

## 第 2 章 プロジェクト活動の内容



## 第2章 プロジェクト活動の内容

### 2.1 成果1に対する活動

#### 2.1.1 [活動 1-1] 無収水マネジメントチームの編成

計画局長をリーダーとするプロジェクト・マネージメント・チームが編成され、第1回合同調整委員会においてワークプランと併せて承認された。その後、プロジェクト活動期間中に、「オペレーション部指令室チーフ」と「コマーシャル部顧問/Altamira 支局長」の2名がチームに加入した。

無収水削減マネージメントチーム	
メンバー:	1) 計画局長 (リーダー) 2) コマーシャル部長 3) オペレーション部長 4) 技術分野調整部長 5) フィジカル無収水課チーフ 6) コマーシャル無収水課チーフ 7) オペレーション部指令室チーフ 8) コマーシャル部顧問/Altamira支局長

#### 2.1.2 [活動 1-2] 無収水削減対策の現状把握と課題の抽出

##### (1) 成果1のベースライン値

成果1は、計画策定能力の強化であり、マナグア市全体の無収水削減という目的を有している。無収水削減は、水道事業者としての様々な業務指標(Performance Indicator)の向上に寄与することから、これらの指標もベンチマークとして認識することが重要である。

無収水に係る基礎データ、ENACALが抱える財政上の課題、他ドナーの動向などの詳細は、別添資料「ベースライン調査報告書」に整理した。その中で、水道事業者としてのパフォーマンスを表す業務指標については、各部署から提供されたデータを基に整理し、運転、営業、エネルギー、経営といった項目別のパラメータを用いて、業務指標を算出した。

マナグア市の水道システムを対象としてベースラインとなる業務指標は以下のとおりであり、パイロットプロジェクトの費用対効果の算定では2016年の生産原価を用いている。

表 2.1.1 マナグアの水道に係るベースラインと業務指標

カテゴリ-1	カテゴリ-2	パラメータ	単位	年			備考	ベンチマークとしての適性
				2014	2015	2016		
<b>運営に係るパラメータ</b>								
		生産水量	m <sup>3</sup>	175,360,868	179,219,865	186,676,110	2014年推定値	
		配水網の管路延長	km	2,415	2,415	2,415	2014年推定値	
<b>営業に係るパラメータ</b>								
		マナグア市の総人口	人	1,035,870	1,039,290	-	年次統計資料	
		1住居当りの平均人数	人/住居	5.2	5.2	5.2	2005年センサス	
		水道の有効契約者数	件	205,651	210,479	213,871		
		水道メータ数	件	120,345	132,847	140,135		
		有収水量	m <sup>3</sup> /年	83,911,454	83,911,454	84,185,814		
		水道の請求金額	C\$/年	-	1,035,048,166	1,180,854,423		
		水道の徴収金額	C\$/年	755,915,600	775,211,704	1,026,925,630		
<b>エネルギーに係るパラメータ(ポンプ場、井戸に限る)</b>								
		配電会社からの電力消費量	kWh/年	73,092,296	76,610,219	100,387,310		
		発電会社からの電力消費量	kWh/年	62,773,310	62,413,825	42,069,579		
		電力消費量合計	kWh/年	135,865,606	139,024,044	142,456,889		
		配電会社からの電力購入費	C\$/年	375,350,819	336,486,471	288,334,539		
		発電会社からの電力購入費	C\$/年	141,319,332	134,947,164	100,167,733		
		送電施設利用料	C\$/年	7,574,305	7,690,793	5,608,035	2016年9月まで支払。	
		電力購入費合計	C\$/年	524,244,456	479,124,428	374,110,307		
		生産水量当りの電力消費量	kWh/m <sup>3</sup>	0.77	0.78	0.76		
		配電会社からの単位電力費	C\$/kWh	5.14	4.39	2.67	✓	
		発電会社からの単位電力費	C\$/kWh	2.25	2.16	2.38	2016年10月まで支払。	
<b>経営に係るパラメータ</b>								
		年間電力費	C\$	561,506,105	494,767,810	448,637,757		
		原価償却費	C\$	50,565,899	51,901,935	70,274,742		
		運転維持管理費	C\$	668,038,000	609,227,124	1,274,705,813	下水事業を含む	
		営業費用	C\$	1,280,110,004	1,155,896,869	1,793,618,312		
		営業外費用	C\$	312,040,308	100,133,914	47,069,778		
		総費用	C\$	1,592,150,312	1,256,030,783	1,840,688,090		
		ENACALの職員数	人	-	-	1,287	マナグア県	
<b>ベースラインとなる業務指標</b>								
技術的側面	無収水対策	無収水量	m <sup>3</sup> /年	91,825,707	95,308,411	102,490,296		
		無収水率	%	52.4	53.2	54.9	✓	
		給水栓数当りの無収水量	m <sup>3</sup> /件/日	1.22	1.24	1.31	✓	
非技術的側面	財務管理	水道メータ設置率	%	56.5	63.1	65.5	✓	
		料金徴収率	%	-	74.9	87.0	✓	
		生産水量当りのポンプ電力費	C\$/m <sup>3</sup>	2.99	2.67	2.00		
		生産原価(参考)	C\$/m <sup>3</sup>	9.1	7.0	9.9	下水事業を含む	
		給水原価(参考)	C\$/m <sup>3</sup>	19.1	15.0	21.9	✓	
業務効率	1000接続当り職員数	人/1000件	-	-	6.0	✓		



## (2) 無収水削減対策に向けた課題

ベースライン調査を通じて、無収水対策を効果的かつ効率的に進めるための7つの課題を抽出し、プロジェクト開始時のコンセプトやPDMの妥当性確認に反映させた。

### 1) 既存のマクロセクター及びマイクロセクターの活用

第1の課題は、「既存のマクロセクターやマイクロセクターを活用した無収水削減の手法や手順を明確にすること」である。

2000年以降、ENACALはスペイン政府の支援や世銀、IDB資金などを活用して、配水管網のセクター化に向けた投資を続けてきた。以下にマイクロセクターの内訳を示す。これは、ベースライン調査時に把握したマイクロセクターの情報を、プロジェクト終了時点で最新化したものである。

表 2.1.2 既存のマイクロセクターの内訳

配水区	マイクロセクター数	概要
低地配水区 (MS#1～MS#65)	65	スペイン政府 - Proyecto Wasser I の支援で設計された。すべてのマイクロセクターの流入部に Unidad de Operación y Control (UOC) と流量計が設置されていたが、いくつかは機能しない状態になっている。 配水管網が完全に独立化されているところは少なく、DHM として活用できるのは No. 61 のみである。
高地配水区 (MS#66, MS#67)	2	JICA-第三国専門家(Sabesp-Brasil)の支援で設計された。すべてのマイクロセクターの流入部に Unidad de Operación y Control (UOC) と流量計が設置されている。配水管網は完全に独立されており、DHM として活用できる。しかし、治安が悪く流量計やモニタリング設備が盗難されやすいため、DHM として運用するには課題が残る。
高地、高高地配水区 (A#1～A#7) (AZA#1～AZA#15) (AZAS#1～AZAS#6)	27	世銀(PRASMA)の支援で設計された。 Altamira 地区7箇所、Asososca Alta 地区15箇所、Asososca Alta Superior 地区5箇所 すべてのマイクロセクターの流入部に Unidad de Operación y Control (UOC) と流量計が設置されていたが、配水管網が完全に独立化されているところは少ない。DHM として活用できるのは AZA No. 3 のみである。いくつかの UOC は移設されたまま、再配置されていない。
Reparto Schick 地区 (高高地) (RS1～RS7)	7	BID2461 の支援で設計された。 すべてのマイクロセクターの流入部に Unidad de Operación y Control (UOC) と流量計が設置されたが、設計自体に問題があり、配水管網の完全独立化は困難な状態である。 マイクロセクターとして活用するためには配水管網の再調査

配水区	マイクロセクター数	概要
		とセクター化工事が必要である。
高高地 (C. Vieja León)	9	スペイン政府 - Proyecto Wasser II の支援で設計された。マイクロセクターとして設計されていたが、国道工事の影響により既存の UOC は使用できない状況となった。9 地区全体はマクロセクターとして扱うことは可能である。
合計	111	

ENACAL が定義するマイクロセクターとは、配水網内に構築される配水管理区画を示しており、国際水協会 (IWA: International Water Association) により定義される DMA (District Metered Area) と同義である。また、マクロセクターについては、同じ地域の複数あるマイクロセクターから構成される区画として理解されており、Reparto Schick マクロセクターは7つのマイクロセクターで構成されている。

これまで ENACAL は、既存の配水網をマイクロセクター化という手法で細分化し、そのすべてを水理的に独立させようと、配水量と請求水量を管理することを目指してきた。

上記のアプローチは理論的には可能であるが、マナグア市のような大都市において、全てのマイクロセクターを常時 (24 時間) 水理的に独立させることは非常に困難である。特に、既存の配水管網は、水理的に十分な検討の下で計画されておらず、バルブを制御して水理的独立化を試みると、給水事情の悪化をもたらすこととなる。この結果として、マイクロセクターは不完全な状態で放置され、無収水対策自体が遅々として進まない状況を生み出している。

常時水理的独立化ができないマイクロセクターについては、深夜のみ一時的に配水網を独立化させ、配水量の分析を行うだけでも、当該セクターの物理的損失をある程度見極めることができる。こうした地道な作業は、無収水の地域的分布の把握にも寄与するが、こうした活動はこれまで実施されていない。

マナグア市の無収水対策を効率的にかつ効果的に進めるためには、これまでのようなマイクロセクター化に労力や資金を投入するよりも、複数のマイクロセクターの統合管理や、マクロセクターとしての無収水管理を優先的に進め、短期間でかつ効率的に無収水削減への道筋を明らかにする必要がある。

## 2) 無収水削減対策の定量的評価と計画づくり

第2の課題は、「費用対効果の観点から無収水削減対策の効果を示し、ENACAL の経営改善戦略として無収水対策を位置づけること」である。

上述したように、これまでマイクロセクター化に大きな労力と投資を費やしてきたにも関わらず、この15年間、マナグア市の無収水率はほとんど改善されていない。水理

的独立化ができたマイクロセクターのうち、フィジカル損失やコマーシャル損失を把握し、無収水削減対策を展開した地区は2箇所(JICA-第三国専門家技術協力 2012~2015年)だけである。

多くのマイクロセクターでは、部分的に無収水削減対策を実施したものの、対策実施前後の効果が定量的に評価されておらず、対策の優先度を考えた継続的な取り組みにつながっていない。従って、パイロットプロジェクトとして無収水削減対策に取り組み、そこで得られた成果や教訓、対策実施の効果を示し、マナグア市の無収水削減計画を具体化する必要がある。

### 3) 無収水削減に必要な調査手法、対策、手順の文書化

第3の課題は、「無収水削減に必要な調査手法、対策、手順を体系的に整備し、文書化すること」である。

世銀 PRASMA を通じて、ENACAL 内部に無収水課が設立されるとともに、世銀、JICA、IDB 等の支援を活用しつつ、漏水探知に必要な資機材や人材育成が行われてきた。

無収水課のチーフは約10年にわたって様々な研修や能力強化を受けた人材であり、無収水管理のマネージメントだけでなく、物理的損失に対する知識や機器の扱いなどにも長けており、今後の ENACAL 内部での無収水削減活動のキーパーソンとして期待されている。

無収水課チーフ以外のメンバーには、今後新たな人材の雇用が予定されているものの、無収水対策の具体的な調査手法や対策などが文書化されておらず、過去の技術指導や研修時のマテリアル、知識、ノウハウ等を組織内で共有化することができていない。

従って、マイクロセクターを活用した無収水削減の手法や手順、関連部署との連携や役割分担の明確化し、費用対効果の評価分析を網羅した体系的なマニュアルを整備し、人材の流動化があっても、組織内で継続的に無収水対策を進められるように、無収水削減対策マニュアルを整備する必要がある。

### 4) 無収水削減対策の展開に必要な組織・制度面の改善

第4の課題は、「無収水削減対策の展開に必要な組織・制度面の改善」である。

これまで ENACAL が進めてきた無収水対策は、以下のように各部署の責任範囲の中で個別に実施されており、無収水対策に関わる責任が ENACAL 組織内で分散している。

表 2.1.3 無収水対策の責任部署

部署	管轄
無収水課	配水網の地下漏水
コマース部	給水設備周りの漏水、コマースロス
オペレーション部	配水網の地上漏水

各部署がそれぞれの責務を忠実に実行できている場合、無収水を統括する部署を新たに構築する必要性は低い。しかし、現在の ENACAL の体制では、複数の要因が関係する無収水削減という課題を解決することは困難であり、部署間の責任転嫁といった状況が生まれかねない。従って、無収水削減という共通目標の下、部署横断的な対応が迅速に行われるよう、強力な権限を有する一元的管理部署が必要である。

また、無収水削減活動が継続的に実施されるためには、現場活動に従事する職員のマチベーションを高め、維持する取組みが欠かせない。

一元的な管理組織の構築とモチベーション確保のための制度面の改革は表裏一体のものであり、ENACAL 上層部の強固な意志の下、無収水削減実施計画に反映されなければならない。

#### 5) 給水管及び水道メータの施工品質の向上

第 5 の課題は、「給水管及び水道メータの施工品質を向上し、維持できる仕組みを作ること。」である。

これらは、水道利用者と ENACAL をつなぐ重要な設備であるが、水源施設や配水本管に比べて一般的にその品質確保の重要性が認識されていない。また、材料の品質や施工手順、施工技術への注意が十分でないため、一般的に漏水の多くは給水管周りで発生していると言われる。

ENACAL では標準化された工事仕様書はなく、水道メータや管材の選定においても、ENACAL 内の各責任部署が独自の経験や既存資料を基に要求仕様を検討しており、組織内の統一された指針として整備されている図書はない。

給水管及び水道メータの設置工事においては、現場の職員やスーパーバイザーによる技術指導やレクチャーを通じて、技術の移転が行われているが、統一されたガイドラインや指針、検査方法が定められていないため、施工品質に大きなばらつきが生まれている。

このため、設計から施工、検査、維持管理に至る包括的なガイドラインを整備し、給水装置の設置に関わる ENACAL 職員の間で共有し、その使用の徹底を図ることが必要である。

## 6) 無収水管理に係る研修制度の充実

第 6 の課題は、「ENACAL 職員の無収水管理能力を向上させる仕組みを ENACAL 内部に作ること」である。

ENACAL には人材局の傘下に研修課が存在し、職員のための研修管理を行っている。2016 年以前は、研修が必要な際に、各組織の管理職が研修課と調整を行い、個別に実施していたため、研修課の役割は連絡、調整といったロジスティック業務が中心であった。

2017 年からは大統領府の指示の下、継続的な職員能力の向上に取り組む必要性が ENACAL 内で共有され、年次研修プログラムの策定が義務付けられた。こうした動きに合わせ、将来的には、研修課は計画局の管理下に置かれる見込みとなっているため、研修課の組織強化が必要となっている。

また、従来 GIZ が支援している ENACAL 県支局の組織改善の一環として、即時対応地域センター(CRAI)の設立が具体化しつつある。GIZ の PROATAS を通じて、地方支局レベルの無収水対策も進められており、CRAI の設立とともに、無収水を担当する責任者を配置する計画がある。このため、ENACAL 内部で無収水管理に係る技術移転を行う必要性が認識されている。

こうした中、2016 年 10 月から無収水課チーフが地方支局の職員に対する無収水対策研修を開始しているが、年間計画に基づいたものではなく、初期段階の講義である。

これまで使用された研修マテリアルは、これまでの第三国研修や専門家から入手した情報を基に無収水課チーフ自身により作成されたものである。その内容は妥当であるが、無収水管理という体系的な研修モジュールとしては、現在用意されたマテリアルのテーマは限られている。

今後、マナグア市だけでなく地方支局の職員が継続的に無収水管理に対する能力を維持・向上できるよう、無収水管理という水運用マネージメントの観点から、管理マニュアルを整備し、それぞれのテーマに該当する研修用マテリアルを体系的に整理することが必要である。

さらに、こうして整備されたマテリアルを用いて、無収水管理研修が ENACAL 内部で常設コースとして継続されるようなシステムづくりが求められる。

## 7) 老朽化した水道施設の抜本的な更新

第 7 の課題は、「水道メータや老朽化施設の抜本的な更新計画を作成し、計画的に実施すること」である。

マナグア市の無収水が約 50%という高い値を示している根本的な原因の一つには、既存の送配水システムの老朽化があげられる。無収水削減の効果を最大化するためには、老朽化した既存の送配水網の更新や配水池などを更新するだけでなく、マクロレ

ベルの無収水管理が可能となるような配水網の改善、生産水量の正確な測定を可能にする流量計の整備などの投資が不可欠である。

具体的な手法としては、マナグア市の配水網をマクロセクターとして大きく分割し、マクロセクター毎に無収水率の地域的発生状況を把握した上で、地域的な対策の優先度を決定する。その上で、優先度の高いマクロセクター内の配水網を対象に、計画的な更新を行っていく手法が効率的と考えられる。

水道メータや老朽化施設の抜本的な更新には、相当の投資と期間を要するが、ENACALの財政事情を考慮すると、その実施には他ドナーを巻き込んだ具体的な計画づくりが必要である。

### (3) プロジェクトを通じて強化すべき能力

上記の課題を解決するために、プロジェクトを通じて強化すべき能力を以下の4項目に集約した。

これらは、プロジェクト開始時のPDMにおいて設定された項目であるが、ENACALの抱える課題を改めて検討した結果、その妥当性は極めて高いことが確認された。

- 無収水削減に係る計画策定能力
- 無収水削減に係る実施能力
- 給水管及び水道メータの施工品質管理能力
- 無収水管理に係る研修の計画・実施能力

#### (4) マナグア市の配水網の現状調査

日本側プロジェクトチームは、ENACAL とともにマナグア市の配水施設の種類、位置、その運転状況を調査した。現場調査は、オペレーション部・同副部、オペレーション指令室などの職員と協働で実施し、配水量や水圧の測定では無収水課の職員と資機材を活用した。マナグア市の水道施設の配置図は巻頭に示したとおりである。

##### 1) マナグア市の配水施設

###### a) 取水施設

マナグア市の水道水源は、市内に点在する約 160 本の深井戸と Asososca 湖からの取水から構成される。

深井戸施設には、直接配水池に接続されているものや直接配水網に接続されているものがある。一方、Managua I/Managua II のように、水源が複数の井戸から構成される場合、それらを集約して高地にある配水池へ送水した後、他の配水池へ分配する形が採られている。

2016 年 1 月から 2017 年 5 月までの各月の生産水量から日平均生産量を算定すると、約 50 万 m<sup>3</sup>/日となっている。

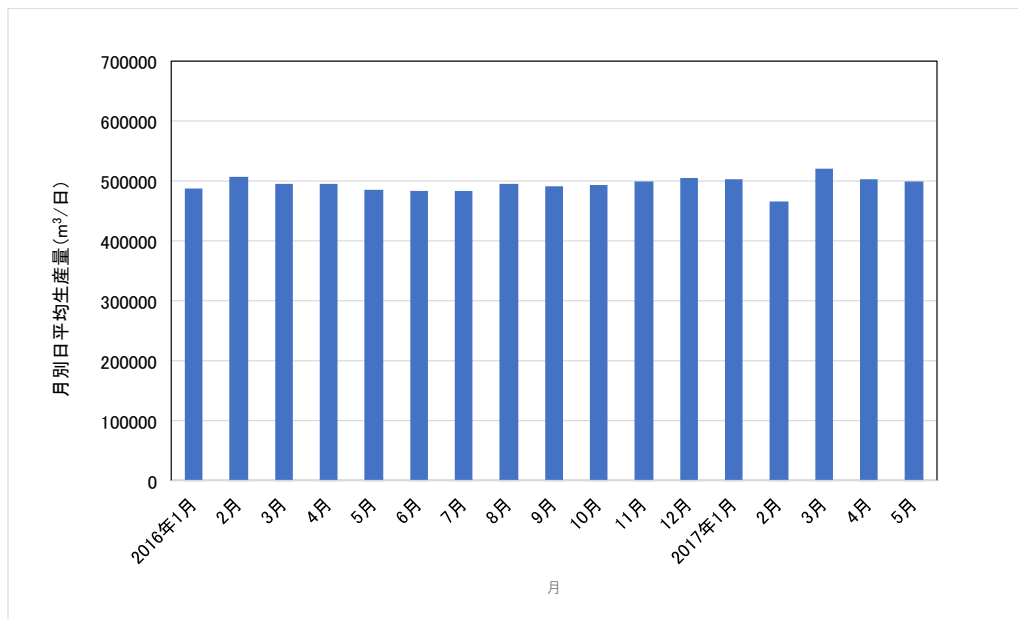


図 2.1.1 マナグア市の生産水量

## b) 浄水施設

マナグア市には浄水場は存在せず、井戸元や配水池で塩素消毒が行われている。多くの施設で塩素ガスが使用されているが、Managua II 井戸群の送水先である Villa Austria 配水池のみで次亜塩素酸ナトリウムが使用されている。

## c) 送配水施設

マナグア市の配水区域は地形条件から、低地、高地、高高地に区分されている。しかし、配水管網が完全に独立しているわけではなく、主要な水源の配置を基にして大まかに設定されたものである。主要な送配水施設を以下に整理した。

表 2.14 マナグア市の主要な送配水施設

配水系統	概要
Las Mercedes 系統	マナグア市東部空港南側に位置する井戸群を水源とし、管径 900mm の主要配水管を通じてマナグア市の低地配水区に給水されている。
Asososca 系統	マナグア市西部アソソスカ湖を水源として、低地配水区へは自然流下、高地/高高地配水区へはポンプにより送水されている。
Managua I 系統	JICA マナグア I プロジェクトで開発された井戸群が水源である。全量は Santo Domingo 配水池へ一旦送水され、そこから Reparto Schick、Km8 C. Masaya、UNAN、San Judas、Altamira の各配水池へ自然流下によって送水される。各配水池からは自然流下又はポンプによって各配水エリアに給水されている。
Managua II 系統	JICA マナグア II プロジェクトで開発されたマナグア市東部の井戸群が水源である。全量は Villa Austria 配水池へ送水され、そこから各配水池を經由して自然流下によって配水エリアに給水されている。
Sábana Grande 系統	マナグア市東部の Sábana Grande 地区の井戸群が水源である。井戸から配水管へ直接接続されていることが多く、井戸群周辺のエリアに給水されている。

## d) 配水池

マナグア市には 97 基の配水池がある。このうち約 60%は容量が 500m<sup>3</sup>以下の小規模のタンクである。井戸からポンプで送水するための中継タンクとして機能している配水池も数多くあり、これらは配水ピーク時の調整機能は期待できない。

一方、San Cristóbal 配水池のように、容量的には十分な規模であるにも関わらず、活用されていない配水池も存在する。

既存のマクロセクターの活用と効率的な水運用を実現するためには、こうした未利用配水池の有効活用を検討しなければならない。



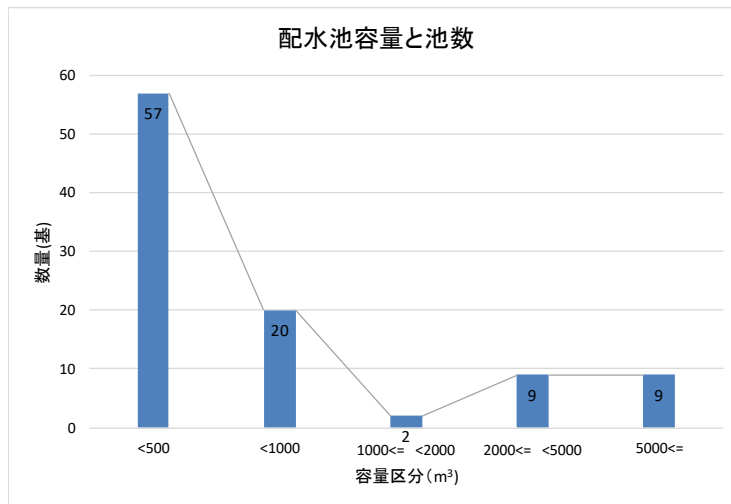


図 2.1.2 既存配水池の容量と池数

## 2) マクロセクター

2005年に策定されたM/Pでは、以下に示す配水計画が提案されている。この提案では、調査当時の状況を踏まえて、既存井戸のリハビリや再配置(再掘削)とともに、マナグア市低地配水区に向けた自然流下による効率的な配水、Masaya 街道沿線の人口増加に対応するための配水池の増設などがあげられていた。

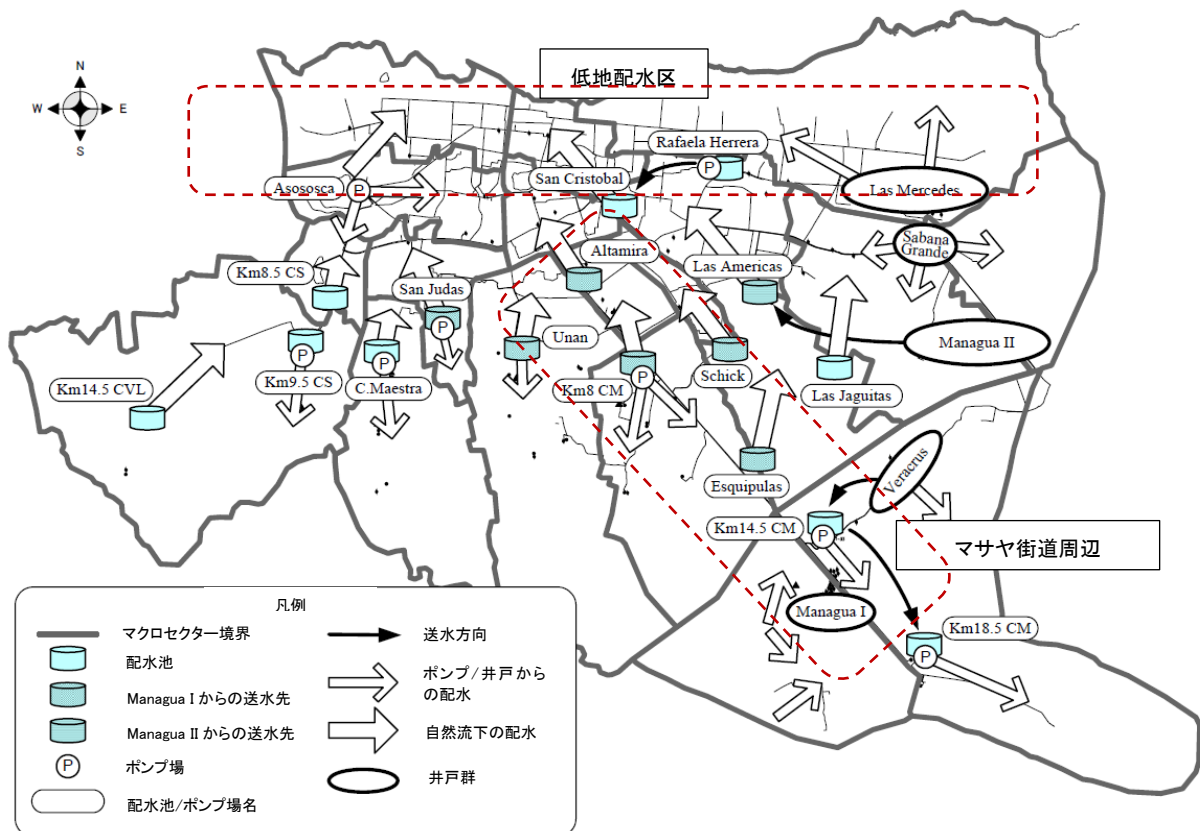


図 2.1.3 上水道マスタープラン(2005年)で提案された配水システム

プロジェクトチームは、将来的なマクロセクターの再構築を念頭に、ENACAL 本部のオペレーション部の各担当技術者から、配水オペレーションの実態を聞き取るとともに、現地踏査を繰り返してその情報の再確認を行った。

第2期(2018年)までに確認を終えた事項を以下に示す。

- Masaya 街道沿線の km8 配水池からは、自然流下による配水は行われておらず、標高の高い上流側地域へのポンプ配水だけが行われている。
- Managua I の深井戸 1 本からは、南部の Km18 Masaya 配水池方面へされている。
- UNAN 配水池からは、当初計画された Managua I からの送水は受けていない。Managua I 井戸群の送水先は、San Judas 配水池となっており、ここから自然流下とポンプを交えた配水が行われている。ただし、Masaya 街道から UNAN 方面への分岐管や他の複数地点で、Managua I からの送水管が直接配水網へつながっている可能性がある。
- UNAN 配水池は自然流下による配水は無く、上流側へのポンプ配水のみ行われているが、今後の利用を見越して自然流下による範囲もマクロセクターに含むことが望ましい。
- UNAN マクロセクターでは、UNAN 配水池の水位レベルよりも標高が高い地域(南方)の水需要が増えている傾向にある。本来 UNAN 配水池から自然流下で配水すべき範囲は、Managua I 井戸群からの分水可能量に依存している。
- San Cristóbal 配水池には Asososca 湖からの送水が届いておらず、現在は供用停止状態にある。本来 San Cristóbal 配水池が受け持つべき低地配水区への給水は、Asososca 湖からの配水と、Las Mercedes 井戸群からのポンプ送水、点在する近隣井戸からの直接送水によって賄われている。
- San Cristóbal 配水池は現在使用されていないが、将来的に再活用することを想定し、マクロセクターの拠点として残すことが望ましい。
- “Altamira” マクロセクターについては、自然流下とポンプ送水の双方で配水され、“Reparto Schick” マクロセクターと“Villa Austria” マクロセクター方面までその範囲が広がっている。
- Reparto Schick 配水池は、以前は Managua I から Santo Domingo 配水池を経由した送水を受けていたが、近隣に最近建設された井戸 2 本からの送水に変更されている。ただし、ピーク時間帯のみ Santo Domingo 配水池からの水が Reparto Schick 近隣区域へ直接給水されている。
- “Reparto Schick” の配水エリアは以前よりかなり縮小している。“Altamira” 配水池へはマナグア I 井戸群から自然流下で送水されてお

り、この水を Reparto Schick の配水範囲までポンプ送水することは、エネルギー・コストの観点で効率が悪い。このため、現時点でこれと同じような配水状況が見られるセクターでは、可能な限り自然流下による配水範囲を増やす方向が望ましい。

- Altamira 配水池からは、自然流下とポンプの双方による配水が行われている。ただし、自然流下による配水時間は1日5時間程度に制限されている。
- 当初、Altamira 配水池のセクターでは、マサヤ街道の西側まで配水が行われていたが、道路の拡張工事に際して配水管が切断されており、このため一部のエリアは” Santo Domingo” 配水池からの送水管を用いて配水されている。
- Km8 C. Masaya 配水池から近隣地区(北側)に向けた自然流下による配水は行われておらず、全量が高高地配水区へポンプ送水されている。
- 低地配水区のマクロセクターの範囲は、現時点で想定されたとおりとなっている。
- スペイン政府や IDB の支援を活用して構築されたマイクロセクターは、マナグア市の低地配水区(Zona Baja)、高地配水区(Zona Alta)に位置し、配水網内に設置された仕切弁を操作して配水先の調整が行われている。
- ミクロセクターの中には、既存のバルブを用いて給水範囲が締め切られ、水理的に分離して配水ができているところもある。
- 市内に点在する井戸は、配水本管へ直接接続されるだけでなく、マイクロセクター内の2~3次配水管にも接続されている場合がある。

第2期(2018年)の業務では、こうした情報確認調査と平行して、主要な配水本管(管径300mm以上)の管網モデルを設定し、水理的検討を行った。この作業は水理的に望ましいマクロセクターの範囲を検証するだけでなく、管網改善や拡張の必要性を把握することも目的としており、無収水削減基本計画の策定が本格化する第3期(2019年)前半まで続けられた。

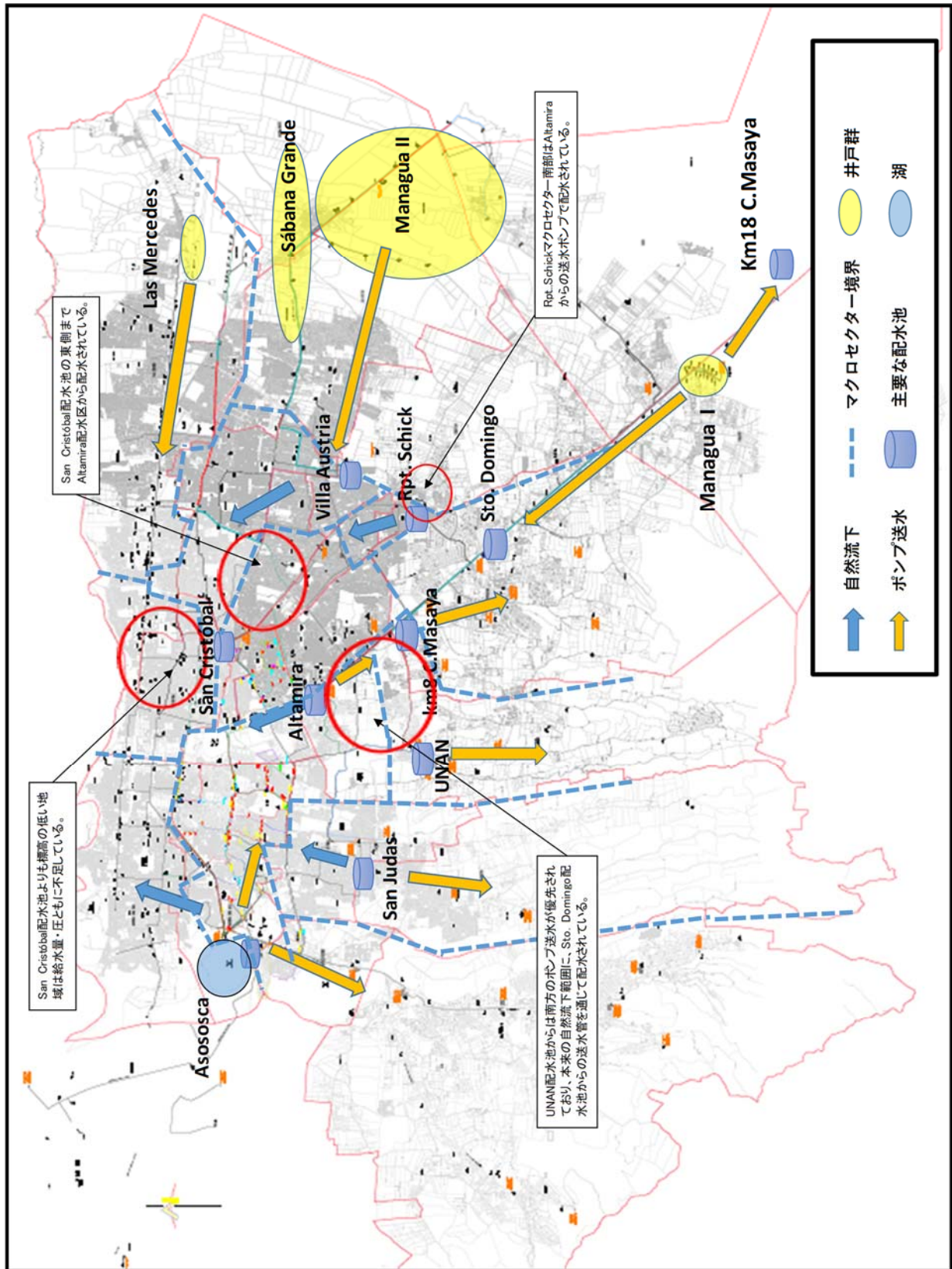


図 2.1.4 マナグア市の現在の配水状況図

配水池の標高と配水システムとの関係を示した図を以下に示す。

UNAN や Reparto Schick など、配水池と配水区域との標高差が 90m にも達するところでは、過大な給水圧が生じていると思われる。マクロセクターを再構築する上では、配水池と配水区域の位置関係をレビューして、水圧管理にも配慮することが必要である。

また、配水管網に直接接続されている井戸があるため、これら井戸による給水圧の状況も十分考慮しなければならない。

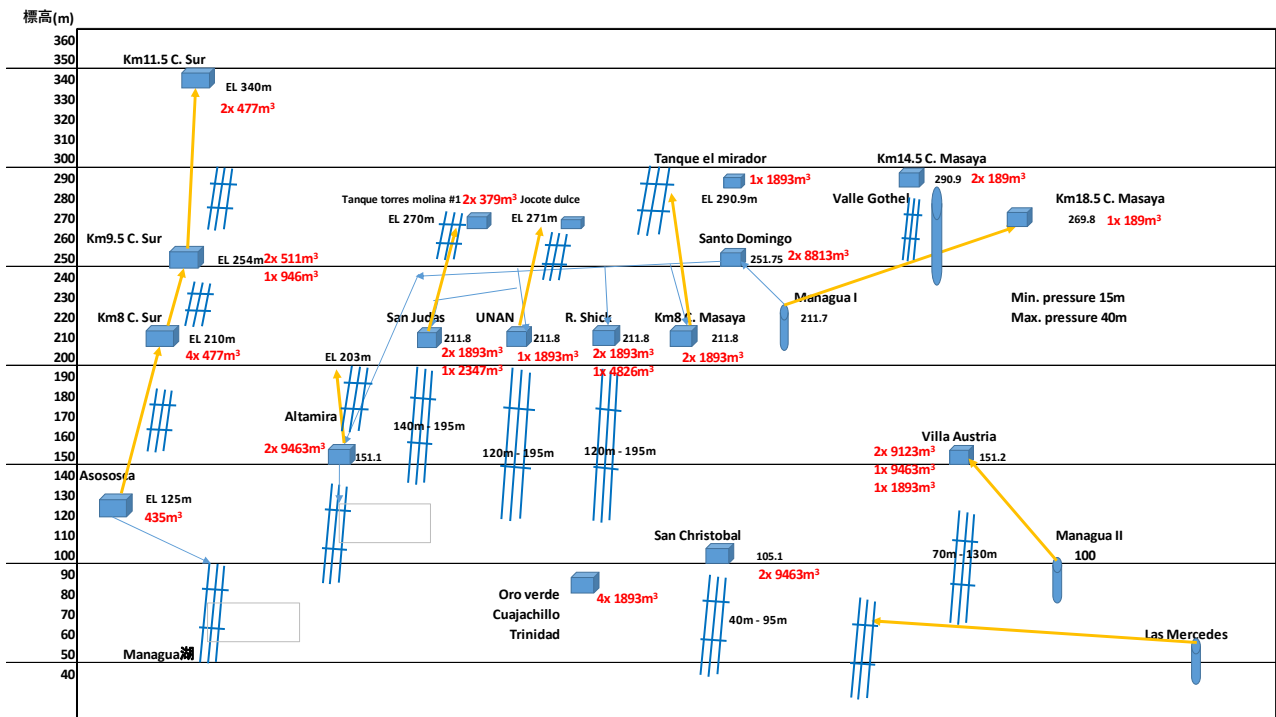


図 2.1.5 配水システム内の施設と標高の関係

### 3) ミクロセクター

スペイン政府が過去に支援したプロジェクト「マナグア高地/低地配水網最適化計画」(Plan de Optimización de la red de Abastecimiento de las zonas hidráulicas baja y alta de managua)を通じて、65箇所のミクロセクターが構築されている。無収水課は、毎月1回、流量計測を実施しているが、具体的な無収水削減計画がないことから、その投資成果は有効に利用されていない。

上記プロジェクトで構築されたミクロセクターの規模はいずれも小さく、1セクターの平均接続件数は約1,300件、世帯人数が6人として、各セクターの給水人口は平均8千人程度となる。ほとんどのミクロセクターで給水件数は2,000件以下であり、7つのセクターでは500件以下となっている。

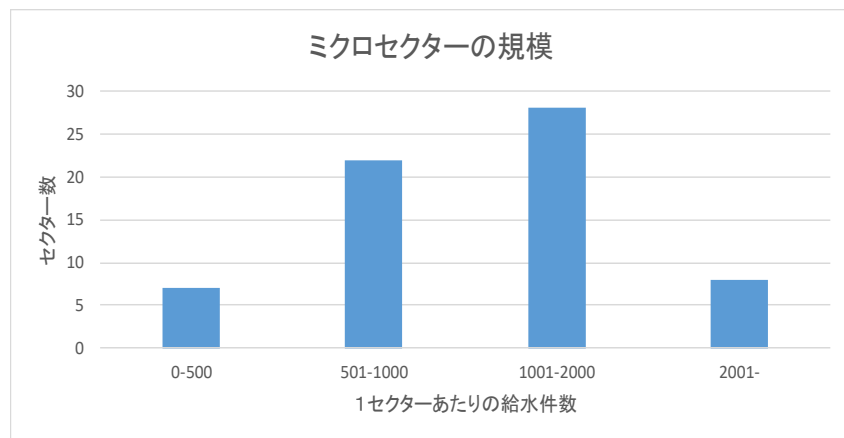


図 2.1.6 ミクロセクターの規模

ミクロセクターの現状を把握するため、オペレーション部水司令室およびマナグアオペレーション課とともに、3箇所のミクロセクターをサンプル調査した。下図に調査したミクロセクターの位置を示す。



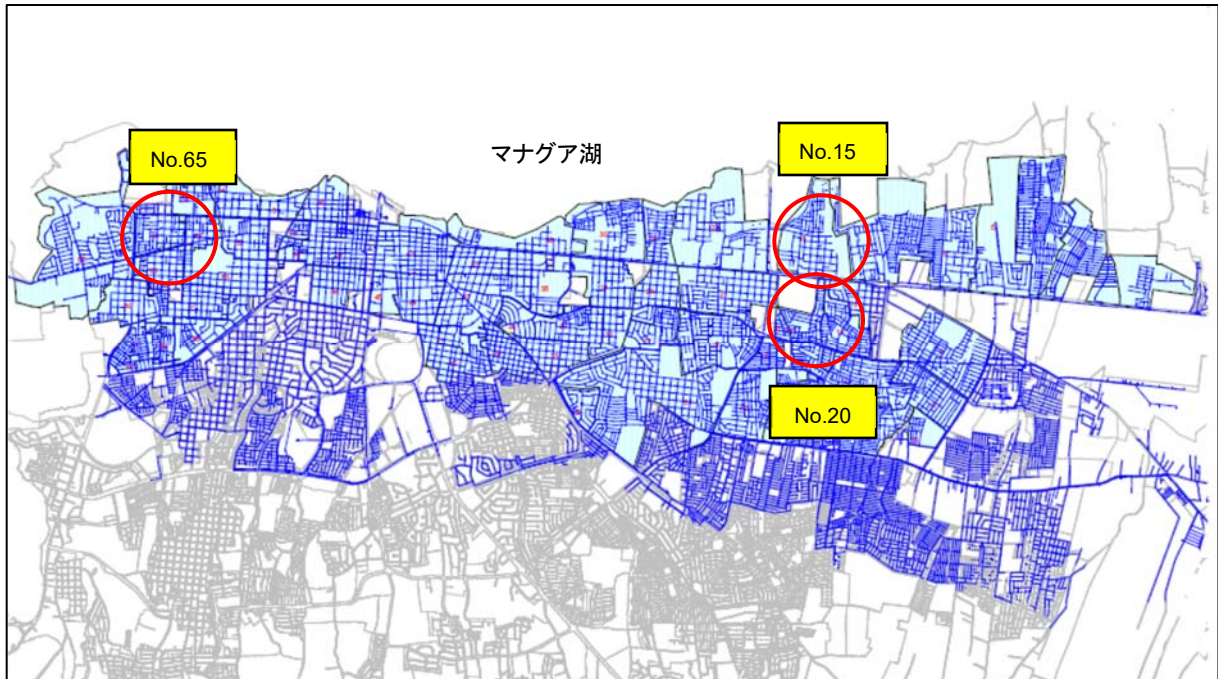


図 2.1.7 ミクロセクターサンプル調査の位置

各ミクロセクターの状況は、下記に示すとおりである。

【No. 15】

低地配水区東部に位置するミクロセクターで、接続数は 2,180 件である。セクター流入点の流量計は稼動している。マナグア湖に近い低地配水区に位置するミクロセクターは、東西方向のミクロセクター間のバルブを閉めることで分離化は可能であるが、それによって隣接するマクロセクターで水圧低下等の影響を受けるため、分離化作業は実施されていない。

【No. 20】

Rafaela Herrera ポンプ場の近くに位置するミクロセクターで、接続数は 1,920 件である。比較的狭いエリアで接続数は大きい。流量計用ピット内に泥が入り、流量計は故障しており、流量計測は行われていない。

【No. 65】

低地配水区西部に位置するミクロセクターで、接続数は 3,599 件である。セクター流入部の流量計用ピットは道路の中央に設置され、交通量が多いため、流量計確認のためには交通規制が必要である。現時点で、この流入部以外に隣接するセクターからの水も流入しており、完全な分離化には更なる検討が必要である。







No	流入部ピットの写真	位置図
No.15		
No.20		
No.65		

図 2.1.8 ミクロセクターの状況

スペイン政府支援のプロジェクトが実施された際、ミクロセクター毎の報告書が作成されており、分離のために敷設されたバルブ位置、注入地点の流量計設置工事などの記録および水理計算が記載されている。この報告書の中でも、完全に分離してしまうと水圧不足等の問題が生じるため分離は不完全な状態であると記述されているセク



ターが多い。このため、マイクロセクターの活用にあたっては、現実的に分離化が可能であるかどうか、現状を詳細に確認しなければならない。

一方、無収水削減のための基本的なマイクロセクターの要件は、常時又は夜間だけでも分離化された状態で流入水量が正確に測定できることである。しかし、マイクロセクターの規模が小さくなり、数が増えてしまうと、その管理に大きな投入が必要となる。例えば、将来的なセクター管理のイメージとして、マクロセクター12箇所、その下に各々5セクター程度の配水ブロックをマイクロセクターとして持つ場合、全体で約60のマイクロセクターが必要となる。これは、マナグア市全体では、全人口160万人とする、1セクターあたりは4,000～6,000の接続数が目安と考えられる。

マイクロセクターの有効活用を進めるにあたっては、接続数の規模も合わせて対応内容の検討が必要であり、この点を踏まえてENACALマネジメントチームと検討しなければならない。

#### 4) 配水システムに関わる計測管理状況

ENACALは、2016年まで続いたIDBの資金協力(BID2471)を活用して、主要な水源の流量と水圧を遠隔監視できるSCADAシステムの構築を行ってきた。このシステムでは、各井戸から揚水量と揚水圧、井戸水位、送水ポンプの水圧、配水池水位が計測対象となっている。データは全てENACAL本部の指令室に伝送されて大型モニターに表示され、この情報を監視しながら各施設のオペレーターへ運転指示が出される予定である。

現在、機器の調整段階が続いており、49箇所の井戸で電磁流量計が整備されたものの、問題なく稼働しているものは21箇所にとどまっている。こうした状況のため、各施設のオペレーターが井戸流量や配水池水位の記録を続け、1時間毎に無線でENACAL本部へ報告している。

2017年6月の調査時点では、Managua I井戸群で整備された流量計がまだ稼働しておらず、6ヶ月毎に超音波流量計で計測された時間当たり揚水量と運転時間を用いて生産量の記録が行われていた。

Managua I井戸群が集約される送水本管には、従来から流量計が設置されていたものの、現在は故障のため使用されていない。また、送水管上の主なバルブボックスを確認したところ、多くのバルブでジョイント部からの漏水が確認された。

現在、配水池の流入/流出量の計測は正確に行われておらず、各配水池では建設当時に作成された流入バルブの開度-流量換算表を用いて、配水量を推定している。

## 5) マナグア市の水運用

現在の水運用では、オペレーターの実験に基づく作業が多く、水需要の現状や水源からの送水可能量などのデータに基づいて効率的に配水管理が実施できる体制になっていない。

基本的な運転内容を以下に示す。

- 深井戸は原則として 24 時間運転されている。
- 配水ポンプの運転はオペレーターが手動で行う。ポンプは 24 時間稼働していることが多い。
- Managua I/II の送水ポンプ場では、台数制御によって送水量を調整している。
- 配水池の流入/流出バルブは、オペレーターが配水池水位や本部からの指示に基づいて、バルブ開度を調整している。
- 配水池からの自然流下による配水では、オペレーターが配水池水位を確認しながらバルブ開度を調整する。予め設定された水位 (HWL 又は LWL) をみながら、あるいは予め決められた時間帯にバルブ操作が行われる。

以下に Altamira 配水池の水位の変化 (2017 年 3 月、6 月) を示す。

ここでは、配水池水位を基準にして手動で運転を行い、オペレーターは 1 時間毎にコントロールセンターへ水位を報告している。配水池の水深として 3.5m を低水位、5.5m を高水位に定め、流出バルブの開閉が行われる。この状況は 3 月の乾期、6 月の雨期でも変わらない。

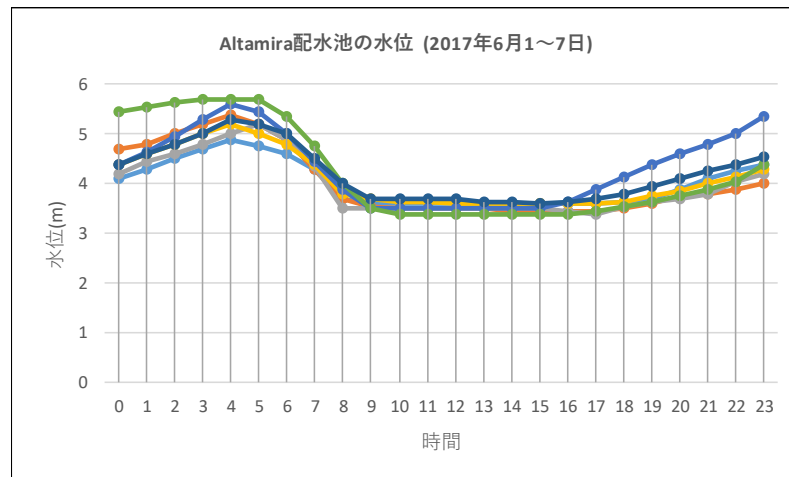
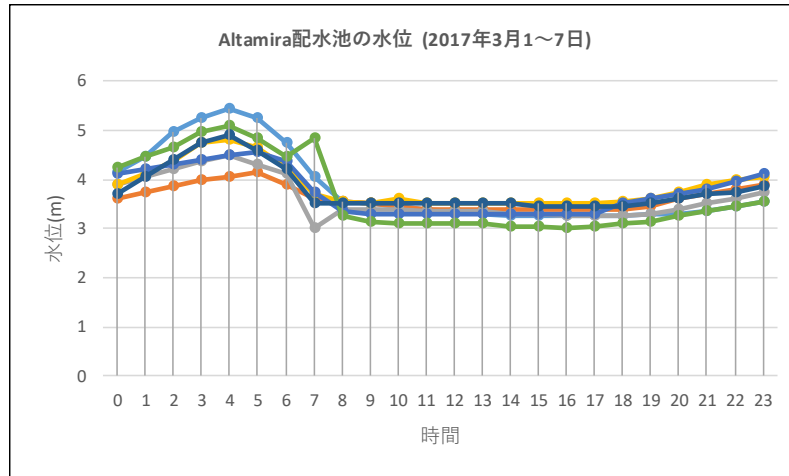


図 2.1.9 Altamira 配水池の水位変化

6) 主要地点における送配水量/水圧の測定

a) 送配水量

オペレーション部が担うマナグア市の配水運用では、上述の低地配水区、高地配水区、高高地配水区といった大きな範囲における配水量は把握できているが、各区域の水圧や流量の変動、ピーク需要量といった配水システムの詳細は正確に管理できていない。

特に、送配水量を正確に測定できる設備がないため、ポンプの仕様やバルブ開度をもとに配水量を推定している。本プロジェクトでは、配水網管理の基本情報としての送配水量を明らかにするため、主要な配水池や送水ポンプ場において流入量および流出量の計測を実施した。

表 2.1.5 マナグア市の配水システムの流量測定箇所

No.	施設	流入管 (箇所)	流出管 (箇所)	備考
1	Managua I 井戸群	-	1	
2	Santo Domingo 配水池	4	1	井戸 2 本接続
3	Reparto Schick 配水池	5	2	井戸 3 本接続
4	Km8 C. Masaya 配水池	2	2	井戸 1 本接続
5.1	San Judas 配水池 (Managua I プロジェクト)	2	1	マナグア I 新設配水池、井戸 1 本接続
5.2	San Judas 配水池 (1990 年代建設)	4	4	
6	Altamira 配水池	4	3	井戸 2 本接続
7	Villa Austria 配水池 (Managua II プロジェクト)	5	2	井戸 3 本接続
8	Sábana Grande 送水管	-	3	
9	Las Mercedes 送水管	-	2	
10	Asososca 送配水管	-	4	
	合 計	26	25	

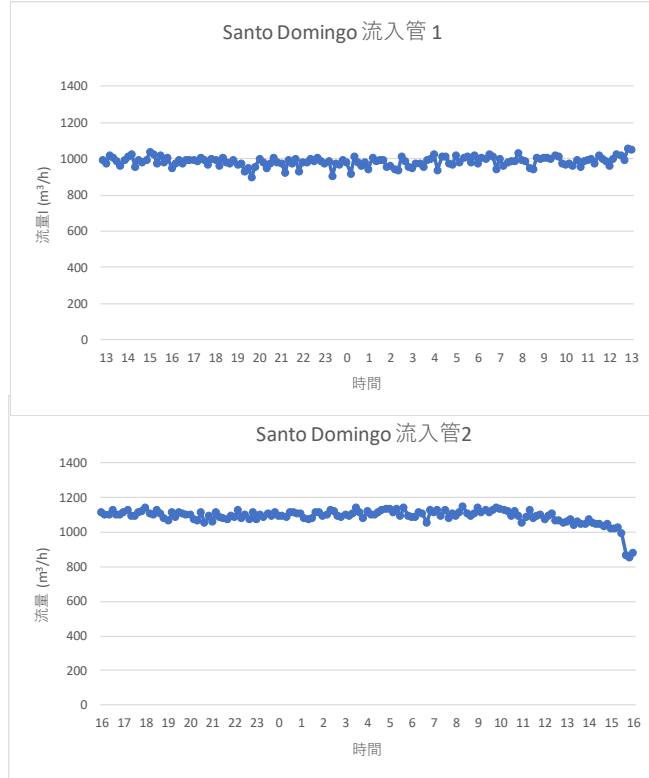
本計測では、超音波流量計 2 台、挿入式電磁流量計 3 台を活用し、各配水池の流入/流出管、ポンプ送水量などの流量測定を 24 時間以上実施し、1 日の流量変動データを収集した。

流量計の設置、計測、データ分析は無収水課の技術職員とともに実施し、調査の初・中期には日本人専門家も同行し、作業の正確性や機器の取り扱いの確認を行い、必要な技術指導を行った。

以下にマナグア市の主要水源の一つである Managua I 系統における調査結果(2017 年 7 月)を示す。Managua I 井戸群からは 1 本の深井戸を除いて全て北方の Santo Domingo 配水池へ送水されるため、この配水池での流量計測は極めて重要である。

Santo Domingo 配水池からは各主要な配水池へ分配されており、この配水量を測定することにより、Managua I 系統のマクロセクターにおけるインプットが把握できる。

Managua I 系統からの流入  
 流入管 1 : 約 1,000m<sup>3</sup>/時(実測)  
 流入管 2 : 約 1,100m<sup>3</sup>/時(実測)



敷地内井戸からの流入  
 流入管 3 : 約 220m<sup>3</sup>/時

ポンプ容量から推定

流出量  
 夜間～未明 : 約 2,000m<sup>3</sup>/時  
 ピーク時間 : 約 2,800 m<sup>3</sup>/時

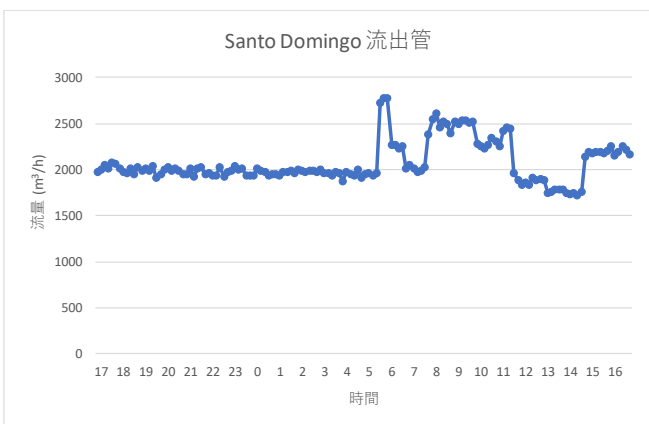


図 2.1.10 Santo Domingo 配水池の流入/流出水量

以下は、Managua I 系統の現在の配水量分布を示したものである。

調査は 2017 年 7 月の 2～6 日にかけて行われ、Santo Domingo 配水池から 2,058 m<sup>3</sup>/時が流出し、Reparto Schick、Km8 C. Masaya、San Judas、Altamira の各配水池へ以下のように分配されていた。各路線の測定では、測定日と時間が異なるため、分配量の合計には誤差が含まれる。

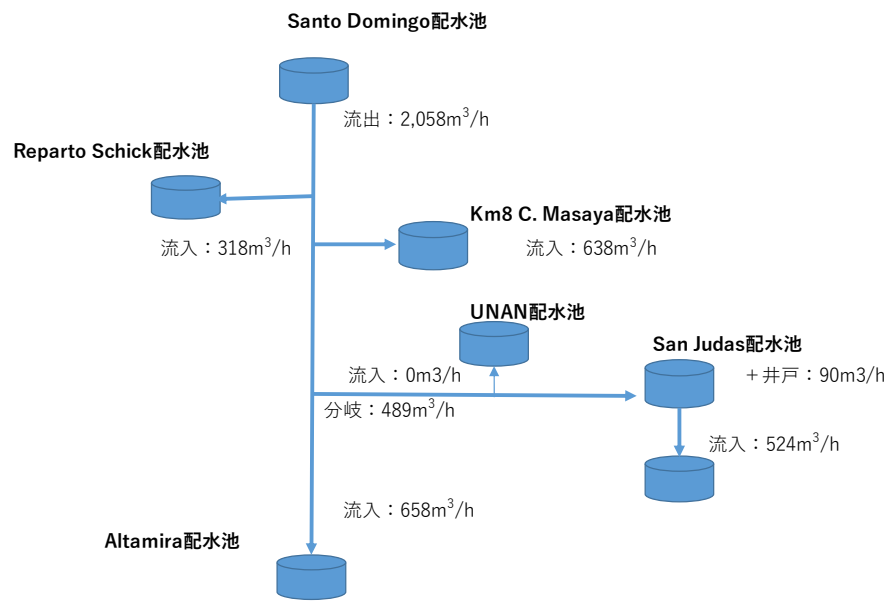


図 2.1.11 Managua I 系統の送水フロー

## b) 給水圧

マナグア市全域を対象とした給水圧の分布状況を把握するため、8 月上旬から 48 時間の水圧調査を複数の地点で実施した。計測地点、各水圧の変動は以下のとおりである。

低地配水区では、直接配管網に接続された井戸及び Las Mercedes 井戸群からの送水を受けており、時間帯による水圧の変動が極めて大きい。夜間の水需要が低下する時間帯では、40m～50m の水圧を記録するが、午前 5 時～午後 5 時までは場所によって 5m 程度まで下がる地区が出てくる。特に、日中、Las Mercedes 井戸群に近い地域の水圧は 5～10m 程度まで低下する。

低地配水区の配水状況を改善するには、標高 105m の位置にある San Cristóbal 配水池を有効に活用することが望ましい。しかし、Las Mercedes 井戸群の標高が約 65m であり、同井戸群から続く送配水兼用の管路では、標高差 40m もある当配水池への送水はできない。

高地配水区では、夜間の最高圧力が 10m～50m と地点によって大きく異なり、2 つの測定点では、昼間は水圧がなく、給水ができていないことが読み取れる。また、

高高地配水区では、ポンプによる時間給水が実施されているようで、ポンプ停止時と思われる時間帯には水圧がなくなる様子が見られる。

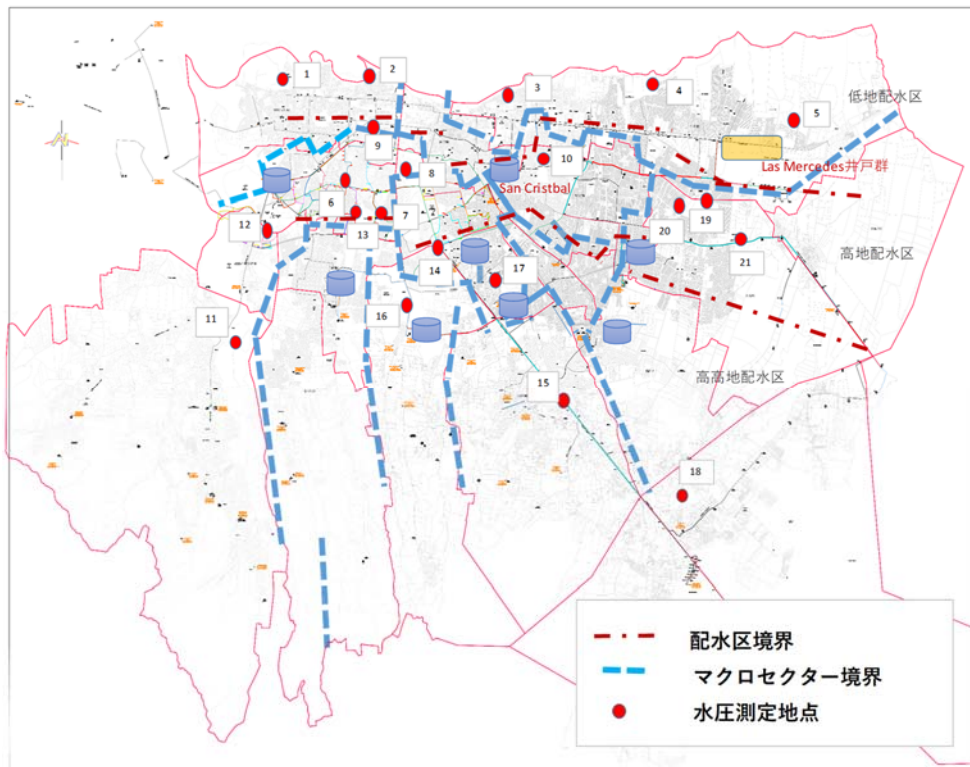


図 2.1.12 給水圧の測定地点の位置

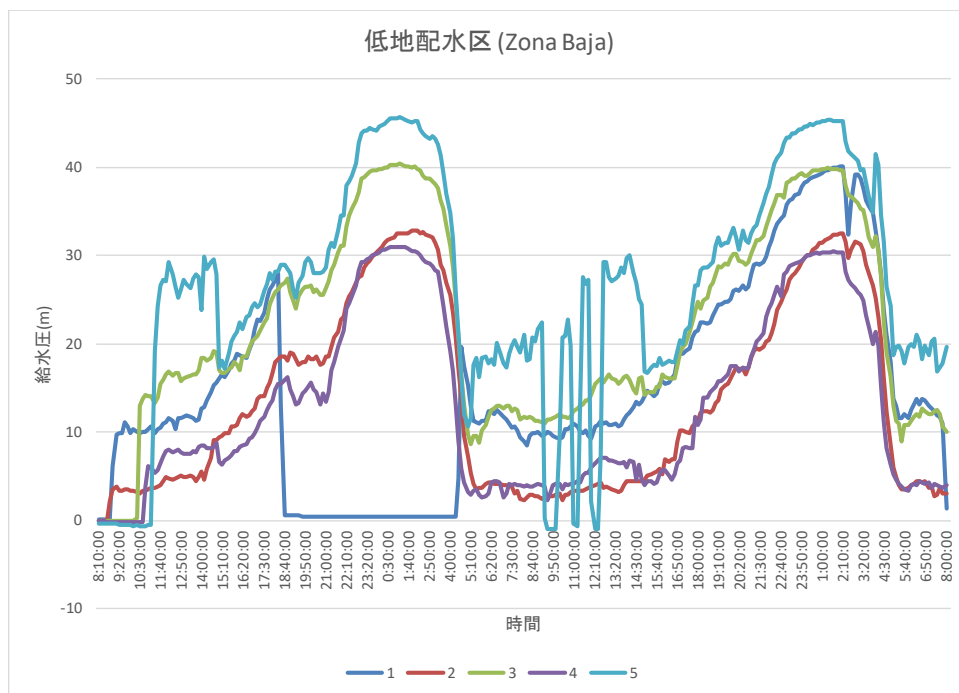


図 2.1.13 低地配水区の水圧

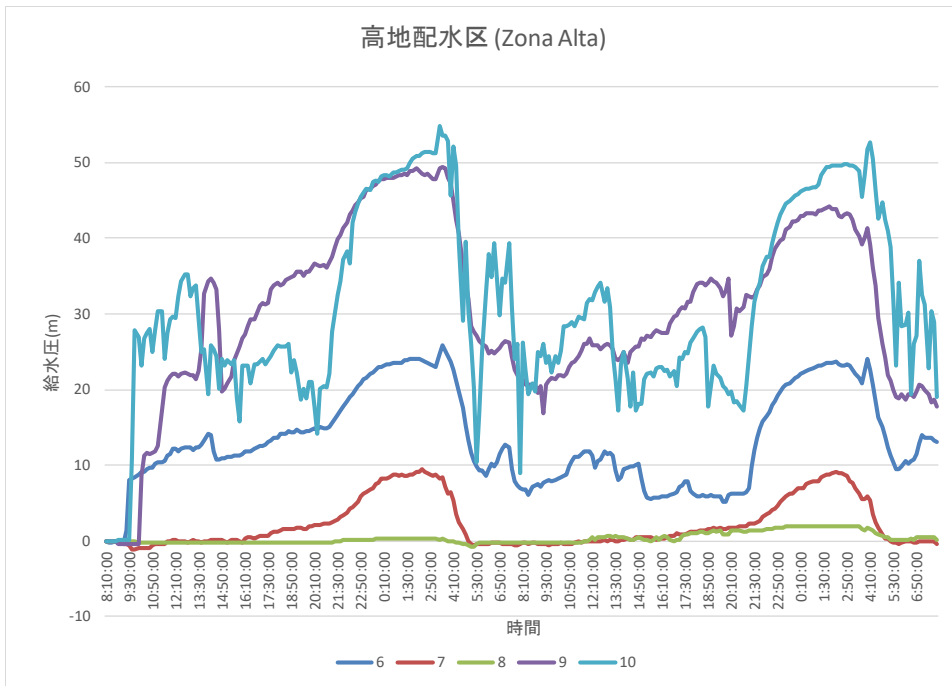


図 2.1.14 高地配水区の水圧

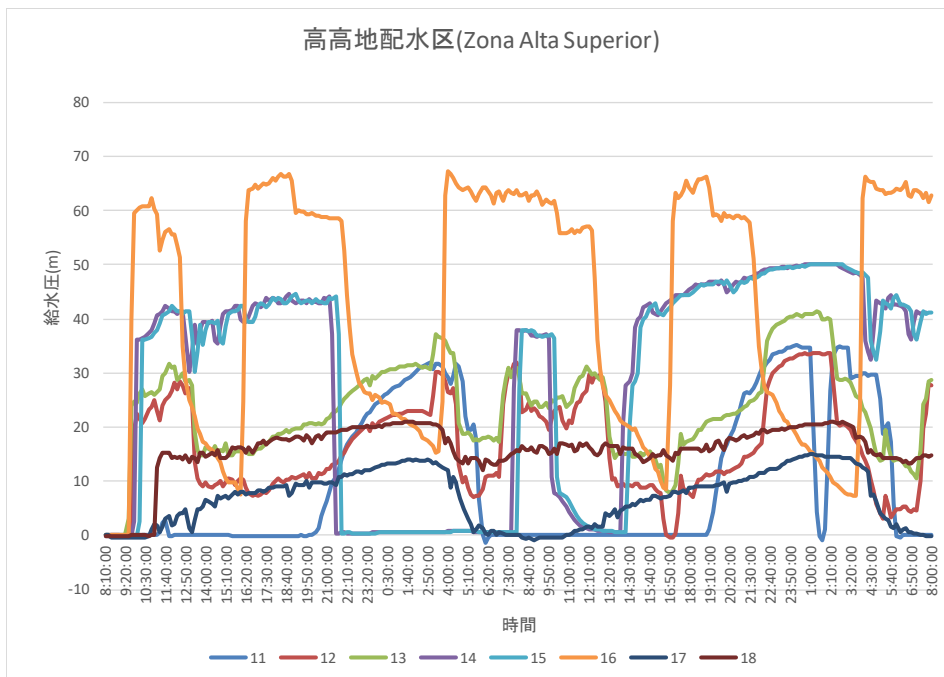


図 2.1.15 高高地配水区の水圧



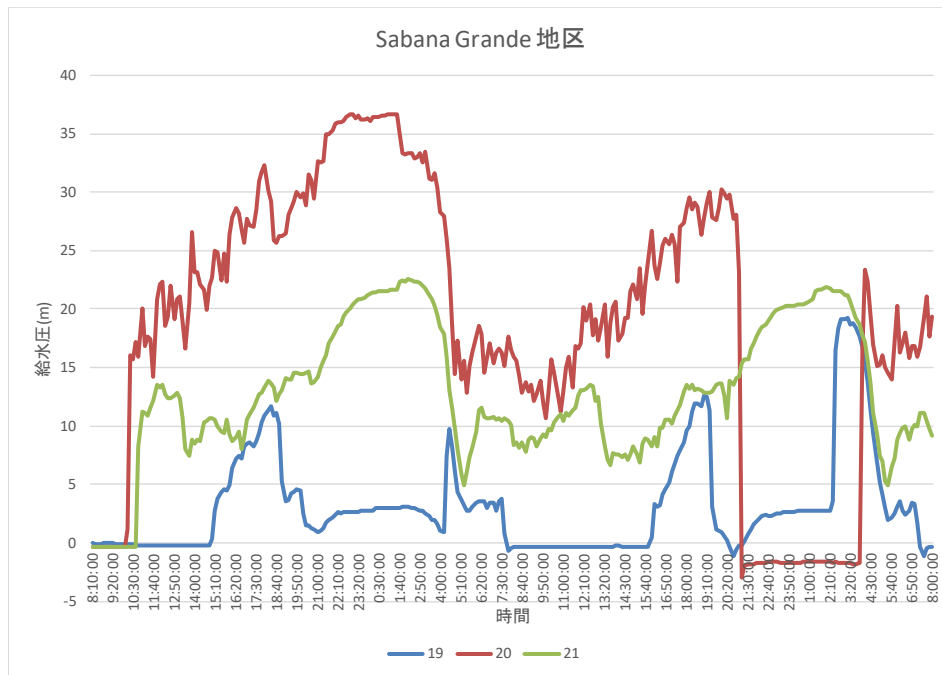


図 2.1.16 Sábana Grande 地区の水圧

## 7) 配水池及びポンプ場の漏水

2017 年 11 月から、オペレーション部が管轄する施設（井戸、配水池、ポンプ場）における漏水状況を把握するための調査を続けてきた。この調査では、各施設で勤務するオペレーターからの現状報告を担当課で把握した後、漏水が確認されたサイトで ANC および JICA チームで現地確認を行った。

主要な調査結果は以下に示すとおりであり、全体施設 259 サイト中、57 サイトで漏水が確認された。全体での漏水量は約 347m<sup>3</sup>/日と推定されたが、この調査は水圧の低下する日中に行われていることから、夜間の配水網全体での水圧上昇を考慮すると、漏水量はさらに大きくなると考えられる。各施設の漏水発生箇所を以下に示す。

- 井戸サイト： 地上モーター型の井戸ポンプの軸部および配管からの漏水
- 配水池： 流入及び流出管の接続部
- 送水ポンプ場： ポンプ周り配管の接続部
- 水管橋：接続部

施設別にみると、井戸サイトでは 1 箇所当たりの漏水量は小さいものの、多くの井戸配管で漏水が発生しているため、総計としては全体漏水量の半分を占めている。

配水池では 1 箇所当たりの漏水が多く、ほとんどは流入・流出管の接続部(フランジ)で発生している。全体漏水量の約 37%の漏水は配水池で発生している。この配水池流入管の漏水は、上述のように配水網の圧力が高くなる夜間に増加すると考えられ、フ

ランジ部分の修理は比較的容易に取り組めると考えられるため、優先順位は高い。

これまでのところ、施設の漏水に対して、オペレーション部では効果的な対策は採られていない。このため、現場オペレーターからの情報収集、漏水内容の確認を含めて定期的・組織的な対応がなされるような提案を行う必要がある。

表 2.1.6 配水施設の漏水調査結果概要

施設	漏水量(m <sup>3</sup> /日)	調査サイト数	漏水のあるサイト数	サイト当たりの漏水量(m <sup>3</sup> /日/サイト)
井戸	174.7	164	43	4.06
配水池	127.1	70	9	14.12
送水ポンプ	16.8	24	4	4.21
水管橋	28.8	1	1	28.80
計	347.37	259	57	51.19

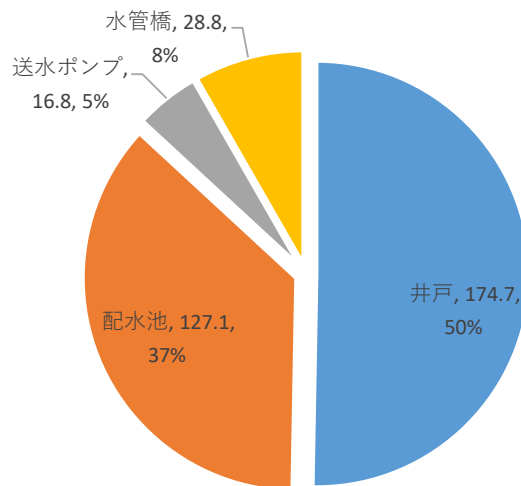


図 2.1.17 施設別漏水率の割合

【写真】 漏水状況

	
井戸地表モーター型ポンプ 軸部からの漏水	配水ポンプ上 配管接続部からの漏水
	
配水池 配管接続部からの漏水	水管橋 送水管接続部からの漏水

(5) コマーシャルデータの整理

1) マナグア市のコマーシャル管理

コマーシャル部では、マナグア市を12のゾーンに区分し、更にゾーン毎に合計590のメータ検針ルートを設定している。これらの検針ルートは行政単位である Barrio の境界と必ずしも一致するわけではない。

ゾーン	ルート	ゾーン配置
1	41	
2	58	
3A	40	
3B	45	
4	29	
5	60	
6A	60	
6B	60	
7	90	
9	60	
10	11	
18	35	
Sub-Urban	1	
合計	590	

図 2.1.18 ENACAL の従来の商業管理区域

## 2) ミクロセクターレベルの請求水量の分析

現在のミクロセクター、マクロセクター毎に水需要量を把握するため、商業部において各セクターの接続数および請求水量のデータが整理された。(2017年8月)

ミクロセクターは、下記に示すスペイン政府や世界銀行のプロジェクトで設定されたミクロセクターをベースとし、残りのエリアについては、行政境界や検針ルートを考慮して、新たな区分を設定した。市街地以外のエリアは大きな括りでセクターと位置づけた。

- 給水システム最適化プロジェクト (2007～2008年 スペイン政府)

低地配水区の3つのマクロセクター化、65のミクロセクター化

- マナグア市給水プロジェクト (PRASMA, 2007～2014年 世界銀行)

Asososca 高地、Reparto Schick のセクター化

請求水量のデータを集計したミクロセクターの分布は以下のとおりである。

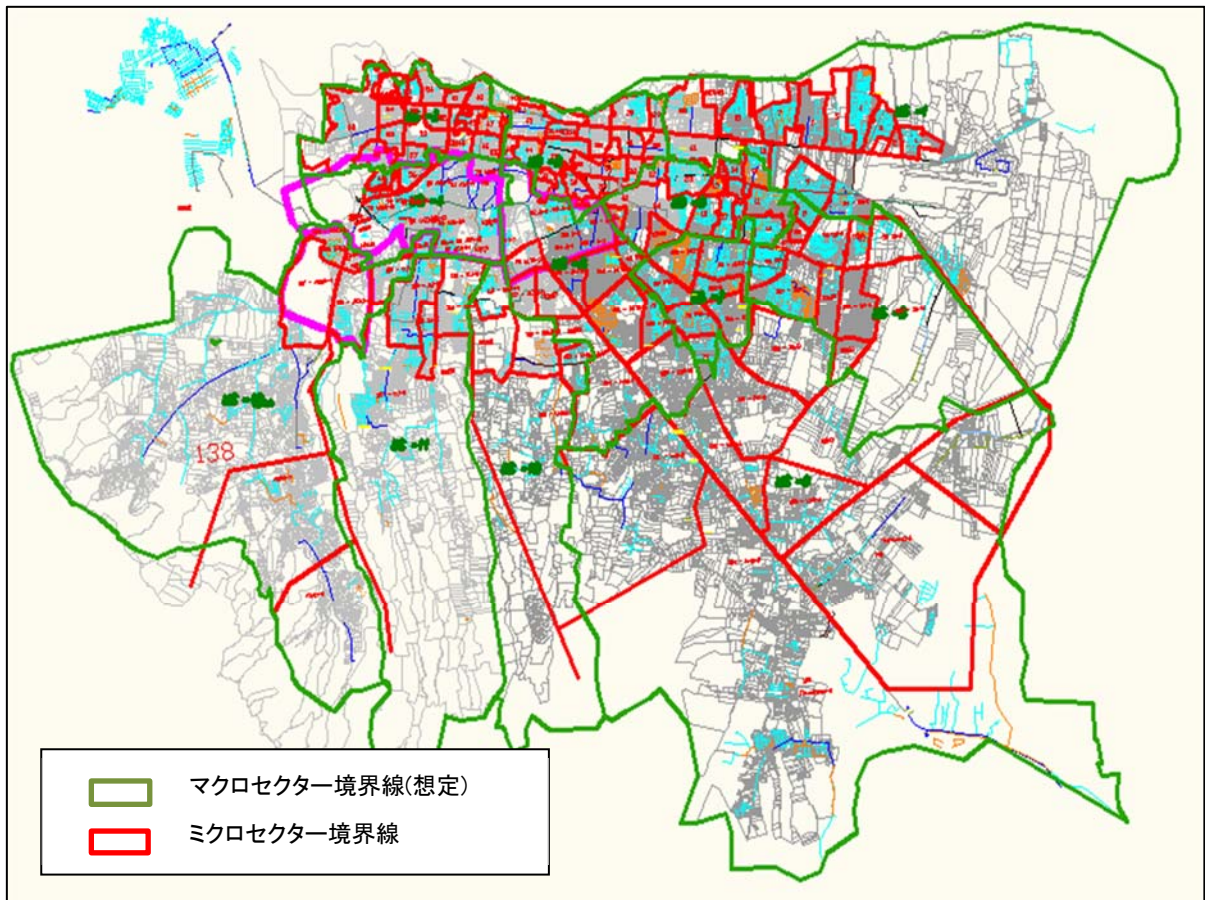


図 2.1.19 ミクロ/マクロセクターの分布

マナグア市全体の給水件数は約 24 万件であり、1 日当たりの請求水量は約 23 万  $\text{m}^3$ /日である。

マクロセクター毎の月当たり請求水量の場合、最大は Las Mercedes の 1,085,007 $\text{m}^3$ /月、最小が UNAN 地区の 179,874 $\text{m}^3$ /月である。

1 接続 1 ヶ月当たりの請求水量としては、UNAN が 46.9 $\text{m}^3$ /月/件で最大、San Judas 地域の 25.5 $\text{m}^3$ /月/件と最小となっている。この大きな要因としては、地域内の大口需要家の存在があげられる。UNAN では 1 ヶ月 100 $\text{m}^3$ 以上を使用する顧客数の割合が 4.8%である一方、San Judas では 0.9%と少ない。

表 2.1.7 マクロセクター毎の接続数と請求水量

マクロセクター	接続数	1ヶ月当たり請求水量 (m <sup>3</sup> /月)	1日当たり請求水量 (m <sup>3</sup> /日)	1ヶ月1件当たり請求水量 m <sup>3</sup> /月/件	30m <sup>3</sup> /月以上を使用する契約者		100m <sup>3</sup> /月以上を使用する契約者	
					(件)	(%)	(件)	(%)
Carlos Fonseca Amador (MS1)	34,092	1,085,007	35,002	33.5	7,187	21.1%	526	1.5%
San Cristóbal (MS2)	19,957	577,560	18,631	32.6	4,987	25.0%	341	1.7%
Asososca baja (MS3)	21,021	573,998	18,516	30.2	4,712	22.4%	316	1.5%
Asososca alta (MS4)	16,920	584,953	18,869	37.5	3,883	22.9%	406	2.4%
Altamira (MS5)	23,044	830,417	26,788	38.8	5,727	24.9%	714	3.1%
Villa Austria (MS6)	23,679	693,684	22,377	30.7	7,618	32.2%	322	1.4%
R. Schick (MS7)	20,022	545,575	17,599	28.3	4,651	23.2%	242	1.2%
Sábana Grande (MS8)	21,902	566,782	18,283	26.9	4,754	21.7%	214	1.0%
Km8 C. Masaya (MS9)	29,075	738,781	23,832	27.7	5,882	20.2%	584	2.0%
UNAN (MS10)	4,134	179,872	5,802	46.9	1,273	30.8%	197	4.8%
San Judas (MS11)	19,215	458,597	14,793	25.5	3,415	17.8%	171	0.9%
Asososca alta superior (MS12)	11,870	375,486	12,112	35.5	2,921	24.6%	369	3.1%
合計	244,931				57,010		4,402	

出典：2018年コマーシャル部

### 3) コマーシャル管理区域の設定

これまで ENACAL では、前出した 12 のセクターをベースに顧客情報の整理が行われてきたが、今後以下の 4 支局に統合して、従来コマーシャル部が使っていたコマーシャル管理区域の分け方を見直し、検針台帳とルートの新編を行う予定である。

表 2.1.8 コマーシャル管理区域

No	支局	位置	備考
1	Asososca	マナグア市西部	主に Asososca 系統の配水区域
2	Portezuelo	マナグア市北～東部	主に Las Mercedes 系統の配水区域
3	La Sábana	マナグア市東部	主に Sábana Grande、Managua II 系統の配水区域
4	Altamira	マナグア中～南部	主に Managua I 系統の配水区域



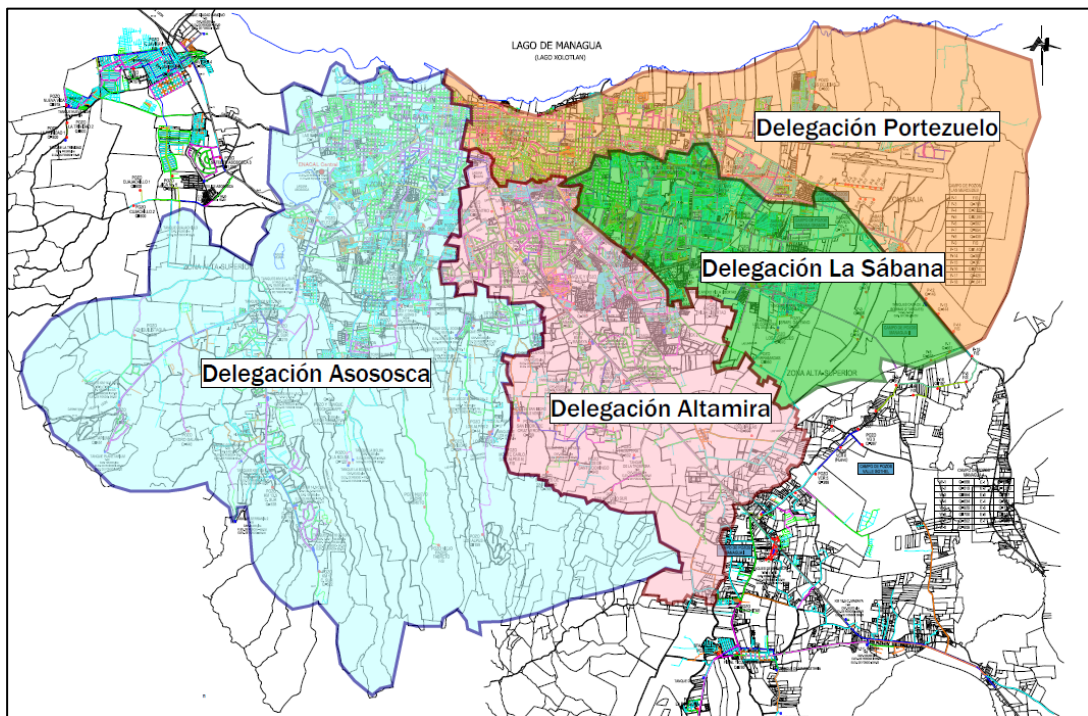


図 2.1.20 コマーシャル管理区域の範囲

## (6) 配水網管理の課題と対応策の提案

### 1) マクロセクターにおける水収支の課題

上記で想定したマクロセクター毎に、8月時点の井戸生産量、現地調査で計測した Asososca 湖および Managua I 井戸群からの送水量、さらにコマーシャル部から提供された請求水量データを用いて水収支の分析を実施した。

この結果を、マナグア湖岸の低地配水区を上方として、マクロセクターの配置を以下のようにイメージし、セクター毎の水収支を表した。なお地区内の水需要量は請求水量で代用する。



セクター内水収支項目

- (1) 請求水量(m<sup>3</sup>/日)
- (2) 配水管網に直接接続されている井戸の生産水量(m<sup>3</sup>/日)
- (3) 他水源からの送水量
- (4) 配水量の合計 ((2)+(3))
- (5) 無収水率50%とした場合の実給水量 ((4)x0.5)

図 2.1.21 マクロセクターと水収支分析項目

Asososca 低地区を例にあげると、水需要としての請求水量 18,516m<sup>3</sup>/日に対して、想定される配水量は 26,231m<sup>3</sup>/日である。しかし、無収水率を 50%と仮定した場合の実給水量は 13,116m<sup>3</sup>/日となるため、この状態では 5,400m<sup>3</sup>/日の不足となる。

こうした考え方により各マクロセクターの水収支を算定すると、以下のように整理できる。分析の結果、Asososca 低地区、San Cristóbal、UNAN で給水量が不足する状態となっている。現実的には、マクロセクターの分離はかなりの部分で行われているものの、まだ完全ではない。このため、Asososca 低地区に対しては、Asososca 高地区、同高高地区から、今回の計算以上の配水が行われているものと考えられる。また、San Cristóbal へは、市東部の Las Mercedes、西部の Asososca、中部の Altamira と Villa Austria から配水されているが、水量の分配を正確に把握するためには、主要な場所に流量計を設置しなければならない。マナグア湖に近い低地の配水区では、多くの地区で時間制限給水を余儀なくされている。



表 2.1.9 セクター毎の1日の水収支分析

1日の水収支		無収水率= 50%		単位: m <sup>3</sup> /日					
Asososca低地区		San Cristobal		Las Mercedes					
(1)	18,516	(1)	18,630	(1)	35,002				
(2)	19,452	(2)	7,241	(2)	92,435				
(3)	6,779	(3)	-	(3)	-				
(4)	26,231	(4)	7,241	(4)	92,435				
(5)	13,116	(5)	3,621	(5)	46,217				
Asososca高地区		Altamira		Villa Austria		Sabana Grande			
(1)	18,869	(1)	26,787	(1)	22,377	(1)	18,293		
(2)	25,032	(2)	43,097	(2)	22,878	(2)	38,443		
(3)	24,236	(3)	15,840	(3)	41,955	(3)	-		
(4)	49,268	(4)	58,937	(4)	64,833	(4)	38,443		
(5)	24,634	(5)	29,469	(5)	32,417	(5)	19,222		
Asososca高高地区		San Judas		UNAN		R. Schick		Km8 & Tecuntepe	
(1)	12,112	(1)	14,793	(1)	5,802	(1)	17,599	(1)	23,831
(2)	30,722	(2)	35,891	(2)	9,082	(2)	30,667	(2)	43,476
(3)	6,443	(3)	12,576	(3)	-	(3)	18,100	(3)	15,312
(4)	37,165	(4)	48,467	(4)	9,082	(4)	48,767	(4)	58,788
(5)	18,582	(5)	24,234	(5)	4,541	(5)	24,384	(5)	29,394

- (1) 請求水量(m<sup>3</sup>/日)
- (2) 配水網に直接接続されている井戸の生産水量(m<sup>3</sup>/日)
- (3) 他水源からの送水量(m<sup>3</sup>/日)
- (4) 配水量の合計(m<sup>3</sup>/日) ( (2)+(3) )
- (5) 無収水率 50%とした場合の実給水量 ( (4) x 0.5 )

表 2.1.10 セクター毎の水収支結果

1日の水収支(不足分)		無収水率= 50%		単位: m <sup>3</sup> /日					
Asososca低地区		San Cristobal		Las Mercedes					
-5,400		-15,009		11,215					
Asososca高地区		Altamira		Villa Austria		Sabana Grande			
5,765		2,682		10,040		929			
Asososca高高地区		San Judas		UNAN		R. Schick		Km8 & Tecuntepe	
6,470		9,441		-1,261		6,785		5,563	

以上の結果は、1日当たりの平均水量で簡易的に検討したものであるが、給水サービスのレベルを判断する場合には、1日のピーク時間帯の水収支を検討する必要がある。

1日当たりの水量を24時間で除し、1時間当たりの水量を設定し、需要量(請求水量)に対しては、時間変動係数としてのファクター1.5を設定し、以下の分析を行った。

この結果、多くのセクターでピーク時の水量を賄うことができないことがわかる。このため、セクター毎にこのピーク時の需要量をカバーするための配水池が必要となるが、Asososca 低地区、San Cristóbal、Sabana Grande のセクターで、貯水容量が大きく不足しているのが現状である。なお、多くの数の深井戸が配水管網に直接接続されており、今後はこの点も考慮した配水池容量の検討が必要である。

表 2.1.11 セクター毎のピーク時間帯の水収支分析

ピーク時間帯の水収支		無収水率= 50%		単位: m3/時					
Asososca低地区		San Cristobal		Las Mercedes					
(1)	1157	(1)	1164	(1)	2188				
(2)	811	(2)	302	(2)	3851				
(3)	282	(3)	0	(3)	0				
(4)	1093	(4)	302	(4)	3851				
(5)	546	(5)	151	(5)	1926				
Asososca高地区		Altamira		Villa Austria		Sabana Grande			
(1)	1179	(1)	1674	(1)	1399	(1)	1143		
(2)	1043	(2)	1796	(2)	953	(2)	1602		
(3)	1010	(3)	660	(3)	1748	(3)	0		
(4)	2053	(4)	2456	(4)	2701	(4)	1602		
(5)	1026	(5)	1228	(5)	1351	(5)	801		
Asososca高高地区		San Judas		UNAN		R. Schick		Km8 & Tecuantepe	
(1)	757	(1)	925	(1)	363	(1)	1100	(1)	1489
(2)	1280	(2)	1495	(2)	378	(2)	1278	(2)	1812
(3)	268	(3)	524	(3)	0	(3)	754	(3)	638
(4)	1549	(4)	2019	(4)	378	(4)	2032	(4)	2450
(5)	774	(5)	1010	(5)	189	(5)	1016	(5)	1225

- (1) 請求水量(m<sup>3</sup>/時)
- (2) 配水管網に直接接続されている井戸の生産水量(m<sup>3</sup>/時)
- (3) 他水源からの送水量(m<sup>3</sup>/時)
- (4) 配水量の合計(m<sup>3</sup>/日) ((2)+(3))
- (5) 無収水率 50%とした場合の実給水量 ((4) x 0.5)

表 2.1.12 ピーク時間帯の水収支と配水池容量の比較

Asososca低地区		San Cristobal		Las Mercedes					
(5) - (1)	-611	(5) - (1)	-1,014	(5) - (1)	-262				
((5) - (1)) x 6 hr	-3,665	((5) - (1)) x 6 hr	-6,081	((5) - (1)) x 6 hr	-1,571				
配水池容量(m <sup>3</sup> )	1,325	配水池容量(m <sup>3</sup> )	0	配水池容量(m <sup>3</sup> )	7,572				
Asososca高地区		Altamira		Villa Austria		Sabana Grande			
(5) - (1)	-153	(5) - (1)	-446	(5) - (1)	-48	(5) - (1)	-342		
((5) - (1)) x 6 hr	-917	((5) - (1)) x 6 hr	-2,678	((5) - (1)) x 6 hr	-287	((5) - (1)) x 6 hr	-2,054		
配水池容量(m <sup>3</sup> )	6,753	配水池容量(m <sup>3</sup> )	18,926	配水池容量(m <sup>3</sup> )	27,709	配水池容量(m <sup>3</sup> )	0		
Asososca高高地区		San Judas		UNAN		R. Shick		km 8 & Tecuantepe	
(5) - (1)	17	(5) - (1)	85	(5) - (1)	-173	(5) - (1)	-84	(5) - (1)	-265
((5) - (1)) x 6 hr	104	((5) - (1)) x 6 hr	511	((5) - (1)) x 6 hr	-1,040	((5) - (1)) x 6 hr	-504	((5) - (1)) x 6 hr	-1,588
配水池容量(m <sup>3</sup> )	4,830	配水池容量(m <sup>3</sup> )	6,133	配水池容量(m <sup>3</sup> )	1,893	配水池容量(m <sup>3</sup> )	8,612	配水池容量(m <sup>3</sup> )	3,786

※ 配水池容量は、需要量の6時間分の水量で比較する。

## 2) オペレーション部による送配水施設管理の課題

### a) 運転維持管理上の課題

各部署が担当する無収水対策の管轄は以下に示すとおりである。オペレーション部は配水システムの中の地上漏水を担当しており、具体的には配水池、配水池周りの流入及び流出バルブ、送配水ポンプ場内の配管、バルブ類の維持管理である。

表 2.1.13 無収水対策の責任部署

部署	管轄
無収水課	配水網の地下漏水
コマーシャル部	給水設備周りの漏水、コマーシャルロス
オペレーション部	配水網の地上漏水

現地踏査を通じて確認された問題点として、配水池、送配水ポンプ機場等の施設で施設周りの草刈りが不十分であること、多くのポンプ場、バルブボックス内で漏水が放置されていたことである。修理が遅延している理由について協議中に確認したところ、担当者としては主に以下の点が問題であると考えていた。

- 修理用アクセサリが不足している。
- 修理を行う場合、マナグア市中心部で大規模な断水が生じるため、送水の停止ができない。
- 修理判断はオペレーション部のみで決められず、他部署(機電課、水質課等)との調整が必要である。

### b) 配水池/ポンプ機場の漏水

無収水課とともに2017年8月以降、配水池周りおよびポンプ機場での漏水調査を実施した。

今回の調査では、井戸のシャフト部と比較的修理しにくい場所からの漏水だけでなく、対処にそれほど労力を要しない漏水も見られているため、オペレーション部に対して対策を急ぐように指導した。

表 2.1.14 配水池敷地内の地表漏水

月日	場所	漏水量	状況
2017年8月 中旬	Altamira 配水池 流入部	30 L/分	Managua I プロジェクトの竣工当時は、流入部に設置された減圧弁で圧力調整しつつ、配水池に流入していた。その後、減圧弁が故障したため、バイパスによる流入に変わったため、減圧せずに取水している。流入地点のフランジ部から漏水するとともに、制御弁の下流側に穴が開いた状態となっている。
2017年10 月19日	Olf Palme 井戸 (低地配水区)	0.9 L/分	この井戸では、地上にモーターのあるタービン型ポンプを使用しており、シャフト部からの漏水があった。水圧は約 30m。
2017年10 月19日	Mercado Oriental 井戸 (低地配水区)	8 L/分	同上。ただし、量が多い。シャフトの水冷のために少々の漏水は許容されるが、この井戸では量が過大である。水圧は約 27m。
2017年10 月19日	San Carlos 井戸 (低地配水区)	なし	-
2017年10 月19日	Km18 C. Masaya 配水池 (高高地配水区)	16 L/分	この配水池には5本の井戸から送水されているが、うち1箇所流入管が十分に接合されていない。井戸は配水管網にも繋がっているようで、特に夜間になると漏水が多くなる。
2017年10 月19日	R. Schick 配水池 (高高地配水区)	16 L/分	配水池周りにある場内管理用（洗浄等）の管路(DN13mm)からの漏水がある、

上記の問題点を改善するために、今後組織的に取り組むべきテーマとしては以下があげられる。

➤ 地上漏水の報告体制と記録

現状では、各施設のオペレーターが漏水は認識しているものの、報告する体制ができていない。定期的および緊急の検査/把握を実施して、担当課上層部に報告する体制を構築する必要がある。

➤ システムの整備

オペレーターからの報告を受けた修理担当者の迅速な派遣、漏水内容とその修理結果の評価が、日常的な管理システムの中で実施できる体制が必要である。

➤ 修理技術の向上

漏水の種別や規模、管路口径によっては、現在の ENACAL の経験/技術では対応が困難なこともあるため、人材育成や技術支援体制の強化が必要である。

➤ 計測管理の精度の改善

計測管理は、マクロセクターの構築と水運用の実施において極めて重要な活動である。SCADA を構築中とはいえ、今後どのようなプロセスとスケジュールで完成に至り、実際のオペレーションに反映させるかを関係者が明確に認識しなければならない。一方で、現状でできる範囲での改善を行うことが必要である。計測の対象としては、井戸生産量、送配水量およびポンプ所元、配水池水位である。

➤ 記録のデジタル化と適切な保管

➤ 業務成果の「見える化」と運転管理への利用

(7) 顧客管理システムの現状と課題

1) 顧客管理システムの概要

ENACAL の顧客情報は、Aquavism というプログラムによって管理されている。

表 2.1.15 Aquavism の概要

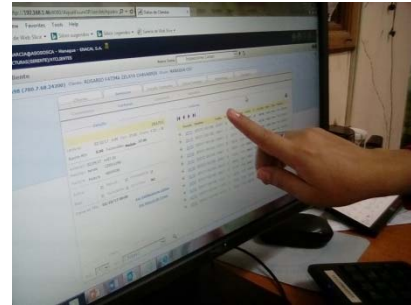
項目	内容
開発年	2010 年
開発者	Edwick 社 (ウルグアイ)
資金	自己資金
現在の管理者	ENACAL 本部
管理情報の種類	顧客情報
顧客数	全国： 702, 267 件 内訳： 16, 229      ペンディング (登録/キャンセル/手続未完) 563, 802      AL: アクティブな顧客(メータ無しも含む) 27, 429      BA: ENACAL との契約がキャンセルされた顧客 50, 733      CF: 2 ヶ月以上の未納で切断された顧客 214              CP: 顧客の要望でサービスを停止した顧客 151              CR: 2 回以上切断された顧客 21, 679      RE: 配水管付近で切断された要注意顧客 22, 030      SU: 契約関係は維持したままサービス停止となった顧客(低水圧、水が届かない等)
顧客データの種別	氏名、住所、顧客 ID 番号、水道・下水道の別、顧客の種類 (家庭用、商業用、等)、検針サイクル、検針順序、水道メータ番号・サイズ・ブランド・モデル、給水栓の番号・口径・材質、水使用量、未納額、検針員・請求書配達員の注記、等 (全 97 項目)

出典: Gerencia Comercial, ENACAL

## 2) 顧客情報の管理とメータ検針方法

新規顧客の情報入力、コマーシャル技術課の顧客台帳チームおよび新規顧客対応窓口で行う。顧客台帳課では、新規水道申請者に対する現場確認なども行う。

毎月のメータ検針は、コマーシャル部の料金請求課が担当する。SISLEC というソフトウェアをインストールされたスマートフォンがメータ検針員に貸与され、検針員は現場でデータを入力して送信する。送信された検針データは Aquavism に反映される。



Aquavism 画面の一例

検針数値は、同課の職員によってチェックされた後に、まとめて月末に外注先に送られ、請求書が印刷される。請求書は ENACAL の料金請求課の請求書配布チームによって全顧客に配布される。

顧客は、ENACAL 窓口、移動支払所、指定された銀行、インターネット支払、コンビニエンスストアなどで料金の支払いを行うことができ、収納情報はオンラインで Aquavism に即時に反映される。ただし、Ficohsa 銀行のみは収納情報が手入力となっており、Aquavism への反映に 24 時間かかる。



ENACAL の移動支払所

顧客台帳における情報の誤りが判明するケースは、以下の 2 つがある。

- 顧客からの料金請求に対する苦情を受けて判明する場合
- メータ検針員や請求書配達員からの指摘で判明する場合

プログラムにはエラー防止用のアラート機能があり、全回の検針値と比較して異常な水使用量が入力された場合に警報が表示される。検針ルート上の顧客の順序を間違えた場合にもこうした警報が表示されるため、検針エラーの防止に役立っている。

顧客のメータがなかったり、壊れていたり、表示部分が見えない場合には、検針員は、数値を入力せず、該当する状況を選択肢から選択・送信するとともに、メータの写真を撮影して送信する。

Aquavism では、ENACAL コマーシャル部の関係各課によって担当業務に関する情報を入力され、課毎にアクセスできる範囲が異なっている。

		
<p>メータ検針風景</p>	<p>スマートフォンにインストールされた 検針入力ソフトウェア</p>	<p>メータ読み取り不可により メータの写真撮影</p>

以前の ENACAL では、水道システムに関する地理情報を InfoCAD で管理していた。その後、GIZ の技術協力プロジェクト (PROATAS) により、オープンソースの QGIS を活用した SIGIL (Sistema de Información Geográfica Local) が導入され、地方都市において同システムが運用されている。現時点では、地方都市が対象となっているが、今後のマナグア市でも同様のシステムを展開できるよう、SIGIL を念頭に置いたデータ整理が ENACAL の IT 部局で進められている。

PROATAS のパイロットサイトとして選定された Chontales 市及び Boaco 市では、顧客情報とメータ、給水栓等の情報の入力作業がほぼ終了した。しかし、マナグアの場合は、データが多く、かつ複雑なため、完成までまだ時間がかかる見通しである。

なお、現在 ENACAL が保有する IT インフラでは、SIGIL が完成する頃にはその能力が不足することが予想されており、多額のハードウェアの整備費用が必要になることが懸念されている。

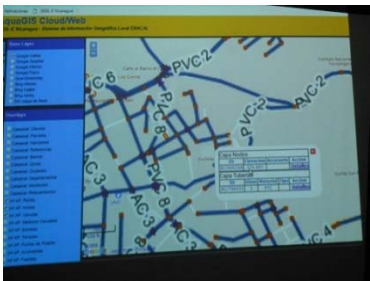
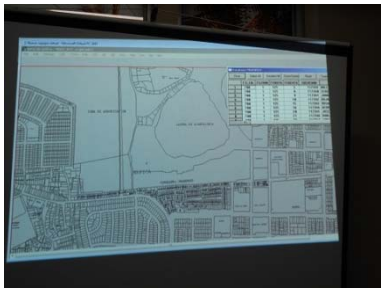
	
<p>SIGIL(GIS)の地理情報 (Boaco)</p>	<p>CAD の地理情報 (マナグア)</p>

表 2.1.16 各都市における SIGIL の入力達成状況

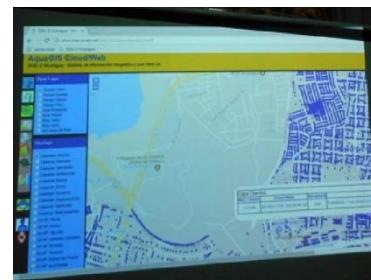
No.	場所	使用者数	全使用者比 (%)	水道 使用者	下水道 使用者	ジオコード*1 された使用者	ジオコード率 (%)
1	Chinandega	51,689	9.05%	51,088	20,631	32,516	62.91%
2	León	56,650	9.92%	56,439	27,661	29,959	52.88%
3	Estelí	39,845	6.98%	39,200	21,295	18,145	45.54%
4	R.A.A.N	4,178	0.73%	4,167	0	741	17.74%
5	Boaco	11,927	2.09%	11,920	4,756	11,924	99.97%
6	Managua	297,627	52.11%	291,586	172,469	180,880	60.77%
7	Masaya	48,163	8.43%	47,291	10,237	17,920	37.21%
8	Rivas	22,716	3.98%	22,546	4,884	14,745	64.91%
9	Chontales	26,555	4.65%	26,216	0	24,954	93.97%
10	R.A.A.S	11,818	2.07%	11,744	0	1,812	15.33%
	Total	571,168	100.00%	562,197	261,933	333,596	58.41%

注：\*1;ジオコード化とは地理座標の付加作業のこと。

出典：ENACAL

将来的には顧客情報と地理情報（SIGIL）とのリンクも考えることが望ましいが、今のところ具体的な計画はない。

メータ検針員と請求書配達員が顧客を定期的に訪問するが、当該地域に詳しくない職員が訪問する際には、地の利のある職員が同行したり、事前に詳細な地図と顧客の住所等を職員に渡すなどして対処する。



SIGIL(GIS)の地理情報  
(マナグア)未完成

地理情報と顧客台帳がリンクしていないことにより、ENACAL 内部での確認作業や不便は生じる可能性があるが、特に深刻な問題は指摘されていない。

Aquavism の管理に従事する職員によると、同システムの問題点は以下の 3 点であった。

- サーバーやパソコンの処理能力が不足しており、システムを操作したり情報を伝達するのに時間がかかる。
- 分析や報告などの機能が不十分で、より充実した機能の付加が望ましい。
- 情報処理の職員・予算が不足している。

地理情報システムに関しては、マナグア市においても GIZ が導入した SIGIL の展開を図っている最中であり、顧客管理の利便性向上とメータや給水栓の更新等の技術面でのコマーシャル情報の活用なども期待されており、早急な完成が望まれる。

Aquavism には、いくつか改善すべき課題はあるものの、現在の ENACAL の顧客情報



を管理する上での大きな問題はなく、他方で、スマートフォンを用いたメータ検針・データ送信の方法もうまく機能していると考えられる。

顧客情報に間違いが見られる点については、Aquavism のシステム上の問題ではなく、関係する各課の対応の問題や、各課間のコミュニケーションの問題が大きく影響していると考えられる。

## (8) 違法接続の対策の現状

現在、ENACAL コマーシャル部の違法接続対策ユニットが実施している違法接続対策に関して、明らかになったことを以下に示す。

表 2.1.17 違法接続対策ユニットの業務

項目	内容
対策ユニットの位置付け	マナグア市のみを管轄としている。マナグア以外で違法接続を取り締まる部署はない。
職員数	同対策ユニットの職員は、3人が責任者を含む管理職(Administrador)、4人が監督員(Supervisor)、3人が配管工(Fontanero)で、9人が臨時雇用者である(計19名)
違法接続のタイプ	①メータはあるが、その周辺にバイパス管を設置している。 ②配水管から直接盗水する。 ③水道メータを破壊・細工して動かなく(回りにくく)する。
違法接続の発見方法	①メータ前にあるバルブを締めた状態で宅地内の水栓を調査する。(宅地への立入調査を拒否されることもある。) ②メータがない場合は、付近の土地の状況から推測する。
違法接続発見後の対応	違法接続対策ユニットがその場で切断作業(メータの除去、給水管内に止水ゴムをつける等)を行う。違法接続者は3日以内にENACALに出頭する必要がある。出頭した際に、罰金(メータ修理代、保証金、再接続費、無収水相当額等)についてENACAL職員が説明を行い、金額決定後、違法接続者から罰金が支払われる。支払後24時間以内に再接続が行われる。切断後3日以内に違法接続者が出頭しない場合、他の違法接続がある疑いがあり、職員は繰り返し訪問・調査を行う。職員によると、違法接続の罰金は、家庭用でおおよそ5万～30万C\$程度、商業用では1件180万C\$のケースもあった。支払後、ENACALの正規顧客ではない場合には、顧客登録が行われる。
業務の概要	1週間毎に1つのZoneを決めて巡回する。2台の車で2チームに分かれ、2チーム合計で1日20件、1週間で計120件の顧客を訪問する。 1日平均で約6件の違法接続を検出している。比較的新しい建物が多いZone 7は違法接続が多い。古い建物より新しいビルにおいて違法接続が多く見つかる傾向があり、経済的に裕福な住宅で違法接続を行う例が多い。多くの場合、違法接続の摘発に対して、違法接続者は自分の過失を認めず、ENACAL職員に対して強い主張を行う。
対策の効果	違法接続対策によって、今年の1月には3百万コルドバ(約11百万円)の収入を得たが、最近では1か月で15百万コルドバ(約56百万円)の追加収入を得て

項目	内容
	いる。
課題	慢性的に人的資源や車両が不足しており、臨時契約者の雇用が切れる後には、業務が滞ることが多い。メータの細工は分解することでその場で発見できるが、配水管からの直接盗水は発見が難しい。違法接続者との対応に危険を伴うことがある(銃を見せて脅されたことがあった、とのこと)。

【写真】違法接続対策の一例

		
<p>先月の使用量が 3m<sup>3</sup>と少なかったため、違法接続対策ユニットが訪問、バルブを締めて住宅の水が出るかチェックしようとしたが、住民は立ち入りを拒否。そこで、職員はメータを取り外す。</p>	<p>取り外したメータをその場で分解し、状況を写真に収める。</p>	<p>メータ内部のローターに穴が空けられており、回転が少なくなるように細工されていた。</p>
		
<p>その他の直接接続がないか、怪しい場所を探索したが、発見されなかった。</p>	<p>違法接続停止のため、止水ゴムを給水栓の奥に設置する。</p>	<p>他の違法接続。料金未納にもかかわらず、住民が接続。職員が冷静に対応するも、家主は決して非を認めなかったが、最後は ENACAL への出頭に応じるようになった。</p>

## 2.1.3 [活動 1-3] 無収水削減対策を効果的・効率的に進めるための方法・手順の整理

### (1) 支局レベルの無収水管理

成果 1 では、成果 2～成果 3 の活動をレビューしつつ、マナグア市の無収水削減に向けた計画案を立案することが求められている。

これまでマナグア市の配水網の現状調査を行い、マクロセクターの現状を把握した上で、ミクロ/マクロセクターを今後どのように有効活用すべきかを検討を行ってきた。

他方、2018 年から開始された IDB (米州開発銀行) の新規プロジェクト (Ni-L1145) には、以下の内容が含まれている。

#### ➤ ソフト面の整備

Altamira 支局の独立化に向けた組織改革、管理体制の構築

#### ➤ ハード面の整備

井戸水源の水量管理 (流量、水圧、水位)、Altamira 地区を中心とした脆弱な配水網の更新、Altamira 地区のマクロセクター化のための配水網改善等

IDB プロジェクトでは、マナグア市の中央部に位置する Altamira 地域を商業管理区画として独立させ、支局化と組織体制の構築を踏まえながら、支局レベルでオペレーションと商業双方の管理責任を持たせることが予定されている。

### (2) 正確な無収水管理に向けたプロセス

本プロジェクトでは、JICA と IDB の連携を念頭に、Altamira 支局が管轄すべきエリアについて、既存のマクロセクターや送配水の条件を基に、水理的な視点から望ましい境界線を提案するための検討を行った。また、同様の検討は他の 3 支局に対しても実施した。

2018 年の調査を通じて、Altamira 支局の商業管理区域 (請求対象の顧客範囲) の境界と、既存のマクロセクターの境界線が一致していないことが判明した。Altamira 支局が無収水を正確に管理できるようになるためには、プロジェクト側が提案するセクター境界を IDB プロジェクトと共有し、商業管理区域と水理条件に基づく配水区域を一致させることが必要である。

この目的のため、既存の配水網の情報と送配水の現状を明らかにし、現在のマクロセクター間の接続点を調査した上で、流量管理に不可欠なバルブや流量計測ボックスなどの位置や数量の検討を行った。

2018 年 10 月の第 4 回合同調整委員会を通じて、Altamira 支局が無収水管理を進める上で不可欠な以下のプロセスを確認し、ENACAL が IDB 資金を活用して無収水管理に必要な施設整備に取り組むことが合意された。

- Altamira 支局のコマーシャル管理区域の範囲を既存のマクロセクターの境界と一致させる。
- Altamira 支局が管轄する複数のマクロセクター間の移動水量を正確に管理する。
- Altamira 支局のコマーシャル管理区域内の顧客管理データを更新する。
- Altamira 支局のコマーシャル管理区域内の配水量と請求水量を正確に計測する。

### (3) 無収水に係る問題が深刻なゾーンの特定

各支局が管轄する区域においては、複数のマクロセクターの中で漏水に対して脆弱なセクターや、無収水が高いセクターを優先的に選定して、必要な対策を採ることができる。その際、人口が密集し、かつ無収水率の高い地域が特定されれば、本プロジェクトのパイロット区画で実践した技術を展開することも可能である。

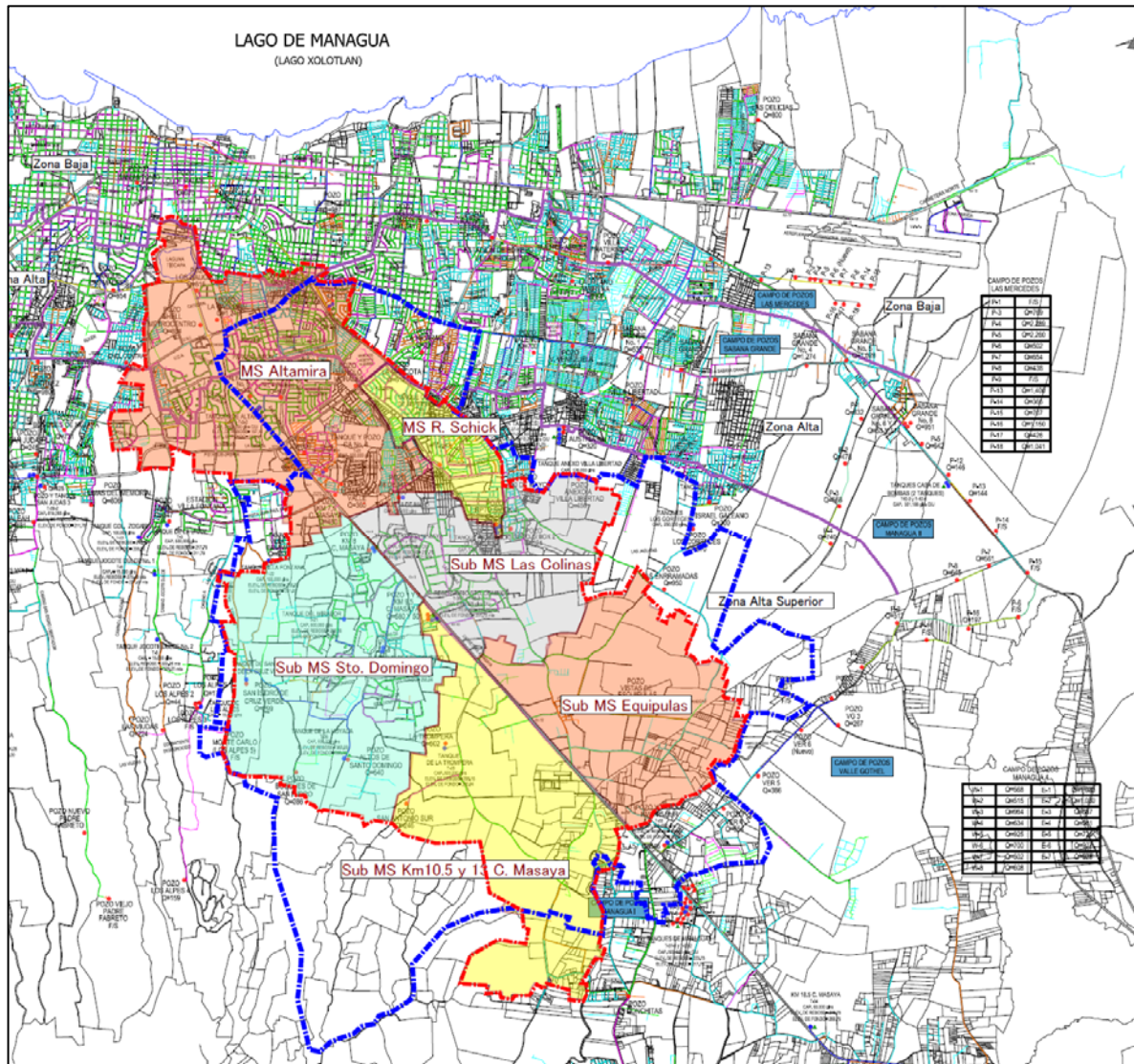
### (4) マナグア市レベルでの無収水対策

現在想定される 4 支局への権限移譲を進め、Altamira 支局と同様のアプローチで無収水管理の投資を行うことにより、マナグア市全体の無収水の分布が明らかになる。そうすれば、ENACAL 本部としてどの支局に対する投資を優先させればよいかを定量的なデータから判断することができ、また支援を行う国際機関やドナーとしても投資の必要性和効果をより具体的に把握することができる。

### (5) 支局同士の競争原理の醸成

上記の支局レベルでの無収水管理がマナグア市全体に展開できれば、支局同士の競争意識を促すことにつながる。各支局が ENACAL 本部や無収水課の支援を活用しつつ、それぞれの無収水の現状に合った形で必要な対策を採ることができる。

その際には、無収水対策に従事する職員のインセンティブを醸成する取組みができれば、無収水削減をより効果的に進めることができるが、職員の待遇を含めた組織の抜本的な改革が必要と考えられる。



- 現在の商業管理区域
- 将来の商業管理区域

図 2.1.22 Altamira 支局の商業管理区域と周辺マクロセクターの範囲

## (6) ミクロ/マクロセクターの活用方針

### 1) マクロセクター

マクロセクターについては、過去のマスタープランでも言及されているが、現時点で目立った成果が表れていない。マナグア市の無収水対策を効率的にかつ効果的に進めるためには、全体の無収水率のみならず、セクター毎の無収水率と漏水状況の把握と対策立案が不可欠である。この目的のため、マクロセクターとしての無収水管理を優先的に進め、短期間でかつ効率的に無収水削減を進める必要がある。マクロセクターの活用方針は以下のとおりである。

#### ➤ マクロセクターの再構築

マクロセクターはミクロセクターに優先させて分離化を実現させ、セクター毎に無収水率と水収支を管理する。

#### ➤ 流量/水圧管理の精度向上

現在進行中の SCADA 整備に含まれる、井戸生産量、送配水ポンプの流量・送水圧、配水池水位に加えて、配水池の流入/流出部、配水網の主要地点の水圧計測を実現させる。この取り組みにより、マクロセクターレベルの無収水率の管理精度が向上する。

#### ➤ コマーシャル管理区域毎の送配水量の管理

現在、ENACAL 本部内のコントロール・センターに運転に関わる情報が集められ、このセンターで水運用の指令が行われている。一方、コマーシャル部では 4 支局に分かれて、検針/請求および水道メータの維持管理を実施する体制に移行しつつある。マナグア市の配水システムを、全体的に計画/指導できる体制と併せて、主要水源と支局が管轄するコマーシャル管理区域に応じた、日常的な運営・運転/管理を効率的に実施できる体制構築が必要である。

表 2.1.18 マクロセクターとコマーシャル管理区域の関係

コマーシャル管理区域	マクロセクター	主要水源
Asososca 支局	Asososca 低/高/高高地配水区 San Judas 配水区 UNAN 配水区	Asososca 湖、配水区内の井戸、Managua I からの分水
Portezuelo 支局	Carlos Fonseca Amador 配水区 San Cristóbal 配水区	Las Mercedes 井戸群、配水区内の井戸
La Sábana 支局	Villa Austria 配水区 Sábana Grande 配水区	Managua II 井戸群、配水区内の井戸
Altamira 支局	Altamira 配水区 Reparto Schick 配水区 Km8 C. Masaya 配水区	Managua I、配水区内の井戸

なお、マクロセクターの再構築に当たっては、地震等のリスクを想定し、セクター間で配水のやり取りも可能なバックアップ機能に留意することが必要である。

ニカラグアは、日本と同様に火山国であり、マナグア市は、過去に大地震による被害を受けている。特に、1972年に発生したマグネチュード6.2の直下型地震では、市のほとんどが被災して約20,000人が犠牲となった。

地震発生時には配水池や送配水管がダメージを受け、普及までに多くの時間を要した。また、水源の取水では、ポンプに依存しているため、電源喪失時の水道への影響は大きい。このため、将来的な施設改善を検討する際、ハード的な施設の耐震化とともに、地震発生時のソフト面での緊急対応も念頭に置く必要がある。

## 2) ミクロセクター

2000年以降、ENACALはスペイン政府の支援や世銀、IDB資金などを活用して、配水網のセクター化に向けた投資を続けてきた。ミクロセクターの内訳は前出のとおりであり、図面上で計画されたミクロセクターは111箇所存在する。

本プロジェクト開始時でも言及されているとおり、これまでENACALは、既存の配水網をミクロセクター化という手法で細分化し、そのすべてを水理的に独立させたうえで、配水量と請求水量を管理することを目指してきた。一方で、水源の量的な制約および水源の位置的制約に対して十分な検討の下で計画されてこなかったため、この結果、ミクロセクターは不完全な状態で放置され、無収水の改善に活用されることがなかった。

ENACAL無収水課では、上記スペイン政府が構築を支援したミクロセクターにおいて、設置された流量計測を継続している。しかし、このミクロセクタープロジェクトで本来行うべき活動の詳細は決められておらず、ミクロセクターレベルの月別流量の記録が採られているだけである。ただし、この計測結果をみると、多くのミクロセクターで月別変動が大きく、不自然な計測値を示すものが多い。これは流量計の故障もしくは



は不十分な分離化によるものと考えられる。

既存のマイクロセクターを今後活用するために取り組むべきテーマは、以下のとおりである。

➤ 管理主体の明確化

マイクロセクターの流入部で流量計測が可能な場合は、マイクロセクターレベルでの無収水率の算定が可能である。流量計測と配水量分析を通じて、水道メータの精度や管網の損失水量が推定でき、マイクロセクターレベルの無収水削減対策を具体化につながる。

現在、流量計測が可能なマイクロセクターに限って無収水課が計測を続けているが、そのデータが無収水の削減に活用されている状況にない。こうした問題を改善するためには、マイクロセクターの管理主体を明確化する。

➤ 管網情報のレビューと最新化を担う部署

マイクロセクターは数多く構築されたものの、水理的分離状況やその可否、送水元、配水先といった情報が十分に把握できていない。管網情報の確認、現場での水理的独立化テストなどの実務を担う部署を定める。

➤ 流量計の更新

スペイン政府の支援で構築されたマイクロセクターの流入部には流量計ピットが整備されている。流量計は既に老朽化したものもあるため、既存流量計の精度を確認して更新計画を立案する。

➤ その他のマイクロセクターの流量管理

既存のマイクロセクターには、配水管網のセクター化のみが行われたものの、流量計がないところもある。すべてのマイクロセクターで流量計を設置する代わりに、バイパス管設置用の分岐設備とバルブを設置することも選択肢の一つである。この場合、コンクリートピットの建設は不要となり、夜間のみ可搬式の流量計測設備が接続できるようにするだけで、地区内の損失水量を定期的にモニタリングすることができる。

なお、プロジェクト活動によって作成された無収水削減基本計画では、既存のマイクロセクターにおける活用方針を次項のように設定し、マクロレベルでの無収水管理と並行して実施することが明記されている。



## (7) 既存のマイクロセクターにおける活動方針

2017年から2箇所で開催したパイロットプロジェクトで習得した技術を活用した無収水削減活動を、マナグア市の他の地域へ展開することは持続性を確保する上で極めて重要である。

マナグア市では、過去にスペイン政府、IDB、世銀などの支援を活用して、111のマイクロセクターが存在するが、すべての水理的独立化が実現し、流入水量が正確に測定できているわけではない。

マクロレベルでの無収水管理を実現し、無収水削減を抜本的に進めるためには大規模な資金を確保しなければならないため、その成否はENACALの事業戦略の一貫性と他ドナーの資金提供に依存している。

一方、日常業務として無収水対策を進めていくためには、既存のマイクロセクターでの活動を展開し、すべてのマイクロセクターで無収水管理が可能となるように不具合を改善していかなければならない。

本プロジェクトで策定した無収水削減基本計画では、2020年以降には10箇所のマイクロセクターで無収水削減活動を実施し、その活動を通じて4支局の技術者の能力強化を図り、その後、年間20箇所のマイクロセクターで活動が展開されることを目標においた。

- ▶ 現在存在しているマイクロセクターから、夜間最小流量の測定が可能なセクターを分類する。
- ▶ 選択されたマイクロセクターの夜間最小流量を測定し、無収水が深刻なマイクロセクターを確認する。
- ▶ 無収水が深刻なマイクロセクターにおいて、JICAプロジェクトで習得したパイロット活動を展開する。
- ▶ JICAプロジェクトと同じ期間や労力を一つのパイロットエリアにかけてはならない。
- ▶ 一つのマイクロセクターの無収水率は30%を目標とする。
- ▶ ミクロセクターへの投入費用はJICAプロジェクトの場合の50%程度を目途に設定する。
- ▶ 2020年の10箇所の活動では、フィジカル無収水課の指導の下、支局の技術職員に対するOJTも考慮し、支局レベルの人材強化を図る。
- ▶ 2021年以降は、既存のマイクロセクターすべてで活動を展開できるよう、必要な配水網の改善を行い、1年間で20箇所のマイクロセクターにおいて無収水削減活動を展開できるようになる。

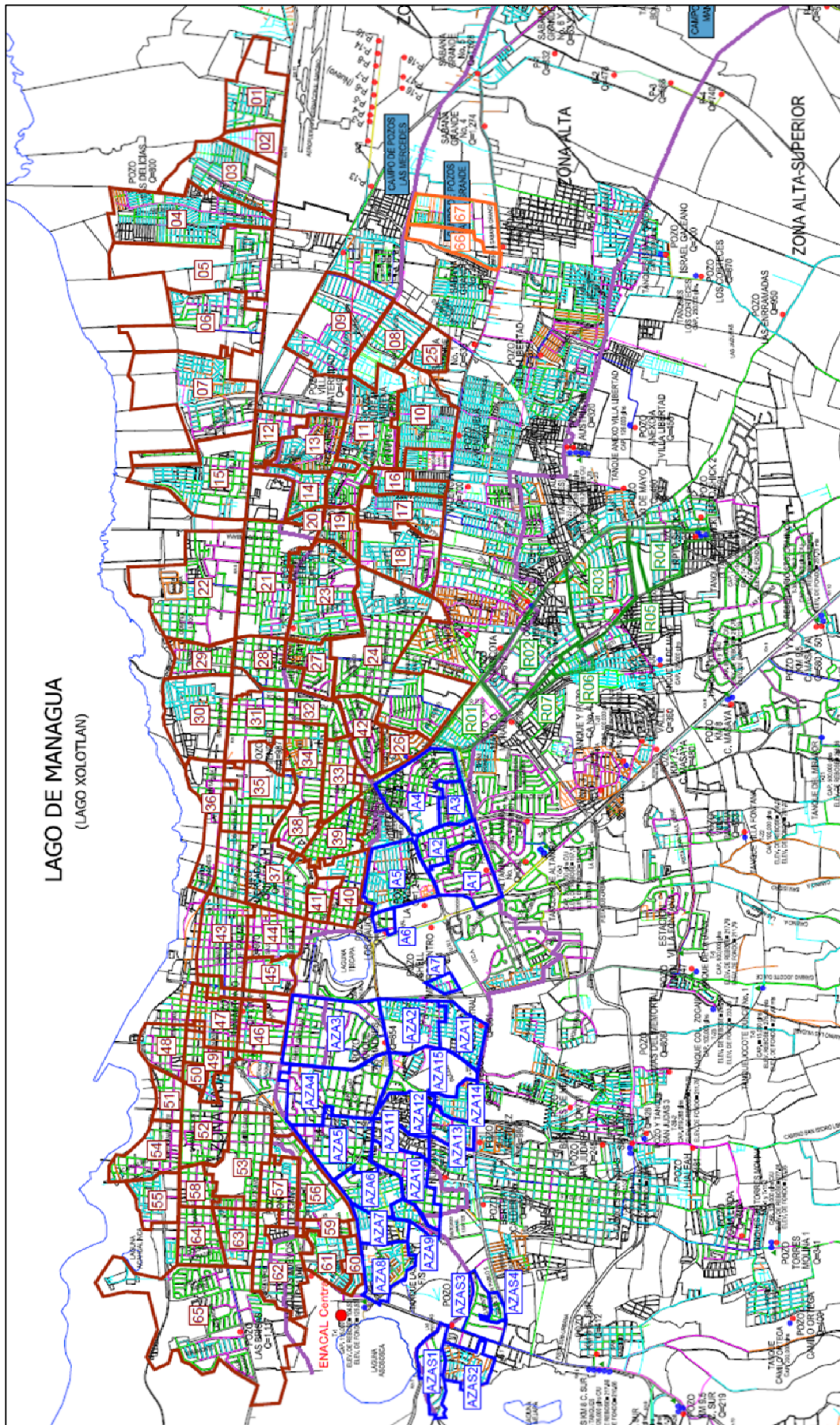


図 2.1.23 マナグア市の既存のマイクロセクター

## 2.1.4 [活動 1-4] 施設の改善内容のとりまとめ

### (1) 無収水削減に効果的な投資

これまで抽出した課題、ならびに無収水削減に向けた効率的かつ効果的な方法・手順に基づき、マクロレベルでの無収水管理を実現するために必要な設備を洗い出した。

この結果は、4つの支局のマクロセクター化提案書としてまとめられ、ENACALに提出された。

現在、IDBの支援で進行中のプロジェクトは、Altamira支局の配水区を対象としているが、無収水の削減に効果的と考えられる施設更新も協力コンポーネントに含まれている。これは、プロジェクト開始当時からIDBとの間で密接な意見交換とプロジェクト進捗の報告を続け、IDBの支援との連携を図った結果である。

本プロジェクトで培った知識やノウハウを用いて将来的な無収水削減が実現すれば、新たな水源開発を抑制する効果が期待される。しかし、その効果を最大化し、持続性のあるものとするためには、老朽化した送配水施設の抜本的な更新を並行して進めることが望ましく、IDB資金を活用した施設整備は本プロジェクトの上位計画を早期に達成する上で、極めて有効である。

### (2) 給水サービスの改善に効果的な投資

無収水削減に効果的な投資内容の多くは、水量管理、ならびにマクロセクターの境界設定のための配水網の改善からなっている。これらの投資は、無収水削減に直接貢献するわけではなく、各支局が無収水を正確に測定できる基盤整備に貢献するものであり、その結果、重点的に設備更新が必要なエリアや対象施設を特定できるようになる。

そうして明らかになる脆弱な管路や付帯設備の更新は、マナグア市全体としての無収水削減に大きな成果が期待できるが、既存の水道施設についても計画的に更新を検討しなければ、水道サービスの向上は実現できない。

従って、このための施設整備についてもENACALのニーズを十分把握しつつ、管網の水理解析を行い、技術的な観点から必要性を示した上で、「無収水削減基本計画」のアクションプランのアイテムとして計上した。

## 2.1.5 [活動 1-5] 組織・制度の改革内容のとりまとめ

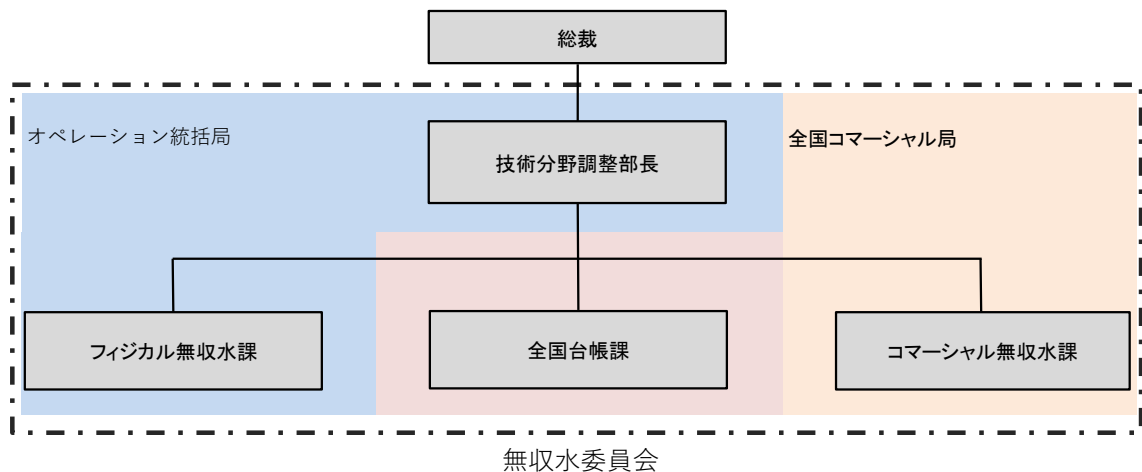
これまで、ENACAL 内の無収水削減に関連する活動は、オペレーション部、コマース部、無収水課がそれぞれ別々に実施しており、一元的に管理する部署が存在していなかったことが大きな問題として認識された。

無収水対策を進める場合、水源の有効利用や上水道の運転維持管理を含む新規・更新計画策定等において計画局の重要性は極めて高いと考えられることから、計画局と連携しつつ、無収水削減を一元管理できる体制構築を検討した。

### (1) ENACAL 本部と県レベルの組織改革

現在の非効率な無収水管理体制を抜本的に改善する目的で、今後の無収水対策を強力に推進するための組織を以下のように編成する。

#### 【ENACAL 本部】



#### 【県レベル支局】

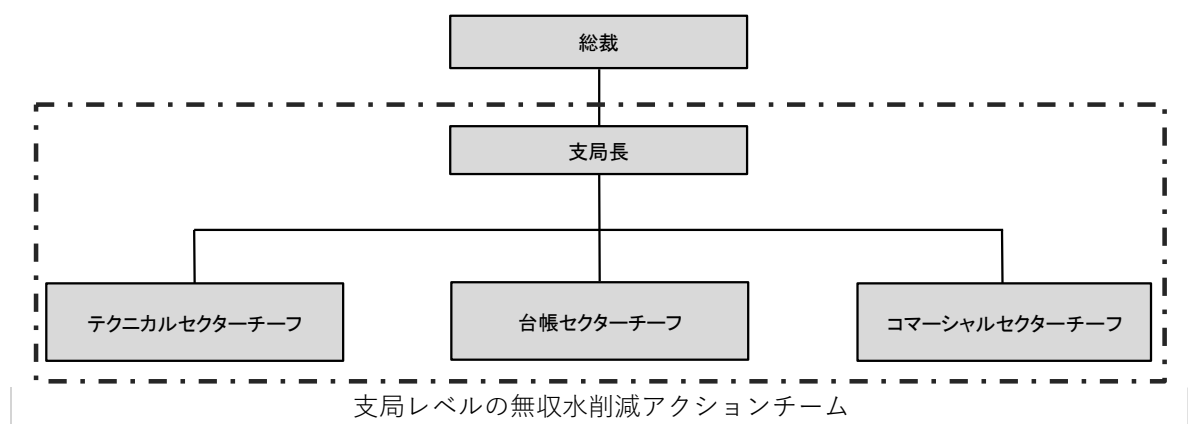


図 2.1.24 無収水対策を推進するための組織

ENACAL 総裁の直属組織として、「フィジカル無収水課」、「コマーシャル無収水課」及び「全国台帳課」が配置される。従来の組織における「無収水課」は今後、「フィジカル無収水課」に名前を変え、ENACAL 全体の物理的無収水対策の戦略策定、各支局の無収水状況の監督、技術指導などを担う。

一方、見かけ損失対策は、「コマーシャル無収水課」が担うこととなり、水道メータの設置/更新、非合法接続対策、見かけ損失削減に向けた戦略策定、請求水量の分析などに責任を持つ。

ENACAL 全体の無収水対策、戦略策定、各支局の実績のモニタリング・評価などは、「技術調整部長(兼オペレーション部長)」をリーダーとする無収水委員会を通じて行われる。

各支局は、それぞれが管轄するエリアの無収水削減に対する責任を担う。水源の生産水量の管理は Central の P3 が日常的なモニタリングを行うが、支局はそのデータベースへのアクセス権を持ち、日常業務の一環として管轄エリアの無収水を監視し、削減に向けた日々の活動を行う。

## (2) 無収水委員会の役割

ENACAL 本部の無収水委員会は、各支局が管理する無収水の現状を定期的に評価する”モニタリング・管理センター”としての役割を担い、支局が設定すべき無収水の目標を設定する。その上で、中期・長期的な粗点から、マナグア市全体の無収水を削減するための本基本計画書のモニタリングを行うとともに、地方を含めた ENACAL 全国レベルの無収水削減の戦略を策定する。

無収水委員会は、支局の無収水をモニタリングし、各年末にそれぞれの支局のパフォーマンスを評価する。ニカラグア全国の支局が達成した無収水削減の成果は総裁へ報告され、そこで大きな成果を出した支局に対しては、表彰が検討される。このように、支局同士の競争意識が働くような仕組みづくりも無収水委員会の役割である。

無収水委員会の重要なタスクの一つは、各支局の無収水削減に対するパフォーマンスを評価するクライテリアを設定することである。

各支局が置かれている状況は一律ではない。それぞれの支局が管轄するユーザーの特徴、配水網の劣化具合、平均給水圧、消費水の傾向には大きな違いがあり、それらは無収水の構成要素にも大きく影響する。

無収水についても支局の置かれた状況によってその達成に向けた困難さが異なる。例えば、ある支局で 1%の削減という成果は、他の支局における 2%の削減と同等に評価されることもある。

従って、無収水委員会は、各支局と十分な意見交換と情報共有を行った上で、公正な視点から無収水削減の目標と評価のクライテリアを設定する責任がある。

- 支局の無収水削減パフォーマンスを評価する。

- ▶ パフォーマンス評価のクライテリアを設定し、定期的にレビューする。
- ▶ 中長期的な無収水削減目標を設定する。
- ▶ 支局と調整しながら、支局毎の無収水削減目標の設定を支援する。
- ▶ 支局から提出される無収水削減のための予算計画をレビューし、修正の指示をする。
- ▶ 支局との定例会議を開催し、無収水削減活動の成果をモニタリングする。
- ▶ 支局の無収水対策において、技術的支援を行う。
- ▶ 無収水削減技術の内部研修を計画し、運営する。

### (3) 支局の役割

無収水委員会によって設定された次年度の無収水削減目標を達成するため、各支局は、毎年予算の提案書の素案を無収水委員会に提出する。その提案書には、年間の活動、想定コストが含まれる。

無収水委員会は、各支局が提出する提案書をレビューし、必要に応じて修正指示を行う。修正が施された提案書は、ENACAL 計画局を通じて総裁へ提出され、承認手続きに進む。

原則として、無収水対策に必要な予算は、無収水の問題が深刻なマクロセクターを多く管理する支局に対して優先的に配分される。

無収水削減活動は支局から提案されるものの、経営的な視点から言えば、フィジカル損失対策よりもコマーシャル損失対策に対して優先度を高く設定する。これは、コマーシャルロスの削減は、フィジカルロス削減よりも費用対効果が高い場合が多く、特に商業施設を多く持つエリアではその効果が顕著であることによる。例えば、大型スーパー、ショッピングモール、ホテル、レストランなどの大口消費ユーザーの検針精度の向上、非合法接続の合法化、メータを持たないユーザーに対するメータ設置などは、巨大な資機材調達予算がなくても実施できる。



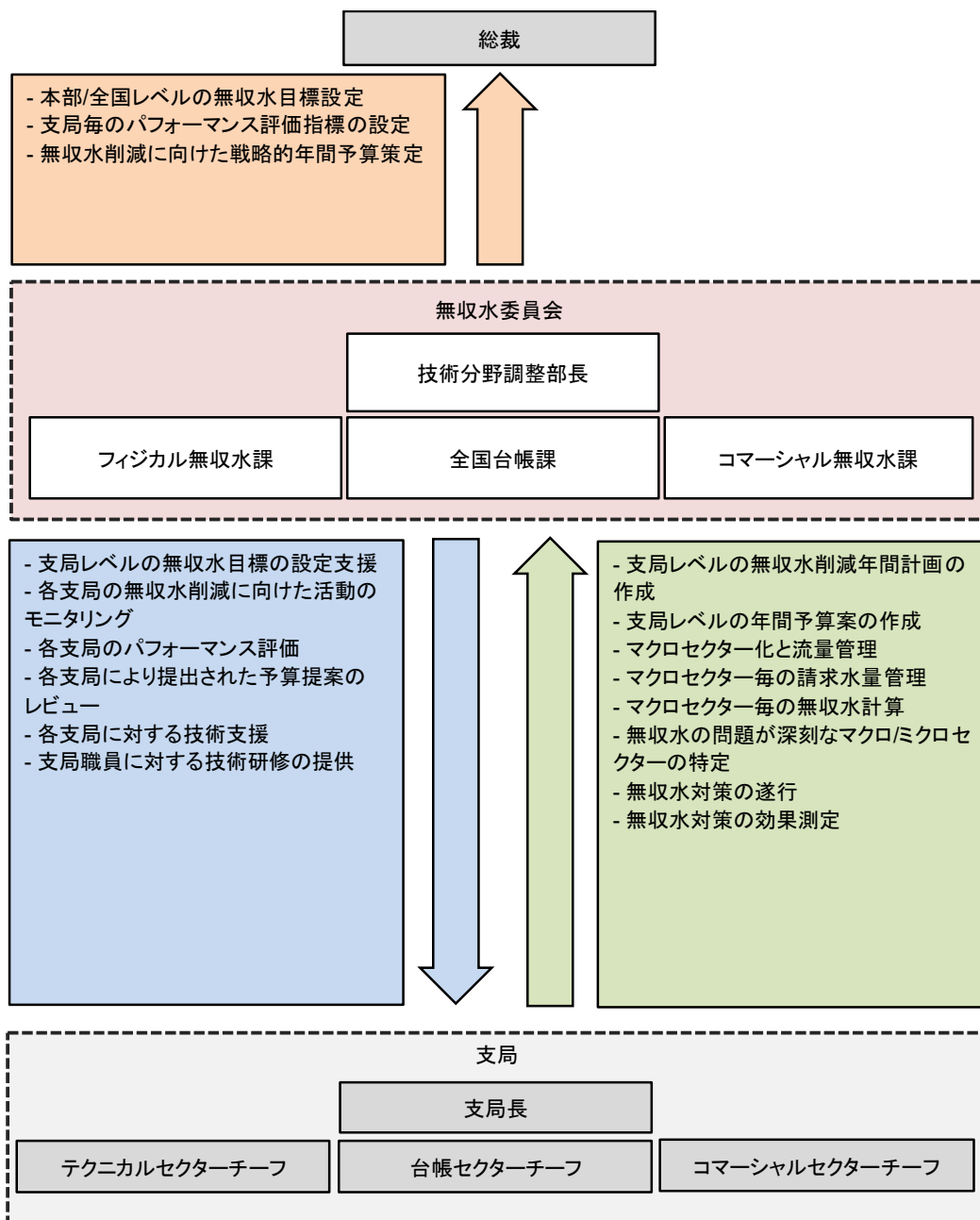


図 2.1.25 無収水委員会と支局の関係

#### (4) 研修制度の充実

組織・制度の改革の中で、職員の技術力を向上させるための取り組みは、組織の持続性確保において重要である。

2017年以降、計測的な職員能力の向上に取り組む必要性が組織内で共有され、年次研修プログラムの策定が義務付けられている。この内部研修は、計画局の調整の下で行われている。

2012年からGIZが支援している組織改革の一環として、地方支局に地域緊急対応センター（CRAI）の設立が具体化しつつある。GIZのプロジェクト（PROATAS）を通じて、地方支局の無収水対策に向けた基盤整備が進められ、支局に無収水対策の技術責任者の配置も予定される。

こうした状況を踏まえ、ENACAL内部で無収水管理に係る技術力の向上を進められるよう、内部研修制度を構築し、その計画内容を「無収水削減基本計画」に含めた。

#### 2.1.6 [活動 1-6] 実施スケジュールの作成

上記で整理した手順・方法に基づく無収水削減に向けたプロセスを具体的にアイテムとして示し、目標年次を2035年としたアクションプログラムを策定した。

Altamira支局のアクションプランについては、IDBの支援するプロジェクトでいくつかは着手されており、そこで計画されているプログラムとの整合を図った。



表 2.1.19 短期/中期/長期アクションプログラム

投資アイテム	内容	概算費用 (US\$)	年次												備考 (伊漢等)
			2019						2020						
			J	F	M	A	M	J	J	F	M	A	M	J	
無収水削減目標															
			50%												
			40%												
			30%												
投資アイテム	内容	概算費用 (US\$)	年次												備考 (伊漢等)
A. Alumina 支局															
A.1 無収水マネジメントの強化															
A.1.1	テラノカル/コマーンシャルマナー-ジントの改善とインハウスのある工事	\$6,000													
	生産井戸及びAluminaの貯水タンク用地域のインフラ設備設置、メンテナンスなどの設備工事	\$388,200													
	生産井戸(S5箇所)及びAluminaの貯水タンク用地域のインフラ設備設置、メンテナンスなどの施工管理のコンサルティングサービス	\$4,600													
	Alumina支局の新たな設備+組換え、業務プロセスの調整、組織評価システムの実施、職務マニュアル作成のためのコンサルティング支援	\$6,000													
	[Alumina支局による計画] Alumina支局内のユーザー-2,500件を対象とした給水管/水道メータの更新														
	[ProCastionの提案] 支局の責任下で委託されるマクロセクターの無収水分析を通じて明らかになる必要性を考慮して更新を行う。	\$1,200,000													
	Alumina支局マクロセクター七探査書では最大で全ユーザー-52,600件を対象としている。														
	Alumina支局内の配水管の日常管理のためのインベントリーストックの調達 (補足) Alumina支局に所属する技術部署とオペレーション業務用のストック材料	\$500,000													
	Alumina支局の工事用工具の調達 (補足) Alumina支局に所属する技術部署とオペレーション業務用の工具	\$201,500													
A.1.2	生産井戸のマナー-ジメントのために必要な機材の調達	\$834,000													
	市内の生産井戸の水位測定機器、貯水池設備所の水位管理用機器、Alumina支局内の生産井戸のSQUADシステム0の調達 (補足) 本活動はProCastionの提案書における表7.1.2項に該当する。														
	井戸用の流量計とアセサリー、各戸水道メータ、大口需要者向け水道メータの調達 (補足) 本活動は、Managua市の水道システム全体を対象とした調達である。	\$800,000													
	地下水観測用機器と生産井戸のポンプ設備の調達 (補足) 本活動の中で考慮される機器は、井戸ポンプ10箇所、地下水位観測所40地点を対象としている。	\$1,200,000													
	生産井戸における電気機械制御調整、インバータ、起動装置)の設置	\$475,000													
A.1.3	Aluminaの配水エリアのマクロセクター七工事	\$50,000													
	Alumina支局内の配管台帳の最新化のためのコンサルティングサービス (補足) Alumina支局内のみを対象とした配水管台帳の整備である。														
	Alumina支局内のマクロセクター七工事 (補足) ProCastionにより提案された表7.1.3項において、Alumina商業管理区域の設備の更新のために必要な機器とアセサリーがリストアップされ、材料費と設置費用が算出されている。このため、BID N.1145では、マクロセクターの構築作業は“材料調達”と“建設工事”の2つに分けられている。このため、BID N.1145に準拠し、1.3項の内容を2項目に分けて記載している。	\$1,179,000													



投資アイテム	内容	概要費用 (US\$)	年次												備考 (詳細等)			
			2020															
			2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031		2032	2033	2034
A. Alamosa支局																		
A.1. 無取水メンテナンスの強化																		
A.2. 給水条件の改善																		
A.3.1	Rotonda Centroamericanaにおける減圧弁の設置	Mesaicus 送水管(Santa Dominga-Alamosa間のCentroamericanaロータリー地点で、口径300mmの管が分岐している。分岐管の送水圧の調整用に減圧弁、流量計及びアセサリー(バルブ、フイター、ハイパス管)を設置する。	\$124,100															EJ資金を予定
A.3.2	配水管分岐のためのバルブ設置	Mirado配水池の北側の配水管線流入側に仕切弁(100mm)を設置し、上流部からの流入水量を調整する。	\$300															EJ資金を予定
A.3.3	配水管の更新	Mirado配水池の西側の配水管線側において、口径50mmを100mmに更新(L=812m)	\$24,800															EJ資金を予定
A.3.4	新規配水管の敷設	口径150mmの管路を新設(L=130m)	\$9,800															EJ資金を予定
A.3.5	配水管の更新	Mirado配水池の下流側配水管において、給水圧確保のため口径75mmを100mmに更新(L=130m)	\$5,200															EJ資金を予定
A.3.6	井戸San Antonioに隣接した新規配水池の建設	San Antonio井戸に隣接した構所(標高360m)に、配水池を建設する。(容量1,600m <sup>3</sup> 、井戸生産量の1/2時間相当)	\$700,000															EJ資金を予定
A.3.7	配水管の更新	Pozo XochitlanとPozo Yucaltic間の配水管において、San Antonioの新規配水池開業からの配水管に口径100mmを150mmに更新(L=800m)	\$43,400															EJ資金を予定
A.3.8	新規配水管の敷設	給水圧確保のため、Pozo Xochitlan付近から下流側側溝に向けて口径75mmの配水管を新設(L=1283m)	\$38,500															EJ資金を予定
A.4. 無取水削減に向けた効率的対策																		
A.4.1	無取水削減に向けた効率的対策の展開	マクロセクター毎の無取水分析と評価 - 投資を必要とするマクロセクターの選定と集約化 - 無取水管理の条件整備とマクロセクターの構築 - 無取水に対する対応策の計画																

投資アイテム	内容	概算費用 (US\$)	年度												備考 (財源等)				
			2020																
			2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		2031	2032	2033	2034
B. Asoosoa支局																			
B.1. 無取水マネージメントの強化																			
B.1.1	サブコントロール/コマンドシステムマネージメントの改善とインバウトのある工事																		
B.1.2	生井戸のマネージメントのために必要な機材の調達																		
B.1.3	コマンドシステムマネージメントの改善																		
B.1.4	Asoosoa支局の設立																		
B.1.5	Asoosoa支局管理施設のSCADAシステムを導入	\$1,109,200																	
B.1.6	Asoosoa支局の商業管理区域のマクロセクター化工事	\$3,139,500																	
B.1.7	給水管の更新	\$1,404,000																	
B.1.8	各水道カーズの更新/設置	\$1,572,000																	
B.2. 洪水防止のための緊急対策																			
B.3. 配水条件の改善																			
B.3.1	マクロセクターAsoosoa Basin向けにAsoosoaポンプ構築地内における配水池の建設	\$560,000																	
B.3.2	マクロセクターAsoosoa Altaにおける配水管の更新	\$8,600																	
B.3.3	マクロセクターUNANIにおける湧井の設置	\$13,000																	
B.3.4	マクロセクターUNANIにおける湧井の設置	\$21,600																	
B.3.5	マクロセクターUNANIにおける仕切井の設置	\$700																	
B.3.6	マクロセクターUNANIにおける配水管の更新	\$44,900																	
B.3.7	マクロセクターSan Judan内の配水管網の分枝のための仕切井設置	\$2,800																	
B.3.8	マクロセクターSan Judanにおける配水管の更新	\$48,100																	
B.4. 無取水削減に向けた効率的対策																			
B.4.1	無取水削減に向けた効率的対策の展開																		

投資アイテム	内容	概算費用 (US\$)	年度												備考 (併減等)			
			年次															
			2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		2031	2032	2033
C. 取水ポンプ																		
C.1. 取水ポンプの強化																		
C.1.1	テクニカル/コマニエーションメントの強化 ある工事																	
C.1.2	生井戸のマネージメントのために必要な機材の調達																	
C.1.3	コマニエーションメントの改善																	
C.1.4	Peretzah支局の設立																	
C.1.5	Peretzah支局の商業管理区域のSCADAシステムの導入	\$925,700																
C.1.6	Peretzah支局の商業管理区域のマイクロセクター工事	\$615,500																
C.1.7	給水管の更新	\$1172,000																
C.1.8	各戸水道メータの更新/設置	\$1312,000																
C.2	取水ポンプの緊急対策																	
C.3	取水ポンプの改善																	
C.3.1	井戸Bello Horizonteのポンプ設備の更新	\$200,000																
C.3.2	送水管の敷設	\$1372,500																
C.4	取水ポンプに向けた効率的対策																	
C.4.1	無取水側に向けた効率的対策の展開																	

投資アイテム	内容	概算費用 (US\$)	年次												備考 (併済等)				
			2020																
			2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		2031	2032	2033	2034
D. La Sabana支局																			
D.1. 取水マニフェストの強化																			
D.1.1	テクニカル/コマニフェストの改訂とインバウの ある工事																		
D.1.2	生産井戸のマニフェストのために必要な機材の調達																		
D.1.3	コマニフェストの改訂																		
D.1.4	La Sabana支局の設立																		
D.1.5	La Sabana支局管轄施設のSCADAシステムの導入	\$ 1,067,500																	
	SCADAマスタープログラム修正 遠隔監視のための遠方監視制御装置(RTU)のプログラム構築/ソフトウェア 導入、電力消費モニター/ログオン/オフを含めたモニタリング管理システム 構築材料(800項目のライトス追加井戸、配水池、ポンプ場の計画項目) モニタリング用PC設備 (内容補足) ・La Sabana支局が管轄するエリアの給水施設のモニタリングのための、既 存SCADAシステムの拡張 ・遠隔操作に対応したバルブ/流量計設備																		
D.1.6	La Sabana支局の商業管理区域のマクロセクター化工事	\$978,100																	
	流量計が必要な井戸、配水池流入/流出計、ポンプ場、マクロセクター境 界に設置される流量計/バルブ/ピカの設置																		
D.1.7	給水管の更新	\$ 1,344,000																	
	Protecciónの構築 支局の下で実施されるマクロセクターの取水水分析を通じて明らかにな る必要性を考慮して更新を行う。 La Sabana支局マクロセクター化提案書では最大で全ユーザーが7,200件を対 象としている。																		
D.1.8	各戸水道メーターの更新/設置	\$ 1,504,000																	
	データベース上、メーターがないユーザーおよびメーター更新が必要と考えらる 約37,600件(全総数87,200件の約5%)を対象。 計画的な更新(グループ1): 8,400件) \$336,000 計画的な更新(グループ2): 8,400件) \$336,000 計画的な更新(グループ3): 8,400件) \$336,000 計画的な更新(グループ4): 8,400件) \$336,000 計画的な更新(グループ5): 8,400件) \$336,000 計画的な更新(グループ6): 8,400件) \$336,000 計画的な更新(グループ7): 8,400件) \$336,000 計画的な更新(グループ8): 8,400件) \$336,000																		
D.2. 漏水防止のための緊急対策																			
D.3. 給水条件の改善																			
D.3.1	マクロセクターSabana Grande内におけるEnramadas No.3井戸の タンク用池内に新規配水池を建設	\$ 1,400,000																	
	Enramada No.3井戸敷地内に容量3700m <sup>3</sup> の配水池を建設。(Enramada井戸 No.1, No.2, No.3, Mercedes井戸の生産量の10時間分相当)																		
D.3.2	マクロセクターSabana Grande内の新規配水管の建設	\$335,500																	
	配水管口径 300mm (L=4,500m) 指定した配水池の建設と併せて、新規配水池とマクロセクターSabana Grande街道の底地エリアとを結ぶ配水管の新設が推奨される。																		
D.3.3	マクロセクターSabana Grande内の配水管の更新	\$54,700																	
	配水管 口径50mmを150mmに更新 (L=861m) 水理計算に基づき給水圧が不足する可能性のある地域の給水条件改善に 向け配水管更新が推奨される。 対象地はSabana Grande街道の西側及びUrbanización Ríos de Agua Vivaで ある。																		
D.3.4	マクロセクターSabana Grande内の配水管の更新	\$205,500																	
	配水管 口径150mmを200mmに更新 (L=889m) 水理計算に基づき給水圧が不足する可能性のある地域の給水条件改善に 向け配水管更新が推奨される。 対象地はSabana Grande街道の西側及びReparto Manuel Fernándezである。																		
D.3.5	マクロセクターSabana Grande内の配水管の更新	\$120,800																	
	配水管 口径150mmを200mmに更新 (L=190m) 水理計算に基づき給水圧が不足する可能性のある地域の給水条件改善に 向け配水管更新が推奨される。 対象地はReparto Manuel Fernándezへ向かう街道の西側である。																		



### 2.1.7 [活動 1-7] 無収水削減実施計画の作成

無収水削減実施計画は、最終的に ENACAL の年次計画に組み込まれるように、プロジェクトチームとプロジェクト・マネージメント・ユニットとの間で必要な手順を確認しながら、最終化した。

この段階では、必要に応じて ENACAL のみならず資金支援を検討している IDB プロジェクトや他ドナーとの連携・調整を図り、計画の実施に向けた道筋を確保するように務めた。

最終的に合意した成果品は、「無収水削減基本計画」という名称となり、無収水削減対策を効果的かつ効率的に進めるための方法と手順書が含まれ、施設整備と組織制度の方向性、その後の活動の年次事業計画が具体的に示されたものとなった。

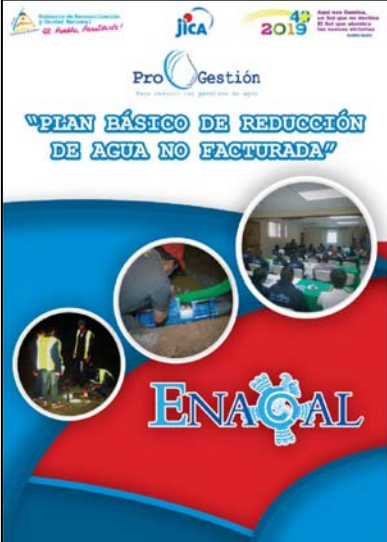
	<h2 style="background-color: red; color: white; padding: 5px;">無収水削減基本計画</h2> <h3 style="text-align: center;">目次</h3>
	<p>第1章 インTRODクシヨン</p> <p>第2章 無収水削減目標</p> <p>第3章 マクロセクター化の方針と分権マネージメント</p> <p>第4章 ミクロセクター化の方針とその活用</p> <p>第5章 組織制度改革</p> <p>第6章 フィジカル無収水の削減に向けた活動手順</p> <p>第7章 コマーシャル無収水の削減に向けた活動手順</p> <p>第8章 短期/中期/長期的なアクションプログラム</p> <p>第9章 人的資源の能力強化</p> <p>添付</p> <p><b>A1.</b> マナグア市の給水システムの現状</p> <p><b>A2.</b> Altamira支局を構成するマクロセクターの提案</p> <p><b>A3.</b> Portezuelo支局を構成するマクロセクターの提案</p> <p><b>A4.</b> La Sábana支局を構成するマクロセクターの提案</p> <p><b>A5.</b> Asososca支局を構成するマクロセクターの提案</p>

図 2.1.26 無収水削減基本計画の構成

表 2.1.20 マナグアにおける無収水の戦略目標値

指標	ベースライン 2016年	将来の戦略的目標		
		2025	2030	2035
無収水率 (%)	54.9	45.0	30.0	25.0
フィジカルロス				
接続1件当たりの実損失水量 (L/件/日)	-	500	400	200
Infrastructure Leakage Index (ILI)	-	6.0	5.0	4.0
コマーシャルロス				
見掛け損失指数(ALI)	-	5.0	4.5	4.0



## 2.1.8 [活動 1-8] 無収水削減対策の費用対効果の整理

成果2に係るパイロットプロジェクトの実施完了報告書を総合的にレビューし、複数回の協議を経て、フィジカル無収水課やコマーシャル部のメンバーとともに内容の理解を深めた。

2つのパイロットプロジェクトの費用対効果の分析結果は、2019年12月5日のワークショップにおいてENACAL支局の主要メンバーに対して公表され、今後の活動に向けた方向性が確認された。詳細は別添資料のパイロットプロジェクト完了報告書に記載した。

表 2.1.21 AZA No.3 におけるパイロット活動の費用対効果

項目	指標 1	指標 2	指標 3
	単位節約水量当たり費用	費用回収期間	費用便益比(便益/費用)
「収益があがる」基準	9.86 C\$/m <sup>3</sup> より小さい	41 ヶ月	1 より大きい
プロジェクト全体	3.99	1.9 年	1.44
見掛け損失対策	3.57	1.5 年	1.53
実損失対策	4.08	2.0 年	1.41

注:効果継続期間を3.5年と想定。

表 2.1.22 MS No.61 におけるパイロット活動の費用対効果

項目	指標 1	指標 2	指標 3
	単位節約水量当たり費用	費用回収期間	費用便益比(便益/費用)
「収益があがる」基準	9.86 C\$/m <sup>3</sup> より小さい	7 年間	1 より大きい
プロジェクト全体	5.754	5.3 年	1.261
見掛け損失対策	1.932	0.8 年	2.899
実損失対策	7.212	8.0 年	0.895

注:効果継続期間を7年(見掛け損失対策のみ5年)と想定。

## 2.1.9 [活動 1-9] 広報セミナーの開催

プロジェクトが終了する前の2020年2月7日(金)に、ENACALと共同でセミナーを開催した。

無収水削減実施基本計画およびパイロット区画での活動成果から得られた費用対効果といった有益な情報を広く周知し、製本された同計画書をENACAL内外に公表した。

このセミナーには、ENACAL内外の関係者およびプレスが招待され、今後マナグア市や周辺都市で無収水削減活動を展開するためのキーパーソンとなる職員も参加し、成功裏に終了した。

## 2.2 成果 2 に対する活動

### 2.2.1 [活動 2-1] 無取水削減アクションチームの編成

無取水課チーフをリーダーとする無取水削減アクションチームが編成され、第 1 回合同調整委員会においてワークプランと併せて承認された。その後、プロジェクト活動期間中に、「コマーシャル部顧問/Altamira 支局長」がチームに加入した。

無取水削減アクションチーム	
メンバー:	1) フィジカル無取水課チーフ (リーダー) 2) コマーシャル無取水課チーフ 3) コマーシャル技術課チーフ 4) 上水課チーフ 5) 組織・手順課チーフ 6) Altamira 支局長

### 2.2.2 パイロットプロジェクトの実施

パイロットプロジェクトでは、以下の活動が実施された。

パイロット区画は巻頭図に示すとおり、第 1 期は AZA No. 3、第 2 期は MS No. 61 が選定された。

プロジェクト開始時の候補であった Reparto Shick No. 2 については、水理的独立化のためのバルブ操作を行うと、隣接する地域の給水に大きな影響を与えることが明らかとなったため、ENACAL から代替えサイトとして MS No. 61 が提案された。

2 つのパイロットプロジェクトの活動の流れは以下のように共通しており、詳細は別添資料の「パイロットプロジェクト完了報告書」に示したとおりである。ここでは 2 つのパイロットプロジェクトの実施内容と成果を簡潔に整理した。

- [活動 2-2] パイロット区画の現状把握
- [活動 2-3] パイロットプロジェクトの実施計画の策定
- [活動 2-4] 水理的分離化と流量/水圧計の設置
- [活動 2-5] ベースライン無取水率の確認と月次モニタリング
- [活動 2-6] 見掛け損失対策の実施
- [活動 2-7] 見掛け損失対策実施後の効果検証
- [活動 2-8] 実損失対策の実施
- [活動 2-9] 実損失対策実施後の効果検証
- [活動 2-10] 費用対効果の評価・分析
- [活動 2-11] パイロットプロジェクト完了報告書の作成

## 2.2.3 パイロットプロジェクト No.1 の概要

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 2.2.1 パイロット区画 No.1(AZA No.3)の位置

### (1) パイロット区画 AZA No.3 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。

### (2) 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。

### (3) 無収水削減活動と成果

#### 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。

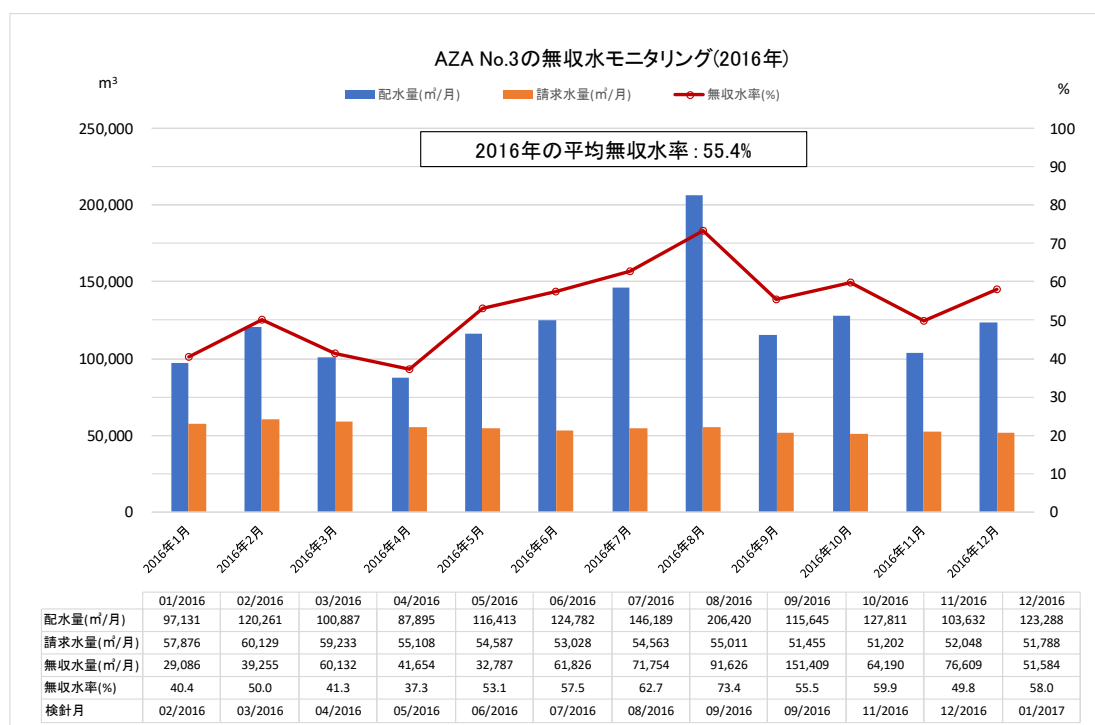


図 2.2.2 AZA No.3 のベースラインの無収水率 (2016 年)

#### 2) 最終的な無収水率

無収水率を正確に測定するためには、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 2.2.1 AZA No.3 の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 <sup>3</sup> )	1,470,354	121,484	113,411	107,287	125,176	114,038	108,041	97,850	103,126	95,063	104,358	91,422	103,048	105,593	97,301	93,911	103,282	
調整後の配水量 <sup>※1</sup>															102,428	94,385	91,096	100,186
請求水量(m <sup>3</sup> )	656,029	55,169	58,221	57,124	62,109	51,468	46,826	52,911	48,948	44,796	48,639	49,726	53,873	54,970	56,115	59,660	60,731	
	55.4	54.6	48.7	46.8	50.4	54.9	56.7	45.9	52.5	52.9	53.4	45.6	47.7	47.9	42.3	36.5	41.2	
調整後の無収水率(% <sup>※1</sup> )															46.3	40.5	34.5	39.4
配水量検針日		13/02/17	14/03/17	17/04/17	15/05/17	12/06/17	12/07/17	09/08/17	08/09/17	08/10/17	08/11/17	07/12/17	08/01/18	08/02/18	09/03/18	07/04/18	09/05/18	
配水量計測間隔	365	32	29	34	28	28	30	28	30	30	31	29	32	31	29	29	32	
日平均配水量(m <sup>3</sup> /日)	4,028	3,796	3,911	3,156	4,471	4,073	3,601	3,495	3,438	3,169	3,366	3,152	3,220	3,406	3,355	3,238	3,228	
メータ検針日		07/02/17	09/03/17	06/04/17	08/05/17	07/06/17	06/07/17	11/08/17	08/09/17	07/10/17	07/11/17	06/12/17	09/01/18	07/02/18	09/03/18	09/04/18	09/05/18	
メータ検針間隔(日)	365	32	30	28	32	30	29	36	28	29	31	29	34	29	30	31	30	
日平均請求水量(m <sup>3</sup> /日)	1,797	1,724	1,941	2,040	1,941	1,716	1,615	1,470	1,748	1,545	1,569	1,715	1,585	1,896	1,871	1,925	2,024	
日平均無収水量(m <sup>3</sup> /日)	2,231	2,072	1,970	1,116	2,530	2,357	1,986	2,025	1,690	1,624	1,797	1,437	1,635	1,510	1,484	1,313	1,204	
日平均水量に基づく平均無収水率(% <sup>※1</sup> )	55.4	54.6	50.4	35.4	56.6	57.9	55.2	57.9	49.2	51.2	53.4	45.6	50.8	44.3	44.2	40.5	37.3	

※1 無収水誤によれば、配水量を計測している流量計の計測誤差を+3.09%と推定されており、これを考慮した調整後の無収水率である。

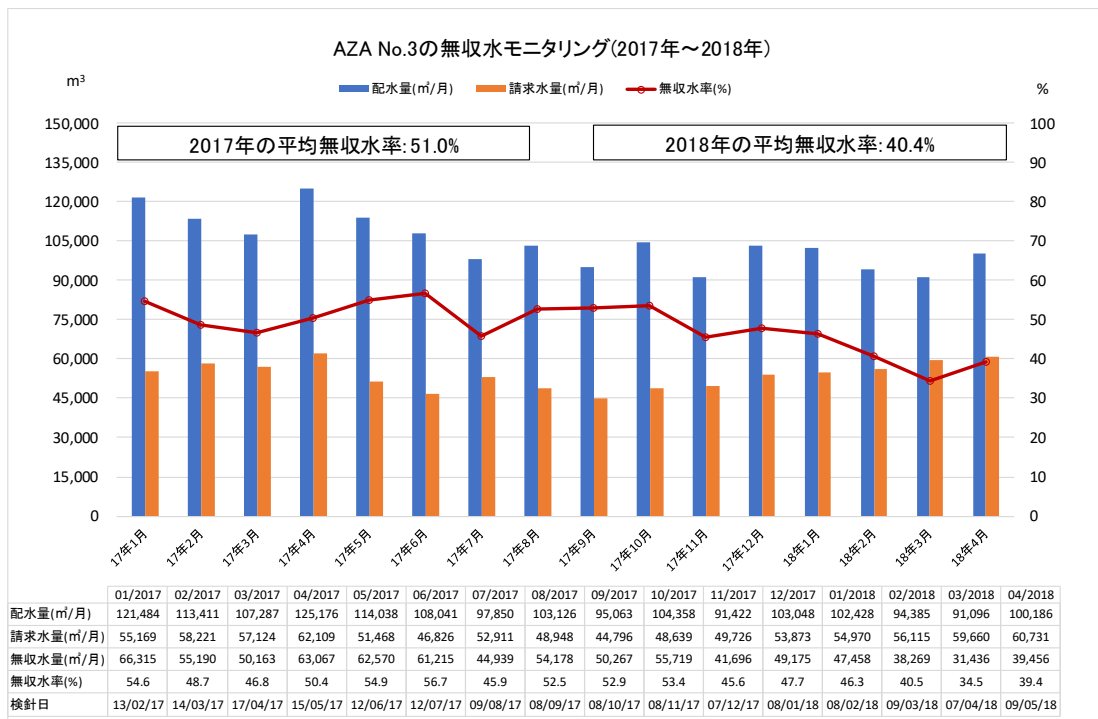


図 2.2.3 AZA No.3 の無収水モニタリング(月平均水量)

#### (4) 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、見掛け損失(商業的損失)の対策、実損失(物理的損失)の対策に区分される。

- 見掛け上の損失対策
- 実損失対策

見掛け損失については、非合法接続の合法化やメータ更新などが中心となり、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。一方、実損失については、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、配水量の変動を確認しながら、対策と効果検証が並行して行われる。

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、その後に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 2.2.2 AZA No.3 の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"> <li>・夜間最小流量の測定と分析</li> <li>・パイロット区画内のサブセクター化とステップテスト<sup>(注1)</sup></li> <li>・特定された配水区域の漏水量直接測定</li> <li>・音源探知法による漏水調査</li> <li>・水圧適正化による漏水削減</li> <li>・発見した漏水量の計測</li> <li>・宅地内漏水の調査(住民サービス業務の一環)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各戸メータ検針結果と請求水量の比較</li> <li>・メータボックス内漏水の修理</li> <li>・顧客台帳の修正と最新化</li> <li>・給水栓の隣接セクターとの誤接続の修正</li> <li>・水道メータの更新と検針率向上</li> <li>・水道メータの検針の正確性向上</li> <li>・請求データの是正</li> <li>・非合法接続の探知/撤去/合法化</li> <li>・水道メータ精度確認</li> <li>・適切な水道メータの整備</li> <li>・メータボックスの設置方法の改善</li> </ul>

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。

## (5) 無収水対策の費用対効果

### 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。

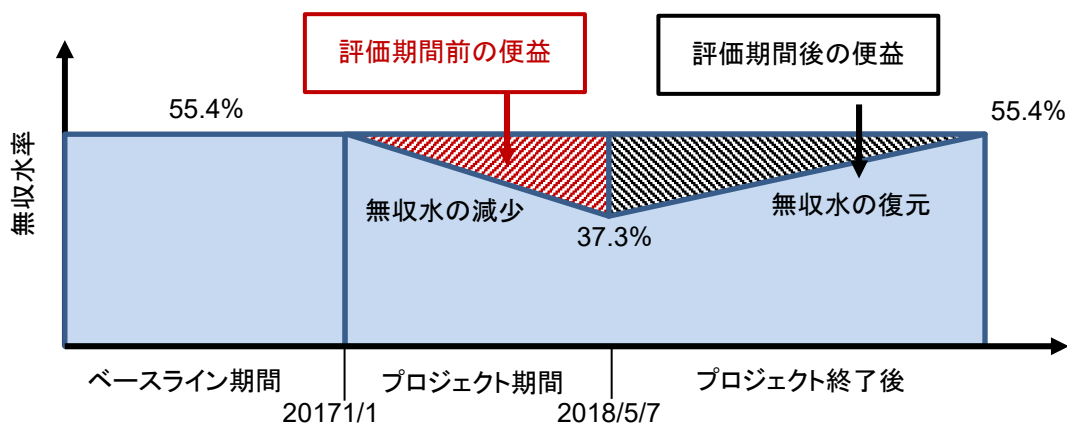


図 2.2.4 AZA No.3 の便益の発生期間(イメージ)

## 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  $1\text{m}^3$  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 2.2.3 AZA No.3 の単位節約水量当たりの費用

項目	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\$/ $\text{m}^3$	<	9.86 C\$/ $\text{m}^3$
見掛け損失対策	3.569 C\$/ $\text{m}^3$	<	9.86 C\$/ $\text{m}^3$
実損失対策	4.091 C\$/ $\text{m}^3$	<	9.86 C\$/ $\text{m}^3$

### 【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づける。

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 2.2.4 AZA No.3 の無収水対策費用の回収期間

項目	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
実損失対策	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 2.2.5 AZA No.3 の便益/費用

項目	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
実損失対策	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



### 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、配水量の計測誤差は考慮していない。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 2.2.6 AZA No.3 の効果の算出条件

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 メータ検 針 2018/4/9 - 2018/5/9 (30日間)
月平均配水量：  122,530 m <sup>3</sup> /月	実際の月配水量：  103,282 m <sup>3</sup> /32日間 修正値； 98,172 m <sup>3</sup> /月*
配水量（日平均）：  4,028 m <sup>3</sup> /日	配水量（日平均）  3,228 m <sup>3</sup> /日
月平均請求水量：  54,669 m <sup>3</sup> /月	実際の請求水量：  60,731 m <sup>3</sup> /30日間 修正値； 61,575 m <sup>3</sup> /月*
NRW 率：  <u>55.4%</u>	NRW 率：  <u>37.3%</u>

注：\*；1ヶ月30.4167日（365日÷12か月）換算に修正

#### 4) 対策による無収水率への効果

見掛け損失と実損失が、それぞれどれだけの無収水率低下に貢献したかを測るためには、見掛け損失対策と実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 No. 1 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一部重複している。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。

##### 4-a) 見掛け損失対策による効果

表 2.2.7 AZA No.3 の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 <sup>3</sup> /月	-1,218 m <sup>3</sup> /月	99,390 m <sup>3</sup> /月
平均有収水量	61,575 m <sup>3</sup> /月	+3,031 m <sup>3</sup> /月	58,544 m <sup>3</sup> /月
平均無収水量	36,597 m <sup>3</sup> /月	-	40,846 m <sup>3</sup> /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 6,906m<sup>3</sup>/月となった。このうち、メータ設置によって、請求水量は 1,646 m<sup>3</sup>/月の増加、合法化によって 1,385m<sup>3</sup>/月の増加が得られ、合計 3,031m<sup>3</sup>/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(24,358m<sup>3</sup>/月)の 5%相当(1,218m<sup>3</sup>/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、98,172m<sup>3</sup>/月、有収水量は 61,575m<sup>3</sup>/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 99,390m<sup>3</sup>/月、有収水量は 58,544m<sup>3</sup>/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。

#### 4-b) 実損失対策による効果

表 2.2.8 AZA No.3 の実損失対策の効果

	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	実損失対策がない場合の推定値
平均配水量	98,172 m <sup>3</sup> /月	-23,140 m <sup>3</sup> /月	121,312 m <sup>3</sup> /月
有収水量	61,575 m <sup>3</sup> /月	+3,875 m <sup>3</sup> /月	57,700 m <sup>3</sup> /月
無収水量	36,597 m <sup>3</sup> /月	-	63,612 m <sup>3</sup> /月
無収水率	37.3%	-	52.4%

実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23,140m<sup>3</sup>/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(6,906m<sup>3</sup>/月)は、見掛け損失対策で算定された効果(3,031m<sup>3</sup>/月)を上回っており、この差分3,875m<sup>3</sup>/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、98,172m<sup>3</sup>/月、有収水量は61,575m<sup>3</sup>/月、無収水率は37.3%と試算された。ここで上記の実損失対策がなかったと仮定すると、平均配水量は121,312m<sup>3</sup>/月、有収水量は57,700m<sup>3</sup>/月、無収水率は52.4%となる。つまり、これまでの実損失対策は、約15%の無収水率削減に効果があったと考えられる。

#### (6) 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。

## 2.2.4 パイロットプロジェクト No.2 の概要

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 2.2.5 パイロット区画 No.2(MS No.61)の位置

### (1) パイロット区画 MSNo.61 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好な地域であり、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990件である。

### (2) 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ヵ月間実施された。

### (3) 無収水削減活動と成果

#### 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ヵ月であり、この集計データから平均無収水率は42.5%と算定される。

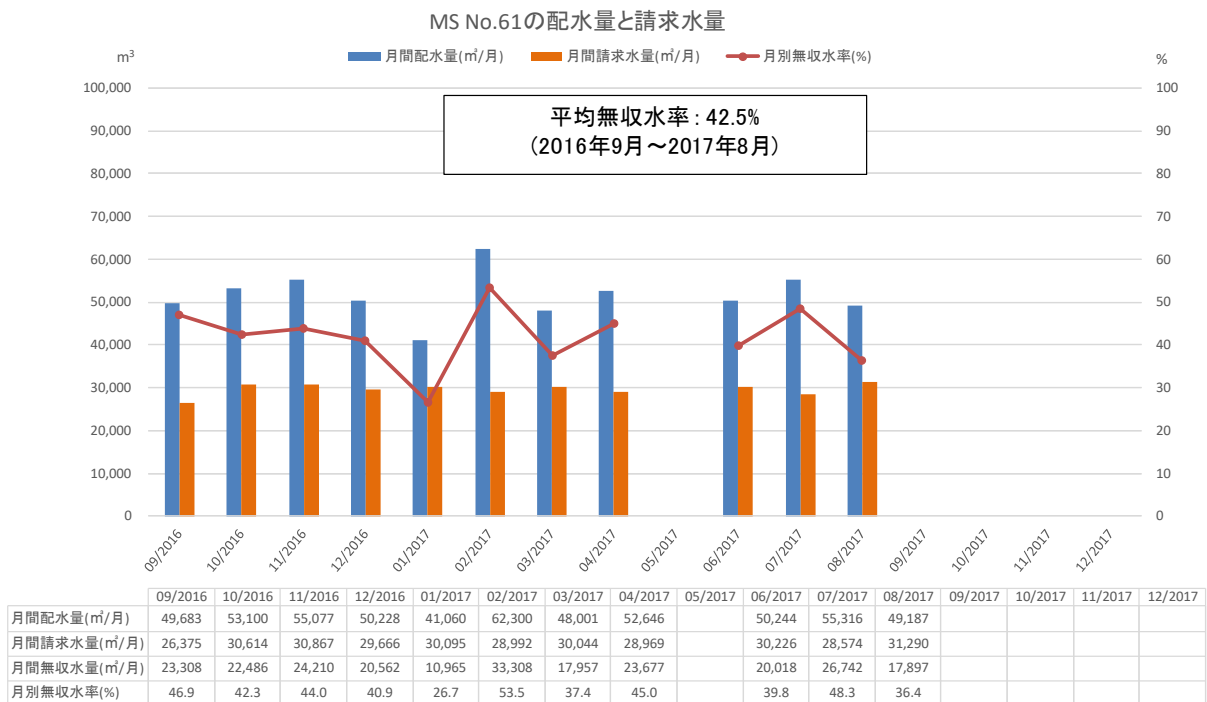


図 2.2.6 MS No.61 のベースラインの無収水率 (2016～2017年)

## 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
- ▶ パ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。

パ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 2.29 MS No.61 の配水量と請求水量の記録

請求月	2018年 小計	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 <sup>3</sup> )	555,706	44,720	43,018	38,398	53,920	44,710	47,420	48,450	48,600	45,380	51,040	43,470	46,580
日数		31	30	30	31	30	28	32	30	30	31	30	31
日平均配水量(m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> )	352,286	29,307	27,558	30,406	29,798	26,861	27,368	29,691	28,615	28,982	30,658	32,856	30,186
検針対象		24,464	22,934	26,114	25,362	21,867	22,264	24,527	23,329	23,758	25,143	24,235	25,573
検針非対象		4,843	4,624	4,292	4,436	4,994	5,104	5,164	5,286	5,224	5,515	8,621	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 <sup>3</sup> /日)		945	919	1,014	961	895	977	928	954	966	989	1,095	974
月別無収水量(m <sup>3</sup> )	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 <sup>3</sup> )		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	39.9	42.3	38.7	41.1	36.1	39.9	24.4	35.2

請求月	2019年 小計	01/2019	02/2019	03/2019	04/2019	05/2019	06/2019	07/2019	08/2019	09/2019
月別配水量(m <sup>3</sup> )	347,650	43,340	37,040	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 <sup>3</sup> /日)		1,398	1,277	1,493	1,363	1,210	1,358	1,252	1,049	1,085
月別請求水量(m <sup>3</sup> )	254,820	29,657	27,120	28,417	31,586	28,234	27,152	28,119	27,736	26,799
検針対象		24,828	22,533	16,228	28,121	23,071	21,307	21,845	23,240	22,318
検針非対象		4,829	4,587	12,189	3,465	5,163	5,845	6,274	4,496	4,481
検針間隔(日)		31	29	29	32	31	28	30	32	31
日平均請求水量(m <sup>3</sup> /日)		957	935	980	987	911	970	937	867	864
月別無収水量(m <sup>3</sup> )	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 <sup>3</sup> )		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

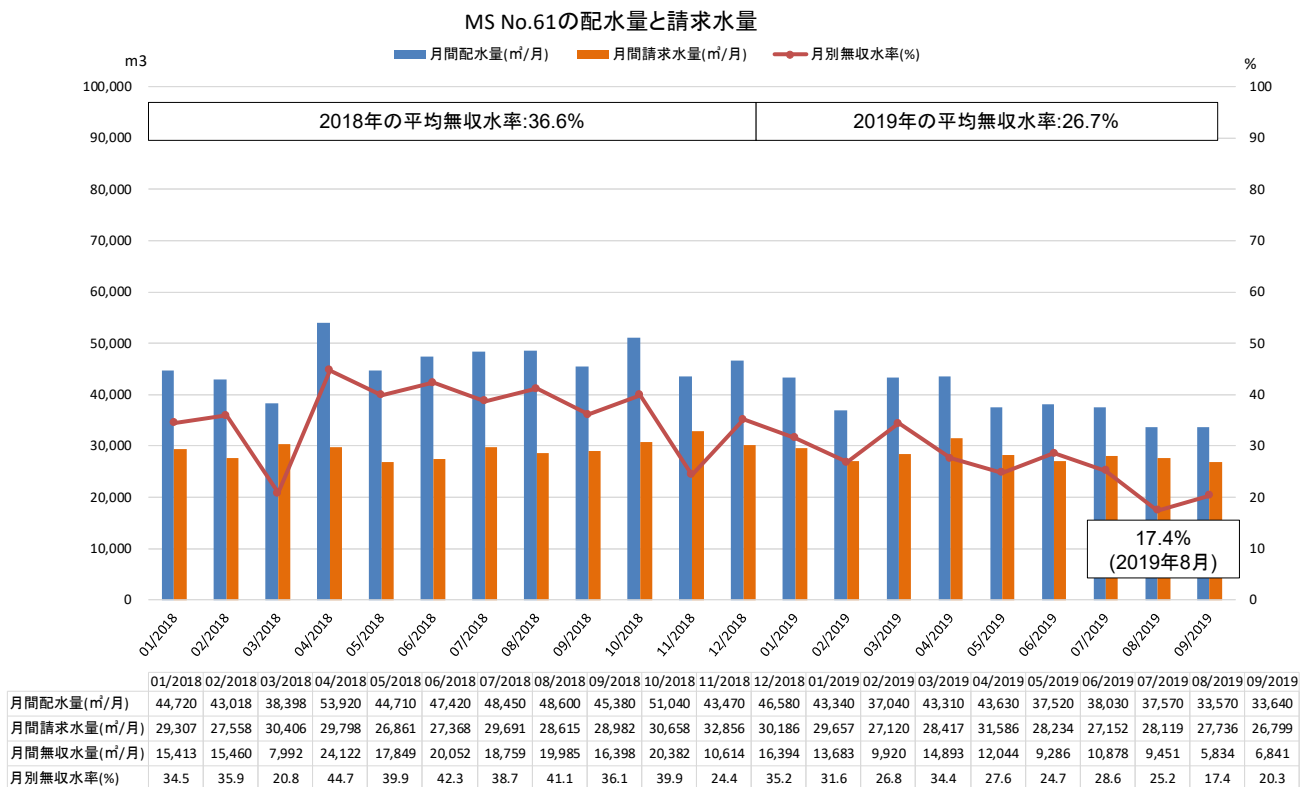


図 2.2.7 MS No.61 の無収水モニタリング

#### (4) 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
- 実損失対策

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、実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、実損失対策を進め、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 2.2.10 MS No.61 の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"> <li>・夜間最小流量の測定と分析</li> <li>・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)</li> <li>・特定された配水区域の漏水量直接測定</li> <li>・音源探知法による漏水調査</li> <li>・水圧適正化による漏水削減</li> <li>・発見した漏水量の計測</li> <li>・メータボックス内漏水の修理</li> <li>・宅地内漏水の調査(住民サービス業務の一環)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各戸メータ検針結果と請求水量の比較</li> <li>・顧客台帳の修正と最新化</li> <li>・給水栓の隣接セクターとの誤接続の修正</li> <li>・水道メータの更新と検針率向上</li> <li>・水道メータの検針の正確性向上</li> <li>・請求データの是正</li> <li>・非合法接続の探知/撤去/合法化</li> <li>・水道メータ精度確認</li> <li>・適切な水道メータの整備</li> <li>・メータボックスの設置方法の改善</li> </ul>

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。

(5) 無収水対策の費用対効果

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。

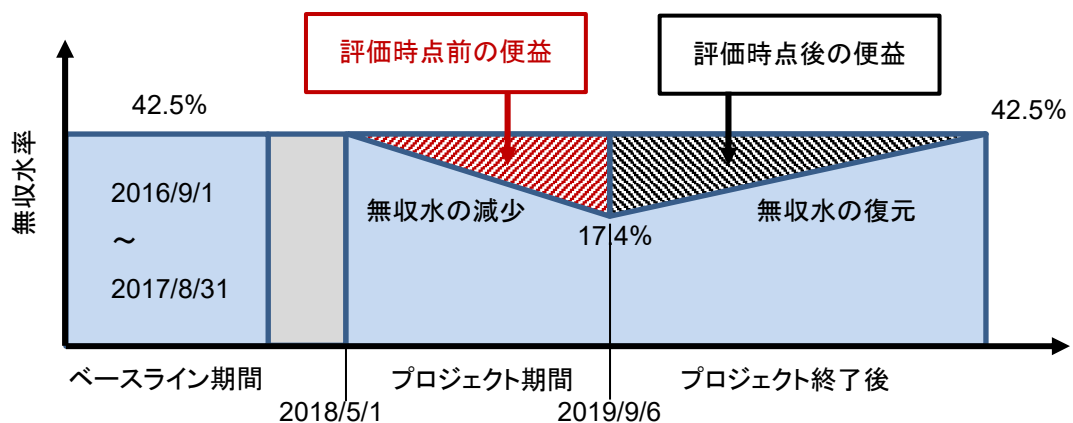


図 2.2.8 MS No.61 の便益の発生期間(イメージ)



## 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 1m<sup>3</sup> 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 2.2.11 MS No.61 の単位節約水量当たりの費用

	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 <sup>3</sup>	<	9.86 C\$/m <sup>3</sup>
見掛け損失対策	1.932 C\$/m <sup>3</sup>	<	9.86 C\$/m <sup>3</sup>
実損失対策	7.212 C\$/m <sup>3</sup>	<	9.86 C\$/m <sup>3</sup>

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、実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続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、実損失対策で 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。

実損失対策では、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いる。

表 2.2.12 MS No.61 の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)
実損失対策	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 2.2.13 MS No.61 の便益/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
実損失対策	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、実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

### 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、無収水率等を示している。

表 2.2.14 MS No.61 の効果の算出条件

パイロットプロジェクト実施前	実損失(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 <sup>3</sup> /月	実際の月配水量： 37,520 m <sup>3</sup> 修正値 36,814 m <sup>3</sup> /月*	実際の月配水量： 33,570 m <sup>3</sup> 修正値 31,909 m <sup>3</sup> /月*
配水量（日平均）： 1,694 m <sup>3</sup> /日	配水量（日平均）： 1,210 m <sup>3</sup> /日	配水量（日平均）： 1,049 m <sup>3</sup> /日
月平均請求水量： 29,610 m <sup>3</sup> /月	実際の請求水量： 28,234 m <sup>3</sup> 修正値 27,703 m <sup>3</sup> /月*	実際の請求水量： 27,736 m <sup>3</sup> 修正値 26,364 m <sup>3</sup> /月*
NRW 率： <u>42.5%</u>	NRW 率： <u>24.7%</u>	NRW 率： <u>17.4%</u>

注：\*；1ヶ月30.4167日（365日÷12か月）換算に修正。

#### 4) 対策による無収水率への効果

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

##### 4-a) 実損失対策による効果

このパイロットプロジェクトでは、実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月の無収水率が実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 2.2.15 MS No.61 の実損失対策の効果

	パイロットプロジェクト 開始前の値	実損失対策後の値 (2019年5月)	備考
平均配水量	51,531 m <sup>3</sup> /月	36,814 m <sup>3</sup> /月	2019年5月の無収水データを1ヵ月=30.4167日で換算
有収水量	29,610 m <sup>3</sup> /月	27,703 m <sup>3</sup> /月	
無収水量	21,921 m <sup>3</sup> /月	9,111 m <sup>3</sup> /月	
無収水率	42.5%	24.7%	
無収水率削減幅		-17.8%	

##### 4-b) 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用いて効果を判断した。

表 2.2.16 MS No.61 の見掛け損失対策の効果

項目	実損失対策後の値 (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 <sup>3</sup> /月	31,909 m <sup>3</sup> /月	2019年8月の無収水データを1ヵ月=30.4167日で換算
平均有収水量	27,703 m <sup>3</sup> /月	26,364 m <sup>3</sup> /月	
平均無収水量	9,111 m <sup>3</sup> /月	5,545 m <sup>3</sup> /月	
平均無収水率	24.7%	17.4%	
無収水率削減幅		-10.0%	

## (6) 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、ユーザー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では 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 2.2.17 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 <sup>3</sup> /月	51,531 m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /月	31,909 m <sup>3</sup> /月
8. 削減配水量	24,358 m <sup>3</sup> /月	19,622 m <sup>3</sup> /月
9. 請求水量（ベースライン→対策後）	54,669 → 61,575 m <sup>3</sup> /月	29,610 → 26,364 m <sup>3</sup> /月
10. 増加請求水量	6,906 m <sup>3</sup> /月	-3,246 m <sup>3</sup> /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 実損失対策：2.0 年	プロジェクト全体：5.3 年 見かけ損失対策：0.8 年 実損失対策：8.0 年

注\*:無収水対策の総費用は、プロジェクト実施期間中の中みの費用。

## 2.2.5 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。さらに、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必要な技術を有している部署がない。非合法接続の対策は、コマーシャル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労が伴うだけでなく、探知に効果的な機材を有していないことも課題としてあげられる。このためには、既往の音聴式探知機の活用だけでなく、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コマーシャル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。

## 2.2.6 [活動 2-12] ワークショップの開催

パイロットプロジェクトで得られた教訓、費用対効果などを基に、有効性が確認された無収水削減対策を広く ENACAL 内外で共有するため、ワークショップを開催した。活動結果の共有のみならず、ENACAL 以外の政府機関や援助関係者にも広く周知し、マナグア市以外の都市においても無収水削減活動が活発化するような機運を高めるように配慮した。

ワークショップの内容は 2.7 項に記載したとおりである。

## 2.2.7 [活動 2-14] 無収水削減実務マニュアルの作成とセミナーにおける発表

パイロット活動を通じて得られた知見・手法等を形式知化するため、ENACAL 技術者向けの「無収水削減実務マニュアル」として整理した。

成果 1 で作成される「無収水削減基本計画」では、2つのパイロットプロジェクトを通じて得られた教訓、知見を基に、マナグア市の無収水を効率的かつ効果的に削減するための手順と方法が具体的な形で明記され、ENACAL が無収水の削減目標に向けてとるべき具体的なアクションプランが示されている。

成果 2 で作成した実務マニュアルには、基本計画で明記されたアクションを担当部署が推進するための、具体的な技術的手順と方法がわかりやすく整理された。



図 2.2.9 無収水削減実務マニュアルの構成

当初、本マニュアルは、無収水削減基本計画を進めるために必要な個々の技術に関するガイドラインとして使われることが想定された。しかし、現在のマナグア市の配水管網の老朽化は著しく、特に敷設延長の40%以上を占める石綿管の更新は、20～30年後の健全な水道システムを実現するために避けられない問題であり、また、既存の配水管網の脆弱度を測り、更新対象の優先度を把握することは近々の課題でもある。

これまでのマナグア市の水道は、2005年にJICAの支援で作成された「マナグア市中長期上水道施設改善計画」(M/P)に基づいて改善が図られてきた。しかし、目標年次である2015年を大きく過ぎており、将来的な水道計画を再検討する時期を迎えている。

こうした状況を踏まえ、本マニュアルには、石綿管の診断手法や配水管網の脆弱度を測定するための手法も盛り込み、将来的なM/Pの作成時の技術図書としても活用できるようにした。

同マニュアルは総裁の承認を受けた後、製本化された最終版が終了時セミナーの場で発表され、EANCAL内外の関係者に配布された。

## 2.2.8 非合法接続の探知技術の検討

パイロットプロジェクトの活動を通じて、マナグア市の無収水の大きな要因として非合法接続の存在があり、その件数や割合は他国と比べても極めて多い。

各戸水道メータの不正な加工・細工に加えて、メータ手前の給水管からバイパス管として敷地内に給水管を引き込む方法が最も多く見られる。

バイパス管の場合、漏水探知に用いられる音聴機器だけでは特定が困難であり、より効率的かつ効果的な手法をプロジェクト活動の中で検討した。

- ① サーモグラフィカメラを用いて通水時の温度差を検知することでバイパス管の有無を特定する方法
- ② 工業用内視鏡を用いた管路の違法な分岐の有無を確認する方法
- ③ 地中レーダ探知法によりバイパス管や給水管の位置を特定する方法
- ④ 通水時に伝搬する音の周波数特性の違いを分析してバイパス管の有無を推定する方法

このような手法の検討に至った背景には、2018年4月以降の治安悪化に伴い、パイロットプロジェクトにおいて日本人専門家の夜間活動が不可能になったことがある。

ENACALの職員の漏水探知技術はすでに一定レベルに達しているが、音聴機器で非合法接続の特定を行うためには、現場での専門家との共同作業が不可欠である。しかし、日本人専門家による夜間の直接指導ができないことから、上記で提案した4つの手法の有効性を遠隔指導で確認することとした。



現場での実証実験を通じて効果が確認されたものは③と④である。

「③地中レーダ探知法」の場合、小口径の給水管を 100%特定することは困難であるが、地中の好条件が整う場合は十分適用できる。また、大口需要者の中口径の管路であれば、その探知精度は確実に高い。この実証結果を踏まえ、ENACAL は同機器の購入を決定し、2019 年 11 月に無収水課に納品された。この機器は、今後、大口需要者の非合法接続の探知だけでなく、図面情報にない管路の探知などに活用される。

「④音の周波数特性の分析」については、2019 年 11 月にメータ検査所の協力を受け、試験配管を建設して実験を行った。バイパス管と通常管をそれぞれ別々に使用する場合、両者の通水音には明らかな特性の違いが確認され、ワークショップにて途中経過の報告が行われた。

しかし、メータの種類や材質、管路の材質、バイパス管と通常管を同時使用する場合など、様々な条件下でのテストを繰り返し、得られるデータの信頼性を高めることが必要と考えられている。今後、このような分析方法の有効性が確認された場合、民間業者と共同で非合法接続の探知システムを開発し、コマーシャルロス削減の課題を抱える事業者に対して広報、事業の展開などを行うことができる。

これらの検討経緯をとりまとめた結果は別添資料に示す。