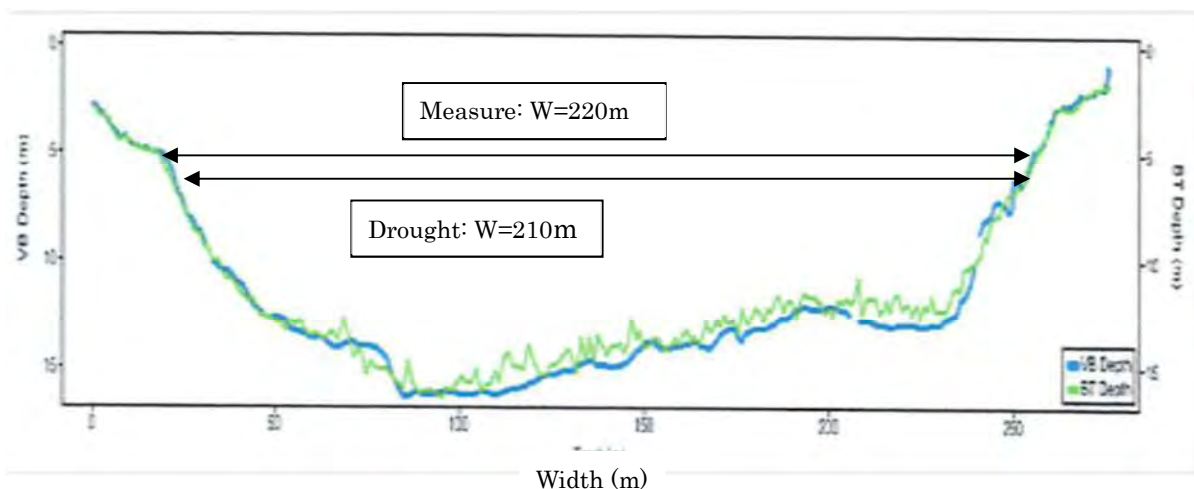
Hlaing River's flow (10-year average drought discharge) in the dry season was applied as 11.4 m³/s, the data for Gwedanshe. This is same as the considerations made in the 2002 JICA survey for rainfall from 2001 to 2010. However, the possibility of the Hlaing River's direct water intake in the dry season does not exist. The current water intake facilities for irrigation (2.287 m³/s,) were confirmed near the intake point and alternative irrigation projects (4.67 m³/s, 89.64 MGD) as reported by the MOAI. The maintenance flow in this river, assumed to be 4.0 m³/s, was considered.

3.3.2 Kokkowa River

a. Set of Basic Condition (River Cross Section of Target River)

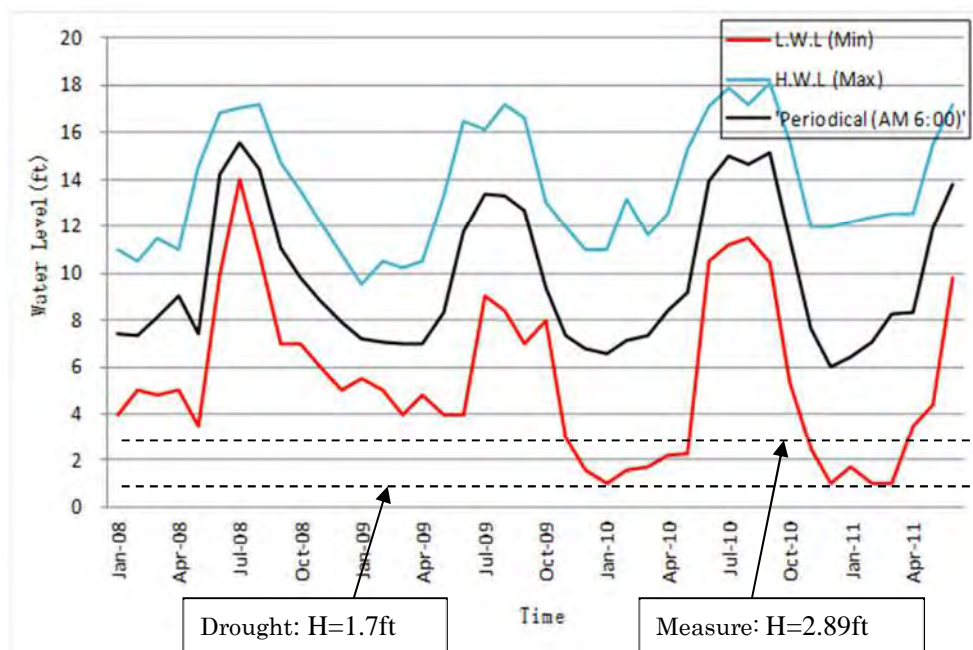
Figure B.2 shows the river cross section of Kokkowa River, which was obtained from the MOAI. The

cross section area was approximately 2,170 m² at a water level of 2.89 ft in the river which was close to the minimum water level in the past



Source: MOAI

Figure B.2 Cross Section at Pan Taing in Kokkowa River



Source: JICA Study Team based on MOAI Data

Figure B.3 Water Level at Pan Taing, Kokkowa River (2008 – 2011)

b. Set of Basic Condition (Characteristics of Minimum Rainfall over the Past 10 years)

The annual minimum rainfall occurred in 2010 during the period of 2001-2010. Table B.6 shows the water level changes from January 2008 to August 2011 (including 2010) in Kokkowa River. Maximum water level (rainy season) was 18.0 ft, the 355th day water level was 1.7 ft and the minimum water level (dry season) was 1.0 ft. The low water level in 2010 was the lowest. So, the 10-year minimum drought flow is assumed to occur in 2010, when the minimum rainfall occurred over the past ten years.

Table B.6 Water Level in Kokkowa River (FY 2008-2011)

	Max	95 th day	185 th day	275 th day	355 th day	Min	Mean
FY 2008	17.2	10.0	8.0	6.2	4.5	3.5	8.8
FY 2009	17.2	10.3	7.0	5.8	4.0	3.0	8.0
FY 2010	18.1	12.2	6.0	3.6	1.7	1.0	7.6
FY 2011*	17.2	12.2	7.2	4.5	1.2	1.0	8.1

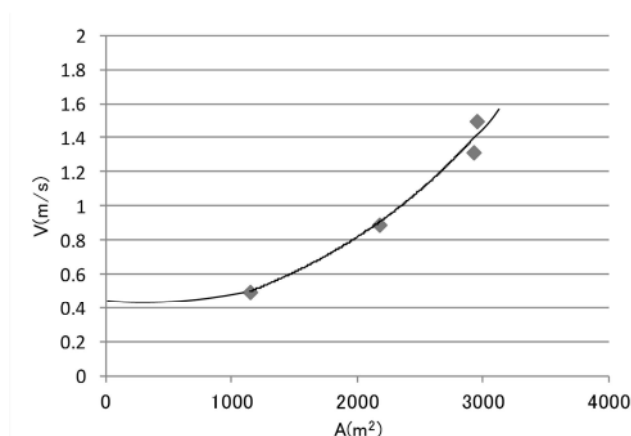
Unit: ft

*FY2011: August 2010 – July 2011

Source: JICA Study Team

c. Set of Cross Section Area (A) and Velocity (V) for 10-year minimum drought discharge

- Water level in case of the 10-year minimum drought discharge was assumed as 1.7 ft. from the above.
- River width in case of the 10-year minimum drought discharge was assumed as 210 m.
- The cross-sectional area in case of the 10-year minimum drought discharge was assumed as 780 m², ($A = \frac{W^2}{2} - H(2.89 - 1.7) \text{ft} \times W(210 + 220) \text{m} / 2$)
- Flow rate of the 10-year minimum drought discharge is shown as the relationship between the cross-sectional area (A) and the velocity (V) (see Figure B.4) taken from the results of the cross-sectional survey in Figure B.2. Thus, the flow rate in the dry season was assumed as 0.5 m/s which is about one-third of the HWL during rainy season.



Source: JICA Survey Team

Figure B.4 Relation Between the Cross Section (A) and Velocity (V) of Kokkowa River

d. Calculation of the 10-Year Minimum Drought Discharge

$$\left[\begin{array}{l} Q_{\text{minK}} = A \times V \doteq 1,045 \text{ m}^3/\text{s} \\ A = 2,090 \text{ m}^2: \text{ Cross-sectional area for the 10-year average drought discharge} \\ V = 0.5 \text{ m/s}: \text{ Velocity for the 10-year average drought discharge} \end{array} \right.$$

e. Flow Measurement on 20 March 2013, the Drought Period

Flow was measured as 1,233m³/s at the water level of 0.23ft which is nearly the same as the estimated

value. Flow measured on 24 November 2012 was 1,941 m³/s at a water level of 2.89 ft.

f. Water Intake Amount for YCDC

Water amount available for YCDC is at least 520 m³/s, half of the 10-year minimum drought discharge, considering the river maintenance flow and water required for other irrigation projects of MOAI. Total of 153 MGD (12.0m³/s) water is planned for irrigation schemes according to MOAI, 10.12MGD for Pantaing Sluice (1), 52.85MGD for Pantaing Sluice (2), 47.98MGD for Khunnaingtang Sluice, and 42.47MGD for Chaungnyiako Sluice.

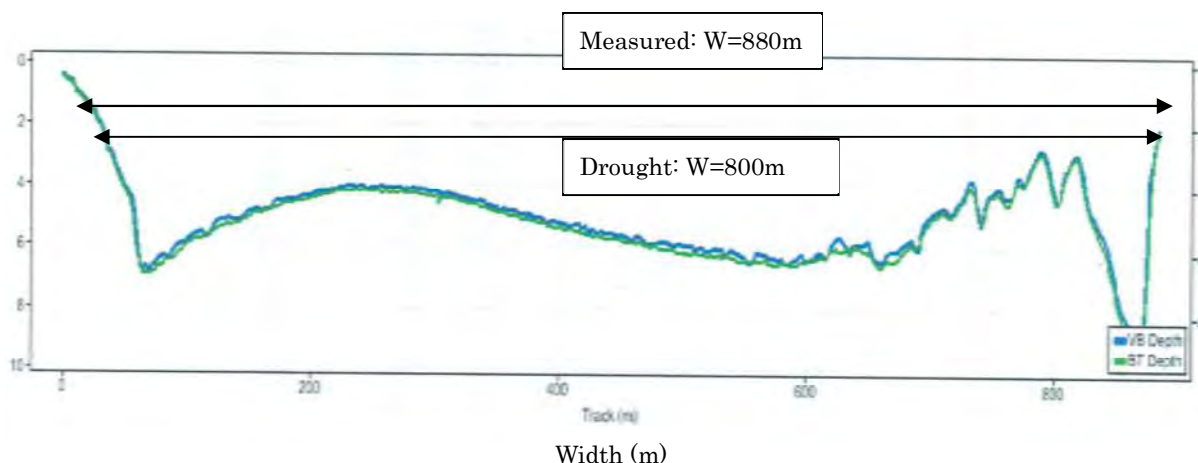
3.3.3 Toe River

The 10-year minimum drought discharge was estimated using the same process as used in case of the Kokkowa River.

Figure B.5 shows the river cross section of Kokkowa River, which was obtained from the MOAI. The underwater cross section area was approximately 2,170 m² at the water level of 2.89 ft which was close to the minimum water level in the past

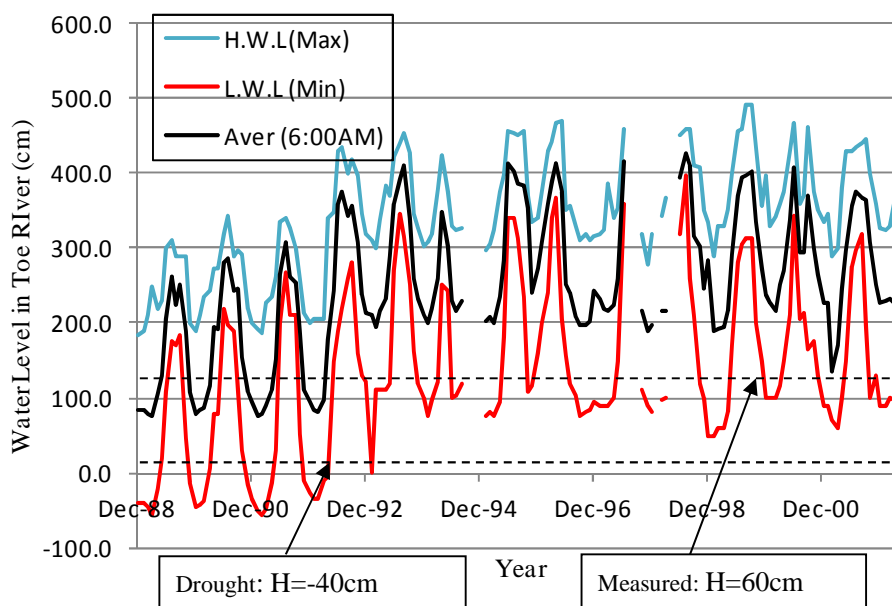
a. Set of Basic Condition (River Cross Section of Target River)

Figure B.5 shows the cross section at the proposed intake point in the Toe River measured on 11 December 2012. This cross section area was determined as 4,340 m² at the water level of 60 cm, which was almost the lowest water level.



Source: JICA Study Team

Figure B.5 Cross Section in Toe River



Source: JICA Study Team based on MOAI Data

Figure B.6 Water Level at Pann Hlaing, Toe River (1989-2002)

b. Set of Basic Condition (Minimum Drought Flow Discharge)

Ten-year drought flow is estimated assuming it occurred in 2010 same as in case of the Kokkowa River. However, water level data in 2010 was not available so that water level data continuously available (between January 1989 and April 2002, March 2011 and August 2012) was alternatively used.

- Water level data between January 1989 and April 2002 is shown in Table below. Water level data of 355th day and minimum was not estimated due to lack of data during dry period.
- The highest water levels in the years ranged from 354 to 486 cm while the lowest ranged from 80 to 300 cm according to the latest data (between March 2011 and August 2012). These levels are similar to the past records (January 1989 to April 2002). So all data were judged effective.
- The lowest and the 355th day water levels were -46 cm and -40cm, respectively, both in 1989 during period from January 1989 to April 2012. Thus, -46 cm water level was judged as a 10-year drought water level.

Figure B.7 Water Level in the Toe River (1989-2001 and 2011-2012)

	Max	95th day	185th day	275th day	355th day	Min	Mean
FY 1989	273	190	46	-20	-40	-46	77.1
FY 1990	312	216	84	-14	-38	-45	104.2
FY 1991	312	220	56	-18	-46	-56	101.1
FY 1992	386	296	160	0	-29	-34	158.6
FY 1993	426	292	178	127	113	100	221.1
FY 1994	314	127	105	--	--	--	153.9
FY 1995	430	344	186	92	--	--	234.1

unit : cm

	Max	95th day	185th day	275th day	355th day	Min	Mean
FY 1996	432	320	190	116	85	76	218.3
FY 1997	426	168	120	96	--	--	178.9
FY 1998	430	296	130	--	--	--	234.6
FY 1999	690	321	180	90	60	50	211.4
FY 2000	398	270	188	140	110	100	214.1
FY 2001	376	300	180	100	60	60	201.9

Source: JICA Study Team based on MOAI Data

c. Set of Cross Section Area (A) and Velocity (V) for 10-year minimum drought discharge

- Water level for the 10-year minimum drought discharge was lower by 1 m than the water level measured on 11 December 2012. Width is assumed as 800 m.
- The cross-sectional area for the 10-year minimum drought discharge was assumed as 4,080 m², ($A \doteq A'4,340 - H(0.6+0.4)ft \times W(880 + 850)m / 2$).
- The flow velocity of 0.6 m/s was measured on 11 December 2012 which is regarded as low flow discharge. So, this flow velocity is also the same as for 10-year drought flow.

d. Calculation of the 10-Year Minimum Drought Discharge

$$\left[\begin{array}{l} Q_{\min T} = A \times V \doteq 2,448 \text{ m}^3/\text{s} \\ A = 4,080 \text{ m}^2: \text{ Cross-sectional area in case of the 10-year drought discharge} \\ V = 0.6 \text{ m/s}: \text{ Velocity for the 10-year drought discharge} \end{array} \right.$$

e. Flow Measurement on 18 March 2013, the Drought Period

Flow was measured as 1,930 m³/s at a water level of 52 cm which is nearly the same as the above estimated value. Flow measured on 11 December 2012 was 2,573 m³/s at a water level of 60 cm.

f. Water Intake Amount for YCDC

Water amount available for YCDC is at least 1,220 m³/s, half of the 10-year minimum drought discharge, considering the river maintenance flow. There are no irrigation projects around here.

The followings are attached to Annex.

Flow measurement in Kokkowa river (10th August 2012, 30th November, 20th March 2013, MOAI)

Flow measurement in Toe river (30th November, 18th March 2013, MOAI)

Water Quality Test for Kokkowa River

1.1 Introduction

Water quality test of Kokkowa River water was implemented. Overview of water sampling and water quality test are given below.

Table 1 Water Test Items and Survey Overview

Water quality survey of water source	
Sampling date	17-Jul, 19-Aug 2015 and 25-Feb 2016 (3 times)
Sampling point	Near intake point
Test Items	pH, Turbidity, Electric Conductivity (EC), Total dissolved solid (TDS), Chloride, Alkalinity, Nitrate, Nitrite, Ammonia, Iron, Manganese, Coliform (E coli), Fecal Coliform
Salt water intrusion survey	
Sampling date	17-Jul 2015 and 25-Feb 2016 (2 times)
Sampling point	Near intake point and downstream from Intake point
Sampling Method	At the time of high-tide water, take sample at the intake point and downstream of intake point. Surface water and subsurface water (at about 5 m depth from surface) were sampled.
Test Items	Water Temperature, pH, EC, TDS, Chloride
Sedimentation test	
Sampling date	From 27-May 2015 to 25-Feb 2016 (several times per month)
Test Items	Turbidity, Color (supernatant water)
Test Method	Predetermined time standing of sampling water and measure the turbidity and color of supernatant water
Coagulation-sedimentation property (Jar test)	
Sampling date	From 17-Jul to 21 Dec 2015 (5 times)
Test Items	pH, Turbidity, Color, Fe, Mn
Test Method	Decide suitable coagulation treatment condition using Jar tester. In addition, treatment property of Fe and Mn by coagulation- sedimentation process was measured.
Chlorine consumption test	
Sampling date	17-Jul and 19-Aug 2015 (2 times)
Sampling point	Near intake point ×2 times (after coagulation-sedimentation process using Jar-tester)
Test Items	Free residual chlorine
Test method	After injection the predetermined amount of sodium hypochlorite solution into the sampling water, measure the free residual chlorine concentration of limited time.

Source: JICA Study Team

Water samples in Kokkowa River were taken near the new water intake facility construction site. Water sampling points of Salt water intrusion survey are shown below.



Source: JICA Study Team

Figure 1 Sampling Points of 1st time of Salt Water Intrusion Survey on 17-Jul 2015



Photo 1 Sampling and Water Quality Test at YCDC Laboratory (1st; 17-Jul)



Photo 2 Sampling and Water Quality Test at YCDC Laboratory (2nd; 19 Aug.)



Source: JICA Study Team

Figure 2 Sampling Points of 2nd Time of Salt Water Intrusion Survey on 25-Feb 2016



Photo 3 Sampling and Water Quality Test at YCDC Laboratory (3rd; 25 Feb. 16)

1.2 Water quality near water intake site

Water quality near water intake site is shown in Table 3. This table shows the data of YCDC tests (28-May 2015 to 25-Feb 2016), Study team tests (collaborative work with YCDC in 17-Jul, 19-Aug 2015 and 25-Feb 2016) and data from other reports.

Based on these data, turbidity ranged from 57 NTU (28-May 2015) to over 1,000 NTU (10 to 19-Aug 2015). In August 2015, serious flood occurred in the north-west area of Myanmar. This high level of turbidity (over 1,000 NTU) is assumed to be the result of the flood. Except these data (10 to 19-Aug 2015), average turbidity was 231 NTU (28-May to 25-Feb 2016) based on the results of YCDC laboratory only. National Drinking Water Quality Standard of Myanmar decides 5 NTU as the standard value. Therefore, reduction of turbidity is necessary to obtain clean tap water.

Color ranged from 25 to 1950 TCU. The highest value was observed in samples of 11-Aug and 19-Aug. Similar to turbidity, this high degree of color resulted from the occurrence of flood. However, National Drinking Water Quality Standard of Myanmar decides color level of 15 TCU. Therefore, reduction of color is also necessary to obtain clean tap water.

Iron (Fe) and Manganese (Mn) in samples of 10-Aug 2015 showed exponential increase. The reason of this increase is same as that of turbidity increase due to occurrence of the flood. Summary of Fe and Mn data except 10-Aug 2015 data is as follows;

Fe: Average 1.6 mg/L, Max: 4.8 mg/L, Min: 0.2 mg/L
Mn: Average 0.7 mg/L, Max: 2.8 mg/L, Min: 0.0 mg/L

In the National Drinking Water Quality Standards of Myanmar, the standard value of Fe is 1.0 mg/L, and Mn is 0.4 mg/L. On the other hand, WHO drinking water quality guideline 4th (Hereinafter, WHO-GL^{4th}), the guideline values of Fe and Mn is not decided. However, presence of > 0.3mg/L of Fe and > 0.1 mg/L of Mn causes coloring trouble and offensive taste.

Considering National Drinking Water Quality Standard of Myanmar, both Fe and Mn exceed water

quality standard level. Moreover, considering the description of WHO-GL, removal of Fe and Mn is required in water treatment process.

Table 2 Water Quality Test Data Near The Water Intake Point

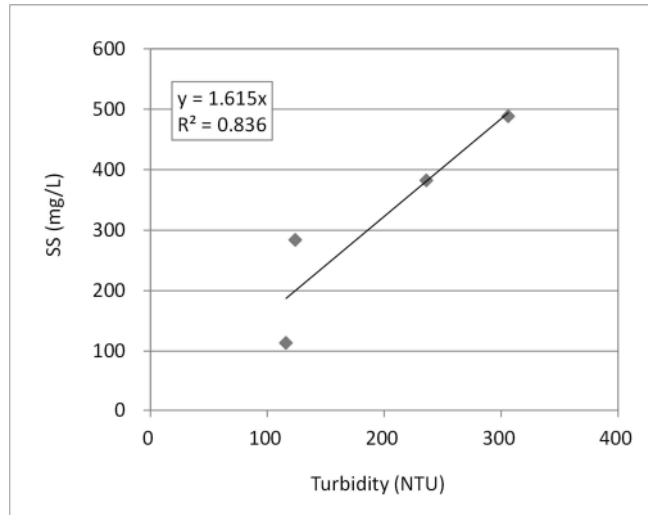
Test by	No	Date	pH	TDS (mg/l)	SS (mg/L)	EC (µS/cm)	Total Hardness (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Turbidity (NTU)	Color (TCU)	Total Alkalinity (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	Salinity (mg/L)	Nitrite(NO ₂) (mg/L)	Nitrate(NO ₃) (mg/L)	Ammonia(NH ₄) (mg/L)	E-coli	Fecal Coli	
China FS		14.6.2012	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		13.0		<0.01			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						17.0						
		5.4.2013	8.4	67.0	488.0		102.0	2.9		306.0	110.0						12.0						
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	70				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	90						
	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	70						
	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	70						
	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	60						
	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	40						
	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	50						
	8	17.7.2015	6.0	20.4		26.1	76.0	1.8	1.3	523.0		56.0	9.6	12.5	56.0	20.0	20						
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	60						
	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	70						
	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	70						
JICA Team		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	90						
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		24.0	12.8	8.6	24.0	14.0	60						
	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	50						
	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	50						
	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	50						
	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	60						
	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	50						
	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	60						
	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	80						
	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	80						
	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	100						
	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	90						
	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	80						
	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	90						
	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	80						
	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	90						
	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	100						
	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	40						
	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	100						
	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	100						
	32	25.1.16	7.1	104.8		210.0	92.0	2.1	0.4	71.0		100.0	22.4	8.6	100.0	20.0	100						
	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	100						
	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	110						
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		

Source: Results compiled by EDWS Laboratory

Suspended solid (SS) was measured according to Standard Methods, 2540D (Total suspended solids). Purpose of this analysis is to obtain SS/Turbidity coefficient to design sedimentation basin. SS analysis was done on 21-Dec 2015. Result of SS and turbidity analysis is shown below. In this table, China FS data (2012 – 2013) is shown as reference data. Correlation between Turbidity and SS is shown in Figure 3. Obtained SS/Turbidity coefficient was 1.62 as average.

Table 3 Calculation of SS/Turbidity Coefficient

Test by	Date	SS (mg/L)	Turbidity (NTU)	SS/Turbidity
China FS	8.12.2012	113.0	116.0	0.97
China FS	2.4.2013	382.0	236.0	1.62
	5.4.2013	488.0	306.0	1.59
YCDC	21.12.2015	283.5	124.0	2.29
Average				1.62



Source: YCDC and Edited by JICA Study Team

Figure 3 Correlation between Turbidity and SS

1.3 Salt water intrusion survey

Result of salt water intrusion survey is shown below. Both survey were implemented during high water (after new moon). Summary of survey data is shown below.

Table 4 Summary of Salt Water Intrusion Survey (17 July 2015)

Sampling location	Time	pH	EC (μS/cm)	TDS (mg/L)	Turbidity (NTU)	Chloride (mg/L)
Intake point (Surface)	8:33	7.8	89	43	496	13.2
Intake point (about 5 m depth)	8:36	7.7	84	42	475	5.2
4 km downstream (Surface)	9:46	7.6	85	42	344	8.9
4 km downstream (about 5 m depth)	9:50	7.7	80	40	392	17.0

Source: YCDC

Table 5 Summary of Salt Water Intrusion Survey (25 Feb 2016)

Sampling location	Time	pH	EC (μS/cm)	TDS (mg/L)	Turbidity (NTU)	Chloride (mg/L)
3 km upstream (about 5 m depth)	8:40	7.97	212	106	90	20
Intake point (about 5 m depth)	9:03	7.83	206	103	121	20
3 km downstream (about 5 m depth)	9:20	7.80	208	102	90	18
6 km downstream (about 5 m depth)	9:43	7.65	205	102	150	16
10 km downstream (about 5 m depth)	10:08	7.42	216	107	425	20
15 km downstream (about 5 m depth)	10:27	7.58	234	116	1520	22
20 km downstream (about 5 m depth)	10:42	7.41	263	131	1980	32

Source: YCDC

Chloride ranges 5.2 to 32.0 mg/L. In Myanmar Drinking Water quality Standard, required value of Chloride is 250 mg/L. Considering this value, adverse effect of salt water intrusion is inconsiderable.

Note: WHO Guideline 4th describes that threshold level of taste (Chloride) is 200 - 300mg/L. Hence, Chloride ranges of intake point is under standard value.

According to the site measurement result, Turbidity increases after Kokkowa River is combined with Bawlal River.

1.4 Sedimentation test

Sedimentation property of Kokkowa River water was tested. Purpose of this test is to obtain a base data to design pre-sedimentation pond to reduce turbidity before water purification process. Sedimentation property was assessed by the temporal change (reduction) of turbidity and color in the supernatant of sample at intervals of 0 hour, 3 hour, 6 hour, 9 hour, 24 hour, 36 hour, 48 hour and 72 hour.

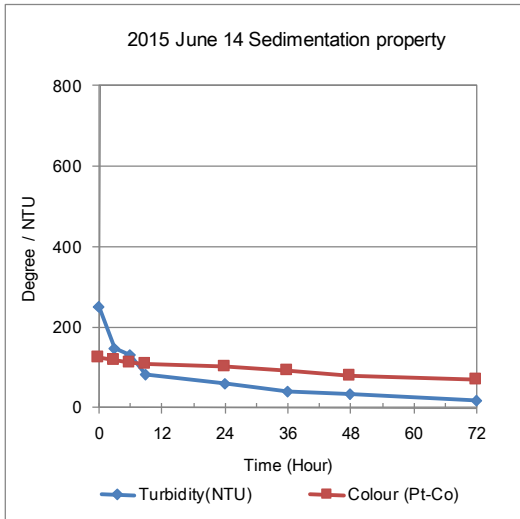
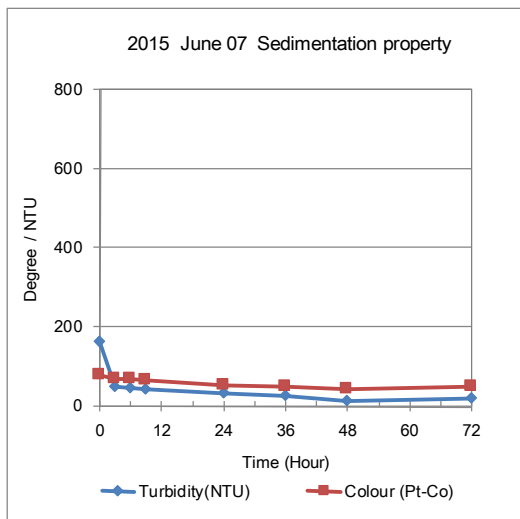
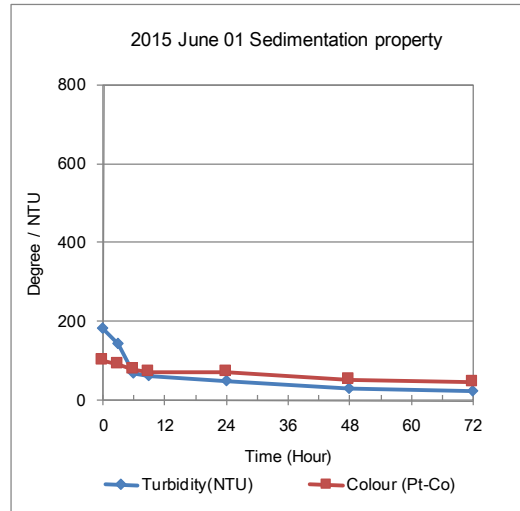
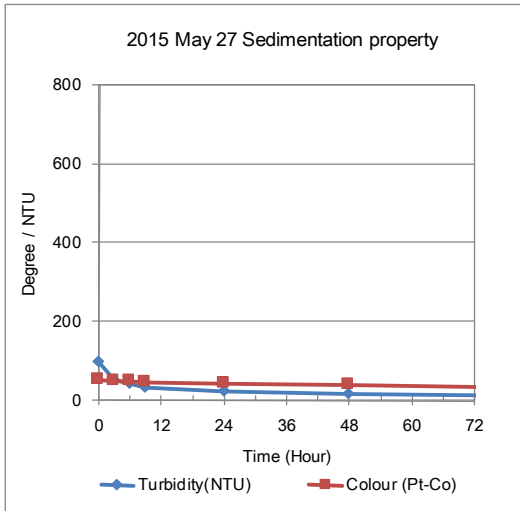


Source: JICA Study Team

Photo 4 Progress of Sedimentation Test

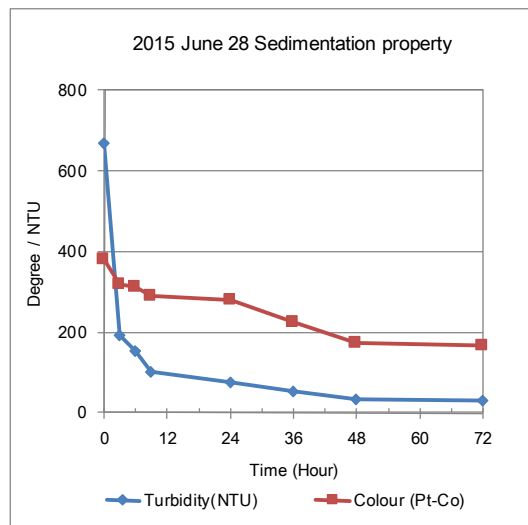
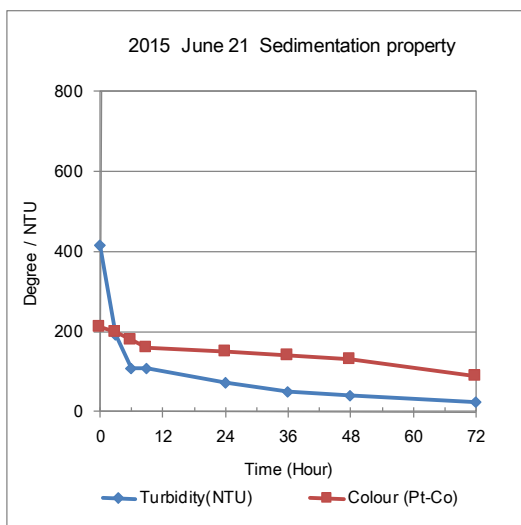
In this survey, Turbidity was measured using WA-PT-4DG Turbidity meter (Kyoritsu Chemical-check Lab.). This Turbidity meter measures Kaolin turbidity unit. However, Myanmar uses Nephelometric turbidity unit (NTU). Therefore, measured data by this turbidity meter have to be converted to NTU. Conversion factor of turbidity is calculated by the comparison of NTU and Kaolin turbidity of Kokkowa River water. Calculated conversion factor was 0.5 (Kaolin / NTU).

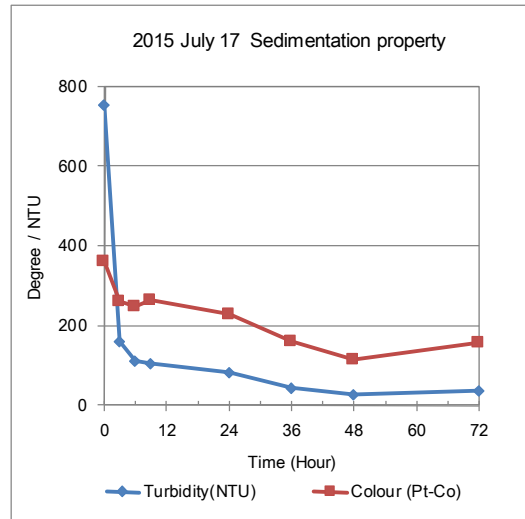
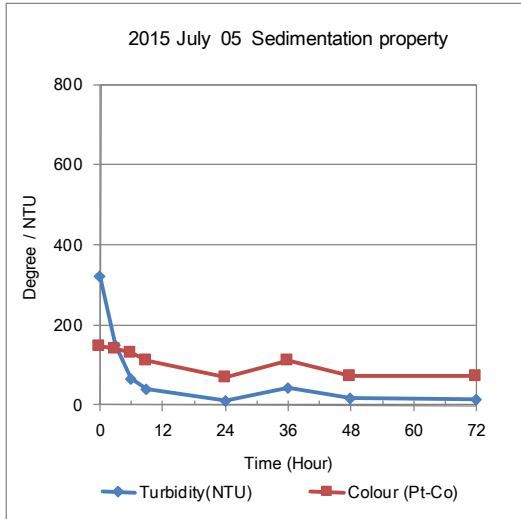
Result of sedimentation test is shown below. Turbidity and color in supernatant decreases gradually. It seems that sedimentation period of 24 to 48 hours is necessary to stabilize the residual turbidity and color in supernatant. Considering this result, adequate retention time of pre-sedimentation pond is 24 to 48 hours.



Source: JICA Study Team

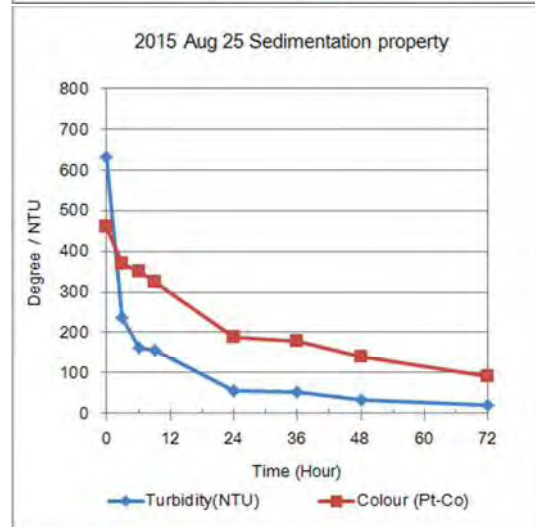
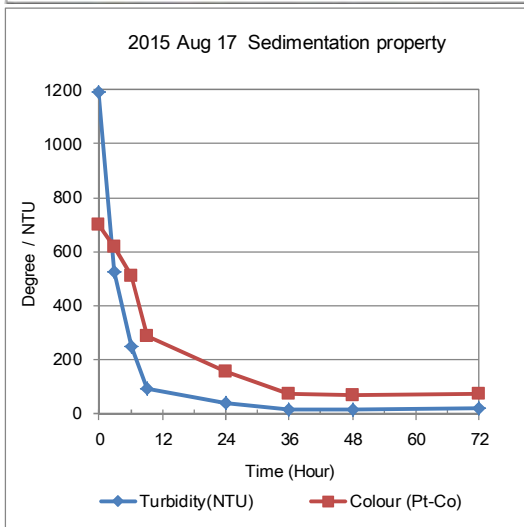
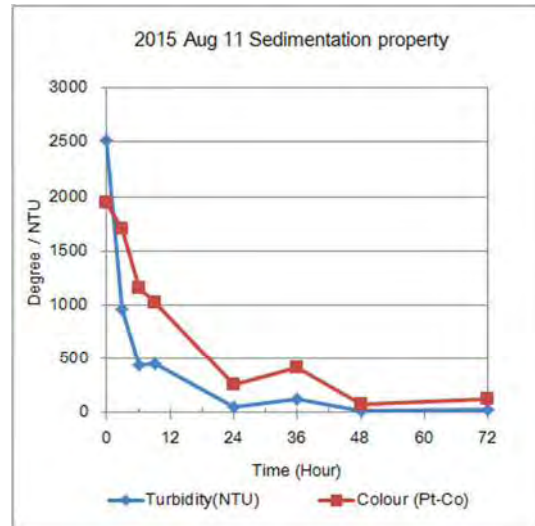
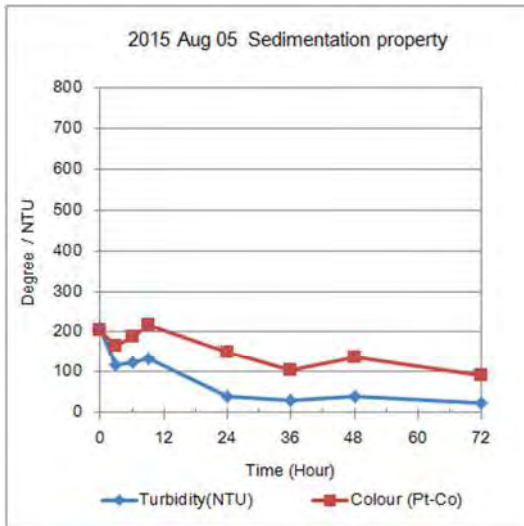
Figure 4 Result of Sedimentation Test (May and June)





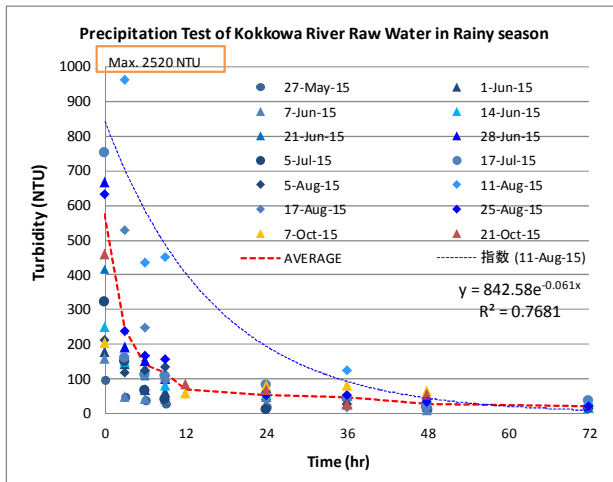
Source: JICA Study Team

Figure 5 Result of Sedimentation Test (June and July)

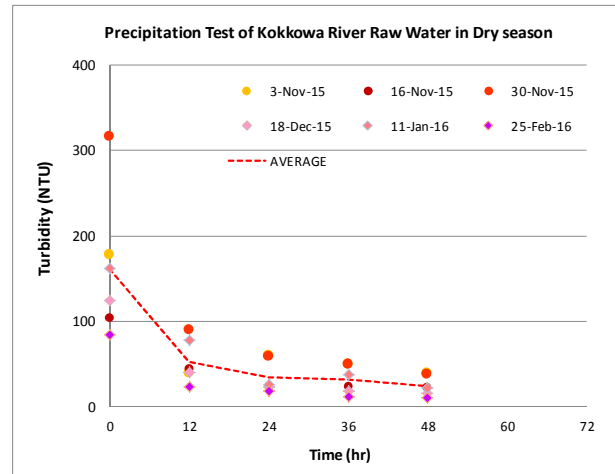


Source: JICA Study Team

Figure 6 Result of Sedimentation Test (August)



in Rainy Season (From May to Nov 2015)



in Dry Season (From Nov 2015 to Feb 2016)

Source: JICA Study Team

Figure 7 Results of Sedimentation Test in Rainy and Dry Season

1.5 Coagulation-sedimentation treatment

Coagulation-sedimentation treatment was simulated by Jar-test. Considering a primary clarifier process, Jar test was conducted to the supernatant of 24 hours settled raw water.

Condition of Jar-test is as follows;

Rapid mixing: 120 rpm/5min→Slow mixing: 40rpm/15min→Sedimentation: 20min

Result of Jar test is shown below. Considering the standard value of turbidity and color in the Myanmar Drinking Water Quality Standard, desired value after coagulation - sedimentation process is;

Turbidity: < 5 NTU, Color : < 15 TCU.

Turbidity of raw water ranged from 52 to 379 NTU and color ranged from 75 to 410 degree. July and August was rainy season, and December was dry season. Highest level of turbidity was observed in the sample of 19 August. On the other hand, highest color was observed in the sample of 20 October.

Optimum ACH dose ranged from 5 to 20 ppm. However, optimum ACH dose for raw water in October was very high (60ppm for turbidity, 50ppm for color).

Table 6 Summary of Jar Test, Optimum ACH Injection Ratio and Removal of Turbidity

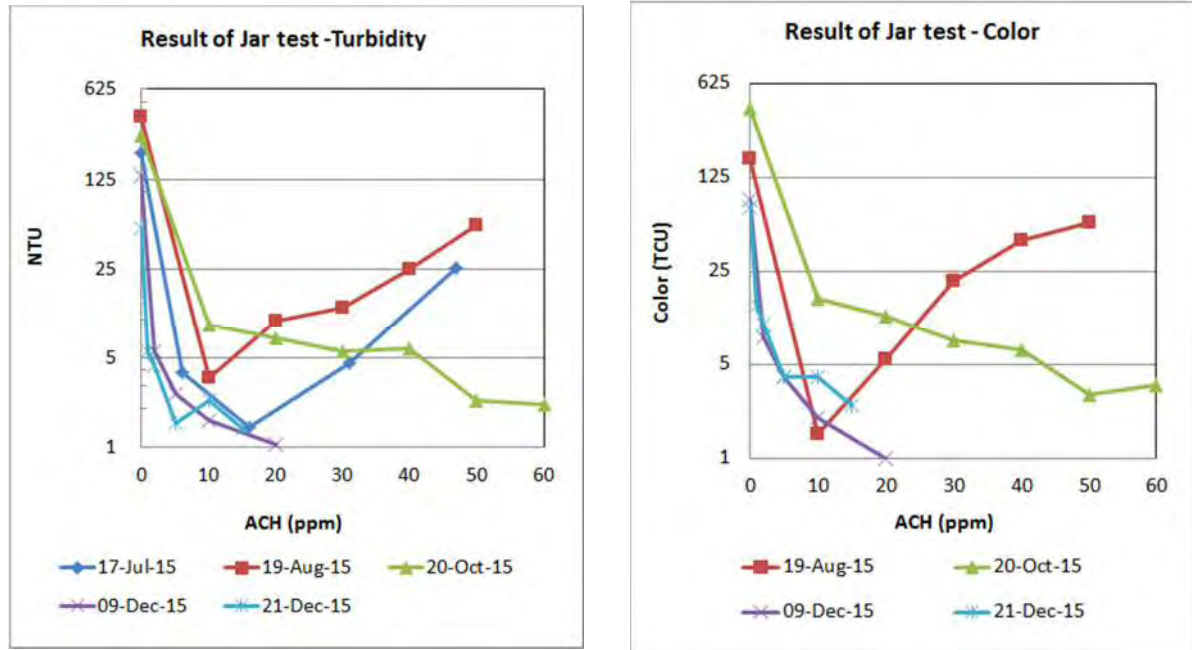
Sampling date	Optimum ACH dose (ppm)	Turbidity (NTU)	
		Raw water	After coagulation
17 Jul. 2015	16	201	1.4
19 Aug. 2015	10	379	3.5
20 Oct. 2015	60	273	2.2
9 Dec. 2015	20	133	1.0
21 Dec. 2015	5	52	1.5

Source: YCDC

Table 7 Summary of Jar Test, Optimum ACH Injection Ratio and Removal of Color

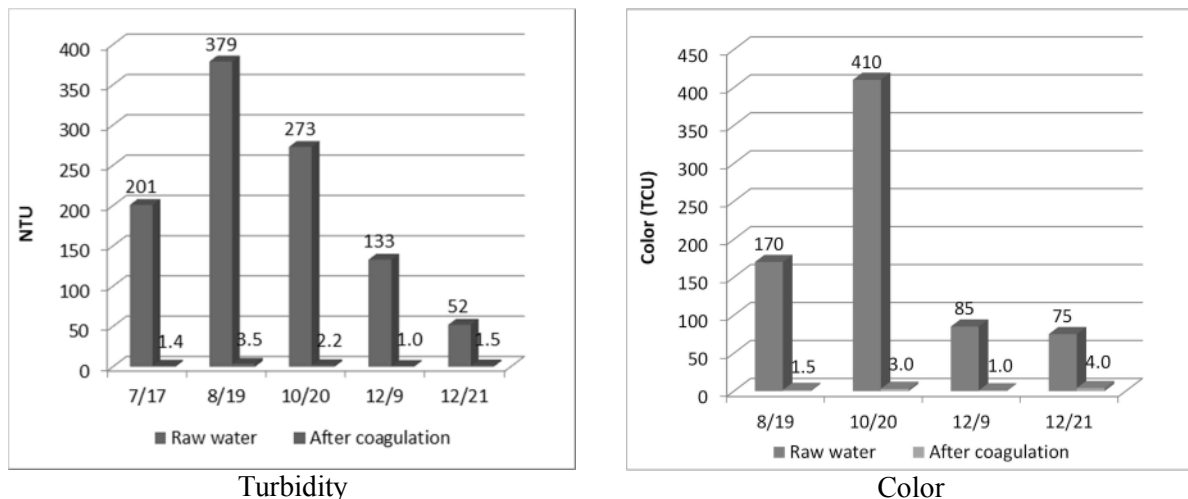
Sampling date	Optimum ACH dose (ppm)	Color (TCU)	
		Raw water	After coagulation
19 Aug. 2015	10	170	1.5
20 Oct. 2015	50	410	3.0
9 Dec. 2015	20	85	1.0
21 Dec. 2015	5	75	4.0

Source: YCDC



Source: YCDC and Edited by JICA Study Team

Figure 8 Result of Jar test, Turbidity and Color



Source: YCDC and Edited by JICA Study Team

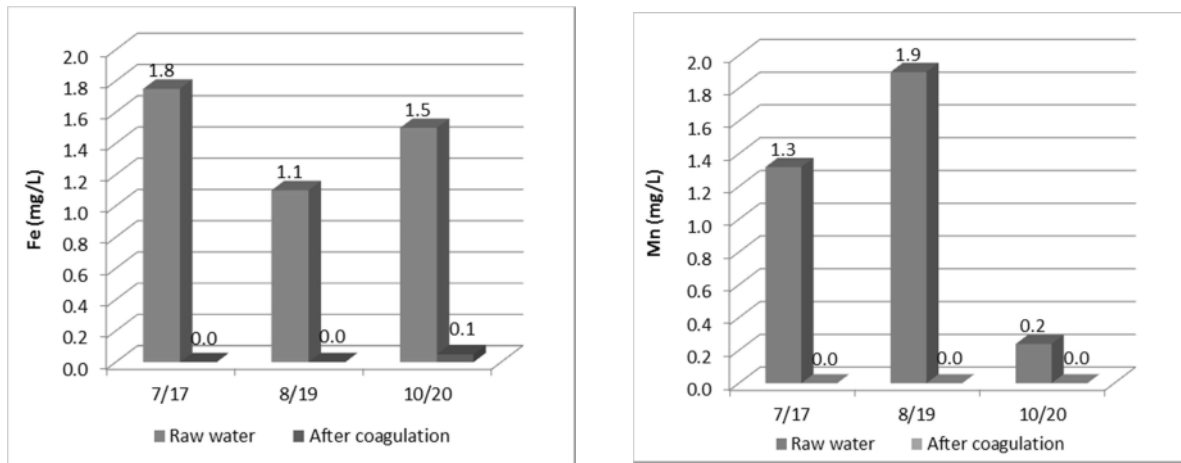
Figure 9 Removal Property of Turbidity and Color by Coagulation - Sedimentation Process

In this coagulation – sedimentation test, removal of Fe and Mn was investigated. In this survey, Fe and Mn concentration before/ after coagulation – sedimentation treatment was compared. Condition of coagulation- sedimentation process is same as that of 19 Aug. (Coagulant injection ratio: 31 ppm). pH before coagulation is: 7.0, and after coagulation is: 7.2.

Test result is shown below. WHO-GL^{4th} describes that presence of Fe > 0.3 mg/L and Mn > 0.1 mg/L will deteriorate the quality of water (e.g. color, odor). On the other hand, Myanmar Drinking Water Quality Standard decides following standard values of Fe and Mn;

Fe: 1.0 mg/L, Mn: 0.4 mg/L

In this test, Fe and Mn were removed by coagulation and sedimentation process.



Source: YCDC and Edited by JICA Study Team

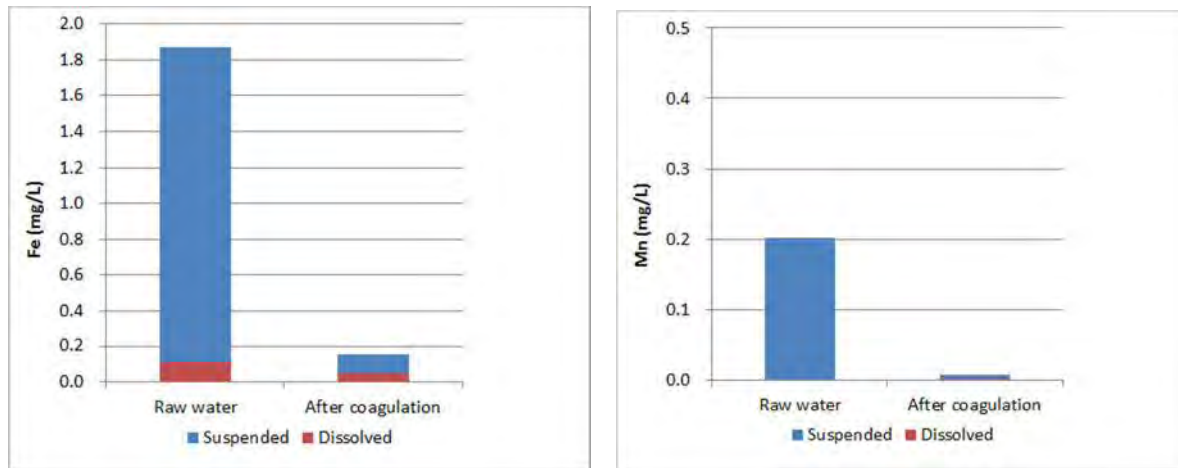
Figure 10 Removal Properties of Fe and Mn by Coagulation - Sedimentation Process

To confirm the treatment property of Fe and Mn, additional confirmatory experiment was conducted. In this experiment, separation analysis of dissolved form and suspended form of Fe and Mn was adopted. Separation of dissolved form was done using 0.45 µm membrane filter.

Confirmatory experiment was done using Kokkowa raw water (Sampling: 19 Aug.). ACH injection rate was 5 ppm.

As shown in Figure below, major part of Fe and Mn were in suspended form. Thus, it is expected that major part of Fe and Mn exist as particle (dissolved on particle or colloidal form) and were transported as suspended matter.

This experiment showed that Fe and Mn of suspended form were well removed by coagulation - sedimentation process. Therefore, it is judged that the implementation of adequate coagulation – sedimentation treatment can reduce Fe and Mn in raw water.



Source: YCDC and Edited by JICA Study Team

Figure 11 Removal Properties of Fe and Mn (Morphological Analysis)

1.6 Chlorine consumption test

In this study, chlorine consumption before and after coagulation – sedimentation treatment was measured. Chlorine consumption before coagulation – sedimentation treatment is a simulation of pre chlorination treatment process, and chlorine consumption after coagulation – sedimentation treatment is a simulation of mid-chlorination treatment process.

Test was carried out 2 times. Condition of coagulation – sedimentation of each test is shown below;

Table 8 Summary of Jar Test for Chlorine Consumption Test

Date	Coagulant injection ratio (ppm)	Turbidity (NTU)	
		Before*	After*
17 June 2015	16 ppm	172.0	1.4
19 Aug.2015	31 ppm	298.0	3.0

Note: Before: Raw water before coagulation and sedimentation process

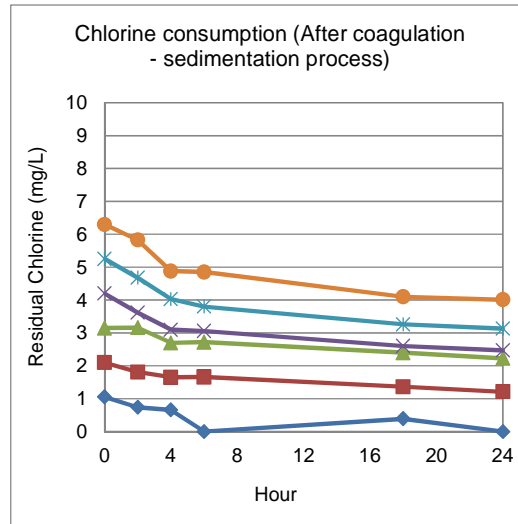
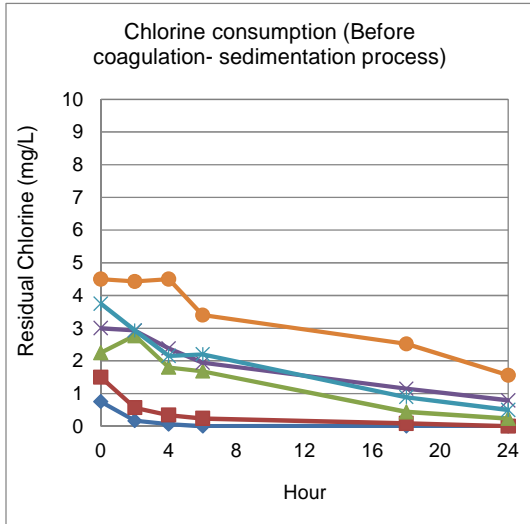
After: Filtered water After coagulation and sedimentation process

Source: YCDC and Edited by JICA Study Team

Time course of residual: Time course of residual chlorine is shown below. Both test (17-June 2015 and 19-Aug. 2015) showed that decrease of residual chlorine is reduced after coagulation – sedimentation process. This result is because Fe, Mn or other oxidizable matter by chlorine are reduced by coagulation – sedimentation process.

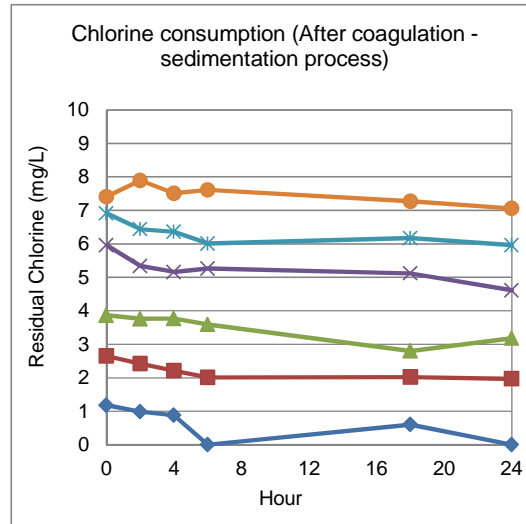
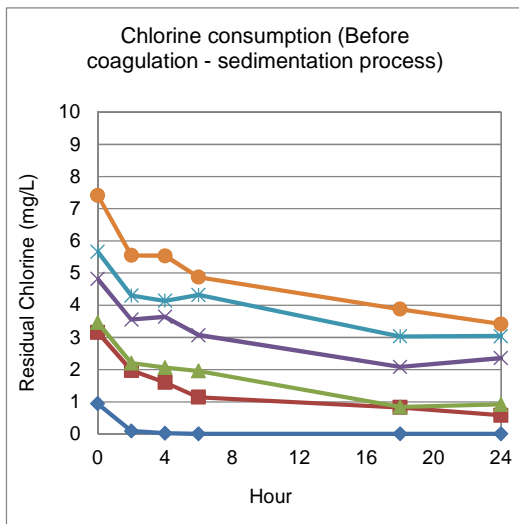
This test simulates mid chlorination process. Therefore, this test result means that implementation of adequate coagulation – sedimentation process ensures more long-term retention of disinfection effect. Based on this result, when 1 mg/L of residual chlorine is necessary in water distribution system, injection ratio of chlorine is estimated about 2 mg/L.

Note: In figure 12 and 13, Residual chlorine at 0 hour means injection ratio of chlorine.



Source: YCDC and Edited by JICA Study Team

Figure 12 Chlorine Consumption Test (Date: 17-Jul 2015)



Source: YCDC and Edited by JICA Study Team

Figure 13 Chlorine Consumption Test (Date: 19-Aug. 2015)

Figure 15 (17-Jul 2015) and Figure 16 (19- Aug. 2015) show relationship between chlorine injection and residual chlorine at time intervals of (2, 4, 8, 18 and 24 hours after commencing test). These figure also show the test result of before (upper tier) and after (lower tier) sedimentation – coagulation treatment process.

In the result of 17-July 2015, residual chlorine curve in upper tier (before sedimentation - coagulation) shows slight evidence of break – point (See test result of 18hours and 24 hours). Moreover, residual chlorine curve of upper tier shows the evidence of chlorine consumption by oxidation. This evidence means that this water sample contains substance to be oxidized by chlorine (e.g. Fe, Mn. etc.). Concentration of Fe, Mn and NH₄-N in the water sample is shown in Table 9. From this water quality data, chlorine consumption by Fe and Mn is estimated. However, in case of the after coagulation – sedimentation phase (lower tier in Figure 15), trace of chlorine consumption is almost reduced. This

difference means that coagulation – sedimentation process can reduce chlorine consumption matter in the water sample.

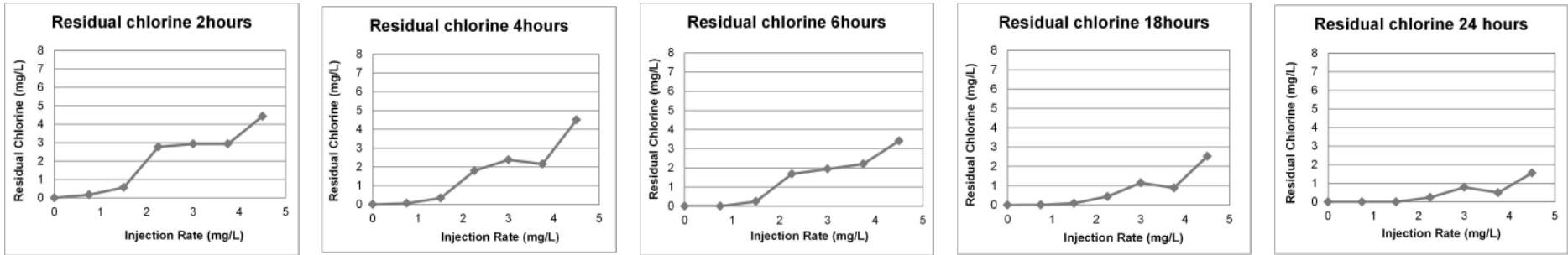
On the other hand, residual chlorine curve of 19-Aug. 2015 did not show the trace of break point. In case of before coagulation – sedimentation phase (upper tier in Figure 16), slight evidence of chlorine consumption was observed, however, these evidences were reduced by coagulation – sedimentation process (lower tier in Figure 16). The reason behind this result is similarly explained as the case of 17-Jul 2015 experiment. That is, chlorine consumption matter was removed by coagulation – sedimentation process.

1.7 Conclusion

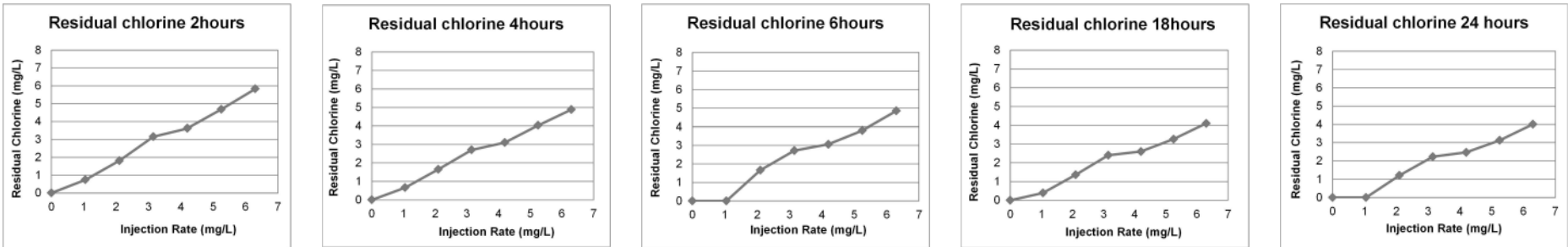
In this water quality test, water treatment property (coagulation – sedimentation and chlorination) of Kokkowa River water was investigated. In coagulation – sedimentation treatment process, Turbidity, Fe and Mn were removed. In addition, coagulation – sedimentation process removed chlorine consuming materials.

Considering these result, in the water purification of Kokkowa River water, adequate implementation of coagulation – sedimentation process is important factor to produce clear and safe water.

Before coagulation - sedimentation



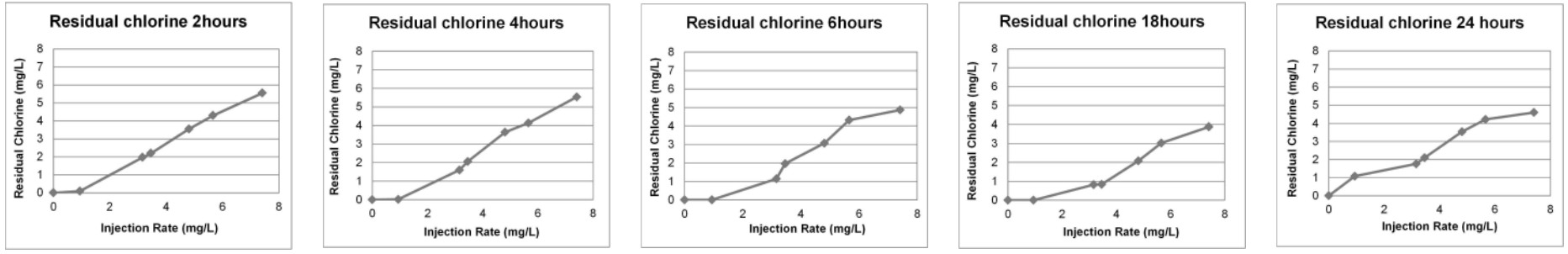
After coagulation - sedimentation



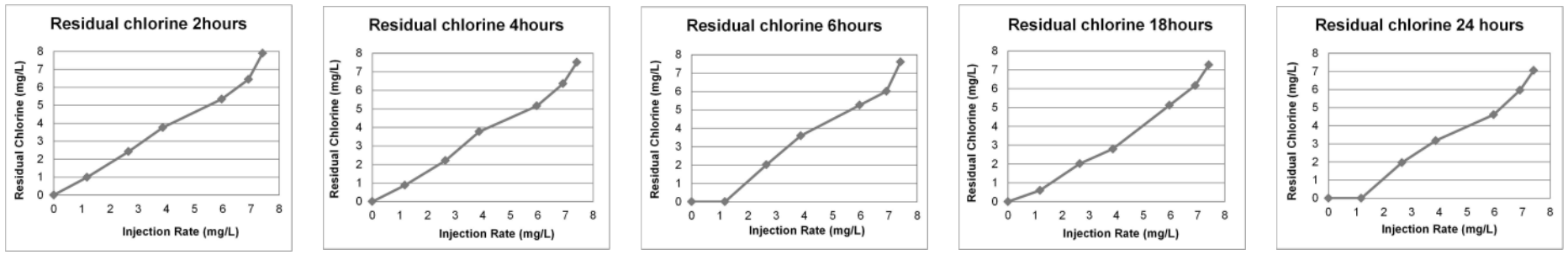
Source: YCDC and Edited by JICA Study Team

Figure 15 Chlorine Consumption Curve (Test Date: 17 July 2015)

Before coagulation - sedimentation



After coagulation - sedimentation



Source: YCDC and Edited by JICA Study Team

Figure 16 Chlorine Consumption Curve (Test Date: 19 Aug. 2015)

