

別添 13 ENACAL 職員の人材育成計画  
及び結果報告



# ENACAL職員の人材育成計画及び結果報告

## 13-1 研修計画書

### 目次

#### 人的資源の能力強化

1 はじめに	.....
11 研修計画書の目的	.....
12 研修計画書の構成	.....
13 研修プログラムの開発	.....
2 年間研修計画書の作成	.....
2.1 年間研修計画書作成の手順	.....
2.2 人材育成計画(研修のニーズ分析)	.....
2.3 研修プログラムの作成	.....
2.4 年間研修計画の作成	.....
2.5 研修計画書の承認プロセス	.....
3 研修の実施・運営	.....
3.1 広報	.....
3.2 事前準備	.....
3.3 研修当日の運営	.....
3.4 研修の評価とフィードバック	.....
4 参考資料	.....
4.1 研修ニーズの分析(例)	.....
4.2 研修カリキュラム表	.....
4.3 研修プログラム(例)	.....
4.4 年間研修計画(例)	.....
4.5 受講者向けアンケート票(例)	.....
4.6 講師向けアンケート票(例)	.....
4.7 研修講師向けの研修実践技術資料	.....
4.8 無収水に関する研修計画作成における責任範囲(研修課運営マニュアル)	.....

内容は無収水削減基本計画第9章と同様であるため。目次のみを示す。

13-2 2020年研修プログラム

様式4 年間研修計画

※様式3を用いて作成された具体的な研修プログラムから年間研修計画書(案)を作成する。

研修名	対象者	実施主体	研修講師	研修時期	参加予定人数	予算	備考
無収水対策研修 無収水管理概論(1回目)	本部及び各支局の無 収水課の職員	フィジカル無収水課	Junior Cardoza	2020年3月 (2日間)	30人	C\$21,000	
無収水対策研修 無収水管理概論(2回目)	本部及び各支局のコ マーシャル課の職員	フィジカル無収水課	Junior Cardoza	2020年4月 (2日間)	30人	C\$21,000	
給水装置の品質管理研修(1回目)	マナグアの配管工	コマーシャル無収水課	Hector Rivas, Benjamin Monterrey, Edwin Santamaria	2020年5月 (2日間)	30人	C\$21,000	
給水装置の品質管理研修(2回目)	地方支局の配管工	コマーシャル無収水課	Hector Rivas, Benjamin Monterrey, Edwin Santamaria	2020年6月 (2日間)	30人	C\$21,000	
無収水対策研修 真の損失対策(1回目)	本部及び各支局の無 収水課の職員	フィジカル無収水課	Junior Cardoza	2020年7月 (2日間)	30人	C\$21,000	
無収水対策研修 真の損失対策(2回目)	本部及び各支局のコ マーシャル課の職員	フィジカル無収水課	Junior Cardoza	2020年8月 (2日間)	30人	C\$21,000	
水道メータ検針技術研修(1回目)	マナグアの検針員	商業部	Rommel Valgas	2020年9月 (1日間)	30人	C\$12,000	
水道メータ検針技術研修(2回目)	各地方局の検針員	商業部	Rommel Valgas	2020年10月 (1日間)	30人	C\$12,000	
無収水対策研修 見掛けの損失対策(1回目)	本部及び各支局の無 収水課の職員	フィジカル無収水課	Junior Cardoza	2020年11月 (2日間)	30人	C\$21,000	
無収水対策研修 見掛けの損失対策(2回目)	本部及び各支局のコ マーシャル課の職員	フィジカル無収水課	Junior Cardoza	2020年12月 (2日間)	30人	C\$21,000	
合計					300人	C\$192,000	





様式3 研修プログラム

研修名	給水装置の品質管理研修（1回目）		
対象者	マナグアの配管工		
研修目的（GIO：General Instructive Objectives）	配管工の職員が給水装置の品質管理および接続方法に関する正しい知識及び技術を学び、給水装置からの漏水対策に関するアプローチの考え方を習得する		
研修目標（SBO：Specific Behavioral Objectives）	1）給水装置の品質管理に関する基礎知識を習得する 2）給水装置の適切な接続方法を習得する		
研修予定時期（日数）	2020年5月（2日間）		
実施体制	実施主体部署：	コマーシャル無収水課	
	研修講師：	Hector Rivas, Benjamin Monterrey, Edwin Santamaria	講師補佐： Veronica Rivera, Julio Lopez
	所属：	Asososca支局, メータ修理課, Portezuelo支局	所属： 技術商業課, メータ修理課
	参加予定人数：	30人	開催場所： Las Piedrecitas
研修費用	合計	CS\$21000	
	（内訳）		
	研修教材：	CS\$1000	
	ケータリングサービス：	CS\$18000	
	研修受講証明書：	CS\$2000	

研修モジュール	研修テーマ	方法（講義・演習・遠隔等）	必要時間数	備考（必要教材など）
2.1 水道事業概論	水道サービスの役割、マナグア市の水道事業概要、水質基準	講義	0.5	
2.2 給水装置の概要	給水装置の定義、給水装置の構成・構造、給水管に関連する水質異常	講義	0.5	
2.3 給水装置の基礎	標準規格、給水管の種類とその特性、PVC管とポリエチレン管の比較、ライフサイクルコスト（PVC管、ポリエチレン管）、演習（ライフサイクルコスト、水道メータの精度確認）	講義	0.5	
2.4 計画	給水方式、計画使用水量、給水方式の決定、給水管口径の決定方法、図面管理、演習（給水管口径の決定、竣工図面作成）	講義	1.5	
2.5 給水装置設置作業	材料管理、正確な設置業務（分岐方法、管切断、管接続方法（PVC管、ポリエチレン管）、水道メータ設置作業、掘削・埋戻し作業）、試験（水圧試験、水質試験）	講義	1.5	
2.6 ケーススタディ	施工不良が原因の漏水、クロスコネクション、サンドエロージョン	講義	0.5	
2.7 特別講義	日本における給水装置の現状紹介	講義	0.5	
2.8 給水管切断	給水管切断（PVC管、ポリエチレン管）	演習	0.5	
2.9 給水管接続・設置（PVC管）	配水管からの分岐、分水栓設置、穿孔作業、給水管設置、水道メータの設置、水圧試験、水質試験（PVC管）	演習	1.5	
2.10 給水管接続・設置（HDPE管）	配水管からの分岐、分水栓設置、穿孔作業、給水管設置、水道メータの設置、水圧試験、水質試験（HDPE管）	演習	1.5	

様式3 研修プログラム

研修名	給水装置の品質管理研修（2回目）		
対象者	地方支局の配管工		
研修目的（GIO：General Instructive Objectives）	配管工の職員が給水装置の品質管理および接続方法に関する正しい知識及び技術を学び、給水装置からの漏水対策に関するアプローチの考え方を習得する		
研修目標（SBO：Specific Behavioral Objectives）	1）給水装置の品質管理に関する基礎知識を習得する 2）給水装置の適切な接続方法を習得する		
研修予定時期（日数）	2020年6月（2日間）		
実施体制	実施主体部署：	コマーシャル無収水課	
	研修講師：	Hector Rivas, Benjamin Monterrey, Edwin Santamaria	講師補佐： Veronica Rivera, Julio Lopez
	所属：	Asososca支局, メータ修理課, Portezuelo支局	所属： 技術商業課, メータ修理課
	参加予定人数：	30人	開催場所： Las Piedrecitas
研修費用	合計	CS\$21000	
	（内訳）		
	研修教材：	CS\$1000	
	ケータリングサービス：	CS\$18000	
	研修受講証明書：	CS\$2000	

研修モジュール	研修テーマ	方法（講義・演習・遠隔等）	必要時間数	備考（必要教材など）
2.1 水道事業概論	水道サービスの役割、マナグア市の水道事業概要、水質基準	講義	0.5	
2.2 給水装置の概要	給水装置の定義、給水装置の構成・構造、給水管に関連する水質異常	講義	0.5	
2.3 給水装置の基礎	標準規格、給水管の種類とその特性、PVC管とポリエチレン管の比較、ライフサイクルコスト（PVC管、ポリエチレン管）、演習（ライフサイクルコスト、水道メータの精度確認）	講義	0.5	
2.4 計画	給水方式、計画使用水量、給水方式の決定、給水管口径の決定方法、図面管理、演習（給水管口径の決定、竣工図面作成）	講義	1.5	
2.5 給水装置設置作業	材料管理、正確な設置業務（分岐方法、管切断、管接続方法（PVC管、ポリエチレン管）、水道メータ設置作業、掘削・埋戻し作業）、試験（水圧試験、水質試験）	講義	1.5	
2.6 ケーススタディ	施工不良が原因の漏水、クロスコネクション、サンドエロージョン	講義	0.5	
2.7 特別講義	日本における給水装置の現状紹介	講義	0.5	
2.8 給水管切断	給水管切断（PVC管、ポリエチレン管）	演習	0.5	
2.9 給水管接続・設置（PVC管）	配水管からの分岐、分水栓設置、穿孔作業、給水管設置、水道メータの設置、水圧試験、水質試験（PVC管）	演習	1.5	
2.10 給水管接続・設置（HDPE管）	配水管からの分岐、分水栓設置、穿孔作業、給水管設置、水道メータの設置、水圧試験、水質試験（HDPE管）	演習	1.5	



様式3 研修プログラム

研修名	無収水対策研修 真の損失対策（2回目）		
対象者	本部及び各支局のコマーシャル課の職員		
研修目的（GIO：General Instructive Objectives）	コマーシャル課の職員が無収水の真の損失対策に関する知識及び技術を習得する		
研修目標（SBO：Specific Behavioral Objectives）	1）無収水の真の損失対策に関する知識を習得する 2）漏水探知機の原理および使用方法を習得する		
研修予定時期（日数）	2020年8月 （2日間）		
実施体制	実施主体部署：	フィジカル無収水課	
	研修講師： 所属：	Junior Cardoza フィジカル無収水課	講師補佐： 所属：
	参加予定人数：	30人	開催場所： Las Piedrecitas
研修費用	合計	C\$21000	
	（内訳）		
	研修教材：	C\$1000	
	ケータリングサービス：	C\$18000	
	研修受講証明書：	C\$2000	

研修モジュール	研修テーマ	方法 （講義・演習・遠隔等）	必要時間数	備考 （必要教材など）
1.3.1 真の損失の削減対策	サブセクター化	講義	2.0	
1.3.1 真の損失の削減対策	マイクロセクターにおける配水網	講義	2.0	
1.3.1 真の損失の削減対策	損失水量の直接測定法	講義	2.0	
1.3.1 真の損失の削減対策	水圧管理	講義	1.0	
1.3.1 真の損失の削減対策	漏水探知方法 (1. 相関式漏水探知)	講義/演習	3.0	
1.3.1 真の損失の削減対策	漏水探知方法 (2. 多点相関式漏水探知機)	講義/演習	1.0	
1.3.1 真の損失の削減対策	漏水探知方法 (3. 漏水探知機器)	講義/演習	2.0	

様式3 研修プログラム

研修名	水道メータ検針技術研修（1回目）		
対象者	マナグアの検針員		
研修目的（GIO：General Instructive Objectives）	検針員が水道メータに関する正しい知識を学び、水道メータ検針の重要性を理解する		
研修目標（SBO：Specific Behavioral Objectives）	1）水道メータに関する基礎知識を習得する 2）ENACALが使用している様々なタイプの水道メータを正確に検針できるようになる		
研修予定時期（日数）	2020年9月（1日間）		
実施体制	実施主体部署：	商業部	
	研修講師： 所属：	Rommel Valgas コマーシャル無収水課	講師補佐： 所属：Julio Lopez メータ修理課
	参加予定人数：	30人	開催場所：Las Piedrecitas
研修費用	合計	C\$12000	
	（内訳）		
	研修教材：	C\$1000	
	ケータリングサービス：	C\$9000	
	研修受講証明書：	C\$2000	

研修モジュール	研修テーマ	方法（講義・演習・遠隔等）	必要時間数	備考（必要教材など）
3.1 水道メータ検針講義	メータ検針の意義、各種メータの検針方法等に関する講義、家庭用・一部商業用のメータ数値読み取りのテスト	講義	3.0	
3.2 水道メータ検針実習	家庭用と一部商業用メータ検針競技会	演習	2.0	

様式3 研修プログラム

研修名	水道メータ検針技術研修（2回目）		
対象者	各地方局の検針員		
研修目的（GIO：General Instructive Objectives）	検針員が水道メータに関する正しい知識を学び、水道メータ検針の重要性を理解する		
研修目標（SBO：Specific Behavioral Objectives）	1）水道メータに関する基礎知識を習得する 2）ENACALが使用している様々なタイプの水道メータを正確に検針できるようになる		
研修予定時期（日数）	2020年10月（1日間）		
実施体制	実施主体部署：	商業部	
	研修講師： 所属：	Rommel Valgas コマーシャル無収水課	講師補佐： 所属：Julio Lopez メータ修理課
	参加予定人数：	30人	開催場所：Las Piedrecitas
研修費用	合計	C\$12000	
	（内訳）		
	研修教材：	C\$1000	
	ケータリングサービス：	C\$9000	
	研修受講証明書：	C\$2000	

研修モジュール	研修テーマ	方法（講義・演習・遠隔等）	必要時間数	備考（必要教材など）
3.1 水道メータ検針講義	メータ検針の意義、各種メータの検針方法等に関する講義、家庭用・一部商業用のメータ数値読み取りのテスト	講義	3.0	
3.2 水道メータ検針実習	家庭用と一部商業用メータ検針競技会	演習	2.0	





別添 13-3 ENACAL の内部研修講師リスト

表 1 インストラクターリスト

No	名前	組織
無収水管理		
1	Junior Cardoza	Jefe de Departamento ANF Física
Controlar la calidad de la instalación de conexiones domiciliarias		
1	Verónica Rivera	Jefe de Departamento Técnico Comercial
2	Héctor Rivas	Supervisor (Managua- Asososca)
3	Julio López	Jefe de Departamento de Taller de Medidores
4	Oscar Gago	Supervisor (Managua- Asososca)
5	Adela Martínez	Unidad de Corte y Reconexión
6	Benjamín Monterrey	Supervisor (Unidad de Reparación de Medidores)
7	Edwin Santamaria	Supervisor (Managua- Portezuelo)
メータ検針能力の向上		
1	Julio López	Jefe de Departamento de Taller de Medidores
2	Rommel Alonso Valgas Romero	Inspector (Departamento Técnico Comercial)

表 2 その他インストラクター(候補)

No	名前	組織
給水管施工品質の管理		
1	Carlos José Torres Sánchez	Jefe de Unidad de Organización y Métodos
2	Juan José Zacarías	Supervisor (Managua- Nivel Central)
3	Sergio Antonio González Matus	Supervisor (Managua- La Sábana)
4	Héctor Manuel Pérez Chávez	Supervisor (Managua- Altamira)
5	Holman Eliel Urbina Bermúdez	Delegación Boaco
6	Víctor Manuel Jarquín Acos	Delegación León
7	Mario Francisco Rugama Galeano	Delegación Estelí
8	Javier de Jesús Hernández Salazar	Delegación Chinandega
9	Carmelo Ruiz Vallejos	Delegación Matagalpa
10	Rilke Serpa González	Delegación Jinotega
11	Juan Bosco Mejía Cordero	Delegación Carazo
メータ検針能力の向上		
1	Darwin Alberto Roa Alfaro	Delegación Chinandega
2	Christian Alberto Tenorio	Managua



## 別添 14 プロジェクトブリーフノート(全 3 回)



JICA プロジェクトブリーフノート  
**ニカラグア国マナグア市無収水管理強化プロジェクト**  
 効果的かつ効率的な無収水削減計画の策定に向けたキャパシティ・ディベロップメント  
 2017年12月  
 第1期活動終了時点



**1. プロジェクトの背景と問題点**

ニカラグア国では、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、送配水システム等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きく改善したものの、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点が挙げられる。

- ◆ 水需要の時間変動に対応するための貯水施設が不足している。
- ◆ 効率的な配水管網の構築が遅れている。
- ◆ 物理的損失(漏水)、商業的損失(盗水および水道メータの検針誤差)、維持管理計画の不足等。配水管に送られる水量のうち、請求対象となっていない水量の割合を無収水率と呼び、これは水道事業経営の重要な指標である。

特に首都マナグア市の無収水率は、2012年の推定で40～50%と非常に高い。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、無収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、配水管網の改善に取り組んできた。その代表的な取組みは、市内の配水管を小さな区画に分割して、それぞれのブロック内の配水量と請求水量を管理する「セクター化」という方法である。(図4参照)

これまでセクター化はある程度進んだものの、「中・長期的な無収水削減計画」がなく、無収水の課題解決に向けて組織横断的な対応がとられてこなかったため、無収水対策は実効性を伴ったものとなっていない。また、ENACAL職員の無収水に対する対応能力は改善・強化の余地があり、漏水の大部分を占めることされる給水装置(水道メータおよび給水管)からの漏水にも効率的な対応ができていないほか、職員の能力強化を図る研修システムも存在していない。

こうした状況を踏まえ、本プロジェクトを通じて、ENACAL内で組織横断的な実施体制を構築し、ENACALがマナグア市における無収水を継続的に削減するための中長期計画を策定する必要があると考えられている。そのため、以下に示した問題解決のアプローチを通じて、ENACALの無収水管理能力を強化し、マナグア市内で美効的な無収水削減対策が実施されるための基盤整備を支援することが、日本側に期待されている。

**2. 問題解決のアプローチ**

(1) プロジェクトの概況  
 JICAがENACALと合意したプロジェクトの枠組みは以下のとおりである。

**【上位目標】**  
 マナグア市における無収水削減への取り組みが計画的に展開される。

**【プロジェクト目標】**  
 マナグア市における無収水削減対策を計画的に実施する基盤が整備される。

**【期待される成果】**  
 1) ENACALの無収水削減に係る計画策定能力が強化される。  
 2) ENACALの無収水削減に係る実施能力が強化される。  
 3) 給水装置の設置に係るENACALの品質管理能力が強化される。  
 4) ENACAL技術者向けの無収水対策研修の計画・実施能力が強化される。

**(2) プロジェクトの実施体制**

日本人専門家を含めたプロジェクト実施体制の全体図は図1のとおりである。

成果毎にENACAL内に作業チームが編成され、その上位にプロジェクトマネージャー・ネットワークが置かれ、プロジェクト全体の進捗管理と迅速な課題解決を図る体制となっている。

また、ENACAL 総裁を議長とする合同調整委員会は、プロジェクト活動と成果、活動の変更、課題解決に向けた正式な意思決定の場として機能する。

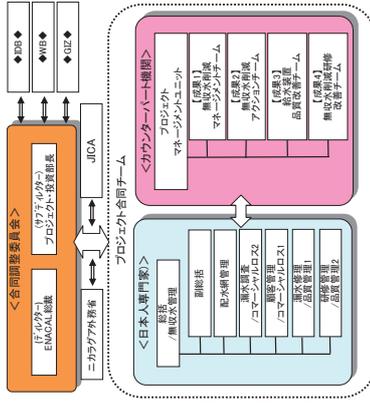


図1 プロジェクト実施体制全体図

**(3) プロジェクトのコンセプト**

本プロジェクトは、ENACAL が継続的に無収水を削減するための基盤整備を目標に定め、4つの能力強化を通じてENACALの課題対応能力を高め、日本人専門家とENACALが協働で、無収水削減に向けた持続的な活動が行われることを目指す、キャパシティ・ディベロップメントである。

日本人専門家の支援の下、カウンターパートであるENACAL職員が達成すべきプロジェクト目標と成果との関係性は、図2のコンセプト図に示すのとおりである。

各活動で作成される技術ガイドラインやマニュアルは、最終的に成果1で立案する「無収水削減実施計画」の一部を構成するものであり、その関係性は図3のよう示される。



#### (4) 活動の方針

##### 1) 成果 1: ENACAL の無収水削減に係る計画策定能力の強化

マナグア市において無収水削減を効果的かつ効率的に実施していくための、実践的かつ具体的な計画づくりを ENACAL と協働で行う。この成果 1 の達成に向けた 5 つの基本方針を以下に示す。

##### ◆既存のセクターの活用方針の整理

本プロジェクトでは、将来的に図 4 で示すようなマクロセクターレベルの無収水管理ができることを念頭に、これまで ENACAL が構築してきたミクロセクターを有効活用するため手順や方法について、カウンタートパートが正しく理解できるように支援する。

具体的には複数のミクロセクターから成るマクロセクターレベルで水収支を管理し、無収水率の高い地域を効率的に選定し、選定した地域のミクロセクター化を優先的に進めていく方針を提案する。(図 4、図 5)

こうした取り組みを経て、マナグア市全体の無収水の分布が明らかになった後、無収水率の高い地域におけるミクロセクターから優先的に具体的な無収水対策を進めることで、効率的かつ効果的な無収水率の削減につなげることが可能となる。

##### ◆水道施設整備の方向性の整理

成果 1 で策定される「無収水削減実施計画」の中には、水道施設の整備計画も含まれる。ベネズエラ調査を通じて確認した ENACAL のニーズを踏まえ、以下のような視点で施設整備計画の方向性を整理する。

- ・無収水削減の視点による施設整備
- ・給水サービス向上の視点による施設整備
- ◆組織・制度面の改革の提案
- 組織・制度面の改革では、現在 GIZ の支援で進められている ENACAL の組織改編の動向を十分に把握し、ニカラグアの国家政策との整合を図りつつ、無収水削減に向けた効率的な体制整備を提案する。

##### ◆運転維持管理体制の改善の検討

- ・効率的な運転維持管理体制
- 現在のマナグア市は、配水区域を標高別に区分して、低地、高地、高高地の 3 つの配水

区域を設定している。ただし、これは単に利用水源と配水区域を便宜的に区分したものであり、必ずしも配水区域が物理的に分離されているわけではない。現在、マナグア市全体の配水網管理は、ENACAL 本部のみで行っている。しかし、効率性の観点からみると、人口 100 万人レベルの都市水道では、地域毎に支局を設け、運転維持管理の責任を持たせることが推奨される。

##### ・支局単位での無収水管理

上述したマクロセクターレベルの管理方針の下、各支局が 1 つ又は複数のマクロセクターを管轄し、管轄する給水区域とマクロセクターの境界を一致させることができれば、支局単位で管轄地域の無収水管理が可能となる。こうした手法を用いると、それぞれの支局同士で競争意識が芽生えることが期待できる。さらに、業績評価システムの中に各支局の無収水対策の成果を組み込むことを検討し、職員のモチベーションが向上し維持される仕組みづくりを提案する。

##### ◆無収水削減実施計画の内容

無収水削減実施計画には、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する。

##### 2) 成果 2: ENACAL の無収水削減に係る実施能力の強化

##### ◆バランスのとれた無収水削減対策の実施

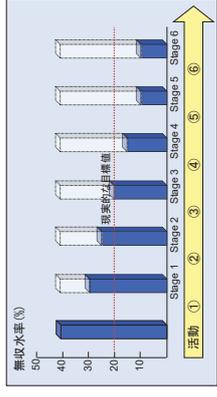
無収水の要因のうち「物理的損失(パイロロロス)」と「商業的損失(コマーションロス)」に対する対策が大きな成果をもたらす。本プロジェクトで行う技術移転と ENACAL 職員の能力強化では、物理的損失の改善に偏るのではなく、パイロット区内の顧客情報を正確に把握し、それを効率的に活用して正確な検針結果を取得し、商業的損失の削減を実現するための多岐に亘る活動をバランスよく実施する。

##### ◆パイロット区画における無収水対策

無収水削減対策は、図 6 に示すように、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 ステージまでをカバーし、第 4 ステージ以降は

ENACAL の努力と後述する研修システムを活用して成果を達成していくことが求められる。



- ① 地上漏水の削減、員軒上での漏水の削減
- ② 人海防衛、各戸調査、不良メーターの交換、計量ミス低減
- ③ 地下漏水の削減、盗水メーターの検出
- ④ 漏水検知技術の向上、管轄のブロック化、正確な管轄図の整備
- ⑤ 漏水の発生防止
- ⑥ 水圧調整、管轄境界の促進、老朽化管路の更新
- ⑦ 漏水防止作業の徹底
- ⑧ 漏水防止作業の仕上げ
- ⑨ 管轄更新の徹底、漏水防止関連部署の合理化
- ⑩ 最低無収水率の維持
- ⑪ 必要最低限の無収水削減作業の継続

図 6 無収水削減対策のステージ

##### ◆OJT 活動の進め方

パイロット区画での OJT においては、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を数値化し、その投入量との比較によって費用対効果を ENACAL 職員自らが実感できるように配慮する。この結果を、OJT に参加していない他部署の職員および ENACAL 上層部に周知することによって、無収水削減の重要性を浸透させるほか、職員のモチベーションの向上にもつながるような活動を計画する。

##### 3) 成果 3: 給水装置の設置に係る ENACAL の品質管理能力の強化

##### ◆給水装置の品質向上

給水管とメーター周りの漏水は、物理的損失の大きな要因とされており、給水装置の設置に係る施工品質の向上が求められている。また、メーターボックスの強度不足、メーター検針作業を妨げる不適切な配置、水道メーターの精度管理の不備などは商業的損失の要因にもなっている。現時点で想定される対応策は以下のとおりである。

- ・わかりやすい施工基準の整備
- ・適切な資材の採用
- ・メーターボックスの規格/設置方法の改善
- ・水道メーターに対する要求事項の標準化

- ・非合法利用者の合法化促進に向けた啓発
- ・宅地内漏水の正確な理解促進

##### ◆技術ガイドラインの作成

品質管理能力の強化を図るため、ENACAL が参考にしてきた技術仕様書をレビューし、技術レベルに見合った内容に改善しながら、技術ガイドラインを協働で取りまとめる。

##### ◆技術研修の実施

現場作業に活用可能な室内研修と実地研修を計画し、実施する。給水装置の設置に従事する職員は多くは、専門的な職業訓練を受けず、現場での職員同士の技術移転や経験により学んだことを通じて作業を行っている。実地研修を進める場合は、実践的技術の向上に結びつく内容となるように配慮する。

##### 4) 成果 4: ENACAL 技術者向けの無収水対策研修の計画・実施能力強化

成果 2 と成果 3 の活動を通じて得られた知見を活用し、ENACAL 内に常設の無収水研修を設置する。この研修は、無収水の理論面と技術的対策の双方を含んだ包括的な内容とする予定である。これにより、無収水対策に携わる ENACAL 職員を継続的に育成し、能力強化を実現するための基盤整備を図る。

この活動は、ENACAL 人材課とプロジェクトチームとの協働作業で進められる。研修モジュールおよび必要な教材はマナグア市の ENACAL を主要なターゲットとしつつも、地方都市の ENACAL 職員の無収水管理能力の向上にも活用できるよう、双方で議論し、工夫する。

##### 5) 研修/セミナー/ワークショップ

##### ◆本邦研修

ENACAL が無収水管理の実践的な手法を習得し、マナグア市の現状に適した形で活用できることを目的として、本邦研修を実施する。

管理職クラスの職員に対しては、水道事業運営に係る知見をさらに深く、無収水対策の計画的な実施に向けた組織体制のあり方を認識できるよう、本邦水道事業者の協力の下、実践的なノウハウを学ぶ機会を設ける。

技術系職員に対しては、無収水対策技術にとまらず、水道資機材の品質管理や施工管理技術を学ぶ機会を設け、理論と実践の両面で技術的知見を高められるように配慮する。

### ◆セミナーワークショップ

プロジェクト活動の成果を広く関係者に報告し、作成された技術指針やガイドラインを普及させることを目的として、ワークショップ/セミナーを開催する。

## 3. アプローチの実践結果

### (1) 成果 1 の活動

#### 1) ベースライン調査

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が、無収水削減は、水道事業者としての様々な業務指標(Performance Indication)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。

プロジェクト開始から 3 ヶ月の間でマナグア市の無収水削減対策の現状を把握し、課題の抽出を行った。この結果、これまで各部署が独自に集計していたデータが無収水というテーマの下でわかりやすく整理された。ENACAL 側プロジェクトメンバーは、この調査結果を参考としてプロジェクト活動の成果発見に取り組みことになる。

これまで ENACAL には、ベースライン値としてこのように整理された資料はなく、この成果は ENACAL にとって極めて有益なものである。現在は、ENACAL 職員がプロジェクトを進めるための重要な基礎データを定量的に認識できるようになった。

また、この調査によって、マナグア市における無収水関連活動の全体像と ENACAL の課題が正確に把握され、プロジェクト全体の方向性が明確になった。さらに、プロジェクト成果や目標の達成状況をモニタリング/評価するためベースライン値が確認された。

水道事業者としてのパフォーマンスを表す業務指標は、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基に算定した。技術的指標の一つである無収水率の場合、2016 年のマナグア市全体で 54.9%と算定された。非技術的指標としては、料金徴収率、生産水量当りの電力費、給水原価などが整理された。

#### 2) マナグア市の配水網の現状調査

マナグア市の配水網を効率的な姿に改善することは、無収水管理において極めて重要なプロセスである。現在、M/P で提案された送配水

システムと現状のシステムとの間に大きな違いがある一方、ENACAL 自身は俯瞰的な視点から送配水の現状を正確に理解している状況にはなかった。

マナグア市は北部のマナグア湖から南部に向かって標高が次第に高くなるが、近年、南部の高標高地域に向かって人口増加が著しい。このため、北部の低地配水区に対する給水量が制限され、時間配水を余儀なくされていることが定量的なデータとともに確認された。

プロジェクト活動の中では、現在の水運用を正確に把握する測定技術の強化も行われた。その中でも、超音波流量計や圧差センサーを用いた測定は、ENACAL のオペレーションと無収水課の職員が協働で実施し、職員の技術力向上と部署間の連携強化をもたらした。

特に大口径の管路では流量計設置に技術指導が必要であったが、ゲージを記入した耐水紙を用いた位置合わせ方法、測定値の信頼性の判断基準、機器の防護方法といった技術が OJT 形式で移転された。

### 3) 水運用システムの評価

現在の送配水量の実測作業に加え、既存の配水セクター(12 区画)をベースにした請求水量、生産水量(配水量)、ピーク時間帯の需要量などの分析が行われた。

このセクター毎の水収支分析を通じて、給水事情が不安定なエリアや有効活用すべき配水池などを定量的データとともに示すことができた。例えば、マナグア市の標高が低い低地配水区では十分な給水量が確保できない地域が多い。顕著な例として、San Cristobal 配水地域では実際の給水量は需要量の 20%程度しか確保されていないことが明らかになった。

また、市内の多くの地域では水需要が増加するピーク時間帯に給水量が不足しており、貯水タンクの容量が絶対的に不足していることもこの分析から明らかになった。分析対象 12 のセクターのうち、9 つのセクターでピーク時間帯の給水量が不足している状況にある。

これらの情報は定例会議を通じてプロジェクトチーム内で共有され、無収水対策と並行して進めるべきハード面の改善策を検討するための基礎資料として今後活用される。

#### 4) 既存の配水セクターの活用方針

プロジェクトの定例会議において、マナグア市の配水網の現状や課題を相互に確認した。プ

ロジェクトチームは、効率的かつ効果的な無収水削減対策に向けた既存の配水セクターの活用方法を具体的に提示し、議論を重ねている。

ENACAL の管理職クラスは、本邦研修を通じて日本のセクター管理手法を学んだこともあり、プロジェクトチームの提案の意図や妥当性を十分認識しており、今後の方向性について合意形成が進んでいる。

### (2) 成果 2 の活動

2017 年 4 月から開始されたパイロット活動では、以下の技術指導を OJT 形式で行い、ENACAL 職員は無収水削減に必要な実践的技術を習得しつつある。

パイロット活動を進める中で、2017 年 6 月～8 月にかけて実施した無収水削減技術の室内研修は、現場作業に従事する技術者の能力向上につながっている。2017 年後半には、日本人専門家の立会いがない場合でも、カウンセラー自身で測定計画の立案、資機材準備、結果集計、今後改善すべき事項の提案まで行うことができるようになった。

#### 1) 技術移転

- 顧客調査方法と顧客台帳の整合作業
- 夜間最小流量の測定と分析方法
- 配水網のサブセクター化と損失水量の直接測定技術
- 夜間の水使用量の調査方法と宅地内漏水の見分け方
- 音聴式相関式の漏水探知技術
- 正確な無収水管理に向けたメータ検針部署との連携作業

#### 2) 無収水モニタリング

パイロット区画 No.1(以下、AZA No.3)での活動は 2018 年前半まで予定される。費用対効果の分析は、一連の活動の最終段階で実施されることが、現時点で以下の成果が定量的データとともに確認されている。

#### ◆無収水率

ベースライン値 55.7% (2016 年平均値)

→52.4% (2017 年 12 月)

#### ◆1 日平均配水量

ベースライン値 4,095m<sup>3</sup>/日 (2016 年平均値)

→3,66m<sup>3</sup>/日 (2017 年 12 月)

### 3) 無収水の構成要素

AZA No.3 において判明した無収水構成は図 8 のとおりである。

この分析作業では、AZA No.3 の配水管網を小さなセクターに分割し(サブセクター化)、各セクターで発生している損失水量を、夜間に直接メータで測定する手法を適用した。

配水量から請求対象水量を除いた無収水量の中には、用途区分上の理由で請求対象とならない使用水、メータが計測できない水量等も含まれているため、これらの水量は「その他」として分類している。

夜間の損失水量計測作業の時点で、即座にその要因が明らかにならない損失は、非合法(盗水)又は漏水に分類して集計することができる。

しかし、損失位置が正確に特定できないもの、既存図面にはない管路の通水など、その場で要因の判断が困難なものについては、分類未定として扱い、継続調査を通じてその要因を明らかにする必要がある。

2017 年 11 月末時点で、実際の損失水量のうち原因究明に至っていない水量が約 40%残っているが、漏水などの物理的損失よりも盗水などの商業的損失が大きくなっている。

AZA No.3 での活動は途中段階にあるが、無収水の構成要素の算定方法、現時点での推定値がカウンセラーとパイロットの間で共有された。

特に、物理的損失(真の損失、商業的損失(見掛け損失)の割合を把握するための実践的な手法として、「サブセクター化」や「仮設管と水道メータを用いた損失水量の測定手法」がカウンセラーとパイロットへ移転されたことは大きな成果と言える。



写真 漏水の状況(パイパス管非合法接続)

### (3) 成果 3 の活動

本活動はプロジェクト期間の第 2 年次(2018 年)以降に予定されている。

### (4) 成果 4 の活動

本活動はプロジェクト期間の第 2 年次(2018 年)以降に予定されている。

### (5) 本邦研修

管理職クラスの 5 名を対象とした本邦研修が 2017 年 8 月 28 日から約 10 日間実施された。研修項目は以下のとおりである。

項目	内容
水道事業の運営手法	組織体制、人事、顧客対応、料金請求システム
計画策定手法	年間事業計画、研修計画
無収水削減手法	セクター活用方針、水資源管理、検針システム
給水装置の品質管理	水道メータ検定施設、水道メータ工場

研修では、東京都水道局の協力の下、無収水管理の実践的なノウハウを体験・習得することができ、パイロットプロジェクトで実施している活動に対する理解、今後のマナグアにおける課題の認識が一層深まった。その結果、他部署の職員に対する指示や成果の確認が、従来よりも迅速に行われ、プロジェクト活動の進捗に大きく貢献している。

## 4. プロジェクト実施上の工夫・教訓

### (1) プロジェクト実施体制

プロジェクトの立上げ時には、成果毎に設けられたチームの活動および成果をモニタリングし、各成果の活動進捗および達成状況を総合的に管理しながら、ENACAL 全体として課題の解決に取り組める体制を構築した。

特に、プロジェクトの合同調整委員会とは別に、「プロジェクト・マネージメント・ユニット」を構築したことは、全体の進捗管理と迅速な課題解決に寄与した。

### (2) 合同調整委員会の構成

運営体制上の工夫として、プロジェクトディレクター、プロジェクトマネージャーの下に、サブチームの役割を設けたことが挙げられる。ENACAL 内の最終決定権は総裁に委ねられているが、総裁は日々多忙を極めており、プロジ

ジェクト全体のモニタリングや進捗確認を頻繁に行うことが困難な状況にある。

このため、ENACAL 内で IDB や世銀のプロジェクトを一元管理しているプロジェクト・投資部の部長をサブディレクターとし、総裁室の技術顧問としての役割を担う幹部職員をサブ・マネージャーとして任命した。

この結果、プロジェクト管理や意思決定、進捗を阻害する要因の解消など、様々な課題解決が定例会議の場で円滑に行われ、定例会議と合同調整委員会との間で正確な合意形成、活動プログラムの順調な進捗をもたらした。

### (3) キャパシティ・ディベロップメントの見える化

成果 2 及び成果 3 では、OJT 形式で ENACAL の職員を対象とした技術トレーニングを計画している。プロジェクト開始時と終了時の能力向上度を視覚的に把握できるよう、ベースライン調査の段階で主要な職員のキャパシティ評価を実施した。

この評価は個別面談形式で行われ、各自の自己評価をベースに、プロジェクトチーム側からのヒアリングや意見交換を経て、技術レベルの現状をお互いの合意の下で設定した。

この評価シートをプロジェクトの中間地点、終了地点で改めて見直すことで、プロジェクトを通じて培った技術や知識の向上具合が視覚的に確認できるようになる。

### (4) 無収水の要因分析

これまでマナグア市で無収水削減が進まなかった要因として、その構成要素を正確に分析したデータがなかったことが指摘されている。無収水には商業的、物理的それぞれの要因があるが、その割合や実態を正確に把握しない限り、効果的な対策を示すことはできない。

本プロジェクトでは、「パイロット区画における無収水の要因を正確に把握すること」を活動の柱に置き、そのための実践的な技術移転を OJT 形式で行っている。

### (5) 他ドナーとの連携

#### 1) 米州開発銀行(IDB)

ENACAL が自身の戦略計画の中で掲げている上水道施設の整備において、IDB は資金調達面から大きな役割を果たしている。

本プロジェクトの最終目標である無収水削



図 7 パイロット区画 No.1(AZA No.3)の無収水率の月別変化(2017 年)

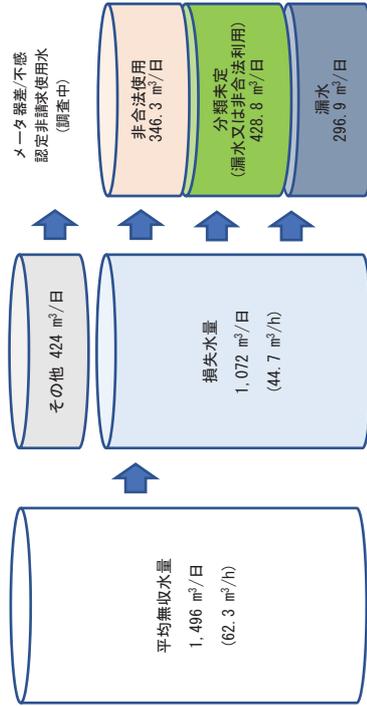


図 8 パイロット区画 NO.1(AZA No.3)の無収水の構成(2017 年 11 月)

減が実現すれば、新たな水源開発を抑制し、その分を新たな設備投資に充てることが期待できる。プロジェクトの成果を最大限にかつ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極めて有効な選択肢と考えられる。

IDB としては ENACAL に対する支援を継続する方針を掲げ、2018 年以降に新たなプロジェクトを開始する予定である。

本技術協力プロジェクトで無収水削減に向けた効果的かつ効果的な手順と手法が明確化され、技術力を備えた ENACAL 職員が今後の IDB プロジェクトの運営にも積極的に関与することを通じて、両者の支援の相乗効果が大きく期待されている。

## 2) ドイツ国際協力公社(GIZ)

GIZ は 2011 年より上下水道分野技術支援プログラム(PROAITAS)を立上げ、ENACAL の組織改善と地方支局の運営維持管理体制の強化に向けた協力を実施している。

マナグア市を対象とした JICA の技術協力では、ENACAL 内部に無収水削減技術の継続的な強化に向けた研修システムを構築する予定である。

地方支局においても無収水は重要なテーマとして位置づけられており、両者のプロジェクトが連携することにより、ニカラグア全国レベルでの無収水削減に向けた体制強化が期待されている。

## 3) 世界銀行(WB)

本プロジェクトのパイロット区画は、過去に他ドナーの支援を通じて構築されたセクターの中から選定されている。現在活動が実施中の AZA No.3 は、2015 年までに WB の支援を通じてセクター化が進められた地区の 1 つである。このハード面の支援を引き継ぎ、日本側が無収水削減のパイロットプロジェクトを展開することにより、両者の支援の連携が図られている。

また、WB は 2016 年 4 月よりニカラグア国の国家水資源計画の策定を支援しており、ENACAL はニカラグア側の調整責任機関となっている。

本計画では 2030 年を目標年次に定め、全土の水資源の診断、水利用と水収支、経済分析等に基づいて、優先的に調査すべき地下水層が提案されている。

本プロジェクトで策定する無収水削減実施計画において、将来的な水需要量や地下水源の開発の必要性などを検討する際、上記調査結果の活用が期待されている。

## (6) 円滑なコミュニケーションの確保

プロジェクト開始時に各部署の組織図、役割、担当者を写真とともに整理し、組織一覧図を作成した。日本側プロジェクトチームの組織図とともに ENACAL 職員と共有し、日々の業務連絡が円滑に進むように配慮した。

プロジェクトの定例会議や合同調整委員会は西語で進め、時間的な効率性と理解度の向上を図った。日本人専門家の中には、英語-西語の通訳を必要とする場合もあるが、予めプレゼンテーションの内容を業務主任が確認し、専門用語や表現などの訂正を行いながら西語資料を作成し、ENACAL 職員との意思疎通がスムーズにいくように配慮した。

## 【プロジェクト実施期間】

2017 年 1 月～2019 年 12 月(予定)

## 【参考文献】

「マナグア市無収水管理能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書」(2016 年 7 月 JICA)

「マナグア市中長期上下水道施設改善計画調査最終報告書」(2005 年 12 月 JICA)

「第二次マナグア市上下水道施設整備計画基本設計調査報告書」(1998 年 12 月 JICA)

「マナグア市上下水道施設整備計画基本設計調査報告書」(1995 年 2 月 JICA)

JICA プロジェクトフリーフノート  
**ニカラグア国マナグア市無収水管理強化プロジェクト**  
 効果的かつ効果的な無収水削減計画の策定に向けたキャパシティ・ディベロップメント-  
 2018年12月  
**第2期活動終了時点**



**1. プロジェクトの背景と問題点**

ニカラグア国では、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きく改善したものの、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点が挙げられる。

- ◆ 水需要の時間変動に対応するための貯水施設が不足している。
- ◆ 効率的な配水管網の構築が遅れている。
- ◆ 物理的損失(漏水)、商業的損失(盗水および水道メーターの検針誤差)、維持管理計画の不足等。配水管に送られる水量のうち、請求対象となっていない水量の割合を無収水率と呼び、これは水道事業経営の重要な指標である。

特に首都マナグア市の無収水率は、2012年の推定で40~50%と非常に高い。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投資資金を確保するため

めには、無収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、配水管網の改善に取り組んできた。その代表的な取組みは、市内の配水網を小さな区画に分割して、それぞれのブロック内の配水量と請求水量を管理する「セクター化」という方法である。(図4参照)

これまでセクター化はある程度進んだものの、「中・長期的な無収水削減計画」がなく、無収水の課題解決に向けて組織横断的な対応がとられてこなかったため、無収水対策は実効性を伴ったものとなっていない。また、ENACAL職員の無収水に対する対応能力は改善・強化の余地があり、漏水の大部分を占めるとされる給水装置(水道メータおよび給水管)からの漏水にも効率的な対応ができていないほか、職員の能力強化を図る研修システムも存在していない。

こうした状況を踏まえ、本プロジェクトを通じて、ENACAL内で組織横断的な実施体制を構築し、ENACALがマナグア市における無収水を継続的に削減するための中長期計画を策定する必要があると考えられている。そのため、以下に示した問題解決のアプローチを通じて、ENACALの無収水管理能力を強化し、マナグア市内で実効的な無収水削減対策が実施されるための基盤整備を支援することが、日本側に期待されている。

**2. 問題解決のアプローチ**

**(1) プロジェクトの概況**

JICAがENACALと合意したプロジェクトの枠組みは以下のとおりである。

**【上位目標】**  
 マナグア市における無収水削減への取り組みが質的に展開される。

**【プロジェクト目標】**  
 マナグア市における無収水削減対策を計画的に実施する基盤が整備される。

**【期待される成果】**

- 1) ENACALの無収水削減に係る計画策定能力が強化される。
- 2) ENACALの無収水削減に係る実施能力が強化される。
- 3) 給水装置の設置に係るENACALの品質管理能力が強化される。
- 4) ENACAL技術者向けの無収水対策研修の計画・実施能力が強化される。

**(2) プロジェクトの実施体制**

日本人専門家を含めたプロジェクト実施体制の全体図は図1のとおりである。

成果毎にENACAL内に作業チームが編成され、その上位にプロジェクトマネージャーとユニットが置かれ、プロジェクト全体の進捗管理と迅速な課題解決を図る体制となっている。

また、ENACAL 総裁を議長とする合同調整委員会は、プロジェクト活動と成果、活動の変更、課題解決に向けた正式な意思決定の場として機能する。

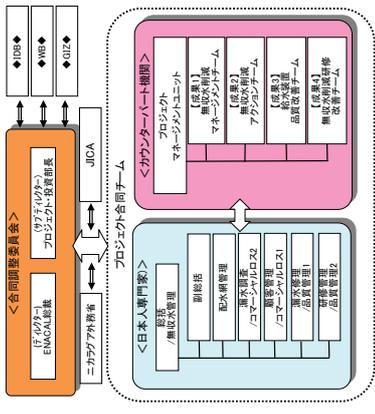


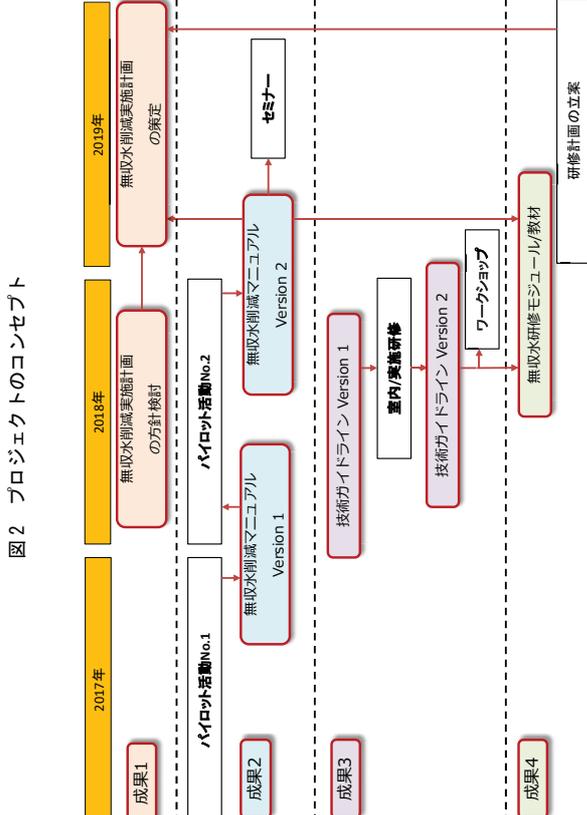
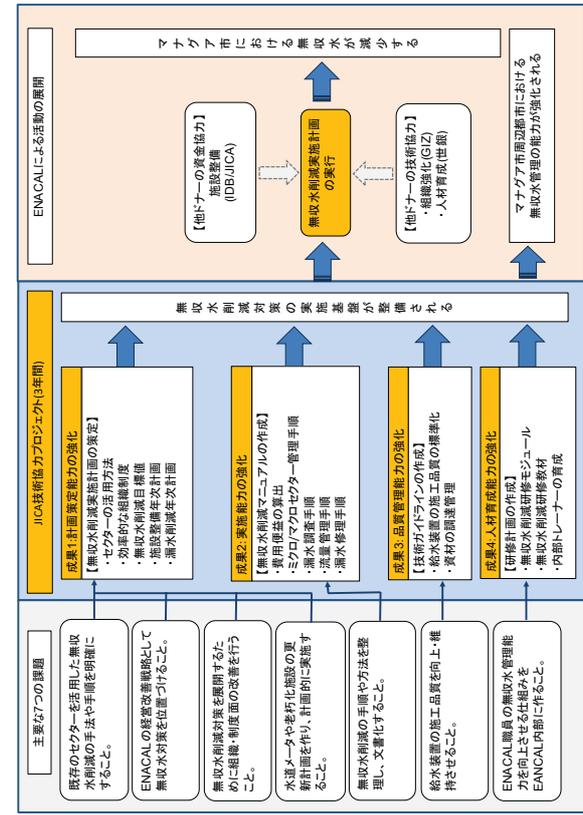
図1 プロジェクト実施体制全体図

**(3) プロジェクトのコンセプト**

本プロジェクトは、ENACAL が継続的に無収水を削減するための基盤整備を目標に定め、4つの能力強化を通じてENACALの課題対応能力を高め、日本人専門家とENACALが協働で、無収水削減に向けた持続的な活動が行われることを目指す、キャパシティ・ディベロップメントである。

日本人専門家の支援の下、カウンスラーパートナーであるENACAL職員が達成すべきプロジェクト目標と成果との関係性は、図2のコンセプト図に示すとおりである。

各活動で作成される技術ガイドラインやマニュアルは、最終的に成果1で立案する「無収水削減実施計画」の一部を構成するものであり、その関係性は図3のように示される。



4) 活動の方針

1) 成果1: ENACALの無収水削減に係る計画策定能力の強化

マナグア市において無収水削減を効果的かつ効果率的に実施していくための、実践的かつ具体的な計画づくりをENACALと協働で行う。この成果1の達成に向けた5つの基本方針を以下に示す。

◆既存のセクターの活用方針の整理

本プロジェクトでは、将来的に図4で示すようなマイクロセクターレベルの無収水管理ができることを念頭に、これまでENACALが構築してきたマイクロセクターを有効活用するため、手順や方法について、カウンタートパートが正しく理解できるように支援する。

具体的には複数のマイクロセクターから成るマイクロセクターレベルで水収支を管理し、無収水率の高い地域を効果的に選定し、選定した地域のマイクロセクター化を優先的に進めていく方針を提案する。(図4、図5)

こうした取り組みを経て、マナグア市全体の無収水率の分布が明らかになった後、無収水率の高い地域におけるマイクロセクターから優先的に具体的な無収水対策を進めることで、効果的かつ効果的な無収水率の削減につなげることが可能となる。

◆水道施設整備の方向性の整理

成果1で策定される「無収水削減実施計画」の中には、水道施設の整備計画も含まれる。ベースライン調査を通じて確認したENACALのニーズを踏まえ、以下のような視点で施設整備計画の方向性を整理する。

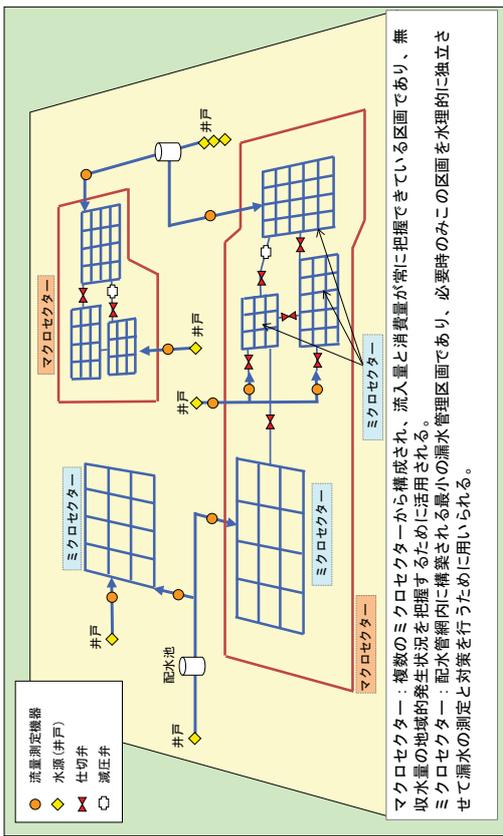
- ・無収水削減の視点による施設整備
- ・給水サービス向上の視点による施設整備
- ◆組織・制度面の改革の提案

組織・制度面の改革では、現在GIZの支援で進められているENACALの組織改編の動向を十分に把握し、ニカラグアの国家政策との整合を図りつつ、無収水削減に向けた効果的な体制整備を提案する。

◆運転維持管理体制の改善の検討

- ・効果的な運転維持管理体制

現在のマナグア市は、配水区域を標高別に区分して、低地、高地、高高地の3つの配水区域を設定している。ただし、これは単に利用水源と配水地域を便宜的に区分したものであり、必ずしも配水区域が水理的に分離されており、必要時のみこの区分を水理的に分離されているわけではない。現在、マナグア市全体の配水網管理は、ENACAL本部のみで行っている。しかし、効率性の観点からみると、人口100万人レベルの都市水道では、地域毎に支局を設け、運転維持管理の責任を持たせ



ることが推奨される。

・支局単位での無収水管理

上述したマクロセクターレベルの管理方針の下、各支局が1つ又は複数のマクロセクターを管轄し、管轄する給水区域とマクロセクターの境界を一致させることができれば、支局単位で管轄地域の無収水管理が可能となる。こうした手法を用いると、それぞれの支局同士で競争意識が芽生えることが期待できる。さらに、業績評価システムの中に各支局の無収水対策の成果を組み込むことを検討し、職員のモチベーションが向上し維持される仕組みづくりを提案する。

◆無収水削減実施計画の内容

無収水削減実施計画には、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する。

2) 成果2: ENACALの無収水削減に係る実施能力の強化

◆バランスのとれた無収水削減対策の実施

無収水の要因のうち物理的損失(フイジカロス)と商業的損失(コマmercial損失)に対する対策が大きな成果をもたらす。本プロジェクトで行う技術移転とENACAL職員の能力強化では、物理的損失の改善に偏るのではなく、パイロット区内の顧客情報を正確に把握し、それを効率的に活用して正確な検針結果を取得し、商業的損失の削減を実現するための多岐に亘る活動をバランスよく実施する。

◆パイロット区画における無収水対策

無収水削減対策は、図6に示すように、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着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し、第4ステージ以降はENACALの努力と後述する研修システムを活用して成果を達成していくことが求められる。

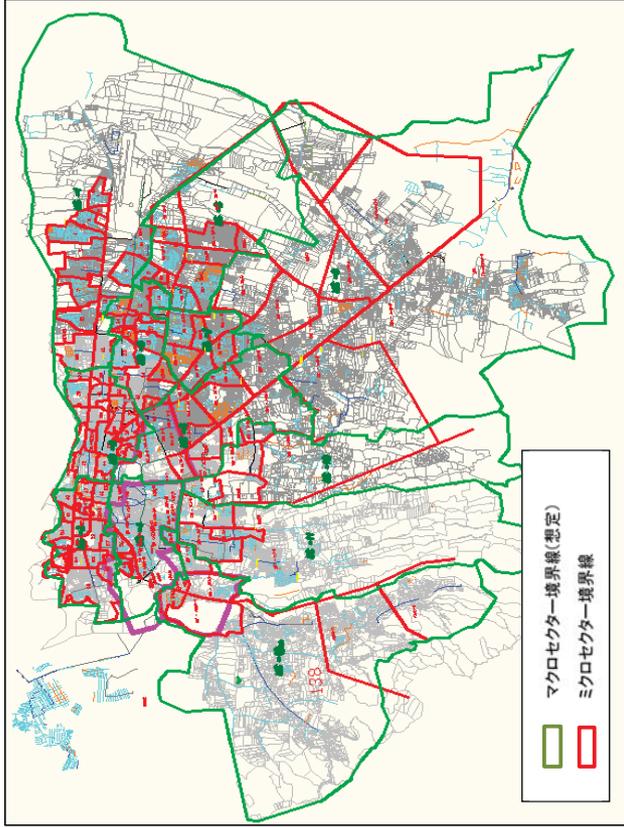
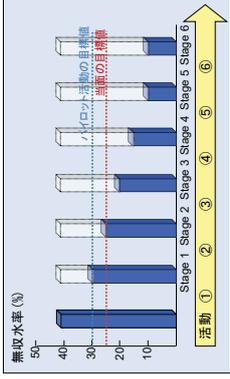


図5 マナグア市のセクター化の現状



- 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、管網のブロック化、正確な管線図の整備
- ③漏水の復元防止  
水圧調整、管路補修の促進、老朽化管線の更新
- 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、効果的な機器の導入
- ⑤漏水防止作業の仕上げ  
管線更新の徹底、漏水防止関連部署の合理化
- ⑥徹底無収水率の維持  
必要最低限の無収水削減作業の継続

図6 無収水削減対策のステップ

◆OJT活動の進め方

パイロット区画でのOJTにおいては、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を数値化し、その投入量との比較によって費用対効果をENACAL職員自身が実感できるように配慮する。この結果を、OJTに参加していない他部署の職員およびENACAL上層部に周知することによって、無収水削減の重要性を浸透させるほか、職員のモチベーションの向上にもつながるような活動を計画する。

3) 成果3: 給水装置の設置に係るENACALの品質管理能力の強化

◆給水装置の品質向上

給水管と水メータ周りの漏水は、物理的損失の大きな要因とされており、給水装置の設置に係る施工品質の向上が求められている。また、メータボックスの強度不足、メータ検針作業を妨げる不適切な配置、水メータの精度管理の不備などは商業的損失の要因にもなっている。現時点で想定される対応策は以下のとおりである。

- ・わかりやすい施工基準の整備
- ・適切な資材の採用
- ・メータボックスの規格/設置方法の改善
- ・水メータに対する要求事項の標準化
- ・非合法利用者の合法化促進に向けた啓発
- ・宅地内漏水の正確な理解促進

◆技術ガイドラインの作成

品質管理能力の強化を図るため、ENACALが参考にしてきた技術仕様書をレビューし、技術レベルに見合った内容に改善しながら、技術ガイドラインを協働で取りまとめる。

◆技術研修の実施

現場作業に活用可能な室内研修と実地研修を計画し、実施する。給水装置の設置に従事する職員の多くは、専門的な職業訓練を受けず、現場での職員同士の技術移転や経験により学んだことを通じて作業を行っている。実地研修を進める場合は、実践的技術の向上に結びつく内容となるように配慮する。

4) 成果4: ENACAL技術者向けの無収水対策研修の計画・実施能力強化

成果2と成果3の活動を通じて得られた知見を活用し、ENACAL内に常設の無収水研修を設置する。この研修は、無収水の理論面と技術的対策の双方を含んだ包括的な内容とする予定である。これにより、無収水対策に携わるENACAL職員を継続的に育成し、能力強化を実現するための基盤整備を図る。

この活動は、ENACAL人材課とプロジェクトチームとの協働作業で進められる。研修モデルにおよび必要な教材はマナグア市のENACALを主要なターゲットとしつつも、地方都市のENACAL職員の無収水管理能力の向上にも活用できるように、双方で議論し、工夫する。

5) 研修/セミナー/ワークショップ

◆本邦研修

ENACALが無収水管理の実践的な手法を習得し、マナグア市の現状に適した形で活用できるようにすることを目的として、本邦研修を実施する。

管理職クラスに対しては、水道事業運営に係る知見をさらに深め、無収水対策の計画的な実施に向けた組織体制のあり方を認識できるような、本邦水道事業者の協力の下、実践的なノウハウを学ぶ機会を設ける。

技術系職員に対しては、無収水対策技術にとどまらず、水道資機材の品質管理や施工管理技術を学ぶ機会を設け、理論と実践の両面で技術的知見を高められるように配慮する。

◆セミナー/ワークショップ

プロジェクト活動の成果を広く関係者に報告し、作成された技術指針やガイドラインを普及させることを目的として、ワークショップ/セミナーを開催する。

### 3. アプローチの実践結果

#### (1) 成果1の活動

##### 1) 支局単位の無収水管理

ENACAL は、マナグア市の無収水を効率的に削減するための基本的施策として、市内を4つの支局に分割して顧客管理と維持管理の権限を委譲し、それぞれに無収水管理の責任を持たせることが計画されている。(図7)

予定される4つの支局のうち、Altamira支局の設立を先行して進めることが合意され、このための第一歩として、IDBの資金を活用したプロジェクトが開始された。Altamira支局の設立はモデルケースとなるが、その他の支局の分権化の進め方については、成果1の活動の中で明確化していく必要がある。

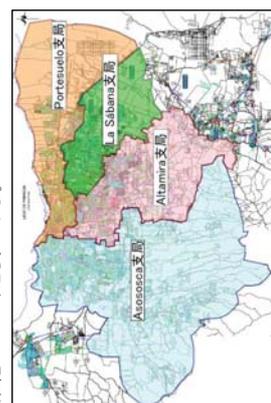


図7 支局と商業管理区域の関係

2018年から始まったIDBのプロジェクトでは、マナグア市中央部に位置する複数のマクロセクターをAltamira支局の商業管理区域として独立させ、組織体制の再編成が行われる。

成果1の活動では、IDBプロジェクトと連携することを念頭に置きながら、Altamira支局が管轄すべき区域の提案を行った。ENACALの顧客台帳やメータ検針ルートはマクロセクターの境界と整合しておらず、マクロセクターレベルで無収水を把握することができない。

Altamira支局の商業管理区域を設定するためには、現在のマクロセクターの境界と整合を持たせる必要がある。プロジェクトでは水理的条件や配水区域の現状を調査するとともに、適切な境界策定に向けた技術支援を行っている。

ENACALはプロジェクト活動を通じてマクロセクターレベルで無収水管理を行う重要性を強く認識するようになり、Altamira支局の無収水管理を進めるために必要な施設設備は

IDB等の資金を活用して進める予定である。

Altamira支局の設立に向けて、ENACALがこれから取り組む主な活動は4つ挙げられている。1つ目は商業区域の範囲と既存のマクロセクターを一致させること。2つ目は管轄内にある複数のマクロセクター間の水量を正確に管理すること。3つ目は商業区域内の顧客データを最新の情報に更新すること。最後に、商業区域内の配水量と請求水量を正確に計測することである。

現在進められているAltamiraの支局化と同様のアプローチで残りの支局でも無収水の管理に向けた境界再編を進めることができれば、マナグア市全体の無収水の分布を明らかにすることができる。また、各支局で無収水管理が行われるようになれば、支局同士の競争意識が生まれ、各支局の無収水の状況に適した対策を採ることにつながる。無収水削減をより効果的に進めるために、無収水対策を行うENACAL職員へのインセンティブを取り入れる仕組みを検討することも必要になると考えられる。

#### 2) ミクロ/マクロセクターの活用方針

マクロセクターの活用方針として、マクロセクターの再構築、流量/水圧管理の精度向上、上述の商業管理区域ごとの送配水量管理を想定している。一方、ミクロセクターについては、ミクロセクターを管理する主体の明確化、管網情報のレビューと最新化を担う部署の設立、正確な流量管理等が挙げられる。プロジェクトチームは、効果的かつ効果的な無収水削減対策に向けた既存の配水セクターの活用方法について議論を重ねている。

#### (2) 成果2の活動

パイロット区画No.1(以下、AZA No.3)における活動は2017年4月から2018年4月まで実施された。現在は、パイロット区画No.2(以下、MS No.6)における活動が実施中であり、2019年8月頃まで継続される予定である。

パイロット活動の目的は無収水の構成要素を明らかにした上で、短期間で効果的に無収水を削減するための方法・手順を理解することである。

AZA No.3では、漏水以外にメータ不備や違法な水利用も無収水の大きな要因であることが明らかになった。物理的損失対策も無収水削減に有効であるものの、違法接続や顧客台帳の最新化といった商業的損失対策を促進しなければ、効果的な無収水削減とならない。

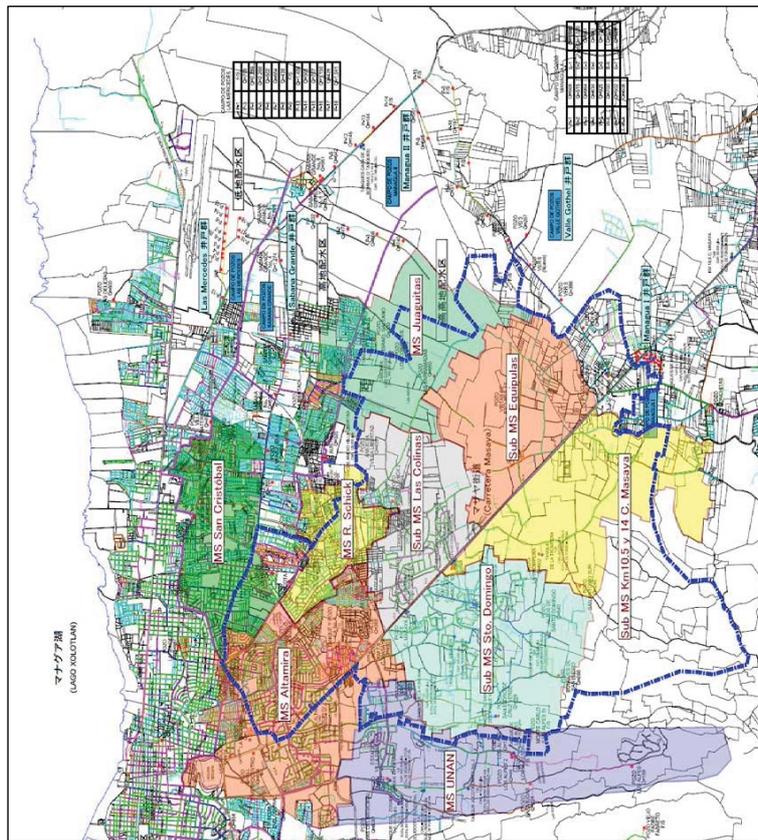


図8 現在のAltamira支局の商業区域と周辺マクロセクターの範囲

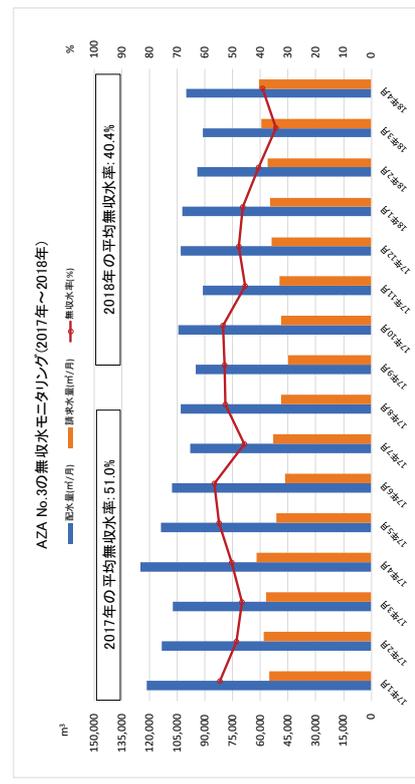


図9 ハイロット区画 No.1 (AZA No.3) の無収水率のモニタリング

MS No.61の活動では、日本人専門家の立会いがない場合でも、無収水課の職員自身で測定計画の立案、資機材準備、結果集計、今後改善すべき事項の提案ができるようになり、技術力の確実な向上が見られている。

### 1) 技術移転

- ・夜間の水使用量の調査方法と宅地内漏水の見分け方
- ・顧客調査方法と顧客台帳の整合作業
- ・夜間最小流量の測定と分析方法
- ・配水網のサブセクター化と損失水量の直接測定技術
- ・音聴式相關式の漏水探知技術
- ・正確な無収水管理に向けたメーター検針部署との連携作業

### 2) 無収水のモニタリング

モニタリング結果は図 9 のとおりである。AZA No.3 における活動成果は以下のようになっている。

◆無収水率と1日平均配水量

地域	調査対象時期	無収水率	日平均配水量	日平均請求水量
AZA No.3	ペーestrライン活動終了時	55.4%	4.028m <sup>3</sup> /日	1.797m <sup>3</sup> /日
MS No.61	ペーestrライン活動終了時	42.5%	3.228m <sup>3</sup> /日	2.024m <sup>3</sup> /日

※1 ペーestrラインは2016年平均値  
※2 ペーestrラインは2017年平均値

### 3) 費用対効果の分析

無収水のモニタリングを継続した結果、図10に示すように2つの便益を設定した。

- 1つ目はAZA No.3の配水量減少分を他地域へ融通できることによる便益(収入増)である。
- 2つ目はAZA No.3内で発生していた無収水量が有収水量に変化したことによる便益(収入増)である。

上記便益の発生する期間と量のイメージを図11に示した。パイロット活動の実施によって無収水が減少することによりこれらの便益は徐々に増え、活動終了時に最大となる(図中の赤い三角形)。その後、無収水は徐々に増える(漏水の新規発生や人為的な盗水の発生等)ため、無収水が完全に元に戻るまで便益は一定量ずつ減少する(図中の黒い三角形)。

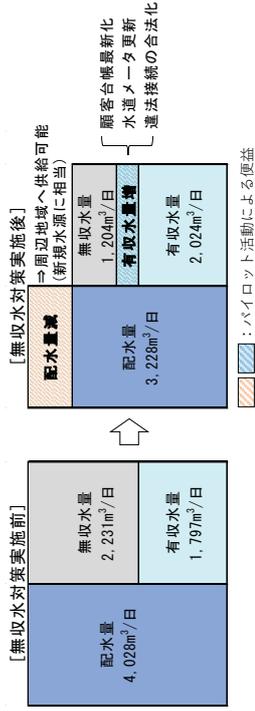


図 10 無収水対策の効果のイメージ

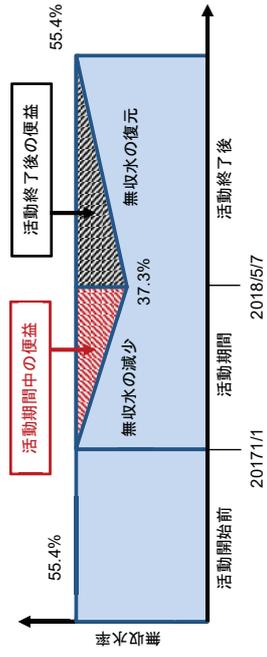


図 11 便益の発生期間のイメージ

パイロット活動の効果の指標を測る指標として以下の4種類を分析した。

指標	分析結果
①単位節約水量当りの費用	発生費用 C\$4,002/m <sup>3</sup> < 生産単価 C\$9,867/m <sup>3</sup>
②無収水対策費用の回収にかかると期間	費用回収期間 < 効果持続期間 23.12ヵ月 < 41ヵ月
③費用便益比	便益/費用 > 1 1.434
④財務的內部収益率(FIRR)	5.5% > 割引率 8%

(注) C\$1(コロンバ)≒約3.4円

AZA No.3の場合、いずれの指標でも十分な効果を得られるという結果が得られた。例えば、1m<sup>3</sup>/日の無収水を減らすのに必要な費用(指標①)は、ENACALが提供する水道水の生産原価よりも低いため、水を生産するよりも安く配水量を増やすことができたことを示している。

### (3) 成果3の活動

#### 1) 給水装置設置に係わる課題の把握

ENACALが抱えている給水装置に関する代表的な課題として、基礎知識が乏しいために品質の低い施工を行っていることが挙げられる。ENACALが行っている給水装置の施工例として、PVC管を接続する際に、専用継手を使わず、PVC管を直接火で炙り、口径を広げて接続する(写真1)、水道メーターを設置する際に、曲管を必要以上に使用する(写真2)、埋設時に大きな石などが管に直接接触している、等が挙げられ、いずれも漏水リスクを高めている。

漏水に関する基本的知識や正しい施工方法、誤った施工例や注意点を配管工に理解させ、施工品質の向上を図るための研修を立案した。



写真1 PVC管の火炙り状況



写真2 水道メーターと曲管の設置

#### 2) 技術研修の実施

給水装置の設置や修理業務を担当する技術職員の技術力を向上させるために、室内研修(座学)と実地研修(体験)を組み合わせた研修(第1回)を行った。研修にはENACAL本部の給水装置の品質改善に係わるメンバーに加え、地方支局からの代表者も加わり、合計16名が参加した。

研修の実施にあたり、研修用配管システムを制作した(図12)。これは実際にマナグア市に用いられている配水管や給水装置を用いて製作されたものであり、研修受講者はここで習得した技術をそのまま現場で活かすことができる。

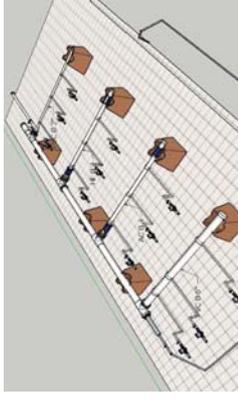


図 12 研修用配管システムの概要

第1回研修に参加したメンバーは、第2回研修以降の講師になり、他のENACAL職員に対する研修を実施する。このため、研修生は自身のイニシアチブを十分意識して本研修に取り組みることができている。主な研修内容は以下のとおりである。

項目	内容
座学	水道事業概論、給水装置の概要基礎、給水装置の設置計画および作業、ケーススタディ、日本の給水装置
実地	給水管切断/接続設置



写真3 実地研修の様子

研修終了時には知識と技能の習熟度を確認する試験を行い、参加者全員が合格した。

(4) 成果4の活動

本活動はプロジェクト期間の第3年次(2019年)以降に予定されている。

(5) 本邦研修ワークショップ

1) 本邦研修

管理職クラスの対象とした第1回本邦研修は2017年8月28日から約10日間実施された。研修項目は以下のとおりである。

項目	内容
水道事業の運営手法	組織体制、人事、顧客対応、料金
計画策定手法	講義システム
無収水削減手法	年間事業計画、研修計画 セクター活用方針、水資源管理、 検針システム
給水装置の品質管理	水道メータ検定施設、水道メータ 工場



写真4 第1回本邦研修の様子

第2回本邦研修では、テクニカルクラス5名を対象として2018年8月27日から約2週間実施された。研修項目は以下のとおりである。

項目
効率的な配水運用の実例
顧客管理とクレーム対応手法
漏水探知・防止対策(セクター活用方法、水圧管理)
給水装置(水道メータ)の品質管理手法
水道管施工現場の視察を通じて、施工監理の要求水準と 施工品質

いずれの研修も、東京都水道局の協力の下、無収水管理の実践的なノウハウを体験・習得することができ、パイロットプロジェクトで実施している活動に対する理解、今後のマナグアにおける課題の認識が一層深まった。その結果、他部署の職員に対する指示や成果の確認が、従来よりも迅速に行われ、プロジェクト活動の進捗に大きく貢献している。



写真5 第2回本邦研修の様子

2) ワークショップ

AZA No.3におけるパイロットプロジェクトの成果と教訓をENACAL内部に普及させるため、ワークショップを開催した。ENACAL本部、地方局のチーフや無収水担当者、GIZプロジェクト関係者が参加し、活発な意見交換が行われた。



写真6 漏水量の測定方法の実演

パイロット活動で採用した漏水量の測定方

法は「直接測定法」と呼ばれる。給水人口の少ない地方支局の場合、マナグア市以上に同手法の適用可能性は広がるため、ニカラグア全国レベルの無収水削減活動にも展開されることが期待されている。

4. プロジェクト実施上の工夫・教訓

(1) プロジェクト実施体制

プロジェクトの立上げ時には、成果毎に設けられたチームの活動および成果をモニタリングし、各成果の活動進捗および達成状況を総合的に管理しながら、ENACAL全体として課題の解決に取り組める体制を構築した。

特に、プロジェクトの合同調整委員会とは別に、「プロジェクト・マネージメント・ユニット」を構築したことは、全体の進捗管理と迅速な課題解決に寄与した。

(2) 合同調整委員会の構成

運営体制上の工夫として、プロジェクトディレクター、プロジェクトマネージャーの下に、サブクラスの役割を設けたことが挙げられる。ENACAL内の最終決定権は総裁に委ねられているが、総裁は日々多忙を極めており、プロジェクト全体のモニタリングや進捗確認を頻繁に行うことが困難な状況にある。

このため、ENACAL内でIDBや世銀のプロジェクトを一元管理しているプロジェクト・投資部の部長をサブディレクターとし、総裁室の技術顧問としての役割を担う幹部職員をサブ・マネージャーとして任命した。

この結果、プロジェクト管理や意思決定、進捗を阻害する要因の解消など、様々な課題解決が定例会議の場で円滑に行われ、定例会議と同調整委員会との間で正確な合意形成、活動プログラムの順調な進捗をもたらした。

(3) キャパシティ・ディベロップメントの見え

成果2及び成果3では、OJT形式でENACALの職員を対象とした技術トレーニングを計画している。プロジェクト開始時と終了時の能力向上度を視覚的に把握できるよう、ベラスライオン調査の段階で主要な職員のキャパシティ評価を実施した。

この評価は個別面談形式で行われ、各自の自己評価をベースに、プロジェクトチーム側からのヒアリングや意見交換を経て、技術レベルの

現状をお互いの合意の下で設定した。

この評価シートをプロジェクトの中間地点、終了地点で改めて見直すことで、プロジェクトを通じて培った技術や知識の向上具合が視覚的に確認できるようになる。

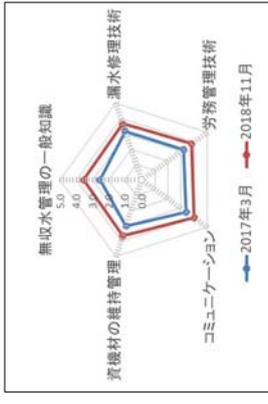


図13 漏水修理班子一フの能力評価面例

(4) 無収水の要因分析

これまでマナグア市で無収水削減が進まなかった要因として、その構成要素を正確に分析したデータがなかったことが指摘されている。無収水には商業的、物理的それぞれが原因があるが、その割合や実態を正確に把握しない限り、効果的な対策を示すことはできない。

本プロジェクトでは、「パイロット区画における無収水の要因を正確に把握すること」を活動の柱に置き、そのための実践的な技術移転をOJT形式で行っている。

物理的損失においては、管路の損傷や継手からの漏水だけでなく、従来の情報にはない不明管からの漏水が確認された。

また、非合法接続による水利用、メータを介さない直接接続による未請求水量などの見掛け損失も物理的損失と同程度存在することが分かった。

マナグア市での無収水削減対策では、物理的損失対策が漏水削減に重要な活動であることには変わりはないが、一時的な削減だけでなく、漏水量をこれ以上悪化させないための抑止的側面からの効果も大きい。

一方、違法接続対策やメータ設置、検針率の向上が無収水削減に大きな効果をもたらすが、費用対効果の分析から定量的に示された。この結果は、ENACALにとって今後の無収水削減戦略を立案するための重要なファクターとして理解されている。

## (5) 他ドナーとの連携

### 1) 米州開発銀行 (IDB)

ENACAL が自身の戦略計画の中で掲げている上水道施設の整備において、IDB は資金調達面から大きな役割を果たしている。

本プロジェクトの最終目標である無収水削減が実現すれば、新たな水源開発を抑制し、その分を新たな設備投資に充てることが期待できる。プロジェクトの成果を最大限にかつ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根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極めて有効な選択肢と考えられる。

上述の通り、IDB としては ENACAL に対する支援を継続する方針を掲げ、Altamira 支局の設立と配水網の改善を含むプロジェクトを 2018 年に開始した。この背景には、本プロジェクトの形成段階から IDB と密接に見直し交換を行ってきたことがあり、両者の連携がタイムリーに機能した好事例と言える。

本技術協力プロジェクトで無収水削減に向けた効果的かつ効果的な手順と手法が明確化され、技術力を備えた ENACAL 職員が今後の IDB プロジェクトの運営にも積極的に関与することを通じて、両者の支援の相乗効果が大きく期待されている。

### 2) ドイツ国際協力公社 (GIZ)

GIZ は 2011 年より上下水道分野技術支援プログラム (PROFITAS) を立上げ、ENACAL の組織改善と地方支局の運営維持管理体制の強化に向けた協力を実施している。

マナグア市を対象とした JICA の技術協力では、ENACAL 内部に無収水削減技術の継続的な強化に向けた研修シナリオを構築する予定であり、両者のプロジェクトが連携することにより、ニカラグア全国レベルでの無収水削減に向けた体制強化が期待されている。

### (6) 円滑なコミュニケーションの確保

#### 1) 日常業務

プロジェクトの定例会議や合同調整委員会は西語で進行し、時間的な効率性と理解度の向上を図った。日本人専門家の中には、英語-西語の通訳を必要とする場合もあるが、予めプレセッションの内容を業務主任が確認し、専門用語や表現などの訂正を行いながら西語資料を作成し、ENACAL 職員との間の意思疎通

がスムーズにいくように配慮した。

### 2) 治安悪化への対応

2018 年 4 月よりニカラグアの治安が不安定となり、2018 年 6 月~10 月にかけて日本人専門家が一時退避する措置が取られた。

日本人専門家が退避している間は、メールや SNS を使って現地と連絡を取り続けることにも、日本人専門家チームで働いている現地のエンジニアやコーディネーターと ENACAL 職員が協働でプロジェクト活動を継続した。

こうした努力の結果、プロジェクト活動の遅延は最小限に抑えられている。これはプロジェクトに対して ENACAL のオーナーシップが確実に芽生えていることを示している。

### (7) 世界水フォーラム (ブラジル)

2018 年 3 月 18 日~22 日にブラジルで開催された世界水フォーラムに参加した。この水フォーラムでは、プロジェクトの紹介、JICA がこれまで行ってきた無収水プロジェクトの成果が発表された。



写真 7 パネルディスカッションの様子

### 【プロジェクト実施期間】

2017 年 1 月~2020 年 5 月(予定)

### 【参考文献】

「マナグア市無収水管理能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書」(2016 年 7 月 JICA)

「マナグア市中長期上水道施設改善計画調査最終報告書」(2005 年 12 月 JICA)

「第二次マナグア市上水道施設整備計画基本設計調査報告書」(1998 年 12 月 JICA)

「マナグア市上水道施設整備計画基本設計調査報告書」(1995 年 2 月 JICA)





ナガア市の水需給バランスや給水条件の地域格差を確認し、以下のような視点で施設整備計画の方向性を整理する。

- ・無収水削減の視点による施設整備
- ・給水サービス向上の視点による施設整備

◇組織・制度面の改革の提案  
組織・制度面の改革では、ドイツ国際協力公社(以下、GIZ)の支援で進められている、ENACALの組織改編の動向を十分に把握し、無収水削減に向けた効率的な体制整備を提案する。

◇運転維持管理体制の改善の検討

- ・効率的な運転維持管理体制

マナグア市では、配水区域を標高別に区分して、低地、高地、高高地の3つの配水区域を設定している。ただし、これは単に利用水源と配水地域を便宜的に区分したものであり、必ずしも配水区域が物理的に分離されているわけではない。従来、マナグア市全体の配水網管理は、ENACAL本部のみで行ってきたが、人口100万人レベルの都市水道における中央集中型の管理は、事業効率を大きく低下させてしまう。本プロジェクトでは、組織の効率性と持続性を高めるため、地域毎に支局を設け、各支局に運転維持管理の責任を委譲する方式を提案し、そのためのプロセスを「無収水削減実施計画」に反映させる。

- ・支局単位での無収水管理

上述したマクロセクターレベルの管理方針の下、各支局が1つ又は複数のマクロセクターを管轄し、管轄する給水区域とマクロセクターの境界を一致させることができれば、支局単位で管轄地域の無収水管理が可能となる。こうした手法を用いると、それぞれの支局同士で競争意識が芽生えることが期待できる。さらに、業績評価システムの中に各支局の無収水対策の成果を組み込むことを検討し、職員のモチベーションが向上し維持される仕組みづくりを提案する。

◇無収水削減実施計画の内容

無収水削減実施計画には、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する。

### (3) プロジェクトのコンセプト

本プロジェクトは、ENACAL が継続的に無収水を削減するための基盤整備を目標に定め、4つの能力強化を通じて ENACAL の課題対処能力を高め、日本人専門家と ENACAL が協働で、無収水削減に向けた持続的な活動が行われることを目指す、キャパシティ・ディベロップメントである。

日本人専門家の支援の下、カウンターパートである ENACAL 職員が達成すべきプロジェクト目標と成果との関係性は、図2のコンセプト図に示すとおりである。

各活動で作成される技術ガイドラインやマニュアルは、最終的に成果1で立案する「無収水削減実施計画」の一部を構成するものであり、その関係性は図3のように示される。

### (4) 活動の方針

#### 1) 成果1: ENACAL の無収水削減に係る計画策定能力の強化

マナグア市において無収水削減を効果的かつ効率的に実施していくための、実践的かつ具体的な計画づくりを、ENACAL と協働で行う。この成果1の達成に向けた5つの基本方針は以下のとおりである。

◇既存のセクターの活用方針の整理

本プロジェクトでは、将来的に図4で示したマクロセクターレベルの無収水管理ができることを念頭におく。そして、これまで ENACAL が構築してきたマクロセクターを有効活用するための手順や方法について、カウンターパートが正しく理解できるように支援する。

具体的には複数のマクロセクターから構成されマクロセクターのレベルで水収支を管理し、無収水率の高い地域を効率的に選定する。その後、選定された地域のマクロセクター化を優先的に進めていく方針を提案する。(図5)

こうした取り組みによって、マナグア市全体の無収水の分布を明らかにした後、無収水率の高い地域におけるマクロセクターから優先的に具体的な無収水対策を進めることで、効率的かつ効果的な無収水率の削減につなげることが可能となる。

◇水道施設整備の方向性の整理

成果1で策定される「無収水削減実施計画」の中には、水道施設の整備計画も含まれる。プロジェクト開始時のベースライン調査では、マ

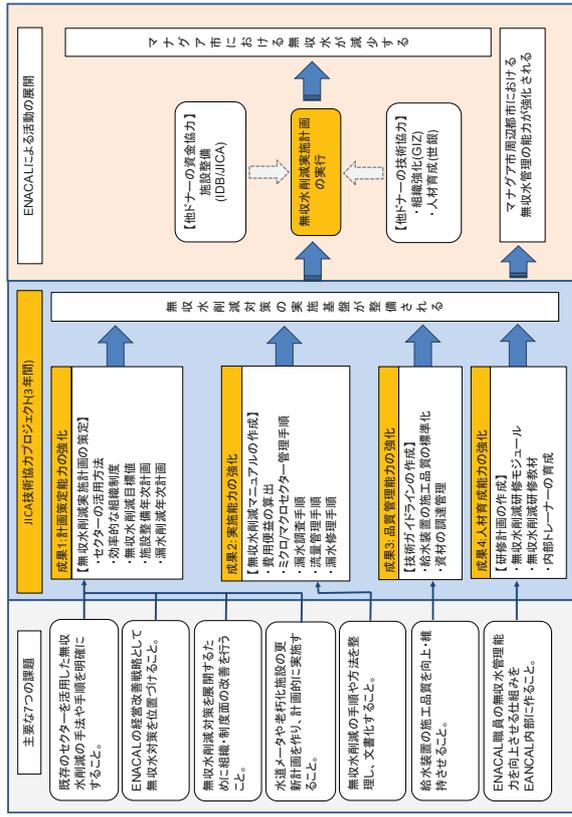


図2 プロジェクトのコンセプト

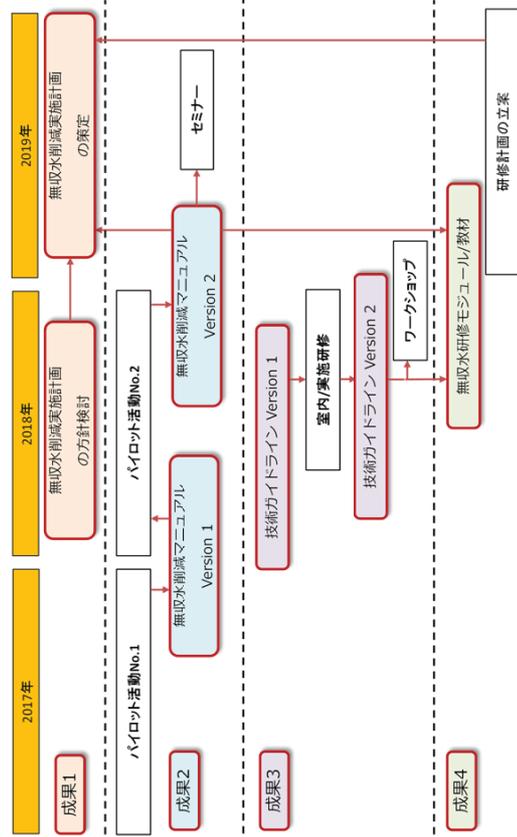


図3 ガイドライン/マニュアル/コミュニティとプロジェクト成果との関係

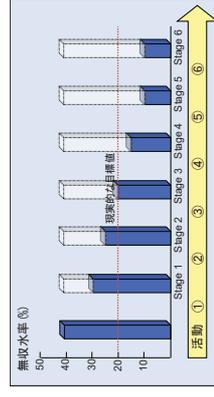
## 2) 成果 2: ENACAL の無収水削減に係る実施能力の強化

本プロジェクトのとれた無収水削減対策の実施  
 無収水の要因には、「物理的損失(フィジカルロス)」と「商業的損失(コマмерシャルロス)」があり、地域の特性に応じて適切な投入を行うことで、最大限の効果が得られる。

本プロジェクトで行う技術移転と ENACAL 職員の能力強化を進める際には、物理的損失の改善に偏った活動とせず、パイロット区画内の顧客情報を正確に把握し、それを効率的に活用して正確な検針結果を取得し、商業的損失の削減を実現するための多岐に亘る活動をバランスよく実施する。

パイロット区画における無収水対策  
 無収水削減対策は、図 6 に示すように、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 ステージまでをカバーし、第 4 ステージ以降は ENACAL の努力と後述する研修システムを活用して成果を達成していくことが求められる。



- ① 地上漏水の削減、見掛け上の損失の削減  
人員増強、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、漏水メータの交換、計量ミスの低減  
漏水検知技術の向上、管網のプロック化、正確な管轄図の整備
- ③ 漏水の発見防止  
水圧調整、管網補修の促進、老朽化管網の更新
- ④ 漏水防止作業の円滑化  
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  
管網更新の徹底、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 6 無収水削減対策のステージ

On the Job Training)活動の進め方  
 パイロット区画での OJT においては、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を数値化し、その投入量との比較によって費用

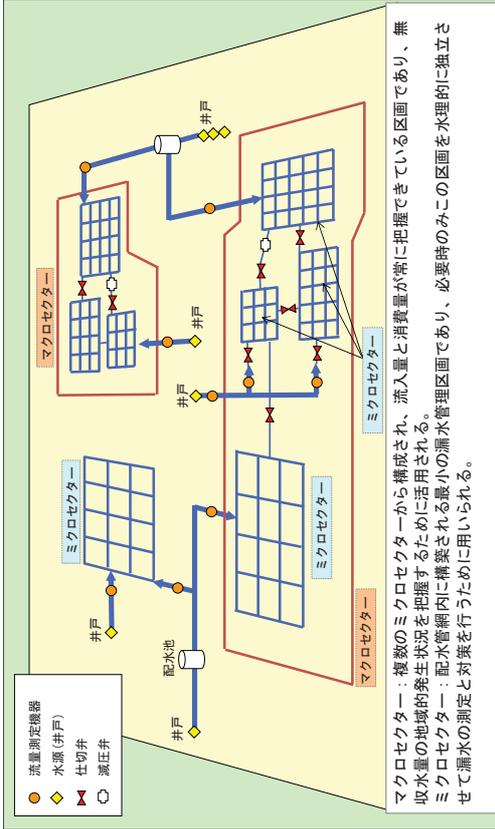


図 4 セクター化のイメージ

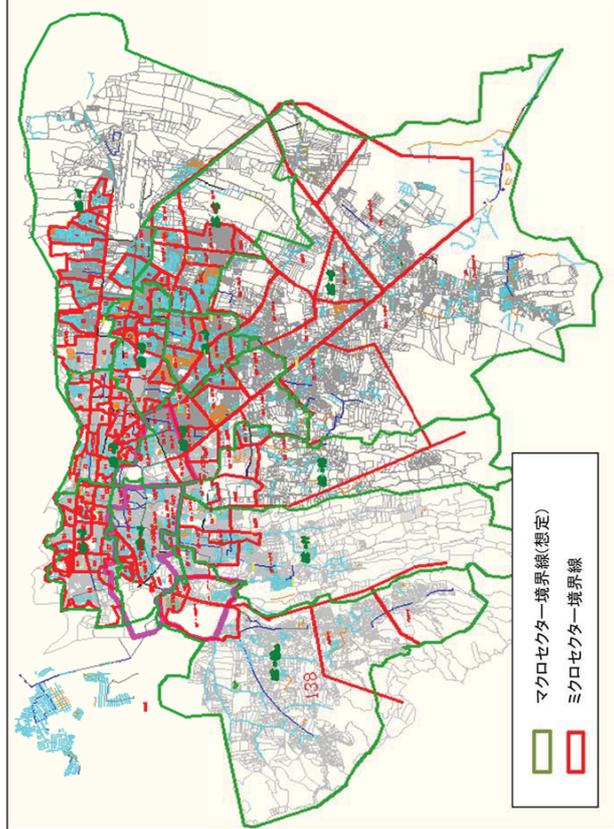


図 5 マナグア市のセクター化の現状

対効果を ENACAL 職員自らが実感できるように配慮する。この結果を、OJT に参加していない他部署の職員および ENACAL 上層部に周知することによって、無収水削減の重要性を浸透させるほか、職員のモチベーションの向上にもつながるような活動を計画する。

## 3) 成果 3: 給水装置の設置に係る ENACAL の品質管理能力の強化

給水装置の品質向上  
 給水管と水道メータ周りの漏水は、物理的損失の大きな要因とされており、給水装置の設置に係る施工品質の向上が求められている。

また、メータボックスの強度不足、メータ検針作業を妨げる不適切な配置、水道メータの精度管理の不備などは商業的損失の要因にもなっている。本プロジェクトで重視する対応策は以下のとおりである。

- ・わかりやすい施工基準の整備
- ・適切な資材の採用
- ・メータボックスの規格設置方法の改善
- ・水道メータに対する要求事項の標準化
- ・非合法利用者の合法化促進に向けた啓発
- ・宅地内漏水の正確な理解促進

## 4) 技術研修の実施

品質管理能力の強化を図るため、ENACAL が参考としてきた技術仕様書をレビューし、技術レベルに見合った内容に改善しながら、技術ガイドラインを協働で取りまとめる。

## 5) 技術研修の実施

現場作業に活用可能な室内研修と実地研修を計画し、実施する。給水装置の設置に従事する職員の多くは、専門的な職業訓練を受けず、現場での職員同士の技術移転や経験により学んだことを通じて作業を行っている。実地研修を進める場合は、実践的技術の向上に結びつく内容となるように配慮する。

## 6) 成果 4: ENACAL 技術者向けの無収水対策研修の計画・実施能力強化

成果 2 と成果 3 の活動を通じて得られた知識を活用し、ENACAL 内に常設の無収水管理研修を立ち上げる。この研修は、無収水の理論面と技術的対策の双方を含んだ包括的な内容が含まれる。これにより、無収水対策に携わる ENACAL 職員を継続的に育成し、能力強化を実現するための基盤整備を図る。

この活動は、ENACAL 計画局とプロジェクト

チームとの協働作業が進められる。研修モデルのおよび必要な教材はマナグア市のENACAL職員を主要なターゲットとしつつも、地方都市のENACAL職員の無収水管理能力の向上にも活用できるように、双方で議論し、工夫する。

### 5) 研修/セミナー/ワークショップ

◆本邦研修

ENACALが無収水管理の実践的な手法を習得し、マナグア市の現状に適した形で活用できることを目的として、本邦研修を実施する。

管理職クラスの職員に対しては、水道事業運営に係る知見をさらに深め、無収水対策の計画的な実施に向けた組織体制のあり方を認識できるよう、本邦水道事業者の協力の下、実践的なノウハウを学ぶ機会を設ける。

技術系職員に対しては、無収水対策技術にとどまらず、水道資機材の品質管理や施工管理技術を学ぶ機会を設け、理論と実践の両面で技術的知見を高められるように配慮する。

### ◆セミナー/ワークショップ

プロジェクト活動の成果を広く関係者に報告し、作成された技術指針やガイドラインを普及させることを目的として、ワークショップ/セミナーを開催する。

## 3. アプローチの実践結果

### (1) 成果1の活動

#### 1) 支局単位での無収水管理

日本人専門家チームによる提言を踏まえ、ENACALは、マナグア市の無収水を効果的に削減するための基本的施策として、市内を複数の支局に分割して権限を委譲し、それぞれに無収水管理の責任を持たせることが必要との認識に至った。

支局の分割イメージは図7のとおりである。このための第一歩として、IDBの支援が進められているAltamira支局への権限委譲はモデルケースとなるが、その取り組みでは無収水管理の対象となる配水網の範囲を正確に設定する必要があるのである。

日本人専門家チームは、このための配水網の改善策について成果1の活動の中で検討を重ね、将来的に4支局が管理すべき配水網の範囲とその構築・活用方法を提案した。この提案は、支局のマイクロセクター化計画書と位置づけられ、無収水削減実施計画の引添資料としてENACALに提出された。

れ、無収水削減実施計画の引添資料としてENACALに提出された。

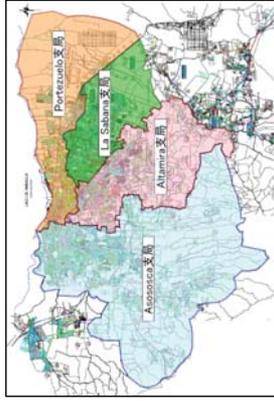


図7 支局と商業管理区域の関係

2018年から始まったIDBのプロジェクトでは、上記の提案書に基づき、マナグア市中央部に位置する複数のマイクロセクターをAltamira支局の商業管理区域として独立させ、組織体制の再編成が行われる。(図8参照)

成果1の活動では、IDBプロジェクトと連携することを念頭に置きながら、Altamira支局が管轄すべき区域の提案を行った。ENACALの顧客台帳やメーター検針ルートはマイクロセクターの境界と整合しておらず、マイクロセクターレベルで無収水を把握することができない。Altamira支局の商業管理区域を設定するためには、現在のマイクロセクターの境界と整合を持たせる必要があり、プロジェクトでは、水理的条件や配水区域の現状を調査するとともに、適切な境界策定に向けた技術支援を行った。

ENACALはプロジェクト活動を通じて、マイクロセクターレベルで無収水管理を行う重要性を強く認識するようになり、Altamira支局の無収水管理を進めるために必要な施設設備をIDB等の資金を活用して開始した。

Altamiraの支局化に向けて、ENACALがこれから取り組む主な活動は4つ挙げられている。1つ目は商業管理区域の範囲と既存のマイクロセクターを一致させること、2つ目は管轄内にある複数のマイクロセクター間の水量を正確に管理すること、3つ目は商業区域内の顧客データを最新の情報に更新すること、最後に、商業区域内の配水量と請求水量を正確に計測することである。

2018年から開始されたAltamiraの支局化と同様のアプローチに倣い、残りの支局でも無収水の管理に向けた境界再編を進めることができれば、マナグア市全体の無収水の分布を明らかに

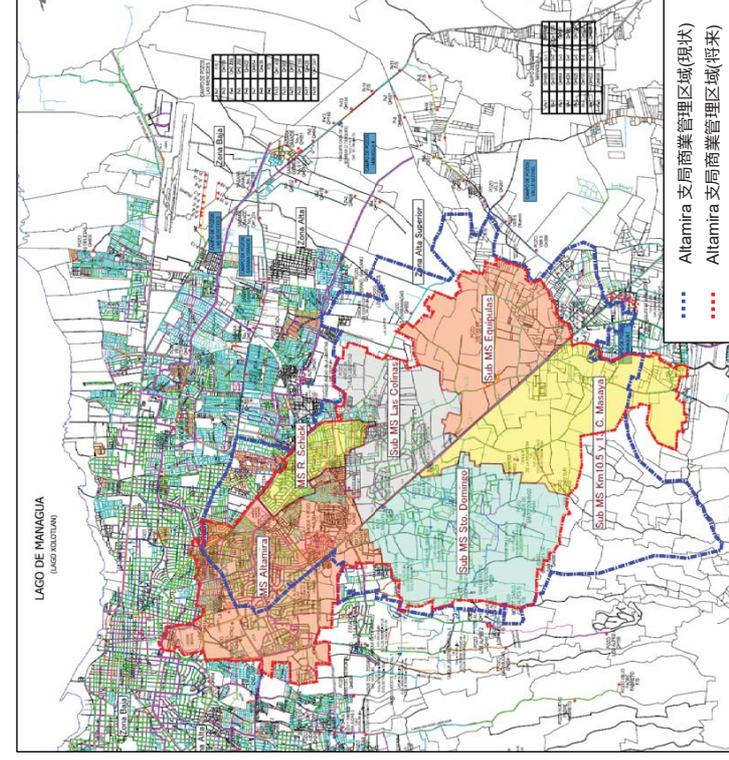


図8 現在と将来のAltamira支局の商業区域と周辺マイクロセクターの範囲

かにすることができ。また、各支局で無収水管理が行われるようになれば、支局同士の競争意識が生まれ、各支局の無収水の状況に適した対策が促進される。無収水削減をより効果的に進めるために、無収水対策を行うENACAL職員へのインセンティブを取り入れている。ENACALによって検討されている。

### 2) ミクロ/マイクロセクターの活用方針

マイクロセクターの活用方針として、マイクロセクターの再構築、流量水圧管理の精度向上、上述の商業管理区域ごとの送配水量管理が挙げられている。一方、マイクロセクターについては、マイクロセクターを管理する主体の明確化、管網情報のレビューと最新化を担う部署の設立、正確な流量管理等が挙げられる。プロジェクトチームは、効果的かつ効果的な無収水削減対策に向けた既存のマイクロセクターの活用方法について議論を重ねた。

その結果、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を展開することが計画された。

### 3) 無収水削減基本計画の作成

本プロジェクトの最大の成果は、「無収水削減基本計画」の策定である(図9参照)。

これには、無収水削減対策を効果的かつ効果的に進めるための方法と手順がわかりやすく示され、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化された。この計画策定は、日本人専門家チームとプロジェクト・マネジメント・ユニットとの間で必要な手順を確認しながら進められた。また、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具体的な道筋が予算計画とともにわかりやすく示されている。



図9 無収水削減基本計画

(2) 成果2の活動

パイロット区画No.1(以下、AZA No.3)における活動は2017年4月から2018年4月まで、パイロット区画No.2(以下、MS No.61)における活動は2018年4月から2019年7月まで、それぞれ実施された。

パイロット活動の目的は無収水の構成要素を明らかにし、短期間で効率的に無収水を削減するための方法・手順を理解することである。AZA No.3では、漏水以外にメータ不備や違法な水利用も無収水の大きな要因であることが明らかになった。物理的損失対策も無収水削減に有効であるものの、違法接続や顧客台帳の最新化といった商業的損失対策を促進しなければ、効果的な無収水削減とならない。

MS No.61の活動では、日本人専門家の立会いがない場合でも、ENACAL 職員自身で測定計画の立案、資機材準備、結果集計、今後改善すべき事項の提案ができるようになり、技術力の確実な向上が見られた。

1) 技術移転

- ・夜間の水使用量の調査方法と宅地内漏水の見分け方
- ・顧客調査方法と顧客台帳の整合作業
- ・夜間最小流量の測定と分析方法
- ・配水網のサブセクター化と損失水量の直接測定技術
- ・音響式/相関式の漏水探知技術
- ・正確な無収水管理に向けたメータ検針部署との連携作業

2) 無収水のモニタリング

無収水のモニタリング結果は図10及び図11のとおりである。各パイロット区画における無収水削減効果は表1のとおりである。

表1 無収水率と1日平均配水量

地域	調査対象時期	無収水率	日平均配水量	日平均請求水量
AZA No.3	ベースライン	55.4%	4,028m <sup>3</sup> /日	1,822m <sup>3</sup> /日
	活動終了時	37.3%	3,228m <sup>3</sup> /日	2,024m <sup>3</sup> /日
MS No.61	ベースライン	42.5%	1,717m <sup>3</sup> /日	987m <sup>3</sup> /日
	活動終了時	17.4%	1,049m <sup>3</sup> /日	867m <sup>3</sup> /日

※1 AZA No.3のベースラインは2016年平均値  
 ※2 MS No.61のベースラインは2017年平均値

3) 費用対効果の分析

無収水のモニタリングを継続した結果、図12に示すように2つの便益を設定した。

- 1つ目はAZA No.3の配水量減少分を他地域へ融通できることによる便益(収入増)である。
- 2つ目はAZA No.3内で発生していた無収水量が有収水量に変化したことによる便益(収入増)である。

上記便益の発生する期間と量のイメージは図13のように理解できる。パイロット活動の実施によって無収水が減少することによりこれらの便益は徐々に増え、活動終了時に最大となる(図13の赤い三角形)。その後、漏水の新規発生や人為的な盗水の発生等に伴い無収水は徐々に増えるが、これは「無収水の復元現象」と呼ばれ、無収水が完全に元に戻るまで便益は一定量ずつ減少する(図13の黒い三角形)。

パイロット活動の効果を測る指標として以下の4種類を分析した。

- ① 単位節約水量当りの費用
- ② 無収水対策費用の回収にかかる期間
- ③ 費用便益比
- ④ 財務的内部収益率(FIRR)

AZA No.3の無収水モニタリング(2017年～2018年)

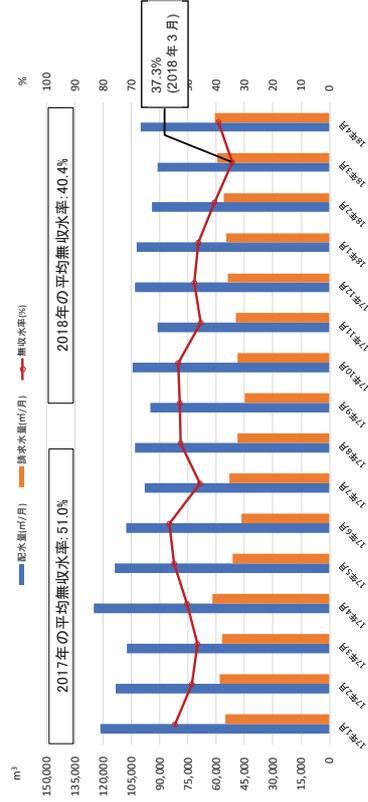


図10 パイロット区画 No.1 (AZA No.3) の無収水率のモニタリング

MS No.61の無収水モニタリング(2018年～2019年)

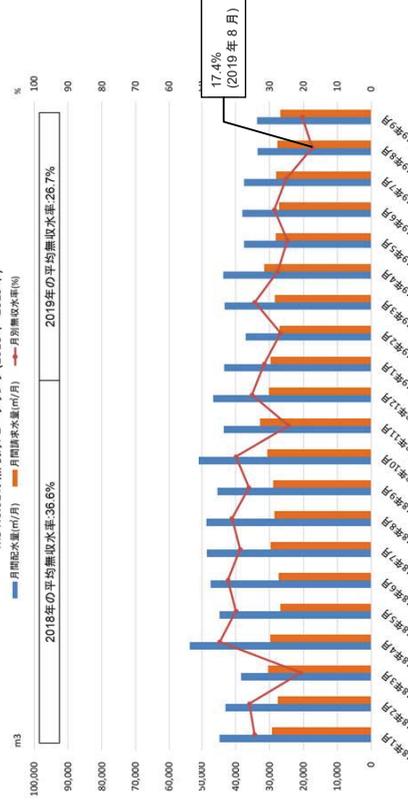


図11 パイロット区画 No.2 (MS No.61) の無収水率のモニタリング

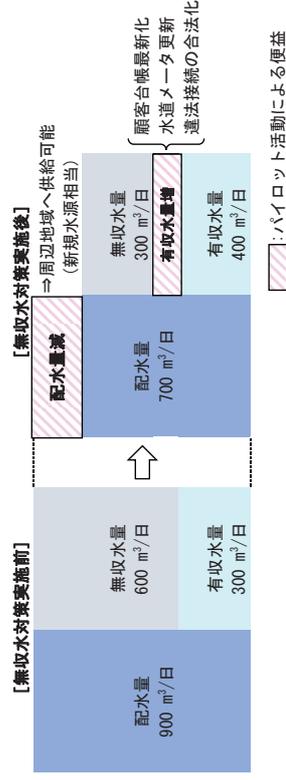


図12 無収水対策の効果のイメージ

表的な問題として、基礎知識が乏しいために施工品質が悪いことがあげられた。ENACAL が行っている給水装置の施工例として、塩化ビニル(PVC)管を接続する際に、専用継手を使わず、PVC 管を直接火で炙り、口徑を広げて接続する(写真 1)、水道メータを設置する際に、曲管を必要以上に使用する(写真 2)、埋設時に大きな石などが管に直接接触している、等が挙げられ、いずれも漏水リスクを高めている。



写真 1 火炙りによる PVC 管の接続作業



写真 2 水道メータと曲管の不適切な配置  
漏水に関する基本的知識や正しい施工方法、誤った施工例や注意点を配管工に理解させ、施工品質の向上を図るための研修を立案した。

2) 技術研修の実施

給水装置の設置や修理業務を担当する技術職員の技術力を向上させるために、室内研修(座学)と実地研修(体験)を組み合わせた研修(第 1 回)を行った。研修には ENACAL 本部の給水装置の品質改善に係わるメンバーに加え、地方支局からの代表者も加わり、合計 16 名が参加した。

研修の実施にあたり、研修用配管システムを制作した(図 15)。これは実際にマナグア市に用いられている配水管や給水装置を用いて製作されたものであり、研修受講者はここで習得した技術をそのまま現場で活かすことができる。

な効果は AZA No.61 よりも小さいという結果であった。

金額的な便益は、配水量と請求水量に直接関係しているため、無収水削減対策の目標を検討する際には、無収水率だけで判断するのはなく、絶対量としての配水量と請求水量も把握する必要がありますがあることを ENACAL は深く理解した。

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測し、適切な投入人数と概算の対策期間を定める方法も重要であることを理解した。

5) 無収水削減実務マニュアルの作成

日本人専門家チームは ENACAL 職員と協働で、パイロット活動を通じて得られた知見・手法等を 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(図 14)。

マナグア市は、配水管網の老朽化・石綿管の更新という課題を抱えており、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が喫緊の課題となっている。

こうした状況を踏まえ、このマニュアルの中には、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 MIP の作成時の技術図書としても活用できるようにした。



図 14 無収水削減実務マニュアル

(3) 成果 3 の活動

1) 給水装置設置に係わる課題の把握

ENACAL が抱えている給水装置に関する代

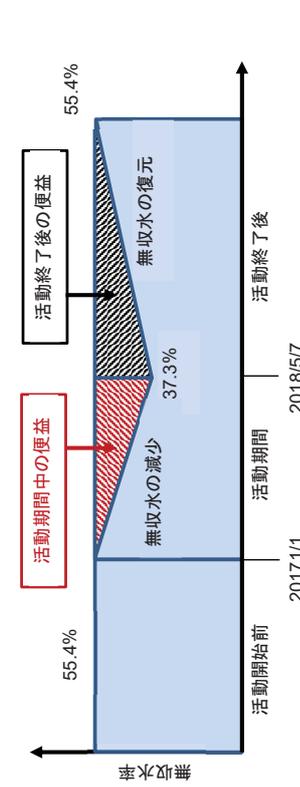


図 13 便益の発生期間のイメージ

表 2 AZA No. 3 における活動の効果

指標	分析結果	
①単位節約水量当りの費用	発生費用	生産単価
プロジェクト全体	C\$4,002/m³	C\$9,86/m³
見掛け損失対策	発生費用	生産単価
	C\$3,569/m³	C\$9,86/m³
実損失対策	発生費用	生産単価
	C\$4,091/m³	C\$9,86/m³
②無収水対策費用の回収にかかる期間	費用回収期間	効果持続期間
プロジェクト全体	23.12 か月	41. か月
見掛け損失対策	費用回収期間	効果持続期間
	17.63 か月	41. か月
実損失対策	費用回収期間	効果持続期間
	24.50 か月	41. か月
③費用便益比	便益/費用	割引率
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
④財務的内部収益率(FIRR)		
プロジェクト全体	55%	> 割引率 8%

表 3 MS No. 61 における活動の効果

指標	分析結果	
①単位節約水量当りの費用	発生費用	生産単価
プロジェクト全体	C\$5,754/m³	C\$9,86/m³
見掛け損失対策	発生費用	生産単価
	C\$1,932/m³	C\$9,86/m³
実損失対策	発生費用	生産単価
	C\$7,212/m³	C\$9,86/m³
②無収水対策費用の回収にかかる期間	費用回収期間	効果持続期間
プロジェクト全体	63.25 か月	84. か月
見掛け損失対策	費用回収期間	効果持続期間
	10.01 か月	60. か月
実損失対策	費用回収期間	効果持続期間
	95.76 か月	84. か月
③費用便益比	便益/費用	割引率
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
④財務的内部収益率(FIRR)		
プロジェクト全体	12%	> 割引率 8%

4) パイロットプロジェクトによる教訓

無収水対策の留意点として、対策の目標として無収水率のみにとらわれてしまうと、効果の予測を見誤る可能性がある。

AZA No.3 は商業地を含むが、MS No.61 は主に一般住宅地域となっている。MS No.61 のユーザー数が AZA No.3 の約 2/3 という違いもあるが、この地域的特徴に伴い送配水量は AZA No.3 の方が大きい。このため、MS No.61 で無収水率の大きな削減を示しても、削減された配水量や増加した請求水量を踏まえると、全体の

AZA No.3 の場合、いずれの指標でも十分な効果を得られるという結果が得られた。例えば、1m³/日の無収水を減らすのに必要な費用(指標①)は、ENACAL が提供する水道水の生産原価よりも低いため、水を生産するよりも安く配水量を増やすことができたことを示している(表 2 参照)。

MS No.61 の場合、無収水率に着目すると大きな改善が得られたが、配水量及び請求水量を踏まえた各指標の費用対効果は AZA No.3 より小さくなった(表 3 参照)。

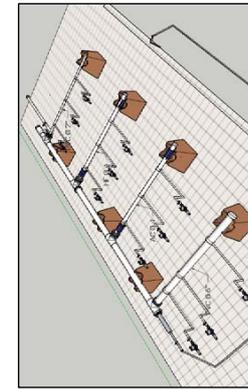


図 15 研修用配管システムの概要

第 1 回研修に参加したメンバーは、第 2 回研修以降の講師になり、他の ENACAL 職員に対する研修を実施する。このため、研修生は自身のイニシアチブを十分意識して本研修に取組むことができている。主な研修内容は以下のとおりである。

研修終了時には知識と技能の習熟度を確認する試験を行い、参加者全員が合格した。

表 4 給水装置設置に係る研修項目

項目	内容
座学	水道事業概論、給水装置の概要基礎、給水装置設置の計画および作業、ケーススタディ、日本の給水装置
実地	給水管切断/接続設置



写真 3 分水栓の施工実習

### 3) 給水管及び水道メータ施工に係る技術ガイドラインの作成

2018 年の活動を踏まえ、ENACAL 職員は日本人専門家チームの助言を基に、技術者が現場で参照できる技術ガイドラインを作成した。ガイドラインには、図を多く取り入れ、視覚的にわかりやすい構成とした。その内容には、品質管理、工程管理、書類管理、安全管理等に係る基準や手順が記載されている。



図 16 技術ガイドライン(抜粋)

### (4) 成果 4 の活動

#### 1) 研修モジュール及び研修教材の作成

日本人専門家チームは ENACAL 職員と協働で、成果 2 及び成果 3 の活動とその成果を踏まえ、無収水管理に必要な基礎と応用を組み合わせた研修モジュールと研修教材を作成した。研修モジュールには、ENACAL が今後内部研修を計画していくための項目が示されている。

表 5 無収水管理の研修モジュール

モジュール	
1.	無収水管理技術
1.1.	無収水管理概論
1.2.	損失計算
1.3.	損失対策
1.3.1.	実損失の削減対策
1.3.2.	見掛け損失の削減対策
1.4.	損失対策のための水理モデル
1.5.	費用対効果分析
1.6.	アクションプラン
2.	給水管/水道メータの施工技術
2.1.	水道事業概論
2.2.	給水管/水道メータの概要
2.3.	給水管/水道メータの基礎
2.4.	計画
2.5.	給水管/水道メータ施工
2.6.	ケーススタディ
2.7.	特別講義
2.8.	給水管切断
2.9.	給水管接続・設置 (PVC 管)
2.10.	給水管接続・設置 (HDPE 管)
3.	水道メータ検針技術
3.1.	水道メータ検針講義
3.2.	水道メータ検針実習

### 2) 研修の実施

プロジェクト活動では、カスケード式の研修システムを取り入れた。まず、日本人専門家から ENACAL 内で各研修の講師になる職員を対象にした講師育成訓練(ToT)を行い、その後、ToT を受けた講師が、ENACAL 本部/支局の職員に対して研修(パイロット研修)を実施する。

表 6 ToT とパイロット研修

項目	無収水管/水道メータ管理技術	給水管/水道メータの施工技術	検針技術
ToT	パイロット研修/エレクトの OIT	集団研修/2018 年 11 月	集団研修/2019 年 4 月
パイロット研修	集団研修/2019 年 4 月、2019 年 9 月	集団研修/2019 年 4 月、2019 年 7 月	集団研修/2019 年 7 月

パイロット研修では、研修受講生に対して満足度調査を行い、研修の評価(良かった点、改善点、講師へのコメント)を行った。また、他の研修講師(ENACAL 職員)・日本人専門家が研修を担当した講師の評価を行った。自身の研修技術を第三者の視点から理解できよう、研修の様子はビデオ撮影し、その映像を講師自身が視聴し振り返りすることで、自分のイメージと実際の立ち振る舞いと乖離について把握することができた。この結果、講師は、評価を受けることにより良かった点、改善点を認識し、次の研修へのフィードバックへ繋げるようになり、モチベーションの向上も確認された。



写真 4 配水量分析のグループワーク

### 3) 研修計画書の作成

ENACAL の内部で無収水に関する研修を継続していくためのシステムを作るため、日本人

専門家チームは計画局と協働で研修計画書を作成した。研修計画書には、無収水研修の計画の立て方、予算の確保、研修参加者に対する理解達成度確認方法、研修の運営方法、関連組織の責任範囲等が明記されている。

表 7 研修計画書の目次

構成	主な内容
1 はじめ	1.1 研修計画書の目的 1.2 研修計画書の構成 1.3 研修プログラムの開発
2 年間研修計画書の作成	2.1 年間研修計画書作成の手順 2.2 人材育成計画(研修のニーズ分析) 2.3 研修プログラムの作成 2.4 年間研修計画書の作成 2.5 年間研修計画書の承認プロセス
3 研修の実施・運営	3.1 広報 3.2 事前準備 3.3 研修当日の運営 3.4 研修の評価とフィードバック
4 参考資料	4.1 研修ニーズの分析(例) 4.2 研修カリキュラム表 4.3 研修プログラム(例) 4.4 年間研修計画(例) 4.5 受講者向けアンケート票(例) 4.6 講師向けアンケート票(例) 4.7 研修講師向けの研修実践技術 4.8 無収水に関する研修計画作成における責任範囲

### (5) 本邦研修ワークショップ

#### 1) 本邦研修

管理職クラスの 5 名を対象とした第 1 回本邦研修は 2017 年 8 月 28 日から約 10 日間実施された。研修項目は以下のとおりである。

表 8 第 1 回本邦研修のテーマ

項目	内容
水道事業の運営手法	組織体制、人事、顧客対応、料金請求システム
計画策定手法	年間事業計画、研修計画
無収水削減手法	セクター活用方針、水資源管理、検針システム
給水装置の品質管理	水道メータ検定施設、水道メータ工場



写真5 水道メータ品質管理の研修

第2回本邦研修では、テクニカルクラス5名を対象として2018年8月27日から約2週間実施された。研修項目は以下のとおりである。

項目
効率的な配水運用の実例
顧客管理とクレーム対応手法
漏水探知・防止対策(セクター活用方法、水圧管理)
給水装置(水道メータ)の品質管理手法
水道資材(バルブ、漏水修理資材)の品質管理手法
給水管理工現場の視察を通じて、施工監理の要求水準と施工品質

いずれの研修も、東京都水道局の協力の下、無収水管理の実践的なノウハウを体験・習得することができ、パイロットプロジェクトで実施している活動に対する理解・今後のマネージャにおける課題の認識が一層深まった。

その結果、他部署の職員に対する指示や成果の確認が、従来よりも迅速に行われ、プロジェクト活動の進捗に大きく貢献した。



写真6 小区画の配水量測定実習

## 2) ワークショップ

AZA No.3 及び MS No.61 におけるパイロットプロジェクトの成果と教訓を ENACAL 内部に普及させるため、ワークショップを開催した(第1回:2018年11月23日、第2回:2019年12月5日)。2回のワークショップでは、ENACAL 本部、地方局のチームや無収水担当、GIZ プロジェクト関係者が参加し、活発な意見交換が行われた。

パイロット活動で採用した漏水量の測定方法は「直接測定法」と呼ばれる。給水人口の少ない地方支局の場合、マネージャ市以上に同手法の適用可能性は広がるため、ニカラグア全国レベルの無収水削減活動にも展開されることが期待されている。

第2回ワークショップでは、給水管及び水道メータ施工技術のガイドラインも公表され、その普及を目的としたセッションの他、無収水削減基本計画の周知を目的としたセッションも組み込まれ、プロジェクトの集大成としてのワークショップが実現した。



写真7 漏水量の直接測定作業の実演

## 3) 終了時セミナー

ENACAL による無収水削減への取り組みを内外に広く発信する目的で、2020年2月7日に終了時セミナーを開催した。ENACAL 本部と地方支局の職員だけでなく、他の援助ドナーや水資源・上下水道に関わるニカラグアの政府機関からも参加があり、プロジェクトの成果が広く周知された。

本プロジェクトで作成された無収水削減計画の有用性、透明性と技術的妥当性をもって策定された中・長期アクションプランについて、参加者からの高い評価が得られた。



写真8 終了時セミナーの出席者

## 4. プロジェクト実施上の工夫・教訓

### (1) プロジェクト実施体制

プロジェクトの立上げ時には、成果毎に設けられたチームの活動および成果をモニタリングし、各成果の活動進捗および達成状況を総合的に管理しながら、ENACAL 全体として課題の解決に取り組む体制が必要と考えられた。

このため、プロジェクトの合同調整委員会とは別に、「プロジェクト・マネジメント・ユニット」を構築し、プロジェクト全体の進捗管理や迅速な課題解決を図った。

この結果、プロジェクト管理や意思決定、進捗を阻害する要因の解消等、様々な課題解決が定例会議の場で円滑に行われ、定例会議と合同調整委員会との間での正確な情報共有と活動プログラムの順調な進捗が維持された。

特に、プロジェクト期間中、各成果の進捗がプロジェクト・マネジメント・ユニット内でオープンに議論され、情報共有が行われたことで、異なる部署間の連携や調整がスムーズに進み、効率的な成果発現につながった。また、従来、一部の職員の間でしか理解されてこなかった無収水対策の難易度や直面する課題が組織全体で共有され、部署横断的な対策に対する上層部からのコミットメントの獲得が容易となった。

### (2) 合同調整委員会の構成

運営体制上の工夫として、プロジェクトディレクター、プロジェクトマネージャーの下に、サブクラススの役割を設けたことが挙げられる。ENACAL 内の最終決定権は総裁に委ねられているが、総裁は日々多忙を極めており、プロジェクト全体のモニタリングや進捗確認を頻繁に行うことが困難な状況にある。

このため、ENACAL 内で IDB や世銀のプロジェクトを一元管理しているプロジェクト・投資部の部長をサブディレクターとし、総裁室の技術顧問としての役割を担う幹部職員をサブ・マネージャーとして任命した。

この結果、プロジェクト管理や意思決定、進捗を阻害する要因の解消など、様々な課題解決が定例会議の場で円滑に行われ、定例会議と合同調整委員会との間での正確な合意形成、活動プログラムの順調な進捗をもたらした。

### (3) 定例会議の進め方

日本人専門家とプロジェクト・マネジメント・ユニットとの間で開催する定例会議は、成果毎に進められている活動の進捗や課題を双方で確認し、全体のモニタリングに反映させるための重要な機会である。本プロジェクトで特に以下の点に留意して定例会議を運営し、コミュニケーションの深化に努めた。

- ◆ 会議はプロジェクトチームの業務主任者が西語で進行、テーマ毎に発表する職員を指名し、活発な議論を誘導する。

- ◆ 特に重要性が高く、合意形成が必要となるテーマを討議する場合は、事前に ENACAL 側担当者で打合せを行い、会議の進行方法や公開すべきデータ、部署間調整の留意点を洗い出す。

- ◆ JICA ニカラグア事務所の企画調整員及びローカルスタッフオブザーバーとして参加し、プロジェクト情報の共有と ENACAL 職員との関係構築を促進する。

- ◆ 日本人専門家からの意見は提案という形で示し、それを受けて ENACAL 職員がどのように考え、どのような結論を選択するか判断は、ENACAL のプロジェクトマネージャーに委ねる。

この結果、各会議の発表者が用意するプレゼンテーションをベースに、ENACAL 職員各々の取り組みと課題、部署間の調整等が会議の場で積極的に行われるようになり、職員のプロジェクトへの参画意識と自主性が活動の進捗と併せて明らかに向上した。

活動の進捗と並行して ENACAL 職員の自主性が高まった要因には、全ての会議でプロジェクトの目標(Objective)と成果(Output)を意識させる、その上で、現状の活動進捗、活動成果(Output)、直面する課題と解決手段を見出すという、継続的なモニタリングを協働で実施で

きたことが挙げられる。

(4) キャパシティ・ディベロップメントの見え  
る化

成果2及び成果3では、OJT形式でENACALの職員を対象とした技術トレーニングを計画している。プロジェクト開始時と終了時の能力向上度を視覚的に把握できるよう、ベラスライオン調査の段階で主要な職員のキャパシティ評価を実施した。

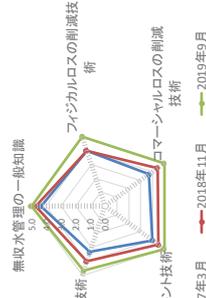


図 17 無収水課職員のキャパシティ評価例

この評価は個別面談形式で行われ、各自の自己評価をベースに、プロジェクトチーム側からのヒアリングや意見交換を経て、技術レベルの現状をお互いの合意の下で設定した。

この評価シートをプロジェクトの中間地点、終了地点で改めて見直すことで、プロジェクトを通じて培った技術や知識の向上具合が視覚的に確認できるようになった。

(5) 無収水の要因分析

これまでマナグア市で無収水削減が進まなかった要因として、その構成要素を正確に分析したデータがなかったことが指摘されている。無収水には商業的、物理的それぞれの要因があるが、その割合や実態を正確に把握しない限り、効果的な対策を示すことはできない。

本プロジェクトでは、「パイロット区画における無収水の要因を正確に把握すること」を活動の柱に置き、そのための実践的な技術移転をOJT形式で行った。

(6) 他ドナーとの連携

1) 米州開発銀行 (IDB)

ENACAL が自身の戦略計画の中で掲げている上水道施設の整備において、これまでIDBは資金調達面から大きな役割を果たしてきた。

本プロジェクトの最終目標である無収水削減

減が実現すれば、新たな水資源開発を抑制し、その分を新たな設備投資に充てることが期待できる。プロジェクトの成果を最大限にかつ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極めて有効な選択肢と考えられる。

こうした考え方は本プロジェクトの開始前からIDBとJICAの間で議論され、本プロジェクトで入手した情報は全てIDBと共有し、意見交換が続けられた。

この結果、IDBはENACALに対する支援を従来通り継続する方針を固め、2018年に新たなプロジェクトを開始した。本プロジェクトの形成段階からIDBと密接に意見交換を行ってきたことが実を結び、両者の連携がタイムリーに機能した好事例と言える。

本技術協力プロジェクトで無収水削減に向けた効果的かつ効果的な手順と手法が明確化され、技術力を備えたENACAL職員が今後のIDBプロジェクトの運営にも積極的に関与することを通じて、両者の支援の相乗効果が大きく期待されている。

2) ドイツ国際協力公社 (GIZ)

GIZは2011年より上下水道分野技術支援プログラム(PROATAS)を立上げ、ENACALの組織改善と地方支局の運営維持管理体制の強化に向けた協力を実施している。

マナグア市を対象としたJICAの技術協力は、ENACAL内部に無収水削減技術の継続的な強化に向けた研修システムを構築する予定である。

地方支局においても無収水は重要なテーマとして位置づけられており、両者のプロジェクトが連携することにより、ニカラグア全国レベルでの無収水削減に向けた体制強化が期待されている。

(7) 円滑なコミュニケーションの確保

1) 日常業務

プロジェクト開始時に各部署の組織図、役割、担当者を写真とともに整理し、組織一覧図を作成した。日本側プロジェクトチームの組織図とともにENACAL職員と共有し、日々の業務連絡が円滑に進むように配慮した。

プロジェクトの定例会議や合同調整委員会は西語で進行し、時間的な効率性と理解度の向

上を図った。日本人専門家の中には、英語・西語の通訳を必要とする場合もあるが、予めプレゼンテーションの内容を業務主任が確認し、専門用語や表現などの訂正を行いながら西語資料を作成し、ENACAL職員との間の意思疎通がスムーズにいくように配慮した。

2) 治安悪化への対応

2018年4月よりニカラグアの治安が不安定となり、2018年6月~10月にかけて日本人専門家が一時的に退避する措置が取られた。

日本人専門家が退避している間は、メールやSNSを使って現地と連絡を取り続け、日本人専門家チームで働いている現地のエンジニアやコーディネーターとENACAL職員が協働でプロジェクト活動を継続した。

2018年10月に日本人専門家の活動が再開されたが、活動スケジュールの見直しを余儀なくされた。しかし、それまでの円滑なコミュニケーションに加え、第1期活動を通じた技術移転の成果によって、プロジェクト活動の遅延は最小限に抑えられた。これはプロジェクトに対するENACALのオーナーシップが確実に芽生えていることを示している。

(8) 世界水フォーラム (ブラジル)

2018年3月18日~22日にブラジルで開催された第8回世界水フォーラムに参加した。この水フォーラムでは、本プロジェクトの取り組みと成果に加えて、JICAがこれまで行ってきた無収水プロジェクトの成果も発表された。

水の有効利用というテーマ別セッションには本プロジェクトの業務主任がパネリストで登壇し、無収水に関連した「計測の重要性」に焦点を絞り、確実な計測が持続的開発においてどのように寄与するのかを3つの視点で提示した。

◇ 公共水道サービスの持続性

◇ 無収水対策事業の持続性

◇ 投資環境としての持続性



フォーラム会場



テーマ別セッション

写真9 世界水フォーラム

(9) 広報活動

プロジェクト活動及び成果を効果的に周知させるための取り組みを行った。広報用マテリアルとして、プロジェクトのシンボルマーク、スローガン、活動スタッフ用キャップやバスタ等を作成・利用した。また、TV・新聞等のメディア媒体による取材・発信、Facebook・YouTube等のSNSツールを使った情報発信を行った。

プロジェクト開始直後に作成されたプロジェクトロゴは、ENACAL内で活動を浸透させるためのキャッチコピーとしての意味を持ち、IDBをはじめとする他ドナーに対する本プロジェクトの説明時にも活用された。その後、作成したマテリアルやプレゼンテーションにも、このプロジェクトの認知度向上に役立った。

ポスターやパンフレットは主にパイロット活動を展開する地区の住民や周辺の学校施設に配布するために作成された。パイロット活動には契約者である住民に多少の不便を強いるものもあり、住民の理解が必要である。これらは、夜間活動実施前の広報用の録音アナウンスとともに住民との信頼関係を高める目的で配布されたが、請求書配布時やクレーム対応時に

においてもプロジェクトに対する理解につながり、確かな広報効果が確認できた。

また、本プロジェクトのパイロット活動に従事するENACAL職員に対しては、JICAプロジェクトへの参画意識とモチベーションを向上させるため、専用のベストとキャップを支給した。これはチームの団結力の向上に大きな効果をもたらしただけでなく、住民からの認知度向上にも貢献した。



プロジェクトロゴ



ポスター



パナースクリーン



キャップ

図 18 広報用マテリアル

## (10) イノベーションを意識した新技術の導入

本プロジェクトではこれまで無収水対策のプロジェクトに使用されてこなかった様々な機器を試験的に導入し、ENACALと共にその効果を実証する取り組みを行った。

### 1) 地中レーダー探査機

プロジェクトの活動中に、非合法接続の探知方法として、様々な機械や技術(サーモグラフィカメラ、工業用内視鏡、地中レーダー探査機、通水時に伝播する音の周波数特性の違い分析等)が現場で実際に使用されながら比較検討された。マナグア市の無収水の大きな要因である非合法接続には地中レーダー探査機が有効であることが判明した。その後、ENACALの独自予算で同機械が購入され、使用開始から2ヶ月の間に5件の非合法接続を検知し、その間金・水道料金未払いの回収が実現した。

このような無収水対策に関して、機械・技術

の有効性は国ごと、地域ごとの状況・事情で異なる。従って、その地域に有効なるものを検討することが、無収水削減効果をより高めることに繋がることを本プロジェクトで示すことができた。



写真 10 地中レーダー探査の実習

### 2) 高密度ポリエチレン管と推進工法

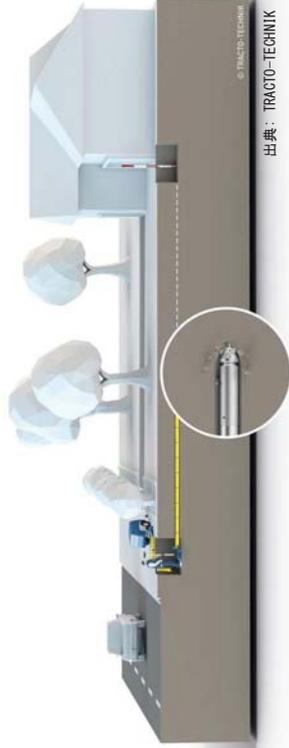
ENACALはこれまで給水管にPVC管のみを使用してきたが、パイロットプロジェクトにおける給水管更新では、高密度ポリエチレン管を導入し、その効果を確認した。

PVC管を曲管やネジアダプタと接続する際はセメント剤を使用するが、工事の際に適切な止水ができない状況下では、セメント剤の接着が不十分となり、結果として継手部分の漏水リスクを増大することとなる。

一方、ポリエチレン管は柔軟性が高く地盤の変動にも追従できただけでなく、分水部からメータまで継手材料を使わずに施工ができる利点がある。また、接合部品はカップリンググタイブの締付継手を用いるため、セメント剤などの薬剤を使う必要がない。

従来、給水管を更新する際は、舗装版を破碎し、幅1.5m、深さ1.5m程のトレンチを道路の横断方向に掘削する必要があり、一箇所の作業だけでも丸一日消費してしまうことが多かった。さらに、敷設後の舗装面の復旧等の時間と経費も必要となるため、給水管の更新を積極的に実施できない状況にあった。

このため、給水管の更新作業を効率的に実施できるよう、小径の推進工法用掘削器具を調達し、OJTにて技術指導を行った。今回調達した機器は、トレンチを設けずに約6~10mの距離を12分間で貫通孔を施工することができ、現場での指導においてその有用性と効率性が確認された。



出典: TRACTO-TECHNIK

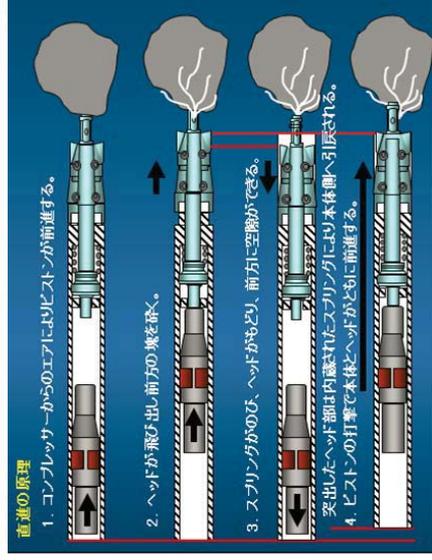


図 19 推進工法の仕組み(Gründomat P)

## (11) 今後のマナグア市の無収水対策の進め方

### 1) 実損失対策以外の取り組み

これまで無収水課が進めてきた漏水(可視、不可視)の探知と修繕は引き続き重要な活動である。しかしながら、市内に多く存在する位置付けが不明な老朽管の解消、非合法接続の抜本的な解決が行われなければ、無収水率の大幅な低下は実現できない。

ENACALの場合、配水管の漏水探知や修繕技術、不明管の特定に際する技術に関しては、十分なレベルを維持している。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。加えて、本プロジェクトで作成された実務マニュアルやガイドラインを活用し、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、台帳に記載されていない管路の検出といった特殊な作業の場合、無収水課以外でこれらの作業を遂行するためには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、コマージュ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、探知に効果的な機械を有していないことも問題として認識されている。従って、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模索していくことが求められる。

### 2) 顧客情報システムの活用

本プロジェクトでは、顧客台帳の情報に間違いが多く含まれていることや、データベースの不備によって、メータ検針期間と請求期間の正確な把握が困難な状況にあることが確認され、その是正に努めてきた。

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を常に図ることが引き続き重要である。

本プロジェクトの終了段階では、GIZによる技術支援の成果であるGISシステム(SIGIL)を活用して、ENACAL内で顧客管理システムの改善が進められている。今後、検針期間と請求期間の把握が容易となるような効率的なシステムが普及する予定であり、無収水対策に活用されることが期待される。

**3) 将来的な配水網の更新に向けた計画づくり**  
本プロジェクトは無収水削減の基盤整備を目的としたものであり、ENACALが正しい手順で効率的にマナグア市の無収水を削減していくための体制とプロセスを明確にする活動が中心であった。

これまでのマナグア市の水道は、2005年にJICAの支援で策定された「マナグア市中長期上水道施設改善計画」(M/P)に基づいて、水源や配水網の拡張や改善が図られてきた。しかしながら、目標年次である2015年を大きく過ぎっており、将来的な水道計画を改めて検討する時期を迎えている。

既存の配水管網の状況について目を向けると、その老朽化は深刻なレベルにある。特に敷設延長の40%を占めるといわれる石綿管の更新は、今後20～30年後の健全な水道システムの実現に向けて避けて通れない問題である。

本プロジェクト活動の中で、既存の石綿管の脆弱度をテストした結果、明らかに老朽化が進んでいることが確認されており、このまま手を付けずに10～20年後経過した場合には、老朽化管路の存在は大きなリスクとなりかねない。

無収水削減活動を推進すると同様に、現在の配水管網の脆弱度を正しく評価し、配水管の中長期的な更新計画を立案する作業に着手することが必要である。

#### 【プロジェクト実施期間】

2017年1月～2020年5月

#### 【マナグア市の水道基本情報】

- ◇市内人口：1,049,105人(2017年)
- ◇水道契約者数：245,848件(2019年2月)
- ◇水道普及率：95%以上
- ◇水源：地下水・湖

◇浄水処理：塩素消費のみ

◇生産水量：51万m<sup>3</sup>/日

#### 【参考文献】

「マナグア市無収水管理能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書」(2016年7月JICA)

「マナグア市中長期上水道施設改善計画調査最終報告書」(2005年12月JICA)

「第二次マナグア市上水道施設整備計画基本設計調査報告書」(1998年12月JICA)

「マナグア市上水道施設整備計画基本設計調査報告書」(1995年2月JICA)



## 別添 15 非合法接続の探知方法の検討資料



## 別添 15 非合法接続の探知方法の検討資料

### 1. 背景

ニカラグアの非合法接続の状況は非常に深刻である。ENACAL 自身、長年にわたって対策に苦慮しており、効果的な手法が見つかっていない。

非合法接続のケースとして多いのは、以下の3つである。

- 水道メータの羽根車に穴をあけて、実使用水量よりも少なく計量されるようにする。
- 水道メータを一時的に逆向きに取り付け、使用水量の積算値を減らす。
- メータ前後にバイパス管を設置してメータを通さずに使用する。

本プロジェクトでは、成果指標の達成に必要な活動とは別に、今後の無収水対策プロジェクトに向けたイノベーションの視点から、非合法接続を効率的に探知するための技術をいくつか試している。

今後の非合法接続対策に向けたさらなる検討における基礎資料として、ここでは、これまで実施したいいくつかの方法とその有効性について示した。

### 2. 盗水の現状と探知活動

#### 2.1 盗水の現状と盗水探知班の活動

水道メータの不正な加工、細工はもとより、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い形態であり、ENACAL 非合法接続対策班は以下の手順で調査を実施している。

- ① 疑いのある家屋を訪問してメータ手前のバルブを閉める。
- ② 敷地内の給水栓で水が出るか否かを確認する。
- ③ メータ手前のバルブを閉めた後も敷地内で水が使用できている場合、別の管からの給水を示している。
- ④ バイパス管の存在を確定したら、周囲を開削して非合法的な管路を特定する。

しかしながら、協力的な住民であれば敷地内の調査が可能であるが、実際には拒否されたり、作業員に危害を加えるような場合も生じる。

このような手数がかかる業務を安全にかつ効率的に進める方法を提案するため、以下のような取り組みを行い、その実用性を検証している。

#### 2.2 探知活動の支援

パイロットプロジェクト(AZA No.3)では、1,000 件中 50 件という高い割合で非合法接続の疑いのあるユーザーがリストアップされた。非合法的な水利用はマナグア市における見掛け損失の大きな要因となっていることが明らかで、ENACAL の非合法接続対策班は、2 班 12 人の体制で見回りをしている。

現在の調査方法は住民の協力がなければ成果を上げることは難しいため、以下の調査機器類を貸与してその実用性を確認している。

			
サーモグラフィ	内視鏡(ケーブル 3.9mm)	音聴棒	漏水探知器 LD-7

写真 2.1 実用性確認用の機材

【実用性の確認テスト】

2018年11月、上記の機器をENACAL商業技術課へ貸与し、ルーチン作業である違法接続探知活動において、それらの実用性確認テストを開始した(2018年11月28～29日)。

非合法接続の疑いのある複数のユーザー宅において使用した結果、音聴棒と漏水探知機は現場条件に左右されずに適用でき、作業班にとって非常に有益であった。

工業用内視鏡については、断水やメータの一時的撤去といった作業を伴うが、直管部の分岐画像の撮影は十分可能であることが確認できた。非合法接続対策班は配水網のバルブ操作の権限がないため、自身の判断で断水調査ができない。このため、工業用内視鏡を使用する場面は限定される。

【貸与機器の有効性の確認】

2019年3月13日、貸与した機材の活用状況を確認するため、ヒアリングと現地作業への立ち合いを行った。この結果、以下のことが明らかになった。

- これまでの機器の内、音聴棒は機動性があり、最も有効である。
- 漏水探知機についても音聴棒と併せて必要に応じて使用している。
- 工業用内視鏡(ファイバースコープ)は、耐水圧性がないので断水をしないと使用できない。違法接続探知班には、現場で断水する権限はないため、この機器の使用範囲はバイパス管切断後の内部を証拠として撮影する画像記録という用途に限定されている。

1日10～12件程度の目算を立てて非合法接続の有無の検査をしているが、明らかに盗水として判定できるのは1日2件程度である。

この現場立ち合いの際、盗水を探知することは出来なかったが、20年も経過したと思われるメータが発見され、早速の交換手続きが採られた。音聴棒は十分に活用されていることが分かった。

		
音聴棒を使用しての探知	メータ廻りを開削	20年は経過しているメータ

写真 2.2 非合法接続探知の様子

### 2.3 非合法な水利用の方法

ENACAL の盗水の方法については一様ではなく、幾つかの代表的な方法にて盗水がなされている。

途上国で多くみられるスパゲティ配管、メータに異物(釘のようなもの)を差し込んでメータの検針を妨害する方法はそれほど多くないが、2箇所のパイロットプロジェクトでは、何らかの形で盗水しているという割合が5~10%と推測された。

一般に盗水は下図に示すような方法で行われている。

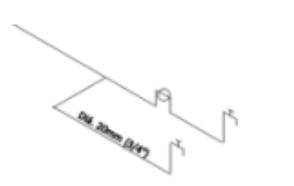
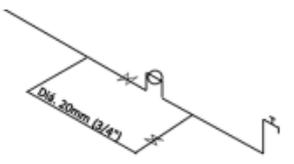
		<p>[シングルバイパス] メータ手前から分岐して、そのまま敷地内に独立した管路を引き込む方法。</p> <p>→ 正常なルート → 違法なルート</p>
		<p>[リターンバイパス] メータ手前から分岐して、メータより宅地側で正常な配管に接続する方法。</p> <p>→ 正常なルート → 違法なルート</p>
		<p>[改造メータ(Maniplado)] 左の写真は、複箱(Caja secundaria)の外郭に穴をあけている例。</p> <p>右の写真は、複箱(Caja secundaria)の内部回転羽根車</p> <p>右写真の左側:羽根車を切断 右写真の右側:正常な羽根車。</p>

写真 2.3 非合法な水利用の方法

この他に、一定期間、メータを逆向きに取り付けて逆回転させ、累積表示を減らし、検針日が近づくと、正常な位置に戻すという方法で盗水しているユーザーも存在する。

### 3. 盗水探知に有効と考えられた機器やシステムの検討

#### 3.1 サーモグラフィカメラ

表 3.1 サーモグラフィカメラの特徴

特徴と仕様	写真	現時点での検証結果
<p>物体から放射される赤外線进行分析し、熱分布を図として表した画像、分析する機器である。</p> <p>バイパス管が存在し、使用されている給水管は周囲と温度差が生じる。この温度差を地表面からサーモグラフィで検知可能かどうか継続試験している。実験的には 1℃の差異が線的、面的に検出できればバイパス管の探知は可能である。</p>		<p>昼間の試験では、太陽光の影響が一様ではないところが多く、地表面の温度差を検出する際に乱反射が影響する。</p> <p>地表面の太陽光の反射が一様で、ある程度の時間の水使用が継続されれば、検知判別は可能であると思われるが、バイパスからの盗水は夜間に行われる例が多い。</p> <p>太陽光のない夜間において、地表面が一定温度の場合の検知に有効か否か継続試験することが望ましい。 (ENACAL 職員に作業を委託)</p>

物体表面において、絶対零度(-273℃)より温度が高いものは赤外線を発する。温度が高いと短い波長の赤外線を多く(強く)発し、温度が低いと長い波長の赤外線を少なく(小さく)発する。

言い換えれば、赤外線をキャッチすれば物体に触らずに温度がわかる。この原理を応用して地中埋設給水管の水温が土壌に伝達しているような条件であれば、水道管の位置が探知できる可能性があると考え、現場での実験を行っている。

まず始めに、各戸メータ周辺、開削された管路、室内配管等で温度の差異がある場合、それをサーモグラフィの画像で判断できるかどうかを確認するため、日中の時間帯に調査した。

しかしながら、日中は盗水がほとんどないこと、中米の強烈な日差しの影響があるため、埋設管の有無を画像から容易判断できる条件が整わなかったため、サーモグラフィの性能確認と操作性の確認を重点的に実施した。

結果として、メータ周囲の表面が一様でない温度差を画像で検出することが難しい。例えば、芝生、コンクリート、土などのメータ周囲の環境により、赤外線の放出量が異なる。さらに、中米では太陽光の影響を強く受けるため、昼間に探知するのは困難であることが確認された。

しかしながら、漏水探知班が活動する深夜においては、バイパス給水管の探知あるいは地下漏水の探知に活用できるかどうかを確認する意義はあるが、プロジェクト期間中の治安の悪化により、このテストは断念した。



写真 3.1 使用したサーモグラフィカメラ

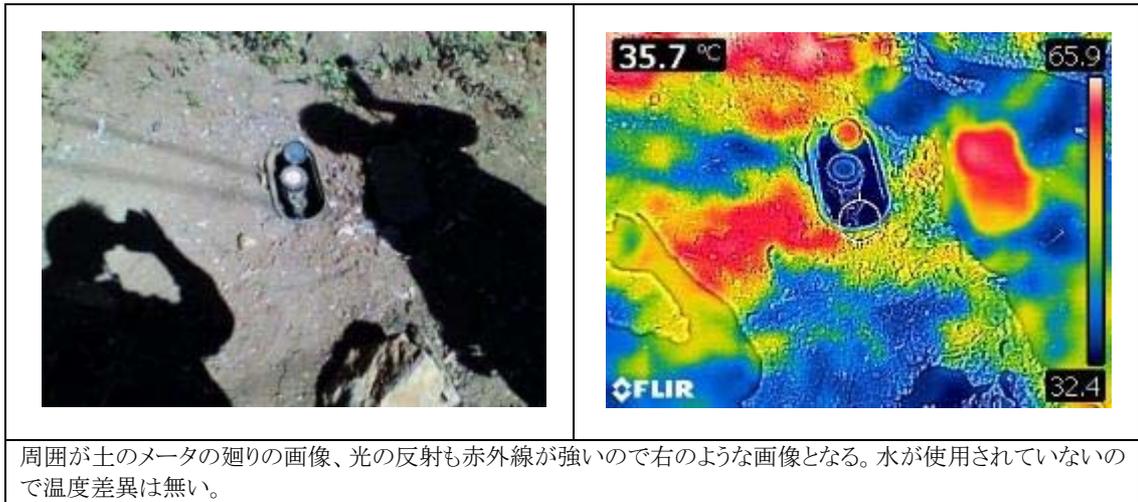


写真 3.2 未舗装の歩道上のメータ周囲

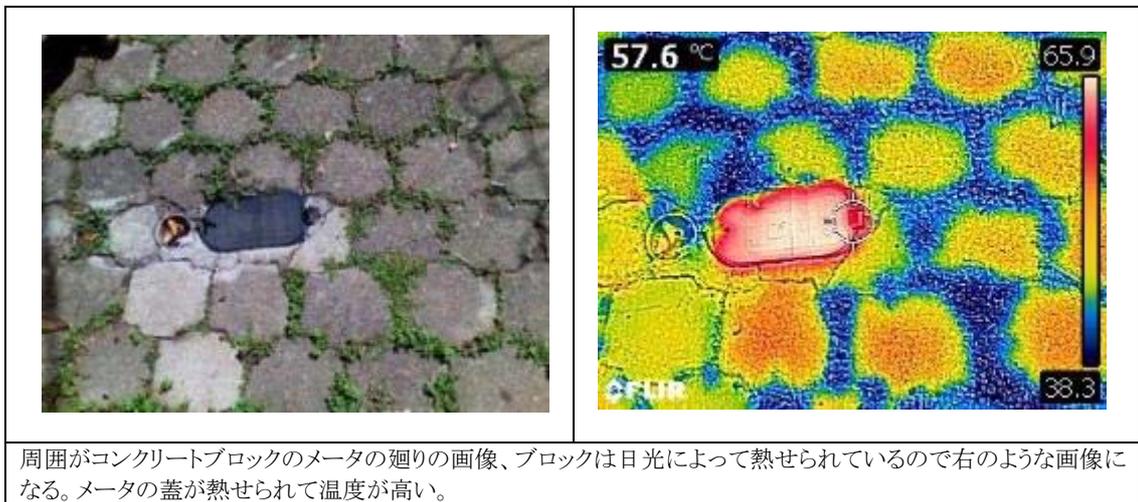


写真 3.3 ブロック舗装の歩道上のメータ周囲

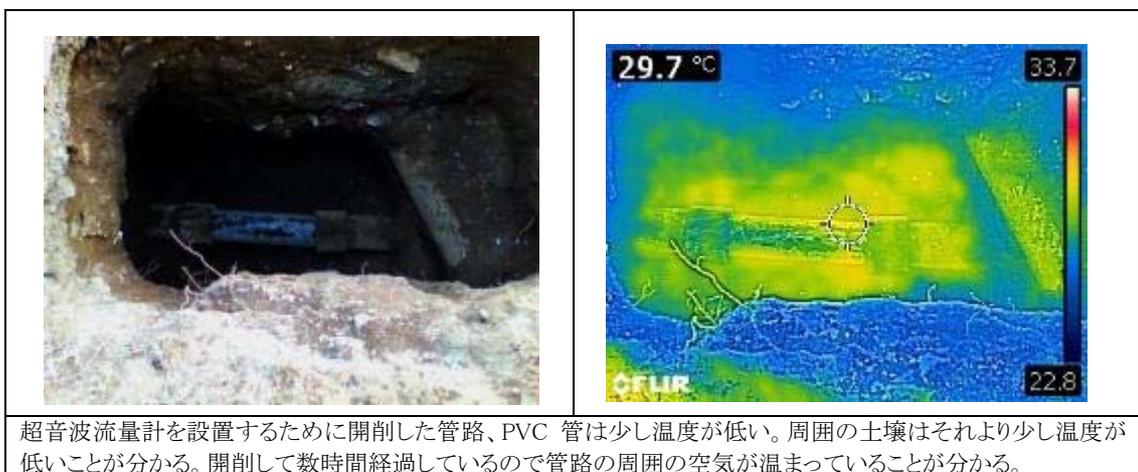


写真 3.4 開削した管路の温度

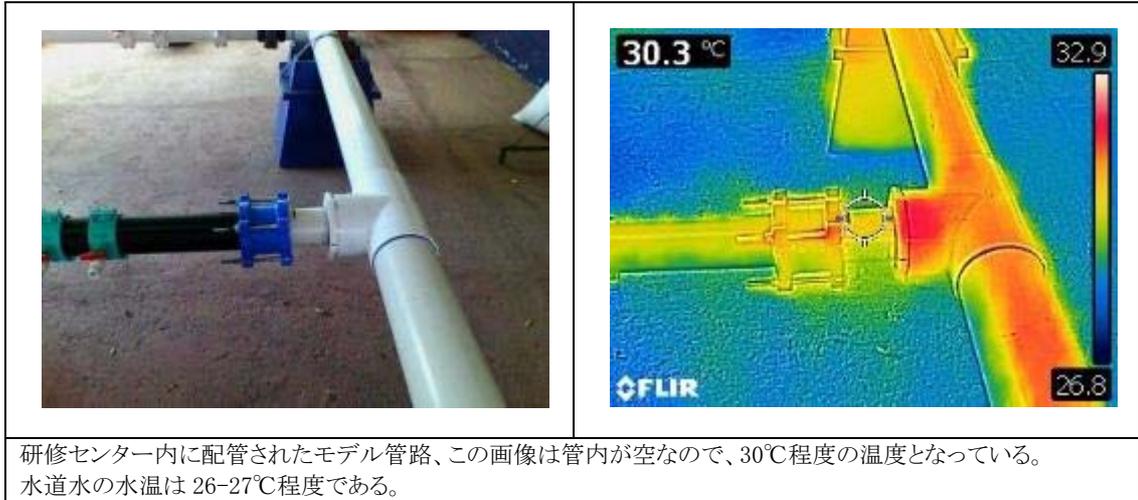


写真 3.5 露出状態にある試験管路の温度

## 3.2 音聴探知器及び工業用内視鏡の活用

### 3.2.1 音聴棒

漏水探知には欠かせない機器である。

各戸メータを接点として音聴調査を進め、メータ手前の給水管からバイパス接続されて、水使用があればその通水音が補足できる。これまで ENACAL では、メータ手前のバルブを閉めたうえ、敷地内で水が出るか否かを確かめる方法のみに頼っていたが、音聴棒を使った探知を習得すれば、家の住人に宅地内の水栓の操作を断られた場合でも、使用水の有無が確認できる。



写真 3.6 非合法接続の探知作業の様子

### 3.2.2 漏水探知機

無収水課の漏水探知班が所有している機器をより簡素にした入門的な機械を使用した。

水の使用状況下であれば、メータ手前のバイパス管の位置、配水管と給水管の接続分岐位置まで割り出すことができる。若干の技能的な熟練が必要であるが、数か月もすれば慣れて活用度が高まることが期待される。

11月28日～29日の2日間、違法接続探知班に同行して、取扱い方法等を指導した。

初日に実施した給水管の位置特定作業を通じて、もう少し熟練期間を設ければ、当機器は効果的に活用できることが確認できた。翌日の現場は、交通量が多い幹線道路沿いの歩道で実施した。管路の埋設深度が1.0m程度と深かったため、給水管の位置探知には至らなかった。しかし、通常の給水管の条件であれば、本機器は非常に有効に活用できる。



写真 3.7 非合法接続の探知作業の様子

### 3.2.3 工業用内視鏡

表 3.2 工業用内視鏡の特徴

特徴/仕様	写真	現場の状況
<p>口径 3.9mm の光ファイバーケーブルを挿入し、先端のカメラで分岐の有無を確かめる方法である。</p> <p>ケーブル長:3m、先端稼働スティック、耐水圧性(1.0Mpa)、カメラ口径 3~4mm のスペックを満たす機器が望ましいが、非常に高価である。</p> <p>今回は試験的取り組みのため、安価な製品を調達しており、生活防水仕様のため、挿入時には断水が必要となる。</p>		<p>コマーシャル技術課、無収水課のメンバーに貸与し、試験的に使用。</p> <p>先端の進行方向をフレキシブルに動かすことができないため、90度曲管部への挿入が難しい。</p> <p>直管部あれば鮮明な画像が得られ、途中の分岐部の有無も把握できる。</p>

ファイバースコープを使ったバイパス管の探知の場合、諸外国でも下水管などで活用されていることから、この機器の有効活用の可能性は十分高い。

しかし、給水管の途中にある 90° の曲管を数か所通過できるよう挿入でき、かつその長さが 3m 程度の範囲まで届くような機器はかなり高価となる。また、2~3kgf/cm<sup>2</sup> の水圧がかかった状態で給水管へ挿入するための治具を用意するためには、費用と工夫が必要である。

今回は内視鏡を違法接続の探知に適用できるかどうかの試験を行うことを目的としており、防水性能 IP67、直管部のみの挿入が可能な機器を選定した。なお、完全に高圧の浸水状況で使用するには IP68 という最高防水性能が必要であるがかなり高価となる。

今回調達した内視鏡のカメラ/ケーブル部分は、耐水圧性は低いものの、1m 程度の深さの水浸には耐えられる。このため、内視観察する給水管がある場合、それに接続する配水管を 10 分程度断水して挿入し、内部を観察する使い道を想定していた。

しかしながら、違法接続対策班には配水管網のバルブ操作の権限はなく、調査時の区間断水は容易にできない。このため、メータを外した給水管から挿入する特殊な止水器具(ワイヤーでゴム栓を給水管内部に詰める)と併用して管内の撮影を行う方法が考えられる。

今回の調査では、探知されたバイパス管の形状、どのような方向に向かっているのかを、映像で確認することができることが分かった。今後、盗水バイパス管の証拠画像を残す意味で試験的に同機器を使いながら、機器システムを本格的に導入するとしたら、どのような改良が必要か？あるいは、バイパス管探知以外の活用方法がないかどうかを検討することが望ましい。

コマーシャル部の非合法探知班と打ち合わせを行い、一日数件の非合法探知を行う際に同行して本機器の有効性を確認することとした。この際、最も簡易で機動性に優れた音聴棒及びポータブルの漏水探知器も併用した。



ケーブル径 3.9/5.5φの極細工業用内視鏡

液晶付内視鏡ファインスコープ 3.9mm 径 3M モデル 型番：LC393FTU ¥84,800 (税込)	
液晶付内視鏡ファインスコープ 3.9mm 径 3M ケーブル単体 型番：LC3930PP ¥39,800 (税込)	

写真 3.8 使用した工業用内視鏡

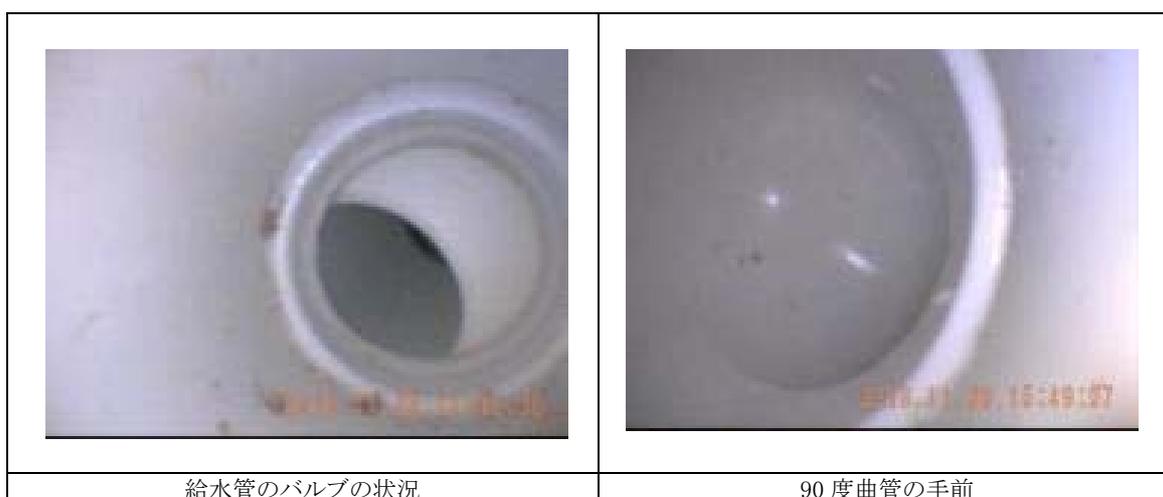


写真 3.9 撮影した給水管内部の様子

### 3.3 地中:レーダー探査

#### 3.3.1 はじめに

ニカラグアでは非合法接続による無収水が大きな問題となっているだけでなく、既往の図面ではわからない配水管などが多く存在しているため、配水網の情報の最新化に多くの労力を求められている。

レーダー探査技術は配水管の位置探知、構造物、空洞、地下漏水の探知に応用されているが、ある程度の口径を有する配水管の探査に用いられてきた。

本プロジェクトでは、地中レーダー探知がニカラグア国でどの程度活用できるかを把握するとともに、メータの手前の給水管から不正に接続されるバイパス管や、情報にない配水管の探知に向けた実用性を現場で確認することとした。

#### 3.3.2 使用期間

Costa Rica に本社を有する計測機器代理店 Optima Ingenieria を通じて、以下の機器を1カ月間レンタルした。

表 3.3 機器概要

項目	仕様
メーカー	Radiodetection (USA)
型番	RD1500
センサー周波数	250MHz ウルトラワイド帯域
探査深度	最大 8m

### 3.3.3 現場での実証実験スケジュール

レーダー探査機器を本格的に活用できるようになるためには、様々な条件や環境の下でトライしながら、その都度得られる画像データを理解し、分析する経験を重ねることが必要である。ENACAL側の強い要望により、事前の研修には地方支局からも技術者を呼び、その後最初の4日間は4つの支局で管路探査の実務を行うこととした。

レーダー探査機は配水管の位置探査が従来の目的であるが、本プロジェクトでは給水管の探査にどこまで活用できるかを探ることとしている。ENACALとしては実用性が高いことがわかれば、将来的な購入も検討したい意向を持っており、こうした技術をマナグア以外の地方支局とも共有することを強く希望している。

高価な機器をレンタルできる良い機会であるため、将来的な職員の能力強化へ向けた布石とすることは意味がある。また、今後の無収水研修のモジュールやカリキュラムを検討するに当たり、地方支局の技術者のレベルを把握しておく良い機会であり、マナグアで実施している技プロの成果を地方へも展開できるように、支局とのコミュニケーションを強めることにもつながる。

表 3.4 スケジュール

期間	内容
2019年3月12～15日	機器システムの事前研修
2019年3月18～22日	地方支局4箇所における初期訓練
2019年3月25～29日	マイクロセクターNo.19における給・配水管探知
2019年4月1～5日	その他マイクロセクターにおける実証・評価
2019年4月8～12日	その他マイクロセクターにおける実証・評価
2019年4月15～18日	その他マイクロセクターにおける実証・評価

※ レンタル期間は2019年3月18日から4月18日

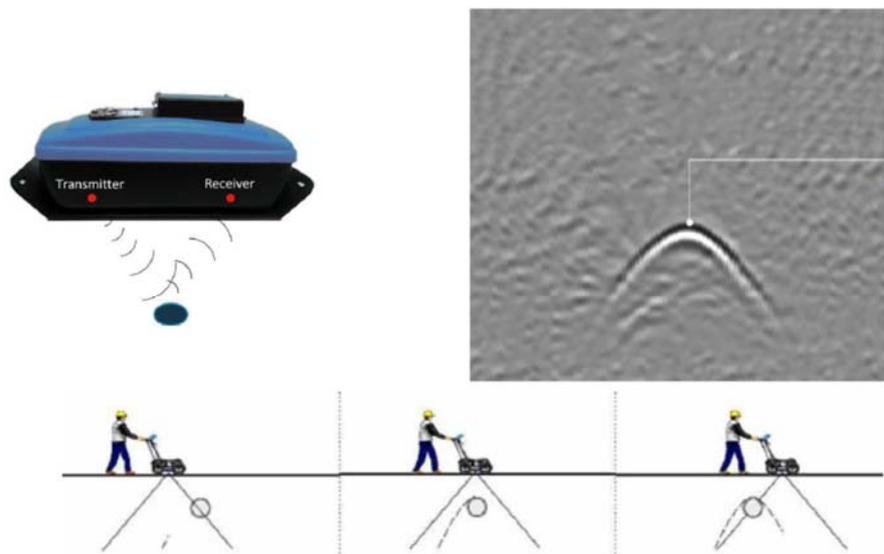
表 3.5 研修参加者

	氏名	所属
1	Faryde Ivania Garcia	Carazo 支局
2	Edwing Santamaría	Managua
3	Michaelle López	Managua Depto. Comercial
4	Humberto Lenín Sánchez	Managua DANF
5	Yader Antonio Cisneros	León 支局
6	Juan José Zacarías	Managua Depto. Comercial
7	Héctor Victorino Rivas	Rivas 支局
8	Renán Sánchez	Granada 支局
9	Daniel Muñoz López	Masaya 支局
10	Junior Cardoza	Managua DANF
11	Joseph Rodríguez Marengo	Managua DANF
12	Mauriel Gutiérrez	Managua DANF
13	Natán Gómez Lazo	Managua DANF



レーダ探知機器の室内研修

パイロット区画 No.2 (MS No.61)での事前研修  
 写真 3.10 地中レーダ探査器の実証の様子



管路と直角に交わる方向にレーダ探査を行うと、レーダ波の反射波をセンサーが捉え、時間差を演算処理することで、探査深度に応じた波形の乱れを表示する。理想的な状態であれば、上図のような双曲線が得られその頂部が管路位置となる。探査機の移動距離から対象となる物体の位置を特定することができる。

図 3.1 レーダ探査の原理

### 3.3.4 現場実証結果

#### (1) Carazo 支局

2019年3月19日、Carazo 県の Jinotepe 市において、従来から要望が出されていた給・配水管の探知を支援した。

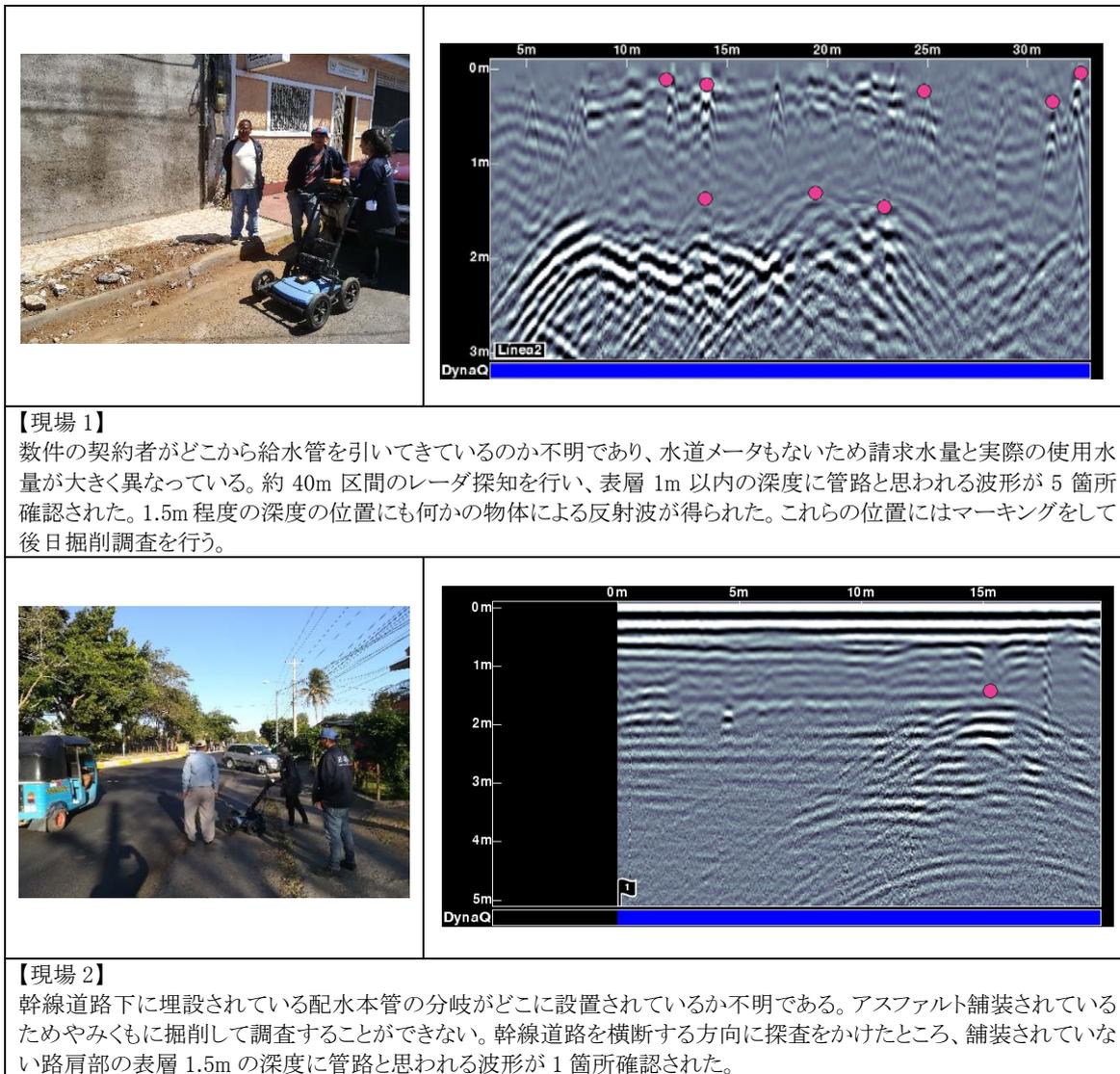


写真 3.11 Carazo 支局におけるレーダ探査

## (2) Masaya 支局

2019年3月21日、マナグア郊外の Masaya 市において探知作業を実施した。

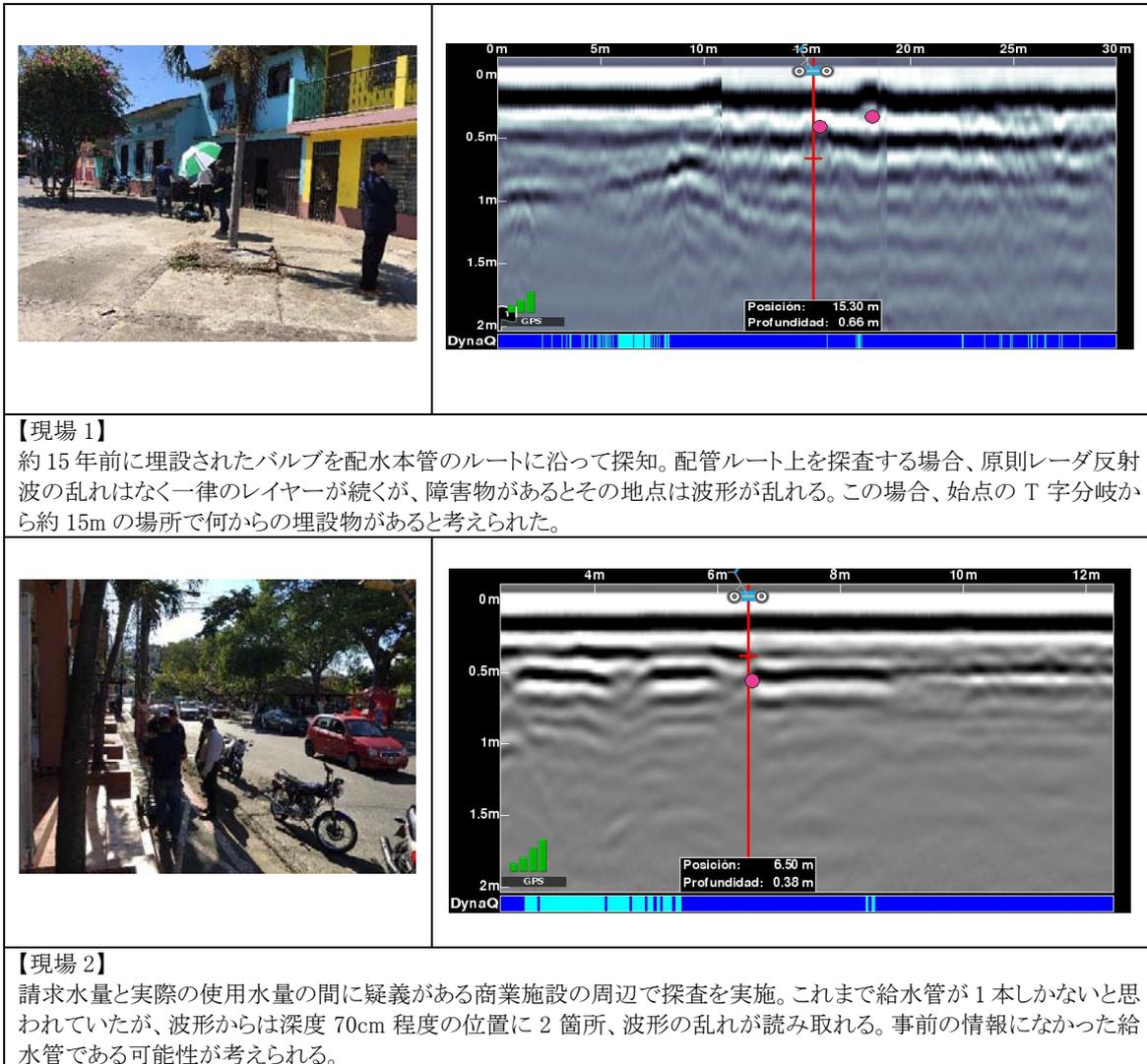


写真 3.12 Masaya 支局におけるレーダ探査

### (3) マナグア市マイクロセクターNo.19

2019年3月26日～29日にかけて、マナグア市のマイクロセクターNo.19で作業を実施した。この週からは本部無収水課の技術者が実務を担当している。



写真 3.13 Managua におけるレーダ探査

### (4) 現時点での実用性評価

レーダ探査はレーダの反射波の時間差を演算処理することにより地中の状態の変化を画像として表示するものである。このため、地層が一律の条件である場合と、湿度や土質などが大きく変化する場合とでは得られる画像が異なる。

これまでのデータでは、給水管の位置と思われる画像が明らかになった場合もある一方、表層の舗装の状態、埋設土砂の状況などの影響により、画像だけで明確に判定できない場合も見られている。この画像の識別能力はある程度の期間経験を積んで、要領、勘所といったノウハウを身に着けることが必要である。

### 3.4 メータ内通水時の画像及び音を活用した探査システム

これまででは、既存の漏水探知技術や管路探査技術を応用して、非合法接続の検知にトライした。本プロジェクトでは、さらに新しい取り組みとして、水道メータの針の動きや、内部を通過する水の流れの音を判定して、非合法接続の検知の可能性を探ることとした。

なお、現場での盗難のリスクを考慮し、この試験で作成するシステムは可能な限り安価なものとする必要があり、その結果、当初期待した成果を得ることができなかったものもある。

表 3.6 実証試験を行った探査システム

種別	試験の内容	結果及び考察
手法 1	水道メータ上部のパイロット針の動きをドップラーセンサーによって感知し、メータ内通水の有無を電氣的に検出する。	メータ上部の材質やレイアウトによって検出精度が異なった。 プラスチック製のパイロット針の動きは検出できなかった。
手法 2	通常使用時のメータ内の通水音と、メータ周辺のバイパス管からの盗水伝番音を、メータボックス内で捕捉する。 デジタルスイッチキットとデジタルボイスレコーダーによるシステム。	安価な材料で構成されたデジタルスイッチは、基盤が弱い弱で品質に難があった。このため、レコーダーに記録できる状態が長く続かなかった。
手法 3	数時間の録音機能があるレコーダー(ドライブレコーダー)を使用して、メータボックス内で捕捉される音の違いを確認した。	メータ検査所に設置したバイパス管盗水モデル管路で試験したところ、“メータ内の通水音”とメータ以外の部分から伝搬する“響き音”の判別が可能であることが分かった。
手法 4	手法 3 の改良版として、メータ上部にかぶせるフラットタイプのマイク及びクリップ式のマイクを使用して、レコーダーに記録した。 試験用モデル管路を流れる水量をいくつかのレンジに分け、使用水量別に補足された音を周波数解析した。	水量 5L/min、10L/min、15L/min、全開の 4 つのレンジの水量で検討した。バイパス盗水モデル管路では、“通水音”と“響き音”の判別は可能であり、周波数特性にも違いが出ることが分かった。

#### 3.4.1 ドップラーセンサーを用いた方法 (手法 1)

##### 【試験の概念】

通常、ユーザーが水を使用する場合、水道メータのパイロット針(回転指標)が廻り、通水音が発生する。

以下のような非合法接続では、水道メータから近い位置にバイパス管が引き出されていれば、その管路を使用した場合の通水音が水道メータまで伝搬する。下図の「赤い矢印」は違法なバイパス管である。

通常の水利用時と非合法な水利用時では、以下のような違いがあるため、「メータのパイロット針(回転指標)の画像を検知したデータ」と「伝搬する通水音」の録音データを比較して、非合法の水利用の有無を判別する。

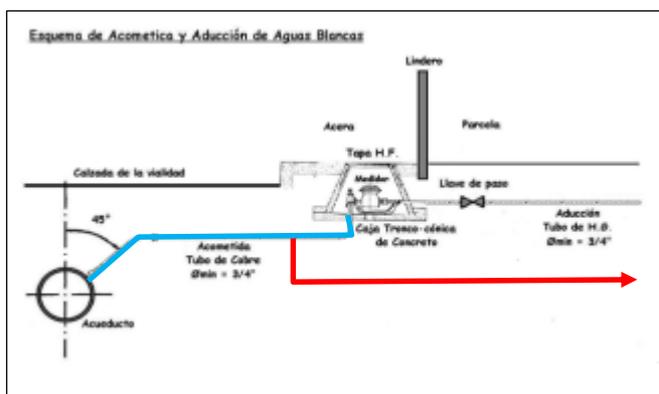


図 3.2 非合法接続の一般的なイメージ

表 3.7 通水音と水利用の関係

水利用の種別	通水音とメータの状態
通常の水利用	メータが回転する機械音(通水音)が聞こえる。 メータのパイロット針が回転している。
非合法な水利用	メータで響き音が聞こえる。 メータのパイロット針が止まっている。

この手法を適用する場合、最大の注意点はシステムの製造価格である。マナグア市では、メータの盗難の危険性が非常に高いため、検知機器は安価で用意できなければならず、試験機器の製作費は US\$30～US\$50 を設定した。

マナグア市で最も広く使用されている Beretz 製メータは以下のような形状をしている。



写真 3.14 メータの外観

メータ上部の雪の結晶に似たパイロット針(回転指標)は、回転していると水使用(流量)があることを示している。

バイパス管を用いた盗水の多くは、メータボックスの道路側 0.5～2m 程度の位置で、給水管からのバイパス管を分岐させ、宅地内に引き込んでいる。

正規の水使用の場合、メータ内を通水する際の機械音が発生するが、バイパス管による盗水の場合でも、管路内を通水する際の音がメータまで伝搬する。従って、パイロット針が回転していない状況下で、通水音が検知されれば、その付近には非合法な水利用があることが疑われる。

#### 【画像記録と音源記録の方法】

パイロット針が回転する“動き”をドップラーセンサーで捉え、デジタル信号に変換してデータロガーに記録する。

上記と同時に、使用水の音、メータに伝搬する通水音もマイクで捉え、デジタル信号に変換してデータロガーに記録する。データロガーへの記録方法には、電圧、電流、パルス等があるが、両方の信号は同じ形式で記録するのが望ましい。

なお、数時間あるいは一日だけの設置であっても、高価な機器は容易に盗難されるため、機器は安価でなければならない。

画像センサ、音源センサは US\$40～US\$50、データロガーも同様に US\$40～US\$50 以内で製作できるのが望ましい。

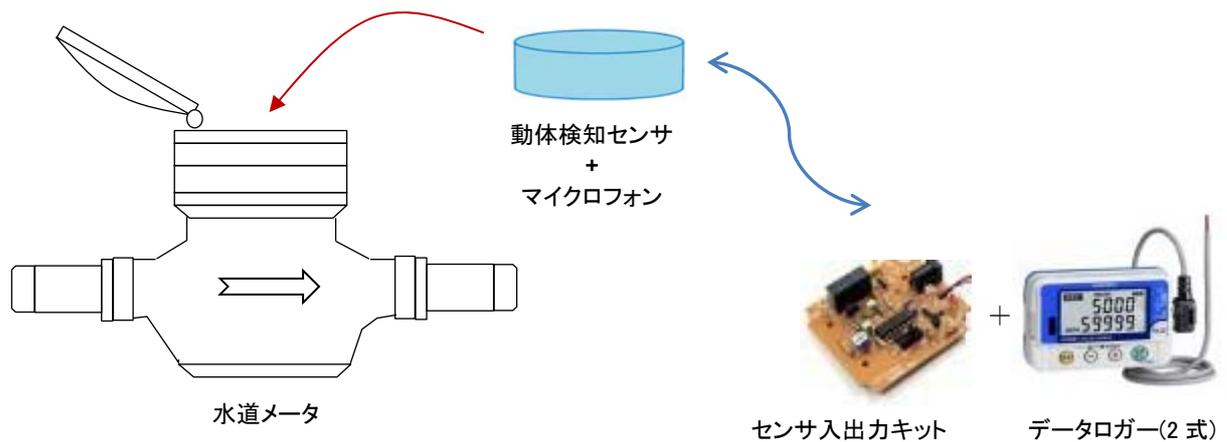


図 3.3 ドップラーセンサーを用いたシステムの概要

**【検知方法の選定】**

メータのパイロット針の動作を検知するセンサーには、超音波を利用したセンサー、非接触回転速度センサー、加速度センサー、振動センサー等の機器が候補にあがったが、メータボックス内に格納でき、安価でかつ堅牢に製作可能という観点から、ドップラー動体検知キットを選定した。

表 3.8 ドップラー動体検知キット

条件	価格	メーカー	特徴
使用電圧: 5.5V~12V/5mA	約 US\$25	秋月通商	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マイクロ波を使ったドップラーセンサー</li> <li>・焦電センサと異なり人体、動物以外の動きも検知する。</li> <li>・距離検知センサであるが表面に凸凹があれば検知できる。</li> <li>・動体を検知しない間は出力 2.5v 付近で信号が出る。</li> <li>・動体を検知するとプラス、マイナス双方に大きく振れる(調整可能)</li> <li>・大きさは 50×40mm 程度であり、メータの上部に円筒形のケースで防護して収納する。</li> </ul>

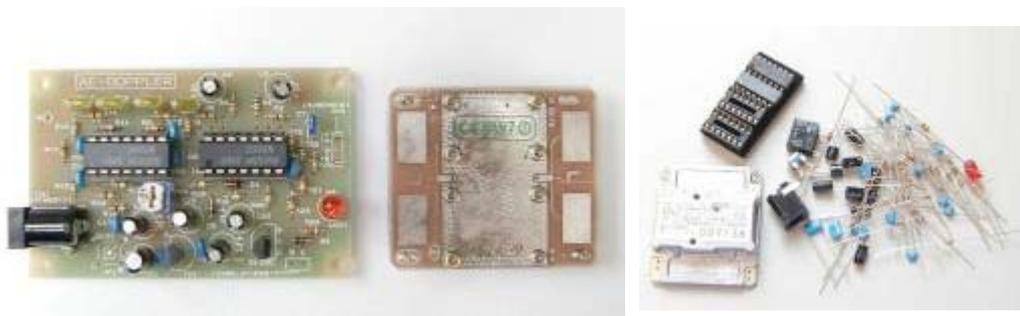


写真 3.15 ドップラーセンサーと基盤

ENACAL 無収水課のチーフは電気のエンジニアであるため、同氏の協力を受けながら、機器システムの試作品を準備した。

ドップラーセンサーが反応すると、基盤を通して動体検知に合わせた信号が出力される。

マイクロフォンは、メータのパイロット針が回転した時の音を記録する。  
 データロガーが別途必要となるが、US\$30 程度で組み立てられるキットを用意した。

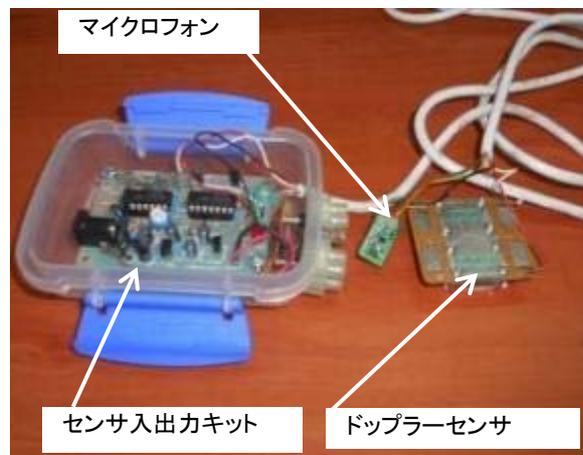


写真 3.16 ドップラーセンサーと基盤の組立て

**【試験結果】**

試験対象としたメータは以下の 3 種類である。



写真 3.17 試験に用いたメータの種類

試験の結果、Elster 製メータはパイロット針(回転指標)が動き出すと、その動体の状態をセンサー検知した。しかし、Berotz 及び Baylan のメータは、パイロット針が回転してもセンサーが感知できなかった。これら 2 つのメータのパイロット針は、黒いプラスチックであり、このような非導体性の材質は検知しにくい可能性がある。

このため、メータの動作を光学的に検知するシステムは簡便であるものの、より安価でかつ確実性の高い方法を検討することが必要と考えられた。

### 3.4.2 音を録音して分析する方法（手法 2）

パイロット針の動きをセンサーで捉え、同時に録音した通水音との関係性を確認する方法は、理論的には適応可能であるものの、低コストで信頼できるシステムを構築することは難しい。

従って、違法な水利用時と通常の利用時の伝搬音の違いに焦点を絞って、簡易な分析方法を検討した。



写真 3.18 音聴法による違法な水利用の探知

#### 【手法 2 のシステム構成】

「音を検知するスイッチ」+「デジタルボイスレコーダー」

メータボックス内で捕捉できる「使用中の通水音」と「メータ手前から盗水されている場合の通水音」(非合法利用)の間では、それらの音の特性に明らかな差異がある。

非合法の使用水の場合、伝搬する音は水がメータを通過しない状態のものであり、音の特徴としては、直接的なものではなく、「響き」あるいは「反響」(聞こえる音の感覚として)の成分が多く含まれている。

この“通水音”と“響き音”の判別が容易にできれば、一定期間に録音された音を分析することで、非合法の水利用の有無を判定できる。

音の補足は市販のマイクロフォンで、また、音の解析に用いるプログラムにはフリーソフトが充実しているため、安価なシステムを構築することができる。

まず初めに検討したシステム構成は以下のとおりである。

表 3.9 手法 2 のシステム

機器	価格	内容	写真
音スイッチキット	約 US\$8	音を検知するとスイッチ ON。 音がなくなったら一定時間(4 秒程度)で OFF。 プログラム書き換え可能 電源:9V 出力:5V	
デジタルボイスレコーダー	約 US\$15	150 秒間音声を録音できる録音、再生モジュール 電源:6V 出力:5V	

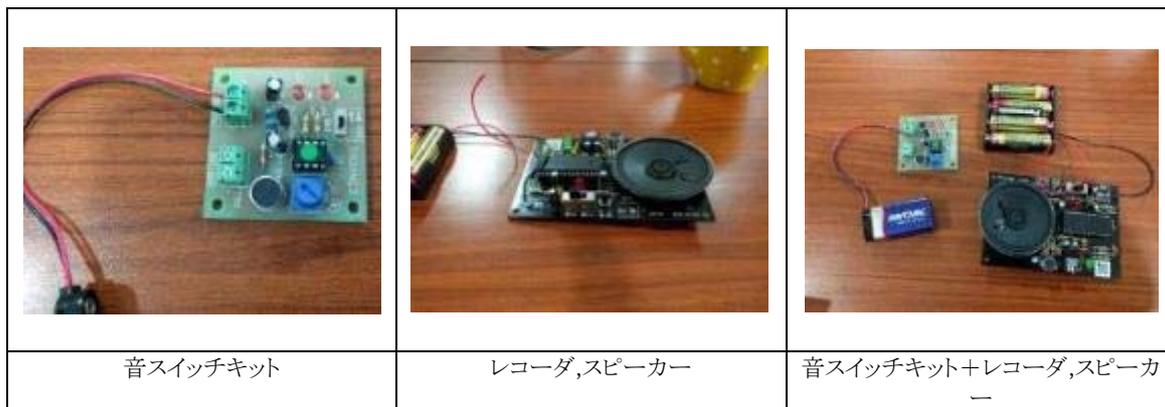


写真 3.19 手法 2 の機器の組み立て

一般家庭の使用水では、給水栓を操作する回数・頻度は 20～30 回/日である。

1 回の給水栓の開栓における平均使用時間は 2～5 分程度、長い場合は 15 分程度と想定される。このシステムは、150 秒間しか録音できないため、1 回の録音時間を 10 秒に限定しなければならない。

合計 150 秒の試験録音で、“通水音”と“響き音”の差異が判別できた場合、この機器システムの汎用性が確認できるが、市販のキットはプログラム自体の書き換え作業を想定して作られていないため、現場での活用が難しかった。

上記で検討したシステムのメリットは、音が発生した時だけ基盤上のスイッチが ON になり、ボイスレコーダーに記録される点である。しかし、メータ周囲には常に対象とする音以外のノイズも存在し、スイッチキットが適正に動く条件を確保することが難しい。

また、音の録音時間の調整にプログラムの修正も必要となる。

従って、本プロジェクトでは、上記システムの代わりとして、市販のマイクロフォンとボイスレコーダーによるシステムを製作し、音の特性分析だけに焦点を当てる活動を行った。

### 3.4.3 音を録音して分析する方法（手法 3）

ENACAL 事務所内に、以下のような試験配管を用意して、通水時の伝搬音の特性を記録した。

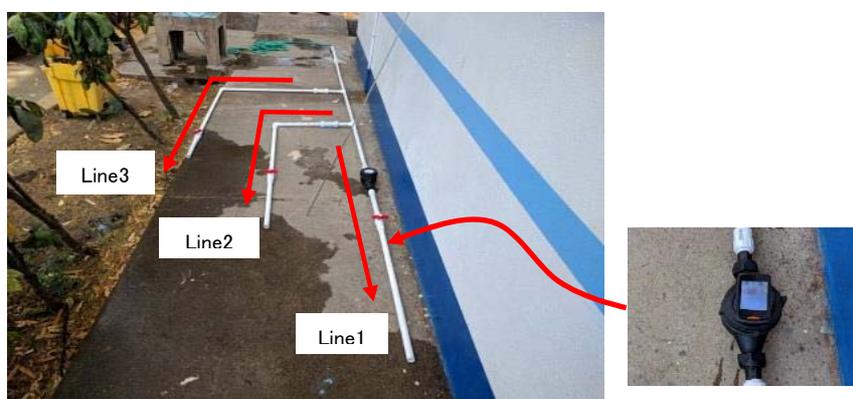


写真 3.20 非合法接続の模擬配管

- Line 1: 通常の正規な使用水が通過するルート
- Line 2: メータ 80cm 手前から盗水している場合の通水ルート
- Line 3: メータ 1.5m 手前から盗水している場合の通水ルート

上記それぞれのルートに通水させ、1 分間録音した。

ただし、メータ手前の 1～2m で分岐している例は、現実的に少ないことは認識されており、今回はスペースの制約により上記の配管で試験を行った。

### (1) 録音の解析

Line 1～Line 3 で記録した音から比較的ノイズの少ない 30 秒間のデータを抽出し、音声編集ソフト(Audacity)で解析した。

<https://ja.wikipedia.org/wiki/Audacity>

<https://forest.watch.impress.co.jp/library/software/audacity/>

以下は、Line 1 の音データを画像にしたものである。x 軸は時間、y 軸は音の強さを表す。



図 3.4 Line 1 (通常使用)の場合の音の変化

以下は、Line 2 の音データを画像にしたものである。Line 1 の場合より少し音の強さ(音圧)が小さくなっている。

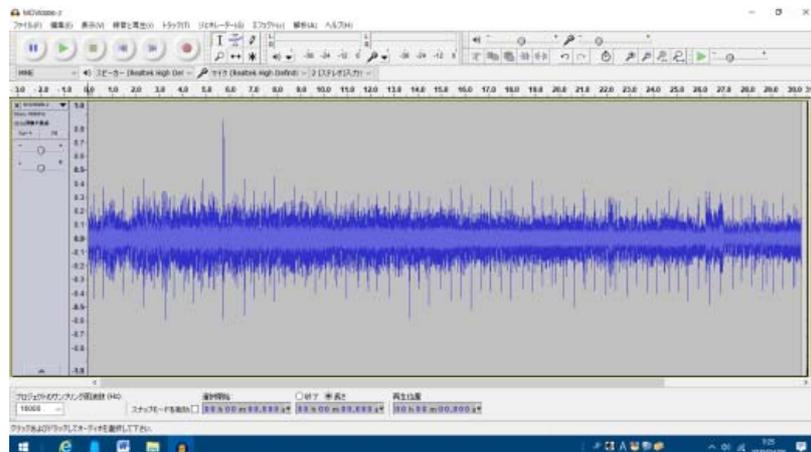


図 3.5 Line 2 (バイパス管使用)の場合の音の変化

以下は、Line 3 の音データを画像にしたものである。Line 1、Line 2 の場合より少し音の強さ(音圧)が小さくなっている。

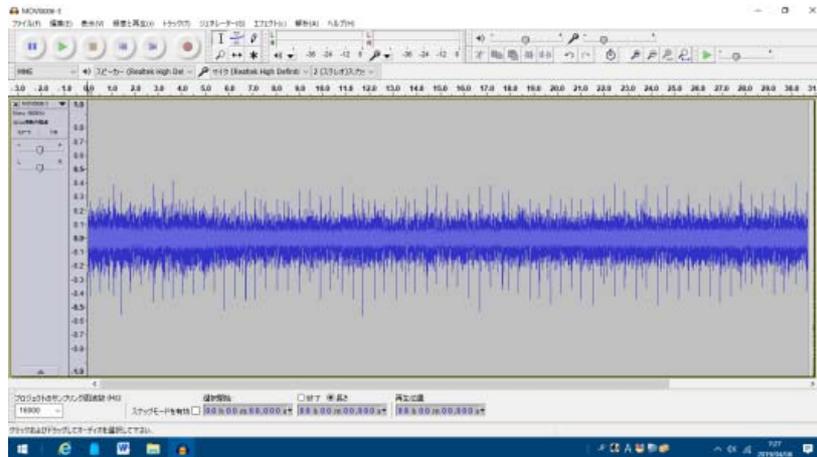


図 3.6 Line 3 (バイパス管使用)の場合の音の変化

上図は、単純に時間軸に対する音圧の変化のため、分岐部が遠くなるほどメータで検知される音の強さは小さくなる。

録音された音の特性を把握するためには、これらの適当な時間帯の音の周波数を分析する必要がある。

以下は、Line 2 の音データをスペクトル解析し、リニア周波数軸で表したものである。

横軸が周波数で、縦軸には周波数成分の大きさがプロットされている。

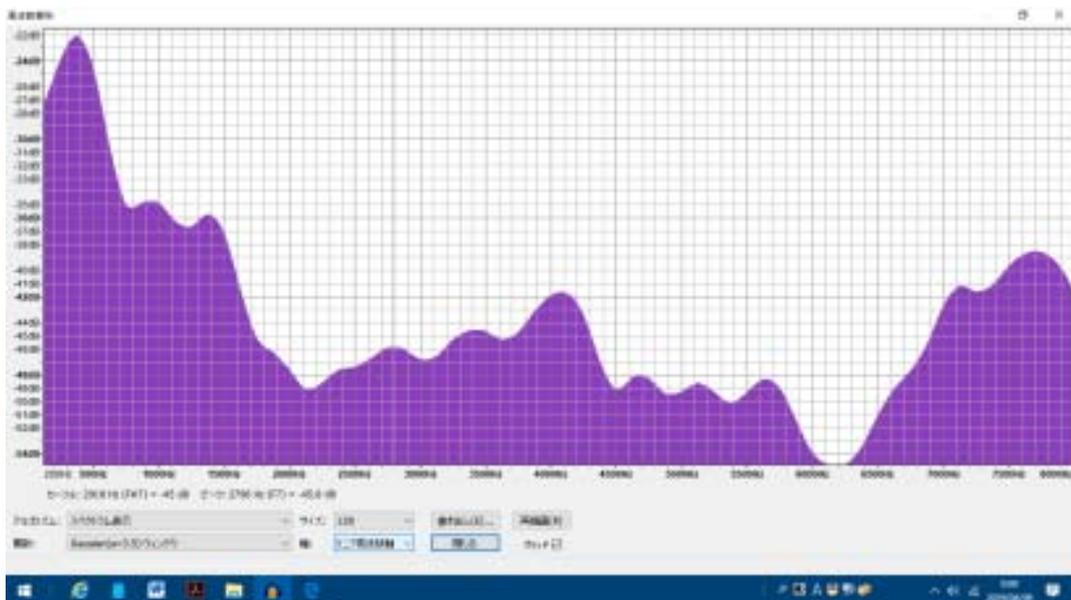


図 3.7 Line 2 (バイパス管使用)の音のスペクトル解析(1)

上記のグラフにおいて、横軸を対数表示として縮小した場合は次のようになる。

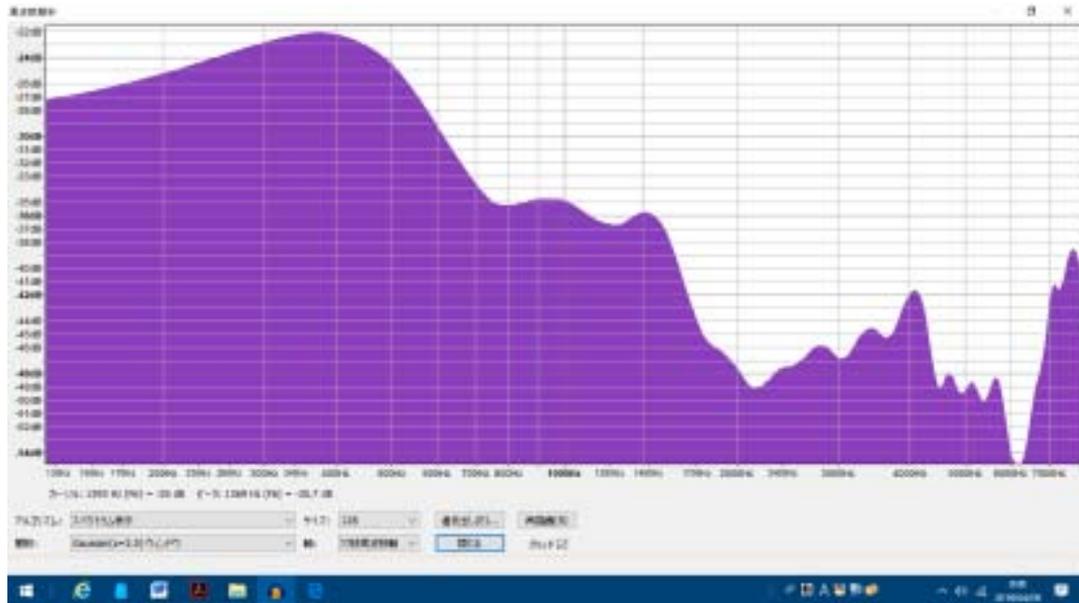


図 3.8 Line 2 (バイパス管使用)の音のスペクトル解析(2)

#### 【音の遠近現象について(“通水音”と“響き音”)】

響き音という用語は、漏水音の探知において使われる用語である。漏水音が近い場合は「噴射音」、遠い場合は「響き音」という使い分けをして探知を行う。

遠い音と近い音との違いの一つはその大きさである。しかし、違いはそれだけではなく、例えば、音楽プレイヤーのボリュームを絞っても音が遠くから聞こえるようになるわけではない。

音は近いほど大きく聞こえることは直観的にわかる。

もう一つの違いは「残響」というものが関わってくる。

ある音を聴くとき、最初に届く「直接音」の他に、様々なものに反射してから耳元に届く「反射音」も同時に聴こえてくる。

この残響音の有無と大きさが数値化できれば音のみによる違法な水利用の判別も十分可能であると考えられる。

### 3.4.4 音を録音して分析する方法（手法 4）

#### (1) 試験方法

メータ検査場の敷地内に以下のような試験配管を整備した。

これは、シングルバイパスによる盗水を模擬的に発生させるものである。

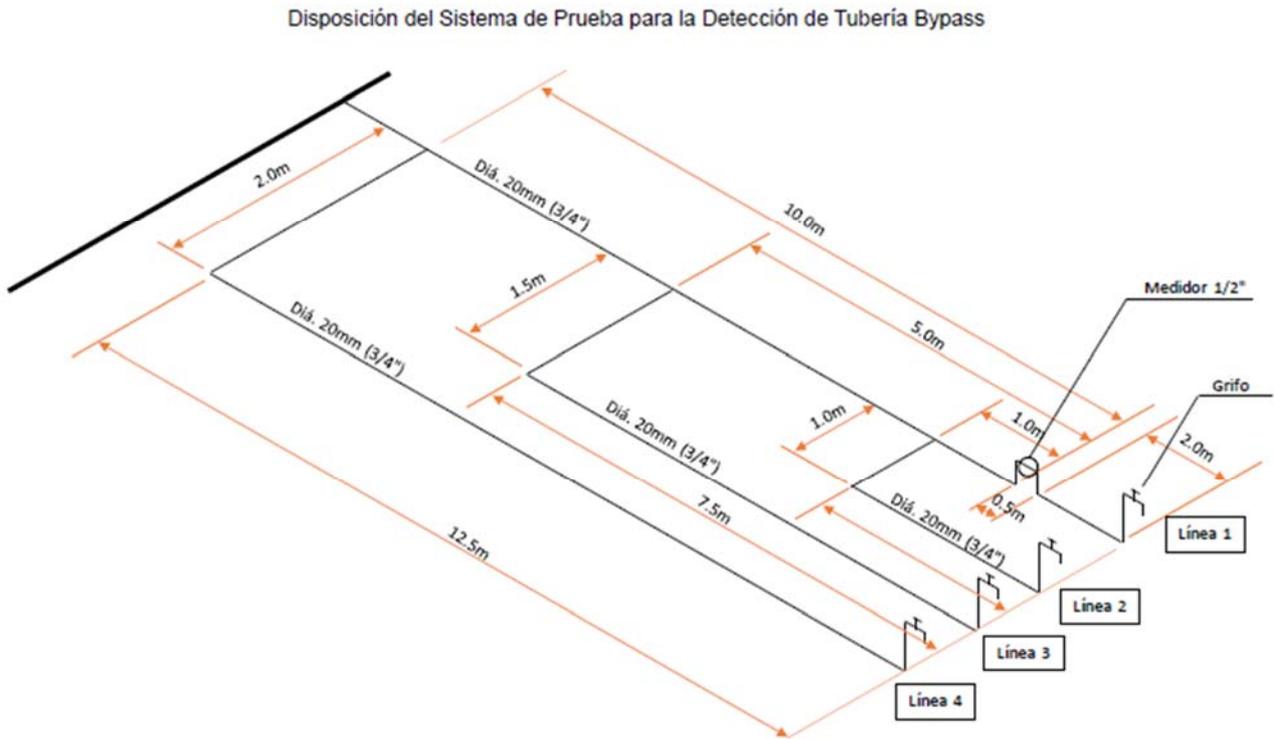


図 3.9 シングルバイパスによる盗水の模擬配管

Line1 のメータボックス内にマイクとIC ボイスレコーダーを設置し、Line 1～4 に異なる流量の水を流して録音する。

流量帯域は、5L/min、10L/min、15L/min、20L/min、30L/min の 5 段階とする。



写真 3.21 録音機器の構成

## (2) 試験結果

ここでは、Line 1 と Line4 における伝搬音の違いを、5L/min、15L/min の 2 ケースについて比較する。

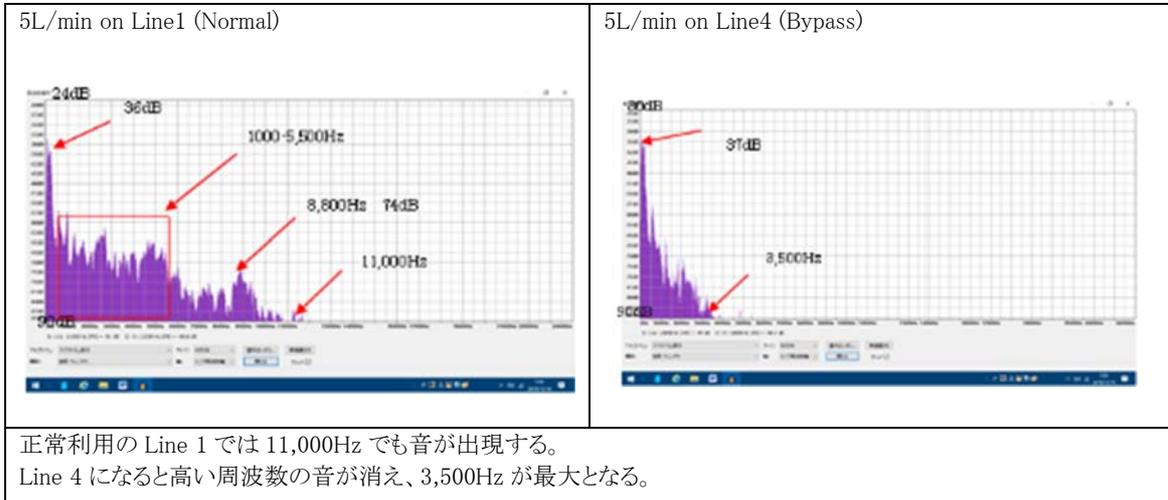


図 3.10 5L/min における伝播音の違い

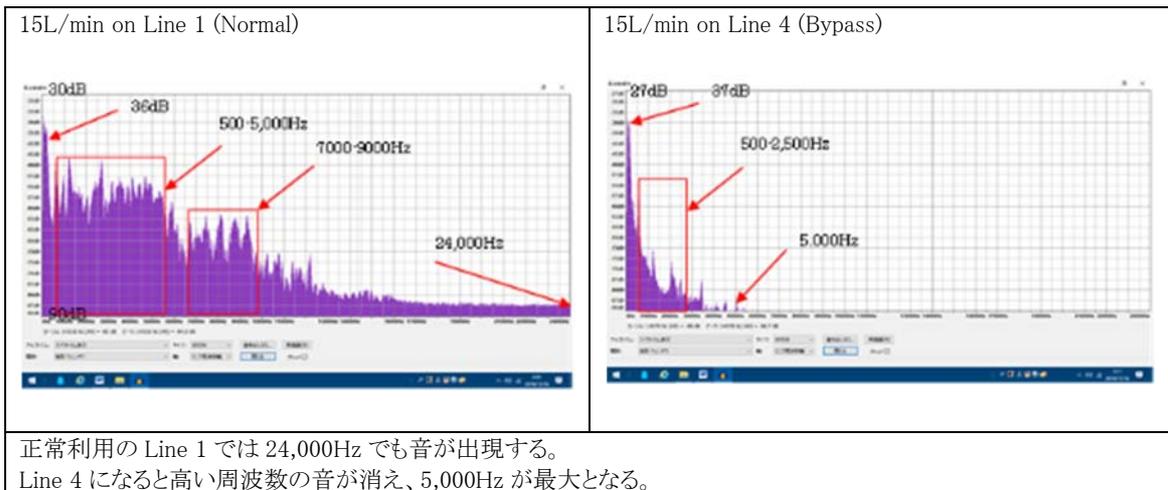


図 3.11 15L/min における伝播音の違い

一般的な家庭では、発生頻度の多い水量帯域は 5L/min(300L/h)～15L/min(900L/h)に存在する。

シングルバイパスの試験結果によれば、メータボックス内の伝搬音は、正常な水利用の場合で 11,000Hz から 24,000Hz の周波数帯が出現し、水量が多くなれば、音圧レベル(dB)も大きくなる傾向がある。

シングルバイパスで盗水する場合、メータ内の通水はないため、伝搬音は 1～10m 遠くで分岐される際の分水流の音が含まれる。この伝搬音は高音域(高周波数帯)での減衰が顕著であり、金属管や樹脂管でもこれは共通している。

### (3) 有効性

一般的な家庭の給水栓の開閉頻度は 30 回/日程度である。

例えば、24 時間メータボックス内で音を記録し、その結果 5,000Hz 以上の周波数の出現が全く見られないというデータが得られた場合、そのユーザーのメータ周辺に異常があることが疑われる。

敷地内への立入りを断られるようなユーザーに対して、違法な水利用の有無を推定する際、上記の方法は有効であると考えられる。

### (4) 改善点

この試験は、安価なシステムということが前提条件であるため、クリッピングマイクと IC ボイスレコーダーを用いた、アナログタイプのデータを収集したものである。

しかし、こうした機器がメータボックス内に露出した状況で置かれるため、盗難の危険性は高い。

従って、メータ手前の埋設配管上に密着させて録音する方法で同様の試験を行うこととした。

### 3.4.5 音を録音して分析する方法（埋設用のマイク）

メータボックスよりも道路側 30cm 程度の位置で、埋設されている給水管に直接マイクを密着させた場合、どのような音を得られるか確認した

#### (1) 試験方法

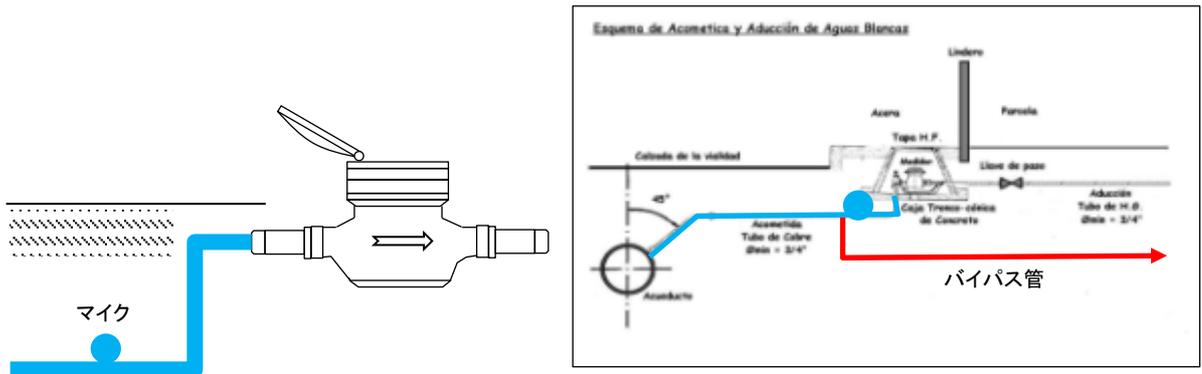


図 3.12 埋設方式のイメージ



写真 3.22 埋設方式の設置方法

## (2) 試験結果

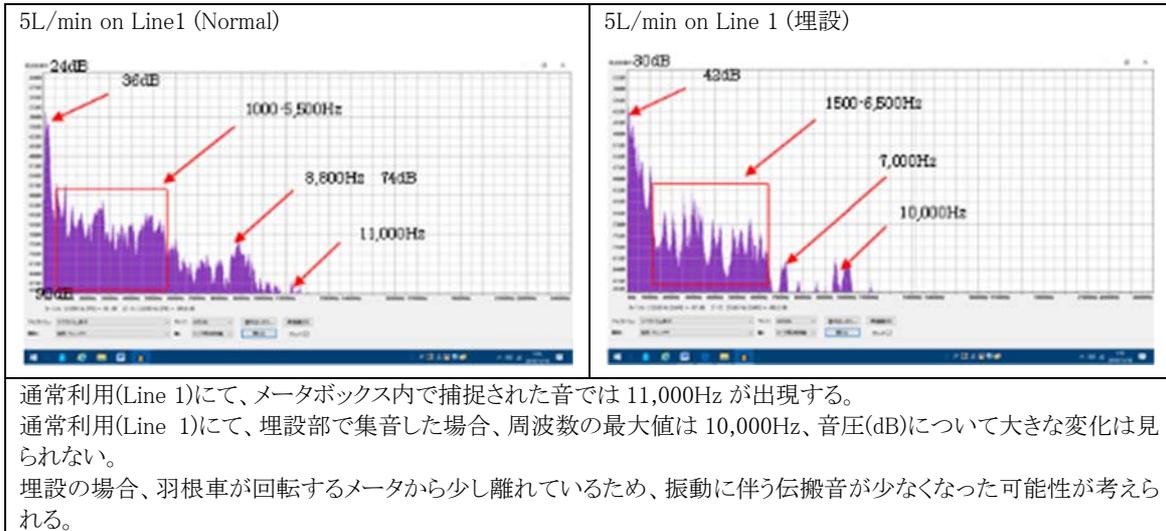


図 3.13 5L/min における伝播音の違い(通常利用 Line 1)

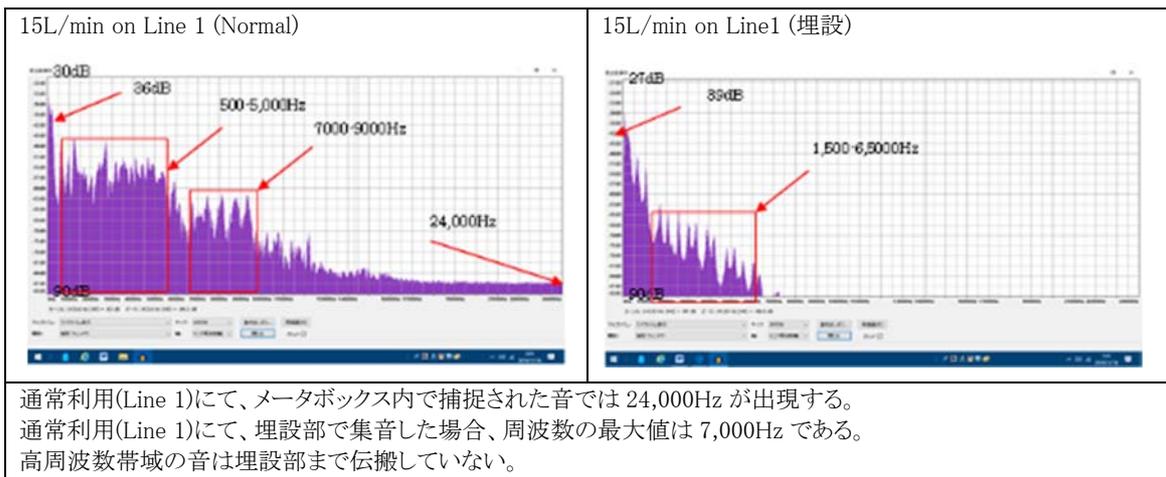


図 3.14 15L/min における伝播音の違い(通常利用 Line 1)

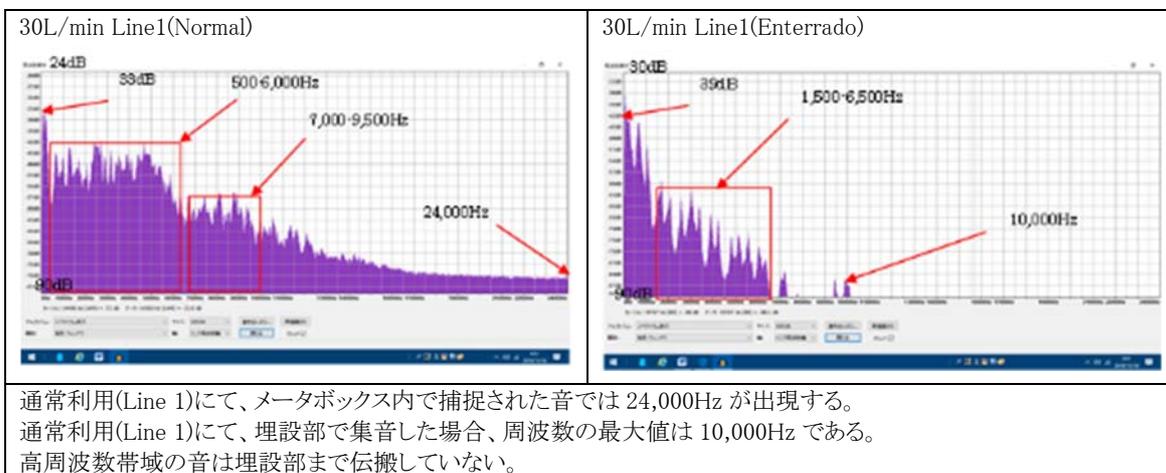


図 3.15 30L/min における伝播音の違い(通常利用 Line 1)

3 種類の流量帯域で試験を行った結果、メータボックス内にマイクを設置した場合と同様、低周波域は捕捉収音できている。しかし、メータ本体の機器の振動に由来する高周波数帯域の音は減衰が大きく、埋設部まで到達しないことがわかる。

### (3) 有効性

埋設状態のマイクであっても、高い周波数は減衰して補足できないものの、それ以外の周波数帯域の集音は可能である。

集音方法は一般的なミニマイクであり、空気伝搬振動を補足している。マイクは、管体が発生する振動音や 30cm 離れたメータの羽根車回転音などの伝播音を捉えていると考えられる。

集音域は限定されるが、その方法を工夫すれば、埋設部でも有効なデータが収集できると考えられる。

### (4) 改善点

メータボックス内と埋設部のどちらであっても、伝搬音の補足は可能であることがわかった。

メータからの距離と、その発生周波数の関係を定量的に表すことができれば、マイクを埋設した状態で非合法の水利用の判定を行うことができる。

管体の振動量は、通水量とも関係があるということが想像される。従って、マイクを通じた録音ではなく、振動センサを管体に密着させて振動量を捕捉する方法も検討の余地があると考えられる。この関係を捉えて解析することができれば、埋設型の盗水検知システムとして活用できる。

この方法が適用を阻害する要因としては、メータ手前の給水管に付帯するL型継手の形状とその数である。継手が多くなると、それだけ伝播音特性にも大きな影響を与える。

一般的な住宅地では、公道からメータまでの埋設部分の距離は 3m 程度と短く、道路下の配水管の深度約 1m からメータ手前の埋設深度 0.3m まで、短い距離で接続しなければならないため、塩化ビニル(PVC)を用いる場合、必然的に継手の数が多くなる。

#### 4. 今後のシステム開発の可能性

本プロジェクトでは、可能な限り安価な機器を使用して、伝搬音の特性から非合法接続の有無を判断する手法を検討した。

一般的な無収水削減活動とは異なり、PDMで示された活動とは別に提案し、ENACALの協力を得て行った取り組みであるため、資金や人的資源の投資に大きな制約がある中での活動であった。

中南米の各国では、非合法的な水利用が無収水の大きな要因となっていることが多い。簡易かつ信頼性の高いシステムを開発することは、様々な水道事業者の抱える課題解決につながる可能性が高い。

例えば、水道メータに取り付ける方法ではなく、メータ前後の継手を加工して、伝搬音を記録できるようにする方法も考えられる。

また、本プロジェクト内では実現できなかったが、メータのパイロット針の動きを適切に補足し、同時に伝搬音も捉えて分析するシステムを構築することも引き続き検討する価値はある。

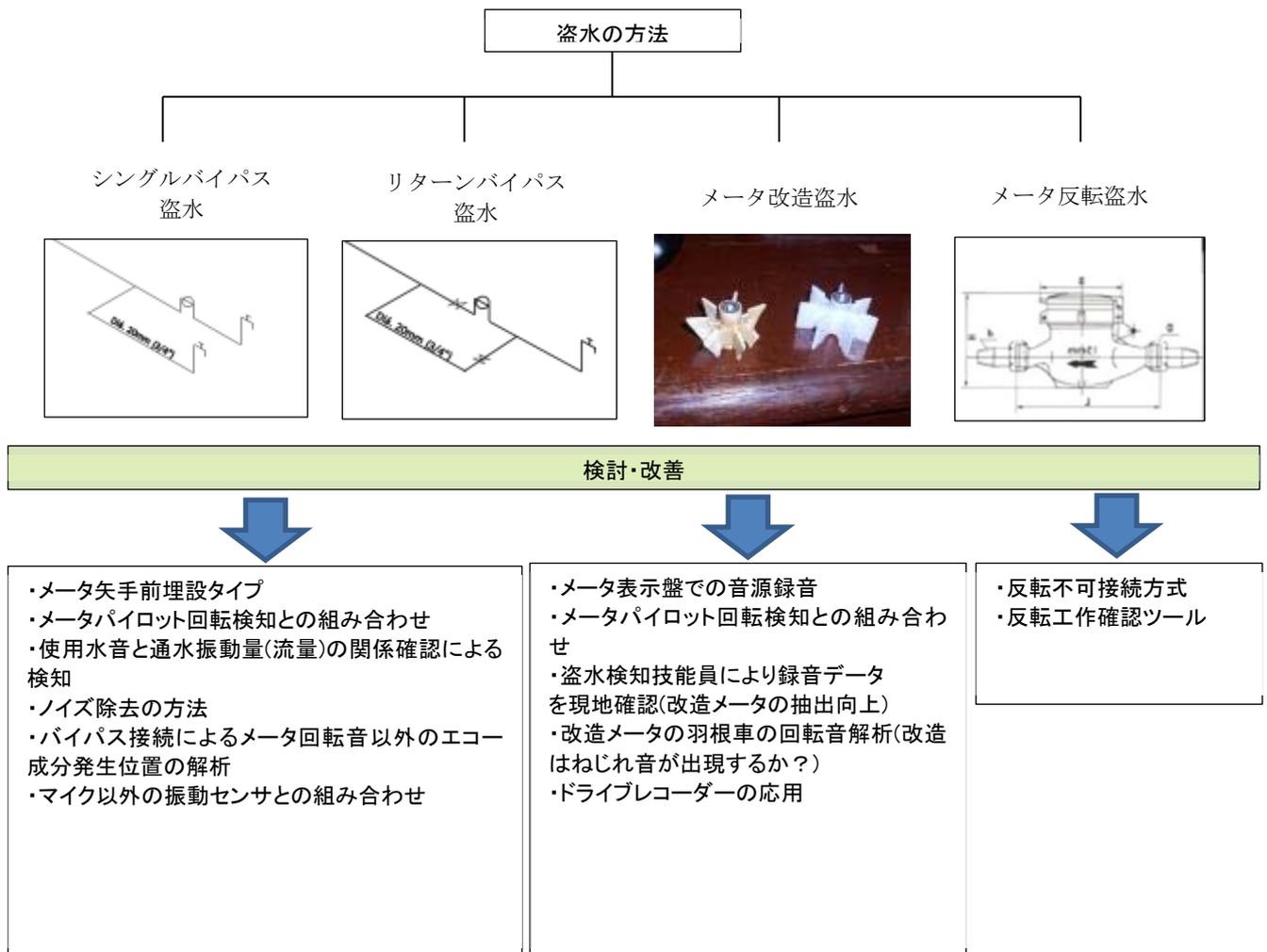


図 4.1 非合法接続の検知システムの構築に向けた検討プロセス

【メータの動作と伝播音の比較による非合法接続検知システム】

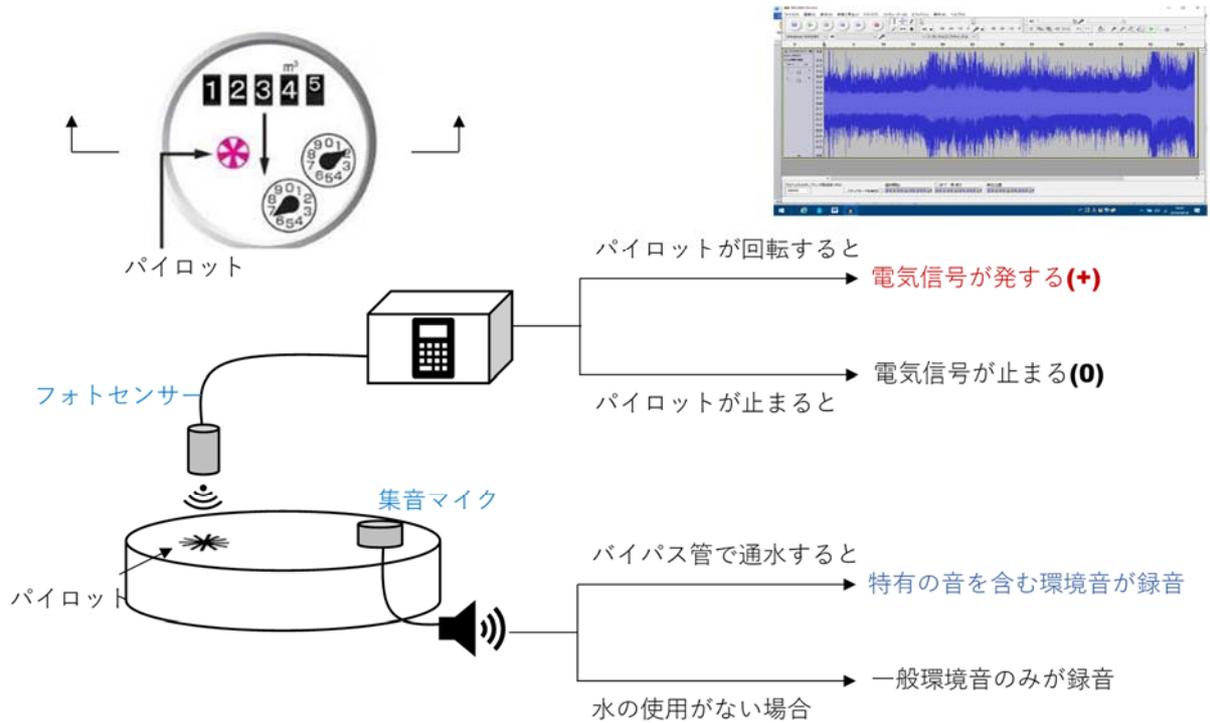


図 4.2 メータ回転の有無と音の検知システム(案)

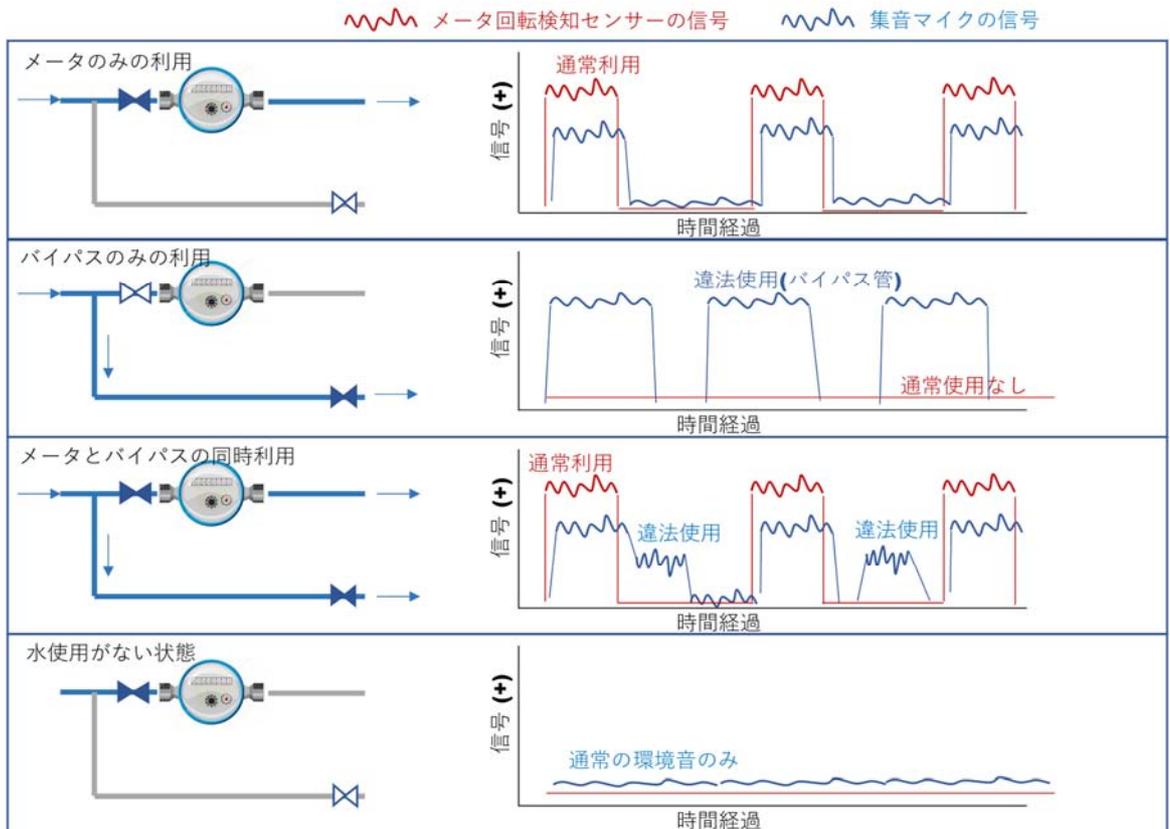


図 4.3 水使用の種類とセンサー出力信号の関係

### 【改造されているメータの判定システム】

メータ内部の改造の判定では、メータを取り外して内部構造を確認することが一般的であるが、疑わしいメータを全て撤去して、検査するには大きな労力を要する。

効率的にこうした検査を行う方法として以下が考えられる。

表 4.1 改造メータの判定方法の案

	機器	判定方法の例
1	マイクロフォン	使用しているメータにマイクロフォンを設置し、レコーダーで1分以上収録する。I phone、I pad で収録した音源を再現し、数人の盗水探知員の聴き取りにより判別する。メータ付近で作業していることができなければ、ワイヤレスで収録する方法も考えられる。
2	ファイバーセンサ+マイクロフォン	パイロット回転(使用水量の測定)とマイクロフォンによる収録を同時に行い、I phone、I pad で収録した音源と画像の確認を数人の盗水探知員により判別する。
3	ドライブレコーダ	使用しているメータにドライブレコーダーを設置し、1分以上記録する。1 分間の指針を読み取り水量を計算し、パイロットの動き、伝搬音の音圧(dB)や周波数(Hz)を調べて判定する。

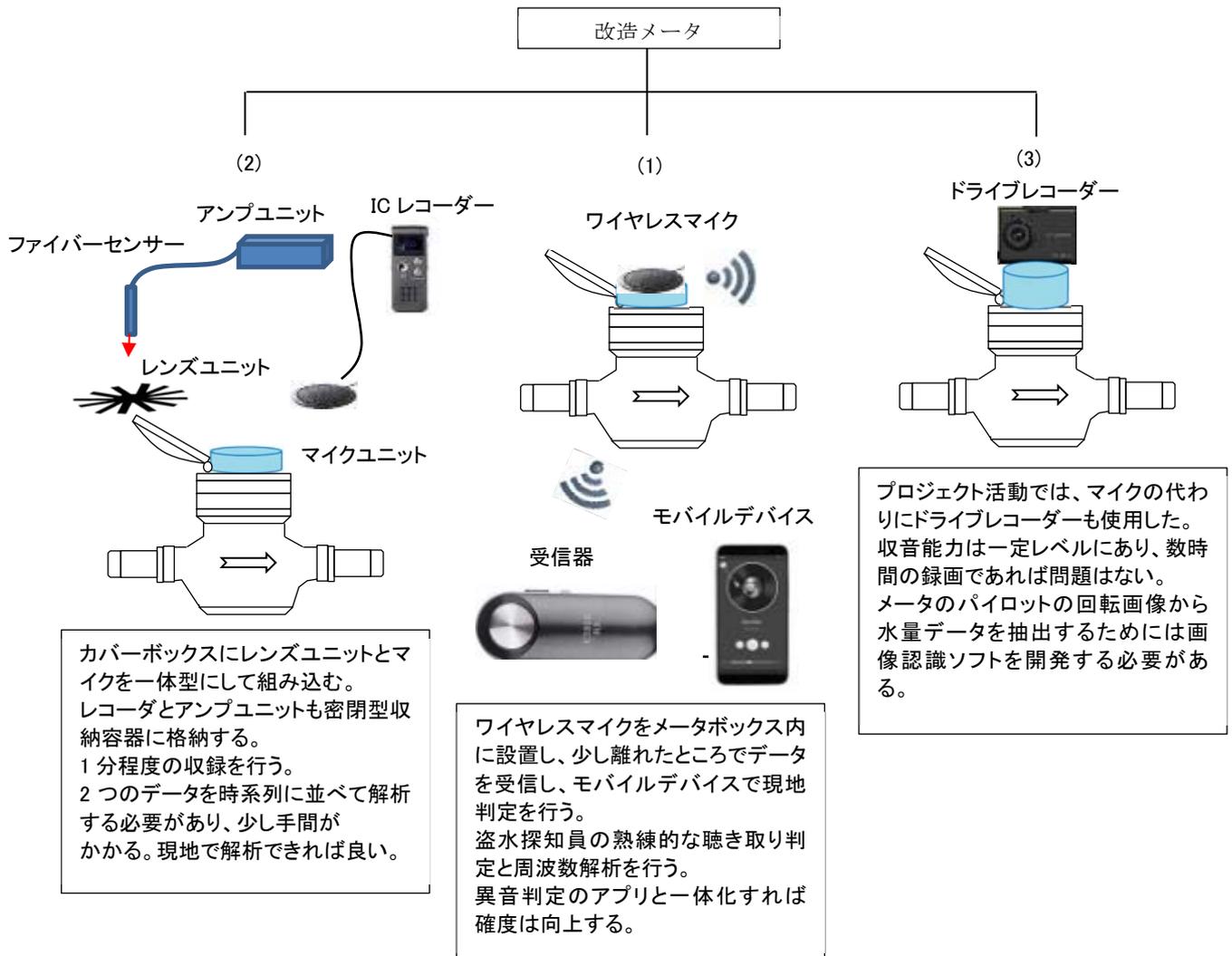


図 4.4 改造メータの検知システムの開発に向けたプロセス