

ルワンダ共和国  
水衛生公社（WASAC）

ルワンダ共和国  
キガリ市上水道改善整備  
マスタープランプロジェクト

ファイナルレポート（先行公開版）

第2巻

キガリ市広域上水道マスタープラン

令和3年10月  
(2021年)

独立行政法人  
国際協力機構(JICA)

株式会社日水コン  
八千代エンジニアリング株式会社

環境
JR(P)
21-087

### 為替レート (M/P 調査)

National Bank of Rwanda が公開している 2019 年 10 月から 2020 年 3 月までの期間の各月の最終営業日における仲値

USD 1 = RWF 923  
JPY 1 = RWF 8.48  
USD 1 = JPY 108.84

## 序文

キガリ市上水道改善整備マスタープランプロジェクトのファイナルレポート (F/R) は次に示す 4 部構成になっている。

- ・ 第 1 巻：要約
- ・ 第 2 巻：キガリ市広域上水道マスタープラン
- ・ 第 3 巻：カレンゲ水道システム拡張プロジェクトに係るフィージビリティスタディ
- ・ 第 4 巻：マサカ水道システム建設プロジェクトに係るフィージビリティスタディ

このレポートは、F/R の「第 2 巻：キガリ市広域上水道マスタープラン」である。

キガリ市上水道改善整備マスタープランプロジェクト  
ファイナルレポート  
第2巻  
キガリ市広域上水道マスタープラン

目次  
プロジェクト位置図  
用語集・略語集

目次

第1章 はじめに.....	1-1
1.1 背景.....	1-1
1.2 キガリ市広域上水道マスタープランの目的.....	1-2
1.3 キガリ市広域上水道マスタープラン対象地域.....	1-2
1.4 期待される成果.....	1-4
第2章 キガリ市広域上水道マスタープランの位置づけ.....	2-1
2.1 はじめに.....	2-1
2.2 これまでの経緯.....	2-2
2.3 ワーキング・チーム、JCC 及びステークホルダー.....	2-3
第3章 調査区域の一般概況.....	3-1
3.1 一般的な現況.....	3-1
3.1.1 位置.....	3-1
3.1.2 気候.....	3-2
3.1.3 調査地域の主要水源.....	3-6
3.1.4 地方行政区分.....	3-8
3.1.5 関連する政策と規制.....	3-10
3.1.6 社会・経済条件.....	3-15
3.1.7 地質、水文、水理地質.....	3-18
3.1.8 水利用に関する許可システム.....	3-20
3.2 隣接7セクター.....	3-21
3.2.1 セクターの位置.....	3-21
3.2.2 行政区分.....	3-23
3.2.3 社会経済状況.....	3-24
第4章 関連上位計画.....	4-1
4.1 ビジョン 2020 及びビジョン 2050.....	4-1
4.1.1 ビジョン 2020 の実施に向けた組織枠組み.....	4-2
4.1.2 ビジョン 2050 の主要指標.....	4-2
4.2 変革のための国家戦略と政府の7年プログラム.....	4-4
4.3 キガリ市マスタープラン (CoK M/P).....	4-5
4.4 全国上下水道マスタープラン(AfDB M/P).....	4-6
4.5 その他関連計画/政策.....	4-7
4.5.1 経済発展貧困削減戦略 (EDPRS II).....	4-7



4.5.2	水衛生セクター戦略計画	4-8
4.5.3	国家水供給政策実施戦略 (NWSPIS)	4-8
4.5.4	統合水管理方針 (IWMP)	4-8
4.5.5	ルワンダ国家水資源マスタープラン (2015)	4-8
4.5.6	経済特区開発計画	4-9
4.5.7	気候変動適応	4-10
4.6	関連計画/政策のまとめ	4-11
4.7	他の開発パートナーの活動と計画	4-13
4.7.1	アフリカ開発銀行	4-13
4.7.2	アメリカ国際開発庁 (USAID)	4-13
4.7.3	世界銀行 (WB)	4-13
4.7.4	UNICEF6F	4-13
4.7.5	英国の国際開発庁 (DFID)	4-14
4.7.6	ドイツ国営開発銀行 (KfW)	4-14
4.7.7	オランダ政府援助	4-15
4.7.8	ハンガリー政府援助 (Hungarian Government's Aid)	4-16
第5章	既存水供給システムの現況	5-1
5.1	給水区域と普及率	5-1
5.2	インフラ省 (MININFRA)	5-4
5.3	WASAC	5-6
5.3.1	WASAC の組織	5-6
5.3.2	WASAC 本部組織	5-6
5.3.3	WASAC 支店	5-13
5.4	水源現況	5-17
5.5	既存給水施設	5-28
5.5.1	キガリ市の各浄水場	5-28
5.5.2	小規模浄水設備	5-46
5.5.3	配水池及び送水管	5-48
5.5.4	ポンプ場	5-51
5.5.5	配水管	5-52
5.5.6	既存水道システムに現存する問題点	5-56
5.5.7	個別給水栓、公共水栓及び水道メータ	5-62
5.6	無収水 (NRW)	5-63
5.7	技術的課題についてのまとめ	5-67
第6章	WASAC の財務状況	6-1
6.1	財務状況	6-1
6.1.1	損益計算書	6-1
6.1.2	貸借対照表	6-2
6.1.3	キャッシュ・フロー(C/F)計算書	6-3
6.2	水道料金	6-4
6.3	運営維持管理費	6-5

6.4 予算制度.....	6-5
6.5 財務課題.....	6-6
6.5.1 コンセッション契約.....	6-6
6.5.2 WASAC 固定資産.....	6-6
6.5.3 料金政策.....	6-6
6.5.4 Kigali バルク給水プロジェクト (Kanzenze WTP).....	6-7
第7章 実施中プロジェクト.....	7-1
7.1 全体像.....	7-1
7.2 ルワンダの持続可能な水と衛生プログラム.....	7-1
7.3 New Nzove 1 プロジェクト.....	7-7
7.4 キガリ・バルク給水プロジェクト (Kanzenze 浄水場).....	7-8
7.5 Nzove-Ntora 送水幹線強化プロジェクト.....	7-9
7.6 キガリ市配水管網における無収水管理強化プロジェクト.....	7-10
7.7 進行中の送配水拡張計画.....	7-10
第8章 能力開発.....	8-1
8.1 WASAC スタッフの計画策定能力の評価.....	8-1
8.2 ワーキング・チームの活動.....	8-5
第9章 将来人口と水需要.....	9-1
9.1 マスタープランの目標値.....	9-1
9.2 社会経済シナリオ.....	9-1
9.2.1 人口予測.....	9-2
9.2.2 経済成長予測.....	9-2
9.2.3 ゾーニングと土地利用.....	9-2
9.3 将来人口予測.....	9-3
9.3.1 他の関連プロジェクト/上位計画における将来人口予測.....	9-3
9.3.2 AfDB M/P and CoK M/P による人口予測の比較.....	9-10
9.4 水需要予測.....	9-12
9.4.1 水需要予測の根拠.....	9-12
9.4.2 水需要予測.....	9-26
9.5 2050年までの施設計画のための目標設定.....	9-33
9.6 2050年に向けた水供給のビジョン.....	9-34
9.7 マスタープランの戦略.....	9-35
9.7.1 浄水施設.....	9-36
9.7.2 新規水源.....	9-39
9.7.3 気候変動に対する対策.....	9-39
9.8 事業資金の財源.....	9-41
9.9 組織開発の取り組み.....	9-41
9.9.1 新しい公益事業体としての組織開発の方向性.....	9-41
9.9.2 組織開発のために分析すべき要因.....	9-41
9.9.3 WASAC の組織開発課題.....	9-42
第10章 水資源開発計画.....	10-1

10.1 現在及び将来の水資源利用 .....	10-1
10.1.1 現在の給水源 .....	10-1
10.1.2 将来の追加水源 .....	10-2
10.1.3 調査地域の水収支 .....	10-2
10.1.4 給水源の選別 .....	10-8
10.2 給水源のため水資源開発と管理 .....	10-9
10.2.1 水源に関する文献レビュー .....	10-9
10.2.2 河川水 .....	10-10
10.2.3 地下水 .....	10-12
10.2.4 湧水 .....	10-24
10.2.5 湖沼 .....	10-26
10.2.6 水資源の水質調査 .....	10-28
10.3 水源開発ポテンシャルと開発方針 .....	10-28
10.3.1 2050年までの水源開発 .....	10-28
10.3.2 2050年までの調査地域での水資源開発ポテンシャル .....	10-30
10.3.3 水源の特徴と開発課題 .....	10-31
10.4 水資源開発方針 .....	10-32
10.5 水資源管理計画 .....	10-33
10.6 洪水と干ばつに対する水資源の脆弱性と適応策 .....	10-34
第11章 社会経済調査 .....	11-1
11.1 概要 .....	11-1
11.1.1 社会経済調査の実施 .....	11-1
11.1.2 準備作業 .....	11-1
11.1.3 キガリ市の社会経済調査 .....	11-4
11.1.4 水質調査のサンプリング .....	11-4
11.2 社会経済調査の結果 .....	11-4
11.2.1 母集団の状況 .....	11-4
11.2.2 給水サービスの入手性とサービスレベル .....	11-13
11.2.3 給水サービスへの支出と支払い意思 .....	11-21
11.2.4 給水サービスの恩恵 .....	11-27
11.3 水質調査 .....	11-30
11.3.1 検査項目 .....	11-30
11.3.2 調査地点 .....	11-30
11.3.3 水質調査の結果 .....	11-31
11.4 結論と提言 .....	11-34
11.4.1 改善された水源が利用できない世帯の状況 .....	11-34
11.4.2 接続意思と支払い意思 .....	11-34
11.4.3 現在の水源の状態 .....	11-36
11.4.4 提言 .....	11-36
第12章 戦略的環境アセスメント (SEA) .....	12-1
12.1 概要 .....	12-1

12.1.1 調査の目的.....	12-1
12.1.2 SEA (Strategic Environmental Assessment 戦略的環境アセスメント) ガイドライン .....	12-1
12.1.3 SEA の実施手順 .....	12-2
12.2 影響分析と代替案分析.....	12-2
12.2.1 シナリオの評価と比較.....	12-3
12.2.2 シナリオの評価と比較.....	12-13
12.3 戦略的緩和策.....	12-14
12.3.1 環境的および社会的戦略的オプション .....	12-14
12.3.2 特定の環境的および社会的影響に対する緩和の考慮事項とオプション.....	12-16
12.4 モニタリング計画.....	12-20
12.4.1 全体的なマスタープランレベルのモニタリング .....	12-20
12.4.2 サブプロジェクトレベルのモニタリング .....	12-21
12.4.3 モニタリングの役割と責任機関.....	12-25
12.5 利害関係者会議とパブリックコンサルテーション .....	12-25
12.6 結論と提言.....	12-27
12.6.1 結論.....	12-27
12.6.2 提言.....	12-27
第13章 マスターシナリオ.....	13-1
13.1 目的.....	13-1
13.2 基本方針.....	13-1
13.3 水供給シナリオ.....	13-2
13.3.1 方法.....	13-2
13.3.2 将来給水区域.....	13-3
13.3.3 ベンチマーク年.....	13-10
13.3.4 費用概算.....	13-10
13.3.5 全体シナリオ.....	13-11
13.4 シナリオの比較.....	13-12
13.4.1 全体的な水需要増加とその分布 .....	13-12
13.4.2 2025年までのシナリオ .....	13-14
13.4.3 2035年までのシナリオ .....	13-16
13.4.4 2050年までのシナリオ.....	13-21
13.5 マスターシナリオの評価と最適シナリオの選定 .....	13-24
13.5.1 評価基準.....	13-24
13.5.2 評価と分析.....	13-24
13.5.3 最適マスターシナリオの選定.....	13-28
13.6 2025年マスターシナリオ.....	13-28
13.7 2035年マスターシナリオ.....	13-29
13.8 2050年マスターシナリオ.....	13-31
13.9 マスターシナリオの実施に係る留意事項.....	13-33
13.9.1 需要戦略.....	13-33
13.9.2 浄水施設.....	13-36

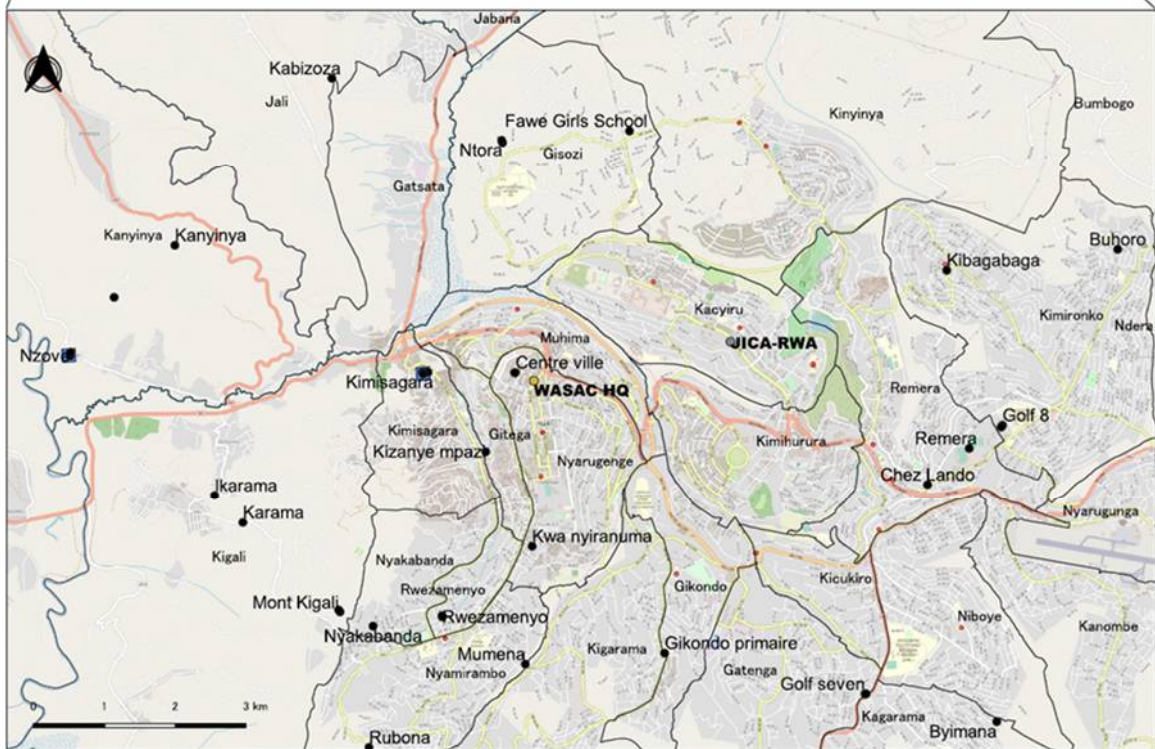
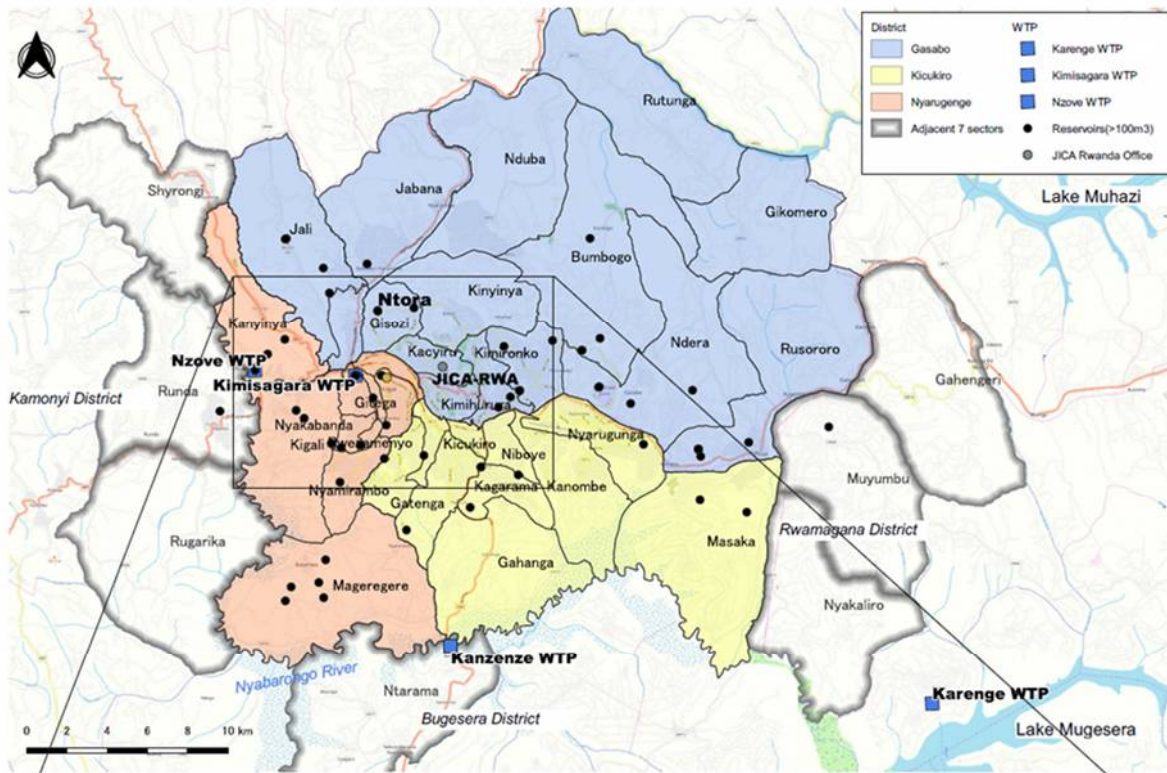
13.9.3 送水管路全体計画	13-37
13.9.4 無収水削減のための段階的リハビリ計画	13-38
13.10 技術的検討：送配水	13-40
13.10.1 基本原則	13-40
13.10.2 中央送水幹線：効率的な西から東への送水幹線	13-41
13.10.3 東部の新たな水需要	13-49
13.10.4 遠隔地 2050 年における水源 (Mutobo 及び Kivu)	13-53
13.10.5 無収水低減のインパクト	13-56
13.10.6 その他技術的検討	13-58
13.11 技術的検討：浄水処理方式	13-60
13.11.1 Nyabarongo 川	13-60
13.11.2 Mugesera 湖	13-61
13.11.3 地下水	13-63
第 14 章 15 年投資計画	14-1
14.1 目的	14-1
14.2 計画策定プロセス	14-1
14.3 15 年投資計画	14-1
14.4 各プロジェクトとその投資ステージング	14-2
14.5 費用概算	14-8
14.6 投資計画	14-8
14.6.1 初期投資コスト (Capex)	14-8
14.6.2 運用コスト (Opex)	14-9
14.7 優先プロジェクト	14-12
第 15 章 15 年投資計画の経済評価および財務評価	15-1
15.1 経済評価	15-1
15.1.1 経済価格による事業費	15-1
15.1.2 プロジェクトの便益	15-2
15.1.3 経済評価結果	15-3
15.2 財務考察	15-4
15.2.1 財務評価	15-4
15.2.2 事業資金の財源	15-5
15.2.3 水道料金の試算	15-8
第 16 章 プロジェクト実施戦略	16-1
16.1 プロジェクト実施体制	16-1
16.1.1 統一戦略チーム One Strategic Team(OST)を設立	16-2
16.1.2 プログラム支援委員会の設立：政府省庁と関連機関との調整	16-3
16.1.3 国際開発パートナーとの連携	16-3
16.2 優先すべき組織強化策	16-3
16.3 低所得の顧客のための財政支援	16-5
16.4 開発援助機関	16-5
16.5 水セクターへの民間投資	16-7

16.5.1 水セクターへの民間投資促進.....	16-7
16.5.2 15年投資計画にリスト化されたプロジェクトの適用可能性.....	16-11
16.6 建設や購買の質向上のためのプライベートセクターの育成.....	16-12
16.6.1 給水管接続.....	16-12
16.6.2 給水管接続以外の民間委託.....	16-14
16.7 District 所有の施設と民間事業者.....	16-14
16.8 主要業務指標.....	16-15
第17章 提言.....	17-1
17.1 主な提言.....	17-1
17.2 その他の提言.....	17-4

[付録]

付録 1：PG/R に対する JCC 協議議事録	
付録 2：PG/R に対するステークホルダー協議議事録	
付録 3：IT/R に対する JCC 協議議事録	
付録 4：15年投資計画を含めた MP 案に対する JCC 協議議事録	
付録 5：15年投資計画を含めた MP 案に対するステークホルダー協議議事録	
付録 6：DF/R に対する JCC 協議議事録	
付録 7：水収支スタディ	
付録 8：キガリ市におけるセクター別人口	
付録 9：レベル1流域の水文情報	
付録 10：地表水の水許可申請書（サンプル）	
付録 11：地下水の水許可申請書（サンプル）	
付録 12：10年投資計画	
付録 13：AfDB の水衛生セクタープロジェクト	
付録 14：ルワンダにおける USAID の水衛生関連支援	
付録 15：ルワンダにおける世銀の水衛生関連支援	
付録 16：既存配水池・送水システム	
付録 17：既存配水池リスト	
付録 18：水需要予測計算	
付録 19：組織開発の目標活動	
付録 20：浄水場建設にかかる単価見積	
付録 21：パイプライン建設にかかる単価見積	
付録 22：送配水システムの水理的検討及びその概算数量	
付録 23：開発プロジェクトリスト	
付録 24：プロジェクト・アイデンティフィケーション・シート	
付録 25：経済評価	
付録 26：財務評価	
付録 27：WASAC 全体の経常的経費予測	
付録 28：キガリ市広域上水道マスタープラン関連の記事	
付録 29：SEA 報告書	
付録 30：事業継続計画（BCP）	
付録 31：水道施設の技術的基準に関する考え方	

位置図



General Map of Kigali City Water Masterplan

用語集

調査対象地域 (キガリ市広域地域)	キガリ市周辺の 7 セクター (Shyorongi セクター, Runda セクター, Rugarika セクター, Ntarama セクター, Muyumbu セクター, Gahengeri セクター, Nyakaliro セクター)
キガリ市広域上水道マスタープラン (KWSMP)	WASAC の作業チームメンバーと JICA 調査団が JICA の支援を受けて作成している上水マスタープラン
レーショニング・プログラム	法手続きに則って事前に通告された計画的な給水制限 (間欠給水)。
間欠給水	24 時間連続的に給水されず、無給水時間をはさんで断続的に給水される給水方法。レーショニング・プログラムのような意図的な給水制限と、電力不足・機器故障・施設能力不足による低水圧を原因とした断水などの非意図的な現象を含む。

略語集

AfDB	African Development Bank	アフリカ開発銀行	開発金融機関
ATP	Affordability-To-Pay	支払い可能額	—
BCP	Business Continuity Plan	事業継続計画	—
CACRO	Customer Account Collection and Recovery Operation	水道使用メータの読み取りや現場での維持管理作業を担う短期雇用の職員を指す。本報告書ではそのまま CACRO と表記	—
CBD	Central Business District	キガリ市内中心部の商業地区を指す。本報告書ではそのまま CBD と表記	—
C/F	Cash Flow	キャッシュ・フロー	—
CoK	City of Kigali	キガリ市	—
D/D	Detailed Design	詳細設計	—
DFID	Department for International Development	英国国際開発庁	行政機関
DF/R	Draft Final Report	最終報告書案	—
DMA	District Metered Area	配水管理区域	—
EDCL	Energy Development Corporation Limited	エネルギー開発公社	公共企業体
EIA	Environmental Impact Assessment	環境アセスメント	—
EICV	Integrated Household Living Conditions Survey	統合生活実態調査	—
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的內部収益率	—
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的內部収益率	—
F/R	Final Report	最終報告書	—
FS, F/S	Feasibility Study	F/S 調査	—
FTZ	Free Trade Zone	自由貿易地域	—
FY	Fiscal Year	会計年度	—
GDP	Gross Domestic Products	国内総生産	—
GOR	Government of Rwanda	ルワンダ政府	行政機関
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development	国際復興開発銀行	開発金融機関
IDA	International Development Association	国際開発協会	国際連合機関



IFC	International Finance Corporation	国際金融公社	国際金融機関
IT/R	Interim Report	インテリムレポート	—
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金	国際金融機関
IWA	International Water Association	国際水協会	国際 NPO (非営利団体)
JCC	Joint Coordinating Committee	合同調整委員会	—
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構	独立行政法人
KPI	Key Performance Indicator	主要業務指標	—
MINALOC	Ministry of Local Government	地方政府省	行政機関
MINEDUC	Ministry of Education	教育省	行政機関
MININFRA	Ministry of Infrastructure	インフラ省	行政機関
MINECOFIN	Ministry of Finance and Economic Planning	財務・経済計画省	行政機関
MoE	Ministry of Environment	環境省	行政機関
MoH	Ministry of Health	保健省	行政機関
M/P R	Masterplan Report	マスタープラン報告書	—
MUSD	Million United States Dollars	百万米ドル	—
ND (DN)	Nominal Diameter (Diamètre Nominal)	呼び径	—
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織	—
NISR	National Institute of Statistic of Rwanda	ルワンダ国家統計局	政府機関
NPV	Net Present Value	正味現在価値	—
NR	National Road	国道	—
NRW	Non-Revenue Water	無収水	—
NST	National Strategy for Transformation	変革のための国家戦略	—
NTU	Nephelometric Turbidity Unit	濁度単位	—
NWRMP	National Water Resources Masterplan	国家水資源マスタープラン	—
O&M (OM)	Operation and Maintenance	維持管理	—
PBT	Pressure Break Tank	圧力開放池・接続井	—
PG/R	Progress Report	プロGRESSレポート	—
PPP	Public Private Partnerships	公民連携	—
PRV	Pressure Reduce Valves	減圧弁	—
PVC	Polyvinyl Chloride (Pipe)	ポリ塩化ビニル	—
QA/QC	Quality Assurance/Quality Control	品質保証/品質管理	—
REMA	Rwanda Environment Management Authority	ルワンダ環境管理庁	政府機関
RURA	Rwanda Utilities Regulatory Authority	ルワンダ公共事業規制庁	政府機関
RWF	Rwanda Franc	ルワンダフラン	—
RWB	Rwanda Water Resource Board	ルワンダ水資源委員会	政府機関
RWFA	Rwanda Water and Forestry Authority	ルワンダ水森林庁	政府機関
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	監視制御システム	—
SEA	Strategic Environmental Assessment	戦略的環境アセスメント	—
SEZ	Special Economic Zone	特別経済区域	—
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標	—

SPIU	Single Project Implementation Unit	プロジェクト実施ユニット	—
TBD	To be Determined	要決定	—
UWSSD	Urban Water and Sewage Service Department	都市給水衛生サービス局	—
VAT	Value Added Tax	付加価値税	—
WASAC	Water and Sanitation Cooperation	水衛生公社	—
WB	World Bank	世界銀行	国際金融機関
WHO	World Health Organization	国際保健機構	国際連合機関
WRM	Water Resources Management	水資源管理	—
WTP(s)	Water Treatment Plant(s)	浄水場	—
WtP	Willingness-to-Pay	支払い意思額	—

## 第1章 はじめに

### 1.1 背景

ルワンダ共和国（以下、ルワンダ）は、過去何年にもわたって水道の普及を高めるために多大な努力を払い続けており、2024年までに100%の人々が水道の利用を可能にするとの方針を掲げている。これにより、持続可能な開発目標（SDGs）に含まれている、すべての人々に安全で入手可能な飲料水への持続的で普遍的かつ公平なアクセスを確保するとしている。

ルワンダでは都市部における急速な発展が近年の傾向となっており、首都キガリ市においても同様である。2020年に改訂されたキガリ市マスタープラン(CoK M/P)における人口増加シナリオでは、2012年には約1.1百万人だったキガリ市の人口は、地方からの人口流入により、2050年にはおよそ3.8百万人に増加する見込みとなっている。さらにキガリ市周辺の7セクター（Shyorongiセクター、Rundaセクター、Rugarikaセクター、Ntaramaセクター、Muyumbuセクター、Gahengeriセクター、Nyakaliroセクター）では、キガリ市よりも安価で土地利用が容易であることから、住居地域建設など居住を目的とした開発が進められている。

ルワンダの第5次 Integrated Household Living Survey (EICV5, 2016/17)によれば、キガリ市内の水供給サービス（戸別給水による管路給水および公共水栓等によるものを含む）普及率は87%であるが、キガリ市及び周辺7セクター（以下、キガリ市広域地域）の急激な人口増加による水需要の増加に対応できておらず、給水の質も十分なレベルとは言えないのが現状である。例えば、浄水場の浄水能力不足や大量の漏水による給水制限や給水停止、水源の濁度が高いことに起因する浄水場の浄水量低下や維持管理上の負担増等が起きている状況である。キガリ市の無収水（NRW）率は推定で、38.8%（2018）となっている。

水衛生公社（Water Supply and Sanitation Corporation : WASAC）はキガリ市を含むルワンダでの水衛生セクターにおける責務を有している。キガリ市及びその周辺地域においては、キガリ市内の3箇所の主要浄水場、4,000 km を超える送配水管網の維持管理を行っている。標高差に富んだ地形がキガリ市の特徴であるが、既存施設の計画では、この標高差や自然流下の活用が十分考慮されていない。加えて、キガリ市では包括的な水道開発計画及び施設設計指針が無い状態で開発が進められているため、水道システムは非常に複雑なものとなっており、維持管理を困難にしている。

このような状況下で、WASAC は既存及び新規の水道システムをより効率的・効果的に活用するために、以下の課題への対処法を盛り込んだ包括的な「キガリ市広域上水道マスタープラン」の策定を望んでいる。

- 既存の配水システムは高低差などを勘案した適切な配水ブロック分けが考慮されておらず、適切な圧力コントロールを困難にしている。
- キガリ市及びその周辺部におけるいくつかの配水池では不安定な運転を強いられており、適切な水量を適切な水圧で配ることができない地域もある。

- 既存の配水システムは必要以上に複雑化しており、運転・維持管理の妨げとなっている。
- また、キガリ市及びその周辺部においては、増大する水需要により、近い将来に水供給能力が逼迫することが懸念されている。

このような状況下、WASAC は、キガリ市の急激な水需要の増加に対応するために、既存施設の改善、新規施設開発、および水源利用をより効率的かつ効果的に改善するための包括的な M/P の策定が望まれている。そのため、WASAC は、キガリ市とその隣接 7 セクターの水道マスタープラン (M/P) の策定を支援するよう JICA に正式に要請した。

2018年11月 JICA は M/P 策定に係る調査の実施を発表し、本邦のコンサルタント、日水コン及び八千代エンジニアリングの共同企業体が JICA 調査団 (JST) として選定された。その後、調査団による M/P 策定業務は、2019年3月5日から開始された。

この最終報告書 (F/R) は、2019年3月の調査開始から 2021年10月までの調査結果をすべて含むものである。調査期間中開催された JCC におけるコメント、関連各省庁、機関からのコメント等についても F/R 作成時に反映をさせたものである。本最終報告書は調査団から JICA に提出され、JICA を通じてルワンダ側、WASAC に共有される。

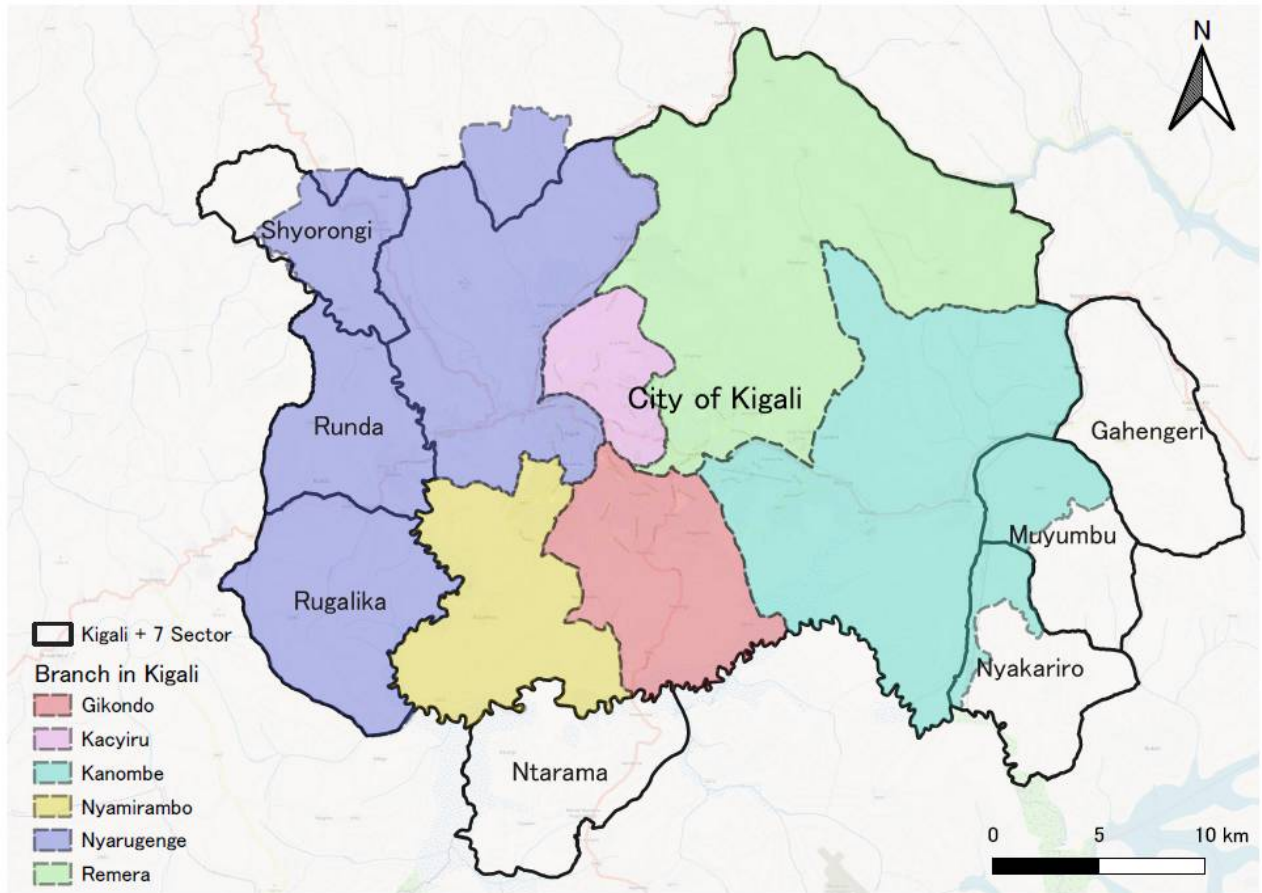
## 1.2 キガリ市広域上水道マスタープランの目的

本プロジェクトの目的は以下の通りである。

1. キガリ市とその周辺セクターを対象地域とし、既存上水道施設の現状分析や水需要予測等を行い、2050年を計画目標年次とした上水 M/P を策定する。M/P は 2050年までのマスターシナリオ及び15年投資計画を含む
2. M/P により選定された優先プロジェクトの実現可能性の検証 (フィージビリティ・スタディ：以下 F/S) を行う。
3. M/P 策定業務を通じて先方実施機関カウンターパートへの技術移転を図る。

## 1.3 キガリ市広域上水道マスタープラン対象地域

キガリ市広域上水道マスタープランの対象地域であるキガリ市広域地域は、キガリ市及び Shyorongi、Runda、Rugarika、Ntarama、Muyumbu、Gahengeri、Nyakaliro の周辺 7 セクターを含む、既存の WASAC の 6 支店の所掌地域と定義している。キガリ市広域上水道マスタープランにおける対象地域を図 1.3-1、併せて、表 1.3-1 に支店ごとの所掌セクターを示す。



出典：調査団

図 1.3-1 キガリ市広域上水道マスタープラン対象地域と支店ごとの所掌エリア

表 1.3-1 支店ごとの所掌セクター

WASAC Branch Name	District	Covered Sectors	Partially Covered Sectors
Kacyiru	Gasabo	Gisozi, Kacyiru, Kimihurura	Kinyinya
Remera	Gasabo, Kicukiro	Bumbogo, Gikomero, Kimironko, Nduba, Remera, Rutunga	Kinyinya, Ndera, Kicukiro, Niboye
Gikondo	Kicukiro	Gahanga, Gatenga, Gikondo, Kagarama, Kicukiro, Kigarama, Niboye	Mageregere
Nyamirambo	Nyarugenge	Mageregere, Nyakabanda, Nyamirambo, Rwezamenyo	Kigali, Kimisagara
Kanombe	Gasabo, Kicukiro, Rwamagana	Ndera, Rusororo, Kanombe, Masaka, Nyarugunga	Muyumbu, Nyakariri
Nyarugenge	Nyarugenge, Gasabo, Kamonyi, Rulindo	Gitega, Kanyinya, Kimisagara, Muhima, Nyarugenge, Gatsata, Jabana, Jali, Rugalika, Runda	Kigali, Shyorongi

\*The names of districts or sectors outside of Kigali are red-colored

出典：調査団

## 1.4 期待される成果

本調査を通しての期待される成果は以下の通りである。

成果 1: 調査対象地域における既存の水道施設及び上水道サービスの状況が評価される。

成果 2: 調査対象地域における将来水需要が予測され、水資源利用計画が策定される。

成果 3: マスタープラン (KWSMP) が策定される。

成果 4: 15 年投資計画から、優先プロジェクトが選定され、それらについてフィージビリティ調査が実施される。

成果 5: WASAC スタッフの水道計画策定能力が強化される。

## 第2章 キガリ市広域上水道マスタープランの位置づけ

### 2.1 はじめに

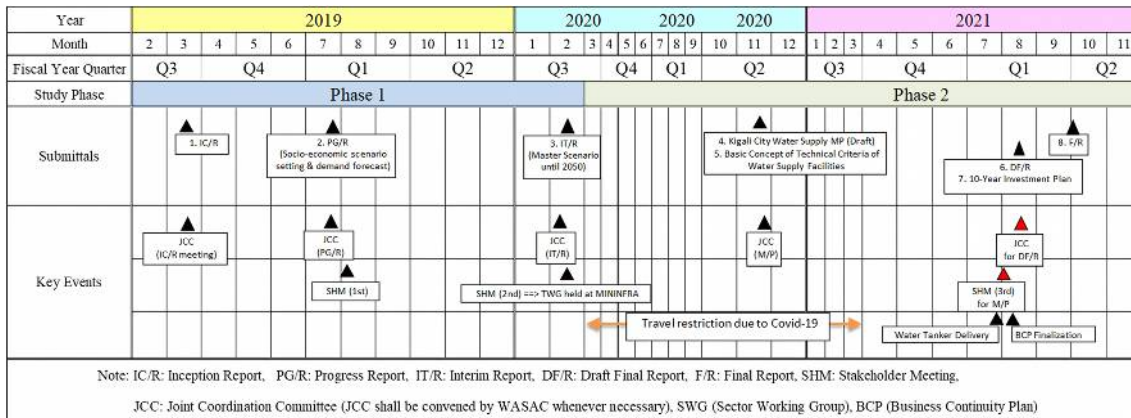
キガリ市広域上水道マスタープランは国際協力機構（以下、JICA）による「キガリ市上水道改善整備マスタープラン調査」の下で作成されるものであり、調査の過程でプログレスレポート（以下、PG/R）、およびインテリムレポート（以下、IT/R）、マスタープラン報告書、ドラフトファイナルレポート（DF/R）等が作成され、WASAC に共有されてきた。キガリ市広域上水道マスタープランは上記調査過程の各報告書について、ルワンダ側と共有・合意された内容に基づいて作成されている。それぞれの既往報告書の内容は以下の通りである。

- PG/R（2019年7月に提出、**付録1**：JCC協議議事録、**付録2**：ステークホルダー協議議事録参照）
  - 調査対象地域の概要
  - 上位または関連する開発計画
  - 既存上水道システムの概要
  - 既存の進行中プロジェクト
  - キャパシティ・ディベロップメント
  - マスタープランのフレームワーク
- IT/R（2020年2月に提出、**付録3**：JCC協議議事録参照）
  - 調査対象地域の概要 (PG/Rからの改訂)
  - 上位または関連する開発計画 (PG/Rからの改訂)
  - 既存上水道システムの概要 (PG/Rからの改訂)
  - WASACの財務状況
  - 既存の進行中プロジェクト (PG/Rからの改訂)
  - キャパシティ・ディベロップメント (PG/Rからの改訂)
  - マスタープランのフレームワーク (PG/Rからの改訂)
  - 水資源開発計画
  - 社会経済調査
  - 戦略的環境アセスメント (SEA)
  - マスターシナリオ
  - 15年投資計画における候補プロジェクト
- マスタープラン報告書（2020年9月提出、**付録4**：JCC協議議事録、**付録5**：15年投資計画を含めたMP案に対するステークホルダー協議議事録参照）
  - 調査対象地域の概要（IT/Rから改訂し、要約）
  - 将来人口と水需要（IT/Rから改訂）
  - 2050年までの水供給ビジョン（IT/Rから改訂）
  - マスタープラン（および15年投資計画）の策定方針
  - 2050年までのマスターシナリオ（IT/Rから改訂）

- 15年投資計画
  - 経済財務評価
  - マスタープランおよび15年投資計画の実施に向けた戦略
  - 提言
- DF/R (2021年8月提出、付録6: JCC協議議事録参照)
- IT/R および MP/R に含まれていた内容の統合(マスタープラン報告書へのコメントを反映させたもの)
  - 優先プロジェクト: カレンゲ水道システム拡張プロジェクトに係るフィージビリティスタディ結果
  - 優先プロジェクト: マサカ水道システム建設プロジェクトに係るフィージビリティスタディ結果

本最終報告書は、上記 DF/R に対するルワンダ国側及び JICA からのコメントを反映させて作成され、2021年10月に完成した。

本調査に係る全体スケジュールを図 2.1-1 に示す。



出典: 調査団

図 2.1-1 全体調査スケジュール

## 2.2 これまでの経緯

- 2017年12月: WASACによる「キガリ市上水道改善整備マスタープラン」調査のJICAへの実施要請に基づき、Record of Discussion (以下、R/D) のための協議および署名がJICAとWASACとの間で実施・交換された。
- 2019年3月: 「キガリ市上水道改善整備マスタープラン」調査の現地調査が開始され、インセプションレポート(IC/R)協議が実施された。
- 2019年7月: 2050年までのマスターシナリオ作成の根拠となる水需要予測をはじめとする社



会経済フレームを含む PG/R の内容に関する合同調整委員会 (JCC) 協議が実施された。

- 2019年8月： 上記内容を関係ステークホルダー間で共有するためのステークホルダー協議が実施された。
- 2019年10月： WASAC 幹部と JICA 調査団との間で、優先プロジェクトに関する協議が実施された。
- 2020年2月：
  - 2050年までのマスターシナリオの内容の共有及びその最終化のための JCC 協議が実施された。同 JCC において、水資源開発計画にキガリ市広域地域における水収支スタディ (Water Balance Study) が含まれるべきことが提起された。同 JCC の協議内容は付録4、水収支スタディの結果は付録7にそれぞれ示されている。
  - MININFRA 主催によるテーマ別ワーキンググループ (TWG) が開催され、IT/R の内容が関係機関に説明・共有された。
- 2020年6月～8月：“Minutes of Meeting Concerning Covid-19 Response within the Framework of the Project for Water Supply Master Plan for City of Kigali and the Project for Strengthening Non-Revenue Water Control in Kigali City Water Network”が、JICA と WASAC との間で協議・署名交換された。同協議を通じ、「キガリ市上水道改善整備マスタープラン調査」の下で、JICA 調査団と WASAC のタスクフォースメンバーにより WASAC の事業継続計画 (以下、BCP) を作成する活動が追加されることが JICA と WASAC との間で合意された。同活動には C/P との共同による BCP 案の作成だけでなく、JICA による支援で調達された給水車の調達とその運用計画の検討に関する活動が含まれる (付録30)。
- 2020年11月：15年投資計画及び水道施設の技術的基準に関する考え方 (付録31) を含む M/P について、オンラインによる JCC 協議が開催された。協議議事録は付録4に示す。
- 2021年5月：MININFRA 大臣並びにルワンダ国関係機関、JICA ルワンダ事務所とオンライン協議が開催され、15年投資計画及び優先プロジェクトについて説明・協議が行われた。
- 2021年8月：M/P 並びに15年投資計画にかかるステークホルダー協議が開催された (付録5)。また、F/S 結果を含む DF/R に関する JCC 協議が開催された (付録6)。
- 2021年9月：BCP 活動の一環として、JICA より WASAC に供与された給水車がルワンダ国に到着し、運行が開始された。

### 2.3 ワーキング・チーム、JCC 及びステークホルダー

キガリ市広域上水道マスタープランは、WASAC と JICA 調査団の共同作業により策定されたものである。策定にあたっては、表 2.3-1 に示すように、専門分野に応じたワーキング・チームが編成され、JICA 調査団と共に M/P 策定作業が進められた。本調査の意思決定機関である JCC は表 2.3-2 に示すメンバーにより構成され、M/P 策定過程で都度内容が協議され、方向性が決定された。M/P の内容は広くステークホルダーにも共有され、各地域の利用者の代表とされる地方政府代表が含まれるステークホルダーからのコメント等が M/P にも反映され、策定作業が進められた。ステークホルダーのリストは表 2.3-3 に示すとおりであり、これらステークホルダーに含まれるマスメディア等を通してキガリ市広域上水道マスタープランは一般にも公開されてきた。

図 2.3-1 ワーキング・チーム・メンバーリスト

Working Team	
PM Team:	Planning Management
WRD Team:	Water Resource Development
WTP Team:	Water Treatment Plant
RTD Team:	Reservoirs, Transmission/Distribution
ESC Team:	Environment and Social Consideration
TSFI Team:	Tariff System and Financial Improvement
OMHRD Team:	Operation and Maintenance, Human Resource Development

出典：調査団

図 2.3-2 JCC メンバー・リスト

Category	Organization
Project Team	Management of WASAC including CEO as Project Director,
	Director of UWSS as Project Manager,
	Personnel from Counterpart team
	Members from JICA Study Team
Japanese Side	Embassy of Japan
	JICA Rwanda Representative
	JICA Tokyo Head Office
Rwandan Side	MININFRA
	MINECOFIN (joined after the Study had begun)
	Ministry of Environment
	REMA
	RWFA
	RURA
	RTDA
	REG
	Kigali City
	AfDB
Districts of Bugesera, Gasabo, Kamonyi, Kicukiro, Nyarugenge, Rulindo, and Rwamagana	

出典：調査団

図 2.3-3 ステークホルダー・リスト

Organization
JCC members
Rwanda Housing Authority
University of Rwanda, School of Science & Technology
Local Administrative Entities Development Agency (LODA)
Institution of Engineers Rwanda
NGOs: Water Aid, Water for People
Development Partners
MINECOFIN
Rwanda Development Board (RDB)

出典：調査団

## 第3章 調査区域の一般概況

### 3.1 一般的な現況

#### 3.1.1 位置

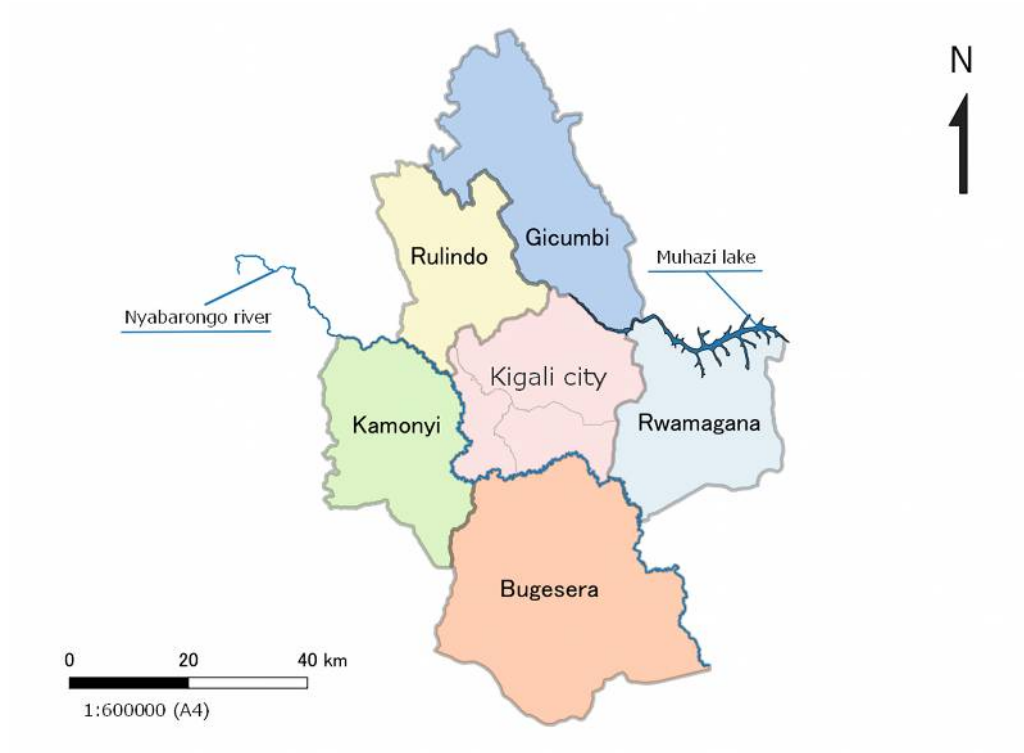
キガリ市はルワンダ国の首都であり、図 3.1-1 に示す通り国の中心部に位置し、面積は 730km<sup>2</sup>である。



出典：調査団

図 3.1-1 ルワンダ国全体及びキガリ市域

図 3.1-2 に、キガリ市と隣接する郡との地理的關係を示す。キガリ市は、北は Rulindo 郡及び Gicumbi 郡、東は Rwamagana 郡、南は Bugesera 郡、西は Kamonyi 郡に隣接している。市はまた、南西の Nyabarongo 川と北東の Muhazi 湖の間に位置している。



出典：調査団

図 3.1-2 キガリ市及び隣接する郡

キガリ市は、標高差で 200 メートルを超える起伏に富んだ丘陵地帯である。川や井戸などの水源は主に低地に位置し、多くの家や建物は比較的標高の高い丘の部分に位置している。

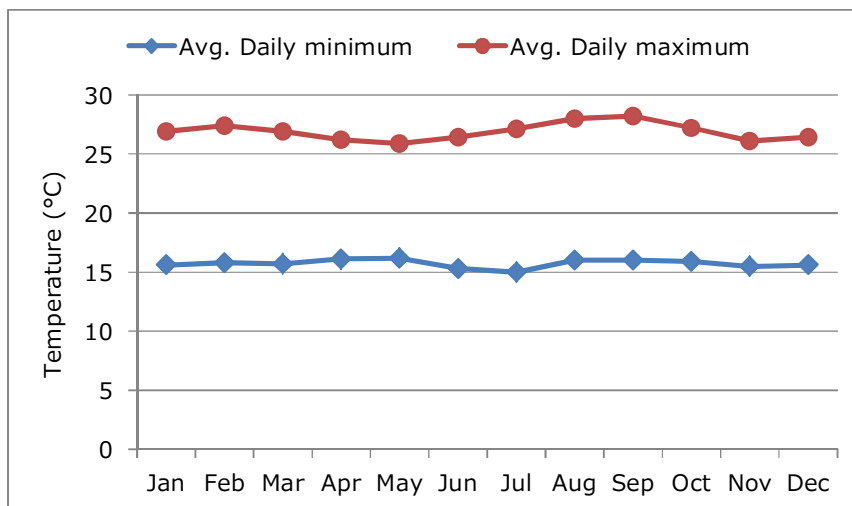
### 3.1.2 気候

キガリ市は、赤道から南緯数度のところにあるが、標高が高い (1,433 m~1,645 m) ため、温暖な熱帯気候で比較的気温は低い。季節区分は、小乾期 (1 月~2 月)、大雨期 (3 月~5 月)、大乾期 (6 月~9 月)、小雨期 (10 月~12 月) で構成されている。キガリ市における月別気温、降雨量及び降雨日数を表 3.1-1 に、キガリ市における一日最高・最低気温 (月平均) を図 3.1-3 に、キガリ市における月別総降雨量と降雨日数を図 3.1-4 に示す。

表 3.1-1 キガリ市における月別気温、降雨量及び降雨日数

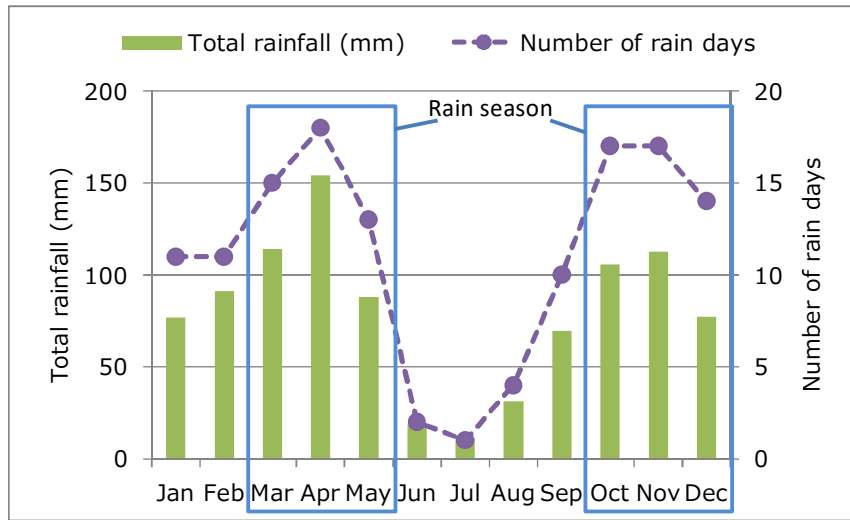
Month	Temperature (°C)		Total rainfall (mm)	Number of rain days	Season
	Avg. Daily minimum	Avg. Daily maximum			
Jan	15.6	26.9	76.9	11	Small dry season
Feb	15.8	27.4	91	11	
Mar	15.7	26.9	114.2	15	Large rain season
Apr	16.1	26.2	154.2	18	
May	16.2	25.9	88.1	13	
Jun	15.3	26.4	18.6	2	Large dry season
Jul	15	27.1	11.4	1	
Aug	16	28	31.1	4	
Sep	16	28.2	69.6	10	
Oct	15.9	27.2	105.7	17	Small rain season
Nov	15.5	26.1	112.7	17	
Dec	15.6	26.4	77.4	14	
Ave	15.7	26.9	79.2	11.1	

出典: Kigali State Environment and Outlook Report



出典: Kigali State Environment and Outlook Report 2013

図 3.1-3 キガリ市における一日最高・最低気温 (月平均)



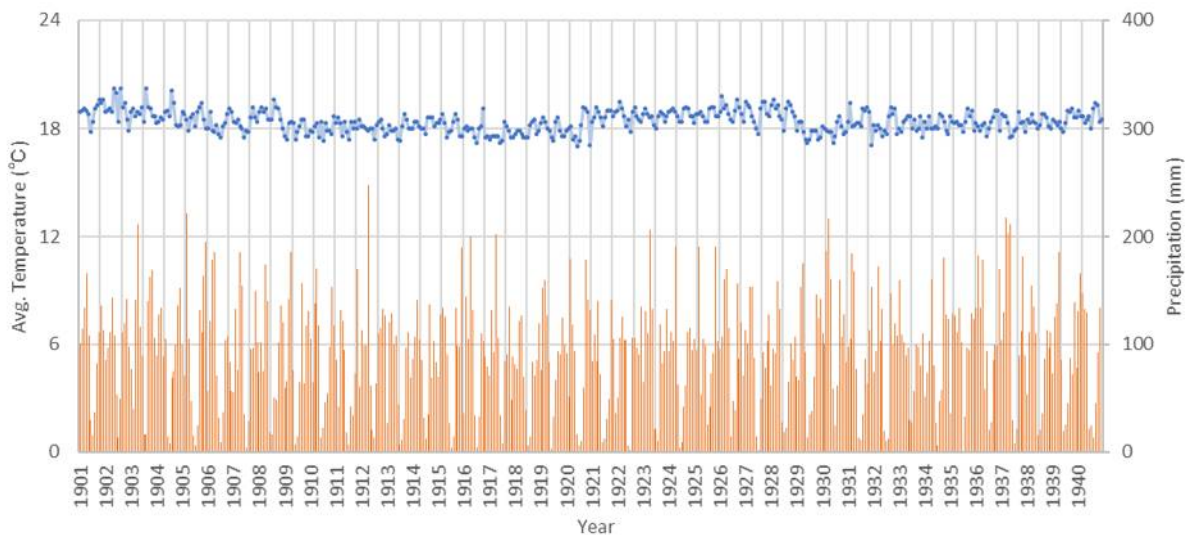
出典: Kigali State Environment and Outlook Report 2013

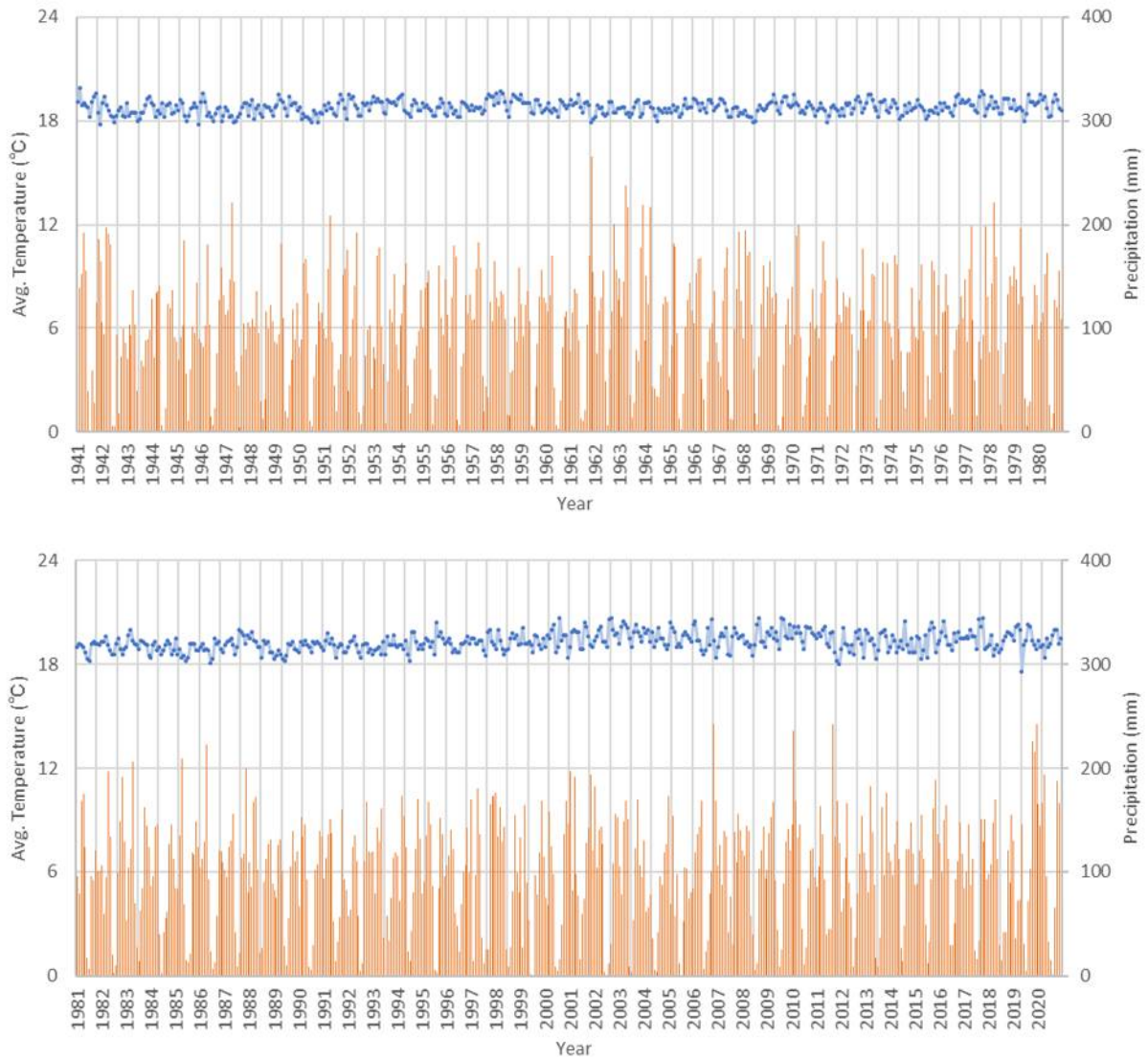
図 3.1-4 キガリ市における月別総降雨量と降雨日数

図 3.1-5 に、1901 年から 2020 年までのルワンダ国の月別総降雨量と平均気温を示す。このデータから以下の状況が判る。

- 過去 10 年間で、月間総降雨量が 200mm を超える頻度が増加している。
- 平均気温も同じ期間に上昇している（表 3.1-2 に示す通り）。

表 3.1-3 は、1910 年から 2016 年にかけてルワンダで観測された主な干ばつを示している。ルワンダ国では、特に東部、南部の州で数年ごとに干ばつが観測されている。1910 年、2003 年、2006 年の干ばつは、100 万人以上に影響を及ぼしたとされる。





出典: based on the data of World Bank Group / Climate Change Knowledge Portal

(<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/download-data>)

図 3.1-5 ルワンダ国における 1901 年から 2020 年の月別総降雨量及び平均気温

表 3.1-2 ルワンダ国における期間別平均気温

Year	Avg. temperature (°C)
1901-1930	18.4
1931-1960	18.6
1961-1990	18.9
1991-2020	19.4

出典: based on the data of World Bank Group / Climate Change Knowledge Portal  
(<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/download-data>)

表 3.1-3 ルワンダ国における 1900 年以降の主な干ばつ記録

Year	Affected zone	Death	Affected population
1910	Kibungo / Zaza (EP)	0	1,700,000
1976-1977	National	0	420,000
1984	National	0	60,000
1989	Gikongoro, Gitarama and Butare (SP)	237	82,000
1996	Gikongoro (SP)	0	894,545
1999- Early 2000	Umutara, Kibungo (EP), Kigali (Central), Gitarama, Butare and Gikongoro (SP)	0	267,000
2003	Kigali rural, Gashora, Bugesera, Kibungo, Umutara (EP), Butare Gikongoro and Gitarama (SP)	0	1,000,000
2005	National	-	-
2006	Kibungo, Umutara and Bugesera (EP), Butare, Gikongoro and Gitarama (SP)	0	1,011,200
2014	Bugesera and Kayonza (EP)	-	-
2016*	Kayonza, Kirehe and Nyagatare (EP)	-	44,000

出典:

Third National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change (U.N.F.C.C.C)

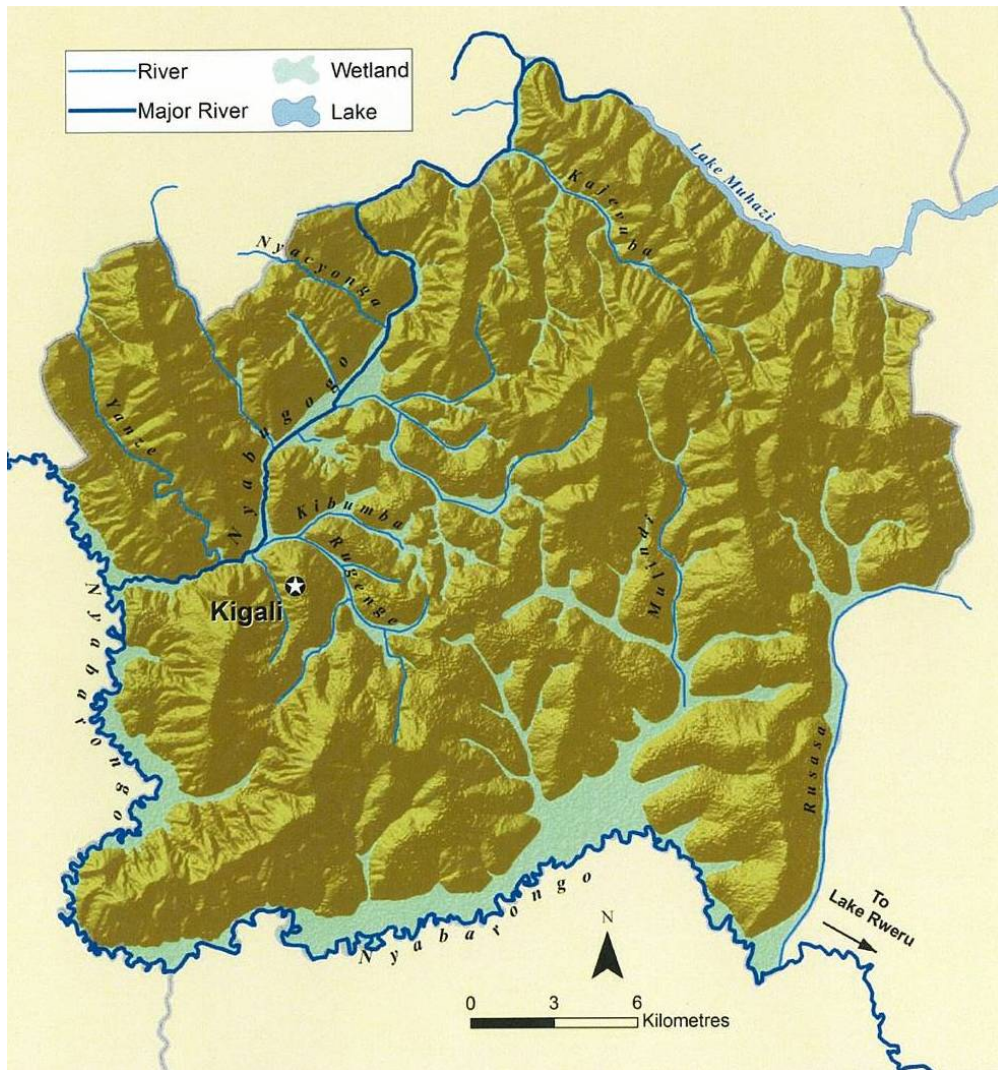
\*WFP operation database.

Note: EP = Eastern Province, SP = Southern Province

### 3.1.3 調査地域の主要水源

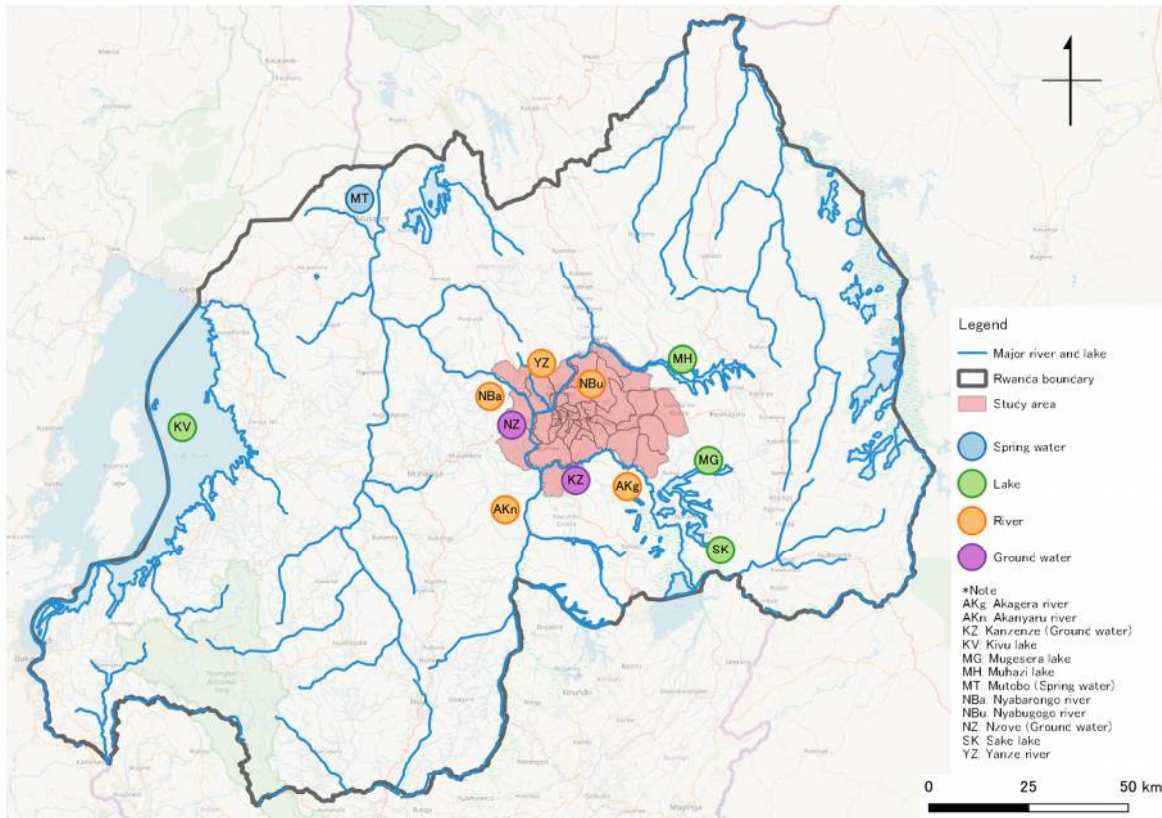
Nyabarongo 川はキガリ市の主要な河川であり、市の北西から南東に流れている。Nyabugogo 川は、市の北東に位置する主要な湖である Muhazi 湖から市の北部を横切っている。Nyabugogo 川は、市内の西の地点で Nyabarongo 川に合流する。河川と湿地の位置を図 3.1-6 に示す。図 3.1-7 は、調査における主要な河川、湖、地下水、湧水の位置を示す。





出典：Kigali State Environment and Outlook Report 2013

図 3.1-6 キガリ市内の河川と湿地帯



出典：調査団

図 3.1-7 調査地域の主要水源

### 3.1.4 地方行政区分

ルワンダ国の地方行政は、Province、District、Sector、Cell、Village の 5 層で構成され、各々の機能は表 3.1-4 の通りである。

表 3.1-4 各々の行政機能・役割

Administrative Units	Responsibilities and Functions
1) Province	<ul style="list-style-type: none"> <li>Serves as a coordinating organ to ensure the efficiency and effectiveness of Central Government planning, execution, and supervision of the decentralized services.</li> <li>The Provincial Coordination Committee (PCC) is the decision-making organ. The PCC is composed of the Governor, the Permanent Secretary, the Chairperson of Councils of District, the Coordinators of Departments in Province and the Heads of decentralized services at Province.</li> </ul>
2) District	<ul style="list-style-type: none"> <li>District is the basic political-administrative unit of the country under the Province to accomplish its political, administrative, social economic affairs and cultural duties determined by law.</li> <li>The district is governed by the District Council, the Executive Committee and the Security Committee.</li> <li>The District Council is composed of councilors elected at the Sector level and so on; each Sector is represented by one councilor.</li> </ul>
3) Sector	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sector is the third level of administration, where people participate through their elected representatives called a counselor.</li> <li>The Sector Council is a political organ for policy-making decisions, including approval of Sector action plans and programs and ensuring the follow-up of the implementation.</li> </ul>



Administrative Units	Responsibilities and Functions
4) Cell	<ul style="list-style-type: none"> <li>All residents in the Cell aged above 18 are members of the Cell Council, which identifies, discusses and prioritizes the problems of the Cell, and takes decisions for the resolution.</li> <li>The organ is managed by competent technicians who handle and address these technical and political matters.</li> </ul>
5) Village	<ul style="list-style-type: none"> <li>Village is the smallest organ and closest to the resident. The leaders are volunteers elected.</li> <li>The organ identifies the problems, priorities and needs of the people at a grassroots level.</li> </ul>

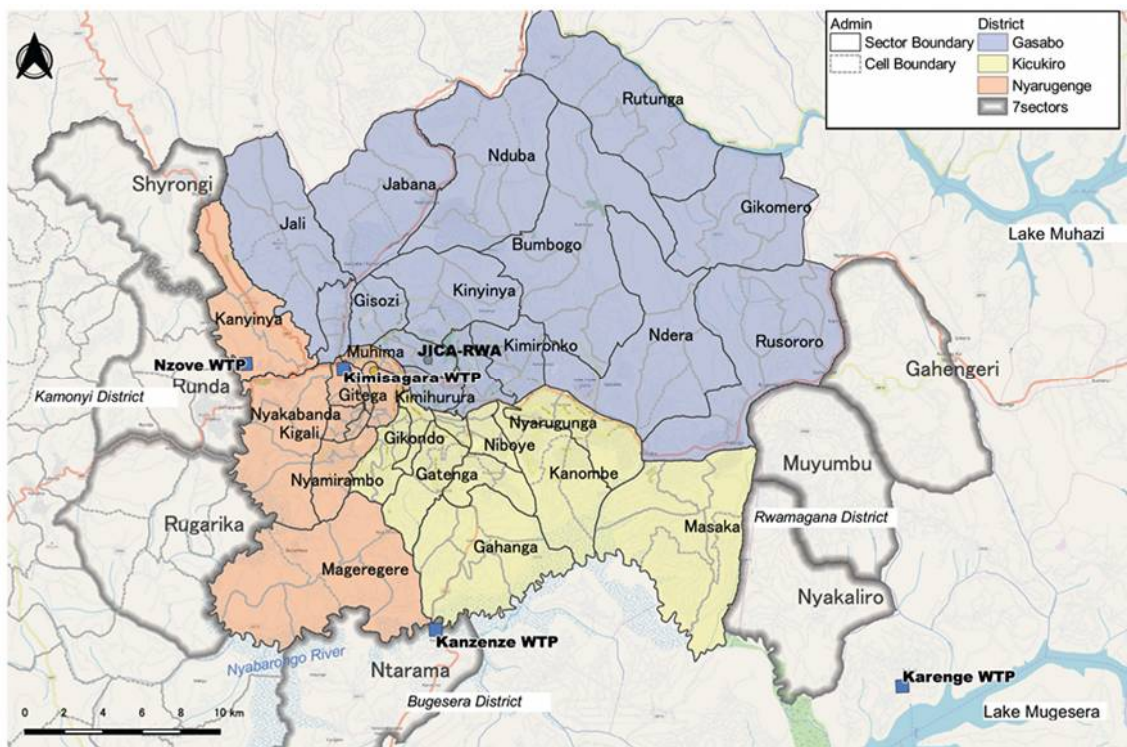
出典：Ministry of Local Government の website および「Law determining the organization and functioning of the District, 2006」に基づき調査団が作成

表 3.1-5 にキガリ市における各 District 内の Sector 数、Cell 数、Village 数を、また図 3.1-8 に District および Sector の行政境界を示す。

表 3.1-5 キガリ市 District 内の行政区画数

Districts	Sectors	Cells	Villages
Gasabo	15	73	494
Kicukiro	10	41	355
Nyarugenge	10	47	327
Total	35	161	1,176

出典：Statistical Year Book, 2017, NISR



出典：調査団

図 3.1-8 キガリ市内 District および Sector の行政境界図

### 3.1.5 関連する政策と規制

#### 3.1.5.1 一般規定

環境要件に関する基本的な数値は、国の憲法で規定されており、誰もが清潔で健康的な環境に住む権利を持ち、誰もが環境を保護し、促進する義務があることを規定している。さらに、憲法では環境の保護と持続可能な管理を義務付け、天然資源の合理的な使用を推奨している。この憲法の声明を確実に遵守するために、セクター別の方針、法律、および制度設定が策定されている。

最初の環境政策は 2003 年 11 月に閣議決定され、近年（2019 年 6 月）気候変動やその他の新たな問題等を勘案し改訂された。政策目標は、ルワンダが清潔で健康的な環境を維持し、気候変動と変化に強く、質の高い社会・生活を支える国になることとしている。

またそれは、人間の幸福、天然資源の賢明な利用、そして持続可能な開発のための生態系の保護と合理的な管理を改善するという社会全体的な目的を有している。この方針により、2005 年に制定され、2018 年に改正された環境に関する国家基本法に基づいて、環境影響評価に関連する法律が規定されている。さらに、新法およびそれに関連する省令は、環境管理、保護、および環境アセスメントの手順に関するガイダンスを提供している。それによれば、すべてのプロジェクト、プログラム、および計画が環境アセスメントを行わねばならず、実施前には必要な環境証明書を取得することを規定している。

環境省（MoE）管轄下の、ルワンダ環境管理局（REMA）は、国の環境保護、保全、促進、および環境と気候変動に関連するすべての問題に関する政府への助言を含む全体的な管理に関する法的権限を持っている。REMA は、政策、計画、および開発プログラムに関連する環境アセスメント要件を監督し、必要な承認を発行する権限を有している。しかし、環境影響評価（EIA）のレビューの責任は、国への投資を促進するためにルワンダ開発局（RDB）に移管されている。

#### 3.1.5.2 環境保護及び許可

##### (1) 関連する政策と法規

ルワンダの環境管理と許認可に関連する政策と法規を以下に示す。

- 環境政策全般にかかわる規定
  - ルワンダ国憲法
  - National Policy on Environment and Climate Change (2019)
  - Environment Law (2018)
  - Ministerial Order establishing the list of projects that must undergo environmental impact assessment (2019)
- 環境保護に関する規定
  - National Biodiversity Policy (2011) and National Biodiversity Strategy (2015)
  - Biodiversity Law (2013)
  - Guidelines for Environmental Impact Assessment for Water Resources Management in Rwanda (2009 March REMA)

- 水資源管理に関する規定
  - Integrated Water Resources Management Policy (2018)
  - Law determining the use and management of water resources (2018)
  - Ministerial Order determining the list of water pollutants (2013)
  - Ministerial Order determining the procedure for declaration, authorization and concession for the utilization of water (2013)
- 土地利用に関する規定
  - Land Policy in Rwanda (2019)
  - Urbanization Policy (2015)
  - Land Law (2013)
  - Expropriation Law (2015)
- 給水及び衛生に関する規定
  - National Water Supply Policy (2016)
  - Sanitation Policy (2016)
  - National Standards for chemicals used for the treatment of water intended for human consumption (2018)
  - Official Gazette n°20bis of 14/05/2018<sup>1</sup>
- PPP
  - LAW N°14/2016

## (2)環境政策全般に関する規定

環境に関する基本原則は、ルワンダ国の憲法に記されている。この憲法は、すべての人が清潔で健康的な環境で生活する権利を有し、すべての人が環境を保護、保全、促進する義務を負うことを保障している。さらに、環境の保護と持続可能な管理を義務づけ、天然資源の合理的な利用を奨励している。上記の憲法条文を確実に遵守するために、各分野の政策、法律、制度が策定されている。

環境政策は2003年11月に初めて内閣で採択され、近年（2019年6月）、気候変動やその他の新たな環境課題への対策を盛り込む改訂がなされた。政策の目標は、ルワンダが清潔で健康的な環境で、気候の変動や変化に強く、社会の質の高い生活を支える国になることである。

この目標は福利を向上させ、天然資源を賢明に利用し、持続可能な開発のために生態系を保護し、合理的に管理するという目的を持つ。この政策により、2005年に制定され2018年に改訂されたNational Organic Law on Environmentや、環境影響評価に関連する法律が制定されている。また、この新法とそれに関連する省令は、環境管理、保護、環境アセスメントの手続きに関する指針を示しており、すべてのプロジェクト、プログラム、計画について、その実施前に環境アセスメントを受け、必要な環境証明書を取得することが求められている。

環境省（MoE）の下、ルワンダ環境管理局（REMA）は、環境と気候変動に関連するすべての事

<sup>1</sup> ‘Official Gazette n°20bis of 14/05/2018’ stipulates general requirements including the operator’s eligibilities and responsibilities.

項に関する政府への助言を含む、国家の環境保護、保全、促進、および全体的な管理に関する法的権限を有している。REMA は、政策、計画、開発プログラムに関わる環境アセスメント要件を監督し、必要な承認を発行する権限を有しているが、環境影響評価（EIA）の審査については、ルワンダへの投資を容易にするためルワンダ開発局（RDB）に移管されている。

### (3)環境保護と許認可

生物多様性国家戦略（National Biodiversity Strategy, 以下、NBS）（2015）は、生物多様性条約（Convention on Biological Diversity, 以下、CBD）の2020年までの戦略計画に沿った長期ビジョンを掲げており、「2040年までに、国内の生物多様性を回復・保全し、それによってルワンダ社会全般に不可欠な利益をもたらし、経済的繁栄と人間の幸福に貢献する」としている。さらに、Biodiversity law（2013年）は、ルワンダにおける生物多様性の管理・保全方法を定めたもので、生物多様性の計画とモニタリング、生態系の管理、絶滅危惧種と外来種、生物資源探査へのアクセスと利益配分、許可規定などを規定している。

MoE と REMA は、環境保護と許可の問題も同様にカバーしている。

#### 3.1.5.3 水資源管理

統合水資源マスタープラン（Integrated Water Resources Master Plan, 以下 IWRMP）は、水資源管理部門の強化に向けた政府の継続的な取り組みの一環である。IWRMP は 2004 年に定められた従前の政策に代わるもので、2004年の政策と Water law No.62/2008 との間に不整合を是正するために準備された。持続可能な水資源に関する多くの現代的な考え方が取り入れられている。さらに、政府が水分野の改革を進めていることより、水資源管理の状況が大きく変化し、2004年の政策は時代遅れになっている。ルワンダ水資源委員会（RWB）を設立する法律が公布され、部門を超えた水資源管理を主導する権限が与えられたことで、統合水資源管理のコンセプトに沿った水資源管理の協調的な取り組みが実現する可能性が増した。このセクターが直面している対応能力の不足に対処するためには、資源の動員、人材育成、制度的能力の構築に向けた協調的な努力が必要である。

#### 3.1.5.4 土地利用と管理

土地政策は、すべてのルワンダ人の権利を保証する土地保有システムの確立を目指しており、国の土地資源の適切な管理と合理的な利用を視野に入れた土地改革への指針である。この政策は、キガリ市広域上水道マスタープランの中で、今後、提案されるプロジェクトによる非自発的住民移転や追加の土地取得に関連するものであり、非常に重要な意味をもつ。土地取得については、土地法 Land Law（2013年）と収用法 Expropriation Law（2015年）の両方が適用される。この2つの法律は、土地取得・公共の利益のための収用と譲渡・その他の種類の土地取得の要件と手続きを定めている。

キガリ市広域上水道マスタープランは、都市化を誘導する national urbanization policy にも沿ったものにする必要がある。national urbanization policy は、持続可能な開発を促進しながら天然資源を効率的に利用・管理し、地域の開発可能性と相互連携に基づいた地域経済開発のために既存市街地と人間居住区の機能を強化し、費用対効果の高い公共投資とインフラサービス提供のために、都市化を促進する政策である。水と公衆衛生に関しては、改善されたサービスを提供することに重点を置き

ており、サービスはすべての人が利用できるものでなければならない。また、都市部における水サービスの公平かつ適切な提供と、需要を十分に満たす水の定期的な供給を目的としている。

環境省傘下のルワンダ土地管理・利用局（Rwanda Land Management and Use Authority、以下、RLMUA）は、土地管理、土地の所有権や土地移転の方法を定める上で重要な役割を担っている。浄水場、貯水池、送水施設などのインフラを私有地に建設する際には、地方土地局を通じて、RLMUA が土地取得のプロセスを主導する。

### 3.1.5.5 水と衛生

国家給水政策（2016）の目的は、既存の給水インフラの運用と保守を改善し、新しい給水施設を提供することにより、持続可能性と安全で清潔な水へのアクセスを確保することである。この政策はまた、安全で信頼性が高く、低廉な都市給水サービスをすべての人に保証すると同時に、財政の持続可能性を追求することを目指している。

給水政策は、幅広い衛生技術を提供する地区衛生センターの設立、衛生施設の運営と維持管理の改善、都市の雨水問題を軽減することを目的としたプロジェクトを計画および設計するための郡およびキガリ市への支援等を通じて、安全で持続可能な衛生サービスへのアクセスを拡大することを目的とした衛生政策（2016）によってさらに補完されている。

インフラ省（MININFRA）が持続可能な水供給と衛生のための政策、規制、戦略的行動を設定する一方で、水と衛生公社（WASAC）は主要な実施機関である。WASAC は水と衛生施設を提供し、効率的かつ効果的なサービス提供のためのインフラを整備・提供することが義務付けられている。さらに WASAC は人材能力開発を強力に進め、水供給と衛生にかかる国家目標の実現を図る。WASAC は、キガリ市とともに、このキガリ市広域上水道マスタープランの策定と、計画された各プロジェクトの実施（戦略的環境アセスメントを含む）において重要な役割を果たすことが期待されている。

### 3.1.5.6 様々な行政レベルの制度的枠組み

#### (1)給水

##### i. 中央政府行政レベル

中央政府レベルで給水を実施するために関与している主な機関と、それぞれの役割と責任を次の表 3.1-6 に示す。

表 3.1-6 給水における中央政府レベルでの役割と責任機関

Roles	Responsible Institutions
Policies formulation	MININFRA, MOE, MoH, MINALOC and MINEDUC
Sector planning, Coordination, Monitoring & Evaluation, Capacity building	MININFRA, WASAC
Public financing	MINECOFIN, MoH
Project planning and implementation	The District with the support of WASAC
Service provision and O&M	Districts/PPP and Districts w/WASAC
Independent regulation	RURA, REMA, RSB and MoH

出典: National Integrated Water Supply and Sanitation Master Plans for Rwanda

**ii. 地方行政レベル**

WASAC は、都市の給水および衛生サービスに関連する主要な事業運営者である。地方においては以下の分野について、地方自治体との連携により事業運営している。

- 1) 基本的な水道サービスへのアクセスの提供
- 2) O&Mのための給水と契約民間事業者の実施
- 3) 統合された地区開発計画の準備と実施。

**iii. 民間事業者への委託**

民間事業者は、地区が委託する委任管理を通じて、インフラ開発および給水維持管理の請負業者として地方セクター内の給水事業に関与している。

**(2)衛生事業**

**i. 中央政府行政レベル**

中央政府レベルで衛生事業を実施するために関与している主な機関と、それぞれの役割と責任を表 3.1-7 に示す。

**表 3.1-7 中央政府レベルでの衛生事業政策の役割と責任機関**

Roles	Responsible Institutions
Planning, Policy, Strategy	MININFRA, MoH, MINEDUC, MINALOC, REMA, District
Standard	MININFRA, MoH, REMA, RSB, RURA
Sector coordination	MININFRA, MINALOC, WASAC
Public financing	MoH, MINEDUC, MINALOC (Districts)
Demand Generation	MoH, MINEDUC, REMA, MINALOC (Districts)
Project Implementation	The District with the support of WASAC
Monitoring and Evaluation	MoH, MINEDUC, MINALOC (Districts)
Service and O&M	MoH, MINEDUC, WASAC, MINALOC (Districts), Private service providers
Independent regulation	RURA, REMA, RSB and MoH

出典: National Integrated Water Supply and Sanitation Master Plans for Rwanda

**ii. 市、地区行政レベル**

地区行政とキガリ市は、その領域内での活動の実行と監督、および適切な管理能力の開発において主導的な役割を担っている。

**iii. 民間事業者への委託**

民間事業者は、地区が委託する委任管理を通じて、衛生インフラの運営・維持管理の請負業者としてサブセクターのプロジェクトの実施に関与している。彼らはまた、衛生および固形廃棄物管理における投資、建設およびサービス提供のための能力を開発することを奨励され、市、地域行政により支援されている。

**3.1.5.7 国際的な規制の枠組み**

キガリ市広域上水道マスタープランは、国際協力機構（JICA）を通じて日本政府の支援を受けて



作成される。このため、キガリ市広域上水道マスタープランおよび SEA などの関連計画は、環境および社会への配慮に関する JICA ガイドラインに準拠すると同時に、国内規制にも準拠するものとなる。

さらに、キガリ市広域上水道マスタープランが、その下で提案される投資に関連する主要な国際的な環境的および社会的要件を反映することが重要である。キガリ市広域上水道マスタープランと SEA は、ベストプラクティスを引き出し、世界銀行の環境社会フレームワーク（ESF）とアフリカ開発銀行の統合セーフガードシステム（ISS）に準拠するためのギャップ分析が行われ、ギャップを埋めるための措置が適切に提供される。

### 3.1.5.8 その他の許可要件

キガリ市広域上水道マスタープランの準備と実施に関連するその他の許可要件には、社会経済調査のためにビザを取得するための要件と手順が含まれる。ルワンダの国立統計研究所（NISR）は、統計データの主要機関として、調査が州全体またはキガリ市を対象としている場合、調査ビザを取得するように機関に要求している。ビザは、調査の目的、対象範囲、および提案されたサンプリング計画に基づいて発行される。

## 3.1.6 社会・経済条件

### 3.1.6.1 人口

表 3.1-8 に 2012 年の国勢調査による人口の特徴を示している。

- 人口動態：ルワンダ人の 11.7%がキガリ市に居住
- 人口密度：1,552 人/km<sup>2</sup>で、ルワンダの平均密度の 3.7 倍。
- 都市人口率（%）：75.9%（参考：ルワンダの都市人口率は 16.5%）。

NISR の定義で「都市」は、教育機関、電気、水道、商業市場、金融機関などの社会・経済的インフラが整備され、ほとんどの人が住んでいる地域を指す。セクター別の人口は付録 8 に記載する。

表 3.1-8 キガリ市の人口

Districts	Sectors	Land Area (km <sup>2</sup> )	2012 Census Population (.000)				Density
			Urban	(Urban Rate)	Rural	Total	Person /km <sup>2</sup>
Gasobo	10	429	365.4	69.0%	164.2	529.6	1,234
Kicukiro	15	167	279.9	87.9%	38.6	318.5	1,911
Nyarugenge	10	132	214.0	75.2%	70.6	284.6	2,124
Total	35	729	859.3	75.9%	273.4	1,132.7	1,552
Ref: Rwanda	416	26,338	1,737.6	16.5%	8,778.3	10,515.9	415

出典：NISR

### 3.1.6.2 土地利用

表 3.1-9 は、Kigali M/P 2050 で更新され、まとめられたキガリ市の土地利用を示している。キガリ市では依然として農地としての土地利用が主流であり、次いで自然地域と住宅地が多い。

表 3.1-9 キガリ市の土地利用状況

Land use	km <sup>2</sup>	%
1. Residential	67.58	9.2
2. Commercial	2.85	0.4
3. Mixed use	0.22	0.0
4. Public facilities	13.74	1.9
5. Industries	4.41	0.6
6. Nature area	141.98	19.4
7. Agriculture	461.37	63.1
8. Open space	2.171	0.3
9. Water bodies	2.905	0.4
10. Infrastructure/roads	20.84	2.8
11. Water bodies	13.46	1.8
Total	731.35	100.0

出典：Kigali Master Plan 2050, 2019 edition

### 3.1.6.3 経済の概要

#### (1) 地域内総生産

ルワンダでは、キガリ市の域内総生産（Gross Regional Domestic Products, 以下 GRDP）は入手できない。このため、表 3.1-10 にはルワンダの国内総生産（GDP）を代用している。次項（2）で調査した事業所数と雇用者数を考慮すると、キガリ市の GDP への貢献度は 20%以上と推定される。

表 3.1-10 国民総生産（GDP）（10 億 RWF）

Items		2014	2015	2016	2017	2018
GDP	At current prices	5,466	5,968	6,672	7,600	8,189
GDP growth	At 2014 prices	6.2%	8.9%	6.0%	6.1%	8.6%
GDP per capita	1000 RWF	497	530	579	644	677
	US\$	728	736	735	774	787
% of each economic sector	Agriculture	29%	28%	29%	31%	29%
	Industry	17%	17%	16%	16%	16%
	Services	47%	48%	47%	46%	48%
	Adjustments	7%	7%	7%	7%	7%

出典：NISR

#### (2) キガリ市の事業所

##### i. 事業所数

表 3.1-11 にルワンダの事業所数の合計を示す。事業所は、製造業や民間・公共サービス事業体など 20 の経済活動に分類されている。ルワンダの事業所は、製造業や民間・公共サービス業など 20 の経済活動に分類されており、そのうち 95%は個人（個人事業主）が占めている。

事業所の総数は 190,288 であり、そのうち約 80%の事業所が、卸売・小売（50.5%）と宿泊・飲食サービス（27.3%）の 2つの主要な経済活動に分類されている。

キガリ市では、2014年から2017年までの過去3年間で事業所数が33%増加している。その結果、2017年時点で、ルワンダの事業所の22.8%がキガリ市に集中している。

表 3.1-11 全国及びキガリ都市圏の事業所数

Area	2014		2017		Change
	Nos.	%	Nos.	%	%
Rwanda	154,236	100.0	190,288	100.0	23.3
Kigali City	32,619	21.1	43,392	22.8	33.0
Gasabo	12,337	8.0	16,195	8.5	31.3
Kicukiro	8,091	5.2	11,323	6.0	39.9
Nyarugenge	12,191	7.9	15,874	8.3	30.2

出典： Establishment Census, 2014 and 2017, NISR

ii. 事業所で働く労働者の数

表 3.1-12 は事業所に雇用されている労働者の数を表しており、2017 年は 616,737 人である。この表から、ルワンダの労働者の 34.4%がキガリ市で雇用されていることがわかる。これは、キガリ市の事業所の事業規模が全国の平均よりも大きく、より多くの労働者を雇用できることを示している。また、2014 年から 2017 年にかけて、ルワンダの雇用者数が 31%増加していることが指摘されている。

表 3.1-12 労働者の分布

Area	Number of Workers	%
Rwanda	616,737	100.0
City of Kigali	212,611	34.4
Gasabo	73,327	11.9
Kicukiro	55,392	8.9
Nyarugenge	83,892	13.6

出典： Establishment Census, 2014 and 2017, NISR

(3)労働力

NISR は 2016 年に労働力調査を開始している。表 3.1-13 はその調査結果を示している。過去 2 年間（2017 年、2018 年）において、ルワンダの失業率はわずかに低下しているが、同時に人口に対する雇用率は上昇している。

表 3.1-13 労働力と失業

Area	Items	Aug 2016	Aug 2017	Aug 2018
Rwanda	Labor force participation rate	50.6%	52.9%	55.2%
	Unemployment rate	18.8%	17.8%	14.3%
City of Kigali	Labor force participation rate	67.1%	66.5%	67.5%
	Unemployment rate	17.8%	20.3%	18.7%

出典： Labor Force Survey Trends, NISR

3.1.6.4 キガリ市民の社会状況

EICV5 の調査によると、キガリ市の市民の 77.3%が無計画に開発された都市住宅地で暮らしている。住人の 3 分の 1 は他の地域からの移住者である（過去 5 年間に移住した人、33.3%）。清潔な飲料水を利用できる（95.6%）。農村部と比較して、キガリ市の市民は、病気の報告が少なく、比較的良好な健康状態を享受している。（農村部 33.9%、キガリ市 26.3%）。

- 無計画に開発された都市住宅地で暮らしている(77.3%),
- 過去 5 年間に他地域から移住して来た (33.3%)

- 清潔な飲料水を利用できる (95.6%)
- 過去4週間以内に疾病の報告(26.3%)

出典：EICV5 Thematic Report Environment and Natural Resources

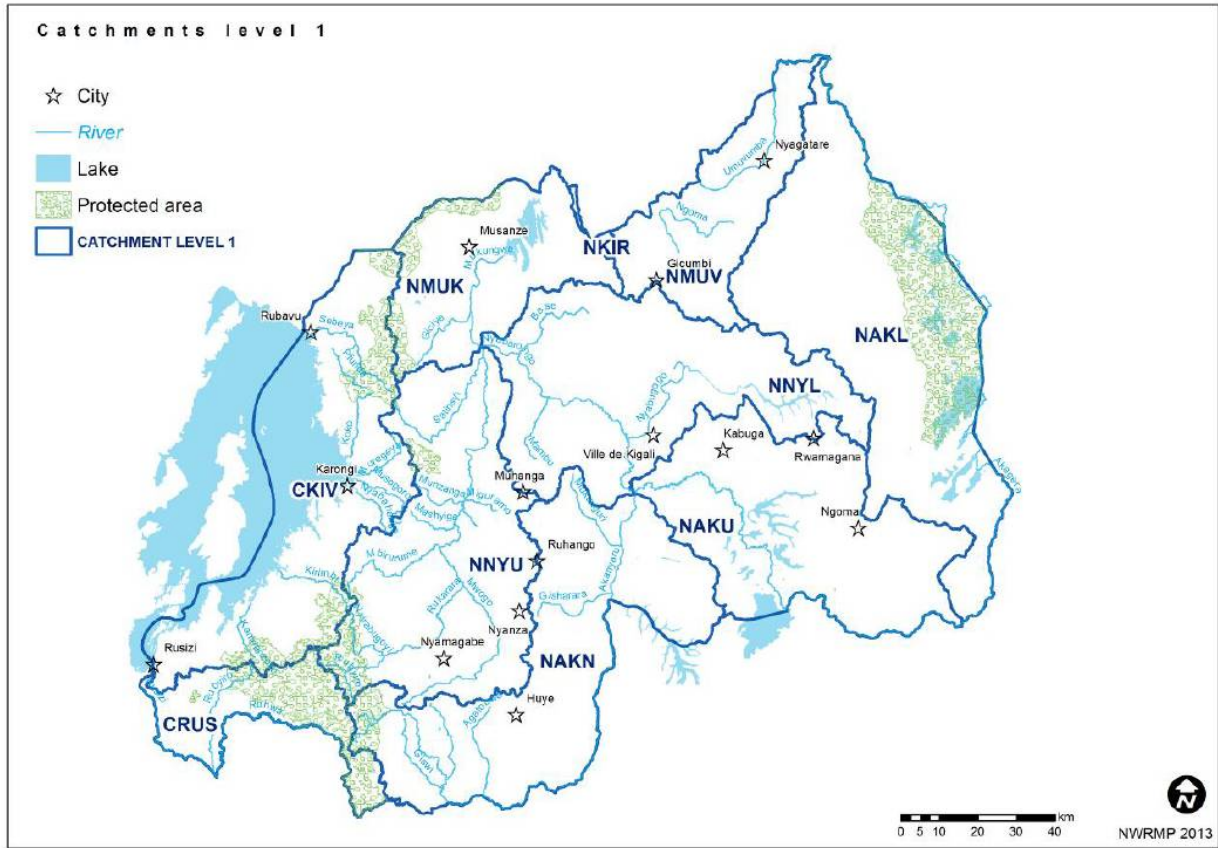
EICV5 (EICV4 実施年 2014 と EICV5 実施年 2017)の比較にもとづいた、昨今の傾向を以下に示す。飲料水を手元が、未処理の水源(EICV4: 15.5% EICV5: 4.2%)から、公共水栓(EICV4: 35.6% EICV5: 41.5%)へ移行している。宅内/庭内配管は、伸び悩んでいる(EICV4: 36.8% EICV5: 34.0%)。市民の住区は、孤立した郊外住宅(EICV4: 13.4% EICV5: 2.9%)から、計画された住区(EICV4: 2.6% EICV5: 17.4%)への移住が進んでいる。異なる住区間の移住動向は、単に孤立した郊外住宅から計画された住区への移住が進行しているだけではない可能性がある。おそらく、無計画に開発された住区から、計画された住区への移住がまず起こり、並行して、郊外住宅から無計画に開発された住区への移住が起こっていると考えられる。キガリ市では、貧困率が大幅に低下している。

- 改善された飲料水の入手が改善された(EICV4: 84.5%, EICV5: 95.9%)
- 計画された住区への移住が進んだ(EICV4: 2.6%, EICV5: 17.4%)
- 貧困が指標上減少した(EICV4 20.9%, EICV5: 13.9%)

出典：EICV5 Thematic Report Environment and Natural Resources

### 3.1.7 地質、水文、水理地質

ルワンダは「千の丘の国」と呼ばれる高原の国であり、ルワンダの首都であるキガリ市も丘のある都市である。ルワンダでは、岩盤は先カンブリア時代に属する変成岩と花崗岩で構成されキガリ市だけでなく全国に分布している。変成岩は主に、砂質から泥質の堆積物の低圧から中圧の変成作用によって生成された片岩からの形成されている。花崗岩は、変成作用に由来する貫入岩である。ルワンダは、**図 3.1-9**と**表 3.1-14**に示すように、9つのレベル1流域に分けられる。レベル1流域の水文情報は、**付録 9**に示されている。



出典：Rwanda National Water Resources Master Plan MINIRENA-RNRA October 2015

図 3.1-9 レベル 1 流域の位置図

表 3.1-14 レベル 1 流域のコードと名前

Code NWRMP*	CKIV	CRUS	NNYU	NMUK	NNYL	NAKN	NAKU	NAKL	NMUV
Water Resource Name:	Lake Kivu	Rusizi	Upper Nyabarongo	Mukungwa	Lower Nyabarongo	Akanyaru	Upper Akagera	Lower Akagera	Muvumba

\*NWRMP = National Water Resources Master Plan

出典：Rwanda National Water Resources Master Plan MINIRENA-RNRA October 2015

キガリ市は、Lower Nyabarongo 流域（NNYL）に含まれており、集水域は 3,305km<sup>2</sup>である。NNYLの詳細は、以下の表 3.1-15 に示す。

表 3.1-15 Lower Nyabarongo 流域 (レベル 1)

Catchment-level 2	Key water bodies	Districts where the Rivers drain through
Muhazi-Nyabugogo (NNYL_1)	Muhazi lake and Nyabugogo River	Gicumbi, Gatsibo, Kayonza, Rwamagana, Gasabo, Nyarugenge, Kicukiro, Rulindo
Nyabarongo (NNYL_2)	Nyabarongo River	Kamonyi, Muhanga, Gakenke, Rulindo, Nyarugenge

出典：Rwanda National Water Resources Master Plan

Nyabarongo 川は、西部の流域全体を、いくつかの小さくてかなり急な二次谷を通して流れている。Nyabarongo 川の広い谷は農業目的で広く使われている。Nyabarongo 川は Nyabarongo 川の主要な支流である。Lower Nyabarongo 流域 (NNYL) の水はキガリ市への給水源と灌漑開発に使用されている。

ルワンダの主要な帯水層は、破碎及び風化した先カンブリア時代の花崗岩、変堆積珪岩、片岩などに発達している。新生代の火山帯水層は、西部州と北の国境に沿って現れている。第四紀の沖積帯水層は、一般に、川の谷に沿って形成している。

キガリ市では、Nyabarongo 川沿いの沖積帯水層からの地下水が Nzove 浄水場と Kanzenze 浄水場で使用されている。また、川の谷間には多くのハンドポンプが設置されており、浅い地下水を汲み上げている。一方、深層地下水開発のために掘削された井戸はごくわずかである。

### 3.1.8 水利用に関する許可システム

ルワンダ水資源委員会 (RWB) は水資源に関連する規制機関である。RWB は (1) 水資源を効果的な管理、(2) 水の割り当て、(3) 環境保護が目的である。WASAC を含む水利用者は、RWB から水許可を取得する必要がある。許可、譲歩、宣言の3種類の許可がある。

水の使用に関する許可は、水の使用量、環境への影響、災害リスク、およびその他の水利用者への影響に基づいて決定される。水の使用にあたっては、(1) 取水許可/水使用許可、(2) EIA 証明書、および (3) 建設許可が必要である。表 3.1-16 に、水利用に関する許可制度概要を示す。

表 3.1-16 水利用に関する許可制度概要

Type of scheme	Type of water permit required
Irrigation schemes of above 1 ha	Authorization
Water treatment plants for water supply	Authorization
Hydropower plants	Authorization
Industries /coffee washing stations /mining companies getting water from surface water or ground water	Authorization
Construction of dam	Authorization
Any deviation of a water body (lake, river or stream)	Authorization
Groundwater abstraction	Authorization
Fish farmers in lakes or ponds	Concession
Physical or juridical persons wishing to carry out	Declaration

Type of scheme	Type of water permit required
research in water bodies or exploration of water resources	

出典：RWB

上記の表 3.1-17 に示すように、WASAC などの浄水場の所有者は、水利用許可を取得する必要がある。水源に応じて、2 種類の水許可申請書がある（地表水と地下水）。サンプルの申請書は付録 10、11 に添付されている。申請書に加えて、以下の書類も必要となる。

- ✓ 関連省庁からの推薦状
- ✓ 申請者の身分証明書
- ✓ サイトの識別（場所、座標、地図）
- ✓ EIA 証明書とレポート
- ✓ 申請料

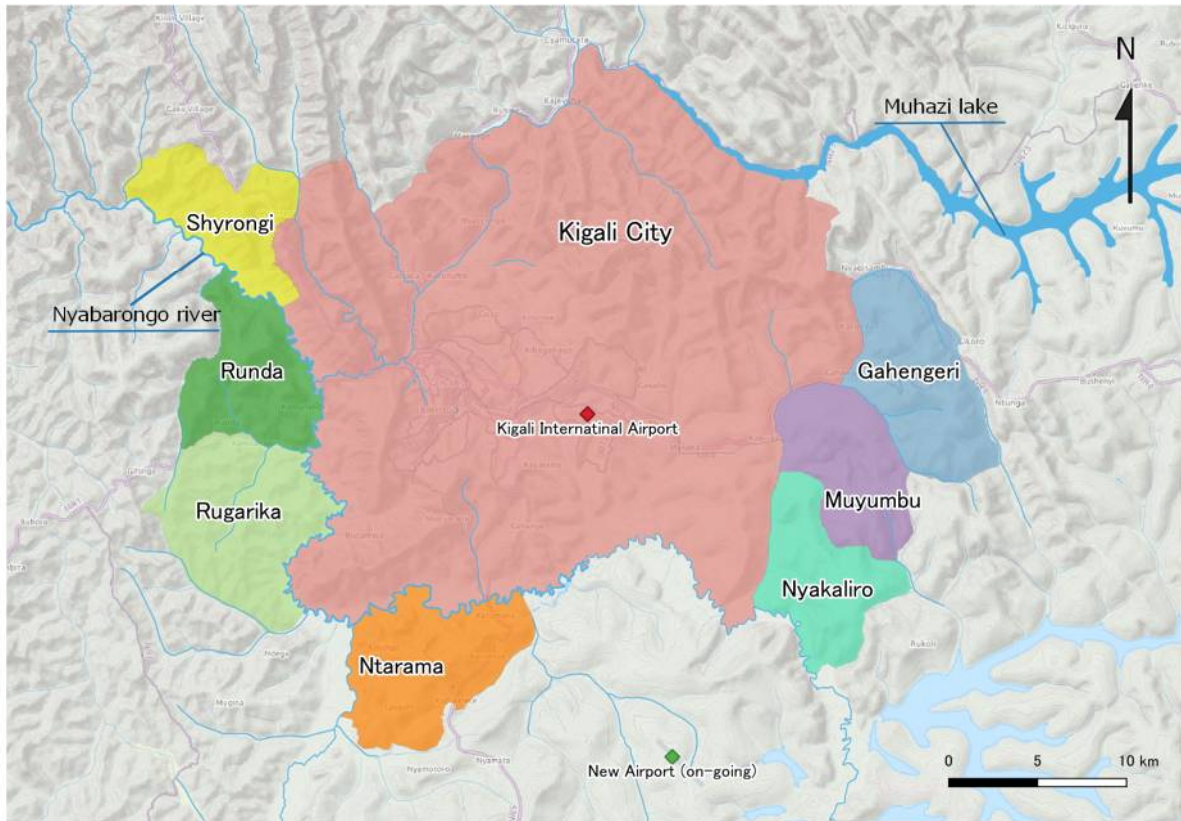
申請書の提出後、RWB は承認のための評価を実施する。

## 3.2 隣接 7 セクター

キガリ市広域上水道マスタープランの調査地域は、キガリ市及び隣接する 7 つのセクターを含んでいる。

### 3.2.1 セクターの位置

7 セクターの位置を図 3.2-1 に示す。キガリ市の西側は Shyorongi セクター、Runda セクター、Rugarika セクター、南側は Ntarama セクター、東側は Gahengeri セクター、Muyumbu セクター、Nyakaliro セクターである。Shyorongi は Rulindo 郡に属し、Runda 及び Rugarika は Kamonyi 郡に属し、Ntarama は Bugesera 郡に属し、Gahengeri、Muyumbu、Nyakaliro は Rwamagana 郡に属している（表 3.2-1 及び図 3.2-2）。



出典：調査団

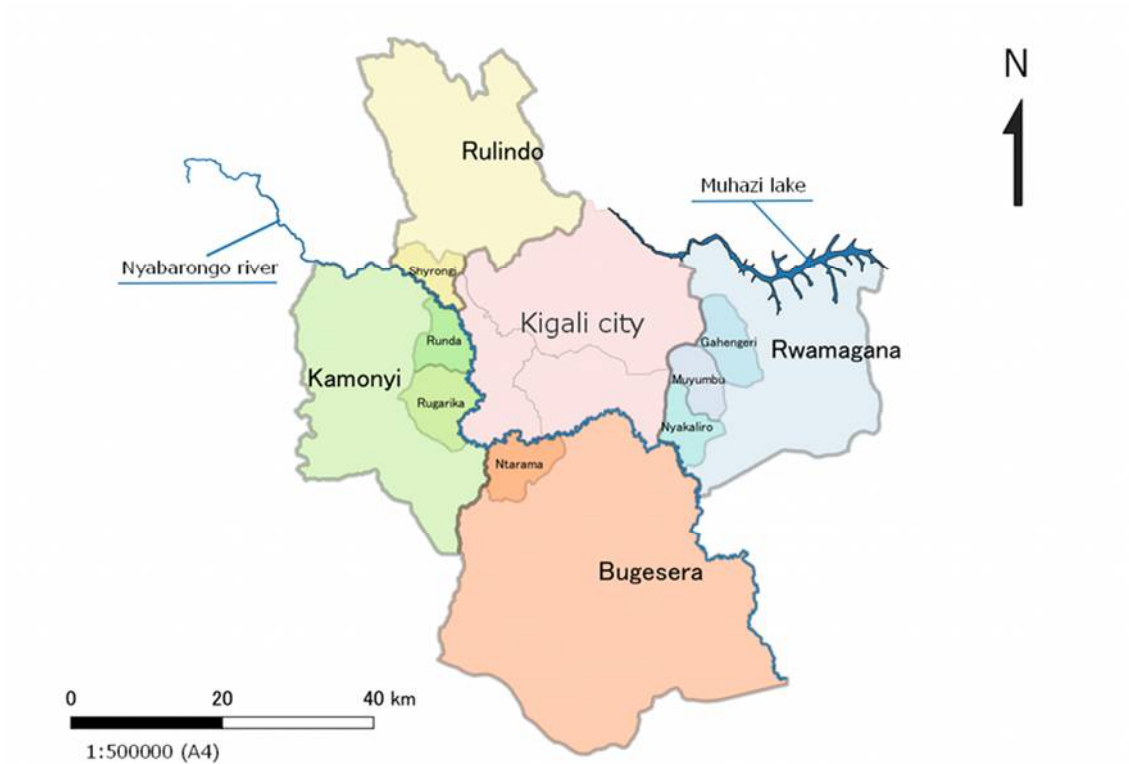
図 3.2-1 隣接 7 セクター位置図

表 3.2-1 隣接 7 セクター一覧

District	Sector	Location from City of Kigali
Rulindo	Shyorongi	West
Kamonyi	Runda, Rugarika	West
Bugesera	Ntarama	South
Rwamagana	Gahengeri, Muyumbu, Nyakaliro	East

出典：調査団





出典：調査団

図 3.2-2 隣接する7セクターと郡の位置関係

### 3.2.2 行政区分

周辺7セクターが属する各 District 内の Sector 数、Cell 数、Village 数は表 3.2-2 の通りであるが、各 Sector 内の Cell 数、Village 数は把握できなかった。

表 3.2-2 各 District 内の行政区画数

Province	District	Sector	Number of Cell	Number of Village
Northern	Rulindo	17	71	494
		Shyorongi	n/a	n/a
Southern	Kamonyi	12	59	317
		Runda	n/a	n/a
		Rugarika	n/a	n/a
Eastern	Bugesera	15	72	581
		Ntarama	n/a	n/a
	Rwamagana	14	82	474
		Gahengeri	n/a	n/a
		Muyumbu	n/a	n/a
		Nyakaliro	n/a	n/a

出典：Statistical Year Book, 2017, NISR

### 3.2.3 社会経済状況

#### 3.2.3.1 人口

表 3.2-3 に 2012 年国勢調査の結果を示す。以下は本地域の特徴である。

- 都市部の人口は、10%未満と低い。
- 都市部は、Shyorongi sector (Rulindo District) and Runda sector (Kamonyi District) の 3 セクターにのみ存在する。
- 殆どの住民は農村部に居住する。

表 3.2-3 周辺 7 セクターの人口分布

Province	District	Sector	Land Area km <sup>2</sup>	Population (.000)				Density
				Urban	(Urban Rate)	Rural	Total	Person /km <sup>2</sup>
Northern	Rulindo	Shyorongi	47	4.4	18.7	19.1	23.5	504
Southern	Kamonyi	Runda	51	13.0	37.7	21.8	34.8	681
		Rugarika	75	0	0	34.9	34.9	466
		Total	126	13.0	18.7	56.7	69.7	553
Eastern	Bugesera	Ntarama	64	0	0	18.0	18.0	281
	Rwamagana	Gahengeri	63	0	0	23.5	23.5	373
		Muyumbu	50	0	0	24.2	24.2	482
		Nyakaliro	50	0	0	20.2	20.2	404
		Total	163	0	0	67.9	67.9	416
Total of adjacent 7 sectors			400	17.4	9.7	161.8	179.2	448

出典：NISR

#### 3.2.3.2 社会経済の特徴

本プロジェクトの社会経済専門家の観察を通じた周辺 7 セクターの社会経済概要を表 3.2-4. にまとめた。尚、開発計画は、各 District の開発計画に基づきマスターシナリオで整理される。

表 3.2-4 地域社会経済の特徴

Sectors	Features
Syrongi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The National Road (NR) links with the City of Kigali</li> <li>• More than 80% is categorized as rural area.</li> <li>• Only the neighborhood around the sector office is categorized as urban area.</li> <li>• Agriculture is the main industry.</li> </ul>
Runda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The NR links with the City of Kigali.</li> <li>• The sector office is located only 10 km from the center of the City of Kigali.</li> <li>• A lot of residential houses are scattered along the NR.</li> </ul>
Rugarika	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The NR links with the City of Kigali.</li> <li>• The whole area of the sector is categorized as rural area.</li> <li>• The sector office is located 20 km from the center of the City of Kigali.</li> <li>• The roads are mostly unpaved and in bad conditions.</li> </ul>
Ntarama	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The whole area of the sector is categorized as rural area. However, the sector is growing as a residential area for the people working in the City of Kigali.</li> <li>• The location is just adjacent to Gahanga Sector of the City of Kigali where urban development is expected.</li> <li>• The NR is under the expansion due to the way to the new airport in Rilima Sector.</li> </ul>

Sectors	Features
Gahengeri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rice fields spread out in the flat area adjacent to the City of Kigali along the NR. And leafy vegetables and banana are broadly cultivated in the hill areas.</li> <li>• The neighborhood is gathered in the hillside far from the NR.</li> <li>• Inner roads are unpaved and in bad conditions.</li> </ul>
Muyumbu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Same as Gahengeri.</li> <li>• However, inner roads are maintained through unpaved.</li> </ul>
Nyakariro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Just adjacent to Masaka Sector of the City of Kigali.</li> <li>• Middle-class residential houses are scattered in the area close to Masaka Sector.</li> <li>• A big dairy factory is operating near the NR.</li> <li>• However, the road conditions are still bad.</li> </ul>

出典：調査団

### 3.2.3.3 7セクターの社会状況

7セクターで入手可能な情報が限られているため、調査団は、EICV 調査で示された農村地域の様相を地域の状況を示すものとして整理した。

EICV5 の調査結果によると、農村住民の最大数はウムドゥグドゥ(Umudugudu)に居住している(67.0%)。他の地域からの移民は10分の1に過ぎない(過去5年間に移住してきた住民、9.5%)。7セクターの中で、特に主要道路(国道)に隣接している地域では、すでにこれをはるかに上回る移住に直面している可能性がある。住民の大多数は改善された飲料水(85.4%)を利用できる。改善された水を利用できるかどうか因らず、農村地域の住人は、疾病の報告している(改善された水が利用可能な住民32.1%、利用できない住民35.5%)。

- 住民の大多数は、ウムドゥグドゥ(Umudugudu)に居住する(67.0%)、
- 過去5年間に他の地域から移り住む住人の割合が低い(9.5%)
- 改善された飲料水の入手手段を有する(85.4%)
- 過去4週間に疾病の報告がある(33.9%)

出典：EICV5 Thematic Report Environment and Natural Resources

EICV5 から観察される現在の傾向(2014年に実施されたEICV4と2017年に実施されたEICV5の比較)を以下に示す。改善された水へのアクセスの改善は鈍化した(EICV4:83.7%、EICV5:85.4%)。居住形態が変化し、孤立した郊外住宅から(EICV4:30.2%、EICV5:20.1%)、ウムドゥグドゥ(Umudugudu)に居住する住民が増加している(EICV4:55.8%、EICV5:67.0%)。さまざまなタイプの居住地間の移住に関して、女性が世帯主である世帯は、孤立した郊外住宅で大幅に減少し、ウムドゥグドゥ(Umudugudu)で増加している。これは、Vision2020/2050の実装の一部が進んだ結果である可能性がある。郊外部では、都市部で見られるような貧困率の低下は見られない(EICV4:43.7%、EICV5:41.1%)。

- 改善された飲料水入手手段の改善(EICV4:84.5%、EICV5:95.9%)
- ウムドゥグドゥ(Umudugudu)への移行(EICV4:55.8%、EICV5:67.0%)
- 貧困状態は変わらない(EIC:V4 43.7%、EICV5:41.1%)

出典：EICV5 Thematic Report Environment and Natural Resources

## 第4章 関連上位計画

下記に本調査に関わる重要な上位計画や関連政策を挙げる。

- ルワンダビジョン 2020 (2012)
- 7年政府計画:国家変革戦略 (NST1) 2017-2024.
- キガリ市マスタープラン (CoK M/P)
- AfDB 全国上下水道マスタープラン(AfDB M/P)
- 経済発展貧困削減戦略 II (EDPRS II) 2013-2018 (2013)
- 水衛生セクター戦略計画 2013/14 - 2017/18 (2013)
- 国家水供給政策実行戦略 (NWSPIS) - December 2016
- 総合水管理政策 (IWMP)
- 経済特区開発計画 (SEZ)

### 4.1 ビジョン 2020 及びビジョン 2050

ビジョン 2020 は 1998 年から 1999 年にかけて国家の協議プロセスを経て策定されたものであり、2020 年までにルワンダを中所得国に移行させることを目標としている。同ビジョンは、財務・経済計画省 (Ministry of Finance and Economic Planning ; MINECOFIN) が策定、監視、評価に関与する形でまとめられた。2000 年には、最初のマクロレベルの目標 (47 の指標) がオリジナルのビジョン 2020 として扱われている。

大統領によって打ち出されたルワンダビジョン 2020 は、2020 年に向けたルワンダの開発枠組みとして、主要な優先事項を提示し、将来にむけたガイドツールとなっている。本ビジョンは 6 つの優先的な柱からなる。

- 良好なガバナンスと有能な国家
- 人材開発と知識ベースの経済
- 民間主導の開発
- インフラ開発
- 生産性が高く高付加価値で市場志向の農業
- 地域統合および国際統合

上記 6 つの柱の他に、「ジェンダー」「天然資源と環境文化」「科学技術」の 3 つの横断的分野がある。2012 にビジョンの実施、モニタリング及び評価の主体である財務・経済計画省 (MINECOFIN) がビジョン 2020 の改訂版を発出した。改訂版によると、指標 29 (きれいな水へのアクセスは 2000 年に 52%、2012 年時点の状況は 74.2%、2020 年までに 100%と示されている。現在、2016 年に MINECOFIN によって提示された資料<sup>1</sup>に沿って Vision 2050 が準備されている。Vision 2050 は、すべてのルワンダ人の高い生活水準の確保を目指すものであり、「(住宅内の) 水と衛生への普遍的で持

<sup>1</sup> THE RWANDA WE WANT: TOWARDS 'VISION 2050, Claver GATETE, Minister of Finance and Economic Planning, Rwanda, National Dialogue Presentation, 16 December 2016

「持続可能かつ信頼性の高いアクセス」の達成を含んでいる<sup>2</sup>。

ルワンダは、ビジョン 2020 のマクロレベルの目標に加えて、社会経済的発展が環境に引き起こす悪影響を軽減するための予防原則と、環境が濫用されることへのセーフガード措置を定めている。ビジョンはさらに、環境に悪影響を与える可能性のある開発活動に対して環境影響評価（EIA）を実施することを要求している。

ビジョン 2050 および関連する 2035 年の目標は、ルワンダのビジョン 2020 後のガイダンスとして策定された。ビジョン 2050 では、2035 年までに高中所得国（1 人当たり GDP 4,035 米ドル）、2050 年までに高所得国（1 人当たり GDP 12,476 米ドル）に到達することを目標に設定している。Vision2020 の延長として、最初の 4 年間は第一次国家変革戦略（NST1）としてまとめられている。

ビジョン 2050 においては、特定の優先順位と戦略が、以下 5 つの柱で示されている。

- 高い質・基準の生活
- 現代的なインフラと生活
- 繁栄のための変革
- ビジョン 2050 の価値
- 国際的な強調と位置づけ

「高い質・基準の生活」の柱を実現する一環として、（住宅内の）水と衛生設備への普遍的で持続可能かつ信頼性の高いアクセスが給水セクターの目標として設定された。さらに、ビジョン 2050 は、以下の新たな政治的議題と行動計画に合わせた計画となっている。

- 17 の目標からなる持続可能な開発目標（SDGs）
- アフリカ連合アジェンダ 2063 とその最初の 10 年間の実施計画 2014-2023
- 雇用創出と雇用のイニシアチブに焦点を当てた東アフリカ共同体（EAC）ビジョン 2050
- 気候変動に関する COP21 パリ協定およびその他の協定

#### 4.1.1 ビジョン 2020 の実施に向けた組織枠組み

ビジョン 2020 の政策決定機関は内閣と全国運営委員会（大臣と知事）である。事務次官フォーラムと開発パートナー調整グループ（DPCG）は、ビジョンの実施を監督・指導し、ビジョン 2020 の実施にかかる合意形成が実現されるようにする。財務・経済計画省は、ビジョンの実施、監視、評価を調整する。また、ビジョン 2020 の目標がセクター戦略および地区開発計画で考慮されるようにする。

---

<sup>2</sup> 国の統治目標で一般的に言及されている SDGs に関連する安全に管理された飲料水サービスへのアクセスの割合は、EICV の結果に基づく（WASAC の情報ではない：WASAC の JICA 長期専門家からのインタビューによる）。



出典：Rwanda Vision 2020

図 4.1-1 ビジョン 2020 の実施に向けた組織枠組み

本ビジョンは、2020 年までにルワンダを中所得国に進化することを目指しており、これを達成するために、以下の主要な経済目標を設定している。

1. 無償資金協力への依存を減らすためのマクロ経済の安定と富の創造
  - 1) 財政赤字の削減 (表 4.1-1 参照)
  - 2) 国際収支改善
2. 経済構造改革
  - 1) 農業セクターへの依存の削減
  - 2) 産業とサービスへの投資促進
3. 生産的な中産階級を作り起業家精神を育む
  - 1) 民間セクター開発促進
  - 2) 工業団地の開発と輸出促進地区
  - 3) 必要な資本提供のための金融セクター開発

#### 参考：ルワンダ政府予算

過去 5 年間の政府予算を表 4.1-1 に、その要約を以下に示す。

- 自主財源である税金等の一般歳入で、歳出（一般および投資）は賸えない。
- Grant への依存が大きい。
- 元利金返済等の金融支出後の最終数値は毎年赤字である。
- 同赤字は公債、内外金融機関からの借款で補われている。

表 4.1-1 政府予算 (10 億 RWF)

Budget Account			2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20
			Actual	Actual	Projected	Projected	Projected
Revenues	Current	Tax revenue	1,000.3	1,104.1	1,252.9	1,396.9	1,613.7
		Non-tax revenue	165.9	181.4	208.6	238.9	222.0
		Total	1,166.2	1,285.5	1,461.5	1,635.8	1,835.7
	Grants	Budget support	204.8	184.2	358.9	425.4	416.7
		Project support	168.9	146.0			
		Total	373.7	330.2	358.9	425.4	416.7
Total			1,539.9	1,615.7	1,820.4	2,061.2	2,252.4
Expenditures	Current	General	870.1	997.4	1,085.7	1,198.2	1,314.7
		Capital	-	720.9	850.2	1,027.6	1,068.5
	Loan	Amortization	88.4	113.8	160.0	190.0	213.1
		Interest	56.7	72.2	91.6	103.1	125.0
		Total	145.1	186.0	251.6	293.1	338.1
	Total			1,736.1	1,942.9	2,187.5	2,518.8
Net			-196.2	-327.2	-367.1	-457.6	-468.9
External Financing (from domestic/foreign)			223.7	347.2	392.2	484.9	499.5

出典： Updated Macro-framework as of 15th November 2018, MINECOFIN

#### 4.1.2 ビジョン 2050 の主要指標

Vision 2050 は、着実かつ強力な経済成長を遂げているルワンダ社会の全体像を示している。Vision 2050 の主要指標を表 4.1-2 に示す。

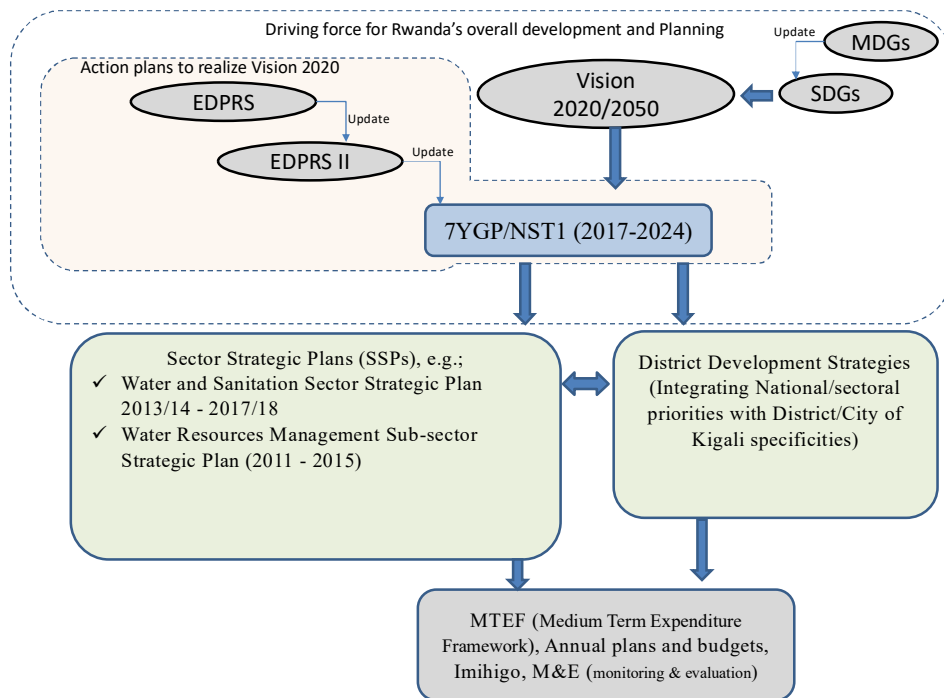
表 4.1-2 ビジョン 2050 の主要指標

Indicator	Baseline	Target 2035	Target 2050
GDP per Capita (US \$)	837	4,036	12,476
Unemployment	15%	7%	5%
Population accessing social security	9%	30%	50%
Population living in urban areas	19%	53%	70%
Population conveying with public transportation	17%	24%	40%
Access to electricity	56%	100%	100%
Energy Consumption per capita	50Kwh	1,026Kwh	3,080Kwh
Population using internet	22%	60%	88%

出典： Vision 2050 by MINECOFIN

#### 4.2 変革のための国家戦略と政府の 7 年プログラム

変革のための国家戦略と政府の 7 年プログラム（以下、NST1 と略記）は、ビジョン 2020 から 2050 に移行する戦略とそれに関連するセクターおよび地区の開発戦略であり、2017 年から 2024 年の 7 年間にわたる国家開発の道筋を示すものである。



出典：調査団 (Based on 7 Years Government Program: National Strategy for Transformation (NST 1) 2017 – 2024)

図 4.2-1 ビジョン 2050 と NST1 の開発計画枠組み

NST1には、経済変革、社会変革、変革ガバナンスの3つの柱が分野横断的な領域とともに特定されており、各柱と横断的領域について、優先領域と手段が述べられている。水道セクターに関しては、表 4.2-1 に示すように2つのセクションで言及されている。

表 4.2-1 NST1 が示す戦略と介入

Pillars	Priority area	Intervention
Economic Transformation	Promote Sustainable Management of the Environment and Natural Resources to transition Rwanda towards a Green Economy	Develop a project to manage water flows from the volcano region and other rivers to mitigate related disasters and improve water resource management
Social Transformation	Moving towards a modern Rwandan household. This will be achieved through universal access to basic infrastructures such as electricity, water, sanitation and broadband	Access to water in the target was to set from 85 % (Estimates 2017) to 100% by 2024 through investments

出典：調査団

### 4.3 キガリ市マスタープラン (CoK M/P)

キガリ市マスタープラン (Cok M/P) は、市の成長と発展に対応して、2013 年バージョンから新たに更新されたものである。2019 年 12 月に「マスタープランレポート (2019 年版)」が作成され、これが Cok M/P の最終版とされている。

2019 年版の Cok M/P の目的は以下の通りである。

- 2013 年マスタープランの採択後に作成されたすべての新しいデータ、計画、プロジェクト、



規制を収集、統合、組み込む。グリーン成長戦略、ルワンダの詳細な輸送研究、計画された開発、および今後の開発が含まれる。

- ベースライン調査を一次データ収集と統合し、人口、収入、雇用、サービス、および輸送需要に関する緻密な予測でプロジェクトプログラミングを改訂する。
- 2013年のマスタープランの実施状況を確認し、資本改善計画と触媒プロジェクトの進捗状況を評価し、実施の遅延と課題をハイライトし、実施報告書の改訂に反映する。
- 新しい公共交通分析とモデリングを計画プロセスに統合し、2013年マスタープランの公共交通指向型都市開発アプローチをさらに強化する。
- 主要な利害関係者グループを巻き込み、最も重要な問題に対処するため計画を改訂するが、包括的なビジョンの道筋は維持する。プロジェクトをコミュニティに効果的に伝達し、改訂された計画のオーナーシップとコンプライアンスを確保する。
- 近年の全てのプロジェクトを組み込み、且つ市場の動向に合わせて、Nyarugenge CBD 都市設計計画を改訂する。
- プロジェクトのすべての段階でキガリ市の技術チームを関与させ、成果物草案の準備に積極的に貢献するよう要請する（例：インテリムマスタープランの改訂）
- マスタープラン GIS データベース全体を更新し、ESRI と調整して新しい Web ポータルに公開する。
- 見直された施設改善で実施計画を改訂する。

提案された Cok M/P は特定の開発活動に合わせた 5つのフェーズで実施され、30年間で少なくとも 170万人の雇用を生み出すと期待されている。

#### 4.4 全国上下水道マスタープラン(AfDB M/P)

実施された主要な作業の中で、ルワンダ政府は 2つの上水道マスタープラン（東部サブ盆地のマスタープラン（9,269 km<sup>2</sup>）と上流域である Nyabarongo 集水域のマスタープラン（3,348 km<sup>2</sup>））、及び 3つの下水道マスタープラン（Huye、Muhanga 及び Rwamagana 郡）を作成した。2015年に実施された全国水資源マスタープラン（NWRMP）は、下水道部分と上水道部分が統合されていなかったため、ルワンダ政府は上水道と下水道を統合した全国上下水道マスタープラン（AfDB M/P）の策定を要請した。同マスタープランのために実施される調査は、ルワンダの水供給と衛生サービスの普及を可能な限り短時間で強化する上で重要な役割を果たすことが期待されている。

この調査の主な目的は、ルワンダ政府に長期（2050年）の全国上下水道マスタープランと 10年間の投資計画を提供することであり、これにより効果的な上水道および下水道プロジェクトの実施を可能にすることを目指している。2番目の目的は、上水道と下水道のプロジェクトに関係するステークホルダー及び運転維持管理に携わる人員のための能力開発である。調査は下記の 3つのコンポーネントにより実施される。

- コンポーネント 1： 全国上下水道マスタープラン及び 10年投資計画の策定、並びに選定された優先プロジェクトに対するフィジビリティ調査及び詳細設計
- コンポーネント 2： プロジェクトに関連する主要ステークホルダーや WASAC、郡事務所、民間セクター関係者の能力開発

- コンポーネント 3： プロジェクトの管理、関連ステークホルダーへのプロジェクト内容の周知、策定の過程における住民参加、及びプロジェクト実施における監督・調整を担うプロジェクト実施ユニット（PIU）を WASAC 内に設立すること

AfDB M/P 調査では、2019年3月にベースラインデータレポートを作成した。その後、2019年10月に WASAC がコンサルタント契約を打ち切ったため、AfDB M/P の進捗は一時中断された。その後、コンサルタントの再調達プロセスを経て、2020年11月に再開され、ベースラインデータレポート以降の作業を実施している。AfDB のウェブサイト<sup>3</sup>に公開されている情報<sup>3</sup>によれば、AfDB M/P の完了時期は、2023年6月と設定されている<sup>4</sup>。

当初は、AfDB M/P の 10年投資計画とキガリ市広域上水道マスタープランの 15年投資計画（15-YIP）は本調査において統合される予定であった。しかし、AfDB M/P の遅延により、本調査の現地調査が完了する予定の 2021年8月末までに、AfDB M/P 側は 10年投資計画が完成できない見込みとなった。そのため、本調査の下で作成した 15-YIP のうち、最初の 10年間の部分を取り出して 10年投資計画として個別にまとめ、AfDB M/P 側で統合できるようにした。10年投資計画は付録-12 に要約している。

## 4.5 その他関連計画/政策

### 4.5.1 経済発展貧困削減戦略（EDPRS II）, 2013-2018（2013）

2013年から2017年にかけての第2次経済開発および貧困削減戦略（Economic Development and Poverty Reduction Strategy II : EDPRS II）は、国の中期経済開発計画として、政府が経済構造を変更し、ビジョン 2020 と MDGs の長期目標の達成または更に上回るために行動する枠組みを定める。

EDPRS II は、経済成長のペースを加速させ、貧困の発生を更に減らすことを目的としており、将来の持続可能な成長の基盤を築く。EDPRS II の包括的な目標は、11.5%の持続的な成長と貧困削減の加速を通じ、中所得国への移行を加速し、すべてのルワンダ人の生活の質を向上させることである。

同政策文書は、ルワンダ経済が環境と天然資源に大きく依存しており、村落部（都市部もその傾向が増えている）のコミュニティの生活がそれら資源へのアクセス、利用、マネジメントに強く依存していることを強調している。AfDB M/P などの健全な計画手段がなければ、農業、産業、インフラストラクチャ、商業、エネルギーなどの主要セクターでの開発活動が、経済成長を損なう重大な環境悪化につながる可能性がある。

<sup>3</sup> <https://projectsportal.afdb.org/dataportal/VProject/show/P-RW-EA0-013>

<sup>4</sup> 2021年8月12日に実施された全国上下水道 M/P のマスターシナリオに関する協議の際に WASAC の AfDB M/P 担当者に確認したところによれば、①AfDB の HP に記載されている完了時期（2023年6月）は、AfDB のローン期限のことを指す、②AfDB M/P によるマスターシナリオは8月までにドラフトされ、マスタープラン及び10年投資計画は2021年12月を目途に完了予定である、③優先プロジェクトに対する F/S 及び詳細設計は2022年12月を目途に完了予定である、とのことである。

#### 4.5.2 水衛生セクター戦略計画 (Water and Sanitation Sector Strategic Plan 2013/14 - 2017/18 (2013))

水衛生セクターの戦略計画 2013/14 - 2017/18 は、既存のセクター戦略計画 2010-2015 をベースに改訂されたものである。セクター戦略計画 2010-2015 は、セクターの 100%の普及を確保するという EDPRSII 目標への準拠を確実にするため、1年半の期間実施された。

Vision 2020 の内容も、セクター戦略計画の改訂に反映されている。水・衛生セクターのビジョン 2020 の目標は、これまで達成されていない 2017 年までの 100%の普及という目標を達成するため EDPRSII によって提唱されたものである。改訂されたセクター戦略計画は、2024 年までに水・衛生セクターの 100%の普及への目標達成を加速するための7年間の政府プログラムの目標を目指している。

#### 4.5.3 国家水供給政策実施戦略 (NWSPIS) - 2016年12月

国家水供給政策実施戦略 (National Water Supply Policy Implementation Strategy: NWSPIS) 戦略は、EDPRS II、ビジョン 2020、SDGs に定められた主要な開発目標の達成へと導くことを目的としており、2020 年を展望に入れたものであった。この文書の下で設定された目標は、EICV4 メイン指標レポートに引用されている。水供給に関する主な指標は次のとおりである (EICV4 による)。

村落部の世帯の 47.3%が 500 m 以内の飲料水源にアクセスしていたのに対し、都市部の世帯の 60.5%は 200m 以内の飲料水源にアクセスしていた。これに基づき、NWSPIS は次の目標を設定した；

- 2020 年に 500m 以内の改善された水源にアクセスする村落世帯の目標割合 100%
- 2020 年に 200m 以内の改善された水源にアクセスする都市世帯の目標割合 100%

EICV5- 2016/2017 の報告によると、村落部では 47.3% (EICV4) から 54% (EICV5) に、都市部では 60.5%(EICV4)から 63% (EICV5) に上昇したが、目標値には程遠い状態にあり、目標の達成には更なるルワンダ政府の甚大な努力が必要であることを示している。

#### 4.5.4 統合水管理方針 (IWMP)

統合水管理政策(Integrated Water Management Policy :IWMP)の目的はルワンダの水資源の持続可能な管理を確保することである。この方針は、給水網、取水口と衛生設備の建設、埋め立て地などの活動を含んでおり、本調査と非常に関連性がある。この政策はまた、需要と供給の両方の側での水管理に焦点を当てており、森林、湿地、農業、土地に関する他の政策も統合している。

#### 4.5.5 ルワンダ国家水資源マスタープラン (2015)

国家水資源マスタープラン(Rwanda National Water Resources Master Plan)の目的は、国内の持続可能な水資源の開発、利用、管理を行うことである。このマスタープランは、国内を 2 つの主要な流域 (ナイル川流域とコンゴ川流域) に分割し、さらに国内を 9 つの流域(①Lake Kivu, ②Rusizi, ③Upper Nyabarongo, ④Mukukngwa, ⑤Lower Nyabarongo, ⑥Akayaru, ⑦Upper Akagera, ⑧Lower Akagera, ⑨Muyumba)分割し、流域ごとに水資源を開発・管理している。

マスタープランでは以下の事項について現在の状況と 2040 年までの予測と評価を行っている。

- ・ 利用可能な水資源
- ・ セクターおよび流域ごとの水資源需要
- ・ 時間と空間の両方で余剰と不足の領域の特定
- ・ 利用可能な水資源の最適かつ合理的な利用のための管理計画
- ・ 利用可能なすべての水資源の評価

#### 4.5.6 経済特区開発計画

##### 4.5.6.1 法律

ルワンダ国における経済特区（Special Economic Zone：SEZ）法は 2011 年に制定された。ルワンダ開発委員会（Rwanda Development Board：RDB）の下に設立されたルワンダ経済特区庁（Special Economic Zones Authority of Rwanda：SEZAR）が SEZ の規制・監督機関となっている。

##### 4.5.6.2 キガリ経済特区 (KSEZ)

キガリ経済特区（Kigali SEZ；KSEZ）は、キガリ市 Gasabo 郡（District）に位置し、面積は 276 ha である。フェーズ 1（98ha）は 2013 年完成、フェーズ 2（178ha）は造成中である。KSEZ には次のような産業立地が計画されている。

- ・ 重・軽工業
- ・ 卸売業
- ・ 医薬品・プラスチックを含む化学工業
- ・ 倉庫業

KSEZ 内の水消費量を表 4.5-1 に示す。

表 4.5-1 KSEZ 内水消費量

Items		Unit	Qty
Number of Customers		Entities	103
Consumption	Overall	m <sup>3</sup> /month	15,600
		m <sup>3</sup> /day	520
	per customer	m <sup>3</sup> /month	150
		m <sup>3</sup> /day	5

出典：WASAC Remera 支所、9 か月（2018/7～2019/3）実績データ

##### 4.5.6.3 開発プログラム

ルワンダ国政府は、国内 10 の郡（District）において SEZ 開発プログラムを設定している。キガリ市および周辺郡における開発プログラムを表 4.5-2 に示す。

表 4.5-2 プロジェクト対象地域および周辺郡での SEZ 開発プログラム

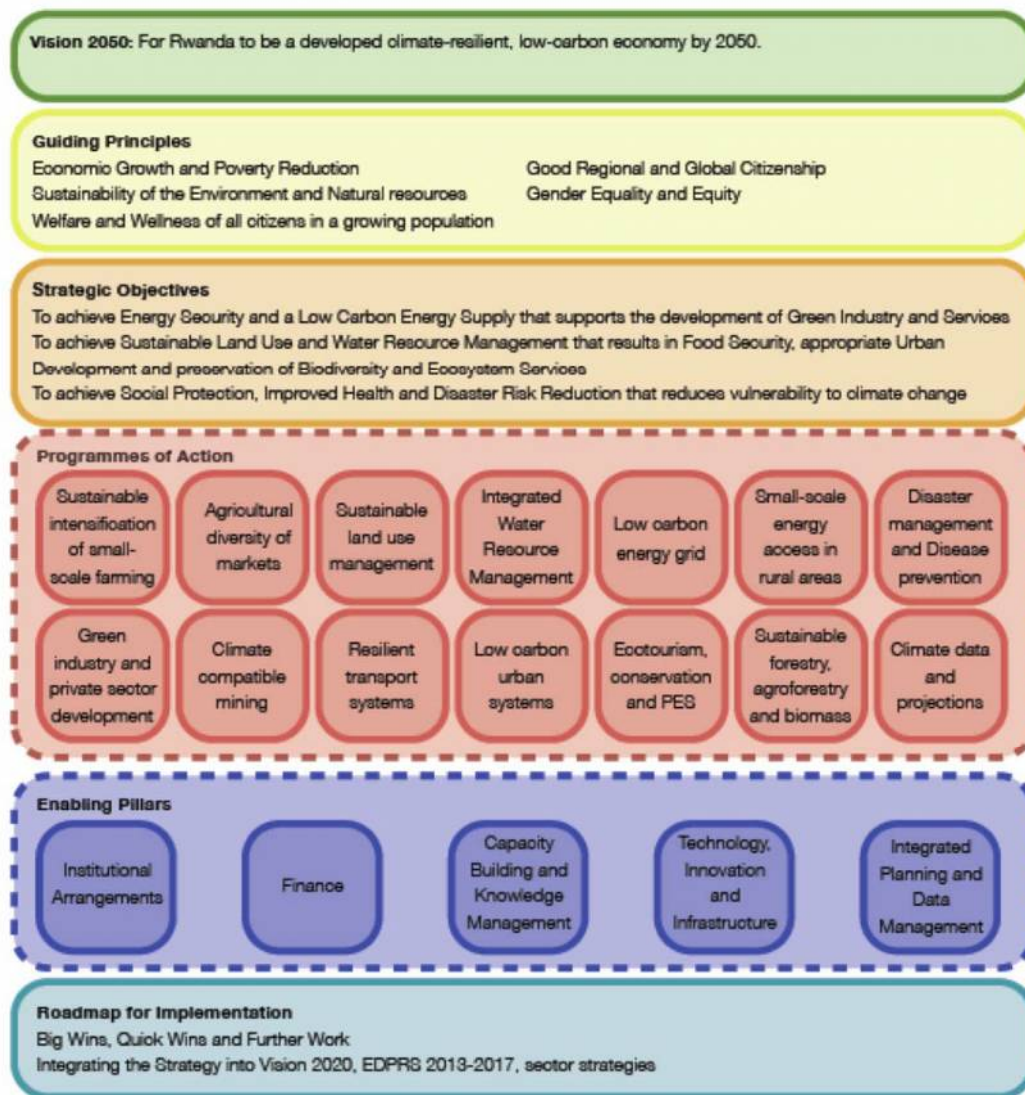
Location	Area (HAs)	Status
1. Bugesera	330	A prime program due to its proximity to the City of Kigali and new international airport under the construction
2. Kicukiro SME Parks	43.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● The GOR provided the basic infrastructure on district industrial land, but not expropriated.</li> <li>● Close to full occupancy.</li> </ul>

Location	Area (HAs)	Status
3. Rwamagana	80	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Feasibility study and detailed engineering study completed</li> <li>● 50 HAs currently expropriated near Rwamagana City</li> <li>● Two numbers of industries currently operate.</li> </ul>

Source: Revised SEZ Policy, 2018, Ministry of Trade and Industry

#### 4.5.7 気候変動適応

ルワンダ国は、2006年から気候変動適応策を実施している（Rwanda National Adaptation Programme of Action: NAPA 2006）。気候変動と低炭素化開発のための国家戦略 National Strategy for Climate Change and Low Carbon Development（2011）では、2050年までに気候変動に強く、低炭素経済を実現するためのルワンダ国のビジョンが示されている。この戦略は、2050年のビジョン、指導原則、戦略目標、行動プログラム、実現のための柱、実施のためのロードマップを含む戦略的開発フレームワークを示している(図 4.5-1)。



出典：Rwanda Technical Report 2015 Future Climate for Africa, GCAP, UK Met Office and Atkins

図 4.5-1 気候変動及び低炭素経済に向けた戦略的開発フレームワーク気候変動適応の主流化について

は、REMA (Rwanda Environmental Management Authority) がその活動のためのガイドラインを提供しており、現在、WASACはこの気候変動適応のガイドラインに沿って活動している。

#### 4.5.7.1 エネルギー・インフラ部門における気候変動適応策・緩和策の主流化のための指針

本指針は、REMA が 2011 年に作成したもので、予測される気候変動の影響に対する適応と緩和の主流化を目的としている。住宅、交通、エネルギー、水の供給と衛生といった公共部門のインフラを対象としており、水供給施設は、水供給・衛生部門の一部として言及されている。

水供給施設のリスクとしては、地球温暖化の影響による水質の悪化と水消費量の増大が挙げられている。この時点で認識されていた適応策は、増大する需要を満たすための水供給サービスの拡大と、質の高い水の提供である。

#### 4.5.7.2 キガリ市マスタープラン(CoK M/P)

キガリ市マスタープラン (CoK M/P) では、洪水、地滑り、浸食などのインフラへの災害被害からの保護の観点から気候変動への適応が言及されている。この点で、インフラの開発にあたっては、持続可能で危険に対し回復力があることが求められているといえる。

### 4.6 関連計画/政策のまとめ

上記関連計画/政策は表 4.6-1 のように要約できる。

表 4.6-1 関連計画/政策の概要

Plan/Policy	Key Contents (Target Year/Population)	Water Sector
Rwanda Vision 2020 (2012) (including Vision 2050 currently being revised)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Original vision: prepared in 1998-1999</li> <li>Revised vision: prepared in 2012</li> <li>Target year: 2020</li> <li>48 indicators (original 47 indicators)</li> </ul>	Access to clean water (of the population) <ul style="list-style-type: none"> <li>52% in 2010</li> <li>74.2% in 2012 (current status)</li> <li>100% in 2020</li> </ul>
National Strategy for transformation and seven (7) Years Government Programme: (NST1)-2017-2024.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Target year: 2024</li> </ul>	7 Years Government Programme: National Strategy for transformation (NST1)- 2017-2024.
CoK M/P (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Target year: 2040</li> <li>Population projection:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Low scenarios: 3.5 million</li> <li>Medium scenarios: 4.2 million</li> <li>High scenarios: 5.0 million</li> </ul> </li> <li>GDP projection: 12.29-21.28 trillion RWF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Water demand unit rate:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>120 lpcd (urban area)</li> <li>80 lpcd (rural area)</li> </ul> </li> <li>Non-revenue water (NRW):                             <ul style="list-style-type: none"> <li>30% (2025)</li> <li>15% (2040)</li> </ul> </li> <li>Projected water demand:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>369,000 m<sup>3</sup>/d (2025)</li> <li>622,000 m<sup>3</sup>/d (2040)</li> </ul> </li> </ul>

Plan/Policy	Key Contents (Target Year/Population)	Water Sector
CoK M/P (update 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Target year: 2050</li> <li>Population projection: Low scenarios: 3.2 million Medium scenarios: 3.5 million High scenarios: 3.8 million</li> <li>GDP projection: 12.3-29.8 trillion RWF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Water demand unit rate: 120 lpcd (urban area) 80 lpcd (rural area)</li> <li>Non-revenue water (NRW): Not given</li> <li>Projected water demand: 573,000 m<sup>3</sup>/d (2050, high population growth scenarios are applied and NRW is not included), of which 443,000 m<sup>3</sup>/d for domestic (77%) and 130,000 m<sup>3</sup>/d for non-domestic (23%).</li> </ul>
National Water Supply and Sanitation Master Plans by AfDB (AfDB M/P)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Target year: 2050</li> <li>Population projection: 3.8 million (basically, same as high scenarios of CoK M/P)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Water demand unit rate: 120 lpcd</li> <li>Non-revenue water (NRW): 15%</li> <li>Projected water demand (only for domestic): 443,000 m<sup>3</sup>/d (NRW is not included) 509,000 m<sup>3</sup>/d (NRW is included)</li> <li>Projected wastewater generation (only for domestic): 420,000 m<sup>3</sup>/d (95% of domestic water consumption)</li> </ul>
Economic Development and Poverty Reduction Strategy II (EDPRS II), 2013-2018 (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Target year: 2018</li> <li>Average GDP growth: 11.5 % by 2018</li> <li>GDP per capita: \$1,240 by 2020</li> <li>Poverty rate: 30% (2018), 20% (2020)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Urban households within 200m of an improved water source 86.4% in 2012 (baseline) 100% by 2018</li> </ul>
Water and Sanitation Sector Strategic Plan 2013/14 - 2017/18 (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Target year: 2018</li> <li>Develop fully and implement to 100% of the sector's institutional and capacity building framework by 2017/18.</li> <li>Total budget: RWF 382.3 billion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raise rural water supply coverage to 100% by 2017/2018, and implementing public-private partnership (PPP) arrangements</li> <li>Ensure 100% safe, reliable, and affordable urban water supply services by 2017/18</li> </ul>
National Water Supply Policy Implementation Strategy (NWSPIS) - December 2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>Target year: 2020</li> <li>Total budget: RWF 337 billion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>% of rural households within 500m of an improved water source: 47.3% in 2015 (baseline, EICV 4) 100% by 2020</li> <li>% of urban households within 200m of an improved water source: 60.5% in 2015 (baseline, EICV 4) 100% by 2020</li> <li>% non-revenue water (NRW): 35% in 2015 (baseline) 20% by 2020</li> </ul>
Integrated Water Management Policy (IWMP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sustainable management of water resources of Rwanda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Management of water on both demand and supply side and also integrates the other policies on forests, wetland, agriculture and land</li> </ul>
Rwanda National Water Resources Master Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Target Year: 2040</li> <li>Coverage: Nation-wide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Water demand unit rate: For Urban: 60/70/80/100 lpcd for 2012/2020/2030/2040 For Rural: 40/60/80/100 for 2012/2020/2030/2040</li> </ul>
Development Plan for Special Economic Zone (SEZ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enacted in 2011 which specifies the guidelines for SEZs to operate, the structures and their roles of key players that are regulator, developer, and operator.</li> </ul>	
Climate Change Adaptation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Following Vision 2020 target</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impact recognized by climate change were Increase of demand for water supply increase of water temperature (water quality deterioration by algal bloom)</li> </ul>

EICV: Integrated Household Living Conditions Survey

出典：調査団

## 4.7 他の開発パートナーの活動と計画

### 4.7.1 アフリカ開発銀行

アフリカ開発銀行 (AfDB)<sup>5</sup>は、1977年以來、水と衛生セクターに関連する 11 のプロジェクトを実施しており、総供与額は約 333 百万 USD となっている。プロジェクトリストは付録 13 に付する。代表的なものは以下のとおりである。

- 持続可能な水供給と衛生プログラム-追加の資金調達
- 持続可能な水供給・衛生プログラム
- キガリバルク給水プロジェクト
- 国家水供給・衛生マスタープラン

### 4.7.2 アメリカ国際開発庁 (USAID)

アメリカ国際開発庁 (USAID)<sup>6</sup>は、ルワンダの持続可能な水の管理を改善する統合プログラムを支援している。このプログラムは、水資源を監視および管理するための地域の能力を構築し、地方の貧困層に焦点を当て、公衆への水・衛生サービスの開発を支援している。公式ウェブサイトで公開されているルワンダの水供給・衛生に関連する支援は付録 14 に要約する。

### 4.7.3 世界銀行 (WB)

1970 年以來、世界銀行 (WB)<sup>7</sup>は 145 のプロジェクトを実施しており、総額 49 億 4,040 万米ドルに相当する。そのうち、4 つのプロジェクトは給水セクターに関連しており、すべてのプロジェクトは 2019 年 6 月に閉鎖/完了している。ルワンダの給水プロジェクトに関連する世界銀行の援助の詳細な内容は、公式ウェブサイトで入手できる (付録 15)。

### 4.7.4 UNICEF

ユニセフ<sup>8</sup>は 1986 年にルワンダで開発支援を開始した。新しい 2018-2023 カントリープログラムは、すべての子供たち、特に最も恵まれない子供たちの権利の実現を引き続き支援する。このプログラムは、「誰も置き去りにしない」という SDG の原則に基づいて、国家変革戦略 2017-2024 の下、

(i) すべての人の質の高い健康へのアクセス確保、(ii) 栄養失調の削減、(iii) 教育へのアクセス増、教育の質の向上、(iv) 現代化したルワンダ世帯への移行、(v) 貧困からの卒業と強靱性の促進、の 5 つの優先事項に貢献している。

ユニセフのルワンダの国別プログラムには、(i) 子供の健康、(ii) 栄養、(iii) 幼児期の発達、(iv) 教育、(v) 児童保護、(vi) 水と衛生 (WASH)、(vii) 社会政策の 7 つの主要な要素がある。WASH プログラムは、特に村落地域で、より多くのルワンダの家庭とコミュニティが安全で持続可能な

<sup>5</sup>

<https://projectsportal.AfDB.org/dataportal/VTopCountry/show/RW?query=&hi5Id=&offset=105&max=15&sort=actualStartDate&order=desc>

<sup>6</sup> <https://www.usaid.gov/rwanda/water>, <https://explorer.usaid.gov/query>

<sup>7</sup> [http://projects.worldbank.org/search?lang=en&searchTerm=&countrycode\\_exact=RW](http://projects.worldbank.org/search?lang=en&searchTerm=&countrycode_exact=RW)

<sup>8</sup> UNICEF Rwanda, Country Profile 2018



WASH サービスにアクセスできるようにし、子供とその家族が重要な衛生行動を実践できるようにすることを目的としている。焦点は以下に向けられている。

- エビデンスに基づく意思決定を改善するためのモニタリングを強化する
- WASH のための持続可能な資金調達を開発する
- より多くの家族が基本的な衛生サービスを利用し、石鹸で手洗いを練習するようにする
- より多くの家族が安全で持続可能で信頼性の高い給水サービスにアクセスして利用できるようにする
- 生理用品の管理など、学校での WASH を改善する

#### 4.7.5 英国の国際開発庁 (DFID)

英国の国際開発庁 (DFID) が支援する、水供給を含むプロジェクトを以下に要約する<sup>9</sup>：

- ルワンダの成長と貧困削減助成金 (GPRG) :
  - プロジェクト概要: 貧困と不平等を削減するルワンダ政府の能力を強化し、貧困にあるルワンダ国民により良い不可欠なサービス (特に教育、健康、水と衛生、社会的保護) を提供し、インフラ、エネルギー、農業への投資を増やすことで公平な経済成長を促進する。
  - 期間: 2012年8月から2015年12月まで
  - プロジェクト予算: £8,000,000
- ルワンダへの一般予算支援-3年フェーズの第2期:
  - プロジェクト概要: 経済開発および貧困削減戦略の経済的、社会的およびガバナンスの目標を達成する上での政府予算の有効性を改善する
  - 期間: 2009年8月から2013年5月まで
  - プロジェクト予算: £105,849,999

#### 4.7.6 ドイツ国営開発銀行 (KfW)

ドイツ国営開発銀行 (KfW) が支援する水供給に関連するプロジェクトを以下に要約する。

- キガリ市の8の村落コミュニティへの水供給フェーズ(Phase I & II)
  - プロジェクト概要: プログラム中 (合計約 925km<sup>2</sup>)、キガリ周辺の村落地域に 40 の自然流下式飲料水システムと 3 つのポンプ支援飲料水システムが建設され、さらに 14 のリハビリが行われ、合計で約 524,000 人の住民に 468 の給水ポイントが設置された (83 の enclosed wells と 385 本のスタンドパイプ)。補完的に、施設の運営責任を引き受けるためのユーザーの準備、および財政的に自立した地方自治能力 (ユーザー委員会) の設立または強化も含まれた。
  - プロジェクト予算: 810 万 EUR
  - 事後評価時期: 2011 年
- Bugesera South 水供給 (Water Supply Bugesera South)
  - プロジェクトの目的; 中央給水施設からの蛇口を介して衛生的に安全な飲料水を提供す

<sup>9</sup> <https://devtracker.dfid.gov.uk/>

ることにより、Bugesera-South 地域の Ngenda municipality に住む村落住民が基本的なニーズを満たすことを保証することである。指標は、普及率、継続的な給水、一人当たりの消費量、水質、水利用の変化、適切な水道の操作である。このプロジェクトは、関連する危険を減らすことによって、地方の人々の健康の改善に貢献することを全体の目的としている。

- プロジェクト予算: 1,530 万 EUR
- 1990 年より (96-カ月)

#### 4.7.7 オランダ政府援助

##### 4.7.7.1 SusWAS プロジェクト

SusWAS プロジェクト<sup>10</sup>は PPP ベースのプロジェクトであり、オランダ政府が 60%を共同投資し、残り 40%は民間セクターが投資している。キガリ市の Kanombe と Remera の支部のプロジェクトであり、無収水対策、経営情報システムの確立、PPP 契約形態の訓練、保守マニュアルの作成、小規模水処理プラントの建設に焦点を当てている。

プロジェクトはオランダの Vitens Evides International によって実施されている。本プロジェクトの活動は次の 6 つのフェーズに分けられる；

- フェーズ 1: Kanombe branch 地域の 5 つのパイロット DMA の確立
- フェーズ 2: Remera branch 地域全体をセクター化
- フェーズ 3: Remera branch 地域に 2 つのパイロット DMA の確立
- フェーズ 4: Kanombe branch 地域全体でのセクター化と DMA の確立
- フェーズ 5: Remera branch エリア全体での DMA の確立
- フェーズ 6: 他の branch 及び地方都市への展開計画の準備

プロジェクトの正式な完了日は 2017 年 6 月末である。

SusWAS プロジェクトでは、無収水削減対策の一環として流量と圧力を監視するために、2 つのプラントが DMA に変換されている。プロジェクトの DMA 境界には電磁流量計と水圧計が設置されている。このプロジェクトでは、サーバー（フランスの Itron Company が提供）を使用して、インターネット上で測定結果を蓄積および管理するメカニズムを構築した。結果はインターネットでも閲覧できる。

##### 4.7.7.2 SCALE プロジェクト

ルワンダの安全で気候変動に強い水道サービスへの普遍的なアクセスを拡大し、小規模な町 (SCALE) に焦点を当てる。これは、WASAC (AfDB が資金提供) と Vitens Evides International、WaterAid のパートナーシップ協定に基づく進行中のプロジェクトである<sup>11</sup>。3 つのプロジェクトの全てについて、この 3 つのパートナーがパートナーシップ協定に署名し、プロジェクト成功へのコミットメントを示している。協定は、合意されたスケジュールと予算の決定に従って、プロジェク

<sup>10</sup> Basic Data Collection Study on Urban Water Supply Systems in the Republic of Rwanda, February 2017, JICA

<sup>11</sup> Inception Report of 'Scaling universal access to safe and climate resilient water services in Rwanda, with a focus on small towns (SCALE)', October 2019 shared by WASAC

トを実行するためのパートナーの役割、タスク、および責任を定めている。協定に基づき、パートナーは、互いの権利に関し誠実に行動し、プロジェクトの目標の実現を確実にするためにすべての合理的な措置を講じる。プロジェクトの主な情報は次のとおりである。

- プロジェクト名：小規模な町に焦点を当てた、ルワンダの安全で気候変動に強い水道サービスへの普遍的なアクセスの拡大 (SCALE)
- 開始終了時期： 2019年1月1日~2024年3月31日
- 位置：WASACのNyagatareとRwamagana支部
- 予算：€4,900,632。うち補助金€2,940,379
- 主要なパートナーとプロジェクトへの貢献：
- The Vitens Evides International B.V – (NL - Private: 310,253.00 EUR in cash/250,000 EUR in-kind)
- 正式なパートナーとプロジェクトへの貢献：
  - ✓ WASAC (RW – 1,200,000 EUR cash and 150,000 EU in-kind),
  - ✓ WaterAid (RW – NGO 50,000 EUR in-kind),
  - ✓ インフラ省 (RW – Public 0 EUR)

SCALEの全体の目的は、WASACのNyagatareおよびRwamagana支部の住民への気候変動に強い包摂的な水道サービスの提供を加速することである。このプロジェクトは、キガリ市外のWASACの残りの12の支部においても加速することを目的として、デモパイロットプロジェクトを文書化し、評価し、(適用可能な場合)WASACの既存の構造に主流化するものである。

プロジェクトの主な目標は次の通りである：

- WASACのNyagatare支部とRwamagana支部の少なくとも10万人の人々に清潔な飲料水サービスへのアクセスを提供する；
- Nyagatare支部とRwamagana支部の学校の子供たちに雨水貯留など気候に強い技術を通じて補助的な水へのアクセスを提供する；
- 水安全計画、無収水削減プログラムの実施を通じてNyagatare支部とRwamagana支部において安全で信頼性が高く財政的に持続可能な水道サービス運営を促進する。t
- デモンストレーションプロジェクトを文書化して検証し、プロジェクトの完了時に適切な実践の継続的な実施を保証するため実行可能性を評価する。
- すべての支部での進捗を加速するために、ベストプラクティスに関するナレッジの共有を行う。

#### 4.7.8 ハンガリー政府援助 (Hungarian Government's Aid)

ハンガリー政府は2国間援助により開発途上国の発展に貢献をしている<sup>12</sup>。隣国ウガンダにおいても2020年から支援を開始しており、その中には水分野への支援等が含まれている<sup>13</sup>。

ハンガリー政府 (Ministry of Foreign Affairs and Trade)はルワンダ国においても援助を計画しており、EXIM Bank Hungaryと共に、キガリ市のKarengé浄水場改修・拡張事業に関心を示しており、

<sup>12</sup> <https://dailynewshungary.com/hungary-and-rwanda-sign-strategic-development-agreement/>

<sup>13</sup> <https://nefe.kormany.hu/overview-of-hungary-s-international-development-programme-in-the-republic-of-uganda>

WASAC とも協議を開始している。Eximbank は、ハンガリーの開発資金調達において急速に役割を拡大しており、その活動のほとんどは、開発途上国の将来計画の策定、実現化に貢献している<sup>14</sup>。

これまでのハンガリー国の支援の規模や条件としては、

- ローン総額は US\$50 million であるが、金額についてはある程度フレキシブルである。
- ローン枠のみであり、付加的な無償枠は無い。
- 返済猶予期間は通常 2～5 年あるいは 10 年。少なくとも浄水場稼働までの期間はカバーする。
- 返済期間は 10 年あるいは、それ以上。この期間についてもフレキシブル。
- ローン利率はほぼゼロパーセント。
- タイドローンであり、ハンガリー製品及び技術サービスが 50%を占めることが条件となっている。

---

<sup>14</sup> <https://dailynewshungary.com/hungary-and-rwanda-sign-strategic-development-agreement/>

## 第5章 既存水供給システムの現況

### 5.1 給水区域と普及率

キガリ市および隣接7セクターの水道普及率を表5.1-1に示す。キガリ市における管路及び管路以外の国家戦略（NST1）における給水人口は85%である。この85%のうちWASACによる給水人口は645,000人で市全人口の約41%<sup>1</sup>から49%<sup>2</sup>となっている。その他は湧水、または近隣の給水栓使用や個人井戸を利用していると考えられる。なお公式な国勢調査は2012年に実施されたため、NISRやキガリ市の2018年における人口は予測値であることに留意する必要がある。ECIV5の以前のデータではキガリ市と隣接7セクターの水道（管路）によるアクセス率はそれぞれ77.7%および33.5%となっており、それに比べ普及人口が低く見積もられているが、この差は隣家の給水栓を使用している人口の数値の扱い方の違い、または対象地域の急激な人口増による給水人口増加の遅れによるものと推察される。

表 5.1-1 キガリ市及び隣接セクターの給水普及

	NISR Projection*4	CoK Projection	Population served
Population in City of Kigali in 2018	1,305,286	1,582,659	-
Population in adjacent 7 sectors*5		217,522	-
<b>Total Target Population</b>	<b>1,522,808</b>	<b>1,800,181</b>	-
Covered by on-plot piped water supply*1,2	29%	25% <sup>3</sup>	388,100 <sup>4</sup>
Covered by Public Stand-pipe*1,3	20%	16% <sup>5</sup>	256,900 <sup>6</sup>
<b>Coverage by WASAC</b>	<b>49%</b>	<b>41%</b>	645,000
Shared water use or non-WASAC	36%	44%	-
<b>Total Coverage*6</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	-

出典:

\*1 Based on the WASAC's billing record in March 2019 (105,580 nos. in which 97,022 for residential, 734 for public tap, and the balance is for non-residential connections).

\*2 4.0 population/household (ECIV5, 2016/2017)

\*3 350 customers/public tap

\*4 Based on NISR population increase rate, estimated by AfDB M/P

\*5 Estimated in this study based on the population projection from each district office

\*6 Provision by 7 Years Government Programme: National Strategy for Transformation (NST1)

既存浄水場より給水されている区域を図5.1-2に示す。3つの主要浄水場（Nzove, Kimisagara, Karenge）が、ほぼキガリ市全域と隣接7セクターをカバーしている。このうちKarenge浄水場はRwamagana郡のMuyumbuとNyakaliroおよび市内のRusororo、Masaka、Ndera、Nyarugungaセクターといった東部をカバーしており、Kimisagara浄水場は市中心部(Muhima)、Kimisagara, NyarugungaおよびKimihurura、Gikondo、Kacyiruの一部をカバーしている。なお、Kimisagara浄水場の給水区域にはKimisagaraで浄水した13,000 m<sup>3</sup>/dayにNzove浄水場で処理した約3,000 m<sup>3</sup>/day (June 2019)の送水

<sup>1</sup> Percentage of CoK projection

<sup>2</sup> Percentage of NISR projection

<sup>3</sup> 97,022 x 4.0 / 1,582,659 (based on ECIV5)

<sup>4</sup> 97,022 x 4.0 (based on ECIV5)

<sup>5</sup> 734 x 350 / 1,582,659 (based on WASAC's Std)

<sup>6</sup> 734 public taps x 350 pop/tap (based on WASAC's Std)

を受け混合して配水されている。また、Nzove 浄水場からは残りの地区、すなわち西部 Kamonyi 郡の Runda、Rugarika から南部の Mageregeresector セクターと Gahanga セクター、および北部の Kinyinya セクター、Bumbogo セクター、さらに東部の Ndera セクターへ給水している。

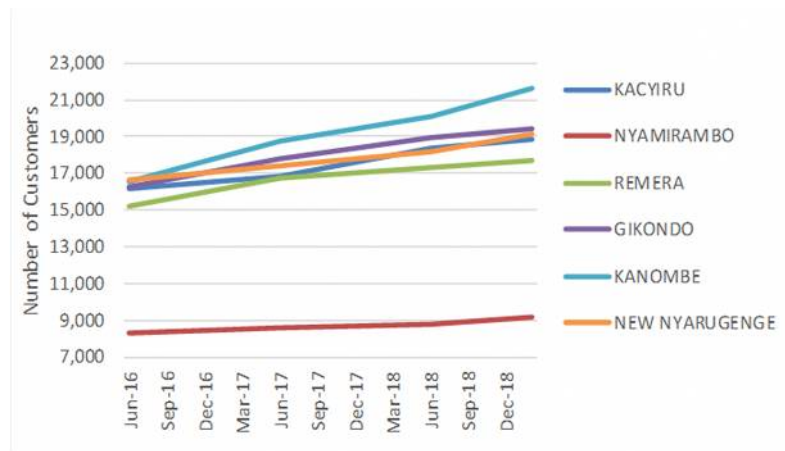
現在 Gikondo、Kacyiru、Kanombe、Nyamirambo、New Nyarugenge および Remera といった6つの支店 (branch) がキガリ市の水道を管理している。2019年3月現在で全給水栓数は105,850 栓となっており、このうち南東部の Kanombe 支店が最多の給水栓数 (21,000 栓) に給水を行っており、かつ最も広く拡張している。Kanombe 支店の区域は主に Karengye 浄水場より給水されているが現在水量不足の問題に直面している (表 5.1-2 及び図 5.1-1 参照)。また、Nyarugenge 支店は Muhima 支店と旧 Nyarugenge 支店を統合して2019年3月より業務を開始している。各浄水場と各支店の給水区域は一致しておらず。Karengye 浄水場は Kanombe 支店の管轄区域のほぼ全域をカバーしているが、Ndera の一部 (Buhoro 配水池、Kigarama 配水池) および Kanombe セクター (Kicukiro、Nyanza、Rwandatel の各配水池) は Nzove 浄水場の水を使用している。Kimisagara 浄水場は、Nyamirambo および New Nyarugenge 郡の一部へ給水を行っているが、主に Ntora 配水池および Mont-Kigali 配水池を介して Nzove 浄水場からも給水が補われている。

表 5.1-2 各支店(branch)の日平均消費量

Branches	Daily Consumption, Billed Amount Basis (m <sup>3</sup> /day) <sup>*1</sup>	Percentage to total
Kacyiru	10,643	21%
Kanombe	8,001	16%
Gikondo	7,892	16%
Nyamirambo	3,404	7%
Nyarugenge	10,518	21%
Remera	9,637	19%
Total	50,096	100%

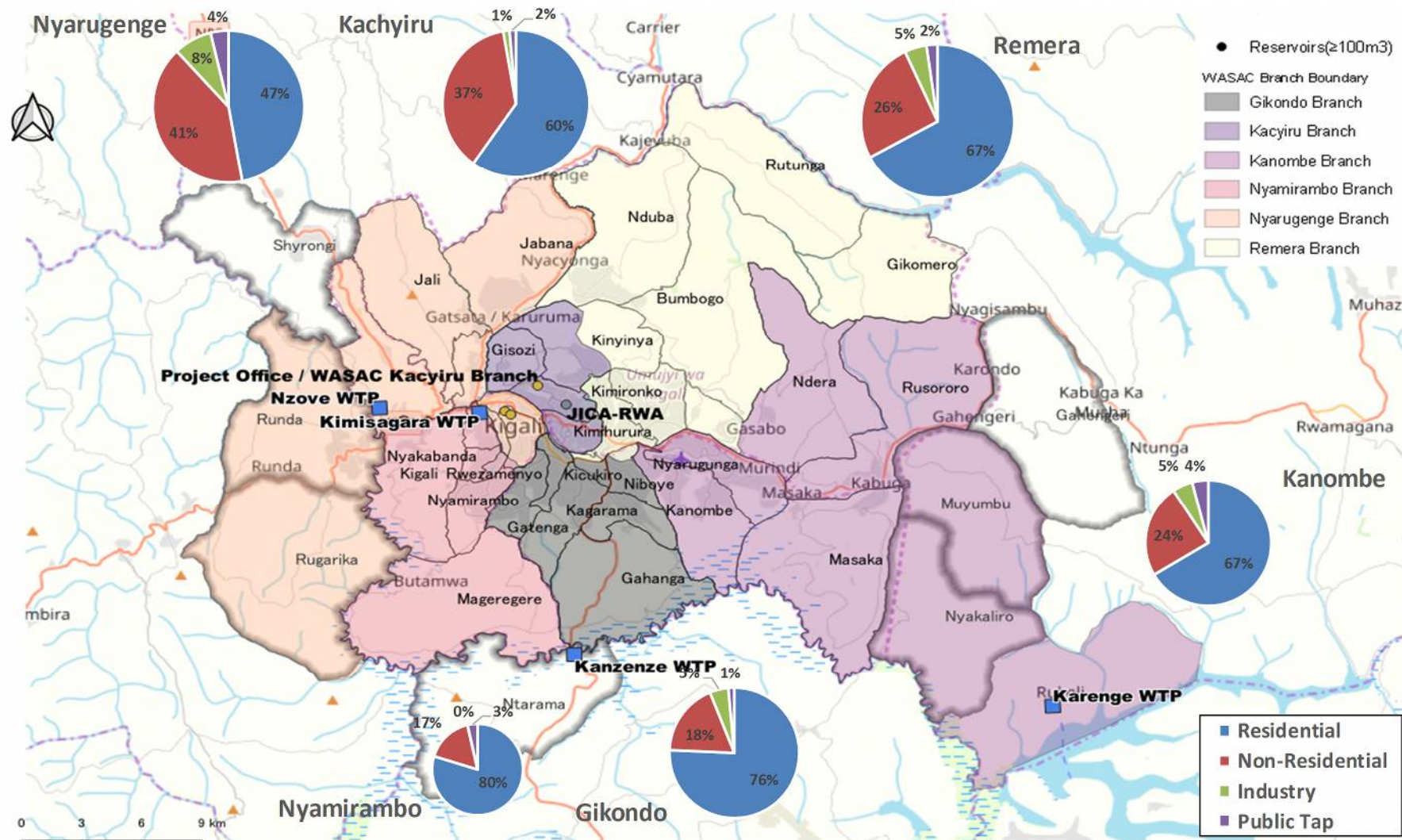
出典：調査団

Note \*1: Based on the bill in March 2019



出典：調査団

図 5.1-1 各支店(branch)の給水栓数



出典：調査団 (Data from WASAC)  
 Note: Water consumption is based on the data in March 2019

図 5.1-2 既存給水区域及び水消費量

## 5.2 インフラ省 (MININFRA)

インフラ省 (MININFRA) は、住民に適切な水と衛生設備を十分に考慮して低廉な価格にて住民に提供することを目的とした都市開発プログラムを開始、開発、促進するために WASAC を監督している。

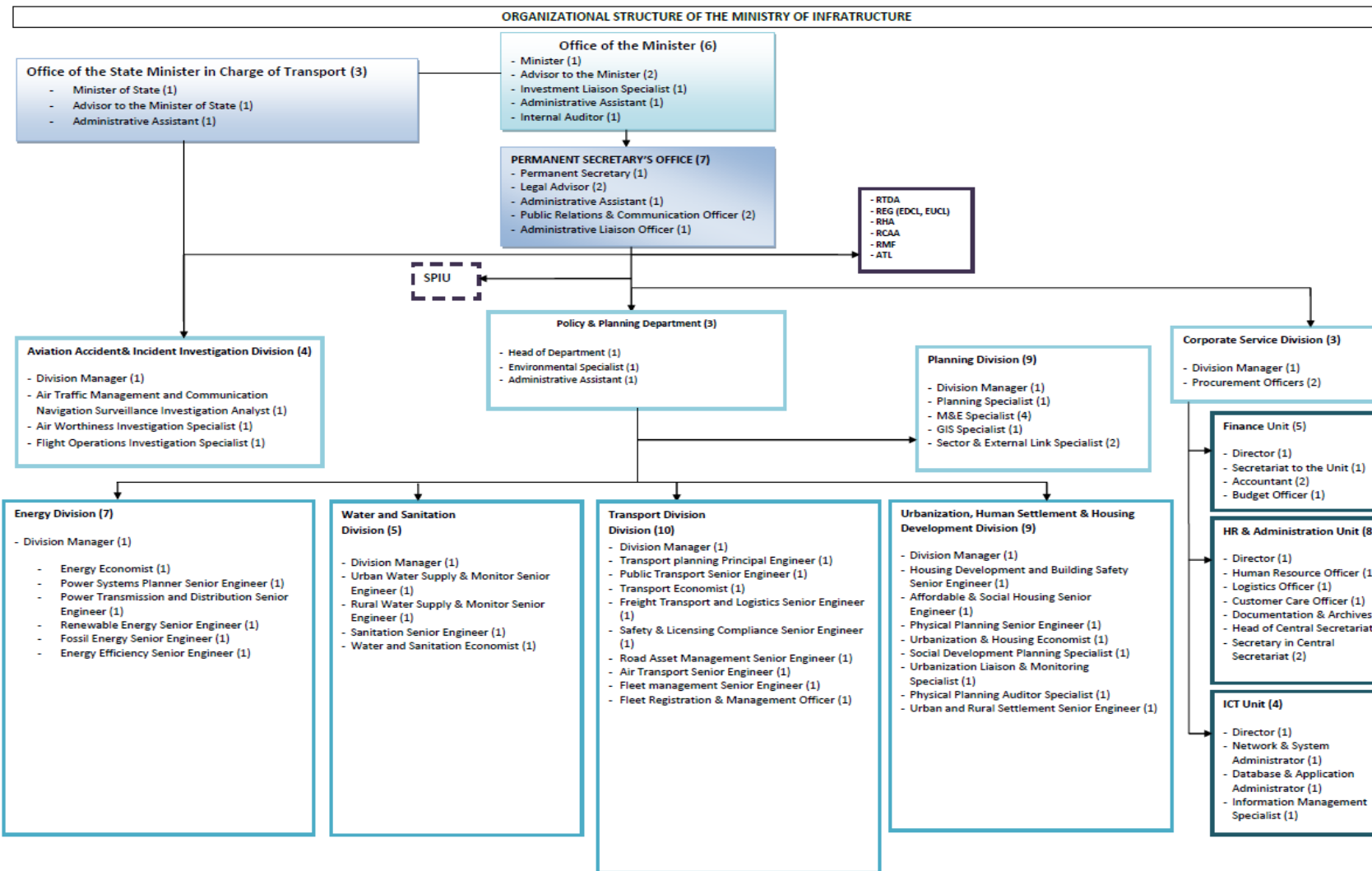
MININFRA は、さらに以下の産業セクターの更新および開発プログラムを担当している。

- 全国の交通インフラネットワーク
- 発電設備
- 適正価格でのエネルギー、水、衛生設備、交通インフラ、および人口のための関連サービスへのアクセス
- 地域インフラの開発促進・管理
- インフラ施設の基準管理、費用効果、環境の持続可能性への対応
- 自然と都市の共存、輸送、エネルギー、水、衛生に関連する問題に関する国の政策とプログラムの実施
- 各地区の地区開発プログラムに従った開発プログラム促進

MININFRA はさらに、道路維持基金 (RMF)、ルワンダ民間航空局 (RCAA)、ルワンダエネルギーグループ (Energy Development Company Ltd、Energy Utility Company Ltd)、WASAC、Rwanda Transport Development Agency (RTDA)、Rwanda Housing Authority (RHA)、Rwanda Air、およびそのサブセクターの下に形成されるその他の機関を監督している。

MININFRA は、住民に適切な水と衛生設備を十分に考慮して手頃な価格の避難所を提供することを目的とした都市開発プログラムを開始、開発、促進するために WASAC を監督している。MININFRA の組織図を図 5.2-1 に示す。





出典 : MININFRA

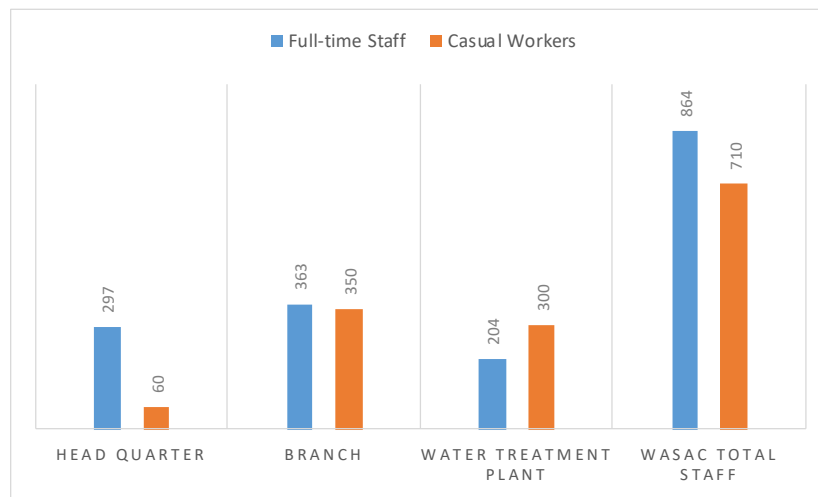
図 5.2-1 MININFRA の組織図

## 5.3 WASAC

### 5.3.1 WASAC の組織

WASAC は、キガリ市および周辺地区での給水および衛生サービスに関連する主要な事業サービスプロバイダーである。2014年8月まで、エネルギー上下水道局（EWSA）がキガリ市の水道事業を担当していたが、それ以降、EWSAの上下水道部門は、政府が完全に所有する事業者 WASAC として独立した。WASAC は、本社、支店、水処理プラント（WTP）を備えたルワンダ全国規模での給水事業に責任を負っている。

WASAC は、全国で給水プロジェクトの計画、調査、保守、およびガイダンスを実施することにより、給水サービスを提供している。2019年の時点で約11万人の顧客との給水接続があり、フルタイムのスタッフの総数は864人である。（本社で297人、支店で363人、WTPで204人）。WASAC はまた、支店やWTPでの現地作業のために配置された約700人の短期契約での従事者を雇用している。図5.3-1に、正社員と臨時職員を含む職員の配置を示す。



出典：調査団（WASAC データ参照）

図 5.3-1 WASAC Staff Number and Allocation

### 5.3.2 WASAC 本部組織

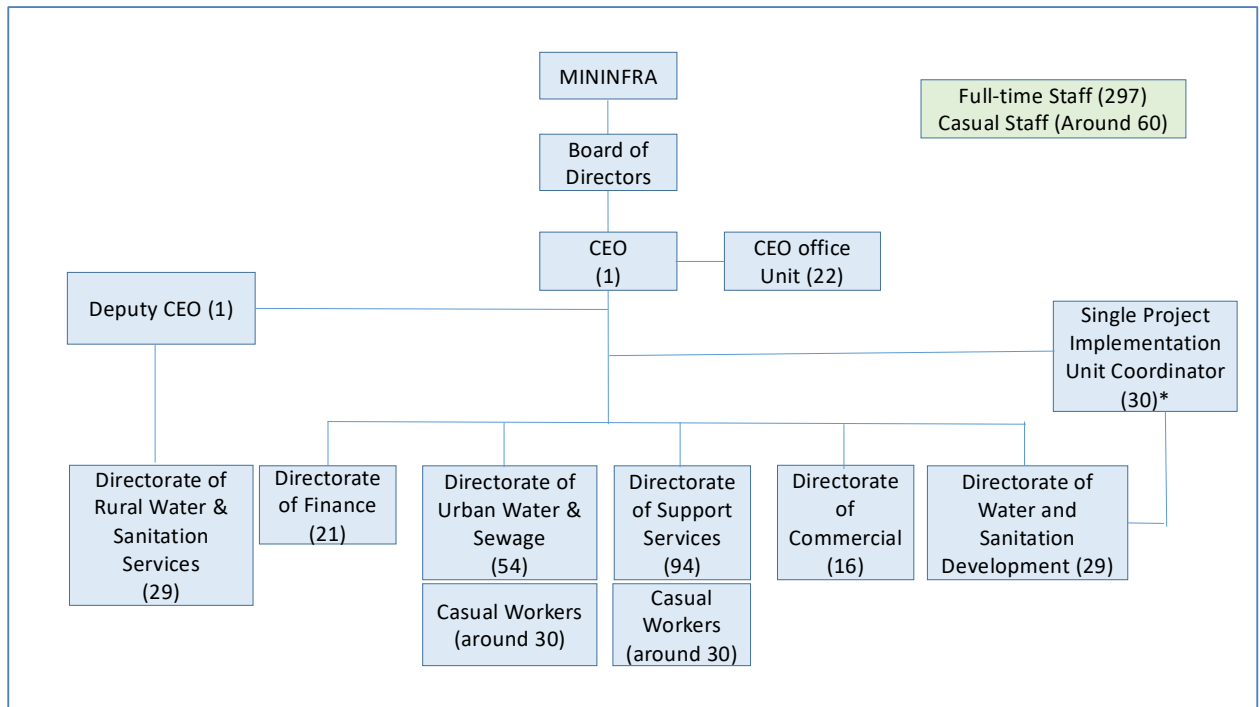
WASAC は MININFRA によって管理されており、事業全体を担当する CEO と地方の上下水道サービスを担当する副 CEO を含む 7 人の理事会メンバーによって管理されている。日常的なビジネス上の意思決定と活動は、CEO と DCEO の全体的な監督の下で技術的および一般的なサービスを担当する 6 人の取締役によって実施されている。

WASAC 本社の現在の組織構造を以下の図 5.3-3、そして詳細な組織図を図 5.3-3 に示す。本社は、職位 1~5 格<sup>7</sup>の約 300 名の正社員で構成されている。これらの等級は、上級エンジニア、マネー

<sup>7</sup> WASAC ジョブグレード #1: CEO、DCEO、グレード #2: ディレクター、SPIU コーディネーター、グレード #3: マネージャー、ユニット長、グレード #4: スペシャリスト、シニアエンジニア、シニアオフィサー、グレード #5: エンジニア、オフィサー、グレード #6: オペレーター、グレード #7: サポートスタッフ、グレード #8: テクニカルヘルパー

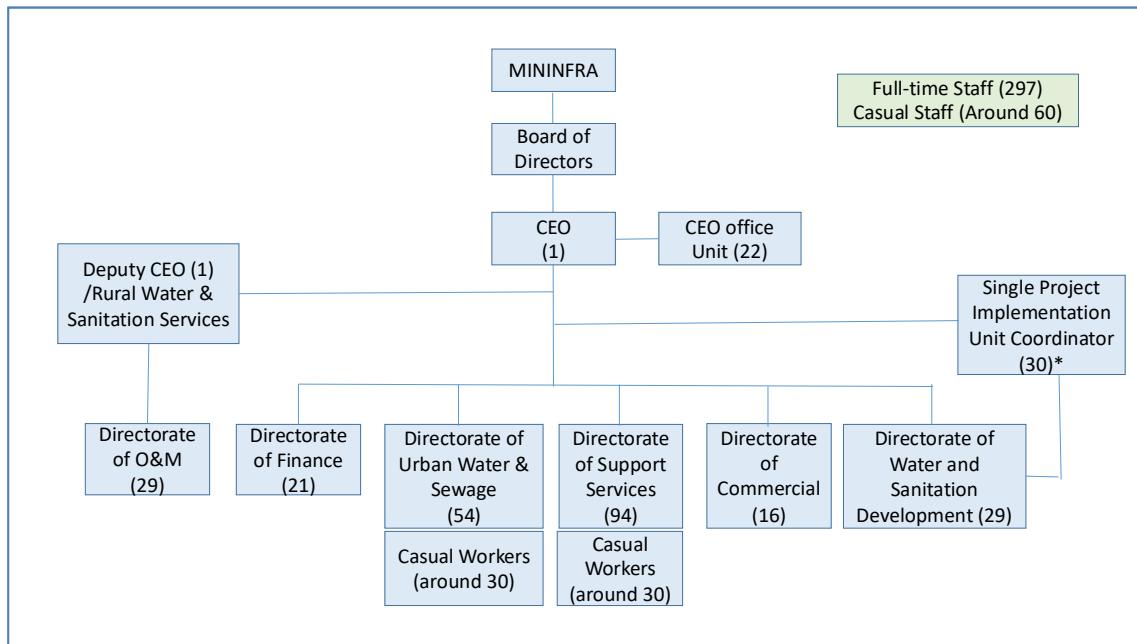
ジャー、ディレクターなどの役員およびエンジニアの資格に基づいて定義されている。主な管理およびエンジニアリング作業は、約 60 人の臨時労働者の支援を受けて、各局の上級管理職およびエンジニアによって実施される。

WASAC は、職務要件を満たしていないスタッフが一時的に解雇されることがあるため、スタッフの職務能力に対する要求は高い。さらに、WASAC の上級管理職は、業務改善の意識を持って、常に最適な組織構造を検討している。



\* SPIU スタッフの数は、開発パートナーによる進行中のプロジェクトの規模によって異なる。  
 出典：調査団（WASAC データ参照）

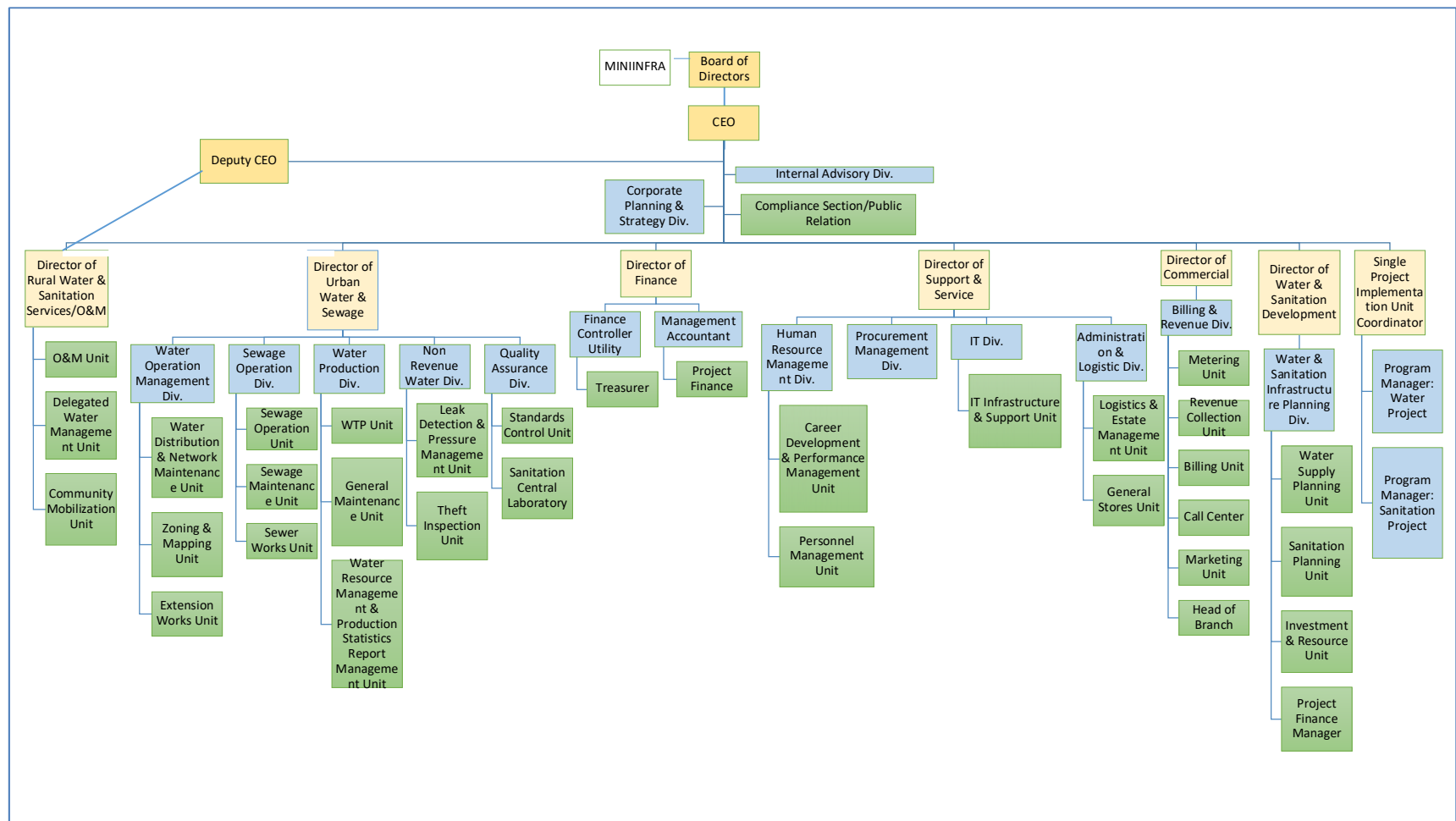
図 5.3-2 WASAC 本部組織体制



\* SPIU スタッフの数は、開発パートナーによる進行中のプロジェクトの規模によって異なる。  
 出典：調査団（WASAC データ参照）

図 5.3-3 WASAC 本部組織体制

5-9



出典：調査団（WASAC データ参照）

図 5.3-4 WASAC 本部組織図

### 5.3.2.1 各部局の中核機能

WASAC には、各部局の役割と機能を説明する人事マニュアルがある。各局のコア機能を次の表 5.3-1 に示す。

表 5.3-1 WASAC 各局のコア機能

Name of Directorate	Core Functions
CEO Office	The CEO heads WASAC and is responsible for ensuring its efficient functioning. The CEO reports to the Board of directors. The following divisions and units are managed by the CEO; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Company Secretary</li> <li>• Legal functions</li> <li>• Internal Audit</li> <li>• Public Relations and Communication Units</li> <li>• Legal Advisory Services</li> <li>• Corporate Planning and Strategy Division</li> </ul>
Deputy CEO Office	The Deputy CEO is in charge of rural water and sanitation services, also acts on behalf of the CEO in his/her absence.
Rural Water and Sewage Service	Under the Deputy CEO management, it operates and manages all aspects of production, quality control and distribution of water and sanitation service and collection of revenue, planning and installing new water and sanitation infrastructure in the rural areas of the country. Includes the following units; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Community Mobilization Services Unit</li> <li>• Resource Mobilization Services Unit</li> <li>• Rural Operations Unit</li> <li>• Rural Water Services Management Units</li> </ul>
Single Project Implementation Unit (SPIU)	The SPIU Coordinator is responsible for all aspects of the project implementation and directly reports to the CEO.
Finance	Responsible for budgeting and accounting, collection and disbursements, financial reporting and coordinating the annual audit process. Develops and advises on appropriate fiscal management systems and procedures. Includes the following units; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Management accountants</li> <li>• Financial controller</li> </ul>
Urban Water and Sewage Services	Operates and manages all aspects of production, quality control and distribution of water and sewerage services and collection of revenue, planning and installing new water and sewerage connection in the urban areas of the country. It includes the following units; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Water Operation Services</li> <li>• Sewerage Operation Services</li> <li>• Non-revenue Water Control Services</li> <li>• Quality Assurance Services</li> <li>• Water Production Services</li> </ul>
Support Services	Responsible for the following divisions; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Human Resource Management</li> <li>• Information and Communication Technology</li> <li>• Procurement Management Services</li> <li>• Administration and Logistic Services</li> </ul>
Commercial Services	Operates and manages all aspects related to customer services, which include billing, revenue collection and marketing of WASAC products and services. It includes the following units; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marketing and Customer Care Services</li> <li>• Billing and Revenue Management Services</li> </ul>
Water and Sanitation Development Service	Responsible for planning and implementation of water and sanitation projects development. Includes the following units; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Infrastructure planning unit</li> <li>• Water Project Implementation Unit</li> <li>• Investment Unit</li> <li>• Sanitation Project Implementation Unit</li> </ul>

出典：WASAC HR Policy & Procedure Manual (2018)

### 5.3.2.2 職位

WASAC の役員、マネージャー、スタッフのグレードは 8 つの番号に分類される。以下の表 5.3-4 に各職位を示す。

表 5.3-2 WASAC の職位

Grade	Categories
1	CEO Deputy CEO
2	Directors SPIU Coordinator
3	Managers Head of Unit
4	Specialist, Senior Engineers Senior Officers
5	Officers, Engineers
6	Operators
7	Support Staff (Drivers)
8	Technical helpers (Laboratory helpers, watchman, other helpers)

出典：WASAC HR Policy & Procedure Manual (2018)

### 5.3.2.3 WASAC の使命

WASAC のミッションステートメント、ビジョンステートメント、およびコアバリューは、企業文化の形成と事業内容に沿って作られている。

表 5.3-3 WASAC の使命、価値観、モットー

<p>ミッションステートメント： 「顧客のニーズに対する継続的な革新と詳細なケアを通じて、高品質で信頼性が高く手頃な価格の上下水道サービスを提供する。」</p> <p>ビジョン； 「アフリカで最も持続可能な水と衛生の公益事業体となり、ステークホルダー期待に応える。」</p> <p>基本的価値観；</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 顧客志向</li> <li>2. 効率</li> <li>3. 完全性</li> <li>4. イノベーション</li> <li>5. プロフェッショナルリズム</li> </ol> <p>モットー； WASAC は尊厳ある生活を提供する</p>
--

出典：WASAC HR Policy & Procedure Manual (2018)

### 5.3.2.4 人材能力育成

WASAC には、スタッフの能力開発がビジネスの成長と発展の重要な要素であることを認めて組織化された人材育成計画がある。

この HR ポリシーに従って、管理職、マネージャー、エンジニア、および役員向けにいくつかの

トレーニングモジュールが開催および計画されている。

トレーニングモジュールのほとんどは、データ管理、利用、および労働生産性を高めるための ICTスキルの向上に焦点が当てられている。以下の表 5.3-4 に 2020 年の研修計画とその意図を示す。

- WASAC の経営陣は、GIS データの利用が、給水と顧客データの O&M を強化するための重要な要素であることを認識している。
- NRW 削減を強化するためのトレーニングは、水販売収入と WASAC の財務実績を改善するための重要な問題として特に焦点が当てられている。
- 廃棄物管理モジュールは、重要な新たな O&M の項目として近年開始された。

表 5.3-4 WASAC 2020 年度人材トレーニング計画

Training Modules	Categories	Training Purpose	N <sup>o</sup> of staff (Trainees)	Training Schedule
Surveying Techniques, Instruments and GIS	Operators and Engineers	GIS utilization for O&M	59	January 2020
International Water Quality Standards	Operators & Engineers	Water quality improvement	59	February 2020
Computer Essentials, Spreadsheet, Word Processing	Management	Documents processing by computer	20	February & March 2020
	Officers and Technicians		10	
	Secretaries		9	
Wastewater Management and Sludge Management Systems	Operators & Engineers	O&M for waste management	59	March 2020
Computer Essentials, Spreadsheet, Word Processing	Officers and Technicians	Documents processing by computer	18	March 2020
	Secretaries		25	
Online Essentials, Presentation, Online Collaboration	Management	ICT processing improvement	20	March 2020
	Officers and Technicians		10	
	Secretaries		9	
Online Essentials, Presentation, Online Collaboration	Officers and Technicians	ICT processing improvement	18	April 2020
	Secretaries		25	
Online Collaboration, IT Security	Management	ICT processing improvement	20	May 2020
	Officers and Technicians		10	
	Secretaries		9	
Online Collaboration, IT Security	Officers and Technicians	ICT processing improvement	18	May 2020
	Secretaries		25	
Business Analysis	Management	Strategy building	3	June 2020
NRW Reduction	Management	Strategy, O&M for NRW reduction	20	Late 2020
	Officers and Technicians		20	
Total			203	January to June

出典：WASAC

### 5.3.3 WASAC 支店

#### 5.3.3.1 WASAC 支店組織

キガリ市を担当する WASAC 支店は 6 つある。(Nyarugenge, Nyamirambo, Gikond, Remera, Kacyiru



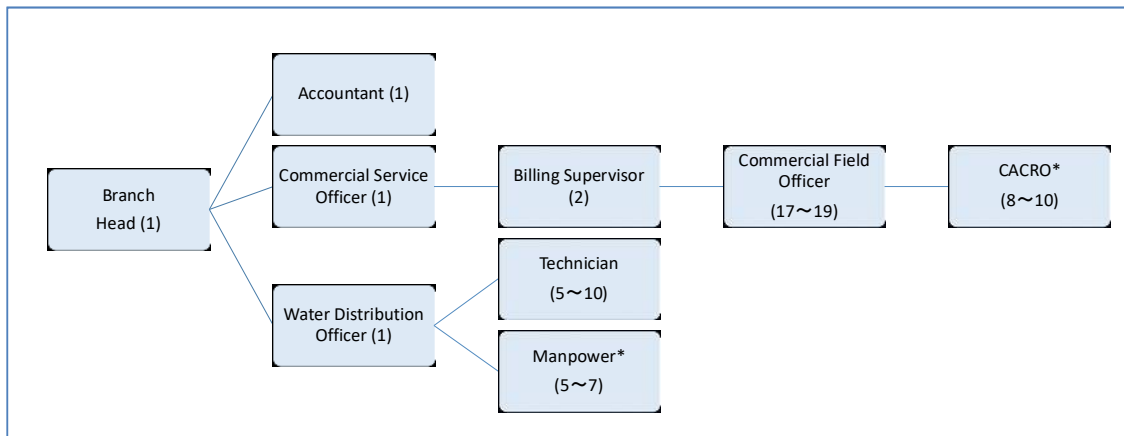
and Kanombe)。各支店は約 20,000 の接続を管理しており（表 5.3-5）、1つの支店には約 40～50 人のスタッフが在籍する。うち約 20～25 人が顧客との接続/サポートに関連する事務をフルタイムで担当し、約 20～30 人が短期契約職員である。

表 5.3-5 支店による接続顧客数(2019年12月)

Branch	Nyarugenge	Kachiru	Remera	Kanombe	Gikondo	Nyamirambo
Number of connections	21,824	19,718	20,165	23,647	20,580	10,013

出典：調査団（WASAC データ参照）

標準的な支店組織を以下の図 5.3-5 に示す。コマースサービスオフィサー、配水オフィサー、経理オフィサーからなり、支部長への業務報告ラインがある。



\*CACRO と Manpower は短期契約スタッフである。

出典：調査団（WASAC データ参照）

図 5.3-5 WASAC 支店組織図

メータの維持管理と検針は、コマースフィールドオフィサーと短期スタッフ CACRO によって対処される。メータ検針員個人の移動手段で顧客を訪問し、メータを検針し、支店に戻らずに関係者に報告する。1か月に1人の担当者が検針する平均数は1,000 栓であり、その他にもパイプの設置・修理、工事に伴う掘削など、さまざまな現場作業に技術者と短期雇用の人材が活用されている。

### 5.3.3.2 支店業務

支店の主な業務は、以下の活動である。

- サービスの苦情、水漏れなど、既存の接続に対する一般的なカスタマーサポート
- 新しい接続のためのマーケティング活動
- パイプの修理や新しいパイプの設置など、接続の O&M
- 水道メータの設置と維持管理、メータ検針
- 料金分析と検針結果に基づく請求書の発行

### 5.3.3.3 水道料金徴収

請求書の発行は支店の業務であるが、水道料金は支店では徴収されず、すべての支払いは、WASAC 銀行口座またはモバイルマネーを介して顧客により直接振り込みが行われる。支店のスタッフに手渡しで、料金が支払われることはない。

請求書発行後 15 日以内に支払いがない場合は給水を停止し、支払いが確認されてから給水を再開する。

### 5.3.3.4 水道メータ機器

メータ自動検針装置の設置が、検針員が目視で検針している現在の検針をアップグレードするために計画されている。これらの新しい機器により、検針員はモバイルデバイスを通じて短距離で水道メータを読み取ることができる。

WASAC は、2023 年までに 200,000 台のデバイスを設置する予定である。デバイスの設置後、月に約 2,000 件の水道メータが読み取られると期待される。接続栓数を増やした後も、支店で検針効率の向上が見込まれる。



出典：WASAC

図 5.3-6 自動検針機器のサンプル

### 5.3.3.5 The WASAC の主要業務内容

WASAC による 3 つの主要な業務内容を、次の表 5.3-6 に示す。

表 5.3-6 WASAC 事業範囲-エリアの定義

Business Stream	Type of business	Area	Type of connections	Nbr. of connections
Urban Water Supply	Based on existing systems and branches Centralized production units	Largest cities Minimum population of 25,000	Individual Shared between households	Minimum 1,400 connections
Rural Water Supply	Small production units, e.g., spring, catchment, single wells	Small cities and villages under 25,000 people	Under 1,400 connections per system	Standpipes
Urban Sanitation	Centralized and semi-centralized sewerage systems	Largest cities Minimum population of 25,000	Individual connections	To be defined

出典：WASAC 5-year business plan (2016)

### 5.3.3.6 都市給水事業

都市給水事業は、WASAC の中核的な活動であり、水道の浄水処理、送配水を担うものである。これには、PPP 事業により運営されている浄水場の運転の管理と監督も含まれている。事業内容を表 5.3-7 に示す。

表 5.3-7 都市給水事業活動

Activities	Definition
Water production operations	Operation and management of the abstraction of raw water, water treatment and transmission facilities, including water quality control
Water distribution operations	Operation and management of the water supply distribution network in the urban areas supplied from a water treatment plant. Repairment of networks
Bulk water provider management and supervision	Coordination and supervision of the activities of the bulk water supply provider as well as the integration of their supply into the water supply network

出典：WASAC 5-year business plan (2016)

### 5.3.3.7 都市衛生事業

近年、都市衛生事業が主な事業範囲となりつつある。活動内容を表 5.3-8 に示す。

表 5.3-8 都市衛生事業活動

Urban Sanitation Activities		Definition
Sewer collection	Collective	Centralized sewerage systems covering un-urban areas connected to a wastewater treatment plant
	Semi collective	Sewerage system collecting the effluent of a residence, compound of several houses, and connected to some small wastewater treatment facilities
	Sludge	Septic tanks and latrine pits emptying waste collected by sewerage trucks
Treatment	Collective	Wastewater treatment plants and ponds able to treat centralized sewerage system effluents and liquid waste
	Semi collective	Wastewater treatment plants and ponds able to treat the effluents from semi collective sewerage systems
	Liquid waste	The point in a wastewater treatment plant treating collective sewerage effluent where liquid waste collected by sewerage trucks can be discharged and treated.

出典：WASAC 5-year business plan (2016)

### 5.3.3.8 地方給水事業

WASAC には、地方の水供給へのアクセスを確保するという使命がある。表 5.3-9 に、主要な地方給水業務活動を示す。

地方給水は地方分権化により地方自治体の郡の責務・権限になっており、基本的に郡が給水施設を所有している。給水事業の大部分は民間（Private Operator: PO）への委託により運営されており、ほとんどの場合、PO は大規模な設備投資を必要としない自然水源によって農村地域に水を供給している。PO は郡に販売量に応じたロイヤルティを支払っており、地方給水業務に組み込まれた事業パートナーとしての位置付けである。WASAC は PO に対して技術支援と施設建設の計画・実施、さらに郡と PO 間の契約を管理し、水源の適切な使用と維持のためにコミュニティ組織をサポートする責務がある。

表 5.3-9 地方給水業務活動

Activities	Definitions
Coordination of existing initiatives	Coordination and monitoring of the existing rural water supply outside WASAC operations that are initiated/operated by private operators
Operations of existing schemes	Existing water supply schemes operated by WASAC Natural spring source is operated by PO with support of WASAC for preservation
Support	Technical and management support for rural water schemes to PO outside WASAC operations

出典：調査団

### 5.3.3.9 固形廃棄物処理

WASAC は、キガリ市の要請により、キガリで固形廃棄物の処理と管理を開始した。この取り組みには、Nduba ダンプサイトの日常管理のための新しい請負業者の導入に関する 2 つの主要な改善と、Nduba での衛生理立地建設の詳細設計を含む最新の固形廃棄物管理システムの建設の実現可能性調査が含まれている。

廃棄物管理の事業計画は企画戦略部が担当し、O&M は水衛生開発部が担当する。経営陣は、固形廃棄物管理を政府の公益事業体として管理する必要性と収益性の高い事業にすることの事業計画の重要性を認識している。

### 5.3.3.10 事業パフォーマンス

業務セクターのベンチマークと目標に基づく WASAC の近年の業績結果を表 5.3-10 に示す。

表 5.3-10 業務セクターのベンチマークと目標に基づく最近の WASAC の業績結果

No	Service Indicator	Status 2015/2016	Status 2016/2017	Sector Benchmark at year 2017
1	Water Coverage	90% (urban)	100% (urban)	80% Low Density Area 90% High Density Area
2	NRW	35.5%	38.3%	25% after 5 years
3	Metering Ratio	100%	100%	
4	Billing for services	98%	99%	100% monthly
5	Collection Rate	N.A.	102% including arrears, 77% for 2017 invoice	90%-100%
6	Staff Productivity No of staff/1000 connection	4.2	4.2	
7	Staff Turn Over	1%	0.1%	<3%
8	Average hours of supply	15hours	15hours	20~24hours
9	Water Quality compliance	100%	100%	90> for residual chlorine 100 for bacteriological quality
10	Compliance with the rationing program	90%	92%	95% to comply with the rationing program*

\* The rationing program is set to allocate water to the demand of branch offices in each region since the water supply in Kigali is insufficient for the total demand.

出典：WASAC annual report 2016/2017

## 5.4 水源現況

WASACの浄水場が現在使用している水源を表5.4-1に示す。

表 5.4-1 WASACの浄水場が使用する水源

WTP	Water Source	Quantity	Quality	Problems
Nzove 1WTP	Groundwater (river bed water)	Thirty-one boreholes drilled in 2006. At the moment, 9 boreholes do not work.	It is relatively low turbidity compared to Nyabarongo river	Maintenance of boreholes
Nzove 2 and New Nzove 1 WTPs	River (Nyabarongo)	Nyabarongo river can secure a considerable amount of water.	Turbidity is high, iron, manganese, ammonia are a high concentration	Water Treatment cost is high because of high turbidity. According to the water quality data obtained from WASAC, the maximum turbidity of the Nyabarongo River was over 10,000 NTU.
Kimisagara WTP	River (Yanze)	Yanze is a small river and cannot produce much water compare to the Nyabarongo river.	It has better quality than Nyabarongo since the environment around the river has been protected.	
Karenge WTP	Lake (Mugesera)	No specific issues in terms of quantity	Water quality varies depending on the time, but turbidity increases in the rainy season and the concentrations of iron and manganese are high.	The lake is located in the eastern part of the City of Kigali and is quite far from the town. The Karenge WTP is built near the lake. Algae is always the problem during treatment
Kanzenze WTP (under construction)	Groundwater (river bed water)	Analysis of 12 pumping test data on Nyabarongo flood plain shows that it is possible to withdraw 1,200 - 1,400 m <sup>3</sup> /day per borehole.	Turbidity is lower than that of rivers (<100 NTU), iron, manganese and ammonia are as high as river water. From the pumping test results, the turbidity tends to rise as the pumping time increases.	Although turbidity is lower than that of rivers, water quality is not good compared to deep groundwater because it is river bed water. In the floodplain of the Nyabarongo River there are places where the clay layer is thickly deposited, and there is not a good aquifer.

出典：調査団

浄水場に加えて、湧水や井戸などの独立した水源を使用するポンプ場がいくつかある（表5.4-2を参照）。これらの水源からの水は、ポンプ場にある配水池に接続されており、配水前に現場で塩素消毒が行われている。

表 5.4-2 WASAC の使用する水源 (浄水場以外)

Water Source	Quantity	Quality	Problems
Springs (14 sources used)	One spring can produce around 50-70m <sup>3</sup> /day	Water quality is relatively good but difficult to protect the area due to urbanization.	Quality can be deteriorated easily.
Wells (3 sources used)	It cannot be estimated since water from wells can be mixed with treated water from Kimisagara WTP.	Water quality is relatively good but difficult to protect the area due to urbanization.	Depth is shallow (around 13m) and can be contaminated easily.

出典：調査団

2018年にWASACが分析した主要な水源の水質は表5.4-3に示すとおりである。表の通り、NzoveのNyabarongo川の水質で主に問題となる項目は、濁度、色度、有機物、アンモニア、鉄、クロム、シアン化合物である。一方、Nzoveの地下水において問題となる項目は濁度、鉄、マンガンである。Nyabarongo川の水質と比較すると、Yanze川には大きな問題はない。Mugesera湖の濁度の年平均は低いレベル(21 NTU)であるが、湖の富栄養化に関しては無視できない。

Nyabarongo川の水中のクロムとシアン化合物の平均濃度(2.7 mg/L及び1.93 mg/L)が、ルワンダの飲料水水質基準及びWHO飲料水質ガイドラインの濃度の54倍及び193倍(0.05及び0.01 mg/L)であることに留意が必要である。これらの値は、一般的な表流水としては異常と見なされる。可能性のある理由は次のとおりである。

- 1) 分析方法：各浄水場のラボでは、HACH分析方法(標準的な方法ではない)が使用されている。標準的な方法と比較すると、HACHの方法は精度が低くなる。
- 2) 高濁度と色度の干渉。
- 3) 不十分な品質管理(QC)：毎日の分析で、QC活動(繰り返し試験、標準溶液法、標準添加法など)が実施されていない。
- 4) WASACの中央研究所と調査団によって分析された結果には大きな違いが見られる。

表 5.4-3 WASAC の主要な水源水質 (2018年、WASAC 各浄水場の分析結果)

Item	Unit	Nyabarongo River at Nzove	Groundwater at Nzove	Yanze River	Mugesera Lake	RDWQS
Source for	-	Nzove 2 and New Nzove 1 WTP	Nzove 1 WTP	Kimisagara WTP	Karengye WTP	
pH	-	<u>7.0-7.6</u> 7.1	<u>7.0-7.0</u> 7.0	<u>7.0-7.0</u> 7.0	<u>7.3-8.2</u> 8.0	6.5-8.5
Turbidity	NTU	<u>370-6,040</u> 1,994	<u>17-43</u> 28	<u>44-1,183</u> 368	<u>11.6-123</u> 21.2	5
Color	TCU	<u>1,023-28,150</u> 9,297	<u>41-940</u> 334	-	<u>209-1,865</u> 371	15
Coliform	MPN/100ml	<u>4.9×10<sup>2</sup>-2.6×10<sup>5</sup></u> 6.4×10 <sup>4</sup>	<u>6-9.5×10<sup>3</sup></u> 2.3×10 <sup>3</sup>	<u>1.5×10<sup>2</sup>-3.1×10<sup>5</sup></u> 5.7×10 <sup>4</sup>	<u>5.8-11×10<sup>3</sup></u> 7.4×10 <sup>3</sup>	Nil
Alkalinity	mg/l	<u>9-120</u> 36	<u>13-61</u> 29	<u>6-42</u> 22	<u>62-101</u> 80	-
Hardness	mg/l	<u>16-514</u> 136	<u>15-70</u> 44	<u>2.3-42</u> 32	<u>148-246</u> 196	300
Dissolved oxygen	mg/l	-	-	-	<u>8.1-16.7</u> 14.3	-

Item	Unit	Nyabarongo River at Nzove	Groundwater at Nzove	Yanze River	Mugesera Lake	RDWQS
Source for	-	Nzove 2 and New Nzove 1 WTP	Nzove 1 WTP	Kimisagara WTP	Karengye WTP	
Organic matter	mg/l	<u>4.2-22</u> 9.1	<u>2.2-9.0</u> 4.9	<u>1.4-5.6</u> 2.4	<u>3.1-12.5</u> 8.5	0.003
NH <sub>3</sub> -N	mg/l	<u>0.7-7.2</u> 2.7	<u>0.1-2.0</u> 1.3	<u>0.00-0.35</u> 0.08	<u>0.09-0.35</u> 0.22	0.5
T-N	mg/l	-	-	-	<u>0.85-9.21</u> 5.96	-
T-P	mg/l	-	-	-	<u>0.59-1.70</u> 0.99	-
Fluoride (F <sup>-</sup> )	mg/l	<u>0.35-18</u> 4.67	<u>0.29-10.5</u> 4.03	<u>0.00-1.61</u> 0.30	<u>1.2-5.2</u> 3.4	1.0
Iron (Fe)	mg/l	<u>3.8-43</u> 17.2	<u>9.0-38</u> 15	<u>0.03-2.90</u> 1.15	<u>0.5-1.9</u> 1.0	0.3
Manganese (Mn)	mg/l	<u>0.4-3.5</u> 1.8	<u>1.4-4.1</u> 2.7	<u>0.01-0.33</u> 0.13	<u>0.28-0.84</u> 0.47	0.1
Cyanide (CN <sup>-</sup> )	mg/l	<u>0.055-8.0</u> 1.93	<u>0.030-0.120</u> 0.061	<u>0.002-0.119</u> 0.022	<u>0.07-0.52</u> 0.27	0.01
Arsenic (As)	mg/l	-	-	-	-	0.01
Cadmium (Cd)	mg/l	-	-	-	-	0.003
Chromium (Cr)	mg/l	<u>0.54-8.2</u> 2.7	<u>0.10-5.1</u> 1.4	<u>0.00-0.23</u> 0.09	<u>0.08-0.83</u> 0.24	0.05
Copper (Cu)	mg/l	<u>1.5-17</u> 2.7	<u>0.8-2.5</u> 1.6	<u>0.01-3.58</u> 0.62	<u>0.02-0.42</u> 0.25	1.0
Lead (Pb)	mg/l	-	-	-	-	0.01
Mercury (Hg)	mg/l	-	-	-	-	0.001

出典：：2018 Monthly Report of WASAC

Up figures: min.-max. values / Low figures: average values

RDWQS: Rwanda Drinking Water Standard

表 5.4-4 は、2017年の Nyabarongo 川及び Nzove における地下水の水質を示しており、Nyabarongo 川の水質は、QC を実施した WASAC の中央研究所で分析された。表 5.4-4 に示すように、WASAC 中央研究所による分析結果は、Nyabarongo 川のクロム (0.035 mg/L) がルワンダの飲料水水質基準 (0.05 mg/L) を下回り、シアン化合物 (0.023 mg/L) がわずかに基準値 (0.01 mg/L) を超過したことを示している。また、

表 5.4-5 及び表 5.4-6 に示すように、JST が実施した表流水質調査の結果は、クロム及びシアン化合物がルワンダ基準よりも低いことを示している。したがって、各浄水場のラボにおいては、繰り返し試験や標準溶液法、さらには標準添加法を適用して、品質管理の能力を向上させることが推奨される。

表 5.4-4 Nyabarongo 川と Nzove 地下水水質比較 (WASAC 各浄水場と中央研究所の分析結果)

Item	Unit	2017		2018-7-30	RDWQS
		Nyabarongo River at Nzove	Groundwater at Nzove	Nyabarongo River at Nzove	
Source for	-	Nzove 2 and New Nzove 1 WTP	Nzove 1 WTP	(By WASAC Central Lab)	
pH	-	$\frac{7.0-7.3}{7.1}$	$\frac{7.0-7.0}{7.0}$	7.0	6.5-8.5
Turbidity	NTU	$\frac{233-10,500}{1,559}$	$\frac{6.5-77}{19}$	275	5
Color	TCU	$\frac{1,260-87,600}{11,102}$	$\frac{49-480}{141}$	1,198	15
Coliform	MPN/100ml	$\frac{0.3 \times 10^4}{3.3 \times 10^3}$	$\frac{0.2 \times 10^2}{2 \times 10}$	$>2.1 \times 10^3$	Nil
Alkalinity	mg/l	$\frac{8-280}{74}$	$\frac{12-190}{80}$	120	-
Hardness	mg/l	$\frac{44-180}{72}$	$\frac{65-172}{99}$	70	300
Dissolved oxygen	mg/l	-	-	-	-
Organic matter	mg/l	$\frac{3.0-33}{10.3}$	$\frac{2.0-6.3}{3.4}$	2.5	0.003
NH <sub>3</sub> -N	mg/l	$\frac{0.10-2.11}{0.89}$	$\frac{0.81-2.41}{1.38}$	0.16	0.5
T-N	mg/l	-	-	-	-
T-P	mg/l	-	-	-	-
Fluoride (F <sup>-</sup> )	mg/l	$\frac{0.40-6.80}{2.79}$	$\frac{0.50-5.7}{1.84}$	<0.02	1.0
Iron (Fe)	mg/l	$\frac{1.6-11}{6.5}$	$\frac{8.2-15}{11.6}$	3.48	0.3
Manganese (Mn)	mg/l	$\frac{0.20-1.90}{1.01}$	$\frac{1.06-3.97}{2.31}$	0.418	0.1
Cyanide (CN <sup>-</sup> )	mg/l	$\frac{0.100-0.620}{0.266}$	$\frac{0.020-0.080}{0.044}$	0.023*	0.01
Arsenic (As)	mg/l	-	-	-	0.01
Cadmium (Cd)	mg/l	-	-	-	0.003
Chromium (Cr)	mg/l	$\frac{0.20-1.90}{1.19}$	$\frac{0.08-0.52}{0.26}$	0.035	0.05
Copper (Cu)	mg/l	$\frac{1.61-6.10}{3.96}$	$\frac{0.20-0.80}{0.37}$	0.72	1.0
Lead (Pb)	mg/l	-	-	-	0.01
Mercury (Hg)	mg/l	-	-	-	0.001

出典 : 2017 Monthly Report of WASAC

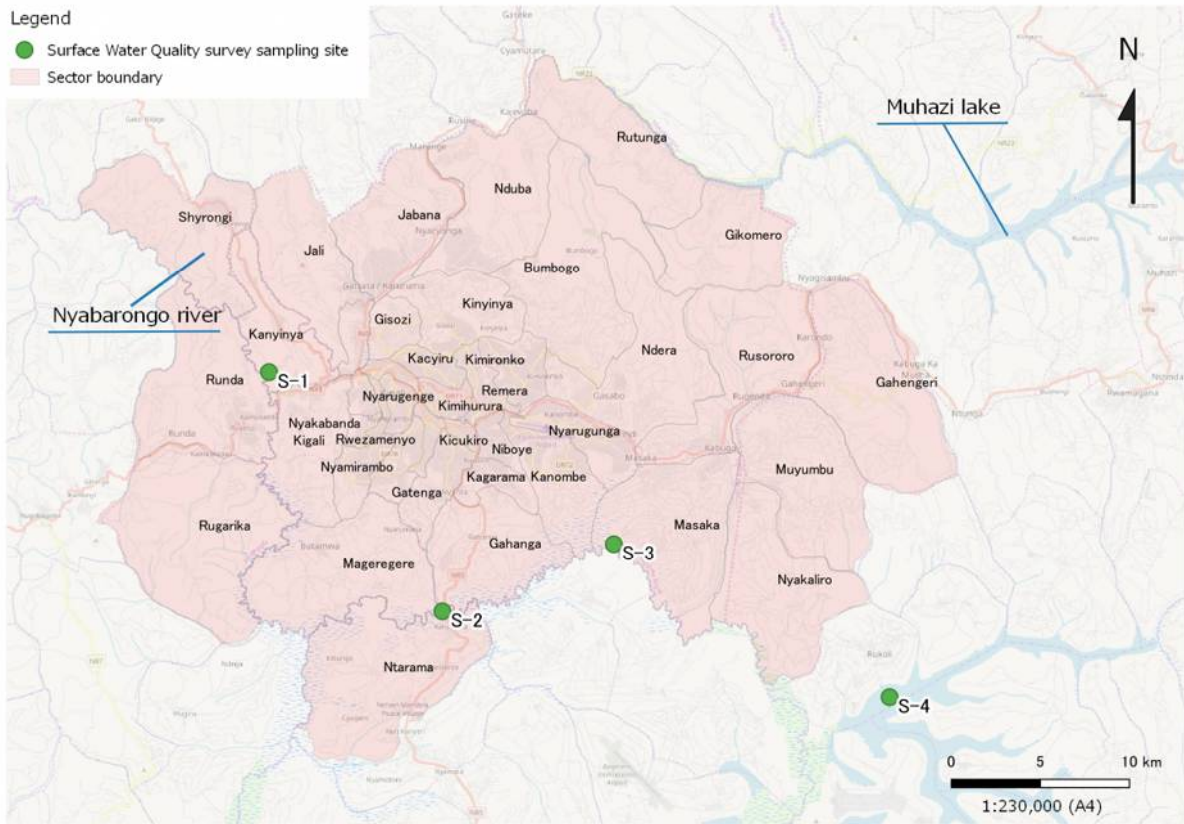
Up figures: min.-max. values / Low figures: average values

\*: The results of 2019-01-07

飲料水源としての水質の適合性を確認するためには、雨期と乾期の両方で表流水と地下水の水質調査を実施する必要がある。本調査で実施した水質分析のサンプリング場所は図 5.4-1 に示す通りであり、水質調査結果を



表 5.4-5 から表 5.4-8 に示す。



出典：調査団

Note: The locations of S-1, S-2 and S-3 are the same as the locations of groundwater quality survey sampling points (G-1, G-2, G-3).

注：地下水質調査のサンプリングポイント（G-1、G-2、G-3）の位置は表流水の S-1、S-2、S-3 の位置と同じ。

図 5.4-1 地表水及び地下水水質調査サンプリング場所

表 5.4-5 表流水水質調査結果 (乾期)

No.	Sampling Location	Unit	S-1 (Up- stream)	S-2 (Middle- stream)	S-3 (Down- stream)	S-4 (Mugesera Lake)	RDWQS <sup>1)</sup>	WHO Guideline (2017)
	Sampling Date		2019-09-12	2019-09-12	2019-09-12	2019-09-12		
1	pH	-	7.55	7.35	7.09	8.93	6.5-8.5	-
2	Turbidity	NTU	477	474	512	10.5	5	5
3	BOD <sub>5</sub>	mg/L	9.0	8.7	10.8	12.0	-	-
4	Ammonia nitrogen (NH <sub>4</sub> -N)	mg/L	0.19	0.17	0.23	0.05	0.5	-
5	Nitrate nitrogen (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	0.42	0.20	0.16	<0.01	10	11.3
6	Nitrite nitrogen (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	0.016	0.001	0.9
7	Fluoride (F <sup>-</sup> )	mg/L	0.41	0.59	0.32	0.49	1.5	1.5
8	Manganese (Mn)	mg/L	0.100	0.023	0.015	0.254	0.1	0.4
9	Iron (Fe)	mg/L	0.13	0.18	0.16	0.41	0.3	0.3
10	Zinc (Zn)	mg/L	0.43	0.43	0.18	0.21	5	-
11	Calcium (Ca)	mg/L	8.0	8.4	5.6	17.8	150	-
12	Magnesium (Mg)	mg/L	9.0	6.3	8.3	13.3	100	-
13	Standard plate count bacteria	cfu/ml	5 x 10 <sup>4</sup>	8 x 10 <sup>4</sup>	5 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	-
14	E. coli	cfu/100 ml	5 x 10 <sup>1</sup>	9 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	Nil	Nil
15	Cyanide (CN <sup>-</sup> ) <sup>3)</sup>	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	0.5
16	Chromium (Cr <sup>6+</sup> ) <sup>3)</sup>	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.05	0.05
17	Cadmium (Cd) <sup>3)</sup>	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.003	0.003
18	Lead (Pb) <sup>3)</sup>	mg/L	0.007	0.007	0.007	<0.001	0.01	0.01
19	Mercury (Hg) <sup>3)</sup>	mg/L	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	0.001	0.006

出典：調査団

- 1) RDWQS: Rwanda Drinking Water Quality Standard
- 2) 8.93 means the value exceeding Rwanda Drinking Water Quality Standard
- 3) Items which are analyzed in Japan.

表 5.4-6 表流水水質調査結果 (雨期)

No.	Sampling Location	Unit	S-1 (Up-stream)	S-2 (Middle-stream)	S-3 (Down-stream)	S-4 (Mugesera Lake)	RDWQS <sup>1)</sup>	WHO Guideline (2017)
	Sampling Date		2021-02-17	2021-02-17	2021-02-19	2021-02-19		
1	pH	-	6.76	6.80	7.17	7.54	6.5-8.5	-
2	Turbidity	NTU	6,850	2740	1,650	5.75	5	5
3	BOD <sub>5</sub>	mg/L	10.15	12.41	16.65	9.30	-	-
4	Ammonia nitrogen (NH <sub>4</sub> -N)	mg/L	1.007	0.31	0.502	0.805	0.5	-
5	Nitrate nitrogen (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	1.491	1.126	1.244	0.837	10	11.3
6	Nitrite nitrogen (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	0.070	0.076	0.054	0.008	0.001	0.9
7	Fluoride (F <sup>-</sup> )	mg/L	0.11	0.17	0.13	0.41	1.5	1.5
8	Manganese (Mn)	mg/L	0.075	0.208	0.150	0.368	0.1	0.4
9	Iron (Fe)	mg/L	1.52	1.98	1.91	0.11	0.3	0.3
10	Zinc (Zn)	mg/L	0.18	0.63	0.24	0.13	5	-
11	Calcium (Ca)	mg/L	6.14	6.98	9.74	17.42	150	-
12	Magnesium (Mg)	mg/L	2.61	3.84	9.21	13.49	100	-
13	Standard plate count bacteria	cfu/ml	1.5 x 10 <sup>6</sup>	8.6 x 10 <sup>6</sup>	1.4 x 10 <sup>6</sup>	1.7 x 10 <sup>5</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	-
14	E. coli	cfu/100 ml	4.8 x 10 <sup>3</sup>	2.6 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	4.7 x 10 <sup>3</sup>	Nil	Nil
15	Cyanide (CN <sup>-</sup> ) <sup>3)</sup>	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	0.5
16	Chromium (Cr <sup>6+</sup> ) <sup>3)</sup>	mg/L	0.053 <sup>4)</sup>	0.036 <sup>4)</sup>	0.014 <sup>4)</sup>	<0.002	0.05	0.05
17	Dissolved Chromium	mg/L	0.005 <sup>4)</sup>	0.005 <sup>4)</sup>	0.002 <sup>4)</sup>	<0.002 <sup>4)</sup>	-	-
18	Cadmium (Cd) <sup>3)</sup>	mg/L	0.0004	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.003	0.003
19	Lead (Pb) <sup>3)</sup>	mg/L	0.065	0.045	0.018	<0.001	0.01	0.01
20	Dissolved Lead <sup>3)</sup>	mg/L	0.005	0.004	0.002	<0.001	-	-
21	Lead in supernatant after Jar Test for coagulation <sup>3)</sup>	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	-	-	-s
22	Mercury (Hg) <sup>3)</sup>	mg/L	0.00043	0.00024	0.00008	<0.00005	0.001	0.006

出典：調査団

- 1) RDWQS: Rwanda Drinking Water Quality Standard
- 2) 6,850 means the value exceeding Rwanda Drinking Water Quality Standard
- 3) Items which are analyzed in Japan.
- 4) Total Chromium

表 5.4-7 地下水水質調査結果 (乾期)

No.	Sampling Location	Unit	G-1 (Nyabarongo at Nzove)	G-2 (Nyabarongo at Kanzeze)	G-3 (Nyabarongo at Masaka)	RDWQS <sup>1)</sup>	WHO Guideline (2017)
	Sampling Date		2020-11-10	2020-11-10	2020-11-10		
1	pH	-	7.00	7.17	7.51	6.5-8.5	-
2	Turbidity	NTU	302	90	21	5	5
3	Electrical Conductivity	μS/cm	244	227	292	1,500	-
4	Ammonia nitrogen (NH <sub>4</sub> -N)	mg/L	0.03	0.00	0.73	0.5	-
5	Nitrate nitrogen (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	0.35	0.50	1.03	10	11.3
6	Nitrite nitrogen (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	0.06	0.10	0.07	0.001	0.9
7	Fluoride (F <sup>-</sup> )	mg/L	0.50	0.09	0.49	1.5	1.5
8	Manganese (Mn)	mg/L	1.30	1.01	3.12	0.1	0.4
9	Iron (Fe)	mg/L	1.46	1.54	2.91	0.3	0.3
10	Calcium (Ca)	mg/L	14.57	12.18	15.62	150	-
11	Magnesium (Mg)	mg/L	11.77	6.34	11.46	100	-
12	Chloride (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	17.6	16.1	22.2	250	-
13	Standard plate count bacteria	cfu/ml	1 x 10 <sup>3</sup>	3.6 x 10 <sup>3</sup>	8.5 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	-
14	E. coli	cfu/100 ml	1.4 x 10 <sup>1</sup>	8.9 x 10 <sup>1</sup>	1.9 x 10 <sup>1</sup>	Nil	Nil
15	Arsenic (As) <sup>3)</sup>	mg/L	0.004	0.005	0.003	0.01	0.01

出典：調査団

- 1) RDWQS: Rwanda Drinking Water Quality Standard
- 2) 302 means the value exceeding Rwanda Drinking Water Quality Standard
- 3) Items which are analyzed in Japan.

表 5.4-8 地下水水質調査結果 (雨期)

No.	Sampling Location	Unit	G-1 (Nyabarongo at Nzove)	G-2 (Nyabarongo at Kanzeze)	G-3 (Nyabarongo at Masaka)	RDWQS <sup>1)</sup>	WHO Guideline (2017)
	Sampling Date		2021-02-17	2021-02-17	2021-02-19		
1	pH	-	6.57	6.61	6.61	6.5-8.5	-
2	Turbidity	NTU	50	92	18	5	5
3	Electrical Conductivity	μS/cm	224	312	257	1,500	-
4	Ammonia nitrogen (NH <sub>4</sub> -N)	mg/L	0.234	0.311	0.279	0.5	-
5	Nitrate nitrogen (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	2.07	2.00	1.425	10	11.3
6	Nitrite nitrogen (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	0.011	0.004	0.013	0.001	0.9
7	Fluoride (F <sup>-</sup> )	mg/L	0.87	0.81	0.80	1.5	1.5
8	Manganese (Mn)	mg/L	2.022	1.654	3.037	0.1	0.4
9	Iron (Fe)	mg/L	2.40	1.83	6.70	0.3	0.3
10	Calcium (Ca)	mg/L	15.39	16.29	18.10	150	-
11	Magnesium (Mg)	mg/L	10.16	13.66	14.13	100	-
12	Chloride (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	13.5	13.9	14.2	250	-
13	Standard plate count bacteria	cfu/ml	4.3 x 10 <sup>4</sup>	9.3 x 10 <sup>3</sup>	3.2 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	-
14	E. coli	cfu/100 ml	< 1 x 10 <sup>0</sup>	1.8 x 10 <sup>4</sup>	8 x 10 <sup>3</sup>	Nil	Nil
15	Arsenic (As) <sup>3)</sup>	mg/L	0.002	0.004	0.006	0.01	0.01
16	Lead (Pb) <sup>3)</sup>	mg/L	<0.001	<0.001	0.002	0.01	0.01

出典：調査団

- 1) RDWQS: Rwanda Drinking Water Quality Standard
- 2) 50 means the value exceeding Rwanda Drinking Water Quality Standard
- 3) Items which are analyzed in Japan.

今回実施した表流水水質調査の結果から、Nyabarongo / Akagera 川の上流、中流、下流の間の水質に関して大きな差が無いことが分かり、懸念される主要地域の水質としては、濁度、有機物及びバクテリアが挙げられる。Mugesera 湖に関しては、低濁度及び進行した富栄養化と相関性のある高 pH 値という特性を除き、他の水質項目は Nyabarongo 川と比較して大差はなかった（補足：Mugesera 湖における BOD<sub>5</sub>、一般細菌及び重金属類は Nyabarongo 川と同レベルであった。また、同湖におけるアンモニア態窒素、鉄及びマンガンは通常の浄水処理プロセスでルワンダ水質基準及び WHO ガイドライン値まで処理可能である）。

更に、表 5.4-6 に示す通り、Nyabarongo / Akagera 川の上流 (S-1)、中流 (S-2)、下流 (S-3) における鉛濃度がルワンダ水質基準及び WHO ガイドライン値 (共に 0.01 mg/L) を超えていることが分かった。既設浄水場における原水中の濃度と処理状況の確認のため、鉛に関する追加調査を実施し、その結果を表 5.4-9 に示した。

表 5.4-9 鉛に関する追加調査結果

Sampling Location	Unit	Lead Concentration (May 2021)	Lead Concentration (August 2021)
1. Nyabarongo River Water (Intake of Nzove 2 WTP)	mg/L	0.006	0.037
2. Settled Water (after Sedimentation Tank in Nzove 2 WTP)	mg/L	<0.001	<0.001
3. Filtered Water (after Pressure Filter of Nzove 2 WTP)	mg/L	<0.001	<0.001
4. Groundwater for Nzove 1 WTP (at Contact Oxidation Tank)	mg/L	<0.001	<0.001
5. Filtered Water (after Filtration of Nzove 1 WTP)	mg/L	<0.001	<0.001
6. Nyabarongo River Water at Masaka	mg/L	0.005	0.074
7. Groundwater at Masaka Well	mg/L	0.005	<0.001
Rwanda Standard and WHO Guideline	mg/L	0.01	0.01

出典：調査団（分析は日本で実施した。）

表 5.4-9 の通り、Nyabarongo/Akagera 川からの原水中の鉛は、ルワンダ基準及び WHO ガイドライン値を超過したものの、浄水処理過程の全ての段階におけるサンプルにおいて、鉛は検出されなかった。

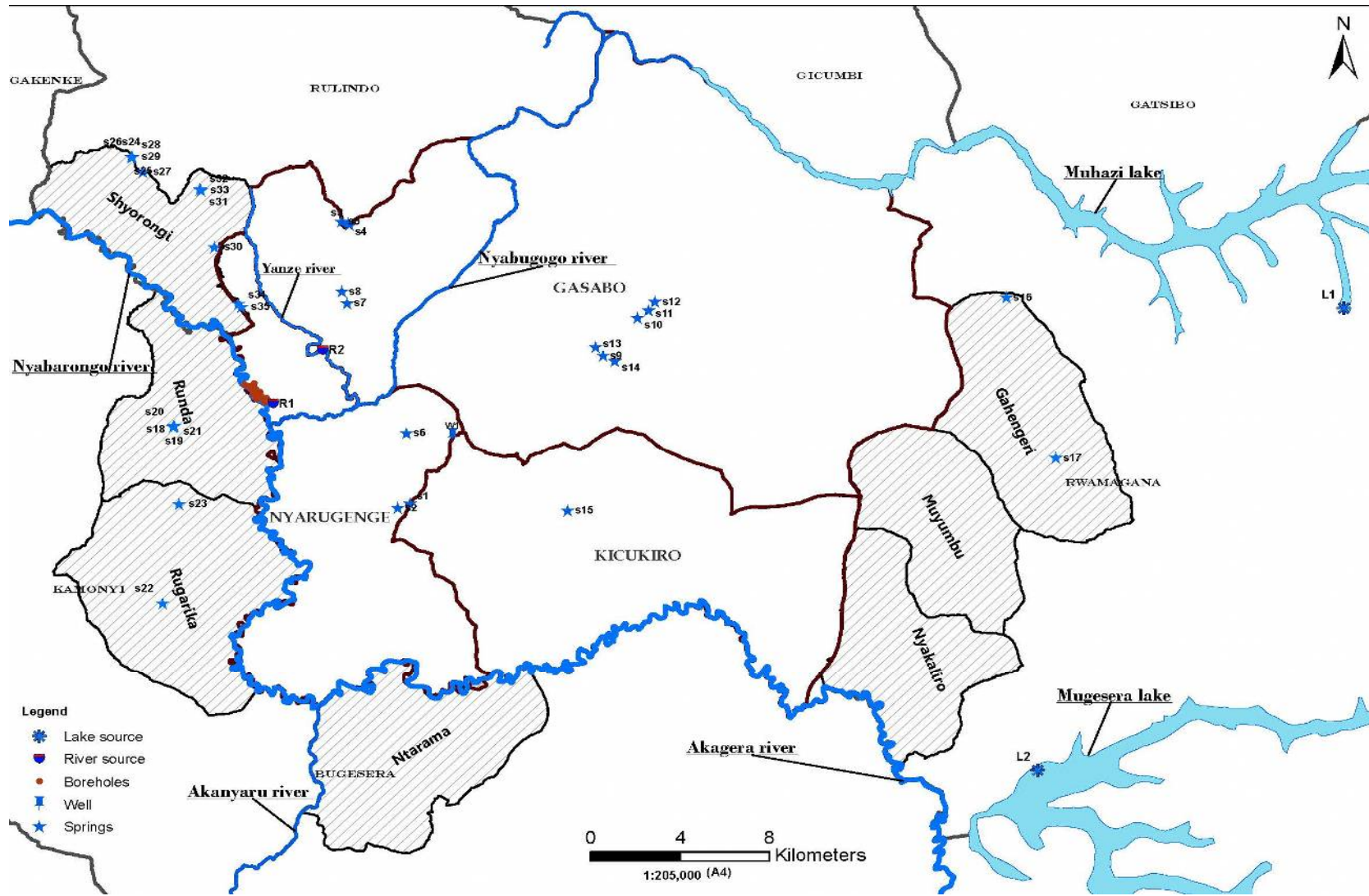
地下水質については、Nyabarongo/Akagera 川に比べて全箇所において濁度が低かった。ただし、鉄 (Fe) とマンガン (Mn) は河川の濃度よりも高くなっていた。基本的に、表流水は従来の処理プロセスで処理可能であり、地下水は生物接触酸化と急速ろ過で処理可能である。そのため飲料水供給に関するルワンダ基準及び WHO ガイドライン値の達成は可能である。

現在の水源に係る課題は、表 5.4-10 に示すとおりである。

表 5.4-10 各水源の課題

Water Source	Development Potential	Problems
River water	High	Poor water quality, cost of treatment is high
Groundwater	Moderate to Low	Need O&M of borehole and monitoring of water level regularly. Extra maintenance cost for borehole rehabilitation.
Springwater	Low	Difficult to protect around spring area due to urbanization
Lake water	High	Difficult to estimate sustainable amount to use and need the permission to use from RWFA

出典：調査団



5-27

出典：調査団

図 5.4-2 WASAC 既存水源

## 5.5 既存給水施設

### 5.5.1 キガリ市の各浄水場

2019年6月の時点でキガリ市には4つの既存の浄水場（WTP）、すなわち、Nzove、Kimisagara、Karengé、Kanzenzeがある。表5.5-1に示すように、これらの浄水場の現在及び将来（2020年計画時点）の浄水量は、それぞれ142,000 m<sup>3</sup>/d及び207,000 m<sup>3</sup>/dである。

表 5.5-1 キガリ市の各浄水場概要（2019）

WTP		Capacity (m <sup>3</sup> /d)	Current Condition	Water Source	Remarks
Nzove	Nzove 1	25,000	Existing	Well (infiltrated water of Nyabarongo River)	The capacity is also reported in some reports 30,000 or 40,000 m <sup>3</sup> /d.
	Nzove 2	40,000	Existing	Nyabarongo River	
	New Nzove 1	40,000 (25,000)	Existing Future	Ditto	Sedimentation tanks with a capacity of 65,000 m <sup>3</sup> /d were constructed.
Kimisagara		22,000	Existing	Yanze River (a tributary of Nyabarongo River)	
Karengé		15,000	Existing	Mugesera Lake	
Kanzenze		(40,000)	Under construction	Well (infiltrated water of Nyabarongo River)	Completed in 2020.
Current Total Capacity		<b>142,000</b>			
Future Total Capacity		<b>207,000</b>			

出典：WASAC

#### 5.5.1.1 Nzove 浄水場

Nzove 浄水場は、キガリ市の西部 Nyarugenge 地区の Kanyinya セクターにある。当該処理場は、Nzove 1、Nzove 2、New Nzove 1 の3つで構成されている。総設計浄水量は120,000 m<sup>3</sup>/d（将来的には120,000 + 25,000 = 145,000 m<sup>3</sup>/d）であるが、実際の容量及び浄水量はそれぞれ105,000 m<sup>3</sup>/d（将来的には105,000 + 25,000 = 130,000 m<sup>3</sup>/d）及び57,000 m<sup>3</sup>/dに過ぎない。当該処理場の概要を表5.5-2に示す。



表 5.5-2 Nzove 浄水場概要 (2021)

WTP	Nzove 1		Nzove 2		New Nzove 1		Current Total
	Original	Expansion	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2	
Design capacity (m <sup>3</sup> /d)	3,500 (Pilot)	40,000	25,000	15,000	40,000	(25,000)	120,000
Actual capacity (m <sup>3</sup> /d)	-	25,000	25,000	15,000	40,000	(25,000)	105,000
Current production (m <sup>3</sup> /d)	-	17,000			40,000	-	57,000
Water Source	Well (infiltrated water Nyabarongo River)		Nyabarongo River		Nyabarongo River		-
Construction year	2002	2009	2016	2017	2018	-	-
Contractor	ESPINA (Spain)		Culligan International (America)		Culligan International (America)		-
Construction cost (mil. \$)		28 <sup>1)</sup>	7.4 <sup>2)</sup>		40.2 <sup>3)</sup>		-

出典 : Planning for Resilience in East Africa through Policy, Adaptation, Research, and Economic Development (Prepared), USAID, 2014;

1) Converted from contract amount (155.6 Rwf) between Government of Rwanda and ESPINA dated 13/09/2006.

2) The cost included the construction of an intake, raw water transportation pipe, sedimentation tanks with the capacity to produce 40,000 m<sup>3</sup>/d, pump station installed with pumps with a capacity 25,000 m<sup>3</sup>/d, Culligan OFFSY filters with a capacity of 25,000 m<sup>3</sup>/d, and fiberglass tank with a capacity of 1,000 m<sup>3</sup>

3) The cost included Culligan OFFSY filters with 15,000 m<sup>3</sup>/d capacity for Nzove 2 Phase 2, and sedimentation tanks with the capacity to produce 65,000 m<sup>3</sup>/d for New Nzove 1, Culligan OFFSY filters with the capacity of 40,000 m<sup>3</sup>/d and other facilities, and transmission pipelines to Mountain Kigali and Rebero reservoirs.

Nzove 1 WTP の運用維持管理システムを表 5.5-3 に要約した。

表 5.5-3 Nzove 浄水場の OM システム概要

Item	Content	Remarks
Total number of staff	53 (Nzove 1, Nzove 2 and New Nzove 1)	Permanent: 20 Temporary: 33 (one year contract)
OM system	2 shift/day (07:00 – 17:00: 7-8 staff/shift) (17:00 – 07:00: 7-8 staff/shift)	One shift including 1 team leader, 2 staff for process, 2 for laboratory and 2-3 E&M <sup>1)</sup>
Water sampling location	1: Raw water 2: After biological contact oxidation or sedimentation 3: After filtration 4: Reservoir	Raw water sampling at the biological contact oxidation tank
Sampling frequency	1 sample/hr	
Analysis parameter	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ pH, turbidity (once/hr)</li> <li>➢ Bacteria, physical and chemical items, toxic and heavy metals (once/month)</li> </ul>	

出典 : WASAC

1) E&M: electricity and machinery.

Nzove 浄水場には、プラント全体の水質管理のための水質試験室があり、表 5.5-4 にその人員配置を示す。

表 5.5-4 Nzove 浄水場ラボ職員の概要

Structure of Laboratory	Education Level	No.	Major	Remarks (years of service in WASAC etc.)
Chief	B. Sc.	1	Biochemistry	Previous laboratory technician
Technician	College and B. Sc.	4	Biochemistry and other fields	More than 5 years
Temporary staff	B. Sc.	2	Chemistry	3 years
Total number	-	7	-	

出典 : WASAC

**(1) Nzove 1 浄水場**

Nzove 1 浄水場は、Nyabarongo River 沿いにある 31 か所の井戸（総量 34,700 m<sup>3</sup>/d、深さ 14 m）を水源としている。ただし、現在機能しているのは 22 井戸（総量 28,000 m<sup>3</sup>/d）のみである。図 5.5-1 に、Nzove 1 浄水場に水を供給する井戸及び接合井の例を示す。



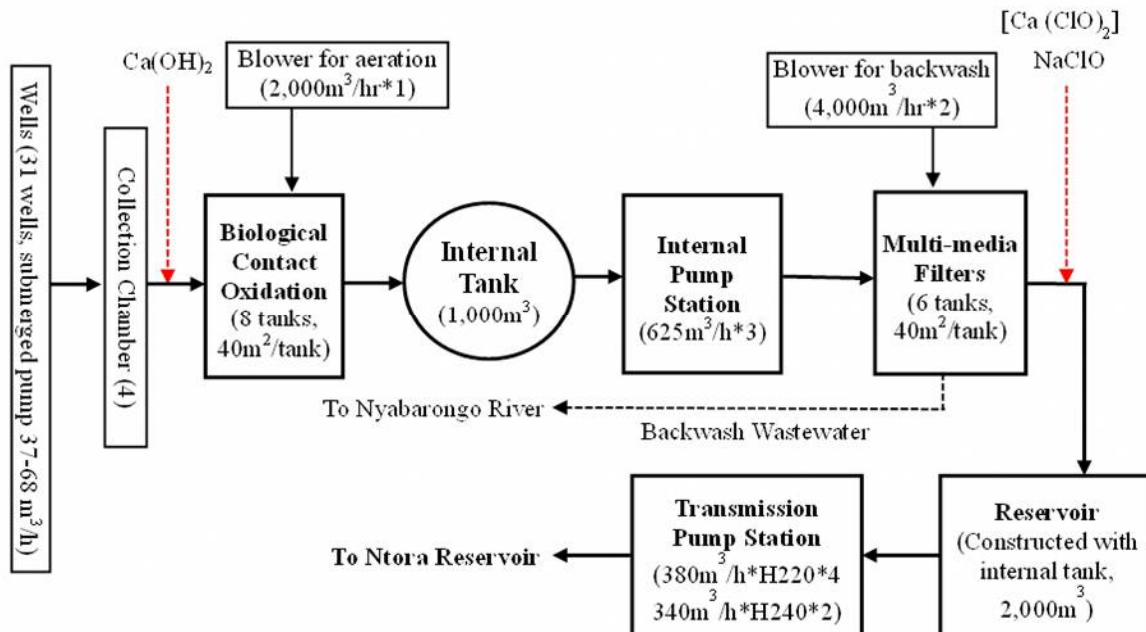
One of the wells for Nzove 1 WTP  
 出典：調査団



One of the collection chambers (four in total)

図 5.5-1 Nzove 1 浄水場の水源

図 5.5-2 に Nzove 1 浄水場の処理フロー、図 5.5-3 に Nzove1 浄水場の処理施設の状況を示す。2018 年まで、次亜塩素酸カルシウム [Ca(ClO)<sub>2</sub>] が塩素処理に使用された。2019 年から、次亜塩素酸ナトリウム (NaClO) に切り替え、Nzove 2 浄水場及び New Nzove 1 浄水場に次亜塩素酸ナトリウム生成システムが完成した。



出典：調査団

図 5.5-2 Nzove 1 浄水場の処理プロセス



Biological contact oxidation tank

出典：調査団



Multi-media filter

図 5.5-3 Nzove 1 浄水場の処理施設

設計原水水質と処理水水質は表 5.5-5 に示す通りである。原水中の鉄とマンガンの濃度は高いが、処理水はルワンダの飲料水水質基準を満たしている。一方、Nzove 1 浄水場においては、井戸数の不足（31 井戸合計の取水能力は約 34,700 m<sup>3</sup>/d）、井戸の閉塞（既存の 9 井戸が使用不可）及び生物接触酸化フィルターの劣化のため、当初の設計能力（40,000 m<sup>3</sup>/d）での処理ができていない状況であり、Nzove 1 浄水場の実際の浄水量は約 25,000 m<sup>3</sup>/d である。

表 5.5-5 Nzove 1 浄水場の原水及び浄水水質（2018）

Parameter	Unit	Design Raw Water Quality	Current Raw Water Quality <sup>1)</sup>	Current Raw Water Quality <sup>2)</sup>	Treated Water Quality		Drinking Water Quality Standards
					After Oxidation	Finish Water	
Turbidity	NTU	<10	<u>17-43</u> 28	7.0	2.3	<u>1.2-3.0</u> 2.3	5
Iron (Fe)	mg/L	10	<u>9.0-38</u> 15	3.48	0.16	<u>0.08-0.31</u> 0.19	0.3
Manganese (Mn)	mg/L	3.2	<u>1.4-4.1</u> 2.7	0.418	0.016	<u>0.010-0.025</u> 0.020	0.1
Ammonia (NH <sub>3</sub> )	mg/L	7.9	<u>0.1-2.0</u> 1.3	0.16	0.05	<u>0.01-0.10</u> 0.06	0.5
Fluoride (F <sup>-</sup> )	mg/L	-	<u>0.29-10.5</u> 4.03	<0.02	-	<u>0.04-0.90</u> 0.32	1.0
Cooper (Cu)	mg/L	-	<u>0.8-2.5</u> 1.6	0.72	-	<u>0.01-0.06</u> 0.03	1.0
Chromium (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	-	<u>0.10-5.1</u> 1.4	0.035	-	<u>0.003-0.020</u> 0.011	0.05
Cyanide (CN <sup>-</sup> )	mg/L	-	<u>0.030-0.120</u> 0.061	0.23	-	<u>0.001-0.012</u> <u>0.004</u>	0.01

出典：：2018 Monthly Report of WASAC

Up figures: min.-max. values / Low figures: average values

1): The results of the laboratory at Nzove WTP

2): The results of WASAC central laboratory

薬品及び電力消費量を表 5.5-6 にまとめた。Nzove 1 浄水場の単位電力消費量は 1.45 kWh/m<sup>3</sup>（浄水量）であり、Nzove 2 及び New Nzove 1 浄水場（1.12 kWh/m<sup>3</sup>）や日本の平均値（0.3-0.4 kWh/m<sup>3</sup>）よりも多くなっている。この主な理由は、送水ポンプ場及び場内ポンプの消費電力が大きいためである。

表 5.5-6 Nzove 1 浄水場の薬品及び電気消費量

Item	Unit	2018	Remarks
Treated water volume	m <sup>3</sup> /d	17,000	Average 12,700 m <sup>3</sup> /d in 2019 May
Calcium hydroxide [Ca(OH) <sub>2</sub> ]	Kg/year	86,950	
Dosage of Ca(OH) <sub>2</sub>	mg/L	5.3	Average value calculated from consumption.
Calcium hypochlorite [Ca(ClO) <sub>2</sub> ]	Kg/year	45	
Dosage of Ca(ClO) <sub>2</sub>	mg/L	-	Not applied now.
Salt consumption	Kg/year	158,800	The figure including usage for Nzove 2 and New Nzove 1 WTP in 2018
Dosage of NaClO	mg/L	2	
Dosage of coagulant (Sudfloc)	mg/L	15	Average value of whole WTP in 2018. Dosage of coagulant in Nzove 1 WTP is not available.
Power consumption	kWh/year	3,870,000	Estimated from the data of 2019 May (7 months operation per year). Nzove 1 and Nzove 2 WTP shared pumping station to Ntora reservoir.
Unit power consumption (excluding pump station)	kWh/m <sup>3</sup>	1.45	Average value in May 2019. For whole WTP, the value is 1.17 kWh/m <sup>3</sup> in 2018.
Unit operation & maintenance (OM) cost	Rwf/m <sup>3</sup>	376 (estimated)	334 RWF/m <sup>3</sup> for whole WTP in 2018 (including chemicals, power for production and transmission, personnel, administration, depreciation cost and other costs). Of which, power costs account for 52%.

出典：WASAC 及び調査団

O/M に関する主な課題を表 5.5-7 に示す。

表 5.5-7 Nzove 1 浄水場 OM に関する課題

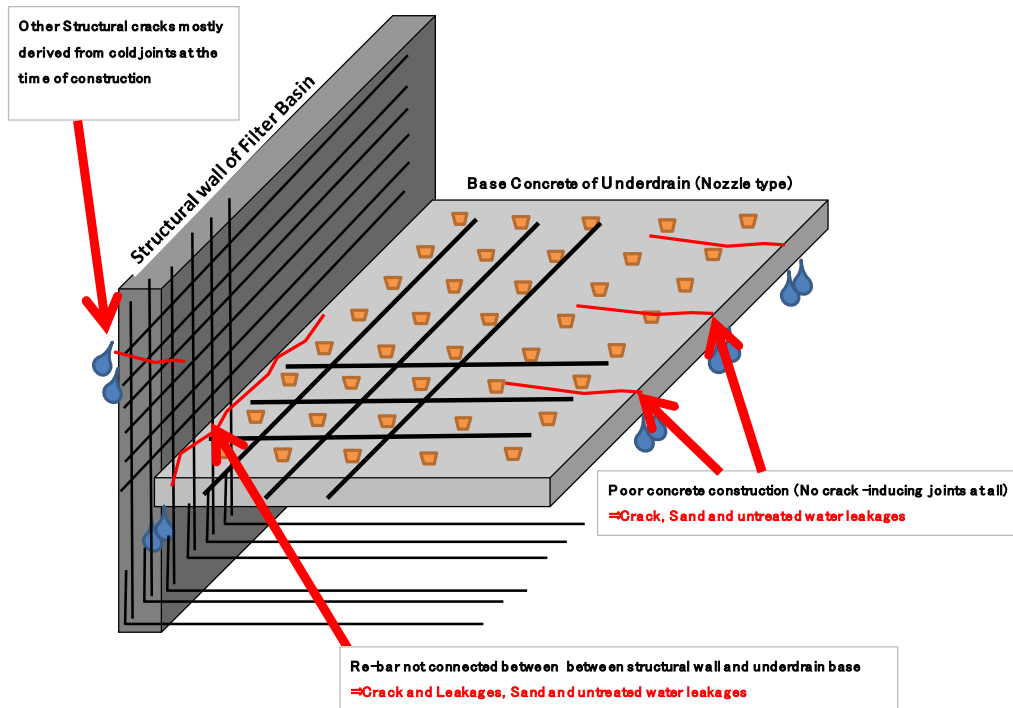
Item	Content	Remarks (Urgency)
Technical aspect	1. Shortage of raw water quantity (construction more wells)	High
	2. Rehabilitation or reconstruction of treatment facilities	High
	3. Low treatment efficiency of Fe and Mn of biological contact oxidation	Medium
	4. High turbidity of raw water	Medium
	5. No automatic control system	Medium
	6. Flow out of filter media	Low
	7. Shortage of analysis equipment in the laboratory	Low
Organizational aspect	8. Capacity development of OM staff	Medium-High
	9. Shortage of staff number	Medium
	10. Frequent personnel movement	Low
	11. QC activity in the laboratory	High
Financial aspect	12. Reduction of high OM cost	High
	13. Shortage of vehicle	Medium
	14. Shortage of budget for purchasing daily supplies (such as a fan)	Low
Others	15. Shortage of standard operation procedure (SOP)	Low
	16. Backwash wastewater discharge without proper treatment	Low
	17. Blackout (now the situation has been improved)	Low

出典：WASAC 及び調査団

Nzove 1 浄水場では、浄水量と構造の両方に問題を抱えている。浄水量の減少（設計浄水量; 40,000 m<sup>3</sup>/日、実際の生産量; 17,000 m<sup>3</sup>/日）は、前述のように劣化、井戸数の不足及び建設上の欠陥が原因となっている可能性がある。図 5.5-4 には Nzove 1 浄水場施設の構造上の問題が示されている。浄水場担当マネージャーへのインタビューの結果、支持（ベース）コンクリートスラブが施工時に

亀裂を起こし、甚大な被害が生じたことが判明した。暗渠のベーススラブに亀裂があると、ろ過前後の漏水により水質が悪化し、処理水質を保つために水量を減らす必要が生じる。処理場外側からも外壁に多くの亀裂や水漏れが見られた（図 5.5-5）。亀裂は、建設時のコールドジョイントが原因で生じたものと推定される。

さらに、Nzove 1 浄水場には、最終的なろ過プロセスに不要な中間ポンプが使用されるため、エネルギー効率の問題がある。本来、Nzove 1 浄水場の重力ろ過システムは、過剰な機器やエネルギーを不要とする自然流下として設計されている。



出典：調査団

図 5.5-4 Nzove 1 浄水場の接触酸化処理施設問題の概略図



出典：調査団

図 5.5-5 Nzove 1 浄水場の接触酸化処理施設の亀裂と水漏れ様子



## (2) Nzove 2 浄水場

Nzove 2 浄水場は、Nyabarongo 川から表流水を取水している。図 5.5-6 に、Nzove 2 浄水場の取水設備の様子を示す。



Old intake for Nzove 2 WTP (only for emergency use now)

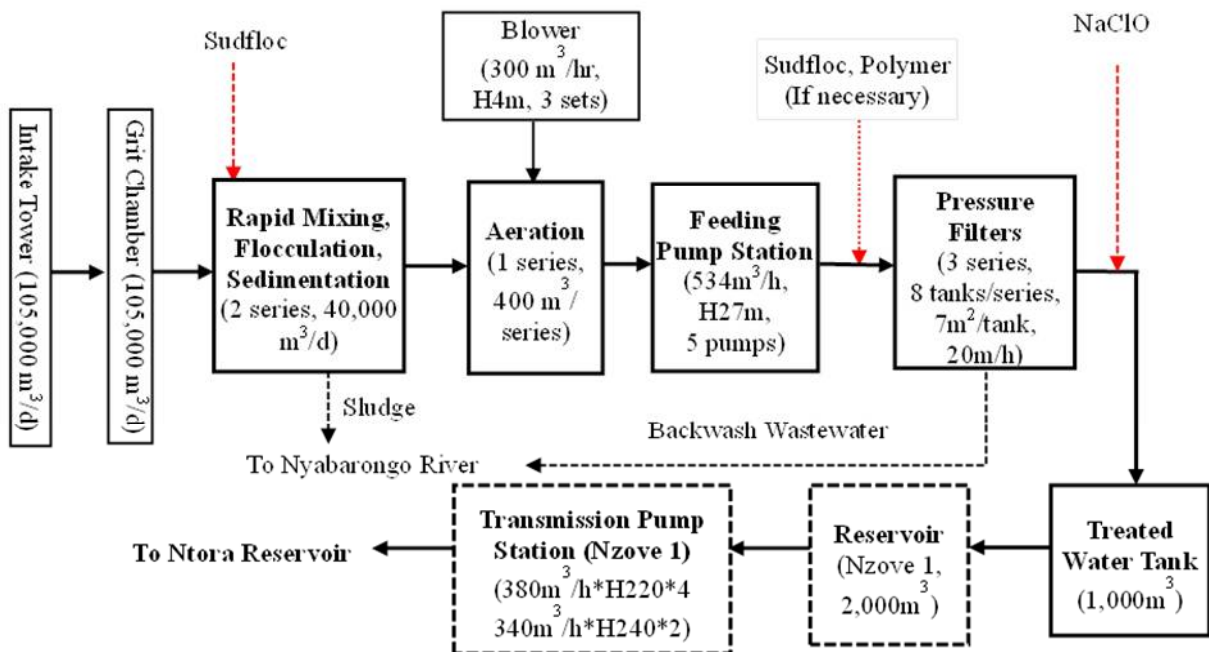
出典：調査団



New intake with grit chamber for Nzove 2 WTP (including New Nzove 1 WTP)

図 5.5-6 Nzove 2 と New Nzove 1 浄水場の取水施設

図 5.5-7 は Nzove 2 浄水場の処理プロセスを示し、表 5.5-8 は圧力ろ過プロセスの2段階（フェーズ1では 25,000 m<sup>3</sup>/d、フェーズ2では 15,000 m<sup>3</sup>/d）で建設された Nzove 2 浄水場の処理施設を示している。次亜塩素酸ナトリウムは、塩素処理のために現場で生産され、平均注入率は 2 mg/l である。



出典：調査団

図 5.5-7 Nzove 2 浄水場の処理プロセス



Mixing, flocculation, sedimentation and aeration facilities

出典：調査団



Pressure filters (2 stages filtration)

図 5.5-8 Nzove 2 浄水場の処理施設 Treatment Facilities of the Nzove 2 WTP

原水水質と処理水水質を表 5.5-8 に示す。雨期の原水の濁度は非常に高いが、処理水はルワンダの飲料水水質基準を満たしている。ただし、実際の運転中に原水濁度が 10,000 NTU を超えると、取水停止が適用される。表 5.5-9 は、2017 年の取水停止記録の要約である。

表 5.5-8 Nzove 2 浄水場の原水及び浄水水質 (2018)

Parameter	Unit	Current Raw Water Quality	Treated Water Quality	Rwanda Standard
pH	-	7.0-7.6 7.1	7.2-7.7 7.4	6-9
Turbidity	NTU	370-6,040 1,994	0.35-1.40 0.93	5
Color	TCU	1,023-28,150 9,297	2-57 11	15
Iron (Fe)	mg/L	3.8-43 17.2	0.03-0.23 0.10	0.3
Manganese (Mn)	mg/L	0.4-3.5 1.8	0.003-0.055 0.032	0.1
Ammonia (NH <sub>3</sub> )	mg/L	0.7-7.2 2.7	0.01-0.18 0.05	0.5
Coliform	CFU/100mL	4.9×10 <sup>2</sup> -2.6×10 <sup>5</sup> 6.4×10 <sup>4</sup>	Nil	Nil
Cl <sub>2</sub>	mg/L	-	1.2-1.7	0.2-0.5

出典：：2018 Monthly Report of WASAC

表 5.5-9 Nzove 2 浄水場における高濁度での取水停止概要 (2017年)

No.	Date	Intake Stop Time (hr)	Monthly Intake Stop Time (hr/month)	Remark
1	Jan. 2	5	5	>20,000 NTU
2	Mar. 10	5	8	>15,000 NTU
3	Mar. 21	3		
4	Apr. 11	6	32	>10,000 NTU
5	Sep. 7	9		
6	Sep. 9	4		
7	Sep. 11	3		
8	Sep. 19	4		
9	Sep. 20	3		
10	Sep. 26	8		
11	Sep. 27	1		
12	Oct. 10	4	83	

No.	Date	Intake Stop Time (hr)	Monthly Intake Stop Time (hr/month)	Remark
13	Oct. 11	17		
14	Oct. 13	18		
15	Oct. 16	5		
16	Oct. 18	3		
17	Oct. 20	9		
18	Oct. 27	17		
19	Oct. 28	3		
20	Oct. 29	7		
21	Nov. 7	10		
22	Nov. 11	3		
23	Dec. 3	5	13	
Min.		1	5	
Average		6.6		
Max.		18		

出典：：2017 Monthly Report of WASAC

薬品及び電力の消費量を表 5.5-10 にまとめた。

表 5.5-10 Nzove 2 浄水場の薬品及び電気消費量

Item	Unit	2018	Remarks
Treated water volume	m <sup>3</sup> /d	37,600	Estimated from total treated water volume of whole WTP and Nzove 1 in 2018.
Salt consumption	Kg/year	158,800	Value for whole WTP in 2018
Dosage of NaClO	mg/L	2	
Power consumption	kWh/year	15,370,000 (estimated)	In 2018, Nzove 1 and Nzove 2 WTP shared pumping station to Ntora reservoir.
Unit power consumption (excluding pump station)	kWh/m <sup>3</sup>	1.12	Estimated from total power consumption of whole WTP and Nzove 1
Unit operation & maintenance (OM) cost	Rwf/m <sup>3</sup>	326 (Estimated)	Including chemicals, power for production and transmission, personnel, administration, Depreciation cost and other costs).

出典：WASAC 及び調査団

O/M の主な課題を表 5.5-11 にまとめた。

表 5.5-11 Nzove 2 浄水場 OM に関する課題

Item	Content	Remarks (Urgency)
Technical aspect	1. High turbidity of raw water during the rainy season	High
	2. Capacity shortage of transmission pipe	Medium (to be solved under JICA's grant project)
	3. Difficult for the OM of pressure filter operation	Medium-Low (handed-over in May 2019)
	4. Shortage of analysis equipment in the laboratory	Low
Organizational aspect	5. Capacity development of OM staff	High
	6. Shortage of staff number	Medium
	7. QC activity in the laboratory	High
Financial aspect	8. Reduction of high OM cost	Medium (lower than Nzove 1)
Others	9. Improvement of standard operation procedure (SOP)	Low
	10. Backwash wastewater discharge without proper treatment	Low
	11. Blackout (now the situation has been improved)	Low
	12. Intake facilities damage due to flood	High (long-term solutions are needed)

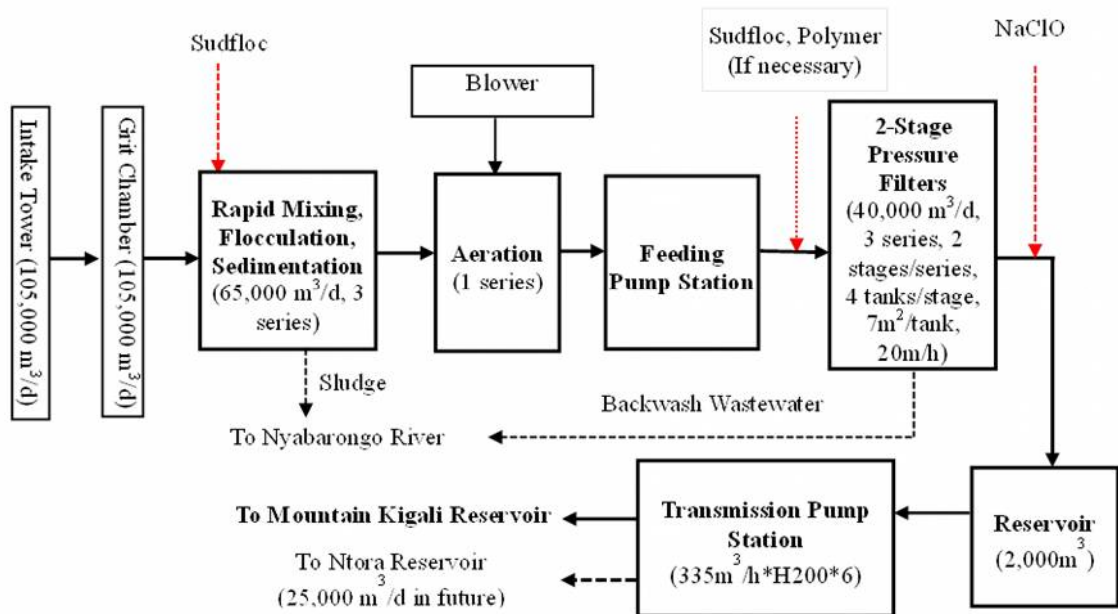
出典：WASAC 及び調査団



**(3)New Nzove 1 浄水場**

New Nzove 1 浄水場は、図 5.5-9 に示すように処理能力 105,000 m<sup>3</sup>/d の新しい取水施設を使用して Nyabarongo 川から表流水を取水している。New Nzove 1 浄水場の現在の浄水量は 40,000 m<sup>3</sup>/d で、将来的には、25,000 m<sup>3</sup>/d の圧力フィルターを設置するのみで、65,000 m<sup>3</sup>/d に拡張することが計画されていた。

図 5.5-9 は New Nzove 1 浄水場の処理プロセス、図 5.5-10 は New Nzove 1 浄水場の処理施設を示している。次亜塩素酸ナトリウムは、塩素処理を目的として浄水場内で製造されている。New Nzove 1 浄水場は、2020 年半ばに Culligan から WASAC に引き渡された。



出典：WASAC 及び調査団

図 5.5-9 New Nzove 1 浄水場の処理プロセス



Mixing, flocculation, sedimentation and aeration facilities



Pressure filters (2 stages filtration, open space on left will be used for installing filters of New Nzove 1 Phase 2



Transmission pump station

出典：調査団

in future)



Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)

図 5.5-10 New Nzove 1 浄水場の処理施設

原水水質及び処理水水質を表 5.5-12 に示す。

表 5.5-12 New Nzove 1 浄水場の原水及び浄水水質 (2021年5月)

Parameter	Unit	Current Raw Water Quality (Average)	Treated Water Quality (Average)	Rwanda Standard
pH	-	7.8	7.77	6-9
Turbidity	NTU	415	0.98	5
Color	TCU	1,826	5	15
Iron (Fe)	mg/L	3.8	0.09	0.3
Manganese (Mn)	mg/L	0.74	0.032	0.1
Ammonia (NH <sub>3</sub> )	mg/L	0.9	0.04	0.5
Coliform	CFU/100mL	1.1×10 <sup>4</sup>	<1	Nil
Cl <sub>2</sub>	mg/L	-	1.2	0.2-0.5

出典：WASAC

図 5.5-13 に、New Nzove 1 浄水場における薬品及び電力消費量を示す。Nzove 1 浄水場と比較して、New Nzove 1 浄水場における単位浄水量当たりの電力消費量は小さい。

表 5.5-13 New Nzove 1 浄水場の薬品及び電気消費量

Item	Unit	2019	Remarks
Treated water volume	m <sup>3</sup> /d	36,300	Average production from Jan. to Jun. 2019
Salt consumption	Kg/day	600	For whole WTP use
Dosage of NaClO	mg/L	2	
Power consumption	kWh/day	23,321	
Unit power consumption	kWh/m <sup>3</sup>	0.64	Partial power consumption of transmission pumping stations is not included. The value is considered to be same as that of Nzove 2 WTP (1.12 kWh/m <sup>3</sup> )
Unit operation & maintenance (OM) cost	RWF/m <sup>3</sup>	321 (estimated)	Including chemicals, power for production and transmission, personnel, administration, Depreciation cost and other costs.

出典：WASAC 及び調査団

O/M の主な課題を図 5.5-14 に示す。

表 5.5-14 New Nzove 1 WTP の OM に関する課題

Item	Content	Remarks (Urgency)
Technical aspect	1. High turbidity of raw water during the rainy season	High
	2. Capacity shortage of transmission pipe	Low (transmission pipe to Mountain Kigali is on-going)
	3. Difficult for the OM of pressure filter operation	Medium-Low (handed-over in May 2019)
Organizational aspect	4. Capacity development of OM staff	High
	5. Shortage of staff number	Medium
	6. QC activity in the laboratory	High
Financial aspect	7. Reduction of high OM cost	Medium (lower than Nzove 1)
Others	8. Improvement of standard operation procedure (SOP)	Low
	9. Backwash wastewater discharge without proper treatment	Low
	10. Blackout (now the situation has been improved)	Low
	11. Intake facilities damage due to flood	High (long-term solutions are needed)

出典：WASAC 及び調査団

### 5.5.1.2 Kimisagara 浄水場

Kimisagara 浄水場は、市内中心部から約 1km の Nyarugenge 地区 Kimisagara セクターに位置する。Kimisagara 浄水場は、Nyabarong 川の支流である Yanze 川から原水を得ている。簡易沈殿池を備えた取水口は、Kimisagara 浄水場から約 6km の場所にある。前処理水は、口径 600mm 管を経て Kimisagara 浄水場に自然流下で送られ、Bwino 地点から 4 系統の口径 300mm 管に分岐している。



Intake for Kimisagara WTP

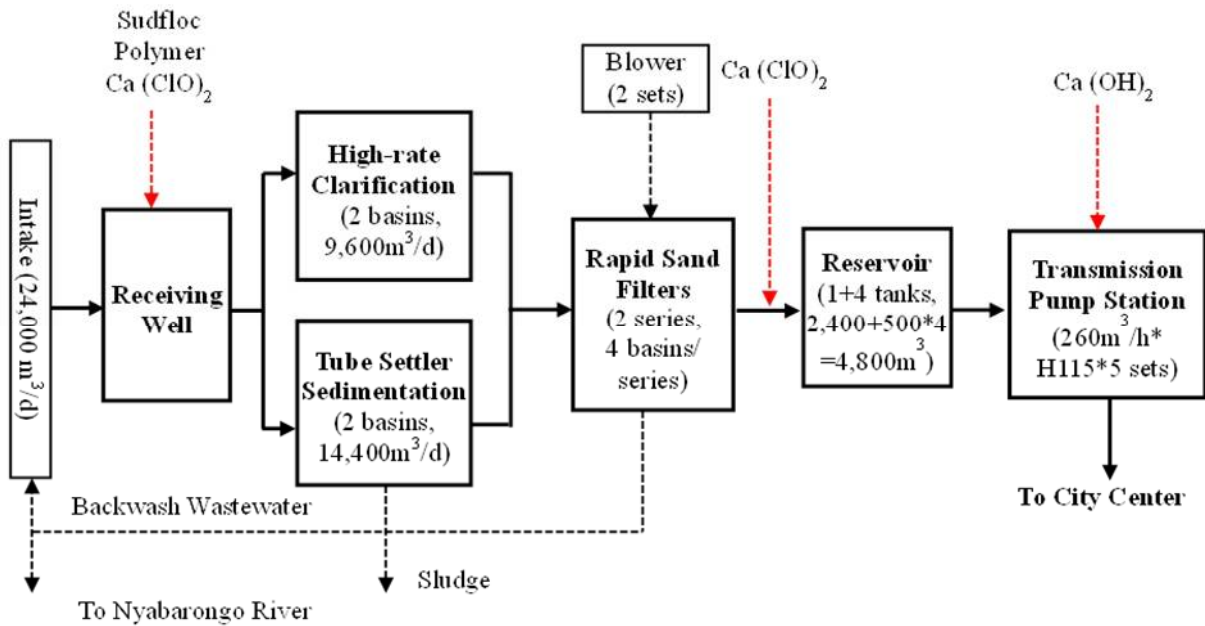
出典：調査団



Pre-sedimentation tanks

図 5.5-11 Kimisagara 浄水場の取水施設と前処理施設

Kimisagara 浄水場は 1981 年に建設され、1988 年に SAUR（フランスの水道会社）により拡張された。設計容量と実際の容量は、それぞれ 24,000 m<sup>3</sup>/d 及び 22,000 m<sup>3</sup>/d である。図 5.5-12 は Kimisagara 浄水場の処理プロセス、図 5.5-13 は Kimisagara 浄水場の処理施設を示している。次亜塩素酸カルシウム[Ca(ClO)<sub>2</sub>]が塩素処理に使用され、2018 年の平均注入率は 1.3 mg/l であった。現在、次亜塩素酸ナトリウム (NaOCl) が採用され、次亜塩素酸カルシウムは特別な場合（次亜塩素酸ナトリウム生成システムで障害が発生した場合など）にのみ使用されている。



出典：調査団

図 5.5-12 Kimisagara 浄水場の処理プロセス Treatment Flow Chart of the Kimisagara WTP



High-rate clarification basins



Tube settler sedimentation basins (front) and rapid sand filters (back)

出典：調査団

図 5.5-13 Kimisagara 浄水場の処理施設 Treatment Facilities of the Kimisagara WTP

原水水質及び処理水水質を表 5.5-15 に示す。

表 5.5-15 Kimisagara 浄水場の原水及び浄水水質 (2018)

Parameter	Unit	Current Raw Water Quality	Treated Water Quality	Rwanda Standard
pH	-	7.0-7.0 7.0	7.0-7.0 7.0	6-9
Turbidity	NTU	44-1,183 368	0.55-2.29 1.32	5
Color	TCU	-	-	15
Iron (Fe)	mg/L	0.03-2.90 1.15	0.00-0.09 0.04	0.3
Manganese (Mn)	mg/L	0.01-0.33 0.13	0.009-0.153 0.051	0.1

Parameter	Unit	Current Raw Water Quality	Treated Water Quality	Rwanda Standard
Ammonia (NH <sub>3</sub> )	mg/L	$\frac{0.00-0.35}{0.08}$	$\frac{0.00-0.19}{0.06}$	0.5
Coliform	CFU/100mL	$\frac{1.5 \times 10^2 - 3.1 \times 10^3}{5.7 \times 10^4}$	Nil	Nil
Cl <sub>2</sub>	mg/L	-	1.0	0.2-0.5

出典：WASAC

Kimisagara 浄水場の運営・維持管理システムを表 5.5-16 に示す。

表 5.5-16 Kimisagara 浄水場の維持管理システム

Description	O/M Activities	Remarks
Total number of staff	86 (including OM on distribution network)	Permanent: 28 Temporary: 58 (one year contract)
OM system	2 shift/day (07:00 – 17:00: 6 staff/shift) (17:00 – 07:00: 6 staff/shift)	One shift including 2 staff for process and E&M <sup>1)</sup> , 2 for laboratory, 2 workers. Totally in 4 teams.
Water sampling location	1: Raw water 2: After sedimentation 3: After filtration 4: Reservoir	Raw water sampling at receiving well.
Sampling frequency	1 sample/hr (raw water) 1 sample/2 hr (filter)	
Analysis parameters	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ pH, turbidity</li> <li>➢ pH, turbidity, residual chlorine (Cl<sub>2</sub>)</li> <li>➢ Turbidity, Cl<sub>2</sub>, coliform, <i>E. coli</i></li> </ul>	Raw water Filtered water and reservoir Distribution network

出典：WASAC

薬品及び電力の消費量を表 5.5-17 にまとめた。

表 5.5-17 Kimisagara 浄水場の薬品及び電気消費量

Item	Unit	2018	Remarks
Treated water volume	m <sup>3</sup> /d	23,350	Average production in 2018
Dosage of Sudfloc	mg/L	5.8	Annual average dosage in 2018
Dosage of polymer	mg/L	0.046	Annual average dosage in 2018
Dosage of Ca(ClO) <sub>2</sub>	mg/L	1.34	Annual average dosage in 2018
Dosage of Ca(OH) <sub>2</sub>	mg/L	0.17	Annual average dosage in 2018
Power consumption	kWh/year	7,401,046	
Unit power consumption	kWh/m <sup>3</sup>	0.87	Average 2018 (including transmission and distribution power consumption)
Unit operation & maintenance (OM) cost	Rwf/m <sup>3</sup>	271	Chemicals, power, personnel and other costs (2018 average)

出典：WASAC

O/M の主な課題を表 5.5-18 にまとめた。

表 5.5-18 Kimisagara 浄水場 OM に関する課題

Item	Content	Remarks (Urgency)
Technical aspect	1. Raw water quantity during the dry season is less than the current capacity of the WTP. (Yanze River's discharge is lower than 19,000 m <sup>3</sup> /d in the dry season.) Thus capacity expansion may be difficult.	High (but difficult to find solutions)



Item	Content	Remarks (Urgency)
	2. Heavy metals issues of raw water quality (It was reported that barium, lead and cadmium had exceeded the standard. Pollution source : s should be identified.)	High
	3. Some tube settlers have fallen off due to excessive sludge. The improvement is necessary.	High
	4. High turbidity of raw water during the rainy season (even there is pre-sedimentation tank)	High-Medium
	5. Rehabilitation of flow-rate meter for raw water	Low
	6. Capacity development of OM staff	Medium
Organizational aspect	7. Shortage of staff number	Low
	8. Reduction of high OM cost	Medium
Financial aspect	9. Improvement of standard operation procedure (SOP)	Low
	10. Backwash wastewater discharge without proper treatment	Low
Others	11. Blackout (now the situation has been improved)	Low

出典：WASAC

### 5.5.1.3 Karengye 浄水場

Karengye 浄水場は、キガリ市の南東約 50 km の Rwamagana 郡に位置する。Karengye 浄水場は Mugesera 湖から原水を得ている。Mugesera 湖の概要を表 5.5-19 に示す。

表 5.5-19 Mugesera 湖の概要

Item	Content	Remarks
Altitude	1,360 m	City of Kigali: 1,400-1,600 m
Surface area of the lake	21 km <sup>2</sup>	
Average storage	253 million m <sup>3</sup>	Estimated from the surface and mean depth.
Inflow river	5 rivers	Nyirabidibili, Rwangunda, Mwanbu, Ruvomo and Nyabarongo rivers.
Outflow river	No	Overflow to Nyabarongo River in high water level
Rainfall	951 mm	
Water level fluctuation	3-4 m	2.7m from Jan. to Jun. of 2019 (hearing information)
Pollution sources of catchment area	Non-point source	

出典：Development of National Integrated Water Supply and Sanitation Master Plans for Rwanda (Baseline Data Report) and JST

取水ポンプ場 (図 5.5-14) は、Karengye 浄水場から約 1km の Mugesera 湖岸に位置する。



Water source and intake (center of the Lake, app. 500m from the Lakeshore edge) for Karengye WTP.

出典：調査団

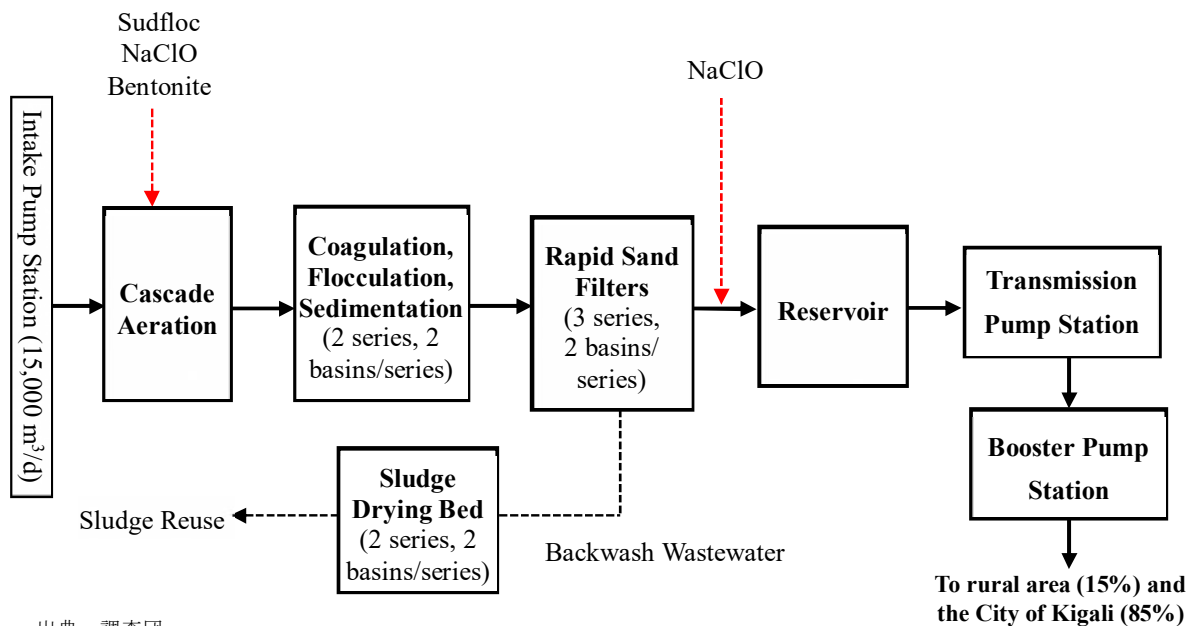


Pump station (left) of Karengye WTP, which is facing the risk of inundation during the rainy season.

図 5.5-14 Karengye 浄水場の取水施設

Karengе浄水場は、村落給水の目的で1975年にAIDR（Association International de Development Rural）により建設され、設計容量は3,800 m<sup>3</sup>/日である。1985年にSADEにより7,200 m<sup>3</sup>/日に拡張された。2008年には、キガリ市に水を供給するため、SOGEA-SATOMにより拡張とリハビリが行われ、容量が12,000 m<sup>3</sup>/日まで増加した。現在の生産量は15,000 m<sup>3</sup>/日であり、当初の設計容量を超えている。

図 5.5-15 と図 5.5-16 は、それぞれ Karengе浄水場の処理プロセスと処理施設を示している。生産コストを削減するために、次亜塩素酸ナトリウムが採用され、次亜塩素酸ナトリウムの生産能力は約90 kg/日である。2018年の次亜塩素酸ナトリウムの平均注入率は3.4mg/lであった。



出典：調査団

図 5.5-15 Karengе浄水場の処理プロセス



Cascade aeration, coagulation, flocculation, sedimentation facilities (2 series, 2 basins/series)  
出典：調査団



Rapid sand filters (3 series, 2 basins/series)

図 5.5-16 Karengе浄水場の処理施設

原水水質と処理水質は表 5.5-20 に示す。表 5.5-20 に示すように、原水の濁度は低く、フロックの形成に支障が生ずるため、処理がうまくいかなくなる可能性がある。色度、鉄、マンガン、窒素、



リン、シアン化物は高いレベルを示すが、処理水はルワンダの飲料水水質基準を満たしている。一方、湖水の総窒素濃度と総リン濃度がそれぞれ 5.96mg/L と 0.99mg/L で高く、Mugesera 湖は富栄養化状態にあることを考えられる。

表 5.5-20 Karenge 浄水場の原水及び浄水水質

Parameter	Unit	Current Raw Water Quality	Treated Water Quality	Rwanda Standard
pH	-	<u>7.3-8.2</u> 8.0	<u>7.4-7.8</u> 7.6	6.5-8.5
Turbidity	NTU	Dry: 19-32 Wet: 20-34	<u>0.7-1.5</u> 1.0	5
Color	TCU	<u>209-1,865</u> 371	<u>8.3-14.2</u> 11.2	15
DO	mg/L	<u>8.1-16.7</u> 14.3	-	
Organic mater	mg/L	<u>3.1-12.5</u> 8.5	<u>0.9-2.0</u> 1.2	
Iron (Fe)	mg/L	<u>0.5-1.9</u> 1.0	<u>0.04-0.06</u> 0.05	0.3
Manganese (Mn)	mg/L	<u>0.28-0.84</u> 0.47	<u>0.009-0.015</u> 0.013	0.1
Fluoride (F <sup>-</sup> )	mg/L	<u>1.2-5.2</u> 3.4	<u>0.3-0.5</u> 0.4	1.5
Ammonia (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	<u>0.09-0.35</u> 0.22	<u>0.001-0.1</u> 0.004	0.5
T-N	mg/L	<u>0.85-9.21</u> 5.96	-	
T-P	mg/L	<u>0.59-1.70</u> 0.99	-	
Cyanide (CN <sup>-</sup> )	mg/L	<u>0.07-0.52</u> 0.27	<u>0.000-0.015</u> 0.006	0.05
Coliform	CFU/100mL	5.8×10 <sup>3</sup> -1.1×10 <sup>4</sup>	<1	Nil
Cl <sub>2</sub>	mg/L	-	<u>0.2-0.9</u> 0.7	0.2-0.5

出典：WASAC

Up figures: min.-max. values

Low figures: average values

Karenge 浄水場の運営・維持管理システムを表 5.5-21 にまとめた。

表 5.5-21 Karenge 浄水場の維持管理システム

Item	Content	Remarks
Total number of staff	33 (including OM on distribution network)	Permanent: 16 Temporary: 17 (one year contract)
OM system	2 shift/day (07:00 – 17:00: 4 staff/shift) (17:00 – 07:00: 4 staff/shift)	One shift including 2 staff for process and E&M <sup>1)</sup> , 1 for laboratory, 1 workers.
Water sampling location	1: Raw water 2: After sedimentation 3: After filtration 4: Reservoir	Raw water sampling at receiving well.
Sampling frequency	1 sample/hr (raw water) 1 sample/2 hr (filter)	

Item	Content	Remarks
Analysis items	➢ pH, turbidity	Raw water Filtered water and reservoir Distribution network Monthly monitoring
	➢ pH, turbidity, residual chlorine (Cl <sub>2</sub> )	
	➢ Turbidity, Cl <sub>2</sub> , coliform, E.coli	
	➢ Others (such as Fe, Mn, organic matter, NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub> , F <sup>-</sup> , CN <sup>-</sup> and heavy metals)	

出典：WASAC

1) E&M: electricity and machinery.

Karengge 浄水場の薬品と電力消費量を表 5.5-22 にまとめた。Karengge 浄水場の単位電力消費量は 1.74kWh/m<sup>3</sup>であり、日本の平均値 (0.3-0.4 kWh/m<sup>3</sup>) よりも高くなっている。この主な理由は、取水ポンプ場、送水ポンプ場、及びブースターポンプ場の消費電力が大きいためである。

表 5.5-22 Karengge 浄水場の薬品及び電気消費量

Item	Unit	2018	Remarks
Treated water volume	m <sup>3</sup> /d	14,200	Average production in 2018
Dosage of Sudfloc	mg/L	14	Annual average dosage in 2018
Dosage of NaClO	mg/L	3.4	Annual average dosage in 2018
Power consumption	kWh/year	9,031,321	Raw pumping station, WTP and booster pumping station consume 38%, 41% and 21% of electricity, respectively.
Unit power consumption	kWh/m <sup>3</sup>	1.74	53.8% of total OM cost.
Unit operation & maintenance (OM) cost	Rwf/m <sup>3</sup>	481	Chemicals, power, personnel and other costs

出典：WASAC

Karengge 浄水場の運営・維持管理システムを表 5.5-23 にまとめた。

表 5.5-23 Karengge 浄水場 OM に関する課題

Item	Content	Remarks (Urgency)
Technical aspect	1. Lack of stable intake in the lake	High
	2. Intake pump station exposed to inundation during the rainy season (Mar. to Jun.)	High
	3. Insufficient algae removal	High
	4. Insufficient capacity of storage reservoir for production and distribution with the risk of intermittent overflows in case of a blackout.	High-Medium
Organizational aspect	5. Capacity development of OM staff	Low
	6. Shortage of staff number	Medium
Financial aspect	7. High OM cost, especially high power consumption	High
Others	8. Improvement of standard operation procedure (SOP)	Low
	9. Limitation land for an extension.	Low

出典：調査団

## 5.5.2 小規模浄水設備

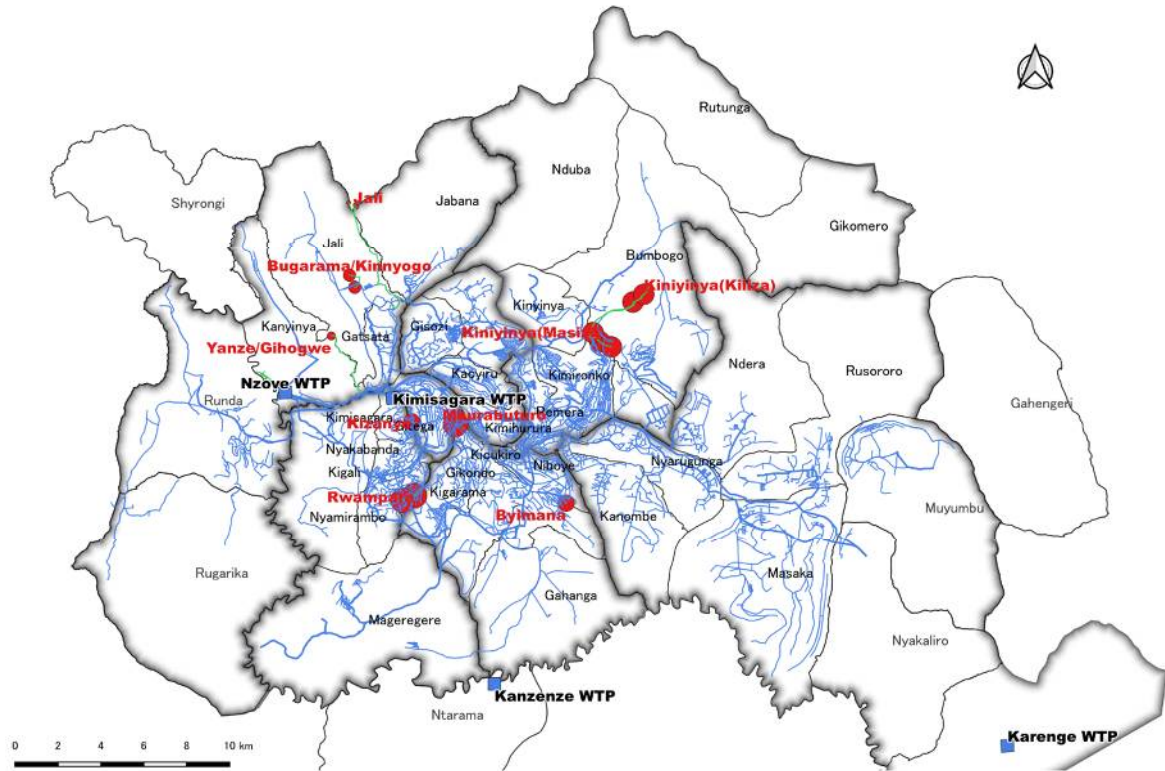
キガリ市には 7 つの主要な小規模浄水設備があり、合計で 4,950 m<sup>3</sup>/day の処理能力を持ち、5,600 m<sup>3</sup>/day (2019年9月) の浄水を行っている。これは全浄水量の 7%未満であり、これら小規模浄水設備の水の殆どは既存配水池に送水され他の浄水場からの水と混合され配水されている。

幾つかの水源では以下のような問題を抱えていることに留意する必要がある。

- Rwampara: 3 井のうち 2 井は稼働していない。このうち 1 井は枯渇しており、WASAC 技師によ

るとこれは近隣の農業活動の影響と考えられるとのことであった。また、他の1井は降雨後の地滑りによる管路破損のため稼働していない。

- 小規模水源における設備等の問題を明らかにするために更なる調査が必要である。



出典：調査団

図 5.5-17 小規模浄水設備配置

表 5.5-24 小規模浄水設備の処理能力及び浄水量

Name	Production Capacity m <sup>3</sup> /day	Production m <sup>3</sup> /day *1	Type	Current conditions (Working/Suspended)
Byimana	600/850	284	Groundwater	Working
Jali	150	170	spring	Working
Kinyinya (Masizi/Kiliza)	1,100	1,188	Groundwater	Working
Kizanye	750	1,188	spring	Working
Mburabuturo	950	1,447	spring	Working
Rwampara	1,100	806	Groundwater	Working
Yanze/Gihogwe	300	544	river	Working
Total	4,950	5,627		

出典：WASAC

Note: \*1 Updated in September 2018

### 5.5.3 配水池及び送水管

既存の配水池と送水システムを図 5.5-18 及び付録 16(1)にまとめ、既存配水池のリストを付録 17 に示す。浄水場から配水池に送水した後、基本的には自然流下で配水している。しかし、送水管から分岐して配水している個所や、高区へ増圧ポンプ場を介して送水しているところもある。

図 5.5-18に示すように、New Nzove Iの拡張、Karama 2配水池の新設、およびNzove-Karama-Mont-Kigali と Mont-Kigali-Rwandatel-Nyanza の送水管が最近建設され、Nyanza、Rwandatel、Remera の各配水池に Nzove 浄水場から送水されるようになった。また、Mont-Kigali 配水池から送水されるようになったことにより Rwezamenyo ポンプ場の運転が停止された。

表 5.5-25 に示すように、既存配水池の容量を合計すると 71,512 m<sup>3</sup> となり、これは現状の給水能力の 10.4 時間分に相当する。しかし、需要と各配水池の容量のバランスを考慮して配水池容量の見直しを行うことが必要となる。

表 5.5-25 既存配水池

Capacity and Category	Number of Reservoir	Capacity (m <sup>3</sup> )	Equivalent hours to Day-Max water supply
Large (≥1000m <sup>3</sup> )	16	47,400	-
Medium (≥100m <sup>3</sup> )	70	22,249	-
Small (<100m <sup>3</sup> )	35	1,223	-
Breaking Pressure	14	375	-
Kiosk, less than 10m <sup>3</sup>	19	265	-
Capacity Unknown	4	-	-
Total for Existing Res.	158	71,512	10.4 hours

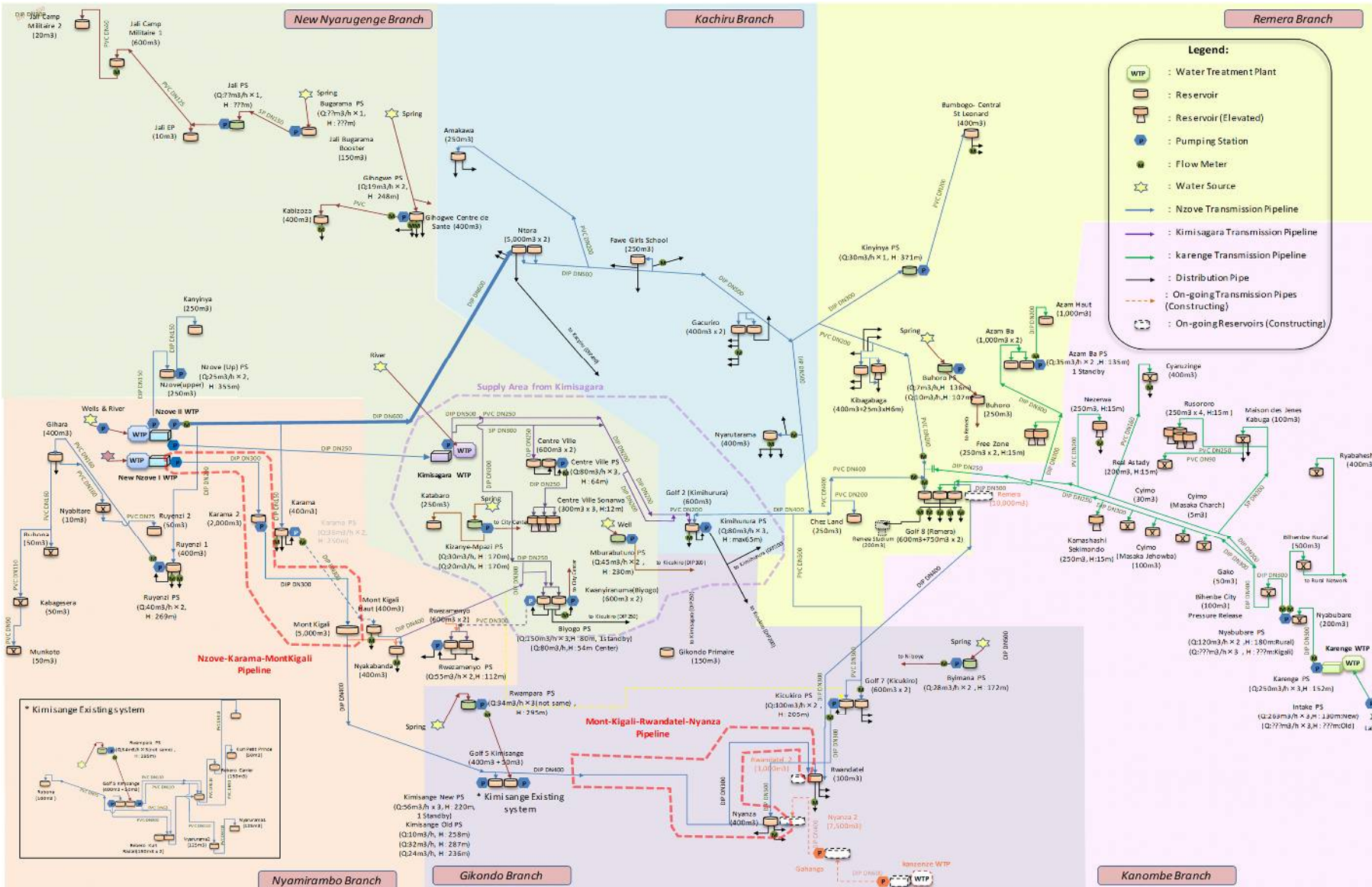
出典：WASAC

送水管路について公式に定義されないまま WASAC の GIS システムが記録されているが、送水管はポンプまたは配水池から他配水池へ送水する管である。管径 100mm 以上の送水管を抽出して表 5.5-26 に整理した。送水管全長は 167.2km となる。管径 300 mm までは PVC 管が使用されており、管径 400 mm 以上は主に DIP が使用されている。

表 5.5-26 送水管路

Diameter (mm)	Length (km)				
	DIP	HDPE	PVC	SP	Total
100	0.7	5.6	23.8		30.1
125		0.8	4.3		5.1
150	8.0	0.4	14.5	0.7	23.5
200	12.7		9.5	2.6	24.7
250	1.5		13.2	7.2	21.9
300	20.4		11.3	12.9	44.6
400	4.2				
500	4.0				4.0
600	9.1				9.1
	60.5	6.7	76.6	23.5	167.2

出典：調査団



出典： Modified from JICA (2016) Final Report, Basic Data Collection Study on Urban Water Supply Systems

図 5.5-18 既存水道システムの状況

#### 5.5.4 ポンプ場

表 5.5-27 に示すように Nzove 浄水場と Karengye 浄水場の他にも既存ポンプ場が 20 か所ありキガリ市及びその周辺へ給水している。全てのポンプ場には配水池に設置されており、一部小規模なものは顧客に直接配水しているものの大部分は他の配水池への送水に使用されている。このうち、Karama 1 と Rwezamenyo の 2 か所のポンプ場は、Nzove-Karama-Mont-Kigali 管路が最近再構築されたことにより稼働を停止している。

表 5.5-27 各ポンプ場のポンプ仕様および運転状況

No.	Name	Specification of Pumps	Installed Year.	Operation Status (as of June 2019)
1	Kimisagara PS	P1: Q=72.2l/s; H=115m; P=132Kw, N=1480tr/min. P2: Q=260m <sup>3</sup> /h; H=115m; P=132Kw, N=1450tr/min. P3: Q=260m <sup>3</sup> /h; H=115m; P=132Kw, N=1450tr/min. P4: Q=260m <sup>3</sup> /h; H=115m; P=132Kw, N=1450tr/min. P5: Q=260m <sup>3</sup> /h; H=115m; P=132Kw, N=1450tr/min.	1983 1983 1983 1989 1989	Full Operation
2	Biyogo PS	P1: Q=80m <sup>3</sup> /h; H=54m; P=22Kw, N=1460tr/min. P2: Q=150m <sup>3</sup> /h; H=80m; P=55Kw, N=1480tr/min. P3: Q=150m <sup>3</sup> /h; H=80m; P=55Kw, N=1480tr/min.	2010 2011 2011	Operating 2 pumps every day for 19 hours/day
3	Centre-ville	P1: Q=80m <sup>3</sup> /h; H=54m; P=22Kw, N=1460tr/min. P2: Q=80m <sup>3</sup> /h; H=54m; P=22Kw, N=1460tr/min. P3: Q=80m <sup>3</sup> /h; H=54m; P=22Kw, N=1460tr/min.	2016 2016 2016	Three pumps operating 13 to 22 hours a day
4	Nyamirambo PS	P1: Q=55m <sup>3</sup> /h; H=112m; P=37Kw, N=1470tr/min. P2: Q=55m <sup>3</sup> /h; H=112m; P=37Kw, N=1470tr/min.	2008 2008	3 to 14 hours per day
5	Kizanye PS	P1: Q=20m <sup>3</sup> /h; H=170m; P=30Kw, N=2920tr/min. P2: Q=30m <sup>3</sup> /h; H=170.52m; P=30Kw, N=2945tr/min.	2010	One pump operating 10 to 21 hours a day
6	Mburabuturo PS	P1: Q=50m <sup>3</sup> /h; H=229.59m; P=55Kw, N=2976tr/min. P2: Q=50m <sup>3</sup> /h; H=229.59m; P=55Kw, N=2976tr/min.	2017 2017	Full operation
7	Rwampara PS	P1: Q=34m <sup>3</sup> /h; H298.96m; P=45Kw, N=2955tr/min. P2: Q=34m <sup>3</sup> /h; H298.96m; P=45Kw, N=2955tr/min.		One pump operating (plus one for peak demand)
8	Kimisange PS	P1: Q=56m <sup>3</sup> /h; H=220.17m; P=55Kw, N=2975tr/min. P2: Q=56m <sup>3</sup> /h; H=220.17m; P=55Kw, N=2975tr/min. P3: Q=56m <sup>3</sup> /h; H=220.17m; P=55Kw, N=2975tr/min. P4: Q=10m <sup>3</sup> /h; H=258.48m; P=18Kw, N=2935tr/min. P5: Q=32m <sup>3</sup> /h; H=286.57m; P=45Kw, N=2965tr/min. P6: Q=24m <sup>3</sup> /h; H=236.44m; P=30Kw, N=2955tr/min.	2017 2017 2017 2014 2014	<b>No.1 to 3:</b> Three days a week, Two pumps for 5 to 12 hours <b>No.4:</b> suspended <b>No 5 and 6:</b> Every day. 16 hours a day
9	Byimana PS	P1: Q=28m <sup>3</sup> /h; H=171.85m; P=30Kw, N=2950tr/min. P2: Q=28m <sup>3</sup> /h; H=171.85m; P=30Kw, N=2950tr/min.	2008 2008	Every day, 4 to 10 hours a day
10	Kimihurura PS	P1: Q=80m <sup>3</sup> /h; H=65m; P=22Kw, N=1465tr/min. P2: Q=80m <sup>3</sup> /h; H=54m; P=22Kw, N=1465tr/min. P3: Q=80m <sup>3</sup> /h; H=65m; P=22Kw, N=1465tr/min.	2009 2018 2009	Two pumps operating (19 to 24 hours a day)
11	Jali Haut PS	P1: Q=32m <sup>3</sup> /h; H=179.09m; P=45Kw, N=2900tr/min.	1988	Three days a week (3 hours a day)
12	Jali Bas PS	P1: Q=32m <sup>3</sup> /h; H=225m; P=37Kw, N=2900tr/min.	1988	(No record)

No.	Name	Specification of Pumps	Installed Year.	Operation Status (as of June 2019)
13	Kicukiro PS	P1: Q=100m <sup>3</sup> /h; H=205m; P=110Kw, N=2982tr/min. P2: Q=100m <sup>3</sup> /h; H=205m; P=110Kw, N=2982tr/min.	2010 2010	Everyday operating (9 to 12 hours a day)
14	Kinyinya Bas PS	P1: Q=40m <sup>3</sup> /h; H=140m; P=30Kw, N=2970tr/min. P2: Q=40m <sup>3</sup> /h; H=140m; P=30Kw, N=2970tr/min.	2013 2013	One pump operating
15	Kinyinya Haut PS	P1: Q=20m <sup>3</sup> /h; H=100m; P=11Kw, N=2900tr/min. P2: Q=36m <sup>3</sup> /h; H=7.3m; P=5.5Kw, N=1455tr/min.	2016 2010	Two pumps operating (7 to 12 hours a day)
16	Masoro PS	P1: Q=85m <sup>3</sup> /h; H=135m; P=55Kw, N=2950tr/min. P2: Q=85m <sup>3</sup> /h; H=135m; P=55Kw, N=2950tr/min.	2014 2014	One pump, 1 hour a day
17	Gihogwe PS	P1: Q=18.50m <sup>3</sup> /h; H=246.42m; P=22Kw, N=2967tr/min. P2: Q=18.50m <sup>3</sup> /h; H=246.42m; P=22Kw, N=2967tr/min.	2015 2015	3 to 12 hours a day
18	Karama 1PS	-	-	Operation suspended
19	Karama 2 PS	-	2018	Operation recently started*1
20	Rwezamenyo PS	-	-	Operation suspended

出典：WASAC

Note: \*1 Before full handover from the Contractor as of June 2019

### 5.5.5 配水管

配水システムの既存管路についてそのタイプ、機能及び現状を表 5.5-28 に整理した。5.4.3 節でも記述したように、送水管が配水本管および一部は配水支管として分類されているため、既存データから送水管と配水管を明確に分けることは困難である。特に、管径 110~200 mmの小口径の送水管は配水支管として分類されていることが多い。

表 5.5-28 送・配水管の分類

Type of pipelines	Function	Present status	Diameter*1
Transmission Pipelines	Transmit water from pumps/reservoirs to reservoirs.	- No classification of Transmission pipes. - Pipes are sometimes branched to use for direct distribution.	DIP/PVC/HDPE ND100 to 600
(Primary) Distribution Mains	Main distribution pipes which only connected to secondary pipes.	- Sometimes mixed up with transmission pipes from pumps to reservoir, then used as distribution pipes. - Mixed up with tertiary pipes. - No network. Tree-like pipelines.	PVC/HDPE ND 32 to 300
Secondary Distribution Pipes	Distribution pipes for distributing water to the supply are equally and stable, normally making the network. They connect to tertiary pipes or service connections.	- Lengthy (100m to 2km) ND 63 and 90 pipes consist of secondary/tertiary pipes from	(Tertiary) PVC/SGP/HDPE ND 63 or 90 *2
Tertiary Distribution Pipes	Supplementary pipelines which connect secondary pipes to service connection pipes.		

Type of pipelines	Function	Present status	Diameter*1
Service Pipes	Service pipes for individual households from saddled branch to customer meter.	secondary (primary) mains. - ND 23 and 32 are extended repeatedly, elongated up to a few kilometers, and branched to supply water for hundreds of household.	(Service pipe)*3 ND 25 or 40

出典：調査団

\*1 According to Data from GIS

\*2 Service pipes are called *Domestic Distribution* in proposed guidelines in WASAC

\*3 Some pipes show up to ND 300 mm in GIS.

表 5.5-29 に示すように既存管（送水管と配水管）の総延長は 4,592 km で、そのうち 24%にあたる 1,115km は 63 mm より大きな配水本管・支管と送水管である。管径 90 mm と 110 mm の管路は 63 mm 以上の管の 53% を占めており、管径 90 mm と 110 mm が配水支管の主要部分を占めていることが判る。

表 5.5-29 既存パイプ延長

Diameter	Length (km)	Percentage to all over 63mm pipes	Diameter	Length (km)	Percentage to all over 63mm pipes
25	2,134	-	140	15	1.4%
32	220	-	150	16	1.4%
40	711	-	160	73	6.6%
50	91	-	200	92	8.3%
63	321	-	225	2	0.1%
75	86	7.7%	250	52	4.6%
80	13	1.2%	300	84	7.5%
<b>90</b>	<b>330</b>	<b>29.6%</b>	350	0	0.0%
100	10	0.9%	400	10	0.9%
<b>110</b>	<b>266</b>	<b>23.8%</b>	500	10	0.9%
125	42	3.7%	600	14	1.3%
(Continued to the right column)			Total	4,592	

出典：調査団

既存配水池と管路システムの概念図を図 5.5-19 に示す。既存システムの代表的な特徴を以下に挙げる。

1. Nyarugenge の市中心部を除いて、配水本管と支管で管網が構成されておらず、樹枝状管路となっている。配水支管は主に管径 110~300mm の管で始まり、地区の水需要に応じて管径 63~110 mm と縮小する。配水管に最もよく使われている管は管径 63 mm と 90 mm であり、枝分かれしたこれら管の延長は時に数 km となり数百戸をカバーしていることもある。
2. 弁類は樹枝状配水管路の根本にある本管と支管の分岐部にのみに設置されている。弁類が不足していることにより、管路破損のたびに断水区域が大きくかつ断水時間が長くなっている。
3. 管径 23 mm または 32 mm (1/2 インチまたは 1 インチ) の管が管径 63~90 mm の配水支管から分岐して配水 3 次管として使われ、時に数 km の延長となっていることがある。無計画な拡張の結果として管径 23 mm や 32 mm が長い延長で敷設されているとも考えられる。
4. 枝分かれおよびバイパス管により本管より直接給水地区へ配水されて所がある。この枝分かれ



やバイパス管は、ピーク時に水圧が低い場合や、配水池が流量変動を吸収するだけの十分な容量を持っていない場合に使用されている。このような配水池を WASAC では“unbalanced”状態と呼んでいる。配水池容量が不足している配水池では越流や配水池が空になることが見受けられる。表 5.5-30 に示すように 42 か所の配水池で頻繁に越流の問題が発生している。

5. 地区の基メータが十分に設置されていないため、各配水システムの漏水量の状況を把握することが難しい。
6. 減圧弁（PRV）設置等の減圧対策が十分に行われていない。また、JICA 技術協力プロジェクトで実施されたパイロット地区および SusWAS による減圧対策実施によって得られた経験がまだ他配水地区へ普及していない

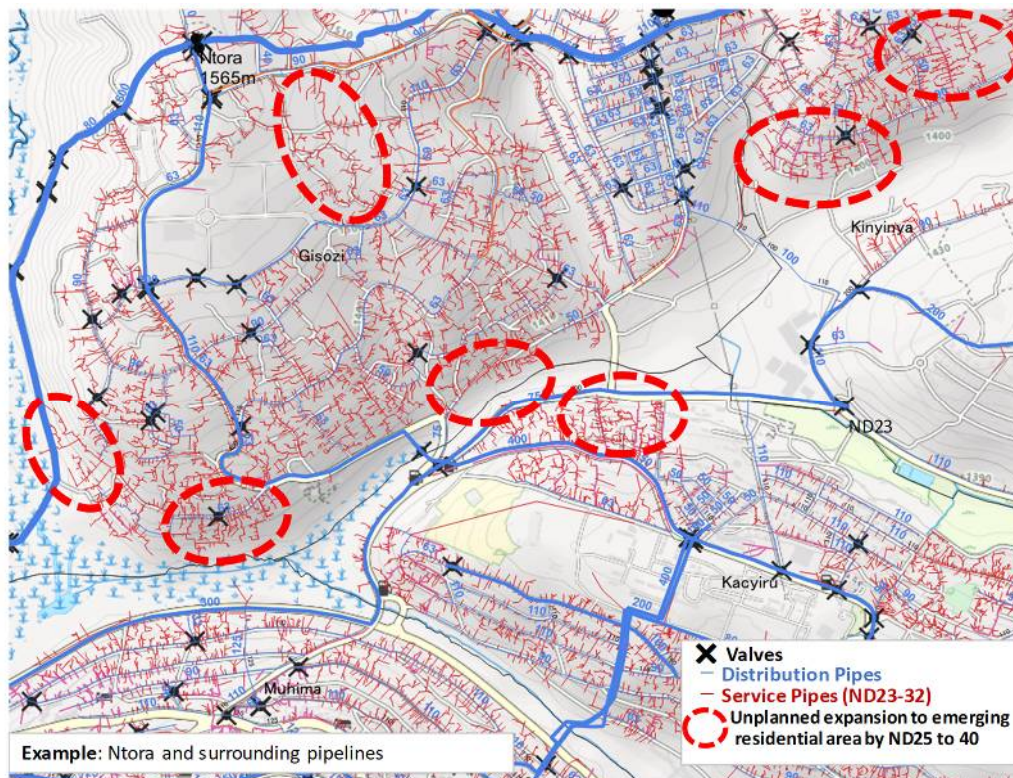
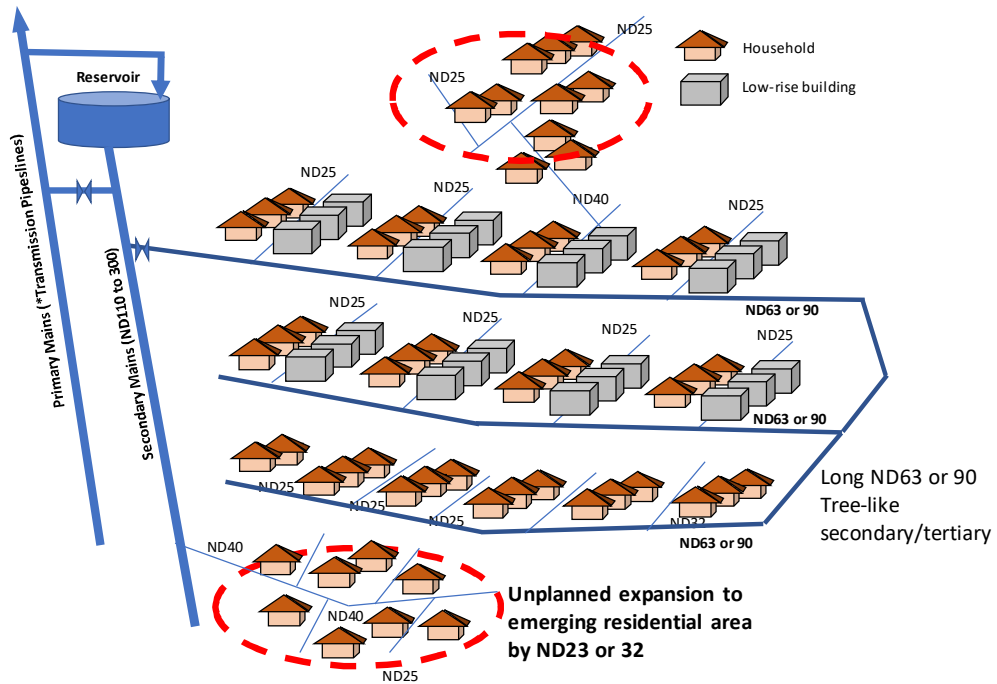
特に上記の項目 2. で述べた事柄について、調査団は 2019 年 3 月に Kimisagara 浄水場下流の配水本管分岐部における管路が破損し、バルブが機能していなかったことから、管修理のために浄水場の運転を停止せざるを得なかった事象を確認している。これは、分岐部のバルブが操作不能な状態であったことによるものである。このことから配水管、本管、場内配管にバルブが十分に設置されていないことが判る。

表 5.5-30 越流問題の生じている配水池

Branch	Reservoirs with overflow (possibly in unbalanced status)		
Nyarugenge	Amakawa	Karama	Kizanye
	Gihogwe	Jali-bas	Katabaro
	Gihara	Jali-haut	Karama 1
	Runda	Jali-FM	Karama 2
Gikondo	Rwampara	Rwandatel	Gikondo (Ecole primaire)
	Mburabuturo	Nyanza haut	Rujugiro
	Kimisange	Gikondo - carrier	Byimana
	Rebero	Kicukiro (center)	Muyange
	Radar nyarurama	Murambi (brise-charge)	
	Radar (chateau metallique)	Nyanza	
Kanombe	Ayabaraya	Rusororo	Azam2
	Masaka (ikiyohova)	Kigali free trade zone	Ndera
	Kabuga	Azam1	Cyaruzinge
Kacyiru	Ntora	Gacuriro	Kimihurura
	Fawe	Nyarutarama	

出典：：RTD team, WASAC

Schematic of existing pipe system with unplanned expansion



出典：WASAC (Pipe data)

図 5.5-19 典型的な能力不足の管路システム  
 (配水本管が管径 63-90 mm で管径 25-40 mm の管が無計画に拡張)

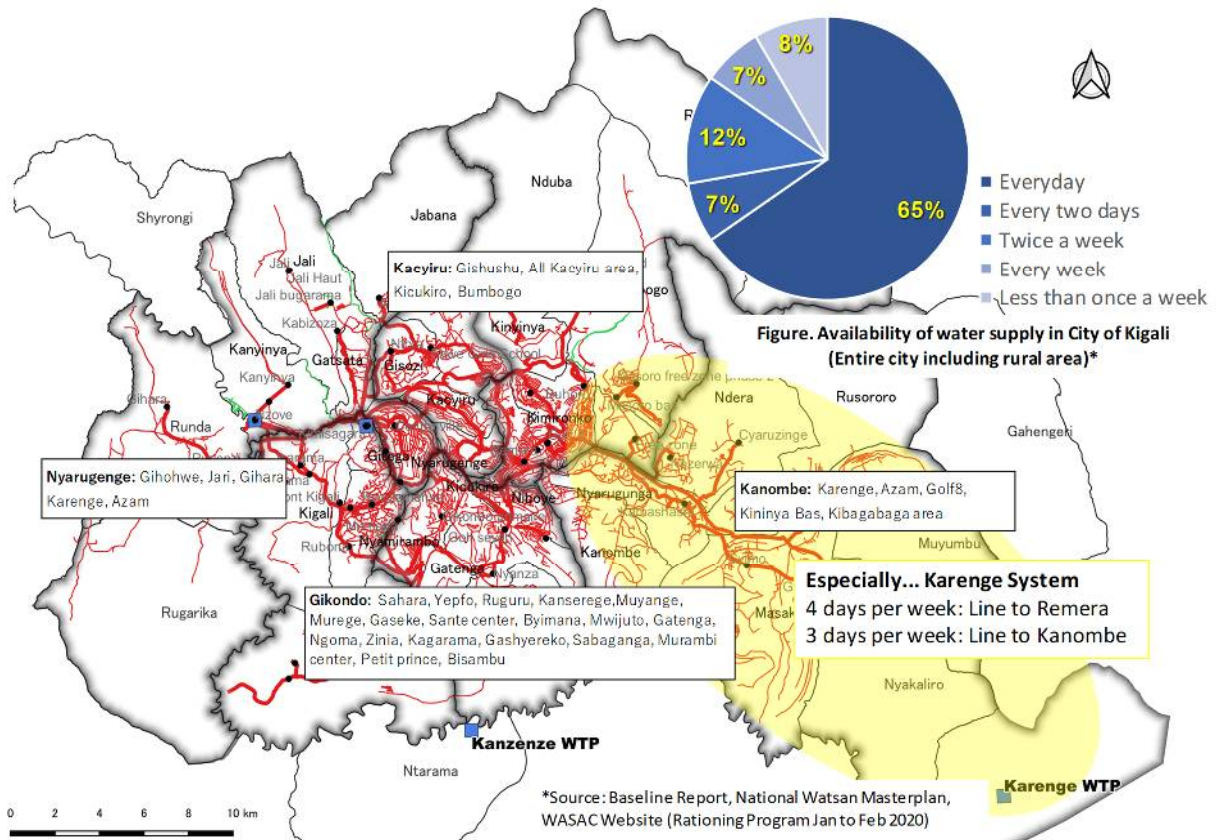
## 5.5.6 既存水道システムに現存する問題点

### 5.5.6.1 給水制限(不連続給水)

AfDBのM/Pによると、3人に一人のキガリ市住人はWASAC及びそれ以外による給水を毎日受けることが出来ていない。このうちWASAC顧客についての断続給水については、WASACが不足する水量を配分するために週のうち何日と決めて計画的に給水制限をおこなっているケースが大部分である。

図 5.5-20 に示すように計画的な時間(断続)給水はキガリの全支店で実施されているが、特にKarengé浄水場よりの水道システムでこの状況が厳しい。この給水区域では水需要に対して浄水量が絶対的に不足しているため24時間x7日の連続給水を実施することができない。KarengéからRemeraに向かっては、Rusororo、Nderaおよび自由貿易地区を含む一部のBunbogoセクターをカバーする北部ルートと、Masaka、NyarugungaおよびKanombeセクターをカバーする南部ルートの2つの主要管路(管径300mm)がある。両管路とも途中の水需要に給水しつつRemera配水池まで送水を行っている。2019年4月現在では北部ルートによって週4日送水され、残りの週3日は南部ルートによって送水されている。この切り替えはマニュアルによるバルブ操作で行われている。

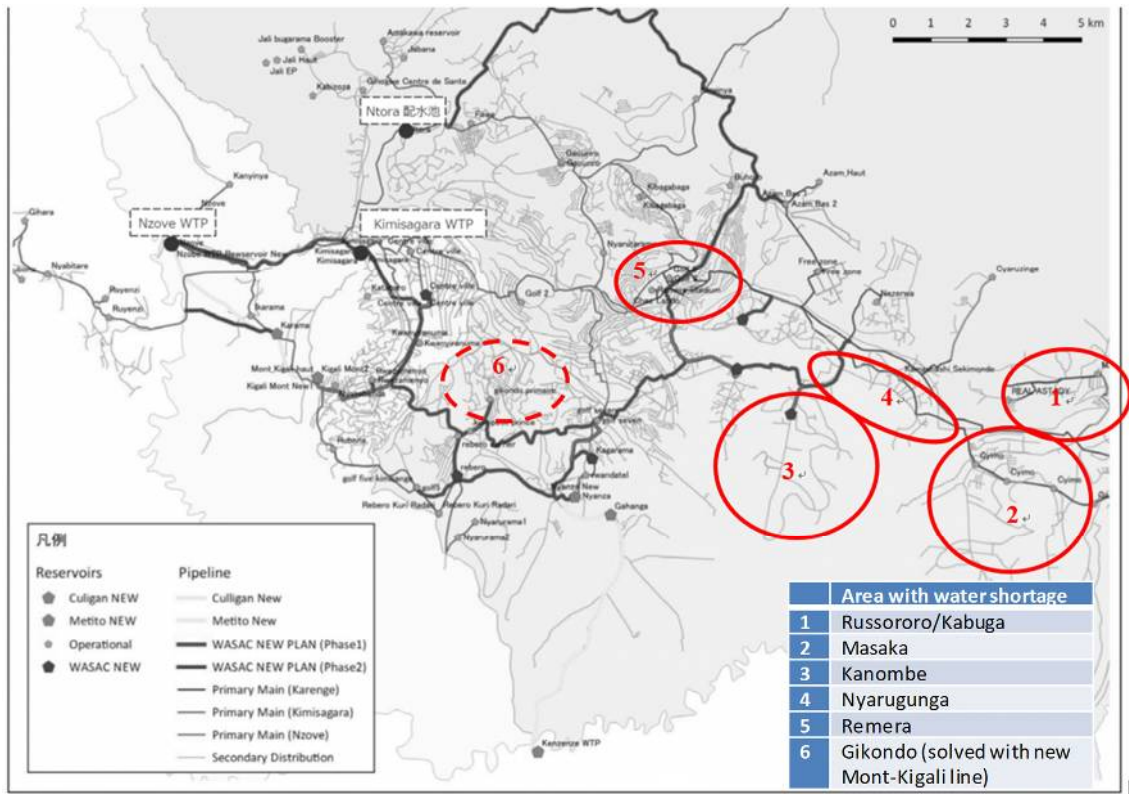
計画的な送水操作のため一部地域では給水されていない日が続くことになる。特にMasaka、NyarugungaおよびKanombeセクターでは、配水池が2~3日分の需要水量に見合う容量を持っていないため、給水状況が悪い。図 5.5-21 に示すような給水が不足している地域についてWASAC管理者レベルも認識している



出典：：Baseline Data Report of the Development of National Integrated Water Supply and Sanitation Master Plans (Availability of water supply) and WASAC (Kareng system)

図 5.5-20 バルブ操作による意図的な断続給水





出典：WASAC

図 5.5-21 給水が不足している地区

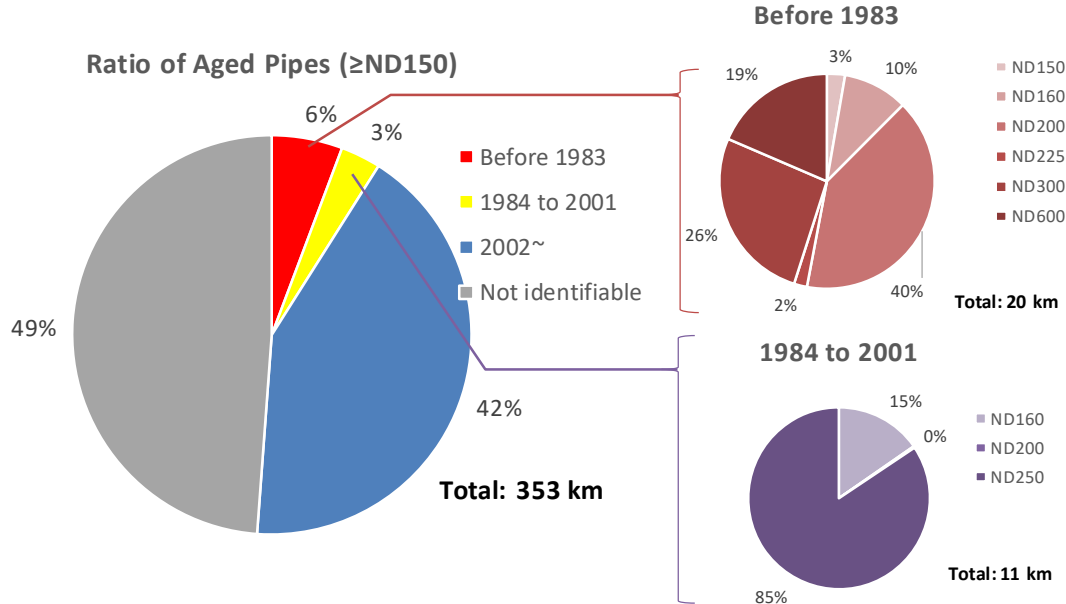
### 5.5.6.2 経年管

管路の経年劣化により漏水及び給水能力の低下が引き起こされる。鉄管及び鋼管の経年管は管体の錆により強度が劣化していると考えられ、特に地下水位の高い腐食性土壤に埋設された管路でこの傾向が強い。老朽化した鉄管・鋼管では使用されているボルト・ナットやゴムガスケット等の劣化によりメカニカル、プッシュオン、フランジ等の管継手から漏水する傾向が強い。また、古いPVC等のプラスチック管も特に埋設深度が浅いか、または露出している所で劣化していることが考えられる。管体及びその継手部の破損は甚大な漏水を引き起こし、管が敷設替えされるまでこのような事故が発生することになる。

図 5.5-22 にキガリ市及びその周辺地区における経年管の比率を示す。市内の管網は 1970 年代初頭に整備されており、多くの管路が老朽化していて交換されていない。GIS では管径 150 mm 以上の配水支管及び配水本管 353 km のうち 51% について敷設年度が示されている。敷設年度が明らかになっているものだけでも、全長 353 km に対して 6% (20 km) の管路は 1983 年以前に敷設され敷設後 40 年経過していることになる。他にも 3% (11 km) の管路は 1984 年から 2001 年の間に敷設されており 2050 年までには老朽管となる。

一般的に 40 年以上たった管路は漏水や事故を起こしやすい。管路の老朽化は管種、接手、腐食特性によって異なる。しかし、どのように管路が老朽化・劣化し、またそれによって給水ネットワー

クに問題が発生するかについてはいまだ明確になっていない。



出典：WASAC

図 5.5-22 経年感の比率 Ratio of Aged Pipes

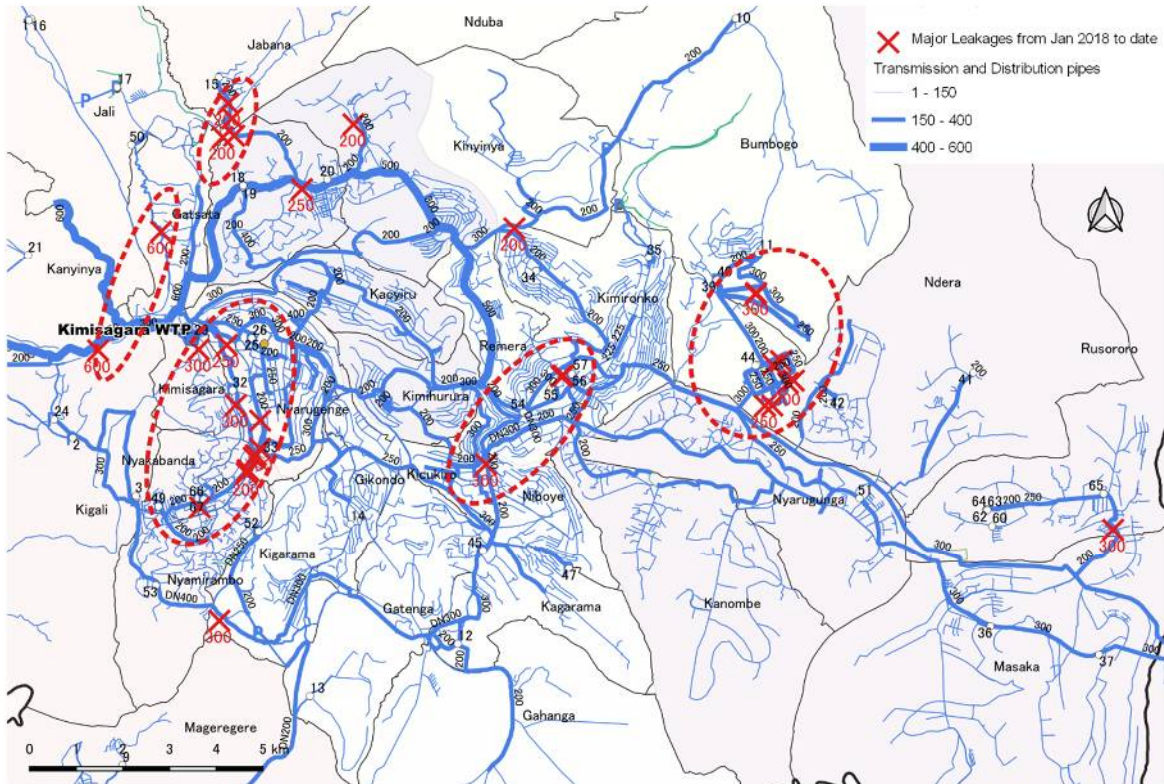
### 5.5.6.3 管路破損

図 5.5-23 に最近の大口径管路の破損に関する記録とその位置を示す。このデータ以外にも漏水が多発している管路があり、WASAC 管理者による定性分析によって得られた情報では以下の管路で漏水が多い。

- Kimisagara–Kwanyiranuma 管路
- Centre-ville–Kwanyiranuma 管路
- Karengé–Remera 管路
- Kwanyiranuma–Gikondo 管路
- Gatsata–Centre-ville 管路

幾つかの管路では管路破損事故とその古さに明確な関係が認められる。図 5.5-23 及び図 5.5-24 に示すようにとりわけ Nyarugenge セクターでは 1983 年以前に敷設された古い管が多く、セクター南部の特に Kwanyiranuma から Rwezamenyo にかけては既存の老朽管で漏水事故を多く経験している。

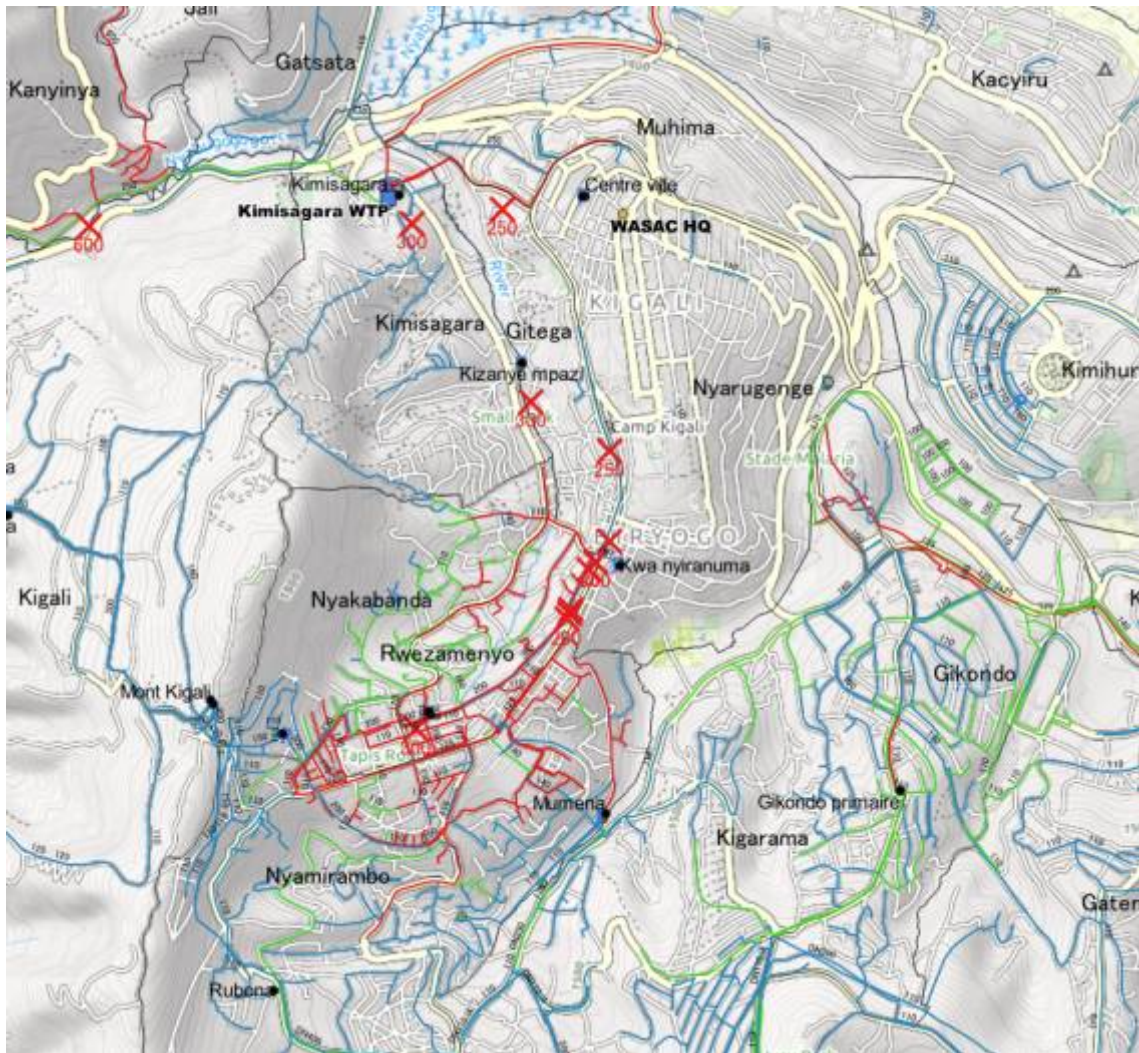
一部管路は既に敷設替えが行われているが、JICA 実施中の NRW 削減技術協力プロジェクトで対象の DMA 以外では、管路破損事故を考慮した管路敷設替えが計画的に実施されていない。



出典：調査団

図 5.5-23 管路破損地点（2018年1月～2019年5月）





出典：調査団

図 5.5-24 市街部における管路破損と経年管

#### 5.5.6.4 配水に係る高いエネルギーコスト

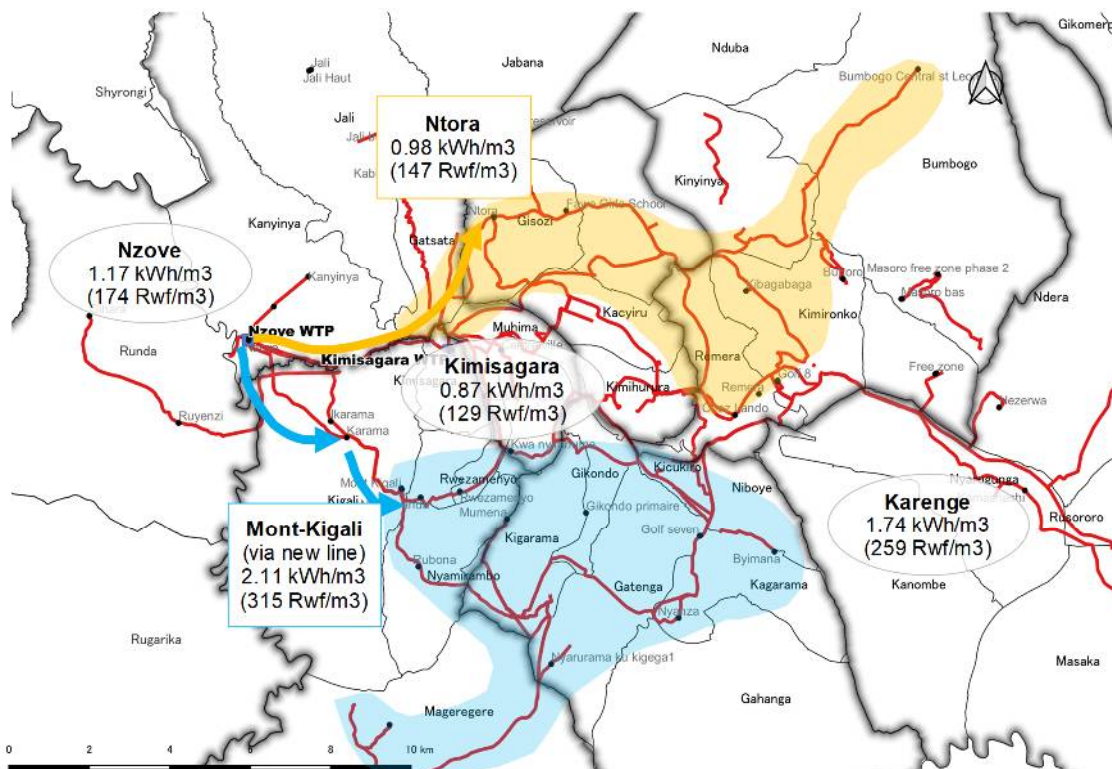
キガリ市には多くの丘が存在していて、水源が低いところにあるため送水および配水のために高額な電気代が必要になる。図 5.5-25 に示すように 3 浄水場系統の電気代は、Nzove で 174 RWF/m<sup>3</sup>、Kimisagara で 129 RWF/m<sup>3</sup>、Karengé で 259 RWF/m<sup>3</sup> となっており、全生産コストの 47~53% を占めている(WASAC Annual Report, 2017/2018 より)。これは生産量当たり、Nzove で 1.17kWh/m<sup>3</sup>、Kinisagara で 0.87kWh/m<sup>3</sup>、Karengé で 1.74 kWh/m<sup>3</sup> に相当する。

急激に増加する水需要に対応する必要に迫られて水道施設を慌ただしく増強してきているため、エネルギー消費効率の最適化は考えられていない。特に一部の送・配水ルートでは過大にエネルギーを消費しているが、これは送・配水システムを最適化しない限り解消されない。例えば、最近拡張された Nzove-Karama2-Mont-Kigali ルートは 1 m<sup>3</sup> あたり 2.11kWh の電力を消費しているが、これは Nzove-Ntora 系統による配水の 2 倍以上のエネルギー消費となる。Nyakabanda、Nyanza、



Rwandatel および Kicukiro で急増する水需要を満足させるため、当面は Nzove-Karama2-Mont-Kigali ルートが大きく貢献している。しかし、Kimisagara や他の低地区を経由する別ルートにより配水する計画を立てれば、高いエネルギー消費を回避することが出来るようになる。Mont-Kigali 配水池が標高+1,792 mに位置すること、および Kimisagara ルートの最高地点が約+1,500 m であること、また需要の多くが標高 1,400 m ~1,500 m の間にあることに留意する必要がある。Nzove-Karama2-Mont-Kigali ルートと Nzove-Ntora ルートを比較すると、水運用方式を変えることにより、省エネルギーのコストへの影響が  $1\text{kWh}/\text{m}^3$  に及ぶことも考えられる。この意味で、将来の水管理は長期的なエネルギー効率の観点から最適化されなければならない。

これまでのところ WASAC は業務指標 PI としてエネルギー効率に関する明確な目標を持っていない。参考までに、配水量の単位電力消費量は日本の横浜市で  $0.31\text{kWh}/\text{m}^3$  (2009 年)、神戸市で  $0.34\text{kWh}/\text{m}^3$  (2011 年) となっている。地理的な同意性を理解せずに他の事業者のベンチマークを設定することは難しいが、エネルギー効率の目標値を持つておくことは Vision で述べている「アフリカで最も効率的な事業者」となる目標を達成するために必要なことである。



出典：調査団

図 5.5-25 浄水施設および特定管路におけるエネルギー消費

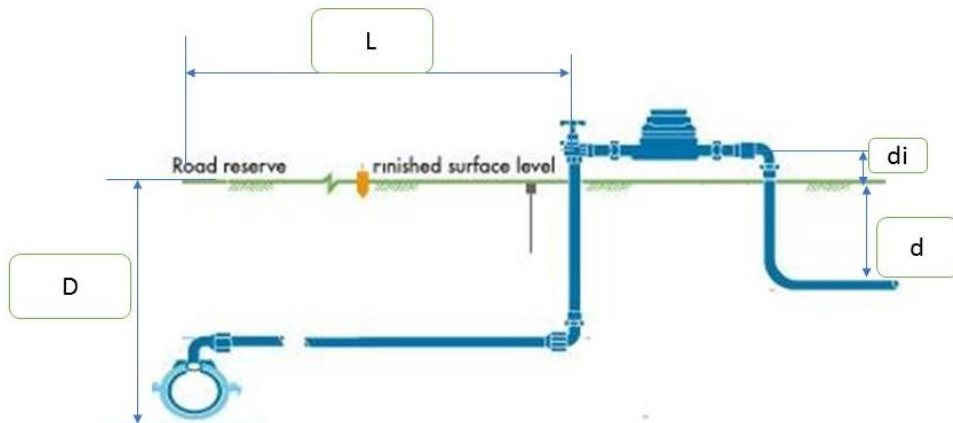
### 5.5.7 個別給水栓、公共水栓及び水道メータ

給水装置の設計や施工に係る基準、仕様、ガイドラインは NRW 削減の JICA 技術協力プロジェクト

トで示されている。図 5.5-26 に給水装置の標準的な接続方法を示す。

- 水道メータ以外の給水装置の材料は顧客が負担し所有する。顧客は WSASC 店舗又は民間店舗から材料を購入する。
- 給水装置の接続にかかる資材調達や施工に関する許可や登録制度はない。ただし、施工はほとんどの場合 WASAC によって有料で実施されている。
- 水道メータの基準は、OIML による世界的な基準と同等な RSB(Rwanda Standard Board)- RS-OIML-R 49: 2013 によって規定されている。WASAC が受け入れ可能な（クラス B とか C といった）精度クラスを規定する明確な記述はない。

キガリ市及び近隣セクターには現在 599 の公共キオスク（公共水栓）がある。毎月個別にメータを読み取り公共水栓の料金を徴収している。幾つかの公共キオスクは現在使用されていないことに留意が必要である。2019 年 3 月の徴収情報によると、計上されている公共水栓のうち約 20% から 40% は利用されていない。



D: Upstream underground level should be at least 70 mm

L: Upper stream Distance from domestic distribution to water meter should be max. 90m in urban areas and 200m in rural areas.

d: Downstream underground distance should be Min 30 cm

di: Meter level should be minimum 20 cm

出典：Project for Strengthening Non-Revenue Water Control in Kigali City Water Network

図 5.5-26 Schematic of the Standard Arrangement of House Connections

## 5.6 無収水 (NRW)

UWSSD の無収水 (NRW) 削減課が、NRW 削減 JICA 技術協力プロジェクトと協力し、NRW 削減活動を担当している。協لاسキームの下で「NRW 削減 5 年戦略計画 (Five years strategic plan for NRW reduction)」および「NRW 削減アクションプラン (Action Plan for NRW reduction)」が 2017 年に公表された。5 年戦略では NRW 削減の全般的なフレームワークを提示することを目指しており、表 5.6-1 に示すように 2017/18 年には NRW を 38% とし、さらに徐々に削減して 2022/23 年に 25% とすることを目標としている。なお、MININFRA が発行した国家戦略 National Water Supply Policy Implementation Strategy (2016) でも NRW の目標値が示されており、ここでは 2019/20 年に 20% としている。この目標値は 2015 年に NRW30% というベースラインをもとに設定されたものであるが、主

に需要増により 2015 年以降 NRW 率が上昇していることから、状況に沿ったものとは言えない。

表 5.6-1 NRW 率の目標値

Year	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23
NRW(%) Target	35%	32%	30%	28%	25%

出典：WASAC

表 5.13-1 に示すように最新の NRW 率は 2017/2018 時点で 38.9%となっている。WASAC は NRW に独自の定義をしていることに留意が必要である。全配水量と損失水量を比較しており、これは一般的な全配水量と請求量の比較と異なる。全配水量には、IWA の世界標準的な定義より「請求しないが公認されている使用水量(unbilled-authorized consumption)」に分類されている使用水量（水道事業の目的で使用する水量）や管路サービスのための水量（洗管水量）が含まれている。メータ精度等の信頼できるデータが得られないため、見かけ上の損失（メータ誤差及び請求ミス）は物理的損失（漏水）と一緒にっており区別できない。WASAC の NRW チームへの聞き取り結果では、1) 顧客メータ調査ではプラス側誤差とマイナス側誤差で相殺されたためメータによる損失はさほど大きくなく（直観的に 5%）、2) 料金徴収率はほぼ 100%であるとのことであった。そこで、現存の WASAC の主要な問題は漏水であり、NRW は実際の損失水量とほぼ同等とみなすことができる。

表 5.6-2 キガリ市の無収水量（2017/2018 年）

Items	2017/2018 (average m <sup>3</sup> /day)
Production (C)	131,922
Total of Service Water (D)	6,642
Network Service Water (2% of water supplied)	2,555
Service Water	4,087
<b>Total Net Supplied E=(C-D)</b>	<b>125,280</b>
<b>Total Billed</b>	<b>76,604</b>
<b>NRW ( Water loss)</b>	<b>48,676</b>
<b>NRW (%)</b>	<b>38.9%</b>

出典：WASAC

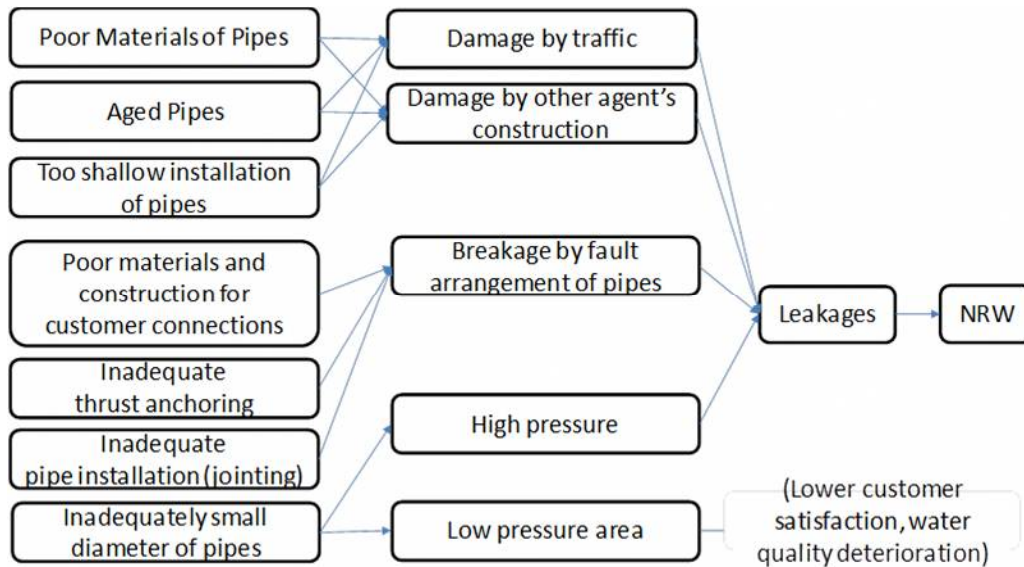
NRW の長期目標は現時点で計画されていない。AfDB M/P では 13%と想定しているが、現状の高い NRW 率を考えると現実的ではない。2019 年 6 月 11 日に WASAC と協議した結果、2050 年の NRW 目標として 20%が提示された。MININFRA が発行した National Water Supply Policy Implementation Strategy (2016)でも最終的に NRW の目標値を 20%とすることになっていることを考えても 20%という目標数値は合理的だといえる。

NRW 削減チームは WASAC/JICA M/P のなかで現状と問題点を整理している。それを Box1 に示し、問題の樹形図として整理して図 5.6-1 に示す。ただし、これはベースラインとしての図化であり、完全なものではなく WASAC/JICA M/P の構成に沿って更新する必要がある。

- NRW 削減のために中核となる問題は配水管及び顧客接続給水管における漏水といえる。
- 高水圧の原因について報告書では配水管のブロック化等の役割に触れられておらず、管口径と

関連づけて理解されている。適所への配水池設置、管網形成、DMA または配水ブロック化等の方策について長期計画で強調することが大切である。

- 不適切に小さい管口径は、管内に過大な高水圧を生じ、漏水や低水圧区域の問題を引き起こす。低水圧地区対応は NRW と直接関係はないものの NRW 削減スキームで対応すべき重要な課題である。



- Factors not comprehended in the problem tree but listed up in the 5 years strategic NRW reduction plan (WASAC)
- Intermittent supply (frequent rationing)
- Time response to leak repair
- Lack of leakage survey and detection activities
- Overflow and leakages from Reservoirs
- Poor Maintenance
- Poor design (or absence) of water networks
- Old Steel Galvanized Pipes (48.6km)
- Lack of preventive maintenance
- Insufficient shut-off (line) valves
- Lacking Pressure reduction valves (PRVs)
- Unplanned flushing in pipes
- Commercial factors (Illegal connections, less inspection of customer connections, Not billed customers, zero consumption, Error in data, inactive public taps, poor implementation of meter quality assurance/replacement of meter, meter accuracy not tested)
- Budgetary constraints and Administration (Limited budget for network rehabilitation and maintenance, lack of staff and engineers, poor reporting system, Lack of standards, absence of communication with HQ)
- Customer and stakeholder problems (Vandalism, customer awareness, lack of liaison facility with other institutions, Limited capacity of local contractors, Arbitral construction on the pipelines, Unplanned settlement)

出典：調査団

図 5.6-1 現状の NRW 問題点より整理した NRW の問題樹形図

**Box 1: 現状の NRW の問題 (NRW セクションよりの報告)**

**漏水の主な原因**

以下に示すように様々な理由により漏水が発生している。通常、水道管網における事故が漏水を発生させることが多く、その量も多い。そのために管路の補修、再構築、整備に多大な予算を必要とする。

**1. 管材料**

管材料は、漏水発生 of 重要な要因の一つである。経験からも、管の材質が管路における漏水発生の最も重要な要素の一つであることが判っている。

**2. 経年管**

経年管は直接的または間接的にも漏水量に影響を与えている。水の損失を削減するために違う材質を使った管再構のプログラムを計画することが出来る

**3. 管口径**

管口径は事故や損失率に係る有効な要素の一つである。管口径が大きくなれば管内圧力が減り、損失が減る。口径が大きくなるとコストも上がるが長期的にみるとこの投資は漏水による損失を減らすことになる。よって管の内外圧や環境の破壊的要素に対して抵抗力を上げることになる。

**4. 水圧**

都市水道管網の実施状況やサービスを定めるもう一つの重要な要素は水圧である。水圧が高いと漏水量の増大、消費水量の減少、管路事故の増大につながる。一方水圧が低いと十分は配水が出来ず水道サービスの低下につながる。

高水圧では、管路亀裂や事故が増大し、継続性が失われ給水の適切さが減少する。もし基準に則った水圧に保つことが出来れば管路使用者にとって適切なものとなる。したがって、水圧管理の条件を知ることが極めて重要になる。換言すれば、高水圧では亀裂が開き低水圧では閉じるなど漏水量と水圧には密接な関係があるため、水圧管理によって漏水量を削減することが出来る。

**5. 管路周りの土壌の移動**

地すべりにより管路周りの土壌が移動すると、管接手部の離脱につながり漏水量が増加する。

**6. 不適切な敷設**

未熟な作業、不適切な材料の使用や工法により接手部の止水が不完全になり、そこから漏水が発生し時間とともに漏水量が増大する。

**7. 管理設深さ**

管理設深さも漏水に影響を及ぼす。しかし、管材質、口径、水圧等他の要素の影響のほうが大きい。

**8. 過大な荷重**

管敷設場所における車両等の加重による影響も重要であり、新規管敷設では（敷設場所や埋設深さに）十分に配慮する必要がある。

**9. 土壌移動**

土壌粘土は水分によって膨張し、これによる土壌の移動が接手部を緩め管の亀裂に亀裂を発生させる可能性もある。

**10. 他の設備による管路破損**

道路建設、通信ケーブル、電気等の他の工事により、漏水発生や不適切な管接続、規格外の管路使用等が考えられる。

**11. 低品質の接続、規格外の材料、作業**

不適切な管接続、規格外の材料使用等によって適切に管が敷設されなかった場合、漏水量が多くなる。品質管理や施工監理をすることにより漏水を防ぐことが NRW 削減になる。

## 5.7 技術的課題についてのまとめ

水道施設全般に関する技術的課題を以下にまとめる。

1. 水需要と水道施設能力に大きな乖離がある。キガリ市の東部から南部にかけて大きな水需要があり、現状の水需要に対しても特にこれらの地区で深刻な水不足に直面している。この地区には Kabuga、Rusororo、Rebero、Masaka、Kanombe、Busanza、Rwinyana、Remera、Kabeza、Gikondo が含まれており、開発が進んでいるにもかかわらず管路能力及び水源が不足している。
2. 時間給水（断続給水）は水量が不足している地区だけではなく、周辺地区の低水圧管路のある地区でも起きており、水道システム全般の重大な問題となっている。水圧が低いのは、不適切な管口径と適切に配水ブロック分けがなされていないこと、管網によるバックアップルートの欠如、過度に小さい管口径、および管路からの頻繁な漏水に起因している。
3. 漏水（NRW のほとんどを漏水が占める）が多く、また重大な断水も起きている。51%の管路のみ敷設年度が判っているが、36年以上の老朽管は少なくとも 20 km 存在する。不適切な管路離脱防止策や基準に満たない管材料の使用により、配水本管から配水支管にいたるまで多くの漏水が発生している。更に、管路における仕切弁が圧倒的に不足していることが断水状況をさらに悪化させている。無収水削減に取り組まないまま配水管網を拡大していくことは、漏水量の増大と非効率な水運用の拡大につながるため、給水区域の拡大は NRW 削減と並行して行われるべきである。NRW の目標を達成するためには戦略的な管路の布設替えが必要である。
4. 送水および配水システムにおける水圧管理が適切に行われていないことから、管路破損、漏水及びエネルギー損失が加速している。キガリ市は丘陵地にあることから、部分的な高水圧エリアが生じるのは避けられない問題ではあるが、正確にどの地区が深刻な影響を受けているか把握もされていない。また送水管から直接配水管への分岐は送水管の管理を難しくしているだけでなく、分岐した配水管の水圧が高い原因にもなっている。また、Mont-Kigali 配水池のように過度に高い場所から配水するなど、一部地区ではエネルギーの観点から非効率な給水となっている。したがって、配水池及び配水管路の水圧を適切に保つことができれば、送配水システムの漏水削減だけでなくエネルギー効率を向上できる。
5. 独立した無収水課が存在することおよび JICA による技術協力は、効率向上にとって重要な機会である。NRW 削減は水量確保だけではなく財務的な持続可能性に貢献する大きな可能性を持っている。調査団は現状を考慮して、管理者および技術者レベルのガイドラインのドラフトを作成した。対策実施のための予算確保と WASAC 内の内部調整が NRW 削減にとって最も難しい課題である。老朽した水道システムの修復には膨大な投資が必要となるが、WASAC はまた新規顧客への給水も拡大しなければならない。水道管の基準はドラフトされているが承認や実施がされておらず、5年以内に NRW を 25%にするという目標を達成するためにはまだ長い道のりが必要になる。一般的に、NRW は将来あるレベルに達成した後でも増加するため、NRW 削減活動を戦略的に位置づけ、よりスムーズかつ持続的に継続する方法を見つけることが必要になる。



## 第6章 WASAC の財務状況

### 6.1 財務状況

直近 6 年間（2014/15 年度～2019/19 年度）の WASAC の財務状況は以下の通りである。内容は財務諸表の 1) 損益計算書、2) 貸借対照表、3) キャッシュ・フロー計算書、加えて水道料金表および運営維持管理費を示す。

#### 6.1.1 損益計算書

2014/15 年度～2019/20 年度の損益計算書（実績）および 2020/21 年度の売上見込みは表 6.1-1 に示す通りである。

- 2019/20 年度の水道収入は、2019 年 2 月の料金改定がフルに寄与し、最高額を記録した。売上利益 (no.3) も同様であった。
- しかし、減価償却費後の最終損益 (no.13) は赤字であった。
- 2020/21 年度修正予算は、コロナ禍の影響にも拘わらず料金改定により 10%の大幅な増収を見込んでいる。しかしながら、10 ヶ月間実績（2020 年 6 月～2021 年 4 月）では、目標 83%に達成率 79%とわずかに未達となっている。
- その他収入 (no.4) は主として政府補助金である。これは District へ配賦される配管網整備費用 (no.5) と相殺され、いわゆる会計上の名目的な収入である。

表 6.1-1 損益計算書（百万 RWF）

P/L Accounts		2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21 (for Ref.)	
		Audited	Audited	Audited	Audited	Audited	Non-audited	Revised Budget	Actual/June-April
1. Revenue		11,727.8	15,116.8	15,565.9	15,060.0	18,779.3	21,363.5	23,952.0	18,856.3
2. Cost of Sales		7,635.1	12,671.7	14,372.0	13,964.1	14,702.7	14,941.4	15,573.8	12,086.8
<b>3. Gross Profit =1-2</b>		<b>4,092.7</b>	<b>2,445.1</b>	<b>1,193.9</b>	<b>1,095.9</b>	<b>4,076.6</b>	<b>6,422.1</b>	<b>8,378.2</b>	<b>6,769.5</b>
4. Other Income		7,373.8	10,989.8	11,016.8	26,737.1	11,920.0	14,418.2		
5. Other expenses	Support to district networks	3,868.9	9,975.6	9,566.9	24,768.5	8,555.3	14,676.0		
	Administrative expenses	5,323.0	3,163.4	3,532.6	7,059.3	6,001.6	6,160.9		
	Total	9,191.9	13,139.0	13,099.5	31,827.8	14,556.9	20,836.9		
<b>6. Operating Profit before depreciation =3+4-5</b>		<b>2,274.6</b>	<b>296.0</b>	<b>-888.8</b>	<b>-3,994.8</b>	<b>1,439.7</b>	<b>3.4</b>	n/a	n/a
7. Depreciation/amortization		3,129.4	3,404.0	3,424.4	3,277.5	3,357.6	2,745.9		
<b>8. Operating Profit =6-7</b>		<b>-854.8</b>	<b>-3,108.0</b>	<b>-4,313.2</b>	<b>-7,272.3</b>	<b>-1,917.9</b>	<b>-2,742.5</b>	n/a	n/a
9. Finacial	Income	848.4	1,205.1	1,217.8	13.1	25.3	5.4		
	Expenses	1,002.7	1,205.1	1,240.9	75.1	577.7	-189.2		
	Profit	-154.3	0.0	-23.1	-62.0	-552.4	194.6		
10. Provision	Write-back	0.0	596.5	0.0	0.0	0.0	0.0		
<b>11. Profit and Loss b/Tax =8+9+10</b>		<b>-1,009.1</b>	<b>-2,511.5</b>	<b>-4,336.3</b>	<b>-7,334.3</b>	<b>-2,470.3</b>	<b>-2,547.9</b>	n/a	n/a
12. Tax	(-) Deferred tax liabilities	-285.9	-459.6	275.1	155.1	281.2	0.0		
<b>13. P/L for the period =11-12</b>		<b>-723.2</b>	<b>-2,051.9</b>	<b>-4,611.4</b>	<b>-7,489.4</b>	<b>-2,751.5</b>	<b>-2,547.9</b>	n/a	n/a

出典：WASAC 財務諸表

## 6.1.2 貸借対照表

WASAC の貸借対照表を表 6.1-2 に示す。

表 6.1-2 貸借対照表 (百万 RWF)

B/S Accounts			2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20
			Audited	Audited	Audited	Audited	Audited	Non-audited
Assets	Current	Cash & banks	2,966.9	4,324.5	3,791.2	1,360.5	5,236.2	1,098.7
		Inventory	7,461.1	7,362.2	7,328.8	4,631.5	4,386.1	3,320.7
		Receivables & others	6,834.9	8,764.8	11,028.2	8,392.3	24,121.0	18,458.5
		<b>Total</b>	<b>17,262.9</b>	<b>20,451.5</b>	<b>22,148.2</b>	<b>14,384.3</b>	<b>33,743.3</b>	<b>22,877.9</b>
	Fixed	Property & equipment	47,152.1	50,793.6	52,226.3	52,139.9	52,152.5	49,167.1
		Developmental projects	5,002.3	17,299.5	24,421.3	13,019.9	32,669.9	0
		Intangible assets	512.5	441.3	697.6	726.5	629.3	620.0
		Concession financial assets	16,098.8	21,201.8	22,896.4	22,896.4	50,475.7	22,968.3
		<b>Total</b>	<b>68,765.7</b>	<b>89,736.2</b>	<b>100,241.6</b>	<b>88,782.7</b>	<b>135,927.4</b>	<b>72,755.4</b>
	<b>Total of Assets</b>			<b>86,028.6</b>	<b>110,187.7</b>	<b>122,389.8</b>	<b>103,167.0</b>	<b>169,670.7</b>
Liabilities	Current	Payables & others	2,794.3	12,360.2	22,210.9	17,722.4	8,140.8	17,542.8
		<b>Total</b>	<b>2,794.3</b>	<b>12,360.2</b>	<b>22,210.9</b>	<b>17,722.4</b>	<b>8,140.8</b>	<b>17,542.8</b>
	Fixed	Deffered tax & income	6,068.5	17,288.2	21,008.1	12,123.5	37,378.4	6,039.0
		10 years' bank loan	0	0	0	0	12,204.9	11,089.7
		AfDB loan disbursement	0	0	0	0	16,924.2	0
		Concession obligation	16,098.8	21,201.8	22,896.4	22,896.4	50,403.7	22,896.4
		Others	0	0	0	545.9	332.5	545.9
<b>Total</b>	<b>22,167.3</b>	<b>38,490.0</b>	<b>43,904.5</b>	<b>35,565.8</b>	<b>117,243.7</b>	<b>40,571.0</b>		
<b>Total</b>			<b>24,961.6</b>	<b>50,850.2</b>	<b>66,115.4</b>	<b>53,288.2</b>	<b>125,384.5</b>	<b>58,113.8</b>
Equity	Capital		50,000.0	50,000.0	51,621.7	51,621.7	51,621.7	51,621.7
	Reserves	Retained earnings	-514.3	-2,546.1	-5,563.8	-11,461.3	-16,444.6	-23,216.7
		Re-organization reserves	11,581.3	11,883.6	10,216.5	9,718.4	9,109.1	9,114.6
		<b>Total reserve</b>	<b>11,067.0</b>	<b>9,337.5</b>	<b>4,652.7</b>	<b>-1,742.9</b>	<b>-7,335.5</b>	<b>-14,102.1</b>
	<b>Total</b>	<b>61,067.0</b>	<b>59,337.5</b>	<b>56,274.4</b>	<b>49,878.8</b>	<b>44,286.2</b>	<b>37,519.6</b>	
<b>Total of Liabilities and Equity</b>			<b>86,028.6</b>	<b>110,187.7</b>	<b>122,389.8</b>	<b>103,167.0</b>	<b>169,670.7</b>	<b>95,633.4</b>

出典：WASAC 財務諸表

貸借対照表の主な項目は以下のように要約される

- 棚卸資産 (Inventory)：在庫金額は毎年減少し、特に薬品の減少は顕著である。一方、過去に不良在庫を消却し、その累計額は 2,613 百万 RWF に達している。
- 未収入金 (Receivables and others)：主に顧客の水道料金未払いである。前年度までは減少傾向を示すも 2018/19 年度で大きく増加したのは、水道料金の改定がその一因となっている。2019/20 年度は減少したもののコロナ禍の影響で過去に比べ依然高い水準である。一方、過去に長期滞納金等の不良債権を引き当て 2019/20 年度末現在の累計額は 3,133 百万 RWF となっている。
- 固定資産:
  - ✓ 施設および機械器具 (Property & equipment)：資産額はここ 5 年間殆ど変わらない。毎年 30 ~50 億 RWF が新規取得および更新費用として支出されているが年間の減価償却費額とほ



ば同じである。

- ✓ 開発事業 (Development projects) : District における配水管網整備費であり、WASAC 会計上の通過勘定となっている。
- ✓ コンセッション契約による使用権資産 (Concession financial assets) : 内容は政府保有資産であり主に浄水場施設および送水管である。WASAC は使用権資産として計上。
- 長期借入金 (Long-term borrowings) : WASAC 初の銀行借り入れ (借入先 : Bank of Kigali) であり、政府念書の差し入れにより 2019 年 3 月に実行された。借入れ条件は次の通りである : 銀行コミットライン 170 億 RWF、期間 10 年、金利 15% (参考 : 10 年国債利子 13%)。
- 流動比率 (流動資産 ÷ 流動負債) : 6 年間の平均は 162% を示し目安である 100% を上回り、財務状況は短期的には健全と言える。現預金勘定は、2018/19 年度末に水道料金改訂および銀行借入実行に伴い大幅に増加したものの、2019/20 年度末は平常水準となった。

表 6.1-3 流動比率 (流動資産 ÷ 流動負債)

2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	Average
618%	165%	100%	81%	414%	130%	162%

出典 : JICA 調査団

- 固定長期適合率 (固定資産 ÷ (自己資本 + 固定負債)) : 過去 6 年平均は 92% と高く、固定資産がほぼ長期資金で賄われていることを示している。

表 6.1-4 固定長期適合率

2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	Average
83%	92%	100%	104%	84%	93%	92%

出典 : JICA 調査団

- 自己資本比率 (自己資本 ÷ (自己資本 + 負債)) : 表 6.1-5 が示すように最終損益の赤字が続いているため低下傾向にある。

表 6.1-5 自己資本比率

2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20
71%	54%	46%	48%	26%	39%

出典 : JICA 調査団

### 6.1.3 キャッシュ・フロー(C/F)計算書

表 6.1-6 に WASAC の CF 計算書を示す。2016/17 年度および 2017/18 年度の純 CF は赤字であったが、2018/19 年度はグラントが寄与し黒字となった。2019/20 年度は再度赤字となっている。

表 6.1-6 キャッシュ・フロー計算書 (百万 RWF)

Activities	C/F Accounts	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20
		Audited	Audited	Audited	Audited	Audited	Non-audited
<b>1. Operational</b>	1) Net income before tax	-1,009.1	-2,511.5	-4,611.4	-7,334.3	-2,470.3	-2,547.9
	2) Adjustment:						
	Depreciation & amortization	3,129.4	3,823.3	3,424.4	3,277.5	3,357.6	2,745.9
	Re-organization adjustment	-2,586.8	-265.2	0	0	0	0
	Changes in receivables and other current assets	5,995.4	-1,234.5	-2,230.0	4,521.7	-15,483.2	-7,387.5
	Changes in payables and other current liabilities	3,081.1	7,461.7	9,850.7	1,348.8	-9,815.0	3,359.3
	Provision of write-back	0.0	-596.5	0	0	0	0
	Realized grants	-27.8	0	0	0	0	0
	Total of adjustment	9,591.3	9,188.8	11,045.1	9,148.0	-21,940.6	-1,282.3
	<b>3) Operation Net CF = 1) - 2)</b>	<b>8,582.2</b>	<b>6,677.3</b>	<b>6,433.7</b>	<b>1,813.7</b>	<b>-24,410.9</b>	<b>-3,830.2</b>
<b>2. Investing</b>	Purchase of property & equipment	-8,902.9	-14,269.3	-11,959.9	8,404.3	-50,502.3	0
<b>3. Financial</b>	Proceeds from grants	2,752.3	8,927.1	4,993.4	-10,590.0	78,789.3	-685.5
<b>4. Net CF generated in the Period =1+2+3</b>		<b>2,431.6</b>	<b>1,335.1</b>	<b>-532.8</b>	<b>-372.0</b>	<b>3,876.1</b>	<b>-4,515.7</b>

出典：WASAC 財務諸表

## 6.2 水道料金

水道料金は 2015 年に初回改定、第 2 回目は 2019 年 2 月に改定された (表 6.2-1 参照)。請求書ベースの加重平均料金は 730 RWF/m<sup>3</sup> であり、初回の 520 RWF/m<sup>3</sup> から約 40% 上昇した。

- ルワンダ公共事業規制庁 (RURA) は公益事業を規制する政府機関であり、水道料金も管轄する。水道料金設定に際しては受益者の利益を担保すると同時に事業者の安定した財務状況の保持および給水サービス供給の確保を念頭に置いている。
- 現在の水道料金は 2019 年 2 月に改定された際、消費帯 6~50m<sup>3</sup>/月の家庭料金が大幅に引き上げられた。一方、RURA によると、投資勧誘および低所得者への配慮から、工業向けおよび公共水栓の料金は据え置かれた。
- 請求書は毎月消費者に送付され、水道料金は銀行または WASAC の顧客窓口で支払われる。

表 6.2-1 水道料金の推移

Customer Category	Consumption Band	Effective Date				
		Before Aug. 31, 2015	Sept. 1 <sup>st</sup> , 2015		Feb. 1 <sup>st</sup> , 2019	
		RWF	RWF	Rise	RWF	Rise
1. Industries	-	593	736	24%	736	Unchanged
2. Public tap	-	240	323	35%	323	Unchanged
3. Residential	0 - 5 m <sup>3</sup>	240	323	35%	340	5%
	6 - 20	300	331	10%	720	117%
	21 - 50	400	413	3%	845	105%
	51 - 100	650	736	13%	877	19%
	>101	740	847	14%	877	4%
4. Non-residential	0 - 50	-	-	-	877	-
	>51	-	-	-	895	-

出典：WASAC

### 6.3 運営維持管理費

表 6.3-1 に WASAC の運営維持管理費を示す。部門別では、浄水・送配水部門が 60%、顧客・管理部門が 28% を占める。費目別では、電力費が 30% と最も多い。

表 6.3-1 運営・維持管理費の要約 (百万 RWF)

Sectors	Cost Items	2015/16	2016/17	2017/18	%	2018/19	%	2019/20	%
1.Production	Chemical	712.6	1,410.30	1,742.30		1,882.3		1,799.1	
	Energy	4,703.5	5,771.3	5,769.5	23.7	6,537.3	27.2	6,986.9	29.3
	Repair & maintenance	351.5	159.5	117.9		207.1		193.5	
	Total	5,767.6	7,341.1	7,629.7	31.4	8,626.7	35.9	8,979.5	37.7
2.Distribution	Salaries	2,369.7	2,519.7	2,583.9		2,797.4		2,622.9	
	Labor Wages		998.7	1,064.5		850.3		999.6	
	Repair & maintenance	1,508.0	811.4	776.0		556.7		480.0	
	Others	386.7	672.4	566.0		557.6		596.7	
	Total	4,264.4	5,002.2	4,990.4	20.5	4,762.0	19.8	4,699.2	19.7
3.Commercial	Salaries	1,619.8	970.5	995.3		1,077.5		1,010.3	
	Rent	85.6	247.1	261.1		200.5		194.3	
	Advertisement	81.7	65.8	67.1		22.2		44.7	
	Others	852.6	745.3	20.6		13.8		13.4	
	Total	2,639.7	2,028.7	1,344.1	5.5	1,314.0	5.5	1,262.7	5.3
4.Administrative	Salaries	2,298.5	1,802.9	2,019.9		3,289.9		4,085.1	
	Others	864.9	1,719.7	*5,059.4		2,711.7		2,075.8	
	Total	3,163.4	3,522.6	7,079.3	29.1	6,001.6	24.9	6,160.9	25.8
5.Depreciation and Amortization		3,475.3	3,424.4	3,277.5	13.5	3,357.6	14.0	2,745.9	11.5
Total		15,835.1	21,319.0	20,932.3	100.0	24,061.9	100.0	23,848.2	100.0

注：\*は不良債権 (1,224.7) および不良在庫 (1,535.4) の引当を含む  
出典：WASAC

### 6.4 予算制度

表 6.4-1 に WASAC の予算編成日程を示した。2019/20 年度予算書には、予算編成にあたっては、要求予算策定の段階から全ての部門が参画し準備する、またその後の予算協議では上部階層だけでなく職員も加わる、ことと明記している。このようなボトムアップ制度は、職員のモチベーションを高めることに繋がる。

表 6.4-1 WASAC の予算編成日程

Steps	Responsible	March	April	May	June
1. Action plan preparation	Every department	■	■		
2. Budget call	CEO			■	
3. Budget preparation	Every department		■	■	■
4. Scrutinizing and disputation	By financial dept.				■
5. Approval	Board				■

出典：WASAC

2020/21 年度修正予算書策定にあたっての主な前提は以下の通りである。

生産：57.9 (54.6) 百万 m<sup>3</sup>, 無収水率：41.8 (38) %, 平均水道料金：719 (736) RWF/m<sup>3</sup>, 電力：  
126 RWF/kw (VAT 除き)、134.8 (128.0) RWF/m<sup>3</sup>

注：() 内は、2020/21 年度当初予算の数値

## 6.5 財務課題

### 6.5.1 コンセッション契約

WASAC は、2014 年 7 月に分離・設立され、政府と WASAC 間のコンセッション契約 (Concession and Implementation Agreement) に基づき、25 年間の運営維持権利を供与された。しかし、同契約は未だに署名されるに至っていない。

#### (1) コンセッション料

契約上、WASAC は政府に対し毎月コンセッション料を支払うことになっているが、未だ支払ったことはない。

- ✓ 課題：コンセッション料は契約に明記されておらず、WASAC の中・長期財務戦略の策定を妨げている。

#### (2) 政府保有の固定資産

上記契約に基づき、WTP および送水管等の主要資産は政府が保有となっている。従って、同資産は WASAC 固定資産勘定とはなっていない。

- ✓ 課題：適切かつ定期的な保守・補修管理を行う必要性から、政府保有資産は、WASAC 資産とは分離し政府保有資産台帳として明確に記帳・管理されねばならない。

### 6.5.2 WASAC 固定資産

WASAC の減価償却後固定資産簿価は、総資産の約 50%、519 億 RWF である。

- ✓ 課題：設立以降 WASAC は、帳簿と現物の適切な照合管理を行っていなかった。しかしながら、ようやく以下のような実査を開始した。

1. 記帳されている固定資産の所有・所属先の確認
2. 記帳されている資産の評価
3. 除却・追加資産の確認
4. 所在場所毎の棚卸実査
5. 資産の使用権・不随義務

### 6.5.3 料金政策

WASAC の水生産コストは 2019/20 年度で 806 RWF/m<sup>3</sup> である (表 6.5-1 参照)。同じ期間の平均水道料金は 730 RWF/m<sup>3</sup> であり生産コストを 10% 下回っている。

1. WASAC の事業戦略 5 カ年計画 (2016 年 1 月策定) にも明言されているように、コストリカバリーは事業経営上重要な政策である。しかしながら、料金は RURA の規制下にあり WASAC

は裁量権を持たない。このことが WASAC の財務・技術改善を妨げており、RURA は WASAC に対しある程度の裁量権を付与することが望まれる。

- 利用者である市民の料金支払い能力を考慮すると、フル・コストリカバリー料金が認可されることは困難である。しかしそのような状況が続く限り、WASAC が持続的事業体制を維持確保することは困難であり、政府はコストと料金のギャップに対する支援・補填を明確に確約すべきであろう。

表 6.5-1 単位コスト/セクター

Sectors (see Table 6.3-1)	FY 2018/19			FY 2019/20		
	Expenditures	Billing	Unit cost	Expenditures	Billing	Unit cost
	RWF million	m <sup>3</sup> million	RWF/m <sup>3</sup>	RWF million	m <sup>3</sup> million	RWF/m <sup>3</sup>
1.Production	8,987.4	-	291.9	8,979.5	-	303.5
2.Distribution	4,993.5	-	162.2	4,669.2	-	158.8
3.Commerce	1,303.3	-	42.3	1,262.7	-	42.7
4.Administration	5,382.1	-	174.8	6,160.9	-	208.2
5.Depreciation	3,352.2	-	108.9	2,745.9	-	92.8
Total	24,019.5	30.8	780.0	23,848.2	29.6	806.0

出典：WASAC

#### 6.5.4 Kigali バルク給水プロジェクト (Kanzenze WTP)

契約では WASAC へのバルク給水料金は、0.75 米ドル/m<sup>3</sup> で、ルワンダフランでは 680/ m<sup>3</sup> に相当する。支払いは毎月で、請求開始時期は 2020 年 3 月からとなっていたが、稼働の遅れで実際は 2021 年 1 月からとなる。このバルク料金は、WASAC の平均生産コスト 313 RWF/m<sup>3</sup> (表 6.5-2) に比べ非常に高い。

- ✓ 課題：WASAC にとり、ルワンダ国政府財政支援を仰ぐと同時に水道料金の改定を進めることが喫緊である。

表 6.5-2 Kigali バルク給水料金と WASAC 生産コストの比較

Structure of charges of Kigali Bulk Water Supply		Kigali Bulk Water		WASAC		
Items	Sub-items	Charges		Production Cost* <sub>3</sub>		
		* <sub>1</sub> US\$/m <sup>3</sup>	RWF/m <sup>3</sup>	RWF million	million m <sup>3</sup>	RWF/m <sup>3</sup>
1.Fixed capacity cost	Capital cost (+operational margin* <sub>2</sub> )	0.41	369	-	-	-
2.Fixed operation & maintenance charge	Recurrent cost	0.14	126	-	-	-
3.Variable operation & maintenance charge	Chemical and repair & maintenance cost			-	-	-
4. Electricity charge	Electricity	0.20	180	-		-
Total		0.75	675	10,152	32.4	313

Note: \*<sub>1</sub>: US\$ 1 = RWF 900,

\*<sub>2</sub>: supposition by JST, \*<sub>3</sub>: Actual data of Kimisagara, Karenge and Nzove in FY 2018/19

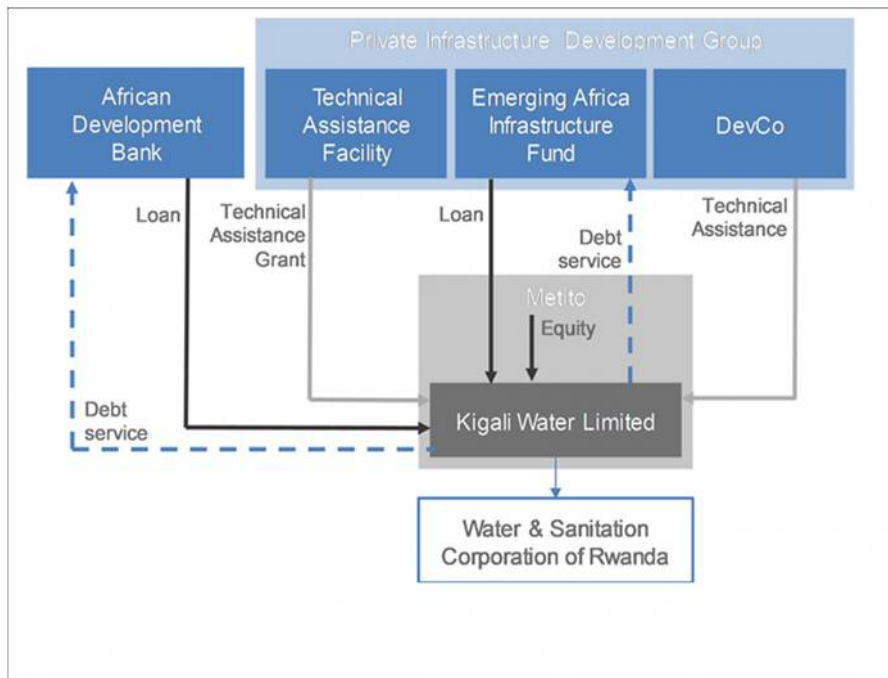
出典: WASAC

**Box : Kigali バルク給水プロジェクトの資金調達計画**

2050 年までの多大な投資計画を鑑みた場合、PPP は一つの有力な資金調達手段となる。そういう意味で本 Kigali バルク給水プロジェクトは、民間/ドナーによる協調資金の調達として良い見本となる。図 6.5-1 に同プロジェクト実施のための資金構成を示す。

契約内容：

- BOT 契約 27 年間：建設期間：2 年、管理運営期間：25 年
- 総投資額：60.9 百万ドル、内訳は METITO 社の出資 11 百万ドル（18%相当）、Emerging African Investment Fund (EAIF) の融資および AfDB による目的会社（Kigali Water Limited）発行債権の引受けで 40.6 百万ドル等。



Source: OECD (2019) Making Blended Finance Work for Water and Sanitation: Unlocking Commercial Finance for SDG 6 (Annex B) (Added prices by JST)

**Figure 6.5-1 Kigali バルク給水プロジェクト資金の構成**

- 本プロジェクトでは当初、送配水施設を含むものであったが WASAC の負担軽減<sup>1</sup>のため AfDB の他プロジェクトに移すことで合意された。これにより PPP の投資額は 79 百万ドルから 61 百万ドルへと減額になった。

## 第7章 実施中プロジェクト

### 7.1 全体像

本章では、キガリ市で調査時に実施中の水道プロジェクトの概要とプロジェクト・スコープを示す。キガリ市水道に関連するプロジェクトは5件が実施中であり、それらは、1) ルワンダの持続可能な水と衛生プログラム、2) New Nzove 1 プロジェクト、3) キガリ・バルク給水プロジェクト、4) Nzove-Ntora 送水幹線強化プロジェクトおよび 5) キガリ市配水管網における無収水管理強化プロジェクト（表 7.1-1）である。これらの進行中のプロジェクトの全体的な実施スケジュールを表 7.1-2 に示す。これら実施中のプロジェクト完了後の水道システム概要を付録 16(1) に示す。

表 7.1-1 実施中プロジェクト・リスト

No.	Name of the Project	Investor/Contractor
1	Rwanda Sustainable Water and Sanitation Program (Sub-project: the Design Rehabilitation, Upgrading and Extension of Water Supply Network in the City of Kigali and Peri-urban areas)	AfDB/China Railway
2	New Nzove 1 Project	WASAC/Culligan
3	Kigali Bulk Water Supply Project	Metito (IFC)
4	Nzove-Ntora Transmission Pipe	JICA
5	Project for Strengthening Non-Revenue Water Control in the City of Kigali Water Network	JICA

出典：調査団

表 7.1-2 実施中プロジェクトの実施スケジュール (2019年6月時点)

Project	2019					2020					2021															
	6	7	8	9	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	#	
1 AfDB Sustainable WatSan Program (Sub-project: China Railway)																										Until June 2023
2 New Nzove 1 Project	<Completed but not fully delivered>																									
3 Kigali Bulk Water Supply (Kanzenze)																										
4 Nzove-Ntora Pipeline																										
5 JICA Non-Revenue Water																										

出典：調査団

### 7.2 ルワンダの持続可能な水と衛生プログラム

ルワンダの持続可能な水と衛生プログラムは、AfDB による融資プログラムである。このプログラムの目的は、対象となる都市と郊外地域（キガリ市、Nyagatare、Gatsibo、Kayonza、Ngoma、Bugesera、Ruhango、Nyanza、Muhanga、Ngororero、Kamonyi、Musanze、Nyabihu、Rubavu、Karongi、Rutsiro）に、適切で信頼性が高く持続可能な水と衛生サービスを公平に提供することを保証することである。2019年1月に署名された追加融資を含め、融資総額は2億6,190万ユーロとなる。

キガリ市の水道に関し、キガリ市および周辺地域の水道ネットワークの設計・更新、改善、および拡張というサブプロジェクトから、プロジェクト全体が構成されている。進行中のプロジェクトは、キガリ市の4つの主要な拡張エリア（表 7.2-1）を含み、キガリ市内および周辺地域の包括的な

リハビリテーションと拡張を対象としている。このプロジェクトは、Kanzenze 浄水場の完成による給水能力の増加（40,000 m<sup>3</sup>/日）にも対応したものとなっている。

表 7.2-1 実施中プロジェクトの概要

<b>Name of Project</b>	Rwanda Sustainable Water and Sanitation Program																		
<b>Funding</b>	AfDB																		
<b>Name of Sub-project</b>	<i>the Design Rehabilitation, Upgrading and Extension of Water Supply Network in the City of Kigali and Peri-urban Areas</i>																		
<b>Name of Contractor</b>	China Railway Construction Engineering Group																		
<b>Scope of Work</b>	- Design and construction (Design-Build) of water main pipelines and reservoirs for the following sections, including 64 km pipelines and eight reservoirs for Section #9.																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Section Name</th> <th>Sector</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>#6</td> <td>Nduba Water Network</td> <td>Nduba</td> </tr> <tr> <td>#7</td> <td>Kanyinya Water Supply</td> <td>Kanyinya</td> </tr> <tr> <td>#8</td> <td>Rugarika Water Supply</td> <td>Rugarika</td> </tr> <tr> <td>#9</td> <td>Water Infrastructure for Kanzenze, Kicukiro and Bugesera</td> <td>City of Kigali and Bugesera</td> </tr> <tr> <td>#10</td> <td>Bweramvura</td> <td>Jabana</td> </tr> </tbody> </table>	No.	Section Name	Sector	#6	Nduba Water Network	Nduba	#7	Kanyinya Water Supply	Kanyinya	#8	Rugarika Water Supply	Rugarika	#9	Water Infrastructure for Kanzenze, Kicukiro and Bugesera	City of Kigali and Bugesera	#10	Bweramvura	Jabana
	No.	Section Name	Sector																
	#6	Nduba Water Network	Nduba																
	#7	Kanyinya Water Supply	Kanyinya																
	#8	Rugarika Water Supply	Rugarika																
	#9	Water Infrastructure for Kanzenze, Kicukiro and Bugesera	City of Kigali and Bugesera																
#10	Bweramvura	Jabana																	

出典：調査団

この AfDB プロジェクトには、合計 85,750 m<sup>3</sup> の容量を持つ 38 箇所の配水池建設が含まれている。これは、2018 年時点での WASAC の既存配水池全体量を上回るものである。(表 7.2-2)。これにより、配水池の総容量は 159,000m<sup>3</sup> 以上となり、Kanzenze 浄水場完成後の総配水量の 19.6 時間分に相当する。

表 7.2-2 既存配水池容量

Capacity and Category	Number of Reservoir	Capacity (m <sup>3</sup> )	Equivalent hours to Daily maximum water supply (Hours)
Total for Existing Res.	158	71,512	10.4
<b>On-going Reservoirs</b>	<b>38</b>	<b>85,750</b>	
Total Existing + On-going	196	159,125	19.6

出典：調査団

既存の水道システムへの主な拡張、改善点は以下の通りである。

- 北部環状幹線（ND500 L = 10km および ND400L = 8 km）敷設： Ntora から New Remera 配水池（10,000 m<sup>3</sup>） および Kimironko 配水池（5,000 m<sup>3</sup>） まで
- Kanombe、Nyarugunga、Masaka セクター： 合計 9,000m<sup>3</sup> の 4 箇所の配水池建設と Kanzenze 浄水場からの管路の延伸
- Gahanaga、Gikondo： 合計 28,000m<sup>3</sup> の 6 箇所の配水池建設
- 市内中心部：配水池（2,000 m<sup>3</sup>） 建設
- Kibagabaga (5,000 m<sup>3</sup>)、Kacyiru (Merdien, 1,000m<sup>3</sup>)、Kabuga (1,000m<sup>3</sup>)配水池容量の拡張



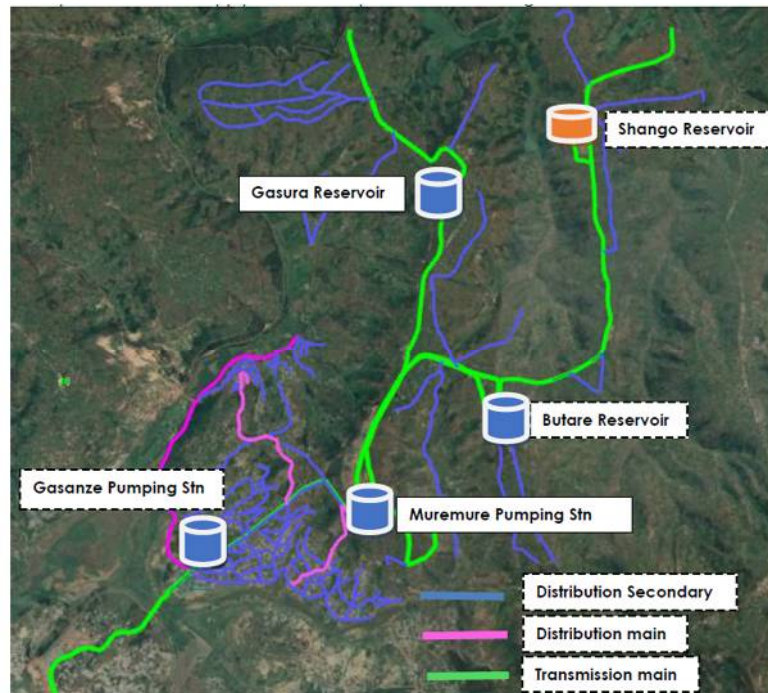
拡張事業の結果、以下のセクターにおいて水道へのアクセスが大幅に改善される。

#### キガリ市内

- Jabana: Jabana セクター全体を対象とした新#10 Bweramvura 水道拡張事業。上水は北部環状幹線より同地域に供給される (図 7.2-1)。この幹線には配水のため、数か所の増圧ポンプ場が付帯している。
- Nduba: Nduba セクター全体を対象とした#6 Nduba 配水ネットワーク(図 7.2-1)。上水は Ntora-Fawe Girls School 配水池からの幹線から分岐された、Amakawa 配水池から供給される。
- Kanombe 及び Gahanga: Kanzenze WTP からの大幅な拡張 (図 7.2-2)。
- Kanyinya: Kanyinya 配水池からの拡張並びに、Nyabarongo 川 (左岸) から Shyorongi セクターを経て Kimisagara 浄水場からの送水。(図 7.2-3)。

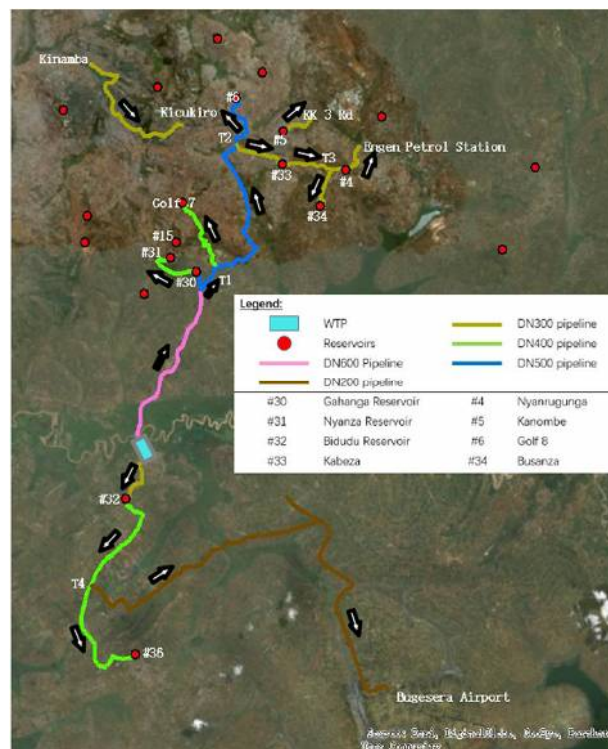
#### 隣接する7セクター

- Shyorongi: セクターのキガリ市に近い南側は Kanyinya を経て Kimisagara 浄水場 から供給される。(図 7.2-3)。
- Runda: 配水池の拡張 (5,000 m<sup>3</sup>) (図 7.2-4)。
- Rugarika: セクター全体にわたって、管路及び配水池の拡張。上水は Nzove 浄水場より供給される。(図 7.2-4)。
- Ntarama: 新 Bidudu 配水池の建設及び Kanzenze WTP からの管路敷設 (図 7.2-5)。
- Nyakaliro: Bihembe-Nyakaliro に新配水池の建設 (5,000 m<sup>3</sup>) (図 7.2-6)。
- (Gahengeri 及び Muyumbu セクターにおいて拡張事業は行われない)。



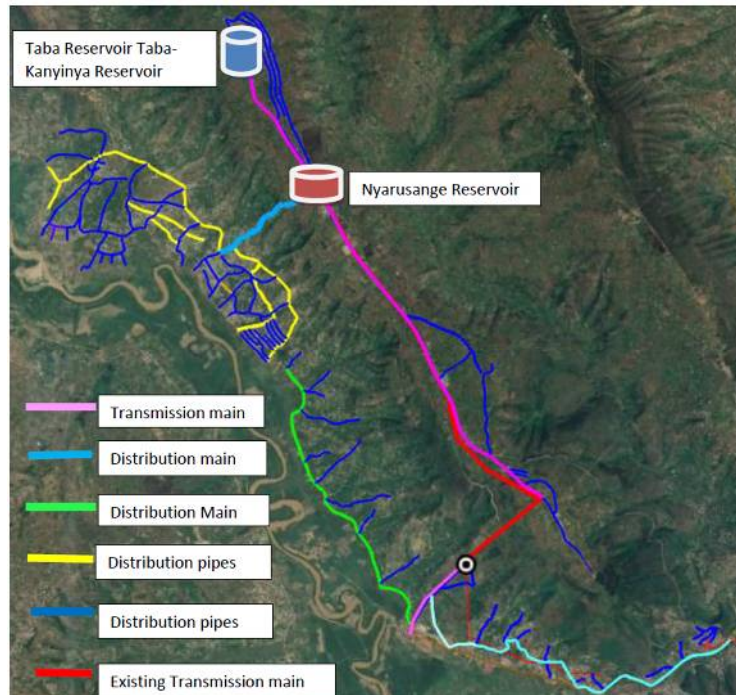
出典: Detailed Design Draft Report, Design, Rehabilitation, Upgrading and Extension of Water Supply Network in Kigali City and Peri-urban areas Project (November 2019).

図 7.2-1 Jabana 及び Nduba セクターにおける実施中拡張事業



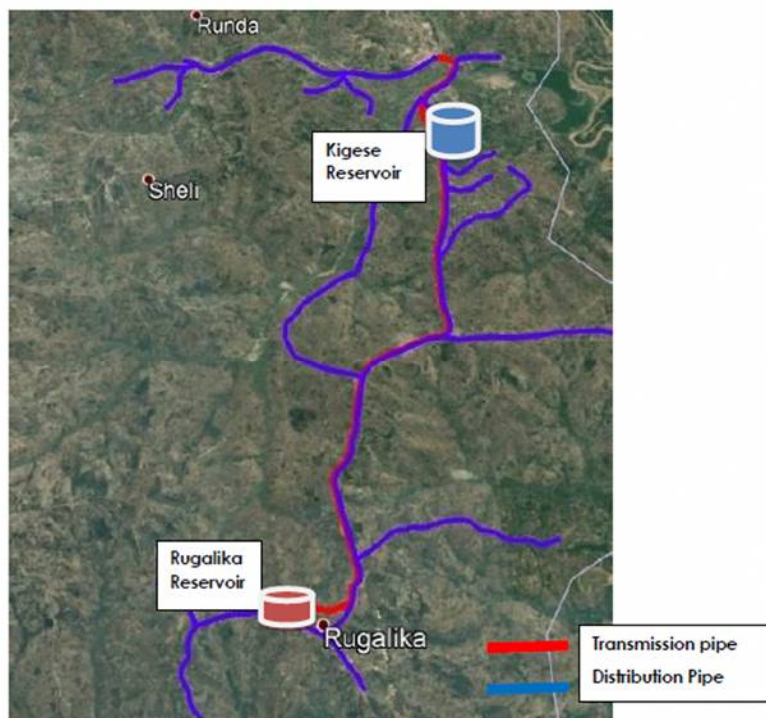
出典: Detailed Design Draft Report, Design, Rehabilitation, Upgrading and Extension of Water Supply Network in Kigali City and Peri-urban areas Project (November 2019).

図 7.2-2 Kanombe 及び Gahanga セクターにおける実施中拡張事業



出典: Detailed Design Draft Report, Design, Rehabilitation, Upgrading and Extension of Water Supply Network in Kigali City and Peri-urban areas Project (November 2019).

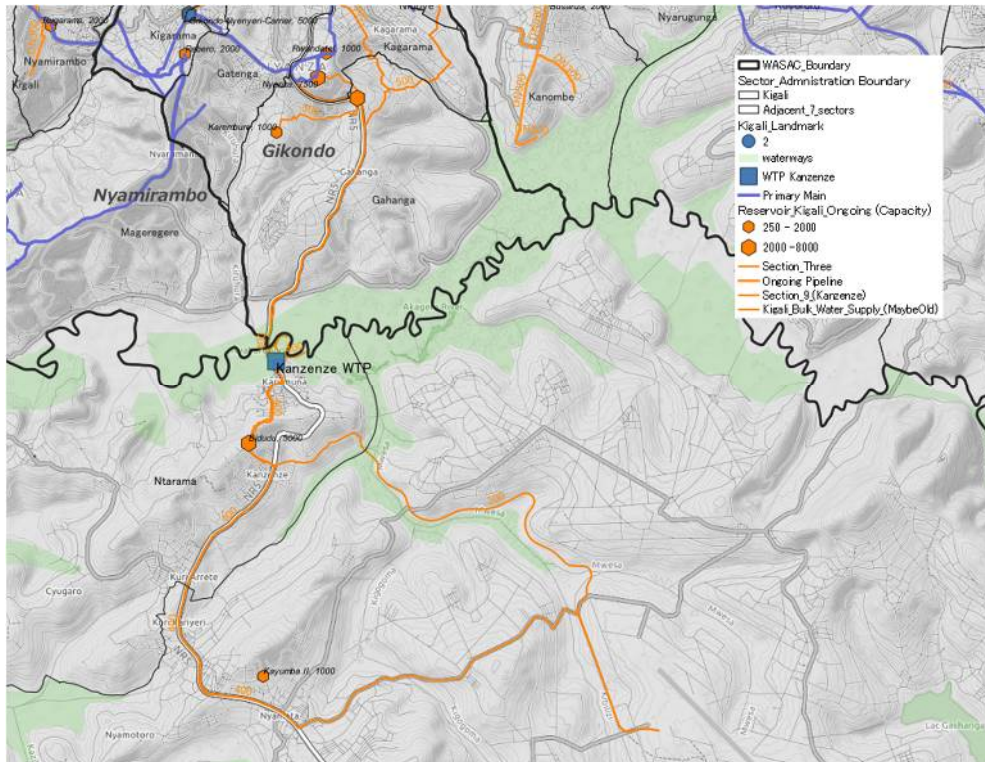
図 7.2-3 Kanyinya 及び Shyorongi セクターにおける実施中拡張事業



出典: Detailed Design Draft Report, Design, Rehabilitation, Upgrading and Extension of Water Supply Network in Kigali City and Peri-urban areas Project (November 2019).

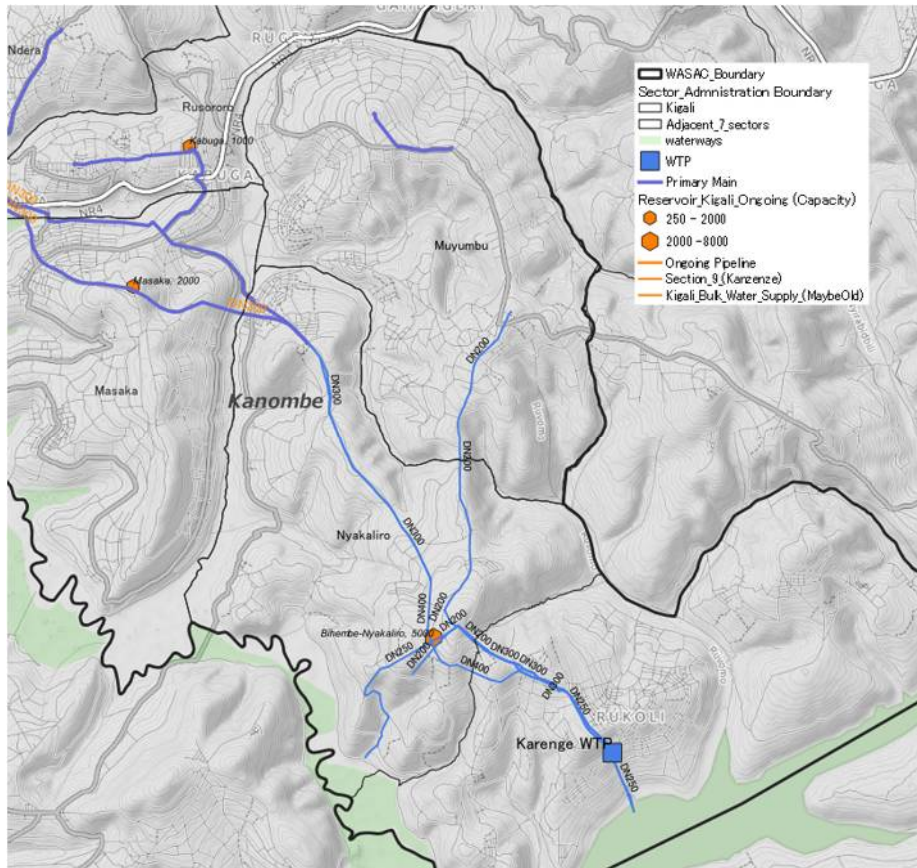
図 7.2-4 Runda 及び Rugarika セクターにおける実施中拡張事業





出典: Detailed Design Draft Report, Design, Rehabilitation, Upgrading and Extension of Water Supply Network in Kigali City and Peri-urban areas Project (November 2019).

図 7.2-5 Ntarama セクターにおける実施中拡張事業



出典: Detailed Design Draft Report, Design, Rehabilitation, Upgrading and Extension of Water Supply Network in Kigali City and Peri-urban areas Project (November 2019).

図 7.2-6 Nyakaliro、Muyumbu、Gahengeri セクターにおける実施中拡張事業

### 7.3 NEW NZOVE 1 プロジェクト

New Nzove 1 プロジェクトには、5.4 に述べたように、既存 Nzove 浄水場を 65,000 m<sup>3</sup>/日まで拡張するための詳細設計および建設工事が含まれている。プロジェクトは実質的に完了し、2019 年 5 月 6 日に運転が開始された。2019 年の New Nzove 1 の規模は 40,000m<sup>3</sup>/日であり、65,000 m<sup>3</sup>/日の全容量を確保するためには、今後ろ過池とそれに付随する工事が実施される必要がある。

このプロジェクトには、図 7.2-3 に示すように、キガリ市の東部地域への送水および配水システムの拡張が含まれている。新しいシステムには、Nzove 浄水場の送水ポンプ場、Karama 2 の配水池とポンプ場、並びに新しい Mont-Kigali 配水池及び配水池とポンプ場間の送水管 (DIP ND400) 敷設が含まれている。

New Nzove 1 システムは現在 (2018 年 6 月時点) 運転中であるが、未だコントラクター (Culligan) から WASAC に正式にすべてが移管されていない状況である。

#### 7.4 キガリ・バルク給水プロジェクト (KANZENZE 浄水場)

キガリ・バルク給水プロジェクトは、WASAC、Metito（民間企業）、IFC 間の官民パートナーシッププロジェクトである。このプロジェクトは、Kanzenze における新規水源開発、新規浄水場建設並びにその運転を目的としている。これは、WASACとMetitoの間で契約が結ばれ、当初はIFCによって調整および資金提供された、Build-Operate-Transfer (BOT) プロジェクトである。浄水場等の建設は2017年11月に開始され、サービスは2020年5月に開始された。運用期間は25年間であり、運用期間後資産はWASACに譲渡される予定である。

Kanzenze 浄水場は、キガリ市の南東部にある Kanzenzein にあり、市内中心部から約 20km の場所である。Kanzenze 浄水場の規模は、40,000 m<sup>3</sup>/日であり、ニャバロンゴ川の南岸から地下水を取水する。Kanzenze 浄水場の概要を表 7.4-1 に示す。浄水はキガリ市 (30,000m<sup>3</sup>/日) と Bugesera セクター (10,000m<sup>3</sup>/日) に割り当てられる。キガリ市においては Gahanga、Kagarama、Gatenga、Nuboye、Remera、Kimironko、Nyarugunga、Kanombe セクター、および Bugesera セクターでは Ntarama と新規空港地域に供給される予定である。

表 7.4-1 Kanzenze 浄水場の概要

Item	Contents	Remarks
Design capacity	40,000 m <sup>3</sup> /d	Supplying 30,000 m <sup>3</sup> /d to the City of Kigali.
Raw water source	The groundwater of Nyabarongo River	Totally 35 wells.
Design raw water quality	Turbidity: 3-5 NTU	
Treatment process	Receiving Well → Aeration → Flocculation & Sedimentation → Filtration → Chlorination → Pump Station (app. H300 m)	
Construction scheme	Public-Private Partnership (PPP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Build Operate Transfer (BOT, 27 years) and bulk water supply method.</li> <li>Metito will be responsible for the financing, design, construction, O/M of the WTP.</li> <li>First PPP project in Rwanda.</li> </ul>
Construction period	July 2018- May 2020	
Contractor	International Water Treatment Rwanda LTD (IWTR)	
Construction cost	60.8 mil. \$ [Emerging Africa Infrastructure Fund (EAIF) and The African Development Bank (AfDB) are covering US\$40.6 million of the capital cost of the project; The balance will be provided by Metito as equity finance.]	Including boreholes, river protection, borehole pumps and wellfield pipework, WTP, transmission pipeline and reservoir etc.

出典: WASAC 及び METITO

本プロジェクトの契約書によれば、プロジェクトの詳細は以下の通りである。

- **開発者/建設・運営者:** The Kigali Water Limited、特別目的事業体 (Special Purpose Vehicle (SPV)) で、Metito Holdings Limited による全額助成。
- **資金調達:** IFC からの Metito によるエクイティ資金調達
- **Take-or-pay 契約:** WASAC は、WASAC の使用量に関係なく、最低でも全浄水能力(40,000 m<sup>3</sup>/day)

の水道料金を支払うものとする。

- **水料金:** 引き渡し年において、約 0.75 USD/m<sup>3</sup>

水料金は以下の数式により計算される。

$$\text{Water charge (RWF/m}^3\text{)} = \text{FCC} + (\text{FOMC} + \text{VOMC} * \text{V}) * \text{CPI} + \text{EC}$$

ここで;

FCC: 固定容量料金、インフレによる調整対象

FOMC: 固定運転及び維持管理料金

VOMC: 変動運転及び維持管理料金

V: 売却される水の量

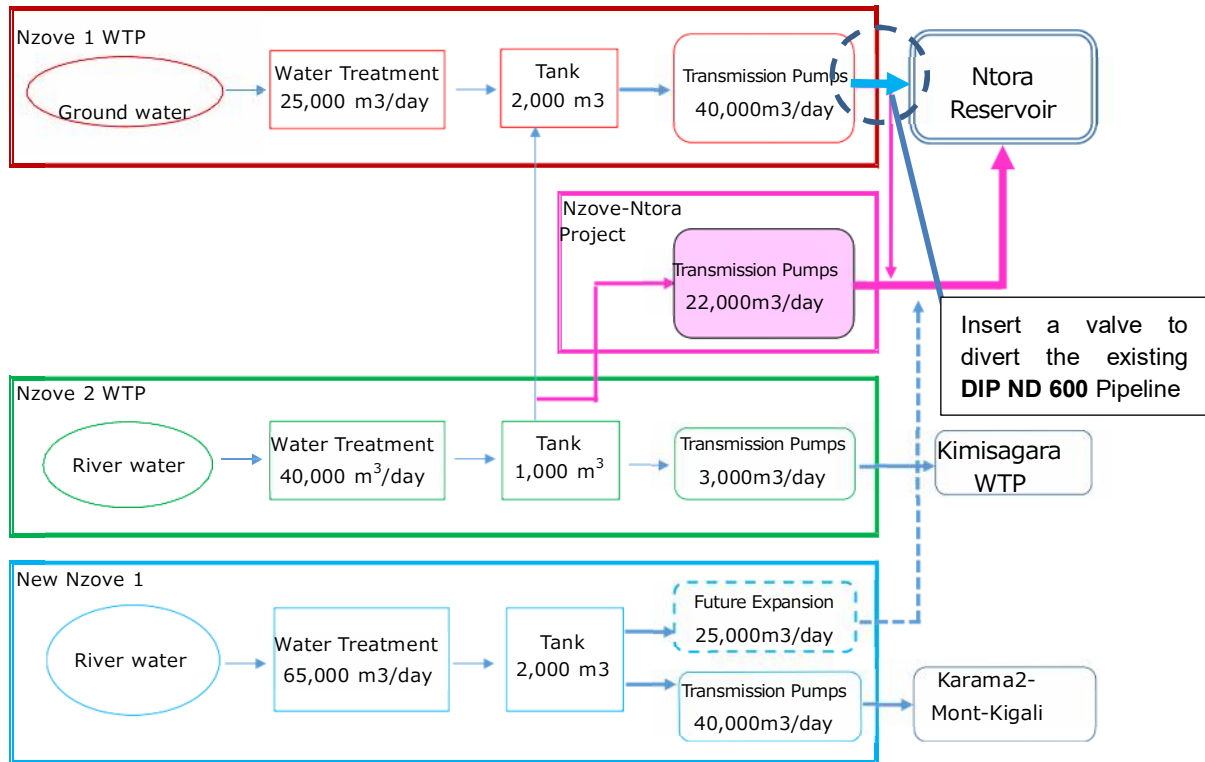
CPI: 米国の鉄鋼の消費者物価指数（現在/入札前の CPI 比率）

EC: 電気料金

- 開始年の 0.75USD / m<sup>3</sup>の内訳は、固定費（FCC）0.41 USD / m<sup>3</sup>、電気料金（EC）0.20 USD / m<sup>3</sup>、その他 0.14 USD / m<sup>3</sup>となっている。価格はインフレ、材料価格、電気料金によって変動する。WASAC が作成した財務見積もりでは、サービス提供後 6 年間の水料金は 0.82 USD / m<sup>3</sup>となっている。
- **許容可能な水質劣化:** 原水水質の劣化は、条件によって変動する可能性がある。30 日以内の短期水質劣化の対策はオペレーターが負担することとなっており、言い換えれば WASAC は、30 日を超えて水質悪化が継続した場合に補償する責任がある。オペレーターによる原水の許容可能な「劣化」は、契約に基づいて定義されており、例えば濁度は 150NTU となっている。

## 7.5 NZOVE-NTORA 送水幹線強化プロジェクト

Nzove-Ntora 送水幹線強化プロジェクトは、Nzove 浄水場からの送水量を増加させることを目的としている。プロジェクトのスコープは主に、22,000 m<sup>3</sup>/日の容量の新送水ポンプ場建設と、Nzove 浄水場から Ntora 配水池への 900mm の新しい送水幹線（SP、DIP）敷設となっている（図 7.5-1 および図 7.6-1）。このプロジェクトは日本政府からの無償資金協力事業であり、2021 年後半までに完了する予定である。



出典: JICA (2019) Final Report, the Project for Strengthening of Nzove-Ntora Water Principal Pipeline in the City of Kigali

図 7.5-1 実施中の拡張プロジェクト後の改善された Nzove 浄水場システム

## 7.6 キガリ市配水管網における無収水管理強化プロジェクト

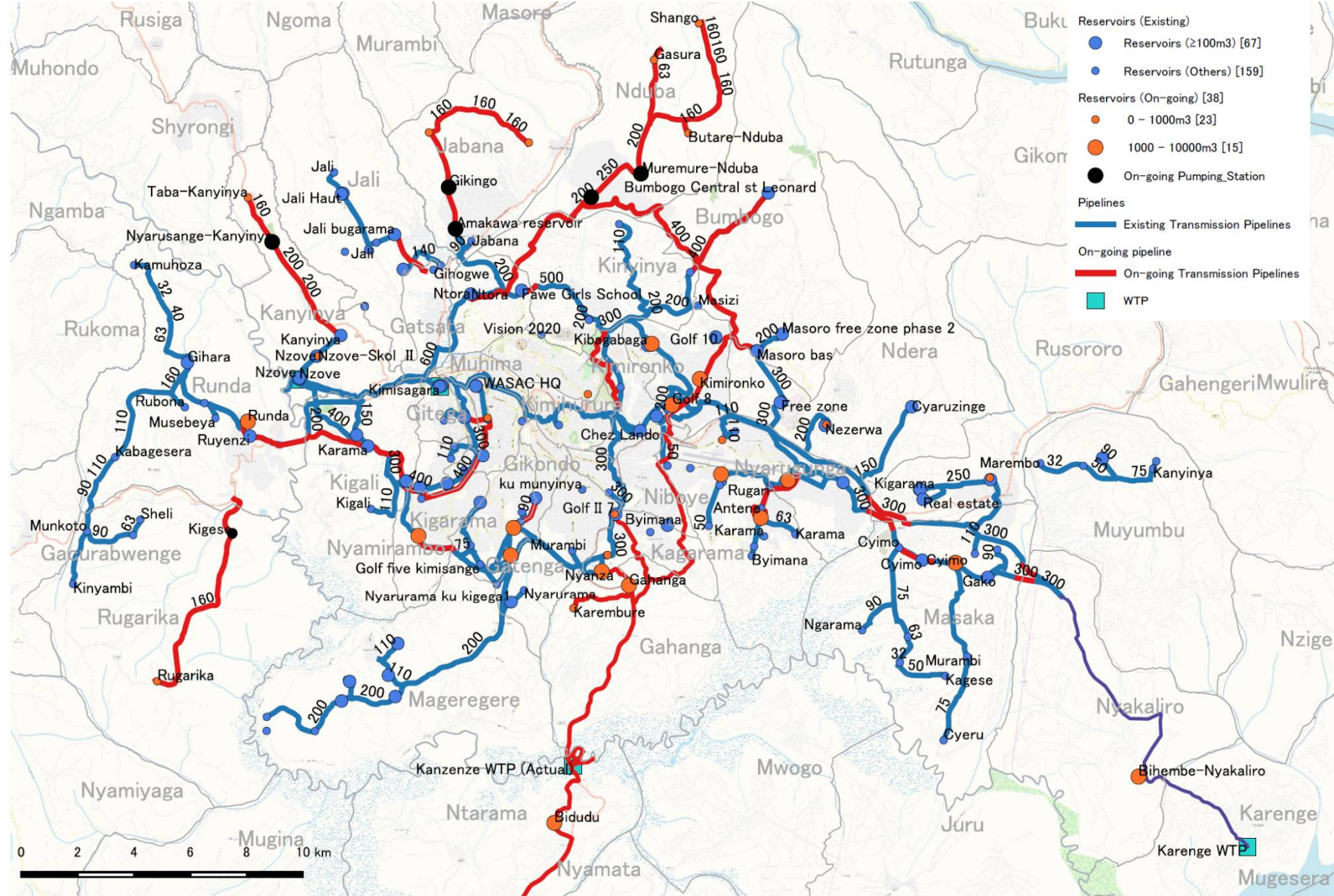
キガリ市水道配水管網における無収水管理強化プロジェクトは、JICA による技術協力プロジェクトである。このプロジェクトは、キガリ市の無収水を計画的に削減するための対策を実施する WASAC の能力を強化することを目的としている。この活動には、無収水削減計画の策定、Kadobogo 及び Ryenzi でのパイロットプロジェクト実施が含まれている。

このプロジェクトには、市内の WASAC 各支店の水使用量を把握することを目的とした区画メーターの設置も含まれている。市の供給エリアは6つの支部に分かれており（セクション 5.1）、給水は概ねこれら支部に分かれている。区画メーターの場所と仕様はまだ明らかにされておらず、2019 年末までにこれらが決定される見通しである。SCADA システム及びそのサーバーも 2019 年末までに WASAC の予算で調達される予定となっている。

## 7.7 進行中の送配水拡張計画

上記 7.2 で記述した管路の拡張を含め 2021 年 8 月現在における既存管および進行中の送配水拡張状況を図 7.7-1 および図 7.7-2 に示す。図は WASAC の GIS データおよび WASAC UWSSD の使用している管路のモデルを活用し作成した。

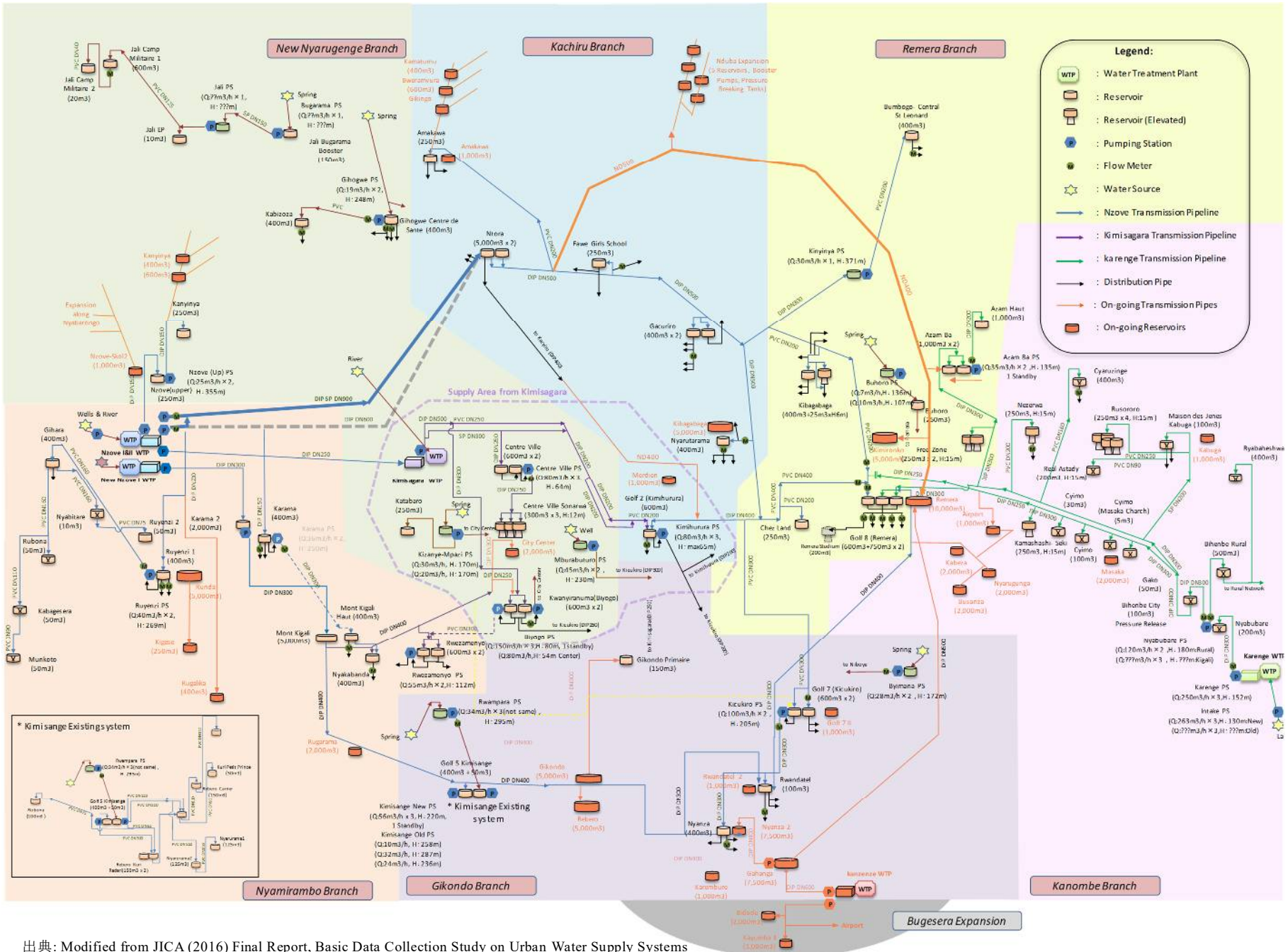




出典: 調査団

図 7.7-1 対象地域の主要管路と拡張計画





7-12

出典: Modified from JICA (2016) Final Report, Basic Data Collection Study on Urban Water Supply Systems

図 7.7-2 進行中の管路システム完成後のキガリ市上水道システム概要図

## 第8章 能力開発

### 8.1 WASAC スタッフの計画策定能力の評価

調査団は、2019年4月に本調査のワーキング・チームのメンバー（17名）である WASAC スタッフに対して、本調査開始時点での計画策定能力を計測・評価するための最初のベースラインアンケート調査を実施した。さらに、本調査完了間近の2021年7月に再度能力開発の最終評価のために、ワーキング・チームのメンバー（16名）に最終アンケート調査を実施した。アンケート参加者は、UWSSのディレクター、主要なWTPの責任者、漏水調査および圧力管理の責任者、中央水質分析室の責任者、NRWのマネージャー、および支店の責任者等である。ベースライン調査と最終調査の質問票の内容を表 8.1-1 に示す。ベースライン調査と最終調査のほとんどの質問（Q1～Q12）は、進捗状況の評価のために同様であるが、2つの質問（Q13とQ14）は本調査の下でキガリ市広域上水道マスタープランの策定作業を調査団と共に実施した活動全般に対する WASAC スタッフの意見を聴取するために、最終アンケート調査に追加された。

なお、作業チームメンバーの異動によりベースライン調査と最終調査で参加者が同一ではないという点、及び、ベースライン調査が紙のテストで実施されたのに対し、最終調査は COVID-19 による本調査の活動の制約によりオンラインフォームを使用して実施された、という点に留意する必要がある。

表 8.1-1 質問票

No.	Contents
Q1:	Please list up what aspects should be considered to prepare a water supply master plan.
Q2:	Please explain the major points to be considered for selection of raw water sources. (in case of surface water and groundwater)
Q3:	Please explain what average domestic per capita water consumption (lpcd) is.
Q4:	Please list up basic items which should be considered in selecting the water treatment process.
Q5:	How do you decide capacity (m <sup>3</sup> ) of a reservoir?
Q6:	Please explain why it is necessary to discriminate "Transmission pipelines" and "Distribution pipelines."
Q7:	Please explain the components of Non-Revenue Water (NRW).
Q8:	Please explain problems regarding water quality for both (1) Raw Water and (2) Treated Water in WASAC's system.
Q9:	What are the major objectives to carry out environmental and social consideration (ESC)? Please explain 3 items.
Q10:	Please explain points to be considered when the water tariff is decided.
Q11:	Please explain the most important points to improve customer satisfaction regarding water supply services.
Q12:	Please explain the role/function of each WASAC department.
Q13*:	Do you think your knowledge and skills are developed through the master plan formulation?
Q14*:	What has benefited you from participating in JICA's MP formulation project?

\*Q13, 14 are only for Final Survey

出典：調査団

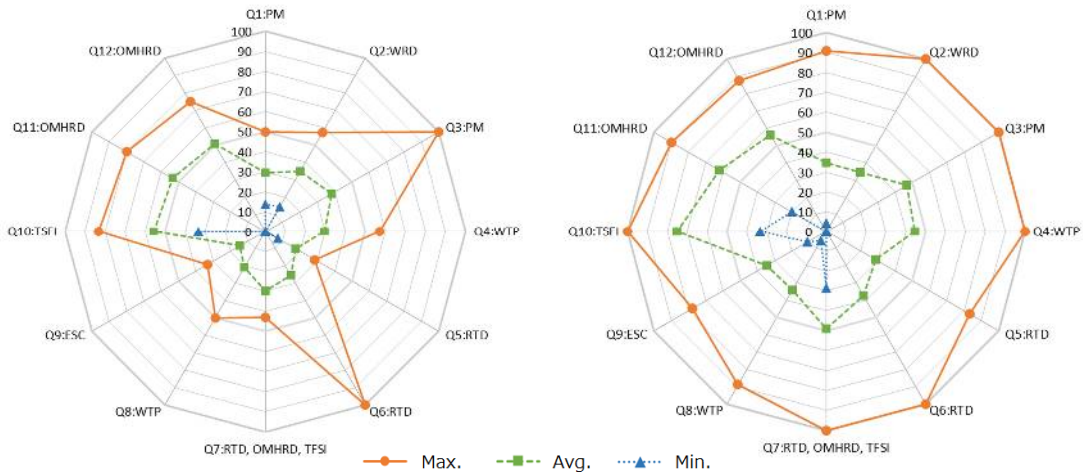
最終評価は、表 8.1-3 に示す「評価キーワード」を用いて、表 8.1-2 に示すベースライン評価と同

じ方法で実施した。ベースラインと最終アンケート評価の評価結果の比較を図 8.1-1 に示す。スコアは Q1～Q12 に関して計算されている。

表 8.1-2 評価方法

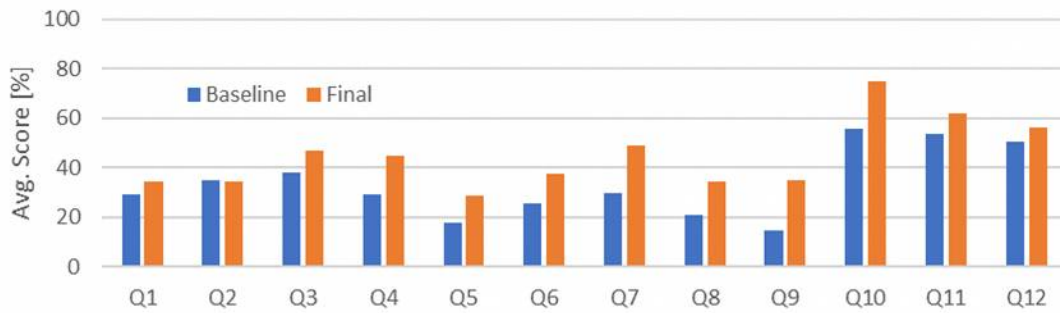
Evaluation order	Method	Remark
No.1	Evaluation of keyword/synonym or explanation to achieve the purpose of the question.	1.0 [point / word]
No.2	Participant gave answer except No.1, but he/she understood question purpose.	0.5 [point / word]
No.3	(No.1 point + No.2 point) / (number of evaluation key words) x 100 [%]	Conversion from point to %

出典：調査団



(a) ベースライン評価結果 (2019年8月)

(b) 最終評価結果 (2021年7月)



(c) ベースライン評価時と最終評価時の比較

出典：調査団

図 8.1-1 評価スコア

表 8.1-3 最終評価アンケート調査の各質問に対するキーワード (2021年7月)

No.	Contents	Evaluation of keywords	Baseline Score [%]			Final Score [%]		
			Max.	Min.	Avg.	Max.	Min.	Avg.
Q1:	Please list up what aspects should be considered to prepare a water supply master plan.	1. Quantity 2. Quality 3. Pressure 4. Emergency / Disaster 5. Future expansion / Improvement 6. Environment 7. Reliable / Affordable 8. Sustainable 9. Finance / Economy / Budget 10. Organization / Institution 11. Cost for initial and O&M	50	14	29	90.9	4.5	34.7
Q2:	Please explain the major points to be considered for selection of raw water sources. (In case of surface water and groundwater)	1. Development potential 2. Water level measurement 3. Monitoring 4. Network 5. Discharge rate 6. Sustainability 7. Hydraulic conductivity	57	14	35	100.0	0.0	34.4
Q3:	Please explain what average domestic per capita water consumption (lpcd) is.	1. Planning / Projection / Used in water demand 2. Distribution quantity or amount / Consumption / Billing record 3. Served population	100	0	38	100.0	0.0	46.9
Q4:	Please list up basic items which should be considered in selecting the water treatment process.	1. Raw water quality and quantity 2. Treated water goals 3. Cost 4. Operation and maintenance 5. Availability of major equipment and chemicals 6. Site area 7. Environmental and social impacts	57	0	29	100.0	0.0	44.6
Q5:	How do you decide capacity (m3) of a reservoir?	1. Water Demand (in supply area) 2. Hourly fluctuation (of water demand) 3. Power suspension period 4. Repair time of transmission pipe 5. Water Demand for firefighting 6. Water transmission volume to other reservoirs 7. Stable water supply / Acceptable water suspension period (or water supply hour) / Restriction of water supply	29	7	18	83.3	0.0	28.6
Q6:	Please explain why it is necessary to discriminate "Transmission pipelines" and "Distribution pipelines"	1. To keep transmission capacity 2. Reduction of leakage 3. Water Pressure control (in distribution system)	100	0	25	100.0	0.0	37.5
Q7:	Please explain components of Non-Revenue Water (NRW).	1. Unbilled, 2. Unauthorized consumption 3. Metering inaccuracy 4. Real loss / Leakage 5. Pressure management 6. Repair 7. Asset management	43	0	30	100.0	28.6	49.1

No.	Contents	Evaluation of keywords	Baseline Score [%]			Final Score [%]		
			Max.	Min.	Avg.	Max.	Min.	Avg.
Q8:	Please explain problems regarding water quality for both (1) Raw Water and (2) Treated Water in WASAC's system.	(1) Raw water 1. High Iron (Fe) and Manganese (Mn) 2. High turbidity and color 3. Ammonia and organic matter 4. Heavy metals 5. Algae for lake water (2) Treated water 1. Organic matter->Disinfection by-products (DBPs such as THMs) 2. High residual chlorine->DBPs (or THM) 3. Odor 4. Inefficient disinfection for spring water	50	0	21	88.9	5.6	34.2
Q9:	What are the major objectives to carry out environmental and social consideration (ESC)? Please explain 3 items.	1. Democratic process / Procedure / Decision-making, 2. Transparency, 3. Participation 4. Accountability 5. Stakeholder, 6. Basic / Fundamental human rights 7. Disclosure (of information) 8. Environmental cost / External cost, 9. Reduction / Mitigation of environmental impact	33	0	15	77.8	11.1	34.7
Q10:	Please explain points to be considered when the water tariff is decided.	1. O&M cost 2. Capital cost 3. Customers' affordability to pay	83	33	56	100.0	33.3	75.0
Q11:	Please explain the most important points to improve customer satisfaction regarding water supply services.	1. Tariff 2. Service 3. Quality of water 4. Customer 5. Stable supply	80	0	54	90.0	20.0	61.9
Q12:	Please explain the role/function of each WASAC department.	Explanation of each department or using the following keywords. 1. Human resource 2. Department 3. Policy 4. Manual	75	0	51	87.5	0.0	56.3

出典：調査団

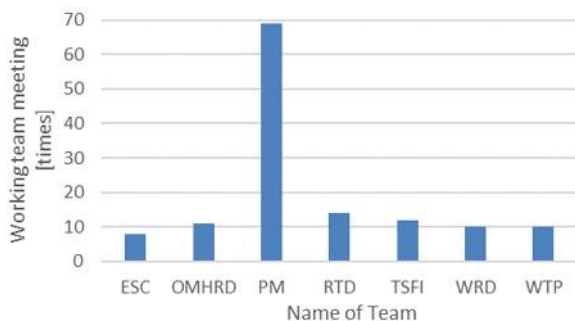
最終評価のスコアはベースライン評価時よりも高くなっており、調査団との M/P 策定の共同作業により、計画策定に係る知識とスキルが向上したと評価できる。

多くの参加者は、ベースライン評価と最終評価の両方で「水道料金 (Q10)」、「顧客満足度 (Q11)」、「WASAC 部門の役割/機能 (Q12)」をよく理解しており、カスタマーサービスの重要性和 WASAC の組織についての理解が明確であることが示された。一方、他の質問 Q1~Q9 の平均スコアは 50%未満となっている。これは、質問が各個人の分野と異なる場合、その分野についての理解度が相対的に低く、専門的な質問に回答ができなかったことが考えられる。ただし、各質問の最大ス

コアは大幅にベースライン評価から改善されていることが判る。一部のワーキング・チームのメンバーは、所属部門の変更等により未だ経験が浅く、最小スコアは最大スコアほど改善されていないケースがみられる。Q13：「あなたの知識やスキルはマスタープランの策定を通じて発展したと思いますか？」では、参加者の100%が「はい」または「たぶん」と答えており、多くの参加者がマスタープランプロジェクトへの参加が能力強化につながったという印象を持っている。一部の新メンバーは、COVID-19 パンデミックの下で M/P の策定に直接協力する機会が少なかったため、「たぶん」と回答していた。Q14「JICA の MP 策定プロジェクトに参加することで何が得られたのか」について、長期計画、水資源管理、投資計画、財務など、M/P の重要な概念を学ぶことができ、この共同作業は有益であったと回答した。また、参加メンバーは本プロジェクトに大きく貢献し、M/P の重要性を十分に理解しているため、このプロジェクト終了後も M/P を実行に移し更新をしていく上でキーパーソンとなると考えられる。

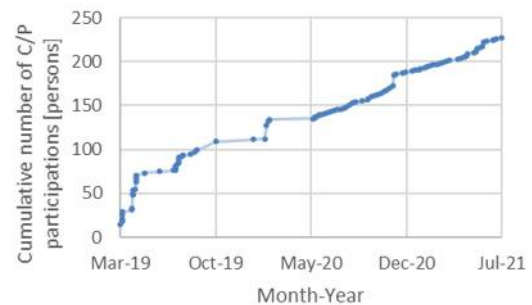
## 8.2 ワーキング・チームの活動

ワーキング・チーム会議の開催回数を図 8.2-1 に示す。会議の総数は 90 回を超えている。図 8.2-2 に示すように、C/P 参加のワーキング・チームミーティングの参加者累計は 200 人を超えており、C/P と調査団は、プロジェクトを通じて頻りにコミュニケーションを取ることに留意してきた。COVID-19 の感染拡大後も、共同作業、協力状況を最大化するために、調査団と WASAC（主に PM チーム）は 1 年以上ほぼ毎週オンラインでミーティングを開催してきた。



Note1: Plenary meeting was counted as one time to each working team.  
Note2: It was counted from Mar 2019 to July 2021.  
出典：調査団

図 8.2-1 ワーキング・チームとの会議開催回数

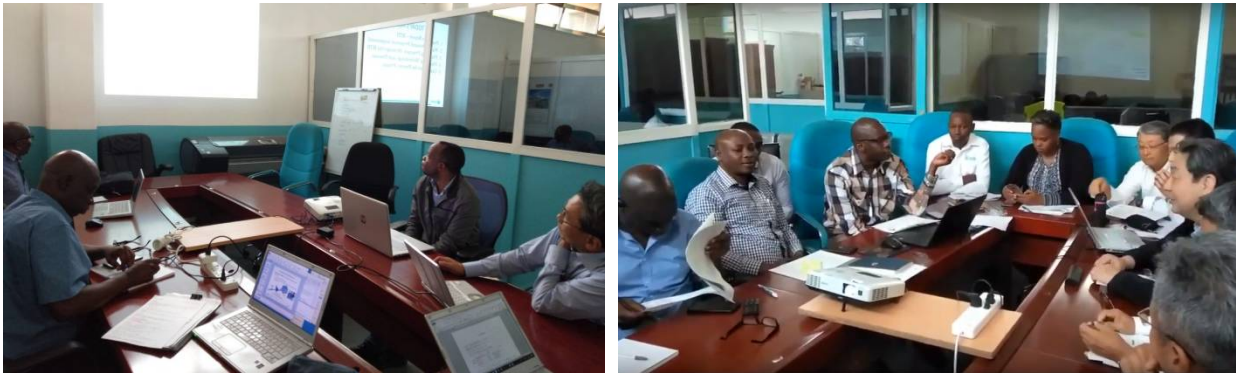


Note: It was counted from Mar 2019 to July 2021.  
出典：調査団

図 8.2-2 ワーキング・チーム会議に参加した C/P 人数累計

作業チーム会議の写真を図 8.2-3 に示す。





出典：調査団

図 8.2-3 ワーキング・チーム会議の様子 RTD チーム会議 (左)、全体会議 (右)

週例オンライン会議は、マスタープランの情報やデータ、アイデア、コンテンツの継続的な交換するのに役立った (図 8.2-4).



出典：調査団

図 8.2-4 カウンターパートとの週例オンラインミーティング

2019年7月に進捗レポートの内容を説明する第1回合同調整委員会 (Joint Coordinating Committee: JCC) を開催し、2019年8月には第1回ステークホルダーミーティング (Stake Holder Meeting: SHM) を開催した (図 8.2-5)。WASACは本プロジェクトの背景と概要をステークホルダーに説明した。その後、調査団が将来の水需要について説明した。WASACが主に質疑応答を行い、調査団は必要に応じて補足説明を行った。



出典：調査団

図 8.2-5 第1回ステークホルダーミーティング

2020年2月に第2回 SHM（図 8.2-6）及び Thematic Working Group（TWG）にてインテリムレポート（IT/R）の内容を説明した。すべての JCC メンバーから IT/R の内容（プログレスレポートからの更新、水資源開発計画、マスターシナリオと 15 年投資計画のプロジェクト等）について承認を得た。



出典：調査団

図 8.2-6 第2回ステークホルダーミーティング

2020年11月に第3回 JCC をリモートで開催し、M/P の内容（新しく追加された水資源開発計画の項目、最終化したマスターシナリオ、15 年投資計画、15 年投資計画の経済・財務分析、新しい組織体制の提案、M/P の提言等）を説明し、すべての JCC メンバーから M/P の内容について合意を得た。2021年8月に最後の JCC をリモートで開催し、M/P（案）（Draft Final Report）、特に Karengu の F/S と Masaka の F/S について説明された（図 8.2-7）。



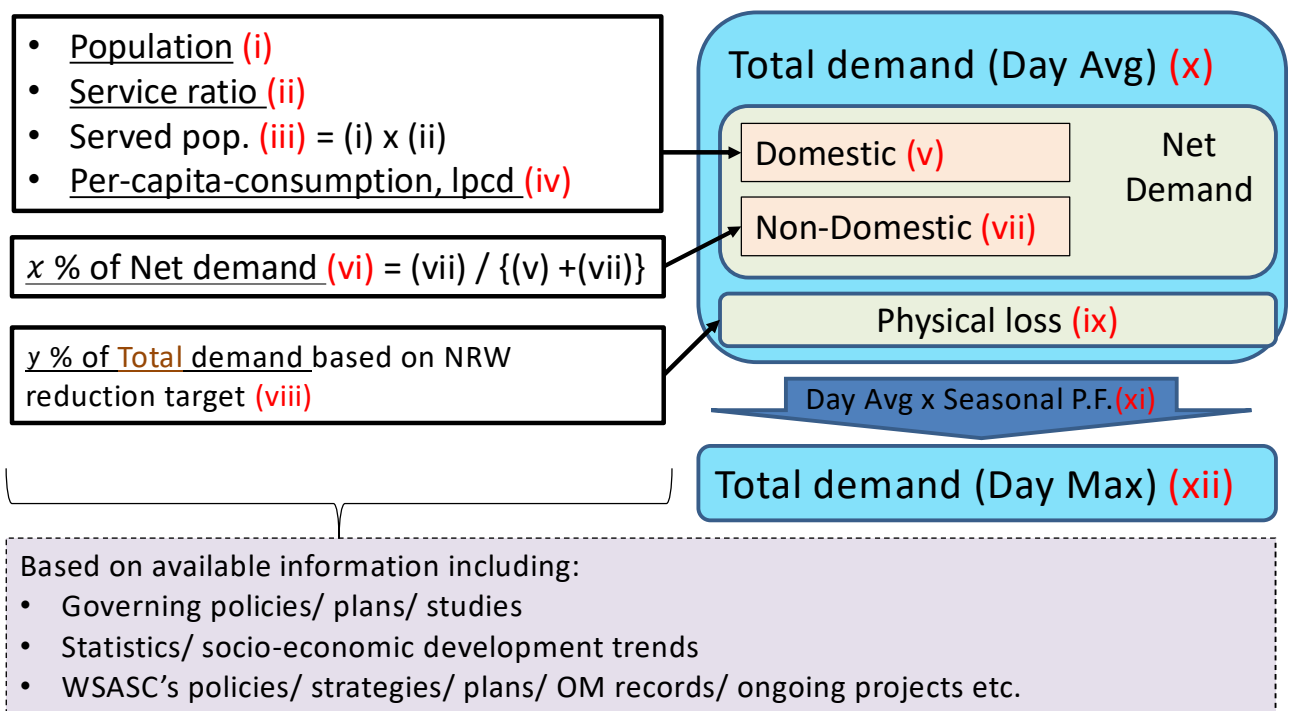
出典：調査団

図 8.2-7 最後の合同調整委員会

2021年8月に最後の SHM を調査団のサポートのもと、WASAC が開催した。WASAC は WASAC スタッフや NGO、メディア等にキニヤルワンダ語で M/P の内容を説明した。

## 第9章 将来人口と水需要

現状の水需要量の設定および将来水需要量の予測にあたっては、人口、土地利用、開発のタイミング、計画給水量原単位、サービスレベル、給水のニーズ、無収水率、負荷率（一日最大給水量に対する一日平均給水量の割合）、用途ごとの水使用量、対象地域内の社会経済動向などをはじめとする様々な要因を考慮する必要がある。したがって、キガリ市広域上水道マスタープランにおける現況および将来の水需要の算定にあたっては、これらの要因を総合的に勘案している。算定にあたっての方法論の概念を図 9.1-1 に示す。



出典：調査団

図 9.1-1 キガリ市広域上水道マスタープランで用いた水需要予測の方法

### 9.1 マスタープランの目標値

キガリ市広域上水道マスタープランでは、後続の節で議論しているように 2050 年までに戸別給水 100%の実現を目指すものとする。その過程は 16 章にて提示されているような主要業務指標（Key Performance Indicators: KPI）に沿ってモニタリングされるものとする。

### 9.2 社会経済シナリオ

開発計画に必要な将来の人口および GDP 予測は次のような情報およびデータに基づき行った。

- 統計局 2012 年国勢調査
- ルワンダ国政府：Vision 2020

- 2013年キガリ市マスタープラン報告書(The City of Kigali Mater Plan Report, 2013)
- ルワンダ国政府：The National Strategy for Transformation (NST 1)
- 対象地域が属する各郡の開発計画および開発戦略
- AfDB：The Development of National Integrated Water Supply and Sanitation Master Plan for Rwanda, Baseline Data Report
- 2019年キガリ市マスタープラン報告書(The CoK M/P 2019)

### 9.2.1 人口予測

統計局が2012年国勢調査に基づき行った人口予測は2032年までであり、目標年度2050年の人口はキガリ市マスタープランに基づいた。同マスタープランは、2012年国勢調査に基づいており、又2032年国レベルの予測値を郡レベルに推定している。しかし、セクター毎の予測は行われていない。

キガリ市マスタープランとAfDBマスタープランの人口予測の比較を表9.2-1に示す。2050年の全体的な予測人口は、いずれのマスタープランも同レベルとなっている。

表 9.2-1 2つの人口予測シナリオ

Sources		2012 Census	2050 Projection	
Population in the City of Kigali				
1. Master Plan Report (2019 Edition)	Interim Report	1,132.7	3,845.6	High scenario
2. Development of AfDB M/P	Baseline Report	1,132.7	3,687.4	Medium scenario

出典：調査団

### 9.2.2 経済成長予測

経済成長予測は、商工業分野の将来水需要を推定する上で重要な要素である。しかし、キガリ市の経済予測は策定されていないので、調査団は表9.2-2に示すルワンダ国経済成長予測率と同等とみなすこととした。

表 9.2-2 GDP 経済成長予測

Nation and City	Actual: NISR		NST 1	Key Statistic of Rwanda, MINECOFIN	
	2017	2018	2017 - 24	2025- 35	2036 - 50
Rwanda	6.1%	8.6%	9.1%	12%	9%
Kigali	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

出典：NISR, NST, MINECOFIN

### 9.2.3 ゾーニングと土地利用

2019年キガリ市マスタープランでは、第5章で段階的なゾーニングおよび土地利用計画が提案されている。概要を表9.2-3に示す。

表 9.2-3 ゾーニングおよび土地利用計画

Zone		Purpose	Projection (up to 2050)	
Residence	R1	Low density residential zone	Number of dwelling units	Land required
	R1A	Low density residential densification zone		
	R1B	Rural Residential Zone		
	R 2	Medium density residential improvement zone		
	R 3	Medium density residential expansion zone		
	R 4	Highly density residential zone		
Commercial	C 1	Mixed use zone	Number of employments	
	C 3	City commercial zone		
Industry	I 1	Light industrial zone		
	I 2	General industrial zone		
	I 3	Mining/extraction zone		
Other 18 zones		Forest, education, health, religious/culture, agriculture, etc.	-	

出典 Masterplan Report (2019 Edition) of CoK M/P

### 9.3 将来人口予測

#### 9.3.1 他の関連プロジェクト/上位計画における将来人口予測

##### 9.3.1.1 AfDB M/Pにおける人口予測

AfDB M/P に用いられている将来人口予測は、2019年3月に共有された Baseline Data Report に掲載されている。それによれば、

- セクターごとの人口： National Institute of Statistic of Rwanda (NISR)による2012年の国勢調査 (CENSUS 2012) に基づく。
- 2012年から2032年までにおける全国の人口及び都市部における人口： NISRによる、低位・中位・高位の各シナリオ設定に基づく。
- 2050年における全国人口： AfDB M/P 調査の中で、以下の仮定に基づいて算出：
  - ◇ 2017年における全国人口予測値（都市部と村落部の割合を含めた予測値）に基づく。郡 (District) ごとにおける都市部と村落部の割合を含めた人口は、2012年の国勢調査に示されている都市部と村落部の割合をそのまま2017年時点の人口に適用して仮定している。
  - ◇ 2012年から2032年まで、及び2050年における、国全体の都市化率 (Urbanization rate) 及び人口増加率は、NISRによる同期間の推定値に基づいている。
  - ◇ 同時並行で実施されているキガリ市の2050年（目標年次）までの総合マスタープランである「City Masterplan (2019)」(以下、CoK M/P) との整合を取るため、2050年におけるキガリ市人口を3.5百万人と設定している。
  - ◇ WASACとの協議に基づいた設定：
    - キガリ市内の3つの郡における2050年時点における都市化率は100%と設定している。
    - キガリ市内の3つの郡におけるそれぞれの人口の、全国人口に対する割合は2012年時点と比較して2050年時点では55%増加すると仮定している（例：Nyarugengeの人口は全国人口に対して2.7%（2012年）から4.2%（2050年）に増加、Gasabo



は 5.0% (2012 年) から 7.8% (2050 年) に増加、Kicukiro は 3.0% (2012 年) から 4.7% (2050 年) に増加)。

上述しているように、2012 年の国勢調査にはセクターごとの人口データが掲載されている。しかし、AfDB M/P の Baseline Data Report には、郡レベルの人口は掲載されてはいるが、セクターごとの人口は掲載されていない。

ただし、AfDB M/P 側は、上記 Baseline Data Report に加えて、検討に用いられたセクター毎の 2050 年時点における人口予測データは本調査団側に提供されており、提供されたデータを表 9.3-1 に示す。

表 9.3-1 AfDB M/P 側提供の 2012 年及び 2050 年におけるセクター毎人口

District & Sector	CENSUS 2012				PROJECTION 2050							
	Total	Urban	Rural	Total	Urban	Rural	Total	Urban	Rural			
Nyarugenge Gitega	28,728	0.3%	28,728	100.0%	0	0.0%	93,522	0.4%	88,846	95.0%	4,676	5.0%
Nyarugenge Kanyinya	21,859	0.2%	0	0.0%	21,859	100.0%	71,160	0.3%	67,602	95.0%	3,558	5.0%
Nyarugenge Kigali	30,023	0.3%	4,748	15.8%	25,275	84.2%	97,737	0.4%	92,851	95.0%	4,887	5.0%
Nyarugenge Kimisagara	46,753	0.4%	46,753	100.0%	0	0.0%	152,201	0.7%	144,590	95.0%	7,610	5.0%
Nyarugenge Mageregere	23,407	0.2%	0	0.0%	23,407	100.0%	76,200	0.3%	72,390	95.0%	3,810	5.0%
Nyarugenge Muhima	29,768	0.3%	29,768	100.0%	0	0.0%	96,907	0.4%	92,062	95.0%	4,845	5.0%
Nyarugenge Nyakabanda	25,666	0.2%	25,666	100.0%	0	0.0%	83,554	0.4%	79,376	95.0%	4,178	5.0%
Nyarugenge Nyamirambo	40,292	0.4%	40,292	100.0%	0	0.0%	131,167	0.6%	124,609	95.0%	6,558	5.0%
Nyarugenge Nyarugenge	21,302	0.2%	21,302	100.0%	0	0.0%	69,347	0.3%	65,880	95.0%	3,467	5.0%
Nyarugenge Rwezamenyo	16,763	0.2%	16,763	100.0%	0	0.0%	54,571	0.2%	51,842	95.0%	2,729	5.0%
Gasabo Bumbogo	35,381	0.3%	4,246	12.0%	31,135	88.0%	115,180	0.5%	109,421	95.0%	5,759	5.0%
Gasabo Gatsata	37,110	0.4%	37,110	100.0%	0	0.0%	120,809	0.5%	114,768	95.0%	6,040	5.0%
Gasabo Gikomero	16,625	0.2%	0	0.0%	16,625	100.0%	54,121	0.2%	51,415	95.0%	2,706	5.0%
Gasabo Gisozi	44,003	0.4%	44,003	100.0%	0	0.0%	143,248	0.6%	136,086	95.0%	7,162	5.0%
Gasabo Jabana	33,577	0.3%	9,271	27.6%	24,306	72.4%	109,307	0.5%	103,842	95.0%	5,465	5.0%
Gasabo Jali	25,057	0.2%	3,808	15.2%	21,249	84.8%	81,571	0.4%	77,492	95.0%	4,079	5.0%
Gasabo Kacyiru	37,088	0.4%	37,088	100.0%	0	0.0%	120,737	0.5%	114,700	95.0%	6,037	5.0%
Gasabo Kimihurura	21,672	0.2%	21,672	100.0%	0	0.0%	70,551	0.3%	67,024	95.0%	3,528	5.0%
Gasabo Kimironko	57,430	0.5%	57,430	100.0%	0	0.0%	186,959	0.8%	177,611	95.0%	9,348	5.0%
Gasabo Kinyinya	57,846	0.6%	53,162	91.9%	4,684	8.1%	188,313	0.9%	178,897	95.0%	9,416	5.0%
Gasabo Ndera	41,764	0.4%	33,469	80.1%	8,295	19.9%	135,959	0.6%	129,161	95.0%	6,798	5.0%
Gasabo Nduba	25,370	0.2%	0	0.0%	25,370	100.0%	82,590	0.4%	78,460	95.0%	4,129	5.0%
Gasabo Remera	43,279	0.4%	43,279	100.0%	0	0.0%	140,891	0.6%	133,847	95.0%	7,045	5.0%
Gasabo Rusororo	35,453	0.3%	20,833	58.8%	14,620	41.2%	115,414	0.5%	109,644	95.0%	5,771	5.0%
Gasabo Rutunga	17,906	0.2%	0	0.0%	17,906	100.0%	58,291	0.3%	55,377	95.0%	2,915	5.0%
Kiukilo Gahanga	27,808	0.3%	11,698	42.1%	16,110	57.9%	90,527	0.4%	86,000	95.0%	4,526	5.0%
Kiukilo Gatenga	48,640	0.5%	46,306	95.2%	2,334	4.8%	158,343	0.7%	150,426	95.0%	7,917	5.0%
Kiukilo Gikondo	17,146	0.2%	17,146	100.0%	0	0.0%	55,817	0.3%	53,027	95.0%	2,791	5.0%
Kiukilo Kagarama	14,385	0.1%	14,385	100.0%	0	0.0%	46,829	0.2%	44,488	95.0%	2,341	5.0%
Kiukilo Kanombe	44,426	0.4%	44,426	100.0%	0	0.0%	144,625	0.7%	137,394	95.0%	7,231	5.0%
Kiukilo Kicukiro	16,450	0.2%	16,450	100.0%	0	0.0%	53,552	0.2%	50,874	95.0%	2,678	5.0%
Kiukilo Kigarama	43,907	0.4%	43,907	100.0%	0	0.0%	142,936	0.6%	135,789	95.0%	7,147	5.0%
Kiukilo Masaka	39,548	0.4%	19,369	49.0%	20,179	51.0%	128,745	0.6%	122,308	95.0%	6,437	5.0%
Kiukilo Niboye	26,197	0.2%	26,197	100.0%	0	0.0%	85,282	0.4%	81,018	95.0%	4,264	5.0%
Kiukilo Nyarugunga	40,057	0.4%	40,057	100.0%	0	0.0%	130,402	0.6%	123,882	95.0%	6,520	5.0%
Rulindo Shyorongi	23,545	0.2%	4,408	18.7%	19,137	81.3%	46,168	0.2%	21,397	46.3%	24,770	53.7%
Kamonyi Runda	34,839	0.3%	12,995	37.3%	21,844	62.7%	68,313	0.3%	63,081	92.3%	5,232	7.7%
Kamonyi Rugarika	34,860	0.3%	0	0.0%	34,860	100.0%	68,354	0.3%	0	0.0%	68,354	100.0%
Bugesera Ntarama	17,978	0.2%	0	0.0%	17,978	100.0%	35,252	0.2%	0	0.0%	35,252	100.0%
Rwamagana Muyumbu	24,242	0.2%	0	0.0%	24,242	100.0%	47,534	0.2%	0	0.0%	47,534	100.0%
Rwamagana Gahengeri	23,517	0.2%	0	0.0%	23,517	100.0%	46,113	0.2%	0	0.0%	46,113	100.0%
Rwamagana Nyakaliro	20,196	0.2%	0	0.0%	20,196	100.0%	39,601	0.2%	0	0.0%	39,601	100.0%

出典: AfDB M/P 側提供

### 9.3.1.2 CoK M/P における人口予測

#### (1) 概要

CoK M/P 側は、2019 年 10 月に、人口設定や土地利用計画などを含めた主要部分がほぼ確定した実質的な最終版として、同マスタープランの報告書は本調査団に提供されている。同版は、2019 年 4

月に本調査団に提供されたインテリム報告書から、段階的開発計画のゾーニング分けや、土地利用の分類などに軽微な変更が施されているが、検討の基礎となる人口予測については、インテリム版からは変更はない。

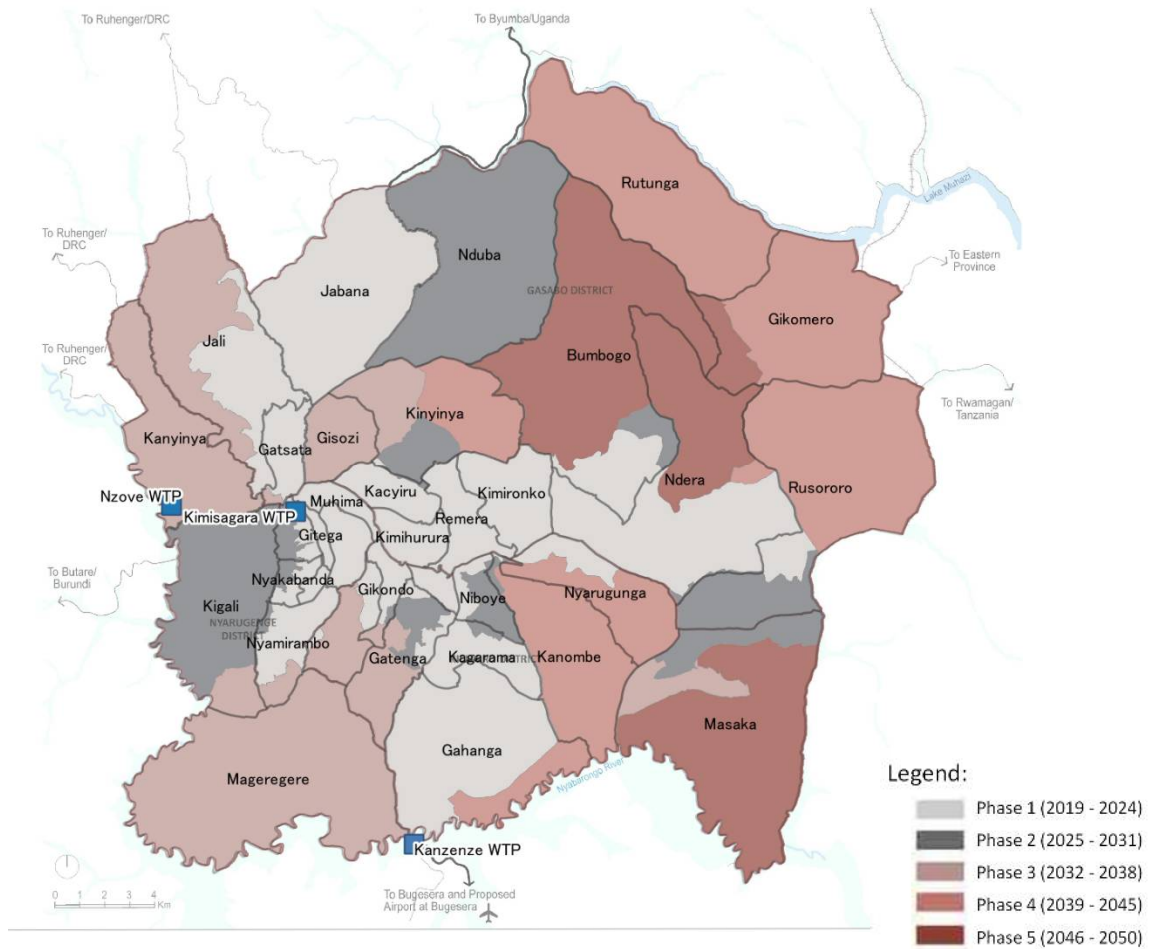
なお、この CoK M/P（2019年版）は、前回の2013年版からのアップデート版である。CoK M/P側の説明によれば、2019年版は2013年版と比較して、居住エリアと商業や工業エリアを厳密に分けずに、それらが混在するような Mixed Land Use という考え方を積極的に採用した、より柔軟なゾーニング計画となっている。また、計画作成の過程にあたっては、関係ステークホルダーの積極的な参加を促したアプローチを採用している。

## (2) キガリ市の開発・発展の傾向

CoK M/P では、キガリ市内の人口予測は、（低位・中位・高位の3つの人口増加シナリオのうち、）高位増加シナリオを採用している。また、CoK M/P は目標年次までを5つの Phase に分割（Phase 1: 2019 – 2024, Phase 2: 2025 – 2031, Phase 3: 2032 – 2038, Phase 4: 2039 – 2045, Phase 5: 2046 – 2050）することにより、開発の優先順位を示している。これらの段階的開発の優先順位を図 9.3-1、図 9.3-2 及び図 9.3-3 に示す。

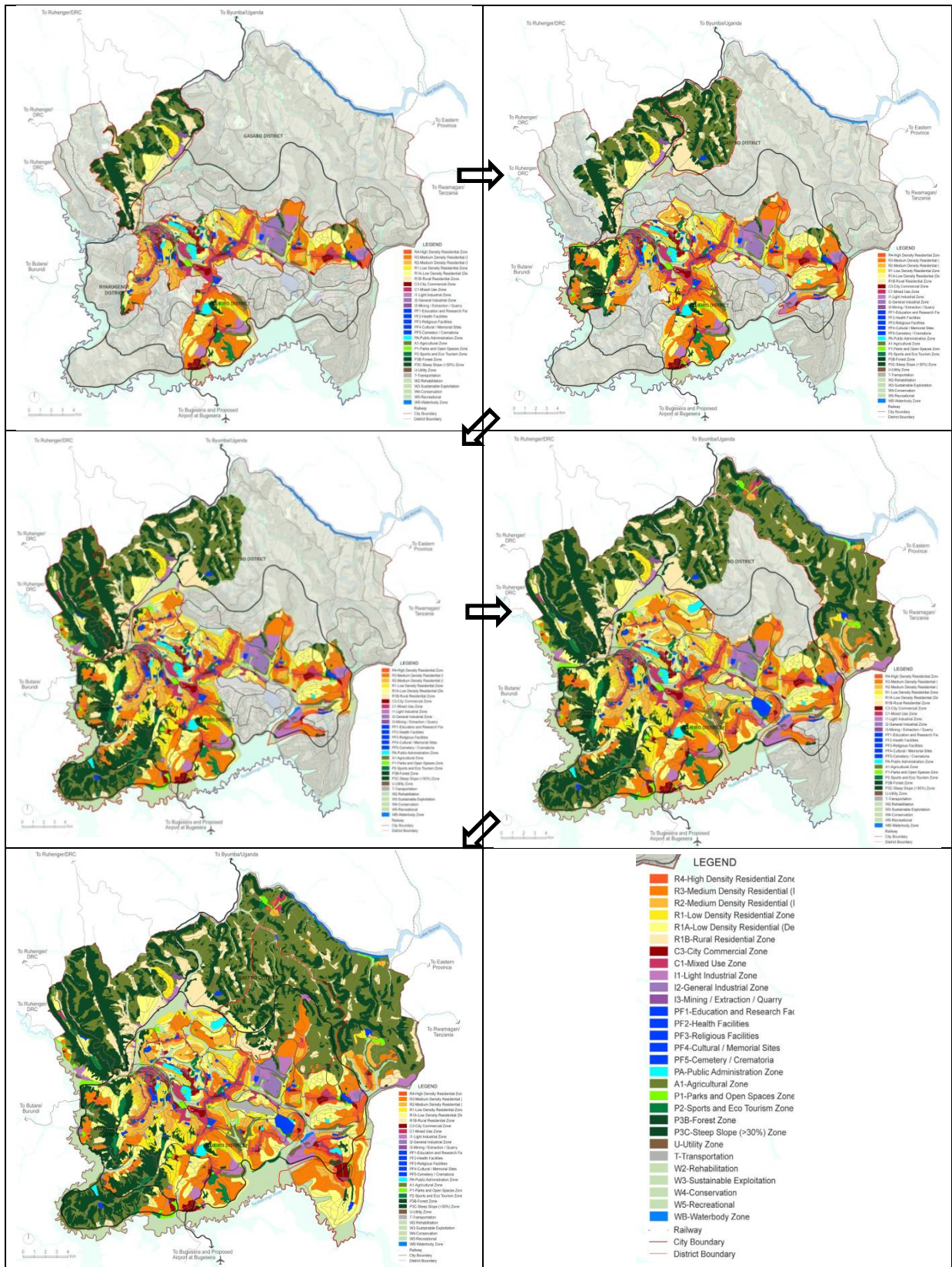
これらの図に示されているように、CoK M/P の報告書では、キガリ市における開発は市の東部および南部に向かって進行していくとともに、幹線道路沿いのエリア周辺の開発が進行すると予測している。なお、周辺7セクターのセクターごとの人口予測は、それぞれの当該セクターまたは郡（District）オフィスから提供されている。





出典： Masterplan Report (2019 Edition) of CoK M/P

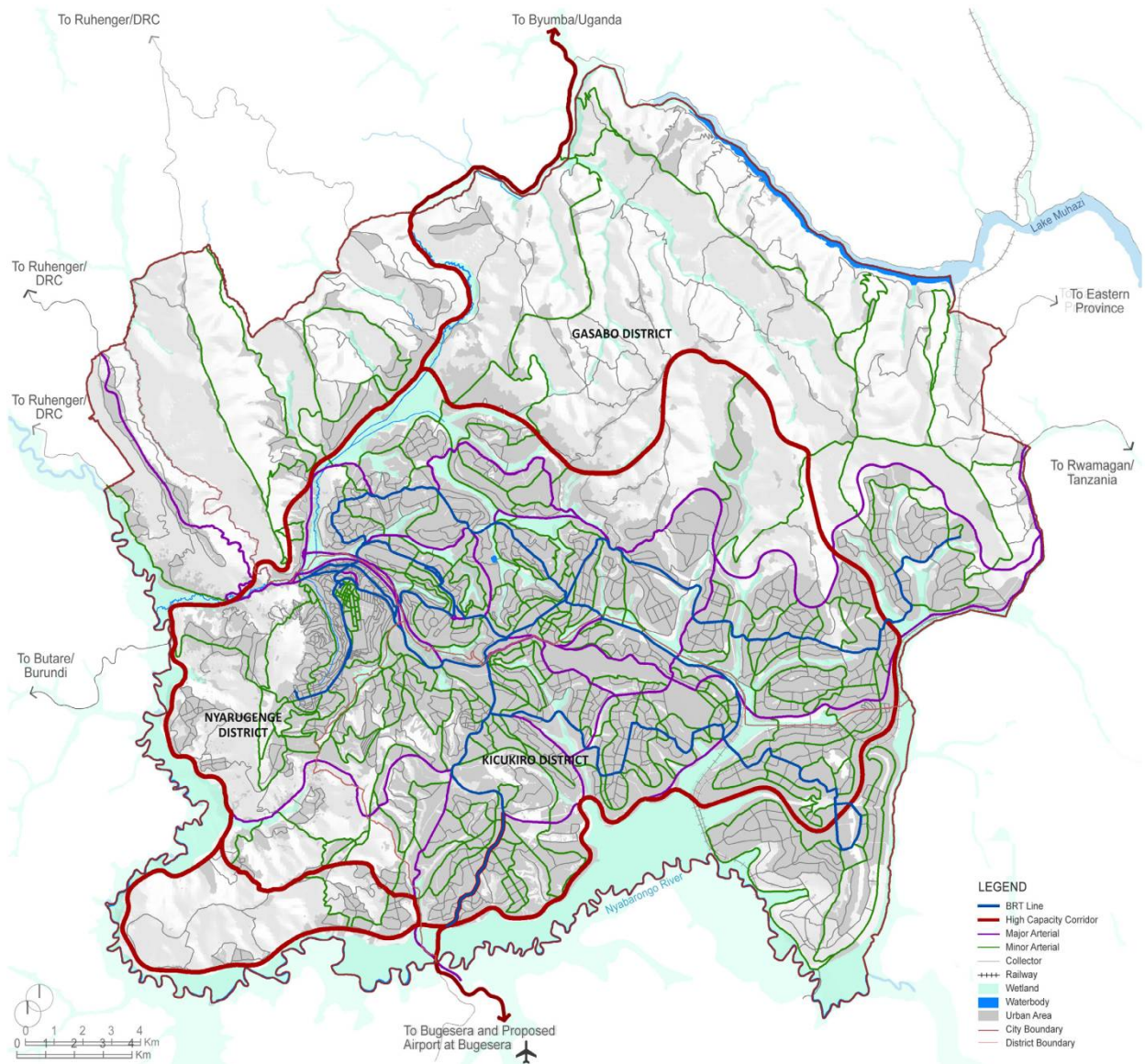
図 9.3-1 開発フェーズと対応セクター



出典：Masterplan Report (2019 Edition) of CoK M/P

図 9.3-2 それぞれの開発フェーズにおける土地利用





出典：Masterplan Report (2019 Edition) of CoK M/P

図 9.3-3 CoK M/P における道路計画図

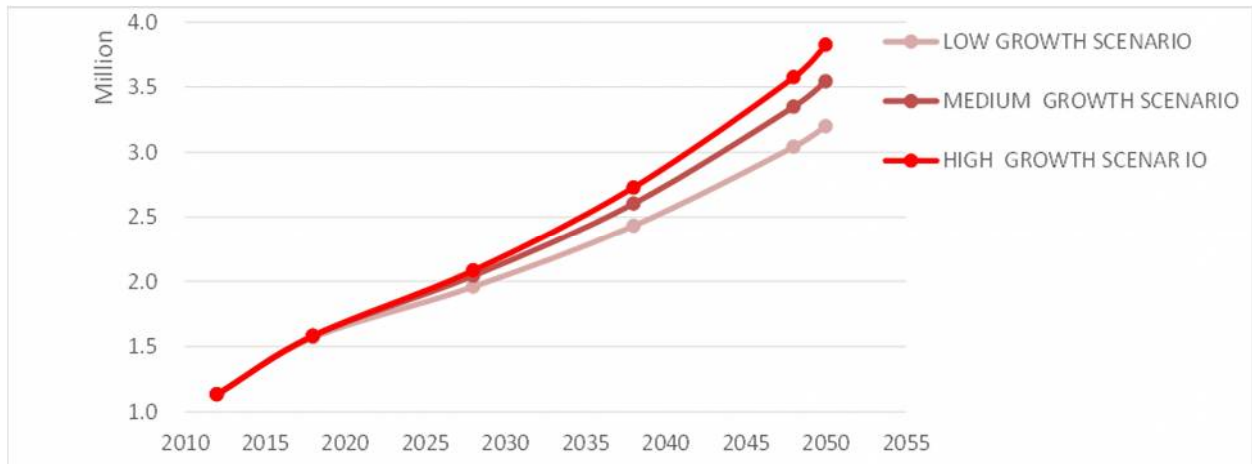
### (3) 人口予測

CoK M/P における人口予測は、以下の設定に基づいている：

- 2012 年におけるセクター毎人口： AfDB M/P 同様に、NISR による 2012 年の国勢調査結果に基づく。
- 数多くある予測方法のうち、(NISR による国勢調査でも採用されている) コーホート法による年齢階級別人口の推計方法により、将来人口を推定している。
- 郡 (District) から他の郡への人口流入の傾向は、Integrated Household Living Conditions Survey 5 (EICV 5) に基づいている。

以下の図 9.3-4 及び表 9.3-2 に、CoK M/P に示されているキガリ市の 2018 年、2028 年、2038 年、

2048年、及び2050年における、低位・中位・高位シナリオの人口予測値を示す。



出典：Masterplan Report (2019 Edition) of CoK M/P

図 9.3-4 CoK M/P における 2050 年までの人口増加シナリオ

表 9.3-2 CoK M/P における各マイルストーン年におけるシナリオ毎の人口予測値

Year	Low growth Scenario	Medium growth Scenario	High growth Scenario
2012(Census year)	1,132,686	1,132,686	1,132,686
2018	1,569,579	1,582,659	1,582,659
2028	1,960,047	2,044,282	2,084,897
2038	2,431,149	2,603,307	2,728,598
2048	3,040,986	3,349,960	3,575,300
2050	3,199,857	3,545,015	3,824,708

出典：Masterplan Report (2019 Edition) of CoK M/P

上記に加えて、CoK M/P 側が算定した 2050 年におけるセクター毎人口予測値（WASAC を通じて入手）を表 9.3-3 に示す。

表 9.3-3 CoK M/P における 2012 年と 2050 年の人口

District	Sector	2012 (Census)	2050 (Projection)
Nyarugenge	Gitega	28,728	12,792
	Kanyinya	21,859	32,152
	Kigali	30,023	87,964
	Kimisagara	46,753	14,080
	Mageregere	23,407	134,948
	Muhima	29,768	33,828
	Nyakabanda	25,666	18,840
	Nyamirambo	40,292	81,012
	Nyarugenge	21,302	34,908
	Rwezamenyo	16,763	20,544
Gasabo	Bumbogo	35,381	170,472
	Gatsata	37,110	16,312

District	Sector	2012 (Census)	2050 (Projection)
	Gikomero	16,625	16,180
	Gisozi	44,003	78,520
	Jabana	33,577	68,292
	Jali	25,057	36,676
	Kacyiru	37,088	54,296
	Kimihurura	21,672	30,268
	Kimironko	57,430	149,876
	Kinyinya	57,846	243,392
	Ndera	41,764	412,496
	Nduba	25,370	58,220
	Remera	43,279	90,288
	Rusororo	35,453	359,244
	Rutunga	17,906	31,920
	Kicukiro	Gahanga	27,808
Gatenga		48,640	83,472
Gikondo		17,146	31,512
Kagarama		14,385	110,484
Kanombe		44,426	240,888
Kicukiro		16,450	26,724
Kigarama		43,907	56,380
Masaka		39,548	464,212
Niboye		26,197	66,024
	Nyarugunga	40,057	122,856
		<b>1,132,686</b>	<b>3,845,640*</b>

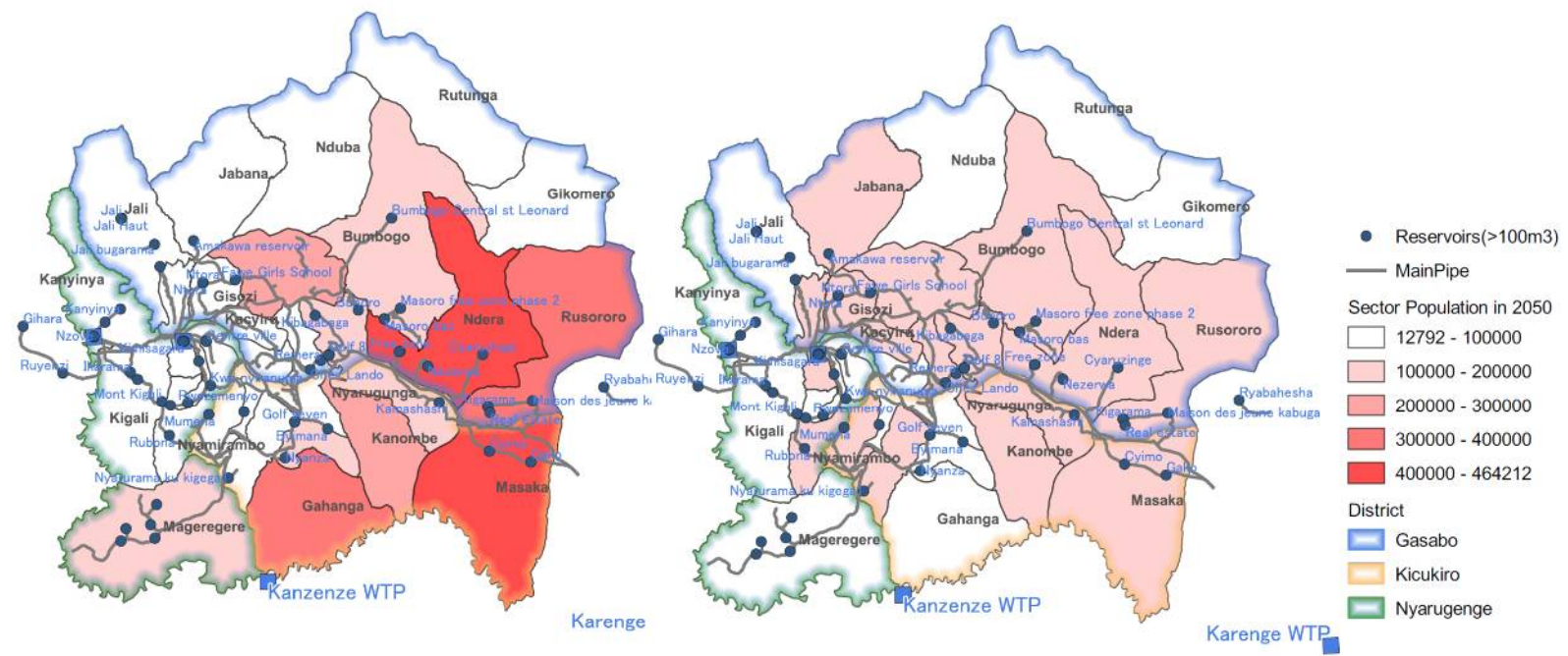
出展： WASAC

\* 合計がわずかに一致しないが、提供されたデータをそのまま掲載している。GIS データベースからの出力値であるため、出力の過程でのエラーが原因と考えられる。

### 9.3.2 AfDB M/P and CoK M/P による人口予測の比較

CoK M/P と AfDB M/P の人口予測の比較結果を以下に示す：

- CoK M/P における人口予測（高位予測）によれば、2050 年におけるキガリ市の人口は 3.8 百万人であり、AfDB M/P のそれ（3.7 百万人）と概ね一致する。
- しかしながら、セクターごとの人口予測には、両マスタープランの間には大きな乖離がある。
- 都市化の進んだエリア（Nyarrugenge 郡内のセクター）における人口増加傾向は、CoK M/P の方が AfDB M/P に比較して、より控えめな予測となっている。
- CoK M/P では、キガリ市東部および南部における人口増加傾向がより顕著となる予測となっている。特に、Masaka、Gahanga、Ndera、Rusororo、及び Kanombe の各セクターを含む地域では、新規居住エリアや工業地域などの新規開発が見込まれている。
- AfDB M/P における 2050 年までの人口予測は、全国の人口増加率を用いて郡（District）毎の人口を予測している。一方、CoK M/P は、2050 年までの段階的開発計画を考慮したセクター毎の人口増加予測を行っている。
- 以上のことから、本調査においては、原則として CoK M/P による人口予測に基づくのが適切と考えられた。ただし、必要に応じて 2012 年国勢調査や AfDB M/P に用いられている数値や仮定なども必要に応じて参照することとした。



Population Projection by City Master Plan

Population Projection by AfDB

Highly populated sectors in City M	
City Master Plan	
Nyarugenge	
Mageregere	134,948
Gasabo	
Kimironko	149,876
Kinyinya	243,392
Ndera	412,496
Rusororo	359,244
Kicukiro	
Gahanga	355,568
Kagarama	110,484
Kanombe	240,888
Masaka	464,212
Nyarugunga	122,856

	Summary of Population Projection in 2050 by District		
	Projection in 2050		Comparison
	City Master Plan	AfDB	
Nyarugenge	471,068	926,365	0.51
Gasabo	1,816,452	1,723,942	1.05
Kicukiro	1,558,120	1,037,059	1.50
Total	3,845,640	3,687,365	1.04

出典：調査団

図 9.3-5 2050年における人口予測の比較 (CoK M/P vs AfDB M/P)



## 9.4 水需要予測

### 9.4.1 水需要予測の根拠

#### 9.4.1.1 人口

##### (1)キガリ市

9.3.2 節でも述べているように、本調査で作成されるマスタープランは、CoK M/P による人口予測に沿うことが適切と考えられた。したがって、キガリ市における将来人口予測は、下記のデータに基づくこととする：

- セクター毎の人口（2012年）は、2012年実施の国勢調査結果に基づく（表 9.3-3）。
- セクター毎の人口（2050年：高位予測）は、WASAC を介して CoK M/P 側から提供されたデータに基づく（表 9.3-3）。

セクター毎の人口（2013年から2049年）は、CoK M/P では示されていない。そのため、CoK M/P に示されている2050年までの段階的開発計画を参照し、本調査側で以下のような仮定を行い、セクター毎の人口予測を行った：

- 人口増加傾向は、CoK M/P に示されている段階的開発計画に原則沿うこととした。例えば、他のエリアに比較して早期に開発が実施されるエリアでは、より早いタイミングで人口が増加すると仮定した。
- 2012年の国勢調査による人口値に比較して2050年の人口値が小さいセクターについては、2050年までに人口が直線的に減少すると仮定した。
- 2012年の国勢調査による人口値に比較して2050年の人口値が大きいセクターのうち、2050年における人口密度が比較的高い地域（4,000 pop/km<sup>2</sup> 以上<sup>1</sup>）については、2050年までは直線的な増加傾向を取ると仮定した。
- 2012年の国勢調査による人口値に比較して2050年の人口値が大きいセクターのうち、2050年における人口密度が比較的低い地域（4,000 pop/km<sup>2</sup> 以下）については、2050年までは、各セクターにおける開発フェーズ開始のタイミングに応じてロジスティック曲線的に増加する（前者に比較してより顕著に増加する）傾向を取ると仮定した。
- 第4、第5フェーズに開発が予定されているセクターのうち、BRT や主要幹線道路が近傍を通るセクターについては、開発フェーズ開始よりも早いタイミングで顕著な人口増加が始まると仮定した。

表 9.4-1 に、セクター毎の人口増加シナリオを示す。

<sup>1</sup> 日本の統計局 HP における人口集中地域の定義参照（<https://www.stat.go.jp/english/data/chiri/did/1-1.html>）



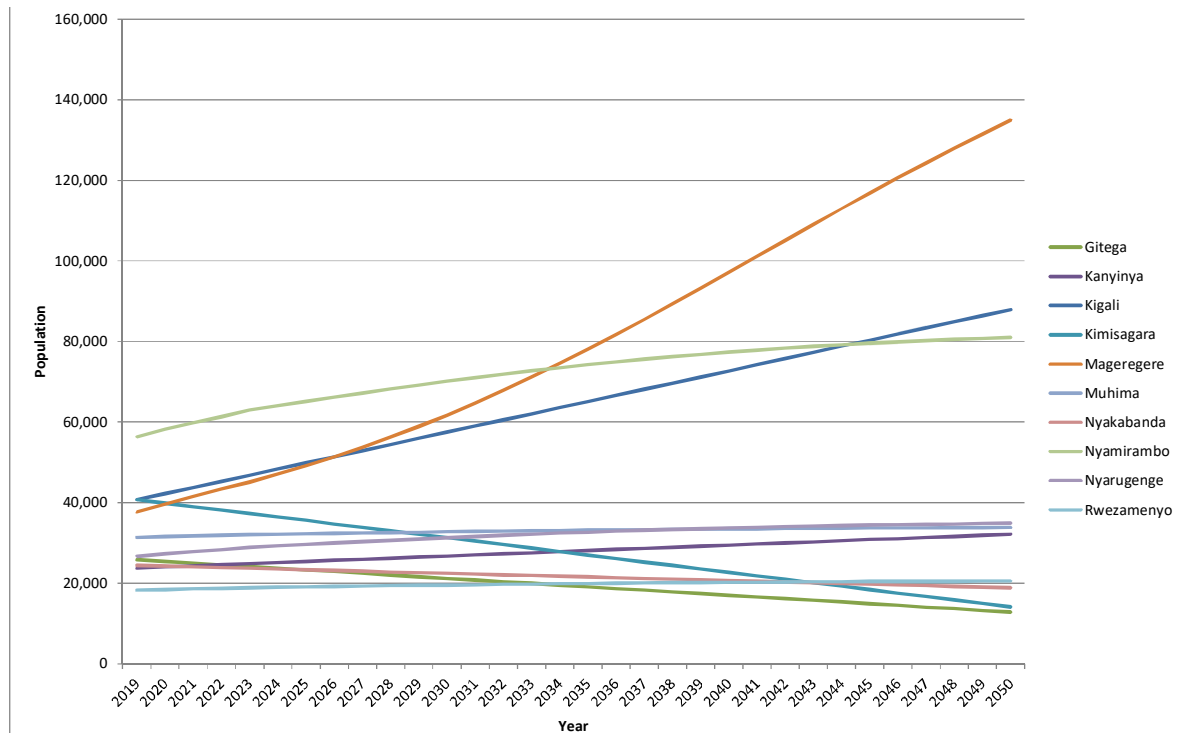
表 9.4-1 セクター毎の人口増加シナリオ

Sector	Corresponding development phase	Adopted hypothesis	
Nyarugenge	Gitega	1	Decreasing linearly toward 2050
	Kanyinya	3	Increasing linearly toward 2050 (since population density in 2050 is relatively low (less than 4,000 pop/km <sup>2</sup> ), it is considered that the population increases linearly)
	Kigali	2	Increasing linearly toward 2050 (since population density in 2050 is relatively low (less than 4,000 pop/km <sup>2</sup> ), it is considered that the population increases linearly)
	Kimisagara	1	Decreasing linearly toward 2050
	Mageregere	3	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 3 in CoK M/P
	Muhima	1	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 1 in CoK M/P
	Nyakabanda	1	Decreasing linearly toward 2050
	Nyamirambo	1	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 1 in CoK M/P
	Nyarugenge	1	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 1 in CoK M/P
Rwezamenyo	1	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 1 in CoK M/P	
Gasabo	Bumbogo	5	Increasing linearly toward 2050 (since population density in 2050 is relatively low (less than 4,000 pop/km <sup>2</sup> ), it is considered that the population increases linearly)
	Gatsata	1	Decreasing linearly toward 2050
	Gikomero	4	Decreasing linearly toward 2050
	Gisozi	3	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 3 in CoK M/P
	Jabana	1	Increasing linearly toward 2050 (since population density in 2050 is relatively low (less than 4,000 pop/km <sup>2</sup> ), it is considered that the population increases linearly)
	Jali	1	Increasing linearly toward 2050 (since population density in 2050 is relatively low (less than 4,000 pop/km <sup>2</sup> ), it is considered that the population increases linearly)
	Kacyiru	2	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 2 in CoK M/P
	Kimihurura	1	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 1 in CoK M/P
	Kimironko	1	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 1 in CoK M/P
	Kinyinya	4	Rapid population growth would take place earlier than the scheduled development phases in this sector because it is in/around a planned major road.
	Ndera	5	Rapid population growth would take place earlier than the scheduled development phases in this sector because it is in/around a planned major road.
	Nduba	2	Increasing linearly toward 2050 (since population density in 2050 is relatively low (less than 4,000 pop/km <sup>2</sup> ), it is considered that the population increases linearly)
	Remera	1	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 1 in CoK M/P
Rusororo	4	Rapid population growth would take place earlier than the scheduled development phases in this sector because it is in/around a planned major road.	
Rutungu	4	Increasing linearly toward 2050 (since population density in 2050 is relatively low (less than 4,000 pop/km <sup>2</sup> ), it is considered that the population increases linearly)	

Sector		Corresponding development phase	Adopted hypothesis
Kicukiro	Gahanga	3	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 3 in CoK M/P
	Gatenga	3	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 3 in CoK M/P
	Gikondo	1	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 1 in CoK M/P
	Kagarama	1	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 1 in CoK M/P
	Kanombe	4	Rapid population growth would take place earlier than the scheduled development phases in this sector because it is in/around a planned major road.
	Kicukiro	1	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 1 in CoK M/P
	Kigarama	1	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 1 in CoK M/P
	Masaka	5	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 5 in CoK M/P
	Niboye	2	Rapid population increase takes place in line with the timing of developing phase 2 in CoK M/P
	Nyarugunga	4	Rapid population growth would take place earlier than the scheduled development phases in this sector because it is in/around a planned major road.

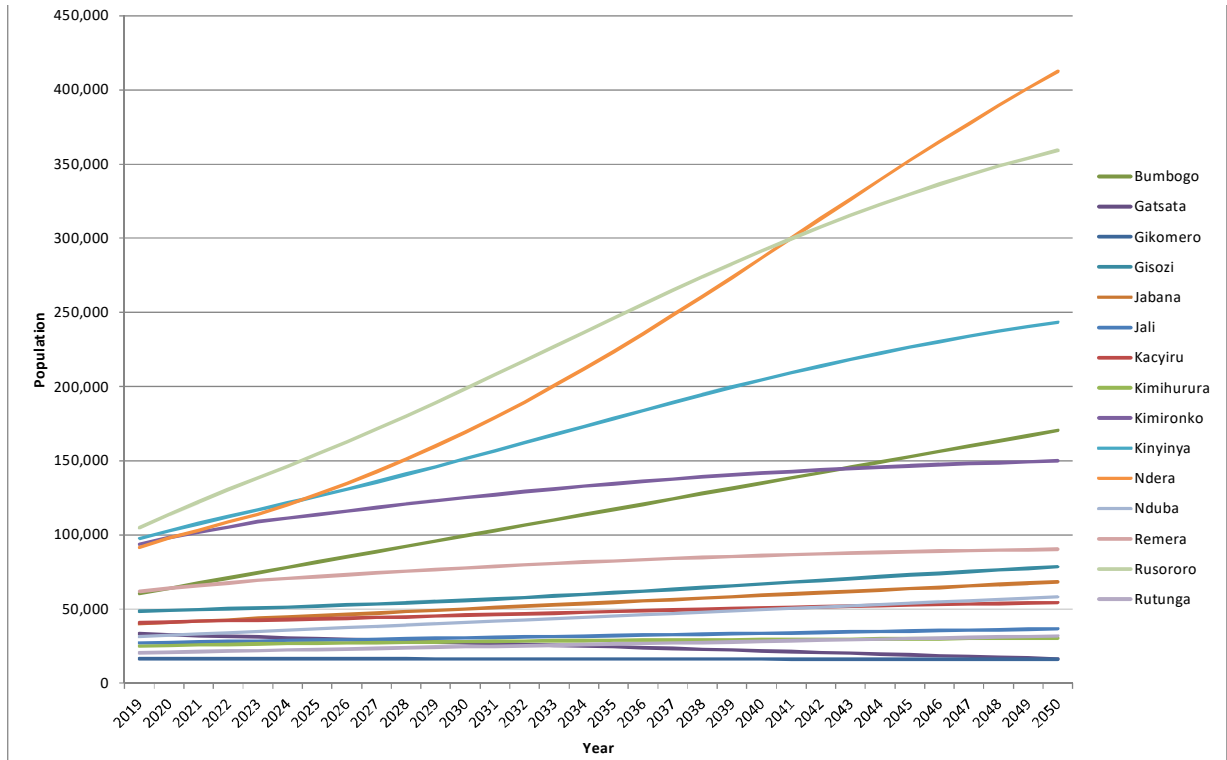
出典： CoK M/P 報告書を参照して調査団作成

上記仮定に基づいて、2019年から2050年におけるセクター毎の人口増加傾向を付録-18(1)、図9.4-1、図9.4-2及び図9.4-3に示す：



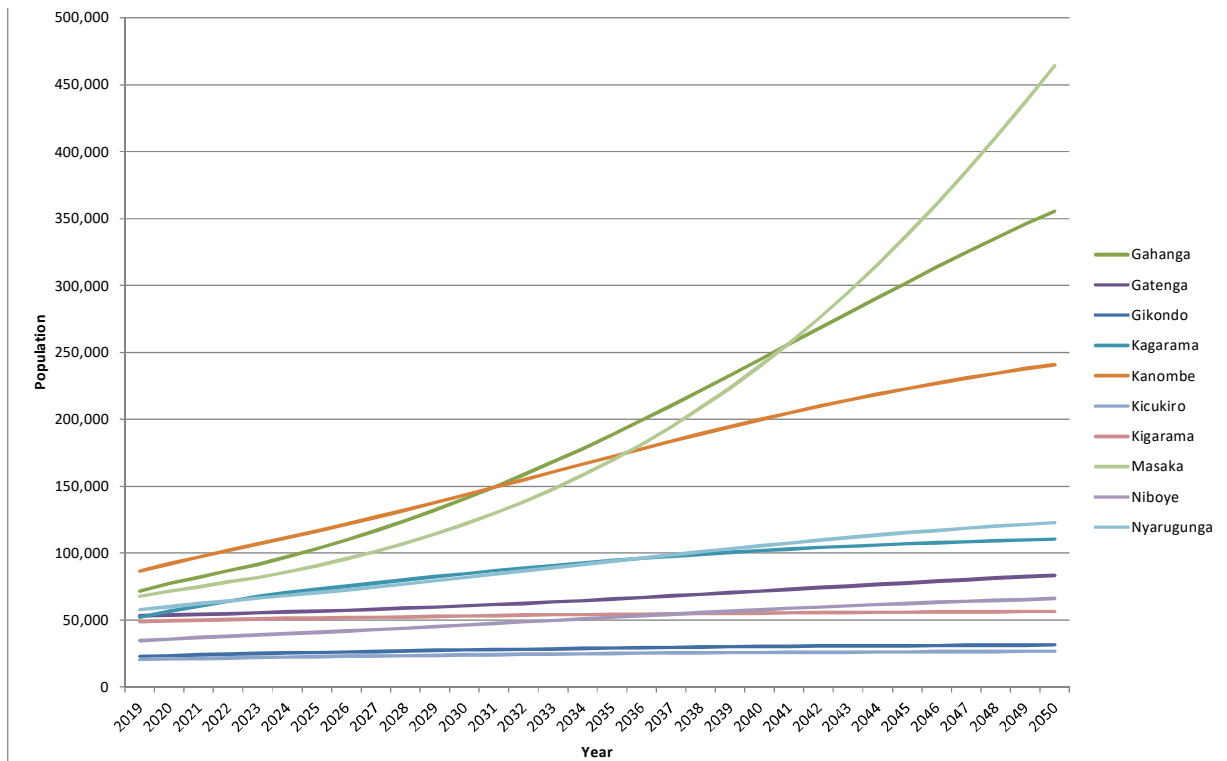
出典：調査団

図 9.4-1 キガリ市内のセクター毎人口 (Nyarugenge 郡)



出典：調査団

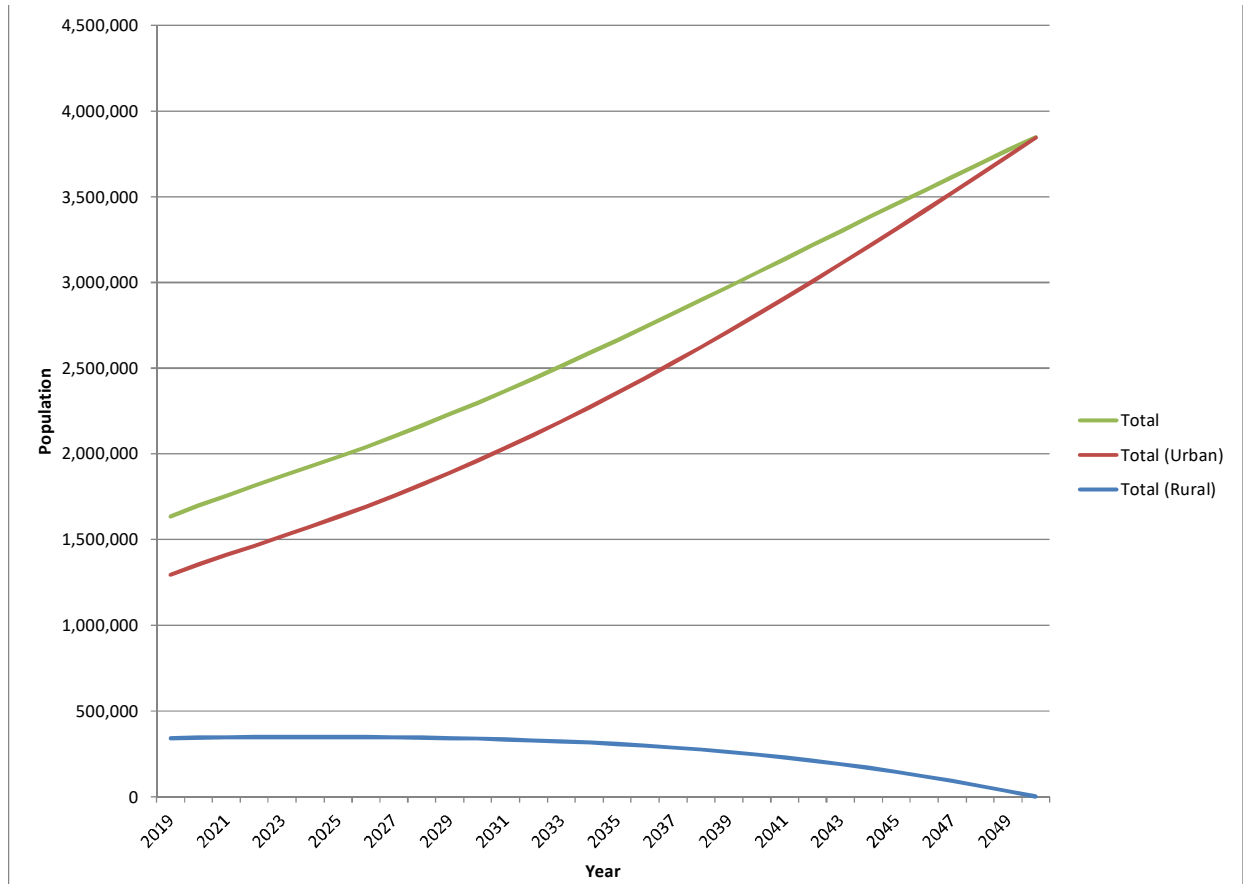
図 9.4-2 キガリ市内のセクター毎人口 (Gasabo 郡)



出典：調査団

図 9.4-3 キガリ市内のセクター毎人口 (Kicukiro 郡)

また、表 9.3-1 に示されているセクター毎の 2012 年及び 2050 年における都市部・村落部における居住率を直線補完することにより、2012年から 2050年までの間のセクター毎の都市部・村落部居住率を設定した<sup>2</sup>。付録-18(2)及び図 9.4-4 に、キガリ市内における都市部・村落部別に示した居住人口を示す。



出典：調査団

図 9.4-4 キガリ市における将来人口予測（都市部・村落部別）

<sup>2</sup> 本調査では、2050年までにキガリ市内が 100%都市化されると仮定している。

**(2)周辺7セクター**

キガリ市周辺7セクターにおけるセクター毎人口は、以下の要領で設定した：

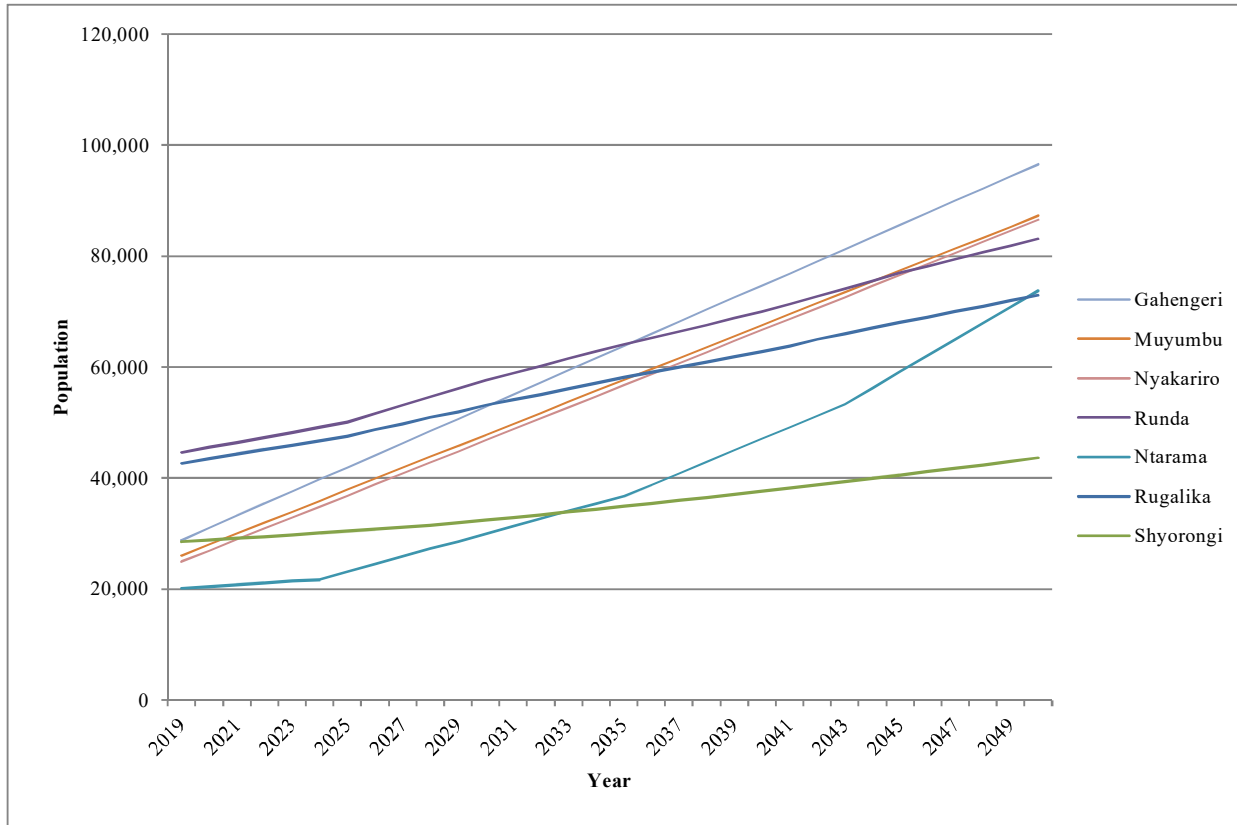
- 2019年における7セクターの人口は、それぞれのセクターオフィスが提供した予測情報に基づいている。これらをマスタープランの現況年と設定している。
- Runda及びRugarikaの各セクターオフィスは、2025年から2050年までの5年毎の予測値を提供している。その値に基づいて、各マイルストーン年間の人口は直線補完により算出している。
- Ntaramaセクターオフィスは、2024年、2035年、2043年、及び2050年の予測値を提供している。その値に基づいて、各マイルストーン年間の人口は直線補完により算出している。
- Shyorongiセクターオフィスは、2050年までの毎年の予測値を提供しているため、それに基づいている。
- Muyumbu、Gahengeri、及びNyakaliroの各セクターについては、2019年6月におけるC/Pとの協議に基づいて、キガリ市内近傍のセクターにおける人口増加傾向を踏襲するものと仮定して、その平均人口増加率を用いて将来人口の予測値を設定した（表9.4-2）。

**表 9.4-2 Muyumbu、Gahengeri、及びNyakaliroの各セクターにおける人口増加率**

Sectors (in adjacent 7 sectors)	Growth rate		Population	
	Reference sector in CoK	Growth rate from 2019 to 2050	2019	2050
Muyumbu	Rusororo	4.0%	26,073	87,312
Gahengeri	Rusororo	4.0%	28,836	96,564
Nyakaliro	Masaka	4.1%	24,938	86,555

出典：Muyumbu、Gahengeri、及びNyakaliroの各セクターオフィス

上記データ及び仮定に基づいて、2019年から2050年におけるセクター毎の人口設定値を付録18(2)及び図9.4-5に示す：



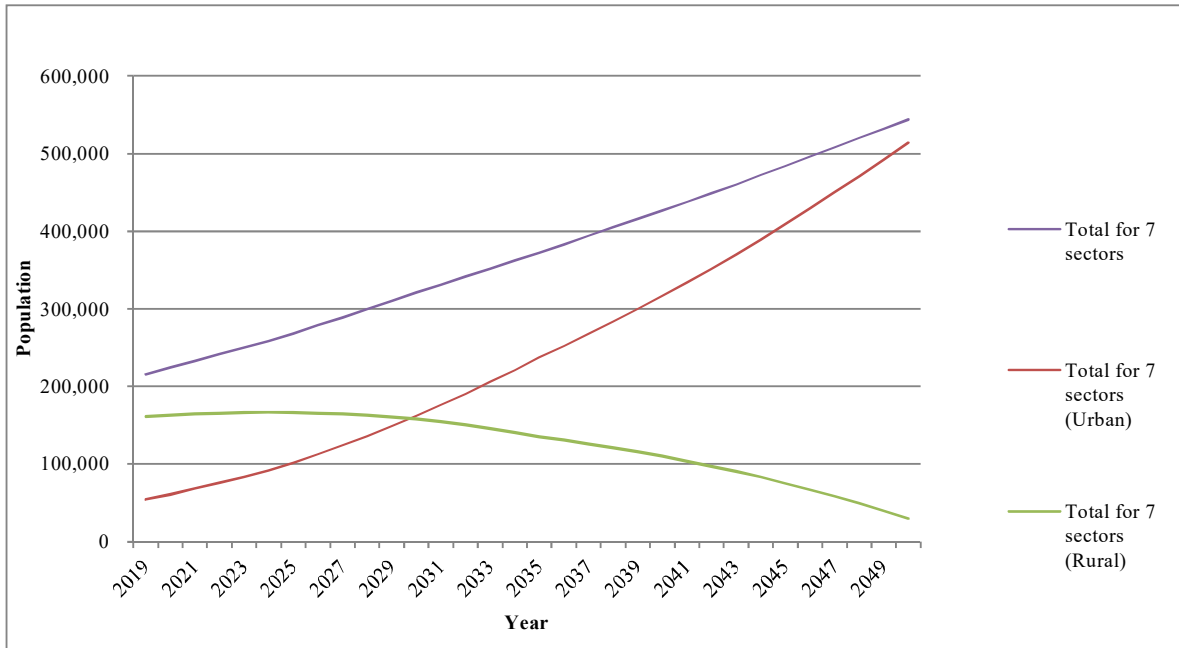
出典：調査団

図 9.4-5 周辺 7 セクターにおけるセクター毎の将来人口予測

さらに、キガリ市の人口予測同様に、表 9.3-1 に示されているセクター毎の 2012 年及び 2050 年における都市部・村落部における居住率を直線補完することにより、2012 年から 2050 年までの間のセクター毎の都市部・村落部居住率を設定した<sup>3</sup>。

付録-18(3)及び図 9.4-6 に、周辺 7 セクターにおける都市部・村落部別に示した居住人口を示す。

<sup>3</sup> Rugarika、Ntarama、Muyumbu、Gahenger、及び Nyakaliro の各セクターは、2050 年までに都市化が 100%進むと仮定して将来人口予測を行った。



出典：調査団

図 9.4-6 周辺 7 セクターにおける将来人口予測（都市部・村落部別）

#### 9.4.1.2 水道サービスレベル

調査対象地域における水道普及人口を算定するためには、普及率のベースライン値と目標値の設定が必要である。

本報告書 4 章及び 5 章で言及されているように、以下に示すような関連上位計画において、都市部における現況の水道普及率が示されている：

- EDPRS II (Economic Development and Poverty Reduction) では、2012 年時点の都市部における改善された水源への 200 m 以内のアクセス率は 86.4%としている。
- NWSPIS (National Water Supply Policy Implementation Strategy) では、2015 年における改善された水源への 200 m 以内のアクセス率は 60.5%としている。

#### (1) ベースライン水道普及率の設定

キガリ市広域地域における現状の水道普及率は不明であり、かつ資料により異なる状況であることから、本調査の下でのマスタープランの作成のため、EICV 5 による調査結果や WASAC の維持管理記録等の資料を参考にしてベースライン値を以下のように設定している：

- 本調査では、水道普及状況を以下のカテゴリーに分類している：
  - 戸別給水栓接続による普及率（WASAC による戸別給水サービス）
  - 公共水栓による普及率（WASAC の管理する公共水栓による給水サービス）
  - その他のサービスによる普及率（例：Shared connection と呼ばれる、同一敷地内の複数世帯が給水栓を共同利用する形態）
- 戸別給水栓接続による普及率、及び公共水栓による普及率は、2019 年 3 月における、調査対



象地域の WASAC の 6 支所 (Kacyiru、Kanombe、Gikondo、Nyamirambo、Nyarugenge、及び Remera の各支所) におけるデータに基づいている。それによれば：

- 請求記録に基づく登録顧客数 (2019 年 3 月現在) は、105,850 件。その内訳は以下のとおり：
  - ◇ 家庭用 97,022
  - ◇ 非家庭用 7,911
  - ◇ 工業 183
  - ◇ 公共水栓 734
- 2018 年末時点の人口： 1,582,659 (本調査の人口予測に基づく)
- 1 世帯当たりの平均人数： 4.0 (EICV5 に基づく<sup>4</sup>)
- 1 公共水栓当たりの平均的使用人数： 350 (WASAC 提供情報に基づく)
- 水道普及人口 (戸別給水栓による)： 388,088  
(= 家庭用登録使用者数 x 1 世帯当たり平均人数)
- 公共水栓による普及人口： 256,900  
(= 公共水栓数 x 1 公共水栓当たりの平均的使用人数)
- 2019 年における戸別給水栓による水道普及率： 25%  
(2018 年末における、戸別給水栓を使用している人口 ÷ 全人口)
- 2019 年における公共水栓による水道普及率： 16%  
(2018 年末における、公共水栓を使用している人口 ÷ 全人口)

### (1) 目標水道普及率の設定

4 章の 4.1 節で述べているように、ルワンダ政府は現在国の開発方針を定める Vision 2050 を策定中であるが、MINECOFIN の大臣は 2016 年にその内容に関する発表を行っている。それによれば、Vision 2050 の主要な施策方針の中で、安定的かつ持続可能な戸別給水・衛生サービスを含めた高い生活水準を、2050 年までにすべてのルワンダ国民に提供することを目指すとしている。

これに従い、キガリ市広域上水マスタープランでは、2050 年までに 100% の戸別給水を達成する設定としている。

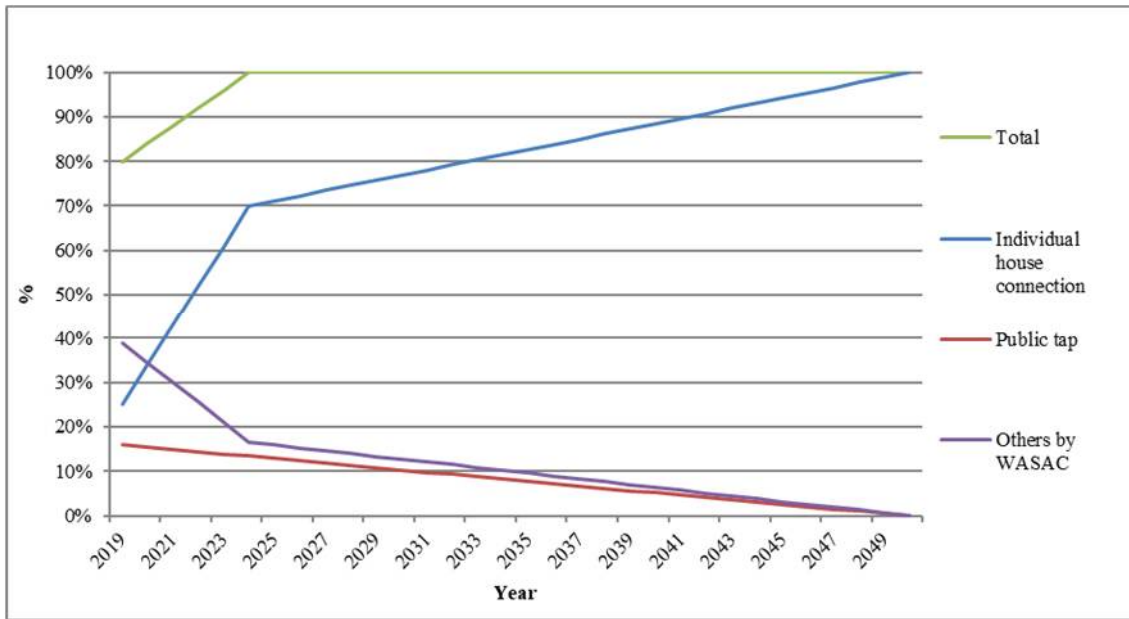
また、2019 年 4 月の WASAC との協議において、2024 年までに 70% の戸別給水栓普及率達成を視野に入れたケースも検討したいとの WASAC の意向を考慮し、以下の 2 ケースについて検討することとした。すなわち：

- ケース 1：
  - 2019 年 (現況) における戸別給水栓による水道普及率 25% が、2024 年までに直線的に増加して 70% となり、さらに 2024 年から 2050 年までに直線的に増加して 100% に達する。
  - 2019 年 (現況) における公共水栓による水道普及率 16% が直線的に減少し、2050 年には廃止される (0% となる)。
- ケース 2：

<sup>4</sup> 出展 [https://www.dropbox.com/s/zke2y7qs5r01g4w/EICV5\\_Main\\_Indicators.pdf?dl=1](https://www.dropbox.com/s/zke2y7qs5r01g4w/EICV5_Main_Indicators.pdf?dl=1)

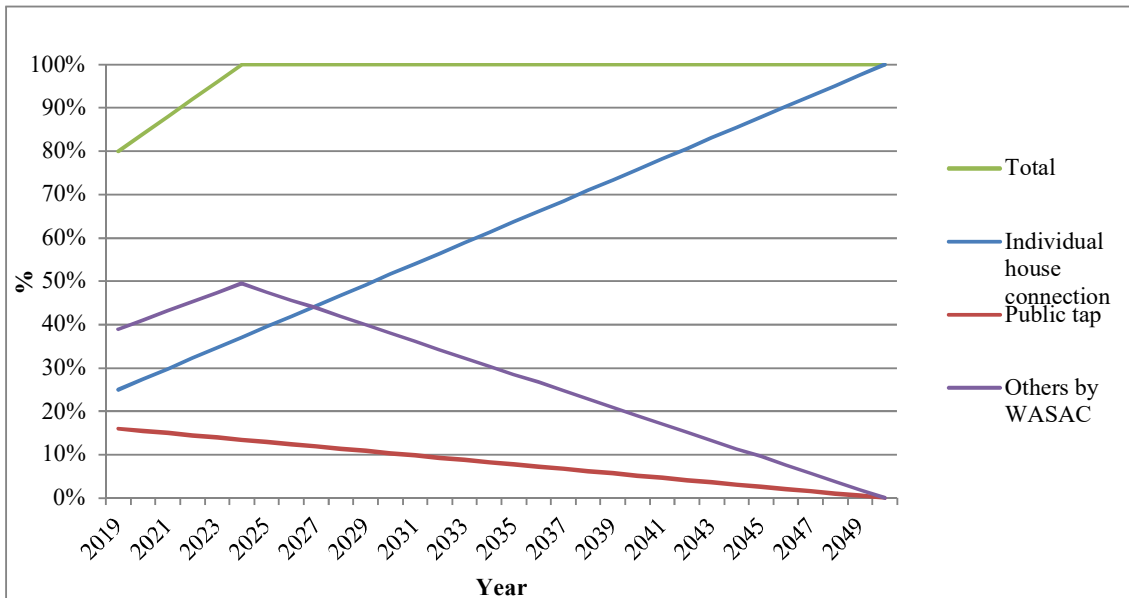
- 2019年（現況）における戸別給水栓による水道普及率 25%が直線的に増加し、2050年に100%に達する。
- 2019年（現況）における公共水栓による水道普及率 16%が直線的に減少し、2050年には廃止される（0%となる）。

図 9.4-7 及び図 9.4-8 に、ケース 1 及びケース 2 における、水道サービス普及率のベースライン及び目標値を示す。



出典：調査団

図 9.4.7 給水サービスタイプごとの水道普及率目標値（ケース 1）



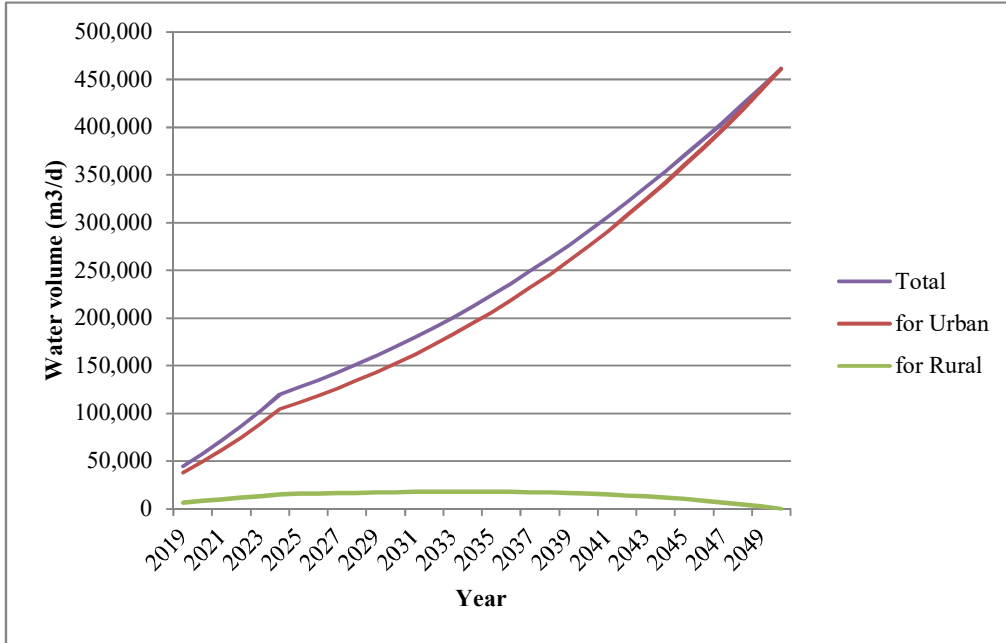
出典：調査団

図 9.4.8 給水サービスタイプごとの水道普及率目標値（ケース 2）

### 9.4.1.3 給水人口

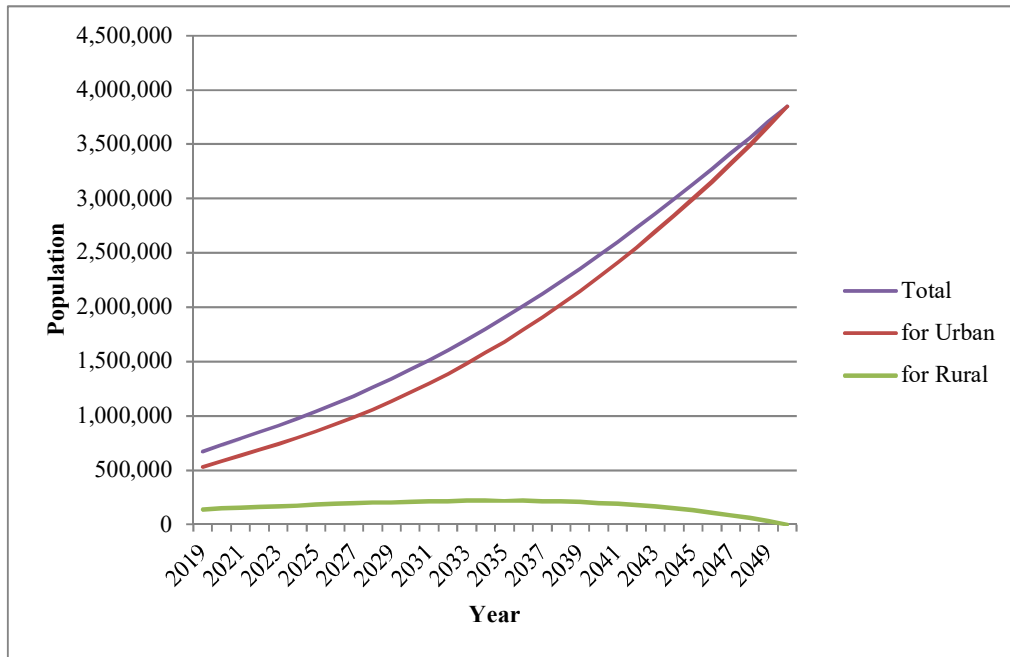
#### (1)キガリ市内

戸別給水栓による普及率にキガリ市内の全人口を乗じて、上記2ケースの給水人口を算定した。その結果を図9.4-9及び図9.4-10に示す。



出典：調査団

図 9.4-9 キガリ市における給水人口（ケース 1）

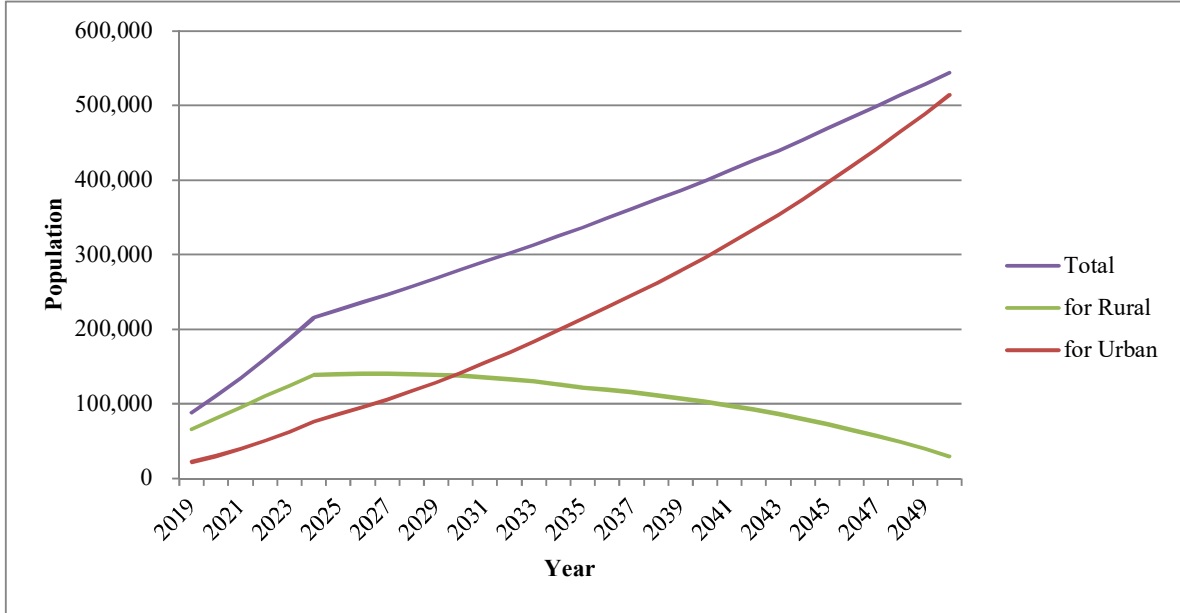


出典：調査団

図 9.4-10 キガリ市における給水人口（ケース 2）

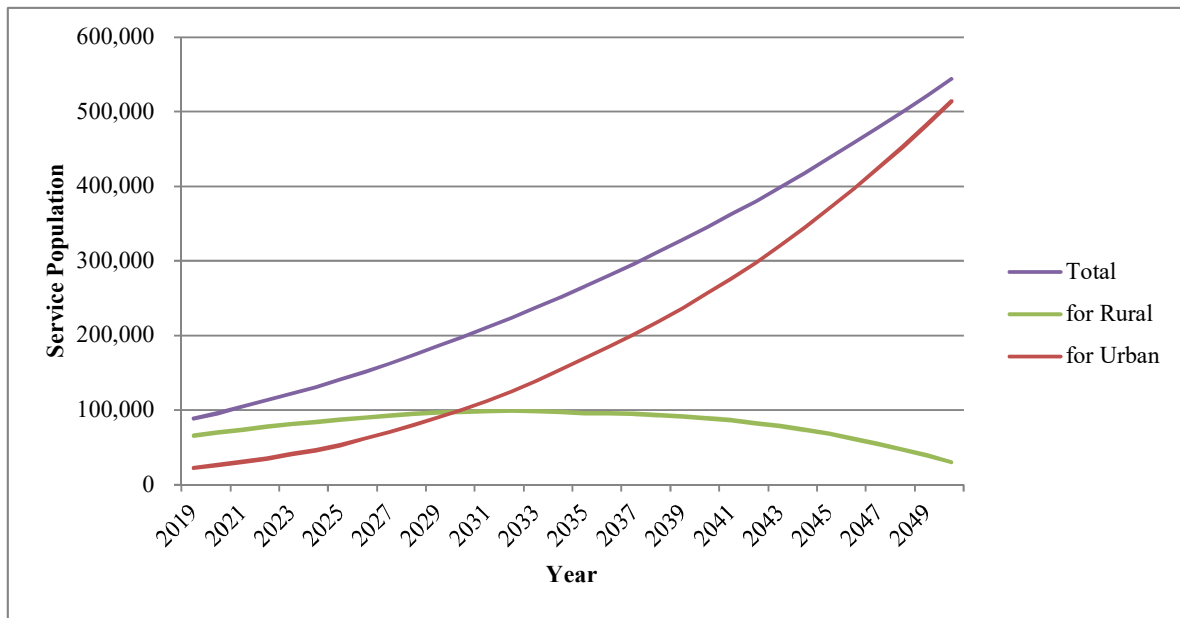
(1) 周辺7セクター

上記キガリ市の水道普及人口と同様に、上記2ケースにおける周辺7セクターの水道普及人口を図9.4-11及び図9.4-12示す。



出典：調査団

図 9.4-11 周辺7セクターにおける給水人口（ケース1）



出典：調査団

図 9.4-12 周辺7セクターにおける給水人口（ケース2）

#### 9.4.1.4 家庭用計画給水量原単位の設定

CoK M/P や AfDB M/P などの関連する先行調査報告書を参考にして、2050年における計画給水量原単位を以下のように設定している：

- 都市部（都市部に居住する管路給水の使用者）： 120 lpcd
- 村落部（村落部に居住する公共水栓の使用者）： 80 lpcd

計画給水量原単位は2019年（現況）の需要に合わせるように、表 9.4-3 に示されるように2050年に上記設定値に届くように年々増加していくものと仮定して設定している。

表 9.4-3 計画給水量原単位の設定（単位：lpcd）

	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
For Urban	80	88	94	101	107	114	120
For Rural	50	56	61	65	70	75	80

出典：WASAC との協議結果に基づいた JICA 調査団による設定

#### 9.4.1.5 非家庭用水使用量の設定

WASAC により提供された、調査対象地域内の WASAC の 6 支所における 2019 年 3 月の請求水量記録によれば、非家庭用水使用量は概ね 17%（Nyakaliro 支所）から 49%（Nyarugenge 支所）の範囲内である（5 章の 5.1 節参照）。

一方、CoK M/P の下で推定された非家庭用水使用量は、2050 年時点で Net Demand（家庭用及び非家庭用使用水量）<sup>5</sup> に対して 22.7% と推定されている（非家庭用使用水量：130,328 m<sup>3</sup>/d for Non-domestic、家庭用使用水量：442,823 m<sup>3</sup>/d）。詳細は付録-18(5)に示す。なお、本算定は以下のような仮定に基づいている：

- セクター毎における、土地利用形態（商業、工業、空地、公共施設）ごとの面積（ha）
- 以下に示すような、土地利用形態ごとに応じた単位面積当たりの水使用量（南アフリカにおいて使用されているガイドラインを参照）。
  - 商業エリア： 32 m<sup>3</sup>/ha/d
  - 工業エリア： 24 m<sup>3</sup>/ha/d
  - 公共施設： 4 m<sup>3</sup>/ha/d
  - 空地： 10 m<sup>3</sup>/ha/d

以上のように、本調査における 2050 年までの非家庭用水使用量は、CoK M/P での推定結果を参考にし、非家庭用水使用量は家庭用と非家庭用水使用量の合計（Net Demand）の一律 20% と設定している {20% = 非家庭用水使用量 ÷ (家庭用水使用量 + 非家庭用水使用量) と設定}。

#### 9.4.1.6 無収水（NRW）

WASAC の「5 Years Strategic Plan for NRW Reduction」では、表 9.4-4 に示すような NRW 削減率を掲げている。

<sup>5</sup> Net demand = domestic demand + non-domestic demand

表 9.4-4 「5 Years Strategic Plan for NRW Reduction」における無収水削減目標

Year	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2021/2022	2022/2023
NRW target	35%	32%	30%	28%	25%

出典: 5 Years Strategic Plan for NRW Reduction, WASAC

上記に加え、2019年のC/Pとの協議において、WASACは2050年までに無収水率を20%までに削減するとの意向を示している。

したがって、本調査における無収水率削減値は以下のような考え方で設定している：

- 2023年までの無収水率： 「5 Years Strategic Plan for NRW Reduction」に従う。
- 2050年における無収水率： 20%
- キガリ市広域地域における無収水のほとんどの部分は漏水と考えられることから、需要予測における計算目的では、無収水率と漏水率は同じ値と捉えている。

2024年から2050年までの無収水率の減少傾向： 目標年次（2050年）に向かって直線的に減少すると考えている。

表 9.4-5 2050年までの無収水率削減目標

	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
NRW Ratio	35%	25%	24%	23%	22%	21%	20%

出典：調査団

#### 9.4.1.7 負荷率（季節的ピークファクター）

季節的ピークファクターは、日最大給水量と日平均給水量の比（その逆数は負荷率）として表され、浄水施設の規模の設定に使用される。「ルワンダ共和国 都市給水に係る基礎情報収集・確認調査（2017年、国際協力機構）」によれば、キガリ市内の主要浄水場における負荷率は（ピークファクター）は以下のとおりである：

- Nzove WTPの負荷率： 77%（=季節的ピークファクター： 1.30）
- Karenge WTPの負荷率： 94%（=季節的ピークファクター： 1.06）
- Kimisagara WTP： 89%（=季節的ピークファクター： 1.12）

なお、上記の値は、2015年12月から2016年の運転維持管理記録に基づいている。

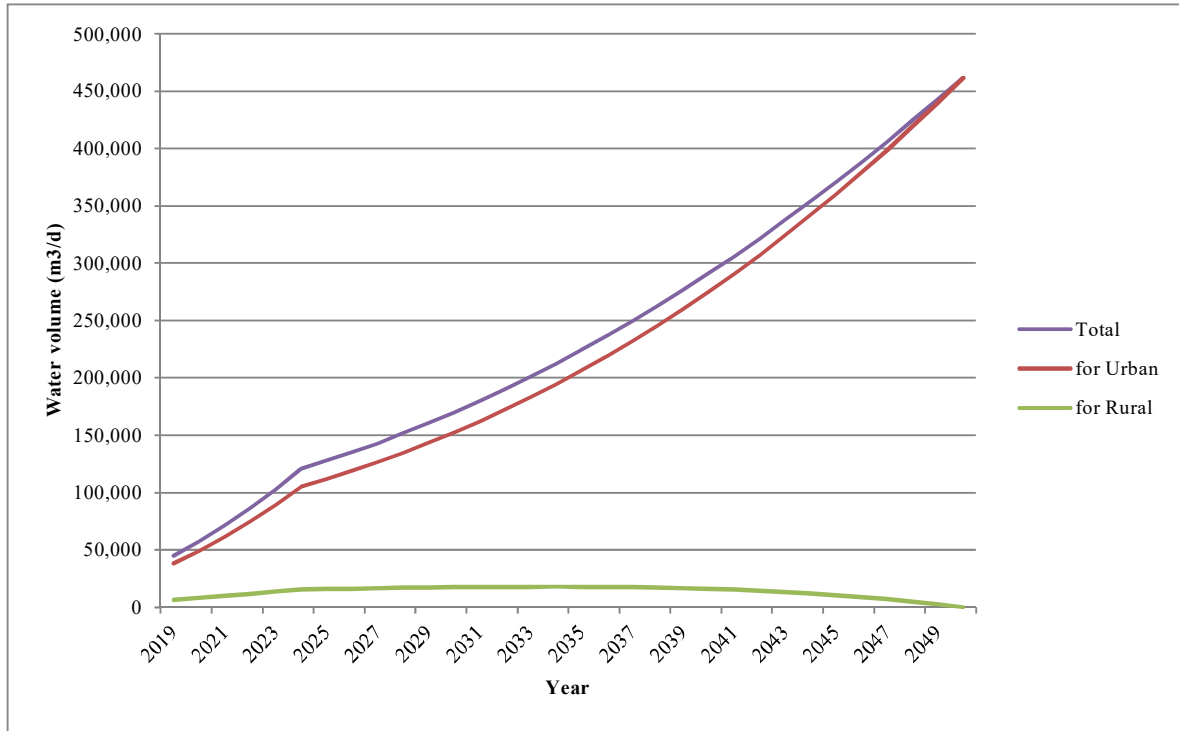
以上のことから、本調査における負荷率は0.77（=季節的ピークファクター1.3）と設定し、日最大給水量を算定している。なお、この値は計画年次にわたって一定であると仮定して需要予測を行っている。

## 9.4.2 水需要予測

### 9.4.2.1 キガリ市における家庭用水需要量

#### (1) ケース 1

ケース 1 シナリオの下での、キガリ市の家庭用水需要量を図 9.4-13 に示す。



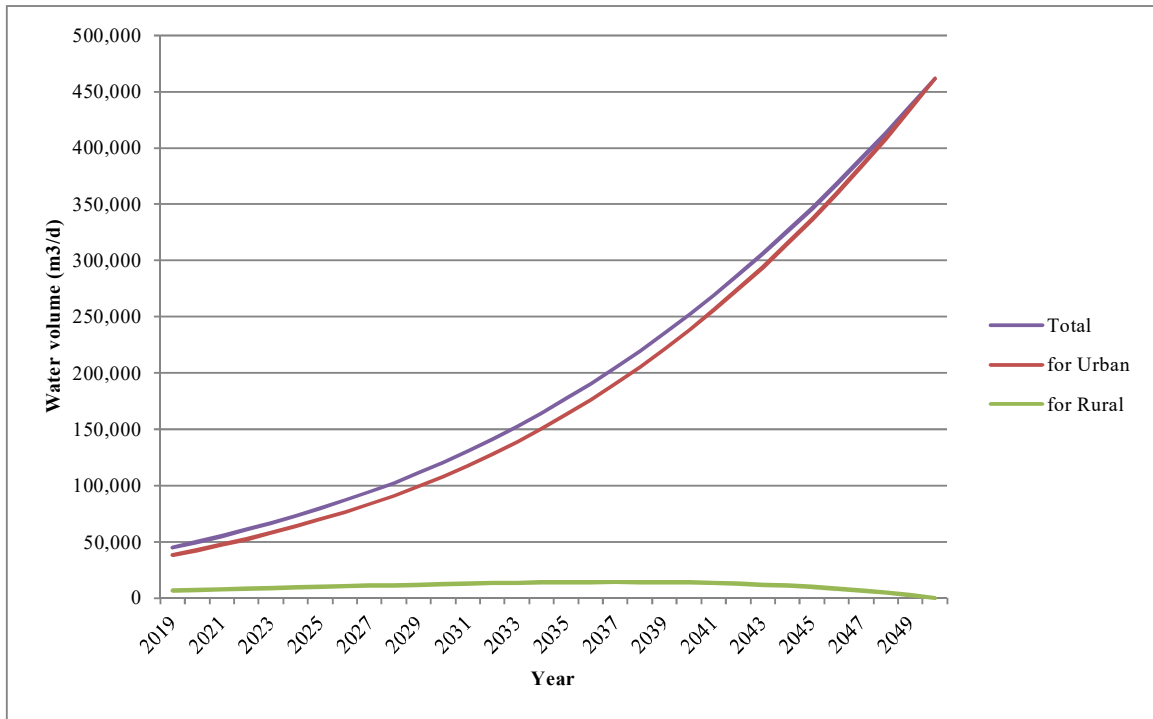
出典：調査団

図 9.4-13 キガリ市における家庭用水需要（都市部及び村落部含とその合計、ケース 1）

#### (2) ケース 2

ケース 2 シナリオの下での、キガリ市の家庭用水需要量を図 9.4-14 に示す。





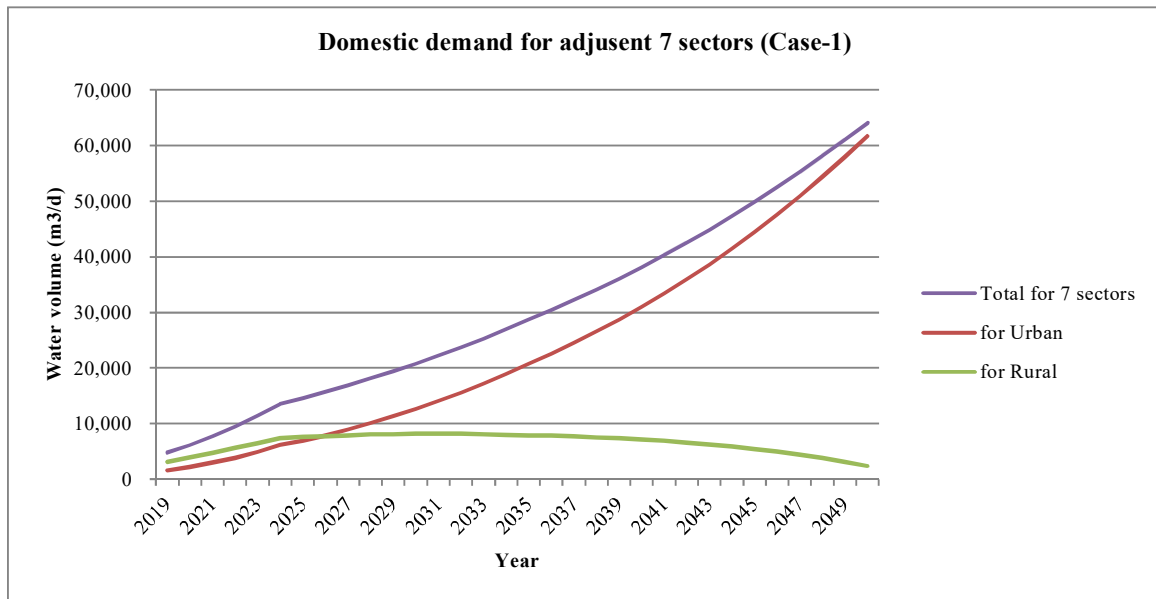
出典：調査団

図 9.4-14 キガリ市における家庭用水需要（都市部及び村落部含とその合計、ケース 2）

### 9.4.2.2 周辺 7 セクターにおける家庭用水需要量

#### (1) ケース-1

ケース 1 シナリオの下での、周辺 7 セクターの家庭用水需要量を図 9.4-15 に示す。

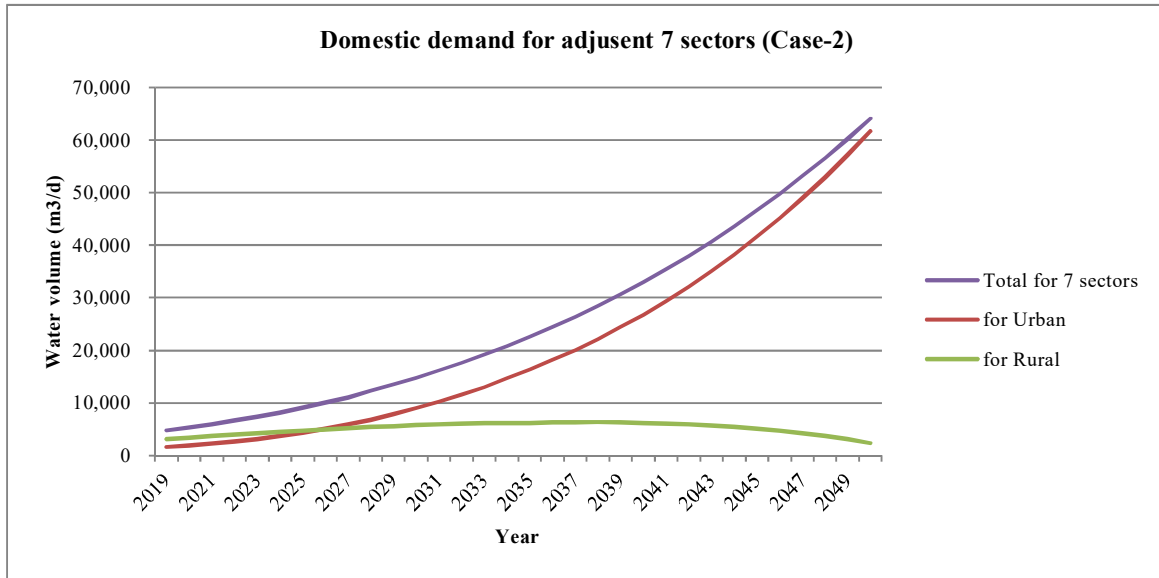


出典：調査団

図 9.4-15 周辺 7 セクターにおける家庭用水需要（都市部及び村落部含とその合計、ケース 1）

**(2) ケース 2**

ケース 2 シナリオの下での、周辺 7 セクターの家庭用水需要量を 図 9.4-16 に示す。



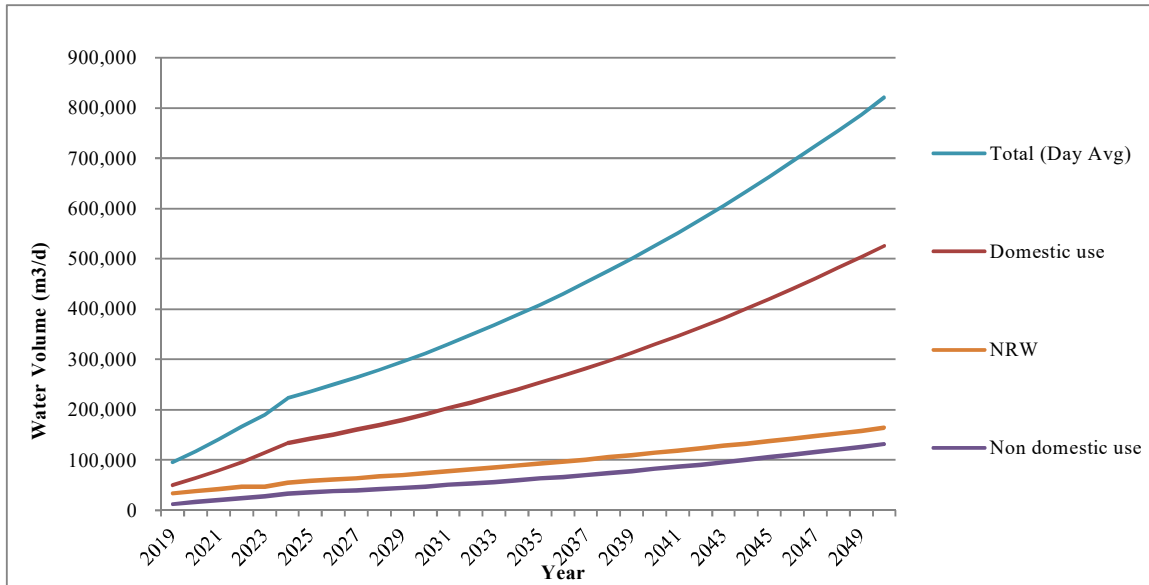
出典：調査団

図 9.4-16 周辺 7 セクターにおける家庭用水需要（都市部及び村落部含とその合計、ケース 2）

**9.4.2.3 合計水需要量**

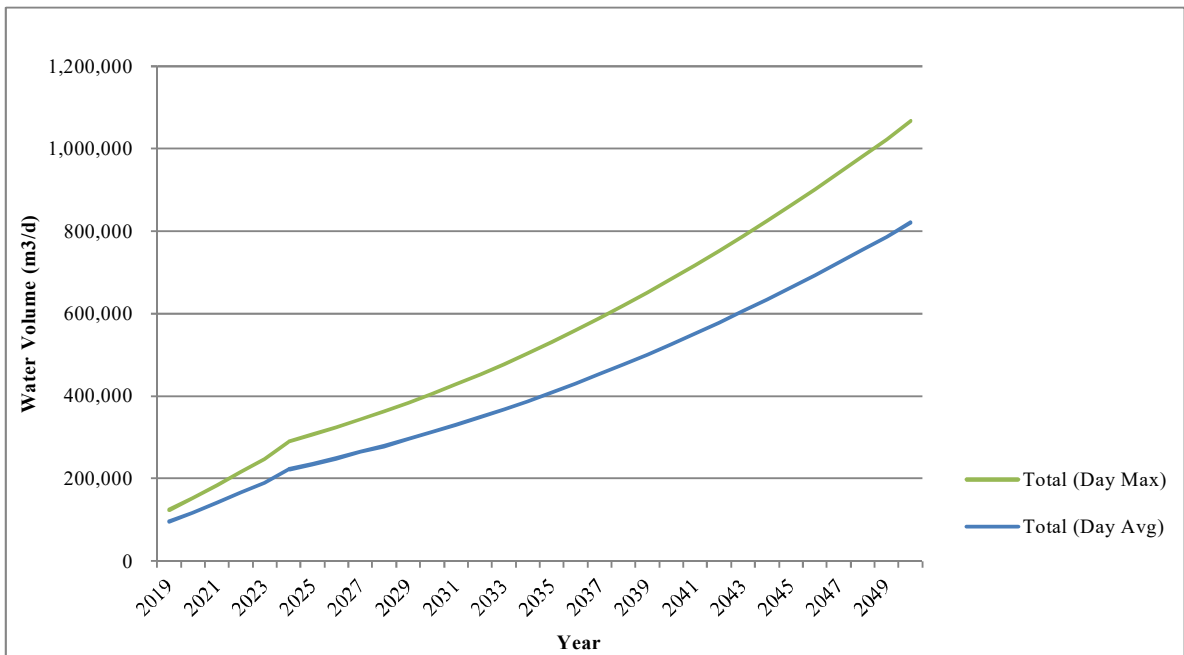
**(1) ケース 1**

ケース 1 の下での合計水需要量を 図 9.4-17、図 9.4-18 及び表 9.4-6 に示す。



出典：調査団

図 9.4-17 日平均水需要量の内訳（ケース 1）



出典：調査団

図 9.4-18 日平均と日最大水需要量（ケース 1）

表 9.4-6 水需要量とその内訳 (ケース 1)

Category		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
(a) Domestic use	Domestic use in CoK	49,409	63,158	77,932	93,922	111,158	129,590	136,774	144,361	152,365	160,799	169,673
	Domestic use in adjacent 7 sectors	5,091	6,571	8,216	10,036	12,039	14,235	15,293	16,458	17,679	18,957	20,302
	Total	54,500	69,728	86,148	103,958	123,197	143,825	152,067	160,819	170,044	179,756	189,975
(b) Non domestic use {= (c) x Non domestic use rate / (1 - Non domestic use rate)}	Non domestic use in CoK	12,352	15,789	19,483	23,481	27,789	32,398	34,193	36,090	38,091	40,200	42,418
	Non domestic use in adjacent 7 sectors	1,273	1,643	2,054	2,509	3,010	3,559	3,823	4,114	4,420	4,739	5,076
	Total	13,625	17,432	21,537	25,989	30,799	35,956	38,017	40,205	42,511	44,939	47,494
(c) = (a) + (b)	Net demand	68,125	87,160	107,685	129,947	153,996	179,781	190,083	201,023	212,555	224,695	237,469
(d) = (c) x NRW rate / (1 - NRW rate)	NRW	36,683	41,017	46,151	50,535	51,332	59,314	62,068	64,962	67,974	71,106	74,359
(e) = (c) + (d)	Total (Day Avg)	104,808	128,177	153,836	180,482	205,328	239,096	252,151	265,985	280,529	295,801	311,828
(f) = (e) x "Seasonal peak factor"	Total (Day Max)	136,251	166,630	199,986	234,627	266,926	310,824	327,797	345,781	364,688	384,541	405,376

NRW rate	35%	32%	30%	28%	25%	25%	25%	24%	24%	24%	24%
Non domestic use rate	20% of net demand for entire period										
Seasonal Peak Factor	1.3 for entire period										

Category		2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
(a) Domestic use	Domestic use in CoK	178,998	188,781	199,031	209,751	220,946	232,617	244,765	257,387	270,481	284,042	298,064
	Domestic use in adjacent 7 sectors	21,708	23,155	24,664	26,238	27,878	29,584	31,330	33,140	35,015	36,956	38,965
	Total	200,705	211,936	223,695	235,989	248,823	262,201	276,095	290,527	305,496	320,998	337,029
(b) Non domestic use {= (c) x Non domestic use rate / (1 - Non domestic use rate)}	Non domestic use in CoK	44,749	47,195	49,758	52,438	55,236	58,154	61,191	64,347	67,620	71,011	74,516
	Non domestic use in adjacent 7 sectors	5,427	5,789	6,166	6,560	6,969	7,396	7,833	8,285	8,754	9,239	9,741
	Total	50,176	52,984	55,924	58,997	62,206	65,550	69,024	72,632	76,374	80,250	84,257
(c) = (a) + (b)	Net demand	250,882	264,920	279,619	294,986	311,029	327,752	345,118	363,159	381,870	401,248	421,286
(d) = (c) x NRW rate / (1 - NRW rate)	NRW	77,729	81,207	84,797	88,496	92,300	96,206	100,196	104,273	108,432	112,666	116,966
(e) = (c) + (d)	Total (Day Avg)	328,611	346,127	364,415	383,482	403,330	423,957	445,314	467,432	490,302	513,913	538,252
(f) = (e) x "Seasonal peak factor"	Total (Day Max)	427,194	449,965	473,740	498,527	524,329	551,144	578,908	607,662	637,393	668,087	699,728

NRW rate	24%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	22%	22%	22%	22%
Non domestic use rate	20% of net demand for entire period										
Seasonal Peak Factor	1.3 for entire period										

Category		2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
(a) Domestic use	Domestic use in CoK	312,539	327,459	342,813	358,592	374,784	391,376	408,355	425,708	443,420	461,477
	Domestic use in adjacent 7 sectors	41,078	43,263	45,522	47,948	50,454	53,014	55,655	58,380	61,188	64,082
	Total	353,617	370,722	388,335	406,540	425,238	444,390	464,010	484,088	504,608	525,559
(b) Non domestic use {= (c) x Non domestic use rate / (1 - Non domestic use rate)}	Non domestic use in CoK	78,135	81,865	85,703	89,648	93,696	97,844	102,089	106,427	110,855	115,369
	Non domestic use in adjacent 7 sectors	10,269	10,816	11,380	11,987	12,614	13,254	13,914	14,595	15,297	16,021
	Total	88,404	92,680	97,084	101,635	106,309	111,097	116,003	121,022	126,152	131,390
(c) = (a) + (b)	Net demand	442,021	463,402	485,418	508,175	531,547	555,487	580,013	605,109	630,760	656,949
(d) = (c) x NRW rate / (1 - NRW rate)	NRW	121,339	125,764	130,234	134,771	139,338	143,916	148,506	153,100	157,690	162,237
(e) = (c) + (d)	Total (Day Avg)	563,360	589,166	615,653	642,947	670,885	699,403	728,519	758,209	788,451	821,186
(f) = (e) x "Seasonal peak factor"	Total (Day Max)	732,368	765,916	800,348	835,831	872,150	909,223	947,074	985,672	1,024,986	1,067,542

NRW rate	22%	21%	21%	21%	21%	21%	20%	20%	20%	20%
Non domestic use rate	20% of net demand for entire period									
Seasonal Peak Factor	1.3 for entire period									

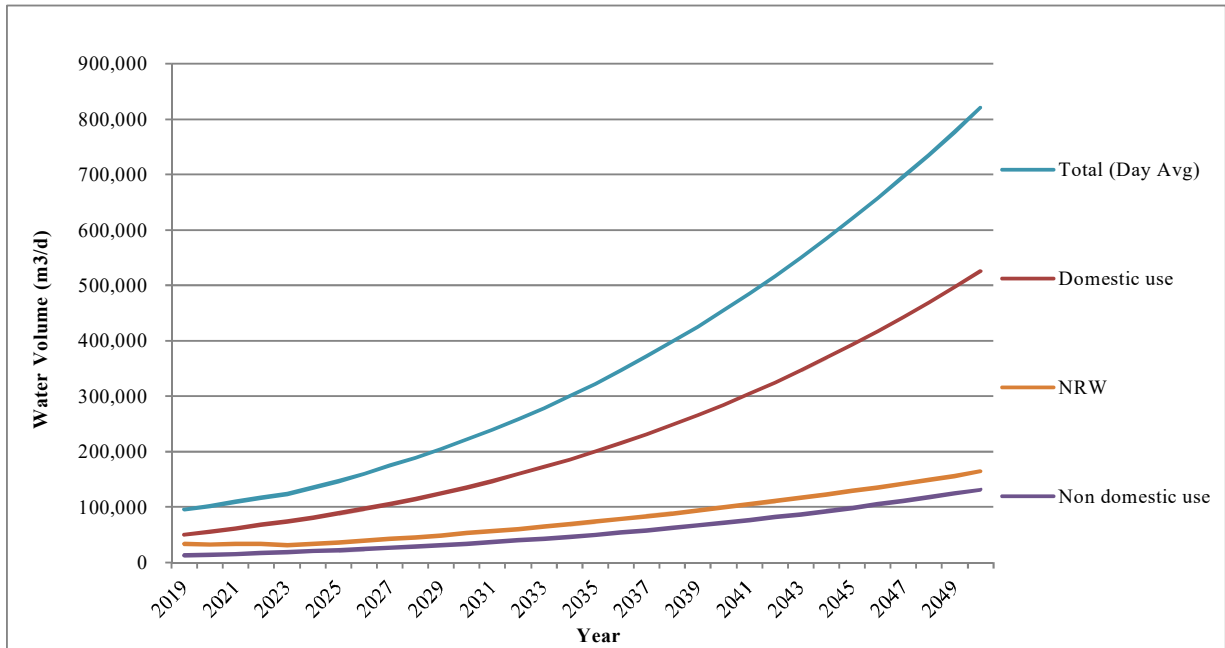
出典：調査団

注) 本調査における需要予測では、無収水量イコール漏水量とみなしている。

## (2) ケース 2

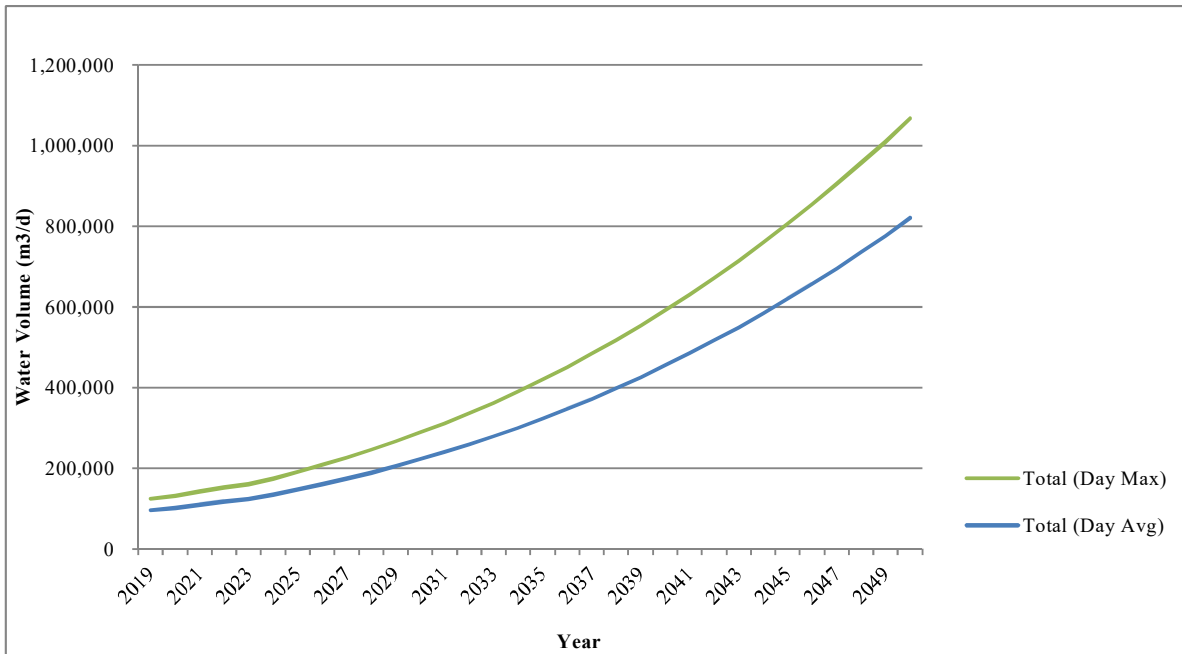
ケース 2 の下での合計水需要量を図 9.4-19、図 9.4-20 及び

表 9.4-7 に示す。



出典：調査団

図 9.4-19 日平均水需要量の内訳（ケース 2）



出典：調査団

図 9.4-20 日平均と日最大水需要量（ケース 2）

表 9.4-7 水需要量とその内訳 (ケース 2)

Category		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
(a) Domestic use	Domestic use in CoK	49,409	54,759	60,238	66,019	72,111	78,476	85,294	92,592	100,394	108,725	117,609
	Domestic use in adjacent 7 sectors	5,091	5,697	6,350	7,054	7,810	8,620	9,537	10,556	11,649	12,818	14,072
	Total	54,500	60,455	66,588	73,073	79,921	87,096	94,831	103,148	112,042	121,543	131,681
(b) Non domestic use {= (c) x Non domestic use rate / (1 - Non domestic use rate)}	Non domestic use in CoK	12,352	13,690	15,060	16,505	18,028	19,619	21,324	23,148	25,098	27,181	29,402
	Non domestic use in adjacent 7 sectors	1,273	1,424	1,588	1,764	1,952	2,155	2,384	2,639	2,912	3,204	3,518
	Total	13,625	15,114	16,647	18,268	19,980	21,774	23,708	25,787	28,011	30,386	32,920
(c) = (a) + (b)	Net demand	68,125	75,569	83,236	91,342	99,902	108,870	118,539	128,935	140,053	151,928	164,601
(d) = (c) x NRW rate / (1 - NRW rate)	NRW	36,683	35,562	35,672	35,522	33,301	35,919	38,707	41,666	44,789	48,079	51,542
(e) = (c) + (d)	Total (Day Avg)	104,808	111,131	118,908	126,863	133,202	144,789	157,246	170,601	184,841	200,007	216,143
(f) = (e) x "Seasonal peak factor"	Total (Day Max)	136,251	144,471	154,580	164,922	173,163	188,225	204,419	221,781	240,294	260,009	280,986

	NRW rate	35%	32%	30%	28%	25%	25%	25%	24%	24%	24%	24%
	Non domestic use rate	20% of net demand for entire period										
	Seasonal Peak Factor	1.3 for entire period										

Category		2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
(a) Domestic use	Domestic use in CoK	127,070	137,131	147,814	159,139	171,125	183,789	197,148	211,215	226,002	241,519	257,774
	Domestic use in adjacent 7 sectors	15,410	16,820	18,318	19,907	21,592	23,374	25,235	27,195	29,257	31,423	33,698
	Total	142,480	153,951	166,132	179,046	192,716	207,164	222,383	238,410	255,258	272,942	291,472
(b) Non domestic use {= (c) x Non domestic use rate / (1 - Non domestic use rate)}	Non domestic use in CoK	31,768	34,283	36,954	39,785	42,781	45,947	49,287	52,804	56,500	60,380	64,444
	Non domestic use in adjacent 7 sectors	3,853	4,205	4,579	4,977	5,398	5,844	6,309	6,799	7,314	7,856	8,424
	Total	35,620	38,488	41,533	44,761	48,179	51,791	55,596	59,602	63,815	68,236	72,868
(c) = (a) + (b)	Net demand	178,100	192,439	207,664	223,807	240,896	258,955	277,979	298,012	319,073	341,178	364,340
(d) = (c) x NRW rate / (1 - NRW rate)	NRW	55,180	58,989	62,976	67,142	71,488	76,012	80,704	85,568	90,601	95,799	101,156
(e) = (c) + (d)	Total (Day Avg)	233,280	251,427	270,640	290,950	312,383	334,966	358,683	383,580	409,674	436,976	465,496
(f) = (e) x "Seasonal peak factor"	Total (Day Max)	303,264	326,855	351,832	378,235	406,098	435,456	466,288	498,654	532,576	568,069	605,145

	NRW rate	24%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	22%	22%	22%	22%
	Non domestic use rate	20% of net demand for entire period										
	Seasonal Peak Factor	1.3 for entire period										

Category		2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
(a) Domestic use	Domestic use in CoK	274,775	292,524	311,026	330,281	350,288	371,045	392,549	414,794	437,773	461,477
	Domestic use in adjacent 7 sectors	36,114	38,647	41,301	44,162	47,157	50,260	53,501	56,883	60,409	64,082
	Total	310,889	331,172	352,326	374,443	397,445	421,306	446,050	471,677	498,182	525,559
(b) Non domestic use {= (c) x Non domestic use rate / (1 - Non domestic use rate)}	Non domestic use in CoK	68,694	73,131	77,756	82,570	87,572	92,761	98,137	103,699	109,443	115,369
	Non domestic use in adjacent 7 sectors	9,029	9,662	10,325	11,041	11,789	12,565	13,375	14,221	15,102	16,021
	Total	77,722	82,793	88,082	93,611	99,361	105,326	111,513	117,919	124,545	131,390
(c) = (a) + (b)	Net demand	388,611	413,965	440,408	468,054	496,806	526,632	557,563	589,596	622,727	656,949
(d) = (c) x NRW rate / (1 - NRW rate)	NRW	106,678	112,347	118,158	124,131	130,231	136,440	142,758	149,175	155,682	162,237
(e) = (c) + (d)	Total (Day Avg)	495,289	526,312	558,566	592,185	627,036	663,072	700,321	738,771	778,409	821,186
(f) = (e) x "Seasonal peak factor"	Total (Day Max)	643,875	684,206	726,136	769,841	815,147	861,994	910,417	960,402	1,011,931	1,067,542

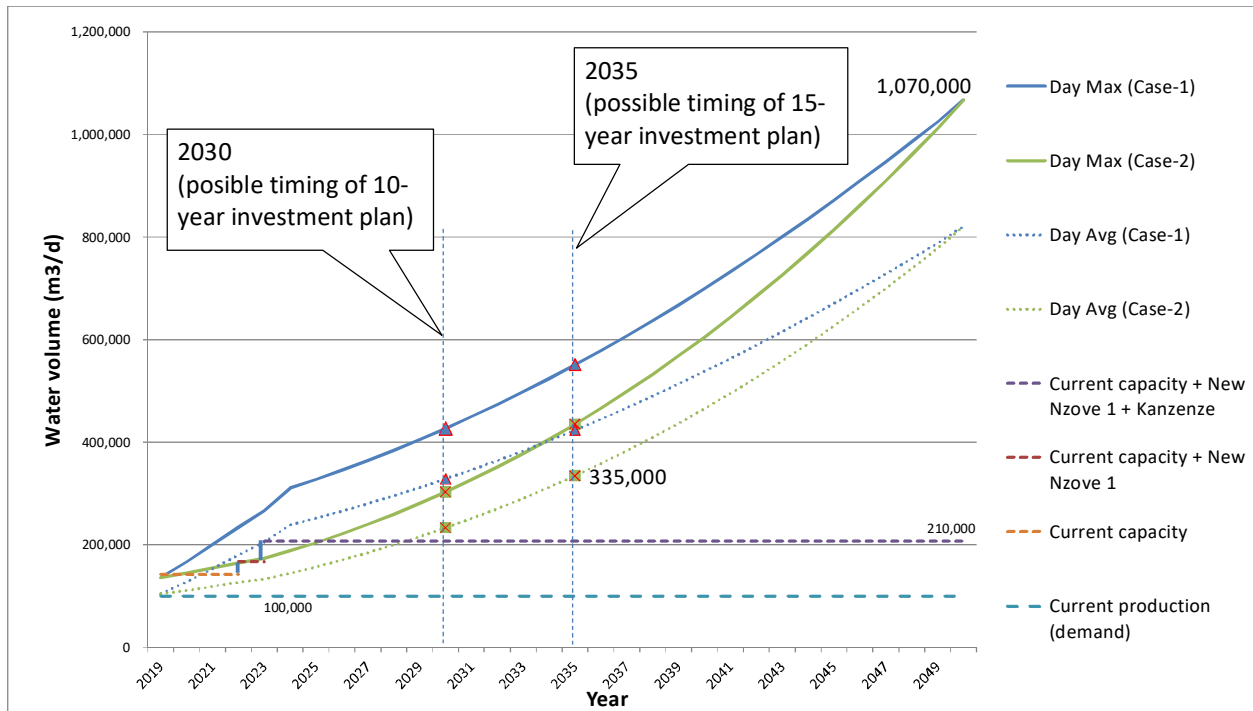
	NRW rate	22%	21%	21%	21%	21%	21%	20%	20%	20%	20%	
	Non domestic use rate	20% of net demand for entire period										
	Seasonal Peak Factor	1.3 for entire period										

出典：調査団

注) 本調査における需要予測では、無収水量イコール漏水量とみなしている。

### (1) ケース 1 とケース 2 の比較

ケース 1 とケース 2 の比較結果を、図 9.4-21 及び表 9.4-8 に示す。



出典：調査団

図 9.4-21 需要予測結果（ケース 1 とケース 2 それぞれの日平均及び日最大水需要量）

表 9.4-8 2030 年、2035 年及び 2050 年の水需要量（m³/d）

Scenario of demand projection		2030	2035	2050
Case-1	Day Maximum	427,194	551,144	1,067,542
	Day Average	328,611	423,957	821,186
Case-2	Day Maximum	303,264	435,456	1,067,542
	Day Average	233,280	334,966	821,186

出典：調査団

上記図 9.4-21 と表 9.4-8 から、以下のことが言える：

- 両ケースとも、2050 年時点で約 1,070,000 m³/d の浄水量が必要となる。これは 2019 年時点の浄水量に、New Nzove 1 浄水場と Kanzenze 浄水場が稼働するであろう 2023 年時点における浄水量（210,000 m³/d）のおよそ 5 倍に相当する。
- 2035 年の目標をケース 1 の日最大需要量（約 551,000 m³/d）と設定した場合、WASAC は 2023 年時点における浄水量の 2.6 倍相当の水源量及び水供給施設の拡張をする必要がある。
- 一方、2035 年の目標をケース 2 の日平均水需要量（約 335,000 m³/d）と設定した場合、2023 年時点における浄水量の 1.7 倍程度の拡張で済むことになる（2023 年時点から 140,000 m³/d 程度の追加）。

## 9.5 2050 年までの施設計画のための目標設定

需要予測後の次のステップとして施設計画に進むにあたり、各マイルストーン年における目標を設定する必要がある。施設計画の目標設定にあたっては、ルワンダ側にとって現状のリソースや周

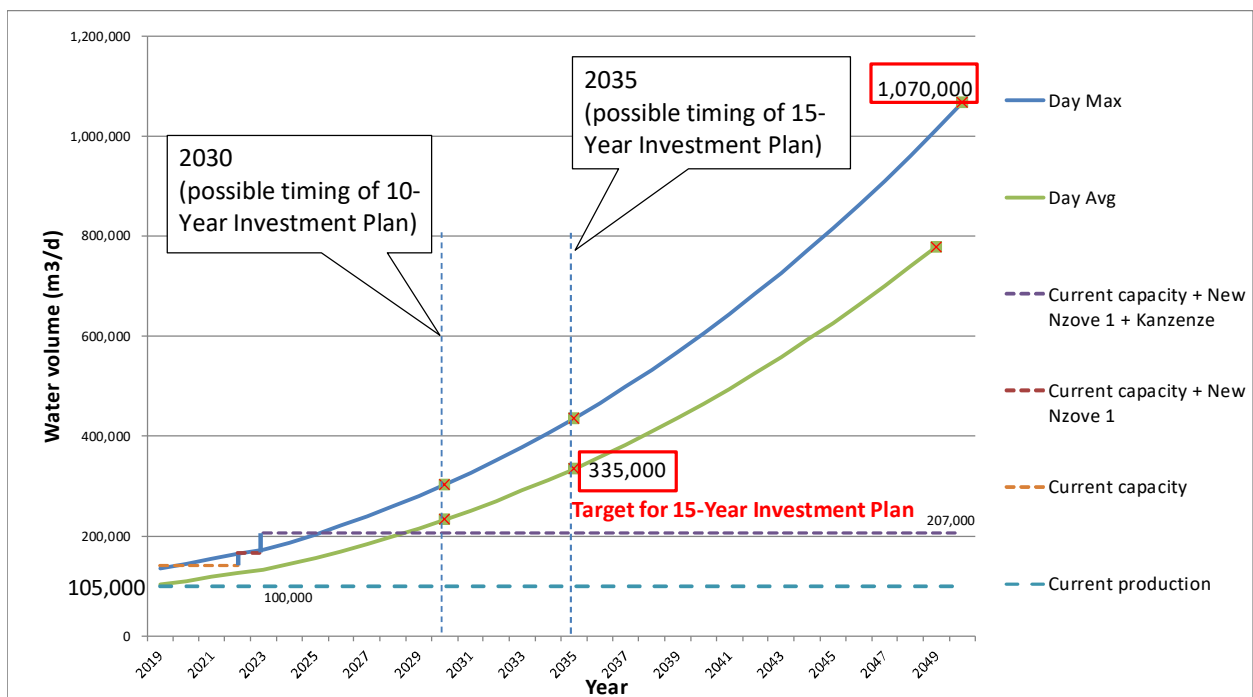


辺環境などを総合的に勘案し、無理なく実施可能であることが求められる。

需要予測の結果、WASAC 及び調査団は、マスタープランの施設計画の方針を以下の通りとすることを確認した：

- 2035年（15年投資計画の目標年次）までは、一日平均給水量（約 335,000 m<sup>3</sup>/d）を賄える規模の施設整備計画とする。
- 2050年（キガリ市広域上水マスタープランの目標年次）においては、一日最大給水量（約 1,070,000 m<sup>3</sup>/d）を賄える規模の施設整備計画とする。

図 9.5-1 に、2050年およびそれまでのマイルストーン年における目標値を示す。



出典：調査団

図 9.5-1 水需要予測結果と施設計画のための目標値

需要予測結果に基づいた将来の水源開発の代替案に関する検討は、10章の「新規水源開発計画」で議論されている。また、上記水源開発計画に基づいた施設計画の代替案及びその実施順は、13章の「マスターシナリオ」にて議論されている。さらに、15年投資計画に掲げられている個々の候補プロジェクトの内容は、14章で示されている。

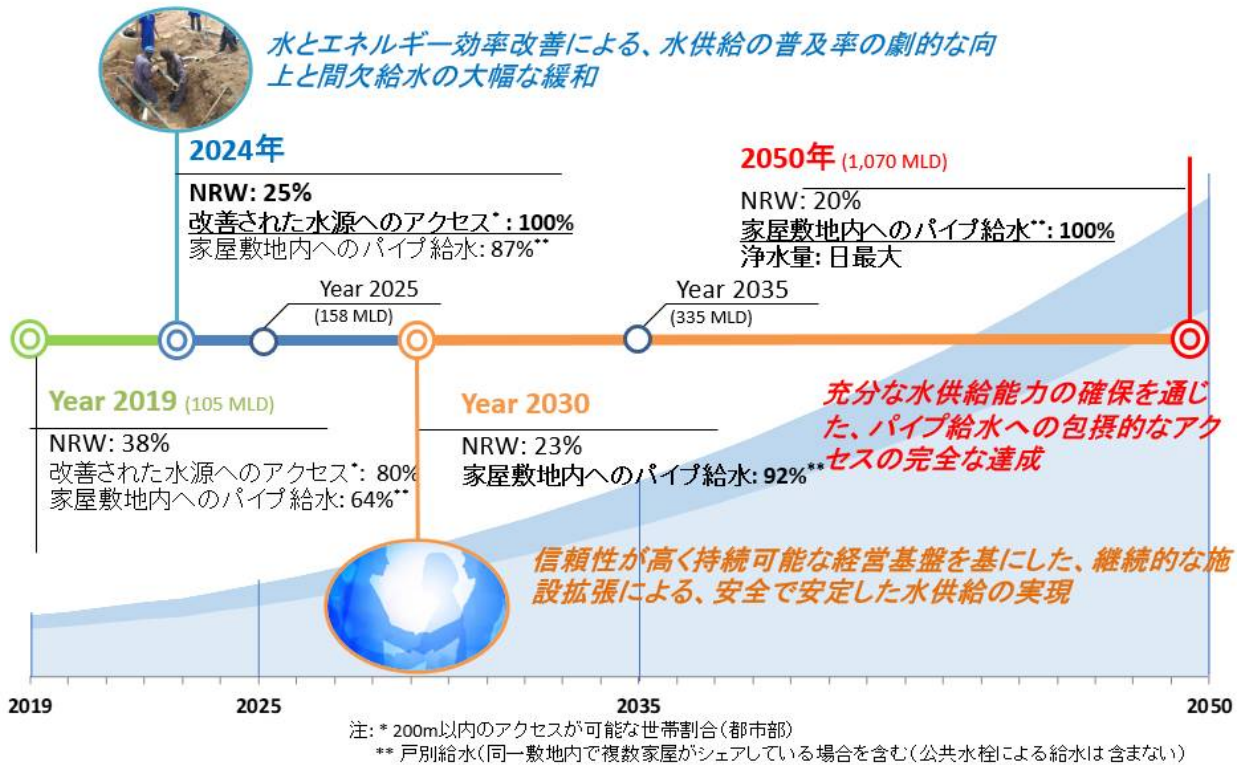
## 9.6 2050年に向けた水供給のビジョン

キガリ市広域上水道マスタープランは2050までの長期計画であるため、一貫したビジョンが必要となる。このビジョンでは、施設拡張によって給水能力を増加させるだけでなく事業の効率を改善し安定的な給水を実現することにも注目し、持続可能かつ、より信頼性の高いシステムの構築を図る必要があるとしている。また、ビジョンは2024年までに全ての都市部住民に安全な水供給を

現するという変革のための国家戦略（NST-1）とも合致している。施策は限られた財源を前提として実施しなければならないため、全ての需要者に対し安全に管理された水供給へのアクセスを実現するためには、漸進的な（Progressive）アプローチをとる必要がある。ベンチマーク年（2024年、2030年、2050年）における水供給の将来ビジョンは以下および図9.6-1のとおりである。

- 2024年： 水とエネルギー効率改善により、水供給の普及率の劇的な向上と間欠給水の大幅な緩和を目指す。
- 2030年： 信頼性が高く持続可能な経営基盤を基に、継続的な施設拡張によって安全で安定した水供給を実現する。
- 2050年： 十分な水供給能力を確保し、パイプ給水への包摂的なアクセスを完全に達成する。

## Water Supply Vision toward 2050 for people



出典：調査団

図 9.6-1 安全に管理された水供給サービス達成に向けたビジョン

### 9.7 マスタープランの戦略

5章で述べた現存の問題点、6章の財務状況、7章の実施中プロジェクト、8章の WASAC の現在能力、および本章前節の水需要予測を踏まえ、本節では 2050 年に向けた WASAC/JICA M/P 作成の戦略について提案する。水道施設（9.6.1 節）及び水源（9.6.2 節）について以下のような戦略が PG/R で確認されている。

## 9.7.1 浄水施設

5.4.6 節で整理した現存の課題に対して、その戦略や可能な解決法を図 9.6-1 に示す。

### 戦略 (提案)

#### 1. 給水量が不足している地域を減少させる

新規水源の開発及び浄水場建設に伴い、送水・配水施設を増設することが必要となる。特に、Kabuga、Rusororo、Rebero/Masaka、Kanombe、Busanza、Rwinyana、Free zone、Remera、Kabeza、Gikondo では、十分な能力を持った管路と配水池等からなる送水および配水施設を整備することが極めて重要である。

#### 2. 全ての場所で 24 時間連続給水 (24x7) を実現する

大規模な投資が必要となるものの、緊急かつ継続的に管路の更新及び水圧管理を行わなければならない。この投資を行うためには、全ての地区で 24x7 (24 時間・週 7 日) の連続給水を確かなものとするという強固な方針を堅持し広めてゆくことが必要である。この政策の主要な業績指標として、平均給水時間や連続給水 (24x7) 戸数の割合が考えられる。

#### 3. 事故に強く安定的な給水が可能な水道システムを実現する

管路破損による断水などの影響を最小限にするための方策を行わなければならない。強靱性を担保するために、配水枝管 (2 次管) 等による管網形成や配水池容量の拡大を促進する。

#### 4. 適切なブロック化と圧力管理を実施する

ブロック化は、配水池を中心に配置し、広範囲な配水システムの水圧及び水量を監視・制御することを意味する。一方、ディストリクト・メータ地区 (DMA) は、通常各地区で 500-1000 戸という狭い面積で流量を監視することに重点を置いている。効率向上のためにブロック化の概念が導入されれば有効な方策となる。

#### 5. NRW 削減活動を推進し持続可能性を担保する

現況の WASAC の下で NRW を削減するためには、経験を広め継続して実施することがカギとなる。それを実現するために最も重要な戦略は、「持続可能性の担保」である。

#### 6. 運転維持管理能力を強化する

給水を確実にするための基本的な要素は、運転維持管理手法の改善である。既存/新設施設のために新しい組織を作り、運転維持管理要員を増加することを検討しなければならない。運転維持管理の課題を明らかにし、新たな運転/組織に係る提案をすることが必要となる。

#### 7. 包括的な組織体制を向上させる

水道ビジネスの運営を向上させるため、WASAC 組織体制の包括的な課題を検討しなければならない。この課題は 1) 組織、2) 機能、3) 資源、4) 文化に関するものであり、組織改善計

画として提案されなければならない。

## 8. 持続可能な利益を確保する

WASACは2014年8月に、EWSA (Energy Water and Sanitation Authority) から分離した。「利益と損失」および「キャッシュフロー」の観点から利益の持続可能性を達成するために、WASACは、適正な水道料金となるよう、RURA等に働きかけるとともに、コスト削減に最大限の努力を払わなければならない。

上記の8戦略には「包括性」と「効率」の2つのキーワードを付けることが出来る。「包括性」は持続可能な開発目標 SDGs の基本方針に沿って、一人も取り残すことなく全員に給水する戦略であり、「効率」はWASACのビジョンの最も重要なキーワードと一致している。

### 解決法

戦略とともに解決法の基本原則を以下に示す。

#### A. 水道施設能力の拡張（水源及び浄水場）

- 新規水源及び浄水場の建設
- 既存浄水場の拡張
- 特に市内の商業地区およびその周辺における広範囲な管路の更新

#### B. 水の安定性及び圧力管理のための配水池の増加

- 容量が不足している場所における新規配水池の建設
- 許容水圧管理の方針とガイドライン策定
- 適切な水圧監視・制御を行った24x7連続給水のモデル地区の建設

#### C. 集中的な管路更新及び、安定性と強靱性強化の方策の実施

- 既存のGIS情報とNRW削減活動より布設替えが必要な脆弱な管路を選定し対象とする
- 浄水場の運転停止を含む重大な断水を最小化するための仕切弁設置
- 配水管網の圧力管理のために配水ブロックシステムの建設

#### D. 流量及び水圧の監視・制御のためのSCADAシステムの統合

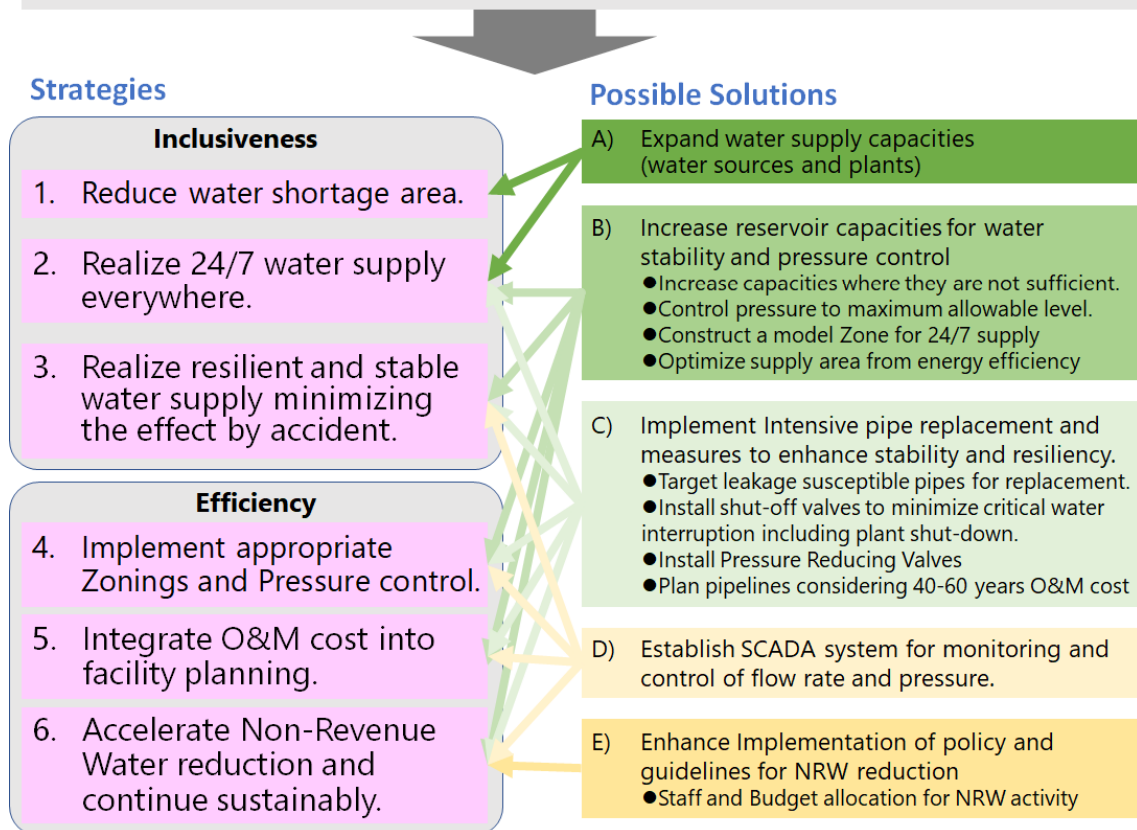
- 水圧管理とNRW最小化のために、寸断されたSCADAシステムを統合
- NRW削減活動に必要なSCADAシステム活用をするための能力開発

#### E. NRW削減の取り組みの促進と継続

- JICA支援によるNRW技プロで整備された政策とガイドラインを実行に移すための能力開発
- 各支店レベルでのNRW削減活動を広げるための能力開発

### Current Issues

1. Water Shortage, especially in the eastern and the southern area.
2. Inappropriate distribution system and resulting low pressure causes intermittent water supply.
3. Aged pipes, faulty pipelines, no valves causes leakages and water supply interruption.
4. Lack of pressure management causes high pressure area and energy inefficiency.
5. Actively working NRW team is the best opportunity, but it is a long way to achieve the target and keep it sustainably.



出典：調査団

図 9.7-1 水道施設整備のための戦略

## 9.7.2 新規水源

将来的には、既存の水源に加えて、開発方針にあるように新しい水源が必要とされる。Nyabarongo/Akagera 川の流量は給水に十分な水量であるため、必要な原水を Nyabarongo/Akagera 川から取水することができる。しかし、河川の水質が悪いため浄水場での処理コストが高くなる。したがって、河川水に加えて、氾濫源からの地下水開発や湧水を利用することも検討する。現在、以下の追加の水源が想定されている。

- **Nyabarongo/Akagera 川からの直接取水**

河川水は水質が悪く濁度が高いものの、量的には給水に必要な水量を満たしている。Nyabarongo 川の最小流量は、乾期の 37~44 m<sup>3</sup>/s となっている。また、河川からの取水については雨期の河川氾濫により河道が変動するリスクもある。

- **Nyabarongo/Akagera 川沿いの氾濫源からの地下水開発**

氾濫源に分布する帯水層は地下水開発ポテンシャルが高い。Nyabarongo/Akagera 川沿いの氾濫原は沖積堆積物（粘土、砂）で構成されている。

- **ルワンダ北部 Ruhengeri 地域の湧水及び地下水開発**

キガリ市への水源としては、Ruhengeri 周辺の火山地域の湧水、地下水も考えられる。この地域には多数の湧水が存在し、Mutobo, Rubindi, Mpenge 地区の玄武岩からなる火山溶岩から地下水が湧水として流出している。これまでの調査から、Mutoboの湧水で記録された最大流量は498 L/s、Rubidiでは278 L/s、Mpengeでは278 L/sであることが分かっている。

- **湖沼**

Muhazi 湖と Mugesera 湖の水は、WASAC の浄水場の水源として使用されている。RWB は現在、2 つの湖の調査を実施しています。湖からの追加の水量を取水するためには、湖の水環境の持続可能性を調査し、証明される必要がある。

## 9.7.3 気候変動に対する対策

気候変動によるリスクは、エネルギー及びインフラセクターにおける気候変動対策と緩和策のメインストリーム化に関するガイドライン *Guidelines to Mainstream Climate Change Adaptation and Mitigation in the Energy and Infrastructure Sector* (4.5.7 参照)によると、地球温暖化によって水質の悪化と水使用量の増大が引き起こされると認識されている。これらのリスクへの対応戦略を以下にまとめる。

1. 地下水利用の優先

2050 年時点の水需要を満たす大規模な水源は、表流水に限定される。しかし、それまでの期間、地下水利用を優先する事が推奨されている。これは、水質悪化のリスクが相対的に表流水に比べ低いためである。この戦略は、以降の章でコストの面から、更なる評価が行われる。

2. 省エネルギー

キガリ都市圏の給水システムは、同市の電力需要の相当量を占める。無収水の削減と送水網の再構成という、二つの主要な手段によりエネルギー消費の抑制を推進する。

### 3. 柔軟な配水システムと定期的な需要のレビュー

地球温暖化により、考えられる水需要増加は、市の発展に伴う水需要変動リスクの一部ととらえる。地球温暖化を考慮した実際の人口一人当たりの水使用量に適合するため、水需要予測は、定期的に見直しされる必要がある。開発変更柔軟に追従する事は、局所的な需要増加に対応していく主要な対策である。

気候変動への対応戦略は、給水施設の戦略と密接に関連付けられている。気候変動対策の視点は、施設計画に織り込まれ、マスターシナリオ（給水シナリオ）選定の基準となっている。



## 9.8 事業資金の財源

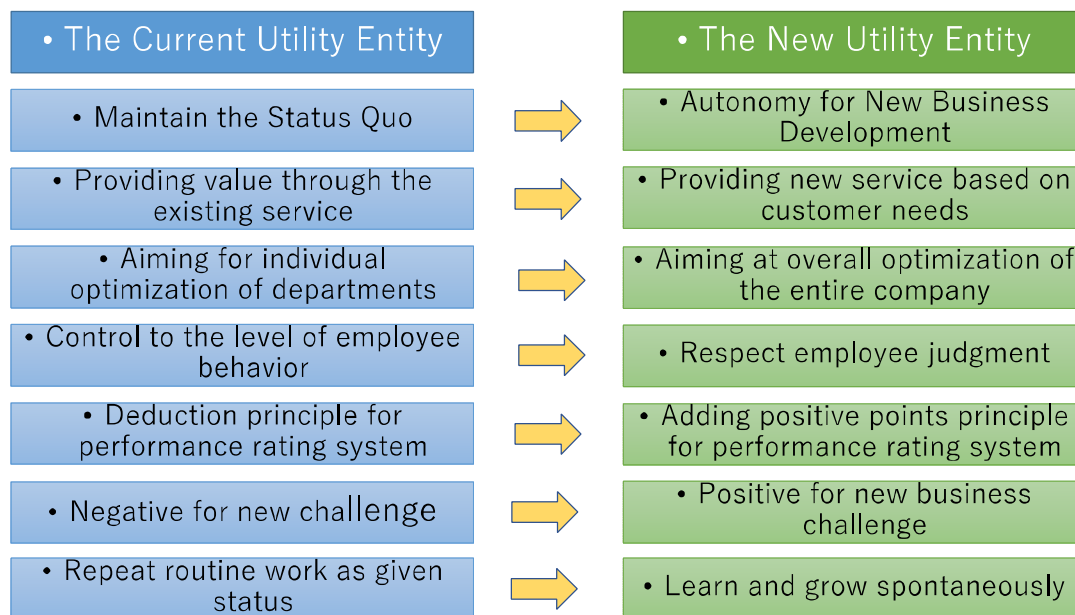
MP 各プロジェクトの中から選定された優先プロジェクトに対しその実施に必要な事業資金の財源を検討する。現時点では事業資金の財源は以下のように想定されるが、政府予算および国際開発援助機関からの資金が重要な財源として期待される。

- ✓ 第一義的に WASAC の自己資金を充てる、但し十分な営業キャッシュフローが長期に保障される場合に限られる
- ✓ ルワンダ国政府予算を充当
- ✓ 国際開発援助機関からの融資・グラント確保
- ✓ その他財源として、BOT および PPP を介した民間資金の活用・導入

## 9.9 組織開発の取り組み

### 9.9.1 新しい公益事業体としての組織開発の方向性

組織の方向性を図 9.9-1 に示す。独立した自律的な公益事業体を目指す WASAC には、旧来型の公共事業組織からの変革が必要となる。



出典：調査団

図 9.9-1 新たな公共事業体への組織変革

### 9.9.2 組織開発のために分析すべき要因

分析すべき現状の組織的要因を次の表 9.9-1 に示す。組織開発の目標項目は、WASAC 組織全体の階層構造、部局、セクションレベルとなる。開発項目として、構造、機能、人材、文化に焦点を当てる。

表 9.9-1 組織開発の取り組みに分析すべき項目

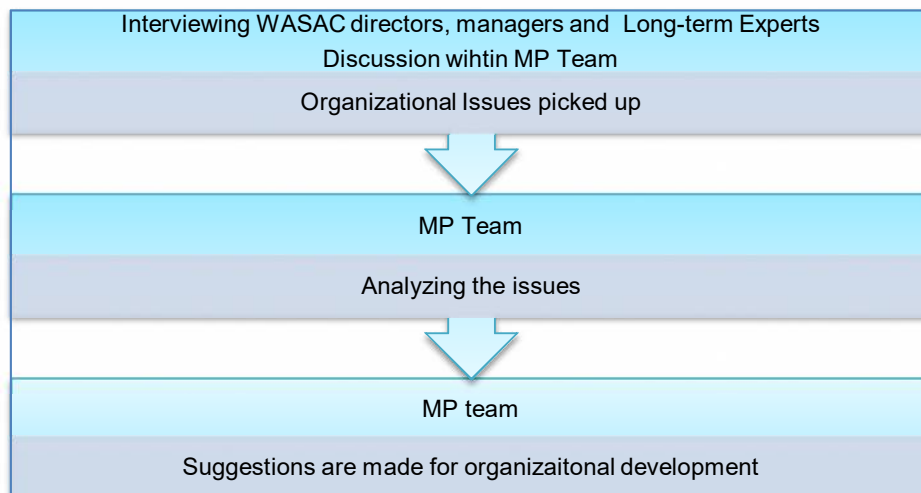
		Organizational Development Factor			
		Structure	Function	Human Resource	Culture
Organizational Dimension	Corporate	*Corporate Organizational Structure (Business Division, Functional, Matrix) *Corporate Governance	*Decision Making and Management of Corporation *Management of Internal Management Accounting System	*Making Personnel Assessment Criteria *Making Employment Criteria *Deployment of Senior Manager	*Corporate Philosophy *Business Mission
	Directorate/ Department	*Department Design (Functional oriented, Business market oriented)	*Decision Making and Management of Department *Performance Management *Making Business Supply Chain	*Deployment of Officer/Staff *Training Professional	*Thinking and Behavior Habit
	Section	*Job Assignment for each Officer/Staff	*Sectional Business Decision Making *Making Process for Job Assignment *Handling Assignment	*Systematic Expertise/Skill Training *OJT *Mental Care	*Communication at Work Place

出典：調査団

### 9.9.3 WASAC の組織開発課題

組織開発の課題は、MP チームによる取締役、全部門のマネージャー、および長期専門家へのインタビューを通じて、表 9.8-1 の項目を分析することに基づいて取り上げた。これら課題を分析して改善を提案した手順を図 9.8-2 に示す。

組織開発の詳細な目標活動は付録 19 に示す。



出典：調査団

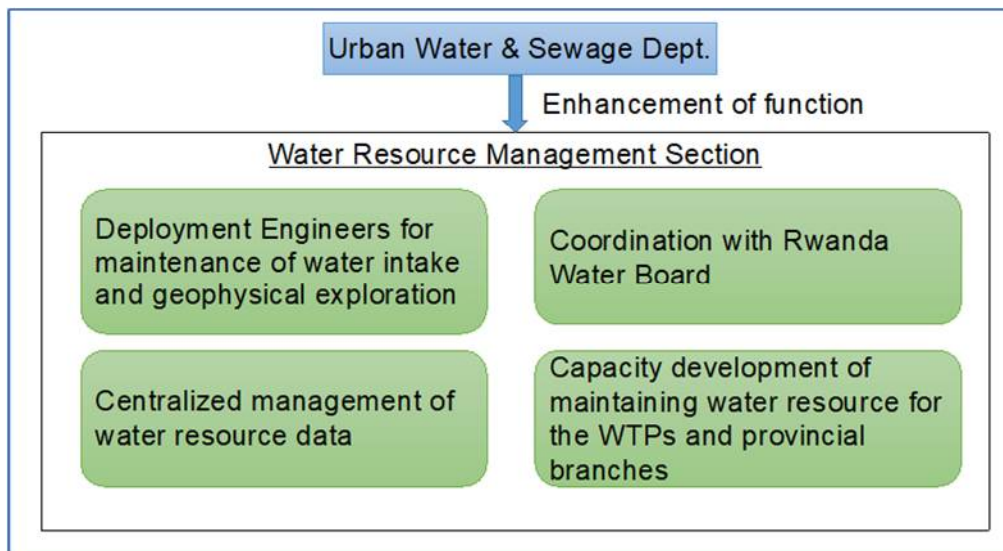
図 9.9-2 組織課題の分析と改善提案の手順

### 9.9.3.1 本店の組織課題と開発提言

#### (1)水資源管理セクションの機能強化

地下水の管理を担当する WASAC 職員や専門技術者が不足しているため、持続可能な水源、井戸や取水施設の開発・運用維持管理が適切に実施されていない。

- 以下の活動により、水資源管理セクションの機能を強化する。
  - ・ 定期的な地下水位の観察と取水量の維持のためにエンジニアを配置する。
  - ・ 物理探査のための水理地質調査のエンジニアを配置する。
  - ・ 水源に関連する設計、建設、および保守情報の集中管理をする（図面、井戸のコア掘削結果、揚水試験記録などを含む）。
  - ・ 水資源開発と水資源配分の戦略的開発と管理について、ルワンダ水資源委員会と調整する。
  - ・ WTP と地方支部の業務能力の向上を図り、取水と井戸管理の開発計画を支援する。



出典：調査団

図 9.9-3 水資源管理セクションの機能強化

#### (2)データ管理セクションの新規設立

文書、図面、アーカイブ登録システムを管理するセクションを設定する必要がある。浄水場、配水池、ポンプ場、送水・配水管の完成図に関するデータが適切に整備されておらず、紛失が多々ある。

- CEO オフィスの下にデータ管理を専門とするデータ管理セクションを設立する。

#### (3)給水管接続に関する業務の質の向上

給水管材質規格は規定されておらず。その結果、安価で低品質のパイプが設置されている。材料とサービス接続の設置を大幅に改善せずに、水漏れの増加に対処することは非常に困難であり、さらに場所や土被りなど、給水管の設置中に実行される業務内容は必ずしも適切でない。

よって、以下の活動を提案する。

- 接続栓数の劇的な増加に対応するために、給水管接続の指定/登録請負業者向けのシステムを作成する。
- 外部委託された請負業者の監視システムを確立することにより、給水管接続の外部委託を検討する。現在の給水管接続の状況は管理不十分で利用できないため、給水管接続の新たな記録簿を作成して活用する。
- 低品質の材料を排除するために、給水管接続材料の規格標準を指定する。

#### (4)無収水削減活動の強化

現在の無収水率は約 40%であり、削減の目標に達していない。WASAC は、無収水削減の活動を強化する必要がある。

- 現在の無収水削減プロジェクトを強化し、無収水率目標の達成に焦点を合わせるための重点パイロットエリアの設定をする。

#### (5)プロジェクト管理と請負業者の監督能力の強化

大規模プロジェクトの設計確認の負担が大きく、設計・施工の監督課題に直面している。請負業者は通常、給水システムの品質と効率を優先するインセンティブと能力を欠いており、特定のプロジェクトに関与する現状の人員数と技術的能力では業者を指導するには不十分である。

以下の活動を提案する。

- F/S および D/D を実施するために経験豊富なコンサルタントを雇う必要がある。
- 設計に基づいて、F/S および D/D を実施するコンサルタントおよび請負業者を監督/監視する能力を向上させる。
- プロジェクトの承認手順を明確にするマニュアルを作成する。

#### (6)環境社会配慮と広報活動に関する能力強化

WASAC の周囲環境など、環境・社会への配慮の必要性について、WASAC スタッフ全体の理解を深める必要がある。民間企業と利益を競う場合でも、環境・社会に配慮した事業を行うことが不可欠である。

以下の活動を提案する。

- 環境および社会への配慮に関する方針とマニュアルを設定し、公益事業組織としての実行を管理および監視する。
- 企業のコミットメントと SDGs への PR 活動のトレーニングと促進のための予算配分とともに、WASACPR スタッフの数を増やす。

#### (7)GIS データ管理能力の強化

GIS データは顧客メーターや管路データの管理に不可欠であるが、データは更新されていない。停滞の理由は、GIS システム活用の目的指向の欠如によるものである。

以下の活動を提案する。

- 給水管接続や管路布設の請負業者、都市開発者、道路当局、地方自治体、無収水削減チーム、

および WASAC のすべての部門と支店が、設計と建設中の計画と調整のために参照および利用できるように、データの参照システムを確立する。

- GIS 部門のスタッフ数を増やし、定期的に GIS スキルトレーニングを実施する。GIS スキルトレーニングは、本部の GIS セクションと都市給水部門の GIS セクション間のコミュニケーションを加速することも目的とする。
- 支店とコマーシャル部門が関与するデータ更新の標準操作手順を設定する。

#### **(8)財務と経理データ管理業務の強化**

財務部だけでなく、各部局は、水供給に関連する全体のコストを認識することが重要である。水資源レベル、生産レベル、流通レベル、商業レベル、および管理レベルで個別にコスト認識する必要がある。

以下の活動を提案する。

- コスト削減と利益実績を監視するためのコスト管理システムを導入する。
- 資産の不一致を回避するために、登録簿と元帳の間のデータ整合の重要性を認識する。

#### **(9)支店職務の再組織化**

現在の支店構造では、商務部門と配水部門の顧客メーターを管理する担当部門が曖昧であるため、担当職務が明確でない。その結果、顧客メーターの読み取りは現場で正確に確認されておらず、顧客への料金が適切に請求されない場合がある。

- どのセクションが水道料金の請求、および顧客メーターの交換/保守の管理を担当するか、支店の事業構造を明確にする必要がある。

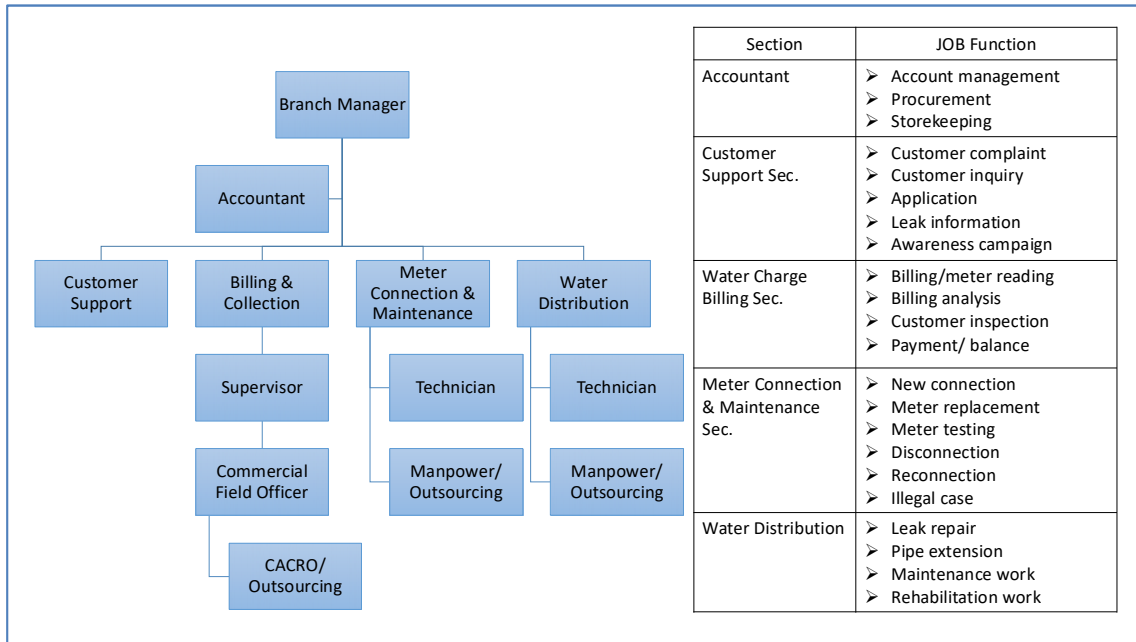
短期雇用 CACRO の職務では検針、保守の責任は明確でない。その結果、検針とメーターのメンテナンスが適切に実施されていない。

以下の活動を提案する。

- 検針と保守に関連する適切な仕事の実施のために、CACRO とマンパワーの作業割り当てを明確にする。
- 検針機能と検針機能を分離した新しい組織ストラクチャーを設立する。

#### **(10) 新たな支店組織の設立**

支店の新しい組織構造を以下に提言する。ここでは、顧客サポートセクション、メーター接続および保守セクション、水道料金請求セクション、および配水セクションを職務分離している。さらに、既存の臨時スタッフの契約をアウトソーシング契約に置き換えることは、効率的な支店経営を確保するための事業選択肢となる。



出典：調査団

図 9.9-4 支店の新組織提案

### (11) キガリ市東地区への新支店設立

キガリ市は都市開発に置いて東地区でより多くの世帯と事業の開発を計画している。当該地区の顧客サービス要求に既存の支店人員を増やすことで処理するのではなく、新しい支店を開設する。

#### 9.9.3.2 浄水場におけるの水質検査

WASAC は、キガリ市に中央水質試験室を持ち、各 WTP には水質試験室がある。水質試験室の分析担当者は、各浄水場の水質を検査および監視しており、各浄水場の水質試験室で分析したデータは中央水質試験室で収集し、水質試験結果に異常が見られた場合は中央水質試験室で再試験や指導を実施している。

浄水場には 204 人のフルタイムスタッフと約 300 人のカジュアルスタッフが配置されており、化学の専門家、エンジニア、生物学の専門家、技官、事務員が WTP のフルタイムの拠点として働き、短期オペレーターのチームによってサポートされている。

しかしながら、水質試験に関連する現在の品質保証および品質管理 (QA/QC) の手順は、浄水場個々のレベルでは十分に実施されていない。小規模な水源では、汚染の危険性がある場所もあるが、水質検査は適切に実施されていない。末端給水栓における水質を含む配水管網の水質試験の結果は、運転維持管理に現状適切に反映されていない。

したがって、以下の活動を提案する。

- WASAC の中央水質試験室と各々の浄水場との連携システムを確立し、中央水質試験室の QA/QC の観点から各浄水場の水質試験室を管理する。

- 小規模水源の水質管理を目的としたサンプリングおよび水質試験実施システムを確立する。
- 原水、処理水、および末端給水栓の水質検査結果を収集、分析、および結果のフィードバックをするためのシステムを確立する。

### 9.9.3.3 人材能力開発

WASAC は、スタッフの能力開発がビジネスの成長と発展の重要な要素であるため、人材（HR）育成セミナーを実施している。今後の事業拡大にはマネージャー、エンジニア、スタッフのさらなる能力開発が必要である。能力開発に必要なこのようなトレーニングを次の表 9.9-2 に示す。

- 仕事の専門知識を高めるために、開発パートナーと以下研修・トレーニングを実施する。

表 9.9-2 業務能力向上の為の研修・トレーニング

Training Sector and issue	Training Module for development
Maintenance of water resources and wells	Acquire technology to improve the ability to maintain and manage water sources for the Surface water / groundwater monitoring and maintenance of well facilities (calculation of well efficiency, grasp of well interference, well rehabilitation method).
Service connection work	Training for; <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Basic knowledge to be able to select / review standards for material of service connection.</li> <li>▪ Basic knowledge for designing and reviewing Plumber's qualification system and designing and reviewing the system of designated/registered contractors</li> <li>▪ Upgrade training of many Plumber qualification holders including contractors</li> </ul>
Water quality control	Conduct training to draw WASAC's executives' attention to the issues on water quality control (e.g., for WTP's managers / managers and their superior executives) with data sharing and effective data utilization.
Management and utilization of pipeline GIS data	Register GIS skill training regularly to understand how to use GIS and its value.
Environmental and social considerations	Conduct environmental and social consideration training to enhance understanding the necessity of environmental and social considerations
Empowerment	Organize a seminar for empowerment regularly and monitor an implementation of employee empowerment.

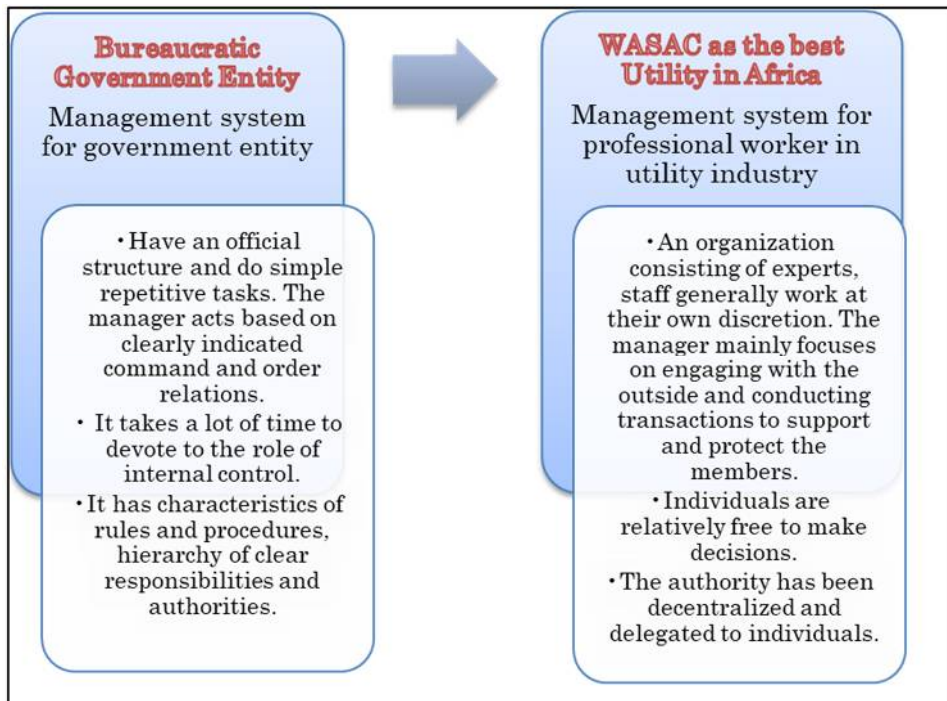
出典：調査団

### 9.9.3.4 事業運営の効率を向上する新しいマネジメントシステム

現在 WASAC は、政府機関の一部として事業を運営するための官僚的な組織構造を持っており、事業運営に必要な明確な報告ラインがある。一方で、水道事業の運営環境を変えるためには、運営権限を移管して運営・維持管理の問題に対処することでスタッフチームに自発的な職務遂行意思力を与えることが重要である。

組織変更の方向性を図 9.8-4 に示す。WASAC は、政府の一機関でなく、公益事業のための独立した自律的な事業体を目指しているため、マネジメントシステムの変更が必要となる。





出典：調査団

図 9.9-5 事業運営向上のための新たなマネジメントシステム

## 第10章 水資源開発計画

### 10.1 現在及び将来の水資源利用

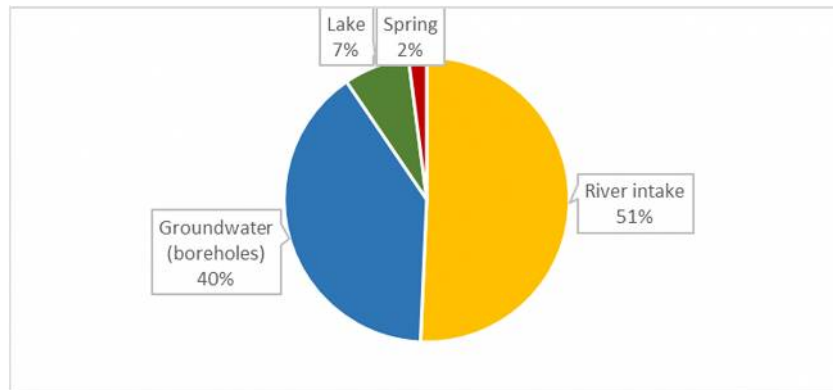
#### 10.1.1 現在の給水源

現在使用されている水源については 5.3 節に記載した。水源ごとの利用可能な水量を表 10.1-1 と図 10.1-1 に示す。キガリ市の主要水源は河川水であり、全水利用量の 51%を占めている。Nyabarongo (Akagera)川の氾濫原における井戸（地下水）は全体の 40%ほどであり河川水の次に多い。

表 10.1-1 水源ごとの水利用量（給水）

Source	m <sup>3</sup> /day	Area	Amount (m <sup>3</sup> /day)	Remarks
River intake	102,000	Nzove	40,000	for Nzove 2
		Nzove	40,000	for new Nzove 1
		Yanze	22,000	for Kimisagara WTP
Groundwater (boreholes)	80,000	Nzove	40,000	for Nzove 1
		Kanzenze	40,000	for Kanzenze WTP by PPP
Lake	15,000	Mugesera	15,000	for Karenge WTP
Spring	4,133	22 spring sources	4,133	
<b>Total</b>			<b>201,133</b>	

出典：調査団



出典：調査団

図 10.1-1 水源ごとの利用率

現在の水利用量（201,133m<sup>3</sup>/day）に加え WASAC はすでに追加の水使用許可を RWB (ルワンダ水資源委員会), 前 RWFA (ルワンダ水森林管理庁)より得ており、総量は 237,350m<sup>3</sup>/day となっている（2020年登録データ）。

表 10.1-2 水源ごとの WASAC の許可水量

Category at Hydrological Cycle	Source	Total Amount (m <sup>3</sup> /day)	Permitted Amount of each Source (m <sup>3</sup> /day)	Remarks
Surface water	Nyabarongo River	152,000	40,000	for Nzove 2 WTP
			40,000	for new Nzove 1 WTP
			(25,000)	for new Nzove 2 WTP (not yet used but WTP has license)
	Yanze River		24,000	for Kimisagara WTP
	Mugesera Lake		48,000	for Karengye WTP
	Muhazi Lake		(6,600)	for Eastern Province, not for Kigali
Groundwater (sub-surface water) - Development at floodplain	Boreholes at floodplain of Nyabarongo River	80,000	40,000	for Nzove 1 WTP
	Boreholes at floodplain of Akagera River		40,000	for Kanzenze WTP
Groundwater (except floodplain)	Springs	5,350	4,450	
	Well		900	
Total		237,350		

出典：調査団

Two types of groundwater are indicated, (1) Groundwater taken from floodplains of the Nyabarongo/ Akagera river by boreholes means that pumped water is a mixture of alluvium aquifer and river origin, Water taken from these boreholes is licensed as groundwater by the RWB. (2) Groundwater except floodplain means water that is extracted only from natural groundwater recharge.

\* These amounts are not included the present available water source to use.

### 10.1.2 将来の追加水源

9章 (Demand Projection)で述べたように、2035年までに約 335,000 m<sup>3</sup>/day の水量が追加が必要となる。さらに、2036年から2050年までに水需要を満たすためには追加で 735,000 m<sup>3</sup>/day の原水が必要となる。水源の現状と将来の水利用について次項で説明する。

### 10.1.3 調査地域の水収支

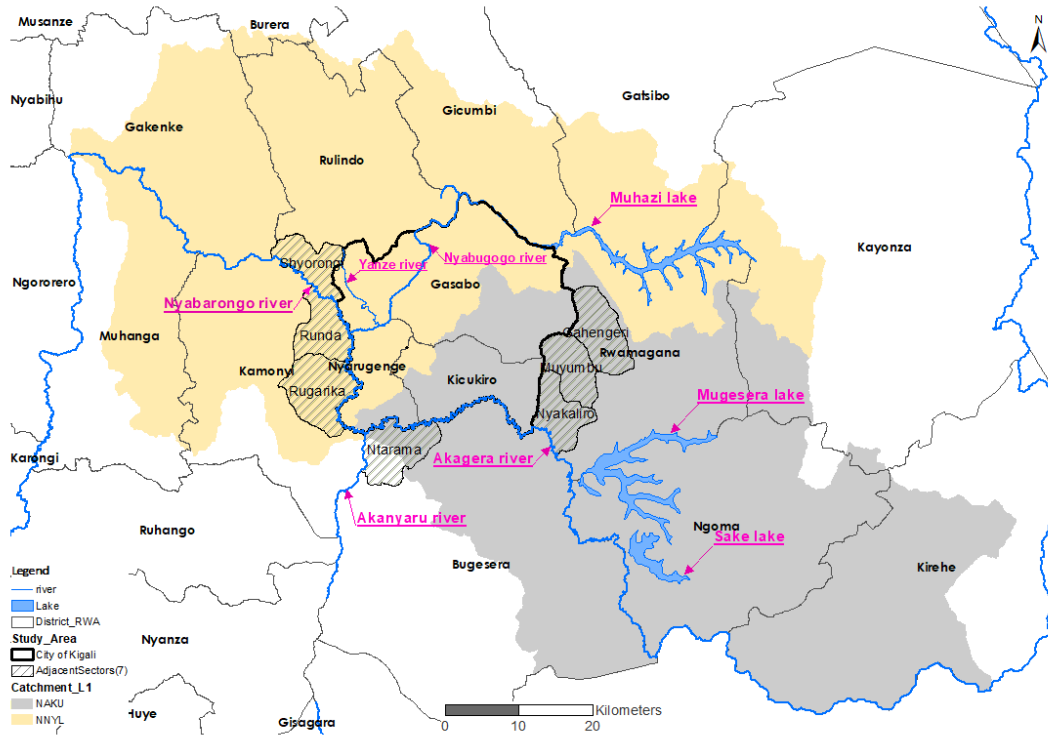
#### 10.1.3.1 現況

利用可能な水資源は、給水、農業（灌漑）、コーヒー産業、鉱業、水力発電などのさまざまなセクターで使用されている。調査地域内のセクターごとの水資源利用に関する定量化された情報は限られている。また現在の水利用に加えて、上記のセクターによる水需要予測も十分に調査が行われていない。調査地域内に絞った、セクター別の水使用量と水需要予測に関する調査は行われていないが、調査地域を含むレベル 1 流域での水収支と将来の水需要は、国家水資源マスタープラン (NWRMP) (2015) の下で調査されている。レベル 2 流域の一部は、環境省 (2018) と RWB (2020 年進行中) によって調査されている。

したがって、調査地域におけるセクター別の現在および将来の水収支は、上記の入手可能なデータを使用して述べることにする。NWRMP（2015）に示されているレベル1流域規模での水収支に関する結果と、最近実施されたレベル2流域規模での水収支結果は正確に一致していないことに注意する必要がある。たとえば、NWRMPによって行われた水源の台帳は古くなっている。一方、レベル2流域管理計画での調査は、近年行われている（2019年-進行中）。さらに、土地利用の変化は明らかに水資源の生成に影響を与え、流域の持続可能な水資源の量に影響を与えている。これは、レベル1とレベル2の流域での調査結果が一致しない理由の1つである。さらに、本調査で行ったキガリの水需要予測は、すでに発表されている流域調査の結果に反映されていない。

### 10.1.3.2 レベル1流域での水収支と水需要

レベル1流域の水収支（可能水量から使用量を引いたもの）はNWRMPで示されている。調査地域を含むレベル1流域はNyabarongo Lower Catchment (NNYL) とAkagera Upper Catchment (NAKU)である（下記図 10.1-2 参照）。



出典：調査団

図 10.1-2 調査地域内の2つのレベル1流域

NNYL流域においては全体の水資源の内、約2%が使われている。一方、NAKU流域では約5%が利用されており、この数値はルワンダの他のレベル1流域の水収支と比べて大きい。NNYL流域ではキガリ市での水利用量を含むため、給水量が灌漑量よりも大きくなっている。

表 10.1-3 2 流域での水収支 (2012)

Name of the catchment	Code	Renewable water source (m <sup>3</sup> /year)	Water supply use (m <sup>3</sup> /year)	Irrigation water use (m <sup>3</sup> /year)	Total water use (m <sup>3</sup> /year)	% of total water use over resource
Nyabarongo Lower	NNYL	899,000,000	11,983,000	7,983,000	19,966,000	2.22%
Akagera Upper	NAKU	504,000,000	9,776,000	16,034,000	25,810,000	5.12%

出典 NWRMP, Renewable water source means the average rainfall minus the volume of evaporation and plant transpiration in a catchment area.

2040 年までの未調整および調整済みの水需要も NWRMP (国家水資源マスタープラン) で調査されている。未調整の需要の場合、予測される需要は、すべての流域内に均一に適用される人口と指標 (灌漑面積、エネルギー生産、牛の数など) に基づいており、この需要では実際の流域内の水資源の利用可能性は考慮されていない。一方 流域ごとの、各セクターの水需要は必要に応じて見直され、調整され、これを調整済み需要と NWRMP では定義している。次の表に示すように、灌漑用水量は調整後に大幅に変化し、水資源の枯渇を避けるために削減されています。調整後の水需要を考慮すると、2040 年の全セクターの総水消費量は NNYL で 51%、NAKU で 65%になる。これは、水需要が高いため、将来的に水資源が広く消費されることを意味する。

表 10.1-4 NNYL 流域における 2040 年の水需要予測

	Nyabarongo Lower (NNYL)			
	Unadjusted water demand (m <sup>3</sup> /year)	% of water use over renewable water source	Adjusted water demand (m <sup>3</sup> /year)	% of water use over renewable water source
Water supply (Urban and Rural)	170,810,000	19	170,810,000	19
Irrigation	368,590,000	41	215,760,000	24
Industry	53,940,000	6	35,960,000	4
Mining	17,980,000	2	17,980,000	2
Livestock			8,990,000	1
Fish ponds			8,990,000	1
			68	51

出典 NWRMP

表 10.1-5 NAKU 流域における 2040 年の水需要予測

	Akagera Upper (NAKU)			
	Unadjusted water demand (m <sup>3</sup> /year)	% of water use over renewable water source	Adjusted water demand (m <sup>3</sup> /year)	% of water use over renewable water source
Water supply (Urban and Rural)	90,720,000	18	90,720,000	18
Irrigation	463,680,000	92	196,560,000	39
Industry	25,200,000	5	15,120,000	3
Mining	10,080,000	2	10,080,000	2
Livestock	5,040,000	1	5,040,000	1
Fish ponds	10,080,000	2	10,080,000	2
			120	65

出典 NWRMP

NWRMP（国家水資源マスタープラン）では、流域内の持続可能な水資源は、レベル1の規模で今後30年ほどの水需要を満たすのに十分であると結論付けられている。さらにNWRMPでは、実際の水使用量を包括的に管理することが重要であると述べている。水源のインベントリーと水需要予測は2012年に実施されており、この需要予測は現状では有効ではない可能性がある。特にキガリ給水で使用される水量が過小評価されていることは明らかである。

### 10.1.3.3 レベル2流域での水収支と水需要

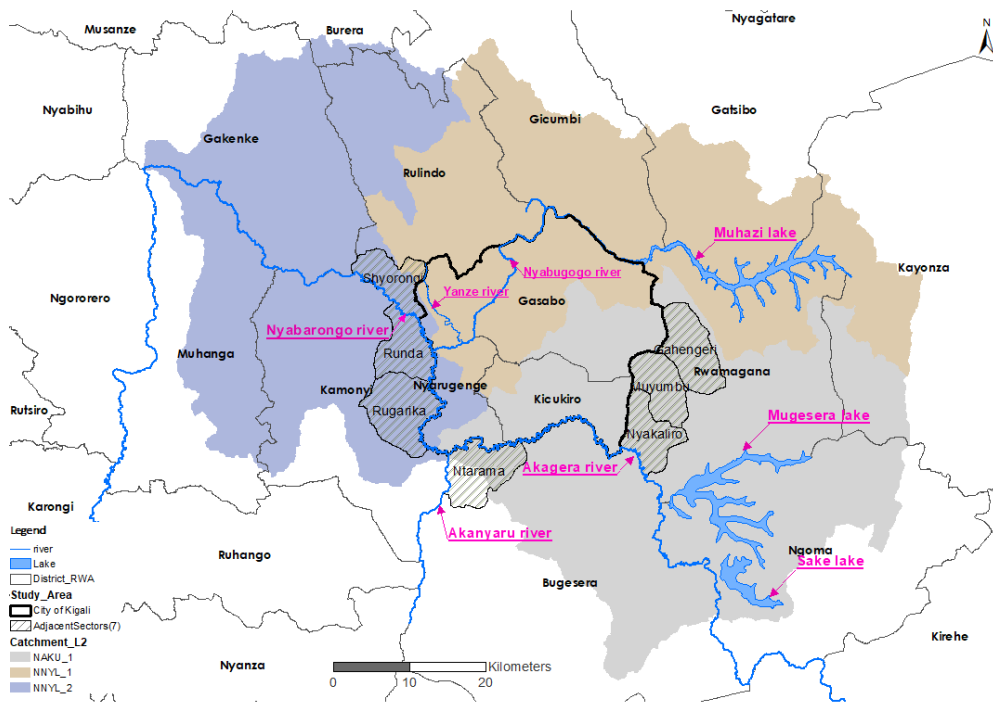
レベル1流域はさらに細かいレベル2流域へ分けられる。NNYLとNAKUレベル1流域は4つのレベル2流域へ分かれる。

表 10.1-6 調査地域のレベル2流域

Name of the level 1 catchment	Code	Name of the level 2 catchment	Code	Area (km <sup>2</sup> )
Nyabarongo Lower	NNYL	Nyabugogo	NNYL_1	1,540
		Mambu/ Base	NNYL_2	1764
Akagera Upper	NAKU	Mugesera/Sake	NAKU_1	1,888
		Rweru	NAKU_2	

出典：調査団, Project area is 1,129 km<sup>2</sup>

調査地域は3つのレベル2流域（NNYL\_1, NNYL\_2, NAKU\_1）に含まれている。これらのエリアは図10.1-3.に示されている。



出典：調査団

図 10.1-3 調査地域が含まれる3つのレベル2流域

現時点では3流域の内Nyabugogo (NNYL\_1) と Mugesera/ Sake (NAKU\_1)においてのみ水収支調査

が行われている。

**(1) Nybugogo 流域 (NNYL\_1)**

Nybugogo 流域管理計画 (2018 年) は環境省によって策定された。表 10.1-7 にセクターごとの水使用量を示す。表から持続可能な水資源の 8% が流域内で使用されていることがわかる。これは、Nybugogo 流域が現在、需要を満たすのに十分な水を供給できることを意味する。この水使用量は、NWRMP で推定された NNYL レベル 1 流域の数値を超えている。セクター別では灌漑が最も水消費量が多く、水供給が 2 番目に多い。持続可能な水資源量は 463MCM /年と推定される。流域管理計画では、地表水と地下水の利用可能な水量は非常に限られていると述べられている。2050 年の水収支予測では、流域の水資源量の 45% が使用される。

表 10.1-7 Nybugogo 流域の水収支

	2018		2035		2050	
	Water demand (m <sup>3</sup> /year)	% of water use over renewable water source	Water demand (m <sup>3</sup> /year)	% of water use over renewable water source	Water demand (m <sup>3</sup> /year)	% of water use over renewable water source
Irrigation	18,493,500	4.0%	55,658,160	12.0%	117,795,032	25.4%
Water supply	9,276,360	2.0%	27,829,080	6.0%	51,395,886	11.1%
Industry	4,638,180	1.0%	13,914,540	3.0%	29,113,502	6.3%
Livestock	4,638,180	1.0%	6,493,452	1.4%	12,067,208	2.6%
		<b>8.0%</b>		<b>22.4%</b>		<b>45.4%</b>

出典: Nybugogo catchment management plan, water balance projection in 2035 is not available in this study and estimated by JST using data of 2018 and 2050.

**(2) Mugesera / Sake 流域 (NAKU\_1)**

流域管理調査によれば流域内の持続可能 (再生可能) な水資源量は 557 MCM/year と推定されている。2019 年に行われた水収支調査によれば流域内の水資源量の 8.8% が利用されている。(表 10.1-8)

表 10.1-8 Mugesera / Sake 流域の水収支

	2019		2035		2050	
	Water demand (m <sup>3</sup> /year)	% of water use over renewable water source	Water demand (m <sup>3</sup> /year)	% of water use over renewable water source	Water demand (m <sup>3</sup> /year)	% of water use over renewable water source
Irrigation	22,203,300	4.0%	83,529,000	15.0%	144,192,200	25.9%
Water supply	17,716,200	3.2%	38,980,200	7.0%	56,740,900	10.2%
Industry	36,000	0.01%	278,430	0.05%	684,000	0.1%
Fish ponds	351,600	0.1%	556,860	0.1%	448,000	0.1%
Livestock	8,514,200	1.5%	11,137,200	2.0%	16,273,900	2.9%
Mining	178,600	0.03%	167,058	0.03%	237,700	0.04%
Coffee washing	10,100	0.002%	16,706	0.003%	22,400	0.004%
		<b>8.8%</b>		<b>24.2%</b>		<b>39.3%</b>

出典: RWB (RWFA), water balance projection in 2035 is not available in the study and estimated by JST using data of 2019 and 2050.



流域内でのセクター別の水使用量の割合は、上記の Nybugogo 流域のそれと非常に似ている。これは、これら 2 つの流域は水消費に関して同様の自然環境と社会環境を持っていることを示している可能性がある。2050 年の全セクターの水使用量は、この流域の持続可能な水資源量の約 40% に当たる。この数値は Nybugogo 流域よりも低い。さらに、この値 (40%) は、NWRMP のレベル 1 流域 (NAKU) の値と比較しても比較的小さい。また、灌漑による水使用量は 2050 年までに水資源利用の非常に大きな部分を占めるようになり、レベル 2 流域規模で現在の使用量の 6 倍以上になる。

#### 10.1.3.4 キガリ市広域上水道マスタープランの水需要予測との比較

レベル 2 流域での水収支結果によると、流域の再生可能水源の 22~24% が 2035 年までにすべてのセクターで使用され、2050 年までに 40%~45% が使用される。給水としては 2035 年までに再生可能水源の 6% から 7%、2050 年までに 10% から 11% が使われる。ただし、これらの給水の水需要予測には、本プロジェクトで調査した水需要結果は含まれていない。キガリの給水に関する水需要予測では、需要を満たすために、2035 年までに 122,275,000 m<sup>3</sup>/年 (335,000 m<sup>3</sup>/日)、2050 年までに 390,550,000 m<sup>3</sup>/年 (1,070,000 m<sup>3</sup>/日) が必要である。本調査から推定された水需要と調査地域の 3 つのレベル 2 流域の水需要とを比較した。

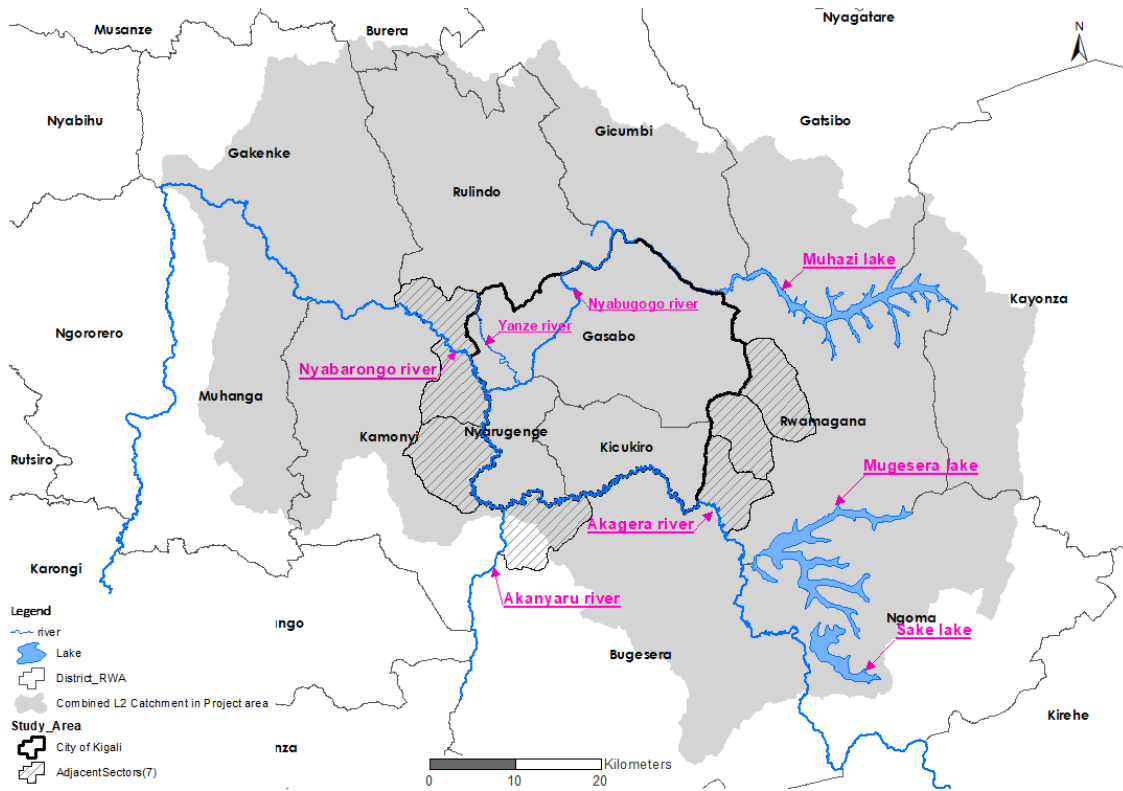
表 10.1-9 流域調査と本調査との水需要の比較

	2035	2050
Water demand by water supply (urban and rural) at three catchment (m <sup>3</sup> /year) *	101,910,200	145,586,000
Water demand by water supply at Kigali estimated by Kigali Water Supply MP (m <sup>3</sup> /year)	122,275,000	390,550,000
Proportion of amount of water needed in Kigali against total amount of water supply at three catchments	120%	268%

出典：調査団

\* It is assumed 7% of renewable water source at three catchment in 2035 and 10% in 2050. Renewable water source of three catchment is estimated as 1,456 MCM/year in total which 463 MCM/year at Nybugogo, 557 MCM/year at Mugesera / Sake., 436 MCM/year at Mambu / Base, Renewable water source of Mambu / Base is not available then used that of Nybarongo Lower (L1) minus Nybugogo (L2).

表 10.1-9 からわかるように、3 つの流域で推定された給水の水需要量は本調査で推定した水量よりもはるかに小さい。これは、給水の水需要予測がレベル 2 流域調査では明らかに過小評価されていることを意味する。本調査で行った水需要予測を加味し、2035 年と 2050 年までの 3 つの流域全体での水収支を修正し、表 10.1-10 に示した。3 つの流域全体では 2035 年までの総水使用量は流域の水資源量の約 30% となり、2050 年までの水使用量は 68% になる。キガリでは給水に必要な水量が増大するため、3 つの流域の給水 (都市および地方) による水需要量は、2035 年および 2050 年までに灌漑水量よりも大きくなる。2035 年および 2050 年までの総水需要の修正量は、依然として流域内の総水資源量よりも少ない。言い換えれば、キガリの給水を含む予測される需要に応えるには、流域内の再生可能な水源で十分である。しかし、流域の水資源の枯渇を避けるためには、水利用の効率を改善する必要がある。実際の水使用量と再生可能資源の包括的な監視も必要になる。



出典：調査団

図 10.1-4 調査地域を含むレベル2流域の全体

表 10.1-10 修正した調査地域の流域水収支

	2035		2050	
	Water demand (m <sup>3</sup> /year)	% of water use over renewable water source	Water demand (m <sup>3</sup> /year)	% of water use over renewable water source
Irrigation	174,703,200	12.0%	378,523,600	26.0%
Water supply except Kigali	71,337,140	4.9%	101,910,200	7.0%
Kigali water supply	122,275,000	8.4%	390,550,000	26.8%
Industry	43,675,800	3.0%	87,351,600	6.0%
Livestock	14,558,600	1.0%	29,117,200	2.0%
<b>Total</b>	<b>426,549,740</b>	<b>29.3%</b>	<b>987,452,600</b>	<b>67.8%</b>

出典：調査団, Renewable water source in three catchments is estimated 1,456 MCM/year

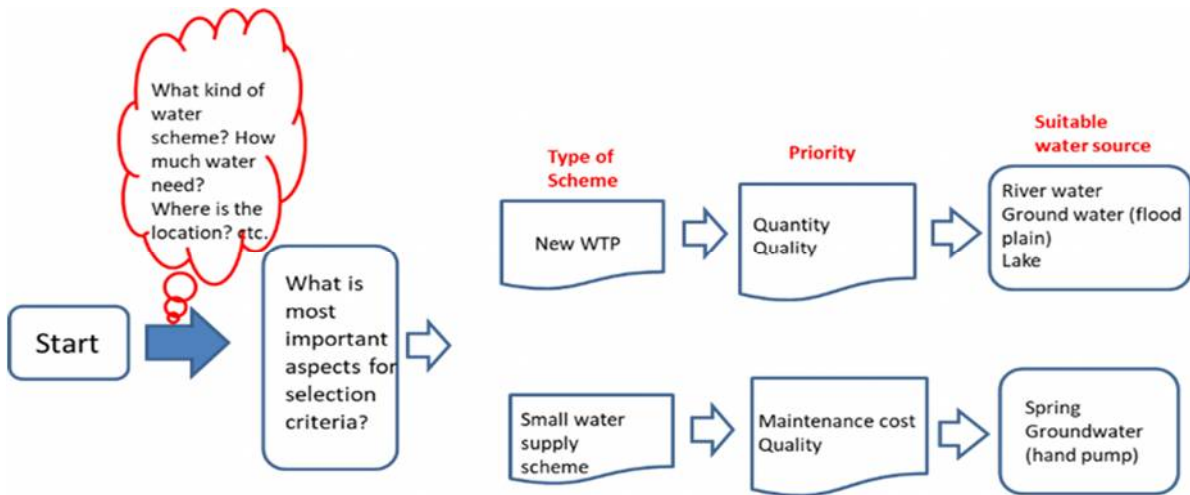
キガリの WRM に関する調査は行われていないため、これは非常に大まかな数値ではあるが、この情報は非常に有用であり、流域レベルでの水資源量に対するキガリ給水に必要な水需要量の影響の程度を示している。

### 10.1.4 給水源の選別

調査地域の給水源としては河川水、湖沼、地下水、湧水などがある。給水に利用できる適切な水源を選択するために、以下の基準を考慮する必要がある。

- ✓ 水量
- ✓ 水質
- ✓ 持続性 (洪水リスクなど)
- ✓ 開発コスト (掘削コスト, 浄水場からの距離等)
- ✓ 維持費 (井戸リハビリ等)

例えば、河川は水量の面で高い開発ポテンシャルを持っている。他方、湧水は量的には非常に少ない。各水源には、選択の主要な基準に対して長所と短所がある。したがって、特定のスキームを選択する前に、これらの水源の特性を考慮に入れる必要がある。



出典：調査団

図 10.1-5 給水のための水源選定プロセス

## 10.2 給水源のため水資源開発と管理

### 10.2.1 水源に関する文献レビュー

調査地域における水資源に関する文献の内容について表 10.2-1 に概要を示す。

表 10.2-1 調査地域における水資源に関連する文献とその内容

Documents	Information regarding water resources for water supply
Rwanda National Water Resources Master Plan (2014)	Water Resources Management including present status of water balance, future prediction of water use of each industry was described based on the Level 1 catchment. The study area is included in NNYL (Lower Nyabarongo catchment). Characteristics of NNYL was explained as (1) Total water use of the catchment is only 2.22% of renewable water source, (2) Potable water supply use is the highest consumption compared with other catchments.
Nyabugogo Catchment Management Plan (2018)	Nyabugogo catchment is Level 2 catchment of NNYL. This report described water allocation policy and mentioned the importance for water use efficiency. It said that water allocation plan needs to enhance efficiency over time. By 2050, domestic water supply should increase the efficiency of 20% of water use. In addition, water allocation plan has been designed using the following priority.

Documents	Information regarding water resources for water supply
	1) Domestic water supply 2) Livestock 3) Environmental flow (to provide water to ecosystems and downstream stream users) 4) Industrial water demand, due to its very limited size and the fact that demand is constant throughout the year and independent of rainfall 5) Irrigation Highest priority was given to domestic water supply
Kigali Bulk Water Supply Project, Technical Feasibility Report (2014)	The report shows various water sources for water supply in Kigali. It includes intake from the Nyabarongo River at Rutonde, Nzove and Kanzenze, groundwater development by well field in Nzove and Kanzenze. In addition to that, groundwater development in the Ruhengeri region was mentioned.
Pre-Feasibility Study Lake Muhazi Multipurpose Dam (2016)	Study was carried out by RWFA. The result of study showed that the present water balance of Muhazi Lake and possibility of increasing available water by construction of dam. It has been concluded by RWFA recently that they will rehabilitate the existing dam, but the dam is not increasing the level of the lake to avoid any environmental risk. It means that availability of lake water doesn't change after the construction of the dam.
Feasibility Study for Nyabarongo II Multipurpose Development Project (2016)	Study was included the construction of (1) Shyorongi dam for hydropower, (2) reservoirs by weirs to supply water of 130,000m <sup>3</sup> /day and 42,300m <sup>3</sup> /day. Construction of Shyorongi dam has been started in 2019. According to the schedule, those two weirs and water treatment plants using the water will be completed in 2039. However, the plan for the construction is still not yet decided.

出典：調査団

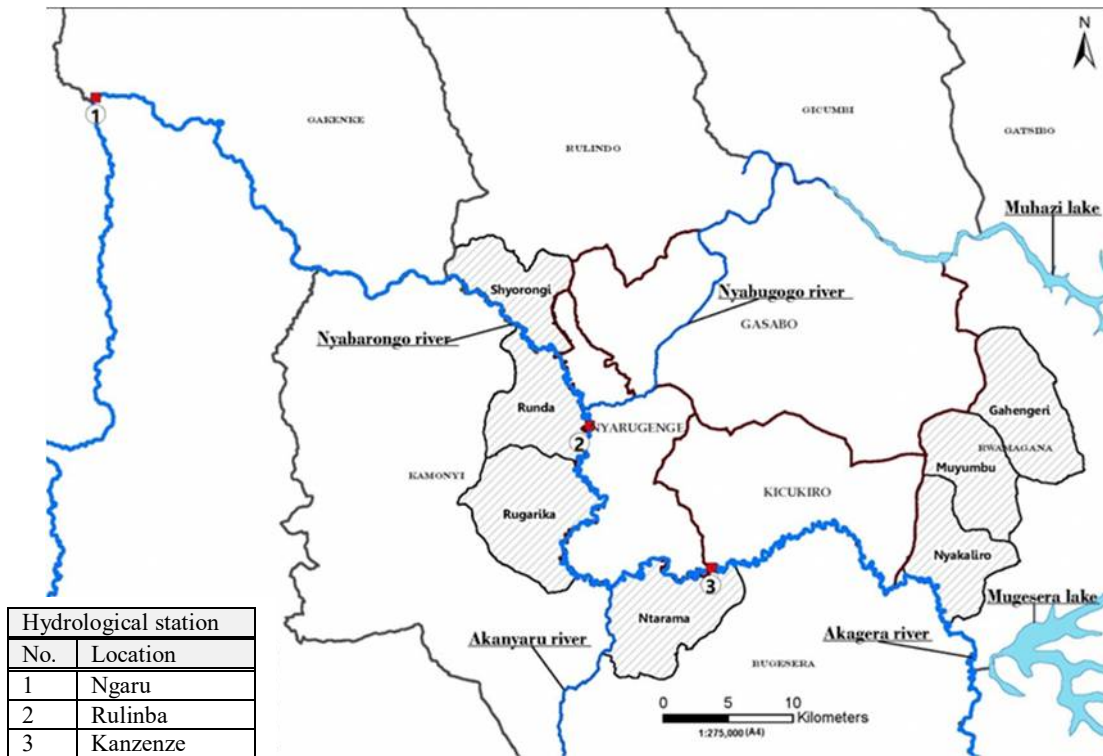
## 10.2.2 河川水

### 10.2.2.1 Nyabarongo, Akagera 川の利用状況

RWB（前 RWFA）から取得した水許可記録によると、WASAC は Nyabarongo 川の主要な水利用者である。105,000 m<sup>3</sup>/日の水量の取水が承認されている。そのうち現在、Nzove WTP の 2 つの取水口から 80,000m<sup>3</sup>/日が取水されている。Nyabarongo 川は、給水用の取水に加えて、灌漑目的にも使用されている。都市化により、キガリ市周辺の灌漑地域は限定され、川の下流に集中している。給水のための取水口はこれらの灌漑地域の上流に位置し重複していない。川沿いのこれらの灌漑農業は使用するための取水許可を得ていない。既存調査によれば、水利用者全体のほぼ 50% パーセントが許可を得てないと示されている。

### 10.2.2.2 将来の Nyabarongo, Akagera 川の利用

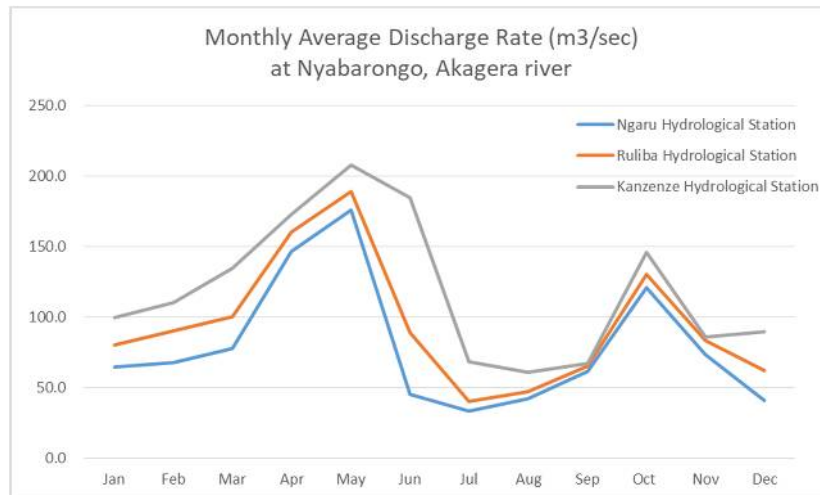
Nyabarongo 川の流量及び水位は、RWB によって 3 つの水文観測所で測定されている。



出典：調査団

図 10.2-1 調査地域周辺の河川測定地点

図 10.2-2 は3つの水文観測所で測定した平均月間流量を示している。



出典：調査団（データは RWB から取得）

図 10.2-2 水文観測所での月平均流量

図からわかるように、最低流量は7月と8月の間に観察でき、その数値は33.5 - 60.6m³/s となっている。3つの観測所での流量は50年以上にわたって測定されている。表 10.2-2 に、3つの観測所での最低流量（干ばつ期間中の流量）を示す。

表 10.2-2 水文観測所での最低流量

	Hydrological station	Lowest flow rate (drought flow) m <sup>3</sup> /s	Lowest observed date	Monitoring period
1	Ngaru	33.5	10-Aug-64	Jan 1960-Jun 2019 (59 years)
2	Rulinba	34.9	26-Jul-56	Apr 1955-Jun 2019 (64 years)
3	Kanzenze	28.7	8-Jun-72	Aug 1955-Jan 2019 (63 years)

出典：調査団（データは RWB から取得）

調査団は、2035年の水需要を満たすために Nyabarongo (Akagera)川から追加の取水が必要であると想定して、RWFA (2019) と予備協議を行った。上の表からわかるように、10万 m<sup>3</sup>/日水量は干ばつ期間中の流量の約3%から4%である。したがって、現在の河川流量に大きな影響を与えることなく、河川から少なくとも100,000 m<sup>3</sup>/日を追加摂取することが可能である。

2035年以降、Nyabarongo (Akagera)川からの河川水は引き続き使用され、場合によっては450,000 m<sup>3</sup>/日が取水される。また、Nyabarongo II 多目的開発プロジェクトの報告書に記載されているように、河川から1日あたり13万 m<sup>3</sup>の水を供給するための新しいダム（堰）を建設する計画がある。

Nyabarongo (Akagera)川に加えて、Yanze 川からの水もが使用されており、その量は22,000 m<sup>3</sup>/日となっている。ダム（堰）が上流に建設することができれば、Yanze 川からより多くの水を取水することができるようになるが、Yanze 川の流量から推測するとダムによる余剰水はそれほど多くないと想定される。

### 10.2.2.3 Nyabarongo 側上流に建設予定の新規ダムによる影響

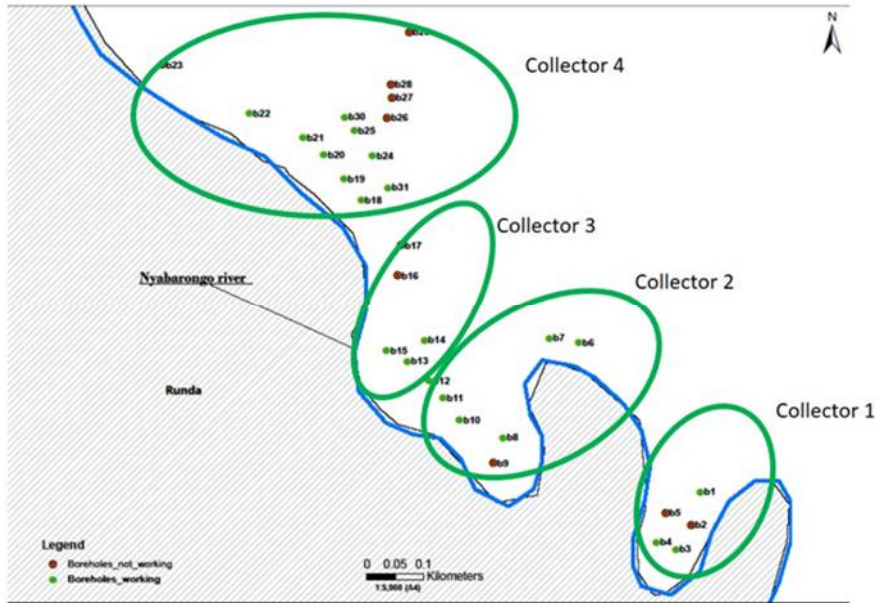
Nyabarongo II 水力発電所 (Shyorongi ダム) は Nyabarongo 川の上流に建設され、2024年までに完成する予定である。工事中は水質問題を引き起こし、河川の流量を低下させる可能性がある。したがって、ダム建設の下流で河川からの取水を行っている Nzove 浄水場では河川の水質と流量を測定することが必要である。また、ダムの完成後も定期的な河川のモニタリングを実施する必要がある。

## 10.2.3 地下水

### 10.2.3.1 地下水開発状況 (Nyabarongo 側沿いの氾濫原での井戸建設)

Nyabarongo/ Akagera 川沿い Nzove と Kanzenze の氾濫原において井戸が建設されている。Nzove 井戸群では40,000 m<sup>3</sup>/日の開発許可を得ている。さらに、Kanzenze 井戸群においても38本の井戸から40,000 m<sup>3</sup>/日の取水する許可を得ている。

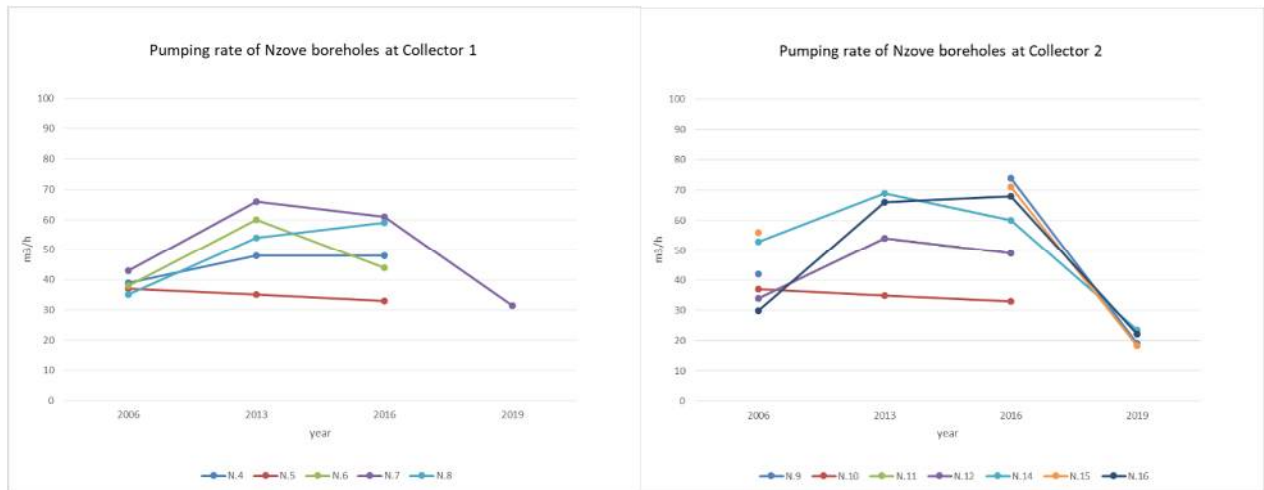
Nzove 浄水場に原水を供給するために Nzove 井戸群では2006年に31本の井戸を建設した。揚水試験の結果から Nzove 井戸群から合計約30,000 m<sup>3</sup>/日の地下水を開発できることが分かった。



出典：調査団

図 10.2-3 Nzove 井戸群（コレクター1から4）

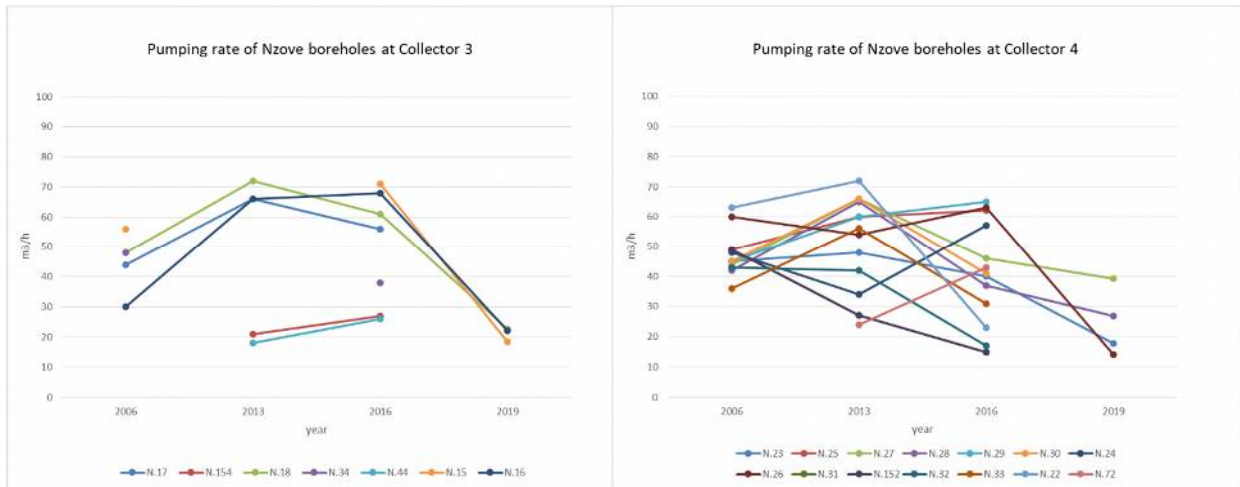
図 10.2-4 と図 10.2-5 は井戸の揚水量の経年変化を示している。



出典：調査団

図 10.2-4 井戸揚水量の経年変化（Collector 1 と 2）





出典：調査団

図 10.2-5 井戸揚水量の経年変化 (Collector 3 と 4)

上記の図からわかるように、2006年の揚水開始後、井戸からの揚水量は増加し、2006年に実施された揚水試験で推定された適正揚水量（2006年の揚水量）を超えていた。その後、揚水を継続すると、井戸の生産量が減少してきた。2006年では各井戸から約50 m³/時の揚水が可能であったものが現在ではそれ以下の揚水量、あるいはいくつかの井戸は使えなくなっている。これは、井戸からの揚水を維持するためには、適切な井戸管理が必要であることを意味している。

表 10.2-3 は Kanzenze 井戸群で実施された揚水試験結果である。

表 10.2-3 Kanzenze 井戸での段階揚水試験結果

	Borehole depth (m)	Q1 (m³/hour)	Drawdown by Q1 (m)	Q2 (m³/hour)	Drawdown by Q2 (m)	Q3 (m³/hour)	Drawdown by Q3 (m)
1	21	30	6.06	48	9.04	65	10.3
2	19	38	3.33	48	4.14	62	5.5
3	18	30	2.57	48	4.59	62	6.58
4	15	34	2	51	2.64	62	3.24
5	15	31.8	2.79	43	3.72	61	5.05
6	15	35.4	2.5	52.2	4.01	65.4	5.35
7	18	35.4	1.54	55.4	2.51	80.5	3.54
8	15	42.6	1.23	55.8	1.68	81.5	2.51
9	15	39.6	1.04	58.2	1.54	81.3	2.19
10	15	32	1.24	48.6	2.01	81	3.41
11	15	30.6	6.51				
12	15	32	2.72	50.1	15	60	5.46

出典：Report prepared by Foraky Africa and WE Consultant (Nyabarongo Aquifer Test Pumping)

井戸の安全揚水量を3段階目の揚水量の80%であると仮定すると、これらの井戸からの安全揚水量は48~65 m³/時間になる。なお、井戸効率や能力は井戸によって異なる。たとえば、井戸 No. 1 は、65 m³/時の揚水により10.3mの水位低下量を示している。一方、井戸 No 8 は、81.5 m³/時で揚水しても、2.51mの水位低下量しかない、このように、氾濫原の帯水層は容量に大きなばらつきがあること

が分かる。Kanzenze のコア掘削の結果は、帯水層の厚さが 5m から 10m であることを示している。帯水層の厚さとこの不均一な分布がこれらの揚水量の変化と水位低下量の変化を引き起こしていると思われる。



出典：Report prepared by Foraky Africa and WE Consultant (Nyabarongo Aquifer Test Pumping)

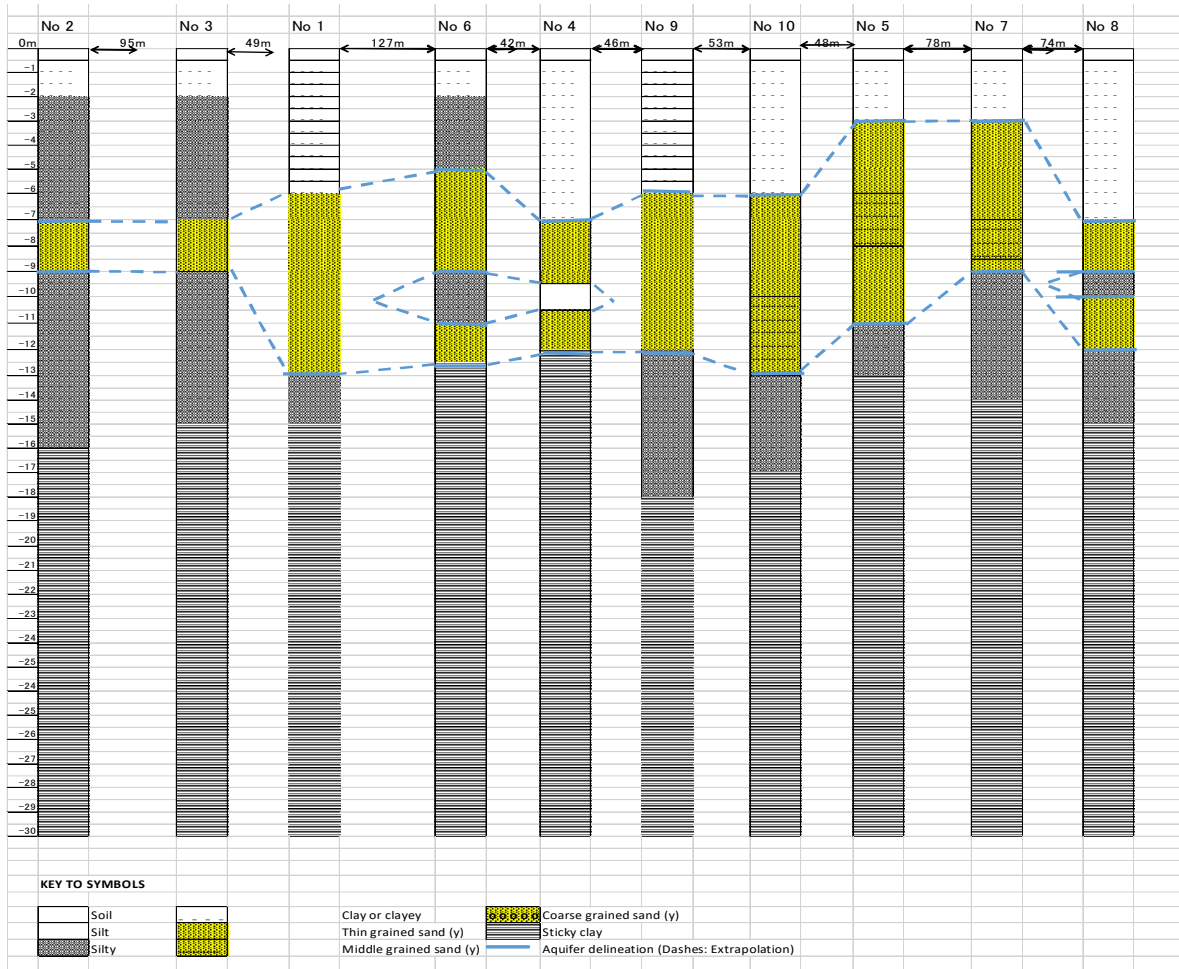
図 10.2-6 Kanzenze における帯水層分布 (黄色が帯水層)

### 10.2.3.2 Masaka 地域における地下水開発 (Akagera 川の氾濫源)

氾濫源の地下水開発ポテンシャル調査のため既存の Nzove 井戸群、Kanzenze 井戸群に加え Masaka 付近で 10 本のコア掘削及び 1 本の水井戸掘削を行った。掘削したコア孔は地下水位測定のための井戸に転用し、地下水位観測を行った。

#### ✓ テストサイトでのコア掘削による氾濫源の堆積状況の確認

コアサンプルの解析結果からテストサイトではいくつかの異なる層からなる堆積環境であることがわかった。全体的に粘土質の土壌が多く、深さ 7~11m から主に砂層が表れている。砂層は 1~2 層あり、厚さは 2~10m ほどであった。砂の粒径は細かい砂から粗い砂まで堆積していた。各孔での帯水層底部の粘土層までの深度は表 10.2-4 に示す。



出典：調査団

図 10.2-7 Masaka 氾濫原における帯水層分布 (黄色が帯水層)

表 10.2-4 各孔での帯水層底部の粘土層までの深度と帯水層厚

Borehole	Depth of clay layer (BGL) (m)	Total aquifer thickness(m)
No 2	16m	2m
No 3	15m	2m
No 1	15m	7m
No 6	12.6m	5.5m
No 4	12m	4m
No 9	18m	6m
No 10	17m	7m
No 5	13m	8m
No 7	14m	6m
No 8	15m	4m

出典：調査団

✓ 揚水試験結果

テストサイトで試験井の掘削後に揚水試験を実施した。揚水試験の主な目的は、適正揚水量の推定と最適なポンプ設置深度を決定することであった。また、揚水試験結果から、透水量係数などの水理

定数を推定した。



出典：調査団

図 10.2-8 揚水試験レイアウト（揚水井戸と観測井戸位置）

表 10.2-5 揚水試験の内容



Distance from pumping well

Monitoring well No10 (upstream)	27.9m
Monitoring well No5 (downstream)	27.1m
River(Akagera)	33.5m



1. Step test

Step	Yield (m3/hour)	Duration
1	54	180min
2	75	180min
3	80	180min

2. Constant test

Yield (m3/hour)	Duration
81	24 hours

3. Recovery test

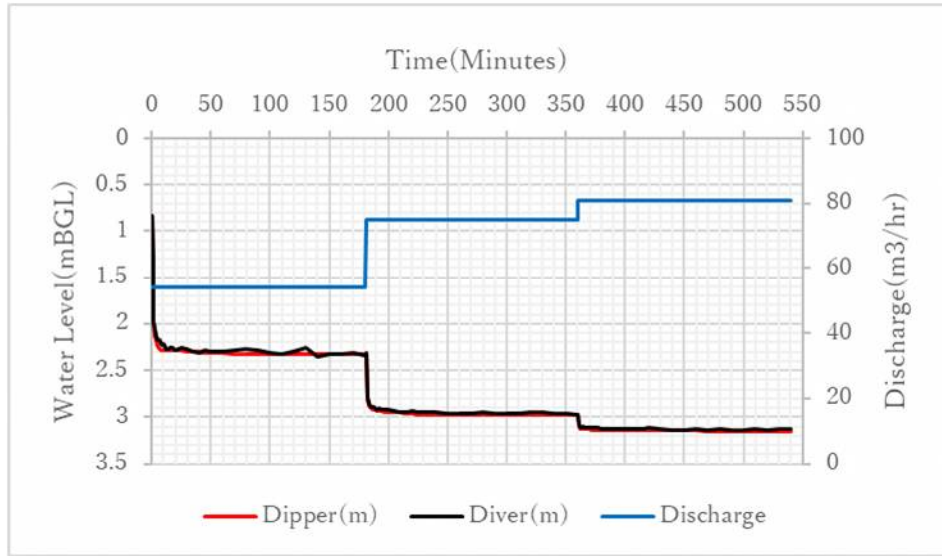
出典：調査団

### (1) 段階揚水試験

段階揚水試験結果から限界揚水量を算出した。井戸の限界揚水量( $Q_{max}$ )は  $137 \text{ m}^3/\text{時}$  と推定され、適正揚水量は  $95 \text{ m}^3/\text{時}$  ( $2,280 \text{ m}^3/\text{日}$ ) (限界揚水量の 70%) となった。 $Q_{max}$  は、ここでは導水位がポンプ設定深度に達する揚水量として定義した。 $Q_{max}$  は段階試験で得られた  $Sw-Q$  曲線近似によって推定した。また、適正揚水量は  $95 \text{ m}^3/\text{時}$  ( $2,280 \text{ m}^3/\text{日}$ ) (限界揚水量の 70%) となった。3 段目の揚水量 ( $80 \text{ m}^3/\text{時}$ ) で約 130 分後に水位が安定しているため、連続揚水試験での揚水量は  $80 \text{ m}^3/\text{時}$  と



した。



出典：調査団

図 10.2-9 段階揚水試験結果

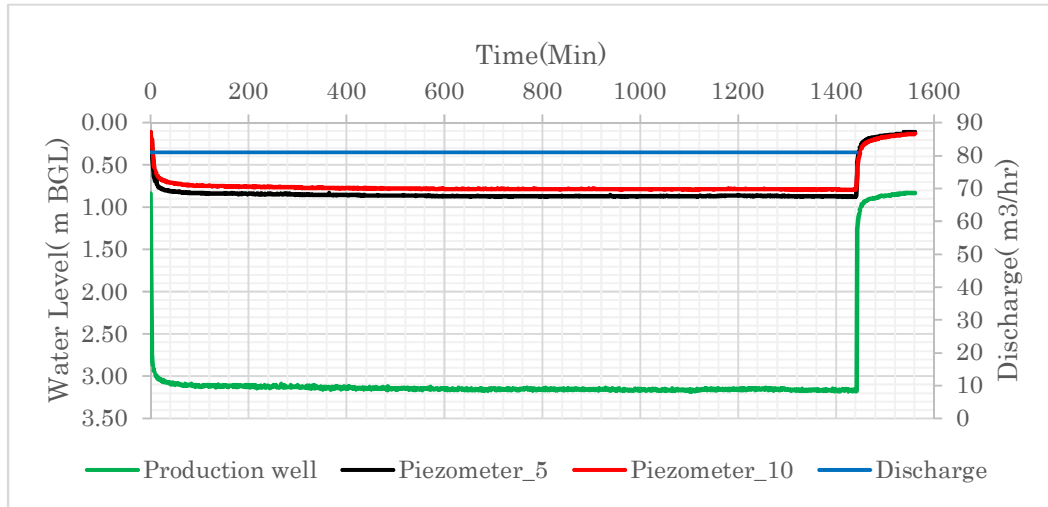
表 10.2-6 段階揚水試験概要

	Step 1	Step 2	Step 3
Initial water level (m bgl)	0.84	2.30	2.98
End water level (m bgl)	2.30	2.98	3.16
Discharge rate m <sup>3</sup> /h	54	75	80
Pump installation depth(m bgl)	15m	15m	15m
Time when water level started to stabilize considering starting time of each step	70 minutes	110 minutes	130 minutes

出典：調査団

## (2) 連続揚水試験

連続試験では導水位は揚水量 (Q = 80m<sup>3</sup>/h) の終わりに 3.18 mbgl で安定した。井戸柱状図からこの地点は沖積層内の細かい砂層中にあることが分かっている。粗い砂層沖では、これ以上の高いポテンシャルの帯水層が期待される。揚水中に導水位が安定しない場合、または水位低下量大きい場合には 15~30%揚水量を減らし安全な揚水量を決定する。水中ポンプは、スクリーン近くには隣接して設置すべきではない。通常、沈泥などの小さな粒子の侵入やポンプの損傷のリスクを最小限に抑えるために、水中ポンプはスクリーン上部のケーシング内に設置するべきである。水位低下量は 24 時間の連続揚水で 3.18mbgl で安定し、非常に高い井戸効率を示した。



出典：調査団

図 10.2-10 連続揚水試験結果

表 10.2-7 連続試験結果概要

	Unit	Observations
Duration	Hours	24
Pumping rate	m <sup>3</sup> /h	81
Initial static Water Level	mbgl	0.83
Dynamic water Level at end of the test	mbgl	3.18
Maximum drawdown	m	2.35
Pump installation depth	mbgl	15.0
Borehole depth	mbgl	30.0
Recovery period	minutes	130

出典：調査団

### (3) 帯水層の特性

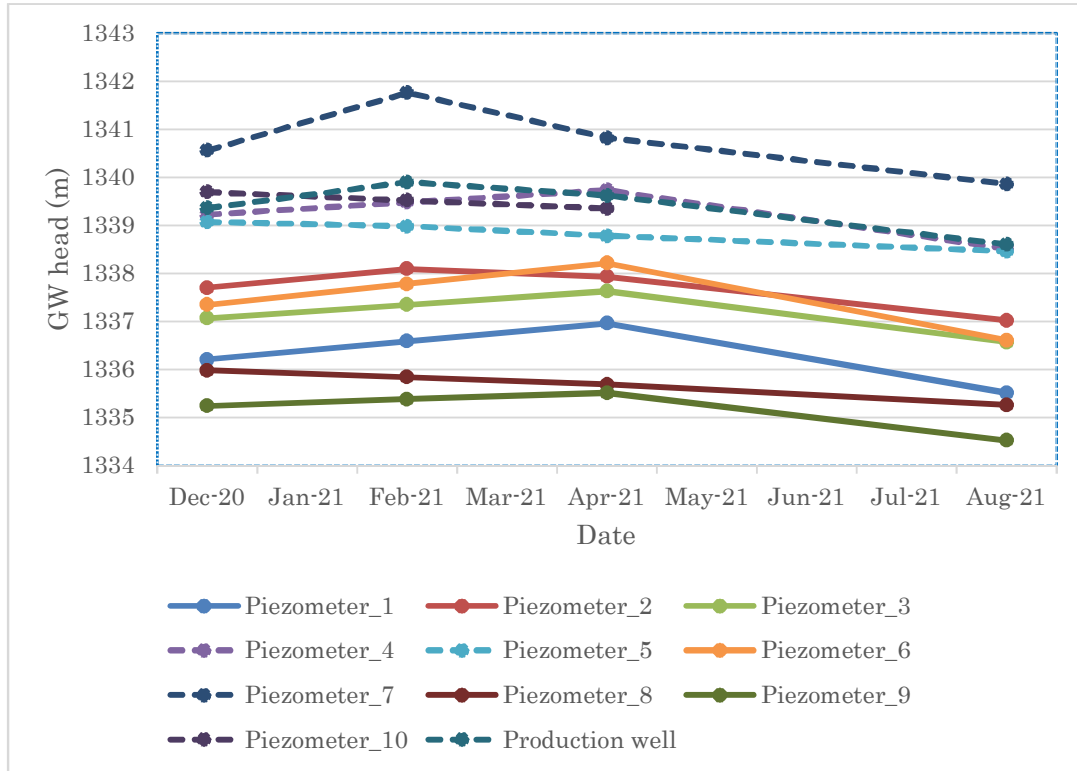
透水量係数は、地下水が井戸に流入する速度で決定される。これは、帯水層の単位厚さ (m<sup>3</sup>/d/m) あたりの単位流量として測定され、その単位は m<sup>2</sup>/d である。透水量係数は、揚水量によって決定され、次式で算出される。 $T = 2.3Q4\pi \Delta s$ 、ここで T は透水量係数 (m<sup>2</sup>/d)、Q は井戸の揚水量 (m<sup>3</sup>/d)、 $\pi$  (pi) = 3.142、 $\Delta s$  は時間の対数サイクル当たりの水位低下量である。この式で計算された、透水量係数は 2 つの観測井戸で 800m<sup>2</sup>/d と 1,500m<sup>2</sup>/d を示した。帯水層の厚さを 10m とすると、透水係数はそれぞれ 80m/d と 150m/d となる。高い透水量係数は沖積層では一般的であり、高い地下水開発ポテンシャルを表す。また、揚水中に河川境界からの流入が見られた。

### (4) Masaka での地下水位観測

コア掘削孔にて地下水位も測定した。コア掘削後、PVC ケーシングとスクリーンを挿入して、観測井戸に転用した。地下水位測定は、これら 10 本の観測井戸と 1 本の試掘井戸で実施した (図 10-2.8)。地下水位の手動測定は、2020 年 12 月、2021 年 2 月、4 月、8 月の計 4 回実施した。手動測定の結果は以下の通りである。

掘削コア分析結果で示されているように、テストサイト内の帯水層は均一ではないため、個々の観測井戸で測定した地下水の水頭はその地点の帯水層全体の水頭となり、井戸ごとの水頭は単一の帯

水層から得られた水頭とは等しくならない。従って、観測井戸から得られた水頭を使用して、地下水等高線図を作成することはできなかった。手動測定の地下水位の測定結果は、各井戸の地下水頭を比較することでのみ説明する。



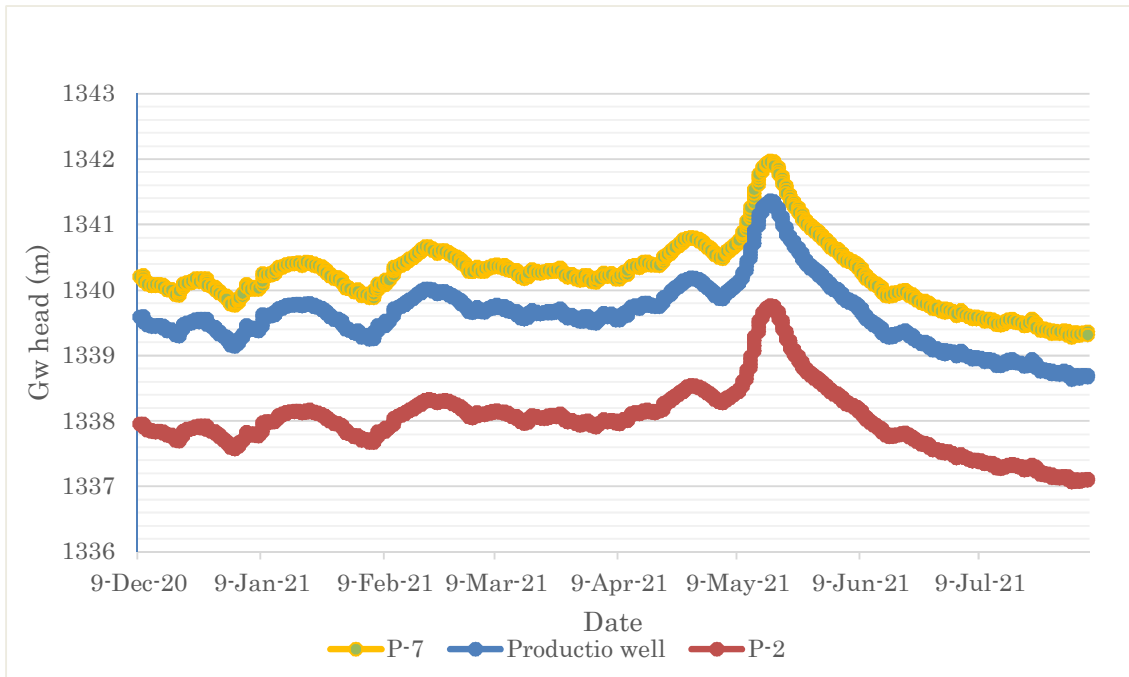
出典：調査団

図 10.2-11 観測井戸の地下水の水頭

グラフからわかるように、8月（大乾期）は全井戸において地下水頭が低かった。8月での最低の地下水頭はP9井戸で観察され、最高はP-7あった。2つの井戸の水頭差は5.3mとなった。また、Akageraの近くにある観測井戸の地下水頭が高い傾向があった。

手動測定に加えて、地下水位の自記水位計を用いた地下水位の連続測定を2020年12月から2021年8月まで3つの井戸（P-2、P-7および試掘井戸）で実施した。





出典：調査団

図 10.2-12 地下水位の連続測定結果

3つの井戸の地下水位変動パターンは非常に似ている。もっとも高い地下水頭は5月に観察され、最低の水頭は8月であった。また、この季節変動幅は約3mであった。Akagera川の近くに位置する井戸（p-7および試掘井戸）は内陸にある井戸（p-2）より地下水頭が高い。

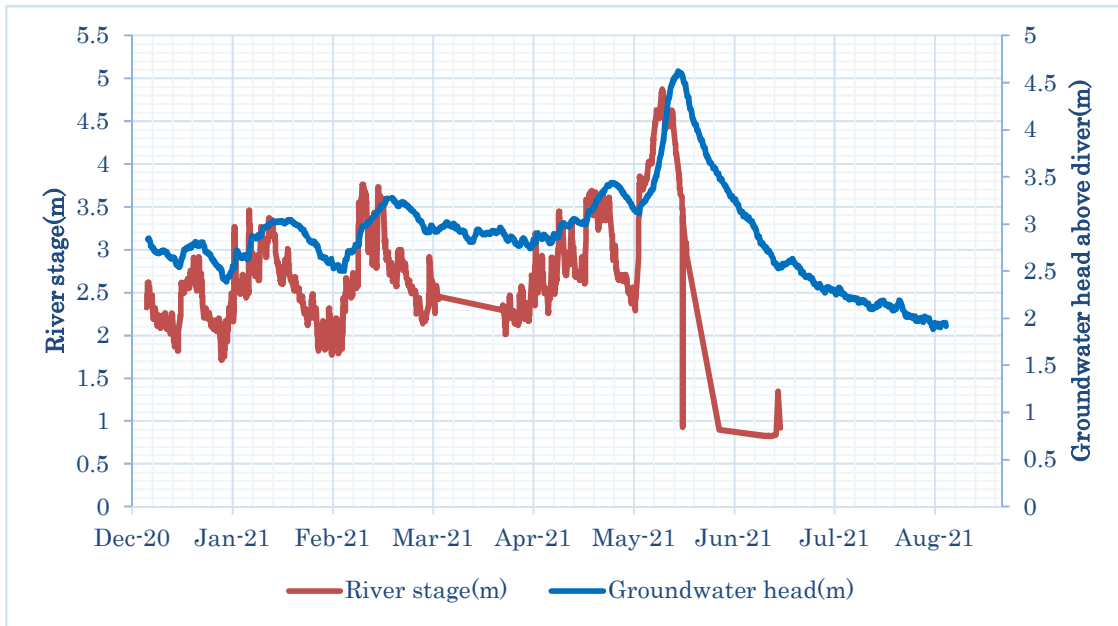
#### (5) テストサイトにおける地下水と河川との関連性

揚水試験中に、河川境界からの流入が観察された。地下水と河川との関連性を検証するために、測定した地下水頭とNyabarongo川のRWB水文観測所から得られた河川水位データと比較した。図10.2-13から、地下水頭と河川水位には一定の相関関係があるように思われる。

河川と地下水の相互作用は、次の3つの基本的な関係から説明できる。

- ② 河川は、河川敷を通る地下水の流入から水を得る。
- ②河川は、河床からの流出（浸入河川）によって地下水に水を涵養する。
- ③上記の両方、一部の期間、地域で河川は地下水から水を得て、また、流出して地下水を涵養する。

残念ながら、観測井の近くに河川水位測定所がなく、水頭差を把握できないため、地下水と河川の相互作用の状況を判断することは困難であった。



出典：調査団

図 10.2-13 地下水位と河川水位の関連

### 10.2.3.3 将来の地下水利用

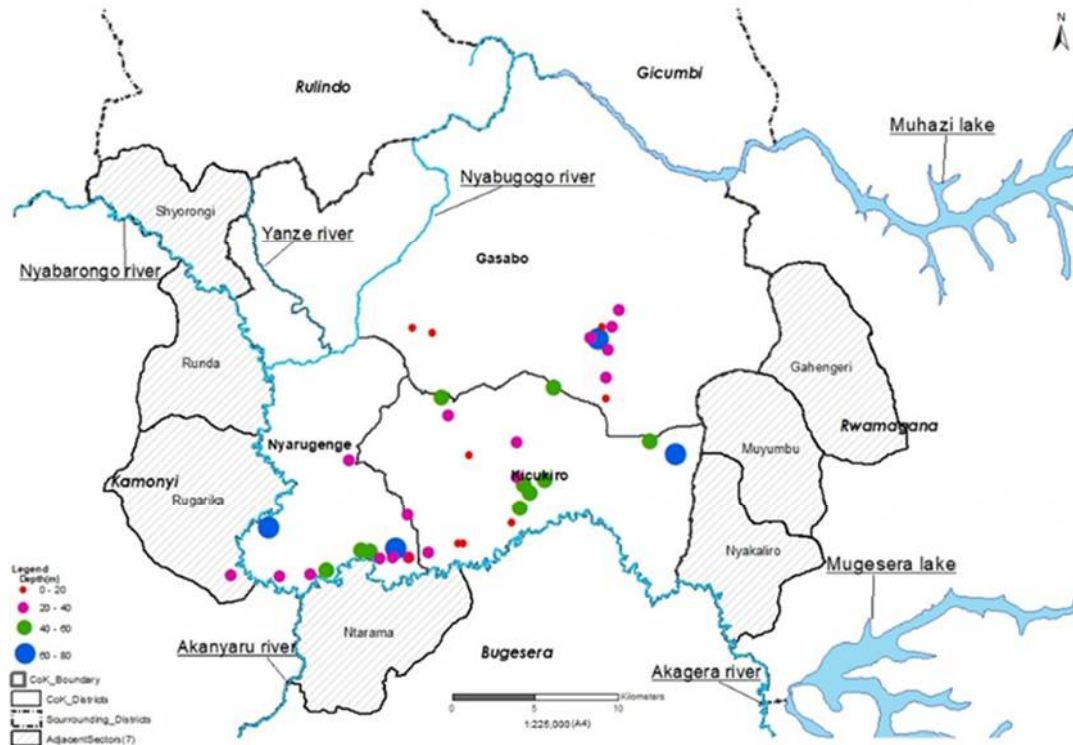
#### ✓ Nyabarongo, Akagera 川沿いの氾濫源における地下水開発

Nzove 井戸群および Kanzenze 井戸群と Masaka テスト井戸から得られた揚水試験結果によると、井戸 1 本あたり  $> 50-60 \text{ m}^3/\text{時}$  の揚水を行うことができる。1 つの井戸群あたり最大 30~40 本の井戸を掘削すれば、井戸群の総生産量は最大  $40,000 \text{ m}^3/\text{日}$  となる。2035 年までに、追加で 3 つの井戸群が建設できれば  $120,000 \text{ m}^3/\text{日}$  が水量の確保できる（例：Nzove、Kanzenze、Masaka の反対側）。その後、地下水開発が継続され、2050 年までに、2 つの追加の井戸群が建設できれば  $80,000 \text{ m}^3/\text{日}$  を取水することができる。合計で、Nzove と Kanzenze を含む 7 つの井戸群が 2050 年までに建設される可能性がある。Kanzenze 井戸での揚水試験結果は、時間の経過とともに濁度の増加を示した。これは、河川水からの直接涵養を示している。氾濫原の地下水は、降雨、河川、および上部境界からの流入（たとえば、地下水界）からの涵養の混合である可能性がある。したがって、総涵養量は、現在および将来の地下水開発の総量を賄うのに十分である。

利用可能な地下水は、揚水により地下水位が著しく低下する可能性があるため、開発可能な量とは等しくないことに注意する必要がある。調査地域では地下水位観測が実施されていないため、地域の地下水源の枯渇を防ぐため地下水観測網を確立する必要がある。

#### ✓ キガリ周辺の基盤岩地帯の地下水開発

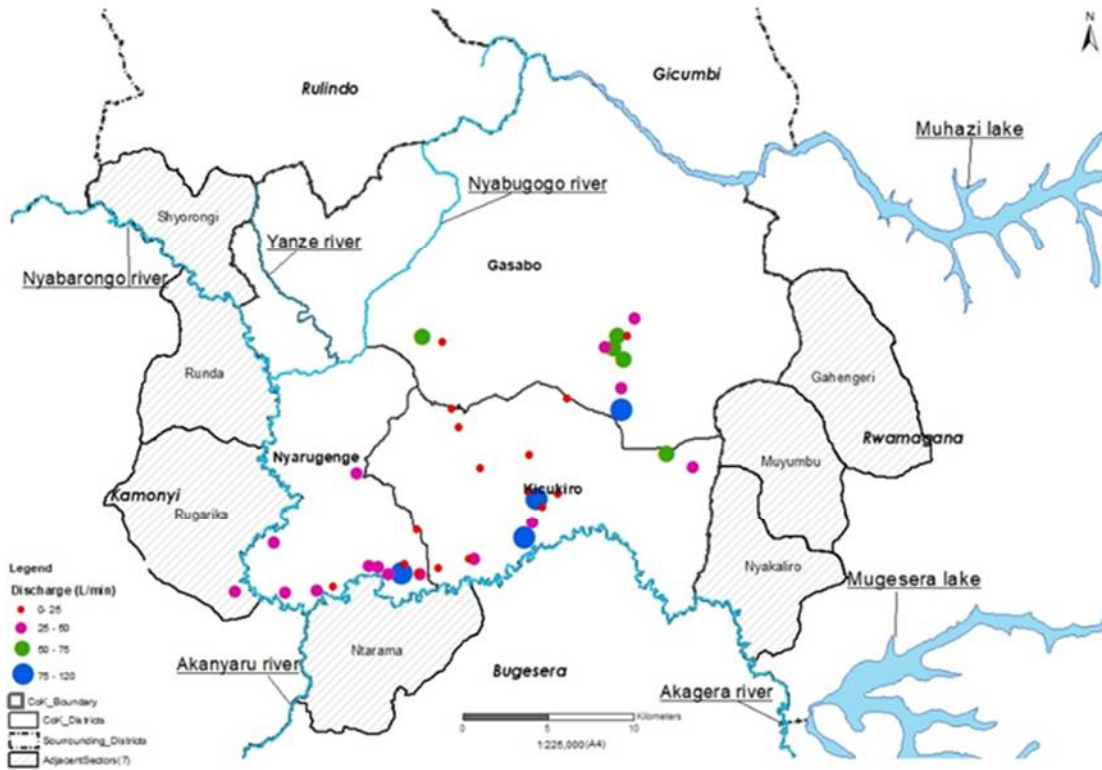
キガリ市の 40 本の井戸データを RWB から収集した。平均掘削深度は 33.6m、平均水量は  $42 \text{ L}/\text{min}$  であった。次の図はこれらの井戸の深さと水量の分布を示している。



出典：調査団

図 10.2-14 井戸深度の分布図

揚水試験結果によれば、これらの井戸の適正揚水量の総量は  $2,426\text{m}^3$  /日となり、基盤岩または花崗岩、片岩の破碎帯から取水している。これらの井戸にはハンドポンプ（ほとんどが Afridev ポンプ）が設置されている。従い実際の揚水量は適正揚水量よりも少なくなっている。これらの井戸はコミュニティのために使用されており、WASAC 給水源としては使用されていない。水量は都市給水には不十分であるため、ハンドポンプによる地下水開発は、コミュニティでの使用のために継続し開発することが可能である。



出典：調査団

図 10.2-15 井戸揚水量の分布図

✓ 火山岩地帯での地下水開発 (Ruhengeri)

既存の調査結果から Ruhengeri 地域で地下水開発の可能性が高いことが分かっている。既存の調査報告書では 2036 年から 2050 年にかけて、この地域で地下水開発量は、井戸によって 100,000 m<sup>3</sup>/日 を産出することが可能とされている。しかし、この地域の地下水開発の可能性を確認するには、さらなる調査が必要である。また、開発の可能性に加えて、キガリ市への送水コストも考慮する必要がある。キガリ市から Mutobo (Ruhengeri 地域の中心地) までの距離は 86km 以上ある。キガリ市周辺の利用可能な水源が水需要を満たすのに十分である場合、この開発の必要はない。

10.2.4 湧水

10.2.4.1 利用状況

ルワンダ国家統合給水衛生マスタープラン調査 (2019) から収集された湧水データは、キガリ市に 124 の湧水源が存在し、総流量が 3,554 m<sup>3</sup>/日であることを示している。

表 10.2-8 Kigali 市の湧水データ

Number of springs	124	
Maximum discharge observed (m <sup>3</sup> /day)	720 m <sup>3</sup> /day (120 L/min)	
Minimum discharge (m <sup>3</sup> /day)	0.0	Probable Seasonal springs or become dry due to less recharge
Average discharge (m <sup>3</sup> /day)	120 m <sup>3</sup> /day (20L/min)	Dominantly springs has low discharge

出典：Baseline report (Development of National Integrated Water Supply and Sanitation Master Plans in Rwanda)

WASACは22箇所の湧水を給水に使用しており、これらの湧水の総量は4,133m<sup>3</sup>/日となっている。これらの湧水のデータを表 10.2-9 に示す。湧水量は、現地調査を通じて調査団によって推定された。

表 10.2-9 WASAC の給水に使われている湧水

Village	Discharge (m <sup>3</sup> /day)	Number of spring sources in water tank
Akatabaro	1,200	6
Akinyana	300	3
Karambo		
Kabande		
Mpazi	648	3
Rwankuba	400	2
Bugarama		
Masizi	13,00	6
Munini		
Kiriza		
Kiriza		
Masizi		
Masizi		
Byimana	285	2
Total	4,133	22

出典：Hearing from WASAC and site survey by JST

さらに、20箇所の湧水が周辺セクターで、給水源として使用されている。表 10.2-10 に湧水の詳細を示す。湧水量は、各給水スキームの水道事業者によって確認された。

表 10.2-10 周辺セクターで給水に利用されている湧水

	Sector	Village	Discharge(m <sup>3</sup> /day)
1	Gahengeri	Kiyovu	130
2		Rebero	190
3	Runda	Nyaruhoko	43
4		Nyaruhoko	43
5		Nyaruhoko	35
6		Nyaruhoko	35
7	Rugalika	Mibirizi	43
8		Ntebe	35

	Sector	Village	Discharge(m <sup>3</sup> /day)
9	Shyorongi	Kirurumo	39
10		Kirurumo	39
11		Kirurumo	39
12		Rwintare	112
13		Kirurumo	86
14		Kirurumo	43
15		Mwagiro	130
16		Gatimba	108
17		Gatimba	86
18		Gatimba	86
19		Nyabyondo	345
20		Nyabyondo	691
<b>Total discharge</b>			<b>2,358</b>

出典： WASAC へのヒアリングに基づく

#### 10.2.4.2 将来の湧水利用

前述のように、42 箇所の湧水（キガリ市では 22 箇所）が給水源として利用されている。キガリ市では、水量が多い湧水はすでに給水源として利用されている。都市部に位置する湧水は、人間の活性化により保護が難しく、都市化により涵養面積も減少している。したがって、今後は水源として多くの湧水を開発することは困難である。一方、周辺セクターの湧水は依然として重要な水源であり、今後も開発が続けられる。

#### 10.2.5 湖沼

##### 10.2.5.1 利用状況

下記の 2 つの湖が給水源として使われている。

表 10.2-11 Muhazi 湖と Mugesera 湖の概要

Name of Lake	Surface area (km <sup>2</sup> )	Volume (Mm <sup>3</sup> )
Muhazi	34.45	454.25
Mugesera	21.23	253.19

出典：RWB

RWB から入手した取水許可記録によると、湖の水はさまざまな目的で使用されており、その内容は表 10.2-12 と表 10.2-13 に示す。

表 10.2-12 Muhazi 湖の水利用

Purpose	Amount (m <sup>3</sup> /day)
Mining	1,000
Irrigation	8,185
Domestic water supply	6,600
Fish Farming	26 ha

出典：RWB

表 10.2-13 Mugesera 湖の水利用

Purpose	Amount (m <sup>3</sup> /day)
Irrigation	17.5
Domestic water supply	15,000

出典：RWB

### 10.2.5.2 将来の湖沼利用

#### (1) Muhazi 湖

Muhazi 流域の利用可能な再生可能水資源量（降水量から蒸発と浸透を差し引いたもの）は、RWB（前 RWFA）によって推定されている。Muhazi 湖への平均流入量は 110M m<sup>3</sup>/年で、変動は 38~147 M m<sup>3</sup>/年となっている。使用可能な水量は年間 55 M m<sup>3</sup>（150,000 m<sup>3</sup>/日）となっている。Muhazi 湖の月平均水収支は、季節パターンがあり 6 月から 8 月まで流入量が非常に少なくなり、その間、湖の水位は低下する。しかし、湖の貯水容量が比較的大きいことを考えると、深刻な水不足はなく、現在利用可能な水は現在の水使用の総需要（15,785 m<sup>3</sup>/日）を満たすことができる。

表 10.2-14 Muhazi 湖の水収支

	Total inflow (m3)	Total outflow (m3)	Total available water (m3)
Jan	7,396,082	4,622,451	2,773,631
Feb	9,274,285	4,306,140	4,968,145
Mar	12,370,591	4,522,369	7,848,222
Apr	14,789,304	4,308,986	10,480,318
May	10,849,676	4,441,983	6,407,693
Jun	4,592,734	4,833,909	-241,175
Jul	3,885,057	5,137,986	-1,252,929
Aug	5,056,330	4,913,478	142,852
Sep	7,875,876	4,708,608	3,167,268
Oct	11,220,023	4,647,995	6,572,028
Nov	12,546,396	4,442,280	8,104,116
Dec	10,656,167	4,431,790	6,224,377
Annual	110,512,521	55,317,975	55,194,546

出典：RWB

Muhazi 湖は現在すべてのセクターの水利用量をカバーするのに十分な水量を保有している。ただし、現在は灌漑面積が限られており（湿地帯 480 ヘクタール、丘陵地帯 50 ヘクタール）、給水量も少ない（Rwamagana: 3700 m<sup>3</sup>/d; Kayonza: 2800 m<sup>3</sup>/d）、需要は少ない。将来の水需要にどの程度対応できるか、また気候変動による影響も不明である。給水量や灌漑面積の増加などの追加需要を満たすために、湖の容量を拡大する必要があるかも知れない。RWFA（2019）が実施した調査では、Muhazi 湖が Rwamagana, Kayonza, Gatsibo で給水として使用する水量は、将来的に 50,000 m<sup>3</sup>/日以上増加することが示されている。これは、これらの地域では給水のための追加の水を使用できるが、キガリ市では使用が難しいことを意味する。2019 年 11 月の RWFA との協議で、追加の 21,000 m<sup>3</sup>/日の湖水を給水として使用できると述べた。ただし、この量の水は東部州で使用され、キガリ市では使用でない。

#### (2) Mugesera 湖

Mugesera 湖は Muhazi 湖のように調査が進んでいない。2016 年には季節的な水位変動が観察され、湖の最低水位と最高水位の間には 1.55m の水位差があった。これは、Nyabarongo 川から少なくとも 33Mm<sup>3</sup>の水が湖に流れ込んだことを意味する。したがって、湖の水を利用して、給水に使用する追加の水を提供する能力はまだあると結論付けることができる。WASAC は RWB から 48,000 m<sup>3</sup>/日の水



許可を取得している。Karengé 浄水場は現在、15,000 m<sup>3</sup>/日の湖水を使用しており、これを 48,000m<sup>3</sup>/日に拡張することが可能である。湖への河川からの流入量の情報や水位観測データが不足している。

### 10.2.6 水資源の水質調査

飲料水源としての適合性を確認し、水処理プロセスを決定するために、雨期と乾期の両方で、河川水と地下水を含む潜在的な水源について水質調査を実施した。結果は 5 章にまとめられている。水質分析の結果、有害・有毒物質は検出されておらず、従来 of 処理方法で飲料水として使用できる。

## 10.3 水源開発ポテンシャルと開発方針

### 10.3.1 2050 年までの水源開発

10.1.1 節で述べたように現在の給水許容水量は 237,350m<sup>3</sup>/日（2020 年の RWB 登録記録）でありこの量は、調査地域の水源として使用できる。ただ、この量ではキガリ市の将来の給水需要を満たすことができないことは明らかである。従って、将来の水道整備投資計画のためには追加の水源が必要となる。想定した追加水源を

表 10.3-1 に示す。これらの量は、水収支調査の結果と、各水源の特性を考慮して決定した。現時点では、特に井戸を介した氾濫原の開発については、限られたデータしかなく、開発水量については、長期地下水位測定データなどの新しいデータが利用可能になった場合は、計画を修正する必要がある。

表 10.3-1 2050 年までの新規水源

Category at Hydrological Cycle	Source	Location	Water Supply	Raw Water Intake	Amount to be Developed (m <sup>3</sup> /day)		Remarks
			m <sup>3</sup> /day	m <sup>3</sup> /day	2035	2050	
Surface Water	River	Nyabarongo	25,000	25,000	25,000		Intake place is Nzove *
		Nyabarongo or Akagera (by 2035)	100,000	110,000	110,000		Contingency plan**
		Nyabarongo or Akagera (by 2050)	380,000	418,000		418,000	Intake points has not decided yet**
	(Dam)	Nyabarongo, Akanyaru	(200,000)				Sites has not decided yet, need further study**
		Nyabarongo (Butamwa)	(130,000)				Site was recommended by the Nyabarongo II Multi-purpose study***
	Lake	Mugesera	(33,000)	(36,000)			Intake facilities shall be expanded. Not included for water source development
		Mugesera	50,000	55,000		55,000	
Groundwater (sub-surface water) at floodplain)	Boreholes in the river flood plains	Floodplain (Akagera)	80,000	88,000	88,000		Assumed Masaka and Gahanga
		Floodplain (Nyabarongo)	40,000	44,000		44,000	Near Nzove
		Floodplain (Nyabarongo and Akagera)	160,000	176,000		176,000	Rutonde, Kanzenze and Gahanga
Groundwater except floodplain	Borehole and springs	Small scale WSS for remote area	5,000	5,000	5,000		Jali, Rutunga, Gikomero****
		Small scale WSS for remote area	10,000	10,000		10,000	

Allocated amount(m <sup>3</sup> /day)	850,000	931,000	228,000	703,000
---------------------------------------	---------	---------	---------	---------

出典：調査団

The F/S for the Nyabarongo II Multipurpose Development Project, conducted by the EDCL (Energy Development Corporation Limited) refers to a plan of the Butamwa Dam that involves abstraction of 1.5 m<sup>3</sup>/d for the Butamwa WTP. However, the Butamwa WTP is purposely excluded from the Master Scenario 2050 due to its geographical disadvantage for transmission and distribution and concerns over uncertain risk on future water quality. For this reason, this amount is being considered only as a provisional water source under this Water Resource Development Plan.

\* Amount based on the hearing from the RWFA (Permitted amount for abstraction).

\*\* Contingency plan in case the water sources from sub-surface water are not capable. The amount shall be transferred to 2050 development if not used.

\*\*\* The amounts shown in the “Dam” are included in the amount shown in “Nyabarongo or Akagera (by 2050)” of “River” and deemed as possible sites of “Nyabarongo or Akagera (by 2050)”.

\*\*\* Location of these area is explained in the Master Scenario of Chapter 7.

表からわかるように、水需要と水道整備計画を満たすためには、現在の水源に加えて、2035 年までに 228,000 m<sup>3</sup>/日が必要となる。RWB から河川からの新規の直接取水は Nyabarongo/Akagera 川の下流にするべきと提言されている。地下水開発に関して、RWB から、持続性を確保するために、開発地域に地下水モニタリングネットワークを確立する必要があると提案されている。さらに、キガリ市の水需要を満たすために、2035 年から 2050 年（15 年）までの開発には 703,000 m<sup>3</sup>/日の追加の量が必要になる。調査地域には大量の水を供給することができる水資源が限られるため、使用する追加の水源は、直接的にも間接的にも Nyabarongo/Akagera 川の水に大きく依存している。

### 10.3.2 2050年までの調査地域での水資源開発ポテンシャル

NWRMP（国家水資源マスタープラン）およびRWBによる流域管理計画で実施された水収支調査はキガリにおける2050年までの給水を含むすべての水利用量が流域における再生可能な水資源量内に収まることを示している。表 10.3-2 は、キガリ市広域地域への給水のための各水源の利用可能な水量を示している。各水源で利用できる利用可能な水量の定義を表 10.3-3 に示す。表 10.3-2 からわかるように、2050年の開発後も個々の水源には余裕があり問題とならない。2050年までにNyabarongo/Akagera川から開発のために取水される水量は、河川の利用可能な水量の約27%と推定され、73%がさらに使用可能である。一方、Yanze川では開発後の利用可能な水量はわずか20%ほどしかない。

表 10.3-2 水源ごとの開発可能量と2050年までの開発水量

Category at Hydrological Cycle	Source	Estimated available water (m <sup>3</sup> /day) (a)	Present permitted amount of water for water supply (m <sup>3</sup> /day) (b)	Amount needed by 2050 in addition to present permitted amount (m <sup>3</sup> /day) (c)	Total needed by 2050 (b + c)	% used to (a)	Remarks
Surface Water	River including boreholes at floodplain (Nyabarongo/Akagera) in the Grater Kigali	3,456,000	160,000	785,000	945,000	27%	It is assumed that majority of water abstracted from boreholes in floodplains (alluvium aquifer) is river origin.
	River (Yanze)	30,000	24,000	-	24,000	80%	It is difficult to collect more water from Yanze and need reservoir (dam) if need more water from Yanze***
	Lake (Muhazi)	32,000	-	-	-	-	This amount is for Eastern Province and not for the Study Area
	Lake (Mugesera)	N/A*	48,000	50,000	98,000**	N/A*	50,000 m <sup>3</sup> /day is needed in addition to present permitted amount at The Kigali water supply plan by 2050.
Groundwater	Boreholes for small scale WSS	119,656	900	10,000	20,350	17%	Average discharge 45 l/min of one borehole.
	Springs for small scale WSS		4,450	5,000			Average discharge 40 l/min per spring
Total			237,350	850,000	1,087,350		

出典：調査団

The amount is clear water basis. Extra amount is necessary for the loss in water treatment processes. Water abstraction application (Daily Maximum) shall be submitted including the extra.

\*The data will be available after the on-going study for the Mugesera-Sake Catchment by the RWB.

\*\* Only for the demand in the Study Area. Additional amount should be considered for the demand in the other areas (e.g. the Rwamagana).

\*\*\*Hydrograph of Yanze River is shown in Appendix 3. Further study is needed to verify the improving storage capacity by reservoir (dam).

表 10.3-3 各水源の開発可能量の定義

Category at Hydrological Cycle	Source	Methods of estimation of available water
Surface Water	River including boreholes at floodplain (Nyabarongo/ Akagera) in the Grater Kigali	Available water is assumed by the average long time dry flow rate of the Nyabarongo and the Akagera (50m <sup>3</sup> /sec) in the Grater Kigali minus the environmental flow (20%)、Long time dry flow rates of the Nyabarongo and the Akagera are shown in the annual water status report published by the RWB. This amount can be extracted throughout the year without any damage to river environment.
	River (Yanze)	Available amount is estimated by dry flow rate minus environmental flow rate (20%). Dry flow rate is taken from hydrological station data of the Yanze river at the Rwanda Water Portal
	Lake (Muhazi)	The change in water storage with the lake is 11.6 million m <sup>3</sup> per year. The total amount of water that can be abstracted is about 32,000m <sup>3</sup> /day without impacting significantly the lake water level.
	Lake (Mugesera)	Catchment management plan including water balance study of the Mugesera lake has not been completed. Therefore, it is difficult to estimate available water (renewable water) of the Mugesera lake. Lake water level was measured before but only a limited data is available. It showed the inflow into the lake to be around 90,000m <sup>3</sup> /day.
Groundwater	Boreholes for small scale WSS	Available groundwater to be able to use in the Study Area is difficult to estimate since no study related to recharge mechanism has been done yet. Available amount of groundwater here is assumed to be 10% of average groundwater recharge in the L2 catchments of the Study Area. Previous study (the Groundwater Recharge and Storage Enhancement in Eastern Province, 2019) concluded that around 10% of groundwater recharge is stored in the deep aquifer. Amount of aquifer storage depends on the aquifer type and recharge environment. The NWRMP study also indicated groundwater recharge is 60-70% of outflow at catchment scale Groundwater resource in the Study Area is difficult to develop due to its occurrence. Therefore, manageable amount of groundwater could be less than this amount.
	Springs for small scale WSS	

出典：調査団

### 10.3.3 水源の特徴と開発課題

キガリ市の給水に使用される対象水源は、2050年の開発後も引き続き利用可能である。しかし、水源の持続可能な開発を達成するためには開発前に各水源の特性を考慮する必要がある。各水源の特徴と開発課題を以下の表 10.3-4 に示す。表から河川取水と氾濫原の井戸に関する主な問題は、洪水からの水源保護であることがわかる。

表 10.3-4 水源の特徴と開発課題

	Water Source	Characteristics of water source	Development Issues
Surface Water	River (Nyabarongo/Akagera)	High potential of development especially after the Kanzenze, Peak flows are observed during the periods of March to May and low flows are from June to August at hydrological station operated by the RWFA.	Relatively low cost for development. Protection of the facilities against flood is needed. In future, river intake facilities will be constructed in the downstream of the river,
	Boreholes at flood Plain along the river (Nyabarongo/Akagera)	Borehole data at the Nzove and the Kanzenze show development potential to be high. However due to complicated aquifer distribution, borehole yield is not uniform in the area.	High cost for development since there is a requirement for conducting geophysical survey to identify the aquifer and drilling for boreholes. Cost for rehabilitation of boreholes is also needed.
	River (Yanze)	Low development potential since river flow rate is small	70% of river water is already taken by the Kimisagara WTP. Therefore, it is difficult to collect more water. During peak flow, intake facility is often damaged.
	Lake (Muhazi)	Storage capacity of lakes is high. However, amount of renewable water source at lakes are small due to no inflow of rivers into lakes.	No water for the Study Area's water supply. Present allocated water for water supply is used for the Eastern Province.
	Lake (Mugesera)		It is not clear how much extra water can be used for water supply in addition to the present permitted amount since there is no data related to catchment management plan.
Ground water	Springs	Low potential for development, also difficult to protect the recharge area due to the urbanization in the Study Area	Low development cost, need pipelines from spring sources to reservoir tank
	Boreholes (Deep Groundwater)	Development potential depends on the aquifer capacity. Occurrence of groundwater is within the fractured or weathered zone. Therefore, it is suitable for small scale water supply	In order to develop groundwater, aquifer condition has to be investigated and also production boreholes have to be constructed to extract the groundwater. In addition, borehole maintenance cost is needed regularly.

出典：調査団

## 10.4 水資源開発方針

調査地域の主要な水源は、(1) Nyabarongo /Akagera 川から取水した河川水、(2) Nyabarongo /Akagera 川の氾濫原から取水した地下水である。したがって、開発地域はキガリ内にある。地下水は河川水に比べて比較的处理が容易である。また、計画量より多くの地下水を開発できる可能性もある。したがって、地下水は最初に開発され、既存または新規の浄水場に供給することとする。しかし、雨期のアクセス、河道の変化、井戸の維持管理など、地下水の利用にはいくつかの問題がある。特に井戸の維持管理については、水理地質、井戸水理、地下水調査の知識が必要となる。WASAC スタッフがこれらの能力開発トレーニングを実施する必要がある。

## 10.5 水資源管理計画

調査地域のへの給水には、河川、湖、地下水など様々な水源が利用されている。RWB の管理の下、水資源開発の実施と活用は、現状各民間ユーザーによって行われているが、他の需要を考慮せずに実施されているため、競合や希少な水資源の枯渇につながる可能性がある。従ってこれらの水源を維持するためには、規制当局と WASAC を含む各水利用者の両方による適切な水資源管理と監視を実施することが重要である。表 10.5-1 は、流域ごと及び水源ごとに実施されるべき水資源管理を示している。

表 10.5-1 流域単位及び水源単位での水資源管理

	Result of water use by the Study Area's water supply	Management actions for sustainability of water resources	
		Regulatory agency of WRM (RWB)	Water users
Catchment scale	27% of renewable water source will be used by water supply in 2050 and 68% will be consumed by all water users in 2050	Monitoring of rainfall resource, surface water resource, groundwater resource, interventions in the natural hydrological cycle such as water abstraction by water users.	-
Individual source scale	Amount of water for individual water source used by water supply can sustain water resources after the development		Measurement of amount of water to extract (pumping rate), monitoring water quality

出典：調査団

水利用者の義務の一つは、利用者の開発状況（揚水量、放出量、水質変化など）を定期的に管理（規制）当局に通知することである。表 10.5-2 に、各水源の管理計画を示す。

表 10.5-2 各水源の管理計画

Category at Hydrological Cycle	Source	Management Tasks of Water User	Management Tasks of Regulatory Agency of WRM (RWB)
Surface Water	River (the Nyabarongo/ Akagera)	Monitoring the abstraction rate and not to exceed the permitted amount, regular monitoring of water quality and river water level at intake place, inform the result to management authority	Monitoring water usage of all water users and check the flow rate and inform permitted users in the event of any change
	River (the Yanze)		
	Lake (the Muhazi)	Check pumping rate and not to exceed the permitted amount, regular monitoring of water level and water quality of lake, inform the result to management authority	Monitoring water usage of all water users, and water level
	Lake (the Mugesera)		Formulate catchment management plan for the Mugesera/ Sake and estimate amount of renewable water of the lake
Groundwater (sub-surface water)	Boreholes at the Nyabarongo./ Akagera River	Monitoring pumping rate regularly and not to exceed safe yield of each borehole. Regular monitoring of water level and quality and inform the result to management authority	Monitoring water usage of water users and groundwater level. If over extraction is observed, inform users to reduce the abstraction.
Groundwater	Boreholes for small scale WSS	Monitoring flow rate regularly and inform the RWFA in the event of any change, regular monitoring of water quality	Monitoring water usage of all water users.
	Springs for small scale WSS		

出典：調査団



## 10.6 洪水と干ばつに対する水資源の脆弱性と適応策

気温の上昇、干ばつの長期化、蒸発散量の増加は、水循環の乱れと河川の流れの変化をもたらす。気候変動に伴う気温の上昇や降水量の変動は、湖、川、その他の重要な水源へ悪影響を与える可能性がある。また、これらはキガリ市広域地域における水利用者に対して水量の配分などに影響を与えることになる。キガリ市広域地域の水源は、Nyabarongo 川/Akagera 川に大きく依存している。Nyabarongo 川の流れは、人為的な水の揚水よりも降雨に直接依存していることが知られており、そのような条件では、Nyabarongo 川流域の水文状況が気候の変化に対して脆弱であることを示している。降雨による河川のピークフローが非常に高いと、破壊的な洪水が発生し、その後干ばつ期間が長くなることが特徴である (REMA、2018 年)。表 10.6-1 に洪水と干ばつに対する脆弱性と適応策を示す。

表 10.6-1 洪水及び干ばつへの適応策

Climate Indicator	Impacts & vulnerability	Actions to be taken
Warmer temperatures, prolonged droughts, and higher evapotranspiration.	Less renewable water resources cause reduced production of maize and beans, livestock losses, and shortage of water for water supply	Increase water efficiently, Promote rainwater harvesting at household level, Expansion of water storage and conservation technique
Changes in rainfall timing and amount	Increased flood and landslide frequency contributing to erosion, which can hamper agricultural production and destroy crops.	Flood protection improved by the construction of dikes and improving drainage. Construction of embankment along river banks.

出典：調査団

## 第11章 社会経済調査

### 11.1 概要

本調査は、社会経済調査を通じて、顧客の潜在的なニーズと、水道サービスのサービスレベル向上のための実施戦略を把握しようとするものである。対象地域は、キガリ市とその周辺の7つのセクターShyorongi (Rulindo District)、Runda、Rugarika (KamonyDistrict)、Natarama (Bugesera District)、Muyumbu、Gahengeri、Nyakaliro (Rwamagana District) である。潜在的なニーズを評価するために、調査では以下の項目に焦点を当てた。

- 水道利用の有無により、住民の社会経済的状況に差があるかどうかを評価する。
- 水利用サービスに対する接続意欲、支払い意欲、顧客満足度を評価する。
- 水質を含む既存の給水サービスレベルの状況を特定し評価する。

#### 11.1.1 社会経済調査の実施

本調査は、以下のステップで実施された。

1. 準備作業（文献調査、調査票の作成、サンプリング計画）
2. 実施計画書の提出（National Institute of Statistics Rwanda: NISR が要求するビザの申請）
3. 社会経済調査の実施（水源の特定）
4. 採水・水質調査

#### 11.1.2 準備作業

社会経済調査を実施するために、調査団は NISR からビザを取得する必要があった。準備作業の主要部分は、NISR が提示する要求事項に準拠した社会経済調査の計画を作成することであった。また、既存の調査との整合性を図ることも重要な検討事項であった。そのため、調査団は第5回統合世帯生活基本調査 Fifth Integrated Household Living Survey（以下、EICV5）を参考にした。

##### (1)文献調査

対象集団の現状について、社会経済的・社会的特徴に関するベースライン情報を収集するために、文献調査を実施した。ベースライン情報の大部分は EICV5 と第4回人口住宅統計調査 Fourth Population and Housing Census（以下 PHC）を参照した。

##### (2)アンケート票の作成

アンケートは、以下のような社会経済的特徴（水道利用がある地域とない地域の社会経済的状況の違い）を把握することを目的としている。また、多くの質問が EICV5 で使用された質問を準用している。

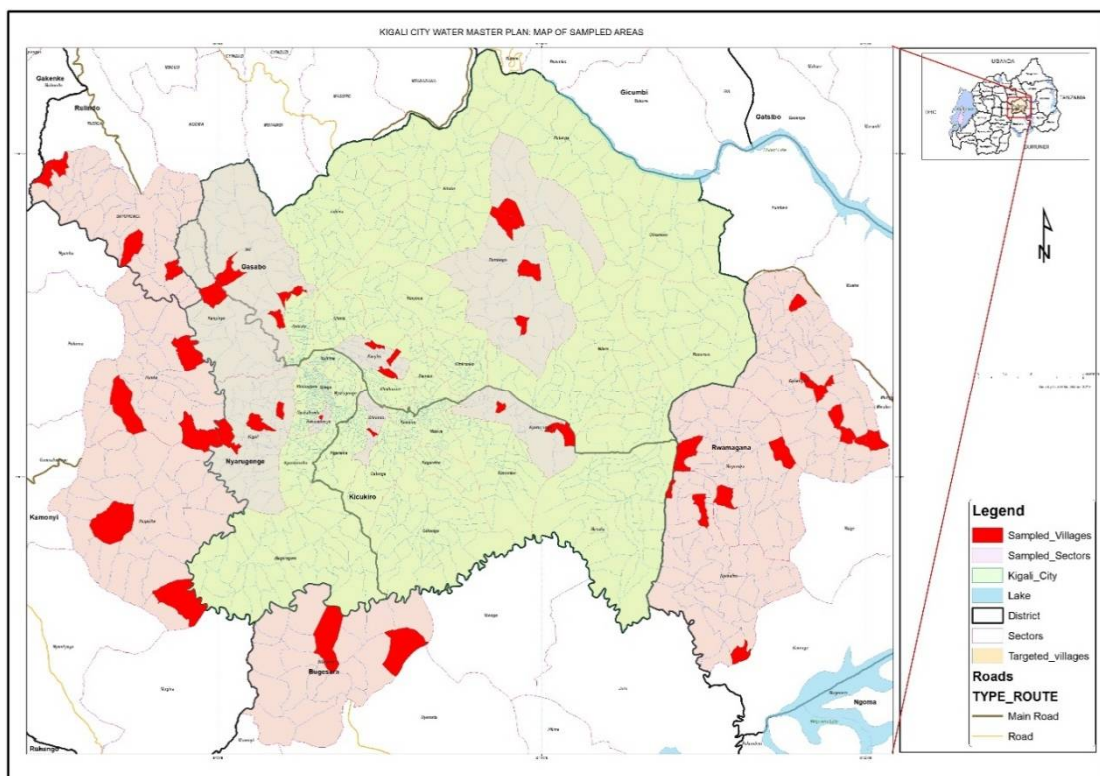
- 水の使用量（量、水源までの距離、消化時間、水の質）
- 水使用のための支出とその他の料金（飲料水の水源、飲料以外の用途のための水源、水使用のための支出、ガス、電気、通信などのその他の公共サービスの料金）。

- 世帯および世帯主の経済状況（職業、収入、副業、副業による収入、家族構成、家計支出の構成、教育水準、性別、水汲み労働（時間、回数、担い手）など
- 健康状態（健康被害の経験、水性疾患、栄養失調）
- 給水サービスに対する意欲（接続意向、支払意向、給水サービスに対する満足度、要望）
- 現在の水道サービスの状態（水道未設置地域：水源の水質、水道設置地域：水圧、給水時間の制限）

### (3) サンプルング計画の作成

キガリ市の都市部ではほとんどの世帯が改善された水源が利用されているため、改善された水源が利用されていない世帯を捕捉するために、PHCによる改善された水源の利用が比較的低いセクターの世帯をサンプルングした。サンプルングの条件は以下の通りである。

- キガリ市の改善された水源の利用が少ない地域から約 120 のサンプルを収集。
- キガリ市の改善された水源の利用が多い地域から約 80 個のサンプルを収集。
- 周辺の 7 つのセクターで約 30 個のサンプルを収集した。



出典：調査団

図 11.1-1 検討の対象エリア内で、サンプルングを行った地区/村

本調査で使用している「村落部」と「都市部」という用語は、第 4 回人口住宅統計調査 Fourth Population and Housing Census（2012 年）で村レベルの行政界で分類した際のもので、村は以下の 2 つの主要な基準を満たすと都市部に分類される。(1)重要な既成市街地があること、(2)重要なインフラ（教育施設、電気・水道、市場、銀行などの金融機関）があること。

表 11.1-1 対象母集団(世帯数)とサンプル数

Location	Access to Improved Water Sources	Sectors	Number of HHs	Sampled HHs	Number of Villages			Main source of water	
					Total	Urban	Rural	Improved water source %	Unimproved water source %
Kigali City	Ranked Higher Access to Improved Water Sources	Gikondo	4,227	10	19	19	0	92.2	8
		Kacyiru	9,095	30	32	32	0	96.6	3
		Nyarugunga	8,903	30	28	28	0	98.3	2
		Rwezamenyo	4,256	10	15	15	0	98.8	1
		<b>Sub-Total</b>	<b>26,481</b>	<b>80</b>	<b>94</b>	<b>94</b>	<b>0</b>	<b>96.5</b>	<b>3.5</b>
	Ranked Low Access to Improved Water Sources (Access to unproved Source of Water)	Jali	6,065	30	33	4	29	47.2	53
		Kanyinya	5,760	10	20	0	20	58.3	42
		Bumbogo	9,624	40	43	3	40	68.5	32
		Kigali	8,116	40	48	2	46	78	22
		<b>Sub-Total</b>	<b>29,565</b>	<b>120</b>	<b>144</b>	<b>9</b>	<b>135</b>	<b>63.0</b>	<b>37.1</b>
<b>Total/Average</b>			<b>56,046</b>	<b>200</b>	<b>238</b>	<b>103</b>	<b>135</b>	<b>79.7</b>	<b>20.3</b>
Sectors Surrounding Kigali City	Ranked Low Access to Improved Water Sources (Access to unproved Source of Water)	Ntarama	4,827	20	22	0	22	26.5	73.5
		Gahengeri	5,575	40	47	0	47	40	60.1
		Shyorongi	5,774	40	40	5	35	63.2	36.7
		Rugarika	8,510	20	28	0	28	66.7	33.3
		Muyumbu	6,058	30	35	0	35	66.9	33
		Runda	8,272	30	26	7	19	67.7	32.4
		Nyakaliro	4,841	30	38	0	38	76.9	23.2
	<b>Total/Average</b>			<b>43,857</b>	<b>210</b>	<b>236</b>	<b>12</b>	<b>224</b>	<b>58.3</b>
<b>Grand Total/Average</b>			<b>99,903</b>	<b>410</b>	<b>474</b>	<b>115</b>	<b>359</b>	<b>69.0</b>	<b>31.0</b>

出典：4<sup>th</sup> PHC 2012 (NISR, 2014);

#### (4)聞き取り調査と水質検査

データ収集は、調査計画に基づいて、各サンプル世帯に対して聞き取り調査によって行われた。各家庭では、回答者に調査員と座って、回答者には調査員が質問を読み説明を行った。回答者は、口頭にて回答を求められ、それによって調査員が調査票に記入した。さらに、調査員は水源の位置に関する情報を収集するよう求められた。

### 11.1.3 キガリ市の社会経済調査

調査計画に従い、キガリ市とその周辺の7つのセクターで実際の調査（聞き取り調査）を実施した。以下の表 11.1-2 に調査スケジュールの詳細を示す。

表 11.1-2 調査スケジュールの概要

Date	Work Item	Remark
May 2019	Preparation (Sampling Plan etc.)	
June - July 2019	Visa Application	
August 2019	Survey	Interview survey
August 2019	Data Entry	
September 2019	Data Validation	
October - November 2019	Reporting	

出典：調査団

### 11.1.4 水質調査のサンプリング

以下の表 11.1-3 キガリ市とその隣接する7セクターで実施された調査のスケジュールを示す。

表 11.1-3 水質調査のスケジュール

Date	Work Item	Remark
August 2019	Sampling Plan	Identify water source from interview
4 <sup>th</sup> - 5 <sup>th</sup> September 2019	Sampling	
September 2019	Testing	

出典：調査団

## 11.2 社会経済調査の結果

調査団はサンプリング計画を作成する際に、改善された水源が利用できない地域を選択した。そのような地域（村落部）での改善された水源の利用状況は第4回 PHC 2012 (NISR, 2014)の69.0%から、EICV5の村落部85.4%の間であるとされており、実際の調査結果（81.3%）は、期待される値と一致した。

### 11.2.1 母集団の状況

調査で把握された世帯の状況をいかに要約する。

- 改善された水を利用できる住民:
  - 都市部 98.0% EICV5 の調査結果においては、95.8%
  - 村落部 75.8% EICV5 の調査結果においては、85.4%
- 社会経済カテゴリ(Ubudehe categories)の分布は、全エリア、改善された水の入手手段の有無に拘らず、ほぼ同じ。
  - Category 1: 8.3% 住宅を所有せず、基本的なニーズを満たすことができない世帯
  - Category 2: 35.0% 自分の住宅を所有しているか、借りることができるが、フルタイムの仕事に就くことがめったにない世帯

- **Category 3:** 53.6% 就業しているか、自給自足を超えて、売れる作物を作る農民、これに加え、数十人程度の雇用を提供する中小企業経営者
- **Category 4:** 1.5% 大規模な事業を営む者、国際機関や国際企業で働く個人、公務員
- 平均の世帯規模が 5.2 と EICV5 キガリ市の 4.0 人に比べ大きい。
- 中等学校の就学率 17.7% と EICV5 の結果 23.2% に比べ低い。加えて、改善された水の入手ができない人々のそれは、7.8%で(水の入手ができるひと達に比べ 12.2 ポイント低い)。
- 主な収入獲得手段は、農業活動(農業及び、畜産) 50%である。これは、17.2%であった EICV5 のキガリ市の結果に比べて高い結果となった。これは、67.5%と改善された水の入手ができない人達では更に高い結果となる。
- 平均年間世帯支出の総額は、558 (千 RWF) であった。EICV5 のキガリ市の結果は、597 (千 RWFs)。改善された水の入手ができる世帯では、629 (千 RWF)入手ができない世帯では、241 (千 RWF)であった。
- 世帯の住居の種類は、26.0% 孤立した村落、計画外の密集した村落住区 43.0%, 計画外の都市住区 23.3%、モデル村落、計画的に開発された住区、Umudugudu 集落 7.7%であった。

#### 11.2.1.1 改善された水の入手手段の有無

地域別で、98.0%の都市部世帯は、改善された水の入手手段を有している。彼らは、住居や住区/庭先まで配管(78.4%)されている状況であった。しかし、EICV5 2016/2017 `の結果で対応する状況は、入手手段を有する状況 95.9% と住居や住区/庭先までの配管 34.0%で、住居や住区/庭先までの配管が急速に普及しつつある状況を示している。

都市周辺域の Sector では、改善された水の入手手段がある世帯は、78.0%で、彼らの主な水源は、保護された泉 26.3%と公共水栓 25.8%であった。この結果は、EICV5 2016/2017 の村落部の結果に近く、それぞれ、入手手段がある 85.4%, 保護された泉 33.9%と公共水栓 45.0%であった。相対的に各比率は低めで、そのなかでとくに公共水栓の比率が低くなっている。この差は、住区の急速な拡大と、これに対して給水サービスの拡張が遅れる事によって生じていると考えられる。

この調査結果から、77 世帯は、改善された水の入手手段がない世帯であった。それらの世帯は、保護されていない泉 58.4%、表流水 31.2%、保護されていない井戸 10.4% から入手している。

表 11.2-1 世帯の飲料水源の種類比率 (%)

	% of HHs with access to Improved	Improved (include others)								Unimproved			Total Sample
		Other (specify)	Piped into Dwelling/Piped to Yard/Plot	Protected Spring	Protected Well	Public Tap/Standpipe	Tanker Truck	Tube Well /Borehole	Count Total HHs with access to Improved	Surface Water (River /Lake/Pond/Stream / Irrigation Channel).	Unprotected Spring	Unprotected Well.	
All area	81.31	4.85	26.94	19.42	1.46	25.73	0.73	2.18	335	5.83	10.92	1.94	412
Urban/rural													
Rural	75.81	3.55	10.00	25.48	1.94	30.97	0.97	2.90	235	7.74	13.87	2.58	310
Urban	98.04	8.82	78.43	0.98	0.00	9.80	0.00	0.00	100	0.00	1.96	0.00	102
Sex HH Head													
Female	83.70	4.35	26.09	17.39	1.09	31.52	1.09	2.17	77	3.26	11.96	1.09	92
Kigali City/peri-urban area Kigali City/peri-urban area (sectors)													
City of Kigali sectors	84.73	7.39	35.47	12.32	0.99	25.62	0.99	1.97	172	3.45	8.87	2.96	203
Peri-urban Area sectors	77.99	2.39	18.66	26.32	1.91	25.84	0.48	2.39	163	8.13	12.92	0.96	209
Quantiles													
Q1	66.67	9.20	11.49	26.44	1.15	18.39	0.00	0.00	58	13.79	16.09	3.45	87
Q2	67.50	5.00	12.50	22.50	0.00	27.50	0.00	0.00	54	10.00	18.75	3.75	80
Q3	87.36	3.45	20.69	20.69	3.45	33.33	1.15	4.60	76	1.15	10.34	1.15	87
Q4	89.80	4.08	32.65	16.33	1.02	29.59	1.02	5.10	88	3.06	7.14	0.00	98
Q5	98.33	1.67	68.33	8.33	1.67	16.67	1.67	0.00	59	0.00	0.00	1.67	60
Source of Water (Drink)													
Improved	100.00	5.97	33.13	23.88	1.79	31.64	0.90	2.69	335	0.00	0.00	0.00	335
Not Improved	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.17	58.44	10.39	77
Settlement													
Isolated rural housing	74.77	4.67	8.41	15.89	3.74	37.38	0.93	3.74	80	4.67	15.89	4.67	107
Model Village	100.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14	0.00	0.00	0.00	14
Modern planned area	100.00	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	2
Umudugudu/ Small Settlement	93.75	0.00	25.00	18.75	0.00	37.50	6.25	6.25	15	0.00	6.25	0.00	16
Unplanned clusted rural housing	75.14	2.26	11.86	31.64	1.13	25.99	0.56	1.69	133	9.60	14.12	1.13	177
Unplanned urban housing	94.79	10.42	64.58	4.17	0.00	14.58	0.00	1.04	91	2.08	2.08	1.04	96

出典： Socio-economic survey, July 2019

### 11.2.1.2 社会的分類 (Ubudehe カテゴリー)

この調査において、各世帯は Ubudehe カテゴリーに従い区分した。Ubudehe とは、ルワンダで古くから行われてきた、コミュニティ内の問題を解決するため、集団行動や相互支援の文化を意味している。今日、このコンセプトは、住民をさまざまなカテゴリーに分類し、支援する独自の開発プログラムに転換されている。これらのカテゴリーから、政府の社会保障プログラムを通じて家族が受ける支援レベルの情報が得られる。2014年、地方行政機関開発庁 Local Administrative Entities Development Agency が新しい Ubudehe カテゴリーを作成した。このプログラムでは、社会経済的な地位、土地やその他の所有物にもとづく資産、家族の生計を得るために就く職業によってカテゴリー分類される。カテゴリーは、以下の通りである。



- Category 1: 住宅を所有せず、基本的なニーズを満たすことができない世帯
- Category 2: 自分の住宅を所有しているか、借りることができるが、フルタイムの仕事に就くことがめったにない世帯
- Category 3: 就業しているか、自給自足を超えて、売れる作物を作る農民、これに加え、数十人程度の雇用を提供する中小企業経営者
- Category 4: 大規模な事業を営む者、国際機関や国際企業で働く個人、公務員

調査結果によると、社会経済的カテゴリ（Ubudehe）では、カテゴリ 1 が 8.3%、カテゴリ 2 が 35.0%、カテゴリ 3 が 53.6%、カテゴリ 4 が 1.5%、わからないが 1.2%、リストにないが 0.5%であった。この分布は、ほとんどのグループで均等に見られた。しかし、カテゴリ 4 の世帯は、都市部やキガリ市の Sector でしか見られなかった。

表 11.2-2 所在地別の世帯分布(%)

	Sex of Household Head			Households Socio-economic categories							General %	Count Total Sample
	Female	Male	Total	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4	Don't know	Not found on list	Total		
<b>All area</b>	<b>22.33</b>	<b>77.67</b>	<b>100.00</b>	<b>8.25</b>	<b>34.95</b>	<b>53.64</b>	<b>1.46</b>	<b>1.21</b>	<b>0.49</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>412</b>
<b>Urban/Rural Area</b>												
Rural	22.26	77.74	100.00	8.71	38.39	51.94	0.00	0.32	0.65	100.00	75.24	310
Urban	22.55	77.45	100.00	6.86	24.51	58.82	5.88	3.92	0.00	100.00	24.76	102
<b>Kigali City/peri-urban area</b>												
City of Kigali sectors	23.15	76.85	100.00	10.84	38.42	46.31	2.96	0.99	0.49	100.00	49.27	203
Peri-urban Area sectors	21.53	78.47	100.00	5.74	31.58	60.77	0.00	1.44	0.48	100.00	50.73	209
<b>Access to water (Drink)</b>												
Improved	22.99	77.61	100.00	8.66	34.63	52.84	1.79	1.49	0.60	100.00	81.31	335
Not Improved	22.48	77.52	100.00	6.49	36.36	57.14	0.00	0.00	0.00	100.00	18.69	77

出典：Socio-economic survey, July 2019

### 11.2.1.3 世帯規模

今回の調査では、キガリ市の平均世帯人数は 1 世帯あたり 5.4 人だった。これは、EICV5 の結果で、キガリ市の 1 世帯あたり 4.0 人よりも大きい。一般的に、都市部の世帯は比較的小さい。特に 1 人世帯の場合、収入が多いことや公共サービスが充実していることから、自分たちで家計を切り盛りすることが多い。

EICV5 では、世帯の収入が少ないほど、世帯の規模が大きくなる。このような全体的な傾向は、今回の調査では見られなかった。これは、今回の調査が比較的低所得の人々を捉え、水の供給が少

ない地域からサンプルを選択したことを示している可能性がある。

改善された水へのアクセスに関しては、平均世帯サイズが5.2であるのに対し、改善された水へのアクセスがない世帯では5.0となっている。ただし、世帯規模の分布は、どちらのカテゴリでもほぼ同じである。したがって、基本的には選択的抽出法により、この調査結果は比較的貧しい世帯を表していると考えられる。

表 11.2-3 プロジェクトで選ばれたキガリ市とその周辺 Sector の世帯規模(%)

EICV5	Household Size						Total	Total Sample
	Mean	1	2-4	5-7	8-10	>11		
<b>All Area</b>	<b>5.19</b>	<b>2.43</b>	<b>37.86</b>	<b>45.39</b>	<b>13.59</b>	<b>0.73</b>	<b>100.00</b>	<b>412</b>
<b>Urban/rural</b>								
Urban	5.22	1.96	36.27	48.04	12.75	0.98	100.00	102
Rural	5.18	2.58	38.39	44.52	13.87	0.65	100.00	310
<b>Kigali City/peri-urban area (Sectors)</b>								
City of Kigali sectors	5.37	1.97	32.51	49.75	14.78	0.99	100.00	203
Peri-urban Area sectors	5.02	2.87	43.06	41.15	12.44	0.48	100.00	209
<b>Sex of HH Head</b>								
Male	5.38	1.25	34.69	49.06	14.38	0.63	100.00	320
Female	4.54	6.52	48.91	32.61	10.87	1.09	100.00	92
<b>Quintile</b>								
Q1	4.74	3.45	45.98	37.93	12.64	0.00	100.00	87
Q2	4.61	5.00	40.00	47.50	7.50	0.00	100.00	80
Q3	5.17	2.30	37.93	47.13	12.64	0.00	100.00	87
Q4	5.47	1.02	40.82	38.78	17.35	2.04	100.00	98
Q5	6.20	0.00	18.33	61.67	18.33	1.67	100.00	60
<b>Water Source</b>								
Improved	5.24	2.39	38.21	45.37	12.24	1.79	100.00	335
Not Improved	4.99	2.60	36.36	45.45	15.58	0.00	100.00	77

出典：Socio-economic survey, July 2019

#### 11.2.1.4 世帯主の教育レベル

EICV5 の結果では、中等学校の就学率は 23.2%だった。今回の調査では、その割合はさらに低く、17.7%であった（大学卒レベルと中等教育修了者の計）。また、改善された水を利用できない家庭では、就学率はさらに低い（7.9%）。

TVET プログラム（Technical and Vocational Education and Training Programme）とは、雇用や自営業に必要な知識、理解、技能の習得を目的とした教育、訓練、学習活動である。

表 11.2-4 世帯主の教育レベル(%)

	Any University level	Complete Secondary	Incomplete secondary	Complete Primary	Incomplete primary	Non-Formal education	TVET	Total	Count (Total Sample)
<b>All area</b>	<b>8.98</b>	<b>8.74</b>	<b>8.74</b>	<b>33.98</b>	<b>23.54</b>	<b>14.08</b>	<b>1.94</b>	<b>100.00</b>	<b>412</b>
<b>Rural/Urban</b>									
Rural	2.58	5.81	8.39	40.32	25.16	15.81	1.94	100.00	310
Urban	28.43	17.65	9.80	14.71	18.63	8.82	1.96	100.00	102
<b>Sex HH Head</b>									
Female	3.26	10.87	5.43	35.87	21.74	19.57	3.26	100.00	92
Male	10.63	8.13	9.69	33.44	24.06	12.50	1.56	100.00	320
<b>Kigali City/peri-urban area (Sectors)</b>									
City of Kigali sectors	13.30	10.84	10.34	30.54	18.23	13.79	2.96	100.00	203
Peri-urban Area sectors	4.78	6.70	7.18	37.32	28.71	14.35	0.96	100.00	209
<b>Quantiles</b>									
Q1	2.30	3.45	8.05	32.18	29.89	22.99	1.15	100.00	87
Q2	0.00	5.00	7.50	38.75	30.00	16.25	2.50	100.00	80
Q3	4.60	6.90	8.05	39.08	21.84	17.24	2.30	100.00	87
Q4	8.16	11.22	12.24	38.78	22.45	7.14	0.00	100.00	98
Q5	38.33	20.00	6.67	15.00	10.00	5.00	5.00	100.00	60
<b>Source of Water (Drink)</b>									
Improved	10.45	9.55	8.36	32.24	22.99	14.03	2.39	100.00	335
Not Improved	2.60	5.19	10.39	41.56	25.97	14.29	0.00	100.00	77

出典：Socio-economic study, July 2019

### 11.2.1.5 主要な世帯収入減

都市部では、主な収入源はフルタイムの仕事（34.3%）であるのに対し、村落部ではわずか11.3%にとどまる。村落部では主な収入源は農業で、村落部のサンプル世帯の59.7%を占めているが、都市部では10.8%に過ぎない。しかし、都市周辺のSectorでも農業は、主な収入源として56.5%を占めている。

一方、改善された水源を利用できない世帯の主な収入源も農業（61.0%）であり、その分布は基本的に村落部と同じである。

表 11.2-5 主要な収入源の割合(%)

	Main Income generating activity								Count total Sample
	Employed (full time)	Employed (part time)	Farming Activities (Rice, fruits, vegetables, ,.....)	Livestock	Odd job	Others (specify)	Own business	Total	
<b>All area</b>	<b>16.99</b>	<b>0.49</b>	<b>47.57</b>	<b>2.43</b>	<b>17.96</b>	<b>5.10</b>	<b>9.47</b>	<b>100.00</b>	<b>412</b>
<b>Urban/rural</b>									
Rural	11.29	0.00	59.68	3.23	16.77	1.94	7.10	100.00	310
Urban	34.31	1.96	10.78	0.00	21.57	14.71	16.67	100.00	102
<b>Sex HH Head</b>									
Female	3.26	1.09	54.35	1.09	20.65	7.61	11.96	100.00	92
Male	20.94	0.31	45.63	2.81	17.19	4.38	8.75	100.00	320
<b>Kigali City/peri-urban area (Sectors)</b>									
City of Kigali sectors	22.17	0.49	38.42	2.46	19.21	6.90	10.34	100.00	203
Peri-urban Area sectors	11.96	0.48	56.46	2.39	16.75	3.35	8.61	100.00	209
<b>Quantiles</b>									
Q1	4.60	0.00	70.11	1.15	17.24	2.30	4.60	100.00	87
Q2	3.75	0.00	63.75	5.00	21.25	2.50	3.75	100.00	80
Q3	14.94	0.00	50.57	1.15	24.14	2.30	6.90	100.00	87
Q4	19.39	2.04	34.69	4.08	15.31	9.18	15.31	100.00	98
Q5	51.67	0.00	10.00	0.00	10.00	10.00	18.33	100.00	60
<b>Source of Water (Drink)</b>									
Improved	17.91	0.60	44.48	1.49	19.10	6.27	10.15	100.00	335
Not Improved	12.99	0.00	61.04	6.49	12.99	0.00	6.49	100.00	77

出典： Socio-economic survey, July 2019

### 11.2.1.6 家計支出

調査結果によると、調査対象世帯の平均消費額は 1 世帯あたり月 46,474Rwfs で、年間では 557,688Rwfs となる。これは、EICV5 で記載されている、キガリ市での金額（年間 597 千 Rwfs）とほぼ同じである。

都市部の平均世帯支出は、月額 93,255Rwfs に対し、村落部では平均世帯支出は、31,335Rwfs となっている。これは改善された水を手に入れる世帯と同様で、入手できない世帯の世帯平均支出は月額 20,073Rwfs であるのに対し、入手できる世帯は月額に 52,403Rwfs である。月々の支出の中央値は 17,000 Rwf から 29,000 Rwf とされている

表 11.2-6 世帯の月額支出(%)

	Average HH Monthly Expenses	Monthly Expenses						Total	Count Total Sample
		0 - 30000	30000 - 50000	50000 - 80000	80000 - 160000	≧160000	Not Specified		
<b>All area</b>	46,474	42.23	28.40	16.50	8.74	3.40	0.49	99.76	412
<b>Urban/rural</b>									
Rural	31,335	49.68	28.71	15.48	5.48	0.32	0.32	100.00	310
Urban	93,255	19.61	27.45	19.61	18.63	12.75	0.98	99.02	102
<b>Sex HH Head</b>									
Female	37,707	50.00	28.26	14.13	5.43	2.17	0.00	100.00	92
Male	49,019	40.00	28.44	17.19	9.69	3.75	0.63	99.69	320
<b>Kigali City/peri-urban area (Sectors)</b>									
City of Kigali sectors	62,748	38.42	25.62	18.72	11.82	3.94	0.99	99.51	203
Peri-urban Area sectors	39,853	45.93	31.10	14.35	5.74	2.87	0.00	100.00	209
<b>Quantiles</b>									
Q1	6,199	96.55	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	98.85	87
Q2	16,928	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	80
Q3	29,609	11.49	88.51	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	87
Q4	50,888	0.00	40.82	59.18	0.00	0.00	0.00	100.00	98
Q5	159,500	0.00	0.00	16.67	60.00	23.33	0.00	100.00	60
<b>Source of Water (Drink)</b>									
Improved	52,403	34.93	31.04	18.51	10.45	4.18	0.60	99.70	335
Not Improved	20,073	74.03	16.88	7.79	1.30	0.00	0.00	100.00	77

出典：Socio-economic survey, July 2019

### 11.2.1.7 住居の種類

調査結果によると、26.0%が孤立した集落に、3.4%がモデル村落に、0.5%が計画された都市住区に、3.9%が Umudugudu / 小さな集落に、43.0%が計画外の密集した村落住区に、23.3%が計画外の都市住区に住んでいる。

都市部では、ほとんどの世帯が計画外の都市住区に住んでおり (70.6%)、村落部では、ほとんどの世帯が計画外の密集した村落住区に住んでいる (53.6%)。都市周辺部では計画外の密集住区に住んでいる世帯が多いのに比べ、都市部では計画外の都市住区に住んでいる世帯が多い (43.4%) という結果になった。

改善された水源の利用ができない世帯の 57.1%が計画外の密集住区に、35.1%が孤立した集落に住んでいる。

表 11.2-7 住居の種類別の世帯分布(%)

	Isolated rural housing	Model Village	Modern planned area	Umudugudu/ Small Settlement	Unplanned clustered rural housing	Unplanned urban housing	Total	Total Sample
<b>All area</b>	<b>25.97</b>	<b>3.40</b>	<b>0.49</b>	<b>3.88</b>	<b>42.96</b>	<b>23.30</b>	<b>100.00</b>	<b>412</b>
<b>Urban/rural</b>								
Rural	34.52	0.00	0.32	3.87	53.55	7.74	100.00	310
Urban	0.00	13.73	0.98	3.92	10.78	70.59	100.00	102
<b>Sex HH Head</b>								
Female	26.09	1.09	0.00	7.61	38.04	27.17	100.00	92
Male	25.94	4.06	0.63	2.81	44.38	22.19	100.00	320
<b>Kigali City/peri-urban area (Sectors)</b>								
City of Kigali sectors	22.66	5.91	0.99	3.94	23.15	43.35	100.00	203
Peri-urban Area sectors	29.19	0.96	0.00	3.83	62.20	3.83	100.00	209
<b>Quantiles</b>								
Q1	22.99	0.00	1.15	1.15	57.47	17.24	100.00	87
Q2	28.75	0.00	0.00	3.75	57.50	10.00	100.00	80
Q3	39.08	1.15	0.00	3.45	37.93	18.39	100.00	87
Q4	23.47	2.04	0.00	4.08	37.76	32.65	100.00	98
Q5	11.67	18.33	1.67	8.33	18.33	41.67	100.00	60
<b>Source of Water (Drink)</b>								
Improved	23.88	4.18	0.60	4.48	39.70	27.16	100.00	335
Not Improved	35.06	0.00	0.00	1.30	57.14	6.49	100.00	77

出典： Socio-economic survey, July 2019

EICV5 の結果によると、一戸建て住宅の割合は 88.9%で、このタイプの住宅は都市部（59.4%）よりも村落部（95.9%）で多く見られる。今回の調査結果では、評価対象世帯の 14.3%が共同住宅に住んでおり、85.7%が 1 世帯で居住していることがわかった。

村落部の世帯は、一戸建て（89.4%）とシェアハウス（10.7%）で構成されている一方、都市部では一人暮らしの家が 74.5%、シェアハウスが 25.5%となっている。また、都市部では 16.8%の世帯がシェアハウスに住んでおり、都市周辺 Sector では 12.0%となっている。

改善された水源が利用できない世帯は、ほとんどが一軒家に住んでおり、シェアハウスに住んでいるのは 15.6%に過ぎない。

表 11.2-8 住居の占有状況 単独利用/共有および共有世帯数(%)

	% of Single house occupied by one household dwelling	A house occupied by multiple households					Count Total multiple HHs	Single house occupied by one household dwelling	Total Sample
		% of households living in a house occupied by multiple HHs	2-4	5-7	>7	Total			
<b>All area</b>	<b>85.68</b>	<b>14.32</b>	<b>77.97</b>	<b>15.25</b>	<b>6.78</b>	<b>100.00</b>	<b>59</b>	<b>353</b>	<b>412</b>
<b>Urban/rural</b>									
Rural	89.35	10.65	90.91	6.06	3.03	100.00	33	277	310
Urban	74.51	25.49	61.54	26.92	11.54	100.00	26	76	102
<b>Sex HH Head</b>									
Female	82.61	17.39	75.00	18.75	6.25	100.00	16	76	92
Male	86.56	13.44	79.07	13.95	6.98	100.00	43	277	320
<b>Kigali City/peri-urban area (Sectors)</b>									
City of Kigali sectors	83.25	16.75	73.53	20.59	5.88	100.00	34	169	203
Peri-urban Area sectors	88.04	11.96	84.00	8.00	8.00	100.00	25	184	209
<b>Quantiles</b>									
Q1	96.55	3.45	100.00	0.00	0.00	100.00	3	84	87
Q2	81.25	18.75	86.67	0.00	13.33	100.00	15	65	80
Q3	86.21	13.79	75.00	25.00	0.00	100.00	12	75	87
Q4	81.63	18.37	61.11	27.78	11.11	100.00	18	80	98
Q5	81.67	18.33	90.91	9.09	0.00	100.00	11	49	60
<b>Source of Water (Drink)</b>									
Improved	78.51	21.49	55.56	12.50	4.17	100.00	72	263	335
Not Improved	84.42	15.58	50.00	0.00	8.33	100.00	12	65	77
<b>Settlement</b>									
Isolated rural housing	90.65	9.35	100.00	0.00	0.00	100.00	10	97	107
Model Village	92.86	7.14	100.00	0.00	0.00	100.00	1	13	14
Modern planned area	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	2	2
Umudugudu/ Small Settlement	81.25	18.75	100.00	0.00	0.00	100.00	3	13	16
Unplanned clusted rural housing	90.40	9.60	88.24	5.88	5.88	100.00	17	160	177
Unplanned urban housing	70.83	29.17	60.71	28.57	10.71	100.00	28	68	96

出典：Socio-economic survey, July 2019

### 11.2.2 給水サービスの入手性とサービスレベル

給水サービスの入手性とサービスレベルの状況を以下に示す。

- 飲料水と生活用水で利用する水の入手元は、同じである
- 水汲みの距離
  - 都市部において、水源は極めて近くある(100m以内).
  - 村落部においては、平均的な世帯で約 500m 離れたところに水汲みに行く
  - 改善された水の入手手段がない世帯では、1,000m 離れたところに水汲みに行く.
- 都市部では、ほとんどの場合、代替の水源がある (75.4%)、村落地域では限られており (49.6%)、改善された水の入手手段がない地域では、ほとんどない (27.2%)



- 各世帯が水汲みに費やす時間は、1日 60 分かそれ以下である。これは、ほとんど全分類に共通する。
- 水汲みの作業
  - 村落地域では、これらの作業は家族で分担されるが、妻の比率が比較的高い(20%)
  - 都市部では、家政婦や水売りが担う(家族外に任される) - 48.5%
- 水の用途:
  - 飲料水としての利用 全種別で1日当たり 20 – 60 l
  - 生活用水としての利用 村落地域と入手手段がない地域は、1日当たり 20 – 60 l
  - 生活用水としての利用 都市部は、1日当たり 60 – 120 l
- 都市部では、頻繁な断水を経験する (76.5%)

### 11.2.2.1 飲料水と生活用水の水源

表 11.2-1 と比べてみると、生活用水の水源は、飲料水のそれと変わらない。このことから、同じ水が飲料水と生活用水に使われている。

表 11.2-9 世帯毎の生活用水の水源 (%)

	Improved (include others)							Unimproved			Count Total Sample
	Other (specify)	Piped Into Dwelling/Piped to Yard/Plot	Protected Spring.	Protected Well	Public Tap/Standpipe	Tanker Truck	Tube Well /Borehole	Surface Water (River /Lake/Pond/Stream / Irrigation Channel).	Unprotected Spring	Unprotected Well.	
<b>All area</b>	4.85	26.94	19.42	1.46	25.73	0.73	2.18	5.83	10.92	1.94	412
<b>Urban/rural</b>											
Rural	3.55	10.00	25.48	1.94	30.97	0.97	2.90	7.74	13.87	2.58	310
Urban	8.82	78.43	0.98	0.00	9.80	0.00	0.00	0.00	1.96	0.00	102
<b>Sex HH Head</b>											
Female	4.35	26.09	17.39	1.09	31.52	1.09	2.17	3.26	11.96	1.09	92
Male	5.00	27.19	20.00	1.56	24.06	0.63	2.19	6.56	10.63	2.19	320
<b>Kigali City/peri-urban area</b>											
City of Kigali	7.39	35.47	12.32	0.99	25.62	0.99	1.97	3.45	8.87	2.96	203
Peri-urban Area	2.39	18.66	26.32	1.91	25.84	0.48	2.39	8.13	12.92	0.96	209
<b>Quantiles</b>											
Q1	9.20	11.49	26.44	1.15	18.39	0.00	0.00	13.79	16.09	3.45	87
Q2	5.00	12.50	22.50	0.00	27.50	0.00	0.00	10.00	18.75	3.75	80
Q3	3.45	20.69	20.69	3.45	33.33	1.15	4.60	1.15	10.34	1.15	87
Q4	4.08	32.65	16.33	1.02	29.59	1.02	5.10	3.06	7.14	0.00	98
Q5	1.67	68.33	8.33	1.67	16.67	1.67	0.00	0.00	0.00	1.67	60
<b>Source of Water (Drink)</b>											
Improved	5.97	33.13	23.88	1.79	31.64	0.90	2.69	0.00	0.00	0.00	335

	Improved (include others)							Unimproved		Count Total Sample	
	Other (specify)	Piped Into Dwelling/Piped to Yard/Plot	Protected Spring.	Protected Well	Public Tap/Standpipe	Tanker Truck	Tube Well /Borehole	Surface Water (River /Lake/Pond/Stream / Irrigation Channel).	Unprotected Spring		Unprotected Well.
Not Improved	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.17	58.44	10.39	77
<b>Settlement</b>											
Isolated rural housing	4.67	8.41	15.89	3.74	37.38	0.93	3.74	4.67	15.89	4.67	107
Model Village	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14
Modern planned area	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2
Umudugudu/ Small Settlement	0.00	25.00	18.75	0.00	37.50	6.25	6.25	0.00	6.25	0.00	16
Unplanned clusted rural housing	2.26	11.86	31.64	1.13	25.99	0.56	1.69	9.60	14.12	1.13	177
Unplanned urban housing	10.42	64.58	4.17	0.00	14.58	0.00	1.04	2.08	2.08	1.04	96

出典：Socio-economic survey, July 2019

#### 11.2.2.2 最寄りの水源からの距離

この調査結果によると、都市部では93.1%の世帯が最も近い飲料水源から200m以内に住んでいるのに対し、村落部では35.8%となっている。表11.2-1によると都市部では、「住居への配管/庭・区画への配管」が圧倒的に多い(78.4%)。ただし、都市部では、世帯から最も近い飲料水源までの平均距離は57.03メートルである。

キガリ市の世帯の平均距離は281.48mであるのに対し、都市周辺部のSectorでは1,037.90mとなっている。都市部では200m以下の距離に住んでいる世帯が71.4%と多く、都市周辺部のSectorでは500m以下の距離に住んでいる世帯が多くなっている。

改善された飲料水源を利用できる世帯は、ほとんど200m以下の距離に住んでいる(57.0%)一方で、改善された飲料水源を利用できない世帯は、500m以上の長距離を移動しなければならない(70.1%)。

表 11.2-10 世帯の最寄りの飲料水水源までの距離 (%)

	Average	Less or equal 200 m	Less or equal 500 m	Above 500 m	Total	Count Total Sample
<b>All area</b>	665.20	50.00	61.17	38.83	100.00	412
<b>Urban/rural</b>						
Rural	865.31	35.81	49.68	50.32	100.00	310
Urban	57.03	93.14	96.08	3.92	100.00	102
<b>Sex HH Head</b>						
Female	661.97	53.26	67.39	32.61	100.00	92
Male	666.13	49.06	59.38	40.63	100.00	320
<b>Kigali City/peri-urban area (sectors)</b>						
City of Kigali sectors	281.48	71.43	79.80	20.20	100.00	203
Peri-urban Area sectors	1037.90	29.19	43.06	56.94	100.00	209
<b>Quantiles</b>						
Q1	818.36	32.18	51.72	48.28	100.00	87
Q2	847.40	45.00	51.25	48.75	100.00	80
Q3	721.49	44.83	59.77	40.23	100.00	87
Q4	555.79	56.12	66.33	33.67	100.00	98
Q5	297.28	80.00	81.67	18.33	100.00	60
<b>Source of Water (Drink)</b>						
Improved	575.68	57.01	68.36	31.64	100.00	335
Not Improved	1054.68	19.48	29.87	70.13	100.00	77

出典：Socio-economic survey, July 2019

### 11.2.2.3 水が入手できない場合の最寄りの水源との往復にかかる時間

最寄りの水源から常に水が得られるとは限らない。評価対象となった 412 世帯から得られたデータによると、水が手に入らない場合に代替水源を探すのに 1 日あたり 30 分かかかる世帯が 20.9%、30 分から 60 分または 1 時間かかる世帯が 17.0%、1 時間以上かかる世帯が 18.2%であった。

都市部では代替の水源を探す世帯が 75.5%で、そのうち 40.2%の世帯が 30 分以下で水を確保できる。しかし、村落部で代替水源を探している世帯の割合は 49.7%で、近くの水源から水が得られない場合、30 分以内に水を見つけることができる世帯は 49.7%のうち 14.5%しかない。村落部と比較して、都市部に住む人々は代替水源を見つける機会がある。

改善された飲料水源を利用できない世帯では、代替の水源を探しているのは 27.3%であり、そのうち代替水源を見つけることができたのは 9.1%であった。

表 11.2-11 水が利用できなかったとき最寄りの代替水源との往復時間 (%)

	less or 30 Min	Between 30 to 60 min	Above 60 Min	Not Identified	Total	Grand Total
<b>All area</b>	20.87	16.99	18.20	43.93	100.00	412
<b>Urban/rural</b>						
Rural	14.52	15.16	20.00	50.32	100.00	310
Urban	40.20	22.55	12.75	24.51	100.00	102
<b>Sex HH Head</b>						
Female	26.09	15.22	21.74	36.96	100.00	92
Male	19.38	17.50	17.19	45.94	100.00	320
<b>Kigali City/peri-urban area (sectors)</b>						
City of Kigali sectors	23.65	22.66	23.65	30.05	100.00	203
Peri-urban Area sectors	18.18	11.48	12.92	57.42	100.00	209
<b>Quantiles</b>						
Q1	11.49	11.49	19.54	57.47	100.00	87
Q2	16.25	16.25	21.25	46.25	100.00	80
Q3	21.84	24.14	16.09	37.93	100.00	87
Q4	22.45	16.33	17.35	43.88	100.00	98
Q5	36.67	16.67	16.67	30.00	100.00	60
<b>Source of Water (Drink)</b>						
Improved	23.58	19.10	20.00	37.31	100.00	335
Not Improved	9.09	7.79	10.39	72.73	100.00	77

出典：Socio-economic survey, July 2019

#### 11.2.2.4 水源での待ち時間（家庭用および飲料水用）

水源地での待ち時間は、水源や水道サービスへのアクセス性を評価するもう一つの指標である。結果は、一般的に待ち時間が 60 分未満であることを示している（55.3%）。これは、生活用水（55.3%）と飲料水（54.1%）の両方に当てはまる。

都市部では、ほとんどの家庭が住居に配管されている／庭や敷地に配管されている（78.4%）。そのため、待ち時間を過ごす人は非常に限られている（25.5%）。しかし、村落部では、生活用水源での待ち時間が 60 分以下の世帯は 66.5%、飲料水源での待ち時間が 63.2%となっている。

改良された飲料水源を利用できない世帯は、都市部でも村落部でも同じような状況である。生活用水（70.1%）と飲料水（68.8%）の待ち時間が 60 分以下となっている。

表 11.2-12 家庭用水源/飲料水源での待ち時間(%)

	Waiting Time Domestic Water Source				Waiting time Drinking Water Source			
	Less or 30 min	Less or 60 min	Above 60 min	Not Responded	Less or 30 min	Less or 60 min	Above 60 min	Not Responded
<b>All area</b>	38.59	55.34	19.17	25.49	34.95	54.13	21.36	24.51
<b>Urban/rural</b>								
Rural	46.77	66.45	24.19	9.35	39.68	63.23	27.10	9.68
Urban	13.73	21.57	3.92	74.51	20.59	26.47	3.92	69.61
<b>Sex HH Head</b>								
Female	43.48	59.78	17.39	22.83	41.30	55.43	20.65	23.91
Male	37.19	54.06	19.69	26.25	33.13	53.75	21.56	24.69
<b>Kigali City/peri-urban area (sectors)</b>								
City of Kigali sectors	32.51	46.80	11.82	41.38	35.96	47.78	13.30	38.92
Peri-urban Area sectors	44.50	63.64	26.32	10.05	33.97	60.29	29.19	10.53
<b>Quantiles</b>								
Q1	43.68	70.11	19.54	10.34	39.08	66.67	21.84	11.49
Q2	46.25	65.00	23.75	11.25	43.75	65.00	23.75	11.25
Q3	43.68	59.77	19.54	20.69	35.63	56.32	22.99	20.69
Q4	33.67	46.94	22.45	30.61	30.61	46.94	25.51	27.55
Q5	21.67	28.33	6.67	65.00	23.33	30.00	8.33	61.67
<b>Source of Water (Drink)</b>								
Improved	38.21	51.94	16.72	31.34	34.33	50.75	19.40	29.85
Not Improved	40.26	70.13	29.87	0.00	37.66	68.83	29.87	1.30
<b>Settlement</b>								
Isolated rural housing	46.73	61.68	30.84	7.48	42.99	61.68	30.84	7.48
Model Village	0.00	0.00	7.14	92.86	7.14	7.14	7.14	85.71
Modern planned area	50.00	50.00	0.00	50.00	50.00	50.00	0.00	50.00
Umudugudu/ Small Settlement	56.25	75.00	0.00	25.00	37.50	50.00	18.75	31.25
Unplanned clusted rural housing	45.20	68.36	20.90	10.73	36.72	64.97	24.29	10.73
Unplanned urban housing	19.79	29.17	8.33	62.50	26.04	33.33	8.33	58.33

出典： Socio-economic survey, July 2019

#### 11.2.2.5 水汲みの責任

都市部では約半数の世帯が水汲みを外注しており（家政婦、売り子）、その割合は 48.5%である。一方村落部では、家族（家族全員、子供、娘、夫、息子、妻）が水汲みを行っている。また、子供と妻の割合が相対的に高い。

改善された水源が利用できない世帯の場合、都市部でも村落部でも同じだが、妻が水を汲む割合が他の家族よりも高い。

表 11.2-13 世帯員の水汲み責任分担 (%)

	Who Fetch water in HHs											Total Sample
	All families	Children	Daughter	House keepers	Husband	Husband and children	Sellers	Son	Wife	Wife and children	Total	
<b>All area</b>	19.70	16.20	4.90	16.70	7.90	0.50	9.30	6.10	18.40	0.20	100.00	412
<b>Urban/rural</b>												
Rural	21.30	17.40	5.50	11.60	10.00	0.60	7.40	5.80	20.00	0.30	100.00	310
Urban	14.40	12.40	3.10	33.00	1.00	0.00	15.50	7.20	13.40	0.00	100.00	102
<b>Sex HH Head</b>												
Female	13.00	21.70	8.70	14.10	0.00	0.00	6.50	9.80	26.10	0.00	100.00	92
Male	21.60	14.60	3.80	17.50	10.20	0.60	10.20	5.10	16.20	0.30	100.00	320
<b>Kigali City/peri-urban area (sectors)</b>												
City of Kigali sectors	19.20	17.70	4.50	22.70	4.50	0.50	10.60	6.10	13.60	0.50	100.00	203
Peri-urban Area sectors	20.10	14.80	5.30	11.00	11.00	0.50	8.10	6.20	23.00	0.00	100.00	209
<b>Quantiles</b>												
Q1	23.30	15.10	5.80	8.10	11.60	0.00	3.50	10.50	22.10	0.00	100.00	87
Q2	20.00	13.80	7.50	6.30	15.00	1.30	6.30	6.30	23.80	0.00	100.00	80
Q3	24.40	18.60	8.10	7.00	7.00	0.00	9.30	7.00	18.60	0.00	100.00	87
Q4	16.70	18.80	2.10	24.00	4.20	1.00	7.30	4.20	20.80	1.00	100.00	98
Q5	11.90	13.60	0.00	45.80	0.00	0.00	25.40	1.70	1.70	0.00	100.00	60
<b>Source of Water (Drink)</b>												
Improved	19.10	15.50	5.20	17.90	7.00	0.60	10.00	6.70	17.90	0.30	100.00	335
Not Improved	22.10	19.50	3.90	11.70	11.70	0.00	6.50	3.90	20.80	0.00	100.00	77

出典：： socio-economic survey, June-July 2019

#### 11.2.2.6 使用水量（飲料水および家庭用水）

国家政策 National Policy において、適切とされる給水状態は、給水量（村落部では最低 20 リットル/人/日、都市部では 80 リットル/人/日）として示されている。この指標（水使用量）についての調査結果は、村落地域では、ほとんどの世帯の 1 日あたりのジェリ缶（1 缶 20 リットル）使用量は、1～3 缶であることを示している。都市部では、家庭用水の使用量が村落部に比べ多い値を示している。大多数は、1 日あたりの 4～6 缶のジェリ缶（47.1%）を使用している。

改善された水源が利用できない世帯の場合、利用状況は農村部と同様である。水の平均使用量は、1 日あたりのジェリ缶の使用量は 1～3 缶（67.5%）である。

Table 11.2-1 世帯別飲料水と家庭用水の使用量 (%)

	Quantity of water Drink (Jerrican <sup>1</sup> per Day)			Quantity of water Domestic (Jerrican per Day)			Total	Total Sample
	1-3	4-6	7+	1-3	4-6	7+		
<b>All area</b>	51.21	38.83	9.95	52.18	35.92	11.89	100.00	412
<b>Urban/rural</b>								
Rural	53.23	36.13	10.65	58.71	32.26	9.03	100.00	310
Urban	45.10	47.06	7.84	32.35	47.06	20.59	100.00	102
<b>Sex HH Head</b>								
Female	57.61	35.87	6.52	59.78	31.52	8.70	100.00	92
Male	49.38	39.69	10.94	50.00	37.19	12.81	100.00	320
<b>Kigali City/peri-urban area (sectors)</b>								
CoK sectors	51.72	39.90	8.37	39.90	43.84	16.26	100.00	203
Peri-urban Area sectors	50.72	37.80	11.48	64.11	28.23	7.66	100.00	209
<b>Quantiles</b>								
Q1	58.62	31.03	10.34	62.07	32.18	5.75	100.00	87
Q2	55.00	35.00	10.00	66.25	30.00	3.75	100.00	80
Q3	51.72	41.38	6.90	65.52	27.59	6.90	100.00	87
Q4	48.98	41.84	9.18	46.94	39.80	13.27	100.00	98
Q5	38.33	46.67	15.00	8.33	55.00	36.67	100.00	60
<b>Source of Water (Drink)</b>								
Improved	51.34	39.10	9.55	48.66	38.81	12.54	100.00	335
Not Improved	50.65	37.66	11.69	67.53	23.38	9.09	100.00	77

出典: Socio-economic survey, July 2019

### 11.2.2.7 水道サービスの信頼性と水の可用性

もう一つの評価指標は水道サービスの信頼性、すなわち、特に水道サービスに接続されている世帯や公共の蛇口から水を得ている世帯における水の利用の頻度で評価した。その結果、28.6%の世帯が、調査前の7日間に不安定な給水を経験していた。さらに、26.3%が週に1~2回、35.6%が週に3~5回、38.1%が週に6回以上の頻度で不安定な給水に直面しており、都市部(76.5%)、村落部の12.9%と比べ、給水が不安定なことがわかる。次の表は調査前7日間の水の不安定化する頻度を示している。

この点については、改善された水水源が利用できない世帯では、ほとんど変動がない(1.3%)ため、都市部に比べて水源の信頼性は高い。

<sup>1</sup> 1 Jerrican=20liters



表 11.2-14 世帯別調査前7日間の断水頻度(%)

	% faced water fluctuation	1-2	3-5	6+	Total	Total Faced water fluctuation	Total Sample
<b>All area</b>	28.64	26.27	35.59	38.14	100.00	118	412
<b>Urban/rural</b>							
Rural	12.90	17.50	57.50	25.00	100.00	40	310
Urban	76.47	30.77	24.36	44.87	100.00	78	102
<b>Sex HH Head</b>							
Female	32.61	33.33	43.33	23.33	100.00	30	92
Male	27.50	23.86	32.95	43.18	100.00	88	320
<b>Kigali City/peri-urban area (sectors)</b>							
City of Kigali sectors	48.77	27.27	36.36	36.36	100.00	99	203
Peri-urban Area sectors	9.09	21.05	31.58	47.37	100.00	19	209
<b>Quantiles</b>							
Q1	14.94	23.08	53.85	23.08	100.00	13	87
Q2	16.25	23.08	38.46	38.46	100.00	13	80
Q3	22.99	35.00	25.00	40.00	100.00	20	87
Q4	31.63	25.81	29.03	45.16	100.00	31	98
Q5	68.33	24.39	39.02	36.59	100.00	41	60
<b>Source of Water (Drink)</b>							
Improved	34.93	26.50	35.04	38.46	100.00	117	335
Not Improved	1.30	0.00	100.00	0.00	100.00	1	77
<b>Settlement</b>							
Isolated rural housing	12.15	15.38	69.23	15.38	100.00	13	107
Model Village	92.86	30.77	23.08	46.15	100.00	13	14
Modern planned area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	2
Umudugudu/ Small Settlement	43.75	28.57	57.14	14.29	100.00	7	16
Unplanned clusted rural housing	13.56	20.83	37.50	41.67	100.00	24	177
Unplanned urban housing	63.54	29.51	27.87	42.62	100.00	61	96

出典： : socio-economic survey, July 2019

### 11.2.3 給水サービスへの支出と支払い意思

現状の給水サービスに対する支出と支払い意思（金額）以下と考えられる

- 給水事者（WASAC）に対する支払いは、間接的に行われている(81.8%)
- 給水業者への直接の支払いは、概ね毎月 10,000 Rwf
- 民間輸送業者の場合にも、支払いは、毎月 10,000 Rwf
- 既に接続されている世帯を除き、92.3%は、接続意思がある
- 有料の給水サービスに対する忠誠心（選好）は、都市部で 17.7%、村落地域で 7.6%、そして、入手手段がない地域では 2.6%

#### 11.2.3.1 WASAC による水道サービスに対する月別支出

このセクションでは、前月に WASAC に支払った水道サービスの平均額を評価する。水道料金を支払う人の数は、水を利用できる人の数とは異なるため、毎月の支出に関する質問に回答した世帯は約 20%にすぎない。

調査結果によると、前月（インタビュー日以前の支払いについて）に 10,000Rwfs 以下の額を支払った回答者は 14.6%、10,001～43,000Rwfs の額を支払った回答者は 3.6%であり、都市部の世帯ではより多くの金額を支払っている。実際、都市部の世帯の 35.3%が 10,000Rwfs 以下の支払いをしているのに対し、村落部の同様の世帯は 7.7%だった。

表 11.2-15 WASAC が行う水道事業への調査前月の支払い(%)

	0-10,000	10,001-43,000	Not paying WASAC Bill	Total	Count Total Sample
<b>All area</b>	14.56	3.64	81.80	100.00	412
<b>Urban/rural</b>					
Rural	7.74	1.29	90.97	100.00	310
Urban	35.29	10.78	53.92	100.00	102
<b>Sex HH Head</b>					
Female	11.96	4.35	83.70	100.00	92
Male	15.31	3.44	81.25	100.00	320
<b>Kigali City/peri-urban area</b>					
City of Kigali	23.15	6.40	70.44	100.00	203
Peri-urban Area	6.22	0.96	92.82	100.00	209
<b>Quantiles</b>					
Q1	6.90	1.15	91.95	100.00	87
Q2	11.25	0.00	88.75	100.00	80
Q3	14.94	2.30	82.76	100.00	87
Q4	19.39	3.06	77.55	100.00	98
Q5	21.67	15.00	63.33	100.00	60
<b>Source of Water (Drink)</b>					
Improved	17.91	4.48	77.61	100.00	335
Not Improved	0.00	0.00	100.00	100.00	77

出典：：socio-economic survey, July 2019

### 11.2.3.2 水に対する支払い意思と金額

水が利用できない場合、家計は代替水源から水を買うか、無料の水源から水を汲むため、「20Lの水にかかる費用」は、支払い意思と水の消費量に応じて支払う金額と考えることができる。その結果、ほとんどの世帯が価格を特定せず無料の水を使用していることが明らかになった。

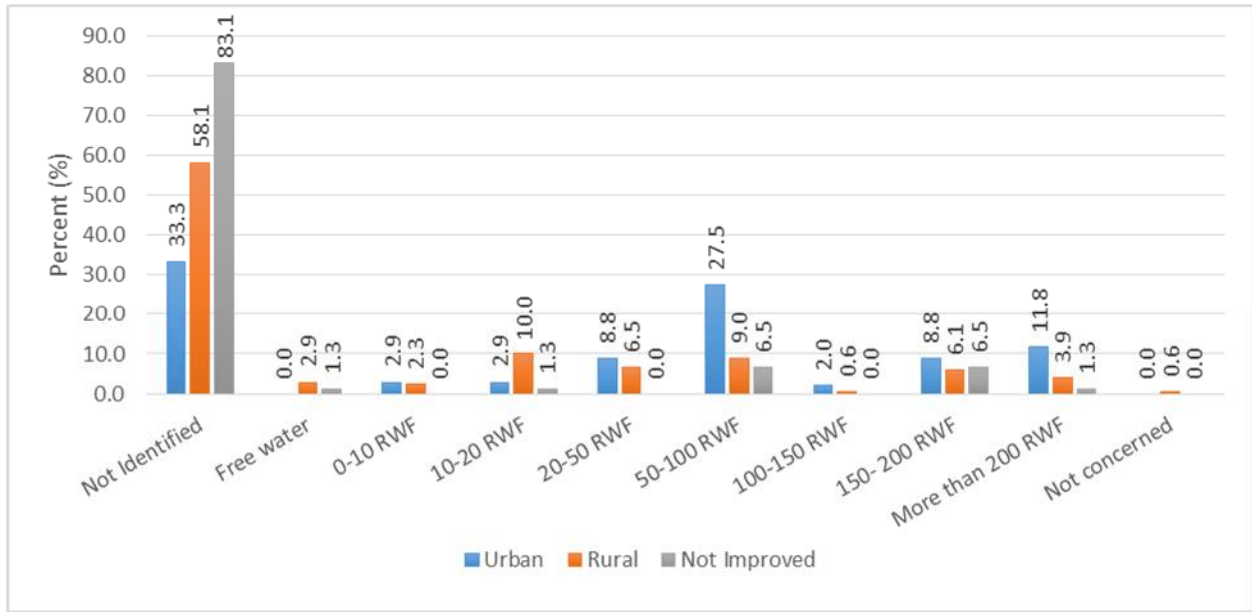
- 支払い意欲は非常に低い（51.9%が価格を把握しておらず、2.2%が無料の水を利用している）。

都市部では、3分の1の世帯が金額を明らかにしていないが、残りの世帯の半数が水1ジェリカンあたり 50～100Rwf を支払うことができる。村落部では3分の2の世帯が金額を明らかにしておらず、残りの半分の世帯が1ジェリカンあたり 20～50Rwf を支払うことができる。

表 11.2-3 から、村落部と都市部の平均世帯人数は 5.2 人であることが分かる。したがって、水の最低使用量である 20 リットル/人/日を参考にすると、以下の金額が 1 ヶ月の水使用量に対する支払額と考えられる。

都市部の場合  $15,600(\text{Rwf/日})=100(\text{Rwf/ジェリカン})\times 5.2(\text{HH サイズ})\times 30(\text{人日})$

村落部の場合  $7,800(\text{Rwf/日})=50(\text{Rwf/ジェリカン})\times 5.2(\text{HH サイズ})\times 30(\text{人日})$



出典：調査団

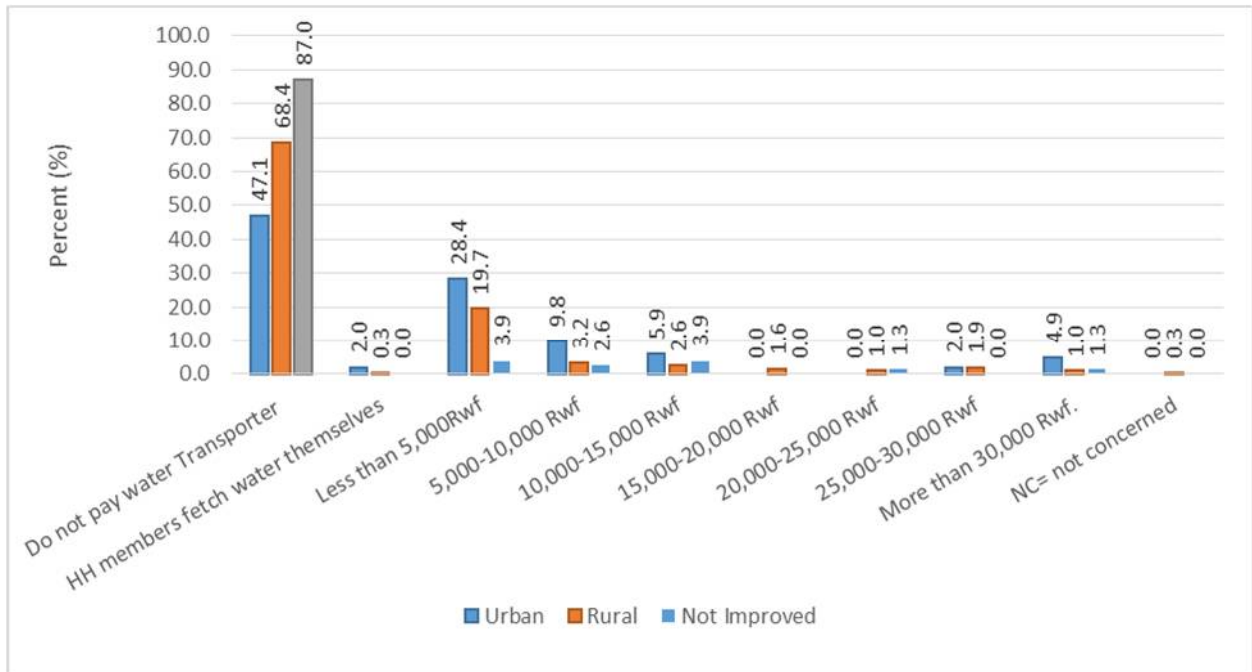
図 11.2-1 水への支払い意思の分布(代替の給水業者への支払額)

表 11.2-16 水(20l)ジェリカン1杯の対価 水が入手できなかった場合 (%)

	Not Identified	Free water	0-10 Rwf	10-20 Rwf	20-50 Rwf	50-100 Rwf	100-150 Rwf	150- 200 Rwf.	More than 200 Rwf	NC= Not concerned	Total	Grand Total
<b>All area</b>	51.9	2.2	2.4	8.3	7.0	13.6	1.0	6.8	5.8	0.9	100.0	412
<b>Urban/rural</b>												
Rural	58.1	2.9	2.3	10.0	6.5	9.0	0.6	6.1	3.9	0.6	100.0	310
Urban	33.3	0.0	2.9	2.9	8.8	27.5	2.0	8.8	11.8	0.0	100.0	102
<b>Sex HH Head</b>												
Female	54.3	1.1	2.2	8.7	5.4	14.1	0.0	7.6	6.5	0.0	100.0	92
Male	51.3	2.5	2.5	8.1	7.5	13.4	1.3	6.6	5.6	1.2	100.0	320
<b>Kigali City/peri-urban area (sectors)</b>												
City of Kigali sectors	38.9	1.0	3.0	11.8	7.4	19.2	2.0	7.9	8.4	0.5	100.0	203
Peri-urban Area sectors	64.6	3.3	1.9	4.8	6.7	8.1	0.0	5.7	3.3	1.5	100.0	209
<b>Quantiles</b>												
Q1	65.5	3.4	2.3	1.1	11.5	6.9	0.0	4.6	3.4	1.1	100.0	87
Q2	60.0	2.5	0.0	8.8	7.5	7.5	2.5	3.8	7.5	0.0	100.0	80
Q3	52.9	2.3	3.4	8.0	4.6	9.2	1.1	12.6	5.7	0.0	100.0	87
Q4	42.9	0.0	5.1	11.2	4.1	23.5	0.0	5.1	6.1	2.0	100.0	98
Q5	35.0	3.3	0.0	13.3	8.3	21.7	1.7	8.3	6.7	1.7	100.0	60
<b>Source of Water (Drink)</b>												
Improved	44.8	2.4	3.0	9.9	8.7	15.2	1.2	6.9	6.9	1.2	100.0	335
Not Improved	83.1	1.3	0.0	1.3	0.0	6.5	0.0	6.5	1.3	0.0	100.0	77

出典：Socio-economic survey, July 2019

さらに、水源が確保できない場合に、様々な水源から水を調達してくる民間輸送業者から水を購入している世帯があることも判明した。調査結果によると、輸送業者への支払い額は、10-15 千 Rwfs の間で 3.40%、15-20 千 Rwfs の間で 1.21%、20-25 千 Rwfs の間で 0.73%、25-30 千 Rwfs の間で 1.94%、5-10 千 Rwfs の間で 4.85%、5 千 Rwfs 以下で 21.84%、3 万 Rwfs 以上で 1.94%、全く支払わずに家族が水を汲みに行く世帯は 0.73%だった。村落部の家庭では、自分たちで水を汲みに行くため水を運ぶための費用が少なくなっている。



出典：調査団

図 11.2-2 支払い意思の分布・水輸送サービスに対する支払い

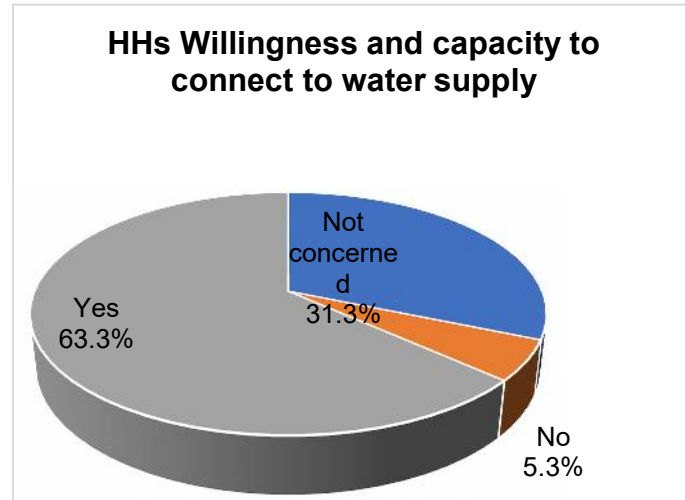
表 11.2-17 水輸送に対する対価 水が入手できなかった場合 (%)

	Do not pay water Transporter	HH members fetch water themselves	Less than 5,000Rwf	5,000-10,000 Rwf	10,000-15,000 Rwf	15,000-20,000 Rwf	20,000-25,000 Rwf	25,000-30,000 Rwf	More than 30,000 Rwf.	NC= not concerned	Total	Grand Total
<b>All area</b>	63.11	0.73	21.84	4.85	3.40	1.21	0.73	1.94	1.94	0.24	100.00	412
<b>Urban/rural</b>												
Rural	68.39	0.32	19.68	3.23	2.58	1.61	0.97	1.94	0.97	0.32	100.00	310
Urban	47.06	1.96	28.43	9.80	5.88	0.00	0.00	1.96	4.90	0.00	100.00	102
<b>Sex HH Head</b>												
Female	66.30	0.00	22.83	3.26	2.17	0.00	0.00	3.26	2.17	0.00	100.00	92
Male	62.19	0.94	21.56	5.31	3.75	1.56	0.94	1.56	1.88	0.31	100.00	320
<b>Kigali City/Peri-urban area (sectors)</b>												
City of Kigali sectors	51.72	1.48	31.03	6.90	3.45	0.49	0.00	1.97	2.96	0.00	100.00	203
Peri-urban Area sectors	74.16	0.00	12.92	2.87	3.35	1.91	1.44	1.91	0.96	0.48	100.00	209
<b>Quantiles</b>												
Q1	79.31	1.15	11.49	2.30	2.30	0.00	0.00	1.15	1.15	1.15	100.00	87
Q2	72.50	0.00	15.00	5.00	3.75	0.00	0.00	1.25	2.50	0.00	100.00	80
Q3	64.37	1.15	20.69	5.75	4.60	1.15	1.15	0.00	1.15	0.00	100.00	87
Q4	53.06	1.02	29.59	5.10	3.06	3.06	2.04	3.06	0.00	0.00	100.00	98
Q5	41.67	0.00	35.00	6.67	3.33	1.67	0.00	5.00	6.67	0.00	100.00	60
<b>Source of Water (Drink)</b>												
Improved	57.61	0.90	25.97	5.37	3.28	1.49	0.60	2.39	2.09	0.30	100.00	335
Not Improved	87.01	0.00	3.90	2.60	3.90	0.00	1.30	0.00	1.30	0.00	100.00	77

出典：： Socio-economic survey, July 2019

### 11.2.3.3 給水サービスへの接続意思

現状で地域やルワンダ全体の水路や配水システムへの接続は、配水企業や機関、開発パートナーの主導で行われるか、世帯自身で行われている。評価対象となった世帯のうち、63.3%は接続する意思があり料金の支払いを行っているが、5.3%は接続する意思がないことが確認された。結果の内、31.3%の世帯はすでに接続されているため回答はなかった。



出典 : : Socio-economic survey, July 2019

図 11.2-3 世帯の給水サービスへの接続意思の分布

#### 11.2.3.4 給水サービスの選好

この調査では、接続されておらず、水を買うお金もない人々が、どのようにして水を手に入れているかを理解しようとしている。さらに、特に都市部では、各世帯がどの程度水道サービスを選考するのかを確認したところ、17.7%であった。(お金を借りて買う 5.9%、近所の人から水をもらう 11.8%)。しかし、ほとんどの世帯が川の水や湖から無料で水を汲んでいる(77.7%)。

表 11.2-18 お金がない場合に、水入手する代替手段 (%)

	When there is no money to buy water in case unavailable						Total
	Not Concerned or attended	Borrow money to buy	Get water from neighbors	Go for river water/ lake	Prefer to stay disconnected	Water is always available	
<b>All area</b>	8.00	3.90	6.10	77.70	0.70	3.60	100.00
<b>Urban/rural</b>							
Rural	6.10	3.20	4.20	82.90	1.00	2.60	100.00
Urban	13.70	5.90	11.80	61.80	0.00	6.90	100.00
<b>Sex HH Head</b>							
Female	5.40	1.10	6.50	84.80	0.00	2.20	100.00
Male	8.80	4.70	5.90	75.60	0.90	4.10	100.00
<b>Kigali City/Peri-urban area (sectors)</b>							
City of Kigali sectors	8.90	5.40	8.40	72.90	0.00	4.40	100.00
Peri-urban Area sectors	7.20	2.40	3.80	82.30	1.40	2.90	100.00

	When there is no money to buy water in case unavailable						
	Not Concerned or attended	Borrow money to buy	Get water from neighbors	Go for river water/ lake	Prefer to stay disconnected	Water is always available	Total
<b>Quantiles</b>							
Q1	3.40	4.60	3.40	87.40	0.00	1.10	100.00
Q2	5.00	3.80	3.80	83.80	1.30	2.50	100.00
Q3	6.90	5.70	3.40	78.20	1.10	4.60	100.00
Q4	9.20	2.00	11.20	74.50	1.00	2.00	100.00
Q5	18.30	3.30	8.30	60.00	0.00	10.00	100.00
<b>Source of Water (Drink)</b>							
Improved	9.00	4.20	7.50	75.80	0.30	3.30	100.00
Not Improved	3.90	2.60	0.00	85.70	2.60	5.20	100.00

出典： : socio-economic survey, July 2019

#### 11.2.4 給水サービスの恩恵

給水サービスから得られる主な恩恵は、健康状態の改善によって裏付けられる。医療相談に関して、都市部では病気になる機会が少ない。このことから次のように考えられる。

- 都市部の世帯は、改善された水を手に入れない世帯に比べて、医療機関で受診に至るリスクが少ない（16.8%）。
- 都市部の世帯は、村落地域の世帯（19.1%）や改善された水を利用できない世帯（35.3%）に比べて、水系伝染病にかかるリスクが少ない。

##### 11.2.4.1 世帯の健康状態

EICV5によると、ルワンダの全人口の約20%が、調査前4週間に医療機関を受診していた。都市部でも村落部でも、医療機関にかかる主な理由は「病気」であり、病気以外で医療機関を受診した理由としては、都市部では予防接種、村落部では一般的な診察・予防医療が最も多くなっていた。

今回の調査で、評価対象となった世帯の58.7%が、構成員の少なくとも1人は、医療相談をしており、その主な理由は病気であった。また、医療相談を行っている世帯の多くは村落部の世帯（61.0%）である。医療相談を行った世帯のうち、改善された飲料水の入手ができない世帯は68.8%で、都市部（52.0%）と比較すると、その割合はほぼ10%かそれ以上高い状態である。



表 11.2-19 直近4週間に医療相談を行った世帯 (%)

Row Labels	% making medical consultation within last 4 weeks	Reason for Consultation									Number of households with member making medical consultation	Total Sample
		General visit or preventive	Injury	Other (specify)	Postnatal care	Prenatal care	Sickness and injury	Sickness.	Vaccination	Total		
<b>All area</b>	<b>58.74</b>	<b>1.24</b>	<b>3.31</b>	<b>0.41</b>	<b>4.13</b>	<b>5.37</b>	<b>0.41</b>	<b>84.71</b>	<b>0.41</b>	<b>100</b>	<b>242</b>	<b>412</b>
<b>Urban/Rural Area</b>												
Rural	60.97	0.53	3.7	0.53	5.29	6.35	0.00	83.07	0.53	100	189	310
Urban	51.96	3.77	1.89	0.00	0.00	1.89	1.89	90.57	0.00	100	53	102
<b>Kigali City/peri-urban area (Sectors)</b>												
City of Kigali sectors	55.17	0.89	2.68	0.00	3.57	3.57	0.89	87.5	0.89	100	112	203
Peri-urban Area sectors	62.2	1.54	3.85	0.77	4.62	6.92	0.00	82.31	0.00	100	130	209
<b>Sex of respondent</b>												
Male	56.25	1.11	3.33	0.56	3.89	6.67	0.00	83.89	0.56	100	180	320
Female	67.39	1.61	3.23	0.00	4.84	1.61	1.61	87.1	0.00	100	62	92
<b>Quintile</b>												
Q1	57.47	0.00	6.00	0.00	6.00	2.00	0.00	86	0.00	100	50	87
Q2	66.25	1.89	3.77	0.00	5.66	3.77	0.00	84.91	0.00	100	53	80
Q3	56.32	4.08	4.08	0.00	6.12	4.08	0.00	81.63	0.00	100	49	87
Q4	57.14	0.00	1.79	0.00	0.00	7.14	1.79	89.29	0.00	100	56	98
Q5	56.67	0.00	0.00	2.94	2.94	11.76	0.00	79.41	2.94	100	34	60
<b>Water Source (Drink)</b>												
Improved	56.42	1.59	2.65	0.53	3.70	5.82	0.53	84.66	0.53	100	189	335
Not Improved	68.83	0.00	5.66	0.00	5.66	3.77	0.00	84.91	0.00	100	53	77

出典: Socio-economic survey, July 2019

調査結果によると、31.1%の世帯が水系伝染病に苦しむメンバーが少なくとも1人いると報告しており、その主な原因は腸管虫だった。腸管虫患者は、すべての世帯（場所、地域、世帯主の性別、消費の多寡、改善されたまたは改善されていない飲料水源を利用）で共通して、大きな割合(72%)を占めている。ただ、都市部の世帯では腸管虫患者は 58.8%と低く、下痢の比率がその分 29.4%と高くなっている。

改善された飲料水源を利用できない人々は、質の悪い水に起因する病気に多く悩まされている (52.0%)。このことは、改善された水の提供が、質の悪い水に関連する病気を減らすために重要な役割を果たしていることを示している。

表 11.2-20 直近3ヶ月以内の水系伝染病罹患状況 (%)

	% of HHs suffered any sickness resulted by Poor water quality in Last 3 months	Diarrhea	Hepatitis A or E	Intestinal (beaver fever)	Intestinal worm	Other (Specify)	Typhoid fever	Total	Count HHs member suffered any Sickness	Total Sample
<b>All Area</b>	<b>31.07</b>	<b>19.53</b>	<b>0.78</b>	<b>0.78</b>	<b>76.56</b>	<b>1.56</b>	<b>0.78</b>	<b>100.00</b>	128	412
<b>Urban/rural</b>										
Rural	35.81	18.02	0.90	0.90	79.28	0.00	0.90	100.00	111	310
Urban	16.67	29.41	0.00	0.00	58.82	11.76	0.00	100.00	17	102
<b>Kigali City/peri-urban area (Sectors)</b>										
City of Kigali sectors	26.11	13.21	0.00	1.89	79.25	3.77	1.89	100.00	53	203
Peri-urban Area sectors	35.89	24.00	1.33	0.00	74.67	0.00	0.00	100.00	75	209
<b>Sex of HH Head</b>										
Female	23.91	18.18	4.55	0.00	72.73	4.55	0.00	100.00	22	92
Male	33.13	19.81	0.00	0.94	77.36	0.94	0.94	100.00	106	320
<b>Quintile</b>										
Q1	34.48	16.67	3.33	0.00	80.00	0.00	0.00	100.00	30	87
Q2	23.75	5.26	0.00	5.26	89.47	0.00	0.00	100.00	19	80
Q3	33.33	13.79	0.00	0.00	79.31	3.45	3.45	100.00	29	87
Q4	39.80	20.51	0.00	0.00	76.92	2.56	0.00	100.00	39	98
Q5	18.33	63.64	0.00	0.00	36.36	0.00	0.00	100.00	11	60
<b>Water Source Drink</b>										
Improved	26.27	19.32	0.00	0.00	77.27	2.27	1.14	100.00	88	335
Not Improved	51.95	20.00	2.50	2.50	75.00	0.00	0.00	100.00	40	77

出典: Socio-economic survey, July 2019

## 11.3 水質調査

### 11.3.1 検査項目

以下の表 11.3-1 に水質調査を行った際の検査項目及び分析方法を示す。

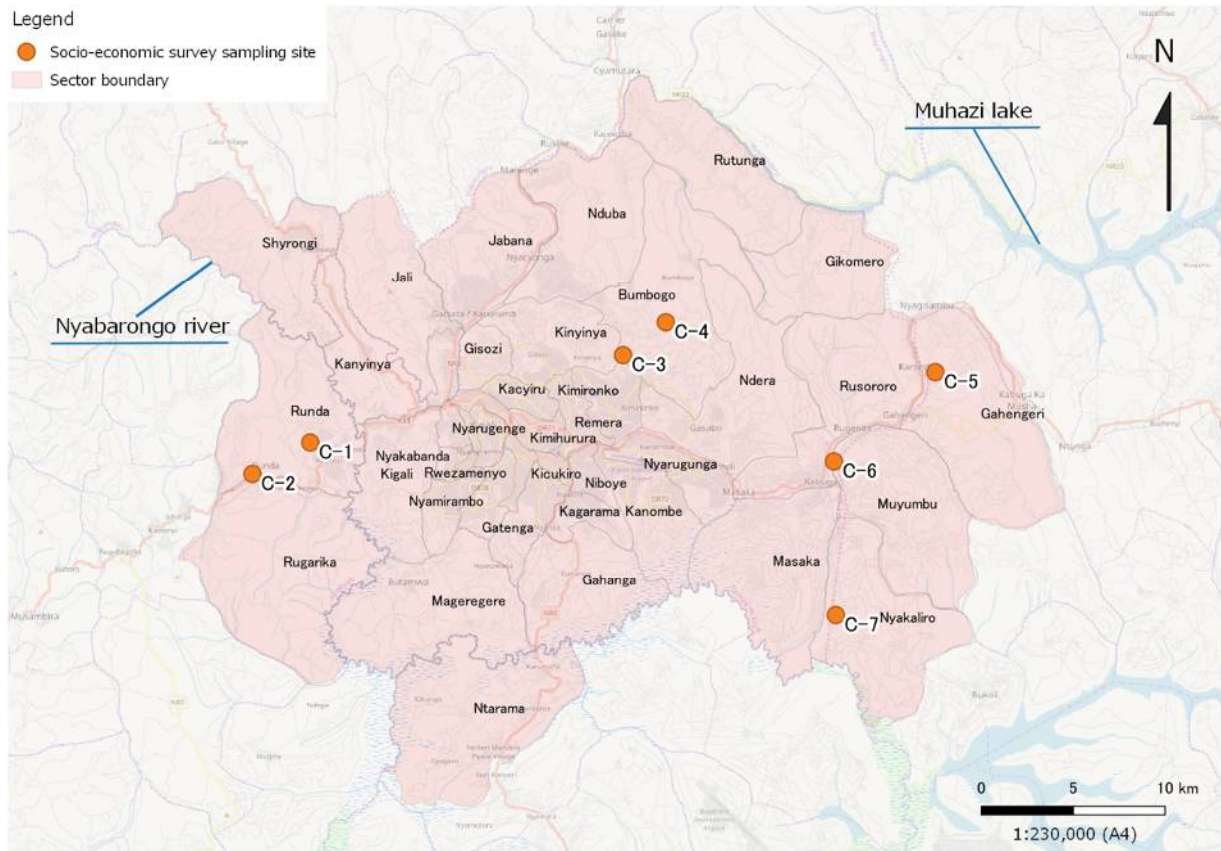
表 11.3-1 水質調査の検査項目及び分析方法

No.	Parameter	Analysis Method
1	Turbidity	Turbidity meter
2	Color	APHA method
3	pH	Electrochemistry method
4	Electric conductivity (EC)	Electrochemistry method
5	Total dissolved solids (TDS)	Electrochemistry method
6	Chloride (Cl <sup>-</sup> )	Titrimetric with Silver Nitrate
7	COD <sub>Cr</sub>	Digestion with Potassium Dichromate in closed reflux method
8	Nitrate nitrogen (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N)	Cadmium reduction method
9	Nitrite nitrogen (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	Diazotization method
10	Ammonia nitrogen (NH <sub>4</sub> -N)	Nessler method
11	Sulphate (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	Turbidimetric method
12	Iron (Fe)	Phenanthroline method
13	Manganese (Mn)	PAN indicator method
14	E. coli	Spread plate method
15	Dissolved oxygen (DO)	Electrochemistry method

出典：調査団

### 11.3.2 調査地点

図 11.3-1 と 表 11.3-2 により、標本の採取を行った地点の位置と座標を示す。



出典：調査団

図 11.3-1 標本採取地点の位置 (社会経済調査)

### 11.3.3 水質調査の結果

表 11.3-3 に調査結果を示す。全標本において、ルワンダ国の飲料水の水質基準 Rwanda Drinking Water Quality Standard を満たさない結果となった。主な問題は、濁度 (C-4、C-6)、pH (C2、C-3、C-5)、アンモニア (C-4)、鉄 (C-4、C-5、C-6)、マンガン (C-1、C-4、C-5、C-7) であった。したがって、これらの水源では、追加の処理プロセス (濁り、アンモニア、鉄、マンガンを除去するための曝気を伴うろ過など) が必要となる。可能であれば、WASAC は水質問題に直面している地域に公共の水道サービスを提供することが推奨される。

表 11.3-2 水質調査を行った公共給水がない地域の水源・標本採取を行った地点位置

No	Sector	Cell	Village	Name of Water Source	X	Y	Z	Current Status
C-1	Runda	Ruyenzi	Nyagacaca	Kadobogo	497425	4783339	1454	Damaged ground spring (it needs rehabilitation and extension)
C-2	Runda	Kabagesera	Bwirabo	Gashubi	494249	4781624	1455	Old ground spring (it needs rehabilitation and extension)
C-3	Bumbogo	Nyabikenke	Masizi	Masizi	514457	4788030	1421	Old ground spring (it needs rehabilitation and extension)
C-4	Bumbogo	Nyabikenke	Kiriza	Kiliza	516765	4789768	1508	Old ground spring (it needs rehabilitation and extension)
C-5	Gahengeri	Mutamwa	Ryasenteteri	Kamugasa	531443	4787059	1388	Ground water (hand pump)
C-6	Muyumbu	Nyarukombe	Marembo	Marembo	526005	4782240	1351	Ground water near marshland which can be obtained by forage
C-7	Nyakariro	Munini	Nyiramitemeri	Nyiramitemere	526066	4773924	1350	Ground water near marshland which can be obtained by forage

出典：調査団

表 11.3-3 公共給水がない地域の水源で行った水質調査の結果

No.	Sampling No.	Unit	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	RDWQS <sup>1)</sup>	WHO Guideline (2017)
	Sampling Date		2019/09/04	2019/09/04	2019/09/04	2019/09/05	2019/09/05	2019/09/05	2019/09/05		
1	Turbidity	NTU	3.08	2.36	0.65	11.00	1.17	6.83	2.16	5	5
2	Colour	TCU	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	15	15
3	pH		6.77	6.17	6.09	6.95	5.99	7.32	6.56	6.5-8.5	-
4	Electric Conductivity (EC)	μs/cm	439	243	300	374	240	456	597	1,500	-
5	Total dissolved solids (TDS)	mg/l	205.5	116.8	144.0	163.8	117.7	229.0	267.0	700	-
6	DO	mg/l	7.11	1.52	2.74	5.60	1.48	11.29	3.56	-	-
7	Chemical Oxygen Demand (COD <sub>Cr</sub> )	mg/l	<2	<2	<2	<2 <sup>3)</sup>	<2	<2	<2	-	-
8	Nitrate Nitrogen (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , as N)	mg/l	3.50	3.50	4.50	4.40	5.20	0.40	0.30	10	11.3
9	Nitrite Nitrogen (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , as N)	mg/l	<0.002	<0.002	<0.002	0.010	<0.002	<0.002	<0.002	0.001	0.9
10	Ammonia Nitrogen (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , as N)	mg/l	<0.02	<0.02	<0.02	0.80 <sup>3)</sup>	<0.02	0.37	0.25	0.5	-
11	Sulphate (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	62	54	32	49	41	31	31	300	-
12	Iron (Fe)	mg/l	0.27	0.24	0.08	1.05 <sup>3)</sup>	0.65	0.50	0.30	0.3	0.3
13	Manganese (Mn)	mg/l	0.257	0.084	0.002	2.100 <sup>3)</sup>	0.187	0.002	0.253	0.1	-
14	E. Coli	cfu/100ml	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected <sup>3)</sup>	Not detected	Not detected	Not detected	Not be detectable	Not be detectable

1) RDWQS: Rwanda Drinking Water Quality Standard

2) 11.00 means the value exceeding Rwanda Drinking Water Quality Standard

3) Additional survey is necessary because ammonia can be an indicator of human and animal waste pollution, however, COD and E. Coli are not detected. It is also considered that iron and manganese concentrations are abnormal.

出典：調査団

## 11.4 結論と提言

### 11.4.1 改善された水源が利用できない世帯の状況

改善された水へのアクセスがない世帯の主な特徴は以下のように考えられる。

- 都市部では改善された水を利用できない世帯は少ない（2.0%）。改善された水を利用できない世帯は、ほとんどが村落部に存在する。
- 主な収入源は農業活動である（61.0%）。
- 社会経済的地位の分布を見ると、Ubudehe の分類は他のグループと差異はない（失業率や家の所有などの社会経済的条件はほぼ同じ）。
- 教育水準はやや低い（大学レベル、中等教育修了者は都市部に比べて少ない） - 約 5~10%低い
- 世帯の平均支出は月 2 万 Rwf と非常に低く、都市部ではほぼ 5 分の 1、村落部では 3 分の 2 となっている。
- 大半の世帯は代替水源を持たない（72.7%）。
- 水汲みには家族が動員され、特に子供と妻が主要な労働力となっている。

給水業者への支払いが月 1 万 Rwf 以内であっても、これらの世帯にとっては支払いが困難である。給水サービスへの毎月の支出は、総支出の約半分を占めている。これらの世帯は、配水業者や運送業者への支払い能力がないため、自分たちで水を汲みに行くことを好む。上記の理由により、現時点では、政府が実施する取り組みがこれらの世帯に支援を提供したとしても（住居への配管、庭や地面、または公共の蛇口への配管の費用）、これらの世帯が使用料を支払うことは非常に困難である。

村落部の世帯は低品質の水のために相対的に健康状態が悪く、都市部の世帯（52.0%）よりも頻繁に医療機関を受診していた（68.8%）。また、水系の病気への感染率は水道を利用できない世帯（52.0%）が都市部（16.7%）の 3 倍となっている。

また、貧困のために、ジェンダーや児童労働への配慮がおろそかになっている可能性もある。水汲みには通常家族が動員され、特に水を利用できない世帯では、妻や子どもが水汲みをする割合が高くなっている。

### 11.4.2 接続意思と支払い意思

既に給水ネットワークに接続されている世帯以外のほとんどの世帯は、基本的に給水サービスに接続する意思を持っており、その割合は 92.2%となっている。しかし、都市部の世帯と比較して、村落部の世帯の支払い能力は非常に限られている。

- 世帯の毎月の支出は 1/3 である（都市部の平均支出は 93,000Rwf であるのに対し、村落部では 31,000Rwf）。
- 月々の水使用量に対する支払い意思額は、村落部では 1 世帯あたり月 7,800Rwf、都市部では月

15,600Rwfと推定される（この金額は、金額を明らかにしなかった回答者を考慮していない）。

- 分割払いでの接続に対する支払い意思額は、村落部、都市部ともに 1 世帯あたり月額 5,000Rwf 未満（この金額は金額を特定しなかった回答者を考慮していない）。

月に 7,800Rwfを支払うことは、村落部の家庭の平均的な月々の支出の 15%以上であり、現実的に支払える可能性は低いと考えられる。そのため料金の支払いに十分な資金がない場合、これらの世帯は川や湖から水を汲みたいと考えており、その割合は 77.7%となっている。つまり、たとえ水道の接続が提供されていたとしても、水道料金の支払いがその世帯の支払い能力を超えた場合、そのような世帯は水道サービスを利用せず、無料の水源を確保して水を得ることになる。

都市部では、上記のように水道サービスを利用しない場合、特に経済的に余裕のない世帯は、条件の良い代替水源を探すのに苦勞することになる。このような低所得世帯の生活を守るためには、都市化の恩恵を受けているコミュニティや、都市開発を強力に推進している政府による支援が必要である。

キガリ市に隣接している村落地域は遅かれ早かれ都市化すると考えられる。生活排水などの環境負荷の増加は、村落部の家庭の水源汚染の原因となる。水供給サービスの利用障害を防ぐための適切な対策がなければ、これらの世帯の生活を脅かすことになるため、村落部や都市部の貧困層への対応策が非常に重要となる。

日本（東京都水道局が水道事業を行っているのは東京都のみであるため、この例は東京都に限ったものであるが、同様の取り組みは日本全国で行われている）では、経済的に困窮している世帯に対して、水道料金の最低料金を免除する規定が設けられている。カンボジアでは、政府が支援するスキームがあり、住居への配管、庭や区画への配管など、個々の接続をサポートしている。持続可能な水供給サービスを確立するためには、施設の開発と並行して、このような公的支援スキームを開発する必要がある。

- 東京都では、以下の世帯を対象に、最低料金と月 10m<sup>3</sup> までの従量料金の合計額が免除または減額される。
  - 生活保護法に基づく生活扶助、教育扶助、住宅扶助、医療扶助、介護扶助などの公的扶助、児童養護手当、または
  - 特別児童養護手当を受給している（所得線以下の一人親家庭に 18 歳以下の児童がいる人、所得線以下の 20 歳以下の身体的・精神的障害を持つ児童を持つ親）。
- カンボジア政府の貧困削減政策のもと、国営水道協力会社は 1999 年から「低所得者向けのきれいな水」を実施している。
  - 水道料金を民間水道事業者の 3~9 倍安く設定する。
  - 低所得世帯を接続するための様々な分割払い政策や補助金を準備する。
  - 水道管は追加費用なしで屋内に接続され、WHO ガイドラインに準拠した清潔な水を提供す



る。

一方で、現在の顧客層（都市部の家庭）では頻繁に水が出ないことが報告されている。そのため、水を運ぶ業者から水を購入したり、家政婦に水を汲ませたり、家族を動員して水を汲んだり、料金以外の余分なコストが発生している。これは、現在の顧客の支払い能力があることを示し、より良い水供給サービスと引き換えになる。さらに、お金がない場合、人々はお金を借りたり、近所の人から水を借りたりする代わりに、自分で代替水源から水を汲むことを選択する傾向にある。

- 現在の顧客層は、水汲みのために余分な費用を支払わなければならない（都市部では、家政婦 33.0%、売人 15.5%が水汲みのための主な代替労働力となっている）。
- 顧客の多くは水道サービスを選好しない（都市部の世帯では、お金がないときに、借金などまでして水道サービスにとどまるのは 10.6%のみ）。

#### 11.4.3 現在の水源の状態

調査を行ったすべての水源でルワンダの飲料水品質基準をわずかに上回る指標が 1 つかそれ以上検出されたため、これらの水源では、追加の処理工程や WASAC による給水が必要となる。

この地域では都市化が急速に進んでいるにもかかわらず、保護されていない井戸や湧き水が、依然として飲料水の水源として使用されている。これは、改善された水へのアクセスがない世帯にとっては支えとなる状況であるが、キガリ市の都市化が進むにつれ、この状態は長くは続かないと想定される。このような湧き水や井戸を保護するための対策を始めた方が良いと考えられる。

#### 11.4.4 提言

以下に、現状を踏まえた提言を示す。

- 現在の顧客（都市部の世帯）は、料金を支払う潜在的な能力を持っている。そのため、サービスレベルの向上（24 時間 365 日の給水など）により、更なる WASAC の料金収入が期待できる。
- 都市部では、給水の潜在需要があるため、既存の給水サービスを改善することで利用者が増える可能性がある。WASAC の収入を増やす比較的容易な方法であると考えられる。
- 村落部や低所得者層に対しては、接続や水道料金の支援スキームの開発が必要である。
- 水質調査の結果、保護されていない水源は幸いなことにまだ利用の許容範囲内である。しかし、早急に保全が必要である。
- 村落部では、家計収入を得る機会が少なく、村落部の世帯は現時点では支払い能力が低い。
- 村落部での早期の給水サービスの提供は、公共水栓の設置と、保護された井戸、保護された湧き水から始めることができれば、水道サービスの冗長性を高めることができる。
- 現在、都市部でも水道の断水が頻発しているため、ほとんどの顧客が敷地外へ水を汲みに行く。このため、代替水源となっている公共水栓を撤去するのは時期尚早である。

## 第12章 戦略的環境アセスメント (SEA)

### 12.1 概要

マスタープラン調査では、開発オプションの優先順位を設定する際に、環境や社会への影響を考慮するための戦略的環境アセスメント Strategic Environmental Assessment (SEA) を実施する必要がある。マスタープラン内で、検討されたプロジェクトの内、カテゴリ A または B<sup>1</sup> のプロジェクトには、以下を含む ESC (Environmental Social Consideration 環境社会的配慮) の検討が必要となる。

- 代替案の検討と「プロジェクトを実施しない」場合の比較分析
- 考えられる環境への影響の評価
- 緩和策とモニタリングの計画

これらの ESC 調査は、入手しやすい情報と簡易な現地調査に基づいて、Initial Environmental Examination (IEE) レベルで行われる。

#### 12.1.1 調査の目的

SEA (Strategic Environmental Assessment 戦略的環境アセスメント) 検討の目的は、以下を達成することである。

- マスタープランに使用するマスターシナリオ、およびマスタープラン内の優先プロジェクト (15年投資計画) の潜在的な環境・社会的影響を特定・評価を行う。
- マスタープランの中で検討される開発プロジェクトが、潜在的に持つ重大な環境的および社会的悪影響を特定し、緩和策を提言するため、
- 代替案の策定、社会的環境配慮のスコoping、ベースライン調査、環境影響の評価、緩和策の作成、プロジェクトのモニタリング計画を行う。
- 調査結果や提言に関して、関係当局およびステークホルダーとのパブリックコンサルテーションや会議計画をサポート・準備する。

#### 12.1.2 SEA (Strategic Environmental Assessment 戦略的環境アセスメント) ガイドライン

SEA (戦略的環境アセスメント) は、戦略的環境アセスメントとして、ルワンダ国内ガイドラインと戦略的環境アセスメントの実施手順、JICA 環境社会配慮ガイドライン 2010年4月<sup>2</sup>に沿って検討が行われた。また、以下のガイダンス資料も考慮された。

- UNEP (2004)、EIA and SEA: Towards an Integrated Approach (EIAおよびSEA: 統合的アプローチに向けて)
- 世界銀行 (2011)、政策とセクター改革におけるSEA: 概念モデルと運用ガイダンス (SEA in Policy and Sector Reform: Conceptual Model and Operational Guidance)

<sup>1</sup> プロジェクトの影響を評価するために JICA が設定したカテゴリ。カテゴリ A は、環境や社会に重大な悪影響を与える可能性のあるプロジェクト。カテゴリ B は、環境や社会に悪影響を与える可能性のあるプロジェクトであるが、その影響はカテゴリ A のプロジェクトほどではない。

<sup>2</sup> [https://www.jica.go.jp/english/our\\_work/social\\_environmental/guideline/pdf/guideline100326.pdf](https://www.jica.go.jp/english/our_work/social_environmental/guideline/pdf/guideline100326.pdf)

### 12.1.3 SEA の実施手順

SEA 検討は、以下の手順で実施された。

- 1) 文献調査
- 2) ステークホルダーの分析と参加（パブリックコンサルテーションと参加）
- 3) ベースライン調査
- 4) Determining the nature and extent of impacts
- 5) 代替オプション分析
- 6) 緩和策の策定
- 7) モニタリング計画の策定

文献調査とベースライン調査の結果は、次の章に記載されている。

- CHAPTER 3 General Features of the Study Area
- CHAPTER 4. Government and Related Development Plans
- CHAPTER 5. Conditions of Existing Water Supply System

以降の章にある、マスターシナリオと投資計画に対して、影響評価、代替案の分析、緩和策、およびモニタリング計画を策定した。

- CHAPTER 13. Master Scenario (base water supply scenario for Master Plan)
- CHAPTER 14. The 15-Year Investment Plan

## 12.2 影響分析と代替案分析

一般的に、給水プロジェクトは比較的環境的に受け入れられるプロジェクトと考えられる。しかし給水プロジェクトによる悪影響の可能性は依然としてある。以下の表は、キガリ市および隣接する 7 つのセクターにおける給水プロジェクトによる影響の可能性とプロジェクトの考慮事項を示している。次の表は、提案されたシナリオの評価に基づいて、提案された施設に関連する環境問題の要約である。

表 12.2-1 キガリ市広域上水道マスタープランの潜在的な影響に関するスコーピングマトリックス

SEA Issues/issue		Ground water Priority	Surface water Priority	Without Project	Remark
Socio-economic	Land availability/ land tenure	-	--	0	
	Economy	+/-	+/-	-	
	Livelihoods	+/-	+/-	-	
	Aesthetics	+/-	+/-	0	
	Health/safety	+/-	+/-	-	
	Archeological Re 出典 s	-	-	0	
	Historical/culture Re 出典 s	-	-	0	
	Crop & Livestock productivity	-	--	0	
	Resettlement	-	--	0	

	Infrastructures	+/-	+/-	0	
Atmosphere	Climate Change Risks	-	--	0	
	Adaptation/Mitigation to Climate Change	+/-	-	0	
	Air quality	-	--	0	
Biodiversity	Sensitive habitat	-	--	0	
	Protected areas	-	--	0	
	Fauna	-	--	0	
	Flora	-	--	0	
Water Resources	Endangered species	0	0	0	So far there is no endangered species identified.
	Water quality	-	--	0	
	Water quantity	-	-	0	
	Ground water	--	-	0	
	Flood damage mitigation	+/-	--	0	
	Climate change adaptation	+	-	0	
	Surface water	-	--	0	
Soil	Soil erosion	-	--	0	
	Soil pollution	-	--	0	
	Wetland degradation	-	--	0	
Transboundary	Water resources	-	-	0	
	Protected Ecosystem	0	0	0	No transboundary protected ecosystem to be affected
	People movement	+/-	+/-	0	
	Natural disaster	-	-	0	No transboundary natural disaster anticipated
Waste management	Solid waste	-	--	0	
	Liquid waste	-	--	0	
	Hazardous waste/Chemical waste	-	--	0	
Occupational health and Safety	Worker's health and safety	-	-	0	
	Community health and safety	-	-	-	
+	Positive environmental and Social Impacts				
0	No foreseen effects (Positive or Negative)				
+/-	Potential positive and Negative impacts (Mixed Effect)				
-	Negative impacts/effects				
--	Relatively bidder negative impacts/effects				

出典: BESST LTD (prepared based on RWANDA SEA guidelines), 2019

### 12.2.1 シナリオの評価と比較

SEA (Strategic Environmental Assessment 戦略的環境アセスメント) では、給水シナリオの代替案として「プロジェクトを実施しない」案を評価することが重要である。評価では、各水供給シナリオを以下のプロセスで評価した。

- 現在の状況をそのままにしておく「プロジェクトを実施しない」オプションを評価する
- 判断基準に適合するか、代替給水シナリオを比較検討する

このマスタープランでは、異なるマスターシナリオが提案されている。これらのマスターシナリオでは、環境・社会的影響の観点からの主な違いは、水源が地下水と地表水であることである。したがって、SEA では、各オプションに関連する環境・社会的影響を理解するために、これらの2つのオプションと何もしないオプションを比較検討した。

### 12.2.1.1 地下水優先開発シナリオ

地下水優先水源開発シナリオの概要を次の表 12.2-2 に示す。

表 12.2-2 給水シナリオの概要(1)

Water supply scenario	Ground water prioritized water source development scenario
Overview	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water source development shall be prioritized on ground water (underflow water) that is advantageous on relatively better water quality. In the medium to long term, lake water from Mugesera Lake, or Muhazi Lake, and surface water from Nyabarongo River and Nyabugogo River shall be sequentially developed and meet future demand.</li> <li>- In principle, the main development sites will be the expansion / renovation of the existing water treatment plant along the Nyabarongo River. New development sites are only planned in two locations (Masaka, and Rurindo) in which the eastern and northern part of Kigali City where the future demand is expected according to Kigali City Master Plan.</li> </ul>
Merit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Underflow water has low-turbidity compared with intake directly from Nyabarongo River (it shall reduce treatment cost and reduce environmental load).</li> <li>- In near future, along with population increase of Kigali City, contamination of the surface water is expected. By minimizing use of surface water (minimize use of surface water until development of sewerage system in Kigali City) it shall also minimize treatment cost.</li> <li>- It is also considered as effective measures for mitigating effect of climate change (preventing damage to intake facilities by flooding)</li> </ul>
Demerit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizing ground water as water source is technically challenging. It is rather difficult works even for normal operation.</li> <li>- Compared with surface water, potential capacity of ground water is smaller than surface water. In addition, it is still under examination.</li> <li>- It is yet certain when the pollutant become eminent. It is also same for sewerage system function.</li> <li>- Main source is depending on Akagera River and it may say it is lack of redundancy</li> </ul>
Short term (Priority) Project Component	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction of Masaka WTP and its related clear water (CW) transmission &amp; distribution facilities</li> <li>- Expansion of Karengye WTP and its related transmission &amp; distribution facilities</li> <li>- Expansion &amp; renewal of Nzove 1 WTP and its related transmission and distribution facilities</li> <li>- Kigali City central trunk main (Nzove WTP to city west)</li> <li>- Strengthening the function of Nzove-Ntora Distribution System</li> <li>- Technical cooperation scheme under JICA assistance</li> </ul>
Long term Project Component	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction of reservoir and distribution network and renewal</li> <li>- Expansion of Nzove water treatment plant</li> <li>- Development of water intake and water treatment plant development attached to Nyabarongo 2 dam construction</li> <li>- Yanze river dam development</li> <li>- Small scale water treatment plant development for spring and small stream</li> <li>- Development of water source and treatment plant in Kanzenze</li> <li>- Development of water source and treatment plant in Akanyaru River</li> <li>- Development of water source and construction of water treatment plant near Muhazi Lake</li> </ul>

出典：調査団

### 12.2.1.2 地表水優先開発シナリオ

表 12.2-3 に、地表水を優先した水源開発シナリオの概要を示す。

表 12.2-3 給水シナリオの概要(2)

Water Supply Scenario	Surface water prioritized water source development scenario
Overview	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water source development shall be prioritized on surface water of Akagera River. Take advantages of available development capacity of Akagera River as much as possible. In the medium to long term, lake water from Mugesera Lake, and surface water from Akagera River shall be sequentially developed and meet future demand in eastern and northern region.</li> <li>- In principle, the main development sites will be the expansion / renovation of the existing water treatment plant along the Akagera River. New development sites are only planned in two locations (Masaka, and Rurindo) in which the eastern and northern part of Kigali City where the future demand is expected according to Kigali City Urban Development Master Plan.</li> </ul>
Merit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maximize use of available water resource development capacity of Akagera River.</li> <li>- Simplify technology apply for treatment.</li> </ul>
Demerit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Treatment cost for turbid water may be higher than ground water (underflow water)</li> <li>- Due to heavy contamination of the surface water by expected urbanization of this region shall increase treatment cost</li> <li>- It is also required to consider effective measures for mitigating climate change (risk of suffering damage to intake facilities by flooding)</li> <li>- Main source is depending on Nyabarongo River and it may say it is lack of redundancy for draught</li> </ul>
Short term (Priority) Project Component	<ul style="list-style-type: none"> <li>- NRW reduction project through pressure control and pipe renewal</li> <li>- Construction of Masaka WTP</li> <li>- and Clear Water Transmission &amp; Distribution Facilities</li> <li>- Rehabilitation of Karengé WTP</li> <li>- Expansion of Karengé WTP and Transmission &amp; Distribution Facilities</li> </ul>
Long term Project Component	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction of reservoir and distribution network and renewal</li> <li>- Expansion of Nzove water treatment plant</li> <li>- Development of water source and construction of water treatment plant in Rutonde</li> <li>- Development of water intake and water treatment plant development attached to Nyabarongo 2 dam construction</li> <li>- Yanze river dam development</li> <li>- Development of water source and treatment plant in Kanzenze</li> <li>- Development of water source and treatment plant in Akanyaru River</li> <li>- Development of water source and construction of water treatment plant near Muhazi Lake</li> </ul>
Water Supply Scenario	Surface water prioritized water source development scenario
Overview	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water source development shall be prioritized on surface water of Akagera River. Take advantages of available development capacity of Akagera River as much as possible. In the medium to long term, lake water from Mugesera Lake, and surface water from Akagera River shall be sequentially developed and meet future demand in eastern and northern region.</li> <li>- In principle, the main development sites will be the expansion / renovation of the existing water treatment plant along the Akagera River. New development sites are only planned in two locations (Masaka, and Rurindo) in which the eastern and northern part of Kigali City where the future demand is expected according to Kigali City Urban Development Master Plan.</li> </ul>
Merit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maximize use of available water resource development capacity of Akagera River.</li> <li>- Simplify technology apply for treatment.</li> </ul>
Demerit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Treatment cost for turbid water may be higher than ground water (underflow water)</li> <li>- Due to heavy contamination of the surface water by expected urbanization of this region shall increase treatment cost</li> <li>- It is also required to consider effective measures for mitigating climate change (risk of suffering damage to intake facilities by flooding)</li> <li>- Main source is depending on Nyabarongo River and it may say it is lack of redundancy for draught</li> </ul>
Short term (Priority) Project Component	<ul style="list-style-type: none"> <li>- NRW reduction project through pressure control and pipe renewal</li> <li>- Construction of Masaka WTP</li> <li>- and Clear Water Transmission &amp; Distribution Facilities</li> <li>- Rehabilitation of Karengé WTP</li> <li>- Expansion of Karengé WTP and Transmission &amp; Distribution Facilities</li> </ul>
Long term Project Component	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction of reservoir and distribution network and renewal</li> <li>- Expansion of Nzove water treatment plant</li> </ul>

Water Supply Scenario	Surface water prioritized water source development scenario
Component	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Development of water source and construction of water treatment plant in Rutonde</li> <li>- Development of water intake and water treatment plant development attached to Nyabarongo 2 dam construction</li> <li>- Yanze river dam development</li> <li>- Development of water source and treatment plant in Kanzenze</li> <li>- Development of water source and treatment plant in Akanyaru River</li> <li>- Development of water source and construction of water treatment plant near Muhazi Lake</li> </ul>

出典：調査団

### 12.2.1.3 環境的および社会的影響の特定

環境社会影響の特定には、潜在的な正負の影響を特定する必要がある。これらは、以下のカテゴリに分類される。

- この PPP(policy, plan and programme)によって、開始、特定されたプロジェクト活動と関連する代替オプションによる、直接的な影響
- 財政的または立法的な影響を及ぼす可能性のある政策により関連性が高い間接的な影響。
- インフラ開発などの大規模な開発スキームに関連する累積的な影響。
- 地域的世界的に作用する大規模な影響。影響は、永続的、一時的、または相乗的である。

SEA に一般的に適用される影響評価方法には、シナリオ作成、リスク評価ポリシーインパクトマトリックス、予測モデルとシミュレーションモデル、有意性しきい値、GIS 容量/生息地分析、費用便益分析、最小費用分析、多基準分析が含まれる。上記の各方法論は、入手可能な情報だけでなく、SEA を必要とする対象（ポリシー、計画、またはプログラム）に応じて使用される。入手可能な情報に基づき、提案されたマスタープランが必要なプロジェクトを特定されたことを前提としている。影響評価では、リスク評価アプローチが使用される。MP で概説されている 2 つのマスターシナリオまたは代替案は、潜在的な環境および社会的影響の観点から、通常の場合として比較される（これには、スコーピング段階でのベースライン分析によって特定された傾向が含まれる）。

SEA Issues		Ground water priority	Surface water priority	Without project
Socio-economic	Loss of land or access to land	Construction of water treatment plants, water reservoir and water intake as well as water pipelines identified for the investments will result in loss of farm land, grazing land, business and structures among others by the local communities owning the land mainly during construction of WTP, Water Reservoirs, Water Intake and water pipelines	Construction of water treatment plants, water reservoir and water intake as well as water pipelines identified for the investments will result in loss of farm land, grazing land, business and structures among others by the local communities owning the land mainly during construction of WTP, Water Reservoirs, Water intake and water pipelines	No Impacts
	Livelihoods and loss of income	It is anticipated that the proposed infrastructures will affect farmland, grazing land, business and structures, which are used by communities for their livelihoods. These impacts will be permanent where water intake, WTP and reservoirs will be constructed and temporary for transmission pipelines.	It is anticipated that the proposed infrastructures will affect farmland, grazing land, business and structures, which are used by communities for their livelihoods. These impacts will be permanent where water intake, WTP and reservoirs will be constructed and temporary for transmission pipelines.	-Existing shortage of improved water shortage will increase. - People with no access to improved will continue to suffer waterborne diseases; - Country objective will not achieve and cost of water may remain high
	Physical Resettlement	Among proposed sites none of them requires physical resettlement given that are free of human settlement.	Among proposed sites none of them requires physical resettlement given that are free of human settlement	No impacts
	Crop & Livestock productivity	The land expected to be affected include crops, trees and pastures. These assets will be affected during site clearance	The land expected to be affected include crops, trees and pastures. These assets will be affected during site clearance	No impacts
		Increased water usage for water supply may affect other users like irrigation and livestock and hence loss of income	Increased water usage for water supply may affect other users like irrigation and livestock and hence loss of income	No Impacts



SEA Issues		Ground water priority	Surface water priority	Without project
	Archaeological Resources/Cultural resources	No archaeological or cultural resources expected in the proposed sites. However, this may happen during excavation of constructions of various proposed structures	No archaeological or cultural resources expected in the proposed sites. However, this may happen during excavation of constructions of various proposed structures	No Impacts
	Employment opportunity and source of income	At this stage is not ease to estimate how many direct and indirect employment opportunity will be generated but construction works requires both skilled and unskilled people. This will generate income to workers.	At this stage is not ease to estimate how many direct and indirect employment opportunity will be generated but construction works requires both skilled and unskilled people. This will generate income to workers.	Employment opportunity will be missed
	Livelihoods, Health and safety improvement,	Provision of water to communities will improve the livelihood of population in Kigali and its surroundings and improve the health and safety conditions	Provision of water to communities will improve the livelihood of population in Kigali and its surroundings and improve the health and safety conditions	Shortage of water will remain and no improvement of existing conditions
	Labour influx and Community health and safety	Construction activities may lead to influx of workers but the scale is likely to be low including significance. The influx of workers and followers can lead to adverse social and environmental impacts on local communities. Therefore, there is a potential risk (minimal) that the construction process for most of the investment projects could increase HIV/AIDS and other STI prevalence in the project areas especially through interactions of the locals with the labour forces. Increase in risk of sexually transmitted diseases, such as HIV/AIDS etc. due to influx of migrant workers; solid waste and effluent discharge from construction camps; risk of increase in vectors of <i>schistosomiasis</i> , <i>river blindness</i> , <i>Lymphatic filariasis (elephantiasis)</i> and malaria due to stagnant water associated with construction works/borrow pits etc.	Construction activities may lead to influx of workers but the scale is likely to be low including significance. The influx of workers and followers can lead to adverse social and environmental impacts on local communities. Therefore, there is a potential risk (minimal) that the construction process for most of the investment projects could increase HIV/AIDS and other STI prevalence in the project areas especially through interactions of the locals with the labour forces. Increase in risk of sexually transmitted diseases, such as HIV/AIDS etc. due to influx of migrant workers; solid waste and effluent discharge from construction camps; risk of increase in vectors of <i>schistosomiasis</i> , <i>river blindness</i> , <i>Lymphatic filariasis (elephantiasis)</i> and malaria due to stagnant water associated with construction works/borrow pits etc.	Lack of water in community will remain and cause health and hygienic issues.

SEA Issues		Ground water priority	Surface water priority	Without project
	Occupation health and safety of workers	Occupation health and safety of the workers during the construction phase is likely to be a concern due to the accidents that normally occur in construction sites that could cause loss of life, limbs among others. Construction activities may also endanger the health and safety of the local community around the construction sites as a result of construction related hazards. The construction of WTP, Water Reservoirs, Water Intake and water pipelines are likely to lead to occupational safety and health impacts. Communities near generation and transmission facilities remain at risk with respect to safety	Occupation health and safety of the workers during the construction phase is likely to be a concern due to the accidents that normally occur in construction sites that could cause loss of life, limbs among others. Construction activities may also endanger the health and safety of the local community around the construction sites as a result of construction related hazards. The construction of WTP, Water Reservoirs, Water Intake and water pipelines are likely to lead to occupational safety and health impacts. Communities near generation and transmission facilities remain at risk with respect to safety	No Impacts
<b>Atmosphere</b>	Air pollution and air quality	Airborne dust will be caused by excavation, vehicle movement hence engine combustion and materials handling, particularly downwind from the construction sites during the construction phase of the identified investments. Uncovered stock piles and asphalt mixing plant operations are another source of dust. Air pollution will be further caused by emissions from vehicles and construction machinery. There will be decreased air quality due to dust, suspended particles, hydrocarbon vapours, oxides of nitrogen and sulphur (NOx and SOx) and Volatile Organic Compounds (VOC) among other emissions	Airborne dust will be caused by excavation, vehicle movement hence engine combustion and materials handling, particularly downwind from the construction sites during the construction phase of the identified investments. Uncovered stock piles and asphalt mixing plant operations are another source of dust. Air pollution will be further caused by emissions from vehicles and construction machinery. There will be decreased air quality due to dust, suspended particles, hydrocarbon vapours, oxides of nitrogen and sulphur (NOx and SOx) and Volatile Organic Compounds (VOC) among other emissions	No Impacts
<b>Biodiversity</b>	Sensitive habitat/protected area	None of proposed site is found in protected areas, however, water abstraction, construction of well, MMC rooms and raw water pipeline may will be done in wetlands and near rivers or lakes. This can lead to the degradation of these fragile ecosystems.	In case of surface water, only water intake and raw water pipeline are expected in wetlands near rivers and lakes and construction works may affect these ecosystem	No Impacts
	Fauna	During operational phase, over-abstraction of ground water has a negative impact on living organisms including flora and fauna. When the ground water withdrawals exceed recharge, there is a falling of water table and living organism does not have enough water.	Reptiles and birds maybe affected during site clearance and fauna living in rivers and lake may be affected with excessive water abstraction	No Impacts
	Flora	There will be vegetation loss (site specific) during the construction phase for WTP, intake, reservoirs and pipelines either to pave way for actual project construction among others. The vegetation will be cleared so that the area where the construction work is to take place is clear for the construction work to be performed.	There will be vegetation loss (site specific) during the construction phase for WTP, intake, reservoirs and pipelines either to pave way for actual project construction among others. The vegetation will be cleared so that the area where the construction work is to take place is clear for the construction work to be performed	No impacts

SEA Issues		Ground water priority	Surface water priority	Without project
Water Resources	Impacts on Water table	Ground water abstraction may have impacts in aquifer water table. Even if, proposed areas for ground water abstractions have enough quantity of ground water, water abstraction will contribute to the variation of the ground water table within the project region and downstream. Considering the available water discharge in the area, the project will have minor variation of ground water table taking into consideration the Nyabarongo river input, the abundant rainfall and other climatic patterns. It is also noted that the ground water abstraction will be limited to the fixed rate and regular monitoring is recommended.	The same as ground water, surface water abstraction may affect the amount of water available in rivers and lakes especially when is combined with seasonal or climate variation and other water use. This may have an impacts on downstream users but also on the amounts of raw water expected for treatment	Pre-existing status will remain
	Climate change impacts	Apart from dust, suspended particles, hydrocarbon vapours, oxides of nitrogen and sulphur (NOx and SOx) and Volatile Organic Compounds (VOC) among other emissions, the proposed option will not much have impacts on climate and will not be affected by climatic conditions	In addition to minor emissions as it is in the first option, this option more affected by climatic conditions including reduction of amount of water but also heavy sedimentation due to floods	Pre-existing status will remain
	Sedimentation	Excavation works shall involve earth moving within the river flood plains and sections of the adjoining riverbanks and lands. This loosening of the soil and the steep slope terrain will create a situation where any heavy rains will freely wash down the silt into the downstream areas. The silt when washed down may contain high levels of organic matter and deposition of this may lead to anoxic conditions in the lower water levels with potential risks to the associated aquatic life.  However, abstraction of ground water is not much affected by sedimentation and water treatment is much easier compared to surface water	Excavation works involve earth moving within the river flood plains and sections of the adjoining riverbanks and lands. This loosening of the soil and the steep slope terrain will create a situation where any heavy rains will freely wash down the silt into the downstream areas. The silt when washed down may contain high levels of organic matter and deposition of this may lead to anoxic conditions in the lower water levels with potential risks to the associated aquatic life.  Surface water is much affected by sedimentation and the cost of water treatment is high. Sometimes the treatment is even impossible after heavy rains and floods	Where the project is implemented or not, sedimentation may be caused by other events such as heavy rains and soil erosion

SEA Issues		Ground water priority	Surface water priority	Without project
	Pollution of ground water	Ground water may be contaminated from hydrocarbons mainly from the contractor's machineries especially during drilling of wells	It is only expected when there is oil spillage when operating heavy equipment's/ machineries near water bodies	No impacts
	Conflicts about water usage	Inceased amount of water supply may affect other users such as agriculture and affect production and hence income	Inceased amount of water supply may affect other users such as agriculture and affect production and hence income	The current usage will remain
	Soil erosion	Soil erosion involves transport of the soil down slope by running water or, more rarely but still a significant factor, away from the site by wind. Soil compaction and disturbance, usually accompanied by vegetation and litter layer damage, are preconditions for accelerated soil erosion. Most soil damage occurs as the result of movement of machine, trucking, and to some extent through felling of trees during excavation works.	Soil erosion involves transport of the soil down slope by running water or, more rarely but still a significant factor, away from the site by wind. Soil compaction and disturbance, usually accompanied by vegetation and litter layer damage, are preconditions for accelerated soil erosion. Most soil damage occurs as the result of movement of machine, trucking, and to some extent through felling of trees during excavation works	Even without projects soil erosion will happen due to other activities such as farming
Soil	Soil pollution	The only anticipated soil pollution will be from oil spillage during construction works	The only anticipated soil pollution will be from oil spillage during construction works	No Impacts
	Wetland degradation	Ground water abstraction, installation of raw water pipe, drilling of wells will alter the features of the wetland and therefore alter their hydrology (flow and water turbidity). Temporary loss of habitat and component species within the construction corridor. Further, the construction phase will involve the use of heavy machines and vehicles and increase of circulation of people. For different purposes laydown yards will be needed, as for storage of parts and construction material, storage of pipes, parking of trucks and construction machines etc. and work camps have to be installed. You should add wells digging impacts on the wetland (immediate and in long term)	Construction of water intake and installation of raw water pipe will alter the features of the wetland and therefore alter their hydrology. Construction phase will involve the use of heavy machines and vehicles and increase of circulation of people. For different purposes laydown yards will be needed, as for storage of parts and construction material, storage of pipes, parking of trucks and construction machines etc. and work camps have to be installed.	No impacts

SEA Issues		Ground water priority	Surface water priority	Without project
Waste management	Wastewater	Wastewater from water projects include filter backwash, reject streams from membrane filtration processes, and brine streams from ion exchange or demineralization processes. These waste streams may contain suspended solids and organics from the raw water, high levels of dissolved solids, high or low pH, heavy metals, etc.	Wastewater from water projects include filter backwash, reject streams from membrane filtration processes, and brine streams from ion exchange or demineralization processes. These waste streams may contain suspended solids and organics from the raw water, high levels of dissolved solids, high or low pH, heavy metals, etc.	No Impacts
	Solid waste	Solid waste residuals generated by water treatment include process residuals, used filtration membranes, spent media and miscellaneous wastes. Process residuals primarily consist of settled suspended solids from source water and chemicals added in the treatment process, such as lime and coagulants. Pre-sedimentation, coagulation (e.g., with aluminum hydroxide [alum] or ferric hydroxide), lime softening, iron and manganese removal, and slow sand and diatomaceous earth filtration all produce sludge. Composition of the sludge depends on the treatment process and the characteristics of the source water, and may include arsenic and other metals, radionuclides, lime, polymers and other organic compounds, microorganisms, etc.	Solid waste residuals generated by water treatment include process residuals, used filtration membranes, spent media and miscellaneous wastes. Process residuals primarily consist of settled suspended solids from source water and chemicals added in the treatment process, such as lime and coagulants. Pre-sedimentation, coagulation (e.g. with aluminum hydroxide [alum] or ferric hydroxide), lime softening, iron and manganese removal, and slow sand and diatomaceous earth filtration all produce sludge. Composition of the sludge depends on the treatment process and the characteristics of the source water, and may include arsenic and other metals, radionuclides, lime, polymers and other organic compounds, microorganisms, etc.	No impacts
	Sludge	One of the important waste during the operational phase will be sludge from water treatment. If not well handled, this waste may contribute to water pollution and environmental degradation.	The surface water has more sludge given the high level of turbidity and sedimentation identified in various water sources especially Akagera River.	No impacts
	Hazardous chemicals	Water treatment may involve the use of chemicals for coagulation, disinfection and water conditioning. In general, potential impacts and mitigation measures associated with storage and use of hazardous chemicals are similar to those for other industrial projects	Water treatment may involve the use of chemicals for coagulation, disinfection and water conditioning. In general, potential impacts and mitigation measures associated with storage and use of hazardous chemicals are similar to those for other industrial projects	No Impacts

出典: BESST Ltd, expert's assessment, 2020

### 12.2.2 シナリオの評価と比較

表 12.2-4 の表は、考えられる給水シナリオのメリットとデメリットをまとめたものである。

表 12.2-4 代替オプションの比較 (給水シナリオ)

S/N	Alternative Options		Merit	Demerit	
1	Ground water prioritized source development scenario	Water Source Development Near-by Kigali City and Adjacent 7 sectors	Utilize relatively better-quality water for water source	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relatively lower treatment cost</li> <li>- Lower impact on environment</li> <li>- Better climate change adaptation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Increase system complexity</li> </ul>
2	Surface water prioritized source development scenario		Utilize accessible water for water source	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simplified and consolidated facility management</li> <li>- Quicker development</li> <li>- Lower social impact</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- High treatment cost</li> <li>- More environmental impact</li> </ul>
3	Without projects	No impact		<ul style="list-style-type: none"> <li>- No adverse impact on Environment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Socio-economically no benefit for society. It may limit development of Region;</li> <li>- Existing shortage of improved water shortage will increase;</li> <li>- People with no access to improved will continue to suffer waterborne diseases;</li> </ul>

出典：調査団

プロジェクトを実施しない場合、浄水場の開発や配水・給水管路網の開発はない。これにより、環境に悪影響が及ぶことはない。ただし、将来的にはキガリ市と隣接する 7 つのセクターのコミュニティに社会経済的利益をもたらすこともない。これは、これまでルワンダ政府が目標として掲げてきたルワンダの社会経済的地位の向上に向けた開発努力のボトルネックとなる可能性がある (Rwanda Vision 2020 (2012) および一連の開発計画)。

ESC の観点からは、地下水を優先した水源開発シナリオは、幅広いメリットがあるため、最も適切であると考えられる。特に、環境要件の側面に準拠しているだけでなく (構成プロジェクトによる環境的および社会的影響が悪影響を回避するように管理されている)、気候変動への適応と経済効率にも利点がある。唯一の懸念は、その実施中にプロジェクト提案者の能力開発が必要なことである。次の表は、検討したシナリオの比較結果をまとめたものである。

表 12.2-5 水源開発シナリオの比較（代替案及び、プロジェクトを実施しないケース）

Characteristics	Ground water Prioritized	Surface Water Prioritized	Without Projects	Remark
Archive Development Goal	◎	◎	×	
Development Capacity	○	◎	-	
Construction Cost	○	◎	-	
Treatment cost	◎	○	-	
Operation Requirement	○	◎	-	
Climate Change Adaptation	○	△	-	
Environmental Impact	○	△	-	
Social impact	○	○	-	
Overall	1	2	3	

出典：調査団

## 12.3 戦略的緩和策

### 12.3.1 環境的および社会的戦略的オプション

#### 12.3.1.1 必要な環境研究のスクリーニングと分類

環境社会配慮に関する国内規制と JICA ガイドラインの両方で、プロジェクトのスクリーニングと環境カテゴリーの分類が義務付けられている。JICA ガイドラインでは、必要な ESC（環境社会配慮）のレベルに応じて、各プロジェクトを 4 つの環境カテゴリー（A、B、C、および FI）のいずれかに分類する。プロジェクトの分類は、JICA が作成したスクリーニングフォーマットなど、プロジェクト提案者が作成した報告書や文書に基づいて行う。スコープが変更された場合、または予期しない影響が確認された場合、プロジェクトは別のカテゴリーに再分類される場合がある。ルワンダでは、新しい環境法により、主にプロジェクトの規模により、プロジェクトがカテゴリー 1 とカテゴリー 2 のカテゴリーに分類される。カテゴリー 1 とカテゴリー 2 に分類される典型的なプロジェクトのリストは、EIA を必要とするプロジェクトのリストを確立する省令の付属書として提供されている。

表 12.3-1 ルワンダの JICA ガイドラインと規制における環境カテゴリーの分類

Type of the Project	JICA guideline	Rwanda Guideline	Remarks
The project is likely to have significantly adverse impacts on the environment or society.	Category A	Cat 1	Require full-scale EIA
The project may have adverse impacts on the environment or society, but these impacts are less significant than those of Category A projects. These impacts are site-specific; few, if any, of them are irreversible; in most cases, they can be mitigated more readily than Category A projects.	Category B	Cat 2	Depends on scale of adverse impact full-scale EIA is not necessary
The project is likely to have minimal or no adverse impact on the environment or society.	Category C	Cat 2	Full scale EIA is not necessary
JICA provides funds to a Financial Intermediary, which in turn implements sub-projects that may have adverse impacts on the environment or society, but these impacts cannot be identified in detail prior to JICA's approval. If there is a sub-project that can be categorized as Category A, it needs to go through the same procedure as a Category A project including JICA's environmental review and information disclosure prior to its implementation.	Category FI	N/A	After categorized apply review

出典：調査団

MP 調査は、JICA のガイドラインでカテゴリ B とされている。ルワンダのガイドラインでもほぼ同様である。ただし、ルワンダのガイドラインは基本的に事業毎に適用されており、浄水場や都市給水施設の建設は、リハビリ等を除いて EIA の対象となっている。したがって、実際に EIA を申請する場合は、別途、ルワンダ政府が作成したガイドラインに従う事が推奨される。

#### 12.3.1.2 各サブプロジェクトの環境影響評価（EIA）の準備

この SEA の検討には、特定のサブプロジェクトへの投資による悪影響を管理するための緩和策とモニタリング指標が含まれている。ただし、各サブプロジェクトは環境影響評価と環境管理計画 Environmental Impact Assessment/Environmental Management Plan (EIA / EMP)を準備する必要がある。各サブプロジェクトの EIA / EMP には、少なくとも以下のものが含まれている必要がある。

- EIA / EMP が対処することを意図している可能性のある悪影響の説明。
- 同様の目的を満たすプロジェクト設計の代替案の検討、および、特に環境的または社会的影響が少ないプロジェクト設計とされた場合、これらのプロジェクトが実行できない理由の説明。
- 計画された緩和策の説明、およびそれらがいつどのように実施されるか
- プロジェクトの環境的および社会的影響をプラスとマイナスの両方で監視するための計画。
- EMP の実施に責任を持つ組織の説明。
- 費用の見積もりと資金源。

#### 12.3.1.3 気候変動への適応と緩和策

ルワンダは、アフリカで最も人口密度の高い国の 1 つである。この点で、今日の気温の上昇と降雨量の変動は、国を脅かしている。特にキガリ市のように急成長している都市部では、都市給水と農業用水との競争が激化している。長い乾燥期間中の水不足、および Nyabarongo 川沿いの水処理プラントの取水に対する洪水と地滑り（堆積物と濁度の増加）の影響についての懸念が高まっている。

この地域の気候変動に対応し、15 カ年投資計画の持続可能性を担保するために、以下の側面からの検討が適用される。

- 温室効果ガス排出量の削減
- 適応能力の強化、回復力の強化、脆弱性の軽減

具体的には、マスタープランと 15 カ年投資計画に基づき、以下のように温室効果ガス排出削減策を検討している。

- 省エネの方法は、給水システムの改善が検討され、特に送水システムのポンプエネルギーの最小化が図られる。
- NRW（無収水）の削減のために、水圧制御と適切なパイプ材料の使用が計画されており、これは取水、浄化、送電、配水エネルギーの削減に貢献する。
- 地下水を利用した水処理システムでは、エネルギーや薬品の使用量の削減



気候変動により、乾季の干ばつや雨季の洪水は、取水施設に大きな影響を与える。給水システムへのリスクを軽減するために、以下の緩和策が計画されている。

- 干ばつに対する信頼性を考慮し、地下水からの取水を優先的に計画。
- 取水施設を設計する際には、井戸の地下水面のドローダウンを考慮する。
- 干ばつの影響を緩和するために、複数の取水地点を計画する。Mugesera湖のKarengye取水口に加えて、Nyabarongo/Akagera川沿いの上流、中流、下流、Nzobe、Gahanga、Masakaの3つの主要な地点で開発が行われる予定である。
- 干ばつの影響を緩和するために、上記のすべての水源を相互接続するために、浄水輸送パイプラインが計画されている。
- KarengyeとNzobeの取水施設の改修は、洪水の影響を緩和するために計画されている
- 雨期のYanze川からKimisagaraWTPへの送水管の詰まり防止対策を検討している。

#### 12.3.1.4 土地と地役権の取得

マスタープランと15年間の投資プランの両方で提案されている投資には、取水口、井戸、水処理プラント、および送水施設の建設が含まれ、用地取得または地役権が含まれる。使用される土地は、政府の土地または私有地のいずれかである。物理的および経済的移転についてのこれまでの経験と研究によると、妥当な緩和策が適用されない場合、地域住民が生計を営む社会システムが解体されるなど、深刻な経済的、社会的、環境的リスクを引き起こす可能性がある。生産的資源やその他の収入源が失われると、人々は貧困に直面する。人々が、これまで持っていた生計を得るためのスキルがあまり適合しない環境に、リソースの競争が激しくなる環境に、移される可能性がある。コミュニティ組織やソーシャルネットワークが弱体化する可能性がある。親族グループは分散している可能性がある。文化的アイデンティティ、伝統的な権威、相互援助の可能性が減少または失われる可能性がある。これらの理由から、不本意な移転は避けるべきである。移転が避けられない場合は、それを最小限に抑え、移転民（および移転民を受け入れるホストコミュニティ）への悪影響を軽減するための適切な措置を慎重に計画し、実施する必要がある。

- すべてのプロジェクトは、移転計画が必要かどうかを判断するためのスクリーニングを受け、必要な場合は、用地取得の前に候補地が準備され、補償措置が提供される。
- 移転の影響を回避し、最小限に抑えるための代替オプションを検討する。
- 可能な限り、周辺世帯からの土地収用を最小限に抑えるために道路予定地を使用する必要がある。

#### 12.3.2 特定の環境的および社会的影響に対する緩和の考慮事項とオプション

中程度から重大な悪影響はすべて、緩和措置検討の対象とされる。実行可能な限り、対策が提案される。プロジェクト活動が、重大な影響を引き起こすとは予想されない、無視できるか軽微な影響に関しては、プロジェクトの環境的および社会的効果を改善するために、必要に応じてベストプラクティスの対策と緩和策も推奨される。検討される緩和オプションには、プロジェクトの変更、代替案の検討、プロジェクトのタイミング、汚染防止、補償、移転支援が含まれる場合がある。緩和策の有効性が不確かな場合は、モニタリング計画が導入される。

環境的および社会的影響に対する推奨される緩和策

緩和策またはガイドラインは、プロジェクトレベルで環境および社会への悪影響を回避、最小化、および軽減するために設計されている。緩和策は表 12.3-2 に示されている。

表 12.3-2 提案された緩和策

Impacts	Description of mitigation measures
<b>Physical Environment</b>	
Solid and Effluent Waste	<p><b>Solid nontoxic waste</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Adequate waste receptacles and facilities should be provided at project sites/camp sites</li> <li>- Training and awareness on Safe Waste Disposal in construction camps for all workers</li> <li>- Final disposal should be at dumpsites approved by the REMA</li> </ul> <p><b>Waste oil /fuel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spent or waste oil from vehicles and equipment should be collected and temporarily stored in drums or containers at site;</li> <li>- Waste oil should be disposed of by oil marketing companies or agents approved or recognized and have the capacity to undertake oil disposal;</li> <li>- Prepare Waste Disposal Plan for every construction site;</li> <li>- Install waste disposal receptacles and signs in strategic places within the construction camps;</li> <li>- Provide training and awareness on need to avoid littering;</li> <li>- Ensure the construction camps have toilets and connected to the sewer system</li> </ul>
Flood risk assessment and Management	<p><b>One of the water sources considered under Master Plan is Nyabarongo/Akagera river. The river is prone to repetitive floods (MINEMA, 2015)<sup>3</sup>.</b> The flood assessment conducted at Kanzenze area found the maximum water in extreme event for both 50year and 100 years return period is about 1,5m above the ground. Thought this happens rarely, the project design should consider this level during the construction of different project component especially well fields. Potential mitigation measures may include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- For protection of wells a concrete room at reasonable height based on highest flood level</li> <li>- Put water treatment plants outside the swamp area and,</li> <li>- Design and implement water monitoring programs in areas proposed for water abstractions</li> </ul>
Sludge management	<p>During the operational phase two kind of waste is expected including sludge and waste water. If not well handled, this waste may contribute to water pollution and environmental degradation. Therefore, a proper handling and disposal plan is required in order to avoid any pollution or environmental degradation. Options to be considered include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Backwash thickeners and belt press filtrate will be recycled to the inlet of the plant and Sludge will be thickened.</li> <li>- <b>Dewatering</b> aims to reduce the water content further so that the solids content of the sludge is about 20 % (equivalent to 1 kg dry sludge with 4 L of water). The sludge can then be handled like a solid. Dewatering can be done mechanically using a filter press (employing pressure or vacuum), or a centrifuge.</li> <li>- <b>Sludge reuse:</b> the sludge can be reused for different use including in agriculture or in bricks making. The use will depend on sludge composition. The sludge may have less biological component and there may be a presence of pathogens in the sludge in high numbers which make the use in agriculture unsatisfactory. Therefore, the plausible opportunity of sludge reuse would be in bricks making. If the composition is made of biological matter then the use of sludge for making fertilizers would be considered.</li> <li>- <b>Final or ultimate disposal of sludge, which cannot be reused,</b> is by land filling or incineration. Since sludge for land filling usually contains heavy metals or toxic chemicals, lining of the landfill with clay or plastic liner may be required to prevent contamination of groundwater.</li> <li>- Sludge disposal should be done in appropriate landfill approved by District authority and in accordance to the Land Use Master Plan.</li> </ul>
Decreased Air Quality	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proposed investments should require that construction contractors operate only well maintained engines, vehicles, trucks and equipment. A routine maintenance program for all equipment, vehicles, trucks and power generating engines should be in place;</li> <li>- The project should ensure the use of good quality fuel and lubricants only;</li> <li>- If dust generation at the project/construction site becomes a problem, limited wetting of sites and or unloading and reloading points should be done to reduce dust raising;</li> </ul>

<sup>3</sup> National Risk Atlas of Rwanda, Ministry of Disaster Management and Refugee Affairs,2015

Impacts	Description of mitigation measures
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction traffic speed control measures should be enforced on unpaved roads (speed limits through communities should be <math>\leq 50</math>km/hr on unpaved roads and near or at project site should be <math>\leq 30</math> km/hr);</li> <li>- Engines of vehicles/trucks and earth-moving equipment should be switched off when not in use.</li> </ul>
Noise and vibration	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proposed investments should require contractors to use equipment and vehicles that are in good working order, well maintained, and that have some noise suppression equipment (e.g., mufflers, noise baffles) intact and in working order.</li> <li>- This will be achieved by making it a component of contractual agreements with the construction contractors.</li> <li>- Contractors will be required to implement best driving practices when approaching and leaving the site (speed limit of <math>\leq 30</math> km/hr) to minimize noise generation created through activities such as unnecessary acceleration and breaking squeal.</li> <li>- Engines of vehicles/trucks and earth-moving equipment should be switched off when not in use.</li> </ul>
Visual Impacts	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Landscaping of facilities after construction and restoration of disturbed areas e.g., borrow pits</li> </ul>
Impact on traffic and public safety	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Only road worthy vehicles and trucks should be used to avoid frequent breakdowns on the roads;</li> <li>- Only experienced drivers should be employed;</li> <li>- Contractors must provide training for drivers; Establish speed limits; Enforce safe driving and take disciplinary action against repeat offenders</li> </ul>
Water Abstraction	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtain water abstraction permits from the Water Resources Management Authority</li> </ul>
Decreased Water Quality	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No garbage/refuse, oily wastes, fuels/waste oils should be discharged into drains or onto site grounds;</li> <li>- Fuel storage tanks/sites should be properly secured to contain any spillage;</li> <li>- Maintenance and cleaning of vehicles, trucks and equipment should take place offsite especially where project sites are close to water bodies;</li> <li>- Toilet facilities should be provided for construction workers to avoid indiscriminate defecation in nearby bush or local water bodies</li> </ul>
Soil Erosion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimize land clearing areas as much as possible to avoid unnecessary exposure of bare ground to the elements of the weather;</li> <li>- Re-vegetate cleared areas as early as possible using native plant species</li> <li>- As much as possible, avoid construction work in the rainy season</li> </ul>
Impact on fauna and habitat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avoid unnecessary exposure and access to sensitive habitat areas;</li> <li>- For identified or suspected sensitive habitats (swamps/ wetlands), regular inspection or monitoring should be carried out in the area prior to start and during work.;</li> <li>- If sensitive habitats are encountered, Project activities should cease and the Project should consult wildlife agency to determine the appropriate course of action.</li> <li>- If the project site is discovered as a sensitive habitat area, the Project should engage the wildlife agency to develop a suitable plan.</li> <li>- Prohibition on hunting and consumption of bush meat by workforces</li> <li>- Proposed investments should require that contractors implement a hazardous materials management plan that includes specification for proper storage and handling of fuels, oil, wastes, and other potentially hazardous materials as well as a plan for containment and clean-up of accidental spills into the aquatic environment.</li> <li>- During pre-installation and installation of project facilities, spotting of sensitive aquatic mammals should form part of the project activities. Should these species be observed in the vicinity of the work area, the project should execute measures to avoid destruction or disturbance.</li> <li>- Ensure provision for water flow reserves and appropriate reservoir filling schedules</li> <li>- Project staff must report sightings of any injured or dead aquatic life (fishes)/ mammals immediately, regardless of whether the injury or death is caused by a Project activity. The report should include the date and location of the animal/strike, and the species identification or a description of the animal. The report should be made to the wildlife agency in Rwanda.</li> <li>- The Project workforce and local communities should be educated to ensure that the importance of environmental protection and nature conservation are effectively communicated and that wider appreciation of environmental issues and construction best practice are fostered.</li> </ul>
Downstream Impacts	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maintain environmental flow reserves for the river, Do into retain water in reservoir during drought, ensure that water retention in dam is controlled to ensure that adequate reserve is left to flow downstream for users</li> </ul>
Quarry Site Impacts	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identify borrow and quarry sites away from sensitive environments and develop quarry management and rehabilitation plans</li> </ul>
Hydrology Impacts/Changes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maintain environmental flow reserves for the river, Do into retain water in reservoir during drought, ensure that water retention in dam is controlled to ensure that adequate reserve is left to flow downstream for users;</li> </ul>

Impacts	Description of mitigation measures
	- Ensure water balance by monitoring and regulating water use through water abstraction permit
<b>Social environment</b>	
Physical displacement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- All affected persons to be given relocation assistance (cash or kind) by the Project to enable them to move their properties to new locations, i.e., in accordance with the Resettlement Action;</li> <li>- Resettlement Plans will be required. If a site is acquired, the State may relocate persons and their families as well as community facilities to be affected. The affected families should not be made to incur any cost during the relocation period. A resettlement plan should be prepared for this area;</li> </ul>
Loss of employment and livelihoods	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Those whose livelihood is affected should be assisted to ensure they will not be worse off as a result of the project. This can include livelihood assistance, provision of new jobs immediately without any loss of income. The social assessments and socio-economic surveys, which will be undertaken for the preparation of individual investments/subprojects as well as the resettlement action plans, should assess these issues and provide measures in accordance with the Resettlement Action Plan.</li> <li>- Contractors should use local labor as much as possible and where available. As much as possible, all unskilled labour should be contracted or obtained from the local community.</li> </ul>
Loss of land and other assets	- Due process should be followed to establish the true owner of any land, be it family or communal land. Once established, the project should acquire the site by paying appropriate compensation in accordance with the resettlement action plan.
Loss of structures/properties	<ul style="list-style-type: none"> <li>- For a project site to be used, irrespective of the land ownership, appropriate compensation should be paid for any structures/ properties which are permanent structures at the site as well as investment made for any development on the land.</li> <li>- Depreciation should not be factored during valuation of these properties. The compensation process should satisfy the RPF developed for the project.</li> <li>- Appropriate compensation should be paid for any damaged or destroyed propriety that belongs to affected persons. No depreciation during valuation of these properties.</li> </ul>
Impact on access among communities living in the project areas	- Measures will be considered in the projects' design to ensure that communities are not divided and if they are as a result of a project appropriate measures are taken to mitigate this impact.
Impacts on human health/ traffic safety and sanitation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trucks carrying construction materials such as sand, quarry dust, laterite etc. will have the buckets covered with tarpaulin or appropriate polythene material from or to project site</li> <li>- Except for areas secured by fencing, all active construction areas will be marked with high-visibility tape to reduce the risk accidents involving pedestrians and vehicles.</li> <li>- All open trenches and excavated areas will be backfilled as soon as possible after construction has been completed. Access to open trenches and excavated areas will be secured to prevent pedestrians or vehicles from falling in.</li> <li>- Adequate sanitary facilities will be available for workers and open range defecation will not be countenanced.</li> <li>- Construction workers will be provided with and educated to wear suitable Personal Protective Equipment (PPE) including hard hats, overalls, high-visibility vests, safety boots, earplugs, gloves etc.</li> <li>- Enforce use of PPEs at all times for all staff and labourers and ensure supervision of the same to minimize accidents</li> <li>- Construction workers should be educated to adhere to basic rules with regard to protection of public health, including most importantly hygiene and disease (HIV/AIDS) prevention.</li> </ul>
Impacts on cultural heritage / archaeological interest / existing ecologically sensitive areas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The pre-construction surveys should identify cultural heritage resources and existing ecologically sensitive areas that the project should avoid and by-pass these resources.</li> <li>- The Project should implement a chance find procedure and reporting system to be used by contractors in the event that a cultural heritage feature or ecologically sensitive item/issue is encountered.</li> </ul>
Impacts on human health and public safety	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The Project will require all contractors to implement an Environmental, Health and Safety (EHS) plan which will outline procedures for avoiding health and safety incidents and for emergency medical treatment. This will be achieved by making it a component of contractual agreement.</li> <li>- Contractors will be required to wear suitable Personal Protective Equipment (PPE) including hard hats, high-visibility vests, safety boots and gloves and life vests as appropriate in accordance with the EHS plan.</li> <li>- Enforce use of PPEs at all times for all staff and labourers and ensure supervision of the same to minimize accidents</li> </ul>

Impacts	Description of mitigation measures
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- All construction and other workers will be sufficiently trained in the safe methods pertaining to their area of work to avoid injuries.</li> </ul>
Labor Influx Management	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Develop site-specific measures before the contractor starts work, and update them as necessary to reflect project developments. Overall, adequate monitoring and adaptive management of the potential impacts from labour influx are key to properly addressing them and mitigating risks. Recruit as many local workers from the areas as possible. Provide training for the local communities to acquire skills needed for work opportunities if there is reasonable time especially on monitoring and maintenance.</li> <li>- Develop a Labour Influx Management Plan and Workers Camp Management Plan for all projects. Outline the contractor's responsibilities on influx management in contracts.</li> </ul>
Impact on gender access to water for household use and other usage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The project will take into consideration the different needs for water and types of access which will be affected for each of these groups and provide relevant mitigation measures which will be decided with those affected. Some mitigation measures could include water points for household use and livestock; livelihood assistance to those whose whole or partial livelihood will be affected as a result of some of the possible investments such as dams. Specific impact and relevant measures will be covered by project specific social assessment.</li> </ul>
HIV/AIDS Spread and other related public health diseases –Water borne diseases etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Design HIV/AIDS awareness, sensitization and prevention program for each project that extends to the communities as a whole;</li> <li>- Design programs for reducing the spread of water borne diseases like Malaria, Bilharzia etc. in collaboration with the Ministry of Health</li> </ul>
Labour and employment related impacts	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensure that the local communities are given priority in relation to employment and provided with training (skilled) to provide future labour in the project e.g., operation and maintenance. Ensure that workers are provided satisfactory working conditions and work environment including pay in accordance with the laws of the country</li> <li>- Ensure that child labour is not tolerated in the project;</li> <li>- The project to prepare redundancy plans and packages to be discussed with affected workers which will include re- training and re- tooling of affected workers and aim to avoid labour strife</li> </ul>

出典：BESST Ltd, expert's assessment, 2019

## 12.4 モニタリング計画

モニタリングの目標は、プロジェクトの成功率を測定し、対策が悪影響に対処する結果となったかどうか、さらなる介入が必要かどうか、またはモニタリングが一部の領域で拡張する必要があるかを判断することである。モニタリング指標は、特定のプロジェクトの状況に大きく依存する。

### 12.4.1 全体的なマスタープランレベルのモニタリング

WASACは、SEAへの準拠に関する包括的なモニタリングと報告を担当する。WASACは、サブプロジェクトの承認前に、サブプロジェクトへの投資がスクリーニングされ、それらの保護手段が準備され、有効性が確認され、開示されることを保証する。さらに、WASACは、請負業者が特定のサブプロジェクト Environmental Social Management Plan (ESMP)を実装することを保証し、必要に応じてESMPの実装に関するレポートを提出する。WASAC内では、すべてのサブプロジェクト投資の監視とモニタリングは、WASAC内の環境および社会的セーフガードスペシャリストによって行われる。

表 12.4-1 モニタリング指標

Monitoring Level	Monitoring Issue	Verifiable Indicators	Responsibility
SEA level	Adequate dissemination of SEA to stakeholders Capacity building and training programs	Record of consultations and meetings; Workshop reports	WASAC
	Preparation of environmental and social impact assessment report Environmental permitting Monitoring and evaluation	- Independent consultants hired to prepare EIA and/ RAP documents - Environmental Permits for sub projects - Environmental Management Plans, - Monitoring Reports, - Annual Environmental Reports	WASAC

出典: BESST Ltd analysis, 2020

#### 12.4.2 サブプロジェクトレベルのモニタリング

第2レベルのモニタリングは、投資のセーフガード手段がモニタリングの実施を担保する責任を負うモニタリング計画を含むサブプロジェクトレベルで行われる。すべてのサブプロジェクトへの投資は、基本法 the Organic Law に準拠していることを確認するために、必須の年次環境監査/監督の対象となる。サブプロジェクトのESIAの準備に際し、特定のモニタリング指標は、環境社会モニタリング計画に含まれる。次表は、提案された投資から予想される主要な環境的および社会的影響に基づくモニタリング指標の一部を示している。

表 12.4-2 プロジェクトモニタリングの指標と責任機関

Impact issue	Proposed action/measures	Implementation tool/criteria	Monitoring indicators (inputs)	Monitoring indicators (outcomes)	Verification	Project stage	Responsibility
Solid waste disposal	Provide adequate waste reception facilities at construction camp sites Dispose of waste at approved waste collection sites	Waste management plan/Construction site management plan	Number of waste bins at site bins Availability of waste disposal plan Final disposal records	Percentage of workers who follow the solid waste disposal plan including use of receptacles	Weekly checks by project engineer	Construction Operation	Contractor Project engineer
Waste oil/fuel disposal	Provide drums/containers for temporary storage on site of waste oil from equipment and vehicles.	Waste management plan/Construction site management plan	Waste oil drums/containers on site Availability of waste disposal plan (waste oil)	Number of workers familiar and aware of the waste disposal plan	Monthly checks by project engineer	Construction Operation	Contractor Project engineer

Impact issue	Proposed action/measures	Implementation tool/criteria	Monitoring indicators (inputs)	Monitoring indicators (outcomes)	Verification	Project stage	Responsibility
Air pollution	<p>Purchase sound equipment/machinery for project</p> <p>Operate well maintained vehicles, trucks and other equipment</p> <p>Use good quality fuel and lubricants Suppress dust generation at project sites</p>	<p>Part of contract agreement</p> <p>Routine maintenance plan for machinery</p> <p>Purchase of fuel at recognized stations</p> <p>Schedule of works is to limit site.</p>	<p>Number of sound machinery and equipment purchased</p> <p>Availability of equipment and machinery maintenance plan</p> <p>Frequency of watering of surfaces to reduce dust related impacts</p>	<p>Percentage of workers following the good practices for equipment and machinery maintenance</p>	<p>Independent check by project engineers</p> <p>Verification of maintenance record by project engineers Self-check by contractor</p>	Construction	Contractor / Project engineer
Noise pollution	<p>Schedule of works is to be limited to daylight hours; Compliance with the noise emission levels/standard</p> <p>Provision of PPE and train workers on the use of PPEs for noise mitigation and reprimand those not complying</p>	Part of contract agreement for the contractors	<p>Recorded grievances</p> <p>Number of PPE procured for noise mitigation</p>	<p>Number of workers correctly and frequently using PPEs</p>	Self-check by contractor	Construction	Contractor / Project engineer
Traffic impacts	<p>Use only road worthy vehicles and trucks; Use experienced drivers; Contractors must provide driver training; Establish speed limits,</p>	<p>Purchase sound vehicles and trucks /machinery for project</p> <p>Driver qualification recorded</p> <p>Traffic Safety Plan</p>	<p>Traffic incidence records</p> <p>Grievances Recorded</p>	<p>Number of drivers aware and familiar with the traffic safety plan</p> <p>Percentage of drivers who have not committed a traffic offence for the last 6 months</p>	Project engineers to verify	Construction	Contractor / Project engineer
Water pollution	<p>No garbage/refuse, oily wastes, fuels/waste oils should be discharged into drains or water bodies</p> <p>Fuel storage tanks/sites should be properly secured</p>	<p>Waste management plan Spill prevention and control plan</p> <p>Water Quality Plan to measure the quality of water including physical, chemical and biological.</p>	<p>Visibility of oil on water bodies</p> <p>Procurement and installation of water monitoring and measuring gauges</p> <p>On site erosion observed</p>	<p>Increased water quality upstream and downstream shown by periodic measurements</p> <p>Water samples collected showing compliance</p>	<p>Daily self-checks by contractors</p> <p>Periodic reports on performance by contractor to project engineers</p> <p>Spot</p>	<p>Construction</p> <p>Operation</p>	<p>Contractors /Project engineers</p> <p>Project engineers</p>

Impact issue	Proposed action/measures	Implementation tool/criteria	Monitoring indicators (inputs)	Monitoring indicators (outcomes)	Verification	Project stage	Responsibility
	Maintenance and cleaning of vehicles, trucks and equipment should take place offsite.  Provide toilet facilities for construction workers	Implement an Integrated Pest Management Plan when using fertilizers and pesticides	Proposed actions implemented  Quality of water following periodic measurements	to water pollution standards	checks/audits by project engineers		
Water quality	Protection of watersheds and water catchment	Watershed Management Plans	Number of watershed protected	Improved Water quality	Results of water quality sampled	Annually	Rwanda Water Body
Water balance	Monitoring water balance through water abstraction permit	Water abstraction permit, Water Resource Management Plan	Water balance in Catchment	Balanced Water level maintained	Measured water level	Annually	Rwanda Water Body
Impact on fauna and flora	Avoid unnecessary exposure or access to sensitive habitat.  Avoid protected areas, critical habitats or areas with significant biodiversity (wetlands)	If a sensitive habitat is discovered in the work area or vicinity, Project activities should cease.	Wildlife incidents recorded and reported	Number or percentage of terrestrial flora and fauna unaffected by the sub projects	Regular self-checks by contractor  Spot checks and audit by contractor to the client	Construction  Operation  Maintenance	Contractors /Project engineers /

出典: BESST Ltd analysis, 2020

表 12.4-3 プロジェクトのモニタリング指標と社会的影響と責任機関

Impact issue	Proposed action/measures	Implementation tool/criteria	Monitoring indicators (input)	Monitoring indicators (output)	Verification	Project stage	Responsibility
Impacts on downstream water users	Maintain Environmental Flows for river basins Ensure that abstraction of water complies with the water abstraction permits	Environmental Flows Plan	Presence of an Environmental Flows Plan calculated and approved by water abstraction agency Availability of Water Abstraction Permit from Water regulation agency	Impacts on water uses and livelihoods downstream	Regular spot checks by water regulation agency  Periodic checks of the flows by environmental team	Construction  Operation	Contractor or WASAC REMA  Water regulation agency
Impacts on	Place notices and	ESMP	Grievance	Recreational	Warning	Construction	Contract



Impact issue	Proposed action/measures	Implementation tool/criteria	Monitoring indicators (input)	Monitoring indicators (output)	Verification	Project stage	Responsibility
recreation and public areas	warning signs at working areas		records	Facilities and areas restored/protected	signs/notices in place		ors/Project engineers
Impacts on Human Health/Safety and sanitation	Cover buckets of trucks carrying construction materials such as sand, quarry dust, etc. Use road worthy vehicles/trucks and experienced drivers/operators Active construction areas to be marked with high-visibility tape Provide adequate sanitary facilities Provide PPEs for construction workers. Educate construction workers on site rules/regulation and hygiene and disease (HIV/AIDS) prevention.	ESMP Vehicle maintenance programme/plan in place Construction site management plan ESMP	Health and safety incident register Grievance records	Reduced accidents and hazards in construction sites Reduced incidence of diseases spread e.g., HIV/AIDS, and other STDs Increased understanding of workers on measures to reduce STDs/HIV/AIDS etc.	Health and safety plan under implementation  Daily self-checks and verification by contractor Spot checks by project engineers Periodic reports by contractor to project engineers	Construction	Contractors
Impacts on cultural heritage/archaeological interest /existing aquatic infrastructure and services	Identify cultural heritage resources and existing ecologically sensitive areas.	Pre-construction surveys / Chance Finds procedure  Plan for accidental Cultural Finds	Cultural/archaeological resources/ existing infrastructure encounter incidence register	Number of workers familiar with the chance find procedures	Chance finds procedure under implementation Daily self-checks and verification by contractor	Preconstruction and construction and repairs/recovery	Contractors
Impacts on Human Health and Safety	Use suitable Personal Protective Equipment (PPE).  Provide Training on use of PPE	ESMP	Health and safety incident register Grievance records	Reduction in or increase in accidents due to use of or lack of use of PPEs	ESMP under implementation Spot checks and observations by project engineers	Pre-construction and construction, and repairs/recovery	Contractors
Labour related impacts (Employment)	Ensure that the local communities are given priority in relation to employment and provided with training (skilled) to provide future labour in the project e.g. operation and maintenance	Human Resource Management Plan	Number of local residents employed in sub projects	Number of local residents employed in sub projects	Employment Records	Pre-construction and construction, and repairs/recovery	Contractors/EA

出典: BESST Ltd analysis, 2020

### 12.4.3 モニタリングの役割と責任機関

#### 12.4.3.1 水衛生公社 (WASAC)

WASAC は、キガリ水マスタープランに基づく活動の環境的および社会的モニタリングに責任を負う。WASAC は、マスタープランおよび REMA の承認に基づくプロジェクトに関する JICA または他のドナーに提出するために、さらなる環境分析の対象となるすべてのサブプロジェクトの定期的（月次、四半期および年次）モニタリングレポートを作成する必要がある。WASAC は、サブプロジェクトの評価と承認、サブプロジェクトの管理と実施の組織化、およびセーフガード活動の実施を含むサブプロジェクトの実施の監督を担当する。

#### 12.4.3.2 ルワンダ環境管理局 (REMA)

環境に関する基本法 Organic law on Environment は、調整機関としての REMA に環境保護の責任を課している。REMA は、ルワンダの環境に影響を与える可能性のあるすべてのプロジェクト活動のモニタリング活動全般を所掌する役割を担っている。REMA は、ESIA が承認した投資プロジェクトへの準拠を判断するために定期的な現場視察を行うことにより、投資プロジェクトの定期的な監視を行い、さらに、基本法の要求に応じて、各投資プロジェクトに対して毎年提出される提出された年次監査報告書に拠って監視を行っている。

#### 12.4.3.3 水利委員会

ルワンダ水利委員会は、国の持続可能な水資源管理に責任があり、取水許可を発行し、水質を監視し、水収支を確保する責任を有する。また、水利用者間の水資源の分配を確保し、水質の確保を目指すイニシアチブについて助言する。

#### 12.4.3.4 ルワンダ開発局 (RDB)

RDB は、提出された ESIA レポートに基づいて、すべての投資に承認と ESIA ライセンスを提供する。承認がなければ、投資プロジェクトの実施を行うことができない。

#### 12.4.3.5 WASAC 社会環境スペシャリスト

WASAC には、監視、サブプロジェクトのスクリーニング、EIA の ToR の準備、促進、調整、EIA のレビュー、すべてのサブプロジェクトの監視と評価を提供する環境社会配慮を専門に行う強力なチームがある。

### 12.5 利害関係者会議とパブリックコンサルテーション

情報開示は ESC（環境社会的配慮）の鍵である。プロジェクトの提案者は、関連情報を積極的に一般に公開する必要がある。プロジェクトの提案者は、早い段階からさまざまな利害関係者と情報を共有することで、フィードバックを活用して計画/プロジェクトを改善できる。さらに、プロジェクトの提案者は、利害関係者間の不必要な懸念や誤解を確実に改善することができる。

これに関連して、WASAC（プロジェクト提案者として）は 2019 年 8 月にステークホルダーミー

ティングを開催し、プロジェクトの調査と実施計画の全体的な目的について公表した。市民参加・協議の実施計画に従っている。市民参加・協議に関する実施計画の概要は以下のとおり。

- ステークホルダーミーティング（2019年8月）
  - ✓ 研究のキックオフを発表する
  - ✓ 利害関係者を分析する
  - ✓ メディアを介した情報の流れを確立する
- ステークホルダーミーティング（2020年2月）
  - ✓ マスタープランの概要;
  - ✓ 財政的および組織的問題;
  - ✓ 需要予測の更新。
  - ✓ 水資源開発計画;
  - ✓ 社会経済調査&SEA;
  - ✓ マスターシナリオと候補プロジェクト
  - ✓ 今後の課題
- ステークホルダーミーティング（2021年8月）
  - ✓ マスタープランについての説明;
  - ✓ 15年投資計画についての説明;
  - ✓ 戦略的環境アセスメントの結果とパブリックコメントへの参加依頼

なお、2020年2月のステークホルダーミーティングで協議したとする内容は、MININFRAにより招集された Thematic Working Group (TWG) の場で協議された。

これまで実施されたステークホルダーミーティングでマスタープラン及び15年投資計画に関する重要なコメント、提案、意見は以下のとおりである。

- マスタープラン検討の目標は、SDGsの達成と国家目標である安全な水の入手手段の100%確保（水源からの距離を郊外で500m以内、都市部で200m以内）の達成である。
- 調査により、WASACやMININFRAを含むルワンダ側がSDGsの目標と将来の需要に近づくためには、今後数年にわたって（供給能力と需要の間に）大きな乖離がある事が示されている。
- 調査の中間結果は、将来の水需要をカバーするために巨額の投資が避けられないことを示唆しており、これに関連して、関係する開発パートナー間で調査の進捗状況を共有する会議は、WASACやMININFRAを含むルワンダ側が将来の財源を探すのに役立つと付け加えた。
- マスタープランの形成は、C/Pを含むルワンダ側がJICA調査団（JST）と計画策定に積極的に関与する一種の「技術協力プログラム」として作成されている。

## 12.6 結論と提言

### 12.6.1 結論

本検討では、キガリ市と隣接する 7 つのセクターにおける給水マスターシナリオを適用する際、影響を受ける地域のベースラインに関する調査結果が含まれている。これは最適な水源開発シナリオの選択から得られる、水供給シナリオのスコーピングを実施するための ESC（環境社会配慮）調査のために行われた。本調査で得られた主な知見は以下の通り。

- 浄水場の主な水源として地下水を開発することにより、各候補地ではプラスとマイナスの環境影響があると考えられる。しかし、それぞれの候補地において、周辺環境や地域社会に深刻な影響を与えることはない。
- Nyabarongo 川の表流水と比較して、地下水の利用は水質と気候変動への適応策として有利である。
- このシナリオでは、後の段階で表流水の開発が予想されるが、環境への影響は少ないと考えられる。
- ルワンダの EIA の規則は、JICA のガイドライン 2010 や世界銀行のセーフガードポリシーと大きな差異はない。差異は、情報公開やパブリックコンサルテーションの方法にみられる。他にも、両者の間にはいくつかの小さな違いがある。しかし、これらは基本的に JICA のガイドラインと一致している。
- この給水シナリオは、ビジョン 2020、国家戦略 1 (NST1)、およびルワンダ政府によって設定された一連の計画と政策に従っている。このシナリオに従った開発は、ルワンダの開発の計画と方針に準拠するものである。

### 12.6.2 提言

基本的に浄水場や都市給水システムの建設には、REMA の「Guideline for Environmental Impact Assessment for Water Resources Management in Rwanda 2009 March」による本格的な EIA が必要である。マスターシナリオに続くマスタープランに記載されたプロジェクトの実際の実施には、EIA の適用が必要となる場合がある。申請には以下の項目がある。

- プロジェクト概要の提出
- 選考
- TOR の提出/承認
- EIA 調査
- 公聴会
- 技術委員会による意思決定

プロジェクト提案者は、優先プロジェクトへの EIA の適用を開始する必要があるとあり、考慮すべき点は次のとおり。

- EIA は、ルワンダの環境法 Environmental Law に規定された手順に基づいて実施されるものとする。
- EIA は、プロジェクト提案者が候補地において、国際的なガイドラインやルワンダのガイドライン ("Guideline for Environmental Impact Assessment for Water Resources Management in Rwanda 2009 March "など) に従って実施されるべきである。
- 評価調査が必要な場合は、調査前はもちろん、調査後も候補地で EIA を実施する必要がある。
- 調査結果に応じて、EIA を改訂する必要がある (追加調査が必要)
- 運転免許を申請する前に EIA の承認を得る必要がある。
- 住民移転の影響は、EIA の準備中に評価され、RAP が必要かどうか決定されるべきである。

提案されたインフラの建設・運用に先立って必要なその他の許可には、取水許可や建設許可がある。これらの許可の申請には、水文学的調査、最終設計、EIA 調査などの必要書類が必要となる。

## 第13章 マスターシナリオ

「マスターシナリオ」は、水資源開発計画および将来の水需要を満たすため、また適切な浄水・送配水システムを備えた水道システムの 2050 年までの全体的な開発シナリオを示すものである。また、このマスターシナリオは、後段に述べる 15 年間投資計画の基礎ともなるものである。

### 13.1 目的

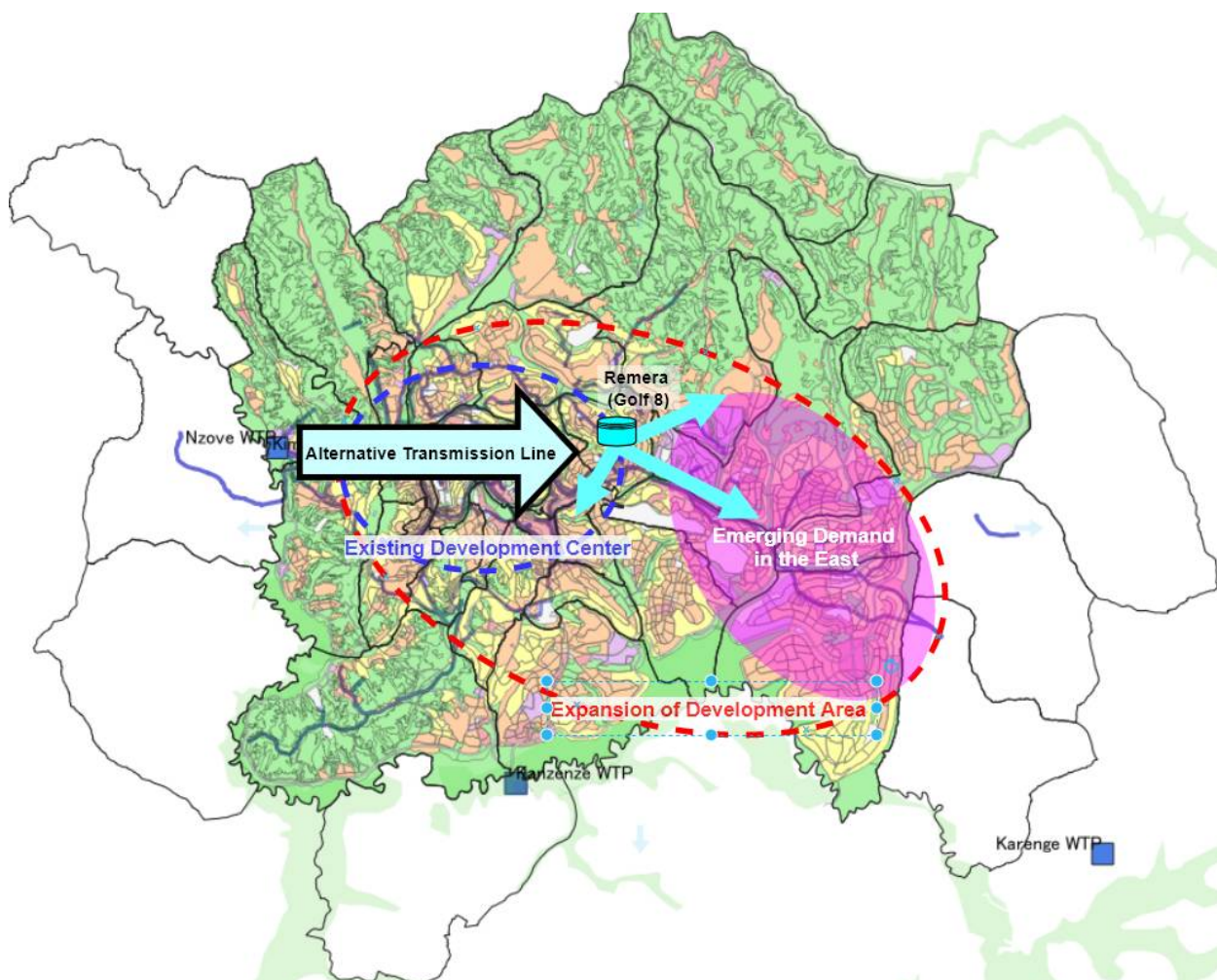
本章の目的は、多角的な視点から 2050 年までの水道開発に関する複数のオプションを検討し、マスターシナリオを決定することである。この目的のため、将来の青写真を比較・検討し、給水バランスモデルを使用してさまざまな給水シナリオを比較した。次に、給水シナリオを評価し、給水拡大の各ケースのリスクとコストを明らかにした。

### 13.2 基本方針

将来の増大する需要を満たすために利用できる水源は、**10 章**で示したように、Nyabarongo 川流域と Mugesera/Sake 湖およびその他の北部の水源に限定されている。マスターシナリオの検討では、これら複数の水源の組み合わせ、並びにその活用方法が重要となる。各シナリオのオプションを水の安定性、柔軟性、弾力性・強靱性、およびライフ・サイクル・コストから評価できるようにするために、送配水（セクション **13.10**）、浄水処理プロセス（セクション **13.11**）の最良の組み合わせについて技術的側面から比較検討（セクション **13.5** の評価基準を参照）を行った。

特に、給水に関する重要な問題は、**図 13.2-1** に示すとおり給水の効率と柔軟性の向上である。効率の問題は、主に給水コストの 50%を超えるエネルギーコストの問題に起因している。送水エネルギー効率を改善するためのボトルネックは、既存の Nzove 浄水場から Remera 配水池への送水ルートが Ntora と Mont-Kigali の丘の頂上を通過するルートに限られていることである。

このような背景のもと、マスターシナリオの前提として、調査地域の中央部を通過する中央送水幹線が将来の拡張に向けて提案されている。送水幹線の検討については、セクション **13.10.2** に詳述する。さらに、給水は実際の都市の発展と需要の伸びに柔軟に対応する必要があり、そのため Remera (Golf 8) 配水池を介して新たな需要を満たすための新しい送水管ルートがセクション **13.10.3** で提案されている。需要が東部地域（例：Ndera、Rusororo、Masaka）に集中していることを考慮すると、Remera (Golf 8)は、その標高と需要地からの距離の両方の点で戦略的に優れた位置となる。



出典：調査団

図 13.2-1 マスターシナリオにおける柔軟性、効率性向上のための戦略

### 13.3 水供給シナリオ

#### 13.3.1 方法

##### (1) 水供給バランスモデル

市全体にわたる水収支と 2050 年までの長い将来像を描くために、各地域の水収支を説明する包括的かつシンプルなモデルを確立した。モデルの詳細については、後述の「給水エリア (WSA)」において説明する。水収支は、既存/計画中の各浄水場からの水の流れと融通、さらに給水エリアでの将来水需要の関係で表される。各地域の将来水需要は、第 9 章で前述した水需要予測に基づいて割り当てられている。

## (2) 水理モデル

送水域、管径、必要となるエネルギー消費量等が水理モデルを活用して検討された。計算に使用した基本的なパラメータを表 13.3-1 に示す。すべての計算は、スプレッドシートまたは EPAnet2.0 を活用した。

表 13.3-1 検討に用いられた基本パラメータ

Hydraulic Calculation	
Formula	Hazen-Williams
Coefficients	C=130 (for Transmission Mains)
	C=110 (for Distribution Pipes)
Pump efficiency ( $\eta_p$ )	0.8
Motor efficiency ( $\eta_m$ )	0.9
Cost Calculation	
Unit electricity tariff	148.68 RWF/kW
Benchmark Year of Cost	2019
Evaluation Period for the lifetime cost	20 years
Social Discount Rate (SDR)	6%
Others	
Elevations	From WASAC GIS point data or estimated from Google Earth.

出典：調査団

### 13.3.2 将来給水区域

本調査で設定された給水区域（WSA）の概要を表 13.3-2 と図 13.3-1 に示す。給水区域は 12 の区域に分けられている。最小需要単位はセクター毎として定義している。給水区域の境界のほとんどは各丘の谷線または稜線であるため、セクター管理境界ごとに給水区域を計画することが合理的であった。複数の供給源から供給されるいくつかのセクターは、各給水区域のバランス（流入/流出）として示されている。

給水地域の設定に当たり適用された原則は以下のとおりである。

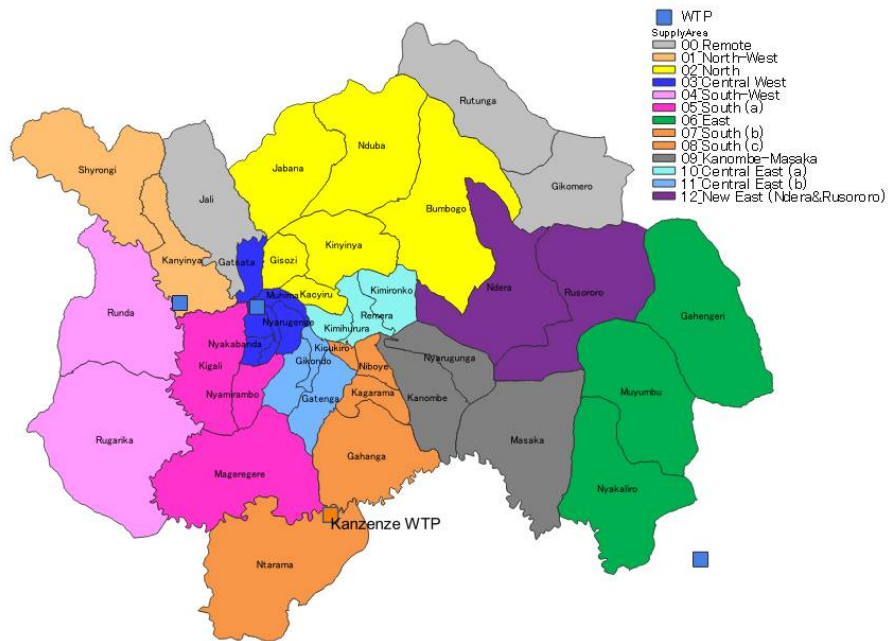
- 既存の施設を最大限に活用する
- 地形を考慮する
- 柔軟性：複数の水源からの「混合領域」の設定

表 13.3-2 詳細給水区域の概要

ID	Supply Area	Sectors	Main Supply Strategy	Legend
0	Remote Area	Rutunga, Gikomero	Independent Water Supply	
1	North-West	Kanyinya, Shyolongi	Nzove-Kanyinya route	
2	North	Bumbogo, Gisozi, Jabana, Kacyiru, Kinyinya, Nduba, Jali, Jabana	Nzove-Ntora	
3	Central West	Gitega, Kimisagara, Muhima, Nyakabanda, Nyarugenge, Gatsata	Kimisagara (or Nzove)	
4	South-West	Runda, Rugarika	Nzove-Karama	
5	South (a)	Kigali, Nyamirambo, Mageregere	Nzove-Mont-Kigali	
6	East	Muyumbu, Gahengeri, Nyakaliro	Karenge	
7	South (b)	Gahanga, Kagarama, Kanombe, Niboye, Kicukiro	Kanzenze-Gahanga	
8	South (c)	Ntarama	Kanzenze-Bidudu	
9	Kanombe-Masaka	Kanombe, Masaka, Nyarugunga	Masaka	
10	Central East (1)	Kimihurura, Kimironko, Remera	Remera (Nzove/Karenge/Kanzenze)	
11	Central East (2)	Gatenga, Gikondo, Kigarama		
12	New East	Ndera, Rusororo	Mixed (Remera, Karenge)	

出典：調査団





出典：調査団

図 13.3-1 将来給水区域区分

表 13.3-3 は、将来の WSA における水需要の内訳を示している。2019 年から 2050 年までの期間、現実的で実現可能な計画を作成し、需要を段階的に満たすために、需要については日平均水需要が採用された。2050 年には、水需要を完全に満たすため、日最大水需要が採用された（詳細は 9 章を参照）。

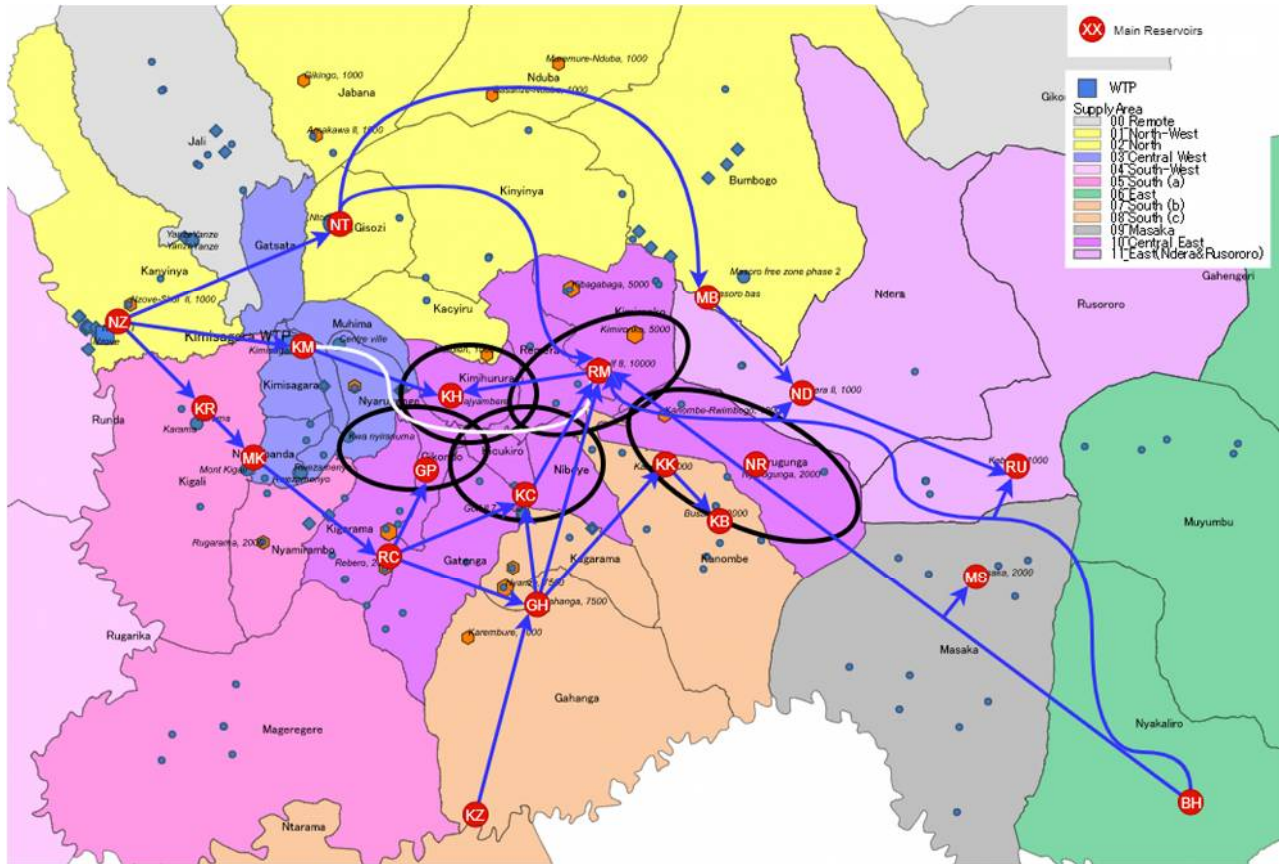
表 13.3-3 セクター毎各給水区域の将来水需要

WSA	Sector	Day Average Water Demand (m3/day)				Day-max
		2019	2025	2035	2050	2050
0	Gikomero	689	909	1,561	2,888	3,754
	Jali	1,042	1,447	2,702	5,640	7,332
	Rutungu	1,061	1,558	3,130	7,082	9,206
1	Kanyinya	1,448	2,049	3,919	8,391	10,909
	Shyorongi	1,285	1,716	3,145	6,724	8,741
2	Bumbogo	2,941	5,200	12,672	33,842	43,995
	Gisozi	2,610	3,387	6,056	12,585	16,360
	Jabana	1,704	2,488	4,960	11,116	14,451
	Kacyiru	2,948	3,794	6,435	11,669	15,169
	Kinyinya	5,065	7,949	17,328	38,518	50,074
	Nduba	1,174	1,812	3,871	9,315	12,110
3	Gitega	1,572	1,716	2,145	2,318	3,014
	Kimisagara	2,820	2,978	3,442	2,897	3,766
	Muhima	3,330	4,139	6,489	10,677	13,880
	Nyakabanda	1,325	1,531	2,155	3,040	3,952
	Nyarugenge	2,677	3,596	6,048	10,430	13,558
	Rwezamenyo	1,074	1,357	2,161	3,595	4,673
	Gatsata	1,994	2,173	2,709	2,905	3,777
4	Runda	2,261	3,207	6,687	15,182	19,737
	Rugalika	1,867	2,757	5,826	13,681	17,785
5	Kigali	1,764	2,810	6,193	15,269	19,850
	Mageregere	1,633	2,821	7,752	25,055	32,571
	Nyamirambo	3,080	4,310	7,493	13,186	17,142
6	Muyumbu	1,141	2,200	5,782	16,371	21,282
	Gahengeri	1,262	2,433	6,395	18,106	23,538
	Nyakariro	1,092	2,138	5,688	16,229	21,098
7	Gahanga	3,681	6,704	19,916	65,835	85,586
	Kagarama	2,815	4,769	9,419	17,758	23,086
	Kanombe	5,006	8,156	18,383	41,458	53,896
8	Ntarama	881	1,363	4,271	13,836	17,986
9	Masaka	3,697	6,210	18,714	89,050	115,765
10	Kimihurura	2,170	2,819	4,606	7,797	10,135
	Kimironko	5,602	8,227	14,828	26,645	34,639
	Remera	4,170	5,877	10,273	18,137	23,578
	Gatenga	3,164	4,096	7,279	15,007	19,510
	Gikondo	1,806	2,483	4,257	7,427	9,655
	Kicukiro	2,432	3,262	5,478	9,436	12,267
	Kigarama	2,607	3,327	5,348	8,954	11,640
	Niboye	2,249	3,196	6,221	12,710	16,524
	Nyarugunga	3,891	5,736	11,661	24,596	31,975
11	Ndera	5,404	9,207	25,188	77,062	100,181
	Rusororo	5,771	10,600	26,978	67,335	87,536
Total		106,208	158,507	335,564	819,756	1,065,682

Note: WSA; Water Supply Area

出典：調査団

「混合地域」の考え方を図 13.3-2 に示す。主要な配水池間の既存および計画送水管路を考慮すると、水はキガリ市周辺のあらゆる水源から中央東部地域に柔軟に送水できる（濃い紫色で表示）。この中で、複数供給源から供給される混合地域の詳細な考え方は、このセクションの(11)に示す。



出典：調査団

Note: NZ ; Nzove, NT; Ntora, KM; Kimisagara, KR; Karama, MK; Mont-Kigali, GL; Gikondo-Low (Proposed), GP; Gikondo Premiere, RC; Rebero Carrier, KC; Kicukiro (Golf 7), RM; Remera (Golf 8), GH; Gahanga, KZ; Kanzenze. BH; Bihimbe (from Kareng e), MB; Masoro-bas, ND; Ndera, RU; Rusororo, MS; Masaka, NR; Nyarungu, KK; Kanombe Rwimbogo KB; Kanombe Busanza

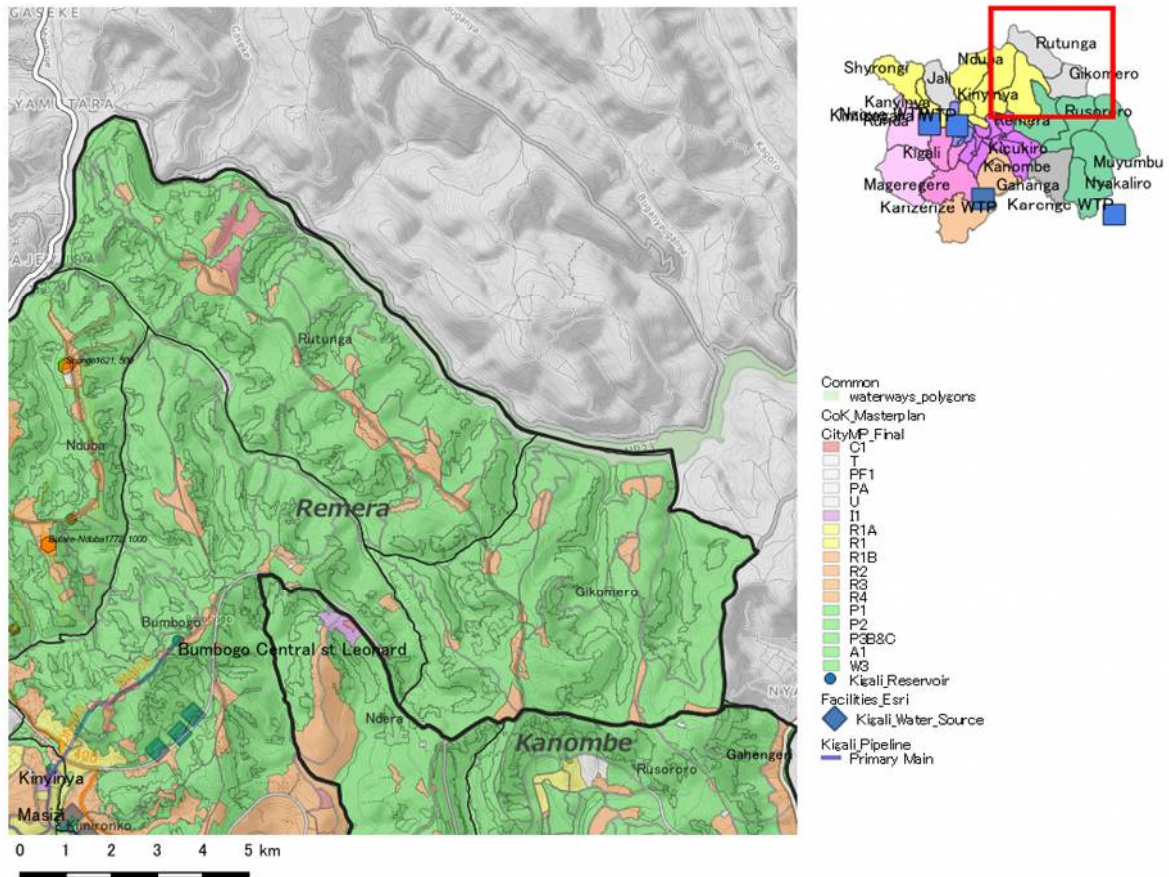
図 13.3-2 混合区域への送水ルート概略図

### (1) 遠隔地

3つのセクター、Rutunga、Gikomero、Jaliは市中心部より遠隔地にあるため、集中給水システムに接続することは困難で効率的でないと判断された。これらのセクターは、将来の開発と近隣の水源を考慮すると、独立した給水システムから効率的に供給されるべきとした。

RutungaとGikomeroはキガリ市の北部にあり、Muhazi湖とNyabugogo川に隣接している。これらのセクターへのアクセス道路は、湖またはBumbogoセクターからとなる。この地域の開発地域は、Muhazi湖畔と山の稜線に限定されている。

これらの地域は都市から離れており、主要な開発地域はセクターの北西部、Bumbogoセクターオフィスから約23kmの位置である。Gikomeroの最寄りの開発地域(山の頂上、EL + 1,880m)まで11km離れている。したがって、都市側からの給水は明らかに効率的ではなく、Muhazi湖からの給水が効率的であると考えられる。



出典：調査団

図 13.3-3 CoK M/P における Rutunga・Gikomero セクターの開発計画

### (2) 北西部 (Kanyinya-Shyolongi)

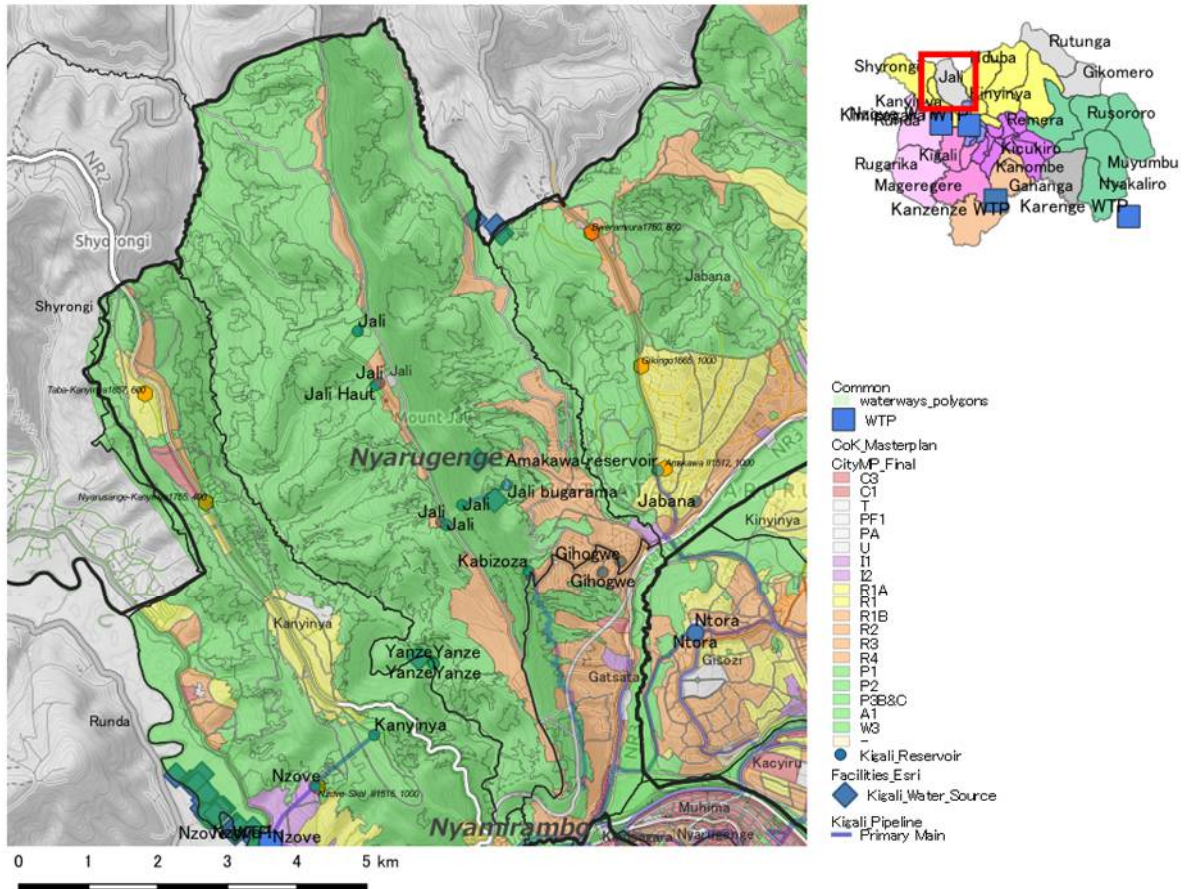
この地域は、既存の Nzove 浄水場の供給地域の北部に位置しており、特に Kanyinya 丘陵の西部に位置する RN4 道路沿いの地域では水需要が高まっている。Nyabarongo 川と RN4 に沿った Nzove 浄水場からの既存および進行中の給水開発がある。

### (3) 北部 (Ntora Area からの拡張)

この地域は、Ntora 配水池による現在および進行中の給水開発地域である。Gisozi、Kacyiru、および Kinyinya セクターは、Ntora 配水池の近くにあり、必然的に Ntora 配水池から供給される。Jabana、Nduba、Bumbogo の各セクターは、現時点では Ntora によって完全にはカバーされていないが、進行中のプロジェクトの一環として建設される北部環状送水本管によって給水される予定である。

Jali セクターはキガリ市の北東部にあり、その土地のほとんどが、標高 1,500～2,000m の Mount-Jali に位置している。将来の開発は、Gatsata セクターの Gihogwe 地域開発の一部である東部地域に集中しており、開発の更なるもう 1 つの地域は、標高 1600～1900m の Mount-Jali の山の尾根に沿ったものである。どちらの地域でも、開発のタイプは農村住宅ゾーン (R1B) に分類されている。





出典：調査団

図 13.3-4 CoK M/P における Jali セクターの開発計画

#### (4) 中西部 (CBD 及びその周辺地域)

この地域には、CBD、南は Rwezamenyo まで、Gatsata セクターの北部が含まれる。この地域の給水の中心は、EL + 1,529m の Kimisagara 浄水場となる。Kimisagara 浄水場の容量はわずか 22,000m<sup>3</sup>/日であり、この地域のすべての需要をカバーすることはできない。したがって、水の一部は他の浄水場から送水される必要がある。

中西部地域の計画では、Kimisagara 浄水場により、すべて給水されるように計画されている。さらに、進行中のプロジェクト (Sustainable Water Supply and Sanitation Program、AfDB が資金提供) は、Mont-Kigali から Rwezamenyo を経由して Centre Ville Sonarowa までの送水管路を敷設することとなっている。この管路は、CBD とその周辺地域での現在の需要及び将来需要に対応することを目的としている。ただし、Mont-Kigali を通過する単位エネルギー消費量は 2.00 kWh と非常に高くなっており (送水のみ)、Mont-Kigali 線からの給水は今後の計画では考慮せず、緊急時の予備給水としてのみ考慮されている。これについては、セクション 13.10.2 で詳述する。

#### (5) 南西部 (Runda and Rugarika)

これらの地域は、キガリ市の西側と市外に位置している (隣接するセクター)。これらの地域は、

Nyabarongo 川によってキガリ市から隔離されている。現在、水は Nzove から Ntora (DIP ND600) への送水管の支線から送水されているが、日本の無償資金協力事業による新しい Nzove-Ntora 送水管路 (ND900) の運用後に廃止される可能性がある。進行中の AfDB プロジェクトでは、Karama 配水池からの送水管路が計画されているため、この地域は、新しい Karama 配水池を経由した Nzove からの送水を受けることとなる。

**(6) 南部地域 (a) (Kigali, Mageregere, Nyamirambo)**

これらは主に、Mont-Kigali (Haut) 配水池から給水をうける標高の高い地域である。Mageregere セクターへの給水は、この Mont-Kigali 線から Kimisange Golf 5 を経由した給水となる。給水計画では標高を考慮して、当該地域の一部は他の給水計画で給水される必要がある。

**(7) 西部 (Gahengeri, Muyumbu, Nyakaliro)**

これらの地区は、キガリ市の西に位置する離れた地域 (隣接セクター) であり、現在、Karengé 浄水場からのみ供給されている。

**(8) 南部 (b) (Gahanga, Kagarama, Kanombe)**

この地域はキガリ市の南部に位置している。このエリアの開発は、新空港のゲート都市として急速に進められている。この地域は、進行中のプロジェクトによって建設された Gahanga の新配水池を経由して、Kanzenze 浄水場からのみ供給されている。

**(9) 南部 (c) (Ntarama)**

Ntarama セクターは、キガリ市の南側市外に位置し、Nyabarongo 川によって市から隔離されている。この地域は、進行中のプロジェクトにより、Bidudu 配水池を経由して Kanzenze 浄水場から供給される予定である。

なお、空港エリアの需要 (キガリバルク給水事業の計画量として  $10,000\text{m}^3$  /日) はこの地域の需要には含まれていない。空港の需要の伸びは暫定的な条件であり、この調査には含まれていない。

**(10) Masaka**

この区域は、他のセクターから独立した地域として設定されている。このセクターは現在、Karengé 浄水場から部分的に供給されている。この地域では、給水能力の不足や施設の老朽化による漏水という問題を抱えており、一方で需要が急増しているため給水不足が深刻である。この地域は、Nyabarongo 河岸の井戸群から原水を得て、このセクターで浄水場を建設する計画としている。

**(11) 中央東部 (混合給水区域)**

この地域には、主に幹線道路沿い、CBD と既存のキガリ空港の間の市内中央東部が含まれている。この地域のほとんどは、次の主要な配水池 (自然流加またはポンプによる) Remera、Kicukiro、Kimihurura、Gikondo Premier、Nyarugunga、Rebero Carrier から供給されている。ここでは、Gatenga 南部 (Rebero 地域) と Kigarama (Nyanza 西部) の一部は、実際には Mont-Kigali 幹線の他の小規模配水池から給水されているが、簡易的に Rebero Carrie として表している。

この地域は、Nzove-Ntora 幹線、Nzove-Mont Kigali 幹線、Kanzenze-Gahanga 幹線、および Karengé 幹線から供給できるため、この領域の水収支は、複数の幹線からの供給が混合しており、その供給量は合計として表される。Nzove から Remera への送水は、これらの地域に供給するだけでなく、Remera 配水池から市のさらに東部に供給しており、送水容量の不足がボトルネックとなっている。これらについては、セクション 13.10.2 で詳述する。

### (12) 新興東部 (Ndera, Rusororo)

この地域は、既存の空港の北に位置する新興の工業および住宅地域であり、開発地域はさらに北に広がっている。これらの地域は現在、Karengé 北部管路 (ND300) から供給されている。この地域には西の Masoro-bas 配水池から供給される別のルートがある。この区域は、2035 年と 2050 年に混合供給エリアとして設定され、以下の 2 つの供給ルートを活用する可能性を検討している。

#### a) Masoro-bas ルート

Nzove-Ntora からの水は、北部環状幹線が建設された後、Masoro-bas に送水される。Masoro-bas (EL + 1,524) または Masoro-haut (EL + 1,570) の水は、この地域に建設が提案 (CoK M/P による土地利用計画) されている新しい道路に沿って東に送水される。このルートでは、水は Nzove-Ntora または Remera から送水される。

#### b) Karengé ルート

Karengé ルートは、Karengé 浄水場からの現在の送水管路と同じルートである。新しい送水管路を建設する場合、このルートで Remera から東に水を送水することが可能である。

送水管ルートを図 13.10-6 に示し、自然流下による送水の可能性の検討について検討されている。(セクション 13.10.3 参照)。

### 13.3.3 ベンチマーク年

マスターシナリオは、2050 年の目標年を含む 3 つのベンチマーク年を設定し、計画された (表 13.3-4)。2025 年と 2035 年は、段階的 (段階的) 投資計画を計画するためのベンチマークとし、最終目標年次である 2050 年に向けた中間年の需給戦略を展開するため設定されている。

表 13.3-4 マスターシナリオにおけるベンチマーク年

Benchmark year	Remarks
2025	Benchmark for emerging priority projects.
2035	An intermediate year between 2025 to 2050. Benchmark as the basis of the 15 years investment plan.
2050	Target year of the Masterplan.

出典：調査団

### 13.3.4 費用概算

費用の概算は、マスターシナリオに基づいて行われており、この費用概算は各オプションの比較を目的としているものである。実際の投資総額の概算については、別途検討結果を示す。

費用概算にあたっての基本的な前提は以下の通りである。

#### [投資コスト CAPEX]

- 2019年現在価格を適用し、価格上昇は考慮しない
- 固定為替レート（2019年9月から11月までの3か月平均、911 RWF / USD）を用いる
- 税金、WASACによるプロジェクトの管理費、および財務費用は含まない
- 単価の見積もりは、付録-20 および 21 に準拠している。
- 水源および水処理プラント：付録のコスト関数に基づいている。
- 送水本管、副本管、配水本管：マスターシナリオの水需要配分からルートと管径を推定。2035年と2050年のベンチマーク年ごとに3つのシナリオのコストを個別に計算した。2050年のコストは、ベースラインケース（2035年ケース1）からの拡張コストとして扱っている。送水副本管（主要な配水池から各配水ゾーンを担当する小さな配水池までの送水管路）の数量は、既存/進行中の管路延長の合計に対するND90-160管の比率に基づいて推定されている。比較的困難な建設（例えば、河川横断や脆弱な土質条件等）によるコストの増加は、コストでは特に考慮されていないが、不測の事態費用（10%）によってカバーされるとした。
- 配水枝管とメーター：管径別の1人当たり延長は、既存/進行中のプロジェクトの管路延長から推定された。
- 配水池：配水ゾーンごとに1つの小規模配水池を配置すると想定した。小規模配水池あたりの容量は500m<sup>3</sup>に固定。必要な容量は、2035年の日平均水需要の8時間分、2050年の日最大水需要の12時間分としている。この設定により、2035年と2050年の3つのシナリオの共通条件として、以下の設備投資が必要となった。
  - 2019-2035：年間14.3の配水池を建設する
  - 2036-2060：年間14.3の配水池に加えて、任意の場所に大規模配水池を建設（合計150,000 m<sup>3</sup>）
- 土地取得費用は、小規模配水池の建設費の20%、大規模配水池の建設費の6%を想定し、費用に含まれている。
- 顧客の接続とメーター：顧客負担のため、費用概算から除外。

#### [運転コスト OPEX]

- 2019年の現在価格を適用し、価格上昇は考慮しない。
- 薬品費、給与、維持費は、WASACの各浄水場（Nzove、Kimisagara、Kareng'e）の年間平均費用に基づいている（WASAC Annual Report 2018/2019）。
- 電気料金は、管路ルートと標高差に基づいて計算されたポンプ揚程を想定して計算している。地形は、WASACのGISデータまたはGoogle Earthに基づいている。
- 電気料金は、WASACが支払った現在の平均料金である148.68 RWF / kWに固定。

### 13.3.5 全体シナリオ

給水拡大の全体シナリオは表 13.3-5 に示す。それぞれ2035年と2050年について、異なる水資源、浄水場を活用した場合の3つのシナリオについて検討を行った。各供給地域に割り当てられた将来



水需要は表 13.3-6 に示す。

表 13.3-5 マスターシナリオにおいて検討を行った3つのケース

Year	Simulated Scenario(s)			Demand	Note
2035	Case 1	Case 2	Case 3		Models to compare the possible future scenario of water transmission.
	Baseline (Near demand principle)	Nzove Oriented	Kanzenze Oriented		
2050	Case 1	Case 2	Case 3	Day Max	
	Nyabarongo/Upcountry water source-oriented	Akagera River upstream oriented	Mugesera Lake oriented		

出典：調査団

表 13.3-6 各給水区域の将来水需要

ID	Supply Area	Main Supply Scheme	Day Average Water Demand (m <sup>3</sup> /day)				Day Max
			2019	2025	2035	2050	2050
0	Remote	Independent Water Supply	3,000	4,000	7,000	16,000	21,000
1	North-West	Nzove-Kanyinya	3,000	4,000	7,000	15,000	20,000
2	North	Nzove-Ntora	16,000	25,000	51,000	117,000	152,000
3	Central West	Kimisagara	15,000	17,000	25,000	36,000	47,000
4	South-West	Nzove-Karama	4,000	6,000	13,000	29,000	38,000
5	South (a)	Mont-Kigali	6,000	10,000	21,000	54,000	70,000
6	East	Karenge	3,000	7,000	18,000	51,000	66,000
7	South (b)	Kanzenze-Gahanga	12,000	20,000	48,000	125,000	163,000
8	South (c)	Kanzenze-Bidudu	1,000	1,000	4,000	14,000	18,000
9	Masaka	Masaka	4,000	6,000	19,000	89,000	116,000
10	Central East	Mixed	28,000	39,000	70,000	131,000	170,000
11	New East	Mixed (Remera-Karenge)	11,000	20,000	52,000	144,000	187,000
Total			106,000	159,000	335,000	821,000	1,067,000

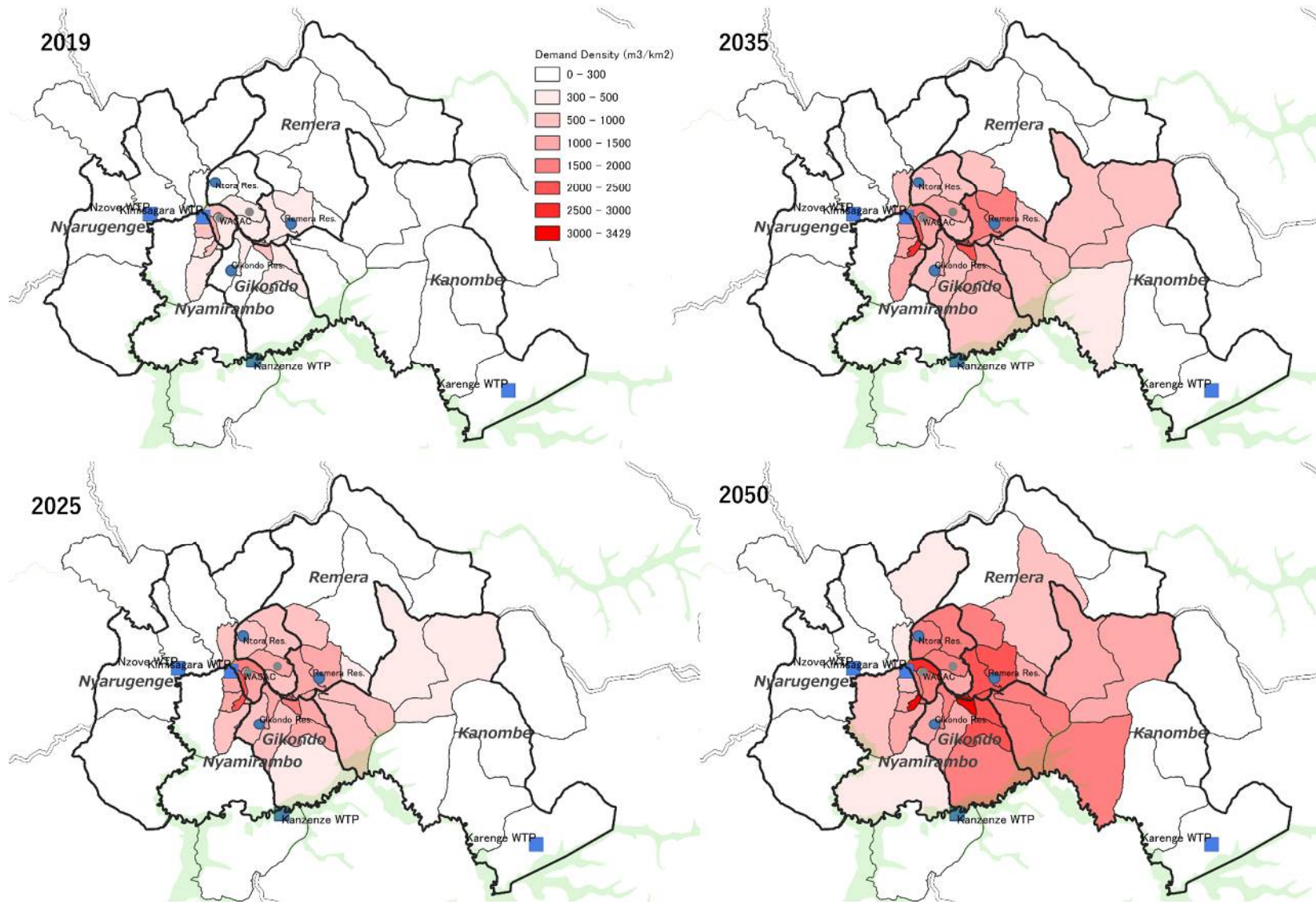
出典：調査団

## 13.4 シナリオの比較

### 13.4.1 全体的な水需要増加とその分布

2050年までの全体的な需要分布は図 13.4-1 のとおりである。都市給水としての実際の需要を把握するために、需要を密度 (Day Max Demand m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>) として示している。この図から、以下の事が判る。

- 東部 (Masaka、Ndera Rusororo) では新たな需要の伸びが見られる。これらの地域への送水手段は現在 Karenge からの送水管に限定されており、その量は不十分である。本格的に需要が伸びるのは、CoK M/P に示されている都市の発展を考慮すると、2035年以降 2050年にかけてとなる。
- 2019年から 2035年にかけて、市内中心部から中央東部への需要が比較的高い。特に、Remera-Kimironko の需要は急速に伸びている。そのため、その中央東部への送水が急務となってくる。



出典：調査団

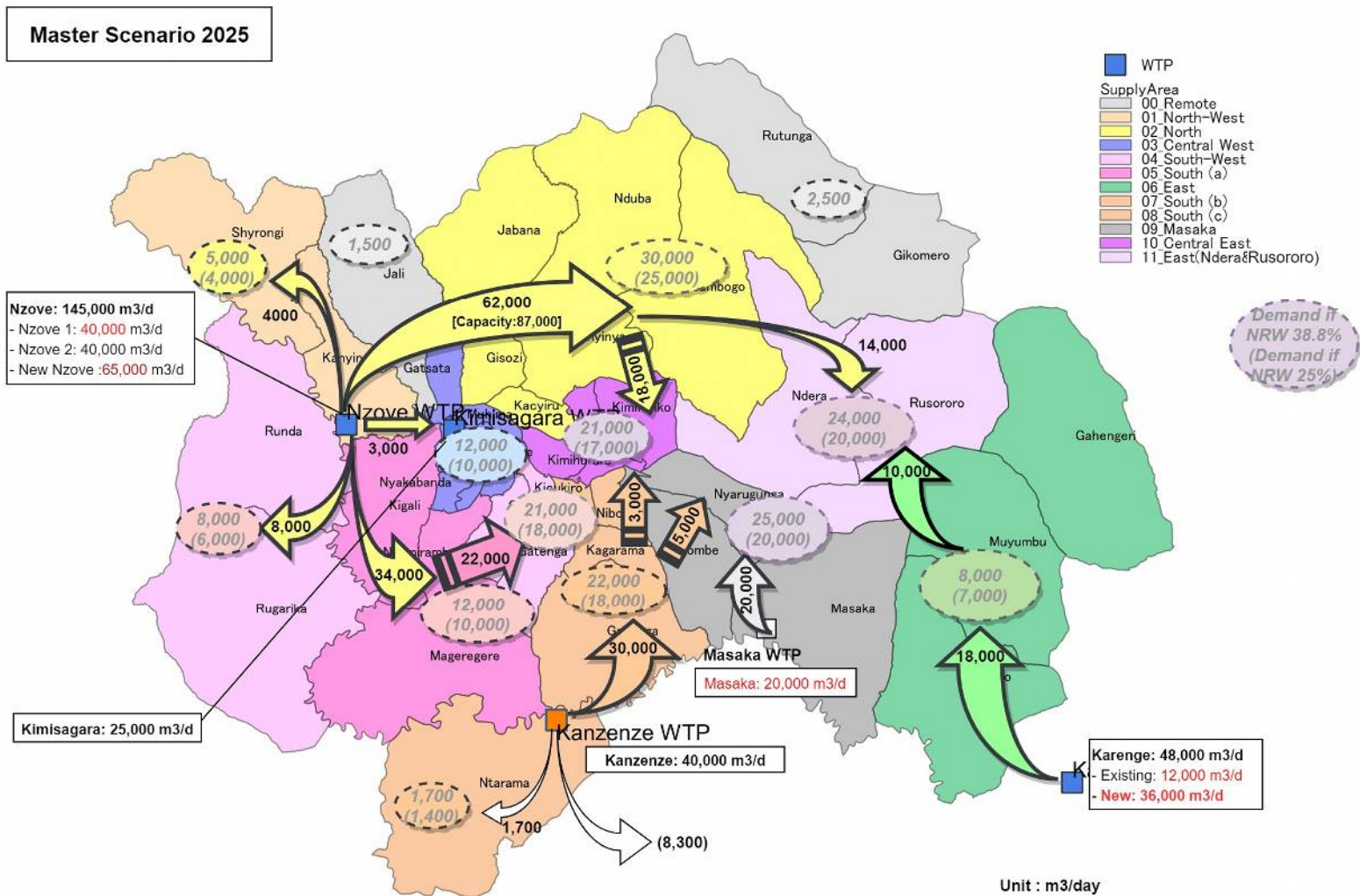
図 13.4-1 地域別将来水需要増加分布

### 13.4.2 2025年までのシナリオ

2025年までのマスターシナリオは図 13.4-2 に示す。推定需給バランスは、Kanombe と Gikondo 支部の水不足が深刻であるため、新たな水源が緊急に必要であることを示唆している。この事実は、この東部地域で給水制限（断続的な給水はわずか3～4日）が行われている現在の状況と、需要が急増していることを示す水需要予測と一致している。マスターシナリオシミュレーション（図 13.4-1）は、NRW 38.8%としたシナリオと NRW 25%ついで予測水需要に基づいて計画されている。その結果、現状で追加される供給能力で水需要を完全に満たすことができることが判明した。

2025年に向けた投資方針は以下のとおりである。

- a. WASAC の NRW 率目標（25%）を段階的に達成するために無収水削減措置を加速する。
- b. 東部の需要への対応：需要の高い地域（Masaka、Karengé のセクター）の近くに新しい浄水場を建設する、あるいは、Remera 配水池から東への送水を強化する。



出典：調査団

図 13.4-2 2025 年におけるマスターシナリオ

### 13.4.3 2035年までのシナリオ

#### (1) 共通項目・スコープ

計画されたシナリオは以下の通りである

- 新しい水源は、Nyabarongo 川と Mugesera 湖に限定されている。したがって。シナリオ選択のためのオプションとしては、1) Nzove、2) Kanzenze、および3) Mugesera である。
- キガリ市に点在する既存の小さな水源 (Mburabuturo、Rwampara など、合計 5,000 m<sup>3</sup>/日) は、持続可能性と将来の利用可能性がある都市より低地に位置し、将来的に量と質の点で不確定要素が大きく、このシナリオから除外された。
- Nzove から北部地域への送水容量は 86,000m<sup>3</sup>/ day に固定されており、これは継続的な拡張後のおおよその容量 (87,000 m<sup>3</sup> / day) と一致している。北西部 (Kanyinya) と南西部 (Runda と Rugarika) への供給量は需要に応じて設定される。
- Karama-Mont-Kigali 送水管の量は、既存の送水容量である 40,000 m<sup>3</sup>/日に設定されている。これは、この送水管路はエネルギー効率が悪いためである。この管路は、他の送水管路で重大な事故が発生した場合のバックアップラインとして利用することとする。
- Masaka セクターは、Karengye や Nzove からの他のどの供給方法よりも Masaka 浄水場から供給されることが効率的である。
- 南部地域の需要の伸びは非常に大きく、Kanzenze で進行中のバルク給水プロジェクトの供給能力は不足することが想定される。その需要を満たすために、最低 40,000 m<sup>3</sup>/日の拡張が検討されている。
- Karengye のリハビリテーションは、すべてのシナリオで考慮されている。これは、Karengye 浄水場が現在供給能力を超えて運転されており、また他にも不具合があることから、リハビリテーションが不可欠なためである。リハビリテーションと同時に 3,000 m<sup>3</sup>/日の容量を増やすことが想定されている。
- 遠隔セクター (Jali、Rutunga、Gikomero) は、この目標年までに独立した給水計画 (WSS) を必要としている。各容量は、CoK M/P から推定されたセクターの需要の合計であり、それらのセクターの実際の開発に従って調査する必要がある。

Expansion of New Nzove:	+25,000 m <sup>3</sup> /day (from 40,000 to 65,000 m <sup>3</sup> /day)
Kanzenze 2 WTP and forwarding infrastructures:	+22,000 m <sup>3</sup> /day
Masaka WTP and forwarding infrastructures:	+20,000 m <sup>3</sup> /day
Rehabilitation of Karengye WTP:	+3,000 m <sup>3</sup> /day (from 15,000 to 18,000 m <sup>3</sup> /day)
Small Scale WSS for Rutunga and Gikomero:	+3,000 m <sup>3</sup> /day (Jali)
	+5,000 m <sup>3</sup> /day (Rutunga, Gikomero)

2035年のさらなる比較検討の重要な地域は、需要の伸びが大きいと考えられる Ndera-Rusororo 地域である。これらの地域に大量に送水可能な既存の送水管路がない(2つのセクターのみで 52,000 m<sup>3</sup>/日) 事に配慮されるべきである。

#### (2) Case 1: 需要地近傍における供給能力の増強 (ベースラインケース)

ケース 1 は、主要な給水拡大が水需要の近くで行われるベースラインケースである。共通のコンポーネントとは別に、建設される施設は以下の通りである。

The Karenge 2 浄水場 及び送水管路敷設: +36,000 m<sup>3</sup>/day

現在、Ndera-Rusororo 地域は Karenge 浄水場により供給されているため、最も簡単な方法は Karenge 浄水場から水を供給することである。Rusororo と Ndera に 36,000m<sup>3</sup>/日の量を供給するために、送水管路は少なくとも約 ND800 延長約 20 km で更新される必要がある。既存の送水管路は、新しい幹線に接続された配水管として活用することとする。

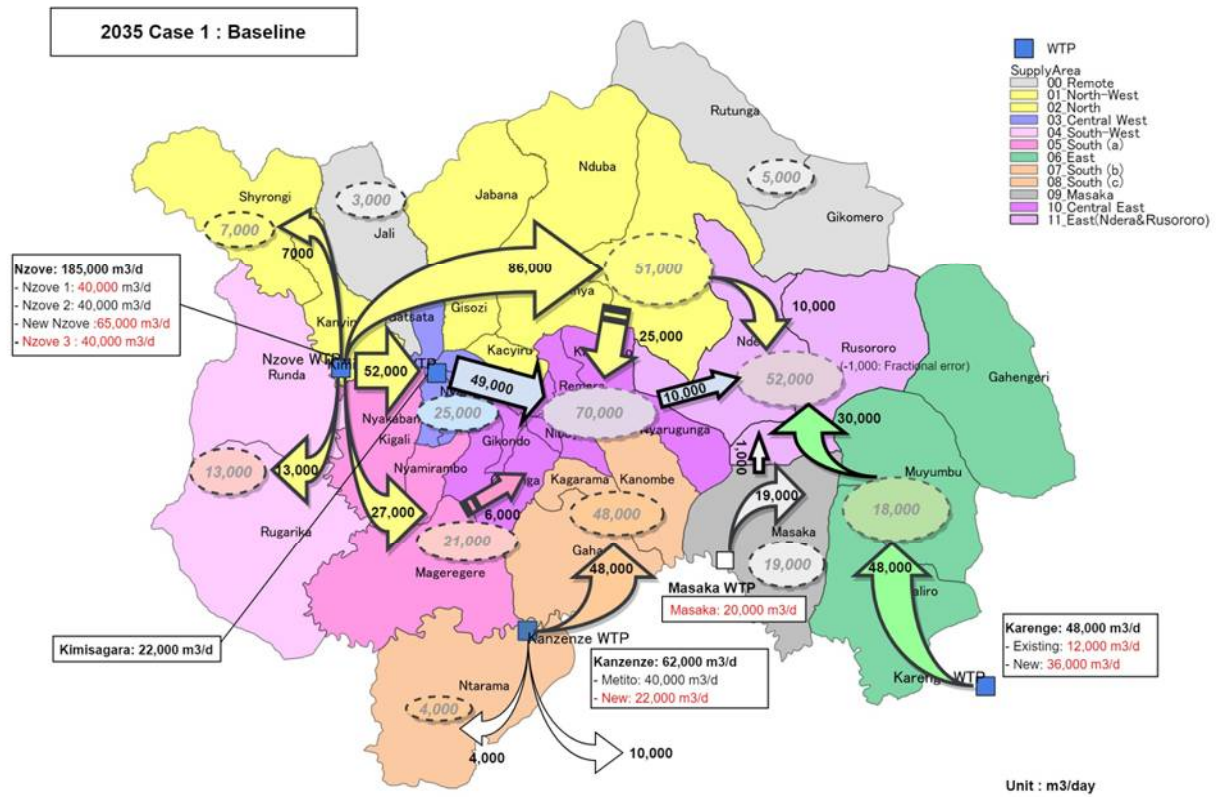
The Nzove 3 浄水場 (地下水源): +40,000 m<sup>3</sup>/day

Nzove 3 は、既存の Nzove の近く、Nzove 浄水場の対岸における新浄水場を指す。規模 40,000 m<sup>3</sup>/day は、他の浄水場からの不足分の需要を満たすための量である。

中央送水幹線

Nzove 3 の拡張と同時に、それに応じて送水能力を拡張する必要がある。そのための中央送水幹線の管径はセクション 13.10.2 で検討されている。このベースラインの場合にのみ、Nzove から Ntora への既存の ND600 DIP を、ND800 中央幹線の代わりに、Nzove-Kimisagara 送水に利用する。





出典：調査団

図 13.4-3 2035年 Case 1: 需要地近傍における供給能力増強

**(3) Case 2: Nzove 浄水場の拡張に基づく水供給**

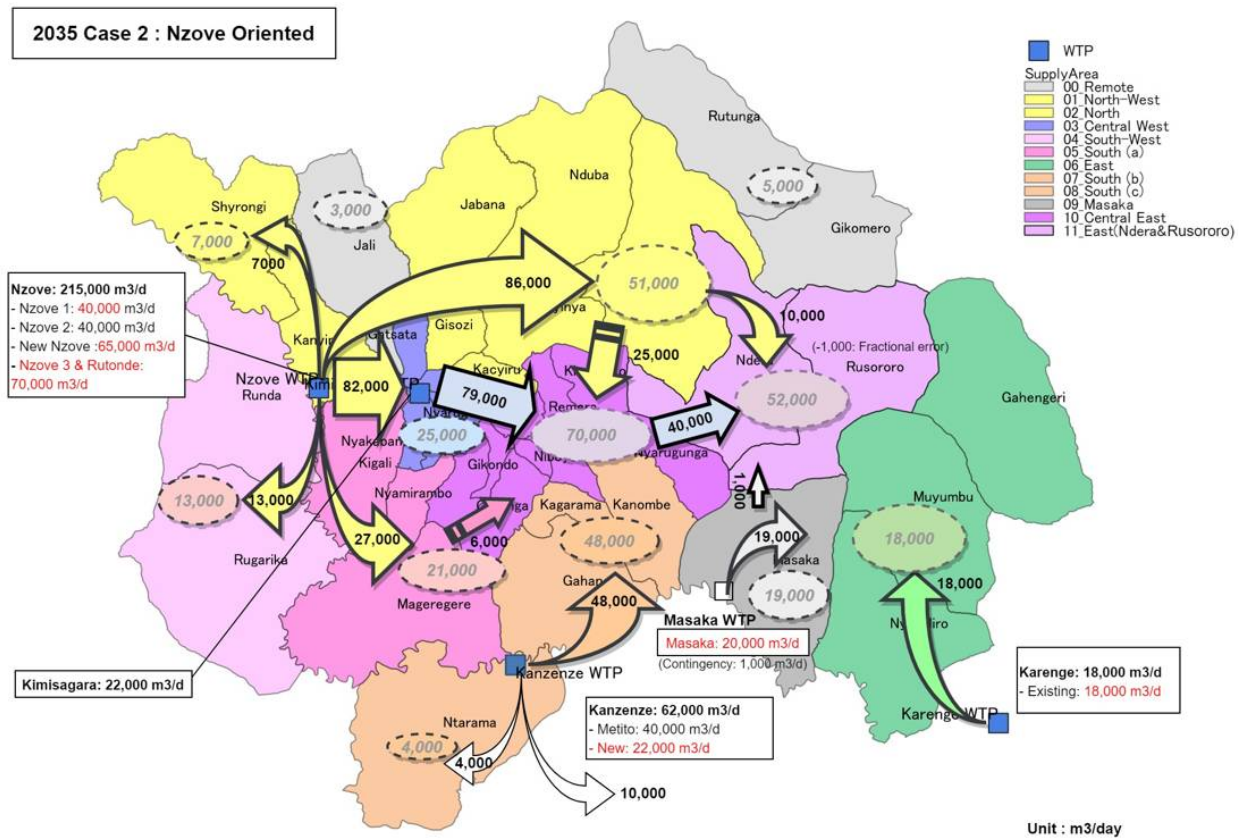
ケース2は、Karengye 浄水場ではなく Nzove 浄水場の給水能力拡大と、西から東への送水を想定している。この場合、中央送水幹線はより重要となり、66,000 m<sup>3</sup>/日 (ND800) の容量が必要となる。建設される施設は以下のとおりである。

**Nzove 3 浄水場 (地下水源及び表流水源): +70,000 m<sup>3</sup>/day**

Nzove の現在の地下水源量はわずか 25,000m<sup>3</sup>/day であり、40,000 m<sup>3</sup>/day に拡張される予定であるため、対岸の新しい Nzove 3 浄水場の最大地下水源量は 40,000m<sup>3</sup>/day としている。残りの 30,000m<sup>3</sup>/日は、Nyabarongo 川からの直接の表流水源であると想定している。

中央送水幹線

セクション 13.10.2 参照.



出典：調査団

図 13.4-4 2035年 Case 2: Nzove 浄水場の拡張に基づく水供給



**(4) Case 3: Kanzenze 浄水場の拡張に基づく水供給**

ケース3は、Karengye や Nzove の代わりに、新 Kanzenze 浄水場での浄水場拡張を想定したものである。

**Kanzenze 2 浄水場の拡張及び送水管路敷設: +66,000 m<sup>3</sup>/day**

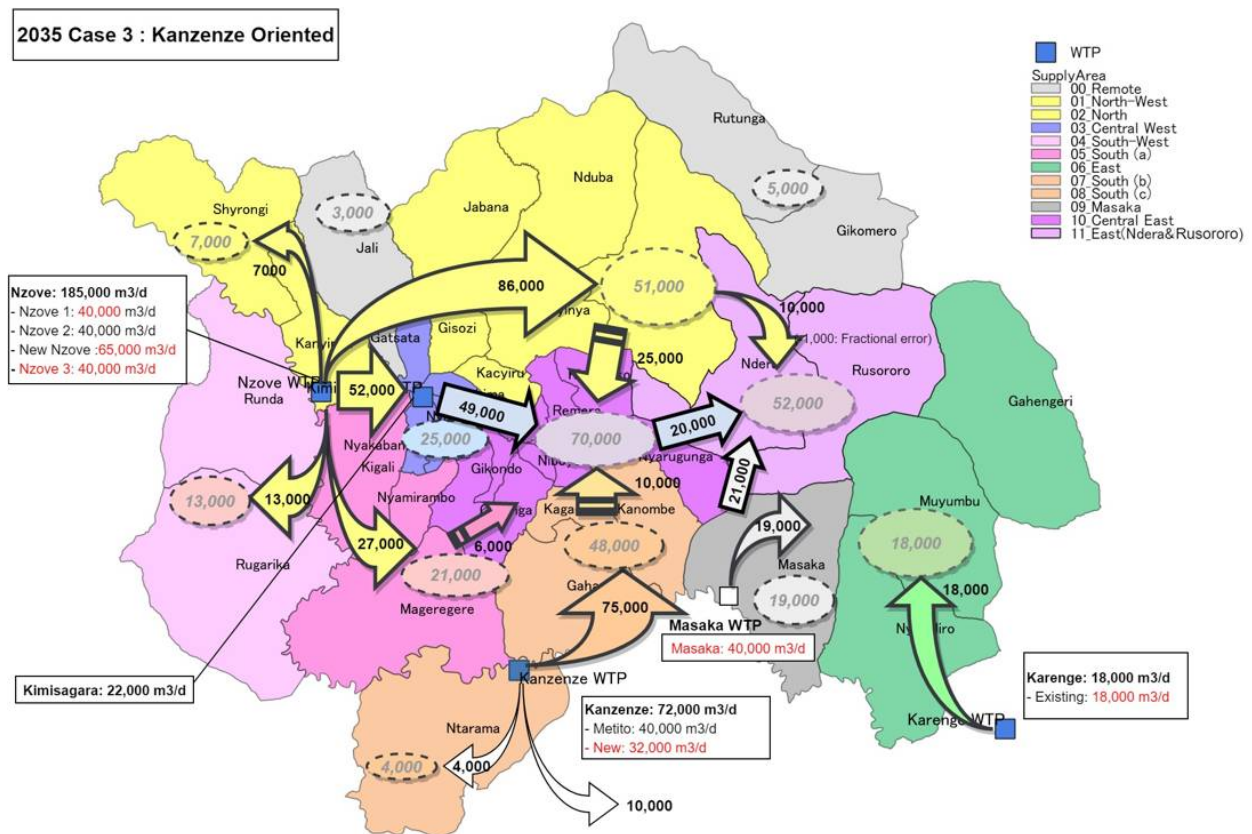
Nyabarongo 川から原水を調達する Kanzenze2 には、さらに 26,000m<sup>3</sup>/日の拡張を想定する。ケース1 とケース2 は、進行中のバルク給水プロジェクトと同じように、Kanzenze2 と地下水源で 40,000m<sup>3</sup>/日の開発を想定している。

**Nzove 3 浄水場 (地下水源 Groundwater): +40,000 m<sup>3</sup>/day**

Case 1 と同様.

**中央送水幹線**

セクション 13.10.2 参照



出典：調査団

図 13.4-5 2035 年 Case 3: Kanzenze 浄水場拡張に基づく水供給

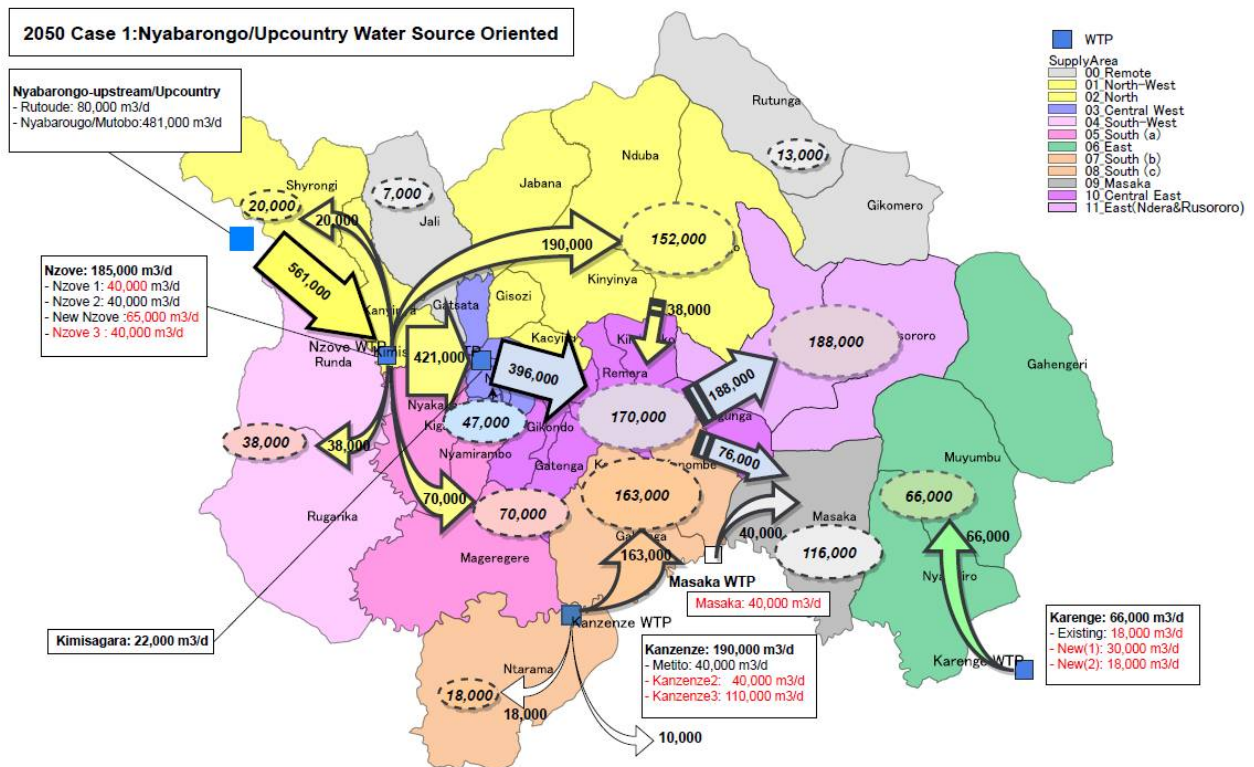
### 13.4.4 2050年までのシナリオ

2050年のシナリオは、主に将来水源から検討された。1,067,000 m<sup>3</sup>/日の巨大な需要（1日最大、キガリ市および隣接する7セクターの合計）を満たすには、給水能力はNyabarongo川またはMutobo（ケース1）などの北部の水源から供給される必要がある。

#### (1) Case 1: Nyabarongo川及び北部遠方水源開発による水供給

主な水源は、Nyabarongo川（地表水）であると想定される。Nyabarongo川からの取水が将来的に困難な場合 Mutobo からの給水を検討する必要がある可能性があるが、この場合でも、キガリ市の中央部から東部に供給する前に、Mutobo からの送水は一旦 Nzove 浄水場で受けるため、調査地域内の送水は Nzove のケースと同様である。

このシナリオでは、中央東部、Ndera Rusororo 地域の需要の大部分と Masaka セクターの需要の一部は、Nyabarongo、Mutobo 水源から、Nzove 浄水場と中央送水幹線を経由して供給される。Nyabarongo、Mutobo からの必要量は、481,000m<sup>3</sup>/日と推定されている。その量の大部分（421,000 m<sup>3</sup>/日）は中央送水幹線を経て Remera 配水池と東部地域に送水される。



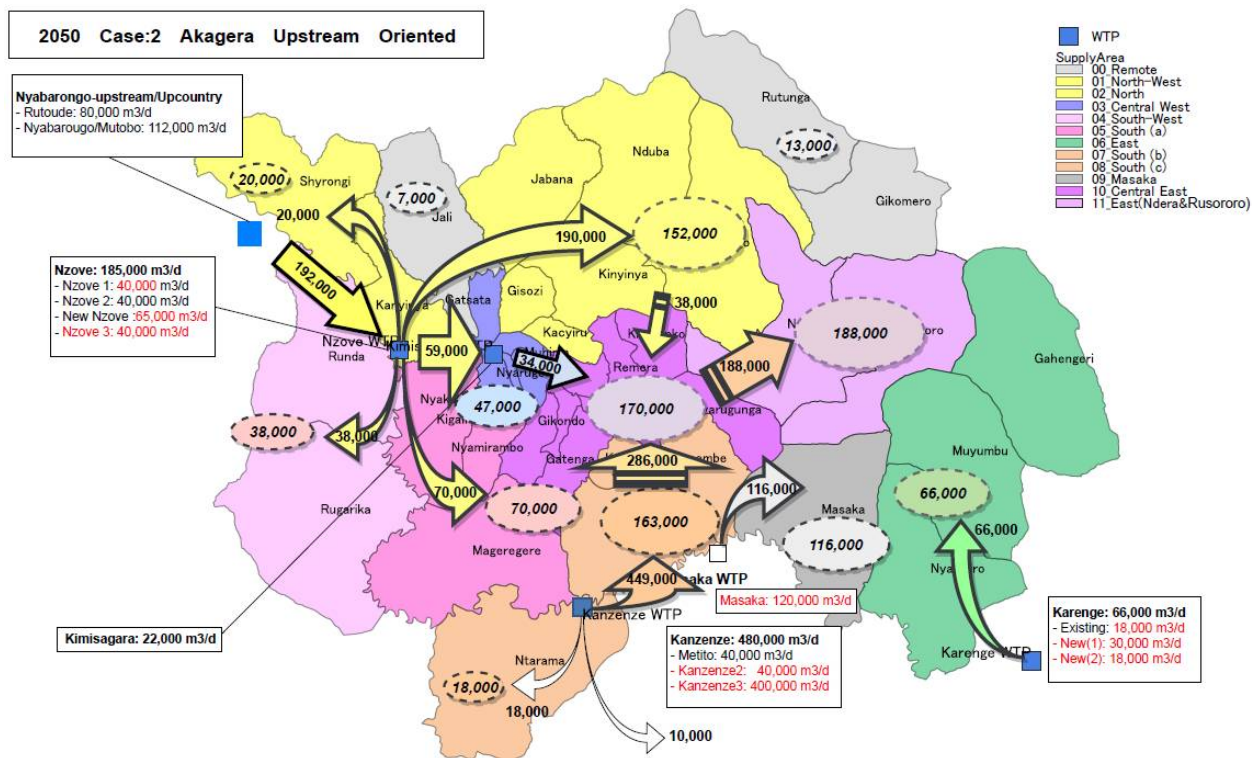
出典：調査団

図 13.4-6 2050年 Case 1: Nyabarongo川及び北部遠方水源開発による水供給

(2) Case 2: Akagera 川上流部を水源とした水供給

主な水源は、南から Akanyaru 川が合流した後の Nyabarongo-Akagera 川と設定している。取水地点は、Kanzenze 3 浄水場の Kanzenze の近くに設定している。Masaka は独立したセクターと見なされ、Masaka 浄水場 (120,000 m<sup>3</sup>/日) から供給される計画である。

Kanzenze3 に必要な水量は 400,000m<sup>3</sup>/日と推定されている。水の大部分は南部地域 (163,000 m<sup>3</sup>/日) で消費され、残りの大部分は Remera 配水池を経由して Ndera-Rusororo に送水される。



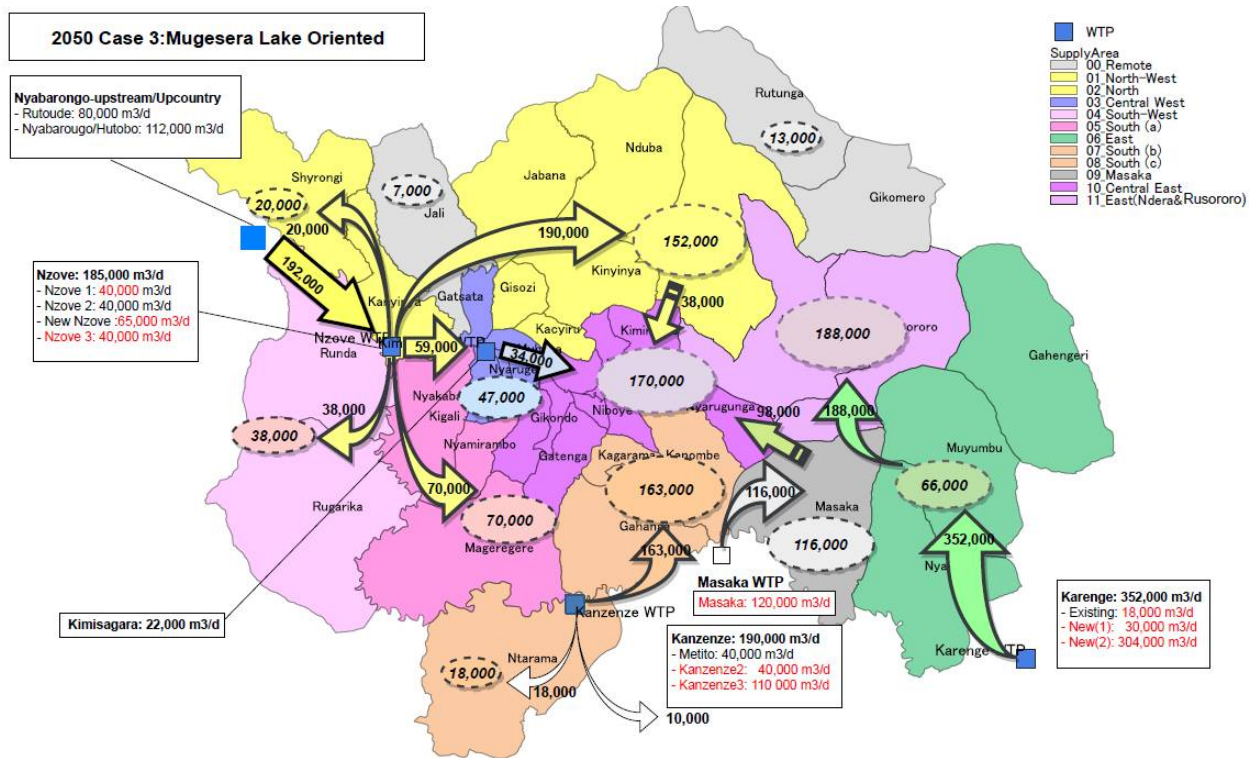
出典：調査団

図 13.4-7 2050 年 Case 2: Akagera 川上流部を水源とした水供給



(3) Case 3: Mugesera 湖を水源とした水供給

ケース3の主な水源はMugesera湖である。取水および浄水場は、既存のKarengye浄水場の近くのKarengyeである。Karengye浄水場に必要水量は、フェーズ1の30,000 m<sup>3</sup>/日拡張を除いて、304,000 m<sup>3</sup>/日となる。このシナリオでは、西部と南部の需要の一部がKarengyeから遠く離れているため、水源の近くに供給することが効率的である。



出典：調査団

図 13.4-8 2050年 Case 3: Mugesera 湖を水源とした水供給

## 13.5 マスターシナリオの評価と最適シナリオの選定

### 13.5.1 評価基準

マスターシナリオは2020年2月に開催されたJCCで最適案が選択された。マスターシナリオを選択する前に、安定性、柔軟性、回復力、効率性などの明確な評価基準を備えたさまざまなオプションが検討された（資本コストとO&Mコストを含む）（表13.5-1）。評価基準は、マスターシナリオを選択するための前提条件と選定過程を明確にするために作成された。

表 13.5-1 マスターシナリオの評価基準

Evaluation Criteria	Explanation
Stability; of water sources in terms of quality and quantity	This criterion is to clarify the risks of the variations of the water quantity and quality for the major water source under each scenario and to examine whether the water supply will be stable.
Flexibility; to the Change of Demand and Development	Water demand is based on the water demand projection based on the city's development plan (the CoK M/P in 2019 and the physical plans obtained from sector/district offices). However, the actual city's development may change from time to time; the water demand is sensitive to the change of development location and timing. This criterion intends to clarify the ability to respond to the change in the water demand, e.g., water supply can be used in the other regions.
Resiliency; for the preparedness to disasters and Climate Change	The major direct risks on the Climate Change are the change of rainfall pattern, temperature rising, change of migration pattern. As a result, the water quality and availability affected by urbanization may also affect the water quality of the sources and may accelerate the drawdown of the sources. The risks and possible mitigation measures will be clarified in the statement under this criterion.
Cost	Capital and O&M costs for water supply expansions according to the cases. Total costs are presented in the yearly averaged costs.
Recommendation	Recommendation based on the criteria.

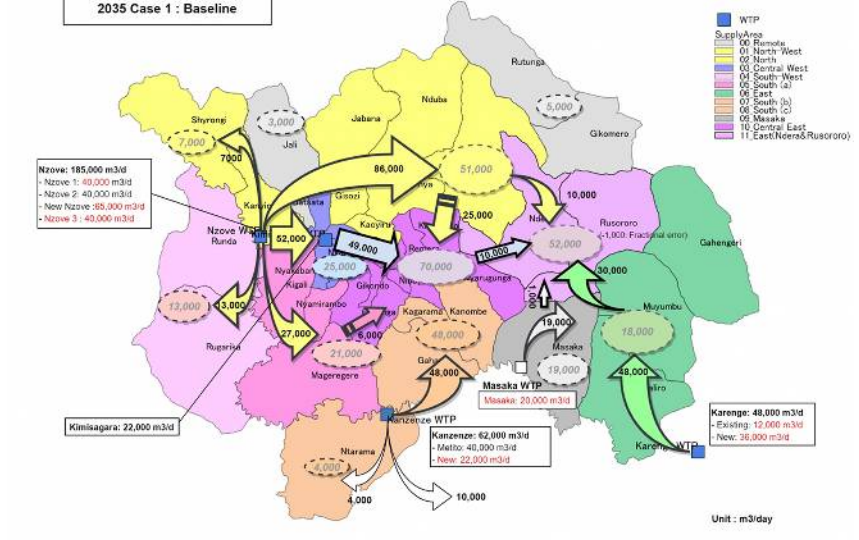
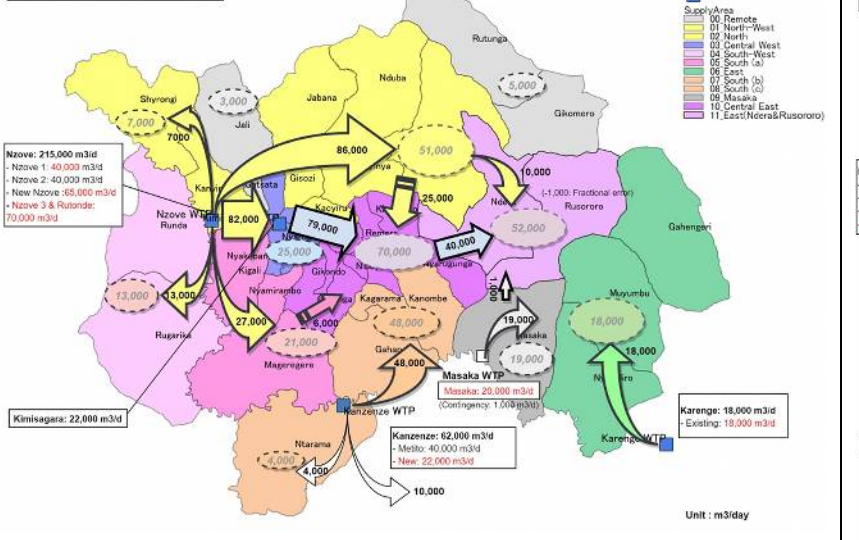
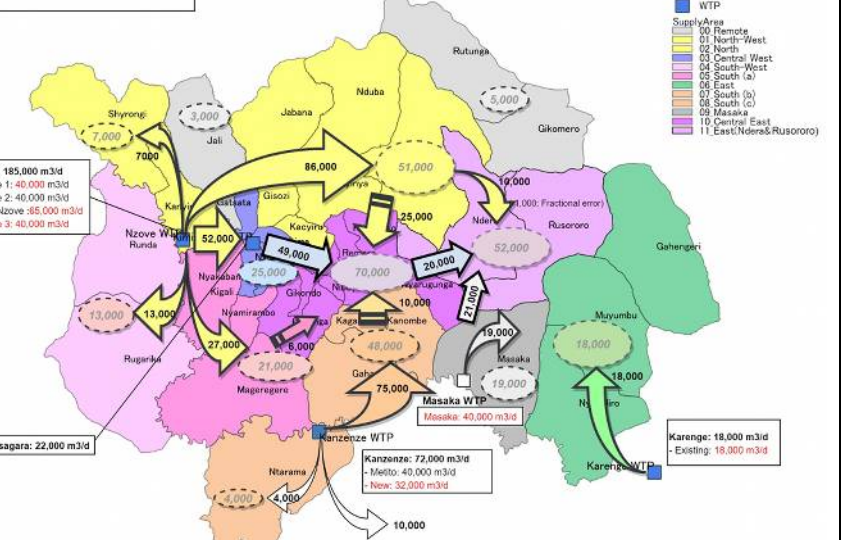
出典：調査団

### 13.5.2 評価と分析

#### 13.5.2.1 2035年

2035年のマスターシナリオのケース比較と評価を表13.5-2に示す。開発地域とその需要の変化に対する柔軟性は、ケース2035-1が最も高い。コストはケース2で最も低くなっている。

表 13.5-2 2035年シナリオの評価

Scenario	Case 2035-1: Baseline	Case 2035-2: Nzove Oriented	Case 2035-3: Gahanga Oriented																																																						
Schematic																																																									
Overview of the Case	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water supply development based on <u>supply water near demand</u> principles.</li> <li>- Expand the capacity of Karege WTP by 30,000 m<sup>3</sup>/day, and construct a new WTP in Masaka for 20,000 m<sup>3</sup>/day responding to the water demand increase.</li> <li>- Construct water transmission systems to the Central-eastern area (52,000 m<sup>3</sup>/day), mainly for the Central-East area (Gikondo, Kicukiro and partly to Remera).</li> <li>- Upgrade the pipelines to supply 10,000 m<sup>3</sup>/day from Remera to meet the demands in Ndera-Rusororo through Masoro-Bas (for limited areas such as FTZs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A scenario to meet the eastern (Ndera-Rusororo) demand by the expansion of Nzove WTP.</li> <li>- Construct a new WTP in Masaka for 20,000 m<sup>3</sup>/day responding to the water demand increase.</li> <li>- Construct water transmission systems to the Central-eastern area (82,000 m<sup>3</sup>/day), mainly for the Central-East area and eastern area (Ndera, Rusororo).</li> <li>- Upgrade the pipelines to supply 40,000 m<sup>3</sup>/day from Remera to meet the demands in Ndera-Rusororo through the existing Karege line or through Masoro-Bas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A scenario to meet the eastern (Ndera-Rusororo) demand by the expansion of Kanzenze WTP.</li> <li>- WTP expansion at Kanzenze (New WTP) for 32,000 m<sup>3</sup>/day apart from the one by Kigali Bulk Water Supply Project. The transmission line is necessary from Remera to the eastern Ndera-Rusororo.</li> <li>- Construct a new WTP in Masaka for 20,000 m<sup>3</sup>/day responding to the water demand increase.</li> <li>- Construct water transmission systems to the Central-eastern area (52,000 m<sup>3</sup>/day), mainly for the Central-East area (Gikondo, Kicukiro and partly to Remera).</li> <li>- Upgrade the pipelines to supply 10,000 m<sup>3</sup>/day from Remera to meet the demands in Ndera-Rusororo through the existing Kanzenze line or through Masoro-Bas (for limited areas such as FTZs up to Ndera).</li> </ul>																																																						
Necessary Construction Projects	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rehabilitation of Nzove 1: +15,000 m<sup>3</sup>/day (from 25,000 to 40,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Expansion of New Nzove: +25,000 m<sup>3</sup>/day (from 40,000 to 65,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Nzove 3 WTP (Groundwater): +40,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Kanzenze 2 WTP and forwarding infrastructures: +22,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Masaka WTP and forwarding infrastructures: +20,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Rehabilitation of Karege WTP: +3,000 m<sup>3</sup>/day (from 15,000 to 18,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Karege 2 WTP and forwarding infrastructures: +30,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Central Transmission Main (ND 800)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rehabilitation of Nzove 1: +15,000 m<sup>3</sup>/day (from 25,000 to 40,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Expansion of New Nzove: +25,000 m<sup>3</sup>/day (from 40,000 to 65,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Nzove 3 &amp; Rutonde WTP (Groundwater): +70,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Kanzenze 2 WTP and forwarding infrastructures: +22,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Masaka WTP and forwarding infrastructures: +20,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Rehabilitation of Karege WTP: +3,000 m<sup>3</sup>/day (from 15,000 to 18,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Central Transmission Main (ND 800)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rehabilitation of Nzove 1: +15,000 m<sup>3</sup>/day (from 25,000 to 40,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Expansion of New Nzove: +25,000 m<sup>3</sup>/day (from 40,000 to 65,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Nzove 3 WTP (Groundwater): +40,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Kanzenze 2 WTP and forwarding infrastructures: +32,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Masaka WTP and forwarding infrastructures: +40,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Rehabilitation of Karege WTP: +3,000 m<sup>3</sup>/day (from 15,000 to 18,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Karege 2 WTP: +30,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Central Transmission Main (ND 800)</li> </ul>																																																						
Stability; of water sources in terms of quality and quantities	<p><b>Low/Intermediate:</b></p> <p>[Pros] Two major sources; Nyabarongo/Karege. [Cons] Transmission from the west to east is difficult because of the difference of elevation (Need an additional investment to transmit water to Remera and further to the west). ➔ Merit to have two major sources in this stage is limited because the amount from Karege is not enough to cover the entire region and it is difficult to transmit water from the east to the west.</p>	<p><b>Intermediate:</b></p> <p>[Pros] Water supply can be easily switched using the Remera reservoir as the key station. [Cons] Relies highly on the Nyabarongo river basin. ➔ Water source development until 2035 is mainly by groundwater (subsoil water of Nyabarongo river). Therefore, the risks of water quality and quantity are mitigated.</p>	<p><b>Intermediate:</b></p> <p>[Pros] Water supply can be easily switch using the Remera reservoir as the key station. [Cons] Relies highly on the Nyabarongo river basin. ➔ Water source development until 2035 is mainly by groundwater (subsoil water of Nyabarongo river). Therefore, the risks of water quality and quantity are mitigated.</p>																																																						
Flexibility; to the Change of Demand and Development	<p><b>Intermediate:</b></p> <p>The water supply from Karege can be alternatively transmitted to Remera.</p>	<p><b>High:</b> The expansion at Nzove can be transmitted to the widest area in CoK utilizing exiting forwarding infrastructures. Having three main routes to Remera (by constructing a larger “Central Main”) gives a system more flexible and reliable.</p>	<p><b>Low to intermediate:</b> Water expansion at Kanzenze can be only transmitted to the Southern area, Kanombe, Nyarugunga if there is no expansion of forwarding infrastructures. Having a large amount of water supply in the Masaka area may limit the water flexibility; the water from Masaka can be only utilized Masaka, Kanombe, Ndera and Rusororo regions.</p>																																																						
Resiliency; for the preparedness to disasters and Climate Change	<p><b>Intermediate risks on qualities but can be mitigated:</b></p> <p>[Risks] (Mugesera lake source) - Water quality deterioration of the Karege Lake (eutrophication). [Mitigation Measures] (Karege WTP) - Introduce treatment systems including dissolved air floatation, biological processes or powder activated carbons.</p>	<p><b>Intermediate risks on qualities but can be mitigated:</b></p> <p>[Risks] (Nzove) - Water quality deterioration of the surface water at Nzove by the Dam operation. [Mitigation Measures] - Utilizing well intake (sub-soil water)</p>	<p><b>Intermediate risks on qualities but can be mitigated:</b></p> <p>[Risks] (Kanzenze) - Water quality deterioration of the surface water at Kanzenze. [Mitigation Measures] - Point source management (Regulation on industrial wastewater). - Active stakeholder involvement by water safety plan.</p>																																																						
Cost	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Yearly Averaged Cost</th> <th>2035 Case 1</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>MUSD/year</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Capital Expenditure (Yearly averaged cost)</td> <td>MUSD/year</td> <td>38.9</td> </tr> <tr> <td>Reccurent Expenditure (O&amp;M for T&amp;D)</td> <td>MUSD/year</td> <td>30.8</td> </tr> <tr> <td><b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b></td> <td>MUSD/year</td> <td><b>69.7</b></td> </tr> <tr> <td>Cost per m3 (Opex)</td> <td>USD/m3</td> <td>0.262</td> </tr> </tbody> </table>	Yearly Averaged Cost		2035 Case 1			MUSD/year	Capital Expenditure (Yearly averaged cost)	MUSD/year	38.9	Reccurent Expenditure (O&M for T&D)	MUSD/year	30.8	<b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b>	MUSD/year	<b>69.7</b>	Cost per m3 (Opex)	USD/m3	0.262	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Yearly Averaged Cost</th> <th>2035 Case 2</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>MUSD/year</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Capital Expenditure (Yearly averaged cost)</td> <td>MUSD/year</td> <td>39.9</td> </tr> <tr> <td>Reccurent Expenditure (O&amp;M for T&amp;D)</td> <td>MUSD/year</td> <td>29.3</td> </tr> <tr> <td><b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b></td> <td>MUSD/year</td> <td><b>69.2</b></td> </tr> <tr> <td>Cost per m3 (Opex)</td> <td>USD/m3</td> <td>0.248</td> </tr> </tbody> </table>	Yearly Averaged Cost		2035 Case 2			MUSD/year	Capital Expenditure (Yearly averaged cost)	MUSD/year	39.9	Reccurent Expenditure (O&M for T&D)	MUSD/year	29.3	<b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b>	MUSD/year	<b>69.2</b>	Cost per m3 (Opex)	USD/m3	0.248	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Yearly Averaged Cost</th> <th>2035 Case 3</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>MUSD/year</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Capital Expenditure (Yearly averaged cost)</td> <td>MUSD/year</td> <td>42.5</td> </tr> <tr> <td>Reccurent Expenditure (O&amp;M for T&amp;D)</td> <td>MUSD/year</td> <td>29.3</td> </tr> <tr> <td><b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b></td> <td>MUSD/year</td> <td><b>71.8</b></td> </tr> <tr> <td>Cost per m3 (Opex)</td> <td>USD/m3</td> <td>0.248</td> </tr> </tbody> </table>	Yearly Averaged Cost		2035 Case 3			MUSD/year	Capital Expenditure (Yearly averaged cost)	MUSD/year	42.5	Reccurent Expenditure (O&M for T&D)	MUSD/year	29.3	<b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b>	MUSD/year	<b>71.8</b>	Cost per m3 (Opex)	USD/m3	0.248
Yearly Averaged Cost		2035 Case 1																																																							
		MUSD/year																																																							
Capital Expenditure (Yearly averaged cost)	MUSD/year	38.9																																																							
Reccurent Expenditure (O&M for T&D)	MUSD/year	30.8																																																							
<b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b>	MUSD/year	<b>69.7</b>																																																							
Cost per m3 (Opex)	USD/m3	0.262																																																							
Yearly Averaged Cost		2035 Case 2																																																							
		MUSD/year																																																							
Capital Expenditure (Yearly averaged cost)	MUSD/year	39.9																																																							
Reccurent Expenditure (O&M for T&D)	MUSD/year	29.3																																																							
<b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b>	MUSD/year	<b>69.2</b>																																																							
Cost per m3 (Opex)	USD/m3	0.248																																																							
Yearly Averaged Cost		2035 Case 3																																																							
		MUSD/year																																																							
Capital Expenditure (Yearly averaged cost)	MUSD/year	42.5																																																							
Reccurent Expenditure (O&M for T&D)	MUSD/year	29.3																																																							
<b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b>	MUSD/year	<b>71.8</b>																																																							
Cost per m3 (Opex)	USD/m3	0.248																																																							
Recommendation	○ High flexibility of water supply and the Lowest cost																																																								

出典：調査団

### 13.5.2.2 2050年

2050年のマスターシナリオのケース比較と評価を表13.5-3に示す。開発地域とその需要の変化に対する柔軟性は、ケース2050-1が最も高くなっており、コストはCase2050-2が最も低くなった。



表 13.5-3 2050年シナリオの評価

Scenario	Case 2050-1: Nyabarongo/Upcountry Water Source Oriented Water Supply	Case 2050-2: Akagera River Upstream Source Oriented Water Supply	Case 2050-3: Mugesera Lake Source Oriented Water Supply																																																						
<b>Schematic</b>																																																									
<b>Overview of the Case</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A scenario to prioritize the Nyabarongo river upstream development, upstream dam sources.</li> <li>- Need transmission pipeline for 421,000 m<sup>3</sup>/day via the Central Main. Eastern (Ndera, Rusororo, Masaka) demand is born by Nzove via Remera.</li> <li>- Nzove-Ntora line needs 190,000 m<sup>3</sup>/day transmission capacity.</li> <li>- Karenge needs to have 66,000 m<sup>3</sup>/day capacity to meet only adjacent 3 sector's demand.</li> <li>- Kanzenze needs to have 190,000 m<sup>3</sup>/day capacity only for the South area.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A scenario to prioritize the Kanzenze and Masaka surface water sources (Akagera River).</li> <li>- Kanzenze needs to have 480,000 m<sup>3</sup>/day capacity to meet Southern, Central and eastern demand in CoK.</li> <li>- Masaka needs 120,000 m<sup>3</sup>/day capacity only to meet the demand in the Masaka sector.</li> <li>- Minimized Nzove and upstream development. Still, need transmission pipeline for 192,000 m<sup>3</sup>/day via the Central Main. Nzove-Ntora line needs 190,000 m<sup>3</sup>/day transmission capacity.</li> <li>- Karenge needs to have 66,000 m<sup>3</sup>/day capacity to meet only adjacent 3 sector's demand.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A scenario to prioritize the Mugesera Lake (Karengere) surface water sources.</li> <li>- Karengere needs to have 480,000 m<sup>3</sup>/day capacity to meet eastern demands and cover major part of the demands in the Central Area.</li> <li>- Masaka needs 120,000 m<sup>3</sup>/day capacity only to meet the demand in the Masaka sector.</li> <li>- Nzove and upstream development was minimized. Still, need transmission pipeline for 192,000 m<sup>3</sup>/day via the Central Main. Nzove-Ntora line needs 190,000 m<sup>3</sup>/day transmission capacity.</li> </ul>																																																						
<b>Necessary Construction Projects</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rehabilitation of Nzove 1: +15,000 m<sup>3</sup>/day (from 25,000 to 40,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Expansion of New Nzove: +25,000 m<sup>3</sup>/day (from 40,000 to 65,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Nzove 3 WTP (Groundwater): +40,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Rutonde WTP (Nyabarongo upstream from Nzove): +80,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Nyabarongo River/Dam : 481,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Central Transmission Main (421,000 m<sup>3</sup>/day, ND2000)</li> <li>- Kanzenze 2 WTP and forwarding infrastructures: +40,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Kanzenze 3 WTP and forwarding infrastructures: +110,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Masaka WTP and forwarding infrastructures: +40,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Rehabilitation of Karengere WTP: +3,000 m<sup>3</sup>/day (from 15,000 to 18,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Karengere 2 WTP and forwarding infrastructures: +30,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Karengere 3 WTP: +18,000 m<sup>3</sup>/day</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rehabilitation of Nzove 1: +15,000 m<sup>3</sup>/day (from 25,000 to 40,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Expansion of New Nzove: +25,000 m<sup>3</sup>/day (from 40,000 to 65,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Nzove 3 WTP (Groundwater): +40,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Rutonde WTP (Nyabarongo upstream from Nzove): +80,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Nyabarongo upstream: 112,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Central Transmission Main (59,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Kanzenze 2 WTP and forwarding infrastructures: +40,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Kanzenze 3 WTP and forwarding infrastructures: +400,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Masaka WTP and forwarding infrastructures: +40,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Rehabilitation of Karengere WTP: +3,000 m<sup>3</sup>/day (from 15,000 to 18,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Karengere 2 WTP and forwarding infrastructures: +30,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Karengere 3 WTP: +18,000 m<sup>3</sup>/day</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rehabilitation of Nzove 1: +15,000 m<sup>3</sup>/day (from 25,000 to 40,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Expansion of New Nzove: +25,000 m<sup>3</sup>/day (from 40,000 to 65,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Nzove 3 WTP (Groundwater): +40,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Rutonde WTP (Nyabarongo upstream from Nzove): +80,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Nyabarongo upstream: 112,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Central Transmission Main (59,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Kanzenze 2 WTP and forwarding infrastructures: +40,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Kanzenze 3 WTP and forwarding infrastructures: +110,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Masaka WTP and forwarding infrastructures: +40,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Rehabilitation of Karengere WTP: +3,000 m<sup>3</sup>/day (from 15,000 to 18,000 m<sup>3</sup>/day)</li> <li>- Karengere 2 WTP and forwarding infrastructures: +30,000 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Karengere 3 WTP and forwarding infrastructures: +304,000 m<sup>3</sup>/day</li> </ul>																																																						
<b>Stability; of water sources in terms of quality and quantities</b>	<b>Intermediate/High:</b> [Pros] Water supply can be easily switched using the Remera reservoir as the key station. [Cons] Relies highly on the Nyabarongo river basin.	<b>Low/Intermediate:</b> [Pros] Water supply can be easily switched using the Remera reservoir as the key station. [Cons] Relies highly on the Nyabarongo river basin. Risks on water supply interruption by water quality accidents (e.g. wastewater/oil spill from industrial factories) will be higher than the upper stream intake.	<b>Intermediate:</b> [Pros] Having two major water sources. Nyabarongo and Mugesera will make the water supply stable. Water supply can be easily switched using the Remera reservoir as the key station. [Cons] High energy consuming system may be a risk of electricity																																																						
<b>Flexibility; to the Change of Demand and Development</b>	<b>High:</b> Water from Nzove can be easily transmitted to CoK via Remera, Nzove or Mont-Kigali.	<b>High:</b> Kanzenze is also near to the central and eastern areas, so the water supply management can be flexible according to the change of development. The water can also be utilized outside Kigali, particularly for the New Bugesera airport area.	<b>Low to intermediate:</b> Water transmission from Remera to Central and northern area is necessary if the development area shifted to the west. Difficult to adopt the possible demand surge in Bugesera and Kamonyi district.																																																						
<b>Resiliency; for the preparedness to disasters and Climate Change</b>	<b>Intermediate risks but can be mitigated:</b> (Nzove) - Water quality deterioration of the surface water at Nzove by the Dam operation. - The dropdown of water level at dry season [Mitigation Measures] - Advanced Treatment Systems, - Raw water ponds/reservoirs.	<b>Intermediate risks but can be mitigated:</b> [Risks] (Kanzenze) - Water quality deterioration of the surface water at Kanzenze. - The dropdown of water level at dry season [Mitigation Measures] - Point source management (Regulation on industrial wastewater). - Active stakeholder involvement by water safety plan.	<b>Intermediate risks but can be mitigated:</b> [Risks] (Mugesera lake source) - Water quality deterioration of the Karengere Lake (eutrophication). - Water level change by underground tunnel construction [Mitigation Measures] (Karengere WTP) - Introduce treatment systems including dissolved air floatation, biological processes or powder activated carbons.																																																						
<b>Cost</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Yearly Averaged Cost</th> <th>2050 Case 1</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>MUSD/year</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Capital Expenditure (Yearly averaged cost)</td> <td>MUSD/year</td> <td>99.0</td> </tr> <tr> <td>Recurrent Expenditure (O&amp;M for T&amp;D)</td> <td>MUSD/year</td> <td>70.7</td> </tr> <tr> <td><b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b></td> <td><b>MUSD/year</b></td> <td><b>169.7</b></td> </tr> <tr> <td>Cost per m<sup>3</sup> (Opex)</td> <td>USD/m<sup>3</sup></td> <td>0.243</td> </tr> </tbody> </table>	Yearly Averaged Cost		2050 Case 1			MUSD/year	Capital Expenditure (Yearly averaged cost)	MUSD/year	99.0	Recurrent Expenditure (O&M for T&D)	MUSD/year	70.7	<b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b>	<b>MUSD/year</b>	<b>169.7</b>	Cost per m <sup>3</sup> (Opex)	USD/m <sup>3</sup>	0.243	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Yearly Averaged Cost</th> <th>2050 Case 2</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>MUSD/year</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Capital Expenditure (Yearly averaged cost)</td> <td>MUSD/year</td> <td>91.9</td> </tr> <tr> <td>Recurrent Expenditure (O&amp;M for T&amp;D)</td> <td>MUSD/year</td> <td>74.1</td> </tr> <tr> <td><b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b></td> <td><b>MUSD/year</b></td> <td><b>166.0</b></td> </tr> <tr> <td>Cost per m<sup>3</sup> (Opex)</td> <td>USD/m<sup>3</sup></td> <td>0.255</td> </tr> </tbody> </table>	Yearly Averaged Cost		2050 Case 2			MUSD/year	Capital Expenditure (Yearly averaged cost)	MUSD/year	91.9	Recurrent Expenditure (O&M for T&D)	MUSD/year	74.1	<b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b>	<b>MUSD/year</b>	<b>166.0</b>	Cost per m <sup>3</sup> (Opex)	USD/m <sup>3</sup>	0.255	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Yearly Averaged Cost</th> <th>2050 Case 3</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>MUSD/year</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Capital Expenditure (Yearly averaged cost)</td> <td>MUSD/year</td> <td>97.9</td> </tr> <tr> <td>Recurrent Expenditure (O&amp;M for T&amp;D)</td> <td>MUSD/year</td> <td>82.5</td> </tr> <tr> <td><b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b></td> <td><b>MUSD/year</b></td> <td><b>180.4</b></td> </tr> <tr> <td>Cost per m<sup>3</sup> (Opex)</td> <td>USD/m<sup>3</sup></td> <td>0.284</td> </tr> </tbody> </table>	Yearly Averaged Cost		2050 Case 3			MUSD/year	Capital Expenditure (Yearly averaged cost)	MUSD/year	97.9	Recurrent Expenditure (O&M for T&D)	MUSD/year	82.5	<b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b>	<b>MUSD/year</b>	<b>180.4</b>	Cost per m <sup>3</sup> (Opex)	USD/m <sup>3</sup>	0.284
Yearly Averaged Cost		2050 Case 1																																																							
		MUSD/year																																																							
Capital Expenditure (Yearly averaged cost)	MUSD/year	99.0																																																							
Recurrent Expenditure (O&M for T&D)	MUSD/year	70.7																																																							
<b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b>	<b>MUSD/year</b>	<b>169.7</b>																																																							
Cost per m <sup>3</sup> (Opex)	USD/m <sup>3</sup>	0.243																																																							
Yearly Averaged Cost		2050 Case 2																																																							
		MUSD/year																																																							
Capital Expenditure (Yearly averaged cost)	MUSD/year	91.9																																																							
Recurrent Expenditure (O&M for T&D)	MUSD/year	74.1																																																							
<b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b>	<b>MUSD/year</b>	<b>166.0</b>																																																							
Cost per m <sup>3</sup> (Opex)	USD/m <sup>3</sup>	0.255																																																							
Yearly Averaged Cost		2050 Case 3																																																							
		MUSD/year																																																							
Capital Expenditure (Yearly averaged cost)	MUSD/year	97.9																																																							
Recurrent Expenditure (O&M for T&D)	MUSD/year	82.5																																																							
<b>Estimated Total Expenditure/year (Capex+Opex)</b>	<b>MUSD/year</b>	<b>180.4</b>																																																							
Cost per m <sup>3</sup> (Opex)	USD/m <sup>3</sup>	0.284																																																							
<b>Recommendation</b>	High Stability and Flexibility of Water Supply, Cost is the same level as Case 2 (102%)	High Flexibility. Slightly Lower Cost than Case 1																																																							



### 13.5.3 最適マスターシナリオの選定

2035年マスターシナリオでは、Masaka 浄水場と Karenge 浄水場の開発を優先するケースが選択された。このケースは、ケース 2035-1 と、Nzove および Kanzenze の容量の調整を組み合わせたものである (図 13.5-1)。2050年には、Nzove 及び遠方水源と Akagera 川からの給水バランスをとるため、ケース 2050-1 と 2050-2 を組み合わせたアイデアが提案された (図 13.8-2)。

建設される施設の構成要素を表 13.5-4 に示す。最終的なマスターシナリオに従った給水拡大のロードマップを図 13.9-1 に示す。

表 13.5-4 選択されたマスターシナリオ

Year	Adopted Cases
Year 2035	Combination of Case 2035-1 and 2: Karenge and Masaka Prioritized (with some modifications of common components)
Year 2050	Combination of Case 2050-1: Nyabarongo/Upcountry and Case 2050-2: Akagera River Upstream

出典：調査団

### 13.6 2025年マスターシナリオ

2025年に向けた投資方針は以下のとおりである。

- a. WASAC の目標 (25%) を段階的に達成するために無収水削減措置を加速する
- b. 東部の需要への対応：需要の高い地域 (Masaka と Karenge のセクター) の近くに新しい浄水場を建設するか、Remera 配水池から東に水を送る。

実施される具体的なプロジェクトは次のとおりである。

配水管とブロックゾーニングを伴う大規模なリハビリテーション：給水管とメーターの交換  
 2025年に無収水率 25%という無収水目標は、通常の事業運営では達成するのが困難な目標である。そのため、進行中のプロジェクトとは別に、給水管と配水管網の大規模なリハビリテーションを実施する必要がある。

#### Masaka 浄水場建設 (Phase 1: 20,000 m<sup>3</sup>/day)

需要地近傍に浄水場を建設する必要がある。浄水場の容量は、2035年の将来の水需要と一致するよう、20,000 m<sup>3</sup>/日に設定された。その容量は、1) その周辺で進行中の実際の開発計画、2) 周辺セクター (Remera、Rusororo、Nyarugunga のセクター) に水を供給するための送水ルートを考慮する。

表 13.6-1 実施中プロジェクトおよび 2025 年に向けての新規建設施設

On-going Projects	
Rehabilitation of Nzove 1	+23,000 m <sup>3</sup> /day (from 17,000 to 40,000 m <sup>3</sup> /day)
Expansion of New Nzove:	+25,000 m <sup>3</sup> /day (from 40,000 to 65,000 m <sup>3</sup> /day)
Rehabilitation of Karengé WTP	+3,000 m <sup>3</sup> /day (from 15,000 to 18,000 m <sup>3</sup> /day)
Additional Facilities for 2025: +20,000 m <sup>3</sup> /day (Total: 247,000 m <sup>3</sup> /day)	
Masaka WTP and forwarding infrastructures	+20,000 m <sup>3</sup> /day
NRW Reduction Measures	Phase 1 to 2

出典：調査団

### 13.7 2035 年マスターシナリオ

2035 年のマスターシナリオは、図 13.7-1 に示すとおりである。

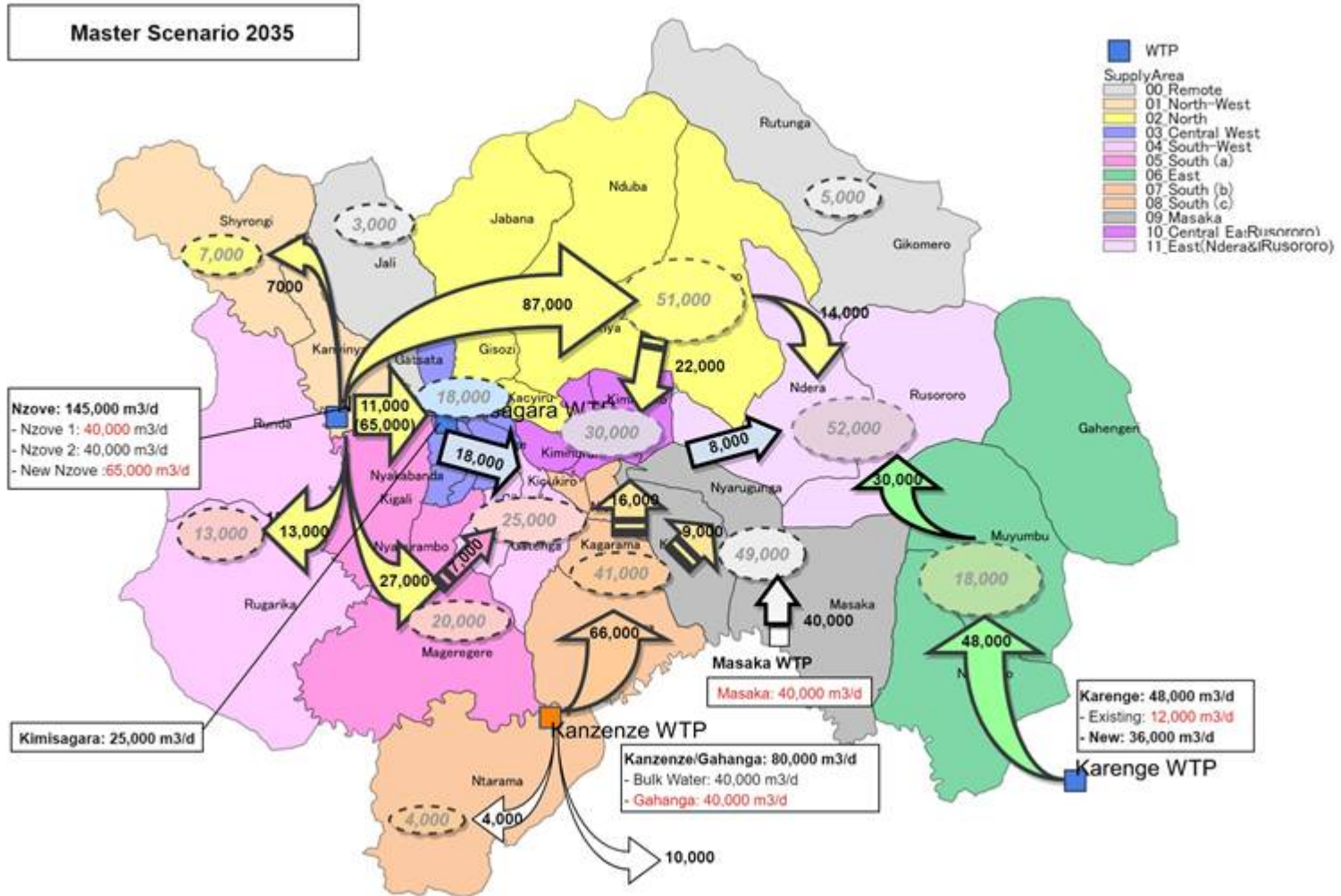
- Nzove-Ntora の容量は、管路の送水容量 (ND900) を考慮すると、105,000 m<sup>3</sup>/日である。
- Karama -Mont-Kigali 送水管の量は拡張されず、既存の送水容量として 40,000 m<sup>3</sup>/日を維持する。これは、この送水管のエネルギー効率が悪いためである。この管路は、他の送水管路で重大な事故が発生した場合のバックアップラインとして利用できる。
- Masaka セクターは、Karengé や Nzove からの他のどの供給方法よりも効率的である新 Masaka 浄水場によって供給される。
- 南部地域の需要の伸びは非常に大きく、Kanzenze で進行中のバルク給水プロジェクトからの供給能力は不足し、最小 40,000m<sup>3</sup>/日の拡張が計画された。
- Karengé 浄水場は最初に修復される必要があり、次に最大量の取水可能量まで拡張される必要がある。
- 遠隔セクター (Rutunga とギコモロのセクター) は、この目標年までに独立した給水計画 (WSS) を必要としている。各容量は、CoK M/P から推定されたセクターの需要の合計であり、それらのセクターの実際の開発に従って調査する必要がある。

2035 年のさらなる比較研究の重要な地域は、Ndera-Rusororo 地域であり、大量に供給する既存の管路がないにも関わらず、需要の伸びが大きいと考えられている (2つのセクターのみで 52,000 m<sup>3</sup>/d)。

表 13.7-1 Additional Facilities for 2035

Additional Facilities for 2035: +98,000 m <sup>3</sup> /day	
Gahanga WTP	+40,000 m <sup>3</sup> /day (New)
Masaka WTP	+20,000 m <sup>3</sup> /day (Total: 40,000 m <sup>3</sup> /day)
Karengé WTP	+36,000 m <sup>3</sup> /day (Expansion plus Rehabilitation)
Small Scale WSS	+5,000 m <sup>3</sup> /day (For remote areas: Rutunga, Gikomero)
Transmission and Distribution Pipelines for the abovementioned facilities: NRW Project: Phase 3 to 5	

出典：調査団



出典：調査団

図 13.7-1 2035年マスターシナリオ

### 13.8 2050年マスターシナリオ

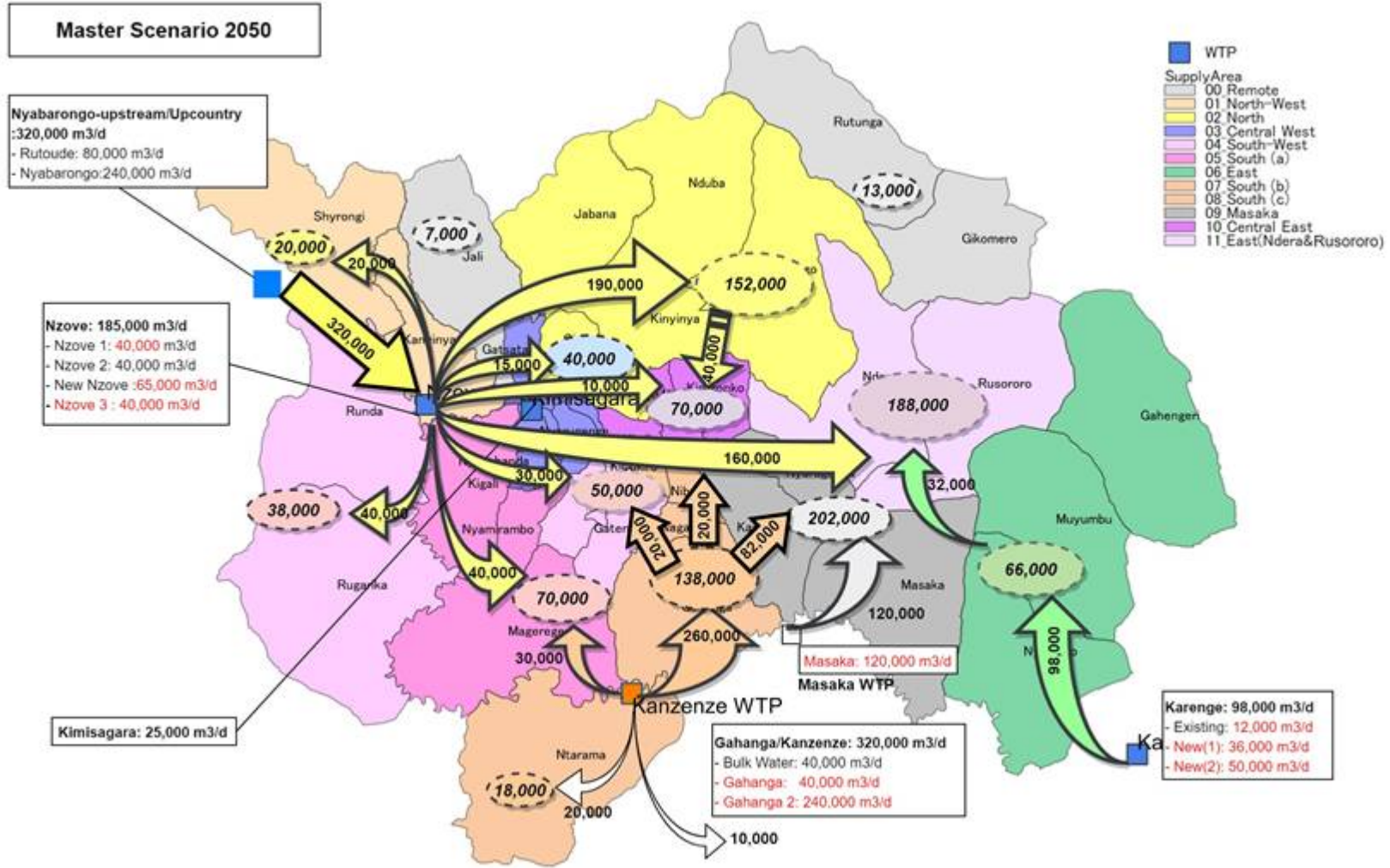
2050年のマスターシナリオでは、1,067,000 m<sup>3</sup>/日（調査地域の1日最大、合計）の巨大な需要を満たすには、Nyabarongo川またはNyabarongo-Akagera川とMugesera湖の北部の水源から新しい水源を開発する必要があるとしている。マスターシナリオでは、国レベルでのさらなる調査、流域ベースの統合水資源管理フレームワーク、およびさまざまな利害関係者間のコミュニケーションが必要であるため、Musanze地区のMutobo水源から水使用を除外した。それでも、Nyabarongo川とMutoboの水源は、調査地域内の貴重な水源である。

このシナリオでは、中央東部、Ndera Ruseroro地域の需要の大部分とMasakaセクターの水需要の一部は、Nyabarongoの水源がNzove浄水場と中央送水幹線を経由して送水される。Nyabarongoにおいて必要な量は481,000m<sup>3</sup>/日と推定されている。この量の大部分（421,000 m<sup>3</sup>/日）は、中央送水幹線を通してRemera配水池と東部地域に送水される。

表 13.8-1 2050年までの長期に必要な新規施設

Additional Facilities for Long Term (2050) +754,000 m <sup>3</sup> /day	
Nzove 3	+40,000 m <sup>3</sup> /day (New)
Rutonde	+80,000 m <sup>3</sup> /day (New)
Nyabarongo	+240,000 m <sup>3</sup> /day (New)
Gahanga2	+240,000 m <sup>3</sup> /day (New)
Masaka2	+80,000 m <sup>3</sup> /day
Karengé	+50,000 m <sup>3</sup> /day
Small Scale WSS	+10,000 m <sup>3</sup> /day (For remote areas)
Transmission and Distribution Pipelines for the abovementioned facilities.	

出典：調査団



出典：調査団

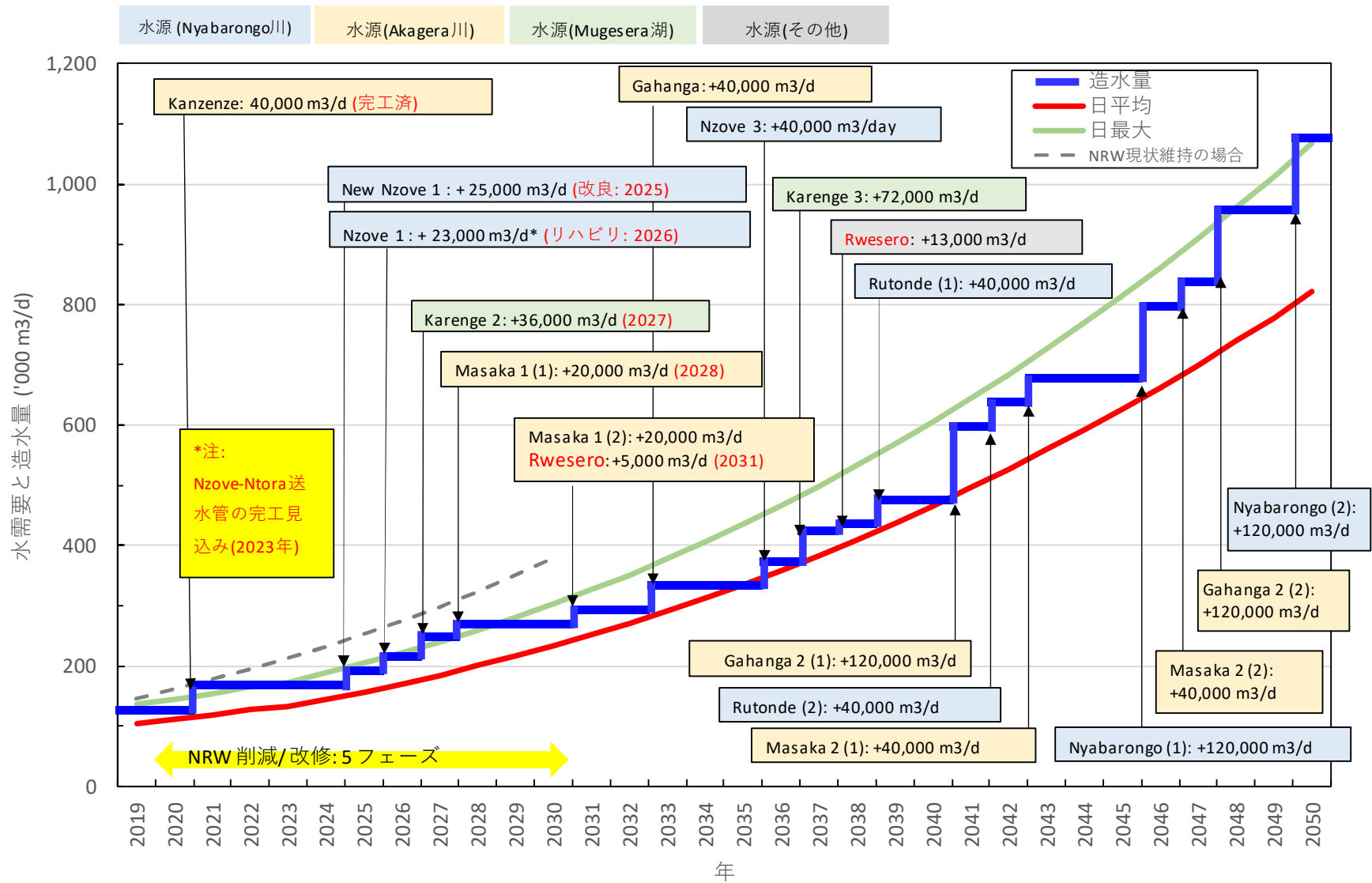
図 13.8-1 2050 年マスターシナリオ

### 13.9 マスターシナリオの実施に係る留意事項

マスターシナリオ実施に係る、ロードマッピングについて、需給戦略、送水管路敷設、無収水削減のための配水システムの再構築について詳述する。

#### 13.9.1 需要戦略

- 東部の新たな需要への対応：キガリ市マスタープラン（CoK M/P、2019）は、東部（Remera、Masaka、Remera、Rusororoの各セクター）で新たな需要の伸びがあることを示している。Karengye 浄水場と Kanzenze 浄水場（Kigali Bulk Water Supply）における浄水水量は、需要を満たすにはまだ不十分である。長期的には西から東への中央送水幹線を建設する必要がある。ただし、需要に即座に対応するためには、これらの需要が拡大する地域に浄水施設を建設することが不可欠である。
- 無収水削減目標の漸進的な達成：WASACは2023年までに無収水目標を25%に設定したが、現状2020年には38.8%となっている。パイロットエリアでのWASAC NRW削減チームの成功にもかかわらず、配水システムの大規模な再構築なしにNRW目標を達成することは困難と考えられる。また、この再構築には長い時間を要する。このM/Pでは、2030年に確実に達成できる目標を設定した。NRW目標を妥協することは、この調査の需要が生産ベースであるため、水需要を満たすために追加の浄水施設の必要性を意味する。M/Pは、図13.9-1に示すように、予備的なシナリオに従って2025年までの浄水量を目標としている。予備的なシナリオは、無収水率が2030年まで39%のままである場合の水需要を表している。
- 浄水施設の分散：3つの主要な水源（Nyabarongo川、Akagera川、Mugesera湖）は、それらのバランスを考慮して開発されている。この措置は、実際の都市の発展に対する柔軟性を維持し、過度の集中による大規模な断水のリスクを回避することである。マスタープランは、調査地域のすべての需要をカバーする単一の巨大な水源を建設することは現実的ではないが、地元の水源を使用することは現実的であるとわかった。このアプローチでは、気候変動による水量の変化や都市化による原水質の悪化のリスクを考慮して、水源開発の順序を変えることも可能となる。



出典: 調査団

図 13.9-1 マスターシナリオのロードマップとしての需給バランス



表 13.99-13.9-1 2050年までの長期に必要な新規給水施設のリストとスケジュール

Location	WTP	2019 (Existing)		2021 (Ongoing)	2025/ 2026	2027/ 2028	2030/ 2031	2035	2040	2045	2050	Total Capacity	Areawise Capacity	Remarks	
		Capacity	Actual												
Nzove	Nzove 1	25,000	17,000	17,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	185,000	505,000	Rehabilitation of Nzove 1	
	Nzove 2	40,000	41,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000				
	New Nzove 1	40,000		40,000	65,000	65,000	65,000	65,000	65,000	65,000	65,000				New Nzove Expansion (25,000 m3/day)
	Nzove 3								40,000	40,000	40,000				Opposite shore of existing Nzove.
Nyabarongo- upstream/ Upcountry	Rutonde								40,000	40,000	80,000	80,000		New locations upstream from the Nzove.	
	Nyabarongo								120,000	120,000	240,000	240,000		Nyabarongo 2 dam and/or upcountry sources.	
Kimisagara	Kimisagara	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000		
Gahanga/ Kanzenze	Kanzenze			40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	22,000	302,000	302,000		
	Gahanga							40,000	40,000	40,000	40,000				Opposite shore of existing Kanzenze
	Gahanga 2									120,000	240,000				New WTP in Gahanga (surface water)
Masaka	Masaka 1					20,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	120,000	120,000	New WTP (Groundwater)	
	Masaka 2									40,000	80,000				New WTP (Surface water)
Karengé	Karengé	12,000	15,000	15,000	15,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	120,000	120,000	Existing	
	Karengé 2					36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000				Expansion (Phase 1)
	Karengé 3										72,000				Expansion (Phase 2)
Others	Independent	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	7,000	7,000	7,000	Existing	
	Rwesero						5,000	5,000	5,000	5,000	13,000	13,000	13,000	For Rutunga/Gikomero	
Total Capacity		144,000	100,000	179,000	227,000	280,000	305,000	345,000	545,000	705,000	1,089,000	1,089,000	1,089,000		
Demand outside Study Area				10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	Kanzenze (Airport Area)	
Total Supply Amount in Study Area		144,000	100,000	169,000	217,000	270,000	295,000	335,000	535,000	695,000	1,079,000	1,079,000	1,079,000		

\* Red fonts: Highlight for the New Location / the Year of Expansion and Construction

\* Value shown in m3/day as production capacity of treated water (up to 10% surplus is necessary for water intake)

### 13.9.2 浄水施設

2050年に向けて建設される浄水施設は、浄水場毎に表 13.9-1 に整理する。

表 13.9-2 2050年に向けて建設される浄水場

Name of Facilities	Descriptions
Existing Facilities: 162,000 m <sup>3</sup> /day <sup>*1</sup>	
On-going Facilities: +65,000 m <sup>3</sup> /day (Total: 227,000 m <sup>3</sup> /day) <sup>*2</sup>	
Additional Facilities for 2025: +20,000 m <sup>3</sup> /day (Total: 247,000 m <sup>3</sup> /day) <sup>*3</sup>	
Additional Facilities for 2035: +98,000 m <sup>3</sup> /day <sup>*4</sup>	
Gahanga WTP	+40,000 m <sup>3</sup> /day (New)
Masaka WTP	+20,000 m <sup>3</sup> /day (Total: 40,000 m <sup>3</sup> /day)
Karenge WTP	+36,000 m <sup>3</sup> /day (Expansion plus Rehabilitation)
Small Scale WSS	+5,000 m <sup>3</sup> /day (For remote areas: Rutunga, Gikomero)
Transmission and Distribution Pipelines for the abovementioned facilities	
Additional Facilities for Long Term (2050) +754,000 m <sup>3</sup> /day	
Nzove 3	+40,000 m <sup>3</sup> /day (New)
Rutonde	+80,000 m <sup>3</sup> /day (New)
Nyabarongo	+240,000 m <sup>3</sup> /day (New)
Gahanga2	+240,000 m <sup>3</sup> /day (New)
Masaka2	+80,000 m <sup>3</sup> /day
Karenge	+50,000 m <sup>3</sup> /day
Small Scale WSS	+10,000 m <sup>3</sup> /day (For remote areas)
Transmission and Distribution Pipelines for the abovementioned facilities	

\*1: Nzove 120,000 m<sup>3</sup>/day, including the rehabilitation, Kimisagara 22,000 m<sup>3</sup>/day, Karenge 15,000 m<sup>3</sup>/day, and Small-Scale Water Sources 5,000 m<sup>3</sup>/day.

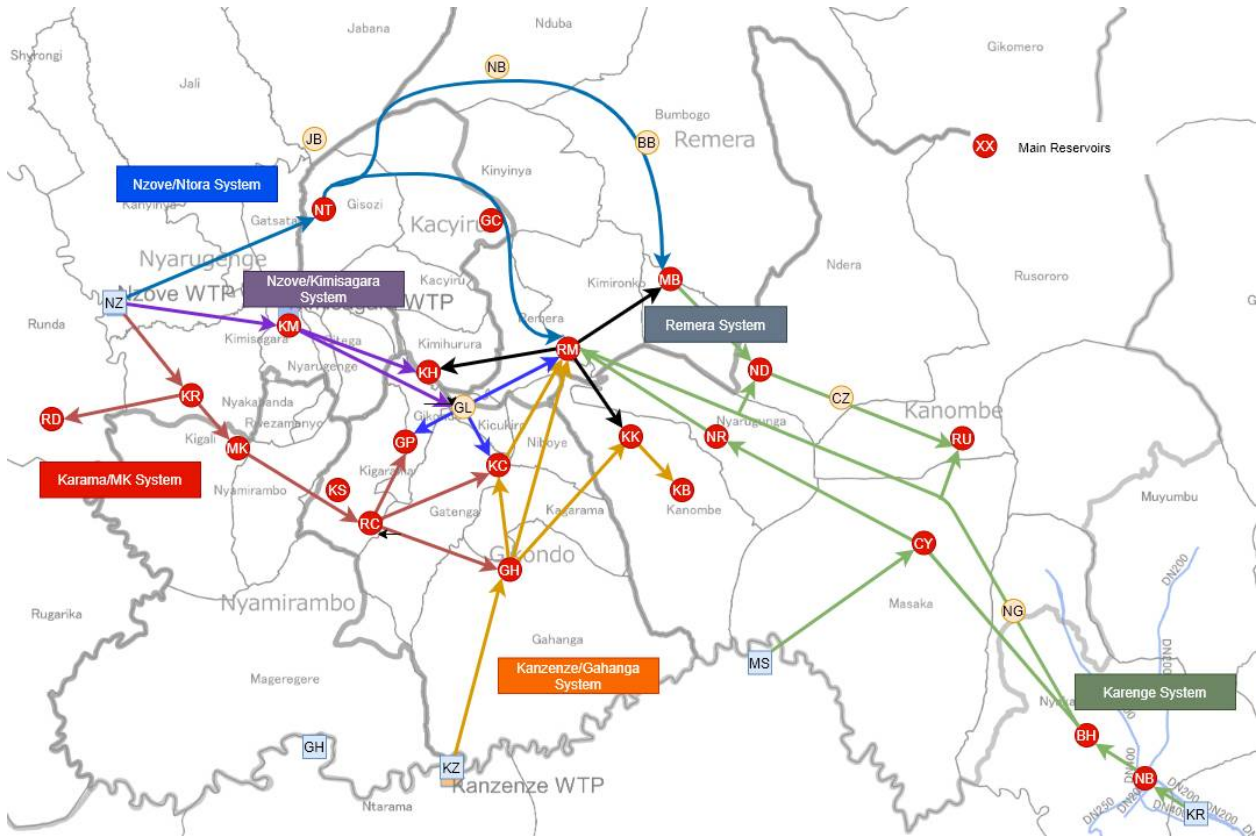
\*2: Kanzenze (Kigali Bulk Water Supply) 40,000 m<sup>3</sup>/day, including the demand for Bugesera Airport (10,000m<sup>3</sup>/day), which is out of the study area and New Nzove 1 expansion of 25,000 m<sup>3</sup>/day.

\*3: Masaka WTP 20,000 m<sup>3</sup>/day

出典：調査団

### 13.9.3 送水管路全体計画

浄水場から主要配水池に浄水を供給するための送水管路を図 13.9-2 に示す。長期計画では、6つの主要な送水システム、すなわち Nzove-Ntora、Karama、MK (Mont-Kigali)、Nzove - Kimisagara、Kanzenze-Gahanga、Karengo-Masaka、Remera がある。これらへの投資はすべて、表 13.9-2 に示すように、浄水場拡張または NRW 削減プロジェクトに含まれている。



Note: Nzove, NT; Ntora, KM; Kimisagara, KR; Karama, MK; Mont-Kigali, GL; Gikondo-Low (Proposed), GP; Gikondo Premiere, RC; Rebero Carrier, KC; Kicukiro (Golf 7), RM; Remera (Golf 8), GH; Gahanga, KZ; Kanzenze. BH; Bihimbe (from Karengo), MB; Masoro -bas, ND; Ndera, RU; Rusororo, MS; Masaka, NR; Nyarugunga, KK; Kanombe Rwimbogo KB; Kanombe Busanza

出典：調査団

図 13.9-2 送水システムにかかるマスタープラン(2050年における最終形)

表 13.9-3 送水管ルートとその建設形態

Transmission Scheme	Descriptions	Construction Framework
The Nzove/Ntora	The Nzove WTP (Source: the Nyabarongo) is a single water source. All treated water is transferred to the Ntora Reservoir except the minor transmission to the Mount-Jali, the Kanyinya and the Shyolongi. The line covers the northern area of the entire Kacyiru branch, the Nyarutarama, Remera, and a part of the Kimironko. The branch of the line covers the future north-ring line to the Nduba and the Bumbogo.	On-going Expansion: The North-ring (On-going) and the Ntora-reconstruction (Priority project)  Future Expansion: After 2040 along with the <u>Nyabarongo WTP</u> (240,000 m <sup>3</sup> /day two phases)

Transmission Scheme	Descriptions	Construction Framework
Karama/MK	The Nzove WTP is a single water source. The water is pumped up to the Mont Kigali (MK) reservoir through the Karama Pumping Station. The major portion of water goes to the Kimisange, the Nyanza, and reaches the Kicukiro. This is a back-up line to supply water to the Rwezamenyo and the CBD, while it is not the mainline due to its low energy efficiency. A part of water goes from the Karama to the Runda and the Rugarika areas and will be the major transmission line after the on-going pipeline expansion.	On-going Expansion: The Karama to the Runda-Rugarika (On-going)  Future Expansion: After 2040 along with the <u>Nyabarongo WTP</u>
Nzove/Kimisagara	The primary water source is the Kimisagara WTP (Source: the Yanze) and minor source from the Nzove as on 2020. The major source will be switched to the Nzove after the alternative transmission line (Central Mains) is constructed.	Future Expansion: Towards 2036 for the Nzove 3 and the Rutonde as " <u>the Central Main.</u> "
Kanzenze/Gahanga	The new transmission pipelines are constructed from the Kanzenze WTP (Bulk water supply) to the Kicukiro, the Remera, the Kanombe-Kabeza, and the Busanza. The systems will be expanded to the southern part of the lower Gahanga in order to meet the new demand for the gateway city to the new airport.	On-going Expansion: Along the completion of the Kanzenze WTP.  Future Expansion: <u>By 2032 along with the Gahanga WTP, After 2040 under the Gahanga 2 and 3 (240,000 m<sup>3</sup>/day 2 phases)</u>
Karenge/Masaka	The Old Karenge I and II systems from the Karenge WTP (Source: the Mugesera Lake) to the Remera need expansion and rehabilitation. The northern line (the Karenge II) should be reconstructed with the expansion of the Karenge WTP to supply water to the Upcountry areas (the Nyakaliro, the Muyumbu, and the Gahengeri) and the Rusororo, the Ndera to the Remera. The southern line (the Karenge I) will be reconstructed for and along with the new Masaka Water Sources to feed water to the Masaka, the Nyarugunga, a part of the Rusororo.	Future Expansion: <u>By 2025, the Karenge II along with the Karenge 2 WTP Expansion and by 2036 the Karenge I for the Karenge 3 WTP Expansion.</u>
Remera	The system needs to allocate water from the Remera reservoir to the key reservoirs, namely; the Kicukiro, the Kimihurura, the Kimironko, the Masoro-bas, and the eastern area (the Ndera).	Future Expansion: By 2025 along with the <u>NRW reduction (the Kacyiru/South and the Kicukiro)</u>

出典：調査団

### 13.9.4 無収水削減のための段階的リハビリ計画

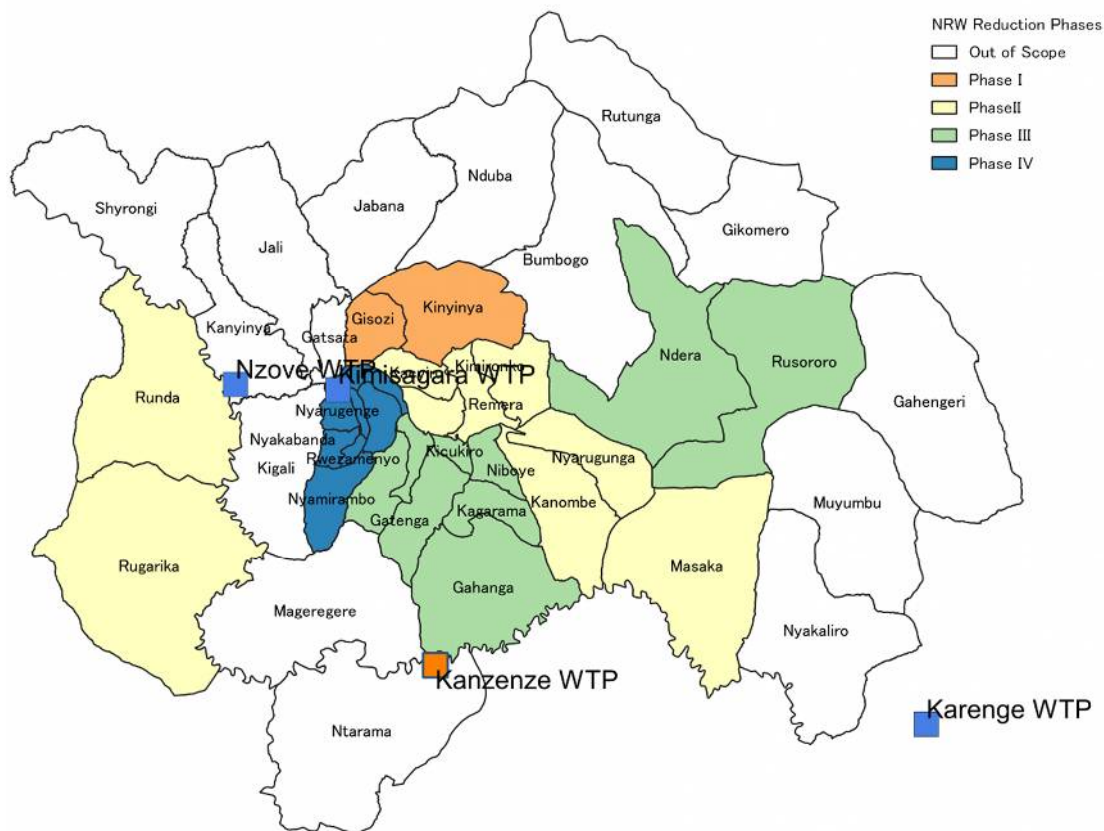
表 13.9-3 に示すように、配水システムの再構築は 8 つの対象地域で段階的に行われる。各ターゲットエリアには、100～200km の既存の管路が含まれており、配水ブロック化とこれに伴う管路更新・拡張が必要である。フェーズ毎の計画を図 13.9-3 に示す。

表 13.9-4 無収水削減に向けたフェーズ毎の計画

Target Areas	Reconstruction framework	Priority/Phase
Nyarugenge/CBD	The CBD and adjacent areas include the Nyarugenge, the Muhima, and the Gitega sectors, where the pipes are aged and tangled. Extensive replacement of water supply pipes (e.g., Galvanized pipes and fittings) along with the PVC distribution mains and distribution sub-mains with small diameters. The Kimisagara: Small reservoirs and pressure control through the block system are necessary to be constructed.	Phase IV
Nyamirambo	The area includes the Kimisagara-Rwezamenyo-Nyakabanda to the Mount-Kigali, where pipes are not capable and possibly suffering from high NRW ratio. This should also include the reconstruction of existing small-scale water sources (the Mburabuturo).	Phase IV

Target Areas	Reconstruction framework	Priority/Phase
Kacyiru/North	The area includes the Gisozi, Kinyinya, and a part of the Remera (the Nyarutarama), which is the supply area of the Ntora-Remera transmission pipeline. The topography is relatively simple, and the system is not very old. The areas can be portrayed as a model for good practices on pressure control and can be disseminated to the other areas.	Phase I
Kacyiru/South	The area includes the Kacyiru, the Remera, the Kimironko and the Kimihurura. An old and complicated system where the pipelines from the Ntora, the Remera, the Kimihurura, Kicukiro are tangled. The system's reconstruction should focus on hydraulic separation and NRW reduction rather than the new reservoir construction.	Phase II
Ndera Rusororo	Mainly focus on the reconstruction of the FTZ and the FTZII supplying system and strategic construction of main distribution systems through a new road from the Masoro to the Kabuga.	Phase III
Gikondo (Kicukiro and lower)	The area includes the distribution systems from the Kicukiro reservoir and the Nyanza reservoir. Hydraulic separation considering the elevation, is the key consideration.	Phase III
Runda Rugarika	The area includes existing and newly developing areas in the Runda and the Rugarika sectors. Setting small reservoirs, reconstruction of incapably small diameters and replacement of the supply pipes along with their expansion are the key considerations for the system.	Phase II
Kanombe/Masaka	Reconstruction of the Masaka existing systems through the Karengere 1 system. Major system construction should be done in the Masaka WTP F/S in order that the system design is along with the Masaka New Water Source.	Phase II

出典：調査団



出典：調査団

図 13.9-3 無収水削減プロジェクトの段階的実施の概念図

## 13.10 技術的検討：送配水

マスターシナリオを計画するために、いくつかの技術的なボトルネックについて、給水の全体的なシナリオを検討する前に詳細な分析を必要とした。まず、マスターシナリオの作成に適用され、質の高い施設と持続可能な水サービスを確立するための将来の施設の設計に適用されるべき設計原則を提案した。これは、マスタープランで提案される設計基準につながるものである。

### 13.10.1 基本原則

施設計画のための基本原則は以下の通りである。

- a. 管路ルート：管路ルートは、メンテナンス、初期費用、ランニングコストを考慮して選定する必要がある。管路は基本的に道路沿いに設置するが、許容できる場合はオープンスペースまたは斜面を使用することができる。(アクセシビリティについて要考慮。)
- b. 送水本管（主配水池を接続）：事故時に主配水池に水を送水するため、緊急時の代替管路ルートを検討する。
- c. 送水副本管：長時間停電に備えて、主配水池からの代替管路を検討する必要がある。
- d. ポンプとモーター：
  - 各送水システムには、適切なポンプシステム（必要な Q および H に応じて）を選択する必要がある。Kimisagara 浄水場には複数のポンプシステムが必要である。
  - 機器は、効率と安定性（寿命）を考慮して選択する必要がある。
- e. ウォーターハンマーからの保護：
  - エアチャンバー（またはフライホイール）：サージ解析結果に基づいて、適切な方法とサイズを選択する必要がある。
  - バルブの注意深い操作（時間をかけたバルブの開閉）は、ガイドラインに従って訓練する必要がある
- f. パイプ径：
  - 圧力管は、初期費用と運転費用を考慮し、経済的な管径を検討する。
  - 自然流下の場合、流量は  $3 \text{ m/s} \sim 0.3 \text{ m/s}$  の範囲とする。
- g. 管材：品質、信頼性、水圧、コストを考慮して、適切な管材とクラスを選択する必要がある。
- h. 河川横断：河川横断の方法は、土壌の状態、水圧、管径、洪水の水位などのサイトの状態に合わせて決定する必要がある。
- i. 管の保護：道路の横断と推力の対策には適切な方法を選択する必要がある。
- j. 急斜面へのパイプ設置：地表の保護や地下水の排水など、いくつかの側面を考慮する必要がある

る。

- k. エアバルブ、排水管：バルブなどの配管装置は、必要な場所に設置する必要がある。（例：バルブは少なくとも2 km ごとに設置する必要がある。）

### 13.10.2 中央送水幹線：効率的な西から東への送水幹線

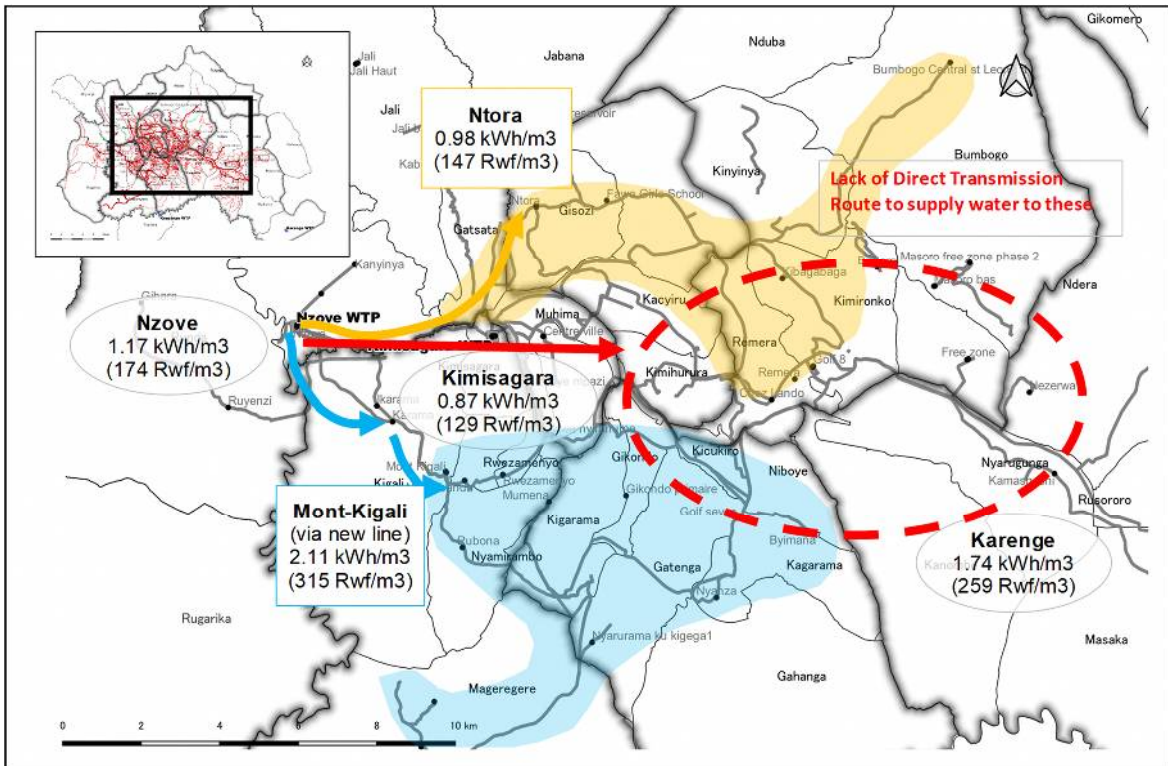
2035年のシナリオ（セクション 13.6）で説明したように、中央東部と東部（Remera と Rusororo）の需要を満たすために、Nzove から送水する必要がある。最近拡張された Nzove-Karama2-Mont-Kigali ルートは、Nzove-Ntora と比較して2倍以上の単位電力を消費する。一方、この Nzove-Karama2-Mont-Kigali ルートは、Nyakabanda、Nyanza、Rwandatel、および Kicukiro での新たな水需要への対応に大きく貢献している。ただし、Kimisagara や標高の低い地点（中央送水幹線）などの他のルートから水を供給する場合は、高い電気消費量を回避することができる。Mont-Kigali 配水池は+1,792 m に位置し、Kimisagara ルートの最高標高は約+1,500 m であるのに対し、ルート沿いの需要は主に 1,400m から 1,500m の標高に位置していることに注意すべきである。送水経路の変更、省エネによるコストの影響は大きく、長期的にはエネルギー効率の観点から将来の水管理を最適化する必要がある。

#### (1) 概要

中央送水幹線とは、送水による電力消費量を削減するために、キガリ市の Nzove から中央および東部地域への送水幹線を指す。Nzove と Mont-Kigali を経由して Remera 配水池に至る既存の幹線経路は非効率的である。これは、標高の高い山から送水され、市内中心部からルートが迂回され、東部までの距離が長いためである（図 13.10-1）。

新たな需要を満たすための戦略的中心は、Remera 配水池である。Remera 配水池は開発センターでもあり、Kimironko 東部、Remera、Rusororo、Kanombe の近くでもある。ルートが最小限の延長となるよう、Kimisagara 浄水場を経て、Nzove から Remera に向かうルートなる。Nzove から Kimisagara までのルートは、Kimisagara 浄水場の真正面にある Nyabugogo バスステーションまでの既存の Nzove-Ntora ルートまでの地形によって決定される。





出典：調査団

図 13.10-1 中央送水幹線概念図

## (2) 中央送水幹線ルート選定

図 13.10-2 は、Kimisagara から Remera までの可能なルートを表している。Kimisagara からルワンダ大学近くのジャンクションまでは2つのルート（1A と 1B）があり、そこから Remera 配水池に向かう途中の Shez-Lando ホテル近くのジャンクションまでは3つのルート（2A、2B、2C）がある。各ルートの縦断面図を 図 13.10-3 に示す。

すべてのルートの特徴を表 13.10-1 に示す。

- 高度に開発された CBD を通過する 1B に沿って建設は容易ではない。1B は、長さが 1A とあまり変わらない低標高ルートをとる。
- 2B は3つのルートの中で最短である。ほとんどのルートは標高が低く、開発が進んでいない地域にある。

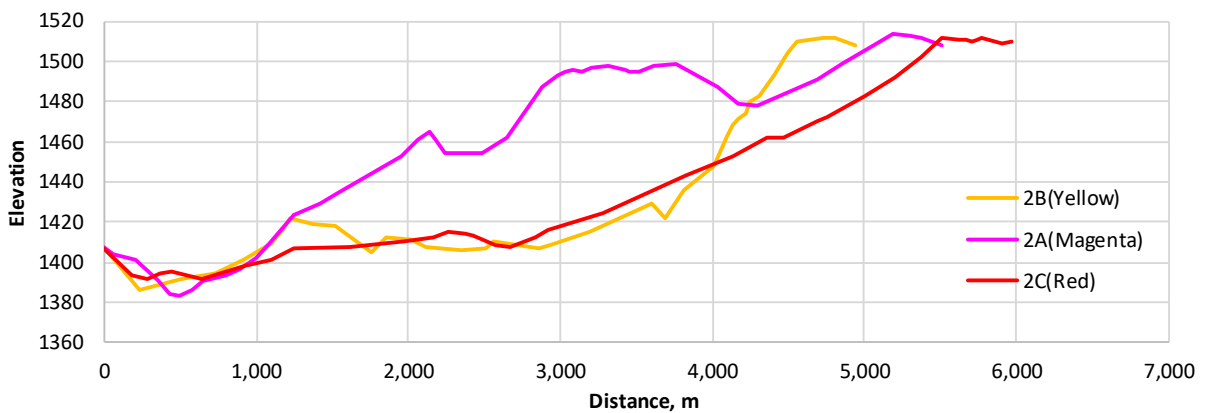
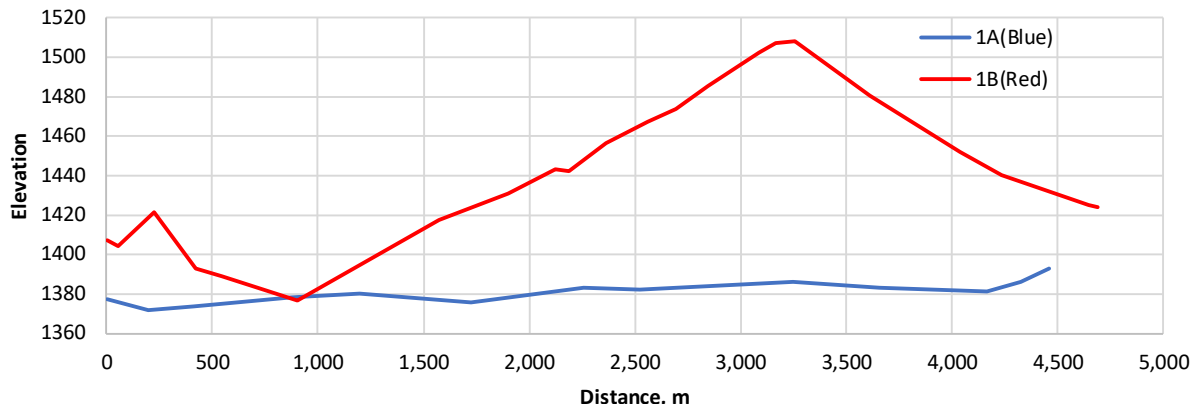
したがって、ルート 1A および 2B が、今後の調査のために選択された。さまざまなルートの長さで最適なルートの選択を表 13.10-2 に示す。



Google earth

出典：調査団

図 13.10-2 Kimisagara から Remera までの送水管ルート比較



出典：調査団

図 13.10-3 Kimisagara から Remera までの送水管標高比較

表 13.10-1 各ルートの特徴

Route	Length, m	Highest Elevation, m	Remarks
0. Kimisagara-BS	905	1420.7	
<b>1A. BS-KN7-RwandaU</b>	<b>4,826</b>	<b>1407.9</b>	<b>Low elevation and not highly developed area.</b>
1B. BS-CBD-RwandaU	4,927	1507.9	High elevation and Construction not easy.
2A. RwandaU-KimihururaTop-ShezLando	5,502	1513.3	Highly developed area.
<b>2B. RwandaU-Kimihurura South-ShezLando</b>	<b>4,937</b>	<b>1511.6</b>	<b>Low elevation and not highly developed</b>
2C. RwandaU-Kicukiro-ShezLando	5,965	1511.4	Need a longer length.
3. ShezLando-Remera	1,717	1526.7	

出典：調査団

表 13.10-2 各ルートの延長とルートの選定

Route	Length	Remarks
0-1A-2A-3	12,630	
<b>0-1A-2B-3</b>	<b>12,035</b>	<b>Adopted</b>
0-1A-2C-3	13,412	
0-1B-2B-3	12,487	
0-1B-2C-3	13,514	

出典：調査団

### (3) 詳細送水方法

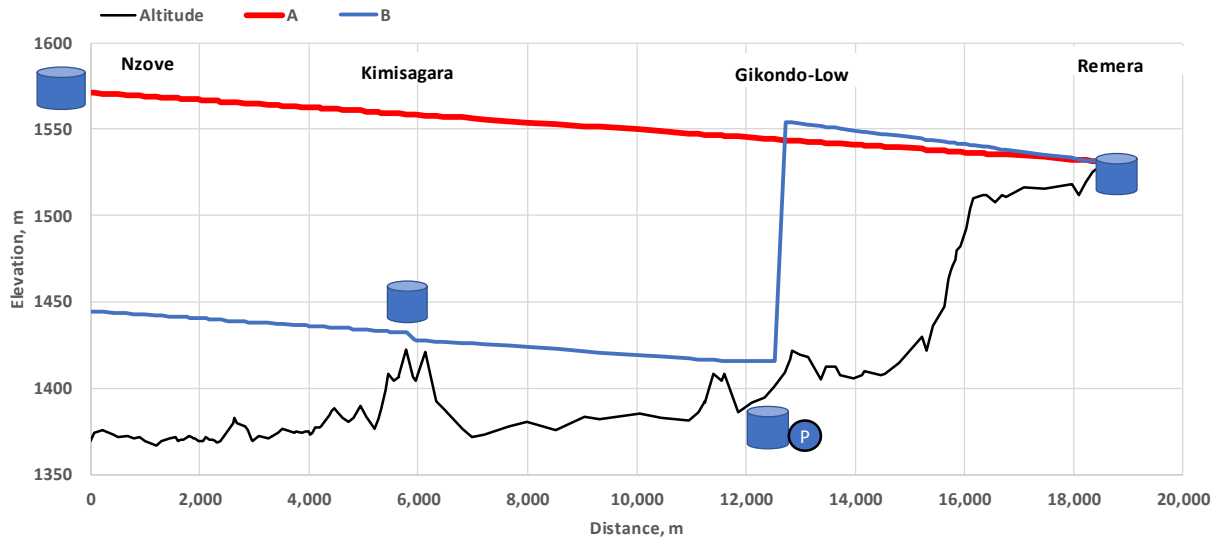
選択したルート（0-1A-2B）の標高に応じて、自然流下により Kimisagara 浄水場から中間地点に水を送ることができる。1A のルート全体は、1,400 未満の低標高である。図 13.10-4 は、Nzove から Remera への直接の水力プロファイル（ケース A、赤で表示）と、Kimisagara 浄水場および新しい配水池（Gikondo-Low 配水池と呼ばれる）およびポンプ場を介した水力プロファイルの比較を示している。この図は、需要の割り当て、初期コストとエネルギーコストを考慮したパイプの最適な管径、および結果としての水力勾配を想定している。詳細な計算結果を付録-22 に示す。

ケース A は、200 m の高圧ポンプを必要とし、約 150m 以上の圧力を 12 km にわたって維持する必要がある。これには、高価な高品質の管材（DIP、PN25）、注意深いスラスト固定対策が必要であり、パイプが漏水や破裂の危険にさらされる。ケース B は、追加のポンプ場でより多くの設備とメンテナンスを必要とするが、高圧部分は約 3 km に制限される。

各配水池に割り当てられた需要と送配水に必要な電力を表 13.10-3 に示す。ケース B では、需要の一部が Kimisagara から Remera に向かう途中で消費される可能性があるため、推定電力消費量は少ない。

ケース A とケース B の全体的なコスト比較を表 13.10-4 に示す。ケース B の初期コストはケース A よりも低くなる。ケース A で高品質のパイプを使用することによるコストは、追加のポンプ場のコストよりも高くなる。ケース B では、ケース B の O&M コストもケース A よりも低くなっているが、ケース B には追加のポンプ場の維持費が必要となる。

以上の結果より、ケース B を選択することを提案する。ルートの中に追加のリレー配水池があり、水を Nzove から Remera 配水池に送水する。



出典：調査団

図 13.10-4 選定されたルート(Nzove-Kimisagara-Remera)の水理プロファイル

Nzove からの直接送水（ケース A）と中間位置でのリレー（ケース B）の比較。

表 13.10-3 各配水池からの需要とエネルギーコスト

Reservoirs	Allocated Water Demand			Unit Energy		Yearly Cost in 2035		Yearly Cost in 2050		Comparison Case B/A
	2035 Day Average	2050 Day Average	2050 Day Max	Case A, kWh/m <sup>3</sup>	Case B, kWh/m <sup>3</sup>	Case A, MUSD	Case B, MUSD	Case A, MUSD	Case B MUSD	
Remera (RM)	33,200	60,000	78,000	0.77	0.91	1.52	1.81	2.75	3.26	84%
Rebero Carrier (RC)	6,900	6,900	9,000	2.00	2.00	0.83	0.83	0.83	0.83	100%
Gikondo Premier (GP)	6,100	11,200	14,600	0.77	2.00	0.28	0.73	0.51	1.35	38%
Gikondo Low (GL) *Proposed	3,900	7,500	9,800	0.29	0.91	0.07	0.21	0.13	0.41	32%
Kicukiro Golf 7 (KC)	11,700	22,100	28,700	0.70	0.92	0.49	0.65	0.93	1.22	76%
Gahanga (GH)	8,200	17,200	22,400	0.92	0.92	0.45	0.45	0.95	0.95	100%
total	70,000	124,900	162,500	-	-	3.6	4.7	6.1	8.0	78%

出典：調査団

表 13.10-4 送水方法 Case A と B のコスト比較

Case A		MUSD
Plant	Transmission Pump (M&E)	1.30
	Transmission Pump Station (Civil)	0.96
	Distribution Reservoir at Nzove	3.33
Pipe	Transmission Pipe (Nzove-Remera)	31.4
	Transmission Pipe (Brnch-GikondoPremier)	2.7
	Transmission Pipe (Branch--GikondoPremier)	3.3
<b>Total</b>		<b>42.99</b>

Care B		MUSD
Plant	Transmission Pump at Nzove(M&E)	0.91
	Transmission Pump Station at Nzove (Civil)	0.96
	Distribution Reservoir at Kimisagara	1.66
	Transmission Pump at Gikondo-Low(M&E)	1.28
	Transmission Pump Station at Gikondo-Low (Civil)	0.81
Pipe	Transmission Pipe (Nzove-Kimisagara)	9.89
	Transmission Pipe (Kimisagara-Gikondo-Low)	11.8
	Transmission Pipe (Gikondo-Low-Remera)	8.2
	Transmission Pipe (Gikondo-Low-GikondoPremier)	2.7
	Transmission Pipe (Gikondo-Low-GikondoPremier)	3.3
<b>Total</b>		<b>41.53</b>

**Lifecycle Cost**

**Condition**

Evaluation Period            20 years  
Social Discount Rate        6%

**Calculation**

	Initial Cos	O&M Cos	Lifecycle Cost
A	42.99	2.98	508.6
B	41.53	2.83	491.4

出典：調査団

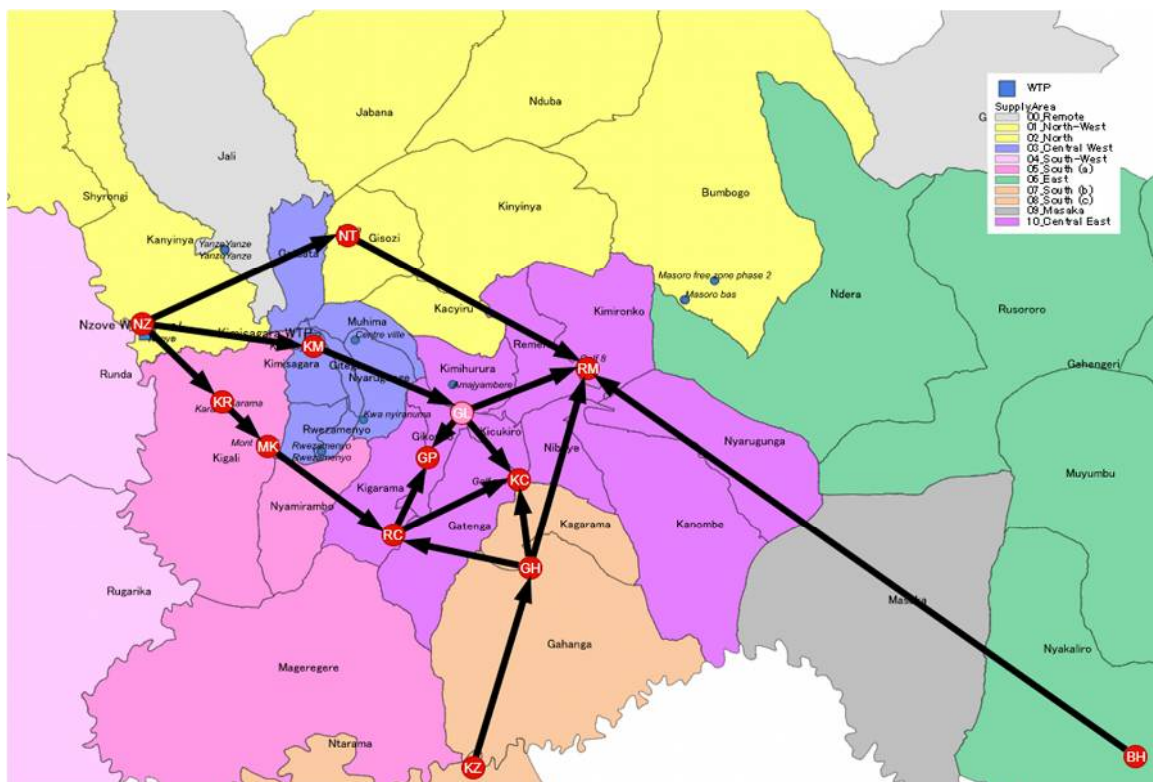


(4) 既存および提案されている送水方法による維持管理費の再確認

図 13.10-5 は、既存のルートと提案されたルートを含む、Remera 配水池への全体的な送水モデルを示している。凡例と配水池の標高を表 13.10-5 に個別に示す。電気料金の計算では、ルート間で同じ水力勾配を想定した。水処理による O&M コストは、2018/2019 年の WASAC 年次報告書に基づいて計算されている。

計算結果を表 13.10-6 に示す。中央送水幹線は、Nzove から Remera への送水に必要な電力消費量が最も少ない。推定電力消費量は  $0.77\text{kWh}/\text{m}^3$  であり、Nzove-Ntora (-Remera) ラインの約 84%、Kanzenze-Remera ラインの 83%、Karengye-Remera ラインの 55%、Mont-Kigali (Kicukiro Golf 7 まで) ラインの 38%となっている。また、Kicukiro Golf 7、Gikondo Premier、Lower Gikondo セクターへの電力についても大幅に低下する。消費電力は特に低く、3分の1未満 ( $0.29\sim 0.91\text{kWh}/\text{m}^3$ ) であり、O&M コストはほぼ半分 ( $104\sim 196\text{RWF}/\text{m}^3$ ) となる。

したがって、提案されている中央送水幹線は、Nzove から Remera 配水池に送水するための最も効率的な方法となる。ルートの建設の利用可能性、配水池の土地の利用可能性、地形調査による実際の標高、およびルートに沿った他の障害に対処するためのコストを含むコストを決定するには、さらなる調査が必要である。



出典：調査団

図 13.10-5 送水管路モデル

表 13.10-5 既存及び計画配水池の凡例と標高

ID	Name	GL	HWL	LWL
NZ	Nzove	1,364	-	1,364
NT	Ntora	1,570	1,572.5	1,568
KM	Kimisagara	1,429	1,429	1,429
KR	Karama	1,563	1,565	1,561
MK	Mont Kigali	1,790	1,792	1,788
GL	Gikondo Low (Proposed)	1,412	1,412	1,412
GP	Gikondo Premiere	1,530	1,532	1,528
RC	Rebero Carrier	1,648	1,650	1,646
KC	Kicukiro (Golf 7)	1,510	1,514	1,510
RM	Remera (Golf 8)	1,524	1,526	1,522
GH	Gahanga	1,579	1,581	1,577
KZ	Kanzenze	1,352	-	1,352
BH	Bihimbe (from Kareng)	1,643	1,645	1,641

出典：調査団

表 13.10-6 送水エネルギーコストと維持管理費用比較

Comparison of Transmission Energy	kWh/m3	Electricity cost, RWF/m3	OM Cost Reference	Chemical Cost, RWF/m3	Maintenance+Salary, RWF/m3	Total OM Cost RWF/m3
<b>To Remera</b>						
(1) Nzove-Ntora-Remera	0.91	135	Nzove	50	11	196
(2) Kareng-Remera	1.40	208	Kareng	54	23	285
(3) Nzove-MontKigali (-Remera)	2.00	298	Nzove	50	11	359
(4) Kanzenze-Gahanga(-Remera)	0.92	137	Nzove	50	11	198
(5) Central Main (Nzove-Kimisagara-Remera)	0.77	114	Nzove	50	11	175
<b>To Kicukiro</b>						
(1) Nzove-MontKigali-(Nyanza)-Kicukiro	2.00	298	Nzove	50	11	359
(2) Kanzenze-Gahanga-Kicukiro	0.92	137	Nzove	50	11	198
(3) Central Main (Nzove-Kimisagara-Gikondo Low)	0.70	105	Nzove	50	11	165
<b>To Gikondo Premier</b>						
(1) Nzove-MontKigali	2.00	298	Nzove	50	11	359
(2) Central Main (Nzove-Kimisagara-Gikondo Low)	0.77	114	Nzove	50	11	175
<b>To Lower Gikondo Sector</b>						
(1) Nzove-Ntora-Remera	0.91	135	Nzove	50	11	196
(2) Nzove-MontKigali (-Remera)	2.00	298	Nzove	50	11	359
(3) Central Main (Nzove-Kimisagara-Gikondo Low)	0.29	43	Nzove	50	11	104

\*Direct Construction Cost, overhead not included

出典：調査団



### 13.10.3 東部の新たな水需要

東部の新たな水需要を満たすために、Masaka 新浄水場、Remera または Masoro bas 配水池を経由する Nzove 浄水場、または Karengé 浄水場からの給水拡大を検討する必要がある。重要な問題の1つは、送水エネルギーやその他の O&M コストを考慮し、需要を満たすために最も効率的な給水拠点はどこにあるかということである。このセクションでは、これら3つの供給源からの送水コストを比較する。

#### (1) 送水ルートの概要

送水ルートは図 13.10-6 に示すように想定されている。管径は既存の管路よりもはるかに大きい必要があるため、既存の管路をこの目的に利用できるとは想定していない。

##### a. Remera-Azam bas-Ndera/Rusororo から Kabuga 2 へ (赤色・青色)

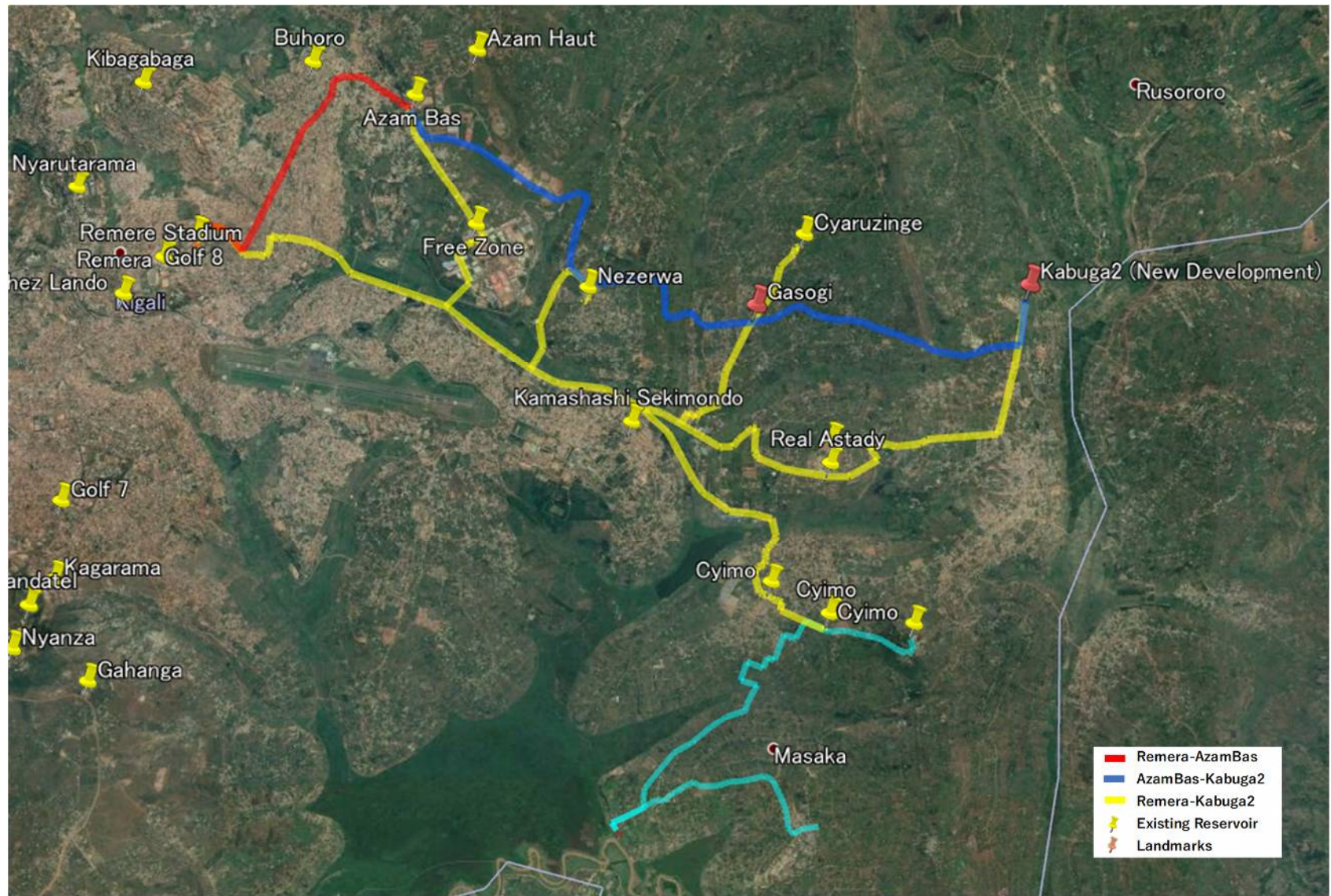
Remera からの最初のルートは、既存の Azam-bas から、建設される新しい道路を経由して Kabuga 2 に至るルートである。Remera-Azam は、進行中の管路拡張が計画されているルートである（セクション 4、北リング、ND400）。Azam-bas 以降のルートは、CoK M/P で提案されている新しいルートである。ルートは、Remera セクターの Nezerwa と Gasogi と呼ばれる町を横断し、Kabuga 丘陵地帯に上る。最終ポイントである Kabuga 2 は Kabuga の北部にあり、CoK M/P に従って新しい開発が期待されている地域である。このルートは、既存の Karengé ルートから明らかに外れているため、Masaka エリアへの送水は見込めない。ルートの後半（青で表示）は、新しい道路が建設された後のみ建設できることに留意すべきである。

##### b. Remera-既存 Karengé ルートから Kabuga 2 へ (黄色)

Remera からのもう一方のルートは、Karengé-Bihimbe-Remera 管路（SP300）からの北の管路と同じルートを想定している。この場合、水が Cyimo（市内中心部から上にある既存の小さな配水池の真ん中のもの）にも送られると想定した。最終地点は、a と同じ Kabuga 2 である。

##### c. Masaka 新浄水場 (水色)

ルートは、提案された Masaka 浄水場から Masaka 山の頂上までである。他のルートとの比較は、中央の Cyimo 配水池までのルートに関して行われた。



Google earth

出典：調査団

図 13.10-6 東部地域の水需要を満たすための送水管ルート

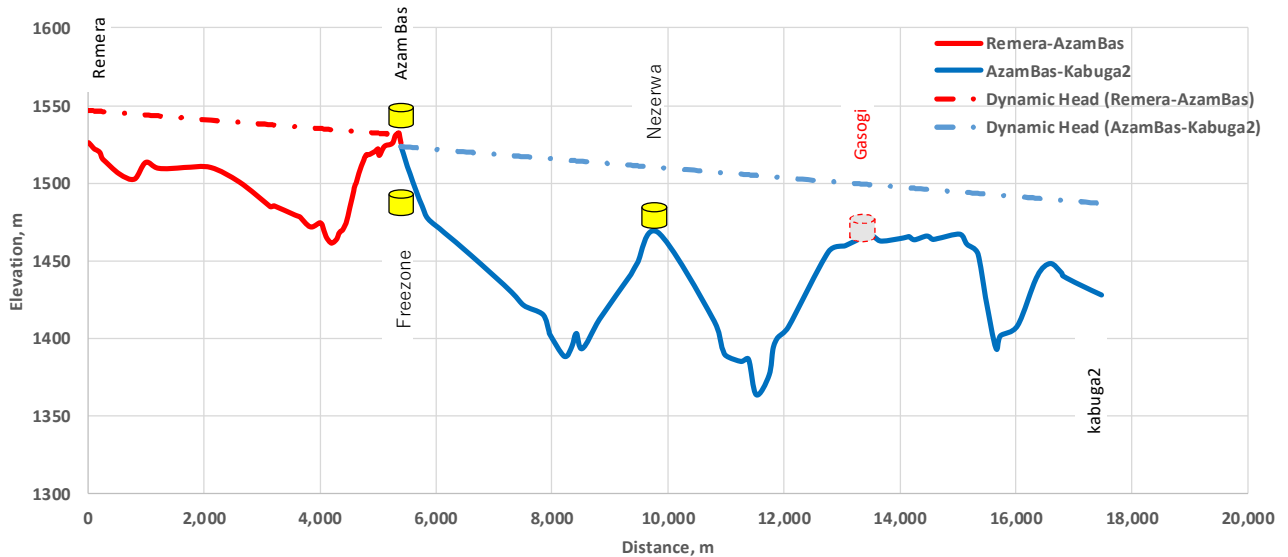
## (2) 各ルートの比較

ルートに沿った縦断と水理プロファイルを図 13.10-7 と図 13.10-8 に示す。各図の動的水頭は 1km あたり 3m の損失水頭を示している。

ケース (a) は、両方の配水池の地表面がほぼ同じであるため、Remera から Azam bas にポンプが必要であることを示している。Azam bas からの水は、自然流下によって管路の終点である Kabuga 2 に送水される。自然流下によって、Remera の既存の配水池である Cyaruzinge には到達できないことに注意する必要がある。この地域の新しい市内中心部の近く、つまり Gasogi に新しい中継配水池が必要となる。

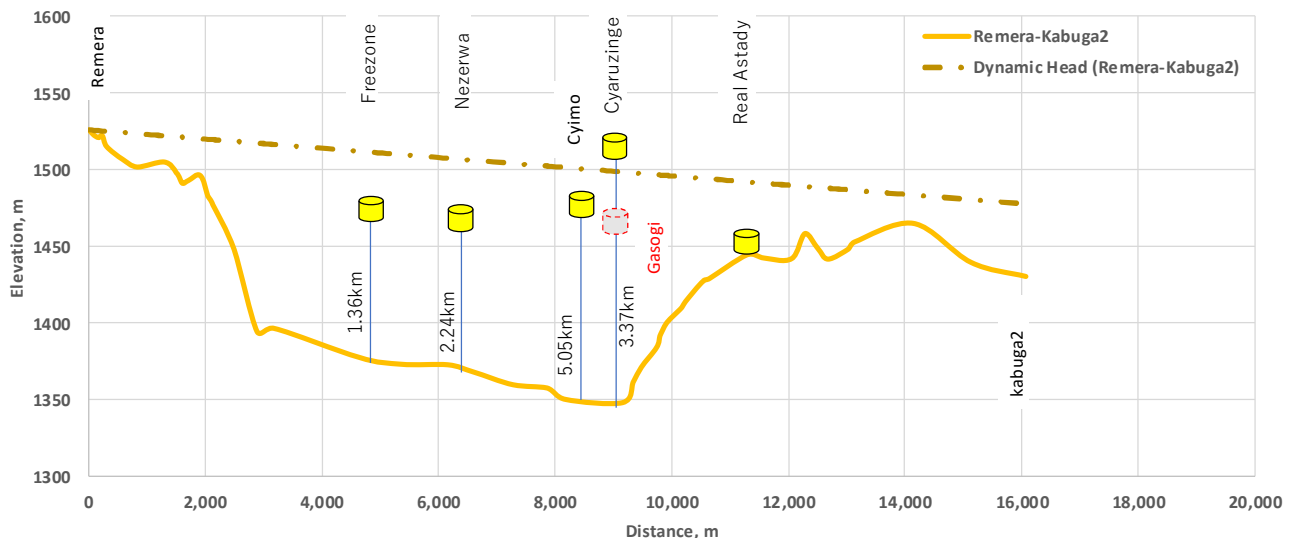
ケース (b) は、Remera から最終地点まで、そして Masaka の Cyimo 配水池に送られる可能性があることを示している。

a.



出典：調査団

図 13.10-7 Remera-Azam bas-Ndera/Rusororo から Kabuga 2 (a)への水理プロファイル



出典：調査団

図 13.10-8 Remera-既存 Karengé ルートから Kabuga 2 (b)への水理プロファイル

表 13.10-7 は、Masaka 地域に水を供給するための O&M コストの比較を示している。Masaka の電力コストは、供給源から Cyimo 中部 (134 m) までの標高差をポンプアップするために必要なエネルギーと、管路の距離 (5.5 km) による損失水頭から計算されている。その結果、Masaka 浄水場からの給水は、電力コストと推定 O&M コストの両方が最も低いことがわかった。2 番目に低いのは、セクション 13.10.2 に基づいて提案した中央送水幹線を利用することを想定した Nzove のオプションである。Karengé からの水は、これら 2 つのオプションよりもかなり高価となる。

これは、3 つのオプションのコスト効率についてのみ比較しているものである。利用可能性、水質、さまざまなリスクなど、水供給源の他の側面については、第 10 章で説明している。

表 13.10-7 Masaka への水供給に関わる O&M コスト比較

Comparison of Transmission Energy	kWh/m <sup>3</sup>	Electricity cost, RWF/m <sup>3</sup>	OM Cost Reference	Chemical Cost, RWF/m <sup>3</sup>	Maintenance + Salary, RWF/m <sup>3</sup>	Total OM Cost RWF/m <sup>3</sup>
<b>To Cyimo (middle at Masaka)</b>						
(1) From Karengé (via Bihimbe)	1.40	208	Karengé	54	23	285
(2) Central Main (Nzove-Kimisagara-Remera)	0.77	114	Nzove	50	11	175
(3) From Masaka	0.59	87	Karengé	54	23	164

出典：調査団

### (3) 結論

- 小さなブースターポンプ場が必要な Remera の Cyaruzinge を除いて、Remera から Remera、Rusororo、Masaka の新興需要地帯に既存の北管路ルートを通じて水を供給することができる。
- 新しいルート (Remera-AzamBas-Kabuga2) は、CoK M/P で提案された新しい道路に沿ったルー

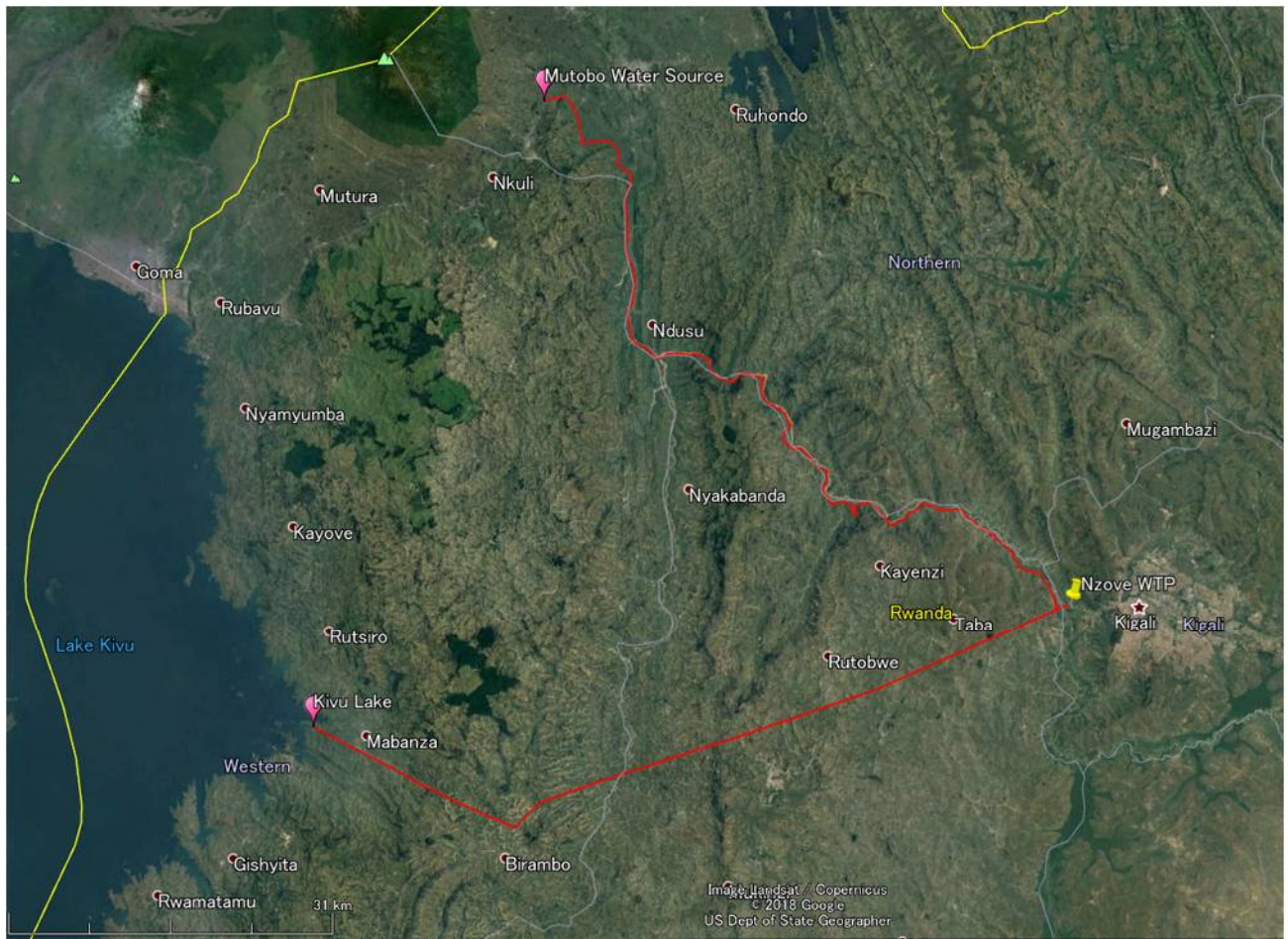


トである。これは、自然流下による Azam Bas を経由する代替給水ルートになる可能性がある。WASAC は、道路建設と並行して管路を建設できるように、管路を建設する計画を立てることが提言される。

- Masaka に水を供給するための最もエネルギー効率の良いルートは、新しく提案された Masaka 浄水場からのルートである。

#### 13.10.4 遠隔地 2050 年における水源 (Mutobo 及び Kivu)

Nyabarongo 川沿いの井戸群は、第 10 章および 13.4.3 で示したように、井戸の利点を考慮して 2035 年までに優先水源として開発される予定である。Nyabarongo 川は 2035 年以降にも水源として開発される予定であるが、Kivu 湖と Mutobo の湧水もこの時期の代替水源の候補となる。Kivu 湖から Nzove までの予想送水線と Mutobo から Nzove までの送水線の平面図と縦断面図をそれぞれ表 13.10-9 と表 13.10-10 に示す。



出典：調査団

図 13.10-9 Kivu 湖及び Mutobo 湧水からの送水管ルート

Mutobo Line



Kivu Line



Google earth

出典：調査団

図 13.10-10 Kivu 湖及び Mutobo 湧水からの送水管ルート縦断面図

これら二つの送水管路の水理解析結果を表 13.10-8 から 表 13.10-11 に示す。

表 13.10-8 Kivu Lake ルートの水理解析結果 (Q=20,000m<sup>3</sup>/d)

Node up	Node dwn	Pump m	Elevation		Q m <sup>3</sup> /d	C	D mm	L km	v m/s	i ‰	Δhp m	he m	Remarks
			up	dwn									
Kibu	peak	600	1463	2000	200,000	130	1,200	22	2.05	2.547	56	7	Pump up 600m
peak	Nzove		2000	1368	200,000	130	900	53	3.64	10.337	548	84	

出典：調査団

表 13.10-9 Mutobo ルートの水理解析結果 (Q=20,000m<sup>3</sup>/d)\*

Node up	Node dwn	Pump m	Elevation		Q m <sup>3</sup> /d	C	D mm	L km	v m/s	i ‰	Δhp m	he m	Remarks
			up	dwn									
Mutobo	Nzove		2093	1368	200,000	130	1,000	100.0	2.95	6.188	619	106	Gravity

出典：調査団

表 13.10-10 Mutobo ルートの水理解析結果 (Q=12,000m<sup>3</sup>/d)\*

Node up	Node dwn	Pump m	Elevation		Q m <sup>3</sup> /d	C	D mm	L km	v m/s	i ‰	Δhp m	he m	Remarks
			up	dwn									
Mutobo	Nzove		2093	1368	120,000	130	800	100	2.76	7.130	713	12	Gravity

出典：調査団

表 13.10-11 Mutobo ルートの水理解析結果 (Q=10,000m<sup>3</sup>/d)\*

Node up	Node dwn	Pump m	Elevation		Q m <sup>3</sup> /d	C	D mm	L km	v m/s	i ‰	Δhp m	he m	Remarks
			up	dwn									
Mutobo	A		2093	1368	100,000	130	800	60	2.30	5.089	305		Gravity
A	Nzove			1368	100,000	130	700	40	3.01	9.751	390	30	Gravity

出典：調査団

\*Note: Previous studies mentioned the availability of Mutobo spring water to Kigali is 10,000m<sup>3</sup>/day and 12,000m<sup>3</sup>/day while JICA Study Team assumed more water might be available after the development of the shallow wells.

表 13.10-8 に示すように、Kivu 湖ルートは高山を横断する。実際の水頭（湖と山の標高差）は少なくとも 537 m であり、管路における損失水頭を考慮すると、約 600m の揚程を備えたポンプが必要となる。道路に沿っていない直線ルートを最小コスト、最短ルートとし、直径 1200mm の 22km 管路と直径 900mm の 53km 管路を設置し 20,000m<sup>3</sup>/日の送水を行う必要がある。ただし、このルートは、Mugesera 湖から Karengye 浄水場を通る非常に短く且つ揚程が 360m の管路よりも明らかに不利である。Kivu 湖ルートは、キガリ市内/周辺で最も高いコストを必要とする Karengye ルートよりもはるかに高い初期コストと運用コスト（エネルギーコスト）を必要とする。

一方、Mutobo からは自然流下によって送水することが可能である。表 13.10-9 に示すように、Mutobo ルートで 20,000 m<sup>3</sup>/日の送水を行うには、管径 1000mm 延長約 100km の管路が必要で、水処理とポンプ施設は不要となる。Mutobo ルートは、開発において Kivu 湖ルートよりもはるかに有利となる。

そこで、Mutobo 湧水システムと Nyabarongo 川システムの 30 年間の初期費用と運用費用を、それぞれ 20 万 m<sup>3</sup>/日、12 万 m<sup>3</sup>/日、10 万 m<sup>3</sup>/日で比較した。

表 13.10-12 Cost comparison of River Water Sources and Mutobo Spring Sources

Water Source	Case		A	B	C
			Treatmatn Capacity	m <sup>3</sup> /d	200,000
River Water in Kigali	Construction of Water Treatment Plant	mil \$	100	60	50
	Water Treatment Unit cost	Rwf/m <sup>3</sup>	84	84	84
	Yearly OM Cost	mil \$/year	6.3	3.8	3.2
	Present Value of 30 year OM Cost	mil. \$/30 year	71.0	42.6	35.5
	Total	mil \$	171	103	85
Mutobo Spring Water	Number of Inteka well	location	200	120	100
	Construction of boreholes	mil \$	3.60	2.16	1.80
	Diameter of transmission pipe	DN	1,000	800	800 / 700
	Unit rate for pipe installation	\$/m	1,500	1,200	1,200 / 1,000
	Length of transmission route	km	100	100	55 / 45
	Pipeline Construction Cost	mil \$	150	120	116
	Yearly OM Cost	mil \$/year	0.30	0.18	0.15
	Present Value of 30 year OM Cost	mil. \$/30 year	3.39	2.03	1.69
Total	mil \$	157	124	119	

出典：調査団

比較から推測されるように、Mutobo 湧水は 200,000 m<sup>3</sup>/日の容量を考慮すると Nyabarongo 表流水より経済的利点があり、Nyabarongo 川のシステムは容量が 12,000 m<sup>3</sup>/日または 10,000 m<sup>3</sup>/日の場合



に経済的利点がある。送水水量が少なくなれば、Mutobo 湧水システムの経済的利点は見られない。

キガリ市の Mutobo 湧水の開発に関する以前の計画は、いくつかの問題点のため実現に至らなかった。Mutobo 湧水を利用する前に、取水流量の確実性、火山活動による不安定性などが問題点として挙げられ、取水が水環境に与える影響など、Mutobo の水使用量を詳細に調査し、Mutobo 地域の住民の理解を得る必要がある。そのため、本調査では、Nyabarongo 川と Muhazi 湖の開発を 2035 年から 2050 年にかけて計画しているが、問題点が解決され、Mutobo 湧水利用のメリットが見出された時点で計画は見直されるべきである。

### 13.10.5 無収水低減のインパクト

水需要予測では、無収水率は 2019 年に 35%、2025 年に 25%、2035 年に 23%、2050 年に 20% に低減させる計画となっている。2019 年会計年度末、WASAC の年次報告書によると 2018 年時点の無収水率は 38% となっている。現在の無収水率は、無収水率削減の 5 年戦略計画から乖離している。無収水率の低減が将来も軌道に乗らない、最悪のシナリオ（無収水率は現在のレベルの 38% のまま）を表 13.10-13 で予測した。

この結果により以下の事が判る。

- 無収水が供給能力に与える影響は、2025 年には 34,400 m<sup>3</sup>/日、2035 年には 82,700 m<sup>3</sup>/日（日平均）、2050 年には 310,000 m<sup>3</sup>/日（最大日）と推定される。これは、無収水削減策が別の浄水場を建設するに匹敵する量であることを意味する。
- 特に Karente 供給地域（Ndera、Rusororo、Masaka、Gahengeri、Muyumbu、Nyakaliro の各セクター（ID：6、9、11））に対する影響は、2025 年には最大 7,100 m<sup>3</sup>/日、2035 年には 21,900 m<sup>3</sup>/日となる。
- 無収水の削減に失敗した場合のコストは 2025 年には CAPEX として 26.9 MUSD、OPEX として 4.7 MUSD /年と推定され、2050 年には OPEX として 42.8 MUSD /年に達すると推定される（表 13.10-14）。

表 13.10-13 無収水削減目標が達成されない場合の損失水量

ID	Supply Area	Main Supply Scheme	Water Demand if Water Loss remains 38% until 2050, m <sup>3</sup> /day				
			Day Average				Day Max
			2019	2025	2035	2050	2050
0	Remote	Independent Water Supply	3,100	4,900	8,700	20,600	27,000
1	North-West	Nzove-Kanyinya	3,100	4,900	8,700	19,400	25,000
2	North	Nzove-Ntora	16,800	30,400	63,600	151,000	196,000
3	Central West	Kimisagara	15,700	20,700	31,200	46,500	60,000
4	South-West	Nzove-Karama	4,200	7,300	16,200	37,400	49,000
5	South (a)	Mont-Kigali	6,300	12,200	26,200	69,700	91,000
6	East	Karenge	3,100	8,500	22,400	65,800	86,000
7	South (b)	Kanzenze-Gahanga	12,600	24,300	59,900	161,300	210,000
8	South (c)	Kanzenze-Bidudu	1,000	1,200	5,000	18,100	24,000
9	Masaka	Masaka	4,200	7,300	23,700	114,800	149,000
10	Central East	Mixed	29,400	47,400	87,300	169,000	220,000
11	New East	Mixed (Remera-Karenge)	11,500	24,300	64,800	185,800	242,000
<b>a. Total (Water Loss=38%)</b>			<b>111,000</b>	<b>193,400</b>	<b>417,700</b>	<b>1,059,400</b>	<b>1,377,000</b>
b. (Ref) Total in main projection (Water Loss; 35% in 2019 to 20% in 2050)			106,000	159,000	335,000	821,000	1,067,000
<b>Difference (a-b)</b>			<b>5,000</b>	<b>34,400</b>	<b>82,700</b>	<b>238,400</b>	<b>310,000</b>

出典：調査団

表 13.10-14 無収水率削減目標が達成されない場合の損失コスト

Year	Method	Difference of Water Loss*, m <sup>3</sup> /day	Unit Construction cost*, USD/m <sup>3</sup> /day	As CAPEX, MUSD	Unit Production Cost**, RWF/m <sup>3</sup>	As OPEX, MUSD/year
2019	Day Average	5,000	953	4.8	342	0.7
2025		34,400	782	26.9	342	4.7
2035		70,000	576	40.3	342	9.7
2050		238,400	576	137.3	342	32.9
2050	Day Max	310,000	576	178.6	342	42.8

\* (Worst-case; Water Loss=38%) - (Main Scenario; Water Loss decreases from 35% in 2019 to 20% in 2050)

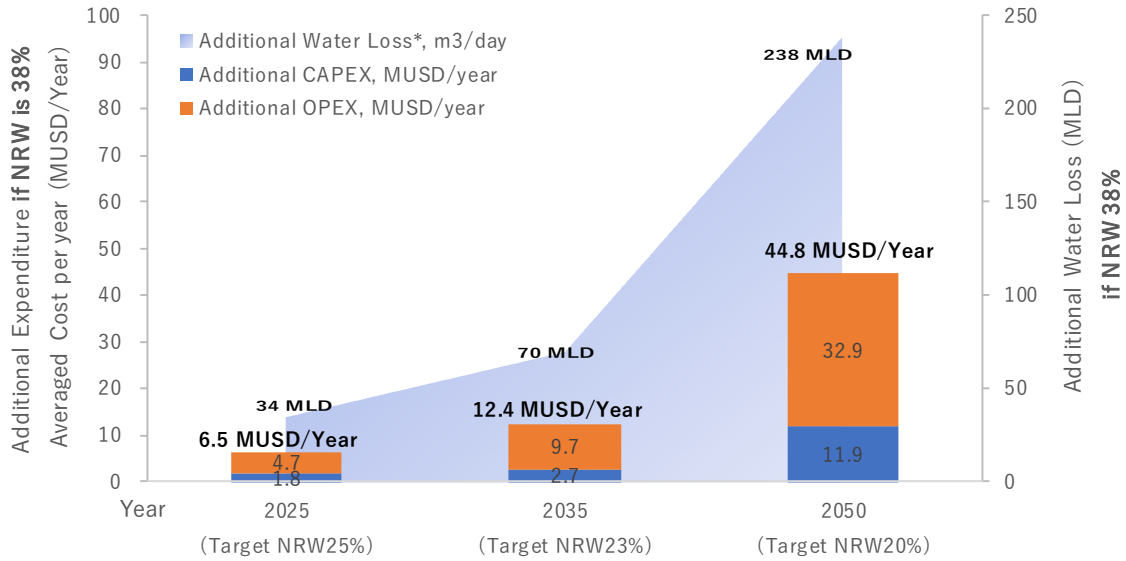
\*\* Current USD in 2019, pure construction cost excluding engineering cost, miscellaneous, and contingencies. Estimated from the data of recent projects in Rwanda and adjacent countries.

\*\*\* Based on WASAC 2018/2019 Annual Report (Aggregated average of Nzove, Kimisagara, and Karenge)

Note: Inflation and price escalation on materials/energies are not considered.

出典：調査団

このように、配水システムの再構築による無収水削減は、マスタープラン実施の初期段階で取り組むべき最優先事項である。水の損失が供給能力に与える影響は、2025年には34,400 m<sup>3</sup>/日、2035年には82,700 m<sup>3</sup>/日（日平均）、2050年には310,000 m<sup>3</sup>/日（最大日）と推定されている。追加投資は、2025年にCAPEXとして26.9 MUSD、OPEXとして4.7 MUSD/年と見積もられ、無収水削減に改善がなければ、2050年にはOPEXとして42.8 MUSD/年に達する（図 13.10-11）。包括的な評価はプロジェクトごとに実施する必要があるが、無収水削減策は他の浄水場を建設するための投資に匹敵することを意味する。



出典：調査団

図 13.10-11 無収水削減が達成されなかった場合の経済的損失

### 13.10.6 その他技術的検討

送配水に係るその他の技術的検討の内容を示す概略図を、出典：調査団

図 13.10-12 に示す。

#### (1) 浄水場からの送水管路拡張(Bihenbe 配水池の活用)

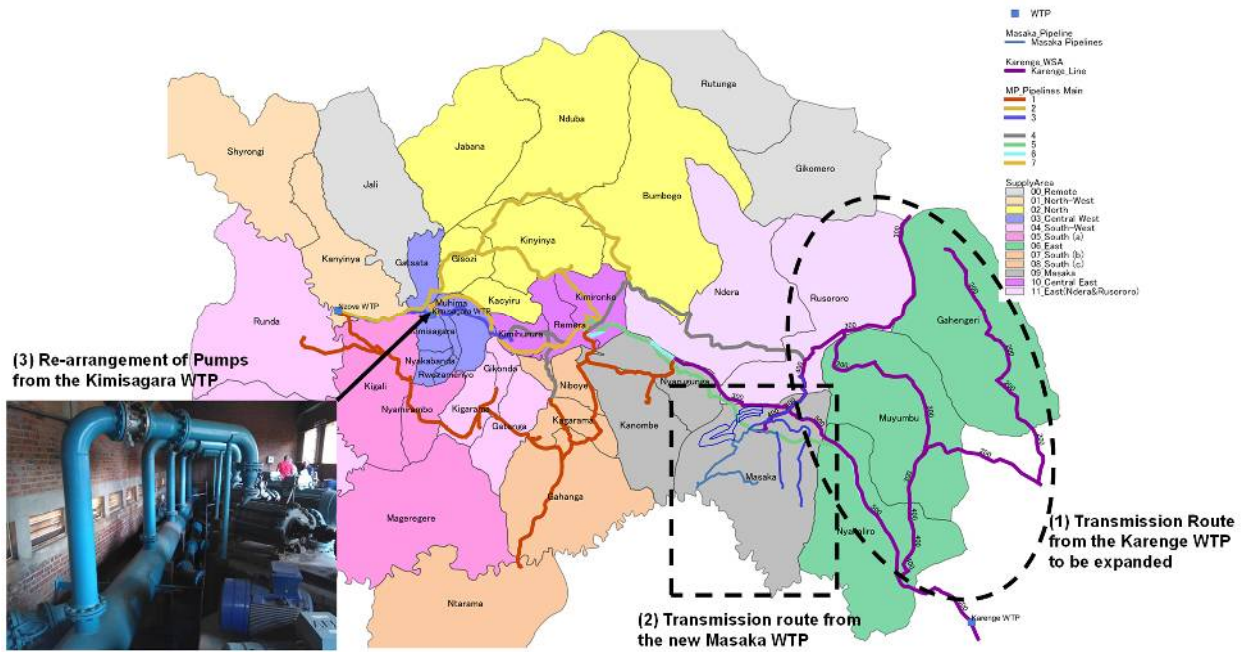
既存の送水管と同じルートに新しい送水管を敷設する場合、Karengé 浄水場から Nyabubare 配水池への揚水に加えて、Nyabubare 配水池 (EL + 1566 m) から Bihenbe 配水池 (EL + 1642 m) への揚水が必要となる。迂回ルートを選択した場合は Nyabubare 配水池から Bihenbe 配水池への揚水は不要であるが、より長い送水管が必要となる。水が Bihenbe 配水池に送水されると、水はキガリ市の Rusororo 北部や Ndera 北部などの高地に直接送水できるが、ある程度の距離の圧力は非常に高くなる。別のオプションは、低面積で小規模発電機を使用し (Bihenbe の位置エネルギー) 余剰エネルギーを回収することである。これらのオプションは、エネルギー効率や設置コストなどのいくつかの要因を考慮して、実現可能性調査中に比較される。500m<sup>3</sup>の容量を持つ新しい Bihenbe 配水池を使用する効率的な方法も検討される。

#### (2) 新 Masaka 浄水場からの送水管路 (Masaka Cyimo 高地配水池の活用)

Masaka Cyimo 高地 (EL + 1564m) に 500m<sup>3</sup>の容量の新しい配水池が間もなく建設される。新しい Masaka 浄水場からすべての処理水を高配水池に揚水する代わりに、より低い標高で計画されている新しい配水池に揚水し、限られた量を高配水池に揚水することがエネルギー効率上有利である。新しい配水池と管路の場所は、初期費用とランニングコストを考慮して、フィージビリティスタディ中に計画される。

### (3) Kimisagara 浄水場からのポンプ再構成

Kimisagara 浄水場のすべてのポンプはヘッダーパイプで接続されており、水は主に3方向に送水/配水される。そのため、一部の配管は水圧が不必要に高く、ポンプのエネルギーが有効に活用されていない。F/S では、水頭の異なるポンプを設置し、エネルギーを効率的に改善し、漏水を低減するためにヘッダーパイプを再配置する予定である。



出典：調査団

図 13.10-12 送配水に係るその他の技術的検討事項概要

### 13.11 技術的検討：浄水処理方式

高度な処理プロセスを適切に選択するため、以下の側面を考慮した。

- 1) 処理対象となる含有物質への処理効率
- 2) 有害な副産物の形成
- 3) 経済効率（建設費と維持管理費の両方を含む）；
- 4) 資源要件（土地要件および O&M レベルなど）、および
- 5) 検討された代替案の環境持続可能性。
- 6) その他

#### 13.11.1 Nyabarongo 川

Nyabarongo 川の原水について、主な除去対象物質は、高濁度（特に雨季、最大 10,000～20,000 NTU）、Fe、Mn と考えられる。これらの物質（特に高濁度）を除去する方法として、原水調整池での予備沈殿及び二段凝集沈殿が考えられる。表 13.11-1 は高濁度処理方法の比較結果を示しており、十分な用地が取得できる場合は、原水調整池で予備沈殿が妥当である。この方法は、Nyabarongo-II ダムの放流による濁度上昇の状況下においても、低凝集剤添加量と安定した原水取水を達成できるというメリットがある。原水調整池で予備沈殿及び二段凝集沈殿処理のプロセスは、各々図 13.11-1 と図 13.11-2 に示されている。

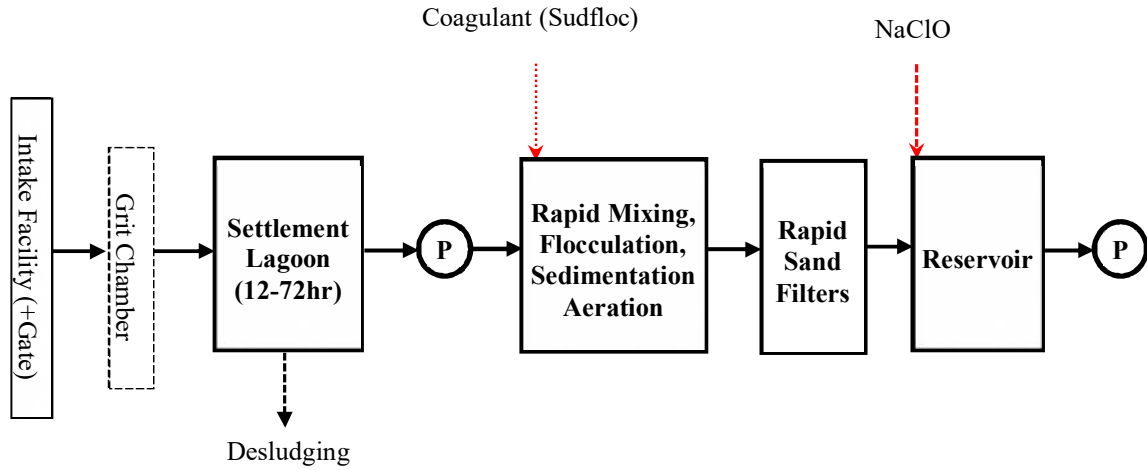
表 13.11-1 高濁度処理方法の比較

Item	Option-1: Settlement Lagoon	Option-2: Two-stage Sedimentation
Efficiency	Middle-High (depending on retention time)	High (polymer addition at high turbidity)
Removal other pollution matters	Yes (NH <sub>3</sub> , organic matters and some heavy metals etc.)	Yes (NH <sub>3</sub> , organic matters and some heavy metals etc.)
Byproduct formation	No	Impact of polymer
Capital costs	Middle (but coagulant dosage can be reduced)	Middle (but coagulant dosage can be reduced)
O&M costs	Low (natural sedimentation)	Middle (polymer dosage at high turbidity)
Land requirement	Large (depending on retention time)	Small
Required O&M level	Low	Middle-High (Dosage control, sludge discharge etc.)
Environmental issues	Sediments final disposal	Final disposal of the sediments with polymer
Others	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduction of Fe and Mn by natural oxidation</li> <li>• Reduction of coagulant dosage</li> <li>• Land availability</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduction of coagulant dosage</li> </ul>
JST recommendation	○ <sup>1)</sup>	○ <sup>2)</sup>

出典：調査団

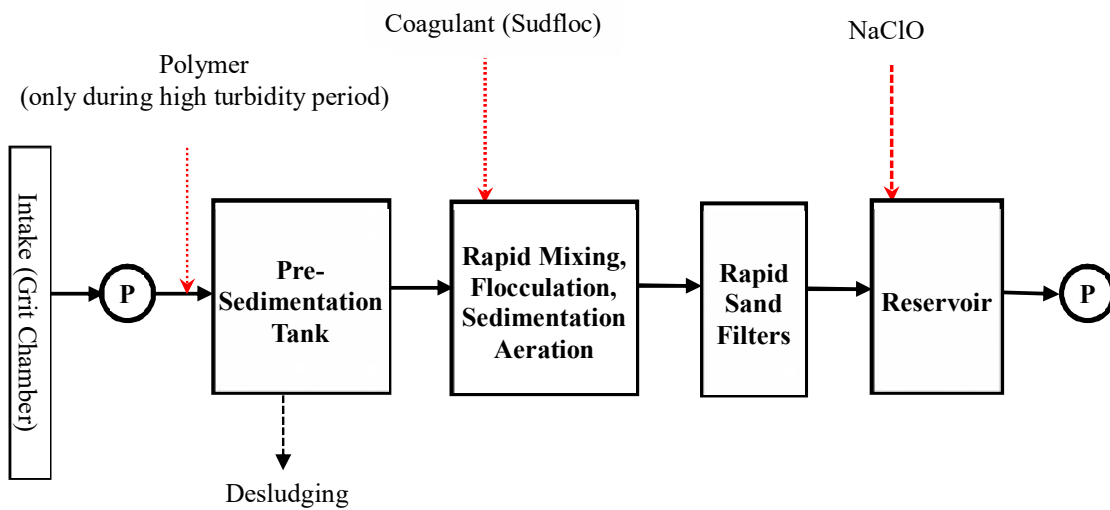
HRT: Hydraulic Retention Time

When enough land is available, Option-1 is recommended. If not, Option-2 is recommended.



出典：調査団

図 13.11-1 沈殿ラグーンを備えた高濁度処理フロー



出典：調査団

図 13.11-2 段階沈殿処理方式による高濁度処理フロー

### 13.11.2 Mugesera 湖

Mugesera 湖の原水については、処理対象は濁度の低い藻類（約 20NTU）と考えられる。従来の沈降（既存の処理プロセス）以外では、藻類を除去するために、溶存空気浮上（DAF）と前塩素処理が考えられる。

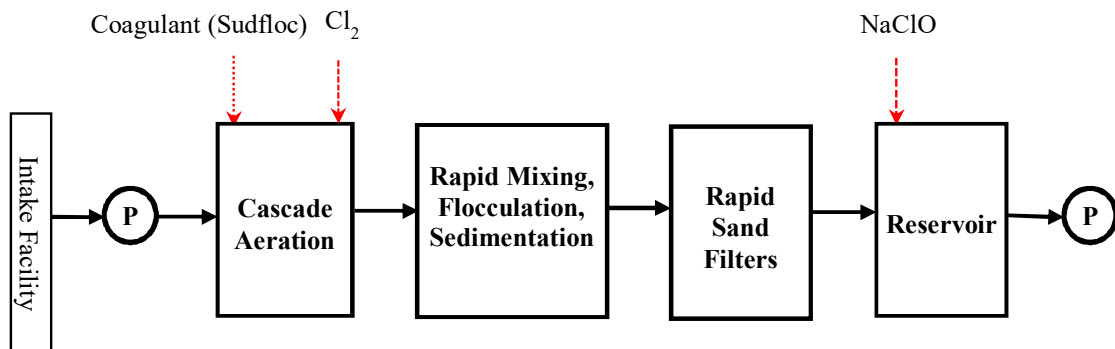
表 13.11-2 は、藻類の処理方法の比較結果を示しており、除去効率と副産物の形成を考慮すると、

DAFの方が適している可能性がある。従来の沈降とDAFの処理プロセスをそれぞれ図13.11-3と図13.11-4に示す。

表 13.11-2 藻類除去処理方法比較

Item	Alternative-1: Convection Sedimentation	Alternative-2: Pre-chlorination	Alternative-3: Dissolved Air Flootation (DAF)
Efficiency	Low (low settling velocity of floc)	High	High
Removal other pollution matters	Yes (NH <sub>3</sub> and organic matters etc.)	Yes (NH <sub>3</sub> , Fe, Mn, etc.)	Yes (turbidity, NH <sub>3</sub> , Fe, Mn, and organic matters etc.)
Byproduct formation	No	Yes (THMs, increase of dissolved cyanotoxins if toxins producing algae existing)	No
Capital costs	Middle	Low (chlorination dosage system)	Middle (DAF pump and float removal system)
O&M costs	Middle (coagulant consumption)	Low (chlorine consumption)	Middle (coagulant consumption, power consumption for DAF pump, but coagulant dosage can be reduced)
Land requirement	Middle	Very small (only chlorination equipment)	Small
Required O&M level	Low	Low	Middle-High
Environmental issues	No	No	No
Others	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existing treatment method</li> <li>Difficult to deal with eutrophication of the lake</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suitable for algae without toxins.</li> <li>To removal byproducts or toxins, granular activated carbon (GAC) may be necessary.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Advanced technology</li> <li>Effectiveness of DFA needs to be confirmed.</li> </ul>
JST recommendation	△ (Low efficiency of algae removal, which may cause short filter running)	△ (Byproducts or toxins formation)	○ (High efficiency of algae removal. However, farther investigation is necessary.)

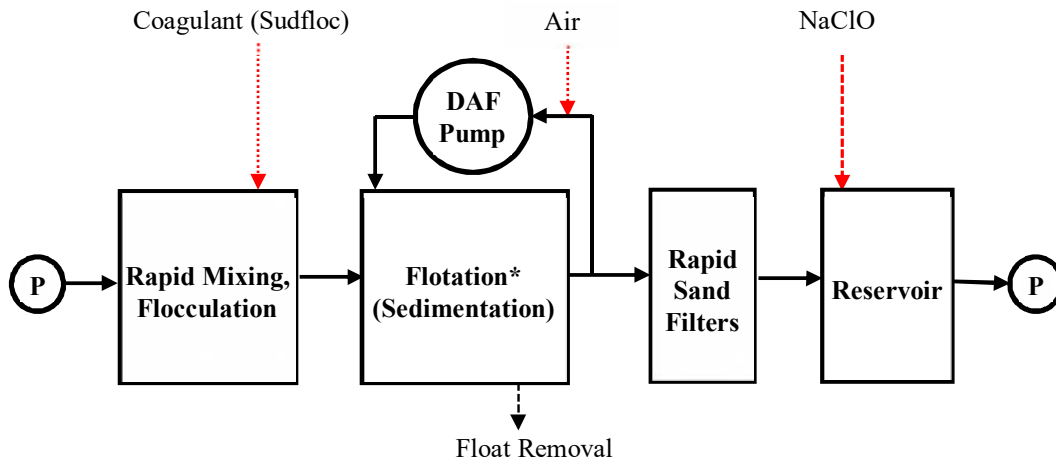
出典：調査団  
THM: Trihalomethanes



出典：調査団

図 13.11-3 従来の藻類除去による処理フロー(通常の沈殿処理)





出典：調査団, \*: If it is necessary, the flotation tank can be combined with sedimentation tank.

図 13.11-4 溶存空気浮上 (DAF) による処理フロー

### 13.11.3 地下水

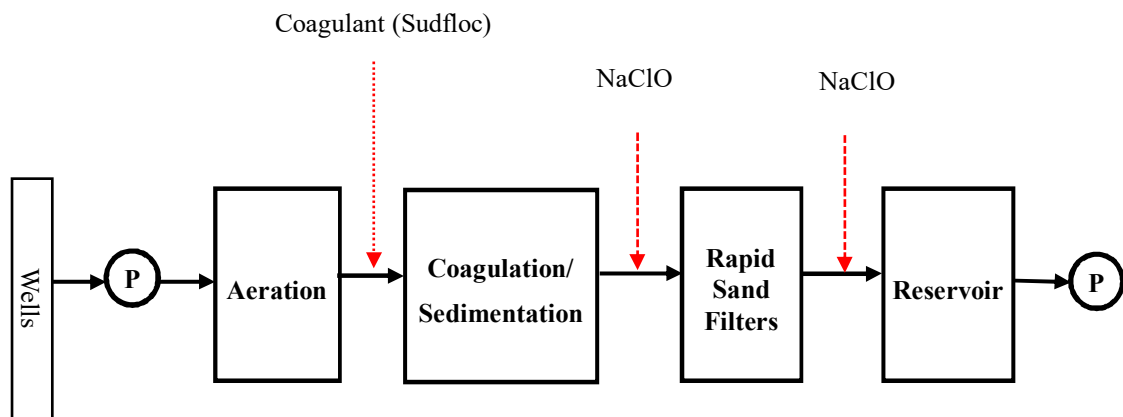
地下水については、主な処理目標は高 Fe と Mn（それぞれ最大 15 mg/l と 3mg/l）である。Fe と Mn を除去する方法として、沈降による曝気、接触酸化、および高速生物学的酸化が考えられる。表 13.11-3 は、Fe と Mn の処理方法の比較結果を示しており、高速の生物学的酸化プロセスが浄水場構築に適している可能性があることを示している。処理プロセスをそれぞれ図 13.11-5、図 13.11-6 に示す。

表 13.11-3 鉄・マンガン除去方式比較

Item	Alternative-1: Aeration with Sedimentation	Alternative-2: Contact Oxidation	Alternative-3: High-rate Biological Oxidation
Efficiency	Middle (limited Mn removal due to low oxidation rate for Mn)	Middle-High (limited Mn removal due to high concentration of Fe)	High (both Fe and Mn can be removed effectively by iron bacteria)
Removal other pollution matters	Yes (turbidity, part of NH <sub>3</sub> and organic matters etc.)	No	Yes (NH <sub>3</sub> , odor and organic matters etc.)
Byproduct formation	No	No	No
Capital costs	Middle	Middle	Middle-High (blowers and nozzles)
O&M costs	Middle (power consumption for aeration, coagulant and chlorine)	Middle (power consumption for aeration, coagulant and chlorine)	Middle (power consumption for aeration, coagulant and chlorine)
Land requirement	Middle-High (long detention time for coagulation and sedimentation)	Middle (app. 120 m/d)	Small (filtration rate: 240 to 380 m/d)
Required O&M level	Middle (coagulant dosage, sludge discharging of sedimentation tank etc.)	Middle (coagulant dosage and filters' backwash control etc.)	Middle (DO control, coagulant dosage and filters' backwash control etc.)
Environmental issues	No	No	No

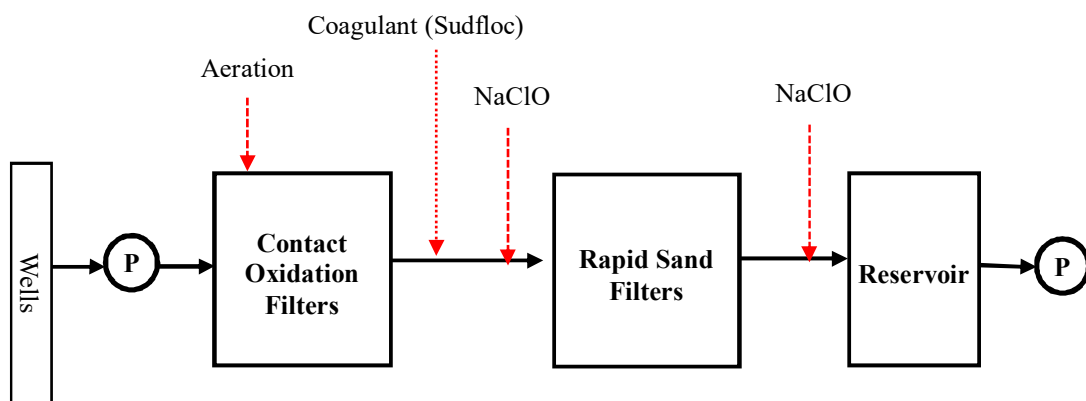
Item	Alternative-1: Aeration with Sedimentation	Alternative-2: Contact Oxidation	Alternative-3: High-rate Biological Oxidation
Others	Basically, same as the existing treatment method at Kanzenze WTP, but intermediate chlorination is applied to improve catalysis of manganese sand.	Basically, same as the existing treatment method at Nzove 1 WTP, but intermediate chlorination is applied to improve catalysis of manganese sand.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Advanced technology</li> <li>It is recommended when enough land is not available.</li> </ul>
JST recommendation	△ (aeration can not be controlled, higher concentration of Mn than that of Kanzenze and more land is required)	△ (aeration can not be controlled and more land is required)	○ (aeration can be controlled, both Fe and Mn can be removed effectively by iron bacteria and less land is required)

出典：調査団



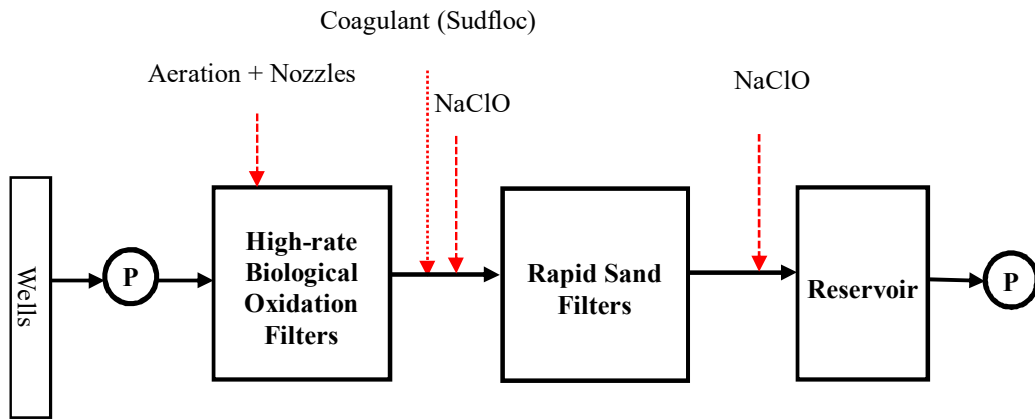
出典：調査団

図 13.11-5 沈殿池を伴うエアレーション方式の処理フロー



出典：調査団

図 13.11-6 接触酸化による処理フロー



出典：調査団

図 13.11-7 高速生物酸化を伴う処理フロー

## 第14章 15年投資計画

### 14.1 目的

15年投資計画は、マスターシナリオを達成するための当初15年間の投資計画である。

### 14.2 計画策定プロセス

15年間の投資計画で考えられるプロジェクトは、当初は想定されるプロジェクトのロングリスト(付録23)の中から、2035年という目標年度に対して、緊急かつ有望なプロジェクトが、15年間の投資計画を策定するために最終候補として選定された。候補リストにあるプロジェクトの詳細は、付録-24プロジェクト識別シートに示されている。プロジェクトは優先順位に従ってマスターシナリオに沿って分類され、15年間の投資計画が作成された。この15年投資計画はKWSMPの一部として提出され、JCCで承認されている。

### 14.3 15年投資計画

計画は、進行中のプロジェクトとは別に、5つの段階に分けられている。最後のステージ5については、2035年以降の目標を目指しており(但し、2035年以前に着手、投資が発生)、本章に示す15年投資計画の評価には含まれていない。

Type, Source	Name of Project	2020-2025					2026-2030					2031-2035					2036
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
O n-g o i n g P r o j e c t s																	
Nyabarongo	Nzove 1 Rehabilitation		←→	←→													
Nyabarongo	New Nzove 1		←→	←→	←→												
E m e r g e n t P r i o r i t y P r o j e c t s : S t a g e 1																	
NRW / P e l i n e s	Kacyiru/Remera (North)		←→	←→	←→	←→											
Akagera	Masaka		←→	←→	←→	←→											
Karenge	Karenge Rehabilitation		←→	←→	←→	←→											
Karenge	Karenge 2		←→	←→	←→	←→											
F u t u r e P r o j e c t : S t a g e 2																	
NRW / P e l i n e s	Kacyiru/Remera (South)			←→	←→	←→											
NRW / P e l i n e s	Gkondo (Kicukiro and bwer)			←→	←→	←→											
F u t u r e P r o j e c t : S t a g e 3																	
NRW / P e l i n e s	Runda/Rugalka						←→	←→	←→								
NRW / P e l i n e s	Nyarugenge CBD						←→	←→	←→								
F u t u r e P r o j e c t : S t a g e 4																	
Independent	Rutunga/Gkomero (Phase 1)							←→	←→	←→							
NRW / P e l i n e s	Nyamirambo							←→	←→	←→	←→						
NRW / P e l i n e s	Gkondo (High)							←→	←→	←→	←→						
NRW / P e l i n e s	Ndera-Rusororo							←→	←→	←→	←→						
Akagera	Masaka Expansion							←→	←→	←→	←→						
Akagera	Gahanga							←→	←→	←→	←→						
F u t u r e P r o j e c t : S t a g e 5																	
Nyabarongo	Nzove 3														←→	←→	←→
NRW / P e l i n e s	Central Main														←→	←→	←→

出典：調査団

図 14.3-1 15年投資計画コンポーネントの実施計画

#### 14.4 各プロジェクトとその投資ステージング

ステージ 1 (2021 年からの調達、2026 年に完成)：緊急プロジェクト (NRW 削減プロジェクト フェーズ 1：Ntora-Remera)、KarengeWTP のリハビリと拡張、MasakaWTP の建設。

##### (1)無収水対策、Kacyiru/Remera (北部)

この地域には、Gisozi、Kinyinya、および Ntora-Remera 送水管路の供給地域である Remera (Nyarutarama) の一部が含まれる。地形は比較的単純で、水道システムはそれほど古くはない。これらの地域は、圧力制御を行う上で、優れた実践のモデルとして位置づけられ、本プロジェクト完了後、他の地域に同様の方法を広めていく事が期待される。

##### (2)Masaka 新浄水場建設 (フェーズ 1: 20,000 m<sup>3</sup>/day, フェーズ 2: 20,000 m<sup>3</sup>/day, フェーズ 3: 40,000 m<sup>3</sup>/day フェーズ 4: 40,000 m<sup>3</sup>/day)

市の東側での水需要の伸びは緊急かつ大規模であり (つまり、Masaka、Ndera、Rusororo)、最初の施設建設は、この地域の新たな需要を満たすための第 1 フェーズ (約 20,000 m<sup>3</sup>/日、F/S 中にレビューされる) である。現在の供給能力が不足しているため、この地域の住民は安全で

安定した給水サービスにアクセスするのが困難な状況である。他の既存の WTP から送水を受けると、需要地域近くの Masaka の水源を利用の方が効率的である。給水拡大には、浄水場の建設とともに、新しい送水管や配水池、配水網の強化が必要となる。

- 井戸群と WTP：新しい水源井戸と WTP の建設（フェーズ 1：20,000 m<sup>3</sup>/d、フェーズ 2：20,000 m<sup>3</sup>/d）
- 送水管路と配水池：Masaka への送水管路（L = 6 km、ND500 x 2）配水池、ブロック配水池（3 番）、送水管路と Ndera の配水池（L = 6 km、ND400）
- Masaka 地域における配水管網の構築

### (3)Kareng WTP のリハビリ及び拡張とそれに伴う送配水施設

- 取水ポンプが損傷し、過負荷となり、洪水のリスクに対して脆弱な状況である。取水ポンプは Mugesera 湖の洪水位を下回っており、雨期には浸水による影響を受ける可能性がある。古い原水導水管（ND300）が破損しており、正常に機能していない。
  - 浄水場設計容量は 12,000m<sup>3</sup>/日であるのに対し、15,000m<sup>3</sup>/日での運転を行っており、過負荷運転を余儀なくされている。ポンプがスタンバイなしで全て稼働しているため、ポンプの偶発的なメンテナンスが発生すると、それに伴い給水中断となり深刻な問題である。
  - 東部地域の需要は、Ndera、Rusororo、Masaka、3つのセクターだけでも、2025年には52,000 m<sup>3</sup>/日、2035年には89,000m<sup>3</sup>/日まで拡大する。Mugesera 湖からの取水に関しては、RWFA の許可に従い、すでに取得した 48,000 m<sup>3</sup>/日の水利権を最大限に活用する必要がある。
- 取水施設のリハビリ
    - 原水導水管のリハビリ（ND300）
    - 取水ポンプ場の移転とポンプとモーターの容量の増強
  - Kareng WTP の拡張
    - 取水施設及び WTP の拡張（36,000 m<sup>3</sup>/d）  
（取水ポンプ、処理施設、配水池およびポンプ）
    - 新規送水管路の建設（ND700、L = 33 km）

ステージ 2（2022 年の調達、2025 年の完了）：配水システムの優先ゾーン（フェーズ 2：Kacyiru/South、Runda Rugarika、Masaka Kanombe）における配水システム再構築による無収水削減への投資（配水池と圧力/流量監視システムの建設と管路の交換）。

### (1)NRW/Pipelines (フェーズ 2) Kanombe/Masaka

Masaka 既存送配水システムの再構築。主要なシステム構築は Masaka 新浄水場の設計能力に合わせて、Masaka WTP の開発計画と整合させる必要がある。

## (2)無収水削減（フェーズ2）Runda Rugarika

この地域には、Runda 及び Rugarika セクターの既存および新規開発地域が含まれる。小規模配水池の設置、管径が十分でない小口径管路の再構築、および給水管の交換とその拡張を行うこととする。

ステージ 3（2024 年の調達、2027 年の完了）：主に優先ゾーン（フェーズ 3：Ndera Rusororo、Kicukiro）の配水システムの再構築による無収水削減への投資。

## (1)無収水削減(フェーズ3) Kacyiru/Remera (南部)

この地域には、Kacyiru、Remera、Kimironko、Kimihurura が含まれる。Ntora、Remera、Kimihurura、Kicukiro からの管路が絡み合い、古くて複雑なシステムとなっている。よってシステムの再構築は、新しい配水池の建設ではなく、水理的分離と無収水削減に焦点を当てる必要がある。

エネルギーの改善策として、Kimisagara WTP からのポンプの再配置もこのプロジェクトに含める必要がある。

## (2)無収水削減（フェーズ3）Gikondo

この地域には、Kicukir 配水池と Nyanza 配水池からの配水システムが含まれている。標高を考慮した水理的分離が重要な考慮事項となる。

ステージ 4（2026 年からの調達、2032 年の完了）：配水システムを 23%の無収水率まで低減させる無収水削減プロジェクトの最終段階。東部の追加需要を満たすために、Masaka 拡張と New Gahanga WTP の 2つの WTP 拡張を開発する必要がある。遠隔地で増大する需要を満たすために、新しい WTP 開発も検討する必要がある。目標 2035 年の水需要は、以下の開発により満たされる。

## (1) 独立した水供給(Rutungu/Gikomero)

遠隔地のセクター（Rutungu/Gikomero）は、この目標年までに独立した給水計画（WSS）を必要としている。各容量は、CoK M/P から推定されたセクターの需要量合計であり、それらのセクターの実際の開発に従って調査する必要がある。

a.MasakaWTP、b.新規井戸水源、c.ムハジ湖からの給水を比較するには、さらなるフィージビリティスタディが必要である。また、民間事業者により運営される地区毎の給水へと移行、統合される必要がある。

## (2) NRW/Pipelines（フェーズ4）Nyamirambo, Ndera-Rusororo, Nyarugenge CBD

Nyamirambo：この地域には、Kimisagara-Rwezamenyo-Nyakabanda から Mount-Kigali までが含まれる。これらの地域では、管路容量が十分でなく、無収水率が高い可能性がある。これ



には、既存の小規模水源（Mburabuturo）の再建も含まれるべきである。

Ndera-Rusororo：主に FTZ と FTZII の供給システムの再構築と、Masoro から Kabuga への新しい道路に沿った主要な配水システムの戦略的構築に焦点を当てている。

CBD：CBD とその隣接地域には、管路が老朽化して絡み合っている Nyarugenge、Muhima、Gitega の各セクターが含まれている。給水管（亜鉛メッキ管や継手など）および PVC 配水管、小口径の配水管の大規模な交換が必要となる。Kimisagara については、小さな配水池とブロックシステムによる圧力制御を構築する必要がある。

### (3) Masaka Expansion (フェーズ 2: Approx. 20,000 m<sup>3</sup>/day)

Masaka 浄水場の拡張（フェーズ 2：約 20,000 m<sup>3</sup>/日）は、周辺地域（Masaka、Nyarugunga、Ndera、Rusororo セクター）の開発に合わせて検討する必要がある。このフェーズ 2 での開発は、井戸、処理施設、送水ポンプ容量の拡張である。

### (4) Gahanga (フェーズ 1: 40,000 m<sup>3</sup>/day)

Nyabarongo 川の左岸にある給水施設で、水源開発（地下水（伏流水））及び関連する原水導水管および浄水場建設を伴う。

- 新しい水源と給水施設
- 井戸フィールド
- 水処理設備
- 送配水管

ステージ 5（2032 年の調達、2036 年の完了）：このステージは、2035 年以降のさらなる需要に対応するためのものである。Nzove3 と Karengé 3 は、増大する需要に対応するために開発する必要がある。中央送水幹線は、Nzove からキガリ市の東部に送水できるように建設される。

ステージ 5 は、2035 年までの評価期間を超えており、2035 年直後の需要に備える投資となる。

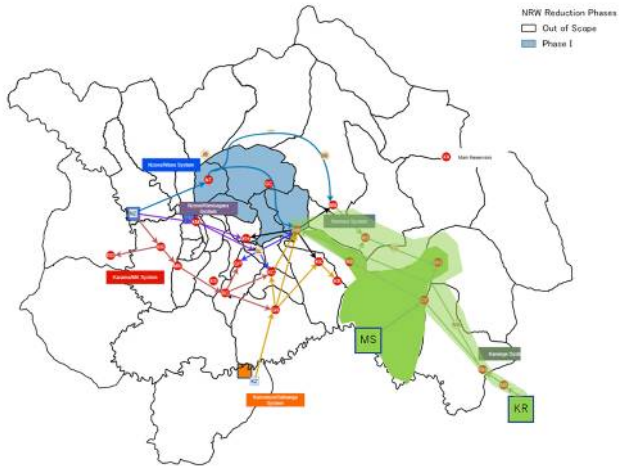
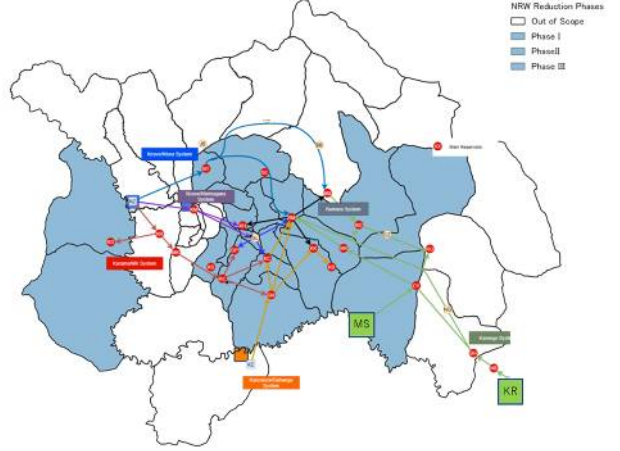
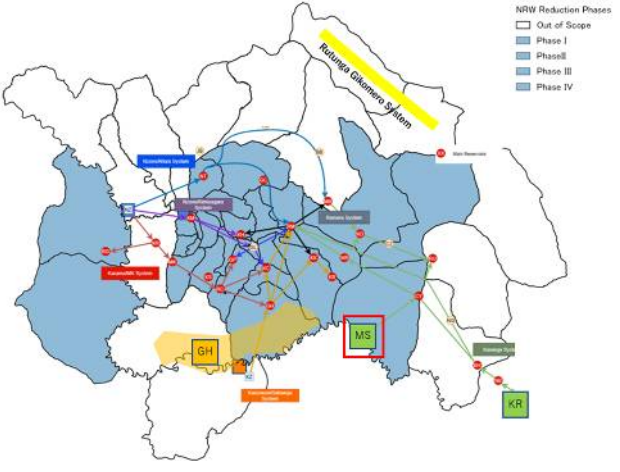
#### (1) Central Transmission Main

Nyabarongo 川の中流と下流の潜在的な水源の利用可能性は限られており、Nzove から市の東側への送水幹線を考慮する必要がある。Nzove と Mont-Kigali から Remera への既存の送水経路は、標高の高い山を經由し、市内中心部からルートが迂回しており東部への距離が長いこと、非効率的となっている。

- 送水管路（Nzove-Kimisagara-Remera）（18.4 km、ND 800-1,000 mm）
- 送水ポンプ場とポンプ（Nzove H = 70m、Kimihurura H = 125m）
- 配水池（Kimisagara、Kimihurura）

**(2) Nzove3**

Nzove 浄水場の拡張（Nzove リハビリプロジェクトの F/S で計画された約 40,000m<sup>3</sup>/日）は、現在の Nzove からの送水能力が不足しているため、中央送水幹線の開発に合わせて検討する必要がある。

<p><b>Stage 1 Investment</b></p>  <p>NRW Reduction Phases          □ Out of Scope          ■ Phase I</p>	<p>Stage 1 (Procurement from 2021, Completion in 2026): Emergency Project (NRW reduction project phase 1: The Ntora-Remera), the rehabilitation and expansion of the Karengye WTP and the Construction of the Masaka WTP.</p>
<p><b>Stage 2 and 3 Investment</b></p>  <p>NRW Reduction Phases          □ Out of Scope          ■ Phase I          ■ Phase II          ■ Phase III</p>	<p>Stage 2 (Procurement in 2022, Completion in 2025): Investment on the NRW reduction mainly by reconstruction of the distribution systems (phase 2: the Kacyiru/South, the Runda Rugarika, the Masaka Kanombe).</p> <p>Stage 3 (Procurement in 2024, Completion in 2027): Investment on the NRW reduction mainly of the replacement of pipelines in the prioritized zones (phase 3: the Ndera Rusororo, the Kicukiro).</p>
<p><b>Stage 4 Investment</b></p>  <p>NRW Reduction Phases          □ Out of Scope          ■ Phase I          ■ Phase II          ■ Phase III          ■ Phase IV</p>	<p>Stage 4 (Procurement from 2026, Completion in 2032): Last phase of NRW reduction project to transform the distribution system to NRW 23%. Two WTP expansions, the Masaka expansion, and the New Gahanga WTP should be developed to meet the additional demand in the east. New WTP development should also be considered to meet the growing demand in the remote. The water demand in the Target year 2035 will be met during the development under this stage.</p>

## 14.5 費用概算

プロジェクトのコストは、浄水場と管路の特定のルートやサイトの特異性を考慮せず（共通単価を用いて）に、事前実現可能性調査の精度に基づいて見積もられた。費用概算については表 14.5-1 と表 14.5-2 に示す。

表 14.5-1 施設毎の費用概算の考え方

Facilities	Approaches
Water Treatment Plant	The cost was estimated from the past WTP construction project in Rwanda and adjacent countries. The cost for water source development is included in the WTP construction cost since it is deemed to be not significant; large structures such as the dams are not included in the development plan.
Transmission Mains	The cost was estimated from the length of planned routes in the GIS multiplied by the Unit price of the pipelines. The cost includes materials, equipment, labor, construction overhead.
Distribution Mains and Sub-mains	Pipeline length was estimated from the existing pipelines considering the diameter size.
Customer Water Meters	The cost was estimated from the number of new customer connections.
Customer Connections	Length estimated from the actual length per customer connection and proportionally increased as the number of connections.

出典：調査団

表 14.5-2 費用項目ごとの設定条件

Cost Items	Description
Construction Cost	All price as adjusted for June 2020.
Indirect Cost (Construction Overhead)	Assume 30% of direct construction costs.
Consulting Services	Assumed 10% of the construction cost.
Physical Contingency	Cost included in the estimated cost: Assumed 10% of each construction cost and the consulting service.
Tax and Levies	Not included.
Procurement Administration Cost	5% of the sum of construction cost, consulting services and land acquisition cost.
Land Acquisition Cost	Assumed 50 USD/m <sup>2</sup> multiplied by the estimated land area.

出典：調査団

## 14.6 投資計画

### 14.6.1 初期投資コスト（Capex）

プロジェクトの費用を図 14.6-1 に示す。

資本維持費（CapManEx）は、主に無収水削減プロジェクトでありプロジェクト費用の形で資本支出に含まれている。ポンプとモーターの交換、パイプの修理、小口径のパイプの交換などのマイナーな CapManEx は、運営費に含まれている。

当該部は本報告書に掲載しない。

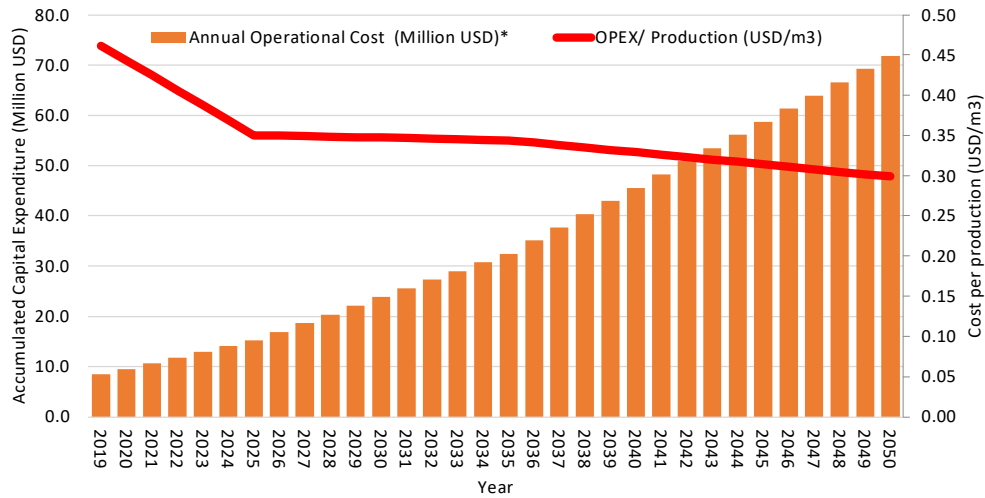
図 14.6-1 15年間投資計画における累計投資額

#### 14.6.2 運用コスト (Opex)

運用コストは、2025年までの無収水削減とともに大幅に削減されてくる。コストは2035年まで USD 0.32 /m<sup>3</sup> と低く抑えられる予定である。2035年以降の中央送水幹線の完成時にさらなる改善が実現され、0.30 USD/m<sup>3</sup> (図 14.6-2) まで削減される可能性がある。

コスト原則：薬品コスト、給与、および維持費は、WASAC の各 WTP 管理部門 (Nzove、Kimisagara、および Karengé) の年間平均コストに基づいている (WASAC Annual Report 2018/2019)。電気代は、管路ルートと標高差に基づいて計算されたポンプ揚程を想定して計算されている。電気料金は、WASAC が支払う現在の平均料金 (148.68 RWF /kW) に固定されている。

表 14.6-1 に示すように、15年投資計画による増分 O&M コストは、財務評価の目的で概算が検討された。新規プロジェクト (Karengé、Masaka、Rutunga /Gikomero) の O&M コストは、総 O&M コストに比べて小さい。



出典：調査団

図 14.6-2 2050 年までの年間運転費用

表 14.6-1 15 年投資計画における確認運転維持管理コスト

New Production Facilities	O&M Cost (million RWF)												Total
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
Karengé Rehabilitation	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	
Karengé 2			3,395	3,395	3,395	3,395	3,395	3,395	3,395	3,395	3,395	3,395	
Masaka		1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	
Masaka Expansion							1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	
Rutungá/Gikomero (phase 1)							373	373	373	373	373	373	
Gahanga										3,182	3,182	3,182	
<b>Total</b>	<b>340</b>	<b>1,580</b>	<b>4,975</b>	<b>4,975</b>	<b>4,975</b>	<b>4,975</b>	<b>6,589</b>	<b>6,589</b>	<b>6,589</b>	<b>9,771</b>	<b>9,771</b>	<b>9,771</b>	<b>70.90</b>

出典：調査団

表 14.6-2 15年間投資計画における投資コスト

当該部は本報告書に掲載しない。



## 14.7 優先プロジェクト

プロジェクトの最終候補リストは、表 14.71 に示すように、2020年2月13日に開催された JCC で  
の決定に従って作成された。

Ntora-Remera 地域の無収水削減：パイプ更新と圧力制御による無収水削減プロジェクトであり、  
今後段階的に実施されるべき統合プロジェクトとしてマスタープランで提案された。

本調査では、Masaka WTP と送配水施設の建設、Karenge WTP と送配水施設のリハビリと拡張を  
F/S の対象優先プロジェクトとして選択した。キガリ中央送水幹線は、Nzove 浄水場の拡張事業に関  
連付けられるものであり、緊急プロジェクトではないが、優先順位なしで最終候補に挙げられてい  
る。

表 14.7-1 優先プロジェクトを含む開発プロジェクト・ショートリスト

Priority	ID/ Project Name	Remarks (Possible Financial Sources)
1	NRW reduction project through pressure control and pipe renewal	A part of the project will be proposed to Japan's Grant Aid
2	Construction of Masaka WTP and Clear Water Transmission & Distribution Facilities	Subject to F/S
3	Rehabilitation and Expansion of Karenge WTP and Transmission & Distribution Facilities	Subject to F/S
4	Capacity development for Sustainable Use of Water Resources and Water Supply Facilities	Subject to request for Japanese Grant Aid
-	Kigali Central Transmission Main	WASAC is aware of its necessity. However, due to constraints including budgetary limitation and difficulty in land acquisition, WASAC intends to postpone it in future

出典：調査団

## 第15章 15年投資計画の経済評価および財務評価

### 15.1 経済評価

15年投資計画で提案されたプロジェクトおよび表 15.1-1 に示す諸元に基づいて経済評価を行う。経済評価は費用便益分析手法を用いて、経済内部収益率（EIRR）・便益費用比率（B/C）・純現在価値の指標を計測し、国/社会的視点から投資事業の意義を分析する。本章では15年投資計画各事業を一つのコンポーネントとして評価する。

表 15.1-1 経済評価指標を算出するための諸元

Standard Items for Evaluation		Conception
1. Project Costs (Capex + Opex)	1) Financial Cost	<ul style="list-style-type: none"> <li>The cost is estimated basically at the market price</li> <li>The details are presented in the previous chapter</li> </ul>
	2) Economic Cost	<ul style="list-style-type: none"> <li>The above financial cost is converted to economic cost by utilizing the ‘Conversion Factor (CF)’.</li> <li>Finally, the economic cost is applied for economic evaluation.</li> <li>The land cost is generally disregarded in the economic cost.</li> <li>See the details presented in the following clause 9.1.1.</li> </ul>
2. Benefits		<ul style="list-style-type: none"> <li>Beneficiaries “Willingness-to-Pay”</li> <li>Full capacity operation is assumed after the year of work completion.</li> <li>See details presented in the following clause 9.1.2.</li> </ul>
3. Opportunity Cost of Capital		<ul style="list-style-type: none"> <li>Generally, the range between 10% and 12% is used for economic evaluation.</li> <li>Set at the lower rate of 10% in this analysis by considering the nature of the projects from the point of view of basic human needs.</li> <li>Referred to the same rate as applied in the “Sustainable Water Supply and Sanitation Program, 2017, AfDB”.</li> </ul>
4. Evaluation Time Horizon		30 years starting from the 1 <sup>st</sup> operation year for a component that is to be year 2024

出典：調査団

#### 15.1.1 経済価格による事業費

表 15.1-1 に示すように事業費は財務価格と経済価格の2種類で表される。前者は市場価格に基づく積算値であり、表 15.1-2 の変換係数（CF）を用い修正したものが後者の数値である。前者は土地価格を含むが、後者では遊休地と見なし除外した。

表 15.1-2 経済価格を算出するための前提条件

Items	Assumptions	Remarks									
1.Foreign Exchange Rate	1 US\$ = RWF 923	National Bank of Rwanda: average of medium rate as at end of month during 6 months from October 2019 up to March 2020.									
2 Conversion Factor (CF)	1) Foreign portion cost: 0.8924 2) Local portion cost: 0.884	Guideline of MINECOFIN									
3. Economic Life	1) Water Treatment Plant: 45 years 2) Pipeline: 40 years	Weighted average years of the below <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Composition</th> <th>Life</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Facilities</td> <td>85%</td> <td>50 years</td> </tr> <tr> <td>Machinery &amp; Equipment</td> <td>15%</td> <td>15 years</td> </tr> </tbody> </table>	Composition		Life	Facilities	85%	50 years	Machinery & Equipment	15%	15 years
Composition		Life									
Facilities	85%	50 years									
Machinery & Equipment	15%	15 years									
4. Replacement cost	50% in every 15 years	Machinery & Equipment									
5. Salvage Value	The residue value of capital cost calculated from the above economic life is salvaged at the last year of evaluation time horizon.										

出典：調査団

事業費は、資本投資費用と運転維持管理費用から構成される。表 15.1-3 に同事業費の経済価格を示す。

表 15.1-3 経済価格に転換後の資本投資費用および運転維持管理費用

Costs		WTP	NRW/Pipeline	DSM&PR <sup>(1)</sup>	Customer water meters	Total
Capex	Economic Cost	99.65	132.78	53.42	16.04	301.89
	(ref) Financial Cost	117.51	157.85	60.03	18.03	353.42
Opex <sup>(2)</sup>	Economic Cost	62.40	-	-	-	62.40
	(ref) Financial Cost	70.90	-	-	-	70.90

注：(1) DSM&PR= Distribution Sub-mains and pipes for replacement 副管網設置および配管更新費、(2) 運転維持管理費用は15年投資計画実施に伴う増加費用を表す。

出典：調査団

### 15.1.2 プロジェクトの便益

プロジェクトの便益は、プロジェクト実施により追加的に生じる定量可能な便益を貨幣化したものである。同便益は、表 15.1-4 に示す「水道料金支払い可能額 (ATP)」に基づき算出した。

便益は、通常は受益者の「支払い意思額 (WTP)」あるいは「飲料水獲得に要する諸費用の削減」から算出される。本調査では社会経済調査を行ったが、対象地域および被調査人数が限られ、WTP等は活用に適した十分なデータが得られなかった。このことから、JICA 調査団は、IBRD の“Project Appraisal Manual of International Bank for Reconstruction and Development”でも論じられている代替方法として ATP を活用することとした。

#### (1) 受益世帯

受益世帯の便益算定方式を以下に示す。

便益 プロジェクトにより増加する受益世帯数 (X) 世帯の ATP (RWF/世帯)
--

ATPの算出は、表 15.1-4 に示すような前提条件に基づいて行った。

表 15.1-4 受益世帯の便益を算出するための前提条件

Items	Assumptions	Remarks
1. Household size	4.0 persons: Kigali 4.4 persons: adj. 7 sectors	EICV-5, 2016/17
2. Household income		
1) Kigali Urban	286,000 RWF/month	• Kigali City MP: Av. 262,000 RWF/month in 2018 • To adjust the income with CPI: 9% in two years
2) Kigali Rural	30% of Urban	Assumed based on the Socio-economic Survey conducted by JST
3) Adjacent 7 sectors: urban	70% of Kigali urban	
4) Adjacent 7 sectors: rural	70% of Kigali rural	
3. ATP	4% of household income	Referred to “Project Appraisal Manual, IBRD

出典：調査団

## (2) 受益商工業者

プロジェクト便益の算定方式を以下に示す。

便益 プロジェクトによる増加給水量 X 受益者の支払い可能額 (RWF/m<sup>3</sup>)

ATPは、下記に基づき 840 RWF/m<sup>3</sup>とした。

- WASAC 水道料金表の内、商業および工業料金の単純平均値である 836 RWF/m<sup>3</sup>
- WASAC の民間水売り業者への卸値 840 RWF/m<sup>3</sup>

### 15.1.3 経済評価結果

上述のような経済価格およびプロジェクト便益に沿って経済評価指標を算出した。その結果 EIRR は下記のように資本の機会費用である 10% (表 15.1-1 参照) を上回ることから、プロジェクトは経済的に妥当であると判断される (詳細：付録 25)。

- 経済内部収益率 (EIRR) : 12.0%
- 純現在価値 (NPV) : 22,390 百万 RWF
- 便益費用比率 (B/C) : 1.11

EIRR が資本の機会費用 10% を下回ることになる便益・経済価格の分岐点レベルを試算したところ以下のような結果を得た。

- ✓ 便益が 10% 以上減少した場合、EIRR は 10% を下回る
- ✓ 経済価格が 14% 以上増加した場合、EIRR は 10% を下回る

### < 感度分析 >

表 15.1-5 は経済評価についての感度分析結果であり、若干ではあるが、便益の方が事業費より感度が高いことを示す。一方、事業費もそれなりにインパクトがあり、10%削減されると EIRR は 13.8% に上昇することがわかる。

表 15.1-5 感度分析結果

Variation Items		Benefits				
		+10%	+5%	Base case	-5%	-10%
Capex	-10%	16.1%	15.0%	13.8%	12.7%	11.6%
	-5%	15.0%	13.9%	12.8%	11.8%	10.8%
	Base case	14.0%	13.0%	<b>12.0%</b>	11.0%	10.0%
	+5%	13.1%	12.1%	11.2%	10.3%	9.4%
	+10%	12.3%	11.4%	10.5%	9.7%	8.8%

出典：調査団

## 15.2 財務考察

### 15.2.1 財務評価

財務評価は費用便益分析手法を用いて、財務内部収益率（FIRR）・便益費用比率（B/C）・純現在価値の指標を計測し、公私企業体の視点から収益性の分析を行う。15年投資計画で提案されたプロジェクトおよび表 15.2-1 に示す諸元に基づいて財務評価を行う。本章では15年投資計画の各事業を一つのコンポーネントとして評価する。

表 15.2-1 財務評価指標を算出するための諸元

Standard Items for Evaluation		Conception and Assumptions
1. Project Costs	Financial Cost	Same as presented in 表 15.1-1
2. Revenues		<ul style="list-style-type: none"> <li>Incremental revenues generated by the projects</li> <li>Served demand with the projects after the year of work completion.</li> </ul>
3. Opportunity Cost of Capital		Real interest rate of 6.3% is applied, that is generally calculated: = (long-term interest rate) – (expected inflation.) ✓ Yields of 7-years' Rwandan government bond of 2019 quoted at the Rwanda Stock Exchange in 2020: 11.25% ✓ Inflation rate estimated by IMF: 5%
4. Evaluation Time Horizon		Same as presented in 表 15.1-1
5. Economic Life		Same as presented in 表 15.1-2
6. Replacement cost		
7. Salvage Value		

出典：調査団

#### (1) 財務価格による事業費

財務価格とは市場価格で積算された事業費を言い、表 15.1-3 に示す通りである。

#### (2) プロジェクトによる増加収入

プロジェクト実施による増加収入は、下記方式に基づき算出した。

増加収入 プロジェクト実施による増加消費量 (X) 水道料金 (RWF/m<sup>3</sup>)

上記の増加消費量および水道料金は、表 15.2-2 に示す諸元に基づいた。

表 15.2-2 増加収入を算定する諸元

Items	Assumptions
1.Incremental consumption	(Entire served demand projected by JST) – (Net supply volume of existing WTPs)
2.Water tariff	To apply the base rate of case-2 presented in Table 9.2-11: 840 RWF/m <sup>3</sup>

出典：調査団

### (3) 財務評価結果

財務評価指標は、上述のような財務価格およびプロジェクト増加収入に沿って算出した。その結果 FIRR は下記のように資本の機会費用である 6.3% (表 15.2-1 参照) を上回ることから、プロジェクトは財務的に妥当であると判断される (詳細：付録 26)。

- 財務内部収益率 (FIRR) : 6.8%
- 純現在価値 (NPV) : 12,520 百万 RWF
- 便益費用比率 (B/C) : 1.04

#### < 感度分析 >

FIRR が資本の機会費用 6.3%を下回ることになる増分収入・事業費の分岐点レベルを試算したところ以下のような結果を得た。

- ✓ 増分収入：4%以上減少した場合、6.3%を下回る
- ✓ 事業費：5.5%以上増加した場合、6.3%を下回る

WASAC は、ルワンダ政府から水道施設の使用権を譲り受け (コンセッション)、同施設の運営維持管理を執り行う公企業体である。このことから、運営維持管理費を除き、事業費の多くを政府が負担・所有することになれば、プロジェクトの FIRR は 6.3%を大きく上回ることになる。

## 15.2.2 事業資金の財源

### 15.2.2.1 15年投資計画の事業費

表 15.2-3 に 3 期間毎の事業費総額および期間毎の事業費平均額を示す。第 1 期が 252.7 億 RWF、第 2 期が 271.7 億 RWF、第 3 期が 176.1 億 RWF となる。

表 15.2-3 事業費の概要 (百万 RWF)

Project Components		1 <sup>st</sup> Period	2 <sup>nd</sup> Period	3 <sup>rd</sup> Period
		2020-2025	2026-2030	2031-2035
Total of the Period	1.WTP	55.11	31.20	31.20
	2.NRW/Pipelines	67.58	73.84	16.43
	3.DSM&PR <sup>(1)</sup>	17.84	18.62	23.57
	4.Customers Meters	5.35	5.59	7.08
	Sub-total	145.88	129.25	78.28
	O&M	1.92	6.59	9.77
	Total	147.80	135.84	88.05
Year Average of the Period	1.WTP	9.19	6.24	6.24
	2.NRW/Pipelines	11.26	14.77	3.29
	3.DSM&PR <sup>(1)</sup>	2.97	3.72	4.71
	4.Customers Meters	0.89	1.12	1.42
	Sub-total	24.31	25.85	15.66
	O&M	0.96 <sup>(2)</sup>	1.32	1.95
	Total	25.27	27.17	17.61

注：(1) 副管網設置および配管更新費、(2) 2年間 (2024年および2025年) の平均

出典：調査団

### 15.2.2.2 事業資金の財源

事業資金の可能財源としては、1) WASAC 自己資金、2) 開発援助機関の無償資金・借款を組み込んだ政府予算、若しくは、3) 民間資金が想定される。

#### 1) WASAC 自己資金

WASAC は独立事業体であり、独自に事業拡張などの戦略的経営が可能である。しかし、多額の事業費を負担するには、WASAC がコンセッション運営形態である、また水道料金は規制機関である RURA の認可事項であることに鑑みると全事業費を料金で補うには WASAC にとり経営・財務リスクが大きい。

表 15.2-4 は過去 4 年間の WASAC キャッシュ・フロー (CF) である。純 CF から判断すると O&M 費および水道メーター購入費は WASAC が負担可能であるが、同負担額はその後の料金改訂に反映されることが必須である。一方、管網整備および配管更新費 (表中では DSM&PR と記載) の負担が可能かどうかは、将来の WASAC 収益力による。



表 15.2-4 WASAC のキャッシュ・フロー (CF) (million RWF)

Cash-flow Items	FY2016/17	FY 2017/18	FY 2018/19	FY 2019/20	4 years' Average
	Actual	Actual	Actual	Budget <sup>(1)</sup>	
1. Net income before tax	-4,611	-7,334.	-2,610	-1,247	-
2.Adjustment	11,044	9,148	-538	8,334	-
1) Depreciation & amortization	3,424	3,277	3,353	3,353 <sup>(2)</sup>	-
2) Changes in receivables & payables	7,620	5,871	-3,891	4,981 <sup>(3)</sup>	-
3.Net CF from operation activities (=1-2)	6,433	1,814	-3,148	7,087	3,046

注：(1) WASAC の予算から推定、(2) 前年度と同額と見なす、(3) 5年間（2014/2015年度~2018/19年度）の平均

出典：調査団

## 2) ルワンダ政府予算

表 15.2-5 にルワンダ政府の開発投資予算を示す。水道分野では、WASAC への投資補助金および District への開発資金を合わせ、2年平均で約4%が配分されている。

しかし、将来の人口増加に対応し、水の確保という「人間の基本的な欲求」を満たすためには少なくとも倍の8%の配分が必要と思われる。

表 15.2-5 ルワンダ政府の開発投資予算 (10億 RWF)

Government Hierarchy		FY2018/19	FY2019/20	FY2020/21	FY2021/22
Development Budget	The GOR (a)	897.1	1,152.2		
Allocated to:	The MININFRA: inclusive WASAC water sector below	323.4	402.2	n/a	n/a
	(WASAC water sector (b)) <sup>(1)</sup>	36.4	43.2	72.1	95.5
	% of allocated = (b)/(a)	4.1%	3.7%	-	-

注：(1) WASAC と各 District の合計

出典：MINECOFIN 予算書 - Annex II-5rogram

ルワンダ政府は独自収入で開発投資予算の全額を確保できず、その不足分を内外の機関からの無償資金・負債供与で補完している。表 15.2-6 で示すように、その額は年間約 5,000~7,000 億 RWF に達し、ルワンダ政府開発予算の約 60%を占める。

一方、ルワンダ政府は、長期資金調達のため国債を発行しルワンダ証券取引所に上場している。2014 年から毎年発行し、Fitch 社による格付けでは B+を獲得している。高い格付けではないものの、国内市場からの継続した積極的な調達行為は注目される。

表 15.2-6 開発投資予算の財源 (10 億 RWF)

Sources of Funds		FY 2018/19	FY 2019/20	FY 2020/21	FY 2021/22
Grants	Foreign Government	67.9	76.8	89.9	73.1
	Int'l Organization	165.2	183.0	199.2	199.3
	Sub-total	233.1	259.8	289.1	272.4
Debts	Foreign Loan	153.8	198.3	247.4	294.8
	Domestic: Treasury Bonds and Notes	129.1	220.7	98.6	126.2
	Sub-total	282.9	419.0	346.0	421.0
Total		516.0	678.8	635.1	693.4

出典：MINECOFIN 予算書, Annex I

### 3) 民間資金

事業実施にあたって民間資金の導入も期待される。Kanzenze プロジェクトのような PPP 方式による浄水施設建設・運営の可能性について検討されるべきである。

### 4) 資金調達のおまとめ

上述 1)～3)を勘案し、現時点での資金調達手段を表 15.2-7 のように想定する。

表 15.2-7 プロジェクト事業資金の分担

Project Components	WASAC	GOR	Private Sector
1.WTP	-	✓	✓
2.NRW/Pipelines	-	✓	-
3.DSM&PR	✓	✓	-
4.Customers Meters	✓	-	-
5. O&M	✓	-	-

出典：調査団

浄水場の投資資金は、第一義的に政府の資金プラス国際開発援助機関の資金で負担、場合により民間企業の事業参加による資金を導入する。DSM&PR（管網整備および配管更新費）の整備資金は、キャッシュ・フローの余裕があれば一部を WASAC 負担、そうでなければ全額が政府負担となろう。水道メーター購入費、O&M 費は全額が WASAC 自己資金で負担可能となろう。

### 15.2.3 水道料金の試算

上記の(2) および (3)に基づき、第一期となる 2020/21～2025/26 年度の料金試算結果を表 15.2-8 に示した。WASAC の料金は全国一律となっている。表の料金はあくまで試算であるが、顧客の支払い能力および WASAC の適正利益水準確保という両者間のバランスを配慮した上、将来の顧客別料金設定の際のモデル数値となる。

表 15.2-8 料金の試算結果

Cases	Study Items	Unit	2020/21 – 2025/26
-	Billed Water	Ton	294,063
Case-1	Costing	Mil. RWF	266,269
	Base rate for tariff setting	RWF/m <sup>3</sup>	910
Case-2	Costing	Mil. RWF	248,125
	Base rate for tariff setting	RWF/m <sup>3</sup>	840

出典：調査団

上表に示した料金水準を分析する。

(ア)比較対象は、WASAC が 2019 年に算定した料金 736 RWF/m<sup>3</sup>である。

(イ)Case-1 および Case-2 の料金は、各々 910 RWF/m<sup>3</sup>、840 RWF/m<sup>3</sup>と前述 WASAC 算定料金より高いが、これはプロジェクト実施による初期投資負担の影響と言える（表 15.2-9 参照）。

(ウ)当然ながら、ルワンダ政府負担・資産所有である Case-2 の料金は低い。

表 15.2-9 「15年投資計画」と WASAC 2019 年度計画の比較

Case	Comparison Items		Projection		Increases	
			15 Years' Plan <sup>(1)</sup>	WASAC <sup>(2)</sup>	In figures	By times
-	Billed water	Ton	49,010	35,614	13,397	1.38
Case-1	Costs	million RWF	44,378	26,214	18,164	1.69
	Base rate	RWF/m <sup>3</sup>	910	736	174	1.24
Case-2	Costs	million RWF	41,354	s/a	15,140	1.58
	Base rate	RWF/m <sup>3</sup>	840	s/a	104	1.14

注：(1) 第一期 6 年間平均、(2) 2 年間（2018/19 年度および 2019/20 年度）の平均

出典：調査団

#### < 提言 >

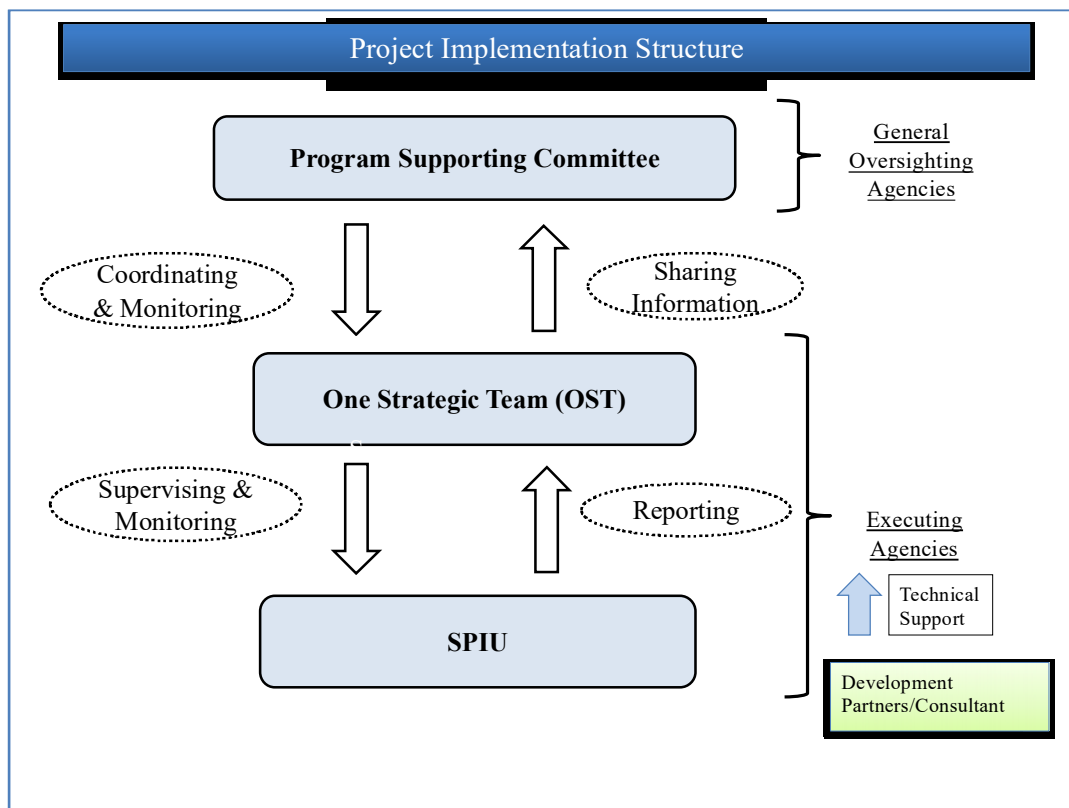
人口の増加、それに伴う水道施設整備拡張・更新に備え、加えて受益者への公平・公正な課金を考慮しつつ WASAC の適正利益水準を確保するため 3~5 年おきに水道料金を改訂することを提言する。

## 第16章 プロジェクト実施戦略

### 16.1 プロジェクト実施体制

プロジェクトの確実な実施には、WASAC 全ての部門の完全なコミットメントだけでなく、省庁やキガリ市などの主要な政府機関との確固たる協力も必要となる。そのため、WASAC 既存の部門/ユニットに加えて、新しいプログラム支援委員会（Program Supporting Committee）と統一戦略チーム（OST）を設立する。

プロジェクト実施の全体像を下の図 16.1-1 に示す。



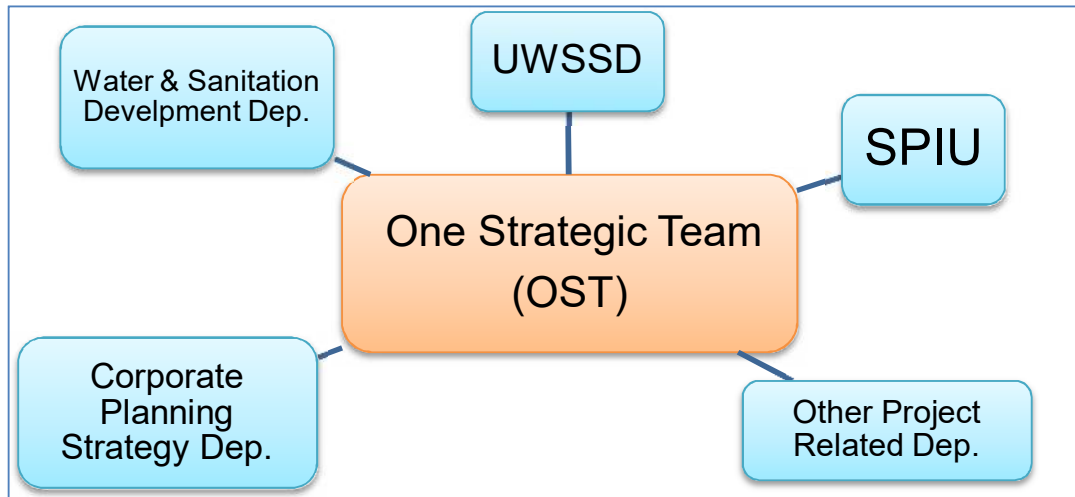
出典：調査団

図 16.1-1 プロジェクト実施体系

- OST は、SPIU からの定期報告を通じて、プロジェクト実施を監督する。
- 関連省庁および WASAC のメンバーで構成される Project Supporting Committee（プログラム支援委員会）を設立する。OST はプロジェクト進捗状況を共有し、委員会は必要に応じて支援する。
- OST は、プロジェクトの実装ステータスを WASAC 管理者に報告するためのインターフェイスとして機能する。また、プロジェクト全体の進捗状況を四半期ごとにプログラム支援委員会に報告する。
- プロジェクト実施エンティティは、SPIU となる。

### 16.1.1 統一戦略チーム One Strategic Team(OST)を設立

OST 統一戦略チームを設立する。このチームはプログラム管理ユニットとして、組織間の問題を特定し、解決するための対策を検討し、長期投資プロジェクトの開始/実施のための戦略を策定する。この新しいチームユニットは、CEO、DCEO、UWSSD、Water & Sanitation Development、SPIU、Corporate Planning Strategy およびその他のプロジェクト関連部門で構成される。



出典：調査団

図 16.1-2 統一戦略チームの編成

OST の主な役割とメンバーは 表 16.1-1 に示す。

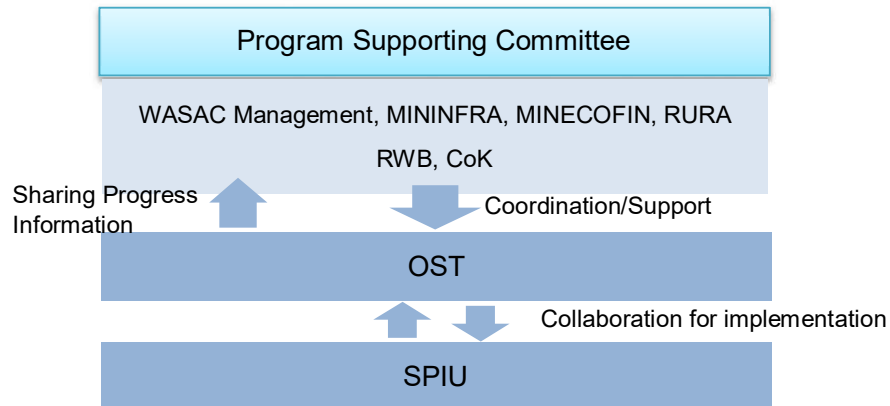
表 16.1-1 OST の主な役割とメンバー

OST member	Role
<b>Program Leader:</b> CEO <b>Co-Leader:</b> DCEO <b>Program Coordinators</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SPIU: 1person</li> <li>• Water &amp; Sanitation Development Dep.: 1person</li> <li>• UWSSD: 1person</li> <li>• Corporate Strategy and Planning Unit: 1person</li> <li>• Representatives of each Dept related to the projects.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The operation of the entire project will be coordinated by the CEO/DCEO and the implementation status will be reported directly to Program Supporting Committee.</li> <li>• Review and resolve SPIU staffing and implementation requirements for project implementation.</li> <li>• Evaluate the performance of SPIU's Project Manager. Solve problems that go beyond the management and operation authority of SPIU.</li> <li>• Responsible for reporting and negotiating project implementation with government ministries including MININFRA and MINECO FIN.</li> <li>• Develop strategies for commencement/maintenance of the long-term investment projects, including Feasibility Study (F/S) and Detailed Design (D/D) project.</li> <li>• Directors from other dept will be joined based on the project status</li> </ul>

出典：調査団

### 16.1.2 プログラム支援委員会 (Program Supporting Committee) の設立：政府省庁と関連機関との調整

MP で作成された 15 年間の投資計画を効果的に実施するには、MININFRA、MINECOFIN、RURA、RWB、キガリ市などのさまざまな政府省庁との調整が不可欠である。そのため、WASAC、MININFRA、MINECOFIN RURA、RWB、MP のキガリ市 (CoK) などの関連機関で構成される定期委員会を設置する。委員会は OST より投資計画の進捗状況を共有する。



出典：調査団

図 16.1-3 プログラム支援委員会の設立

プログラム支援委員会の主な役割とメンバーを 表 16.1-2 に示す。

表 16.1-2 プログラム支援委員会の主な役割とメンバー

Committee Member	Role
<b>Committee member from</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• WASAC CEO/DCEO</li> <li>• MININFRA: 1 person</li> <li>• MINECOFIN: 1person</li> <li>• RURA: 1person</li> <li>• RWB: 1person</li> <li>• City of Kigali: 1person</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Share MP progress with the OST quarterly and the Commission will assist in project implementation as needed.</li> <li>• Coordinate the WASAC project with the large-scale project being implemented / planned in Rwanda.</li> <li>• Share information on project progress or plans with international agencies as needed.</li> <li>• Share water rate development plans, water resource development plans, long-term investment plans at the national level, etc. with OST.</li> </ul>

出典：調査団

### 16.1.3 国際開発パートナーとの連携

OST は国際開発パートナーと連携してプロジェクトの進捗に必要な技術支援を検討し、更なる組織強化の為に技術支援プロジェクトを実施する。

## 16.2 優先すべき組織強化策

プロジェクトの実施には、組織課題の対処として優先すべき組織強化策を選択する必要がある。選択した強化策の効果的な実施には、開発パートナーからの技術協力も検討する。

**(1) 統一戦略チームの設立**

- プロジェクト実施体系に示した通り、MP 実施には部門横断的な問題を解決するには、統一戦略チームを編成する必要がある。さらに、MP だけでなく、WASAC 全体部門間にわたる組織開発の活動と以下の強化策達成を監視する役割も持つ。このチームは CEO、DCEO、および強化策の関連部門局長で構成される。

**(2) 財務・管理会計能力の強化**

- 政府と WASAC が所有する資産の分割を明確にする会計帳簿と財務諸表を作成する。
- 関連するすべての部門の生産コストと財務実績を監視するための管理会計システムを開発する。

**(3) 無収水率の削減**

- 無収水率を削減するための活動を継続し、水圧制御と送配水管・給水管の改善を実施する。

**(4) 生産効率向上による生産コストの削減**

- 浄水場ならびに送配水に係るエネルギー・資材使用の効率性を高めるために、技術者の土木/電気工学能力を向上させる。
- 標準操作手順（SOP）を作成する。

**(5) 地理情報システム(GIS)データベースの構築と活用**

- 給水区域の GIS データベースの作成と、配水管ネットワークの保守、水道料金の請求/徴収のためのデータベース利用を促進する。

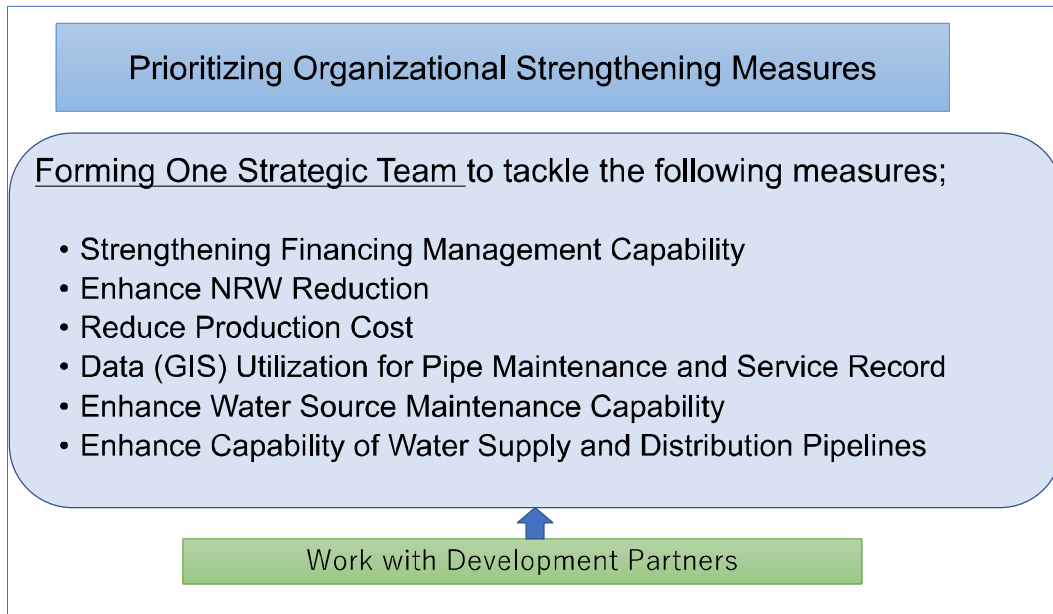
**(6) 井戸・水資源管理能力の向上**

- 水源や井戸の維持管理、地下水資源の管理機器を調達する。
- 井戸と表流水資源の監視と管理のための標準的な作業手順書を作成する。

**(7) 配水管・給水管の維持管理能力の向上**

- 配水管・給水管の保守作業のための標準作業手順マニュアルを作成する。
- 配水管・給水管のメンテナンスに必要な機器と材料の品質を確保するためのスタンダードを設定する。





出典：調査団

図 16.2-1 優先すべき組織強化策の選定

### 16.3 低所得の顧客のための財政支援

現在のところ低所得者が安定した水を確保するための補助金制度などの財政支援はない。将来の水道サービスへの接続率を高めるためには、低所得層への接続を促進することが必要である。

- 低所得者向けの支援ローン/補助金制度を確立する。水道料金の補助金は、政府/キガリ市から支給が検討できる。

### 16.4 開発援助機関

目標年次2050年のMPと同様に2035年目標の15年投資計画の実施には多額の資金が必要である。ルワンダ単独負担では困難なため、開発援助機関の関心・支援を引き出すことが肝心である（プロジェクトの分野・規模を問わない最適な組み合わせとなるような無償資金もしくは借款による支援）。

表 16.4-1 にルワンダにおいて支援活動を行っている開発援助機関とその活動を示す。

表 16.4-1 ルワンダにおける開発援助機関の活動

Dev. Partners	Activities in Rwanda in Brief
JICA	Outline of development cooperation to Rwanda <sup>1</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Purpose of development cooperation for Rwanda: Consolidation of peace in this region and reduction of poverty in this country</li> <li>• Basic policy of Japanese ODA to Rwanda: Promotion of sustainable growth, poverty reduction and job creation</li> <li>• Priority areas for ODA:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Economic Infrastructure Development (Transportation, Trade Facilitation and Energy)</li> <li>➤ Agricultural Development (Promotion of Market Oriented and Value Added Agriculture)</li> </ul> </li> </ul>

<sup>1</sup> Japan's Country Development Cooperation Policy for Rwanda (<https://www.rw.emb-japan.go.jp/files/000293362.pdf>)

Dev. Partners	Activities in Rwanda in Brief
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Social Service Improvement (Sustainable Safe Water Supply and Sanitation Service)</li> <li>➤ Human Resources Development for Sustainable Growth and Job Creation (Science and Technology Education and Training)</li> </ul> <p>Major recent projects/programs on water/sanitation in Rwanda<sup>2</sup>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The Project for Water Supply Master Plan for City of Kigali</li> <li>• Project for Rural Water Supply (Phase 3)</li> <li>• Project for Strengthening Operation and Maintenance of Rural Water Supply Systems in Rwanda</li> <li>• Project for Strengthening Non-revenue Water Control in Kigali City Water Network</li> <li>• Grant Assistance for Grassroots Human Security Project in Water and Sanitation Sector</li> <li>• JOCVs in the Water and Sanitation sector</li> <li>• Issue-based Training in the Water and Sanitation sector</li> </ul>
AfDB	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustainable Water Supply and Sanitation Program – Additional Financing</li> <li>• Sustainable Water Supply and Sanitation Program</li> <li>• The Kigali Bulk Water Supply Project</li> <li>• National Water Supply and Sanitation Masterplans</li> </ul>
USAID4F	It supports an integrated program that improves the sustainable management of water in Rwanda. The program builds local capacity to monitor and manage water resources and helps develop water and sanitation services to the public, with a focus on the rural poor.
WB	Since 1970, the World Bank (WB) has been operating 145 projects for a total equivalent amount of USD 4,940.40 million. Amongst them, four projects were related to the water supply sector and all these projects were closed / completed as on Jun 2019.
UNICEF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Since 1986, it has supported the realization of the rights of every child, especially the most disadvantaged. Guided by the SDG principle ‘leaving no one behind’,</li> <li>• The UNICEF’s country program for Rwanda has seven main components, namely, (i) Child Health, (ii) Nutrition, (iii) Early Childhood Development, (iv) Education, (v) Child Protection, (vi) Water, Sanitation and Hygiene (WASH), and (vii) Social Policy.</li> </ul>
DFID	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rwanda Growth and Poverty Reduction Grant (GPRG)</li> <li>• General Budget Support to the Rwanda-Second Three Year Phase</li> </ul>
KfW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Water Supply for 8 rural Communities / Kigali, Phase I &amp; II</li> <li>• Water Supply for Bugesera South</li> </ul>
Dutch Government’ Aid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The SusWAS Project: PPP-based project that is jointly invested by the Dutch Government and private sectors, focusing on NRW issues on some branches in the City of Kigali. It is carried out by the Vitens Evides International from the Netherlands.</li> <li>• The SCALE Project: Scaling universal access to safe and climate-resilient water services in Rwanda, with a focus on small towns, which is an on-going project as of 2020 based on the partnership agreement amongst WASAC (with finance from the AfDB), the Vitens Evides International and the WaterAid.</li> </ul>

出典：調査団

ルワンダ政府が、2035年および2050年を目標とした計画達成のための資金を政府予算内で十分手当て出来ない場合、下記に挙げるような開発援助機関の資金支援を獲得することが望まれる。

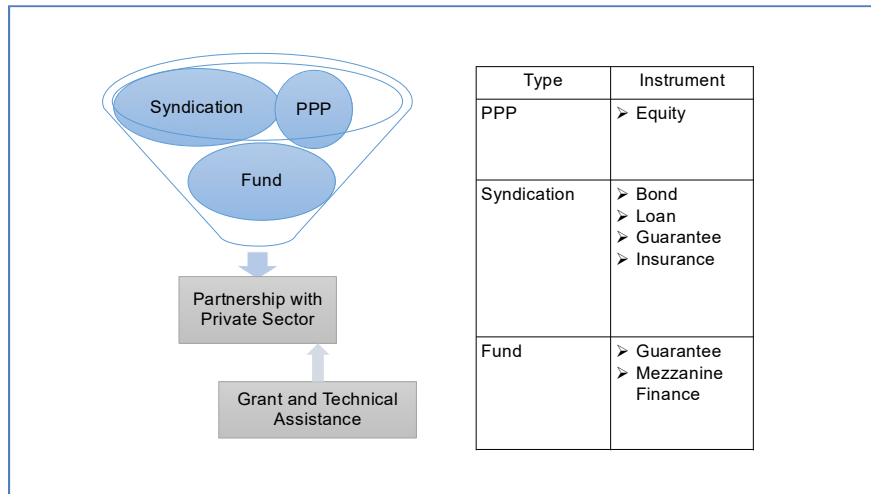
- 第一に低金利の長期借款の獲得、次いで条件次第で下記のような資金調達が候補となる。
- 世銀の Green Bond Program ローン
- AfDB の Climate Investment Funds (CIF)ローン
- Kanzenze プロジェクト (PPP 型式) の特別目的事業体である Kigali Water Limited に実行された Emerging Africa Infrastructure Fund (EAIF)ローン

<sup>2</sup> Rolling Plan for the Republic of Rwanda (<https://www.rw.emb-japan.go.jp/files/000293363.pdf>)

## 16.5 水セクターへの民間投資

### 16.5.1 水セクターへの民間投資促進

公的資金による水源開発を含め、水事業の拡大に必要なすべての投資を政府がまかなうとすれば、政府の予算（または借金）は莫大になる。したがって、民間パートナーからも信頼できる資金を調達することが不可欠である (図 16.5-1)。



出典：調査団

図 16.5-1 民間セクターとのパートナーシップ

#### ➤ 効果

- 公益事業者は、顧客から料金やその他の支払い（接続料金など）を徴収する。しかしながら料金は、運用および保守のコストを完全にカバーしておらず、資本支出をカバーすることは稀である。民間投資による運用効率の向上により、サービスの拡大に投資するためのキャッシュ・フローを増やし、顧客ベースと収益を増やすことが期待できる。
- 水と衛生サービスへのアクセスの改善は、健康への悪影響の軽減、（特に女性の）学歴の向上、労働生産性の向上など、個人、コミュニティ、環境にさまざまな価値ある利益をもたらす。

#### ➤ リスク

- 通貨リスク（収益と債務返済通貨の不一致による）、オペレーショナルリスク（公益事業のパフォーマンスの低下）、信用リスク（カウンターパーティが契約上の取り決めに尊重できない）などへの留意が必要である。
- 水と衛生のインフラストラクチャは長寿命で資本集約的であり、利益確保を優先する結果としてメンテナンスへの投資が不足すると、インフラストラクチャの老朽化、技術の漏洩、陳腐化によりパフォーマンスリスクが発生する可能性がある。配水インフラストラクチャは地下にあり、高レベルの漏水にもかかわらずサービスを継続できるため、このような劣化は何年も検出されない可能性がある。

### 16.5.1.1 官民パートナーシップ (PPP)

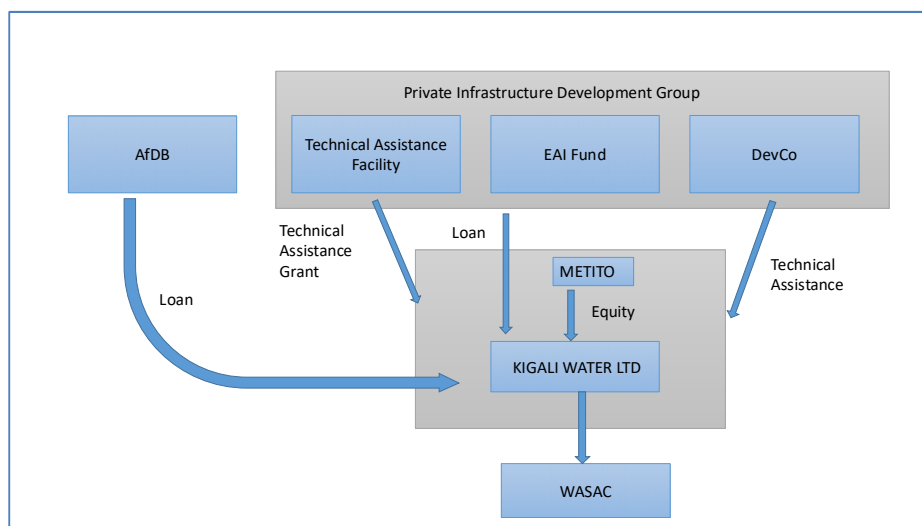
PPP(官民パートナーシップ)による上水道事業への参入と成功する水セクターへのPPPは通常、資金源の組み合わせを中心に設計されている。資金調達に加えて、民間企業が市場で競争力のある技術機器や製品を導入することにより、効率的な事業運営が期待できる。PPPは、システムの持続可能性、経済的実行可能性の強化、および独占的な水と衛生部門のサービス品質の向上における重要なツールであることが証明されている。

#### ➤ キガリ市バルク給水プロジェクト

キガリ市バルク給水プロジェクトは、WASAC、Metito (民間企業)、IFC 間の官民パートナーシップによるプロジェクトである。このプロジェクトは、Kanzeze での新しい水源と水処理プラントの建設と運営を目的としている。これは、WASAC と Metito の間で契約を結んでいる Build-Operate-Transfer (BOT) プロジェクトであり、当初は IFC によって調整および資金提供されている。プロジェクトの建設は 2017 年 11 月に開始された。運用期間は 25 年であり、運用期間終了後、WASAC に資産を譲渡する予定である。

資金調達構造を以下に示す(図 16.5-2)。

- IFC が管理し、PIDG が資金提供するユニットである DevCo は、プロジェクトの法的、財政的、技術的、環境的実現可能性評価をカバーするために、ルワンダ政府に初期財政支援と技術支援を提供する。
- Emerging Africa Infrastructure Fund (EAIF) は、シニア債務として 1,900 万米ドル、ジュニア債務として 260 万米ドルを提供した。EAIF はまた、劣後債として 1,900 万米ドルに上るアフリカ開発銀行の資金で構成された。
- PIDG の技術支援施設は、先行資本コストをカバーするために 625 万米ドルの助成金を提供し、プロジェクトの結果としての水道料金の値上げを回避した。



出典：調査団

図 16.5-2 キガリ市バルク給水プロジェクトのファイナンス構成

キガリ市バルク給水プロジェクトから学んだ教訓は以下のように要約される。

- プロジェクトには当初、送配電設備が含まれていたが、これらのコンポーネントは他の AfDB 資金によるプロジェクトに移管された。この取り決めにより、PPP によるプロジェクトコストは 79MUSD から 61MUSD に削減された。
- プロジェクトの決済通貨に係る交渉は大幅に長引いた。通貨リスクは、このスキームのコスト上昇要因であるだけでなく、遅延要因でもあった。
- PPP 契約の料金(約 680 RWF / m<sup>3</sup>)は、現在の生産コスト(271-482 RWF / m<sup>3</sup>、2018 年の Kimisagara、Karenga) よりもはるかに高い。WASAC の顧客に対する平均料金(736 RWF / m<sup>3</sup>、2019 / 2020 予算)は、PPP の料金をほとんどカバーしていない。電気料金は、契約により WASAC が負担するため、コストを上げる際の主要なリスクとなる。

#### 16.5.1.2 ソーシャルボンド

ソーシャル投資を通じて商業ベースの民間投資家を動員する可能性がある。

ソーシャルボンドは、収益が部分的または完全に新規および/または既存の適格なソーシャルプロジェクトの資金調達または借り換えに独占的に適用されるタイプの債券商品である。

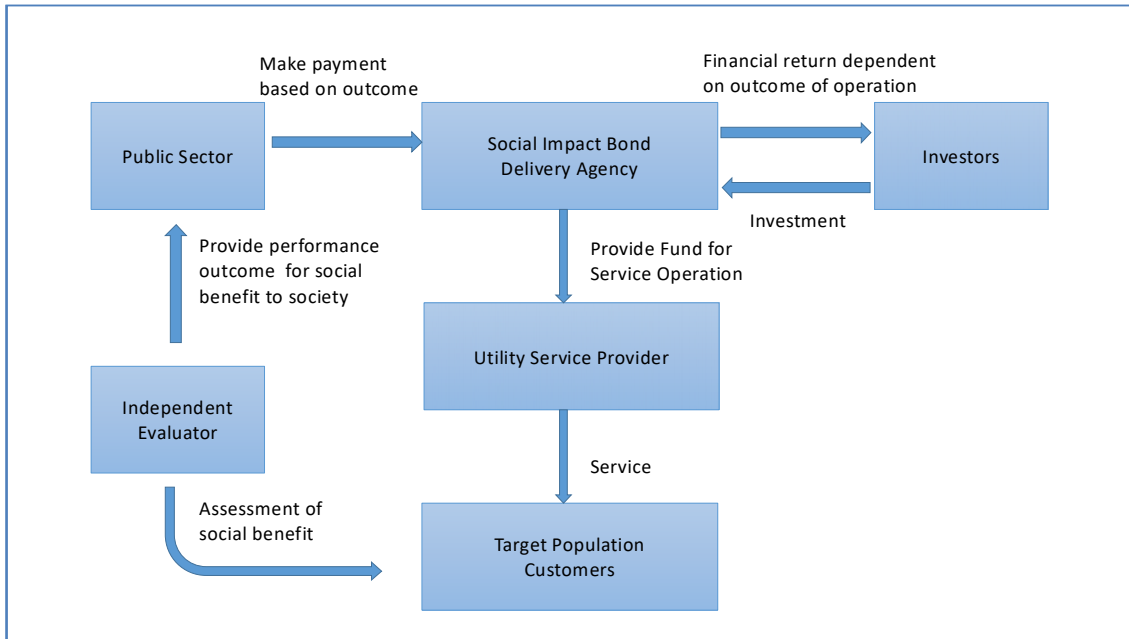
##### ➤ サステナビリティアウェアネスボンド (SAB)

EIB は最近、2018 年 4 月に発表した Sustainability Awareness Bond (SAB) を開始した。この新しい債券商品は、上下水道プロジェクトの資金調達を通じて持続可能な金融システムの開発に貢献することにより、グローバルな目標をサポートすることを目的としている。

##### ➤ ソーシャルインパクトボンド (SIB)

SIB は、政府および事業者による業績連動型の支払いと民間資金の活用を組み合わせたスキームであり、実績ベースの支払いと業績ベースのアウトソーシング契約の方法の 1 つである。

民間の NPO や企業に行政サービスを委託し、民間のファンドプロバイダーからの資金で事業を行い、政府はプロジェクトが事前に合意した結果を達成した場合にのみファンドプロバイダーに支払いを行う。

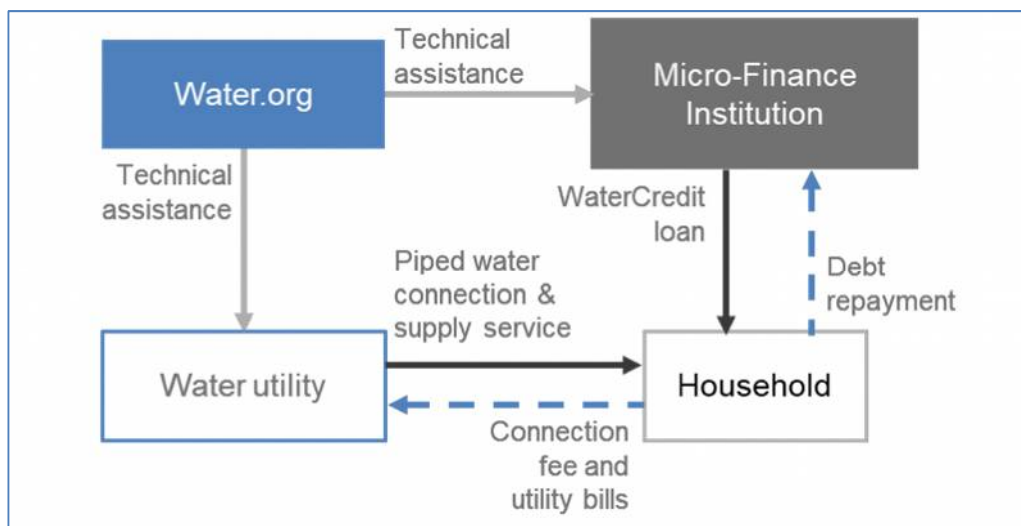


出典：調査団

図 16.5-3 ソーシャルインパクトボンドの構造

### 16.5.1.3 技術支援とマイクロファイナンスの組み合わせ

非政府組織（NGO）は、寄付を利用して技術支援や助成金を商業融資と組み合わせて、水や衛生設備へのアクセスを増やすことができる。Water.org は、マイクロファイナンス機関（MFI）への技術支援と少額の助成金の提供を通じて、水と衛生プロジェクトおよび低所得世帯のニーズに適した新しいローン商品 Water Credit Loan の作成を促進している（図 16.5-4）。



出典：OECD

図 16.5-4 Water Credit Loan ファイナンス構造

#### 16.5.1.4 保証スキーム

保証スキームの使用は、資本コストの削減につながる金融リスクの軽減を通じて、セクター間で商業金融を動員するのに特に効果的である。

#### 16.5.2 15年投資計画にリスト化されたプロジェクトの適用可能性

表 16.5-1 に 15 年投資計画に列挙されている事業の財源候補を示す。これまで得た情報で知る限りにおいては、官民連携 (PPP) による事業スキームは用水供給事業である「Kigali Bulk Water Supply Project」にとどまっている。しかしながら、事業が実施可能であり、かつ (PPP で実施したほうが) より効率的と判断される事業については、WASAC は民間連携による実施に前向きな考えを持っている。

表 16.5-1 15年投資計画に列挙されている事業の想定財源候補

Type, Source	Name of Project	Possible Financial Sources			
		GoR	Grant	Loan	PPP
On-going Projects					
Nyabarongo	Nzove 1 Rehabilitation	✓			
Nyabarongo	New Nzove 1	✓			
Emergent/Priority Projects: Stage 1					
NRW/Pipelines	Kacyiru/Remera (North)	✓	✓		
Akagera	Masaka	✓	✓*	✓	Bulk Supply
Karenge	Karenge Rehabilitation	✓	✓		
Karenge	Karenge 2	✓		✓	
Future Project: Stage 2					
NRW/Pipelines	Kanombe/Masaka	✓	✓	✓	
NRW/Pipelines	Runda/Rugarika	✓	✓	✓	
Future Project: Stage 3					
NRW/Pipelines	Kacyiru/Remera (South)	✓	✓	✓	
NRW/Pipelines	Gikondo	✓	✓	✓	
Future Project: Stage 4					
Independent	Rutungu/Gikomero (Phase 1)	✓	✓	✓	
NRW/Pipelines	Nyamirambo	✓	✓	✓	
NRW/Pipelines	Ndera-Rusororo	✓	✓	✓	
NRW/Pipelines	Nyarugenge CBD	✓	✓	✓	
Akagera	Masaka Expansion	✓		✓	Bulk Supply
Akagera	Gahanga	✓		✓	Bulk Supply
Future Project: Stage 5					
Nyabarongo	Nzove 3	✓	✓	✓	
NRW/Pipelines	Central Main	✓	✓	✓	

出典：調査団

## 16.6 建設や購買の質向上のためのプライベートセクターの育成

将来需要を満足するため水道システムを急激に拡張するが、これまでどおり WASAC が自身で全ての役割を果たしてゆくためには、そのスタッフの数を急激に増やす必要がある。そこで、組織の効率を上げると同時に、今まで自身で実施していたいくつかの仕事を民間に委託することが推奨される。しかし、現時点では業務を委託できる信頼の置ける民間事業者が存在しないため、WASAC が民間業者を育成する必要がある。また業務を委託するために必要な制度も確立する必要がある。

### 16.6.1 給水管接続

急激な顧客の増加が計画されていることを考えると、委託可能な業務のうち特に給水管接続を委託できるような民間業者を育成することが望まれる。給水栓接続は、様々な国で民間に委託されている。そこで、WASAC が過去に給水管接続を民間に委託して失敗した経験を踏まえ、能力を備えた民間セクターを育成し、信頼できる業者を登録する制度を導入することが推奨される。

#### 16.6.1.1 指定業者（指定店）制度

信頼における民間業者に委託するためにも、給水管接続の指定業者（指定店）制度を導入することが推奨される。指定店制度を現実的なものとするためには、先ず給水管接続責任者の制度を導入することが必要になる。

##### a. 給水管接続責任者:

給水管接続責任者が適切な管料使用も含め給水管接続に責任を持ち、また作業の記録を残さなければならない。給水管接続責任者には、一定以上の経験、研修終了、および試験合格、登録など幾つかの要件が必要になるが、試験や登録制度については詳細な検討を行って決める必要がある。

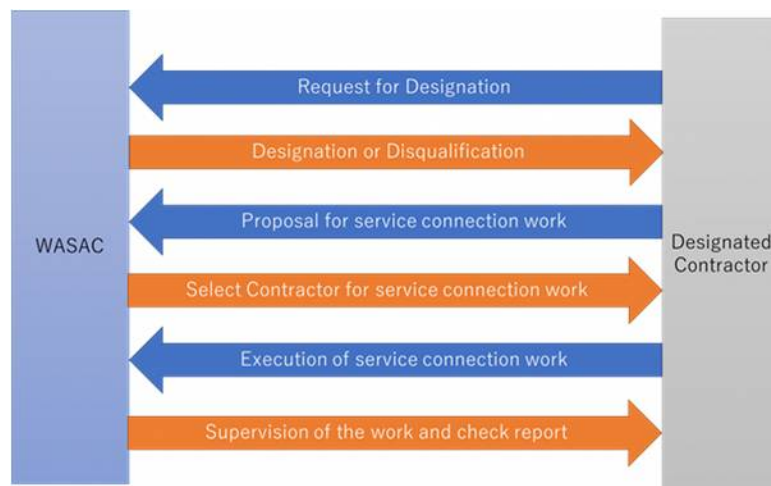
給水管接続の指定店の登録制度について、その導入前に詳細を慎重に検討しなければならないが、その要点を以下にまとめる。

##### b. 給水管接続の指定店登録制度

- 登録された指定店のみが給水管接続を実施できる
- 基本的必要事項
  - 給水管接続責任者が給水管接続作業を監督し責任を持ち、接続記録にサインする
  - パイプカッター、やすり、ねじ切り機、パイプレンチ、スパナー、排水ポンプ、水圧テスト機器といった適切な機器・機材を所有し、使用すること
- 必要に応じてライセンスをばく奪する。更に定期的に更新を行う

制度確立後、能力があり信頼できる民間業者を指定店として登録し、指定業者は WASAC 管理のもと、給水管材料および接続工事を実施し、その責任を持たなければならない。民間会社を育成し、給水管接続を適切な指定店に委託できるようになれば、漏水削減に通ずる管材料や敷設品質の管理をしやすくなる。WASAC と指定店の関連を 図 16.6-1 に示す。





出典：調査団

図 16.6-1 WASAC と指定業者の関係

### 16.6.1.2 民間セクター育成の最初の一步

指定店制度導入前に WASAC がとるべきアクションを以下に挙げる

#### a. 指定店制度が導入される前に WASAC は以下を実施する必要がある

- 給水管材料や接続法の指針や標準の設定（顧客が自身で安価で品質の悪い管材料を購入することをやめ、接続を向上させるために必要となる。）
- 品質の高い管材料取扱店の選定及びリストアップ
- GIS に取り込める給水管接続に係る顧客台帳の整備
- 給水管接続責任者の養成・訓練と認定

信頼できる民間事業者を育成するために給水管接続の技師を養成し、給水管接続責任者に育てることが求められる。給水管接続の技師を増やすために WASAC が教育、講習会、実地訓練を実施し、給水管接続責任者の資格を与える。また、給水管接続責任者の継続的訓練を実施する。なお、訓練には拡張事業に携わる海外事業者の手を借りることも考えられる。

指定店制度導入後 WASAC が実施すべき事柄を以下に挙げる。

#### b. 指定店制度導入後の WASAC の役割

- 給水管接続の指定店登録
- 管材料または接続が劣る場合、指定店の資格はく奪
- 直接監視または記録等による委託事業のモニタリング

新たなタスクを行うために WASAC が習得すべき知識を以下にまとめる。

#### c. WASAC が習得すべき知識

- 給水管材質及び接続の指針を見直すのに必要な基礎知識
- 給水管接続技師の資格制度の制定と見直しを行うのに必要な基礎知識
- 指定店の認定および資格はく奪を実施するのに必要な知識

## 16.6.2 給水管接続以外の民間委託

給水管接続以外にも検針、ブロック化導入により急増するフロート弁の維持管理、コールセンターなどの顧客対応、管修理や機器の維持管理など様々な民間委託が期待される。

### 16.6.2.1 検針

スマートメータが積極的に導入されない場合は、顧客数の増大に対応するため検針の民間委託を考える必要がある。給水管接続に比べれば容易ではあるものの、その際は WASAC による教育訓練も必要になる。スマートメータの普及が進んだ場合は検針員の役割が変わり、民間委託が減少することが考えられる。

### 16.6.2.2 フロート弁の維持管理

今後、ブロック化に必要な配水池数の増加に伴い、越流を防止するためにそこに設置するフロート弁の数は急増する。水位変動に伴い可動部分が随時上下するためフロートバルブは故障しやすく、定期的に点検や修理・交換を行う必要がある。そこで、フロート弁の維持管理を信頼できる民間業者に委託し、故障による越流の責任を負わせることが、限られた WASAC 職員で NRW を削減させることにつながる。業者選定を注意深く行えば、特別な制度や教育訓練をおこなうことなく委託することが出来る。ただし、フロート弁維持管理の委託契約は、解約条件も含め慎重に設定・管理する必要がある。

### 16.6.2.3 管路補修及び交換

管路補修や交換の民間業者は、会社経験、人材、財務状況等に抽出され、入札により年間契約されることが考えられる。民間業者の能力は、WASAC の管理や指導の下で品質の高い工事経験を積み重ねることで向上し、また管路敷設プロジェクトの下請け業者として経験を積みさせることも考えられる。

### 16.6.2.4 コールセンター等の顧客対応

コールセンターなどの顧客対応を民間委託している例は、特に水道施設が拡張しているところで数多くある。民間委託する際は（秘密保持等の）規則や規制について定めることが必要になる。

### 16.6.2.5 機器の維持管理

電気機械機器の維持管理は、納入業者等の専門業者に委託するほか、例えば沈殿池からの排泥処理など必要に応じて民間委託を考えることが出来る。民間委託をする際は入札システムを導入することが望ましい。

## 16.7 DISTRICT 所有の施設と民間事業者

規制当局である RURA (Rwanda Utilities Regulatory Authority) には、給水サービスプロバイダーにライセンスを付与するために、次のような基準を設けている。これは、オペレーターが安定した高品質の水供給者としての役割を果たすため、一定以上の事業規模を必要とする。

- 水質を確保するために、自前の実験室を有し、実験室のスタッフを雇っている
- 供給の安定性を確保するために、複数の水源を持っている

しかし、RURA の意図に反して、市中には、無数の無許可の水供給業者が存在している。現在、以下の3企業がサービスプロバイダーとして認定されている。しかし、彼らだけでは、地域全体をカバーすることはできていない。したがって、認可された水供給業者によって運営されている地域の給水事業には多くのギャップがあり、不足を無数の無資格の水供給業者が埋めている。

- WASAC (都市給水)
- Regie Associatives Des Usagers Des Points D'eau Gasabo Ltd. (地方給水)
- Paak Kam (地方給水)

これまでのところ、認可された給水事業者の能力は、地域の需要を満たすのに十分ではない。したがって、水質に問題がなければ、許可されていない水供給業者であっても、これを積極的に撤退させる理由は考えられない。ただし、15年投資計画の実施による WASAC の給水能力の増強は、WASAC 以外の給水事業者に確実に影響を与えるであろう。他の給水事業者間の不必要な対立を避けるために、WASAC は15年間の投資計画を適時に進める必要がある。

## 16.8 主要業務指標

水道業務のサービス水準を客観的かつ定量的に評価することを目的として、主要業務指標(以下、KPI)を設定し、モニターするものとする。提案される業務指標を表 16.8-1 に示す。KPI 項目及びその目標値は、統一戦略チーム (OST) およびプログラム支援委員会 (Program Supporting Committee) により、最終化されるものとする。

表 16.8-1 提案される主要業務指標 (KPI)

KPI	Target in 2050	Target in 2035	Present status	Data Source
Operating Ratio	TBD	TBD	TBD	WASAC Annual report
Electricity Consumption per m3 water produced (kWh/m3)	TBD	TBD	TBD	WASAC UWSSD
Water supply capacity (Daily average, m <sup>3</sup> /day)	TBD	TBD	TBD	WASAC Annual report
Length of Pipeline Rehabilitated	TBD	TBD	TBD	WASAC Annual report (New Indicator)
Average Supply Hours	24 hours	16 hours	8 hours	WASAC Annual report
Percentage of Households with Severe Water Shortages*	0%	0%	TBD	UWSSD GIS Section (New Indicator)
Non-Revenue Water (%)	20%	23%	38.8 (2018)	WASAC Annual report
Number of Leakage Repair	TBD	TBD	TBD	NRW Reduction Team
Percentage of Population with an Access to Piped water supply (population, %)	100%	92%	85%	EICV

\* Definition: the water supply restriction for more than four (4) days a week (supplying water only for three days a week), and the no-supply -days continue for three (3) successive days

出典：調査団

## 第17章 提言

### 17.1 主な提言

キガリ市広域上水道マスタープラン実施に向けての主要な提言は以下のとおりである。

1. MININFRA、RURA、および MINECOFIN と協力してプログラム支援委員会（Program Supporting Committee）、及び WASAC 内で One Strategic Team（OST）を設立することは、キガリ市広域上水道マスタープランの実施と監視を強化するための重要な要件である。OST とプログラム支援委員会は、単にキガリ市広域上水道マスタープラン実施のためのユニットであるだけでなく、公共事業経営の持続可能性を獲得するための長期計画部門としても機能する。モニタリングのための 15 年間の投資計画と KPI は、OST とプログラム支援委員会によるレビューと承認の対象となる。
2. WASAC は下記に挙げる分野の組織・制度強化改善策を今後確実に実行に移していくべきである（詳細は付録-19 参照）。そのために必要となる人材育成に係る予算の確保も推奨される。
  - ・ OST の設立
  - ・ 財務管理能力の強化
  - ・ 無収水削減に関する能力の強化
  - ・ 浄水処理効率の向上によるコスト削減に関する能力の強化
  - ・ GIS データベースの構築と活用
  - ・ 水源施設維持管理能力の強化
  - ・ 上水道施設の維持管理能力の強化

また、上記に挙げる組織・制度強化改善策のうち、(i) 事業体改革の実施枠組みの確立を通じて WASAC が組織横断的な問題解決をできるようにすること、および (ii) マスタープランの確実な実施のために財務管理能力の向上を図ることは、上記のうちで特に土台となるべきものであり、優先度が高いと考えられる。以下に調査団が考える個々の強化策の優先順位を示す。

強化が必要と考えられる分野		優先度
カテゴリー	強化すべき個々の分野	
事業体改革の実施の仕組みが確立され、WASACが組織横断的な問題を解決できるようになる。	統一戦略チームの設立 ～KWSMPの確実な実施と以下の組織強化策の進捗と達成状況の監視を目的とした、WASAC内の部門横断的な組織の設立	A
マスタープランを実施するための財務管理能力が向上する。	財務・管理会計能力の強化 ～所有資産の分掌の明確化のための会計帳簿と財務諸表の作成 ～生産コストと財務実績の監視のための管理会計システムの開発	A
効率的な無収水削減を実施するための能力が向上する。	無収水率の削減 ～無修水削減のための水圧制御と送配水管・給水管の改善の実施	B
上水道施設がコスト効率的に運用される	生産(造水)効率向上による生産コストの削減 ～浄水場や送配水に係るエネルギーや薬品等の使用効率向上のための、維持管理能力の強化	B
	地理情報システム(GIS)データベースの構築と活用 ～送配水ネットワークの維持管理や水道料金請求・徴収業務効率化のための、GISデータベースの活用の促進	B
	井戸・水資源管理能力の向上 ～井戸や表流水を含めた水資源の監視と管理能力の強化	C
	給水管の維持管理能力の向上 ～給水管接続にかかわる資材・施工の質の向上のためのマニュアルやスタンダードの作成	B

出展：調査団

図 S1.17-1 組織・制度強化策のカテゴリー分けと優先順位

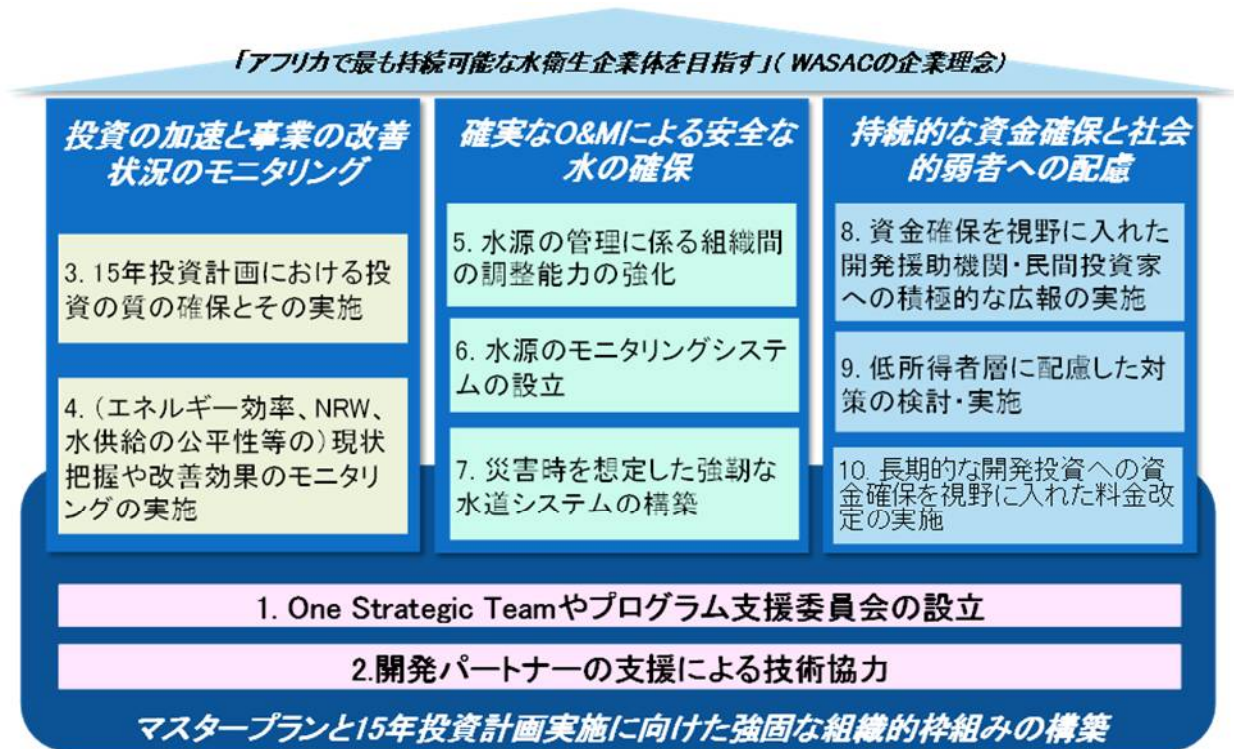
これらの分野の強化のため、開発パートナーの支援による技術協力が必要である。

- WASAC 及び MININFRA は、上水道施設の拡張や修繕、及び配水ブロック化推進等に資する 15 年投資計画の実施及び投資の質の確保に対して、主要な役割を果たしていくことが求められる。投資の質の確保とは、具体的には調達される資機材の質の確保や、安全対策なども含めた工事の質の確保などが考えられる。これらは長期的な観点から、施設の拡張やその運転効率などに影響するため、投資の質の確保が重要である。
- WASAC が無収水削減や間欠給水に対する取り組みを推進するにあたり、その現状を把握し、その対策の効果の検証・評価を適切に行うため、ICT を活用した流量や水圧測定システムの導入を、WASAC 内で検討することが推奨される（例：デジタルトランスフォーメーション技術を活用した流量や水圧測定システムの導入、スマートメーターの導入、GIS にそのデータを出力した上で WASAC の意思決定に活用すること、等）。
- WASAC 及び MININFRA は、キガリ市広域上水道マスタープランと 15 年投資計画に記載されている必要な水資源確保のため RWB を含む関係機関と水源使用許可取得のための協議を開始することを提言する。
- 水源の管理システムの確立が必要である。特に、帯水層の枯渇を回避し、揚水による影響を明確にするために、水位モニタリング用の井戸を建設し、地下水位を定期的・継続的に観測する

ことを提言する。

7. WASAC は本調査の下で作成した事業継続計画（BCP）を随時見直すとともに、コロナのような予期しない危機的状況に備えて、凝集剤や塩素剤はじめ事業継続に必須の資機材を備蓄できるだけの財務体質への改善と維持に努めるべきである。本調査で作成された BCP にも言及されているように、適切な在庫管理は、非常時の WASAC の各支店における必要資材の保有・不足状況を適切かつタイムリーに把握することに寄与する。
8. WASAC および MININFRA は、開発援助機関・民間投資家に対し 15 年投資計画を手広く・積極的に広報することが必要である。MININFRA は関係機関との間で上下水分野プロジェクト情報を共有する目的で Sector Working Group を立ち上げている。そこで関係機関と定期的に意見交換を行っているので、同会合において 15 年投資計画を説明することが必要なプロジェクト資金調達の一助となりうる。広報活動は、中央政府の積極的関与と開発援助機関の技術的側面支援が必要であるが、民間企業に対しても同様に行われるべきである。なお、上述の Sector Working Group のような、プロジェクト内容の情報共有を目的としたプラットフォームの設立にあたっては、中央政府などの上位機関による適切な関与や開発パートナーによる技術協力プログラムの一環で実施することなどにより、その立ち上げや活動を軌道に乗せるための活動が効果的と考えられる。また、プロジェクト実施による既存の民間水道事業者への影響も考慮し、プロジェクト内容は同グループにも適切に共有されるべきである。
9. キガリ市広域上水道マスタープランで計画されているように、WASAC が給水普及率を向上させるためには、低所得層を給水サービス利用者として取り込む必要がある。したがって、WASAC 及び MININFRA、RURA、および中央政府機関や地方政府機関を含む行政機関は、低所得層が経済的に自立できるようになることを促進するために、補助金、ローン、自立支援、雇用支援、住宅支援、健康支援、低兼な利用手段の提供、代替水源の保護などの考えられる限りの貧困層対策に取り組むこと必要がある。
10. WASAC に対し、人口の増加、それに伴う水道施設整備拡張・更新に備え、「3～5 年おきの定期的な水道料金改訂」実現に向け MININFRA および RURA との間で議論を進めることを提言する。定期的改訂により、WASAC は安定した利益を堅持し、顧客からは公平・公正な料金を徴収する。これにより、WASAC は長期にわたり適正な運営維持管理が可能となる。

図 17.1-1 に、それぞれの提言の位置づけのイメージを示す。



出展：調査団

図 17.1-1 主要な提言

## 17.2 その他の提言

その他の提言をいかに示す。

- 15年投資計画の目標年次が2035年であることを考慮し、キガリ市広域上水道マスタープランは2030年（マスタープラン策定から10年後）までには見直しをしておくことが推奨される。ただし、上位計画、関連計画や公的な調査（例：全国水資源マスタープラン、全国上水道マスタープラン、人口統計含めた国勢調査、キガリ市マスタープラン、EICV、5 Years Strategic Business Plan等含めたWASACの政策など）に変更や改訂があった場合、その改訂が本マスタープランに与える影響度を考慮し、必要に応じて2030年を待たずにキガリ市広域上水道マスタープランの改訂を検討することが推奨される。
- WASAC及びMININFRAは、EDCLを含む関係当局と緊密に連絡を取り合い、キガリ市広域上水道マスタープランと15年投資計画に記載されている将来のプロジェクトに影響を与える可能性のある大規模ダムプロジェクトを含むNyabarongoII多目的開発プロジェクトの進捗状況をモニタリング・確認することを提言する。
- 井戸の揚水量の維持のため、地下水位モニタリングに基づいたポンプの運転管理と井戸診断に基づく井戸改修を実施するべきである。また、井戸カメラや井戸改修機材など、井戸の調査・



修復のための機器を調達して使用すべきである。

4. WASAC および MININFRA は、15 年投資計画およびキガリ市広域上水道マスタープランの中でリストアップされているプロジェクトのための土地取得に関する準備・手続きを可及的速やかに着手することが推奨される。

#### Box. イノベーションの加速：水ビジネスプラットフォーム

官民連携（PPP）は、民間セクターの活力とスピード感を公益事業に組み込むことができる概念である。水事業のビジネスチャンスは、インフラとしての独占的性質（monopoly nature）のため、多くの事業者や新興企業にとって、わかりにくいものとなっている。ビジネスの不可視性により、技術革新だけでなく、新興企業の参加が遅れている。日本や発展途上国の一部の公益事業者は、水道サービスへの事業参加の機会を活性化するための「プラットフォーム」を持っている。プラットフォームは通常、恒久的に設置された協会/委員会（数人の担当者）であり、ビジネスへの関与の機会について話し合い、強化するためのワンストップ型の場である。

WASAC は、将来のビジネスチャンスのために民間セクターと積極的かつオープンに議論を重ねているが、不定期で行われ、本腰を入れた取り組みがなされていない。その結果、WASAC は人的資源を無駄に浪費したか、未成熟な提案に振り回された可能性がある。また、中小企業や新興企業が事前情報やアイデアを持っていなかったため、水事業を提案することは殆どなかった。最も期待されている ICT 技術は新興企業が主導する傾向があるため、迎え入れるためのオープンなビジネスチャンスの提供を意識する必要がある。

したがって、キガリバルク給水としてのプロジェクトの規模を拡大するだけでなく、小規模な新興企業の参加を増やすという観点からも、民間セクターのイノベーションとビジネス参画を促進することが求められる。ビジネスプラットフォームの確立は、PPP の上述した形態を加速させる。



図 17.2-1 アジアでの水ビジネス会議の様子