

ルワンダ共和国

水・衛生公社 (WASAC)

ルワンダ共和国

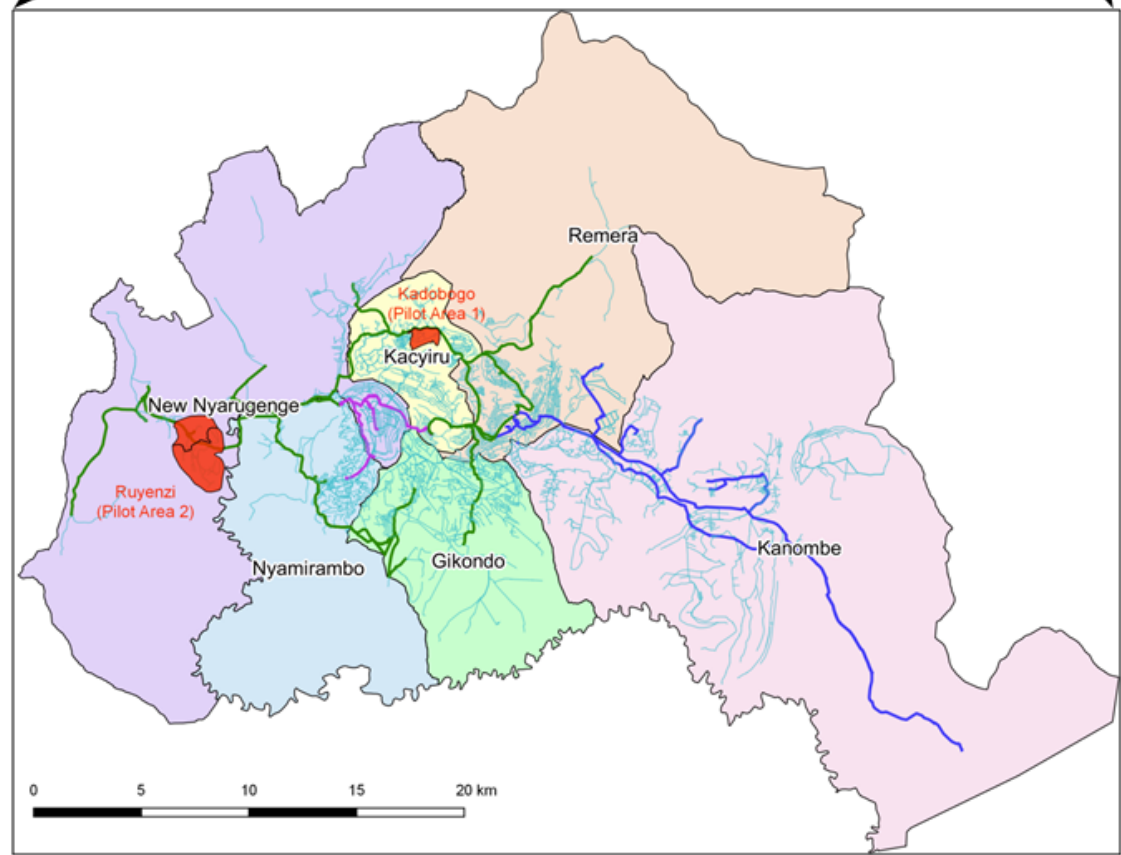
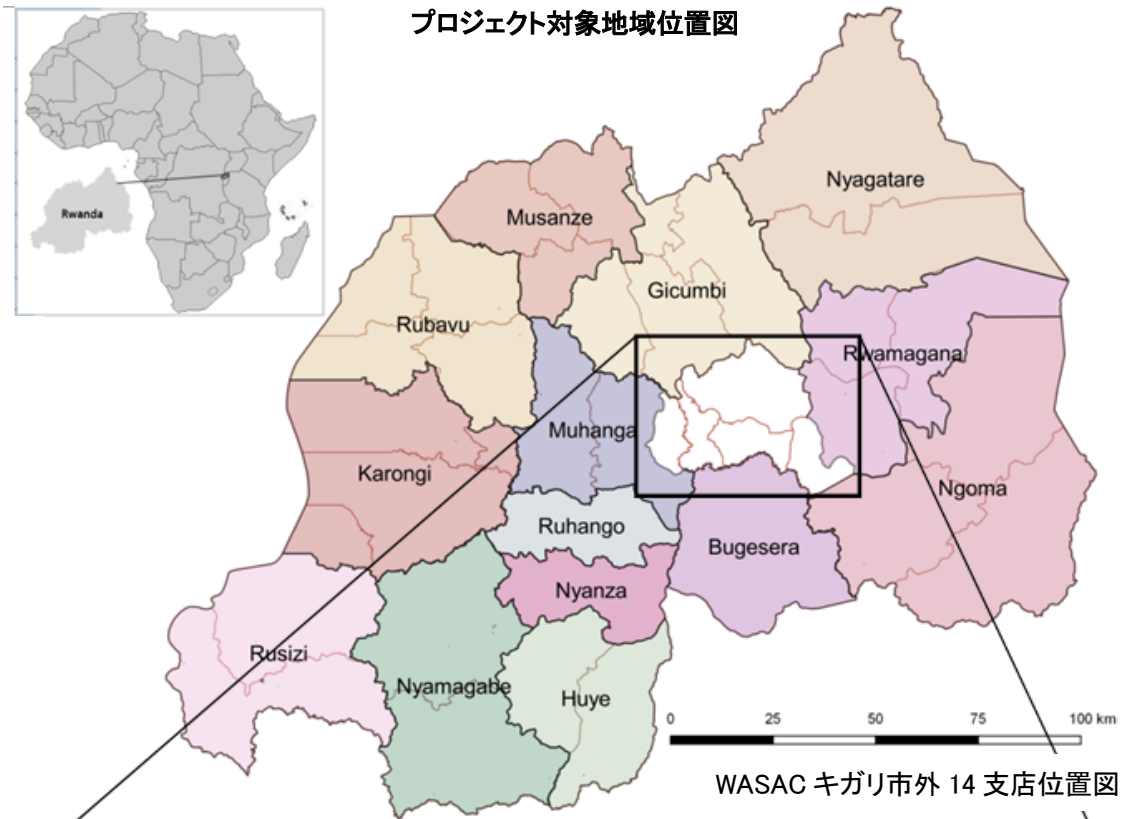
キガリ市無収水対策強化プロジェクト
プロジェクト業務完了報告書

2022年2月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社協和コンサルタンツ
横浜ウォーター株式会社
国際航業株式会社

環境
JR
22-005



現地活動写真



プロジェクトのキックオフ会議



ステアリング・コミッティー会議



週例会議



支店訪問会議



無収水削減 5YSP ワークショップ



ルワンダ、マラウイ、ケニア域内協力ワークショップ



GIS データ更新の研修



流量、圧力測定の実習

現地活動写真



漏水探知の実習



漏水探知の実習



給水管修理の実習



顧客メーター調査



第1回本邦研修 漏水探知実習



第2回本邦研修 配水管理・水道台帳



パイロットプロジェクト用マンホール



顧客水道メーターの検定作業

現地活動写真



地表漏水



地下漏水



漏水調査 Qm³/mf 測定



漏水調査 Qm³/mf 測定



PRV 設置作業



給配水管更新作業



モニタリングシステム機材調達・据付け作業キックオフ



モニタリングシステム流量計用マンホール

現地活動写真



電磁流量計とデータロガー・伝送装置



マンホール内流量計の設置作業



マンホール内設置の流量・圧力計のトランスミッター



ポンプ場設置のデータロガー、トランスミッター、UPS



Nyarugenge サーバーシステム



無収水率計算ソフトの運用指導



COVID-19 対策支援用の仮設給水タンク



COVID-19 対策支援用の給水車による水運搬

目 次

プロジェクト対象地域位置図	
現地活動写真	
目次、略語表	
第1章 プロジェクトの概要	1
1.1 プロジェクトの基本情報	1
1.2 プロジェクトの背景	1
1.3 プロジェクト・デザインマトリックス(PDM)	2
1.4 プロジェクトの経緯	5
1.4.1 プロジェクトの活動概要	5
1.4.2 プロジェクトの内容及び期間の変更	9
1.4.3 会議等	10
1.5 プロジェクト実施体制	11
第2章 活動実績	12
2.1 PDMの活動実績	12
2.1.1 日本側の投入実績	12
2.1.2 ルワンダ側の投入実績	18
2.1.3 期待される成果に係る活動実績	19
(1) 成果1に係る活動	19
(2) 成果2に係る活動	27
(3) 成果3に係る活動	41
(4) 成果4に係る活動	85
(5) プロジェクトの運営	90
2.2 活動の達成度	91
2.2.1 期待される成果の達成度	93
2.2.2 プロジェクト目標の達成度	102
2.2.3 上位目標の達成度	104

第3章 その他の活動実績.....	105
3.1 新型コロナウイルス感染症対策の支援.....	105
3.2 三国水道事業体域内連携の活動.....	107
第4章 プロジェクト評価.....	109
4.1 DAC5 項目による評価.....	109
4.1.1 妥当性 (Relevance).....	109
4.1.2 有効性 (Effectiveness).....	110
4.1.3 効率性 (Efficiency).....	112
4.1.4 インパクト (Impact).....	114
4.1.5 持続性 (Sustainability).....	115
4.1.6 結論.....	116
4.2 プロジェクト運営上の課題.....	116
4.3 プロジェクトから得た知見.....	119
4.4 WASAC に対する提言.....	129
4.5 プロジェクト運営上の教訓.....	131
第5章 プロジェクトの上位目標達成への提言.....	133
5.1 上位目標達成の課題.....	133
5.2 上位目標達成の方針.....	134
5.3 上位目標達成に向けてのリスク.....	135

【添付資料】

添付資料 1 原 RD 及び RD 変更の MM

添付資料 2 ステアリング・コミッティーの MM

添付資料 3 プロジェクトの投入実績 (カウンターパートリスト、専門家派遣、研修リスト)

添付資料 4 本邦研修の内容

添付資料 5 供与機材引渡しレター

添付資料 6 費用対便益の分析

添付資料 7 モニタリングシステム機材リスト

添付資料 8 新型コロナウイルス感染症対策のための給水車の運用方法

【全添付資料の目次】

下記添付資料の電子データを CD-R に保存する。

- 添付資料 1 原 RD 及び RD 変更の MM
- 添付資料 2 ステアリング・コミッティーの MM
- 添付資料 3 プロジェクトの投入実績(カウンターパートリスト、専門家派遣、研修リスト)
- 添付資料 4 本邦研修の内容
- 添付資料 5 供与機材引渡レター及びリスト
- 添付資料 6 費用対便益の分析
- 添付資料 7 モニタリングシステム機材リスト
- 添付資料 8 新型コロナウイルス感染症対策のための給水車の運用方法
- 添付資料 9 モニタリングシート
- 添付資料 10 キガリ市配水池インベントリー調査報告書
- 添付資料 11 5YSP 原文、アップデート版
- 添付資料 12 パイロットプロジェクト完了報告書 1 及び 2
- 添付資料 13 無収水削減マニュアル
- 添付資料 14 NRW 率計算ソフトマニュアル
- 添付資料 15 プロジェクト終了時評価報告書等資料

略 語 表

AfDB	African Development Bank	アフリカ開発銀行
B/C	Benefit Cost Ratio	便益・費用比
BoQ	Bill of Quantity	数量明細書
CAPEX	Capital Expenditure	資本的経費
CEO	Chief Executive Officer	最高経営責任者
CFO	Commercial Field Officer	メーター検針員
CMS	Customers Management System	顧客管理システム
COVID-19	Corona virus disease-19	新型コロナウイルス感染症
C/P	Counterpart	カウンターパート
DAC	Development Assistance Committee	開発援助委員会
DCEO	Deputy Chief Executive Officer	最高経営責任者代理
DMA	District Metered Area	配水管理区域
DN	Nominal Diameter	呼び径
DSS	Department of Support Services	支援サービス局
DUWSS	Department of Urban Water and Sanitation Services	都市上下水道サービス局
EDPRS	Economic Development and Poverty Reduction Strategy	経済開発・貧困削減戦略
EWASCO	Embu Water and Sanitation Company	エンブ水資源管理会社
FV	Float Valve	フロートバルブ
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GPRS	General Packet Radio Service	携帯電話通信網利用パケットデータ通信サービス
GSP	Galvanized Steel Pipe	配管用炭素鋼鋼管
HDPE	High Density Polyethylene	高質ポリエチレン
HQ	Head Quarter	本社
ICT	Information and Communication Technology	情報通信技術
IWA	International Water Association	国際水協会
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JICS	Japan International Cooperation System	日本国際協力システム
KEC	Kyowa Engineering Consultants Co., Ltd.	(株)協和コンサルタンツ
LWB	Lilongwe Water Board	リロングウェ水公社
MININFRA	Ministry of Infrastructure	国土基盤省
MM	Minutes of Meeting	議事録
M/M	Man Month	人月

MP	Master Plan	マスタープラン
NPV	Net Present Value	純現在価値
NRW	Non-Revenue Water	無収水
OJT	On-the-Job Training	職場内研修
OPEX	Operating Expenditure	事業運営費
PDCA	Plan-Do-Check-Act	計画 - 実行 - 評価 - 改善
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト・デザイン・マトリックス
PIP	Performance Improvement Plan	業績改善計画
PN	Nominal Pressure	公称圧力
PO	Plan of Operation	活動計画
POC	Point of Connection	給水装置接続点
PP	Power Point	パワーポイント
PRV	Pressure Reducing Valve	減圧弁
PT	Public Tap	公共水栓
PVC	Polyvinyl Chloride	ポリ塩化ビニール
Qmnf	Minimum Nighttime Flow	夜間最小流量
R/D	Record of Discussions	討議議事録
RURA	Rwanda Utilities Regulatory Authority	ルワンダ公営企業規制庁
RWF	Rwanda Flan	ルワンダの通貨単位
SAT	Site Acceptance Test	現場受入試験
SC	Steering Committee	運営委員会
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	監視制御システム
SSD	Support Service Department	支援サービス局
SUSWAS	Sustainable Water Services in Rwanda	オランダ政府と民間企業のPPPによる技術支援プロジェクト
UFM	Ultrasonic Flow Meter	超音波流量計
USAID	United States Agency for International Development	アメリカ合衆国国際開発庁
USD	United State Dollar	アメリカ・ドル
VAT	Value Added Tax	付加価値税
WAN	Wide Area Network	広域通信網
WASAC	Water and Sanitation Corporation	水衛生公社
WP	Work Plan	活動計画
WURP	Water Utility Regional Partnership	水道事業体域内連携
5YSP	Five-Year Strategic Plan	5ヶ年戦略プラン
5YSBP	Five-Year Strategic Business Plan	5ヶ年戦略ビジネスプラン

第 1 章プロジェクトの概要

1.1 プロジェクトの基本情報

プロジェクトの基本情報を下表に示す。

表1.1 プロジェクトの基本情報

項目	プロジェクト内容
1. 対象国	ルワンダ
2. プロジェクト名	キガリ市無収水対策強化プロジェクト
3. プロジェクト期間	原計画 :2016 年 8 月～ 2019 年 7 月 変更 :～ 2020 年 7 月、～ 2020 年 12 月、～ 2021 年 12 月 最終変更 :～ 2022 年 9 月
4. 実施機関	水衛生公社(Water and Sanitation Corporation :WASAC)
5. 対象エリア	キガリ市の WASAC4 支店(Nyarugenge、Gikondo、Kacyiru、Nyamirambo)
6. PDMの活動	
1) 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。
2) 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。
3) 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。
7. その他の活動	新型コロナウイルス感染症対策の支援 三国域内水道事業体連携の活動

1.2 プロジェクトの背景

ルワンダ共和国（以下、「ルワンダ」）は、2000 年に出された長期開発計画「VISION2020」により、2020 年までに中所得国に発展させることを目標としている。その中で、水資源開発・給水に係る目標として「VISION2020」においては 2000 年時点での給水率 52%（ルワンダ国土基盤省（以下、「MININFRA」）の定義に基づく）を 2020 年までに 100%とすることが掲げられていたが、経済開発・貧困削減戦略 2（EDPRS II）では 2018 年までに 100%と上方修正された。

ルワンダは、改善された水源を利用する人の割合が、都市部で 87%、村落部で 72%（WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme、2015）と、都市部においては地方部と比べ相対的に高い。他方、都市化が進み、特に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%となることが見込まれており（キガリ市マスタープラン、2013）、この急激な人口増加に給水サービスが追い付いていない。また、水源不足や度重なる漏水により、給水時間が平均 8 時間

と非常に短く、恒常的な給水制限・停止を余儀なくされている。

このため、MININFRA が監督する給水事業を担う水衛生公社（以下、「WASAC」）は、キガリ市の給水量を確保する目的で、官民パートナーシップによる新規浄水場の建設計画及び既存浄水場の拡張計画により、2017 年末までに水供給量を 2015 年時点の供給量の 2 倍にする計画を進めた。

しかし、キガリ市は水資源が限られているにもかかわらず、2015 年における無収水率が 25～38%（JICA 詳細計画策定調査結果、2016 年 1 月）もあり、WASAC としては無収水削減の対策を実施することが急務であった。キガリ市の配水管網は全国の都市給水網の約半分の延長（2,400km）を占めており、キガリ市をルワンダの無収水削減のモデル都市と位置付けることで、WASAC によるキガリ市外の他都市への無収水削減効果の波及が可能となる。また、これにより WASAC 全体の財政運営が改善されることが期待される。

こうした状況のもと、ルワンダ政府は WASAC の無収水削減対策に係る技術面の能力強化を目的として、2015 年 6 月に本プロジェクトを日本政府に要請した。このルワンダ国政府の要請に対して、JICA は本プロジェクトの必要性、要請の妥当性を確認するために 2016 年 1 月に詳細計画策定調査を実施し、2016 年 2 月 3 日に協力の枠組みについて WASAC と合意した。その結果を踏まえて、2016 年 3 月 30 日に WASAC と JICA ルワンダ事務所の間で討議議事録（Record of Discussions: R/D）が署名・交換された。

1.3 プロジェクト・デザインマトリックス(PDM)

プロジェクトは R/D（Record of Discussions）に規定された PDM（Project Design Matrix）と PO（Plan of Operation）に従って実施された。R/D はプロジェクトの進捗過程で原文から 4 回変更されたが、変更後のプロジェクト内容を下記に示す。R/D を本報告書の添付資料 1 に示す。

(1) プロジェクト上位目標、プロジェクト目標、成果

表 1.2 プロジェクトの PDM(変更後)

目標及び成果	指標	指標データ入手手段
【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。	キガリ市の NRW 率(2022/23 年-25%)	WASAC 年報
【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。	1: NRW 削減 5 年戦略計画が MININFRA によって承認される 2: WASAC 年間計画が反映された各支店 NRW 削減年間計画が策定される 3: WASAC 経営層が NRW 削減効果を認識し、NRW 削減年間アクションプランのための、各支店予算を承認する	1: 承認されたアクションプラン 2: 各支店 NRW 削減年間計画 3: WASAC の予算
【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	1: 5 年戦略プランが、パイロットプロジェクトの結果を反映して見直し・改善される 2: プロジェクト全ての業績が、セミナー等を通じて WASAC および他関連機関によって共有される	1: 本プロジェクトの記録 2: 本プロジェクトの記録
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	1: 300 人以上の受講者が研修を受ける 2: WASAC の人材育成計画に本プロジェクトによって準備された研修プログラムが含まれる	1: 本プロジェクトの記録 2: 本プロジェクトの記録
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	1: NRW 率が次の各パイロットエリアにおいて削減される パイロットエリア 1: 37%から 20%、パイロットエリア 2: 68%から 25% 2: 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を共有する 3: アクションチームが、パイロットプロジェクトの完了報告書を準備する	1: 本プロジェクトの記録 2: 本プロジェクトの記録 3: 本プロジェクト以外の地域における調査計画
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	1: 各支店の NRW 率が、定期的に測定され、PIP(業績改善計画)において報告される	1: 本プロジェクトの記録

注: 指標の数値は R/D の第 1 回変更時に決定された。

(2) 成果項目毎の活動

表 1.3 プロジェクトの活動(変更後)

プロジェクトの活動	
【成果 1 に係る活動】	
1.1	無収水削減の5年戦略計画を作成するためのマネジメントチームを編成する。
1.2	キガリ市及びキガリ市外の14支店において、現在WASACが実施している無収水削減対策の内容をマネジメントチームが評価し、課題を抽出する。
1.3	マネジメントチームが、1.2の活動で抽出した課題を踏まえ、将来的にWASACが無収水削減対策を実施するための方策と手順を提案する。
1.4	マネジメントチームが、1.3の活動で提案された方策と手順を実践するにあたって必要となる施設整備の内容を明らかにするため、対象とする支店の既存給水施設に関するインベントリー調査を着手する。
1.5	マネジメントチームが、1.3及び1.4の活動の結果を踏まえ、5年戦略計画案を取り纏める。
1.6	マネジメントチームが、1.3の活動で提案された方策と手順を実践するために必要となる組織・制度面の改革についてその内容を報告書に取り纏める。

プロジェクトの活動

- 1.7 マネジメントチームが、優先順位を考慮した5ヶ年戦略計画の諸活動の実施スケジュールを作成する。
- 1.8 WASACが、1.7の活動で作成した実施スケジュールに従い次会計年度の予算を確保する。
- 1.9 マネジメントチームが、1.1から1.7の活動の成果を取りまとめた無収水削減5ヶ年戦略計画を作成する。
- 1.10 マネジメントチームがWASACと他の関係機関を対象とするセミナーを開催し、無収水削減5ヶ年戦略計画についてプレゼンする。
- 1.11 マネジメントチームが、5ヶ年戦略計画の実施促進とそのモニタリングを促進する。
- 1.12 マネジメントチームが、改定版の新規接続の指針(New Connection Policy)および施工基準の指針(Standard Enforcement Policy)のドラフトを作成する。さらに、マネジメントチームは既存のパイプ規準の遵守に関する訓練とモニタリングを促進する。
- 1.13 マネジメントチームが、無収水削減対策の5ヶ年戦略計画をレビューし、必要に応じてアップデートする。WASACが次会計年度の予算を確保する。
- 1.14 WASACと関係機関向けにセミナーを開催し、プロジェクトの成果を発表する。

【成果2に係る活動】

- 2.1 無収水管理に係る研修教材を作成する。
- 2.2 マネジメントチーム及びWASAC幹部を対象として無収水管理の研修を実施する。
- 2.3 利用可能なGISデータベースを使用し、GISデータ更新に係るOJTを実施する。
- 2.4 利用可能な水理モデルを使用し、水理解析及び水圧管理に係るOJTを実施する。
- 2.5 パイロットプロジェクトのために、供与機材を用いて漏水探知に係る屋内研修及びOJTを実施する。
- 2.6 パイロットプロジェクトのために、漏水管の修理、ならびに、給水装置の設置に係る屋内研修及びOJTを実施する。
- 2.7 パイロットプロジェクトのために、メーター検針、料金請求、顧客サービスに係る屋内研修及びOJTを実施する。
- 2.8 無収水管理に係る研修教材を見直し、アップデートする。
- 2.9 2.5から2.8の活動の結果に基づき、研修プログラムを策定するとともに、研修コースを立案する。

【成果3に係る活動】

- 3.1 パイロットエリア1及びエリア2において無収水削減対策を実施するアクションチームを編成する。
- 3.2 アクションチームが、入手可能な地図及び顧客台帳、ならびに現地踏査等の手段を通して、パイロットエリア1及びエリア2の現況を把握する。
- 3.3 アクションチームが、パイロットエリア1及びエリア2におけるパイロットプロジェクトの実実施計画及び実施スケジュールを策定する。
- 3.4 アクションチームが、パイロットエリア1及びエリア2を水理的に分離し、流入部に流量計と圧力計を設置する。
- 3.5 アクションチームが、パイロットエリア1のベースライン無収水率を確定する。
- 3.6 アクションチームが、国際水協会(IWA)の水収支表に示される見掛け損失水量を削減する対策をパイロットエリア1において実施する。
- 3.7 アクションチームが、3.6の活動の実施後、パイロットエリア1の無収水率を測定し、効果を検証する。
- 3.8 アクションチームが、IWAの水収支表で示される実損失水量の内、地上漏水(可視漏水量)を削減する対策をパイロットエリア1において実施する。
- 3.9 アクションチームが、3.8の活動の実施後、パイロットエリア1の無収水率を測定し、効果を検証する。
- 3.10 アクションチームが、IWAの水収支表で示される実損失水量の内、地下漏水(不可視漏水)を削減する対策をパイロットエリア1において実施する。
- 3.11 アクションチームが、3.10の活動の実施後、パイロットエリア1の無収水率を測定し、効果を検証する。
- 3.12 アクションチームが、高水圧低減の活動を実施する。
- 3.13 アクションチームが、3.12の活動の実施後に無収水率を測定し、効果を検証する。
- 3.14 アクションチームが、3.5～3.13の活動の結果をレビューし、パイロットエリア1において実施した各段階の無収水対策(3.6、3.8、3.10、3.12の活動)のそれぞれについて費用対便益を検証する。

プロジェクトの活動	
3.15	アクションチームが、3.1 から 3.14 の活動で得られた活動と結果を要約し、パイロットエリア 1 におけるパイロットプロジェクト完了報告書を作成し、マネジメントチームに提出する。
3.16	アクションチームが、ワークショップを開催し、3.15 の活動で作成されたパイロットプロジェクト完了報告書を WASAC 及び関係機関と共有する。
3.17	パイロットエリア 2 において、3.5 から 3.16 の活動を実施する。
3.18	アクションチームが、パイロットプロジェクトの実施を通じて習得した手法や調査機器の使用方法等に関してマニュアルを作成、セミナーで発表すると共に、WASAC 及び関係機関と共有する。
3.19	アクションチームが、WASAC の全支店に対してマニュアルと調査機材の使用の普及を行う。
【成果 4 に係る活動】	
4.1	WASACにより策定されたキガリ市内4支店の水理的分離計画をレビューし、必要に応じて修正する。
4.2	4.1 の活動で策定された水理的分離計画を踏まえ、電磁流量計と圧力計を設置する正確な位置を現地調査により決定する。
4.3	電磁流量計と圧力計を調達して設置する。
4.4	必要に応じてこれらの機材を設置するためのコンクリートマンホールを建設する。
4.5	各支店への投入水量の測定を行う。
4.6	4.5 の活動の結果を踏まえ、各支店の無収水率を算定し、報告書に取り纏める。

注: 上記表の中で下記項目の追加、修正が、2018 年 8 月 20 日の第 3 回 SC において承認され、RD の第 1 回変更(2018 年 11 月 7 日)にて変更された。

追加: 活動 1.11、1.12、3.12、3.13、3.19、パイロットプロジェクト 1 における既存給配水管の更新。

修正: 指標の数値の決定。5Year Strategic Actin Plan から 5Year Strategic Plan (5YSP)への名称変更。成果 4 に係る活動で、調達機材は WASAC 側の設置となっていたが、JICA 側が設置することとなった。

1.4 プロジェクトの経緯

1.4.1 プロジェクトの活動概要

プロジェクトは、当初 3 年間の予定で、2016 年 8 月から PDM に示された成果 1、成果 2、成果 3、成果 4 の活動が並行して着手された。それぞれの活動を推進するために JICA 側からは分野別に 12 人の専門家が投入され、WASAC 側はマネジメントチーム、アクションチームを構成するカウンターパートが WASAC の本部、支店の関連部署から任命された。PDM の内容を関係者で共有し、個々の活動を PDM の活動内容に従って進めた。

成果 1 では、WASAC が無収水削減対策を計画的に実施するための無収水削減 5 年戦略計画(以下、「5YSP」)を策定するために、現状調査を行い、ワークショップを繰り返して、無収水及び WASAC の現状の対応の問題点の洗い出しや、それを基にした具体的な新規活動案の策定を行った。5YSP の策定後は主要管理項目を設定し、各支店における実施状況を評価した四半期毎の報告書を作成し、WASAC のマネジメント職によるモニタリングを受けている。また、高水圧管理、キガリ市内の配水池の機能調査を行い、5YSP に関連する減圧弁 (PRV)、配水池のフロートバルブ (FV)、顧客メーター用テストメーターの機材調達及び圧力、水位調査用機材の調達を行った。

成果 2 では、無収水管理、GIS データベースの更新、水理解析、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った。研修に使用する漏水探知機材、管補修用機材、顧客メーター管理用機材の調達も行った。現場における研修は主に成果 3 のパイロットプロジェクトにおける OJT によって技術の習熟を図った（漏水探知機材は JICA 本部による調達）。

成果 3 では、Kacyiru 支店、Nyarugenge 支店の配水エリアに設けたパイロットエリア（エリア 1：Kadobogo、エリア 2：Ruyenzi）において、具体的な無収水削減作業を実施し、無収水率、夜間最小流量、漏水修理数等の効果指標の検証を行った。また、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った。

DMA 機能としてのエリアの構築に当たっては、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部分的な配管の調整、流入配水量測定のための流量計やバルブ等機材の調達とマンホールへの設置を行った。DMA 形成後は、月毎に請求水量とエリア流入点における流量データを収集し、無収水率を計算した。

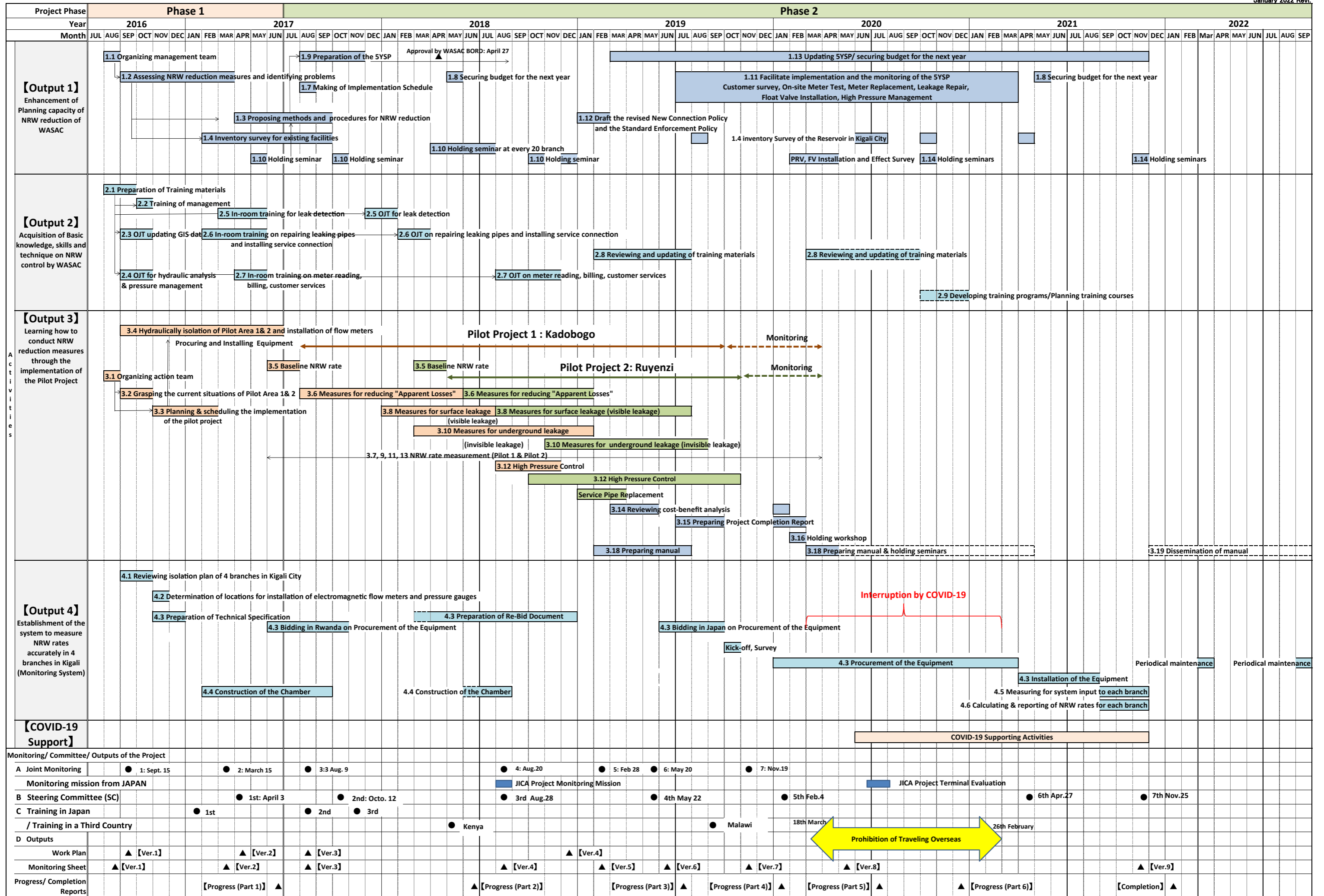
成果 3 で実施した項目は、顧客の水利用調査、顧客メーター調査・メーター交換、漏水調査・漏水探知、圧力管理調査のための PRV 設置、給水管の更新等である。顧客メーター調査用の現場検定メーター及び交換用顧客メーターや漏水調査・漏水探知用機材を調達した。また、圧力管理調査のために PRV の付帯材料を調達し、マンホールを設置して PRV を据え付けた。既存の給配水管更新用に給水管材及び付帯材料を調達した。

成果 4 の活動は、キガリ市内 4 支店（Nyarugenge、Gikondo、Kacyiru、Nyamirambo）の水理的分離を行い、支店毎の無収水率を計算するシステムを構築することであった。支店境界の配水管上に流量計を設置する必要がある、位置決定のための調査、検討を経て、流量計設置のためのマンホールの建設を現地の建設業者に委託して行った。また、モニタリングシステムの設計を行い、技術仕様書を作成した。システム構成機材の調達、据え付けは本邦業者への委託により行われた（本邦における業者入札は JICA 本部、入札図書作成の作成は JICA が JICS に委託）。

当初、機材調達をルワンダの業者で行うことが計画されたが入札が不調に終わり、日本で行うことに変更された。また、機材据付はプロジェクトで研修の一環として行うとされていたが、システム構築の精度確保を重視し、据付を含めて本邦業者に一括して委託することとなった。システムの構築後は、システムから得られるデータを使用して NRW 率を計算するための計算ソフトの指導をプロジェクト専門家が行った。

プロジェクトは JICA の契約上 2 期に分けて実施された（1 期：2016 年 7 月～2017 年 6 月、2 期：2017 年 7 月～2022 年 9 月）。プロジェクトの活動フローチャート（実績と計画）を次図に示す。

図1.1 プロジェクト活動フローチャート(コンサルタント業務完了時実績)



1.4.2 プロジェクトの内容及び期間の変更

前述したプロジェクト活動の実施途中で、主に成果 4 におけるモニタリングシステム機材調達業者の選定に予想外の期間を費やし、また業者による機材調達の遅れと、新たな活動（成果 1：FV、PRV、現場検定用メーターの調達、成果 3：高水圧管理）が追加されたため、2 回に渡る R/D の変更によりプロジェクト期間が 2020 年 12 月まで延長された。

2020 年の初頭に新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の感染が世界的に拡大し始めたため、JICA は 2020 年 2 月にルワンダへの渡航を禁止し、現地における JICA 専門家の活動を中断した。一方、WASAC は、2020 年 6 月 11 日に新型コロナウイルス感染症対策の緊急支援要請を JICA に行い、これに対し、JICA は支援の実施を 7 月 24 日に決定した。その後 JICA は支援内容を検討した結果、下記の活動を本プロジェクトの下で行うことを決定した。下記 1) の活動は成果 1 の 5YSP の活動に密接に関係する。

- 1) 断続的な水供給削減のための資材・設備調達
- 2) 清浄な水へのアクセスが制限されている人々への緊急給水

新型コロナウイルス感染症の収束の予測がつけづらい状況ではあったが、プロジェクト期限が 2020 年 12 月であったため、JICA は日本とルワンダの間で遠隔作業によりプロジェクトの「終了時評価」を実施することを決定した。2020 年 6 月からプロジェクト終了時評価の調査を行い、評価報告書が 2020 年 8 月 5 日に JICA と WASAC の間で合意された。評価の結果、新型コロナウイルス感染症の影響のため、2020 年 12 月までのプロジェクト完了が不可能であることが明らかであったため、プロジェクト期間の 2021 年 12 月までの延長が提案された。

JICA は新型コロナウイルス感染症の予防と収束に対応するための渡航禁止措置を継続し、専門家は日本より遠隔作業でプロジェクトを進めたが、感染状況の改善により、JICA は 2021 年 2 月 26 日にルワンダへの渡航禁止処置を解除し、2021 年 3 月によりやく現地活動が再開された。

プロジェクトの遅れの最大の原因の一つは新型コロナウイルス感染症の流行の影響による成果 4 のモニタリングシステムの構築の遅延であったが、ようやくモニタリングシステムが 2021 年 9 月に概ね完了し、9 月 9 日に日本の委託業者に対して部分完了証明が出された。その後、モニタリングシステムで収集した流量データを用いた支店単位の NRW 率計算ソフトを使用したトレーニングを 3 ヶ月間実施し、成果 4 の活動は施設構築後の保守管理期間を残して終了した。プロジェクト期間はこの保守管理期間を保証するために、さらに 2022 年 9 月まで延長された。

2021 年 11 月 25 日に第 7 回ステアリング・コミッティー（SC）を開催し、プロジェクトの総括を行った。次表に R/D の変更によるプロジェクト期間および活動内容の変更概要を示す。

表 1.4 R/D によるプロジェクト期間および活動内容の変更概要

変更	R/D 締結日	プロジェクト期間	変更の原因	決定根拠
原文	2016年 3月30日	2016年8月-2019年 7月(3年)	—	—
第1回 変更	2018年 11月7日	2016年8月-2020年 7月(4年)	5YSP 策定、モニタリングシステム機材調達の遅れ。PDM 指標数値の決定。活動項目の追加。	第3回 SC 会議 2028年 8月28日
第2回 変更	2020年 6月15日	2016年8月-2020年 12月(4年5月)	モニタリングシステム機材調達の遅れによる機材据え付けスケジュールの変更のため。	第5回 SC 会議 2020年 2月4日
第3回 変更	2020年 12月23日	2016年8月-2021年 12月(5年5月)	新型コロナウイルス感染症によるプロジェクトの遅れ。新型コロナウイルス感染症に対する支援活動の追加及びモニタリングシステムの構築完了のため。	JICA 要請書 2020年 12月15日
第4回 変更	2021年 12月17日	2016年8月-2022年 9月(6年2月)	新型コロナウイルス感染症によるプロジェクトの遅れ。モニタリングシステムの保守管理期間の確保のため。	第7回 SC 会議 2021年 11月25日

1.4.3 会議等

上述した活動の進捗管理のため、プロジェクト運営会議を原則週末に定例会議として設け、活動の進捗状況、問題点、今後の作業予定等につき話し合った。会議の場は、諸活動のセミナーやワークショップの有用な機会としても活用され、JICA 専門家とカウンターパート相互の情報の共有、親睦や活動に対する理解の深まり、また、活動推進のモチベーションの向上の上で効果的な役割を果たした。プロジェクト期間を通して計 101 回開催された。

また、プロジェクトの全体の運営を管理するために、WASAC の CEO や MININFRA を含めたステアリング・コミッティー (SC) を年 1 回程度定期的で開催した。SC 開催前にはマネジメント会議を開き、プロジェクトのモニタリングツールであるモニタリングシートを使用して、プロジェクトの進捗状況と課題を確認した。SC の開催リストを下表に示す。SC の議事録 (MM) を添付資料 2 に示す。

表 1.5 ステアリング・コミッティーの開催リスト

回次	開催日	内 容
1 回	2017年4月3日 プロジェクト開始の半年後	・プロジェクトの進捗及び今後の予定の確認 ・第1期 WP2 の承認
2 回	2017年10月12日 プロジェクト2期の開始時	・プロジェクトの進捗及び今後の予定の確認 ・5YSP の承認 ・第2期 WP の承認
3 回	2018年8月28日 JICA 本部モニタリング調査時	・JICA 本部によるプロジェクトモニタリングの結果説明 ・PDM の活動内容の追加及び変更、指標の決定 ・プロジェクト期間延長の承認、PO の変更
4 回	2019年5月22日 成果4のスケジュール変更の際	・プロジェクトの進捗及び今後の予定の確認 ・成果4の活動スケジュールの変更の承認、PO の変更 ・成果1の追加の活動の承認
5 回	2020年2月4日 成果4のスケジュール変更の際	・プロジェクトの進捗及び今後の予定の確認 ・プロジェクト期間延長の承認、PO の変更

回次	開催日	内 容
6 回	2021 年 4 月 27 日 新型コロナウイルス感染対策の渡航 禁止解除直後	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクトの進捗及び今後の予定の確認 新型コロナウイルス感染症対策支援業務の進捗確認 プロジェクト終了に向けての PO の変更の承認
7 回	2021 年 11 月 25 日 成果 4 の保守管理期間は除くプロジ ェクトの完了時	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクトの総括 新型コロナウイルス対策支援業務の進捗確認 プロジェクト期間延長の承認、PO の変更

1.5 プロジェクト実施体制

本プロジェクトは下図に示す実施体制によって運営された。最上部組織としてプロジェクトの円滑な実施を確保するためステアリング・コミッティー（SC）が設けられた。SCには国土基盤省（MININFRA）が出席した。マネジメントチームは、UWSS 局長を筆頭に、NRW 削減に関連する各組織の長、および NRW 削減活動を実施する課長によって構成された。アクションチームは、NRW 削減を実施している NRW 課の漏水探査・圧力管理係長がリーダーとして任命され、NRW 削減活動の最前線となる WASAC キガリ市内の 6 支店長、および本部の各活動の専門係長・班長で構成された。

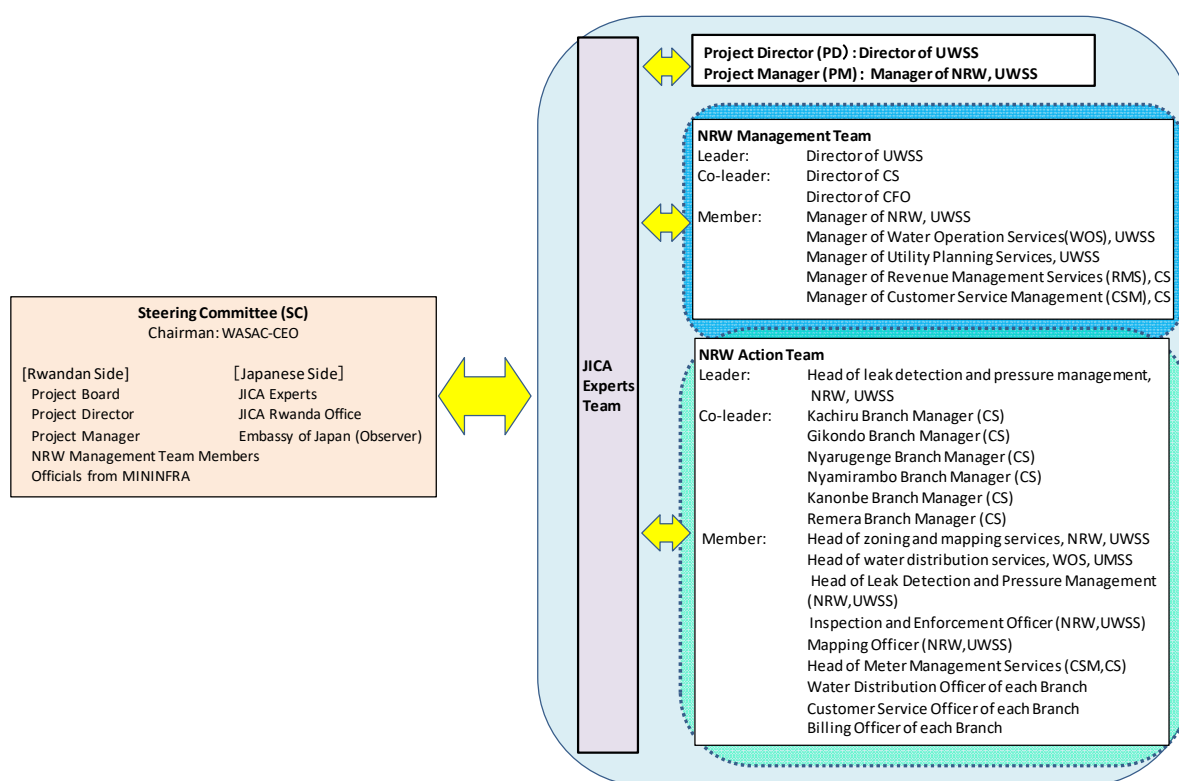


図 1.3 プロジェクト実施体制

カウンターパートのリストを添付資料 3 に示す。

第 2 章活動実績

2.1 PDM の活動実績

2.1.1 日本側の投入実績

(1) 日本人専門家

プロジェクトの開始以来、合計 12 人の専門家が派遣され、現地の赴任期間は計 103.02 人月である。詳細を添付資料 3 に示す。

1) ルワンダ現地作業

表 2.1 現地作業人月

No	担当業務	名 前	期 間		M/M
			出国	帰国	
1	総括/無収水管理	大谷 重雄	2016/8/14	2016/12/11	4.00
			2017/1/15	2017/4/6	2.70
			2017/5/1	2017/5/31	1.00
			2017/8/5	2017/10/16	2.43
			2018/3/18	2018/5/16	2.00
			2018/8/5	2018/9/16	1.50
			2018/10/20	2018/11/29	1.37
			2019/1/15	2019/3/9	1.80
			2019/4/15	2019/6/2	1.63
			2019/7/15	2019/11/24	4.43
			2020/1/21	2020/2/15	1.06
			2021/4/28	2021/6/1	1.17
	2021/6/2	2021/7/31	2.00		
	2021/11/1	2021/11/29	0.96		
2	副総括/無収水管理	樋口 宏之	2016/8/14	2016/9/27	1.50
			2017/1/15	2017/2/28	1.50
			2017/4/1	2017/6/2	2.10
			2017/8/5	2017/9/17	1.47
			2018/5/24	2018/7/12	1.27
3	無収水削減計画 1 (その 1)	鈴木 千明/ 山口 浩之/ 豊田 徹	2016/8/15	2016/9/13	1.00
			2016/11/10	2016/12/27	1.60
			2017/4/1	2017/5/31	2.03
			2017/8/5	2017/9/23	1.67
			2018/1/16	2018/3/1	1.50
			2018/5/9	2018/7/7	1.77
	2018/10/12	2018/12/27	2.57		
4	無収水削減計画 1 (その 2)	与田 博恭	2016/9/7	2016/11/14	2.30
			2017/1/15	2017/4/10	2.87
			2017/11/8	2017/12/22	1.50
			2018/3/18	2018/5/16	2.00
			2018/8/5	2018/10/3	2.00
			2019/2/18	2019/4/6	1.60
5	無収水削減計画 2 (その 1)	豊田 徹	2016/8/15	2017/9/28	1.50
			2017/1/15	2017/4/8	2.80
6	無収水削減計画 2 (その 2)	筒井 信之	2016/9/18	2016/12/16	3.00
			2017/3/18	2017/5/31	2.50
			2017/8/5	2017/9/3	1.00

No	担当業務	名 前	期 間		M/M
			出国	帰国	
6	無収水削減計画 2 (その 2)	筒井 信之	2019/10/12	2019/11/30	1.70
			2021/3/6	2021/4/19	1.50
			2021/8/19	2021/11/16	3.00
7	GIS	堀下 栄太	2016/8/14	2016/11/11	3.00
8	水理解析	大江 弘樹	2016/8/15	2016/11/12	3.00
9	漏水探知	高橋 順一	2017/3/3	2017/5/31	3.00
			2017/12/3	2018/2/15	2.50
10	配管修理/接続(1)	桃園 時矢	2017/4/2	2017/6/2	2.07
			2018/2/5	2018/4/5	2.00
11	配管修理/接続(2)	高島 洋	2017/1/15	2017/4/14	3.00
12	ICT	Marcel Brouwer	2016/9/30	2016/12/10	2.40
			2017/2/13	2017/2/13	0.03
			2017/3/1	2017/4/21	1.73
		2017/5/8	2017/5/31	0.80	
		大谷 重雄	2021/3/6	2021/4/27	1.76
計					103.02

注: 人月 (M/M)

2) 日本国内作業

表 2.2 日本国内作業人月

No.	担当業務	名 前	期 間		M/M
			着手	終了	
1	総括/無収水管理	大谷 重雄	2016/8/1	2016/8/5	0.25
			2017/4/17	2017/4/21	0.25
			2018/6/4	2018/6/8	0.25
			2019/6/24	2019/6/28	0.25
			2020/6	2020/12	5.75
			2021/1	2021/1	1.30
			2021/8	2021/9	0.60
6	無収水削減計画 2 (その 2)	筒井 信之	2019/9	2019/10	0.85
			2019/12	2020/12	7.10
			2021/1	2021/1	0.50
10	配管修理/接続(1)	桃園 時矢	2016/9/26	2016/9/30	0.25
			2016/10/3	2016/10/7	0.25
			2017/8/1	2017/8/10	0.40
			2017/10/30	2017/11/9	0.40
12	ICT	大谷 重雄	2020/4	2020/6	2.50
計					20.90

(2) 日本及び第三国における研修

WASAC のカウンターパートが日本での 3 回の研修コースに計 15 名、第三国での研修として、ケニアに 2 名、マラウイに 5 名が参加した。

1) 日本における研修

本邦研修は WASAC が水道事業体経営上の大きな課題である無収水の削減につき、ルワンダの現地におけるプロジェクト研修のみではなく、無収水率 10%以下を成し遂げた日本において、無収水削減の歴史過程において、どのように課題を克服してきたかを学び、また、現在の高い有収率を保つための技術を見聞することにある。WASAC が日本の先進技術を即座に取り入れることはで

きなくとも、将来の WASAC が持つべき技術の参考とすることにあつた。また、日本における先進的な事業運営内容を知ることにより、WASAC において無収水削減活動を実施するためのモチベーションを高め、ルワンダに帰国後、プロジェクト活動の参加意欲度を高めることを目的とした。

第 1 回及び 2 回本邦研修ではマネージャークラスを対象に水道事業体の経営に視点を置いたカリキュラムを作成し研修を実施した。第 3 回目の研修は、本プロジェクトで実施のパイロットエリアでの活動に参加しているカウンターパートを対象とし、現場の実務に重きを置いた研修を実施した。参加者のリストと研修概要は下表に示すとおりである。添付資料 4 に本邦研修の内容を示した。

表 2.3 本邦研修の概要

回	開催時期	研修分野	研修者数	研修テーマ
1	2017 年 1 月 23 日 ～1 月 31 日	マネジメント チーム	5 名	・水道運営・NRW 概論 ・横浜・神戸市水道施設の概要等
2	2017 年 8 月 14 日 ～8 月 30 日	商務・ GIS 系	5 名	・水道運営・NRW 概論 ・顧客情報管理、メーター管理・検針、水道経営 ・自治体の GIS 活用事例紹介、使用用途 等
3	2017 年 11 月 13 日～ 11 月 30 日	技術系	5 名	NRW 概論、圧力管理、漏水探知、配水管理 等

表 2.4 本邦研修参加者リスト

	部 署	氏 名
第 1 回研修		
1	Director of Urban Water and Sanitation Services (UWSS)	Methode Rutagungira
2	Manager of Non Revenue Water (NRW), UWSS	Jean Berchmas Bahige
3	Manager of Customer Service Management, Commercial Services (CS)	Felix Gatanazi
4	Gikondo Branch Manager, CS	Mutamba Jane
5	Nyarugenge Branch Manager, CS	Byamugisha Bernard
第 2 回研修		
1	Director of CS	Lucien RUTERANA
2	Manager of Revenue Management Services (RMS), CS	Desire KAYIRU
3	Branches coordinator, CS	Johnson MULISA
4	Nyamirambo branch manager, CS	Catherine SARANDA
5	Head of zoning and mapping services, NRW, UWSS	Jean Paul KAYITARE
第 3 回研修		
1	Zoning and Mapping Officer, NRW, UWSS	Claudien Mazimpaka
2	Zoning and Mapping Officer, NRW, UWSS	Desire Uwitonze
3	Water Distribution Officer, Remera Branch, CS	NSENGIMANA Damascene
4	Technician of leak detection and pressure management, NRW, UWSS	J.M.V MUGABO
5	Technician of leak detection and pressure management, NRW, UWSS	J.M.V RUTEMBESA

2) 第三国における研修

表 2.5 第三国研修のリスト

回	国名	期間	対象	人数	概要
1	ケニア	2018年5月 7日～10日	マネジメント チーム	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 22日～27日	マネジメント、 アクションチーム	5	マラウイにおける無収水削減活動の紹介と討論 (LWB, EWASCO)

a. 第1回三国研修 ケニア

WASACは、高いNRW率という課題を同様に持つ同じ域内のアフリカ地域において、お互いに学びあうことの必要性を感じていた。ケニアでは、JICAの無収水削減能力強化プロジェクトが実施中であること、そのなかで様々な新しい取り組みが行われていること、Nyeriなど域内でもトップクラスの水道事業者があった。このようなケニアの水道事業者からNRW管理の有効な経験を学び、WASACの無収水削減 5YSPの円滑な実施に役立てることを目的とした。参加者のリストと研修概要は下表に示すとおりである。

WASACから水運用課長、無収水課長の2名が参加し、ケニアの水道事業者とのワークショップ、現場視察などを行い、多くの学びと刺激を受けた。これにより、WASAC内で域内の学びあいの有効性・重要性が理解された。

表 2.6 ケニアにおける研修の概要

日程	研修内容
2018年5月7日	Visit to Water Services Regulatory Board - NRW standard and guidelines - Assessment of 56 water utilities performance = annual impact report - Reward for best performer water utility
2018年5月7日	Visit to the ministry of water and irrigation - Presentation of water sector in Kenya with emphasis on WRM
2018年5月8日	Workshop with Kenyans water utilities at KEWI - NRW unit structure, NRW rate - NRW reduction strategy: (DMA, meter replacement policy, meter testing Big customers meters, pressure management, protective equipment, quality of pipes, new connection works)
2018年5月9日	Visit Nyeri water and sewerage Co. Ltd - Good performance over 10 years (NRW less than 20%) - NRW unit 15 staffs including metering, leak detection, PM, DMA management - -5% of their meter tested yearly based on consumption tend and age - - Disconnection method (seal) - Regular follow up of big customers readings/ meter sealing/ calibration every 6 months

表 2.7 ケニアにおける研修参加者リスト

	部 署	氏 名
1	Manager of Non Revenue Water (NRW),UWSS	Jean Berchmas Bahige
2	Manager of Water Operation Services, UWSS	Innocent Gashugi

b. 第 2 回三国研修 マラウイ

WASAC、LWB、EWASCO の 3 事業体による域内協力が 2018 年 9 月に決まり、第 1 回のワークショップは 2018 年 11 月 4 日から 11 月 9 日までの 6 日間（正味 4 日間）キガリで開催された。この際に、合意された Performance Improvement Plan (PIP) の結果発表及びその他の事例共有のために主催者を Lilongwe Water Board (LWB) とする第 2 回ワークショップをマラウイにおいて開催することとなった。

マラウイでの JICA 無収水プロジェクトでは、事業体間での情報共有及び学びあいがプロジェクトのコンポーネントに入っていたこともあり、当該 3 事業体（WASAC、LWB、EWASCO）の他にも、マラウイ内の 4 事業体、プロジェクトに参加している横浜市水道局からの参加も得られた。

表 2.8 マラウイにおける研修概要

日 程	研修内容
9 月 23 日	LWB と JICA への表敬
9 月 24 日	ワークショップ - 参加事業体の概要説明 (WASAC, EWASCO, LWB, BWB, NRW, SRWB, CRWB、横浜水道局, WASAMA, WUAs) - PIP の結果発表 - 無収水削減に関する成功/失敗事例
9 月 25 日	サイト調査 - LWB コールセンター - 配水池モニタリングシステム (iMosisys) - オンライン請求システム (bilu Pompo) - Prepaid Water Meter - 顧客メーター検定所 - DMA/PRV サイト - 市役所 (capital Hill)
9 月 26 日	ワークショップ、終了会議

表 2.9 マラウイにおける研修参加者リスト

	部 署	氏 名
1	Manager of Non Revenue Water (NRW),UWSS	Jean Berchmas Bahige
2	Head of IT Bussiness Applicationas	Alexander Bimenyimana
3	Head of Metering Services	Felicien Niringiyimana
4	Head of Leak Detection & Pressure Management	Desire Ntamuturano
5	Head of Financial & Commercial	Dickson Njiru

(3) 供与機材リスト

プロジェクト活動の実施のために下記の機材が調達され、全ての機材が 2021 年 11 月 19 日までに WASAC に引き渡された。引き渡し書類を添付資料 5 に示す。

- ・ 成果 1 の活動のための機材（5YSP 活動の支援機材）
- ・ 成果 2 の活動のための機材（研修用機材）
- ・ 成果 3 の活動のための機材（パイロットエリア構築用機材）
- ・ 成果 4 の活動のための機材（モニタリングシステム構築用機材）
- ・ プロジェクト運営のための機材（複写機）
- ・ 新型コロナウイルス 感染症対策支援のための機材（間断給水軽減、給水車による緊急給水）

表 2.10 供与機材リスト

No	成果	機材名	内容	数力	調達区分	引渡日
1	2	管補修・給水管接続	管材、工具	1 式	KEC	2019/2/28
2		漏水探知	超音波流量計、漏水探知機等	1 式	JICA	2019/2/28
3		プロジェクト調査	携帯型 GPS、テストメーター等	1 式	KEC	2019/2/28
4	3	パイロット DMA 構築	水道メーター、機械式流量計、バルブ等	1 式	KEC	2019/2/28
5		PRV 配管機材	減圧弁の接続用配管	1 式	KEC	2019/2/28
6		給配水管更新	塩ビ管、異形管	1 式	KEC	2019/2/28
7	1	PRV、FV	PRV、FV	1 式	KEC	2020/11/26
8		PRV 用配管	減圧弁用バイパス管類	1 式	KEC	2020/11/26
9		テストメーター	DN15、可搬式メーター	26 式	KEC	2020/5/21
10		水位計	圧力式データロガー	3 式	KEC	2020/11/26
11		圧力計	圧力式データロガー	3 式	KEC	2020/11/26
12	新型コロナウイルス感染症対策	エンジンポンプ、給水メーター	ポンプ (DN80mm,55m ³ /hr,)、流量計 (Waltman 型 DN50mm)	23 式	KEC	2021/11/19
13		間断給水軽減用	漏水修理用資材	1 式	KEC	2021/11/19
14			給水管更新資材	1 式	KEC	2021/11/19
15			FV	1 式	KEC	2021/11/19
16	4	モニタリングシステム	モニタリングシステム構築用機材	1 式	JICA	保守期間 2022 年 9 月まで
20	-	プロジェクト運営用	車両 (ミニバス)	1 式	JICA	2021/11/26 JICA 事務所に 返却済み
			車両 (ピックアップ)	1 式	JICA	
			複写機	1 式	KEC	2021/11/19

注) KEC:協和コンサルタンツ

(4) 供与施設リスト

表 2.11 供与施設リスト

Lot	項目	内容	数量	契約者	引渡日
Lot 1	パイロットプロジェクト用マンホール	パイロットプロジェクト 1:3 ヶ所 パイロットプロジェクト 2:1 ヶ所	1 式	KEC	2017 年 5 月、 2018 年 9 月
Lot 2	モニタリングシステム	23 マンホール	23 式	KEC	2019 年 2 月
Lot 3	モニタリングシステム	測定サイト 28 サイト サーバーHQ	1 式	TAKAOKA	2021 年 11 月 (マンホール 3, 7, 19 を除く)

(5) 運営費用

日本側が投入した費用の項目は下記のとおりである。

- a. コンサルタント支出費用
 - ・ 専門家人件費、旅費
 - ・ 一般業務費（現地傭人費、車両関連費、消耗品費、通信費、他）
 - ・ 機材費（プロジェクト活動用機材：成果 1、成果 2、成果 3、新型コロナウイルス対策用機材）
 - ・ 再委託費（モニタリングシステム用チャンバー建設、給水車による水運搬）
 - ・ カウンターパート本邦研修費
- b. JICA 支出費用
 - ・ モニタリングシステム機材調達の業者委託費
 - ・ 機材調達費（漏水調査・探知機材）
 - ・ プロジェクト運用車両

2.1.2 ルワンダ側の投入実績

(1) カウンターパート

ルワンダ側は、プロジェクトの全体的な管理と実施を担当するプロジェクトディレクターとプロジェクト・マネージャーを任命した。また各部門のカウンターパートは、添付資料 3 に示す通りである。

表 2.12 成果項目毎のカウンターパート責任者リスト

Output	Name	NRW section lower organization
Output 1	Jean Berchmas BAHIGE	Manager of NRW, UWSS
Output 2	Celestin MWAMBUTSA	Head of water distribution services, WOS, UWSS
Output 3	Désiré NTAMUTURANO	Head of leak detection and pressure management, NRW, UWSS
Output 4	Jean Paul KAYITARE	Head of zoning and mapping services, NRW, UWSS

(2) プロジェクト用便宜供与

- JICA 専門家の事務室業室、什器
- 研修室、機材倉庫

(3) 運営費用

- カウンターパート国内、国外研修出張費（旅費、日当、宿泊費）
- パイロットプロジェクトエリア構築費（資機材費）

2.1.3 期待される成果に係る活動実績

(1) 成果1に係る活動 [WASACの無収水削減に係る計画策定能力の向上]

無収水削減5ヶ年戦略計画（5YSP）は2018年4月27日にWASACの理事会にて正式に承認され、また、2018年9月3日に5名により構成される5YSPのモニタリングチームが任命された。年度の四半期毎に各支店から提出される活動報告書により実施状況のモニタリングを行っている。実際の活動は予定より1年遅れとなり、2018/2019年度が初年度となった。

5YSPは、2つのパイロットプロジェクトの活動（成果3）が終了した時点でプロジェクト活動を通じて得られた知見を踏まえて修正することになっていた。2019年7月25日に5YSP改定のためのワークショップを開催し、パイロットエリアでの成果及び1年間実施した5YSPのモニタリング結果を踏まえ、Implementation & Monitoring Planの項目及びモニタリング指標の変更を行い、2年目は、これに基づき5YSPの実施・モニタリングを行った。また、キガリ4支店の配水管網の水理的分離による水収支のモニタリングの知見（成果4）によっても更新を行うこととしていたが、支店間の完全な水理的分離が2022年1月現在まだ完了していない。

New Connection Policy及びRequirement for Water Distribution and House Connectionが2019年1月に作成された。さらに、既存のパイプ規準の遵守に関する啓蒙とモニタリングの促進を支援する。5YSPの実施スケジュールとNRW率の実績を下表に示す。

表 2.13 無収水削減 5YSP の実施スケジュール

会計年度 7月-6月	5 YSBP 年度	5YSBP 無収水 率目標値(%)	5YSP 実施年度	5YSP 無収水率 目標値(%)	無収水率 実績値(%)
2018/19	Year 1	35	Year 1	35.0	36.9(38.8)
2019/20	Year 2	32	Year 2	34.4	40.3(41.9)
2020/21	Year 3	30	Year 3	30.0	42.2(43.3)
2021/22	Year 4	28	Year 4	28.0	-
2022/23	Year 5	25	Year 5	25.0	-

注:NRW率 キガリ市%(全国%), 5YSBP(Year Strategic Business Plan)

下記の活動を進めつつ、5YSPの作業に対する理解の定着を図るとともに、各支店固有の問題に対処するために優先作業の選択、作業計画の策定、作業の具体化が行えるように指導した。

- ・ 各支店からの作業月報によるモニタリング
- ・ モニタリング結果による各支店活動の指導
- ・ プロジェクトの活動成果の各支店への普及
- ・ 指導、モニタリング体制の強化（NRW課の組織強化）

活動項目毎の活動実績内容は以下記述するとおりである。

1.1 無収水削減の5ヶ年戦略計画を作成するためのマネジメントチームを編成する

2016年8月にCEOによりWASAC側のカウンターパートが正式に任命され、マネジメントチーム、アクションチームが編成された。しかし、プロジェクトの全期間中にCEOが3回離任し、現在は副CEOがCEOを代行している。また、WASAC職員の人事異動、退職があり、マネジメントチーム、アクションチームにおいてもその影響があった。

1.2 キガリ市及びキガリ市外の14支店において、現在WASACが実施している無収水削減対策の内容をマネジメントチームが評価し、課題を抽出する

NRW削減対策につき、WASAC本部の関連部署及び20支店に対してアンケート調査と訪問調査を実施し、その後一連のワークショップを通じてWASACにおけるNRWの原因分析を行った。

表 2.14 無収水対策に係る課題抽出プロセス

	項目	実施時期	内容
1	20支店への質問票送付	2016年8～9月	組織、水道施設概要、顧客情報、NRW率、流量計、漏水調査機材、配管修理機材、盗水、水道メーター等
2	質問票の集計	2016年9～10月	-
3	セミナー	2016年11月8日	質問票の結果について
4	現地調査および週例会議での報告・課題抽出	2016年9月～2017年3月	質問表に関する確認と、施設視察、支店長・オペレーター等のヒアリング、週例会議にて随時調査結果と課題点の共有
5	NRW戦略活動計画ワークショップ	2017年3月13、20～22日	NRW削減計画：課題抽出に係るワークショップ

1.3 マネジメントチームが、1.2の活動で抽出した課題を踏まえ、将来的にWASACが無収水削減対策を実施するための方策と手順を提案する

活動1.2や、キガリ市内6支店および既存給水施設に関する調査（現地踏査、質問表、GIS、請求水量データ）を通じて得られた情報から、課題を抽出し、2016年11月の段階でその対応策および優先度を取りまとめた。その後、より踏み込んだ課題・原因追究を行いたいとのWASAC側からの要望により、ワークショップを実施し、抽出された課題に対する原因分析、それぞれの課題に対する対処方法を検討した。

表 2.15 無収水対策に係る原因分析・対応策策定プロセス

No	内容	実施時期
1	原因分析、対策策定およびコンポーネント選定に係るワークショップ	2017年4月5～6日
2	JICA 専門家抽出課題とWASAC側抽出課題・対策の対比・結合に係るワークショップ	2017年4月21日、27～28日
3	選定コンポーネントおよび対策の優先度策定およびフレームワーク策定ワークショップ	2017年5月5日、15、19、22日

No	内 容	実施時期
4	合同セミナー(マネジメントチーム、アクションチーム、6 支店長)、フレームワークの説明・協議	2017 年 5 月 29 日
5	内容協議、Final Draft 報告書の作成	2017 年 8～9 月
6	合同ワークショップ(マネジメントチーム、アクションチーム、6 支店長)、Final Draft の協議	2017 年 10 月 4 日

また、これらの対処法をグルーピングし、5 ヶ年戦略計画（5YSP）活動計画の主要コンポーネントとなる 5 分野（42 対策、133 作業項目）を決定した。これらの分類は IWA（国際水道協会：International Water Association）の水収支表に基づいたものである。作業項目に対しては想定される削減効果に基づき優先度の設定とともに、実施年度および実績責任部署を決定した。5YSP のフレームワークは、連続して開催したワークショップを通じて討議し、第 1 期の 2017 年 5 月 29 日に実施したマネジメントチーム、アクションチーム合同ワークショップにおいて合意した。

下表に 5YSP 活動計画のフレームワークの概要を示す。

表 2.16 無収水削減 5YSP の構成と責任部署

分野	構成要素	対策分野	実施責任部署
システム投入量 (配水量)	1. 送水量測定精度	1	無収水課(NRW)
	2. 生産量拡張	1	計画課(UP)、上水道運転課(WO)
商務的損失	3. 顧客メーター・料金請求	4	財務管理課(RM)、顧客管理課(CSM)
	4. 顧客メーター管理 (各戸、公共水栓、大口)	3	財務管理課(RM)、顧客管理課(CSM)
	5. 不法接続	2	無収水課(NRW)
物理的損失	6. 水圧管理	4	上水道運転課(WO)、無収水課(NRW)
	7. アセットマネジメント(更新)	3	上水道運転課(WO)
	8. 漏水・配管修理	4	無収水課(NRW)、品質管理課(QA)
非請求 認定給水量	9. 非請求認定測定水量	1	財務管理課(RM)
	10. 非請求認定非測定水量	1	上水道運転課(WO)
基礎的対策	11. GIS および顧客データの更新	2	GIS 班(GIS)、ICT 班(ICT)
	12. 計画・設計・実施	3	計画課(UP)、品質管理課(QA)、都市上下水道部(DUWSS)、人的資源課(HR)
	13. WASAC 無収水管理	3	無収水課(NRW)、都市上下水道部(DUWSS)、WASAC(WASAC)
	14. ステークホルダー管理	4	上水道運転課(WO)、WASAC(WASAC)
	15. トレーニング	2	WASAC(WASAC)
	16. 組織改善	3	WASAC(WASAC)
	17. 資機材・適正資材	1	サポートサービス部(DSS)
計		42	

1.4 マネジメントチームが、1.3 の活動で提案された方策と手順を実践するに当たって必要となる施設整備内容を明らかにするため、対象支店の既存給水施設に関するインベントリー調査を着手する

インベントリー調査は WASAC の GIS チームを中心に実施され、一部配水池の設備模式図の作成を 2017 年 10 月に終了した。しかしながら、現場で検証した結果、不備が多く認められたため、5YSP の活動の中で再度調査することが望ましいとされた。また、第 4 回 SC にて、緊急度の高い施設のインベントリーを作成し、機材改修を行うことが提案された。

2019 年 7 月より、キガリ市内既存配水池の機能調査を実施し、緊急的に対応が必要な配水池を選定した。配水池のオーバーフロー対策としてフロートバルブ (FV) の機材調達と設置工事を 8 箇所において実施した。その後、残りの配水池についても下記の機能調査を実施した。

問題点として、WASAC の GIS リストのキガリ市内の配水池数 (158) と既存の数との間に不一致があった。また、各配水池の構造や機能状態が把握されていなかった。多くの配水池に FV の設置が無く、故障によりオーバーフローが発生していた。よって、配水池の機能状態把握のインベントリー調査を行うことにし、2020 年 5 月から 10 月にかけて、118 ヲ所の調査を実施した。調査の結果に基づいて、キガリ市内の配水池のリストを更新した。

表 2.17 配水池機能調査項目

調査項目	詳細
基本情報	位置情報(緯度・経度・高度)、住所
施設構造	構造寸法、材質、形状
施設機能状況	オーバーフローの有無、漏水の有無
運用状況	オペレーターへのヒアリング(運転時間、運用方法 等)
付帯設備設置状況	流入出管、バルブ、流量計、フロートバルブの設置の有無及び状態確認
配管レイアウト	配管、バルブ、メーター等の構成
機能状況評価	現在の配水池機能についてのコメント
要改修資機材リスト	改修、更新のために必要とされる資機材の BoQ、資金計画の資料

調査した配水池の稼働率は 75% であり、25% の配水池が使われていないことが判明した。また、FV が無い/故障のもの 84%、流入バルブが無い/故障のもの 33%、バイパス運用のもの 22%、オーバーフローの発生があるもの 6%、躯体から漏水があるもの 18%、という調査結果であり、多くの配水池が正常に機能していないことが判明した。

表 2.18 配水池機能調査結果

調査配水池数		合計	%
稼働状況	稼働	80	75
	未稼働	6	6
	放棄	20	19
FV	有	17	16
	有(故障)	16	15
	無	73	69
流入バルブ	有	67	67
	有(故障)	14	14
	無	19	19

調査配水池数		合計	%
バイパス運用	有	22	22
	無	79	78
オーバーフロー	有	6	6
	無	41	40
	不明	55	54
漏水	有	19	18
	無	84	82

1.5 マネジメントチームが、1.3 及び 1.4 の活動の結果を踏まえ、5 ヶ年戦略計画に関する報告書を取り纏める

5YSP の報告書は 2017 年 9 月末に Final Draft が完成し、10 月 4 日にキガリ市内 6 支店の支店長と主要スタッフを招集したワークショップにて討議された。その上で、2017 年 10 月 12 日開催の第 2 回 SC にて、MNINFRA、マネジメントチーム、アクションチームを招集し、作成した 5YSP (Final Draft) の関連部署間における周知と合意形成を図った。その後、それを実践化するために、NRW 課を中心として検討が加えられ、モニタリング計画が追加された。

1.6 マネジメントチームが、1.3 の活動で提案された方策と手順を実践するために必要となる組織・制度面の改革についてその内容を報告書に取り纏める

WASAC は MININFRA の承認を得て全体の組織改編を実施する予定であったが、その改正案 (WASAC REVISED STRUCTURE, 2017 年 3 月) は執行されていない。5YSP の実施を促進するために、関係職員は組織変更の必要性を認識しているが、現段階において組織改編は行えず、当面は現組織内での担当部署の責務の明確化、各部署の連携の強化を目指すこととした。

しかしながら、2021 年 9 月の 5YSP の更新報告書では、各支部に NRW を担当するチームを持つことを提案し、下記の増員を要求している。

- ✓ 給配水管の修理を迅速にかつ品質を保障して行うために、規模の大きい 10 の各支店に対して エンジニア 1 人、テクニシャン 2 人
- ✓ 盗水調査と是正処置の実施を強化するために、NRW 課に対してエンジニア 2 人、作業員 3 人
- ✓ 漏水調査の強化のために、NRW 課に対してエンジニア 2 人、作業員 3 人

1.7 マネジメントチームが、1.5 と 1.6 の活動で取り纏めた施設整備と組織・制度面の改革について、優先順位を考慮した実施スケジュールを作成する

各アクションの概略の年度実施スケジュールは作成済みである。今後の課題として、施設整備、機材整備 (調査、運転機材) を含む諸活動について、支店毎に具体的な計画を立てることが必要とされる。当面は、各支店の年度活動計画に 5YSP の中で行える具体的作業 (Specific action) を順次取り込んでいくこととした。

1.8 WASAC が、1.7 の活動で作成した実施スケジュールに従い次会計年度の予算を確保する

WASAC の通常予算は、支店毎の NRW 削減活動のために割り当てられる必要があるが、各支店の予算要求に応じた執行がなされていないのが現実である。年間の執行予算が不十分であり、NRW 削減活動費用の大部分はカバーされていない。また、NRW 削減の初期投資に必要な CAPEX は、現在の WASAC の予算と比較して大きい。

WASAC は CAPEX を支援するための他の資金源について考えるべきである。また、OPEX は将来的に、より明確な NRW 削減活動の予算配分と執行が必要である。支店ごとの無収水削減活動に応じた実務的な予算配分を行う必要がある。

1.9 マネジメントチームが、1.1 から 1.7 の活動の成果を取りまとめた無収水削減 5 ヶ年戦略アクションプランを作成する

2017 年 11 月 14 日に DUWSS の全マネージャー、全係ヘッドを集めたマネジメント会議が開催され、同報告書の最新版が説明された。翌日に CEO 及び各 Branch Manager に結果が報告された。12 月 15 日には、プロジェクト・ダイレクターより、Senior Management Team に報告書が提出され、2018 年 2 月 12 日に開催された Senior Management Meeting にて報告書が承認された。そこで、受けたコメントに対応した後、4 月 27 日の WASAC 理事会 (Board of Directors) で 5YSP の最終承認を得た。計画の実施は予定を 1 年遅らせることとなり、2018/2019 年度からの開始となった。

1.10 マネジメントチームが WASAC と他の関係機関を対象とするセミナーを開催し、無収水削減 5 ヶ年戦略計画についてプレゼンする

2017 年 10 月の第 2 回 SC にて MININFRA 及び WASAC 関係者内の共有化を図った。2018 年 4 月より 7 月末までに 5YSP を WASAC 全支店に周知するために各支店を巡回し、支店に対する 5YSP の説明が、プロジェクト・マネージャー及び JICA 専門家によって終了した。そのために、5YSP 活動の月次報告書の記録様式の書式が最終化された。無収水削減 5YSP の第 1 年時目標達成に向けた課題を、実施状況と問題点等から確認することを目的とした WASAC 内部におけるワークショップが 2018 年 7 月 19 日に開催された。

1.11 マネジメントチームが、5 ヶ年戦略計画の実施促進とそのモニタリングを促進する。

2018 年 9 月 3 日に 5YSP 実施のモニタリングチーム (5 名) が CEO により正式に任命された。

1) 5YSP の活動モニタリング

5YSP の実施状況については四半期毎に支店からの報告書 (月報) によってモニタリングを行っ

ている。2018年7月からモニタリングが開始され、四半期ごとに報告書の内容評価とワークショップを開催している。

2019年7月24日に5YSPのQuick Impactの作業項目の選定につきワークショップが開催された。6月28日、9月20日には支店のWater Distribution Officer (WDO)を召集して実施上の問題につき討議し、また7月12日には支店長を召集して2019/2020年度の無収水率の目標や活動の目標値につき合意した。

2) Quick Impactとしての高水圧管理、配水池の調査及びテストメーターの調達

2019年7月19日に4年次のプロジェクト説明会議を開催し、特に2019年5月22日に開催した第4回SCで決定された追加の活動実施内容「Quick Impact」につき確認を行った。

圧力管理調査及び配水池機能調査については、PRV及びFVの設置を行うための緊急性のある作業と、キガリ市内全体配水池の機能調査に分けて対応することとした。7月23日にキガリ6支店のWDOを召集し、各支店で緊急を要する配水池、配水管につきリストアップし、緊急を要する高水圧エリア17カ所、配水池29カ所につき、サイト調査を行った。

高水圧管理については、配水エリア内の標高差が150mから250mもあり、漏水が頻発するエリアを支店のWDOの意見を基に抽出し、そのなかでも特に緊急性のある9エリアにPRVを設置して高水圧の減圧を図ることとした。

配水池の機能調査については、22カ所の現地調査を行った。緊急を要する課題としてオーバーフローが挙げられていた。オーバーフロー防止の対策については、FVの設置は必須であるが、付帯バルブも機能しないものが多い。特に緊急性のある10配水池に絞ってFVを設置することとした。

NRW課が主導し、支店職員と共に現場を訪れ、操作員の話聞き、実情、問題点を理解した上で、対応策を練る作業を行った。PRV、FVの機材調達を9月末より開始し、2020年4月に設置を完了した。

ポータブル・テストメーターの台数についてWASACは5YSPの推進のために、メーター検定器を各支店に2台、計40台配布することを決定していた。既に14台はWASACの費用で調達済み(中国製)であったため、本プロジェクトにおいて残り26台の調達を行った。

1.12 マネジメントチームが、改定版の新規接続の指針(New Connection Policy)および施工基準の指針(Standard Enforcement Policy)のドラフトを作成する。さらに、マネジメントチームは既存のパイプ規準の遵守に関する訓練とモニタリングを促進する。

当初、給水管新規接続及び施工の指針の改訂版を本プロジェクトにおいて作成する予定であっ

た。しかし、ルワンダ公営企業規制庁（RURA）の緊急の指示があり、WASAC の商務部が主導して 2019 年 1 月に作成した。

その後、給水管の新規接続がこの指針に従って行われているかを 5YSP の月次報告書において確認しところ、漏水の多くが品質の粗悪な給水管を原因としていることが確認された。顧客が調達する材料の品質を保証するために方針を再び改訂し、それを守らせる必要性が認められた。

1.13 マネジメントチームが、無収水削減対策の 5 ヶ年戦略計画をレビューし、必要に応じてアップデートする。WASAC が次会計年度の予算を確保する。

2019 年 7 月 25 日に Manager 及び Head の主たるメンバーを集め、5YSP のレビューのためのワークショップを開催し、パイロットエリアでの成果及び 1 年間実施した 5YSP のモニタリング結果を踏まえ、下表に示すとおり、Implementation & Monitoring Plan の項目及びモニタリング指標の設定を行った。

表 2.19 無収水削減 5YSP の作業項目及び実績と目標

活動項目	指標	実績 2018/2019	目標 2019/2020
現場メーターテスト	テスト実施率	0.2%	2%
顧客メーター交換	交換率	2%	8%
顧客調査	調査率	1%	5%
配水池の管理	FV 交換/設置率	ND	50%
圧力管理	調査及び PRV 設置数	ND	50

今後、5YSP は 4 支店の水理的分離が完成し、水収支のモニタリング結果より得られる知見に基づいて修正される予定である。

1.14 WASAC と関係機関向けにセミナーを開催し、プロジェクトの成果を発表する。

2021 年 11 月 17 日に MININFRA 主催の水ワーキンググループ会議（Thematic working group）にて NRW 削減の重要性についてのセミナーを行い、水関係のステークホルダーへの理解を深めるための契機とした。MININFRA の関係部署、WASAC、AfDB の参加があった。このセミナーは 2020 年 3 月に行う予定であったが、新型コロナウイルス感染症の影響で延期されたものである。

WASAC は水道水の供給における無収水の現状、本プロジェクトを含む実施中のプロジェクトの紹介、今後の中期計画、長期計画（マスタープラン）の内容、それらを実施する上での資金調達の必要性等につきプレゼンテーションを行った。

(2) 成果 2 に係る活動

[WASAC 職員による NRW 管理に関する基礎知識、技術、技能の習得]に係る活動

個々の研修は 2018 年 4 月までに実施し、累計 596 人の WASAC 職員が訓練を受けた。その後は 2 つのパイロットプロジェクトにおいて、研修の成果をより習熟化するための活動を継続した。教材のリストを下表、研修のリストを添付資料 3 に示す。

2.1 無収水管理に係る研修教材を作成する。

無収水概論、無収水削減計画、GIS データ更新、水理解析、漏水探知、漏水修理、商務損失、施設設計の研修を行った。

表 2.20 研修教材リスト

No	研修項目	テキスト/マニュアル	内容	出展	様式	番号
1	NRW 概論	NRW Reduction Concept Manual Attachment: -The Manager's Non-Revenue Water Handbook (A Guide to Understanding Water Losses) -The Manager's Non-Revenue Water Handbook for Africa (A Guide to Understanding Water Losses)	NRW 概論	専門家	DOC	N1
				USAID, 2008	DOC	N1-2
				USAID, 2010	DOC	N1-1
2	削減計画	Topic-1_WASAC strategy ("To enhance further by adopting people-oriented approach")	センサデータの不足と長期計画の必要性	専門家	PP	N2
3	削減計画	Topic-2_needs of quality data (Customer Data and Drawings)	GIS データ、顧客データ、図面整備の重要性	専門家	PP	N3
4	削減計画	Topic-3_public taps (What's the existing conditions?)	公共水栓の課題・調査の必要性	専門家	PP	N4
5	削減計画	Topic-4_large customers (Customer behavior largely affects WASAC)	大口顧客管理の重要性	専門家	PP	N5
6	削減計画	Topic-5_asset management (What's the criteria for replacement)	老朽管・材質の状況と標高に応じた DMA 構築・更新の必要性	専門家	PP	N6
7	削減計画	Topic-6_illegal water users (Legal or not?)	既存データを用いた不法接続状況分析となぜ不法接続するのか	専門家	PP	N7
8	削減計画	Topic-7_summary (What's your priority measure?)	NRW 削減手法の提案と優先度確認	専門家	PP	N8
9	削減計画	Topic-8_Five Year NRW Reduction Plan ("Approach and Procedures")	専門家側による NRW 削減フレームワーク提案	専門家	PP	N9
10	組織論	Topic-9_Development of WASAC	意識改革と組織改善の必要性	専門家	PP	N10
11	削減計画	Topic-10_Rehabilitation or Extension	漏水対策と更新の重要性	専門家	PP	N11
12	NRW 概論	Topic-11_NRW in City_M_Indonesia	インドネシアにおける NRW 削減事例	専門家	PP	N12
13	NRW 概論	Topic-12_Meter and Specification	水道メーター種類・仕様・精度に関して	専門家	PP	N13
14	圧力管理	High Pressure Area by Branching from Transmission Pipeline and Pump	高配水圧エリアの状況と調査・解析手法	専門家	PP	N14
15	削減計画	Framework of NRW Reduction Action Plan	無収水削減活動計画のフロ	専門家	PP	N15

No	研修項目	テキスト/マニュアル	内容	出展	様式	番号
			ー			
16	削減計画	5 Year Strategic Action Plan for NRW Reduction	無収水削減 5 年戦略プラン	WASAC- 専門家	PP	N16
17	削減計画	Approach and Methodology	NRW 削減計画作成の手法	専門家	PP	N17
18	削減計画	WASAC-NRW Reduction 5YSP Presentation	5YSP 説明書	専門家	PP	N18
19	削減計画	Pilot Project Work Plan	パイロットプロジェクト作業計画書	専門家	DOC	N19
20	GIS	GIS Procedure Guide	データアップデートの手順	専門家	DOC	G1
21	GIS	GIS Operational Manual	データアップデートの方法	専門家	DOC	G2
22	GIS	Folder Structure and how to open QGIS	QGIS を用いた情報共有方法	専門家	PP	G3
23	GIS	Utilization of Geographic Information System	GIS 概論(利用者向け)	専門家	PP	G4
24	水理解析	Introduction to Hydraulic Analysis 1	水理解析の基礎・活用法	専門家	PP	H1
25	水理解析	Introduction to Hydraulic Analysis 2	EPANET 使用法	専門家	PP	H2
26	水理解析	Introduction to Hydraulic Analysis 3	Mike Urban の活用方法	専門家	PP	H3
27	水理解析	Introduction to Hydraulic Analysis 4	EPANET の使用説明	専門家	PP	H4
28	水理解析	Introduction to Hydraulic Analysis5	水理解析の練習	専門家	PP	H5
29	水理解析	Pressure Calculation by Hydraulic Analysis	水理解析による圧力計算	専門家	PP	H6
30	水理解析	Calculation Sheet	水理計算シート	専門家	Excel	H7
31	水理解析	EPANET Manual	EPANET マニュアル	専門家	DOC	H8
32	漏水探知	Composition of NRW	NRW 概論	専門家	DOC	L1
33	漏水探知	Handling and attention to use Ultrasonic and Electromagnetic Flow Meter	電磁・超音波流量計の理論と取り扱い方法	専門家	DOC	L2
34	漏水探知	Method and Classification of Leakage Detection	漏水探知に係る一般概論	専門家	DOC	L3
35	漏水探知	Occurrence and transmission of leakage sound	漏水音の発生原理と調査法	専門家	DOC	L4
36	漏水探知	Analysis of acoustic (sound) investigating	音聴調査の解析手法	専門家	DOC	L5
37	漏水探知	Manual for Leakage Detection	漏水探知器の取り扱い手順書	専門家	DOC	L6
38	漏水探知	Principle of correlation	相関式探知機の理論と調査法	専門家	DOC	L7
39	漏水探知	Leakage survey in Japan	日本における漏水探知事例	専門家	PP	L8
40	漏水探知	Equipment to be provided and utilization method (Donating Equipment from JAPAN)	供与漏水探知機材の理論・使用法	専門家	PP	L9
41	配管修理	In-Room training & OJT of "Piping Works"	適正な施工管理・土工・記録手法	専門家	PP	P1
42	配管修理	Pipe connection	適正な管接続と課題・改善点	専門家	PP	P2
43	配管修理	Pipe connection -Practice-	配管切断・接合方法・注意事項	専門家	PP	P3
44	商務損失	Water Meter	水道メーターの構造、設置	専門家	PP	M1
45	商務損失	Definition & Use, Working Principle	メーター使用の可否	WASAC	PP	M3
46	商務損失	Defferent Types of Meters	メーターの種類	WASAC	PP	M4
47	商務損失	Meter Reading General	料金請求	WASAC	PP	M2
48	商務損失	Standerd Service Connection & Main pipes Installation	給水管の設置	WASAC	PP	M5
49	商務損失	Customer Focus Programme	顧客サービス	WASAC	PP	M6
50	施設設計	Calculation method of Thrust block	スラストブロックの設計方法	専門家	PP	O1

注: 専門家: JICA Team, DOC:Documnt, PP:Power Point

表 2.21 研修時作成台帳リスト

No.	研修項目	台帳名	内容	出展	様式
1	GIS	Checksheet for Customer Data Update	GIS 顧客データ更新台帳	専門家	Excel
2	GIS	Checksheet for Water Network Update	GIS 管路・接続データ更新台帳	専門家	Excel
3	配管修理	Template Daily Report (pipe works)	配管修理履歴台帳	専門家	Excel

2.2 マネジメントチーム及び WASAC 幹部を対象として無収水管理の研修を実施する。

プロジェクトの第 1 期に研修を実施し、また、パイロットプロジェクト、5 ヶ年戦略プランの作成過程における一連のワークショップにより、NRW 管理に対する認識が深まった。パイロットプロジェクトの実施経過を踏まえ、NRW 削減マニュアルを作成した。研修の成果は、下表に示すとおりである。

表 2.22 無収水管理の研修内容

必要能力	研修項目	成果と課題
NRW の定義、無収水の構成要素	一般事項	達成度:B IWA の定義に従った、無収水の構成要素の理解
NRW 削減活動計画の作成	5YSP	達成度:B 5YSP 検討過程を通じた、対策、活動内容についての理解
NRW 削減活動のモニタリング	5YSP	達成度:B 活動モニタリングの報告書様式について作成
無収水削減活動の評価	費用対効果分析	達成度:C パイロットプロジェクトの進捗に伴った研修
NRW 構成の分析	配水量分析	達成度:C パイロットプロジェクトの進捗に伴った研修
NRW 削減対策マニュアル作成	実施マニュアル	達成度:C パイロットプロジェクトの進捗に伴った研修

- 注) A: 研修目標を十分達成し、問題なく組織的活動ができる。
 B: 研修目標をほぼ達成し、マネジメントレベルの計画実践意欲があれば組織的發展性が望める。
 C: 中程度の達成度で、今後、作業経験を積むことにより個人レベルでの發展性が望める。
 D: 達成度が不足しており、さらなる研修が必要とされる。
 E: 成長の可能性がない。

表 2.23 無収水管理の研修 C/P リスト

部 署	氏 名
Methode Rutagungira	Director of UWSS
Felix Gatanazi	Manager of Customer Service Management (CSM), CS
Jean Berchmas Bahige	Manager of NRW, UWSS

2.3 利用可能な GIS データベースを使用し、GIS データ更新に係る OJT を実施する。

GIS データ更新に係る研修を実施した。WASAC が契約した ESRI 社による WASAC の GIS データ（管網データ、顧客データ）の整備およびソフトウェア（ArcGIS）導入の時期が不透明であったことから、ArkGIS を使用した具体的な活動がスタートできない状況にあった。また、GIS チームは ArcGIS のソフトウェア使用スキルは個人的には比較的高いが、組織として十分に活用できていない状況にあった。この状況を踏まえ、次表に示す研修を実施した結果、GIS データの更新に係るプロセス設定やそのノウハウに関しては十分に理解がなされた。

表 2.24 GIS の研修内容

必要能力	研修項目	成果と課題
GIS データ更新 (管網、顧客)に係る活動	<ul style="list-style-type: none"> GIS データの継続的更新 (顧客・管網データ、新規顧客) マニュアル (GIS 手順書、GIS 操作マニュアル)を用いたデータ更新 	<p>達成度:B</p> <p>利用できるデータを用いて WASAC 現有の更新フローを再検討・効率化して研修した。C/P はデータ更新に必要なスキル、仕組みを理解した。</p> <p>ESRI 業務の完了時など将来的な状況に応じて更新手順の変更が求められるが、それらに対応していくことが可能である。技術移転対象は GIS チームの 5 名のみであるが、今回提供したマニュアルを活用して他者への普及が可能である。</p>
GIS データの活用と共有に係る活動	<ul style="list-style-type: none"> GIS データの活用と WASAC 内での共有 QGIS と Google Earth によるデータの共有 GIS を活用した作成図面の利用 	<p>達成度:B</p> <p>将来的に GIS を扱う可能性がある職員計 20 名に対して活用と共有の研修を行った。</p> <p>QGIS データセットの導入は、職員の反応も良く有意義であった。各職員の PC で即座に標高などを調べられるメリットは大きく、さらに GIS の利用に慣れてもらう啓発的な効果もある。</p>
ArcGIS のレイアウトやデータ解析に関する応用技術移転	<ul style="list-style-type: none"> [データドリブンページ]の作成方法 ArcGIS による管網ネットワーク解析である[ジオメトリックネットワーク]の構築と解析手法 	<p>達成度:B</p> <p>GIS チーム 2~3 名へ ArcGIS 上での応用機能を 2 点紹介し、良好な反応を得た。今後 C/P が実務において大いに活用可能なものである。</p>

注) A: 研修目標を十分達成し、問題なく組織的活動ができる。

B: 研修目標をほぼ達成し、マネジメントレベルの計画実践意欲があれば組織的發展性が望める。

C: 中程度の達成度で、今後、作業経験を積むことにより個人レベルでの發展性が望める。

D: 達成度が不足しており、さらなる研修が必要とされる。

E: 成長の可能性がない。

今回の技術移転の中で特に C/P の反応が大きかった GIS 上の関係技法を下表に示す。

表 2.25 GIS に使用した技法一覧

ジオコーディング	住所などキーワードによって位置座標を特定し、GIS 上にデータを取り込む手法の総称。顧客データ更新に適用した。
データドリブンページレイアウト	ArcGIS 上で、広い範囲を図郭などで分割して連続印刷用レイアウトを生成するための手法。
ジオメトリックネットワーク	ArcGIS 上で管網ネットワークを構築・分析するための手法。(通常の GIS データは現実世界の位置に忠実なほど高精度だが、ネットワーク解析のためにはモデル化が求められる。それを構築し、解析する手法。)
トポロジー編集・トポロジーバリデーション	トポロジーとは、GIS 上でそれぞれの図形同士の関係性を示す。この関連機能により、例えば「隣り合う 2 つの図形の境界線を同時に編集する」「重なっている図形はエラーとして検知する」といったことが可能となる。
QGIS	QGIS は世界的なシェアを持つ無償 GIS ソフトウェアである。ESRI Shape file など様々なデータセットの読み込み、編集、加工、分析などが可能。

表 2.26 GIS 研修 C/P リスト

部 署	氏 名
Head of zoning and mapping services, NRW, UWSS	Jean Paul KAYITARE (退職)
Officer	Claudien MAZIMPAKA
Officer	Désiré UWITONZE
Operator	Damacine (退職)
Branch Manager, Distribution Officer, Technician	20 Persons

今後の課題と提言は下記のとおりである。

1) データ精度の向上

ESRI Rwanda の業務完了時に、それまでに WASAC 側で更新したデータ内容との整合性チェックを速やかに行う必要がある。まずは WASAC 更新分と ESRI 納品分のダブルカウント等の整理と修正を完了することを優先し、データ精度については 100%完全を目指すことは現実的ではないので、支店職員などを通じて報告する仕組みを作ることも視野に入れつつ、日常業務の中で修正を重ねることが適切である。

2) 他部署や他組織とのデータ共有体制の構築

WASAC の GIS 利用において、商務部が持つ顧客の位置データなどは非常に有益である。各支店は商務部と GIS チームに対し新規顧客情報を提供している。また顧客データ更新に用いる地籍の区画 (Parcel) データは Ministry of Natural Resources and Environment, Rwandan Natural Resources Authority から常に最新のデータが提供されることが望ましい。GIS 活用推進には、このような GIS と連携すべきデータを常に GIS チームが参照できるようにしていく体制作りが欠かせない。

3) 研修用教材の活用

研修活動にあたって次の資料を整備した。これらは Microsoft Word などの編集可能なファイル形式で C/P に提供した。GIS チームが中心となって適宜修正することで活用が期待される。

- Operation Manual (参照：WASAC_GIS_Operation_Manual_20161109)
- Procedure Guide (参照：WASAC_GIS_Procedure_Guide_20161109)
- GIS データ更新記録シート+TIPS (参照：GIS オフィス貼付用シート_20161109)

2.4 利用可能な水理モデルを使用し、水理解析及び水圧管理に係る OJT を実施する。

水理解析および水圧管理に関する WASAC の課題の調査を行い、研修を実施した。これまでに WASAC 内では水理解析を経験した人材、部署がなかったが、水理解析ソフト (MikeUrban) の導入に当り担当課が GIS 課となったため、当課の職員及び設計を担当する C/P に対して室内研修を実施した。しかし、GIS データの整備の遅延に伴い水理解析ソフト (MikeUrban) の導入がライセンスを含めて遅延していたため、基礎的な理論や代替ソフトを用いた研修を行った。

水理解析に関する WASAC の課題は以下のとおりである。

- 1) GIS データ、水量データの品質：水理計算を行う上での基礎資料である配管網データ及び請求水量、漏水量データが不十分
- 2) 水理解析の理解と実践：WASAC スタッフは、水理の基礎を学んだ経験が非常に限定的であり、水理解析の実践について理解が弱い。
- 3) 水理解析のビジョン：水理解析は未知のものであるため、解析によって WASAC ができると・やるべきことについてのビジョンがはっきりしない。
- 4) 貧弱な LAN：局内の通信ネットワークが非常に貧弱で、解析結果などの共有が困難
- 5) WASAC 水理解析スタッフの層：WASAC GIS 課は 3 人（当初）であり、水理解析の担当はそのうちの 1 人と、人材の層が非常に薄い

研修の実施内容と成果は、下表に示すとおりである。

表 2.27 水理解析の研修内容

必要能力	研修項目	成果と課題
水理解析の利用目的の理解	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水理解析の理解と目的（水理解析で何をするか？） 	<p>達成度： C</p> <p>水理解析のビジョンは、個々の要素技術を超えたものであるため、本質的に高度であり難しい。講義では身につけにくく、最終的には各人がじっくり洞察しなければならない。</p>
水理の一般基礎の理解	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水理の基礎 ・ ヘーゼン・ウィリアム式の理解 	<p>達成度： B</p> <p>水理解析の基礎理論は、一通りは理解した。ただし、演習量が足りず、実務への応用が不十分である。</p>
水理解析に必要となる既存データ(GIS、請求水量)の取り扱い	<ul style="list-style-type: none"> ・ WASAC 内のデータの流れ及びデータの扱い ・ データの品質と水理解析結果の信頼性 	<p>達成度： C</p> <p>WASAC の組織的なデータの流れについては、くり返し講義してきた。現状のデータで解析してみて、うまくいかないことを実演してみせるなどした。</p> <p>達成度： B</p> <p>データの質の重要性については理解されていた。ただし、組織に関する長期的な課題であり、GIS チームだけですぐに解決する類の問題ではない。WASAC が実行性あるデータ収集体制を構築できるかは、今後の様子を見なければならぬ。</p>
水理解析ソフトの使用方の理解	<ul style="list-style-type: none"> ・ EPANET の使用法 ・ EPANET と WASAC の GIS を繋ぐ簡易変換アプリの使用法 ・ Mike Urban の使用法 	<p>達成度： A</p> <p>水理解析アプリに関する EPANET と Mike Urbang の利用法とについては、PC の扱いには長けているため、解析アプリの使い方はすぐに身に付いた。</p> <p>基礎は身に付いており、マニュアルも提供したので、今後応用的な事例では自分で調べつつ進めることができる。</p>

- 注) A: 研修目標を十分達成し、問題なく組織的活動ができる。
 B: 研修目標をほぼ達成し、マネジメントレベルの計画実践意欲があれば組織的発展性が望める。
 C: 中程度の達成度で、今後、作業経験を積むことにより個人レベルでの発展性が望める。
 D: 達成度が不足しており、さらなる研修が必要とされる。
 E: 成長の可能性がない。

表 2.28 水理解析及び水圧管理の研修 C/P リスト

部 署	氏 名
Head of zoning and mapping services, NRW, UWSS	Jean Paul KAYITARE (退職)
Officer	Claudien MAZIMPAKA
Officer	Désiré UWITONZE
Planing, Reserch and Development (UPS), UWSS, Operator	Jean Damascene Nteziyaremye
Water Maintenance Services (WOS), UWSS, Operator	Jean Damascene Kamanayo
Sewerage Operation Service, UWSS, Operator	Emmanuel Mihigo
Water Distribution Services, UWSS, Officer	Jean Claude Manirakiza (退職)

EPANET 関係については、インストラおよびユーザマニュアルが無償で米環境保護庁より配布されている (<https://www.epa.gov/water-research/epanet>)。

GIS データが WASAC および専門家チームにほとんど展開されていなかったため、無償のアプリを使って、彼らが自分でデータをチェックできるようにした。WASAC の GIS データは、通常は専用の高価なアプリでなければ閲覧できないが、適切にデータを変換すれば Google Earth や QGIS といった無償のアプリで閲覧できるようになる。GIS データを変換し、閲覧アプリとともに各所へ配布した。

2.5 パイロットプロジェクトのために、供与機材を用いて漏水探知に係る屋内研修及び OJT を実施する。

WASAC では手付かずであった漏水探知に係る人材を育成する必要があることから、NRW 課の職員に対して集中的に研修を行った。

第 1 期にセミナーを開催し、屋内研修及び OJT を実施した。JICA 調達漏水探知機材の納入が研修の予定時期までに間に合わなかったため、超音波流量計、ヘッドフォン式漏水探知器、電子式漏水音探知機器をレンタルした。

第 2 期はパイロットエリア 1 (Kadobogo) に関わる OJT および室内研修とし、2017 年 12 月から開始した。JICA 調達の機材を使用して研修を行った。また、供与探知機材使用法に関わる室内研修と並行して、パイロットエリア内およびキガリ市送配水主要幹線ならびにキガリ市外の Musanze District において漏水探知機器を使った OJT を実施した。

漏水管理の重要項目として、水量管理及び水圧管理が挙げられる。水量管理については、送水管、主要配水管の漏水量は、水管橋や橋梁の添架管等の露出管を利用した区間流量測定によって概略を把握することが可能である。また配水管網では DMA における Qm_{nf} (Quantity Minimum Night Flow) の測定によって漏水存在量を知り、さらにステップテスト、管路直接測定 (修正ステップテスト) により漏水箇所位置の絞り込みを行うことができる。盗水調査への応用も可能である。水圧管理としては、水圧の継続測定による異常水圧を感知することで、漏水を抑制するための適正水圧を知ることができる。また、配水異常を知ることができる。研修の実施内容は下記

のとおりである。

第1期（第1期 2017年3月～5月）

- ・ 漏水探知方法についてのセミナーの開催
- ・ WASAC 所有の漏水調査・探知機器の確認・修理、取扱いについての研修
- ・ 主要送水管の流量測定による漏水量調査
- ・ パイロットエリア1における夜間最小流量の測定（データロガーの使用法）

第2期（第2期 2017年12月～2月）

- ・ JICA 調達の漏水調査・探知機器の確認・修理、取扱いについての研修
- ・ パイロットエリア内の配水管網における漏水探知機器を使ったOJT
- ・ パイロットエリア外の主要送・配水管における漏水探知機器を使ったOJT
- ・ パイロットエリアにおける漏水存在量の把握調査（夜間最小流量、ステップテスト）
- ・ 水圧測定、データのロギング、分析手法

表 2.29 漏水探知の研修内容

必要能力	達成目標	成果と課題
漏水探知作業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 漏水調査/探知機器の機能を理解し、操作できる。 ・ 漏水探知の音源探知方法の理論が理解できる。 ・ 漏水調査/探知機器の用途を理解し、現場の状況に応じた使用機器の選定ができる。 ・ 金属管、非金属管、小口径、大口径、配水管、給水管別の音源探知に適切な機器の選定ができる。 	<p>達成度:B</p> <p>漏水探知器の使用に関しては問題ないが、実業務での研鑽を重ねることでさらなる熟練が望める。他職員への研修が可能である。</p> <p>調査に使用できる専用車両がなく、その場しのぎでの調査体制である。</p>
水量管理	<ul style="list-style-type: none"> ・ データロガーによる長時間継続測定（モニタリング）が行える。信号測定の基本が理解できる。 ・ 流量データを収集、可視化し分析できる。 ・ 夜間最小流量法により漏水存在量の調査ができる。 ・ サブゾーンのステップテスト、直接測定により漏水探知の重点ゾーンの把握ができる。 ・ 異なる地点での流量測定により、その間の漏水量を推定することができる。 	<p>達成度:B</p> <p>超音波流量計の測定の理論、使用法を理解した。</p> <p>WASAC 管網では夜間最小流量の測定、ステップテストによって漏水の存在量を知り、漏水存在エリアを追い込む方法が有効であり、その作業方法につき理解した。独自の判断で実践することが可能である。</p>
水圧管理	<ul style="list-style-type: none"> ・ データロガーによる長時間継続測定（モニタリング）が行える。信号測定の基本が理解できる。 ・ 水圧のデータを収集、可視化し、分析できる。 ・ 圧力データ信号測定の基本が理解できる。 ・ 高水圧と無収水との関連を理解できる。 	<p>達成度:C</p> <p>圧力計の測定の理論、使用法を理解した。データロガーによるモニタリングが可能である。</p> <p>起伏の多い地形で、過剰圧力のエリアが多いが、積極的な管理意識が欠如している。</p>
漏水探知作業の計画策定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 漏水調査、探知の手法を理解し、配水管網の状況に応じた効果的な手法を選定できる。 ・ 水圧と流量の関係が理解できる。 ・ 配水管網の評価ができ、どの部分に機能的障害があるか判断でき、改善策を立案できる。 ・ 5YSP を意識しながら漏水調査を計画することができる。 	<p>達成度:D</p> <p>配水管網における漏水調査計画を策定するには至っていない。効果的な漏水調査を行うには配水管網における DMA の形成が必要で、それを形成するための配水池等の適正な配置、配水管網の整備につき検討が不足している。漏水調査が可能なエリアの選定</p>

必要能力	達成目標	成果と課題
		を行う必要があり、エリアの水理的分離作業が必要とされる。
漏水探知機器の保守管理	<ul style="list-style-type: none"> 機器の保管場所が決められており、整然と保管されている。 機材の紛失を防ぐために保管責任者が決められており、貸出の記録が付けられている。 乾電池、バッテリー等の接続不良についての交換等軽微な保守ができる。 	<p>達成度:D</p> <p>機材保管用に WASAC 本部の一室が保管室とされているが、スペースが狭く、整然と並べる状況にはない。</p> <p>機器貸出用の管理記録簿は準備されているが、確実に記入されていない。</p> <p>保守管理責任者が決められていない。</p> <p>機器が故障した場合の修理連絡先が確保されていない。</p>

注) A: 研修目標を十分達成し、問題なく組織的活動ができる。
 B: 研修目標をほぼ達成し、マネジメントレベルの計画実践意欲があれば組織的發展性が望める。
 C: 中程度の達成度で、今後、作業経験を積むことにより個人レベルでの發展性が望める。
 D: 達成度が不足しており、さらなる研修が必要とされる。
 E: 成長の可能性がない。

表 2.30 漏水探知の研修 C/P リスト

部署	氏名
Head of Leak Detection and pressure management	Desire Ntamuturano
Operator	Mugabo JMV
Operator	Rutenbesa JMV

WASAC は今まで実損失対策を体系的に実践する技術を持ち合わせていなかったが、本研修によって、NRW 課の職員は漏水調査・探知機材の使用法から、それを利用した調査、探知の手法につき習得することが出来た。特に、パイロットプロジェクトの活動を通じて、今まで WASAC が成し得なかった地下漏水発見の技術を習得したことは画期的なことである。後述するように、WASAC の配水管網において無収水の中で地下漏水の占める率は非常に高く、この技術が今後の WASAC の無収水削減の活動に大きく貢献することが期待できる。

今回 WASAC が漏水調査・探知のために必要な最小限の機材の導入も出来、少人数ではあるが漏水調査・探知の技術者の育成が出来たことから、今後は WASAC の支店において行う具体的な活動の実践に展開することが求められる。課題点として下記が挙げられる。

漏水調査・探知作業の活動については、現在 NRW 課のみしか関りがなく WASAC の体制として不十分な状況である。NRW 課のマネージャー、エンジニアには素質を有した人材が在籍しているが、人員が少なく、彼らが漏水調査・探知の業務に専任できる余裕は今のところない。活動計画に従った組織の拡充が求められる。

NRW 課としては、漏水探知の作業計画を組織として計画化するには至っていない。本技プロのパイロットプロジェクトでの経験を生かして、WASAC 全体の活動である 5 ヶ年戦略プランに沿った全体計画の策定が望まれる。また、それを実践するために調査・探知の実務を行うには、本部

あるいは支店レベルでの組織編制を行い、実施体制作りを進める必要があるが、これについては論議すらされていない状況である。

基礎能力も高く有能なテクニシャンが在籍していながら、少量ではあるが機材の所有があったにもかかわらず、計画的な漏水探知作業は一切されておらず、所有機器の保守管理は杜撰で電池交換もなされないまま放置され、機材の有効利用・活用がなされていなかった。今回の技術指導を再出発点として、機材の保守管理を含め活動を実践化させる必要がある。

職員の育成・研修については月 1 回程度の内部研修は行われているが、漏水探知に特化した研修が行われて来なかった。本プロジェクトによる研修で、NRW 課の既研修員による他職員への研修が可能となったため、今後は、組織体制強化を図った上で、WASAC 内の研修計画を進める必要がある。

成果 3 のパイロットエリアにおける活動（エリア 1、エリア 2）において、WASAC 職員の研修成果（漏水調査、漏水探知）が発揮されている。C/P は独力で調査、結果報告を行うことができる。

2.6 パイロットプロジェクトのために、漏水管の修理、ならびに、給水装置の設置に係る屋内研修及び OJT を実施する。

第 1 期に配管布設工事、漏水管補修工事全般に関わるセミナーを開催し、屋内研修及び OJT を実施した。第 2 期では、本分野の研修対象者は支店の職員が主であることからキガリ市の 6 支店を順に訪問し、作業状況を精査し、給水管の施工法につき OJT を実施した。2018 年 2 月から 3 月にかけて、キガリ市 6 支店（Gikondo、Nyarugenge、Kacyiru、Kanonbe、Nyamirambo、Remera）において配管修理、給水管接続方法改善の実習を行った。また、3 月 29 日には Nzove 浄水場にて 6 支店のエンジニアとテクニシャンを集めて最終セミナーを行った。

表 2.31 配管修理、給水管接続の研修リスト

支店名	実施日	参加者数	開催場所
Gikondo	2 月 27 日	14 人	支店
New Nyarugenge	3 月 8 日	15 人	支店
Kacyiru	3 月 14 日	10 人	支店
Remera	3 月 22 日	8 人	支店
Kanonbe	3 月 22 日	11 人	支店
Nyamirambo	3 月 26 日	8 人	支店
6 支店	3 月 29 日	28 人	Nzove 浄水場
HQ エンジニア	4 月 4 日	8 人	DUWSS

漏水の発生箇所の多くは給水管であるため、下記施工上の問題点につき注視して、HDPE 管の熱溶解、穿孔器を使用した適正な穿孔（不断水工法）、ダイス使用における適正なネジ山の切り方、テフロンテープの巻き方、穿孔後の水圧試験及び残留塩素濃度の測定、管の埋め戻し等下記に示

す研修を実施した。

表 2.32 漏水管の修理、給水装置の設置の研修内容

問題点	指導内容
配水管からの分岐がサドルで行われる場合、分岐管取り付けのために熱した鉄棒を使用して配水管の穿孔が行われている。穿孔穴が小さすぎるために高圧が発生し、サドルのパッキンの損傷や管壁に亀裂が生じる。	達成度:B 手動式穿孔機を使用しての穿孔作業
PVC 管や HDPE 巻にネジ山をつくり接合している。このために、管壁圧が薄くなる。ネジ切り(ダイス)を使用する場合に油をささないで水を使用している。	達成度:B 油を使つてのダイスによるネジ切り
切れが悪い糸鋸で管体を切断している。	達成度:B 3 枚刃を使つての鋼管切断 パイプカッターでの PVC 管の切断
シールテープ(テフロン)を巻き過ぎている。巻き過ぎが原因でネジ山が密着しなくなり、ネジ部に割れが生じる。また、古いシールテープを剥がさないで、その上から巻いている。30 巻等、多く巻いた方が効果があるものと勘違いしていた。	達成度:D 適正量のシールテープの巻き方
管修理後に発生した管材の切粉を除去したり、作業中に管内に入り込んだ泥を除去せずに、残したまま接続している。管洗浄を行っていない。メーターの詰まりの原因となっている。面取り後の PVC 管に付着したパリの除去をしない。	達成度:C PVC 管の面取り後のパリ取り
修理後に、水を張って漏水がないか確認されていない。	達成度:C 水圧測定、残留塩素測定
オフセット等の測定方法を知らなかったため。	達成度:D 分岐箇所オフセット・土被り確認
新設管の充水時の洗浄作業の手順を理解していない。	達成度:D 給水管設置後の洗浄作業
小さな未舗装道路においても車両の進入があり、埋設深の不足や不適切な埋め戻しにより管が損傷する。発生土である圧密沈下しやすい粘性土さらには瓦礫をそのまま埋め戻しに利用しており、あらたな管破裂、漏水発生の原因となっている。また配管基礎部も十分転圧されておらず、これも漏水発生の一要因となっている。埋戻しの際に石等の除去がされていない。	達成度:D 埋戻しの際の石等の除去並びに転圧
管材の許容耐圧がPN16、PN10と混在して使用されており統一性がない。	達成度:D 管耐圧強度の統一(最低 PN16)
管の材質が粗悪なために、PVC、HDPE管が高水圧により縦割れする。	達成度:D HDPE の不使用(規準に合った材料の使用)
管材料の調達、敷設のための管路掘削を顧客が行っており、品質が保障されない。	達成度:D WASAC 職員による土工事の実施
漏水修理、新規給水管の接続時に近くにバルブが無く、断水できないため、損失水量が発生している。	達成度:D 給水管分岐部のストップバルブの設置
工具が手入れ不足による、配管作業の作業効率が悪い。	達成度:D 工具の手入れ
各支店の倉庫が整理されていない。	達成度:C 倉庫の整理整頓
支店の業務に図面が活用されていない。	達成度:D 図面の活用システムの導入

- 注) A:研修目標を十分達成し、問題なく組織的活動ができる。
 B:研修目標をほぼ達成し、マネジメントレベルの計画実践意欲があれば組織的發展性が望める。
 C:中程度の達成度で、今後、作業経験を積むことにより個人レベルでの發展性が望める。
 D:達成度が不足しており、さらなる研修が必要とされる。
 E:成長の可能性がない。

表 2.33 漏水管の修理、給水装置の設置の研修 C/Pリスト

部 署	氏 名
Head of Leak Detection and pressure management	Desire Ntamuturano
Branches	
Water Distribution Officer, Kacyiru	RWABUNEZA Claudien
Operator	KAMANA Jean Claude
Water Distribution Officer, Gikondo	IYAKARE Egide
Operator	UYISABYE Egide
Water Distribution Officer, New Nyarugenge	NSENGIMANA Damascene
Operator	MUGANZA Jean Michele
Water Distribution Officer, Nyamirambo	MUKIMBIRI Pierre Claver
Operator	GAKURU Yassin
Water Distribution Officer, Remera	RUTAGENGWA Etienne
Operator	UWAYEZU Ananias
Water Distribution Officer, Kanombe	MUHAWENIMANA Antoine
Operator	BICAMUMPAKA Alex

2.7 パイロットプロジェクトのために、メーター検針、料金請求、顧客サービスに係る屋内研修及び OJT を実施する。

第 1 期において、キガリ市 6 支店の職員（支店長、メーター検針員、顧客サービス員、配水技師、配管工）を招集して 2017 年 5 月 9～11 日の 3 日メーター検針、料金請求、顧客サービスに関わる屋内研修を実施した。第 2 期においてはパイロットプロジェクトを通じて OJT を継続実施した。

パイロットプロジェクトでは NRW の見掛け損失の主要因として使用されている顧客メーターの精度に重点を置き、メーターの現場検定と、その結果によるメーター交換の実施を進めた。WASAC では、従来、交換を対象としたものは故障メーターのみであり、WASAC のテストベンチによる精度検定は、メーターの調達時及び顧客からの苦情対応時のみに行っていた。

パイロットプロジェクトの活動を通じて下記課題が明らかとなったため、HQ 顧客管理部門、支店担当者とその対応策について協議を重ね、早急に実施に移すよう指導した。なお Excel 等のソフトウェア使用法等の研修については担当者、希望者を募り、2019 年 2 月～3 月にかけて随時実施した。

表 2.34 メーター検針、料金請求、顧客サービスの研修内容

問題点	指導内容
<p>1) 請求水量のデータ処理の適正化(請求水量処理過程における NRW の発生)</p> <ul style="list-style-type: none"> メーター交換に際して、請求水量の算定に前検針時とメーター交換時の間の使用量もしくは推定使用量分の計上漏れがあった。これについては、顧客データ管理のための CMS システムのプログラミング修正が求められた。 メーター検針できなかつた場合の請求水量確定方法についての基準があいまいである。 	<p>達成度:D</p> <p>20 支店毎まちまちの対応があり、統一化が困難である。関係セクションとの調整が求められるが、商務部のイニシアチブが弱い。</p>
<p>2) 顧客データの分析手法の確立</p> <ul style="list-style-type: none"> 各顧客の請求水量をモニタリング、分析する目的(異常データの検出、請求水量処理のエラー、メーター異常、盗水の疑い等を検出するため)が認識されていない。 顧客データ分析のためのデータベースが作成されていない。GIS 顧客データおよび商務部顧客データが存在するもののリンクされておらず、使用が制限されるためデータベースの全支店統一化が喫緊の課題である。 顧客データの分析手法についてはマニュアル化されていない。各支店担当者のほとんどが Excel あるいは Access ソフトウェアの初心者であり、データ入力、集計等の基本作業に追われている現状である。基礎力向上に加えて、データ編成、クロス集計、異常データ抽出法、グラフ作成、顧客特性把握等の簡易分析法については、研修を通じて職員の対応力の向上を図る必要がある。 Excel ソフトウェアで膨大なデータを処理する場合、操作性に限度があるため、また誤操作の可能性も大きくなるため、複雑な顧客データ処理および分析法については、GIS 部門の主導の下 CMS(Customers Management System)等のプログラミングで対応する必要がある。 	<p>達成度:D</p> <p>上記同様、20 支店毎まちまちの対応があり、統一化が困難である。商務部のイニシアチブが弱い。</p>
<p>3) メーター検定法、メーター交換基準の確定</p> <ul style="list-style-type: none"> 測定精度に問題がある顧客メーター(全顧客メーターの約 20%程度)が、長期間にわたって使用され、そのまま放置されてきた。 パイロットプロジェクト 1 から得た教訓により、簡易テストメーターを使用した現場での検定作業についての作業基準を見直し、プロジェクト 2 において実施した。また、同時に検定結果に基づくメーターの交換基準についても根拠付けを行った。 	<p>達成度:A</p> <p>成果 3 のパイロットエリアにおける活動(エリア 1、エリア 2)において、WASAC 職員の現場メーターが発揮された。</p>
<p>4) POC 番号(顧客接続番号:Point of Connection)の顧客住居への付与</p> <ul style="list-style-type: none"> POC ラベル(シール)の顧客住居への貼り付け POC 地図の作成(GPS 地図にプロット、GIS データ化) 毎月増える新規契約者の POC をパイロットエリア(DMA)の顧客リストに自動的に追加するために、CMS の POC データにパイロットエリア用の DMA コードの付与 GIS 顧客データとリンクさせるには新規顧客契約時に所要の顧客データを同時に収集する必要がある。支店 WDO もしくはテクニシャンが責任を持って実施する体制作りが必要である。 	<p>達成度:D</p> <p>POC ラベルの普及にはつながらなかった。</p>
<p>5) 給水停止顧客、廃棄された公共水栓の対応</p> <ul style="list-style-type: none"> いったん給水停止措置を受けた顧客は、水道水の不法利用に走る可能性が高くなるため、給水停止措置後の追跡調査を実施する必要がある。調査方法として現地状況および顧客の要求事項等の確認のため戸別聞き取り調査を提案している。 公共水栓が料金滞納(2 週間以上)の理由で突然給水されるため、多くの顧客の反発を生んでおり、不法利用、不法接続等の温床となっている可能性が高い。給水停止措置を講じる場合、利用者に対するケアを十分考慮して実施する必要がある。 	<p>達成度:D</p> <p>支店の職員に今以上の作業を行う余力がなく、行い難い。</p>

注) A: 研修目標を十分達成し、問題なく組織的活動ができる。
 B: 研修目標をほぼ達成し、マネジメントレベルの計画実践意欲があれば組織的發展性が望める。
 C: 中程度の達成度で、今後、作業経験を積むことにより個人レベルでの發展性が望める。
 D: 達成度が不足しており、さらなる研修が必要とされる。
 E: 成長の可能性がない。

表 2.35 メーター検針、料金請求、顧客サービスの研修 C/P リスト

部署	氏名
Manager of Customer Service Management (CSM), CS	Felix Gatanazi
Manager of Revenue Management Services (RMS)	Désiré Kayiru
Head of meter management services, CSM, CS	Felecien Niringiyimana
Branch Manager, 6 Kigali Branches	6 Persons
Water Distribution Officer of each Branch	6 Persons
Customer Service Officer of each Branch	6 Persons
Billing Officer of each Branch	6 Persons
Commercial Field Officer	77 Persons

2.8 無収水管理に係る研修教材を見直し、アップデートする。

成果 3、3.18 の活動に関し、パイロットプロジェクトのマニュアルの作成チームを編成し、2019 年 1 月末から作成を開始した。マニュアルは成果 2 の活動で使用した各種教材をベースに、成果 3 のパイロットプロジェクト活動で実践した活動の手法等を加えて作成した。教材の見直しは、マニュアルの作成と一貫した作業である。

2.9 2.5 から 2.8 の活動の結果に基づき、研修プログラムを策定するとともに、研修コースを立案する。

WASAC では支援局 (SSD) が研修計画を担当しており、本プロジェクトにおいて策定する研修プログラムは WASAC 全体の研修計画の枠組みに取り込まれるべきものである。

上記マニュアルを使用した活動研修を WASAC の研修プログラムに組み入れ、WASAC 全職員に対する無収水管理技術の浸透を図る方針とした。そのため、無収水担当部と支援局と連携強化を図り、マニュアルの内容がある程度具体化してから具体的協議を開始する事となっていた。

研修プログラムとしては、パイロットプロジェクトを通して重要な課題として認識された、下表に示す 11 項目が選定された。 NRW 削減活動に関するマニュアル普及の中核者は、本プロジェクトで研修を受けている。トレーニングは、サポートサービスが実施する WASAC 内のトレーニングコースに関係なく、主に DUWSS の NRW セクション職員が実施することができる。

表 2.36 NRW 削減活動に関するトレーニング コース

項目	内容
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

(3) 成果 3 に係る活動

[パイロットプロジェクトの実施を通じて NRW 削減措置を実施する WASAC の能力強化]

無収水削減活動の効果を検証することによりキガリ市における最も適正な方法を見出し、その活動方法をマニュアル化するために、2つのパイロットプロジェクト（エリア1：Kadobogo、エリア2：Ruyenzi）を実施した。NRW率削減の目標値（エリア1：20%、エリア2：25%）を達成するために、当初のR/Dにおける実施項目にはなかった高水圧管理、給配水管の更新を加えた。

パイロットエリア1の活動は2019年1月～3月のNRW率が目標値を達成したが、その後PRVの不具合のためNRW率が25%まで上昇した。費用対便益の検討によりNRW削減効果のあることが証明された。パイロットプロジェクト1完了報告書を2019年10月に作成した。

達成目標の高いエリア2においては、Nzoveポンプ場からの送水が配水池のバイパス管により配水されており高配水圧となり、漏水の大きな要因となっていた。夜間の圧力管理、存在漏水量の多いエリアに対する圧力調整を実施したがNRWの低減に関して期待された成果は得られなかった。しかしながら、限定された削減量ではあったが、費用対便益の検討によりNRW削減効果のあることが証明された。パイロットプロジェクト2完了報告書を2020年1月に作成した。

活動実施後の NRW 率を毎月モニタリングしていたが新型コロナウイルス感染症対策の影響で、2020年3月以降中断した。下記に活動項目ごとの活動内容を示す。

3.1 パイロットエリア 1 及びエリア 2 において無収水削減対策を実施するアクションチームを編成する。

2016年8月にCEOによりカウンターパートが正式に指名され、アクションチームを編成した。但し前述したように2017年9月に人事異動があり、一部その影響があった。

3.2 アクションチームが、入手可能な地図及び顧客台帳、ならびに現地踏査等の手段を通して、パイロットエリア 1 及びエリア 2 の現況を把握する。

2つのパイロットエリアを2016年9月に選定した。その後、配水管網図及び顧客情報を入手し、現地踏査を行ってエリアの境界を設定し、また、エリアへの流入点位置の決定を行った。

表2.37 パイロットプロジェクトエリアの主要指標（ベースライン設定時）

項目	パイロットエリア 1 Kadobogo	パイロットエリア 2 Ruyenzi
ベースライン設定年月	2017年6月、7月	2018年3月、4月
支店名	Kacyiru	New Nyarugenge
面積(ha)	100	648
無収水率(%) ベースライン	37	68
顧客数(POC)	1,242	1,574
月請求水量 (m3/月)	12,379	18,513
一顧客当り請求水量(m3/月/POC)	10.0	11.8
一人当たり消費量(lit/day/人)	48	56

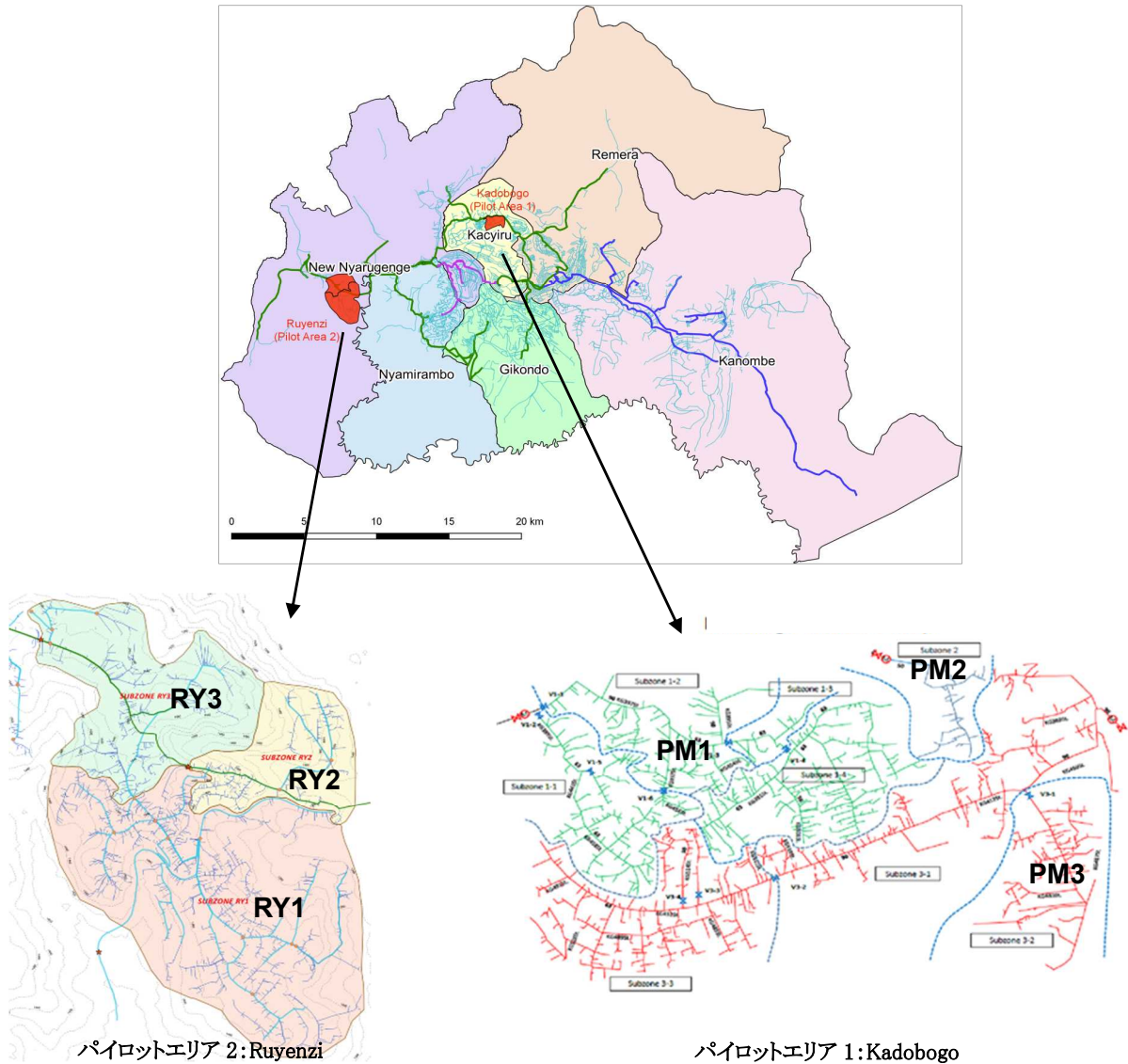


図 2.1 パイロットエリアの位置概要図

パイロットエリア 1 は既存の配水管網の形態から 3 つのサブゾーン (PM1、PM2、PM3) に分けた。パイロットエリア 2 においても同様に 3 つのサブゾーン (RY1、RY2、RY3) に分けた。

メーター精度確認調査に必要な POC (Point of Connection) 位置図の作成および水理的分離のためにサブゾーン境界の確認作業を実施した。

パイロットエリアの顧客リスト作成調査においては、POC 番号の確認が必要であるが、顧客宅において POC 番号があらかじめ決められた所定位置に表示されているとは限らず、門扉、門柱、窓枠、ドア、電気メーター、水道メーター等様々な箇所に表示されており、しかも、マーカーにより手書きで書かれているため、番号が雨等の影響で消失するものも少なからずあった。そのため、POC 番号に対応する顧客位置の現場確認作業が困難を極め、長期間を要した。POC リスト、POC 位置図はメーター検針作業、メーター調査、漏水調査等 WASAC が行う日常作業に欠くことのできない重要な基本情報であり、正確な情報が必要とされた。

3.3 アクションチームが、パイロットエリア 1 及びエリア 2 におけるパイロットプロジェクトの実施計画及び実施スケジュールを策定する。

パイロットエリア 1、および 2 に関して実施計画および実施スケジュールを策定した。2018 年 5 月の多雨によってパイロットエリア 2 への Nzove 浄水場からの送水管が Nyabugogo 川の洪水の影響で破損し、WASAC 側で補修を進めて、6 月 23 日によりやく復旧作業が完了した。この間、切替えられた代替水源からの送水が安定せず、時間給水が頻繁に行われ、プロジェクト活動に遅延が生じた。これらを踏まえたパイロット活動の実施スケジュールの見直しを行った。

また、第 3 回 SC (2018 年 8 月 28 日)、第 4 回 SC (2019 年 5 月 22 日)、第 5 回 SC (2020 年 2 月 4 日) の結果により実施スケジュールの見直しを行った。

3.4 アクションチームが、パイロットエリア 1 及びエリア 2 を水理的に分離し、流入部に流量計と圧力計を設置する。

パイロットエリア 1 の流入点を PM1、PM2、PM3 の 3 ヶ所、パイロットエリア 2 の流入点を RY1、RY2、RY3 の 3 ヶ所に設けた。流入点における流量計と圧力計の設置につき、機材調達及びマンホール建設を現地再委託にて実施し、2017 年 5 月 31 日に測定機器 (流量計、圧力計) 類の設置を終えた。

現場において携帯 GPS により位置座標データを取りながら顧客 POC 番号調査を実施した。この結果に基づき POC 位置をグーグルマップに重ねて作成した GIS 管網図にインプットし、POC 位置図を作成した。その図面を基に、エリア及びエリア内のサブゾーンの水理的分離確認作業を行い、エリア及びサブゾーン境界の確定を行った。その作業過程において POC リスト、POC 位置図の再調整を行った。

3.5 アクションチームが、パイロットエリア 1 のベースライン無収水率を確定する。

パイロットエリア 1 の流入量の測定を 2017 年 6 月から開始し、ベースラインを下表のとおり決定した。パイロットエリアのサブゾーン毎に請求水量とゾーンへの配水量を基に無収水率を毎月継続して算定した。8 月に開催された SC では、NRW 削減目標値として 20 %が決定された。

表 2.38 パイロットエリア 1 のベースライン

項目	単位	2017 年 6 月	2017 年 7 月	平均
顧客数	箇所	1,240	1,244	1,242
配水量	m ³	19,054	20,389	19,772
請求水量	m ³	11,345	13,412	12,379
無収水量	m ³	7,709	6,977	7,343
無収水率	%	40.5	34.2	37.3

3.6 アクションチームが、国際水協会(IWA)の水収支表に示される見掛け損失水量を削減する対策をパイロットエリア 1 において実施する。

見掛け損失水量には、違法接続者による不法水使用量、小水量に対し検知が不可能なメーター不感水量ならびにメーター自体が持つ測定器差、検針作業に伴う読み取り誤差および推定誤差等が含まれる。これらの見かけ損失水量が、損失水量に占める割合を把握するため、顧客宅訪問によるメーター作動状況調査、メーター精度調査、給水停止顧客と未給水者等に対する質問票調査を実施した。

本プロジェクトの PDM では見かけの損失水量削減の活動を行った後に実損失水量削減活動を行うこととされていたが、漏水を発見した場合は即座に修理を行う必要があるため、メーター交換と漏水修理は同時並行に進められた。

(1)メーター誤差測定とメーター交換

顧客リスト (POC リスト) を 2017 年 9 月に作成し、全数 1,242 を対象に 2017 年 9 月より 12 月の 3 ヶ月間に現場メーターの精度測定調査を行ったが、35 カ所がアクセスや顧客不在等の問題で調査できず、調査実施数は 1,207 カ所であった (全 POC 数の 97%)。

目視調査と同時に携帯テストメーターで誤差測定を行ったが、料金不払いのための給水停止 (Disconnection) が 35 カ所 (調査数の 3%)、故障メーターが 88 カ所 (調査数の 7%) あったため、誤差測定ができたのは 1,084 カ所であった。結果は、許容誤差である $\pm 5\%$ 以上の誤差があるものが 239 カ所 (+側 90, -側 149)、許容誤差以内が 845 カ所であった。

表 2.39 メーター精度測定結果

サブゾーン	メーターの誤差測定結果				故障	計
	-5%以下	$\pm 5\%$ 以内	+5%以上	計		
PM1	82	467	52	601	49	650
PM2	5	39	5	49	1	50
PM3	62	339	33	434	38	472
計	149	845	90	1,084	88	1,172
誤差率	14%	78%	8%	100%	-	-
使用不可率	12%	72%	8%	-	8%	100%

交換すべきメーターは、許容誤差以上 239 カ所、故障 88 カ所の合計 327 カ所 (メーター確認個数 1,172 の 28%) であった。許容誤差以上の内訳は、マイナス側が 12%、プラス側が 8% で、マイナス側が 5 割多かった。メーターの交換を 2017 年 10 月から 2018 年 12 月の間に行った。

(2)不法使用、推定誤差に関わる損失水量等

キガリ市水道の場合、見かけの損失水量としては、上述したメーター自体の器差の他に、1) 不法使用、2) 推定誤差に起因する損失水量の他、3) メーター取替え時の検針値取り扱いに関わ

るものが挙げられる。この中でも、特にパイロットエリア内にはゼロ消費量の顧客が多く存在することから、検針作業が基準通りに実施されておらず、これに起因する推定誤差に関わる損失水量が多いものと思われた。

1) 不法使用量

本パイロットエリアでは明確な違法接続による水道水の不法使用は発見されなかった。ただし、給水停止処分された給水栓の無断開栓、メーターを意図的に取り外す不法使用が5件あった。しかし、全体顧客数に比して僅かであり、これらに起因する損失水量は0.5%以下程度と推定された。

2) 検針作業が出来ない場合の推定誤差

WASACは全顧客を対象として毎月検針作業を実施しているが、顧客不在、起伏の大きい地形、降雨等の理由によりアクセスが困難で検針作業を行えず、請求水量を推定する場合がございます。請求水量ゼロの可能性として下記がある。

- ・ その月のみ不在等の理由で水を使用していない。他の月では使用がある (Not in use)。
- ・ 強制断水されている (Disconnection)。
- ・ 実際は水使用があるのにメーター等の故障で測れない (Block)。
- ・ 盗水されている (Stolen, Vandalism)。
- ・ 検針がなされず、請求もされていない (Close)。
- ・ 検針されたが、請求されていない (Negligence)。
- ・ 契約解除、エリア外、設置場所変更 (Cancel, Not main, Shifted)。

請求水量が数ヶ月間連続して全く同一値の顧客は、検針作業が正常に実施されていないものと思われた。3ヶ月連続全く同一値の顧客数(2017年6~8月)をサブゾーン毎に下表に示した。本エリアでは11%(142件/1,242件)に上った。ちなみに支店の情報では、全顧客数の約10%程度が推定値である。

これらの顧客のうちとくに請求水量ゼロの顧客に着目し、聞き取り調査で確認された検針作業が正常に実施されていない顧客比率(50%)と平均使用水量から推定誤差水量を算定した。この結果、2017年8月時点で4.3%程度が推定誤差に起因する無収水量と想定された。

表 2.40 3ヶ月同一水使用量の顧客数(2017年6~8月)

パイロットエリア 1	PM1	PM2	PM3	計
請求水量ゼロ以上	15	0	18	33
請求水量ゼロ	51	5	53	109
合計	66	5	71	142(11%)

注) 無収水量は109件×50%(聞き取り調査からの推定)×平均13.5m³/月=735.8m³/月で総配水量17,227m³/月の4.3%

検針作業を正常に行うことを支店に促し、1年半後（2019年1～3月）に再度調査した結果を下表に示す。3ヶ月同一水量の顧客数は142件から121件に減少しており、改善された兆しは見られるものの、依然として検針業務が正規に実施されておらず、推定に依存する顧客が9%前後存在することが解った。検針業務に関わる推定誤差も依然としてNRW値の4～5%程度を占めるものと想定された。

表 2.41 過去3ヶ月同一水使用量の顧客数(2019年1～3月)

パイロットエリア 1	PM1	PM2	PM3	合計
請求水量ゼロ以上	17	0	10	27
請求水量ゼロ	45	5	43	93
合計	62	6	53	121(9.0%)

また、請求水量データからの推定を試みた。請求水量ゼロのデータに着目し、2018年5月から2019年4月の1年間のパイロットエリア内の各月の請求水量から、請求水量ゼロによる推定無収水率の可能性の最大値を算出した。ある月のゼロ請求水量に対して、他の月の請求水量がいくらあるかを調べ、その請求水量が本来あるべき請求水量と仮定したものである。下表の計算結果から、ゼロ請求水量が原因する無収水量は5.3%と推定された。ただし、この数値には Disconnection のように実際に水を使用していない場合も含まれるため、あくまで可能性としての最大値であることに留意する必要がある。

表 2.42 ゼロ請求水の場合の推定無収水率

Item	May-18	Jun-18	Jul-18	Aug-18	Sep-18	Oct-18	Nov-18	Dec-18	Jan-19	Feb-19	Mar-19	Apr-19	Average
Zero Consumption POC	217	196	218	170	208	184	195	185	209	226	214	195	201
Consumption of other month in comparison of Zero Consumption (m3)	943	1,102	1,042	1,285	1,459	1,199	1,011	1,065	961	899	694	0	1,060
	893	1,024	1,171	1,638	1,438	1,350	1,147	1,227	1,096	947	0	1,446	1,216
	891	957	1,066	1,282	1,761	1,103	985	1,041	1,031	0	1,558	908	1,144
	753	953	880	1,035	992	927	718	668	0	1,392	878	799	909
	747	864	819	969	979	773	583	0	982	836	686	633	806
	787	853	780	968	1,199	1,030	0	1,267	960	934	853	746	943
	626	793	681	765	671	0	867	1,074	788	775	658	697	763
	948	947	1,019	1,027	0	1,736	948	1,039	1,067	1,149	1,023	1,165	1,097
	587	677	570	0	1,297	1,137	594	725	890	800	797	697	797
	775	872	0	1,713	1,160	1,195	955	1,177	1,211	1,141	972	1,125	1,118
567	0	1,289	1,185	1,025	1,263	876	1,237	1,139	1,079	1,029	1,131	1,075	
0	1,247	1,122	1,360	1,298	1,336	1,064	1,319	1,296	1,406	1,226	1,284	1,269	
NRW Volume caused by Zero Consumption (m3)	1,269	1,075	1,118	797	1,097	763	943	806	909	1,144	1,216	1,060	1,016
Input Distribution (m3)	21,373	22,445	22,862	23,138	20,913	21,358	18,991	18,000	18,800	16,408	16,120	16,077	19,707
NRW Rate caused by Zero Consumption(%)	5.9%	4.8%	4.9%	3.4%	5.2%	3.6%	5.0%	4.5%	4.8%	7.0%	7.5%	6.6%	5.3%
Volume/Number (m3/POC)	5.8	5.5	5.1	4.7	5.3	4.1	4.8	4.4	4.3	5.1	5.7	5.4	5.0

3)メーター取替え時の検針値取り扱いに関わる損失水量

メーター取替え作業の途中段階で、メーター取替えに伴う帳簿処理が正確に行われておらず、既存メーターの読み値が記録されていないことが判明した。このためメーター取替え月の使用水量が既存メーター分はゼロと判断されていた。プロジェクトにおけるメーター取替え数は平均46件/月であるため、無収水率は1.2%（63%×46件/1242件×0.5月）程度と推定された。

3.7 アクションチームが 3.6 の活動の実施後、パイロットエリア 1 の無収水率を測定し、効果を検証する。

メーター交換による無収水量の改善につき、メーター交換前後のメーター誤差の合計量及び請求水量の合計を比較した結果、メーターにはプラス側、マイナス側双方の誤差があるため、無収水量改善の効果はほとんど無いことが判明した。パイロットエリアにおけるメーター設置率は 100%であった。メーター交換の評価は下記のとおりである。

1) 無収水率の変化

2018 年 4 月迄に 293 個 (91%) のメーター交換が行われたが、4 月、5 月の無収水率はそれぞれ 39.5%、40.0%であり、ベースライン値の 37.3%から増加した。6 月、7 月は 31.7%、33.6%であり多少の削減が認められたが、パイロットエリア内で漏水修理が毎月平均 10 ヶ所程度行われているため、メーター交換の効果が判然としない。顧客メーター交換の評価を月毎の NRW 率で評価するには難があった。

2) 許容誤差を超える交換対象メーターの交換を推定で行った場合

要交換メーター 239 個の交換を推定で行った場合の交換前後のメーター 1 個当たりの平均誤差の比較による評価を行った。

現場メーターテストを行った 1,084 ヶ所の誤差の総合計は -1,508.21%で、1 個当たりの平均は -1.39%である。この中で、誤差が ±5%以上メーター 239 ヶ所を交換し、この 239 ヶ所のメーターの交換後の誤差を理想的にゼロと仮定した場合の誤差の合計値は -749.54%で、1 ヶ所当たりの平均は -0.69%となる。従って、メーター交換による改善量は、その差の 0.7%と推定でき、改善量は極めて微小である。(注：各顧客の使用量を同一と仮定)。

表 2.43 メーター交換効果の評価

項目	メータ調査結果	交換後の推定	
		交換メータの誤差 0%	交換メータの誤差 ±5%
計算対象個数(ヶ所)	1,084	1,084	1,084
内交換個数(ヶ所)	-	239	239
メーター誤差合計(%)	-1,508.21	-749.54	-1,044.54
誤差平均(%)	-1.39	-0.69	-0.96

例えば、Kadobogo においてメーター交換実施中の 2018 年 5 月の NRW 計算結果において、仮にメーター交換により請求水量が 0.7%向上したとすると、下表に示すように NRW 率としての改善量は 0.4%の増にしかすぎない。また、交換に要する費用を水の販売増による収益で取り戻すための年数は 12 年という計算結果となる。結論として、メーター交換による財務的な利益はないと言える。仮にメーターの誤差が +側で多い場合は、財務的には逆効果となる。

表 2.44 メーター交換効果の評価

項目	メーター調査結果	交換後の推定	効果
メーター精度改善率		0.7%	0.7%
請求水量(m3)	12,822	12,912	90
配水量(m3)	21,373	21,373	-
有収量率(%)	60.0%	60.4%	0.4%
無収水率(%)	40.0%	39.6%	-0.4%

表 2.45 メーター交換の投資効果

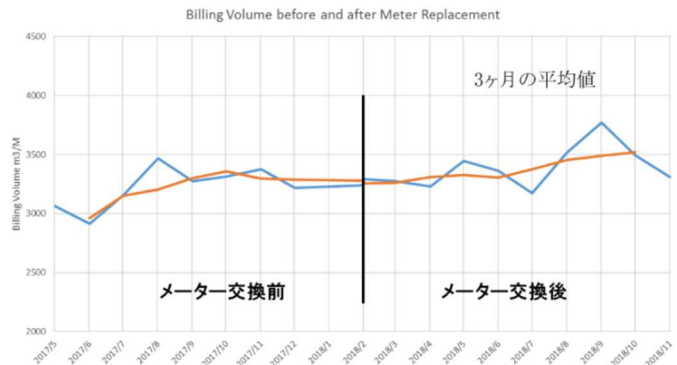
項目	単価 (Frw)	数量	費用(Frw)
水道料金平均	565	90m3	50,850
メーター価格	30,000	239 個	7,170,000
投資回収期間(月)	-	-	141
投資回収期間(年)	-	-	12

3)メーター交換前後の使用量の比較

メーター交換前後の請求水量の合計値の比較による評価を行った。メーターの交換を行ったもののうち交換前後 8 ヶ月の請求水量データの比較が行える 305 個につき交換月を基本月として試算した。結果は 0.6%の増加となった。交換後の量が若干増加している傾向もみられるが、交換前後の半年の比較であり、また使用水量自体が月毎に変化するためメーターの効果の判断が難しい。結論としては、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微小と言える。

2017/6	2017/7	2017/8	2017/9	2017/10	2017/11	2017/12	2018/1	2018/2	2018/3	2018/4	2018/5	2018/6	2018/7	2018/8	2018/9	2018/10
39	23	24	36	0	0	23	17	14	14	13	10	13	14	13	13	19
7	9	7	7	5	5	5	5	5	4	4	7	0	0	27	9	7
10	10	0	10	12	8	10	5	10	12	14	7	10	12	9	26	10
10	10	0	10	10	11	11	5	10	11	10	7	11	8	10	9	9
0	30	7	6	0	0	10	9	0	0	0	0	0	0	20	0	25
5	8	8	8	10	8	10	10	5	0	11	6	11	10	9	10	8
64	44	36	36	36	29	30	38	47	36	31	38	54	39	42	23	22
9	10	18	12	8	7	16	10	11	8	10	9	12	8	8	10	13
11	14	10	0	19	12	0	0	20	10	9	13	13	11	15	12	13
11	19	29	35	11	18	21	20	21	45	38	31	57	34	37	126	53
8	8	7	0	18	0	13	11	7	8	14	8	9	7	8	10	8
13	0	6	18	20	20	20	13	16	0	39	15	16	20	20	16	16
0	0	0	0	0	0	0	0	35	50	33	201	35	27	24	22	54
0	0	6	18	0	30	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	54	18	0	28	0	36	25	22	15	18	22	22	20	15
14	9	9	9	16	15	15	9	17	9	11	5	10	10	10	10	10
15	16	11	11	9	10	10	10	11	16	13	16	18	20	23	23	20
19	20	20	23	21	19	15	22	18	18	12	15	12	14	14	13	18
0	23	10	10	11	0	15	15	0	17	0	20	10	10	21	15	14
9	10	16	10	11	11	13	10	7	6	9	13	12	8	10	11	9
94	101	184	165	156	25	177	92	118	67	145	80	182	113	108	200	142
23	19	23	25	20	17	17	21	26	18	15	19	20	17	20	23	22
49	35	31	40	35	33	28	39	41	33	32	41	35	31	40	44	43
0	14	5	9	0	8	4	7	6	6	6	6	5	2	5	4	6
7	5	5	6	4	5	2	3	5	5	5	5	6	7	7	6	0
0	31	15	0	32	11	5	20	0	27	8	0	0	37	13	11	13
17	25	16	17	24	20	12	19	22	22	18	16	16	18	21	16	15
8	8	8	6	8	7	8	8	0	20	0	0	0	0	0	0	0

注:305 ヲ所全表の一部を参考としての抜粋



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

図 2.2 メーター交換前後の請求水量比較

メーターの誤差測定結果を基にメーター交換の方針を立てた。上述したメーター調査の結果、メーターの管理に対する方針を下記とすることが妥当である。

- WASAC のメーター設置率は既に高い（100%近い）。
- 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。
- 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。
- 通常メーターの交換は顧客に対する料金請求の公平性と誠実性を目的とする。
- 即刻交換または修理すべきメーターは下記を対象とする。
 - Defected メーター（検針時に確認）
 - Blocked メーター（検針時確認）
- メーターの精度試験をすべきものは下記を対象とする。誤差が±5%以上の場合は交換する。
 - 請求水量分析を行った結果、請求水量の異常が認められる場合
 - 検針時にメーターの針の動きや前回の請求量と比較して異常が認められた場合
 - 顧客から苦情があった場合
- 10年程度の周期でメーター精度を維持するために交換をする。
- 検針し難い状況のメーターはスマートメーターとすることも考慮する。

3.8 アクションチームが、IWA の水収支表で示される実損失水量の内、地上漏水(可視漏水量)を削減する対策をパイロットエリア 1 において実施する。

3.10 アクションチームが、IWA の水収支表で示される実損失水量の内、地下漏水(不可視漏水)を削減する対策をパイロットエリア 1 において実施する。

(1) 漏水調査

物理的漏水は、調査としては、地上漏水、地下漏水と明確に区分されるものではない。

地上漏水は本プロジェクトにおける各種の現場調査（顧客メーター精度調査、顧客質問票調査、配水管網の流量測定作業等）を行う中や WASAC 職員の現場作業において日常的に発見されている。地上漏水の修理は支店の日常の配水管網維持管理作業であり、パイロットエリアにおいても漏水が発見され次第支店が修理を行っている。

地下漏水調査は 2018 年 1 月より開始し、漏水存在量を知るための夜間最小流量（Q_{mnf}）測定調査や、さらに漏水存在量の多いエリアを絞り込むためのステップテストを実施した。夜間最小流量の測定は下記の目的で実施した。

- ① 漏水削減対象箇所特定のための、エリア別存在漏水量の把握（ステップテスト）
- ② 漏水削減活動の効果測定のための、活動前後の存在漏水量の比較
- ③ 存在漏水量の定期的モニタリング

ステップテストとは、調査地区への流入管の上下流に携帯式超音波流量計（UFM）を設置し、区間内にある分岐管附属の既存仕切弁を開閉操作しながら、どのエリアで漏水が多いかを知る調査法である。調査の結果、3月から4月の一月間に10箇所の漏水（内地下漏水は3箇所）を発見し、修理した。3箇所の地下漏水の水量は計7.8m³/hであり、地下漏水は地中内で目視されずに流れ続けているため、同期間の同サブゾーンの無収水量11.59m³/hの約70%を占めた。その後8月にも11箇所の漏水（内地下漏水1箇所）を発見し、修理した。



HDPE 漏水の状況

Kacyiru 支店は上記の作業の他にも地上漏水の修理を日々継続しており、漏水を一箇所修理しても次々と新たな漏水が繰り返して発生する様相を呈していた。漏水が頻発する原因は高水圧と材質の粗悪な管材の使用に起因していた。

Qmnf 測定調査結果は下表に示した通りである。

表 2.46 Qmnf 測定履歴（パイロットエリア1:Kadobogo）

Date	PM1		PM2		PM3		備考
	Qmnf (m ³ /h)	P (bar)	Qmnf (m ³ /h)	P2 (bar)	Qmnf (m ³ /h)	P2 (bar)	
May 25-26, 2017	5.71	-			6.49	-	
Jun. 7-8, 2017			0.21	-			
Nov. 9-10, 2017			1.40	-	6.00	-	
Nov. 22-23, 2017		6.5-10.5					
Nov.30-Dec7, 2017				0.0-8.0		0.5-9.0	
Dec. 20-21, 2017	7.80	-	3.30	2.0	10.80	9.6	
Jan. 11, 2018	5.50	10.5			12.50		
Jan. 24- Feb. 8, 2018		6.0 - 10.5		0.0- 8.3		4.0 - 9.3	
Jan. 24-25, 2018			3.27				
Feb.22-23, 2018					13.50	7.8	
May 23-24, 2018			2.90				漏水修理
May.31, 2018			PRV設置方向是正 5/31	4.0			漏水修理 4/13, 24
Jun. 12-14, 2018			2.31	4.0			
Jun. 21, 2018			2.81				
Jun 25-27, 2018			0.09	漏水修理 6/24			
Jul 19-20, 2018	9.23		0.20	配管更新 6/28	9.30		
Sept. 18, 2018						PRV 設置 9/18	3.5
Oct. 5, 2018			0.74	7.0	9.44	7.5	PRV段階試験
Oct. 23-24, 2018	7.70	10.0	0.31	圧力調整 2.5	5.80	圧力調整 5.5	PRV効果測定
Nov. 26-27, 2018	10.22	10.0	0.31	2.5	3.32	圧力調整 2.5	PRV効果測定
Dec. 20, 2018					2.91	(12/31) 2.5	
Jan. 22-23, 2019					-		
Jan. 28-29, 2019					4.71		
Feb. 5-6, 2019	(5.38)	(PM1-3, 4)			3.53		
Feb.4-28, 2019							PM1給配水管更新
Mar.26-27, 2019	5.80 (3.1)	(PM1-3, 4) 6.5				(3/22) 7.22	
						(4/5) 3.5	

(2) 給配水管の更新

給配水管の品質の悪さが漏水の大きな一因であると考えられていた。サブゾーン PM2 では、2018年6月に、漏水が頻発する配水管（HDPE、PN50、200m）をPVCに更新する作業を行い、漏水量が2.22m³/h削減した。また、給配水管の交換による効果を検証するために、既存の給配水管の更新をパイロットエリアで試行することが2018年8月の第3回SCで提案された。対象エリアとして、一連のQmnf測定の結果判明していたPM1内の漏水量が多いエリアを選定した。2018年12月にパイプ等資機材の調達を終了し、2019年2月には、総延長800mの給配水管の更新を行った。

2017年8月以降2018年12月までの修理履歴により、漏水位置をGoogle Earth上にプロットし次図に示した。この期間の台帳データによると、月平均約10箇所もの修理が行われていた。漏水箇所はPM2での既存配水管（HDPE）やPM1において配管の更新を2019年2月に実施した既存管に多く見られる。このように、漏水修理の記録データを図上にプロットすると、漏水の多発エリア、問題の配水管位置の目視が可能となり、この手法は漏水調査の計画を立てる上で重要なツールとなる。



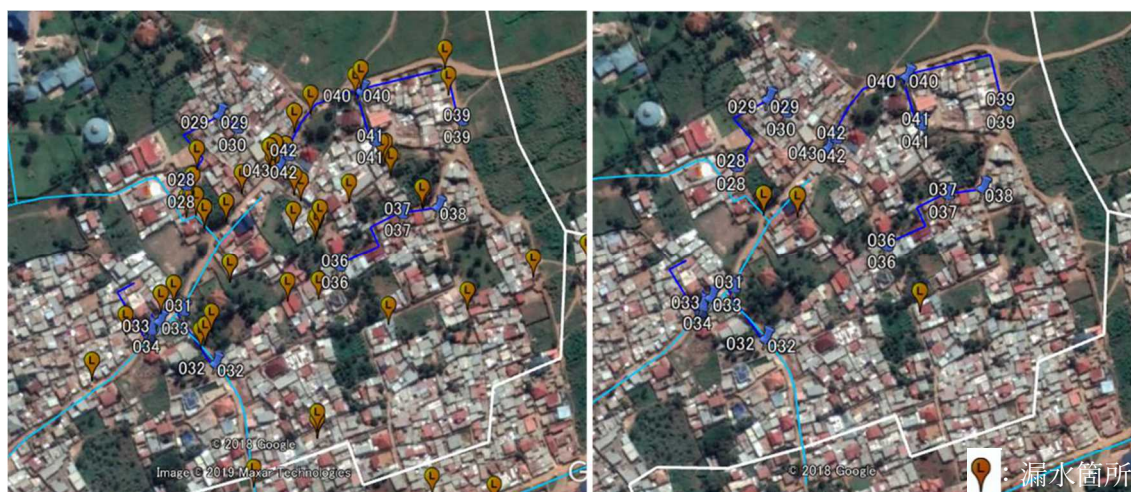
図 2.3 パイロットエリア 1(Kadobogo)における漏水修理位置のプロット(更新前)

上記 PM1 及び PM2 の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った。

表 2.47 給配水管更新による漏水削減効果

項目	PM1	PM2
交換前 Qmnf(m ³ /h)	5.38	2.31
交換後 Qmnf(m ³ /h)	3.10	0.09
削減量(m ³ /h)	2.28	2.22
削減率(%)	42	96

PM1 給配水管更新のエリアにおける更新後の漏水修理箇所は下図に示すとおり激減した。



更新前(2018年8~10月)の漏水発生箇所

更新後(2019年4~6月)の漏水発生箇所

図 2.4 給配水管更新後の漏水修理数の減少効果

給配水管の更新作業に当たっては、WASAC の管理基準 (Requirements for Water Distribution and House Connection) を遵守して行った。掘削断面寸法、管の必要土被り、埋め戻し土から石礫、荒い塊の固結した土塊を除去して良質土を使用することの徹底をテクニシャンに対して指導した。1cm メッシュのフルイを 3 台製作し、管基礎、周りの埋め戻し土はフルイに掛けた発生土を使用した。また、作業完了後出来形図の作成 (平面図、延長、管情報、XY 座標等)、使用材料数量の集計を行った。

3.12 アクションチームが、高水圧低減の活動を実施する。

パイロットエリア 1 における漏水探知作業は 2018 年 8 月に一旦終え、月々の NRW 率の定期モニタリングを継続した。高水圧対策を行わないと修理をしても漏水が再発することが明確になったため、圧力管理の必要性につき 2018 年 8 月の第 3 回 SC において協議され、高水圧対策の活動項目が、R/D の活動に取り込まれた。

パイロットエリア 1 はエリアにおける高位部の流入点で 10bar を超える高配水圧であることから、配水エリア内の水圧を減圧することを目的とした減圧弁 (PRV) を各サブゾーンの流入点に設置する方針とし、PM2 及び PM3 は 2018 年 8 月に、PM1 は 2019 年 9 月に設置を行った。これにより、PRV の上流側圧力 (1 次圧 : P1) の高水圧を下流側圧力 (2 次圧 : P2) 2.0~3.5bar (エリア内顧客への最低給水圧) へ下げた調整水圧での配水がスタートした。PRV 設置に関しては、PRV の本体及び付帯管材については WASAC の在庫を使用した。在庫の無い管材の調達及びマンホールの建設に関してはプロジェクト側が行った。

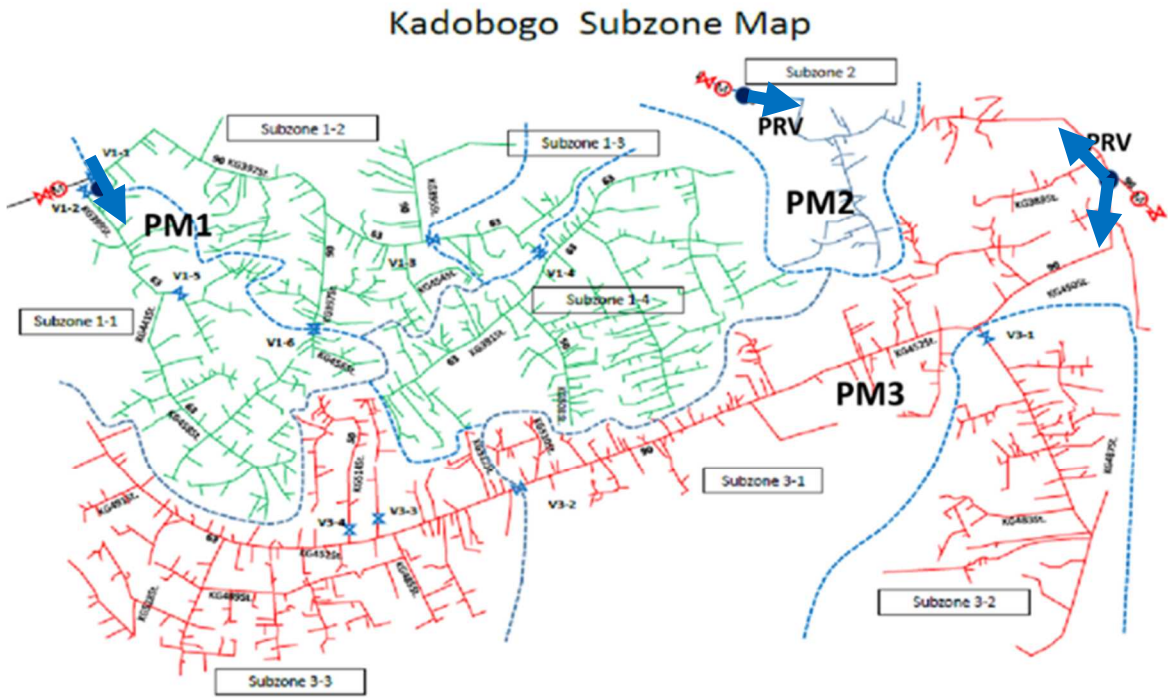


図 2.5 パイロットエリア 1(Kadobogo)PRV 設置位置図

PRV の効果確認を行うために、2018 年 10 月に PM2、PM3 において PRV の 2 次圧 (P2) を段階的に 1.0bar ずつ減少させて Qmnf を測定した。下図に示すように、P2 と Qmnf の間には相関がみられ、PRV により P2 を下げるに連れ Qmnf が確実に減少することを確認した。

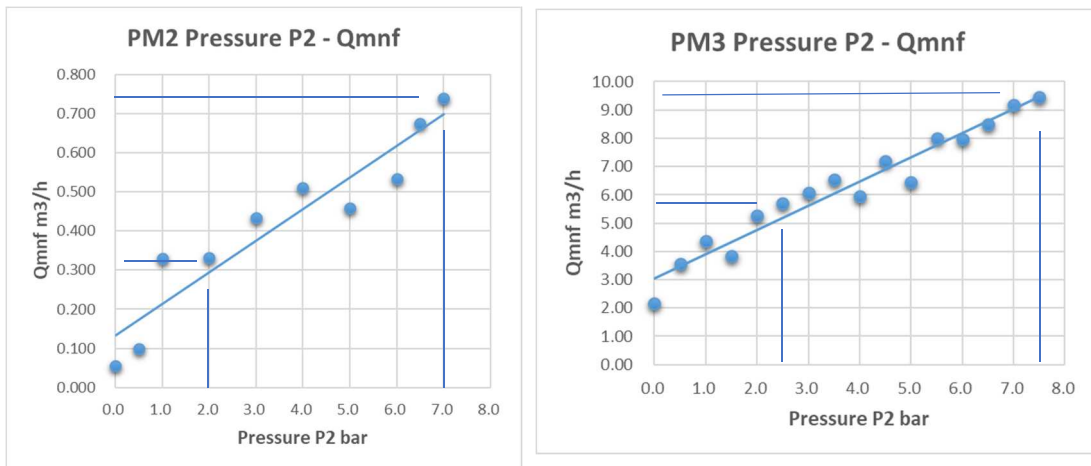


図 2.6 PRV 効果測定結果(P2-Qmnf 段階測定)

PRV の設定後の効果は下表に示す通り、40%から 60%の漏水量の削減効果があった。

表 2.48 PRV 効果測定結果(パイロットエリア 1)

項目	PM2	PM3
設定前 Qmnf (m3/h)	0.74 (7.0bar)	9.44 (7.5bar)
設定後 Qmnf (m3/h)	0.31 (2.5bar)	5.80 (2.5bar)
効果量 (m3/h)	0.43(58%)	3.64(39%)

測定日:2018 年 10 月 23-24 日

PM3 の PRV においては、2018 年 10 月時点で漏水のあることが確認され 2 月 14 日に交換作業を行った。しかし、6 月、7 月に PM3 の漏水量が急増したため原因を探っていたが、PRV の圧力設定が安定して行えていないことに要因があると判明した。パイロットエリア全体で、2019 年 1 月には NRW 率目標値の 20%を達成し、10%まで低下したが、その後徐々に上昇し、6 月以降は 20%を超過するまでに漏水が増加した。最大の原因は PRV の不具合により圧力管理の機能が低下したため漏水の再発であり、漏水削減作業を行った後の、維持管理がいかに重要であることを示唆した。

パイロットエリア 1 (Kadobogo) では 2019 年 1 月に目標の無収水率を達成し、パイロットプロジェクトとしての試行作業をやり終えたので、2019 年 2 月以降、漏水調査は行っていない。

3.9 アクションチームが 3.8 の活動の実施後パイロットエリア 1 の無収水率を測定し、効果を検証する。

3.11 アクションチームが 3.10 の活動の実施後パイロットエリア 1 の無収水率を測定し、効果を検証する。

3.13 アクションチームが 3.12 の活動の実施後に無収水率を測定し、効果を検証する。

プロジェクト効果の評価は、パイロットプロジェクト全体の活動での評価、個々の活動における評価を行った。効果は、①無収水削減率、②漏水修理数、③Qmnf、④費用対便益の 4 項目によって評価した。

(1) 無収水削減率の推移

Kadobogo の無収水量、無収水率の推移を次図に示す。

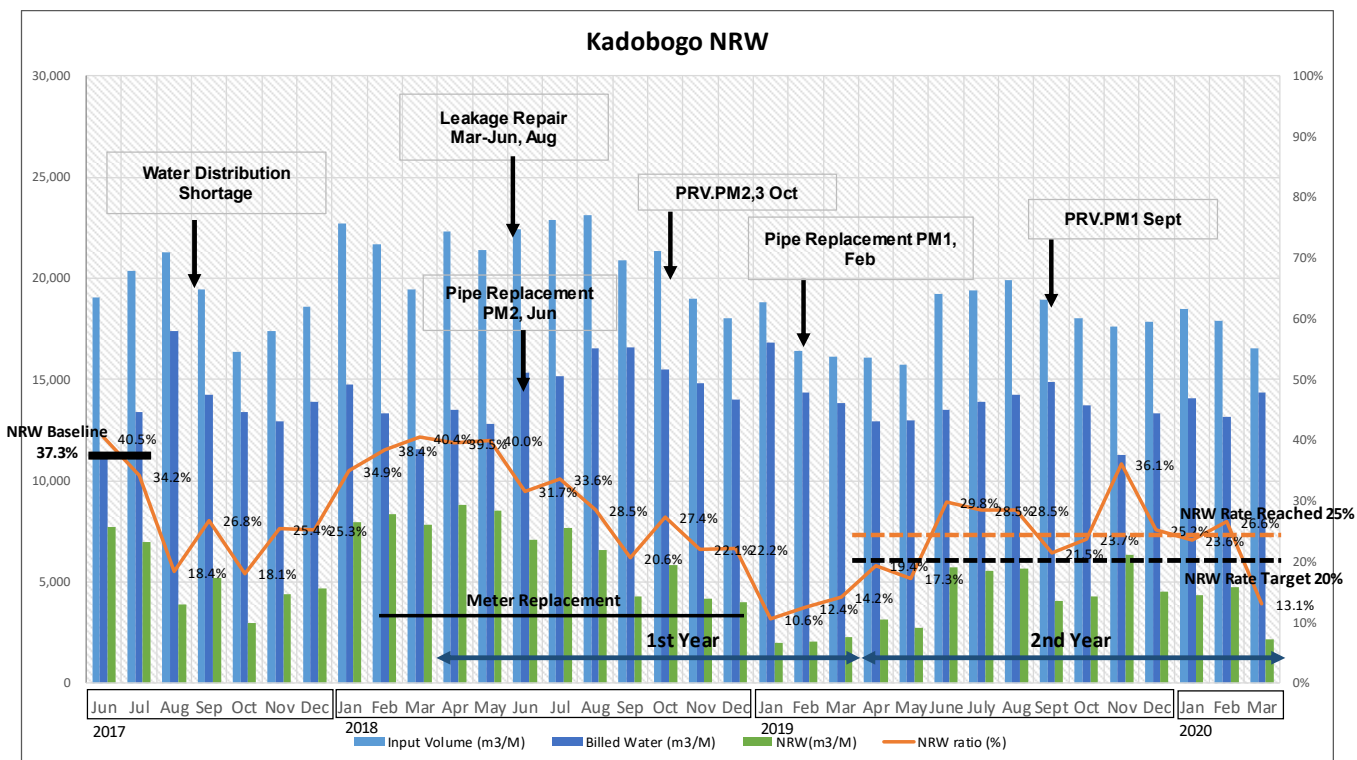


図 2.7 Kadobogo の無収水量、無収水率の推移図

表 2.49 Kadobogo 全体 NRW の推移

Item	2017												2018												2019												2020		
	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar					
Input Volume (m³/M)	19,054	20,389	21,279	19,466	16,350	17,366	18,609	22,694	21,677	19,439	22,328	21,373	22,445	22,862	23,138	20,913	21,358	18,991	18,000	18,800	16,408	16,120	16,059	15,712	19,227	19,404	19,885	18,956	18,012	17,633	17,843	18,456	17,911	16,561					
Billed Water (m³/M)	11,345	13,412	17,374	14,246	13,397	12,959	13,908	14,765	13,351	11,579	13,499	12,822	15,340	15,175	16,541	16,595	15,496	14,792	14,000	16,816	14,367	13,834	12,939	12,986	13,492	13,880	14,221	14,877	13,736	11,265	13,342	14,100	13,143	14,388					
NRW(m³/M)	7,709	6,977	3,905	5,220	2,953	4,407	4,701	7,929	8,326	7,860	8,829	8,551	7,105	7,687	6,597	4,318	5,862	4,199	4,000	1,984	2,041	2,286	3,120	2,726	5,735	5,524	5,664	4,079	4,276	6,368	4,501	4,356	4,768	2,173					
NRW ratio (%)	40.5%	34.2%	18.4%	26.8%	18.1%	25.4%	25.3%	34.9%	38.4%	40.4%	39.5%	40.0%	31.7%	33.6%	28.5%	20.6%	27.4%	22.1%	22.2%	10.6%	12.4%	14.2%	17.3%	17.3%	29.8%	28.5%	28.5%	21.5%	25.7%	36.1%	25.2%	23.6%	26.6%	13.1%					
POC	1,308	1,312	1,330	1,335	1,335	1,338	1,343	1,351	1,358	1,302	1,306	1,306	1,307	1,307	1,322	1,325	1,326	1,326	1,326	1,353	1,355	1,358	1,359	1,360	1,363	1,363	1,366	1,422	1,422	1,422	1,422	1,429	1,429	1,429					

NRW 率の計算はメーター検針による顧客の請求水量と、サブゾーン PM1、PM2、PM3 の流入点のマンホールに設置した流量計で測定した流入量を基に 2017 年 6 月より開始した。

2017 年の 9 月、10 月は降雨量が異常に少なく、時間給水制限が行われパイロットエリアへの流入量が大きく減少したが、請求水量にはさほどの変化は見られなかったため、NRW 率がこの影響で大きく減少した。本エリアでは住民の水使用量が日常的に少ないため、給水制限下においても一定量の需要を満たすことができていると、流入可能量が多くなると、高水圧のために、むしろ漏水量が増える現象となっている。可視漏水は日常的に発見、修理を繰り返していた。

2018 年 4 月頃より NRW 率が継続的に減少しているのが明瞭である。そのころから本格化した漏水調査・修理、10 月に設置した PRV による高水圧の低減の効果が発揮された結果である。4 月頃までに行われていた顧客メーター交換の効果は NRW 率の変化を見る限り明瞭ではない。プラス側、マイナス側のメーター誤差が相殺されるのが原因と想定される。

2019 年 1 月の NRW 率は 10.6%まで低下し、目標値の 20%を達成した。その後、増加傾向とな

り、6月には20%を超えたが、理由はPRV3の機能不良による漏水の復元と推定された。その後、PRV3が再調整され、さらに2019年の9月にPM1にPRVが設置された後、月々多少の変動はあるもののNRW率は概ね25%で落ち着いた。結果として、パイロットプロジェクト全体でのNRW率の削減量は12%、削減率は32%であった。

表 2.50 パイロットプロジェクトの NRW 率

パイロットエリア	目標値	ベースライン値	到達値	削減値	削減率
NRW 率(%)	20	37	25	12	32

注： ベースライン値は2017年6月、7月、到達値は2019年4月から2020年3月の平均

(2) 漏水修理数の推移 (漏水修理箇所の Google Earth Map を使用した位置図の作成)

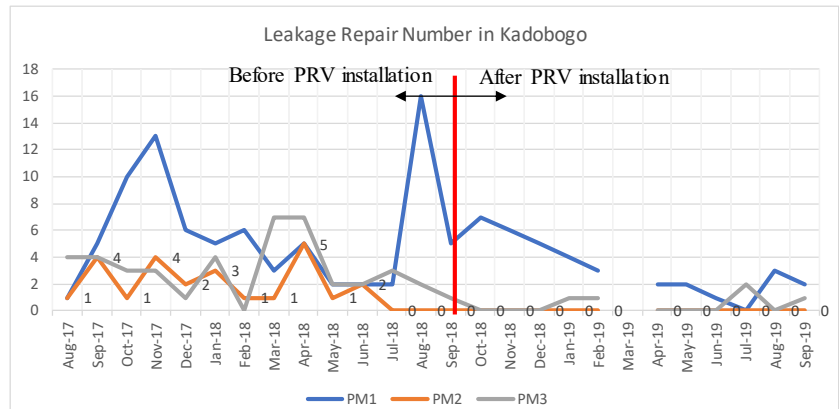
PRVをPM2、PM3に設置した前後の漏水修理数を比較した結果は下図に示すとおりである。パイロットエリア1全域ではPRV設置前後10ヶ月間の漏水発生数の合計は設置前が94箇所、設置後が33箇所であり、65%減少した。各年毎の月当たり漏水発生数は、漏水修理、PRV設置、給配水管の更新の相乗効果により2017年12箇所、2018年9箇所、2019年3箇所と年々減少した。

Kadobogo Pilot Area

Leakage Repair Number

Month	PM1	PM2	PM3	Total
Aug-17	1	1	4	6
Sep-17	5	4	4	13
Oct-17	10	1	3	14
Nov-17	13	4	3	20
Dec-17	6	2	1	9
Jan-18	5	3	4	12
Feb-18	6	1	0	7
Mar-18	3	1	7	11
Apr-18	5	5	7	17
May-18	2	1	2	5
Jun-18	2	2	2	6
Jul-18	2	0	3	5
Aug-18	16	0	2	18
Sep-18	5	0	1	6
Oct-18	7	0	0	7
Nov-18	6	0	0	6
Dec-18	5	0	0	5
Jan-19	4	0	1	5
Feb-19	3	0	1	4
Mar-19	No data	No data	No data	0
Apr-19	2	0	0	2
May-19	2	0	0	2
Jun-19	1	0	0	1
Jul-19	0	0	2	2
Aug-19	3	0	0	3
Sep-19	2	0	1	3
Total	116	25	48	189
Average	4.5	1.0	1.8	7.3

PRV installation (PM2, PM3)



Leakage Repair Number (10 months)

Term	PM1	PM2	PM3	Total
Jan-18~Oct-18	53	13	28	94
Nov-18~Sep-19	28	0	5	33

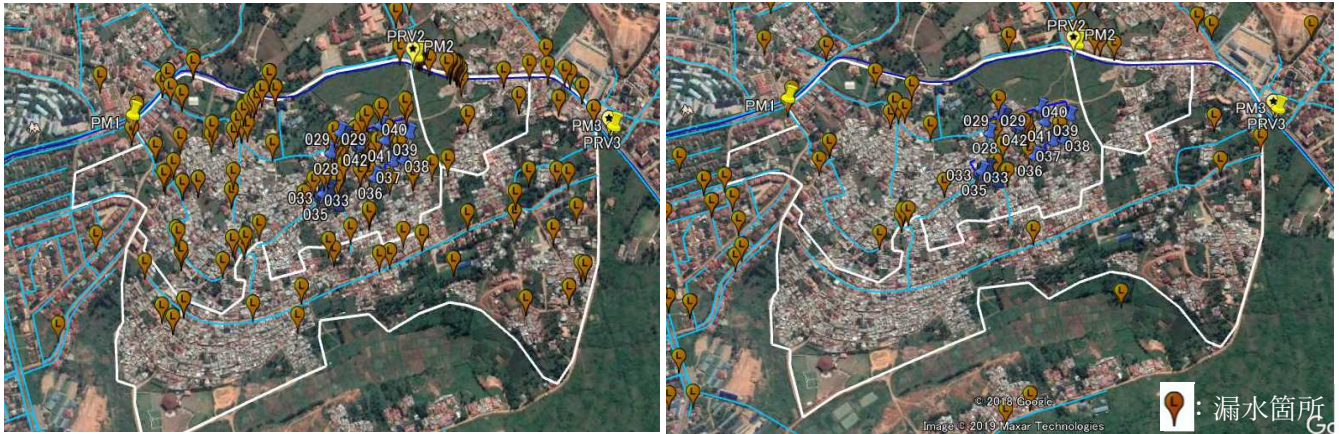
Before PRV installation 9/month
After PRV installation 3/month

Leakage Repair Number per Month

Year	PM1	PM2	PM3	Total
2017	7.0	2.4	3.0	12.4
2018	5.3	1.1	2.3	8.8
2019	2.1	0.0	0.6	2.8

図 2.8 Kadobogo の漏水修理履歴

漏水箇所のプロット図で見ても、PRVの設置後は漏水箇所数が激減したことが明らかに読み取れる。



PRV 設置前 Apr 2018 - Oct 2018 (64 箇所)

PRV 設置後 Nove 2018 - Apr 2019 (22 箇所)

図 2.9 Kadobogo の漏水修理箇所位置 (PRV 設置前後の比較)

(3) Qmnf の推移

Qmnf の測定履歴は前出の表 2.46 に示したが、その結果を基に作成した 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る。

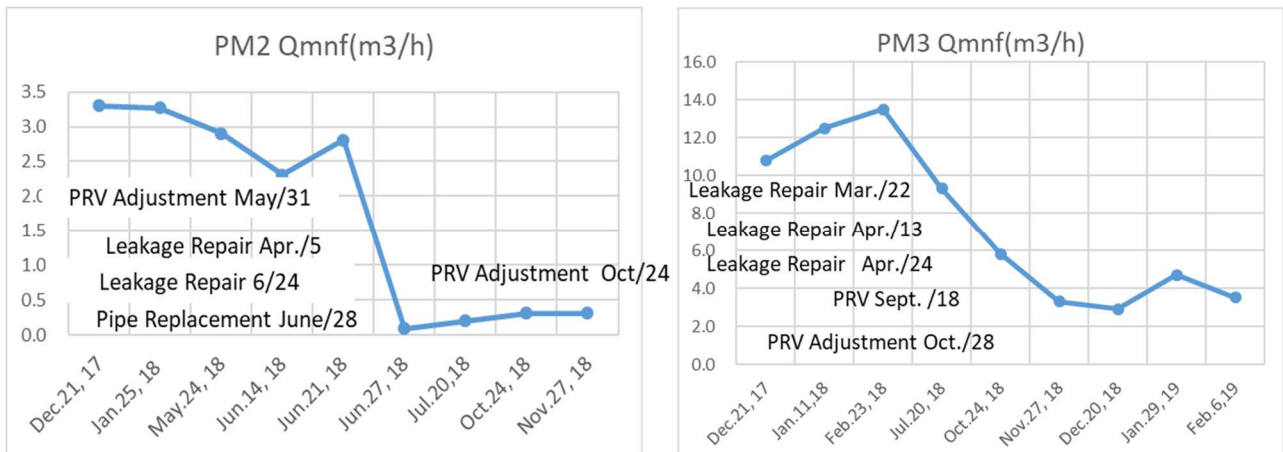


図 2.10 Kadobogo の Qmnf の推移

3.17 パイロットエリア 2 において、3.5 から 3.14 の活動を実施する。

3.5 アクションチームが、パイロットエリア 2 のベースライン無収水率を確定する。

2018 年 2 月に新たにパイロットエリア側から外部の Kigese 方面に流出する管の存在が判明したことから、流出量測定のために流量計をエリアの出口に追加設置した。その後、パイロットエリアの流入量の測定を 2018 年 3 月から開始し、ベースラインを下表のとおり決定した。パイロットエリアのサブゾーン毎に請求水量とゾーンへの配水量を基に毎月 NRW 率を継続して算定した。8 月に開催された SC では、NRW 削減目標値として 25%が決定された。

表 2.51 パイロットエリア 2 のベースライン

項目	単位	2018年3月	2018年4月	平均
顧客数	件	1,572	1,575	1,574
配水量	m ³	54,812	63,327	59,070
請求水量	m ³	19,486	17,540	18,513
無収水量	m ³	35,326	45,787	40,557
無収水率	%	64.4	72.3	68.4

3.6 アクションチームが、国際水協会(IWA)の水収支表に示される見掛け損失水量を削減する対策をパイロットエリア 2 において実施する。

パイロットエリア 2 では調査実施効率化のため、まず目視によるメーター作動状況調査を、全顧客（1,705 件）を対象として実施した。つづいて、時間を要するメーター精度確認調査は、顧客の中でも過去 3 ヶ月 20m³/月以上の水使用量がある大口顧客（413 件）を対象を絞って実施した。質問票調査については、不法使用の可能性の高い給水停止顧客（145 件）ならびに過去 3 ヶ月間継続してゼロ請求水量の顧客（56 件）に着目して、依存する水源、家族構成、水利用状況、水使用料金、WASAC への希望事項等についての聞き取り調査を実施した。これらの調査結果および毎月の請求水量データから、見かけの水量のうち不法使用水量、推定誤差に関わる損失水量を算定した。判明した不良メーターについては取替え工事を、違法接続者については正規登録後メーターの設置、さらには検針員による検針業務の強化等の対策を講じた。

(1) メーター調査結果

2018 年 7 月から 11 月にかけて 1,705 カ所につき行った顧客調査の結果、メーターの設置のあるものが 1,702 カ所で、メーター設置率は 99.8%と高い。内、故障メーターが 47 カ所あるが、1,655 カ所が稼働しており、稼働率も 97%と良好である。故障メーターには、躯体が壊れているもの、指示計がカウントしないもの（Blocked）、指示計の読みが出来ないものがある。給水停止のものが 6%、メーターがケースに入れられているものが 20%であった。

表 2.52 メーター調査結果

設置場所	宅地内 47%	宅地外 54%
利用者	契約者 90%	借家人 10%
稼働状況	稼働 97%	故障 3%
メーターボックス	有り 20%	無し 80%
給水状況	通常 94%	停止 6%

現場のメーター誤差測定は、メーター調査の効率を考慮して大口顧客（2018 年 5 月、6 月、7 月の 3 ヶ月中に 20m³/月以上の使用量が一度でもあったもの）413 カ所を対象とした（測定期間：2018/8/27～2018/11/23）。

交換対象は大口顧客のメーター誤差が±5%以上のもの、故障のもの 92 カ所（測定対象の 22%）に小口顧客の故障メーター 47 カ所を加えた 139 カ所であった。Kadobogo の場合、調査対象はエリア内の全メーターであったが、そのうち 28%が交換対象であった。Kadobogo、Ruyenzi の両エリアにおける結果から、許容誤差超過及び故障のメーターは、概ね全体メーター数の 20～30%であった。

表 2.53 メーター精度調査結果

メーター誤差	メーターの誤差測定結果				故障	計
	-5%以下	±5%以内	+5%以上	計		
大口顧客	46	321	40	407	6	413
誤差率	11%	79%	10%	100%		
使用不可率	11%	78%	10%	-	1%	100%

表 2.54 メーター交換対象

メーター誤差	-5%以下	±5%以内	+5%以上	計	故障	計
大口顧客	46	-	40	86	6	92
小口顧客	-	-	-	-	47	47
交換対象	46		40	86	53	139

メーターの交換は 139 カ所を対象に 2018/12/13～2019/01/07 の間実施し、2018 年 12 月に 57 カ所、2019 年 1 月に 80 カ所の計 137 カ所の交換を行った。

(2) 不法使用、推定誤差に関わる損失水量等

見かけの損失水量としては、上述したメーター自体の器差の他に、1) 不法使用、2) 推定誤差に起因する損失水量の他、3) メーター取替え時の検針値取り扱いに関わるものが挙げられる。この中でも、とくにパイロットエリア内にはゼロ消費量の顧客が多く存在することから、検針作業が基準通りに実施されておらずこれに起因する推定誤差に関わる損失水量が多いものと思われる。

1) 不法使用量

本エリアでは明確な違法接続者による水道水の不法使用は発見されなかった。ただし、給水停止処分された給水栓の無断開栓、メーターを意図的に取り外す不法利用が 3 件摘発された。しかし、全体顧客数に比して僅かであり、これらに起因する損失水量は 0.5%以下程度と推定された。

2) 検針作業が出来ない場合の推定誤差

WASAC は全顧客を対象として毎月検針作業を実施しているが、顧客不在、起伏の大きい地形、降雨等の理由によりアクセスが困難で検針作業を行えず、請求水量を推定する場合はしばしばある。

請求水量が継続して全く同一値の顧客は、検針作業が正常に実施されていないものと思われる。3ヶ月連続全く同一値の顧客数（2018年5～7月）を、サブゾーン毎に下表に示した。12.9%（214件/1,655件）に上った。ちなみに支店担当者の情報では、全顧客数の約10%程度と推定しているとのことであった。

これらの顧客のうちとくに請求水量ゼロの顧客に着目し、聞き取り調査で確認された検針作業が正常に実施されていない顧客比率（50%）と平均使用水量から推定誤差水量を算定した。この結果、地形が急峻な Ruyenzi では2018年7月時点で請求水量の6.4%程度が推定誤差に起因する無収水量と想定された。

表 2.55 Ruyenzi 過去3ヶ月同一水使用量の顧客数(2018年5～7月)

Ruyenzi	RY1	RY2	RY3	計
請求水量ゼロ以上	30	11	6	47
請求水量ゼロ	103	23	41	167
合計	133	34	47	214(13%)

注)無収水量は、167件 × 50%(聞き取り調査結果) × 平均 12.6m³/月 = 800m³
で総配水量 16,410m³ の 6.4%

検針作業を正常に行うことを支店に促し、1年半後（2019年1～3月）に再度調査した結果を下表に示す。対象の顧客数は214件から165件に減少しており、改善された兆しは見られるものの、依然として検針業務が正規に実施されておらず、推定に依存する顧客が9%前後存在した。検針業務に関わる推定誤差も依然として NRW 値の4～5%程度を占めるものと推定された。

表 2.56 Ruyenzi 過去3ヶ月同一水使用量の顧客数(2019年1～3月)

Ruyenzi	RY1	RY2	RY3	合計
請求水量ゼロ以上	20	6	4	30
請求水量ゼロ	84	15	36	135
合計	104	21	40	165(9%)

また、請求水量データからの推定を試みた。請求水量ゼロのデータに着目し、2018年5月から2019年4月の1年間のパイロットエリア内の各月の請求水量から、請求水量ゼロによる推定無収水率の可能性の最大値を算出した。ある月のゼロ請求水量に対して、他の月の請求水量がいくらあるかを調べ、その請求水量が本来あるべき請求水量と仮定したものである。下表の計算結果から、ゼロ請求水量が原因する無収水量は3.6%と推定された。ただし、この数値には Disconnection のように実際に水を使用していない場合も含まれるため、あくまで可能性としての最大値であることに留意する必要がある。

表 2.57 ゼロ請求水の場合の推定無収水率

Item	May-18	Jun-18	Jul-18	Aug-18	Sep-18	Oct-18	Nov-18	Dec-18	Jan-19	Feb-19	Mar-19	Apr-19	Average
Zero Consumption POC	368	317	294	254	326	272	330	271	257	265	311	287	296
Consumption of other month in comparison of Zero Consumption (m3)	1,258	1,752	1,803	2,073	1,548	1,700	903	1,222	1,970	1,504	1,115	0	1,532
	1,290	1,810	1,770	2,285	1,640	1,757	1,138	1,528	1,947	1,540	0	1,986	1,699
	1,228	930	1,366	1,655	1,491	1,285	886	1,032	1,246	0	1,605	1,236	1,269
	1,378	1,459	1,572	1,760	1,140	1,488	764	893	0	1,782	1,152	1,116	1,319
	1,062	1,495	1,638	1,861	1,234	1,476	785	0	1,817	1,374	1,202	1,263	1,382
	1,488	1,928	1,889	2,204	1,580	1,632	0	2,061	2,542	1,922	1,706	1,915	1,897
	1,258	1,743	1,465	1,757	1,159	0	1,247	1,353	1,998	1,617	1,598	1,803	1,545
	1,881	1,894	1,675	1,694	0	2,358	1,306	1,692	2,397	1,918	1,593	1,890	1,845
	1,307	1,377	935	0	1,694	1,535	1,101	1,497	1,781	1,570	1,461	1,617	1,443
	1,459	1,052	0	1,928	1,912	1,909	1,490	1,798	2,174	1,958	1,621	1,975	1,752
	1,031	0	1,583	2,209	1,850	2,101	1,547	1,777	2,298	1,937	1,731	1,809	1,807
	0	1,623	2,007	2,576	2,189	2,145	1,718	2,008	2,740	2,127	2,041	2,446	2,147
	NRW Volume caused by Zero Consumption (m3)	2,147	1,807	1,752	1,443	1,845	1,545	1,897	1,382	1,319	1,269	1,699	1,532
Input Distribution (m3)	50,826	37,437	40,226	47,153	47,161	51,242	48,539	47,923	49,026	47,189	38,875	45,967	45,964
NRW Rate caused by Zero Consumption(%)	4.2%	4.8%	4.4%	3.1%	3.9%	3.0%	3.9%	2.9%	2.7%	2.7%	4.4%	3.3%	3.6%
Volume/Number (m3/POC)	5.8	5.7	6.0	5.7	5.7	5.7	5.7	5.1	5.1	4.8	5.5	5.3	5.5

3.7 アクションチームが、3.6 の活動の実施後、パイロットエリア 2 の無収水率を測定し、効果を検証する。

メーター誤差の測定を予定した 413 ヶ所中、断水やメーターの止水栓の故障等の影響で測定が行えなかったものを除き、測定が行えた 332 ヶ所につき、メーター交換の結果は下表に示すとおりである。

表 2.58 メーター交換の評価

項目	メーター調査結果	交換後の推定
計算対象個数	332	332
交換個数	-	86
メーター誤差合計(%)	-79.46	-143.77
誤差平均(%)	-0.24	-0.43

332 ヶ所の測定誤差の総合計は-79.46%で、1 個当たりの平均は-0.24%である。この中で、誤差が±5%以上のメーター86 個を交換し、交換後のメーターの誤差を理想的にゼロと仮定した場合の誤差の合計値は-143.77%で、1 ヶ所当たりの平均は-0.43%となる。従って、各顧客の使用量を同一と仮定した場合、メーター交換による改善量は、その差の-0.19%と推定でき、逆に誤差が増える結果となった。プラス側の誤差の是正量がマイナス側に比べて大きい場合、メーター交換によって逆に請求水量の合計が減る場合もあり得る。

3.8 アクションチームが、IWA の水収支表で示される実損失水量の内、地上漏水(可視漏水量)を削減する対策をパイロットエリア 2 において実施する。

3.10 アクションチームが、IWA の水収支表で示される実損失水量の内、地下漏水(不可視漏水)を削減する対策をパイロットエリア 2 において実施する。

(1) パイロットエリア概況

パイロットエリア 2 は次図に示すように、中央に立地する Ruyenzi 配水池から配水される広大で起伏に富んだサブゾーン RY1、RY2 と、一旦、さらに 230m ほど標高の高い Gihara 配水池(400m³)へ揚水し、そこから自然流下で配水するサブゾーン RY3 から構成される。

Gihara 配水池からの配水は水量不足の理由で週 3 日に制限されていた。Ruyenzi 配水池へは常時 Nzove 浄水場からポンプにより送水されているが、この水は配水池のバイパス管を通して、配水池より標高の高い他の配水地区(Kigese)にも送水されている。

RY1 へはこのバイパス管から配水されている。RY1 はエリア内の高低差が 120m もあり、さらに Nzove 浄水場からのポンプ送水による余剰水圧(6.5bar)があるため、低位部では 16bar 以上の高水圧となっており、通常の管理法では漏水を防止することは困難な状態であった。RY2 へは Ruyenzi 配水池からの重力で配水されている。

各サブゾーン流入点における流量測定を2018年7月に1週間にわたって実施し、その傾向とQmnfの把握を行った。RY3においては連日時間給水が行われていることや、RY1においてはエリア外に流出流量があることから、ステップテストの方法につき注意を必要とした。

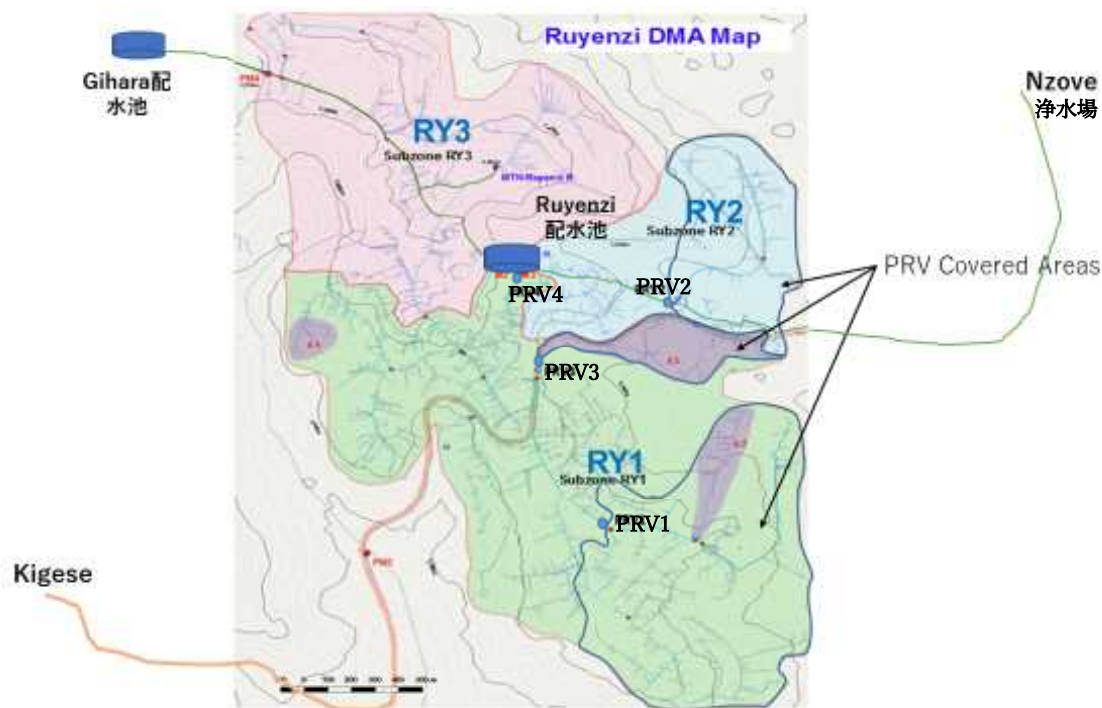


図2.11 パイロットエリア2(Ruyenzi)の概要

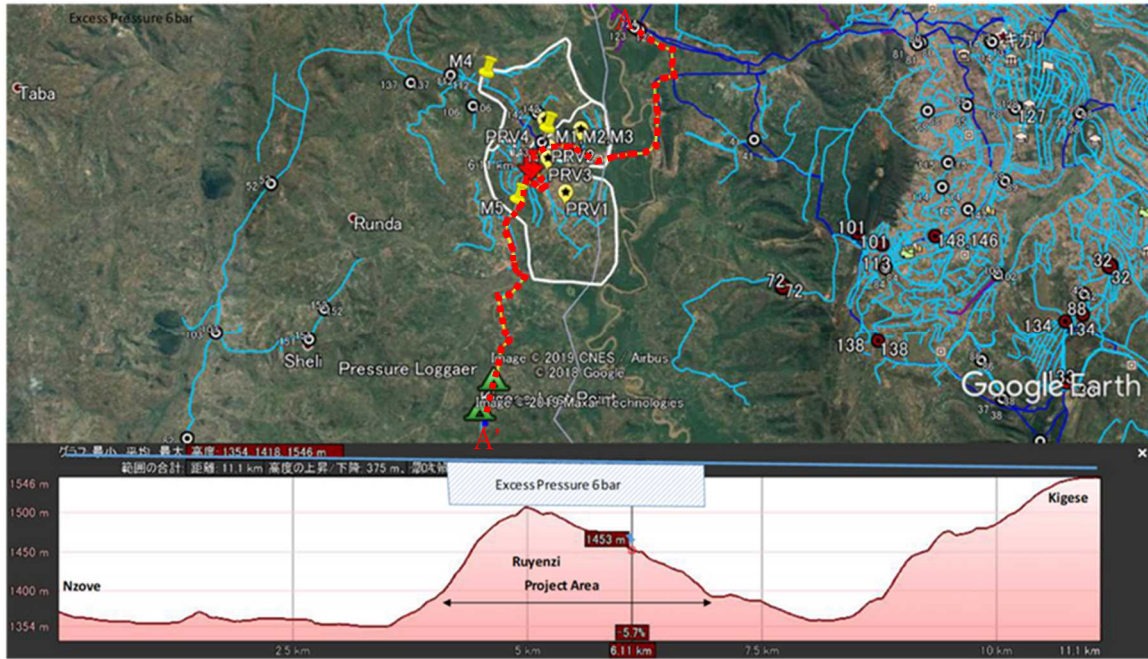


図 2.12 Nzove-パイロットエリア-Kigese の縦断図(A-A'点線)

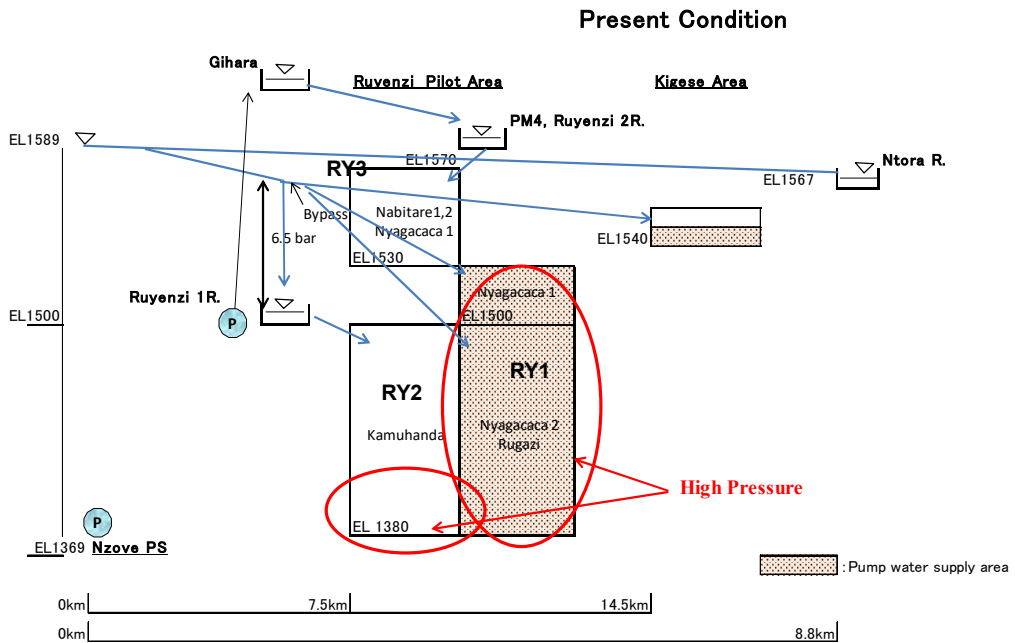


図 2.13 配水現況図

本エリアにおいては、エリア 1 での教訓により、高水圧対策（PRV の設置）を優先して行うこととし、次に顧客メーターテストとテスト結果に基づくメーター交換、その後漏水調査・修理の順序で作業を実施した。

1) サブゾーンRY1(バイパス管配水エリア)、RY2(重力配水エリア)

漏水調査を2018年12月より開始し、漏水存在量を知るための夜間最小流量（ Q_{mnf} ）の測定や、漏水存在量の多いエリアを絞り込むためのステップテストを実施した。 Q_{mnf} の調査を実施した結果、RY1で28m³/h程度の多量の漏水があることが判明した。RY2においても7m³/h程度の漏水が認められた。RY1で漏水の多いことは漏水修理履歴のプロット図（右図）からも明確に読み取れたため、漏水量の多いRY1、RY2に対して重点的に漏水調査を実施した。

ステップテストは、配水管網が複雑であり、また仕切弁の設置が少ないため、可搬式の超音波流量計を駆使して行ったが、道路の土が硬く締め固まっており、また、岩質のものもあるため、流量計設置の掘削作業に多大な労力を費やした。2019年3月に当調査結果による漏水修理を16箇所行い、その後4月に効果確認のため夜間のステップテストを行ったが、漏水量の目に見える低減は図れなかった。

2019年7月以降の調査では、調査の対象エリアを明らかに漏水の多いRY1に絞り、その中でもPVC63mm管の配管路線におけるステップテストにより、漏水の重点調査箇所の絞り込みを行った。その結果、7月後半から1ヶ月間で14箇所の漏水箇所を発見し、修理を行った。エリア内には、新旧の給配水管が混在している。旧給水管は低品質のものであるが水圧が低かった時期にはさほど問題とならなかったものの、バイパス管を通じて高水圧で配水されるようになってから、給水管の随所で小規模漏水が多発するようになった。特に古くからの顧客の給水管で多く見られた。

RY1内にはPRV1、PRV3の二つのPRVが2018年10月に設置されたが、既存の配水施設や地形上の制限によりPRVがカバーする範囲は全面積の45%程度に限られた。

2) サブゾーンR3(重力配水エリア)

RY3では、Gihara配水池（400m³）からの配水は送水量不足のために週3日に制限されており、しかも他エリアへの配水があることから昼間の断水が多く、逆に夜間の水使用が多くなっていた。そのために、RY3での夜間最小流量の測定は不可能であった。また、Gihara配水池はバイパス管による配水も行っており、配水池が本来持つべき貯留、調整機能が生かされていない。

RY3内にある減圧水槽（30m³）及び配水池（50m³）はFVが故障で撤去されており、オーバーフローが常態化していた。その対応として2019年1月24日に減圧水槽にFV（80mm）を設置し、配水池は老朽化による壁面からの漏水があるため、バイパス管を使用することとした。

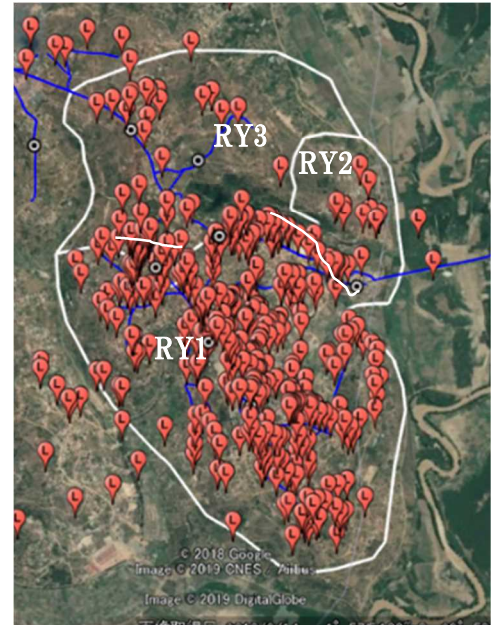


図 2.14 漏水修理位置のプロット

3) 夜間最小流量(Qmnf)の測定

夜間最小流の測定を下記の目的で実施した。

- ① 漏水削減対象箇所特定のための、エリア別存在漏水量の把握（ステップテスト）
- ② 漏水削減活動の効果測定のための、活動前後の存在漏水量の比較
- ③ 存在漏水量の定期的モニタリング

Qmnf 測定調査結果は下表に示したとおりである。

表 2.59 Qmnf 測定履歴 (Ruyenzi)

RY1 (Bypass)				RY2 (Gravity)		RY3 (PM4)	
測定日	バイパス管 (Inflow)	Kigese (Outflow)	RY1配水量 (Balance)	測定日	配水量	測定日	最小配水量
Jan. 31-Feb.2, 2018	40~26	-	-				
Jul. 11-18, 2018	30	-	-	Jul. 11-18, 2018	4.8	Jul. 11-18, 2018	6.0
Dec. 3-4, 2018	30.46	2.51	27.95	Dec. 3-4, 2018	7.5	Dec. 3-4, 2018	13.0
Feb. 13, 2019	46.57	14.19	32.38	Feb. 19, 2019	4.7		
April 25-26, 2019	29.8	-	-	April. 10, 2019	2.9		
April 29-30, 2019	22.2	-	-				
May 21, 2019	34.87	-	-				
Jun 27-28, 2019	28	-	-	Jun 27-29, 2019	4.5	Jun 26-28, 2019	16.0
July 22-29, 2019	32-40	-	-				
Aug 07-08, 2019	38.7	3.1	35.6				
Aug 27-28, 2019	38.3	4.7	33.6	Aug 27-28, 2019	5.1		
Sept 19-20, 2019	30.1	1.3	28.8			Sept 2-3, 2019	14.0

PRV1,3:2018年9月28日より運用、11月8日調整

PRV2:2018年11月16日より運用 PRV5: 2019年9月23日より運用

4) 3つの給水エリアにおける無収水量の比較調査

漏水の多くが小口径の配水管や給水管から発生していることに注目し、その影響がどの程度あるのか把握するため、パイロットエリア内で水圧が異なる 3つの給水エリア (A1、A2、A3) を選定し無収水調査を実施した。下記にその概略調査方法を示す。

- ① 水圧分布、地形、顧客数等を考量してエリアを選定
- ② POC 位置の確認を行い、顧客リスト表を作成
- ③ 配水管の水理的分離を実施し、POC の再確認
- ④ 流入管に超音波流量計を設置し、データのロギング開始
- ⑤ 計測開始と同時に顧客メーターの一斉検針
- ⑥ 24 時間後の顧客メーターの一斉検針
- ⑦ エリアへの流入量と顧客の水使用量の集計
- ⑧ 無収水率の計算

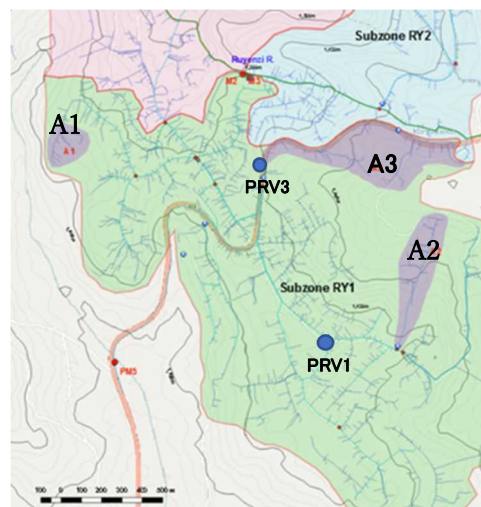


図2.15 調査対象エリア(A1, A2, A3)

調査結果を次表に示した。比較的圧力の低い A1 では NRW 率が 12%と低い、圧力が 10bar 以上にもなる A2、A3 では NRW 率が 76~81%と非常に高い。圧力が高くなるほど、NRW 率が高くなる傾向が顕著に示された。

表 2.60 3つの給水エリアにおける無収水量の比較調査

エリア		A1	A2	A3
サブゾーン		RY1	RY1	RY1
顧客数		23	20	33
配水管口径	mm	90	63	40
圧力	bar	4.0-5.5	6.0-11.5	4.0-13.0
配水量	m ³	12.00	35.39	98.02
消費水量	m ³	10.58	8.41	18.26
無収水率	%	11.8	76.2	81.4
調査日		29-30,May	20-21,Jul	17-18,Jul

3.12 アクションチームが、高水圧低減の活動を実施する。

(1) 高水圧の低減方法

バイパス送水管による配水エリアは Ruyenzi 配水池地点での余剰圧が高く（約 65m）、Ruyenzi 配水池とエリア内最低地点の標高差が 120m にもなるため、配水管に高圧力が作用する状況となっていた。配水池地点の静水圧と標高差から単純計算した場合エリア内は最大 185m（65m+120m）の圧力があつた。

パイロットエリア内の圧力低減策としては下記に示す 4 案が考えられた。最良案は第 1 案のバイパスによる配水を停止することであるが、これを行うには Kigese 地区の自己完結した給水施設を整備することが必要となる。また、バイパス管を送水管としての専用管とする第 2 案では配水管を切り離し、かつパイロットエリア内の配管網の再調整を行う必要がある。両案とも、長期の期間と多額の費用が必要となるため、パイロットプロジェクトとして採り得る案ではなかった。パイロットプロジェクトとしては、漏水削減策の試行が目的であるため、比較的簡便に実施できる第 3 案の PRV 設置による方法を行うこととした。

表 2.61 高圧力対策案

対案	内容	要求事項	実施期間と費用
第 1 案	バイパス管完全廃止	Kigese エリアへの独立水源と送水施設整備	長い期間と、多大な費用を要す
第 2 案	Kigese への専用配水管化(配水管の分離)	既存配水管の Kigese への幹線配水管からの分離、Ruyenzi 配水池からの配水管の再整備	長い期間と、多大な費用を要す
第 3 案	PRV の設置	PRV の複数カ所の設置	比較的短期間、比較的low額費用
第 4 案	水使用量が少ない時間帯におけるバイパス管の使用停止	夜間における顧客に対する給水時間の制限	短期、費用不要

(2) PRV の設置(3カ所)

PRV のチャンバー建設及び機材の設置を 2018 年 8 月 27 日より開始し、9 月末までにサブゾーン RY1 内の 2 カ所に PRV1, PRV3 を設置した。RY2 内には 1 カ所 PRV2 を 11 月 7 日に完成させた。これら 3 カ所の効果測定を 10 月、11 月に実施した（位置は、図 2.11 パイロットエリア 2 の概要を参照のこと）。

1) サブゾーン RY1

PRV 1（2 次圧 3.5bar）の管理エリア内の最低標高部では、夜間に Ruyenzi 配水池地点の水圧との圧力差が 18.5bar あったものが、PRV 1 の設置により 12.3bar と 6bar 程度軽減された。PRV3（2 次圧 2.0bar）地点においては同様に夜間に 21 bar あったものが、10bar となり、10bar 程度軽減された。

2) サブゾーン RY2

サブゾーン RY2 では PRV2 の設置標高 EL1,410m よりも標高の高いエリアがありその最高点は EL1,460m であるため、PRV の 2 次圧を 6.0bar までにしか落とせず、PRV2 の効果発現を阻害していた。よって、配水エリアの切り替えにつき調査を行い、WASAC 側が検討を進めた。これについては切り替えエリアへの安定配水のために、サブゾーン RY3 からの安定配水が前提条件となるが、RY3 内にある減圧水槽と配水池の FV が故障で撤去されていたため需要に応じた配水が可能な状況ではなかった。2019 年 1 月 24 日に減圧水槽に FV を設置した。RY3 からの配管の延長工事（1.0km、PVC、DN50）は配管敷設位置の土質が非常に固く、費用上の問題があり、中止した。

3) サブゾーン RY3

サブゾーン RY3 には、有効容量 50m³ の Ruyenzi 2 配水池が立地するが、流出管は、25mm PVC 管の 2 本のみ（一本は配水池に隣接する公共栓用）で、直接の給水対象顧客は配水池近辺の数軒に限られる。

水量不足の理由で、Gihara 配水池（400m³ の有効容量）からの送水は、日曜日、月曜日、木曜日の週 3 日に制限されており、しかも他エリアへの配水があることから昼間の断水が多く、逆に夜間の水使用が多くなっている。そのために、RY3 での夜間最小流量の測定は不可能な状況であった。

給水制限のため、同配水池からの送水量の大半は、送水管路沿いの住民へ直接配水されるか、または配水池流入管 75mm PVC 管バイパス管により直接エリア内顧客に給水しており、配水池が持つべき貯留調整、減圧機能が生かされていなかった。

制限給水の断水の後、RY3 の送水が開始され顧客所有の貯水タンクが満杯になれば、送水量は減少する。Gihara 配水池からは送水量（72m³/時）があるが、Ruyenzi 2 配水池の有効容量（50m³）

が小さいため短時間で満杯となり、FVが故障で撤去されているため、オーバーフローが発生する。現場の調査時にオーバーフローが発生し、周辺住民の聞き取りでも常態化していることが確認された。また、本配水池の構造は石積で、これが老朽化し、壁面から漏水が生じている。従って、本配水池の使用は放棄し、流入管のバイパスで直接下流に流すこととした。

また、RY3 内には 30m³ の減圧水槽があり、これも FV が無いためオーバーフローが常態化していた。その対応として 2019 年 1 月 24 日に FV(80mm)を設置した。

(3) PRVによるNRW削減効果の検証

1) 検証 1

PRV の効果確認を行うために、2018 年 10 月及び 11 月に 3 ヶ所の PRV において PRV の 2 次圧 (P2) を段階的に 1.0bar ずつ減少させて Qmnf を測定した。下図に示すように、P2 と Qmnf の間には相関がみられ、PRV により P2 を下げるに連れ Qmnf が確実に減少することを確認した。

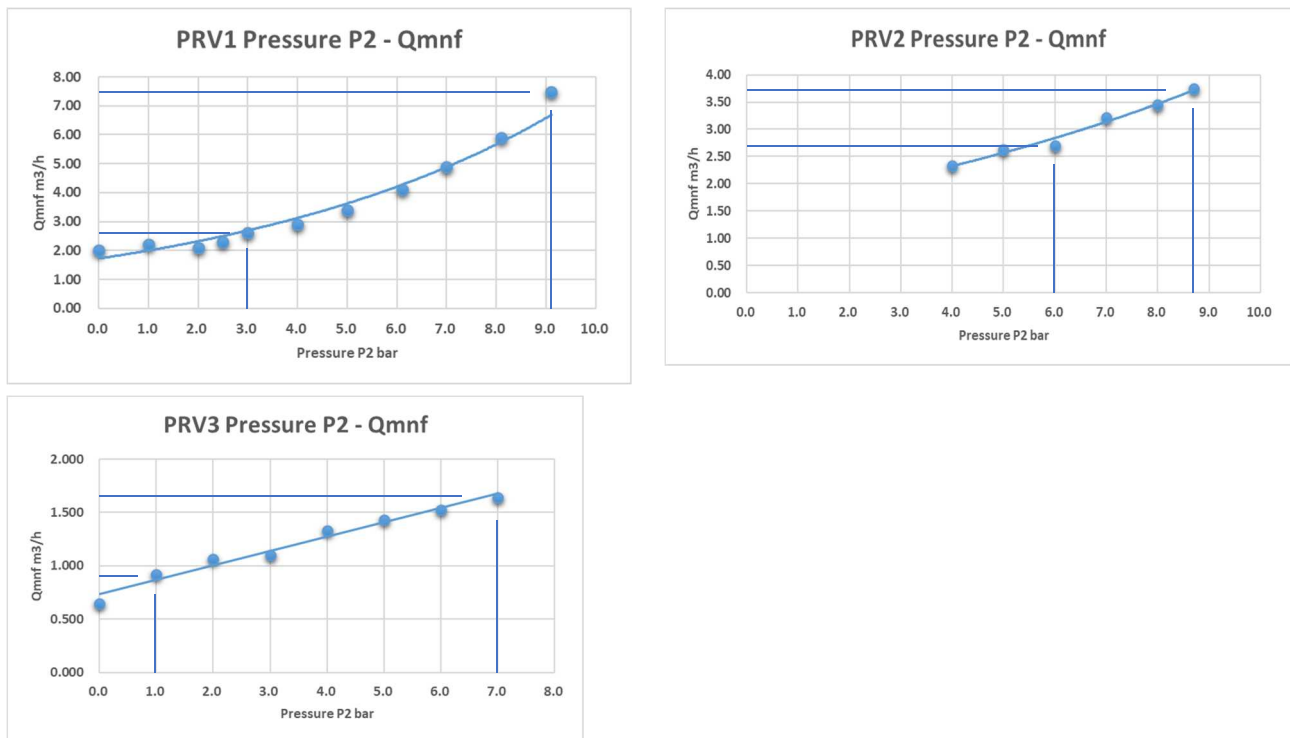


図 2.16 PRV 効果測定結果 (P2-Qmnf 段階測定)

PRV の設定後の効果は下表に示すとおり、30%から 60%の漏水量の削減効果があった。

表 2.62 PRV 効果測定結果 (パイロットエリア 2)

項目	PRV1	PRV2	PRV3
設定前 Qmnf (m ³ /h)	7.48 (9.1bar)	3.74 (8.7bar)	1.64 (7.0bar)
設定後 Qmnf (m ³ /h)	2.80 (3.0bar)	2.60 (6.0bar)	0.92 (1.0bar)
効果量 (m ³ /h)	4.68 (63%)	1.14 (30%)	0.72 (44%)
実測日	11 月 7-8 日	11 月 7 日	11 月 15-16 日

2) 検証 2 (エリア A2)

PRV の効果を検証するために、RY1 に設定済みの減圧弁 PRV1 を利用した。RY1 の圧力管理範囲にある前述のエリア A2 を対象とし、PRV1 を減圧のため設定した場合と設定を開放した場合の無収水率を比較した。エリアへの流入点では可搬式の超音波流量計を使用して流入量を測定し、エリアの全顧客メーターの読みから使用水量を測定して無収水量、無収水率を算定した。2019 年 1 月 28 日から 2 月 1 日の 4 日間測定を減圧した場合と減圧しない場合を 2 日毎に分けて実施した結果、PRV の漏水量削減に対する減圧効果が大きいことを確認した。

次図に示すように、PRV1 の圧力設定を行わない場合は、NRW 率は 58.9% から 76.8% へ急増し、PRV の水圧調整による 17.9% の削減効果が検証された。また、水圧調整時の夜間最小流量が 0.33m³/h であることから 2 日間の漏水量は 15.84m³ (0.33×24 時間×2 日) で、漏水率は 58.2% であった (配水量 27.22m³ の 58.2%)。無収水率 58.9% の 99% が漏水率であり、商務損失は 1% である。

表 2.63 PRV の NRW 率の比較による効果検証(顧客メーター計量)

No	POC	Customer Meter Index										Term1	Term2	Total
		1/28	Index	1/29	Index	1/30	Index	1/31	Index	2/1	Index			
1	240216057	10:15	173.4650	10:19	173.6301	10:15	173.8429	10:19	173.9304	10:15	174.1213	0.3779	0.2784	0.6563
2	240219060	10:18	69.5110	10:22	69.6738	10:16	69.7955	10:22	69.9240	10:17	70.0684	0.2845	0.2729	0.5574
3	240215957	10:22	548.5635	10:26	548.7984	10:18	549.0543	10:26	549.4645	10:18	549.6815	0.4908	0.6272	1.1180
4	240215943	10:54	389.1254	10:57	389.5320	10:49	389.9639	10:57	390.3298	10:47	390.6981	0.8385	0.7342	1.5727
5	240215956	10:30	546.8480	10:34	547.0218	10:24	547.1580	10:34	547.3200	10:24	547.6149	0.3100	0.4569	0.7669
6	240216079	10:26	347.8170	10:30	348.1116	10:22	348.4000	10:30	348.7868	10:20	349.2018	0.5830	0.8018	1.3848
7	240216980	10:47	146.2615	10:54	146.3068	10:45	146.3613	10:54	146.3613	10:45	146.3613	0.0998	0.0000	0.0998
8	240215999	10:35	329.0225	10:37	329.0225	10:30	329.0225	10:37	329.0225	10:30	329.0225	0.0000	0.0000	0.0000
9	240215997	10:40	331.9978	10:44	332.4374	10:36	332.8468	10:44	333.8402	10:35	334.9868	0.8490	2.1400	2.9890
10	240216931	10:37	189.7955	10:40	189.7955	10:33	189.7955	10:40	189.7955	10:32	189.7955	0.0000	0.0000	0.0000
11	240216000	10:47	186.3451	10:50	186.4766	10:36	186.6048	10:50	186.7342	10:42	186.9236	0.2597	0.3188	0.5785
12	240219327	10:45	47.1357	10:47	47.4076	10:40	47.6236	10:47	47.8723	10:55	48.2193	0.4879	0.5957	1.0836
13	240215963	10:49	447.7114	10:49	448.3951	10:49	448.6958	10:49	449.0844	1:49	449.2113	0.9844	0.5155	1.4999
14	240215941	10:17	115.7802	10:17	115.8602	10:15	115.9002	10:15	115.9802	10:17	116.0602	0.1200	0.1600	0.2800
15	240215940	10:40	426.1317	10:40	426.2995	10:40	426.8453	10:40	426.8652	10:40	427.4164	0.7136	0.5711	1.2847
16	240215939	10:43	1.1169	10:43	1.3450	10:44	1.8774	10:44	1.9243	10:44	2.3485	0.7605	0.4711	1.2316
17	240215973	10:31	136.4575		136.4575		136.4575		136.4575		136.4575		0.0000	0.0000
18	240216233	10:20	606.8958	10:20	607.5193	10:20	608.0367	10:21	608.5171	10:20	608.9875	1.1409	0.9508	2.0917
19	240215938	10:34	219.1010	10:34	219.4544	10:34	219.9235	10:34	220.5942	10:33	220.9744	0.8225	1.0509	1.8734
20	240215964	10:22	37.5482	10:22	37.8942	10:22	38.2043	10:23	38.4309	10:22	38.7634	0.6561	0.5591	1.2152
21	240215965	10:27	246.8660	10:27	247.4695	10:28	247.9081	10:28	248.5196	10:27	249.2205	1.0421	1.3124	2.3545
22	240219638	10:50	12.2012	10:54	12.3125	10:51	12.5721	10:52	12.6624	10:52	12.9512	0.3709	0.3791	0.7500
		Consumption (m3)										11.192	12.196	23.3880
		Inflow (m3)										27.216	52.673	79.8890
		NRW (m3)										16.024	40.477	56.5010
		NRW Rate (%)										58.9%	76.8%	70.7%
		Qmnf(m3/h)										0.330		
		Qmnf 2days(m3)										15.840		
		Meter Error (m3)										0.184		
		Commercial Loss(%)										0.7%		
		Physical Loss(%)										58.2%		

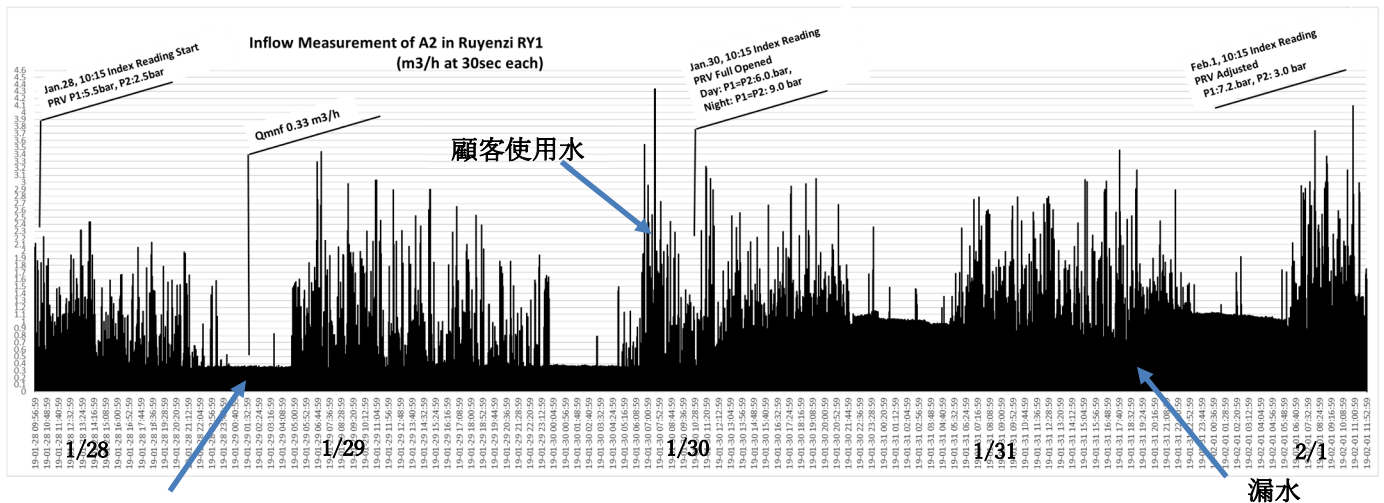


図 2.17 PRV の NRW 率の比較による効果検証 (流量測定結果)

(4) RY1におけるPRV4の追加設置

本プロジェクトでは上述したように配水管網内の3箇所にてPRVを設置したが、パイロットエリア全体としての無収水率の低減効果が顕著に見られないため、この対応策には限度があることが月々のNRW率のモニタリング結果から判明した。

従って、パイロットエリア外の Kigese エリアへの配水のために水圧を常時下げることは出来ないが、表 2.61 に示した第 3 案、第 4 案の折衷案として Ruyenzi 配水池のバイパス管において夜間に水圧を下げることを提案した。C/P と協議し、配水池直下の配水管に追加の PRV4 を設置することを決定し、2019 年 5 月 14 日より工事を開始し、6 月 30 日に完成した。

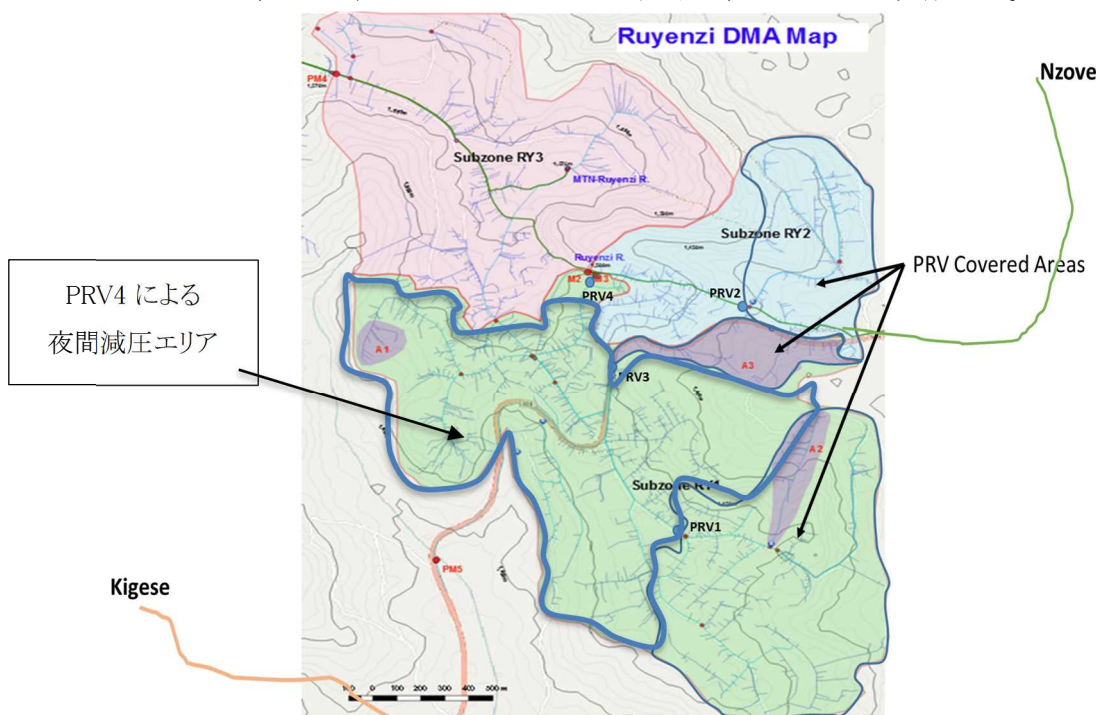


図 2.18 夜間のサブゾーン RY1 内圧力調整エリア

Nzove浄水場のポンプによってRuyenzi配水池に送水された水は、配水池のバイパス管を通り、パイロットエリアのサブゾーンRY1で配水され、あるいは漏水となりながらパイロットエリアを通過し、流入量の約10%の水量がKigese方面に送水されていた。KigeseはRuyenzi配水池よりも約40m標高の高いエリアであり、そこに送水するためにRuyenzi配水池地点での余剰圧約65mが利用されていた。

Ruyenzi 配水池地点 (PRV4) におけるバイパス管の7月と8月の夜間の最小流量測定結果は、下図に示すように、ともに約40m³/hであった。Nzove 浄水場のポンプによって Ruyenzi 配水池に送水された水は、配水池のバイパス管を通り、パイロットエリアのサブゾーン RY1 内で配水されながら RY1 を通過し、エリア外の Kigese に送水されていた。

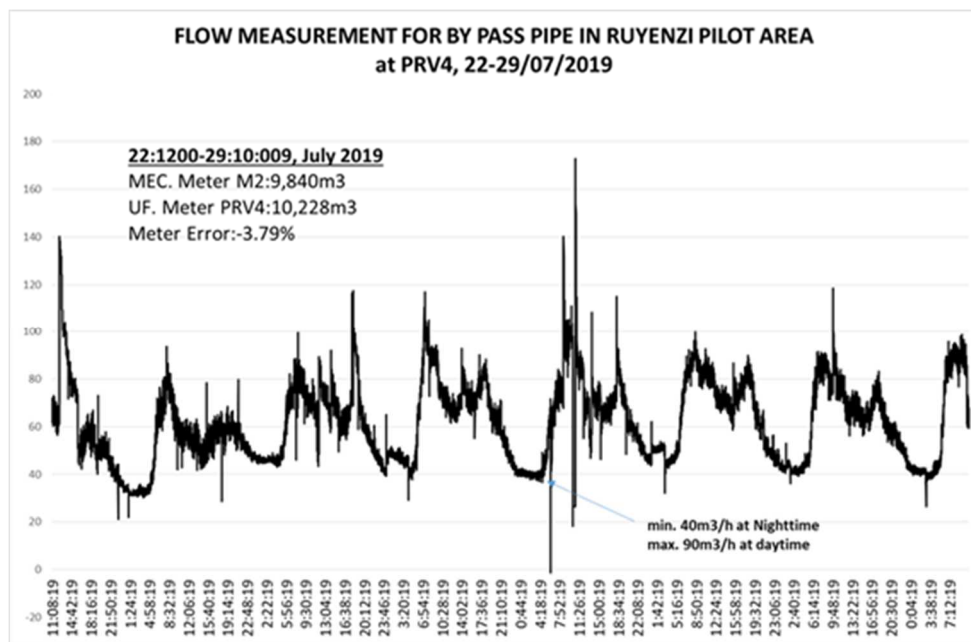


図 2.19 Ruyenzi 配水池直下における7日間流量測定(RY1 エリア流入量)

漏水量の削減を図るために、PRV4により24時間減圧すると、Kigeseへの送水が不可能となるため、夜間のみPRV4を使用(バイパス管にPRVを設置し、本管との切り替えを行う)することとし、8月29日より夜間の運用を開始した。PRV4の二次側設定値をRY1内の最低配水圧を考慮し3.5bar(減圧量:3.0bar)とし、夜間のPRV4の圧力調整を下表に示すとおりとした。

表 2.64 PRV4 の操作方法

PRV4 の操作	使用時間	パイロットエリア RY1	Kigese エリア
本管の使用	4:00~21:00 (17 時間)	以前の状況と同じ。	給水可能。給水圧 0.5~1.5bar を想定。但し、パイロットエリア内の使用量の多い時間帯は給水困難となるため、給水可能の時間帯は 13:00~18:00 と推定。
副管の PRV を使用	21:00~4:00 (7 時間)	RY1 内の夜間の漏水を抑制するため約 3.0 bar の減圧。RY1 内圧力 1.0~6.0bar。	圧力不足のため、Kigese は給水無し。RY1 から Kigese に至るエリア外の漏水も抑制される。

下図に効果測定の結果を示す。PRV4 の運用により、夜間において無収水量 4.7m³/h (33.6-28.9) が削減され 14%の削減効果があったが、無収水量は依然として 29m³/h と多かった。

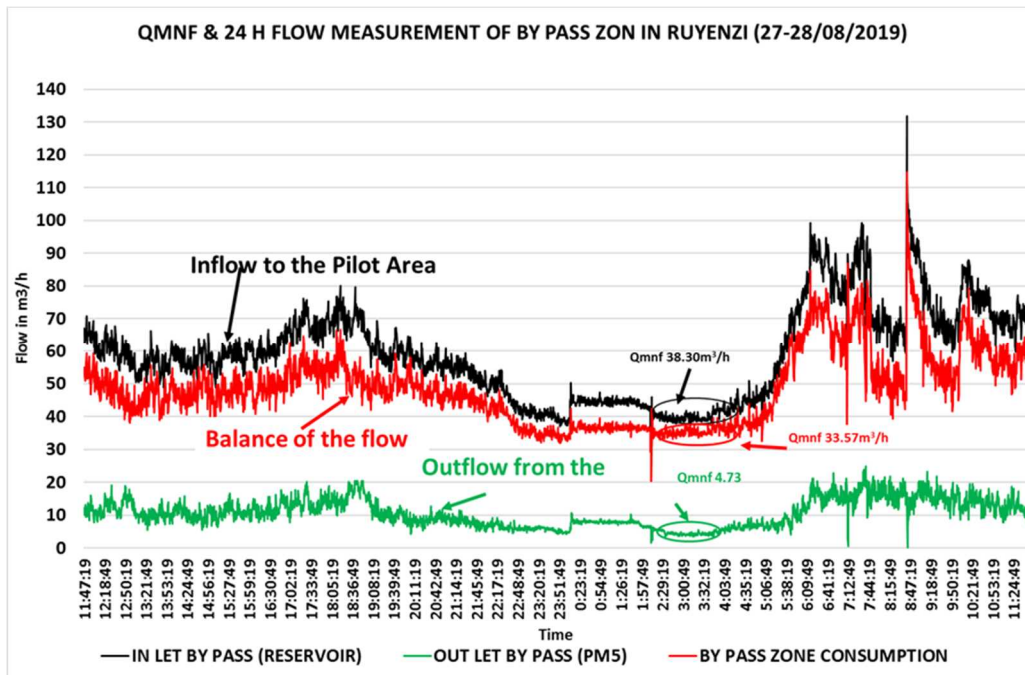


図 2.20 RY1 流量測定 (PRV4 設置前)

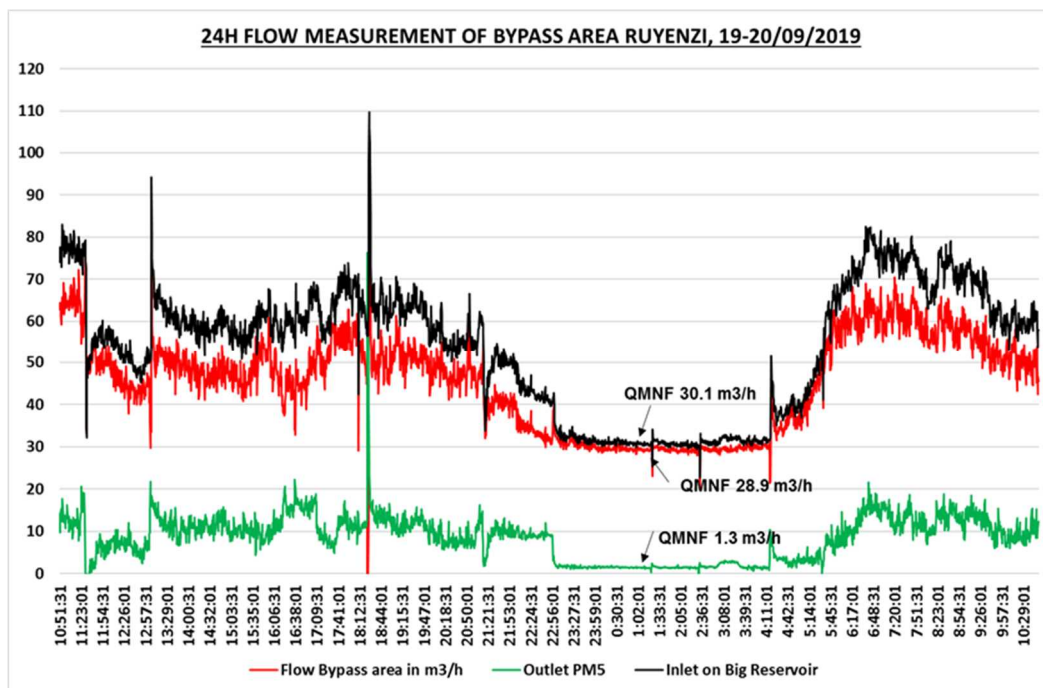


図 2.21 RY1 流量測定 (PRV4 設置後)

さらなる漏水削減を行うためには、PRV4 の 2 次側設定圧力をさらに下げる必要があったが、サブゾーン RY1 において配水が不可能となるエリアが発生するため、追加の対策を講じることは不可能と判断した。

- 3.9 アクションチームが 3.8 の活動の実施後、パイロットエリア 2 の無収水率を測定し、効果を検証する。
- 3.11 アクションチームが 3.10 の活動の実施後、パイロットエリア 2 の無収水率を測定し、効果を検証する。
- 3.13 アクションチームが、3.12 の活動の実施後に無収水率を測定し、効果を検証する。

プロジェクト効果はパイロットプロジェクト全体の活動での評価、個々の活動における評価につき行った。効果は、無収水削減率、漏水修理数、Qmnf、費用対便益の 4 項目によって評価した。

(1) 無収水削減率の推移

Ruyenzi の無収水量、無収水率の推移を下記に示す。

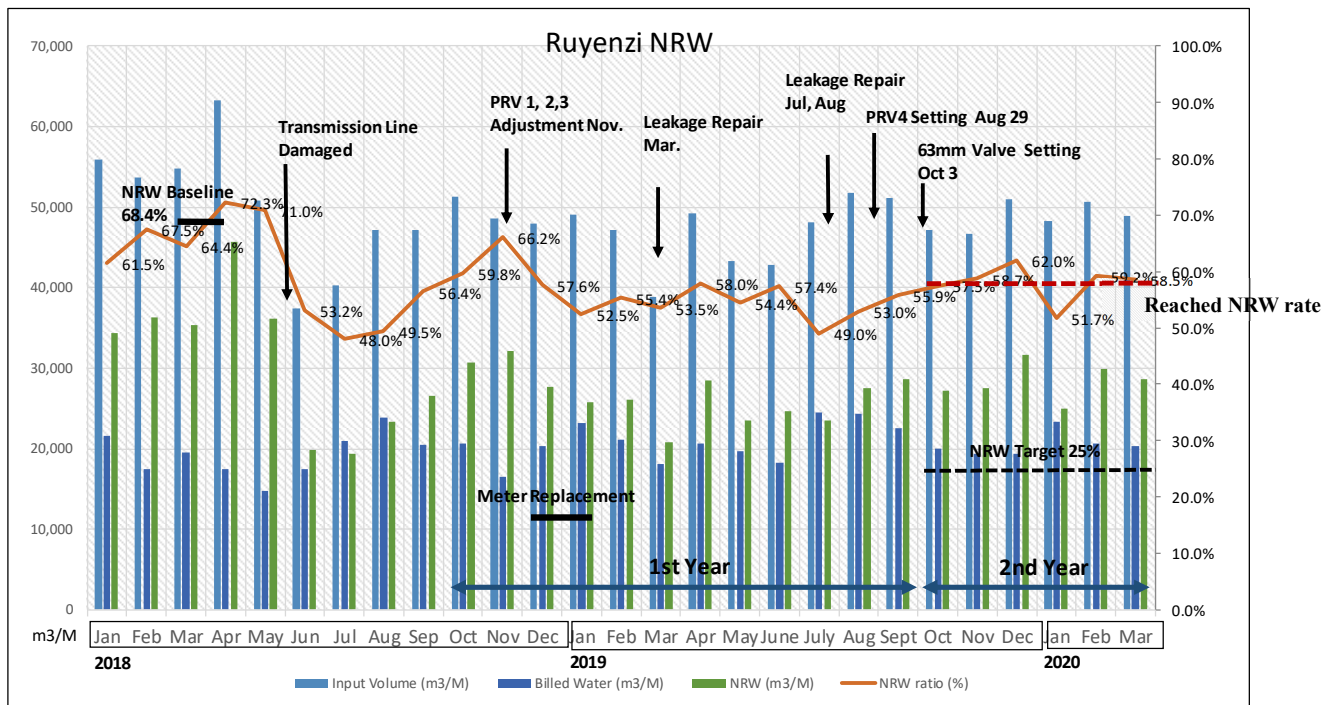


図 2.22 パイロットエリア 2 の無収水量、無収水率の推移

表 2.65 パイロットエリア 2 の NRW 率

Item	2018												2019												2020		
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Input Volume (m3/M)	55,992	53,704	54,812	63,327	50,826	37,437	40,226	47,153	47,161	51,242	48,539	47,923	49,026	47,189	38,875	49,156	43,285	42,917	48,084	51,863	51,135	47,168	46,755	50,999	48,312	50,589	48,916
Billed Water (m3/M)	21,574	17,441	19,486	17,540	14,753	17,520	20,910	23,820	20,543	20,588	16,427	20,304	23,271	21,055	18,094	20,662	19,722	18,264	24,518	24,397	22,571	20,030	19,306	19,392	23,326	20,651	20,283
NRW (m3/M)	34,418	36,263	35,326	45,787	36,073	19,917	19,316	23,333	26,618	30,654	32,112	27,619	25,755	26,134	20,781	28,494	23,563	24,653	23,566	27,466	28,564	27,138	27,449	31,607	24,986	29,938	28,633
NRW ratio (%)	61.5%	67.5%	64.4%	72.3%	71.0%	53.2%	48.0%	49.5%	56.4%	59.8%	66.2%	57.6%	52.5%	55.4%	53.5%	58.0%	54.4%	57.4%	49.0%	53.0%	55.9%	57.5%	58.7%	62.0%	51.7%	59.2%	58.5%
POC	1,459	1,514	1,572	1,575	1,581	1,585	1,590	1,598	1,618	1,616	1,623	1,629	1,664	1,674	1,675	1,715	1,739	1,743	1,748	1,799	1,847	1,847	1,892	1,894	1,902	1,902	1,910

NRW 率の計算はメーター検針による顧客の請求水量と、サブゾーン RY1、RY2、RY3 の流入点の流量計の測定値を基に 2018 年 1 月より開始した。

2018 年 5 月に発生した、Nyabarongo 川の洪水により、Nzove から Nyabugogo 沿いの送水管が流失したため復旧に至る迄の間、パイロットエリア 2 への配水が不足した。そのために NRW 率が激減した。

PRV を3ヶ所に設置した直後からは、その効果が表れ、無収水率は2018年11月から2019年1月にかけて、65%から52%へ13%減少した。しかし、それ以降は停滞し、3月に漏水修理を行ったにもかかわらずその効果も表れなかった。その後7月～8月にかけて行った漏水修理により、一时无収水率は49%まで減少したが、その後、漏水が復元したためか再び増加し、58%程度の目標値(25%)に対して程遠い状況で推移した。

エリアの限定した部分に設置したPRVの効果は、それぞれの支配エリアに対して効果が発揮されたものの、PRVの設置位置がエリアの下流域であり、全体エリア面積の45%程度のみしか圧力管理できず、パイロットエリア全域で見た場合に効果の程度が少なかった。

残りのエリアの夜間の圧力管理を行うためのPRV4を建設し、その運用を8月29日より開始したが、目に見える効果がNRW計算上表れなかった。また、RY2のエリアでは、PRVの設置エリア内に標高の高い小エリアがあるため、圧力を6bar以下に下げることが出来ず、効果発現の阻害要因となった。

パイロットエリアのNRW率は、パイロットプロジェクトが完了し、定期メンテナンスを継続した後も毎月監視する必要がある。しかし、新型コロナウイルス感染症の流行のために、配水量の読み取りが2020年4月以降中断された。

Nzoveポンプ場から供給された水は、このパイロットエリアの貯水池を迂回する配管を通じて直接分配していたため、配水圧力が高く、漏水の主な原因であった。

表 2.66 パイロットプロジェクトのNRW率

パイロットエリア	目標値	ベースライン値	到達値	削減値	削減率
NRW率(%)	25	68	58	10	15

注: ベースライン値は2018年3月、4月、到達値は2019年10月から2020年3月の平均

(2) 漏水修理数の推移(漏水修理ヶ所の Google Earth Map を使用した位置図の作成)

2017年7月以降2019年9月までの修理履歴を次表に示した。月平均25箇所の漏水が発生しているおり、高水圧の問題が深刻なRuyenziに漏水が多発していることが分かる。中でも明らかに、Nzoveポンプ場の直送エリアであるRuyenzi配水池のバイパスエリアRY1に修理件数が多い。

また、PRVを設置した前後の漏水修理数を次表(PRV設置前後の漏水修理数)及び次図(漏水箇所のプロット図)に示すとおり比較した。PRVを設置したRY1, RY2では、漏水箇所のプロット図で見た場合、PRV設置後の漏水修理数がPRV設置位置の下流では明らかに減少している。しかし、サブゾーン全体で見た場合、設置前後10ヶ月間の漏水発生数の合計は、設置前が56箇所、設置後が58箇所であり変化がない。PRVの上流域で漏水箇所が増えたものと思われる。

パイロットエリア全体で見た場合は、各年毎の月当たり漏水発生数は、漏水修理、PRV設置の

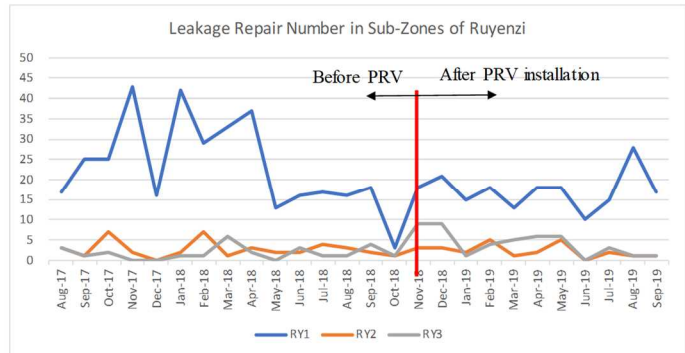
相乗効果により、2017年 29箇所、2018年 28箇所、2019年 22箇所と年々僅かであるが減少した。

Ruyenzi Pilot Area

Leakage Repair Number

Month	RY1	RY2	RY3	Total
Jul-17	4	0	1	28
Aug-17	17	3	3	23
Sep-17	25	1	1	27
Oct-17	25	7	2	34
Nov-17	43	2	0	45
Dec-17	16	0	0	16
Jan-18	42	2	1	45
Feb-18	29	7	1	37
Mar-18	33	1	6	40
Apr-18	37	3	2	42
May-18	13	2	0	15
Jun-18	16	2	3	21
Jul-18	17	4	1	22
Aug-18	16	3	1	20
Sep-18	18	2	4	24
Oct-18	3	1	1	5
Nov-18	18	3	9	30
Dec-18	21	3	9	33
Jan-19	15	2	1	18
Feb-19	18	5	4	27
Mar-19	13	1	5	19
Apr-19	18	2	6	26
May-19	18	5	6	29
Jun-19	10	0	0	10
Jul-19	15	2	3	20
Aug-19	28	1	1	30
Sep-19	17	1	1	19
Total	545	65	72	705
Average	20.2	2.4	2.7	26.1

PRV installation (PRV1,2,3)



Leakage Repair Number (10 months)

Tarm	RY1	RY2	RY3	Total
Feb-18~Nov-18	200	28	28	256
Dec-18~Sep-19	173	22	36	231

Before PRV installation: 26/month
After PRV installation: 23/month

Leakage Repair Number per Month

Year	RY1	RY2	RY3	Total
2017	21.7	2.2	1.2	28.8
2018	21.9	2.8	3.2	27.8
2019	16.9	2.1	3.0	22.0

図 2.23 Ruyenzi の漏水修理履歴

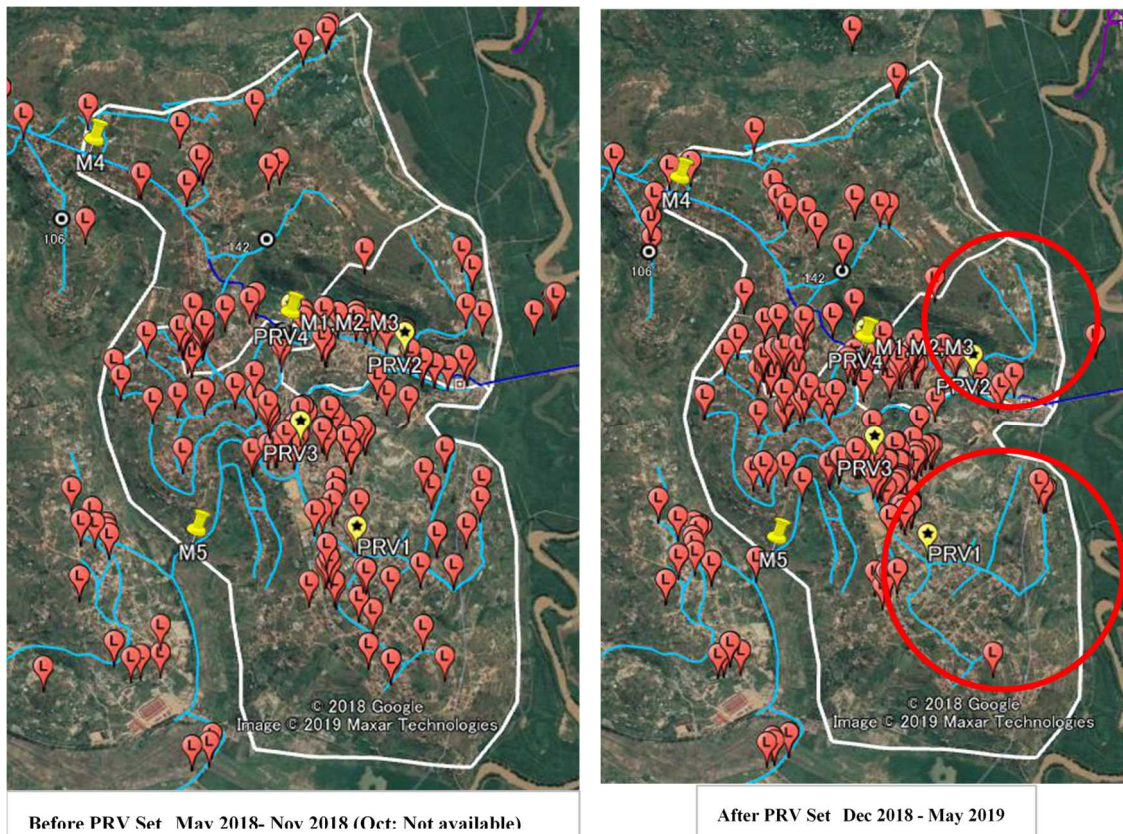


図 2.24 Ruyenzi における漏水修理位置のプロット

(3) Qmnfの推移

Qmnfの測定結果は前出の表2.59に示したが、その結果を基に作成したQmnf推移を下図に示す。漏水修理、PRVの設置をした直後はQmnfが減少するが、その後復元することが読み取れる。

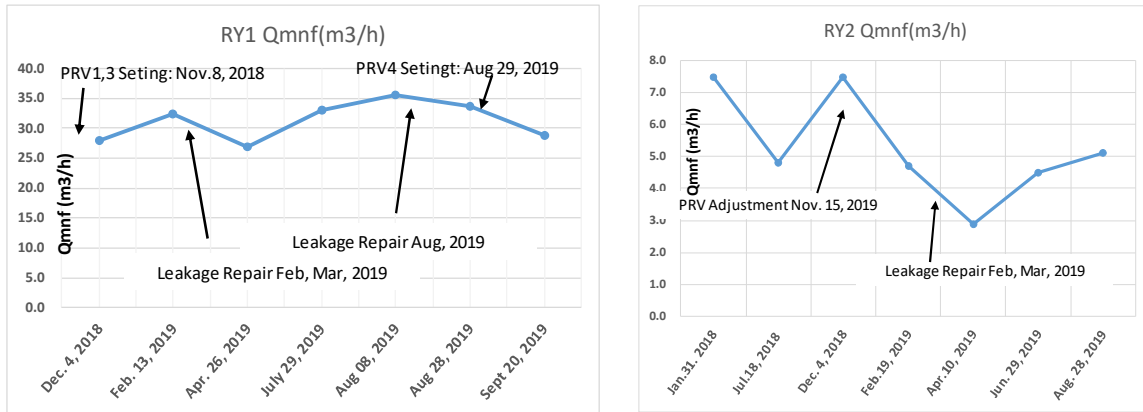


図 2.25 Ruyenzi Qmnfの推移

3.14 アクションチームが、3.5～3.13の活動の結果をレビューし、実施した各段階の無収水対策(3.6、3.8、3.10、3.12の活動)のそれぞれについて費用対便益を検証する。

パイロットプロジェクトにおける無収水対策の活動を行った結果の評価を行うことを目的に「費用」(Cost)対「便益」(Benefit)の分析を行った。

(1) パイロットプロジェクトの効果検証

1) 使用データ

分析に使用したデータの該当期間は下表に示すとおりである。パイロットエリア1(Kadobogo)、パイロットエリア2(Ruyenzi)において2020年3月までの実績データを基に計算した。

表 2.67 パイロットプロジェクトの費用対便益評価期間

エリア名	Baseline	NRW 削減活動期間 1 st Year	活動後達成評価期間 2 nd Year
Kadobogo	2017年6月、7月	2018年4月～2019年3月	2019年4月～2020年3月
Ruyenzi	2018年3月、4月	2018年10月～2019年9月	2019年10月～2020年3月

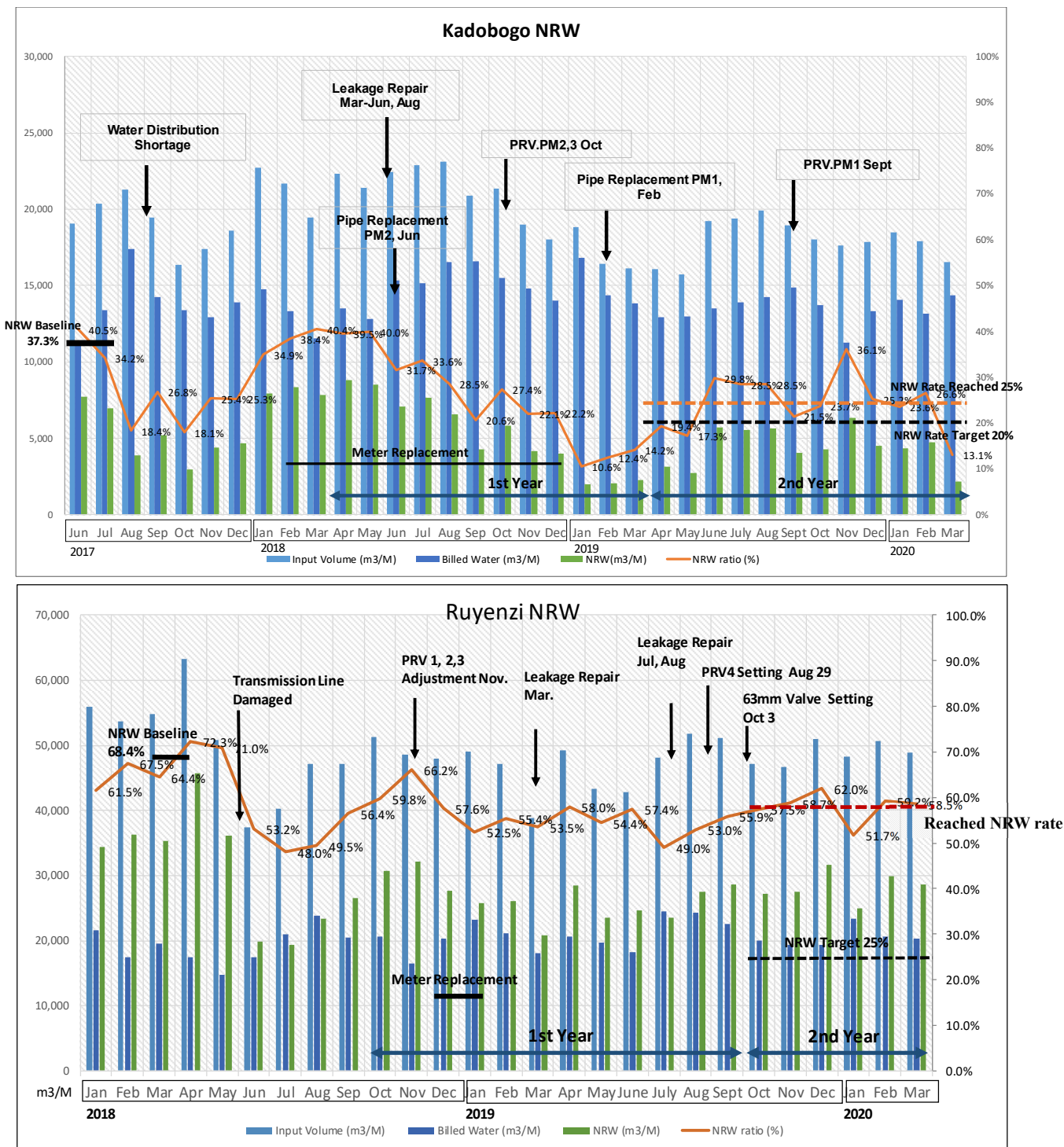


図 2.26 Kadobogo, Ruyenzi の Qmnf の推移

2) 分析の方法

① 無収水削減活動の便益

NRW 量の削減量は無収水削減活動を進める過程において活動を実施した場合 (With-project) と実施しなかった場合 (Without-project) の差分である。この開きの積分量が効果量であり、効果量に水単価を乗じたものが便益となる。NRW 削減活動により生じた余剰水は顧客の水使用の増加に使用される。すなわち、水道料金収入の増収益になることを想定した。

② 便益と費用の「現在価値」への変換

活動の便益と費用は、多年にわたって発生する。便益の発生期間が長い活動では、現在と異なる時点においては、価値は異なる。長期間に渡って発生する便益と費用を比較するためには、全ての便益と費用をある共通の時点での一定の価値として、下記に示す式で「現在価値」に変換する。

$$PV = A \times 1 / (1 + i)^n$$

ただし、PV：現在価値(Present Value)

A：n年後に発生した便益もしくは費用

I：割引率(Discount Rate) 6% (ルワンダの消費者物価指数、インフレ率、銀行利子率の過去10年の平均)

純便益(NPV: Net Present Value)は、総便益(Gross Benefit)から、総費用(Gross Cost)を差し引いたものである。プロジェクトの純便益は、With-projectの場合の純便益からWithout-projectの場合の純便益を差し引いたものである。NPVの式を下記に示す。

$$NPV = \sum (B_t - C_t) / (1 + i)^t$$

ただし、B_t：t年次の便益

C_t：t年次の費用

T：年次(1, 2, 3, ……)

i：割引率(Discount Rate)

③ プロジェクト活動の妥当性

プロジェクトの純便益が費用より大きく、収益率が高ければ、その活動の投資は妥当である。活動の実施が妥当であると判断する条件は、NPV>0、B/C>1である。

- 「純現在価値」(Net Present Value: NPV_{net})
- 「便益・費用比」(Benefit Cost Ratio: B/C)

④ プロジェクトの純便益と費用の比較

プロジェクト便益の発生は下記の2ケースの場合がある。

ケースA：無収水量の削減による有収量増加による水道料金収入の増収益

ケースB：漏水量削減による浄水場における浄水生産費用(O&M費)の削減

具体的には、漏水削減量を支店管轄エリア内での給水需要量に対する販売価格(ケースA)、又は給水の生産源であるNzove浄水場の生産量の削減費用(ケースB)がある。本報告書においては、両ケースにつき分析を行ったが、現実的かつ便益が大きいのはケースAである。

⑤ 費用及び水道料金

- 活動の初期費用(1年目に要するCAPEX)として、パイロットエリアでの無収水の削減作

業（漏水調査、漏水修理、PRV の設置、配管更新等）ならびに無収水削減作業の準備（DMA の形成のための水理的分離、流量計、チャンバーの設置等）に要した費用を計上した。

- 維持管理費用（2 年目以降の OPEX）

With-project の場合：漏水調査、漏水修理費用を計上

（修理数：Kadobogo 3 カ所/月、Ruyenzi 23 カ所/月による）

Without-project の場合：漏水修理費用を計上

（修理数：Kadobogo 12 カ所/月、Ruyenzi 26 カ所/月による）

- 計算期間：無収水削減活動投入年から 10 年間

- 計算使用値

With Project の場合：配水量、請求水量、NRW 率はベースライン設定月から 2020 年 3 月までの実績値

Without Project の場合：配水量は効果発生日の値にキガリ市の配水量変化率を乗じて算出。請求水量は With Project と同値を使用。無収水率は配水量と請求水量から計算。

- 水価格

販売価格 Kacyiru 567RWF/m³、Nyarugenge 592RWF/m³（2018 年月平均）

浄水生産価格 Nzove 319RWF/m³（2018 年月平均）

3) 計算結果及び評価

計算結果を下記に示す。計算結果の詳細を添付資料 6 に示す。

Kadobogo

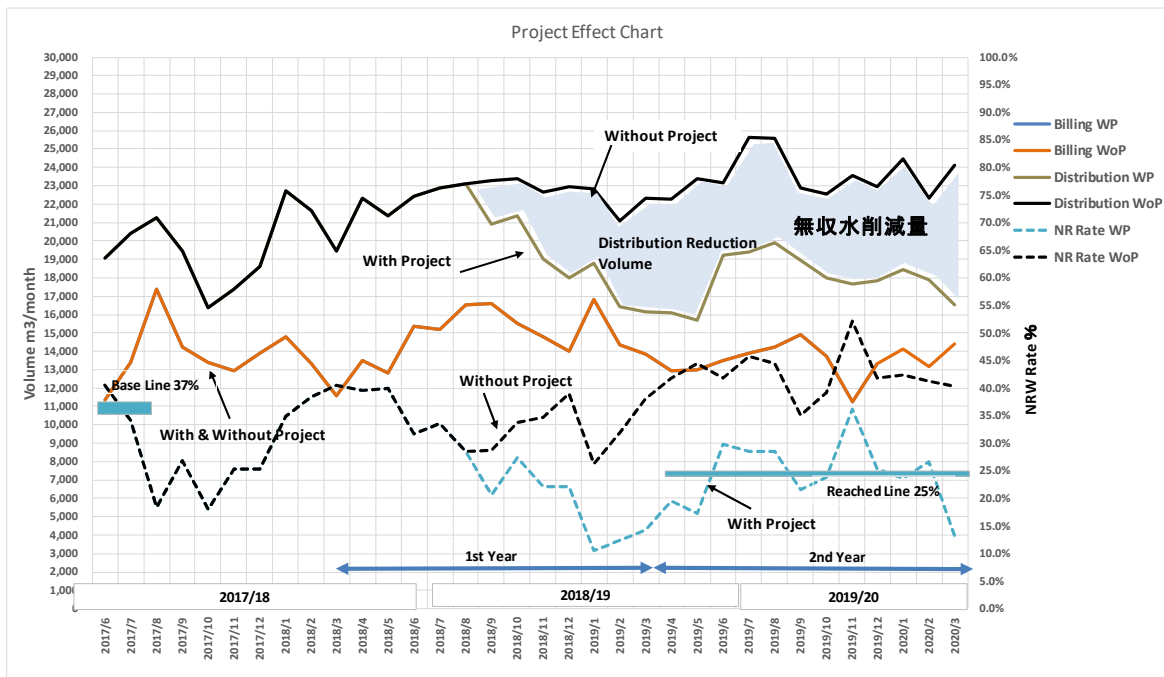


図2.27 費用対便益の分析結果 (Kadobogo)

表2.68 Kadobogo費用対便益計算 ケースA(水道料金増収)

Project Effect of Kadobogo

A: Selling of Surplus Water

Cost (DMA Formation, PRV installation, Pipe replacement, Leakage repair)

Unit:RWF

Year	Benefit			Cost			NPV (Benefit-Cost)	Effect of the Project (Accumulation)				Discount Rate % 6.0	Conversion Factor 1/(1+i) ⁿ
	WP	WoP	Balance	WP	WoP	Balance		Benefit	Cost	NPV Sum	B/C		
1 2018/04-19/03	15,826,812	0	15,826,812	50,675,787	3,754,944	-46,920,843	-31,094,031	15,826,812	-46,920,843	-31,094,031	0.3	0	1.000
2 2019/04-20/03	35,967,515	0	35,967,515	1,512,453	3,542,400	2,029,947	37,997,462	51,794,327	-44,890,896	6,903,431	1.2	1	0.943
3 2020/04-21/03	32,010,960	0	32,010,960	1,426,842	3,341,887	1,915,044	33,926,005	83,805,287	-42,975,851	40,829,436	2.0	2	0.890
4 2021/04-22/03	30,199,019	0	30,199,019	1,346,078	3,152,723	1,806,646	32,005,665	114,004,306	-41,169,206	72,835,100	2.8	3	0.840
5 2022/04-23/03	28,489,640	0	28,489,640	1,269,885	2,974,267	1,704,383	30,194,023	142,493,946	-39,464,823	103,029,123	3.6	4	0.792
6 2023/04-24/03	26,877,019	0	26,877,019	1,198,004	2,805,913	1,607,908	28,484,928	169,370,966	-37,856,914	131,514,051	4.5	5	0.747
7 2024/04-25/03	25,355,679	0	25,355,679	1,130,193	2,647,087	1,516,895	26,872,573	194,726,644	-36,340,020	158,386,624	5.4	6	0.705
8 2025/04-26/03	23,920,452	0	23,920,452	1,066,220	2,497,252	1,431,033	25,351,484	218,647,096	-34,908,987	183,738,108	6.3	7	0.665
9 2026/04-27/03	22,566,464	0	22,566,464	1,005,868	2,355,898	1,350,031	23,916,494	241,213,559	-33,558,956	207,654,603	7.2	8	0.627
10 2027/04-28/03	21,289,117	0	21,289,117	948,932	2,222,546	1,273,614	22,562,731	262,502,676	-32,285,342	230,217,334	8.1	9	0.592
11 2028/04-29/03	20,084,072	0	20,084,072	895,219	2,096,741	1,201,523	21,285,595	282,586,748	-31,083,820	251,502,928	9.1	10	0.558

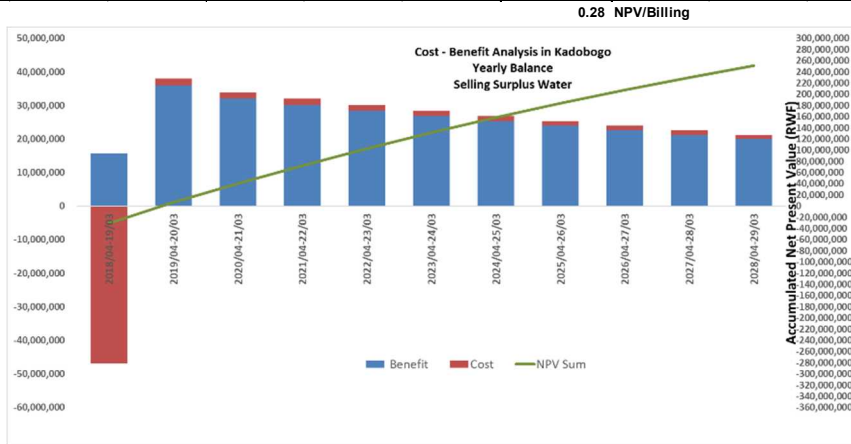


表2.69 Kadobogo 費用対便益計算 ケースB(浄水生産コスト削減)

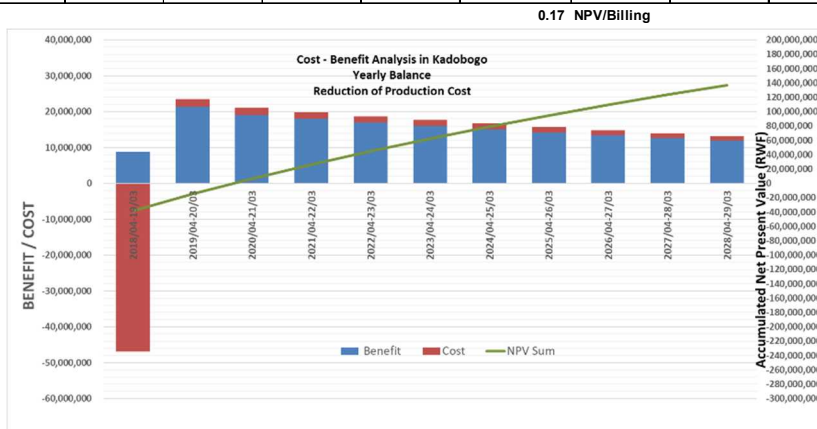
Project Effect of Kadobogo

B: Reduction of Product Cost

Cost (DMA Formation, PRV installation, Pipe replacement, Leakage repair)

Unit:RWF

Year	Benefit			Cost			NPV (Benefit-Cost)	Effect of the Project (Accumulation)				Discount Rate % 6.0	Conversion Factor 1/(1+i) ⁿ
	WP	WoP	WP	WP	WoP	Balance		Benefit	Cost	NPV Sum	B/C		
1 2018/04-19/03	8,904,326	0	8,904,326	50,675,787	3,754,944	-46,920,843	-38,016,517	8,904,326	-46,920,843	-38,016,517	0.2	0	1.000
2 2019/04-20/03	21,448,833	0	21,448,833	1,512,453	3,542,400	2,029,947	23,479,780	30,354,160	-44,890,896	-14,536,736	0.7	1	0.943
3 2020/04-21/03	19,090,275	0	19,090,275	1,426,842	3,341,887	1,915,044	21,005,320	49,444,435	-42,975,851	6,468,583	1.2	2	0.890
4 2021/04-22/03	18,009,694	0	18,009,694	1,346,078	3,152,723	1,806,646	19,816,339	67,454,128	-41,169,206	26,284,923	1.6	3	0.840
5 2022/04-23/03	16,990,277	0	16,990,277	1,269,885	2,974,267	1,704,383	18,694,660	84,444,405	-39,464,823	44,979,582	2.1	4	0.792
6 2023/04-24/03	16,028,563	0	16,028,563	1,198,004	2,805,913	1,607,908	17,636,471	100,472,968	-37,856,914	62,616,054	2.7	5	0.747
7 2024/04-25/03	15,121,286	0	15,121,286	1,130,193	2,647,087	1,516,895	16,638,181	115,594,254	-36,340,020	79,254,235	3.2	6	0.705
8 2025/04-26/03	14,265,364	0	14,265,364	1,066,220	2,497,252	1,431,033	15,696,397	129,859,619	-34,908,987	94,950,631	3.7	7	0.665
9 2026/04-27/03	13,457,891	0	13,457,891	1,005,868	2,355,898	1,350,031	14,807,922	143,317,509	-33,558,956	109,758,553	4.3	8	0.627
10 2027/04-28/03	12,696,123	0	12,696,123	948,932	2,222,546	1,273,614	13,969,737	156,013,633	-32,285,342	123,728,290	4.8	9	0.592
11 2028/04-29/03	11,977,475	0	11,977,475	895,219	2,096,741	1,201,523	13,178,997	167,991,107	-31,083,820	136,907,288	5.4	10	0.558



Ruyenzi

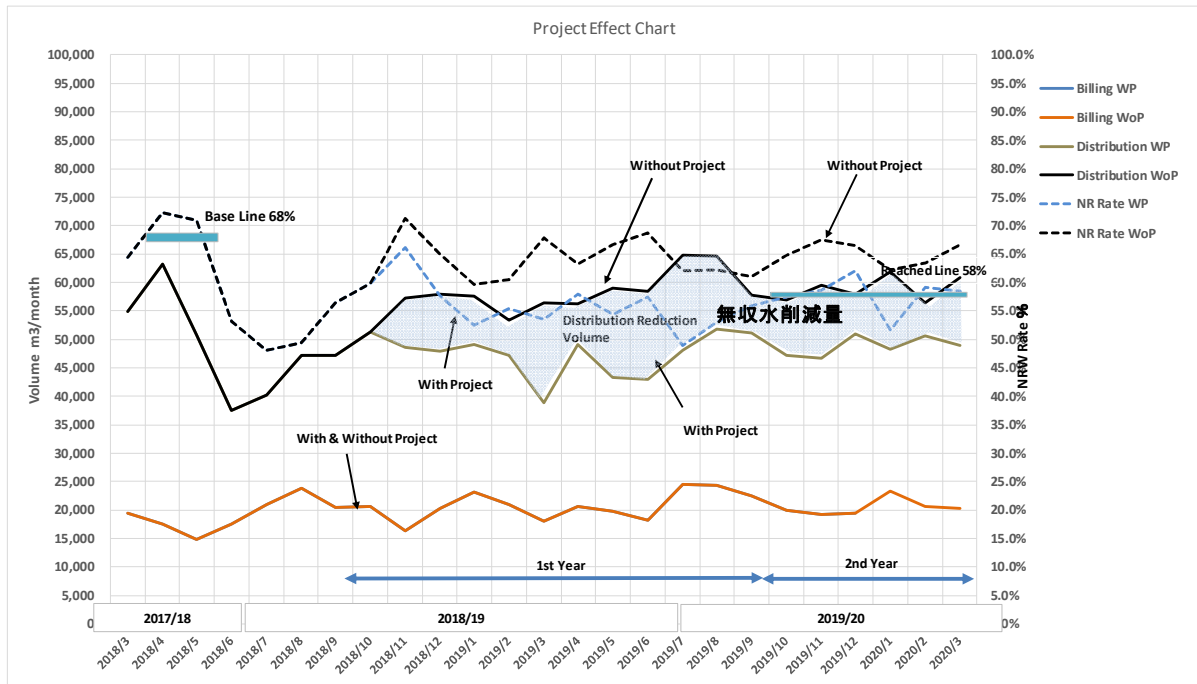


図2.28 費用対便益の分析結果 (Ruyenzi)

表 2.70 Ruyenzi 費用対便益計算 ケース A

Project Effect of Ruyenzi

A: Selling of Surplus Water

Cost (DMA Formation, PRV installation, Pipe replacement, Leakage repair)

Unit:RWF

Year	Benefit			Cost			NPV (Benefit-Cost)	Effect of the Project (Accumulation)				Discount Rate %	6.0
	WP	WoP	Balance	WP	WoP	Balance		Benefit	Cost	NPV Sum	B/C		
1 2018/10-19/9	74,299,139	0	74,299,139	50,356,400	7,937,280	-42,419,120	31,880,019	74,299,139	-42,419,120	31,880,019	1.8	0	1.000
2 2019/10-20/9	67,984,224	0	67,984,224	7,416,453	7,488,000	71,547	68,055,771	142,283,363	-42,347,573	99,935,790	3.4	1	0.943
3 2020/10-21/9	64,136,060	0	64,136,060	6,996,654	7,064,151	67,497	64,203,558	206,419,424	-42,280,076	164,139,348	4.9	2	0.890
4 2021/10-22/9	60,505,717	0	60,505,717	6,600,617	6,664,293	63,677	60,569,394	266,925,141	-42,216,399	224,708,742	6.3	3	0.840
5 2022/10-23/9	57,080,865	0	57,080,865	6,226,997	6,287,069	60,072	57,140,938	324,006,006	-42,156,326	281,849,680	7.7	4	0.792
6 2023/10-24/9	53,849,873	0	53,849,873	5,874,525	5,931,197	56,672	53,906,545	377,855,879	-42,099,654	335,756,225	9.0	5	0.747
7 2024/10-25/9	50,801,767	0	50,801,767	5,542,005	5,595,469	53,464	50,855,231	428,657,646	-42,046,190	386,611,456	10.2	6	0.705
8 2025/10-26/9	47,926,195	0	47,926,195	5,228,307	5,278,745	50,438	47,976,633	476,583,842	-41,995,752	434,588,089	11.3	7	0.665
9 2026/10-27/9	45,213,392	0	45,213,392	4,932,365	4,979,948	47,583	45,260,975	521,797,233	-41,948,169	479,849,064	12.4	8	0.627
10 2027/10-28/9	42,654,143	0	42,654,143	4,653,174	4,698,064	44,890	42,699,033	564,451,377	-41,903,280	522,548,097	13.5	9	0.592
11 2028/10-29/9	40,239,758	0	40,239,758	4,389,787	4,432,136	42,349	40,282,106	604,691,134	-41,860,931	562,830,203	14.4	10	0.558

0.36 NPV/Billing

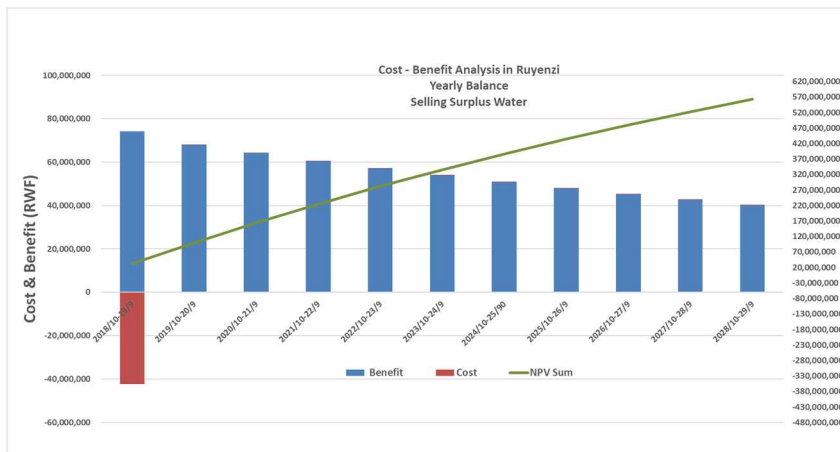


表 2.71 Ruyenzi 費用対便益計算 ケース B

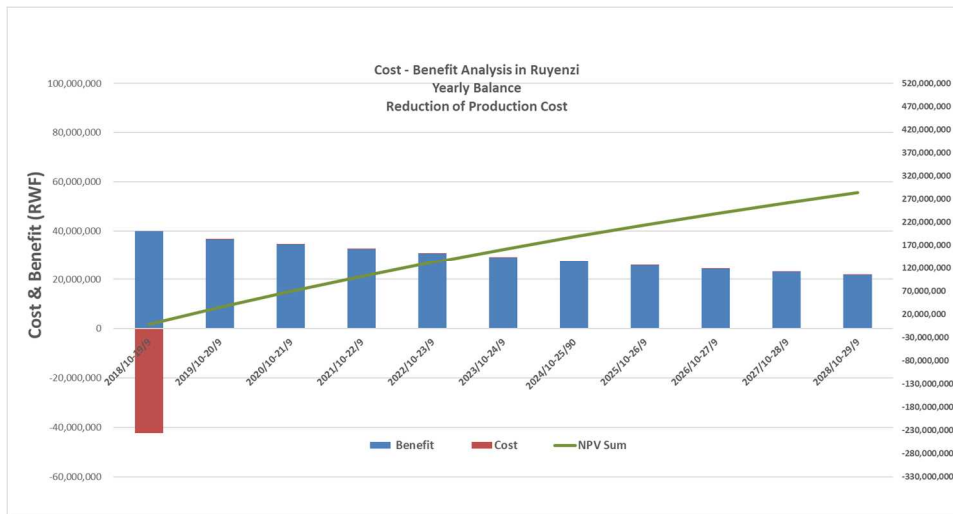
B: Reduction of Production Cost

Cost (DMA Formation, PRV installation, Pipe replacement, Leakage repair)

Unit:RWF

Year	Benefit			Cost			NPV (Benefit-Cost)	Effect of the Project (Accumulation)				Discount Rate % 6.0	Conversion Factor 0	1/(1+i) ^{An}
	WP	WoP	WP	WP	WoP	Balance		Benefit	Cost	NPV Sum	B/C			
1 2018/10-19/9	40,036,192	0	40,036,192	50,356,400	7,937,280	-42,419,120	-2,382,928	40,036,192	-42,419,120	-2,382,928	0.9	1	1.000	
2 2019/10-20/9	36,633,391	0	36,633,391	7,416,453	7,488,000	71,547	36,704,938	76,669,583	-42,347,573	34,322,010	1.8	1	0.943	
3 2020/10-21/9	34,559,803	0	34,559,803	6,996,654	7,064,151	67,497	34,627,300	111,229,385	-42,280,076	68,949,310	2.6	2	0.890	
4 2021/10-22/9	32,603,588	0	32,603,588	6,600,617	6,664,293	63,677	32,667,264	143,832,973	-42,216,399	101,616,574	3.4	3	0.840	
5 2022/10-23/9	30,758,101	0	30,758,101	6,226,997	6,287,069	60,072	30,818,174	174,591,074	-42,156,326	132,434,748	4.1	4	0.792	
6 2023/10-24/9	29,017,077	0	29,017,077	5,874,525	5,931,197	56,672	29,073,749	203,608,151	-42,099,654	161,508,497	4.8	5	0.747	
7 2024/10-25/90	27,374,601	0	27,374,601	5,542,005	5,595,469	53,464	27,428,065	230,982,752	-42,046,190	188,936,562	5.5	6	0.705	
8 2025/10-26/9	25,825,095	0	25,825,095	5,228,307	5,278,745	50,438	25,875,533	256,807,847	-41,995,752	214,812,095	6.1	7	0.665	
9 2026/10-27/9	24,363,297	0	24,363,297	4,932,365	4,979,948	47,583	24,410,880	281,171,144	-41,948,169	239,222,975	6.7	8	0.627	
10 2027/10-28/9	22,984,243	0	22,984,243	4,653,174	4,698,064	44,890	23,029,132	304,155,387	-41,903,280	262,252,107	7.3	9	0.592	
11 2028/10-29/9	21,683,248	0	21,683,248	4,389,787	4,432,136	42,349	21,725,596	325,838,635	-41,860,931	283,977,704	7.8	10	0.558	

0.19 NPV/Billing



評価結果は下記のとおりである。

- Kadobog、Ruyenzi は年度の差はあるが、NPV、B/C の計算値から、無収水削減の活動効果 (NPV>0, B/C>1) が出ることを明確に示している。
- ケース A (水道料金収入の増収) の方がケース B (給水 O&M 費の低減) よりも便益が高い。以下ケース A について言及する。
- Kadobogo は NRW 削減活動実施の翌年度から活動費用以上の効果の還元により純便益が発生する (便益と費用の累積値の比率 B/C が 1.0 以上となる)。Ruyenzi の場合は活動実施開始年度において B/C が 1.0 以上となる。
- 5 年度では B/C が Kadobogo は 3.6、Ruyenzi は 7.7 にもなる。また、Kadobogo では年間の水道料金請求額の約 100%、Ruyenzi では約 190% の累積便益が出る (水道料金請求額 : Kadobogo 101,650 千 RWF、Ruyenzi 147,925 千 RWF)。
- 10 年間の年平均の純便益は年間の水道料金請求額に対し、Kadobogo では約 28%、Ruyenzi では約 36% である。
- Kadobogo の場合は、NRW の到達率が 25% で、削減量は 12%。Ruyenzi の場合は、NRW の到達率

が 58%で、削減量は 10%であった。しかし、上述の結果より Ruyenzi のように高い到達率でも 10%の削減によって費用対便益の分析結果からは十分効果が出ていることが分かる。

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たということである。従って、投資効果の高い活動、例えば、高水圧の削減（PRV の設置）、漏水調査・漏水修理（特に地下漏水）、給配水管の更新を積極的に推進することが重要である。

Ruyenzi では、給水管の質が悪く、高水圧のため目標値（25%）を達成できなかった。対策として、このパイロットエリアで NRW 削減活動を継続する必要がある。漏水が多い小口径の HDPE パイプの交換が必要とされる。新型コロナウイルス感染症の予防対策の支援で材料を調達しており、WASAC はできるだけ早く既存のパイプを交換する必要がある。

(2) パイロットプロジェクト内の個別削減活動の効果検証

給配水管の更新、PRV の設置の個々の漏水削減効果につき、費用対便益分析を行った結果の要約を下記に示す。いずれの活動も、実施後 3 ヶ月から 14 ヶ月の間に投資費用の回収ができ、便益が費用を超えており、効果が早期に発現する。添付資料 6 に計算書を示す。

表 2.72 給配水管更新及び PRV 設置の費用対効果(投資回収評価)

Kadobogo

削減活動	サイト	投資回収評価			Qmnf 効果量
		月数	NPV (RWF)	B/C	m3/h
給配水管更新	PM1	10	96,125	1.0	2.28
PRV 設置	PM2	14	17,702	1.0	0.43
	PM3	3	297,547	1.1	3.64

Ruyenzi

削減活動	サイト	投資回収評価			Qmnf 効果量
		月数	NPV (RWF)	B/C	m3/h
PRV 設置	PRV1	3	811,166	1.3	4.68
	PRV2	13	79,323	1.0	1.14
	PRV3	8	230,210	1.1	0.72

3.15 アクションチームが、3.1 から 3.14 の活動で得られた活動と結果を要約し、パイロットエリア 1、2 におけるパイロットプロジェクト完了報告書を作成し、マネジメントチームに提出する。

パイロットプロジェクトの経緯と結果に基づいて、JICA 専門家チームは完成報告書を作成し、WASAC に説明、提出した。パイロットプロジェクト活動から得られた知識と教訓は 5YSP に反映されている。

- ・ パイロットエリア 1 報告書： 2019 年 10 月
- ・ パイロットエリア 2 報告書： 2020 年 1 月

3.16 アクションチームが、ワークショップを開催し、3.15 の活動で作成されたパイロットプロジェクト完了報告書を WASAC 及び関係機関と共有する。

2020 年 2 月 14 日にパイロットエリア管轄の Kacyiru (パイロットプロジェクト 1) 及び Nyarugenge (パイロットプロジェクト 2) の支店長を招集し、セミナーを開催した。また、プロジェクトの終了時評価報告書発表の場でパイロットプロジェクトの成果が発表された。

3.18 アクションチームが、パイロットプロジェクトの実施を通じて習得した手法や調査機器の使用方法等に関してマニュアルを作成、セミナーで発表すると共に、WASAC 及び関係機関と共有する。

パイロットプロジェクトのマニュアル作成チームを WASAC 内に立ち上げ作成を進めることが決められた。2019 年 1 月 29 日にマニュアル作成会議 (キックオフ) を開催し定期的に会議を開いていたが、途中、カウンターパート職員の日常業務の多忙と、新型コロナウイルス感染症の感染防止の対応のため中断した。専門家が見直しを行い、2020 年 5 月に WASAC に提出した。

3.19 アクションチームが、WASAC の全支店に対してマニュアルと調査機材の使用の普及を行う。

パイロットプロジェクト完了報告書と NRW 削減マニュアルは既に作成済みである。WASAC は、5YSP の一環として報告書及びマニュアルを普及させる社内ワークショップを開催する。

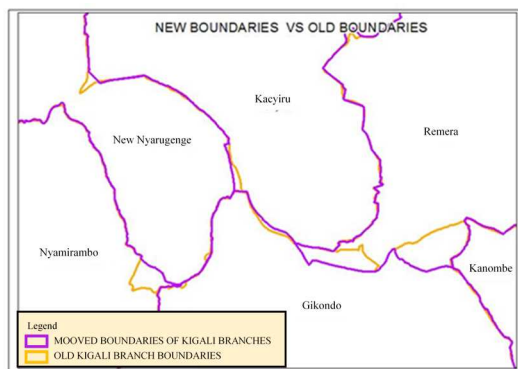
(4) 成果 4 に係る活動[キガリの 4 支店で NRW 率を正確に測定するシステムの確立]

4.1 WASAC により策定されたキガリ市内 4 支店の水理的分離計画をレビューし、必要に応じて修正する。

本プロジェクトの対象となるキガリ市 4 支店（Kacyiru、Gikondo、Nyarugenge、Nyamirambo）の配水網を水理的に分離し、SUSWAS プロジェクトが対象とした 2 支店（Remera、Kanombe）と合わせて、キガリ市全 6 支店で同時に無収水率をモニタリング出来るシステムを構築する計画であった。また、それにより得られた流量データを Excel 形式のソフトにより無収水率を計算することとした。

4 支店（Nyarugenge、Gikondo、Kacyiru、Nyamirambo）の水理的分離に係る境界線の決定に関しては、JICA 専門家チーム、WASAC の GIS チーム、支店の配水管網担当者との協働による精査を行った。2016 年 10 月 7 日のプロジェクト運営会議にて精査の結果につき協議し、境界線の位置が確定した。

その結果、既存の支店間境界の位置修正が多少あり、それに伴う顧客登録の支店間調整が約 1,800 件必要とされた。顧客の支店間移動数は概ね下図に示すとおりであるが、モニタリングシステム構築のための機材調達・設置スケジュールに合わせて顧客登録リストの調整作業が行われることとなった。WASAC は、機材調達・据付のスケジュールが具体化した 2019 年 11 月に支店の WDO・CSO と他関係者を招集して会議を開き、顧客登録転記の調整作業を開始した。



移行前	移行後	移動顧客数
Kacyiru	Gikondo	4
Kacyiru	Remera	15
New Nayrugenge	Kacyiru	11
New Nayrugenge	Nyamirambo	435
Gikondo	Remera	1,314
TOTAL		1,779

図2.29 キガリ市4支店の境界線変更及び移動顧客数

4.2 4.1 の活動で策定された水理的分離計画を踏まえ、電磁流量計と圧力計を設置する正確な位置を現地調査により決定する。

決められた境界線に従って現場調査を行い、水理的分離化のために必要な流量計の設置位置を決定するとともに、モニタリングシステムの全体設計を行った。

システムは現場に設置するデータ測定装置（流量計、圧力計）及び WASAC 本部に設置するデータ収集装置から構成する。現場において測定されたデータは携帯電話通信網（GPRS）を通じてデータ収集装置に送る。データ収集装置はデータの収集、蓄積、表示を行うためのサーバーである。データ情報はテキスト形式であるため、WASAC 職員がこれを Excel のソフトにて処理し、支店毎

の無収水率を計算する。

また、SUSWAS プロジェクトの既存電磁流量計（26 カ所）の測定データを本プロジェクトによるシステムへ取り込む計画であったが、この 26 カ所のメーターの全てがは現在機能していない。モニタリングシステムを下图に示す。

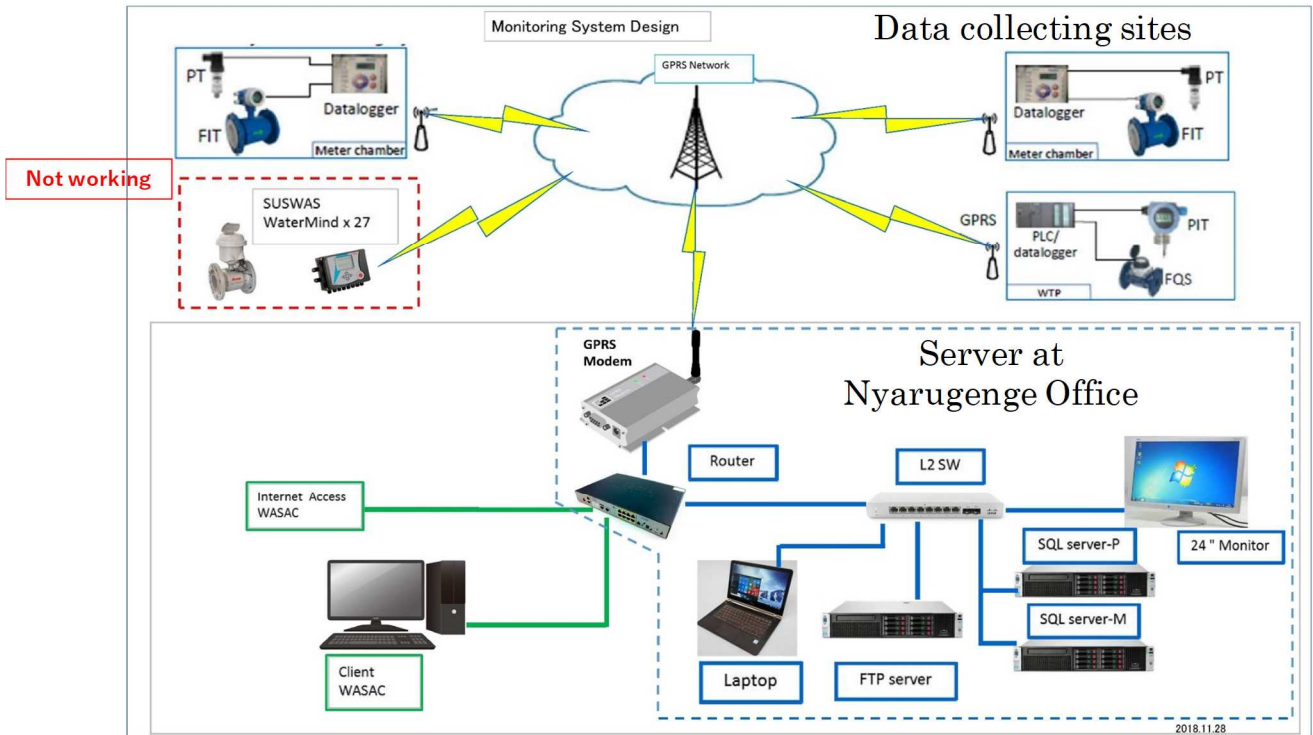


図 2.30 モニタリングシステムの概要

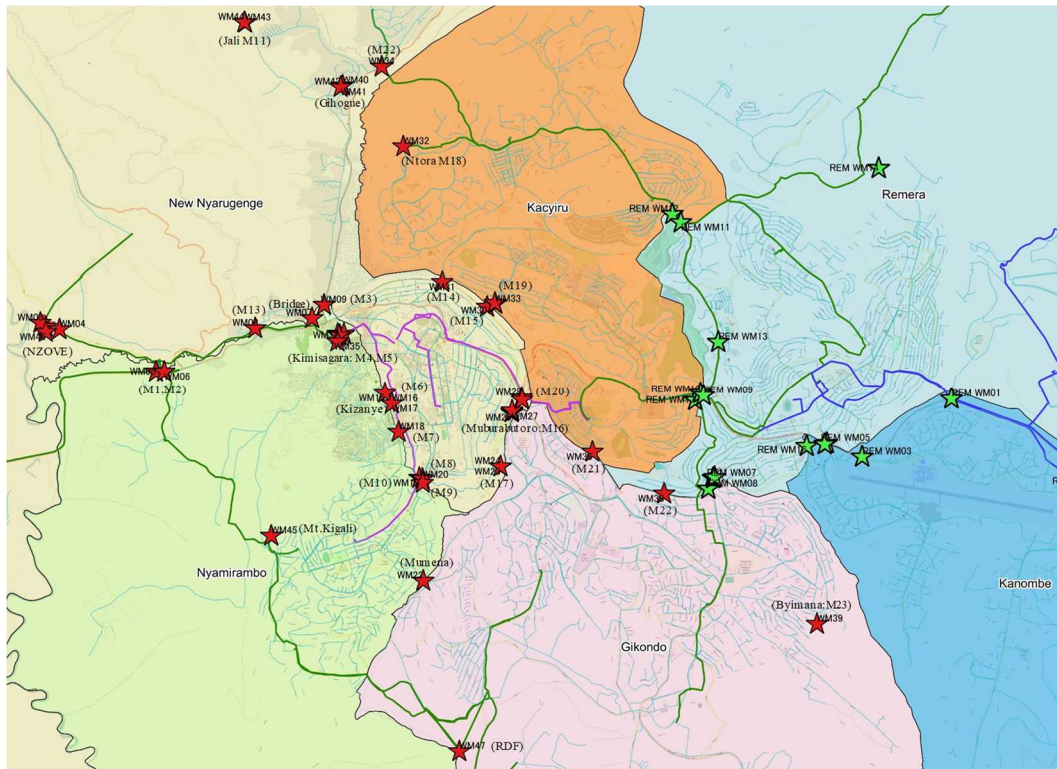


図 2.31 流量測定位置図(赤:今回設置する流量計、緑:SUSWAS で設置済み流量計)

流量測定位置は、水源（浄水場、ポンプ場）8 ヶ所及び支店境界を出入りする送・配水管の物理的分離点である。機材調達の内容は、電磁流量計 35 ヶ所、超音波流量計 1 ヶ所、機械式流量計 2 ヶ所の計 38 ヶ所、圧力計 29 ヶ所、データロガー 27 ヶ所、機材を設置するための鉄筋コンクリート製マンホールは 23 ヶ所である。添付資料 7 にモニタリングシステムの機材リストを示す。

4.4 必要に応じてこれらの機材を設置するためのコンクリートマンホールを建設する。

2016 年 10 月 31 日に、NRW、GIS、運転維持管理チームの合同会議を開催し、調達機材の内容と機材を設置するための鉄筋コンクリート製マンホール 23 ヶ所の設置位置を確定した。

マンホールの建設は、現地業者による施工の遅れや雨期における建設サイトの浸水の影響、また建設位置の変更等により遅延が生じたが、2018 年 9 月 10 日に完工し、2019 年 2 月 28 日に WASAC 側に引き渡された。

4.3 電磁流量計と圧力計を調達して設置する。

モニタリング機材の調達については、当初、キガリで現地業者の入札を行うこととしたが、応札者の経営状況や応札機材の技術仕様が要求を満たさなかったため 2017 年 10 月に入札が不調に終わった。その後、2019 年 5 月に、機材の調達・据付のスケジュール見直しについて WASAC と JICA 間で協議が行われた。JICA は機材の調達に据付を含めた一括契約で実施することを決定し、JICA 本部で 2019 年 7 月に入札を行い 9 月 20 日に本邦業者との契約が締結された。

2019 年 10 月に Kick-off 会議が現地で開催され調達業務が開始された。本邦業者による現地調査の結果、作業内容に若干の変更があり、調達・据付のスケジュールが変更となった。その後、JICA は新型コロナウイルス感染症対策により、2020 年 3 月にプロジェクトの現地作業中止を決定し、ルワンダへの渡航を禁止した。その約 1 年後、ようやく新型コロナウイルスの感染状況が緩和したため 2021 年 3 月に作業が再開された。

システムの構築は、プロジェクトの開始時の当初のスケジュールから大幅に遅れたが、2021 年 9 月によりやく完了した。下記のサイトを除くモニタリングシステムの Pre-SAT と SAT、および WASAC 職員の O&M トレーニングが、2021 年 8 月末から 9 月上旬まで実施された。

- ✓ マンホール M3、M7、M19 の測定・伝送機器及びそれに対する本社のデータ受信・処理用サーバー
- ✓ 2021 年 9 月の検査時に通水がなかったマンホール M4、M19、M22、M23 に設置された機器
- ✓ サービスコードの提供がなかったため検査できなかった Kimisagara 浄水場の流量計 WM12
- ✓ 2021 年 9 月の現場受入検査以降に発生した機器不良

本邦業者は、2021年9月9日に、部分完成報告書をWASACに提出し（一部の流量計を残し、機材全体の90%の検査は完了している）、部分完工証明書を受領した。6ヶ月後、12ヶ月後に定期検査を行い、それまでに全ての懸案事項を処理する。また、システムの保証期間が部分完工証明日より1年となっている。

なお、WASAC側の下記流量計の問題は未処理である。WASACは、これら流量計のデータを完成したモニタリングシステムに取り込めるように、第6回SCのMMに明記したマイルストーンに従って、これら16サイトの流量を設置しなければならない。従って、現時点（2022年1月）では、配水量データが全ての支店毎に得られるようになるまでには至っていない。

- ・ Kanombe と Remera の分離のための故障した SUSWAS プロジェクトの既存流量計の交換(5カ所)
 下図の Crossing Point (RE11, 12, 9, 10, 17) ★
- ・ AfDB プロジェクトによって新しく増加した分理点における流量計の設置(11カ所)
 下図の New Crossing Point ↔

また、一部の顧客登録の移転作業が終了していないため、WASACはこれを早期に終了させることが求められている。

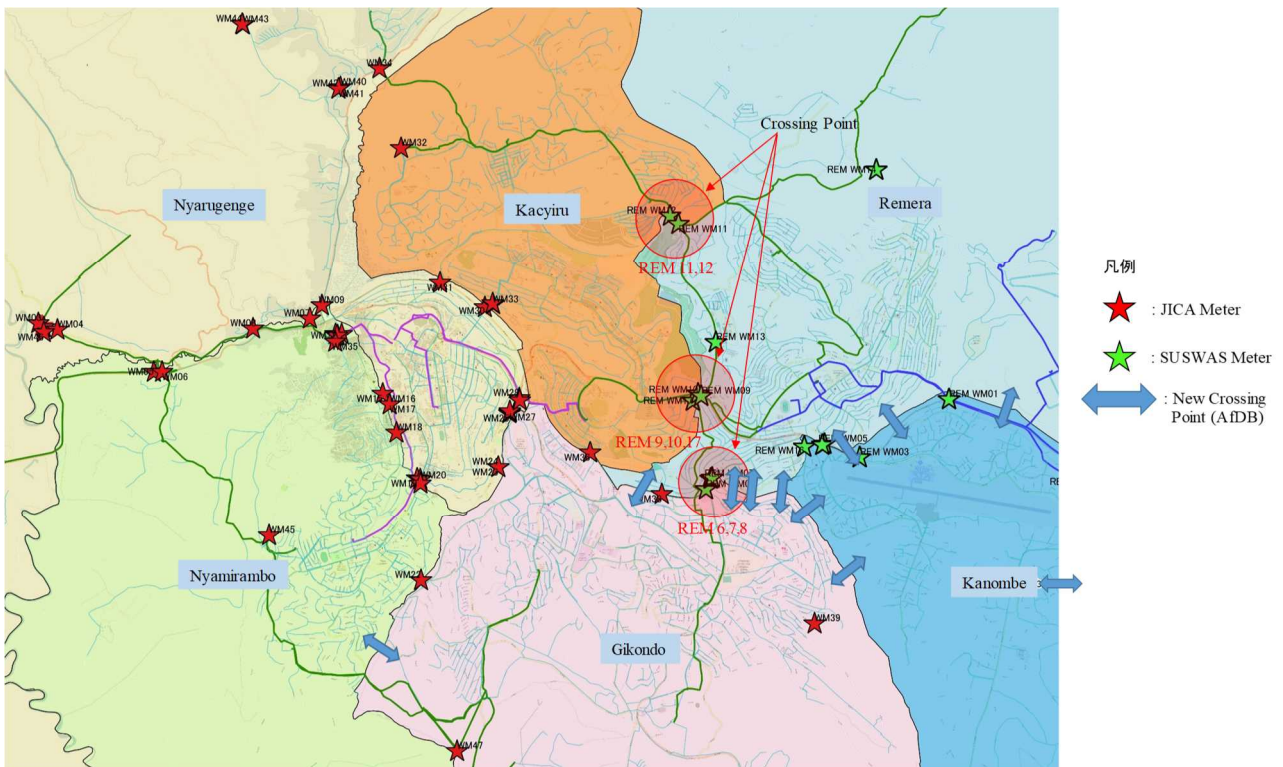


図 2.32 流量計の更新が必要な箇所(5カ所)及び流量計の新設が必要な箇所(11カ所)

Schedule of Installation and Replacement of Flowmeters

Electromagnetic Frow Meter		2021			2022											
Contents	Contents	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
SUSWAS (5 places)+ New Crossing Pipelines (11 Places)	Tendering	■														
	Procurement		■	■	■	■	■									
	Installation						■	■	■	■	■					
NRW Calculation		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
Periodical Maintenance by Takaoka							▲						▲			
Present Project Period		■	■	■												
Extension of Project Period					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

図 2.33 流量計設置のマイルストーン

4.5 各支店への投入水量の測定を行う。

モニタリングシステムの構築後（部分完工後）、配水量測定データは日々サーバーへ送信されている。このデータを使用し、支店毎の無収水率を計算する。ここで得られた無収水率は、支店毎の無収水削減活動の指標となることから、5YSPの見直しに活用する。

4.6 4.5 の活動の結果を踏まえ、各支店の無収水率を算定し、報告書に取り纏める。

無収水率計算ソフトのドラフト版は既に 2019 年 11 月に作成済みであり、本ソフト使用の主要部署である UWSS 及び維持管理に関連する他部署のキーパーソンに対して、計算ソフト内容、使用方法及び指導スケジュールにつき説明を行い、理解を得ていた。WASAC 側の使用勝手のいいように改良を図り、2021 年 9 月のシステム部分完工後から 3 ヶ月間 WASAC 職員に対する運用指導（OJT）が行われた。指導の中に、CMS の請求量データとモニタリングシステムから収集した流量データを用いて 2021 年 8 月、9 月、10 月の NRW 率を計算した。

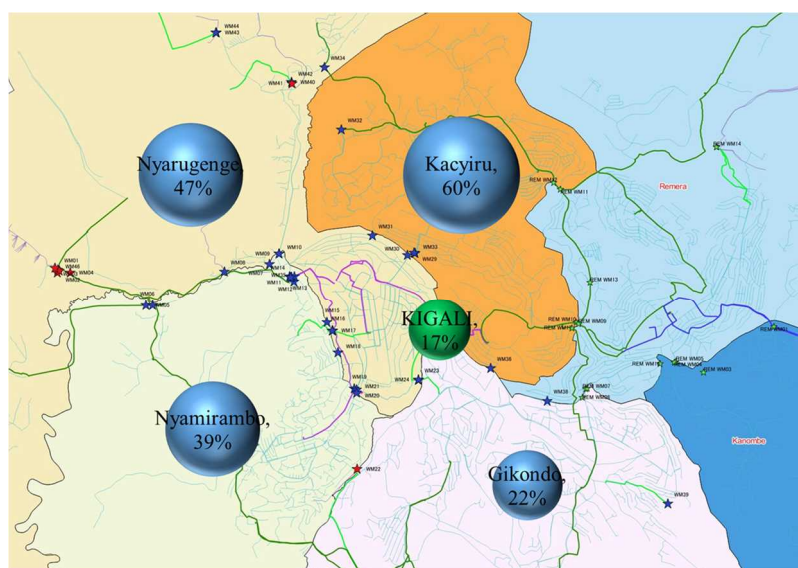


図 2.34 NRW 率計算結果の表示例

(5) プロジェクトの運営

1) コミュニケーション

専門家とカウンターパート間のコミュニケーションは満足いくものであった。プロジェクトは、週例の進捗会議、マネージメント会議、SC会議、ワークショップ、日常の活動における打合せ等において、プロジェクト関係者全員がプロジェクトの進捗状況、課題、および多くの知識と情報を共有するためのコミュニケーションプラットフォームを形成した。

さらに、キガリに駐在する長期専門家は、短期専門家が不在の間、カウンターパートと短期専門家の間のコミュニケーションの橋渡しに貢献した。

2) プロジェクトモニタリング

パイロットプロジェクトを含むプロジェクト活動のモニタリングは、カウンターパートと専門家が同時に行った。モニタリングの結果は、上記の様々な機会を通じて共有された。モニタリングの結果は、半年毎のモニタリングシートによって分析され、記録された。つまり、プロジェクトは、成果1の活動の枠組みの中で「無収水削減対策を計画的に実施する」ための演習の一つとして「モニタリング」の機会を活用し、PDCAサイクルの演習に繋がった。カウンターパートと専門家は、5YSPに基づいて、進捗状況と課題を継続してモニタリングした。これらのモニタリング活動を通して、データの収集/分析、報告書作成、プレゼンテーションなどのスキルも向上した。

2.2 活動の達成度

「プロジェクトの終了時評価」が2020年6月10日から2020年8月にかけてJICA本部の調査チームにより実施された。新型コロナウイルス感染症の感染防止のために海外渡航禁止処置等が出されていたため、調査チームはインターネットを通じて調査を遠隔で実施した。8月5日にWASACのCEOの参加を得て終了時評価の報告会を開催し、結果につきMMを結んだ。

その後、現地作業は2021年3月に再開され、終了時評価の実施から約1年が経過した2021年11月にほぼ全ての活動を終え、11月25日に最終のステアリング・コミッティー（SC）が開催された。

本章で述べる「活動の成果達成度」は、JICA実施の終了時評価調査における評価結果（MM of Terminal Evaluation Meeting:2019年8月5日）を基に、その一年間の活動状況を顧みて、最終のSCにて確認された結果を示すものである。下表に結果の概要を示す。

表 2.73 プロジェクトの目標及び成果

(プロジェクト終了時評価 2020年8月及び2021年11月時点での評価)

プロジェクトの要約	指標	達成度
【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。	キガリ市の NRW 率(2022/23年-25%) ・ 目標の指標達成には大規模な無収水削減作業を行うための多額の初期投資資金が必要である。指標達成には時間を要する。	2020/21年度の達成度は42.2%
【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。	1: NRW 削減 5ヶ年戦略計画がMININFRAによって承認される 2: WASAC 年間計画が反映された各支店 NRW 削減年間計画が策定される 3: WASAC 経営層が NRW 削減効果を認識し、NRW 削減年間アクションプランのための、各支店予算を承認する	1: 5YSPは2018年4月27日にWASACの理事会により承認された。MININFRAは承知している。 2: 各支店は無収水削減活動の年間計画を作成している。 3: 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る。しかしながら、予算の執行が計画通り行われていない。
	概ね達成(概ね達成) ・ プロジェクトが目指した WASAC の「無収水削減対策を計画的に実施する能力の向上」は進捗している。 ・ 他方、指標充足の観点では、年間アクションプランでの活動項目が予算に裏打ちされておらず、達成できていない。	
【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	1: 5ヶ年戦略計画が、パイロットプロジェクトの結果を反映して更新される 2: プロジェクト全ての業績が、セミナー等を通じてWASACおよび他関連機関によって共有される	1: パイロットプロジェクトの結果を基に更新されている。モニタリング指標を設けて 5YSP が実施されている。 2: ワークショップ、セミナー、SC 等を通じて WASAC 内、MINIFRA に共有されている。

プロジェクトの要約	指標	達成度
	<u>達成(達成)</u> <ul style="list-style-type: none"> 5ヶ年戦略計画策定の過程では、質問票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。現在まで計画通りのモニタリングが実施されている。 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サイクルが醸成され始めており、本成果が目指した「計画策定能力」は向上した。 	
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	1:300人以上の受講者が研修を受ける 2:WASACの人材育成計画に本プロジェクトによって準備された研修プログラムが含まれる	1:累計596人が研修を受けた。 2:削減活動マニュアルを作成したが、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まだ行われていない。
	<u>概ね達成(概ね達成)</u> <ul style="list-style-type: none"> 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おり、「WASAC職員のNRWに係る基本的な知識、技術、技能を習得する」とした、本成果の目標は達成されている。 マニュアルは作成され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ない。 	
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	1:NRW率が次の各パイロットエリアにおいて削減される パイロットエリア 1:37%から20%、パイロットエリア 2:68%から25% 2: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を共有する 3:アクションチームが、パイロットプロジェクトの完了報告書を作成する	1:達成値はエリア 1:25%、エリア 2:56%であり、目標値達成はできなかった。しかし、費用対便益の分析により、活動効果が大きいことが確認された。 2:共有されている。 3:パイロットプロジェクト 1及び2の完了報告書は作成されている。
	<u>概ね達成(概ね達成)</u> <ul style="list-style-type: none"> パイロットプロジェクトを通して、WASACは効果的なNRW削減の手法を習得した(DMAの形成、顧客メーターの現場テスト、漏水調査(流量測定、圧力測定)、漏水探知、高水圧管理(圧力調査、PRV設置)、給配水管更新計画、施工管理、顧客位置図作成等)。 本成果の本質的な目標であるWASAC職員の現場対応能力、実践能力は大きく向上している。 NRW率の削減が当初目標に達しなかったが、費用対便益につき分析し、無収水削減対策に経済的効果があることを確認した。 	
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	1:各支店のNRW率が、定期的に測定され、PIP(業績改善計画)において報告される	1:モニタリングシステムの機材調達・据付の作業がほぼ完了し、保守管理期間を残すのみとなっている。NRW率計算のOJTは実施済である。WASACの担当である流量計の設置がまだ行われていない。
	<u>概ね達成(未達成)</u> <ul style="list-style-type: none"> 資機材調達およびシステム設置が新型コロナウイルス感染症の影響により遅延したが、モニタリングシステムは数カ所の流量計関連機材を除いてほぼ完了している。 WASACの作業である16カ所の流量計の設置がまだ行われていない。 WASACの作業である、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終了していない。 	

注:()は終了時評価時の評価結果

2.2.1 期待される成果の達成度

(1) 成果1. WASAC の無収水削減に係る計画策定能力が向上する

1) 指標 1-1:5 ヶ年戦略計画が、パイロットプロジェクトの結果を反映して更新される

指標 1-1 は達成された。

NRW 削減 5 ヶ年戦略計画 (5YSP) の策定は、WASAC における NRW 管理の能力強化のための JICA の技術協力の枠組みの中で 2016 年 8 月に、WASAC 本部の関連部局、支店、浄水場を対象にインタビュー、アンケート、訪問の調査を行うことから開始され、その後の一連のワークショップを通じて 5YSP が策定された。2018 年 7 月に WASAC は 5YSP の実施を開始した。

その後、2019 年 7 月に 5YSP をレビューするための Manager 及び Head クラスの主たるメンバーを集め、ワークショップを開催し、パイロットプロジェクトの結果や得られた教訓及び 1 年間実施した 5YSP のモニタリング結果に基づいて、5YSP の更新が行われた。活動指標 (PRV の設置実績、顧客メーターの交換実績、顧客調査の実績、顧客メーターの検定実績) に基づき活動を行うこととした。2 年目以降は、これに基づき 5YSP の実施・モニタリングを行っている。

WASAC は、取締役会の公式承認を得て、計画を継続的に見直し、更新する予定であったが、5YSP を 3 年間実施後の 2021 年 9 月に、5YSP の実施状況、パイロットプロジェクトの成果、JICA が実施した「キガリ市上水道改善整備マスタープラン」の提言をもとに改訂版を作成した。

追加の活動として、下記が実施されている。

- ・ パイロットプロジェクトの結果により、高水圧管理の重要性が認識され、2018 年 8 月の第 3 回 SC において、PDM に圧力管理の活動が追加された。
- ・ 緊急性のある活動として、高水圧管理 (PRV 設置)、配水池管理 (FV 設置) がマネジメントレベル (マネジメント会議、SC) で決定され、キガリ市内のパイロットエリア外へ展開した (PRV10 サイト、配水池 9 ヶ所)。同様に現場テストメーターの全支店配備が決定され、26 セット調達された。
- ・ キガリ市内の配水池のインベントリが更新された。その結果、問題箇所が選定され、新型コロナウイルス対策支援において、その一部に対して FV の調達が行われた。
- ・ 新型コロナウイルス感染症の対策として、給配水管の漏水修理資機材、給配水管の更新用資材、FV の調達活動を加えた。

2) 指標 1-2:プロジェクト外全ての業績が、セミナー等を通じて WASAC および他関連機関によって共有される
指標 1-2 は達成された。

WASAC 内での情報共有: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る。

関係者との情報共有: 主要な利害関係者としての MININFRA は、SC 会議に参加しており、プロジェクトの情報と教訓はよく共有されている。プロジェクトの総括をするために 2021 年 11 月に最終セミナーを兼ねて第 7 回 SC が開催された。また、水セクターワーキンググループでのセミナーを 2020 年 3 月に予定していたが、新型コロナウイルス感染症対策のために延期になり、2021 年 11 月に開催された。

3) 総合評価

成果 1 は達成された。

プロジェクトは、終了時評価の時点で成果 1 を達成し、WASAC の無収水削減に係る計画策定能力が向上したと判断できる。カウンターパートは、プロジェクト活動を通じて、アンケート、ワークショップ、その他の情報収集/分析ツール等の効率的なアプローチを適用して、無収水対策の課題を明らかにし、対策を特定する方法に習熟した。

5YSP の策定過程では、効果的/効率的な計画プロセスを専門家とともに実施した。ワークショップで多数挙げられた課題対処法をグルーピングし、5YSP 活動計画の主要コンポーネントとなる 5 分野 (42 対策、133 作業項目) を決定するに至った。作業項目に対しては想定される削減効果に基づき優先度を設定するとともに、実施年度および実績責任部署を策定した。この体制を以て実施およびモニタリングを行なうことが決められ、これまで計画通りのモニタリングが実施されている。モニタリングの結果は四半期ごとに報告書としてまとめられている。その結果と教訓により 5YSP をアップデートし、次の四半期の活動に反映している。つまり、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 サイクルの構築が出来た。

四半期ごと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た。上層部のモニタリング報告書への関心も高く、CEO や DCEO からの要望により、結果を共有するためのワークショップを開催したこともあり、上層部への課題共有にも貢献した。

5YSP は、過去 3 年間の実施結果、パイロットプロジェクトからの調査結果、およびキガリ市の水道マスタープランの結果を反映して更新された。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る。また、主要なステークホルダーとして MININFRA が SC 会議に参加しており、プロジェクトの情報と教訓はよく共有されている。

4) 今後の課題

5YSP の実施につき以下の問題が明らかになっている。

組織および制度的な変更の必要性

5YSP の実施促進と現在の WASAC の組織にギャップがあり、組織改革を検討する必要がある。WASAC のマネジメント職員は組織変更の重要性を認識し、再構成の検討プロセスは現在も続いている。WASAC は、各支店に NRW を担当するチームを持つことを提案しているが、5YSP の更新報告書では、下記の人員補強を要求している。

- 給配水管の修理を迅速に、かつ品質を保障して行うために、規模の大きい 10 つの各支店に対して エンジニア 1 人、テクニシャン 2 人
- 盗水調査と是正処置の実施を強化するために、NRW 課に対してエンジニア 2 人、作業員 3 人
- 漏水調査の強化のために、NRW 課に対してエンジニア 2 人、作業員 3 人

給水管の新しい接続指針と標準適用指針の改訂

給水管の接続指針は、RURA の緊急要請に応じて、給配水管接続の要件書の改訂版として 2019 年 1 月に策定された。しかしながら、漏水の多くが低品質の給水管から生じていることが確認されているため、顧客が調達した材料の品質を保証するために、接続指針を再び改訂する必要性が生じている。

(2) 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

1) 指標 2-1: 300 人以上の受講者が研修を受ける

指標 2-1 は達成された。

プロジェクトにおいて、多種の研修を実施し、終了時評価時点でまでの研修人数は累計 596 名である。

表 2.74 研修項目数及び研修者数

研修分野	研項目	研修者数
GIS	4	62
水理解析	7	15
漏水探知	3	205
給水管修理、給水装置設置	13	167
顧客メーター管理	27	93
その他 (Excel 表計算等)	6	54
計	60	596

注: 研修者数は分野毎の同研修者の重複がある。

2) 指標 2-2: WASAC の人材育成計画に本プロジェクトによって準備された研修プログラムが含まれる

指標 2-2 は未達成である。

支援局（SSD）は、WASAC の人材育成計画に従い、研修計画と実施を担当している。トレーニングプログラムは、社内トレーナーや他の組織から招聘した外部のトレーナーによる様々な技術的な題目を幅広く取り上げている。

WASAC では SSD が研修計画を担当しており、本プロジェクトにおいて策定する研修プログラムは WASAC 全体の研修計画の枠組みに取り込まれるべきものである。マニュアルを使用した活動研修を WASAC の研修プログラムに組み入れ、WASAC 全職員に対する無収水管理技術の展開を図ることが指標となっていた。そのため、無収水担当部と支援局との連携強化を図ることが必要とされた。

表 2.75 無収水削減活動のトレーニングコース

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

このトレーニングコースの策定については、無収水活動の主幹である無収水課と議論を行ったが、下記の理由で WASAC のトレーニングコースに乗せずとも研修が可能であるとの結論に達した。ただし、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ないことや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る。

- ✓ NRW 削減活動に関するマニュアルの普及の中核者は、NRW プロジェクトで訓練されている。
- ✓ トレーニングは、支援局が実施する WASAC のトレーニングコースに関係なく、主に DUWSS の NRW 課職員により実施が可能である。NRW 課は漏水調査や配水池の調査に関するガイダンスを各支店に出向き行える。
- ✓ DUWSS のデータベース（請求水量、浄水生産量、無収水量）集計担当者が、支店職員を招集して商業データの分析に関するガイダンスを行っている。

3) 総合評価:

成果 2 は概ね達成された。

プロジェクトは、そのほとんどが技術職員のアクションチームだけでなく、局長とマネージャーで構成されるマネジメントチームに対してもトレーニングを提供した。終了時評価時点では、プロジェクトが作成したトレーニング内容は WASAC の全研修プログラムでは具体化されていなかったが、上述した理由により その必要性がまだ結論付けできていない状況である。能力開発の程度は下表のとおりである。

表 2.76 能力開発の達成度

研修項目	能力開発の達成度
マネジメント	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 無収水の内容を理解し、無収水削減 5YSP の策定を行い、それを運用できるようになった。
GIS データベース	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ESRI の GIS データの整備、ArcGIS の導入が遅れそれを使用するの研修はできなかったが、GIS データ更新、活用の能力アップがあった。 ✓ カウンターパートは、既存の顧客や配水管網、新規顧客の GIS データを更新できるようになった。彼らはまた、QGIS と GoogleEarth のツールを用いて GIS データを共有することができる。 ✓ ArcGIS ジオメトリック ネットワークの構築と解析の方法も、初期 レベルから中流レベルまでマスターした。
水理解析	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 水理解析ソフト(Mike Urban)の導入が遅れたため、それを使用するの研修は行えなかったが、水理解析の基礎理論を理解した。 ✓ EPANET と Mike Urban を使用して水理解析を行うことができる。
漏水探知	<ul style="list-style-type: none"> ✓ OJT 漏水探知研修: 個別研修、パイロットプロジェクトの OJT にて漏水調査に最も必要な流量及び圧力測定技術及び各機材の使用法を習得した。しかし、機材によっては既存の配水管網の性状及び不規則性から適用上の課題がある。 ✓ カウンターパートは超音波流量計の原理と使用方法について理解した。夜間最小流量を測定することによって漏水量を決定し、ステップテストまたは配水管上の直接測定によって漏水位置を絞り込むことができるようになった。 ✓ 機器の保管管理状況も改善された。
給水管修理、給水装置設置	<ul style="list-style-type: none"> ✓ カウンターパートは長い間慣れ親しんだパイプを接続する慣行の欠点を認識し、新しい接続方法を習得した。ネジ切りなどの技術で改善が見られる。
顧客メーター管理	<ul style="list-style-type: none"> ✓ メーター検針、料金請求、顧客サービス研修: 現場におけるメーター精度テストをパイロットプロジェクトの OJT を通じて習得した。また、現場テストメーターの追加機材による 20 支店の研修を実施した。 ✓ カウンターパートは、顧客のメーターが正しく機能するかどうか検査するテストメーターを扱えるようになった。 ✓ メーターの読み、料金請求および顧客サービスを行う際の留意点につきよく認識している。

4) 今後の課題

NRW 管理に関する基礎知識及び応用技術は、様々なプロジェクト活動の個々の研修と OJT を通じて取得されている。しかし、プロジェクトが策定したトレーニングプログラムが WASAC の社内研修プログラムにまだ組み込まれておらず、マニュアルの普及が行われていない。とは言え、NRW 削減活動に関するマニュアルの普及の中核者は、プロジェクトで訓練されており、主に DUWSS の NRW 課の職員が研修を実施できる状況にある。

WASAC の人員組織体制が強化され、支店及び本部の無収水削減実施に係る部署に作業実施の職員が補充された段階で、トレーニングの実施ができる実質的な体制が整う。その時点で、プロジェクト成果である NRW 削減マニュアルを使用した、WASAC の内部トレーニングコースを策定し、5YSP の年間計画に組み入れることが必要とされる。

(3) 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

1) 指標 3-1: NRW 率が各パイロットエリアにおいて削減される。

パイロットエリア 1 では一時的に目標値を達成したが、長期的には両エリア共に達成されなかった。各エリアで 12%、10%の削減ができた。

表 2.77 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	削減値
エリア 1: Kadobogo	37%	20%	25%	12%
エリア 2: Ruyenzi	68%	25%	58%	10%

指標 3-1 は未達成である。

目標値に到達しなかった原因は下記のとおりである。

パイロットエリアは、配水ブロック、送配水管の分離の両点で高水圧の問題があった。標高差の大きなエリアにおいて、エリアの最高地点から下流方向全域に配水するという配水の方法や、圧力の高い送水管から配水管を直接分岐する方法には問題があることを当初から指摘した。原因が、高低差の大きな地形を考慮しない無計画な配水計画によるため、根本的な対策は配水計画の見直しから行わなければならないが、既存施設の改修は大掛かりなものとなり、技術支援プロジェクトの範囲を逸脱するために行えなかった。また、目標値を、達成が非現実的なレベルに設定してしまったことも原因である。

パイロットエリア 1: Kadobogo

エリアは3つのサブブロックに分けられたが、各ブロックへの配水は Ntora 配水池から Remara

配水池に至る送水管からの途中に設けられた配水池（Fawe、Gacuriro）のバイパス管を通した配水と送水管からの直接分岐の配水であり、分岐点の配水圧は高圧となった。従って、各分岐点に PRV を設置した。

PRV は効果を示し、一旦は目標値である 20%まで NRW 率を下げる事ができた。しかしながら、サブブロック PM 2 と PM3 の PRV は 2019 年 6 月以来不具合があり、その後水圧は期待通りに管理されず、サブブロック PM1 の PRV だけが機能した。設置した機材の維持管理は、特に NRW 削減活動のために機材を設置した後の低減した NRW 率を維持するために非常に重要である。

パイロットエリア 2 : Ruyenzi

本エリアも 3 つのサブブロックに分けられたが、Nzobe 浄水場からのポンプ送水を Ruyenzi 配水池のバイパス管で他エリアへ送水しており、エリア内の主要部分であるサブブロックの配水がその送水管からの直接分水となり配水圧が高圧となっていた。結果的に、PRV は一定の高水圧低減効果はあったが、エリア内の標高差が大きいため、効果の影響範囲には限度があり、NRW 率は目標値に到達することができなかった。

しかしながら、下記の知見を得た。

- ✓ パイロットエリア 1 では、一旦 NRW 率目標値の 20%以下となったが、2019 年 6 月以降 PRV の不具合により NRW 率が再び増加した。それ以降、ほぼ 25%に落ち着いた。PRV 設置後の維持管理の重要性が認識された。適正な維持管理を行えば目標値 20%は無理な数値ではない。
- ✓ パイロットエリア 2 では、目標値の 25%に対して程遠い状況であった。漏水率が 68%のように非常に高い場合は、既存の配水管上の PRV 設置による漏水抑制には限度がある。PRV の効果はその影響エリアに対して効果が示されたが、地形的に標高差が大きい場所では、より細かな圧力調整を行わない限り、エリア全体として NRW 率の低減には限度がある。一方、PRV の操作が昼夜分けて行えるのであれば、住民の水使用量が少なくなり、配水圧力の高くなる夜間のみ減圧することで一定の効果（14%の漏水削減）があった。
- ✓ 配水エリアが大きな標高差を有する場合、地形を考慮し、標高別に区分した圧力管理を行うことが必要となる。配水池を新たに設け、配水管を再編成するブロック化の対策や給配水管の更新が必要となる。施設単体で漏水削減対策を進めても効果には限度がある。
- ✓ 配水池がありながらエリア外へバイパス管による配水が行われているところは、配水系統の見直しが必要である。
- ✓ 一方、費用対便益の分析結果から 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あることが証明された。従って、

投資効果の高い活動、例えば、高水圧の削減（PRV の設置）、漏水調査・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ある。

2) 指標 3-2: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を共有する

指標 3-2 は達成された。

- ✓ パイロットエリアの活動やワークショップを通じてアクションチーム間で経験が共有されている。
- ✓ パイロットプロジェクト活動の経験は、週例会議、ワークショップ、SC 等でマネジメントチームにおいても共有されており、プロジェクト活動結果で得られた、有効な活動項目、困難な活動につき認識されている。
- ✓ ワークショップをパイロットプロジェクト完了報告書作成後改めて開催した。指標 1-2 と同様に、アクションチームはワークショップや様々な会議を通じて経験と教訓を共有した。

3) 指標 3-3:アクションチームが、パイロットプロジェクトの完了報告書を作成する

指標 3-3 は達成された。

パイロットプロジェクト報告書は専門家により作成され、WASAC 側に提出されている。WASAC 内でレビューした後、ワークショップを通じて最終化を図った。パイロットエリア 1 の完了報告書は 2019 年 10 月に、パイロットエリア 2 の完了報告書は 2020 年 2 月に WASAC に提出された。

4) 総合評価:

成果 3 は概ね達成された。

両パイロットエリアとも、無収水削減活動により目標とした削減率を達成することはできなかったが、有効な活動項目及び作業手順を確定することができた。エリア 1 は一時的に達成した。両パイロットエリアとも削減量は 10%程度であるが、費用対便益の分析により、実行の可能性があることが証明された。よって、プロジェクトの上位目標達成のためには、これらの活動項目を、積極的に推進することが重要である。また、パイロットプロジェクト実施の過程で、下記が知見として得られた。

- ✓ 無収水に配慮した施設計画の重要性、無収水のモニタリングや維持管理のために必要な配水管網の基本整備に関わる要求事項

- ✓ 5YSP の活動における無収水活動と顧客サービスの考え方（無収水の内訳：Real Loss、Apparent Loss の占める割合）

パイロットプロジェクトにおいて、成果 2 の研修で得た技術的知識を直接活用することにより、現場対応能力、実践能力を向上させることが本成果の目的である。アクションチームのメンバーは、ワークショップや様々な会議を通じて経験や教訓を共有した。

パイロットプロジェクトを行うことにより WASAC における NRW の最大の原因が漏水にあることが明らかになった。漏水量を削減するためには高水圧対策および給配水管の材質及び施工上の品質を高めることが優先事項であることが明らかになり、減圧弁の設置や既存給配水管の更新等を削減対策として実施した。この過程で、通常行われてきた漏水修理は高水圧対策を行わない限り効果がないことも明らかになった。

具体的習得技術として、DMA の形成（エリアの水理的分離、計量設備の設置）、顧客メーターの現場テスト、漏水調査（流量測定、圧力測定）、漏水探知、高水圧管理（圧力調査、PRV 設置）、給配水管更新計画、施工管理、顧客位置図作成等を学んだ。また、顧客サービスを維持するためにメーター交換の重要性についても再認識した。WASAC の従来の作業は、例えば漏水修理はそれのみの単独作業としか認識していなかったが、パイロットプロジェクトで行った諸活動が互いに有機的に関係しあうものであることを理解し、戦略的に削減の諸活動を行うことの必要性を認識した。さらに、DMA 形成の準備に必要なエリアの水理的分離、流量計等計量設備の設置方法や顧客情報の整理方法についても学んだ。

パイロットプロジェクトにおけるこれらの 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た。この他にも、パイロットプロジェクト活動の費用対便益につき分析し、実施した無収水削減対策に財務的効果があることを確認した。NRW は事後の対処処理も重要であるが、それよりも無収水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た。

(4) 成果 4. キカリ市の 4 支店で無収水率を正確に測定する体制が確立される

1) 指標 4-1:各支店の NRW 率が、定期的に測定され、PIP(業績改善計画)において報告される

指標 4 は概ね達成された。

- ✓ 機材調達・据付の作業は日本の業者が契約し、2019 年 10 月に着手された。その時点のスケジュールではモニタリングシステムは 2020 年 6 月に完成予定であったが、新型コロナウイルス感染症対策のため、2020 年 3 月より作業が停止された。新型コロナウイルス感染症の収束に従い、作業が再開され、機材の調達、据付作業の遅れが生じたものの 2021 年 9 月にシス

テムの構築が機材の維持管理作業を残して概ね終了した。

- ✓ WASAC 側の責任事項として 16 ヶ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る。
- ✓ NRW 率の計算はシステム構築後に開始され、モニタリングシステムから得られたデータを使用して NRW 率計算ソフトを使用するための指導が行われた。

2) 総合評価

成果 4 は概ね達成された。

無収水率測定のためのモニタリングシステムが一部の機材を残し概ね完成した。NRW 率の計算システムも研修が終了した。

3) 今後の課題

下記の流量計が WASAC によって設置されていないので、支店毎の NRW 率を計算することができない。WASAC は、測定データをモニタリングシステムに組み込むために、できるだけ早く下記 16 ヶ所の流量計を設置する必要がある。同時に、WASAC は、NRW 率計算を確実にを行うために、支店境界の一部の顧客再登録を完了する必要がある。

- ✓ Kanombe と Remera における支店境界のサイト (5 ヶ所)
- ✓ AfDB によるプロジェクトの新しい支店境界のサイト (11 ヶ所)

2.2.2 プロジェクト目標の達成度

(1) 指標の達成度

1) 指標 1: NRW 削減 5 ヶ年戦略計画が MININFRA によって承認される

指標 1 は達成された。

無収水削減 5 ヶ年計画 (5YSP) は 2018 年 4 月 27 日に WASAC の理事会により正式に承認され、MININFRA も認識している。

2) 指標 2: WASAC 年間計画が反映された各支店 NRW 削減年間計画が策定される

指標 2 は概ね達成された。

パイロットエリアにおける NRW 削減活動の影響により、パイロットエリア外でも一部の活動が

それに倣って行われている。そして、各支店において、WASAC 全体の年間行動計画の一部を構成する、PRV 設置、メーター交換、漏水調査などの NRW 削減活動の年間行動計画が作成されている。しかし、今後は、より詳細な調査、計画、設計に基づいた実施計画を作成し、それに基づいて、各支店がより具体的な活動を行う必要がある。

3) 指標 3:WASAC 経営層が NRW 削減効果を認識し、NRW 削減年間アクションプランのための、各支店予算を承認する

指標 3 は、まだ達成されていない。

WASAC の経営層は、パイロットプロジェクトを通じて NRW 削減措置の有効性を十分に認識し、すでに、PRV や FV の設置、流量計の精度検定、顧客調査・分析、顧客メーターテスト・交換などの同じ対策が、パイロットプロジェクトエリア外へ拡張されている。そして、NRW 削減活動の予算は WASAC の年間行動計画の中で予算付けられている。

しかしながら、WASAC 本部は年間行動計画を承認したが、NRW 削減工事に対する実際の割り当て予算は計画予算よりも低くなっている。その予算は支店における NRW 削減の実施レベルに対して適正には割り当てられていないのが実情である。従って、年間行動計画の活動は予算に裏打ちされてはおらず、行動計画は達成されていない。

(2) 総合評価

プロジェクトの目的はほぼ達成された。

プロジェクト目的「NRW 削減対策の計画的実施能力の強化」に向けて、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 つの手法を取った。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った。成果 2 では職員は一連のトレーニングを通じて知識とスキルを習得した。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た。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となっている。

一方、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ないことが指摘できる。WASAC 自体は、独立企業体として水道基本料金を値上げしなければ組織の収益を増やすことができないので、この問題は WASAC の自助努力で改善し難い。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る。

結論として、プロジェクトは予算面で課題を抱えているが、プロジェクトの活動は WASAC の能

力強化につながった。プロジェクトの目的は「ほぼ達成」と評価される。

(3) 今後の課題

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いない。NRW 削減に必要な初期投資費用（CAPEX）は、WASAC の現在の利用可能な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ある。

2.2.3 上位目標の達成度

2020/21 年度までの達成度は 42.2%（全国ベースで 43.3%）である。NRW 率の上位目標達成は厳しい状況にある。NRW 率増加の原因は配水施設の拡張による給水の供給能力の向上に伴い、供給量が増えていることに対して、無収水削減対策が広域的に進められておらず、また標高差の大きな地形を考慮した配水施設の再編成が行われていないためである。

表 2.78 目標 NRW 率と実績値

年度	5 YSBP NRW 目標値 (全国)	5YSP 実施年度	5YSP の 目標 NRW 率 (キガリ市)	NRW 率の 実績値 (キガリ市)
2018/19	35%	Year 1	35	36.9
2019/20	32%	Year 2	34.4	40.3
2020/21	30%	Year 3	30	42.2
2021/22	28%	Year 4	28	-
2022/23	25%	Year 5	25	-

注:2019年7月(2019/20、Q1)よりモニタリングを開始、19/20の目標値を32%から34.4%に修正した。

第3章 その他の活動実績

3.1 新型コロナウイルス感染症対策の支援

新型コロナウイルス感染症の感染及び拡大リスク軽減のため WASAC は 2020 年 6 月 11 日に JICA 事務所に対し、緊急支援の要請を行った。この要請につき JICA は支援の項目とその内容につき検討した結果、決定した支援内容につき 7 月 22 日に WASAC とミニッツを締結した（添付資料 8 参照）。その中で、本プロジェクトにて行った支援内容は下記の 2 項目である。

- ・ 間断給水軽減のために必要な資機材の調達
- ・ 清浄な水へのアクセスが制限されている人々への緊急給水

(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、資機材の項目を、「漏水修理用資材：キガリ市の配水管網における漏水修理のための小口径管と継手」、「給水管：Ruyenzi の既存給水管の更新用材料」及び「フロートバルブ：キガリ市の配水池に設置するためのフロートバルブ」とした。カウンターパートとプロジェクトの現地職員は、専門家とオンラインによる遠隔会議で協議しながら機材調査を行い、選定した資機材の BoQ を作成した。

資機材の調達は現地業者の見積競争により実施した。資機材の総額は約 193,000 米ドルとなった。調達した資機材は 2021 年 11 月 9 日に WASAC に引き渡された。

表 3.1 調達資機材の内容

Item	Contents	Details	Amount (USD)	Inspection	Handover
Item 1	Pipe and Fittings for Network Repair (Materials for leakage repair)	<ul style="list-style-type: none"> ・ PPR pipe, DI clamp saddle, PVC socket, PPR socket, GS Nipple, GS Bend, Ball valve: for six branches in Kigali City for half year ・ Drilling Machine: 6 sets ・ Manual pressure testing pump: 6 sets 	72,837	Done (June 17, 2021)	Done
Item 2	Service Pipe for replacement in Ruyenzi Pilot Area	HDPE pipe DN50, PPR pipe 1", 3/4", Screwed clamp, Nipple, Adaptor, Union, Ball valve, Tee, Elbow, Reducer, Bulk meter: for total length of pipe 5,300m	34,000	Done (June 10, 2021)	Done
Item 3	Floater Valve	Floater Valve, Gate valve and fittings: for 11 reservoirs in Kigali	85,725	Done (Oct. 15, 2021)	Done
Total			192,562		

漏水修理用資材は、WASAC の要望を加味しつつ、過去の修理履歴と WASAC 倉庫の在庫状況を確認して選定した。漏水の発生は 63mm 以下の小口径の給配水管が大半を占めるためこの材料を対

象とし、キガリ市内の6支店の使用実績の半年分の数量を調達した。

給水管については、WASAC 側の要望で、パイロットエリア 2 (Ruyenzi) 内の給配水管更新のための材料調達を行う方針とした。更新箇所としては、パイロットエリアの活動で行った漏水調査結果及び漏水が多く発生している管種や口径を対象にして、更新が緊急に必要な箇所を選定した。本エリアでは、ベースラインの無収水率 68%が漏水修理(地下漏水の発見ができなかったため地表漏水のみ)、PRV 設置等の削減活動を行っても 58%までしか下がりがらなかったため、給配水管の更新が残された有力な手立てと期待された。WASAC の所有の無かった小口径の給配水管工事用の穿孔機、手動圧力試験器も調達内容に含めた。

フロートバルブについては、キガリ市内の配水池機能調査の結果を基に、オーバーフローの対策として優先度の高い場所からの選定を行った。

WASAC は、以下に示すマイルストーンに従って、調達した機器の設置を予定している。これらの機材の活用は、5YSP の実施促進に貢献するものである。

Schedule of installation and use of the Equipment and Materials procured for COVID-19 response

Item	Contents	Process	2021		2022							
			Nov	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.		
Item 1	Pipe and Fittings for Network Repair (Materials for leakage repair)	Handover	—									
		Use			—	—	—	—	—	—	—	—
Item 2	Service Pipe for replacement in Ruyenzi Pilot Area	Handover	—									
		Resources preparation		—	—							
		Installation			—	—	—	—				
Item 3	Floater Valves for 11 reservoirs and related accessories	Handover	—									
		Equipment's Installation		—	—							
		Rwezamenyo (Nyamirambo)			—							
		Burema (Nyamirambo)			—							
		Mataba (Nyamirambo)			—							
		Camp Militaire Hill (Nyamirambo)			—							
		Golf 7 (Gikondo)			—							
		Fawe Girls School (Kacyiru)			—							
		Jabana (Nyarugenge)			—							
		Rwankuba (Nyarugenge)			—							
		Azam Bas Via Mettito (Remera)			—							
		G8 Rwahama/Kibagabaga (Remera)			—							
		G8 Rwahama/Karenge (Remera)			—							

図 3.1 調達資機材の使用、設置スケジュール

(2) 清浄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った。JICA 事務所が WASAC の指定したサイトに対し仮設用の給水タンクを調達し、WASAC がそれをサイトに据付けて公共水栓 (Public Tap) として運用した。対

象のサイトは WASAC と JICA によるサイト調査、検討の結果、Kanombe、Remera、Kacyiru、Nyarugenge の WASAC4 支店の管轄エリア内の 23 サイトとし、仮設タンクは強化プラスチック製のタンク 25 式とした。

水の運搬作業は、JICA の専門家チームが給水車を所有するキガリ市内の 2 業者に委託し、業者の作業を専門家チームが管理した。水源を WASAC の Kimisagara 浄水場とした。Kimisagara 浄水場に設けられた給水所にて給水タンク車に水を積み込み、23 の公共水栓サイトまで運搬し、仮設給水タンクへ給水した。また、給水タンク周りの配管(流入側、給水栓を含む流出側)、給水メーター及び給水車がタンクへの注水作業に使用する可搬エンジンポンプの調達も専門家チームが行った。添付資料 8 に給水車による水運搬作業の運用方法を示す。

2020 年 11 月に運搬作業を開始したが、第 6 回 SC の決議に従い、各サイトの WASAC の配水管網による給水状況の改善度合いにより漸次サイト数を減らしながら、2021 年 9 月に作業を終了した。給水車による水運搬ロス率は 3.0%であった。

本活動により、住民は下記に示す新型コロナウイルス感染症予防の恩恵を受けた。

- ✓ 総給水量 : 43,233 m³ (公共水栓給水量)
- ✓ 総コスト : 259,480 USD (水運搬単価 : 6.0 USD/m³)
- ✓ 受益世帯数 : 約 5,200 世帯
- ✓ 受益人口 : 約 26,000 人

2021 年 9 月に JICA 実施のマスタープランプロジェクトを通じて JICA から WASAC に新規調達の給水車(容量:6m³)が供与され、WASAC 自身による運用が開始された。本技プロの活動で培った給水車による運搬作業のノウハウを WASAC に引き継いだ。

3.2 三国水道事業体域内連携の活動

JICA は、グローバル・アジェンダ「持続可能な水資源の確保と水供給」において、水道事業体のナレッジの創出とその共有を重視している。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た。

2018 年 11 月にルワンダにおいて、第 1 回ワークショップ「無収水対策ベンチマーキングワークショップ」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(WASAC)、マラウイ(LWB)、ケニア(EWASCO)の 3 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た。第 2 回ワークショップは、LWB が主催し「無収水削減に係る好事例・失敗の教訓」をテーマに 2019

年 9 月にマラウイにて開催された。第 3 回ワークショップは、EWASCO の主催で、2021 年にケニアでの開催を予定したが、新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響により延期された。

域内連携の取り組みでは 3 水道事業者が自主的に設定した活動を日々行っており、2 ヶ月毎にオンラインでの進捗報告会議を開催し、また年 1 回開催されるワークショップは、これらの活動の最終報告の場としても位置付けられている。JICA 事務所、専門家が本活動への助言等必要な支援を行っている。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る。

第4章 プロジェクト評価

4.1 DAC5 項目による評価

終了時評価の解析に適用した 5 つの評価基準を下表に示す。評価基準として、「高い」、「比較的高い」、「中程度」、「比較的低い」、「低い」の 5 段階を使用した。

表 4.1 DAC 評価 5 基準による評価の視点

評価基準	定義
妥当性	介入の目的およびデザインが、受益者のニーズ、政策、優先順位に対応し、状況の変化に応じて対応し続ける度合い。当該国の開発政策、上位計画、ニーズ等との整合性等
有効性	介入の目的と結果の達成又は達成見込みの度合い。諸集団の異なる帰結を含む。プロジェクト目標の達成度や阻害要因の影響、アウトプットとプロジェクト目標の関係性等。
効率性	介入の目的と結果の達成又は達成見込みの度合い。諸集団の異なる帰結を含む。アウトプットの達成度とインプットとの関係等。
インパクト	介入により生じた又は生じると予期される、重要な正又は負の、意図された又は意図されない、高次の効果の度合い。上位目標の達成度への寄与、政策や地域への貢献度、他プロジェクトへの貢献等。
持続性	介入の純便益が継続する又は継続する可能性の度合い。政策面、技術面、組織面、財政面等の持続見込み。

出典：JICA事業評価ガイドライン、2014年5月

4.1.1 妥当性 (Relevance) : 高い

本プロジェクトは、ルワンダ国の政策ならびに日本の対ルワンダ支援政策に整合した取り組みである。また、一連の活動や活動の方向性は、関係機関のニーズに整合している。

1) ルワンダ政府の政策との一貫性

ルワンダの中長期的な国家開発政策である「VISION2020」は、全ての国民が 2020 年までに清浄な水にアクセスできるために、水セクター開発の目標を示している。この方針は、「ルワンダは、2020 年までに全ての人がきれいな水にアクセスできるように、水資源の保護と効率的な管理、水施設整備に投資し続ける」と明確に述べている。VISION は NRW 管理の重要性を明記していないが、政府の目標の実現に向けて、必要な投資に NRW の問題が含まれていると解釈するのが妥当である。

本プロジェクトの開始後、政府は 2017 年に 7 年間の政府プログラム「変革のための国家戦略 2017-2024」を発表した。このプログラムは、すべての国民の清浄な水へのアクセスが、水道システムの建設、延長、改修へ投資を通じて 2024 年までに実現されることを再宣言している。さらに、MININFRA が主導するセクター政策である国家水政策 (2016 年) は、水サービスの運用効率を最適化するための NRW 削減の重要性を訴えている。全体として、プロジェクトは、ルワンダ

政府の方針に沿ったものであると評価される。

2) 日本の ODA 政策・計画との一貫性

ルワンダ国に対する日本の 2017 年の国別開発協力方針は、「VISION2020」の施策と一致した「持続可能な成長、貧困削減、雇用創出の促進」を第一の目標としている。この施策は、持続可能な清浄な水の供給や衛生サービスを含む社会サービスの改善を支援の重点分野の一つとして強調し、「日本は農村給水だけでなく、首都キガリを含む都市給水も強化する」ことを述べている。

この方針に付随するローリングプランは、清浄な水へのアクセスを改善するために、日本が技術協カスキームを利用することを示している。プロジェクトは、「水と衛生の改善」支援部門の主要プロジェクトの一つとして位置付けられている。このことから、日本の援助方針との一貫性が確認される。

3) WASAC のニーズとの一貫性

本プロジェクトが始まる直前の 2013/14 年には、主に不適切な NRW 管理が原因で、キガリ市の NRW 率は 41%と評価されていた。MININFRA や WASAC を含む政府当局者は、漏水、違法使用などに対する対応を行う必要性を認識していたが、当時の WASAC は、必要な対応を行うのに十分な技術的能力と経験を持っていなかった。

この状況下において、WASAC の必要性に応じて、プロジェクトでは様々な分野において技術を移転した。分野は、漏水探知、配管修理、圧力管理など、企画から現場作業まで幅広く取り上げた。技術移転と並行して、現場作業の必要性や効率を考慮して、必要な機材や施設も提供された。全体として、プロジェクトは WASAC のニーズに応じて来たと評価される。

4.1.2 有効性 (Effectiveness) : 比較的高い

プロジェクトの目的のほとんどの指標の目標が達成されているため、プロジェクトの有効性は高い。

プロジェクトは、1)計画、2)技術および3)技術の適用における技術的能力向上において成果を示した。COVID-19 対策により NRW 率測定システムの設置が一時中断されたため、機材調達の進捗に遅れが生じたが、プロジェクト目的の最も重要な部分がほぼ達成されたと評価できる。プロジェクト全体の進捗には下記要因が影響した。

1) 域内協力ワークショップの効果

本プロジェクトではマラウイやケニアとの域内協力ワークショップは、WASAC の知見を広めるのみならず、業務へのモチベーション向上にも繋がった。

本プロジェクトは、マラウイとケニアとの「水利用地域パートナーシップ」の枠組みの中で、近隣諸国の水道事業者との関係を強化することを奨励した。プロジェクトは、参加者が積極的に NRW 削減に関連する経験を共有するために、ルワンダとマラウイでのワークショップの開催を支援した。WASAC は、視野や知識の拡大だけでなく、NRW 削減に取り組む意欲を高めることに貢献した。

表 4.2 三国域内連携ワークショップ

	ワークショップ名	参加者数	開催地	水道事業体	期間
1	水道事業体域内連携	31	ルワンダ	ルワンダ(WASAC)、マラウイ(LWB)、ケニア(EWASCO)	2018年11月4日 -9日
2	水道事業体域内連携	62	マラウイ	ルワンダ(WASAC)、マラウイ(LWB、BWB、NRWB、SRWB、CRWB)、ケニア(EWASCO)、日本(YWWB)	2019年9月23日 -27日

2) プロジェクト活動や投入の柔軟な調整

プロジェクトは、パイロット活動を通して、対象地特有の地理・自然条件に鑑みた、有効性の高い無収水率削減対策を明らかにした。プロジェクトが実施した無収水削減対策の1つは、PDMに記載がなかった水圧管理であり、関連する活動やそのための機材は、当初の計画には含まれていなかった。しかし、プロジェクトはその重要性を認識し、水圧管理活動の実施と機材の投入を活動項目に追加した。その結果、パイロットプロジェクトでの実施により水圧管理の有効性が確認された。プロジェクト活動の柔軟な変更により、プロジェクトの有効性が向上した。

3) 無収水削減5ヶ年戦略計画の早期策定

プロジェクトは5ヶ年戦略計画を出来るだけ早期に定め、そのうえでプロジェクト期間中に同戦略を実施—モニタリング評価するという、ひとつのサイクルを出来るだけ多年度に実施できるよう努めた。

プロジェクトは、プロジェクト期間の中間段階で5ヶ年戦略計画を策定し、その後、計画によりPDCAサイクルの実経験を可能な限り多く行おうとした。その結果、2年間でPDCAサイクルを経験することを可能にし、計画とモニタリングの能力開発に繋がった。プロジェクトの最終年度に5ヶ年計画の最終成果を策定することを考えると、5ヶ年戦略計画の策定時期を早い段階に設定したプロジェクトの運用スケジュールは、計画能力を高めるための貢献要因の1つであることが評価できる。

4) プロジェクトデザイン(パイロットプロジェクト)

パイロットプロジェクトで何を試行し、その試行結果をどのように活用するかといった道筋が的確であり、効果を上げた。具体的には、①最も効果の高いNRW対策を特定することに注力し、②その結果を中長期の戦略計画に反映させた。

NRW プロジェクトに関する JICA の方針は、対象地域に対する最も合理的かつ実現可能な NRW 対策を見つけて特定し、その対策を中長期的な戦略計画に反映することを目的として、パイロットプロジェクトを実施すべきであると強調している。世界における NRW 関連プロジェクトの有効性を改善するための重要な活動としている。今回のパイロットプロジェクトの設計は、この方針と正確に一致しており、実際に具体的な成果を生み出した。この一貫性は、パイロットプロジェクトが正しい方向で進捗し、それに応じて有意義な結果を生み出した。

5) プロジェクト長期専門家との協調体制

常駐の長期専門家が投入され、カウンターパートと専門家チームの間に立ち、両者間の情報伝達やプロジェクト活動のフォローアップにおいて貢献した。

技術業務に加えて、長期専門家は、カウンターパートと専門家チームとの間の橋渡し役となり、プロジェクト活動の管理とフォローアップの改善に貢献した。

6) 阻害要因

プロジェクトの成果と目標の達成を阻害した要因として、下記 2 点が挙げられる。

- モニタリングシステムに関する資機材調達の調達業者決定の遅延
- 新型コロナウイルス感染症による現地業務の停滞

NRW 率測定のためのモニタリングシステムの機材調達とその設置は当初のスケジュールより大幅に遅れたが、これは第一に日本側の機器調達業者選定に関し、長期の入札・承認プロセスを要したことにより生じた。これは、NRW 率測定のためのモニタリングシステムの完成の遅れにつながり、さらに、プロジェクト期間の延長を引き起こした。

第二に、新型コロナウイルス感染症の感染がプロジェクトの活動に影響を与えた。新型コロナウイルス感染症の感染拡大に伴う専門家と業者の派遣の制限により、専門家は終了時評価まで 2020 年 4 月から 2021 年 3 月まで、ルワンダにて活動することができなかった。その間、モニタリングシステムの設置など現場作業は、中断された。日本とルワンダのインターネットを使用した通信は継続したが、効率の悪さは避けられなかった。また、この影響によりモニタリングシステムの機材調達と設置がさらに遅れ、さらなるプロジェクト期間の延長を招く結果となった。

4.1.3 効率性(Efficiency) : 中程度

日本側専門家はプロジェクトの技術支援対象に即して、効率的かつ効果的に投入された。ルワンダ側の人員も NRW 課に加えて NRW 削減に関わるすべての本社の関連部門および支社から投入が為されており、妥当であった。

他方、無収水率測定システムの機材調達遅延の影響で同システムの稼働開始の遅延、更にはプロジェクト期間全体の延長といった影響が生まれた。また、研修効果の普及や定着の観点からは、一部の研修資機材の数量が不足気味であった。

設備調達の遅れは NRW 率測定システムの構築、さらにプロジェクト期間全体に悪影響を及ぼした。全体として、効率は「中程度」と評価される。

1) 人材投入

日本側

日本側の人材の投入内容は、プロジェクトが目標とする技術分野に応じて適切であった。専門家、現地スタッフ、長期専門家から成る専門家チームの構成は、技術移転の内容を充実させ、コミュニケーションとモニタリングを密に行うことを可能にした。

ルワンダ側

ルワンダ側も、プロジェクトの実施のために効率的な人材投入を行った。対応した部門は、NRW 課に加えて、全ての関連部門と支社から割り当てられた。プロジェクトへの参加の程度については、本来の職務との競合により、プロジェクトへの参加時間を確保するのが困難な人もいた。しかし、困難な場合でも、毎週の会議や他の機会を通じてプロジェクトに参加する努力を続けた。全体として、ルワンダ側による人材投入は適切であると評価される。

2) 資機材の投入

プロジェクトの供与機材は、プロジェクト活動に必要な項目である。それらは十分に活用され、成果とプロジェクトの目的の達成に貢献してきた。PRV や FV などの追加投入は、プロジェクト活動の有効性を高めた。一方、長期の調達プロセスと新型コロナウイルス感染症の影響により NRW 率測定システムの導入が遅れた。NRW 率測定システムの確立に関して、成果 4 の達成に遅れをもたらした。さらに、研修効果の普及の観点から、一部の設備の投入量が不十分であった。

成果 2 の活動において、1 セットの機材を使用し、6 支店に対して集中的な漏水管修理の訓練を実施したが、支社では同タイプの機器を保持していなかったため、研修後に訓練結果の習熟が図れない状況にあった。もし、プロジェクトにおいて機材の追加投入を行うことができれば、支店レベルにおいてより広範囲な訓練効果が望めたと考えられる。全体として、機器入力に肯定的な部分と教訓とすべき点の両方を持つ結果であった。

3) 予算

予算額と支払い時期は、プロジェクトの実施に適していた。

4) 補足的な効果と重複活動

本プロジェクトに補完的な効果をもたらした他のプロジェクトはなかった。他方、本プロジェクトの情報と教訓は、別の JICA プロジェクト「キガリ市上水道改善整備マスタープランプロジェクト」に反映された。マスタープランプロジェクトでは、水圧管理の重要性をより強調し、配水エリアのブロック化の導入に、より効果的な圧力管理を行うことを提言している。また、JICA 無償資金プロジェクト「キガリ市中央北部給水サービス改善計画」の準備のために有益な情報や教訓を提供した。これは、プロジェクトが情報提供者の観点から他のプロジェクトに貢献したことを意味する。

4.1.4 インパクト (Impact) : 比較的高い

「WASAC が NRW 対策を適用し続ける」という総合目標の達成が見込まれている。ただし、上位目標を目標年までに達成することは難しく、より多くの時間がかかると思われる。一方、プロジェクトの波及効果として、①三国域内水道事業体連携プラットフォームの構築、②第三国研修の受け入れ（ギニア水道公社）、③パイロットプロジェクト対象地での断水軽減といった、組織面、社会面での発現が見られる。全体として、活動結果は比較的高く評価され、負の影響は認められない。

1) 組織的な側面

✓ 水道事業体地域連携の確立

水道事業体間の地域連携はプロジェクトの支援を通じてルワンダ、マラウイ、ケニアの水道事業体間で設立された。この連携活動として、共通の NRW 削減活動項目を設定して進捗状況、成果を発表する 2 ヶ月毎に開催されるオンライン会議や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る。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機能している。

✓ ギニアの水道事業であるギニア水道公社からの第三国研修の受け入れ

WASAC は 2019 年 12 月にギニアから第三国研修プログラムの研修生 4 名を受け、WASAC が取った NRW 対策について説明し、様々な機器の使用につき説明した。研修によりギニア水道公社は無収水対策を行う担当者としての役割の重要性を認識し、今後の展開へのヒントを得ることができた。

2) 社会的側面

✓ パイロットプロジェクトエリアにおける断水の軽減

パイロットプロジェクトで行われた一連の NRW 対策は、漏水修理作業による断水の頻度を減少させた。一部地域の住民は、水供給状態の改善度を享受した。

4.1.5 持続性(Sustainability) : 中程度

下記の側面を考慮すると、持続可能性は中程度と評価される。

1) 政策面

ルワンダ政府は国家目標の一つとして、「VISION 2020」において「すべての国民が清浄な水にアクセスできる」を掲げ、次に続く国家計画である「国家変革戦略 2017-2024」も同様の目標を掲げている。また、MININFRA は水サービスの責任ある省として、NRW 削減の重要性を強調している。ルワンダ政府は今後も無収水対策を「清浄な水への 100%アクセス」実現のための重要な政策テーマとして位置づける可能性が高く、政策面での持続性は高い。

2) 組織面

組織面について WASAC は、妥当な組織構成を掲げているものの、実際には空席ポストが多く、且つ非正規職員が多数を占めるといった課題が見られる。計画と実際の組織構造の間にはずれがある。WASAC が NRW 削減対策に取り組むためには、本社や支社の職員の増加が不可欠である。

3) 技術面

WASAC のカウンターパートの技術知識とそのスキルは、プロジェクト期間中に大幅に強化された。次のステップは、他の職員に、得た知識を広めることであるが、この目的のために、WASAC の内部トレーニングシステムを利用することができる。プロジェクトが作成したトレーニングマニュアルで NRW のトレーニングコースを設定する準備ができている。カウンターパートはコースの内部トレーナーとして働くことができる。技術面については本プロジェクト期間中に関係者の能力が大きく向上しており、且つ WASAC に内部研修制度が定着していることから、一定の持続性があると評価できる。

4) 財務面

財政面は引き続き懸念事項として挙げられる。WASAC が決定に関与できない、水道料金の設定が WASAC の予算、ひいては無収水対策に係る充当予算に影響する構造となっている。これまでの予算実績に照らしても、楽観できない状況と言える。

NRW 削減作業を継続するためには、まず、維持管理のための予算の確保が必要である。第二に、プロジェクトが主張した対策のためのより多くの予算、すなわち、水圧管理のための施設改善と給配水管（老朽管と低品質管）の更新のための予算が必要である。

WASAC は、必要な費用をカバーするために水道基本料金を引き上げるとともに、組織としての収益を増やす必要性を十分に認識している。しかし、水道基本料金の値上げについては規制の枠組みがあり、WASAC が独自都合によって改定することは許可されていない。この規制の枠組みを考慮すると、財政面の持続可能性を確保するためには、関係当局とのより多くの協議が必要となる。

金融の持続可能性は、WASAC による NRW 削減に対する継続的な取り組みを実現するための重要な要素であり、挑戦的な要素である。

4.1.6 結論

プロジェクトは、成果 1：能力向上の側面、成果 2：技術的側面、成果 3：技術適応の側面、および成果 4：NRW 率測定システムの確立の 4 つの側面からアプローチを取った。4：NRW 率測定システムの遅れを除き、プロジェクトは着実に進捗したことが確認された。

また、パイロットプロジェクトの教訓を通じて、NRW 削減に対する効果的かつ実現可能な対策を獲得した。これは、プロジェクトの重要な成果の 1 つとしても指摘されている。組織面や社会面でもインパクトが見られた。マラウイとケニアとの地域水道事業者関係の推進は、プロジェクトが生み出したインパクトのハイライトの 1 つである。

一方、本プロジェクトは、機材調達プロセスの遅延の影響で NRW 率測定システムの構築が困難となったことにより、プロジェクトの効率に影響を及ぼした。持続可能性に関しては、技術的側面にほぼ問題のないことが確認されているが、組織面や財務面では依然として課題に直面している。

全体として、プロジェクトの目的はほぼ達成されている。NRW 削減に向けた方向性と対策は、WASAC において明確かつ相互に共有されている。しかし、これらの NRW 削減対策を実施する上での将来の懸念事項として、組織面や財務面での持続可能性の課題が依然として残っている。NRW 削減の取り組みを継続するためには、これらの懸念の緩和に向けて進む必要がある。

4.2 プロジェクト運営上の課題

活動項目毎の課題としては下記が指摘される。

(1) プロジェクト目標 無収水削減対策の計画的実施

WASAC の経営層は、パイロットプロジェクトの結果によって NRW 削減活動の効果を認識している。そして、その活動は既に各支店において展開されつつある。WASAC の年間活動計画 (Action Plan) は、各支店の状況を考慮して本部で作成され、これに基づき予算が配分される。しかし、

この配分率が極めて低い（2019/2020 年の場合では必要予算の 19%）ため、5YSP の中で作成する各支店の計画も予算と結びついておらず、多くの活動が実施できない状況にある。各支店において将来的により明確な NRW 削減活動計画が必要であるが、下記の課題がある。

- ✓ 年間活動計画に従って予算が計画通り執行されていない。
- ✓ NRW 削減活動のための機材調達・設置費用を要求するための調査が不足している。
- ✓ 予算案作成のための基礎となる標準図、基準費用が整備されていない。

(2) 成果 1 無収水削減の計画策定能力

5YSP が策定されたので、今後はこれをベースに年度ごとの実績/実情に合わせて NRW 削減活動がより良く進められるように更新していくことが求められる。それらの活動は成果 3 のパイロットプロジェクトにおいて活動の費用対便益の検討を行った結果、効果に妥当性があることが証明されている。

しかしながら、無収水削減の計画策定能力は向上したものの、活動資金が不足している。WASAC は資金獲得のため、水道料金の改定に係る RURA を含む意思決定機関とのコミュニケーションを強化することが求められ、NRW 削減対策の初期投資には多額の投資が必要であり、水道料金改定が必要であることを理解してもらう必要がある。

また、計画を策定するためにキガリ市及び地方の全施設につき調査（漏水が多く更新を必要とする配水管網、高水圧エリア、配水池機能）が必要であるが、WASAC のインフラ施設が複雑であるにもかかわらず既存施設の情報が十分に整理、分析されていない。無収水モニタリングデータ、配水管網データ、顧客データ等の分析、顧客メーター、高水圧対策、給配水管の更新、漏水調査・探知等の調査作業実施のための組織強化が必要である。

(3) 成果 2 無収水管理に係る知識、技術

無収水削減マニュアルの作成は終えたが、さらに WASAC の削減活動における知見を取り組み随時アップデートしていくことが肝要である。また、WASAC 内で無収水管理技術の展開を図るため、本マニュアルを使用した研修プログラムを策定し、WASAC の支援局（SSD）との連携を行い WASAC のトレーニングコースに組み込むことが必要である。

研修項目を 11 項目設定したが、それぞれにつき講師を選任し、具体的研修内容、教材については選任された講師が検討することが求められる。講師は、プロジェクトで研修を受けた WASAC の分野毎の管轄部署の職員が適切であるが、まだ選任には至っていない。

(4) 成果 3 無収水管理の対策実施能力

1) WASAC の活動実施体制

パイロットプロジェクトにおける OJT 活動を通して、WASAC の C/P は効果的な NRW 削減の手法を習得した。今後は、各支店において①高水圧管理、②給配水管更新、③漏水調査・修理、④配水池管理、⑤料金請求データ管理、⑥顧客メーター管理の具体的な活動を実施していく必要がある。しかしながら実施に当たって下記等の課題がある。

- ✓ 圧力管理、漏水調査を行うための職員と機材不足
- ✓ 配水管網設備の不足、老朽化（境界弁、配水弁、空気弁、配水池フロートバルブ等）
- ✓ 給配管更新、修理のための資材及び作業用工具の不足
- ✓ 配水管網の長さ、顧客数に応じた適正な職員数の不足（テクニシャン、配管工、人夫）
- ✓ 配水管網の管理に必要な車両、モーターバイクの供給不足
- ✓ 作業に必要な業務用携帯電話の不足
- ✓ 作業を阻害する時間給水（Rationing）
- ✓ 作業報告処理の不足

漏水を発見しても修理を行わなければ、無収水は削減されない。しかしながら、現実の問題として、短時間で適切に修理するためには多くの課題がある。修理を担当する支店において十分な修理用資機材が確保されていない。支店には予算が無いため本部からの供給を受けねばならないが、そのための調達計画がなされておらず、適正な予算配分が行われていない。

また、配水管網内の管理用バルブの不足は明白であり、配管の主要分岐部の管理用バルブの設置を進めることが必要である。漏水修理の度に住民は断水を強いられている。管理用バルブは、修理工事の場合の断水の影響範囲を縮小化する。また、漏水調査のステップテストを容易にすることができる。

2) 無収水削減対策による余剰水の有効利用

漏水削減活動の効果発現において留意すべきことは、活動によって生まれた余剰水量が有効に利用できなければ、削減活動の効果発現（水道料金の増収）はあり得ないということである。

あるエリアでの活動によって生まれた余剰水量が当エリアで顧客に使用されなければ（顧客数、需要量の限界）、他のエリアで利用されなければならない。しかし他のエリアにおいて漏水削減対策がなされていなければ、そのエリアの漏水となってしまう。パイロットプロジェクトでの既存配水管網における分析によると、配水量と使用量の相関よりも、配水量は漏水量との相関が強いことから明らかである。また、その余剰水を必要とする顧客の需要（用途先）があることが必

要であり、そのための給水管の拡張整備が必要とされる場合もある。収益の増収につなげるために給配水管網をどう改善すべきかについては広域的に検討する必要がある。給水量が不足するエリアへの給水や新規エリアへの配水強化のための配水管の拡張整備、あるいはそのエリアへ配水するための配水管理方法の策定が必要となる。

このことから、あるエリアの漏水削減対策を行っても、其れに繋がるエリアにおいて漏水削減を計画的、戦略的に連続して広域的な活動を行わなければ、削減効果は早期に、また顕著には出ない。その意味で、他実施プロジェクト（AfDB や JICA の MP により生まれるプロジェクト）における配水管網整備との連携は重要である。

(5) 成果 4 モニタリングシステムによる測定体制の構築

モニタリングシステムは 2021 年 9 月に概ね構築され、無収水率計算のためのシステムの基盤が整った。懸案事項として処理すべきことは、日本側は部分完工後の 6 ヶ月と 12 ヶ月点検までに、検査未了の機材につき検査を終了させ、JICA との契約要件を全て終了させることであり、WASAC 側は 16 ヶ所の流量計の据付を終えることである。

4.3 プロジェクトから得た知見

(1) 無収水の内訳

Kadobogo（エリア 1）、Ruyenzi（エリア 2）の 2 つのパイロットプロジェクトを実施して得た無収水の内訳は、物理損失が 80%～90%程度、商務損失が全無収水量の 10～20%程度であった。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った。

表 4.3 Kadobogo NRW 率ベースライン値の内訳

項目	コマーシャル損失水量(20%)				物理損失(80%)		全損失
	メーター器差	メーター交換時請求量	不法利用	ゼロ消費請求量推定	地上漏水	地下漏水	
ベースライン値内訳	0.5	1.2	0.5	5.3	11.9	17.9	37.3%
損失の比率	1	3	1	15	32	48	100%

表 4.4 Ruyenzi NRW 率 NRW 率ベースライン値の内訳

項目	コマーシャル損失水量(10%)				物理損失(90%)		全損失
	メーター器差	メーター交換時請求量	不法利用	ゼロ消費請求量推定	地上漏水	地下漏水	
ベースライン値内訳	0.7	2.0	0.7	3.4	61.6		68.4%
損失の比率	1	3	1	5	90		100%

(2) 基幹送配水施設の適正な配置計画及び運用の重要性

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る。水量的に送・配水することを主目的とし、圧力対策に配慮した施設整備がなされて来なかった。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る。

漏水を防ぐには設計水圧を設定し、給配水管及びそれらの関連設備に過剰な圧力が生じないための配水施設の配置としなければならない。また使用する給配水管及びそれらの関連機材は設計水圧に耐えうるものでなければならない。施設、機材が漏水の生じないように適正に施工される必要があることは言うまでもない。

(3) 配水エリアのブロック化及び配水池の機能

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ない。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る。ただし、既成の配水管網をブロック化し直すには通常、調査、設計、施工に多くの費用と期間を要する。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こななければならない。

配水池は配水量の調整機能を持つとともに、高い送水圧を配水エリアに対して減圧する機能を持つ。しかしながら、WASAC の既存管網においては、他の標高の高い配水エリアへ送水するためや、貯水のオーバーフローを防ぐために、配水池本体を介さないで配水池のバイパス管を使用した送配水を行っている場合が多く見られる。このことが、配水エリアに対して高圧の配水を行い、配水管網の漏水を発生させる大きな原因となっている。また、配水池へ向かう基幹送水管の途中から配水エリアに直接分岐して配水することも高水圧と漏水発生の原因となっている。

配水池の再整備を基本とした配水ブロック化の見直しが望まれるが、基本的には、施設計画当初から無収水対策に配慮した施設整備をすることが重要である。また、無計画な施設改造は慎むべきである。下記点に留意した再整備が望ましい。

- ・設計水圧を基準とした、標高に合わせた配水ブロック化の形成
- ・上記の為の、主配水管の再配置、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
- ・モニタリング及び維持管理手法の確立、維持管理の実施
- ・予算請求のための、調査、整備費用の見積もり書作成

(4) 高水圧の低減による漏水の抑制 (PRV の効果)

漏水箇所での漏水量は、その地点の水圧によって変動する。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 (Q_{mnf}) 及び漏水発生数の減少によって検証された。従って、高水圧の低減のために PRV の設置を奨励する。

漏水の多くは地下漏水である。しかし、その漏水の調査・探知に多大の労力を費やしても、地下漏水箇所を発見し、修理することは困難である。しかしながら、漏水箇所が特定できず漏水修理ができなくても、高水圧の低減を行えば漏水が抑制されることがパイロットプロジェクトの実施により明らかになった。

また、高水圧の低減を行わない限り、漏水修理の効果には限度があることが分かった。WASAC の漏水修理作業の経験で明らかであるが、高水圧の状態において漏水修理を行っても、新たな漏水が再発し、せいぜい現状維持止まりであり、漏水の削減を行うことはできない。このことは、漏水修理が月当たり平均で Kadobogo では 10 件、Ruyenzi では 28 件の修理が繰り返されていたが、PRV 設置にて圧力低減を行った結果、漏水の発生数は明らかに減少したことから分かる。

しかしながら、留意すべきことは、高水圧の低減は漏水の抑制処置であって漏水の完全な除去は行えないということである。漏水を完全に除去するためには、原因物である漏水箇所の修理や配管の更新を適正に行うしかない。また、敷設された配管の漏水の発生を未然に防止するために適正な圧力管理を行うべきである。PRV 設置後は、適正な圧力管理を持続するために PRV の二次圧 (下流側の圧力設定値) が適正に管理されているか定期的に確認を行うことが重要である。

(5) 配水量の管理

配水管網はパイプラインの水理的閉鎖システムであるから、配水エリアへの配水量 (Input Volume) とエリア内の使用水量 (Billed Volume) には高い相関関係がなければならない。しかしながら、Kadobogo と Ruyenzi のパイロットエリアにおける月合計の配水量、使用水量、無収水量の相関分析の結果からは、明らかに、配水量と使用水量との相関は低く、配水量と無収水量の相関が高いことが示された。

このことは、配水量が住民の使用水量に連動しているわけではなく、住民の必要とする以上の水量が配水され、その過剰な配水量が漏水となっていることを示している。過剰な配水の原因はエリアの流入点での過剰な水圧と、エリア内の劣悪な給配水管網の状態である。従って、配水エリアの流入点において、この過剰水をカットするための配水量管理をすれば、漏水量を抑制することが可能である。配水量の管理すなわち圧力管理を行うために、PRV を設置することが有効である。

表 4.5 パイロットエリアにおける配水量、請求水量、無収水量の相関

Result of Correlation Coefficient of Pilot Project

Pilot Area	Correlation Coefficient (R ²)				Remarks
	Whole	PM1	PM2	PM3	
Kadobogo					
NRW Rate%	27	22	38	29	
Input-Billed	0.12	0.63	0.23	0.06	Should be correlated. But actually low.
Input-NRW	0.75	0.64	0.96	0.88	High correlation
Billed-NRW	0.04	0.08	0.43	0.01	No correlation
Ruyenzi					
NRW Rate%	58	58	62	52	
Input-Billed	0.07	0.01	0.17	0.04	Should be correlated. But actually low.
Input-NRW	0.87	0.89	0.98	0.54	High correlation
Billed-NRW	0.34	0.18	0.29	0.27	No correlation

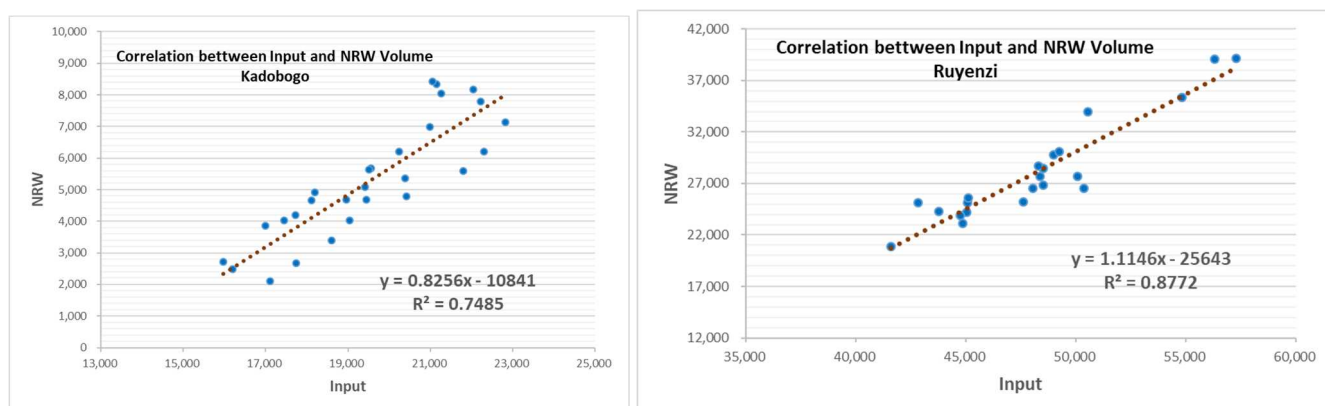


図 4.1 パイロットエリアにおける配水量と無収水量の相関

(6) 漏水調査及び漏水探知

パイロットエリアの活動を通じて、漏水調査として、夜間最小流量 (Q_{mnf}) の測定の重要性が認識された。Q_{mnf} の測定により漏水の程度を診断することができる。また漏水の多いエリアをステップテストにより絞り込むことができ、不可視漏水/地下漏水や、可視漏水/地表漏水ではあるが気がつかない漏水 (通報の無い漏水) の場所の発見に繋げることが出来る。気がつかない漏水は発見されて修理されるまで長期間漏れ続けているために漏水の総量が多量になっている。従って漏水調査、漏水モニタリングは常時実施されるべきものである。

漏水には復元性があり、特に品質の悪い材質の配管を使用し高配水圧であるエリアにおいては、漏水箇所を特定し修理を実施したとしても、別の箇所からの漏水を誘発する事が多い。このため、定期的なモニタリングを実施 (夜間最小流量、NRW 率) し、異常が見られた場合には、その都度、漏水調査を実施することが重要である。

然しながら漏水調査は容易な作業ではない。既存配管は規則性を持ち敷設されて来たわけではないので、配管形状が複雑であり、敷設位置が極めて不明瞭である。配管分岐箇所のバルブの設

置数が少なく、かつバルブが作動不良であるものもあった。このことが、流量測定作業を手間暇のかかる困難な作業としている。つまり、超音波流量計（UFM）設置場所の選定、設置箇所の配管の露出（掘削）作業、ステップテストを行う場合のバルブ不足/不良によるバルブの設置/交換、それが出来ない場合のUFMによる多点測定に手間暇をかけることになっている。

また、漏水管の絞り込みができて、センサーの接点がバルブ不足により取れないことから相関器の使用はできず、音聴探知器も、配管の埋設位置が不明瞭であること、路面が舗装されていないこと、配管が樹脂管であることから、これを使用して不可視漏水の位置特定をすることが困難であった。結局は、地面の窪み、植生の状況等から推測し、掘削を繰り返して、漏水箇所の発見に努めざるをえなかった。

このように、配水管網の敷設状況、付帯設備の状況が悪いため、特に、地下の不可視漏水を発見することは極めて困難である。しかしながら、作業に当り可視漏水でありながら気づいていなかった漏水については多数発見できた。従って、NRW率、Qmnfのモニタリングを行い、漏水の存在量が多いと判断される場合は、気づかない漏水の発見に積極的に努めるべきである。地下の不可視漏水は、その作業過程で発見できる可能性がある。

(7) 給配水管資材の品質及び施工及び漏水管の更新

漏水原因のほとんどは小口径の給配水管（HDPE、GSP）にあることが明確になった。敷設場所の条件から、施工性が容易なHDPE管が多用されている。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する。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、耐圧強度に対する配慮も欠如している。GSPは錆びて漏水の原因となっている。また、資材不足のため同種の管材を使用せず、HDPE、PVC、GSPと異なる管材、しかも耐圧強度の異なるものを組み合わせて給水管を構築しているケースが散見されるが、継ぎ手部の漏水が発生しやすい。

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ある。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る。

高水圧エリアに対しては、給配水管の敷設の前に圧力の低減処置を行うことが当然望ましいが、現実としては困難な場合が多く、その点、最低でも16barの耐圧を保障した給配水管材料を選定することが必要である。

漏水の多い給配水管は、漏水調査、漏水履歴の分析、日常配水管網の維持管理を行う支店職員の意見等により、場所と漏水量を特定し、給配水管の更新を行うことが必要である。前述したよ

うに圧力管理は漏水抑制の処置であり、根本的に漏水を除去するためには、漏水管の更新が必要である。

(8) 費用対便益の分析結果

パイロットプロジェクトの Kadobogo エリアの結果として、NRW 率がこのエリアのように 40% 程度以下であれば圧力管理と漏水修理により削減が 25%程度まで可能であった。NRW 率のベースライン値 37%から達成値 25%へ 12%の削減効果があった（一時的には目標値の 20%を達成したが、PRV の不具合により効果が持続できなかった）。

一方、Ruyenzi エリアにおいても圧力管理と漏水修理を行ったが、パイロットエリア外への送水目的で配水池のバイパス管による配水が行われているため、PRV は下流の限定されたエリアにしか設置できなかった。また、配水池に近い上流域については PRV の追加設置を行い、夜間のみでの圧力管理を行ったが、それらの効果は限定的であった。このエリアのように NRW 率が 60%を超える場合は全域に対して 24 時間を通して圧力の低減管理が可能となるよう、また、バイパス配水をやめるよう、根本的に配水方法を見直す必要があった。結果的に、NRW 率はベースライン値 68%から達成値 58%へ 10%の削減が限界であった。

しかしながら、費用対便益の検討の結果は、両エリアとも年度の差はあるが純現在価値（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た。Kadobogo では NRW 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 $NPV > 0$ 及び B/C が 1.0 以上となる。5 年度では B/C が Kadobogo では 3.6、Ruyenzi では 7.7 にもなる。また、累積便益が、Kadobogo では年間の水道料金請求額の約 100%、Ruyenzi では約 190%となる。

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ことである。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ある。

プロジェクト便益の発生方法として、無収水量の削減により有収量の増加を図る方が、生産量を削減するよりも便益が大きく発生する。

(9) 商務に係る無収水削減活動

顧客メーターは 100%設置されており、正常に稼働することが絶対条件である。多少のメーター誤差はあっても、メーターの設置率が高ければ無収水量は少ない。メーター交換の効果については、両パイロットエリアで、メーター交換前後のメーター誤差の合計量及び請求水量の合計に

つき比較したが、メーターにはプラス側、マイナス側双方の誤差があるため、無収水量改善の効果にはほとんど関係しない結果となった。

見掛けの損失水量は、メーターの器差よりも、ゼロ請求水量、請求水量推定に多く起因することが分かった。請求量の推定を行うことやゼロ消費とすることの件数を減らすことが重要である。検針を確実にを行う事は最低限の必要条件である。そのためには Casual Worker（非正規社員）である CFO が迅速にメーターに行きつけるように POC 位置図のアップデート（新規顧客、間違いの是正）を確実にを行い、POC 位置図を見ることが出来る Gadget の所持、また、POC シールの顧客の門扉への貼り付けを行うべきである。メーターの故障、不具合は検針時の確認や顧客からの通報に即刻対応し、月毎の使用量が大きく変化する場合は原因を調べる必要がある。

支店における作業は、現場作業であり、顧客、メーター、配水管網等の状況を熟知していなければ、機能的、効率的に作業を行うことが出来ない。職員個人の経験が重要である。しかしながら単年度契約の Casual Worker が支店の CFO や Plumber の任を負っており、しかもその数は支店職員数の約半数にもなっている。支店の実業務を行う上で大きな障害となっており改善が急がれる。

故障メーターは即刻修理、交換すべきである。また、許容誤差以上のメーターは顧客の料金請求の公平性を保つためにも交換すべきである。そのためにメーター調査を行うべきである。メーター検針が困難な場合は、スマートメーターにすることも検討すべきである。

(10) WASAC の労働環境の改善

1) 漏水修理数の削減

高水圧管理を行い、漏水発生頻度が低下すれば、現在各支店が忙殺されている漏水修理の手間を省くことが可能となり、漏水修理による断水も軽減される。すなわち、顧客サービスへの改善、無収水削減活動の円滑化が図れる。また、それらの結果により WASAC 職員の職務の対するモチベーションが向上する。

2) 夜間調査

Qmnf 測定、ステップテスト、漏水探知等の漏水調査は、水使用の無い、また騒音の無い夜間に作業を行うことが望ましい。しかしながら、夜間作業は、WASAC 内及び区役所への届け、安全、勤務時間管理等の手間や問題があり、できるならば避けることが望ましい。ステップテストは効率は悪いが、日中の比較的水使用の少ない時間帯での実施は可能である。流量計の使用については、データの自動ロギングが可能であるが、一般供給電源の取れない場合は外部バッテリーの準備が必要である。

(11) 漏水修理箇所の Google Earth Map を使用した位置図の作成

1) 位置図

漏水修理の記録データを図上にプロットすると、漏水の問題エリア、問題の配水管位置の目視が可能となり、この手法は漏水削減計画を立てる上で重要なツールとなる。Kacyiru、Nyarugenge の両支店では 2017 年 8 月より、XY の座標データを測定して台帳に筆記していたが、2018 年 6 月頃より 5YSP で指定した様式にパソコンでの記入を行っている。漏水修理データを日常業務において間違いなくパソコンに打ち込んで整理することは、漏水履歴を分析し、漏水削減活動の作業計画を立てるために非常に重要なことである。データ分析には Excel ファイルを活用することが有効である。

毎月漏水修理を継続しても、漏水修理数が減少しない場合は、PRV の設置か配水管の更新が必要である。活動の効果判断のために、対応後の漏水修理件数が減少することを確認する。

2) 新規顧客データの NRW 率計算への取り込み

NRW 率計算において、月々の新規顧客の請求水量を加算する必要があるが、POC の XY 座標が不明であるとエリア内の顧客かどうか図上確認ができない。新規顧客の契約時に、XY 座標の位置情報を得ておけば、Google Earth 上で、その判断が可能となる。

さらに、事前にエリア境界を GIS データに図示したものがあれば、新規顧客契約時にその顧客位置が、エリア内かどうか判別できる。例えば CFO が携帯端末でサイトにおいて確認することが可能となり、DMA コードの POC への付与が可能となる。この作業がシステム化されれば、DMA の請求水量の合計作業は CMS において自動計算され、全顧客の請求水量データからエクセルの VLookup 機能を使用して、エリアのデータを抽出する手間は必要なくなる。

因みに、2018 年の新規顧客数の実績は下表のとおりである。Nyarugenge 支店では年間の月平均は 130 件、パイロットエリアでは月平均 12 件もあり、Kacyiru 支店の月平均 78 件、パイロットエリア月平均 3 件に比して非常に多い。

表 4.6 2018 年の新規顧客数

項目	支店	Kacyiru	Nyarugenge
支店全域	2018 年	937	1,560
	月平均	78	130
パイロットエリア	2018 年	37	150
	月平均	3	12

(12) DMA 形成と配水池の整備

DMA 形成は無収水量/率算定（配水管網の維持管理）のためには必要であるが、多くの労力、時間、費用を必要とするため積極的な形成は強くは勧めない。しかし、既存の配管形状で水理

的分離化が簡易な作業（切断あるいはバルブの設置による配水管の分離）で行えるエリアについては形成することが望ましい。配水量の測定設備はそれが配水池である場合は、流量計の設置が必要であるが、配水管網の途中である場合は、携帯用 UFM での測定が可能である。

活動の評価を行わずとも、パイロットエリアの活動で効果が検証された活動は、実活動において効果が出る。無収水活動は種々の活動が複合されたものであって、DMA のエリアは配水池単位の広範囲のものであってもかまわない。

上述したように、無収水削減のための圧力管理、漏水管理にとって配水池は重要な施設である。配水池の不足、大規模な改修は AfdB や JICA の MP において計画策定されるであろうが、これを待つまでもなく、バイパス管使用 DMA の形成のような身近な問題を解決すべく、WASAC 自身で配水池の実情把握に努めて改善策を持つべきである。

(13) 無収水削減の手順

1) 物理損失（漏水）の対処

- ・ WASAC は毎月漏水修理に追われているが、修理を行っても漏水が再発する。無収水削減は勿論のこと、WASAC のこの現状を改善する上においても漏水修理数を減らすことは重要である。
- ・ 漏水再発の原因は高水圧にある。即効性かつ広範囲の効果を求めるには PRV による高水圧管理が効果的である。但し、あくまでも圧力管理は漏水の抑制であるので限度がある。
- ・ 作業順序としては高水圧管理を行った上で漏水修理をする順序にしないと、漏水が再発するため漏水修理が徒労となる。
- ・ PRV の設置を行っても NRW が増加するようであれば、漏水調査を行い、地下漏水等気づかれていない漏水箇所の発見に努める。また、漏水以外にも原因があるか検討する。
- ・ 顧客の水需要量からかけ離れた多量の配水が漏水の要因となっている。その過剰水を削減することにより漏水を削減することが可能であるため、配水量管理は非常に重要である。
- ・ 漏水量の評価は、Qmnf の測定による方法と NRW 率による方法があるが、評価の数値は必ずしも一致しない。NRW 率の計算は、請求水量集計期間が配水量の測定期間と一致しないため月単位の誤差変動が生じるし、他の要因も含まれる。Qmnf の測定を行うことが望ましい。
- ・ 圧力管理、漏水修理により、漏水は暫定的に低減するものと期待できるが、漏水の根治を実現するためには、劣悪な品質の給配水管の更新が必要とされる。
- ・ 給配水管の更新対象箇所は漏水履歴のプロットから読み取れ、また現場状況をよく知る支店職員の意見を聞くことが重要である。

具体的には、下記活動を行うことが必要である。

- ✓ 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

2) 商務損失の対処

商務損失は、前述したメーター調査の結果、メーターの管理に対する方針を下記とすることが妥当である。

- ・ メーターの設置率を 100%とすることが重要であるが、WASAC のメーター設置率は既に高い。
- ・ メーターの検定、交換には多大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。
- ・ メーターにはプラス側の誤差がある場合もあるため、場合によってはメーターの交換が無収水を増やす逆効果の場合もあり得る。
- ・ メーターの交換目的は顧客に対する料金請求の公正性と公平性にある。
- ・ 即刻交換または修理すべきメーターは下記を対象とする。
 - Defected メーター（検針時に確認）
 - Blocked メーター（検針時に確認）
- ・ メーターの精度試験をすべきものは下記を対象とする。誤差が±5%以上の場合は交換する。
 - 請求水量分析を行った結果、請求水量の異常が認められる場合
 - 検針時にメーターの針の動きや前回の請求量と比較して異常が認められた場合
 - 顧客から苦情があった場合
 - 計画的に行う場合は効率性を考慮し、使用量の多いもの
- ・ 10 年程度の周期でメーター精度を維持するために交換をする。
- ・ 検針し難い状況のメーターはスマートメーターとすることも考慮する。

具体的には、下記活動を行うことが必要である。

- ✓ 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
 - ・ 故障等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

4.4 WASAC に対する提言

(1) 5ヶ年戦略計画の見直しと策定の継続

WASAC は本プロジェクトにおいて作成した 5ヶ年戦略計画を随時レビュー、改定するとともに、今後も 5ヶ年戦略計画を継続的に作成すること。

(2) NRW 対策のための予算の確保(活動の優先順位に従った予算確保)

本プロジェクトの最たる成果のひとつとして、NRW 対策に効果が期待できる方策が明確に打ち出されたことが挙げられる。合わせて、プロジェクトではこれらの活動実施は費用対効果の面からも十分に益することを示した。今後は、この事実を対外的にも示しながら、必要予算の確保に向けた他機関、水料金の決定を担当するルワンダ公益事業規制当局（RURA）や政策決定機関、投資銀行を含む他の組織や利害関係者にこの情報を拡散し、必要な予算を確保するためのコミュニケーションを活発化すること。

(3) WASAC 本社および支社の職員の増員(組織及び制度の改編)

現在の WASAC スタッフ数は、NRW 削減作業をスムーズに行うには不十分である。本社のみならず、支社においても、スタッフの増強に取り組む必要がある。

他の課題として、NRW の活動の性格としては常に広く、複数の WASAC 内の部署と関わりがあるため、プロジェクトは時として「一つのチーム」として活動することの困難に直面した。従って、WASAC の全ての関連部署/課との間で NRW の働きがスムーズに実現できる理想的な組織構造の検討が必要である。

(4) 給水管接続のための新基準の策定(給水管の設置基準の改定)

本プロジェクトでは、漏水に係る最大の原因の一つは、WASAC の配水管網に設置された品質が規準以下の給水管であることが明らかになった。WASAC の配水管網への接続を望む新規顧客は、自身で給水管材料を購入することができるため、規準以下の品質で安価な管材料が選択され、設置されている。WASAC は、給水管の材料及び施工の品質を確保するための指針「Connection Policy (Jan. 2019)」及び制度を見直す必要がある。

一例として、日本では、規準に適合した給水装置の適正な施工を担保するために「指定給水装

置工事業業者制度」を設けている。給水管の工事は、国家試験によって認定された「給水装置工事主任技術者」の在籍する工事業業者しか行えず、この制度により、現場調査、材料選定、設計、施工管理、検査のすべてに責任を持たせている。

(5) 供与機材の使用、維持管理に必要な予算の確保

プロジェクトで調達されたさまざまな機器は、NRW削減の継続的な作業に不可欠である。WASACは、今後適切な維持管理のために必要な予算を見積もり、その予算を確保する必要がある。機器の多くは特にバッテリー部品やスペアパーツを交換する必要がある。これに対応するために修理やスペアパーツ確保のルート、地元の代理店等を確認、確保していく必要がある。

(6) プロジェクトで得た知識の普及のための社内研修(トレーニングコースの策定)

WASACは、本プロジェクトで作成した「無収水削減マニュアル」を最終化し、WASAC内に知識や技能を普及することに務めるべきである。そのために、SSDが主催するWASACの各年の内部研修プログラムにトレーニングコースを含めることが望ましい。その前提として、研修に使用する機材の補充や実作業を行う職員の体制を整えることが条件となる。研修のための教師はプロジェクトで研修をうけたカウンターパートがなり得る。

(7) NRW率測定システムの設置と運用

キガリ市の各支店の配水量を測定するモニタリングシステムは、2021年9月にほぼ完成した。また、システムにより得られた配水量データと顧客の請求水量データを使用して各支店の無収水率を計算するソフトの運用訓練も終了している。今後、完成後6ヶ月と12ヶ月目の定期点検をシステムの構築を行った本邦業者が行うこととなっている。

ただし、WASACが管理する流量計が機能していないサイト及び設置されていないサイトが16カ所あるために、各支店でNRW率を計算することはできていない。また、支店間の境界沿いの一部顧客の再登録作業が完了していない。一方、日本側の機材調達業務として、2021年9月の引き渡し検査時に検査ができなかった事項につき定期検査までに終了させる必要がある。定期保守管理を保証するために、プロジェクト期間がR/Dの変更により2022年9月まで延長された。

これらの未処理事項は、2回目の定期点検までに全て処理される必要がある。また、システムの構築は完全には完了していないものの、殆どの予定サイトの流量データを得ることのできる状態となっているため、無収水率の計算ソフトの使用は運用技術の習熟及び配水管網内の水理状況を知るために継続すべきである。

また、支店間の水理的分離のために必要な流量計の設置数は、配水管網の整備状況に応じて、逐次アップデートを図る必要がある。例えば、新たな配水管が支店境界をまたいで敷設される場

合は、流量の測定点を増やす必要がある。流量計の設置、サーバーのデータ処理システムへの取り込みが要求される。

キガリ市中央北部給水サービス改善計画（無償）において、設置される測定機器により、配水流量・配水池水位を自動監視するシステムの整備が計画される予定である。これらを将来的に今回構築したモニタリングシステムに組み入れることの可能性にも配慮する。

(8) 地域連携プラットフォームの継続とさらなる発展

ルワンダ、マラウイ、ケニアの三国間地域プラットフォーム上の活動はうまく進捗し継続するものと期待できるが、WASAC がプラットフォームをそのまま維持するだけでなく、マラウイとケニアと共にプラットフォームが今からさらに発展する方法を中長期的な観点から検討することが望ましい。

4.5 プロジェクト運営上の教訓

(1) プロジェクトの指標

プロジェクトの根本的な目標数値の設定（特に無収水率）に際し、技術協力プロジェクトだけで寄与できる効果の程度を吟味したうえで客観的に定めるべきであり、目標値が理想値になっていないか留意する必要がある。

(2) JICA の調達システム

本プロジェクトでは、JICAの業務指示書に従うと、第1期における約11ヶ月間の業務期間の中で、成果2の調査・研修用、成果3のパイロットプロジェクト構築用、成果4の4支店間の水理的分離（モニタリングシステム）用の様々な種類と多量の機材調達と、測定機器を設置するためのマンホール建設の現地再委託を実施することが求められた。中でも成果4に係る機材の調達と据付に係る作業はその構成が複雑であり、作業に手間がかかったことから、専門家の作業に本来業務外の作業で想定以上の負荷がかかり、本来実施すべき指導業務に影響を及ぼした。ある面、本来業務への注力を削ぐ結果になったとも言える。

電磁流量計の設置サイトの選定調査や試掘調査、システムの全体設計、システム構成機材調達のための技術仕様書の作成、マンホールの調査・設計及び現地再委託による建設をプロジェクト専門家側が行い、システムの機材調達はJICA事務所が行い、調達された機材の据付は専門家側が技術指導しながらWASACが行うという複雑な建付けになっていた。しかし、JICA事務所が行った機材調達の現地入札が不調となったため、入札は本邦でJICA本部が行うこととし、さらに、システム構築の信頼性を高めるために、機材調達と据付は日本の受注業者が行うこととなった。業者決定が2019年9月に決まるまでに結局3年を費やした。その後、業者の調達管理や施工管理を行っ

たが、施工業務を含みながら、調達業務という契約の建付けで行われたため、施工上の責任があいまいであった。教訓として、下記点が挙げられる。

- ・ 技術協力プロジェクトにおいて、成果4のように本体の活動に直接関係せず、しかも機材や施設の多量の調達や施工業務を含む場合は、本体業務から切り離れた別契約で実施することが望ましい。
- ・ モニタリングシステムのように多種多様な機材の組み合わせからなるシステムの構築業務は、品質を保証する観点、全体業務の円滑性の観点から、機材の調達から据付まで一括した責任施工の発注形態とすることが望ましい。システムは様々な機材の複合システムであり、整合性を持たなければ、信頼性を持つ精度の高いシステムの構築は無理である。

(3) モニタリングシステムの活用

多大な時間と費用を費やしてようやく完成したモニタリングシステムであるが、これが目的どおり有効に利用できることを期待する。モニタリングシステム構築の主目的は、キガリ市内のWASACの4支店において、さらに希望すれば、キガリ市の6支店において個別に無収水率をモニタリングすることである。そして、得られたデータを基にキガリ市の配水管網全体の無収水削減活動に役立てることであった。

留意すべき点は、キガリ市の配水管網が配水量の増加のために拡張/再整備された場合、管網の形態が変化し、そのプロジェクトの度に、配水管の支点境界の横断箇所が増える可能性があるということである。その都度、支店境界の水理的分離のために、流量計と伝送機器の追加設置とサーバーのソフトウェアをアップデートする必要がある。WASACの機材調達システムの現状を鑑みるに、これら、マンホール建設、流量計の設置、データロガー、サーバーへの伝送装置、サーバーへの取り込み追加等につきWASACが対応しきれないかが課題となる。

また、システムの機能として、「キガリ市の4支店における個別の無収水率算出のための流量データの収集」のみではなく、下記も視野に入れ、将来的には、JICAで実施中の無償資金協力「キガリ市 Nzove-Ntora 間送水幹線強化計画」、「キガリ市中央北部給水サービス改善計画」での使用センサーや、今後 AfDB 等の支援プロジェクトで計画されるであろう SCADA との統合についてもWASACは検討する必要がある。

- ・ 既存配水管網の水理的状況の把握、問題点の分析と将来の改修のためのデータの収集
- ・ 流量変化、圧力変化をモニタリングすることによる事故や、漏水の監視

第5章プロジェクトの上位目標達成への提言

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。

上位目標指標:キガリ市の無収水率 2022/23 年度:25%

5.1 上位目標達成の課題

近年配水量の増強を図るために、Nzove 浄水場の拡張、浄水場の建設/拡張 (Kanzenze, Nzove)、基幹配水施設の整備 (AfDB 支援) 等が進められている。一方、無収水率が高い状況にあり、無収水の中でも特に漏水の削減が必要であり、漏水量の削減対策が浄水場・送配水施設の整備に匹敵する優先度の高い事業であるにもかかわらず、無収水対策に焦点を当てたプロジェクトが行われて来なかった。給配水管の更新、高水圧管理、配水池管理などの大規模な投資が必要な NRW 削減対策は、予算の制約により、5YSP が上位目標達成の対策として全く追いついていない実情にある。

表 5.1 キガリ市の無収水率

Year	5 Year Strategic Plan		Actual NRW rate	
	Year	Target %	National	Kigali
2017/18			38.9%	36.3%
2018/19	1	35%	38.8%	36.9%
2019/20	2	34%	41.9%	40.3%
2020/21	3	30%	43.3%	42.2%
2021/22	4	28%		
2022/23	5	25%		

2020/2021 年度のキガリ市の NRW 率は 42.2% であった。2022/23 年度末の上位目標値 25% を達成するためには、今後 2 年間で NRW 率を 17.2% 削減する必要がある。過去 3 年間の NRW 率 (36% ~42%) を考慮すると、5 ヶ年計画の残りの 2 年間で目標値 (25%) を達成することは現実的ではない。

本無収水削減技術協力プロジェクトを実施し、WASAC は無収水対策として漏水対応のノウハウを習得した。しかしながら、キガリ市広域地域の全エリアでの無収水の削減には至っていない。無収水技プロではパイロットエリアを対象とした無収水削減方法を試行し、その技術を WASAC 全体に普及することに努めたが、WASAC 内の組織的課題、財政的課題、技プロで行える業務範囲の課題のため、それには至っていない。

パイロットエリアの面積は小さく、キガリ市全体の無収水率の削減を論じるには、施設位置の再配置、送配水管の分離・更新、配水池の整備、給配水管の更新等の給配水施設の再編成を支店内全範囲のレベルで一斉に行うような広域的な投資を進めていかなければ、目に見える効果は期

待できない。本プロジェクトの成果をキガリ市全体の効率改善に波及させるために、NRW 削減活動の内容を予算規模の大きなプロジェクトベースにスケールアップすることが必要である。

上位目標値の達成は、WASAC の利用可能な予算と開発支援パートナーからの支援予算に大きく依存している。上位目標率達成に向けて活動を継続すべきであるが、目標を達成するには長期間を要する。

5.2 上位目標達成の方針

パイロットプロジェクトの教訓として、①高水圧管理、②給配水管更新、③漏水調査・修理、④配水池管理、⑤料金請求データ管理、⑥顧客メーター管理を含む対策を優先順位付けした。しかし、特に①高水圧管理と②給配水管更新（老朽管、規準を満足しない管）の更新には莫大な予算が必要である。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ない。上位目標の達成は、今後の WASAC の予算確保に大きく依存している。

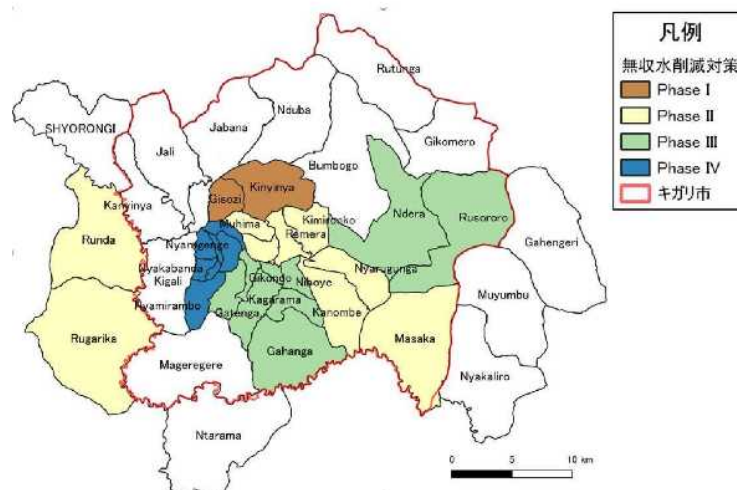
本プロジェクトの最も重要な成果の一つは、NRW 対策に有効なこれらの施策が明確に打ち出されたことである。また、これらの活動の実施は費用対効果の観点から十分に有益であることが示された。WASAC は、融資機関にこの事実を示し、有益な無収水削減の活動を計画的に実施するための十分な資金を得るために、これらの機関とのコミュニケーションを強化すべきである。

キガリ市全体への無収水削減対策を展開し、プロジェクトの上位目標を達成するために必要な投資計画はマスタープラン報告書（キガリ市上水道改善整備マスタープラン）に示されている。それによると、キガリ市の無収水削減対策は合計 4 フェーズ（計 10 年間）の長期投資計画に基づいているが、配水ブロック化、給配水施設の再編成等に対する政府資金・借款等による資金投資が不可欠である。

その第 1 フェーズとして JICA の無償資金協力である「キガリ市中央北部給水サービス改善計画」の実施が計画され、2021 年 10 月に当プロジェクトの準備調査が開始された。それによると、Kacyiru 支店から Remera 支店にまたがるエリアの配水管網のブロック化、配管更新、給水管更新等の送配水管網の再編のための投資による無収水削減が期待される。

当事業以降のフェーズにとって、同様作業の施設投資は不可欠であるが、大規模な施設改修のための資金源調達の目処は立っていない。第 1 フェーズの JICA 無償事業を契機として、政府資金・借款等による施設投資を繋げることが必要である。

このような、大規模な投資計画により、本プロジェクトの上位目標の指標である「キガリ市の無収水率 25%」の達成が期待される。



本事業

Target Areas	Reconstruction framework	Priority/Phase
Nyarugenge/CBD	The CBD and adjacent areas include the Nyarugenge, the Muhima, and Gitega sectore	Phase IV
Nyamirambo	The area includes the Kimisagara-Rwezamenvo-Nyakabanda to the Mount-Kigali	Phase IV
Kacyiru/North	The area includes the Gisozi, Kinyinya, and a part of the Remera (the Nyarutaruma)	Phase I
Kacyiru/South	The area includes the Kacyiru, the Remera, the Kimironko and the kimihurura	Phase II
Ndera Rusororo	Mainly focus on the reconstruction of the FTZ and the FTZ II through a new rode 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.	Phase III
Runda Rugarika	The area includes existing and newly developing areas in the Runda and the Rugalika sectors	Phase II
Kanombe/Masaka	Reconstruction of the Masaka existing system through the Karengel system.	Phase II

出典:キガリ市上水道マスタープラン(案)

図 5.1 キガリ市上水道 MP に示した無収水削減のフェージング

5.3 上位目標達成に向けてのリスク

今後、プロジェクトを 2022 年 9 月までに完了させ、その後上位目標達成のリスクとして下記が挙げられる。

- ✓ WASAC の組織体制の大幅な改編
- ✓ プロジェクトで研修を受けたカウンターパートの離職や移動
- ✓ 新型コロナウイルス感染症の感染の拡大
- ✓ 無収水削減活動に関わる CAPEX 予算の絶対的な不足
- ✓ 活動に必要な車両等ロジスティックの不足
- ✓ 職員数の不足
- ✓ WASAC 職員の主体性、作業時間の不足