

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1巻

要約

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

### 為替レート (F/S 調査)

National Bank of Rwanda が公開している 2020 年 10 月から 2021 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 973  
JPY 1 = RWF 9.23  
USD 1 = JPY 105.42

## 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 1 巻：要約」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1巻  
要約

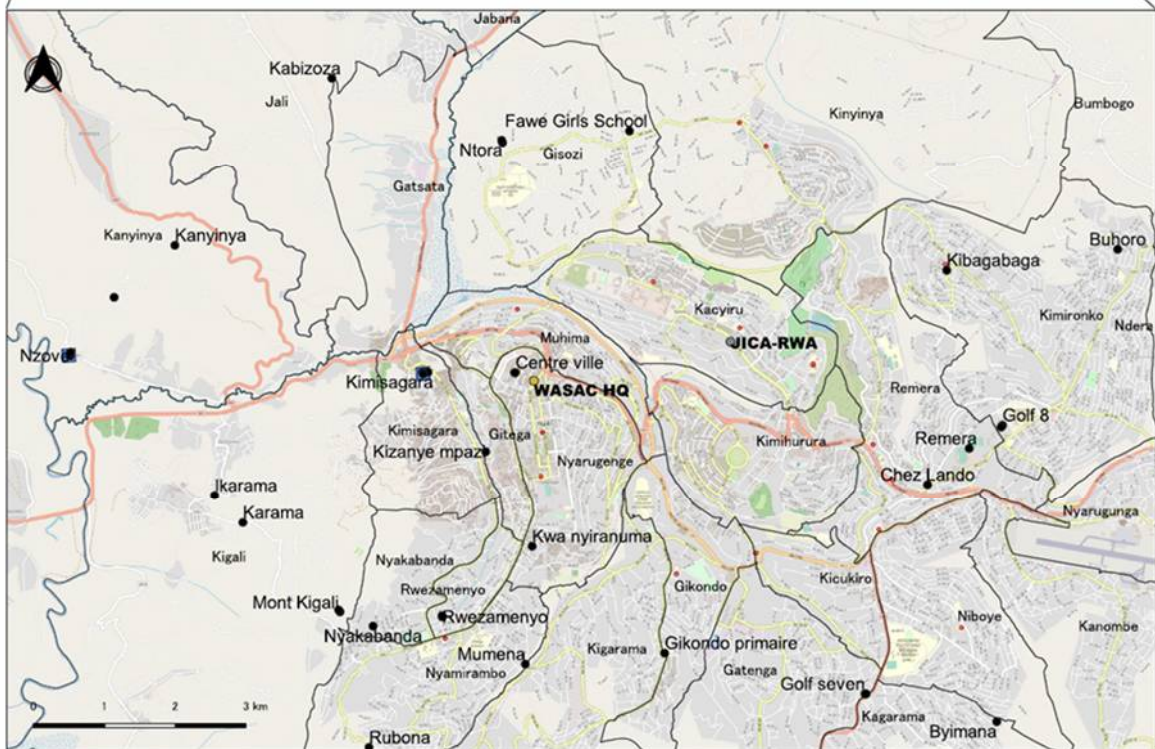
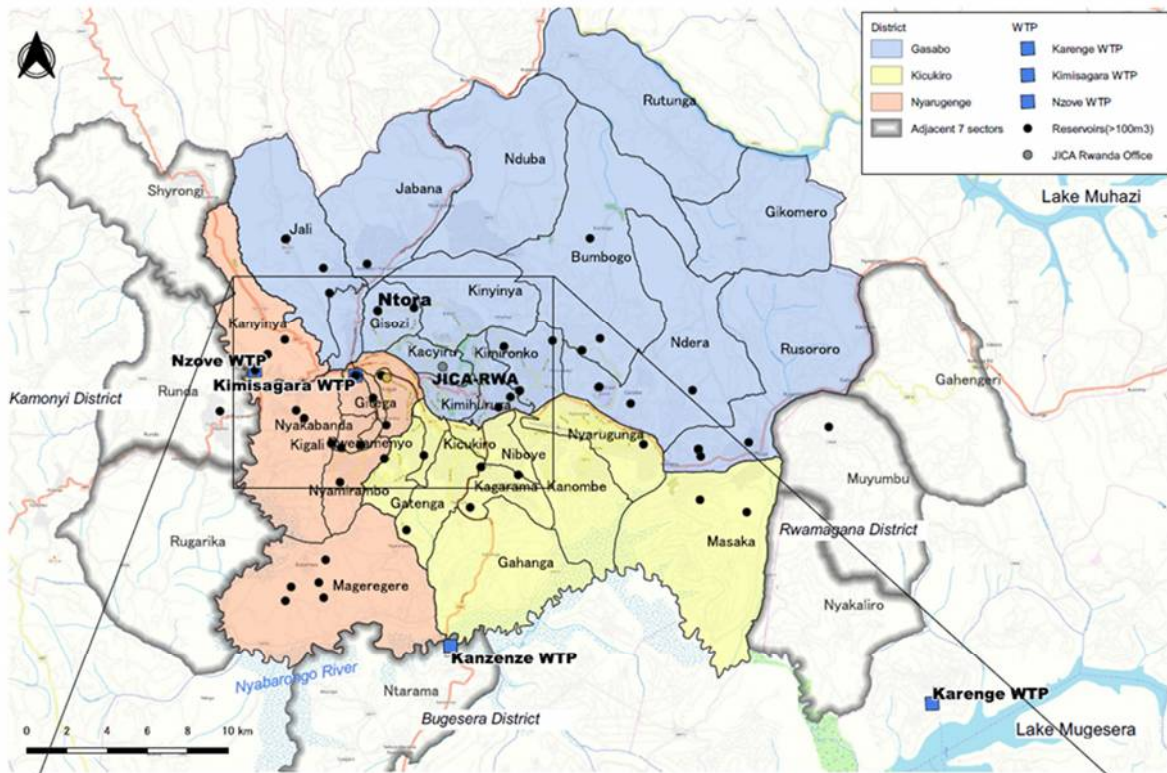
目次  
プロジェクト位置図  
用語・略語集

目次

第1部	キガリ市広域上水道マスタープラン.....	S-1
1	はじめに.....	S-2
2	本調査のスケジュール.....	S-3
3	関連上位計画.....	S-4
4	既存水供給システムの現況.....	S-6
5	WASACの財務状況.....	S-9
6	実施中プロジェクト.....	S-11
7	能力開発.....	S-11
8	将来人口と水需要.....	S-12
9	水資源開発計画.....	S-18
10	社会経済調査.....	S-19
11	戦略的環境アセスメント（SEA）.....	S-20
12	マスターシナリオ.....	S-21
13	15年投資計画.....	S-33
14	15年投資計画の経済評価および財務評価.....	S-37
15	プロジェクト実施戦略.....	S-38
16	提言.....	S-40
第2部	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.....	S-44
1	背景と現状の課題.....	S-45
2	設計条件.....	S-46
3	開発計画.....	S-48
4	送水および配水.....	S-52
5	実施計画.....	S-54
6	環境社会配慮.....	S-56
7	運転維持管理（O&M）.....	S-56
8	プロジェクト費用概算.....	S-56
9	経済財務評価.....	S-58
10	結論.....	S-58
第3部	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.....	S-60

1	背景と現状の課題 .....	S-61
2	設計条件 .....	S-62
3	水源及び取水 .....	S-63
4	浄水場建設 .....	S-64
5	送配水システム .....	S-65
6	実施計画 .....	S-67
7	環境社会配慮 .....	S-69
8	運転維持管理 (O&M) .....	S-69
9	プロジェクト費用概算 .....	S-69
10	財務・経済評価 .....	S-70
11	結論 .....	S-71

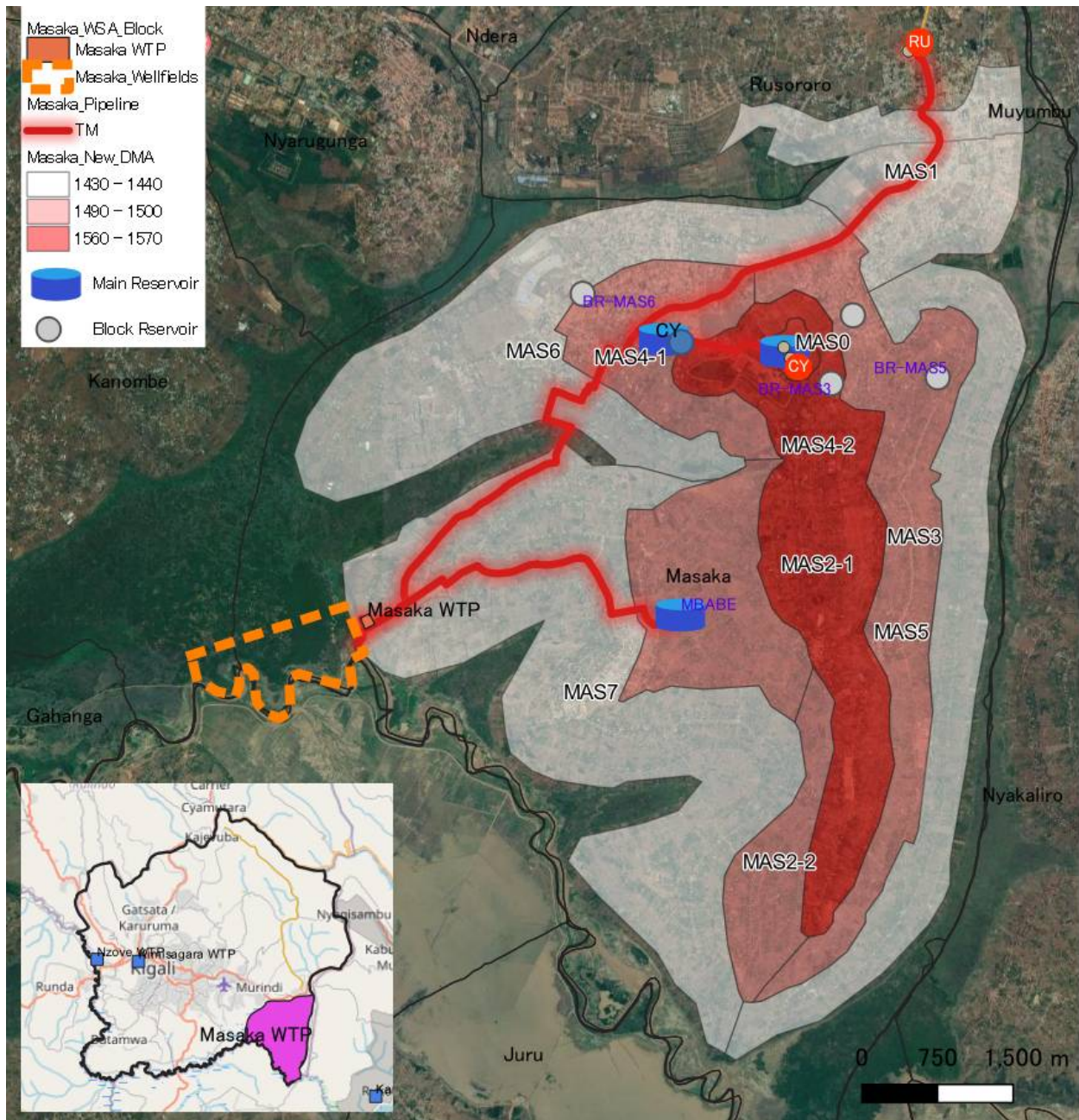
M/P 調査位置図



General Map of Kigali City Water Masterplan



### マサカ F/S 調査位置図





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
BCP	Business Continuity Plan	事業継続計画	—
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	—
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
ESIA	Environmental and Social Impact Assessment	環境社会影響評価	—
EICV	Integrated Household Living Conditions Survey	統合生活実態調査	—
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的内部収益率	—
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的内部収益率	—
F/R	Final Report	最終報告書	—
FS, F/S	Feasibility Study	F/S 調査	—
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
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	—
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	Master Plan	マスタープラン	—
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	—
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	—
PG/R	Progress Report	プログレスレポート	—
PPP	Public Private Partnerships	公民連携	—
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
WTP(s)	Water Treatment Plant(s)	浄水場	—

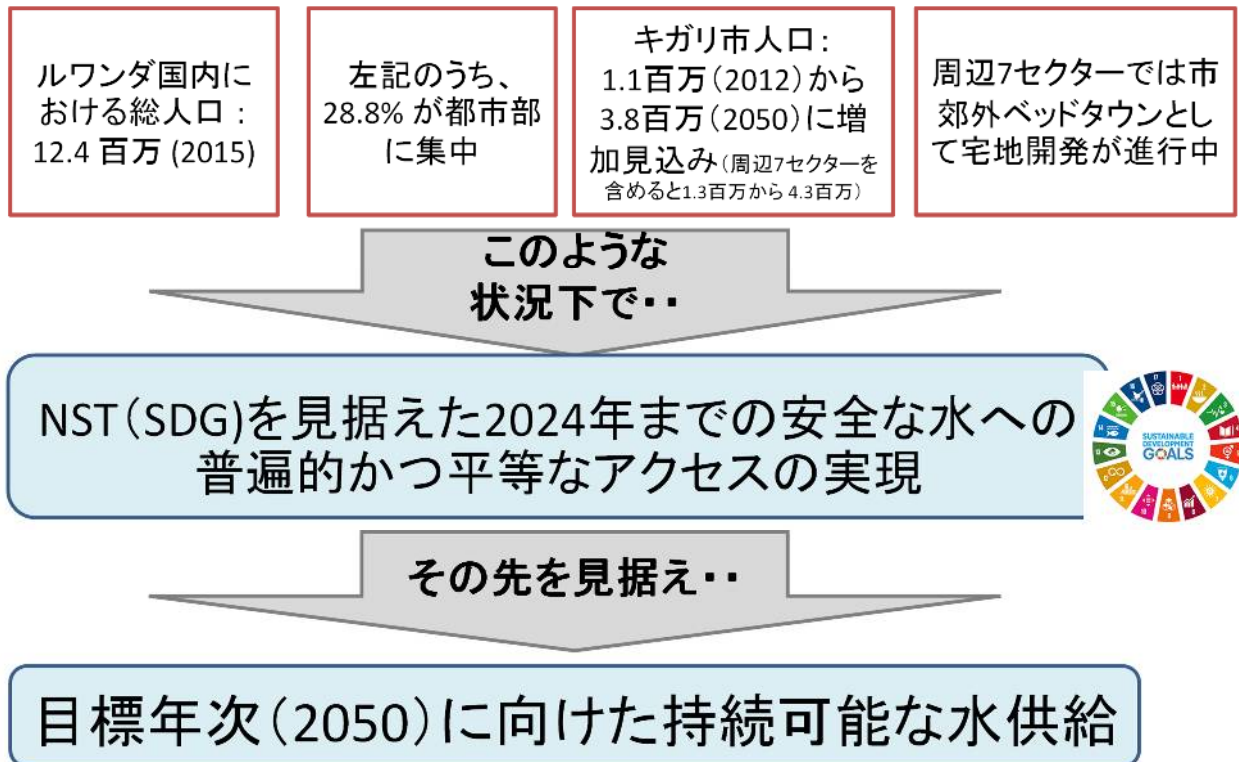
## 第1部 キガリ市広域上水道マスタープラン

## 1 はじめに

ルワンダ共和国（以下ルワンダ国と表記）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、2024年までにすべての国民が安全かつ低廉な水にアクセスすることを可能とするべく、ルワンダ政府は努力を続けている。

このような状況下、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（以下、キガリ市広域上水道マスタープランまたは KWSMP と表記）の策定を支援するよう JICA に正式に要請した。

本調査の必要性等、背景を図 S1.1-1 に示す。



出典：調査団

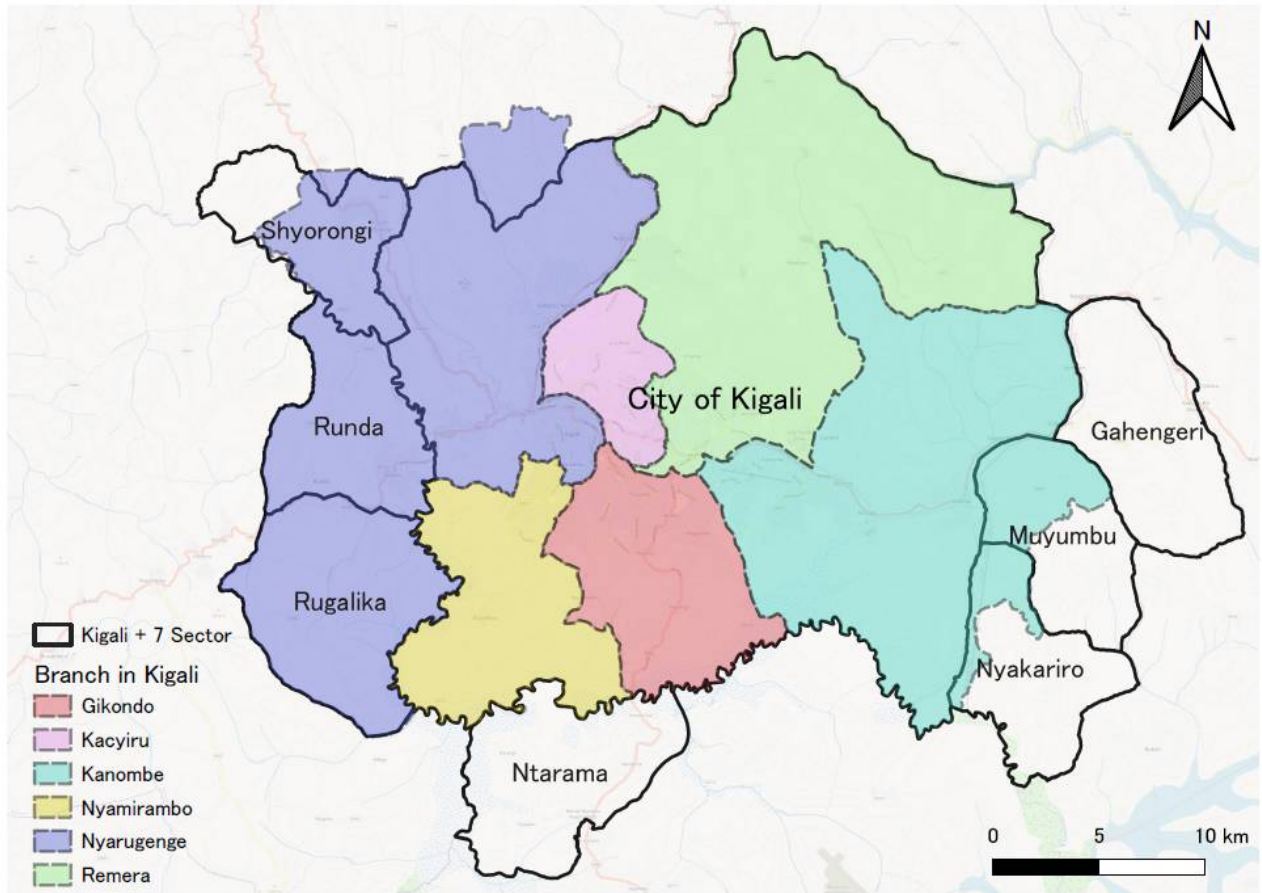
図 S1.1-1 本調査の背景

本調査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キガリ市広域上水道マスタープランを策定する。同 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. キガリ市広域上水道マスタープラン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. キガリ市広域上水道マスタープラン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。

キガリ市広域上水道マスタープランの対象地域は、**図 S1.1-2** に示すとおり、キガリ市及び Shyorongi、Runda、Rugarika、Ntarama、Muyumbu、Gahengeri、Nyakaliro の周辺 7 セクターである。



出典：調査団

**図 S1.1-2** キガリ市広域上水道マスタープラン対象地域

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。

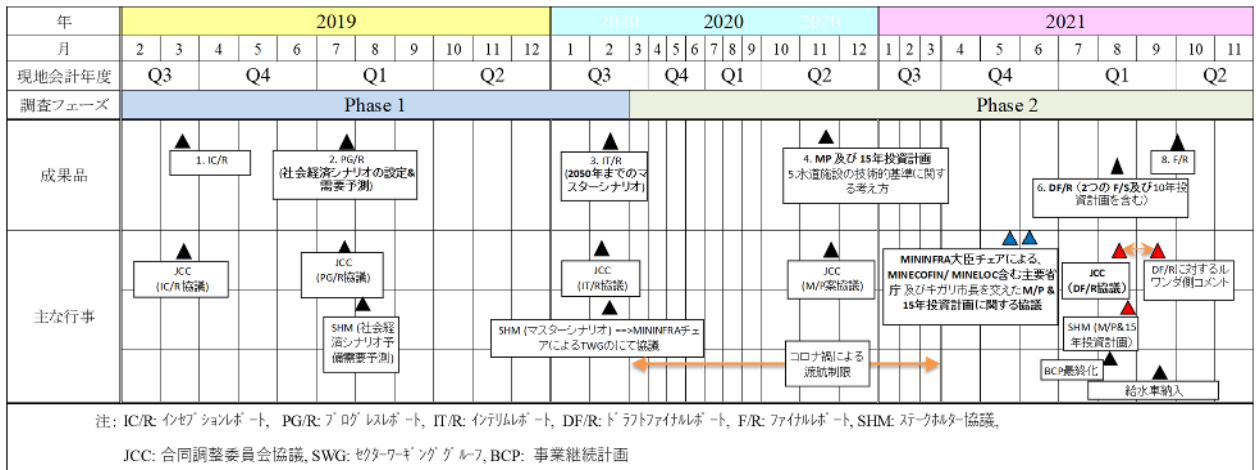
成果 3: マスタープラン (KWSMP) が策定される。

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。

## 2 本調査のスケジュール

本調査に係る全体調査スケジュールを**図 S1.2-1** に示す。



出典：調査団

図 S1.2-1 全体調査スケジュール

### 3 関連上位計画

表 S1.3-1 に本調査に関わる重要な上位計画や関連政策を示す。

表 S1.3-1 本調査に係る関連・上位計画の概要

名称	主な内容	水道セク1ターに関する主な記述内容
Rwanda Vision 2020 (2012) (including (補足: Vision 2050 として改訂作業中))	<ul style="list-style-type: none"> <li>オリジナルバージョンは 1998 年から 1999 年にかけて作成</li> <li>その後、2012 年に改訂</li> <li>目標年次: 2020 年</li> <li>48 項目の指標 (オリジナルバージョンでは 47 個)</li> </ul>	正常な水へのアクセス率: <ul style="list-style-type: none"> <li>2010 年に 52%</li> <li>2012 年現在: 74.2%</li> <li>2020 年に 100% 達成</li> </ul>
National Strategy for transformation and seven (7) Years Government Programme: (NST1)-2017-2024.	<ul style="list-style-type: none"> <li>目標年次: 2024 年</li> </ul>	政府による「7 Years Government Programme」として、「National Strategy for transformation (NST1)」を 2017 年から 2024 に渡る開発方針を提示
CoK M/P (2013) (補足: キガリ市マスタープラン 2013 年版)	<ul style="list-style-type: none"> <li>目標年次: 2040 年</li> <li>人口予測:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>低位シナリオ: 3.5 百万</li> <li>中位シナリオ: 4.2 百万</li> <li>高位シナリオ: 5.0 百万</li> </ul> </li> <li>GDP 予測: RWF 12.29-21.28 十億</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>給水量原単位 (家庭用)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>120 lpcd (都市部)</li> <li>80 lpcd (村落部)</li> </ul> </li> <li>無収水率 (NRW):                             <ul style="list-style-type: none"> <li>30% (2025 年)</li> <li>15% (2040 年)</li> </ul> </li> <li>需要予測値:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>369,000 m<sup>3</sup>/d (2025 年)</li> <li>622,000 m<sup>3</sup>/d (2040 年)</li> </ul> </li> </ul>

名称	主な内容	水道セク1ターに関する主な記述内容
CoK M/P (update 2019) (補足：キガリ市 マスタープラン 2019年改訂版)	<ul style="list-style-type: none"> <li>目標年次： 2050年</li> <li>人口予測： 低位シナリオ： 3.2 百万 中位シナリオ： 3.5 百万 高位シナリオ： 3.8 百万</li> <li>GDP 予測： RWF 12.3-29.8 十億</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>給水量原単位 120 lpcd (都市部) 80 lpcd (村落部)</li> <li>無収水率 (NRW)： 記述無し</li> <li>需要予測値： 573,000 m<sup>3</sup>/d (2050年、高位シナリオの 人口予測値に基づいており、NRW は 含まれていない)であり、そのうち 443,000 m<sup>3</sup>/d (77%)が家庭用、130,000 m<sup>3</sup>/d (23%)が非家庭用</li> </ul>
National Water Supply and Sanitation Master Plans by AfDB (AfDB M/P)	<ul style="list-style-type: none"> <li>目標年次： 2050年</li> <li>(キガリ市における) 人口予測 値： 3.8 百万 (原則 CoK M/P の 2019年改訂版の高位シナリオに 追従)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>給水量原単位： 120 lpcd</li> <li>無収水率 (NRW): 15%</li> <li>需要予測値 (家庭用のみ)： 443,000 m<sup>3</sup>/d (NRW を除く) 509,000 m<sup>3</sup>/d (NRW を含む)</li> <li>汚水量予測値 (家庭用汚水のみ)： 420,000 m<sup>3</sup>/d (家庭用水需要量の 95%)</li> </ul>
Economic Development and Poverty Reduction Strategy II (EDPRS II), 2013-2018 (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>目標年次： 2018年</li> <li>平均 GDP 成長率： 11.5% (2018 年)</li> <li>一人当たり GDP： \$1,240 (2020 年)</li> <li>貧困率： 30% (2018年), 20% (2020 年)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(外部からの汚染、特に人や動物の排 泄物から十分に保護される構造を備 えた、いわゆる) 改善された水源への 200m 以内でのアクセスが可能な、都 市部における世帯数の割合： 86.4% (2012年：ベースライン値) 100% (2018年)</li> </ul>
Water and Sanitation Sector Strategic Plan 2013/14 - 2017/18 (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>目標年次： 2018年</li> <li>2017/2018年までに、水及び衛生 セクターにおける能力開発のため の施策の提示及びその完全な 実施</li> <li>予算： RWF 382.3 十億</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>村落部における給水サービスの普及 を (PPPなどを活用しながら) 2017/2018年までに 100%実現</li> <li>都市部において清浄かつ低廉な水に よる給水サービスの普及を 2017/2018 年までに実現</li> </ul>
National Water Supply Policy Implementation Strategy (NWSPIS) - December 2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>目標年次： 2020年</li> <li>予算： RWF 337 十億</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>改善された水源への 500m 以内での アクセスが可能な世帯数の割合： 47.3% (2015年、EICV 4 のベースラ イン値) 100% (2020年)</li> <li>改善された水源への 200m 以内での アクセスが可能な世帯数の割合： 60.5% (2015年、EICV 4 のベースラ イン値) 100% (2020年)</li> <li>無収水率： 35% (2015年、ベースライン値) 20% (2020)</li> </ul>
Integrated Water Management Policy (IWMP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ルワンダ共和国国内における水 資源の持続的な管理を念頭に置 いた政策</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(林業、湿地管理、農業、その他土 地利用に関する政策との整合を念頭 に置いた上での) 需要と供給両面か らの管理</li> </ul>
Rwanda National Water Resources Master Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>目標年次： 2040年</li> <li>対象区域： ルワンダ全国</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>給水量原単位 都市部： 60/70/80/100 lpcd (2012/2020/2030/2040 の各年) 村落部： 40/60/80/100 lpcd (2012/2020/2030/2040 の各年)</li> </ul>

名称	主な内容	水道セク1ターに関する主な記述内容
Development Plan for Special Economic Zone (SEZ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2011年に作成され、経済特区(SEZ)の運用や、利用者(Player)・デベロッパー・監督官庁(Regulator)の役割等についてのガイドラインを定めたもの</li> </ul>	-
Climate Change Adaptation	<ul style="list-style-type: none"> <li>「Vision 2020」に提示された気候変動の適応に関連する目標を提示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>気候変動による影響として、気温の上昇に伴う影響(水需要の増大や藻類の増加に起因する水質悪化等)について言及</li> </ul>

EICV: Integrated Household Living Conditions Survey  
出典：調査団

## 4 既存水供給システムの現況

### 給水区域と普及率

キガリ市における管路及び管路以外のNST1 (National Strategy for Transformation: 変革のための国家戦略)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%から49%となっている。その他は湧水、または近隣の給水栓や個人井戸を利用していると考えられる。

### 既存の水源

調査対象地域におけるWASACの主要浄水場の水源を表S1.4-1に要約する。

表 S1.4-1 調査対象地域における WASAC の主要浄水場の水源

浄水場	水源	水量面からの所見	水質面からの所見	主な課題
Nzove 1 浄水場	 井戸 (伏流水)	2006年に31本の井戸を掘削。そのうち9本が現在稼働せず。残り22本の井戸からの揚水量は約25,000 m <sup>3</sup> /d。	Nyabarongo 川の水質に比較すれば濁度は低いが、鉄(Fe)やマンガン(Mn)が時折高濃度で検出される。	井戸の維持管理が十分でない。
Nzove 2 浄水場 及び New Nzove 1 浄水場	 河川水 (Nyabarongo 川)	Nyabarongo 川は現状十分な水量が確保されている	Nyabarongo 川では雨天時に濁度が著しく上昇し(場合によっては10,000 NTU超)、取水停止となる場合がある。	高濁度原水の処理のため、浄水処理コストが高い。
Kimisagara 浄水場	 河川水 (Yanze 川)	Yanze 川は小規模下線であり、Nyabarongo 川と比較し、水源として十分な取水量が見込めない。	周辺環境は保護されているため Nyabarongo 川と比較して、水質的には良好。	導水管への土砂流入による閉塞が時折報告されている。



浄水場	水源	水量面からの所見	水質面からの所見	主な課題
Karenge 浄水場	 湖沼水 (Mugesera 湖)	水量に関しては現状十分に確保されている。	季節により水質が変動するが、雨期に濁度が上昇する傾向にある。全窒素、全リン、pHなどに着目すると、富栄養化傾向にあると考えられる。	Karenge 浄水場は Mugesera 湖のほとりのキガリ市東部の市街地から遠い場所に位置している。藻類の存在が水処理上問題を引き起こす要因の一つになっている。
Kanzenze 浄水場		Kanzenze 浄水場付近の氾濫原で実施された試験井 (12 本) における用水試験結果から、井戸一本当たり 1,200 - 1,400 m <sup>3</sup> /day 程度の揚水量が見込める。	河川水に比較して濁度は低い (概ね 100 NTU 以下)。鉄、マンガン、アンモニア態窒素は河川水と同程度。揚水時間の経過とともに、濁度が上昇する傾向にあることが揚水試験結果から示唆されている。	河川水よりは濁度は小さいものの、(伏流水であるため、) 深井戸と比較して水質的には必ずしも良好とは言えない。 Nyabarongo 川沿いの氾濫原は、粘土層が厚く堆積しているため、帯水層としては必ずしも良好とは言えない。

出典：調査団

### 調査対象地域の浄水場

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、Karenge、Kanzenze がある。表 S1.4-2 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。

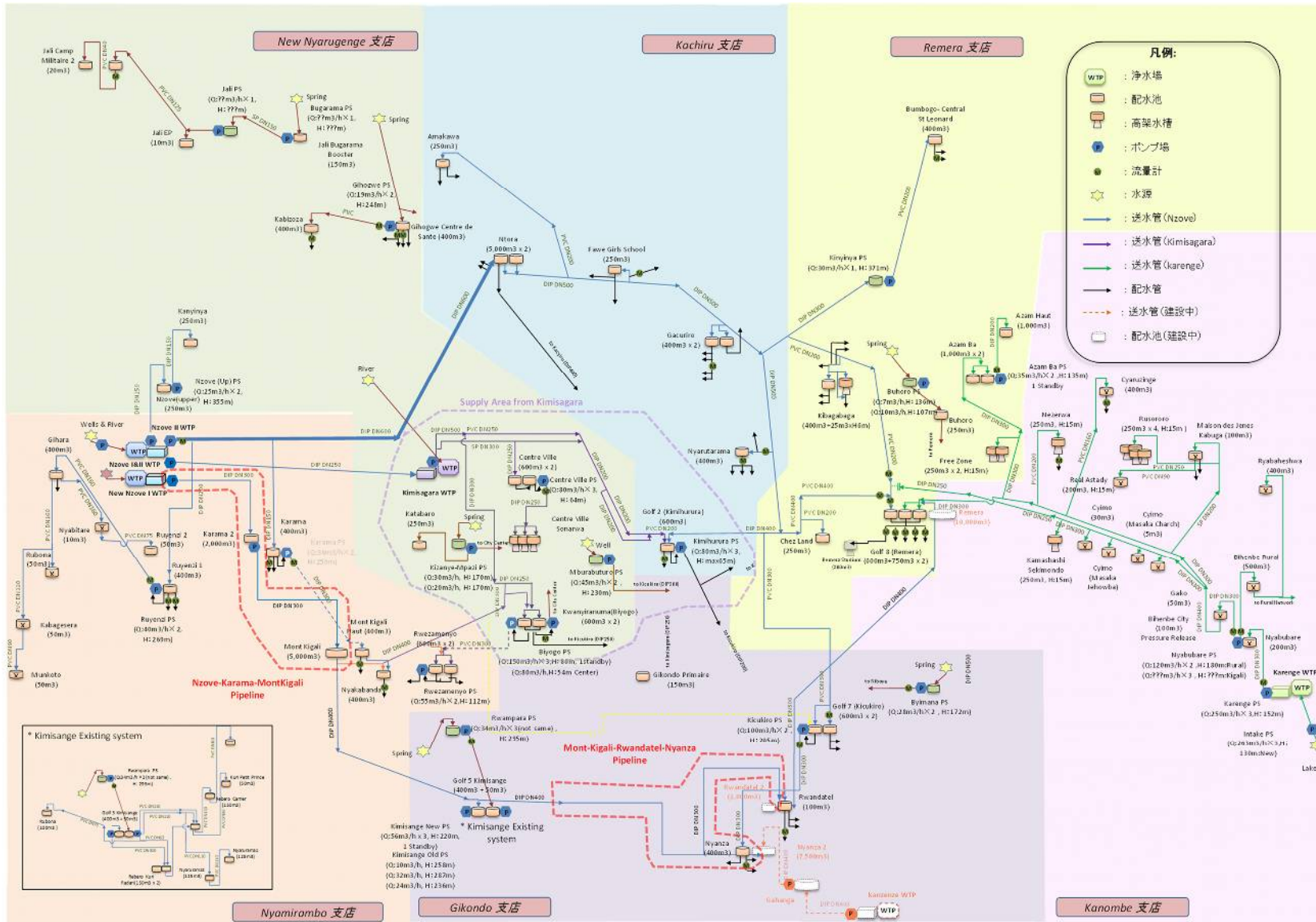
表 S1.4-2 キガリ市の各浄水場概要 (2020 年計画時点)

浄水場		容量 (m <sup>3</sup> /d)	現状	水源	注記
Nzove	Nzove 1	25,000	既設	井戸 (Nyabarongo 川伏流水)	文献によっては 30,000 や 40,000 m <sup>3</sup> /d と表記されている
	Nzove 2	40,000	既設	Nyabarongo 川	-
	New Nzove 1	40,000	既設	Nyabarongo 川	65,000 m <sup>3</sup> /d の容量の沈殿池が建設されている
(25,000)		将来	Nyabarongo 川		
Kimisagara		22,000	既設	Yanze River (a tributary of Nyabarongo River)	-
Karenge		15,000	既設	Mugesera Lake	-
Kanzenze		(40,000)	建設中	Well (infiltrated water of Nyabarongo River)	2020 年半ばに完成
合計容量 (現状)		<b>142,000</b>			-
合計容量 (将来)		<b>207,000</b>			

出典：WASAC

### 調査対象地域の送配水システム

既存の送配水システムを図 S1.4-1 に示す。Nzove 浄水場及び Karenge 浄水場内の送水ポンプを除き、現状 20 か所のポンプ場が調査対象地域内に存在する。



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

図 S1.4-1 既存水道システムの状況

## 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 WASAC の財務状況

### 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 年度の売上見込みを表 S1.5-1 に示す。2019/20 年度の水道収入は、2019 年 2 月の料金改定が寄与し、最高額を記録した。売上利益も同様であった。しかし、減価償却費後の最終損益は赤字であった。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。

表 S1.5-1 損益計算書 (百万 RWF)

損益勘定	2014/15年度	2015/16年度	2016/17年度	2017/18年度	2018/19年度	2019/20年度	2020/21年度 (参考)	
	監査済	監査済	監査済	監査済	監査済	監査前	修正予算	6月-4月実績
1. 売上収入	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. 売上原価	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. 粗利益 =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. その他収入	7,373.8	10,989.8	11,016.8	26,737.1	11,920.0	14,418.2		
5. その他費用								
郡管轄給水事業支援費	3,868.9	9,975.6	9,566.9	24,768.5	8,555.3	14,676.0		
一般管理費	5,323.0	3,163.4	3,532.6	7,059.3	6,001.6	6,160.9		
合計	9,191.9	13,139.0	13,099.5	31,827.8	14,556.9	20,836.9		
<b>6. 減価償却費前営業損益=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>	-	-
7. 減価償却費	3,129.4	3,404.0	3,424.4	3,277.5	3,357.6	2,745.9		
<b>8. 営業損益 =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>	-	-
9. 財務収支								
財務収入	848.4	1,205.1	1,217.8	13.1	25.3	5.4		
財務費用	1,002.7	1,205.1	1,240.9	75.1	577.7	-189.2		
財務損益	-154.3	0.0	-23.1	-62.0	-552.4	194.6		
10. 引き当て	戻し入れ	0.0	596.5	0.0	0.0	0.0		
<b>11. 税引き前損益 =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>	-	-
12. 税金	(-) 繰延税金	-285.9	-459.6	275.1	155.1	281.2	0.0	
<b>13. 当期損益 =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>	-	-

出典：WASAC 財務諸表および予算

### 貸借対照表

WASAC の貸借対照表を表 S1.5-2 に示す。

表 S1.5-2 貸借対照表 (百万 RWF)

貸借勘定		2014/15年度	2015/16年度	2016/17年度	2017/18年度	2018/19年度	2019/20年度	
		監査済	監査済	監査済	監査済	監査済	監査前	
資産	流動	現預金	2,966.9	4,324.5	3,791.2	1,360.5	5,236.2	1,098.7
		棚卸資産	7,461.1	7,362.2	7,328.8	4,631.5	4,386.1	3,320.7
		未収入金他	6,834.9	8,764.8	11,028.2	8,392.3	24,121.0	18,458.5
		合計	17,262.9	20,451.5	22,148.2	14,384.3	33,743.3	22,877.9
	固定	施設・機械器具・備品	47,152.1	50,793.6	52,226.3	52,139.9	52,152.5	49,167.1
		未完成工事費	5,002.3	17,299.5	24,421.3	13,019.9	32,669.9	0
		無形資産	512.5	441.3	697.6	726.5	629.3	620.0
		コンセッション契約資産	16,098.8	21,201.8	22,896.4	22,896.4	50,475.7	22,968.3
		合計	68,765.7	89,736.2	100,241.6	88,782.7	135,927.4	72,755.4
		<b>資産合計</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>95,633.3</b>
負債	流動	未払い金他	2,794.3	12,360.2	22,210.9	17,722.4	8,140.8	17,542.8
		繰延収益および税金	6,068.5	17,288.2	21,008.1	12,123.5	37,378.4	6,039.0
	固定	銀行借入金 (10年)	0	0	0	0	12,204.9	11,089.7
		AfDB借款	0	0	0	0	16,924.2	0
		コンセッション契約負債	16,098.8	21,201.8	22,896.4	22,896.4	50,403.7	22,896.4
		他	0	0	0	545.9	332.5	545.9
	合計	22,167.3	38,490.0	43,904.5	35,565.8	117,243.7	40,571.0	
	<b>負債合計</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>	
資本	資本金	50,000.0	50,000.0	51,621.7	51,621.7	51,621.7	51,621.7	
	積立金	内部留保	-514.3	-2,546.1	-5,563.8	-11,461.3	-16,444.6	-23,216.7
		分社化留保金	11,581.3	11,883.6	10,216.5	9,718.4	9,109.1	9,114.6
	Total reserve	11,067.0	9,337.5	4,652.7	-1,742.9	-7,335.5	-14,102.1	
	<b>資本合計</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>負債および資本の合計</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。
- 未収入金 (Receivables and others) : 主に顧客の水道料金未払いである。前年まで減少傾向にあったが、2019年2月の水道料金改定が一因となり2018/19年度は大きく増加した。
- 固定資産 : 資産額はここ5年間殆ど変わらない。
- 長期借入金 (Long-term borrowings) : WASAC初の銀行借り入れであり、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、銀行コミットライン170億RWF、期間10年、金利15%である。
- 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。

## 6 実施中プロジェクト

キガリ市水道に関連するプロジェクトは、表 S1.6-1 に示すとおり5件が実施中である。

表 S1.6-1 実施中プロジェクトリスト

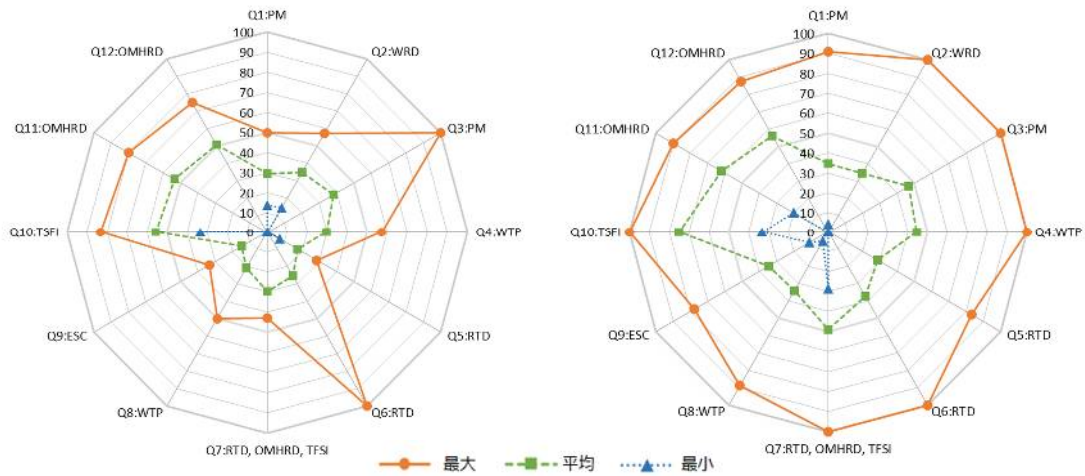
No.	Name of the Project	Investor/Contractor
1	Rwanda Sustainable Water and Sanitation Program (Sub-project: the Design Rehabilitation, Upgrading and Extension of Water Supply Network in the City of Kigali and Peri-urban areas)	AfDB/China Railway
2	New Nzove 1 Project	WASAC/Culligan
3	Kigali Bulk Water 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

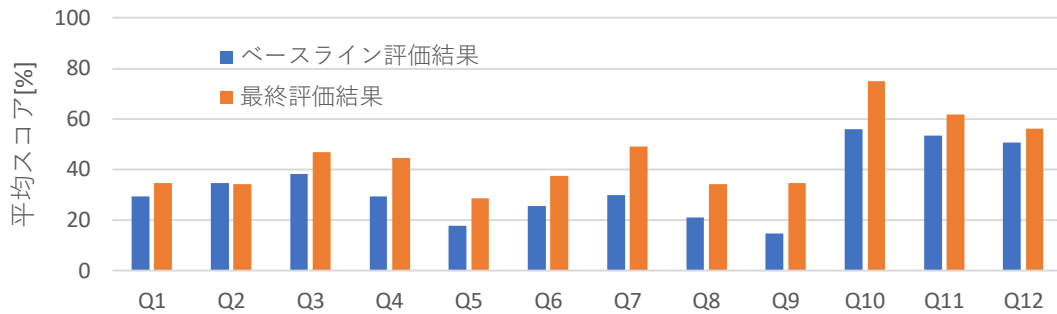
## 7 能力開発

本調査団は、2019年4月に本調査におけるワーキング・チームのメンバーであるWASACスタッフに対して、プロジェクト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、プロジェクト完了間近の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。

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 S1.7-1 に示す。



(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 S1.7-1 評価スコア

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、本調査団との 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。

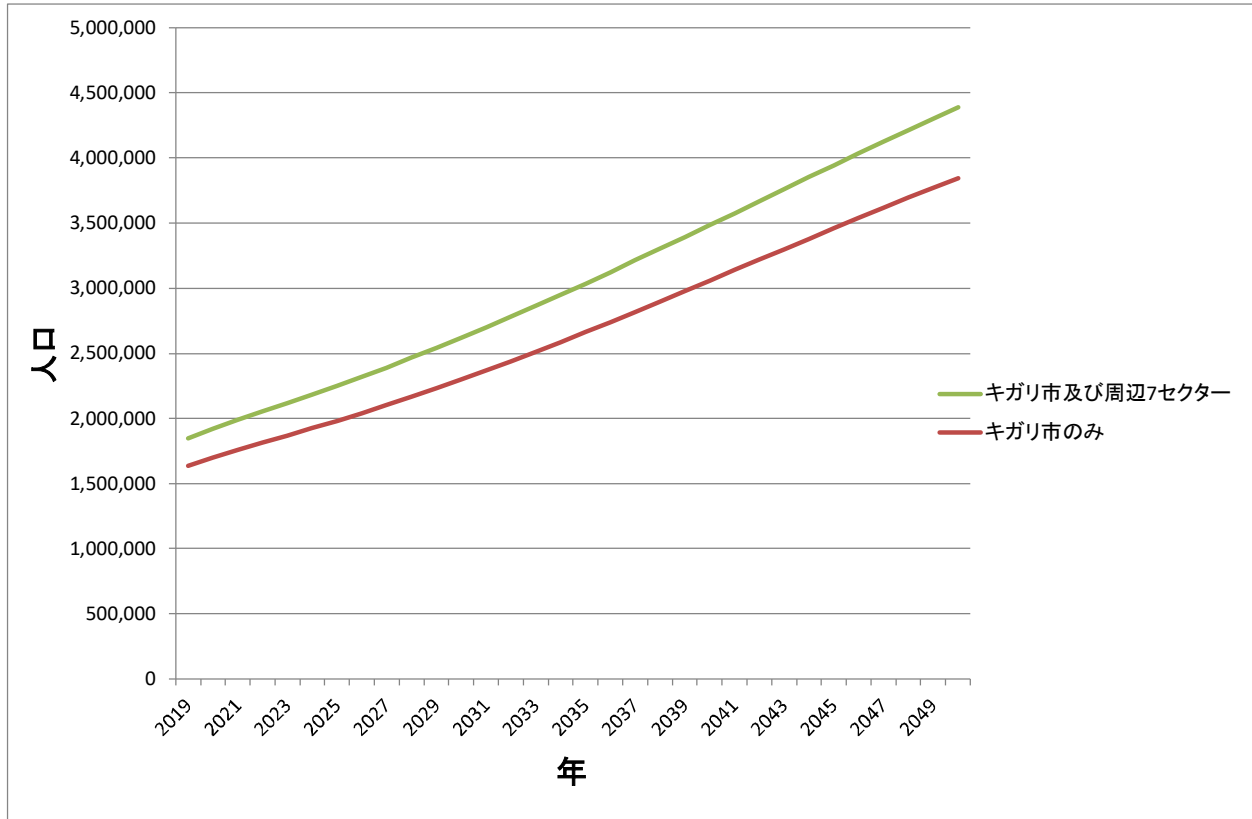
## 8 将来人口と水需要

### キガリ市の開発・発展動向

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)では、キガリ市内の人口予測は、低位・中位・高位のうち、高位増加シナリオを採用している。また、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の開発が進行すると予測している。

### 人口

CoK M/Pに基づいて、調査対象地域における人口は、図 S1.8-1に示すように現況(2019年)の人口を約1.8百万人と設定し、2050年までに4.4百万人に増加するものと設定している。



出典：調査団

図 S1.8-1 調査対象地域における人口予測

### 計画給水量原単位の設定

CoK M/P やアフリカ開発銀行 (AfDB) の支援の下で実施されている全国上下水道マスタープラン (以下、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た：

- 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

### 水道サービスレベル

ルワンダ共和国政府は現在国の開発方針を定める Vision 2050 に関して、MINECOFIN 大臣が 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共和国国民に提供することを目指すとして述べている。

これに従い、本調査における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。すなわち：

- 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普及率 16% は直線的に減少し、2050 年には廃止され

る（0%となる）。

### 非家庭用水使用量の設定

非家庭用水使用量の算定にあたっては、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}。

### 無収水（NRW）

WASAC の「5 Years Strategic Plan for the NRW Reduction」に基づいて、無収水率の削減目標を表 S1.8-1 のように設定している。なお、NRW の構成要素のほとんどが漏水であり、水需要予測上は NRW 率をもって漏水率と見做すこととした。

表 S1.8-1 2050 年までの無収水率削減目標

	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
無収水率	35%	25%	24%	23%	22%	21%	20%

出典：調査団

### 負荷率（季節的ピークファクター）

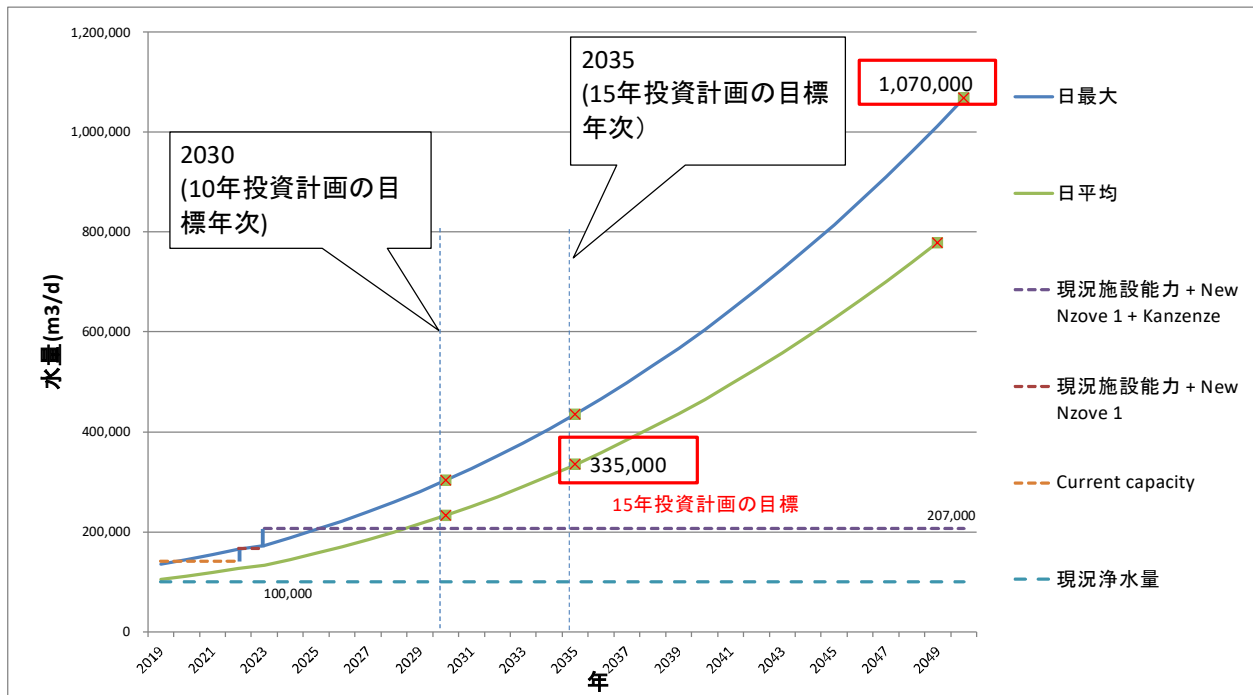
季節的ピークファクターは、日最大給水量と日平均給水量の比（その逆数は負荷率）として表され、浄水施設の規模の設定に使用される。キガリ市広域地域の浄水場における運転維持管理記録を参照し、キガリ市広域上水道マスタープランにおける負荷率は 0.77（＝季節的ピークファクター1.3）と設定し、日最大給水量を算定している。なお、この値は計画年次にわたって一定であると仮定して需要予測を行っている。

### 水需要予測結果と目標値

図 S1.8-2 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。需要予測結果に基づき、キガリ市広域上水道マスタープランの施設計画の方向性は、以下のような方針としている：

- 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（キガリ市広域上水道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。





出典：調査団

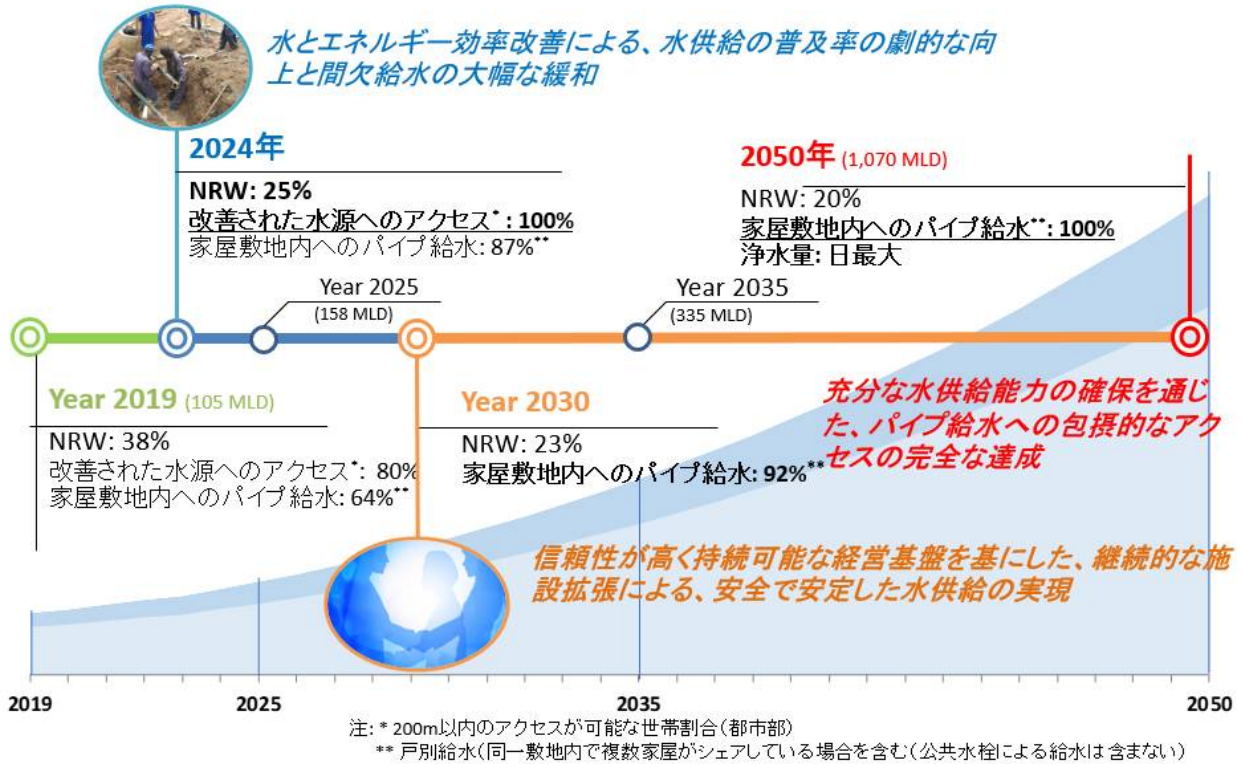
図 S1.8-2 水需要予測値と施設計画の目標値

### 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実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のとおりである (図 S1.8-3)。

- 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 S1.8-3 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

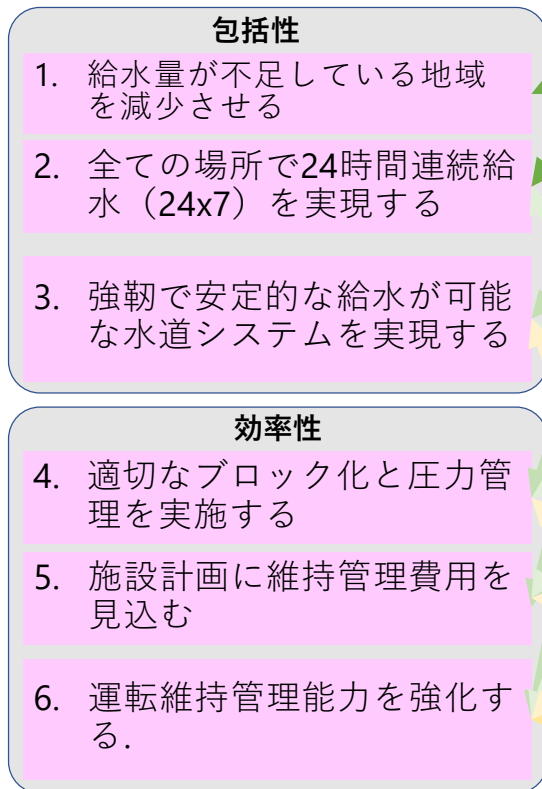
### キガリ市広域上水道マスタープランの戦略

現存施設、財務状況、実施中プロジェクト、WASAC の現在能力等に関する現状分析及びその課題に対して、その戦略や可能な解決法を図 S1.8-4 に示す。

## 現状の課題

1. 特に市南東部で著しい給水量不足が生じている
2. 不適切な配水システムにより、局地的な配水圧不足や間欠給水を余儀なくされている
3. 老朽管や不適切な管路・弁類の配置により、漏水や断水が生じているとともにその影響範囲が大きくなっている
4. 不適切な圧力管理により、局地的な高水圧エリアが生じていることに加え、エネルギー消費の非効率を招いている
5. WASACはNRW削減に向けた努力を積極的に行っているが、目標値を達成するだけでなく一旦削減したNRW率を維持するには多大な労力が必要である

## 戦略



## 可能な解決法

- A) 水供給能力を拡張する（水源及び浄水場）
- B) 安定的給水と圧力管理を念頭に置いて配水池容量を増強する
  - 容量不足の配水池容量を増強する
  - 圧力を適正範囲内にコントロールする
  - 24時間連続給水できるモデルゾーンを構築する
  - エネルギー効率の観点からの配水エリアの最適化
- C) 管路の集中的な更新及び安定性と強靱性を強化するための方策を実施する
  - 漏水多発管路の更新を実施する
  - 漏水による断水影響範囲を局所化するための弁類の適切な場所へ設置する
  - 減圧弁を適切な位置に設置する
  - 管路計画にあたっては、適切な期間（例：40～60年程度）の維持管理費用を見込む
- D) 流量と水圧の監視・制御を目的としたSCADAシステムの構築をする
- E) NRW削減の取り組みの促進と継続を行う
  - NRW削減活動のためのスタッフと予算の手当てを行う

出典：調査団

図 S1.8-4 水道施設整備のための戦略

### 組織開発の取り組み

キガリ市広域上水道マスタープランを実現するため、以下に示すような観点での組織強化策が必要と考えられる。

- 本部組織の能力強化
  - 水資源管理セクションの機能強化
  - データ管理セクションの新規設立
  - 給水管接続に関する業務の質の向上
  - 無収水削減活動の強化
  - プロジェクト管理と請負業者の監督能力の強化
  - 環境社会配慮と広報活動に関する能力強化
  - GIS データ管理能力の強化
  - 財務・経理に関するデータ管理能力の強化
  - 支店職務の明確化
  - キガリ市東地区への新支店設立を含めた、新たな支局組織の設立
- 浄水場の維持管理及び水質管理（QA/AC）に関する能力強化
- 職員能力開発のためのトレーニング
- 事業体運営の効率化のための能力強化

## 9 水資源開発計画

現在の給水能力は 237,350m<sup>3</sup>/日であり、この量では調査対象地域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 S1.9-1 に示す。

表 S1.9-1 2050年までの新規水源

	水源	場所	供給水量	原水量	開発水量 (m <sup>3</sup> /day)		備考
			m <sup>3</sup> /day	m <sup>3</sup> /day	2035	2050	
表流水	河川	Nyabarongo 川	25,000	25,000	25,000		Nzove での直接取水 *
		Nyabarongo 川と Akagera 川(2035年まで)	100,000	110,000	110,000		コンテインジェンシー・プラン**
		Nyabarongo 川と Akagera 川(2050年まで)	380,000	418,000		418,000	取水地点は未定**
	(ダム)	Nyabarongo, Akanyaru	(200,000)				取水地点は未定、追加調査要**
		Nyabarongo (Butamwa)	(130,000)				サイトは Nyabarongo II Multi-purpose 調査で提案されている***
	湖沼	Mugesera	(33,000)	(36,000)			取水施設の拡張が必要
		Mugesera	50,000	55,000		55,000	
地下水 (氾濫原)	井戸	氾濫原 (Akagera)	80,000	88,000	88,000		Masaka と Gahanga を想定
		氾濫原 (Nyabarongo)	40,000	44,000		44,000	Nzove
		氾濫原 (Nyabarongo and Akagera)	160,000	176,000		176,000	Rutonde, Kanzenze, Gahanga
地下水 (氾濫原以外)	井戸及び湧水	遠隔地域の小規模給水	5,000	5,000	5,000		Jali, Rutunga, Gikomero****
		遠隔地域の小規模給水	10,000	10,000		10,000	

水量 amount(m <sup>3</sup> /day)	850,000	931,000	228,000	703,000
--------------------------------	---------	---------	---------	---------

出典：調査団

EDCL (Energy Development Corporation Limited) によって実施された フィージビリティスタディ (Nyabarongo II Multipurpose Development Project) では Butamwa ダム (ダムは Butamwa 浄水場の水源として原水を供給する) の計画が言及されている。しかしながら Butamwa 浄水場は送水と配水の観点から地理的に不利であり、また将来の水質に対するリスクが懸念されるため、マスターシナリオ 2050 から意図的に除外された。このため、この水資源開発計画では、この量は暫定的な水源としてのみ考慮された。

\* 水量は RWB (前 RWFA) からの聞き取りによる。(取水許可量)。

\*\*氾濫原での地下水開発による水源が利用できない場合の緊急時対応計画。使用しない場合、水量は 2050 年の水源開発に転用される。

\*\*\*「ダム」に分類されている水量は、「河川」の「Nyabarongo 川と Akagera 川(2050年まで)」に表示されている水量に含まれる。

\*\*\*\*地域については 7 章のマスターシナリオで説明。

## 10 社会経済調査

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することを目的として、社会経済調査を実施した。調査の結果から導き出された提言は以下のとおりである。

- 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が増える可能性がある。WASAC の収入を増やす比較的に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が、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。

## 11 戦略的環境アセスメント (SEA)

戦略的環境アセスメント(SEA)は以下を達成する目的で実施された。

- キガリ市広域上水道マスタープランに使用するマスターシナリオ、および同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。
- 同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。

SEA により得られた主な知見は以下の通りである。

- 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 ESIA 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、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 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 年投資計画の基礎ともなるものである。

### 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、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、浄水処理プロセスの最良の組み合わせについて技術的側面から比較検討を行った。

### 2025 年マスターシナリオ

2025 年のマスターシナリオは図 S1.2-1 に示すとおりである。マスターシナリオシミュレーションは、NRW を 25% とした予測水需要に基づいて計画されている。

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 と 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。

実施中並びに実施される具体的なプロジェクトは表 S1.12-1 のとおりである。

表 S1.12-1 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

実施中プロジェクト	
Nzove 1 浄水場のリハビリ	+23,000 m <sup>3</sup> /d (17,000 から 40,000 m <sup>3</sup> /d に改善)
New Nzove 浄水場の拡張	+25,000 m <sup>3</sup> /d (40,000 から 65,000 m <sup>3</sup> /d に拡張)
Karengé WTP のリハビリ	+3,000 m <sup>3</sup> /d (15,000 から 18,000 m <sup>3</sup> /d に改善)
2025 年に向けての新規施設: +20,000 m <sup>3</sup> /day (調査対象地域における施設能力合計: 247,000 m <sup>3</sup> /day)	
Masaka 浄水場及び送水施設	+20,000 m <sup>3</sup> /d
NRW 削減対策	フェーズ 1 及び 2

出典：調査団





## 2035年マスターシナリオ

2035年のマスターシナリオは、図 S1.12-2 に示すとおりである。また、2025年以降 2035年までに新規に追加される施設は表 S1.12-2 のとおりである。

表 S1.12-2 2025年以降 2035年までに新規追加される施設

2035年に向けての新規施設: +98,000 m <sup>3</sup> /d	
Gahanga 浄水場	+40,000 m <sup>3</sup> /d (新規)
Masaka 浄水場	+20,000 m <sup>3</sup> /d (2025年までに整備される分と合わせての合計: 40,000 m <sup>3</sup> /d)
Karenge 浄水場	+36,000 m <sup>3</sup> /d (拡張とリハビリ)
小規模水供給システム	+5,000 m <sup>3</sup> /d (Rutungu, Gikomero 等の村落エリア)
上記に係る送配水管路: NRW 削減対策 (フェーズ 3 から 5)	

出典: 調査団

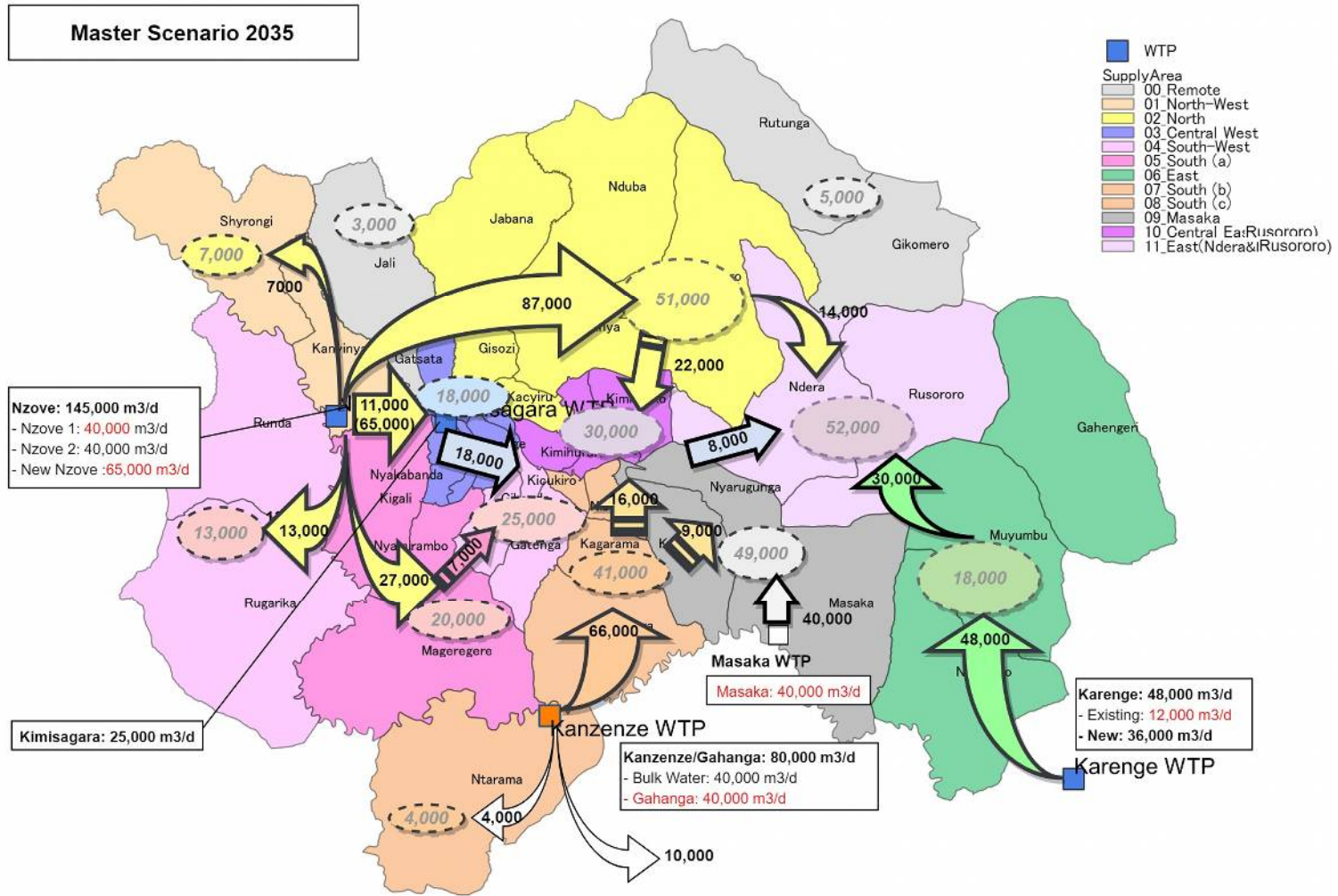


図 S1.12-2 2035年マスターシナリオ

出典：調査団

## 2050年マスターシナリオ

2050年のマスターシナリオでは、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。2035年以降2050年までに必要とされる新規施設を表S1.12-3に、2050年までのマスターシナリオを図S1.12-3に示す。

表 S1.12-3 2050年までの長期に必要な新規施設

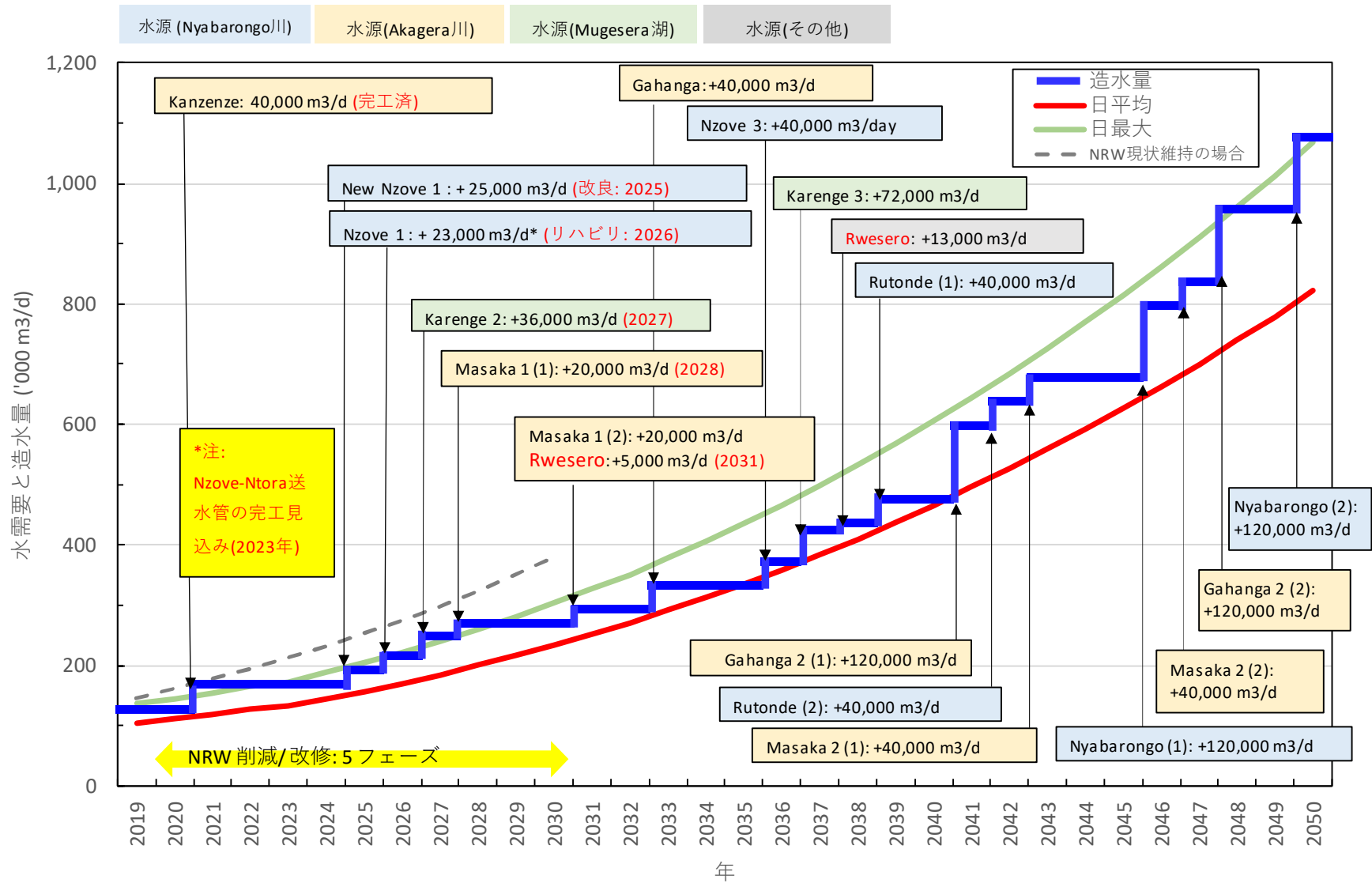
長期（2050年）に向けての新規施設: +754,000 m <sup>3</sup> /d	
Nzove 3	+40,000 m <sup>3</sup> /d (新規)
Rutonde	+80,000 m <sup>3</sup> /d (新規)
Nyabarongo	+240,000 m <sup>3</sup> /d (新規)
Gahanga 2	+240,000 m <sup>3</sup> /d (新規)
Masaka 2	+80,000 m <sup>3</sup> /d
Karenge	+50,000 m <sup>3</sup> /d
小規模上水道システム	+10,000 m <sup>3</sup> /d (キガリ市から離れた村落部)
上記に係る送配水管路	

出典：調査団



### マスターシナリオの実施

マスターシナリオ実施に係る、ロードマップとしての需給バランスを図 S1.12-4 に示す。



出典: 調査団

図 S1.12-4 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

## 浄水施設

2050年に向けて建設される浄水施設を表 S1.12-4 に示す。

表 S1.12-4 2050年に向けて建設される浄水場

施設名	内容
既設の施設: 162,000 m <sup>3</sup> /d <sup>*1</sup>	
建設中の施設: +65,000 m <sup>3</sup> /d (合計: 227,000 m <sup>3</sup> /d) <sup>*2</sup>	
2025年までの追加施設: +20,000 m <sup>3</sup> /d (合計: 247,000 m <sup>3</sup> /d) <sup>*3</sup>	
2025年以降 2035年までの追加施設: +98,000 m <sup>3</sup> /d <sup>*4</sup>	
Gahanga 浄水場	+40,000 m <sup>3</sup> /d (新規)
Masaka 浄水場	+20,000 m <sup>3</sup> /d (合計: 40,000 m <sup>3</sup> /d)
Karenge 浄水場	+36,000 m <sup>3</sup> /d (拡張+リハビリ)
小規模上水道システム	+5,000 m <sup>3</sup> /d (Rutungu, Gikomero 等の村落部)
上記に係る送水・配水施設	
長期 (2050年に向けての新規施設) +754,000 m <sup>3</sup> /d	
Nzove 3	+40,000 m <sup>3</sup> /d (新規)
Rutonde	+80,000 m <sup>3</sup> /d (新規)
Nyabarongo	+240,000 m <sup>3</sup> /d (新規)
Gahanga2	+240,000 m <sup>3</sup> /d (新規)
Masaka2	+80,000 m <sup>3</sup> /d
Karenge	+50,000 m <sup>3</sup> /d
小規模上水道システム	+10,000 m <sup>3</sup> /d (キガリ市から離れた村落部)
上記に係る送配水管路	

\*1: Nzove 120,000 m<sup>3</sup>/d (リハビリを含む)、 Kimisagara 22,000 m<sup>3</sup>/d、 Karenge 15,000 m<sup>3</sup>/d、及び小規模水道システムの水源として 5,000 m<sup>3</sup>/d

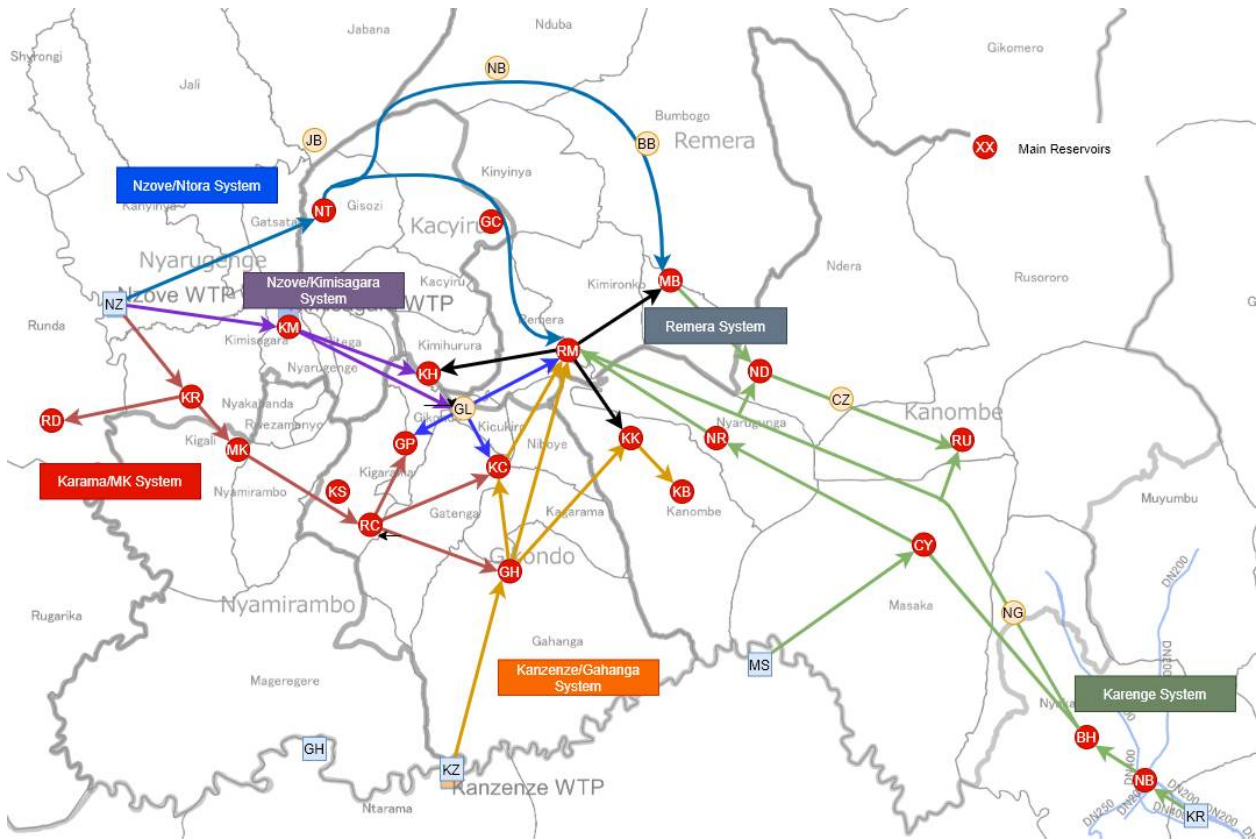
\*2: Kanzenze (Kigali Bulk 給水プロジェクト) 40,000 m<sup>3</sup>/d (Bugesera Airport (本調査の対象区域外) の需要 (10,000m<sup>3</sup>/d)を含む)。

\*3: Masaka 浄水場 20,000 m<sup>3</sup>/d

出典: 調査団

## 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 S1.12-5 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、Karenge-Masaka、Remera がある。これらへの投資はすべて、表 S1.12-5 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。



注: 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 Karenge), MB; Masoro-bas, ND; Ndera, RU; Rusororo, MS; Masaka, NR; Nyarugunga, KK; Kanombe Rwimbogo KB; Kanombe Busanza

出典: 調査団

図 S1.12-5 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 S1.12-5 送水管ルートとその建設形態

送水システム	内容	拡張事業の枠組み
The Nzove/Ntora	本システムは Nyabarongo 水源のうち、Nzove 浄水場およびその上流に建設されうる新規浄水場を水源とする。浄水は Mount-Jali システムおよび Kanyinya・Shyolongi 方面への分岐を除き、全て Ntora 配水池に送水される。 この送水システムは Kacyiru 支店、Nyarutarama 支店、Remera 支店の給水区域全体および Kimironko 支店の給水区域の一部に給水する。Ntora 配水池以降の主要な送水支管として、Nduba・Bumbogo セクター方面に送水する北部幹線が含まれる。	進行中: 北部幹線、中央北部 (JICA 無償)  将来拡張: 2040 以降 Nyabarongo 浄水場 (240,000 m <sup>3</sup> /day 2 フェーズ) 拡張に合わせて整備
Karama/MK	本システムは Nyabarongo 水源のうち、Nzove 浄水場およびその上流に建設されうる新規浄水場を水源とする。浄水は Karama ポンプ場を経由して Mont Kigali(MK)配水池に揚水される。送水の多くは Kimisange 配水池・ポンプ場、Nyanza 配水池に給水され、Kicukiro 配水池に到達する。この送水システムは、Rwezamenyo から CBD に至る人口密集地域へのバックアップ給水システムであるが、エネルギー効率は低い。Karama ポンプ場からは西側の Runda・Rugarika セクターに給水される。	進行中: Karama 配水池～Runda・Rugarika セクター  将来拡張: 2040 以降 Nyabarongo 浄水場 (240,000 m <sup>3</sup> /day 2 フェーズ) 拡張に合わせて整備

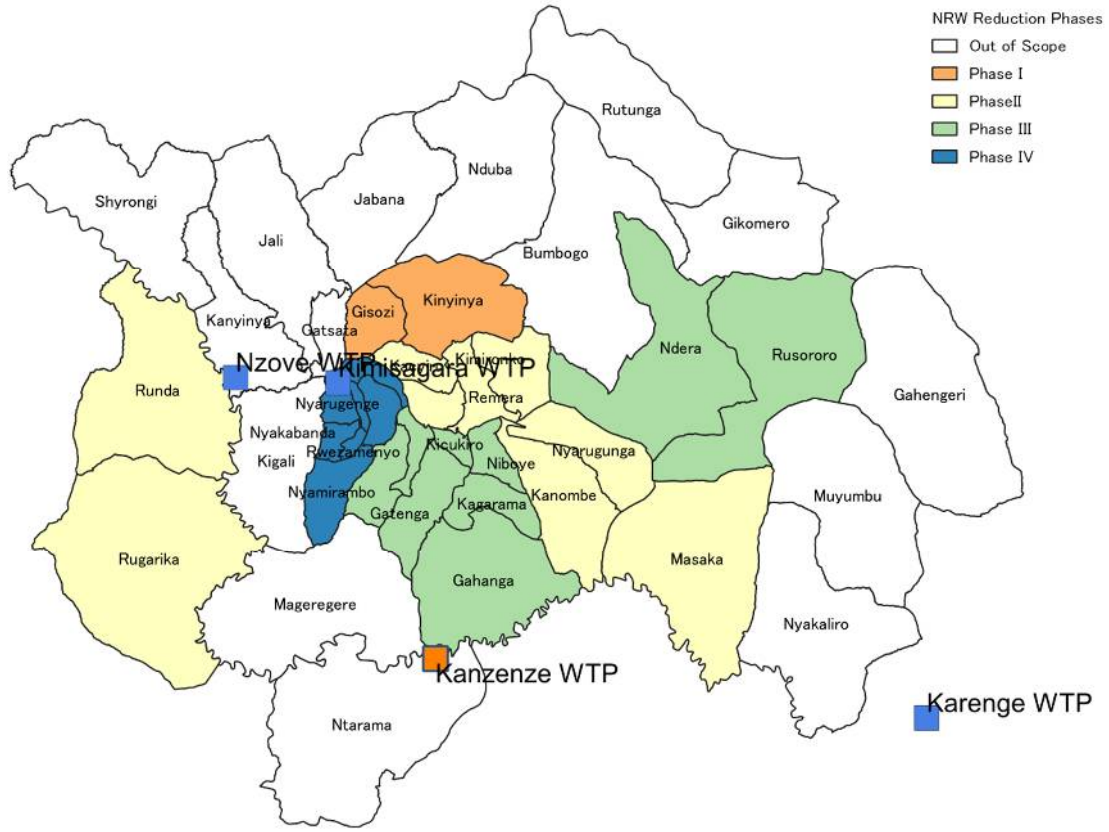


送水系統	内容	拡張事業の枠組み
Nzove/Kimisagara	Kimisagara 浄水場 (Yanze 川水源) を主要な水源とし、2020 年時点では Nzove 浄水場からの送水も受水している。主要な水源は (Yanze 川水源の拡張が見込めないという前提において)、Central Main からの送水を介した Nzove-Nyabarongo 水源に切り替えていく。	将来拡張： 2036 までに Nzove 3 浄水場・Rutonde 浄水場の拡張に合わせ、 <u>中央幹線</u> として整備
Kanzenze/Gahanga	Kanzenze 浄水場から Kicukiro 配水池, Remera 配水池, Kanombe-Kabeza 配水池および Busanza に至る送水系統。本送水系統は、将来 Gahanga 浄水場の開発に伴って、Gahanga セクター低区の新空港ゲートウェイ区域の給水を担う送水系統の異端となる。	進行中：Kanzenze 浄水場整備に合わせ整備。 将来拡張： <u>Gahanga 浄水場 (2032 年まで)</u> 、および、 <u>Gahanga2・3 拡張 (240,000 m<sup>3</sup>/day 2 phases、2040 年まで)</u> に合わせた整備
Karenge/Masaka	Karenge 浄水場 (水源：ムゲセラ湖) から送水している既存の Karenge I および II 送水ルートであり、将来拡張・リハビリが必要な路線である。Ndera, Rusororo およびレメラに至る北側ルート(Karenge II) および周辺村落部セクター(Nyakaliro, Muyumbu および Gahengeri)への路線はカレンゲ浄水場の拡張と同時に整備される必要がある。南側ルート(Karenge I) は Masaka 浄水場の整備および, Nyarugunga・Rusororo セクターの一部への給水拡張と協調し整備する必要がある。	将来拡張： <u>Karenge 2 浄水場拡張整備に合わせ Karenge II 路線の整備</u> 、および、 <u>Karenge 3 浄水場拡張に合わせ Karenge I 路線の整備</u> 。
Remera	Remera 配水池 (Golf 8) から基幹配水池 (Kicukiro 配水池, the Kimihurura 配水池, Kimironko 配水池、Masoro-bas 配水池および西側給水区域 (Ndera 配水池) への送水系統。	将来拡張： <u>Kacyiru 南側および Kicukiro 区間の無収水削減事業</u> に合わせた整備

出典：調査団

### 無収水削減のための段階的リハビリ計画

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 の既存配管が含まれており、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 S1.12-6 に示す。



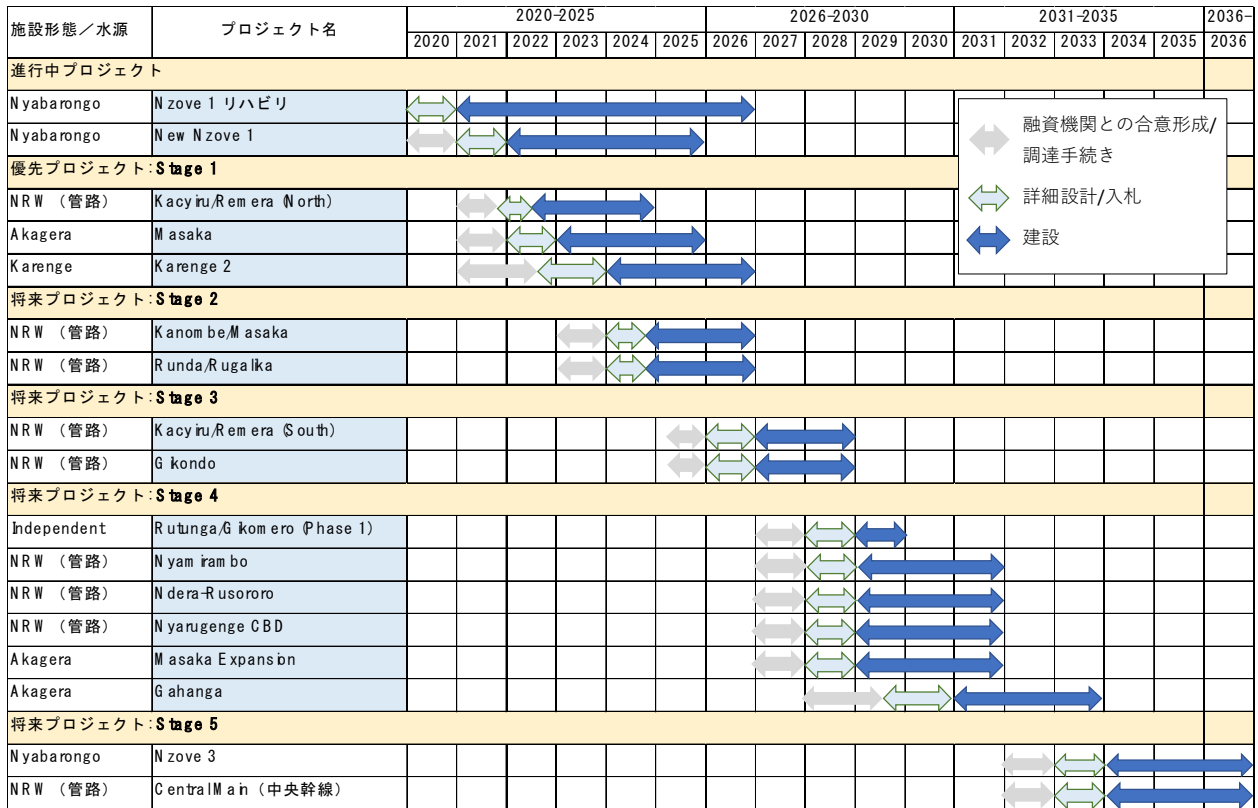
出典：調査団

図 S1.12-6 無収水削減プロジェクトのフェージング・スキマティック図

### 13 15年投資計画

#### 15年投資計画

図 S1.13-1 に示すとおり、15年投資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。

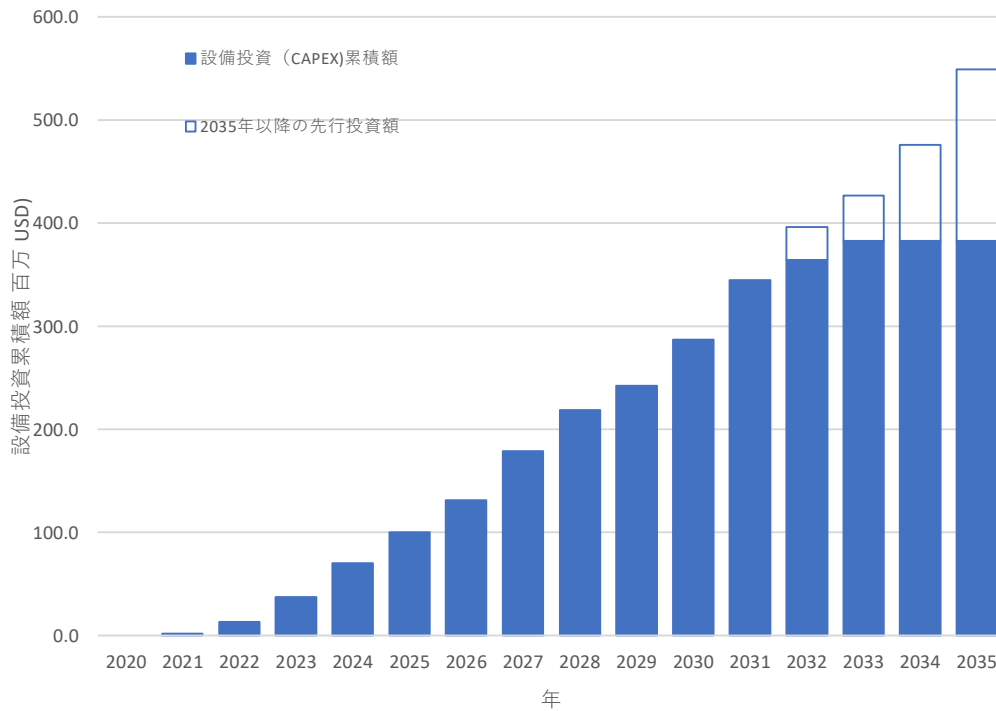


出典：調査団

図 S1.13-1 15年投資計画コンポーネントの実施計画

#### 初期投資コスト (Capex)

図 S1.13-2 に示すように、15年投資計画の推定年間投資額は2021年から2035年の期間で34.3百万USD/年である。2035年の目標に必要な資本は443百万USD(2037年までに完了する必要がある先行投資を含む場合585百万USD)と算定された。

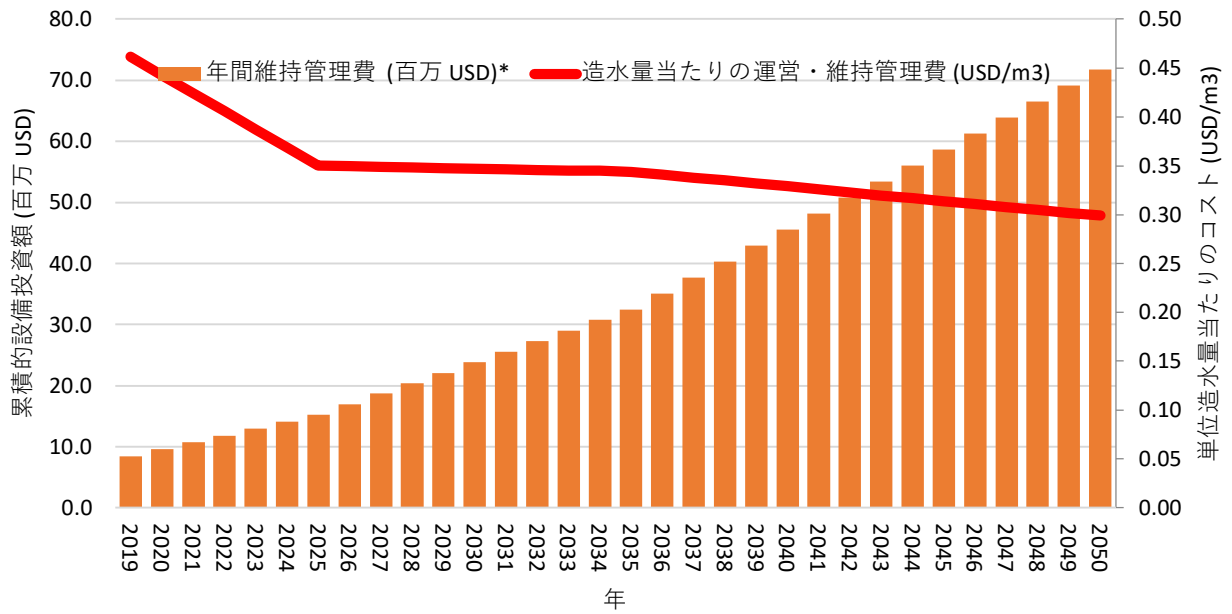


出典：調査団

図 S1.13-2 15年投資計画における累計投資額

### 運用コスト (Opex)

図 S1.13-3 に示すように、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、USD 0.30 / m<sup>3</sup> まで削減される可能性がある。



出典：調査団

図 S1.13-3 2050年までの年間運転費用

2050年までのプロジェクトごとの投資額を表 S1.13-1 に示す。

表 S1.13-1 15年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。

## 優先プロジェクト

プロジェクトの最終候補リストは、表 S1.13-2 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。

表 S1.13-2 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

優先度	プロジェクト内容	注 (想定される資金源)
1	圧力管理や管路更新を含めた NRW 削減プロジェクト	一部を日本側による無償資金協力で実施予定である
2	Masaka 水道システム (浄水場や送配水施設含む) の新設	未定
3	Karenge 水道システム (浄水場や送配水施設含む) のリハビリ・拡張	ハンガリー政府が興味を示している
4	水資源の持続的な活用や水道施設の維持管理能力向上を含めた技術協力	日本側による技術協力が想定される
-	中央送水幹線管路の建設	緊急的な必要性については WASAC として理解はしているが、予算や土地収用等の難しさから将来の整備でありペンディングとしたい意向を WASAC は持っている

出典：調査団

## 14 15年投資計画の経済評価および財務評価

### 経済評価

15年投資計画に対する経済評価の結果、EIRR は資本の機会費用を上回ることから、プロジェクトは経済的に妥当であると判断される。

- 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

### 財務評価

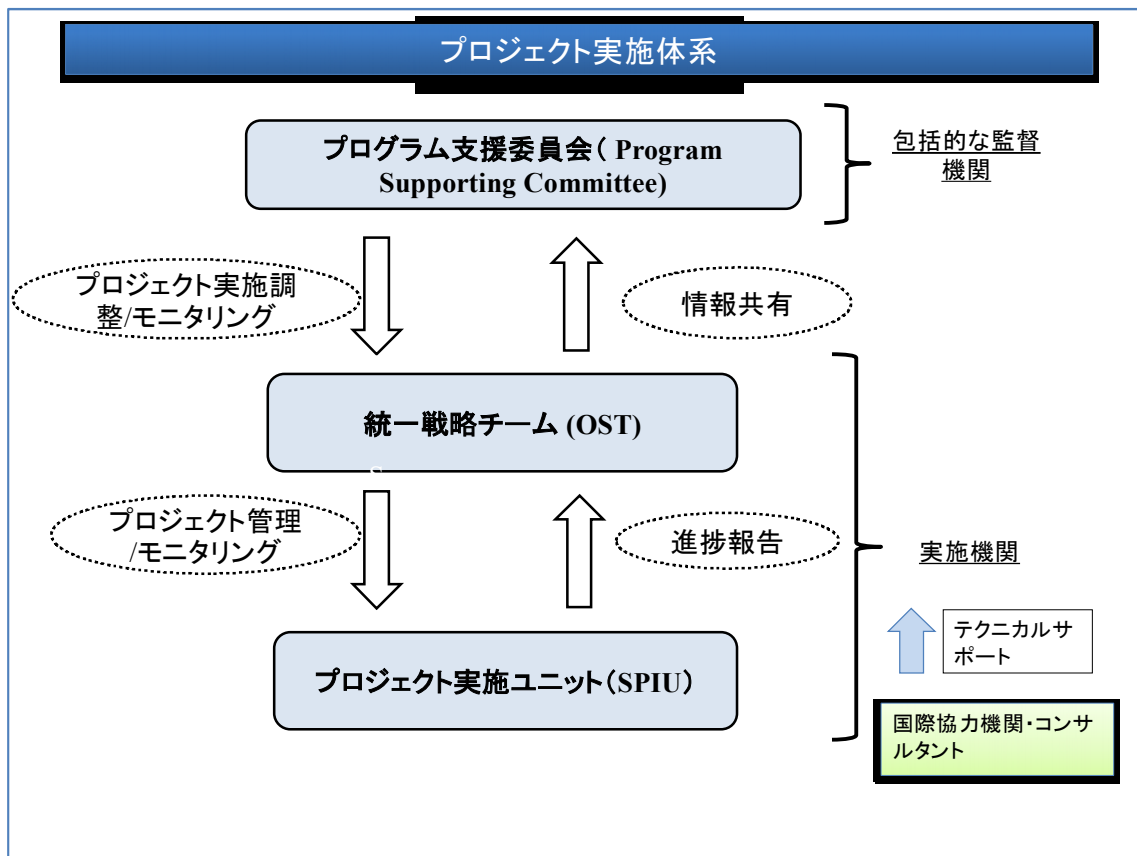
財務評価の結果、FIRR は下記のように資本の機会費用を上回ることから、プロジェクトは財務的に妥当であると判断される。

- 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

## 15 プロジェクト実施戦略

### 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、新しいプロジェクト委員会 (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図 S1.15-1 に示す。



出典：調査団

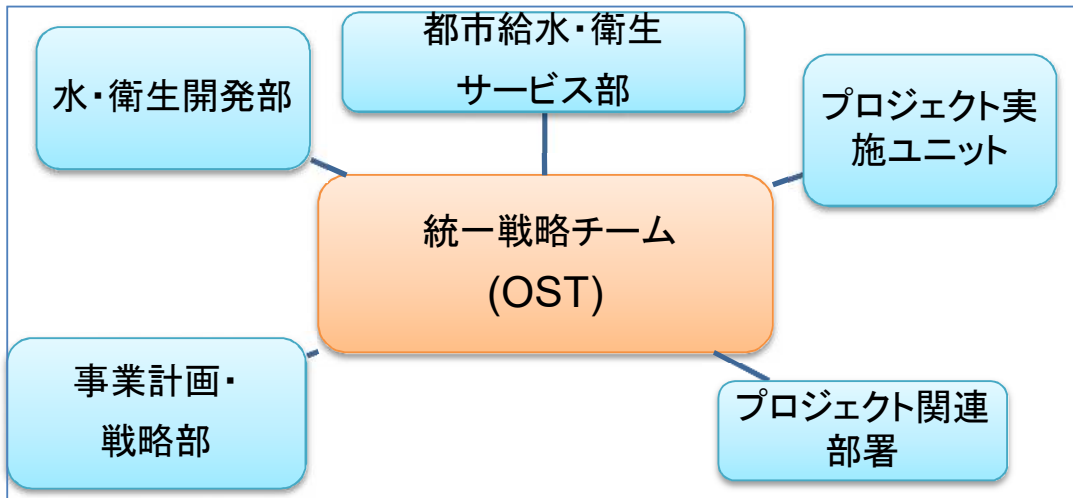
図 S1.15-1 プロジェクト実施体系

### 統一戦略チーム One Strategic Team (OST) の設立

OST 統一戦略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、図 S1.15-2 に示すように、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。



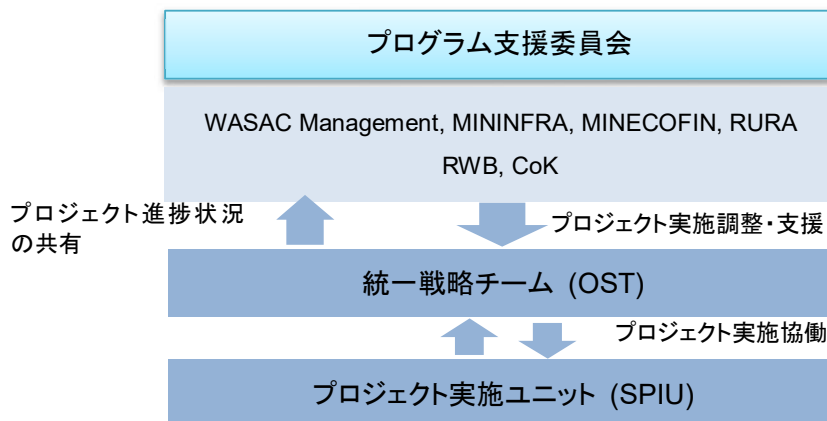


出典：調査団

図 S1.15-2 統一戦略チームの編成

**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**

キガリ市広域上水道マスタープランで作成された 15 年間の投資計画を効果的に実施するには、MININFRA、MINECOFIN、RURA、RWB、キガリ市などの様々な政府省庁との調整が不可欠である。そのため、図 S1.15-3 に示すような、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。

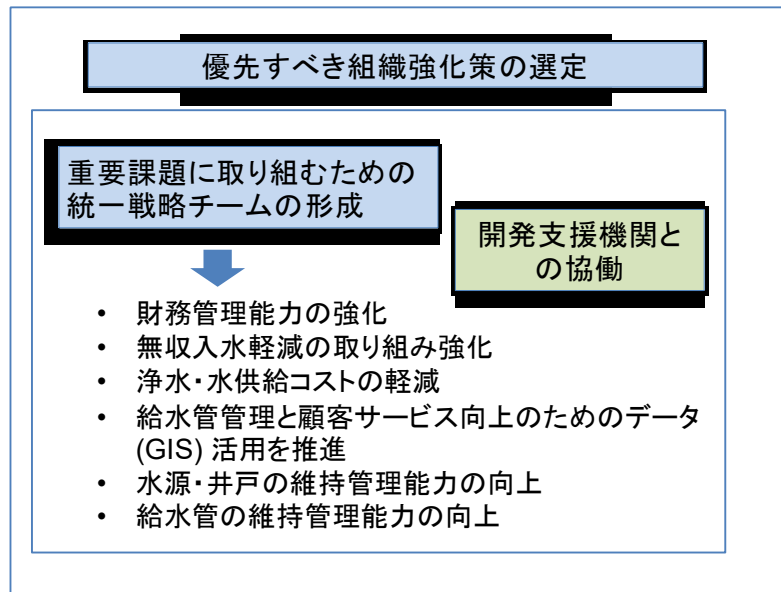


出典：調査団

図 S1.15-3 プログラム支援委員会の設立

**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。優先すべき組織強化策を図 S1.15-4 に示す。



出典：調査団

図 S1.15-4 優先すべき組織強化策の選定

## 16 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 M/P 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。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
  - ・ 無収入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。図 S1.16-1 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枠組みが確立され、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 ～無収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(浄水)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 S1.16-1 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 および MININFRA は、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

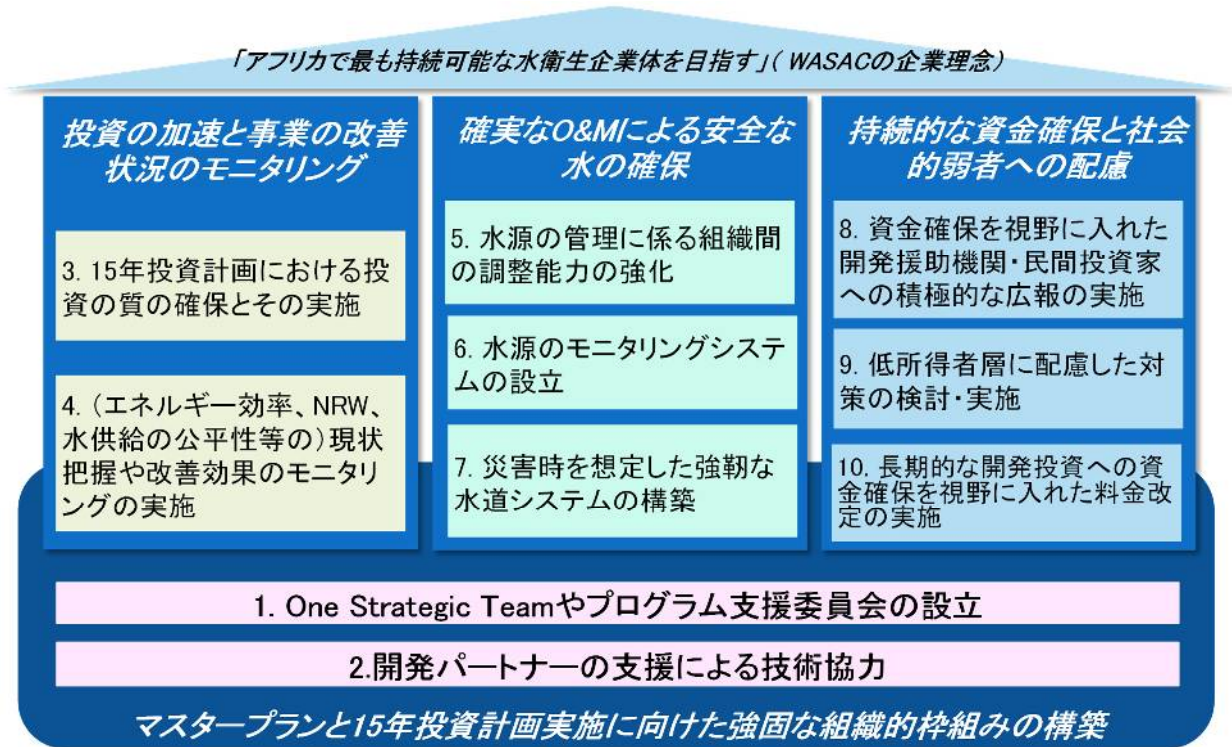
にするために、水位モニタリング用の井戸を建設し、地下水位を定期的・継続的に観測することを提言する。

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。

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。

8. 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 および 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必要がある。
9. 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 S1.16-2 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

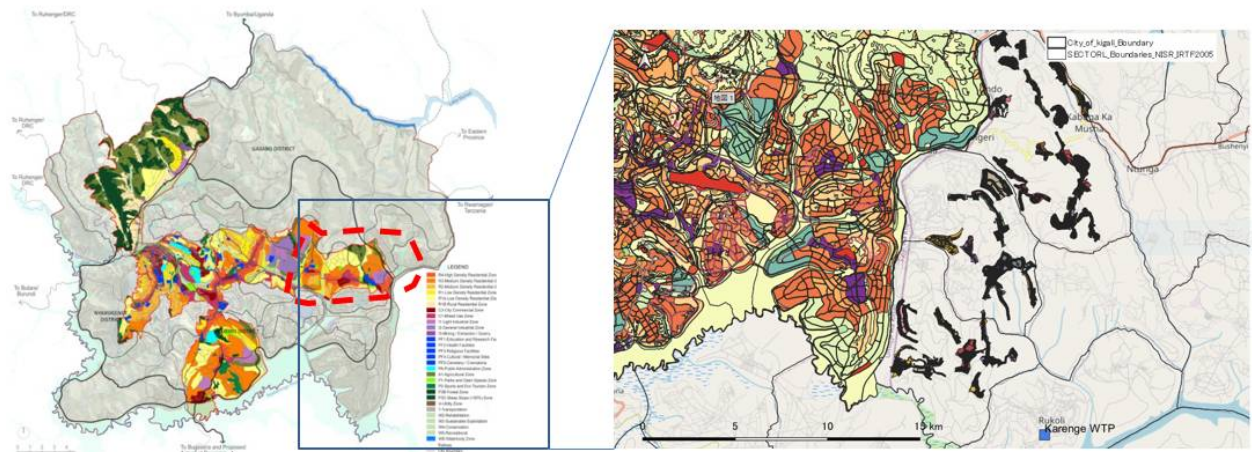
図 S1.16-2 主要な提言

第2部 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

## 1 背景と現状の課題

ベーシック・ヒューマンニーズを満足し経済発展を遂げるといふ国家の基本目標と同様に、水道は人々にとって欠くことのできないサービスである。ここ数年、水衛生公社（WASAC）はルワンダ政府とともに水道を普及させるために多大な努力を重ねてきており、2024年までに水道の100%普及を果たすとしている。これにより、持続可能な開発目標（SDGs）に沿ってNST-1で掲げられた目標を達成することを目指し、安全で十分な飲料水への普遍的で公平なアクセスを保証している。キガリ市及び隣接セクターのマスタープランに従って長期的開発の見地から水道整備を進めるために、WASACはMININFRA、MINECOFIN および MINEMA とともに2050年に向けた水道長期計画を作成している。

キガリ市の開発と成長は市東部と南部に向かう傾向を示しているため、キガリ市東部およびRwamagana郡の隣接セクターで水需要が劇的に増加する計画となっている。



図(左) キガリ市マスタープラン (2020)の Phase 1 (2019-2024) に示される 東部新興開発地域 (Rusororo, Ndera)

図(右) Rwamagana の隣接セクター(Gahengeri, Muyumbu, Nyakaliro)のセクターマスタープラン

既存の Karengé 浄水場の対象地域への給水能力は限られており、浄水場の設計能力(12,000 m<sup>3</sup>/day)に対して過負荷運転(15,000 m<sup>3</sup>/day)を行っている。

Karengé 浄水場システムの既存施設では、特に原水ポンプ場の改修が必要となっている。ポンプ場の床高さが Mugesera 湖の雨期高水位より低く、洪水による浸水、運転停止の恐れがある。取水ポンプは損傷しており、また過負荷運転されているうえに、洪水リスクにも脆弱な状況となっている。さらに、古い原水取水管（内径 300）は破損していて正常に使用できていない。

Karengé 取水施設問題点



Karengé 浄水場建設プロジェクトは、特に開発の進むキガリ市東部および Rwamagana 郡の住民にとって不可欠な給水を実現するもので、水道マスタープランの中で最も緊急性のあるプロジェクトである。このプロジェクトでは Mugesera 湖から取水している既存 Karengé 浄水場の処理能力を、Phase1 で 12,000 m<sup>3</sup>/日から 48,000 m<sup>3</sup>/日に拡張し、その後更に 120,000 m<sup>3</sup>/day まで拡張する計画としている。

表 S2.2-1 拡張の期分けと浄水場のまとめ

浄水場名	浄水施設規模	備考
既存 Karengé 浄水場	12,000 m <sup>3</sup> /day	現状 15,000 m <sup>3</sup> /day (年平均) で過負荷運転
新 Karengé 浄水場 (Karengé 2)	Phase 1: 36,000 m <sup>3</sup> /day (Total 48,000 m <sup>3</sup> /day)	本 F/S 対象
	Phase 2: 72,000 m <sup>3</sup> /day (Total 120,000 m <sup>3</sup> /day)	将来拡張規模

Note: “Expanded Karengé WTP” refers to the Existing + New Karengé WTP in this report.

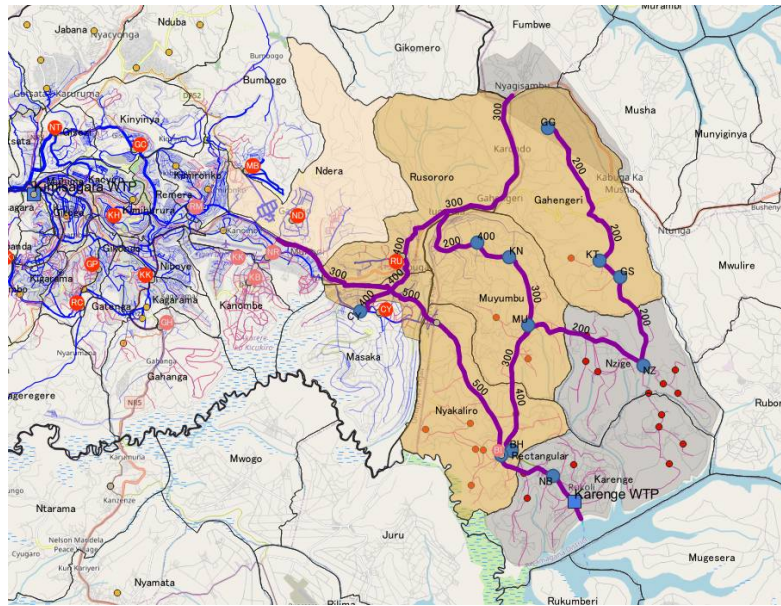
出典：調査団

## 2 設計条件

### 給水区域

図 S2.2-1 に給水区域を示す。Karengé 浄水場の拡張給水区域には、キガリ市内の Ndera、Rusororo、Kanombe、Nyarugunga、Masaka の各セクター、および Rwamagana 郡の Muyumbu、Nyakaliro セクターが含まれている。



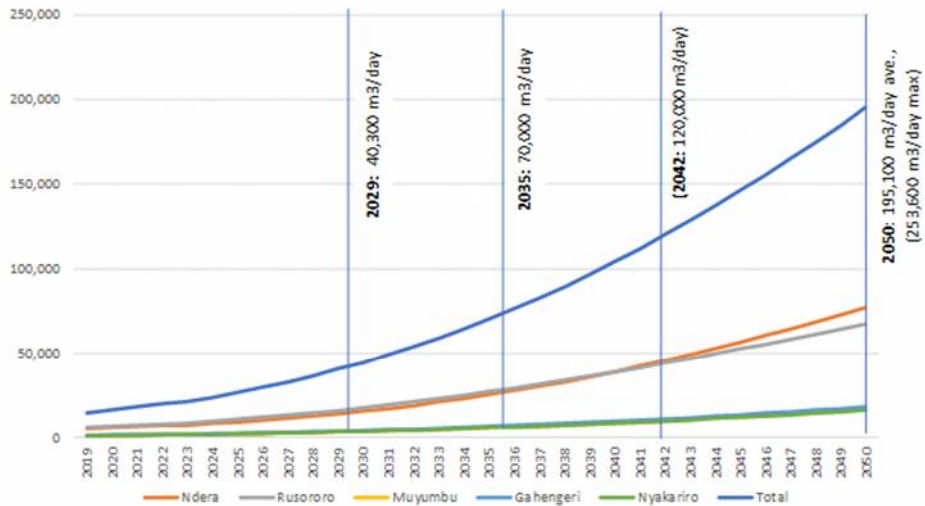


出典：調査団

図 S2.2-1 拡張する Karege 浄水場の給水区域

### Future Water Demand 将来水需要

水需要予測値を図 S2.2-2 に示す。需要予測のデータと予測手法は KWSMP に従っており、また途中年次の 2035 年と 2050 年の需要も KWSMP に整合させている。



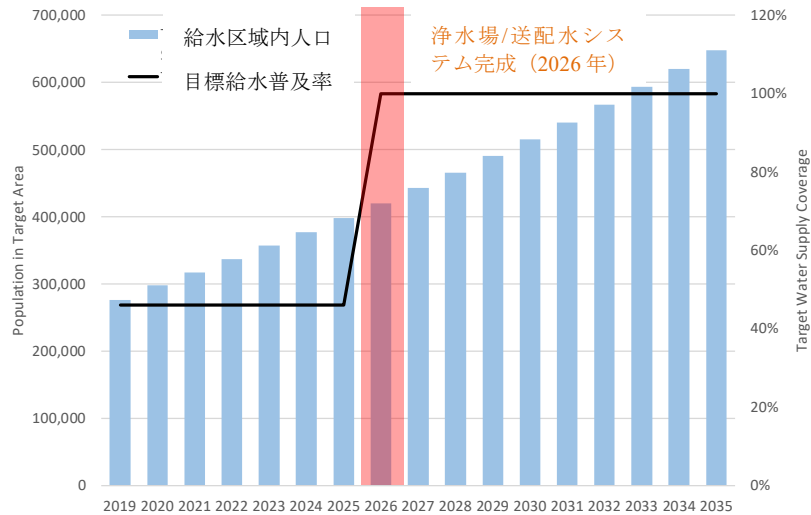
年	2020	2025	2026	2029*	2035	2050	
a	総水需要	16,200	26,600	29,600	40,300	70,000	253,600
b	Ntara-Kamuzze/Re meraからの送水量	0	14,000	14,000	1,800	10,600	0
c	Masaka浄水場からの送水量	0	0	0	0	21,000	0
d	Gahanga/Re meraからの送水量	0	0	0	0	0	161,000
e=a-(b+c+d)	KaregeからKigaliへの送水量	16,200	12,600	15,600	38,500	38,400	92,600
f	他地域への送水量	0	0	0	9,500	9,500	27,200
g=e+f	合計	16,200	12,600	15,600	48,000	47,900	120,000

出典：調査団

図 S2.2-2 Karege 浄水場拡張後の給水区域における水需要予測

## 将来人口と普及

将来人口と本プロジェクトによる目標水道普及率を図 S2.2-3 に示す。浄水場及び主要送水システムの完成目標年度を 2026 年としており、その時点での対象地区の人口は 405,000 人となっている。



出典：調査団

図 S2.2-3 人口予測とプロジェクトによる目標普及率

## 水源

Mugesera 湖からの持続可能な取水量についての科学的な調査結果が得られないことから、既存の取水許可水量の 48,000 m<sup>3</sup>/日を最大限まで活用する計画としている。

## 3 開発計画

### 施設建設計画

計画に含まれる建設される施設を表 S2.3-1 にまとめた。

表 S2.3-1 計画建設施設の概要

取水及び浄水場

計画建設施設概要	
<b>取水ポンプ施設</b>	
取水管	ND800, L= 300m 湖底埋設・定着、取水スクリーン、接合井 (D=4m)を含む
取水ポンプ場建屋	W=8m, L24m
取水ポンプ	12m <sup>3</sup> /min x 115.6m x 340 kw x 3 台常用 +1台予備
原水導水管	DIP ND600, L=1.1km
その他	土工、擁壁、アクセス道路 (L=100m)
<b>浄水場</b>	
着水井	V = 84 m <sup>3</sup> , L=10.3m x W=5.0m x H=4.5m
凝集・フロック形成池	水平迂流方式, L=18.4m x W=10.6m x H=4.5m
沈殿池	整流壁、上向傾斜管 L=18.4m x W=18.4m x H=4.5m
急速砂ろ過池	砂ろ過層56 m <sup>2</sup> x 6 (t=1.0m, D <sub>ave</sub> =1.0 mm), L=32.9m x W=24.4m x H=4.5m
浄水池及びポンプ場	V=3,400 m <sup>3</sup> , He=5.0m, L=40.4m x W=25.7m
送水ポンプ	6.66 m <sup>3</sup> /min x 214.7m x 345 kW x 5台常用+1台予備、フライホイール付き
逆洗水タンク	V=400 m <sup>3</sup>
汚泥濃縮槽	V=200 m <sup>3</sup> x 2 槽
排水池	V=250 m <sup>3</sup> x 2 池
汚泥乾燥床	V=500 m <sup>3</sup>
管理棟	事務室、水質分析室、床面積: 665 m <sup>2</sup>

送水および配水管

送配水システム	
<b>a-1. Karengé 浄水場 からKimichanga 配水池への送水管路</b>	
送水管	DIP, ND700, L=5.7 km
<b>a-2. Kimichanga からRusororo and Ndera への送水管路</b>	
送水管	HDPE, ND315, L=2.5 km
	DIP, ND400, L=7.6 km
	DIP, ND500, L=14.5 km
	既存Karengé 2送水管路へ接続
<b>b. Rusororo Kabuga からRwamagana郡への送水管路</b>	
送水管	HDPE, ND315, L=13.4 km
	DIP, ND400, L=1 km
<b>c. Kimichanga ポンプ場及びRwamaganaへの送水管路</b>	
Kimichanga ポンプ場 (ポンプ場建屋及びポンプ)	ポンプ: 8.3 m <sup>3</sup> /min x 59.8m x 120 kw x(1台常用 +1台予備)
送水管	HDPE, ND225, L=23.6 km
	HDPE, ND315, L=8.1 km
	DIP, ND400, L=7.4 km
加圧ポンプ場	BPS1, MU-NZ
	BPS2, NZ-GS
	BPS3, KT-GG

出典：調査団

必要な用地取得

浄水場及び取水施設を拡張するため、用地取得が必要となる。

浄水場拡張に必要な用地を表 S2.3-2 及び図 S2.3-1 に示す。浄水場の計画予定地は図に示すとおり既存の Karengé 浄水場用地に隣接した用地としている。フェーズ 1 の拡張用地には 1 軒のみ人家が

あり、フェーズ2の拡張地には4軒が見込まれる。ただし、フェーズ2の用地収用については、2039年と見込まれている拡張準備段階において計画されるべきである。

表 S2.3-2 浄水場拡張に必要な用地

項目	用地規模	収用時期（期限）	存在家屋軒数
既存用地	80 m x 160 m (1.28 ha)	-	
Phase 1 拡張用地	100 m x 170 m (1.7 ha)	2022年7月まで	1
Phase 2 拡張用地	80 m x 170 m (1.36 ha)	2039年まで	4

出典：調査団



出典：調査団

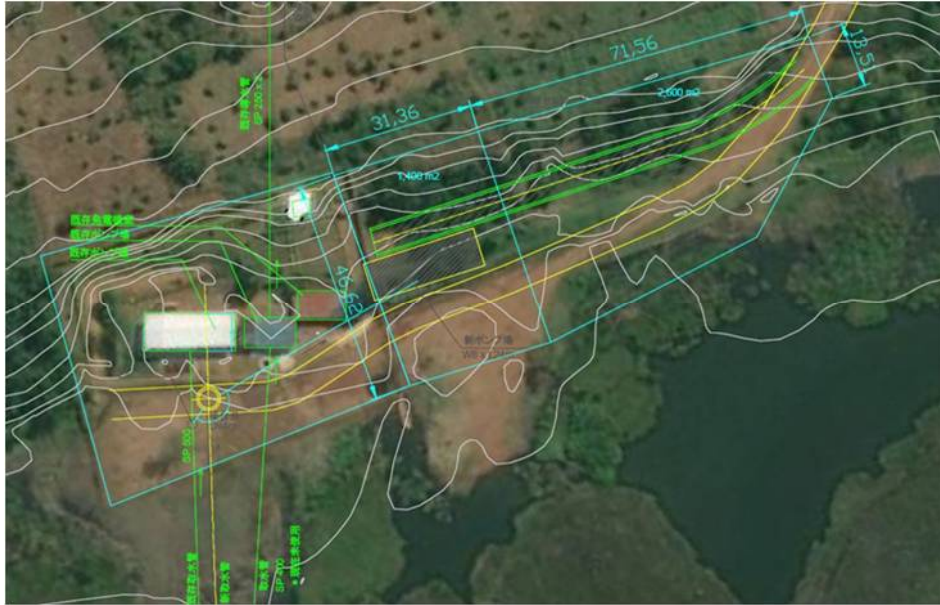
図 S2.3-1 既存 Karengu 浄水場の敷地と拡張に必要な用地

Mugesera 湖の取水施設拡張に必要な用地を表 S2.3-3 及び図 S2.3-2 に示す。取水の計画予定地は既存取水ポンプ場に隣接している。この用地は Mugesera 湖の 50m 以内の緩衝地区内にあるため REMA 及び関連機関の承認が必要となる。

表 S2.3-3 取水拡張に必要な用地

項目	用地規模	収用時期（期限）	存在家屋軒数
既存用地	55 m x 63 m (1.28 ha)	-	-
Phase 1 拡張用地	47 m x 31 m (0.14 ha)	2022年7月まで	0
Phase 2 拡張用地	71 m x 14 to 47 m (0.26 ha)	2022年7月まで	0

出典：調査団

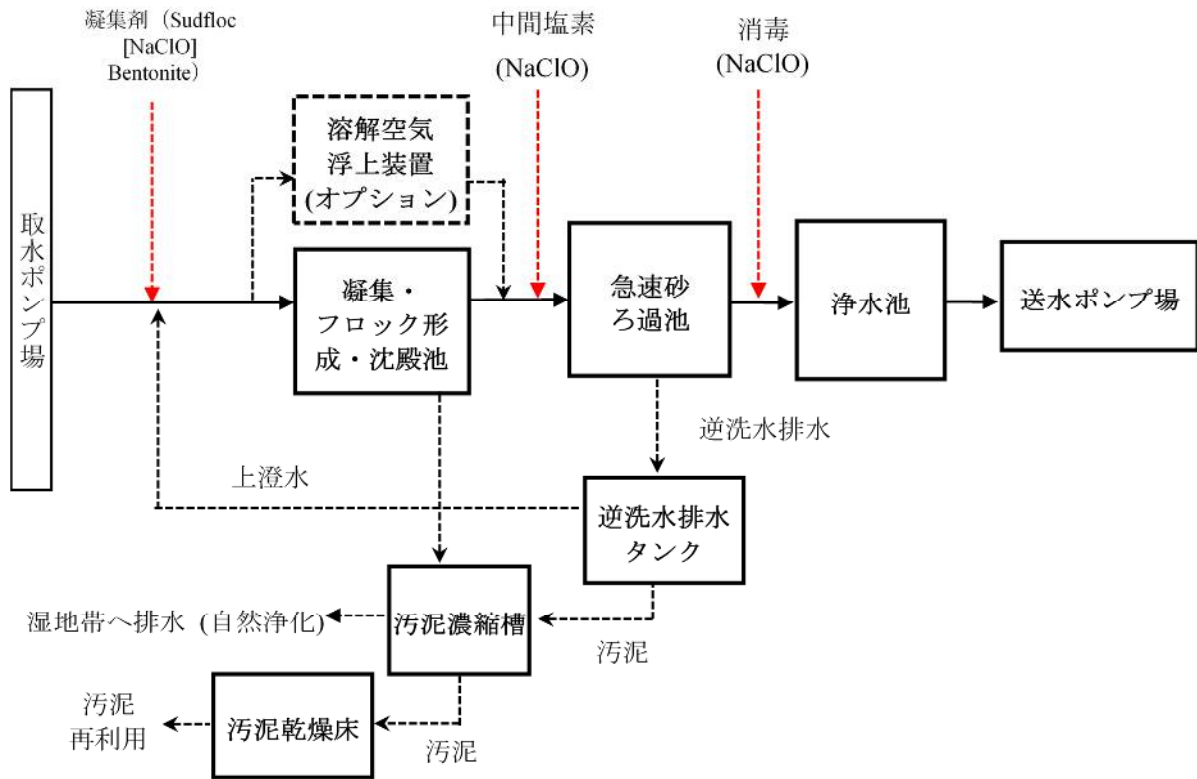


出典：調査団

図 S2.3-2 Mugesera 湖前面にある取水拡張の開発用地

### 浄水プロセス

2018年の既存 Karengé 浄水場の浄水水質を入手し検討を行った。それによれば既存 Karengé 浄水場における浄水水質は、従来の処理方式でルワンダ共和国飲料水水質基準を満足することができることが示されている。既存各施設における浄水実績をはじめとする評価を基に、最適な浄水プロセスを計画し、そのフローを図 S2.3-3 に示した。



出典: 調査団

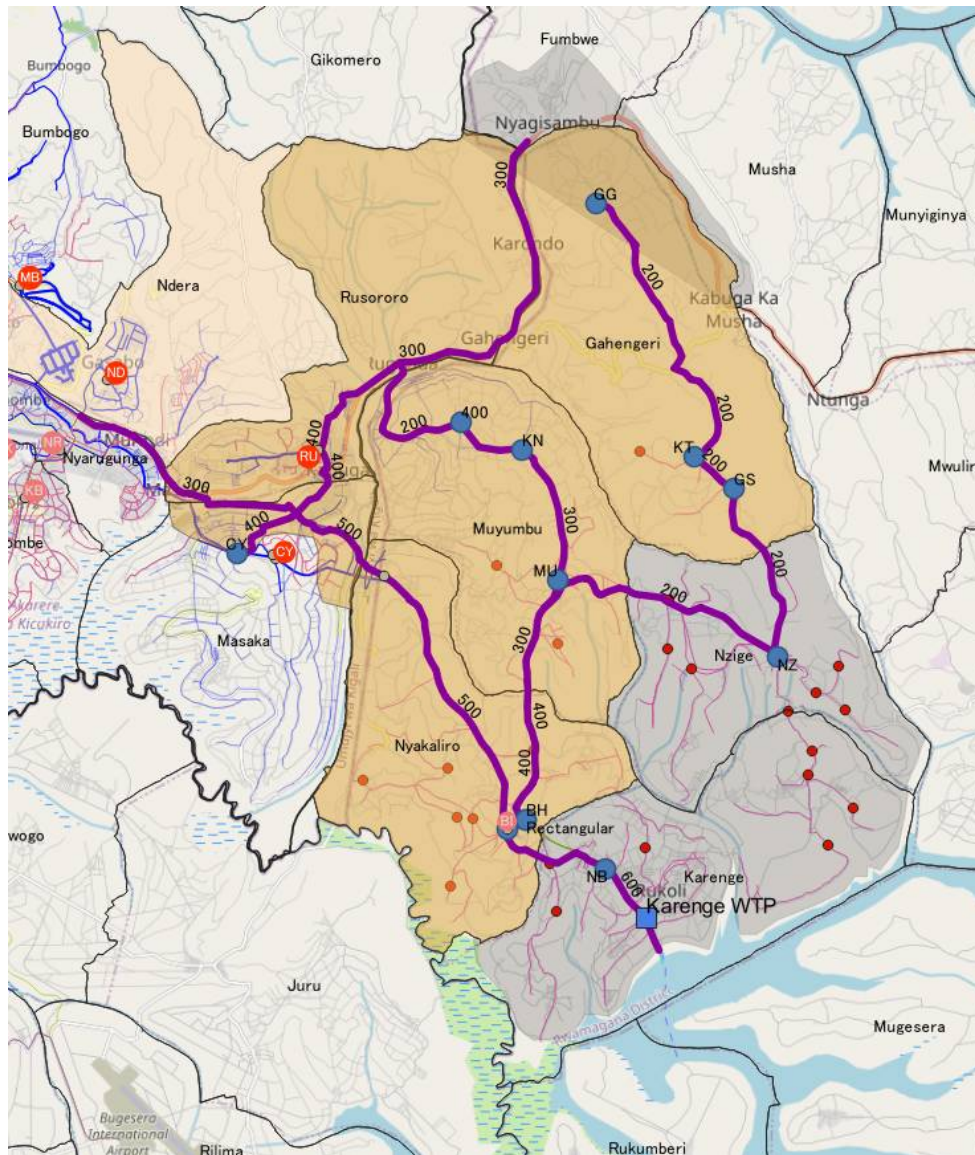
図 S2.3-3 提案する処理プロセス

## 4 送水および配水

### 送水

本調査で構築した水理計算モデルに基づいて送水管路のルートと口径を決定した。

送水管路の水理解析により、増圧ポンプの必要性を確認し、管口径及び延長の評価を行った。管路長は GIS 及び精度 10m の DEM より判断した。送水ルートおよび水理解析の節点位置を図 S2.4-1 に示す。



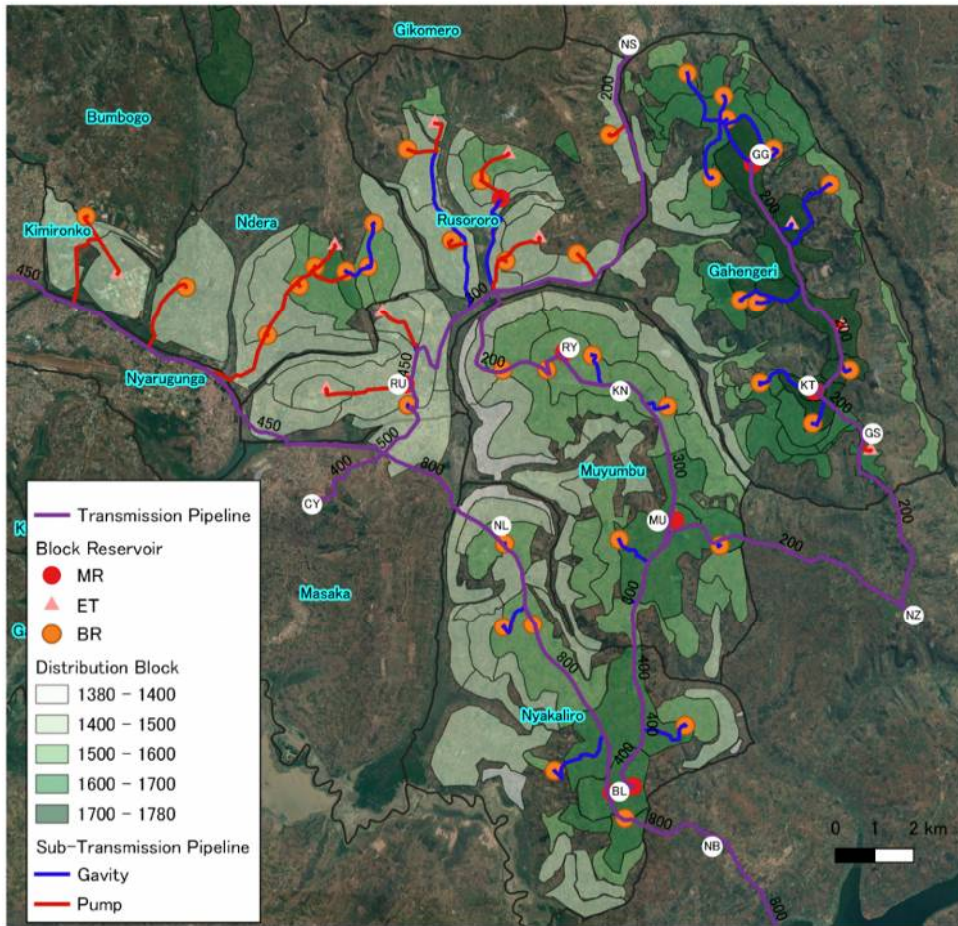
出典：調査団

図 S2.4-1 送水モデル

### 配水ブロック

キガリ市の地理的特徴の一つは大きな標高差があることで、それにより適切な水圧管理を行うことが難しくなっている。この問題に取り組むため、給水区域を水理的に分離して幾つかの配水ブロックに分けること（配水ブロックシステムの導入）を提案している。配水ブロックシステムの核となる考えは、新たな配水管網を構築する、あるいは既存の複雑な管網を階層構造に見直すことである。

配水ブロックシステムの全体像を図 S2.4-2 に示す。



出典：調査団

図 S2.4-2 配水ブロックシステム（ブロック、配水池、管路）

## 5 実施計画

プロジェクトの実施計画を表 S2.5-1 に示す。全ての手続きが順調に進んだ場合には、**2026 年の末**より給水が始める計画となっている。



表 S2.5-1 カレンゲ拡張プロジェクトの実施計画

当該部は本報告書に掲載しない。
-----------------

## 6 環境社会配慮

提案プロジェクトの特性と配置、プロジェクト実施に伴う潜在的な影響が明らかにされ、適切な軽減策を講じることによって、確認された負の影響の特徴と度合を回避・軽減・排除できると結論づけられた。Karengé 浄水場と給水システムの改修及び拡張は、国の環境法規及び JICA 環境社会配慮に準拠して適切な方法で実施されるべきである。提案されている影響削減方法を全て実施すること、並びに提案され環境管理計画（EMP）に従って定期的な監視をすることが必要となる。

## 7 運転維持管理（O&M）

浄水場の O&M は、保守・修理の実施や燃料・オイル・試薬等の補充により運転をスムーズに行うことができるよう、施設・機器の状態を維持することを目的としている。また、浄水設備の巡回・点検、異常や問題個所の早期発見、および浄水設備の衛生環境の維持と職員や来訪者の安全を確実なものとする必要となる。

浄水量が既存浄水場の 15,000m<sup>3</sup>/日から新設浄水場で 42,000m<sup>3</sup>/日に増える計画となっており、作業量が増えるため浄水場の人員を 33 人から 54 人に増加する計画とした。

## 8 プロジェクト費用概算

### 施設整備費

上述したプロジェクト内容を基にプロジェクトの施設整備費用を概算した（表 S2.8-1）。

表 S2.8-1 実際に確保された財源を考慮した事業パッケージ分け（修正後）

当該部は本報告書に掲載しない。
-----------------

**運転維持管理費**

運転維持管理に必要な費用を表 S2.8-2 に示す。

表 S2.8-2 Karengé 浄水場（既存及び拡張分）の運転維持管理費

	電力費/m <sup>3</sup>	薬品費	維持管理費	給与	合計
	RWF/m <sup>3</sup>	RWF/m <sup>3</sup>	RWF/m <sup>3</sup>	RWF/m <sup>3</sup>	RWF/m <sup>3</sup>
既存浄水場(2019年データより)	269	54	2	21	346
拡張後の費用	207	43	2	11	263

出典：調査団

## 9 経済財務評価

財務および経済評価を行いプロジェクトの実行可能性を確認した。

### 財務分析

表 S2.9-1 に財務分析結果を示す。ベースケースの場合、FIRR は 2.2%で資本の機会費用である 6.3%を下回った。しかしながら、開発援助機関による譲許的融資が供与された場合、FIRR は 9.7%まで上昇し資本の機会費用である 6.3%を上回ることとなる。

表 S2.9-1 財務分析結果

ケース	財務内部収益率 (FIRR)	純現在価値 (NPV)	費用便益比 B/C
基本ケース	2.2%	-51,285 百万 RWF	0.66
開発援助機関による譲許的融資の供与*	9.7%	7,267 百万 RWF	1.04

出典：調査団

\*譲許的融資の諸元を以下のように設定した。

- ・ 融資額：建設及びエンジニアリング費を対象とし、管理費や諸税は含まない。
- ・ 融資期間は据置期間 10 年を含む 40 年間、金利は年利 0.5%とした。

### 経済評価

表 S2.9-2 に経済評価結果を示す。EIRR は社会割引率 10%を超える。EIRR は資本の機会費用である 10%を上回る結果を示し、本プロジェクトは経済的に妥当と判断された。

表 S2.9-2 経済評価結果

ケース	経済内部収益率 (EIRR)	純現在価値 NPV	費用便益比 B/C
基本ケース	10.2%	934 百万 RWF	1.01

出典：調査団

## 10 結論

- 対象地域の開発現況とキガリ市及び Rwamagana 郡内隣接セクターの将来開発計画などの社会的背景の観点から、Karengé 浄水場拡張と関連するインフラ整備の緊急的なニーズと社会的必要性が説明できる。
- プロジェクト対象地域は、主にキガリ市の Rusororo 及び Ndera セクターと Rwamagana 郡の Nyakaliro、Muyumbu、Gahengeri 各セクター、さらに Rwamagana 郡の 9,500 m<sup>3</sup>/日に相当する新たな需要を満たすものである。プロジェクト完成後の目標給水普及率を、各戸接続と公共水栓を含めて 100%としている。受益者としての全対象人口は 2030 年に約 493,500 人となる。

- F/S では取水施設拡張、浄水場、送・配水システムなどを含むプロジェクト・スコープを定めている。Mugesera 湖からの原水水質を考慮し、浄水場には従来型の凝集・沈殿および砂ろ過を採用する。送水管路延長は 83.8 km となる。ND700mm までの大口径管を既存の Karengé 2 送水管路沿いに敷設する。Kimichanga-Bihembe から Muyumbu と Gahenger を結ぶ管は延長 39 km 以上となるが ND400mm までの比較的小口径送水管を用いる。
- 全ての手続きが順調に進めば 2026 年末から給水を開始する計画となっている。国際機関、開発パートナーの融資条件により適用される実際のプロセス、およびルワンダ政府の内部手続きに沿ってこのスケジュールを見直す必要がある。
- 予備的な環境影響アセスメントでは本プロジェクトによる影響はごく限られたものとなる。浄水場建設による住民移転は少なく（1 軒）、環境汚染の可能性も限定的である。
- 将来の拡張規模に基づき、人員や能力・知見を考慮し、運転維持管理について評価を行った。新規浄水場は浄水場運転の能力向上のためのトレーニングセンターとして活用される可能性もある。
- FIRR は 2.2%と算定されたが、譲許的融資（40 年融資期間、内 10 年猶予期間、年間利率 0.5%のソフトローン）が適用されれば実施可能である。EIRR は 10.3%と算定され、社会割引率 10%を上回った。
- WASAC によるプロジェクト財源調達の状況に合わせて、パッケージ分けの計画は修正され、2つのパッケージに分割された。ただし、各 Package1 および 2 は相互に不可分のプロジェクトであり、プロジェクトの裨益効果を実現するためには、二つのパッケージを同時並行で実施しなければならないことに留意すべきである。すなわち、パッケージ 1 の浄水場を全量稼働させるためには、パッケージ 2 の送配水管の整備がなされている必要がある。

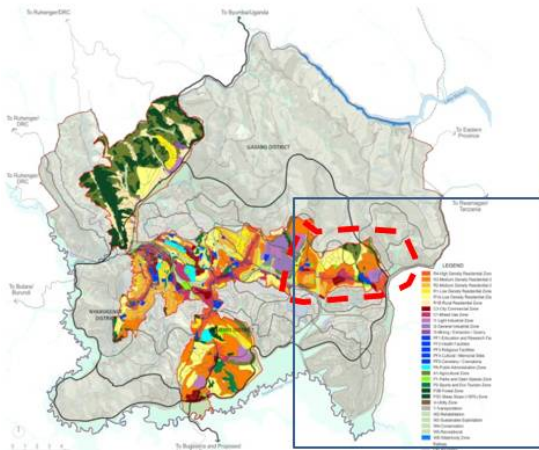
第3部 マサカ水道システム建設プロジェクトに係る

フェージビリティスタディ

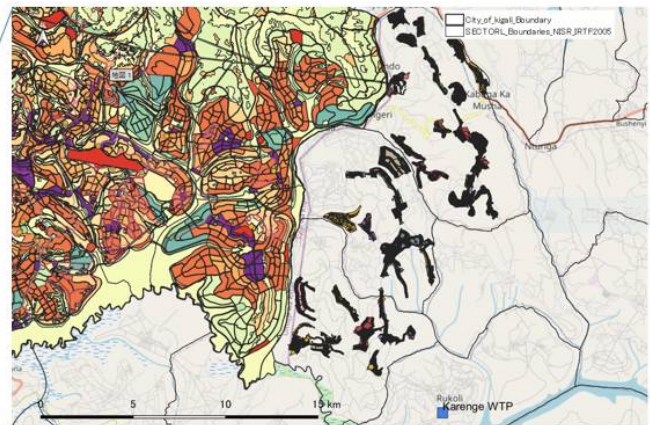
## 1 背景と現状の課題

ベーシック・ヒューマンニーズを満足し経済発展を遂げるという国家の基本目標と同様に水道は人々にとって欠くことのできないサービスである。ここ数年、水衛生公社（WASAC）はルワンダ政府とともに水道の普及に多大な努力を重ねてきており、2024年までには水道の100%普及を果たすとしている。これにより、持続可能な開発目標（SDGs）に沿ってNST-1で掲げられた目標を達成するため、安全で十分な飲料水への普遍的で公平なアクセスを保証している。キガリ市及び隣接セクターのマスタープランに沿って長期的開発の見地から水道整備を進めるために、WASACはMININFRA、MINECOFINおよびMINEMAとともに2050年に向けた水道長期計画を作成している。

このMasaka浄水場建設プロジェクトは、キガリ市広域上水道マスタープラン（KWSMP）の優先プロジェクトとして選定されたものであり、Akagera川沿いに20,000 m<sup>3</sup>/日（フェーズ1）および40,000 m<sup>3</sup>/日（フェーズ2）の規模の、地下水を水源とした浄水場を新規に建設する計画である。特にキガリ市（CoK）の東部で開発が進み、人口増に伴う水需要も給水区域において急速に増加することから、プロジェクトの緊急性は高い。



図(左) キガリ市マスタープラン (2020)のPhase 1 (2019-2024)に示される東部新興開発地域(Rusororo, Ndera)



図(右) Rwamagana の隣接セクター(Gahengeri, Muyumbu, Nyakaliro)のセクターマスタープラン

キガリ市マスタープランによれば、Masaka 及び Rusororo セクターにおける開発が早期に開始される計画となっている。現在これらの地域の WASAC による給水普及率は非常に低く、給水栓による給水人口は約 26,000 人であり、これは Masaka セクターの総人口の 35%にすぎない(総人口 75,000 人、2021 年)

表 S3.1-1 拡張期分けと浄水場のまとめ

浄水場名	浄水場規模	備考
新 Masaka 浄水場	20,000 m <sup>3</sup> /day (Phase 1) 20,000 m <sup>3</sup> /day (Phase 2*)	水源：地下水

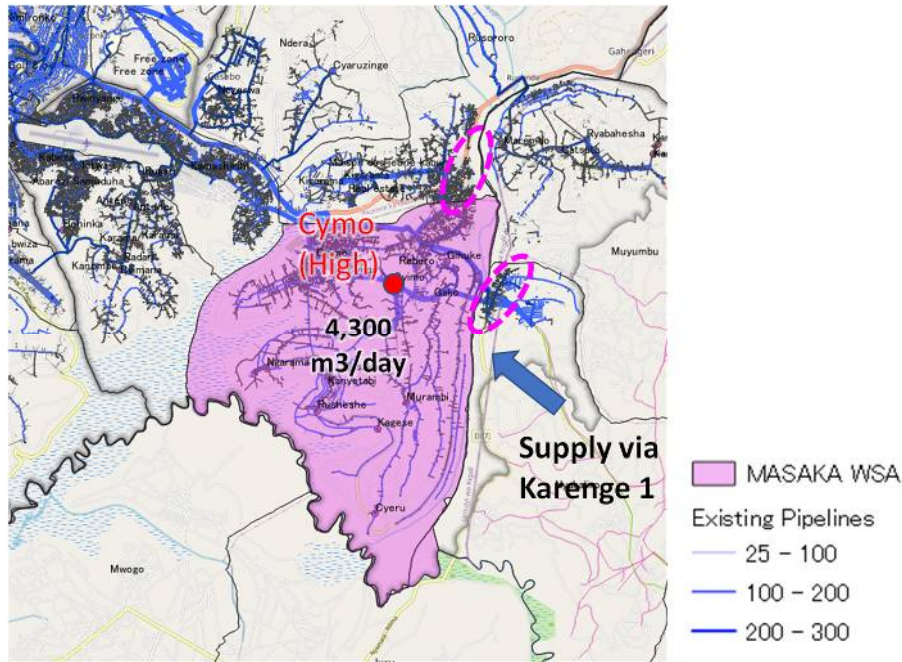
\* Phase 2: Not included in this study.

出典：調査団

## 2 設計条件

### 給水区域

新しい Masaka 浄水場と既存の給水システムの給水区域 (WSA) を図 S3.2-1 に示す。この地域は、隣接するセクターから地理的に離れた Masaka セクター全体となる。この地域の既存の給水接続世帯数は約 6,000 世帯であり、これらの水消費量は約 4,300 m<sup>3</sup>/日と推定されている。



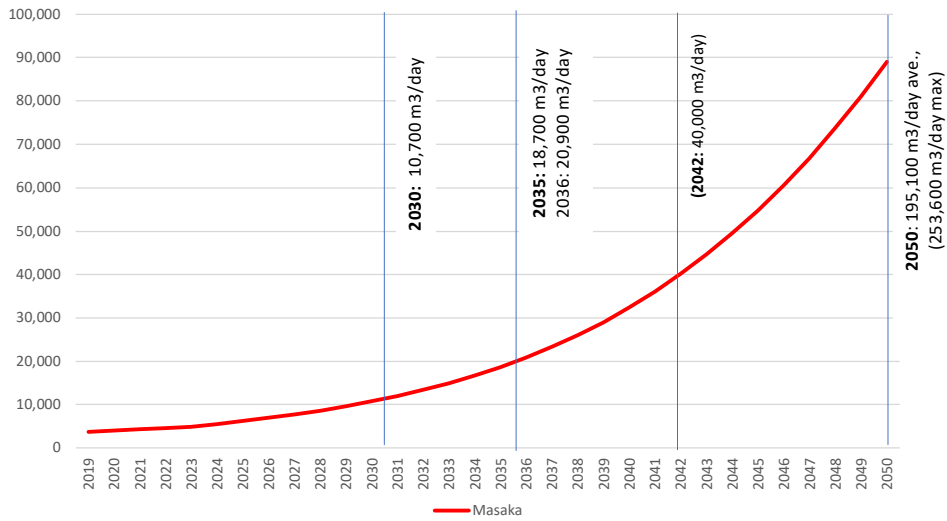
出典：調査団

図 S3.2-1 既存及び Masaka 浄水場による給水区域

### 将来水需要

給水区域における将来水需要を図 S3.2-2 に示す。日平均水需要の合計は 2030 年に 10,700m<sup>3</sup>/日、2035 年には 18,700 m<sup>3</sup>/日に達する。その後、需要は 2042 年に 40,000 m<sup>3</sup>/日まで倍増し、2050 年には 195,100 m<sup>3</sup>/日に達する。





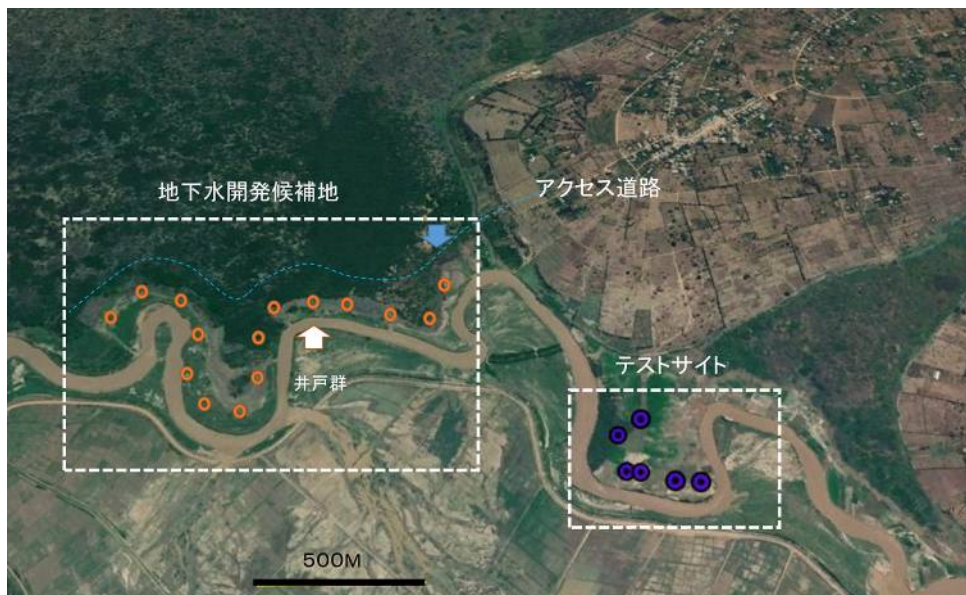
出典：調査団

図 S3.2-2 給水区域（Masaka セクター）の将来水需要予測

### 3 水源及び取水

Kanzenze 浄水場と同様、高濁度や将来の河川水質悪化を避けるために、井戸からの地下水を利用する計画とした。Akagera 川 Masaka 近傍の氾濫原における帯水層の状況を把握するために、コアドリリング及び井戸掘削が実施された。

このコアドリリングの結果により、Masaka 浄水場の水源井戸となる井戸本数は 15 本、揚水量は井戸一本当たり 1,600m³/日と想定された。総地下水揚水量は 24,000m³/日（15 井 x 1,600m³/日）となる。



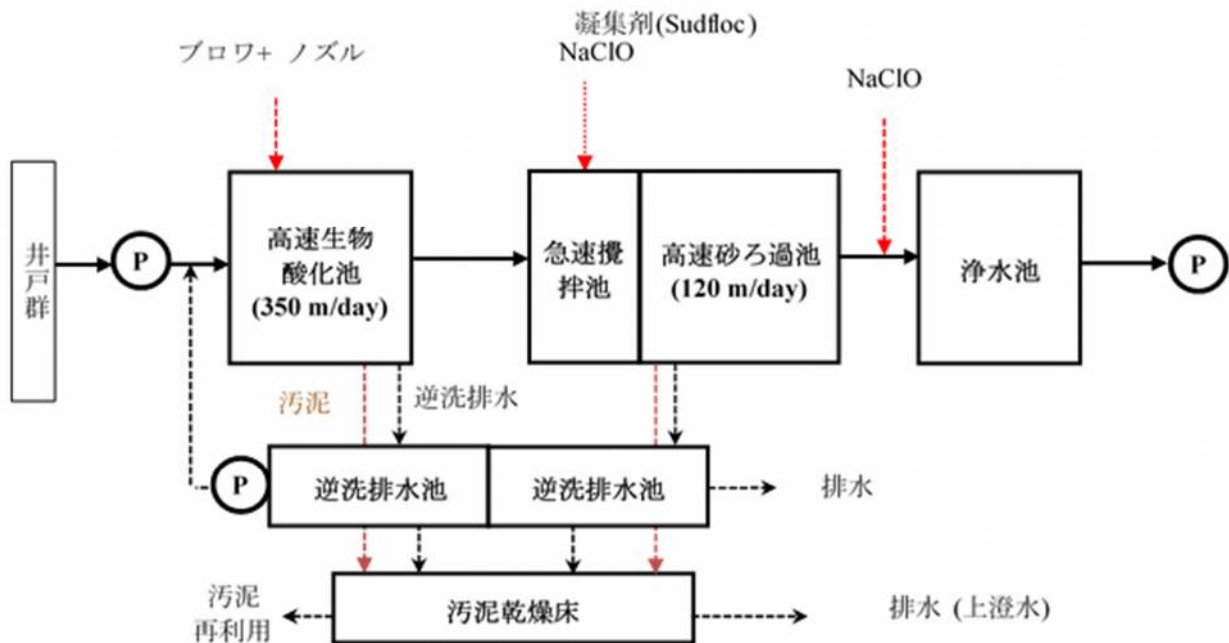
出典：調査団

図 S3.3-1 試験井及び将来井戸群位置図

## 4 浄水場建設

Masaka の新浄水場の給水能力は、井戸の取水能力とほぼ同じく、将来水需要予測に基づいて 20,000 m<sup>3</sup>/日である。

原水水質の主な問題点は、濁度、アンモニア、バクテリア、鉄、マンガンであり、既存の Nzove 1 浄水場及び Kanzenze 浄水場と類似している。よって、これらの処理性能について包括的な検討を行い、浄水場の処理プロセスは図 S3.4-1 に示す通りとする。



Source: JST

図 S3.4-1 浄水処理プロセス

建設される施設一覧は表 S3.4-1 に示す通りである。

表 S3.4-1 建設される施設一覧

建設される施設	
取水井戸ポンプ及び導水管	
水源井戸	600 mm ケーシング及びスクリーン付帯 井戸本数: 最大 20本 井戸深さ: 最大 30 m 揚水量: 25m <sup>3</sup> /h から 80m <sup>3</sup> /h 315mm 径 PVC ケーシングと V スロット・ステンレススクリーン
電気盤室	受電パネル, スイッチングギア モーター制御コントロールパネル, テレメトリーパネル
原水導水管	ND300-500, L=1,600m ND150, L=3,000m
その他	モニタリング及び維持管理機器
浄水場	
高速生物酸化池	3.0 m <sup>W</sup> × 5.6 m <sup>L</sup> × 6 池 (LV=350 m/d)
高速砂ろ過池	4.0 m <sup>W</sup> × 7.2 m <sup>L</sup> × 6 池 (LV=120 m/d)
浄水池	10.0 m <sup>W</sup> × 17.0 m <sup>L</sup> × 5.0 m <sup>H</sup> × 2 池

建設される施設	
送水ポンプ	a. Masaka-Cyimo middle 送水ポンプ: Q 4.9 m <sup>3</sup> /min × H 124 m × (3 unit +1 standby) b. Cyimo middle-high 送水ポンプ: Q 5.5 m <sup>3</sup> /min × H 100 m × (1 unit +1 standby) c. Masaka-Mbabe 送水ポンプ: Q 3.7 m <sup>3</sup> /min × H 93 m × (1 unit +1 standby)
逆洗水タンク	6.8 m <sup>W</sup> × 10.0 m <sup>L</sup> × 3.0 m <sup>H</sup> × 2 基
逆洗排水タンク	8.0 m <sup>W</sup> × 8.0 m <sup>L</sup> × 3.0 m <sup>H</sup> × 2 基
汚泥乾燥床	25.0 m <sup>W</sup> × 12.0 m <sup>L</sup> × 1.0 m <sup>H</sup> × 6 床
管理棟	150 m <sup>2</sup>

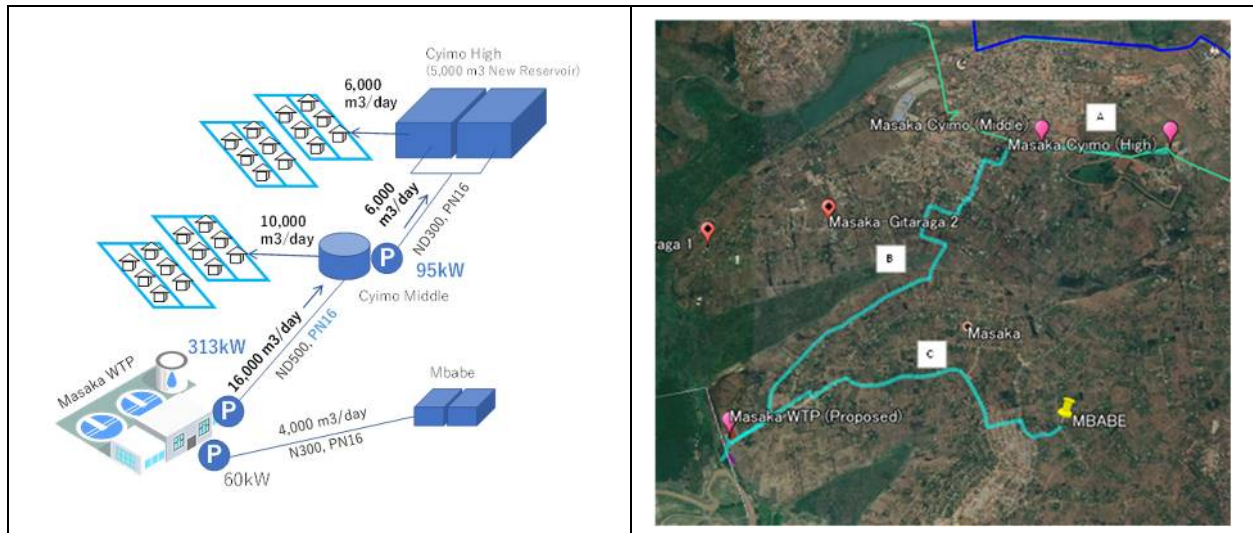
出典：調査団

用地取得は、浄水場予定地及び井戸群へのアクセス道路について必要となる。想定される用地の一部地域は私有地並びに公有地であり、農作のために利用されているが、プロジェクトによる住民移転等は発生しない。井戸の位置は、Akagera 川の形状に応じて決定されており、工事実施時に確認のための井戸揚水試験を行う必要がある。一方、浄水場の予定地は暫定的なものであり、周辺地域に柔軟に変更することが可能である

## 5 送配水システム

### 送水管ルート

Masaka 浄水場の主な送水システムは、浄水場から Cyimo 配水池へのルートである。中低標高地域の水需要が今後増加する背景を考慮し、現在および将来の配水システムが検討された。エネルギーコストを最小とする送水管ルートを図 S3.5-1 に示す。

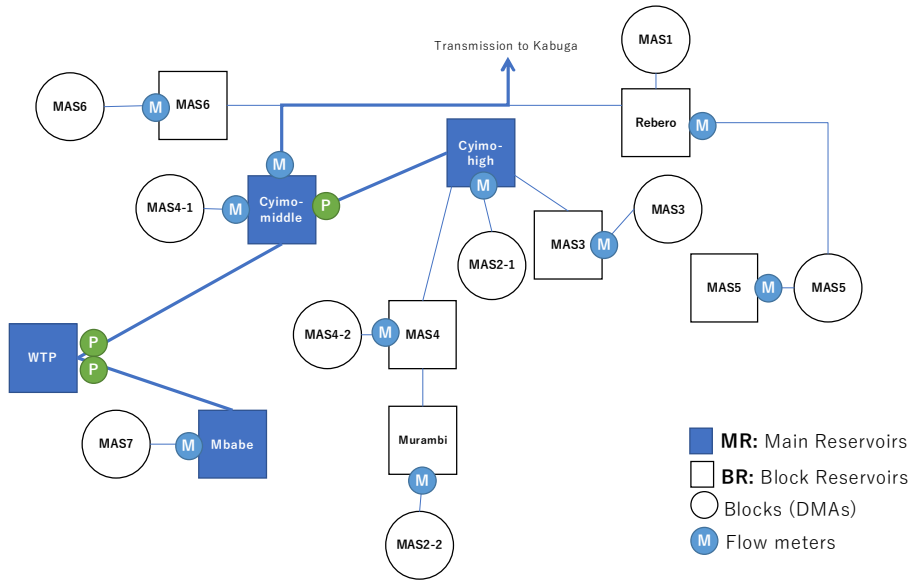


出典：調査団

図 S3.5-1 選定された送水管ルート及びその水理計算

### 配水システム

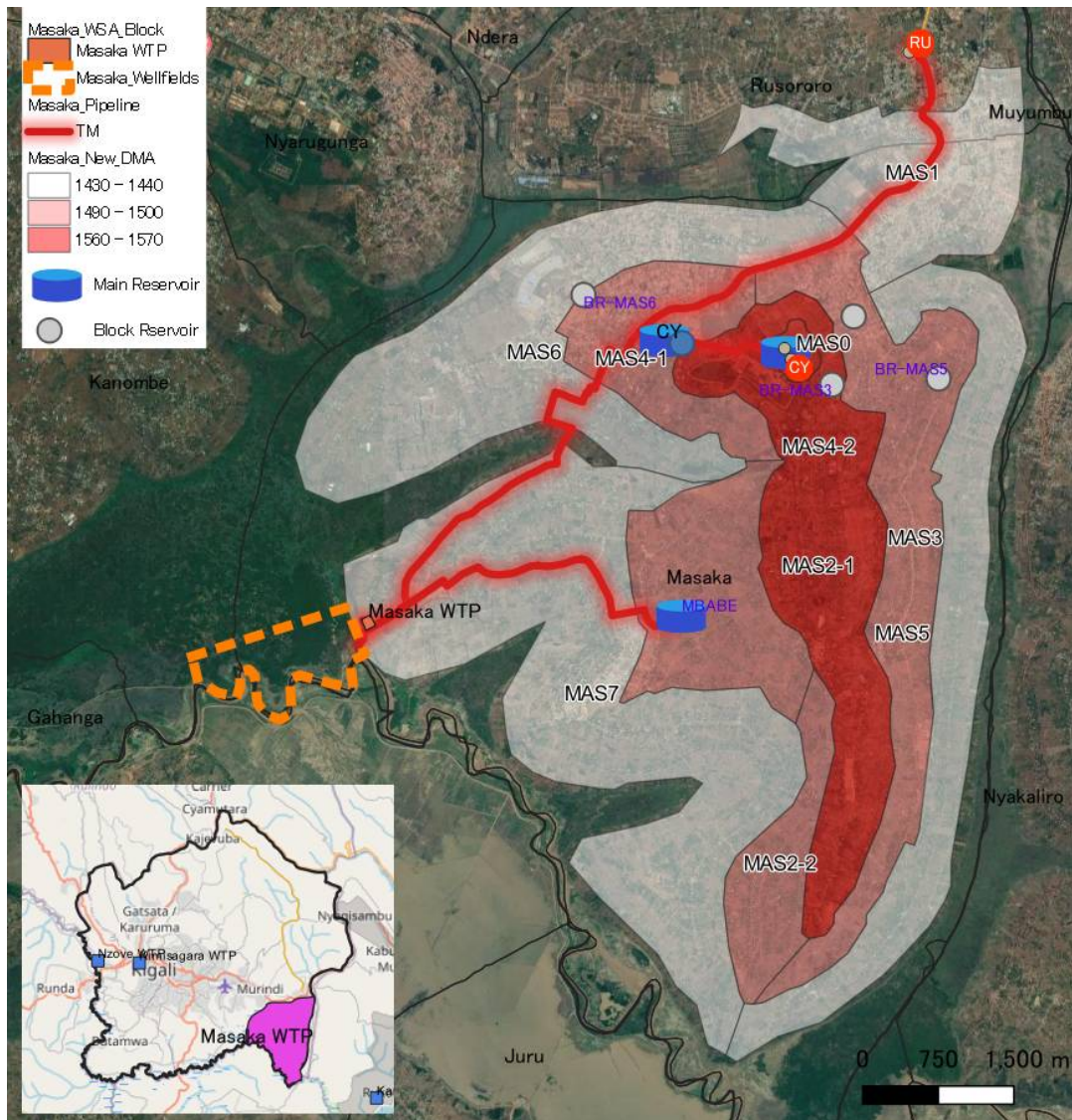
給水区域で 10 個の配水ブロックが設定され、各配水池の場所を図 S3.5-2 に示す。



出典：調査団

図 S3.5-2 配水池システム

新 Masaka 浄水場の給水区域は 2035 年の目標年以前は、Masaka セクター全体と Rusororo 等近傍の地域である (図 S3.5-3)。



出典：調査団

図 S3.5-3 Masaka 水道システムの配水システム

## 6 実施計画

プロジェクトの実施計画を表 S3.6-1 に示す。本実施計画によれば、すべての手続きが順調に進んだ場合、2027年の終盤から給水を開始できる予定である。

表 S3.6-1 Masaka 給水システム建設の実施計画

<p>当該部は本報告書に掲載しない。</p>
------------------------

## 7 環境社会配慮

環境社会影響評価（ESIA）の目的は、Masaka浄水場とそれに関連する送配水設備を建設する際、悪影響を回避、最小化、補償を実施することで、正の影響を拡大し、提案されたプロジェクトの持続可能性を担保するためである。

検討の結果、提案されたプロジェクトの性質、場所、提案された施設、およびプロジェクトの実施に関連する潜在的な影響を考えると、特定された悪影響の性質と程度は、適切な緩和策の実施によって緩和および削減できると結論付けられる。

## 8 運転維持管理 (O&M)

浄水場の運転維持管理業務は、機材・設備を適切に運転維持管理し、定期的な点検管理を実施して修理、燃料・オイル・試薬等の補充を行うことで円滑に業務運営することである。また、職員の安全管理の視点による浄水施設の巡回・点検も必要となる。そのため、早期に異常部品を発見し、浄水施設の衛生環境を維持し、作業員や来場者の安全を確保するための点検を実施する。

新規浄水場の浄水量は 20,000m<sup>3</sup>/日であり、必要な配置人員は 35 人とする。3 交代制での勤務シフト体制（早朝、昼間、夜間）とする。

## 9 プロジェクト費用概算

### 投資コスト

プロジェクトの費用は、プロジェクト・スコープに基づいて計算され、その要約を表 S3.9-1 に示す。

表 S3.9-1 Masaka 水道システム・プロジェクトコスト要約

当該部は本報告書に掲載しない。
-----------------

### 運転コスト

単位運転維持管理コスト（生産給水量あたりのコスト）を表 S3.9-2 に示す。浄水場の電力は、既存

の Karengé システム (1.74 kW / m<sup>3</sup>) の 47%相当の 0.81 kW / m<sup>3</sup> であり、拡張された Karengé システムの 54% (Karengé2、1.51 kWh / m<sup>3</sup>) となっている。その結果、O&M コストを最大 200 RWF / m<sup>3</sup> 節約でき、既存の給水システムよりも低くなる。

表 S3.9-2 Masaka 浄水場単位運転維持管理コスト

O&M Cost per year

	電力費/m <sup>3</sup>	薬品費/m <sup>3</sup>	維持管理費	給与	合計
	RWF/m <sup>3</sup>	RWF/m <sup>3</sup>	RWF/m <sup>3</sup>	RWF/m <sup>3</sup>	RWF/m <sup>3</sup>
浄水場運転維持管理費	121	36	2	39	198

出典：調査団

表 S3.9-3 Masaka 浄水場における電力使用量

項目	kVA	kW	Unit	水量, m <sup>3</sup> /day	kWh/m <sup>3</sup>	RWF/m <sup>3</sup>	合計 kWh/day
井戸ポンプ	11	9.9	20	20,000	0.24	35.33	238
浄水場	-	200	-	20,000	0.14	20.71	4,800
MasakaからCyimo_Middleへ		313	1	16,000	0.47	69.81	7,512
Cyimo_MiddleからCyimo_Highへ		95	1	6,000	0.38	56.50	2,280
MasakaからMbabeへ		59	1	4,000	0.35	52.63	1,416

出典：調査団

## 10 財務・経済評価

事業の妥当性を確認するため、財務および経済評価を行った。

### 財務評価

表 S3.10-1 に財務評価結果を示す。ベースケースの場合、FIRR は 4.9%であり、資本の機会費用である 6.3%を下回った。しかしながら、開発援助機関による譲許的融資が供与された場合、FIRR は 17.8%に上昇し資本の機会費用である 6.3%を上回ることとなる。

表 S3.10-1 財務評価結果

ケース	財務内部収益率 (FIRR)	純現在価値 (NPV)	費用便益比 (B/C)
基本ケース	4.9%	-7,802 百万 RWF	0.88
開発援助機関による譲許的融資の供与*	17.8%	16,066 百万 RWF	1.22

出典：調査団

\*譲許的融資の諸元を以下のように設定した。

- 融資額：建設費およびエンジニアリング費を対象とし、管理費および諸税は含まない
- 融資の条件：
  - 融資期間は据置期間 10 年を含む 40 年間、金利は年率 0.5%とした。



## 経済評価

表 S3.10-2 に経済評価結果を示す。EIRR は資本の機会費用である 10%を上回る結果を示し、本プロジェクトは経済的に妥当と判断された。

表 S3.10-2 経済評価結果

項目	経済内部収益率 (EIRR)	純現在価値 (NPV)	費用便益比 (B/C)
基本ケース	15.6%	151.743 百万 RWF	1.41

出典：調査団

## 11 結論

- Masaka 浄水場並びに関連する送配水システムを新規に建設する必要性は、調査地域の開発の社会的背景と現状、および Kigali 市の将来の開発計画に照らして整合し、且つ不可欠なものである。
- 本事業の対象地域は、主に 2035 年の Masaka セクターでの水需要 20,000m<sup>3</sup>/日の供給を目標としており、事業完成後給水率は、個別接続や公共水栓を含め普及率 100%が達成される。総目標給水人口は 2035 年に約 169,000 人であり、これはプロジェクトによって新たに、143,000 人が水供給にアクセスできるようになることを示している。
- F/S の事業スコープは、水源開発、浄水場建設、送水および配水システム整備である。浄水場は、Akagera 川沿いの湿地帯の井戸からの原水を考慮して、鉄とマンガンを処理するための高速ろ過、凝集、急速砂ろ過システムを備えている。
- 事業実施計画によれば、全ての手続きが順調に進めば、2026 年末から給水を開始することが可能となる。実施計画は、導入される国際開発パートナー資金の融資条件に影響されるため、実際のプロセスとルワンダ政府の内部手順に従って適宜見直されるべきである。
- 予備的な環境影響評価によれば、プロジェクトの影響は非常に限定的なものであり、環境汚染への懸念はほとんどなく、施設建設による住民移転等は見込まれない。
- 職員、スキル、知識等が条件となる運転維持管理レベルは、将来の拡張の規模等を勘案しながら評価された。新しい浄水場は、浄水場の運転のスキルを開発するためのトレーニングセンターとして活用される可能性もある。
- FIRR は 4.9%であり、譲許的融資（ソフトローン：40 年、10 年の猶予期間、年間 0.5%）が適用されれば実現可能である。EIRR は 15.6%と推定され、社会的割引率（10%）を大幅に上回っており、経済的に実行可能であることが証明された。

