

ミャンマー国
ヤンゴン市上下水道改善プログラム
協力準備調査報告書

第3巻
上水道マスタープラン

平成26年3月
(2014年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

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

環境
JR(先)
14-080

ミャンマー国
ヤンゴン市上下水道改善プログラム
協力準備調査

ファイナル・レポート

2014年3月

総目次

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

目次

第1章	序章	1-1
1.1	調査の背景	1-1
1.2	調査の目的	1-2
1.3	調査実施体制	1-2
1.4	調査対象地域	1-2
1.5	計画目標年	1-2
1.6	調査工程	1-3
第2章	調査対象地域の概要	2-1
2.1	社会経済状況	2-1
2.1.1	行政組織と行政境界	2-1
2.1.2	土地利用の現況	2-1
2.1.3	人口	2-5
2.1.4	経済	2-8
2.1.5	保健衛生	2-9
2.2	自然条件	2-11
2.2.1	地形	2-11
2.2.2	地質	2-13
2.2.3	気象	2-13
2.2.4	水文と水理	2-14
2.3	上下水道・排水に係る関連組織	2-20
2.3.1	ヤンゴン地域政府	2-20
2.3.2	ヤンゴン市開発委員会 (YCDC)	2-21
2.3.3	農業灌漑省	2-24
2.4	水供給・衛生に係る法制度	2-25
2.4.1	「ミ」国関連法	2-25
2.4.2	ヤンゴン市の上下水道・排水関連法制度	2-26
2.4.3	日本とミャンマー、ヤンゴンの関連法制度の比較	2-28
2.4.4	官民パートナーシップ (PPP) とプライベート・フィナンス・イニシアティブ (PFI) 関連法	2-30
2.5	水供給・衛生に係る予算制度と運営状況	2-32
2.5.1	水供給・衛生に係る予算制度	2-32
2.5.2	地域政府の予算・運営状況	2-32
2.5.3	YCDC の予算・運営状況	2-32
2.6	環境社会配慮にかかるフレームワーク	2-33

2.6.1	「ミ」国環境社会配慮にかかる政策・法制度	2-33
2.6.2	環境社会配慮にかかる行政制度	2-36
2.6.3	環境社会配慮手続き	2-37
2.6.4	国際・地域協定	2-39
2.6.5	環境基準	2-40
2.6.6	本調査における環境社会配慮	2-40
第3章	水供給の現況	3-1
3.1	水供給の概要	3-1
3.1.1	既存の水供給の分類	3-1
3.1.2	主要な水源	3-1
3.1.3	水供給に対する満足度、不満足度	3-6
3.1.4	必要給水量	3-11
3.1.5	水因性疾患	3-12
3.1.6	給水支出額	3-12
3.1.7	改善された給水への支払い意思額	3-13
3.2	非 YCDC 水供給	3-13
3.2.1	公共水道施設	3-13
3.2.2	非公共水道施設	3-14
3.3	YCDC 水道による給水状況	3-16
3.3.1	水道普及率	3-16
3.3.2	水源と給水地域	3-17
3.3.3	給水状況	3-17
3.3.4	使用用途	3-21
3.3.5	配水量と無収水量	3-22
3.4	既存水道システム	3-25
3.4.1	水道整備の変遷	3-25
3.4.2	水道水源	3-31
3.4.3	取水塔、取水ポンプ場、導水管（導水路）	3-33
3.4.4	浄水場	3-37
3.4.5	送水ポンプ場	3-43
3.4.6	配水池	3-44
3.4.7	配水管、給水管	3-46
3.5	維持管理	3-49
3.5.1	水源、導水管と浄水場	3-49
3.5.2	機械電気設備	3-50
3.5.3	塩素消毒	3-51
3.5.4	送配水	3-52

3.5.5	給水装置	3-52
3.6	水道水質管理	3-53
3.6.1	既存の水質管理体制	3-53
3.6.2	JICA 水質調査結果	3-55
3.7	上水道に係る財務状況と水道料金徴収	3-61
3.7.1	上水道事業の事業運営状況	3-61
3.7.2	上水道料金体系と顧客形態	3-64
3.8	関連計画とプロジェクト	3-67
第4章	給水状況の課題と改善目標の設定	4-1
4.1	上水道に係る主要な課題	4-1
4.1.1	技術面（維持管理含む）の課題	4-1
4.1.2	組織面の課題	4-3
4.1.3	制度面の課題	4-5
4.1.4	財務・運営面の課題	4-7
4.1.5	YCDC 以外の給水方法の課題と改善方法	4-8
4.2	近隣国の類似都市のケーススタディー	4-9
4.3	給水サービス目標	4-11
4.3.1	全体目標	4-11
4.3.2	給水圧と給水時間（均等給水）	4-12
4.3.3	給水水質	4-12
4.3.4	水道普及率	4-13
4.3.5	将来人口	4-16
4.3.6	給水人口	4-18
4.3.7	給水量原単位	4-20
4.3.8	無収水率	4-23
4.3.9	計画諸元（日最大係数）	4-24
第5章	水需要量と水源計画	5-1
5.1	水需要量	5-1
5.1.1	予測フロー	5-1
5.1.2	水需要量予測	5-1
5.2	水源計画	5-3
5.2.1	貯水池系水源	5-3
5.2.2	地下水生産計画	5-4
5.2.3	河川系水源開発	5-4
5.2.4	水需要量の増加と必要水源開発	5-7
5.3	水需要量と水源水量収支	5-9
5.4	基幹水道システムの検討と水運用計画	5-11

第6章	上水道計画	6-1
6.1	計画方針と諸元	6-1
6.1.1	水道計画方針	6-1
6.1.2	計画諸元	6-2
6.1.3	浄水場の計画方針	6-2
6.1.4	送配水計画方針	6-6
6.2	配水区（ゾーニング）計画	6-8
6.3	施設計画	6-13
6.3.1	計画施設の配置	6-13
6.3.2	供給水量を増加する施設	6-16
6.3.3	均等給水及び無収水削減対策に供する施設	6-19
6.3.4	その他の施設	6-20
6.4	改修計画	6-20
6.4.1	ポンプ場（改修）	6-20
6.4.2	浄水場（改修）	6-21
6.4.3	配水池（改修）	6-22
6.4.4	配水管更新（改修）	6-23
第7章	維持管理と能力向上計画	7-1
7.1	維持管理計画	7-1
7.1.1	施設保全	7-1
7.1.2	施設運転管理	7-2
7.1.3	危機管理	7-3
7.1.4	水運用	7-3
7.1.5	水質管理	7-4
7.1.6	業務委託	7-7
7.2	能力開発	7-7
7.2.1	組織・制度開発	7-8
7.2.2	水質管理と浄水場の維持管理	7-11
7.2.3	配水管理と無収水管理	7-14
7.2.4	施設のデータ管理	7-19
7.2.5	顧客・料金徴収データ管理	7-21
第8章	事業実施計画と事業費	8-1
8.1	事業実施計画	8-1
8.2	積算方針・条件	8-1
8.3	事業費	8-2
8.3.1	資本費用	8-2
8.3.2	維持管理費	8-3

8.4	段階的整備計画と事業費	8-3
8.4.1	段階的整備計画	8-3
8.4.2	段階的事業費	8-4
第9章	財務計画	9-1
9.1	財務分析	9-1
9.1.1	財務分析の方法	9-1
9.1.2	財務分析の前提	9-1
9.1.3	支払意思額 (WTP)	9-1
9.1.4	支払可能額 (ATP)	9-2
9.1.5	財務分析	9-2
9.1.6	財務計画に関する水道料金改定の必要性	9-12
第10章	IEE レベルの環境社会配慮	10-1
10.1	環境社会配慮の必要性	10-1
10.2	マスタープランに対する IEE レベルの環境社会配慮	10-1
10.3	マスタープランの代替案の設定	10-1
10.4	評価項目の選定	10-3
10.5	評価項目に関する現況	10-4
10.5.1	水利用	10-4
10.5.2	用地取得及び非自発的住民移転	10-4
10.5.3	土地利用及び地域資源利用	10-5
10.5.4	生活・生計	10-5
10.5.5	少数民族・先住民族	10-6
10.5.6	保護区/文化遺産	10-6
10.5.7	地形・地質	10-7
10.5.8	生物・生態系	10-7
10.5.9	水象	10-7
10.5.10	大気汚染/騒音・振動	10-8
10.6	代替案分析	10-10
10.7	緩和策	10-14
10.8	ステークホルダー協議	10-15
第11章	フィジビリティ調査のための優先プロジェクトの選定	11-1

表 目 次

表 2.1	土地利用割合（2012年）	2-5
表 2.2	ヤンゴン市の人口の推移	2-5
表 2.3	ヤンゴン都市圏のタウンシップの人口、人口増加率、人口密度	2-7
表 2.4	産業構造（GDP ベース）	2-8
表 2.5	ヤンゴン地域出生・死亡率	2-10
表 2.6	流行性疾患数及び死亡数	2-10
表 2.7	疾病患者数及び死亡数	2-10
表 2.8	ヤンゴン港における潮位	2-19
表 2.9	水供給衛生局各部署の役割	2-23
表 2.10	主要部局業務	2-25
表 2.11	上下水道セクターにおける官民連携事業	2-31
表 2.12	環境にかかる国際・地域協定	2-39
表 3.1	タウンシップ別給水水源	3-4
表 3.2	不満に感じる水質項目（非 YCDC 給水）	3-6
表 3.3	水給水に対する満足度・不満足度	3-9
表 3.4	水因性疾患	3-12
表 3.5	給水支出額	3-12
表 3.6	Thanlyin と Kyauktan の公共水道の内容	3-14
表 3.7	Thilawa SEZ（Special Economic Zone）における水道	3-14
表 3.8	非 YCDC 給水世帯の取水に要する時間	3-15
表 3.9	非 YCDC 給水世帯の取水頻度	3-15
表 3.10	非 YCDC 給水世帯の取水容器	3-15
表 3.11	水道普及率の推定（2012年）	3-16
表 3.12	地域別給水原単位	3-20
表 3.13	飲料用水の処理（YCDC 給水）	3-20
表 3.14	料金体系及びメータ（YCDC 給水）	3-21
表 3.15	用途別顧客数（2011年）	3-21
表 3.16	用途別使用水量	3-21
表 3.17	2000年からの用途別、メータ有無別の顧客数の増減	3-22
表 3.18	2011年の推定配水量（1）	3-22
表 3.19	2011年の推定配水量（2）	3-23
表 3.20	井戸の推定生産量（2011年）	3-23
表 3.21	パイロット地域における漏水率（2002年）	3-23
表 3.22	国際水道協会の定義に基づく水収支	3-25

表 3.23	主な水道整備経緯.....	3-26
表 3.24	ヤンゴン市における既存水源一覧.....	3-31
表 3.25	貯水池における表流水源特性.....	3-32
表 3.26	井戸取水量の推定.....	3-32
表 3.27	ヤンゴン市域における地下水水収支 (MGD)	3-33
表 3.28	既設 Gyobyu 取水塔の主要機器リスト (1939 年設置)	3-34
表 3.29	既設 Gyobyu ポンプ場の主要機器リスト (1962 年設置)	3-34
表 3.30	既設 Phugyi 取水塔の主要機器リスト (1988 年設置)	3-35
表 3.31	既設 Phugyi ポンプ場の主要機器リスト (1988 年設置)	3-35
表 3.32	既設 Hlawga ポンプ場の主要機器リスト (1980 年設置)	3-36
表 3.33	既設 Ngamoeyeik 取水塔の主要機器リスト (1995 年 YCDC 設置、未使用) ...	3-36
表 3.34	既設 Aungtagon ポンプ場の主要機器リスト (2011 年設置)	3-37
表 3.35	各浄水場の諸元.....	3-37
表 3.36	既設 Gyobyu 浄水場の主要機器リスト (1962 年設置)	3-38
表 3.37	既設 Nyaunghnapin 浄水場主要機器リスト (2005 年設置).....	3-41
表 3.38	既設 Yangonpauk 浄水場主要機器リスト (2000 年設置).....	3-42
表 3.39	既設 South Dagon No.1 浄水場主要機器リスト (2008 年設置).....	3-42
表 3.40	既設 South Dagon No.2 浄水場主要機器リスト (2009 年設置).....	3-42
表 3.41	既設 Thaephyu 浄水場主要機器リスト (2000 年設置).....	3-43
表 3.42	既設 Yegu 旧増圧ポンプ場の主要機器リスト (1990 年設置)	3-44
表 3.43	既設 Yegu 新増圧ポンプ場の主要機器リスト (2007 年設置)	3-44
表 3.44	配水池の概要.....	3-45
表 3.45	YCDC の管路延長	3-47
表 3.46	YCDC の平均管齢	3-47
表 3.47	タウンシップ別増圧ポンプの台数、能力.....	3-48
表 3.48	「ミ」国の飲料水基準 (Draft)	3-53
表 3.49	上水道に関する測定項目および基準値.....	3-54
表 3.50	農薬に係る水質分析結果.....	3-56
表 3.51	水道施設における飲料水水質基準の満足度 (雨季)	3-57
表 3.52	水道施設における飲料水水質基準の満足度 (乾季)	3-57
表 3.53	給水栓における飲料水水質基準の満足 (雨季)	3-58
表 3.54	給水栓における飲料水水質基準の満足 (乾季)	3-58
表 3.55	給水栓における水質調査結果(1).....	3-59
表 3.56	給水栓における水質調査結果(2).....	3-59
表 3.57	給水栓における水質調査結果(3).....	3-59
表 3.58	給水栓における水質調査結果(4).....	3-59
表 3.59	水供給衛生局の経常収入.....	3-62

表 3.60	水供給衛生局の経常支出.....	3-63
表 3.61	水供給衛生局の資本支出.....	3-64
表 3.62	水道料金表（2012年4月改定）.....	3-65
表 3.63	顧客接続数の内訳と過去3年間の推移.....	3-67
表 3.64	YCDC との間で既に MOU が締結されている他開発パートナーの調査内容.....	3-68
表 4.1	YCDC 以外の給水方法の問題点と改善方法.....	4-8
表 4.2	YCDC と東南アジア主要都市の水道事業者の上水道サービス水準.....	4-11
表 4.3	給水サービス全体目標.....	4-12
表 4.4	給水圧と給水時間の目標値.....	4-12
表 4.5	給水水質改善目標.....	4-13
表 4.6	目標とする給水水質.....	4-13
表 4.7	ヤンゴン市の普及率設定クライテリア.....	4-14
表 4.8	水道普及率目標.....	4-14
表 4.9	水道普及率現況及び目標.....	4-15
表 4.10	人口予測.....	4-16
表 4.11	総人口及び給水人口の推移.....	4-18
表 4.12	給水人口現況と目標.....	4-19
表 4.13	給水原単位の目標値（LPCD）.....	4-21
表 4.14	近隣他国の都市の家庭用及び家庭用以外の給水量比率.....	4-21
表 4.15	タウンシップ別家庭用給水原単位の目標（LPCD）.....	4-22
表 4.16	近隣他国の都市の無収水率.....	4-23
表 4.17	無収水率及び漏水率の目標値.....	4-23
表 4.18	日本の大都市の日最大係数の実績（2011年）.....	4-24
表 5.1	ヤンゴン都市圏の水需要量予測結果.....	5-1
表 5.2	ヤンゴン市の水需要量予測結果.....	5-2
表 5.3	一日平均水需要量.....	5-2
表 5.4	一日最大水需要量.....	5-2
表 5.5	貯水池系の将来水源量.....	5-3
表 5.6	地下水生産計画.....	5-4
表 5.7	河川水源の開発ポテンシャル一覧.....	5-6
表 5.8	段階的な水源開発計画.....	5-7
表 6.1	給水状況の改善目標を達成するための方針.....	6-1
表 6.2	上水道計画の計画諸元.....	6-2
表 6.3	計画浄水場能力.....	6-3
表 6.4	取水地点選定の条件.....	6-4
表 6.5	高区・低区配水地域の設定.....	6-9
表 6.6	配水区と配水池候補地.....	6-11

表 6.7	配水区別給水人口.....	6-11
表 6.8	配水区別一日最大給水量.....	6-12
表 6.9	配水区別一日最大給水量.....	6-12
表 7.1	水道水のモニタリング項目（案）.....	7-5
表 7.2	追加されうる水質モニタリング項目（案）.....	7-6
表 7.3	水源水のモニタリング項目（案）.....	7-6
表 7.4	安全な給水を達成するためのロードマップ.....	7-7
表 7.5	今後必要と想定される法制度（水道セクター）.....	7-10
表 8.1	上水道事業の実施計画.....	8-1
表 8.2	上水道事業の概算事業費.....	8-2
表 8.3	上水道事業の年間維持管理費用（2040年）.....	8-3
表 9.1	支払意思額及び月平均使用水量.....	9-1
表 9.2	初期建設費及び更新・補修費用の代替案.....	9-4
表 9.3	水道料金収入の試算案.....	9-4
表 9.4	財務シミュレーション結果.....	9-5
表 9.5	財務シミュレーション結果（試算 C2：料金増加率 4%、資本投資費 40%補助）	9-7
表 9.6	財務シミュレーション結果（試算 D3：料金増加率 5%、資本投資費 40%補助）	9-9
表 9.7	財務シミュレーション結果（試算 E3：初期建設費 80%への円借款活用、料金 増加率 5%）.....	9-10
表 9.8	平均水支出額と支払可能性.....	9-12
表 10.1	河川概要.....	10-3
表 10.2	Kokkowa、Hlaing 取水予定地域の灌漑水量及び面積.....	10-5
表 10.3	民族.....	10-6
表 10.4	絶滅危惧のある動植物.....	10-7
表 10.5	大気質観測結果.....	10-8
表 10.6	代替案評価マトリックス.....	10-11
表 11.1	水源開発の比較.....	11-2

目 次

図 1.1	調査工程	1-3
図 2.1	調査対象地域（ヤンゴン市 33 タウンシップと周辺 6 タウンシップの一部）	2-2
図 2.2	YCDC（33 タウンシップ）のグルーピングと周辺地域	2-3
図 2.3	ヤンゴン都市圏の土地利用（2012 年）	2-4
図 2.4	タウンシップ別人口増加率の推移	2-6
図 2.5	タウンシップグループ別人口密度（2011 年）	2-8
図 2.6	ヤンゴン都市圏の工場地区	2-9
図 2.7	ヤンゴン都市圏の地形	2-12
図 2.8	ヤンゴン市の地質	2-13
図 2.9	ヤンゴン市の月平均気温	2-13
図 2.10	月平均降水量(ヤンゴン市 Kaba Aye 観測所)	2-14
図 2.11	ヤンゴン周辺の河川	2-15
図 2.12	Kokkowa 川（Pan Taing 地区）における水位変動（2008-2011 年）	2-16
図 2.13	Toe 川（Pann Hlaing 地区）における水位変動（1989-2002 年）	2-17
図 2.14	ヤンゴン周辺の塩水遡上実績	2-18
図 2.15	ヤンゴン市における地下水ポテンシャル	2-20
図 2.16	地域政府の関連部署	2-21
図 2.17	YCDC 全体組織図	2-22
図 2.18	YCDC 水供給衛生局の組織図	2-23
図 2.19	農業灌漑省組織図	2-25
図 2.20	環境社会配慮手続き	2-38
図 3.1	用途別水源（Greater Yangon、39TS）	3-2
図 3.2	YCDC 管轄地域（33TS）の主要な水源	3-2
図 3.3	非 YCDC 管轄地域(6TS)の主要な水源	3-2
図 3.4	タウンシップごと主要水源	3-5
図 3.5	水使用にかかる満足度（非 YCDC 給水）	3-6
図 3.6	給水にかかる満足度（YCDC 給水）	3-7
図 3.7	不満足な水質項目（YCDC 給水）	3-7
図 3.8	YCDC 顧客満足度	3-10
図 3.9	非 YCDC 顧客満足度	3-11
図 3.10	必要給水量	3-12
図 3.11	改善された給水への支払意思額	3-13
図 3.12	用途別水源（YCDC 給水非接続）	3-15
図 3.13	一日当たり使用水量（非 YCDC 給水）	3-16

図 3.14	ヤンゴン市の人口増加と給水人口の増加.....	3-16
図 3.15	現在の給水地域とその水源.....	3-17
図 3.16	給水時間 (YCDC 給水)	3-17
図 3.17	YCDC の現況の給水時間	3-18
図 3.18	ヤンゴン市の推定給水圧分布 (2001 年)	3-19
図 3.19	使用水量 (YCDC 給水)	3-20
図 3.20	管齢と推定漏水量の関係.....	3-24
図 3.21	水道システム図 (1906 年)	3-27
図 3.22	水道システム図 (2002 年)	3-28
図 3.23	水道システム図 (2011 年)	3-29
図 3.24	水道システム概要図 (2012 年)	3-30
図 3.25	ヤンゴン市の水道水源位置と水源量.....	3-31
図 3.26	YCDC 井戸位置	3-33
図 3.27	水道料金の改定と推移.....	3-66
図 4.1	給水人口と水道普及率.....	4-9
図 4.2	水道施設建設の累計投資額.....	4-9
図 4.3	1 人当り GDP と上水道普及率の関係	4-10
図 4.4	計画水道普及率の推移.....	4-15
図 4.5	人口予測.....	4-17
図 4.6	地域別人口予測.....	4-17
図 4.7	タウンシップ別人口および給水人口の推移.....	4-18
図 4.8	アジア主要都市の給水原単位の推移.....	4-20
図 4.9	無収水率と漏水率の削減目標.....	4-23
図 5.1	水需要量予測フロー.....	5-1
図 5.2	ヤンゴン都市圏の一日最大水需要量.....	5-3
図 5.3	水源 (取水点) 候補位置図.....	5-5
図 5.4	ヤンゴン都市圏の計画水源内訳.....	5-7
図 5.5	需要量に応じた段階的水源開発計画.....	5-8
図 5.6	水道水源別の給水地域.....	5-9
図 5.7	ヤンゴン都市圏の水道水広域水収支 (2040 年)	5-10
図 5.8	ヤンゴン都市圏の水道水広域水収支 (2025 年)	5-10
図 5.9	水運用計画 (2011 年～2030 年)	5-12
図 5.10	水運用計画 (2035 年～2040 年)	5-13
図 5.11	主要施設 (浄水場、送水管、配水池) と配水区 (2040 年)	5-14
図 5.12	主要施設 (浄水場、送水管、配水池) と配水区 (2025 年)	5-15
図 6.1	取水点と浄水場位置.....	6-3
図 6.2	浄水処理フロー.....	6-5

図 6.3	排水処理フロー.....	6-5
図 6.4	3階層送配水システムの概念図.....	6-7
図 6.5	自然流下系の配水区およびポンプ圧送系の配水区.....	6-10
図 6.6	配水区1のDMA.....	6-13
図 6.7	主要施設整備計画図(2040年).....	6-14
図 6.8	主要施設整備計画図(2025年).....	6-15
図 7.1	水質管理の手順.....	7-4
図 7.2	法整備 工程表(上水道セクター).....	7-11
図 7.3	無収水(漏水)対策システムの流れ.....	7-15
図 7.4	GISによる施設台帳システムの効果イメージ.....	7-20
図 7.5	GISによる施設台帳システムの機能のイメージ.....	7-21
図 9.1	初期建設費及び更新・補修費の推移予測.....	9-2
図 9.2	維持管理費用の推移予測.....	9-3
図 9.3	損益予測表(試算C2:料金増加率4%増加、資本投資費40%補助).....	9-8
図 9.4	損益予測表 試算D3(上表)及び試算E3(下表).....	9-11
図 10.1	将来水源候補.....	10-2
図 10.2	水利用状況.....	10-4
図 10.3	各取水予定地点土地利用(左からKokkowa、Toe).....	10-5
図 10.4	保護区.....	10-6
図 10.5	大気質観測地点.....	10-8
図 10.6	騒音観測地点.....	10-9
図 10.7	Thaketa (Noise-1)での騒音観測値.....	10-9
図 10.8	Thaketa (Noise-2)での騒音観測値.....	10-9

略語表

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

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

調査の略称

プログラム形成協力準備調査「ヤンゴン都市圏開発プログラム形成協力準備調査」(JICA) ・サブコンポーネント 世帯訪問調査(HIS)	JICA ヤンゴン都市圏調査 2012年 JICA 世帯訪問調査
ティラワ経済特別区及び周辺区域水資源賦存量に係る基礎情報収集・確認調査(JICA)	JICATHilawa 水源調査
ミャンマー・ヤンゴン市上下水道改善基礎調査(経済産業省)	METI 上下水道調査
ミャンマー国「ヤンゴン市給水改善計画調査」(JICA)	2002年ヤンゴン市給水改善計画調査

単位

1 ガロン (イギリスガロン) = 4.546 リットル

1 エーカー = 4,047 m²

通貨換算率

1USD=84.64円 (2012月12月平均)

第1章 序章

1.1 調査の背景

ミャンマー国（以下「ミ」国）の首都は2006年にネピドーに移されたが、ヤンゴン市は未だ経済、ビジネス、通信の中心地であり、ヤンゴン市開発委員会（YCDC：Yangon City Development Committee）によると、現在人口は約510万人（2011年）である。

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

ヤンゴン市の下水道は、1880年代に南部地区の旧市街9 km^2 を対象に敷設され、1929年に拡張されている。また、下水処理場は2004年に建設されており、日量14,800 m^3 の浄化能力を持っている。しかし、ヤンゴン市33タウンシップの内、下水道が完備されているのは6タウンシップのみであり、残りの27タウンシップでは処理効率の不十分な個別排水処理施設（セプティックタンク等）による処理を行っているのが現状である。加えてヤンゴン市はモンスーン地域に位置しており、洪水による被害も被っている。係る状況に鑑み、ヤンゴン市では上水、下水及び雨水排水を合わせた効率的な開発が急務である。

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

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

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

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

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

1.2 調査の目的

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

1.3 調査実施体制

本調査の主な関係機関は、YCDC である。

1.4 調査対象地域

調査対象地域¹はヤンゴン市 (784km²) の33タウンシップ (829km²) 及びその近隣6タウンシップ (Thanlyin、Kyauktan、Hmawbi、Helgu、Htantabin、及び Twantay) の一部 (705km²) とし、ヤンゴン都市圏 (1,534km²) と称する。

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

1.5 計画目標年

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

¹ 本調査のタイトルは「ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査」であるが、調査開始後、対象地域は周辺6タウンシップを含む「ヤンゴン都市圏」に変更された。

1.6 調査工程

2012年8月、インセプションレポートを提出し、本調査を開始した。上位調査である「ヤンゴン都市圏都市開発プログラム」のフレームワーク、住民に対する世帯訪問調査の提供を受けて、水ビジョン及びマスタープラン(M/P)を作成し、2013年3月に同内容を含むインテリムレポートを提出した。さらに、同年5月に公開用のマスタープランを含む改訂版のインテリムレポートを提出した。

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

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

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

年	2012年					2013年												2014年					
月	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
業務	水ビジョンの形成					マスタープランの形成																	
						フィジビリティスタディの実施																	
報告書	△ インセプション レポート					△ インテリム レポート					△ インテリム レポート (改定)					△ ドラフトファイナル レポート					△ ファイナル レポート		

図 1.1 調査工程

第2章 調査対象地域の概要

2.1 社会経済状況

2.1.1 行政組織と行政境界

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

2.1.2 土地利用の現況

(1) 都市化の傾向

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

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

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

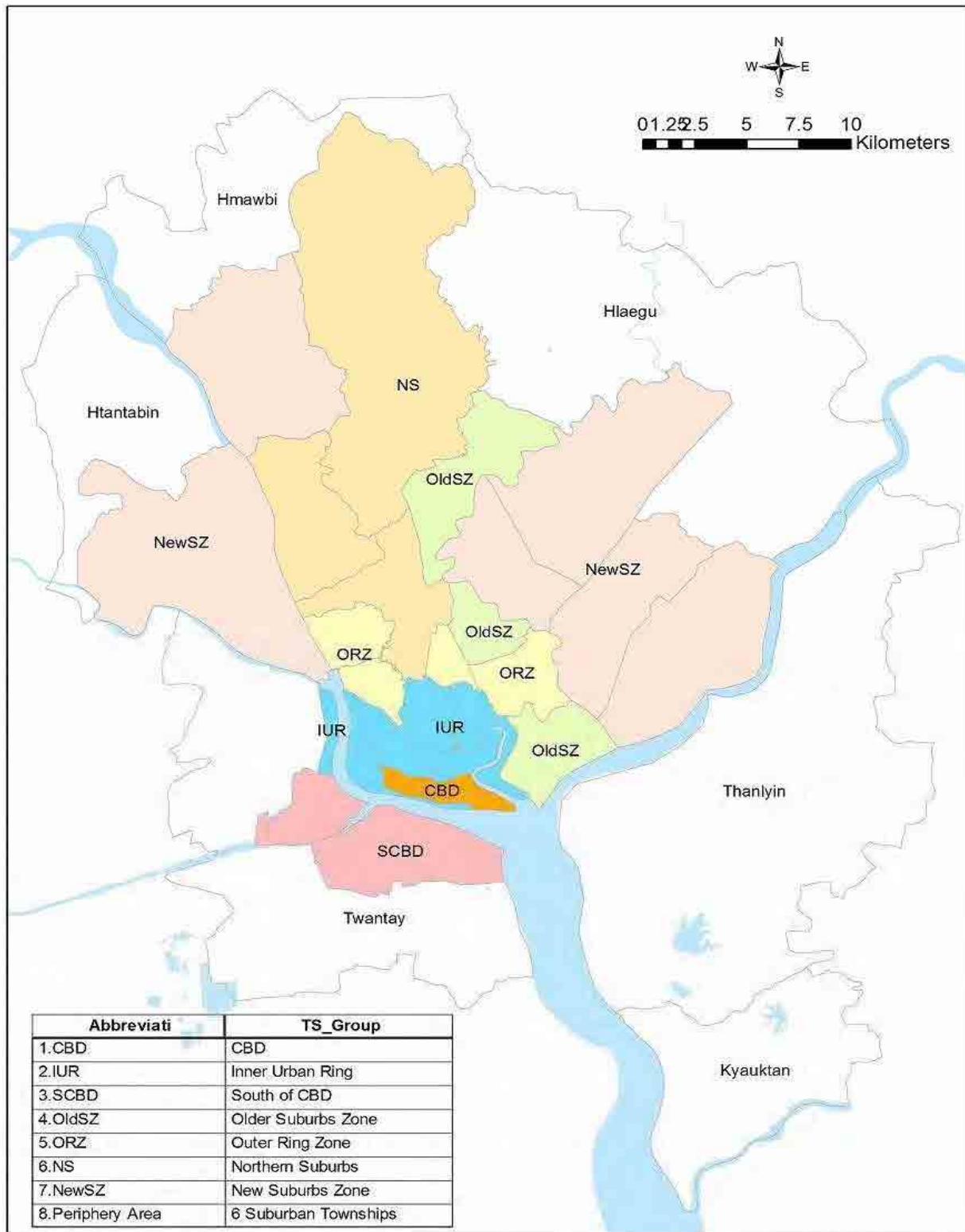
(2) 土地利用の現況

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



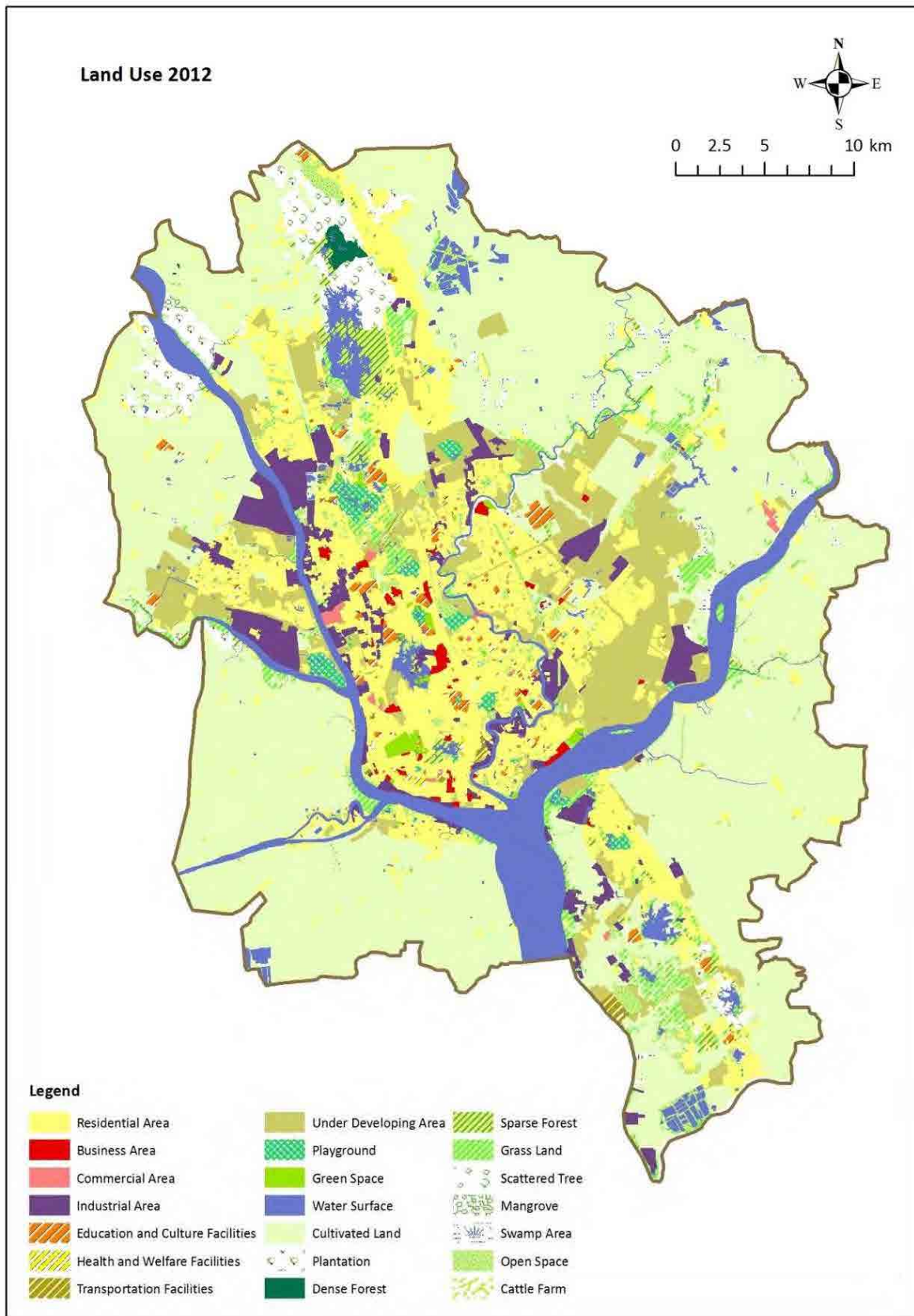
出典：JICA 調査団

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



出典：JICA 調査団

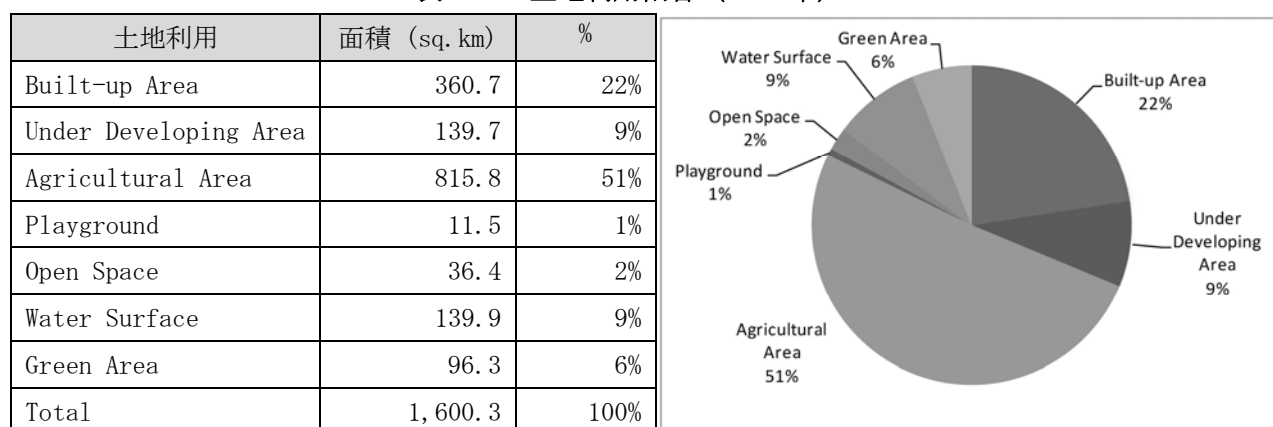
図 2.2 YCDC (33 タウンシップ) のグルーピングと周辺地域



出典：2012年 JICA 都市圏調査

図 2.3 ヤンゴン都市圏の土地利用（2012年）

表 2.1 土地利用割合 (2012年)



出典：2012年 JICA 都市圏調査

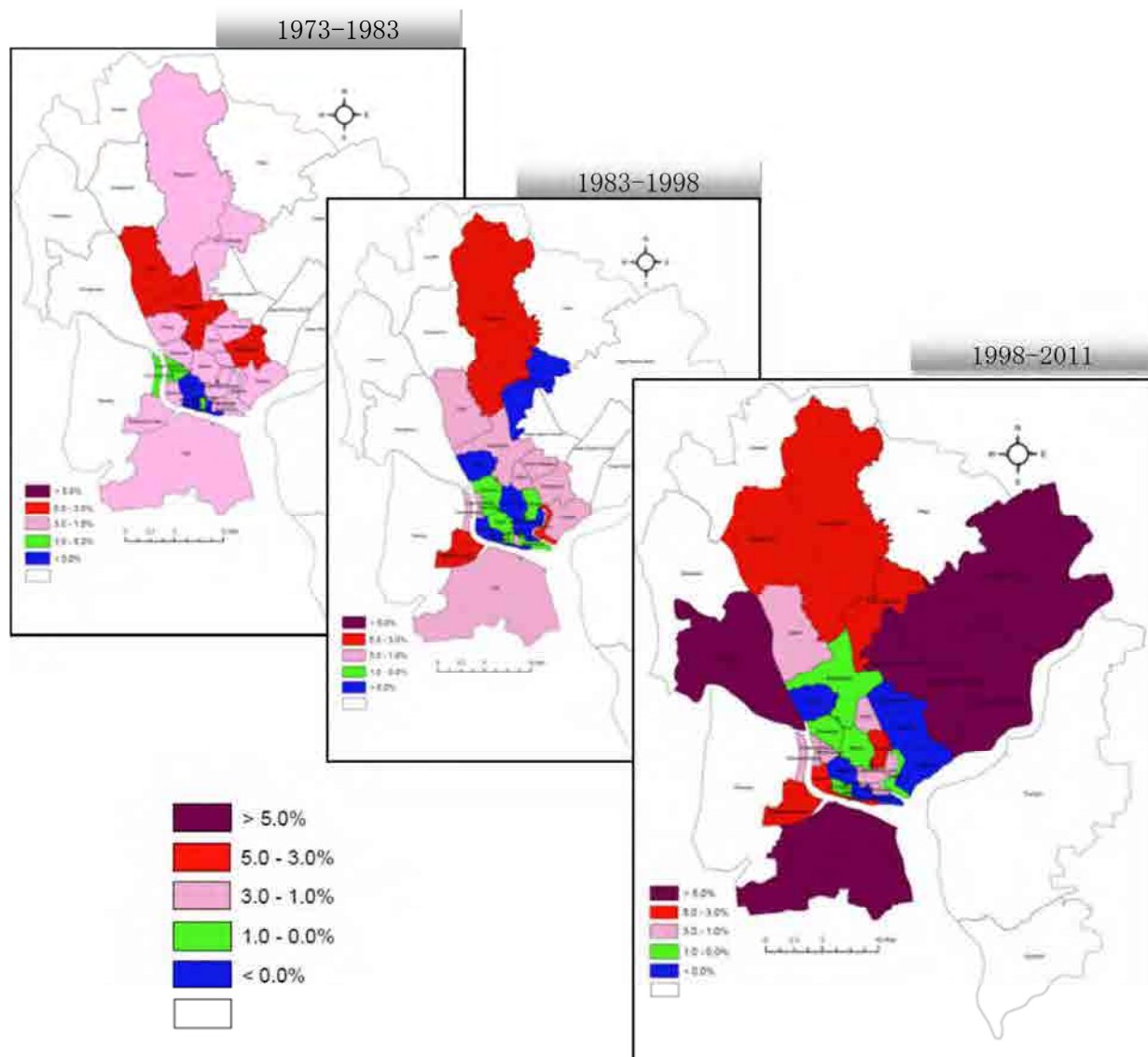
2.1.3 人口

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

表 2.2 ヤンゴン市の人口の推移

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

出典：YCDC



出典：2012年 JICA 都市圏調査

図 2.4 タウンシップ別人口増加率の推移

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

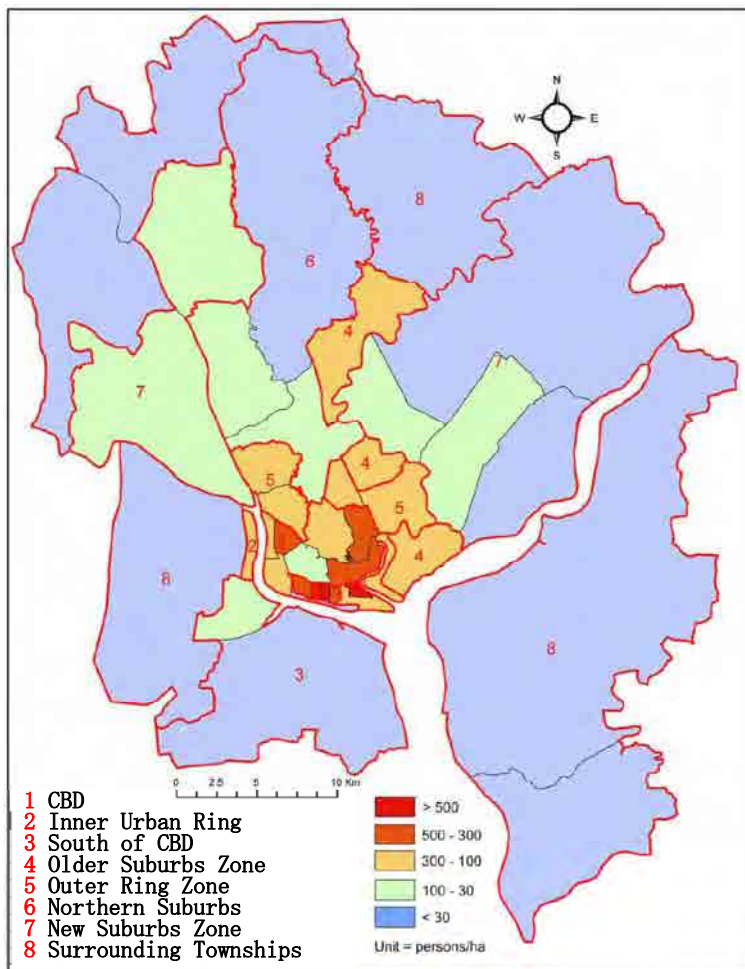
ヤンゴン都市圏のタウンシップ毎の人口を下表に示す。また、タウンシップグループ別の人口密度を下図に示す。対象地域の人口は、5.57 百万人であり、その中、ヤンゴン市が 5.14 百万人、周辺地域が 0.43 百万人となっている。人口密度は、CBD グループが最も高く 365 人/ha、最低は CBD 南部グループの 20 人/ha である。ヤンゴン市周辺地区は平均 6 人/ha である。

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

表 2.3 ヤンゴン都市圏のタウンシップの人口、人口増加率、人口密度

番号	タウンシップ	TS グループ	ワード数	面積 (m ²)	人口	世帯数	人口増加率 (%)	人口密度 (pop/ha)	TS グループ毎の人口密度 (pop/ha)
				2011 年	2011 年	2011 年	1998-2011 年	2011 年	2011 年
1	Latha	CBD	10	604770.4	34125	5368	0.37%	564	
2	Lanmadaw	CBD	12	1310572	43137	7334	0.47%	329	
3	Pabedan	CBD	11	618984.4	37551	5366	-1.79%	607	
4	Kyauktada	CBD	9	701876.1	34797	6078	-1.80%	496	
5	Bothtaung	CBD	10	2601921.3	49134	8148	-0.53%	189	
6	Pazuntaung	CBD	9	1067498.3	53648	8258	2.61%	503	365
7	Ahlonge	IUR	11	3380983.6	65510	9021	3.19%	194	
8	Kyeemyindaing	IUR	22	4570109.9	115841	20215	2.18%	253	
9	Sanchaung	IUR	18	2404655.5	105208	17242	2.25%	438	
10	Dagon	IUR	5	4894632.9	24492	3682	-3.70%	50	
11	Bahan	IUR	22	8474439.4	100695	16339	0.44%	119	
12	Tarmwe	IUR	20	4985869.1	191114	32505	3.10%	383	
13	Mingalar Taung Nyunt	IUR	20	4943031.6	155767	22732	2.73%	315	
14	Seikkan	IUR	3	1174224.5	2241	433	3.81%	19	
15	Dawbon	IUR	14	3111295	87284	13603	0.71%	281	224
16	Kamaryut	OR	10	6472492.7	87881	13663	0.45%	136	
17	Hlaing	OR	16	9820283	151014	25969	-0.81%	154	
18	Yankin	OR	16	4791565.1	125909	13921	1.25%	263	
19	Thingangyun	OR	39	13120302	231621	35335	-0.29%	177	174
20	Mayangone	NS	10	25834479	205403	33738	0.89%	80	
21	Insein	NS	21	31397616	311200	53324	2.00%	99	
22	Mingalardon	NS	32	127943855	288858	48896	4.12%	23	43
23	North Okkalapa	OldS	19	27755247	333484	57101	4.46%	120	
24	South Okkalapa	OldS	13	8217704.9	191388	33800	-1.07%	233	
25	Thaketa	OldS	19	13448713	253284	43076	-0.76%	188	157
26	Dala	SCBD	46	98400859	181087	31192	6.77%	18	
27	Seikgyikhanaungto	SCBD	9	12101872	38425	6804	3.18%	32	20
28	Shwe Pyi Thar	NewS	27	52706107	295993	38636	4.25%	56	
29	Hlaing Tharyar	NewS	29	77614147	488768	73668	7.15%	63	
30	North Dagon	NewS	27	24177408	221200	36919	6.16%	91	
31	South Dagon	NewS	39	37506127	370403	58779	7.75%	99	
32	East Dagon	NewS	60	170871278	145505	22734	7.74%	9	
33	Dagon Seikkan	NewS	48	42035707	120161	21741	15.59%	29	41
	Yangon City Total		676	829060625	5142128	825620		62	
34	Kyauktan	PA	13	76120987	48473	40552	-	6	
35	Thanlyin	PA	36	254846226	181959	135772	-	7	
36	Hlegu	PA	14	101003839	50793	37996	-	5	
37	Hmawbi	PA	18	84228570	83719	133977	-	10	
38	Htantabin	PA	18	81770250	40234	88888	-	5	
39	Twantay	PA	10	107864054	24936	135958	-	2	
	Periphery Total		109	705833925	430114	252477		6	6
	Greater Yangon Total		785	1,534,894,550	5,572,242	825,620		36	36

出典：2012年 JICA 都市圏調査



出典：2012年 JICA 都市圏調査

図 2.5 タウンシップグループ別人口密度 (2011年)

2.1.4 経済

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

表 2.4 産業構造 (GDP ベース)

	商業	サービス	建設	電力	製造業	エネルギー・鉱業	農林魚業
比率 (%)	25	24	5	19	37	0	8

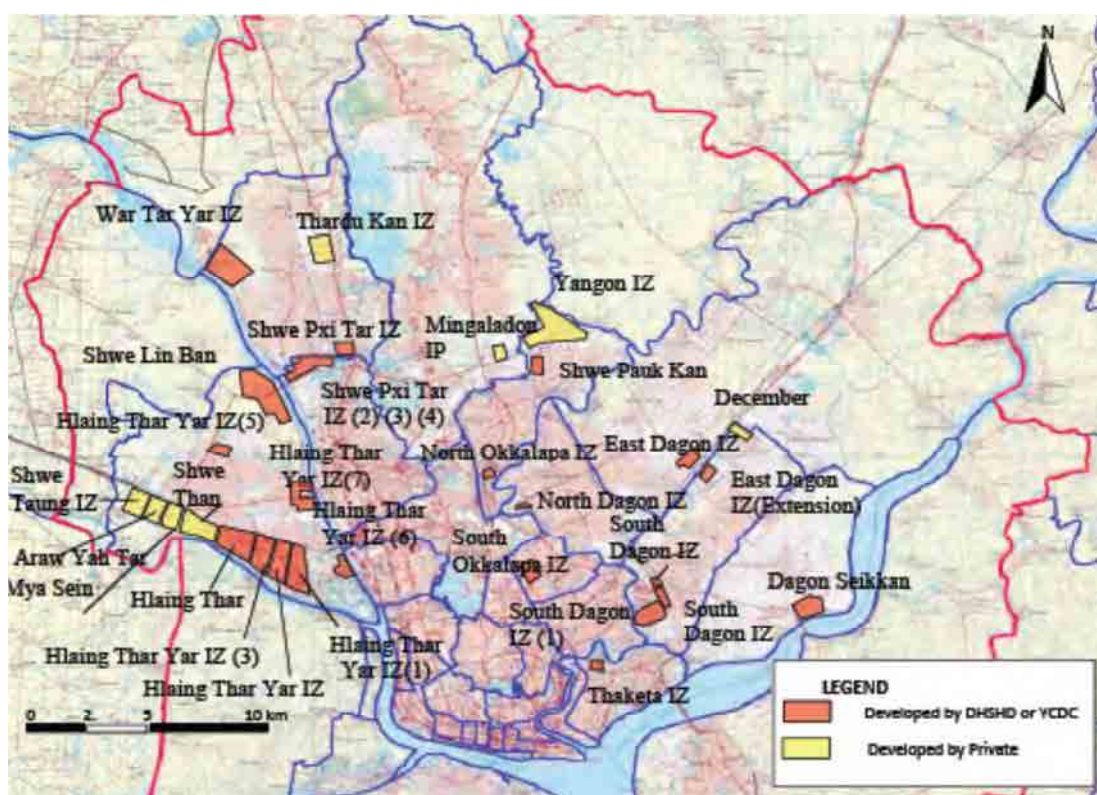
出典：2012年 JICA 都市圏調査

2011年現在、ヤンゴン都市圏には15,089の工場があり、この内、調査対象地域には13,582の工場がある。最も多く立地しているのは、3,685工場(39タウンシップ全工場の27%)があるNew

Suburbs Zone であり、Inner Urban Ring Zone (2,543 工場、19%)、Older Suburbs (1,749 工場、13%)、周辺 6 タウンシップ (1,697 工場、12%)、Northern Suburbs Zone (1,428 工場、11%) がこれに次ぐ。

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

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



出典：2012 年 JICA 都市圏調査

図 2.6 ヤンゴン都市圏の工場地区

2.1.5 保健衛生

「ミ」国都市部の平均寿命は 2003 年に男 62.1 歳、女 66.2 歳であったが 2009 年には男 65.5 歳、女 70.7 歳に改善されている (Statistical Yearbook 2010 による)。WHO によると、2009 年の男性の寿命は中央値で 69 歳、女性が 75 歳、東南アジアではそれぞれ 64、67 歳である。「ミ」国の平均寿命は世界平均より低い、東南アジアよりは高いということがいえる。以下にヤンゴン地域の出生率、死亡率、乳幼児死亡率、妊産婦死亡率、5 歳以下死亡率の 2002 年～2011 年の推移、

及び世界の2010年の中央値を示す。右端の世界の中央値と比較すると、出生・死亡・乳児死亡率は低いという結果だが、妊産婦死亡率及び5歳以下幼児の死亡率は高いということが分かる。

表 2.5 ヤンゴン地域出生・死亡率

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

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

下表は2007年～2011年のヤンゴン地域の流行性疾患数及び死亡数を示す。世界平均では、コレラが2010年では951ケース、ペストが2011年で0である。コレラについてはヤンゴン地域の状況は世界平均と比較して良いといえる。

表 2.6 流行性疾患数及び死亡数

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

出典：Yangon Regional Health Department, Ministry of Health

下表は水系伝染病を含む疾病の患者数及び死亡者数である。

表 2.7 疾病患者数及び死亡数

Sr. No	Name Of Disease	2007		2008		2009		2010		2011	
		Cases	Death	Cases	Death	Cases	Death	Cases	Death	Cases	Death
1	Diarrhea	17,344	7	17,462	9	13,166	10	11,851	2	10,969	4
2	Dysentery	8,507	0	9,489	-	6,135	0	6,361	0	4,436	0
3	Food Poisoning	244	7	259	3	435	7	255	0	395	0
4	Typhoid & Para Typhoid	103	1	71	1	55	0	98	0	47	0
5	Other Tetanus	2	1	3	1	6	1	4	0	5	0
6	Meningitis/ Encephalitis	32	5	24	2	1	4	9	4	10	2

Sr. No	Name Of Disease	2007		2008		2009		2010		2011	
		Cases	Death	Cases	Death	Cases	Death	Cases	Death	Cases	Death
7	ARI (Acute Respiratory Infections)	23,664	59	21,579	37	3	32	17,008	20	17,568	16
8	Viral Hepatitis	188	6	251	1	14	4	271	3	205	2
9	Rabies	17	17	14	14	10	8	8	8	8	8
10	Malaria	5,155	36	5,741	26	4,605	27	4,374	16	2,226	3
11	Snake Bite	486	62	446	57	401	45	479	45	569	64

出典：Yangon Regional Health Department, Ministry of Health

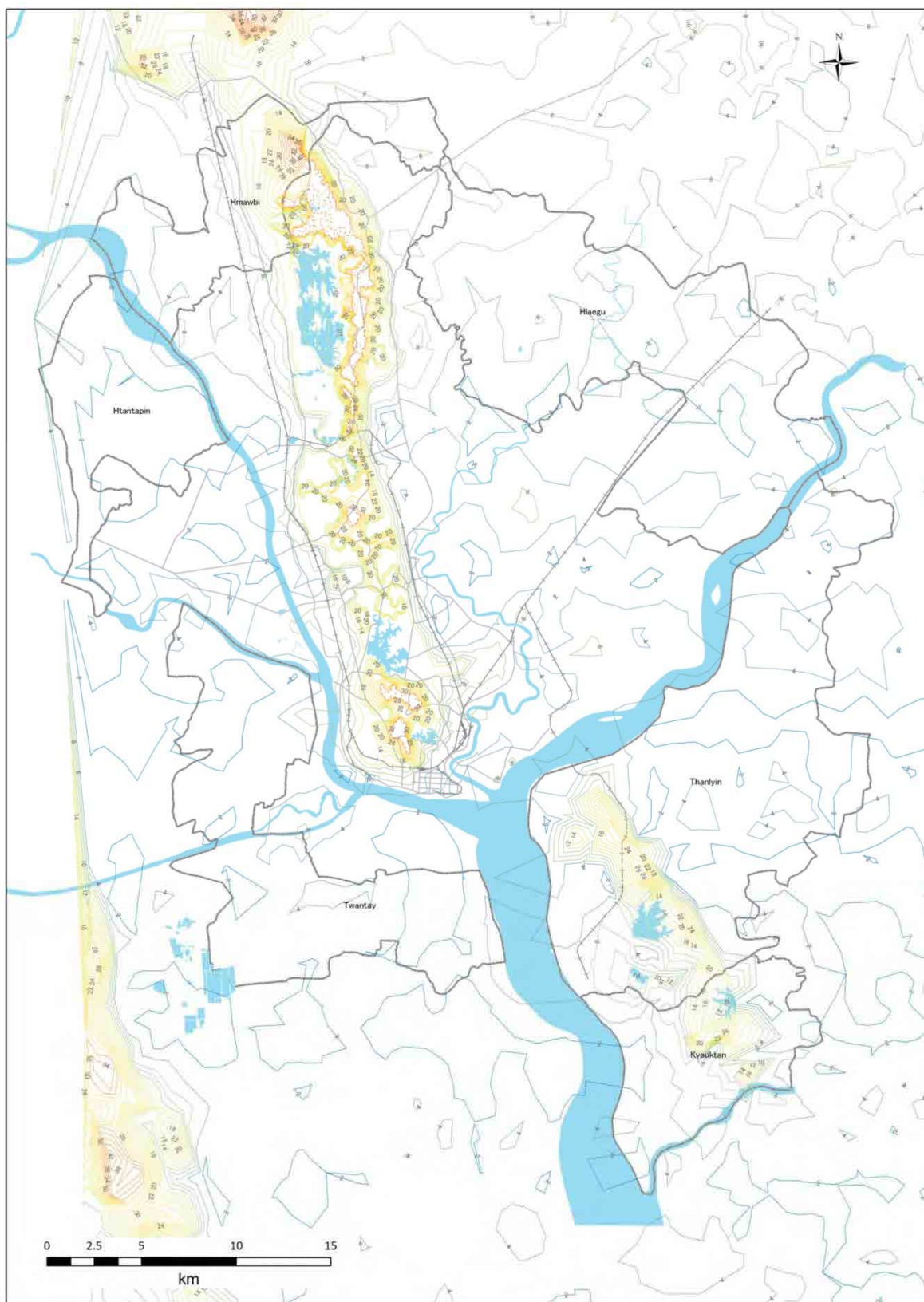
深刻な下痢症状については、タウンシップ毎の 2012 年のデータを入手した。ヤンゴン地域 45 タウンシップ内で深刻な下痢症状が 2,741 ケース報告されており、その内 Hlaing Thayar (374 人)、South Dagon (327 人)、North Okkalapa (235 人)、Insein (233 人) の 4 タウンシップで 43% を占めている。1998 年では、下痢患者全体 8,269 人で、Hlaing Tharyar、1,299 人、Shwe Pyi Thar、1,239 人、Mingalardon、778 人、South Dagon、714 人で半数以上を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

2.2 自然条件

2.2.1 地形

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

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



出典：JICA 調査団

図 2.7 ヤンゴン都市圏の地形

2.2.2 地質

ヤンゴン市の中央部丘陵地帯は、第4紀イラワジ系統の粘土及び砂岩からなり、平野部は新生代第4紀の最も新しい地層である沖積層からなる。

2.2.3 気象

(1) 気候

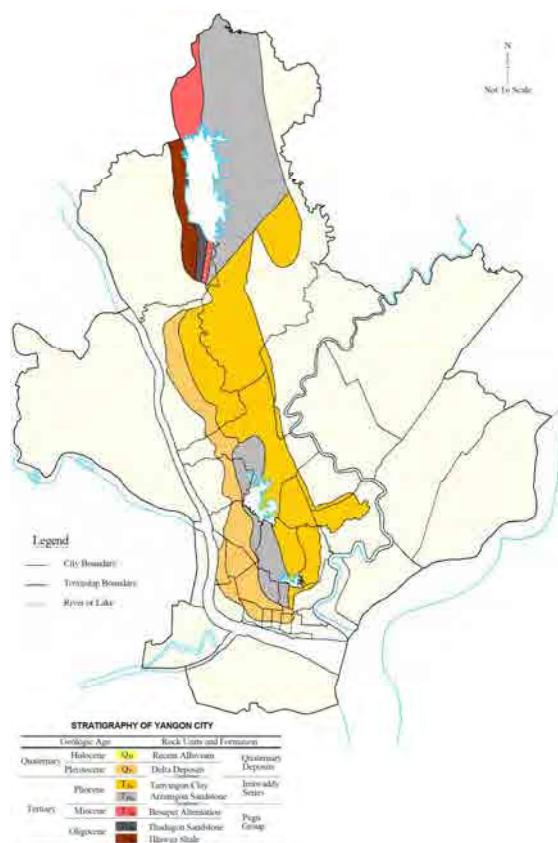
熱帯モンスーン気候で、3つの季節に分かれる。

夏季 — 3月から5月中旬

雨季 — 5月中旬から10月

乾季（冬季） — 10月から2月

年間降雨量は、2,700 mm、平均蒸発量 1347 mm、平均気温 27.4℃、平均最高気温 33.0℃ 平均最低気温 21.8℃である。

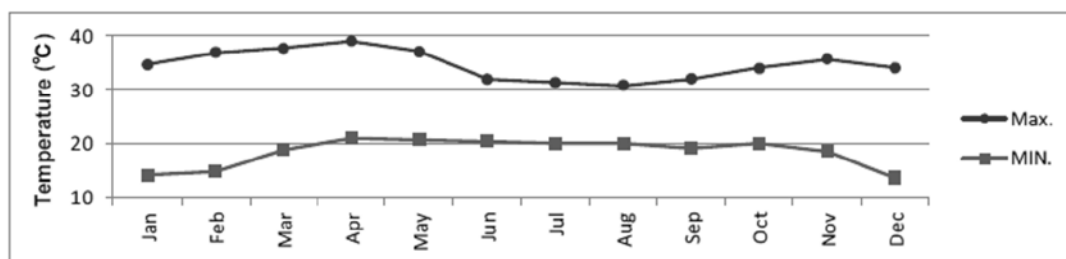


出典：2002年ヤンゴン市給水改善計画調査

(2) 気温

気温は1年を通じて、4月が最も高く12月が最も低い。月最高気温と月最低気温の差異は、12-2月で約20度程度、6-8月で10度程度である。下図に月最高及び最低の平均気温を示す。

図 2.8 ヤンゴン市の地質

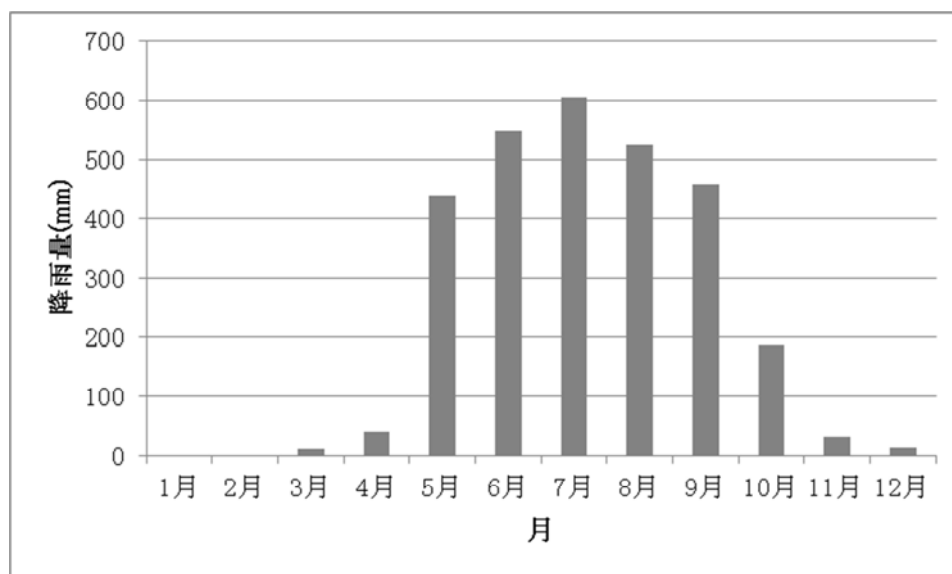


出典：JICA 調査団

図 2.9 ヤンゴン市の月平均気温

(3) 降雨

ヤンゴン市内にある Kaba Aye 観測所の 2001 年から 2010 年における月間平均降水量を下図に示す。年間平均降雨量は 2,700 mm、その 95%が雨季の 5-10 月に集中する。



出典: JICA 調査団

図 2.10 月平均降水量(ヤンゴン市 Kaba Aye 観測所)

2.2.4 水文と水理

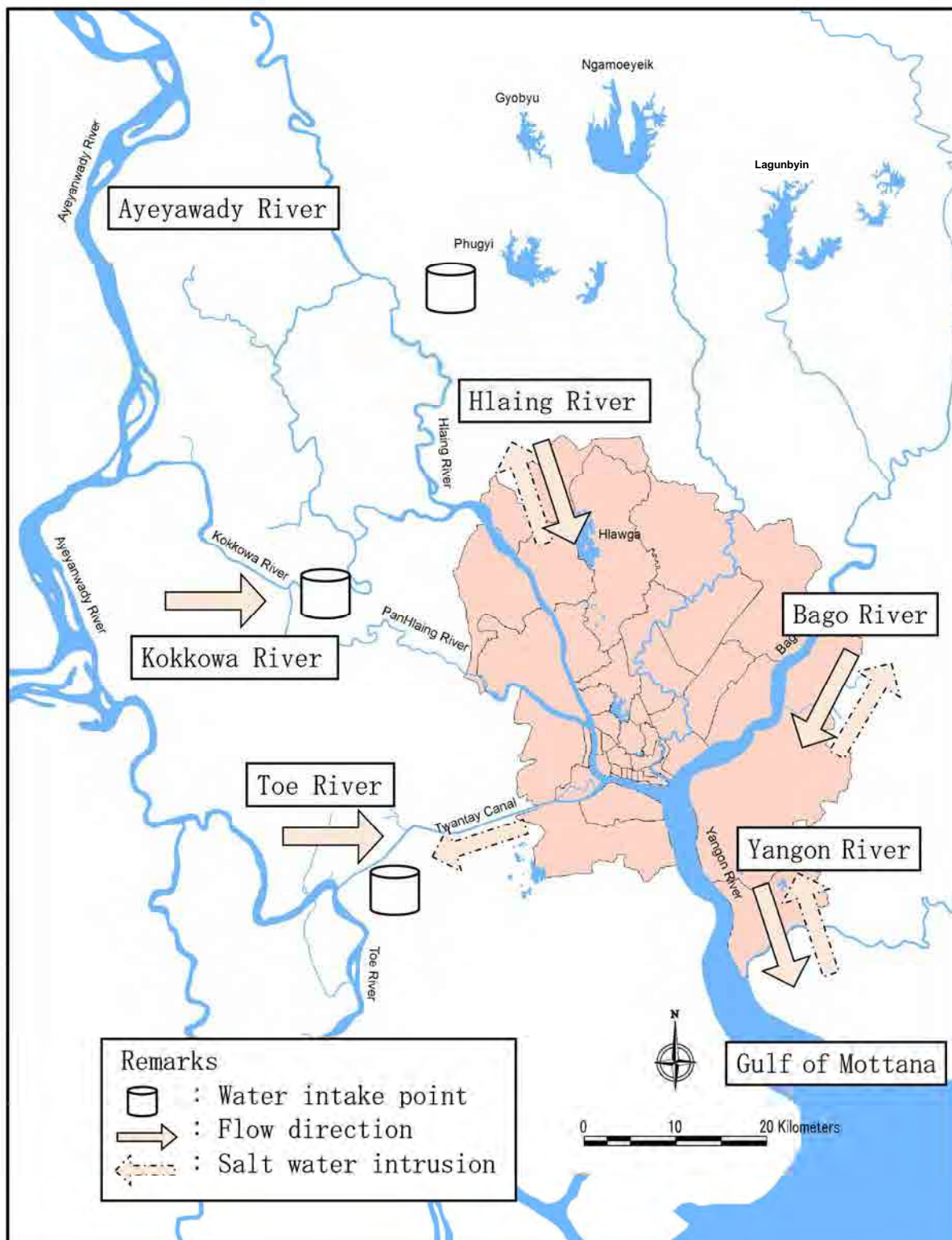
(1) 河川

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

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

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

Hlaing 川と Bago 川以外では河川の流量観測がされていないため河川流量は不明であるため、後述するが、水位観測値を用いて流量を推定した。



出典：JICA 調査団

図 2.11 ヤンゴン周辺の河川

ヤンゴン市周辺を流れる Hlaing 川、Bago 川、Kokkowa 川および Toe 川の特性は以下のとおりである。

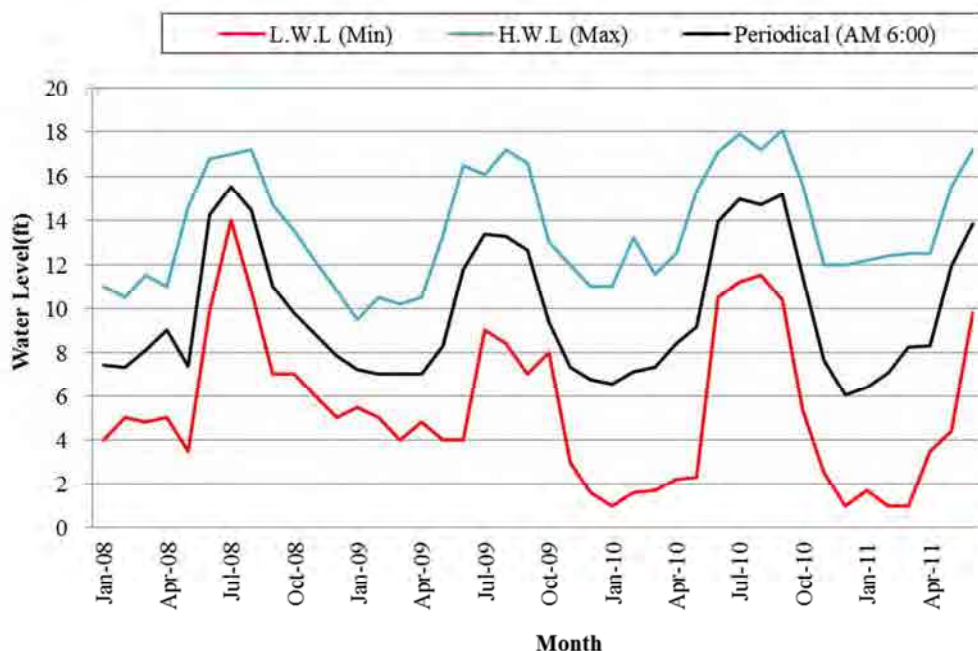
1) Hlaing 川及び Bago 川

Hlaing 川、Bago 川では流量観測が行われており、2002 年ヤンゴン市給水改善計画調査で 1987 年～2000 年のデータを用いて流量解析を行った。月別流量の変化は Hlaing 川 (Khamonseik 観測所) の最小流量約 20m³/s 弱 (1～4 月) に対し、最大流量は約 100 倍の 1,851m³/s (8 月) であった。Bago 川も同様に比率は約 100 倍で、最小流量が 2～3m³/s (1～4 月)、最大流量は 242m³/s (8 月) であった。

Hlaing 川での取水地点を、塩の影響を受けない Gwedanshe (流域面積: 8,290km²) に設定した。Khamonseik 水文観測所と Gwedanshe の流域面積比(8,290/5,840)を考慮して、最低河川流量は 11 年に 1 回の発生頻度で 4.3m³/s に、11 年に 2 回の発生頻度で 11.4m³/s と設定した。一方、Bago 川では、河川流量を 14 年に 7 回の発生頻度で 1.3m³/s と設定した。本河川流量は極端に少なく、調査団は Bago 川からの生活用水の取水は困難と判断した。

2) Kokkowa 川

農業灌漑省は Kokkowa 川の水源候補地近くの Pan Tai 村(Pan Taing 地区)で水位測定を定期的
に実施している。下図に月ごとの最大水位、最小水位、定時観測水位の変動(2008 年 1 月～2011
年 7 月)を示す。水位測定箇所での最小水位について、最大値は 14.0ft(約 4.2m : 2008 年 7 月)、
最小値は 1.0ft(約 0.3m : 2011 年 2,3 月)である。

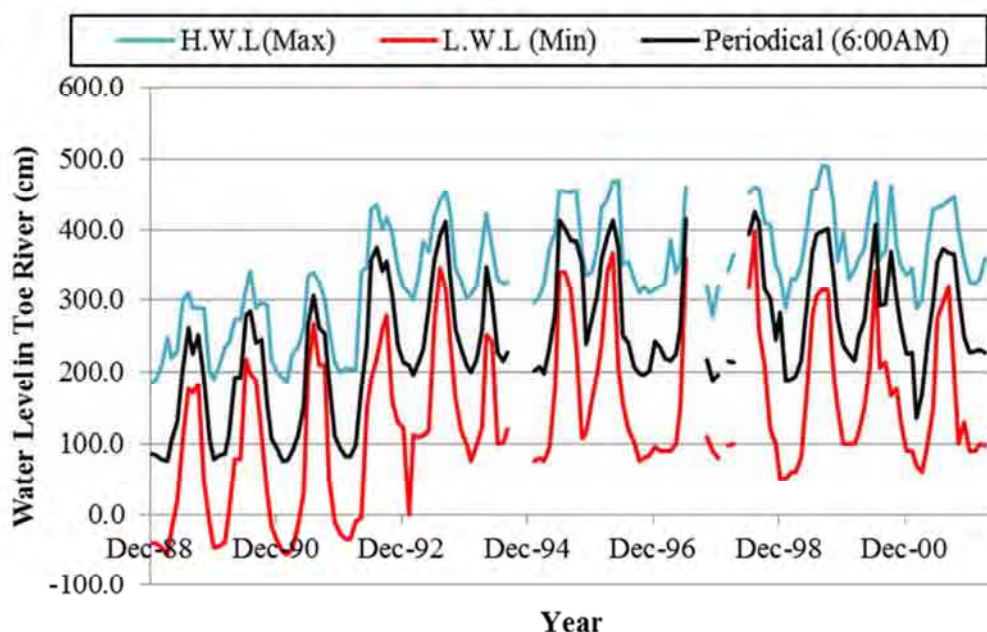


出典：農業灌漑省の水位データに基づき JICA 調査団作成

図 2.12 Kokkowa 川 (Pan Taing 地区) における水位変動 (2008-2011 年)

3) Toe 川

Toe 川に関しては、Pann Hlaing 観測所における河川水位（月ごとの水位測定平均値：1989年1月～2002年4月、一部欠測データあり）のみがある。下図には月ごとの最大水位、最小水位、定時観測水位の変動を示す。年間変動は（高水位 H. W. L の最大値と低水位 L. W. L の最小値の差）、3.0m から 4.5m 程度である。



出典：農業灌漑省の水位データに基づき JICA 調査団作成

図 2.13 Toe 川 (Pann Hlaing 地区) における水位変動 (1989-2002 年)

4) ヤンゴン周辺の塩水遡上

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



出典：農業灌漑省

図 2.14 ヤンゴン周辺の塩水遡上実績

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

表 2.8 ヤンゴン港における潮位

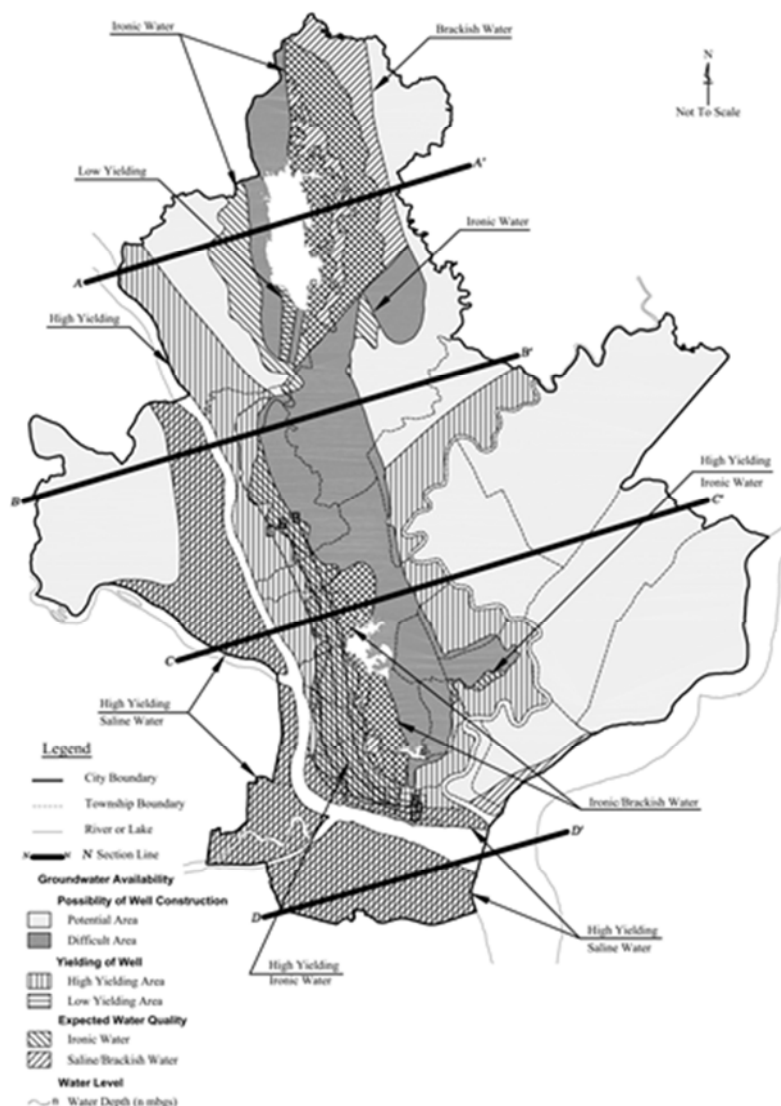
Items	Tidal Height (m)	Observed Date
Highest High Water Level (HHWL)	+6.74	Sep. 1899
Mean Water Level (MWL)	+3.121	Up to 1936
Lowest Low Water Level at Bo Aung Kyaw Street Wharf	-0.24	Dec. 1902
Indian Spring Low Water Mark	+0.338	-

出典：ミャンマー港湾局(MPA)

(2) 水理地質

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

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



出典：2002年ヤンゴン市給水改善計画調査

図 2.15 ヤンゴン市における地下水ポテンシャル

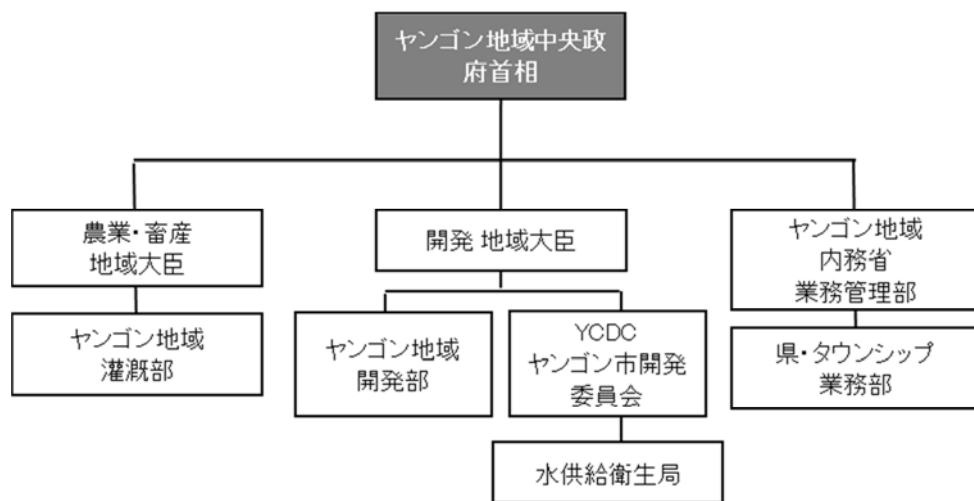
2.3 上下水道・排水に係る関連組織

2.3.1 ヤンゴン地域政府

農業用排水路の建設、維持管理は、国、地域・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・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。周辺 6 タウンシップの内、Thanlyin と Kyauktan タウンシップ市街地および Thilawa SEZ に小規模水道施設があるが、地域内に下水道施設はない。

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

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



出典: JICA 調査団

図 2.16 地域政府の関連部署

2.3.2 ヤンゴン市開発委員会 (YCDC)

(1) ヤンゴン市開発委員会 (YCDC)

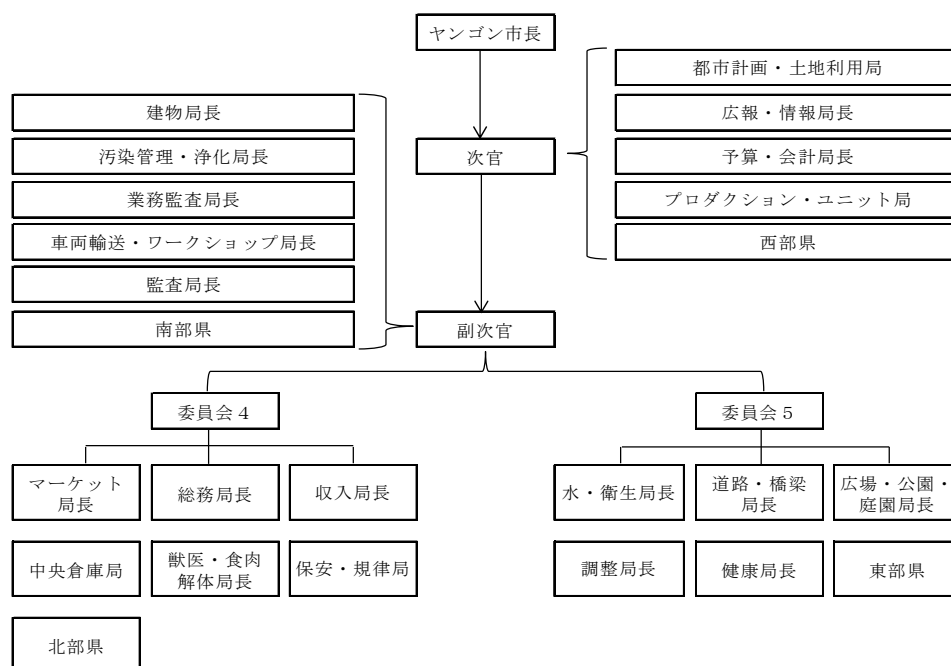
YCDC は、ヤンゴン市の開発事業の自発的な促進を目的として、「ヤンゴン市都市開発法」によって設立された。同様な法律は、「ミ」国第二の都市マンダレーと首都ネピトーにある。ヤンゴン都市開発法によって、YCDC は自己資金による独自事業の遂行が権限として認められている。しかしながら、現状では事業の許可申請を政府に行わなければならないこと、国家予算体系の枠組みに組み込まれた活動内容となっていること等、必ずしもその権限を十分に行使できる環境となっていない。

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

水供給衛生局 (Department of Engineering (Water and Sanitation)) が上下水道・衛生事業

を管轄する部署である。

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



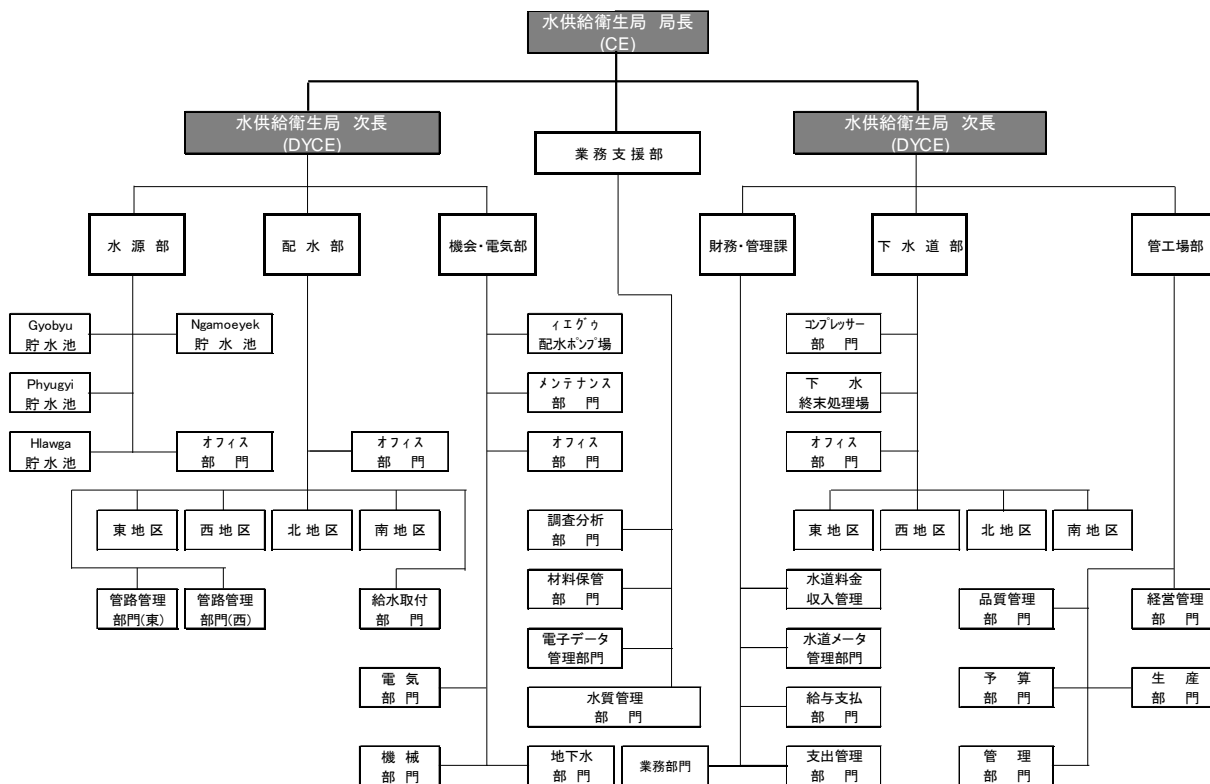
出典：YCDC

図 2.17 YCDC 全体組織図

(2) 水供給衛生局

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

水供給衛生局の組織図を下図に示す。



出典：YCDC

図 2.18 YCDC 水供給衛生局の組織図

水供給衛生局の各部署の役割を下表に示す。

表 2.9 水供給衛生局各部署の役割

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

部署名	人数	主な役割
財務・管理部	215人	水道料金の収入支出管理、給与の支払業務。 <ul style="list-style-type: none"> 政府関連組織や外国人事業投資家からの料金（\$払い分）徴収 水道メータ代金回収 水供給衛生局職員への給与支払い 水道料金の収入（メーターで徴収する水道料金のみ）・支出管理
下水道部	198人	下水道の維持、運転管理。 <ul style="list-style-type: none"> 公共下水道管の維持管理 下水終末処理場の運転管理 高気圧送排水システム（エジェクターステーション）の運転管理 コンプレッサー場の運転管理
管工場部	136人	プレストレストコンクリート製のパイプ工場の運営。 <ul style="list-style-type: none"> 口径16”、24”、36”のコンクリートパイプを製造販売（販路：YCDC 水供給衛生局、灌漑省）
業務支援部	13人	水供給衛生局長に直結した部署であり、上記6つの部の業務支援。 <ul style="list-style-type: none"> コスト分析やドラフティング実施 管路網等の電子データの管理 水質管理 <p>上水道に係る貯水池と浄水場の水質のモニタリング。水質検査用のラボ施設は保有していない。水質検査は、ラボのあるYCDC健康局へ毎月1回、水質基準10項目について依頼。同課はサンプリング結果をモニタリング、管理</p> <ul style="list-style-type: none"> 材料などの保管

出典：YCDCの情報に基づき JICA 調査団作成

(3) 健康局 (Health Department)

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

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

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

2.3.3 農業灌漑省

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

ヤンゴン周辺にある Ngamoeyeik ダム、Langunpyin ダムなどの多くの水源やダムの水利権は、

農業灌漑省が管掌している。

灌漑局は、表流水を利用した灌漑事業の運営・維持管理、施設建設を主な業務としている。水文地質部門では、河川の流量観測を行っており、モニタリングデータも管理している。

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

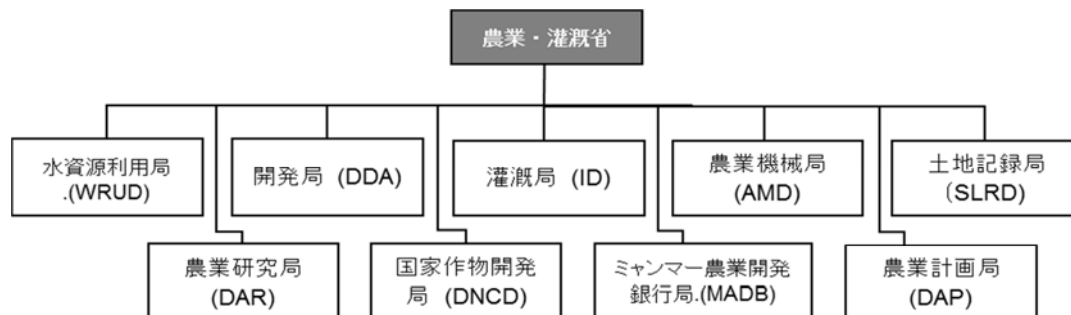
両部局の業務を下表に示す。

表 2.10 主要部局業務

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

出典：農業灌漑省情報に基づき JICA 調査団作成

農業灌漑省の組織図を下図に示す。



出典：農業灌漑省情報に基づき JICA 調査団作成

図 2.19 農業灌漑省組織図

2.4 水供給・衛生に係る法制度

2.4.1 「ミ」国関連法

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

現憲法は 2011 年 1 月に発効し、15 章 457 条から成っている。複数政党民主主義、大統領制を採用し、公正・自由・平等・国民の平和と繁栄の継続と発展をうたう一方で、国軍が国民政治へ

の指導的役割に参画することを認めている。

憲法には、立法権、行政権、司法権の分立の原則、三権の相互監視、抑制、均衡についても記載されており、基本的人権に関しては、第8章に「平等権」や「自由権」といった基本的な人権の保障が謳われている。私企業を国有化しないことや、営業、就業の自由も保障されており、国民の権利保護に関する内容も多く含まれている。

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

2.4.2 ヤンゴン市の上下水道・排水関連法制度

(1) ヤンゴン市開発法

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

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

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

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

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

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

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

(2) ヤンゴン市開発法 施行規則（水供給衛生）

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

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

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

- 第3条 委員会は、ヤンゴン市の住民が必要とする適切な水を十分に配水しなければならない。
- 第4条 委員会は、ヤンゴン市の内外において下記の事業を行える。
- a) 市の配水事業に必要とされる貯水地、井戸、パイプライン、ポンプ場などの建設や配備。
 - b) 市の配水事業に必要とされる土地や関連機械等を所有者から購入することや賃借すること。
- 第5条 委員会は、水源の取得や配水事業等に関する契約や入札を行える。
- 第11条 委員会は、
- a) 水道配管工事を行う施工者は委員会公認の資格取得配管技工に限る。
 - b) 委員会は、配管工事を行なっている全ての配管技工の作業を検査することができる
- 第13条 委員会は、水道使用者側が水道料金を支払わない場合や、規則等に従わない場合等に水道の使用を停止させることができる。
- 第16条 水道使用者は以下の作業を行う際、委員会が定めた手順に従い申請を行わなければならない。
- a) 委員会の配水管から使用者の住宅の給水管に直接接続する場合
 - b) 委員会が許可している配管から分岐する場合
 - c) 委員会のパイプから電動や手動ポンプを使用して取水する場合
 - d) 委員会の許可で設置した元々の水道関連設備等の改善及び増設
- 第21条 委員会は、国の飲料水基準が定められるまで WHO が定めた飲料水基準を使用する。
- 第22条 委員会は委員会が所有する配水システムの水道使用者に水道料金を請求できる。

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

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

2.4.3 日本とミャンマー、ヤンゴンの関連法制度の比較

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

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

日本国内法	「ミ」国内法
<p>第 17 条 給水装置の検査 第 19 条 水道技術管理者 第 20 条 水質検査 第三節 指定給水装置工事事業者 第 25 条の 2 指定の申請 第 25 条の 3 指定の基準 第 25 条の 4 指定給水装置工事主任技術者</p> <p>第三章 水道用水供給事業 第 26 条 事業の認可 第 20 条 認可基準</p> <p>第四章 専用水道 第四章の 2 簡易専用水道</p> <p>第 34 条の 3 検査の義務</p> <p>水道法施行令</p> <p>水道法施行規則 「水道法」の実施細則を定めている。</p>	<p>◆ 類似法令：「YCDC 開発法 施行規則」</p> <p>◆ 類似法令：「YCDC 開発法 施行規則」</p> <p>◆ 類似法令：「YCDC 開発法 施行規則」</p> <p>◆ ホテルなどのような大型建築物に自己水源（井戸）による給水設備を設置するに際し、独立した水道設備を監理するための技術者の選任・配置の法制化が必要</p> <p>該当法令なし</p> <p>該当法令なし</p>
<p>各都市給水条例 「水道法」第二章、第二節「業務」に「水道事業者は料金、給水装置工事の費用の負担区分その他の供給条件について供給規程を定めなければならない」との規定に基づき、各都市が給水区域内の需要家に対し水道水供給の際に必要なとする細則を定めている。</p>	<p>類似法令：「YCDC 開発法 施行規則」</p> <p>◆ 市民が安心して利用できる安全な水道水の供給を目的とし、都市の環境を考慮した水道料金や工事の施工方法、検査規定、工事業者に対する施工基準の検討。（一部細則において類似）</p>
<p>下水道法 公共下水道、都市下水路等の整備に関する基本方針や根幹的施設の配置、構造及び能力に関する事項、また、放流水の水質基準を定め、公衆衛生への寄与と公共用水域の水質の保全を目的としている。</p> <p>下水道法施行令</p>	<p>該当法令なし</p> <p>◆ 下水道事業の定義、下水道事業母体の定義、また、下水道の基本的な概念及び公共下水道の維持に関する規定、除害施設の設置など、流入汚水に対する水質の規定等に関し早急な検討が必要。</p> <p>該当法令なし</p>
<p>各都市下水道条例 公共下水道に接続される排水設備について、用語の定義や排水設備の接続方法、排水設備工事に係る工事業者の指定、排水設備工事における技術者に対する規定、排出量に対する下水道料金の徴収等について各都市が定めている。</p>	<p>該当法令なし</p> <p>◆ 市民が設置する排水設備について受益者負担の原則に基づく下水道料金の徴収や、排水設備工事に係る届出、雨水排水生活排水、汚水等、水質区分による処理方式及び放流先の区分等市街地における実質的な排水設備に関する法律の整備が必要。</p>

出典：JICA 調査団

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

(1) 官民連携 (PPP) の概念と官民連携に係る法整備の現状

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- 事業のための水資源が十分に存在すること

(2) 官民連携事業の動向

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

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

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

表 2.11 上下水道セクターにおける官民連携事業

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

出典：世界銀行 PPAIF データベース

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

2) 「ミ」国における官民連携事業の動向

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

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

2.5 水供給・衛生に係る予算制度と運営状況

2.5.1 水供給・衛生に係る予算制度

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

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

2.5.2 地域政府の予算・運営状況

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

2.5.3 YCDCの予算・運営状況

(1) YCDCの予算と推移

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

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

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

(2) YCDCの予算配分と収入フロー

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

水道料金の収入フローは、次のようになっている。現金支払いの場合、まずメータ検針・徴収

員が水道料金を徴収し、各タウンシップ職員は徴収台帳に記録する。徴収された現金は YCDC の一般会計歳入として YCDC 予算・会計局を、経由して、ヤンゴン地域政府に入金される。銀行振込も現金同様、タウンシップ事務所から YCDC 予算・会計局に送金の手続きがとられ、さらに地域政府へ送金される。

2.6 環境社会配慮にかかるフレームワーク

2.6.1 「ミ」国環境社会配慮にかかる政策・法制度

2012 年 4 月に環境保護法が制定されるまで、体系的に環境保護を目的とした行政組織・法制度・環境基準はなかった。代わりに産業分野ごとに施行されている環境に関する法律が環境保護法の機能を果たすものとみなされていたが、セクター別に策定されたものであり、環境影響全体を俯瞰した環境保護の観点からは十分なものではなかった。近年の環境保護林業省 (Ministry of Environmental Conservation and Forestry) が天然資源と環境管理改善のために設立され、2012 年 4 月には環境保護法 (Environment Conservation Law) が制定され、環境管理実施の法的根拠を規定している。現在環境アセスメント法及び大気・水質等排出基準を含む環境関連法制度の整備が進められている。

下記に現在の政策及び環境社会配慮に関わる主要な法について記載する。

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

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

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

(2) ミャンマーアジェンダ 21 (Myanmar Agenda 21)

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

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

- 持続的開発に必要となる組織能力発展のための推進力とフレームワークの提供

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

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

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

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

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

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

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

環境保護法は2012年3月30日に発効した。法の目的は下記の通りである。

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

環境保護法では、環境保護委員会 (Environment Conservation Committee、ECC) 及び環境保護林業省 (Ministry of Environment Conservation and Forestry、MOECAF) の設立及び役割を規定

している。詳細については、次節で記載する。本法には、環境影響評価（EIA）や戦略的環境アセスメント（SEA）に関する記載はない。

(6) 土地関連法

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

- The Land and Revenue Act (1879)
- The Transfer of Property Act (1882)
- The Rangoon Development Trust Act (1922)
- The Transfer of Immovable Property Restriction Act (1987)
- The Law Amending the Transfer of Immovable Property Restriction Act (2005)
- Procedures conferring the Right to Cultivate Land / The Right to Utilize Land (1991)

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

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

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

にかかる争いの調停プロセス等が定められている。

(7) その他関連法

現在「ミ」国には下記のような環境社会配慮に関する法がある。

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

2.6.2 環境社会配慮にかかる行政制度

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

1990年にNCEAが政府へ環境政策の助言、環境対策管理の中心組織の役割、環境保全型・持続可能な開発の促進のために設立された。2005年までは外務省大臣がNCEAの議長であり、「ミ」国政府がNCEAの国際承認を得るためのツールとして設立したということを示していた。2005年には林業省の管轄に移された。NCEAの主要な任務は、環境資源の持続可能な使用の確保と工業・経済活動における環境保全型の活動を促進することであった。

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

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

2012年環境保護法には、ECCを設立及びその債務について記載がある。

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

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

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

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

- 持続可能な開発のための道筋作り

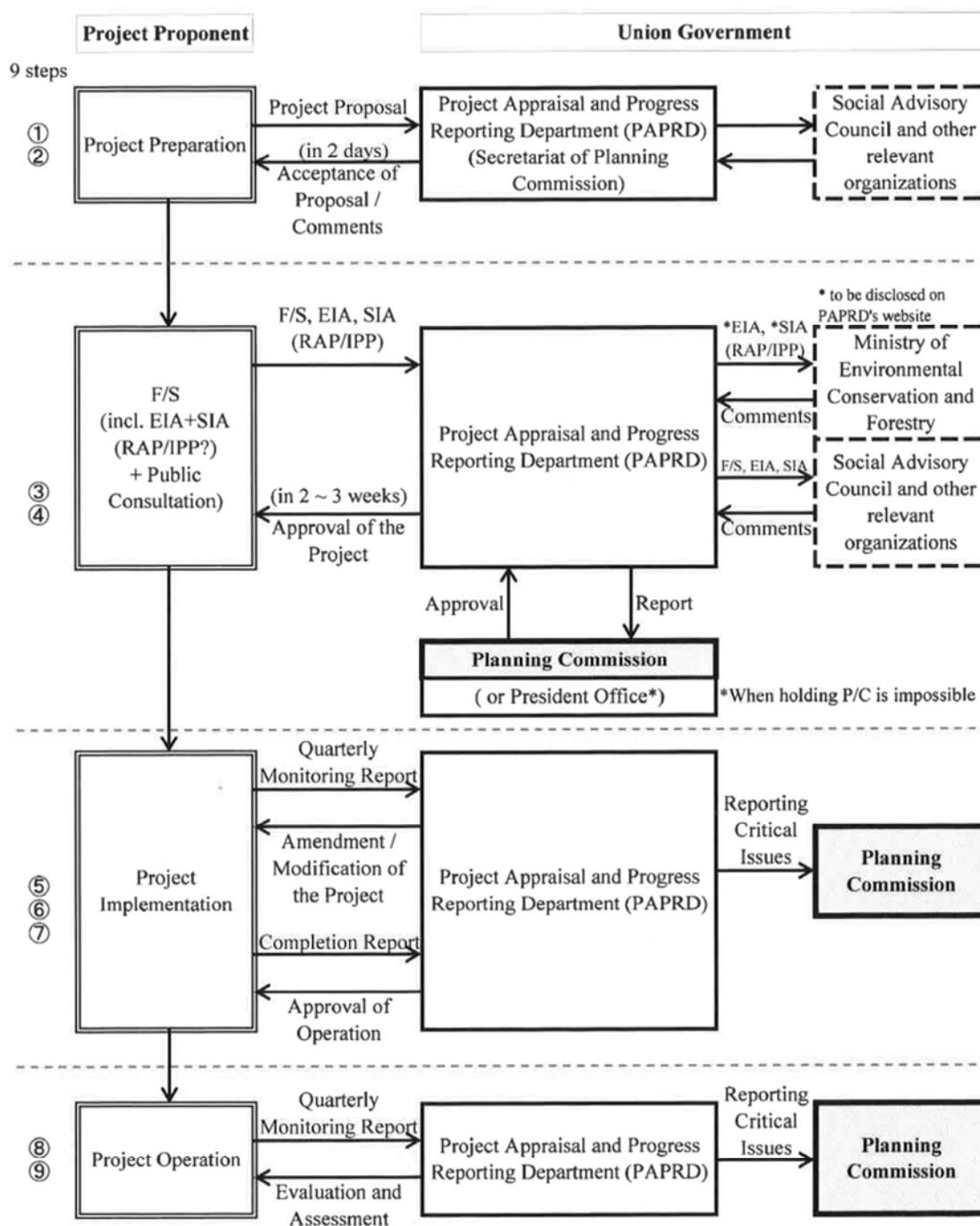
上記の目的のために、MOECAFはオゾン層・生物多様性・海域の保護、温暖化と気候変動防止のための努力、砂漠化防止、廃棄物管理を含む様々なセクターにおける環境管理・保護・促進のためのガイドラインの策定を実施する。特に、

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

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

2.6.3 環境社会配慮手続き

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



出典：JICA

図 2.20 環境社会配慮手続き

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

2.6.4 国際・地域協定

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

表 2.12 環境にかかる国際・地域協定

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

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

2.6.5 環境基準

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

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

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

現在の「ミ」国の飲料水水質基準については3.6節「水道水質管理」に示す。

2.6.6 本調査における環境社会配慮

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

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

第3章 水供給の現況

3.1 水供給の概要

3.1.1 既存の水供給の分類

調査対象地域での給水形態は、大きく YCDC による水道給水とその他の YCDC 以外に分けられる。

(1) YCDC による給水

YCDC による給水水源は貯水池水と地下水であり、給水方法は主に配水管網となっている。給水区域は、33 タウンシップの中 30 タウンシップをカバーしている。YCDC の給水の詳細は 3.4 節に示す。

(2) YCDC 以外の給水

YCDC 以外による給水方法は私有井戸、雨水貯留、小河川/池水、隣家の水道水及び井戸水、ボトルウォーター、水売り、公共井戸・公共水栓と様々である。なお、YCDC 市外の Thanlyin タウンシップ、Kyauktan タウンシップと Thilawa SEZ に小規模な公共水道施設が存在する（3.2 節参照）。

3.1.2 主要な水源

(1) 世帯訪問調査対象及び質問票

ヤンゴン都市圏調査にて、調査地域 39 タウンシップを対象に、各タウンシップ 1%の世帯を抽出（全体で 10,000 世帯、約 5 万人）して、世帯訪問調査が実施された（以下「2012 年 JICA 世帯訪問調査」）。

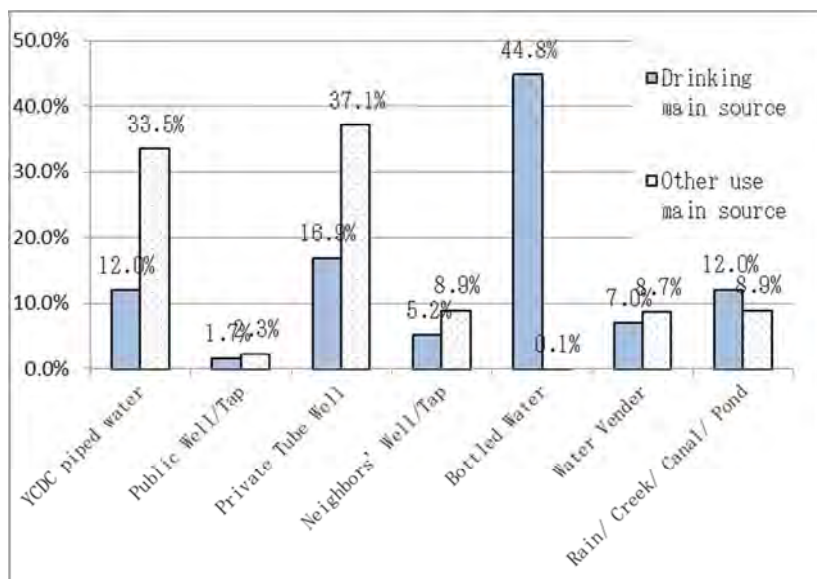
この内、水に関する質問内容は下記の通りである。

- 水源
- 水へのアクセス及び消費
- 現在のサービスレベルの評価
- 水因性疾病の罹患状況

飲料水、その他の用途別に各家庭における主要水源の結果を以下に示す。

(2) 全サンプル

主たる飲料水源はボトルウォーター（45%）、次いで私有井戸（17%）、YCDC の水道水（12%）である。その他用途（非飲料用）としての水源は、私有井戸が 37%、YCDC 給水が 34%、隣家の水道水及び井戸水（無料での使用）が 9%である（下図参照）。この 34%がヤンゴン都市圏の YCDC の水道普及率に相当する。

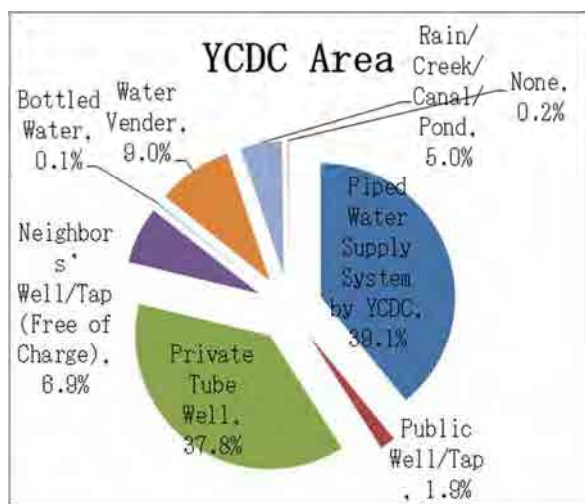


出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

図 3.1 用途別水源 (Greater Yangon, 39TS)

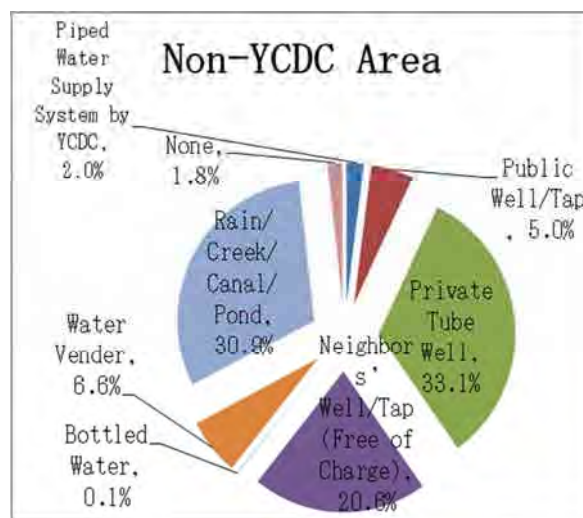
YCDC 管轄地域と非 YCDC 地域別の主要な水源割合を下図に示す。YCDC 管轄地域 (33 タウンシップ) では、YCDC の水道による給水が 39%、次いで私有井戸が 38%、水販売人から 9%、雨水/小川/池が 5%となっている。

非 YCDC 管轄地域 (6 タウンシップ) の主要な水源は、私有井戸が 33%で最大で、次いで雨水/小川/池 (31%)、隣家の水道水及び井戸水 (21%) である。



出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

図 3.2 YCDC 管轄地域 (33TS) の主要な水源



出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

図 3.3 非 YCDC 管轄地域 (6TS) の主要な水源

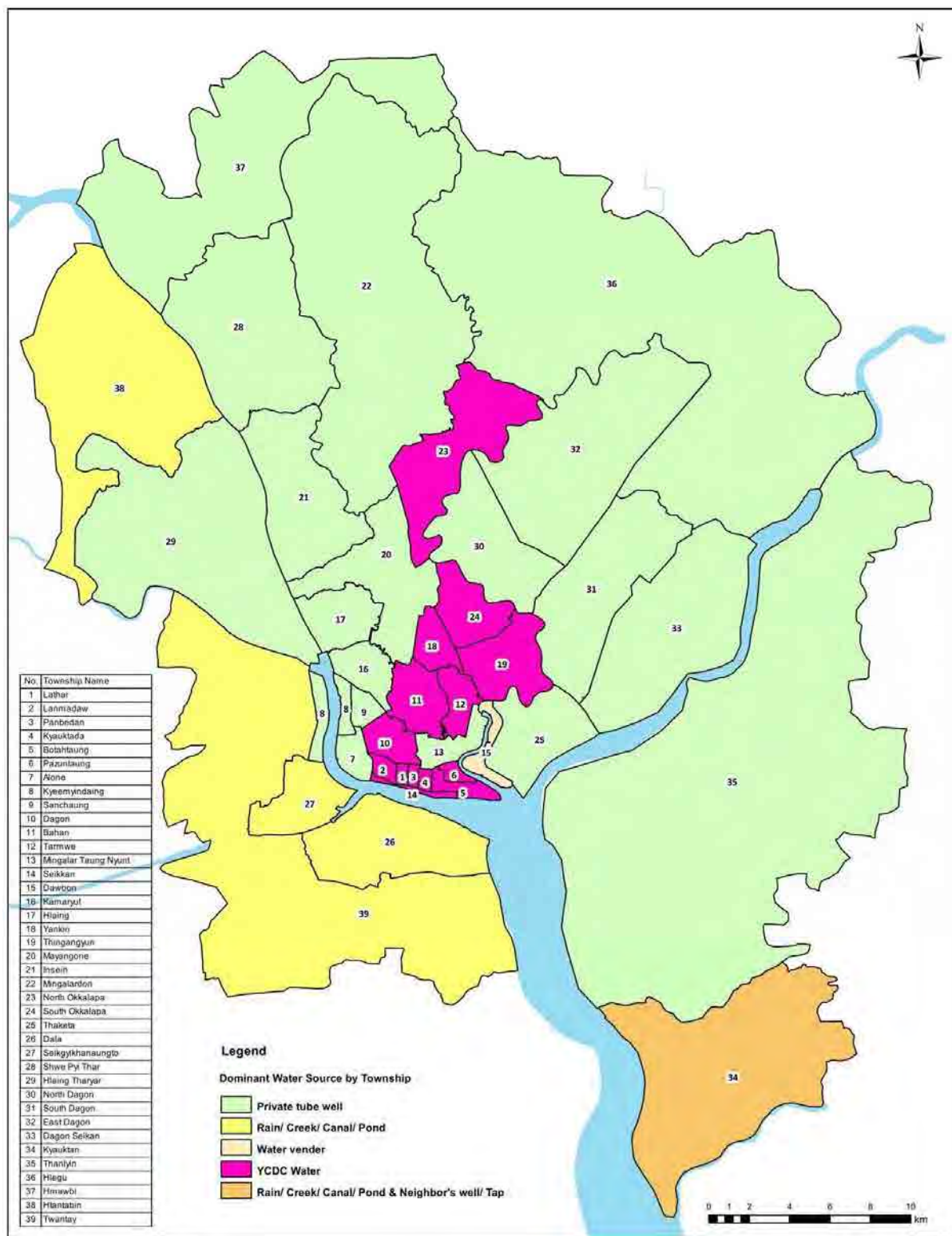
下表は、タウンシップ毎の非飲料水の水源を示したものである。また、下図はタウンシップ単位で最も比率が高い水源を示す。井戸給水が 18 タウンシップを占め最大で、次いで YCDC 水道給水であった。雨水/小川/運河/池が主たる給水方法であるタウンシップも 5 にのぼる。

CBDではおおよそ90%がYCDC水道に依存している。その北のInner Urban Ringでは90%がYCDC水道に依存しているタウンシップがある一方、私有井戸に依存する割合も高くなっている。Inner UrbanのAhlone、SanchaungではYCDC配管網が整備されているが出水不良により、井戸に依存している。Dawbonでは水売りに依存する割合も高い。Outer RingもInner Urban Ringと同様にYCDC配管網はあるものの出水不良により井戸に依存する割合が高くなっている。上記以外でのYCDC配水管網整備は部分的であり井戸、水売り、河川に依存する割合が増えてくる。例えばNorthern Suburbでは井戸、South of CBDでは水売りが多い。New Suburbsでは井戸が多く、次いでYCDC、水売りが拮抗している。市外では井戸が主流であるが、河川を利用する割合も高くなっている。

表 3.1 タウンシップ別給水水源

No.	タウンシップ名	YCDC 水道給 水	公共井 戸・水栓	私有井 戸	近隣の井 戸・水道(使 用料なし)	ボトル ウォーター	水売り	雨水/ 小河川 /池	なし	回答な し	合計
Central Business District											
1	Latha	93%	3%	3%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	100%
2	Lanmadaw	86%	3%	6%	2%	1%	1%	0%	0%	0%	100%
3	Pabedan	94%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
4	Kyauktada	96%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
5	Botahtaung	92%	2%	2%	0%	0%	3%	1%	0%	0%	100%
6	Pazuntaung	99%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	100%
Inner Urban Ring											
7	Ahlon	47%	2%	48%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
8	Kyeemyindaing	17%	2%	46%	9%	0%	8%	17%	0%	0%	100%
9	Sanchaung	43%	1%	52%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
10	Dagon	59%	15%	23%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
11	Bahan	82%	1%	12%	2%	1%	2%	0%	0%	0%	100%
12	Tarmwe	88%	0%	11%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	100%
13	Mingalar Taung Nyunt	96%	2%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
14	Seikkan	60%	20%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
15	Dawbon	26%	1%	31%	4%	0%	35%	3%	0%	0%	100%
Outer Ring Zone											
16	Kamaryut	24%	1%	69%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
17	Hlaing	18%	0%	72%	8%	0%	1%	0%	0%	0%	100%
18	Yankin	85%	1%	11%	2%	0%	0%	0%	1%	0%	100%
19	Thingangyun	50%	3%	31%	4%	1%	10%	0%	0%	0%	100%
Northern Suburbs											
20	Mayangone	39%	1%	49%	6%	0%	5%	0%	0%	0%	100%
21	Insein	26%	2%	61%	6%	0%	4%	0%	0%	0%	100%
22	Mingalardon	16%	5%	51%	20%	0%	7%	0%	0%	0%	100%
Older Suburbs											
23	North Okkalapa	84%	1%	9%	4%	0%	2%	0%	0%	0%	100%
24	South Okkalapa	66%	3%	21%	3%	0%	5%	1%	0%	0%	100%
25	Thaketa	14%	1%	44%	5%	0%	35%	1%	0%	0%	100%
South of CBD											
26	Dala	5%	0%	3%	2%	0%	20%	71%	0%	0%	100%
27	Seikgyikhanaun gto	0%	0%	1%	0%	0%	22%	76%	0%	0%	100%
New Suburbs											
28	Shwe Pyi Thar	7%	3%	75%	12%	0%	2%	1%	0%	0%	100%
29	Hlaing Tharyar	2%	1%	69%	23%	0%	3%	2%	0%	0%	100%
30	North Dagon	26%	1%	45%	5%	0%	21%	3%	0%	0%	100%
31	South Dagon	28%	2%	38%	5%	0%	20%	5%	1%	0%	100%
32	East Dagon	20%	1%	45%	5%	0%	21%	8%	0%	0%	100%
33	Dagon Seikkan	11%	4%	42%	5%	0%	25%	14%	0%	0%	100%
Periphery Areas											
34	Kyauktan	13%	11%	13%	29%	0%	6%	29%	0%	0%	100%
35	Thanlyin	0%	6%	29%	22%	0%	14%	23%	5%	0%	100%
36	Hlegu	1%	2%	43%	11%	0%	0%	44%	0%	0%	100%
37	Hmawbi	1%	6%	61%	30%	0%	1%	2%	0%	0%	100%
38	Htantabin	0%	0%	38%	17%	0%	5%	39%	1%	0%	100%
39	Twantay	0%	0%	1%	1%	0%	5%	93%	0%	0%	100%

出典：2012年 JICA 世帯訪問調査



出典：2012年 JICA 世帯訪問調査結果を基に JICA 調査団作成

図 3.4 タウンシップごと主要水源

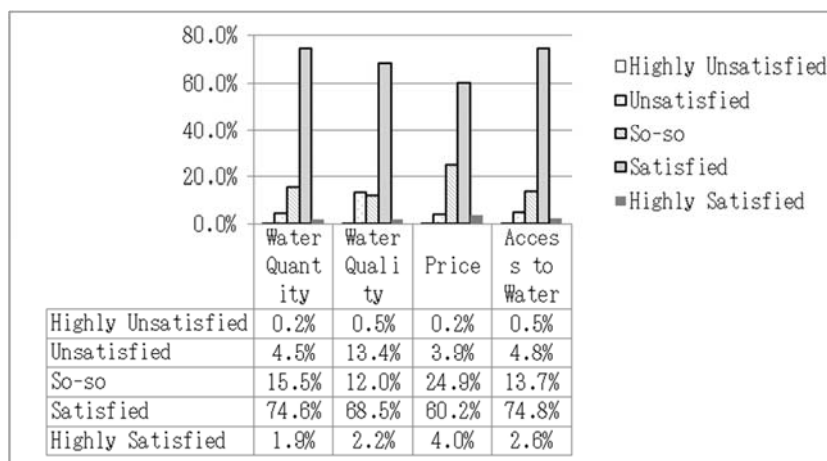
3.1.3 水供給に対する満足度、不満足度

世帯調査によれば、YCDC 給水非接続世帯の満足度は、YCDC 給水世帯より高い傾向にある。これは、YCDC が水源量及び施設的な制限により十分な量の水を連続して飲料可能な水の供給ができないことに起因する。

YCDC 給水非接続世帯では、自己給水に対する満足度が高い。しかし、実際には、安全でない飲料水である水売り、雨水/小川/運河/池等に依存する比率も高い。これらは決して満足 of いく給水方法ではない。また、都市部では地下水も潜在的な汚染の可能性を有しており、井戸水も必ずしも安全な給水とは言い難い。2002 年ヤンゴン市給水改善計画調査の地下水水質調査では、鉄、マンガン、TDS、色度、濁度がミャンマー基準を超えた井戸が複数あった。加えて、36.5%の世帯が飲料用に瓶詰飲料水を購入しているということは、彼らは主水源に満足していないことを意味している。従って、低い水準で満足度が高いと推定される。

(1) 非 YCDC 給水の満足度

下図には、YCDC 給水非接続世帯の水にかかる満足度を示している。水量、水質、価格、アクセスについては 60~70%が満足と答えている。不満足であると答えた割合が多いのが水質であった。その主要な理由は、下表に示す通り、色 (28%)、味 (27%) である。



出典：2012 年 JICA 世帯訪問調査

図 3.5 水使用にかかる満足度 (非 YCDC 給水)

表 3.2 不満に感じる水質項目 (非 YCDC 給水)

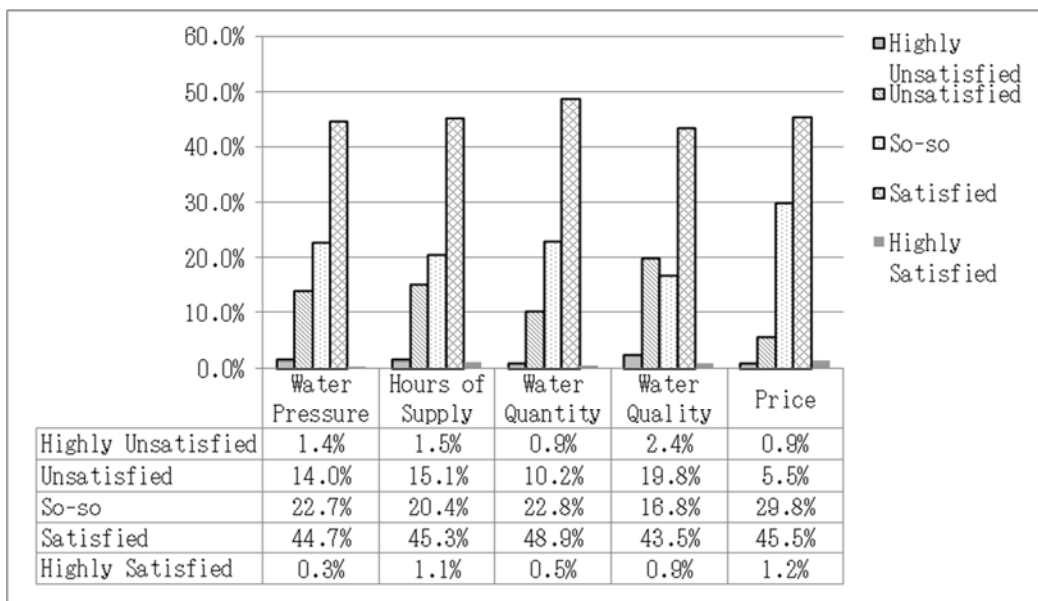
色	濁度	匂い	味	非衛生
28.1%	13.6%	15.5%	26.6%	16.2%

出典：2012 年 JICA 世帯訪問調査

(2) YCDC 給水の満足度

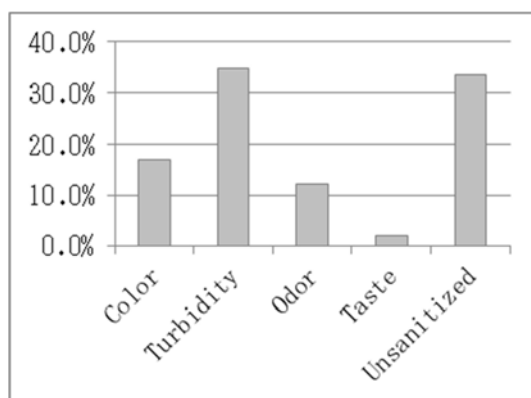
2012 年 JICA 世帯訪問調査結果によると、YCDC 給水について、水圧、給水時間、給水量、水質、価格面から満足度を聞いた結果、どの項目においても 40%以上が満足、20%前後がまあまあと答えている。非常に不満、不満と答えた人が比較的多かったのは、水質であった。満足していない主

な理由としては、濁度が 34.5%、次いで非衛生が 33.2%であった。



出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

図 3.6 給水にかかる満足度 (YCDC 給水)



出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

図 3.7 不満足な水質項目 (YCDC 給水)

(3) タウンシップ毎の水道サービスの満足度

タウンシップ毎に YCDC 等の水道及び非 YCDC 水道に対する満足度を調べ下表及び下図にまとめた。表中 20%以上が不満足な項目に×印、10%以上が不満足な項目に△印を付けた。

YCDC 水道では、旧市街地に属するタウンシップである CBD、Inner Urban Ring、Outer Ring、Northern Suburbs、Older Suburbs では満足度は比較的高い。

価格を除くすべての項目（水圧、給水時間、水量、水質）で不満が高いタウンシップは、主として新市街地にある。位置的には、大きく3つのグループに分かれる。

最初のグループは北部の Shwepyitha を除く New Suburbs Zone であり、面積的には最大のグルー

プである。

2つ目のグループは、旧市街地に属するが、Ngamoyeik クリーク沿いの低地に位置しているタウンシップである。Inner Urban Ring の Dawbon、Mingalar Taung Nyunt、Older Suburbs Zone の Taketa がこれに該当する。

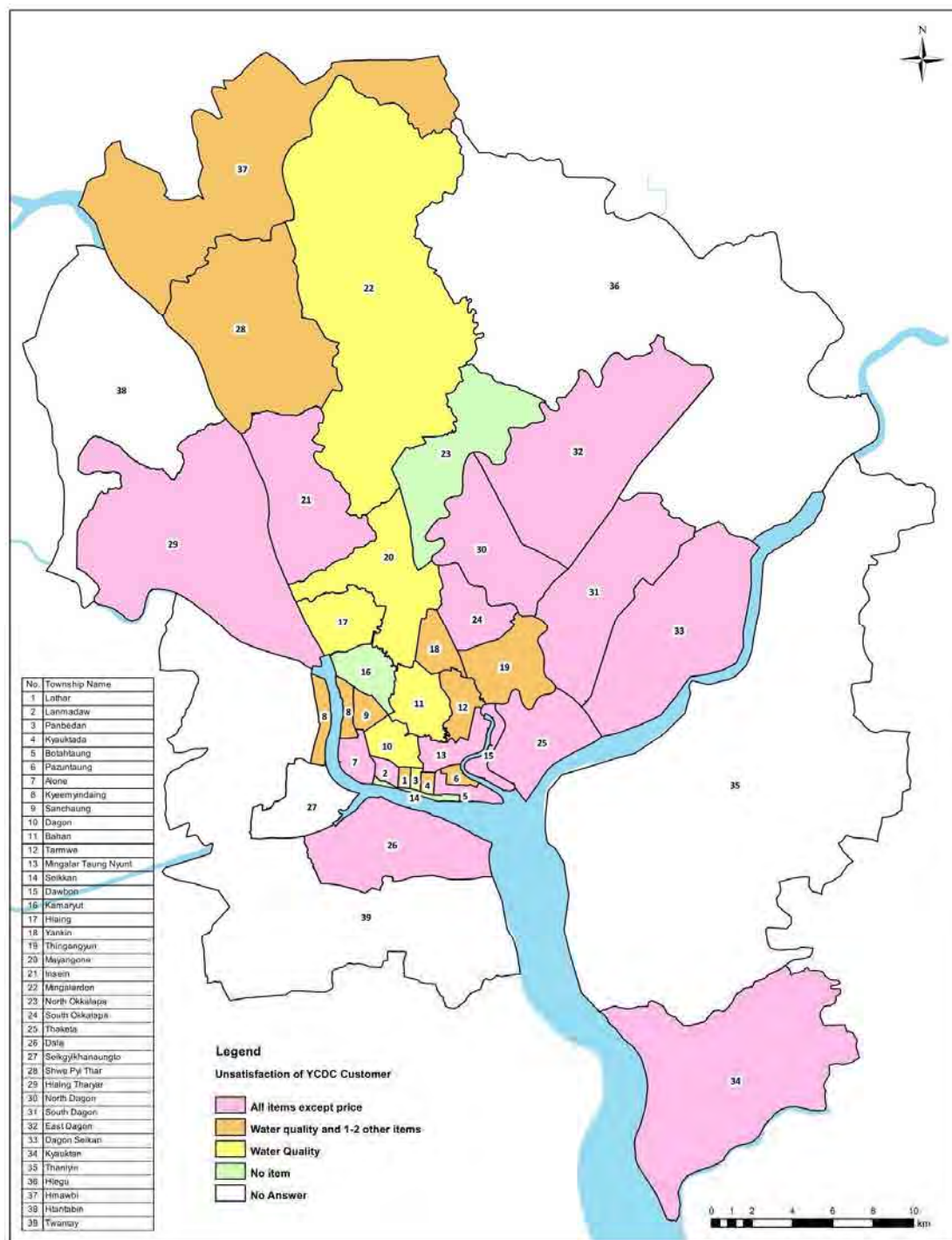
3番目のグループは、ヤンゴン川南の Dala と YCDC 外の Kyauktan タウンシップである。

表 3.3 水給水に対する満足度・不満足度

タウンシップ	YCDC、タウンシップ水道給水					非 YCDC、タウンシップ水道給水			
	水圧	給水時間	給水量	水質	料金	水量	水質	料金	アクセス
CBD									
Lathar	△	△		×					
Lanmadaw	△	△	△	×					
Panbedan	×		△	×	△				
Kyauktada	△	△	△	×	△				
Bothtaung	△	△	△	×			×		
Pazuntaung	△	△		×		×		×	△
Inner Urban Ring									
Alone	△	△	△	×					
Kyeemyindaing		△		△			×		△
Sanchaung		△		×					
Dagon		△		△					
Bahan	△	△		△	△				
Tarmwe	△	△		×					
Mingalar Taung Nyunt	×	×		×	△				
Seikkan									
Dawbon	×	×	×	×					
Outer Ring Zone									
Kamaryut									
Hlaing				△					
Yankin	△	△		×					
Thingangyun	△	△		×					
Northern Suburbs									
Mayangone				△					
Insein	△	×	△	×					
Mingalardon				△					
Older Suburbs Zone									
North Okkalapa									
South Okkalapa	△	△		△					
Thaketa	×	×	×	×	△				
South of CBD									
Dala	×	×	×	×					△
Seikgyikhanaungto						×			△
New Suburbs Zone									
Shwe Pyi Thar				×	△		×		
Hlaing Tharyar	×	×	×	×	△		×		
North Dagon	×	×	×	×					
South Dagon	×	×	×	×					△
East Dagon	×	×	×	×					
Dagon Seikan	×	×	×	×	△		×		△
Periphery Areas									
Kyauktan	×	×	×	×	×				
Thanlyin	-	-	-	-	-				
Hlegu	-	-	-	-	-				
Hmawbi		×		×					
Htantabin	-	-	-	-	-				△
Twantay	-	-	-	-	-				△

Note : × & △ indicates more than 20 % and 10% respondents are unsatisfied with items such as pressure, water quality.

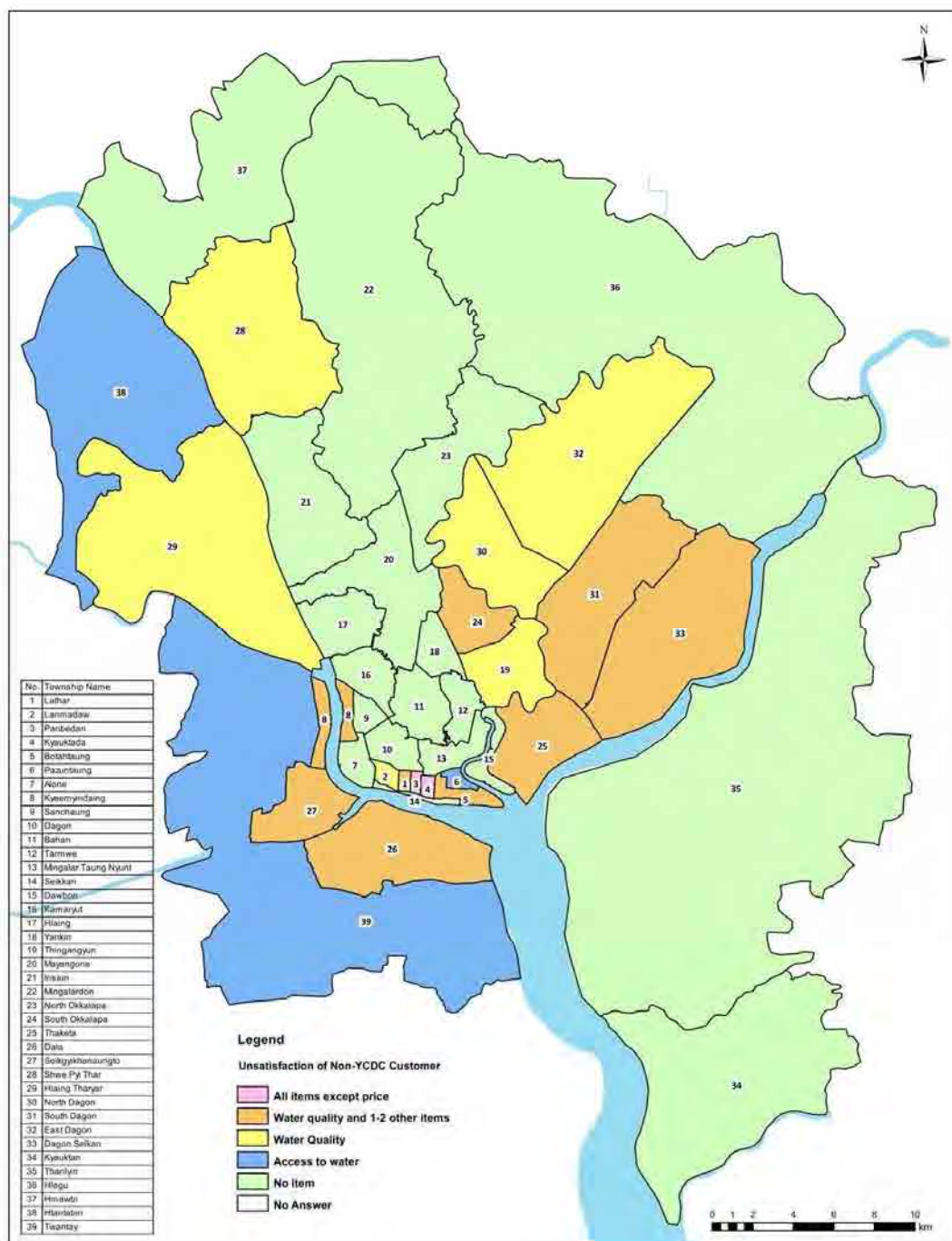
出典 : 2012 年 JICA 世帯訪問調査



注：Kyauktan（図中34）及びHmawbi（図中37）へはYCDCによる給水はされていないが、回答者による回答結果を表示している。

出典：2012年 JICA 世帯訪問調査結果を基に JICA 調査団作成

図 3.8 YCDC 顧客満足度

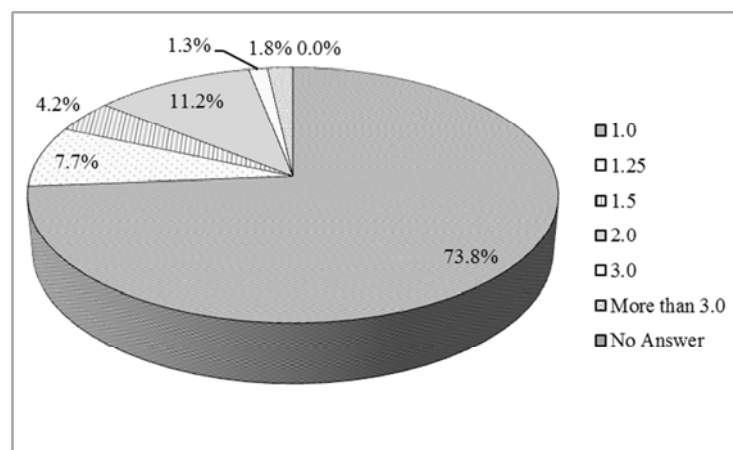


出典：2012年 JICA 世帯訪問調査結果を基に JICA 調査団作成

図 3.9 非 YCDC 顧客満足度

3.1.4 必要給水量

全対象者に理想的な消費水量が現在使用水量（約 100 リットル/人/日）の何倍であるかを聞いたところ、74%が現在の使用水量で満足しているという回答を得た。次いで2倍と答えたのが11%である。



出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

図 3.10 必要給水量

3.1.5 水因性疾患

水因性疾患の罹患については、過去1年以内に1.4%が下痢を経験、その他の疾病（赤痢、コレラ、腸チフス等）については0.1～0.6%と少数であった。過去1年の罹患回数も1回、2～5回がそれぞれ50.6%、45.6%との結果であった。

表 3.4 水因性疾患

Diarrhea	Dysentery	Cholera	Infectious Hepatitis	Typhoid or Paratyphoid	Malaria	Dengue Fever	Others
1.4%	0.6%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.4%	0.4%

出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

3.1.6 給水支出額

飲料水に対する毎月の支出は平均5,600Kyat、その他用途の給水に対しては、平均4,400 Kyatであった。ただし、高額な支出金額を示した回答者がおり、平均値が高いところに引きずられた可能性がある。中央値で見ると、飲料用には1,200 Kyat、その他用途には700 Kyatである。一般市民は、合計1,900 Kyat程度を給水に支出していると推定される。

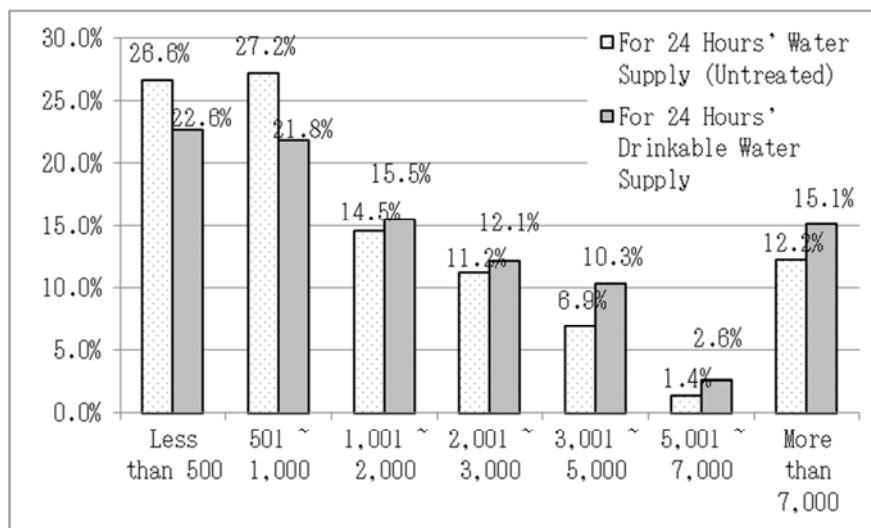
表 3.5 給水支出額

	Average	Median	Maximum	Minimum
For drinking	5,636	1,200	150,000	0
For other use	4,477	700	270,000	0

出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

3.1.7 改善された給水への支払い意思額

全対象者に、飲用水と未処理水（双方とも24時間給水）に対する支払意思額/世帯・月を聞いた。回答の分布をみると、双方とも支払意思額/世帯・月1,000 Kyat以下が大勢を占め、飲用水では54%、未処理水では44%であった。



出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

図 3.11 改善された給水への支払意思額

回答は7階級の選択肢から選択する方式であったため、各階級の中央値を用いて算定した平均支払意思額/世帯・月は、2,436 Kyatであった。1ヵ月当たりの平均使用水量の推定値は、住民意識調査結果より13.9m³/世帯・月であり（セクション3.3.3にて後述）、この値を用いてm³当たりの支払意思額を算定すると、175 Kyat/m³/世帯・月となる。この値と現行の従量制の水道料金（一般家庭用）88 Kyat/m³と比較すると、現行の水道料金は支払意思額の約2分の1に相当し、現行の料金レベルは支払意思額よりも小さい。

一方、支払意思額と世帯収入の関係を見ると、調査結果から平均世帯収入の中央値は175,000 khat/世帯・月と推定され、上記の平均支払意思額は平均世帯収入の1.4%にあたり、支払意思額は、一つの目安値である世帯収入の4%以内に収まっている。したがって、住民意識調査結果からは、現行の水道料金レベルは比較的低いレベルに設定されていると推察することができる。

参考までに、支払可能額を世帯収入の4%と仮定し、上述の使用水量から推定すると、m³当たりの支払可能単価は500 Kyat/m³となる。

3.2 非 YCDC 水供給

3.2.1 公共水道施設

YCDC 管轄外の6タウンシップのうち、Thanlyn と Kyauktan にタウンシップ開発委員会によって

管理された公共水道施設が存在する。公共水道の内容を以下に示す。

表 3.6 Thanlyin と Kyauktan の公共水道の内容

項目	Thanlyin TS	Kyauktan TS
水源	井戸	貯水池
水道システム数	3 システム、1.6 km配水管	1
接続数	97 (各戸)、3 (公共水栓)	1,436
人口 (2011 年)	204,486	123,565
普及率	0.2% (家族数 5 人を想定)	6% (家族数 5 人を想定)
給水サービスタンク	3 高架水槽	15 公共水槽
水道料金	1,000 Kyat/月	2,500 Kyat/月

出典：2012 年 JICA 都市圏調査

更に、特別目的として 2 つの水道が Thilawa SEZ (Special Economic Zone) に存在する。内容を以下に示す。

表 3.7 Thilawa SEZ (Special Economic Zone) における水道

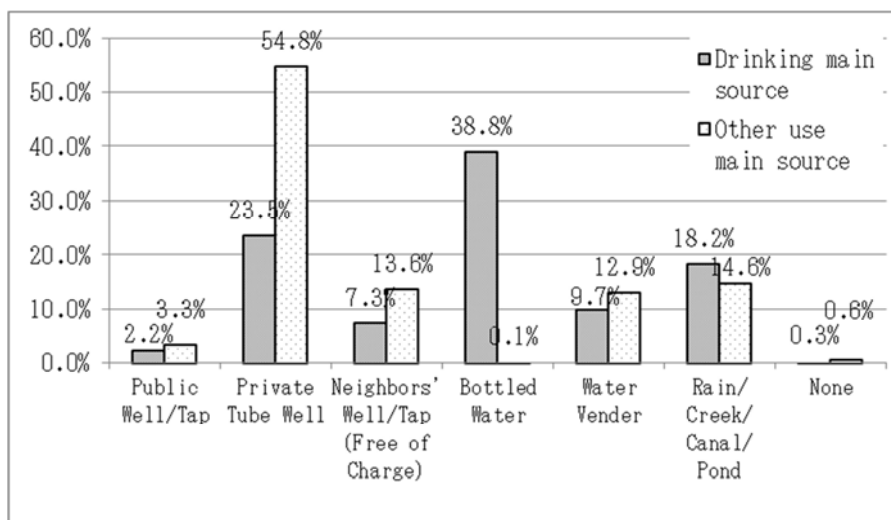
項目	Thanlyin TS	Kyauktan TS
水源	Bantwekone 貯水池 (Kyauktan TS)	Thilawa 貯水池 (Tanlyin TS)
取水	3 水中ポンプ	2 水中ポンプ
配水システム	配水池からの自然流下、ポンプ、高架水槽併用	同左
水道料金	300 Kyat/m ³	0.8 US\$/m ³
維持管理管轄	工業省	建設省

出典：2012 年 JICA 都市圏調査

3.2.2 非公共水道施設

(1) 用途別水源

非 YCDC 給水世帯の飲料用の主要な水源はボトルウォーターが 38.8%、次いで私有井戸 (23.5%)、雨水/小河川/池 (18.2%) である。飲料用以外の水源は私有井戸 (54.8%)、雨水/小河川/池が 14.6%、隣家の水道及び水販売人が各 13% である。WHO-Unicef Joint Monitoring Program の改善された水源へのアクセスの定義に基づくと、水売り、雨水/小川/運河/池の水は改善されていない (安全でない) 水源とみなされる。この安全でない比率は、27.9% である。また、瓶詰飲料水も場合によっては、安全でない飲料水とみなされる。これを含めると、安全でない飲料水の割合は 66.8% となる。



出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

図 3.12 用途別水源 (YCDC 給水非接続)

(2) 給水方法

非 YCDC 給水世帯のうち、歩いて取水に要する時間、取水頻度、取水方法（容器等）を下表に示す。取水にかかる時間に関しては、時間がかからないとした回答が 74%、5 分以内が 18%、10 分以内が 5%を占めた。私有井戸や隣家の水、雨水貯留、水売りから水を取水している世帯が多いため取水時間が少ないと考えられる。同様に取水頻度も、歩いて取水無しが 70%を占めた。ただし、1日 10 回以上も 10%を占めた。68%が管路で給水を受けている。これは井戸ポンプから直接管路で給水しているためである。

表 3.8 非 YCDC 給水世帯の取水に要する時間

なし	5 分以下	6～10 分	11～15 分	16～20 分	21～30 分	30 分以上	回答なし
74.0%	17.5%	5.2%	1.3%	1.1%	0.0%	0.3%	0.6%

出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

表 3.9 非 YCDC 給水世帯の取水頻度

なし	1 回	2～3 回	4～5 回	6～7 回	8～9 回	10 回以上	回答なし
70.0%	3.7%	6.9%	3.4%	3.3%	2.1%	10.0%	0.4%

出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

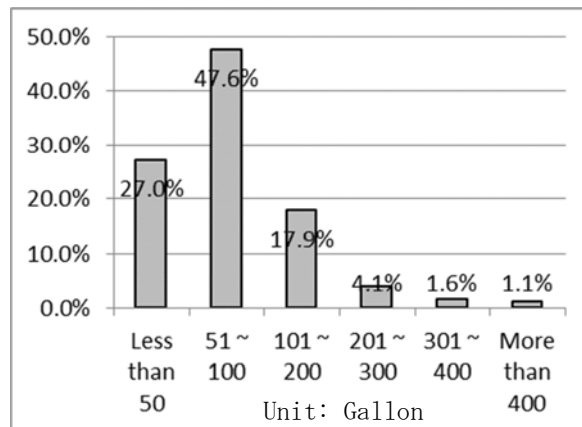
表 3.10 非 YCDC 給水世帯の取水容器

バケツ	水袋	ポリタンク	パイプ給水	その他	回答なし
27.1%	0.1%	2.0%	67.8%	2.5%	0.5%

出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

(3) 使用水量

非 YCDC 給水世帯の一日当たりの使用水量を右図に示す。51～100 ガロン (230～454 リットル) が 48 %で、次いで 50 ガロン以下が 27 %、101～200 ガロン (459～909 リットル) が 18%となっている。各範囲の中央値を代表値として平均値を算出すると1日平均給水量97ガロン(441リットル)である。



出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

図 3.13 一日当たり使用水量 (非 YCDC 給水)

3.3 YCDC 水道による給水状況

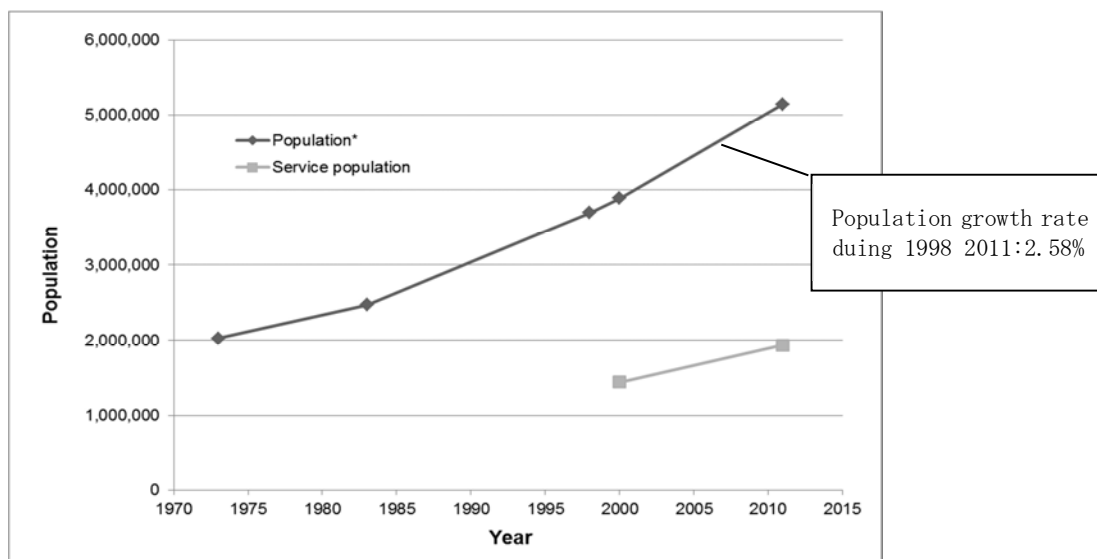
3.3.1 水道普及率

YCDC から配管で給水を受けている人口は 2012 年 JICA 世帯訪問調査によると、ヤンゴン都市圏全体では 34%であり、ヤンゴン市域に限ると 39%である。2000 年のヤンゴン市の給水普及率の推定が 37%であったことから、若干普及率が増加している。ヤンゴン市の人口は 1998 年から年率 2.58%で増加しており、2000 年から 2011 年まで 125 万人増加した。給水人口はこの 11 年で約 48 万人 (192 万-144 万) 増加したことになる。年間約 4.5 万人の増加率である。

表 3.11 水道普及率の推定 (2012 年)

YCDC 内総世帯数	家庭接続数	YCDC 家庭接続数から推定	JICA 訪問調査結果からの推定
825,620	187,827	23%	39%

出典：JICA 調査団

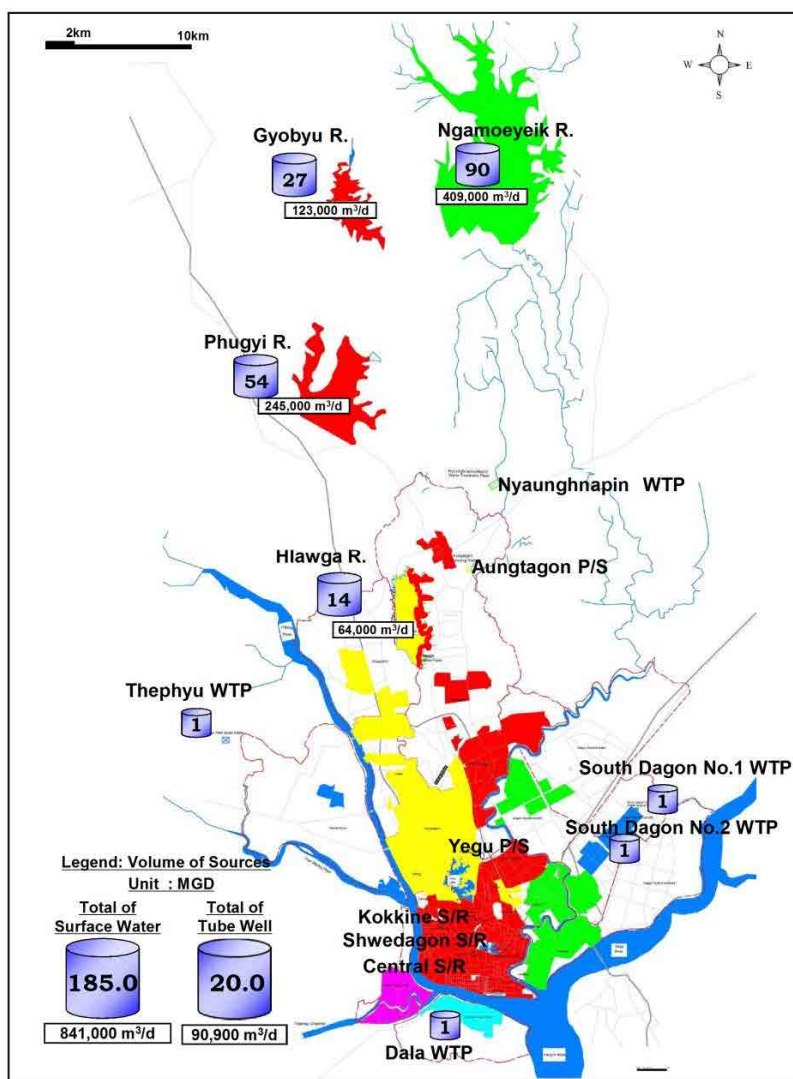


出典：JICA 調査団

図 3.14 ヤンゴン市の人口増加と給水人口の増加

3.3.2 水源と給水地域

現在の給水地域とその水源を下図に示す。



出典：JICA 調査団

注：水源にかかる詳細内訳は表 3.24 参照

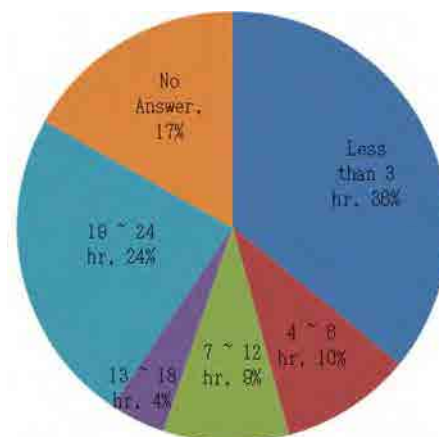
図 3.15 現在の給水地域とその水源

3.3.3 給水状況

(1) 給水時間

YCDC の給水時間の統計を右図に示す。最も多いのが一日 3 時間以下 (36%)、次いで 19-24 時間 (24%) と 2 極化している。各範囲の中央値を代表値として平均値を算出すると 1 日平均給水時間は約 9.2 時間である

2010 年の給水サービスエリア及び各エリアの時間給

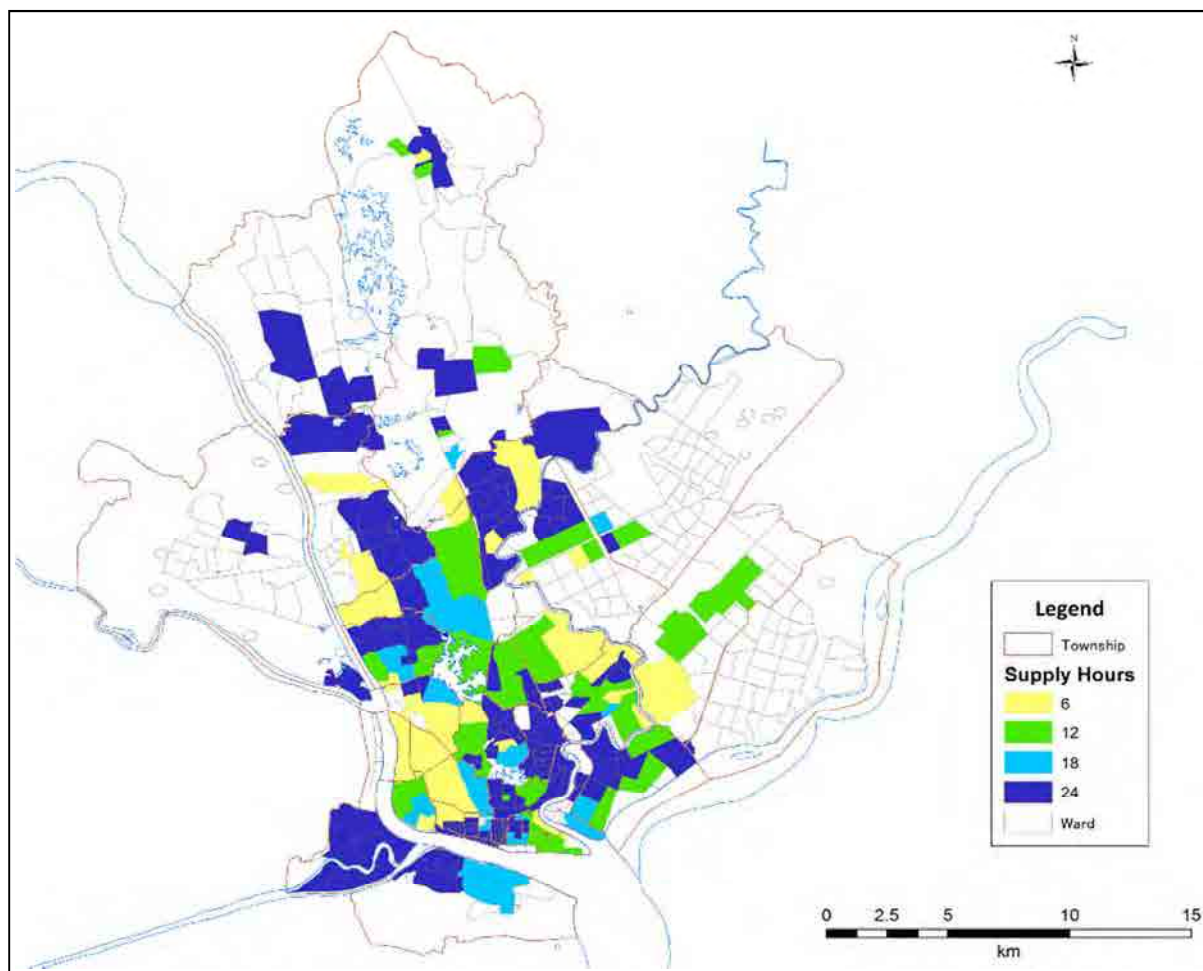


出典：2012 年 JICA 世帯訪問調査

図 3.16 給水時間 (YCDC 給水)

水の状況を下図に示す。市の中心部は水道水が供給されているものの、東西南北周辺のタウンシップは、水道の未普及地区が広く点在する状況である。

各エリアの時間給水の状況は、24時間給水から6時間給水まで給水サービスにかなりの差が見られる。



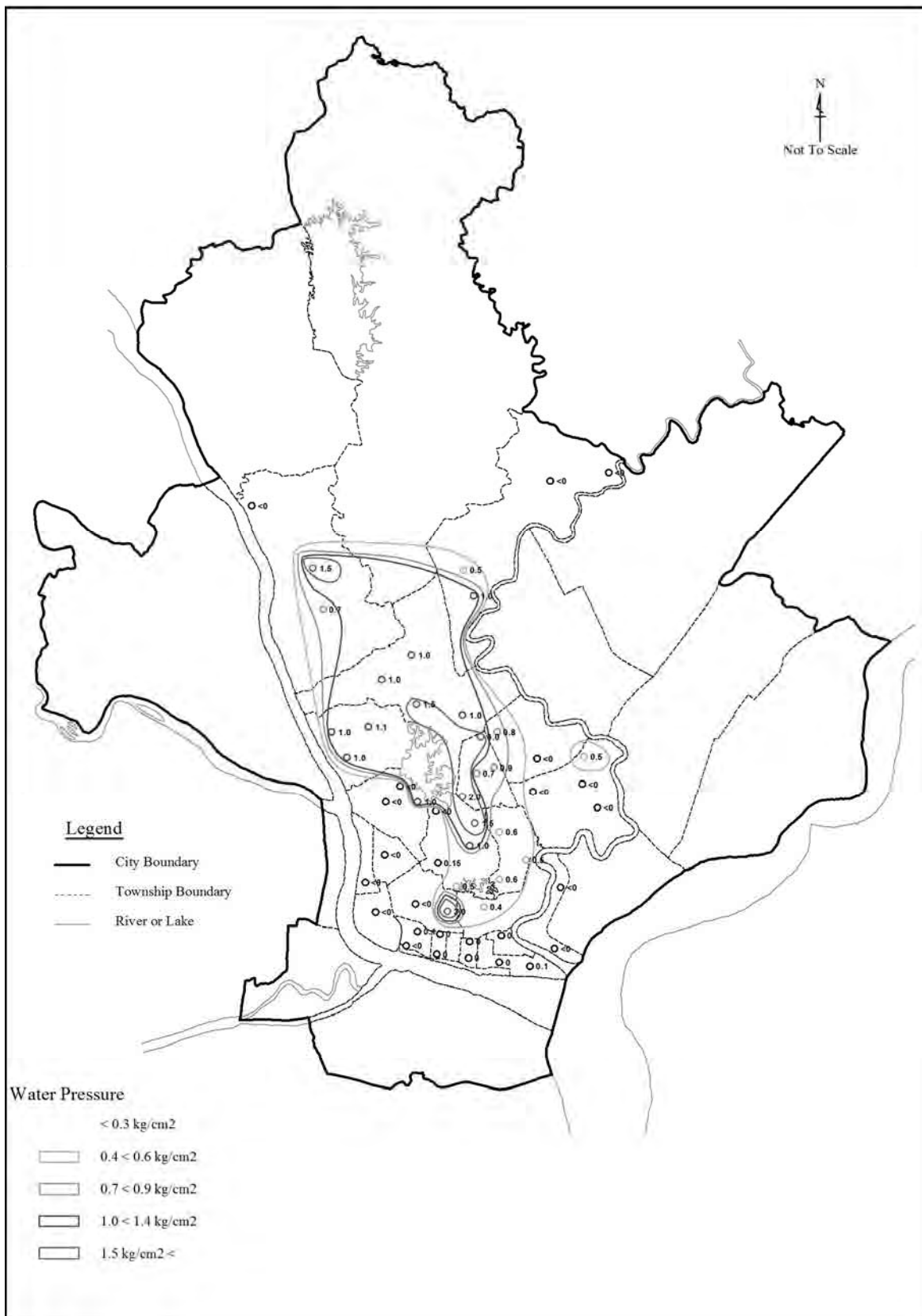
出典：YCDC

備考：管路給水以外の給水も含んでいる。

図 3.17 YCDC の現況の給水時間

(2) 給水圧

本調査では給水圧調査を実施していないが、給水圧は2001年当時とあまり差異がないと想定されるため、2001年の調査で実施した蛇口栓における給水圧調査データを参考にすると、次のことが言える。比較的水圧の高い地域は、Bahan、Hlaing、Insein、Mayangone、Tamwe 及び Yankin である。ダウンタウン地域の給水圧は極端に低く、各戸では、吸引ポンプと水槽を設置し対応している。



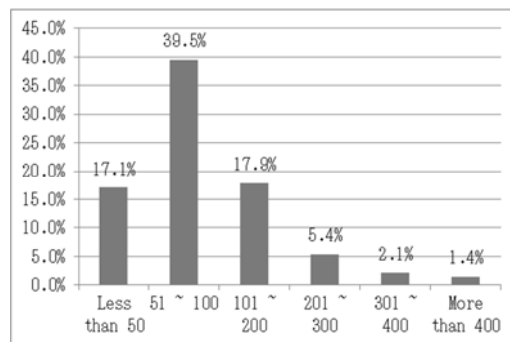
出典：2002年ヤンゴン市給水改善計画調査

図 3.18 ヤンゴン市の推定給水圧分布 (2001年)

(3) 使用水量

2012年 JICA 世帯訪問調査結果によると、使用水量については、家庭用で1日当たり51～100ガロン（230～454リットル）が40%で、次いで101～200ガロン（459～909リットル）が18%、50ガロン以下が17%となっている。各範囲の中央値を代表値として平均値を算出すると、1家庭当たりの平均給水量は102ガロンとなり、1人あたりでは、24ガロン（110リットル）である、なお、1家庭当たりの平均人数は4.3人（同居する他世帯や使用人等を含まない）で算定した。

一方、YCDCのメータ検針データから算定した地域別給水原単位を下表に示す。家庭用原単位は、ヤンゴン市北部地区が138LPCDと高い。この地域には、Mayangone、Insein、Mingalardonが位置し、水源から近いいため比較的給水状況（水圧・給水時間）が良好な地域である。CBD南部（Dala、Seik gyi Kha Naung To）は給水状況が極度に悪いため給水原単位が極端に少なくなっている。また、新市街である市南西部のタウンシップ（North Dagon、South Dagon、East Dagon）では、水源から遠いため、低い原単位となっている。ヤンゴン市全体の家庭用原単位は94LPCDである。



出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

図 3.19 使用水量 (YCDC 給水)

両データソースから算出した給水原単位は100LPCD前後である。

表 3.12 地域別給水原単位

地域	(LPCD)		
	家庭	商業	合計
CBD	99	38	137
Inner Urban Ring (IUR)	104	26	131
South of CBD (SCBD)	27	6	33
Older Suburbs Zone (OSZ)	74	10	84
Outer Ring Zone (ORZ)	98	13	111
Northern Suburbs (NS)	138	56	194
New Suburbs Zone (NSZ)	64	31	94
ヤンゴン市	94	26	121

出典：JICA 調査団

(4) 飲用方法

2012年 JICA 世帯訪問調査結果によると、YCDC水道接続者では、飲料水用の水源は、飲料水（ボトル）が60%で最大、次いでろ過処理（24%）である。YCDC水道水を直接飲用にする顧客はほぼ皆無である。これは、YCDC水道水が飲用に適していないことを意味している。

表 3.13 飲料水の処理 (YCDC 給水)

煮沸	ろ過処理	煮沸・ろ過処理	飲料水（ボトル）の購入	無処理	浄水器
5.0%	23.5%	8.2%	59.8%	0.5%	2.9%

出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

(5) 料金体制と水道メータ

2012年 JICA 世帯訪問調査結果によると、YCDC 給水接続世帯では、水道料金の支払いは、定額料金 31%、従量制（メーター）料金 53%であり、水道メータの所有者は 63%、その中、稼働していないと回答したのは約 6%である。

表 3.14 料金体系及びメータ（YCDC 給水）

料金体系			メータ所有					
定額	メータ	回答なし	所有			なし	回答なし	
			稼働状況					
			はい	いいえ	回答なし			
30.6%	52.6%	16.8%	62.7%	93.9%	5.9%	0.2%	20.6%	16.7%

出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

3.3.4 使用用途

YCDC の用途別の顧客数（2011年）は下表のとおりである。総接続数は 20.5 万接続、その中、家庭用が約 90%、商業 6.7%、官公庁 0.6%となっている。全接続の 70%にメータが設置されている。

表 3.15 用途別顧客数（2011年）

類型	家庭	商業	官公庁	外人用 (FE)	合計
実数					
総接続数	187,827	13,684	1,168	2,841	205,520
1) メータ接続	132,890	10,959	360	337	144,546
2) 一律料金接続	54,937	2,725	808	2,504	60,974
%					
総接続数	91.4	6.7	0.6	1.4	100
1) メータ接続	64.7	5.3	0.2	0.2	70.4
2) 一律料金接続	26.7	1.3	0.4	1.2	29.6

出典：JICA 調査団

全顧客にメータが接続されていないため、メータ使用量から全体使用水量を算定できない。従って、全体使用水量を算定するため、各用途で 1 接続あたりの平均使用水量（メータ水量）を算出し、それを用いてメータのない顧客の使用水量を推定した。下表に推定結果を示す。総使用水量は日量 187,500m³/日（41MGD）となる。家庭用がその 60%を占める。

表 3.16 用途別使用水量

類型	家庭	商業	官公庁	外貨払い (FE)	合計
年間使用量 (m ³ /年)	40,747,238	11,305,420	15,732,895	650,224	68,435,777
日平均使用量 (m ³ /日)	111,636	30,974	43,104	1,782	187,496
日平均使用量 (MGD)	25	7	10	0	41
%	60	17	23	1	100

出典：JICA 調査団

下表に2000年時点の用途別、メータ有無別の顧客数及び2011年までの増減を示す。総接続数は93,205件増加、2000年にはメータ接続が25,652件であったが、118,894件増加した。

表 3.17 2000年からの用途別、メータ有無別の顧客数の増減

類型	家庭	商業	官公庁	外貨払い (FE)	合計
2000年の接続	104,632	6,411	1,272		112,315
メータ接続	22,612	2,939	101		25,652
一律料金接続	82,020	3,472	1,171		86,663
2000年から2011年までの増減数					
総接続数	83,195	7,273	(104)	2,841	93,205
メータ接続	110,278	8,020	259	337	118,894
一律料金接続	(27,083)	(747)	(363)	2,504	(25,689)

注：2011年のデータは表 3.15 参照。

() は減を示す。

出典：JICA 調査団

3.3.5 配水量と無収水量

(1) 配水量の推定

現在、生産メータや配水メータが設置されていないため、精度の高い生産水量や配水量は把握できないが、YCDCは現状の推定配水状況を以下のように推定している。これによると、配水量は約123MGDであり、2012年時点で保有する水源水量160MGDの約75%が利用されていることになる。

表 3.18 2011年の推定配水量 (1)

内容	配水量	
	MGD	m ³ /日
水源量		
総水源能力	160	727,000
貯水池水源	140	636,000
地下水 (625箇所)の井戸配水能力)	20	91,000
配水量		
Gyobyu 貯水池から (24時間)	16.8	76,000
Hlawga 及び Phugyi 貯水池から (24時間)	56.1	255,000
Nyaunghnapin 浄水場から (Ngamoeyeik 貯水池水源)	30.4	138,000
地下水	20	91,000
送配水量	123.3	561,000

出典：YCDC

一方、2001年の実測データに基づく2011年の推定配水量は以下のとおりである (2002年ヤンゴン市給水改善計画調査)。

表 3.19 2011年の推定配水量 (2)

水源	推定生産量		配水体制	データ
	MGD	m ³ /日		
Gyobyu 貯水池	27	121,330	自然流下	2001年実測
Hlawaga No1	9	42,047	ポンプ No 4 稼働	2001年実測
Hlawaga No2	41	187,439	ポンプ No 1 と No 4 稼働	2001年実測
Nyaunghnapin 浄水場	30	136,380	2 ポンプ稼働	2012年推定
地下水	8	36,368		推定内容は以下を参照
合計	115	523,564		

注；Phugyi 貯水池と Hlawaga 貯水池の水量は Hlawaga ポンプ場より送水されている。

出典：JICA 調査団

表 3.20 井戸の推定生産量 (2011年)

総井戸数	総井戸能力	稼働井戸数	推定稼働井戸能力	平均 14 時間/日稼働
645	19.901MGD	414	12.8 MGD	7.5=(8MGD)

出典：JICA 調査団

両推定によると、総生産量は 115～123 MGD 程度となる。これは、総水源量の 72%～77%の生産水量（配水量）となっている。平均をとって生産水量を約 120MGD と推定する。

(2) 無収水量の推定

1) 漏水率の推定

送配水流量が測定されていないことから、その漏水量を把握することは困難である。しかし、大規模な漏水事故は市内各地で頻発しており、また、配水管の大部分が敷設から 50 年以上が経過した老朽管であることから、漏水率は非常に高いことが想定される。

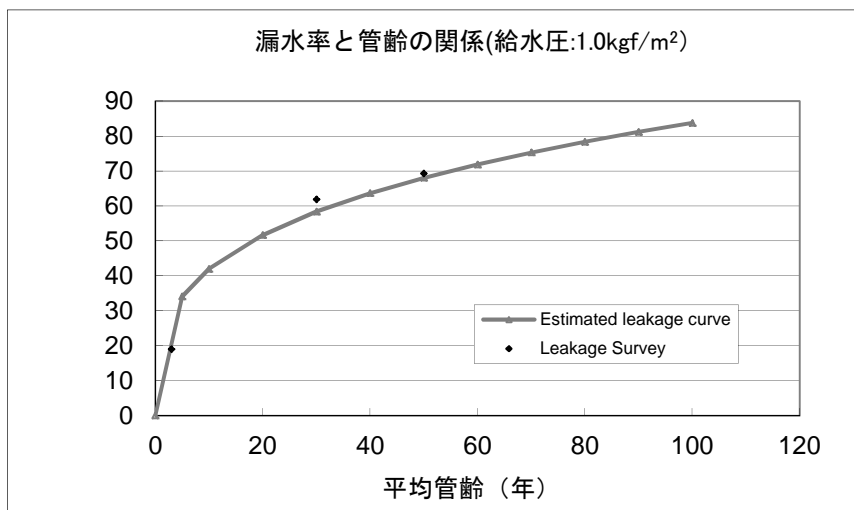
2002 年ヤンゴン市給水改善計画調査では、3ヶ所のパイロット地域（モデルブロック）を設定し漏水量を測定し漏水率を推定した。以下はその結果である。

表 3.21 パイロット地域における漏水率 (2002年)

地域	給水圧 (kgf/cm ²)	漏水率 (%)	管齢 (年)
Insein	0.7	13.3	3
Yankin	0.95	58.8	30
Tamwe	0.3	20.8	50

出典：2002 年ヤンゴン市給水改善計画調査

漏水率は給水圧と管齢に関係づけられる。上記漏水率を給水圧 1.0 kgf/cm² (0.1 MPa) に換算し、管齢と漏水率の関係を示す図を以下の通り作成した。



出典：2002年ヤンゴン市給水改善計画調査

図 3.20 管齢と推定漏水量の関係

管路データ収集調査の結果、平均管齢は約50年と推定された。仮に50年とすると、上図から漏水率は65%と推定される。この65%は給水圧0.1MPa条件での漏水率である。しかし、実際の給水圧は低く0.1MPa以下である。2001年時点の平均給水圧は0.07~0.08MPa程度である。漏水量の水圧換算式から、平均給水圧0.075MPa条件時の漏水率を約50%と推定した。

2) 無収水率の推定

前節の分析から、現在の推定収入水量は41MGDである。推定総生産水量は120MGDであるから、79MGDが無収水量であり、無収水率は約66%となる。

無収水の原因は以下が想定される。

- 老朽化した配水管、給水管に起因する漏水
- 水道システム内の越流水 (Yegu ポンプ場の停電時に発生する越流水)
- 寺院等の無料顧客
- 品質の悪いメータによる不感知
- 記録、徴収漏れ
- 違法接続

現有データから推定された水道の水収支を下表に示す。

表 3.22 国際水道協会の定義に基づく水収支

配水量 (生産メータ及び配水メータ不備のため正確な値は不明)	120 MGD (100%)	認定給水量	請求認定給水量	請求計量給水量	料金水量 (メータ有)	メータ	26 MGD	41 MGD 推定 34%	有収水量
				請求非計量給水量	料金水量 (メータ無: 推定)	推定	15 MGD		
			非請求認定給水量	非請求計量給水量	調停水量	不明	19 MGD	79 MGD 推定 66%	
				非請求非計量給水量	無料水量 (寺社等)、YCDC 事業用水量	不明			
		損失水量	見掛け損失水量	非認定給水量	盗水、その他不明水	不明			
				計量誤差	メータ不感・誤差・誤検診	不明			
			実損失水量	送水管・配水管漏水量	送水管・配水管からの漏水量	推定 50%	60 MGD		
				配水池漏水・越流水量	配水池からの漏水、越流水量				
		需要家メータまでの給水管漏水量		メータ上流給水管からの漏水量					

出典：JICA 調査団

3.4 既存水道システム

3.4.1 水道整備の変遷

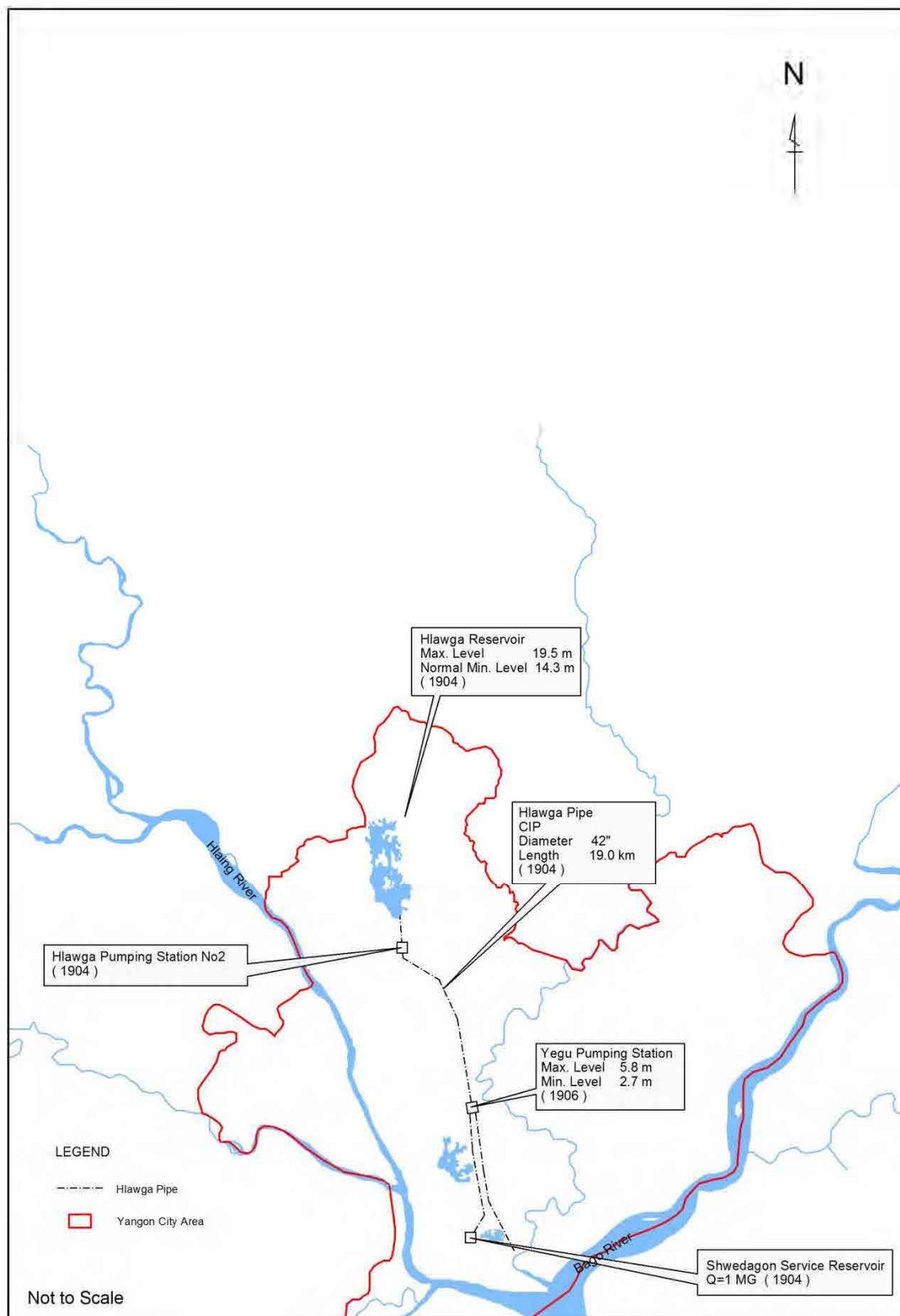
2012年現在、170年という長い歴史を有するヤンゴン市水道は、1842年30カ所の浅井戸による約10haへの水道水給水から始まった。その後、数次の拡張を進め現在に至っている。

その主な整備経緯を下表に、その概要を図3.21～3.23に、既存水道システム概要図を図3.24に示す。

表 3.23 主な水道整備経緯

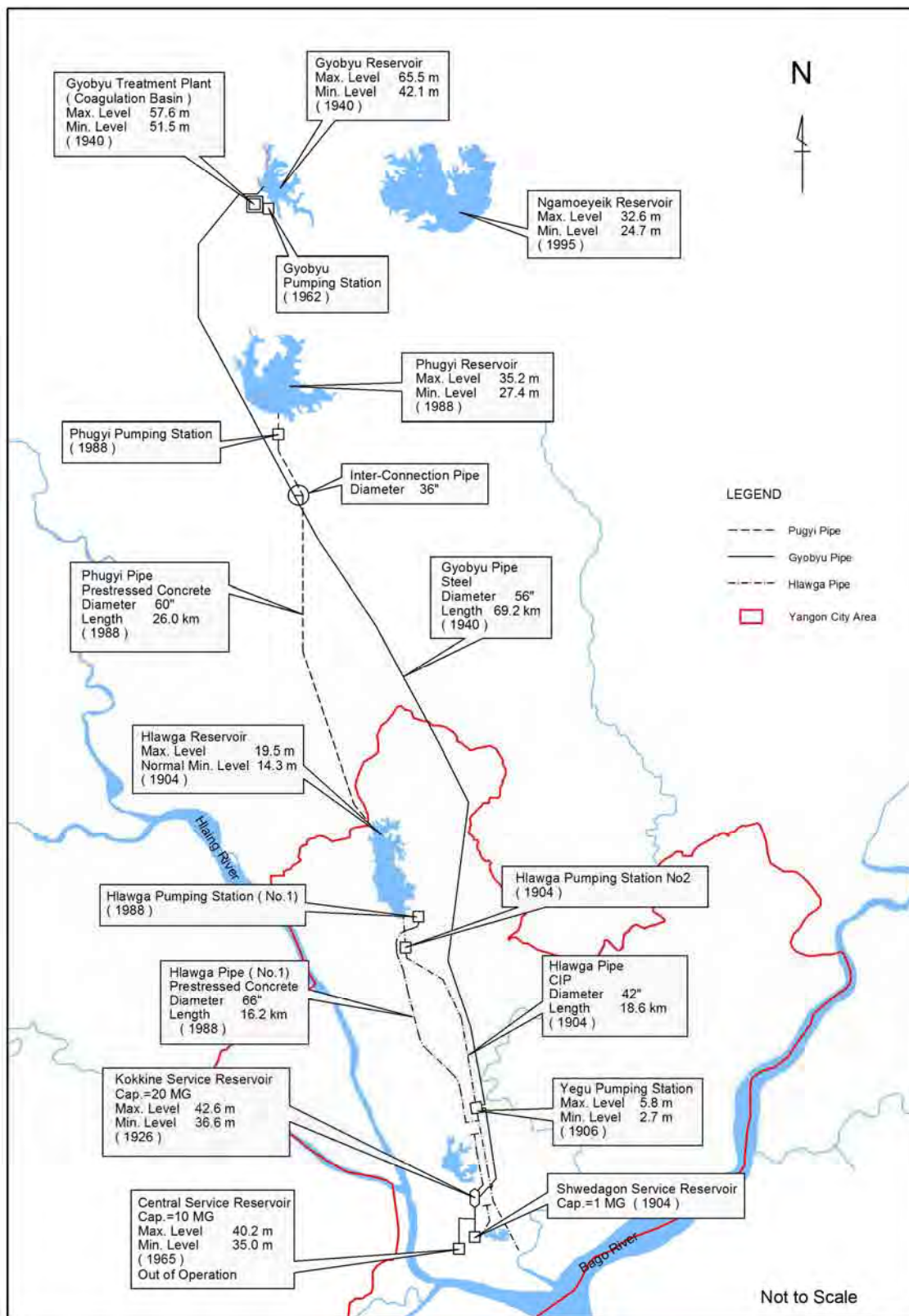
年	整備経緯
1879年	Kandawgyi 湖を水源とし、配管による約 35,000 人規模の飲料水の供給開始。
1884年	Inya 湖を水源とし、市への給水を実施。
1894年	Shwedagon 配水池 (4,540m ³) の整備。
1904年	Hlawga 貯水池事業の完成により(第1期1904年完成、第2期1921~1924年)、給水規模65,000人。Kandawgyi 及び Inya 湖からの取水を停止。
1906年	Yegu ポンプ場の整備。Shwedagon 配水池への供給及びヤンゴン市全域への給水。
1925年	Kokine 配水池の整備。Shwedagon 配水池と連絡され、市の既給水地区に加え東西地区へ給水。
1940年	Gyobu 貯水池事業の完成により、増大する水需要へ対応。
1965年	Central 配水池を整備。1967年引渡し前水張り試験で漏水事故が発生。現在休止状態である。
1989年	Phugyi 貯水池事業の一部完成(1973~1989年)により、Hlawga 貯水池へ導水開始。
1992年	Phugyi 貯水池事業の Hlawga~Yegu ポンプ場間の送水管 φ1650mm が完成。Gyobu、Hlawga、Phugyi 及び YCDC 所有の深井戸によるヤンゴン市の給水規模は 385,900m ³ /日となる。
2000年	Yangonpauk 浄水場事業の完成により、規模 4500m ³ /日で Dala タウンシップへ給水している。
2005年	Ngamoeyeik 貯水池を水源とする Nyaunghnapin 浄水場第1期事業 204,500m ³ /日が完成し、市の東南部9タウンシップへ給水開始。
2009年	South Dagon 浄水場事業(第1浄水場2008年完成、第2浄水場2009年完成)の完成により、合計 9,000m ³ /日で South Dagon タウンシップへ給水している。 Thaephyu 浄水場事業の完成により、規模 4500m ³ /日で Hlaing Tharyar タウンシップの工業団地及び周辺住宅へ給水
2013年	Ngamoeyeik 貯水池を水源とする建設中の Nyaunghnapin 第2期事業 204,500m ³ /日が完成予定であり、第1期と同様、市の東南部へ給水。

出典：YCDC



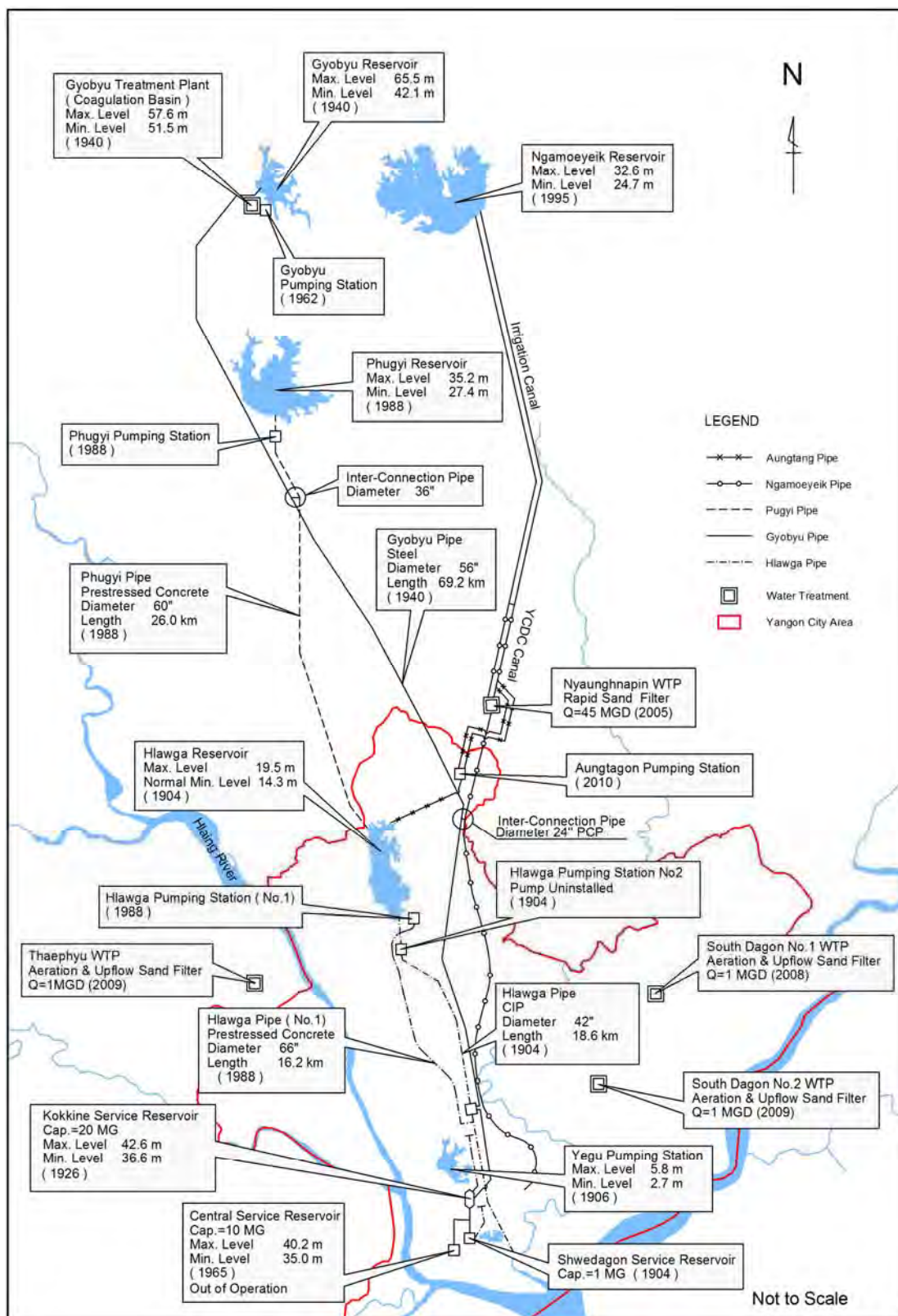
出典：JICA 調査団

図 3.21 水道システム図 (1906 年)



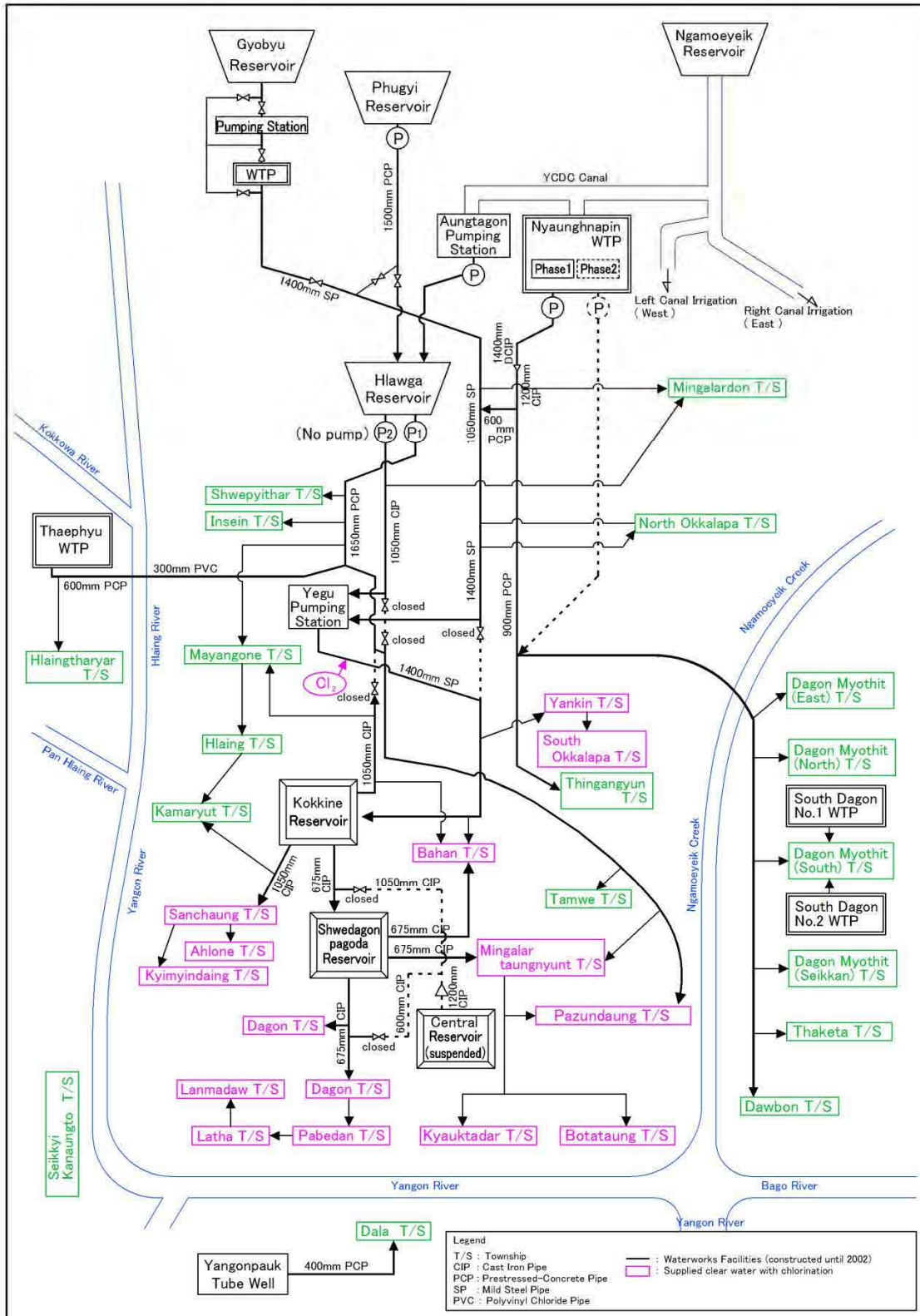
出典：JICA 調査団

図 3.22 水道システム図 (2002 年)



出典：JICA 調査団

図 3.23 水道システム図 (2011年)



出典：JICA 調査団

図 3.24 水道システム概要図 (2012年)

3.4.2 水道水源

2012年時点のヤンゴン市の既存水源一覧を下表に示す。既存水源は、貯水池、地下水ならびにその他に分類される。水源の合計量は、既存水量 727,000m³/日（160MGD）に 2013年稼動予定の Ngamoeyeik の第2期 205,000m³/日（45MGD）を組み合わせた 933,000m³/日（205MGD）である。

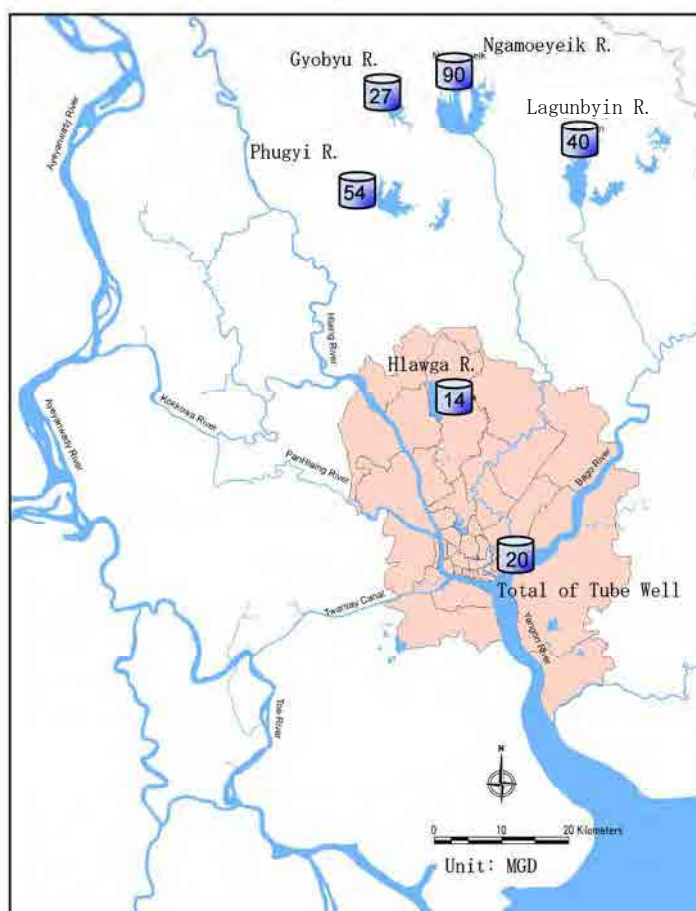
表 3.24 ヤンゴン市における既存水源一覧

水源	水源量		備考
	m ³ /日	MGD	
Gyobyu Reservoir (貯水池)	123,000	27	YCDC
Phugyi Reservoir (貯水池)	245,000	54	YCDC
Hlawga Reservoir (貯水池)	64,000	14	YCDC
Ngamoeyeik (第1期:貯水池)	205,000	45	農業灌漑省
Ngamoeyeik (第2期:貯水池)	205,000	45	農業灌漑省、2013年供用開始予定
井戸 (地下水)	73,000	16	24時間揚水の場合及び未使用井戸も含む
その他 (地下水浄水場)	18,000	4	24時間揚水の場合
合計	933,000	205	

出典: JICA 調査団

(1) 貯水池系水源

ヤンゴン市へ供給される既存の水源は、YCDC が運営する Gyobyu、Phugyi、Hlawga 貯水池と、農業灌漑省が運営する Ngamoeyeik 貯水池から構成されている。貯水池系の水源位置と水源量を右図に示す。



出典: JICA 調査団

図 3.25 ヤンゴン市の水道水源位置と水源量

各貯水池の概要は以下のとおりである。

表 3.25 貯水池における表流水源特性

項目	Gyobyu	Phugyi	Hlawga	Ngamoyeik
管轄	YCDC	YCDC	YCDC	農業灌漑省
建設期間	1937-1940	1973-1992	1900-1904	1992-2013
場所	Tyeik kyi Township	Hmawbi Township	Mingalardon Township, 市内	Hlaegu Township
ヤンゴンからの距離	64 km		27 km	40 km
集水域	33.41 km ²	70.63 km ²	27.2 km ²	414.4 km ²
水表面積	7.25 km ²	17.63 km ²	11.4 km ²	44.52 km ²
有効容量	38 x 10 ⁶ m ³	91 x 10 ⁶ m ³	48.2 x 10 ⁶ m ³	207 x 10 ⁶ m ³
総能力	75 x 10 ⁶ m ³	104 x 10 ⁶ m ³	54.5 x 10 ⁶ m ³	222 x 10 ⁶ m ³
高水位	66 m	36 m	19 m	32.6 m
低水位	42 m	27 m	14.3 m	24.7 m
越流高	66 m	35 m	19 m	33.5 m
第1取水位	61 m	27 m	17 m	27.4 m
第2取水位	55 m	22.5 m	15 m	22 m
第3取水	42 m	-	13 m	-
供給量 (m ³ /日) (MGD)	123,000 27	245,000 54	64,000 14	409,000 90

出典：農業灌漑省

(2) 地下水源

1) YCDC の地下水

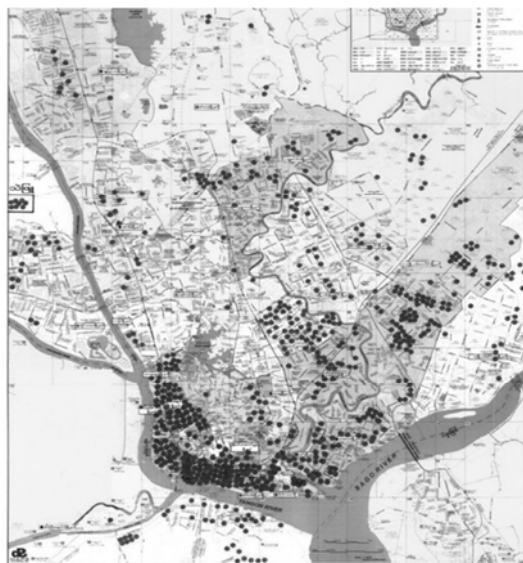
YCDC 所有の井戸ポンプは合計 645 機で、取水可能量は約 20MGD/日である。このうち、414 ポンプが稼働可能である。単純比例で計算すると日量 12.8MGD/日、1 日 14 時間運転として、7.5MGD/日となる。

表 3.26 井戸取水量の推定

項目	井戸サイズ (口径) インチ						合計	日生産能力 MGD	1 日 14 時間運転 MGD
	2"	4"	6"	8"	10"	12"			
総ポンプ	142	139	111	191	44	18	645	19.901	
稼働可能ポンプ	2	71	101	191	36	12	414	12.8 (推定)	約 8 (推定)

出典：JICA 調査団推定

YCDC の井戸位置を下図に示す。井戸は CBD に集中している。ヤンゴン市の中央を走る丘陵地帯は水賦存量が少ないため、YCDC の井戸はほとんどない。



出典：YCDC

図 3.26 YCDC 井戸位置

2) 地下水収支の推定

ヤンゴン市域における現在の地下水の水収支を推定する。2012年 JICA 訪問調査の結果から地下水取水量を推定するため以下の条件を設定した。

- 私有井戸を使用する人口：3,000,000人（人口比率60%：2012年 JICA 訪問調査結果より）
- 私有井戸の1人1日水使用量：63リットル（2012年 JICA 訪問調査結果より）
- 非家庭用の地下水取水量：全取水量の40%（YCDCの水使用実績から）
- YCDCの地下水取水量：8MGD
- 地下水潜在取水可能量：83MGD（2002年ヤンゴン市給水改善計画調査より）

以上のデータを基にヤンゴン市域における地下水の水収支を以下の通り推定する。潜在取水可能量83MGDに対して、YCDC水道及び私有井戸で79MGDを使用しており、水源バランスは合計4MGDのみであり、現時点で既に取水量と取水可能量はほぼバランスがとれている。今後、人口増加に伴い過剰な地下水取水があれば、地下水位の低下、引いては地盤沈下等の災害を引き起こすことが懸念される。

表 3.27 ヤンゴン市域における地下水水収支 (MGD)

潜在可能取水量	取水量		差分
	YCDC 井戸	私有井戸	
83	8	71	4

出典：JICA 調査団

注：潜在可能取水量は2002年ヤンゴン市給水改善計画調査を参照した。

3.4.3 取水塔、取水ポンプ場、導水管（導水路）

既設の取水塔及び取水ポンプ場の中で現在使用されているのは、1939年にイギリスによって建

設された Gyobyu 取水塔、1962 年の Gyobyu 取水ポンプ場、1980 年の Hlawga 取水ポンプ場、1988 年の Phugyi 取水塔、同 Phugyi ポンプ場、2011 年の Aungtagon 取水ポンプ場である。

取水、送水ポンプの機種はすべて、効率が良く、一般的に水道施設で使用されている両吸込単段渦巻ポンプである。ポンプ形式は、Hlawga ポンプ場のみ立軸型二床式を使用しているが、他は全て横軸型となっている。機種が統一されていることから、維持管理の面では非常に合理的な施設構成となっている。なお、平坦な地形で長距離圧送のポンプ場が多いため、ポンプにはサージタンク及びカウンターウエイト式もしくは油圧式急閉逆止弁が設置されているところが多い。以下に、施設概要と問題点、主要機器リストを示す。

(1) Gyobyu 取水塔

貯水能力は、約 123,000m³/日 (27 MGD) であり、1940 年に完成した。ヤンゴンの約 64 キロ (40 マイル) 北に位置している。取水管で取水された原水は、送水ポンプによって Yegu ポンプ場に口径 1400mm の鋼管で送水され、Yegu ポンプ場で加圧後に市内へ配水される。貯水池の高濁時に対応できるよう凝集沈澱池が設けられている。

問題点は下記のとおりである。

- 比較的水質は良好であるが、時期によっては貯水池でアオコが発生する。
- 全てのポンプ設備は老朽化している。
- Gyobyu 貯水池のポンプ設備は 2011 年 5 月より稼働しておらず、通常は自然流下で送水している。
- ポンプ運転管理に必要な貯水池水位計、流量計及び圧力計が設置されていない。
- Gyobyu 貯水池～Yegu ポンプ場導送水管は 1940 年に敷設されたかなり老朽化した鑄鉄管である。途中に設置されている空気弁の補修弁は開閉操作ができない。

表 3.28 既設 Gyobyu 取水塔の主要機器リスト (1939 年設置)

機器名称	仕様	台数 () 内予備	備考
スクリーン	粗目スクリーン 目幅 100mm	3	
取水弁	手動蝶型弁 口径 1,400mm	6	イギリス製、湖底、中間、表層取水用

出典：YCDC

表 3.29 既設 Gyobyu ポンプ場の主要機器リスト (1962 年設置)

機器名称	仕様	台数 () 内予備	備考
取水ポンプ	横軸両吸込単段渦巻ポンプ 3310m ³ /hr x 13.7m x 184kW	3(1)	フランス製
仕切弁	手動弁 口径 1,400mm	1	イギリス製、1939 年
仕切弁	手動弁 口径 1,400mm	2	
仕切弁	手動弁 口径 600mm	6	
逆止弁	標準型、口径 600mm	3	

出典：YCDC

(2) Phugyi 取水塔

貯水能力は、約 245,000m³/日 (54 MGD) であり、1992 年に完成した。取水管で取水された原水は、導水ポンプ場から 1,500mm 径の 26km のプレストレストコンクリート管 (PC 管) で Hlawga 貯水池へ導水される。問題点は下記のとおりである。

- 全てのポンプ設備は老朽化している。
- ポンプ運転管理に必要な貯水池水位計、流量計及び圧力計が設置されていない。

表 3.30 既設 Phugyi 取水塔の主要機器リスト (1988 年設置)

機器名称	仕様	台数	備考
スクリーン	粗目スクリーン 目幅 50mm	3	
取水弁	電動蝶型弁 口径 1,500mm	3	イギリス製、湖底、中間取水用

出典：YCDC

表 3.31 既設 Phugyi ポンプ場の主要機器リスト (1988 年設置)

機器名称	仕様	台数 () 内予備	備考
蝶型弁	電動弁	5	
蝶型弁	電動弁 口径 900mm	6	
取水ポンプ	横軸両吸込単段渦巻ポンプ 5,160m ³ /hr x 24m x 450kW	3(1)	日本製
逆止弁	油圧型、口径 900mm	3	
排水ポンプ 1	1.5kW	1	
排水ポンプ 2	ディーゼルエンジン	1	
流量計	ベンチュリータイプ	1	
圧力計	—	1	校正が必要

出典：YCDC

(3) Hlawga 貯水池

貯水能力は、約 63,600m³/日 (14 MGD) であり、1906 年に完成した。ヤンゴンの約 27 キロ (16 マイル) 北に位置している。ポンプ場は、309,000m³/日 (Phugyi 系 245,000m³/日及び Hlawga 系 64,000m³/日) の送水能力を有する。原水は、No. 1 ポンプ場及び No. 2 ポンプ場から送配水される。問題点は下記のとおりである。

- 全てのポンプ設備は老朽化している。
- ポンプ運転管理に必要な貯水池水位計、流量計及び圧力計が設置されていない。
- Hlawga No. 2 ポンプ場にはポンプ設備が無く自然流下で送水している。
- Hlawga 貯水池は 2010 年に渇水が発生したため、Aungtagon ポンプ場を 2 ヶ月で建設し、現在は Ngamoeyeik 貯水池系の余剰水をポンプ圧送し、貯水池の水位を回復させている。
- Hlawga No. 1 ポンプ場からの 1650mm コンクリート管の漏水が頻発している。

1) No. 1 ポンプ場系

配水ポンプは、常時稼動 4,980m³/時×2 台であり、最大 239,000m³/日の配水能力を有し、その

規模は、Phugyi 貯水池の水源量 245,000m³/日に匹敵する。取水口で取水された原水は、Yegu ポンプ場を経ず、本ポンプ場からφ1,650mm 配水管（コンクリート管）を経て、北東部及び東部旧市街地に直接配水される。

表 3.32 既設 Hlawga ポンプ場の主要機器リスト（1980 年設置）

機器名称	仕様	台数 () 内予備	備考
流入ゲート	手動ゲート	5	1 台故障、止水性難
蝶型弁	電動弁 口径 750mm	8	1 台修理中
取水ポンプ	立軸両吸込単段渦巻ポンプ 4,980m ³ /hr x 54m x 1,000kW (VFD)	4(2)	日本製
逆止弁	油圧型、口径 750mm	4	
流量計	ベンチュリータイプ	1	
圧力計	—	1	故障
サージタンクシステム	鋼製サージタンク、 空気圧縮機 15kW	2	日本製（圧縮機）

出典：YCDC

2) No.2 ポンプ場系

現在、ポンプ設備は廃止されており、Hlawga 貯水池の水源能力から No.1 ポンプ場系配水量を差引いた水量（Hlawga 貯水池の水源量 64,000m³/日程度）規模である。取水塔で取水された原水は、φ1,050mm 送水管（鋳鉄管）を経て、自然流下で Yegu ポンプ場へ送水される。

(4) Ngamoyeik 貯水池

ヤンゴン市内から 48 キロ（30 マイル）北の Ngamoyeik クリークと Mahoe クリークが合流する Pazuntaung クリークの上流に農業灌漑省が 1995 年に建設した。Ngamoyeik 貯水池の取水塔で取水された原水は、農業灌漑省が所有する運河を経て Nyaunhnapin 浄水場には送水される。このフェーズ I の既存能力は、約 204,500m³/日（45 MGD）である。なお、この開渠は、堆砂が進み浚渫が必要になっているが、浄水場が稼働しているため浚渫が実施できない状況である。

第 2 期の浄水場（204,500m³/日、45 MGD）の建設が進んでおり、2013 年からの供用開始が予定されている。

表 3.33 既設 Ngamoeyeik 取水塔の主要機器リスト（1995 年 YCDC 設置、未使用）

機器名称	仕様	台数	備考
スクリーン	粗目スクリーン	1	
取水弁	手動蝶型弁 口径 1,500mm	2	日本製、湖底、中間水位取水用

出典：YCDC

(5) Aungtagon ポンプ場

Aungtagon ポンプ場は、上記の Ngamoeyeik 貯水池からの導水路より分岐した水を一時貯留し、Hlawga 貯水池の水位が低下した際、緊急的に注水を行うためのポンプ場として 2010 年に建設さ

れた施設である。

現在の施設は、沈砂池（調整池）及びポンプ室（ポンプ3台）、受変電設備が整備されている。なお、本ポンプ場に特に問題点は見られず順調に運転されている。

表 3.34 既設 Aungtagon ポンプ場の主要機器リスト（2011年設置）

機器名称	仕様	台数 () 内予備	備考
流入ゲート	手動鋼板製ゲート	5	
取水ポンプ	横軸両吸込単段渦巻ポンプ 3,780m ³ /hr x 40m x 500kW	3(1)	中国製
蝶型弁	手動弁 口径 700mm	6	
逆止弁	カウンターウェイト付 口径 700mm	3	
サージタンクシステム	鋼製サージタンク、 空気圧縮機 7.5kW	1	

出典：YCDC

3.4.4 浄水場

YCDC の浄水場は、現在 6 箇所（表流水系 2 箇所、地下水系 4 箇所）が稼働している。1962 年に取水能力増強として Gyobyu ポンプ場と同時期に建設された 12.3 万 m³/日規模の Gyobyu 浄水場、2000 年に西部郊外に建設された 4.5 千 m³/日規模の Thaephyu 浄水場及び南部 Dalla タウンシップに建設された Yangonpauk 浄水場、2005 年に北東部に建設の 20.5 万 m³/日規模の Nyaunghnapin 浄水場（第 1 期）、2008 年と 2009 年に市内東部に建設された各 4.5 千 m³/日規模の South Dagon 浄水場 1、2 から構成される。2013 年には、20.5 万 m³/日規模の Nyaunghnapin 浄水場の 2 期工事が完成する予定である。

各浄水場の施設諸元を下表に示す。浄水処理方法は、貯水池系の浄水場では、主に懸濁質除去を目的として、Gyobyu 浄水場では凝集沈殿処理、Nyaunghnapin 浄水場では凝集沈殿・急速ろ過処理が行われている。また、地下水系の浄水場では、除鉄を目的としたカスケード式エアレーション・砂ろ過による処理が行われている。現在はいずれの浄水場においても塩素消毒設備が設置されておらず、唯一、Yegu ポンプ場にて塩素注入が行われている状況にある。

表 3.35 各浄水場の諸元

項目	Gyobyu	Nyaunghnapin (第 1 期)	Yangonpauk	South Dagon No. 1	South Dagon No. 2	Thaephyu
浄水規模	123,000m ³ /日	204,500m ³ /日	4,500m ³ /日	4,500m ³ /日	4,500m ³ /日	4,500m ³ /日
水源	Gyobyu 貯水池	Ngamoeyeik 貯水池から流下する YCDC 用水路	Tube well (3 井)	Tube well (9 井)	Tube well (10 井)	Tube well (6 井)
浄水プロセス	凝集沈殿	凝集沈殿、急速ろ過	エアレーション、上向流砂ろ過	エアレーション、上向流砂ろ過	エアレーション、上向流砂ろ過	エアレーション、上向流砂ろ過
凝集剤	なし	PAC	なし	なし	なし	なし
塩素消毒	なし	なし	なし	なし	なし	なし
建設年	1940 年	2005 年	2000 年	2008 年	2009 年	2009 年
配水区域	Mingalardon タウンシップ	Yegu ポンプ場の不足水量の	Dala	South Dagon	Dagon South	HlaingTharya

項目	Gyobyu	Nyaunghnapin (第1期)	Yangonpauk	South Dagon No. 1	South Dagon No. 2	Thaephyu
	への配水及び Yegu ポンプ場へ送水	応援送水及び ヤンゴン市東部の9タウンシップへ配水				
備考		204.5 千 m ³ /日 を拡張工事実施中				

出典：YCDC

(1) Gyobyu 浄水場

最も古い Gyobyu 浄水場は、フロック形成池と沈殿池からなり、以前は凝集処理、塩素消毒を行っていたが、近年は水源水質が比較的良いことから無薬注での沈殿処理、及び 1mm メッシュのスクリーンにてゴミを除去する程度の処理を行い配水されている。そのため薬品注入設備はすでに撤去されている。しかしながら時期によってはアオコ、高濁度の発生が確認されている。

問題点は下記のとおりである。

- 消毒設備がない。
- 薬注設備が老朽化により撤去されており、設置が望ましい。
- フロック形成池の攪拌バッフルが壊れ凝集が十分でなく、沈澱効果も小さい。
- 全般的にポンプの自動運転が困難であり、圧力計、流量計、水位計、タイマーによる最低限の自動制御のシステムがない。

以下に、主要な機器リストを示す。

表 3.36 既設 Gyobyu 浄水場の主要機器リスト (1962 年設置)

機器名称	仕様	台数 () 内予備	備考
流入弁	仕切弁	10	
洗浄ゲート	手動鋼板製ゲート	2	
沈殿池流入ゲート	手動鋼板製ゲート	8	
汚泥引抜弁	手動鋼板製ゲート	4	
沈殿池流出ゲート	手動鋼板製ゲート	4	
微細目スクリーン	自動ドラム式、1mm メッシュ	4	

出典：YCDC

(2) Nyaunghnapin 浄水場

Nyaunghnapin 浄水場は、2005 年に YCDC が独自に設計、建設を行った初めての大型浄水場である。施設能力は 45MGD (=204,500m³/日) であり、規模も大きく近年建設された中でも重要な施設に位置づけられている。

水源は Ngamoeyeik 貯水池より、灌漑用水路を経由し、浄水場へ開水路で導水を行っている。浄水処理方式は、「凝集沈殿+急速(砂)ろ過」である。処理水質については、原水濁度が 45 度に対して浄水濁度は 5 度と水質基準内での処理は行われているものの、塩素消毒が行われていないことから、浄水より大腸菌群および糞便性大腸菌が検出されており、直接飲用には適さない状況にある。

Nyaunghnapin 浄水場における生物試験データ

原水、上水共に、大腸菌群：MPN 16 以上/mL、糞便性大腸菌：検出
乾期（2012年9月11日）および雨季（2013年3月11日）に測定

（参考）

水道水質基準（日本）

大腸菌群：検出されないこと
糞便性大腸菌を含む

WHO guideline for drinking water quality (4th)

大腸菌群、糞便性大腸菌共に、100mL の験水中に検出されないこと

凝集剤は、従来は中国製のフレーク状の硫酸バンドを使用していたが、近年はマレーシア製の液体 PAC を利用している。また、ジャーテストを行えるベテランのエンジニアが1名配属されており、凝集処理は旨く行えているようである。

処理された浄水は、送配水ポンプにて市内中心部及び南東部の9タウンシップへ配水されており、送配水管延長は約38.8kmに及ぶ。

現在は、2013年の稼働開始を目指して、同規模の第2期工事が完成間近の状況であり、完成すると合計で40万m³/日の能力を保有することになる。また、将来計画（3期）としての別途20万m³/日分の敷地を確保している。

1) Nyaunghnapin 浄水場第1期系

配水ポンプは、常時稼働3台であり、最大204,500m³/日の配水能力を有する。浄水はポンプ圧送され、φ1,400mm～400mm（铸铁管・コンクリート管）により、ヤンゴン市中心部及び東部に配水される。

2) Nyaunghnapin 浄水場第2期系

浄水場施設は、第一期と同様の施設能力で建設中である。配水管は、大口径のHDPE（高密度ポリエチレン管）が採用され、現在布設中である。

浄水はポンプ加圧され、φ1,200mm～400mm（HDPE）によりヤンゴン市東部に配水される予定である。

問題点は下記のとおりである。

（導水施設）

- 灌漑省所管の用水路を導水施設として用いているが、灌漑省によると用水路に砂・泥等が溜まり通水能力が低下しているとの事である。砂・泥を浚渫し、通水能力を回復させる必要があるが、この際取水ができなくなる恐れがある。灌漑省は、専用導水管の建設を YCDC に薦めている。

(水質)

- 消毒設備がない。
- 貯水池の水質に比べ、開水路の濁度が高く、農薬等の汚染リスクがある。
- ジャーテストは手作業にて実施されている。

(浄水施設)

- 着水井～沈殿池に至るフロック形成池と沈殿池の水位差が大きく、逆落とし状態の流入水となり、成熟フロックが破壊されている。第2期施設はこれらの改良を図っている。
- 沈殿池、ろ過池及び浄水池等の壁面に藻が発生・付着している。適正な前・中塩素処理が推奨される。
- ろ過池はアンストラサイトによる2層ろ過方式となっているが、逆洗強度が高いため、ろ材が流出し、ろ過層厚が薄くなっている。
- ろ過池まわりのゲートの故障、漏水が激しい。
- 表洗管の故障が見られる。
- ろ過池の逆洗排水弁の口径が小さく逆洗が良好な状態でない。そのため逆洗ポンプもしくは、逆洗バルブを絞った運転が必要である。
- 洗浄が不十分なためにろ過池にマッドボールが発生している。
- ろ過池浄水渠、浄水池にスラブがなく、浄水の汚染が懸念される。

(送配水施設)

- 送配水ポンプの故障が頻発しており、その要因として定格仕様から外れた運転が想定される。
- 保障期間後の機器メンテナンスサービス体制が確立されておらず、部品の調達が困難である。
- ポンプ基礎の固定不良やコンクリートの打設不良により、ポンプ室底版が破損し、ポンプ室内に地下水が噴出している。
- ポンプ棟の基礎工事に問題あるものと推察される。
- ポンプ棟の浸水によりポンプが水没した。
- 供給電源の停電頻度が高く、ポンプ停止時に発生するウォーターハンマーにより、ポンプ・バルブ等が破損している。
- 送水ポンプのサージタンク的能力不足、空気圧縮機の予備機がない。

(電気計装)

- 全般的に配水ポンプの自動運転が困難であり、圧力計、流量計、水位計、タイマーによる最低限の自動制御のシステムがない。
- 年150回を超える頻度（停電時間は128時間/年）で停電が多発している。
- 送配水ポンプ流出側に流量計、水圧計がないため、取水量および送水量が把握できない。

表 3.37 既設 Nyaunhnabin 浄水場主要機器リスト (2005年設置)

機器名称	仕様	台数 () 内予備	備考
粗目スクリーン	目幅 100mm メッシュ	4	
取水ポンプ	横軸両吸込単段渦巻ポンプ 2,841m ³ /hr x 10m x 110kW	4(1)	中国製
ろ過池流入ゲート	手動ゲート、450mm 角	28	ミャンマー製 故障、水漏れ多
表洗バルブ	手動蝶型弁 口径 150mm	56	
逆洗バルブ	手動蝶型弁 口径 300mm	56	
ろ過池流出ゲート	手動ゲート、600mm 角	28	ミャンマー製 故障、水漏れ多
浄水池出側ゲート	手動ゲート、1,050mm 角	4	ミャンマー製
吸込弁	手動蝶型弁 口径 500mm	4	
配水ポンプ	横軸両吸込単段渦巻ポンプ 2,850m ³ /hr x 72m x 800kW	4 (1)	中国製、1台修理中
逆止弁	急閉弁 口径 400mm	4	中国製故障により、ミヤ ンマー製 PN16 に更新
吐出弁	手動蝶型弁 口径 400mm	4	
空気圧縮機	50-100m ³ /min x 70m x 11kW	1	中国製、予備機無
サージタンク	鋼板製 65m ³	2	能力不足
逆洗ポンプ	横軸片吸込単段渦巻ポンプ 792m ³ /hr x 25m x 90kW	2(1)	逆洗用に新設、2012、シ ンガポール製
PAC 貯留タンク	FRP タンク、14m ³	4	2012
PAC 移送ポンプ	-	2(1)	2012、トルコ製
PAC 注入ポンプ	120L/hr x 40m x 0.13kW	2(1)	2012、ドイツ製

出典：YCDC

(3) 地下水系の浄水場

5千 m³/日規模の浄水場の内、South Dagon No.1 及び No.2 浄水場は、敷地内の井戸を水源としており、除鉄目的でカスケード式酸化及び、ろ過池の組み合わせにて処理後、配水ポンプで直結給水している。Yangonpauk 浄水場は、水源が清澄であり井戸水を浄水池に貯留し、配水ポンプにて直結給水している。Thaephyu 浄水場は、除鉄設備を備えているものの、水源が清澄であり井戸水を浄水池に貯留し、配水ポンプにて直結給水している。いずれも消毒設備は設置されていない。

問題点は下記のとおりである。

- 各浄水場には、消毒設備がない。
- 井戸の取水量計、配水量計及び配水圧力計が設置されていない。

表 3.38 既設 Yangonpauk 浄水場主要機器リスト (2000年設置)

機器名称	仕様	台数 () 内予備	備考
井戸ポンプ	φ 300 x 0.75m ³ /min x 7.5kW	3	
井戸ポンプ	φ 250 x 0.75m ³ /min x 7.5kW	4	
井戸ポンプ	φ 200 x 0.75m ³ /min x 7.5kW	1	
浄水池	土木構造 450m ³	1	2000年
浄水池	土木構造 450m ³	1	2012年
配水ポンプ	横軸片吸込単段渦巻ポンプ 160m ³ /hr x 32m x 22kW	1	シンガポール製 2000年
配水ポンプ	横軸片吸込単段渦巻ポンプ 115m ³ /hr x 40m x 22kW	1	ドイツ製、2009年リプレース
配水ポンプ	横軸片吸込単段渦巻ポンプ 120m ³ /hr x 37kW	(1)	老朽化
配水ポンプ	横軸片吸込単段渦巻ポンプ —	1	ミャンマー製、故障撤去

出典：YCDC

表 3.39 既設 South Dagon No.1 浄水場主要機器リスト (2008年設置)

機器名称	仕様	台数 () 内予備	備考
井戸ポンプ	φ 250 mm x 0.45m ³ /min x 7.5kW	4	
井戸ポンプ	φ 200 mm x 0.45m ³ /min x 7.5kW	4	
除鉄酸化池	土木構造	8	
ろ過池	土木構造	8	
浄水池	土木構造	1	
配水ポンプ	横軸片吸込単段渦巻ポンプ 160m ³ /hr x 32m x 22kW	3(2)	中国製
配水ポンプ	横軸片吸込単段渦巻ポンプ 114m ³ /hr x 32m x 18.5kW	3(1)	シンガポール製

出典：YCDC

表 3.40 既設 South Dagon No.2 浄水場主要機器リスト (2009年設置)

機器名称	仕様	台数 () 内予備	備考
井戸ポンプ	φ 250 mm x 0.6m ³ /min x 7.5kW	10	
除鉄酸化池	土木構造	6	
ろ過池	土木構造	6	
浄水池	土木構造	1	
配水ポンプ	横軸片吸込単段渦巻ポンプ 160m ³ /hr x 32m x 22kW	1	中国製
配水ポンプ	横軸片吸込単段渦巻ポンプ 160m ³ /hr x 32m x 22kW	3(2)	シンガポール製

出典：YCDC

表 3.41 既設 Thaephyu 浄水場主要機器リスト (2000年設置)

機器名称	仕様	台数 () 内予備	備考
井戸ポンプ	φ 300 mm x 0.75m ³ /min x 7.5kW	1	
井戸ポンプ	φ 250 mm x 0.75m ³ /min x 7.5kW	3	
井戸ポンプ	φ 200 mm x 0.75m ³ /min x 7.5kW	2	
除鉄酸化池	土木構造	6	
ろ過池	土木構造	6	
浄水池	土木構造	1	
配水ポンプ	横軸片吸込単段渦巻ポンプ 115m ³ /hr x 40m x 22kW	3(1)	ドイツ製、2009 リプレース
配水ポンプ	横軸片吸込単段渦巻ポンプ 156-186m ³ /hr x 32-44m x 45kW	(1)	日本製、2009 リプレース
配水ポンプ	横軸片吸込単段渦巻ポンプ —	1	ミャンマー製、故障撤去

出典：YCDC

3.4.5 送水ポンプ場

現在の主要な送配水ポンプ場としては、Yegu ポンプ場が稼働している。同ポンプ場は、1990年のYegu 増圧ポンプ場1、2007年のYegu 増圧ポンプ場2から構成されている。

施設能力は187,000m³/日（Gyobyu 貯水池系123,000m³/日及びHlawga 貯水池No.2 ポンプ場系64,000m³/日）である。原水は塩素注入され、ポンプ加圧後、3つのタウンシップ（Yankin, South Okkalapa, Bahan）へ直接配水され、かつKokine 配水池への送水も担っている。

本ポンプ場は、旧ポンプ場だけでは十分な揚程を確保できず、Kokine 配水池に送水できないため、新ポンプ場を整備した。新ポンプ室と旧ポンプ室で構成され、平常時は新ポンプ系で対応し、旧ポンプ系は、ポンプ井の水位が低水位かつ送配水量の増量が必要な状況等の補助的な役割（バックアップ）を担っている。通常時は新ポンプ2台を運転しており、調整池水位が低下した場合には新ポンプ1台+旧ポンプ2台に切換え運転を行っている。

問題点は下記のとおりである。

- 運転管理に必要な、ポンプ井水位計、ポンプ運転に必要な送配水流量計・圧力計及び塩素注入を把握する注塩素入量計、残留塩素計が設備されていない。
- 水道システムとして唯一の塩素注入設備を持っているが、次亜塩生成装置に予備がない。
- 塩素の注入率は、水温・水質条件により異なることから、塩素要求量試験の実施が望ましい。

表 3.42 既設 Yegu 旧増圧ポンプ場の主要機器リスト (1990 年設置)

機器名称	仕様	台数 () 内予備	備考
地下式受水池	RC 構造 x 3,182m ³	1	
蝶型弁	手動弁	14	
増圧ポンプ	横軸両吸込単段渦巻ポンプ 1,982m ³ /hr x 44m x 275kW	7(5)	5 台修理中 フランス製
逆止弁	標準型	7	

出典：YCDC

表 3.43 既設 Yegu 新増圧ポンプ場の主要機器リスト (2007 年設置)

機器名称	仕様	台数 () 内予備	備考
地下式受水池	RC 構造 x 4,546m ³	1	
流入弁	手動仕切弁	3	
蝶型弁	手動弁	8	
増圧ポンプ	横軸両吸込単段渦巻ポンプ 3800m ³ /hr x 47m x 710kW	4(3)	中国製
逆止弁	標準型	4	
次亜塩生成装置 (食塩を電気分解)	1 - 2 ppm (Cl ₂)	1	タイ製、2006 年、 予備機無
次亜注入ポンプ	580L/hr x 70m x 0.37kW	3(1)	ドイツ製 注入点：New P/S 系送配水管 (56' 鋼管)
酸貯留ミキサー	1.1kW	1	予備機無
酸注入ポンプ	0.25kW	1	修理中、予備機無
塩貯留ミキサー	0.25kW	1	予備機無
塩注入ポンプ	0.09kW	1	予備機無
軟化装置	-	2	

出典：YCDC

3.4.6 配水池

配水池は安定給水の為の配水調整機能を担うものである。Yegu ポンプ場下流の Kokine、Shwedagon 及び Central の 3ヶ所に設置されている。しかし、Central 配水池は、完成時の水張試験において漏水が発生したことから、完成後から現在に至るまで稼動することなく 58 年間放置状態にある。

従って現在は、Kokine 及び Shwedagon の 2つの配水池により、近傍及び旧市街地を含む南部のタウンシップへの配水が行われている。

各配水池の概要を下表に示す。

表 3.44 配水池の概要

配水池名	概要
Kokine 配水池	構造：地下式 RC 配水池 容量：90,920m ³ 水位：HWL +42.7m、LWL +36.6 m、水深 6.1m 流入管：φ1,400mm 鋼管（Yegu ポンプ場から送水） 流出管：Shwedagon 配水池用 φ1,050mm 送水管、北方面タウンシップ用 φ1,050mm 鋳鉄管及び東南タウンシップ用 φ1,050mm 鋳鉄管
Shwedagon 配水池	構造：地下式 RC 配水池 容量：4,546m ³ 水位：運用水位+36.0m、LWL +35.1m、現在の水深約 0.9m 流入管：φ1,050mm 鋳鉄管（Kokine 配水池から送水、途中 φ1,050mm 鋳鉄管を分岐し、Central 調整池へ送水） 流出管：φ675mm 鋳鉄管 3 条で旧市街地等へ配水
Central 配水池 （休止中）	構造：地下式 RC 配水池 容量：45,460m ³ 水位：LWL +38.1m、LWL +32.0m、水深 6.1m 流入管：φ1,050mm 鋳鉄管（Kokine～Shwedagon 配水池の送水管から途中分岐、Central 配水池へ連絡。流入管は、流出入兼用であり φ1,200mm 鋳鉄管となっている。

出典：YCDC

各配水池の 2011 年一日最大給水量 673 千 m³/日（148MGD）に対する滞留時間は以下のとおりである。安定給水のための滞留時間は最低 8 時間が目安となる。

配水池	施設容量	滞留時間
Kokine	90,920m ³ (20MG)	3.2 時間
Shwedagon	4,546m ³ (1MG)	0.2 時間
小計	95,466m ³ (21MG)	3.4 時間

上記の滞留時間のレベルは、安定給水面から不十分である。従って、水使用量が集中する朝・夕の時間帯には、配水池での貯留量では賄いきれず、断水となる地域も多く存在する。また稼働中の 2 つの配水池においては、浄水処理されていない水が貯留されるため、堆泥が著しく、池容量が有効に活用されない状況にある。

問題点は下記のとおりである。

- 配水池の滞留時間が短い。
- Central 配水池は未使用のため改築が必要である。
- Kokine 配水池は建設年が 1925 年、Shwedagon 配水池は 1904 年であり老朽化が激しい。
- Shwedagon 配水池は池容量が小さく配水区が不均衡であり、送水された水をそのまま配水している。
- 浄水の濁度が高く、濁質が配水地底内に滞泥しているため、定期的な濁質清掃の必要がある。
- 配水池水位計、流入・流出流量計及び残留塩素計を設置し、常時監視による配水管理が必要である。

3.4.7 配水管、給水管

(1) 配水管

ヤンゴン市には、創設以来 100 年以上を経過し、管内面に付着したスケールで閉塞した老朽管が数多く張り巡らされており、十分な通水能力が確保されていないことが想定される。その一方で、市の人口増加・発展に伴い配水管網は、布設替えが行われないうまま、年々拡張が続けられており、新旧配管が混在した状況となっている。

一方、住宅局により宅地開発された区域の配水管は、住宅と同様に、住宅局により整備・管理されていたものの、維持管理はほとんど行われておらず、漏水発生時には YCDC が対応する状況であった。しかし、2012 年 4 月より住宅局の管理する配水管は、正式に YCDC へ全面移管されることとなり、現在は YCDC にて現況把握を進めている状況である。

現在は、将来を見越した配水幹線計画がないまま、配水区域を拡大したため、適正な配水ブロックが形成されず、水量、水質や水圧に関して配水管理ができない状態にある。

YCDC の管路延長を下表に示す。表より総延長は 1,455km と推定されるが、上述のとおり住宅局から移管された配水管のうち現在判明している延長が下表に含まれる。管種は古くから鋳鉄管が用いられ現時点でも総延長の約 80% を占めている。古い鋳鉄管はさび防止のコーティングがなされていないため、腐食しやすい欠点があり、その結果漏水が多くなっているものと推定される。なお、近年は小口径管として腐食しにくい PVC 管が多く使われるようになった。

この他の問題点は下記のとおりである。

- 現在の平均管齢は 63 年と推定される。
- 管内面に付着したスケールで閉塞した老朽管が数多い。
- 布設替えが行われないうまま、年々拡張が続けられており、新旧配管が混在した状況である。
- 2012 年 4 月より住宅局の管理する配水管は、正式に YCDC へ全面移管されることとなり、現在は YCDC にて現況把握を進めている状況である。
- 将来を見越した配水幹線計画がないまま、配水区域を拡大したため、適正な配水ブロックが形成されず、水量、水質や水圧に関して配水管理ができない状態である。

表 3.45 YCDC の管路延長

口径(mm)	管路延長(m)	口径(mm)	管路延長(m)	口径(mm)	管路延長(m)	
25	1,694	350	0	1000	0	
40	3,314	375	1,750	1050	28,744	
50	144,408	400	4,097	1100	0	
75	127,824	425	4,084	1200	25,252	
100	279,198	450	5,064	1300	0	
125	1,304	500	0	1350	0	
150	386,186	600	103,407	1400	72,376	
200	43,005	675	16,134	1500	26,252	
225	23,054	700	0	1600	0	
250	12,044	750	5,901	1650	19,407	
275	2,823	800	0			
300	104,542	900	13,790			
					Total	1,455,651m

出典：YCDC

注：住宅局から移管された配水管のうち現在判明分を含む。

下表に YCDC における平均管齢を示す。住宅局から移管された配水管の管齢の詳細は不明なため、2002JICA マスタープランの管路データを基に算出した結果、現在の平均管齢は 63 年と推定される。

表 3.46 YCDC の平均管齢

管齢(年)	延長(m)	延長 x 管齢(my)	平均管齢
95	281,080	26,702,607	
70	105,572	7,390,068	
45	184,639	8,308,744	
20	146,469	2,929,373	
合計	717,760	45,330,791	63年

出典：2002年ヤンゴン市給水改善計画調査結果を現時点に調整

注：前表では既存管延長 1,456km、上表では延長 718km と出典は異なる。

(2) 増圧ポンプ

配水管における給水圧が低いため出水不良の地区が多くある。これを改善するため、ブースター(増圧)ポンプによる加圧を市内 150ヶ所において実施しているが、この維持管理が煩雑である。YCDC が保有するタウンシップ毎のブースターポンプの内訳を下表に示す。

表 3.47 タウンシップ別増圧ポンプの台数、能力

Township of Pump List																													
No	Township	1.5 KW(2HP)	2 KW	2.25 KW	3.7 KW	3.75 KW	5.2 KW	5.6 KW(7.5HP)	7.5 KW(10HP)	11 KW	11.2 KW	11.25 KW	11.5 KW	12 KW(16HP)	12.68 KW	13.43 KW(18HP)	15 KW	16.41 KW(22HP)	17 KW	17.5 KW	18.75 KW	22 KW	22.5 KW	30 KW	37 KW	45 KW	56.25 KW	Total	Remarks
	East District																												
1	North Okkalapa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	4	-	-	-	4	4	15	
2	South Okkalapa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
3	Thingangyun	-	-	1	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	14	
4	South Dagon	-	-	-	-	2	-	-	15	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	7	-	-	-	-	30	
5	North Dagon	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	
6	East Dagon	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
7	Shwepaukan	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
	Total	-	-	1	-	2	-	-	37	-	-	4	2	-	-	-	5	-	-	1	4	4	9	-	-	4	4	77	
	West District																												
1	Bahan	1	-	-	3	-	1	5	1	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	
	Total	1	-	-	3	-	1	5	1	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	
Township of Pump List																													
No	Township	1.5 KW(2HP)	2 KW	2.25 KW	3.7 KW	3.75 KW	5.2 KW	5.6 KW(7.5HP)	7.5 KW(10HP)	11 KW	11.2 KW	11.25 KW	11.5 KW	12 KW(16HP)	12.68 KW	13.43 KW(18HP)	15 KW	16.41 KW(22HP)	17 KW	17.5 KW	18.75 KW	22 KW	22.5 KW	30 KW	37 KW	45 KW	56.25 KW	Total	Remarks
	South District																												
1	Tharkata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	-	-	2	-	-	-	-	-	6	
2	Mingalar Taung Nyunt	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
3	Pazuntaung	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
4	Dala	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1	2	-	-	8	
5	Seikkyikhanaungto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
	Total	4	-	-	-	-	-	1	1	2	-	-	-	1	-	1	1	1	3	-	-	5	-	1	2	-	-	23	
	North District																												
1	Mayangone	-	1	-	-	-	-	2	1	1	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	
2	Insein	-	-	-	-	-	-	-	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	
3	Mingalardon	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
4	Hlaingtharyar	-	-	-	-	7	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	2	-	1	-	18	
	Total	-	1	-	4	7	-	2	9	4	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	-	2	-	1	-	36	

出典：YCDC

(3) 給水管

各戸への給水管は無造作に配水管から分岐されている状況にあり、バルブの設置箇所が少ないため、配水管から漏水した場合や布設替え工事の際には、広範囲で断水が発生する状況である。

また、高層住宅及び一部では低層住宅でも給水ポンプを設置し、配水管より加圧給水されているが、漏水時には地表面や地中の汚水をポンプで引き込んでしまう事故も発生している。

給水管の材質は、旧市街地では亜鉛めっき鋼管が主であり、腐食、破損、漏水が多く、現在、硬質塩化ビニル (PVC) 管への更新が進められているものの、盗水や施工不良による漏水が発生している。給水は接続者が費用負担し YCDC 資格取得技術者が施工を行う。

なお、問題点は下記のとおりである。

- 給水時間の短い地区が多い。

- 配水量が漏水及び不適切な配水管理により十分供給されていない。
- 区画バルブの設置箇所が少ない
- 給水が塩素消毒されていない。
- 給水水質は濁度が高く、一般細菌、大腸菌が検出されている。
- 漏水・盗水が多く配水管の破損箇所から汚水が混入する可能性がある。
- 給水区域外は、私有浅井戸、深井戸を使用しているが、私有井戸は人為汚染に晒されている。

3.5 維持管理

3.5.1 水源、導水管と浄水場

(1) 水源

YCDC が保有する水源貯水池である Gyobu、Phugyi、Hlawga には YCDC 職員が維持管理に当たっている。Phugyi、Hlawga 貯水池には導水ポンプが設置されているが、貯水池水位が高い時は自然流下による導水となっており、これらのポンプは稼働していない。

また、灌漑省が保有する Ngamoeyik 貯水池では、Nyaunghnapin 第三期用に建設された取水ポンプ場があるが、取水塔のみが建設されており、YCDC 職員が維持管理に当たっている。しかしながら、Nyaunghnapin 第三期が開始されていないことから施設は休止状態であり、取水塔周りの滞留水防止のため近傍の河川に放流している。

(2) 導水管

主な導水管は2条ある。1条は1,400mm (56") 鋼管で Gyobu 貯水池と市内の Yegu ポンプ場を結んでいる。他の1条は1,500mm (60") コンクリート管で Phugyi 貯水池と Hlawga 貯水池を結んでいる。コンクリート管は管の継手部から漏水が多く、YCDC は漏水の都度修繕を行っている。この他、短区間ながら Auntagon 取水ポンプ場と Hlawga 貯水池を結ぶ導水管がある。なお、Nyaunghnapin 浄水場までの導水は農業灌漑省の灌漑用水路を用いているが、同省によると泥、砂が溜まり通水能力が低下しているとの事である。

(3) 浄水場

浄水場は、大規模なものとして表流水を処理する Gyobu、Nyaunghnapin の2箇所と、地下水を処理する小規模の浄水場が4箇所ある。これらは、YCDC の職員によって維持管理されているが、適切に薬品（凝集剤、消毒剤）が注入されていない。濁度の基準は、WHO の濁度基準である5度に対して、20度（「ミ」国基準）であり、原水が高濁度であると浄水場から供給される浄水もやや高い濁度となっている。このため水道水内に無機物が多く含まれており配水池等では滞泥が懸念されている。滞泥等は配水管網において水道メータの故障の原因となるため、浄水場において清澄水を供給するのが望ましい。

全ての浄水場では消毒設備を保有しておらず、塩素滅菌されていない浄水が市内へ供給されているため、水質の安全面の観点から課題である。

(4) 水道機材の維持管理

YCDC は、100 年以上もの間、直営にて水道施設の維持管理を経験している実績があるため、問題が発生した場合には、ほとんどは YCDC にて対応することが可能である。バルブは 70 年、ポンプは 50 年以上前より設置しており、水道施設の主要機種である、管、ポンプ、バルブ、ゲート、クレーン、配管、電動機に至るまで、分解、修繕可能である。

従来、調達したポンプは、イギリス、ドイツ、フランス、日本製でいずれも高品質の製品であったため、補修・修繕の繰り返しにより長年の運用ができたものと考えられる。しかしながら、近年では、シンガポールや中国製の調達が目立っており、すでに故障しているポンプも見られることから将来的に不安感を抱えている。小型の片吸込渦巻ポンプはミャンマー製を採用した経験もあるが、これは故障により数年で改築されたとのことである。

古いポンプは、30 年から 50 年に渡り YCDC スタッフの高い修繕能力により使用されており、これは素晴らしいことであるが、反面、耐用年数を大きく超えた設備の運用をしており、今後、何時に重故障により停止するか分からない状況にあるとも言える。

また、施設管理に重要である機器リストが存在しない等、計画的な補修には至っていない。以下に課題を整理する。

- 30 年から 50 年以上経過したポンプの補修・修繕を繰り返し行っていることから、機器の効率等が低下し、仕様点における水量、水圧が不足している可能性がある。
- Nyaunghnapin 浄水場の送配水ポンプ場は、地下水位が高く施工不良の壁等の隙間からポンプ室に地下水が流入している。排水ポンプの予備機の設置、排水能力の増強、排水ピットの設置等の改善が望ましい。もしくは、建屋の改築を考慮した根本的な対策検討が必要である。

3.5.2 機械電気設備

YCDC の水供給衛生局機電部があり、機械系技師は総勢約 50 人おり、エンジニアとテクニシャンが半々とのことである。組織としては約 4 名が YCDC の本部を統括しており、各ポンプ場及び浄水場にはマネージャー及び機械技師が配属されている。

機械設備は、ポンプの吐出量や圧力を計測する計装機器がほとんど設置されておらず、故障していたりしている等、機器の監視ができない状況である。このため、オペレータは手動での台数制御をしているのが実情である。

以下に課題を整理する。

- 吐出流量、吐出圧力を測定する計器がほとんど設置されておらず、実際の供給量が把握できていない。よって、運転台数、定格流量、運転時間の積で判断せざるを得ない。日本製のポンプが設置されている Hlawga ポンプ場及び Phugyi ポンプ場では、流量計及び圧力計

が設置されているものの、適正な校正がされていないので正確な値が読み取れない状況である。

- ポンプの吸込側に、適正な目幅の保護スクリーンが設置されていないものがあり、ポンプの閉塞及び、送水系統への夾雑物の混入が考えられる。また、スクリーン面が水面下であり、ごみの付着状況が確認できず、除去作業が困難なところも見られる。

電気設備はポンプ等と同様に、劣化や故障に起因する課題が多い。

以下に課題を整理する。

- すでに耐用年数を超過した電気設備があり、重故障リスクが高い。
- 電気ケーブルはスペアがないため、短絡事故で被覆が焼損したケーブルを継続して使用している。
- ポンプ場に漏水があり、ケーブルや電動機等の電気設備の絶縁劣化リスクがある。
- 漏水による溜まり水が、作業員の感電リスクを高めている。

また、電気設備そのものの課題ではないが、電気ケーブルに作業員が容易に接触できる状態にあるポンプ場・浄水場が多く、活線への誤接触による感電事故のリスクが高い。作業員の教育と並行して、電気ケーブルを電線管に収納しなおす、ケーブルルートを見直す等の対策を検討することが望ましい。

3.5.3 塩素消毒

いずれの浄水場にも塩素消毒設備が設置されておらず、唯一、Yegu ポンプ場にて塩素注入が行われている。しかし、その設備容量が不足しているため、1～2週間に1度程度（午前6時から午後2時まで運転）しか注入していない。

Yegu ポンプ場の原水は Gyobu 及び Hlawaga 貯水池でありその供給量 187 千 m³/日であり、この水量は全配水量の約 25%と推定される。すなわち、残りの 75%の水は無消毒で供給している。

過去には、さらし粉を溶解して注入するシステムが運用されていたが、現在は、材料調達が安価な次亜精製方式に変更されている。しかしながら、このシステムの精製装置は補機が多いこと、膜の維持管理が難しく制御が容易でないこと、適切な維持管理を行わないと爆発の危険性もあるため推奨しない。将来的には現在、下水処理場にて利用されている液体次亜塩素による注入方式への変更を推奨する。

以下に課題を整理する。

- 市の中心部へ給水している Yegu 増圧ポンプ場にて、唯一塩素消毒を行っている。
- 次亜精製装置の予備機がない。
- 膜の交換等の設備の維持管理を行える職員がいない。

3.5.4 送配水

YCDC は、各タウンシップに設けた出先事務所に、水供給衛生局職員を配置し、配水施設の運転・維持管理、給水管の設置・管理、水道メータの検針及び料金徴収業務を実施している。配水管の小規模な漏水事故は出先事務所で対応するが、大規模な破損事故は本部が対応している。また、YCDC の井戸による配水区域では、出先事務所の職員が、対処療法的な配水コントロール（バルブ制御及び井戸の運転）を行っている。

以上のような維持管理体制が取られているものの、事業費が十分でなく、適正な維持管理が出来ているとは言い難い状況にある。

以下に、維持管理上の課題を整理する。

- 事業費が不足しているため、各施設の更新や効率的・効果的な漏水対策が実施されていない。
- 更新時期を過ぎた電気機械設備を無理やり稼働させている。
- 送水・配水量及び水圧が測定されておらず、効率的な運転管理が行えない。
- 定期的な水質検査が行われているが結果に基づいた対策が採られていない。

3.5.5 給水装置

建物の給水設備の管口径は概ねφ20mm としている。既存給水管の多くは道路脇の側溝内や排水溝内など開削を要しない位置に布設されており、衛生上の観点から改善の必要性がある。今後、給水設備への安定給水の確保を目的とした配水管の給水圧確保の実現と共に、給水設備における管口径決定の基準の策定（ヤンゴン市の実情に即した技術基準）や、耐圧・耐久性能等を考慮した給水設備使用器具等の設置使用に係る構造材質の基準等の策定（国、又は地域としての給水設備基準）の検討が必要になる。

ヤンゴン市内における年間の工事申請件数は約1万件程度となっている。通常の工事申請に係る手続は、各タウンシップ窓口～区（東、西、北、南）担当～YCDC 本部技術担当部署～担当課長までの認可手順を経て許可される。完成検査は、建物内部の通水確認程度で外部配管状況の確認は実施されていないことから、今後は完成後の給水設備からの漏水防止予防の観点から、配水管の接続口から給水栓までの給水設備に対する耐圧試験や布設管路位置の確認等が不可欠になると考える。

3.6 水道水質管理

3.6.1 既存の水質管理体制

(1) 水質基準と水質モニタリングの現状

現在の「ミ」国の飲料水水質基準について、1990年のWorkshopで発表された水質基準（現在）と2011年に提案されたDraftの基準、及びWHOのガイドラインを下表に示す。

表 3.48 「ミ」国の飲料水基準 (Draft)

No.	項目	単位	「ミ」国基準		WHO 飲料水水質ガイドライン (第4版)
			現在	2011年ドラフト	
1	pH		6.5~9.2	6.5~8.5	(注)
2	Turbidity	NTU	20	5	(注)
3	Colour	Pt-unit	5~50	15	(注)
4	Aluminium (Al)	mg/L	0.2	0.2	(注)
5	Arsenic (As)	mg/L	0.05	0.05	0.01
6	Calcium (Ca)	mg/L	75~200	100	(注)
7	Chloride (Cl)	mg/L	200~600	250	(注)
8	Copper (Cu)	mg/L	1.0	2.0	2.0
9	Cyanide (CN ₂)	mg/L	0.05	0.07	(注)
10	Hardness	mg/L	500	500	(注)
11	Iron (Fe)	mg/L	0.5~1.5	1	(注)
12	Manganese (Mn)	mg/L	0.3	0.3 (0.1)	(注)
13	Lead (Pb)	mg/L	0.05	0.01	0.01
14	Magnesium (Mg)	mg/L	30~150	500	(注)
15	Nitrate (NO ₃)	mg/L	10 (as N)	50	50
16	Sulfate	mg/L	400	250	(注)
17	Total dissolved solids	mg/L	1000	1000	(注)
18	Zinc (Zn)	mg/L	5~15	3	(注)
19	Total Coliforms	No/100mL	0	0	検出されないこと
20	Fecal coliforms	No/100mL	0	0	検出されないこと

注：健康影響に係るガイドライン値は定めず
出典：METI 報告書

YCDC 健康局 (Health Department) は、貯水池4箇所 (Ngamoeyeik, Gyobyu, Hlawga 及び Phugyi)、Nyaunghnapin 浄水場及び Aungtagon 取水ポンプ場 (Nyaunghnapin 浄水場近くにあり Hlawga 貯水池に導水) において、毎月1回定期的にモニタリングを行っている。モニタリング項目は、以下のとおりである (注 1)。いずれも比色法あるいは重量法で測定可能な項目である。参考として、WHO 飲料水水質ガイドラインおよび日本の水道法に定められている値を示した。

「ミ」国で測定されている指標は、飲料水の性状 (色、におい、味等) に関する指標であり、これらは、水道施設の維持管理において、最低限の項目といえる。これらを、WHO ガイドライン値 (第4版) および日本の水道水質基準と比較した (上表参照)。「ミ」国で測定されている項目の

ほとんど（鉛を除く）は、健康影響に係る WHO ガイドラインが定められていないか、扱われていない。

一方、日本の水道水質基準と比較すると、「ミ」国の測定項目および値は、日本で定められている項目および基準値に類似している。しかし日本の水道水質管理と比較すると、水道水の安全性にかかわる指標である、残留塩素、大腸菌群の測定は行われていない。衛生的な水道水を供給することは、水道にとって非常に重要な役目である。したがって、「ミ」国においては、消毒の実施を徹底すると共に、安全性の観点からの水道水質モニタリングと水質の管理の実施が必要である。

表 3.49 上水道に関する測定項目および基準値

項目	目標値	最大許容値	WHO 飲料水水質ガイドライン (第4版)	飲料水水質基準 (日本)
Appearance	(注2)	(注2)	(注3)	(注2)
Odor	(注2)	(注2)	(注3)	異常でないこと
Colour (Pt, Co scale)	5 Unit	50 Unit	(注3)	5度以下
Turbidity (Silica scale unit) (注4)	5 NTU	25 NTU	(注3)	カオリン濁度 2度以下
pH	7.0 - 8.5	6.5 - 9.2	(注3)	5.8 - 8.6
Total Solid	500 mg/l	1500 mg/l	(注3)	TDS として 500 mg/l
Total hardness (as CaCO ₃)	100 mg/l	500 mg/l	(注3)	300 mg/l
Total alkalinity (as CaCO ₃)	(注5)	(注5)	(注2)	(注2)
Calcium: Ca	75 mg/l	200 mg/l	(注3)	硬度として 300mg/l
Magnesium: Mg	30 mg/l	150 mg/l	(注3)	硬度として 300mg/l
Sulphate: SO ₄	200 mg/l	400 mg/l	(注3)	(注2)
Total Iron: Fe	0.3 mg/l	1.0 mg/l	(注3)	(注2)
Lead: Pb	0.05 mg/l	0.05 mg/l	0.01 mg/l	0.01 mg/l
Total hardness (as CaCO ₃)	100 mg/L	500 mg/L	(注3)	300 mg/L
Total alkalinity (as CaCO ₃)	(注5)	(注5)	(注2)	(注2)
Calcium: Ca	75 mg/L	200 mg/L	(注3)	硬度として 300mg/L
Magnesium: Mg	30 mg/L	150 mg/L	(注3)	硬度として 300mg/L
Chloride: Cl	200 mg/L	600 mg/L	(注3)	塩化物イオン 200 mg/L
Sulphate: SO ₄	200 mg/l	400 mg/L	(注3)	(注2)
Total Iron: Fe	0.3 mg/L	1.0 mg/L	(注3)	(注2)
Lead: Pb	0.05 mg/L	0.05 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L

出典：JICA 調査団

(注1) 測定項目および基準値は、YCDC 実施の水道施設の水質検査記録から得た情報である。水質基準については、現在ドラフトを作成中、との情報を得ている。

(注2) 水質基準値は定められていない

(注3) 健康影響に関するガイドライン値は定められていない

(注4) 入手したデータシートでは“Turbidity (Silica scale unit)”と記されているが、基準値の単位は NTU を採用している。

(注5) 「ミ」国において、基準は定められていないが、測定は行われている。

3.6.2 JICA 水質調査結果

(1) 水質調査の概要

水質調査は、上水道システムの水源、浄水場、配水池、ポンプ場、給水栓の全体にわたって現況水質の特性を把握するために実施された。河川水（3カ所）および浄水場原水（1カ所）の農薬分析もこの水質調査に含まれている。

雨期の水質調査は2012年9月から10月に実施し、乾期の水質調査は2013年3月に実施した。また、塩水遡上調査を、乾期（3月）において、Kokkowa川及びToe川取水候補地点で実施した。

(2) 水道水源（貯水池、河川）の水質分析結果

雨季の採水地点は、Ngamoeyeik、Gyobyu、Hlawga貯水池の取水塔付近と2つの河川（Kokkowa川、Hlaing川）の取水施設建設計画地点である。また乾期の採水地点は、Ngamoeyeik、Gyobyu、Hlawga、Lagunpyn貯水池の取水塔付近とNga Moe Yeik Creek（Lagunpyn貯水池下流）の取水施設建設計画地点および2つの河川（Kokkowa川、Toe川）である。水質調査結果の要点を以下に示す。なお、Hlaing川は水源候補から外されたため、乾季の水質分析は行っていない。

- Ngamoeyeik、Gyobyu、Hlawga貯水池は、水道原水として適切な水質を維持しており、通常の浄水処理（凝集沈殿・砂ろ過および塩素消毒）の実施により「ミ」国飲料水基準を満足すると判断される。また、乾季のみ測定を行ったLagunping貯水池も同様に良好な水質を維持している。Kokkowa川およびToe川の水源としての評価は、「(6)塩水遡上調査の要約」を参照されたい。
- Nga Moe Yeik Creekは、色度が高いが、水道原水としての適切な水質を保持している。Kokkowa川およびToe川と同様、通常の浄水処理の実施により「ミ」国飲料水基準を満足すると判断される。

<農薬分析>

調査対象は浄水場原水（Nyaungnapin浄水場原水）、および取水計画がある河川（雨季：Kokkowa川、Hlaing川、乾季：Kokkowa川、Toe川、Nga Moe Yeik Creek）である。農薬に係る分析は日本において実施され、その結果を下表に示す。水質調査結果からNyaungnapin浄水場原水、Kokkowa川、Toe川、Nga Moe Yeik Creek、Hlaing川において農薬による汚染はないと判断する。

表 3.50 農薬に係る水質分析結果

(単位 mg/l)

項目	WS-4 Nyaungnapin 浄水場(原水)	WS-5 Kokkowa River	WS-16 Toe River	WS-17 Nga Moe Yeik Creek	WS-6 Hlaing River
観測時期	雨季、乾季	雨季、乾季	乾季	乾季	雨季
Fenitrothion (MEP)	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003
Isofenphos	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003
Methidathion (DMTP)	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
α-Endosulfan	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
β-Endosulfan	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

注；雨季、乾季とも分析分析結果は同一であった。

出典：JICA 調査団

(3) 水道施設（浄水場、ポンプ場、配水池）

調査対象は、3 浄水場（Nyaungnapin、Thaephyu、South Dagon No. 2 浄水場）、1 ポンプ場（Yegu ポンプ場）、および 1 配水池（Kokine 配水池）である。3 浄水場の内、Nyaungnapin 浄水場は表流水を原水として利用し、Thaephyu と South Dagon No. 2 浄水場は地下水を利用している。YCDC の浄水施設の内、塩素注入装置を設置しているのは Yegu ポンプ場だけである。

調査により得られた主な知見を以下に要約する。

雨季

- 雨季は、浄水場（Nyaungnapin、Thaephyu、South Dagon No. 2 浄水場）の浄水から大腸菌群が検出された。また、Nyaungnapin、South Dagon No. 2 浄水場の浄水から、糞便性大腸菌が検出された。
- Yegu ポンプ場は塩素注入装置を設置しているが、サンプルから大腸菌群および糞便性大腸菌が分離された。

乾季

- 浄水場（Nyaungnapin、Thaephyu、South Dagon No. 2 浄水場）の浄水から大腸菌群および糞便性大腸菌が検出された。
- Thaephyu 浄水場では、乾季の濁度が基準値を超過している。
- Yegu ポンプ場および Kokine 排水池のサンプルから大腸菌群および糞便性大腸菌が分離された。
- すなわち、全ての水道施設のサンプルから、大腸菌群および糞便性大腸菌が分離された。

表 3.51 水道施設における飲料水水質基準の満足度（雨季）

項目	pH	Turbidity	Colour	Arsenic (As)	Calcium (Ca)	Chloride (Cl ⁻)	Copper (Cu)	Cyanide (CN)	Hardness	Iron (Fe)	Manganese (Mn)	Lead (Pb)	Nitrate (NO ₃)	Sulfate	TDS	Zinc (Zn)	Total Coli	E. Coli
Nyaunghnapin 浄水場	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x
Thaephyu 浄水場	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-
South Dagon No.2 浄水場	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x
Yegu ポンプ場	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x
Kokine 配水池	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x

- : Drinking water quality standards are satisfied.
x : Drinking water quality standards are not satisfied.
出典 : JICA 調査団

表 3.52 水道施設における飲料水水質基準の満足度（乾季）

項目	pH	Turbidity	Colour	Arsenic (As)	Calcium (Ca)	Chloride (Cl ⁻)	Copper (Cu)	Cyanide (CN)	Hardness	Iron (Fe)	Manganese (Mn)	Lead (Pb)	Nitrate (NO ₃)	Sulfate	TDS	Zinc (Zn)	Total Coli	E. Coli
Nyaunghnapin 浄水場	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x
Thaephyu 浄水場	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x
South Dagon No.2 浄水場	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x
Yegu ポンプ場	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x
Kokine 配水池	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x

注) 5月9日時点で、As, Mn, Pb, Cu, Zn の測定データ未着
- : Drinking water quality standards are satisfied.
x : Drinking water quality standards are not satisfied.
出典 : JICA 調査団

(4) 給水施設（給水栓）

Dagon T/S の給水栓（給水栓 A）および Thingangyun T/S の給水栓（給水栓 B）について、水質調査を行った。

Dagon T/S は、Yegu ポンプ場において塩素処理を行った後、Kokine 配水地、Shwedagon 配水地を経て配水される。一方、Thingangyun T/S は、Nyaunghnapin 浄水場より塩素処理を行わないまま、直接配水されている。

雨季

- 給水栓 A では、pH（測定値 6.3）および大腸菌群、糞便性大腸菌群について、ミャンマーの飲料水基準を満足しなかった。
- 給水栓 B では、濁度（測定値 26NTU）および大腸菌群、糞便性大腸菌群について、ミャンマーの飲料水基準を満足しなかった。

乾季

- 給水栓 A では、濁度（測定値 33NTU）および大腸菌群、糞便性大腸菌群について、ミャンマーの飲料水基準を満足しなかった。
- 給水栓 B では、大腸菌群、糞便性大腸菌群について、ミャンマーの飲料水基準を満足しなかった。

表 3.53 給水栓における飲料水水質基準の満足（雨季）

項目	pH	Turbidity	Colour	Arsenic (As)	Chloride (Cl ⁻)	Copper (Cu)	Cyanide (CN)	Hardness	Iron (Fe)	Manganese (Mn)	Lead (Pb)	Nitrate (NO ₃)	Sulfate	TDS	Zinc (Zn)	Total coliforms	Fecal coliforms
Water Tap (A)	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x
Water Tap (B)	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x

- : Drinking water quality standards are satisfied.

x : Drinking water quality standards are not satisfied.

出典：JICA 調査団

表 3.54 給水栓における飲料水水質基準の満足（乾季）

項目	pH	Turbidity	Colour	Arsenic (As)	Chloride (Cl ⁻)	Copper (Cu)	Cyanide (CN)	Hardness	Iron (Fe)	Manganese (Mn)	Lead (Pb)	Nitrate (NO ₃)	Sulfate	TDS	Zinc (Zn)	Total coliforms	Fecal coliforms
Water Tap (A)	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x
Water Tap (B)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x

注) 5月9日時点で、As, Mn, Pb, Cu, Zn の測定データ未着

- : Drinking water quality standards are satisfied.

x : Drinking water quality standards are not satisfied.

出典：JICA 調査団

水道施設および給水栓の調査を通して、全ての試料から大腸菌群および糞便性大腸菌が検出された。したがって、塩素処理の徹底と衛生に関する要求を満足させることが、YCDC の水道事業にとって喫緊の課題といえる。

(5) 給水施設（給水栓）その2

塩素処理を行っている Yegu ポンプ場の配水系統について、残留塩素、大腸菌群および糞便性大腸菌を中心とした水質調査を行った。

測定データの概要は、以下のとおりである。

表 3.55 給水栓における水質調査結果(1)

Yegu P/S→Yankin T/S

サンプリング地点	pH	EC (μ S/cm)	Turbidity (NTU)	Free chlorine (mg/l)	Total coliforms	Fecal coliforms
Yegu P/S	7.39	80	4.64	0.21	Detected	Detected
Yankin T/S	7.27	90	9.63	0.17	Detected	Detected

出典：JICA 調査団

表 3.56 給水栓における水質調査結果(2)

Yegu P/S→Kokine S/R→Dagon T/S→Pabedan T/S→Latha T/S→Lanmadaw T/S

サンプリング地点	pH	EC (μ S/cm)	Turbidity (NTU)	Free chlorine (mg/l)	Total coliforms	Fecal coliforms
Yegu P/S	7.39	80	4.64	0.21	Detected	Detected
Kokine S/R	7.45	80	4.12	0.21	Detected	Detected
Dagon T/S	7.34	90	7.07	0.25	Detected	Detected
Pabedan T/S	7.36	50	1.85	0.11	Detected	Detected
Latha T/S	6.25	130	1.24	0.10	Detected	Detected
Lanmadaw T/S	6.40	110	1.28	0.04	Detected	Detected

出典：JICA 調査団

表 3.57 給水栓における水質調査結果(3)

Yegu P/S→Kokine S/R→Sanchaung T/S→Ahlone T/S

サンプリング地点	pH	EC (μ S/cm)	Turbidity (NTU)	Free chlorine (mg/l)	Total coliforms	Fecal coliforms
Yegu P/S	7.00	80	2.83	0.18	Detected	Detected
Kokine S/R	6.86	90	0.88	0.22	Detected	Detected
Sanchaung T/S	7.43	90	2.95	0.14	Detected	Detected
Ahlone T/S	5.25	40	0.09	0.00	Detected	Detected

出典：JICA 調査団

表 3.58 給水栓における水質調査結果(4)

Yegu P/S→Kokine S/R→Sanchaung T/S→Kyimyindain T/S

サンプリング地点	pH	EC (μ S/cm)	Turbidity (NTU)	Free chlorine (mg/l)	Total coliforms	Fecal coliforms
Yegu P/S	7.00	80	2.83	0.18	Detected	Detected
Kokine S/R	6.86	90	0.88	0.22	Detected	Detected
Sanchaung T/S	7.43	90	2.95	0.14	Detected	Detected
Kyimyindaing T/S	6.94	80	2.10	0.14	Detected	Detected

出典：JICA 調査団

調査により得られた主な知見を以下に要約する。

- 全ての測定点から、大腸菌群および糞便性大腸菌が検出された。すなわち、Yegu ポンプ場において塩素処理が行われているが、その効果はきわめて低いといえる。
- Yegu ポンプ場→Yankin T/S で濁度、EC の増加と残留塩素の減少が見られた。これは送水管あるいは配水管網において汚水等の混入があるためと考えられた。
- Pabedan T/S、Latha T/S および Lanmadaw T/S において、EC の増加と残留塩素の減少が見られた。これは Dagon T/S 以降の送水管あるいは配水管網において汚水等の混入があるためと考えられた。
- SanchaungT/S - Ahlone T/S において、pH、EC、濁度、残留塩素の低下が見られた。この正確な理由は把握できなかった。しかし pH の値から判断して、AhloneT/S の水道水は、飲用には適さないといえる。
- 不十分な塩素消毒、および送水管あるいは配水管網における汚水等の混入より、Yegu ポンプ場から配水される水道水は、衛生面について非常に問題があるといえる。

(6) 塩水遡調査の概要

Toe 川および Kokkowa 川における塩水遡上の状況を把握するために、塩水遡上調査を実施した。調査は 2913 年 3 月の満潮時および干潮時に実施した。

Toe 川における調査は、取水施設建設予定地点とその上流および下流、さらに Twantay 運河で行った。また、Kokkowa 川における調査は、取水施設建設予定地点とその上流および下流で行った。

水質測定項目は、水温、pH、EC、TDS、塩化物とした。TDS と塩化物については、WHO 飲料水水質ガイドライン(第4版)にある記述をもとに、以下の評価基準を定めた(下記 Reference 参照)。

- TDS : <500mg/L (0.5g/L=0.5ppt)
- 塩化物 : <250mg/L

調査結果の概要は、以下のとおりである。

- Toe 川では、取水施設建設予定地点の周辺において、塩水遡上の影響が見られ、評価基準値に近い塩化物が検出された。一方、Toe 川と Twantay 運河の分流点より上流では、TDS、塩化物共に評価基準を満足した。
- Kokkowa 川では、取水施設建設予定地点とその上流、下流において、TDS、塩化物共に評価基準を満足した。

以上より、Kokkowa 川の取水施設建設予定地点は、評価基準を満足する水質であり、飲料水源としての水質を満足しているといえる。

一方、Toe 川では、取水施設建設予定地点において評価基準値に近い塩化物が測定されたが、Toe 川/Twantay 運河分流点より上流では評価基準を満足する水質であった。

したがって、Toe 川においては、Toe 川/Twantay 運河分流点より上流において、取水施設建設予定地を再検討する必要がある。

参照

TDS 及び塩化物の判断基準については、WHO drinking water safety guideline, 4th edition にある下記の記述を参考とした。

TDS

The palatability of water with a total dissolved solids (TDS) level of less than about 600 mg/L is generally considered to be good; drinking-water becomes significantly and increasingly unpalatable at TDS levels greater than about 1000 mg/L. The presence of high levels of TDS may also be objectionable to consumers, owing to excessive scaling in water pipes, heaters, boilers and household appliances.

Chloride

High concentrations of chloride give a salty taste to water and beverages. Taste thresholds for the chloride anion depend on the associated cation and are in the range of 200-300 mg/L for sodium, potassium and calcium chloride. Concentrations in excess of 250 mg/L are increasingly likely to be detected by taste, but some consumers may become accustomed to low levels of chloride-induced taste.

3.7 上水道に係る財務状況と水道料金徴収

3.7.1 上水道事業の事業運営状況

YCDC の水供給衛生局は、毎月上下水道事業の収支を取りまとめ、YCDC 財務部に報告している。しかしながら、水供給衛生局の事業運営は、予算の運営面において主に次の点で制約をうけているといえる。第1点は、上下水道事業の会計は YCDC の一般会計に組み込まれており、独立した仕組みとなっていない点、第2点として、YCDC 自体の予算は、連邦政府の国家予算体系の中に組み込まれている点である。したがって、上下水道事業は独立採算制による実施体制にはなっていないのが現状である。

(1) 水供給衛生局の経常収入

直近5年間の水供給衛生局の経常収入を下表に示す。2011/2012年の収入は47.1億 Kyat であり、ここ5年間では毎年約2~6%程度の堅調な伸びを示している。収入の90~95%近くは、毎年

水道収入が占めている。その他収入としては、接続収入、店舗・場所の賃貸収入、配管工ライセンス収入などがあるが、全体収入に占める割合は数パーセント程度である。

表 3.59 水供給衛生局の経常収入

科 目	2007-2008		2008-2009		2009-2010		2010-2011		2011-2012	
	(百万 Kyat)	(%)	(百万 Kyat)	(%)	(百万 Kyat)	(%)	(百万 Kyat)	(%)	(百万 Kyat)	(%)
給水収益	3,966.3	89.5	4,065.8	91.7	4,185.9	94.4	4,345.8	95.1	4,382.3	93.1
政府関連機関	1,236.5	27.9	1,171.1	26.4	1,117.5	25.2	1,094.8	24.0	1,081.9	23.0
民間	2,729.8	61.6	2,894.7	65.3	3,068.4	69.2	3,251.0	71.1	3,300.4	70.1
接続収入	198.6	4.5	148.3	3.3	122.3	2.8	139.2	3.0	185.7	3.9
水道メータ販売収入	88.9	2.0	43.2	1.0	38.9	0.9	26.5	0.6	16.2	0.3
売店・敷地の賃貸収入	33.5	0.8	34.7	0.8	33.5	0.8	35.3	0.8	44.3	0.9
配管工ライセンス収入	0.7	0.0	0.8	0.0	0.7	0.0	0.6	0.0	1.3	0.0
その他収入	20.2	0.5	26.7	0.6	52.1	1.2	23.4	0.5	79.1	1.7
合 計	4,308.2	100	4,319.5	100	4,433.4	100	4,570.9	100	4,709.0	100

出典：YCDC 水供給衛生局

(2) 水供給衛生局の経常支出

直近5年間の水供給衛生局の経常支出を下表に示す。2011/2012年の支出は44.7億Kyatであり、ここ3年間では30%以上増加している。主な支出の内訳（2011/2012）は、大きい順から材料費/労務・サービス費（71%）、人件費（17%）、維持管理・修繕費（12%）となっている。材料費/労務・サービス費の中でも、電気代は全支出の41%ともっとも大きい割合を占めており、次いで材料費18%となっている。

労働者雇用費（Labor cost）と人件費を合わせた額は、全体支出額の約25%程度と、なっており、途上国の割合としてはそれほど高くない水準であると考えられる。

表 3.60 水供給衛生局の経常支出

費 目	2007-2008		2008-2009		2009-2010		2010-2011		2011-2012	
	(百万 Kyat)	(%)	(百万 Kyat)	(%)	(百万 Kyat)	(%)	(百万 Kyat)	(%)	(百万 Kyat)	(%)
人件費	516.2	15.3	500.1	14.9	547.1	16.3	725.2	19.7	740.8	16.6
職員給料	516.2	15.3	500.1	14.9	547.1	16.3	725.2	19.7	740.8	16.6
旅費日当	0.2	0.0	0.2	0.0						
国内旅費日当	0.2	0.0	0.2	0.0						
材料費、労賃、サービス費	2,100.5	62.4	2,792.8	83.0	2,586.8	76.8	2,602.0	70.7	3,190.5	71.4
労働者雇用費	174.7	5.2	221.9	6.6	288.1	8.6	401.2	10.9	393.2	8.8
賃貸・プロダクション費	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.5	0.0
交通費	5.4	0.2	2.0	0.1	6.5	0.2	3.8	0.1	5.5	0.1
事務用品費	0.9	0.0	1.1	0.0	0.7	0.0	2.1	0.1	2.0	0.0
燃料費	94.4	2.8	76.9	2.3	55.8	1.7	119.2	3.2	99.6	2.2
郵便・通信費	2.9	0.1	2.7	0.1	7.5	0.2	1.0	0.0	2.4	0.1
電気費	1,271.0	37.8	1,618.1	48.1	1,730.3	51.4	1,404.0	38.1	1,832.3	41.0
定期刊行物費									0.1	0.0
制服費	0.0								0.1	0.0
備品費	527.3	15.7	829.1	24.6	454.9	13.5	627.2	17.0	800.0	17.9
印刷・出版費	23.8	0.7	41.1	1.2	42.2	1.3	43.3	1.2	54.0	1.2
広告費										
維持管理・修繕費	128.6	3.8	217.7	6.5	232.4	6.9	355.0	9.6	536.2	12.0
材料・道具費	63.5	1.9	71.3	2.1	94.2	2.8	210.0	5.7	141.1	3.2
建 物	0.2	0.0	3.2	0.1	7.0	0.2	7.1	0.2	32.1	0.7
道 路	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0			4.8	0.1
運搬機械費	34.2	1.0	30.2	0.9	19.2	0.6	7.6	0.2	18.7	0.4
車両・設備費									4.5	0.1
その他	30.8	0.9	112.0	3.3	112.0	3.3	130.3	3.5	335.0	7.5
娯楽費									0.2	0.0
合 計	2,745.5	100	3,510.8	100	3,366.3	100	3,682.1	100	4,467.7	100

出典：YCDC 水供給衛生局

(3) 水供給衛生局の経常収支バランスとその推移

上下水道事業の経常収入と経常支出を比較した収支バランスは、2011/2012年度で約2億4,000万Kyatの黒字となっている。過去5年間は収入が支出を上回っているが、近年はその幅が縮小してきている。経常収入は2007/2008年度からの5年間で10%程度の伸びであったのに対して、経常支出は60%程度も増加している。急速な増収が望めない中で、支出がこの割合で増加した場合、経常収支のバランスも均衡しない可能性もでてくる。

また、経常収支は一見バランスしているように見えるが、資本的支出はこれには含まれていない。

(4) 水供給衛生局の資本支出

設備投資などの資本支出については、2011年9月まではYCDCの自己資金によってまかなわれていたとのことであるが、それ以降は中央政府の特別会計として別予算が組まれて配分されている。2011/12年度の予算額は44.7億Kyatである。その内訳をみると、上水道セクター97%程度、下水道セクター3%程度と圧倒的に上水道分野への投資が多くなっている。

最近 5 年間の推移をみると、その予算額は 5 年間で約 2.3 倍に増加しており、特に Ngamoyeik-Hlawga の施設整備への投資額が大きくなっている。水供給衛生局の資本支出の推移を下表に示す。

表 3.61 水供給衛生局の資本支出

費 目	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
	(百万 Kyat)	(百万 Kyat)	(百万 Kyat)	(百万 Kyat)	(百万 Kyat)
給水管の延長	1.8	6.0	50.9	171.3	49.7
上水道	517.1	944.7	508.6	3235.0	3737.2
Ngamoyeik-Hlawga	431.5	718.4	99.9	1596.7	2962.7
Ngamoyeik 水路からの給水					195.0
新タウンシップからの給水	1.7	1.6	28.9	30.4	40.9
湖および井戸	79.7	224.7	379.7	709.8	262.5
Hlawga-Yangon	4.3			898.2	276.0
市街地への給水	1486.5	1102.1	1708.5	736.1	790.1
市街地への給水	1328.5	1010.2	1038.6	558.3	483.9
給水サービスの更新					18.6
給水管の生産	158.0	91.9	669.9	177.8	287.7
下水道	2.8	5.0	7.3	11.2	138.0
下水処理場	1.2	6.7	1.0	3.5	15.7
合 計	2009.4	2064.5	2276.3	4157.1	4730.8

出典：YCDC 水供給衛生局

3.7.2 上水道料金体系と顧客形態

(1) 「ミ」国の上水道料金徴収の方針

上水道サービスに係る料金徴収は、寺院等への無料給水を除いたすべての顧客を対象とすることを YCDC の方針としている。メータ検針及び請求書発行の頻度は、顧客形態によって異なる。一般家庭及び商工業の顧客に対しては毎月、政府機関に対しては毎年 1 回、外貨払い顧客に対しては 4 半期に一度、行われている。メータが設置されていない顧客に対しては、一般家庭、商工業は 4 半期毎に、政府機関には年 1 回、外国人を対象としている顧客に対しては 4 半期毎に発行されている。

(2) 現行の水道料金体系と制度

料金体系は、用途別に定額料金制と従量料金制の双方が適用されている。定額料金制は、顧客別に月額で水道料金が規定されている。従量料金制は、 m^3 当たりの料金単価が一律の、単一従量料金制が導入されている。現行の上水道料金は 2012 年 4 月に適用された。

用途は大きく、政府機関、公共・民間機関（一般家庭含む）、外資系ホテル、外資系産業・工場等、外国人対象賃貸住宅の 5 つに分類される。同じ顧客分類の中でも、顧客メータの導入状況によって、従量制料金か定額制料金が適用されている。外資系の顧客に対しては、US\$ で料金徴収が行われており、国内系の顧客に比べて料金は高めとなっている。

従量制料金に関しては、政府機関事務所・官舎 55 Kyat/ m^3 、一般家庭 88 Kyat/ m^3 、商業施設 110

Kyat/m³の料金が設定されており、その単価の料金差は約2倍と比較的少ないといえる。定額制料金は少し複雑な設定となっており、政府機関や工場/作業所などは接続口径や水利用状況を考慮して決定されるとのことであるが、その基準は明確でない。商業関連施設は、その占有面積に応じた定額料金となっている。外資系ホテルの場合は、宿泊客1泊あたりの料金単価が設定され、実質的には、宿泊客数によって毎月の請求金額が異なる体系となっている。

従量制と定額制とで一般家庭向けの料金単価を比較してみると、従量制の料金単価は約9.0円/m³、定額制は約184円/月（一戸建て、アパート向け）である。これを一般家庭の平均水使用量17.8m³/月で換算すると、従量制の料金単価は定額制の87%に相当しやや低い（1Kyat=0.102円（JICAレート2013年1月））。また全般的に料金レベルはかなり低く抑えられているといえるが、特に政府機関向けの料金は一般家庭向けより低く、優遇されていることが特徴としてあげられる。2012年4月から適用されている水道料金表を下表に示す。

表 3.62 水道料金表（2012年4月改定）

顧客分類		従量制料金	定額制料金
		(Kyat/m ³)	(Kyat/月)
一般対象			
政府機関	事務所、官舎	55	接続口径、水利用状況に応じて決定
	工場、作業所	77	
一般家庭	高層ビル、一般住宅（塀に囲われた）	88	3,000
	一戸建て、アパート	88	1,800
商業関連	建設業	110	309.6 /m ²
	商業	110	
外国人対象		(US\$/m ³)	(US\$)
外資系 外国人対象	ホテル	0.88	0.5 /客/日
	工場、作業所、市場、コンドミニアム	0.88	接続口径、水利用状況に応じて決定
	賃貸住宅・建物	0.44	25 /月

出典：YCDC 水供給衛生局

(3) 水道料金の改定と推移

2001年以降、12年間の水道料金の改定と推移を下図に示す。一般家庭向けの水道料金については、少なくとも1回は改定されているが、外国人対象の顧客価格については、ここ12年間で一度も改訂されていない。

体系	顧客タイプ		2001	2002	2005	2006	2012	単位	増加率
従量制	一般	一般家庭		13.2			88	Kyat/m ³	6.7
		商工業	商工業	20		77	110	Kyat/m ³	5.5
			建設	13.2		77	110	Kyat/m ³	8.3
		政府機関	建物	3.3		55	55	Kyat/m ³	16.7
		工場	3.3		77	77	Kyat/m ³	23.3	
	外国人 対象 (FE)	一般家庭		0.44			0.44	US\$/m ³	1.0
		商工業		0.88			0.88	US\$/m ³	1.0
ホテル・モーター			0.88			0.88	US\$/m ³	1.0	
定額制	一般	一般家庭	120		1,125		1,875	Kyat/month	15.6
						1,875	3,000	Kyat/month	25.0
	商工業	135		1,575-57,068		2,250-81,525	Kyat/month	-	
	政府機関	建物	4.4		56		55	Kyat/m ³	12.5
		工場			78		75	Kyat/m ³	17.0
	外国人 対象 (FE)	一般家庭		25			25	US\$/month	1.0
		商工業		35-1,440			35-1,440	US\$/month	-
ホテル・モーター			0.5			0.5	US\$/guest/day	1.0	
	建設		83.6 or 9,720 k/階		155.0	217.0	309.6	Kyat/sq-m	3.7

出典：YCDC 水供給衛生局

図 3.27 水道料金の改定と推移

(4) 顧客形態と接続数

2013年1月現在、顧客接続戸数は全体で248,580箇所である。その内訳をみると、最も多いのは一般家庭であり、約91.6%を占めている。続いて、商業・工業7.8%、政府機関0.4%となっている。水道メータの設置率は全体で76%、顧客別では一般家庭75%、商業・工業84%、政府機関31%であり、商業・工業の設置が進んでいる一方で、政府機関は相対的に低い値に留まっている。

直近3年間で、顧客接続数は年平均約5%の割合で着実に増加傾向をみせている。顧客形態別の年平均増加率は、一般家庭8.5%、商・工業7.4%、政府機関-0.4%となっており、全体の中で一般家庭の接続数の伸びが顕著である。顧客接続数の内訳と推移を下表に示す。

表 3.63 顧客接続数の内訳と過去3年間の推移

顧客分類		2009/10	2010/11	2011/12
一般家庭/ 商工業				
従量制	一般家庭	118,907	125,381	139,670
	一般家庭 (非定住)	18,415	26,510	32,772
	商工業	10,447	10,431	12,349
	商工業 (非定住)	2,846	3,699	3,932
定額制	一般家庭	61,520	58,369	55,282
	商工業	3,612	3,310	3,091
政府機関				
従量制		370	374	366
定額制		905	855	808
外国人対象				
従量制	一般家庭	85	86	91
	商工業	78	79	83
定額制	一般家庭	121	127	121
	商工業	18	18	15
合計		217,324	229,239	248,580

出典：YCDC 水供給衛生局（注：3.3.4節で述べた顧客数とは一致していない）

3.8 関連計画とプロジェクト

現在、ヤンゴン市上下水道開発に関連する他の協力事業として、以下のプロジェクトが実施されている。

(1) 本邦による実施中の調査及びプロジェクト

- 1) プログラム形成協力準備調査「ヤンゴン都市圏開発プログラム形成協力準備調査」(JICA)
- 2) ティラワ経済特別区及び周辺区域水資源賦存量に係る基礎情報収集・確認調査 (JICA)
- 3) ヤンゴン市生活用水給水アドバイザー (JICA)
- 4) ミャンマー・ヤンゴン市上下水道改善基礎調査 (経済産業省)：本調査は上下水道・雨水排水に関する全体計画策定に重点を置いているのに対して、「ミャンマー・ヤンゴン市上下水道改善基礎調査」は緊急性の高い個別案件を選定することに重点を置いている。
- 5) 平成24年度ミャンマー国下水道整備計画策定業務 (国土交通省)
- 6) 無償資金協力「ヤンゴン市上水道施設緊急整備計画準備調査」(JICA)
- 7) 無償資金協力「ヤンゴン市上水道施設緊急整備計画」(JICA)

上記4)の経済産業省調査にて明らかになった緊急プロジェクト (Nyaunghnapin 第1期浄水場送配水ポンプの更新及びポンプ場の改修と Yankin タウンシップ内のパイロットエリアにおける老朽管の更新) について「ミ」国政府は、本邦へプロジェクト要請を行った。これを受け、無償資金協力にて準備調査が2013年2月に開始された。

なお、パイロットエリアにおける老朽管更新では、DMA (District Metered Area) の構築により無収水率を把握するための計画検討を行うものである。このDMAの構築は本調査で提案する事

業であり無収水削減と均等給水を目指す事業である。

(2) その他の国による実施中のプロジェクト

現在、把握している他開発パートナーの動向は下記に示す通りである。

中国の民間企業によるヤンゴン市西部の Kokkowa 川の浄水場建設のフィジビリティ調査にかかる MOU が YCDC との間で 2012 年 11 月に結ばれた。また、韓国の K-Water とミャンマー企業である シュエタウン開発会社が、ティラワ SEZ を含むヤンゴン市東西の工業地域と 4 か所のダゴンタウンシップへの給水を目的として、マスタープラン作成とフィジビリティ調査にかかる MOU を YCDC との間で 2012 年 11 月に結ばれた。

表 3.64 YCDC との間で既に MOU が締結されている他開発パートナーの調査内容

MOU の名称と締結日時	実施機関／業者	内容
Water Supply Plant Project, 2012 年 11 月	Chengdu Longxiang Investment Industrial Co., Ltd China Construction International Corporation Co., Ltd	Kokkowa 川を水源とした浄水場計画の F/S
Water Supply to Hlaing Thayar, west of Yangon and Central Yangon, 2013 年 1 月時点で MOU 締結中	SK, Korea	
Development of Water Supply in East & West Suburb Area of Yangon City, 2012 年 11 月	Shwe Taung Development Company Limited (STD) 及び韓国水資源公社 (K-Water)	ヤンゴン市郊外における東西地域の用水供給開発に係る M/P と F/S

出典：JICA 調査団

第4章 給水状況の課題と改善目標の設定

4.1 上水道に係る主要な課題

前章では水供給の現況を述べたが、本章では課題を述べた上で改善目標を定める。

4.1.1 技術面（維持管理含む）の課題

(1) 低い水道普及率

ヤンゴン市域の拡大、サテライトタウン、ニュータウンの開発に伴い YCDC は配水区域を漸次拡大し、2013 年にはほぼすべてが給水範囲（但し、New Suburbs、旧市街北部の Mingalardon タウンシップを除く）となる見込みである。東部では、2013 年完成予定の Ngamoyeik 貯水池を水源とする第二期事業の完成により、大幅に配水区域が拡大するものと予想される。一方、Insein 等の西部では Hlawga 湖および井戸から水量を供給しており、配水区域は限定的である。

前出の表 3.1 に示した通り、タウンシップ別 YCDC の水道普及率は、旧市街地が高く、新興住宅地が低い傾向にある。給水率が低い原因として、管網の未整備、既に自家用井戸を備えている、あるいは水道の給水時間が短いことが上げられる。

(2) 高い無収水率

無収水率は約 66% と非常に高い。家庭用給水原単位の平均は 100 リットル強であり、タウンシップによっては 200 リットル強の家庭用給水原単位となっており、家庭用給水原単位は現時点ではおおむね妥当と判断される。家庭用給水原単位は給水時間の多寡に影響されていないとみなせる。例えば、あるタウンシップの給水時間は 6 時間と短いにもかかわらず 200 リットル強の使用水量となっている。ここでは、自家用ポンプ、ルーフタンクを備えて給水量を確保している例が多い。

商工業用の使用水量は家庭用使用水量の約 3 分の 2 とおおむね妥当とみなせるものの、官公庁用、特に軍隊の使用水量の高い点にヤンゴンにおける水需要の特徴がある。これらの官公庁用に加え、パゴダ等の宗教施設における使用水量が把握されておらず無収水率が高い要因となっている。

無収水量削減の必要性は YCDC も認識しており、特に新規接続個所ではメータ設置を促進しており、2001 年時点で約 30% であったメータ設置率は 2011 年時点で 70% 強と高まっている。

一方で、水道料金が安価に抑えられているため、節水のインセンティブが働きにくい状況となっている。今後は、低所得者層への配慮をしたうえで、逡増料金制の導入を図り節水インセンティブを働かせ、無収水率を下げるのが課題の一つである。

無収水削減の効果として、将来的な水源開発時期を遅らせる効果がある。無収水削減の対策としては、老朽施設（管）の更新、適切な配管布設の励行、DMA・SCADA の導入によるハード面の対策、節水化の啓蒙活動によるソフト面での対策があげられる。

(3) 不適切な水質管理

Gyobyu 貯水池、Ngamoyeik 貯水池を水源とする表流水には凝集沈殿処理がなされている他、比較的規模の大きな地下水水源には除鉄処理がされている。一方、Hlawaga、Phugyi 両貯水池を水源とする表流水は無処理で配水されている。さらに、塩素処理設備は Gyobyu 貯水池の全量と Phugyi、Hlawaga 貯水池の一部水量を中継する Yegu 増圧ポンプ場に設けられているのみである。

2002 年のマスタープラン調査時に行ったアンケートでも、JICA2012 世帯訪問調査でも水質に対する不満は高い。

(4) 施設の老朽化

給水区域の拡大・需要増に追われた水源確保・送水管布設への投資を優先したため、配水池は建設されず、既存管の更新がほとんど実施されていない。その結果、CBD では布設後 100 年程度、旧市街地でも 50 年以上経過した老朽管が多く存在する。管種は当時主流であった鑄鉄管であり、腐食しやすく内面には多量の錆・スケールが沈着し、負圧発生による砂・泥の流入により管内は滞泥しているものと想定される。管の通水断面の減少は、出水不良が発生し低水圧となる。この結果、水道使用者が独自に給水ポンプを設置し、配水管から吸引するため更なる負圧発生となる悪循環が生じる。また、大口径の送水管は漏水の起こりやすいコンクリート管も用いられている。従って、老朽管の更新が必要である。

(5) 不適切な施設配置

設立当時のヤンゴン市水道は CBD を中心とする旧市街へ配水するため、水源を北部の丘陵地帯の 2 貯水池 (Hlawaga 及び Gyobyu) とし、1 箇所の中継ポンプ場を経て、CBD 近くの丘陵南端に 2 配水池を設ける計画的な施設を有するシステムであった。しかしながら、第二次世界大戦後のヤンゴン市の水道は現在に至るまで、サテライトタウン、ニュータウン建設に伴う配水区域の増加・需要量の増加に追われているのが実情である。サテライトタウン、ニュータウンでは水道施設を含むインフラ施設は建設省が建設し、YCDC に移管されている。

水源として 1962 年に既存の Gyobyu 貯水池にポンプを設置したのを皮切りとして、1988 年に Phugyi 貯水池を建設した。これらの貯水池はいずれも YCDC の直轄貯水池であった。次の水源は、新たな貯水池の適地がないこともあり農業灌漑省の Ngamoyeik 貯水池 (1995 年完成) からの分水に頼ることになった。Ngamoyeik 貯水池からの導水は、従来の貯水池で採用していた専用管に代わり農業灌漑省所管の灌漑用水路を用いることとなった。水源水量は増加したものの、新たな配水池は設けられず需要者に直接ポンプで配水されている。さらに、Gyobyu 貯水池、Ngamoyeik 貯水池には浄水場が設けられ浄水処理がされている一方、Hlawaga 貯水池、Phugyi 貯水池では浄水処理がなされていない等、システム全体の不合理性が目立つようになってきた。

従って、将来の需要を見据え計画的に合理的な施設配置を目指すべきである。特に、30 年後の 2040 年の追加的水源必要量は約 400MGD は、既存水源 205MGD (Nyaunghnapin 第 2 期を含む) に対し約 2 倍の水量となり、水源水量を配水区域に合理的に分配する必要がある。

(6) 施設の維持管理

- 施設のデータベース

YCDC は施設の修繕・補修といった能力は高く、評価できるものである。しかしながら、現在 YCDC は、施設台帳を保持しておらず、主要構造物および配水管路の一部は CAD データがあるものの、主な図面類は各部署にて紙ベースで保管されている。

- 施設の維持管理

上記の通り、施設台帳、特に機械・設備関連の機器リストが存在しないため、計画的な修繕計画が策定されておらず、機器の補修・スペアパーツの補充等が計画的に実施されていない。そのため、維持管理部署には補修・修繕にかかる予算の割り当てが十分ではなく、事故・故障等の発生時の応急対応ができず問題解決まで時間を要している。さらに、信頼性の低い低品質機器の導入により修繕頻度が増加していることから、今後は機器の劣化に伴い補修・修繕コストの増加も懸念される。

- 料金徴収に関するデータベース

また、料金徴収システムも同様に、顧客リストおよび料金徴収表は存在するものの、これらの帳票も紙ベースで保管されている。これらのデータには、誰でも、何時でもアクセスできる環境にはないため、情報の共有化のためにデータベースの構築、データ管理といった電子化が課題である。

4.1.2 組織面の課題

将来的により効率的、効果的な上水道事業を目指すにあたって、YCDC 水供給衛生局の組織面における課題を次に示す。

(1) 計画担当部署の必要性

現在、水供給衛生局には、将来の上下水道事業への体系だった方針、計画、戦略、ビジネスプランが存在しない。また、それを策定する部署も存在しない。ヤンゴン市という大規模都市の上下水道事業を担う YCDC の社会的な責任も大きく、短期・中期・長期における明確な事業目標を設定し、職員がそれを共有し、事業サービスを計画的に改善していくことが求められているが、現状ではそうした体制となっていない。

同局の計画に関わる活動としては、毎年の年度予算のための予測と申請が数少ない活動の一つである。組織の全般的な業務への取り組みは、対処療法的な感が否めず、組織として明確な方向性と目標を設定し、それに向かって積極的に取り組むためにも、計画は重要である。

(2) モニタリング担当部署の必要性

事業を計画通り進めるためには、その進捗状況を定期的にモニターする必要がある、モニタリング部署の設立を提案する。さらに後に述べるが、上下水道事業の運営には「運営効果指標」が有力なツールとなるが、その指標をモニターする必要もある。

(3) 不明瞭な職務分担と集中している職務権限

各局及び専門職の役割や業務内容については規定されているが、それ以外の一般職員についての職務内容について明確に規定されたものはないとのことである。職員の業務を明確にすることで、取り組むべき課題が鮮明になり、今以上に職員の責任感と自覚、自立も促されることが期待される。

一方、職務権限は、局長（CE）、副局長（DYCE）、部長（ACE）などの一部の専門職に集中している印象がみられ、判断を仰ぐために時間がかかる傾向がある。上下水道事業は公共サービス事業であるため、官僚機構でサービスプロバイダーとして迅速に対応できる体制造りが求められる。

(4) 業務指標（PIs）による事業運営管理の欠如

上下水道事業体にとって、業務指標（PIs）は現在の事業体のパフォーマンス・レベルを定量的に把握することができ、事業運営に反映することができる有効なツールであることは、広く認識されている。業務指標によって過去との比較、近隣諸国の上下水道事業体との比較も可能となり、将来計画や戦略、目標設定にも活かすことができる。水供給衛生局では、こうしたベンチマーキングによる事業運営管理への取り組みはまだ開始されていない。

(5) 顧客サービス事業への意識向上

タウンシップ事務所では比較的顧客と接する機会が多いことから、顧客を相手にしたサービス事業という意識がある。一方で、上下水道事業は市民への公共サービス事業であるという意識は、本部職員には薄い印象である。

顧客とのインタラクティブのツールであり、上下水道事業への顧客意識向上を図る広報誌、ポスター、パンフレットなども特に発行されておらず、社会的事業として、広報活動を強化することが望ましい。

(6) 脆弱な水質検査体制

現在、YCDC の保有する上下水道処理場では、水処理の薬品調整のための水質検査を行っているが、検査のための検査機器や設備はなく、マニュアルで行っている。そのため、その精度も高くないと推察される。その結果を記載する記録簿もなく、記録されていない。

また、月次の水質検査は外部（YCDC 健康局）に委託している。同じ YCDC 組織のため、検査自体は無償で健康局の検査室が行っているが、同検査室は本来、公衆衛生や食品産業、外食産業の水質検査を対象にしたものである。水供給衛生局が月次検査以外の検査を追加的に依頼した際には、限られた設備と人材、無償という理由もあって、フレキシブルに、かつ優先的に対応することは難しい状況にあると健康局の話もあった。そのため、常時水質モニタリングできる体制を構築する必要がある。

(7) 人材育成

一部の職員はドナー支援によって研修をうけた経験を有するが、エンジニア、財務・会計、総

務関連のほとんどの職員は研修を受けておらず、より専門性を高め、業務に反映させる機会が限られている。職員の継続的な能力向上を図るため、人材育成計画を立案する部署は存在しておらず、また研修のための予算も特にならない。人材が組織を支える第一の資源であるとの認識の下、水供給衛生局がその重要性を再認識して人材育成に取り組む必要がある。

一方で、YCDC には配管技術者や配管工の技術者資格試験による資格制度があり、給水設備工事の実施にはこうした資格が義務づけられている。こうした制度を利用しながら、局内の人材育成を図っていくことが必要である。

4.1.3 制度面の課題

水道に係るミャンマー国内法令として、「YCDC 開発法」とその「施行規則」はあるものの、全体的に十分に整備されているとはいえず、見直し、あるいは新たな整備が必要である。以下に主な課題を整理する。

- (1) 水道の定義、及び事業母体の定義の規定、又、給水設備設置者の責任の定義に係る検討が必要である。
- (2) 上水の供給に関する事業費の原資確保の観点から、水道事業を独立した企業会計として行うことの検討が必要である。
- (3) 水質基準に関しては、国の水質基準の策定に向けて検討を進めているが、現在は WHO の基準に準拠しており、「ミ」国では早急な水質基準の策定が必要である。
- (4) ヤンゴン市の都市環境を考慮した、工事の施工方法の検討が必要である。
- (5) 業者が工事を行う際に、その目安となる一定の施工基準を整備する必要がある。
- (6) 業者が工事を行った後、工事検査を行う際にその検査方法や検査項目を示した検査規定を整備する必要がある。
- (7) 給水

給水技術を補完する制度にも不備が多く、給水が有効に活用できないでいる。今後、技術的な観点からも制度の整備が必要である。現場踏査で認識された必要な制度を下記に示す。

- 給水設備に係る基準

建物の給水設備の管口径は概ね口径 20mm としているが、特に明確に定められた規定はない。そのため、今後、給水設備における管口径決定の基準の策定（ヤンゴン市の実情に即した技術基準）や、耐圧・耐久性能等を考慮した給水設備使用器具等の設置、及びその

使用に係る構造材質の基準等の策定（国、又は地域としての給水設備基準）の検討が必要になる。

- 水道メータに係る基準

水道メータは、現在、給水使用者が水道メータを自ら購入・設置する制度としていることから、設置後の機能点検や更新がなされていない。そのため、水道メータの機能差や、経年使用劣化等による指針異常等も懸念される。水道メータに関する機能仕様、及び使用年数等の基準化の必要がある。

- 貯水タンク設置に係る基準

ヤンゴン市内においては、24時間給水が大部分の地域で実施されていないこと、配水圧が最大でも0.15MPa以下と低いことから、大部分の給水設備に貯水タンクが設置されている。タンク内に満水時止水機構（ボールタップ等）がほとんど設置されていないことから、ポンプ停止までの間越流管より溢れ出た水が流失している実態がみられる。今後、貯水タンク設置数の確認と、止水機構の標準設置を義務づけする等、設備基準の制定が求められる。

- ポンプ設備設置に係る基準

現在、ヤンゴン市の大部分の給水設備に、貯水タンクへの揚水用ポンプが設置されており、配水管からの有圧による給水というよりは、ポンプによる吸上げ給水的な様相を呈している。隣接する給水設備間において、ポンプの能力差による負圧の発生などの事態も懸念されるため、各給水設備に対する配水圧の確保が可能となった地域から、順次ポンプ設備によらない給水（直結）方式への転化が望まれる。

日本では、「水道法施行令」の中で「配水管の水圧に影響を与えるおそれのあるポンプに直接連結されていないこと」との規定があり、直結増圧式に用いられるインバータ制御の増圧用ポンプユニット（配水管水圧と必要吐出圧を自動制御）以外、認められていない。

- 工事の完成検査

現在実施されている完成検査は、建物内部の通水確認程度で、外部配管状況の確認は行われていない。今後は完成後の給水設備からの漏水防止予防の観点からも、配水管の接続口から給水栓までの給水設備に対する耐圧試験や、布設管路位置の確認等が不可欠であると考えられる。

- YCDC 技術者資格制度

ヤンゴン市においては、YCDCが行う技術者資格試験に合格した者について、上下水道設備の設計・施工の技術資格が認められている。当該試験の受験資格は、ヤンゴン技術学院 (Yangon Institute Technology)、政府技術学院 (Government Technical Institute)、州立工科大学 (Technical Universities of Each State) の何れかにおいて、必要とされる課程を終了していることが求められる。

また、給水設備工事に係る施工技術者については、以下の資格試験を実施している。工事申請時には、公認資格者の氏名、資格番号、実務経験等の記載が必要となっている。

- a) 一般配管工

- b) 主任配管工（実務経験 3 年以上）
- c) 配管技術者（大卒 実務経験 3 年以上）

資格取得技術者には技術者資格証が交付され、資格有効期間は 1 年間である。今後、より一般に普及させるために、受験資格要件の緩和等が必要である。

4.1.4 財務・運営面の課題

将来的により効率的、効果的な上水道事業を目指すにあたって、YCDC 水供給衛生局の財務運営面における課題を次に示す。

自由度の少ない予算制度

上下水道事業の会計は、YCDC の一般会計に組み込まれており、独立した仕組みとなっていない。また YCDC 自体の予算は、2011 年 10 月以降、連邦政府の国家予算体系の中に組み込まれていて、独立採算制となっていない。したがって、YCDC は収益の使途を自ら決定できる自由度はきわめて少ない点が構造的な問題としてあげられる。

(1) 企業会計の導入の必要性

上述の通り、上下水道事業は独立した会計制度となっておらず、企業会計は採用されていない。将来的には、経営状況及び資産状況を正確に把握するため、複式簿記による企業会計の導入が望ましい。水供給衛生局は、現在、上下水道事業の経常収支と資本支出のみの財務諸表を YCDC 内部報告のために作成している。

(2) 全般的に安い水道料金

現在、水道料金のレベルは全般的に低く抑えられている。現在の水道料金収入は、運営維持管理費をカバーするレベルではあるものの、施設の減価償却費などは全く含まれていない。現在の予算制度では自己財源を自由に使用できないという制約があるものの、今後、適切な運営維持管理を行ったときの運営維持管理費用や減価償却費を水道料金に反映させ、適切な料金負担による財政基盤の強化という側面から、料金改定の検討を行うことが必要である。

(3) 料金体系の再検討

定額制と従量制の 2 つの料金体系が併用されているが、定額制の場合、顧客に節水意識が働きにくく、水消費量も大きくなる傾向にある。政府機関及び政府関係者向けの料金は、一般家庭より安価に設定されていることから、再考の必要がある。また定額制となっても、実際の料金設定は顧客毎に異なっており、基準があいまいな面がある。

一方、現在の従量制は、 m^3 単価が一律の単一従量料金制であるが、より顧客の節水意識を促すためにも、逓増型従量料金制の検討も行うべきである。

(4) 限定的な業務のコンピュータ化

顧客データ管理の一部は、コンピュータ課でデータベース化されているものの、定額制料金適用顧客、外国人料金適用顧客、政府機関の顧客については、依然として手書きの顧客台帳及び帳簿による管理が行われている。またそれ以外の財務・会計業務も全般的に手書き文書をベースにした業務が行われており、コンピュータ化は限られたごく一部の業務に適用されているため、効率性が低い。

4.1.5 YCDC 以外の給水方法の課題と改善方法

JICA2012 世帯訪問調査で明らかになったが、YCDC 以外の給水方法には、主として水質面を中心とした下記の問題点がある。同表に改善方法もあわせて示すが、水道水への転換が主な対策となる。水道普及率は、中心部でほぼ 100%に近いが、周辺に行くに従い普及率が下がる。従来は水源量の不足により、普及率は徐々にしか上げられなかったが、新規浄水場の拡張と同時に、東部への配管延長を行っていることにも明らかのように、YCDC は普及率の向上を目指している。さらに、西部及び北部の普及率向上を目指して調査（Kokkowa 水道、Hlaing 水道）が行われている。

表 4.1 YCDC 以外の給水方法の問題点と改善方法

給水方法	問題点と改善の必要性	改善方法
Private Tube Well (深さ 200ft 前後まで)	<ul style="list-style-type: none"> ● 鉄分、塩分濃度の高い水が多く、個人では水質改善は不可能である。 ● 生活排水の汚染源と水源が近接しており、水源の汚染が危惧される、特に浅い管井戸（深さ 60ft 近辺）。 ● 各戸管理であるため、将来においても水質管理が徹底出来ない。 ● 今後さらに、取水が増加すると地下水の枯渇とそれによる地盤沈下が危惧される。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 既存の井戸に対しては、各世帯での水源汚染、水質モニタリングに対する啓蒙活動が必要である。保健局と共同で実施する必要がある。 ● YCDC は水道水の普及増加が必要であり、私有井戸は順次廃止していくべきと考えている。その前提は、YCDC による、安全な水の 24 時間給水である。
Public Well/Tap	<ul style="list-style-type: none"> ● YCDC の公共水栓及び井戸が主である。水汲み労働を伴うため不便である。 ● 公共水栓は必ずしも衛生的ではない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● YCDC は、基本的に、水道に転換し減少させる方針であり、以前比べ劇的に減少している。
Neighbors' Well/Tap (Free of Charge)	<ul style="list-style-type: none"> ● 井戸に関しては上記と同様。水道については、YCDC の有収水量増加のため改善が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 井戸に関しては上記と同様。隣家の水道利用（無料）に対しては、今後、直接給水に切り替えが必要。
Bottled Water	<ul style="list-style-type: none"> ● 水質が管理できていれば問題なし。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水道水質の改善により飲用可能な水の給水普及率が増加すると、ボト詰飲料水の購入は減少する。
Water Vender	<ul style="list-style-type: none"> ● 水質管理が必要。十分な給水量を確保できない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水道水へ転換。
Rain/ Creek/ Canal/ Pond	<ul style="list-style-type: none"> ● これらの水源は衛生的とはいえない。市民の健康の増進のためには最も危険な水源である。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水道水へ転換。

出典：JICA 調査団

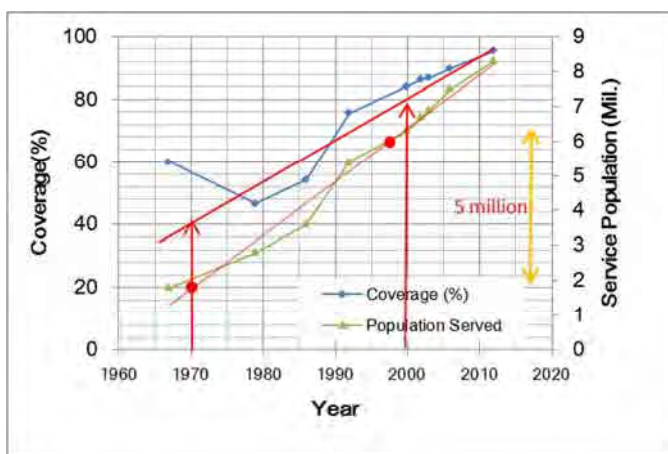
4.2 近隣国の類似都市のケーススタディー

過去の経済成長を踏まえた上で将来の経済成長を見通して、改善目標を策定するのが通常の手法である。しかしながら、近代化が始まったヤンゴン都市圏・市の水道計画にこの手法をとることは適切でない。今後の経済成長は飛躍的に活発になることが予測され、それにふさわしい上下水道施設の整備を行う必要がある。そこで、まず4.2節で、近隣諸都市の近代化開始以降の施設整備状況を俯瞰した上で、ヤンゴン都市圏・市の上下水道施設の改善目標を4.3節以降で述べる。

(1) バンコクのケース

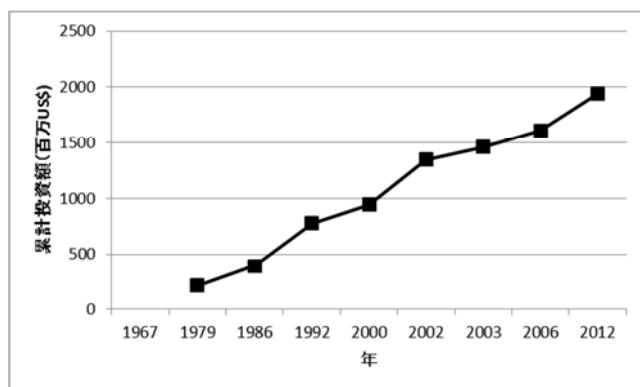
将来の人口規模や経済レベルを考慮すると、ヤンゴン都市圏・市が目指すべき最も類似する都市はバンコク都市圏である。バンコクの1960年代以降の開発トレンドを参考とする。

バンコクの1960年後半からの給水人口と普及率の関係を右図に示す。これによると1970年の普及率は約40%、給水人口は約200万人であったとみなせる。この普及率40%は、現在のヤンゴン市と同じレベルである。その30年後、2000年には、普及率は約80%、給水人口は約700万人となった。30年の間に、普及率は40%増え、給水人口は約500万人増加した。



出典：JICA 調査団

図 4.1 給水人口と水道普及率



出典：JICA 調査団

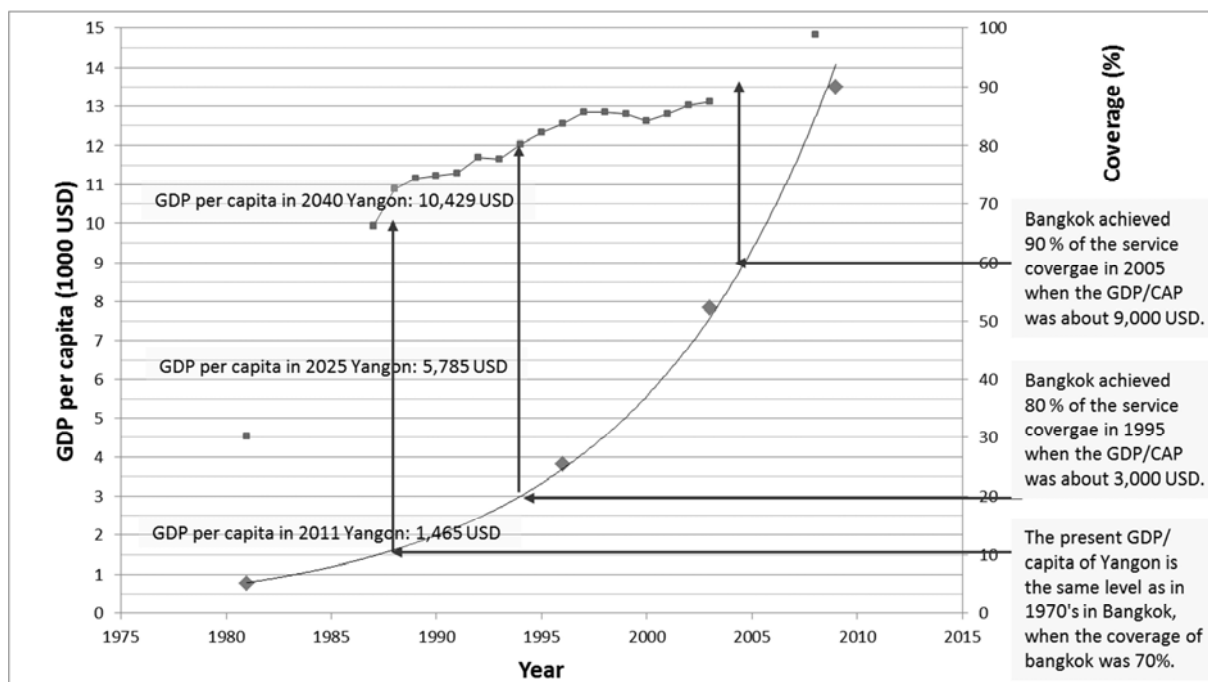
図 4.2 水道施設建設の累計投資額

上水道普及率と1人当たりGDPの変遷を下図に示す。バンコクでは、一人当たりGDPが3,000US\$の時に水道普及率が80%を超えている。現在のヤンゴン市の1人当たりGDP(1,465US\$)と同じレベルでは、バンコクの水道普及率は約70%であった。現在のヤンゴン市の水道普及率約40%は、過去のバンコクより遅れていると言える。この普及率の遅れは、経済制裁中に投資が滞ったことに起因すると想定される。

水道施設の建設に費やした累計投資額を左図に示す。1980年から2012年まで累計2,000百万US\$、年間60百万US\$投資してきた。その間、給水人口は約6.5百万人増加した。一人当たりの投資額は約300US\$となる。なお、上記の計算は、名目値で計算している。

同様の投資がヤンゴン市に対して実施されたならば、ヤンゴン市も2040年には、80%程度の水道普及率を達成できる。

本水道計画では、タイ同様、水道インフラに対する資金供給が十分行われることを想定して立案する。



出典：JICA 調査団

図 4.3 1人当り GDP と上水道普及率の関係

(2) 近隣国の主要都市のケース

YCDC と東南アジア主要都市の水道事業者の上水道サービス水準について、下表の業務指標 (PIs) を基に比較した。

都市の人口規模からみると、ヤンゴン市はホーチミン市、シンガポール市と概ね同規模であると考えられるが、シンガポール市は給水率 100%、無収水率 4%とその整備が顕著に進んでいる。ホーチミン市もヤンゴン市と比べると、給水率、1人1日当たりの水使用水量、無収水率などの項目でサービス水準が進んでいると考えられる。

YCDC のサービス水準を全体的に比較すると、次の点が特徴としてあげられる。

- ① 給水率が低い
- ② 1人1日当たりの水使用水量が少ない
- ③ 無収水率が高い
- ④ 給水原価及び供給単価が低い

上述した①～③のサービス水準を、これからどのように東南アジア各国の水道事業者のサービス水準まで向上していくかが YCDC のこれからの課題である。また、今後、適切な配水管理や河川水源の導入により給水原価が増加するため、それに対応した水道料金の徴収が必要である。

現在、減価償却費を含めない営業収益比率は若干であるがプラスを示しており、コストリカバリーのレベルとしては、他事業者と大きな差はみられないと考えられる。但し、今後、給水率を向上させ、無収水率を低減していくためには、今まで以上に営業費用が高くなることが予見され

る。サービス水準を向上させながら、運営維持管理への適切な出費を行い、水道料金の改定を視野に入れた料金収入の確保を図るバランスのとれた事業運営の舵取りが求められる。

表 4.2 YCDC と東南アジア主要都市の水道事業体の上水道サービス水準

業務指標 / 単位	事業体名 都市名 国名	YCDC	Metropolitan Waterworks Authority	Hochi Minh City Water Supply Company	Singapore Public Utility Board	Davao City Water District	JWSRB	Phnom Penh Water Supply Authority	Syarikat Bekalan Air Selangor Sdn Bhd	Nampapa Nakhone Luang
		ヤンゴン	バンコク	ホーチミン	シンガポール	ダバオ	ジャカルタ	プノンペン	クアラルンプール	ビエンチャン
		ミャンマー	タイ	ベトナム	シンガポール	フィリピン	インドネシア	カンボジア	マレーシア	ラオス
1. 人口	1,000 persons	5,142	7,958	5,976	4,737	4,468	8,700	1,519	1,493	799
2. 給水普及率	%	35	93	84	100	59	62	80	100	50
3. 下水普及率	%	5	54	N/A	100	N/A	3	N/A	N/A	N/A
4. 水消費量	L/person/day	95	169	147	262	164		172	379	296
5. 無収水率	%	66	29	41	4	25	50	6	35	28
6. 供給単価 (上下水)	US\$/m ³ water sold	0.05	0.45	0.27	N/A	0.34	0.70	0.28	0.45	0.12
7. 営業費用 (上下水)	US\$/m ³ water sold	0.04	0.31	0.24	N/A	0.23	0.15	0.12	0.55	0.28
8. 料金回収率	%	N/A	N/A	N/A	N/A	92	95	N/A	N/A	N/A
9. 営業収支比率	Ratio	1.19	1.46	1.13	N/A	1.46	1.50	2.36	0.82	0.43
統計年		2012	2009	2009	2008	2009	2007	2007	2007	2007

[注記]

- ミャンマー: YCDC, 業務指標は、JICA 調査団が入手した情報を基に算出。
- タイ: MWA, 業務指標は、「Annual Report 2009 (MWA)」を基に記載、あるいは算出。
- インドネシア: JWSRB, 業務指標の情報は、次に示す機関のホームページより入手。
JWSRB, Paliya, Aetra <http://www.jakartawater.org/>, <http://www.aetra.co.id>, <http://www.palyja.co.id/>,
- 業務指標 1 の情報は次ホームページより入手。UN DESA population division, and City population, http://www.mongabay.com/igapo/Southeast_Asia.htm
- 業務指標 2-8 の情報は、IBNET データベースより入手。
<http://www.ib-net.org/production/?action=utility>

出典: JICA 調査団

4.3 給水サービス目標

4.3.1 全体目標

給水サービスの全体目標を現在のヤンゴン市域及びヤンゴン都市圏別に下表にまとめて示す。

表 4.3 給水サービス全体目標

サービス項目	地域別		単位	2011年(現況)	2018年	2025年	2040年
水道普及率	市域		%	37	48	58	80
	都市圏			34	41	49	69
給水人口	市域		百万人	1.92	2.74	3.76	6,81
	都市圏			1.92	2.74	3.92	8,09
給水量原単位	家庭用	市域	LPCD	95	117	135	178
		都市圏		95	117	133	173
	非家庭用		-	総給水量原単位の40%			
給水圧			MPa	0.075	-	0.15Mpa以上	
給水時間			時間	平均約8時間	-	24時間	
水質改善			-	飲用不適	飲用可能水の給水		

注:2012年の普及率は市域、都市圏それぞれ39%、34%と推定されている(JICA世帯訪問調査)。

出典: JICA調査団

4.3.2 給水圧と給水時間(均等給水)

送配水施設の未分離、配水池容量の不足、送配水管の容量不足により、場所により給水時間・給水圧に著しく差異が生じている。これを是正するため、YCDCはアドホックに150箇所の小規模ブースターポンプ場を設置しているが、効果は限定的であり抜本的な解決にはなっていない。このような状況を改善し均等給水を実現するため、給水圧と給水時間の目標を以下のとおり設定する。

表 4.4 給水圧と給水時間の目標値

項目	現況値	目標値	達成目標年	設定理由
給水圧	0~0.15 MPa (平均0.075)	0.15 MPa	2025年	2階建て建物に給水可能とする。それ以上の階数の建物は、ポンプと水槽を設置し給水を受ける
給水時間	(0~24時間) 平均約8時間	24時間	2025年	給水圧の適正化により給水時間も24時間とする。

出典: JICA調査団

4.3.3 給水水質

2012年 JICA 世帯訪問調査によると、需要者のほとんどが YCDC の水道水を直接飲用に供していない。また、YCDC に対する最大の不満点は、水質(濁度と不衛生な水)であり、水道に対する信頼を損ねている。水質を早期に改善し飲料可能な水を給水することにより水道に対する信頼の回復の第一歩とする。なお、YCDC は、水質改善について非常に意欲的に取り込もうとしている。

改善のためには、まず定期的な水質モニタリングを実施し、その結果を浄水施設および配水施設の管理・運営に反映させる体制を構築することが必要である。

表 4.5 給水水質改善目標

項目	現況	目標	達成目標年
給水水質	飲用不適	飲用可能な水の給水。 目標とする水質は、別表のとおり	2018年

出典：JICA 調査団

表 4.6 目標とする給水水質

モニタリング項目	目標値
pH	7.0 - 8.5
味	異常でない事
臭気	異常でない事
色度	5度
濁度	5NTU
一般細菌	100CFU/mL 以下
大腸菌群数	検出されないこと
残留塩素	0.1mg/L 以上（各戸給水栓あるいは受水槽入口において）1)
残留塩素	0.1mg/L 以上
亜鉛及びその化合物	1.0mg/L 以下
アルミニウム及びその化合物	0.2mg/L 以下
鉄及びその化合物	0.3mg/L 以下
銅及びその化合物	1.0mg/L 以下
マンガン及びその化合物	0.05mg/L 以下
硬度	100 mg/L
塩化物	200mg/L 以下
硫化物	200mg/L 以下

注：1) 暫定値として 0.0 mg/L 以上（検出されること）

出典：JICA 調査団

上記水質項目による水質管理体制の確立は、優先されるべき事項である。しかし将来の課題として、農薬やその他の有害物質が水道水源に流出する場合に備えたモニタリング体制および対応策について検討する必要がある。

4.3.4 水道普及率

YCDC 顧客データを基に水道普及率を算定すると、ヤンゴン市の普及率は約 23%となる。これは 2002 年の JICA 調査時の 35%よりも小さな値となる。顧客データには顧客記録漏れ、違法接続、寺社の人口等が含まれていないことが想定される。2012 年 JICA 世帯訪問調査によると、2012 年でヤンゴン市の水道普及率は 39%と算定されている。後者のデータがより実際の状況を反映した数値と判断し、後者の数値に若干修正を加え普及率を 38%として 2011 年の水道普及率として使用する。タウンシップ毎の 2011 年の普及率を表 4.9 に示す。

将来のヤンゴン市の普及率を設定するために、現在の普及率を基に、次表に示す普及率の推移クライテリア（年次目標）を設定した。これを基にタウンシップ毎の普及率の年次目標を算定し

た。算定した結果を基にして、YCDC と協議を行い、タウンシップ毎に普及率の調整を行った。最終的に、2040 年にヤンゴン市の普及率を 80%とした。タウンシップ毎の普及率の年次目標を図 4.4 及び表 4.9 に示す。

表 4.7 ヤンゴン市の普及率設定クライテリア

(%)

2011 年	2018 年	2020 年	2025 年	2030 年	2035 年	2040 年	Area
91-100	100	100	100	100	100	100	YCDC 管 轄地域
81-90	95	100	100	100	100	100	
71-80	80	90	100	100	100	100	
61-70	70	80	90	100	100	100	
51-60	60	70	80	90	100	100	
41-50	50	60	70	80	90	100	
21-40	30	40	50	60	70	80	
0-20	10	20	30	40	50	60	
0	0	0	10	20	30	40	周辺 TS

出典：JICA 調査団

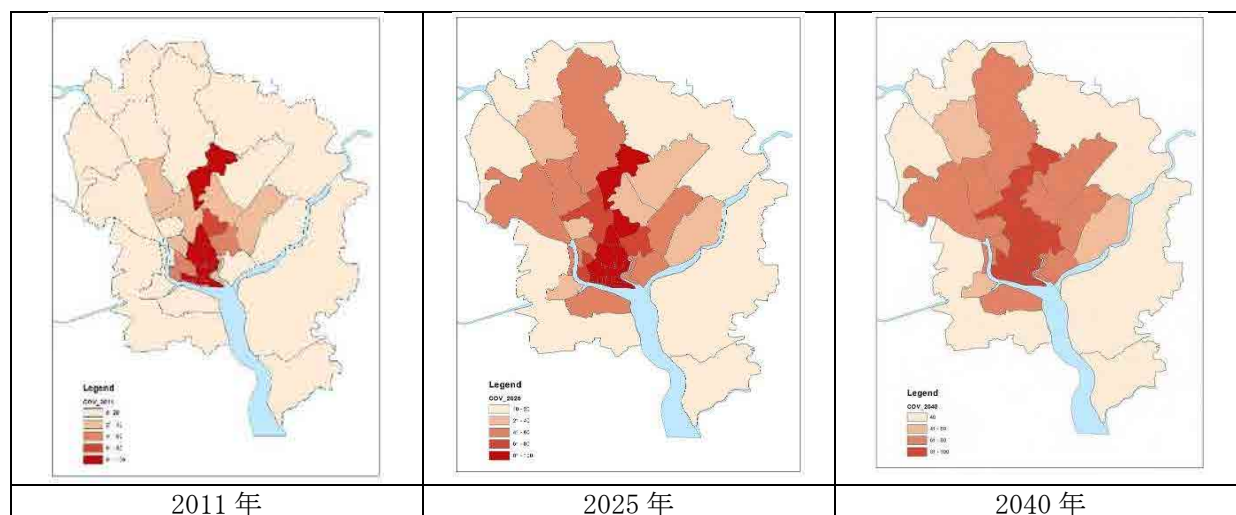
現在、ヤンゴン市以外には YCDC より給水が行われていない。YCDC から給水を行うためには、これら地域が YCDC に併合される必要がある。併合は 2025 年に実施されると仮定する。更に、現在、これらの周辺地域にの開発レベルは非常に低く、また人口密度も非常に低い。水道で水を供給するためには一定の人口密度が必要である。そうでなければ私有井戸等による給水がより経済的である。

ヤンゴン市の近隣タウンシップの 2040 年までの人口密度と普及率の関係を参考に、2040 年の周辺地域の普及率を 40%と設定した。水道の普及は 2025 年から開始するとして普及率を暫時増加させた。下表に上記タウンシップ毎の目標値を基に算定したヤンゴン市、周辺地区及びヤンゴン都市圏の給水普及率の目標値を以下に示す。

表 4.8 水道普及率目標

Area	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
ヤンゴン市	37	48	52	58	65	72	80
周辺地域 6 地域	0	0	0	10	20	30	40
ヤンゴン都市圏	34	41	44	49	55	62	69

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 4.4 計画水道普及率の推移

表 4.9 水道普及率現況及び目標

			(%)						
コード	地域	タウンシップ	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
1	1. CBD	Latha	93	100	100	100	100	100	100
2	1. CBD	Lanmadaw	86	97	100	100	100	100	100
3	1. CBD	Pabedan	94	100	100	100	100	100	100
4	1. CBD	Kyauktada	96	100	100	100	100	100	100
5	1. CBD	Bothtaung	92	100	100	100	100	100	100
6	1. CBD	Pazuntaung	99	100	100	100	100	100	100
7	2. IUR	Ahlonge	47	59	62	70	80	90	100
8	2. IUR	Kyeemyindaing	17	34	40	50	60	70	80
9	2. IUR	Sanchaung	43	56	60	70	80	90	100
10	2. IUR	Dagon	59	75	80	90	100	100	100
11	2. IUR	Bahan	82	96	100	100	100	100	100
12	2. IUR	Tarmwe	88	97	100	100	100	100	100
13	2. IUR	Mingalar Taung Nyunt	96	100	100	100	100	100	100
14	2. IUR	Seikkan	60	75	80	90	100	100	100
15	2. IUR	Dawbon	26	37	40	50	60	70	80
16	5. ORZ	Kamaryut	24	36	40	50	60	70	80
17	5. ORZ	Hlaing	18	29	32	40	50	60	70
18	5. ORZ	Yankin	85	96	100	100	100	100	100
19	5. ORZ	Thingangyun	50	60	63	70	80	90	100
20	6. NS	Mayangone	39	55	59	70	80	90	100
21	6. NS	Insein	26	38	40	50	60	70	80
22	6. NS	Mingalardon	16	31	35	45	55	65	75
23	4. OldSZ	North Okkalapa	84	96	100	100	100	100	100
24	4. OldSZ	South Okkalapa	66	77	80	90	100	100	100
25	4. OldSZ	Thaketa	14	30	35	45	55	65	75
26	3. SCBD	Dala	5	28	40	50	60	70	80
27	3. SCBD	Seikgyikhanaungto	0	0	20	30	40	50	60
28	7. NewSZ	Shwe Pyi Thar	7	10	20	30	40	50	60
29	7. NewSZ	Hlaing Tharyar	2	26	33	50	60	70	80
30	7. NewSZ	North Dagon	26	33	35	40	50	60	70
31	7. NewSZ	South Dagon	28	37	39	45	55	65	75
32	7. NewSZ	East Dagon	20	30	33	40	50	60	70
33	7. NewSZ	Dagon Seikkan	0	15	19	30	40	50	60

コード	地域	タウンシップ	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
SB1	1. CBD	CBD	93	99	100	100	100	100	100
SB2	2. IUR	Inner Urban Ring	63	74	77	81	86	91	95
SB3	3. SCBD	South of CBD	4	24	37	47	57	67	77
SB4	4. OldSZ	Older Suburbs Zone	57	70	74	80	86	89	92
SB5	5. ORZ	Outer Ring Zone	45	56	59	65	73	81	89
SB6	6. NS	Northern Suburbs	26	39	42	52	61	71	81
SB7	7. NewSZ	New Suburbs Zone	13	26	31	41	51	60	70
T-1		合計 (ヤンゴン市)	37	48	52	58	65	72	80
Periphery Areas(6 suburban Townships)									
34	PA	Kyauktan				10	20	30	40
35	PA	Thanlyin				10	20	30	40
36	PA	Hlaegu				10	20	30	40
37	PA	Hmawbi				10	20	30	40
38	PA	Htantapin				10	20	30	40
39	PA	Twantay				10	20	30	40
T-2		周辺6タウンシップ		0	0	10	20	30	40
総 計			34	41	44	49	55	62	69

出典：JICA 調査団

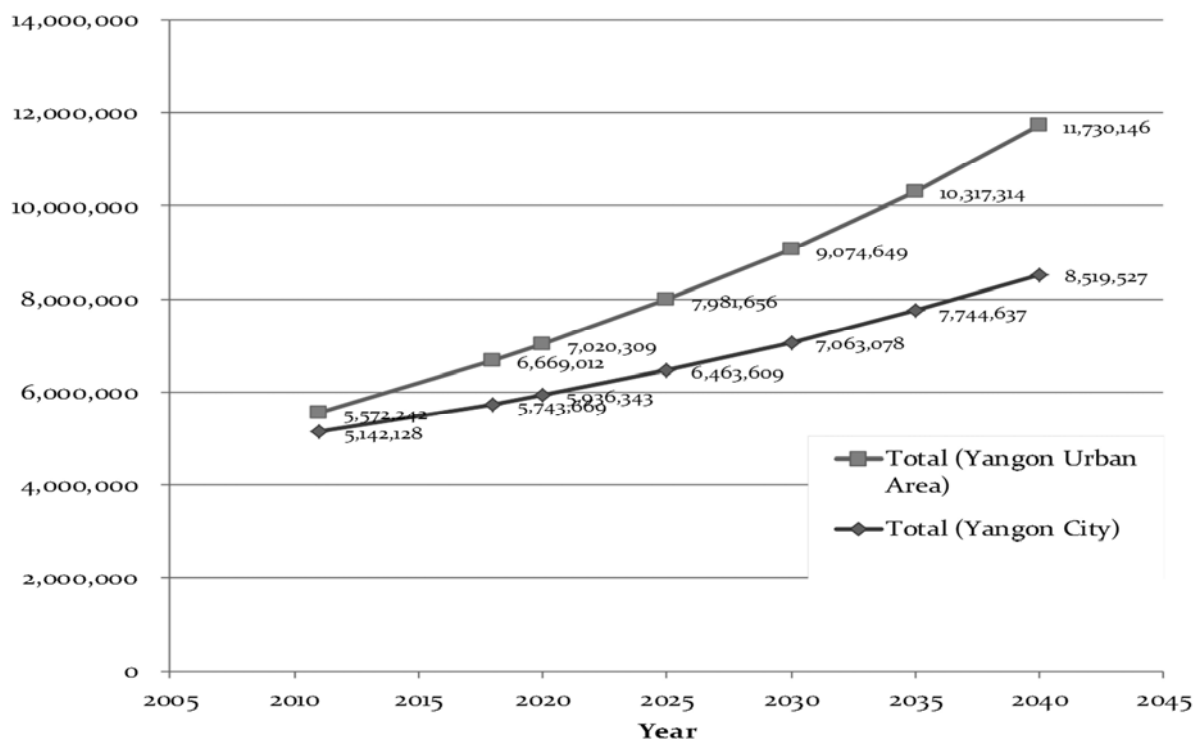
4.3.5 将来人口

将来人口は、本調査と平行して実施している JICA 調査「ヤンゴン都市圏開発プログラム 形成準備調査」で推定された。本計画の将来人口は、この人口予測値を使用する。ヤンゴン市及び周辺地域を含むヤンゴン都市圏の人口予測及び地域別の人口を下表及び下図に示す。

表 4.10 人口予測

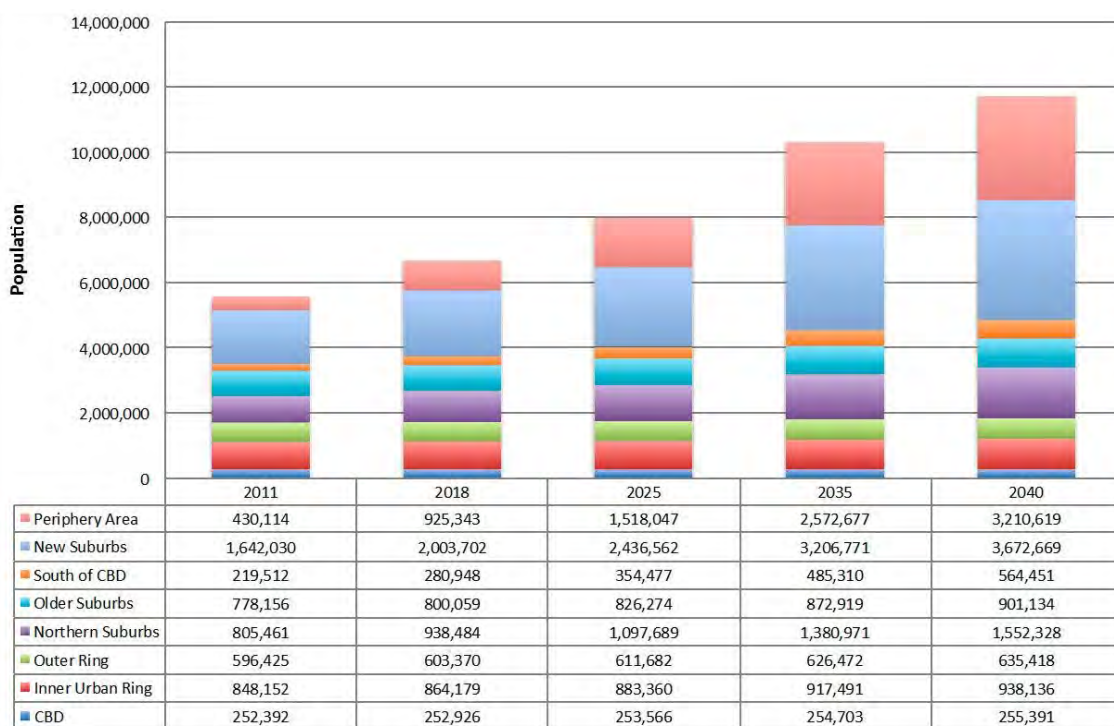
地 域	現在	予 測					
	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
ヤンゴン市	5,142,128	5,743,669	5,936,343	6,463,609	7,063,078	7,744,637	8,519,527
周辺地域	430,114	925,343	1,083,966	1,518,047	2,011,571	2,572,677	3,210,619
ヤンゴン都市圏	5,572,242	6,669,012	7,020,309	7,981,656	9,074,649	10,317,314	11,730,146

出典：2012年ヤンゴン都市圏調査



出典：2012年ヤンゴン都市圏調査

図 4.5 人口予測



出典：JICA 調査団

図 4.6 地域別人口予測

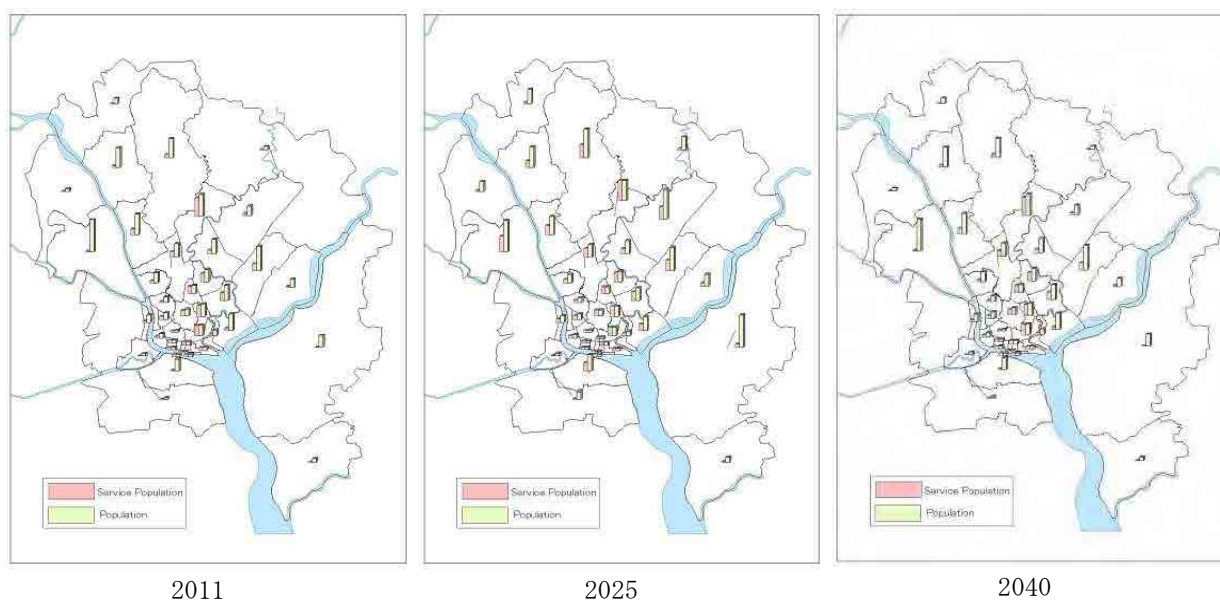
4.3.6 給水人口

設定した普及率を基に、給水人口を下表のとおり推定した。2040年には、給水人口はヤンゴン市及びヤンゴン都市圏でそれぞれ6.8百万人、8.5百万人を目標とする。それぞれの増加人口は、400万人及び500万人となる。

表 4.11 総人口及び給水人口の推移

地域	分類	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
ヤンゴン市	普及人口	1,920,471	2,742,337	3,061,819	3,764,310	4,617,069	5,614,139	6,810,338
	全体人口	5,142,128	5,743,669	5,936,343	6,463,609	7,063,078	7,744,637	8,519,527
ヤンゴン都市圏	普及人口	1,920,471	2,742,337	3,061,819	3,916,114	5,019,383	6,385,941	8,094,586
	全体人口	5,572,242	6,669,012	7,020,309	7,981,656	9,074,649	10,317,314	11,730,146

注：人口については5章に記述あり
出典：JICA調査団



出典：JICA調査団

図 4.7 タウンシップ別人口および給水人口の推移

表 4.12 給水人口現況と目標

コード	地域	タウンシップ	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
1	1. CBD	Latha	31,736	34,125	34,125	34,125	34,125	34,125	34,125
2	1. CBD	Lanmadaw	37,098	41,843	43,137	43,137	43,137	43,137	43,137
3	1. CBD	Pabedan	35,298	37,551	37,551	37,551	37,551	37,551	37,551
4	1. CBD	Kyauktada	33,405	34,797	34,797	34,797	34,797	34,797	34,797
5	1. CBD	Bothtaung	45,203	49,134	49,134	49,134	49,134	49,134	49,134
6	1. CBD	Pazuntaung	53,112	54,182	54,353	54,822	55,354	55,959	56,647
7	2. IUR	Ahlonge	30,790	38,966	41,054	46,679	53,773	61,039	68,509
8	2. IUR	Kyeemyindaing	19,693	41,384	49,440	64,375	80,764	98,886	119,068
9	2. IUR	Sanchaung	45,239	59,216	63,548	74,467	85,531	96,767	108,207
10	2. IUR	Dagon	14,450	21,574	24,108	30,493	38,140	42,982	48,488
11	2. IUR	Bahan	82,570	98,206	102,811	104,216	105,813	107,629	109,693
12	2. IUR	Tarmwe	168,180	186,417	192,525	193,461	194,526	195,737	197,113
13	2. IUR	Mingalar Taung Nyunt	149,536	157,370	157,883	159,288	160,885	162,701	164,765
14	2. IUR	Seikkan	1,345	1,681	1,793	2,017	2,241	2,241	2,241
15	2. IUR	Dawbon	22,694	32,493	35,196	44,229	53,394	62,717	72,227
16	5. ORZ	Kamaryut	21,091	32,599	36,563	46,875	57,847	69,606	82,303
17	5. ORZ	Hlaing	27,183	44,414	49,227	62,283	78,919	96,155	114,108
18	5. ORZ	Yankin	107,023	120,873	125,909	125,909	125,909	125,909	125,909
19	5. ORZ	Thingangyun	115,811	140,255	147,699	165,421	190,756	216,780	243,619
20	6. NS	Mayangone	80,107	119,142	129,927	161,034	192,983	228,546	268,392
21	6. NS	Insein	80,912	122,722	130,687	168,510	209,239	253,434	301,751
22	6. NS	Mingalardon	46,217	123,662	151,955	238,779	352,161	497,239	680,061
23	4. OldSZ	North Okkalapa	280,127	335,530	354,644	368,692	384,664	402,823	423,468
24	4. OldSZ	South Okkalapa	126,316	148,191	154,239	174,362	194,800	196,011	197,387
25	4. OldSZ	Thaketa	35,460	77,428	90,871	118,731	147,751	178,156	210,209
26	3. SCBD	Dala	9,054	66,111	101,495	150,984	214,083	293,405	392,026
27	3. SCBD	Seikgyikhanaungto	0	0	9,378	15,752	23,559	33,080	44,651
28	7. NewSZ	Shwe Pyi Thar	20,720	33,499	69,497	114,500	168,212	232,358	308,972
29	7. NewSZ	Hlaing Tharyar	9,775	138,608	180,613	293,089	378,219	476,423	590,179
30	7. NewSZ	North Dagon	57,512	76,874	82,851	98,808	129,366	163,229	201,032
31	7. NewSZ	South Dagon	103,713	148,909	160,962	198,369	260,019	330,902	412,778
32	7. NewSZ	East Dagon	29,101	99,104	128,553	220,629	367,890	567,126	828,324
33	7. NewSZ	Dagon Seikkan	0	25,477	35,294	68,792	111,527	167,555	239,467
SB1	1. CBD	CBD	235,852	251,632	253,097	253,566	254,098	254,703	255,391
SB2	2. IUR	Inner Urban Ring	534,497	637,307	668,358	719,225	775,067	830,699	890,311
SB3	3. SCBD	South of CBD	9,054	66,111	110,873	166,736	237,642	326,485	436,677
SB4	4. OldSZ	Older Suburbs Zone	441,903	561,149	599,754	661,785	727,215	776,990	831,064
SB5	5. ORZ	Outer Ring Zone	271,108	338,141	359,398	400,488	453,431	508,450	565,939
SB6	6. NS	Northern Suburbs	207,236	365,526	412,569	568,323	754,383	979,219	1,250,204
SB7	7. NewSZ	New Suburbs Zone	234,039	522,471	657,770	994,187	1,415,233	1,937,593	2,580,752
T-1		合計 (ヤンゴン市)	1,920,471	2,742,337	3,061,819	3,764,310	4,617,069	5,614,139	6,810,338
Periphery Areas(6 suburban Townships)									
			2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
34	PA	Kyauktan	0	0	0	8,955	21,637	38,810	61,382
35	PA	Thanlyin	0	0	0	59,742	157,176	300,046	497,508
36	PA	Hlaegu	0	0	0	23,974	65,092	126,873	213,483
37	PA	Hmawbi	0	0	0	26,680	69,971	133,284	220,654
38	PA	Htantapin	0	0	0	17,989	48,649	94,583	158,868
39	PA	Twantay	0	0	0	14,464	39,789	78,206	132,353
T-2		周辺6タウンシップ	0	0	0	151,804	402,314	771,802	1,284,248
		総計	1,920,471	2,742,337	3,061,819	3,916,114	5,019,383	6,385,941	8,094,586

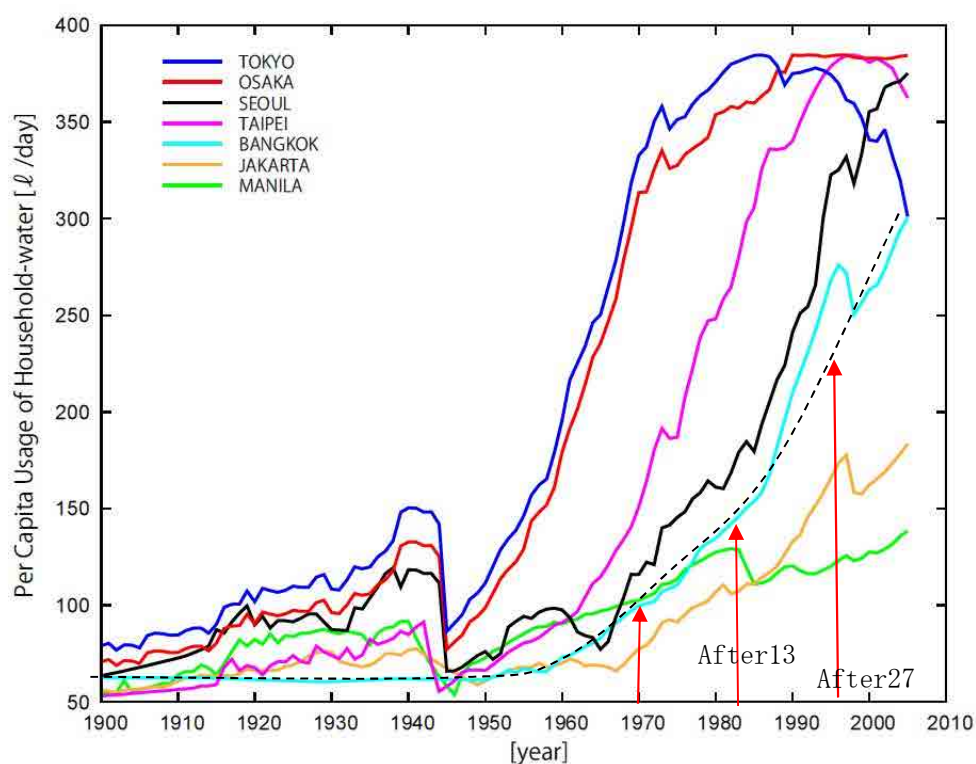
出典：JICA 調査団

4.3.7 給水量原単位

(1) 家庭用給水原単位

給水原単位は、経済発展に応じて増加する傾向にあるが、経済が発展した都市では、需要の充足や需要管理政策により、給水原単位は安定する傾向にある。下図にアジア諸国の主要都市の家庭用給水原単位の推移を示す。日本、韓国、台湾では需要は充足し東京では減少する傾向にある。発展途上国では依然増加傾向にある。バンコクでは先進国に近いスピードで給水原単位が増加している。

ヤンゴン市の2040年の家庭用給水原単位はバンコクの例を基に設定する。現在のヤンゴン市の家庭用給水原単位は約100リットルである。これは、バンコクの1970年のレベルである。その後15年後には急激に給水原単位が増加し、27年後には約230リットルに増加した。その時の一人当たりGDPは約5,000US\$であった。



出典：総合地球環境学研究所

図 4.8 アジア主要都市の給水原単位の推移

ヤンゴン市でも同様に急激な給水原単位の増加もありうるが、需要管理政策や啓蒙活動により効率的な水使用行動をするものと想定する。バンコク、ジャカルタの値を参考に、2040年においては水需要の多い市中心地区は200LPCDとし、郊外では150LPCDとする。ヤンゴン市の2025年の給水原単位は、バンコクの1970年から13年後と同じレベルである150LPCDとする。

ヤンゴン市周辺の発展段階はヤンゴン市より遅れるため、水使用量も同様に遅れて増加すると想定し、給水原単位を2025年で100LPCD、2040年で150LPCDとする。

5年毎の家庭用給水量原単位の目標値を表4.15に示す。

表 4.13 給水原単位の目標値 (LPCD)

	2011年(現況)	2025年	2040年
ヤンゴン市市街地	100	150	200
ヤンゴン市郊外	60	100	150
ヤンゴン市周辺	-	100	150

出典：JICA 調査団

(2) 家庭用以外の給水量原単位

現在の家庭用給水量と家庭用以外の給水量の比率は、現在 60:40 である。近隣他国の都市のデータを下表に示す。家庭以外の給水量は全給水量の比率で 30~50%となっている。これは各都市の性格や需要家の自家給水の多寡によるもと考えられる。

他国の例も勘案して、ヤンゴン都市圏の家庭用以外の給水量割合は、現況と同じ 40%とする。

表 4.14 近隣他国の都市の家庭用及び家庭用以外の給水量比率

	Ho Chi Minh	Jakarta	Kuala Lumpur	Manila	Osaka	Seoul	Shanghai	Bangkok
Year	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2009
Domestic water use	73	59	53	61	54	71	64	52
Non-domestic water use	27	41	47	39	46	29	36	48

出典:Water in Asian Cities, Utilities' Performance and Civil Society Views, ADB 2004

表 4.15 タウンシップ別家庭用給水原単位の目標 (LPCD)

コード	地域	タウンシップ	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
1	1. CBD	Latha	109	125	132	150	167	183	200
2	1. CBD	Lanmadaw	109	125	132	150	167	183	200
3	1. CBD	Pabedan	110	125	132	150	167	183	200
4	1. CBD	Kyauktada	109	125	132	150	167	183	200
5	1. CBD	Bothtaung	92	125	132	150	167	183	200
6	1. CBD	Pazuntaung	72	125	132	150	167	183	200
7	2. IUR	Ahlonge	154	127	134	150	167	183	200
8	2. IUR	Kyeemyindaing	85	127	134	150	167	183	200
9	2. IUR	Sanchaung	131	127	134	150	167	183	200
10	2. IUR	Dagon	136	127	134	150	167	183	200
11	2. IUR	Bahan	137	127	134	150	167	183	200
12	2. IUR	Tarmwe	109	127	134	150	167	183	200
13	2. IUR	Mingalar Taung Nyunt	72	127	134	150	167	183	200
14	2. IUR	Seikkan	-	127	134	150	167	183	200
15	2. IUR	Dawbon	43	127	134	150	167	183	200
16	5. ORZ	Kamaryut	165	124	131	150	167	183	200
17	5. ORZ	Hlaing	102	124	131	150	167	183	200
18	5. ORZ	Yankin	139	124	131	150	167	183	200
19	5. ORZ	Thingangyun	63	124	131	150	167	183	200
20	6. NS	Mayangone	149	144	146	150	167	183	200
21	6. NS	Insein	142	144	146	150	167	183	200
22	6. NS	Mingalardon	115	144	146	150	167	183	200
23	4. OldSZ	North Okkalapa	77	117	126	150	167	183	200
24	4. OldSZ	South Okkalapa	78	117	126	150	167	183	200
25	4. OldSZ	Thaketa	45	117	126	150	167	183	200
26	3. SCBD	Dala	27	70	79	100	117	133	150
27	3. SCBD	Seikgyikhanaungto	-	70	79	100	117	133	150
28	7. NewSZ	Shwe Pyi Thar	145	82	87	100	117	133	150
29	7. NewSZ	Hlaing Tharyar	95	82	87	100	117	133	150
30	7. NewSZ	North Dagon	63	82	87	100	117	133	150
31	7. NewSZ	South Dagon	55	82	87	100	117	133	150
32	7. NewSZ	East Dagon	41	82	87	100	117	133	150
33	7. NewSZ	Dagon Seikkan	-	82	87	100	117	133	150
コード	地域	地域	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
SB1	1. CBD	CBD	99	125	132	150	167	183	200
SB2	2. IUR	Inner Urban Ring	104	127	134	150	167	183	200
SB3	3. SCBD	South of CBD	40	70	79	100	117	133	150
SB4	4. OldSZ	Older Suburbs Zone	84	117	126	150	167	183	200
SB5	5. ORZ	Outer Ring Zone	98	124	131	150	167	183	200
SB6	6. NS	Northern Suburbs	138	144	146	150	167	183	200
SB7	7. NewSZ	New Suburbs Zone	64	82	87	100	117	133	150
T-1		合計 (ヤンゴン市)	95	117	121	135	149	163	178
Periphery Areas (6 suburban Townships)									
34	PA	Kyauktan				100	117	133	150
35	PA	Thanlyin				100	117	133	150
36	PA	Hlaegu				100	117	133	150
37	PA	Hmawbi				100	117	133	150
38	PA	Htantapin				100	117	133	150
39	PA	Twantay				100	117	133	150
T-2		周辺6タウンシップ				100	117	133	150
		総 計		117	121	133	147	159	173

出典：JICA 調査団

4.3.8 無収水率

(1) 無収水率

近隣国の都市の無収水率を下表に示す。ホーチミンシティが最大で41%、最低はシンガポールの4%となっている。バンコクは28%となっている。開発レベルのまだ低いプノンペンやビエンチャンにおいても無収水率が10%以下となっている。無収水対策の実施方法及び資金拠出が適切であれば、いかなる都市も漏水率を低減できることを意味する。

表 4.16 近隣他国の都市の無収水率

(%)

HCMC	Singapore	Davao	Yog Jakarta	Phnum Penh	Kuala Lumpur	Vientiane	Bangkok
Vietnam	Singapore	Philippines	Indonesia	Cambodia	Malaysia	Lao PDR	Thailand
41	4	25	17	6	35	9	28

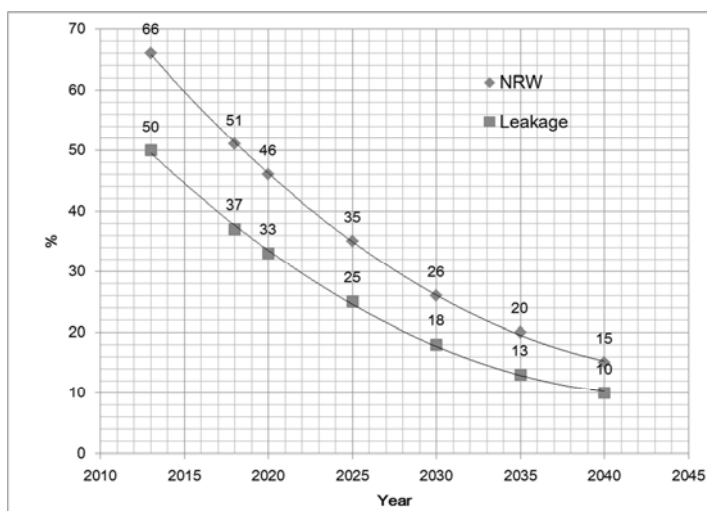
出典：IBNET 等

現在のヤンゴン市の無収水率は66%と推定された。YCDCは無収水削減に向け、高い目標で努力するために、2040年に無収水率を15%に低減させるよう目標を設定した。

(2) 漏水率

現況の漏水率を約50%と推定した。漏水の削減には、老朽管路の更新を含む多額の投資が必要となる。YCDCは漏水削減に向け、高い目標で努力するために、計画的な管路の更新を行い2040年に漏水率を10%に低減させるよう目標を設定した。

無収率と漏水率の5年毎の目標値を以下の通りとする。



出典：JICA 調査団

図 4.9 無収水率と漏水率の削減目標

表 4.17 無収水率及び漏水率の目標値

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

出典：JICA 調査団

4.3.9 計画諸元（日最大係数）

日最大係数は、1日平均給水量に対する1日最大給水量の比率であり、施設能力の設定に必要な係数である。

YCDCのメータ検針データを使用して、需要者の使用水量の月最大変動率を算定した。2009年及び2011年に、同係数は1.05であり、2010年では1.09であった。大都市では、この値が小さくなる傾向にある。バンコクでは約1.1となっている。

2040年における水道普及率の計画値は69%であり、以前十分な供給量が確保できず、多くの人口が安全な水道供給にアクセスできない状況である。まずは日平均水需要量の充足を第1の目標とし、更に、水道施設への過度の投資を避けるために、可能な限り日最大係数は低く抑えることとする。ヤンゴン市の過去の実績とバンコクの値、及び日本の大都市（下表）の実績を参考に日最大係数を1.1とする。

表 4.18 日本の大都市の日最大係数の実績（2011年）

都市	給水人口	1日平均配水量	1日最大配水量	係数
東京都	12,858,221	4,200,700	4,699,600	1.12
札幌市	1,913,686	525,000	589,410	1.12
横浜市	3,706,454	1,179,400	1,294,100	1.10
名古屋市	2,388,943	782,200	895,563	1.14
大阪市	2,679,701	1,210,100	1,347,900	1.11
福岡市	1,437,004	399,800	434,055	1.09

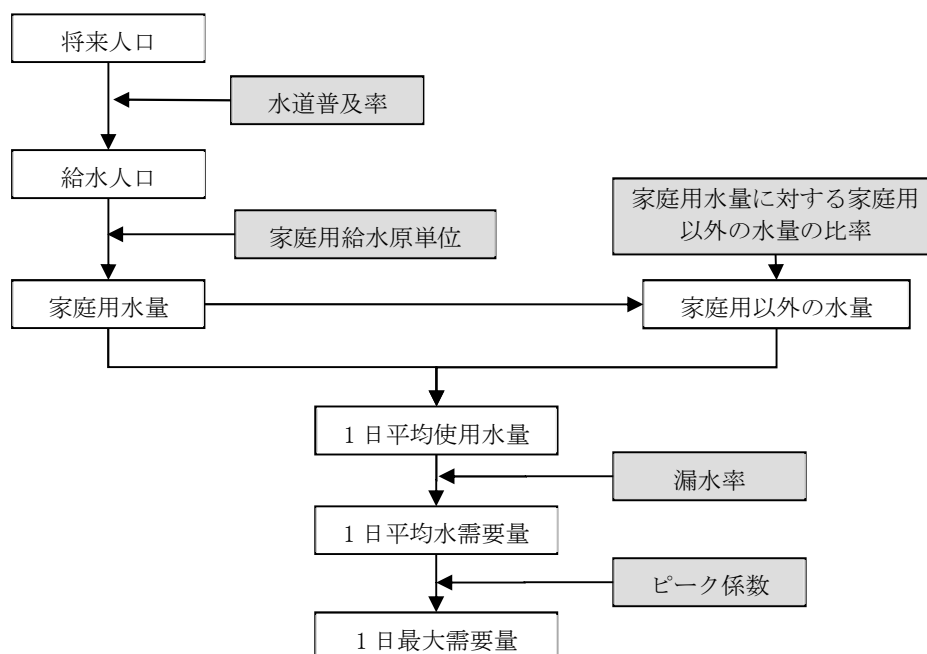
出典：JICA調査団

第5章 水需要量と水源計画

5.1 水需要量

5.1.1 予測フロー

前章で設定した水道普及率、家庭用給水原単位、家庭用水量と非家庭用水量の比率及び漏水率の改善目標及び日最大係数を用いて、水需要量を推定した。予測フローを下図に示す。



出典：JICA 調査団

図 5.1 水需要量予測フロー

5.1.2 水需要量予測

水需要量予測フローに基づいた水需要量の計算結果を下表に示す。

表 5.1 ヤンゴン都市圏の水需要量予測結果

Items	Year	2011	2025	2040
Population	person	5,572,242	7,981,656	11,730,146
Served Population	Person	1,920,471	3,916,114	8,094,586
Water Coverage Rate	%	34	49	69
Unit Consumption	lpcd	95	133	173
Leakage Rate	%	50	25	10
Daily Average Water Demand	m ³ /day	611,952	1,164,696	2,620,679
Daily Maximum Water Demand	m ³ /day	673,148	1,281,167	2,882,749
Daily Average Water Demand	MGD	135	256	577
Daily Maximum Water Demand	MGD	148	282	634

出典：JICA 調査団

表 5.2 ヤンゴン市の水需要量予測結果

Items	Year	2011	2025	2040
Population	person	5,142,128	6,463,609	8,519,527
Served Population	Person	1,920,471	3,764,310	6,810,338
Water Coverage Rate	%	37	58	80
Unit Consumption	lpcd	95	135	178
Leakage Rate	%	50	25	10
Daily Average Water Demand	m ³ /day	611,952	1,125,773	2,242,961
Daily Maximum Water Demand	m ³ /day	673,148	1,238,351	2,467,258
Daily Average Water Demand	MGD	135	248	493
Daily Maximum Water Demand	MGD	148	272	543

出典：JICA 調査団

2040年までのヤンゴン都市圏の水需要量（日平均、日最大）の予測は以下のとおりである。2040年の日最大水需要量は、ヤンゴン市、ヤンゴン都市圏でそれぞれ543MGDと634MGDとなる。

表 5.3 一日平均水需要量

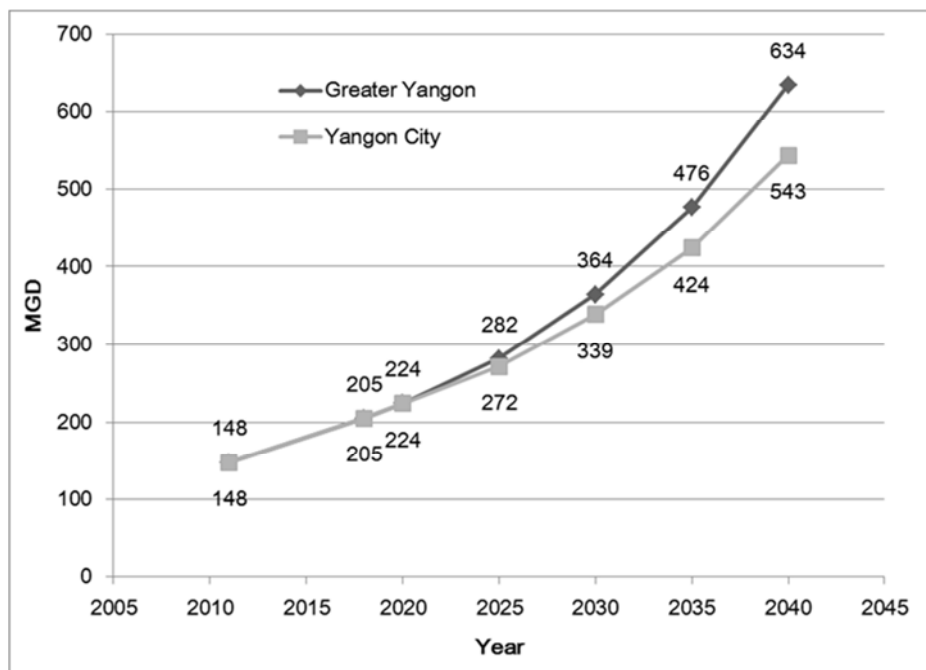
Area	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
m ³ /day							
Yangon City	611,952	846,778	924,969	1,125,773	1,399,201	1,751,309	2,242,961
Periphery Areas	0	0	0	38,923	106,018	213,855	377,718
Greater Yangon	611,952	846,778	924,969	1,164,696	1,505,219	1,965,164	2,620,679
MGD							
Yangon City	135	186	203	248	308	385	493
Periphery Areas	0	0	0	9	23	47	83
Greater Yangon	135	186	203	256	331	432	576

出典：JICA 調査団

表 5.4 一日最大水需要量

Area	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
m ³ /day							
Yangon City	673,148	931,459	1,017,467	1,238,351	1,539,121	1,926,442	2,467,258
Periphery Areas	0	0	0	42,816	116,619	235,240	415,491
Greater Yangon	673,148	931,459	1,017,467	1,281,167	1,655,740	2,161,682	2,882,749
MGD							
Yangon City	148	205	224	272	339	424	543
Periphery Areas	0	0	0	9	26	52	91
Greater Yangon	148	205	224	282	364	476	634

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.2 ヤンゴン都市圏の一日最大水需要量

5.2 水源計画

5.2.1 貯水池系水源

ヤンゴン市へ供給される既存の貯水池系水源は、YCDC 管轄の Gyobyu、Phugyi、Hlawga 貯水池と、農業灌漑省 (MOAI) 管轄の Ngamoeyake 貯水池 (第 1 期及び第 2 期取水) から構成される。

新規水源としては、Ngamoeyake 貯水池の第 3 期取水 45MGD が予定されていたが、2012 年末、この第 3 期取水計画は中止となった。代わりに、Lagunbyin 貯水池の 40MGD の取水が MOAI に許可された。その内、30MGD が YCDC 用、10MGD が Thilawa SEZ 用となっている。以下に、YCDC が使用可能な計画貯水池水源量をまとめる。合計 225MGD が貯水池系の水源として将来活用できる。

表 5.5 貯水池系の将来水源量

水源	水源量		備考
	m ³ /日	MGD	
Gyobyu Reservoir (貯水池)	123,000	27	
Hpugyi Reservoir (貯水池)	245,000	54	
Hlawgar Reservoir (貯水池)	64,000	14	
Ngamoeyake (第 1 期: 貯水池)	205,000	45	
Ngamoeyake (第 2 期: 貯水池)	205,000	45	2013 年稼動予定
Lagunbyin	135,400	30	2013 年 1 月決定 (YCDC 用のみ)
合計	977,400	215	Thilawa SEZ 用を含めると 225MGD.

出典：JICA 調査団

5.2.2 地下水生産計画

現在の YCDC の地下水生産量は推定約 8MGD であり、全水源量の計画は、約 5% 不足である。井戸水源は除鉄設備が必要であり、東部、西部、南部に 1MGD の地下水を水源とする水道施設がある。地下水関係の水道施設は、井戸ポンプ（414 か所）や地下水用浄水場（4 ヶ所）である。河川沿いで地下水を補助水源（YCDC が保有する井戸）として配水管に直接注水している。これらの井戸水源は、小さい供給水量に比べ施設維持管理の負荷は大きい。

地下水取水の別の懸念事項は、過剰揚水による地下水位の低下やそれによる地盤沈下である。現在の YCDC の地下水生産水量及びヤンゴン市域の私有井戸の取水量の合計は 79MGD と推定された。ヤンゴン市における潜在地下水取水量は 83MGD であり、潜在取水可能量と取水量は現在ほぼバランスしている。今後、人口増加に伴い地下水取水量が増加すれば、地下水の低下及び地盤沈下等の災害のリスクが高まる。

バンコクでは、1980 年以降の経済発展に伴う大量の地下水利用により、帯水層において大幅な水位低下が起こり、地盤沈下や帯水層への塩水流入等の問題が生じた。なかでも地盤沈下は、チャオプラヤ川の堤防高の低下を招き、雨季における洪水リスクを増大させた。さらに、バンコク南部の海岸線の後退も引き起こしている。これにより、構造物の不同沈下を招き、建物・道路・橋梁等に損害を与えることで社会的損失を招いている²。

このような災害を未然に防ぐ意味からも、地下水取水は今後、管理され、低減されていく必要がある。本計画では、将来的に、河川水源が開発され、大量の浄水が効率的に供給可能になった時点でこれらの水源は、漸次廃止あるいはバックアップ水源とする。この期限は、以下に示す河川水源への移行が開始する 2025 年とする。

表 5.6 地下水生産計画

	2011	2020	2025	2030	2040
地下水取水量(MGD)	8	8	0	0	0
地下水取水量(m ³ /日)	36,000	36,000	0	0	0

出典：JICA 調査団

5.2.3 河川系水源開発

(1) 河川系水源開発への移行

ヤンゴン都市圏の 2025 年及び 2040 年の総日最大需要量は 273MGD 及び 634MGD である。一方、計画水源は貯水池水源の 225MGD（Thilawa SEZ 用を含む）のみである。2025 年及び 2040 年の水需要を賄うためには、河川系水源への移行が必要である。

(2) 対象河川の選定

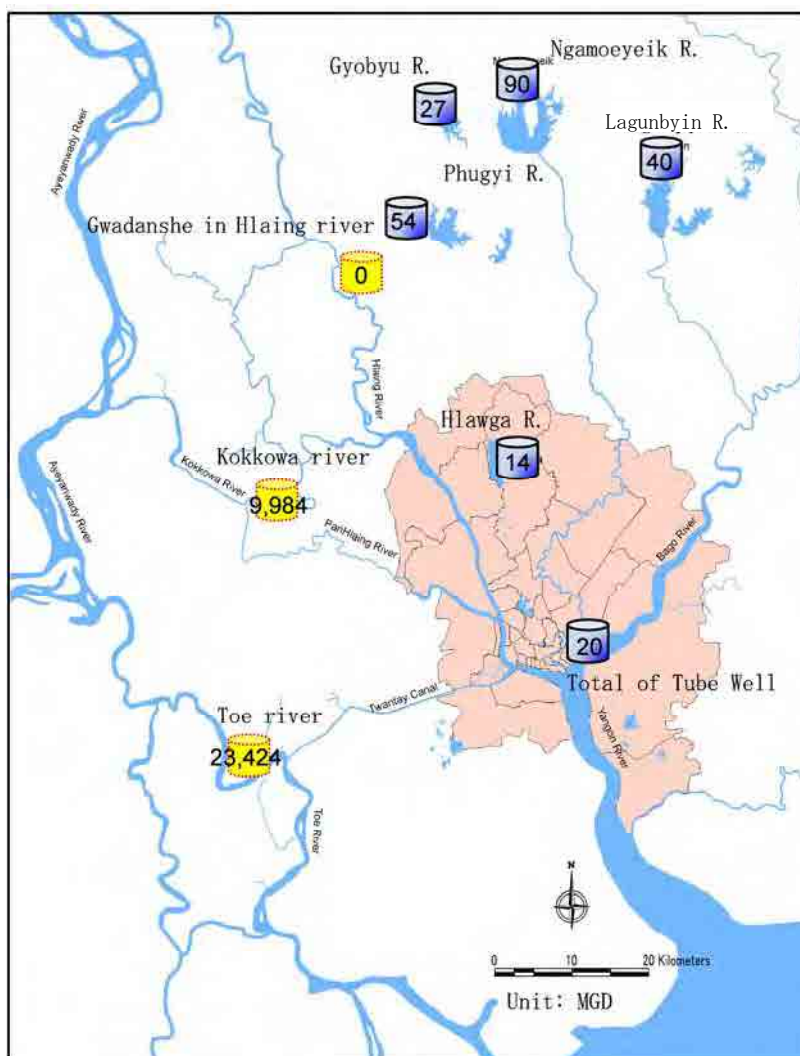
² バンコク首都圏における地下水揚水量規制に起因するインフラ構造物への影響評価、土木学会論文集 F4, Vol.66, No. 1 2010

1) Hlaing 川 (Gwedanshe 地区) 及び Bago 川

Bago 川の濁水流量は約 $1\text{m}^3/\text{s}$ (20MGD) と少なく、かつ塩分濃度を受けない取水地点はかなり上流になり従い、施設事業費が高くなるため、Bago 川での取水は計画から除外した (2002 年ヤンゴン市給水改善計画調査)。同調査では、Hlaing 川から $11.4\text{m}^3/\text{s}$ (220MGD) が取水可能であるとしていたが、その後、農業灌漑用のポンプ施設が設置されたことに加えて、さらに 89.64MGD ($4.7\text{m}^3/\text{s}$) の灌漑計画が存在している事が確認された。このため維持流量が $4.0\text{m}^3/\text{s}$ と想定すると、水道水源として取水可能な水量は存在しない。

2) Kokkowa 川及び Toe 川

将来の水源は、ヤンゴン市内から遠距離となるエイヤワディー川の派川である Kokkowa 川と Toe 川の二つに限定される。新規水源 (取水点) からヤンゴン市内を結ぶ管路は、長距離導水が必要となる。かつ河川からの直接取水であるため、原水の濁度は雨季には高くなることが確実である。原水調整池あるいは Pre-settling の施設が必要になる他、薬品注入量が多くなることが想定される。



出典: JICA 調査団

図 5.3 水源 (取水点) 候補位置図

(3) 河川水量の推定

現在、新規水源候補である河川では、流量観測ではなく水位観測が行われていることを確認した。調査団はこれら水位データを流量換算するため、農業灌漑省に流量、横断図測定の実施を依頼し、Kokkowa 川で 2012 年 8 月 10 日、11 月 24 日及び 2013 年 3 月 20 日、Toe 川では 2012 年 12 月 11 日及び 2013 年 3 月 18 日に行われた。なお、2012 年の測定は乾季の始まりで流量がまだ豊富であったが、得られた水位データを用いて流量に換算する事を目的とした。2013 年の測定は、換算して得られた最小流量の推定値が正しいことを確認するために行った（資料 B 参照）。

維持管理用水を考慮して 10 年渴水年流量の半量を取水可能とすると、Kokkowa 川で約 10,000 MGD、Toe 川で約 23,000 MGD が取水可能である。この可能量は 2040 年の需要量おおよそ 650MGD を問題なく満たす量である。

表 5.7 河川水源の開発ポテンシャル一覧

河川	河川流出量 (m ³ /s)	灌漑水量 (m ³ /s)	維持水量 (仮定) (m ³ /s)	潜在水資源使用可能量	
				(m ³ /s)	(MGD)
Hlaing River	11.4	2.3 (ポンプ容量) 4.7 (MOAI 計画)	4.4	0	0
Kokkowa River	1,045	12.0	525	520	9,984
Toe River	2,448	0	1,228	1,220	23,424

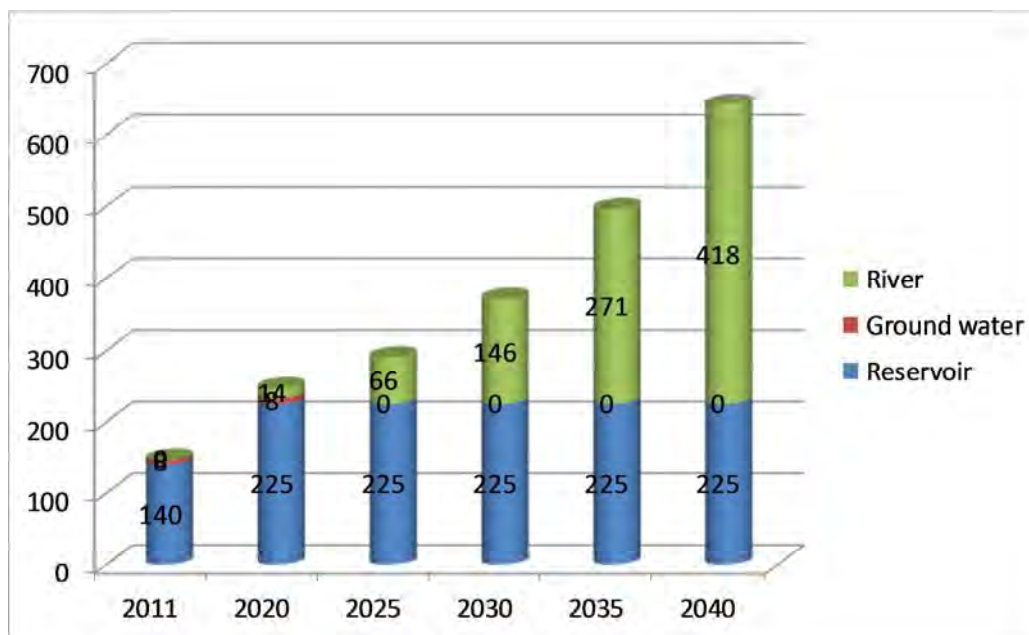
出典：JICA 調査団

(4) 河川塩分濃度

塩分濃度が水道水源としての基準以内に収まっているのかのチェックを行った。塩分遡上が最も激しくなると思われる上流で降雨が始まる直前の乾季の高潮時（2013 年 3 月）を選んで、水質調査を行った（資料 C 参照）。それによると、Kokkowa 川の塩分濃度は基準以下であったものの、Toe 川の予定取水地点（Twenty Canal 分離後の下流）では基準に近い値である。このため、Toe 川取水予定地点を含みその上流、下流地点の調査を行った。この結果、取水地点を Twenty Canal 分岐点の上流に移せば、Toe 川からの取水に問題がないことが判明した。但し、今後も塩分濃度調査を継続し、Toe 川からの取水に問題がないことを確認する事が望ましい。

5.2.4 水需要量の増加と必要水源開発

2040年までのヤンゴン都市圏の計画水源内訳を下図に示す。



出典：JICA 調査団

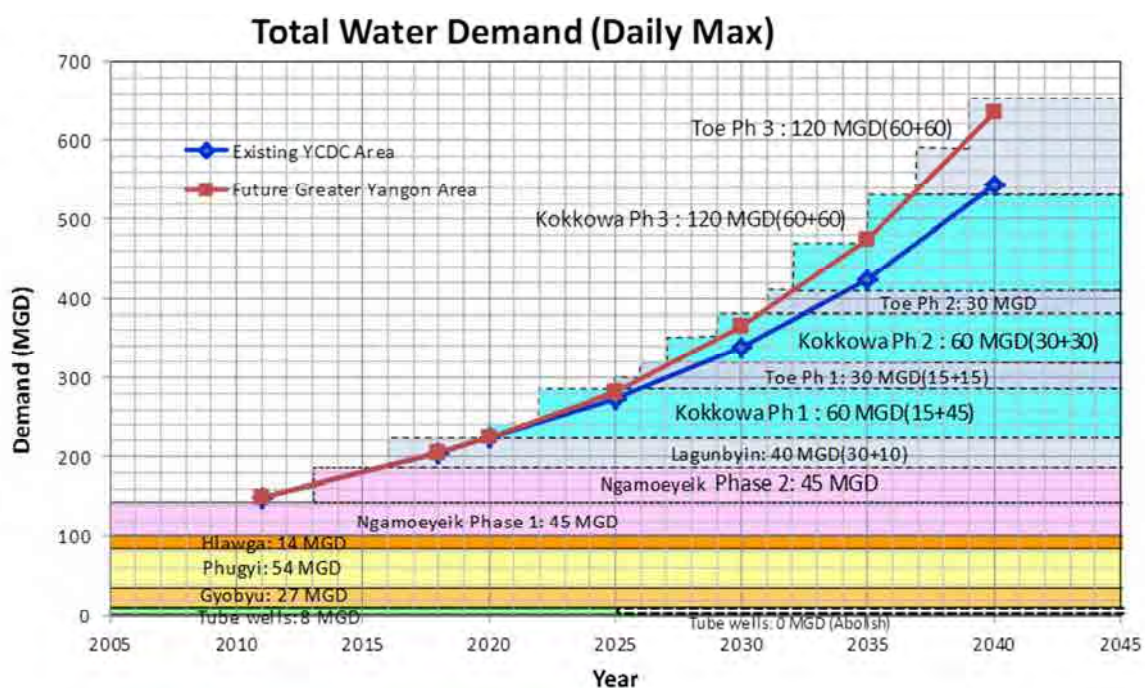
図 5.4 ヤンゴン都市圏の計画水源内訳

水需要量の予測と水源開発と施設計画から5年ごとの需給収支は下表、下図のとおり計画される。5年ごとの需要量に応じてKokkowaは3期計画、Toeは3期計画と設定した。各期は浄水場の施設計画により2系列に分割される。図からは需要量の動向に応じて、KokkowaやToeは1系列を前倒して運用される可能性があることが読み取れる。

表 5.8 段階的な水源開発計画

Water Source	Commissioning Year	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
Groundwater								
Tube well	Existing	8	8	8	0	0	0	0
Reservoirs								
Gyobyu	Existing	27	27	27	27	27	27	27
Phugyi	Existing	54	54	54	54	54	54	54
Hlawga	Existing	14	14	14	14	14	14	14
Ngamoeyeik 1	Existing	45	45	45	45	45	45	45
Ngamoeyeik 2	2013	0	45	45	45	45	45	45
Lagunbyin	2016	0	40	40	40	40	40	40
Sub-total		140	225	225	225	225	225	225
Rivers								
Kokkowa	2020, 2022, 2027, 2029, 2032, 2035	0	0	15	60	120	240	240
Toe	2025, 2026, 2031, 2037, 2039	0	0	0	15	30	60	180
Sub-total		0	0	15	75	150	240	420
Total		148	233	248	300	375	540	645
Total Demand		148	205	224	282	364	476	634

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

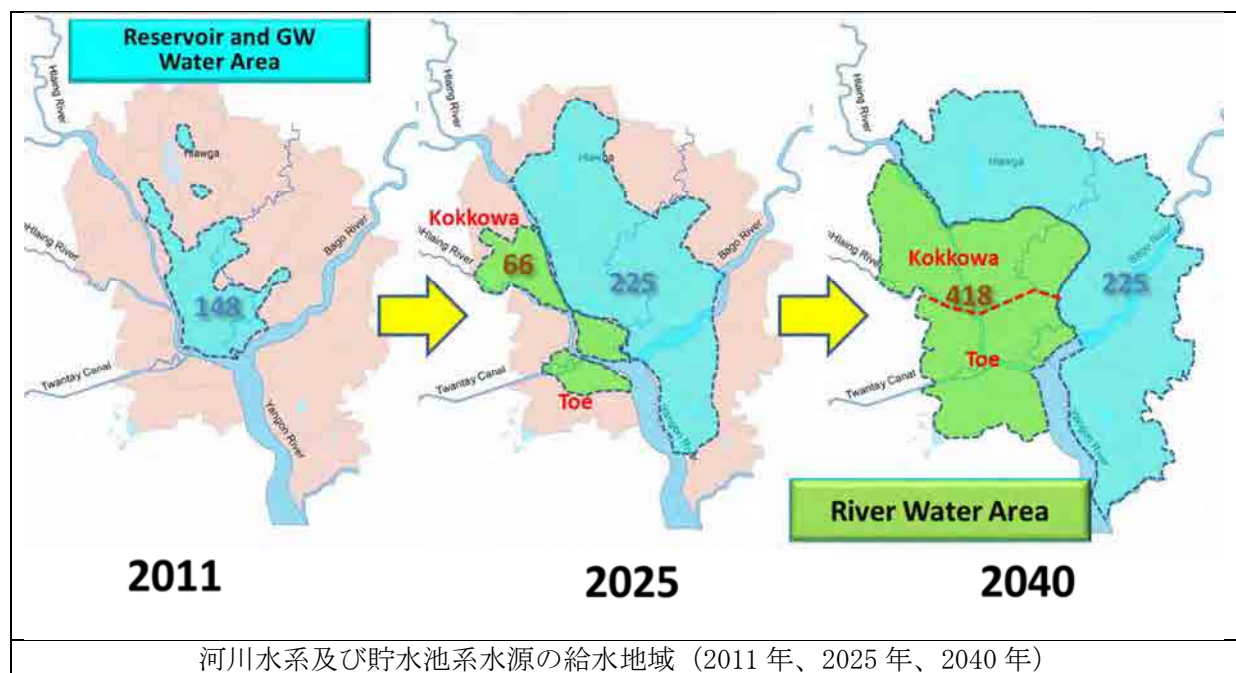
図 5.5 需要量に応じた段階的水源開発計画

5.3 水需要量と水源水量収支

2040年及び2025年のヤンゴン市とヤンゴン都市圏の水需要と水供給の広域バランスを推定する。以下は計算条件である。

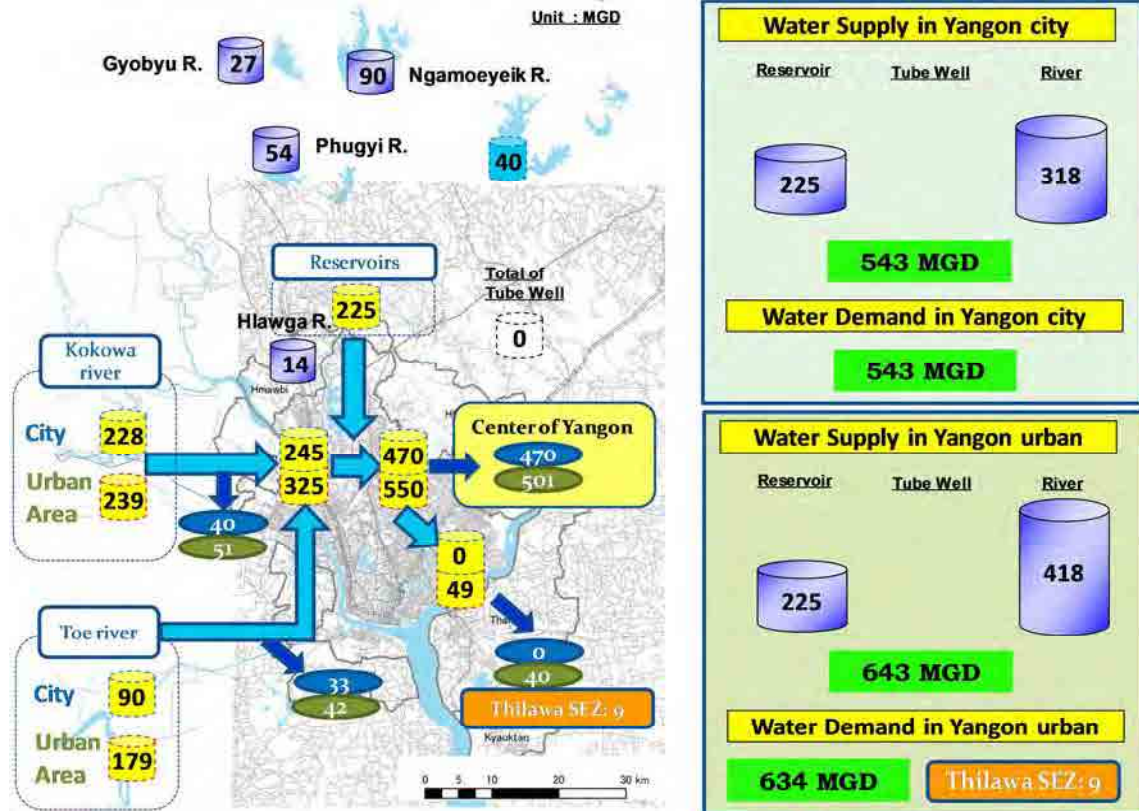
- 水需要量は前節での予測のとおりである。
- 貯水池水源は2025年で合計225MGDとなり、以降は増加しない。
- 貯水池水源の活用後は、西部の河川水源に移行する。
- 河川水源に移行後は、非効率的な地下水水源を順次停止していく。
- Thilawa SEZの水需要量を9MGDとする。
- 2040年のヤンゴン市とヤンゴン都市圏の総水需要はそれぞれ、543MGDと643MGD（Thilawa SEZ用の需要量を含む）である。

河川水系及び貯水池系水源の給水地域の推定結果を下図に示す。2025年及び2040年のヤンゴン都市圏の水道水広域水収支を図5.7及び図5.8に示す。



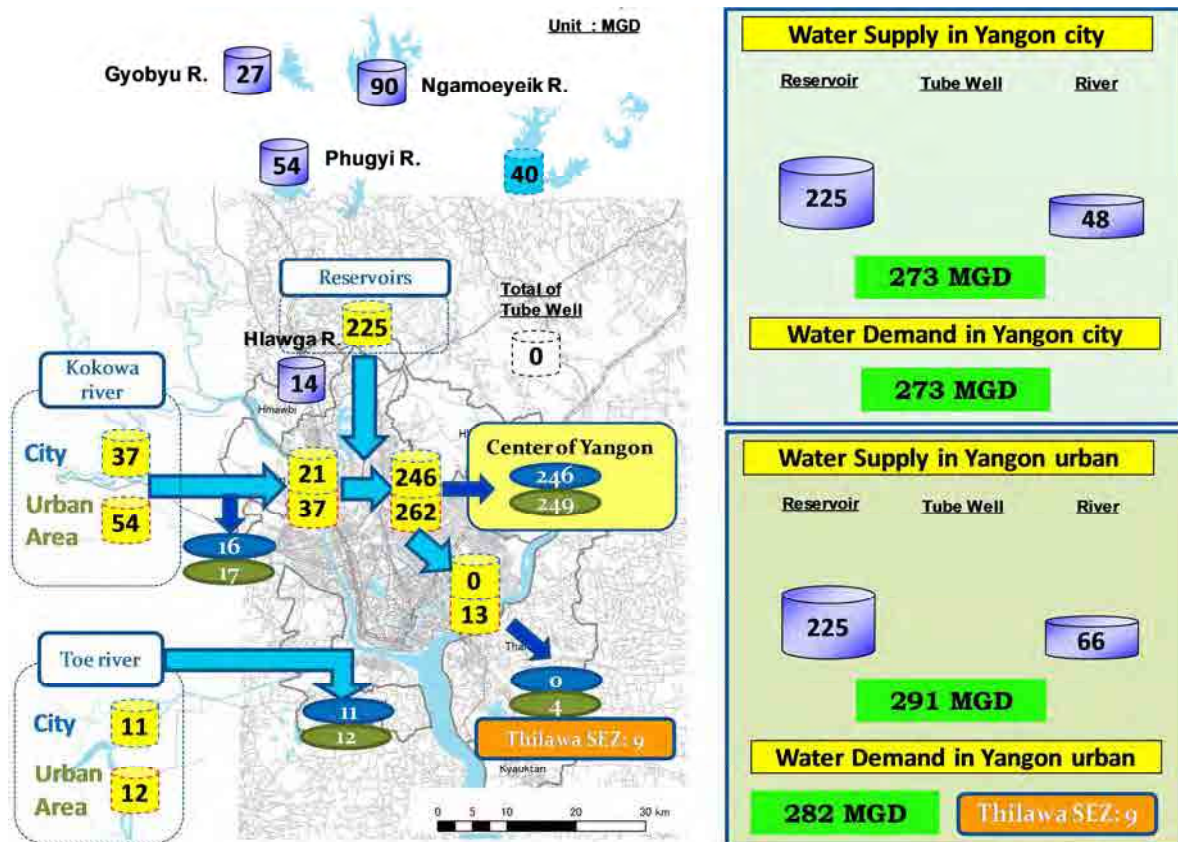
出典：JICA 調査団

図 5.6 水道水源別の給水地域



出典：JICA 調査団

図 5.7 ヤンゴン都市圏の水道水広域水収支 (2040年)

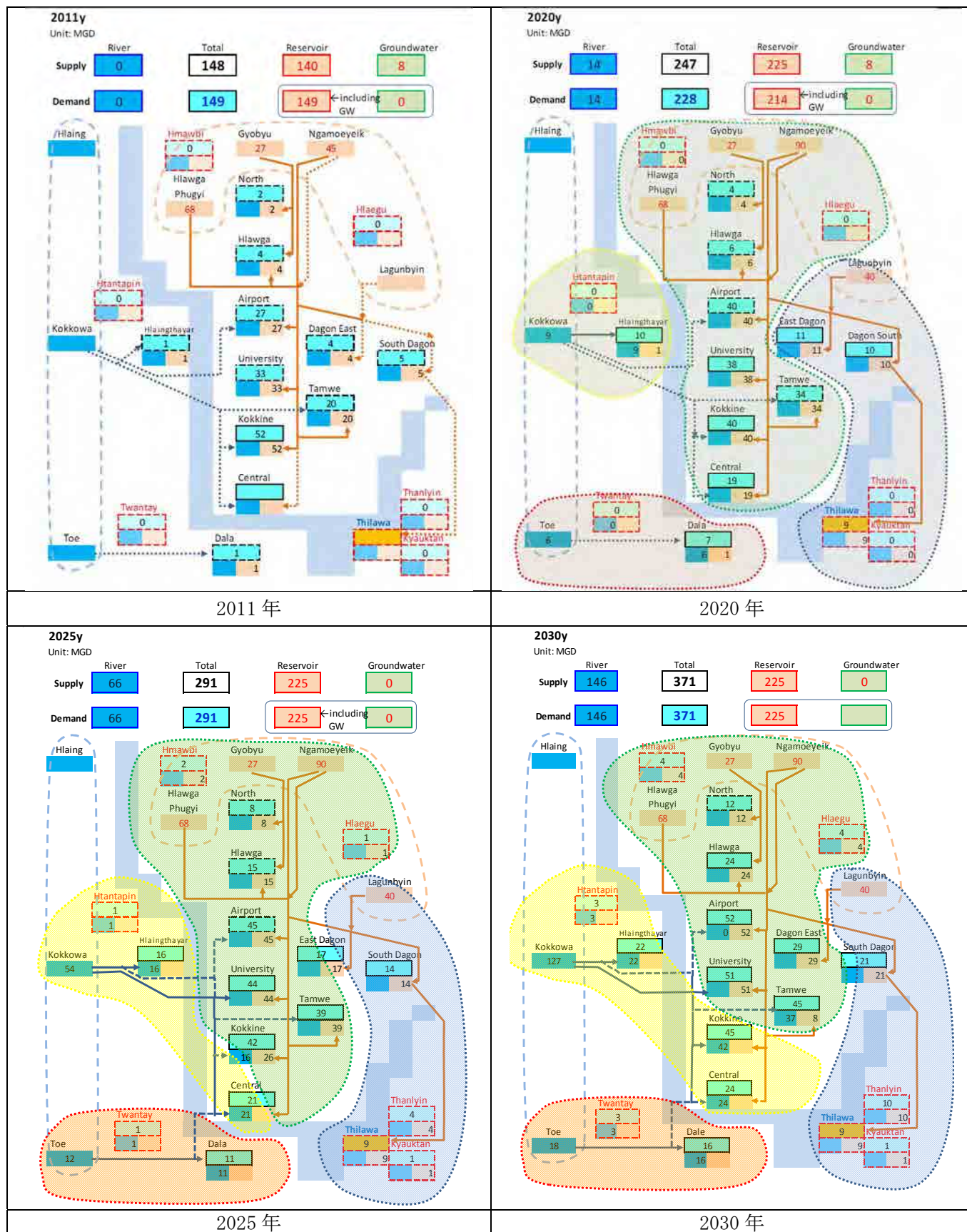


出典：JICA 調査団

図 5.8 ヤンゴン都市圏の水道水広域水収支 (2025年)

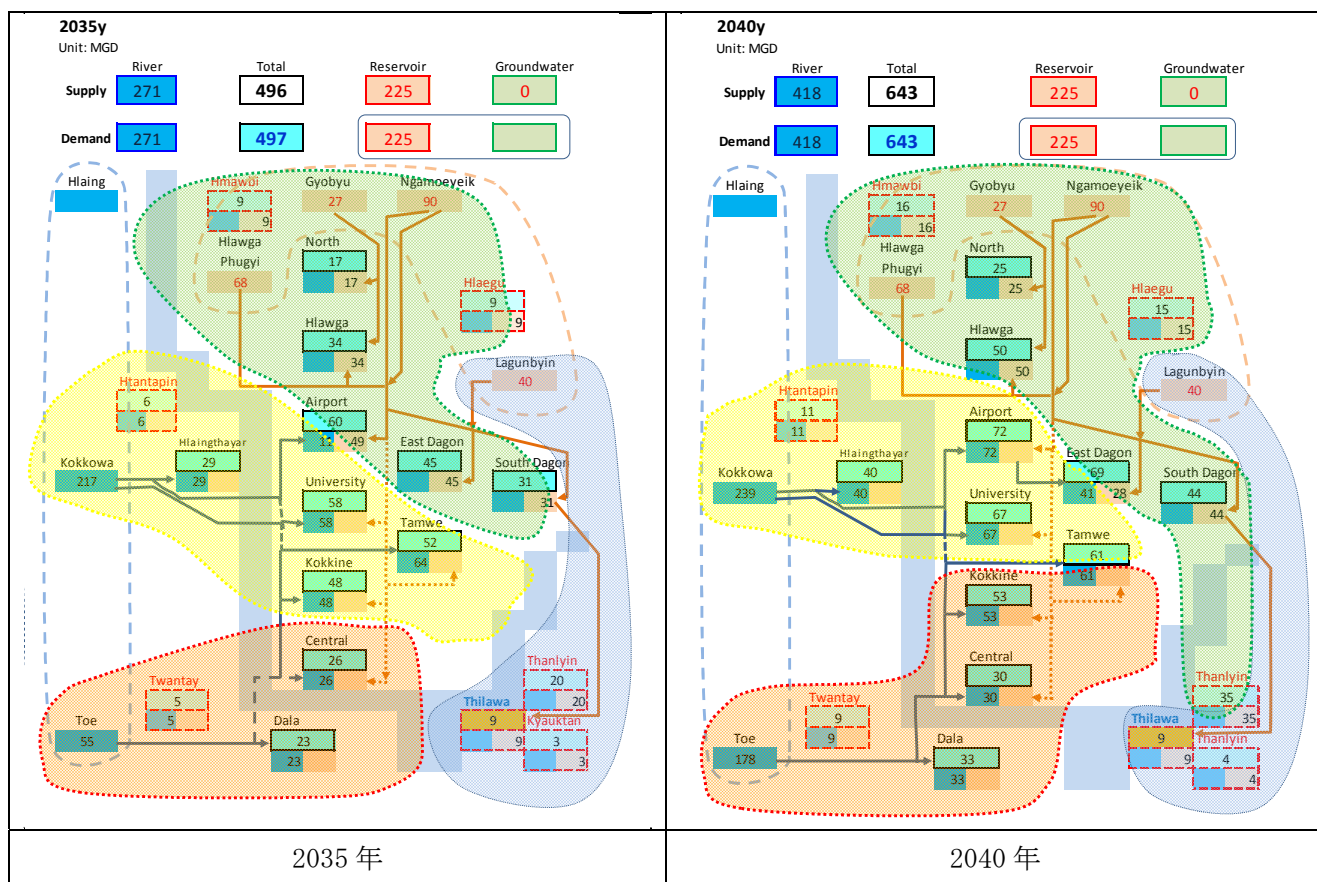
5.4 基幹水道システムの検討と水運用計画

各配水区への5年ごとの送水運用計画を図5.9～5.10に示す。基幹水道システムとして、浄水場と配水池を結ぶ送水管の計画路線（2040年）を図5.11に示す。これらの路線は既存及び計画浄水場の位置を基に、YCDCと路線調査により選定されたものである。この図には2040年までに整備される施設が示されており、2025年までに整備される施設は図5.12の通りである。図5.11および図5.12の送配水施設は、図5.9～5.10の水運用を満たすように設定される。



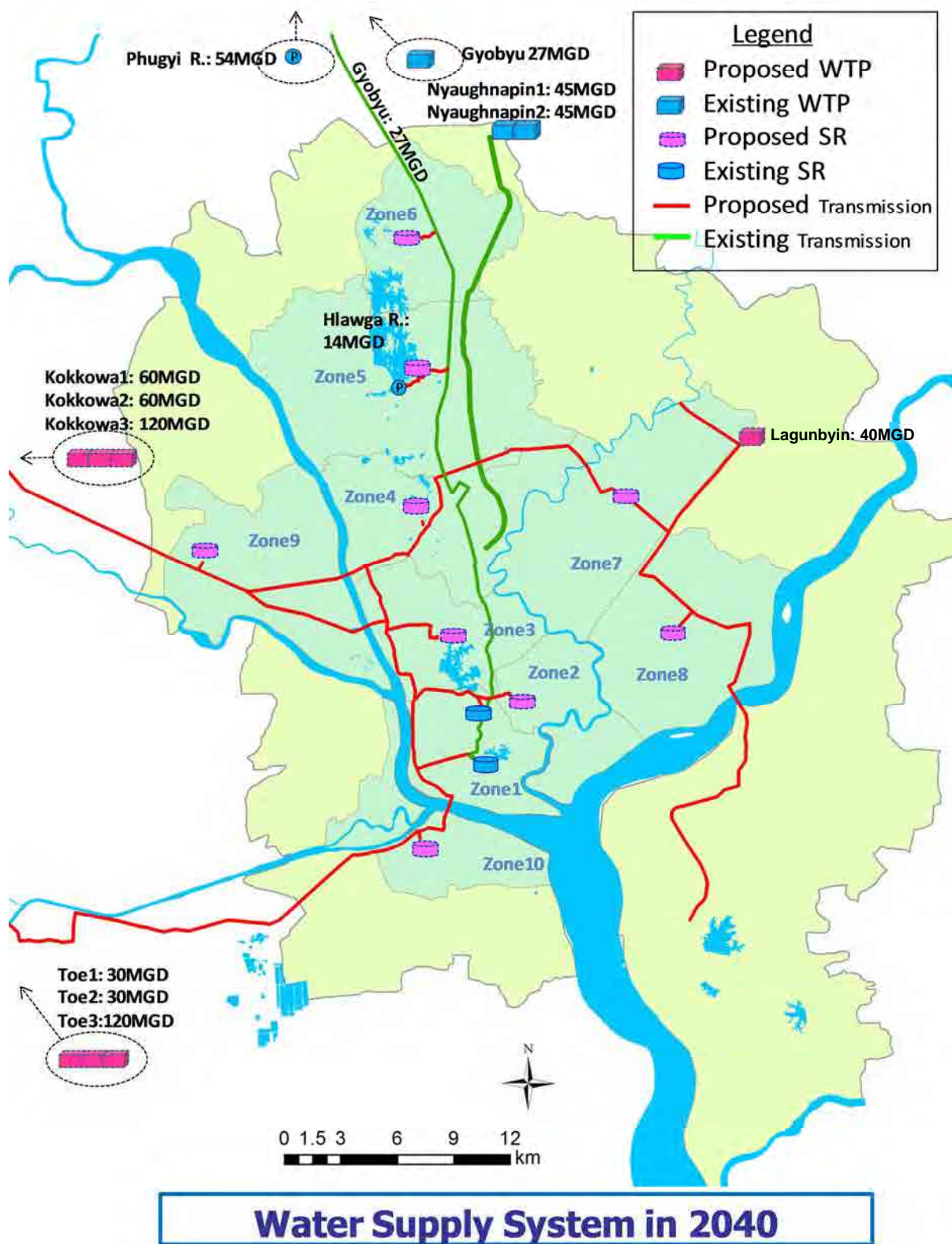
出典：JICA 調査団

図 5.9 水運用計画 (2011年～2030年)



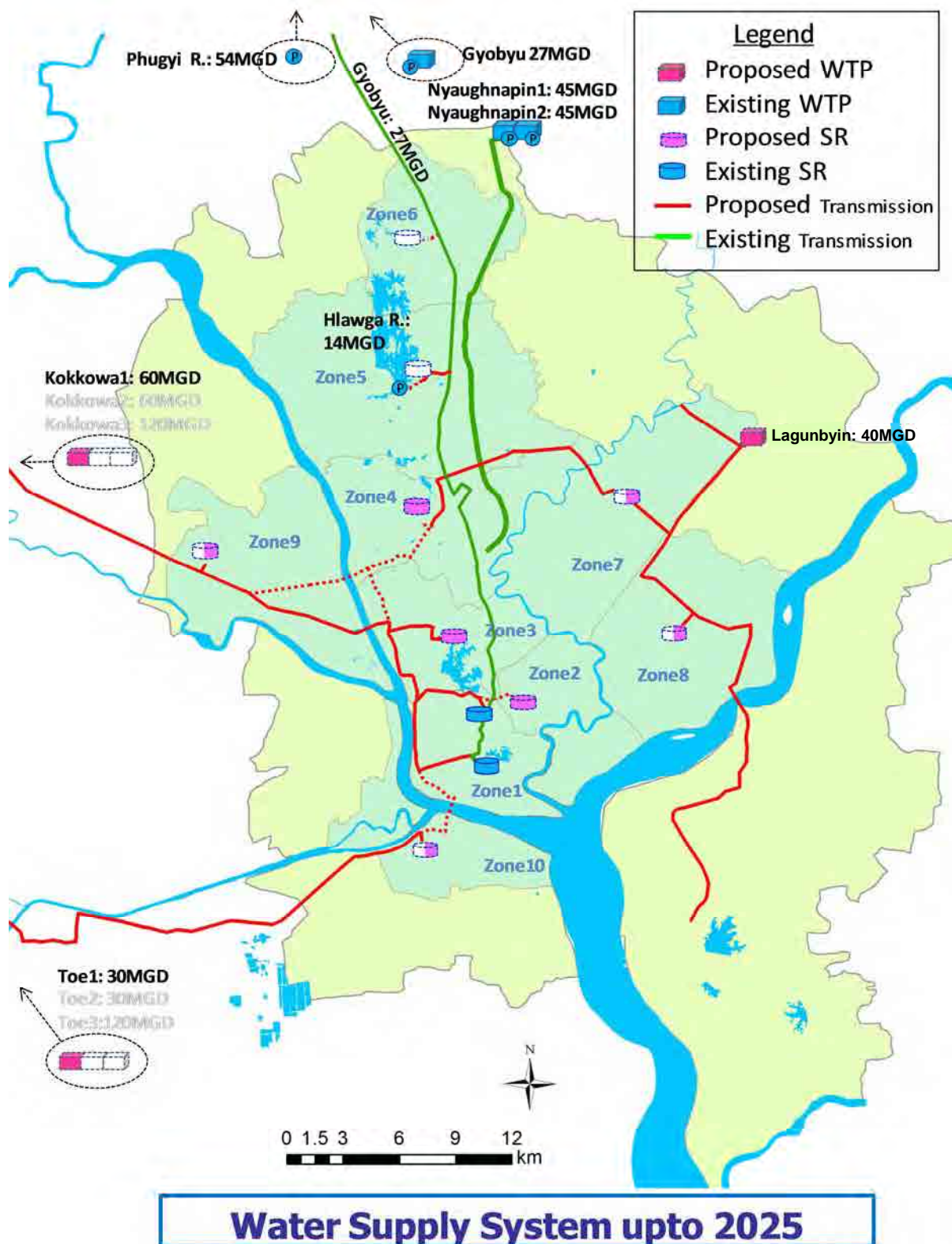
出典：JICA 調査団

図 5.10 水運用計画 (2035年～2040年)



出典：JICA 調査団

図 5.11 主要施設（浄水場、送水管、配水池）と配水区(2040年)



出典：JICA 調査団

図 5.12 主要施設（浄水場、送水管、配水池）と配水区(2025年)

第6章 上水道計画

6.1 計画方針と諸元

6.1.1 水道計画方針

1. 計画対象地域

調査対象地域は、ヤンゴン都市圏（YCDC 全域の 33 タウンシップに、Thilawa SEZ を含む周辺 6 タウンシップ）である。従い、水源計画、送水施設計画はヤンゴン都市圏を対象とした。ただし、YCDC 区域外の水道事業の実施主体は、YCDC ではなくヤンゴン地域（各タウンシップ）であるため、周辺区域への施設実施に当たっては YCDC 及び地域政府との協議が必要となる。なお、配水施設計画は、周辺 6 都市を除外し、ヤンゴン市を対象とした。周辺 6 都市の配水施設を、ヤンゴン市の隣接する配水区に併合するケース、独立して設定するケース、各タウンシップで首都圏に含まれていない地区をも配水区とするケース等、もろもろの代替案があるが、どの案を採用するかは事業実施前に検討の上、決定する必要がある。いずれの場合でも、水源は確保されている。ただし、送水施設を YCDC と共同にするのか、単独で実施するのかは、検討する必要がある。

2. 給水状況改善方針

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

表 6.1 給水状況の改善目標を達成するための方針

目標項目	新規施設	既存施設
1. 水道普及率の増加 (35%から 69%)	<ul style="list-style-type: none"> （増大する水需要量に対応する水道施設の整備） 河川表流水源の新規開発と浄水場の新設（貯水池系水源 Lagunbyin、河川系水源 Kokkowa 川、Toe 川） 送水施設の整備 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水の取水の休止（バックアップとする）
2. 適切な水圧で 24 時間給水の達成	<ul style="list-style-type: none"> 送配水機能の分離を含む送配水施設の合理化 送配水能力の整備 10 配水区の配水施設の整備 	<ul style="list-style-type: none"> 送配水機能の分離を含む送配水施設の合理化 送配水能力の増強 既存 Central 配水池と Kokine 配水池の改修 配水合理化に伴う既存ポンプの変更 配水合理化に伴う既存 Yegu 中継ポンプ場の廃止
3. 消毒された浄水の供給	<ul style="list-style-type: none"> Hlawga の消毒設備の導入 新設配水池での塩素消毒 水質管理センターの設置 	<ul style="list-style-type: none"> Gyobyu 浄水場の改修 Nyaunghnapin 浄水場の改修
4. 漏水率の削減 (50%から 10%)	<ul style="list-style-type: none"> 給水普及地域での DMA の設定 水道メータの全戸設置 配水管理センターの設置 	<ul style="list-style-type: none"> DMA の整備、SCADA の活用 DMA の整備に合わせた老朽管の計画的な更新

出典：JICA 調査団

6.1.2 計画諸元

上水道計画で用いる計画諸元は下記の通りとする。

表 6.2 上水道計画の計画諸元

◆計画水量	一日最大配水量
◆取水施設	
計画取水量	1.10 x 一日最大配水量
◆浄水場	
計画浄水量	1.05 x 一日最大配水量
浄水処理プロセス	薬品凝集→沈殿→急速ろ過→塩素消毒→浄水池
排水処理プロセス	天日乾燥と汚泥再利用
送水管	一日最大配水量
◆配水計画	
配水池の容量	一日最大配水量÷3；8時間分の貯留容量
配水方式（中央部）	高地：ポンプ圧送方式、低地：自然流下方式
配水方式（周辺部）	ポンプ圧送方式
時間係数	1.5 x 一日最大配水量
配水管理区画（DMA）の規模	4,200 接続程度を目途
配水管計算式	Hazen-Williams 式、C 値=110（新設管）、90（既存管）

出典：JICA 調査団

6.1.3 浄水場の計画方針

(1) 浄水場の位置と計画水量

既存の貯水池水源の浄水場は Gyobu と Nyaunhnabin である。これらの施設は設備交換および消毒設備の追加による改修を考える。Hlawga 貯水池（及び同貯水池に流入する Phugyi 貯水池）は浄水場が設置されていないが原水濁度が低く安定しているため消毒設備を追加する。なお、水源の水質測定では、雨季の原水濁度：22NTU、乾期の原水濁度は 11NTU であった。

貯水池系の新設浄水場は Lagunbyin である。新設の浄水場は、Lagunpin 貯水池から流出する Lagunbyin クリーク（灌漑用水路）を通り、途中 Ngamoeyeik クリークと合流する。その合流地点下流は、ヤンゴン市境界であり、ここで取水を行う。クリークに取水路を設置し、取水施設の近傍に用地を確保し、新設の浄水場を配置する計画である。

河川表流水の水源は、第 5 章の水源計画で述べたように、Kokkowa 川、Toe 川とする。新設の浄水場は、河川から取水し、取水施設の近傍に用地を確保し、新設の浄水場を配置する。

用地の選定にあたっては、環境社会配慮の観点より、(1) 国有地・YCDC 所有地、(2) 私有地だが使用されていない土地、(3) 私有地で住居がない場所、の優先順位をつけている。非自発的住民移転の発生、及び生計への影響を可能な限り避ける方針とする。

以下に浄水場の計画をまとめる。

表 6.3 計画浄水場能力

区分	名称	浄水能力 (MGD)	浄水能力 (m ³ /日)	必要敷地面積 (ha)	内容
既設	Gyobyu	27	123,000	既存	既存浄水場の改修、塩素消毒設備の付加
	Hlawga + Phugyi	68	309,000	既存	塩素消毒設備の付加
	Nyaunghnapin	90	410,000	既存	既存設備の更新、塩素消毒設備の付加
新設	Lagunbyin	40	182,000	21	貯水池系
	Kokkowa	240	1,091,000	125	表流水系
	Toe	180	818,000	94	表流水系
合計		645	2,933,000	240	

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 6.1 取水点と浄水場位置

(2) 取水地点と水利権

表流水系の取水地点については、水量が確実に取れ、塩分遡上が見られないところを選定する。次いで、工事の容易さ、需要地に近い所が事業費の面で望ましい。水量の点から言えば、Kokkowa川、Toe川共に全川に渡って水量が豊富であることが判明し、制約条件とはならない。海水遡上による塩分濃度については、乾季の調査結果、塩分遡上のない地点とした。候補取水地点は、YCDCと協議の結果、主要道路に近くヤンゴンにも比較的近い地点を選定した、

なお、わが国と異なり、ミャンマーには自然河川に対する水利権の概念はないようである。貯水池の建設・運営を担っている農業灌漑省によると、当該河川であるKokkowa川、Toe川の水使用に対する水利権はないとのこと。あるとすれば、内陸水運を管轄する省庁にあるのではないかと。同省では、恐らく内陸水運に影響を及ぼす多量の取水は許可しないと思われるが、本計画の取水量は渇水流量の一部であるため、影響はないものと判断している。

表 6.4 取水地点選定の条件

検討項目	制約条件	Kokkowa川	Toe川
水量	取水量を上回る地点	どこでも可	どこでも可
水質、特に塩分	塩分遡上がないこと	問題なし	TwantayCanal 分岐上流で塩分遡上の影響がなかった。
需要地への距離	近い	技術的に可	技術的に可
工事の容易、困難さ	近くに道路があること	近くに道路がある	近くに道路がある
土地用途	公共用地がベスト、次善は農地	農地	農地

出典：JICA 調査団

Lagunbyin貯水池系の取水地点については、灌漑省指定の農業用水路近傍のYCDC用地を取水点として仮選定した。ただし、2013年2月下旬の水路状況を見ると水深が浅く、果たして所定水量が支障なく取水できるかは疑問である。代替案として、水路の浚渫、水路への流入河川であるNgamoyeik川からの導水管による取水あるいはNgamoyeik川からの直接取水の3案がある。これについてはF/Sで検討の上、決定する。

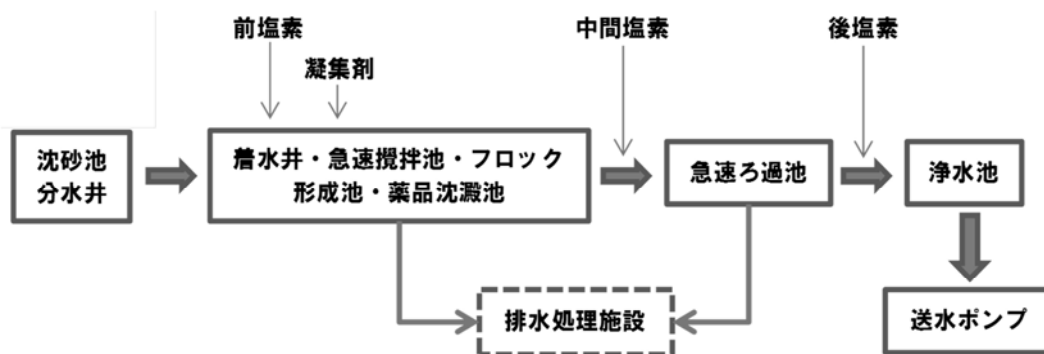
(3) 浄水処理方式

浄水処理の対応技術は、濁度、藻類、微生物など不溶解性成分と異臭味、色度、有機物、消毒副生成物、無機物などの溶解成分とに分けられる。

水質試験結果から、農薬等は検出されておらず特別な処理を付加する必要は無いことから、表流水源の最も一般的な浄水処理プロセスである「凝集沈澱+急速ろ過」方式を採用する。同方式は特殊な設備はなく、YCDCは独自で修繕が可能である。

凝集剤やpH調整剤等の薬品注入に関しては、ジャーテスト等を行った上で決定する必要があるため、既存のNyaunhnapin浄水場と同様の方法（凝集剤として海外調達品のPACを使用）を採用する。実施段階では現地水質試験（ジャーテスト等）を行い、凝集剤の選定及び注入率の設定、pH調整の必要性等の検討が必要である。

河川の原水は雨季に高濁度になり、沈殿・ろ過処理に悪影響を及ぼすため、取水地点に沈砂池（Pre-settling Basin）を設け、濁度を低減させることで凝集剤の使用量を極力低減させる。



出典：JICA 調査団

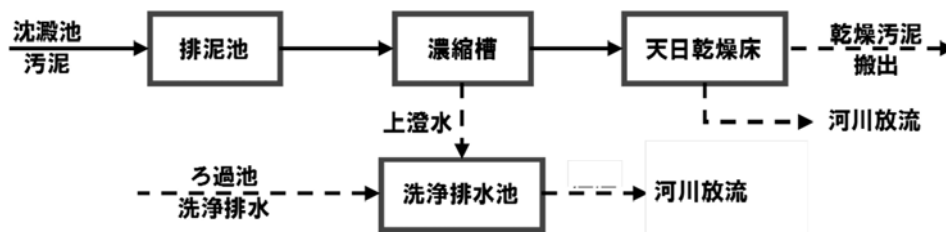
図 6.2 浄水処理フロー

(4) 排水処理

排水処理方式は、原水の水質、排水の量と質、スラッジの性状、発生ケーキの処分方法、維持管理の難易、用地面積、建設費などを勘案して決定される。

排水処理施設は、一般的には、排水池、排泥池、濃縮槽等から構成され、その後段に、天日乾燥、機械脱水等の脱水設備が付加される。

河川浄水場建設予定地周辺は市街地から遠く離れ、また Lagunbyin 浄水場建設用地も周辺は農地であることから、土地確保が容易であると想定される。従って、脱水方式は、必要用地面積が広いが、経済性・省エネルギーに優れた天日乾燥方式を採用する。



出典：JICA 調査団

図 6.3 排水処理フロー

(5) 消毒設備

水道水質の安全性の面から、全ての浄水場に塩素消毒設備を設ける。薬剤は、液体次亜塩素酸ナトリウムを採用する。

(6) 受変電設備

浄水場予定地近傍には送電線設備がないため、近傍の送電線より分岐し浄水場に受変電設備を設ける。

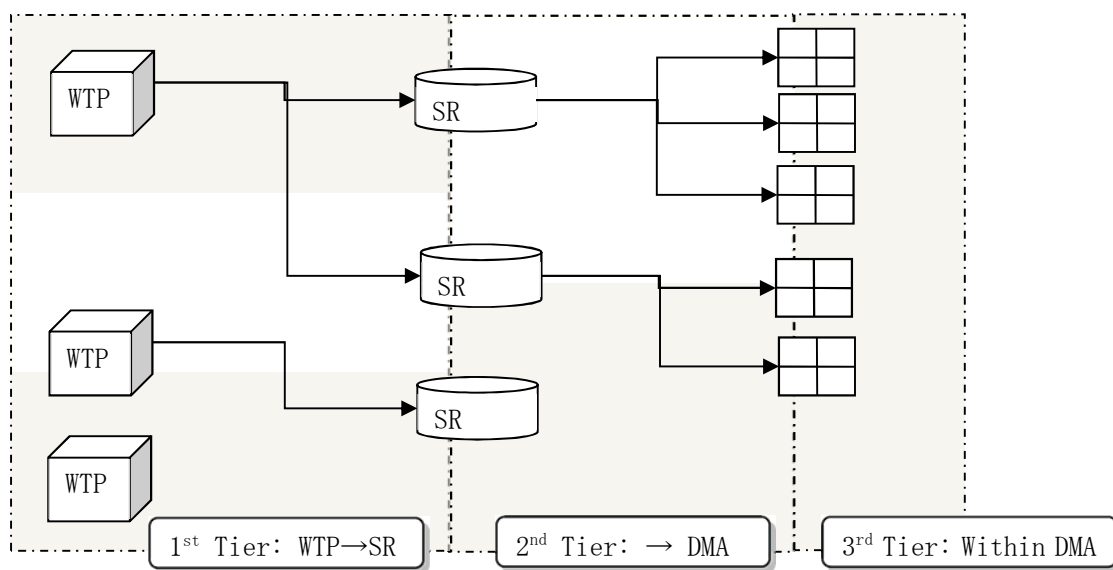
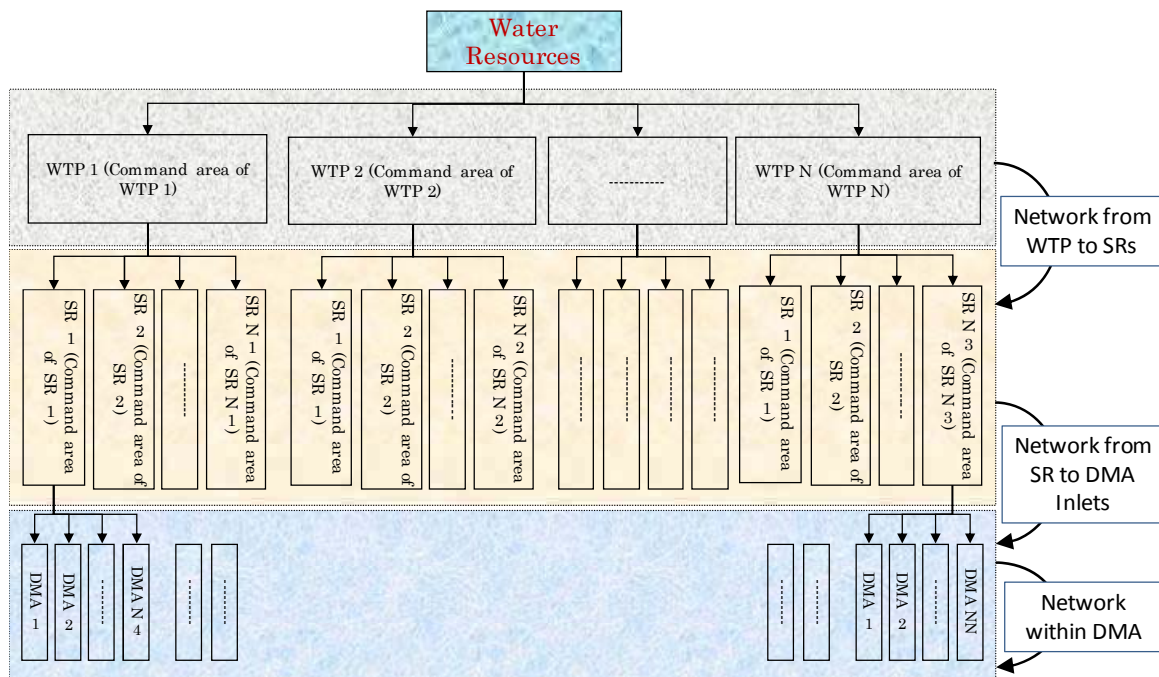
6.1.4 送配水計画方針

(1) 3階層送配水管理システムの導入

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

均等給水の実現、無収水の削減を実施する目的で、①浄水場から配水池、②配水池から各DMA、③DMAから給水栓の3階層の送配水システムを提案する。3階層の配水システムの概念図を以下に示す。この3階層送配水システムにより、送配水管の分離を図る。3階層方式の導入により、一体で運用している送配水管の機能を分離する。浄水場と配水池を結ぶ送水管からの各戸給水を止め、給水はDMA内の配水小管からとする。また、送水管（浄水場から配水池）、配水本管（配水池あるいは配水ポンプからDMA）は各々の専用配管とする。

市内全体を配水区（ゾーン）に分け、各配水区には需要量に応じた配水池を設け需要量の時間変動に対応する。配水区をさらに分けDMA（District Metered Area）を設定する。これにより、各配水区への送水量及び配水区内のDMAへの流量の監視・制御をする。この階層間の流量を監視・制御することで均等給水、適正水圧を確保する。これらの監視・制御をするツールとしてSCADAを用いた水運用センターを設ける。



出典：JICA 調査団

図 6.4 3 階層送配水システムの概念図

(2) 配水区の設定

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

(3) DMA の設定

配水区内部は、適切な規模のブロックに細分し DMA を設定する。DMA への流入管は原則 1 箇所とし、水圧・流入量を監視・制御し、均等供給を図る。DMA のもう一つの目的は、無収水量の削減対策にある。DMA への流入量と DMA 内の使用量を比較することで、容易に無収水率が算定できる。無収水削減対策は、無収水率の高い DMA から行うことが効果的である。DMA のサイズは数千件が妥当とされている。配管状況、道路状況から DMA を設定する。

(4) 需要の動向を考慮した基幹（送水）施設の配置

2025 年の需要量 291MGD (Thilawa 含む) に対し、Lagunbyin(40MGD)、Kokkowa 一期 (60MGD) の建設により供給能力は 300MGD に増強されるため、需要量は賅う見込みである。

一方、2040 年の需要量は 643MGD と 2025 年対して 2.2 倍に増加する見込みであり、この水量は貯水池系の水源量では賅いきれない。このため水源計画では、水源量が豊富なヤンゴン市西側のエーヤワディー川水系の河川水を開発し、市内へ水道水を供給する。この供給に伴い貯水池系の供給範囲は 2025 年時点の市内全体から、市の北東側へシフトし河川系の供給範囲が西側から徐々に拡大される。

従って、2025 年～2040 年の送水計画（水運用計画の項を参照）は、需要増加に対応するため、

- ・送水ポンプの追加
- ・段階的な送水管路の延伸
- ・配水池の増築
- ・配水池の流入管切り替え
- ・配水ポンプの追加

の整備が必要となる。水需要に応じた段階的な投資を行うため、新設配水施設は複数系統の構造とする。

6.2 配水区（ゾーニング）計画

3 階層送配水システムの第 2 階層に当る配水区を設定する。なお、配水区についてはヤンゴン市のみを対象とした。配水区の設定後、浄水場とのリンクを図る第 1 階層に当る送水（基幹）施設を次節で計画する。

(1) ゾーニング設定の考え方

配水区設定条件を以下に示す。

<設定条件>

○水量条件

2040 年のワードごとの需要配分

○水圧条件

末端水頭 15m（日本の指針を適用）

○人為境界

道路境界、タウンシップ境界を考慮

○配水区（ゾーン）選定

水量条件と配水候補地の位置より区画

○自然流下系の配水区域の設定

水圧条件と地盤高により設定

(2) 配水池位置及び配水区計画

配水池の候補地および配水区を図 6.5、表 6.6 に提案する。配水区ごとの詳細は資料 E に示す。これらの用地は、ヤンゴン市内における標高図、航空写真および現地視察により設定した。また、表 6.7～6.9 に配水区別の給水人口と一日最大配水量を示す。

(3) 配水池候補地の取得状況

YCDC は提案された候補地を取得するため土地使用者と協議を行っている。この結果、幾つかの土地は取得できず近傍の代替地に変更されている。その詳細を資料 E に示す。

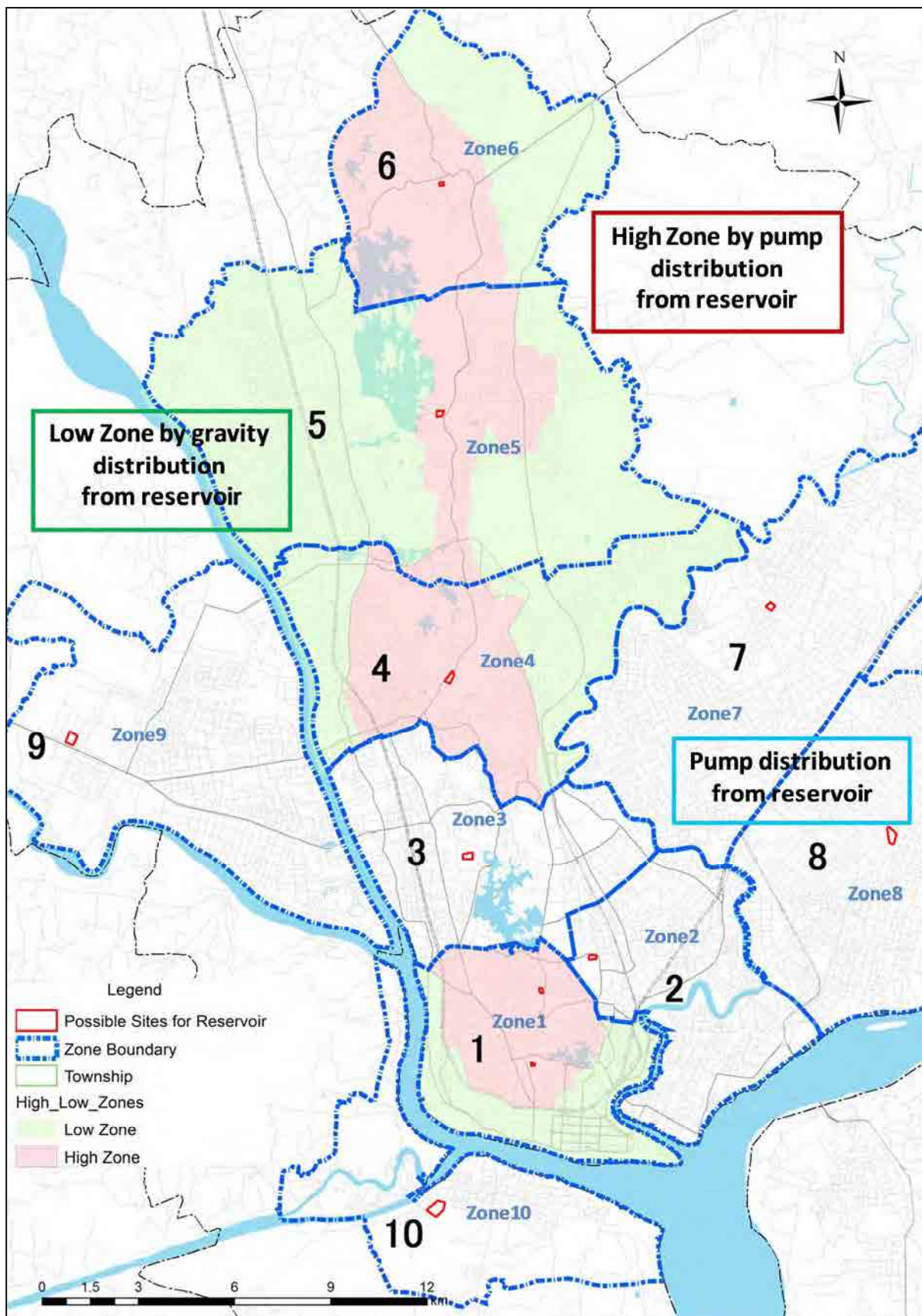
(4) 高区・低区配水区の設定

配水区内の給水圧を確保するため、配水区内の低区には自然流下方式で、高区にはポンプ圧送方式にて配水する。高区（ポンプ配水）及び低区（自然流下配水）地域を下表及び図 6.5 に示す。

表 6.5 高区・低区配水地域の設定

配水区	配水区名	供給先 TS TS グループ	配水池候補地	2040 年需要量 (MGD)		
				ポンプ配水区	自然配水区	合計
1	Central area	CBD (Latha, Lambadaw, Pabedan, Kyaktada, Botataung, Pazundaung), IUR (Ahlone, (E) Kyeemyindaing, Sanchaung, Dagon, Bahan, Tamwe, Mingalaa Taung Nyunt, Seikan)	Kokine	0	53	83
			Central	30	0	
2	Tamwe、Taketa	IUR (Tamwe, Dawbon), OR (Yankin, Thingangyun), OS (Thaketa)	Kyaikkasan Playground area	61	0	61
3	Hlaing	IUR (Kyeemyindaing, Sanchaung, Bahan, Tamwe) NS (Mayangon, Insein) OR (Kamayut, Yankin, Hlaing,) OS (South Okkalapa)	Near Yangon University Hlaing Campus	67	0	67
4	Mayangon	NS (Mingaladon) OS (North Okkalapa) NS (Insein)	Near Airport	22	50	72
5	Mingaladon, Shwe Pyi Thar	NS (Mingaladon, Insein) NewS (Shwe Pyi Thar)	Near Survey Dept Benchmark	12	38	50
6	North side	NS (Mingaladon)	Hlawga Road Side near Htauk Kyant	10	15	25
7	East side 1	East Dagon, North Dagon	East Dagon	69	0	69
8	East side 2	South Dagon, Dagon Sekkan	South Dagon	44	0	44
9	West side	Hlaingthya	Hlaing Tharyar	40	0	40
10	South side	Dala, Seikgykhananungto, Kyeemyindaing	Dala	33	0	33
			合計	388	156	544

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 6.5 自然流下系の配水区およびポンプ圧送系の配水区

表 6.6 配水区と配水池候補地

番号	配水区名 (仮称)	供給先 TS TS グループ	配水区 面積 (km ²)	配水池候補地	候補地 の標高 (m)	必要敷地 面積(m ²)	2040年 需要量 (MGD)
1	Central area	CBD (Latha, Lambadaw, Pabedan, Kyaktada, Botataung, Pazundaung), IUR (Ahlone, (E) Kyeemyindaing, Sanchaung, Dagon, Bahan, Tamwe, Mingalaa Taung Nyunt, Seikan)	38.41	Kokine	22	既存	83
				Central	30	既存	
2	Tamwe, Taketa	IUR (Tamwe, Dawbon), OR (Yankin, Thingangyun), OS (Thaketa)	35.06	Kyaikkasan Playground area	8	22,200	61
3	Hlaing	IUR (Kyeemyindaing, Sanchaung, Bahan, Tamwe) NS (Mayangon, Insein) OR (Kamayut, Yankin, Hlaing,) OS (South Okkalapa)	54.16	Near Yangon University Hlaing Campus	17	24,200	67
4	Mayangon	NS (Mingaladon) OS (North Okkalapa) NS (Insein)	67.16	Near Airport	29	27,600	72
5	Mingaladon, Shwe Pyi Thar	NS (Mingaladon, Insein) NewS (Shwe Pyi Thar)	120.89	Near Survey Dept Benchmark	35	18,400	50
6	North side	NS (Mingaladon)	53.84	Hlawga Road Side near Htauk Kyant	40	10,000	25
7	East side 1	East Dagon, North Dagon	82.62	East Dagon	5	24,800	69
8	East side 2	South Dagon, Dagon Sekkan	88.19	South Dagon	5	16,400	44
9	West side	Hlaingthya	81.54	Hlaing Tharyar	5	15,100	40
10	South side	Dala, Seikgykhananungto, Kyeemyindaing	43.40	Dala	5	18,400	33
	合計		665.27			177,100	544

出典：JICA 調査団

表 6.7 配水区別給水人口

(単位：人)

番号	配水区名 (仮称)	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
1	Central area	624,785	717,303	741,643	783,630	830,269	876,319	925,906
2	Tamwe, Taketa	305,282	397,280	425,992	481,550	546,142	613,114	682,901
3	Hlaing	347,719	445,558	473,374	544,231	620,602	682,324	749,649
4	Mayangon	365,799	471,539	502,625	563,363	631,720	709,621	798,760
5	Mingaladon, Shwe Pyi Thar	42,703	92,319	141,775	228,076	335,718	468,870	632,444
6	North side	18,561	49,663	61,025	95,894	141,428	199,691	273,113
7	East side 1	86,613	175,978	211,404	319,437	497,256	730,355	1,029,356
8	East side 2	103,713	174,386	196,256	267,161	371,546	498,457	652,245
9	West side	9,775	138,608	180,613	293,089	378,219	476,423	590,179
10	South side	15,522	79,704	127,112	187,880	264,169	358,964	475,785
T-1	Total (Yangon City)	1,920,471	2,742,337	3,061,819	3,764,310	4,617,069	5,614,139	6,810,338
Periphery Areas(6 suburban Townships)								
	Kyauktan	0	0	0	8,955	21,637	38,810	61,382
	Thanlyin	0	0	0	59,742	157,176	300,046	497,508
	Hlaegu	0	0	0	23,974	65,092	126,873	213,483
	Hmawbi	0	0	0	26,680	69,971	133,284	220,654
	Htantapin	0	0	0	17,989	48,649	94,583	158,868
	Twantay	0	0	0	14,464	39,789	78,206	132,353

番号	配水区名 (仮称)	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
T-2	6 suburban TSs	0	0	0	151,804	402,314	771,802	1,284,248
Grand Total		1,920,471	2,742,337	3,061,819	3,916,114	5,019,383	6,385,941	8,094,586

出典：JICA 調査団

表 6.8 配水区別一日最大給水量

(単位：m³/日)

Code	配水区名 (仮称)	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
1	Central area	237,049	263,483	270,389	287,331	310,003	337,935	377,223
2	Tamwe, Taketa	90,800	143,313	152,960	176,568	203,914	236,437	278,222
3	Hlaing	148,720	164,800	172,962	199,548	231,716	263,125	305,411
4	Mayangon	123,579	171,233	181,391	206,567	235,868	273,654	325,421
5	Mingaladon, Shwe Pyi Thar	20,284	32,642	45,419	69,632	106,544	156,330	226,193
6	North side	7,826	20,811	24,380	35,161	52,805	77,008	111,268
7	East side 1	17,658	41,996	50,326	78,085	130,076	204,696	314,526
8	East side 2	20,915	41,616	46,723	65,307	97,190	139,702	199,298
9	West side	3,406	33,075	42,996	71,644	98,937	133,526	180,333
10	South side	2,911	18,491	29,921	48,508	72,068	104,029	149,363
T-1	Total (Yangon City)	673,148	931,459	1,017,467	1,238,351	1,539,121	1,926,442	2,467,258
Periphery Areas(6 suburban Townships)								
	Kyauktan	0	0	0	2,527	6,273	11,829	19,858
	Thanlyin	0	0	0	16,850	45,561	91,452	160,959
	Hlaegu	0	0	0	6,761	18,868	38,669	69,067
	Hmawbi	0	0	0	7,526	20,283	40,624	71,388
	Htantapin	0	0	0	5,073	14,102	28,830	51,399
	Twantay	0	0	0	4,079	11,532	23,836	42,820
T-2	6 suburban TSs	0	0	0	42,816	116,619	235,240	415,491
Grand Total		673,148	931,459	1,017,467	1,281,167	1,655,740	2,161,682	2,882,749

表 6.9 配水区別一日最大給水量

(単位：MGD)

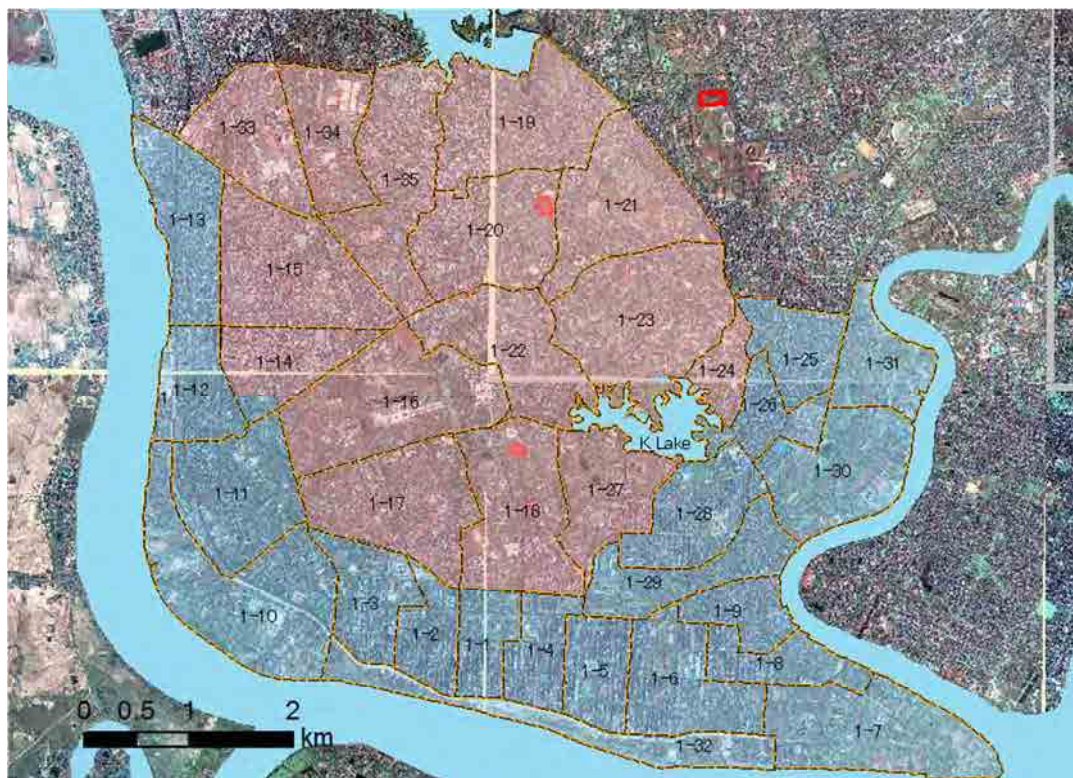
Code	配水区名 (仮称)	2011	2018	2020	2025	2030	2035	2040
1	Central area	52	58	59	63	68	74	83
2	Tamwe, Taketa	20	32	34	39	45	52	61
3	Hlaing	33	36	38	44	51	58	67
4	Mayangon	27	38	40	45	52	60	72
5	Mingaladon, Shwe Pyi Thar	4	7	10	15	23	34	50
6	North side	2	5	5	8	12	17	24
7	East side 1	4	9	11	17	29	45	69
8	East side 2	5	9	10	14	21	31	44
9	West side	1	7	9	16	22	29	40
10	South side	1	4	7	11	16	23	33
T-1	Total (Yangon City)	148	205	224	272	339	424	543
Periphery Areas(6 suburban Townships)								
	Kyauktan	0	0	0	1	1	3	4
	Thanlyin	0	0	0	4	10	20	35
	Hlaegu	0	0	0	1	4	9	15
	Hmawbi	0	0	0	2	4	9	16
	Htantapin	0	0	0	1	3	6	11
	Twantay	0	0	0	1	3	5	9
T-2	6 suburban TSs	0	0	0	9	26	52	91
Grand Total		148	205	224	282	364	476	634

注：Thilawa SEZ 用 (10MGD) を含まず

出典：JICA 調査

(5) DMA の設定

参考例として、配水区 1 における DMA 計画を下図に示す。なお、中心部の DMA は高区（ポンプ配水）、周辺部の DMA は低区（自然流下）に属する。



出典：JICA 調査団

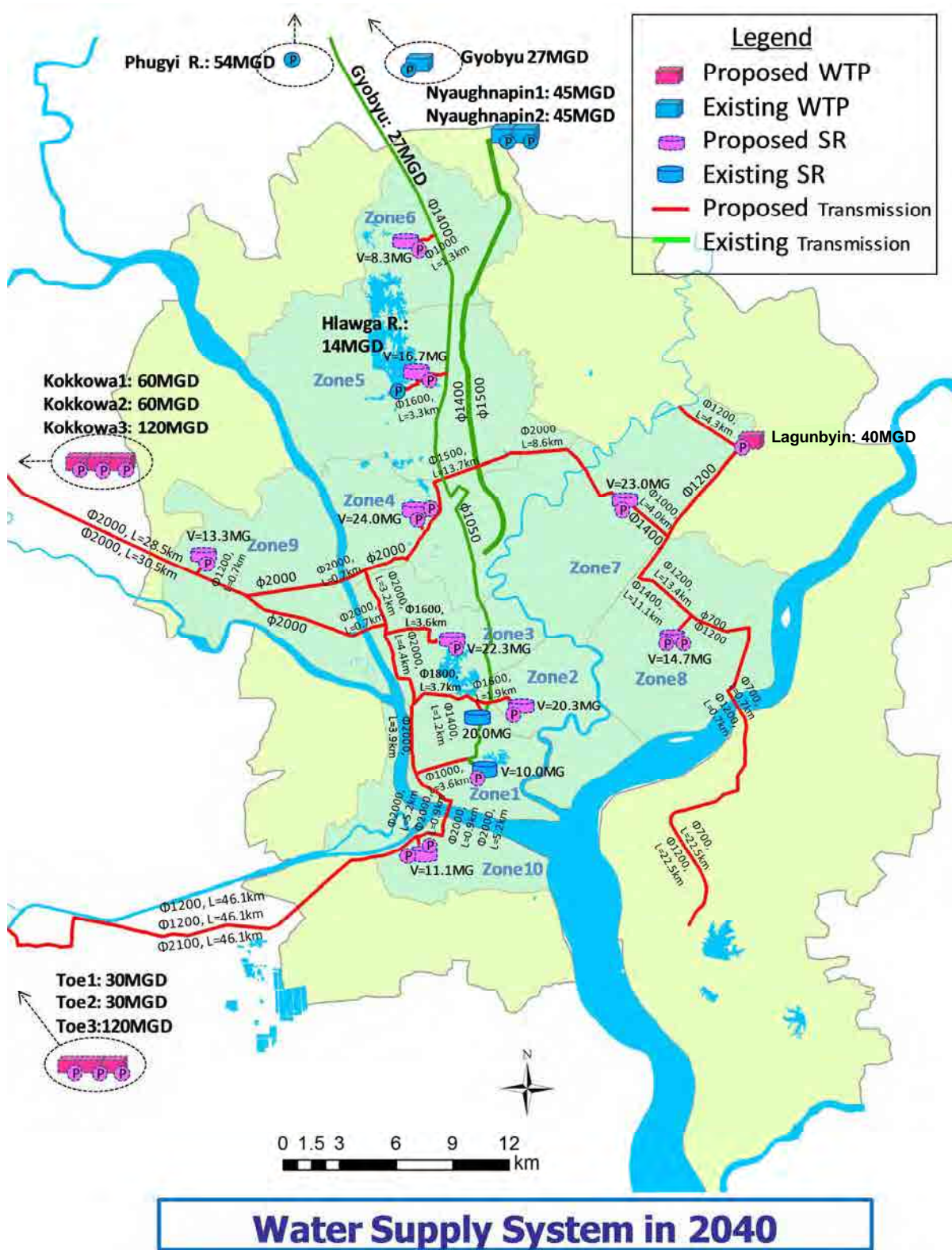
図 6.6 配水区 1 の DMA

6.3 施設計画

6.3.1 計画施設の配置

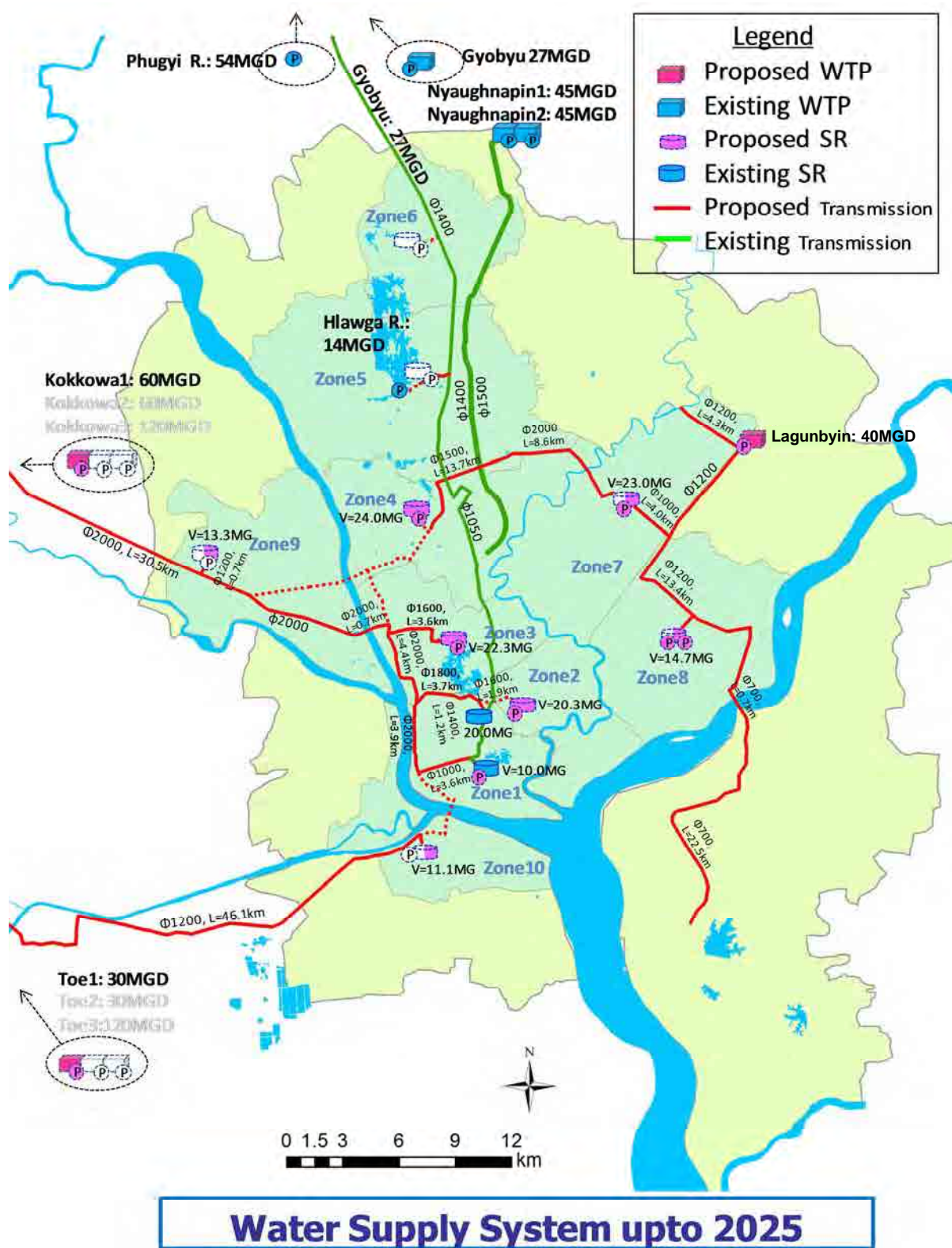
施設計画の計画水量はヤンゴン都市圏の水需要である 643MGD とする。2040 年、2025 年における主要施設整備計画を下図に示す。図中の点線または白抜きは整備予定個所を示す。

更に、2040 年までに新設・改修する施設は次節に示す通りである。また、施設計画の計画根拠を資料編（資料 D）に示す。



出典：JICA 調査団

図 6.7 主要施設整備計画図(2040年)



出典：JICA 調査団

図 6.8 主要施設整備計画図(2025年)

6.3.2 供給水量を増加する施設

(1) 導水・取水ポンプ場

取水ポンプ場	施設能力
Gyobyu	既設ポンプ更新 122,800 m ³ /日 (27MGD) : 土木+機電の更新 47.0 m ³ /m×25m×280kw×3台 (含む予備1台)
Phugyi	既設ポンプ更新 245,500 m ³ /日 (54MGD) : 土木+機電の更新 86.0 m ³ /m×24m×450kw×3台 (含む予備1台)
Lagunbyin	新設 181,800 m ³ /日 (40MGD) : 46.3 m ³ /m×20m×350kw×4台 (含む予備1台)
Nyaunghnapin 一期	既設ポンプ更新 204,600 m ³ /日 (45MGD) : 機電の更新 52.1 m ³ /m×10m×110kw×4台 (含む予備1台)
Nyaunghnapin 二期	既設ポンプ更新 204,600 m ³ /日 (45MGD) : 機電の更新 52.1 m ³ /m×10m×110kw×4台 (含む予備1台)
Kokkowa 一期	新設 272,700 m ³ /日 (60MGD) : 69.5 m ³ /m×16m×280kw×4台 (含む予備1台)
Kokkowa 二期	新設 272,700 m ³ /日 (60MGD) : 69.5 m ³ /m×16m×280kw×4台 (含む予備1台)
Kokkowa 三期	新設 545,400 m ³ /日 (120MGD) : 139.0 m ³ /m×16m×500kw×4台 (含む予備1台)
Toe 一期	新設 136,400 m ³ /日 (30MGD) : 52.1 m ³ /m×16m×200kw×3台 (含む予備1台)
Toe 二期	新設 136,400 m ³ /日 (30MGD) : 52.1 m ³ /m×16m×200kw×3台 (含む予備1台)
Toe 三期	新設 545,400 m ³ /日 (120MGD) : 139.0 m ³ /m×16m×500kw×4台 (含む予備1台)

(2) 浄水場

施設名	内容	処理方式	施設能力
Gyobyu	改修	凝集沈澱+消毒	122,800 m ³ /日 (27MGD)
Hlawga	改修	+消毒	309,100 m ³ /日 (68MGD)
Lagunbyin	新設	凝集沈澱+急速ろ過	181,800 m ³ /日 (40MGD)
Nyaunghnapin 一期	改修	機電設備更新+消毒	204,600 m ³ /日 (45MGD)
Nyaunghnapin 二期	改修	機電設備更新+消毒	204,600 m ³ /日 (45MGD)
Kokkowa 一期	新設	凝集沈澱+急速ろ過	272,700 m ³ /日 (60MGD)
Kokkowa 二期	新設	凝集沈澱+急速ろ過	272,700 m ³ /日 (60MGD)
Kokkowa 三期	新設	凝集沈澱+急速ろ過	545,400 m ³ /日 (120MGD)
Toe 一期	新設	凝集沈澱+急速ろ過	136,400 m ³ /日 (30MGD)
Toe 二期	新設	凝集沈澱+急速ろ過	136,400 m ³ /日 (30MGD)
Toe 三期	新設	凝集沈澱+急速ろ過	545,400 m ³ /日 (120MGD)

注：改修施設は水質改善に供する施設、新設施設は供給量の増加を図る施設

(3) 送水ポンプ場

既存ポンプ場のポンプ設備の追加・更新（老朽化）・廃止及び各配水区の配水池への新設を計画する。Central 配水池の改築および Kokkowa 第一期の送水確保後は、配水形態は Yegu を経由しない Kokine および Central 配水池への直接送水となるため、既設 Yegu ポンプ場を廃止する。

送水ポンプ場	施設能力
Gyobyu P/S	新設 122,800 m ³ /日 (27MGD) : 42.7 m ³ /m×47m×450kw×3 台 (含む予備 1 台)
Hlawga P/S	新設 309,200 m ³ /日 (68MGD) : 71.6 m ³ /m×43m×800kw×4 台 (含む予備 1 台)
Hlawga No. 1 P/S	HlawgaP/S 新設後に廃止
Hlawga No. 2 P/S	HlawgaP/S 新設後に廃止
Yegu P/S	Central 配水池の改築および Kokkowa 第一期送水確保後に廃止
Lagunbyin P/S	新設 181,800 m ³ /日 (40MGD) 42.1 m ³ /m×40m×570kw×4 台 (含む予備 1 台)
Nyaunhnapin P/S	更新 409,200 m ³ /日 (90MGD) : 機電 40.6 m ³ /m×98m×800kw×8 台 (含む予備 1 台)
Kokkowa 一期 P/S	新設 272,700 m ³ /日 (60MGD) : 37.9 m ³ /m×86m×800kw×6 台 (含む予備 1 台)
Kokkowa 二期 P/S	新設 272,700 m ³ /日 (60MGD) : 37.9 m ³ /m×86m×800kw×6 台 (含む予備 1 台)
Kokkowa 三期 P/S	新設 545,400 m ³ /日 (120MGD) : 37.9 m ³ /m×86m×800kw×11 台 (含む予備 1 台)
Toe 一期 P/S	新設 136,400 m ³ /日 (30MGD) : 31.6 m ³ /m×97m×800kw×4 台 (含む予備 1 台)
Toe 二期 P/S	新設 136,400 m ³ /日 (30MGD) : 31.6 m ³ /m×97m×800kw×4 台 (含む予備 1 台)
Toe 三期 P/S	新設 545,400 m ³ /日 (120MGD) : 47.4 m ³ /m×71m×800kw×9 台 (含む予備 1 台)

浄水場から配水池へ直送するとポンプ揚程が高くなるため以下の送水ポンプ場を新設の配水池に併設し中継ポンプ場を設ける。

送水 (中継) ポンプ場	施設能力
Airport P/S	新設 186,400 m ³ /日 (41MGD) : 64.8 m ³ /m×33m×500kw×3 台 (含む予備 1 台)
Dala Transmission P/S 一期	新設 309,100 m ³ /日 (68MGD) : 43.0 m ³ /m×71m×800kw×6 台 (含む予備 1 台)
Dala Transmission P/S 二期	新設 309,100 m ³ /日 (68MGD) : 43.0 m ³ /m×71m×800kw×6 台 (含む予備 1 台)

また、Thilawa および ThanlyinTS へは河川横断を伴うため以下の通り計画した。

送水 (中継) ポンプ場	施設能力
Thilawa Transmission	新設 42,000 m ³ /日 (9.2MGD) : 14.6 m ³ /m×85m×280kw×3 台 (含む予備 1 台)
South Dagon Transmission Thanlyin, Kyauktan	新設 177,300 m ³ /日 (39MGD) : 41.1 m ³ /m×77m×800kw×4 台 (含む予備 1 台)

(4) 送水管

配水区は 10 か所であり、それぞれの送水管を以下のとおり計画する。口径 600mm 以下は DIP (ダクタイル鋳鉄管)、それ以上は SP (鋼管) で計画する。

施設名 (送水元)	送水先 (送水先)	口径 (mm)	延長 (km)
Gyobyu	Zone No. 6 North	1400	既設管 SP=41.5km 使用
	Zone No. 6 North	1000	1.3km
Hlawga	Zone No. 5 Hlawga	1400	既設管 SP=8.20km 使用
	Zone No. 5 Hlawga	1600	3.3 km
Ngamoeyeik	Zone No. 4 Airport	1500	13.7 km
	Zone No. 4 + Zone No. 7 +Zone No. 8	1400+1500	既設管 DIP, PE 使用
	Zone No. 4 + Zone No. 7 +Zone No. 8	2000	8.6 km
Lagunbyin Creak	Zone No. 8 South Dagon	1500	11.1 km
	Lagunbyin WTP	1200	4.3km
Lagunbyin	Zone No. 7 East Dagon	1200	13.4 km
	Zone No. 8 South Dagon	1000	4.0 km
Kokkowa 一期	Zone No. 9 Hlaing Tharyar	1200	0.7 km
	Zone No. 1	2000	30.5km
	Hiaing 川横断	2000	0.7 km
	Zone No. 1	2000	4.4 km
	Zone No. 1	2000	3.9 km
	Zone No. 1 + Zone No. 2	2000	3.7 km
	Zone No. 1 Kokin S/R	1400	1.2 km
	Zone No. 1 Central S/R	1000	3.6 km
Kokkowa 二期	Zone No. 2 Tamwe	1600	1.9 km
	Zone No. 3 University	1600	3.6 km
Kokkowa 三期	Zone No. 3 + Zone No. 4	2000	28.5 km
	Hiaing 川横断	2000	0.7 km
	Zone No. 3 + Zone No. 4	2000	3.2 km
	Zone No. 4 Airport	2000	4.4 km
Toe 一期	Zone No. 10 Dala	1200	46.1 km
Toe 二期	Zone No. 10 Dala	1200	46.1 km
Dala S/R 一期	Kokin S/R+Central S/R	2000	5.2 km
	Yangon 川横断	2000	0.9 km
Toe 三期	Zone No. 10 Dala	2100	46.1 km
Dala S/R 一期	Kokin S/R+Central S/R	2000	5.2 km
	Yangon 川横断	2000	0.9 km
新設管路延長合計	---	---	301.2 km

ThilawaSEZ および ThanlyinTS への送水管は下記の通りである。

施設名 (送水元)	送水先 (送水先)	口径 (mm)	延長 (km)
Zone8	Thilawa	700	29.5km
	Bago 川横断	700	0.7km
Zone8	South Dagon Transmission	1200	29.5km
	Thanlyin, Kyauktan		
	Bago 川横断	1200	0.7km
合計管路延長	---	---	60.4km

6.3.3 均等給水及び無収水削減対策に供する施設

(1) 配水池及び配水ポンプ場

配水 Zone は 10 か所であり、配水池を以下のとおり計画する。配水池の立地条件により、「自然流下」、「ポンプ圧送」に分かれる。また、既設の” Central 配水池” は、漏水が著しく現在使用されていないが、高標高に位置しており水理条件が良いため、“取壊し後改築”し使用する。

施設名	方式	池容量 (m ³)	池容量 (MG)	必要敷地面積 (m ²)
Zone No.1 Central	ポンプ圧送	45,000	10.0	改築
Zone No.1 Kokine	自然流下	91,000	20.0	既設改修
Zone No.2 Tamwe	ポンプ圧送	93,000	20.3	22,200
Zone No.3 University	ポンプ圧送	102,000	22.3	24,200
Zone No.4 Airport	自然流下	117,000	24.0	27,600
	ポンプ圧送			
	中継ポンプ			
Zone No.5 Hlawga	自然流下	76,000	16.7	18,400
	ポンプ圧送			
Zone No.6 North	自然流下	38,000	8.3	10,000
	ポンプ圧送			
Zone No.7 East Dagon	ポンプ圧送	105,000	23.0	24,800
Zone No.8 South Dagon	ポンプ圧送	69,000	14.7	16,400
Zone No.9 Hlaing Tharyar	ポンプ圧送	61,000	13.3	15,100
Zone No.10 Dala	ポンプ圧送	70,000	11.0	18,400
	中継ポンプ			
合計	---	865,000	183.6	177,100

配水ポンプ場	施設能力
Zone No.1 Central	新設 136,400 m ³ /日 (30MGD) : 26.0 m ³ /m ³ ×42m×230kw×2 台+88.6 m ³ /m ³ ×42m×800kw×3 台 (含む予備1台)
Zone No.2 Tamwe	新設 277,300 m ³ /日 (61MGD) : 96.4 m ³ /m ³ ×31m×800kw×4 台 (含む予備1台)
Zone No.3 University	新設 304,600 m ³ /日 (67MGD) : 79.4 m ³ /m ³ ×39m×800kw×5 台 (含む予備1台)
Zone No.4 Airport	新設 100,000 m ³ /日 (22MGD) : 52.2 m ³ /m ³ ×37m×800kw×3 台 (含む予備1台)
Zone No.5 Hlawga	新設 54,600 m ³ /日 (12MGD) : 28.5 m ³ /m ³ ×43m×300kw×3 台 (含む予備1台)
Zone No.6 North	新設 45,500 m ³ /日 (10MGD) : 23.7 m ³ /m ³ ×40m×250kw×3 台 (含む予備1台)
Zone No.7 East Dagon	新設 313,700 m ³ /日 (69MGD) : 30.7 m ³ /m ³ ×32m×230kw×3 台+88.6 m ³ /m ³ ×32m×800kw×4 台 (含む予備1台)
Zone No.8 South Dagon	新設 200,000 m ³ /日 (44MGD) : 28.1 m ³ /m ³ ×35m×230kw×3 台 (含む予備1台) +76.2 m ³ /m ³ ×35m×630kw×3 台 (含む予備1台)
Zone No.9 Hlaing Tharyar	新設 181,800 m ³ /日 (40MGD) : 94.8 m ³ /m ³ ×37m×600kw×3 台 (含む予備1台)

配水ポンプ場	施設能力
Zone No. 10 Dala	新設 150,000 m ³ /日 (33MGD) : 78.2 m ³ /m×34m×600kw×3台 (含む予備1台)

(2) 配水管およびDMA構築

配水管網の再編として配水区ごとにDMAを構築し、配水池からDMAまでの配水本管を整備する。

番号	推定配水本管延長		推定DMA (個所)	推定配水小管延長 (km)		推定接続数 (千個所)
	更新 (km)	新設 (km)		更新 (km)	新設 (km)	
Zone No. 1	62	4	35	198	0	147
Zone No. 2	59	34	26	185	148	108
Zone No. 3	48	68	28	158	156	119
Zone No. 4	38	80	30	94	330	127
Zone No. 5	17	196	24	96	479	100
Zone No. 6	4	47	10	8	43	43
Zone No. 7	8	147	39	60	493	163
Zone No. 8	5	163	25	33	569	104
Zone No. 9	13	109	22	24	412	94
Zone No. 10	5	39	18	9	149	76
合計	259	887	257	865	2,779	1,081
	1,146			3,644		

注) 配水管の延長は新設、更新の全ての延長を含んでいる。

注) 新設管延長、DMA、接続数は推定人口から算出した推定値 (将来推計人口÷6.3人) である。

6.3.4 その他の施設

(1) 維持管理

維持管理とモニタリングの向上のため下記の施設を計画する。Yegu ポンプ場は、市のほぼ中心に位置しアクセスも良いため、既存施設の廃止後に本用地内に施設を建設する。SCADA システムの導入により、各水道施設 (浄水場、各 DMA 等) の流量、水圧、運転情報等のデータを配水管理センターへ集める。

名称	内容
水質管理センター	水質試験室、水質情報の管理
SCADA を用いた配水管理 (水運用) センター	水道施設、各 DMA の水量等のデータ監視・制御、収集・管理
コンピュータ支援台帳システム	顧客情報・施設台帳等の一元管理

6.4 改修計画

6.4.1 ポンプ場 (改修)

前述の施設計画リストに基づき、Gyobu ポンプ場、Phugyi ポンプ場、Hlawga ポンプ場を改修する。また、現在、唯一の塩素消毒を行っている Yegu 増圧ポンプ場は、配水の合理化に伴い将来

はその機能を廃止し、配水中央管理、水質中央管理センターへの転換を提案する。

取水ポンプの機種は既設と同様の両吸込渦巻ポンプとし、長距離圧送を考慮し、サージタンク、及びサージ対応逆止弁、流量計及び圧力計、吐出側電動弁、スクリーンの設置等考慮する。いずれも、機械設備は老朽化が激しく、耐用年数も大幅に超えているため設備を全更新とする。

電気設備は、ポンプ用電動機に限らず、ブレーカ盤、電気ケーブルなど老朽化した設備は全更新とする。特に被覆が傷んでいる電気ケーブルの取り替えは急務である。

計装設備は、自動制御、遠隔監視に対応できるよう通信インターフェイスを備えたブレーカ盤を導入する。

更新される設備は送水先の条件変更に伴い下記の通りに改修される。

名称	既設	新設(改修)
Gyobyu P/S	取水ポンプ 47.0 m ³ /m×25m×280kw×3 台 (送水と兼用)	取水ポンプ 47.0 m ³ /m×25m×280kw×3 台 送水ポンプ 42.7 m ³ /m×43m×450kw×3 台 (含む予備)
Phugyi P/S	86.0 m ³ /m×24m×450kw×3 台 (含む予備)	86.0 m ³ /m×24m×450kw×3 台 (含む予備)
Hlawga P/S	---	71.6 m ³ /m×43m×800kw×4 台 (含む予備 1 台)
Hlawga No. 1 P/S	83.0 m ³ /m×54m×1000kw×4 台 (含む予備)	廃止
Hlawga No. 2 P/S	設備撤去された	廃止
Nyaunghnapin 一・二期	(一期) 47.5 m ³ /m×72m×800kw×4 台 (含む予備) (二期) 47.5 m ³ /m×72m×800kw×4 台 (含む予備)	(一及び二期) 40.6 m ³ /m×98m×800kw×8 台 (含む予備)
Aungtagon P/S	63.0 m ³ /m×40m×500kw×3 台 (含む予備)	廃止
Yegu P/S	33.0 m ³ /m×44m×275kw×7 台 (含む予備) 63.3 m ³ /m×47m×710kw×4 台 (含む予備)	廃止

出典：JICA 調査団

6.4.2 浄水場 (改修)

Gyobyu 浄水場、Hlawga ポンプ場の改修計画は次の通りである。機械、電気、監視設備はポンプ場の改修計画と同様である。

名称	既設	新設(改修)
Gyobyu	・取水ポンプ 47.0 m ³ /m×25m×280kw×3 台 (含む予備 1 台)	・沈殿池の迂流壁の改修 ・凝集設備の追加 ・消毒設備の追加 ・取水ポンプ 47.0 m ³ /m×25m×280kw×3 台 (含む予備 1 台)
Hlawga		・消毒設備の追加

出典：JICA 調査団

Nyaunghnapin 浄水場の改修計画は次の通りである。

名称	既設	新設(改修)
Nyaunghnapin 一期		<ul style="list-style-type: none"> ・フロック流入口の逆落しの改修 ・ろ過池の補砂 ・浄水池頂版の追加 ・凝集設備の交換 ・消毒設備の追加
Nyaunghnapin 二期		<ul style="list-style-type: none"> ・凝集設備の交換 ・消毒設備の追加

出典：JICA 調査団

6.4.3 配水池（改修）

既存配水池の改修対象は Cenral 配水池である。

1) 既存の Cenral 配水池の状況

Cenral 配水池は、周辺を住宅や寺院（パゴダ）に囲まれた用地内に位置しており、配水池は上部が覆土された半地下式の RC 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、10MG (=45,460m³) の1池構成である。Central 配水池（10MGD）は建設当初から約40～50年に渡って使用されておらず、本配水池を使った周辺への配水実績はない。

コンクリート部材の状況は、半世紀以上にわたり放置状態となっていたため、コンクリートの劣化が顕著であり、また、目視可能な範囲でも所々で鉄筋の露出やクラック等が確認されており、躯体の構造体としての信頼性は非常に低いものと想定される。

2009年にスイスのSIKA社により、コンクリートの補修調査が行われたが、現在まで補修の計画は進んでいない。このように老朽化した躯体の状況を考慮すると配水池の改築が有効である。

2) Central 配水池の改築

配水池の改築は、配水ポンプ場を併設した施設への改築を提案する。改築にあたっての基本条件を下記に示す。

【改築によるメリット】

- 配水区の配水調整機能の増強（給水時間の増加）
- 配水区1の高区（ポンプ圧送エリア）の創造
- 配水池の改築により、一時的に Kokine 配水池を停止することが可能となり、Kokine 配水池の内部状況の確認、補修、底泥の排泥が実施可能となる。

3) 改築計画

【制約条件】

- 現在の送水元となる Kokine 配水池との水位関係から、改修後の配水池の HWL は、既存の配水池 HWL と同程度となる。

- 配水池の周辺状況より、用地の拡張はできない。
- 現況施設と同容量 10MGD を確保する。

【配水池築造における基本思想】

- 建設コストが安価となるよう既存施設を可能な限り再利用する。
- 敷地条件より、可能な限り施工範囲（掘削範囲）が最小となるようにする。
- 将来の維持管理や水運用を考慮し、新設配水池は2池構成とする。
- 配水池内での滞留水を防ぐため、池内には導流壁を設ける。
- 堆泥が排出可能な排水施設構造とする。
- 配水池の撤去工事および築造工事は、周辺状況より低騒音かつ低振動となる工法を採用する。

配水池の更新計画は下記の通りまとめられる。

配水池名称	既設	新設(改修)
Central	<ul style="list-style-type: none"> • 配水エリア：使用していない • RC 製 10MG 	<ul style="list-style-type: none"> • 配水エリア：配水区 1 高区 • RC 製 10MG • 配水ポンプ 109, 100 m³/日 (24MGD) : 26.0 m³/m×35m×230kw×2 台+88.6 m³/m×35m×800kw×3 台 (含む予備 1 台)
Kokine	<ul style="list-style-type: none"> • 配水エリア:Shwedagon S/R, Kamayut, Sanchaung, Ahlone, Kyeemyindaing • RC 製 20MG 	<ul style="list-style-type: none"> • 配水エリア：配水区 1 低区
Shwedagon	<ul style="list-style-type: none"> • 配水エリア: CBD, Bahan, Mingala Taung Nyunt • RC 製 1MG 	<ul style="list-style-type: none"> • 休止

出典：JICA 調査団

6.4.4 配水管更新（改修）

既存配水管は、市内には 50 から 100 年以上経過した老朽管が多数存在する。また、漏水率低減のために既存給水接続管の交換および信頼性の高い水道メータを導入するため、老朽化した既存配水管は全て更新する。そうでなければ本計画の目標である漏水率 10%は達成されない。これらの整備は上流側の配水池、配水ポンプの整備が完了の後、DMA 構築と併せて整備するものとする。DMA が完成すればほぼ全ての配水管が更新され、水道メータが更新される。

また、新設配水管は現在の未普及地区において整備される。将来的にどの地区が整備されるか予想は困難であるが、新興住宅地区は既存道路の路線沿いに開発されるため、既存道路延長を算出（約 3,700 km）し、この路線沿いに配水管が敷設されるものとして新規整備量を算出した。

第7章 維持管理と能力向上計画

7.1 維持管理計画

維持管理計画で取り組むべき事項は以下のとおりである。

- 施設保全
- 施設運転
- 危機管理
- 水運用
- 無収水削減
- 水質管理

7.1.1 施設保全

保全管理には、点検・整備・修理などの“保全業務”と、機能を客観的に評価し、改善するための診断・更新などの“機能向上業務”とに分けられる。一般的に、計画的な機器の保守管理をすることで施設の延命化に繋がり、初期投資や維持管理費の総コストの低減となる。YCDCは保全業務についての能力は高いため、本節では後者について記述する

(1) マニュアルの作成・遵守

点検・整備・修理の手法は誰が行っても十分な成果が得られるようにマニュアル化する。マニュアルの作成、これに基づく作業に実施、マニュアルの遵守の徹底が必要である。さらにマニュアルの定期的な改定が重要である。マニュアルは対象施設ごとに次の事項を策定する。

- 巡視点検：巡回ルート、目視点検項目を作成する。
- 故障・点検整備などを記録する。
- 計器の指示値、簡易な工具・計測機器による点検値を記入する。
- 初心者でも理解できるように保守点検項目、保守点検周期、保守点検方法、異常の有無の判断基準等を調査表に明確にする。
- 調査内容は可能な限り定量的なデータにする。
- 日常の巡視、調整、清掃、注油、消耗部品の交換などの内容を明確にする。
- 事故発生時に備え、連絡体制などを明確にする。

(2) 専門知識の習得・技能の向上

保全管理には、機器の仕様、特性、取り扱い方法、異常時の初期対応等を熟知するため専門知識の習得、技能の向上が必要であり、研修・訓練等を実施する。

(3) 適正な保守点検

適正な保守点検を実施するには、適切な人員配置、保守点検にかかる工具、車両、スペアパーツ等の供給、予算の割当てが不可欠である。

(4) 故障や事故の未然防止

故障や事故を未然防止するためには、故障時に重大な影響を及ぼす設備等は予備を設けるか、故障箇所をあらかじめ予想し、交換部品等を準備する。

(5) 点検データの収集

長期間蓄積された点検データは、構造物、管類、機器の劣化の状態、故障・事項の傾向などを知るために有用であり、運転管理での設備の状態把握、更新計画の作成、点検の実施内容の参考として有用なデータである。そのため、故障記録や点検整備記録等のデータの収集・整理のルールを作り、情報の共有化を図ることが重要である。これらのデータを一元管理するための SCADA システムの導入が本計画で提案されている。

7.1.2 施設運転管理

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。

(1) 運転管理の記録

1) 日々の運転管理の記録

水量、水圧、水質、使用薬品量、使用電力量等は常に変化するため施設の稼働状況を把握するために記録が必要である。

2) 異常時、事故時等における運転管理

水質事故や停電事故などの異常時は、適格な判断と迅速な対応が求められる。異常時の状況を記録することで同様な事例が発生した際の参考となる。

(2) 運転管理の向上

1) 運転・制御と保全管理

保全管理（点検・整備）は次の手順からなる。①運転中に発生した異常・故障は直ちに修理・整備する。②それによって明らかとなった施設の問題点や機能低下等について、内容と原因を診断する。③新たな設備を導入した際は、運転・制御方法や運転マニュアルの改訂、運転員の教育訓練を実施する。これらの情報の積み重ねにより、長期的な適正な運転・制御が達成される。

2) 運転マニュアルの策定と理解

運転管理上のトラブルとして、①施設の異常、②操作ミス、③判断ミスが主な原因である。そのため、マニュアルとして、常時の操作手順、異常時・事故時の設備状況の判断基準（温度、アラーム等）、適切な処置方法（機器操作、停止方法、アラーム解除方法等）を明記する。また、運転員これらの手順を正確に理解させることが重要である。

(3) 異常の検知と対策

事故は、何らかの前兆をもって発生することがある。これらの変化を見落とすこともあるため、マニュアルには運転データの正常値や異常値を記載する。また、異常を検知した場合には、直ちに調査・検討し、適切な体制を整える必要がある。事故等を想定したシミュレーション等を平常時に定期的に訓練することが有効である。

7.1.3 危機管理

水道におけるリスクには、渇水、台風等の自然災害、水質汚染、停電、施設の事故、人為的事故、破壊活動などがある。このようなリスクにおける被害を少なくするための予防対策として、複数系統からの取水（Kokkowa, Toe の開発）、水系間の水運用（Nyaunghnapin, Kokkowa, Toe 等）、浄水・配水施設の複数系列化、浄水場外周のフェンス設置、停電対処として自家発電設備の設置等が施設計画にて計画されている。さらに、配水ブロック化の導入、基幹施設の分散配置、監視システムの導入などにより、ヤンゴン水道全体としてリスク低減が図られる計画である。

残るリスクとしては、塩素漏えい、油・有害物質流入、情報端末が一元化されることによる情報漏えい等が想定される。また、都市の成熟とともに新たなリスクが発現することから、随時対策が必要となる。

7.1.4 水運用

(1) 水量・水圧管理

水量管理は、取水、浄水、送水、配水、給水に至る水道システムの各段階で計画水量が確保され、計画水量が供給できるように施設を運転管理することである。一方、水圧管理は、各システム間の圧力（水位）関係や、圧力損失を明らかにし、末端水圧の確保を目標として水圧・水位の調整を行うものである。

適正な制御を行うには、①現場の実測値と、自動計測による制御データを定期的に比較補正する、②異常データによる誤った運転を防止するため、データの検証をする、③必要に応じて測定機器の校正をする、ことが重要である。

本計画では、①ヤンゴン市内を複数のブロックに分割し各ブロックへの送水量を管理する、②ブロック内を複数の DMA に分割し各 DMA への配水量を管理する、③DMA の流入点では流量計・テレメータが導入される。具体的な活動は、水量・水圧の調整として DMA の流入点に設けられる制

御弁を調整する。また、送配水施設のポンプの運転管理、バルブの開度調整、テレメータの監視である。

漏水低減として各 DMA 内の、漏水調査、給水量の把握、漏水要因の把握に加え、水量・水圧測定用の計装設備の性能向上、測定技術の向上が欠かせない。

(2) 水道施設の総合管理

本計画では、取水場、浄水場、配水池、ポンプ場に SCADA システムが導入され、各施設を一箇所で集中監視する配水管理センターを計画している。SCADA システムの構築により各施設の稼働状況を常時把握でき、その時々に応じた最適な運転管理を行うことが可能となる。配水管理センターの設立により、各施設の水量、水圧、水質、水位、機器の稼働状況、薬品注入等の情報を一箇所に集め、迅速かつ適切な指令をすることが可能となる。このため、大量のデータを一元管理し、解析・制御を行うためのコンピュータやソフトウェアが整備される。専門の技術者の養成が必要である。

7.1.5 水質管理

(1) 水源の水質保全

平常時より水源の水質状況を把握し、水源水質異常の早期発見に努める。また、水質汚染源の可能性のある施設等（例えば工場からの排水）の位置、排水量等の情報を常に収集することが重要である。ヤンゴンの水道システムは、将来的には貯水池系の水源から河川系の水源へ移行することから取水点の上流域における開発動向には特に注意を払う必要がある。

(2) 水道システムにおける水質管理

水質管理の手順は右図の通りである。管理基準は現在、「ミ」国の飲料水基準 (Draft) が作成されているため、その基準に基づいた早期のモニタリングの実施を行うことが必要である。特に、水道水の安全性にかかわる指標である、残留塩素濃度、大腸菌群の測定は行われていないため、消毒の実施の徹底および水道水質のモニタリングの実施を計画する。

1) 配水過程での水質管理

水道水における濁度、残留塩素濃度は、水道水の安全を示す指標となることから常時監視する。本計画で提案されている SCADA システムは、配水池流出側、DMA の流入側に導入される計画であり、その管路に残留塩素濃度計を設置し、自動計測したデータを中央端末に送信するシステムである。併せて、浄水場の流出側、配水池の流出側、末端給水栓においてサンプリング

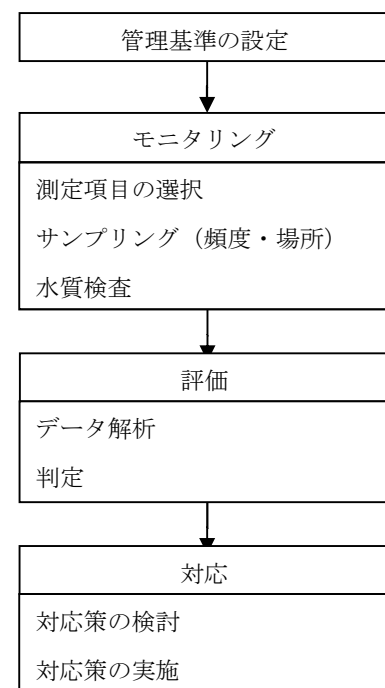


図 7.1 水質管理の手順

し、水質検査を実施する。

2) 水道水モニタリング項目

水道水モニタリング項目は、以下の考え方に従い決定する。

- 水系伝染病の流行を防ぐ
- 飲用可能な、清澄な水を供給する

「ミ」国の現状を踏まえると、まず水道水が備えるべき基本的な水質を管理するための項目を選び実施する。

表 7.1 水道水のモニタリング項目 (案)

モニタリング項目	測定目的	目標値(注)	測定方法の例
pH	水道水の基本的な性状を確認する	7.0 - 8.5	pH計
味		異常でない事	感応試験
臭気		異常でない事	感応試験
色度		5度	比色計
濁度		5NTU	濁度計
一般細菌	微生物汚染の有無および消毒効果の維持を確認する	100CFU/mL以下	寒天培地
大腸菌群数		検出されないこと	寒天培地
残留塩素		0.1mg/L以上(給水栓又は受水槽内において)1)	比色法
亜鉛及びその化合物	着色成分の有無を確認する	1.0mg/L以下	原子吸光光度計 ICP 発光分光分析計
アルミニウム及びその化合物		0.2mg/L以下	
鉄及びその化合物		0.3mg/L以下	
銅及びその化合物		1.0mg/L以下	
マンガン及びその化合物		0.05mg/L以下	
硬度	味、臭気の原因物質の有無を確認する 特に塩化物は海水の混入を反映する	100 mg/L	滴定法
塩化物		200mg/L以下	滴定法
硫化物		200mg/L以下	滴定法

(注) 現存する項目(下線)は、「ミ」国の Highest Desirable value とした。それ以外の項目は、日本の基準値を目標値とした。

1) 暫定値として 0.0 mg/L 以上 (検出されること)

出典：JICA 調査団

これら以外の項目、たとえば、重金属類や有機ハロゲン化合物等については、上記項目の水質管理が円滑に行えるようになってから実施する。何らかの公害被害等が発生した場合、あるいはその可能性が現れた場合には、それに対する水質管理を行えるよう、モニタリング項目を追加する。現時点で考えられる追加項目は、以下のとおりである。

表 7.2 追加されうる水質モニタリング項目 (案)

モニタリング項目	理由および発生源
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	乳幼児の発育に影響を与える(ブルーベビー) 地下水を水源とする場合、特に注意が必要
フッ素及びその化合物	過剰に摂取した場合、骨硬化症等の原因となる 地質からの混入、あるいは工場排水の流入による
シアン化物イオン 及び塩化シアン	人体に対して有毒である 鉱山排水、工場排水の混入による
ヒ素及びヒ素化合物	人体に対し有毒である 地質の影響、鉱山排水、工場排水の混入による
カドミウム及びその化合物	イタイイタイ病の原因物質 鉱山排水、工業排水の混入による

出典：JICA 調査団

(3) 水源水質汚染への対応

水源水質汚染への対応として、河川、貯水池における水質モニタリングを徹底し、浄水場へ汚染された原水が流入しないよう、定期的な水質モニタリングが欠かせない。また、汚染源発生者に対する立入り検査の権利を確保するため、法制度の改革が必要である。

水源モニタリングは、良好な水道水源を維持することを目標として行う。したがって、モニタリング項目は、上記水道水モニタリングの項目を元に選定する。

表 7.3 水源水のモニタリング項目 (案)

モニタリング項目	測定目的
一般細菌	微生物汚染の有無を確認する
大腸菌群数	
塩化物	海水の混入の有無を確認する
BOD	有機物汚染の包括的指標として測定する
COD	
TS	
SS	

出典：JICA 調査団

さらに水源の周辺の状況により、以下の項目のモニタリングも行う。

- 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素
- フッ素及びその化合物
- シアン化物イオン及び塩化シアン
- ヒ素及びヒ素化合物
- カドミウム及びその化合物
- その他重金属類
- 農薬類
- 有機汚染物質

(4) 水質異常時の対応

上記 SCADA の導入により、水質異常時には迅速で適切な対応が図られる。また、水質検査者や水質検査機関での異常原因の究明のため、適切な試料水の採水、保管を行うことが必要である。

(5) 安全な給水へのロードマップ

YCDC は 2018 年までに安全な水を供給することを目標としている。これを踏まえた水質モニタリングの改善工程は、以下のとおりである。

表 7.4 安全な給水を達成するためのロードマップ

番号	改善項目	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	水質管理体制の構築						
2	モニタリングの開始（簡易測定器）						
3	モニタリングの継続・スキルアップ						
4	塩素消毒施設の建設						
5	塩素消毒の適正化						
6	水質ラボラトリーの建設						
7	水質ラボラトリートレーニング						
8	浄水場の維持管理による水質の改善（濁度）						
9	給水水質の基準への合格						

出典：JICA 調査団

7.1.6 業務委託

本計画の目標を達成するためには、事業費、事業量ともに膨大であり、YCDC 単独で成し遂げられるものではない。このため、YCDC は積極的に業務委託を推進しなければならない。業務委託は、水道システムの安全性、安定性の確保を第一に、委託内容、作業手順、報告・連絡体制、検査基準等を明確にする必要がある。YCDC は、業務委託が促進できよう法制度の改正、組織の改正を図り、職員はそのシステムに慣れる必要がある。

7.2 能力開発

優先的に取り組むべき能力開発は以下の通りである。

- 組織・制度開発
- 水質管理と浄水場の維持管理
- 配水管理と無収水管理
- 施設のデータ管理
- 顧客・料金徴収データ管理

7.2.1 組織・制度開発

(1) 組織開発

本マスタープランでは、2040年までの組織開発のフレームワークの内、最初に取り組むべき組織強化の基盤造りについて、次の三つの柱となる指針を提案する。

- ① 水供給衛生局の方針の明確化
- ② 水供給衛生局及びタウンシップ事務所の再構築
- ③ 水供給衛生局及びタウンシップ事務所の組織強化

各指針の内容について、次に示す。

1) 指針1：水供給衛生局の方針の明確化

a) 組織上位の方針、計画の策定

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

b) 計画・モニタリング課の創設

上位の方針や計画、戦略、ビジネスプランなどを取りまとめ、継続的にモニタリング、更新していく部署（例：計画・モニタリング室）を創設するべきである。同部署はチーフ・エグゼクティブに直属し、必ずしも大規模である必要はないが、既存の各部課の役割と業務を、組織全体の上位の立場から俯瞰し、改善のための提言を行っていく役割をもつべきである。

c) 業務指標（PIs）の活用

水供給衛生局の事業運営にあたっては、業務指標（PIs）を有効的に活用する。現在、業務指標を使用した取り組みはなされていないが、定期的に取りまとめ、現在の事業運営状況や目標の達成状況を常にモニタリングしていくことは、取り組むべき課題や改善点が明らかになり、効果的である。

d) 各部署における目標設定

各部署における業務目標や達成基準を明確に設定する。上述した業務指標が全部署に当てはまるわけではないが、できるかぎり業務指標を利用した目標を取り入れることで、成果が可視的になる。

2) 指針2：水供給衛生局及びタウンシップ事務所の再構築

a) 顧客ニーズに基づいたサービス

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

b) ビジネスを意識した組織への変革

水供給衛生局は地方自治体の一部であるが、技術的に特化した行政組織というよりは、組織文化をよりビジネスを意識したプロバイダーへと変革していくことが重要である。

c) 明確な職務分担と権限移譲

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

d) 顧客サービス/広報課の創設

顧客サービスの機能強化のために、本部とタウンシップ事務所に顧客サービス/広報担当の部署を創設する。また、顧客満足度調査を定期的に企画、実施し、事業運営に随時反映させることでサービスの質の向上を図る。

e) 戸別接続課の機能強化

配水部の戸別接続課（House Connection）の機能の増強を図る。YCDCによると、現在の同セクションは組織上存在するものの、実態がない組織となっている。マスタープランの提案では、2040年までに戸別新規接続は100万件と推定しており、水道メータ設置のための配管工や設置工事を監理するための職員などの人員増強が図られる必要がある。一方、こうした職員への計画的な訓練を通して、能力向上を図ることが必要不可欠である。

f) メータ検針業務の強化

同様に、将来の顧客接続数の増加に応じて、タウンシップ事務所のメータ検針員も増強する必要がでてくる。将来的には外部への業務委託もオプションとしてありえるが、現状では国内の民間セクターですぐに受け皿となる企業を見つけること、あるいは育成することは時間がかかると想定される。しかしながら、将来的な外部委託を見据え、検針員の能力向上のための訓練も現段階からあわせて計画、実施されるべきである。

g) 水質管理センターの設立

水質管理センターを設立し、定期的に自らの検査室で水質モニタリングできる体制を構築する。現在はすべて外部局へ委託しており、検査頻度も月1回と少ない。今後、浄水場が新設され、給水普及率が進むにつれ、モニタリング体制の強化が必要となる。

3) 指針3：水供給衛生局及びタウンシップ事務所の組織強化

a) 人材育成計画の策定

人材育成計画を立案し、計画的かつ継続的に人材の能力向上を図る。施設整備の拡大と共に、上下水道サービスの効率性や質も向上させていく必要がある。そのためには、人材が第一の資源という認識の下、人材育成を重点的に行い、職員の能力向上を図ることが重要となる。

b) 人材管理システムの構築

本部の人材管理システムを構築することで、人的資源を常時把握し、効率的な運用と配分を行うべきである。また、職員の業績を適切に評価するための評価基準の設定や情報の

システム化も進める必要がある。

c) コンピュータ導入による業務の効率化

手書き書類による業務管理を極力削減し、業務の効率化を図る。本部やタウンシップでのコンピュータ化を促進する。特に、タウンシップにおける顧客管理及び料金徴収業務には手書きの顧客台帳及び帳簿が依然として使用されており、コンピュータ化が必要不可欠である。コンピュータ化によって生まれる余剰人員は、組織全体の中で適性に応じて配分することで、組織の人員不足を補い、組織強化につなげることが可能となる。例えば、タウンシップ事務所のメータ検針員の需要増加に対応するため、従来の事務職員を転用することも対策の一つとなる。

(2) 法制度

上水道セクターにおいて、現在不足している、あるいは将来不足すると考えられる法制度、その重要度と緊急度を下表に整理した。必要改善法令の内、特に緊急を要するものは、緊急度にマークしている。

表 7.5 今後必要と想定される法制度（水道セクター）

法整備改善目標期間 ◎：1～5年以内、 ○：5～10年以内

関連法制度	現在不足	将来不足	必要改善法令	
			重要度	緊急度
(A-1) 水道法	✓			◎
第一章 総則				
第4条 水質基準	✓		◎	
第5条 施設基準	✓		○	
第二章 水道事業				
第13条 給水開始前の届出及び検査			◎	
第二節 検査				
第14条 供給規程				◎
第15条 給水義務			◎	
第16条 給水装置の構造及び材質	✓		○	
第17条 給水装置の検査			◎	
第19条 水道技術管理者		✓	○	
第20条 水質検査	✓		○	
第三節 指定給水装置工事事業者	✓		○	
第三章 水道用水供給事業	✓		○	
第四章 専用水道	✓		○	
第四章の2 簡易専用水道		✓	◎	
第34条の3 検査の義務				
(A-3) 水道法施行規則	✓			◎
(B) 各都市給水条例	✓			◎
(C) 工業用水道事業法		✓	○	

出典：JICA 調査団

ヤンゴン市の上水道条例については、現行のヤンゴン都市開発法及びその施行規則を基にした策定が可能であると考えられる。一方、同表で提案している水道法、その施行規則、地方公営企業法、工業用水道事業法の策定については、国家レベルの法制度となってくると考えられる。現在までの調査段階では、YCDC 及び中央政府とこうした法整備の実現性や内容、その工程について十分な討議を行えていない。今後、さらに詳細について、関係機関と協議をしていく予定である。

短・中期、長期の暫定的な法整備の工程表について、参考までに下図に記載する。

法令	短・中期 (1-5年以内)	長期 (5-10年以内)
1. 水道法		
• 総 則	→	
• 水質基準		→
• 給水開始前の届出及び検査		→
• 給水義務		→
• 給水装置の検査		→
• 簡易専用水道		→
2. 水道法施行規則	→	
3. ヤンゴン市水道条例	→	
4. 工業用水道事業法		→

出典：JICA 調査団

図 7.2 法整備 工程表（上水道セクター）

7.2.2 水質管理と浄水場の維持管理

YCDC は安全に水を供給するため水質管理を徹底し、新設される浄水場の維持管理に努めなければならない。現在、塩素消毒された水道水の市内への供給量は低レベルである。YCDC は、Nyaunghnapin の浄水場の維持管理を実施しており、凝集沈殿・急速ろ過の浄水場の運転経験を有している。しかしながら、独自で設計・施工した浄水場であるため、ろ過池のアンスラサイトの流出など設備的な欠陥や、予算の制約から導入されていない設備等、不具合も報告されている。2018年までに塩素消毒された安全な水を供給するには、浄水場の維持管理レベルを向上させることが重要である。

特に浄水場では、ろ過水に多量の無機物・有機物が存在すると塩素注入量が増加し、配水池・配水管内で塩素が消費され、安全な水を供給できない恐れがある。従って、なるべく低濁度で良質な原水を取水し、凝集剤の注入量を減らし、適正な凝集効果を図り、処理濁度を低減させ、最終工程である塩素注入量を減らすことが重要となる。これらの運転を達成するためには、以下 7

項目に大別される運転管理について、運転員の技術レベル向上が不可欠である。

- 運転管理
- 水量管理
- 保全管理
- 水質管理
- 災害・事故対策
- 保安
- 清掃

個々の維持管理の内容について以下に詳述する。これらの維持管理向上はOJTによる訓練が効果的であり、技術協力プロジェクトの実施、あるいは専門家の派遣が有効である。

(1) 運転管理

1) 運転管理業務

- 浄水場は他の水道施設も有機的に連動しており、他の施設との関連性を理解する。
- 運転マニュアルを作成する。
- 日報、月報、年報を作成し、報告する。

2) 浄水場の運転管理

- 日々の配水量計画に応じた浄水量を生産するように運転を行う。
- 原水水質や浄水量に応じた設備の運転を日々行う。

3) 薬品設備の運転管理

- 浄水工程や排水処理工程に必要な薬品類の調達から注入までの管理を行う。具体的には、薬品貯蔵量の確認から調達及び薬品の品質管理、さらには注入設備類の運転や注入後の効果等についての管理を行う。

4) 排水処理施設の運転管理、脱水汚泥の有効利用

- 発生する排水処理施設の運転を行う。具体的には、洗浄排水の水質や水量確認を行い、必要に応じた設備の運転を日々行う。また、天日乾燥床において排出される汚泥は、有効利用する。

(2) 水量管理

1) 浄水池・配水池の運転管理

- 浄水池・配水池は、水位、流入量、流出量、水圧を監視する。

2) その他施設の監視

- 濁度、残塩、水圧、流量の警報が発生した場合には、即時対応する。

3) 保全管理

- 保全管理は施設の点検、補修、修繕である。各種設備の点検を通じて、設計書に定められた初期性能・機能を維持することにより、円滑な各業務の運営に貢献することが求められる。

4) 施設の点検管理

- 保守点検マニュアルを作成する。
- 同マニュアルに基づき施設の巡視点検を定期的に行う
- 機能劣化や設備故障の発生前に補修や修繕を行う。

5) 施設の点検項目は下記の通りである。

- 受変電設備：年1回の定期点検及び定期的な修繕を行う。
- 電気設備：年1回の定期点検及び定期的な修繕を行う。
- 監視制御設備：年1回の定期点検及び定期的な修繕を行う。
- 計装設備：年1回の定期点検及び定期的な修繕を行う。
- 自家発電設備：年1回の定期点検及び定期的な修繕を行う。
- 浄水池・配水池：5年に1度は清掃を行う。また、必要が生じた場合は、その都度清掃する。

(3) 水質管理

1) 原水水質の測定

- 原水の測定は、浄水処理に必要となる項目（水温、濁度、pH）について最低1日1回測定する。降雨時、濁度上昇時には測定回数を増やす。

2) 浄水水質の測定

- 浄水の測定は、浄水水質（水温、濁度、pH、残留塩素濃度）について最低1日1回測定する。
- 残留塩素濃度を連続測定する。

(4) 災害・事故対策

- 災害、事故などのリスクに対して有効な対策を立てて実行し、被害の軽減を図る。
- 緊急事態が発生した場合は対応する。

1) 危機管理マニュアルの作成

- 危機管理マニュアルを作成し、災害、事故などの緊急時の対応内容を明確にする。

2) 緊急時の体制の構築

- 災害、事故などにより故障が発生した場合でも部分的な機能停止となるように、緊急時に留意した運転方法を立案し、実施する。また、故障等により浄水及び排水処理施設の一部に機能停止が発生した場合、早急に復旧できる体制を確保する。

(5) 緊急時の対応

- 災害、事故等の緊急時には、危機管理マニュアルに従い対応する。
- 対応後は報告書を作成し、記録する。

(6) 保安

- 水道施設に危害が加えられないように入出口の施錠を確実に行うなど必要な対策をとる。

(7) 清掃

1) 建築物・土木構造物の清掃

- 建築物・土木構造物の清掃を行う。

2) 外構の清掃

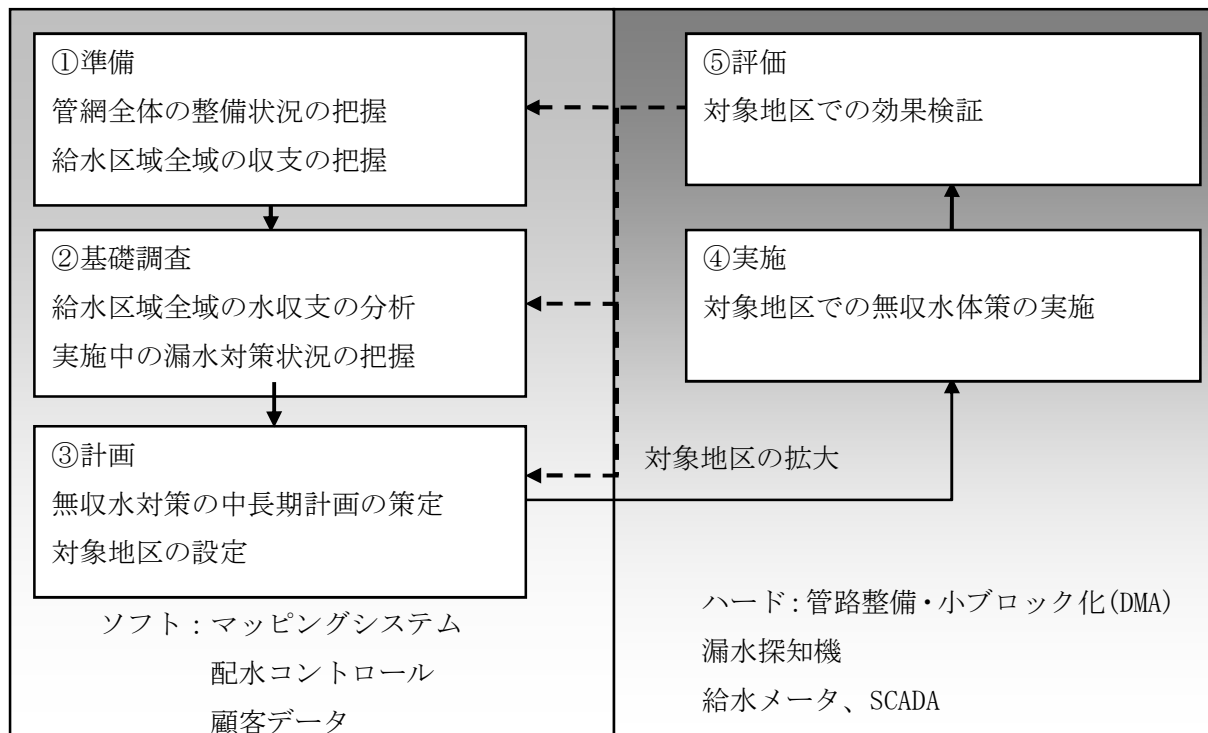
- 落葉や雑物の回収・処分を行う。

3) 植栽の管理及び除草

- 植栽を点検・手入及び除草を行う。

7.2.3 配水管理と無収水管理

配水管理および無収水（NRW）削減管理は、本マスタープランにおける重要な計画である。無収水の推定には、多くのデータ、分析が必要であり、かつ継続的に続ける必要がある。具体的なアクションとして配水管網のDMA構築が提案されている。無収水の削減、漏水率の低減に向けては、この計画を実行に移していく必要がある。



出典：JICA 調査団

図 7.3 無収水（漏水）対策システムの流れ

本計画では、無収水削減計画策定のためのステップと以下の5つを提案する。

- 現況把握
- 配水管網の DMA 構築
- 無収水削減計画の策定
- 無収水削減の実施
- 人員・組織の構築

(1) 現況把握

YCDC には漏水担当の部局がなく、流量測定がなされていないため、総供給量、使用水量の正確なデータがないことから、正確な漏水率を把握していないのが現状である。

1) 管網の状態

- 管網は老朽化（古いもので100年経過）し、管網の50%が50年を経過している。
- 管種については鑄鉄管が主で約80%を占める。
- 管接合部は、鉛コーキングタイプで、漏水の原因となっている。
- バルブの設置数が少なく、特に2次配水管に少ない。
- 給水管からの漏水が多い。
- 管網図が正確でない。
- 住宅局から移管された配水管が多数ある。

2) サービスレベル

- 水道普及率は35%（ヤンゴン都市圏）である。
- 全体的に水圧が低い（高いところでも15m程度である）
- 24時間給水が行われていない。
- バルブ操作により、制限給水が行われている。
- 地形的、施設の制約から出水不良地区がある。

3) 水道局の組織体制

- 無収水（漏水）課がなく、系統的な計画・活動がない。
- 維持管理人員の不足。
- 自己資本の不足により、長い間投資行われていない。
- リペアーチームは、必要十分な機材を有していない。
- 対症療法的な対策しか行われていない。
- 給水にかかる規制がない。
- メータ設置に対する明確な方針がない。

4) 流量測定

- 総生産量、供給量が把握されていない。

5) 消費者

- 故障メータが多い。
- 大口使用者の使用水量が正確に把握されていない。

6) 現況の無収水量（UFW）は、約66%と推測されている。

(2) 配水管網のDMA構築

全ての管網を一度に行うことは不可能であることから、実行可能な活動からはじめ、徐々に拡大し、全体のネットワークをカバーするような段階的实施が必要である。以下に示す一般的な方策を把握・理解し、現状のレベルに合うように改善する。

※一般的なアプローチ（方策）

無収水削減は、まず大口使用者及び漏水率の高い地区に焦点を絞ることが必要である。効率的な活動を行うには、24時間給水が行われていて、かつ水圧の高い地区からはじめるのが望ましい。この地区を1つのDMAとして区画する。この第1段階は、多大な労力（流量計設置、バルブ設置、管網の把握等々）を必要とするが、早急に開始することが望まれる。

注:この方策は、日本の無償資金協力事業にてYankin地区をパイロットとして計画され、実行されることが期待されている。

(3) 無収水削減計画の策定

無収水削減計画には以下の3つのフェーズで、個々の活動は下記のように提案される。

1) フェーズ1：初期計画

- 活動開始の準備
- 基本的な技術・方法論のトレーニング
- 機材の設置（特に配水区流入側流量計）
- パイロットエリアの抽出の調査
- 管網図の作成
- 無収水（NRW）削減チームの設置
- パイロットエリアでの実測調査
- 専門家による技術移転（詳細計画、実施方法）

2) フェーズ2：中期計画

- ルーティン業務の確立
- 無収水のモニタリング
- 活動の繰り返しと徐々に範囲を広げる
- 活動と調査の継続
- 専門家による技術移転を順次減らし、無収水削減チームの自立化を計る
- 活動の優先順位付け

3) フェーズ3：長期

- 無収水量のレビュー及び水量分析の把握
- 目的の見直しと計画のレビュー
- 無収水削減計画の継続、モニタリング
- エリアの継続的拡大
- データ更新による詳細レベルの向上

(4) 無収水削減の活動

活動計画は上述の様に3つのフェーズに分かれる。その計画を基に活動を実施する。特に重要な活動は以下の通りである。

- 無収水管理と削減計画の策定・実施
- 物理的ロス（漏水等）への活動
- 非物理的ロス（水道メータエラー、不法接続等）への活動
- 継続的な配水量分析及び活動の優先順位付け
- 技術協力プログラム

継続的にフェーズ1、フェーズ2を実施し、その結果フェーズ3を実施することとなる。無収水削減活動計画の見直しは3年ぐらいが適当である。したがって、以下の内容を最低限含む活動・計画レビューを3年単位で繰り返す。

- 組織面
- データの再チェック
- 水圧コントロール
- 流量測定
- 新技術の導入
- 流量計、メータ及び機器のキャリブレーション
- 計画的な漏水コントロールの向上
- 広報活動
- 新しい仕事と修繕

(5) 人員・組織の構築

無収水削減活動のためには、資金と予算措置が必要である。以下5つの重要な要素を列挙する。

1) 組織

権限及び独立権が与えられたマネージャーを長とした組織（Unit）が必要である。この組織は仮設ではなく常設組織として早急に設立する。上述の配水部の戸別接続課（House Connection）の機能強化が効果的と考えられる。

2) スタッフ

組織（Unit）は、NRWプロジェクトマネージャーを長（チームリーダー）とし、3人の技師（物理的ロス担当、非物理的ロス担当、データ解析及び記録担当）から編成される。組織は複数のチームを持ち1つのチームには、1人のGISエンジニア、少なくとも6人のテクニシャン、そして1人のドラフトマンが必要である（計8人/チーム）。

3) トレーニング

チームの活動開始に当たり、少なくとも3人が最低3ヶ月のトレーニングを技術（漏水コントロール、漏水機器の使用法、機器の補修方法）の進んだ国で受けるべきである。そして、技術者によるオンザジョブトレーニング（OJT）も必要である。

4) 技術協力

無収水削減の活動は非常に長期的なものであるため、長期間に渡る専門コンサルタントの援助が必要である。フェーズ1では専門コンサルタントを投入し、組織とともに詳細計画を策定し、その詳細計画を基に実施活動を行う。この経験を通じて徐々に技術移転を図ることが有効である。

5) 機材関連

多くの漏水調査関連機材、機器が必要である。それらは、次の3つに分類される。

- スタッフのための事務所：データ記録、作図、事務所用機器、GIS コンピュータ
- フィールド調査用の機材・機器、車両
- 十分な配管資材、修理用機材、ツール（工具）

(6) 提言

提言を以下にまとめる。

- 無収水は、ヤンゴン市水道にとって非常に大きな問題である。したがって、問題認識が適切にされるべきである。
- 無収水削減計画は、配水管網の改善と一体に行われるべきである。
- NRW チームは早急に創設され、課題に取り組むべきである。
- 修繕チームの創設、訓練を行い、十分な修繕機材が供給されるべきである。
- 無収水削減活動は、継続的に長期に渡り行われるべきである。
- 費用便益をベースとして、無収水削減のレベルが設定されるべきである。

7.2.4 施設のデータ管理

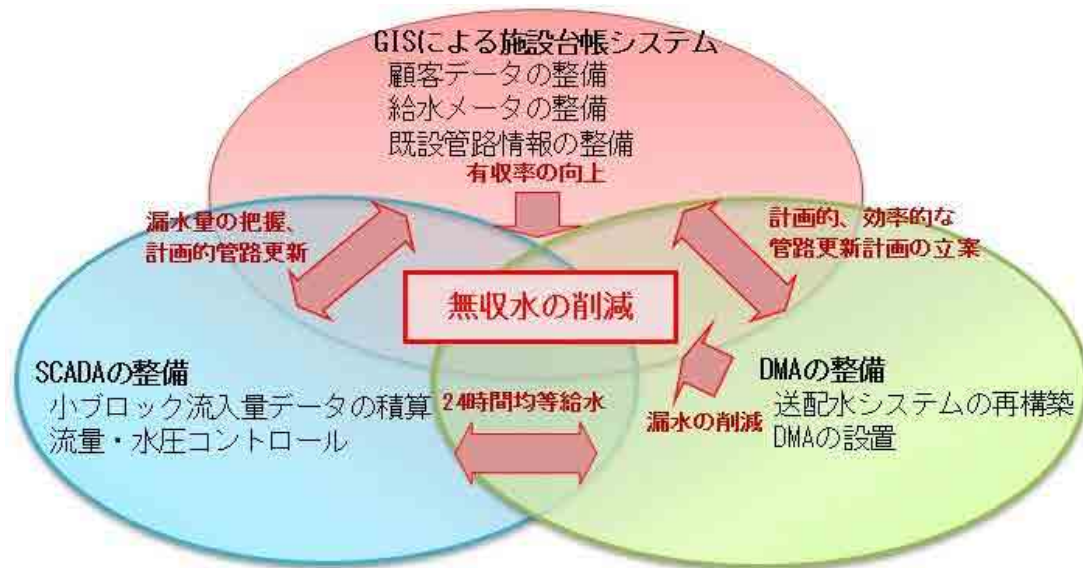
(1) 施設のデータ管理方法

現在 YCDC は、施設台帳を整備しておらず、配水管路の一部については CAD 化されているものの設計図等の水道施設の貴重な情報等は、各部署にて紙ベースにて保管されている。また、料金徴収システムも同様に、顧客リストおよび料徴収表は存在するものの、これらの帳票も紙ベースにて保管されている。

これらのデータには、誰でも、何時でもアクセスできる環境にはない。従って、将来的なデータ管理について、GIS システムとリンクし位置情報だけでなく施設情報等を持った施設台帳システムの整備を提案する。

本システムの特徴は、浄水場・ポンプ場等の施設のデータ整備に合わせ、配水管・給水管等を含めた顧客台帳も同時に整備することにより、施設の維持管理性の向上とともに、無収水削減の管理・実施を図り、最終的には 24 時間給水の実現を目指すものである。

初期段階では、顧客調査を実施と並行して給水メータ有無、作動の有無を確認することで、有収水量を把握する。中期段階では、漏水削減を目的として配水管整備、メータの更新を行い、既存配水管網を DMA 構築により再整備し、かつ SCADA 導入による実測積算流量と有収水量のデータを収集する。これらの水量を比較することにより無収水（漏水）率を把握することが可能となる。その結果を評価・分析し、新たな管路更新計画や、漏水調査計画を立て PDCA のマネジメントサイクルを構成することで、更なる無収水の削減効果が見込まれる。



出典：JICA 調査団

図 7.4 GIS による施設台帳システムの効果イメージ

(2) 施設のデータ管理方法

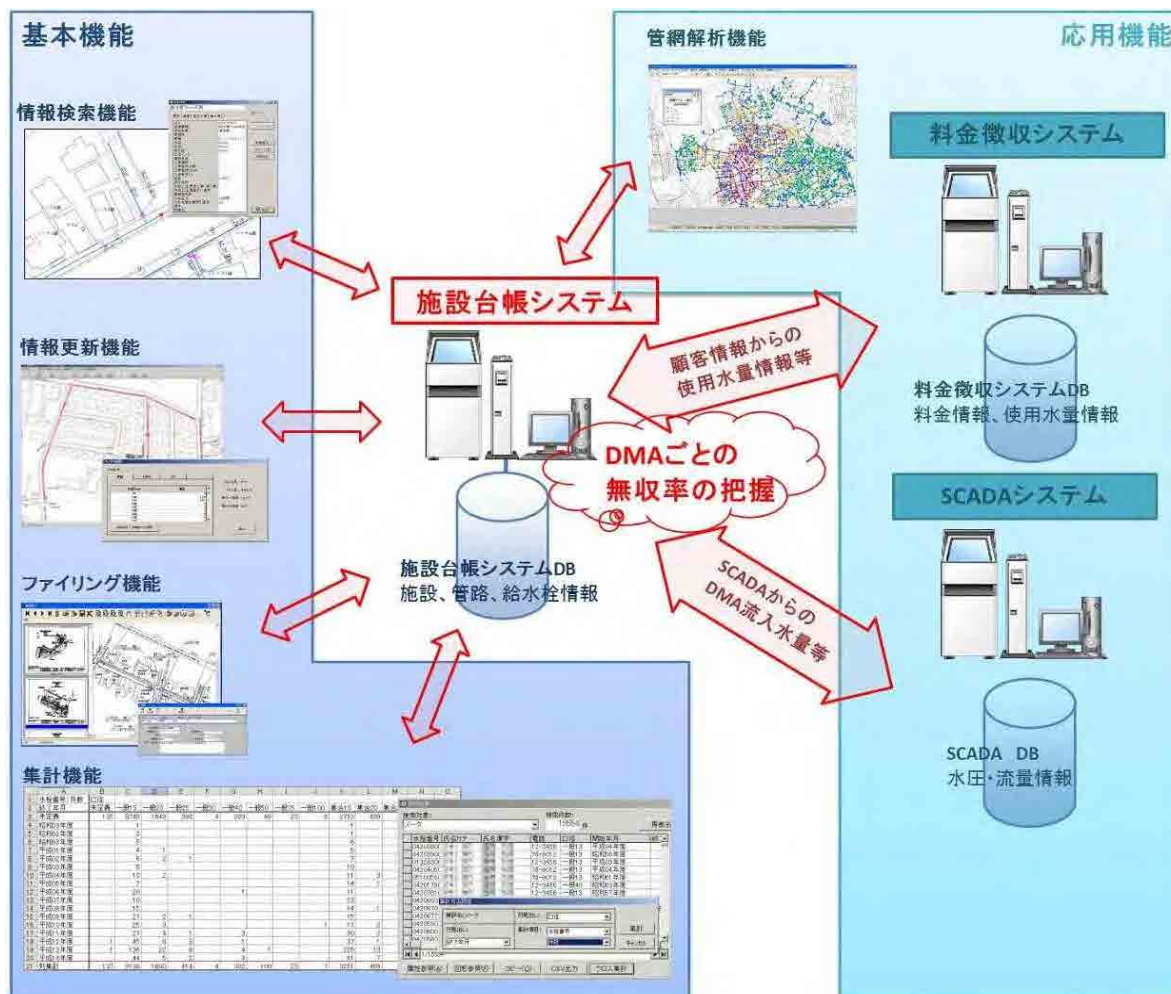
GIS 施設台帳システムのデータ作成方法、機能、維持管理方法を下記に提案する。

1) GIS による施設台帳システムのデータ作成方法

GIS による施設台帳システムを構築するためには、管径、管種、布設年、給水接続箇所等の基本的な情報を収集、データ入力することになる。データ入力にあたっては、既存資料を基にデータ確認・修正を行い、正確な情報を入力することが必要である。特に、管路情報に関してはヒアリング等による調査に留まらず、必要に応じてパイプロケーターによる位置確認、試掘による確認が必要である。また、料金徴収のための施設台帳に関しても、正確な顧客情報を収集するためには、各戸調査の実施、データ収集に加え、給水メータの新設・更新、給水管の整備・更新が必要である。

2) GIS による施設台帳システムの機能

GIS による施設台帳システム画面は、GIS 上で拠点施設（浄水場、配水池、ポンプ場の位置情報、施設能力、容量、管径、管種等の属性情報等）と送水管・配水管等の管路情報（給水管・給水メータ含む）の施設情報データベースから構成される。GIS による顧客情報システムはこれらに様々なサブシステムを組み合わせ、その機能が発揮される。GIS による施設台帳システムの機能のイメージを下図に示す。



出典：JICA 調査団

図 7.5 GIS による施設台帳システムの機能のイメージ

(3) GIS による施設台帳システムの維持管理方法

施設台帳システムは分散した各部署で必要な情報を得るためのユーザーインターフェースを付加したシステムの総称である。それぞれの部署において、閲覧可能な情報、更新可能な情報等の権限を整理して情報のセキュリティーを確保する必要がある。これらの端末の設置場所、権限等については、施設導入時に YCDC が決定しなければならない。なお、データの更新については、導入後も継続して確実に行わなければならない。更新はシステム、データベース構成に熟知したエンジニアの指導の下で実施する必要があり、YCDC において継続的な予算確保が必要である。

7.2.5 顧客・料金徴収データ管理

顧客は上下水道事業における受益者であり、YCDC 水供給衛生局はこの顧客に安全な水を供給する対価として、顧客から水道料金を受け取っている。顧客情報を適切に管理することで正確な料金徴収が可能となり、安定的な収入の確保と顧客との関係も良好に維持することができる。YCDC

水供給衛生局は、上述した点を念頭に置いた上で、顧客・料金徴収データ管理の重要性をもう一度再認識することが必要である。

顧客・料金徴収データ管理の能力向上に関して、次の点を提言する。

(1) 水供給衛生局における顧客・料金徴収データ管理

1) 顧客データのデータベース化

従量制料金が適用されている約18万5,000顧客については、コンピュータ室で「MS Visual Fox Pro」のデータベース管理システムに入力されている。入力情報は顧客情報に加え、検針値を毎月入力することで請求金額を計算し、請求書発行が行えるようになっている。一方で、定額制料金適用顧客、外国人料金適用顧客、政府機関の顧客に対しては、依然として手書きの顧客台帳及び帳簿を利用して管理しており、顧客情報や請求・徴収記録の探索、全体的な統計の作成にも時間を要し、効率的とはいえない。手始めにこうした顧客についても同様に、コンピュータを利用したデータベース化が図られるべきである。

2) 顧客データ管理担当部署の統一化

前述したように、対象とする顧客によって担当するセクションが異なっているため、顧客データのデータベース化とともに、一つのセクションが一元的に顧客管理できるよう組織編成も併せて行われるべきである。現在、コンピュータ課は業務支援室に属する一方で、定額制料金適用顧客、外国人料金適用顧客、政府機関の顧客は財務管理部の公共水道料金課、水道メータ課によって別々に取扱われている。業務効率の観点また情報のセキュリティーの観点から、一元化されることが望ましい。

3) 顧客データ情報の充実と更新

顧客データベースには、顧客からのクレーム、その対応記録など、カスタマー・ケアに関する情報も入力管理されるべきである。データベースを確認すれば、過去の対応状況や問題点、改善策が把握でき、カスタマイズしたきめ細やかな顧客対応も可能となる。また、こうした顧客情報は随時更新していくことが大切であり、職員に徹底するとともに、タウンシップ事務所との緊密な連携体制の構築が必要である。

(2) タウンシップ事務所における顧客・料金徴収データ管理

1) 顧客データのデータベース化と業務の効率化

水供給衛生局と同様、顧客データのデータベース化が図られるべきである。幾つかのタウンシップの情報によると、タウンシップ事務所における顧客管理はコンピュータ化がほとんど浸透しておらず、前近代的な管理が行われている。顧客管理から料金徴収データ管理の一連の業務の中で、16種類ものフォーマット（台帳、記録、報告書）を手書きで記入、保管している。その中には、

顧客名、住所、メータ番号、登録コードなどの全く同じ項目を手書きで各々のフォーマットに記載するなど、余分な作業もかなり多い。データベースを導入、普及させることでタウンシップ事務所の業務量を大幅に低減することができる。

2) 水道メータ検針の効率化

タウンシップによっては、2人1組がチームとなって水道メータ検針を行っているため、原則的に1人制に変更することを提言する。水道メータ検針と請求書配布、場合によっては料金徴収も含まれるが、こうした業務は訓練することで1人でも十分に遂行可能である。現金を扱う場合、2人のほうがいいこともあるが、監理するタウンシップ・エンジニアが適切な監督能力をもてるよう研修することで、可能となる。将来的に顧客接続数が増加した場合、1人制と2人制では業務効率に大きく差が出てくるため、現段階から訓練も兼ねて1人制へシフトすることが望ましい。

3) 料金徴収の業務委託を視野に入れた職員の能力向上

タウンシップ事務所は、将来的には水道メータ検針及び料金徴収業務の外部への業務委託も視野に入れ、監理能力を育成しておくことが望ましい。現時点では、委託できる民間セクターが成熟していない環境であると想定され、また顧客管理もデータベース化が進んでいないことから、混乱を招く可能性がある。ただ将来的には、料金徴収の業務委託は、業務の効率性を考える上で一つのオプションになり得る。そのために、今の段階から職員の監理能力やデータベース管理の知見をOJTにより養う必要がある。

第8章 事業実施計画と事業費

8.1 事業実施計画

上水道事業実施計画を下表に示す。各事業共に2040年を目標とした整備計画である。

表 8.1 上水道事業の実施計画

施設名	フェーズ1										フェーズ2																		
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
浄水場																													
Grobyu P/S																													
Hlawga P/S																													
Phugyi																													
Nyaungnabin 一期																													
Nyaungnabin 二期																													
Lagunpin																													
Kokkwa 一期																													
Kokkwa 二期																													
Kokkwa 三期																													
Toe 一期																													
Toe 二期																													
Toe 三期																													
DMAの整備																													
Zone No. 1																													
Zone No. 2																													
Zone No. 3																													
Zone No. 4																													
Zone No. 5																													
Zone No. 6																													
Zone No. 7																													
Zone No. 8																													
Zone No. 9																													
Zone No. 10																													
維持管理向上																													
水質管理センター																													
配水管理センター																													
SCADAおよび教整備																													

出典：JICA 調査団

8.2 積算方針・条件

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

建設工事は、以下の条件に基づき算出した。

- 土木・建築資材、労務費および建設機械は国内での調達が可能のため、現地調達を基本とする。
- 機械・電気設備は、EU諸国等の第三国調達を含む海外調達を基本とする。調達先は、品質性能、経済性および維持管理性等に配慮して調達する。
- 現地施工業者は、土木工事の経験・能力は十分であるが、上下水道に特化した事業の経験・能力が十分ではない。しかし、施工実施体制には日本人技術者及び外国人技術者を配置するため、施工実施については現地業者で実施する。
- 推進工事およびシールド工事については、現地施工業者が施工の経験・能力を有していないため、近隣国であるタイ国の施工業者より見積を徴取し、その金額を採用する。
- 上水道の給水管および下水道の各戸接続管については YCDC の積算部署による積算結果を用いて工事費の算定を行う。
- 現地の自然条件（地勢・地質条件、気象条件）および法規・慣習に考慮した施工計画とする。

8.3 事業費

8.3.1 資本費用

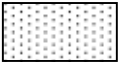
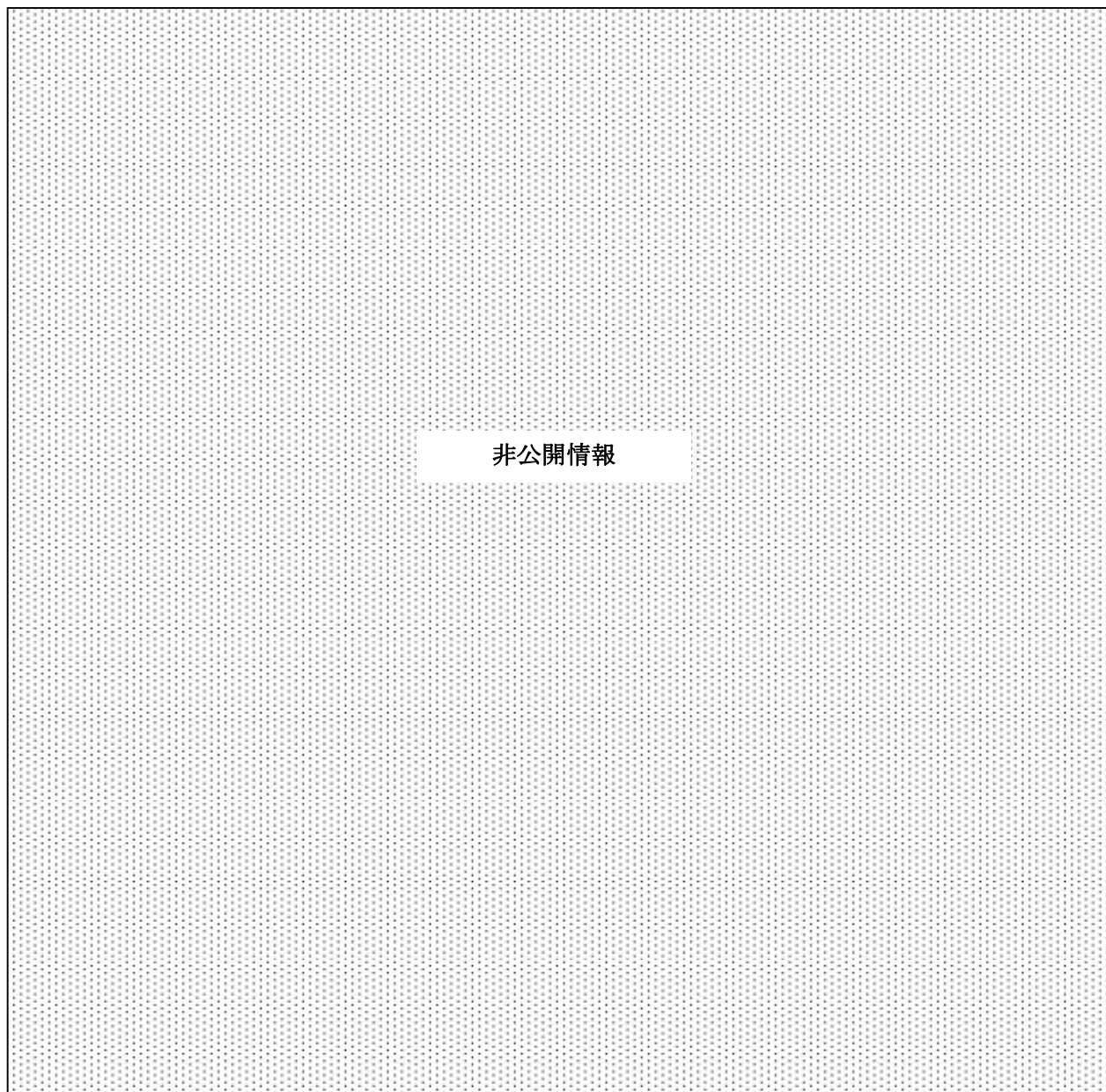
上記に基づいて算出されたマスタープラン事業の概算工事費の内訳を下表に示す。概算事業費は、上水道事業  となる。詳細は付録に示す。

表 8.2 上水道事業の概算事業費



非公開情報

8.3.2 維持管理費

上水道事業に必要な 2040 年における維持管理費用を下記に示す。上水道事業においては年間 128 億円で約 78%が薬品代である。

表 8.3 上水道事業の年間維持管理費用 (2040 年)

区分	費用 (百万円/年)
人件費	51.7
電気代	1,719.7
スペアパーツ	817.4
薬品費	9,936.7
その他	250.3
合計	12,775.8

出典：JICA 調査団

8.4 段階的整備計画と事業費

8.4.1 段階的整備計画

計画施設は、必要な時期及び優先度に従い段階的に整備していく。優先度は、提案した水道施設の目的に沿って計画したが、まず、水道施設の目的を述べた後、次節で優先度を示す。

(1) 提案する水道施設の目的

水道計画の目的とその対策は、下記のように分けられる。

- 供給量の増加 (浄水場、送水施設の建設)
- 均等給水と無収水の削減 (配水区の構築)
- 水質改善 (既存水源に対する浄水場改修あるいは新設)
- 既存施設の延命 (改修計画)
- データ管理
- 普及率の増加

(2) 基幹水道 (送水) 施設の段階的整備

前述のとおり需要量に応じて浄水場が整備されるため、浄水場から各配水池への送水施設も、6.2.2 に示した水運用計画に沿って整備する。

(3) 配水区 (ゾーン) の構築と普及率の増加

配水区 1~10 を構築する。これには、配水池、配水ポンプ、配水本管、DMA 創設、配水管の更新、給水管・メータの更新等が含まれる。水運用センターの設立と SCADA システムの構築もここに属する。

配水区（含む無収水削減対策）の構築は、市街化の進行しているところから順次進める。市街化の進行しているところは、古くから町が発展し水道管も古くから布設されている。従い、老朽化が進み漏水が高いと思われる。さらに、人口密度も高く、投資効率も高い。

基本的には優先度は配水区番号に従う。配水区1が最初、次いで配水区2等々と整備していく。

普及率の増加も重要な施策である。この事業の費用は別立てで計上していないが、事業費総額は配水区別事業費の中に含まれている。配水区の構築は、順次配水区ごとに行うとしているが、状況に応じて配水区ごとの費用流用で対処するとして計画してある。

(4) 水質改善、既存施設の改修

貯水池、Hlawaga 貯水池、Phugyi 貯水池の水は、水質が良好であったため無処理で供給されてきた。しかし、徐々に水質に対する不満は高まってきており、水道水の代わりにボトルウォーターが飲料に使われているケースが多い。従い、水質改善に対する優先度は高いといえる。

8.4.2 段階的事業費

年度別事業費は資料編Fを参照されたい。

第9章 財務計画

9.1 財務分析

9.1.1 財務分析の方法

財務分析は、実施機関である YCDC の視点から、プロジェクトの財務妥当性を確認することを目的として実施した。財務分析の指標としては、純現在価値 (NPV)、費用便益比率 (B/C ratio) を算出し、評価を行った。なお、財務分析は多くの前提条件をもとに算出されており、前提条件に変化があった場合には、結果に変動が生じる可能性に留意する必要がある。

9.1.2 財務分析の前提

マスタープランの財務分析は、以下の条件と前提に沿って行われた。財務分析の評価期間は、事業開始の 2014 年から 2080 年までの合計 67 年間とした。現在価値および B/C の計算には、割引率 3% を適用している。

- (1) 事業開始年度 : 2014 年度
- (2) 対象期間 : 2014-2080
- (3) 割引率 : 3%
- (4) 有収水率 : 33% (2013 年)、65% (2025 年)、85% (2040 年)
- (5) 水道料金 : 現在の一般家庭用 88 Kyat をベースにした 4 試算
支払意思額 175 Kyat をベースにした 1 試算

9.1.3 支払意思額 (WTP)

住民が予定されている水道料金レベルに対して、受け入れる意思があるかどうかを判断するため、支払意思額を算定した。また、世帯当たりの月平均使用水量についても推定している。両項目の算定にあたっては、JICA ヤンゴン都市圏調査団が行った世帯訪問調査の結果を利用している。主な概要と結果を下表に示す。

表 9.1 支払意思額及び月平均使用水量

項目	方法	推定平均値
月額支払意思額	7 階級の選択技から選択する形式。各階級の中央値を用いて支払意思額を算出。有効回答数：10,068。	2,436 (Kyat/月/世帯)
月平均使用水量 (YCDC 戸別給水利用者)	5 階級の選択技から選択する形式。各階級の中央値を用いて世帯当りの水使用量を算出。有効回答数：2,836。	13.9 (m ³ /日/世帯)

出典：2012 年 JICA 世帯訪問調査結果を基に算定

9.1.4 支払可能額 (ATP)

JICA 都市圏開発調査による住民意識調査の結果 (有効回答数 10,000) から、算出された平均世帯収入は 175,000 Kyat/世帯・月であった。

一方、世界銀行、OECD、WHO などの国際機関は、住民の上下水道料金について、世帯収入の 3-5% 程度が望ましいとする一定の目安を設けているところが多い。世帯収入の 3% を上限値としてあてはめると、支払可能額は 5,250 Kyat/世帯・月であると推定された。

現行の一般家庭用水道料金単価は 88 Kyat/m³ であり、月平均使用量である 13.9m³ から、月平均支払額は 1,223 Kyat/世帯・月であると想定される。この額を支払可能額 (推定値) 5,250 Kyat/世帯・月と比較した場合、約 23% になる。したがって、現行の水道料金は十分に支払可能なレベルにあるとともに、比較的低いレベルに設定されていると推察される。

9.1.5 財務分析

(1) 財務費用

プロジェクトの財務費用は、資本投資費である初期建設及び更新・補修費、及び維持管理費によって構成される。

1) 資本投資費

財務評価の対象期間である 2080 年までの上水道施設の初期建設費及び更新・補修費の総額は、合計 [] になる。更新・補修費は、土木施設の施設寿命を 50 年、電気・機械設備の設備寿命を浄水施設は 20 年、ポンプ施設は 15 年と各々想定して計上している。

上記期間の上水道施設の初期建設費及び更新・補修費の推移予測を下図に示す。

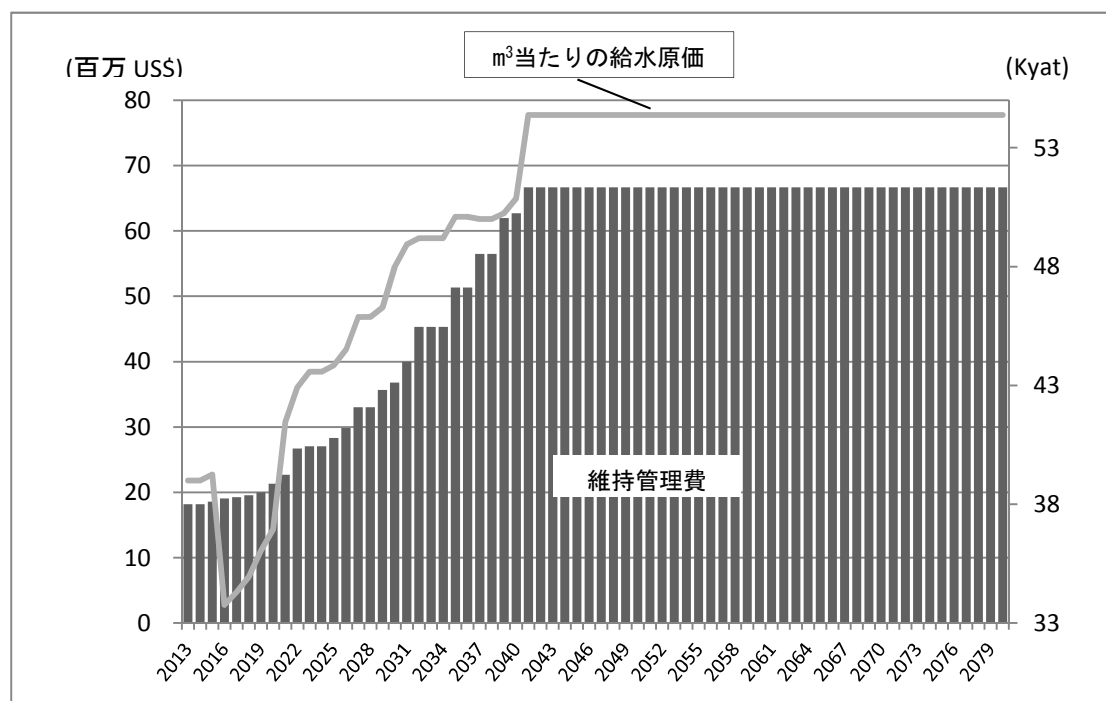


図 9.1 初期建設費及び更新・補修費の推移予測

2) 維持管理費

維持管理費は、人件費、電気費、薬品費、修繕費、業務費などから構成されている。2040年までの維持管理費の内訳をみると、薬品費78%、電力費13%、修繕・修理費6%、その他2%、人件費0.4%となっており、薬品費の占める割合が大きくなっている。維持管理費は、2025年で2,831万米ドル、2040年で6,270万米ドルとなる。一方、維持管理費のみ考慮した m^3 当たりの給水原価は、34-54 Kyat/ m^3 となる。

参考までに2011年の推定値は、YCDCの年間有収水量107百万 m^3 、年間維持管理費用は3,682百万Kyat、平均供給単価は34 Kyatであった。但し、同費用には下水道事業費用も含んでいる。評価対象期間における将来の上水道施設の維持管理費の推移予測を次表に示す。



出典：JICA 調査団

図 9.2 維持管理費用の推移予測

3) 初期建設費及び更新・補修費における代替案

財務シミュレーションにあたって、初期建設費への政府補助金の負担割合によって、次の5つの試算案を設定し、計算を行った。

表 9.2 初期建設費及び更新・補修費用の代替案

試算案	初期建設費の負担		
	YCDC 負担	政府補助金 (中央政府/地域政府)	円借款活用
【代替案 A】: O&M 費コスト・リカバリー 資本投資費 100%補助	0%	100%	-
【代替案 B】: 資本投資費 60%補助	40%	60%	-
【代替案 C】: 資本投資費 40%補助	60%	40%	-
【代替案 D】: フルコスト・リカバリー (YCDC 資金)	100%	0%	-
【代替案 E】: 円借款活用 初期建設費 80%	20%	-	80%

* JICA 円借款条件として、返済期間 40 年、返済猶予期間 10 年、利率：0.55%の場合。
出典：JICA 調査団

「代替案 A」は、YCDC は O&M 費用のみを対象にコスト・リカバリーする案である。資本的支出を政府予算でまかなっている現在の YCDC の体制は、これと類似した形態といえる。「代替案 D」フルコスト・リカバリーは、初期建設費及び更新・補修費、運営維持管理費の全てを、中央政府からの援助によらず、YCDC 自らの収入によってまかなうと想定した場合である。また、「代替案 B」、「代替案 C」は、資本投資費を政府からの補助金でそれぞれ 60%、40%補うと想定した案である。「代替案 E」は、資本投資費の内、2040 年までの初期建設費の 80%を円借款を活用して賄うケースである。

(2) 収入

マスタープランで提案されたプロジェクトの収入は、顧客から回収される水道料金に基づいており、有収水量の予測値に水道料金を掛けて算出している。具体的には、有収水量予測や接続数は YCDC から得たデータを基に作成した予測値を採用している。水道料金は、現行の一般家庭用の従量料金単価 88 Kyat/m³、及び支払意思額（推定値）175 Kyat/m³ベースとして用いている。

水道料金収入の試算案として、下表の 4 タイプについて想定した。

表 9.3 水道料金収入の試算案

	基準となる料金単価
【試算案 1】: 料金増加率 3%/年	一般家庭用 料金単価 88 Kyat/m ³
【試算案 2】: 料金増加率 4%/年	一般家庭用 料金単価 88 Kyat/m ³
【試算案 3】: 料金増加率 5%/年	一般家庭用 料金単価 88 Kyat/m ³
【試算案 4】: 料金増加率 3%/年	支払意思額 推定値 175 Kyat/m ³ [支払意思額 (Kyat) ÷ 平均水消費量 (m ³ /HH/月)]

* 支払意思額は、YCDC の戸別給水利用者が、安全な水の 24 時間給水に対して回答した金額を採用している。

出典：JICA 調査団

(3) 財務シミュレーション結果

財務シミュレーションの結果概要を次表に示す。各シミュレーション結果については、付属資料Gに添付している。

財務シミュレーションは、5つの費用代替案と4つの収入試算案の組み合わせで行い、純現在価値（NPV）と費用便益比率（B/C）の結果は、割引率3%の場合の値について示している。

表 9.4 財務シミュレーション結果

		料金収入					
		【試算案 1】 88 Kyat から 年 3%増加		【試算案 2】 88 Kyat から 年 4%増加		【試算案 3】 88 kat から 年 5%増加	
		NPV	BC	NPV	BC	NPV	BC
財務費用	【代替案 A】 資本投資費 100%補助		2.42		3.07		3.90
	【代替案 B】 資本投資費 60%補助		1.09		1.39		1.76
	【代替案 C】 資本投資費 40%補助		0.86		1.09		1.38
	【代替案 D】 フルコスト・リカバリー (YCDC 資金)		0.60		0.76		0.96
	【代替案 E】 円借款活用 初期建設費 80%		0.79		1.00		1.27

* 網掛けは、現在価値（NPV）がプラス、あるいは費用便益比率が 1.0 以上を示す。

出典：JICA 調査団

プロジェクト評価期間における現在価値がプラスで、費用便益比率が 1.0 以上となったのは、上表の網掛けした 10 ケースであった。

1) 代替案 A、代替案 B

すべての試算において、現在価値がプラス、費用便益比率が 1.0 以上となった。「試算 B1」：水道料金の増加率が最も低い 3%、資本投資費 40%補助の場合でも、現在価値はプラスで費用便益率は 1.0 を示した。

2) 代替案 C

資本投資費 40%補助の代替案 C の試算では、C2、C3 が現在価値がプラスで、費用便益率が 1.0 以上を示した。「試算 C1」は資本投資費をリカバリーする水準には達していないが、総収入額は維持管理費の 2 倍以上の規模であり、維持管理費は十分にリカバリーすることが可能である。

3) 代替案 D

YCDC のみの資金によるフルコスト・リカバリーの代替案 D の試算は、すべてにおいて現在価値はプラス、費用便益率は 1.0 以上を示さなかった。したがって、いずれのケースもフルコスト・

リカバリーを達成する水準には達していない。しかしながら、すべての試算で維持管理費は十分にリカバリーすることができる。

4) 試算案4：支払意思額による試算結果

一方、前述した支払意思額 175 Kyat/m³を開始年度から適用し、実質年率 3%の「試算案 1」、「代替案 D フルコスト・リカバリー」のケースでも試算してみた。同じ水道料金増加率の「試算 D1」と比較すると、その収入額はより高い水準で推移し、約 1.9 倍の収入規模になった。現在価値がプラス、費用便益率は 1.16 で最終的なキャッシュイン・フローは黒字となった。したがって、料金収入だけでフルコスト・リカバリーを達成する水準にまで達することが可能となる。ただ、同試算では開始年度から現状の約 2 倍以上となる単価を適用しているが、実際的には急激な料金値上げは住民生活に大きな影響を及ぼすことに留意が必要である。段階的な改定が現実的には望ましく、ここではあくまでも参考値として示す。

「試算 C2」におけるキャッシュフロー表、損益予測表を次に示す。「試算 C2」は、資本投資費 40%-水道料金年率 4%増加のケースである。

表 9.5 財務シミュレーション結果（試算 C2：料金増加率 4%、資本投資費 40%補助）



非公開情報

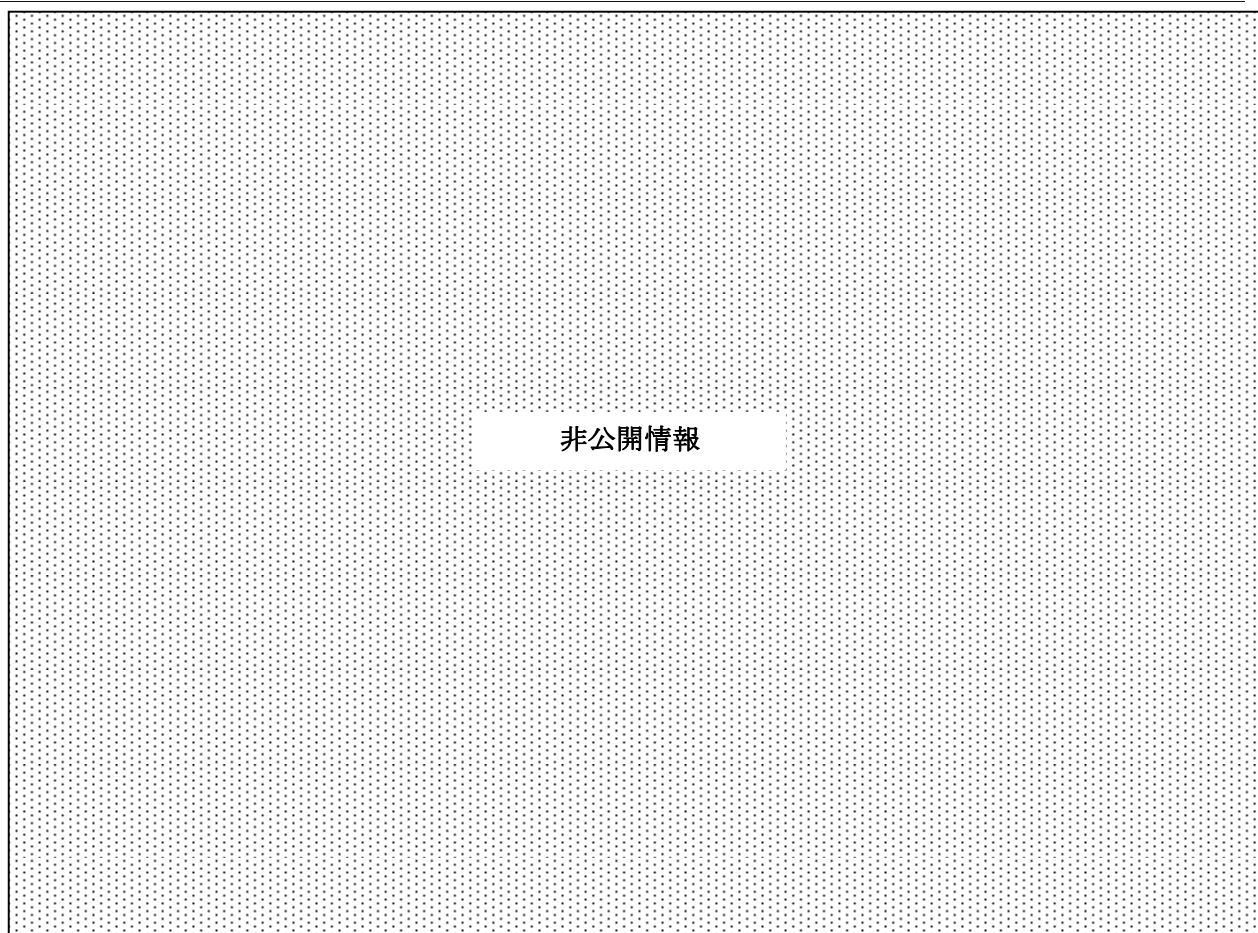


図 9.3 損益予測表（試算 C2：料金増加率 4%増加、資本投資費 40%補助）

代替案 A-D の試算では、すべて初期建設費及び更新・補修費を YCDC の自己資金、あるいは政府による補助金で全てまかなうことを前提としたものであった。ただ、「ミ」国の緊縮的な財政状況の中、資本投資金額の全額を調達することは容易な課題ではないと推察される。巨額の投資金額を要する初期建設コストを、ODA などによる外部資金調達によって開発資金をまかない、国全体が発展の軌道に乗った段階で返済するということも、ODA 資金活用のメリットの一つであるといえる。

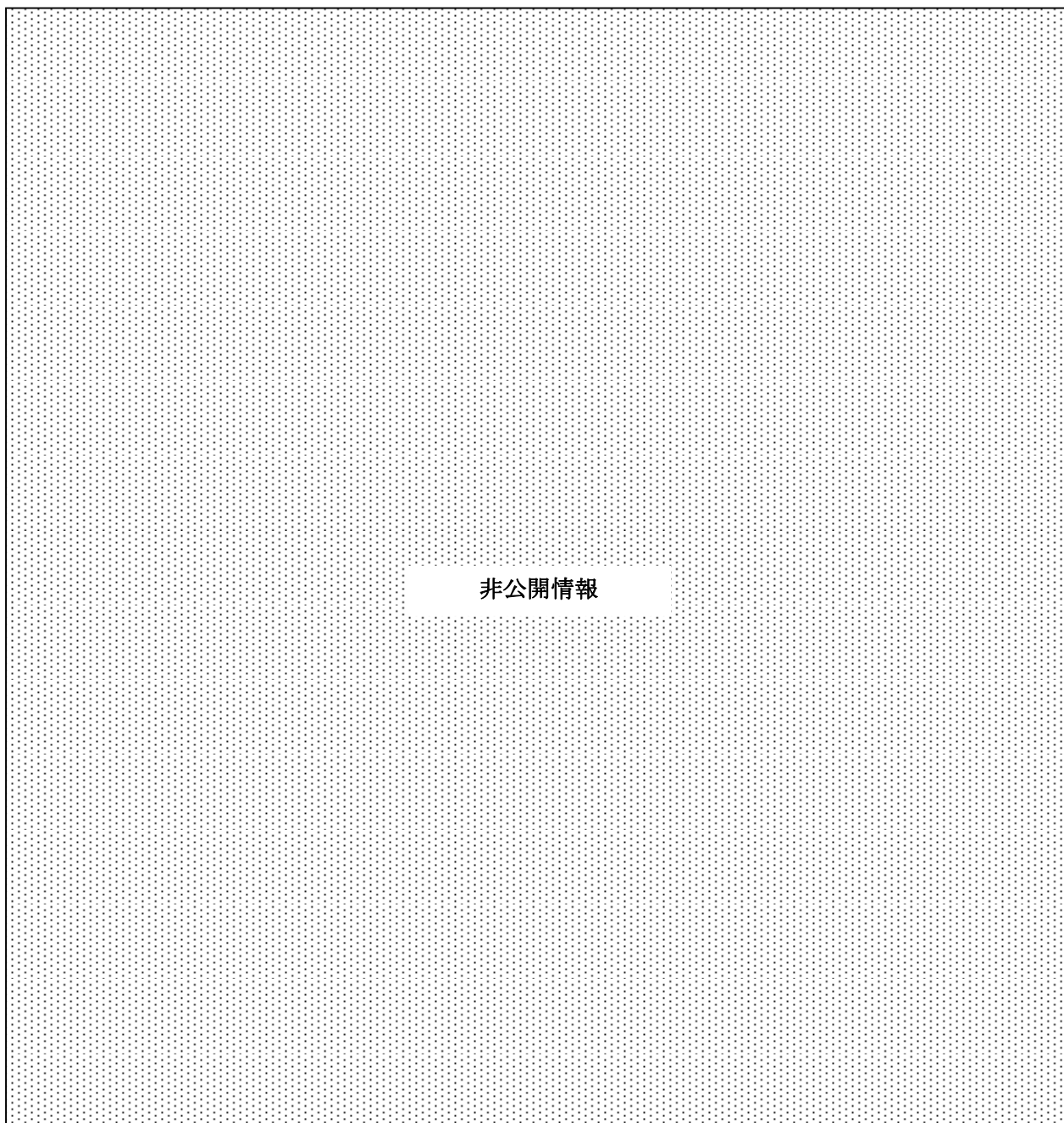
例えば、「試算 D3」：資本投資費 0%（フルコスト・リカバリー）-水道料金年率 5%増加のケースと、「試算 E3」：資本投資費の内、初期建設費の 80%を円借款で補填-水道料金年率 5%増加のケースを比較してみる。「試算 D3」では、累積赤字のピークは 2038 年 33 億米ドルであるが、「試算 E3」では、累積赤字が後ろに繰り延べされることで、ピークが 2040 年 21 億米ドルと比較的低い額に抑えられ、また全体的に平準化することが可能となる。ODA 資金を活用することで、最大 11.5 億米ドル/年の資金調達額を低減することができる。

「試算 D3」及び「試算 E3」におけるキャッシュフロー表、損益予測表を次に示す。

表 9.6 財務シミュレーション結果（試算 D3：料金増加率 5%、資本投資費 40%補助）

非公開情報	
-------	--

表 9.7 財務シミュレーション結果（試算 E3:初期建設費 80%への円借款活用、料金増加率 5%）



非公開情報



図 9.4 損益予測表 試算 D3（上表）及び試算 E3（下表）

9.1.6 財務計画に関する水道料金改定の必要性

(1) 現行の水道料金体系に関する課題

現在の水道料金は、① 料金レベルが全般的に低く抑えられていること、② 定額制料金が依然として約5分の1の顧客に適用されていること、③ 従量制料金でも均一型 (Uniform Volumetric Tariff) が採用されており逡増型でないこと、から水消費者に節水の意識も比較的薄く、インセンティブも働きにくいことが問題点としてあげられている。

今後、水需要が増加していく社会情勢を踏まえ、需要家全般に節水と水利用の合理化を促し、特に大口需要家に対して節水意識を醸成し、水需要の均衡を確保していくことも重要となる。一方で、凝集剤や塩素などの薬品の適切な投入、水質管理体制の強化、漏水低減のための対策を行うなど、今まで以上に適切に運営維持管理に資金配分し、サービスの品質向上を図っていくことも課題となる。また同時に、将来の投資費用を内部留保として積み立てていくことも、持続的な事業運営にとって重要である。

(2) 料金レベルの改定と支払可能額

YCDC は、マスタープランで提案している水道施設を持続的に運営維持管理していくため、運営維持管理費を最低限りカバーできる水準と推定される、実質年率 3%以上に平均料金を設定することがまず一つの目安になると考えられる。但し、これは物価上昇とは別に設定することに留意が必要である。

仮に、世帯収入が年率 3%で一律増加すると想定すると、月平均世帯収入額は 2025 年に 249,508 Kyat/世帯・月、2040 年には 388,726 Kyat/世帯・月となる。その際、1 世帯当たり平均水使用量を 20.0m³/月 (2025 年)、26.0m³/月 (2040 年) 使用すると推定、水道料金が年率 4%で増加すると、1 世帯当たりの平均水支出額/世帯/月は 3,954 Kyat (2025 年)、14,190 Kyat (2040 年) となる。これは、それぞれ月平均世帯収入の 1.6%、3.7%にあたる。おおまかな推測ではあるが、月平均世帯収入の 4%以内に収まっており、一般的には支払可能額のレベルの範囲内にあると考えられる。

表 9.8 平均水支出額と支払可能性

項目	2025	2040
(1) 水道料金 (Kyat/m ³)* ¹	198	547
(2) 平均世帯収入 (推定値) (Kyat/世帯/月)	249,508	388,726
(3) 平均世帯水支出 (推定値) (Kyat/m ³ /世帯/月)* ²	3,954	14,190
(4) (3)/(2) (%)	1.6%	3.7%

*1 水道料金増加率 4%、物価上昇率 3%と想定

*2 平均水使用量 20.0 m³/月 (2025 年)、26.0 m³/月 (2040 年) と推定。

出典：JICA 調査団

(3) 逡増制料金体系への移行

YCDC は、将来的に逡増型の水道料金体系の導入を見据えた料金改定計画を作り、水使用者に節水意識を醸成するとともに、料金を適正レベルに設定することが財務管理の側面から必要となる。YCDC の従量制料金適用顧客の内、一般家庭の月平均使用水量の分布みると、約 40%は 10m³ 以下/世帯・月が占めている。こうした状況を考慮し、例えば、使用水量 10m³ 以下の顧客には現行の料金レベルを据え置く一方で、使用水量 10m³ 以上の残りの 60%の顧客に、支払意思額に近い水準まで段階的に逡増型料金を設定することで、財務状況は改善されると期待され、前セクションで触れた支払意思額による試算のレベルも現実味を帯びてくる。

こうした詳細な逡増型料金体系の検討は、下水道事業への内部補助も視野に入れながら、優先プロジェクトのフィジビリティ調査で行う予定である。

第10章 IEE レベルの環境社会配慮

10.1 環境社会配慮の必要性

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

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

10.2 マスタープランに対する IEE レベルの環境社会配慮

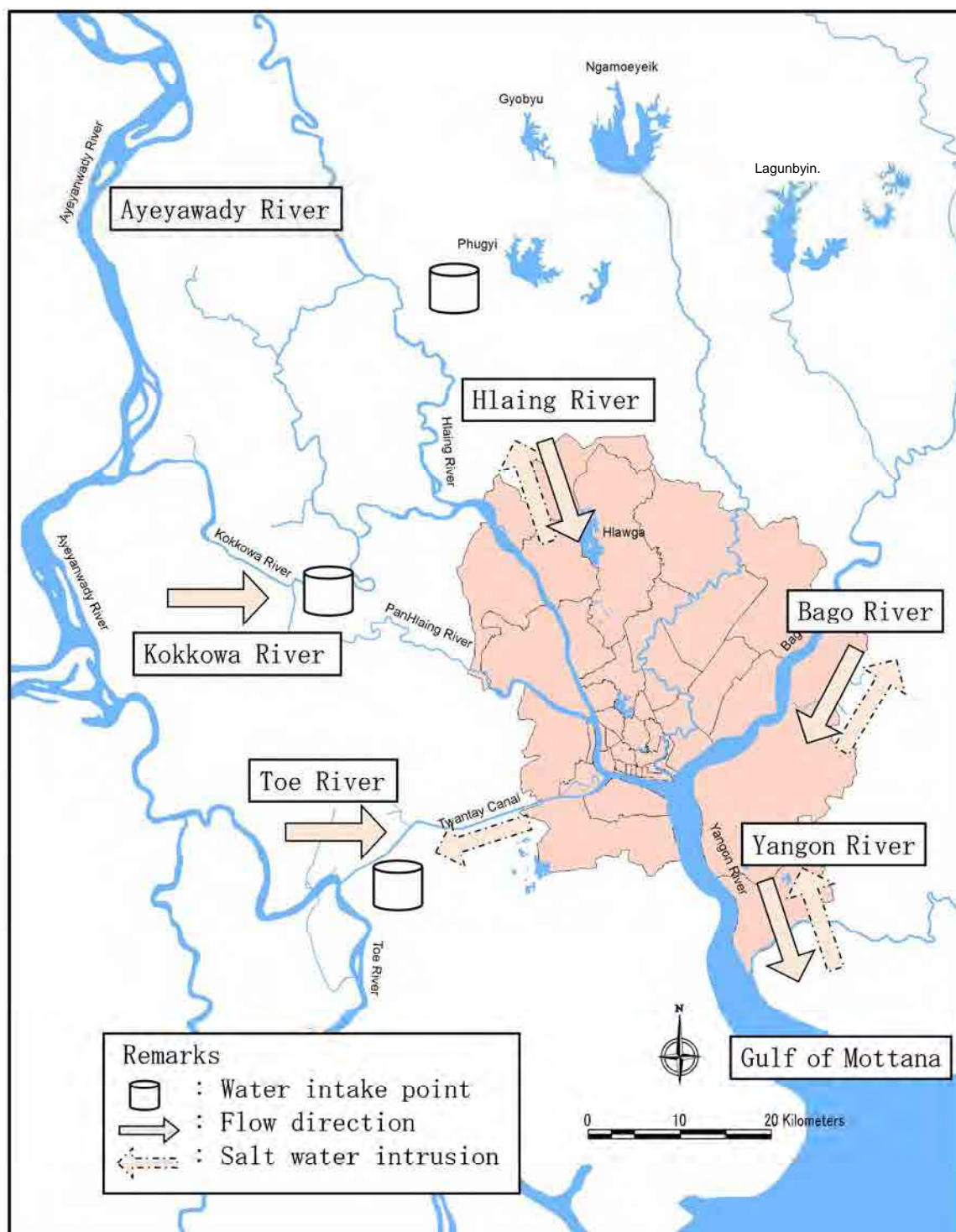
前述「2.6 節」の通り、「ミ」国の環境社会配慮にかかる法制度は発展途上であり、根幹となる環境保護法には環境影響評価に関する記述はない。SEA を含む EIA に関する法制度、環境基準等は MOECAPF により作成中とのことであるが、内容については不明である。そのため、「ミ」国の EIA に関する法制度が発効するまでは、JICA の環境社会配慮ガイドライン（2010 年 4 月）（以下「JICA ガイドライン」）を適用する。本調査内におけるマスタープラン調査段階においては、戦略的環境アセスメントの基本的考え方により IEE レベルの環境社会配慮調査を実施する。SEA とは、事業段階のいわゆる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

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

10.3 マスタープランの代替案の設定

マスタープランの代替案は、2040 年の水需要を踏まえた水源に関する代替案を設定した。下図は Bago 川と Hlaing 川の合流地点周辺に発展するヤンゴン都市圏及び将来の水需要のための潜在的な水源候補である Toe 川、Kokkowa 川、Hlaing 川を示している。Toe 川と Kokkowa 川はヤンゴン市の西に流れる国際河川であるエーヤワディー川の支流である。各河川の詳細については、

2.2.4章に記載している。



出典：JICA 調査団

図 10.1 将来水源候補

マスタープランの代替案は、以下のように水源に関する代替案オプションを設定した。

- ゼロ・オプション：現在の水源を、無収水を削減しながら活用する（ただし Lagunbyin 貯水池からの新規供給 30MGD/日を含む）。
- 代替案 1：水源となりうる可能性のある河川の 1 つ、Kokkowa を新規水源とする。
- 代替案 2：水源となりうる可能性のある河川 2 つ、Kokkowa と Toe を新規水源とする。

水源である 2 河川についての情報を下記にまとめる。水源候補の 1 つであった Hlaing 川は調査の結果、十分な水量を確保できないことが判明した。

表 10.1 河川概要

河川	YCDC 境界からの距離 (km)	YCDC 中心からの距離 (km)	賦存量 (m ³ /s)
Hlaing	北部境界から 30 km	55 km	0
Kokkowa	Hlangthyar 境界から 15 km	35 km	520
Toe	Dale から 40 km	42 km	1,220

出典：JICA 調査団

10.4 評価項目の選定

SEA 代替案評価にあたり、戦略的環境影響評価項目及び判定基準を下記の通り設定した。

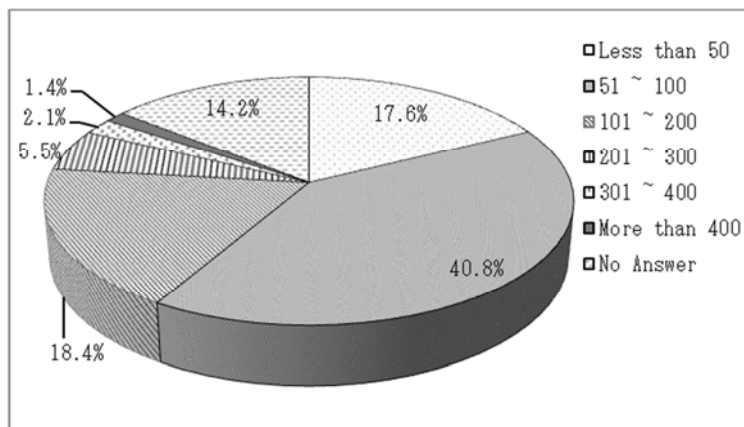
評価項目	主な影響
水利用	<ul style="list-style-type: none"> ● 住民の Basic Human Needs である水利用の改善 ● 水道用取水によるその他使用者への影響
用地取得及び非自発的住民移転	<ul style="list-style-type: none"> ● 取水施設及び浄水場、送配水管建設のために必要となる土地 ● 土地の取得による非自発的住民移転の発生
土地利用及び地域資源利用	<ul style="list-style-type: none"> ● 取得が必要となる土地への影響 ● 取水による地域資源利用への影響
生活・生計	<ul style="list-style-type: none"> ● プロジェクトによる住民の生活への影響 ● 下流の水利用への影響
少数民族・先住民族	<ul style="list-style-type: none"> ● 少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響 ● 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利の尊重
保護区/文化遺産	<ul style="list-style-type: none"> ● ヤンゴン地域内の保護区への影響
地形・地質	<ul style="list-style-type: none"> ● プロジェクトにより計画地周辺の地形・地質構造が大規模に改変されるか
生物/生態系	<ul style="list-style-type: none"> ● 下流域の水生生物、動植物及び生態系への影響
水象	<ul style="list-style-type: none"> ● 地表水・地下水の流れへの影響
大気汚染/騒音・振動	<ul style="list-style-type: none"> ● 大気汚染/騒音・振動の周辺への影響

出典：JICA 調査団

10.5 評価項目に関する現況

10.5.1 水利用

YCDC 水道に接続している住民の現在の水利用状況をヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査の世帯訪問調査内で聞いており、以下のことが判明した。



出典：JICA 調査団

図 10.2 水利用状況

1 家庭当たり 100 ガロン/日の消費量と答えたのが 58%で、アンケートでの平均世帯人数が 4.3 人ということを考慮すると、一人一日当り使用水量は 100 リットルである。理想的な使用水量が現在消費量の何倍であるかを聞いたところ、74%が現在の使用水量で満足しており、次いで多かったのが 11%で 2 倍ということであった。3 倍以上と答えた人も 2%ほどいた。

10.5.2 用地取得及び非自発的住民移転

取水・浄水施設で必要となる土地は、将来需要の満たす追加取水量 420MGD のために約 240ha が必要となる。取水地点は YCDC 管轄外、かつ農地であるため、農業灌漑省との調整が必要となる。用地取得が必要となった場合は、Ministry of Home Affair に許可を申請し、許可を得た後に新聞に 1 か月間用地取得の掲示を行い、土地所有者に通達する。その後 YCDC の General Administration Department が全ての手続きを行うとのことである。より詳細な用地取得手続きについては F/S 段階で調査を行う。なお、用地取得は JICA ガイドラインを満たす形で実施する必要があり、F/S 時に必要に応じ簡易住民移転計画を作成する。なお、用地取得により影響を受ける資産については再取得価格での補償が必要である。

2 河川の取水予定地点の土地利用については、下図から分かるように農地である。



出典：JICA 調査団

図 10.3 各取水予定地点土地利用（左から Kokkowa、Toe）

10.5.3 土地利用及び地域資源利用

用地取得される取水・浄水施設予定地の土地使用については上述（10.5.2）の通りである。Kokkowa、Hlaing 取水地域の灌漑に使用されている水量及び灌漑面積を下表に示す。

表 10.2 Kokkowa、Hlaing 取水予定地域の灌漑水量及び面積

Name	Intake location	Volume of water intake (MGD)		Purpose	Area of irrigation (ha)
		Dry	Rainy		
Kokkowa River Pantaing (1) Sluice	Htantapin Township	10.12	-	Irrigation	542.3
Kokkowa River Pantaing (2) Sluice	Htantapin Township	52.85	-	Irrigation	2,832.9
Kokkowa River Khunnaaingtan sluice	Htantapin Township	47.98	-	Irrigation	2,571.4
Kokkowa River Chaungnyiako sluice	Htantapin Township	42.47	-	Irrigation	2,276.4
Hlaing River	Taikkyi Township	89.64	-	Irrigation	4,804.5

出典：Yangon Regional Office, Department of Irrigation, MOAI

10.5.4 生活・生計

取水・浄水施設予定地は農地として使用されていることから、農地使用者の生活・生計への負の影響が予想される。Kokkowa 川の水は農業用の灌漑用水として、110MGD/日が乾季に使用されている。110MGD/日は、取水可能と考えられる 10,000MGD/日に対し 1.1%であり、水道用取水地点より下流にある堰は、48MDG/日を取水している。水道水源として新たに取水される量は最大で 4.2%（420MGD/日）であり、水道用の取水をしても農業用水には影響はないと考えられる。Toe 川の水利用はない。

10.5.5 少数民族・先住民族

以下にヤンゴン都市圏の民族構成を示す。少数民族はヤンゴン都市圏で約 10%を占めている。取水予定地付近には住居はなく、少数民族・先住民族への影響はないと考えられる。

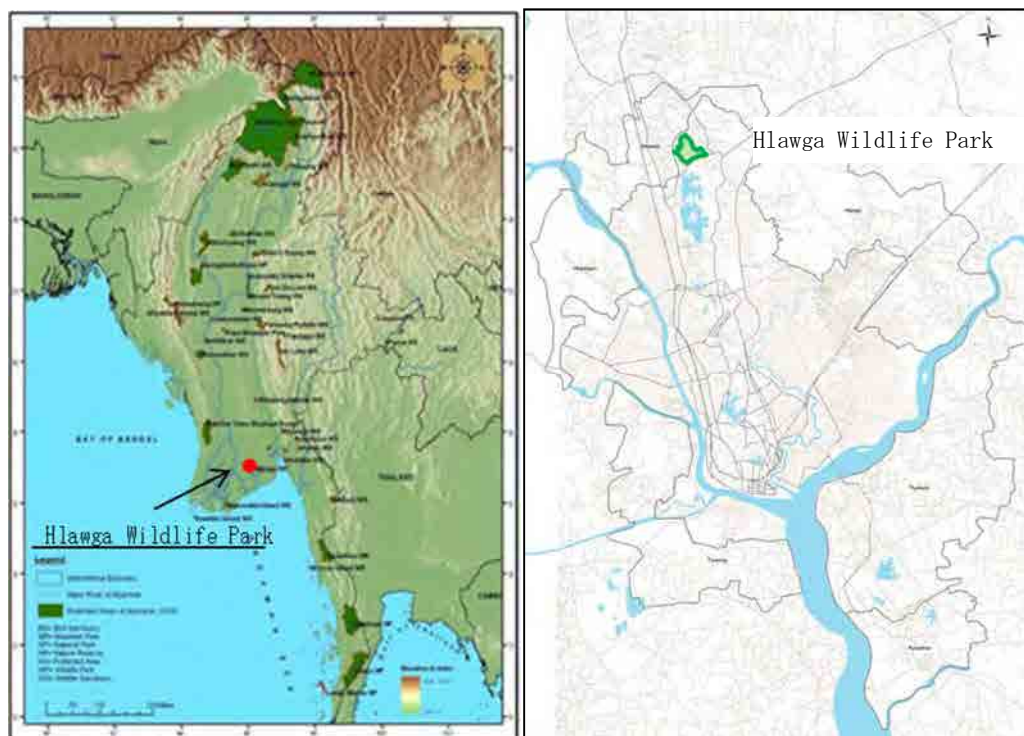
表 10.3 民族

Kachin	Kayar	Karin	Chin	Myanmar	Mon	Rakhine	Shan	Others
0.2%	0.1%	2.1%	0.2%	88.1%	0.7%	1.7%	0.4%	6.5%

出典：2012年 JICA 世帯訪問調査

10.5.6 保護区/文化遺産

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



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

図 10.4 保護区

ヤンゴン市内には 1950 年以前に建設された 189 の歴史的建造物が 1996 年に YCDC により保護の対象としてリストアップされた。これらは市の南部に集中しており、浄水場予定地周辺及び幹線

ルート近くには存在していない。






10.5.7 地形・地質

地形については本報告書「2.2.1 地形」、地質については「2.2.2 地質」を参照。

10.5.8 生物・生態系

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

表 10.4 絶滅危惧のある動植物

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

出典：2012年 JICA 都市圏調査

10.5.9 水象

水象についての現況については、本報告書「2.2.4 水文と水理」及び「5.2.3 河川系水源開発」を参照。

10.5.10 大気汚染/騒音・振動

大気汚染に関して、YCDC は定期的に監視しているわけではなく、国家環境対策委員会 (NCEA) が 2007 年 4 月と 2008 年 1 月に観測した程度である。なお、現在「ミ」国には大気環境基準は制定されていない。WHO 基準と比較すると、PM10 及び TSP が基準をかなり上回っていることが分かる。



出典：JICA 調査団

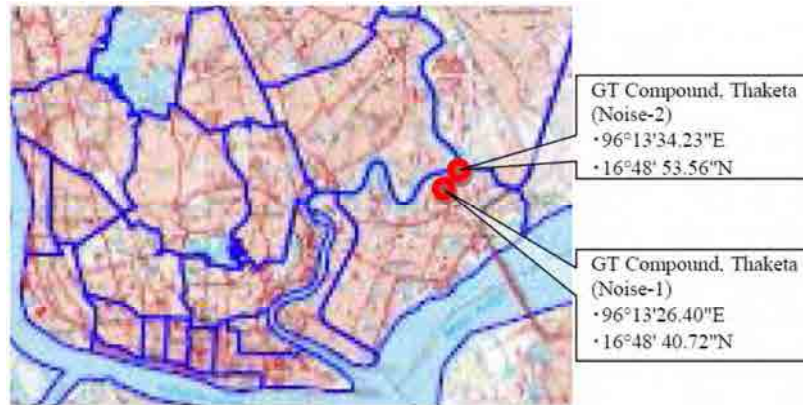
図 10.5 大気質観測地点

表 10.5 大気質観測結果

サイト	観測月	TSP (ug/m ³)	PM10 (ug/m ³)	S02 (ug/m ³)	N02 (ug/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	65.30	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 (2005 updated)		100	50.00	20.00	40.00

出典：Department of Pollution Control and Cleansing, YCDC

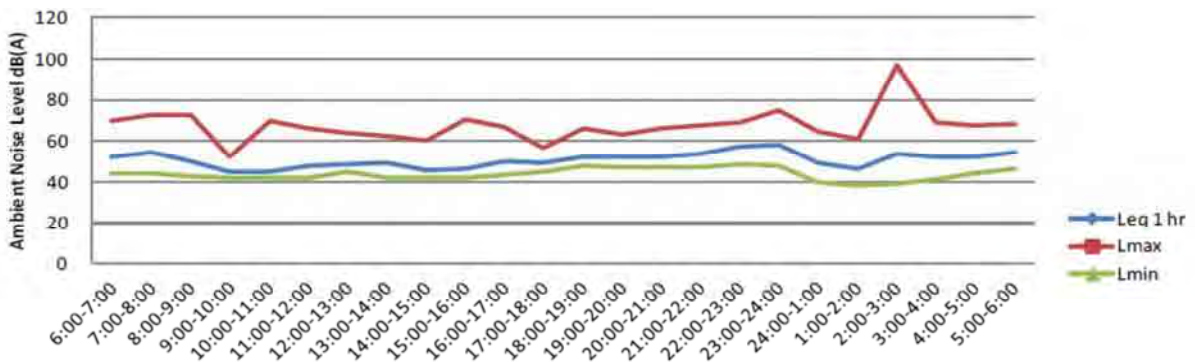
「ミ」国では騒音・振動にかかる基準が未制定であり、測定もしておらずデータを入手することはできなかった。JICA 都市圏調査において、ヤンゴン市内の 2 か所で 24 時間にわたって最大・最小、1 時間等価騒音の実測調査を行った。測定場所は下図の通りである。



出典：JICA 都市圏調査

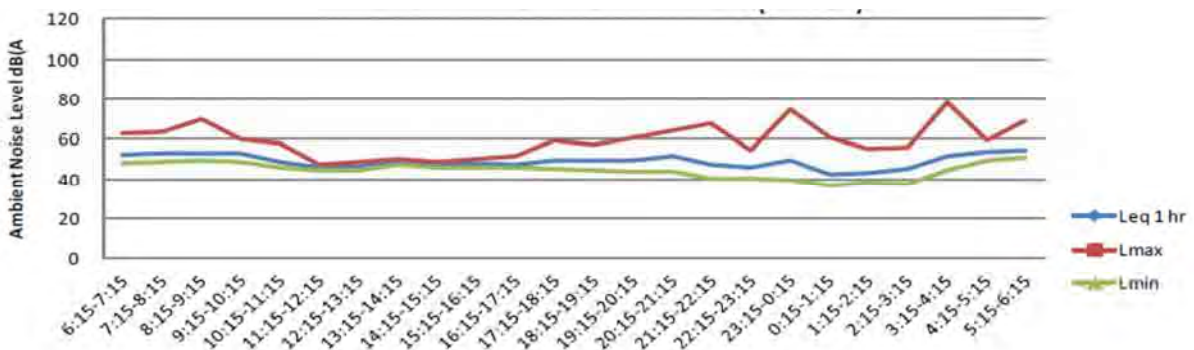
図 10.6 騒音観測地点

2か所での一時間の等価騒音レベルは49.25 dB(A)から50.81 dB(A)となった。観測地点1での最大騒音は52.4 dB(A)から96.8 dB(A)、観測地点2では47.7 dB(A)から78.3 dB(A)との結果となった。IFCが定める騒音レベルは住居・教育施設エリアで日中55 dB(A)、工業・商業エリアで70 dB(A)となっており、観測された2地点ではその基準以下に収まっていると言える。



出典：JICA 都市圏調査

図 10.7 Thaketa (Noise-1) での騒音観測値



出典：JICA 都市圏調査

図 10.8 Thaketa (Noise-2) での騒音観測値

10.6 代替案分析

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

表 10.6 代替案評価マトリックス

	環境項目	ゼロ・オプション	代替案 1 (Kokkowa を水源)	代替案 2 (Kokkowa、Toe を水源)
負の環境社会影響評価	土地利用及び地域資源利用	新たな取水はないということで、土地利用及び地域資源利用への負の影響はない。 D	Kokkowa には灌漑用の水門が 4 つあり、約 150MGD/日が乾季 (11 月～4 月) に使用されている。灌漑面積は 8,223ha である。Kokkowa 川には十分な流量があるため、水源として必要量を取水しても灌漑用水への影響はない。Kokkowa の取水予定地は農業に使用されており、取水・浄水施設建設は土地利用へ影響を与える。 B-	Kokkowa からの取水の影響は代替案 1 と同じ。Toe 川は灌漑に利用はされておらず、土地利用、地域資源利用に影響はない。Kokkowa 及び Toe の取水予定地は農業に使用されており、取水・浄水施設建設は土地利用へ影響を与える。 B-
	水利用	現在の無収水率 66%、漏水率 50%を 2040 年までに 15%とする目標である。現在 20MGD/日を地下水から利用しているが、2026 年には枯渇すると考えられており、水源としては使用できない。2040 年の 643MGD/日の需要に対し、取水可能量が 420MGD/日であり、無収水削減の努力をとったとしても、需要を賄うことはできず、住民の水利用にとって負の影響が大きい。 A-	2040 年までに追加で必要となる取水量は 420MGD/日であるが、Kokkowa の賦存量は十分あり、水需要を満たすことができるため、住民の水利用には正の影響である。 A+	影響なし。 2040 年までに必要となる需要を全て満たすことができるため、住民の水利用には正の影響である。 A+
	用地取得及び非自発的住民移転	影響はない。 D	Kokkowa 取水施設と浄水施設の建設が必要となり、220ha の用地取得が発生する。住居はないため非自発的住民移転は発生しないが、農作業に使用している小屋がある。 B-	Kokkowa と Toe の取水施設と浄水施設の建設が必要となり、それぞれ 125 ha、94ha の用地取得が発生する。住居はないため非自発的住民移転は発生しない。Kokkowa には農作業に使用している小屋がある。 B-
	生活・生計	「水利用」に記載の通り、将来の水需要を満たすことができずに、水が不足することが想定され、日々の生活への悪影響が予想される。 A-	予定地は農地として使用されていることから、使用者の生活・生計への負の影響が予想される。取水による下流の水利用への影響は、取水可能量の 4.2%を使用するだけであり、かつ下流には農業用の堰が 1 つのみであり、影響は想定されない。 A-	予定地は農地として使用されていることから、使用者の生活・生計への負の影響が予想される。取水による下流の水利用への影響は、取水可能量の 2.4% (Kokkowa 川)、0.7% (Toe 川) を使用するだけであり、かつ下流には農業用の堰が 1 つのみであり、影響は想定されない。 A-
	少数民族・先住民族	影響はない。	少数民族・先住民族が居住している地区は取	少数民族・先住民族が居住している地区は取

環境項目	ゼロ・オプション	代替案1 (Kokkowa を水源)	代替案2 (Kokkowa、Toe を水源)
	D	水地点には存在しておらず、影響はない。 D	水地点には存在しておらず、影響はない。 D
保護区/文化遺産	影響はない。 D	周辺に保護区はない。 D	周辺に保護区はない。 D
地形・地質	影響はない。 D	施設の規模・構造からみて、地形・地質構造が大規模に変更されることは想定されない。 D	施設の規模・構造からみて、地形・地質構造が大規模に変更されることは想定されない。 D
生物・生態系	影響はない。 D	下流域に保護対象となっている生物はおらず、影響は想定されない。 D	下流域に保護対象となっている生物はおらず、影響は想定されない。 D
水象	影響はない。 D	10年渇水年流量の半量を取水可能とした場合、Kokkowa川で10,000MGD取水可能である。必要取水量は420MGDであり、取水可能量の4.2%であり、水象への影響は想定されない。 D	10年渇水年流量の半量を取水可能とした場合、Kokkowa川で10,000MGD、Toe川で23,000MGD取水可能である。必要取水量はKokkowa川で240MGD、Toe川で180MGDで取水可能量のそれぞれ2.4%、0.7%であり、水象への影響は想定されない。 D
大気汚染/騒音・振動	影響はない。 D	Kokkowa取水・浄水施設の周辺及び送水管建設地域へ騒音・振動が発生する。 B-	Kokkowa、Toe取水・浄水施設の周辺及び送水管建設地域へ騒音・振動が発生する。 B-
財務的評価	新たなる大規模投資は必要ない。 D	1カ所からの取水のため、施設及び送水管距離は他代替案に比較し小さくなる。 B-	2カ所からの取水、及び河川を4カ所で渡る(Kokkowaからが1ヶ所、Toeからが3ヶ所)ため、費用は高くなる。 A-
技術的評価	-	河川横断が1ヶ所あり水管橋の建設あるいは推進工事が必要であるが、技術的に問題ではない。需要量の内、半分以上をKokkowaに依存するため、事故があった場合の住民生活への影響が大きい。 B-	河川横断が計4ヶ所あり水管橋の建設あるいは推進工事が必要であるが、技術的に問題ではない。1つの水源への依存度が低いため、事故があった場合にも住民生活への負担が少ない。 B-/A+
総合評価	ゼロ・オプションでは2040年の水需要を全く満たすことができず、住民の生活を脅かす。	全水需要の内、64%をKokkowa川に依存することになり、Kokkowa川の水質悪化、送水管破裂等の事故があった場合の住民生活への影響が	2ヶ所を水源とした場合は、2040年の水需要を満足できる上、片方の水源に水質悪化、送水管破裂等の事故があった場合でも、リスク

	環境項目	ゼロ・オプション	代替案1 (Kokkova を水源)	代替案2 (Kokkova、Toe を水源)
		推奨されない	大きい。農地として利用されている土地の取得が必要である。 あまり推奨されない	分散できるため住民生活への影響が小さく済む。農地として利用されている用地の取得が必要である。建設費が比較的高くなる。 最も推奨される

A+/-: 重大な正負の影響が見込まれる。
 B+/-: A ほどではないが正負の影響が見込まれる。
 D: 影響は見込まれない。

10.7 緩和策

上記で選択された最適案に対する緩和策を提言する。

(1) 土地利用及び地域資源利用

Kokkowa 川の灌漑用水を管理しているのは農業灌漑省 (MOAI) であり、調整が必要である。水利権についてどの省庁が担当しており許可を出すのかは不明である。農業灌漑省へのヒアリングでも水利権について定めた法や決まった部署や許認可手続きがあるわけではなく、明確な回答を得ることができなかった。おそらく現在準備を進めている環境法制度で水利権、水管理についても含まれていると想定される。F/S 時により詳細について調査を行い、水利権について少しでも明らかにする必要がある。

(2) 水利用

水利用については、灌漑用水を管理する農業灌漑省との密接な協議が必要である。住民のベーシックヒューマンニーズである安全な水を必要最低限の量を配ることが重要であるが、同時に現在の灌漑に使用されている水利用にも十分配慮する必要がある。

(3) 用地取得及び非自発的住民移転

非自発的住民移転は発生しない。取水・浄水施設建設を想定している場所は農業に使われているが、可能な限り影響を小さくなる計画・設計とする。取得手続きに関しては、YCDC の管轄外地域になるため、どの部局が担当しているのかを確認、併せて手続き、補償方針について協議を行う必要がある。用地取得が生じる場合は、規模に関わらず JICA ガイドラインに従った、住民移転計画もしくは簡易住民移転計画を策定し、補償方針、資格受給者等を明らかにする。

(4) 生活・生計

用地取得により、予定地を農業に使用している使用者の生活・生計に影響を及ぼす可能性がある。YCDC は用地取得にあたり、JICA ガイドラインに則り、適切に補償及び生活再建策を実施する必要がある。

(5) 大気汚染/騒音・振動

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

10.8 ステークホルダー協議

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

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

ステークホルダー協議の詳細は以下の通りである。

日時：2013 年 4 月 10 日（水）9:00～13:00

会場：Traders Hotel

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

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

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

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

答を行った。

主なコメント・提言は以下の通りである。詳細は資料編Hの議事録にある。

- M/P 提案事業の早急な実施が必要。中でも、漏水削減のためのポンプと老朽管の更新、既存下水道システムの更新、Ngamoyeik 貯水池と Nyaughnapin 浄水場を結ぶ水路のパイプへの転換（濁度と農薬等を避け、浄水費用の低減を図る）。
- 安全で正常な水を供給するため水道施設改善の早期実施が必要。
- 事業実施後の料金は高騰するが、住民は払えるのか。
- 都市、SEZ、工場地帯を網羅する総合的水利用計画が必要である。水配分、水価格等は総合的に決めるべきである。その意味で、調査団の提案した「水ビジョン」はヤンゴン開発計画の一部となる。
- 分散型下水道も検討し、水の再利用を図る。
- 既存下水道の改善と並び、既存セプティック・タンクの改良も重要である。
- 法制度について、例えば、工場下水道への排除基準等を M/P で提示されたい。これらの情報は現在ミャンマー政府が策定し、2014 年に法制化を予定している基準設定に有益である。
- 水問題の専門家（ミャンマー）が水法の制定を行っているが、それへの（JICA の）支援が必要である。
- 広い分野をカバーしている JICA 調査を活用して、ヤンゴン市長は水法制定のリード役になる。JICA の支援を受けて YCDC が水法を制定するならば、水法の施行、モニタリングはより効果的であり効率的なものになる。しかして、YCDC はこのようなシステムティック・アプローチのパイオニアとなる。

第11章 フィジビリティ調査のための優先プロジェクトの選定

マスタープランに引き続き、計画対象年を2025年とするフィジビリティ調査を実施する。同調査対象プロジェクトは、マスタープランで優先度が高いと認定され、かつわが国のODAの対象となりうるものを選定する。マスタープランで提案した、主な施設計画の対象は次のものであった。

- 給水普及率を増やす目的で実施する水源開発で取水、浄水、送水施設を含む（給水水源開発）。
- 配水区の構築で、配水池、配水ポンプ、配水管の新設・更新を含み、さらに配水区内に小ゾーン（DMA）を設け、安定給水と無収水削減を図る（配水管網の再構築と近代化）。
- 安全な給水を図るための消毒設備の新設・更新（消毒設備の整備）

これら3要素はいずれも重要な施策である。そこで、各要素の中から優先度の高い事業を選びフィジビリティ調査を行うものとする。

(1) 給水水源開発

2025年までに開発を要する水源はLagunbyin貯水池系とKokkowa川である。Toe川の水源開発を優先プロジェクトから除外した。これは、Toe川水源は主に2025年から必要となること、2つの河川開発を同時に行うには初期投資が莫大になること、Kokkowa川の水源は市の中心に配られることから優先度が高いという理由からである。従って、Lagunpin貯水池系統あるいはKokkowa川どちらの水源を対象としてフィジビリティ調査を行うかに帰着する。

1) 新規水源の配水地域

両水源共に、需要の増加を賄うために必要である。優先度の高いプロジェクト選定にあたり考慮すべき点は、新規水源がどの地域に配水されるかである。

Lagunbyin貯水池系の水源はYCDCに30MGD、Thilawa SEZに10MGDと計画されている。YCDC向けの30MGDは東部へ配水される。東部は新興市街地で水道普及率は低い。東部のDagon Seikanタウンシップに位置するYuzana地区は、2012年末に「水不足に対する抗議活動」が発生している。これに対処するため、YCDCは緊急事業として、Lagunbyin貯水池水系の水道施設の整備を決定した。

Kokkowa川水源で開発された水は、まず水源に最も近い西部地区へ送水される。同地区も東部地区同様、新興市街地で水道普及率が低い。その後ヤンゴン全体の水需要に対応するため、同水源の送水先は旧市街地をカバーするようになる。2025年には、約50MGDを旧市街地の中心部へ送水する計画となっている。その面では、Kokkowa川水源の優先度は高いといえる。しかし、2012年末から韓国企業がKokkowa川を水源とする水道計画のF/Sを行っているため、さらに中国企業も同川を水源とするF/Sを行うという情報もある。従い、JICAとして重複してF/Sを行う必要がないといえる。ただし、次節で述べる配水施設近代化を行う配水区1には従来の貯水池系水源に加えてKokkowa川水源も必要とするため、韓国あるいは中国の行うF/Sが、配水区1への送水を含んでいることの確認が必要となる。

2) Thilawa SEZ への給水

Thilawa SEZ への給水が最優先事項であり、かつこの送水施設が YCDC により建設・運転されるのであれば、Lagunbyin 貯水池系の水源開発の優先度が高くなる。同系の取水想定地点は Kokkowa 川水源より近いいため、事業費も安く、建設期間も短い。

結 論

上記 2 水源開発の比較の要約を下表に示す。上記を踏まえて Lagunbyin 貯水池系の水源開発を優先プロジェクトに選定する。

表 11.1 水源開発の比較

項 目	Lagunbyin 貯水池系	Kokkowa 川水源
水源量	灌漑局より 40MGD の供給が保証	需要増加に応じた段階的開発する。必要水源量は、2040 年に 225MGD
Thilawa SEZ への給水	10 MGD が灌漑局によって保証。	なし
給水地域	東部地域 (East Dagon, North Dagon, South Dagon) と Thilawa SEZ	最初に、西部地域 Hlaing Thyar タウンシップ。徐々に市中心部に拡大する
水需給	水道普及率は低い Yuzana 地区で水不足のため抗議活動があった	水道普及率は低い
現在の開発状況	現在建設中で 2015 年に浄水場の一部能力の運用を開始予定	現在、韓国による F/S が実施中
YCDC の優先度	抗議活動に対応すべく緊急性が高い	市中心部への将来水源であるが緊急性は高くない
優先プロジェクトの選定	選定	未選定

出典：JICA 調査団

(2) 配水管網の近代化

本コンポーネントには、配水区の構築、DMA（配水管理区画）の形成、配水池の建設及び老朽配水管網の更新が含まれる。本コンポーネントは給水量増加をもたらすものではないため、一見すると地味な事業である。しかしながら、漏水を含む無収水の削減と出水不良地区を解消し 24 時間安定給水を図るための重要な事業である。

本プロジェクトは配水区単位で実施していく。本計画では、ヤンゴンを 10 箇所の配水区に分割している。従い、優先されるプロジェクトはどの配水区の優先度が高いかに帰着する。人口密度の高い CBD 地区、Inner Urban Ring 地区を含む配水区 1 がヤンゴン発祥の地である。従い、配水区 1 では早くから水道施設が普及し、そのため老朽管が最も多い。従い、無収水削減率の効果が最も高くなることが期待されるため、配水区 1 を優先地区として選定する。

(3) 消毒設備の整備

YCDC 給水区域においてもまた給水区域外であっても、市民の不満が最も高かった項目は水質であった。従い、消毒設備の新設・更新を優先プロジェクトに選定する。なお、給水区域外での不満は、安全な水を供給することになる YCDC 給水普及率の拡大で解消することになる。

(4) 選定した優先プロジェクトの優先順位

優先順位の第一位は Lagunbyin 浄水場系統の開発である。Yuzana 地区の水不足にも早急に対応する必要がある。また、この送水先に Thilawa SEZ が含まれており、同 SEZ では 2018 年に 10MGD の需要が発生するとしている。

配水区 1 の配水管網の近代化及び全市を対象とした塩素消毒設備の設置も、一刻も早い無収水削減、均等給水、24 時間給水、安全な水の給水の第一歩として直ちに実施する事が望ましい。

塩素消毒設備の比較的安価な投資で、ヤンゴン全市に対して安全な給水が可能となるため、本プロジェクトは Lagunbyin 浄水場系統の開発と同時に実施することを提案する。

配水区 1 の配水管網の近代化には膨大な資金が必要となる。本プロジェクトは Lagunbyin 浄水場系統の建設に目処が付いた段階で事業開始を提案する。なお、配水区 1 の水源として Kokkowa 川からの水源も必要であるが、市全体の水需給バランスからすると同水源の完成は 2022 年頃に完成すればよいことになる。

(5) 能力向上プロジェクト

YCDC では、前述の通り多岐にわたる能力向上が必要とされている。その中で優先順位の高い以下の 3 分野を能力向上プロジェクトとして F/S で取り上げる。F/S では YCDC の能力向上のためのプロジェクト実施の基礎情報を収集し、プロジェクトのスコープを決定する。

- 組織制度
- 水質管理
- 無収水管理