

ニカラグア共和国

ニカラグア上下水道公社 (ENACAL)

ニカラグア国
マナグア市無収水管理能力強化
プロジェクト
プロジェクト業務完了報告書
別添資料(9～17)

2020年5月

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

株式会社建設技研インターナショナル

株式会社日水コン

| |
|--------|
| 環境 |
| JR |
| 20-026 |

ニカラグア共和国

ニカラグア上下水道公社 (ENACAL)

ニカラグア国
マナグア市無収水管理能力強化
プロジェクト
プロジェクト業務完了報告書
(別添資料 9～17)

2020 年 5 月

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

株式会社建設技研インターナショナル

株式会社日水コン

ニカラグア国マナグア市無収水管理能力強化プロジェクト

プロジェクト業務完了報告書

別添資料

- 別添 1: PDM の変遷経緯
- 別添 2: 業務実施フロー
- 別添 3: 作業工程計画/実績表
- 別添 4: 専門家派遣計画/実績表
- 別添 5: 供与機材と先方実施機関の受領書
- 別添 6: 事業用物品(貸与物品リスト)及び先方実施機関の受領書
- 別添 7: 合同調整委員会(全 6 回)及び終了時合同評価の議事録
- 別添 8: 無収水削減基本計画
- 別添 9: パイロットプロジェクト実施報告書
- 別添 10: 無収水削減実務マニュアル
- 別添 11: 給水装置に係る技術ガイドライン
- 別添 12: ENACAL 技術者向けの研修実施報告書
 - 12-1 本邦研修(マネージメントチーム) 研修実施完了報告書
 - 12-2 本邦研修(テクニカルチーム) 研修実施完了報告書
 - 12-3 ToT 研修及びパイロット研修実施報告書
- 別添 13: ENACAL 職員の人材育成計画及び結果報告
 - 13-1 研修計画書
 - 13-2 2020 年研修プログラム
 - 13-3 ENACAL の内部研修講師リスト
- 別添 14: プロジェクトブリーフノート(全 3 回)
- 別添 15: 非合法接続の探知方法の検討資料
- 別添 16: プロジェクト活動写真集
- 別添 17: ベースライン調査報告書

別添 9 パイロットプロジェクト実施報告書



ニカラグア共和国

マナグア市無収水管理強化プロジェクト

パイロットプロジェクト No.1 完了報告書 (マイクロセクター-AZA No.3)



2018年11月(最終版)

無収水削減アクションチーム



CTI Engineering International Co., Ltd.



Nihon Suido Consultants Co., Ltd.

目 次

| | |
|---------------------------------|-------|
| 要約 | 7-1 |
| 第1章 プロジェクトの背景と概要 | 7-1 |
| 1.1 プロジェクトの背景 | 7-4 |
| 1.2 プロジェクトの概要 | 7-7 |
| 1.3 パイロットプロジェクトの概要 | 7-8 |
| 1.3.1 はじめに | 7-9 |
| 1.3.2 成果2の目的と活動 | 7-10 |
| 1.3.3 プロジェクトの実施体制 | 7-11 |
| 第2章 パイロット区画(AZA No.3)のベースラインデータ | 8-1 |
| 2.1 基本情報 | 8-1 |
| 2.2 流入水量の管理状況 | 8-3 |
| 2.3 平均配水量と夜間配水量 | 8-7 |
| 2.4 既存流量計の精度確認 | 8-11 |
| 2.5 ベースラインとしての無収水率 | 8-14 |
| 第3章 顧客台帳データの最新化 | 9-1 |
| 3.1 利用者全数検査 | 10-1 |
| 3.2 登記情報の最新化作業 | 10-1 |
| 第4章 パイロットプロジェクト活動計画と実績 | 10-3 |
| 4.1 活動の流れ | 10-4 |
| 4.2 最終的な活動スケジュール | 10-7 |
| 第5章 パイロット区画 No.1 の水理的独立化 | 10-10 |
| 5.1 水理的独立化の確認調査 | 10-13 |
| 5.2 プロジェクト活動を通じて水理的独立化の再確認 | 10-13 |
| 第6章 パイロット区画 No.1 の無収水モニタリング | 11-1 |
| 6.1 無収水量のモニタリング | 11-1 |
| 6.2 無収水削減対策の内容および無収水の構成 | 11-1 |
| 6.3 夜間最小流量のモニタリング | 11-1 |
| 第7章 真の損失対策と効果 | 11-1 |
| 7.1 ステップテスト | 11-1 |
| 7.2 サブセクター化工事と損失水量の測定結果 | 11-1 |
| 7.3 夜間使用水量の推定 | 11-1 |
| 7.4 時間帯別配水量を用いた夜間使用水量の妥当性確認 | 11-1 |
| 7.5 夜間最小流量に占める損失水量の割合の推定 | 11-1 |
| 7.6 日平均損失水量の算定 | 11-1 |
| 7.7 水圧分布状況 | 11-1 |
| 第8章 見掛け損失対策と効果 | 11-1 |
| 8.1 見掛け損失対策 | 11-1 |
| 8.2 一般顧客の使用水帯域の調査 | 11-1 |
| 8.3 既存の水道メータの精度確認調査 | 11-1 |
| 8.4 現在の請求におけるメータ器差が与える影響 | 11-1 |
| 8.5 見掛け損失対策の効果 | 11-1 |
| 第9章 無収水構成要素の分析 | 11-1 |
| 9.1 費用対効果の分析 | 11-1 |
| 10.1 費用対効果分析の方法 | 11-1 |
| 10.1.1 便益の計算 | 11-1 |
| 10.1.2 費用の計算 | 11-1 |
| 10.1.3 費用と便益の比較方法 | 11-1 |
| 10.2 費用の算出 | 11-1 |
| 10.3 効果の算出 | 11-1 |
| 10.4 費用対効果の算出 | 11-1 |
| 第11章 評価指標の比較 | 11-1 |
| 添付資料 | 11-1 |
| 資料 1. 真の損失の対策費用 | 11-1 |
| 資料 2. 見掛け損失の対策費用 | 11-1 |
| 資料 3. 費用対効果分析シート | 11-1 |

要約

I. プロジェクトの背景

パイロットプロジェクトは、マナグア市の代表的な街並みを有するマイクロセクターにおいて、ENACAL が無収水の現状とその原因を正確に理解し、無収水削減の実践的技術を身に着けることを目的として実施された。

ここで得られた経験やノウハウは、別途開催されるワークショップを通じて ENACAL 内部で共有され、将来的なニカラグア全体の無収水削減に活用されることが期待されている。

II. パイロット区画の情報

II-1. パイロット区画の位置

2017 年のパイロット活動の対象区画はマイクロセクター AZA No.3 である。



図-1 パイロット区画 No.1(AZA No.3)の位置

II-2. パイロット区画内の水道利用者数

パイロット区画には、一般住居のほか、中小規模のホテルやバスターミナル、レストランなどの商業施設が混在しており、商業住居複合地域となっている。区画内の居住者数は明らかになっていないが、パイロット活動終了時に確認された水道接続件数は1,422 件である。

III. パイロットプロジェクトの実施期間

パイロットプロジェクトは2017年3月から2018年4月にかけて14ヶ月間実施された。

IV. 無収水削減活動と成果

IV-1. ベースライン無収水率

2016年1月～12月にかけて記録された請求水量と配水量を用いて算出した無収水率は50.7%と算定された。その後、AZA No.3 で実施された活動を通じて、パイロット区画内に含まれている顧客数が修正された結果、ベースラインとしての無収水率は55.4%と設定された。



図-2 ベースラインの無収水率

IV-2. 最終的な無収水率

無収水率を正確に測定するために、AZA No.3の全ての使用者のメータ検針作業を固定した1日に統一することが望ましいが、検針員の配置やルート設定上の都合により、複数日に渡って検針が行われることがある。この場合、請求水量の対象期間と配水量の計測期間との間に違いが生じるため、月当たりの水量に基づく無収水率には誤差が含まれることに注意しなければならない。

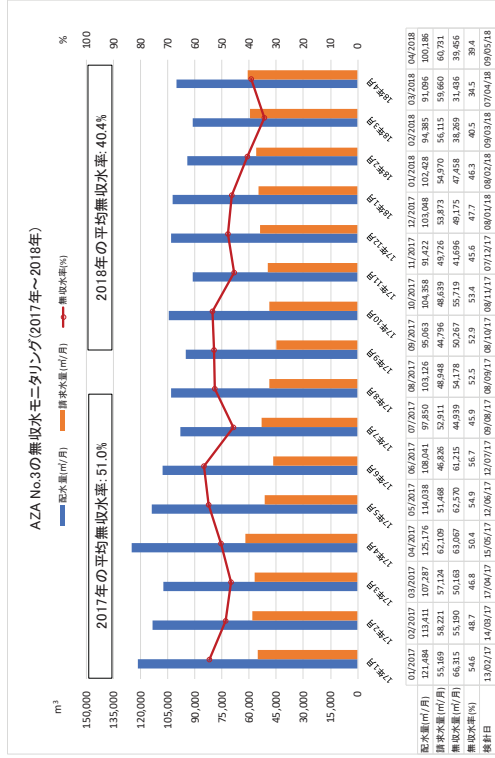
従って、パイロットプロジェクトの効果測定においては、上記の誤差を除くため、配水量の計測期間とメータの検針間隔の情報を用いて日平均無収水率を算定し、プロジェクト開始前後の効果を判断することとした。

2018年4月末の時点のモニタリング結果は以下のとおりであり、パイロットプロジェクト完了時の無収水率は37.3%である。パイロットプロジェクトを通じて無収水率は18.1%減少した。

表-1 配水量と請求水量の記録

| 配水月 | 2016年 | 01/2017 | 02/2017 | 03/2017 | 04/2017 | 05/2017 | 06/2017 | 07/2017 | 08/2017 | 09/2017 | 10/2017 | 11/2017 | 12/2017 | 01/2018 | 02/2018 | 03/2018 | 04/2018 | |
|----------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 配水量(m ³) | 1,470,354 | 91,484 | 113,411 | 807,297 | 123,176 | 144,039 | 108,041 | 97,850 | 103,126 | 95,083 | 94,358 | 91,422 | 933,048 | 105,503 | 97,501 | 93,911 | 103,262 | |
| 計測期間の検針量 ^{※1} | 656,026 | 55,169 | 58,221 | 57,124 | 62,109 | 57,489 | 46,826 | 52,911 | 48,948 | 44,796 | 48,093 | 49,726 | 59,475 | 54,978 | 56,115 | 59,660 | 60,731 | |
| 請求水量(m ³) | 55.4 | 54.5 | 46.7 | 46.8 | 50.4 | 54.9 | 56.7 | 46.9 | 52.9 | 53.4 | 45.6 | 47.7 | 47.9 | 42.3 | 36.5 | 41.2 | 39.4 | |
| 計測期間の無収水率 ^{※1} | 44.5 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 | 43.0 |
| 配水検針日 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 |
| 日平均請求水量(m ³ /日) | 4,028 | 3,798 | 3,911 | 3,156 | 4,471 | 4,073 | 3,801 | 3,465 | 3,438 | 3,169 | 3,986 | 3,162 | 3,220 | 3,406 | 3,355 | 3,238 | 3,228 | 3,228 |
| メータ検針間隔(日) | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 | 3/6 |
| 日平均請求水量(m ³ /日) | 1,797 | 1,728 | 1,641 | 2,040 | 1,541 | 1,716 | 1,615 | 1,470 | 1,748 | 1,545 | 1,686 | 1,715 | 1,585 | 1,686 | 1,686 | 1,686 | 1,686 | 1,686 |
| 日平均請求水量(m ³ /日) | 2,231 | 2,072 | 1,970 | 1,116 | 2,530 | 2,357 | 1,986 | 2,025 | 1,980 | 1,924 | 1,797 | 1,437 | 1,635 | 1,570 | 1,484 | 1,313 | 1,204 | 1,204 |
| 日平均請求水量(m ³ /日) | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 |
| 無収水率 ^{※1} | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |

※1 無収水率にばらばら、配水量を計算している流量計の計測間隔を+3.0%と推定しており、これを考慮した、計測後の無収水率である。



VI. 無収水対策の費用対効果

VI-1. 便益の計算

パイロットプロジェクトの便益としては、地区内に流入した配水量の減少分と有収水量の増加分とを2つが考えられる。しかし、上述した便益はプロジェクト実施後、無収水が完全に復元するまで、一定量ずつ減少しながら発生する。これは漏水の復元だけでなく、非合法接続の増加も想定したためである。

なお、プロジェクト開始から完了に至る期間でも、下表に示すように便益が次第に増加しながら発生しており、これも便益に算入する。なお、プロジェクト実施中、無収水率は直線ではなく変化しながら低下するが、この分析では計算をシンプルにするため、時間経過とともに一定量ずつ、直線的に低下したものと仮定する。

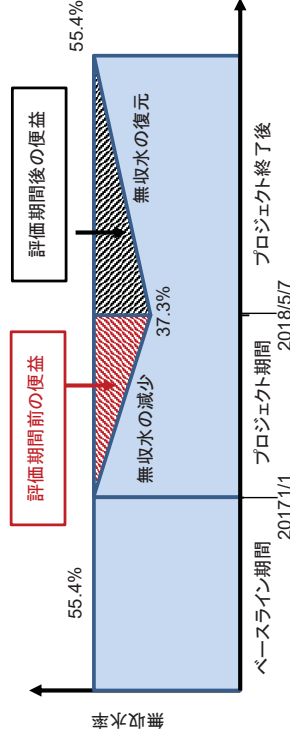


図-4 便益の発生期間(イメージ)

VI-2. 費用対効果の算出

分析における指標には以下の3つを設定した。

いずれのケースでもパイロットプロジェクトが便益を生み出していることが明らかとなった。

【指標1: 単位節約水量(無収水削減量)当たり費用】

これは、無収水(もしくは有収水増加及び配水量減少分)を1m³減らすのにかかる対策費用である。これがENACALの給水原価より低ければ、パイロットプロジェクトの無収水対策が、マナグア市の平均的な水生産単価よりも安く配水量を増やすことができたことを示す。

表-3 単位節約水量当りの費用

| 発生費用 | マナグア市の生産単価 |
|---|---------------------------|
| パイロットプロジェクト全体 4,002 C\$/m ³ | < 9.86 C\$/m ³ |
| 見掛け損失対策 3,569 C\$/m ³ | < 9.86 C\$/m ³ |
| 真の損失対策 4,091 C\$/m ³ | < 9.86 C\$/m ³ |

【指標2: 無収水対策費用の回収にかかる期間】

これは、無収水対策による便益で、対策費用を回収できる期間を示す。この期間が、無収水削減の効果が続くと考えられる期間内であれば、対策費用が回収できると結論する。

対策効果の持続期間は推定値とするが、何も今後フォローアップや対策を講じない場合に無収水が復元するまでの期間として41ヶ月(3.5年)を想定した

表-4 無収水対策費用の回収期間

| | 費用回収期間 | 対策効果の持続期間 (推定値) |
|---------------|---------|--------------------|
| パイロットプロジェクト全体 | 23.12ヶ月 | < 41ヶ月 |
| 見掛け損失対策 | 17.63ヶ月 | < 41ヶ月 |
| 真の損失対策 | 24.50ヶ月 | < 41ヶ月 |

【指標3: 費用便益比(効果継続期間を設定して)】

便益÷費用で計算され、便益と費用の比較を表す。これが1よりも大きければ、「便益>費用」となり、プロジェクトが利益を生み出していることになる。

表-5 便益/費用

| | 便益/費用 | 基準値 |
|---------------|-------|-----|
| パイロットプロジェクト全体 | 1.434 | > 1 |
| 見掛け損失対策 | 1.529 | > 1 |
| 真の損失対策 | 1.407 | > 1 |

定量的な便益以外にも以下のような漏水削減に伴う定性的な便益が考えられ、無収水削減対策を行う意義は高いと考えられる。

- ▶ 新規水源開発抑制利益
- ▶ 新規浄水・配水施設建設抑制利益
- ▶ 二次的被害防止効果利益

VI-3. 効果の算出条件

下表は、ベースライン(2016年)と評価時期(2018年4月上旬～5月上旬)のAZA No.3の配水量、請求水量、無収水率を示したものである。費用対効果の分析のため、ベースラインデータの条件と統一するため、配水量の計測限界は考慮していない。また、パイロットプロジェクト実施後の数値は、年間を通じた月平均日数を基準とした修正値となっている。

表-6 効果の算出条件

| パイロットプロジェクト実施前 | | パイロットプロジェクト実施後 | |
|----------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 対象地域: | AZA No.3 | 対象地域: | AZA No.3 |
| 評価期間: | 2016/1/1 - 2016/12/31 | 評価期間: | 2018/4/7 - 2018/5/9 (32日間) |
| 月平均配水量: | 122,530 m ³ /月 | 配水量 | メータ検針 |
| 配水量(日平均): | 4,028 m ³ /日 | 2018/4/9 - 2018/5/9 (30日間) | |
| 月平均請求水量: | 54,669 m ³ /月 | 実際の月配水量: | 103,282 m ³ /32日間 |
| NPRW 率: | 55.4% | 修正値: | 98,172 m ³ /月* |
| | | 配水量(日平均): | 3,228 m ³ /日 |
| | | 実際の請求水量: | 60,731 m ³ /30日間 |
| | | 修正値: | 61,575 m ³ /月* |
| | | NPRW 率: | 37.3% |

注: *: 1ヶ月30.4167日(365日÷12か月)換算に修正

VI-4. 対策による無収水率への効果

見掛け損失と真の損失が、それぞれだけの無収水率低下に貢献したかを測るためには、見掛け損失対策と真の損失対策の実施時期を完全に分けて行う必要がある。しかし、パイロットプロジェクトでは、効率性を重視したため、活動後半ではこれらの対策時期が重複している。従って、条件を仮定した上で、それぞれの効果を以下のように推定した。

(1) 見掛け損失対策による効果

表-7 見掛け損失対策の効果

| 項目 | パイロットプロジェクト後の値 | 見掛け損失対策による効果 | 見掛け損失対策がない場合の推定値 |
|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 平均配水量 | 98,172 m ³ /月 | -1,218 m ³ /月 | 99,390 m ³ /月 |
| 平均有収水量 | 61,575 m ³ /月 | +3,031 m ³ /月 | 58,544 m ³ /月 |
| 平均無収水量 | 36,597 m ³ /月 | - | 40,846 m ³ /月 |
| 平均無収水率 | 37.3% | - | 41.1% |

見掛け損失対策による効果は主に請求水量の増加で把握でき、全体の増加量は 6,906m³/月となった。このうち、メータ設置によって、請求水量は 1,646m³/月の増加、合法化によって 1,385m³/月の増加が得られ、合計 3,031m³/月が見掛け損失対策による有収水量の増加(無収水量の削減)といえる。

さらに、メータ設置による節水意識の強化や非合法利用者の削減は、配水量削減にも貢献すると考えられるため、削減された配水量(24,358m³/月)の 5%相当(1,218m³/月)を見掛け損失対策の効果に分類した。

パイロットプロジェクト後の平均配水量は、98,172m³/月、有収水量は 61,575m³/月、無収水率は 37.3%と試算された。(これは費用対効果の算定に用いた条件に基づき、配水量の計測誤差は考慮していない。)

ここで上記の見掛け損失対策がなかったと仮定すると、平均配水量は 99,390m³/月、有収水量は 58,544m³/月、無収水率は 41.1%となる。つまり、これまで実施された見掛け損失対策は、約 4%の無収水率削減に効果をもたらしたと考えられる。

パイロットプロジェクト期間中にメータ検針率 100%や合法化作業が完全に達成されていないが、メータによる検針の徹底と非合法利用者の削減は無収水率の改善に一層の効果をもたらすことが明らかである。

(2) 真の損失対策による効果

表-8 真の損失対策の効果

| | パイロットプロジェクト後の の値 | 見掛け損失対策 による効果 | 真の損失対策 がない場合の推定値 |
|-------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 平均配水量 | 98,172 m ³ /月 | -23,140 m ³ /月 | 121,312 m ³ /月 |
| 有収水量 | 61,575 m ³ /月 | +3,875 m ³ /月 | 57,700 m ³ /月 |
| 無収水量 | 36,597 m ³ /月 | - | 63,612 m ³ /月 |
| 無収水率 | 37.3% | - | 52.4% |

真の損失対策による効果は、主に漏水量の削減であるため、区画へ流入する配水量の削減分がその多くを占め、その量は23,140m³/月となった。しかし、プロジェクト実施前後の請求水量の増加分(6,906m³/月)は、見掛け損失対策で算定された効果(3,031m³/月)を上回っており、この差分3,875m³/月は漏水削減を含む配水管網の最適化がもたらしたと仮定した。

パイロットプロジェクト後の平均配水量は、98,172m³/月、有収水量は61,575m³/月、無収水率は37.3%と試算された。ここで上記真の損失対策がなかったと仮定すると、平均配水量は121,312m³/月、有収水量は57,700m³/月、無収水率は52.4%となる。つまり、これまでの真の損失対策は、約15%の無収水率削減に効果があったと考えられる。

VII. パイロット活動を通じて把握された無収水の特徴

物理的損失においては、管路の損傷や継手部の漏水だけでなく、配管情報にはない管を通じた行先が不明な水が確認された。しかし、非合法接続による水使用、メータを介さない直接接続による未請求分といった見掛け損失もかなりの割合で含まれることが明らかとなった。

水道メータについては、累積計測水量に関わらず、高い割合で器差が基準を超えており、計量精度に問題を抱えるメータが多いことが明らかになった。

AZA No.3内の245個を対象とした精度確認テストでは、その誤差はプラスとマイナスに広く分布し、平均値としての誤差は低いという結果が得られた。

しかしながら、メータ更新を実施した結果、請求水量の大幅な増加が確認されており、メータ更新自体が無収水の削減に大きな効果をもたらすことが結論づけられた。

VIII. 無収水対策を実施するための教訓と提言

これまで無収水課が進めてきた漏水(可視、不可視)の探知と修繕は重要であるが、位置付けが不明な老朽管と配水先の究明、非合法接続の抜本的な解決がなければ、無収水率の大幅な低下は実現できない。

無収水課の場合、配水管の漏水探知や修繕技術、不明管の特定作業については、十分なレベルに達している。このため、日々のルーティン作業を継続することが必要である。なお、正確な修理技術をENACAL内の他部署へ浸透させる取り組みが求められる。

一方、非合法接続の探知、台帳に載っていない管路の検出については、無収水課以外でこれらの作業を遂行するために適切な技術を有している部署がない。非合法接続の対策は、商業部の管轄となっているが、非合法接続対策には現場スタッフの相当の苦勞が伴うだけでなく、探知に効果的な機材を有していないことも課題として挙げられる。このためには、既往の音聴式探知機の活用に加えて、新しい視点による技術の導入を試験的に行うことが求められる。

プロジェクトでは、顧客台帳の情報に間違いが含まれていることも明らかになった。また、メータ検針期間と請求期間の正確な把握が困難な状況であることも確認された。顧客台帳の更新作業を定期的に行うことや、現場スタッフと情報入力関係部署の意思疎通が重要である。他方で、ENACAL内で顧客管理システムの改善を行っており、検針期間と請求期間の把握が容易にできるようなシステムとなる予定であり、その実施が期待される。

プロジェクトを通じて非合法接続対策に向けた技術力向上を、技術面や機材面で支援し、無収水課による物理的損失対策と商業部の双方が同時並行で進められるよう、無収水削減活動の体制づくりが必要である。

第 1 章 プロジェクトの背景と概要

1.1 プロジェクトの背景

ニカラグア共和国(以下、ニカラグア)では、国家人間開発計画において「住民の安全な水への持続的なアクセス」を優先課題に位置づけ、首都圏や地方都市の上下水道事業を管轄するニカラグア上下水道公社(以下、ENACAL)の組織強化に取り組んでいる。

首都マナグア市における上下水道整備の支援は、日本をはじめ、米州開発銀行(以下、IDB)、世界銀行(以下、世銀)等が実施してきた。2005 年に、IICA が実施した「マナグア市中長期上下水道施設改善計画調査」を通じて、2015 年を目標年次としたマナグア市上下水道施設改善計画(以下、M/P)が策定され、マナグア市の上下水道整備の方向性が具体的に示された。ENACAL は、M/P で示された中・長期的なアクションプランに基づき、各ドナーと連携して、給水量拡大に向けた水源の開発・改修、送配水システムの拡張などの多くの事業を進めてきた。

この結果、マナグア市における ENACAL による給水能力は大幅に改善したものの、水道サービス全体では未だに多くの課題が残され、都市部でありながら十分な給水時間が確保されない地域が存在している。この大きな理由として、以下の 3 点があげられる。

- a. 水需要の時間変動に対応できる貯水施設が不足している。
- b. 効率的な配水管網の構築が遅れている。
- c. 漏水に代表される物理的損失、盗水および水道メータの不備に伴う商業的損失、維持管理計画の不足等。

特にマナグア市の無取水率は、2012 年の推定で 40～50%とされており、赤字経営の ENACAL の財務状況を改善し、給水時間の向上を図るために必要な投資資金を確保するためには、無取水率を低下させることが最優先課題となっている。

ENACAL は、M/P の提言、国家政策、ならびに事業戦略計画等に基づき、他ドナーの協力を受けつつ、配水管網のマクロ/ミクロセクター化を中心とした無取水対策を進めている。しかしながら、「中・長期的な無取水削減計画」が存在せず、無取水の課題解決に向けて組織横断的な対応がとられていないため、これまでの対策は実効性を伴ったものとなっていない。

このパイロットプロジェクトは、マナグア市の代表的な街並みを持つミクロセクターにおいて、ENACAL が無取水の現状と原因を正確に理解し、無取水削減の実践的技術を身に着けるために実施された。この活動で得られた経験やノウハウは、別途開催されるワークショップを通じて ENACAL

内部に共有され、将来的なニカラグア全体の無取水削減に活用されることが期待されている。

1.2 プロジェクトの概要

技術協力プロジェクト全体の概要は以下のとおりであり、達成が期待される成果は 4 つからなり、それぞれに詳細な活動が計画されている。パイロットプロジェクトはこの成果 2 に相当する。

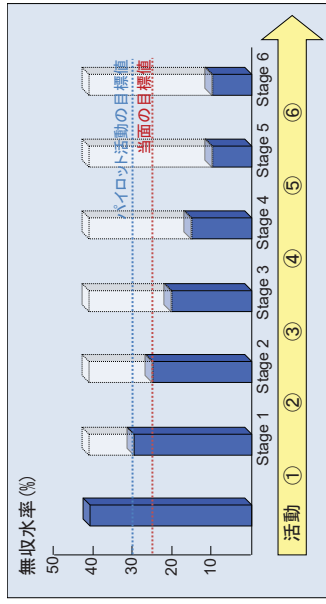
表 1.1 プロジェクト概要

| | |
|-------------|---|
| 1. プロジェクト名 | ニカラグア国マナグア市無取水管理能力強化プロジェクト |
| 2. 上位目標 | マナグア市における無取水削減への取り組みが計画的に展開される。 |
| 3. プロジェクト目標 | マナグア市における無取水削減対策を計画的に実施する基盤が整備される。 |
| 4. 期待される成果 | 1) ENACAL の無取水削減に係る計画策定能力が強化される。 2) ENACAL の無取水削減に係る実施能力が強化される。 3) 給水装置(給水管及び水道メータ)の設置に係る ENACAL の品質管理能力が強化される。 4) ENACAL 技術者向けの無取水対策研修の計画・実施能力が強化される。 |
| 5. 対象地域・サイト | マナグア市内 |
| 6. 関係官庁・機関 | (監督機関)ニカラグア外務省 (実施機関)ENACAL |
| 7. プロジェクト期間 | 2017 年 1 月～2020 年 1 月 (第 1 期: 2017 年 1 月～2017 年 12 月) (第 2 期: 2018 年 1 月～2018 年 12 月) (第 3 期: 2019 年 1 月～2020 年 1 月) |

1.3 パイロットプロジェクトの概要

1.3.1 はじめに

無収水削減対策の段階は以下に示すとおりである。一般的に活動の立上げ期を第1ステージとして、無収水率が次第に落ちついていく時期までの6段階を踏むように策定される。本プロジェクトのパイロット区画で実施される無収水削減対策は、漏水復元期である第3ステージの始めまでをカバーする。第4ステージ以降は、ENACALがプロジェクトを通じて習得した技術を活用しながら成果を達成させる。



- ① 地上漏水の削減、見掛け上の損失水の削減
人海戦術、各戸調査、不良メータの交換、計量ミスの低減
- ② 地下漏水の削減、益水の削減
漏水探知技術の向上、管網のプロック化、正確な管路図の整備
- ③ 漏水の復元防止
水圧調整、管路補修の促進、老朽化管路の更新
- ④ 漏水防止作業の徹底
漏水防止作業の見直し、高度な技術訓練、効率的な機器の導入
- ⑤ 漏水防止作業の仕上げ
管路更新の徹底、漏水防止関連部署の合理化
- ⑥ 最低無収水率の維持
必要最低限の無収水削減作業の継続

図 1.1 無収水削減活動の展開ステップ

パイロット区画では、無収水対策のベースラインを早期に把握し、プロジェクトで実施した対策による無収水量の削減貢献度を数値化し、その投入量との比較によって費用対効果について検証した。

この結果は、パイロットプロジェクトに参加していない他部署の職員およびENACAL上層部に周知され、無収水削減の重要性の理解と職員のモチベーションの向上をもたらした。

1.3.2 成果2の目的と活動

成果2の目的は、「ENACALの無収水削減に係る実施能力が強化される。」ことである。この目的を達成するために計画された活動は以下のとおりである。

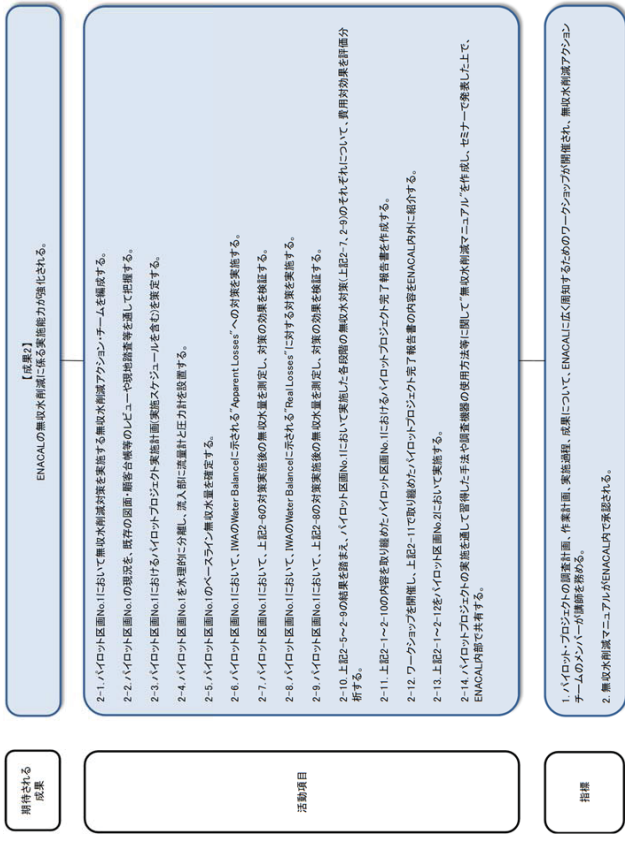


図 1.3 成果2の活動

1.3.3 プロジェクトの実施体制

パイロットプロジェクトを実施するにあたり、始めに無収水削減アクション・チームを編成した。成果2のバイロットプロジェクト活動に関与する職員は、無収水課と商業部の関係部署の職員である。

無収水課は、マナグア市での無収水削減の中心的役割を果たすほか、物理的損失対策の責任を有する。一方、商業部の役割は、メータ検針と請求水量の管理、料金徴収、メータ検針誤差や請求上の損失分析、違法接続に起因する見掛け損失の削減である。

2018年4月時点における無収水課および商業部の組織体制を示す。

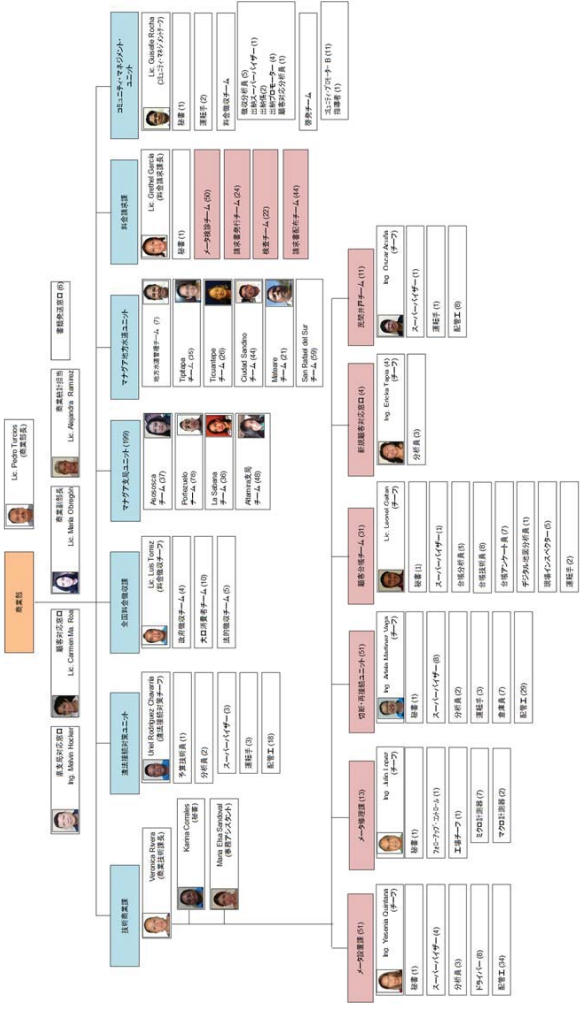


図 1.4 商業部の組織体制(2018年4月時点)

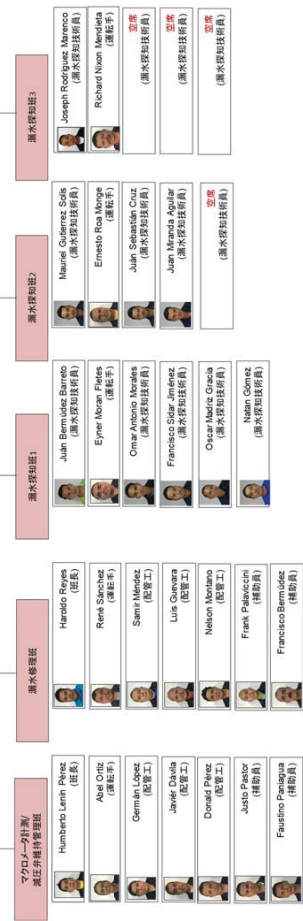


図 1.3 無収水課の組織体制(2018年4月時点)

第2章 パイロット区画 1(AZA No.3)のベースライン

2.1 基本情報

AZA No.3 について、当該区画の現状を以下の項目 毎に調査し、最新データを入手した。ここで得られたデータは、ベースライン調査結果として整理し、無収水削減アクションチームが策定するパイロットプロジェクト実施計画に反映させた。

- 配水管網図面と更新履歴
- 顧客台帳リストと請求者リスト
- 流量測定機器の状況
- 非合法接続の状況
- 過去の流量、水圧測定データ
- 給水事情(顧客訪問調査)

表 2.1 パイロット区画 No.1(AZA No.3)の概要

| 区画名称 | 地区の概要 |
|----------|---|
| AZA No.3 | <p>東西約 0.8km、南北 1.1km、地区面積は約 878,900m²、マナグア市の高地配水区に位置する。当地区への給水源は、アソンスカ湖からのポンプ送水が多くを占めるが、部分的に Las Madres 井戸の水も含まれている。</p> <p>世銀によるプロジェクト(PRASMA)によって、セクター化(水理的独立化)が行われた区画であり、2016 年末時点の水道契約者は 1,328 件である。</p> <p>地区内には、中～低所得者層の住宅、低層の中流ホテル、パスターミナル、商業・オフィス事務所などが混在しており、マナグア市の中でも治安は比較的良い地域である。</p> <p>2015 年の時点で ENACAL 無収水課によって同地区の水理的に独立化が確認されており、地区への流入水は 1 箇所の流入チャレンジャーにおいて管理が可能である。</p> |

表 2.2 AZA-No.3 の配水管情報

| 管種 | 口径(mm) | 延長(m) |
|---------------|--------|--------|
| 石綿管(AC) | 200 | 1,616 |
| | 150 | 1,515 |
| | 100 | 6,374 |
| | 50 | 0 |
| 铸铁管(HF) | 200 | 1,009 |
| | 150 | 156 |
| | 100 | 291 |
| | 50 | 0 |
| ポリ塩化ビニル管(PVC) | 200 | 0 |
| | 150 | 847 |
| | 100 | 1,457 |
| 亜鉛メッキ鋼管(HG) | 50 | 342 |
| | 50 | 116 |
| 合 計 | | 13,723 |

パイロットプロジェクトの開始前には、顧客台帳と現状の顧客との整合性を確認することが極めて重要である。このため、無収水課のスタッフが、2017 年 4 月より約 3 週間、既存の顧客訪問調査を実施し、顧客台帳との整合性を確認した。

調査の結果、台帳の不備が多数発見されるとともに、違法接続の可能性なども指摘されたことから、パイロット活動を進めながら顧客台帳の最新化を進める必要性が確認された。

2.2 流入水量の管理状況

パイロット区画の流入部にはコンクリート製のチャンバがあり、内部には羽根車式流量計、水圧計が設置されている。流量測定が開始されたのは、2015年3月であり、毎月1回のペースで流量を目視で確認している。データロガーとGPRS通信によるデータ通信が開始されたのは、2016年2月からであり、現在は転送されたデータをWebベースでモニタリングすることができる。

流量計は世銀PRASMAにて調達された羽根車式(モデル:ELSTER H4000)で、上部の指示版に取り付けた装置からパルス信号が100リットルにつき1回発信される仕様である。一日の配水量を管理する目的としては十分な性能を有しているが、夜間に発生する最小流量を詳細に分析する目的では使えない。

表 2.3 AZA No.3 の流量計情報

| | |
|---------------|--|
| 製造者 | Elster |
| モデル | H4000 |
| 測定原理 | 横軸羽根車式(ヴォルトマーターペン) |
| 口径 | 200 |
| 流量範囲 (旧基準) | 使用最小流量 $Q_{min}=4m^3/h(\pm 5\%)$ 標準流量 $Q_n=700m^3/h(\pm 2\%)$ |
| パルス出力 | リードスイッチ式トランスミッター |
| パルスインターバル | 100L/pulse |
| 電源 | 不要 |

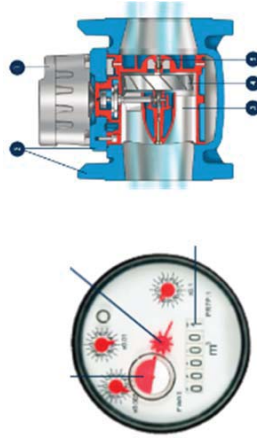


図 2.2 AZA No.3 の流入部に設置された流量計

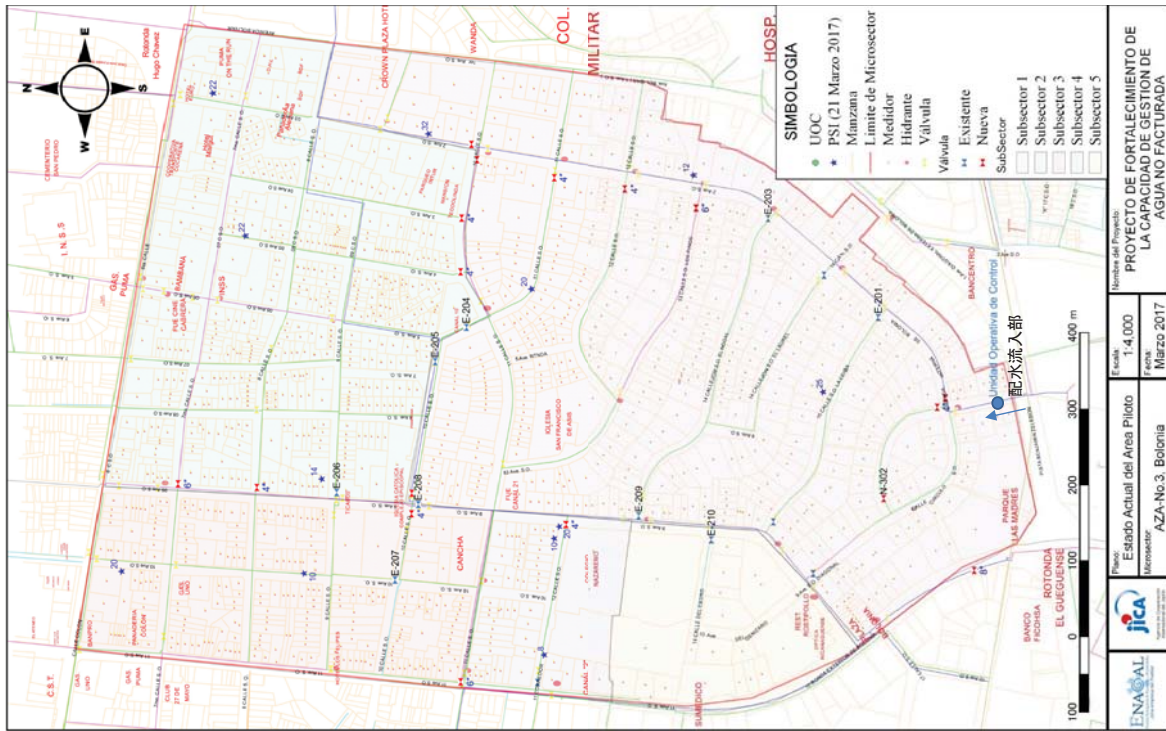


図 2.1 AZA No.3 のベースマップ

2.3 平均配水量と夜間配水量

(1) 配水量の変動

2017年3月2日(木)～3日(金)にかけて、パイロット区画流入時点における配水量と水圧の変動を測定した。

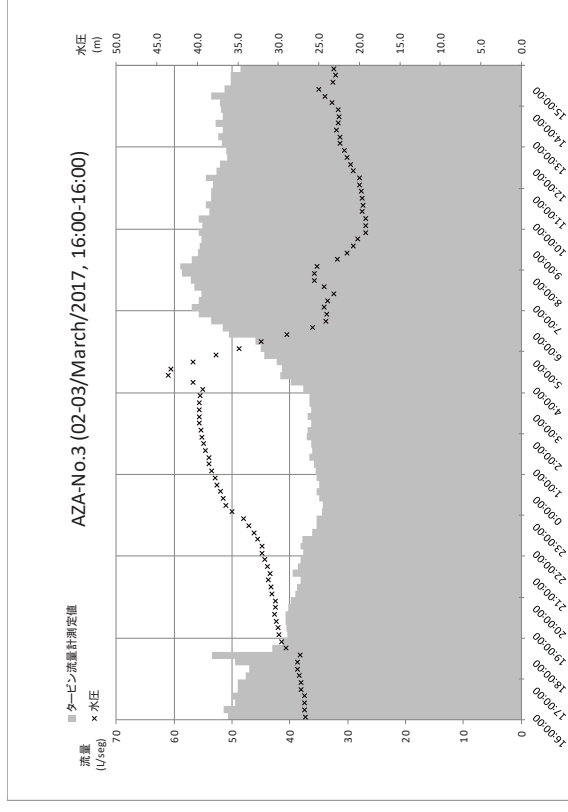


図 2.4 AZA No.3 における一日の配水量の変動

日中は 50L/秒以上の配水量である一方、夜間の配水量はあまり下がらず、高い値で推移している。上述した 2016 年 4 月の配水量の記録ともほとんど変わりがなく、過去 1 年間は一定の配水条件が保たれていることがわかる。

2015 年に世銀 PRASMA の活動を通じて配水網の水圧確認を実施した際は、他の配水網との接続が完全になく、水理的独立化が確認されていた。しかしながら、その当時は配水量の計測設備がなく、配水量データがないため現在との状況変化の有無が確認できない。

2.4 既存流量計の精度確認

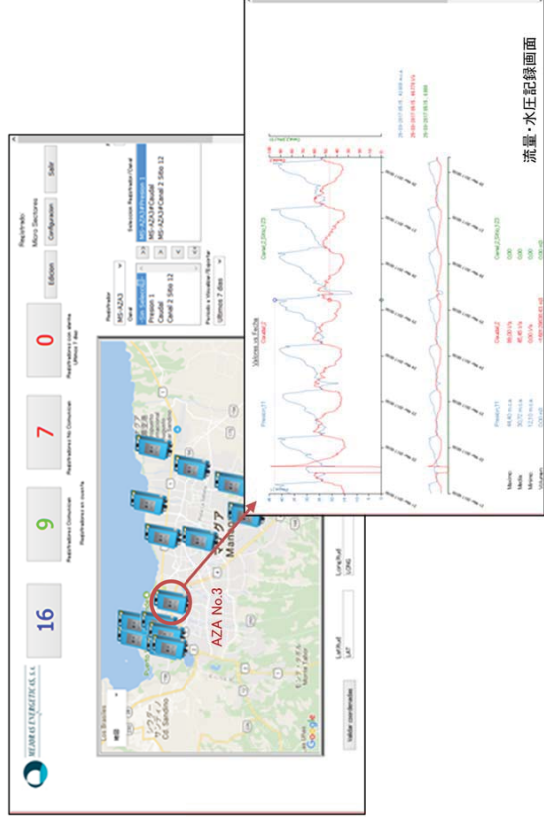


図 2.3 Web ブラウザを用いたデータロガーの管理画面

現在設置されている流量計は、全体的な流量変化はモニタリングできるものの、分単位や秒単位での流量変動を把握することができない。このため、超音波流量計を設置して10秒単位の流量変動を記録し、夜間配水量の初期分析を実施した。

調査の結果、既存のタービン式流量計に問題はなく、測定値の信頼性は概ね確保されていることが分かった。また、深夜の時間帯でも35L/秒という極めて大きな流量が常時観測され、10秒程度の間隔でも大きな変動が見られていないことも分かった。これは、夜間でも定常的に使用水量又は漏水が多く発生していることを示している。

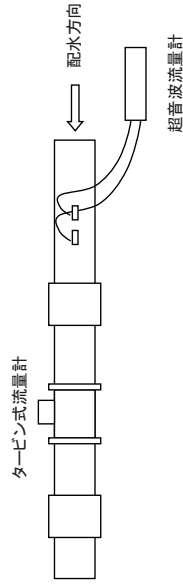


図 2.5 超音波流量計を併用した測定概要

2017年3月2日から3日にかけて23時間の積算流量を比較した結果を以下に示す。

流量計には、それぞれ固有の計量誤差があり、それは流量帯域によって異なる。例えば、流量が多い日中の時間帯でプラスの誤差を持っていたとしても、夜間の小流量時にマイナスの誤差有する場合もある。

計測誤差を正確に把握するには、相応の時間とコストをかけて調査を行わなければならないが、プロジェクトの活動では困難である。

23時間の累積流量を異なる流量計の計測値で比較した結果、タービン式流量計は超音波流量計の記録値よりも約2%大きい結果となっている。

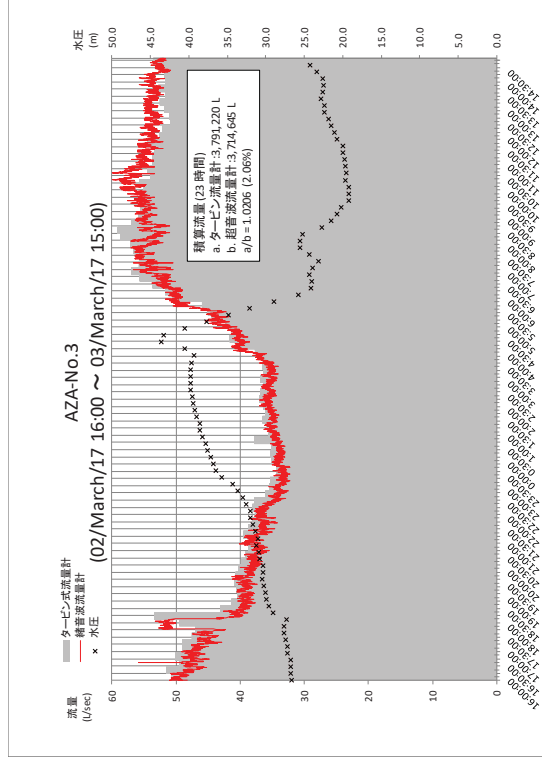


図 2.6 超音波流量計とタービン式流量計の比較(23時間)

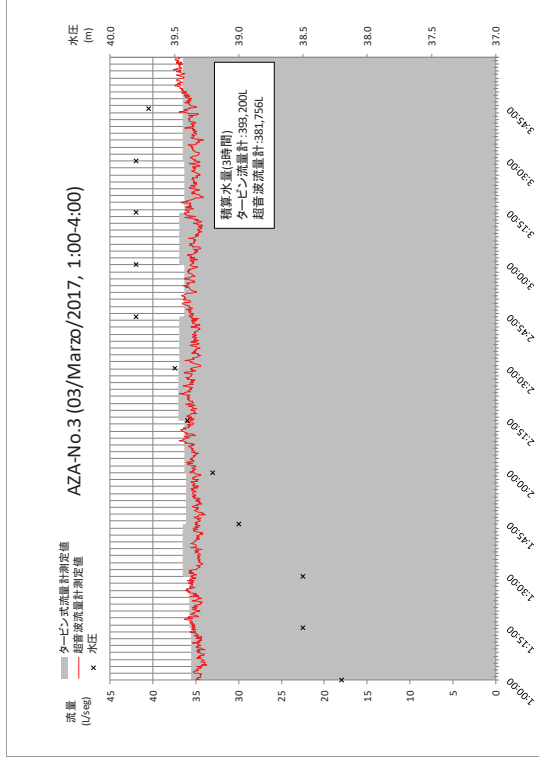


図 2.7 超音波流量計とタービン式流量計の比較(深夜時間帯)

2.5 ベースラインとしての無収水率

2016年1月～12月にかけて記録された請求水量と配水量を用いて算出した無収水率は50.7%と算定された。しかし、AZA No.3で実施された活動を通じて、パイロット区内に含まれている顧客数が修正された結果、ベースラインとしての無収水率は55.4%と設定された。

この無収水データの特徴としては、配水量が大きく変動しても毎月の請求水量はほぼ一定レベルを保っていることである。

当区内のメータ検針は、複数日にまたがって実施されており、配水量と使用水量の計測期間との整合が取れないことが問題としてあげられた。この問題については、アクションチーム、マネージャメントチームとの間で協議され、メータ検針日の統一に向けた作業を進めることが決められた。

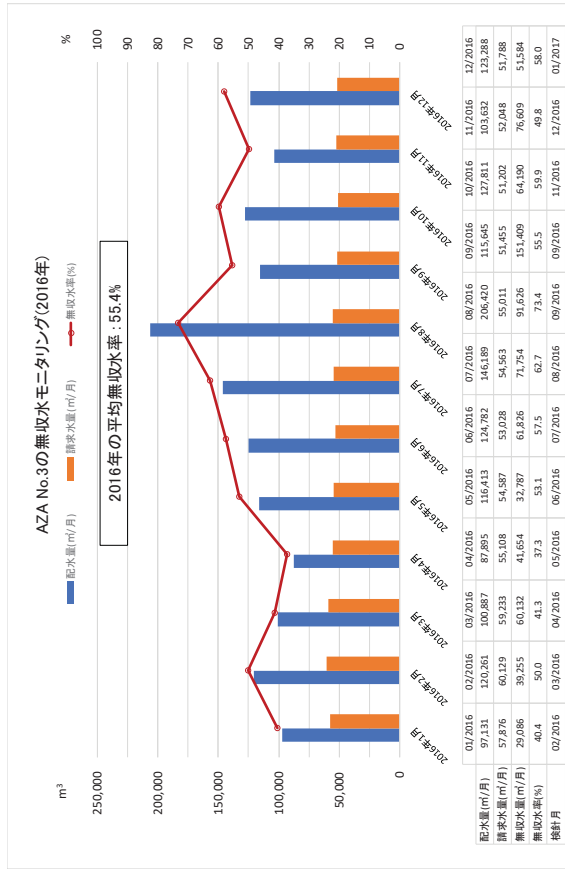


図 2.8 ベースラインの無収水率(2016年)

上記集計では、原則1ヶ月に1回のメータ検針インターバルに従い、その配水量と請求水量を集計し、その差から無収水率を算定している。例えば、2016年12月～2017年1月にかけて発生した請求水量から計算される無収水率は、2016年12月のデータとして分類される。

第3章 顧客台帳データの最新化

3.1 利用者全数検査

AZA No.3 における最初の活動として、既存の顧客台帳と現在の水道利用者との整合性を確認する顧客調査を実施した。

2014～2015 年に実施された JICA-第三国専門家(ブラジル)による技術協力では、マナグア市の東部2箇所のマイクロセクターで顧客調査が実施され、検針レートやアンケート項目が事前に入力された携帯型端末が使用されている。今回、その際に供与された携帯型端末を活用する方針とし、商業部、組織、システム課の協力の下、データベースの登録や端末消耗品の交換を行った。

顧客訪問調査は無収水課技術員6名が担当し、2017年4月上旬から約3週間かけて実施された。確認した項目は以下のとおりである。

表 3.1 顧客調査の項目

| No | 項目 | No | 項目 |
|----|------------------------|----|-----------------------|
| 1 | 県/支店コード | 16 | 回答者種別(家主、賃貸人、隣人) |
| 2 | 市 | 17 | 建物種別(アパート、家、店、ビル、倉庫等) |
| 3 | 地区 | 18 | 経済種別(低所得、一般住宅、商業等) |
| 4 | 地区内番号 | 19 | 店舗名称 |
| 5 | 区画 | 20 | 商業活動種別(ホテル、飲食店、商店等) |
| 6 | 宅地番号 | 21 | 給水種別(給水車、井戸、水道管等) |
| 7 | 町 | 22 | 給水種別(シャワー、トイレ、蛇口数等) |
| 8 | 登記番号 | 23 | 接続戸数 |
| 9 | アカウント番号 | 24 | 顧客宅前下水道の整備状況 |
| 10 | 住所(一般名称) | 25 | 水道メータボックスの状態 |
| 11 | 住所(正式名称) | 26 | 接続形態(普通、直接、切断等) |
| 12 | 顧客種別(個人、団体) | 27 | 水道メータの稼働状況 |
| 13 | 顧客種別(所有、賃貸) | 28 | 水道メータの情報(製造者、番号等) |
| 14 | 水道利用状況(通常、廃止、一時停止、その他) | 29 | 水漏れの有無 |
| 15 | 顧客名と連絡先 | 30 | メータ位置(GPS情報) |

2017年5月より、各調査端末に記録されたデータを商業部の顧客台帳班へ送付し、既存の顧客情報との照合、問題点の確認を進めた。

商業部の顧客台帳課が使用する顧客管理システム(Aquavism)によれば、当地区の顧客数は1,328件、その内有効契約者は1,223件、無効契約者は105件となっていた。一方、今回、無収水課のスタッフによる調査の結果によれば、システム上の数値より大きい数値が確認され、実際の訪問調査件数は1,376件であった。

表3.2 AZA-No.3の水道契約者の内訳(2017年3月 Aquavism)

| 分類 | 契約者数 | 内訳1 | 内訳2 |
|-------|-------|-------------------|-------------------------|
| 有効契約者 | 1,223 | 1,040(通常利用AL) | 1,022(メータ有) 18(メータ無) |
| | | 125(滞納による一時的切断CF) | 97(メータ有) 28(メータ無) |
| | | 54(警告対象RE) | 50(メータ有) 4(メータ無) |
| | | 4(切断SU) | 3(メータ有) 1(メータ無) |
| 無効契約者 | 105 | 99(契約解除BA) | - |
| | | 6(不明) | - |
| 合計 | 1,328 | | |

表3.3 AZA-No.3の有効契約者の種別(2017年3月 Aquavism)

| 区分 | 契約者数 | 利用者区分 | 内訳 |
|-------|-------|----------------------|-----|
| 有効契約者 | 1,223 | 集合/高級住宅(Residential) | 312 |
| | | 商業(Commercial) | 408 |
| | | 一般住宅(Domiciliar) | 486 |
| | | 政府機関(Gobierno) | 7 |
| | | 工業(Industrial) | 5 |
| | | 公共施設/その他(Otro) | 5 |

表3.4 無収水課による顧客調査結果(2017年5月時点)

| 顧客調査の対象者数 | 内訳 | 接続件数 |
|---------------------|----|-------|
| 顧客番号がなく水道を利用している数 | | 1,348 |
| 小計 | | 28 |
| 上記のうち、違法接続などの疑いがある数 | | 1,376 |
| | | 70 |

上記数値はプロジェクト開始時点の数値であり暫定的なものである。顧客調査結果はパイロット活動を通じて変動し、最終的な数値が確定することになる。

3.2 登記情報の最新化作業

顧客情報の不整合が明らかとなったものの、データの重複計上や既に切断された顧客数もカウントされている可能性があるため、商業部の責任の下、以下の点についてシステム情報の確認を行い、最新化作業を進めることとなった。

- 顧客番号がない顧客 28 件の合法化(新規接続課担当)
- 違法接続の疑いのある 124 件の調査(違法接続ユニット担当)
- メータ位置座標の不一致が確認された利用者
- 一つの顧客番号で複数の水道メータ番号が登録されている利用者
- 管理図面には表示されていないが現地で確認された利用者
- 現地で確認されないが、管理図面上は存在している利用者
- 契約者番号の取り違い(現場で確認された契約者番号やメータ番号がシステム上の情報と異なるため、他人の水道利用の請求書を受け取っているケース)

プロジェクト活動を進める中で、上記の不整合が少しずつ是正され、その過程では新たな違法接続が確認されるだけでなく、合法的な利用者でメータがない直接接続というケースも確認された。

2017 年 8 月時点で整理された情報と、9 月時点で再調査と対処が必要と判断された顧客(21 件)の状況を以下に示す。なお、これらの数値はプロジェクト活動途中のものであり、活動によってどのように変化していったかがわかるように記載した。パイロット活動の終了時に整理された最終的な数値は第 8 章に示されている。

また、顧客データベースの誤りには、「メータ設置情報が未更新」、「隣接する利用者との番号入れ違い」、「顧客番号入力間違い」といったことが多く、不正確な請求水量の算定につながっている。

表3.5 顧客情報の最新化の状況(2017年8月時点)

| 内訳 | 件数 | 対処の進捗 |
|-------------|-----|---------------------|
| 違法接続 | 41 | 5 件処理済み(違法接続対策ユニット) |
| | | 8 件処理済み(アソシカ管理支局) |
| 直接接続 | 9 | 2 件処理済み |
| 顧客データベースの誤り | 80 | 76 件処理済み |
| 合計 | 130 | うち39件で未処理 |

※2017年8月16日 ENACAL打合せ時の報告

表3.6 再調査と対処が必要な顧客(2017年9月時点)

| No | 顧客番号 | 確認された状況 | 予定する対応策 | 担当部署 |
|----|--------|-----------------------------|---------|-------|
| 1 | 160229 | 土地が分割・売却され所有者が変更。非合法の形で直接給水 | 合法化手続き | 商業技術部 |

| No | 顧客番号 | 確認された状況 | 予定する対応策 | 担当部署 |
|----|--------|------------------------|--------------|------------|
| 2 | 158628 | 不明 | 現場踏査で利用者を確認 | 商業技術部 |
| 3 | 657322 | データベース上の顧客番号が異なり、直接接続。 | 顧客台帳修正・メータ設置 | 商業技術部 |
| 4 | 160197 | 異なる顧客番号の登録者の所有地で給水管あり | 切断・無効化手続き | アソシカ支所 |
| 5 | 160447 | 不明 | 切断・無効化手続き | アソシカ支所 |
| 6 | 160495 | データベース上無効 | なし | - |
| 7 | 160385 | データベース上無効 | 給水管の有無を調査 | 無収水課 |
| 8 | 670143 | 未払いで給水停止 | 再接続手続き | 商業技術部 |
| 9 | 34120 | 非合法接続と給水 | 切断・無効化手続き | アソシカ支所 |
| 10 | 160335 | 有効な顧客で直接接続 | 給水管位置の調査 | 無収水課 |
| 11 | 159958 | 給水切断 | 切断・無効化手続き | アソシカ支所 |
| 12 | 656809 | 集合家屋7件のうち1件が非合法接続 | 合法化手続き | 商業技術部 |
| 13 | 160375 | 給水管の位置が不明で給水切断できていない。 | 給水管位置の調査 | 無収水課 |
| 14 | 160383 | 不明(洗車場) | 現場踏査 | 違法接続対策ユニット |
| 15 | 160123 | 集合家屋23件が確認。給水管が敷地内にある。 | 配水網拡張とメータ設置 | 無収水課 |
| 16 | 160035 | 顧客台帳に記録されていないメータが存在。 | 切断・無効化手続き | アソシカ支所 |
| 17 | 160150 | 不明 | 現場踏査 | 違法接続対策ユニット |
| 18 | 159809 | メータ位置が不明 | 現場踏査 | 違法接続対策ユニット |
| 19 | 160381 | 給水管の位置が不明 | 給水管位置の調査 | 無収水課 |
| 20 | 159717 | 有効な顧客で直接接続 | 請求書修正 | アソシカ支所 |
| 21 | 160434 | データベース上無効扱い | 顧客台帳修正 | 商業技術部 |

現在も商業部によりデータの是正と最新化が進められている。要調査顧客の確認に多くの時間を要している理由は以下があげられる。

- 必要な調査・手続きが ENACAL 内の複数の部署に関係しており、指示や伝達・確認に時間を要する。
- 顧客情報と現実が整合していない各事例の状況・背景が多様である。
- 違法接続の特定には慎重な調査が必要であり、合法化に向けた手続きには時間を要する。

第 8 章に述べるように、最終的には 124 件が違法接続の疑いとされ、見掛け損失対策の中で是正措置が取られることになった。

第 5 章 パイロット区画 No.1 の水理的独立化

5.1 水理的独立化の確認調査

計測設備の精度と動作確認を実施した際、パイロット区画には、夜間でも相当の配水量が記録されているため、隣接する配水網との接続の有無が疑われた。このため、プロジェクト開始時に水理的独立化の状況を改めて確認した。

表 5.1 水理的独立化の確認作業

| 日時 | 2017年3月21日(火) 10:00~14:00 |
|----|--|
| 手順 | 配水量の計測設備がある流入点のバルブを締め切り、断水状態とした上で、パイロット区画内の複数の給水栓で水圧を測定する。 |
| 結果 | 断水前後の水圧調査結果は以下のとおりであり、地区内は完全に水理的に独立した状態が確認された。 |

5.2 プロジェクト活動を通じた水理的独立化の再確認

水圧測定による水理的独立化の確認は最も簡単な方法であるが、全ての顧客の給水栓で水圧を確認できるわけではない。プロジェクトでは、地区内を小さなセクターに分割しながら、配水網内の損失水量を測定している。

最終的に地区内の給水ルートを完全に把握し、水理的独立化を完全に確認するためには、サブセクター毎の調査を行う中で、接続先が不明な管や隣接地への給水の有無などを確認することが重要である。

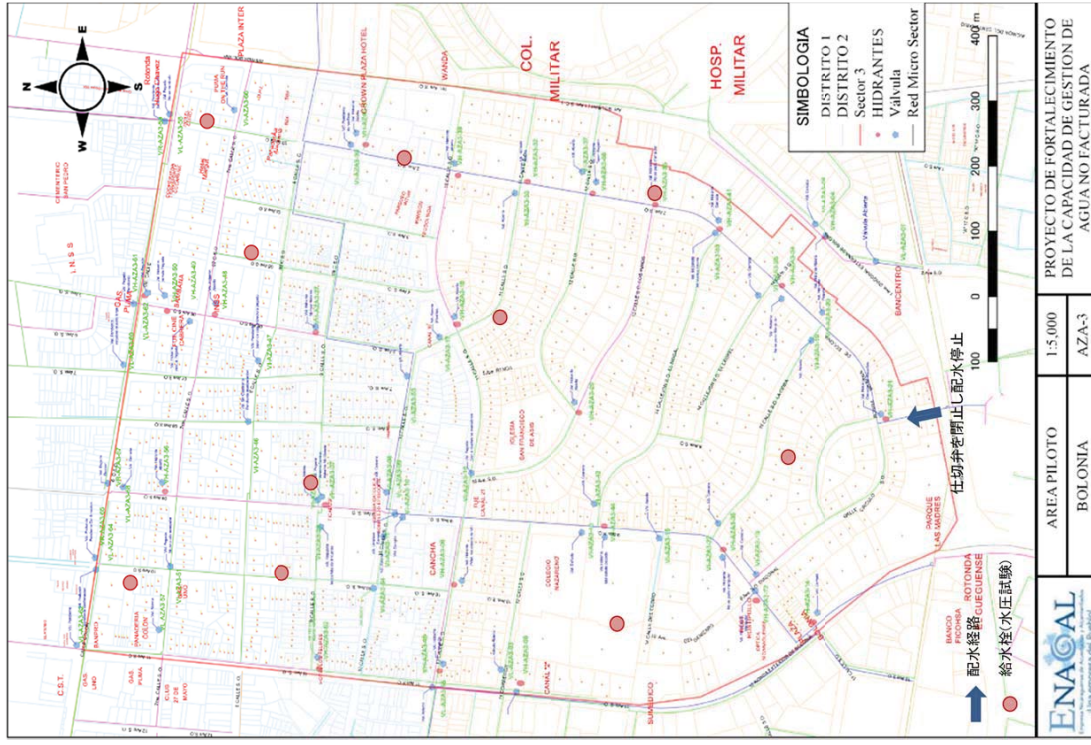


図 5.1 独立化確認のための水圧調査地点

第 6 章 ハイロッド区画 No.1 の無収水モニタリング

6.1 無収水量のモニタリング

プロジェクト開始以降、AZA No.3 の無収水モニタリングは、月ベースと日ベースの 2 通りの方法で実施した。

- ▶ 毎月の配水量、請求水量、無収水量
- ▶ 日々の区画流入部における配水量と夜間最小流量

プロジェクト開始当時は、商業技術課から提供される請求水量データの検針期間に併せて、無収水課が流入部の配水量を測定し、両者の差を無収水量として算定していた。しかし、商業部からのデータ提供には検針実施後 1 ヶ月以上がかかるため、迅速なモニタリングができないという問題があった。

2018 年 1 月以降は、検針・請求データが蓄積されているデータベースシステム(Aquavism)から無収水課が地区内の利用者の検針結果をダウンロードし、無収水量を算定する方法を採った。

メータ検針は月 1 回実施されるが、地区によって月の上旬に行う場合や中旬に行う場合と様々であるため、無収水データを集計する際のルールを決める必要がある。

ハイロッドプロジェクトでは以下のルールに従って無収水量を算定した。

- 【メータ検針日】 2017 年 12 月 xx 日
- 【請求対象期間】 2017 年 11 月 xx 日～2017 年 12 月 xx 日
- 【配水量計測期間】 2017 年 11 月 xx 日～2017 年 12 月 xx 日
- 【水使用対象月】 2017 年 11 月
- 【無収水分類月】 2017 年 11 月

2017 年 12 月までに無収水課によって続けられたサブセクターの損失水量調査を通じて、以下の顧客 7 件の給水管は別系統から接続されていることが確認され、AZA No.3 の無収水の集計対象から除外する必要があることが明らかとなった。

表 6.1 ハイロッド区画外から給水されている顧客

| 顧客 No | 名称 | 月平均請求水量 (m ³ /月) | 確認情報 |
|--------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 158626 | 事務所(Cruz Blanca) | 34 | AZA No.3 区画流量計の手前から分岐して給水 |
| 158628 | 商店 | 3 | 同上 |
| 159916 | ドイツ大使館 | 486 | サブセクター 2A(a)の道路沿い |
| 159917 | World Vision International | 131 | サブセクター 2A(a)の道路沿い |
| 159918 | 事務所(Acedesa) | 0.1 | サブセクター 2A(a)の道路沿い |
| 159919 | 住居 | 1,097 | サブセクター 2A(a)の道路沿い |
| 159920 | 病院(Sumedicco) | 1,737 | サブセクター 2A(a)の道路沿い |
| 合計 | | 3,488 | |

以下に示す無収水のモニタリングデータでは、上記 7 件の請求水量は除外されている。これらの情報は、サブセクター化後の損失水量測定作業とともに実施した配水管の試験・位置特定の結果明らかとなったものである。

2017 年 6 月の配水量が多く計測されているが、サブセクター化とバルブ設置工事に伴う管内水の排出の影響と考えられる。漏水探知と修繕は 6 月下旬から集中的に実施し、サブセクターでの損失水量の特定と対策の技術指導も併せて行われたことから、2017 年 7 月以降の配水量は減少傾向を示すようになった。

AZA No.3 の全ての使用者のメータ検針作業を固定した 1 日に統一することが望ましいが、検針員の配置やルート設定上の都合により、複数日に渡って検針が行われることもある。この場合、請求水量計測期間と配水量の計測期間との間に違いが生じるため、月当たりの水量に基づく無収水量率は誤差が含まれることに注意しなければならない。この誤差を除くため、1 日当りの水量データを用いて、月別の無収水量を算定した結果もモニタリングしている。

表 6.2 配水量と請求水量の記録

| 配水月 | 2016年 | 01/2017 | 02/2017 | 03/2017 | 04/2017 | 05/2017 | 06/2017 | 07/2017 | 08/2017 | 09/2017 | 10/2017 | 11/2017 | 12/2017 | 01/2018 | 02/2018 | 03/2018 | | |
|-----------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 配水量 (m ³) | 1,470,354 | 127,494 | 113,411 | 107,287 | 124,179 | 114,038 | 108,041 | 97,850 | 103,726 | 95,063 | 104,338 | 91,422 | 103,048 | 106,508 | 97,301 | 93,911 | 102,262 | |
| 顧客の配水量 ^{※1} | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 請求水量 (m ³) | 659,026 | 55,109 | 99,221 | 57,124 | 62,109 | 51,466 | 46,826 | 52,911 | 48,948 | 44,798 | 48,539 | 49,726 | 53,873 | 54,070 | 58,115 | 59,692 | 60,721 | |
| | 55.4 | 54.6 | 49.7 | 48.6 | 50.4 | 54.9 | 59.7 | 49.9 | 52.5 | 52.3 | 53.4 | 46.6 | 47.7 | 47.9 | 42.3 | 36.4 | 41.2 | |
| 顧客の無収水量 (%) ^{※1} | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 配水量計測期間 | 365 | 32 | 29 | 34 | 28 | 28 | 30 | 28 | 30 | 30 | 31 | 28 | 32 | 31 | 29 | 29 | 32 | |
| 日平均配水量 (m ³ /日) | 4,028 | 3,796 | 3,911 | 3,196 | 4,471 | 4,073 | 3,601 | 3,465 | 3,458 | 3,169 | 3,366 | 3,152 | 3,220 | 3,406 | 3,365 | 3,238 | 3,228 | |
| メータ検針日 | | 07/2017 | 08/2017 | 09/2017 | 10/2017 | 11/2017 | 12/2017 | 01/2018 | 02/2018 | 03/2018 | 04/2018 | 05/2018 | 06/2018 | 07/2018 | 08/2018 | 09/2018 | 10/2018 | 11/2018 |
| メータ検針期間 (日) | 365 | 32 | 30 | 28 | 32 | 30 | 29 | 30 | 28 | 28 | 31 | 26 | 34 | 26 | 30 | 31 | 30 | |
| 日平均請求水量 (m ³ /日) | 1,797 | 1,724 | 1,941 | 2,040 | 1,941 | 1,716 | 1,615 | 1,470 | 1,546 | 1,589 | 1,745 | 1,585 | 1,686 | 1,871 | 1,822 | 1,824 | 1,824 | |
| 日平均無収水量 (m ³ /日) | 2,231 | 2,072 | 1,970 | 1,116 | 2,500 | 2,357 | 1,986 | 2,025 | 1,900 | 1,624 | 1,797 | 1,637 | 1,635 | 1,510 | 1,484 | 1,313 | 1,204 | |
| 日平均水量に基づく平均無収水量 (%) | 55.4 | 54.6 | 50.4 | 35.4 | 56.6 | 57.9 | 55.2 | 57.9 | 49.2 | 51.2 | 53.4 | 45.6 | 46.8 | 44.3 | 44.2 | 40.3 | 37.3 | |

※1 無収水課によれば、配水量を計測している顧客は請求水量+3.09%と推定されており、これを考慮した顧客の無収水量である。

6.2 無収水削減対策の内容および無収水の構成

パイロット区画における無収水削減活動は、商業的損失対策、物理的損失対策の2つに区分される。

- 見掛け上の損失対策
- 真の損失対策

見掛け上の損失については、対策実施と効果検証の期間をある程度分けることができるが、真の損失については、損失水量の測定と平行して、漏水探知や修理といった対策が進められる場合があるため、対策と効果検証が同時期に行われる。

パイロット区画 AZA No.3 の場合、ステップテストを通じて地区内の配水量の分布を明らかにしたうえで、一度漏水探知と修繕作業を行い、その後配水量の低減効果を確認した。その後、損失水量の詳細な調査を行い、非合法接続や不明管からの漏水といった原因や位置を特定しつつ、漏水修繕や水圧の適正化などの対策を検討していくこととした。

表 6.3 無収水削減活動の主な内容

| 物理的損失対策 | 商業的損失対策 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・夜間最小流量の測定と分析 ・パイロット区画内のサブセクター化とステップテスト(注1) ・特定された配水区域の漏水量直接測定 ・音源探知法による漏水調査 ・水圧適正化による漏水削減 ・発見した漏水量の計測 ・宅地内漏水の調査(住民サービス業務の一環) | <ul style="list-style-type: none"> ・各戸メータ検針結果と請求水量の比較 ・メータボックス内漏水の修理 ・顧客台帳の修正と最新化 ・給水柱の隣接セクターとの誤接続の修正 ・水道メータの更新と検針率向上 ・水道メータの検針の正確性向上 ・請求データの是正 ・非合法接続の探知/撤去/合法化 ・水道メータ精度確認 ・適切な水道メータの整備 ・メータボックスの設置方法の改善 |

注1: ステップテストとは、配水区画内を小ブロックに分割し、バルブ操作を行いながら夜間最小流量を測定し、各ブロック内の潜在漏水量の分布を把握する調査。

無収水削減対策を効果的に進めるには、無収水の構成要素を正確に分析する作業が重要である。本プロジェクトでは、一般的な夜間最小流量の測定に限らず、バルス出力式の電子式水道メータや電磁式水道メータを活用した漏水量の直接測定等を組合せ、パイロット区画内の漏水量を種類別に測定し、その後の対策の検討に活用できるようにするために必要な応用技術が移転された。

パイロット活動の最終段階では、国際水協会(IWA)の推奨する方法に準じて無収水の構成要素を算定する。

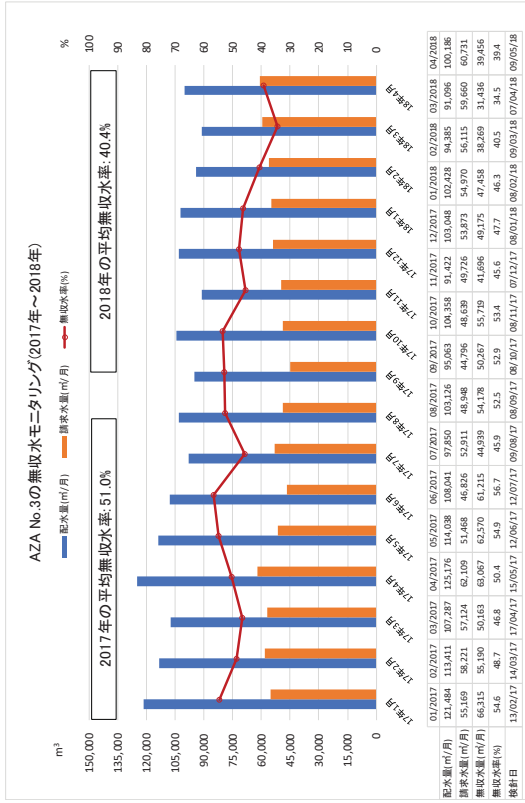


図 6.1 AZA No.3の無収水モニタリング(月平均水量 誤差考慮)



図 6.2 AZA No.3の無収水モニタリング(日平均水量 誤差考慮)

表 6.4 無収水の分類表

| 分類 1 | 分類 2 | 分類 3 | 分類 4 | AZA No.3 の場合 |
|------------|--------------------|-------|--|--------------|
| 認定消費 水量 | 認定請求 | 有収水 | ①請求計量:メータあり料金水量 | ✓ |
| | 認定非請求 | 無収水 | ②請求非計量:メータなし推定料金水量 ③非請求計量:特定地域(スラム等)への給水量 | なし |
| 損失水量 | 見かけ損失 | 実際の損失 | ④非請求非計量:事業水量 | ✓ |
| | | | ⑤非認定給水量:盗水 | ✓ |
| | ⑥計量誤差:メータ不感、器差、誤検針 | | ✓ | |
| | ⑦送配水管漏水 | | ✓ | |
| | ⑧配水池漏水 | | なし | |
| | ⑨メータ手前の給水管漏水 | | ✓ | |

サブセクターの直接漏水量測定作業を通じて、真の漏水、違法な使用水量、メータ不感水量を把握し、かつ時間帯は限定されるものの請求対象となる使用水量が推定できれば、夜間最小流量時の時間帯別使用水量の近似値が推察できる。また、商業部により実施されているメータ精度確認調査によって、使用中のメータ誤差の近似値が判明すれば、かなり精度の高い配水量の構成要素が確定できる。

無収水の構成要素の一つである「漏水」に関しては、「計測可能な漏水量」と「計測不可能な漏水量」(メータ不感水量や盗水)とに分けて分析する。

計測できない漏水量とは、個体の漏水では水量が少なく、計測機器で計測できない漏水量であるが、セクター全体で集合した場合は、計測値として示すことは可能である。パイロット区画における活動では漏水量の取扱い方を正確に理解できるように支援する。

2017年の活動で適用した損失水量の算定方法は以下のとおりである。

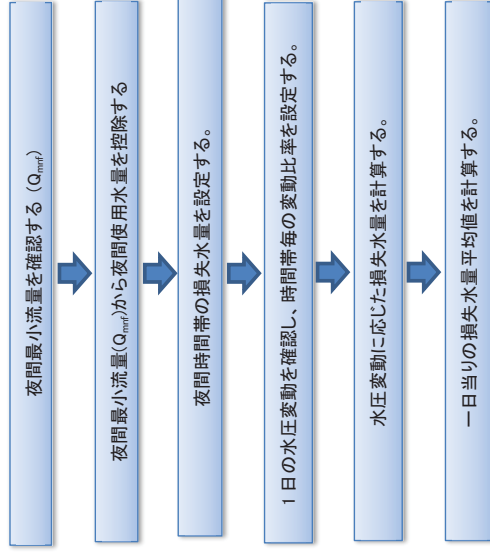


図 6.3 無収水における損失水量の算定方法

6.3 夜間最小流量のモニタリング

日々の活動の成果を定量的に確認できる重要な指標は、夜間最小配水量である。特に地区内の漏水修繕、非合法接続の撤去などの後の水量変化を見ることで、損失水量を推定することができる。

パイロット活動が開始された2017年6月から2018年4月までの流量をみると、夜間配水量として42%の削減効果が見られ、その削減量は最大15.5L/secとなっている。

2017年6～7月に実施した地表漏水の探知と修繕により3.5L/秒の漏水低減がみられ、その後、2018年3月までの非合法接続の撤去や不明管からの漏水停止を通じて、8.4L/秒の削減効果が確認された。

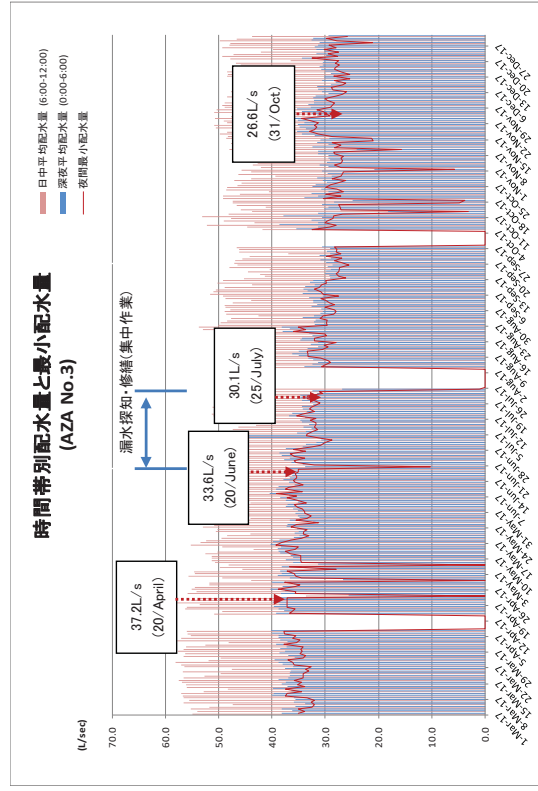


図 6.4 AZA No.3 の夜間最小流量管理図(2017年)

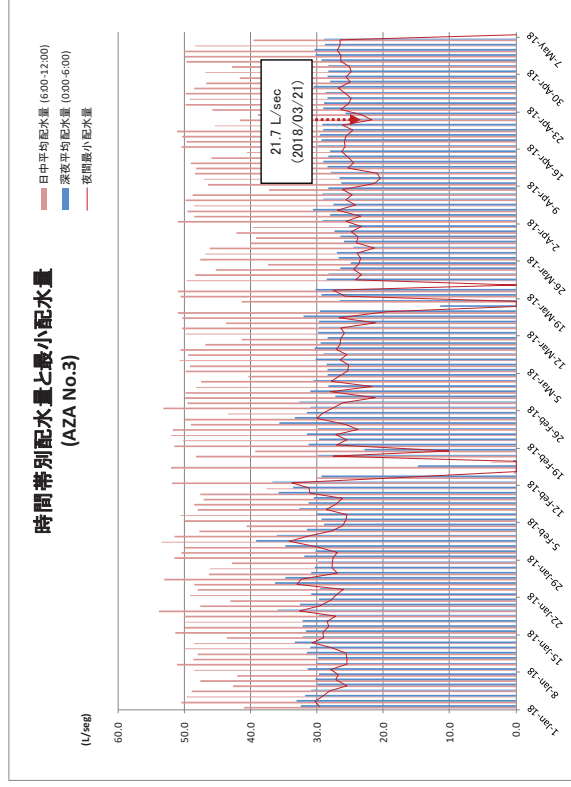


図 6.5 AZA No.3 の夜間最小流量管理図(2018年)

第7章 真の損失対策と効果

無収水削減対策の第一段階では、バイロット区画内の配水量の分布状況を把握し、損失水量が大きい区画を特定する作業を行う。配水網のサブセクター化のための仕切弁の設置工事はENACAL 施工班により実施され、2017年4～5月に第1段階のサブセクター化工事が完了した。

当初、AZA No.3は11のサブセクターに区分できるようにバルブ設置を行ったが、既存バルブの不具合や配管情報の誤りなどもあったため、いくつかのセクターは完全に分離できず、流量分布が確認できたセクターは9箇所であった。

7.1 ステップテスト

サブセクター毎にバルブを操作しつつ、夜間最小配水量(Q_{min})を測定する作業を「ステップテスト」と呼び、これにより地区内の配水量と損失水量の分布を推定することができる。この測定では、超音波流量計で10秒間隔の流量を記録した。

Q_{min} の現場測定は2017年に2回実施したが、多くのサブセクターで相当量の漏水又は不明水(違法接続などの存在が確認された)。このため、サブセクターの中からより小さな特定区間を選定して損失水量を直接測定する作業を実施した。

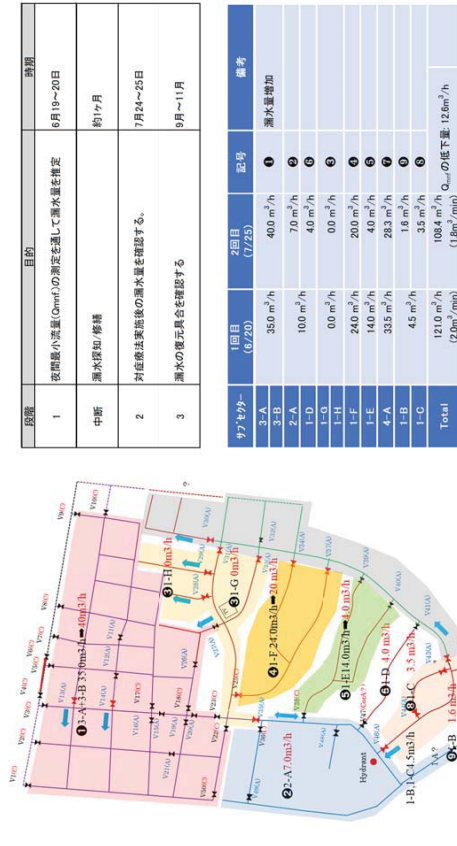


図 7.1 AZA No.3のステップテスト結果の概要図

夜間最小流量(Q_{min})を基に、各セクターの管網や管路の劣化度がどの程度かを判定することは重要である。 Q_{min} 自体には使用水量も含まれているため、単純に漏水とは言えないものの、この値を漏水量の近似値として仮定し、管網の状況を評価した。

【配管 1km 当りの Q_{min} (L/min/km)】

この場合、上位から順に 412.9、395.6、294.0 と大きな数値が観察できる。日本の 20-30 年前の指標は 8~15L/min/km の範囲を目標としていた。これと比較するとかなり大きな数値で管網の劣化度合いが大きいことが伺える。

赤線の 50L/min/km は、プロジェクト期間内にこの程度に低減できることが望ましい数値の目安である。

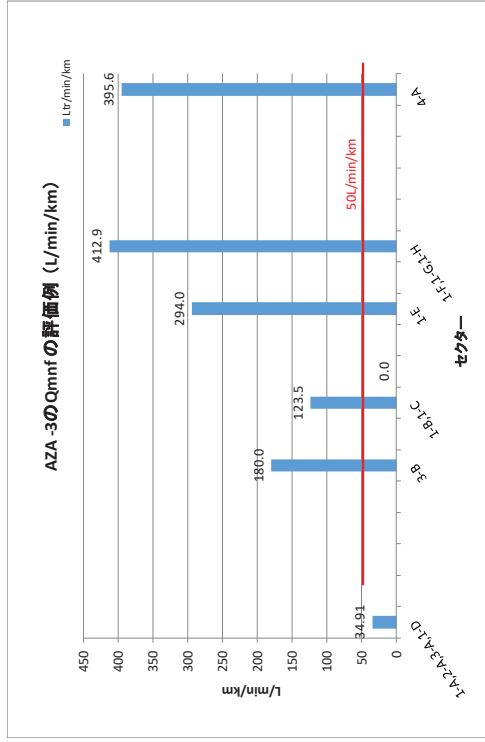


図 7.2 AZA No.3 の管網劣化指標(L/min/km)

【給水栓当りの Q_{minf} (L/con/day)】

この場合、上位から、6,931、4,941、2,414と大きな数値が観察できる。日本の事業体はこの指標を採用したのは近年で、その指標では、25、50、100L/Con/Day の範囲の事業体が多い。

都市と地方では少し違うが、無収水率30～40%以下という諸外国の指標で、500という数値を超えているのは劣化の度合いが大きいと言える。赤線の 500L/con/day はプロジェクト期間内にこの程度に低減できることが望ましい数値の目安である。

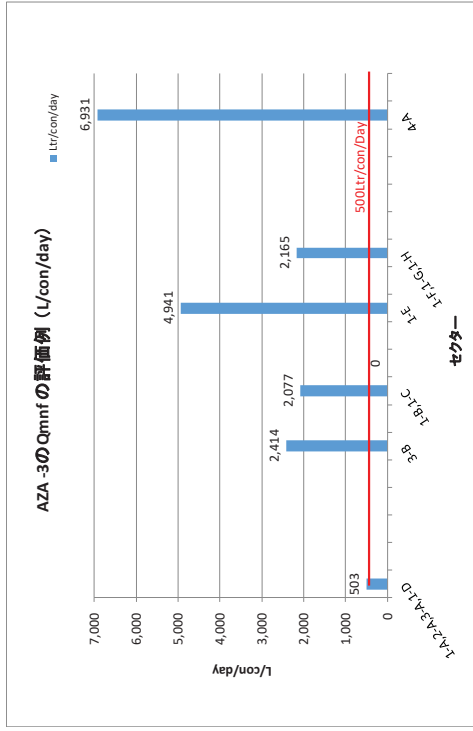


図 7.3 AZA No.3 の管網劣化指標(L/con/day)

7.2 サブセクター化工事と損失水量の測定結果

パイロット区画(AZA No.3)の損失水量は極めて大きく、単純に漏水探知や修繕を繰り返しても得られる効果は限定的である。無収水削減アクションチームは、物理的漏水としての損失水量の内訳を実際に確認し、無収水の根本的原因を突き止める必要があると判断した。

このため、地区内の配水網を小さな区画に分けるサブセクター化工事を進めたのち、各サブセクター内にある水道メータの元栓を全て閉じた条件下で夜間の漏水量を実測した。調査では、仕切弁の前後にバイパス管(耐圧ホース)とテストメータを設置して、当該路線に流入する水量を直接測定する手法を採用した。

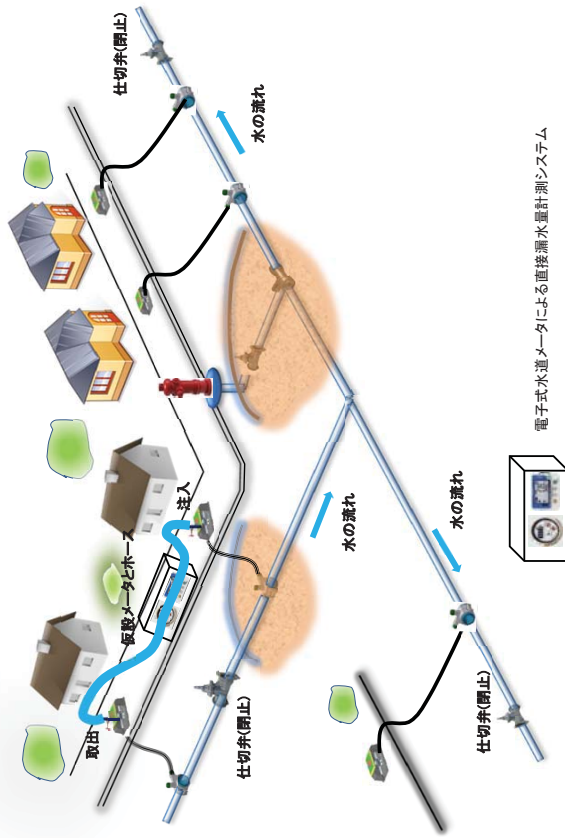


図 7.4 損失水量の直接測定システムの概要

AZA No.3 は、これまでの仕切弁設置工事(合計 25 個)によって 26 のサブセクターへ分割できるようになり(図 7.5)、2017 年 10 月上旬から、それぞれのセクターで損失水量の測定を開始した。

サブセクター3-Ac については活動の最終段階でパイロット区画の給水対象であることがわかり、この顧客数約 100 件の請求水量は 2018 年 5 月以降の無収水モニタリングから反映される予定である。ただし、ベースラインとして設定した 2016 年の無収水率データにはこの顧客の請求水量は含まれていないが、費用対効果は 4 月までの値で評価しているため、同一条件の比較となっている。

測定時には、各戸メータの検針を行い、一定時間の使用水量を記録した。メータ栓を閉止した後の流量は、管路からの漏水、不明水(原因特定ができていない水量で漏水又は違法利用による)、明確な違法使用水に区分される。

以下に、サブセクターにおける損失水量の直接測定結果を示す。

Q_{mf}: 初期の6つのセクターを対象としたステップテストの結果で、地区流入部での測定値(2回実施)

Q_{direct}: 各サブセクターにおいて生じた配水量の直接測定結果

2018年4月末時点で原因不特定の水量が残っている。この水量の原因を特定できない限り、信頼のできる数値をもって損失水量の分類を行うことができない。

表 7.1 サブセクターにおける Q_{mf} と損失水量の測定結果(2018年4月末)

| セクター | サブセクター | Q _{mf} (1回目) (m³/h) | Q _{mf} (2回目) (m³/h) | 算定の損失 (配水管の漏水) (m³/h) | 原因不特定 (不明水) (m³/h) | 直接測定結果(Q _{direct}) | | | 合計 | 備考 |
|-----------------|--------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|-------|-----------------|-------|--------|
| | | | | | | 計検針水 (メータ検針外/非検針) | 小計 | 不明水 (メータ検針分) | | |
| 3A | a | 35.0 | 40.0 | 3.83 | 9.16 | 2.64 | 15.03 | 15.03 | 15.03 | ベンチメータ |
| | b | | | 2.71 | 2.18 | 3.01 | 12.90 | 12.90 | 12.90 | ベンチメータ |
| | c | | | 2.73 | 1.51 | 3.77 | 8.01 | 8.01 | 8.01 | ベンチメータ |
| | d | | | 1.66 | 1.60 | 1.01 | 4.30 | 4.30 | 4.30 | ベンチメータ |
| | e | | | 3.92 | 0.00 | 0.37 | 3.59 | 3.59 | 3.59 | |
| 2A | a | 10.0 | 7.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | b | | | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | |
| | c | | | 2.17 | 0.00 | 0.24 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | |
| | d | | | 0.54 | 0.00 | 1.47 | 2.01 | 2.01 | 2.01 | |
| | e | | | 1.28 | 0.00 | 0.31 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | |
| 1E | a | 14.0 | 4.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | b | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | c | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | d | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | e | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 4A | a | 33.5 | 28.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | b | | | 0.56 | 1.39 | 0.00 | 1.96 | 1.96 | 1.96 | ベンチメータ |
| | c | | | 0.51 | 0.00 | 1.41 | 1.92 | 1.92 | 1.92 | ベンチメータ |
| | d | | | 0.00 | 1.20 | 0.00 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | ベンチメータ |
| | e | | | 0.00 | 0.00 | 2.55 | 2.55 | 2.55 | 2.55 | ベンチメータ |
| 合計 | | 121.0 | 108.4 | 28.31 | 17.04 | 16.29 | 61.64 | 61.64 | 61.64 | |
| メータ検針水量(検針した部分) | | | | 46.93 | 27.64 | 26.43 | | | | |

- ① 配水管及び給水管からの漏水
- ② 偶発的に水が保たれているがその存在が不明な管からの漏水、違法な使用水からの漏水
- ③ メータ検針対象外の使用水と違法検針による使用水
- ④ 水漏メータで計測された使用水と宅内漏水

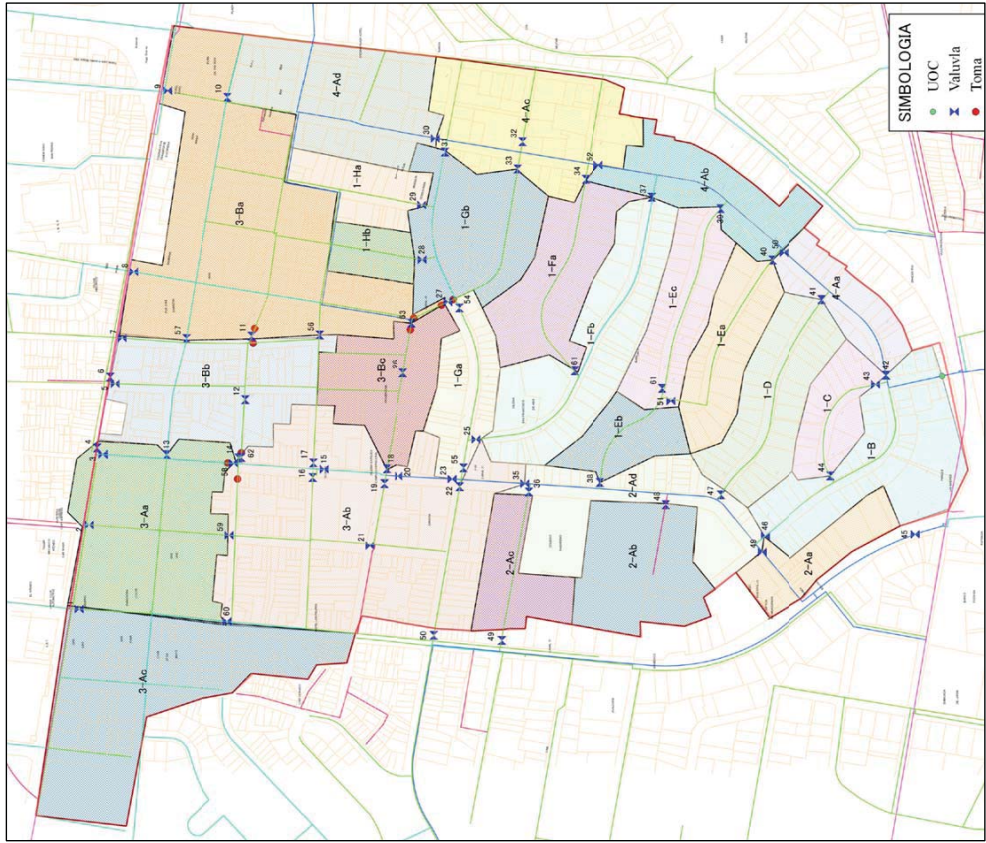


図 7.5 AZA No.3 のサブセクター

7.3 夜間使用水量の推定

夜間最小流量(Q_{\min})に占める使用水量の割合を推定するためには、直接測定時にメータ検針を行って、実際の使用水量を確認する必要がある。

これまでの調査結果から夜間の使用水量を推計した結果は以下のとおりで、 $0.043\text{m}^3/\text{h}/\text{件}$ である。AZA No.3の有効契約者数は2018年4月時点で最終的に1,324件であることが分かったため、当地区内の夜間使用水量は $56.93\text{m}^3/\text{h}$ と推定できる。

表 7.2 サブセクターにおける夜間の使用水量

| サブセクター | 測定区 | 有効メータ数 | ①:宅地内漏水連続使用水 | | ②:一時使用水 | | 平均使用水量 ($\text{m}^3/\text{h}/\text{件}$) | | |
|--------|-----|--------|--------------|-----------------------------------|---|------|--|-----------------------------------|---|
| | | | メータ数 | 使用水量 (m^3/h) | 1件当たり平均使用水量 ($\text{m}^3/\text{h}/\text{件}$) | メータ数 | | 使用水量 (m^3/h) | 1件当たり平均使用水量 ($\text{m}^3/\text{h}/\text{件}$) |
| 1C | 1 | 14 | 6 | 1.897 | 0.086 | 1 | 0.280 | 0.020 | 0.106 |
| | 2 | 14 | 3 | 0.330 | 0.024 | 2 | 0.008 | 0.001 | 0.025 |
| | 3 | 31 | 8 | 0.246 | 0.008 | 11 | 0.810 | 0.027 | 0.035 |
| 1D | 2 | 31 | 9 | 0.376 | 0.012 | 12 | 0.700 | 0.023 | 0.035 |
| | 3 | 31 | 3 | 0.298 | 0.012 | 14 | 0.410 | 0.017 | 0.029 |
| 1E(a) | 1 | 14 | 2 | 0.123 | 0.009 | 5 | 0.850 | 0.061 | 0.070 |
| 1E(b) | 1 | 29 | 8 | 0.542 | 0.019 | 9 | 0.280 | 0.010 | 0.029 |
| 1F(a) | 1 | 35 | 7 | 0.346 | 0.010 | 19 | 1.240 | 0.035 | 0.045 |
| 1F(b) | 1 | 41 | 11 | 1.116 | 0.032 | 20 | 1.170 | 0.029 | 0.061 |
| 1G(a) | 1 | 31 | 3 | 0.170 | 0.005 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.005 |
| 1G(b) | 1 | 35 | 4 | 0.698 | 0.020 | 28 | 1.820 | 0.052 | 0.072 |
| 1H(a) | 1 | 19 | 7 | 0.593 | 0.031 | 13 | 1.260 | 0.066 | 0.097 |
| 2A(a) | 1 | 26 | 3 | 0.218 | 0.008 | 10 | 0.190 | 0.007 | 0.015 |
| 2A(b) | 1 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2A(c) | 1 | 18 | 2 | 0.126 | 0.007 | 8 | 0.120 | 0.007 | 0.014 |
| 2A(d) | 1 | 33 | 6 | 0.267 | 0.008 | 21 | 0.640 | 0.019 | 0.027 |
| 4A(a) | 1 | 18 | 6 | 0.585 | 0.033 | 9 | 1.100 | 0.061 | 0.094 |
| 4A(b) | 1 | 19 | 2 | 0.667 | 0.004 | 11 | 0.230 | 0.012 | 0.016 |
| 4A(c) | 1 | 18 | 2 | 0.127 | 0.007 | 13 | 0.420 | 0.023 | 0.030 |
| 4A(d) | 1 | 34 | 4 | 0.866 | 0.025 | 8 | 0.220 | 0.006 | 0.031 |
| 平均値 | | 18 | 5 | 0.233 | 0.013 | 8 | 0.120 | 0.007 | 0.020 |
| 平均値 | | | | 0.019 | | | 0.024 | | 0.043 |

①:明らかに宅地内漏水してメータが特測している水量

②:宅地内漏水ではないが、一定時間帯で増加したメータ計測水量

4A(a)の一時使用水量は推定値。

夜間の使用水量の計測時間はセクターによって異なるが、AZA No.3の場合は全体的に宅地内漏水や連続したメータ稼働が非常に多いことが特徴的である。

ニカラグアでは、水道工事を専門に行う業者はおらず、配水管からメータまでの給水装置の工事はENACAL直営で行われる。宅地内の給水装置はENACALの責任範囲外であるが、全体的にその施工品質は低く、宅地内漏水が相当量存在していることが推測される。

7.4 時間帯別配水量を用いた夜間使用水量の妥当性確認

前述したとおり、夜間の使用水量が約 $57\text{m}^3/\text{h}$ と算定されたが、これは $0:00\sim 1:00$ の時間帯での算定値である。一般的に、夜間の流量は、それよりも遅い深夜時間帯($2:00\sim 3:00$)で最も小さい値を示すため、AZA No.3の配水量の変動傾向からその整合性を確認した。

以下は、時間帯別に配水量を集計したものである。

AZA N.3の配水量の場合、 $0:00\sim 1:00$ と $1:00\sim 2:00$ の時間帯でほとんど差が見られない。これにより、夜間最小流量は $0:00\sim 2:00$ の時間帯でも発生する可能性が高く、上記の $57\text{m}^3/\text{h}$ は夜間の使用水量として扱うことができると判断された。

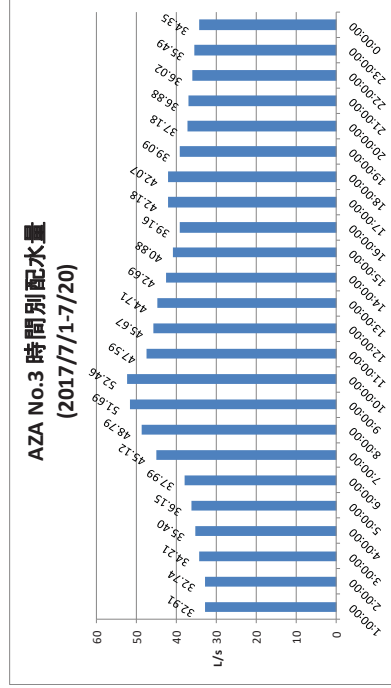


図 7.6 AZA No.3 の時間帯別配水量

7.5 夜間最小流量に占める損失水量の割合の推定

日常的にモニタリングしている夜間最小流量(Q_{min})から、これまで推定した夜間使用水量を差し引くことで、夜間の損失水量が算定できる。

夜間使用水量の調査は2017年6月～10月に実施しているため、損失水量は2017年9月の Q_{min} を元に計算する。

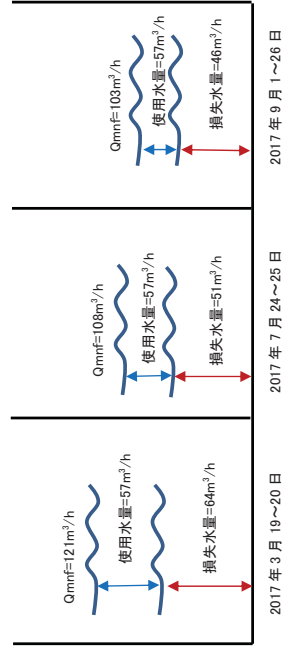


図 7.7 夜間損失水量の算定図

7.6 日平均損失水量の算定

2017年9月のデータより損失水量は $46\text{m}^3/\text{h}$ と算定されたが、これは深夜時間帯における算定値である。一日当りの平均損失水量を算定するためには、日中の水圧変動を考慮して補正しなければならない。

以下の図は、AZA No.3 の配水流入点の水圧を4つの時間帯に分割したものである。0:00～6:00 は平均 44.24m (水頭)、一日平均では 34.28m となっている。以下の換算表により、一日平均の損失水量を計算すると、約 $40.3\text{m}^3/\text{h}$ となる。

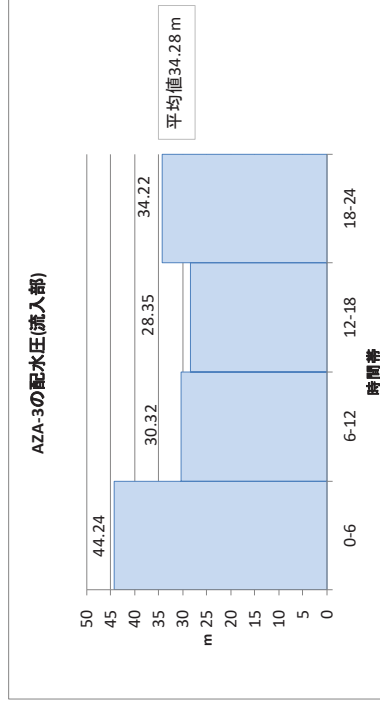


図 7.8 AZA No.3 の流入部水圧

表 7.3 AZA No.3 の日平均損失水量

| 項目 | 時間帯 | | | | 平均 |
|------------------------------|-----------|------------|-------------|-------------|-------|
| | 0:00-6:00 | 6:00-12:00 | 12:00-18:00 | 18:00-24:00 | |
| 水圧(m) | 44.24 | 30.32 | 28.35 | 34.22 | 34.28 |
| 比率(P_x/P_0) | 1.00 | 0.665 | 0.641 | 0.773 | |
| (P_x/P_0) ^{0.5} | 1.00 | 0.828 | 0.801 | 0.879 | |
| 流量 (m^3/h) | 46.00 | 38.09 | 36.85 | 40.43 | 40.34 |

$$Q_x = (P_x/P_0)^{0.5} \times Q_0$$

Q_0 : 基準時間帯の流量

P_0 : 基準時間帯の水圧

P_x/P_0 : 基準時間帯の水圧に対する比率

7.7 水圧分布状況

パイロットエリア AZA No.3の地形は、流入点と管網の末端で標高差が約20mある。以下の事項を
確認するため、給水栓の水圧測定を実施した。

- 標高差が水圧分布に及ぼす影響
- 漏水発生箇所と水圧分布との関係

【期間】 2018年2月13日(火)から19日(日)まで6日間

【測定地点】 パイロット区画内の給水栓29箇所

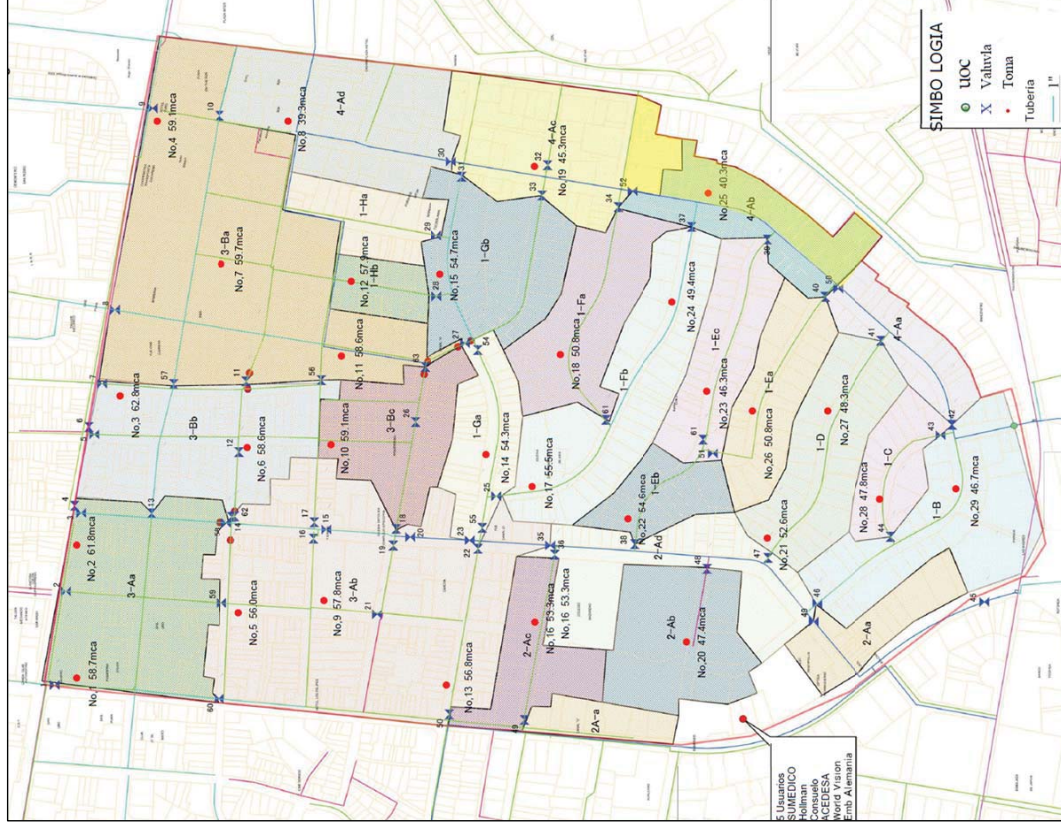


図 7.9 AZA No.3の水圧測定地点

(1) 水圧評価

【管網末端部(測点 No.2)】

管網末端部である測点 No.2 の最高水圧は 55m から 60m であり、2018 年 2 月 13 日および 14 日の測定不能時間(測定値がゼロ)を除外すると、最低水圧は 20m であった。

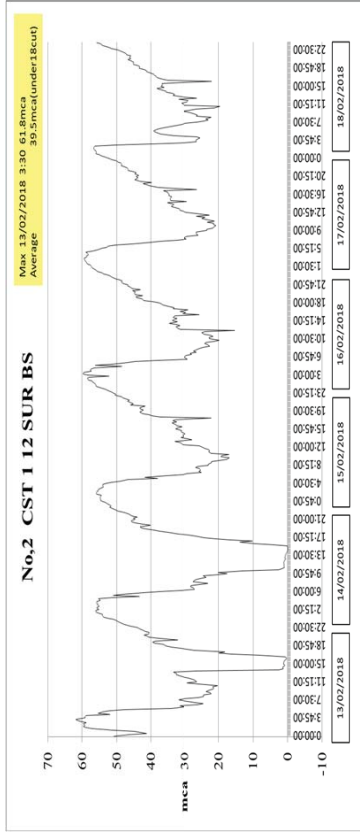


図 7.10 測点 No.2 における水圧測定結果

【管網流入部付近(測点 No.29)】

一方、AZA No.3 流入部付近にある測点 No.29 の最高水圧は平均 40m 程度であり、2018 年 2 月 18 日の測定不能時間(測定値がゼロ)を除外すると、最低水圧は約 20m であった。

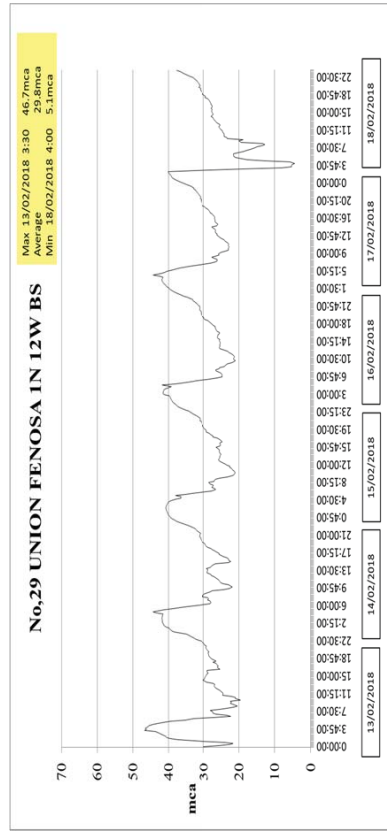


図 7.11 測点 No.29 における水圧測定結果

管網の流入付近と末端部の水圧の振れ幅(最高水圧と最低水圧の差)を比較すると、流入点付近では約 20m 程度、末端部では 40m 前後となり、管末端部における振れ幅が大きいがわか

る。また、最高水圧はどちらにおいても、使用水が極めて少ない夜間帯(午前 2 時から 4 時付近)であり、その水圧は、地区北側で 55~60m、流入点付近で 40m となっていた。これらの数値は、給水栓での水圧としては過大な値であり、夜間の漏水を引き起こす大きな要因である。

本パイロットエリアでは、PVC 管のほか、アスベストセメント管(AC 管)も配水管材料として使用されている。敷設されてから長年経過している老朽管の AC 管の場合には、そのジョイント部からの漏水や管の破損が高水圧下において発生する可能性が高い。

従って、現在の夜間の高い水圧を、水需要の多い昼間圧力と同等の 20m 程度まで減圧することにより、物理的漏水を軽減することは、無収水削減対策として有効である。

(2) まとめ

測定地点 29 箇所のうち 2 箇所(No.7, No.17)が計測不能となったが、27 箇所の最高水圧は以下のとおりである。

表 7.4 最高水圧の比較

| 最高水圧 | 測点数 | 測点 |
|--------------------|---------|--|
| 最高水圧 60m 以上 | 合計 2 測点 | No.2, No.3 |
| 最高水圧 55m 以上 60m 未満 | 合計 9 測点 | No.1, No.4, No.5, No.6, No.9, No.10, No.11, No.12, No.13 |
| 最高水圧 50m 以上 55m 未満 | 合計 7 測点 | No.14, No.15, No.16, No.18, No.21, No.22, No.26 |
| 最高水圧 45m 以上 50m 未満 | 合計 7 測点 | No.19, No.20, No.23, No.24, No.27, No.28, No.29 |
| 最高水圧 45m 未満 | 合計 2 測点 | No.8, No.25 |

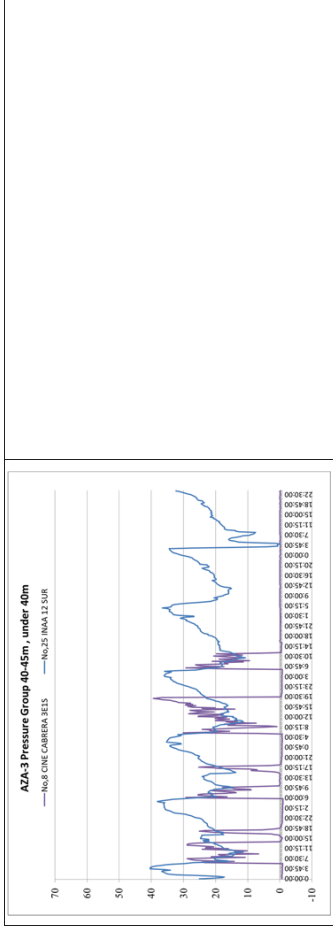
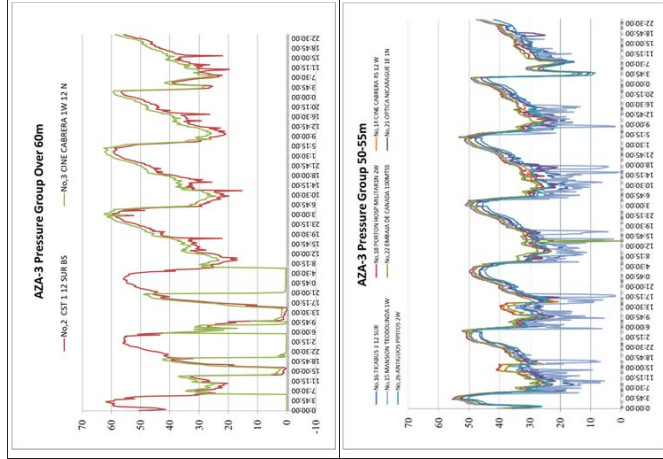


図 7.12 水圧測定結果

第 8 章 見掛け損失対策と効果

8.1 見掛け損失対策

見掛け損失対策（商業的損失対策）の項目と実施内容は、以下のとおりである。

表 8.1 見掛け損失対策の概要

| No | 見掛け損失対策 | 実施内容 |
|----|--------------------|--|
| 1 | 顧客台帳の修正と最新化 | 主に商業部によって実施され、その内容は第 3 章に示されている。 |
| 2 | 給水栓の隣接セクターとの誤接続の修正 | 本パイロットプロジェクトでは誤接続の修正により、有収水率の改善に寄与すると期待できるケースがなかったため、実施されたものはなかった。 |
| 3 | 水道メータの更新と検針率向上 | Aza No.3 内で 277 件の利用者が水道メータが設置された(2018年4月16日時点)。それに伴い、これまで平均水量による請求、もしくは調整された水量による請求がなされていた使用者においても検針水量による請求が行われるようになってきた。 |
| 4 | 請求データの是正 | 当初実施された顧客訪問調査において、違法接続の疑いがある 98 件のリストが作成され、商業部を中心に顧客台帳の最新化がなされた(第3章)。その中で非合法の場合には、合法化手続きが取られた。なお、違法接続者への通知や切断がなされた場合でも、違法接続者が合法化に応じない場合もあった(表-1 参照)。 |
| 5 | 適切な水道メータの整備 | 他方で、無収水課が物理的損失対策を行う中で非合法接続が発見され(27件)、合法化の手続きが進められた。また、商業部の違法接続対策ユニットも協調して訪問調査し、非合法接続の合法化(18件)を行った。 |
| 6 | 非合法接続の探知/撤去/合法化 | 技術的に高い知見を要し、またニカラグアでは新規の試みであるため、次節に詳細を示す。 |
| 7 | 水道メータ精度確認 | プロジェクト定例会議で議題として取り上げられ、会議参加者の同意が得られて、推進される方向ではあったが、本パイロットプロジェクト No.1 では実施に至らなかった。 |
| 8 | メータボックスの設置方法の改善 | |

パイロット活動開始当初の顧客調査では、98 件が違法接続の疑いがあることが報告された。

その後、無収水課による漏水調査と対策を進めた結果、26 件が新たに要調査使用者として追加された。

これらの 124 件の使用者について、現状を確認した結果は以下のとおりである。

表 8.2 AZA No.3 における違法接続対策の状況

| No. | 現状 | 件数 | 割合 |
|-----|------------------------------|-------|--------|
| 1 | 合法化終了 | 59 件 | 47.6% |
| 2 | 契約解除 (DEM) されたまま、合法化の申出がない。 | 21 件 | 16.9% |
| 3 | もともと合法であった使用者 | 19 件 | 15.3% |
| 4 | 危険、極度の貧困等の理由で切断できず、違法のまま | 9 件 | 7.4% |
| 5 | メータがなく直接接続だが、パイプが発見できず切断できない | 4 件 | 3.2% |
| 6 | 給水切断したが、まだ合法化されていない | 3 件 | 2.4% |
| 7 | Aza No.3 の範囲外にあることが判明 | 3 件 | 2.4% |
| 8 | 敷地内への立入が拒否され、パイプが発見できず切断できない | 2 件 | 1.6% |
| 9 | 現場・地図上に当該番号が見当たらない(おそらく古い番号) | 2 件 | 1.6% |
| 10 | 一時停止 (Suspended) | 1 件 | 0.8% |
| 11 | 登録ミス(隣と登録番号が逆であった。1 件は違法の状態) | 1 件 | 0.8% |
| | 合計 | 124 件 | 100.0% |

注:2018年4月時点

無収水の商業的要因(見掛け損失)としては、非合法接続からの損失(盗水)、メータ器差(マイナスの精度)、メータ検針時のエラーがあげられる。

商業的損失に対する ENACAL の認識については不十分なレベルにあり、その削減対策を検討するための各種分析もこれまでほとんど実施されていない。

商業的無収水削減技術強化するためには以下の 4 つのテーマについて技術移転が必要と判断された。

こうした活動は、現在の無収水に占めるメータ器差の割合の推定だけでなく、顧客の水道メータの管理能力の向上にも寄与する。

- 一般顧客の水利用がどの流量帯域で多く発生しているかを理解する。
- 流量帯域毎の水道メータの器差が請求水量に及ぼす影響を理解する。
- 既存の水道メータの使用期間と器差との関係を理解する。
- 商業的無収水の回復に有効な水道メータの要求性能を理解する。

8.2 一般顧客の使用水帯域の調査

使用水帯域の調査の目的は、一般顧客がどの流量帯域で水道水を使用しているかを定量的に把握することであるが、併せて既存のメータの精度(器差)についても確認することができる。

以下の図は、メータの出荷時の試験に用いられる試験流量と求められる器差(誤差)を示したものである。

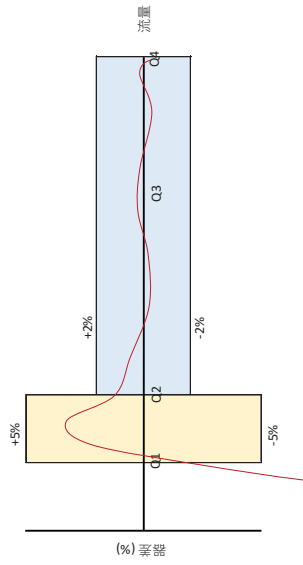


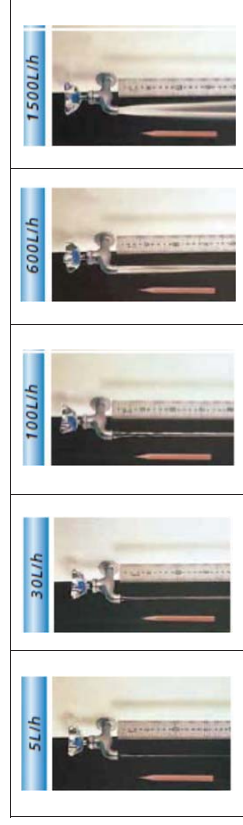
図 8.1 メータの流量帯域と器差

既存の水道メータは ISO Class B に分類されるものがほとんどであり、口径 15mm のメータの場合の各流量帯域の数値は以下のとおりである。定格最小流量が低くなるにつれてより小流量帯域での計測精度が保証されるが、その分メータの価格は上昇する。

マナグア市の一般顧客が使用する流量帯域を把握することにより、どの部分の精度管理が請求水量の回復に必要であるかを理解することができ、費用対効果を考慮したメータ選定が可能となる。

表 8.3 口径 15mm の流量帯域と器差

| 記号 | 名称 | ISO 4064 の分類 | | | |
|----------------|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Class A | Class B | Class C | Class D |
| Q ₁ | 定格最小流量 | 60 L/h | 30 L/h | 15 L/h | 11.25 L/h |
| Q ₂ | 遷移流量 | 150 L/h | 120 L/h | 22.5 L/h | 17.5 L/h |
| Q ₃ | 定格最大流量 | 1.5 m ³ /h | 1.5 m ³ /h | 1.5 m ³ /h | 1.5 m ³ /h |
| Q _L | 限界流量 | 3.0 m ³ /h | 3.0 m ³ /h | 3.0 m ³ /h | 3.0 m ³ /h |



調査では、既存の水道メータの先に電子式メータを直列で設置し、24 時間以上のデータをロギングすることで、使用水量帯域の発生頻度を分析した。電子式メータからは 1 リットルにつき 1 パルスが発信される。



調査対象とした 15 件のうち、非合法接続を除く 14 件の平均値を計算すると、1 日の使用水量において、30L/h 以上の水量帯域が全体の 82% を占めていた。つまり、この使用水量帯域での計測誤差が大きいと、請求水量にも大きな影響を与えることがわかる。

上記の 15 件について、既存メータの指示値と電子式メータの指示値を比較した結果は以下のとおりである。15 件のうち約半数はマイナスの器差(実流量よりも低く計測)を示し、その値が 10%を超え
るものが 5 件確認された。

メータの計測累積水量と器差の相関を線形近似で確認したところ、十分な相関は見られない。これは対数近似曲線や指数曲線でも同様であり、サンプル数をもう少し増やした上で継続して調査する必要がある。このため、2017 年 8 月中旬以降、可搬式テストメータによる精度確認調査を商業部の主導で実施することとした。

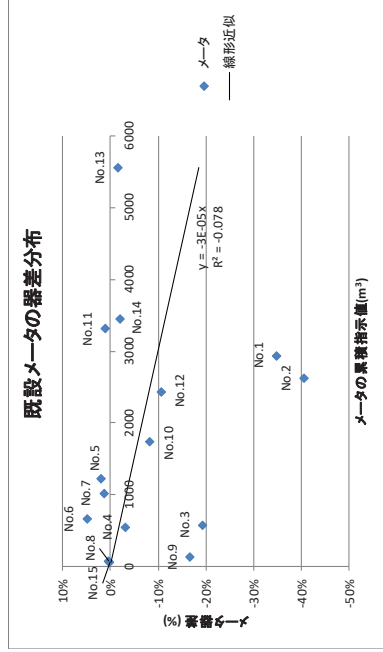


図 8.4 15 件のメータ精度確認結果

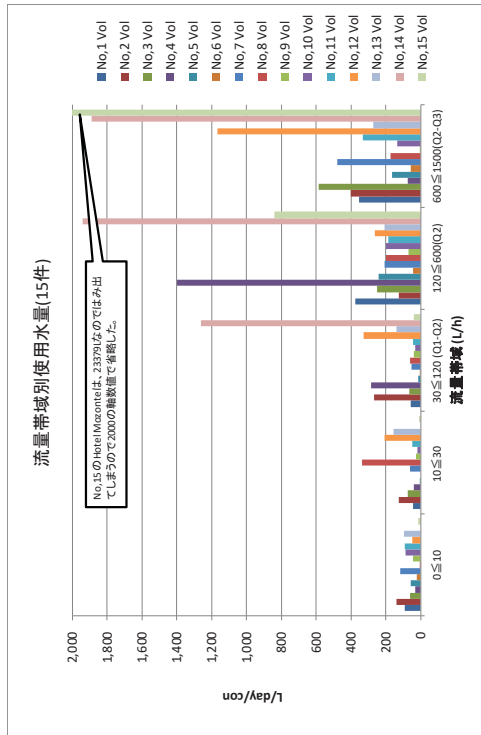


図 8.2 15 件の水量帯域毎の使用水量

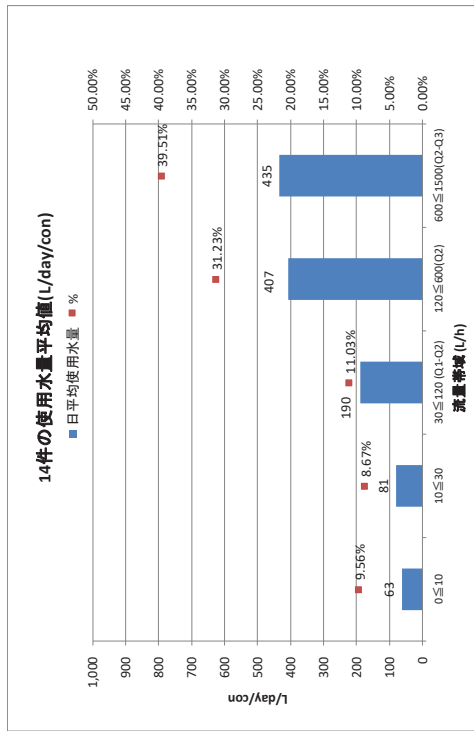


図 8.3 水量帯域毎の平均使用水量(非合法接続 1 件を除く)

8.3 既存の水道メーターの精度確認調査

AZA No.3 の水道利用者から 320 件程度を抽出し、可搬式テストメーターと基準タンク(20L)を用いた精度確認調査を実施した。



テストメーター

調査の様子

この調査では、顧客の給水サービスを一時的に中断するため、調査自体を拒否されることも多くみられたが、商業部による地道な努力によって 245 件の調査が完了した。

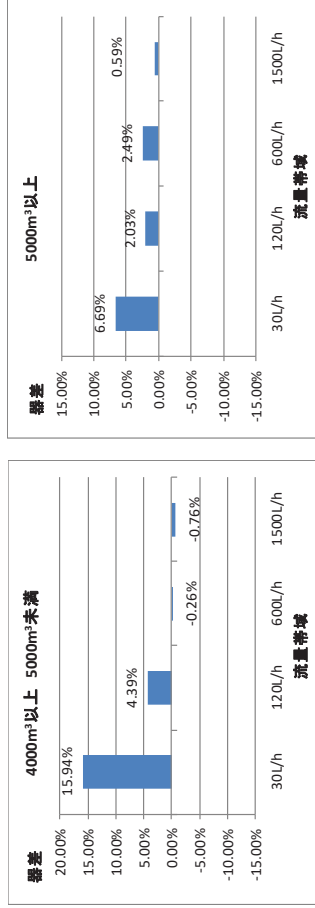


図 8.5 既存の水道メーターの器差分布

表 8.4 積算流量毎のメータ器差平均値

| 流量帯域 | メータの積算流量値(m³) | | | | | |
|----------------------------|------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| | 0~1000 (29 件) | 1000~2000 (113 件) | 2000~3000 (54 件) | 3000~4000 (19 件) | 4000~5000 (11 件) | 5000~ (12 件) |
| 30 L/h (Q ₁) | +0.16% | -0.73% | +3.42% | +3.02% | +15.94% | +6.69% |
| 120 L/h (Q ₂) | +0.58% | -0.24% | +1.50% | +1.61% | +4.39% | +2.03% |
| 600 L/h | -0.14% | -2.45% | -1.12% | +0.81% | -0.26% | +2.49% |
| 1,500 L/h(Q ₃) | -0.39% | -2.79% | -1.55% | -0.15% | -0.76% | -0.59% |

使用中メータの器差は、検定器差(製品出荷時の)2 倍まで認められており、Q₁~Q₂の流量範囲で±10%、Q₂以上で±4%となる。

器差の全体平均値だけを見ると、それほど大きな問題は見られないが、個々のメータにおける検査結果からは非常に大きな問題点が明らかになった。

これらの許容器差を超過しているメータの割合は以下のとおりで、かなりの割合の水道メータに問題があることがわかる。今後の商業的損失対策の検討に活用していく必要がある。

- メータの計測水量の積算値と器差発生との間に明確な関係性が見られない。
- 微小流量域で許容器差を超えるメータの割合は他の流量帯域よりも多く、約 34%である。
- 小流量域で許容器差を超えるメータの割合は約 27%である。
- 微小~中流量域の許容器差を超えるメータの多くはプラスの計量誤差をもたらしている。
- 調査メータ全体の平均器差は、Q₁:+3.5%、Q₂:+1.1%、Q₃:-2.0%である。
- 器差がプラスとマイナスにほぼ均等に分布していることから、許容器差を外れている水道メータが多いにも関わらず、メータ更新が請求水量の回復にインパクトを与えない可能性が高い。
- マナグア市の水道メータの信頼性は低いことは明らかであり、これを改善しない限り顧客からの信頼は得られない。

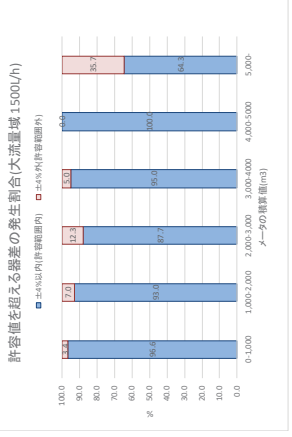
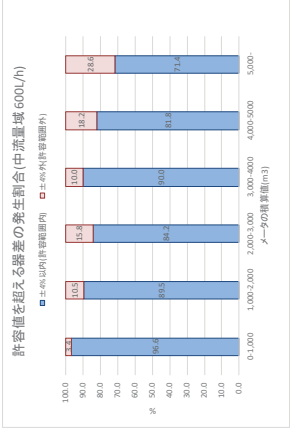
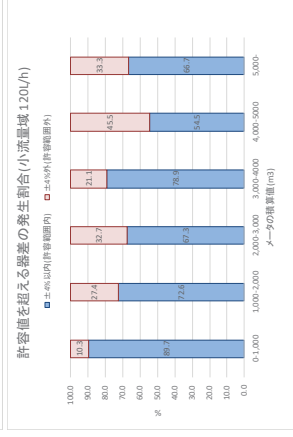
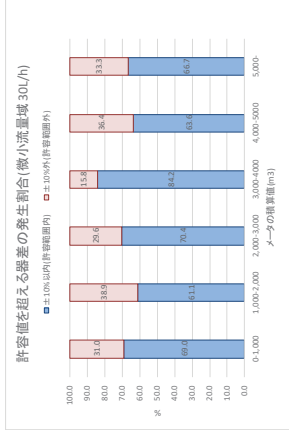
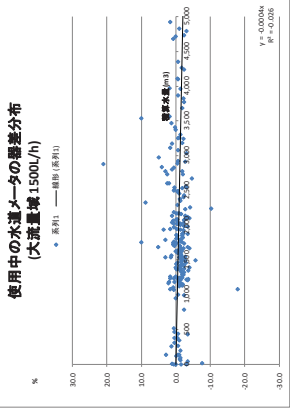
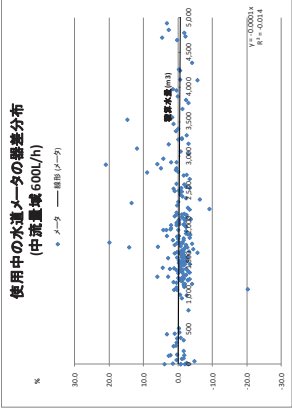
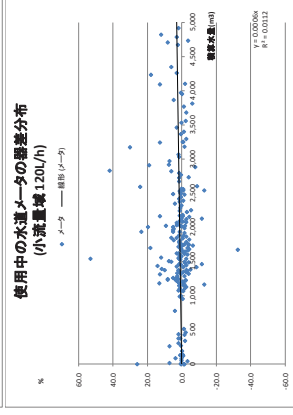
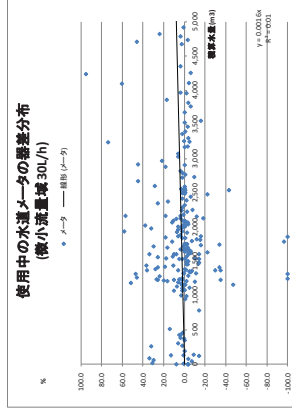


図 8.6 既存水道メータの精度確認結果

8.4 現在の請求におけるメータ器差が与える影響

AZA No.3 内の 15 件の使用水帯域調査によって、一般利用者が水道を利用する際の流量帯域と使用水量の傾向が確認された。これに対して、245 件のメータ精度確認調査からは、流量帯域毎の器差が得られた。

水道利用者への請求では、メータ検針に基づいて請求されている顧客以外に、検針不能やメータがないといった理由で平均使用水量や調整値による請求も行われている。

平均使用水量に基づいて請求されている場合は、その水量は有収水量として扱われるが、その精度に問題がある。無収水量や率に代表される ENACAL の業務指標としての信頼性を高めるためには、メータ検針による請求比率を向上させることが重要である。

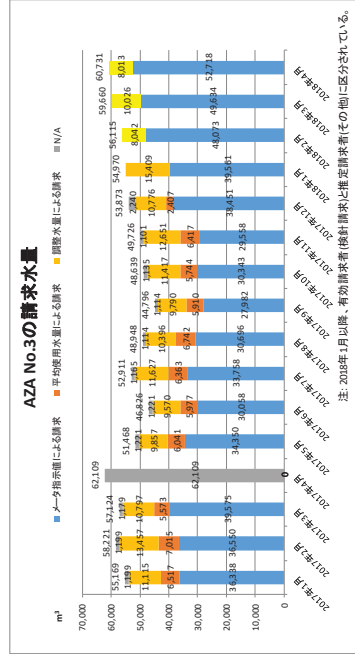


図 8.7 AZA No.3 の請求水量の内訳

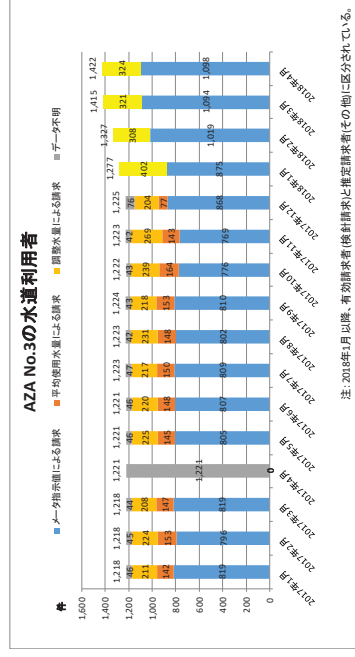


図 8.8 AZA No.3 の水道利用者の内訳

ここで、仮に器差が全くないメータに更新した場合の請求水量に対する影響を試算してみる。

水道メータがある顧客のうち、実際に検針値に基づいて請求(Medico)がされている数は 810 件である。

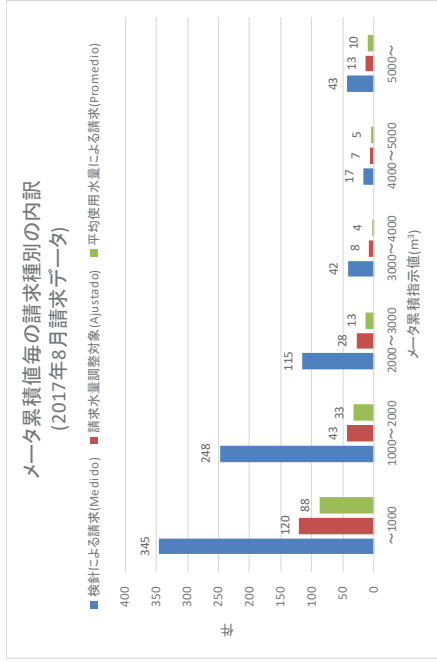


図 8.9 メータ保有顧客の請求種別

この 810 件の顧客の請求水量を、使用水量帯域に分配し、器差の影響がなかった場合の請求水量がどのようになるかを試算した。ベースデータは 2017 年 8 月時の請求データとする。

試算の結果は以下のとおりとなり、器差が全くない場合の請求水量の改善度は 0.3%程度と非常に低いことが分かった。

8.5 見掛け損失対策の効果

見掛け損失対策は真の損失対策と同時並行で実施されたため、見掛け損失対策の効果のみを水量ベースで示すことはできないが、違法接続対策とメータ設置・交換に関しては、対策が行われた顧客の顧客番号から、ベースライン時とプロジェクト実施後の請求水量をそれぞれ当該顧客分合算して比較することで、水量ベースの効果把握ができる。以下にその結果を示す。

(1) メータ設置による効果

表 8.5 メータ設置による請求水量の変化

| 項目 | 請求水量 (m ³ /月) | 1件当たり水量 (m ³ /月・件) |
|----------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 2016年の月間平均値 | 15,356 | 57.1 |
| 2018年4月～5月の実績値 | 16,769 | 62.3 |
| 2018年の月間平均値* | 17,002 | |
| 増減 | +1,646 | |

注:2018年4月～5月の検針期間は30日なので、元の請求水量(16,819)/30×30.4167(=365/12)を月間平均値とする。

2018年4月末までにAZA No.3では277件の利用者のメータが新設又は更新されたが、区域外の利用者も含まれていたため、無収水の集計対象となる利用者は269件である。2016年12月時点は、このうち26件が平均使用水量による請求、30件が請求水量調整対象となっていた。

表 8.5 で示されるように、新品のメータが設置された顧客の請求水量は、パイロットプロジェクト実施前と比べて1,646m³/月の増加となり、これは2016年平均値の10.7%に相当する。1件当たりの平均使用水量では、57.1m³/月から62.3m³/月へと5.2m³/月増加していることになり、本プロジェクトでは、メータの設置・更新によって、ENACALに請求水量増というプラスの効果およびしていることが明らかになった。

個々の利用者の請求水量の変化を見てみると、151件では増加し、112件で減少した。請求水量が減少した利用者の場合、メータ設置により節水意識が働いたことが要因としてあげられる。

なお、水需要が供給量よりも多い状況下では、ある地区の節水で減少した消費水量は、周辺地域で消費されることとなり、ENACAL全体としてはそのまま請求水量の減少にはならない。すなわち、メータ設置で節水意識が働き、当該地区の請求水量が減った場合でも、それは周辺地域に追加的な水量を生み出しサービスを改善していることと同じであり、ENACALに財務上マイナスの影響を及ぼしているのではないと考えられる。

| 項目 | 単位 | メータ累積指示値(m ³) | | | | | |
|-----------|---------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| | | ～1000 | 1000～2000 | 2000～3000 | 3000～4000 | 4000～5000 | 5000～ |
| 顧客数 | 件 | 345 | 248 | 115 | 42 | 17 | 43 |
| 請求水量 | m ³ /月 | 9514 | 9151 | 6077 | 2936 | 997 | 5621 |
| 1件当たり請求水量 | m ³ /月/件 | 27.58 | 36.90 | 52.84 | 69.90 | 58.65 | 130.72 |

上記請求水量を使用水準別に控分する。

| 流量帯域 | 割合(%) | メータ累積指示値(m ³) | | | | | |
|-------------|--------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| | | ～1000 | 1000～2000 | 2000～3000 | 3000～4000 | 4000～5000 | 5000～ |
| 0～10L/h | 9.56 | 2.64 | 3.53 | 5.05 | 6.68 | 5.61 | 12.50 |
| 10～30L/h | 8.67 | 2.39 | 3.20 | 4.58 | 6.06 | 5.08 | 11.33 |
| 30～120L/h | 11.03 | 3.04 | 4.07 | 5.83 | 7.71 | 6.47 | 14.42 |
| 120～600L/h | 31.23 | 8.61 | 11.52 | 16.50 | 21.83 | 18.32 | 40.82 |
| 600～1500L/h | 39.51 | 10.90 | 14.58 | 20.88 | 27.62 | 23.17 | 51.65 |
| 合計 | 100.00 | 27.58 | 36.90 | 52.84 | 69.90 | 58.65 | 130.72 |

上記請求水量は以下のメータの器差が反映されていると仮定する。

| 流量帯域 | 単位 | 器差分布 | | | | | |
|-------------|----|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| | | ～1000 | 1000～2000 | 2000～3000 | 3000～4000 | 4000～5000 | 5000～ |
| 0～10L/h | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10～30L/h | % | 0.16 | -0.73 | 3.42 | 3.02 | 15.94 | 6.69 |
| 30～120L/h | % | 0.58 | -0.24 | 1.50 | 1.61 | 4.39 | 2.03 |
| 120～600L/h | % | -0.14 | -2.45 | -1.12 | 0.81 | -0.26 | 2.49 |
| 600～1500L/h | % | -0.39 | -2.79 | -1.55 | -0.15 | -0.76 | 0.59 |

上記請求水量から器差の影響を除いた場合の水量は以下のとおり。

| 流量帯域 | 単位 | 修正請求水量 | | | | | |
|-------------|----|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | | ～1000 | 1000～2000 | 2000～3000 | 3000～4000 | 4000～5000 | 5000～ |
| 0～10L/h | 件 | 264 | 353 | 505 | 668 | 561 | 1250 |
| 10～30L/h | 件 | 239 | 322 | 443 | 588 | 439 | 1062 |
| 30～120L/h | 件 | 302 | 408 | 574 | 759 | 620 | 1413 |
| 120～600L/h | 件 | 862 | 1181 | 1669 | 2166 | 1836 | 3983 |
| 600～1500L/h | 件 | 1094 | 1500 | 2121 | 2766 | 2335 | 5195 |
| 小計 | 件 | 2761 | 3764 | 5312 | 6947 | 5790 | 12843 |
| 対象件数 | 件 | 345 | 248 | 115 | 42 | 17 | 43 |
| 請求水量の合計 | 件 | 9,525.83 | 9,334.90 | 6,108.51 | 2,917.83 | 984.33 | 5,522.33 |

検針対象者の請求水量(改善値)

| | | |
|-----------------|-------------------|-----------|
| 検針対象者の請求水量(改善値) | m ³ /月 | 34,393.73 |
|-----------------|-------------------|-----------|

検針対象者の請求水量(2017年8月)

| | | |
|---------------------|-------------------|-----------|
| 検針対象者の請求水量(2017年8月) | m ³ /月 | 34,295.71 |
|---------------------|-------------------|-----------|

請求水量の改善度

| | | |
|----------|---|------|
| 請求水量の改善度 | % | 0.29 |
|----------|---|------|

図 8.10 メータ器差の影響を除いた場合の請求水量の試算

上記の結果は、メータ検針対象者に対する商業的損失は非常に低いことを示している。しかし、個々のメータの器差は非常にばらつきがあり、公平な請求が行われていないという点で大きな問題であることは確かであり、顧客からの信頼が向上しない要因となっている。

一方、AZA No.3にはデータが不明な顧客、請求水量の調整対象者、平均使用水量による請求と違った顧客が、それらに対する請求水量は全体の40%程度を占めている。これらの是正が請求水量にどのよう影響するかを判断するのは困難であるが、正しい情報の下で、商業的無収水対策を検討するためには、メータ検針率を向上させることが欠かせない。

(2) 利用者の合法化による効果

表 8.6 違法接続の合法化による請求水量の変化

| 項目 | 請求水量 (m ³ /月) | 請求水量が記録 された利用者数 | 1 件当たり水量 (m ³ /月・件) |
|--------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| 2016 年の月間平均値 | 1,328 | 29 | 45.8 |
| 2018 年 4 月～5 月の実績値 | 2,676 | 41 | 65.3 |
| 2018 年の月間平均値* | 2,713 | | |
| 増減 | +1,385 | | |

注: 2018 年 4 月～5 月の検針期間は 30 日なので、元の請求水量(2,675)/30×30.4167(=365/12)を月間平均値とする。

2018 年 4 月末までに AZA No.3 では 59 件の利用者が合法化され、うち顧客番号がデータベースで確認できたのは 51 件となっている。そのうち 5 件はメータの新設として表 8.5 に含まれ、また請求水量がデータベースで確認できなかった 5 件を除いた 41 件を対象とする。

表 8.6 に示すように、違法接続の状態が合法化された利用者の場合、請求水量の合計はパイロットプロジェクト前後で 1,385m³/月 (104.3%) の増加が確認された。1 件当たりの平均使用水量では、45.8m³/月から 65.3m³/月へと 19.5m³/月 (43%) 増加しており、違法で使用されていた水量が合法化によってもれなく請求されることで、請求水量を大きく増加させることが明らかになった。これは生産水量や水資源の消費を増やすことなく請求水量を増加させるため、ENACAL の財務上ならびに資源の有効利用の上で非常に有益である。

違法接続対策ユニットでは、合法化における罰金・経費のデータを整理しており、AZA No.3 の合法化された使用者から徴収した罰金・経費の合計は C\$89,364 であり、分割払いの今後支払われる予定の金額を含めた罰金の総額は、C\$438,911 である(表 8.7)。なお、請求額未収分(349,547C\$)は違法使用者が ENACAL に支払約束をした金額のうち、分割払いなどによってまだ ENACAL に納めていない分である。この額が、総請求額(支払約束金額)の 79.5% と大きな割合を占めている。違法接続者が当初もしくは最初の数か月間に支払った罰金等は、総請求額の 20.5% であった。違法接続者から最初に徴収する割合を上げたり、分割払いの徴収率をより高める努力も重要と考えられる。違法接続対策は、パイロット地区内の請求水量増に寄与するとともに罰金による収入も生み出している。

表 8.7 AZA No.3 での違法接続合法化の罰金等請求・徴収額

| 項目 | 徴収額 (C\$) | | 請求額未収分 (C\$) |
|----------------|-----------|--------|-----------------|
| | 再接続費 | メータ費 | |
| 各費目徴収額および未収請求額 | 8,475 | 15,950 | 58,075 |
| 総徴収額 | 89,364 | | - |
| 総請求額(支払約束金額) | 438,911 | | |

(3) 見掛け損失対策の効果

表 8.8 メータ設置と違法接続合法化による請求水量の変化

| 項目 | 請求水量(m ³ /月) | | 合計 |
|--------------------|-------------------------|--------|--------|
| | メータ設置 | 合法化 | |
| 2016 年の月間平均値 | 15,356 | 1,328 | 16,684 |
| 2018 年 4 月～5 月の実績値 | 16,769 | 2,676 | 19,445 |
| 2018 年の月間平均値 | 17,002 | 2,713 | 19,715 |
| 増減 | +1,646 | +1,385 | +3,031 |

表 8.8 に示されたように、本パイロットプロジェクトにおけるメータ設置と違法接続合法化による効果は、3,031m³/月の請求水量増である。その他、算出できないものの、メータボックス内の漏水修理や消火栓付近の漏水修理は、AZA No.3 への配水量の削減につながっていると思われるが、他の物理的損失対策による配水量削減効果に比較すると少量と考えられる。

| | |
|---------|---------|
| 2016年度 | 2017年度 |
| 1,827.7 | 2,172.7 |
| 30 | 30 |
| 2016年度 | 2017年度 |
| 1,827.7 | 2,172.7 |
| 30 | 30 |

| No. | 顧客No. | 2017年10月31日現在 | 2017年10月31日現在 |
|-----|-------|---------------|---------------|
| 1 | 79431 | 21.00 | 21.00 |
| 2 | 79432 | 21.00 | 21.00 |
| 3 | 79433 | 42.00 | 42.00 |
| 4 | 79500 | 42.00 | 42.00 |
| 5 | 79434 | 12.00 | 12.00 |
| 6 | 79477 | 12.00 | 12.00 |
| 7 | 79497 | 31.00 | 31.00 |
| 8 | 79551 | 31.00 | 31.00 |
| 9 | 79552 | 69.00 | 69.00 |
| 10 | 79553 | 19.00 | 19.00 |
| 11 | 79554 | 158.00 | 158.00 |
| 12 | 79555 | 252.00 | 252.00 |
| 13 | 79556 | 8.83 | 8.83 |
| 14 | 79557 | 11.00 | 11.00 |
| 15 | 79434 | 21.00 | 21.00 |
| 16 | 79434 | 0.00 | 0.00 |
| 17 | 79434 | 128.00 | 128.00 |
| 18 | 79434 | 24.50 | 24.50 |
| 19 | 79434 | 78.00 | 78.00 |
| 20 | 79434 | 18.88 | 18.88 |
| 21 | 79434 | 21.00 | 21.00 |
| 22 | 79434 | 18.88 | 18.88 |
| 23 | 79434 | 28.30 | 28.30 |
| 24 | 79434 | 29.00 | 29.00 |
| 25 | 79434 | 44.00 | 44.00 |
| 26 | 79434 | 44.00 | 44.00 |
| 27 | 79434 | 50.66 | 50.66 |
| 28 | 79434 | 52.80 | 52.80 |
| 29 | 79434 | 52.80 | 52.80 |
| 30 | 79434 | 63.00 | 63.00 |
| 31 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 32 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 33 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 34 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 35 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 36 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 37 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 38 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 39 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 40 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 41 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 42 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 43 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 44 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 45 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 46 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 47 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 48 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 49 | 79434 | 77.58 | 77.58 |
| 50 | 79434 | 77.58 | 77.58 |

| No. | 顧客No. | 2017年10月31日現在 | 2017年10月31日現在 |
|-----|-------|---------------|---------------|
| 51 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 52 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 53 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 54 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 55 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 56 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 57 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 58 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 59 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 60 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 61 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 62 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 63 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 64 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 65 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 66 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 67 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 68 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 69 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 70 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 71 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 72 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 73 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 74 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 75 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 76 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 77 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 78 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 79 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 80 | 79434 | 23.00 | 23.00 |

| No. | 顧客No. | 2017年10月31日現在 | 2017年10月31日現在 |
|-----|-------|---------------|---------------|
| 81 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 82 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 83 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 84 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 85 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 86 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 87 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 88 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 89 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 90 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 91 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 92 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 93 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 94 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 95 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 96 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 97 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 98 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 99 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 100 | 79434 | 23.00 | 23.00 |

| No. | 顧客No. | 2017年10月31日現在 | 2017年10月31日現在 |
|-----|-------|---------------|---------------|
| 101 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 102 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 103 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 104 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 105 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 106 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 107 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 108 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 109 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 110 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 111 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 112 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 113 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 114 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 115 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 116 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 117 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 118 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 119 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 120 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 121 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 122 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 123 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 124 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 125 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 126 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 127 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 128 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 129 | 79434 | 23.00 | 23.00 |
| 130 | 79434 | 23.00 | 23.00 |

表 8.10 合法化された使用者リスト

第9章 無収水構成要素の分析

2017年9月から10月までの請求データに基づくと、1日平均無収水量は1,624m³/日(67.7m³/h)であり、そのうちの損失水量は967.2m³/日(40.3m³/h)と推定される。この損失水量は、漏水と違法接続による利用が大半を占めるはずである。

夜間の損失水量を直接測定したセクターにおいては、以下の要因が確認された。

- 明らかかな管路からの漏水(28.31m³/h) 46.0%
- 分類が未定の水量(17.04m³/h) 27.6%(ペンディング)
- 明らかかな非合法接続による使用水(16.29m³/h) 26.4%

無収水職が実施したサブセクターの損失水量調査結果により、地区内の損失水量の約46.0%が物理的損失、約27.6%は原因未特定の損失、約26.4%が商業的損失と考えることができる。

一方、平均無収水量と損失水量の差分に相当する657m³/日(27.4m³/h)は、請求対象水量(1,545m³/日)の約42%に相当し、現時点ではその他として分類している。

- 3A、3B方面に存在する当初想定されていなかった利用者による使用水
- 不適切な徴収水量
- 公園/公共エリアの認定非請求水量
- 漏水修理/セクター-化工事/直接測定作業時の排水量

その他の水量は、配水量の計測器差、不適正徴収(正確な検針に基づかないものや計算の調整)、認定非請求水(消火栓・公共利用)によるものと推定される。不適切徴収に起因する損失は、見掛け損失に該当するが、現時点では判断することができない。

なお、パイロットプロジェクトの終盤で、地区北部で治安に懸念がある地域に新たな給水栓が含まれるとの情報がある。これらの使用水量はその他に分類されており、2018年5月以降の最新の請求水量にこれらの水量が加算されれば、その他の数値はさらに低い値になる可能性がある。

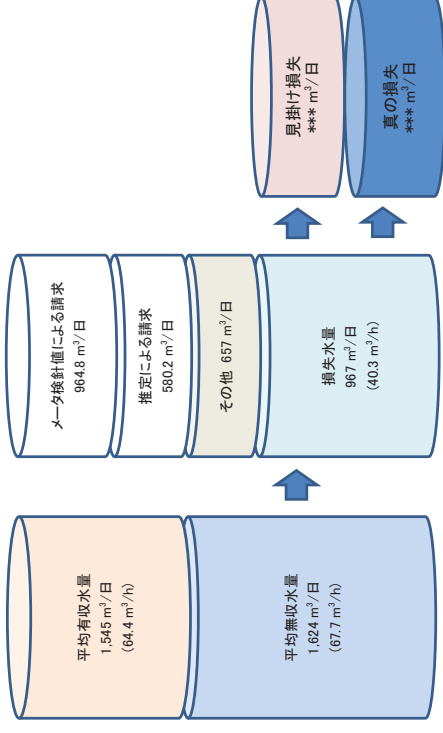


図 9.1 無収水の要因(2017年9月の暫定値)

これまでのパイロット活動を通じてAZA No.3の水収支は以下のように推定することができるが、前出のようにその他の分類が未確定である。これらは、無収水課によるフォローアップを通じて最終化されることが期待される。

表 9.1 AZA No.3の水収支

| 分類1 | 分類2 | 分類3 | 分類4 |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 認定消費水量 | 認定請求 | 有収水 | |
| 2,202m ³ /日 | 1,545m ³ /日 | 1,545m ³ /日 | ①請求計量:メータあり料金水量 |
| | 認定非請求 | 無収水 | ②請求非計量:メータなし推定料金水量 |
| | 657m ³ /日 | 1,624m ³ /日 | ③非請求計量:特定地域(スラム等)への給水量 |
| 損失水量 | 見掛け損失 | | ④非請求非計量:事業水量 |
| 967m ³ /日 | ***m ³ /日 | | ⑤非認定給水量:盗水 |
| | 真の損失 | | ⑥計量誤差:メータ不感、器差、誤検針 |
| | ***m ³ /日 | | ⑦送配水管漏水 |
| | | | ⑧配水池漏水 |
| | | | ⑨メータ手前の給水管漏水 |

第10章 費用対効果の分析

10.1 費用対効果分析の方法

10.1.1 便益の計算

配水量減少(図10.1の(1))と有収水量増加(同(2))という2つの便益が考えられる。

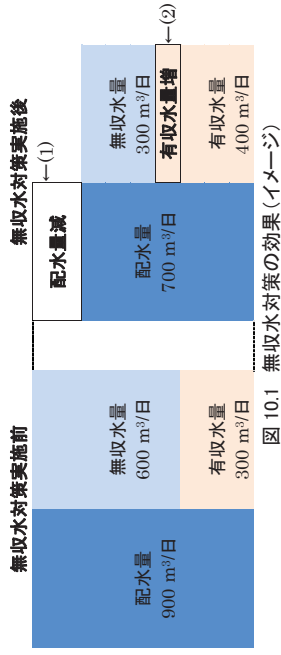


図10.1 無収水対策の効果(イメージ)

(1) 配水量減少の便益

AZA No.3への配水量の減少は、当該地域にとっては費用の節約であるが、ENACAL全体にとっては(水供給が不足している状態では)、減少分が周辺地域の配水量増および請求水量増につながる(図10.2)。配水量減少分に有収率を掛けて、供給単価(単位有収水量当たりの収入)を掛けることで便益が求められる。

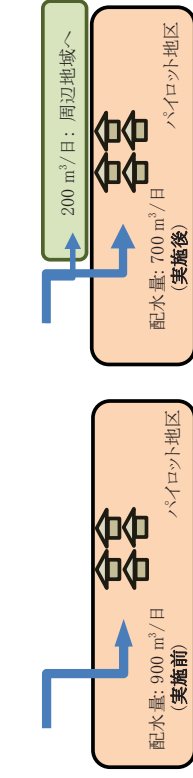


図10.2 配水量減少の便益(イメージ)

表10.1 配水量減少による便益の計算例

| 項目 | 有収率 | 供給単価* | 節約配水量による便益 |
|--------|-----|----------|------------|
| 配水量減少分 | 45% | 14C\$/m³ | 1,260C\$/日 |

注:*:水道料金請求額÷有収水量と定義。

(2) 有収水量増加の便益

有収水量の増加は、ENACALに追加収入をもたらすため、明らかに便益である。有収水量増の便益は、表10.2のように求められる。

表10.2 有収水量増加による便益の計算例

| 項目 | 供給単価 | 便益増 |
|---------|-----------|-------------|
| 有収水量増加分 | 14 C\$/m³ | 1,400 C\$/日 |

(3) 総便益

1)と2)から、総便益は表10.3のように求められる。

表10.3 総便益の計算例

| 項目 | 有収水量増加の便益 | 総便益 |
|----------|-------------|-------------|
| 配水量減少の便益 | 1,260 C\$/日 | 2,660 C\$/日 |

(4) 便益の発生期間

上述した便益はプロジェクト実施後、無収水が完全に復元するまで、一定量ずつ減少しながら発生する。さらに、プロジェクト実施中も、下表に示すように便益が次第に増加しながら発生しており、これも便益に算入する。なお、プロジェクト実施中、無収水率は直線ではなく変化しながら低下するが、この分析では計算をシンプルにするため、時間経過とともに一定量ずつ、直線的に低下したものと仮定する。

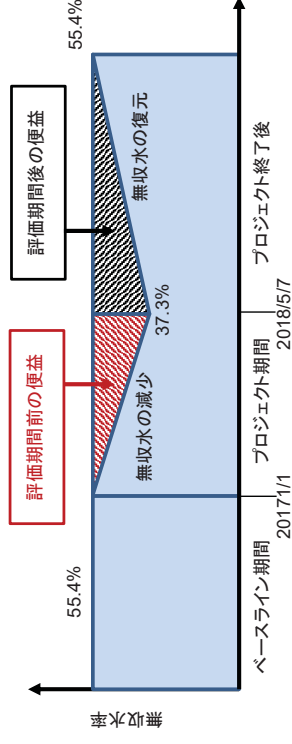


図10.3 便益の発生期間(イメージ)

10.1.2 費用の計算

見掛け損失(商業的損失)対策、真の損失(物理的損失)対策別に、人件費、車両運搬費、調査資機材費、修理材料費、燃料料費等を毎月項目ごとに記録し、プロジェクト終了時に取りまとめる。

人件費は職員別に作業月の時間を記録する。主に物理的損失対策に従事する無収水課の職員が違法接続の発見に従事した場合は、後で人件費の調整を行うため、これにかかった時間を記録することが望ましい。

現場作業に使用した車両の種類・台数・走行距離を月ごとに記録する。

新規のメータと給水栓は、パイロットプロジェクトで削減した無収水が数年後に復元した後も使用可能であるため、その費用は購入価格ではなく、減価償却費で毎年計上する。減価償却費は、耐用期間後の残存価値(10%)を除いて耐用年数で割ったもの(定額法の場合)であり、設置後、無収水対策の効果が続く間は毎年計上する。在庫品を修理に使う場合でも、できるだけ費用を無料にはせず、同等品の購入費用(耐用年数のあるものは減価償却費)を含める。

漏水調査資機材、修理機材等も、パイロットプロジェクト以後も使用されるので、これらの費用も購入価格ではなく、減価償却費で使用した期間計上する。

10.1.3 費用と便益の比較方法

(1) 指標 1: 単位節約水量(無収水削減量)当たり費用

これは、無収水(もしくは有収水増加及び配水量減少分)を 1m^3 減らすのにかかる対策費用である。これが ENACAL の水生産原価より低ければ、パイロットプロジェクトの無収水対策が、ENACAL の平均的な水生産単価よりも安く配水量を増やすことができたことを示す。この指標は、以下の式で求められる。

計算式

単位節約水量当たり費用 ($\text{C}\$/\text{m}^3$) =

$$\frac{\text{無収水対策費用(C\$)} - \text{違法接続罰金収入(C\$)} - \text{評価期間前便益(C\$)}}{\text{節約された配水量}(\text{m}^3/\text{月}) \times \text{効果継続期間}(\text{ヶ月}) \div 2} =$$

$$\frac{\text{無収水対策費用(C\$)} - \text{違法接続罰金収入(C\$)} - \text{評価期間前便益(C\$)}}{(\text{増加有収水量}(\text{m}^3/\text{月}) \div \text{区画内有収率} + \text{削減配水量}(\text{m}^3/\text{月})) \times \text{効果継続期間}(\text{ヶ月}) \div 2}$$

注: *2で割るのは無収水の復元を考慮しており、時間経過とともに一定量ずつ、直線的に復元することを想定。

(2) 指標 2: 無収水対策費用の回収にかかる期間

これは、無収水対策による便益で、対策費用を回収できる期間を示す。この期間が、無収水削減の効果が縮くと予想される期間内であれば、対策費用が回収できると結論する。この指標は、以下の式で求められる。

計算式

無収水対策費用回収期間(ヶ月) =

$$\frac{\text{無収水対策費用(C\$)} - \text{違法接続罰金収入(C\$)} - \text{評価期間前便益(C\$)}}{(\text{増加有収水量}(\text{m}^3/\text{月}) + \text{削減配水量}(\text{m}^3/\text{月}) \times \text{区画外有収率}) \times \text{供給単価}(\text{C}\$/\text{m}^3)} \div 2*$$

注: *2で割るのは無収水の復元を考慮しており、時間経過とともに一定量ずつ、直線的に復元することを想定。

(3) 指標 3：費用便益比(効果継続期間を設定して)

便益 ÷ 費用で計算され、便益と費用の比較を表す。これが1よりも大きければ、便益 > 費用でプロジェクトが利益を生み出していることになる。これが1よりも小さい場合は便益 < 費用で損失を生み出している。1 の場合は、便益 = 費用である。

計算式

費用便益比 =

$$\frac{(\text{増加有収水量}(\text{C}\$/\text{月}) + \text{削減配水量}(\text{C}\$/\text{月}) \times \text{区画外有収率}) \times \text{区画単価}(\text{C}\$/\text{m}^2) \times \text{効果継続期間}(\text{ヶ月})}{2 * + \text{違法接続罰金収入}(\text{C}\$) + \text{評価期間前便益}(\text{C}\$)}$$

無収水対策費用 (C\$)

注：*、2で割るのは無収水の復元を考慮しており、時間経過とともに一定量ずつ、直線的に復元することを想定。

(4) 財務的内部収益率 (FIRR)

これは、あるプロジェクトを借入で行った場合に、プロジェクトの収入が、投資費用、O&M 費用、更新費用に加え、利子支払までをちよと賄うことができる割引率を指す。FIRR が割引率(インフラ)を考慮した実質金利)よりも高い場合は、借入で対策を行っても元本と金利を返済でき、利益を生み出せることを意味する。FIRR は下表の費用と収入を埋めた後に、エクセルファイルの計算ウィザードで残高の欄の IRR を求めることで算出される。

パイロットプロジェクトの費用収入表

| 年 | 費用 | 収入 | 残高 |
|------|------|-----|-------|
| 1 年目 | AAAA | BBB | -DDDD |
| 2 年目 | | CCC | CCC |
| 3 年目 | | CCC | CCC |
| 4 年目 | | | |
| 5 年目 | | | |

プロジェクトが実行可能となる条件:

FIRR > 割引率

* 割引率は、実質金利のこと。
収入も費用もインフレを考慮しない。

費用: 無収水対策費用と翌年からのパイロット地区のメンテナンス費用。

収入 = 1 年目: 違法接続罰金収入(C\$)、および評価期間前便益(C\$)

2 年目以降: (増加有収水量(C\$ / 月) × 料金単価 (C\$ / m²) + 削減配水量(C\$ / 月) × 給水原価 (C\$ / m³) × 12ヶ月 × 各年の収入減少率*

注: *、無収水復元により、年とともに収入が減少していくため、収入に年ごとに異なる減少率を掛ける。例: 1 年で無収水が 100% 復元する場合、年間収入 × 50% (・・・収入減少率)。
効果継続期間と年度ごとに、下表の減少率を収入に乗じる。

収入減少率: 無収水の復元がない場合の年間収入を 100% とし、復元によりある年の収入が X% になった場合の X、次の % を年間収入額に掛ける。

| 開始後 X 年目 | 効果継続期間 | | | | | | |
|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 年間 | 2 年間 | 3 年間 | 4 年間 | 5 年間 | 6 年間 | 7 年間 |
| 2 年目 | 50.0% | 75.0% | 83.3% | 87.5% | 90.0% | 91.7% | 92.9% |
| 3 年目 | | 25.0% | 50.0% | 62.5% | 70.0% | 75.0% | 78.6% |
| 4 年目 | | | 16.7% | 37.5% | 50.0% | 58.3% | 64.3% |
| 5 年目 | | | | 12.5% | 30.0% | 41.7% | 50.0% |
| 6 年目 | | | | | 10.0% | 25.0% | 35.7% |
| 7 年目 | | | | | | 8.3% | 21.4% |
| 8 年目 | | | | | | | 7.1% |

注: 時間経過とともに一定量ずつ収入が減少する(無収水が復元)と仮定している。

10.2 費用の算出

見掛け損失対策と真の損失対策の費用が下表のようにまとめられた。

表 10.4 見掛け損失(商業的損失)対策のバイロットプロジェクト費用

| No. | 項目 | 単位 | 金額 |
|-----|---------------------|------------|----------------|
| 1 | 人件費(物理的損失対策からの配分含む) | C\$ | 843,439 |
| 2 | 車両および燃料費 | C\$ | 72,168 |
| 3 | 設置された水道メータの減価償却費 | C\$ | 20,004 |
| | 合計 | C\$ | 935,611 |

注:2017年~2018年3月末までの金額

表 10.5 真の損失(物理的損失)対策のバイロットプロジェクト費用

| No. | 項目 | 単位 | 金額 |
|-----|----------------------------|------------|------------------|
| 1 | 人件費(日当・残業代) | C\$ | 3,180,590 |
| | 違法接続対策に従事した人件費 | C\$ | 528,112 |
| | 違法接続対策分を除いた人件費 (a) | C\$ | 2,652,477 |
| 2 | 車両および燃料費 | C\$ | 299,627 |
| | 違法接続対策分 | C\$ | 52,201 |
| | 違法接続対策分を除いた管理費 (b) | C\$ | 247,426 |
| 3 | PRASMAによる事前投資額 (c) | C\$ | 19,995 |
| 4 | サブセクター化費用 | C\$ | 1,173,888 |
| | うち、新規水道メータの減価償却費 | C\$ | 45,009 |
| | 上記を除いたサブセクター化費用 (d) | C\$ | 1,128,879 |
| 5 | 真の損失対策費計 (a+b+c+d) | C\$ | 4,048,777 |

注:2017年~2018年4月末までの金額

下表は、メータ設置に伴う費用対効果を調べるために、見掛け損失費用に含まれているメータ設置費用のみを取り出したものである。

表 10.6 新規メータ設置費用

| 費目 | 2017/11 | 2017/12 | 2018/01 | 2018/02 | 2018/03 | 金額 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 人件費 | 9,815 | 49,978 | 38,241 | 43,381 | 43,382 | 184,797 |
| 新規メータの減価償却費 | 0.00 | 5,001 | 5,001 | 5,001 | 5,001 | 20,004 |
| | | | | | 合計 | 204,801 |

2年目以降

| 費目 | 月額 | 月数 | 金額 |
|---------------|-------|------|--------|
| 新規水道メータの減価償却費 | 5,001 | 12ヶ月 | 60,012 |

注:新規水道メータの減価償却費は、真の損失(物理的損失)対策では、プロジェクト開始時から減価償却費を計上していたため、C\$45,009(9か月分)と見掛け損失(商業的損失)対策のメータ減価償却費(C\$20,004、4か月分)よりも多くなっているが、実際は2017年12月以降にほとんどのメータが設置されているため、今後の計算には後者の費用を使っている。

バイロットプロジェクト終了後の無収水の復元を抑えるために、減圧バルブを設置する予定である。バルブ調達費と設置のための土木工事費用の減価償却費を2年目以降の費用に計上する。これはバルブと構造物が、無収水削減の効果継続期間のみならず、その後も耐用年数の間は使用される

ためである。

表 10.7 減圧バルブ費用(2年目以降)

| 費目 | 単位 | 金額 |
|------------|-------|-------|
| 減圧バルブ購入費 | USD | 1,000 |
| 設置場所の土木工事費 | USD | 4,000 |
| 減圧バルブ耐用年数 | 年 | 15 |
| 構造物の耐用年数 | 年 | 30 |
| 減価償却費(年額): | | |
| 減圧バルブ | USD/年 | 60 |
| 土木構造物 | USD/年 | 120 |
| 減価償却費合計額 | USD/年 | 180 |
| | C\$/年 | 5,580 |

* 減価償却費は残存価値10%の定額法で算出。
為替レート:31.00C\$/USD

以上の費用を全てまとめたのが、以下の表である。効果継続期間を41ヶ月で見ている。

表 10.8 無収水削減パイロットプロジェクト No.1 の費用

無収水削減パイロットプロジェクト No.1 の費用

| 項目 | 単位: C\$ | | | | |
|------|-----------|--------|--------|--------|----------------|
| | 1年目 | 2年目 | 3年目 | 4年目 | 5年目 |
| 合計費用 | 4,984,389 | 65,592 | 65,592 | 65,592 | 27,330 |
| | | | | | 割引率 8% |
| | | | | | 現在価値 5,173,514 |

注: 2年目以降の費用は、設置した資機材の減価償却費のみ。減価償却費は無収水削減の効果継続期間のみ計上する。

見掛け損失(商業的損失)対策の費用

| 項目 | 単位: C\$ | | | | |
|-------------|---------|--------|--------|--------|----------------|
| | 1年目 | 2年目 | 3年目 | 4年目 | 5年目 |
| 費用(見掛け損失対策) | 935,611 | 60,012 | 60,012 | 60,012 | 25,005 |
| | | | | | 割引率 8% |
| | | | | | 現在価値 1,108,646 |

注: 2年目以降の費用は、設置した資機材の減価償却費のみ。減価償却費は無収水削減の効果継続期間のみ計上する。

水道メータ設置の費用(見掛け損失(商業的損失)対策費用の一部)

| 項目 | 単位: C\$ | | | | |
|--------------|---------|--------|--------|--------|--------------|
| | 1年目 | 2年目 | 3年目 | 4年目 | 5年目 |
| 費用(新水道メータ設置) | 204,801 | 60,012 | 60,012 | 60,012 | 25,005 |
| | | | | | 割引率 8% |
| | | | | | 現在価値 377,836 |

注: 2年目以降の費用は、設置した資機材の減価償却費のみ。減価償却費は無収水削減の効果継続期間のみ計上する。

真の損失(物理的損失)対策の費用

| 項目 | 単位: C\$ | | | | |
|------------|-----------|-------|-------|-------|----------------|
| | 1年目 | 2年目 | 3年目 | 4年目 | 5年目 |
| 費用(真の損失対策) | 4,048,778 | 5,580 | 5,580 | 5,580 | 2,325 |
| | | | | | 割引率 8% |
| | | | | | 現在価値 4,064,867 |

注: 2年目以降の費用は、設置した資機材の減価償却費のみ。減価償却費は無収水削減の効果継続期間(3年半)のみ計上する。

10.3 効果の算出

下表は、ペーサーライン(2016年)と評価期間(2018年4月上旬~5月上旬)のAZA No.3の配水量、請求水量、無収水率等を示している。

表 10.9 効果の算出条件

| パイロットプロジェクト実施前 | | パイロットプロジェクト実施後 | |
|----------------|---------------------------|----------------|------------------------------|
| 対象地域: | AZA No.3 | 対象地域: | AZA No.3 |
| 評価期間: | 2016/1/1 - 2016/12/31 | 評価期間: | 2018/4/7 - 2018/5/9 (32日間) |
| | | 配水量 | 2018/4/9 - 2018/5/9 (30日間) |
| 月平均配水量: | 122,530 m ³ /月 | メータ検針 | 2018/4/9 - 2018/5/9 (30日間) |
| | | 実際の月配水量: | 103,282 m ³ /32日間 |
| 配水量(日平均): | 4,028 m ³ /日 | 修正値: | 98,172 m ³ /月* |
| 月平均請求水量: | 54,669 m ³ /月 | 配水量(日平均) | 3,228 m ³ /日 |
| | | 実際の請求水量: | 60,731 m ³ /30日間 |
| NRW 率: | 55.4% | 修正値: | 61,575 m ³ /月* |
| | | NRW 率: | 37.3% |

注: *; 1ヶ月 30.4167日(365日÷12ヶ月)換算に修正

下表は、上表の実施前と実施後のデータから算出された水量ベースの便益と、マナグア市の2016年データに基づく供給単価と生産原価である。

| 総便益 | | 24,358 m ³ /月 ^{*1} |
|--------------------------------------|--|--|
| 削減配水量 | | 24,358 m ³ /月 ^{*1} |
| 増加請求水量 | | 6,906 m ³ /月 ^{*1} |
| 1 見掛け損失(商業的損失)対策の便益 | | |
| 見掛け損失対策による配水量の削減 ^{*2} | 1,218 m ³ /月 ^{*1} | |
| 1.1 | | |
| 増加請求水量 | 3,031 m ³ /月 ^{*1} | |
| 1.2 | | |
| (1) 違法接続対策による増加請求水量 ^{*3} | 1,385 m ³ /月 ^{*1} | |
| (2) 新メータを設置した顧客の増加請求水量 ^{*4} | 1,646 m ³ /月 ^{*1} | |
| 2 真の損失(物理的損失)対策の便益 | | |
| 2.1 削減配水量 | 23,140 m ³ /月 ^{*1} | |
| 2.2 増加請求水量(見掛け損失対策によるものを除く) | 3,875 m ³ /月 ^{*1} | |

注: *1: 1ヶ月 30.4167日(365日÷12か月)換算に修正。

*2: 削減配水量の5%を見掛け損失(商業的損失)対策によるものと仮定した。

*3: 違法接続対策を実施した利用者の2016年と2018年4月～5月の請求水量から算出(表8.6参照)

*4: メータを設置した利用者の2016年と2018年4月～5月の請求水量から算出(表8.5参照)

| 参考データ | | 14,027 C\$/m ³ |
|----------|--|---------------------------|
| 供給単価(現状) | | 14,027 C\$/m ³ |
| 生産原価(現状) | | 9,860 C\$/m ³ |

注: ベースライン調査のデータをもとに計算

計算式:

$$\text{供給単価} = \frac{\text{請求額}}{\text{請求水量}}$$

$$\text{生産原価} = \frac{\text{総費用}}{\text{送配水量}}$$

評価期間前の便益は以下のように計算された。

$$\text{評価期間前便益} = (\text{増加請求水量(m}^3\text{/月)} + \text{削減配水量(m}^3\text{/月)}) \times \text{区画外の有収水率} \times \text{供給単価(C}\$/\text{m}^3) \times \text{プロジェクト期間(ヶ月)} / 2$$

注: *1: マナグア市の平均無収水率 54.9%(2016年、ベースライン調査)より算出。

*2: プロジェクト期間は2017年1月から2018年4月までの16ヶ月。

パイロットプロジェクト全体:

$$(6,906 + 24,358 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 16 / 2 = 2,007,708 \text{ C}\$$$

見掛け損失(商業的損失)対策:

$$(3,031 + 1,218 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 16 / 2 = 401,733 \text{ C}\$$$

真の損失(物理的損失)対策:

$$(3,875 + 23,140 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 16 / 2 = 1,605,975 \text{ C}\$$$

10.4 費用対効果の算出

(1) 指標 1: 単位節約水量(無収水削減量)当たり費用

指標 1 は以下のように計算された。効果継続期間は 41 ヶ月で推定した。

$$\frac{\text{無収水対策費用(C\$)} - \text{違法接続罰金収入(C\$)} - \text{評価期間前便益(C\$)}}{(\text{増加有収水量(m}^3\text{/月)} \div \text{区画内有収率} + \text{削減配水量(m}^3\text{/月)}) \times \text{効果継続期間(ヶ月)} \div 2}$$

| | | | | | | |
|---------------------|--|---|---------------------------|---|-------|------|
| パイロットプロジェクト全体 | $\frac{5,173,514 - 264,137 - 2,007,708}{(6,906 / 62.70\% + 24,358) \times 41 / 2}$ | = | $\frac{2,901,677}{4,002}$ | < | 9,860 | 生産原価 |
| 見掛け損失(商業的損失)対策 | $\frac{1,108,646 - 264,137 - 401,733}{(3,031 / 62.70\% + 1,218) \times 41 / 2}$ | = | $\frac{443,816}{3,569}$ | < | 9,860 | 生産原価 |
| 真の損失(物理的損失)対策 | $\frac{4,064,867 - 1,605,975}{3,875 / 62.70\% + 23,140) \times 41 / 2}$ | = | $\frac{2,458,892}{4,091}$ | < | 9,860 | 生産原価 |
| メータ設置対策(見掛け損失対策の一部) | $\frac{377,836 - 0}{(1,646 / 62.70\% + 0) \times 41 / 2}$ | = | $\frac{377,836}{7,021}$ | < | 9,860 | 生産原価 |

無収水率の復元期間が 41 ヶ月と仮定した場合、いずれの対策についてもパイロットプロジェクトの水量節約の単価は、マナグア市の平均的な生産原価よりも低くなっており、平均よりも廉価に水量を生み出せることを示している。

(2) 指標 2: 無収水対策費用の回収にかかる期間

以下のように計算された。

$$\frac{\text{無収水対策費用(C\$)} - \text{違法接続罰金収入(C\$)} - \text{評価期間前便益(C\$)}}{(\text{増加有収水量(m}^3\text{/月)} + \text{削減配水量(m}^3\text{/月)}) \times \text{区画外有収率} \times \text{供給単価(C\$/m}^3\text{)} \div 2}$$

| | | | | | | | | |
|---------------------|---|---|----------------------------|---|---|---|-------|----|
| パイロットプロジェクト全体 | $\frac{5,173,514 - 264,137 - 2,007,708}{(6,906 + 24,358) \times 45.10\% \times 14,027 / 2}$ | = | $\frac{2,901,677}{14,027}$ | / | 2 | (| 23.12 | ヶ月 |
| 見掛け損失(商業的損失)対策 | $\frac{1,108,646 - 264,137 - 401,733}{(3,031 + 1,218) \times 45.10\% \times 14,027 / 2}$ | = | $\frac{443,816}{14,027}$ | / | 2 | (| 1.9 | 年) |
| 真の損失(物理的損失)対策 | $\frac{4,064,867 - 1,605,975}{(3,875 + 23,140) \times 45.10\% \times 14,027 / 2}$ | = | $\frac{2,458,892}{14,027}$ | / | 2 | (| 17.63 | ヶ月 |
| メータ設置対策(見掛け損失対策の一部) | $\frac{377,836 - 0}{(1,646 + 0) \times 45.10\% \times 14,027 / 2}$ | = | $\frac{377,836}{14,027}$ | / | 2 | (| 24.50 | ヶ月 |
| | | | | | | (| 1.9 | 年) |
| | | | | | | (| 32.73 | ヶ月 |
| | | | | | | (| 2.7 | 年) |

今回のパイロットプロジェクトは 41 ヶ月の無収水復元期間で費用を回収できることが示された。

(3) 指標 3: 費用便益比(効果継続期間を設定して)

効果継続期間を 41 ヶ月と推定した場合、以下のように計算された。

$$\frac{\text{(増加収水量(C\$/月) + 削減配水量(C\$/月) \times \text{区画外有収率}) \times \text{供給単価(C\$/m}^3\text{)} \times \text{効果継続期間(ヶ月)}}{\div \text{Z} + \text{違法接続罰金収入(C\$)} + \text{評価期間前便益(C\$)}} = \text{無収水対策費用(C\$)}$$

パイロットプロジェクト全体

$$\frac{(\text{ } 6,906 + 24,358 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 41 / 2 + 264,137 + 2,007,708}{= 1,434 > 1}$$

見掛け損失(商業的損失)対策

$$\frac{(\text{ } 3,031 + 1,218 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 41 / 2 + 264,137 + 401,733}{= 1,529 > 1}$$

真の損失(物理的損失)対策

$$\frac{(\text{ } 3,875 + 23,140 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 41 / 2 + 1,605,975}{= 1,407 > 1}$$

メータ設置対策(見掛け損失対策の一部)

$$\frac{(\text{ } 1,646 + 0 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 41 / 2 + 377,836}{= 1,253 > 1}$$

今回のパイロットプロジェクトは、メータ設置対策を含めて 41 ヶ月の無収水復元期間で費用を上回る便益をあげられることが示された。

(4) 指標 4: 財務的内部収益率(FIRR)

費用・収入のフローと財務的内部収益率は以下のようになった。

パイロットプロジェクト全体

| 年 | 費用 | 収入 | 残高 | 単位: C\\$ |
|-----|-----------|-----------|------------|----------|
| 1年目 | 4,984,389 | 2,271,845 | -2,712,543 | |
| 2年目 | 65,592 | 2,635,117 | 2,569,525 | |
| 3年目 | 65,592 | 1,882,226 | 1,816,634 | |
| 4年目 | 65,592 | 1,129,336 | 1,063,744 | |
| 5年目 | 27,330 | 156,852 | 129,522 | |

注: 効果継続期間をプロジェクト終了後3年半とした。

FIRR: 55% > 8%

真の損失(物理的損失)対策

| 年 | 費用 | 収入 | 残高 | 単位: C\\$ |
|-----|-----------|-----------|------------|----------|
| 1年目 | 4,048,778 | 1,605,975 | -2,442,803 | |
| 2年目 | 5,580 | 2,107,842 | 2,102,262 | |
| 3年目 | 5,580 | 1,505,602 | 1,500,022 | |
| 4年目 | 5,580 | 903,361 | 897,781 | |
| 5年目 | 2,325 | 125,467 | 123,142 | |

注: 効果継続期間をプロジェクト終了後3年半とした。

FIRR: 47% > 8%

今回のパイロットプロジェクトは、メータ設置対策を含めて、41 ヶ月の無収水復元期間を想定した場合、費用(事業費、維持管理費、金利)を上回る便益をあげられ、利益を生み出せることが示された。

以上の分析では、定量的な便益を用いて費用対効果を算定したが、それ以外にも以下のような漏水削減に伴う定性的な便益が考えられ、無収水削減対策を行う意義は高いと考えられる。

- 新規水源開発抑制利益
- 新規浄配水施設建設抑制利益
- 二次的被害防止効果利益

見掛け損失(商業的損失)対策

| 年 | 費用 | 収入 | 残高 | 単位: C\\$ |
|-----|---------|---------|----------|----------|
| 1年目 | 935,611 | 665,870 | -269,741 | |
| 2年目 | 60,012 | 57,274 | 467,262 | |
| 3年目 | 60,012 | 376,624 | 376,613 | |
| 4年目 | 60,012 | 225,975 | 165,963 | |
| 5年目 | 25,005 | 31,385 | 6,380 | |

注: 効果継続期間をプロジェクト終了後3年半とした。

FIRR: 135% > 8%

メータ設置対策

| 年 | 費用 | 収入 | 残高 | 単位: C\\$ |
|-----|---------|---------|----------|----------|
| 1年目 | 204,801 | | -204,801 | |
| 2年目 | 60,012 | 242,422 | 182,410 | |
| 3年目 | 60,012 | 173,159 | 113,147 | |
| 4年目 | 60,012 | 103,895 | 43,883 | |
| 5年目 | 25,005 | 34,632 | 9,627 | |

注: 効果継続期間をプロジェクト終了後3年半とした。

FIRR: 41% > 8%

第 11 章 評価指標の比較

表 11.1 評価指標の比較

| 項目 | 単位 | プロジェクト開始時 | 2018年4月 | 評価に使用する値 |
|-------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
| 有効契約者数 | 件 | 1,217 (2017年12月) | 1,422 | - |
| メータ検針による請求 件数 | 件 | 807 (2017年12月) | 1,098 | - |
| メータ検針による請求 率 | % | 66.3 (2017年12月) | 77.2 | - |
| 日中平均配水量 (6:00-18:00) | L/秒 | 53.1 (2017年3月3日) | 40.4 (2018年4月21日) | - |
| 夜間平均配水量 (0:00-6:00) | L/秒 | 38.3 (2017年3月3日) | 23.6 (2018年4月21日) | - |
| 夜間最小配水量 (0:00-6:00) | L/秒 | 35.0 (2017年3月3日) | 21.7 (2018年4月21日) | - |
| 年間配水量 | m ³ /年 | 1,470,354 | - | - |
| 月平均配水量 | m ³ /月 | 122,530 | 100,186 ^{*1} | 98,172 ^{*1} |
| 年間請求水量 | m ³ /年 | 656,029 | - | - |
| 月平均請求水量 | m ³ /月 | 54,669 | 60,731 | 61,575 ^{*2} |
| 年平均無収水量 | m ³ /年 | 814,325 | - | - |
| 月平均無収水量 | m ³ /月 | 67,860 | 39,456 | 36,597 ^{*3} |
| 平均有収水率 | % | 44.6 | 60.6 | - |
| 平均無収水率 | % | 55.4 | 39.4 | 37.3 |
| 配水管延長 | km | 13.7 | 13.7 | - |
| 無収水量/契約者 | m ³ /件/日 | 1.9 | 0.9 | - |
| 無収水量/配水管延長 | m ³ /km/日 | 165.1 | 96.0 | - |

*1: 計測配水量(103,282m³ 2018年4月)/32日 × (365/12) = 98,172 m³

*2: 請求水量(60,731m³ 2018年4月)/30日 × (365/12) = 61,575 m³

*3: 98,172m³ - 61,575m³

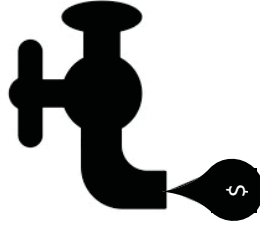
*4: 計測配水量 103,282m³ / (1 + 3.09/100) = 101,186m³



ニカラグア共和国


マナグア市無収水管理強化プロジェクト

パイロットプロジェクト No.2 完了報告書 (マイクロセクター No.61)



2019年10月

無収水削減アクションチーム

 CTI Engineering International Co., Ltd.

 Nihon Suido Consultants Co., Ltd.

目次

| | |
|---|-------|
| 要約 | |
| 第1章 プロジェクトの背景と概要 | 1-1 |
| 1.1 プロジェクトの背景 | 1-1 |
| 1.2 プロジェクトの概要 | 1-2 |
| 1.3 パイロットプロジェクトの概要 | 1-3 |
| 1.3.1 はじめに | 1-3 |
| 1.3.2 成果2の目的と活動 | 1-4 |
| 1.3.3 プロジェクトの実施体制 | 1-5 |
| 第2章 パイロット区画(MS No.61)のベースラインデータ | 2-1 |
| 2.1 基本情報 | 2-1 |
| 2.2 流入水量の管理状況 | 2-4 |
| 2.3 ベースラインとしての無収水量 | 2-5 |
| 2.4 サブセクター化に向けた情報整理 | 2-6 |
| 第3章 顧客台帳データの最新化 | 3-1 |
| 3.1 MS No.61の顧客情報 | 3-1 |
| 3.2 ユーザー台帳の最新化作業 | 3-2 |
| 第4章 パイロットプロジェクト活動計画と実績 | 4-1 |
| 4.1 活動の流れ | 4-1 |
| 4.2 パイロットプロジェクト実施計画 | 4-2 |
| 第5章 パイロット区画 No.2 の水理的独立化とステップテスト | 5-1 |
| 5.1 水理的独立化の確認調査 | 5-1 |
| 5.2 ステップテスト | 5-1 |
| 第6章 パイロット区画 No.2 の無収水モニタリング | 6-1 |
| 6.1 無収水量のモニタリング | 6-1 |
| 6.2 無収水削減対策の内容および無収水の構成 | 6-3 |
| 6.3 夜間最小流量のモニタリング | 6-6 |
| 6.4 夜間の使用水量と損失水量の計算 | 6-8 |
| 6.5 日平均損失の算定 | 6-12 |
| 6.6 無収水の構成要素 | 6-13 |
| 第7章 真の損失対策と効果 | 7-1 |
| 7.1 配水網のサブセクター化 | 7-1 |
| 7.2 サブセクター毎の損失水量の計測 | 7-2 |
| 7.3 真の損失対策の効果分析 | 7-6 |
| 7.3.1 漏水対策による効果 | 7-6 |
| 7.3.2 水圧調整による効果 | 7-7 |
| 7.3.3 漏水削減量の一日平均値への換算 | 7-9 |
| 7.3.4 給水管更新による効果 | 7-11 |
| 7.4 パイロット区画の漏水量の評価 | 7-14 |
| 7.4.1 不可避的漏水量 | 7-14 |
| 7.4.2 Infrastructure Leakage Index | 7-15 |
| 7.4.3 残存漏水量 | 7-16 |
| 第8章 見掛け損失対策と効果 | 8-1 |
| 8.1 見掛け損失対策の一覧 | 8-1 |
| 8.1.1 ユーザー台帳の修正と最新化 | 8-2 |
| 8.1.2 給水管の隣接セクターとの誤接続の修正 | 8-2 |
| 8.1.3 メータボックスの設置方法の改善 | 8-3 |
| 8.1.4 水道メータの更新と検針率向上/適切な水道メータの整備/請求データの是正 | 8-4 |
| 8.1.5 非合法接続の探知/撤去/合法化 | 8-10 |
| 8.2 既存の水道メータの精度確認 | 8-14 |
| 8.3 現在の請求水量におけるメータ器差の影響 | 8-18 |
| 8.3.1 MS No.61の請求種別の変化 | 8-18 |
| 8.3.2 MS No.61のユーザー種別 | 8-19 |
| 8.3.3 メータ器差がない場合の請求水量の推定 | 8-21 |
| 8.4 見掛け損失対策の効果 | 8-24 |
| 第9章 無収水構成要素の分析 | 9-1 |
| 第10章 費用対効果の分析 | 10-1 |
| 10.1 費用対効果分析の方法 | 10-1 |
| 10.1.1 便益の計算 | 10-1 |
| 10.1.2 費用の計算 | 10-3 |
| 10.1.3 費用と便益の比較方法 | 10-4 |
| 10.2 費用の算出 | 10-7 |
| 10.2.1 パイロットプロジェクト実施中の費用 | 10-7 |
| 10.2.2 パイロットプロジェクト終了後の費用 | 10-9 |
| 10.3 効果の算出 | 10-11 |

| | |
|---|-------|
| 10.4 費用対効果の算出 | 10-14 |
| 10.4.1 費用対効果の結果 | 10-14 |
| 10.4.2 真の損失対策費用の削減と各指標の改善 | 10-19 |
| 10.4.3 AZA No.3 におけるハイロットプロジェクト No.1 との比較から得られた教訓 | 10-20 |

要 約

I. プロジェクトの背景

パイロットプロジェクトは、マナグア市の代表的な街並みを有するマイクロセクターにおいて、ENACAL が無収水の現状とその原因を正確に理解し、無収水削減の実践的技術を身に付けることを目的として実施された。

ここで得られた経験やノウハウは、別途開催されるワークショップを通じて ENACAL 内部で共有され、将来的なニカラグア全体の無収水削減に活用されることが期待されている。

II. パイロット区画の情報

II-1. パイロット区画の位置

2018 年のパイロット活動の対象区画はマイクロセクター MS No.61 である。



図-1 パイロット区画の位置

II-2. パイロット区画内の水道利用者数

当地区は、中～低所得者層の住宅が多くを占め、一部にキオスク、食堂などが存在する住宅地である。マナグア市の中でも治安は比較的良い地域であり、市内でも一般的な街並みと言える。区画内の居住者数は明らかに少ないが、パイロット活動終了時に確認された水道接続件数は 990 件である。

III. パイロットプロジェクトの実施期間

パイロットプロジェクトは 2018 年 4 月から 2019 年 7 月にかけて 16 カ月間実施された。

IV. 無収水削減活動と成果

IV-1. ベースライン無収水率

2016 年 9 月以降のデータを入力し、配水量と請求水量との比較から無収水率の変化を確認した。配水量は月 1 回、目視で流量計の指示値を確認したものである。

請求水量については、水道メータ検針日が複数日にまたがっているため、配水量の計測期間と異なっている。このため、月別無収水率は参考値であり、ベースライン値としては一定期間における無収水率から算出することが望ましい。

2016 年 9 月～2017 年 8 月までの間で、配水量が確実に記録できているのは 11 カ月であり、この集計データから平均無収水率は 42.5%と算定される。



図-2 ベースラインの無収水率

IV-2. 最終的な無収水率

プロジェクト開始以降、MS No.61 の無収水モニタリングは、以下のデータを用いて実施している。

- ▶ 毎月の配水量、請求水量、無収水率
- ▶ ハイロット区画流入部における日々の配水量と夜間最小流量

正確な無収率を算定するためには、両者の期間が正確に一致していることが必要である。メータ検針は月 1 回実施されるが、事前の協議によって、地区内のメータ検針を毎月の決められた一日で完了し、その検針日に合わせて配水量の集計を行うことを合意した。

ハイロットプロジェクトの費用対効果を 2019 年 10 月に算定するため、2019 年 9 月上旬のメータ検針をもって完了とし、2019 年 8 月の無収水率は 17.4% を記録した。

表-1 配水量と請求水量の記録

| 請求月 | 2018年 | 01/2018 | 02/2018 | 03/2018 | 04/2018 | 05/2018 | 06/2018 | 07/2018 | 08/2018 | 09/2018 | 10/2018 | 11/2018 | 12/2018 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 月別配水量(m ³) | 555,706 | 44,720 | 43,018 | 38,398 | 53,920 | 44,710 | 47,420 | 48,450 | 48,600 | 45,380 | 51,040 | 43,470 | 46,690 |
| 日数 | | 31 | 30 | 30 | 31 | 30 | 28 | 32 | 30 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| 日平均配水量(m ³ /日) | | 1,443 | 1,434 | 1,280 | 1,739 | 1,490 | 1,694 | 1,514 | 1,620 | 1,513 | 1,646 | 1,449 | 1,503 |
| 月別請求水量(m ³ /日) | 352,286 | 29,907 | 27,558 | 30,406 | 29,798 | 26,861 | 27,368 | 29,691 | 28,615 | 28,982 | 30,658 | 32,656 | 30,186 |
| 検針対象 | | 24,664 | 22,834 | 26,114 | 25,962 | 21,867 | 22,264 | 24,527 | 23,229 | 23,758 | 25,143 | 24,235 | 25,573 |
| 検針対象 | | 4,893 | 4,624 | 4,292 | 4,436 | 4,984 | 5,104 | 5,164 | 5,246 | 5,224 | 5,515 | 6,621 | 4,613 |
| 検針間隔(日) | | 31 | 30 | 30 | 31 | 30 | 32 | 30 | 30 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| 日平均請求水量(m ³ /日) | | 945 | 919 | 1,014 | 961 | 885 | 977 | 928 | 954 | 966 | 989 | 1,095 | 974 |
| 月別無収水量(m ³) | 203,420 | 15,413 | 15,460 | 7,992 | 24,122 | 17,849 | 20,052 | 18,759 | 19,985 | 16,398 | 20,382 | 10,614 | 16,394 |
| 日平均無収水量(m ³) | | 497 | 515 | 266 | 776 | 595 | 716 | 596 | 666 | 547 | 657 | 354 | 529 |
| 月別無収水率(%) | 36.6 | 34.5 | 35.9 | 20.8 | 44.7 | 39.9 | 42.3 | 38.7 | 41.1 | 36.1 | 39.9 | 24.4 | 35.2 |

| 請求月 | 2019年 | 01/2019 | 02/2019 | 03/2019 | 04/2019 | 05/2019 | 06/2019 | 07/2019 | 08/2019 | 09/2019 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 月別配水量(m ³) | 347,650 | 43,340 | 37,040 | 43,310 | 49,830 | 37,520 | 38,030 | 37,570 | 33,570 | 33,640 |
| 日数 | | 31 | 29 | 29 | 32 | 31 | 28 | 30 | 32 | 31 |
| 日平均配水量(m ³ /日) | | 1,398 | 1,277 | 1,493 | 1,557 | 1,210 | 1,358 | 1,252 | 1,049 | 1,085 |
| 月別請求水量(m ³) | 254,820 | 29,657 | 27,120 | 28,417 | 31,596 | 28,234 | 27,152 | 28,119 | 27,736 | 26,799 |
| 検針対象 | | 24,828 | 22,533 | 16,228 | 28,121 | 23,071 | 21,907 | 21,845 | 23,240 | 22,318 |
| 検針対象 | | 4,829 | 4,587 | 12,169 | 3,465 | 3,163 | 5,645 | 6,274 | 4,496 | 4,461 |
| 検針間隔(日) | | 31 | 28 | 29 | 32 | 31 | 28 | 30 | 32 | 31 |
| 日平均請求水量(m ³ /日) | | 957 | 935 | 980 | 967 | 911 | 970 | 937 | 867 | 864 |
| 月別無収水量(m ³) | 92,830 | 13,683 | 9,920 | 14,893 | 12,044 | 9,286 | 10,878 | 9,451 | 5,834 | 6,841 |
| 日平均無収水量(m ³) | | 441 | 342 | 514 | 376 | 300 | 389 | 315 | 182 | 221 |
| 月別無収水率(%) | 26.7 | 31.6 | 26.8 | 34.4 | 27.6 | 24.7 | 28.6 | 25.2 | 17.4 | 20.3 |

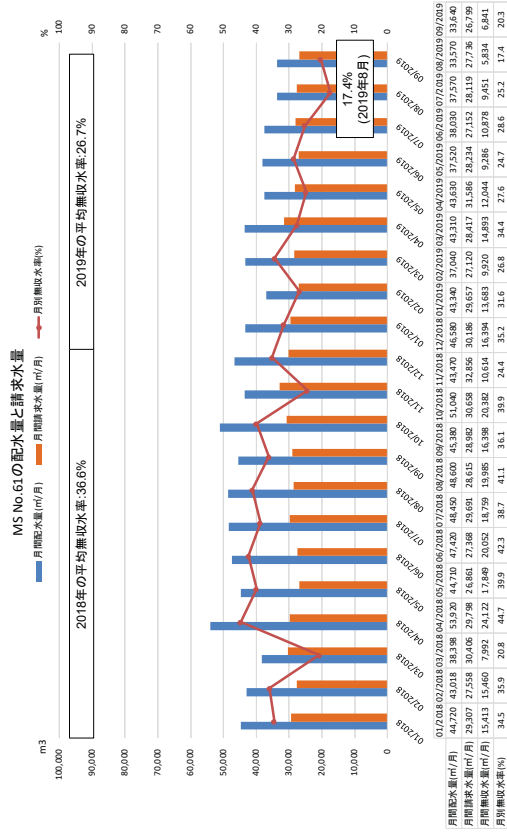


図-3 MS No.61 の無収水モニタリング

V. 実施した無収水削減対策

パイロットプロジェクトにおける無収水削減活動は、以下の2つに区分される。

- ▶ 見掛け上の損失対策
- ▶ 真の損失対策

見かけ上の損失対策では、水道メータの更新が必要であるが、水道メータの選定と調達には 3 箇月程度かかる。

従って、MS No.61 の活動では、時間の損失を最小化するため、真の損失対策を先行して実施することとした。

始めにステップテストで損失水量の地域的分布を明らかにしたのち、各サブセクターにおける漏水探知と修繕により、真の損失対策を進め、無収水削減の効果を確認する。さらに、減圧弁により地区の配水圧を調整し、残存漏水量の低減を図った。

その後、2019 年 3 月から水道メータの更新、非合法接続の対策を進め、見かけ損失対策による無収水の削減効果を確認する。

表-2 無収水削減活動の主な内容

| 物理的損失対策 | 商業的損失対策 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 夜間最小流量の測定と分析 パイロット区画内のサブセクター化とステッピングテスト^(注1) 特定された配水区域の漏水直観測定 音源探知法による漏水調査 水圧適正化による漏水削減 発見した漏水量の計測 メータボックス内漏水の修理 宅地内漏水の調査(住民サービス業務の一環) | <ul style="list-style-type: none"> 各戸メータ検針結果と請求水量の比較 顧客台帳の修正と最新化 給水栓の隣接セクターとの誤接続の修正 水道メータの更新と検針率向上 水道メータの検針の正確性向上 請求データの是正 非合法接続の探知/撤去/合法化 水道メータ精度確認 適切な水道メータの整備 メータボックスの設置方法の改善 |

注 1: ステッピングテストとは、配水区画内を小ブロックに分割し、バルブ操作を行いながら夜間最小流量を測定し、各ブロック内の潜在漏水量の分布を把握する調査。

VI. 無収水対策の費用対効果

VI-1. 便益の計算

パイロットプロジェクトの便益としては、地区内に流入した配水量の減少分と有収水量の増加分という 2 つが考えられる。しかし、上述した便益はプロジェクト実施後、無収水が完全に復元するまで、一定量ずつ減少しながら発生する。これは漏水の復元だけでなく、非合法接続の増加も想定したためである。

なお、プロジェクト開始から完了に至る期間でも、下表に示すように便益が次第に増加しながら発生しており、これも便益に算入する。なお、プロジェクト実施中、無収水率は直線ではなく変化しながら低下するが、この分析では計算をシンプルにするため、時間経過とともに一定量ずつ、直線的に低下したものと仮定する。

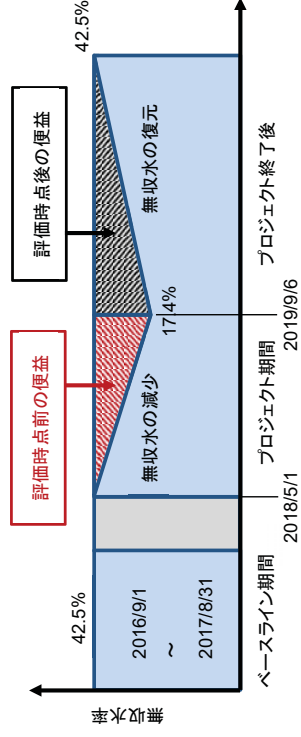


図-4 便益の発生期間(イメージ)

VI-2. 費用対効果の算出

【指標 1: 単位節約水量(無収水削減量)当たり費用】

これは、無収水(もしくは有収水増加及び配水量減少分)を 1m³ 減らすのにかかる対策費用である。これが ENACAL の生産原価より低ければ、パイロットプロジェクトの無収水対策が、マナグア市の平均的な水生産単価よりも安く配水量を増やすことができたことを示す。

MS No.61 では、効果継続期間は 7 年間(見掛け損失対策のみは水道メータの耐用年数に合わせて 5 年間)と想定した。

表-3 単位節約水量当りの費用

| | 発生費用 | マナグア市の生産単価 |
|---------------|--------------------------|---------------------------|
| パイロットプロジェクト全体 | 5,754 C\$/m ³ | < 9.86 C\$/m ³ |
| 見掛け損失対策 | 1,932 C\$/m ³ | < 9.86 C\$/m ³ |
| 真の損失対策 | 7,212 C\$/m ³ | < 9.86 C\$/m ³ |

このパイロットプロジェクトの水量節約の単価は、プロジェクト全体、見掛け損失対策、真の損失対策のいずれにおいても、マナグア市の平均的な生産原価より低くなっており、廉価に配水量を生み出せることを示している。

【指標 2: 無収水対策費用の回収にかかる期間】

これは、無収水対策による便益で、対策費用を回収できる期間を示す。この期間が、無収水削減の効果が継続と予想される期間内であれば、対策費用が回収できると結論する。

このパイロットプロジェクトでは、見掛け損失対策で 1 年未満、真の損失対策で 8 年、全体で 5 年 4 ヶ月の期間が無収水の復元までに確保されれば、費用を回収できることが示された。

真の損失対策では、配水量削減効果は大きかったものの、対策費用(特に人件費)が比較的大きな負担となっており、費用回収期間が大きくなってきている。

表-4 無収水対策費用の回収期間

| | 費用回収期間 |
|---------------|--------------------|
| パイロットプロジェクト全体 | 63.25 ヶ月 (約 5.3 年) |
| 見掛け損失対策 | 10.01 ヶ月 (約 0.8 年) |
| 真の損失対策 | 95.76 ヶ月 (約 8.0 年) |

【指標3：費用便益比(効果継続期間を設定して)】

便益÷費用で計算され、便益と費用の比較を表す。これが1よりも大きければ、「便益>費用」となり、プロジェクトが利益を生み出していることになる。

効果継続期間を7年(見掛け損失対策のみは5年)と想定して以下のように計算された。

表-5 便益/費用

| | 便益/費用 | 基準値 |
|---------------|-------|-----|
| パイロットプロジェクト全体 | 1.261 | > 1 |
| 見掛け損失対策 | 2.899 | > 1 |
| 真の損失対策 | 0.895 | < 1 |

このパイロットプロジェクトでは、プロジェクト全体及び見掛け損失対策においては、それぞれ7年、5年の無収水復元期間があれば、便益が費用を上回り、利益を生み出すことができ、真の損失対策ではわずかに費用が便益を上回り、7年の無収水復元期間では損失が生じることが分かった。

定量的な便益以外にも以下のような漏水削減に伴う定性的な便益が考えられ、無収水削減対策を行う意義は高いと考えられる。

- ▶ 新規水源開発抑制利益
- ▶ 新規浄水・配水施設建設抑制利益
- ▶ 二次的被害防止効果利益

VI-3. 効果の算出条件

下表は、ベースライン(2016年9月～2017年8月)、漏水修理後(2019年5月上旬～6月上旬)、ならびにプロジェクト評価期間(2019年8月上旬～9月上旬)のMS No.61の配水量、請求水量、無収水量等を示している。

表-6 効果の算出条件

| パイロットプロジェクト実施前 | 真の損失(物理的対策後 (漏水修理/水圧調整)) | 見掛け損失(商業的対策 及び給水管更新後 (パイロットプロジェクト終了時)) |
|--------------------------------------|--|--|
| 対象地域: MS No.61 | 対象地域: MS No.61 | 対象地域: MS No.61 |
| 評価期間: 2016/9/1-2017/8/31 | 評価期間: 2019/5/6-6/6(31日間) 検計期間 2019/5/6-6/6(31日間) | 評価期間: 2019/8/3-9/4(32日間) 検計期間 2019/8/3-9/4(32日間) |
| 月平均配水量: 51,531 m ³ /月 | 実際の月配水量: 37,520 m ³ 修正値 36,814 m ³ /月* | 実際の月配水量: 33,570 m ³ 修正値 31,909 m ³ /月* |
| 配水量(日平均): 1,694 m ³ /日 | 配水量(日平均): 1,210 m ³ /日 | 配水量(日平均): 1,049 m ³ /日 |
| 月平均請求水量: 29,610 m ³ /月 | 実際の請求水量: 28,234 m ³ 修正値 27,703 m ³ /月* | 実際の請求水量: 27,736 m ³ 修正値 26,364 m ³ /月* |
| NRW率: 42.5% | NRW率: 24.7% | NRW率: 17.4% |

注: *, 1ヶ月30.4167日(365日÷12か月)換算に修正。

VI-4. 対策による無収水率への効果

見掛け損失と真の損失が、それぞれだけだけの無収水率低下に貢献したかを測るためには、見掛け損失対策と真の損失対策の実施時期を完全に分けて行う必要がある。

(1) 真の損失対策による効果

このパイロットプロジェクトでは、真の損失対策の漏水修理を2019年2月まで実施、その後減圧弁による水圧調整を2019年4月まで実施した。従って、2019年5月の無収水率が真の損失対策による効果を示している。

なお、2019年4月以降、給水管の更新工事も進められているが、プロジェクト評価時点では配水量の減少という効果がまだ確認されていないため、ここでは給水管の更新効果は考慮していない。

表-7 真の損失対策の効果

| パイロットプロジェクト開始前の値 | 真の損失対策後の値 (2019年5月) | 備考 |
|------------------|--------------------------|-----------------|
| 平均配水量 | 36,814 m ³ /月 | 2019年5月の無収水率 |
| 有収水量 | 27,703 m ³ /月 | ータを1ヵ月=30.4167日 |
| 無収水量 | 9,111 m ³ /月 | で換算 |
| 無収水率 | 24.7% | |
| 無収水率削減幅 | -17.8% | |

(2) 見掛け損失対策による効果

見掛け損失対策は水道メータの更新と非合法接続の解消からなり、2019年3月より開始された。ここでは2019年8月の無収水データをを用いて効果を判断した。

表-8 見掛け損失対策の効果

| 項目 | 真の損失対策後の値 (2019年5月) | 見掛け損失対策後の値 (2019年8月) | 備考 |
|---------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| 平均配水量 | 36,814 m ³ /月 | 31,909 m ³ /月 | 2019年8月の無収水率 |
| 平均有収水量 | 27,703 m ³ /月 | 26,364 m ³ /月 | ータを1ヵ月=30.4167日 |
| 平均無収水量 | 9,111 m ³ /月 | 5,545 m ³ /月 | で換算 |
| 平均無収水率 | 24.7% | 17.4% | |
| 無収水率削減幅 | | -10.0% | |

VII. AZA No.3 におけるパイロットプロジェクトとの比較による教訓

パイロットプロジェクトを行う場合の留意点として、対策の目標として無収水率のみにとらわれてしまうと、効果の予想を見誤る可能性がある。

AZA No.3 (商業地を含む)とMS No.61 (主に一般住宅)では、ユーザ一数の違い以上に総配水量の違いが大きく、MS No.61 で無収水率の大きな改善を示しても、削減配水量及び増加請求水量はAZA No.3よりも小さいという結果であった。

一方、対策期間と費用はAZA No.3と同等以上の投入をしているため、費用対効果の分析結果では両者に大きな違いが生まれた。

金額的な便益は、削減配水量と増加請求水量に直接関係しているため、無収水削減対策実施中に終了時期を検討する際には、無収水率だけで判断するのではなく、絶対量としての削減配水量と増加請求水量も把握する必要がある。

また、対策前の計画段階で、対象地区の総配水量と無収水量から、期待される削減配水量を予想し、適切な投入人数とおよその対策期間(終了時期)を決めるという方法も考えられる。

表-9 AZA No.3 と MS No.61 の費用対効果比較

| 項目 | AZA No.3 | MS No.61 |
|------------------------|--|--|
| 1. 総配水量(ペー・スライイン) | 122,530 m ³ /月 | 51,531 m ³ /月 |
| 2. ユーザ一数 | 1,429 件 | 990 件 |
| 3. 無収水対策実施期間 | 16 ヶ月 (Jan.2017-Apr.2018) | 16 ヶ月 (Apr.2018-Jul.2019) |
| 4. 無収水対策の総費用* | 4,977,817 C\$ | 5,326,736 C\$ |
| 5. 無収水率(ペー・スライイン→対策後) | 55.4% → 37.3% | 42.5% → 17.4% |
| 6. 無収水率の変化 | -18.1% | -25.1% |
| 7. 配水量(対策後) | 98,172 m ³ /月 | 31,909 m ³ /月 |
| 8. 削減配水量 | 24,358 m ³ /月 | 19,622 m ³ /月 |
| 9. 請求水量(ペー・スライイン→対策後) | 54,669 → 61,575 m ³ /月 | 29,610 → 26,364 m ³ /月 |
| 10. 増加請求水量 | 6,906 m ³ /月 | -3,246 m ³ /月 |
| 11. 費用対効果 指標 2(費用回収期間) | プロジェクト全体:1.9 年 見かけ損失対策:1.5 年 真の損失対策 :2.0 年 | プロジェクト全体:5.3 年 見かけ損失対策:0.8 年 真の損失対策 :8.0 年 |

注: *;プロジェクト実施期間中のみの費用。

VIII. 無収水対策を実施するための教訓と提言

これまで無収水課が進めてきた漏水(可視、不可視)の探知と修繕は重要であるが、位置付けが不明な老朽管と配水先の究明、非合法接続の抜本的な解決がなければ、無収水率の大幅な低下は実現できない。

無収水課の場合、配水管の漏水探知や修繕技術、不明管の特定作業については、十分なレベルに達している。このため、日々のルーティン作業を継続することが必要である。なお、正確な修理技術を ENACAL 内の他部署へ浸透させる取り組みが求められる。

一方、非合法接続の探知、台帳に載っていない管路の検出については、無収水課以外でこれらの作業を遂行するために適切な技術を有している部署がない。非合法接続の対策は、商業部の管轄となっているが、非合法接続対策には現場スタッフの相当の苦勞が伴うだけでなく、探知に効果的な機材を有していないことも課題として挙げられる。このためには、既往の音聴式探知機の活用に加えて、新しい視点による技術の導入を試験的に行うことが求められる。

プロジェクトでは、顧客台帳の情報に間違いが含まれていることも明らかになった。また、メータ検針期間と請求期間の正確な把握が困難な状況であることも確認された。顧客台帳の更新作業を定期的に行うことや、現場スタッフと情報入力関係部署の意思疎通が重要である。他方で、ENACAL 内で顧客管理システムの改善を行っており、検針期間と請求期間の把握が容易にできるようなシステムとなる予定であり、その実施が期待される。

プロジェクトを通じて非合法接続対策に向けた技術力向上を、技術面や機材面で支援し、無収水課による物理的損失対策と商業部による商業的損失の双方が同時並行で進められるよう、無収水削減活動の体制づくりが必要である。

第 1 章 プロジェクトの背景と概要

1.1 プロジェクトの背景

ニカラグア共和国(以下、ニカラグア)では、国家人間開発計画において「住民の安全な水への持続的なアクセス」を優先課題に位置づけ、首都圏や地方都市の上下水道事業を管轄するニカラグア上下水道公社(以下、ENACAL)の組織強化に取り組んでいる。

首都マナグア市における上下水道整備の支援は、日本をはじめ、米州開発銀行(以下、IDB)、世界銀行(以下、世銀)等が実施してきた。2005 年に JICA が実施した「マナグア市中長期上下水道施設改善計画調査」を通じて、2015 年を目標年次としたマナグア市上下水道施設改善計画(以下、M/P)が策定され、マナグア市の上下水道整備の方向性が具体的に示された。ENACAL は、M/P で示された中・長期的なアクションプランに基づき、各ドナーと連携して、給水量拡大に向けた水源の開発・改修、送配水システムの拡張などの多くの事業を進めてきた。

この結果、マナグア市における ENACAL による給水能力は大幅に改善したものの、水道サービス全体では未だに多くの課題が残され、都市部でありながら十分な給水時間が確保されない地域が存在している。この大きな理由として、以下の 3 点があげられる。

- a. 水需要の時間変動に対応できる貯水施設が不足している。
- b. 効率的な配水管網の構築が遅れている。
- c. 漏水に代表される物理的損失、盗水および水道メータの不備に伴う商業的損失、維持管理計画の不足等。

特にマナグア市の無取水率は、2012 年の推定で 40～50%とされており、赤字経営の ENACAL の財務状況を改善し、給水時間の向上を図るために必要な投資資金を確保するためには、無取水率を低下させることが最優先課題となっている。

ENACAL は、M/P の提言、国家政策、ならびに事業戦略計画等に基づき、他ドナーの協力を受けつつ、配水管網のマクロ/ミクロセクター化を中心とした無取水対策を進めている。しかしながら、「中・長期的な無取水削減計画」が存在せず、無取水の課題解決に向けて組織横断的な対応がとられていないため、これまでの対策は実効性を伴ったものとなっていない。

このパイロットプロジェクトは、マナグア市の代表的な街並みを持つミクロセクターにおいて、ENACAL が無取水の現状と原因を正確に理解し、無取水削減の実践的技術を身に着けるために実施された。この活動で得られた経験やノウハウは、別途開催されるワークショップを通じて ENACAL

内部に共有され、将来的なニカラグア全体の無取水削減に活用されることが期待されている。

1.2 プロジェクトの概要

技術協力プロジェクト全体の概要は以下のとおりであり、達成が期待される成果は 4 つからなり、それぞれに詳細な活動が計画されている。パイロットプロジェクトはこの中の成果 2 に相当する。

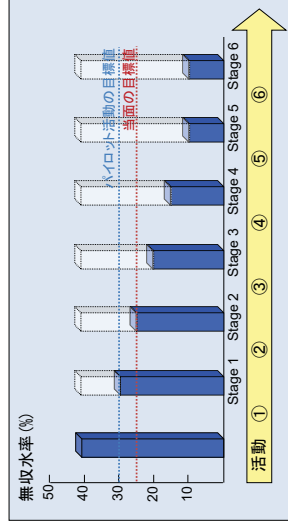
表 1.1 プロジェクト概要

| | |
|-------------|---|
| 1. プロジェクト名 | ニカラグア国マナグア市無取水管理能力強化プロジェクト |
| 2. 上位目標 | マナグア市における無取水削減への取り組みが計画的に展開される。 |
| 3. プロジェクト目標 | マナグア市における無取水削減対策を計画的に実施する基盤が整備される。 |
| 4. 期待される成果 | 1) ENACAL の無取水削減に係る計画策定能力が強化される。 2) ENACAL の無取水削減に係る実施能力が強化される。 3) 給水装置(給水管及び水道メータ)の設置に係る ENACAL の品質管理能力が強化される。 4) ENACAL 技術者向けの無取水対策研修の計画・実施能力が強化される。 |
| 5. 対象地域・サイト | マナグア市内 |
| 6. 関係官庁・機関 | (監督機関)ニカラグア外務省 (実施機関)ENACAL |
| 7. プロジェクト期間 | 2017 年 1 月～2020 年 5 月 (第 1 期: 2017 年 1 月～2017 年 12 月) (第 2 期: 2018 年 1 月～2018 年 12 月) (第 3 期: 2019 年 1 月～2020 年 5 月) |

1.3 パイロットプロジェクトの概要

1.3.1 はじめに

無収水削減対策の段階は以下に示すとおりである。一般的に活動の立上げ期を第1ステージとして、無収水率が次第に落ちていく時期までの6段階を踏むように策定される。本プロジェクトのパイロット区画で実施される無収水削減対策は、漏水復元期である第3ステージの始めまでをカバーする。第4ステージ以降は、ENACALがプロジェクトを通じて習得した技術を活用しながら成果を達成させる。



- ① 地上漏水の削減、見掛け上の損失水の削減
人海戦術、各戸調査、不良メータの交換、計量ミスの低減
- ② 地下漏水の削減、溢水の削減
漏水探知技術の向上、管網のプロック化、正確な管路図の整備
- ③ 漏水の復元防止
水圧調整、管路補修の促進、老朽化管路の更新
- ④ 漏水防止作業の徹底
漏水防止作業の見直し、高度な技術訓練、効率的な機器の導入
- ⑤ 漏水防止作業の仕上げ
管路更新の徹底、漏水防止関連部署の合理化
- ⑥ 最低無収水率の維持
必要最低限の無収水削減作業の継続

図 1.1 無収水削減活動の展開ステップ

パイロット区画では、無収水対策のベースラインを早期に把握し、プロジェクトで実施した対策による無収水量の削減貢献度を数値化し、その投入量との比較によって費用対効果について検証した。

この結果は、パイロットプロジェクトに参加していない他部署の職員およびENACAL上層部に周知され、無収水削減の重要性の理解と職員のモチベーションの向上をもたらした。

1.3.2 成果2の目的と活動

成果2の目的は、「ENACALの無収水削減に係る実施能力が強化される。」ことである。この目的を達成するために計画された活動は以下のとおりである。

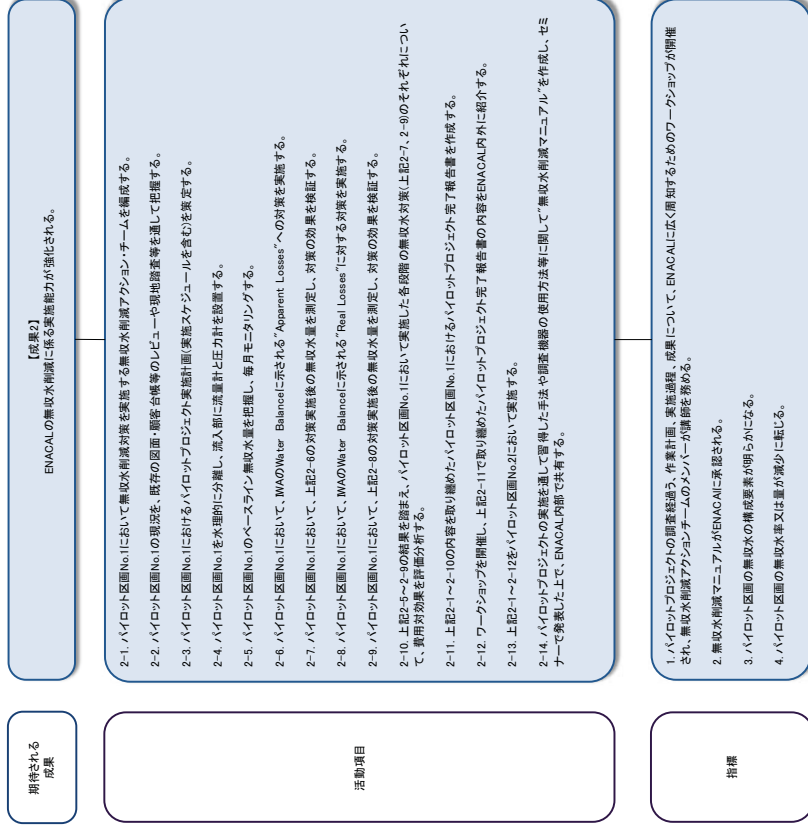


図 1.2 成果2の活動

1.3.3 プロジェクトの実施体制

パイロットプロジェクトを実施するにあたり、始めに無収水削減アクション・チームを編成した。

成果2のパイロットプロジェクト活動に関与する職員は、無収水課と商業部の関係部署の職員である。

無収水課は、マナグア市での無収水削減の中心的役割を果たすほか、物理的損失対策の責任を有する。一方、商業部の役割は、メータ検針と請求水量の管理、料金徴収、メータ検針誤差や請求上の損失分析、違法接続に起因する見掛け損失の削減である。

パイロットプロジェクトの運営管理体制は以下のとおりである。

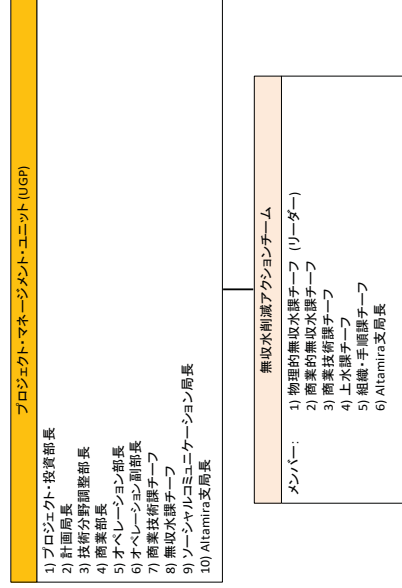


図 1.3 パイロットプロジェクトの運営管理体制

第 2 章 パイロット区画(MS No.61)のベースライン

2.1 基本情報

パイロット区画 No.2 として選定された MS No.61 の概要を以下に示す。

東西約 0.70km、南北 0.53km、地区面積は約 0.27km²、マナグア市の高地配水区に位置する。当該地区への給水源は、アソンスカ湖からのポンプ送水であり、井戸による給水は行われていない。

過去のスペースイン政府の資金支援のもと、民間コンサルタント(Wasser)により設計された 65 箇所のマイクロクターの 1 つである。2018 年 2 月上旬に一度水理的独立化のテストを実施したところ、以前と同様に配水網の独立化ができていたことが確認された。

表 2.1 MS No.61 の基本情報

| 項目 | 単位 | 値 | 備考 |
|------------|-------------------|--------|-----------------------|
| 水道接続件数 | 件 | 1,014 | 2017 年 8 月請求データ |
| メータ検針による請求 | 件 | 673 | |
| その他 | 件 | 341 | |
| 平均配水量 | m ³ /月 | 51,531 | 2016 年 9 月～2017 年 8 月 |
| 平均請求水量 | m ³ /月 | 29,611 | 2016 年 9 月～2017 年 8 月 |
| メータ検針による請求 | m ³ /月 | 21,913 | |
| その他 | m ³ /月 | 7,698 | |
| 平均無取水量 | m ³ /月 | 21,920 | |
| 平均無取水率 | % | 42.5 | |

当地区は、中～低所得者層の住宅が多くを占め、一部にキオスク、食堂などが存在する住宅地域である。マナグア市の中でも治安は比較的良好な地域であり、市内でも一般的な街並みと言える。

既存の区画データによれば、MS No.61 の配水管の内訳は以下のとおりであった。これは CAD データ上で把握できる口径 50mm 以上の配水管を対象としており、本管から水道メータまでの給水管は含まれない。

石綿管は全体の 15.7%、ポリ塩化ビニル管は 84.3%の構成比率である。

2017～2018 年に実施したパイロットプロジェクトのサイト(AZA No.3)の場合は、石綿管が約 70%を占めていたが、MS No.61 ではポリ塩化ビニル管が多い。存在する配水網の特性が異なるという観点からも、パイロット区画としての妥当性を有している。

表 2.2 MS No.61 の配水管情報

| 管種 | 口径(mm) | 延長(m) |
|---------------|--------|--------|
| 石綿管(AC) | 150 | 425 |
| | 100 | 1,267 |
| | 150 | 0 |
| 铸铁管(HF) | 100 | 0 |
| | 50 | 0 |
| ポリ塩化ビニル管(PVC) | 150 | 0 |
| | 100 | 3,194 |
| | 50 | 5,870 |
| 合計 | | 10,756 |

2.2 流入水量の管理状況

2015年の時点で ENACAL 無収水課によって同地区の水利的に独立化が確認されており、地区への流入水は1箇所の流入チャンバー(UOC: Unidad de Operación y Control)において管理が可能である。流入チャンバー内には羽根車式流量計と水圧が設置されており、2017年8月請求時までは順調に稼働していた。その後、羽根車の故障により測定値が欠損したが無収水課が修理を行い、2018年1月以降は流量計測が可能となっている。

流入部に設置されている流量計はマイクロセクター-AZA No.3と同様の羽根車式流量計で、上部の指示版に取り付けた装置からパルス信号が100リットルにつき1回発信される仕様である。一日の配水量を管理する目的としては十分な性能を有しているが、夜間に発生する最小流量を詳細に分析する目的では使えない。

表 2.3 MS No.61 の流量計情報

| | |
|-------------------------------------|--|
| 製造者 | Elster |
| モデル | H4000 |
| 測定原理 | 横軸羽根車式(ヴォルトマウンターゼン) |
| 呼径 | 150 |
| R (Q ₂ /Q ₁) | 250 |
| 流量範囲 (旧基準) | 最小流量 Q _{min} =1.8m ³ /h(±5%) 定格流量 Q _n =450m ³ /h(±2%) |
| パルス出力 | リードスイッチ式トランジスタミッター |
| パルスインターバル | 100L/pulse |
| 電源 | 不要 |

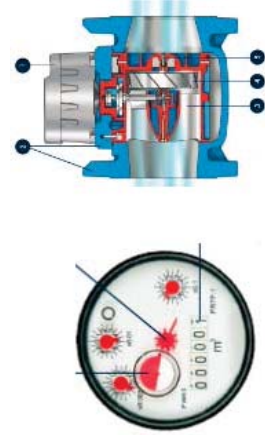


図 2.2 MS No.61 の流入部に設置された流量計

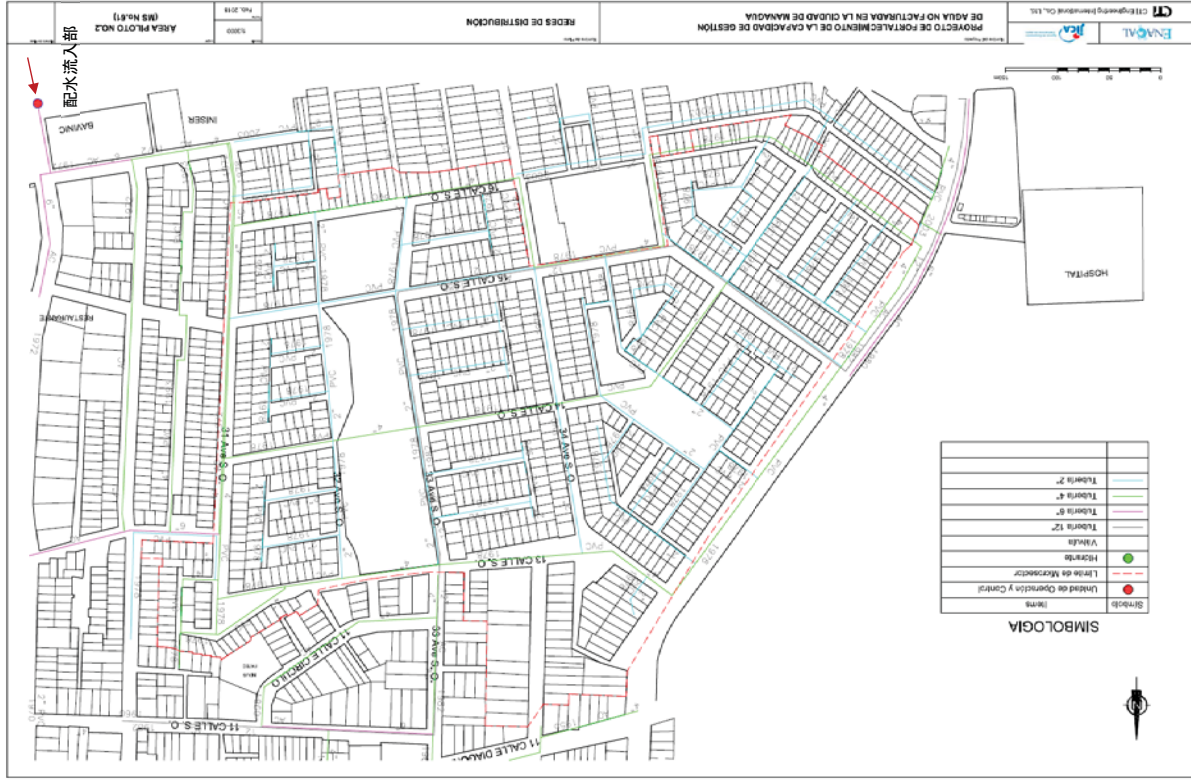


図 2.1 MS No.61 のベースマップ

2.3 ベースラインとしての無収水率

2016年9月以降のデータを入力し、配水量と請求水量との比較から無収水率の変化を確認した。配水量は月1回、目視で流量計の指示値を確認したものである。

請求水量については、水道メータ検針日が複数日にまたがっているため、配水量の計測期間と異なっている。このため、月別無収水率は参考値であり、ベースライン値としては一定期間における無収水率から算出することが望ましい。

2016年9月から2017年8月までの間で、配水量が確実に記録できているのは11ヶ月であり、この集計データから平均無収水率は42.5%と算定される。

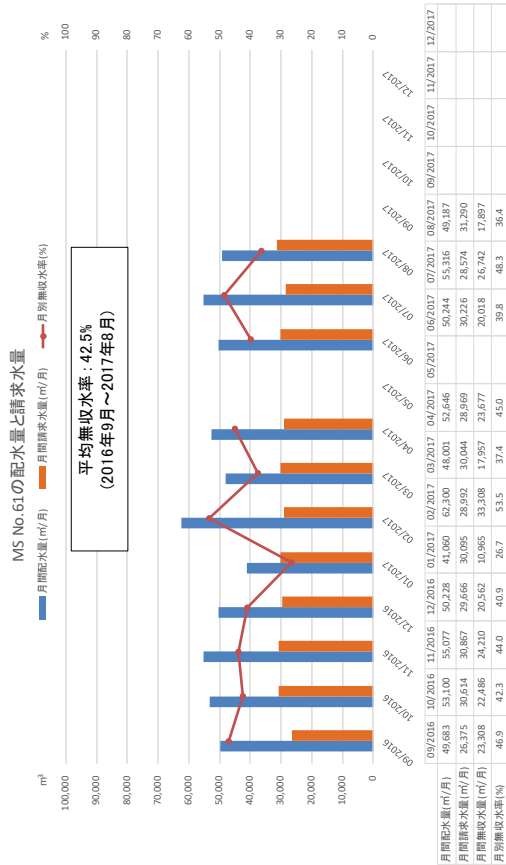


図 2.3 MS No. 61 の無収水率(2016年～2017年)

2.4 サブセクター化に向けた情報整理

真の損失対策及び見かけ損失対策の効果を検証する上で、パイロット区画全体の無収水率がベースラインとして活用される。

一方、無収水削減対策の第一段階では、パイロット区画内の配水量の分布状況を把握し、損失水量が大きいエリアを特定することが行われる。この調査を行うためには、パイロット区画をバルブで小区画に分割できる状態を作らなければならない。この作業はサブセクター化と呼ばれる。

このため、ベースラインの設定と同じタイミングで、以下の作業が実施された。

- サブセクター化のための既存バルブと配管の調査
- サブセクター化のための新規バルブの位置検討
- 給水境界を特定するための利用者調査と断水調査
- 各セクターに存在する水道メータの状況確認と移設
- プロジェクトにて更新対象とすべき水道メータの調査



図 2.4 MS No.61 のサブセクター案

表 2.4 サブセクター化のための資材

| No | アイテム | 単位 | 数量 |
|----|-----------------|-----|----|
| 1 | PVC 雄ネジアダプタ 2" | 個 | 26 |
| 2 | 銅製曲管 2"×90° | 個 | 26 |
| 3 | PVC レデュース 4"×2" | 個 | 12 |
| 4 | PVC レデュース 6"×2" | 個 | 1 |
| 5 | 銅製雄ネジ栓 | 個 | 13 |
| 6 | PVC T字管 4" | 個 | 10 |
| 7 | PVC T字管 6" | 個 | 1 |
| 8 | テフロンテープ 50m | 個 | 11 |
| 9 | 銅管 2"×6m | 本 | 5 |
| 10 | PVC 直管 2"×6m | 本 | 5 |
| 11 | PVC 直管 4"×6m | 本 | 3 |
| 12 | PVC 直管 6"×6m | 本 | 1 |
| 13 | PVC 継手 4" | 個 | 12 |
| 14 | PVC 継手 6" | 個 | 1 |
| 15 | 銅鉄ユニバーサル継手 4" | 個 | 48 |
| 16 | 銅鉄ユニバーサル継手 6" | 個 | 4 |
| 17 | ソフトシート仕切弁 4" | 個 | 12 |
| 18 | ソフトシート仕切弁 6" | 個 | 1 |
| 19 | 弁きょう(バルブボックス) | 個 | 13 |
| 20 | ソフトシート仕切弁 2" | 個 | 3 |
| 21 | フランジアダプタ 2" | 個 | 6 |
| 22 | フランジ接続キット 2" | セット | 6 |
| 23 | ソフトシート仕切弁 4" | 個 | 10 |
| 24 | フランジアダプタ 4" | 個 | 20 |
| 25 | フランジ接続キット 4" | セット | 20 |
| 26 | ソフトシート仕切弁 2" | 個 | 3 |
| 27 | フランジアダプタ 2" | 個 | 6 |
| 28 | フランジ接続キット 2" | セット | 6 |

第3章 顧客台帳データの最新化

3.1 MS No.61 の顧客情報

パイロット区画 No.2 (MS No.61)の顧客は、低～中所得者の住宅から構成され、一部に小規模商店や学校、公園などがある。

ENACAL の顧客台帳を基に、契約者区分やメータの有無、徴収方法などを整理した結果は以下のとおりである。これは2017年8月請求データに基づくものである。

有効契約者 1,008 件の中で、台帳上メータ有とされている数は990件で、設置率は98%と高い。しかし、顧客台帳上、メータ検針対象者として区分されている数は682件であり、検針率は67%と低い。

顧客台帳上、メータ検針対象者となっていないも、検針時に障害物があったり、不具合があつて検針できないケースがあり、実際にメータ検針ができていない数は673件である。

なお、この数値はプロジェクト開始前の台帳情報に基づくものであり、パイロット活動の開始段階で顧客調査を実施し、最新のデータに随時更新されていく。

表 3.1 MS No.61 の水道契約者の内訳

| 分類 | 契約者数 | 内訳1 | 請求区分 |
|-------|-------|---------------------|------------------|
| 有効契約者 | 1,008 | 843 (通常利用 AL) | 606 (メータ検針対象) |
| | | | 60 (平均使用水量による請求) |
| | | | 165 (請求水量調整対象) |
| | | | 12 (その他) |
| | | 102 (滞納による一時的切断 CF) | 47 (メータ検針対象) |
| | | | 36 (平均使用水量による請求) |
| 無効契約者 | 6 | 61 (過去に切断履歴あり RE) | 24 (平均使用水量による請求) |
| | | | 7 (請求水量調整対象) |
| | | 2 (不明) | - |
| | | 6 (契約解除 BA) | - |
| 合計 | 1,014 | | |

出典：2017年8月請求データ

表 3.2 MS No.61 の水道メータの状況

| 年数 | 単位 | 数量 | 備考 |
|-----------|----|-------|------------------|
| 10年以上 | 件 | 14 | 2007年12月以前 |
| 5年以上10年未満 | 件 | 166 | 2008年1月～2012年12月 |
| 5年未満 | 件 | 808 | 2013年1月以降 |
| メータなし | 件 | 20 | |
| 合計 | 件 | 1,008 | |

出典：2017年8月請求データ

3.2 ユーザー台帳の最新化作業

MS No.61 における最初の活動として、既存の顧客台帳と現在の水道利用者との整合性を確認する顧客調査が商業技術課によって実施された。

表 3.3 顧客調査の項目

| No | 項目 | No | 項目 |
|----|------------------------|----|-----------------------|
| 1 | 県/支店コード | 16 | 回答者種別(家主、賃貸人、隣人) |
| 2 | 市 | 17 | 建物種別(アパート、家、店、ビル、倉庫等) |
| 3 | 地区 | 18 | 経済種別(低所得、一般住宅、商業等) |
| 4 | 地区内番号 | 19 | 店舗名称 |
| 5 | 区画 | 20 | 商業活動種別(ホテル、飲食店、商店等) |
| 6 | 宅地番号 | 21 | 給水種別(給水車、井戸、水道管等) |
| 7 | 町 | 22 | 給水種別(シャワー、トイレ、蛇口数等) |
| 8 | 登記番号 | 23 | 接続戸数 |
| 9 | アカウント番号 | 24 | 顧客宅前下水道の整備状況 |
| 10 | 住所(一般名称) | 25 | 水道メータボックスの状態 |
| 11 | 住所(正式名称) | 26 | 接続形態(普通、直接、切断等) |
| 12 | 顧客種別(個人、団体) | 27 | 水道メータの稼働状況 |
| 13 | 顧客種別(所有、賃貸) | 28 | 水道メータの情報(製造者、番号等) |
| 14 | 水道利用状況(通常、廃止、一時停止、その他) | 29 | 水漏れの有無 |
| 15 | 顧客名と連絡先 | 30 | メータ位置(GPS情報) |

こうした確認作業によって、顧客管理システム(Aquavism)に登録されている情報が更新され、2019年1月時点の有効契約者は990件であることが分かった。このうち、メータ検針結果によって請求がなされているユーザーは846件、残り144件は平均使用水量、あるいは請求水量の調整対象となっていた。

また、2019年7月までに発見された非合法接続は8件であった。

商業技術課によるデータの是正と最新化が進められているが、要調査顧客の確認に多くの時間を

要している理由は以下があげられる。

- ▶ 必要な調査・手続きが ENACAL 内の複数の部署に関係しており、指示や伝達・確認に時間を要する。
- ▶ 顧客情報と現実が整合していない各事例の状況・背景が多様である。
- ▶ 違法接続の特定には慎重な調査が必要であり、合法化に向けた手続きには時間を要する。

第 5 章 バイロット区画 No.2 の水理的独立化とステップテスト

5.1 水理的独立化の確認調査

MS No.61 は当初から水理的独立化が可能となるように設計されている。流入部の仕切弁を閉止した状態で地区内の水圧を測定することで、水理的独立化の確認ができる。

水圧測定による水理的独立化の確認は最も簡単な方法であるが、全ての顧客の給水栓で水圧を確認できるわけではない。プロジェクトでは、地区内を小さなセクターに分割しながら、それぞれのセクターの断水が確実にできるかどうか、給水栓を実際に開閉して確認している。

5.2 ステップテスト

バイロット区画内の配水量がどのように分布されているかを把握し、漏水や配水網の劣化が著しい区画を推定する作業をステップテストと呼ぶ。

ステップテストは 2018 年 8 月 16～17 日にかけて実施された。この測定では、地区内流入部の配水管に設置した超音波流量計で流入水量を記録し、使用者の水使用量が存在する環境下でバルブを制御しながらセクターを区切っていき、配水量の配分を把握した。

通常、ステップテストは水利用の最も少ない時間帯に行うことが望ましく、深夜 1 時から明け方までにかけて実施される。しかし、今回は現時点の治安状況と作業員の安全確保を考慮し、23 時から 1 時までの短時間にとどめた。

この活動は日本人専門家が不在の中で実施されたが、バイロットプロジェクト No.1 での経験と教訓が活かされたため、事故やトラブルもなく終了した。ステップテストの結果は以下のとおりであり、セクター別配水量は、サブセクター分離前後の配水量計測値の差から求められる。各セクターの接続数は各戸調査結果に基づきものであり、バイロット活動が進むにつれて変動する。

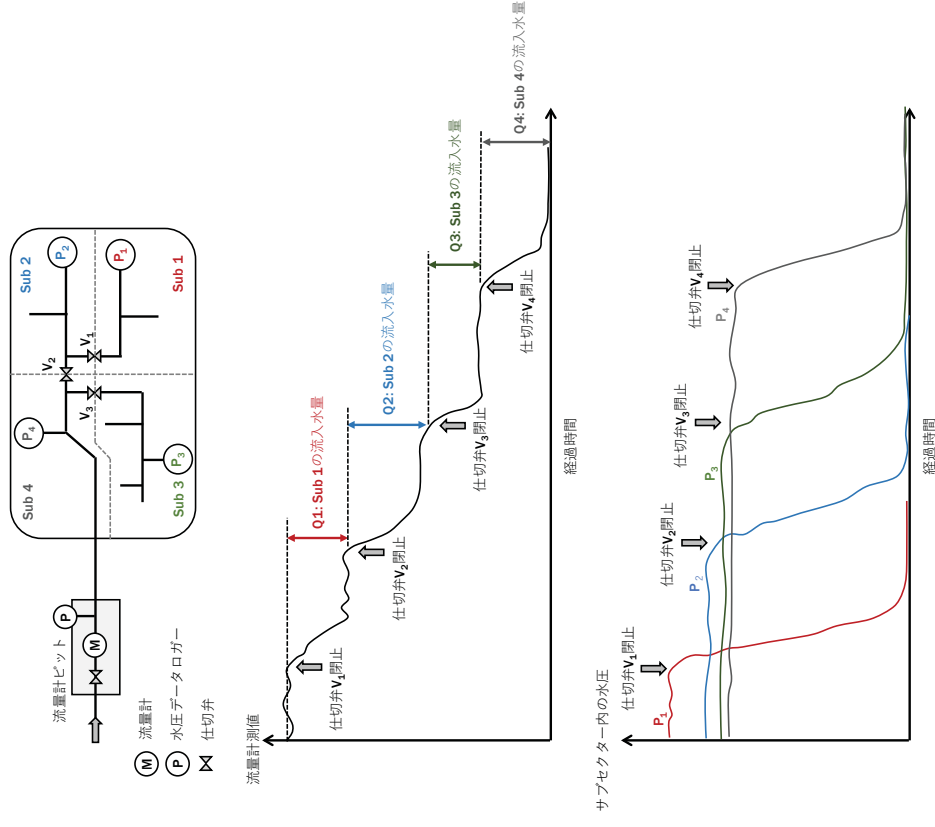


図 5.1 ステップテストの概要



図 5.2 MS No.61 のサブセクター

表 5.1 ステップテストの結果

| サブセクター番号 | 接続数 (件) | 閉止バルブ | 時間 | 配水量計測値 (L/s) | サブセクター別配水量 (L/s) | サブセクター別配水量/接続数 (L/件/日) |
|----------|---------|-------|-------|--------------|------------------|------------------------|
| 3 | 56 | 10 | 23:00 | 7.2 | - | 1,697 |
| | | 15 | 23:04 | 6.8 | 1.1 | |
| | | 16 | 23:08 | 7.4 | | |
| | | 17 | 23:20 | 6.4 | | |
| | | 19 | 23:12 | 6.1 | | |
| 4 | 249 | 14 | 23:25 | 6.0 | | 1.8 |
| | | 13 | 23:27 | 5.8 | | |
| | | 12 | 23:30 | 4.3 | | |
| | | 11 | 23:34 | 4.3 | | |
| | | 9 | 23:47 | 4.3 | | |
| 2 | 204 | 1 | 23:48 | 4.0 | 0.7 | 296 |
| | | 2 | 23:51 | 4.0 | | |
| | | 3 | 23:53 | 3.6 | | |
| 1 | 234 | 4 | 00:09 | 1.5 | 2.1 | 775 |
| | | 5 | 00:12 | 1.3 | | |
| 5 | 152 | 6 | 00:14 | 1.3 | 0.9 | 511 |
| | | 7 | 00:17 | 1.0 | | |
| 6 | 91 | 8 | 00:28 | 0.6 | 0.6 | 569 |
| | | 18 | 00:38 | 0.0 | | |
| 7 | 29 | 20 | 00:48 | 0.0 | 0.0 | 0 |
| 8 | 0 | 流入部 | 00:58 | 0.0 | 0.0 | 0 |

上表のとおり、各セクターの配水量としては、Sector 1 が最も多く、Sector 4 が続いている。セクターの広さや接続件数によって配水量は大きく変わるため、各セクターの流量測定値を接続件数で除いたインジケータ(L/件/日)を算定することで、配水網の劣化具合を推定する。

なお、許容漏水量の目標値としては、漏水量(L/日)を接続数で除いたインジケータが一般的に知られている。パイロット区画の ILI (Infrastructure Leakage Index)は 8~16 の範囲にあり、平均給水圧は約 30m である。こうした資料から、無収水率 30~40%の地域では第一段階で 500L/件/日程度、その後 300L/件/日といった目標を設定することができる。

表 5.2 物理的損失の目標値

| Technical Performance Category | ILI | Physical Losses (L/connection/day) (when the system is pressurized) at an average pressure of: | | | | |
|--------------------------------|-----|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m |
| Developed Countries | A | 1-2 | < 50 | < 75 | < 100 | < 125 |
| | B | 2-4 | 50 - 100 | 75 - 150 | 100 - 200 | 125 - 250 |
| | C | 4-8 | 100 - 200 | 150 - 300 | 200 - 400 | 250 - 500 |
| | D | > 8 | > 200 | > 300 | > 400 | > 500 |
| Developing Countries | A | 1-4 | < 50 | < 150 | < 200 | < 250 |
| | B | 4-8 | 50 - 100 | 100 - 200 | 150 - 300 | 200 - 400 |
| | C | 8-16 | 100 - 200 | 200 - 400 | 300 - 600 | 400 - 800 |
| | D | > 16 | > 200 | > 400 | > 800 | > 1000 |

出典: Roland Liemberger, IWA Leakage 2005 Conference

上記のセクター別配水量には使用水量も含まれており、配水網の脆弱度を想定するための参考値にすぎないが、500L/件/日を上回るセクターは配水網の脆弱度が高いと考えられる。特にセクター1、セクター3、セクター4 で無収水が多く発生している可能性が高い。

セクター7 やセクター8(流入部ピットから MS No.61 に引き込まれる管路)では、セクター別配水量がゼロとなっている。超音波流量計の特性上、流速が大きく低下すると測定範囲外となるため、ゼロ表示となるが、わずかな漏水や使用水は存在する可能性がある。

第 6 章 バイロット区画 No.2 の無収水モニタリング

6.1 無収水量のモニタリング

プロジェクト開始以降、MS No.61 の無収水モニタリングは、以下のデータを用いて実施している。

- ▶ 毎月の配水量、請求水量、無収水量
- ▶ バイロット区画流入部における日々の配水量と夜間最小流量

プロジェクト開始前は、商業部によるメータ検針と無収水課の配水集計の期間が正確に合致していません。しかし、正確な無収率を算定するためには、両者の期間が正確に一致していることが必要である。

メータ検針は月 1 回実施されるが、事前の協議によって、地区内のメータ検針を毎月の決められた一日で完了し、その検針日に合わせて配水量の集計を行うことを合意した。

【メータ検針日】 2018 年 8 月 xx 日

【請求対象期間】 2018 年 8 月 xx 日 ～ 2018 年 9 月 xx 日

【配水量計測期間】 2018 年 8 月 xx 日 ～ 2018 年 9 月 xx 日

【無収水集計月】 2018 年 8 月

表 6.1 配水量と請求水量の記録

| 請求月 | 2018年 | 01/2018 | 02/2018 | 03/2018 | 04/2018 | 05/2018 | 06/2018 | 07/2018 | 08/2018 | 09/2018 | 10/2018 | 11/2018 | 12/2018 | |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 月別配水量(m ³) | 小計 | 555,706 | 44,720 | 43,018 | 38,398 | 53,920 | 44,710 | 47,420 | 48,450 | 48,600 | 45,380 | 51,040 | 43,470 | 46,590 |
| 日数 | | 31 | 30 | 30 | 31 | 30 | 30 | 28 | 32 | 30 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| 日平均配水量(m ³ /日) | | 1,443 | 1,434 | 1,280 | 1,739 | 1,480 | 1,684 | 1,514 | 1,620 | 1,513 | 1,646 | 1,449 | 1,500 | |
| 月別請求水量(m ³) | 352,286 | 29,307 | 27,558 | 30,406 | 29,798 | 28,861 | 27,368 | 29,691 | 28,615 | 29,982 | 30,658 | 32,856 | 30,186 | |
| 検針対象 | 24,464 | 22,934 | 26,114 | 25,862 | 27,264 | 24,527 | 23,929 | 23,758 | 25,143 | 24,235 | 25,579 | 27,726 | 26,799 | |
| 検針非対象 | 4,843 | 4,624 | 4,292 | 4,436 | 4,984 | 5,104 | 5,286 | 5,224 | 5,515 | 5,621 | 5,515 | 6,621 | 4,613 | |
| 検針間隔(日) | | 31 | 30 | 30 | 31 | 30 | 28 | 32 | 30 | 30 | 31 | 30 | 31 | |
| 日平均請求水量(m ³ /日) | | 945 | 919 | 1,014 | 961 | 885 | 977 | 928 | 954 | 966 | 989 | 1,095 | 974 | |
| 月別無収水量(m ³) | 203,420 | 15,413 | 15,460 | 7,992 | 24,122 | 17,849 | 20,052 | 18,759 | 19,985 | 16,388 | 20,382 | 10,614 | 16,394 | |
| 日平均無収水量(m ³) | | 497 | 515 | 266 | 778 | 595 | 716 | 586 | 666 | 547 | 657 | 354 | 529 | |
| 月別無収水率(%) | | 36.6 | 34.5 | 35.9 | 20.8 | 44.7 | 38.7 | 42.3 | 38.7 | 41.1 | 36.1 | 39.9 | 24.4 | 35.2 |

| 請求月 | 2019年 | 01/2019 | 02/2019 | 03/2019 | 04/2019 | 05/2019 | 06/2019 | 07/2019 | 08/2019 | 09/2019 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 月別配水量(m ³) | 小計 | 347,650 | 43,340 | 43,310 | 43,630 | 37,520 | 38,030 | 37,570 | 33,570 | 33,640 |
| 日数 | | 31 | 29 | 29 | 32 | 31 | 28 | 30 | 32 | 31 |
| 日平均配水量(m ³ /日) | | 1,398 | 1,398 | 1,277 | 1,483 | 1,363 | 1,210 | 1,358 | 1,252 | 1,049 |
| 月別請求水量(m ³) | 254,820 | 29,657 | 27,120 | 26,417 | 31,656 | 28,234 | 27,152 | 28,119 | 27,726 | 26,799 |
| 検針対象 | 24,628 | 22,535 | 22,628 | 23,121 | 23,071 | 21,307 | 21,845 | 23,240 | 22,318 | 22,318 |
| 検針非対象 | 4,628 | 4,357 | 12,189 | 3,465 | 5,163 | 5,845 | 6,274 | 4,496 | 4,481 | 4,481 |
| 検針間隔(日) | | 31 | 29 | 29 | 32 | 31 | 28 | 30 | 32 | 31 |
| 日平均請求水量(m ³ /日) | | 957 | 935 | 980 | 987 | 911 | 970 | 937 | 867 | 864 |
| 月別無収水量(m ³) | 92,830 | 13,683 | 9,920 | 14,683 | 12,044 | 9,286 | 10,878 | 9,451 | 5,834 | 6,841 |
| 日平均無収水量(m ³) | | 441 | 342 | 514 | 376 | 300 | 389 | 315 | 182 | 221 |
| 月別無収水率(%) | | 26.7 | 31.6 | 26.8 | 34.4 | 27.6 | 24.7 | 25.2 | 17.4 | 20.3 |

MS No.61 の配水量と請求水量

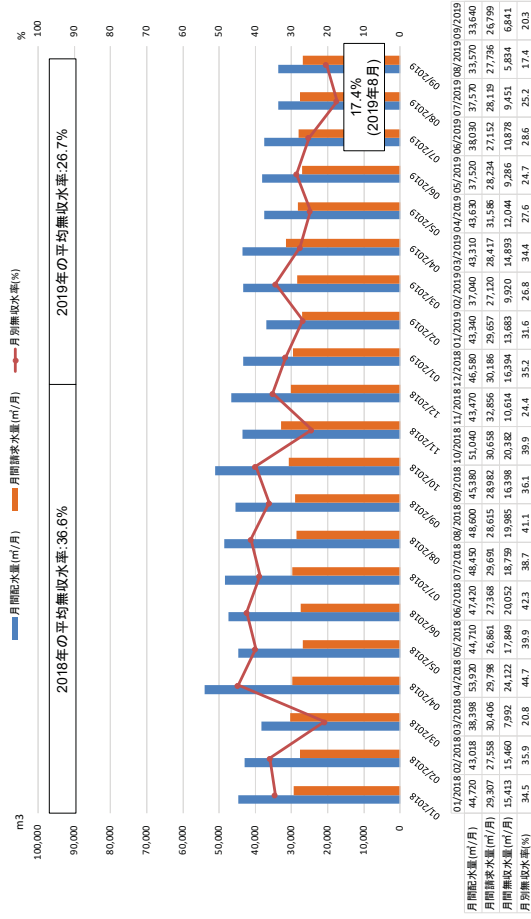


図 6.1 MS No.61 の無収水モニタリング

6.2 無収水削減対策の内容および無収水の構成

パイロット区画における無収水削減活動は、商業的損失対策、物理的損失対策の2つに区分される。

- 見掛け上の損失対策
- 真の損失対策

見かけ上の損失対策では、水道メータの更新が必要であるが、水道メータの選定と調達には3箇月程度かかる。

従って、MS No.61の活動では、時間の損失を最小化するため、真の損失対策を先行して実施することとした。

始めにステップテストで損失水量の地域的分布を明らかにしたのち、各サブセクターにおける漏水探知と修繕により、真の損失対策を進め、無収水削減の効果を確認する。さらに、減圧弁により地区の配水圧を調整し、残存漏水量の低減を図った。

その後、2019年3月から水道メータの更新、非合法接続の対策を進め、見かけ損失対策による無収水の削減効果を確認する。

表 6.2 無収水削減活動の主な内容

| 物理的損失対策 | 商業的損失対策 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・夜間最小流量の測定と分析 ・パイロット区画内のサブセクター化とステップテスト ・特定された配水区域の漏水量直接測定 ・音源探知法による漏水調査 ・水圧適正化による漏水削減 ・発見した漏水量の計測 ・メータボックス内漏水の修理 ・宅地内漏水の調査(住民サービス業務の一環) | <ul style="list-style-type: none"> ・各戸メータ検針結果と請求水量の比較 ・顧客台帳の修正と最新化 ・給水栓の隣接セクターとの誤接続の修正 ・水道メータの更新と検針率向上 ・水道メータの検針の正確性向上 ・請求メータの是正 ・非合法接続の探知/撤去/合法化 ・水道メータ精度確認 ・適切な水道メータの整備 ・メータボックスの設置方法の改善 |

注 1: ステップテストとは、配水区画内をサブブロックに分割し、バルブ操作を行いながら夜間最小流量を測定し、各ブロック内の潜在漏水量の分布を把握する調査。

パイロット活動の最終段階では、国際水協会(IWA)の推奨する方法に準じて無収水の構成要素を算定する。

表 6.3 無収水の分類表

| 分類1 | 分類2 | 分類3 | 分類4 | MS No.61の場合 |
|--------|--------------|-----|------------------------|-------------|
| 認定消費水量 | 認定請求 | 有収水 | ①請求計量:メータあり料金水量 | ✓ |
| | 認定非請求 | 無収水 | ②請求非計量:メータなし推定料金水量 | ✓ |
| 損失水量 | 見かけ損失 | 無収水 | ③非請求計量:特定地域(スラム等)への給水量 | なし |
| | | | ④非請求非計量:事業水量 | なし |
| | 実際の損失 | | ⑤非認定給水量:盗水 | ✓ |
| | | | ⑥計量誤差:メータ不感、器差、誤検針 | ✓ |
| | | | ⑦送配水管漏水 | ✓ |
| | ⑧配水池漏水 | | なし | |
| | ⑨メータ手前の給水管漏水 | | ✓ | |

サブセクターの直接漏水量測定作業を通じて、真の漏水、違法な使用水量、メータ不感水量を把握する。さらに、時間帯は限定されるものの請求対象となる使用水量が推定できれば、夜間最小流量を記録する期間において、時間帯別の使用水量の近似値が推察できる。

また、商業部により実施されているメータ精度確認調査によって、使用中のメータ誤差の近似値が判明すれば、高い精度で配水量や無収水の構成要素を推定することができる。

無収水の構成要素の一つである「漏水」に関しては、「計測可能な漏水量」と「計測不可能な漏水量」(メータ不感水量や盗水)とに分けて分析する。

計測できない漏水量とは、個体の漏水では水量が非常に少なく、計測機器で計測できない漏水量であるが、セクター全体で集めた場合は、計測値として示すことは可能である。

パイロットプロジェクトで用いた損失水量の算定方法は以下のとおりである。

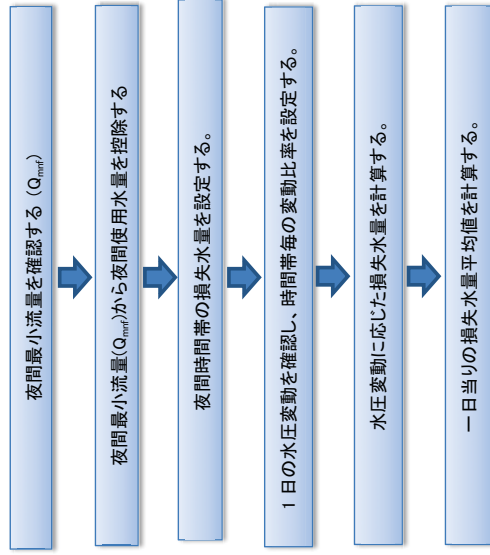


図 6.2 無収水に含まれる損失水量の算定方法

6.3 夜間最小流量のモニタリング

日々の活動の成果を定量的に確認できる重要な指標は、夜間最小配水量(Q_{\min})である。特に地区内の漏水修繕、非合法接続の撤去などの後の水量変化を見ることで、損失水量を推定することができる。

2018年2月から7月にかけては、ユーザー台帳の調査、配水網のサブセクター化といった準備作業が行われた。8月中旬にステップテストを実施、その後、サブセクター毎の損失水量直接測定、漏水探知と修繕を続けてきた。

真の漏水対策のうち、漏水探知と修繕は2019年1月までに一旦終了、その後は商業部によるメータ設置工事とともに給水管の更新作業が進められた。

プロジェクト中は、パイロット区画の流入部において夜間最小流量をモニタリングし、毎月の活動の成果や進捗を確認した。

プロジェクト開始時の Q_{\min} の平均値は、2018年7月に11.1L/秒を記録した。その後、一連の漏水探知・修繕が完了した2019年1月時点で8.2L/秒まで低下し、その減少幅は2.9L/秒である。

2019年1月24日に流入部ピット内に減圧弁を設置した結果、2019年2月の Q_{\min} は5.1L/秒まで低下した。その後、減圧弁の作動が安定しない時期があり、一時的に Q_{\min} の上昇が見られたものの、4月15日に再度調整を行った結果、2019年5月の Q_{\min} 平均値は3.7L/sとなり、以降その値は安定している。減圧弁の設置がもたらした Q_{\min} の減少幅は4.5L/秒である。

従って、漏水修繕と水圧調整による Q_{\min} の減少分は、約7.4L/秒と計算される。

各活動がもたらした Q_{\min} の低下に着目すると、漏水修繕よりも水圧調整による低下の方が大きい。さらに、夜間最小流量だけでなく、深夜時間帯の平均配水量も大きく減少している。この結果は、水圧を適正値に調整することは、通常の技術で検出が困難な漏水量の低減に大きな効果をもたらすことを示している。

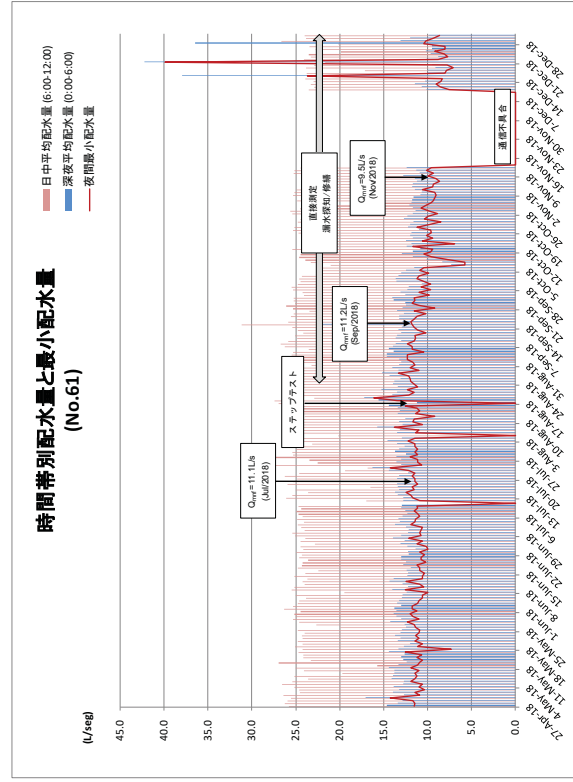


図 6.3 MS No.61 の夜間最小流量管理図(2018 年)

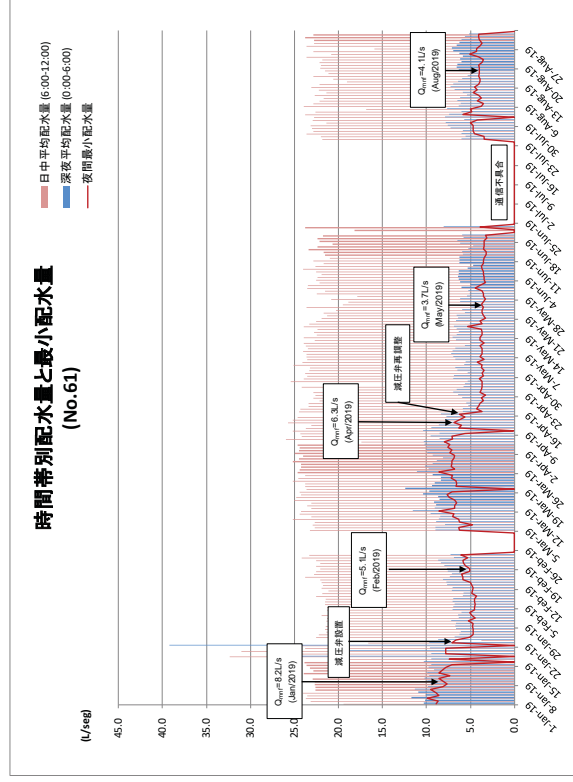


図 6.4 MS No.61 の夜間最小流量管理図(2019 年)

6.4 夜間の使用水量と損失水量の計算

日常的にモニタリングしている夜間最小小流量(Q_{\min})には、各サブセクター内のユーザーによる使用水量が含まれている。

深夜時間帯のユーザー1件当たりの使用水量が推定できれば、夜間最小小流量に占める使用水量も計算することができる。そこで計算される使用水量を Q_{\min} から差し引けば、概算値としてはあるものの、深夜時間帯に発生している損失水量(漏水)の総量が推定できる。

無収水課が実施したサブセクター毎の直接測定では、事前に短時間のメータ検針を行い、実際の使用水量を算定している。

下表は、2018年9月に行われた3つのサブセクターにおける調査結果である。調査の時間帯が早いことから、一時的に大きな水使用量も含まれている。特に、セクター1、4A、5Aは一時的な水使用量が大きい。通常、 Q_{\min} は水需要が最も低下する時間帯で記録され、その中の水使用量は宅地内で恒常的に発生している水量が多くを占める。従って、一時的に大きな使用水量が記録されたこれらのセクターを除外して、1接続当たりの平均使用水量を算出する。計算の結果、1接続当たりの使用水量は $0.0122 \text{ m}^3/\text{時}/\text{件}$ となった。最終的に確認されたパイロット区画内のユーザーは990件であるため、使用水量の合計値は $12.078 \text{ m}^3/\text{時}$ (約 $3.4 \text{ L}/\text{s}$) と計算される。

表 6.4 サブセクター内の夜間の水使用量

| サブセクター | ユーザー数 | 検針間隔 (min) | メータ検針に基づく 使用水量 (m ³) | 時間当たり 使用水量 (m ³ /時) | 1件当たり 使用水量 (m ³ /件/時) | 検針時間 |
|--------|-------|------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 2 | 195 | 120 | 9.6162 | 4.8081 | 0.0247 | 23:25 - 01:25 |
| 3 | 52 | 100 | 0.3998 | 0.2399 | 0.0046 | 22:40 - 0:20 |
| 4B | 58 | 135 | 1.9496 | 0.8665 | 0.0150 | 22:25 - 1:40 |
| 4C | 26 | 135 | 0.0612 | 0.0272 | 0.0010 | 22:25 - 1:40 |
| 4D | 37 | 135 | 1.8589 | 0.8262 | 0.0223 | 23:25 - 1:40 |
| 5B | 113 | 60 | 2.9322 | 2.9322 | 0.0259 | 1:10 - 2:10 |
| 6A | 61 | 60 | 0.6605 | 0.6605 | 0.0108 | 23:30 - 12:30 |
| 6B | 25 | 40 | 0.0450 | 0.0675 | 0.0027 | 22:25 - 23:05 |
| 7 | 32 | 45 | 0.0687 | 0.0960 | 0.0030 | 23:35 - 0:20 |
| 平均値 | | | | | 0.0122 | |
| 1 | 226 | 55 | 10.0637 | 10.9786 | 0.0486 | 23:30 - 0:25 |
| 4A | 129 | 135 | 18.5945 | 8.2642 | 0.0641 | 22:25 - 1:40 |
| 5A | 36 | 50 | 6.8290 | 8.1948 | 0.2276 | 23:10 - 0:00 |

ここで求めた値は 23:00~1:00 時頃に発生した使用水量であるが、夜間最小小流量が記録される時間帯よりかなり早い。しかし、下表によれば、23:00~1:00の平均配水量は $12.90 \text{ L}/\text{秒}$ 、夜間最小小流量が記録される 2:00~3:00の平均配水量は $12.26 \text{ L}/\text{秒}$ であり、これは前者の約 95%に相当する。

従って、夜間最小小流量が記録される時間帯の使用水量は、平均 $3.4 \text{ L}/\text{秒} \times 0.95 = 3.2 \text{ L}/\text{秒}$ と推定した。

前出したモニタリングデータによれば、2018年9月の Q_{\min} は $11.1 \text{ L}/\text{秒}$ と記録されているため、この Q_{\min} の中に $3.2 \text{ L}/\text{秒}$ の使用水量が含まれていると仮定すれば、残りの $7.9 \text{ L}/\text{秒}$ がパイロット活動開始

前に存在していた損失水量と考えられる。なお、この水量には夜間の漏水だけでなく、事前の情報にはない管路からの盗水や行き先が不明な水量が含まれ、プロジェクト活動を通じて削減すべき水量であるとも考えられる。

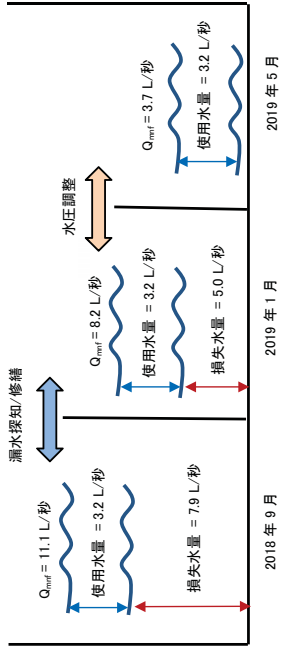


図 6.5 Q_{min} と夜間損失水量の関係

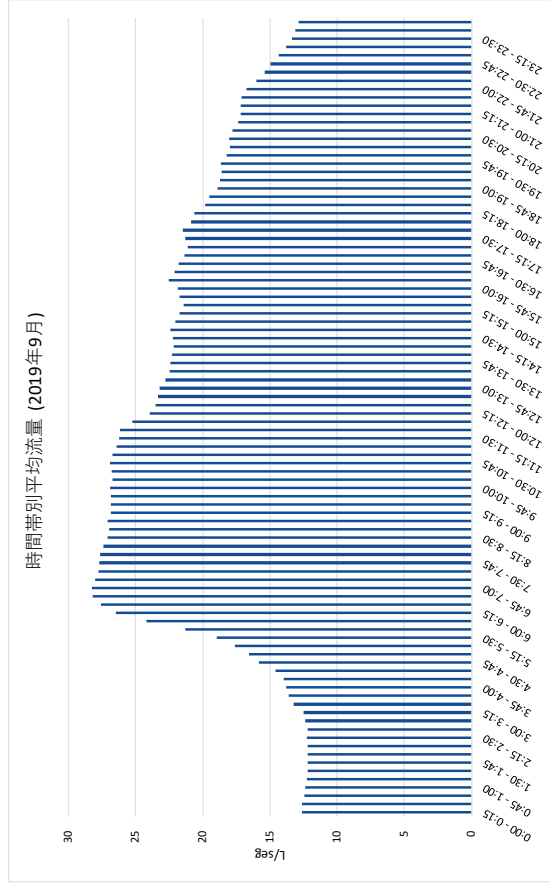


図 6.6 MS No.61 の時間帯別配水量(2018年9月平均値)

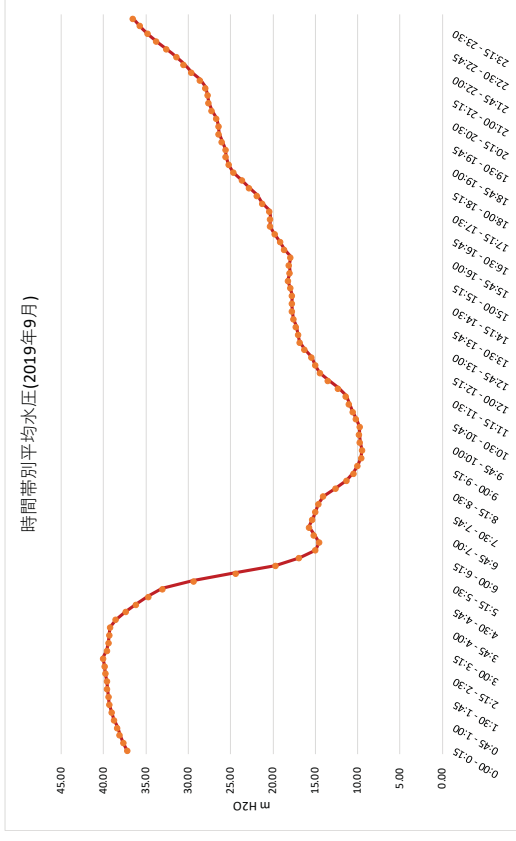


図 6.7 MS No.61 の時間帯別給水圧(2018年9月平均値)

表 6.5 MS No.61 の時間帯別の配水圧と配水量(2018年9月平均値)

| 時間帯 | 平均配水圧 (m H ₂ O) | 平均配水量 (L/秒) | 時間帯 | 平均配水圧 (m H ₂ O) | 平均配水量 (L/秒) |
|---------------|-------------------------------|----------------|---------------|-------------------------------|----------------|
| 0:00 - 0:15 | 37.2 | 12.64 | 12:00 - 12:15 | 13.51 | 23.97 |
| 0:15 - 0:30 | 37.6 | 12.60 | 12:15 - 12:30 | 14.44 | 23.50 |
| 0:30 - 0:45 | 38.1 | 12.43 | 12:30 - 12:45 | 15.00 | 23.31 |
| 0:45 - 1:00 | 38.4 | 12.41 | 12:45 - 13:00 | 15.44 | 23.21 |
| 1:00 - 1:15 | 38.8 | 12.27 | 13:00 - 13:15 | 16.27 | 22.79 |
| 1:15 - 1:30 | 39.0 | 12.22 | 13:15 - 13:30 | 16.83 | 22.45 |
| 1:30 - 1:45 | 39.3 | 12.17 | 13:30 - 13:45 | 17.06 | 22.39 |
| 1:45 - 2:00 | 39.4 | 12.21 | 13:45 - 14:00 | 17.25 | 22.30 |
| 2:00 - 2:15 | 39.5 | 12.19 | 14:00 - 14:15 | 17.57 | 22.16 |
| 2:15 - 2:30 | 39.6 | 12.26 | 14:15 - 14:30 | 17.71 | 22.25 |
| 2:30 - 2:45 | 39.8 | 12.22 | 14:30 - 14:45 | 17.76 | 22.44 |
| 2:45 - 3:00 | 39.9 | 12.36 | 14:45 - 15:00 | 17.71 | 22.07 |
| 3:00 - 3:15 | 40.4 | 12.49 | 15:00 - 15:15 | 17.97 | 21.72 |
| 3:15 - 3:30 | 39.6 | 13.22 | 15:15 - 15:30 | 18.23 | 21.44 |
| 3:30 - 3:45 | 39.4 | 13.61 | 15:30 - 15:45 | 17.98 | 21.71 |
| 3:45 - 4:00 | 39.3 | 13.80 | 15:45 - 16:00 | 18.08 | 21.88 |
| 4:00 - 4:15 | 39.2 | 13.96 | 16:00 - 16:15 | 17.89 | 22.53 |
| 4:15 - 4:30 | 38.6 | 14.59 | 16:15 - 16:30 | 18.63 | 22.11 |
| 4:30 - 4:45 | 37.4 | 15.82 | 16:30 - 16:45 | 19.14 | 21.82 |
| 4:45 - 5:00 | 36.1 | 16.56 | 16:45 - 17:00 | 19.78 | 21.39 |
| 5:00 - 5:15 | 34.70 | 17.63 | 17:00 - 17:15 | 20.35 | 21.14 |
| 5:15 - 5:30 | 33.06 | 18.98 | 17:15 - 17:30 | 20.32 | 21.32 |
| 5:30 - 5:45 | 29.36 | 21.30 | 17:30 - 17:45 | 20.39 | 21.51 |
| 5:45 - 6:00 | 24.41 | 24.20 | 17:45 - 18:00 | 21.25 | 20.87 |
| 6:00 - 6:15 | 19.69 | 26.50 | 18:00 - 18:15 | 21.85 | 20.62 |
| 6:15 - 6:30 | 16.90 | 27.59 | 18:15 - 18:30 | 22.84 | 19.83 |
| 6:30 - 6:45 | 14.97 | 28.21 | 18:30 - 18:45 | 23.68 | 19.53 |
| 6:45 - 7:00 | 14.54 | 28.27 | 18:45 - 19:00 | 24.67 | 18.90 |
| 7:00 - 7:15 | 15.16 | 27.99 | 19:00 - 19:15 | 25.21 | 18.70 |
| 7:15 - 7:30 | 15.73 | 27.79 | 19:15 - 19:30 | 25.54 | 18.58 |
| 7:30 - 7:45 | 15.33 | 27.73 | 19:30 - 19:45 | 25.60 | 18.63 |
| 7:45 - 8:00 | 14.95 | 27.63 | 19:45 - 20:00 | 26.01 | 18.26 |
| 8:00 - 8:15 | 14.65 | 27.41 | 20:00 - 20:15 | 26.38 | 18.01 |
| 8:15 - 8:30 | 14.07 | 27.06 | 20:15 - 20:30 | 26.45 | 18.01 |
| 8:30 - 8:45 | 12.62 | 26.97 | 20:30 - 20:45 | 26.67 | 17.79 |
| 8:45 - 9:00 | 11.31 | 27.07 | 20:45 - 21:00 | 27.21 | 17.36 |
| 9:00 - 9:15 | 10.50 | 26.84 | 21:00 - 21:15 | 27.57 | 17.20 |
| 9:15 - 9:30 | 9.98 | 26.83 | 21:15 - 21:30 | 27.74 | 17.21 |
| 9:30 - 9:45 | 9.58 | 26.81 | 21:30 - 21:45 | 27.94 | 17.09 |
| 9:45 - 10:00 | 9.46 | 26.90 | 21:45 - 22:00 | 28.58 | 16.73 |
| 10:00 - 10:15 | 9.73 | 26.73 | 22:00 - 22:15 | 29.65 | 16.01 |
| 10:15 - 10:30 | 9.81 | 26.77 | 22:15 - 22:30 | 30.55 | 15.40 |
| 10:30 - 10:45 | 9.75 | 26.89 | 22:30 - 22:45 | 31.42 | 14.97 |
| 10:45 - 11:00 | 10.18 | 26.71 | 22:45 - 23:00 | 32.56 | 14.36 |
| 11:00 - 11:15 | 10.60 | 26.42 | 23:00 - 23:15 | 33.78 | 13.78 |
| 11:15 - 11:30 | 10.99 | 26.22 | 23:15 - 23:30 | 34.83 | 13.35 |
| 11:30 - 11:45 | 11.38 | 26.14 | 23:30 - 23:45 | 35.75 | 13.13 |
| 11:45 - 12:00 | 12.29 | 25.23 | 23:45 - 0:00 | 36.57 | 12.88 |

6.5 日平均損失水量の算定

2018年9月のモニタリングデータから、深夜の損失水量は7.9L/秒と算定されたが、水圧の最も高い時間帯における水量であり、日中の平均値よりも大きい。

深夜の損失水量から、一日当りの平均損失水量を推定するためには、日中の水圧変動を考慮して補正しなければならない。

以下は、MS No.61 の配水流入点の水圧を4つの時間帯に分割したものである。0:00~6:00は平均水頭37.41m、一日平均では24.04mとなっている。以下の換算表により、一日平均の損失水量を計算すると、約6.2L/秒(22.3m³/時)となる。

一方、2019年9月時点の無収水量はモニタリングデータより16,398 m³/月である。この無収水量の集計日数は30日なので、時間当たり22.8 m³/時に相当する。この値は夜間最小流量と水使用量の推定値から計算された損失水量(22.3 m³/時)に非常に近い。

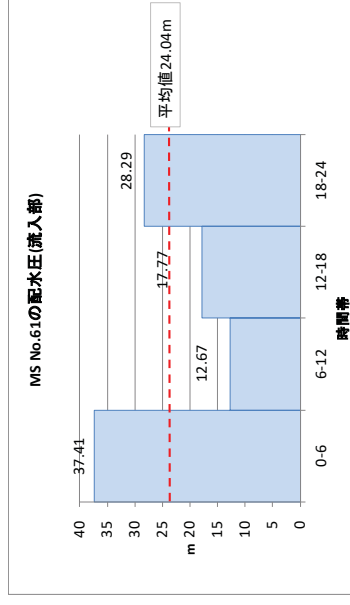


図 6.8 MS No.61 の水圧変化(2018年9月)

表 6.6 MS No.61 の日平均損失水量(2018年9月)

| 項目 | 時間帯 | | | | 平均 |
|--|-----------|------------|-------------|-------------|-------|
| | 0:00-6:00 | 6:00-12:00 | 12:00-18:00 | 18:00-24:00 | |
| 水圧(m) | 37.41 | 12.67 | 17.77 | 28.29 | 24.04 |
| 比率(P ₀ /P _{0.5}) | 1.00 | 0.339 | 0.475 | 0.756 | |
| (P ₀ /P _{0.5}) ^{0.5} | 1.00 | 0.582 | 0.689 | 0.869 | |
| 流量(L/seg) | 7.90 | 4.60 | 5.44 | 6.87 | 6.20 |

$$Q_{0.5} = (P_0/P_{0.5})^{0.5} \times Q_0$$

Q_{0.5}: 基準時間帯の流量 (8.1 L/秒)

P₀: 基準時間帯の水圧 (37.41 m)

P_x/P₀: 基準時間帯の水圧に対する比率

6.6 無取水の構成要素

パイロットプロジェクトにおける無取水削減活動が本格化する前の段階である2018年9月の無取水率に加えて、これまでのモニタリングデータを分析すると、配水量の構成を以下のように整理することができる。

モニタリングデータによれば、2018年9月の無取水量は547 m³/日、夜間最小流量から計算された損失水量は535 m³/日となっており、その差は12 m³/日とわずかである。夜間最小流量から計算される損失水量は、メータ検針結果から使用水量を想定した上で設定されたものであり、一定の誤差は当然生じる。

一般的に、平均無取水量の中には認定されながらも請求が免除されている水量(認定非請求水量)、メータが持つ誤差なども含まれるため、上記の差分はこうした不確定な水量も含んでいる可能性がある。従って、以下の図では、この差分を「その他」として分類した。

パイロットプロジェクトにおける無取水削減活動では、損失水量に占める見掛け損失と真の損失の割合をプロジェクト開始前の値として定量的に示し、対策後の値と比較しながら、各活動による費用対効果を明らかにすることが最終的な目的となる。

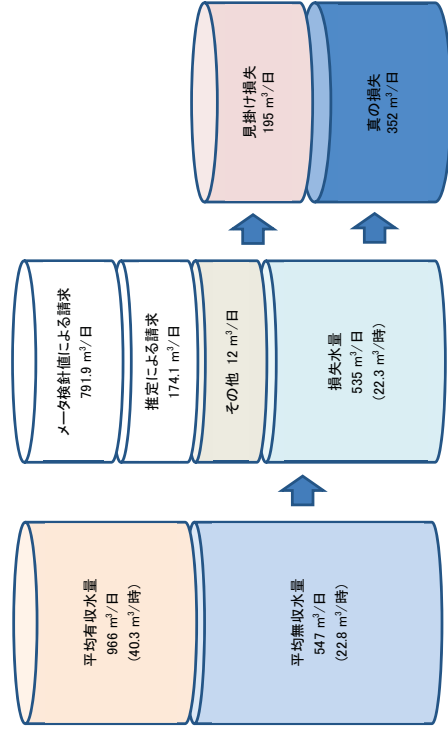


図 6.9 MS No.61 の水収支の構成 (2018年9月)

第7章 真の損失対策と効果

7.1 配水網のサブセクター化

無収水削減対策の第一段階では、パイロット区画内の配水量の分布状況を把握し、損失水量が大きい区画を特定する作業を行う。配水網のサブセクター化のための仕切弁の設置工事はENACAL 施工班により実施され、2018年8月中旬までに完了した。

ステップテストの結果は第5章に示したとおり、配水量をユーザー数で除いた値を比べると、サブセクター1、3、4の値は他のセクターに比べて大きく、無収水が多く発生している可能性が高い。

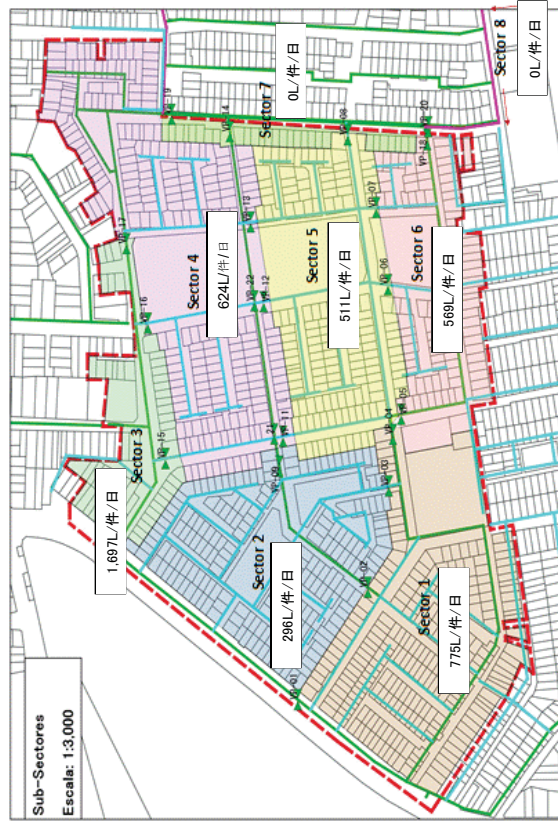


図 7.1 MS No.61 のサブセクター

7.2 サブセクター毎の損失水量の計測

第5章に示したとおり、ステップテストの結果により、漏水や損失水量の分布が推定できた。そのため、2018年9月から利用者の水使用がない状態で各セクターの配水量を直接測定し、損失水量の要因を追究する活動を開始した。

始めに真の損失対策を開始する前の状態で、サブセクター毎に直接測定を実施し、配水網内の漏水量を記録する。漏水探知・修理を行った後で、改めて同じサブセクターの直接測定を実施する。

調査時点で非合法接続による水利用が確認されなかった場合、両者の測定値の差は、対策によって削減された漏水量(損失水量)となる。

この作業では日本側専門家チームが調達・製作した計量装置を活用した。各サブセクターの流入管の前後にはバイパス管と取出管が必要となるが、無収水課が施工を担当した。

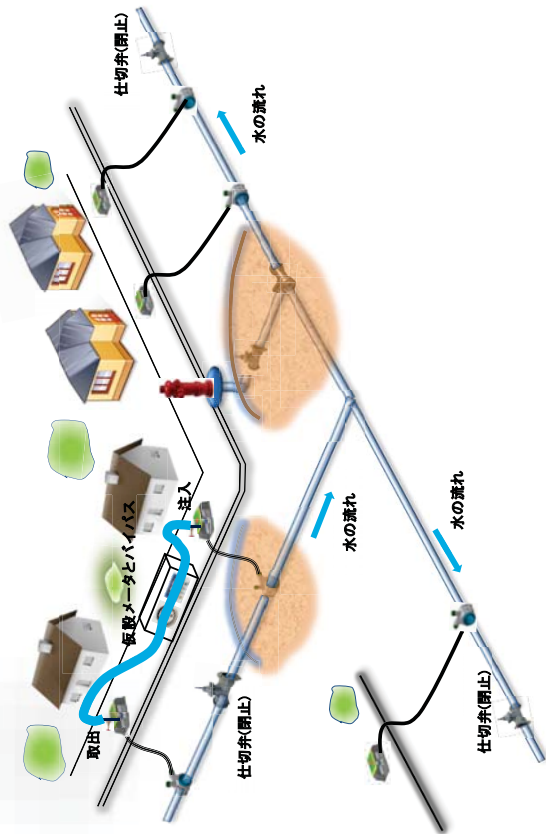


図 7.2 損失水量の直接測定システムの概要

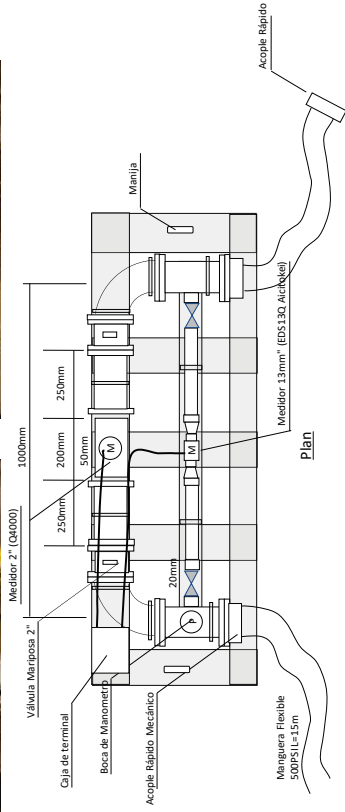


図 7.3 製作した計量装置

表 7.1 直接測定システムのメータ特性

| 項目 | 直接測定システム | | 独立テストメータ |
|-----------|---|--|----------------------------------|
| | 中流量用 | 小流量用 | |
| メーカー | Honeywell | 愛知時計電機 | 愛知時計電機 |
| モデル | Q4000 | EDS13Q | TR IV (EDS-20) |
| 計測メカニズム | 電磁式 | 羽根車式 | 羽根車式 |
| 口径 | 50mm | 13mm | 20mm |
| 流量範囲(器差) | Q4: 50 m ³ /h | Q4: 3.13 m ³ /h | Q4: 5.00 m ³ /h |
| | Q3: 40 m ³ /h | Q3: 2.5 m ³ /h | Q3: 4.00 m ³ /h |
| | Q2: 0.16 m ³ /h | Q2: 0.04 m ³ /h | Q2: 0.064 m ³ /h |
| | Q1: 0.10 m ³ /h | Q1: 0.025 m ³ /h | Q1: 0.040 m ³ /h |
| R 値 | 400 | 100 | 100 |
| バルブインターバル | 1 L/P | 0.017 L/P | なし |
| 表示単位 | xxx.xxx m ³ xxx L (xx.xx m ³ /h) | xxxx m ³ xxx.x L (xx.xx m ³ /h) | xxx.xxx.xx L (x.xxx.xx L/min) |

各サブセクターの直接測定の結果は以下のとおりである。メータ栓閉止後の流量が測定値であり、漏水修理前後の計測値が記載されている。これにより、漏水探知と修理によってどれだけの漏水量が低減されているかを定量的に確認できる。

表 7.2 サブセクター毎の真の損失対策と結果

| サブセクター | 接続数 | 配水管 総延長 (km) | 給水管 平均長 (m/con) | 給水管 総延長 (km) | 水圧 (mPa) | メータ栓閉止後流量 | | 不可測的漏水(DARL) | | 対高すべき 漏水量 m ³ /h | | |
|-----------|-----|--------------------|-----------------------|--------------------|-------------|---|---|--------------|-------------------|-----------------------------------|-------|-------------------|
| | | | | | | 漏水修理前 2018年9月 (m ³ /h) | 漏水修理後 2019年1月 (m ³ /h) | L/day | m ³ /h | | L/day | m ³ /h |
| 1 Sub 1 | 226 | 1.523 | 3.0 | 0.678 | 25 | 5.80 | 4.30 | 15 | 5.629 | 0.23 | 24.90 | 7.37 |
| 2 Sub 2 | 195 | 1.982 | 3.0 | 0.585 | 25 | 7.80 | 0.50 | 21 | 5.148 | 0.21 | 26.40 | 5.59 |
| 3 Sub 3 | 52 | 0.445 | 3.0 | 0.156 | 25 | 0.80 | 0.40 | 1 | 1.337 | 0.06 | 25.71 | 0.95 |
| 4 Sub 4A | 129 | 0.688 | 3.0 | 0.387 | 25 | 1.30 | 1.20 | 20 | 3.131 | 0.13 | 24.27 | 1.17 |
| 5 Sub 4B | 58 | 0.390 | 3.0 | 0.174 | 25 | 0.06 | 0.06 | 9 | 1.444 | 0.06 | 24.89 | 0.00 |
| 6 Sub 4C | 26 | 0.390 | 3.0 | 0.078 | 25 | 0.00 | 0.00 | 2 | 7.44 | 0.03 | 28.61 | 0.00 |
| 7 Sub 4D | 37 | 0.360 | 3.0 | 0.111 | 25 | 0.34 | 0.06 | 11 | 971 | 0.04 | 26.24 | 0.30 |
| 8 Sub 5A | 36 | 0.305 | 3.0 | 0.108 | 25 | 0.06 | 0.03 | 6 | 924 | 0.04 | 25.66 | 0.02 |
| 9 Sub 5B | 113 | 0.807 | 3.0 | 0.339 | 25 | 0.30 | 0.30 | 8 | 2.835 | 0.12 | 25.08 | 0.18 |
| 10 Sub 6A | 61 | 0.370 | 3.0 | 0.183 | 25 | 2.28 | 1.20 | 9 | 1.500 | 0.06 | 24.59 | 2.22 |
| 11 Sub 6B | 25 | 0.200 | 3.0 | 0.075 | 25 | 0.03 | 0.03 | 2 | 686 | 0.03 | 25.44 | 0.00 |
| 12 Sub 7 | 32 | 0.300 | 3.0 | 0.096 | 25 | 0.30 | 0.30 | 17 | 835 | 0.03 | 26.09 | 0.27 |
| Total | 890 | 7.740 | | 2.970 | | 18.86 | 8.37 | 121 | 25.134 | 1.04 | | 17.82 |

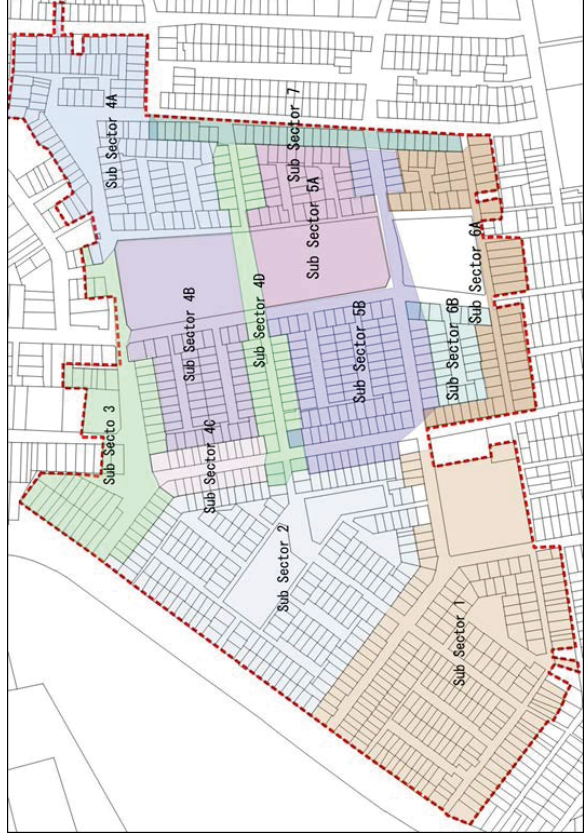


図 7.4 MS No.61 の直接測定時のサブセクター

7.3 真の損失対策の効果分析

7.3.1 漏水対策による効果

漏水探知と修繕による漏水量の低下量は、サブセクター毎の直接測定を通じて測定しているが、パイロット区画流入部の夜間最小流量の変化量と比較することで、パイロット区画全体としての効果とその正確さを確認することができる。

サブセクター毎の直接測定では、ユーザーの給水栓を閉じた状態で流入水量を高精度のメータで測定しているため、残存している漏水量や盗水量を正確に測定できる。この作業を漏水探知/修繕の前後で実施した結果、約 $10.29\text{m}^3/\text{時}(2.9\text{L}/\text{秒})$ の低下が確認された。

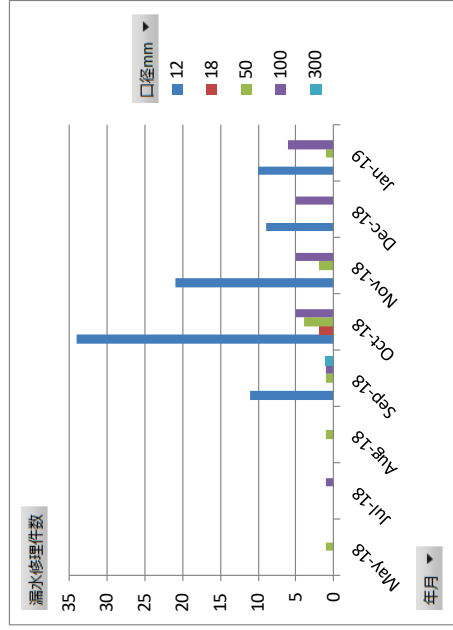


図 7.5 MS No.61 の月別漏水修理件数

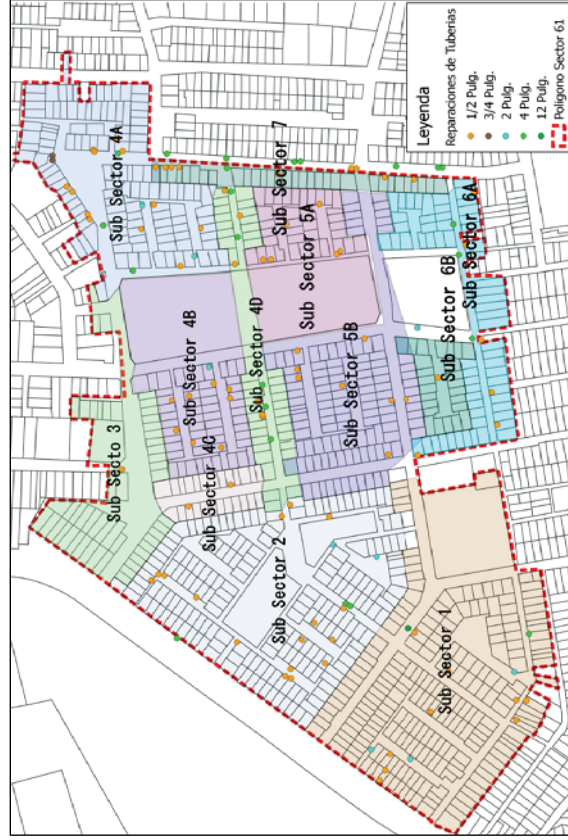


図 7.6 MS No.61 の漏水修理箇所

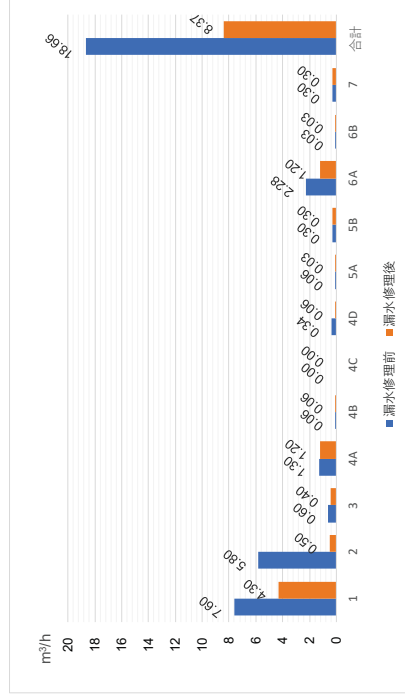


図 7.7 漏水修理前後の流入水量

直接測定で確認した漏水削減量とパイロット区画流入部の夜間最小流量(Q_{min})の低下量と比較した結果は次のとおりである。

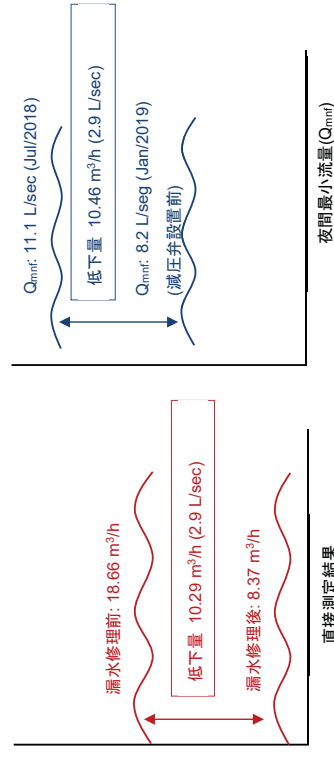


図 7.8 漏水削減量と Q_{min} の比較

このように、サブセクター毎の直接測定を通じて記録された漏水削減量は夜間最小流量の低下とほぼ類似した値が得られている。

直接測定時は、メータ栓を閉止した状態で限定した区間のみを測定しているため、水圧の条件は平常時とは異なる。このため、漏水量としては平常時よりも大きい値が得られることもある。地区全体として漏水削減量を判断する場合、水圧条件が平常時に近い夜間最小流量の低下量を用いることが望ましいと考えられる。

7.3.2 水圧調整による効果

直接測定作業と漏水修理が一旦完了した後も、 $8.37\text{m}^3/\text{時}$ の残存漏水量が確認された。この残存漏水量には、発見に至っていない非合法接続による使用水量も含まれる。

この残存漏水量の削減を目的として、パイロット区画流入部に減圧弁を設置し、夜間の水圧上昇を抑えて漏水量の低減を図ることとした。

減圧弁は、2019年1月24日に設置、その後不安定な動作が続いた期間があったが、4月15日に再調整を行った。

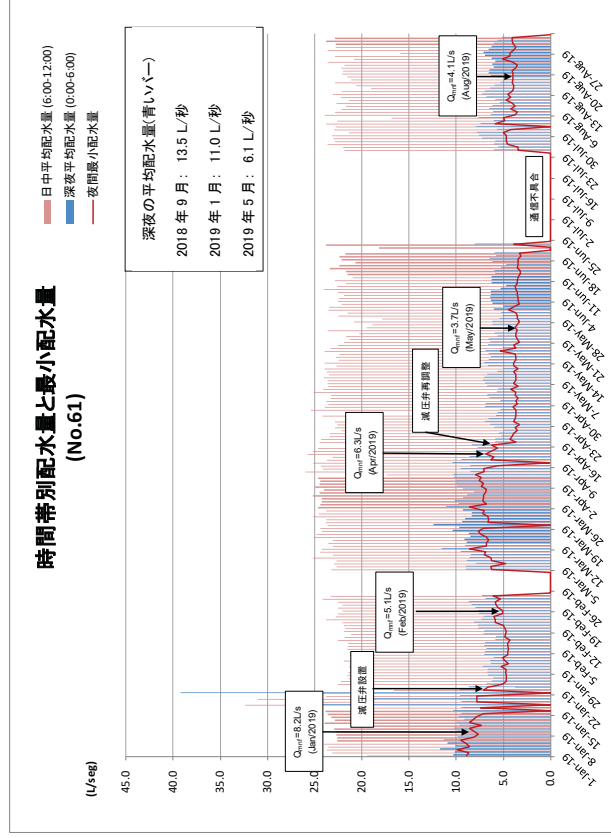


図 7.9 夜間最小流量の変化と減圧時期

深夜時間帯(0:00~6:00)の平均配水量をみると、2018年9月は13.5L/秒であったが、5月時点では6.1L/秒まで減少し、現在も安定した状態が続いている。

夜間最小流量(Q_{min})の場合、減圧弁設置前(2019年1月)は8.2L/秒だったが、5月の平均値で3.7L/秒、その減少幅は4.5L/秒となっている。この結果から、水圧調整による漏水削減は、漏水修繕によるものよりも大きいことがわかる。

以下に減圧弁設置前後の平均配水量の変化を示す。

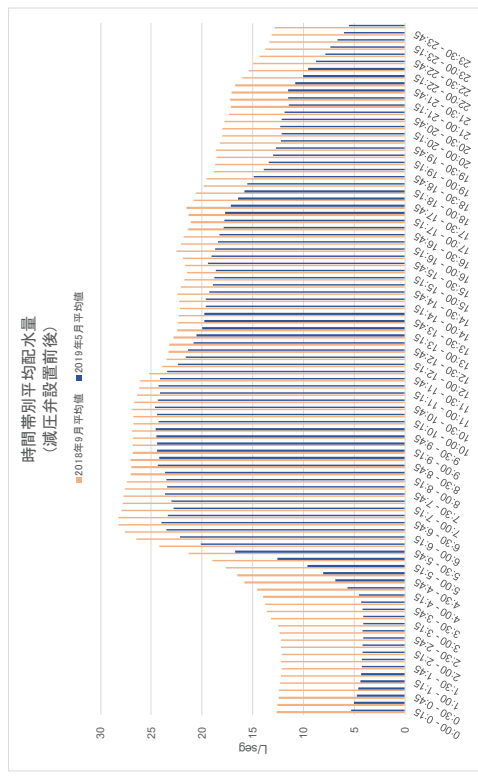


図 7.10 減圧弁設置に伴う平均配水量の変化

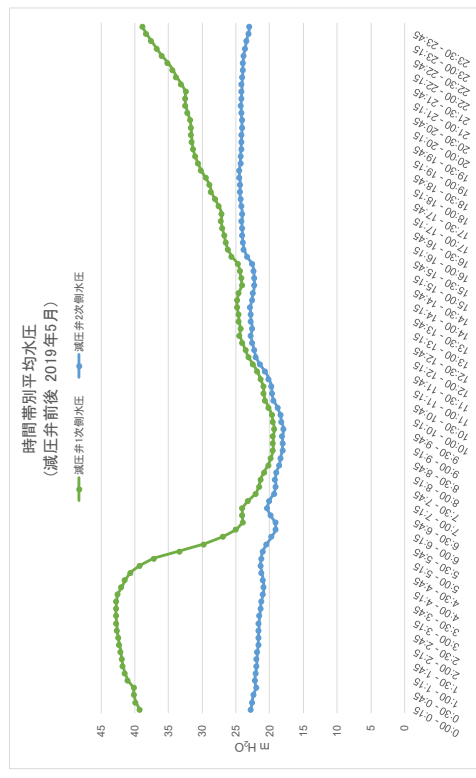


図 7.11 減圧弁前後の水圧

7.3.3 一日平均値としての損失水量の削減量

これまでの夜間最小流量の変化と損失水量の削減との関係を以下に整理する。

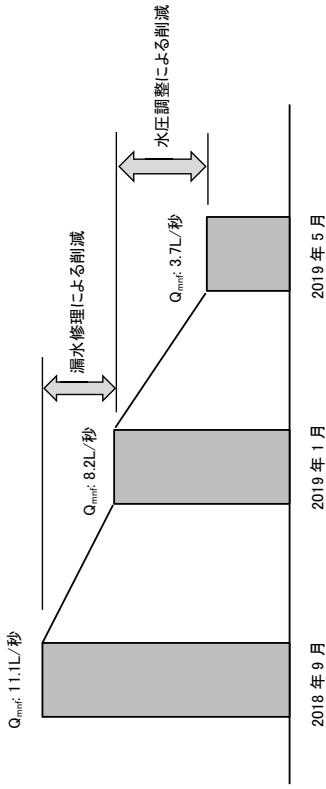


図 7.12 夜間最小流量の減少傾向

このように、漏水修理によって約2.9L/秒、水圧調整によって4.5L/秒の削減が記録されている。2019年5月以降、 Q_{\min} は約3.7L/秒で安定している。

直接測定時のメータ検針作業では、夜間使用水量を3.2L/秒と推定したが、これは季節的な要因や一時的に発生した使用水もある程度含むため、測定時期によって変動する。2019年5月の Q_{\min} (3.7/秒)の80%以上を使用水が占めることは現実的ではなく、削減できていない残存漏水量の存在があることは確かである。

仮に夜間の使用水量が上記推定値の50%であった場合、 Q_{\min} に占める損失水量の割合は以下のようになる。

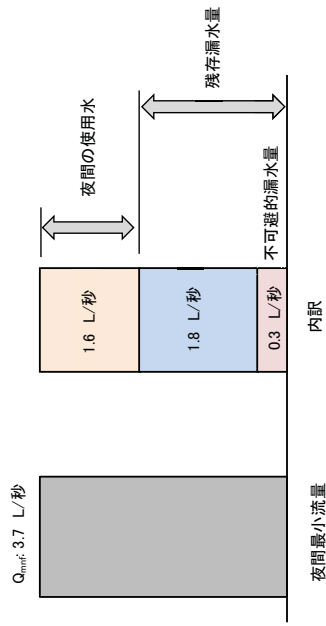


図 7.13 夜間最小流量の構成例

各活動がもたらした Q_{\min} の低下量から、一日平均としての損失削減量に換算した結果は以下のとおりである。

(1) 漏水修理による損失削減

Q_{\min} の低下から得られた削減量は深夜の時間帯に計測されたものであり、水圧が最も高い状態での水量である。減圧弁の設置前であり一日の水圧変動が損失水量にも影響するため、これを一日平均値として評価するためには、水圧変動傾向のデータを用いて換算しなければならぬ。

2019年9月の時点でのパイロット区画の水圧変動傾向は以下のとおりで、漏水修理による削減量2.9L/秒は、一日平均値で約2.3L/秒に相当する。

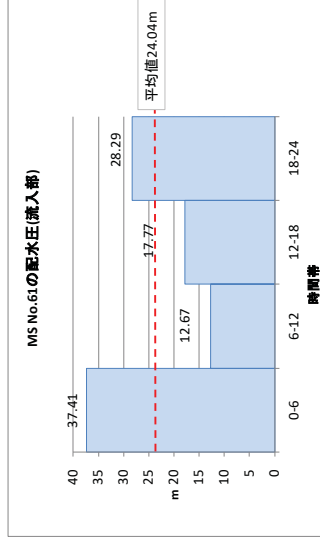


図 7.14 MS No.61 の水圧変動(2019年9月平均)

表 7.3 削減漏水量の一日平均値への換算

| 項目 | 時間帯 | | | | 平均 |
|-------------------|-----------|------------|-------------|-------------|-------|
| | 0:00-6:00 | 6:00-12:00 | 12:00-18:00 | 18:00-24:00 | |
| 水圧(m) | 37.41 | 12.67 | 17.77 | 28.29 | 24.04 |
| 比率(P_1/P_2) | 1.00 | 0.339 | 0.475 | 0.756 | |
| $(P_1/P_2)^{0.5}$ | 1.00 | 0.582 | 0.689 | 0.869 | |
| 流量(L/sec) | 2.90 | 1.69 | 2.00 | 2.52 | 2.28 |

(2) 水圧調整による損失削減

水圧調整による Q_{\min} の低下量は4.5L/秒であり、この時点では給水圧は一日を通じてほぼ一定である。従って、水圧変動の補正は必要がなく、一日平均の損失削減量として扱うことができる。

以上より、漏水修理と水圧調整による漏水量の削減量は、合計で約6.8L/秒(24.5 m³/時)と推定することができる。

7.3.4 給水管更新による効果

パイロットプロジェクト No.2 の中で実施している給水管の更新作業は、主に以下の理由を目的としている。

- 成果3 の研修テーマ「給水管及び水道メータ設置技術」の現場実習
- 無収水対策としての効果確認
- 舗装撤去を最小限にとどめる推進工法の習得
- 従来の探知技術では特定できない非合法接続の発見

(1) 給水管敷設技術の向上

2019年8月末までに給水管の更新件数は380件を超え、ENACAL配管工の施工技術に関する習熟度は高まった。よって、施工技術を習得した配管工およびスーパーバイザー(10名)に対して、以下の3点について、聞き取り調査を行った。

聞き取り調査の目的は、プロジェクトにて紹介、推奨した施工技術が実際の現場において活用可能かを確認するためである。聞き取り調査の結果を以下に示す。

表 7.4 給水管施工技術に関する確認事項

| 調査項目 | 確認ポイント |
|-----------------|--|
| 高密度ポリエチレン管の施工性 | 従来は給水管材料としてPVC管を材料としていたが、パイロットプロジェクトにおいて高密度ポリエチレン管を使用した。PVC管と比較した場合の高密度ポリエチレン管の施工性や優位性を確認する。 |
| 配水管の穿孔手法と分水栓の設置 | 従来は専用工具を持たずに、先端の尖った鉄筋棒を熱用のバルブが設置されなかったため、穿孔時に水が溢れ、水中での作業を余儀なくされていた。成果3の研修では、専用の穿孔工具を提供し、ドライワークを可能とする分水栓の設置方法を指導した。 |
| 推進工法 | 従来採用されてきた手法と比較して、今回採用した手法の施工性や優位性を確認する。 過去の給水管敷設時、道路横断が必要な場合は交通を遮断させ、横断部全面を掘削していた。本プロジェクトでは、舗装撤去を最小限にとどめることができる推進工法用掘削機を供与した。 今回提供した新たな施工方法について、従来方法と比較して、その効果を確認する。 |

表 7.5 給水管施工に関するアンケート調査結果

| 1. 高密度ポリエチレン管の施工性 (PVCと比較した場合) | | 変わらない | | しにくい | |
|---|------|-------|----|------|----|
| 運搬のしやすさ | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 施工性 | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 施工時間 | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 漏水の可能性 | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 今後この材料を継続して使用したいか | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ ニカラガア全国へすぐにも広げるべきである。 ■ 非常に容易に扱え、作業時間が短縮できた。 ■ ポリエチレン管のほうが簡単に、容易に作業が可能である。 ■ 柔軟性があり、作業しやすい。 ■ ポリエチレン管は非常に耐久性がすぐれていると思う。 ■ 地震発生時にもPVCと比較して耐震性があり、漏水の可能性は減ったと思う。 | | | | | |
| 2. 配水管の穿孔手法と分水栓の設置 (専用工具の使用と分水栓の設置を従来の手法と比較した場合) | | 減った | | 増えた | |
| 水中での作業 (作業中に配水が溢れる) | 70% | 30% | 0% | 0% | 0% |
| 施工性 | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 施工時間 | 90% | 10% | 0% | 0% | 0% |
| 漏水の可能性 | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 今後この施工方法を継続したいか | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ 専用工具を使う場合、これまでよりも広範囲に掘削しなければならぬのが難点。 ■ すべての作業が効率的になった。 ■ この施工方法により作業品質が良くなったと思う。 | | | | | |
| 3. 推進工法(従来の全面掘削工法との比較) | | 変わらない | | 長い | |
| 施工時間 | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 施工性 | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 機械の操作方法 | 80% | 20% | 0% | 0% | 0% |
| 今後この施工方法を継続したいか | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ 道路の取り壊し範囲を最小限にでき、非常に良い工法である。 ■ 道路の取り壊しを最小限にできる。 ■ 作業時間が早くなり、これまで以上の件数の作業が可能となった。 ■ 作業時間の短縮、作業の柔軟性、作業コストの縮小、漏水の可能性の減少、など非常に素晴らしい工法だと思う。 ■ 石や下水管などの障害物にぶつかると時間が掛かってしまう。 | | | | | |

(2) 無収水対策としての効果

2019年7月未までの時点で、給水管の更新が直接配水量や漏水の減少に寄与したかどうかは明らかになっていない。

しかし、漏水修理だけで削減できていない損失水量が残っているセクターにおいては、今後給水管の更新作業が行われるため、その結果はダイレクト測定及び夜間最小流量の測定によって確認することが可能である。

本報告書作成時点では、給水管更新の効果は、これまで低下した無収水率が活動開始前のレベルに戻るまでの時間を大きく伸ばすことである。

無収水対策は一旦無収水が低下した段階で止めてしまうと、漏水の復元や新たな非合法接続の出現といった要因によって、当初の無収水のレベルまで徐々に戻ってしまう。

パイロットプロジェクト No.1(AZA No.2)では、給水管の更新はほぼ実施しておらず、無収水対策が持続する期間を約3年半程度と設定したが、今回のMS No.61ではその期間を大幅に伸ばすことが可能となる。

7.4 パイロット区画の漏水量の評価

7.4.1 不可避的漏水量

不可避的漏水量(Unavoidable Real Losses)とは、どのような漏水対策を採ろうとも、これ以上の低減が困難である水量を意味しており、IWA によれば以下のように定義されている。この値は、どの水道事業者でも総配水量の2~4%程度になると言われ、許容漏水量としても理解されている。

$$UARL (L/day) = (18 \times Lm + 0.8 \times Nc + 25 \times Lc) \times P$$

Lm : 配水管の総延長 (km)

Nc : 給水サージビス接続数

Lc : 給水管総延長 (km)

= 1 件当たりの平均給水管長 (km/connection) × 接続数

P : 平均給水圧 (m-H₂O)

MS No.61 の PRAI を計算した結果は以下のとおりで、25.1 m³/日 (1.04 m³/時) と算定された。これは、2018年9月の配水量1,513 m³/日の約1.7%に相当する。

表 7.6 MS No.61 の UARL

| サブセクター | 接続数 | 配水管 総延長 (km) | 給水管 平均長 (m/con) | 給水管 総延長 (km) | 平均水圧 (m) | 不可避的漏水(UARL) | |
|-----------|-----|--------------------|-----------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------------|
| | | | | | | L/day | m ³ /h |
| ① | ② | ③ | | | | ④ | ⑤ |
| 1 Sub 1 | 226 | 1,523 | 3.0 | 0,678 | 25 | 5,629 | 0.23 |
| 2 Sub 2 | 195 | 1,962 | 3.0 | 0,585 | 25 | 5,148 | 0.21 |
| 3 Sub 3 | 52 | 0,445 | 3.0 | 0,156 | 25 | 1,337 | 0.06 |
| 4 Sub 4A | 129 | 0,688 | 3.0 | 0,387 | 25 | 3,131 | 0.13 |
| 5 Sub 4B | 58 | 0,390 | 3.0 | 0,174 | 25 | 1,444 | 0.06 |
| 6 Sub 4C | 26 | 0,390 | 3.0 | 0,078 | 25 | 744 | 0.03 |
| 7 Sub 4D | 37 | 0,360 | 3.0 | 0,111 | 25 | 971 | 0.04 |
| 8 Sub 5A | 36 | 0,305 | 3.0 | 0,108 | 25 | 924 | 0.04 |
| 9 Sub 5B | 113 | 0,807 | 3.0 | 0,339 | 25 | 2,835 | 0.12 |
| 10 Sub 6A | 61 | 0,370 | 3.0 | 0,183 | 25 | 1,500 | 0.06 |
| 11 Sub 6B | 25 | 0,200 | 3.0 | 0,075 | 25 | 636 | 0.03 |
| 12 Sub 7 | 32 | 0,300 | 3.0 | 0,096 | 25 | 835 | 0.03 |
| Total | 990 | 7,740 | | 2,970 | | 25,134 | 1.04 |

7.4.2 Infrastructure Leakage Index

漏水に対する指標の中で、IWA が推奨するものに Infrastructural Leakage Index がある。

これは、残存漏水量(CARL:Current Annual Real Losses)と不可避的漏水量(UARL)の比で表され、配水管網がどのくらい健全な状態に維持されているかを判断することに使われる。

$$ILI = CARL / UARL$$

この指標は、比較的大きな配水区分を対象としており、以下の条件を満たす場合に適用される。

接続数 : 3,000 件を超える。密度については制約なし。

平均給水圧 : 25m-H₂O を超える。

まったく問題のない理想的な配水管網の場合は、ILI=1.0 となるが、純粋にテクニカルな究極の指標である。また、費用対効果を見逃した現実的に不可能な値であり、この水準を目標とする必要はない。

パイロット区分の接続数は非常に少ないため、他のセクターと比較する上で ILI を適用することはできないが、参考として計算した結果は以下のとおりである。

表 7.7 MS No.61 の ILI

| 項目 | 漏水修理前 | 漏水修理後 | 水圧調整 /給水検更新後 |
|---------------------------|-------|-------|-----------------|
| 残存漏水量 (m ³ /時) | 18.66 | 8.37 | |
| UARL (m ³ /時) | 1.04 | 1.04 | |
| ILI | 17.73 | 8.05 | |

7.4.3 残存漏水量

地区内に一定水量の損失がある場合、その広さや接続件数によって深刻度は大きく異なる。それらと比較するために、セクターの残存漏水量を給水接続数で除した指標(L/件/日)、あるいは配水管延長で除した指標(L/km/min)が用いられる。

表 7.8 残存漏水量の変化

| サブセクター | 接続数 | 配水管総延長 (km) | 給水管総延長 (km) | 平均水圧 (m) | 漏水修理前 (2016年12月) | | 漏水修理後 (2016年12月~2017年1月) | | 水圧調整後 漏水修理後 | |
|--------|-----|----------------|----------------|-------------|---------------------|-----------|-----------------------------|-----------|----------------|-----------|
| | | | | | m ³ /h | L/cov/day | L/km/min | L/cov/day | L/km/min | L/cov/day |
| 1 | 226 | 1.823 | 0.879 | 25 | 7.60 | 8071 | 832 | 4.30 | 4666 | 471 |
| 2 | 195 | 1.982 | 0.885 | 25 | 5.80 | 713.8 | 49.3 | 0.50 | 61.5 | 4.2 |
| 3 | 52 | 0.445 | 0.156 | 25 | 0.60 | 276.9 | 22.5 | 0.40 | 184.4 | 15.0 |
| 4A | 129 | 0.888 | 0.387 | 25 | 1.30 | 241.9 | 31.5 | 1.20 | 223.3 | 28.1 |
| 4B | 58 | 0.39 | 0.174 | 25 | 0.06 | 23.1 | 2.4 | 0.06 | 23.1 | 2.4 |
| 4C | 26 | 0.38 | 0.078 | 25 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| 4D | 37 | 0.38 | 0.111 | 25 | 0.34 | 217.9 | 15.6 | 0.06 | 38.2 | 2.6 |
| 5A | 38 | 0.30467 | 0.108 | 25 | 0.06 | 37.2 | 3.1 | 0.03 | 18.4 | 1.5 |
| 5B | 113 | 0.80727 | 0.329 | 25 | 0.20 | 63.7 | 6.2 | 0.20 | 63.7 | 6.2 |
| 6A | 61 | 0.37 | 0.183 | 25 | 2.28 | 897.0 | 102.7 | 1.20 | 472.1 | 54.1 |
| 6B | 25 | 0.2 | 0.075 | 25 | 0.03 | 26.5 | 2.3 | 0.03 | 26.5 | 2.3 |
| 7 | 32 | 0.3 | 0.086 | 25 | 0.80 | 225.0 | 18.7 | 0.80 | 225.0 | 18.7 |
| 平均値 | | | | | 284.2 | 28.0 | | 148.3 | 15.1 | #DIV/0! |

無収水対策を進めていく上で、許容漏水量の目標値を設定する場合、以下の表が用いられる。

表 7.9 フィジカルロスの目標値

| Technical Performance Category | ILI | Physical Losses (L/connection/day) (when the system is pressured) at an average pressure of: | | | | |
|--------------------------------|--------|---|-----------|-----------|-----------|------------|
| | | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m |
| Developed Countries | A 1-2 | < 50 | < 75 | < 100 | < 125 | < 150 |
| | B 2-4 | 50 - 100 | 75 - 150 | 100 - 200 | 125 - 250 | 150 - 300 |
| | C 4-8 | 100 - 200 | 150 - 300 | 200 - 400 | 250 - 500 | 300 - 600 |
| | D > 8 | > 200 | > 300 | > 400 | > 500 | > 600 |
| Developing Countries | A 1-4 | < 50 | < 100 | < 150 | < 200 | < 250 |
| | B 4-8 | 50 - 100 | 100 - 200 | 150 - 300 | 200 - 400 | 250 - 500 |
| | C 8-16 | 100 - 200 | 200 - 400 | 300 - 600 | 400 - 800 | 500 - 1000 |
| | D > 16 | > 200 | > 400 | > 600 | > 800 | > 1000 |

出典: Roland Liemberger, IWA Leakage 2005 Conference

パイロット地区全体としての指標(L/件/日)を見てみると、プロジェクト開始時は 294L/件/日であったが、一連の漏水修理によって 149L/件/日まで低下した。しかし、いまだに 400L/件/日を超える値を記録しているサブセクターが存在しているため、これらのサブセクターにおける対策を集中させることで、さらに大きな効果が得られることがわかる。

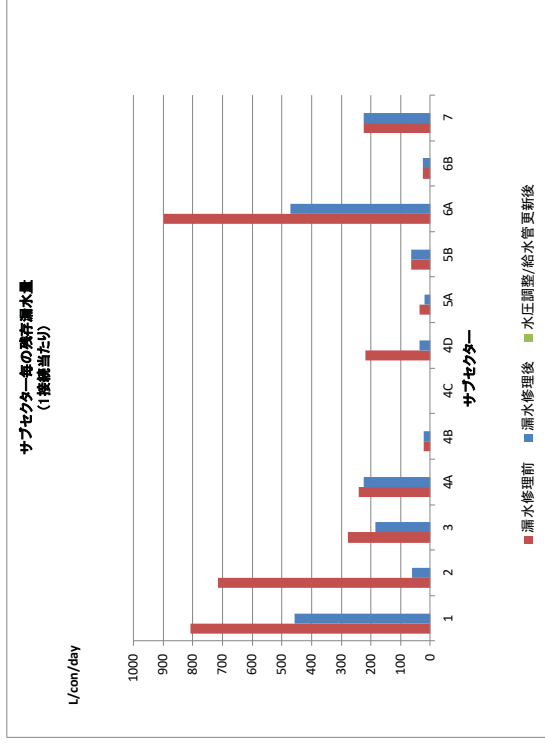


図 7.15 残存漏水量(1 接続当たりの指標)

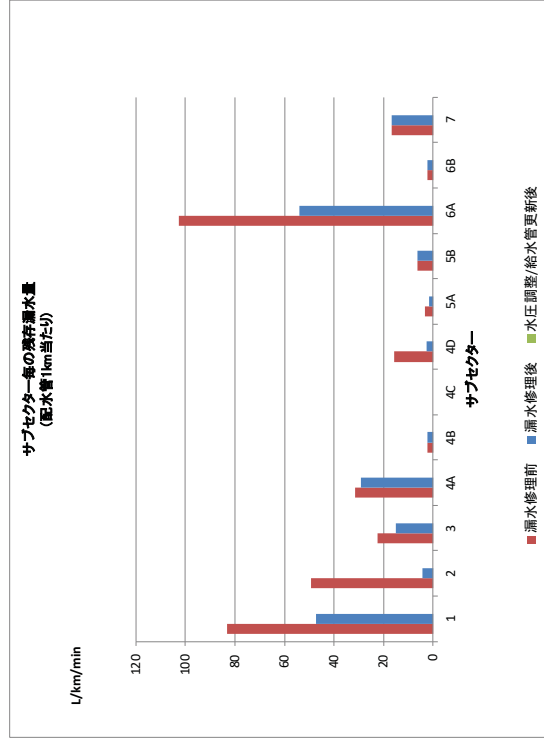


図 7.16 残存漏水量(配水管 1km 当たりの指標)

第8章 見掛け損失対策と効果

8.1 見掛け損失対策の一覧

見掛け損失対策(商業的損失対策)の項目と実施内容は、以下のとおりである。

表 8.1 見掛け損失対策の概要

| No. | 見掛け損失対策 | 実施内容 |
|-----|--------------------|---|
| 1 | ユーザー台帳の修正と最新化 | <ul style="list-style-type: none"> セクター外からの給水を受けていることが判明した14件のユーザーがMS No.61のリストから除外された。 非合法接続のユーザーへの対応と結果が台帳に反映された。 更新メータ・給水管の最新情報が台帳に反映された。 |
| 2 | 給水管の隣接セクターとの誤接続の修正 | <ul style="list-style-type: none"> 本パイロットプロジェクトでは、隣接セクターから給水を受けているユーザーに関しては、接続を切り替えるのではなく、パイロットプロジェクトの対象ユーザーリストから除外する方法を取った。 |
| 3 | メータボックスの設置方法の改善 | <ul style="list-style-type: none"> 水道メータが宅地内にあった35件について、メータ位置を宅地外に移動し、検針作業の利便性を高めた。 |
| 4 | 水道メータの更新と検針率向上 | <ul style="list-style-type: none"> 本パイロットプロジェクトでは、7月末時点でメータ更新308件、メータを含めた給水管更新305件の合計613件のメータ更新が行われた。 |
| 5 | 請求データの是正 | <ul style="list-style-type: none"> これら更新作業がユーザー台帳に反映され、移行期間の調整料金を経て、随時検針での請求に切り替えられている。 |
| 6 | 適切な水道メータの整備 | <ul style="list-style-type: none"> 更新に用いた水道メータは、JICAにより調達されたものであり、十分な精度を持った適切なものである。 |
| 7 | 非合法接続の探知/撤去/合法化 | <ul style="list-style-type: none"> 当初のユーザー訪問調査では、違法接続の疑いがあるユーザーは見られなかった。しかし、無収水課の漏水調査・修理を通じて非合法接続が1件、技術商業課による給水管更新作業にてさらに4件の非合法接続が見つかった。その他、長期の料金滞納がありメータを設置していない11件のユーザーが見つかった。非合法の場合、合法化手続きが取られた。 MS No.61では、非合法接続は少ないが、多額の未納料金を有するユーザーが多数存在することが分かった(3,000C\$以上が107件、10,000C\$以上が81件)。 |
| 8 | 水道メータ精度確認 | <ul style="list-style-type: none"> 3月から4月にかけて実施したメータ更新とともに回収された水道メータ301件の中から動作が正常と思われるメータを抽出し、Taller de medidorのテストベンチで器差検定を行った。 |

8.1.1 ユーザー台帳の修正と最新化

- 無収水課による漏水調査等の結果、当初想定していたMS No.61の範囲内でありながら、セクター外からの給水を受けているユーザーが存在することが確認された。このような14件のユーザーがMS No.61のユーザーリストから除外された。
- 非合法接続(および長期の料金滞納を有する)ユーザーへの対応と結果が台帳に記録された。
- 商業的対策として本パイロットプロジェクトで実施された、「水道メータ及び給水管の更新」に関する情報が台帳に記録された。

8.1.2 給水管の隣接セクターとの誤接続の修正

本パイロットプロジェクトでは、隣接セクターから給水を受けているユーザーに関しては、接続を切り替えるのではなく、パイロットプロジェクトの対象ユーザーリストから除外する方法を取った。下图の赤点は、それらの隣接セクターからの給水等の理由により、パイロットプロジェクトのユーザーリストから除外されたユーザーの位置を示している。

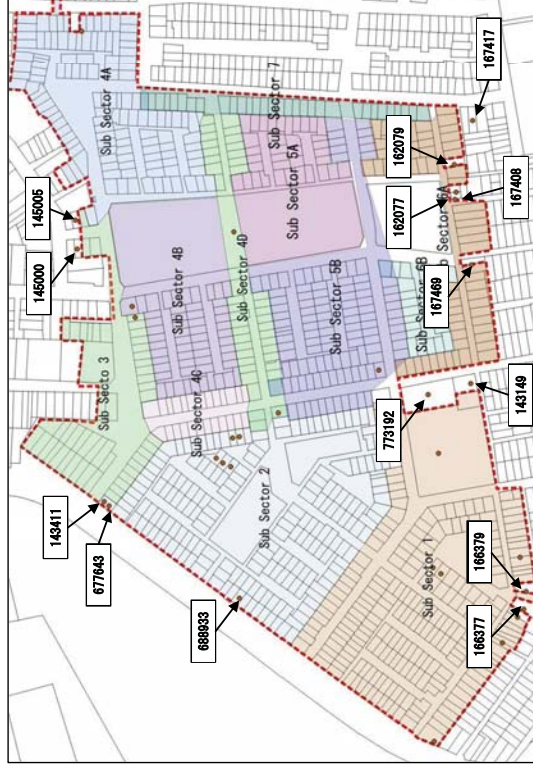


図 8.1 MS No.61 から除外されたユーザー32件の位置図

なお、上述の除外に応じてベースラインの請求水量を変更した場合、セクター外からの給水が発見されるたびに、ベースラインの無収水率の変更が混乱をきたす。他方で、ベースライン期間の後

に、新たに MS No.61 に追加されたユーザーも存在する。そこで、ベースラインの無収水率の変更は行わないこととし、代わりに新たなユーザーの請求水量をパイロットプロジェクト後の請求水量に含めてバランスを取ることにした。

8.1.3 メータボックスの設置方法の改善

水道メータが宅地内にあった 35 件について、メータ位置を宅地外に移動し、検針作業の利便性を高めた。

右の写真は、MS No.61 でのパイロットプロジェクトで実際に移設されたメータボックスの一例であり、下表はパイロットプロジェクト 2 でメータボックスの位置を改善したユーザーのリストである。



表 8.2 メータボックスの位置を変更したユーザー

| No. | Nro. Cuenta | Subsector | Fecha | No. | Nro. Cuenta | Subsector | Fecha |
|-----|-------------|-----------|-------------|-----|-------------|-----------|-------------|
| 1 | 143107 | 3 | 10/Sep/2018 | 21 | 143268 | 4A | 09/Oct/2018 |
| 2 | 143108 | 3 | 10/Sep/2018 | 22 | 143187 | 4D | 09/Oct/2018 |
| 3 | 143289 | 2 | 21/Sep/2018 | 23 | 143056 | 4B | 11/Oct/2018 |
| 4 | 143402 | 2 | 21/Sep/2018 | 24 | 143059 | 4B | 11/Oct/2018 |
| 5 | 143467 | 2 | 21/Sep/2018 | 25 | 143098 | 4B | 11/Oct/2018 |
| 6 | 143467 | 2 | 21/Sep/2018 | 26 | 143217 | 5A | 14/Nov/2018 |
| 7 | 143473 | 2 | 21/Sep/2018 | 27 | 142963 | 5B | 15/Nov/2018 |
| 8 | 143478 | 2 | 21/Sep/2018 | 28 | 142989 | 5B | 15/Nov/2018 |
| 9 | 143496 | 2 | 21/Sep/2018 | 29 | 143015 | 5B | 15/Nov/2018 |
| 10 | 143499 | 2 | 21/Sep/2018 | 30 | 143248 | 6A | 14/Dic/2018 |
| 11 | 143500 | 2 | 21/Sep/2018 | 31 | 167403 | 6A | 14/Dic/2018 |
| 12 | 143504 | 2 | 21/Sep/2018 | 32 | 142917 | 6B | 14/Dic/2018 |
| 13 | 143507 | 2 | 21/Sep/2018 | 33 | 142918 | 6B | 14/Dic/2018 |
| 14 | 143551 | 2 | 21/Sep/2018 | 34 | 142926 | 6B | 14/Dic/2018 |
| 15 | 143572 | 2 | 21/Sep/2018 | 35 | 142930 | 6B | 14/Dic/2018 |
| 16 | 143601 | 2 | 21/Sep/2018 | | | | |
| 17 | 143602 | 2 | 21/Sep/2018 | | | | |
| 18 | 143604 | 2 | 21/Sep/2018 | | | | |
| 19 | 143329 | 4A | 08/Oct/2018 | | | | |
| 20 | 143335 | 4A | 08/Oct/2018 | | | | |

8.1.4 水道メータの更新と検針率向上/適切な水道メータの整備/請求データの是正

本パイロットプロジェクトでは、7 月末時点でメータ更新 308 件、メータを含めた給水管更新 305 件の合計 613 件のメータ更新が行われた。7 月以降もこの作業は続いており、費用対効果の算定には 7 月末までの実績値を用いる。

以下は、更新作業に従事した技術商業課チーム及び同課の切断・再接続ユニットのメンバーである。

表 8.3 MS No.61 におけるメータ更新・給水管更新の従事者

| No. | 氏名 | 担当業務 |
|-----|---------------------------|----------------------|
| 1 | Veronica Rivera Mondragon | 技術商業課チーム |
| 2 | Wilmer Lopez | ドローンオペレーター |
| 3 | Juan Zacarias | 配管工 |
| 4 | Lonny Vallejos | 配管工アシスタント |
| 5 | Juan Carlos Palacios | 配管工アシスタント |
| 6 | Jorge Romero | 配管工 |
| 7 | Henry Morales | 配管工 |
| 8 | Michell Lopez | インスペクター (検査官) |
| 9 | Eduardo Santamaria | コマースリアルアナリスト (商業分析官) |

メータのみの更新は、2019 年 3 月の約 1 か月で 308 件を終了した。給水管の更新は、配水管の分岐からメータまでの工事であるため長い時間を要し、305 件の工事にかかった期間は 2019 年 5 月から 7 月末までの約 3 か月間であった(下表参照)。

なお、給水管更新の作業完了にはさらに時間がかかる。従って、本パイロットプロジェクトの費用対効果は、7 月末までに完了した工事までの実績データを基に実施することについて、ENACAL 側と専門家チームで合意した。

表 8.4 MS No.61 におけるメータ更新作業の工程

| | Marzo/19 | Abril/19 | Mayo/19 | Junio/19 | Julio/19 | Agosto/19 |
|---|-------------|----------|---------|----------|----------|-----------|
| 1 | メータ更新工事 | | | | | |
| 2 | メータ/給水管更新工事 | | | | | |

■ : 美工事期間

■■■■■■■■■■ : プロジェクトの費用対効果に含まない工事期間

上記更新作業がユーザー台帳に反映され、移行期間の調整料金を経て、随時検針での請求に切り替えられている。上記の水道メータは、JICAにより調達されたものであり、十分な精度を持った適切なものである。

表 8.5 MS No.61 におけるメータ更新対象リスト

| No. | Fecha | Nro. Cuenta | Subsect or | No. | Fecha | Nro. Cuenta | Subsect or | No. | Fecha | Nro. Cuenta | Subsect or |
|-----|-----------|-------------|------------|-----|-----------|-------------|------------|-----|-----------|-------------|------------|
| 1 | 06/Mar/19 | 143112 | 4C | 71 | 11/Mar/19 | 143333 | 4D | 141 | 15/Mar/19 | 143331 | 4A |
| 2 | 06/Mar/19 | 143113 | 4C | 72 | 11/Mar/19 | 143125 | 4D | 142 | 15/Mar/19 | 143332 | 4A |
| 3 | 06/Mar/19 | 143114 | 4C | 73 | 12/Mar/19 | 143025 | 4D | 143 | 15/Mar/19 | 143334 | 4A |
| 4 | 06/Mar/19 | 143115 | 4C | 74 | 12/Mar/19 | 143026 | 4D | 144 | 15/Mar/19 | 143335 | 4A |
| 5 | 06/Mar/19 | 143116 | 4C | 75 | 12/Mar/19 | 143027 | 4D | 145 | 15/Mar/19 | 143336 | 4A |
| 6 | 06/Mar/19 | 143117 | 4C | 76 | 12/Mar/19 | 143028 | 4D | 146 | 15/Mar/19 | 143337 | 4A |
| 7 | 06/Mar/19 | 143118 | 4C | 77 | 12/Mar/19 | 143029 | 4D | 147 | 15/Mar/19 | 143338 | 4A |
| 8 | 06/Mar/19 | 143119 | 4C | 78 | 12/Mar/19 | 143030 | 4D | 148 | 15/Mar/19 | 143339 | 4A |
| 9 | 06/Mar/19 | 143121 | 4C | 79 | 12/Mar/19 | 143031 | 4D | 149 | 15/Mar/19 | 143341 | 4A |
| 10 | 06/Mar/19 | 143122 | 4C | 80 | 12/Mar/19 | 143126 | 4D | 150 | 15/Mar/19 | 143342 | 4A |
| 11 | 06/Mar/19 | 143123 | 4C | 81 | 12/Mar/19 | 143186 | 4D | 151 | 18/Mar/19 | 143343 | 4A |
| 12 | 06/Mar/19 | 143124 | 4C | 82 | 12/Mar/19 | 143187 | 4D | 152 | 18/Mar/19 | 143344 | 4A |
| 13 | 06/Mar/19 | 143122 | 4C | 83 | 12/Mar/19 | 143188 | 4D | 153 | 18/Mar/19 | 143345 | 4A |
| 14 | 06/Mar/19 | 143124 | 4C | 84 | 12/Mar/19 | 143189 | 4D | 154 | 18/Mar/19 | 143347 | 4A |
| 15 | 06/Mar/19 | 143126 | 4C | 85 | 12/Mar/19 | 143191 | 4D | 155 | 18/Mar/19 | 143348 | 4A |
| 16 | 06/Mar/19 | 143129 | 4C | 86 | 12/Mar/19 | 143266 | 4A | 156 | 18/Mar/19 | 143349 | 4A |
| 17 | 06/Mar/19 | 143431 | 4C | 87 | 12/Mar/19 | 143299 | 4D | 157 | 18/Mar/19 | 143352 | 4A |
| 18 | 06/Mar/19 | 143043 | 4C | 88 | 12/Mar/19 | 143300 | 4D | 158 | 18/Mar/19 | 143353 | 4A |
| 19 | 06/Mar/19 | 143043 | 4B | 89 | 12/Mar/19 | 143302 | 4D | 159 | 18/Mar/19 | 143355 | 4A |
| 20 | 07/Mar/19 | 143044 | 4B | 90 | 12/Mar/19 | 143303 | 4D | 160 | 18/Mar/19 | 143356 | 4A |
| 21 | 07/Mar/19 | 143045 | 4B | 91 | 12/Mar/19 | 143304 | 4D | 161 | 18/Mar/19 | 143357 | 4A |
| 22 | 07/Mar/19 | 143048 | 4B | 92 | 12/Mar/19 | 143305 | 4D | 162 | 18/Mar/19 | 143358 | 4A |
| 23 | 07/Mar/19 | 143049 | 4B | 93 | 13/Mar/19 | 143064 | 4B | 163 | 18/Mar/19 | 143359 | 4A |
| 24 | 07/Mar/19 | 143050 | 4B | 94 | 13/Mar/19 | 143065 | 4B | 164 | 18/Mar/19 | 143360 | 4A |
| 25 | 07/Mar/19 | 143051 | 4B | 95 | 13/Mar/19 | 143066 | 4B | 165 | 18/Mar/19 | 143361 | 4A |
| 26 | 07/Mar/19 | 143052 | 4B | 96 | 13/Mar/19 | 143257 | 4A | 166 | 18/Mar/19 | 143362 | 4A |
| 27 | 07/Mar/19 | 143055 | 4B | 97 | 13/Mar/19 | 143258 | 4A | 167 | 18/Mar/19 | 143363 | 4A |
| 28 | 07/Mar/19 | 143056 | 4B | 98 | 13/Mar/19 | 143259 | 4A | 168 | 18/Mar/19 | 143364 | 4A |
| 29 | 07/Mar/19 | 143057 | 4B | 99 | 13/Mar/19 | 143261 | 4A | 169 | 18/Mar/19 | 143365 | 4A |
| 30 | 07/Mar/19 | 143058 | 4B | 100 | 13/Mar/19 | 143267 | 4A | 170 | 18/Mar/19 | 143367 | 4A |
| 31 | 07/Mar/19 | 143059 | 4B | 101 | 13/Mar/19 | 143268 | 4A | 171 | 19/Mar/19 | 143277 | 4A |
| 32 | 07/Mar/19 | 143060 | 4B | 102 | 13/Mar/19 | 143269 | 4A | 172 | 19/Mar/19 | 143368 | 4A |
| 33 | 07/Mar/19 | 143061 | 4B | 103 | 13/Mar/19 | 143270 | 4A | 173 | 19/Mar/19 | 143369 | 4A |
| 34 | 07/Mar/19 | 143063 | 4B | 104 | 13/Mar/19 | 143271 | 4A | 174 | 19/Mar/19 | 143370 | 4A |
| 35 | 07/Mar/19 | 143067 | 4B | 105 | 13/Mar/19 | 143273 | 4A | 175 | 19/Mar/19 | 143373 | 4A |
| 36 | 07/Mar/19 | 143069 | 4B | 106 | 13/Mar/19 | 143274 | 4A | 176 | 19/Mar/19 | 143374 | 4A |
| 37 | 07/Mar/19 | 143070 | 4B | 107 | 13/Mar/19 | 143284 | 4A | 177 | 19/Mar/19 | 143375 | 4A |
| 38 | 07/Mar/19 | 143074 | 4B | 108 | 13/Mar/19 | 143285 | 4A | 178 | 19/Mar/19 | 143377 | 4A |
| 39 | 08/Mar/19 | 143075 | 4B | 109 | 13/Mar/19 | 143287 | 4A | 179 | 19/Mar/19 | 143378 | 4A |
| 40 | 08/Mar/19 | 143076 | 4B | 110 | 13/Mar/19 | 143288 | 4A | 180 | 19/Mar/19 | 143379 | 4A |
| 41 | 08/Mar/19 | 143077 | 4B | 111 | 13/Mar/19 | 143289 | 4A | 181 | 19/Mar/19 | 143380 | 4A |
| 42 | 08/Mar/19 | 143078 | 4B | 112 | 13/Mar/19 | 143290 | 4A | 182 | 19/Mar/19 | 143381 | 4A |
| 43 | 08/Mar/19 | 143080 | 4B | 113 | 14/Mar/19 | 143276 | 4A | 183 | 19/Mar/19 | 143382 | 4A |
| 44 | 08/Mar/19 | 143081 | 4B | 114 | 14/Mar/19 | 143278 | 4A | 184 | 19/Mar/19 | 143386 | 4A |
| 45 | 08/Mar/19 | 143082 | 4B | 115 | 14/Mar/19 | 143279 | 4A | 185 | 19/Mar/19 | 143387 | 4A |
| 46 | 08/Mar/19 | 143083 | 4B | 116 | 14/Mar/19 | 143280 | 4A | 186 | 19/Mar/19 | 143812 | 4A |
| 47 | 08/Mar/19 | 143084 | 4B | 117 | 14/Mar/19 | 143381 | 4A | 187 | 19/Mar/19 | 143813 | 4A |
| 48 | 08/Mar/19 | 143085 | 4B | 118 | 14/Mar/19 | 143282 | 4A | 188 | 19/Mar/19 | 146850 | 4A |
| 49 | 08/Mar/19 | 143087 | 4B | 119 | 14/Mar/19 | 143283 | 4A | 189 | 19/Mar/19 | 146852 | 4A |
| 50 | 08/Mar/19 | 143088 | 4B | 120 | 14/Mar/19 | 143291 | 4A | 190 | 19/Mar/19 | 696143 | 4A |
| 51 | 08/Mar/19 | 143089 | 4B | 121 | 14/Mar/19 | 143293 | 4A | 191 | 20/Mar/19 | 143064 | 4B |
| 52 | 08/Mar/19 | 143092 | 4B | 122 | 14/Mar/19 | 143296 | 4A | 192 | 20/Mar/19 | 143286 | 4A |
| 53 | 08/Mar/19 | 143093 | 4B | 123 | 14/Mar/19 | 143297 | 4A | 193 | 20/Mar/19 | 143286 | 4A |
| 54 | 08/Mar/19 | 143094 | 4B | 124 | 14/Mar/19 | 143313 | 4A | 194 | 20/Mar/19 | 143283 | 4A |
| 55 | 08/Mar/19 | 143096 | 4B | 125 | 14/Mar/19 | 143316 | 4A | 195 | 20/Mar/19 | 143333 | 4A |
| 56 | 08/Mar/19 | 143097 | 4B | 126 | 14/Mar/19 | 143318 | 4A | 196 | 20/Mar/19 | 145189 | 4A |
| 57 | 08/Mar/19 | 143098 | 4B | 127 | 14/Mar/19 | 143320 | 4A | 197 | 20/Mar/19 | 149033 | 4A |
| 58 | 08/Mar/19 | 143099 | 4B | 128 | 14/Mar/19 | 143321 | 4A | 198 | 20/Mar/19 | 740130 | 4A |
| 59 | 11/Mar/19 | 143020 | 4D | 129 | 14/Mar/19 | 143322 | 4A | 199 | 21/Mar/19 | 143162 | 7 |
| 60 | 11/Mar/19 | 143021 | 4D | 130 | 14/Mar/19 | 143323 | 4A | 200 | 21/Mar/19 | 143163 | 7 |
| 61 | 11/Mar/19 | 143022 | 4D | 131 | 14/Mar/19 | 143324 | 4A | 201 | 21/Mar/19 | 143164 | 7 |
| 62 | 11/Mar/19 | 143023 | 4D | 132 | 14/Mar/19 | 143326 | 4A | 202 | 21/Mar/19 | 143165 | 7 |
| 63 | 11/Mar/19 | 143024 | 4D | 133 | 15/Mar/19 | 143041 | 4D | 203 | 21/Mar/19 | 143167 | 7 |
| 64 | 11/Mar/19 | 143034 | 4D | 134 | 15/Mar/19 | 143286 | 4A | 204 | 21/Mar/19 | 143170 | 7 |
| 65 | 15/Mar/19 | 143035 | 4D | 135 | 15/Mar/19 | 143314 | 4A | 205 | 21/Mar/19 | 143173 | 7 |
| 66 | 11/Mar/19 | 143039 | 4D | 136 | 15/Mar/19 | 143317 | 4A | 206 | 21/Mar/19 | 143174 | 7 |
| 67 | 11/Mar/19 | 143040 | 4D | 137 | 15/Mar/19 | 143327 | 4A | 207 | 21/Mar/19 | 143175 | 7 |
| 68 | 11/Mar/19 | 143042 | 4D | 138 | 15/Mar/19 | 143328 | 4A | 208 | 21/Mar/19 | 143176 | 7 |
| 69 | 11/Mar/19 | 143100 | 4B | 139 | 15/Mar/19 | 143329 | 4A | 209 | 21/Mar/19 | 143177 | 7 |
| 70 | 11/Mar/19 | 143134 | 4D | 140 | 15/Mar/19 | 143330 | 4A | 210 | 21/Mar/19 | 143178 | 7 |

| No. | Fecha | Nro. Cuenta | Subsect or | No. | Fecha | Nro. Cuenta | Subsect or | No. | Fecha | Nro. Cuenta | Subsect or |
|-----|-----------|-------------|------------|-----|-----------|-------------|------------|-----|-----------|-------------|------------|
| 211 | 21/Mar/19 | 143179 | 7 | 246 | 25/Mar/19 | 143158 | 6A | 281 | 27/Mar/19 | 162081 | 6A |
| 212 | 21/Mar/19 | 143180 | 7 | 247 | 25/Mar/19 | 143159 | 6A | 282 | 27/Mar/19 | 162082 | 6A |
| 213 | 21/Mar/19 | 143182 | 7 | 248 | 25/Mar/19 | 143160 | 6A | 283 | 27/Mar/19 | 162083 | 6A |
| 214 | 21/Mar/19 | 143183 | 7 | 249 | 26/Mar/19 | 143239 | 6A | 284 | 27/Mar/19 | 162084 | 6A |
| 215 | 21/Mar/19 | 143184 | 7 | 250 | 26/Mar/19 | 143240 | 6A | 285 | 27/Mar/19 | 162085 | 6A |
| 216 | 21/Mar/19 | 143185 | 7 | 251 | 26/Mar/19 | 143241 | 6A | 286 | 27/Mar/19 | 162086 | 6A |
| 217 | 21/Mar/19 | 143187 | 7 | 252 | 26/Mar/19 | 143242 | 6A | 287 | 27/Mar/19 | 162087 | 6A |
| 218 | 21/Mar/19 | 143308 | 7 | 253 | 26/Mar/19 | 143243 | 6A | 288 | 28/Mar/19 | 167405 | 6A |
| 219 | 22/Mar/19 | 143295 | 4A | 254 | 26/Mar/19 | 143244 | 6A | 289 | 28/Mar/19 | 143315 | 4A |
| 220 | 22/Mar/19 | 143169 | 7 | 255 | 26/Mar/19 | 143245 | 6A | 290 | 28/Mar/19 | 142920 | 6B |
| 221 | 22/Mar/19 | 143171 | 7 | 256 | 26/Mar/19 | 143246 | 6A | 291 | 28/Mar/19 | 142921 | 6B |
| 222 | 22/Mar/19 | 143309 | 7 | 257 | 26/Mar/19 | 143247 | 6A | 292 | 28/Mar/19 | 142922 | 6B |
| 223 | 22/Mar/19 | 143310 | 7 | 258 | 26/Mar/19 | 143248 | 6A | 293 | 28/Mar/19 | 142923 | 6B |
| 224 | 22/Mar/19 | 143311 | 7 | 259 | 26/Mar/19 | 143249 | 6A | 294 | 28/Mar/19 | 142924 | 6B |
| 225 | 22/Mar/19 | 143312 | 7 | 260 | 26/Mar/19 | 143249 | 6A | 295 | 28/Mar/19 | 142925 | 6B |
| 226 | 22/Mar/19 | 757062 | 7 | 261 | 26/Mar/19 | 143250 | 6A | 296 | 28/Mar/19 | 142926 | 6B |
| 227 | 22/Mar/19 | 143295 | 4D | 262 | 26/Mar/19 | 143251 | 6A | 297 | 28/Mar/19 | 142927 | 6B |
| 228 | 22/Mar/19 | 143295 | 4A | 263 | 26/Mar/19 | 143252 | 6A | 298 | 28/Mar/19 | 142929 | 6B |
| 229 | 22/Mar/19 | 143388 | 4A | 264 | 26/Mar/19 | 143253 | 6A | 299 | 28/Mar/19 | 142930 | 6B |
| 230 | 25/Mar/19 | 143140 | 6A | 265 | 26/Mar/19 | 143266 | 6A | 300 | 28/Mar/19 | 142931 | 6B |
| 231 | 25/Mar/19 | 143141 | 6A | 266 | 26/Mar/19 | 162068 | 6A | 301 | 28/Mar/19 | 142932 | 6B |
| 232 | 25/Mar/19 | 143142 | 6A | 267 | 26/Mar/19 | 162069 | 6A | 302 | 28/Mar/19 | 142933 | 6B |
| 233 | 25/Mar/19 | 143144 | 6A | 268 | 26/Mar/19 | 162070 | 6A | 303 | 28/Mar/19 | 142934 | 6B |
| 234 | 25/Mar/19 | 143145 | 6A | 269 | 26/Mar/19 | 162071 | 6A | 304 | 28/Mar/19 | 142937 | 6B |
| 235 | 25/Mar/19 | 143146 | 6A | 270 | 27/Mar/19 | 142916 | 6B | 305 | 28/Mar/19 | 142938 | 6B |
| 236 | 25/Mar/19 | 143147 | 6A | 271 | 27/Mar/19 | 142917 | 6B | 306 | 28/Mar/19 | 142940 | 6B |
| 237 | 25/Mar/19 | 143148 | 6A | 272 | 27/Mar/19 | 142918 | 6B | 307 | 29/Mar/19 | 142928 | 6B |
| 238 | 25/Mar/19 | 143150 | 6A | 273 | 27/Mar/19 | 162067 | 6A | 308 | 29/Mar/19 | 142935 | 6B |
| 239 | 25/Mar/19 | 143151 | 6A | 274 | 27/Mar/19 | 162072 | 6A | | | | |
| 240 | 25/Mar/19 | 143152 | 6A | 275 | 27/Mar/19 | 162073 | 6A | | | | |
| 241 | 25/Mar/19 | 143153 | 6A | 276 | 27/Mar/19 | 162074 | 6A | | | | |
| 242 | 25/Mar/19 | 143154 | 6A | 277 | 27/Mar/19 | 162075 | 6A | | | | |
| 243 | 25/Mar/19 | 143155 | 6A | 278 | 27/Mar/19 | 162076 | 6A | | | | |
| 244 | 25/Mar/19 | | | | | | | | | | |

給水管更新工事では、配水管から水道メータまでの地面の掘削は、道路表面の全面掘削による通行止めを避けるために、給水管用の推進工法機器を用いて行われた。

しかし、同工事でも一部舗装道路を破砕しなければならず、工事の最後にコンクリートやアスファルトを用いて路面の修復を行った。これには一定規模の予算を必要とし、本パイロットプロジェクト2では、ENACALの予算がなかったため、JICAの資金を用いてこうした修復工事を行わざるを得なかった。今後、同様の作業を行う際には、修復予算もENACALで確保する必要がある。

| | |
|--|--|
|  <p>推進工法機器とコンプレッサ</p> |  <p>推進工法機器による掘削</p> |
|  <p>更新された給水管と水道メータ</p> |  <p>道路の破砕場所の修復状況</p> |

表 8.6 MS No.61 におけるメータ/給水管更新対象リスト

| No. | Fecha | Nro. Cuenta | Subsec tor |
|-----|-----------|-------------|------------|
| 1 | 09/May/19 | 143197 | 5A |
| 2 | 09/May/19 | 143196 | 5A |
| 3 | 09/May/19 | 143209 | 5A |
| 4 | 09/May/19 | 143208 | 5A |
| 5 | 13/May/19 | 143199 | 5A |
| 6 | 13/May/19 | 143200 | 5A |
| 7 | 13/May/19 | 143207 | 5A |
| 8 | 13/May/19 | 143206 | 5A |
| 9 | 15/May/19 | 143210 | 5A |
| 10 | 15/May/19 | 143211 | 5A |
| 11 | 15/May/19 | 143212 | 5A |
| 12 | 15/May/19 | 143213 | 5A |
| 13 | 16/May/19 | 143193 | 5A |
| 14 | 16/May/19 | 143194 | 5A |
| 15 | 16/May/19 | 143195 | 5A |
| 16 | 16/May/19 | 143196 | 5A |
| 17 | 17/May/19 | 143226 | 5A |
| 18 | 17/May/19 | 143227 | 5A |
| 19 | 17/May/19 | 143228 | 5A |
| 20 | 20/May/19 | 143214 | 5A |
| 21 | 20/May/19 | 143224 | 5A |
| 22 | 20/May/19 | 143225 | 5A |
| 23 | 22/May/19 | 143127 | 5B |
| 24 | 22/May/19 | 143128 | 5B |
| 25 | 23/May/19 | 143129 | 5B |
| 26 | 23/May/19 | 143130 | 5B |
| 27 | 23/May/19 | 143131 | 5B |
| 28 | 24/May/19 | 143134 | 5B |
| 29 | 24/May/19 | 143135 | 5B |
| 30 | 24/May/19 | 143136 | 5B |
| 31 | 24/May/19 | 143137 | 5B |
| 32 | 27/May/19 | 143132 | 5B |
| 33 | 27/May/19 | 143133 | 5B |
| 34 | 27/May/19 | 143138 | 5B |
| 35 | 27/May/19 | 143139 | 5B |
| 36 | 28/May/19 | 142950 | 5B |
| 37 | 28/May/19 | 142949 | 5B |
| 38 | 28/May/19 | 142948 | 5B |
| 39 | 28/May/19 | 142947 | 5B |
| 40 | 28/May/19 | 142946 | 5B |
| 41 | 28/May/19 | 142945 | 5B |
| 42 | 28/May/19 | 142944 | 5B |
| 43 | 28/May/19 | 142943 | 5B |
| 44 | 28/May/19 | 142942 | 5B |
| 45 | 28/May/19 | 142941 | 5B |
| 46 | 28/May/19 | 143237 | 5B |
| 47 | 28/May/19 | 143236 | 5B |
| 48 | 31/May/19 | 142966 | 5B |
| 49 | 31/May/19 | 142965 | 5B |
| 50 | 31/May/19 | 142967 | 5B |
| 51 | 31/May/19 | 142968 | 5B |
| 52 | 31/May/19 | 142970 | 5B |
| 53 | 31/May/19 | 142969 | 5B |
| 54 | 31/May/19 | 142971 | 5B |
| 55 | 31/May/19 | 142972 | 5B |
| 56 | 31/May/19 | 142973 | 5B |
| 57 | 31/May/19 | 142974 | 5B |
| 58 | 31/May/19 | 142975 | 5B |
| 59 | 03/Jun/19 | 143238 | 5B |
| 60 | 03/Jun/19 | 143235 | 5B |
| 61 | 03/Jun/19 | 143234 | 5B |
| 62 | 04/Jun/19 | 142992 | 5B |
| 63 | 04/Jun/19 | 142993 | 5B |
| 64 | 04/Jun/19 | 142994 | 5B |
| 65 | 04/Jun/19 | 142995 | 5B |
| 66 | 04/Jun/19 | 142996 | 5B |
| 67 | 04/Jun/19 | 142997 | 5B |
| 68 | 05/Jun/19 | 142990 | 5B |
| 69 | 05/Jun/19 | 142991 | 5B |
| 70 | 05/Jun/19 | 143016 | 5B |

| No. | Fecha | Nro. Cuenta | Subsec tor |
|-----|-----------|-------------|------------|
| 71 | 05/Jun/19 | 143017 | 5B |
| 72 | 05/Jun/19 | 143018 | 5B |
| 73 | 05/Jun/19 | 143019 | 5B |
| 74 | 05/Jun/19 | 142998 | 5B |
| 75 | 05/Jun/19 | 142999 | 5B |
| 76 | 05/Jun/19 | 143000 | 5A |
| 77 | 06/Jun/19 | 142962 | 5B |
| 78 | 06/Jun/19 | 142963 | 5B |
| 79 | 06/Jun/19 | 142964 | 5B |
| 80 | 06/Jun/19 | 142988 | 5B |
| 81 | 06/Jun/19 | 142989 | 5B |
| 82 | 07/Jun/19 | 145166 | 3 |
| 83 | 07/Jun/19 | 145167 | 3 |
| 84 | 07/Jun/19 | 145168 | 3 |
| 85 | 07/Jun/19 | 145169 | 3 |
| 86 | 10/Jun/19 | 145170 | 3 |
| 87 | 10/Jun/19 | 145171 | 3 |
| 88 | 11/Jun/19 | 143412 | 3 |
| 89 | 11/Jun/19 | 143413 | 3 |
| 90 | 12/Jun/19 | 143414 | 3 |
| 91 | 11/Jun/19 | 143415 | 3 |
| 92 | 11/Jun/19 | 143416 | 3 |
| 93 | 11/Jun/19 | 143417 | 3 |
| 94 | 12/Jun/19 | 143418 | 3 |
| 95 | 11/Jun/19 | 143419 | 3 |
| 96 | 13/Jun/19 | 143548 | 2 |
| 97 | 13/Jun/19 | 143549 | 2 |
| 98 | 13/Jun/19 | 143550 | 2 |
| 99 | 13/Jun/19 | 143551 | 2 |
| 100 | 13/Jun/19 | 143509 | 2 |
| 101 | 14/Jun/19 | 143510 | 2 |
| 102 | 14/Jun/19 | 143527 | 2 |
| 103 | 14/Jun/19 | 143528 | 2 |
| 104 | 14/Jun/19 | 143529 | 2 |
| 105 | 14/Jun/19 | 143530 | 2 |
| 106 | 14/Jun/19 | 143401 | 2 |
| 107 | 14/Jun/19 | 143402 | 2 |
| 108 | 17/Jun/19 | 143403 | 2 |
| 109 | 17/Jun/19 | 143404 | 2 |
| 110 | 17/Jun/19 | 143405 | 2 |
| 111 | 17/Jun/19 | 143406 | 2 |
| 112 | 17/Jun/19 | 143407 | 2 |
| 113 | 17/Jun/19 | 143408 | 2 |
| 114 | 18/Jun/19 | 143409 | 2 |
| 115 | 18/Jun/19 | 143410 | 2 |
| 116 | 18/Jun/19 | 143486 | 2 |
| 117 | 18/Jun/19 | 143487 | 2 |
| 118 | 18/Jun/19 | 143488 | 2 |
| 119 | 18/Jun/19 | 143489 | 2 |
| 120 | 18/Jun/19 | 143490 | 2 |
| 121 | 18/Jun/19 | 143411 | 2 |
| 122 | 18/Jun/19 | 677643 | 2 |
| 123 | 19/Jun/19 | 143389 | 2 |
| 124 | 19/Jun/19 | 143390 | 2 |
| 125 | 19/Jun/19 | 143391 | 2 |
| 126 | 19/Jun/19 | 143392 | 2 |
| 127 | 19/Jun/19 | 790026 | 2 |
| 128 | 19/Jun/19 | 143393 | 2 |
| 129 | 19/Jun/19 | 143394 | 2 |
| 130 | 20/Jun/19 | 143395 | 2 |
| 131 | 20/Jun/19 | 143396 | 2 |
| 132 | 20/Jun/19 | 688953 | 2 |
| 133 | 20/Jun/19 | 143397 | 2 |
| 134 | 20/Jun/19 | 143398 | 2 |
| 135 | 20/Jun/19 | 143399 | 2 |
| 136 | 20/Jun/19 | 143400 | 2 |
| 137 | 20/Jun/19 | 143505 | 2 |
| 138 | 21/Jun/19 | 143481 | 2 |
| 139 | 21/Jun/19 | 143482 | 2 |
| 140 | 21/Jun/19 | 143483 | 2 |

| No. | Fecha | Nro. Cuenta | Subsec tor |
|-----|-----------|-------------|------------|
| 141 | 21/Jun/19 | 143484 | 2 |
| 142 | 21/Jun/19 | 143485 | 2 |
| 143 | 21/Jun/19 | 143486 | 2 |
| 144 | 21/Jun/19 | 143478 | 2 |
| 145 | 21/Jun/19 | 143479 | 2 |
| 146 | 21/Jun/19 | 143480 | 2 |
| 147 | 24/Jun/19 | 143470 | 2 |
| 148 | 24/Jun/19 | 143471 | 2 |
| 149 | 24/Jun/19 | 143472 | 2 |
| 150 | 24/Jun/19 | 143473 | 2 |
| 151 | 24/Jun/19 | 143474 | 2 |
| 152 | 24/Jun/19 | 143475 | 2 |
| 153 | 24/Jun/19 | 143476 | 2 |
| 154 | 24/Jun/19 | 143467 | 2 |
| 155 | 24/Jun/19 | 143468 | 2 |
| 156 | 24/Jun/19 | 143469 | 2 |
| 157 | 25/Jun/19 | 143439 | 2 |
| 158 | 25/Jun/19 | 143440 | 2 |
| 159 | 25/Jun/19 | 143441 | 2 |
| 160 | 25/Jun/19 | 143442 | 2 |
| 161 | 25/Jun/19 | 143443 | 2 |
| 162 | 25/Jun/19 | 143444 | 2 |
| 163 | 25/Jun/19 | 143445 | 2 |
| 164 | 25/Jun/19 | 143446 | 2 |
| 165 | 25/Jun/19 | 143447 | 2 |
| 166 | 26/Jun/19 | 143438 | 2 |
| 167 | 26/Jun/19 | 143437 | 2 |
| 168 | 26/Jun/19 | 143436 | 2 |
| 169 | 26/Jun/19 | 143435 | 2 |
| 170 | 26/Jun/19 | 143434 | 2 |
| 171 | 26/Jun/19 | 143461 | 2 |
| 172 | 27/Jun/19 | 143491 | 2 |
| 173 | 27/Jun/19 | 143492 | 2 |
| 174 | 27/Jun/19 | 143493 | 2 |
| 175 | 27/Jun/19 | 143455 | 2 |
| 176 | 27/Jun/19 | 143456 | 2 |
| 177 | 28/Jun/19 | 143494 | 2 |
| 178 | 28/Jun/19 | 143495 | 2 |
| 179 | 28/Jun/19 | 143496 | 2 |
| 180 | 28/Jun/19 | 143497 | 2 |
| 181 | 28/Jun/19 | 143498 | 2 |
| 182 | 28/Jun/19 | 143499 | 2 |
| 183 | 28/Jun/19 | 143500 | 2 |
| 184 | 01/Jul/19 | 143502 | 2 |
| 185 | 01/Jul/19 | 143503 | 2 |
| 186 | 01/Jul/19 | 143504 | 2 |
| 187 | 01/Jul/19 | 143505 | 2 |
| 188 | 01/Jul/19 | 143506 | 2 |
| 189 | 01/Jul/19 | 143507 | 2 |
| 190 | 01/Jul/19 | 143511 | 2 |
| 191 | 01/Jul/19 | 143512 | 2 |
| 192 | 02/Jul/19 | 143514 | 2 |
| 193 | 02/Jul/19 | 143515 | 2 |
| 194 | 02/Jul/19 | 143516 | 2 |
| 195 | 02/Jul/19 | 143517 | 2 |
| 196 | 02/Jul/19 | 143518 | 2 |
| 197 | 02/Jul/19 | 143531 | 2 |
| 198 | 03/Jul/19 | 143532 | 2 |
| 199 | 03/Jul/19 | 143533 | 2 |
| 200 | 03/Jul/19 | 143534 | 2 |
| 201 | 03/Jul/19 | 143535 | 2 |
| 202 | 03/Jul/19 | 143536 | 2 |
| 203 | 04/Jul/19 | 143538 | 2 |
| 204 | 04/Jul/19 | 143539 | 2 |
| 205 | 04/Jul/19 | 143540 | 2 |
| 206 | 04/Jul/19 | 143541 | 2 |
| 207 | 08/Jul/19 | 143560 | 2 |
| 208 | 08/Jul/19 | 143561 | 2 |
| 209 | 08/Jul/19 | 143562 | 2 |
| 210 | 08/Jul/19 | 143563 | 2 |

8.1.5 非合法接続の探知/撤去/合法化

パイロットプロジェクト No.1(AZA No.3)とは異なり、当初のユーザー訪問調査では、違法接続の疑いがあるユーザーは発見されなかった。しかし、無収水課の漏水調査・修理を通じて非合法接続が1件、技術商業課による給水管更新作業にてさらに4件の非合法接続が見つかった。



MS No.61で発見された非合法接続

この5件とは別に「長期の料金滞納がありメータを設置しない直接接続をしている」非合法接続の疑いがあるユーザー11件が見つかった。

Aquavism における各ユーザー情報の記載内容について、料金徴収課を通じて確認した結果は以下のとおりである。この表に示されているように、非合法の場合は合法化手続きが取られ、メータ設置が進められた。

一方、料金未納に対しても、給水切断等の処置が必ず取られていることが確認された。料金未納16件のうち、支払約束:7件、支払済:10件(重複あり)、未解決:4件、Aquavism にハイパスの記載なし:1件という状況であった。

対処はあったものの4件のユーザーは料金未納問題が解決されず、それ以外の11件では支払約束や一部支払い等があり再接続(合法化)された。なお、1件では再接続後、住宅側で給水管の切断が認められた(理由は不明)。

表 8.7 非合法接続及び料金未納ユーザーへの対応

| No. | Fecha de obra | Nro. Cuenta | Estado en el momento de la obra | Descripción en Aquavism | Monto del pago comprometido (C\$) | Monto del pago realizado (C\$) | Resultado |
|-----|---------------|-------------|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 2019/5/20 | 143225 | Bypass de medidor (Moroso de largo tiempo | 2019/5/20に119,000C\$の未納。2019/5/21に3,731C\$の支払。498.31C\$を24回払いする約束をした。 | 11,959.44 | 3,731.00 | 支払約束・部分払いによるメータ設置 →10/8現在、メータ有り。 |
| 2 | 2019/6/7 | 145167 | Bypass de medidor | 2,3回の未納があった。8/19に未納の4回払いの約束をした。10/4に496C\$支払い。 | - | - | 支払約束・部分払いによるメータ設置 →10/8現在、メータ有り。 |
| 3 | 2019/6/7 | 145169 | Bypass de medidor (Moroso de largo tiempo | 2019/6/7に罰金発生。NRW費用1,651C\$含む。未納金4,433C\$もあった。6/10に支払約束。562C\$×5回と金利合計84.4C\$等で合計2,897.6C\$。 | 2,897.60 | - | 支払約束によるメータ設置。 →10/8現在、メータ有り。 |
| 4 | 2019/6/25 | 143440 | Conexion directa de la | NRW費用360m ³ 分。12,597.78C\$。全て | 14,323.78 | 688.61 | 部分払いによるメータ設置。 |

| No. | Fecha de obra | Nro. Cuenta | Estado de momento de la obra | Descripción en Aquavism | Monto del pago comprometido (C\$) | Monto del pago realizado (C\$) | Resultado |
|-----|---------------|-------------|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|---|
| | | | tubería principal | 込みで 14,323.78C\$、48回払い、7/25に688.61C\$の支払。 140回分の未納があったため、47回切替。直接接続。 2019/7/12にメータをつけようとしたが拒否。 | - | - | →10/8 現在、メータ有り。 |
| 5 | 2019/7/10 | 143523 | Conexión directa (Moroso de largo tiempo) | 2019/7/11に、未納金15,354.48C\$を51回払いで払う約束をした。30回切替。 | - | - | 未解決 →10/8 現在、古いメータ有り。 |
| 6 | 2019/7/11 | 143546 | Conexión directa (Moroso de largo tiempo) | 120回分 50,564.32C\$の未納金がある。 2019/7/15に1,000C\$支払っている。7/16にメータ交換。過去に27回切替。 | 15,354.48 | 1,000.00 | 支払約束によるメータ設置。 →10/8 現在、メータ有り。 |
| 7 | 2019/7/11 | 143547 | Conexión directa (Moroso de largo tiempo) | 現在も121回の分割払いがある。 2019/7/12に3回分の432.51C\$を支払ったため、7/15にメータ交換。 | - | - | 部分払いによるメータ設置。 →10/8 現在、メータ有り。 |
| 8 | 2019/7/12 | 143454 | Conexión directa (Moroso de largo tiempo) | 164回分、42,776C\$の未納金がある。7/17に128回の支払い約束をし、500C\$支払った。しかし、9/27に再度未払いで切替され、10月には直接接続になった。 | - | 432.51 | 部分払いによるメータ設置。 →10/8 現在、メータ有りが、住宅側で切替(不明) |
| 9 | 2019/7/15 | 143450 | Conexión directa (Moroso de largo tiempo) | 7/2に200C\$払っている。29回8,500C\$の未納。7/5にはメータがあった。8/15メータ交換。 8/29に未納により切替。9/4に直接接続を発見。 | - | 500.00 | 未解決 支払約束、部分払いによりメータ設置も、未払いにより再切替。 →10/8 現在、メータ無し。 |
| 10 | 2019/8/12 | 161904 | Conexión directa (Moroso de largo tiempo) | 136回、28,388C\$の未納がある。最後に1/29に200C\$払っている。9/27にも切替。 | - | - | 未解決 未納により再切替。 →10/8 現在、メータ無し。ダイヤル接続。 |
| 11 | 2019/8/12 | 161906 | Conexión directa (Moroso de largo tiempo) | 173回、55,560C\$の未納があった。28回 | - | 500.00 | 部分払いによるメータ設置。 |
| 12 | 2019/8/14 | 161913 | Conexión directa | | | | |

| No. | Fecha de obra | Nro. Cuenta | Estado de momento de la obra | Descripción en Aquavism | Monto del pago comprometido (C\$) | Monto del pago realizado (C\$) | Resultado |
|--------------|---------------|-------------|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|--|
| | | | (Moroso de largo tiempo) | 切替された。9/19に500C\$払っている。 非合法接続の罰金(罰金、切替再接続費、NRW費、計6,302.98C\$)が課された。8/24に支払い約束。10/2に545.31C\$支払った。 | 6,302.98 | 545.31 | 10/8 現在、メータ有り。 支払約束・部分払いによるメータ設置。 →10/8 現在、メータ有り。 |
| 13 | 2019/8/19 | 142956 | By-pass de medidor | 42回、65,824C\$の未納がある。8/5切替。8/22再接続。9/2支払。 | 61,323.91 | 1,357.00 | 支払約束によるメータ設置。 →10/8 現在、メータ有り。 |
| 14 | 2019/8/21 | 143650 | Conexión directa (Moroso de largo tiempo) | 170回、68,019C\$の未納がある。8/4に切替したが9/16に支払約束。124回払い、31,455C\$。 | 31,455 | - | 支払約束によるメータ設置。 →10/8 現在、メータ有り。 |
| 15 | 2019/8/22 | 143648 | Conexión directa (Moroso de largo tiempo) | 75回分、56,586C\$の未納がある。8/4切替。8/5に直接接続の写真有り。8/26に436.51C\$支払いELSTERのメータ設置。 | 436.51 | 436.51 | 部分払いによるメータ設置。 →10/8 現在、メータ有り。 |
| 16 | 2019/8/26 | 143637 | Conexión directa (Moroso de largo tiempo) | | | | |
| Total | | | | | | 143,617.19 | 16件中、再接続:11件 未解決:4件 不明:1件(漏水管側ではなく住宅側の切替) |

明らかに Aza No.3(100 件以上)よりも非合法接続の件数が少ないことが分かった。しかし、MS No.61 では非合法接続は少ないが、多額の未納料金を有するユーザーが多数存在する(3,000C\$以上で107 件、10,000C\$以上で81 件)。

未納の件数が非常に多く、すべての状況を把握することはできないが、以上で確認したことを考慮すると、これら100 件以上の未納者に対して、ENACAL はその都度給水停止の措置を取っているものの、未納者が支払い約束だけを再接続後はまた未納になる、もしくは未納者が支払約束の初回支払のみを行って再接続し、その後は未納になる、あるいは未納者が勝手に再接続をして、それをまた停止するというイタチごっこが続くことで、非常に長期間で多額の未納金が蓄積されているものと考えられる。

下表に、MS No.61 における未納額 3,000C\$以上のユーザーのリストを示す。これらの未納額の合計は 454 万 C\$(1,522 万円)であった。

料金の未納(滞納)は、すでにユーザーに請求を行っているため無収水には含まれないが、水道事業の財務面、およびユーザーの負担の公平性にとって問題であることは変わりなく、これをいかに減らしていくかが、ENACAL にとって重要な課題の一つである。

表 8.8 MS No.61 の 3,000C\$以上の料金未納ユーザー

| No. | Nro. Cuenta | Morosidad (C\$) | Mes | No. | Nro. Cuenta | Morosidad (C\$) | Mes | No. | Nro. Cuenta | Morosidad (C\$) | Mes |
|-----------|-------------|-----------------|-----|-----|-------------|-----------------|-----|-----|-------------|---------------------|-----|
| 1 | 143482 | 460,612.10 | 87 | 37 | 161913 | 33,773.43 | 90 | | | | |
| 2 | 162020 | 236,535.91 | 78 | 38 | 143450 | 32,487.01 | 83 | | | | |
| 3 | 142928 | 205,483.56 | 93 | 39 | 143109 | 30,958.01 | 80 | | | | |
| 4 | 143216 | 173,249.04 | 92 | 40 | 167403 | 30,858.64 | 83 | | | | |
| 5 | 143041 | 146,391.39 | 91 | 41 | 143545 | 30,481.28 | 63 | | | | |
| 6 | 143270 | 135,945.90 | 91 | 42 | 143388 | 29,549.50 | 31 | | | | |
| 7 | 143254 | 131,404.38 | 59 | 43 | 143579 | 28,700.77 | 60 | | | | |
| 8 | 145170 | 119,953.97 | 68 | 44 | 143293 | 28,510.25 | 66 | | | | |
| 9 | 143632 | 112,581.63 | 112 | 45 | 142929 | 28,456.69 | 63 | | | | |
| 10 | 142989 | 107,308.97 | 7 | 46 | 143406 | 27,983.88 | 41 | | | | |
| 11 | 143389 | 106,983.32 | 78 | 47 | 143281 | 27,256.73 | 78 | | | | |
| 12 | 143629 | 96,277.49 | 111 | 48 | 143136 | 27,144.74 | 79 | | | | |
| 13 | 143064 | 96,142.97 | 76 | 49 | 143514 | 26,617.69 | 67 | | | | |
| 14 | 143284 | 89,243.44 | 78 | 50 | 143286 | 26,536.83 | 89 | | | | |
| 15 | 143394 | 85,295.20 | 76 | 51 | 142933 | 26,257.54 | 55 | | | | |
| 16 | 142944 | 82,284.36 | 92 | 52 | 162024 | 26,025.55 | 64 | | | | |
| 17 | 143171 | 81,181.96 | 91 | 53 | 143535 | 25,932.73 | 60 | | | | |
| 18 | 143295 | 69,880.15 | 85 | 54 | 143561 | 25,736.35 | 58 | | | | |
| 19 | 161905 | 66,724.62 | 57 | 55 | 161985 | 25,131.90 | 90 | | | | |
| 20 | 143035 | 61,350.00 | 114 | 56 | 142997 | 24,763.39 | 53 | | | | |
| 21 | 143328 | 60,063.70 | 10 | 57 | 143306 | 24,724.47 | 31 | | | | |
| 22 | 143049 | 56,308.02 | 88 | 58 | 143454 | 24,488.03 | 88 | | | | |
| 23 | 162078 | 54,286.49 | 90 | 59 | 143075 | 21,307.35 | 81 | | | | |
| 24 | 143037 | 51,572.95 | 84 | 60 | 166392 | 20,146.14 | 87 | | | | |
| 25 | 143057 | 50,613.50 | 91 | 61 | 143151 | 19,656.86 | 27 | | | | |
| 26 | 143523 | 49,252.14 | 139 | 62 | 143329 | 19,432.43 | 27 | | | | |
| 27 | 143404 | 47,867.99 | 81 | 63 | 143132 | 19,259.43 | 56 | | | | |
| 28 | 143637 | 47,012.16 | 29 | 64 | 161906 | 18,785.93 | 76 | | | | |
| 29 | 143648 | 44,718.65 | 88 | 65 | 143068 | 18,598.12 | 48 | | | | |
| 30 | 143315 | 44,260.96 | 92 | 66 | 161916 | 17,687.65 | 62 | | | | |
| 31 | 143062 | 42,042.44 | 72 | 67 | 143650 | 15,775.59 | 6 | | | | |
| 32 | 143105 | 38,328.44 | 89 | 68 | 143623 | 14,117.96 | 21 | | | | |
| 33 | 143215 | 37,977.60 | 63 | 69 | 162036 | 13,930.02 | 34 | | | | |
| 34 | 145157 | 37,617.68 | 139 | 70 | 167404 | 13,926.52 | 86 | | | | |
| 35 | 143054 | 37,598.49 | 60 | 71 | 162023 | 13,804.86 | 26 | | | | |
| 36 | 143337 | 37,063.01 | 83 | 72 | 143484 | 13,721.27 | 36 | | | | |
| 合計 | | | | | | | | | | 4,540,878.55 | |

8.2 既存の水道メータの精度確認

MS No.61 内で水道メータのみを更新した 301 件の中から、動作が正常な旧メータ 226 個を抽出して、ENACAL Taller de medidor のテストベンチにおける器差検査を行った。対象のメータはマナグアで最も多く使用されている Berotz 製又は WTA 製の羽根車式で、口径 13mm、プラスチック駆体であり、調達単価は 10 ドルを下回るほどの安価な製品である。

ISO4064 の規格に準拠したメータであれば、メータが持つ固有の誤差として以下が規定されている。

$$Q_1 \leq Q < Q_2 \quad : +/ -5\% \quad (\text{使用中のメータは } +/ -10\%)$$

$$Q_2 \leq Q \leq Q_4 \quad : +/ -2\% \quad (\text{使用中のメータは } +/ -5\%)$$

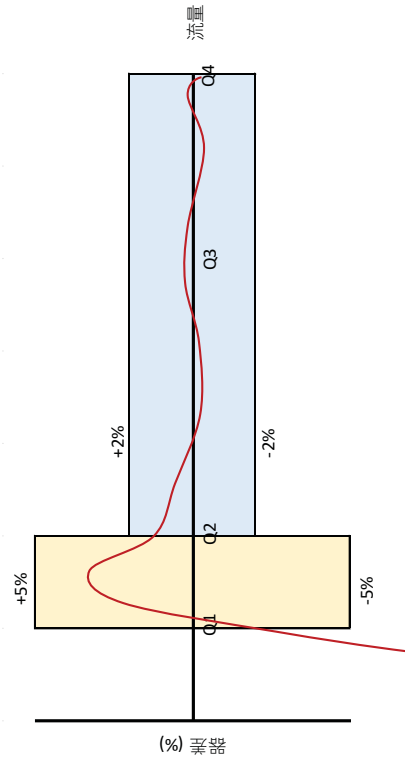


図 8.2 メータの器差曲線

表 8.9 検査対象となったメータの仕様

| 記号 | 呼称 | ISO 4064 に戻す基準 |
|----------------|--------|-----------------------|
| Q ₁ | 定格最小流量 | Class B 30 L/h |
| Q ₂ | 転移流量 | 120 L/h |
| Q ₃ | 定格最大流量 | 1.5 m ³ /h |
| Q ₄ | 限界流量 | 3.0 m ³ /h |

検査は流量帯域 Q₁、Q₂、Q₃ の 3 点で実施した。テストの対象となったメータは口径 13mm が 223 個、口径 20mm が 3 個の割合である。口径 13mm に対する検査結果の概要は以下のとおりである。

- 定格最小流量 Q₁ で許容誤差 ±10% を超過したメータは 12 個 (5.4%) である。
- 定格最小流量 Q₁ で誤差 ±5% を超過したメータは 41 個 (18.4%) である。
- 転移流量 Q₂ で許容誤差 ±4% を超過したメータは 20 個 (8.8%) である。
- 転移流量 Q₂ で誤差 ±2% を超過したメータは 67 個 (30.0%) である。
- 定格最大流量 Q₃ で許容誤差 ±4% を超過したメータは 20 個 (9.0%) である。
- 定格最大流量 Q₃ で誤差 ±2% を超過したメータは 60 個 (26.9%) である。
- 一般的に累積指示値は使用年数とともに増加するが、累積指示値と誤差の発生傾向に十分な相関はみられない。
- 使用年数が少ないメータでも、許容誤差を大きく上回るメータが散見されるため、メータの性能の信頼性が低いことを示唆している。
- 一般的に、定格最小流量 Q₁ 付近での使用よりも Q₂～Q₃ の使用頻度が高いため、Q₂ 以上の流量帯域における誤差が少ないメータを選定することが、無収水対策として重要である。

表 8.10 既存メータの器差の平均値

| 流量帯域 | メータの積算流量 (m ³) | | | 平均 |
|---------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| | 0 - 1000 (64 個) | 1001 - 2000 (94 個) | 2001 - 3000 (45 個) | |
| Q1 (30 L/h) | -1.59% | -2.75% | -4.09% | -1.85% |
| Q2 (120 L/h) | -0.70% | -0.83% | -1.81% | -0.46% |
| Q3 (1500 L/h) | -1.35% | -0.43% | -1.15% | -1.00% |
| | | | | -0.92% |

個々のメータの器差には著しくばらついており、公正な請求が行われていないという点で大きな問題である。

使用されているメータは、メータ検定所 (Taller de medidor) のテストベンチで検査され、すべて合格したものが納入されている。しかし、使用開始からそれほど時間がたっていないメータであっても、許容誤差を大きく超過するものが発生している。

つまり、現在広く使用されているメータは、初期の精度は確保されているが、使用とともに急速に精度が悪くなるものが存在しており、製品そのものの信頼性が低いことを示している。

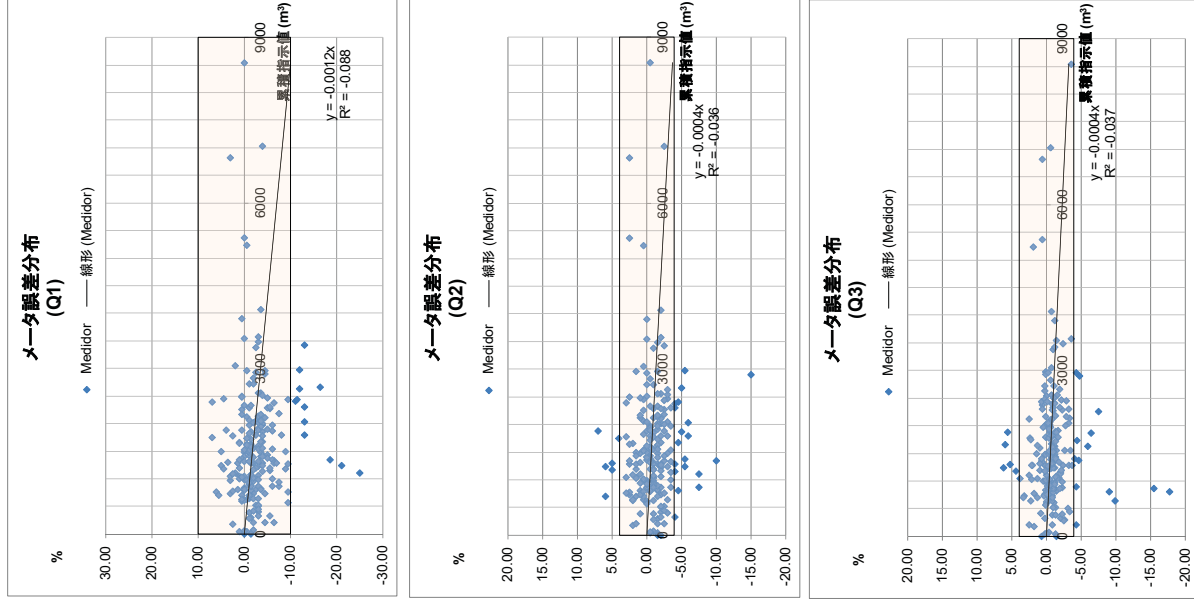


図 8.3 流量帯域毎のメータ器差の分布

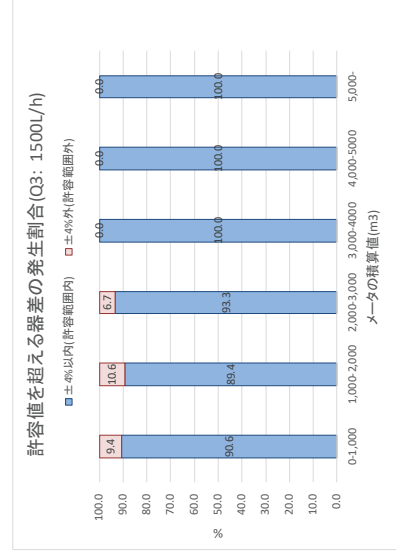
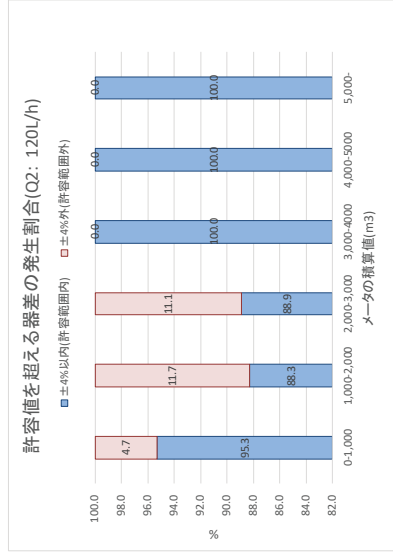
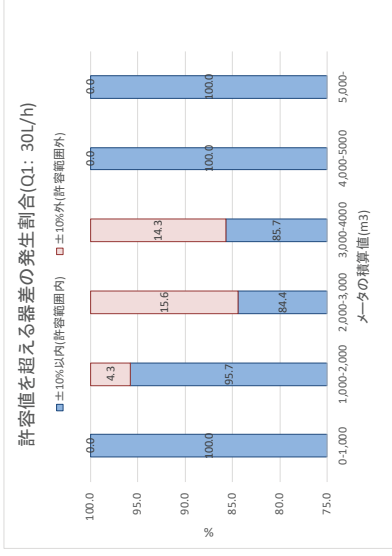


図 8.4 許容値を超えるメータの割合

8.3 現在の請求水量におけるメータ器差の影響

既存の水道メータ223個の器差検定によって、3つの流量帯域における器差の平均値が算出できた。そこで、MS No.61のユーザーのメータに器差が全くない場合、請求水量がどのように変化するかを推定するため、シミュレーションを行う。

8.3.1 MS No.61の請求種別の変化

水道ユーザーに対する請求では、メータ検針に基づいて請求されているユーザー以外に、検針不能やメータがないといった理由で、平均使用水量や調整値による請求も行われている。

平均使用水量に基づいて請求されている場合、その水量は有収水量としてカウントされるが、その精度には大きな問題がある。有収水量や無収水率は水道事業者の業務指標として極めて重要であり、その信頼性を高めるには、メータ検針による請求比率を高める努力が必要である。

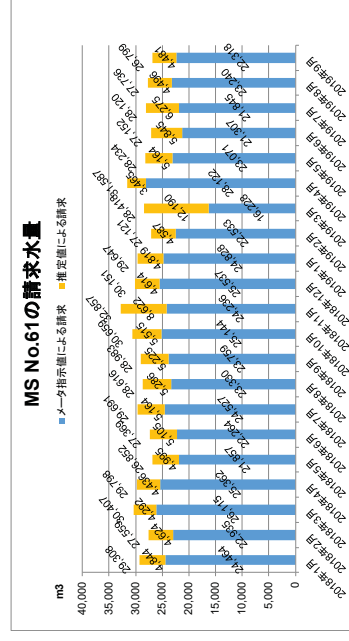


図 8.5 MS No.61の請求水量の内訳

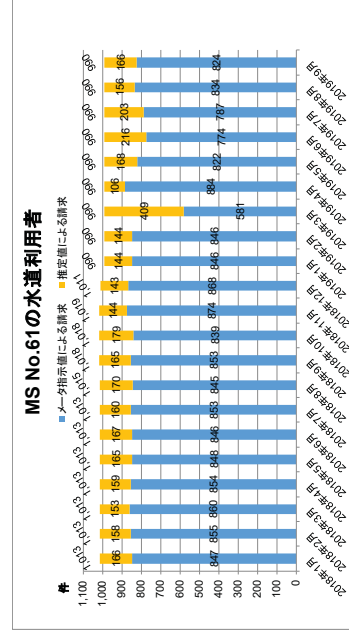


図 8.6 MS No.61のユーザーの請求内訳

8.3.2 MS No.61 のユーザー種別

はじめに、無収水削減対策を開始する前の2018年9月時点の請求データから、ユーザーの請求種別とメータの累積指示値を求める。

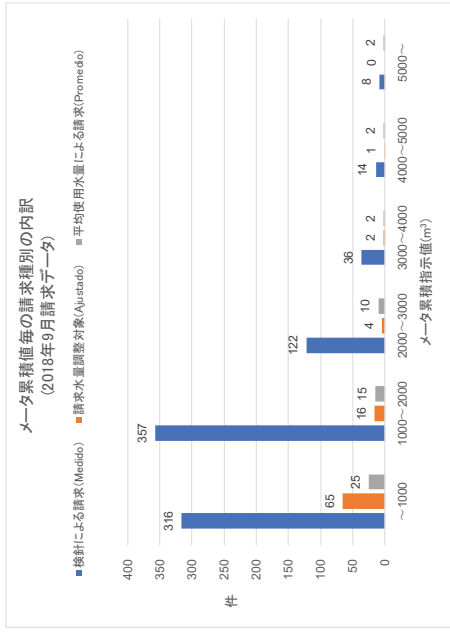


図 7.7 メータを持つユーザーの請求タイプ

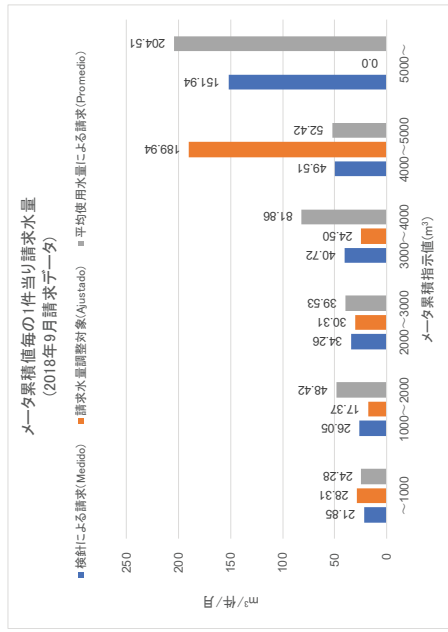


図 8.8 請求種別毎の1件当たり請求水量

MS No.61 に存在するユーザーのうち、実際にメータ検針によって請求されているユーザー (Medido)は 853 件(Facturacion Efectiva)であり、それ以外のユーザーはメータ自体の問題や過去の請求に何らかの問題があったため、推定値で請求されている(Facturacion Estimada)。

メータ検針による請求割合は約 84%であり、1件当たりの平均請求水量は 54m³/件/月となっている。メータ累積指示値 4000 以上のユーザーでは、1件当たり請求水量が 150m³/件/月を大きく上回るこ

表 8.11 請求水量が大きいユーザー

| ユーザー番号 | 種別 | メータ口径 (inch) | メータ指示値 (m³) | 請求水量 (m³) | 備考 |
|---------------|----------|--------------|-------------|-----------|----|
| 検針による請求対象 | | | | | |
| 161959 | 家庭 | 5/8 | 5,273 | 94.30 | |
| 144993 | 家庭 | 5/8 | 5,804 | 27.60 | |
| 143270 | 家庭 | 5/8 | 6,118 | 142.00 | 滞納 |
| 162020 | 家庭 | 5/8 | 6,614 | 230.90 | 滞納 |
| 162076 | 家庭 | 5/8 | 6,811 | 43.00 | 滞納 |
| 162007 | 家庭 | 5/8 | 7,585 | 32.70 | |
| 162928 | 家庭 | 5/8 | 7,763 | 144.00 | 滞納 |
| 143181 | 公的機関(学校) | 5/8 | 12,447 | 501.00 | |
| 平均 | | | | 151.94 | |
| 平均使用水量による請求対象 | | | | | |
| 143389 | 家庭 | 5/8 | 5,245 | 95.63 | 滞納 |
| 143482 | 家庭 | 5/8 | 11,315 | 313.39 | 滞納 |
| 平均 | | | | 204.51 | |
| 請求水量調整対象 | | | | | |
| 143041 | 家庭 | 5/8 | 4,601 | 189.94 | 滞納 |

推定に基づく請求対象のユーザーについて、1件当たりの平均請求水量を計算すると、平均使用水量の請求対象ユーザー(Promedio)で 58m³/件/月、調整対象ユーザー(Ajustado)では 75m³/月・件となり、両者ともメータ検針対象のユーザーよりも多く請求されていることがわかる。

8.3.3 メータ器差がない場合の請求水量の推定

つぎに、メータ検針によって請求されているユーザー(Medido)853 件の請求水量を、使用水量帯域別に配分し、メータ器差の影響がなかった場合の請求水量がどのように変化するか試算する。

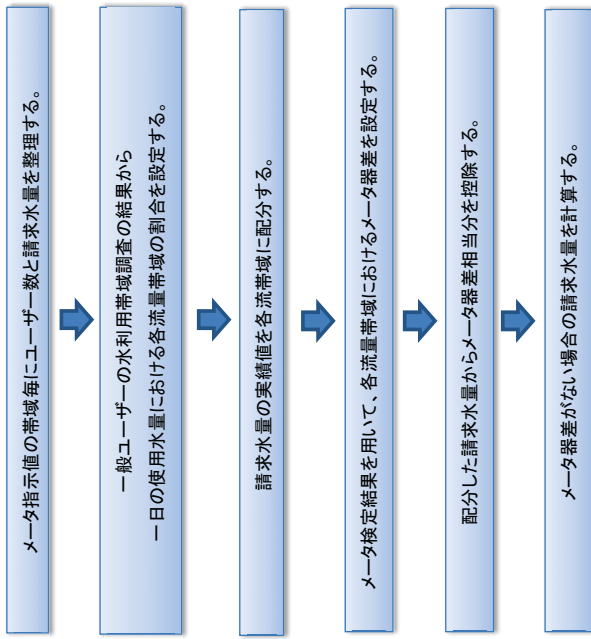


図 8.9 メータ器差を考慮した請求水量の推定フロー

なお、一般ユーザーが水道を使用する際の水量帯域の発生割合は、パイロット区画 No.1 (AZA No.3)における調査結果から次のようになっている。これによれば、120L/時以上の流量帯域での使用は、全体使用水量の70%以上を占めており、10L/時以下では10%未満である。つまり、請求水量を安定的に確保するためには、小流量帯域での精度向上はあまり重要ではなく、120L/時以上の流量帯域で誤差が少ないメータを選定することが重要であることがわかる。

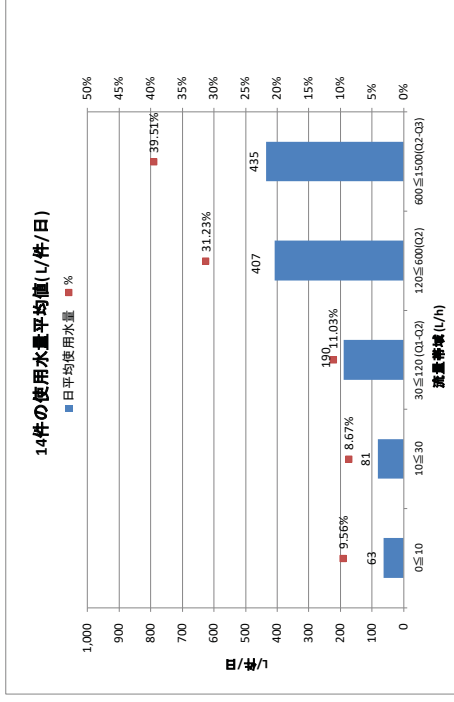


図 8.10 水量帯域毎の平均使用水量

これらのデータを用いた試算結果は次のとおりであり、メータ器差がない場合、約1.2%の請求水量の増加が見込まれる。

MS No.61 のメータ器差は全体的にマイナス傾向にあることがわかっており、メータの精度が向上することにより、商業的な損失を回復できる可能性があることがわかる。

8.4 見掛け損失対策の効果

パイロットプロジェクトNo.2では、最初に真の損失対策(漏水修理・減圧弁設置等)を行い、続いて見かけ損失対策(メータ更新等)を行い、最後に真の損失対策としてメータを含む給水管更新を行った。そのため、真の損失対策のうち漏水修理・減圧弁設置による無収水削減効果は、時期が分かれており、明確にその前後の配水量減少分で効果を測ることができる。(下図①)

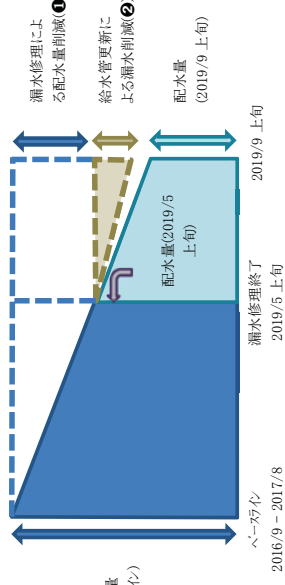


図 8.12 配水量削減の効果(全期間)

見掛け損失対策のうちメータ更新による効果は、一部給水管更新に含めて行われたため、メータ更新されたユーザー番号のリストを作成し、ベースライン時とプロジェクト後の請求水量を比較して、請求水量の増加分をその効果とする。

見掛け損失対策のうちの非合法接続対策についても、同様に対策を行ったユーザーのリストを作成し、ベースライン時とプロジェクト後の請求水量を比較して効果を測る。

給水管更新による漏水量の減少は真の損失対策の効果であり、これは、給水管更新前後の夜間最小流量をもとに、月当たりの漏水削減量を試算し効果を把握する(上図②)。

給水管更新前後のMS No.61全体の配水量を比較し、前記の「夜間最小流量によって試算された漏水削減量」よりも「配水量の減少分」が大きい場合、漏水削減量を超える配水量の減少分は、メータ更新や給水管更新が行われたユーザーが使用水量を普段よりも抑えたことによる節水効果ももたらしたと考えられる。このようなユーザーの節水は、いずれ遠からず普段の水使用に戻ると考えられる。

そのため、本パイロットプロジェクトでは、MS No.61の全体の配水量が、給水管更新による漏水削減量よりも大きく減少している場合は、これらがユーザーの節水による請求水量減による配水量減で、近い将来に還元するものと考えられる。そして、この配水量減に有収水量減を掛けた請求水量減少分を、メータ更新による見掛け損失対策(請求水量増)の効果に含めることとする(下図①)。

A. メータ検針による請求対象ユーザーと請求水量の概要

| 項目 | 単位 | メータ累積指示値(m³) | | | | |
|-----------|--------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | ~1000 | 1000~2000 | 2000~3000 | 3000~4000 | 4000~5000 |
| 顧客数 | 件 | 316 | 357 | 122 | 36 | 14 |
| 請求水量 | m³/月 | 6906 | 9299 | 4179 | 1466 | 693 |
| 1件当たり請求水量 | m³/月/件 | 21.85 | 26.05 | 34.26 | 40.72 | 49.51 |
| | | | | | | 151.94 |

B. 上記請求水量を使用水量の帯域に按分する。按分の割合はAZA No.3の使用水分分析結果に基づく。

| 流量帯域 | 割合(%) | メータ累積指示値(m³) | | | | |
|-------------|--------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | ~1000 | 1000~2000 | 2000~3000 | 3000~4000 | 4000~5000 |
| 0~10L/h | 9.56 | 2.09 | 2.49 | 3.27 | 3.89 | 4.73 |
| 10~30L/h | 8.67 | 1.89 | 2.26 | 2.97 | 3.53 | 4.29 |
| 30~120L/h | 11.03 | 2.41 | 2.87 | 3.78 | 4.49 | 5.46 |
| 120~600L/h | 31.23 | 6.82 | 8.13 | 10.70 | 12.72 | 15.46 |
| 600~1500L/h | 39.51 | 8.63 | 10.29 | 13.53 | 16.09 | 19.56 |
| 合計 | 100.00 | 21.85 | 26.05 | 34.26 | 40.72 | 49.51 |
| | | | | | | 151.94 |

C. 上記請求水量には、以下のメータの器差が反映されていると仮定する。

| 流量帯域 | 単位 | 器差分布 | | | | |
|-------------|----|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | ~1000 | 1000~2000 | 2000~3000 | 3000~4000 | 4000~5000 |
| 0~10L/h | % | -1.59 | -2.75 | -4.09 | -1.85 | -1.85 |
| 10~30L/h | % | -1.59 | -2.75 | -4.09 | -1.85 | -1.85 |
| 30~120L/h | % | -0.70 | -0.83 | -1.81 | -0.46 | -0.46 |
| 120~600L/h | % | -0.70 | -0.83 | -1.81 | -0.46 | -0.46 |
| 600~1500L/h | % | -1.35 | -0.43 | -1.15 | -1.00 | -1.00 |

上記請求水量(表B)について、器差の影響がない場合の推定水量は以下のとおり。

| 流量帯域 | 単位 | 按分水量 | | | | |
|-------------|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | ~1000 | 1000~2000 | 2000~3000 | 3000~4000 | 4000~5000 |
| 0~10L/h | | 2.12 | 2.56 | 3.41 | 3.97 | 4.82 |
| 10~30L/h | | 1.93 | 2.32 | 3.10 | 3.60 | 4.37 |
| 30~120L/h | | 2.43 | 2.90 | 3.85 | 4.51 | 5.49 |
| 120~600L/h | | 6.87 | 8.20 | 10.90 | 12.78 | 15.53 |
| 600~1500L/h | | 8.75 | 10.34 | 13.69 | 16.25 | 19.76 |
| 小計 | m³/月/件 | 22.10 | 26.32 | 34.95 | 41.10 | 49.98 |
| 対象件数 | 件 | 316 | 357 | 122 | 36 | 14 |
| 請求水量の合計 | | 6,984.09 | 9,395.46 | 4,263.46 | 1,479.75 | 699.70 |
| | | | | | | 1,226.90 |

| | | |
|--------------------|------|-----------|
| 検針対象者の請求水量 (改善予測値) | m³/月 | 24,049.36 |
|--------------------|------|-----------|

| | | |
|------------------------|------|-----------|
| 検針対象者の請求水量 (2018年9月実績) | m³/月 | 23,758.51 |
|------------------------|------|-----------|

| | | |
|----------|---|------|
| 請求水量の改善度 | % | 1.22 |
|----------|---|------|

図 8.11 メータ器差の影響を除いた場合の請求水量の試算

表 8.14 MS No.61 のユーザーの節水量

| 項目 | 配水量 (m ³ /月) |
|--------------------------|-------------------------|
| a. 漏水修理後の配水量* | 36,814 |
| b. 最後の配水量 (2019年9月上旬)* | 31,909 |
| c. 配水量の総削減量 (=a-b) | 4,905 |
| d. 給水管更新による漏水削減量 | 0 |
| e. ユーザーの節水による配水量減 (=c-d) | 4,905 |
| f. 最新の無収水率 (%) | 17.4 |
| g. ユーザーの節水量 (=e x (1-f)) | 4,052 |

注:* 30.4167 日分 (=365/12) に換算。

表 8.15 メータ設置による請求水量の変化

| 項目 | 請求水量 (m ³ /月) |
|----------|--------------------------|
| ベースライン | 16,867.19 |
| 2019年9月* | 16,212.59 |
| 増減 | -654.60 |

注: 30.4167 日分 (=365/12) に換算。

上表に見られるように、メータが設置されたユーザーの請求水量は、パイロットプロジェクト実施前と比べて、実施後は若干減少している (実施前の 3.9%)。これは、給水管更新工事が 2019 年 9 月の時点でも常時パイロット区画内のどこかで行われており、ユーザーが節水意識を高めて水を使用していたことが原因ではないかと推測される。

表 8.16 非合法接続の合法化による請求水量の変化

| 項目 | 請求水量 (m ³ /月) |
|----------|--------------------------|
| ベースライン | 779.15 |
| 2019年9月* | 675.15 |
| 増減 | -104.00 |

注: 30.4167 日分 (=365/12) に換算。

上表に見られるように、非合法接続を合法化されたユーザーの請求水量の合計は、パイロットプロジェクトの前と後で、104m³/月 (13.3%) 減少した。この背景として、明らかな非合法接続がわずか 5 件、疑いがあるものは 11 件と少なく、パイロットプロジェクト No.1(AZA No.3) の 100 件以上に比べて非合法接続の件数が限定的であったことが一つの原因であると考えられる。

一方、非合法接続 5 件については、ベースライン時の請求水量は 32 m³/月から 49m³/月の間にあり、この値は平均的な使用水量より大きい。このため、パイパス管等が存在しても無収水がそれほど多くはなかったか、ベースライン算定時 (2017 年 8 月 31 日以降) からパイロットプロジェクト開始前までの期間で、非合法になった可能性も考えられる。

なお、MS No.61 の合法化された使用者から徴収した罰金・経費を以下に示す。これまでの徴収額は合計 C\$9,190.94 であり、分割払いの今後支払われる予定の金額を含めた罰金の総額は、C\$143,617.19 である。

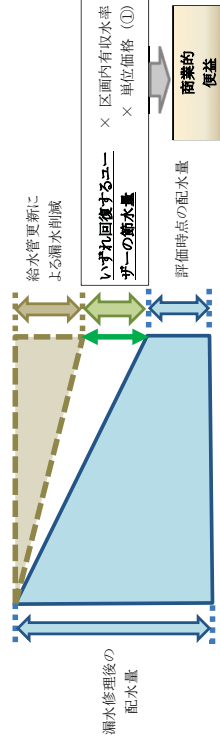


図 8.13 配水量削減の効果 (漏水修理後～給水管更新期間)

以下に、パイロットプロジェクト No.2 における各効果の水量を示す。

表 8.12 漏水修理等による配水量の変化

| 項目 | 配水量 (m ³ /月) |
|----------|-------------------------|
| ベースライン | 51,531 |
| 2019年5月* | 36,814 |
| 増減 | -14,717 |

注:* 検針期間が 31 日間 (2019/5/6-6/6) であったため、元の請求水量 (37,520) を 30.4167 日分 (=365/12) に換算。

表 8.13 給水管更新による漏水削減

| 項目 | 配水量 (リットル/秒) |
|------------------|--------------|
| 漏水修理後の夜間最小流量 | 3.7 |
| 2019年9月時点* | 4.0 |
| 給水管更新による夜間最小流量増減 | 0.3 |

注:* 8月24日から9月22日までの30日間の平均。

上表では、夜間最小流量が 0.3 リットル/秒だけ増加している。2019 年 5 月から 7 月未だに実施された給水管更新工事は、漏水修理後の残存漏水量がほぼゼロに近いサブセクターで行われていることから、それ以上の漏水削減は非常に難しい地域であった。

一方、夜間最小流量には水使用量も含まれており、上の増減は水使用量の変動によるものと考えられる。そのため、給水管更新による漏水削減効果はなかったとみなすことができる。

しかし、古い給水管を多数更新したこと、非合法接続が難しい高密度ポリエチレン管を採用したこと、今後漏水が発生し無収水率が復元するのにかかる期間は、漏水修理のみを行った場合に比べて確実に長くなっていると考えられる。

表 8.17 MS No.61 における非合法接続合法化に伴う
罰金等請求/徴収額

| 項目 | 金額 (C\$) |
|--------|------------|
| 支払約束金額 | 143,617.19 |
| 総徴収額 | 9,190.94 |
| 未収金額 | 134,426.25 |

第9章 無収水構成要素の分析

パイロットプロジェクト開始時の無収水の構成要素の分析は、以下のプロセスに従って実施する。

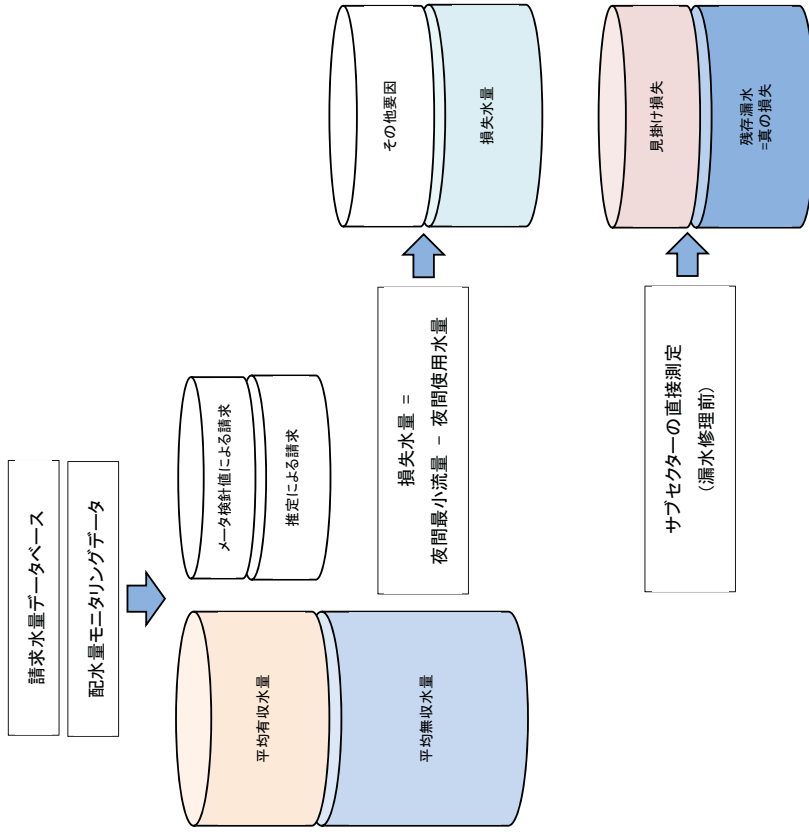
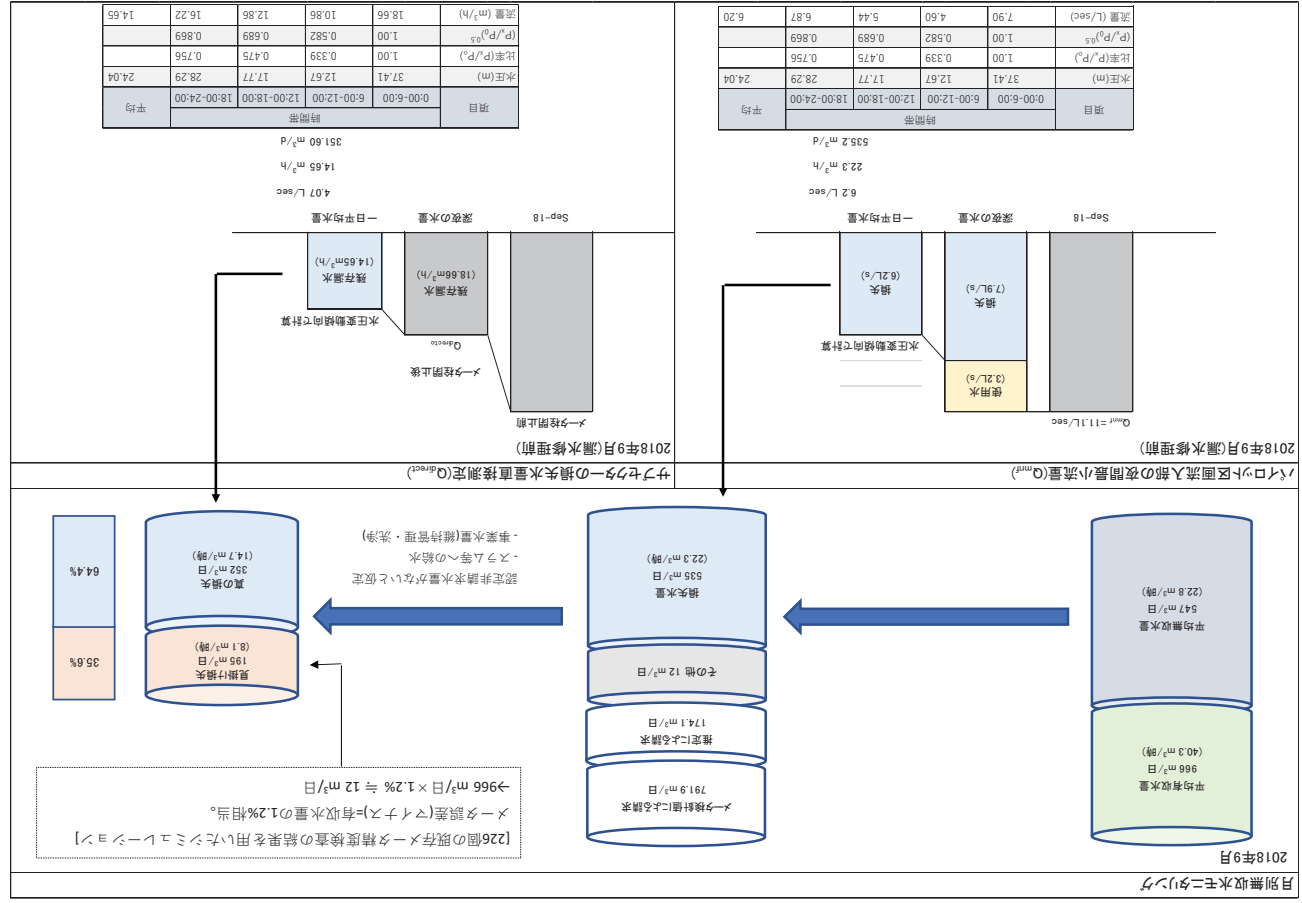


図 9.1 無収水の構成割合の算定プロセス

以下に一連の計算過程を示すが、無収水対策が開始される前の2018年9月の段階で、無収水量は547m³/時、そのうち真の損失は65.8%、見かけ損失は34.2%であると推定された。

その後、一連の漏水探知と修理を実施し、改めてサブセクターの直接測定を行ったところ、無収水量は大幅に削減された。2019年1月の段階で、無収水の構成割合は、真の損失35.8%、見かけ損失64.2%に変化した。



第 10 章 費用対効果の分析

10.1 費用対効果分析の方法

10.1.1 便益の計算

配水量減少(図 10.1 の(1))と有収水量増加(同(2))という 2 つの便益が考えられる。

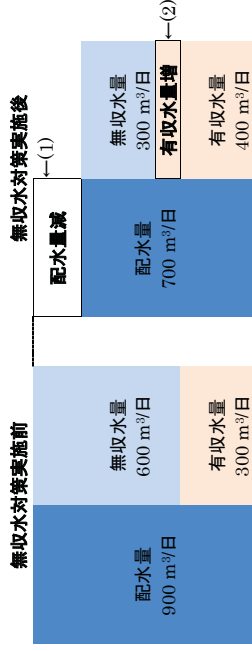


図 10.1 無収水対策の効果(イメージ)

(1) 配水量減少の便益

MS No.61 への配水量の減少は、当該地域にとっては費用の節約であるが、ENACAL 全体にとっては(水供給が不足している状態では)、減少分が周辺地域の配水量増および請求水量増につながる(図 10.2)。配水量減少分に有収率を掛けて、供給単価(単位有収水量当たりの収入)を掛けることで便益が求められる。

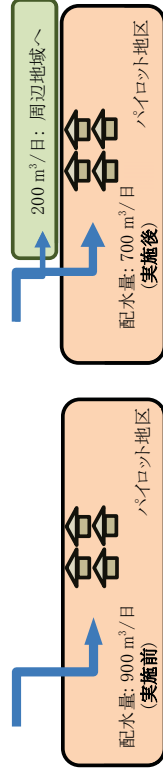


図 10.2 配水量減少の便益(イメージ)

表 10.1 配水量減少による便益の計算例

| | | | | | | | |
|--------|---------|-----|-----|-------|----------|------------|------------|
| 配水量減少分 | 200m³/日 | 有収率 | 45% | 供給単価* | 14C\$/m³ | 節約配水量による便益 | 1,260C\$/日 |
|--------|---------|-----|-----|-------|----------|------------|------------|

注*:「供給単価=水運料金請求額÷有収水量」と定義。

(2) 有収水量増加の便益

有収水量の増加は、ENACAL に追加収入をもたらすため、明らかに便益である。有収水量増の便益は、表 10.2 のように求められる。

表 10.2 有収水量増加による便益の計算例

| | | | | | |
|---------|----------|------|-----------|-----|-------------|
| 有収水量増加分 | 100 m³/日 | 供給単価 | 14 C\$/m³ | 便益増 | 1,400 C\$/日 |
|---------|----------|------|-----------|-----|-------------|

なお、MS No.61 におけるパイロットプロジェクトでは、見かけ損失対策の実施直後の有収水量はあまり変化しておらず、ユーザー側の節水意識が一時的に高まったことから、配水量の減少が顕著となった。パイロットプロジェクト終了時は水需要が下がる時期に相当し、これらの配水量の減少は一時的なものであると考えられた。

検討の結果、前出の第 8 章で述べたとおり、この配水量の減少分は節水による一時的なものとして考え、いずれ有収水量の増加としてカウントされる水量として便益に含める(図 8.13 参照)。

(3) 総便益

1)と2)から、総便益は表 10.3 のように求められる。

表 10.3 総便益の計算例

| | | | | | |
|----------|-------------|-----------|-------------|-----|-------------|
| 配水量減少の便益 | 1,260 C\$/日 | 有収水量増加の便益 | 1,400 C\$/日 | 総便益 | 2,660 C\$/日 |
|----------|-------------|-----------|-------------|-----|-------------|

(4) 便益の発生期間

上述した便益はプロジェクト実施後、無収水が完全に復元するまで、一定量ずつ減少しながら発生する。さらに、プロジェクト実施中も、下表に示すように便益が次第に増加しながら発生しており、これも便益に算入する。

なお、プロジェクト実施中、無収率は直線ではなく変化しながら低下するが、この分析では計算をシンプルにするため、時間経過とともに一定量ずつ、直線的に低下したものと仮定する。

10.1.3 費用と便益の比較方法

(1) 指標 1: 単位節約水量(無収水削減量)当たり費用

これは、無収水(もしくは有収水増加及び配水量減少分)を 1m³ 減らすのにかかる対策費用である。これが ENACAL の水生産原価より低ければ、パイロットプロジェクトの無収水対策が、ENACAL の平均的な水生産原価よりも安く配水量を増やすことができたとを示す。この指標は、以下の式で求められる。

計算式

単位節約水量当たり費用 (C\$/m³) =

$$\frac{\text{無収水対策費用(C\$)} - \text{違法接続罰金収入(C\$)} - \text{評価時点前便益(C\$)}}{\text{節約された配水量(m}^3\text{/月)} \times \text{効果継続期間(ヶ月)} \div 2} =$$

$$\frac{\text{無収水対策費用(C\$)} - \text{違法接続罰金収入(C\$)} - \text{評価時点前便益(C\$)}}{(\text{増加有収水量(m}^3\text{/月)} \div \text{区画内有収率} + \text{削減配水量(m}^3\text{/月)}) \times \text{効果継続期間(ヶ月)} \div 2}$$

注: *2: 割るのは無収水の復元を考慮しており、時間経過とともに一定量ずつ、直線的に復元することを想定。

(2) 指標 2: 無収水対策費用の回収にかかる期間

これは、無収水対策による便益で、対策費用を回収できる期間を示す。この期間が、無収水削減の効果が継続と予想される期間内であれば、対策費用が回収できると結論する。この指標は、以下の式で求められる。

計算式

無収水対策費用回収期間(ヶ月) =

$$\frac{\text{無収水対策費用(C\$)} - \text{違法接続罰金収入(C\$)} - \text{評価時点前便益(C\$)}}{(\text{増加有収水量(m}^3\text{/月)} + \text{削減配水量(m}^3\text{/月)}) \times \text{区画外有収率} \times \text{供給単価(C\$/m}^3)} \div 2$$

注: *2: 割るのは無収水の復元を考慮しており、時間経過とともに一定量ずつ、直線的に復元することを想定。

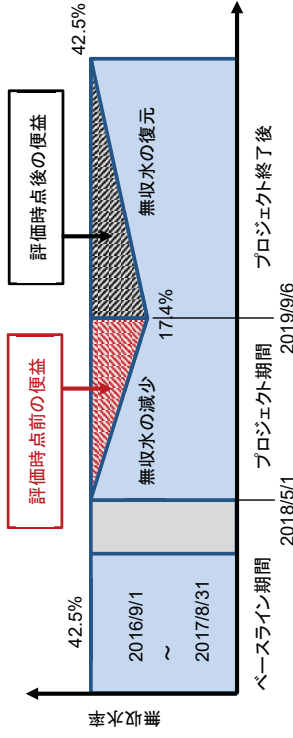


図 10.3 便益の発生期間(イメージ)

10.1.2 費用の計算

見掛け損失(商業的損失)対策、真の損失(物理的損失)対策別に、人件費、車両運搬費、調査資機材費、修理材料費、燃料料費等を毎月項目ごとに記録し、プロジェクト終了時に取りまとめる。

人件費は職員別に作業月の時間を記録する。主に物理的損失対策に従事する無収水課の職員が違法接続の発見に従事した場合は、後で人件費の調整を行うため、これにかかった時間を記録することが望ましい。

現場作業に使用した車両の種類・台数・走行距離を月ごとに記録する。

新規のメーターと給水管は、パイロットプロジェクトで削減した無収水が数年後に復元した後も使用可能であるため、その費用は購入価格ではなく、減価償却費で毎年計上する。減価償却費は、耐用期間後の残存価値(10%)を除いて耐用年数で割ったもの(定額法の場合)であり、設置後、無収水対策の効果が続く間は毎年計上する。在庫品を修理に使う場合でも、できるだけ費用を無料にはせず、同等品の購入費用(耐用年数のあるものは減価償却費)を含める。

漏水調査資機材、修理機材等も、パイロットプロジェクト以後も使用されるので、これらの費用も購入価格ではなく、減価償却費に使用した期間を乗じて計上する。

(3) 指標 3：費用便益比（効果継続期間を設定して）

便益÷費用で計算され、便益と費用の比較を表す。これが1よりも大きければ、便益＞費用でプロジェクトが利益を生み出していることになる。これが1よりも小さい場合は便益＜費用で損失を生み出している。1 の場合は、便益＝費用である。

計算式

費用便益比 =

$$\frac{(\text{増加有収水量}(\text{C}\$/\text{月}) + \text{削減配水量}(\text{C}\$/\text{月}) \times \text{区画外有収率}) \times \text{料金単価}(\text{C}\$/\text{m}^3) \times \text{効果継続期間}(\text{ヶ月})}{\div 2^* + \text{違法接続罰金収入}(\text{C}\$) + \text{評価時点前便益}(\text{C}\$)}$$

無収水対策費用 (C\$)

注：*：2で割るのは無収水の復元を考慮しており、時間経過とともに一定量ずつ、直線的に復元することを想定。

(4) 財務的内部収益率 (FIRR)

これは、あるプロジェクトを借入で行った場合に、プロジェクトの収入が、投資費用、O&M 費用、更新費用に加え、利子支払までをちょうど賄うことができる割引率を指す。FIRR が割引率（インフレを考慮した実質金利）よりも高い場合は、借入で対策を行っても元本と金利を返済でき、利益を生み出せることを意味する。FIRR は下表の費用と収入を埋めた後に、エクセルファイルの計算ウィザードで残高の欄の IRR を求めることで算出される。

パイロットプロジェクトの費用収入表

| 年 | 費用 | 収入 | 残高 |
|------|------|-----|-------|
| 1 年目 | AAAA | BBB | -DDDD |
| 2 年目 | | CCC | CCC |
| 3 年目 | | CCC | CCC |
| 4 年目 | | | |
| 5 年目 | | | |

プロジェクトが実行可能となる条件：

FIRR > 割引率

* 割引率は、実質金利のこと。
収入も費用もインフレを考慮しない。

費用：無収水対策費用と翌年からのパイロット地区のメンテナンス費用。

$$\text{収入} = 1 \text{ 年目} : (\text{増加有収水量}(\text{m}^3/\text{月}) + \text{削減配水量}(\text{m}^3/\text{月}) \times \text{区画外有収率}) \times \text{料金単価}(\text{C}\$/\text{m}^3)$$

$$\times \text{プロジェクト後の年内月数} + \text{違法接続罰金収入}(\text{C}\$) + \text{評価時点前便益}(\text{C}\$)$$

$$2 \text{ 年目以降} : (\text{増加有収水量}(\text{C}\$/\text{月}) + \text{削減配水量}(\text{m}^3/\text{月}) \times \text{区画外有収率}) \times \text{料金単価}(\text{C}\$/\text{m}^3)$$

$$\times 12 \text{ ヶ月} \times \text{各年の収入減少率}^*$$

注：*：無収水復元により、年とともに収入が減少していくため、収入に年ごとに異なる減少率を掛ける。例：1 年で無収水が 100% 復元する場合、年間収入×50%（・・・収入減少率）。
効果継続期間と年度ごとに、下表の減少率を収入に乗じる。

収入減少率：無収水の復元がない場合の年間収入を 100% とし、復元によりある年の収入が X% になった場合の X。次の % を年間収入額に掛ける。

| 開始後 X 年目 | 効果継続期間 | | | | | | | | |
|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 年間 | 2 年間 | 3 年間 | 4 年間 | 5 年間 | 6 年間 | 7 年間 | 8 年間 | 9 年間 |
| 1 年目 | 50.0% | 75.0% | 83.3% | 87.5% | 90.0% | 91.7% | 92.9% | 93.8% | 94.4% |
| 2 年目 | | 25.0% | 50.0% | 62.5% | 70.0% | 75.0% | 78.6% | 81.3% | 83.3% |
| 3 年目 | | | 16.7% | 37.5% | 50.0% | 58.3% | 64.3% | 68.8% | 72.2% |
| 4 年目 | | | | 12.5% | 30.0% | 41.7% | 50.0% | 56.3% | 61.1% |
| 5 年目 | | | | | 10.0% | 25.0% | 35.7% | 43.8% | 50.0% |
| 6 年目 | | | | | | 8.3% | 21.4% | 31.3% | 38.9% |
| 7 年目 | | | | | | | 7.1% | 18.8% | 27.8% |
| 8 年目 | | | | | | | | 6.3% | 16.7% |
| 9 年目 | | | | | | | | | 5.6% |

注：時間経過とともに一定量ずつ収入が減少する（無収水が復元）と仮定している。

10.2 費用の算出

10.2.1 バイロットプロジェクト実施中の費用

見掛け損失対策と真の損失対策の費用が下表のようにまとめられた。

表 10.4 見掛け損失(商業的損失)対策のバイロットプロジェクト費用

| 項目 | 2018年 | 2019年 | 合計 | 備考 |
|------------------------|-------|------------|------------|--------------------------------------|
| 技術商業課の人工費・車両費 | 0.00 | 155,138.29 | 155,138.29 | 同課のメータ更新全費用 |
| 消耗品費 (ICA) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | メータ更新用 |
| 設置メータの減価償却費 | 0.00 | 88,621.48 | 88,621.48 | 水道メータ 613 個分 |
| 共通費用の見掛け損失対策配賦分(メータ部分) | 0.00 | 92,542.96 | 92,542.96 | 表 10.6 共通費用:給水管及び水道メータ更新の人工費、車両費等 |
| 合計 | 0.00 | 336,302.73 | 336,302.73 | |

単位:C\$

表 10.5 真の損失(物理的損失)対策のバイロットプロジェクト費用

| 項目 | 2018年 | 2019年 | 合計 | 注 |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------------------|
| 物理的無収水課の費用 | 3,435,258.90 | 757,084.86 | 4,192,343.77 | |
| 消耗品費 (ICA) | 39,113.27 | 939.40 | 40,052.67 | サブセクター化/漏水修理用 |
| 減価償却費(直接測定機器) | 40,759.46 | 10,189.86 | 50,949.32 | 使用期間のみ |
| 減価償却費(漏水修理の材料 (ICA 供与)) | 12,878.44 | 36,399.39 | 49,277.83 | サブセクター化用バルブ等 |
| 減価償却費(給水管、付属部品等 (ICA 供与)) | | 15,884.39 | 15,884.39 | 305 個の給水管、セメント、アスファルト(メータは除く) |
| 共通費用の真の損失対策配賦分(給水管更新分) | 0.00 | 641,924.97 | 641,924.97 | 表 10.6 共通費用:給水管及び水道メータ更新の人工費、車両費等 |
| 合計 | 3,528,010.07 | 1,462,422.88 | 4,990,432.96 | |

単位:C\$

給水管の更新作業の場合、実際には給水管と水道メータを同時に更新しており、見掛け損失対策と真の損失対策の双方を含んでいる。下表は、給水管更新に伴う費用を計算し、見掛け損失及び真の損失対策に費用を配分したものである。

表 10.6 見掛け損失対策と真の損失対策の共通費用(水道メータを含む給水管の更新)

単位:C\$

| 項目 | 2018年 | 2019年 | 合計 | 注 |
|----------------|-------|------------|------------|---------------|
| 技術商業課の給水管工事費 | 0.00 | 447,419.20 | 447,419.20 | 人工費、移動費、燃料代等 |
| 物理的無収水課の給水管工事費 | 0.00 | 183,894.94 | 183,894.94 | 人工費等 |
| 消耗品費 (ICA) | 0.00 | 50,142.60 | 50,142.60 | 推進掘削機潤滑油等 |
| 減価償却費(推進掘削機等) | 0.00 | 53,011.19 | 53,011.19 | 使用期間のみ(3 か月分) |
| 合計 | 0.00 | 734,467.93 | 734,467.93 | |

| 真の損失対策配賦分 (給水管更新分) | 配分率* | 87.4% | 641,924.97 | …真の損失対策費へ |
|-----------------------|------|-------|------------|------------|
| 見掛け損失対策配賦分 (メータ部分) | | 12.6% | 92,542.96 | …見掛け損失対策費へ |

10.2.2 バイロットプロジェクト終了後の費用

バイロットプロジェクト終了後の費用としては、メータや給水管、減圧バルブ、セメント等の耐用期間の減価償却費がある。下表は、購入費用と耐用年数をもとに、これらを試算した結果である。(為替レートは、3,30616 JPY/C\$, 107,871 JPY/US\$を使用(JICA 月末レート2019年7月)。)

表 10.7 見掛け損失対策の終了後費用(減価償却費)

| 項目 | 金額 | 単位 |
|-------------|------------|-------|
| 水道メータ(613個) | 118,161.98 | C\$/年 |
| 小計 | 118,161.98 | C\$/年 |

* 残存価値10%の定額法で計算

表 10.8 真の損失対策の終了後費用(減価償却費)

| 項目 | 金額 | 単位 |
|-----------------|-----------|-------|
| 真の損失対策関連資材 | 28,098.42 | C\$/年 |
| 給水管及び付属部品(305個) | 14,290.64 | C\$/年 |
| セメント、アスファルト | 15,034.38 | C\$/年 |
| 減圧バルブ及び土木構造物 | 9,055.61 | C\$/年 |
| 小計 | 66,479.05 | C\$/年 |

* 残存価値10%の定額法で計算

表 10.9 減圧バルブ及び土木構造物の減価償却費

| 費目 | 金額 | 単位 |
|------------|----------|-------|
| 減圧バルブ購入費 | 2,625.79 | USD |
| 設置場所の土木工事費 | 4,000.00 | USD |
| 減圧バルブ耐用年数 | 15.00 | 年 |
| 構造物の耐用年数 | 30.00 | 年 |
| 減価償却費(年額): | | |
| 減圧バルブ | 157.55 | USD/年 |
| 土木構造物 | 120.00 | USD/年 |
| 小計 | 277.55 | USD/年 |
| | 9,055.61 | C\$/年 |

* 残存価値10%の定額法で算出。

以上の費用を全てまとめたものが、以下の表である。今回は全990件中、給水管更新を305件、メータ更新を613件行っていること、さらに非合法接続が比較的小数であったことを考慮し、効果継続期間を7年として試算した。ただし、見掛け損失対策のみについては、水道メータの耐用年数から効果継続期間を5年と設定した。

表 10.10 バイロットプロジェクト No.2 の無収水対策費用の合計

割引率: 8%

| 項目 | -1年目 | 0年目 | 1年目 | 2年目 | 3~5年目 | 6~7年目 | 現在価値 |
|------|-----------|-----------|---------|---------|---------|--------|-----------|
| 合計費用 | 3,528,010 | 1,798,726 | 184,641 | 184,641 | 184,641 | 66,479 | 5,950,813 |

注:1年目以降の費用は、設置した資機材の減価償却費のみ。減価償却費は無収水削減の効果継続期間のみ計上。

見掛け損失(商業的損失)対策の費用

割引率: 8%

| 項目 | -1年目 | 0年目 | 1年目 | 2年目 | 3年目 | 4~5年目 | 現在価値 |
|-------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 費用(見掛け損失対策) | 0 | 336,303 | 118,162 | 118,162 | 118,162 | 118,162 | 748,231 |

注:1年目以降の費用は、設置した資機材の減価償却費のみ。減価償却費は無収水削減の効果継続期間のみ計上。

真の損失(物理的損失)対策の費用

割引率: 8%

| 項目 | -1年目 | 0年目 | 1年目 | 2年目 | 3年目 | 4~7年目 | 現在価値 |
|------------|-----------|-----------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| 費用(真の損失対策) | 3,528,010 | 1,462,423 | 66,479 | 66,479 | 66,479 | 66,479 | 5,202,582 |

注:1年目以降の費用は、設置した資機材の減価償却費のみ。減価償却費は無収水削減の効果継続期間のみ計上。

10.3 効果の算出

下表は、ベースライン(2016年9月～2017年8月)、漏水修理/水圧調整後(2019年5月上旬～6月上旬)、ならびにプロジェクト評価期間(2019年8月上旬～9月上旬)のMS No.61の配水量、請求水量、無収水率等を示している。

表 10.11 効果の算出条件

| パイロットプロジェクト実施前 | 真の損失(物理的対策後 (漏水修理/水圧調整)) | 見掛け損失(商業的対策 及び給水管更新後 (パイロットプロジェクト終了時)) |
|--------------------------------------|--|--|
| 対象地域: MS No.61 | 対象地域: MS No.61 | 対象地域: MS No.61 |
| 評価期間: 2016/9/1-2017/8/31 | 評価期間: 2019/5/6-6/6 (31日間) 検針期間 2019/5/6-6/6 (31日間) | 評価期間: 2019/8/3-9/4 (32日間) 検針期間 2019/8/3-9/4 (32日間) |
| 月平均配水量: 51,531 m ³ /月 | 実際の月配水量: 37,520 m ³ 修正値 36,814 m ³ /月* | 実際の月配水量: 33,570 m ³ 修正値 31,909 m ³ /月* |
| 配水量(日平均): 1,694 m ³ /日 | 配水量(日平均): 1,210 m ³ /日 | 配水量(日平均): 1,049 m ³ /日 |
| 月平均請求水量: 29,610 m ³ /月 | 実際の請求水量: 28,234 m ³ 修正値 27,703 m ³ /月* | 実際の請求水量: 27,736 m ³ 修正値 26,364 m ³ /月* |
| NRW 率: 42.5% | NRW 率: 24.7% | NRW 率: 17.4% |

注: *, 1ヶ月 30.4167日(365日÷12か月)換算に修正。

下表は、上表の実施前と実施後のデータから算出された水量、ベースの便益と、マナグア市の2016年データに基づく供給単価と生産原価である。

表 10.12 パイロットプロジェクト 2 (MS No.61)の便益

| 総便益 | | 参考データ | |
|---------------------------|---|----------------------------|---|
| 削減配水量 | 19,622 m ³ /月*1 | 供給単価(現状) | 14,027 C\$/m ³ |
| 増加請求水量 | -3,246 m ³ /月*1 | 生産原価(現状) | 9,860 C\$/m ³ |
| 見掛け損失(商業的損失)対策の便益 | | | |
| 1 | 見掛け損失対策後(ユーザーの節水による)の配水量 | 4,905 m ³ /月*1 | |
| 1.1 | 減 ² ユーザーの節水が回復する ことを想定した請求水量 増 | 4,052 m ³ /月*1 | 請求額 請求水量 |
| 1.2 | 増加請求水量 | -3,246 m ³ /月*1 | 生産原価 = 総生産費用 総生産水量 |
| (1) | 違法接続対策による増加 請求水量 | -104 m ³ /月*1 | |
| (2) | 新メータを設置したユーザー への増加請求水量 | -655 m ³ /月*1 | |
| (3) | その他の増加請求水量 | -2,487 m ³ /月*1 | |
| 2 真の損失(物理的損失)対策の便益 | | | |
| 2.1 | 削減配水量 | 14,717 m ³ /月*1 | Qmcf (夜間最少流量) 単位 |
| (1) | 漏水修理による削減配 水量 | 14,717 m ³ /月*1 | May-19 3.7 l/sec Sep-19 4.0 l/sec 増減 -0.3 l/sec |
| (2) | 給水管更新による削減配 水量*3 | 0 m ³ /月*1 | 8/24~9/22の平均 |

*1; 1ヶ月 30.4167日(365日÷12か月)換算に修正。

*2; 漏水修理後からパイロットプロジェクト後までの削減配水量から「2.1(2)給水管更新による削減配水量」を引いた値。

*3; 給水管更新前後の夜間最少流量を比較して計算。もしもマイナスの場合、この効果はゼロとする。

評価時点前の便益は以下のように計算された。

$$\text{評価時点前便益} = (\text{増加請求水量}(\text{m}^3/\text{月})^{*1} + \text{削減配水量}(\text{m}^3/\text{月})^{*2} \times \text{区画外の有収水率}^{*3}) \times \text{供給単価}(\text{C}\$/\text{m}^3) \times \text{プロジェクト期間}(\text{ヶ月})^{*4} / 2$$

*1: パイロットプロジェクト No.2 では、見掛け損失対策後のユーザーの節水意識の高まりにより、配水量が一時的に低下した。この低下量はいずれ回復することが想定されるため、配水量減少分に有収水率を乗じた値を、増加が見込まれる請求水量とした。

*2: プロジェクト全体を通じた配水量削減量からユーザーの節水に伴う配水量の削減分を差し引く。

*3: マナグア市の平均無収水率 54.9% (2016 年、ベースライン調査) より算出。

*4: プロジェクト期間は 2018 年 5 月～2019 年 8 月までの 16 カ月。

パイロットプロジェクト全体:

$$(4,052 + 14,717 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 16 / 2 = 1,199,518 \text{ C}\$$$

見掛け損失 (商業的損失) 対策:

$$(4,052 + 0 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 16 / 2 = 454,699 \text{ C}\$$$

真の損失 (物理的損失) 対策:

$$(0 + 14,717 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 16 / 2 = 744,819 \text{ C}\$$$

10.4 費用対効果の算出

10.4.1 費用対効果の結果

(1) 指標 1: 単位節約水量 (無収水削減量) 当たり費用

指標 1 は以下のように計算された。パイロットプロジェクト No.2 では、10.2.2 項で述べた通り、効果継続期間は 7 年間、見掛け損失対策のみの効果は水道メータの耐用年数に合わせた 5 年間と設定した。

$$\frac{\text{無収水対策費用}(\text{C}\$) - \text{違法接続罰金収入}(\text{C}\$) - \text{評価時点前便益}(\text{C}\$)}{(\text{増加有収水量}(\text{m}^3/\text{月}) \div \text{区画内有収率} + \text{削減配水量}(\text{m}^3/\text{月})) \times \text{効果継続期間}(\text{ヶ月})} \div 2$$

パイロットプロジェクト全体

$$\frac{5,950,813 - 9,191 - 1,199,518}{(4,052 / 82.60\% + 14,717) \times 84 / 2} = 5,754 \text{ C}\$/\text{m}^3 < 9,860 \text{ C}\$/\text{m}^3 \text{ 生産原価}$$

見掛け損失 (商業的損失) 対策

$$\frac{748,231 - 9,191 - 454,699}{(4,052 / 82.60\% + 0) \times 60 / 2} = 1,932 \text{ C}\$/\text{m}^3 < 9,860 \text{ C}\$/\text{m}^3 \text{ 生産原価}$$

真の損失 (物理的損失) 対策

$$\frac{5,202,582 - 744,819}{0 / 82.60\% + 14,717) \times 84 / 2} = 7,212 \text{ C}\$/\text{m}^3 < 9,860 \text{ C}\$/\text{m}^3 \text{ 生産原価}$$

パイロットプロジェクトの水量節約の単価は、プロジェクト全体、見掛け損失対策、真の損失対策のいずれにおいても、マナグア市の平均的な生産原価よりも低くなっており、平均よりも廉価に水量を生み出せることを示している。

(2) 指標 2: 無収水対策費用の回収にかかると期間

以下のように計算された。

$$\frac{\text{無収水対策費用(C\$)} - \text{違法接続罰金収入(C\$)} - \text{評価時点前便益(C\$)}}{\left(\left(\text{増加有収水量(m}^3\text{/月)} + \text{削減配水量(m}^3\text{/月)} \right) \times \text{区画外有収率} \right) \times \text{供給単価(C\$/m}^3\text{)}} \div 2$$

$$\frac{5,950,813 - 9,191 - 1,199,518}{(4,052 + 14,717 \times 45.10\%) \times 14,027 / 2} = \frac{63.25}{5.3} \text{ ヶ月}$$

パイロットプロジェクト全体

$$\frac{748,231 - 9,191 - 454,699}{(4,052 + 0 \times 45.10\%) \times 14,027 / 2} = \frac{10.01}{0.8} \text{ ヶ月}$$

見掛け損失(商業的損失)対策

$$\frac{5,202,582 - 744,819}{(0 + 14,717 \times 45.10\%) \times 14,027 / 2} = \frac{95.76}{8.0} \text{ ヶ月}$$

真の損失(物理的損失)対策

MS No.61 のパイロットプロジェクトでは、見掛け損失対策で1年未満、真の損失対策で8年、全体で5年4ヶ月の無収水復元期間があれば、費用を回収できると示された。

真の損失対策では、配水量削減の効果は大きかったものの、無収水対策費用(特に人件費)が比較的大きく、無収水復元までの効果持続期間が8年間ないと費用を回収できない。

(3) 指標 3: 費用便益比(効果持続期間を設定して)

効果持続期間を7年(見掛け損失対策のみ5年)と想定して、以下のように計算された。

$$\frac{\text{増加有収水量(C\$/月)} + \text{削減配水量(C\$/月)} \times \text{区画外有収率} \times \text{供給単価(C\$/m}^3\text{)}}{\left(\text{効果持続期間(ヶ月)} \div 2 + \text{違法接続罰金収入(C\$)} + \text{評価時点前便益(C\$)} \right)}$$

$$\frac{4,052 + 14,717 \times 45.10\%}{5,950,813} \times 14,027 \times 84 / 2 + 9,191 + 1,199,518$$

無収水対策費用(C\\$)

パイロットプロジェクト全体

$$\frac{1,261}{5,950,813} > 1$$

見掛け損失(商業的損失)対策

$$\frac{2,899}{748,231} > 1$$

真の損失(物理的損失)対策

$$\frac{0.895}{5,202,582} > 1$$

MS No.61 のパイロットプロジェクトでは、プロジェクト全体、見掛け損失対策においては、それぞれ7年、5年の効果持続期間があれば便益が費用を上回り、利益を生み出すことができる。

しかし、真の損失対策だけを抽出すると、わずかに費用が便益を上回り、7年の効果持続期間では損失が発生させることがわかった。

(4) 指標 4: 財務的内部収益率 (FIRR)

費用・収入のフローと財務的内部収益率は以下のようになった。

パイロットプロジェクト全体

| 年 | 費用 | 収入 | 残高 |
|-------|-----------|-----------|------------|
| -1 年目 | 3,528,010 | | -3,528,010 |
| 0 年目 | 1,798,726 | 1,808,468 | 9,742 |
| 1 年目 | 184,641 | 1,670,757 | 1,486,116 |
| 2 年目 | 184,641 | 1,413,718 | 1,229,077 |
| 3 年目 | 184,641 | 1,156,678 | 972,037 |
| 4 年目 | 184,641 | 899,639 | 714,997 |
| 5 年目 | 184,641 | 642,599 | 457,958 |
| 6 年目 | 66,479 | 385,559 | 319,080 |
| 7 年目 | 66,479 | 128,520 | 62,041 |

注: 効果継続期間をプロジェクト終了後 7 年とした。

FIRR: 12% > 8%

真の損失 (物理的損失) 対策

| 年 | 費用 | 収入 | 残高 |
|-------|-----------|-----------|------------|
| -1 年目 | 3,528,010 | | -3,528,010 |
| 0 年目 | 1,462,423 | 1,117,228 | -345,195 |
| 1 年目 | 66,479 | 1,037,426 | 970,947 |
| 2 年目 | 66,479 | 877,822 | 811,343 |
| 3 年目 | 66,479 | 718,218 | 651,739 |
| 4 年目 | 66,479 | 558,614 | 492,135 |
| 5 年目 | 66,479 | 399,010 | 332,531 |
| 6 年目 | 66,479 | 239,406 | 172,927 |
| 7 年目 | 66,479 | 79,802 | 13,323 |

注: 効果継続期間をプロジェクト終了後 7 年とした。

FIRR: -3.2% < 8%

見掛け損失 (商業的損失) 対策

| 年 | 費用 | 収入 | 残高 |
|-------|---------|---------|---------|
| -1 年目 | 0 | | 0 |
| 0 年目 | 336,303 | 691,240 | 352,734 |
| 1 年目 | 118,162 | 613,844 | 495,682 |
| 2 年目 | 118,162 | 477,434 | 359,272 |
| 3 年目 | 118,162 | 341,025 | 222,863 |
| 4 年目 | 118,162 | 204,615 | 86,453 |
| 5 年目 | 118,162 | 68,205 | -49,957 |

注: 効果継続期間をプロジェクト終了後 5 年とした。

FIRR: N.A. 8%

パイロットプロジェクト全体では、借入金によってプロジェクトを行い、その元本と金利および維持管理費を収入で負担できることが示された。

真の損失対策では、FIRR は -3.2% となり割引率の 8% を下回り、実行可能ではない。

見掛け損失対策では最後の年を除き、常に収入が費用を上回っており、初年度から残高が黒字で借入の必要がないため、FIRR の数値が算出できない。なお、借り入れた資金で無収水削減を行う計画はないことから、これは参考までの数値である

以上の分析では、定量的な便益を用いて費用対効果を算定したが、それ以外にも以下のような漏水削減に伴う定性的な便益が考えられ、無収水削減対策を行う意義は高いと考えられる。

- 新規水源開発抑制利益
- 新規浄配水施設建設抑制利益
- 二次的被害防止効果利益

10.4.2 真の損失対策費用の削減と各指標の改善

無収水削減効果の継続期間を7年間とした場合、真の損失対策に関して、指標1では平均的なマナダア市の水生産費用を下回ることができたが、指標2では費用回収期間が8年となり想定する効果継続期間を越え、指標3では費用便益比が0.898と費用が便益を上回る結果となった。ここでは、効率化による真の損失対策費用の削減ができた場合、各指標がどの程度改善するのかを分析する。

仮定として、費用の削減はパイロットプロジェクト期間の費用のみ5%、10%、15%、20%、それぞれ節約することとし、その結果実現される配水量削減(および請求水量増加)の成果は、本パイロットプロジェクトと同じとする。すなわち、5%から20%までのパイロットプロジェクト期間の費用削減を達成しながら、本プロジェクトと同じ無収水削減効果を出すとは仮定する。以下は、そのシミュレーション結果である。

表 10.13 パイロットプロジェクト 2 (MS No.61) の費用削減シミュレーション

| 項目 | 指標1 | 指標2 | 指標3 | 指標4 | |
|-------------|--------------------------|------------------|--------|-------|-------|
| | 単位節約水量当たりの費用 | 無収水対策費用の回収にかかる期間 | 費用便益比 | FIRR | |
| 「収益が出る」判断基準 | 986 Cs/m ³ 未満 | 7年以下 | 1.00以上 | 8%以上 | |
| | 0% | 7.212 | 8.00 | 0.895 | -3.2% |
| | 5% | 6.817 | 7.50 | 0.939 | -1.4% |
| | 10% | 6.422 | 7.10 | 0.987 | 0.6% |
| | 15% | 6.027 | 6.70 | 1.041 | 2.7% |
| 20% | 5.632 | 6.20 | 1.102 | 5.1% | |
| 費用削減率 | | | | | |
| | | | | | |

注: 灰色の部分は財務的に実行可能ではない結果を指す。

(1) 指標1の場合

費用を節約しなくとも現在の水生産費用を27%下回っていたが、費用削減により水生産単価の31%から43%も安く配水量を増やすことができる。

(2) 指標2の場合

15%以上の費用削減が達成できれば、7年以下の期間で費用を回収できることとなった。20%の費用削減がなされれば、6年3か月の無収水復元期間で費用全額を回収できる。

(3) 指標3の場合

指標3では、無収水復元期間を7年間と想定した場合、15%以上の費用削減で費用を上回る便益を上げることができる。20%の費用削減で、便益が費用を10.2%上回ることができる。

(4) 指標4の場合

20%までの費用削減では借入をして初期投資と金利、維持管理費を賄うだけの収入は得られないうちの結果となったが、費用削減が大きくなるにつれ FIRR の数値が上昇し、20%の費用削減で

5.1%まで FIRR が改善している。なお、借り入れた資金で無収水削減を行う計画はないことから、これは参考までの数値である。

以上のように、15%以上の費用削減を達成しながら、本パイロットプロジェクトと同程度(19,622m³/月)の配水量削減を実現できれば、無収水復元期間7年間で真の損失対策は財務的に有効な結果を出すことができる。

そのためには、同じ人員体制で今回16ヶ月間かかった作業期間を15%(2.4ヶ月)減らすように工夫するか、もしくは人員を2チームに分けて2つのパイロットエリアで同時に真の損失対策を行う、といった方法が考えられる。

10.4.3 AZA No.3 におけるパイロットプロジェクト No.1 との比較から得られた教訓

パイロットプロジェクトを行う場合の留意点として、対策の目標として無収水率のみにとらわれてしまうと、効果の予想を見誤る可能性がある。

AZA No.3 (商業地を含む)と MS No.61 (主に一般住宅)では、ユーザー数の違い以上に総配水量の違いが大きく(表 10.14 の1と2参照)、MS No.61 で無収水率の大きな改善を示しても、削減配水量及び増加請求水量では AZA No.3 よりも小さいという結果であった(同表の8参照)。

一方、対策期間と費用は AZA No.3 と同等以上の投入をしているため、費用対効果の分析結果では両者に大きな違いが生まれた。

金額的な便益は、削減配水量と増加請求水量に直接関係しているため、無収水削減対策実施中に終了時期を検討する際には、無収水率だけで判断するのではなく、絶対量としての削減配水量と増加請求水量も把握する必要がある。

また、対策前の計画段階で、対象地区の総配水量と無収水量から、期待される削減配水量を予想し、適切な投入人数とおよその対策期間(終了時期)を決めるという方法も考えられる。

表 10.14 AZA No.3 と MS No.61 の費用対効果比較

| 項目 | AZA No.3 | MS No.61 |
|------------------------|--|--|
| 1. 総配水量(ベースライン) | 122,530 m ³ /月 | 51,531 m ³ /月 |
| 2. ユーザー数 | 1,429 件 | 990 件 |
| 3. 無収水対策実施期間 | 16 ヶ月 (Jan.2017-Apr.2018) | 16 ヶ月 (Apr.2018-Jul.2019) |
| 4. 無収水対策の総費用* | 4,977,817 C\$ | 5,326,736 C\$ |
| 5. 無収水率(ベースライン→対策後) | 55.4% → 37.3% | 42.5% → 17.4% |
| 6. 無収水率の変化 | -18.1% | -25.1% |
| 7. 配水量(対策後) | 98,172 m ³ /月 | 31,909 m ³ /月 |
| 8. 削減配水量 | 24,358 m ³ /月 | 19,622 m ³ /月 |
| 9. 請求水量(ベースライン→対策後) | 54,669 → 61,575 m ³ /月 | 29,610 → 26,364 m ³ /月 |
| 10. 増加請求水量 | 6,906 m ³ /月 | -3,246 m ³ /月 |
| 11. 費用対効果 指標 2(費用回収期間) | プロジェクト全体:1.9 年 見かけ損失対策:1.5 年 真の損失対策 :2.0 年 | プロジェクト全体:5.3 年 見かけ損失対策:0.8 年 真の損失対策 :8.0 年 |

注:*,プロジェクト実施期間中のみの費用。