



音聴棒を用いた漏水探知訓練の様子



AAWSA アディスアベバ市内支局(現在・新規)位置図

1. プロジェクトの背景と問題点

1.1. アディスアベバ市における無収水削減の必要性

エチオピア国の首都であるアディスアベバ市の人口は 2022 年時点で 520 万人と推計されている。現在も年間約 4.4%の増加率で人口が増加しており、2030 年には約 730 万人に到達すると推計されている。人口増加に伴い水需要も急増している。アディスアベバ市の水道事業を担うアディスアベバ上下水道公社（Addis Ababa Water and Sewerage Authority。以下「AAWSA」という。）は、2011 年に策定した事業計画において 2020 年度の計画給水量を 76.3 万 $\text{m}^3/\text{日}$ とし、急増する水需要に対応するための新規水源開発及び浄水場建設を実施する他、市全体の無収水率を 20%まで削減することを目標とした。しかし、予測を上回る人口増加により 2024 年現在の水需要は 90 万 $\text{m}^3/\text{日}$ を超えていると推計される一方で、大規模な水源

開発事業は計画策定段階にあり、2024 年現在の配水量は約 51.1 万 $\text{m}^3/\text{日}$ 程度と、逼迫する需要に対応出来ていない。無収水率も約 40%と高止まりしており効果的な対策を実施できていない。

エチオピア水セクターにおける国家最上位政策である「Water Resources Management Policy」において、水道事業は水道料金によってフルコスト・リカバリーを達成することが原則とされているが、現状は資本的支出の約 80%をアディスアベバ市の補助金に依存している。

水道料金について、料金値上げの必要性を AAWSA がアディスアベバ市に繰り返し説明した甲斐もあり、現在の水道料金である約 6~85 円/ m^3 （利用水量に応じた通増性）から段階的に値上げすることが決定され、最終的に約 30~240 円/ m^3 となる。水道料金の値上げ後は、市からの補助金依存からの脱却が求められ、効率的な水道事業運営への改善が求められる状況に変わりはない。

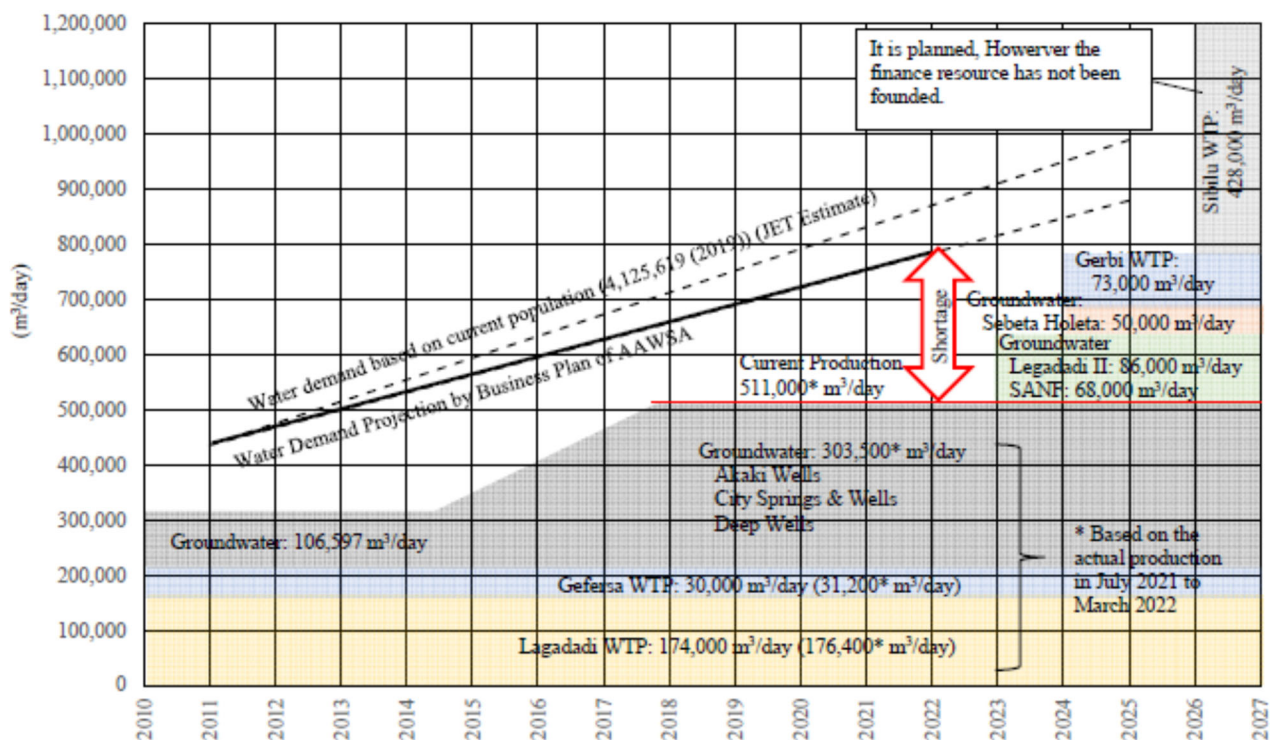


図 1 水需要と配水施設能力の乖離

1.2. プロジェクト目標及び活動内容

本プロジェクトの目標及び活動内容を図 2 に示す。

上位目標: ア디スアベバ上下水道公社において無収水削減事業の費用対効果を踏まえた水道事業経営が行われる。

プロジェクト目標: アディスアベバ上下水道公社の無収水対策の実施・管理能力が強化される。

プロジェクト中間目標: パイロット支局において蓄積された無収水対策の実施・管理能力を他支局に移転する体制が整備される。

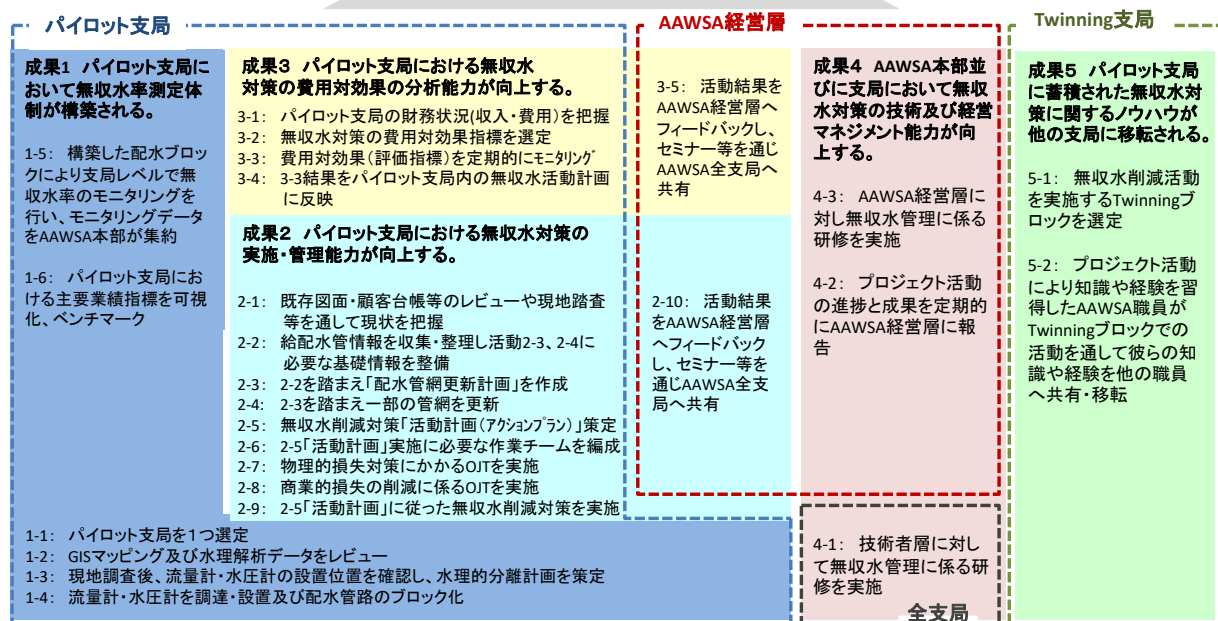


図 2 プロジェクト目標及び活動内容

2. 問題解決のためのアプローチ

問題解決のために計画している活動内容を以下に示す。

方針 1

費用対効果に基づく無収水対策活動の計画的な実施

本プロジェクトでは費用対効果に基づいて優先的な対策手法を絞り込み、支局レベルでどのような無収水対策を実施すべきかを整理した「無収水削減活動計画（アクションプラン）」を策定し、同計画に沿って OJT を通して無収水対策を行う。

方針 2

支局レベルでの無収水率モニタリング

これまで AAWSA が実施してきた DMA（顧客数 400～600 栓程度）を用いた無収水対策手法は対策規模が限定されているため、AAWSA 全体（顧客数約 60 万栓）で見た場合インパクトのある効果を上げていない。よって、本プロジェクト DMA は構築せず、より大きな単位である支局レベルで無収水のモニタリング体制を構築する。

方針 3

抜本的な漏水対策の推進、管路更新計画の策定

アディスアベバ市には、1970～1990 年代に布設された亜鉛メッキ鋼管（GS 管）が配水管及び給水管として使用されており、老朽化した GS 管からの漏水対策が課題となっている。

パイロット支局における管路更新計画を策定し、AAWSA による管路更新を推進する。

方針 4

無収水対策効果の見える化と AAWSA 経営層へのフィードバック

組織全体の経営課題として無収水対策に取り組むためには AAWSA 経営層の本プロジェクトへの積極的関与が必要不可欠である。

パイロット支局で実施する無収水対策事業の費用対効果が見える化し、定期的に AAWSA 経営層にフィードバックすることで、本プロジェクトへの積極的な関与を促す。

方針 5

成果の波及とプロジェクト期間の分割

AAWSA からは本プロジェクトに対して複数支局への技術支援が期待されている。

将来的に AAWSA 自身がプロジェクトの成果を複数の支局へと広げることを期待し、本プロジェクトは全体プロジェクト期間を 2 つの期間（ステップ）に分割し、最初の 3 年間（ステップ 1）でパイロット支局に対して技術移転を行い、残りの 1 年間（ステップ 2）でパイロット支局が別の支局に技術・ノウハウを波及させるための Twinning 活動を行う。また、AAWSA 経営層の積極的な関与を促すために、ステップ 1 で達成すべき「プロジェクト中間目標」を設定し、同目標の達成度に基づき、ステップ 2 に進むか、ステップ 1 のみでプロジェクトを終了するかを評価する。

3. アプローチの実践結果

計画したアプローチに基づき実施した内容を以下に示す。なお、以下に示す活動は 2021 年 8 月～2025 年 3 月に実施した内容である。

3.1. 成果 1 に係る活動結果

(1) パイロット支局の選定

資料収集整理及び協議の結果、図 3 に示す Kirkos エリアを対象としてプロジェクト活動を実施することになった。

【Kirkos エリアの概要】

- ・ Kirkos エリアの北部は市中心部に位置し、南部は郊外エリアとなっている。
- ・ 面積は約 2,700ha、顧客数は約 5.2 万件で、約 30～40 万人が居住している。面積及び人口で見ると東京 23 区の品川区（面積約 2,280ha、人口約 41.9 万人）と規模が似ている。

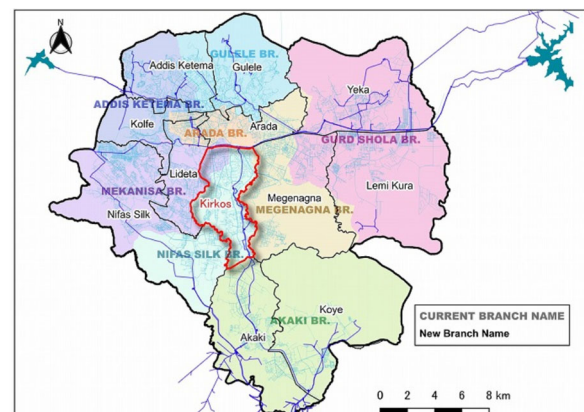


図 3 パイロットエリア選定結果(Kirkos エリア)

Kirkos エリアは表 1 に示す通り、現況の 4 支局

にまたがっている。

表 1 Kirkos エリアを構成する現況支局

支局名	占有面積	顧客数	
Nifas Silk	81.8%	41,525	80.6%
Mekanisa	14.0%	9,227	17.9%
Megenagna	2.4%	648	1.3%
Akaki	1.8%	97	0.2%
Total	100%	51,497	100%

(2) GIS マッピング及び水理解析データレビュー

Kirkos エリアについて、GIS や水理解析データを収集し、現況の水道管布設状況等を確認した。なおデータは正確ではないこともあり、都度確認が必要な状況がある。

(3) 水理的分離計画の策定

第 1 期に策定した Kirkos エリアの配水ブロック化計画では、Kirkos エリアを 11 ブロックに分割することを計画していたが、一部ブロックを分割できないことが分かり、10 ブロックに分割することに変更している（図 4 参照）。

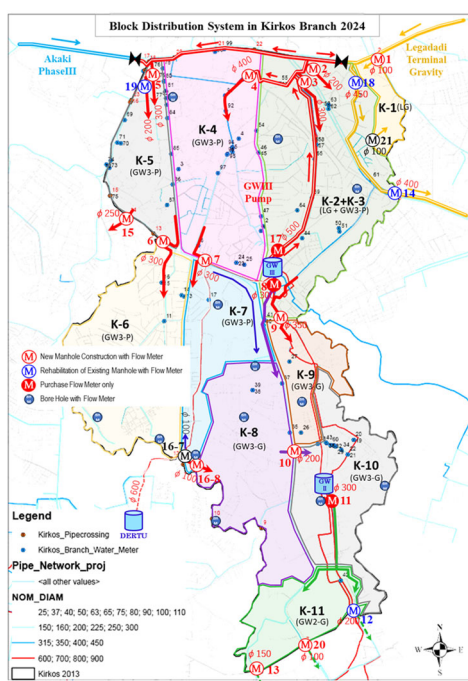


図 4 配水ブロック化計画案

配水ブロック化にあたっては、各ブロックへの配水量を計測できるように流量計を設置し水理的に分離する。それにより、各ブロックにおける無収水率を算出し無収水率が高いブロックを把握することが可能となる。無収水率の状況を基に、無収水率が高いブロックで集中的に活動を実施

でき、効率的な無収水削減活動が可能となる。

(4) 配水ブロック化の構築

上記の配水ブロックシステム計画案に基づき、配水ブロック化のための工事を実施しており、10 あるブロックのうち、現状は K-1 ブロックのみ完成しており、無収水率の測定を開始している。測定している無収水率は成果 3 の活動結果に示す。

3.2. 成果 2 に係る活動結果

(1) パイロット支局の現況調査

Nifas Silk 支局及び Mekanisa 支局に対して資料収集やヒアリング調査等を実施する他、現地踏査も行い、Kirkos エリアの現況調査を実施した。写真 1 に示すように、露出配管やスパゲティ管が確認され、課題が多い状況を確認した。



写真 1 露出配管及びスパゲティ管の状況

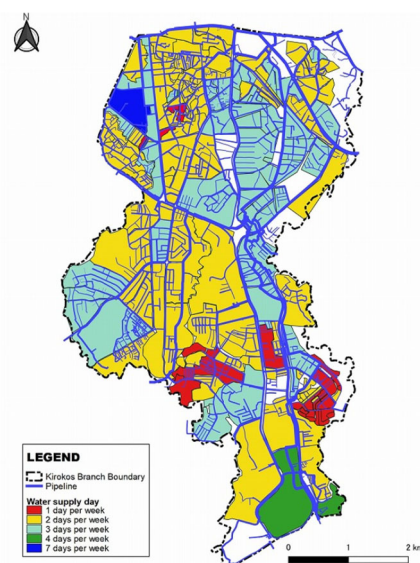


図 5 給水状況（Kirkos エリア）

配水状況については、水需要に対して配水能力が著しく不足しているため、Kirkos エリアでは図 5 に示すように、1 週間のうち 2 日以下しか給水がないエリアが半分ほどを占める。なお、給水がある日でも丸 1 日給水されるわけではなく、数時間程度の給水となることが一般的である。

(2) 管路更新計画の策定

管路更新計画に関する C/P メンバーとともに、現況確認、課題の確認、更新優先度の検討等を踏まえ、Kirkos エリアにおける管路更新計画を策定した。アディスアベバ市では、図 6 に示すようなスパゲッティ管が多く確認されているため、これについても本プロジェクトで改善を行う。

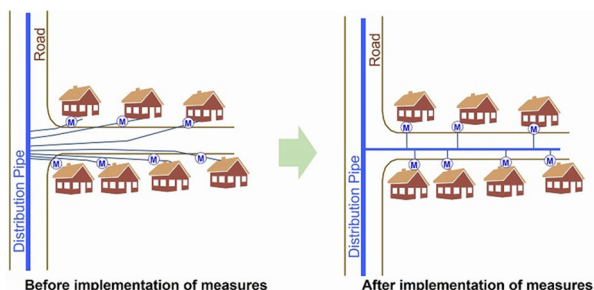


図 6 スパゲッティ管の改善

(3) 活動計画（アクションプラン）の策定

無収水削減のための主な活動としては、管路更新、漏水調査・修繕、顧客各戸調査、水道メータ交換、違法接続対策が挙げられ、これらの活動に関係する支局と計画的に実施するため図 7 に示すような活動計画を策定してAAWSAと調整の上活動を実施している。

なお、この活動計画については進捗状況を踏まえて随時更新を行っている。

Block	Branch	Phase 2																
		2023				2024												
		9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
K-1	Megenege	Preparation activity																
K-5	Mekanisa					Baseline												
K-7	Nifas Silk																	
K-11	Nifas Silk Akaki																	

図 7 アクションプランの例

(4) 物理的損失対策の 0JT を実施

1) 漏水調査

無収水量を削減する方法の一つとして漏水修

理がある。現状、地上漏水（地上から目で見えて分かる漏水）については、見つけ次第漏水修理作業が実施されているが、地下漏水（地上から見ても分からない漏水）は対策が実施されていない。

地下漏水対策を実施するためには、地下漏水箇所を見つける必要がある。そのため、漏水調査のトレーニングを実施した後、現場での漏水調査を実施した。漏水調査は、最も基本的な方法である音聴棒を用いて、漏水音を聞き分ける方法により実施した。



漏水調査研修



現場での漏水調査

写真 2 漏水調査研修の様子

(5) 管接続技術

水道管の施工品質が悪いと、将来漏水が発生するリスクが上昇する。漏水を発生させないことが最も重要であることから、管接続技術の向上は無収水削減対策の一つとなる。

管接続の技術力を向上させるために、座学・実習を組み合わせた 3 日間の研修を日本人専門家主導で実施した。また、AAWSA の自主性を促すために AAWSA 職員にも講師を担当してもらった。

第 1 回 管接続技術研修(日本人専門家主催)

研修期間 : 2023 年 10 月 31 日～11 月 2 日 (3 日間)

研修受講者 : 24 名 (本部及び支局)

研修講師 : 日本人専門家、AAWSA 職員

研修終了後のアンケート結果やディスカッションより、このような研修は AAWSA 内で現状実施されていないこともあり、研修の満足度は 90% 以上で、ほとんどの参加者が研修に満足していた。

AAWSA 側のプロジェクトマネージャーは、本研修の実施状況、参加した職員の前向きな状況を受けて、第 2 回管接続技術研修を開催した。第 2 回について、参加者を入れ替えた上で内容は第 1

回と概ね同じものの、AAWSA 主導で実施されたというところが第1回目の研修との大きな違いであり、AAWSA のプロジェクトに対する自主性が出ている状況を確認でき、日本人専門家としてもうれしく感じられる研修であった。

第2回 管接続技術研修(AAWSA 主催)

研修期間 :2023 年 12 月 5 日～7 日(3 日間)

研修受講者 :24 名(本部及び支局)

研修講師 :AAWSA 職員、日本人専門家



管種に関する講義



管切断の研修



管融着の研修



研修実施後の集合写真

写真 3 管接続技術研修

1) 管修理記録改善及び修理記録分析能力強化

AAWSA が水道管を修理する場合に記録をしているものの、作業時間を重点項目として記録しており、技術的記載（修理場所、修理箇所の詳細、原因、漏水量、修理に使用した資材等）が欠落している。また、現状は手書きで記載されたデータを活用するのが難しい状況にある。

上記のため、管修理記録については AAWSA と相談の上、スマートフォンのアプリケーション（フリーソフト）を活用して実施することとした。

1 週間の試験運用を実施したあと、現場で実際にデータを入浴したテクニシャン及びデータ管理者であるエンジニアとフィードバック会議を実施したところ、前向きな評価であったため、データ収集の活動範囲を広げることとなった。

管路更新等の検討を行う際はこの管修理記録は有用となるため、活動が継続されデータが蓄積

されていくことが期待される。



使用方法の指導



使用方法の指導



記録方法に関する協議



入力画面

写真 4 管修理記録研修実施状況

(6) 商業的損失対策の OJT を実施

1) 商業的損失・料金徴収に関する情報収集

商業的損失及び料金徴収に関する情報収集・ヒアリング調査を行い、主に下記の課題を確認した。

- ① 水道メータ検針誤差
- ② 水道メータ自体の誤差（故障含む）
- ③ 検針データ取扱い等で生じる誤差
- ④ 違法接続
- ⑤ 顧客情報に関する間違い

上記課題に取り組むにあたり、顧客情報や水道メータの実態を確認するために K-1 ブロックにおいて顧客各戸調査を実施した。

2) 顧客各戸調査

顧客各戸調査の概要を表 2 に示す。

表 2 顧客各戸調査概要

項目	内容
目的	・ 商業的損失に取り組むための優先的な課題を見つける。 ・ 違法接続のリスク確認 ・ 顧客情報の整合性を確認する
対象	・ 661 世帯（K-1 ブロック）
実施期間	2023 年 10～12 月（データ収集） 2024 年 1～3 月（データ整理・分析）
データ収集方法	① 各戸訪問し、質問票に基づき調査・データ収集（すぐにデータ共有できるように epicollect5 というアプリを用いた。） ② 支局で管理している各顧客の顧客情報ファイルから各顧客情報を確認 ③ 水道料金請求システム情報 ④ 上記①～③のデータの整合性を確認
調査員	・ Mcgenagna 支局：7 名



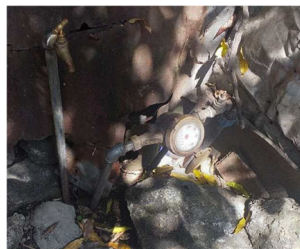
写真 5 顧客各戸調査状況

【顧客各戸調査で確認された主な事項】

- ・ 水道メータが稼働していない (4 件、0.6%)
- ・ 水道メータが読み取れない (38 件、5.7%)
- ・ 水道メータが傾斜している (265 件、40%)
- ・ 違法接続リスクがある
- ・ 顧客カテゴリー (家庭用、商用、公共水栓) が実態と異なる (カテゴリーにより料金単価が異なるため水道料金請求額に影響がある)



読み取れないメータ



傾斜しているメータ



メータ前に分岐がある



メータ前に蛇口がある

写真 6 顧客各戸調査で確認したメータの一例

3) 傾斜しているメータの精度調査

上記の通り、顧客各戸調査により水道メータが適切に設置されてなく傾斜して設置されているメータが多数確認された。この傾斜しているメータを正しく設置し直した方が良いのか、このままで問題ないかについての議論があった。これを確かめるために、傾斜しているメータの精度調査をメータテストベンチを用いて行った。

【傾斜しているメータの精度調査実験概要】

- ・ メータテストベンチ (水を一定量流して、流した流量とメータで計量された水量を比較)
- ・ 4 種類の流速で実施
- ・ Test 1: メータ (10 個) が傾斜していない通常の条件で実施 (写真 7 参照)
- ・ Test 2: メータ (10 個) を傾斜させた条件で実施 (写真 8 参照)

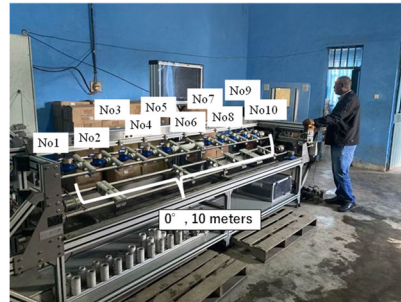


写真 7 Test 1 の実験状況 (通常の条件)

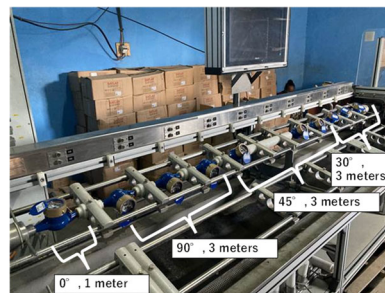


写真 8 Test 2 の実験状況 (メータを傾斜)

実験結果概要を以下に示す。

- ・ 傾斜が大きいと計測誤差が大きい傾向
- ・ 流速が小さいと計測誤差が大きくなる傾向

また、実験中に水道メータを見てみると、傾斜したもので流速が小さい場合、水道メータが動いていない (水量を計量していない) 状況が確認された。これは無収水を発生させる要因となる。

上記より、傾斜して設置された水道メータは無収水を発生させる可能性があるため、正しい設置に直した方が良い状況が確認された。

(7) 活動計画に基づく無収水削減対策の実施

物理的損失対策及び商業的損失の OJT を踏まえ、ブロック構築が完了している K-1 ブロックにおいて主に以下の無収水削減対策を実施した。

- ・ 漏水調査、漏水修繕
- ・ 水道メータ交換 (傾斜メータ改善含む)
- ・ 違法接続対策

これらの活動は2024年4～6月にかけて実施された。活動期間中の無収水率の推移は後述する(図8参照)。



写真9 漏水調査により見つけた漏水（一例）



交換前 交換後
写真10 水道メータ交換状況（一例）



対策前（メータ上流に
分岐あり） 対策後（分岐の解消）
写真11 違法接続対策（一例）

3.3. 費用対効果分析（成果3）

(1) 無収水量モニタリング結果（K-1ブロック）

K-1ブロックでは無収水率を算出できるようになり、2023年11月から計測している(図8)。

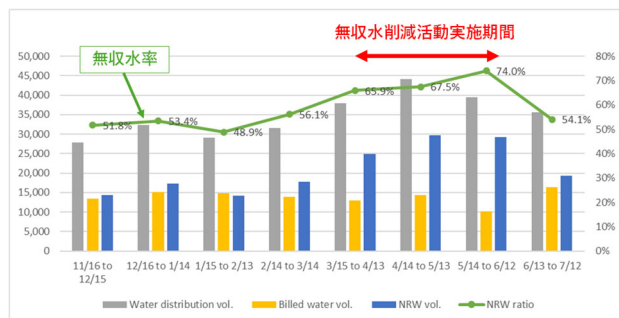


図8 無収水率（K-1ブロック）

図8より、無収水削減活動を実施した期間において無収水率が上昇していることが分かる。無収水削減活動を実施することにより、無収水率の減少を期待していたが、逆に無収水率が上昇した。対象エリアでは、通常、週に3日程度給水されているが、漏水調査を実施するためにこの給水日を特別に増やす調整を行った。これにより通常時よりも多くの水がK-1ブロックに流入し、無収水量も増加したと考えられる。

今後も無収水率のモニタリングを継続し、無収水削減活動により無収水率が減少しているかを確認する。

3.4. 無収水対策マネジメント能力向上（成果4）

(1) 本邦研修の実施

無収水対策の実施・管理能力強化を目的として表3に示す日程で本邦研修を実施した。本邦研修は北九州市上下水道局の協力のもと実施された。

表3 本邦研修の実施概要

回数	時期	対象者
第1回	2023年9-10月(2週間)	技術者層8名
第2回	2024年8月(2週間)	マネジメント層6名
第3回	2024年9-10月(2週間)	技術者層8名



開講式の様子



講義受講の様子



漏水調査研修



漏水補修研修

写真12 本邦研修の様子

研修に参加したAAWSA職員は、講師に積極的に質問し無収水対策に関する知識を得ていた。それと同時に、無収水対策に対する取組姿勢を強め、

アディスアベバに戻った後は、プロジェクト活動に対してより積極的に関わり、プロジェクト活動が活性化された。また、AAWSA マネジメント層はアディスアベバと日本における水道事業運営方法の違い、特に様々な業務が委託されていることに大変興味を持ち、アディスアベバに戻ったら是非取り組みたいと言っていた。AAWSA では、多くの業務を自前で実施しているため、再委託できるような環境を作り、効率的な水道事業運営の実施につなげてもらいたい。

(2) ワークショップ・セミナー実施

無収水対策のために、主に以下に関するワークショップを現地で随時行っている。対象は、プロジェクト活動に関わる AAWSA 職員である。

- ・ 配水ブロックシステム
- ・ 管路更新計画
- ・ 漏水調査
- ・ 管接合技術
- ・ 料金徴収／商業的損失
- ・ 経営管理（費用対効果等の検討）



配水ブロック化



データ編集（Excel）



経営管理



商業的損失

写真 13 ワークショップ等実施状況



写真 14 セミナー実施状況

4. プロジェクト実施上の工夫・教訓

4.1. 配水ブロックシステムの提案

プロジェクト開始当初は、Kirkos エリアを一つのエリアとして水理的分離することが計画されていた。しかしながら、Kirkos エリアは面積が大きく、どこから無収水削減活動を実施するかという課題があった。これを解決するために、Kirkos エリアを 10～11 ブロックに分割する配水ブロックシステムを提案した（図 9）。配水ブロックシステムを適用することで期待できる効果を以下に示す。

- ・ 各ブロックで無収水量が分かることで、無収水量が多いエリアから無収水削減活動に取り組めるため、効率的な活動が可能になる。
- ・ 現在は時間給水のため給水エリアを切り替えるために毎日数十か所のバルブの開閉作業を実施している。ブロックシステムが完成することで、ブロック単位で給水することが可能になる可能性があり、バルブ操作に要するマンパワーを削減することが期待できる。

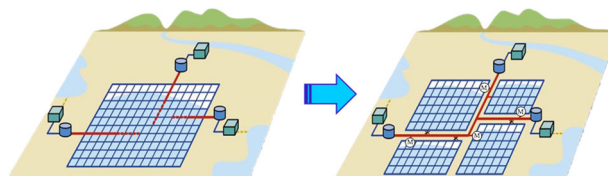


図 9 配水ブロックシステム構築のイメージ

4.2. AAWSA 側のプロジェクト予算確保

プロジェクト活動開始初期に、現地での活動として顧客調査を開始することで調整したが、現地での活動を開始するまでに時間を要した。現地調査を開始するまでに時間を要した一番の要因は、現地調査を実施する AAWSA 職員への手当であった。

AAWSA 職員に対して一般的に支払われている基本給以外の手当の項目を表 4 に示す。

表 4 日当、超過勤務手当、その他手当※

No	項目	支払い基準等	備考
1	日当	アディスアベバ市外に出張する際に支払われる。	食事代、宿泊代等
2	超過勤務手当	通常勤務時間を超える労働に対して支払われる。	残業代

No	項目	支払い基準等	備考
3	夜勤・深夜手当	通常勤務時間外の労働に対して割増賃金が支払われる。	夜間作業等
4	その他手当	プロジェクト活動等、通常業務とは異なる業務を実施する場合、基本給及び職級に応じて加算される。	プロジェクトに関する活動・作業等

※ヒアリングベースのため、詳細は異なる場合がある。

No.1～3については、日本でも一般的であるが、No.4については日本とは異なる部分である。特に、ドナーによるプロジェクト活動に参画する場合、基本給及び職級に応じて手当が加算されるシステムとなっている。

本プロジェクトについても、AAWSA 職員にとって JICA はドナーであるため、JICA のプロジェクト活動に参加すれば手当が加算されると考えられていたと想定される。

しかしながら、プロジェクトとしてはその手当を支払うことができない上、AAWSA 側もその予算を準備していなかった。プロジェクトの活動を実施しても手当が支払われないことが分かったと、プロジェクト活動への関りが滞り、現地活動を実施することが難しくなった。

上記のため AAWSA 経営層と協議の上、AAWSA が予算を用意し、AAWSA 職員に対して手当の支払いを行うことになった。

上記により活動が実施できるようになった。なお、AAWSA 内部の情報共有等の問題で手当が適切に支払われないことがあり、そのような場合は活動が止まってしまった。これを回避するために、活動を実施する際には、事前に対象の支局長と調整することで、それまでよりはスムーズに活動を実施できるようになった。

4.3. C/P のオーナーシップの重要性(本邦研修の活用)

技術協力プロジェクトでは、AAWSA のオーナーシップが重要となるが、本プロジェクトは AAWSA にとって初めての技術協力プロジェクトである。AAWSA がプロジェクト活動を主体的に

実施することが重量であるが、プロジェクト初期は AAWSA が主体的に取り組む状況が見られず、プロジェクト運営が難しい状況にあった。

この状況が変わったきっかけが本邦研修である。2023 年 10 月に第 1 回本邦研修を実施し、8 名の研修生が来日した。研修では無収水管理に関する研修を受講した他、研修期間中に日本人の正確な時間管理、謙虚さ、知識を共有しようとする精神、コミットメント等、技術以外の面でも多くを学ぶことが出来たという意見が多数聞かれた。

アディスアベバに戻った研修生はプロジェクト活動に積極的に関わるようになり、停滞気味であったプロジェクト活動が進捗するようになった。活動を実施し、その過程で得られた結果、成果、教訓等を AAWSA マネジメント層に報告した。報告は、実際に活動を行った AAWSA 職員に報告してもらうようにし、AAWSA 職員の成長や能力強化状況をマネジメント層に見てもらうようにした。プロジェクト開始当初、AAWSA マネジメント層は能力強化よりも無収水削減をして欲しいという意向があったが、上記の過程を経る中で、本プロジェクトの目的は AAWSA の能力強化であることが認識され、現状はプロジェクトに対するオーナーシップが醸成されている状況にある。

プロジェクトとしては非常に良い雰囲気があるので、この状況を活かして適切な活動が実施されるようにサポートし、AAWSA の無収水管理能力強化を進めていきたい。

参考文献：

- (1) Federal Democratic Republic of Ethiopia, Planning and Development Commission, TEN YEARS DEVELOPMENT PLAN, A PATHWAY TO PROSPERITY 2021-2030
- (2) AAWSA (2011) BUSINESS PLAN 2011-2020
- (3) (独) 国際協力機構 (2020) エチオピア国アディスアベバ上下水道公社無収水削減能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書