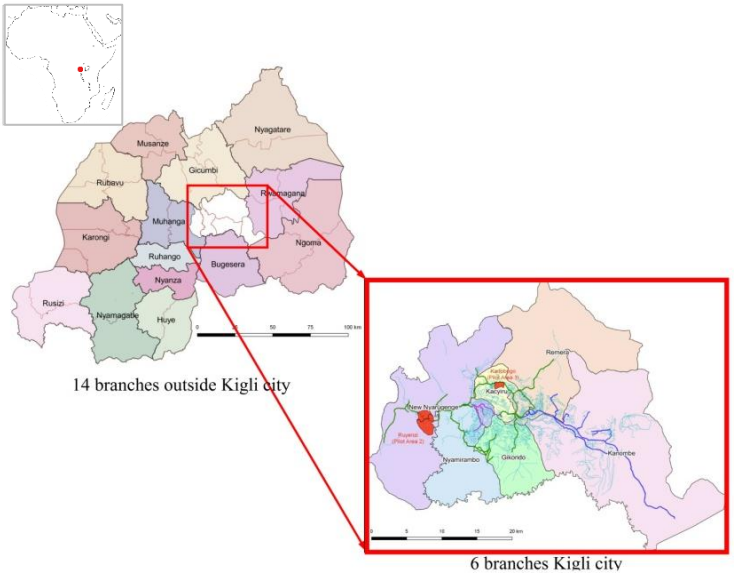
JICA プロジェクト　ブリーフノート

ルワンダ国

キガリ市無収水対策強化プロジェクト

2022 年 2 月



ルワンダ共和国　プロジェクト対象位置図

1. プロジェクトの背景と問題点

ルワンダ共和国（以下、「ルワンダ」）は、2000 年に作成した長期開発計画「VISION2020」により、2020 年までに中所得国に発展することを目標としました。その中で、水資源開発・給水においては 2000 年時点での給水率 52%（ルワンダ国インフラ省（以下、「MININFRA」）の定義に基づく）を 2020 年までに 100%とすることとしました。他方、都市化が進み、特に首都であるキガリ市においては、2025 年までの都市人口増加率が 4.1～5.8%となることが予測されていましたが、この急激な人口増加に上水道の給水サービスが追い付いていませんでした。また、水源量の不足や上水道施設からの多くの漏水により、恒常的な給水制限や給水停止が余儀なくされていました。このため、MININFRA が監督する上水道の給水事業を担う水衛生公社（以下、「WASAC[1]」）は、キガリ市の給水量を確保する目的で、新規浄水場の建設や既存浄水場の拡張により、2017 年末までにキガリ市の給水量を 2015 年時点の 2 倍にする計画を進めました。しかし、無収水[2]率が 38%と高いため、WASAC が無収水削減の対策を行い、給水量を改善することが急務になっていました。

こうした背景を基に、無収水削減の対策に係る WASAC の技術面の能力強化と持続的な実施体制の構築を目的として、2015 年 6 月に、ルワンダ政府は日本政府に対して本プロジェクトを要請しました。キガリ市の配水管網の延長（2,400km）は、国内の全都市配管網の約半分であり、プロジェクト成果が全国の都市へ波及することを期待し、キガリ市を無収水削減対策のモデルとして位置付けました。

本プロジェクトの現地活動は、2016 年 8 月から開始され、2021 年 11 月に終了しました。プロジェクトの経緯及び結果は以下に記述するとおりです。

[1] MININFRA の監督下でエネルギー・給水・衛生に係る政策実施、計画、モニタリングを行う実施機関として 2012 年に設立されたエネルギー・給水・衛生機構が、その後 2014 年に給水・衛生部門が独立してできた組織。

[2] 水道事業体にとって料金収入にならない水道水。生産水量から販売水量を引いた量の生産水量に対する割合を無収水率という。

2. 問題解決のためのアプローチ

2.1　プロジェクトの目標と期待される成果

本プロジェクトは、キガリ市における無収水削減対策を計画的に実施するための WASAC の能力強化を目標としています。その目標を達成するために、プロジェクト開始時に、下記に示す 4 つの期待される成果が掲げられました。さらに、これらの成果や目標の達成度を評価するための指標が決められました。

【上位目標】
WASAC がキガリ市における無収水削減対策を計画通りに実施する。
【プロジェクト目標】
キガリ市における無収水削減対策を計画的に実施する WASAC の能力が強化される。
【期待される成果】
【成果 1】
WASAC の無収水削減に係る計画策定能力が向上する。
【成果 2】
WASAC の職員が無収水管理に係る基本的な知識、技術、技能を習得する。
【成果 3】
パイロットプロジェクトの実施により、WASAC の無収水削減に係る対策実施能力が向上する。
【成果 4】
キガリ市の 4 支店で無収水率を正確に測定する体制が確立される。

2.2　プロジェクトの実施体制

プロジェクトを円滑に実施するための管理組織として WASAC の CEO、無収水（以下、「NRW（Non-Revenue Water）」）に関わる主要職員及び JICA 事務所、専門家チームから構成されるステアリング・コミッティー（以下、「SC」）が設けられました。プロジェクト活動の実施組織は、JICA 側は専門家チーム、WASAC 側は都市上下水道局長、商務局長、財務局長を含む無収水削減に関連する各部署の長から成るマネジメントチームと、無収水削減の実務関連部署職員から成るアクションチームから組織されました。

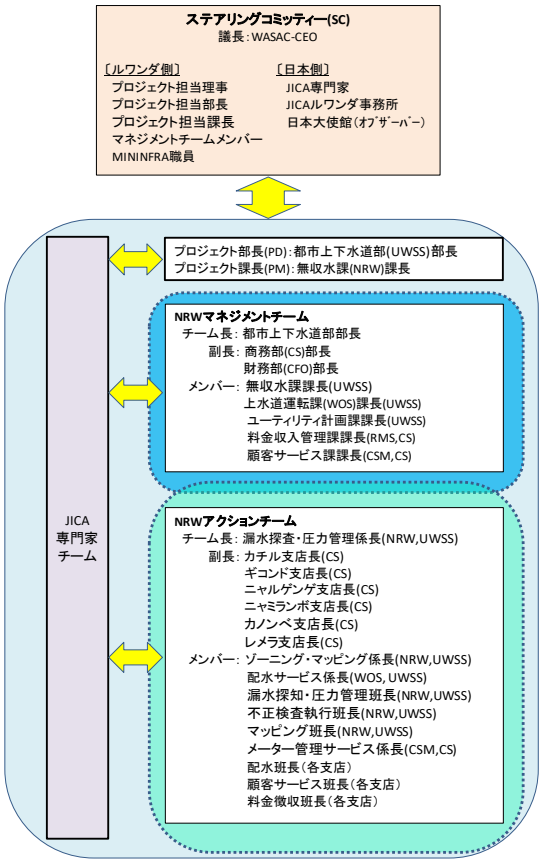


図 1：プロジェクト実施体制

2.3　プロジェクトの成果別活動

(1) 経緯

プロジェクトは 3 年間の予定で、2016 年 8 月から各成果項目の活動が並行して着手されましたが、成果 4 における遠隔モニタリングシステムの機材調達・据付業者の選定に予想外の期間を費やしたことや、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）流行の世界的拡大による一年間の渡航禁止（2020 年から 2021 年）、モニタリングシステムの保守管理期間（2021 年 9 月から）の保証等のために、2022 年 9 月まで延長されることになりました。

プロジェクトにおいては、それぞれの成果の

活動を推進するために日本側からは専門分野別（無収水管理、無収水削減計画、GIS、水理解析、漏水探知、配管修理/接続、ICT）に専門家が投入され、WASAC 側はマネジメントチーム、アクションチームから構成されるカウンターパート（以下、「C/P」）が WASAC の本部、支店の関連部署から任命されました。予定されたプロジェクト活動の内容と手順を関係者で共有し、プロジェクト活動を進めました。

（2）成果 1 の活動（無収水削減のための 5 ヶ年戦略計画の作成と実施）

無収水が WASAC の大きな課題となっているにもかかわらず、WASAC は無収水削減対策を進めるための具体的な戦略計画を持っていませんでした。そこで、本プロジェクトにおいて無収水削減の 5 ヶ年戦略計画（以下、「5YSP」）を策定することにより、活動を具体化するとともに、本計画の策定過程において WASAC の計画策定能力の向上を図りました。

5YSP の策定のために、まず現状調査を行い、ワークショップを繰り返して、WASAC の対応上の問題点の洗い出しをし、それを基に具体的な活動案の策定を行いました。その結果、5YSP は 2018 年 2 月に WASAC の理事会により承認されました。その後、5YSP を WASAC の全 20 支店に周知して具体的な活動を開始し、各支店における実施状況を四半期毎の報告によりモニタリングしています。JICA 専門家側と C/P 側は協働で図 2 に示す作業を進めました。

写真 1：ワークショップ風景

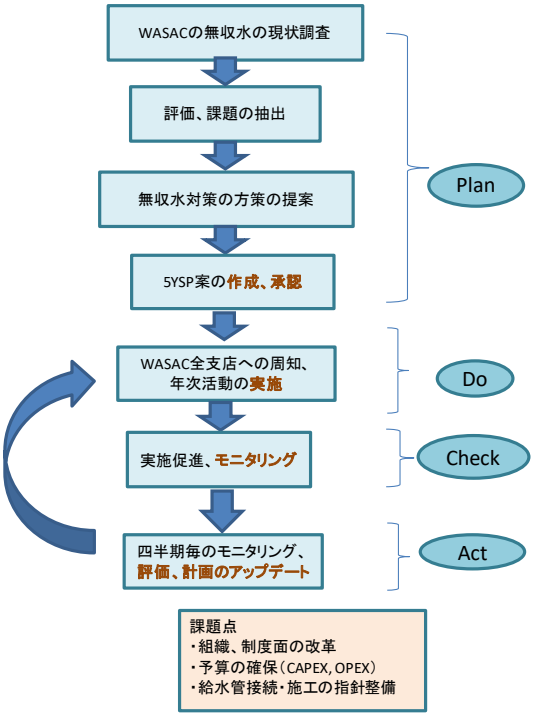
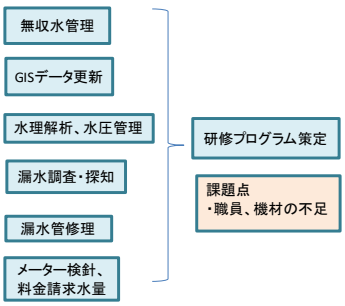


図 2：成果 1 の作業フロー

（3）成果 2 の活動（技術の習得）

WASAC の職員が無収水管理に係る基本的な知識、技術、技能を習得するための活動として、無収水管理、GIS データベースの更新、水理解析、漏水調査・漏水探知、漏水管修理、顧客メーター・請求水量管理につき座学と現場における研修を行いました。研修に使用する漏水探知機材、管補修用機材、顧客メーターを供与しました。現場における研修は成果 3 のパイロットプロジェクトにおける OJT[3]によって技術の習熟を図りました。



No	項　目
1	無収水削減活動の概論
2	高水圧管理
3	配水管理
4	漏水調査及び修理
5	給配水管の更新
6	配水池管理
7	配水量管理
8	料金請求データ、顧客メーター管理
9	無収水率のモニタリング
10	無収水削減活動の準備作業
11	調査用機材の取り扱い

図 3：成果 2 の作業フローと研修項目

[3] On-the-Job Training の略で、職場での実践を通じて業務知識を身につける育成手法のこと。

写真 2：OJT によるトレーニング風景

(4)成果 3 の活動(パイロットプロジェクト)

パイロットプロジェクトの実施により、効果が期待される具体的な無収水削減活動を試行し、5YSP に繋がる具体的な活動を明確にするとともに、WASAC の無収水削減対策に係る実施能力の向上を図りました。キガリ市は WASAC の 6 支店が管轄していますが、そのうち Kacyiru 支店、Nyarugenge 支店の配水エリアに設けた二つのパイロットエリア（エリア 1：Kadobogo、エリア 2：Ruyenzi）を設定しました。

活動の内容は図 4 に示すとおりです。まず、活動の開始の準備として DMA[4]機能を持つパイロットエリアの形成を行いました。エリア内の配管網や顧客位置等の調査、隣接エリアとの水理的分離のための既存配管の調整、エリアへの流入配水量測定のための流量計の設置をパイロットプロジェクト研修の一環として行いました。DMA 形成後は、エリア内の顧客リストを整理し、月毎に、WASAC から顧客が使用した水量（料金請求水量）データと、エリア流入点にて計測した配水量データを収集し、無収水率の計算を開始しました。まず、無収水削減活動開始のための無収水率のベースラインを設定しました。

その後、無収水効果が期待される具体的な活動の試行を開始しました。無収水には大きく分けて①見掛けの損失（商務的損失）、②実損失（漏水）があります。見掛けの損失については、顧客の水利用、請求水量、顧客メーター精度について調査・分析し、精度の悪いメーターや故障メーターについては交換しました。

実損失については、漏水調査・漏水探知、漏水修理、圧力管理用減圧弁（PRV[5]）の設置、給配水管の更新を行いました。

これらの活動の実施後、指標（無収水率、夜間最小流量[6]、漏水修理数等）による効果検証を行い、さらに検証数値を用いて、個々の活動及びパイロットプロジェクトとしての費用対便益の分析を行いました。また、WASAC 内に活動の成果を周知するためにパイロットプロジェクト完了報告書及び無収水削減マニュアルを作成しました。

パイロットプロジェクトに使用した、DMA 構築用の機材、交換用顧客メーター、PRV の付帯管材、交換用給配水管の資機材は JICA が供与し、設置作業を研修の一環として行いました。

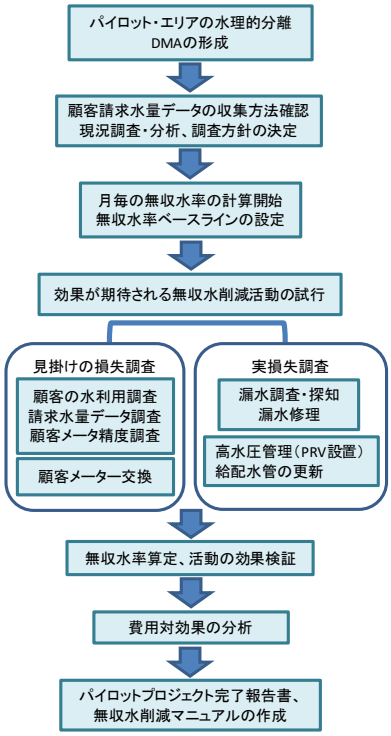


図 4：成果 3 の作業フロー

4 District Meter Areas の略称で、水道メーターで給水量を管理するため区切られたエリア。

5 Pressure Reducing Valve の略称で、給水圧力を一定圧力に維持する調節弁。

6 夜間の時間 帯で水使用量の全く無いと考えられる夜間の時間帯における最小の流量をいう。

写真 3：パイロットプロジェクト活動の状況

写真 4：漏水の状況

(5) 成果 4 の活動（モニタリングシステム）

キガリ市を管轄する WASAC の 6 支店では、各支店の無収水率を個別に把握することができませんでした。6 支店中の 2 支店（Remera、Kanombe）についてはオランダ国の支援（SUSWAS プロジェクト[7]）により流量計メーカーのサーバーを使用した遠隔モニタリングシステムが構築されました。本プロジェクトに対しては、残る 4 支店（Nyarugenge、Gikondo、Kacyiru、Nyamirambo）について、配水量データを自動収集するための WASAC 独自の遠隔モニタリングシステムを構築し、得られた流量データにより支店毎の無収水率を計算するシステムの構築が求められました。モニタリングシステム構築の活動内容は図 5 に示すとおりです。市内に広く張り巡らされた配水管網を支店毎に水理的に分離する必要があるために、まず、WASAC の基本構想を確認した後、支店境界に流量計を設置するための配管網データ（GIS データ）及び現場における調査を行い、それを基に遠隔モニタリングシステム構成の全体設計を行いました。システムは浄水場及びポンプ場の水源や、支店境界における配水管に設置する現場のデータ測定・伝送機材（電磁流量計 35 ヵ所、超音波流量計 1 ヶ所、機械式流量計 2 ヶ所、圧力計 29 ヶ所）、データを収集するためのサーバー（Nyarugenge のサーバー室に設置）から構成されます。データは電話会社の携帯電話通信網を使用してサーバーに送られます。さらに、サーバーは WASAC の WAN システムに繋がり、データを WASAC の各事務所で閲覧、使用することができます。

支店境界の機材設置のためにマンホールの建設（23 ヵ所）を JICA 専門家の業務として行いました。機材調達及び据付の作業は日本の業者が契約し、2019 年 10 月に着手されました。その時点のスケジュールでは 2020 年 6 月に完成予定でしたが、COVID-19 対策の為、2020 年 3 月より作業が停止され、機材の調達・据付作業の遅延が生じました。その後再開され、ようやく、2021 年 9 月にモニタリングシステムの構築が、施設構築後の保守管理期間を残して概ね終了しました。その後、モニタリングシステムにより収集されたデータを使用して無収水率を計算するための計算ソフトの使用方法の研修を行いました。

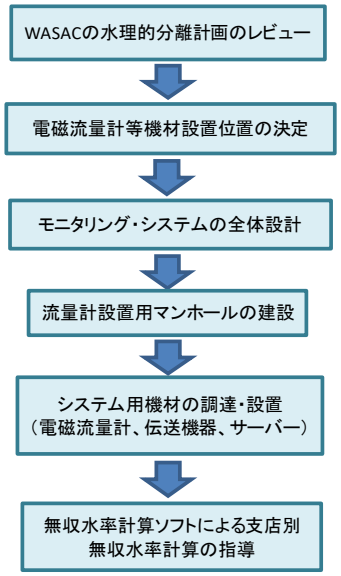


図 5：成果 4 の作業フロー

7 オランダ政府が 60%,民間セクターが 40%を出資して官民パートナーシップ方式で実施しているプロジェクトのこと。

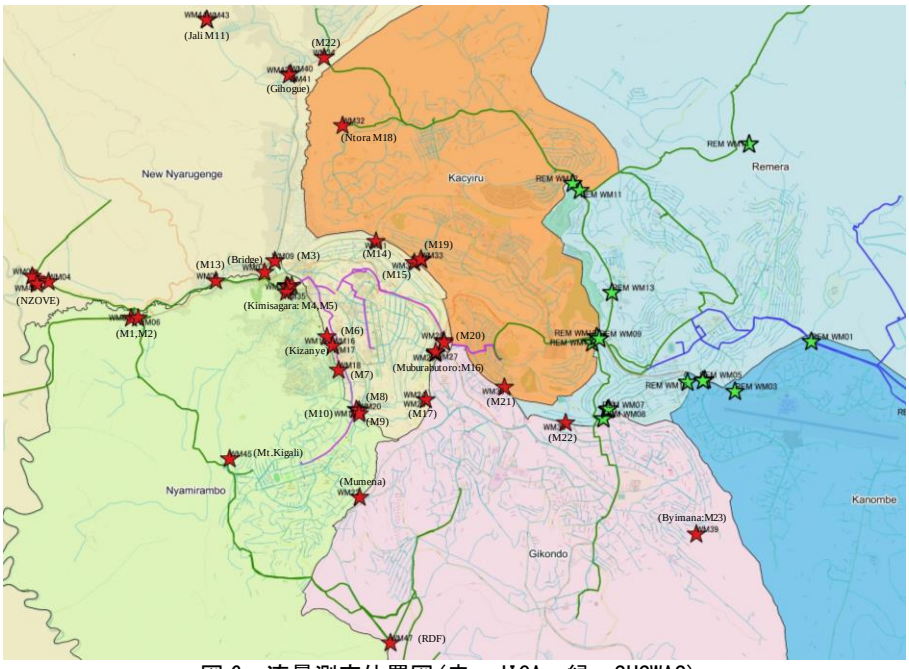


図 6：流量測定位置図(赤：JICA、緑：SUSWAS)

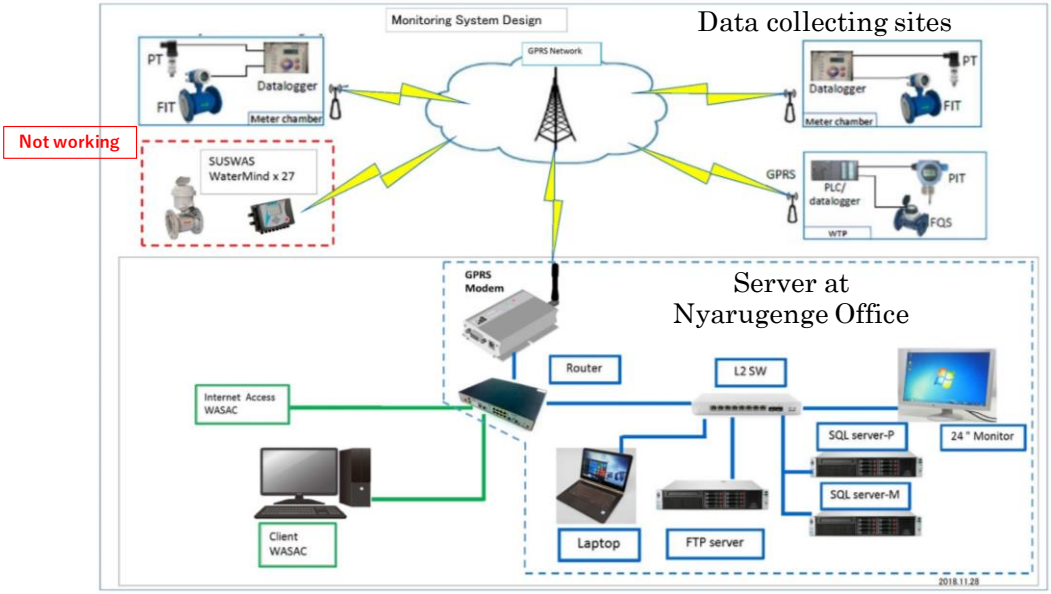


図 7：モニタリングシステム概要図

写真 5：モニタリングシステムの機材設置風景

(6) 本邦研修、第三国研修

水道事業体経営上の大きな課題である無収水対策につき、ルワンダの国内におけるプロジェクト研修のみではなく、他国の無収水対策の状況を広く見聞し、WASAC の活動実施のための参考とし、また、職員のモチベーションを高めることを目的として、本邦研修 3 回と第三国研修 2 回を実施しました。

本邦研修では、マネジャークラスには水道事業体の経営に視点を置いた研修を行い、アクションチームの技術者クラスには、現場の実務に重きを置いた研修を行い、無収水率が 10%以下

という高い日本の技術と、その技術の獲得に至る迄の歴史を学びました。

第三国研修はケニアとマラウイで行いました。WASAC は、高い NRW 率という課題を同様に持つ同じ東アフリカ域内の国において、お互いに学びあうことの必要性を感じていましたが、当該地の水道事業者とのワークショップ、現場視察などを行い、多くを学びと刺激を受けました。

写真 6：研修風景

表 1：本邦研修のリスト

回	開催時期	研修分野	参加者数	研修テーマ
1	2017 年 1 月	マネージメントチーム	5	水道運営・NRW 概論
2	2017 年 8 月	商務・GIS 系	5	顧客情報管理、メーター管理・検針、水道経営
3	2017 年 11 月	技術系	5	NRW 概論、圧力管理、漏水探知、配水管理等

表 2：第三国研修のリスト

回	国名	開催期間	参加者数	概　要
1	ケニア	2018 年 5 月	2	ケニアにおける無収水削減活動の紹介と討論 (WASREB, MWI, KEWI, NYERI)
2	マラウイ	2019 年 9 月	5	マラウイにおける無収水削減活動の紹介と討論 (LWB, EWASCO)

3. アプローチの実践結果（活動の達成度）

3.1　活動の実績

「プロジェクトの終了時評価」が 2020 年 6 月に JICA の調査チームにより実施されました。その後、終了時評価の実施から約一年が経過した 2021 年 11 月にプロジェクトは、ほぼ全ての活動を終えたため、11 月 25 日に最終の SC が開催され、プロジェクトの総括が行われました。確認された結果は下記のとおりです。

【期待される成果】

(1) 成果 1 の結果

5YSP 策定の過程では、質問票の結果やワークショップで挙げられた課題対処の方策をグルーピングし、活動計画の主要コンポーネントとなる 5 分野を決定しました。5YSP は 2018 年 4 月 27 日に WASAC の理事会により承認され、また、同年 9 月にモニタリングチームが CEO により任命されました。これをもって、5YSP に基づいた実質的な活動は、都市上下水道局の無収水課のリーダーシップの下 2018/2019 年度より開始され、以降自発的に継続されています。各支店は無収水削減活動の年間計画を作成し、決められた主要活動項目に従って活動し、月次の活動記録を作成しています。四半期ごとの 5YSP のモニタリングの際には、全国支店を対象としたワークショップを開催するなど、WASAC 内での課題や問題意識の共有ができており、プロジェクトのすべての過程と課題は、様々なワークショップ、セミナー、会議、SC を通して共有されています。課題抽出から始まる計画策定、実施、モニタリング・評価、改定・更新といった PDCA[8]サイクルが醸成されており、「WASAC の無収水削減に係る計画策定能力が向上する」という成果 1 は達成されました。

(2) 成果 2 の結果

研修は技術者を中心としたアクションチームに対してのみならず、管理者を中心としたマネジメントチームに対しても体系的に実施されています。延べ 596 人の職員が研修を受けました。しかし、無収水削減対策の活動マニュアルは作成されましたが最終成果として期待される、「本プロジェクトが策定した研修プログラムが WASAC の人材育成計画に組み込まれる」という段階には至っていません。漏水調査や高水圧管理の調査等は支店における人材不足により、支店に作業の担い手がいないことや

[8] Plan（計画）、Do（実行）、Check（測定・評価）、Action（対策・改善）の仮説・検証型プロセスを循環させ、マネジメントの品質を高めようという概念

調査機材の不足が問題であり、また、2020 年初頭以来の新型コロナウイルス感染症予防のため、支店間の往来が制限されていることも阻害要因となっていました。今後 WASAC の支援局と協調して研修プログラムを WASAC の研修コースに組み込むことが望まれます。

結論として、「WASAC の職員が無収水管理に係る基本的な知識、技術、技能を習得する」ということを期待した成果 2 は概ね達成されました。

(3) 成果 3 の結果

パイロットプロジェクトを通じて、WASAC は効果的な NRW 削減の手法を習得しました（DMA の形成、顧客メーターの現場テスト、漏水調査、漏水探知、高水圧管理、給配水管更新、施工管理、顧客位置図作成等）。これらの OJT 活動を通して、WASAC のカウンターパートは効果的な NRW 削減の手法を習得し、パイロットプロジェクトの実施に関するワークショップにおいて、アクションチームのメンバー間でその経験が共有されました。

無収水率の達成値はエリア 1 が 25%（一時、目標値 20%以下を達成）、エリア 2 が 56%であり、NRW 率の削減が当初目標に達しませんでしたが、費用対便益につき分析し、無収水削減対策に財務的効果があることが確認されました。また、NRW は事後の対処処理も重要ですが、それよりも NRW の発生を防ぐための配水管網施設計画や設計段階からの予防対策が最も大切であることを認識しました。

本成果の本質的な目標である WASAC 職員の現場対応能力、実践能力は大いに向上しており、結論として、成果 3 は概ね達成されました。

パイロットプロジェクトの実施により、WASAC は下記の知見を得ました。

1）無収水の内訳

調査の結果パイロットエリアにおける無収水の内訳が明確になりました。無収水の内訳は、物理損失が全無収水量の 80%～90%程度、商務損失が全無収水量の 10～20%程度です。漏水が大きな無収水要因となっており、そのなかで地下漏水（不可視漏水）が多いことが明確となりました。

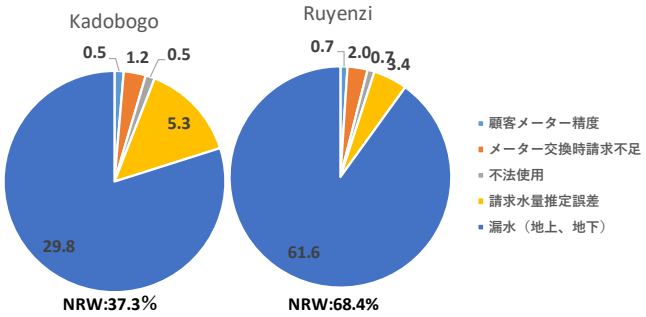


図 8：パイロットエリア毎ごとの無収水の内訳

2）見かけの損失

メーターは顧客のほぼ全数に設置されていますが、顧客メーターの精度検定を行った結果その約 30%のメーターに精度や故障等の問題があることが判明しました。そこで、無収水率の改善対策を検討するために、精度が基準値以下のメーターについて、交換前後の請求水量の合計値の比較による評価を行いました。

項　目	交換前	交換後	比率
月平均請求量　m3	3,314	3,334	1.006

図 9：メーター交換前後の請求水量比較

結論としては、WASAC の場合、メーター設置率は既に 100%程度と高いこと、メーターの検定、交換には多くの労力と期間を要するが、交換による無収水量の削減効果は少ないこと、メーターにはプラス側の誤差があるため、場合によっては逆効果の場合もあり得ることから、メーター交換によるエリア全体への無収水削減の直接の効果は少ないと判断されました。しかしながら、故障したメーターや大きな誤差が判明したメーターはもちろん交換すべきですし、顧客に対する料金請求の公平性、公正性を厳守するために、メーターの精度管理は行うべ

きです。また、見かけの損失には、メーター精度によるもの以外に、住民による不法使用や、メーター検針ができない場合の請求水量の決め方による誤差等があります。

3）物理的損失（漏水）

パイロットエリアでは漏水を削減する手段として、漏水修理、高圧力管理（PRV の設置）、漏水の多い給配水管の更新を試行しました。漏水の量は夜間の住民が水を使用しない時間の配水管の流量（夜間最小流量：Qmnf）を測定することによってその近似値を知ることができます。結果は下記のとおりです。

a. 高水圧の低減による漏水の抑制（PRV の効果）

キガリ市は、起伏が激しい地形的な特徴のために、丘陵の斜面から低地部に至るまで住居が形成されており、送・配水施設が非常に複雑となっています。しかし、水量的に送・配水することのみを優先し、圧力対策に配慮した施設整備がなされて来ませんでした。そのために、配水管網内の水圧が高水圧となっており、そのことが漏水の発生を容易にしています。

パイロットエリアの活動において、高水圧を低減することは、漏水量が減少し、漏水の抑制効果が高いことが、PRV の設置による夜間最小流量及び漏水発生数の減少によって検証されました。また、高水圧の低減を行わない限り、漏水を修理しても漏水が再発し、漏水修理の効果には限度があることが分かりました。PRV の設定後の効果は両エリアでの試行結果、下表に示す通り、30%から 60%の漏水量の削減効果がありました。

表 3：PRV 効果測定結果（パイロットエリア 1）

項目	PM2	PM3
	Qmnf (P)	Qmnf (P)
設定前	0.74 (7.0)	9.44 (7.5)
設定後	0.31(2.5)	5.80 (2.5)
効果量	0.43(58%)	3.64(39%)

表 4：PRV 効果測定結果（パイロットエリア 2）

項目	PRV1	PRV2	PRV3
	Qmnf (P)	Qmnf (P)	Qmnf (P)
設定前	7.48 (9.1)	3.74 (8.7)	1.64 (7.0r)
設定後	2.80(3.0)	2.60(6.0)	0.92 (1.0)
効果量	4.68(63%)	1.14(30%)	0.72(44%)

b. 給配水管資材の品質及び施工及び漏水管の更新

漏水の原因のほとんどは小口径の給配水管（HDPE[9]、GSP[10]）にあることが明確になりました。WASAC の配水管網では敷設場所の条件から、施工性が容易な HDPE 管が多用されています。しかしながら、WASAC は HDPE 管の調達を住民に任せているために、住民は基準に合わない価格が安い管材を購入してしまいます。そのような管は材質が悪く、高圧に耐え切れず割れて漏水するケースが多くあります。WASAC の基準に従った資材の調達、使用資材の種類や等級の統一等の重要性が認識されました。そのためには、顧客に資材調達を任せることをやめ、WASAC が自身で材料基準に合った管の調達と、適正な施工管理の下で管の敷設を行うべきです。あるいは、WASAC の認可した資格を持つ資材調達/工事業者に委託する方法を採ることも将来的に考えられます。

エリア 1 における給配水管更新の漏水削減効果は下記のとおり、40%以上の削減効果がありました。

[9] High Density Polyethylene の略。高密度ポリエチレンのこと

[10] Galvanized Steel Pipe の略。配管用炭素鋼鋼管のこと

表 5：給配水管更新による漏水削減効果

項目	PM1	PM2
交換前Qmnf(m3/h)	5.38	2.31
交換後Qmnf(m3/h)	3.1	0.09
削減量(m3/h)	2.28	2.22
削減率(%)	42	96

写真 7：給水管更新作業風景

c. 効果の確認

これらの活動を行うことにより、各エリアにおいて明らかに漏水量の減少が認められました。Qmnf の測定履歴を基に作成した Qmnf 値の下記推移図から PRV 設置、漏水修理、給配水管の更新によって、Qmnf が明らかに減少していることが分かります。

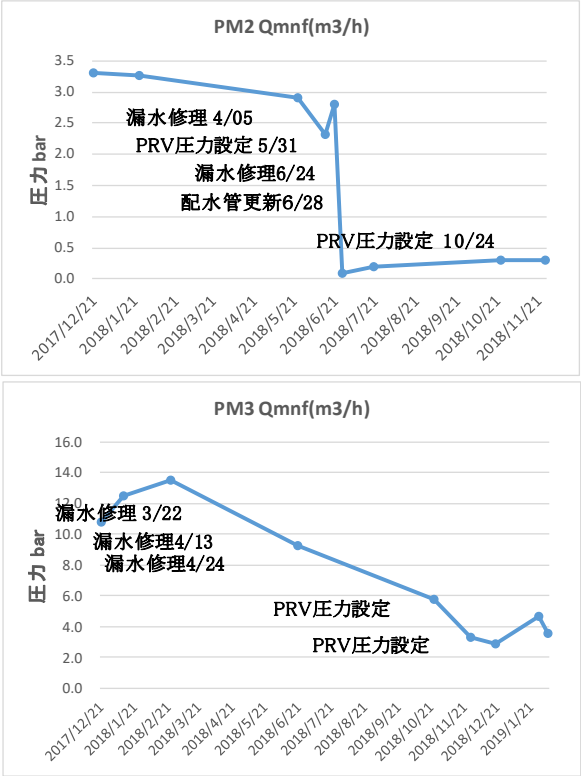
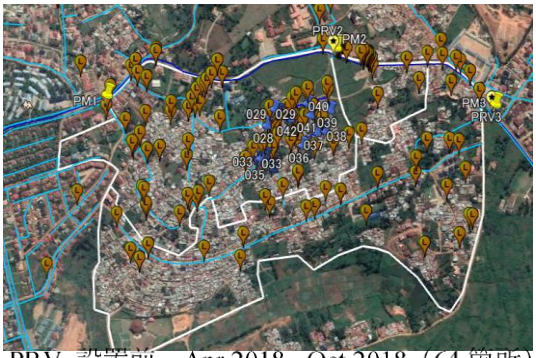


図 10：Qmnf の推移

また、漏水箇所のプロット図で見ても、漏水個所数が激減したことが明らかに読み取れます。



PRV 設置前　Apr 2018 - Oct 2018（64 箇所）

PRV 設置後　Nove 2018 - Apr 2019（22 箇所）

図 11：Kadobogoi における漏水修理位置のプロット

4）無収水率の削減量

両パイロットエリアで無収水率のベースラインを設定後、無収水削減活動を行いながら、毎月無収水率を測定した結果は下記のとおりです。

Kadobogo エリアでは、漏水修理、PRV による高水圧の軽減、給配水管の交換を行った結果として、NRW 率のベースライン値 37%から到達値 25%へ 12%ポイントの削減効果がありました。一方、Ruyenzi エリアでは、PRV による高水圧低減と漏水修理を行いましたが、エリア内にある配水池が本来の機能を果たしておらず、それが大きな要因となり、NRW 率はベースライン値 68%から 58%への削減が限度でした。配水池は本来、配水量の調整機能を持つとともに、配水池に送られてくる送水圧を配水エリアに対して減圧する機能を持ちます。しかしながら Ruyenzi エリアではエリア内の一部のサブゾーンに対しては配水池を介した配水が行

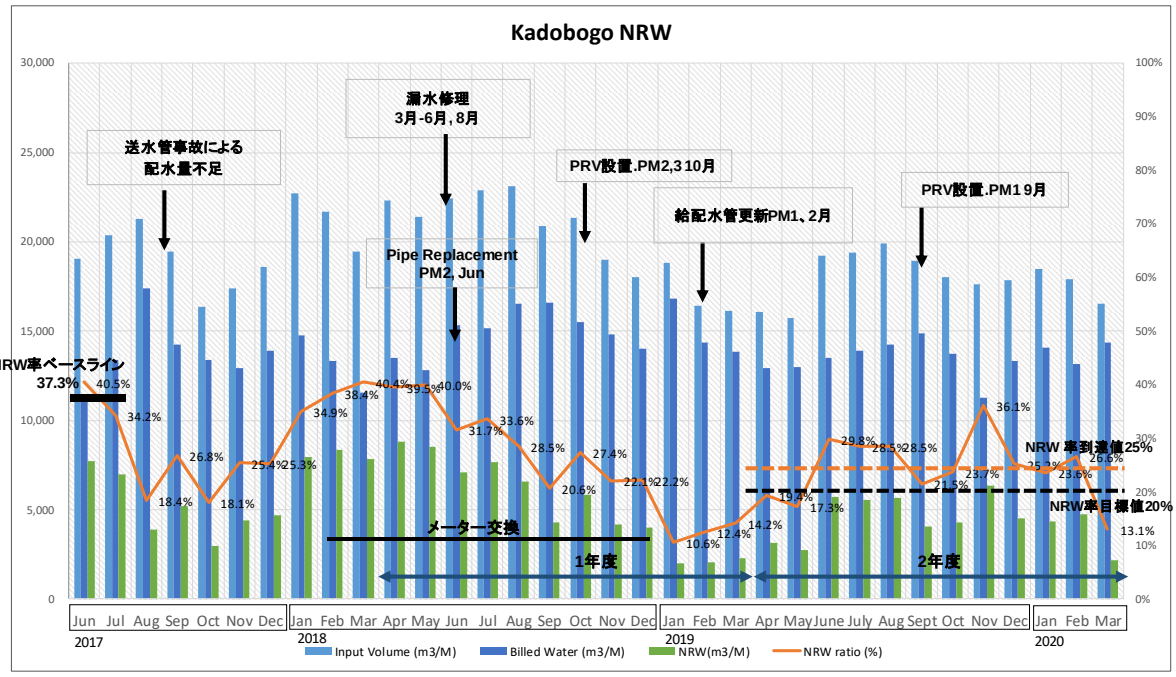
われているものの、更にパイロットエリア外の標高の高い配水エリアへ送水するために、配水池の本体を介さないバイパス管が使用され、このバイパス管から面積の大きなサブゾーンへの配水を行っているために、高い送水圧を配水エリアに対して効果的に減圧することができずにいます。

表 6：パイロットプロジェクトの NRW 率

パイロットエリア	ベースライン値	目標値	到達値	削減量
エリア1:Kadobogo	37%	20%	25%	12%
エリア2:Ruyenzi	68%	25%	58%	10%

5）費用対便益の分析結果

パイロットエリアでは無収水率の目標率達成ができませんでした。しかしながら、費用対便益の検討の結果は、両エリアとも純現在価値（NPV）及び、便益・費用比（B/C）の計算値から、無収水削減の活動効果（NPV>0、B/C>1.0）が出ることを明確に示しました。Kadobogo では無収水削減活動実施の翌年度から、また Ruyenzi では活動実施年度において投資費用が回収されます。5 年度では B/C が Kadobogo で



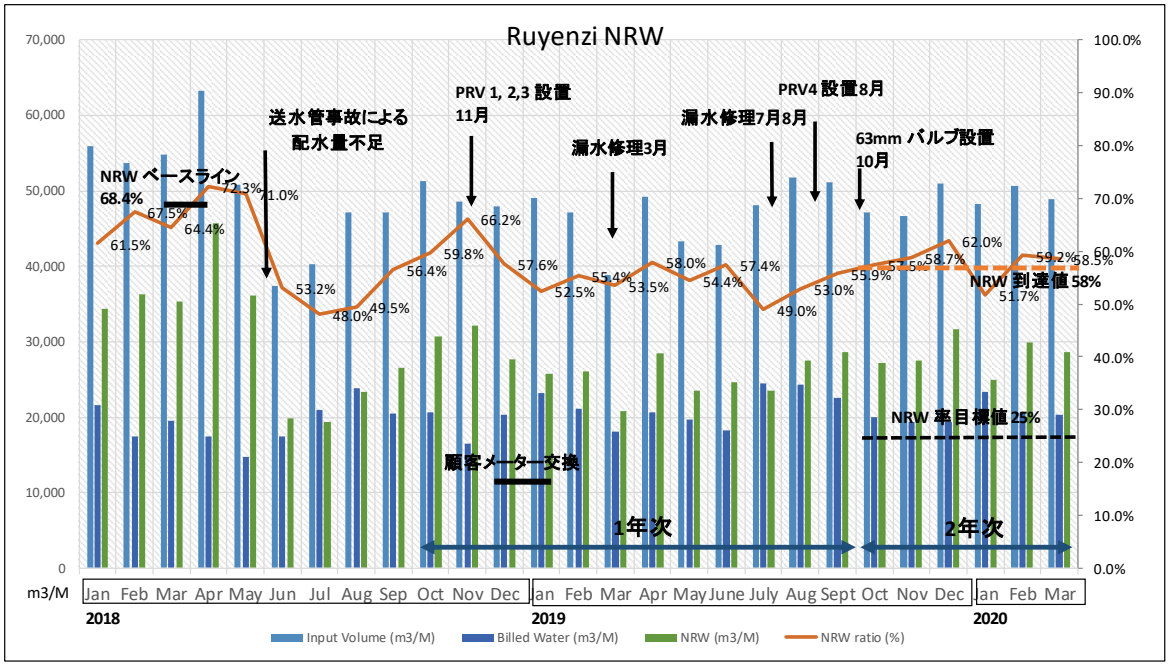


図 12：Kadobogo, Ruyenzi の NRW の推移

は 3.6 倍、Ruyenzi では 7.7 倍にもなります。

結論として言えることは、NRW 率が Ruyenzi のように 68％と非常に高くても、ある程度（10％程度）下げれば無収水削減活動の投資効果が十分出るということです。従って、投資効果の高い活動、例えば、高水圧の低減（PRV の設置）、漏水修理（特に地下漏水）、配水管の更新を積極的に推進することが重要です。

Kadobogo

年度	NRW 削減量	利益 B 水道料金収入	費用 C 初期、維持管理	純利益	B/C
	m3/M	Rwf	Rwf	Rwf	
実施年度	27,913	15,826,812	46,920,843	-31,094,031	0.3
2年度	67,241	51,794,327	44,890,896	6,903,431	1.2
3年度	67,241	83,805,287	42,975,851	40,829,436	2.0
4年度	67,241	114,004,306	41,169,206	72,835,100	2.8
5年度	67,241	142,493,946	39,464,823	103,029,123	3.6

注意：純利益とB/Cは年度累積値

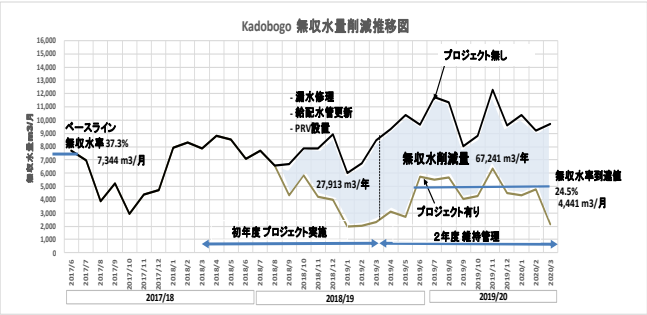


図 13：Kadobogo の費用対便益の分析結果

Ruyenzi

年度	NRW 削減量	利益 B 水道料金収入	費用 C 初期、維持管理	純利益	B/C
	m3/M	Rwf	Rwf	Rwf	
実施年度	125,505	74,299,139	42,419,120	31,880,019	1.8
2年度	121,729	142,283,363	42,347,573	99,935,790	3.4
3年度	121,729	206,419,424	42,280,076	164,139,348	4.9
4年度	121,729	266,925,141	42,216,399	224,708,742	6.3
5年度	121,729	324,006,006	42,156,326	281,849,680	7.7

注意：純利益とB/Cは年度累積値

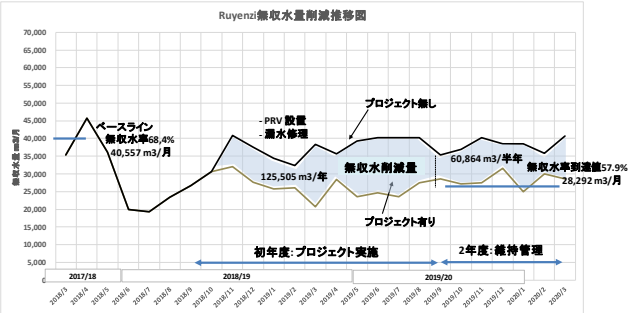


図 14：Ruyenzi の費用対便益の分析結果

6）無収水削減の手順

パイロットプロジェクトで得られた結果として、効果的な無収水削減活動の項目の手順は下記のとおりです。

①物理損失（漏水）の対処

- ✓ 高水圧管理の実施
  - ・施設設計への最大静水圧基準の設定
  - ・水圧基準を厳守した配水施設の建設、再整備
  - ・減圧施設（PRV 等）の設置、適切な運用
- ✓ 使用管材の規格厳守、適正な施工
- ✓ 漏水多発管、老朽管の更新
- ✓ 漏水調査（夜間最小流量、ステップテスト）、漏水修理の実施

②商務損失の対処

- ✓ 顧客メーター維持管理
  - ・請求水量分析結果を基にしたメーター検定
  - ・故障、誤差が大きい等の不適正メーターの確実な交換
  - ・定期的なメーター交換
- ✓ 請求水量の適正化
  - ・確実な検針/推定請求水量箇所の削減
  - ・ゼロ請求水量顧客に対する調査、問題の是正

(4) 成果 4 の結果

モニタリングシステムの構築作業は、一部の流量計関連機材を残し概ね完了しました。保守管理期間を残すのみとなっています。

WASAC 側の責任事項として 16 ヵ所の流量計の調達と、支店間境界の部分的移動による顧客登録の変更手続きが現在進められています。そのために、現時点ではキガリ市内の支店が個別に無収水率を計算するということはできませんが、「キガリ市の 4 支店で無収水率を正確に測定する体制が確立される」という成果はほぼ達成されました。

(5) プロジェクト目標の達成度

プロジェクトは成果 1：計画策定、成果 2：基礎技術、成果 3：技術の適用、及び成果 4：NRW 率測定システムの確立の 4 つの手法を取りました。その結果、成果 1 の達成状況が示すように、WASAC は PDCA サイクルにより、5YSP の活動とモニタリングを着実に行いました。成果 2 では職員は一連のトレーニングを通じて知識と実施技術を習得しました。成果 3 において、実際の現場の実情に対処する能力も、パイロットプロジェクトを通じて強化されました。WASAC 経営層が NRW 削減効果を認識しており、パイロットプロジェクトの成果はパイロットエリア外へ展開されつつあります。成果 4 の NRW 率測定システムは設置されたシステムの保守管理を残すのみで完了しました。

結果として、無収水削減対策を計画的に実施する WASAC の能力が向上し、プロジェクト目標はほぼ達成されました。

他方 WASAC は予算面で課題を抱えています。NRW 削減活動の実施面において、実際の予算配分が年間行動計画に対応していません（予算執行が 20%程度）。この NRW 行動計画の予算不足問題は、プロジェクトによって習得された技術力を活用する上での大きな阻害要因となっています。WASAC の不十分な年間予算では、NRW 削減活動の全てをカバーしておらず、NRW 削減に必要な初期投資費用（CAPEX）は、WASAC の持つ予算と比較して甚大であるため、WASAC は外部からの資金調達を模索すべきです。

4. その他の活動

プロジェクトは、上述した活動の他に、下記の活動を行いました。

4.1 新型コロナウイルス感染症対策の活動

安全な水を継続して安定的に供給することは上水道サービスの大きな使命ですが、WASAC の給配水管網では漏水が頻繁に発生し、その修理のためにその都度断水を行うことや、配水量の不足、配水管網の整備が十分でないことから、住民へ清浄な水を安定的に毎日 24 時間供給することができていません。そこで、新型コロナウイルス感染症の対策について、WASAC は 2020 年 6 月に下記の緊急支援要請を JICA に行いました。それに応えて、JICA はこの活動を本プロジェクトの下で緊急的に実施しました。

(1) 間断給水軽減のために必要な資機材の調達

カウンターパート側との協議結果、資機材の内容を、「漏水修理用資材」、「パイロットエリア 2 内の給配水管更新のための資材」及び「キガリ市の配水池のフロートバルブ」としました。カウンターパートとプロジェクトの現地職員は、日本にいる専門家とオンラインによる遠隔会議を通じて調査を進め、資機材のリストを作成しました。プロジェクトにより調達した資機材（総額約 193,000 米ドル）は 2021 年 11 月に WASAC に引き渡されました。

(2) 安全な水へのアクセスが制限されている人々への緊急給水

WASAC の配水管網において、水供給が困難なエリアに対して仮設給水タンクを設置し、給水車で水を運搬する緊急支援を行いました。仮設用の給水タンク（10m^3）を調達し、WASAC のキガリ市内 4 つの支店（Kanombe、Remera、Kacyiru、Nyarugenge）管轄の 23 のサイトに据付けて公共水栓として運用しました。水の運搬作業は、給水車を所有するキガリ市内の業者に委託しました。2020 年 11 月から 2021 年 9 月までの 11 ヶ月間実施し、総給水量は 43,200 m^3 、総コスト: 259,500 USD で、約 5,200 世帯 （人口: 約 26,000 人）の住民が新型コロナウイルス感染症予防に対する緊急支援の恩恵を受けま

した。

写真 8：給水車の運用状況

4.2 三国域内水道事業体連携の活動

WASAC はマラウイのリロングウェ水公社（Lilongwe Water Board：LWB）と 2017 年 7 月に協力協定書を締結し、無収水削減も含め、相互の学び合いを促進することを合意しました。また、2018 年 11 月にルワンダにおいて、第 1 回ワークショップがケニアのエンブ水資源管理会社（Embu Water & Sanitation Company：EWASCO）を含めて開催され、ルワンダ、マラウイ、ケニア三国の水道事業体による域内連携（Water Utility Regional Partnership：WURP）の取り組みが開始されました。第 2 回ワークショップは、LWB が主催し 2019 年 9 月にマラウイにて開催されました。その後、新型コロナウイルス感染症の影響で一国に集合したワークショップの開催はできずにいますが、二ヶ月毎にオンラインでの無収水削減活動の進捗報告会議を開催しています。経済発展や開発の水準を同じくする東アフリカの国の同じ無収水に関する課題を持つ水道事業体が互いに連携し問題解決に当たる環境が整備されました。JICA 事務所及び三か国で実施中のプロジェクトが本活動への助言等必要な支援をしています。域内連携は良好な関係で推進されており、今後の継続が期待されています。

5. プロジェクト実施上の工夫・教訓

5.1 工夫

WASAC のカウンターパートは通常の業務を行いながら、本プロジェクトに参加していますが、本プロジェクトにおける活動も、WASAC の通常業務の一環であることを常に意識することが重要です。本プロジェクトの目的は、無収水削減のための WASAC の業務をより明確化・効率化・持続化することにあり、通常業務の延長線上にあるものです。業務の成果を WASAC 自身が出せるようになることが目的です。そのために、WASAC 側および JICA 専門家チームが活動の状況や問題点等を定例の会議や日常的に密なコミュニケーションを取ることで、共有することにより、モチベーションの高揚に心がけました。

ルワンダ、マラウイ、ケニアの水道事業体間の域内連携がプロジェクトの支援を通じて設立されました。この連携活動として、共通の NRW 削減活動項目を設定して、その進捗状況、成果を 2 ヶ月毎に開催されるオンラインのワークショップで発表しています。また、それぞれの国を訪問してのワークショップが行われています。このような意見交換の機会は、互いに教え合い、学び合う効果的なプラットフォームとして、モチベーションの高揚のために機能しています。

5.2 教訓

配水池は配水量の調整機能を持つとともに、送水圧を配水エリアに対して減圧する機能を持ちます。しかしながら、WASAC の既存配水管網においては、他の標高の高い配水エリアへ送水するために、配水池本体を介さないでバイパス管を使用した配水を行っている場合や、送水管の途中から直接配水する場合が多く見られます。このことが、配水エリアに対して高圧の配水を行い、その結果、配水管網に漏水を発生させる大きな原因となっています。

キガリ市の地形は高低差が激しいにもかかわらず、既存の配水施設は高水圧の管理に配慮

した施設配置となっていません。施設配置については、設計水圧を考慮した一定の圧力範囲の標高差を基準とした配水エリアのブロック化を図る必要があります。ただし、既成の配水管網をブロック化し直すには、調査、設計、施工に多くの費用と期間を要します。従って、基本原則に立ち返って言えば、配水施設の配置はプロジェクト実施の計画時点から無収水（漏水）を生じないように予防処置を考慮した施設としておかなければなりません。

本プロジェクトではパイロットエリアを対象とした無収水削減対策を試行し、WASAC はプロジェクトとしての無収水対策の技術を習得しました。その技術を WASAC 全域に普及することに努めましたが、WASAC の組織的課題、財政的課題や本プロジェクト（技術支援プロジェクト）で行える業務範囲の制限のため、キガリ市全エリアでの無収水の削減には至っていません。

キガリ市全域の無収水率の削減を行うには、支店レベルの範囲の広域的な投資を順次行わなければ、目に見える効果は期待できません。

基本的には、下記の点に留意した再整備がおこなわれることが望ましいと考えられます。

- 一定の圧力範囲の標高差を基準とした配水エリアのブロック化
- その為の、主配水管の再編成、配水池の再整備（バイパス管の廃止）
- ブロック内の給配水管の更新、管理用バルブの整備

多額の投資は、5YSP に提示された NRW 削減措置の予算には含まれていません。キガリ市の NRW 率を 25%にするという上位目標の達成は、WASAC の利用可能な自己資金と WASAC の外部からの資金確保（開発支援パートナーからの支援）に大きく依存しています。WASAC は上位目標達成に向けて活動を継続する必要があります。

参考文献：

・独立行政法人国際協力機構（2016）「ルワンダ国キガリ市無収水対策強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書」
・独立行政法人国際協力機構（2021）「ルワンダ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報告書」