

パラグアイ国配水網管理技術強化プロジェクト

業務完了報告書

目 次

目次

プロジェクト対象地域位置図/モデル地区位置図

図表リスト

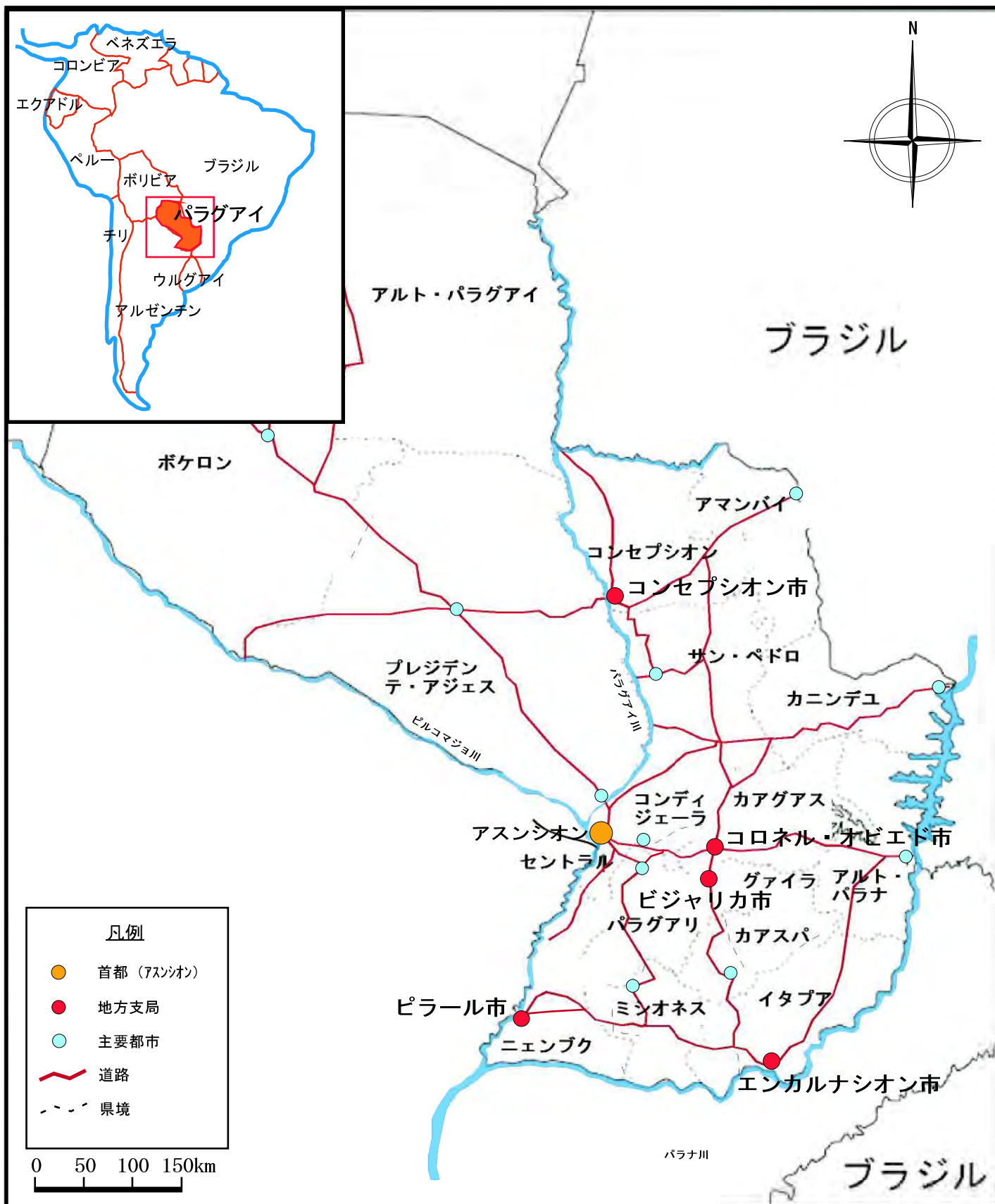
第 1 章 プロジェクトの概要.....	1-1
1.1 プロジェクトの背景.....	1-1
1.2 プロジェクトの概要.....	1-2
1.3 プロジェクトにより期待される成果.....	1-3
1.3.1 期待される成果.....	1-3
1.3.2 成果指標と達成状況.....	1-5
1.4 プロジェクト実施体制.....	1-13
1.4.1 実施機関の組織.....	1-13
1.4.2 プロジェクト実施体制.....	1-14
1.5 プロジェクト全体の活動の流れ.....	1-16
1.6 PDM の変遷.....	1-18
第 2 章 プロジェクト活動内容.....	2-1
2.1 成果 1 に対する活動.....	2-1
2.1.1 既存の配水網の状況及び課題の分析.....	2-1
2.1.2 配水網管理手法に係る理論研修.....	2-3

2.1.3 研修プログラムの成果.....	2-3
2.1.4 配水網管理技術指針.....	2-4
2.2 成果 2 に対する活動.....	2-5
2.2.1 無収水管理技術に係る研修.....	2-6
2.2.2 モデル地区における実地訓練.....	2-10
2.3 成果 3 に対する活動.....	2-60
2.3.1 水圧管理技術に係る研修.....	2-62
2.3.2 モデル地区における実地訓練.....	2-68
2.4 成果 4 に対する活動.....	2-96
2.4.1 ESSAP 本部から支局への技術移転の現状分析と課題の特定.....	2-97
2.4.2 成果 4 に係る指標の検討.....	2-97
2.4.3 ESSAP 本部から地方支局への技術移転の構想.....	2-98
2.4.4 地方支局の事前調査.....	2-99
2.4.5 地方研修の実施.....	2-101
2.4.6 地方支局への研修プログラムの有効性評価/今後の提言.....	2-115
2.5 供与機材及び携行機材.....	2-118
2.5.1 供与機材.....	2-118
2.5.2 コンサルタントの携行機材.....	2-120
2.5.3 その他供与機材.....	2-120
2.6 各種研修への派遣.....	2-121
2.6.1 本邦研修の実施.....	2-121
2.6.2 第三国研修の実施.....	2-125
2.7 技術セミナー及び合同調整委員会.....	2-128
2.7.1 技術セミナー.....	2-128
2.7.2 合同調整委員会.....	2-131

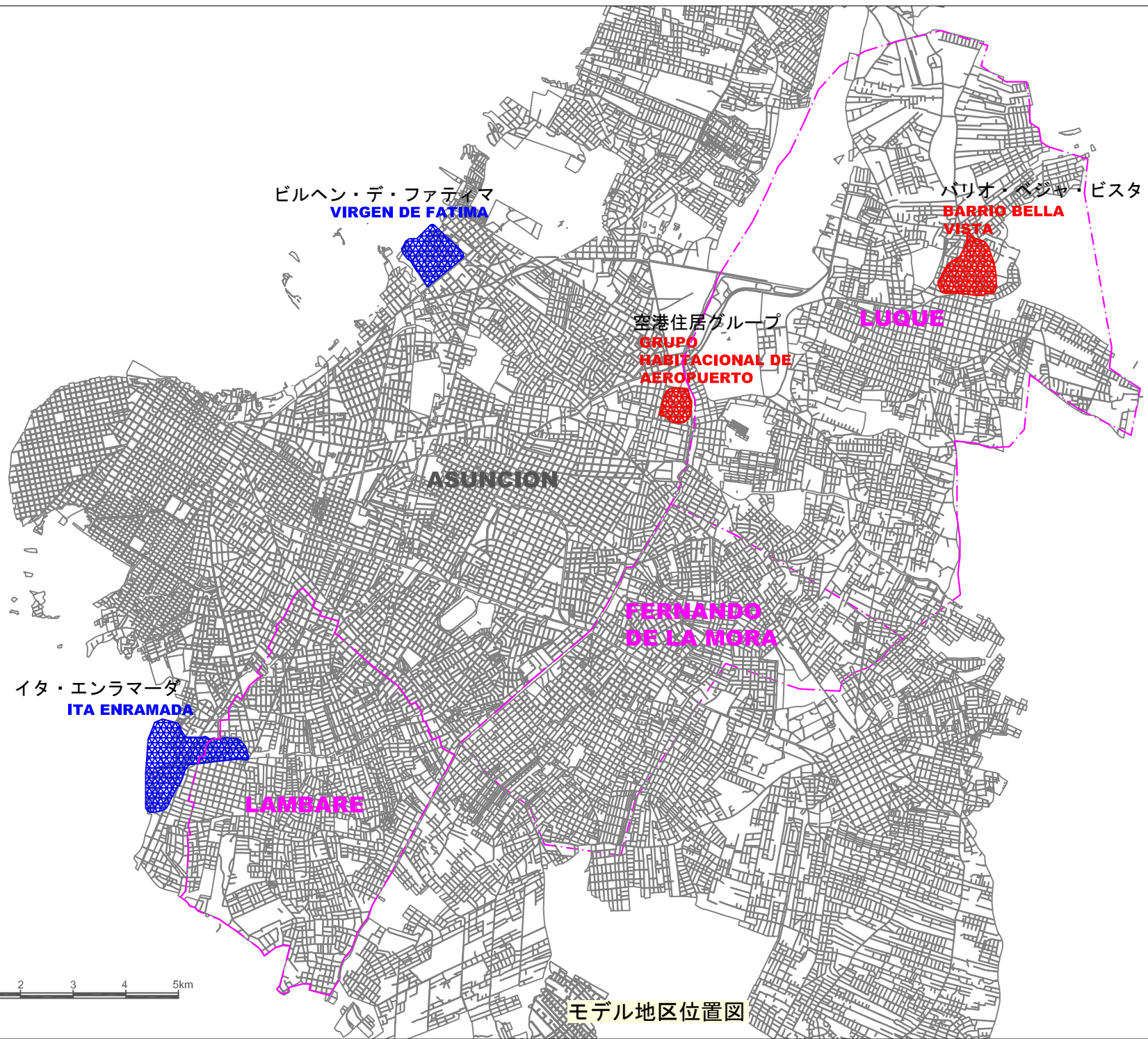
第3章 プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓(業務実施方法、運営体制等)	3-1
3.1 業務実施の基本方針	3-1
3.2 目標達成までのステップ	3-1
3.3 プロジェクト運営会議	3-2
3.4 技術移転の方法	3-3
3.5 世銀プロジェクトとの連携と教訓	3-4
3.6 JICA 直営専門家との連携	3-5
3.7 プロジェクトの教訓	3-7
第4章 プロジェクト目標の達成度	4-1
4.1 成果指標 1	4-1
4.2 成果指標 2	4-1
4.3 成果指標 3	4-3
4.3.1 配水網改善計画案の策定	4-3
4.3.2 配水網改善計画案の位置付け	4-5
4.3.3 配水網改善計画の方法論	4-5
第5章 上位目標の達成に向けての提言	5-1
5.1 上位目標の指標設定	5-1
5.2 上位目標の達成見込み	5-1
5.2.1 指標 1	5-1
5.2.2 指標 2	5-1
5.3.3 指標 3	5-2

【添付資料】

- 別添 1: 活動計画及び実績
- 別添 2: 要員派遣実績表
- 別添 3: 業務実施フローチャート
- 別添 4: モデル地区配水管網図
- 別添 5: 供与機材・携行機材実績(引渡リスト含む)
- 別添 6: 2010年12月23日付実施協議議事録(R/D)
- 別添 7: 2013年12月19日付実施協議議事録(R/D)
- 別添 8: 2011年4月8日付けワークプラン原案に係る議事録
- 別添 9: 第1回JCC議事録(2011年6月9日付 合同委員会設立)
- 別添 10: 第2回JCC議事録(2011年12月9日付 業務進捗協議)
- 別添 11: 第3回JCC議事録(2012年3月20日付 ワークプランフェーズ2協議)
- 別添 12: 第4回JCC議事録(2012年10月18日付 プロジェクト中間評価)
- 別添 13: 第5回JCC議事録(2013年12月19日付 プロジェクト終了時評価)
- 別添 14: 第6回JCC議事録(2014年2月25日付 業務進捗協議)
- 別添 15: 第7回JCC議事録(2014年12月12日付 プロジェクト終了時)
- 別添 16: JICA・ESSAP・国際復興開発銀行(IBRD)との覚書
- 別添 17: 配水管管理技術研修参加者リスト



プロジェクト対象地域位置図



モデル地区位置図

【図表リスト】

表一覧

表 1.2.1	プロジェクトの目標と成果指標	1-2
表 1.3.1	プロジェクトの実施を通じて期待される成果	1-3
表 1.3.2	各成果の達成状況	1-5
表 1.3.3	主要成果と達成状況の概要	1-6
表 1.4.1	合同調整委員会(JCC)のメンバー	1-15
表 1.5.1	プロジェクトのフェーズ分け	1-16
表 1.5.2	プロジェクト活動の概要	1-17
表 1.6.1	PDM(Ver.1)での変更	1-18
表 1.6.2	PDM(Ver.2)での変更	1-18
表 2.1.1	配水網が抱える主な問題点	2-2
表 2.1.2	研修プログラムの項目リスト	2-3
表 2.1.3	各マニュアル・手引きの概要	2-4
表 2.2.1	無収水管理研修プログラムの項目	2-6
表 2.2.2	無収水管理技術の理論研修の実績	2-7
表 2.2.3	漏水探知技術の理論研修の実績	2-8
表 2.2.4	無収水管理モデル地区の現況調査の内容	2-10
表 2.2.5	無収水管理モデル地区の概要	2-11
表 2.2.6	流量計による測定値の違い(空港住居グループ)	2-16
表 2.2.7	夜間最小流量に含まれる平均使用水量	2-16
表 2.2.8	空港住居グループのステップテスト結果	2-20
表 2.2.9	バリオ・ベジャ・ビスタのステップテスト結果	2-22
表 2.2.10	空港住居グループの漏水量測定結果	2-30
表 2.2.11	空港住居グループの宅地内漏水	2-32
表 2.2.12	バリオ・ベジャ・ビスタの配水管からの漏水量	2-33
表 2.2.13	空港住居グループの夜間最小流量とその内訳	2-36
表 2.2.14	空港住居グループの無収水の構成要素	2-37
表 2.2.15	バリオ・ベジャ・ビスタの漏水量の推定	2-38
表 2.2.16	バリオ・ベジャ・ビスタの無収水の構成要素	2-38
表 2.2.17	空港住居グループの水道メータの状況	2-40
表 2.2.18	バリオ・ベジャ・ビスタの水道メータの状況	2-40
表 2.2.19	水道メータ精度管理の室内研修	2-41
表 2.2.20	空港住居グループのメータ更新データ	2-45
表 2.2.21	バリオ・ベジャ・ビスタのメータ更新データ	2-46
表 2.2.22	各戸水道メータの流量範囲と器差	2-46

表 2.2.23	水需要変動の測定結果概要	2-48
表 2.2.24	水需要量の変動に係る勉強会の日程	2-49
表 2.2.25	空港住居グループの無収水率	2-50
表 2.2.26	空港住居グループの水道契約者	2-51
表 2.2.27	空港住居グループの無収水率管理表	2-53
表 2.2.28	バリオ・ベジャ・ビスタの無収水率	2-54
表 2.2.29	バリオ・ベジャ・ビスタの水道契約者	2-55
表 2.2.30	バリオ・ベジャ・ビスタの無収水率管理表	2-56
表 2.2.31	空港住居グループの漏水に係る指標	2-58
表 2.2.32	バリオ・ベジャ・ビスタの漏水に係る指標	2-58
表 2.2.33	モデル地区の不可避漏水量	2-59
表 2.3.1	水圧管理モデル地区の概要	2-61
表 2.3.2	水圧管理研修プログラムの項目	2-62
表 2.3.3	水理解析に関する研修プログラム	2-63
表 2.3.4	水圧管理技術の理論研修の実績	2-64
表 2.3.5	設備管理研修の実績	2-67
表 2.3.6	給水栓水圧のモニタリング	2-68
表 2.4.1	地方支局の調査結果概要	2-99
表 2.4.2	ピラール支局研修日程	2-101
表 2.4.3	ピラール支局研修参加者リスト	2-104
表 2.4.4	コンセプション支局研修日程	2-105
表 2.4.5	コンセプション支局研修参加者リスト	2-107
表 2.4.6	ビジャリカ支局研修日程	2-108
表 2.4.7	ビジャリカ支局研修参加者リスト	2-111
表 2.4.8	エンカルナシオン支局研修日程	2-112
表 2.4.9	エンカルナシオン支局研修参加者リスト	2-114
表 2.4.10	広域運営のための支局編成案	2-116
表 2.5.1	無収水管理技術に関する機材	2-118
表 2.5.2	水圧管理技術に関する機材	2-118
表 2.5.3	漏水探知技術に関する機材	2-118
表 2.5.4	配管施工技術に関する機材	2-119
表 2.5.5	コンサルタントの携行機材	2-120
表 2.6.1	第1回本邦研修の日程	2-121
表 2.6.2	第2回本邦研修の日程	2-122
表 2.6.3	第3回本邦研修の日程	2-124
表 2.6.4	2012年第三国研修の日程	2-125
表 2.6.5	2013年第三国研修の日程	2-127
表 2.7.1	技術セミナーの実績	2-128

表 2.7.2	第 1 回技術セミナーの内容	2-129
表 2.7.3	第 2 回技術セミナーの内容	2-129
表 2.7.4	第 3 回技術セミナーの内容	2-130
表 2.7.5	合同調整委員会(JCC)の実績	2-131
表 3.6.1	JICA 直営専門家の派遣実績	3-5
表 3.6.2	工藤専門家による研修	3-6
表 4.1.1	プロジェクト目標と成果指標	4-1
表 4.2.1	日本側の支援とともに実施した地方研修	4-2
表 4.2.2	ESSAP 無収水部が独自に実施した地方研修	4-2
表 4.3.1	配水網改善計画案の内容	4-4
表 5.2.1	主要都市の人口変化	5-2

図一覧

図 1.3.1	PDM 系統図	1-4
図 1.4.1	ESSAP 本部の組織図(2014 年 9 月)	1-13
図 1.4.2	無収水部の組織図(2014 年 9 月)	1-14
図 1.4.3	プロジェクト業務体制図	1-15
図 1.5.1	各フェーズにおける活動の流れ	1-16
図 2.2.1	空き時間と最小流量の関係	2-12
図 2.2.2	2 種類の流量計を活用した測定技術	2-13
図 2.2.3	夜間最小流量の分析図(空港住居グループ)	2-15
図 2.2.4	空港住居グループの平均配水量と夜間最小流量の変化	2-17
図 2.2.5	バリオ・ベジャ・ビスタの平均配水量と夜間最小流量の変化	2-18
図 2.2.6	モニタリングシステムの概要	2-19
図 2.2.7	空港住居グループのサブセクター化とステップテスト結果	2-21
図 2.2.8	バリオ・ベジャ・ビスタのサブセクター化とステップテスト結果	2-23
図 2.2.9	ボーリング探知法のプロセス	2-24
図 2.2.10	ヘリウムガス透過の模式図	2-26
図 2.2.11	サブセクターにおける直接測定法のイメージ	2-28
図 2.2.12	直接測定法により把握した漏水量(空港住居グループ)	2-29
図 2.2.13	直接測定法により把握した漏水量(バリオ・ベジャ・ビスタ)	2-34
図 2.2.14	無収水と有収水の構成要素	2-35
図 2.2.15	空港住居グループの夜間最小流量の構成	2-36
図 2.2.16	水道メータ(Class B)の場合の器差曲線	2-42
図 2.2.17	流量帯域別の誤差分布	2-43
図 2.2.18	水需要変動の測定結果	2-47
図 2.2.19	流量帯域と使用水量の関係	2-48

図 2.2.20	メータ更新の概念図	2-49
図 2.2.21	空港住居グループの無収水率	2-50
図 2.2.22	空港住居グループの配水量(2012年8月17日～10月4日)	2-52
図 2.2.23	バリオ・ベジヤ・ビスタの無収水率	2-54
図 2.3.1	スクイズオフ工法	2-67
図 2.3.2	水圧変動の測定結果の例	2-69
図 2.3.3	ビルヘン・デ・ファティマの配管網図	2-70
図 2.3.4	流入部と管網内3地点の水圧変動(ビルヘン・デ・ファティマ)	2-71
図 2.3.5	流入水量と水圧変化(ビルヘン・デ・ファティマ)	2-71
図 2.3.6	ビルヘン・デ・ファティマのステップテスト実施時の水圧変動	2-74
図 2.3.7	ビルヘン・デ・ファティマのセクター別漏水量	2-74
図 2.3.8	ビルヘン・デ・ファティマの水理計算例	2-76
図 2.3.9	ビルヘン・デ・ファティマの配管更新案	2-77
図 2.3.10	流入水量と水圧変動(イタ・エンラマーダ)	2-78
図 2.3.11	イタ・エンラマーダの配水区域	2-79
図 2.3.12	ビルヘン・デ・ファティマの減圧弁設置概要図	2-81
図 2.3.13	ビルヘン・デ・ファティマの減圧弁設置後の水圧測定地点	2-82
図 2.3.14	ビルヘン・デ・ファティマの減圧弁設置前の水圧変動	2-83
図 2.3.15	ビルヘン・デ・ファティマの第1段階の水圧調整	2-83
図 2.3.16	ビルヘン・デ・ファティマの流入水量	2-84
図 2.3.17	ビルヘン・デ・ファティマの第2段階の水圧調整	2-85
図 2.3.18	ビルヘン・デ・ファティマの第3段階の水圧調整	2-85
図 2.3.19	イタ・エンラマーダの減圧弁設置概要図	2-87
図 2.3.20	イタ・エンラマーダの配水網と水圧測定地点	2-88
図 2.3.21	イタ・エンラマーダの減圧弁設置前の水圧変動	2-90
図 2.3.22	イタ・エンラマーダの第1段階の水圧調整	2-90
図 2.3.23	イタ・エンラマーダの水圧変動(1)	2-91
図 2.3.24	イタ・エンラマーダの水圧変動(2)	2-92
図 2.3.25	イタ・エンラマーダの水圧変動(3)	2-92
図 2.3.26	イタ・エンラマーダの減圧弁設置後の流量変動	2-93
図 2.3.27	イタ・エンラマーダの減圧弁設置変更図	2-94
図 2.3.28	イタ・エンラマーダの第2段階の水圧調整	2-94
図 2.3.29	イタ・エンラマーダの減圧弁交換後の水圧変動	2-95
図 2.4.1	成果4の活動展開構想	2-98
図 2.4.2	ピラル浄水場の配水量測定	2-102
図 2.4.3	ピラル市の給水栓水圧の分布	2-102
図 2.4.4	ピラル市の配水管網の最適化案	2-103
図 2.4.5	コンセプション市の給水栓水圧の分布	2-106

図 2.4.6	コンセプション市の配水管網の最適化案	2-106
図 2.4.7	コロネル・オビエド市の給水栓水圧の分布	2-109
図 2.4.8	ビジャリカ市の給水栓水圧の分布	2-109
図 2.4.9	コロネル・オビエド市の給水栓水圧の変動	2-110
図 2.4.10	ビジャリカ市の給水栓水圧の変動	2-110
図 2.4.11	エンカルナシオン市の給水栓水圧の分布	2-113
図 2.4.12	エンカルナシオン市の給水栓水圧の変動	2-113
図 3.2.1	本プロジェクトの目標達成ステップ概念図	3-1
図 3.4.1	理論研修と実地訓練の流れ	3-4

第 1 章 プロジェクトの概要

第 1 章 プロジェクトの概要

1.1 プロジェクトの背景

パラグアイ国(以下、パ国という)は、2004 年に策定した貧困・格差削減計画(ENREPD)において、2015 年までに全国の上水道普及率を 80.5%に引き上げるという目標を掲げている。しかし、2011 年 8 月に国連開発計画(UNDP)が公表した報告によれば、2009 年末の上水道普及率は全人口の 60.3%にとどまっている。

パ国の人口 1 万人以上の都市では、パラグアイ衛生事業会社(以下、ESSAP という)が上下水道の整備・運営・維持管理を担っている。しかし、その施設の大部分は ESSAP の前身である衛生事業公社(CORPOSANA)時代に整備されたものであり、その後、計画的な管の更新が実施されてこなかったため、特に配水管の老朽化が著しい。

アスンシオン首都圏では、1993 年の上水道普及率は 63%と低い水準にあったが、1995～1999 年に実施された円借款「アスンシオン上水道整備事業(借款承諾額/実行額:約 61 億円/約 55 億円)」を通じて、浄水施設、送水施設(送水ポンプ、送水管)、市内の一部における配水施設(高架水槽、配水池、配水管網 94km)が整備された結果、首都圏の上水道普及率は 2005 年時点で 80%に改善した。

一方、無収水率は計画されていたほど改善されておらず、2008 年時点で 48%に達していることが判明した。その一因として、円借款事業の後に、パ国側が独自予算で進める予定であった老朽化した 2～3 次配水管の更新が進んでいないことが考えられる。実際、首都圏においては、1 日約 90 箇所水道管の破損が生じており、莫大な補修費用が発生しているほか、多量の漏水による事業収益の減少、舗装道路の破損等を引き起こしている。また、配水管網のブロック化が進んでおらず、流量計測設備の不備などもあって、配水量や使用水量が正確に把握できていないほか、首都圏の人口の急増に伴う不法接続等の増加にも対応できていないなど、無収水の管理に係る体制整備、技術力の向上が急務となっている。

こうした状況を踏まえ、ESSAP は老朽管(主にアスベストセメント管)の更新を含めた、配水ブロックの最適化及び無収水管理体制の整備を目的とし、上記円借款事業の開発効果の更なる発現に資するため、我が国に技術協力プロジェクト(以下、本プロジェクトと称す)を要請した。JICA は本プロジェクトの必要性、要請の妥当性を確認するために、2010 年 11 月に詳細計画策定調査を実施し、同結果を踏まえ、ESSAP と JICA は 2010 年 12 月 23 日に実施協議議事録に署名した。

本プロジェクトの開始当初は、以下の 2 フェーズに分けて実施されていた。

2011 年のフェーズ 1 では、主に基礎的技術の座学、プロジェクト機材の調達と初期操作指導、実地訓練を行うモデル地区の選定が行われた。2012 年 3 月より開始されたフェーズ 2 では、フェーズ 1 で得られた基礎情報や研修成果を活用しながら、モデル地区での OJT を通じた技術移転作業を本格化させた。

しかしながら、プロジェクト開始直後から政治的要因に伴う ESSAP 幹部の頻繁な交代が続き、その

影響でパラグアイ側負担事項とされていた工事や資機材調達が大幅に遅れたことから、OJT の対象地域であるモデル地区の活動に支障を来すこととなった。

2013年10月に実施されたプロジェクト終了時評価の結果、当初のプロジェクト期間内ではモデル地区における活動が完了できず、プロジェクト目標の達成が困難であることが確認され、ESSAPにより所定の措置が講じられることを条件として、プロジェクト期間を10ヶ月延長することが妥当と判断された。

2013年12月19日、ESSAPとJICAとの間で、本プロジェクト期間を2014年12月まで延期することに関する実施協議議事録が署名されたことを受け、2014年4月から12月までの期間をフェーズ2フォローアップと位置付け、プロジェクト成果の達成に向けた活動を継続することとなった。

1.2 プロジェクトの概要

本プロジェクトの概要は以下のとおりである。2011年10月に実施された中間評価時の改定PDM(Ver.1)では、プロジェクト目標の成果指標2を定量化するため、研修参加者50名以上という数値が示された。また、プロジェクト期間延長に係る議事録署名時の改訂PDM(Ver.2)では、上位目標の成果指標3について、水道顧客満足度はモデル地区の顧客に限定する表現に改められた。

表 1.2.1 プロジェクトの目標と成果指標

項目	内容	成果指標
上位目標	ESSAP の給水サービスが向上する。	1 ESSAP の給水エリアにおける水量と水圧が適正に管理される。
		2 水道の顧客数が増加する。
		3 モデル地区の水道の顧客の満足度が改善される。
プロジェクト目標	ESSAP の配水網管理能力が強化される。	1 技術移転された配水網管理技術が、日々の水道施設のオペレーションに活用される。
		2 ESSAP 本部及び地方支局の技術者及び技師が50名以上、配水網管理に係る研修を終了する。
		3 ESSAP が配水網の改善計画づくりに着手する。

1.3 プロジェクトにより期待される成果

本プロジェクトでは、まず首都圏の ESSAP 関係者(本部及びアスンシオン首都圏 7 支局。以下、ESSAP 本部という)に対し、無収水対策と水圧管理を主とする配水網管理技術について、座学と実習を通じた移転を行う。その後、技術を習得した ESSAP 本部技術者が ESSAP 地方支局の技術者に対して技術移転を行い、ESSAP 全体の配水網管理技術が強化されるよう支援を行うことが計画され、将来的には協力効果の全国展開も期待されている。また、本プロジェクトを通じて移転された技術を ESSAP が活用し、アスンシオン首都圏の配水網を抜本的に改善するため、本格的な取り組みを開始することが期待されている。

1.3.1 期待される成果

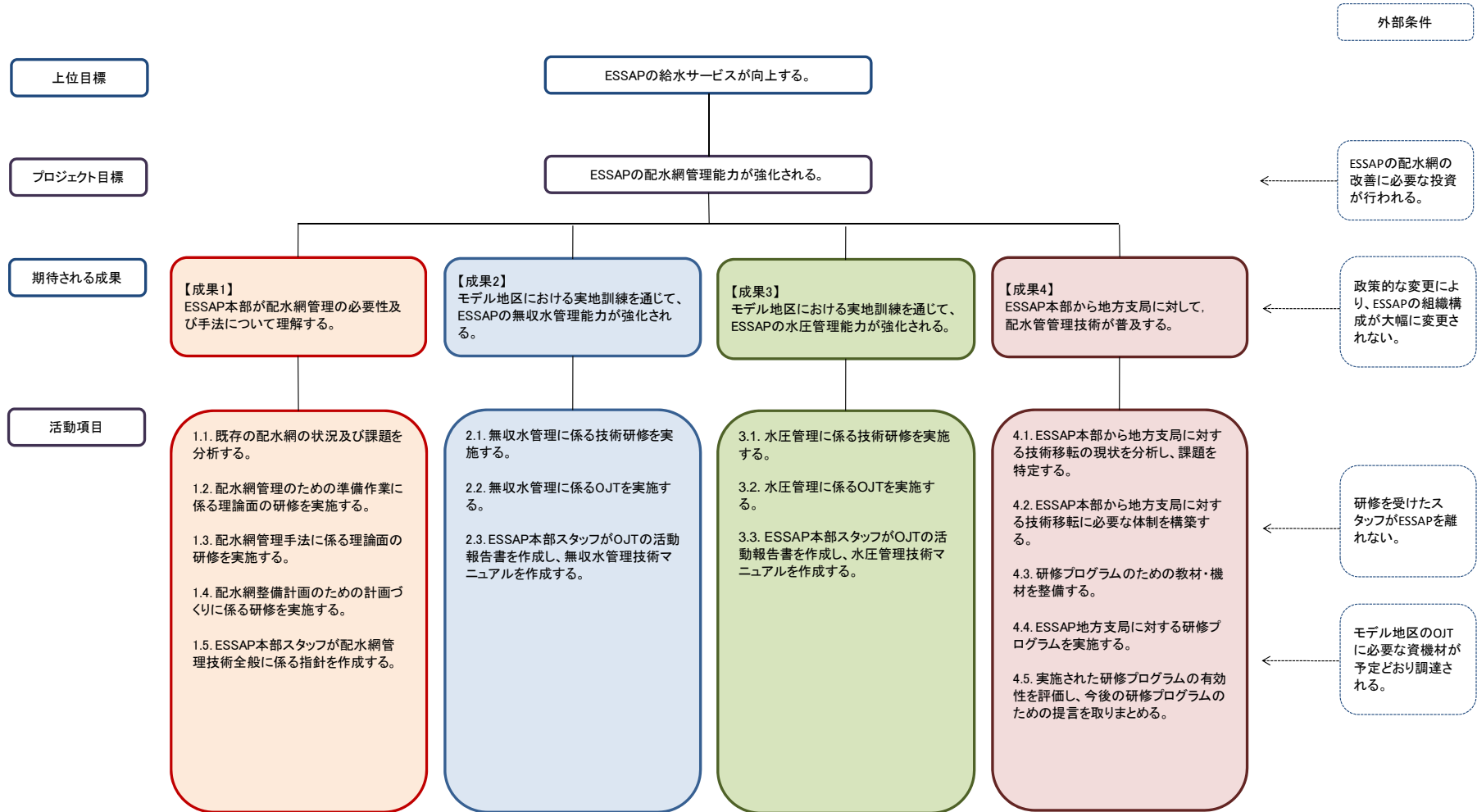
本プロジェクトを通じて期待される具体的成果は以下の 4 項目から成り、各成果を達成するために、日本側専門家による技術支援が行われた。

表 1.3.1 プロジェクトの実施を通じて期待される成果

項目	成果の内容
成果 1	ESSAP 本部が配水網管理の必要性及び手法について理解する。
成果 2	モデル地区における実地訓練を通じて、ESSAP の無収水管理能力が強化される。
成果 3	モデル地区における実地訓練を通じて、ESSAP の水圧管理能力が強化される。
成果 4	ESSAP 本部から地方支局に対して、配水管管理技術が普及する。

最終的な PDM の概略を系統図として整理したものを以下に示す。

図 1.3.1 PDM 系統図



1.3.2 成果指標と達成状況

2010年12月時点で設定されたプロジェクト・デザイン・マトリックス(PDM)は、中間評価時及び終了時評価後に2回改定され、各指標の数値や成果4の内容がより具体化された。

2013年10月の終了時評価に達成度不十分とされた成果については、本プロジェクトフォローアップ期間を通じてすべて達成された。

表 1.3.2 各成果の達成状況

成果	指標		達成状況	
			2013年10月	フォローアップ期間終了時
【成果1】 ESSAP 本部が配水管管理の必要性及び手法について理解する。	1-1	ESSAP 本部のスタッフが配水管管理の技術指針を作成する。	達成済み	同左
【成果2】 モデル地区における実地訓練を通じて ESSAP の無収水管理能力が強化される。	2-1	ESSAP 本部のスタッフがモデル地区において無収水の構成要素を特定できる。	部分的達成	達成済み
	2-2	ESSAP 本部のスタッフがモデル地区の無収水管理計画を立案することができる。	部分的達成	達成済み
	2-3	ESSAP 本部のスタッフが無収水管理の日常作業に必要となるスキルを習得する。	達成済み	同左
	2-4	モデル地区における無収水率が減少に転じる。	部分的達成	達成済み
【成果3】 モデル地区における実地訓練を通じて ESSAP の水圧管理能力が強化される。	3-1	ESSAP 本部のスタッフがモデル地区における水圧管理計画を立案できる。	部分的達成	達成済み
	3-2	ESSAP 本部のスタッフが水圧管理の日常作業に必要となるスキルを習得する。	部分的達成	達成済み
	3-3	モデル地区において配水圧が適正な値に調整される。	部分的達成	達成済み
【成果4】 ESSAP 本部から地方支局に対して配水管管理技術が普及する。	4-1	ESSAP 本部スタッフが適切な工具と手法によって配管の据付・修理ができるようになる。	達成済み	同左
	4-2	ESSAP 本部職員から地方支局職員に対して配水管管理に係る研修が4回実施される。	達成済み	同左

PDMに示された主要成果及び成果指標に対する達成状況の概要については、以下のとおり整理される。

表 1.3.3 主要成果と達成状況の概要

No	成果	成果の達成状況ハイライト
成果 1	ESSAP 本部が配水網管理の必要性及び手法について理解する。	<p>【指標 1-1: ESSAP 本部スタッフが配水網管理手法に係る指針を作成する。】</p> <p>終了時評価：達成済み</p> <p>ESSAP 本部及び首都圏の各支局への聞き取り調査、漏水補修工事のサイトや候補とされているモデル地区などにおける配水網の現況調査を行い、ESSAP が抱える配水網管理の現状を把握するとともに、配管網が抱える問題点や技術的課題を明らかにした。</p> <p>その後、ESSAP の配水網管理において重点的に研修すべき項目をリストアップし、理論研修を実施した。</p> <p>準備作業の研修では、主に配水網のゾーニング・ブロック化、流量計・水圧計の仕組みや取扱い、減圧弁や空気弁の用途と設置、SCADA や GIS の運用といったテーマを扱った。</p> <p>また、配水網管理の実践に向けた研修として、流量や水圧データのモニタリングシステムの仕組みとその構築、配管漏水や修理記録の GIS データベース化、水道メータの管理方法、資機材の品質管理といったテーマを扱った。</p> <p>配管施工技術、バルブ類の維持管理技術などは、アスンシオン首都圏の配管網部や運転部の職員を対象に技術講習会が開催され、一般技術にとどまらず、通常のマニュアルには記載されていない現場でのノウハウも多く紹介された。</p> <p>ESSAP 職員の理解度を図るため、2012 年 4 月、2013 年 3 月、2014 年 10 月にセミナー(ワークショップ)を 3 回開催した。無収水部の技術職員に発表テーマを割り当て、これまで研修で習得した配水網管理の重要性や配水網管理の具体的手法についてプレゼンテーションを義務付けた。その際、参加した各部署の職員との間での質疑応答において各自の理解度や論理性、技術的妥当性などの判断を行った。</p> <p>この結果、無収水部の職員においては、本プロジェクトの目的、活動内容が十分に理解され、配水網管理の必要性とその具体的に適用すべき技術を十分に認識し、理解していることが確認できた。</p> <p>一方、他国の配水網管理技術の理解を深めるため、2011 年 11 月、2012 年 11 月、2013 年 11 月の 3 回にわたり本邦研修を実施した。研修には ESSAP 職員 9 名及び公共事業通信省水衛生局 1 名が参加し、本邦の水道事業体の配</p>

No	成果	成果の達成状況ハイライト												
		<p>水網管理技術、配管施工の品質管理技術を学ぶとともに、適切な水道資材の選定の重要性を理解し、今後の ESSAP 資材調達業務へ活かす努力が続けられている。</p> <p>プロジェクト活動の一環として作成されたマニュアルやガイドを整理・編集した指針は、無収水部長、漏水探知修繕課長、コマーシャルロス削減課長の手によって2013年3月までにまとめられ、その後 OJT の結果や地方研修の結果を元に修正が加えられた。2014年2月時点で以下の構成で指針が作成されており、プロジェクト終了時までに製本化された。</p> <table border="0"> <tr> <td>Volume 1: 無収水管理マニュアル</td> <td>成果 2 に係る研修ガイドライン</td> </tr> <tr> <td>Volume 2: 水圧管理マニュアル</td> <td>成果 3 に係る研修ガイドライン</td> </tr> <tr> <td>Volume 3: 配管施工の手引き</td> <td>OJT 用技術ガイドライン</td> </tr> <tr> <td>Volume 4: 水道メータ施工の手引き</td> <td>OJT 用技術ガイドライン</td> </tr> <tr> <td>Volume 5: 漏水探知の手引き</td> <td>OJT 用技術ガイドライン</td> </tr> <tr> <td>Volume 6: 水道用バルブの基礎</td> <td>技術参考書</td> </tr> </table>	Volume 1: 無収水管理マニュアル	成果 2 に係る研修ガイドライン	Volume 2: 水圧管理マニュアル	成果 3 に係る研修ガイドライン	Volume 3: 配管施工の手引き	OJT 用技術ガイドライン	Volume 4: 水道メータ施工の手引き	OJT 用技術ガイドライン	Volume 5: 漏水探知の手引き	OJT 用技術ガイドライン	Volume 6: 水道用バルブの基礎	技術参考書
Volume 1: 無収水管理マニュアル	成果 2 に係る研修ガイドライン													
Volume 2: 水圧管理マニュアル	成果 3 に係る研修ガイドライン													
Volume 3: 配管施工の手引き	OJT 用技術ガイドライン													
Volume 4: 水道メータ施工の手引き	OJT 用技術ガイドライン													
Volume 5: 漏水探知の手引き	OJT 用技術ガイドライン													
Volume 6: 水道用バルブの基礎	技術参考書													
成果 2	モデル地区における実地訓練を通じて、ESSAP の無収水管理能力が強化される。	<p>【指標 2-1: ESSAP 本部スタッフがモデル地区において無収水の構成要素を特定できるようになる。】</p> <p>終了時評価： 部分的達成</p> <p>空港住居グループでは、2012年6月に電磁式水道メータの設置が完了、同年7月より配水網へ流入する水量のモニタリングが開始された。流量計から送られてきたデータ、各戸水道メータで計測された消費水量、漏水探知の結果等を踏まえ、2013年10月までに無収水の構成要素の特定を終えた。無収水率については減少傾向を示しており、プロジェクト終了までに安定した無収水管理が続いている。</p> <p>バリオ・ベジャ・ビスタでは、2013年1月に電磁式水道メータの設置が完了、引き続き配水管へ流入する水量のモニタリングが行われている。ESSAP 負担事項の遅れによって各戸水道メータの取り付けが完了しておらず、地区内の消費水量が計測できていないため、正確な無収水量が把握できていなかった。</p> <p>その後、ESSAP の組織体制の強化と他部署からの支援もあって、2014年5月末にバリオ・ベジャ・ビスタの水道メータ更新が完了し、併せて、無収水管理活動、漏水探知・修繕に係る OJT が進められた。この結果、無収水量は減少に転じるとともに、無収水の構成要素の特定が行われた。</p> <p>モデル地区での各種作業には無収水部施工班及び漏水探知・測定課職員が従事し、測定技術の習得に努めた。計測されたデータを分析し、無収水の</p>												

No	成果	成果の達成状況ハイライト
		<p>構成要素を特定する段階では、無収水部長、漏水探知・測定課長、コマースシャルロス削減課長が分析に当たった。</p> <p>以上より、本指標は達成された。</p> <p>【指標 2-2: ESSAP 職員がモデル地区において無収水管理のための計画を立案できるようになる。】</p> <p>終了時評価: 部分的達成</p> <p>本指標は、指標 2-1「無収水の構成要素の特定」が行われた後に実施可能となる。モデル地区で把握された無収水の構成要素を検証し、漏水が主な原因であれば漏水対策を計画の中心に据えるなど、地区の特性に応じた無収水削減計画の策定が必要となる。</p> <p>空港住居グループでは、指標 2-1 が達成されており、水道メータ検針業務の精緻化(コマースシャルロスの削減)と老朽化管路の更新による漏水発生の抑制(フィジカルロスの削減)が大きな対策の柱となる。プロジェクト後半では無収水部による定期パトロールが行われ、夜間最小流量を日々監視しながら異常時の漏水修繕の対応や請求水量の精緻化作業が日々の無収水管理計画に盛り込まれ、無収水管理が日常業務に組み込まれるようになった。</p> <p>バリオ・ベジャ・ビスタでは、指標 2-1 の達成が遅れていたが、2014 年以降に無収水管理活動が大きく進展した。空港住居グループと同様、無収水管理の計画の立案ができるようになり、監視水準としての夜間水量を設定し、日常的な無収水管理が続けられている。</p> <p>無収水管理の活動計画は、漏水探知・測定課の職員によって検討され、定められた夜間最小流量の監視水準やパトロール頻度に従い、日常活動として無収水管理が継続されている。</p> <p>以上より、本指標は達成された。</p> <p>【指標 2-3: ESSAP 本部スタッフが日常的な無収水管理業務に必要な技術を習得する。】</p> <p>終了時評価: 達成済み</p> <p>無収水管理技術と漏水探知技術に関する研修は複数回にわたり実施された。</p> <p>また、ブラジル国サンパウロ基礎衛生公社(Sabesp)で 2012 年 2 月、2014 年 10 月に開催された第三国研修「無収水管理研修」には ESSAP から計 4 名が参加し、隣国の無収水管理の現状を学んだ。2013 年 8 月には、配管工事に従事</p>

No	成果	成果の達成状況ハイライト
		<p>する技術員向けの特別研修コースが開催され、ESSAP から 10 名の技術員が参加し、漏水や無収水低減の重要性を学び、配管網の施工技術の向上に取り組んだ。</p> <p>無収水管理技術の基礎研修は、2011 年 6 月～7 月にかけて計 6 回、漏水探知技術の基礎研修は 2011 年 6 月に 3 回、水道メータとコマーシャルロスの研修は 2012 年 12 月に 3 回実施した。その後、ESSAP が日常的に実施する漏水探知・修繕作業の現場で実践的な作業に取り組み現在に至っている。</p> <p>・漏水探知技術</p> <p>技術移転の主な対象は無収水部漏水探知・測定課職員(施工班含む)であるが、アスンシオン配水網部の技術職員も部分的に研修を受けた。音聴棒や漏水探知機、エアコンプレッサー、希ガスを利用した技術など、一連の漏水探知技術が移転された。人や技術によって習得度に差があるのは致し方ないが、基礎的な探知手法はすでに実務に活用され、他部署からも無収水部に対して技術支援の要請が届くレベルに達している。</p> <p>・流量計測/モニタリング技術</p> <p>モデル地区では、流量計が分単位で計測する流量/水圧データを、ESSAP 本部の PC に毎日転送できるシステムが構築された。無収水部漏水探知・測定課の職員自身で、日々の流量/水圧変化を事務所で常時モニタリングし、配管網の異常や漏水発生などをデータから読み取ることができるようになった。</p> <p>・水道メータの検査・検定技術</p> <p>ESSAP はメータ検査所を保有しているが、プロジェクト開始以前はメータ修理が主な作業であり、精度検定の技術は不足していた。</p> <p>この技術支援では、無収水部長、コマーシャルロス課長、漏水探知・測定課長だけでなく、アスンシオン配水網部の水道メータ検査所職員も指導対象とした。プロジェクトで検定機器の使用法を復習し、ISO 基準に沿った検定技術を移転した結果、新規調達メータの精度や欠陥の有無を事前に確認し、メータ品質を確保することが可能となった。世銀支援で調達するメータの選定や品質要求事項などの検討は無収水部長を中心に進められており、上記の経験が大きく活かされている。</p>

No	成果	成果の達成状況ハイライト
		<p>【指標 2-4: モデル地区における無収水率が減少する。】</p> <p>終了時評価: 部分的達成</p> <p>2 つのモデル地区における無収水率はプロジェクト開始当時から大きく減少した。配水量と無収水率の正確な測定を開始した時点、ならびにプロジェクト終了前の無収水率は以下のとおりで、成果指標を満足する結果が得られた。</p> <p>-空港住居グループの無収水率</p> <p>35.8% (2012 年 7 月) → 4.9% (2014 年 7 月)</p> <p>-バリオ・ベジャビスタの無収水率</p> <p>49.6% (2013 年 3 月) → 12.3% (2014 年 7 月)</p> <p>以上より、本指標は達成された。</p>
成果 3	モデル地区における実地訓練を通じて、ESSAP の水圧管理能力が強化される。	<p>【指標 3-1: ESSAP 本部スタッフがモデル地区において水圧管理のための計画を立案できるようになる。】</p> <p>終了時評価: 部分的達成</p> <p>習得した基礎技術を ESSAP の日常的な業務に活かすため、モデル地区での水圧分布の現状を OJT を通じて明らかにし、その問題点を議論した。ESSAP 負担事項である流量計測ピットの建設や資機材調達は当初計画から遅れたものの、モデル地区の水理解析結果を基に、水圧の低減と安定化に向けた改善内容、施工内容を提案することができている。こうした技術を習得したのは無収水部漏水探知・測定課の職員であり、特に水理解析専門の職員の技術力向上は顕著である。</p> <p>調達が遅れた配管アクセサリについては、JICA パラグアイ事務所を通じた調達手続きが実現し、両モデル地区の減圧弁設定は 2014 年 6 月に完了した。2014 年 7 月以降、無収水部により作成された水圧管理計画に基づき、複数の段階に分けて水圧調整が実施され、水圧最適化案の実施と評価、水圧管理計画の最終化にむけた追加対策が実施された。</p> <p>以上より、本指標は達成された。</p> <p>【指標 3-2: ESSAP 本部スタッフが日常的な水圧管理業務に必要な技術を習得する。】</p> <p>終了時評価: 部分的達成</p> <p>水圧管理に必要な各種技術は理論研修及び OJT を通じて移転されてお</p>

No	成果	成果の達成状況ハイライト
		<p>り、水圧測定技術やモニタリング、水理解析などはすでに日常業務に活用されている。モデル地区の水圧変動をデータロガーによって把握・分析し、配管網の負荷や脆弱性などを定量的データから判断できるようになった。</p> <p>また、水理解析理論の研修を通じて無収水部の技術者自身で、データ作成と入力、分析結果の評価までの作業を行えるようになった。</p> <p>2013年10月の終了時評価の時点では、モデル地区の減圧弁設置や水圧のモニタリング作業が遅れていたため、部分的達成と評価された。しかし、2014年以降、モデル地区のOJTが計画どおり進行し、水圧調整、モニタリング、追加対策の実施、対策評価といった一連の作業が行われ、ESSAP職員の技術力が向上した。こうした技術を習得した職員は、無収水部漏水探知・測定課の職員(施工班含む)であり、特に水理解析専門の職員の技術力向上は顕著である。</p> <p>以上より、本指標は達成された。</p> <p>【指標 3-3: モデル地区において水圧が適正範囲内に制御される。】</p> <p>終了時評価: 部分的達成</p> <p>上述したとおり、2013年10月の終了時評価の時点ではOJTの進捗が遅れていたが、2014年のOJT活動が円滑に進んだため、プロジェクト終了時までには2つのモデル地区の水圧は適正範囲内に制御されるようになった。</p> <p>以上より、本指標は達成された。</p>
成果 4	ESSAP 本部から地方支局に対して配水管管理技術が普及する。	<p>【指標 4-1: ESSAP 本部スタッフが適切な工具と手法によって配水管の据付及び修理ができるようになる。】</p> <p>終了時評価: 達成済み</p> <p>2011年にはESSAP職員の技術レベルや組織体制を調査し、成果4として地方支局へ普及すべき技術テーマについて検討し、成果指標の案が設定された。</p> <p>技術テーマとしては、配管施工・補修技術を選定し、第一段階としてはESSAP本部の施工班(特に無収水部)の基礎知識や技術レベルの向上を図ることとした。</p> <p>また、プロジェクト活動を通じて、無収水部だけでなくアスンシオン首都圏配水管部の施工班に対しても基礎研修や現場実習を行っており、供与機材を活用しながら正確かつ適切な配管施工技術が習得された。</p>

No	成果	成果の達成状況ハイライト
		<p>地方展開の基本方針としては、無収水部からコーディネータを選定し、無収水部傘下の施工班の班長とともに、出張ベースで技術研修を実施することを想定した。2013年6月から7月にかけて、地方支局の現状、ニーズ、研修に必要な資材などをコーディネータ自らの目で確認し、研修計画案が作成された。</p> <p>地方研修は地方の代表的な4都市を開催地として選定し、2013年7月～8月にかけて各都市3日～4日間の日程で行われた。主な研修内容は、配管施工技術、バルブ設備の管理、水道メータの設置などとし、施工班員だけでなく、浄水場のオペレータに対しても非常に役立つ内容となっている。</p> <p>OJTの中で行う工事作業(バルブ施工/調節、漏水修理等)を通じ、プロジェクトで供与した工具類を用いた施工方法を研修し、本部施工班は、それを地方支局へ展開するのに必要なレベルまで、技術を習得することができた。</p> <p>【指標 4-2: ESSAP 本部から地方支局に対し、配水管の据付及び修理に関する研修が4回実施される。】</p> <p>終了時評価: 達成済み</p> <p>ESSAP 無収水部の技術職員及び施工班が地方支局の職員を対象に、室内講義や現場実習からなる研修を企画・実施し、2013年で7回の研修実績が得られた。</p> <p>コンセプション市及びピラール市では、日本政府の無償資金協力事業によって浄水場の建設が実施されており、これらの支局の職員が配水網管理技術の研修に参加することによって、水道サービスの改善に向けた相乗効果が得られている。</p> <p>地方職員の技術は本部に比べて低く、正確な知識や技術を持った技術者から指導を受けた経験がほとんどない。今回の研修を通じて支局職員に研修機会を与えることができたが、第1回目ということもあり、日本側の支援が不可欠であった。すでに現場からは今後の継続的な研修開催を要望する声も出てきており、ESSAP 職員自身の意識改善のきっかけとなっている。こうした技術研修は繰り返し行うことで技術の定着が図られるものであり、2014年以降、ESSAP 無収水部による自主的な地方研修が計画され、一部の支局では追加研修が実施された。今後、ESSAP 職員が継続的に地方支局への技術強化を継続していることが期待される。</p>

1.4 プロジェクト実施体制

1.4.1 実施機関の組織

本プロジェクトの実施機関である ESSAP は、パ国首都圏及び地方都市の水道施設の整備、運転、維持管理に関する水道事業を展開している。各都市の水道事業の運営に当たっては、主管官庁である公共事業通信省(MOPC)との間でコンセッション契約が締結されることによって水道施設の管理責任が発生する。

以下に、ESSAP 本部及び本プロジェクトのカウンターパート部署となる「無収水部」の組織図を示す。ESSAP の組織には総裁室の下、各顧問室、監査室、広報などに加え、運営維持管理の実務を担う 12 の部局から構成される。

無収水部は 2009 年 1 月に立ち上げられた比較的新しい組織である。それまで管路施設の老朽化への対応、無収水削減への取り組みなどが非常に遅れており、職員の能力・組織強化に向けた取り組みが急務となっている。

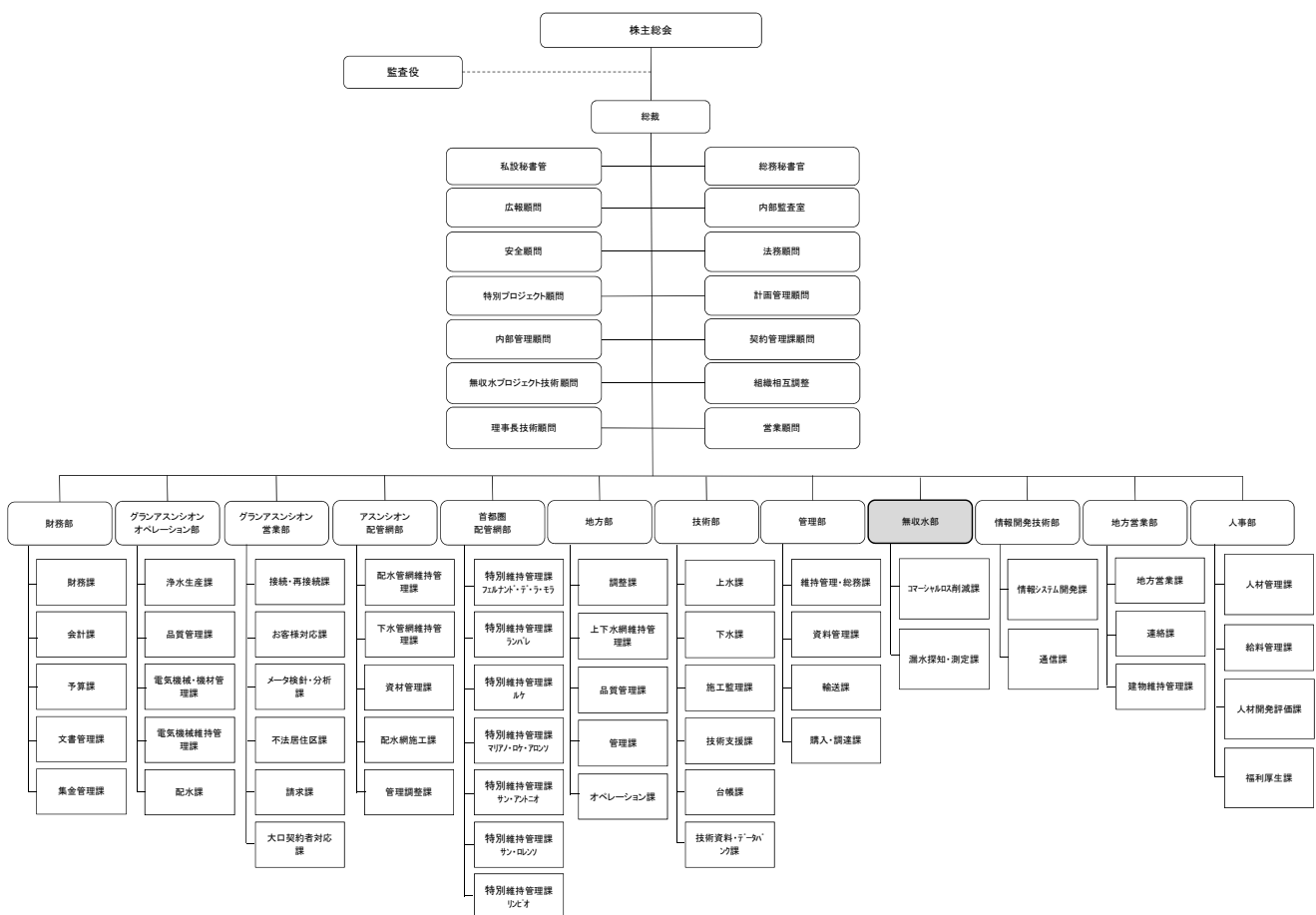


図 1.4.1 ESSAP 本部の組織図(2014 年 9 月)

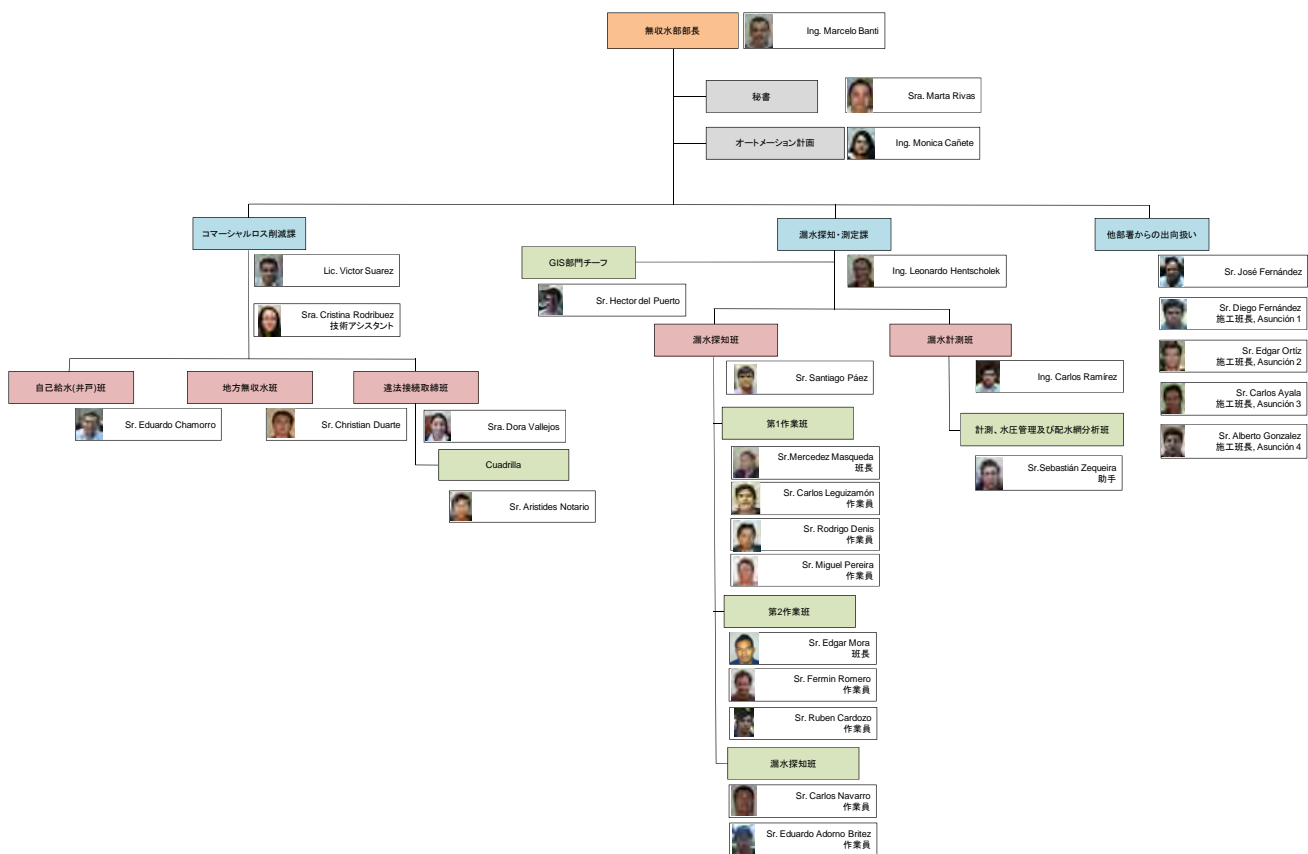


図 1.4.2 無収水部の組織図(2014年9月)

1.4.2 プロジェクト実施体制

(1) パラグアイ側

ESSAP 総裁をプロジェクト・ディレクター、無収水対策部(ユニット)長をプロジェクトマネージャーとした合同調整委員会(Joint Coordination Committee :JCC)を設立し、これが中心となってプロジェクトの運営を行う。

JCC では、各年次初頭に作成されるワークプラン(W/P)の協議・合意、業務実施中の進捗報告とその後の活動計画の協議、予算措置、MOPC や ERSSAN など関連省庁間の情報交換などが主な議題となり、専門家チームはその設置・運営について支援した。

(2) 日本側

専門家チームは、プロジェクト全体の目標達成、効果発現をモニタリングしながら各種技術支援を担うとともに、ワークショップやセミナー開催に係る支援や参加、携行機材の管理、プロジェクトの資金管理といった調整作業を行った。

また、プロジェクトのアドバイザーとして、厚生労働省の推薦に基づく専門家(配水網維持管理、

給水設備工事、経営改善アドバイザー)が JICA 直営で派遣され、日本の水道事業体における経験を元に、プロジェクト活動に対する助言が行われるとともに、本邦研修の受け入れやカリキュラムの検討にも支援が行われた。

表 1.4.1 合同調整委員会(JCC)のメンバー

役目	ESSAP 職員	日本側	
プロジェクト・ディレクター	総裁	-	
プロジェクト・マネージャー	無収水対策部長	-	
メンバー	技術顧問	計画顧問	JICA パラグアイ事務所長
	財務部長	管理部長	JICA パラグアイ事務所次長
	営業部長	技術部長	専門家チーム(コンサルタント)
	アスンション配管網部長	首都圏配管網部長	専門家(JICA 直営)
	地域部長	オペレーション部長	日本大使館代表(オブザーバー)

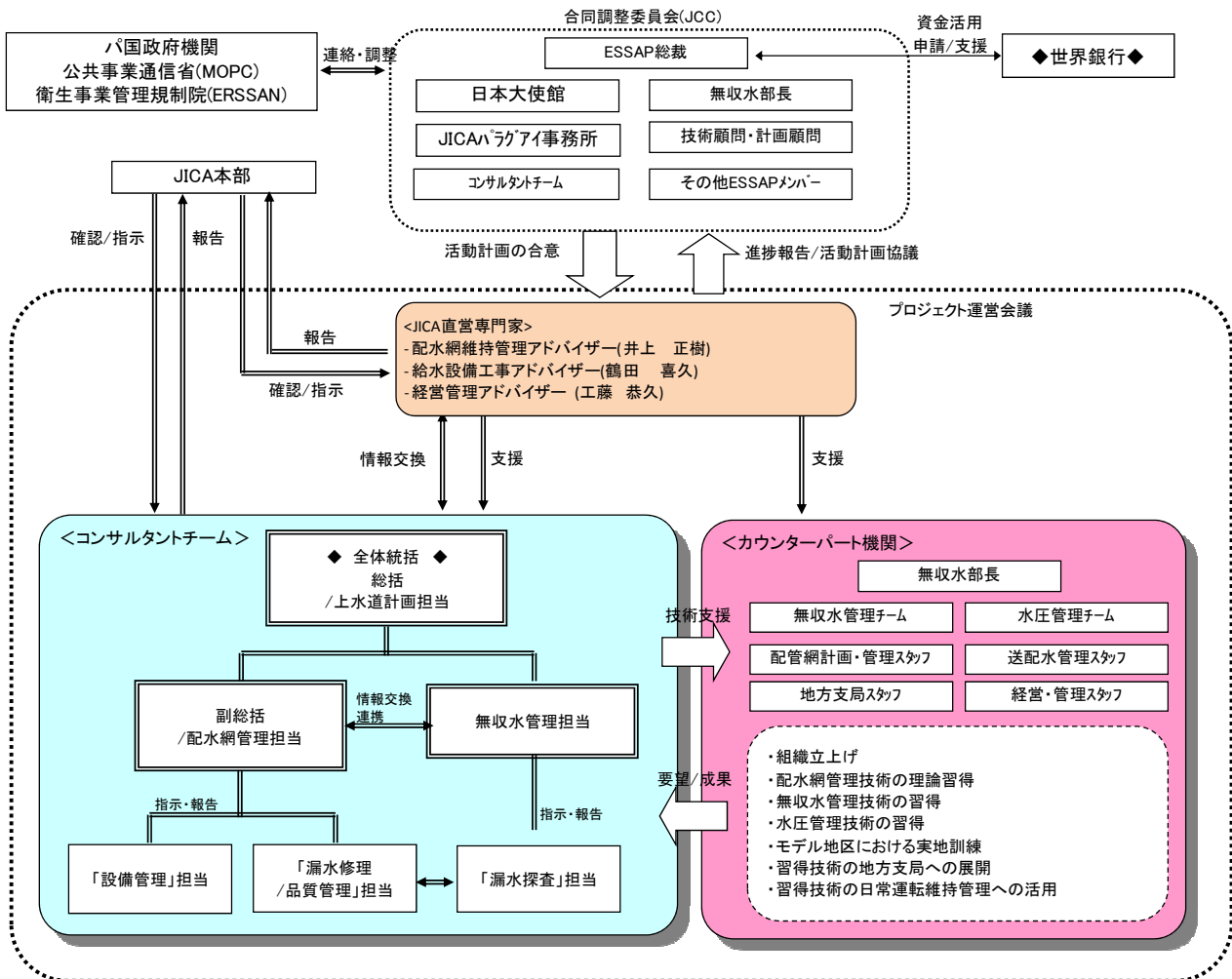


図 1.4.3 プロジェクト業務体制図

1.5 プロジェクト全体の活動の流れ

本プロジェクトは大きく以下のフェーズに分けて実施された。

表 1.5.1 プロジェクトのフェーズ分け

フェーズ分け		対象期間
フェーズ 1		2011年3月～2012年1月
フェーズ 2	ステージ 1	2012年3月～2013年3月
	ステージ 2	2013年4月～2014年2月
フェーズ 2	フォローアップ	2014年4月～2014年12月

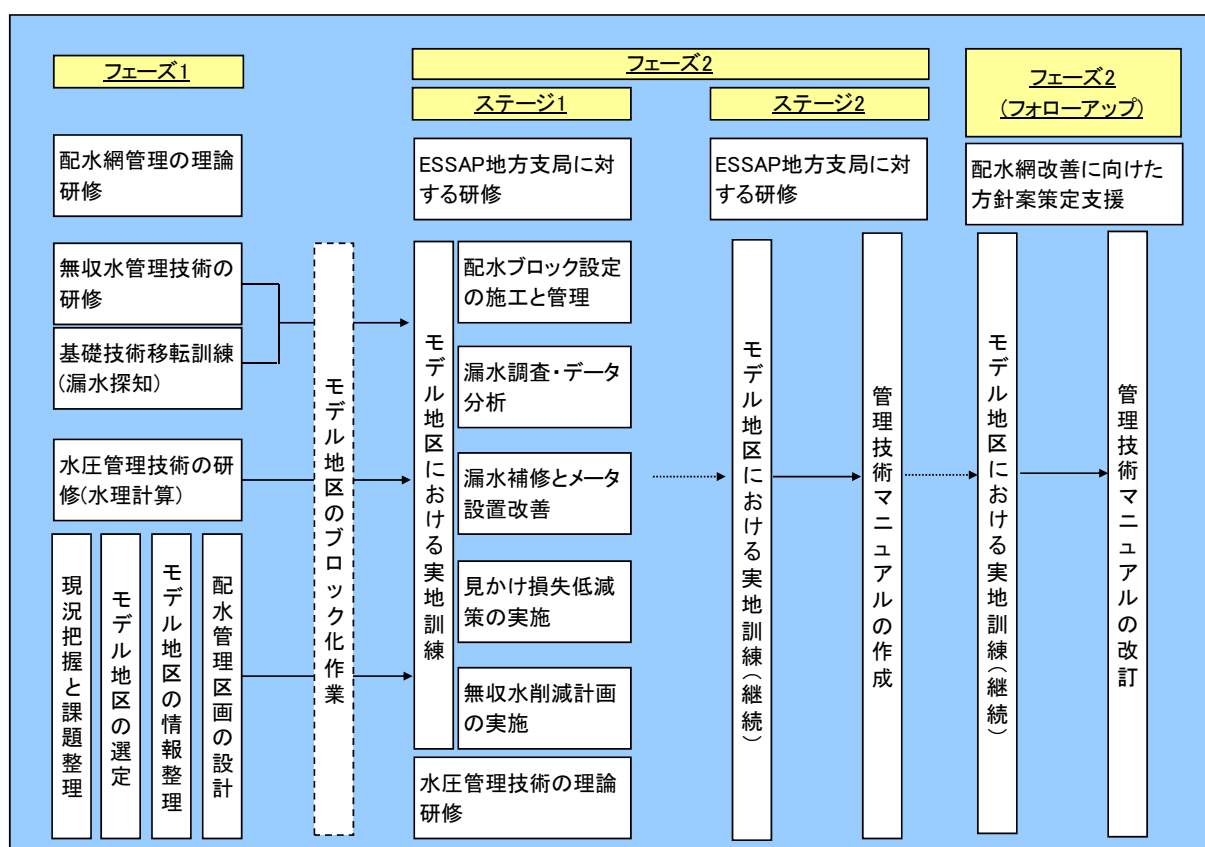


図 1.5.1 各フェーズにおける活動の流れ

本プロジェクトの成果を達成するための主な活動は以下のとおりで、プロジェクトの作業内容を時系列に整理した業務フローチャートは添付資料に示した。

表 1.5.2 プロジェクト活動の概要

成 果	活動の概要
【成果 1】 ESSAP 本部が配水網管理の必要性及び手法について理解する。	1. 既存配水網の状況及び課題を分析する。 2. 配水網管理のための準備作業に係る理論面での研修を実施する。 3. 配水網管理手法に係る理論面での研修を実施する。 4. 配水網整備(管の更新及び最適化を含む)のための計画づくりに係る研修を実施する。 5. 配水網管理技術全般に係る指針を作成する。
【成果 2】 モデル地区における実地訓練を通じて、ESSAP の無収水管理能力が強化される。	1. 無収水管理に係る研修を実施する。 2. 無収水管理に係る OJT を実施する。 3. ESSAP 本部職員が OJT の活動報告書を作成し、無収水管理技術マニュアルを作成する。
【成果 3】 モデル地区における実地訓練を通じて、ESSAP の水圧管理能力が強化される。	1. 水圧管理に係る研修を実施する。 2. 水圧管理に係る OJT を実施する。 3. ESSAP 本部職員が OJT の活動報告書と水圧管理技術マニュアルを作成する。
【成果 4】 ESSAP 本部から地方支局に対して配水網管理技術が普及する。	1. ESSAP 本部から支局への技術移転の現状を分析し、課題を特定する。 2. ESSAP 本部から支局への技術移転に必要な体制を構築する。 3. 研修プログラムのための機材を整備する。 4. ESSAP 地方支局向けの研修プログラムを実施する。 5. 実施された研修プログラムの有効性を評価し、今後の研修プログラムへの提言を取りまとめる。

1.6 PDM の変遷

技術移転を目的とする技術協力プロジェクトでは、C/P のパフォーマンスやプロジェクトを取り巻く環境の変化によって、プロジェクトの活動を柔軟に変更していくことが必要となる。

プロジェクト開始当時の PDM では、研修の終了人数や地方研修の回数など、一部指標が未定であった。これは、プロジェクト開始後に詳細な研修内容や活動計画を議論してから設定すべきとの考えによる。各年次の活動の進捗に応じた、ESSAP 無収水部とコンサルタントの間で協議を行い、以下のように PDM の変更や具体化が行われた。

表 1.6.1 PDM(Ver.1)での変更

項目	プロジェクト開始時(Ver.0)	PDM(Ver.1)
プロジェクト目標		
	ESSAP の配水網管理能力が強化される。	変更なし
プロジェクト目標の指標 2		
	ESSAP 本部及び地方支局の技術者及び技師が**名以上、配水網管理に係る研修を修了する。	ESSAP 本部及び地方支局の技術者及び技師が <u>50 名以上</u> 、配水網管理に係る研修を修了する。
プロジェクトの成果 4		
	ESSAP 本部から地方支局に対して、配水網管理技術が普及される。	ESSAP 本部の配管敷設・修理技術が改善され、その技術が地方支局に対して普及される。
プロジェクトの成果 4 の指標		
指標 4-1	ESSAP 本部のスタッフが地方支局のスタッフに対して配水網管理のトレーニングを**回実施する。	ESSAP 本部のスタッフが適切な工具と手法によって配水管の敷設・修繕ができるようになる。
指標 4-2	-	ESSAP 本部のスタッフが地方支局のスタッフに対して配水網管理のトレーニングを <u>4 回</u> 実施する。

表 1.6.2 PDM(Ver.2)での変更

項目	PDM(Ver.1)	PDM(Ver.2)
上位目標		
	ESSAP の給水サービスが改善する。	変更なし
上位目標の成果指標		
	水道の顧客の満足度が改善される。	<u>モデル地区</u> の水道の顧客の満足度が改善される。

第2章 プロジェクト活動内容

第 2 章 プロジェクト活動内容

2.1 成果 1 に対する活動

成果 1: ESSAP 本部が配水網管理の必要性及び手法について理解する。

【活動の目的】

成果 1 では、以下の活動を通じて、ESSAP 本部関係者が配水網管理の必要性を理解し、基本的な配水網管理技術を養うことを目的としている。

- a. モデル地区における配水網の現状と課題の把握
- b. OJT に向けた理論研修の実施
- c. 配水網整備計画づくりのための研修の実施(遠隔モニタリングと GIS を活用した配水網管理手法の研修を含む。)
- d. 配水網管理全般に係る技術指針の作成

【活動の内容】

技術移転は、日本人専門家を講師とした理論研修を通じて行われた。プロジェクトチームは研修に先立ち、「施設管理」、「無収水管理」、「水圧管理」、「漏水」の各管理分野の現状と課題を整理・分析し、優先度の高いテーマについて、ESSAP 職員を対象に研修した。参加者リストは別添資料に示した通りであり、様々な部署の職員が技術研修に参加し、技術習得に取り組んだ。

また、研修に参加した職員の理解度を把握するとともに、自身の取り組みに対する評価を ESSAP 内で醸成するため、研修参加者を発表者とした技術セミナーを 2012 年 4 月、2013 年 3 月、2014 年 11 月の 3 回にわたって開催した。

2.1.1 既存の配水網の状況及び課題の分析

ESSAP 本部及び首都圏の各支局への聞き取り調査、漏水補修工事のサイトや候補とされているモデル地区などにおける配水網の現況調査を行い、ESSAP が抱える配水網管理の現状を把握するとともに、配水管網が抱える問題点や技術的課題を ESSAP 職員とともに確認した。

表 2.1.1 配水網が抱える主な問題点

管理分野	問題点の概要
施設管理	<p>配水管には、石綿管、铸铁管、塩化ビニル管、ポリエチレン管が用いられているが、石綿管は布設から 30 年以上が経過したものが多く、10 年以上前に敷設されたポリエチレン管の品質は現行資材に比べて大きく劣る。</p> <p>過去に布設された管の情報が正確に記録されておらず、仕切弁や空気弁などの付帯施設の位置を特定することが困難である。</p> <p>空気弁の多くは機能不全の状態にあり、管内の空気排除ができず、通水障害や管路破裂を引き起こしている。</p> <p>過去に設置された弁類のマンホールは、その後の道路整備によって埋められており、位置確認や修繕が困難となっている。</p>
無収水管理	<p>無収水率の算定にはまず正確な計量の確保が重要である。しかし、配水センターには流量計測設備がほとんどなく、配水管網への正確な流入データがない。</p> <p>また、請求水量のうち水道メータの検診に基づいて請求したのは約 70%であり、その他 30%はメータの不具合、地中に埋設されており判読不能、メータがないといった理由で、推定使用量に基づいた請求がなされている。</p> <p>本プロジェクトの詳細計画策定調査では、2010 年 8 月の無収水率は 47.22%(ESSAP 提供データ)とされているが、その報告でも指摘されているように、その精度は十分なものではなく信頼性に欠ける。</p> <p>ESSAP の見解によれば、損失水量の約 40%が不正受水やメータ不感水量とされ、約 60%が配水管や給水管からの漏水と推定されている。しかし、これは単なる集計上の差引あるいは推定であるため、検針対象メータの不感水量やメータ自身の流量器差を考慮すると、さらに多くの見かけ損失が存在するものと考えられる</p>
水圧管理	<p>アスンシオン首都圏の標高は海拔 58～160m、高低差は大きいところで 100m にも達するため、パラグアイ川の河岸に近い旧市街地では、配水センターとの標高差が大きく、高い水圧が発生する地域が存在する。特に、水使用量が低下する夜間には管内の水圧が上昇するため、給水栓レベルの漏水が多く発生している。また、地域的に過大な水圧がかかる地区には減圧弁が設置されているが、そのメンテナンスは十分に行われず、バイパス管もないため、弁の交換や補修すら行うことは容易ではない。</p>
漏水	<p>毎日 70 件以上報告される漏水の苦情、市内で散見される地上漏水といった状況から、無収水の問題は深刻なものであることは確かであり、本プロジェクトを通じた無収水管理能力の向上が急務である。</p> <p>ESSAP の配管修理班は日々漏水修理に追われているが、基本的な工具の不足、低価格で低品質な資材、適切な施工技術の理解不足、上層部による改善意識の不足、施工員のモチベーションの欠如といった複合的な要因が漏水発生率を高めている。</p>

2.1.2 配水網管理手法に係る理論研修

確認された課題や問題点を分析した上で、配水網の管理全般に必要な知識や技術を選定し、ESSAP と協議し、研修プログラム案を作成した。

研修プログラム案の項目は、主に 2 つの観点から整理し、ESSAP 側のニーズを勘案して、研修テーマを決定した。主に取り扱った重点項目は、配水網のゾーニング、付帯設備の設置と管理、SCADA の導入、配水網整備計画の策定手法、配水網の維持管理手法である。なお、ここで扱う研修項目は成果 3 の水圧管理技術の研修項目も兼ねている。

また、一般研修項目に関する事項は室内研修では扱わず、モデル地区の OJT 作業の中で適宜指導するようにした。

表 2.1.2 研修プログラムの項目リスト

分類	重点研修項目	一般研修項目
分類基準	現在 ESSAP が抱える配管網の課題を解決するために、緊急性があり、より重点的に理解しなければならない項目	現時点では緊急性は少ないが、将来的に目指すべき管理体制を構築する上で理解しなければならない項目
研修項目	1. 配水網のゾーニング 2. 付属設備(バルブ・流量計・水圧計など)の設置と管理 3. GIS を活用した配水網情報の管理 4. 配水網整備計画の策定手法 5. SCADA を活用したリアルタイム・モニタリングの事例	1. 計装用機器の保守 2. 水質管理 3. 緊急対応・安全管理

2.1.3 研修プログラムの成果

上記で策定した研修プログラムは ESSAP 無収水部及びアスンション・首都圏配水網部の技術職員を対象に実施された。また、研修で用いたマテリアルや技術資料を基に、配水網管理技術指針の構成や具体的内容を検討し、複数回の修正作業を行った。最終的な技術指針は ESSAP スタッフの手によって作成・製本化され、各技術関連部署や地方支局へ配布されている。

プロジェクト開始当時から行ってきた理論研修の内容は、その後の無収水管理と水圧管理のモデル地区における実践技術の習得に活かされた。また、流量・水圧の測定・分析技術、施工技術、水道メータ管理技術などは、ESSAP が行う配水網管理にも日常的に用いられている。







また、研修に参加した ESSAP 職員のうち特に無収水部職員の理解度を客観的に把握するとともに、自身の取り組みに対する評価を ESSAP 内で醸成するため、無収水部職員及び直営専門家カウンターパートを発表者とした技術セミナーを 2012 年 4 月、2013 年 3 月、2014 年 11 月の 3 回にわたって開催した。こうした取り組みは、習得した知識の再確認だけでなく、ESSAP 職員に自覚と自信をもたらすことにもつながっている。セミナーの内容及び発表者は後述 2.7 項に示した。

2.1.4 配水網管理技術指針

これまで実施した無収水管理技術、水圧管理技術の研修成果を元に、配水網管理技術指針として以下に示すマニュアルが作成された。これらのマニュアル類はプロジェクト終了時までにはESSAPにより製本化された。

表 2.1.3 各マニュアル・手引きの概要

No	名称	用途
1	無収水管理マニュアル	成果 2 に係る研修全般ガイドライン
2	水圧管理マニュアル	成果 3 に係る研修全般ガイドライン
3	配管施工の手引き	OJT 用技術ガイドライン
4	水道メータ施工の手引き	OJT 用技術ガイドライン
5	漏水探知の手引き	OJT 用技術ガイドライン
6	水道用バルブの基礎知識	技術参考書

無収水管理マニュアル	水圧管理マニュアル
	
配管施工の手引き	水道メータ施工の手引き
	
漏水探知の手引き	水道用バルブの基礎知識
	

2.2 成果 2 に対する活動

成果 2: モデル地区における実地訓練を通じて、ESSAP の無収水管理能力が強化される。

【活動の目的】

成果 2 では、理論研修とモデル地区における OJT を通じて、ESSAP スタッフに求められる無収水削減技術を移転し、配水網の改善計画を含めた無収水管理能力を強化することを目的としている。

【活動の内容】

選定された 2 つのモデル地区では、配水網の流入点を限定し、水理的独立化を行った。その後、流量及び水圧の常時測定を可能とする施設を整備し、携帯電話通信を活用した遠隔モニタリングシステムによって地区内の配水量を日々事務所で管理できる体制を整えた。

そのうえで、「一定期間内にモデル地区に配水される水量」と「請求水量」との差、すなわち無収水量を計測し、その構成要素を特定し、その結果に対応した無収水削減計画の立案・実施ができるよう、技術協力を行っている。

モデル地区の無収水管理活動では、漏水対策を中心としたフィジカルロスの削減だけでなく、コマーシャルロスの削減にも力を入れている。地区内の水道契約者を残らず抽出し、不法接続の合法化、新規水道メータの設置、検針業務の精緻化などを行うことで、全ての水道契約者の水使用量を正確に把握することに努めている。

OJT を通じて身に付けた無収水対策技術は、無収水管理技術マニュアルとしても整理され、最終的に配水網管理技術指針の一部として位置づけられる。

以下、成果 2 の活動及び各モデル地区の成果について示す。

2.2.1 無収水管理技術に係る研修

(1) 無収水管理に係る研修プログラムの策定

現状及び課題の確認、配管網が抱える問題点や技術的課題を明らかにした上で、以下のテーマの中から、無収水管理(特に漏水削減)に必要となる知識・技術を選定し、ESSAPと協議して、研修プログラムを作成した。

これらの技術を習得するには、座学を中心とした理論研修だけでは不十分であり、2012年以降のモデル地区でのOJTで実践指導を組み合わせながら、技術の浸透を図った。現在では、ESSAP職員が日常的に行う管理業務にも活用されている。

表 2.2.1 無収水管理研修プログラムの項目

分類	プログラムの項目
無収水概論	<ul style="list-style-type: none"> ・無収水の定義と構成要素 ・配水量/給水量の分析方法 ・無収水対策の分類と位置づけ ・ステージ別対策とその投入量の効果予測 ・水量管理の基礎知識 ・メータ不感水量 ・不明水量の計算方法 ・漏水量の復元 ・無収水削減計画の立案
無収水削減計画	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水データの解析と管網劣化 ・無収水量削減とコストパフォーマンス ・水道料金徴収の体系と要点 ・台帳整理とGISデータの活用 ・消費者対策 ・漏水探知技術の投入レベルの考え方 ・水圧管理による無効水量削減手法 ・漏水の探知/削減技術の分類と概要
漏水探査技術	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水探知の計画の立て方 ・漏水探知機器の使用方法 ・漏水探知機器を使用した探知方法の基礎 ・漏水音のヒアリングに悪影響を及ぼす要素 ・漏水探知用機器 ・漏水探知の準備
無収水削減の評価	<ul style="list-style-type: none"> ・無収水のモニタリング体制 ・無収水対策技術者の内部研修 ・配水管/給水管の老朽度の評価 ・取水/浄水/配水量の計測データの信頼性 ・給水メータの機能評価方法
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・流量計の選定、出力管理、設置上の注意点 ・年間の漏水探知活動の計画策定 ・配管網の情報整理 ・配水管/給水管、水道メータの施工と施工管理

(2) 研修プログラム(理論面)の実施

本研修は、コンサルタント側「無収水管理」及び「漏水探知」担当が管理し、上記で策定した研修プログラムを基本にしつつ、テーマを実際の業務に活かせるように具体事例を示しながら実施した。

表 2.2.2 無収水管理技術の理論研修の実績

回	月 日	研修内容		参加者(※所属)
		テーマ	内容	
1	15/Jun/11	無収水管理概論	無収水の定義・配水量分析・無収水管理の基礎知識・無収水量の測定方法・漏水量の復元・費用対効果の分析・優先活動の選択	Ing. Marcelo Banti (※1) Ing. Leonardo Hentcholek (※1) Lic. Víctor Suarez (※1) Ing. Alejandro Amarilla (※1, ※2)
2	21/Jun/11	基礎的対策	現状の把握・水収支フロー(マクロ流量計、マイクロ流量計、精度の検定)・基本的情報・管路情報(マッピング)・配水量分析・ブロック化	Ing. Leonardo Hentcholek (※1) Lic. Víctor Suarez (※1) Ing. Alejandro Amarilla (※1, ※2) Ing. Hector del Puerto (※1)
3	24/Jun/11	無収水管理の手法	コマーシャルロス削減・漏水削減対策・施工の質の向上/施工管理・水圧管理・ゾーニングによる管理・SABESP の事例紹介	Ing. Marcelo Banti (※1) Ing. Leonardo Hentcholek (※1) Lic. Víctor Suarez (※1) Ing. Alejandro Amarilla (※1) Lic. Bertoran Ortiz (※3)
4	28/Jun/11	パイロットプロジェクト	無収水削減方法の手順・現状の把握・基礎的情報の収集/分析・パイロット地区の選択・実施計画の策定・活動の実施・効果の検証	Ing. Marcelo Banti (※1) Ing. Leonardo Hentcholek (※1) Lic. Víctor Suarez (※1) Ing. Alejandro Amarilla (※1, ※2) Ing. Hector del Puerto (※1)
5	5-6/Jul/11	業務指標(PI)による水道事業運営評価	業務指標・基礎情報・業務指標の設定と解説・業務指標の算出例・分析と評価方法・課題	Ing. Marcelo Banti (※1) Ing. Feliz Yegros (※4) Ing. Leonardo Hentcholek (※1) Lic. Víctor Suarez (※1) Ing. Juan Domingos (※5)
6	8/Jul/11	中・長期計画の策定	削減目標の設定・無収水削減方法・優先コンポーネントの選定方法・Sabesp の11ヵ年無収水削減計画(PROGRAMA)の紹介	Ing. Leonardo Hentcholek (※1) Lic. Víctor Suarez (※1) Ing. Juan Domingos (※5)

※1: 無収水部 ※2: アスンシオン配管網部 ※3: グランアスンシオン営業部請求課

※4: 無収水プロジェクト技術顧問 ※5: 計画管理顧問

音聴法を主体とした漏水探知技術の研修は、2011年6月1日～3日の3日間で基礎技術を集中的に指導した。午前中は室内にて理論研修を行い、午後はモデル地区、それ以外の適切な地区にて漏水探知の実地訓練を行った。研修内容は以下のとおりである。

当初の研修対象者は無収水部で漏水探知に従事する施工班及びエンジニアクラスとした。なお、2013年7月に漏水探知班として2名(Carlos Navarro, Eduardo Britez)が正式に任命されたことを受け、これまで実施した研修内容を改めて復習し、理解を深めるためのトレーニングを継続して実施した。

表 2.2.3 漏水探知技術の理論研修の実績

No	月日	研修テーマ	参加者(※所属)
1	01/Jun/11	研修プログラムの内容 日本の一般的漏水調査 漏水防止マニュアルについて 漏水調査の機器紹介 漏水調査実地訓練	José Fernandez (※2) Ing. Alejandro Amarilla (※1, ※2) Merdedez Masqueda (※1) Diego Fernández (※2) Rafael Benitez (※2)
2	02/Jun/11	計測する技術の重要性 無収水(NRW)のチェックシートの活用法 水道メータチェックシートの活用法 漏水調査実地訓練	Ing. Alejandro Amarilla (※1, ※2) Merdedez Masqueda (※1) Diego Fernández (※2) Rafael Benitez (※2)
3	03/Jun/11	NRW の為の図面管理方法 金属管の腐食の概要 石綿セメント管の簡易診断 機器を使わない管路位置探知法 漏水調査実地訓練	Ing. Alejandro Amarilla (※1, ※2) Merdedez Masqueda (※1) Diego Fernández (※2) Rafael Benitez (※2)

※1: 無収水部 ※2: アスンシオン配管網部 ※3: グランアスンシオン営業部請求課
 ※4: 無収水プロジェクト技術顧問 ※5: 計画管理顧問

無収水管理技術の講習



流量計測技術の講習



漏水探知実習



漏水探知実習



漏水探知実習



流量測定実習



2.2.2 モデル地区における実地訓練

(1) 実地訓練の作業手順

理論面の研修プログラムの準備と同時並行でモデル地区における実地訓練を実施した。モデル地区を構築するための具体的な作業手順は以下のとおりであり、b～eの作業は2001年に実施、fは2012年8月に完了した。

なお、無収水管理チームについては、無収水部及びその施工班の人員増強は困難であったため、無収水管理を専門とした体制にはせず、部内の技術系職員が中心となり水圧管理のOJTにも同時に携わる体制を整備した。

- a. 無収水管理チームの結成
- b. 無収水(漏水)探査機器、用具などの使用法に係る研修の実施
- c. モデル地区の選定
- d. モデル地区の配管図の準備
- e. モデル地区における現況調査の実施と課題の分析
- f. モデル地区の水理的独立化(小ブロック化)

モデル地区の実地訓練の初期段階で行った現況調査の内容は以下のとおりである。

表 2.2.4 無収水管理モデル地区の現況調査の内容

No	調査項目	調査実施事項
1	モデル地区の選定	<ul style="list-style-type: none"> ・水系/系統の位置 ・区画内標高差と給水圧 ・管路延長と給水件数(メータ数) ・注入計測点の検討
2	配水管網の現状	<ul style="list-style-type: none"> ・管路属性、付帯施設の有無と図面への記録 ・地上漏水箇所の見つけと図面への記録 ・制水弁、空気弁などの位置、その状態と図面への記録 ・水道メータの稼働状況、非合法接続の状況 ・消火栓、公共用途への給水情報 ・漏水調査のための流量計設置箇所の選定
3	水道メータ不感量及び家屋内での漏水量	<p>モデル地区における水道メータ(契約者)を無作為に20件程度選定し、家屋内の蛇口を調整しながら不感量を計測する。その後、水道メータが全て整備された時点で全戸数の漏水量をメータ指示値から推定する。</p>
4	モデル区画の水理的独立化	<ul style="list-style-type: none"> ・区画の分断/統合の検討 ・水理モデルの構築 ・水量/水圧モニタリング方法の概略計画

(2) モデル地区の選定と水理的独立化

無収水管理の対象となるモデル地区は以下の2つを選定した。

各モデル地区では、地区内の配水量を正確に測定するため、隣接する配水網からの接続箇所を1箇所限定できることを条件とした。また、流入水量を測定器を設置するためのコンクリート製ピットはESSAPの負担により建設された。

既存の配水管網図をCAD及びGISデータ化し、モデル地区配水管図を作成した。

各モデル地区では、水圧の定点観測地点も複数設け、水圧データロガーによる連続測定によって配水網内の長期にわたる水圧変動も観測できるようにした。

表 2.2.5 無収水管理モデル地区の概要

	空港住居グループ (Grupo Habitacional de Aeropuerto)	バリオ・ベジャ・ビスタ (Barrio Bella Vista)
市	アスンシオン	ルケ
面積	約 0.3 km ²	約 0.7 km ²
配水管延長	約 7.1 km	約 10.9 km
水道接続件数	341 件 (プロジェクト開始当初)	744 件 (プロジェクト開始当初)
水圧測定点	流入部 1 箇所 管網内 3 箇所	流入部 1 箇所 管網内 4 箇所
流量測定点	流入部 1 箇所	流入部 1 箇所
水道メータの状況(2012年1月)	契約者のうち水道メータの検針によって請求されている割合は 66%。34%はメータがないか読み取り不能であり、平均使用水量による請求である。	契約者のうち水道メータの検針によって請求されている割合は 70%。30%はメータがないか読み取り不能であり、平均使用水量による請求である。
概要	当地区は、約 30 年前に開発された宅地分譲地区である。当時は民間業者により上下水道が整備され、その後 ESSAP の前身である水衛生公社(CORPOSANA)へ移譲された。 流入部の水圧は 0.3MPa(3kgf/cm ²)程度で安定しており、24 時間給水が行われているため、無収水管理のモデル地区として適している。	当地区は、アスンシオン北東の郊外に位置する。 近年人口が増加したベッドタウンでもあり、首都圏の平均的な住居・商業混在地域である。 地下漏水が極めて深刻であり、配管情報や給水系統が比較的明確なため、水理的独立化が容易な地区である。 流入部の水圧は 0.3MPa(3kgf/cm ²)程度で安定しており、24 時間給水が行われているため、無収水管理のモデル地区として適している。

(3) 無収水管理の実践的技術の移転

1) 流量計測技術

モデル地区への流入量は携行機材として調達した電磁式水道メータによって測定することを予定していた、しかし設置に必要なコンクリート製ピットの建設や配管アクセサリーの調達が大幅に遅れたため、プロジェクト前半ではポータブル超音波流量計を用いた計測技術の指導を行い、無収水管理の OJT を開始した。

その後、それぞれのモデル地区で流量測定ピットが完成し、電磁式水道メータの設置が完了したのは、空港住居グループでは 2012 年 6 月、バリオ・ベジヤ・ビスタでは 2013 年 2 月である。以降はそれぞれの流量計を併用した測定技術も取り入れることで、計測技術のさらなる習得を図った。

1-1) 電磁式水道メータとパルス信号の活用

電磁式水道メータからは流量に応じてパルス信号を取り出すことができる。水道システムの遠隔監視システムの基本技術の理解のため、パルス出力を水圧データロガーで記録し、モデル地区の流入水量の変化を長期にわたって分析する技術を移転した。

今回設置した電磁式水道メータのパルス出力単位は 100L につき 1 パルスである。空港住居グループの場合、夜間流量は 150L/min 程度であり、約 40～50 秒に 1 回パルスが発生することになる。

2 つのモデル地区では、配水量のモニタリングのため、パルス信号を記録する通信ロガー、ソーラーパネル、バッテリーを設置し、携帯電話通信網を利用して ESSAP 本部へ流量データを転送するシステムを構築した。

1-2) 夜間最小流量法

夜間の水使用量のない時間帯を「空き時間」と称し、その時間帯の配水量を測定することで、地区内の漏水量を推定するが、空き時間は一般的に 10 秒程度と短いため、パルスだけで夜間最小流量を推定することは困難である。

また、給水栓が不良であったり、宅地内漏水が多い場合は、空き時間が明確に現れないこともある。

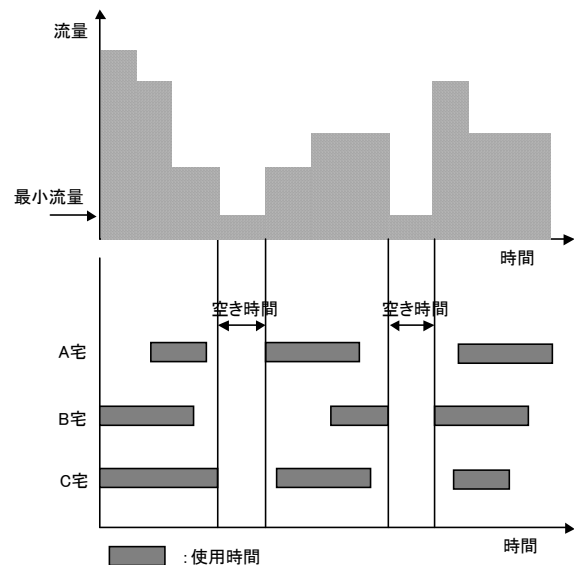


図 2.2.1 空き時間と最小流量の関係

1-3) 超音波流量計を併用した夜間最小流量の測定

本プロジェクトで調達した超音波流量計は測定間隔が最小 10 秒であり、流量の変動傾向から空き時間を推定することは十分可能である。しかし、超音波流量計は管材質や内面の状態、管厚、乱流などの要因により電磁式水道メータに比べて測定誤差は大きい。

こうした事情を踏まえ、超音波流量計を電磁式水道メータと同じ管路に直列で設置して、そこで得られた流量の時間変動を電磁式水道メータの計測値に補正することで、空き時間の夜間最小流量を推定する方法を OJT 形式で指導した。

場所 : 空港住居グループ

測定日 : 2012 年 7 月 16 日～20 日

測定時間 : 23:00～6:00

電磁式水道メータ(150mm)の場合、出力パルスは 100L ごとに発生する。当該地区の深夜の流入量は、約 1.8L/秒と想定されるため、50 秒程度に 1 回の頻度でパルス信号が発生する。データロガーでこのパルスを記録した結果は、1 分当たりの平均流量を示すため、10 秒や 15 秒程度の空き時間をターゲットにした流量を把握することは難しい。

一方、超音波流量計は 10 秒間隔で瞬時流量をロギングすることができるため、電磁式流量計と直列に設置して測定すれば、空き時間がどの時間で発生したかをより詳細に判断できる。

また、時間設定を合わせておけば、超音波流量計の変動幅を電磁流量計の測定値に割り当てることで、空き時間の最小流量をほぼ正確に推定することができる。

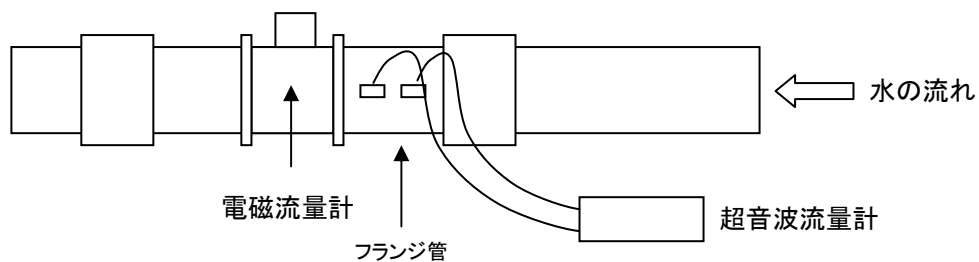


図 2.2.2 2 種類の流量計を活用した測定技術

空港住居グループの計測ピット



超音波流量計の設置



バリオ・ベジャ・ビスタの計測ピット



流量・水圧データのダウンロード



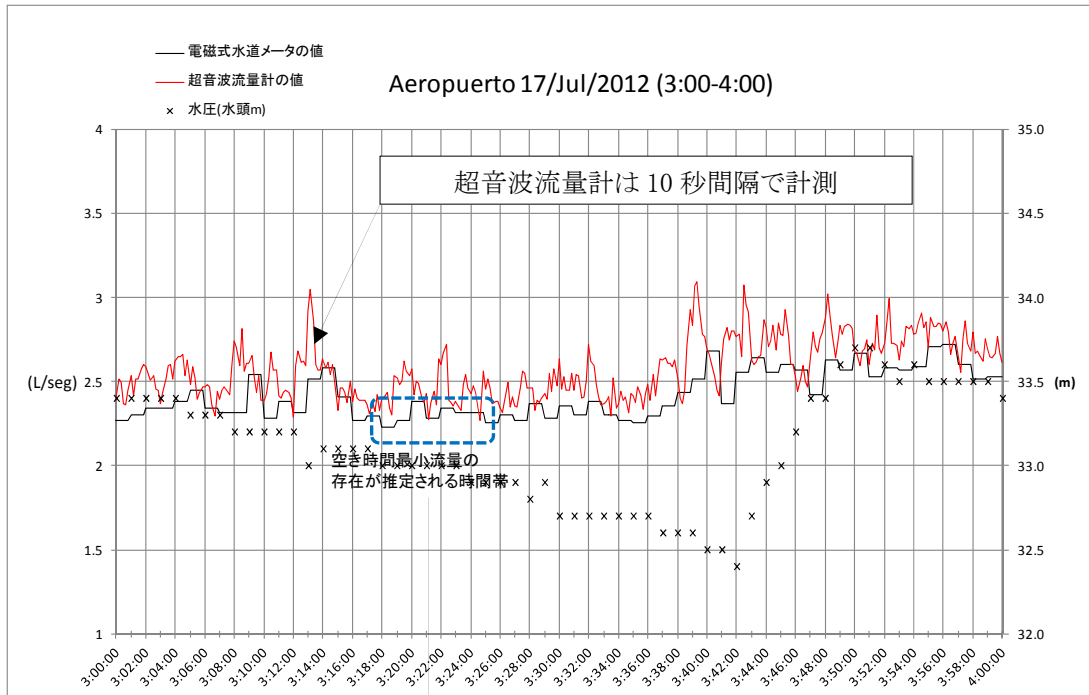
プラスチック管の探知



各戸メータの精度確認



測定の結果、日によって夜間の最小流量は差が生じることが分かったが、そのうち最も少ない流量を記録したデータの一例を以下に示す。



電磁式水道メータは1分間隔の計測のため、超音波流量計の変動パターンを用いて、10秒間隔の値に補正する。

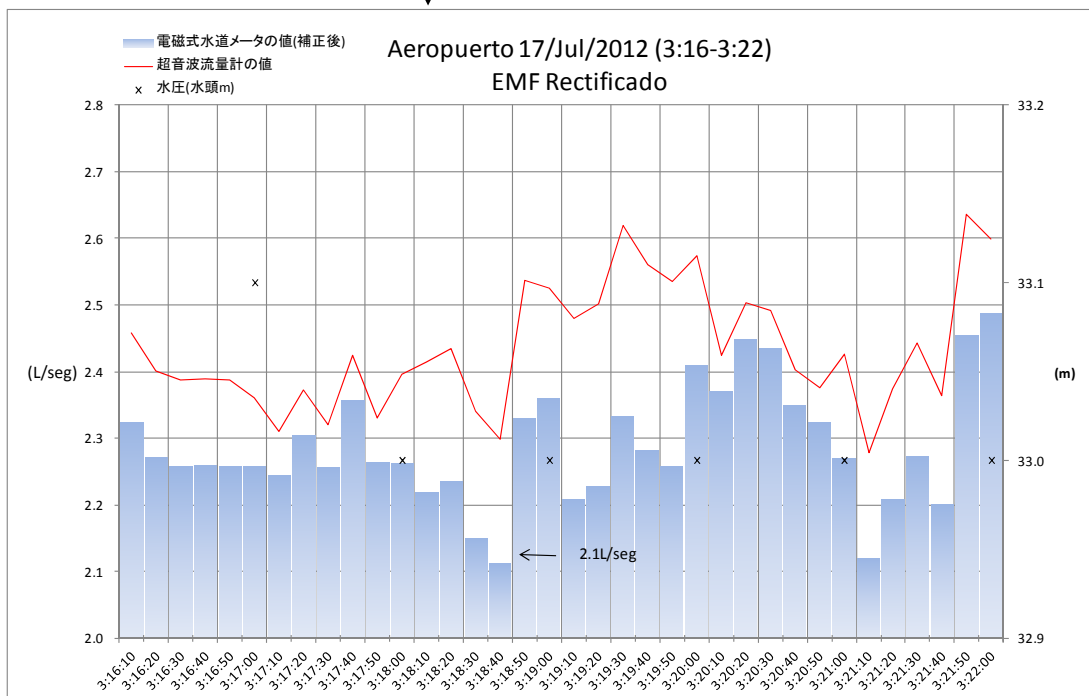


図 2.2.3 夜間最小流量の分析図(空港住居グループ)

表 2.2.6 流量計による測定値の違い(空港住居グループ)

測定日時	積算流量 (m3)		差異 (①/②)
	電磁流量計	超音波流量計	
2012/07/17 1:00~4:00	27.601	29.277	1.061
2012/07/18 1:00~4:00	29.629	31.333	1.058
2012/07/19 1:00~4:00	27.833	29.001	1.042
2012/07/20 1:00~4:00	30.756	31.746	1.032

この結果から、夜間の空き時間における最小流量は、132L/分(2.2L/秒)に近い値であると想定された。これを1分当たり、1時間当たり、1日当たりの流量に換算すると以下のようになる。

2.2L/秒→132L/分→7.9 m³/時→189.6 m³/日→5,878m³/月(1ヶ月 31日間で計算)

当地区の配管網延長は約 7.1km である。仮に夜間空き時間の最小流量がすべて漏水であるとした場合、1km 当たりの漏水量は約 18L/分・km である。仮に、このほとんどが配水管からの漏水である場合、これを半減することを目標値においた漏水削減活動を行うことが推奨される。

1-4) 夜間の使用水量の推定

既に述べたとおり、電磁式水道メータのパルス出力(1パルス/100L)は測定間隔が広く、数秒単位の流量変化をとらえることができないため、夜間最小流量に含まれる使用水量を把握することが困難である。

このため、超音波流量計を併用してより短時間の流量変動をとらえ、空き時間の最小流量を推定することで、使用水量の占める割合を求めた。

2013年9月の測定実習において、電磁式水道メータの計測値と推定された空き時間夜間最小流量の関係は以下のとおりとなり、夜間最小流量(Qm1)に対して約7.2%が使用水量であると推定することができた。

表 2.2.7 夜間最小流量に含まれる平均使用水量

月日	2013年9月6日		
	02:15~02:20	02:20~02:25	02:25~02:30
時間帯	02:15~02:20	02:20~02:25	02:25~02:30
夜間最小流量(Qm1)	111.1 L/min	111.1 L/min	111.1 L/min
空き時間夜間最小流量(Qm2)	102.6 L/min	103.7 L/min	103.0 L/min
Qm2/Qm1	92.3%	93.3 %	92.7 %
推定使用水量(Qm1-Qm2)	8.5 L/min	7.4 L/min	8.1 L/min
推定使用水量(平均)	8.0 L/min		

1-5) 夜間最小流量のモニタリング

2013年3月以降、日中と夜間の平均配水量に加え、深夜時間帯の最小流量を長期間にわたってモニタリングを行った。

【空港住居グループ】

日中及び深夜の平均配水量、夜間の最小流量を記録した結果は以下のとおりである。一部期間でデータ欠損があるのは、機器の不具合と調整のためである。

現時点で夜間の平均流量は概ね安定しており、大規模な漏水の発生はない。夜間最小流量は100L/minを下回っており、当面はこの水準を許容配水量として監視を続けていく。これまでの調査では夜間最小流量の6~7割は宅地内での消費や漏水が占めるものと推定されている。

夜間最小流量について述べると、2013年8月頃から減少し、85~95L/minで安定していたが、11月中旬から再び上昇に転じている。これは、漏水量の復元と思われる現象であり、長期の無収水管理活動においては頻繁に生じるものである。大きな要因としては、「宅地内漏水」及び「配水管網における漏水」が考えられ、モデル地区のパトロール、漏水探知、宅地内漏水に対する啓発などを通じて、低減を図っていくことが必要である。

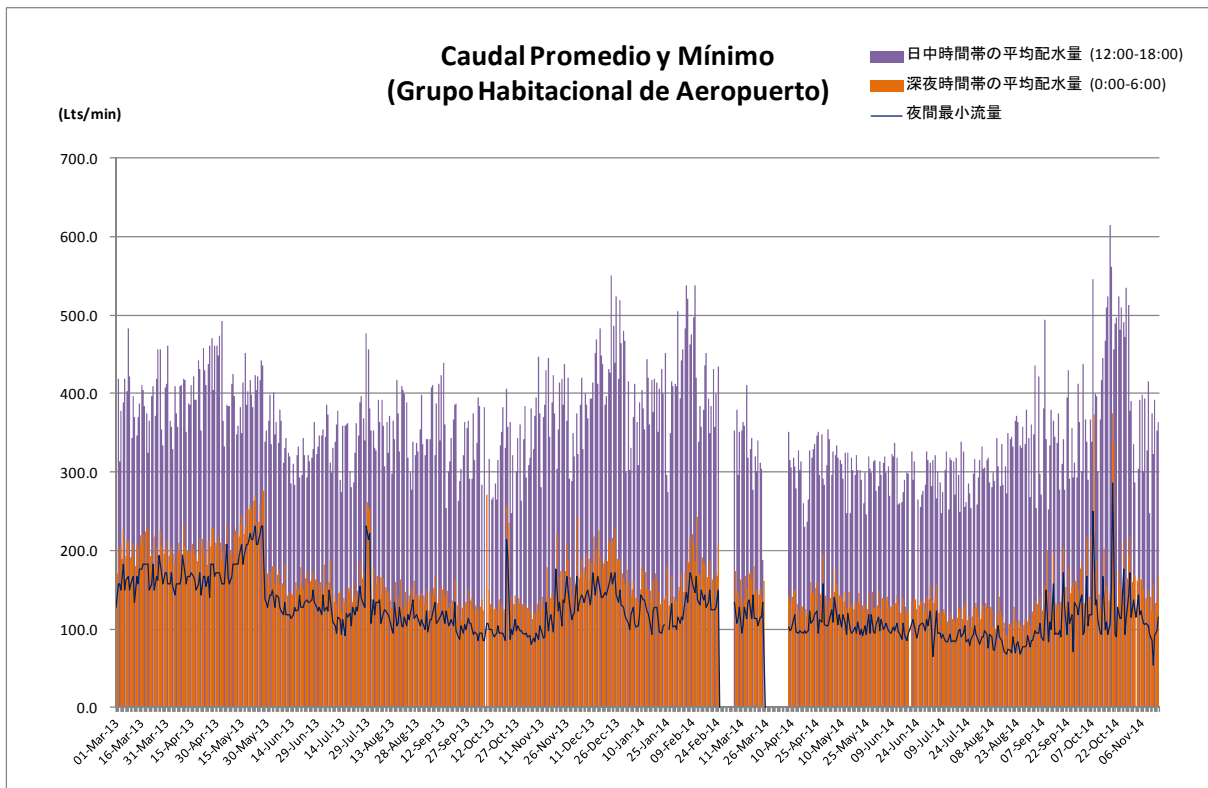


図 2.2.4 空港住居グループの平均配水量と夜間最小流量の変化

【バリオ・ベジャ・ビスタ】

2013年には漏水探知と修繕のOJTが実施され、一時期は夜間最小流量が低下傾向にあった。2014年1月頃から夜間最小流量が急激に増加しているが、夏期の水需要量が大きく上昇しただけでなく、配管網からの漏水が多発したことによる。

その後、2014年5月には地区内の漏水分布を把握するためのステップテストを実施、また、2014年6月以降、配管網のサブセクター化、漏水量の直接測定などとともに、漏水箇所の特定と修繕を集中的に行った結果、7月下旬の夜間最小流量は150L/minを下回るようになった。

2014年5月9日のステップテストで記録された夜間最小流量は418L/minであるが、同年8月13日の夜間最小流量は103L/minまで減少しており、約3ヶ月のOJTを通じて315L/min(75%)の漏水量や不明水が削減されたことになる。

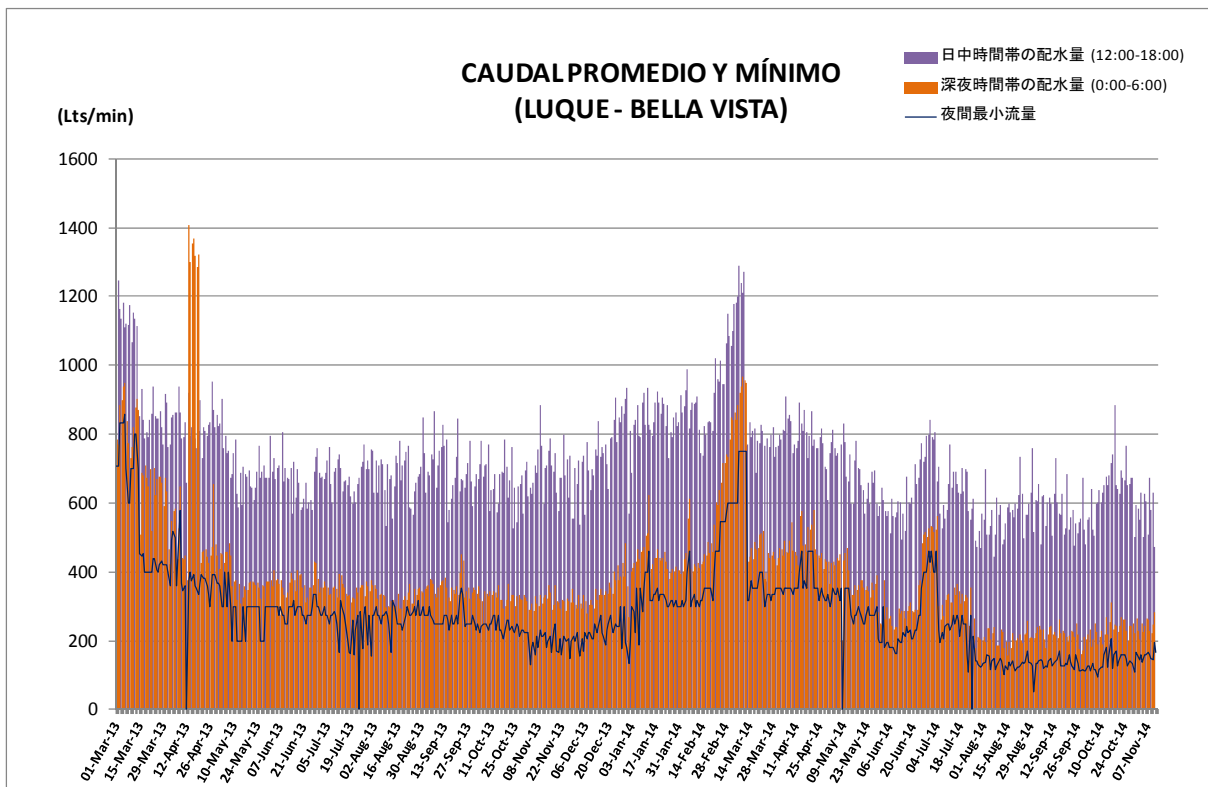


図 2.2.5 バリオ・ベジャ・ビスタの平均配水量と夜間最小流量の変化

2) モニタリングシステム

モデル地区の無収水率は、長期流入量の計測結果とその期間の水道料金請求水量との比較を行うことで可能となる。そのために 2 箇所のモデル地区で遠隔モニタリングシステムの整備を進めた。理論研修では流量計の外部出力の活用方法、SCADA システムへの応用などを扱ったが、このモニタリングシステムはそれらの実務経験の一環として位置づけた。

「空港住居グループ」では、2012 年 7 月にシステム整備の発注を行い、設備工事は同年 11 月に完了した。その後、通信設備の設定と安定稼働には 2013 年 1 月までかかったものの、その後は日々の流入量を事務所の PC で把握する体制が整った。

「バリオ・ベジャ・ビスタ」では、電磁式水道メータの設置が 2013 年 2 月に行われ、その後通信システムの設置に着手し、2013 年 6 月からデータの遠隔モニタリングが可能となった。

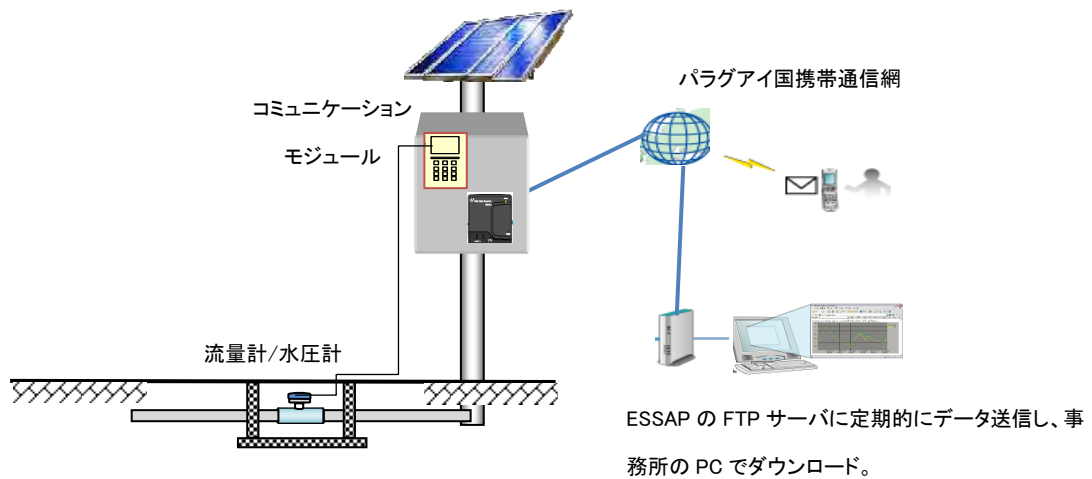
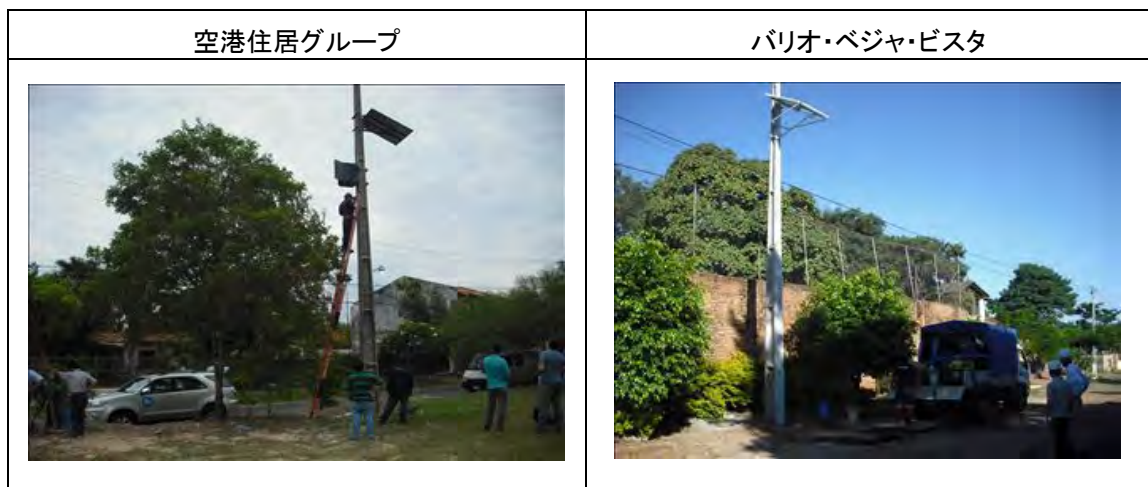


図 2.2.6 モニタリングシステムの概要



3) 漏水探知技術

3-1) 管網内における不明水(漏水)の分布調査

【空港住居グループ】

2012年10月～11月にかけて、モデル地区を仕切弁で小さいブロックに分割し、ブロックを段階的に仕切りながら流入水量を測定し、どの区画でどの程度の不明水が占めているかを明らかにする調査(ステップテスト)を実施した。

この時期はまだ水道メータの更新に着手していない。また、このステップテストは契約者の水利用を許容した条件の下での測定であるため、家庭内漏水や深夜の水利用の影響を完全に排除することはできないが、今後の無収水管理活動に向けてESSAP職員が身につけるべき技術として重要なものである。

時間帯は、水使用量が少なくなる深夜 0:00～4:00 の間とし、夜間最小流量の変化をロガーに記録した結果、各ブロックの不明水(漏水)を以下のとおり把握した。

なお、ステップテストは、地区内の配水量(漏水)の分布を大まかに把握することが目的であり、各サブセクターにおける漏水量の構成までは追及することができない。そこで、プロジェクトの後半では、配水網からの漏水量を正確に把握するため、サブセクター毎に給水栓を締め切って流入水量を測定する「直接測定法」により、配管からの漏水量を測定した。

表 2.2.8 空港住居グループのステップテスト結果

セクター	計測水量 (L/min)	割合 (%)	計測時間
1	75.0	47.3	1:05～1:20
2	26.5	16.7	1:25～1:40
3	3.2	2.0	1:45～2:00
4	13.3	8.4	2:05～2:20
5	17.1	10.8	2:25～2:40
6	23.5	14.8	2:45～3:00
合計	158.6	100.0	2:45～3:00

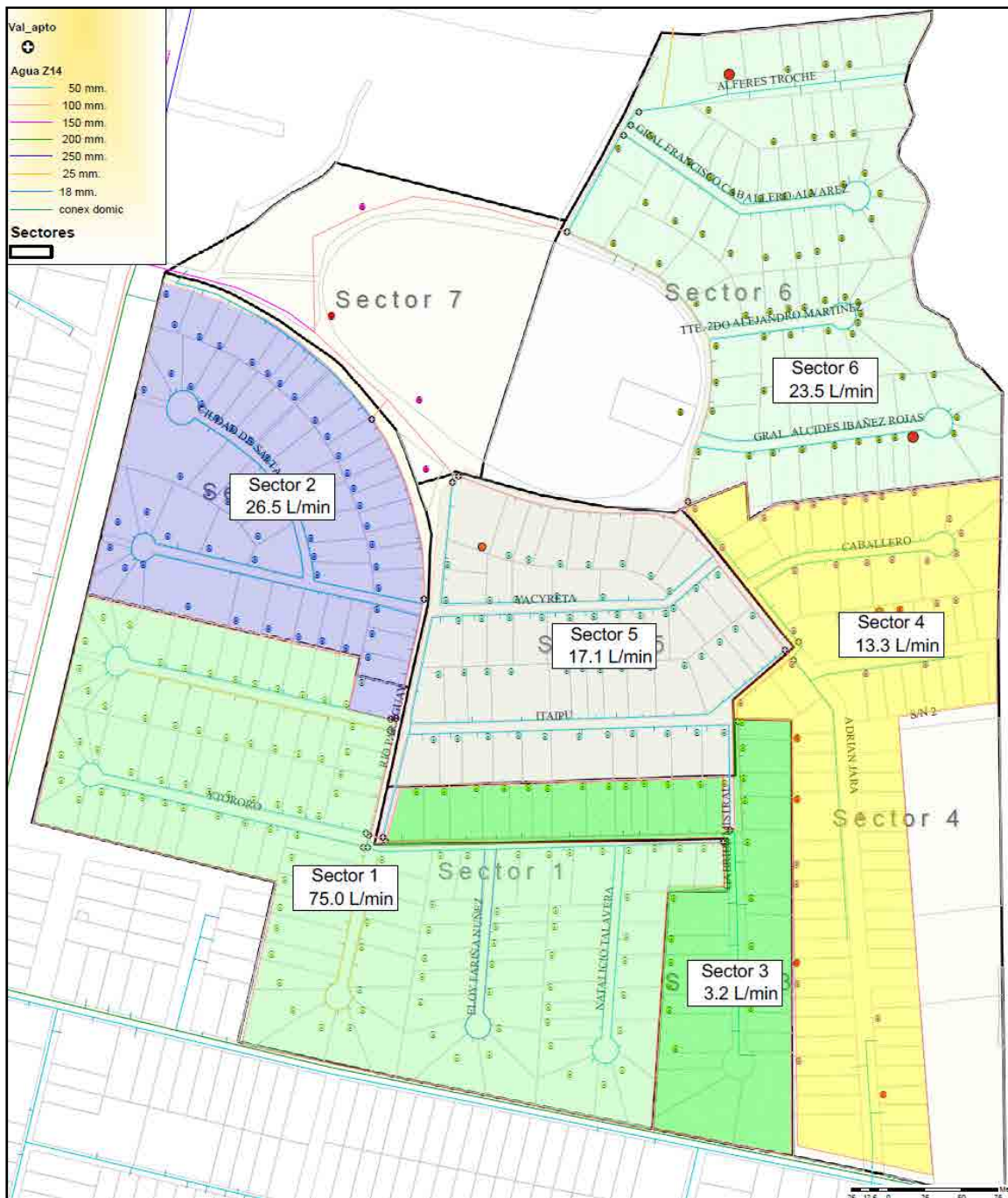


図 2.2.7 空港住居グループのサブセクター化とステップテスト結果

最も不明水(推定漏水量)が大きい地区はセクター1で75L/minが記録され、次にセクター2(26.5 L/min)、セクター6 (23.5L/min)が続いている。このデータを基にして、この3セクターを対象に漏水探知技術のOJTを実施し、配水管からの漏水探知と修繕を実施した。

【バリオ・ベジャ・ビスタ】

2013年3月～4月にかけて、地区内をバルブで小ブロックに分ける作業が進められ、その後、各ブロックでの潜在的漏水量の割合を把握するため、4月11～12日の深夜にステップテストが行われた。その後、漏水探知・修繕のOJTを進めていったが、2014年に入ってから夜間最小流量が大きく上昇したことを受け、2014年5月に再度ステップテストが実施された。

2回目のステップテストはESSAP職員が中心となって計画・実施されており、前年までの技術移転が確実に浸透しているだけでなく、ESSAP自身のオーナーシップが徐々に発揮されていることを示す一例として評価できる。

モデル地区の配水網は13のサブセクターに分割し、以下のような結果が得られた。測定された流量には配水管からの漏水以外に、夜間の使用水量、宅地内漏水も含まれる。

特に配水量(夜間使用水+漏水)が多いセクターはNo.7であり、約180L/min、次いでセクターNo.2の41.3L/minとなった。今後の漏水探知作業は、この結果を元に優先セクターを選び、漏水探知作業を進めていく必要がある。

なお、パラグアイでは宅地内漏水が非常に多く、夜間最小流量により漏水量を把握することが難しい。以下のステップテスト結果で示した流量は測定時間の平均流量である。

表 2.2.9 バリオ・ベジャ・ビスタのステップテスト結果

セクター	計測水量 (L/min)	割合 (%)	計測時間
1	10.1	2.4	0:00～0:15
2	41.3	9.8	0:15～0:30
3	35.0	8.3	0:30～0:45
4	13.6	3.2	0:45～1:00
5	-3.1	-	1:00～1:15
6	18.2	4.3	1:15～1:30
7	179.8	42.7	1:30～1:45
8	21.1	5.0	1:45～2:00
9	10.0	2.4	2:00～2:15
10	8.5	2.0	2:15～2:30
11	25.3	6.0	2:30～2:45
12	23.2	5.5	2:45～3:00
13	35.2	8.4	-
合計	421.3	100.0	

注) 合計値はセクター5の計測水量を除いたもの。

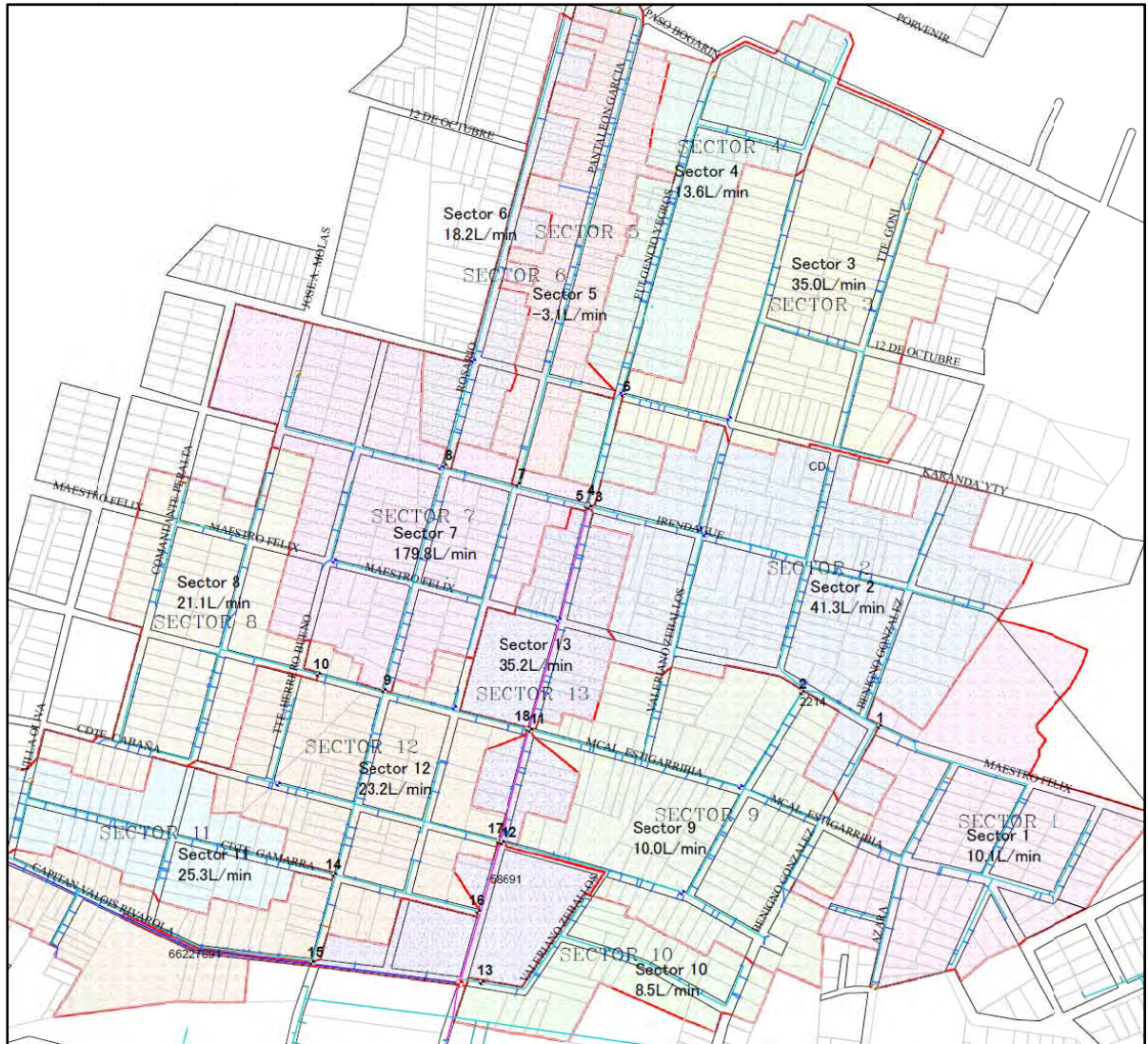


図 2.2.8 バリオ・ベジャ・ビスタのサブセクター化とステップテスト結果

3-2) 音源探知による漏水調査

ステップテストの結果を踏まえて、特に漏水が多いと思われる地区を選定し、集中的に漏水探知と修繕を実施した。

a. 通常漏水探知

水道メータやバルブに音聴棒を当てて漏水疑似音の有無や発生方向を探知する。また、ヘッドフォン式漏水探知機を用いて、管路のルートに沿って漏水音を探す。

b. ボーリング漏水探知

漏水探知の効率を上げるため、ボーリングを併用する音源探知技術を指導した。一般的には、20m～25m 間隔でボーリングした後に塩化ビニル管(φ20mm)の穿孔管を挿入する。穿孔管に音聴棒を挿入し、漏水の有無を探知する。漏水の量にもよるが、1～2m の近傍にある漏水の有無を簡易に特定することができる。

なお、配管の埋設深度が浅い場合や配水管が道路や歩道上にない場合には、ボーリング孔を設けることが難しい。

モデル地区で実地訓練を行った結果、このボーリング方式は非常に有効であり、現在では他の地域における地下漏水の探知作業にも活用されている。

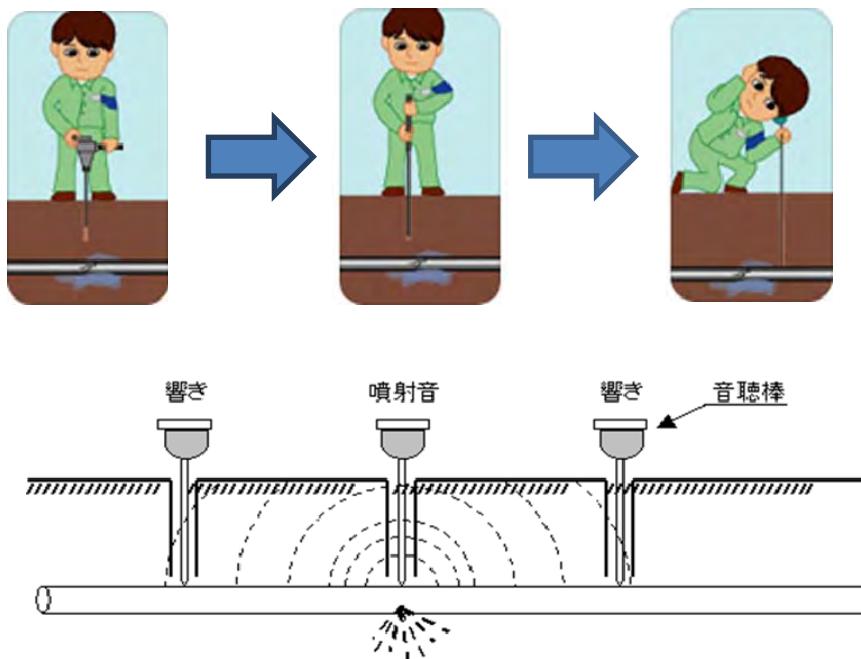


図 2.2.9 ボーリング探知法のプロセス

c. 空気圧縮工法による漏水探知

パラグアイ国の配水管には、塩化ビニルやポリエチレンを原料とするプラスチック管が広く用いられている。こうした材質は金属管の場合と比較して、漏水音の特性が異なるだけでなく、漏水音の伝搬性も悪いため、探知するのが難しい。

こうした状況を踏まえ、本プロジェクトでは配水管に空気を送り込んで漏洩音を探す方法を指導した。モデル地区の水圧は通常 $0.2\sim 0.3\text{MPa}$ ($2\sim 3\text{kgf/cm}^2$)程度であり、これを空気圧縮によって $0.4\sim 0.5\text{MPa}$ ($4\sim 5\text{kgf/cm}^2$)まで高める。このことによって漏水の代わりに空気が漏れ、漏洩音を探知することができる。

特に、漏水箇所周辺に粘土質の土壌があり、管の周囲が漏れた水で充満されているような場合は、通常の漏水音は発生し難い。このような土壌条件であれば、空気圧縮工法は非金属管の漏水探知に有効である。

漏水音の探知	非金属管探知機を用いた配管調査
	
ボーリング工法	空気圧縮工法
	

3-3) 希ガスを用いた漏水調査

ポリエチレン(PE)管、塩化ビニル(PVC)管等の音の伝搬が弱い管網の場合、一般的な音源探知方法では漏水探知に限界がある。また、空気を媒介とした空気圧縮工法も指導したが、どんな条件下でも期待した成果が必ず得られるという技術はない。

従来の探知方法では漏水を探り充てることができない場合、“希ガス”を使用した探知方法が有効であり、ESSAP 側の意向も踏まえ、2013 年の OJT から取り入れることとした。

【希ガスによる漏水探知の原理】

分子量が極めて小さいヘリウムを水道水等に混合溶解させて注入すると、漏水損傷孔から噴出したヘリウム溶解水は地中で気液分離し、ヘリウムガスは地表へ拡散移動する。管路から漏出したヘリウムガスは砂や土粒子の間を通過して、地表に水平・垂直に移動しながら舗装底面に到達する。

音源探査工法のように熟練した調査技師の聴覚に頼る方法とは異なり、特別な経験は必要としないが、ガスボンベ、レギュレータの調整などの一通りの作業には実務経験を通じて習得する必要がある。

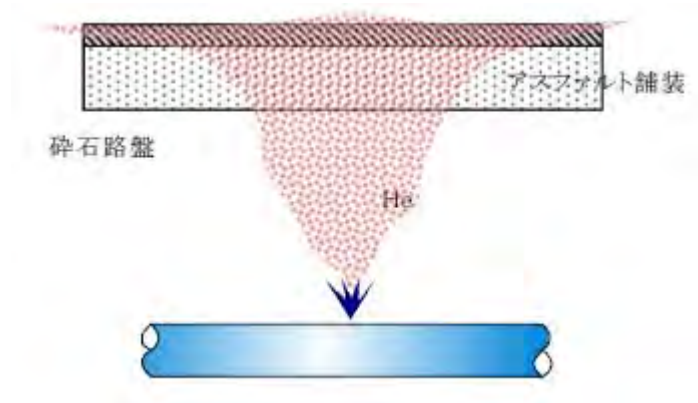


図 2.2.10 ヘリウムガス透過の模式図

【要求される諸条件】

- ・ 配管網からの漏水量がほぼ確実であるが、障害物により音聴法による探知が困難、あるいは位置の特定が困難な場合。
- ・ 対象とする区画が仕切弁で完全に仕切ることができる。
- ・ コンクリート舗装に覆われていない。

空港住居グループでの OJT の場合、選定した配管網からの漏水量は少なく、費用対効果の面では成果は低いですが、OJT を通じて微細な漏水箇所をピンポイントで特定できることを示すことができた。

漏水探知に係る技術力の向上を図る場合、伝統的な技術の指導だけではなく、新たな技術の紹介や応用力を養うことが重要である。ガスの漏洩箇所を特定する技術が漏水探知に応用できるということ、また、実用化に向けた研究が日本で行われた技術を、低価格の機器を用いて実践できたことは、技術の幅を広げることに寄与した。

【留意事項】

希ガスは気体を媒介した検知法の一つであり、空気圧縮法が前段として採用されることが望ましい。気体の洩れは液体とは違い、損傷孔の差異により多様な洩れ方をする。このような気体と圧力と洩れの関係を感じることにより、管路の内部でどのような現象が起きているかを想起することができ、センシビリティな漏水探知の技術向上につながる。

今回は、漏水探知技術の幅を広げるという意味合いが強く、低価格の機器での実習としたが、100～300万円クラスの検出器を用いた場合、少量かつ低濃度のガスでも高精度で漏洩検知は可能である。この技術の適用幅は非常に広いが、ヘリウムガスは希少で高価なため、調達事情や費用対効果を十分勘案して判断する必要がある。

日本では、水道法の観点から異物を混入させるという事は非常に限られて（敬遠されて）おり、実質的に農水管路、下水圧送管、水道新設管布設の水密検査に合格しない管路の漏水検査・メータ矢先の漏水、プラントの検査等に重用されている。

ヘリウムガスの準備	ガス漏洩地点の探知
	
漏水箇所の特定	ガス漏洩地点の探知
	

3-4) 漏水量の直接測定

a. 空港住居グループ

a-1) 配水管からの漏水量

空港住居グループ地区では、2012年12月から全ての契約者に対して、水道メータの整備が進められ、2013年9月までに地区内全ての水道契約者に新たな水道メータが設置された。これにより、各戸水道メータのバルブを一時的に閉止し、ある区画内の水利用を完全に遮断した条件下で配水量を測定することができ、配水管からの漏水量を直接把握できる。

契約者には予め、断水予定時間帯を通知しておく。調査区間のメータのバルブを全て閉止した状態で相当量の流入量が続く場合、その流入量は配管網からの漏水と判断できる。また、メータが感知できる家庭内漏水量は、全ての水道メータを対象に目視で確認した。

流量測定には、供与機材の電子式水道メータ(D13mm)を用い、パルスロガーで1分間の流量を計測する方法、1Lが流れるまでの時間をストップウォッチで測定し、毎分流量に換算する方法を指導した。

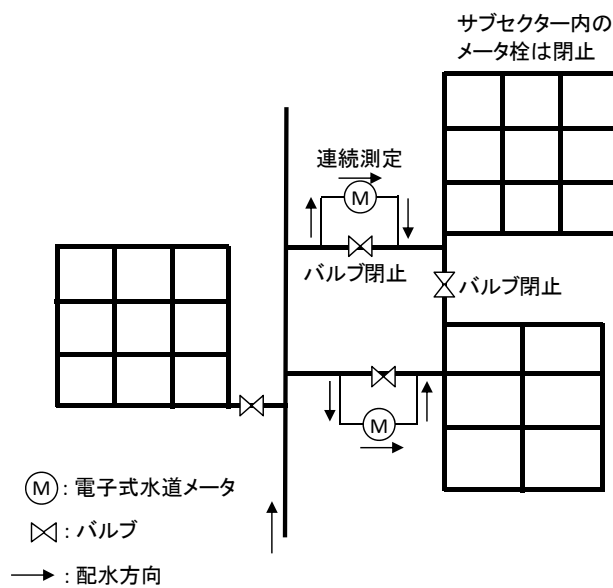


図 2.2.11 サブセクターにおける直接測定法のイメージ

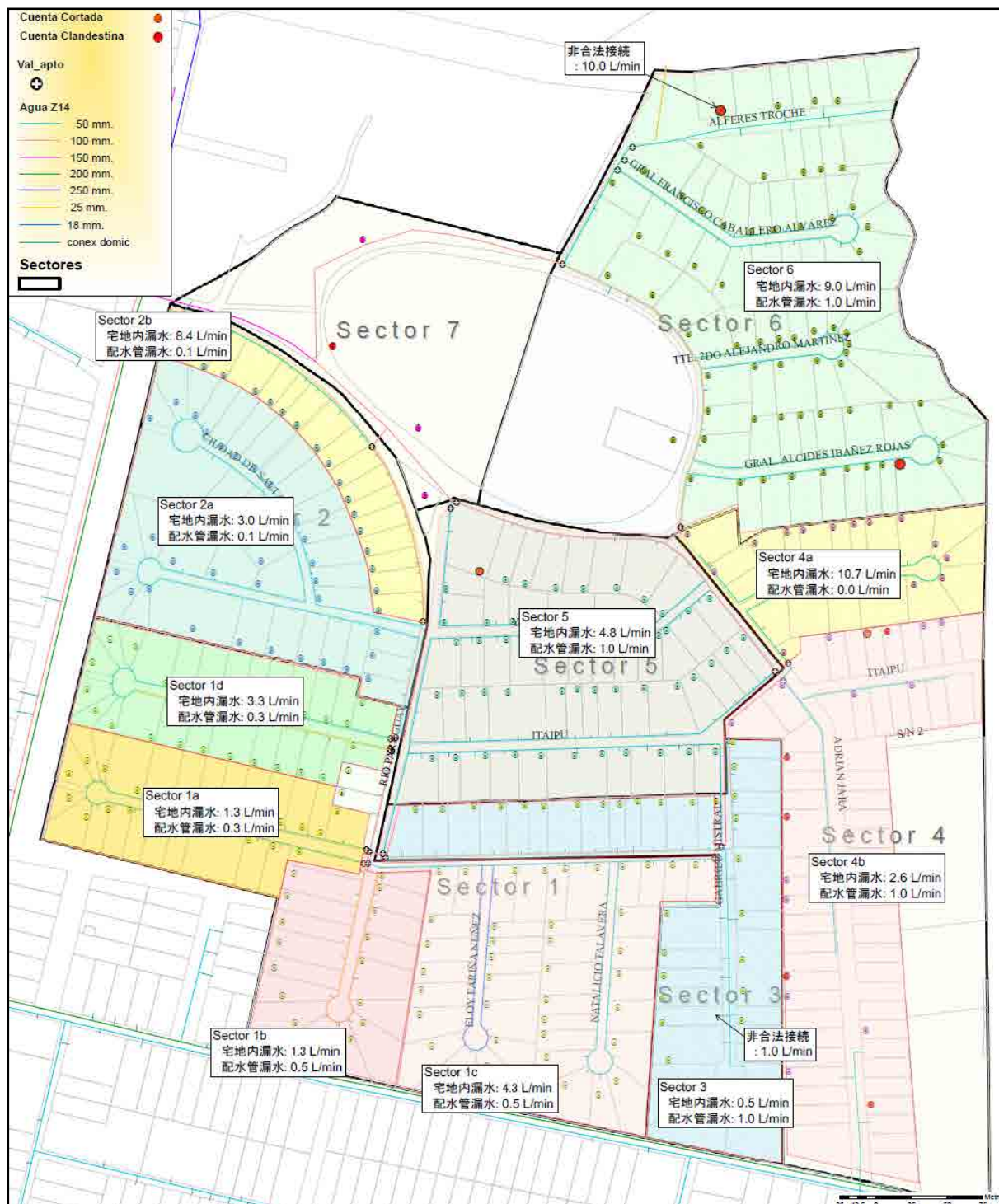


図 2.2.12 直接測定法により把握した漏水量(空港住居グループ)

家庭内漏水: 47.9 L/min

不法接続の漏水: 11.0 L/min

配水管の漏水: 5.8 L/min

表 2.2.10 空港住居グループの漏水量測定結果

日付	対象	漏水量測定結果 (L/min)	備考
18/Jul/13	S-1d	0.3	エアコンプレッサーを用い、気体圧力減少幅から算出。
2/Ago/13	S-1c	0.5	電子式水道メータの指示値
16/Ago/13	S-2a	0.1	同上
20/Ago/13	S-4a	0.0	同上
	S-6	1.0	同上
23/Ago/13	S-4b	1.0	同上
	S-3	1.0	同上
	S-5	1.0	同上
27/Ago/13	S-1a	0.3	同上
	S-1b	0.5	同上
28/Ago/13	S-2b	0.1	同上
合計		5.8	昼間の水圧での測定値
夜間の漏水量		6.3	昼夜の水圧変化を考慮した換算係数=1.079

上記のとおり、配水管からの漏水量は合計 5.8L/min と算定された。ただし、これは昼間の読み取り値であるので、水圧が上昇する夜間には漏水量が若干上昇する。

漏水量は漏水個所の開口部をオリフィスと考えると簡便的に下記式で求められる。

$$Q = AC\sqrt{2gP}$$

- ここで、
- Q: 漏水量(m³/s)
 - A: 漏水箇所開口面積(m²)
 - C: 流量係数
 - g: 重力の加速度(9.8 m/s²)
 - P: 水圧(m)

水圧が変化した場合の漏水量の変化量は下記式で求められる。

$$Q_2/Q_1 = AC\sqrt{2gP_2}/AC\sqrt{2gP_1} = (P_2/P_1)^{0.5}$$

- ここで、
- Q₁: 初期漏水量(m³/s)
 - Q₂: 水圧変更後の漏水量(m³/s)
 - P₁: 変化前の水圧(m)
 - P₂: 変化後の水圧(m)

この式を用いて、2013年8月時点の夜間漏水量を以下のように算定した。

- ・夜間平均水圧 : 0.316 MPa
- ・昼間平均水圧 : 0.271 MPa
- ・漏水量の変化率 : $(3.16/2.71)^{0.5} = 1.079$
- ・夜間漏水量 : 昼間測定値 5.8 L/min $\times 1.079 = 6.3$ L/min

バイパス管とメータの設置	電子式水道メータとパルスロガー
	

a-2) 計測不能な漏水量

この漏水は、一つ一つではその水量が少なく、計測機器で計測できない漏水量であるために、小規模なサブセクターでは計測できない。しかし、地区全体として集合すれば計測することができる漏水量である。

仮に 5L/h 程度の漏水が 11 のサブセクターに存在すれば、その合計は 55L/h となる。つまり、20 箇所の滲み漏水(近い将来地上に溢水すると思われる漏水予備軍)があれば、 $5L \times 20 \text{ 箇所} \div 100L/h \div 1.7L/min$ となり、これが計測不能な漏水量として夜間最小流量に含まれる。

これまでの既存の配水管の漏水件数や修理実績(5件/月)、老朽化の状態を考慮すると、各サブセクターには少なくとも2箇所以上はこうした滲み漏水の存在が疑われる。従って、夜間最小流量の構成図では、20件の滲み漏水の存在を仮定して、1.7L/minを計測不能の漏水量として推定した。

a-3) 非合法接続の漏水量(使用量)

空港住居グループでは非合法接続が2件確認され、日中で水利用が全くないことを確認したうえで水量の計測を行った。これは宅地内(家庭内)漏水量ではあるが、料金が請求されていない水量である。この水量は2件で11.0L/minであるため、夜間の水量としては11.9L/minと推定される。その後実施された無収水管理活動を通じて、水道利用者との協議を続けた結果、非合法接続は解消された。

a-4) 宅地内(家庭内)の漏水量

宅地内(家庭内)の漏水がどの程度存在するかを把握するため、家庭内の水利用を一時的に停止させて、メータの指示値を目視で読み取った。このデータはメータが検知できる水量であるため、水道メータを更新する前の有収水量に宅地内漏水が占める割合を推定することに役立つ。

表 2.2.11 空港住居グループの宅地内漏水

セクター	件数	漏水量 (L/min)	備考
1	5	8.93	
2	5	11.35	
3	2	0.50	非合法接続による使用水量は含まない。
4	10	13.32	
5	14	4.83	
6	13	9.01	非合法接続による使用水量は含まない。
合計	49	47.94	

上記のとおり、合計49件でメータ先の宅地内漏水が確認された。地区内の世帯は約340件であり、7件に1件の割合で宅地内漏水が生じていることになる。なお、新品のメータに更新されたことにより、更新以前は計測されていなかった漏水も新たに把握することができている場合もある。

7件に1件の出現率は開発途上国では珍しくないが、確認された漏水量や割合は高いレベルにある。日本の場合は、必ず検針員が顧客に漏水の疑いがあるという事を顧客に通知することが行われているが、パラグアイ国ではこうした通知はほとんどされない。

昼間の宅地内漏水は47.9L/minに対し、夜間の水圧上昇に伴う換算係数1.079を考慮すると、夜間の宅地内漏水は51.7L/minと推定される。

b. バリオ・ベジャ・ビスタ

b-1) 配水管からの漏水量

バリオ・ベジャ・ビスタは、空港住居グループの 2 倍近い水道利用者がおり、サービスエリアも広い。また、商業施設もあるため、断水作業は極力減らし、短時間で測定を行う必要がある。各サブセクターにおける給水事情やエリアの大きさなどの特性を考慮し、日中の断水が困難なセクターについては、深夜時間帯に測定した。

2014 年 7 月 9 日～21 日にかけて測定した結果、配水管(メータ手前)からの漏水量は 186.9L/min であった。同じ期間の夜間最小流量は平均 251.1L/min であり、この 74%が管路からの漏水量と違法接続による使用水であると思われる。また、残りの 26%(64.2L/min)には、宅地内漏水、メータ誤差や不感帯域での使用水が含まれると推定された。

なお、直接測定の際、いくつかのセクターでは各戸水道メータの止水栓は全て閉止しているにも関わらず、明らかに使用水と思われる挙動が電子メータの指示値で確認された。この原因としては、地区内の違法接続が第一に疑われるが、各戸メータ栓の不具合により完全に閉止できていないといったことも考えられる。こうした点を踏まえて、無収水の構成を推定した結果、明らかに管路からの漏水と判断された水量は 161.8L/min である。

表 2.2.12 バリオ・ベジャ・ビスタの配水管からの漏水量

サブセクター	メータ栓閉止前 (L/min)	メータ栓閉止後 (L/min)	無収水の構成	
			明らかな漏水	違法接続・その他
1	21.3	3.0	2.5	0.5
2a	-	3.0	3.0	-
2b	27.2	19.1	15.7	3.4
3	25.6	2.0	2.0	-
4	32.8	14.6	12.0	2.6
5	25.0	5.2	4.3	0.9
6	22.4	15.8	13.0	2.8
7	4.7	3.4	3.4	-
8a	13.0	7.0	5.7	1.3
8b	22.1	4.1	4.1	-
9a	49.3	4.4	3.6	0.8
9b	-	30.9	30.9	-
10	5.8	0.1	0.1	-
11	32.0	23.6	19.3	4.3
12a	17.7	3.3	3.3	-
12b	-	14.4	11.8	2.6
13	50.0	33.0	27.1	6.0
合計		186.9	161.8	25.1

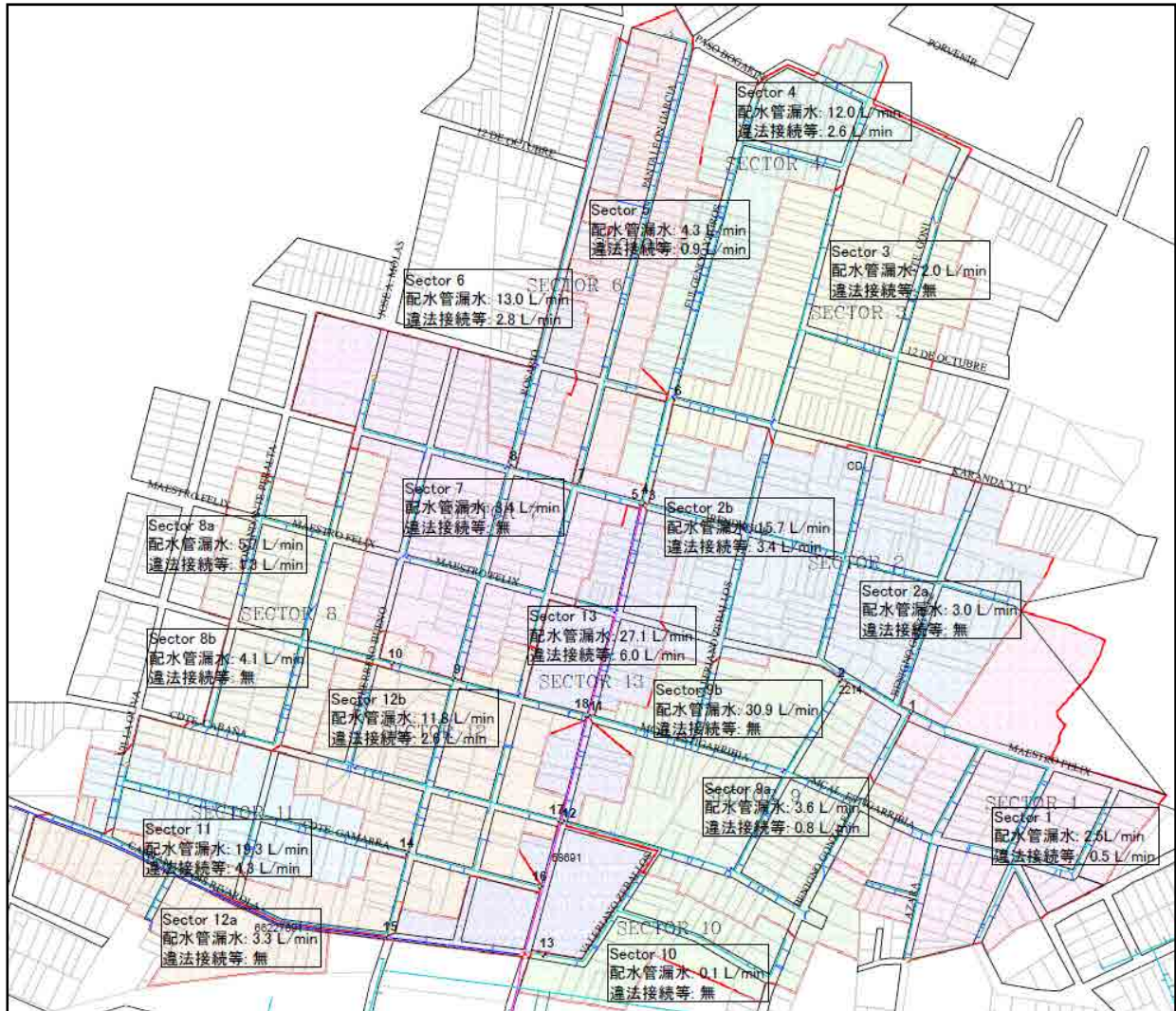


図 2.2.13 直接測定法により把握した漏水量(バリオ・ベジャ・ビスタ)



4) 無収水量の構成要素の特定

無収水と有収水の分類は一般的に以下のように理解されている。

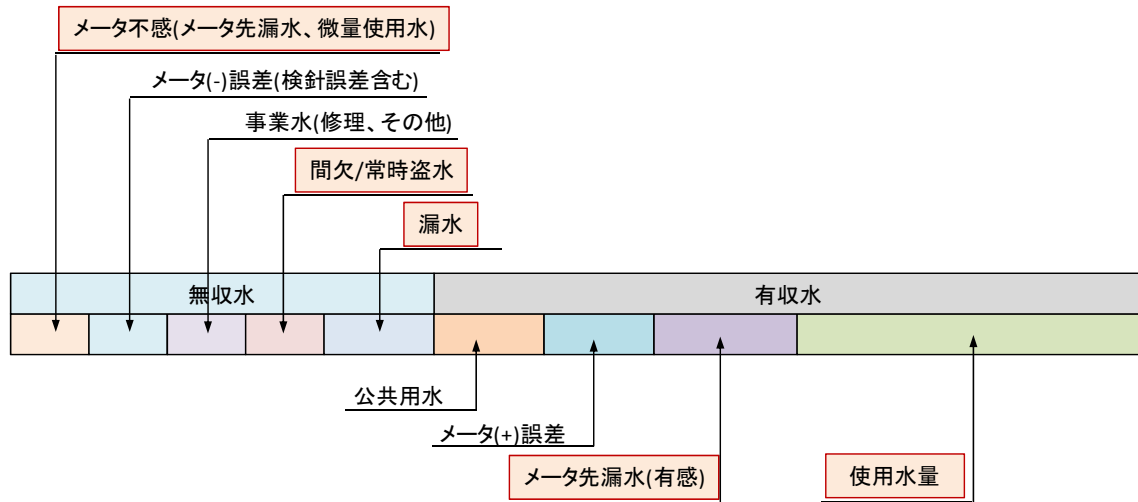


図 2.2.14 無収水と有収水の構成要素

無収水の構成要素の一つである「漏水」という要素に関しては、「計測できる漏水量」と「計測できない漏水量」がある。こうした点を踏まえつつ、2つのモデル地区における夜間最小流量と漏水量の測定結果を基に、無収水の構成要素を特定した。

【空港住居グループ】

空港住居グループでは、2013年8月、全てのサブセクターを対象に電子式水道メータ(R=100)を用いた直接漏水量の測定を実施したが、いくつかのセクターでは0.1L/minあるいは漏水量がないという結果が得られた。

水道メータの特性上、低流量域の感知能力には限界があり、 $5\text{L/h} \approx 0.083\text{L/min}$ 以下の漏水は単体で計測ができない。計測できない漏水量とは、個体の漏水では水量が少なく、計測機器で計測できない漏水量である。表現としては滲み漏水というが、 5L/h 以下のような漏水は計測ができないものの、あるセクター全体で集合した場合、計測値として示すことができる水量のことである。

モニタリングを続けていた夜間最小流量のうち、2013年9月の時点における構成要素は以下のとおり推定された。

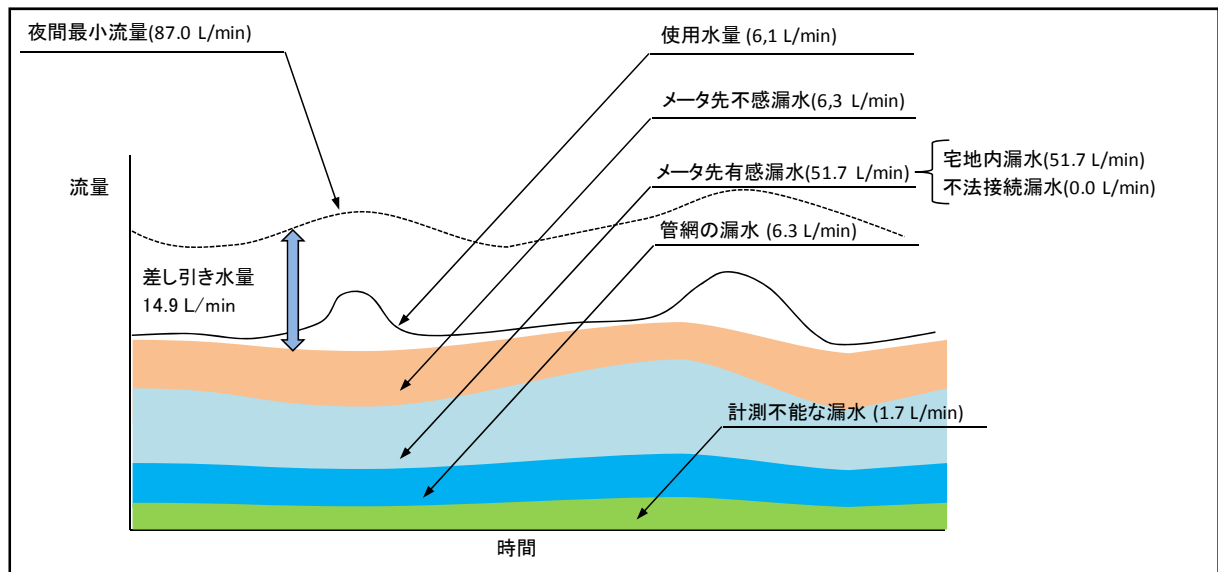


図 2.2.15 空港住居グループの夜間最小流量の構成

表 2.2.13 空港住居グループの夜間最小流量とその内訳

項目	水量 (L/min)	根拠
漏水量	6.3	2013年8月のサブセクターの直接測定結果(5.8L/min)×1.079
計測不能漏水量	1.7	滲み漏水が分散して存在すれば、この程度の水量が出現する。
盗水/違法接続	0.0	直接接続、違法接続は解消された。
メータ先(宅地内) 漏水不感水量	6.3	当該地区の水道メータの不感帯域は5～10L/hである。中間値の7.5L/hour(0.125L/min)をメータ不感平均値とし、漏水予備軍として想定される50件でこうした不感水量が発生しているとすれば、6.25L/min程度の不感水量の存在が疑われる。(メータが検知する家庭内漏水が確認できたのは48件である。)
復元漏水量	---	復元の度合いは、現時点では計測はできない。 地上に現れた漏水量を計測すると0.5L/min程度であり、今後数ヶ月後には2～3倍程度の地下漏水が復元することもある。
メータ先(宅地内) 漏水量	51.7	メータが検知する家庭内漏水が確認できたのは48件、47.9L/min。夜間水圧上昇に伴う係数1.079を考慮し、51.7L/minとした。
使用水量	6.1	超音波流量計の変動値から空き時間を推定し、測定値を補正して算定。 電磁式水道メータが記録する夜間最小流量の7%相当を使用水量と仮定した。
計測誤差	14.9	夜間最小流量87.0L/minから上記水量を控除。 87.0L/minに対して17.2%を占めるが、これには宅地内漏水量の計測誤差も含む。
合計	87.0	2013年9月に確認された夜間最小流量の値

※網掛セル:夜間水量に含まれる無収水の要素

表 2.2.14 空港住居グループの無収水の構成要素

項目	2012年推定		2013年9月	
	流量 (L/min)	割合	流量 (L/min)	割合
配管網における漏水量(※1)	70.3	78 %	6.3	44 %
計測不能な漏水量	1.7	2 %	1.7	12 %
盗水/違法接続(※2)	11.9	13 %	0.0	0 %
計測不能な宅地内漏水量	6.3	7 %	6.3	44 %
合計(無収水量)	90.2	100 %	14.3	100 %
請求データ上の無収水量(※3)	132.0	-	18.7	-

※1 2013年9月の計測値に64l/minを可算し、1年前に存在した漏水量とした。

※2 OJTにて確認された明らかな違法接続の流量であり、2013年9月には解消された。

※3 請求データ上の無収水量は、配水量と請求対象水量の差であり、下半期の平均値である。

2013年8月の配水量集計表によれば、配水量 12,990m³ に対して請求対象水量は 11,989m³ であり、その差 1,001m³ が無収水量(32日間)として扱われている。この無収水量 1,001m³ は毎分流量で表わすと 21.7L/min となるが、上述した分析結果から推定した無収水量 14.3L/min との間には 7.4L/min の差が生じている。

現時点で保有している計測機器の性能には限界があり、メータが感知できない漏水量を正確に計測することはできないため、無収水量の構成バランスは推定値としての表現にならざるを得ない。

また、月毎に集計される請求対象水量がメータ検針による実使用水量と一致していないことも、無収水の構成を正確に把握できない要因にもなっている。

しかし、重点対策を見極めるといった本来の目的に対しては、十分に活用できるレベルにある。こうした計測値の差は、今後日本の都市並みに計測の設備が充実しても内包してしまう問題である。こうした計測値の分析を一層精緻なレベルで行うためには、トレーサビリティの確保といった体制整備にも取り組まなければならない。

【バリオ・ベジャ・ビスタ】

配管網からの直接漏水及び不法接続に伴う消費水量は、ステップテスト及び直接測定法によって推定され、2014年7月の時点で配水管からの漏水は161.8L/min、不法接続その他の不明水は約58.3 L/minと算定された。

無収水に含まれる「計測不能な漏水量」や不法接続による水使用などを正確に把握することは困難であるため、空港住居グループの結果を参考に、契約件数及び配水管延長の規模に応じて推定した。

表 2.2.15 バリオ・ベジャ・ビスタの漏水量の推定

	空港住居グループ (2013年9月)	バリオ・ベジャ・ビスタ (2014年7月)	備考
契約件数	341件	743件	-
比率	1.00	2.17	※2に適用
配水管延長	10.9 km	7.1 km	-
比率	1.00	0.65	※1に適用
配水網からの漏水量	6.3 L/min	161.8 L/min	直接測定による
計測不能な漏水量(※1)	1.7 L/min	1.1 L/min	1.7* 0.65
計測不能な宅地内漏水(※2)	6.3 L/min	13.7 L/min	6.3* 2.13

無収水の構成要素は以下のとおりである。バリオ・ベジャ・ビスタでは、2014年5～8月にかけて漏水探知・修繕作業に集中的に取り組んでおり、その過程で配水管からの漏水量は大幅に削減された。このため、以下の2つの時期における無収水の構成要素を推定した。

表 2.2.16 バリオ・ベジャ・ビスタの無収水の構成要素

項目	2014年7月		2014年9月	
	流量 (L/min)	割合 (%)	流量 (L/min)	割合 (%)
配水管からの漏水量(※1)	161.8	80.3	58.3	59.4
計測不能な漏水量	1.1	0.5	1.1	1.1
盗水/違法接続(※2)	25.1	12.5	25.1	25.6
計測不能な宅地内漏水量	13.4	6.7	13.7	13.9
合計(無収水量)	201.4	100.0	98.2	100.0
請求システム上の無収水量(※3)	210.0	-	52.2	

※1 2014年7月の直接測定結果は161.8L/min。7～8月にかけての夜間最小流量の低下分103.5L/minを漏水削減量として計算し、9月時点の漏水量とした。

※2 2014年7月の直接測定時に推定された値。9月の値は減少している可能性が高い。

※3 2014年6～7月までの請求対象期間における無収水量であり、平均使用水量に基づく請求が含まれている。

モデル地区で無収水管理活動を本格化する前では、無収水量のうち 80%近くを配水管網からの漏水が占めており、その他では、違法接続が約 13%、流量計で計測できない漏水量が約 7%を占めていたと考えられる。この無収水量の割合は、空港住居グループとほぼ同じ傾向にある。

2014 年 5 月以降、漏水探知と修繕活動に取り組んだ結果、配水管からの漏水は約 100L/s も削減することができ、9 月の時点で無収水の構成要素は大きく変化した。

5) 給水設備管理技術

5-1) 水道メータ全数検査

モデル地区の「空港住居グループ」及び「バリオ・ベジャ・ビスタ」では、給水管と各戸メータの現況調査を実施し、漏水の有無、埋設位置の探知、メータの設置状況と稼働状況、違法接続の有無等について確認した。

空港住居グループの調査は、2011年後半から開始し、2012年4月上旬に終了した。その後、引き続きバリオ・ベジャ・ビスタにおいても同様の作業に着手し、2014年7月上旬に終了した。

この結果をもとに、地区内のすべての契約者をリストアップし、確認された水道メータ番号と料金請求情報(種別、請求水量)を整理することで、モデル地区 2 地区の請求水量データの取りまとめが行われた。

表 2.2.17 空港住居グループの水道メータの状況

分類	件数	比率	うち読取困難	うちメータ故障	うちメータなし
検針により請求しているメータ	219	64.2%	38	2	-
過去の平均使用量から請求しているメータ	109	32.0%	54	6	8
切断	6	1.7%	-	-	-
不明	7	2.1%	-	-	-
合計	341	100.0%	92	8	8

※2012年4月時点の調査結果であり、その後の件数は変動している。

表 2.2.18 バリオ・ベジャ・ビスタの水道メータの状況

分類	件数	比率	うち読取困難	うちメータ故障	うちメータなし
検針により請求しているメータ	482	64.1%	41	-	-
過去の平均使用量から請求しているメータ	212	28.3%	-	127	85
切断	57	7.6%	-	-	6
不明	1	0.0%	-	-	-
合計	752	100.0%	41	127	91

※2012年7月時点の調査結果であり、その後の件数は変動している。

5-2) 水道メータの検定技術

水道メータの精度管理に関する基礎研修は2012年5月17日に実施した。その後、7月になってから、両モデル地区の水道メータを一定数量サンプリングし、ESSAP内のメータ検定所にて精度検定を行い、現在ESSAPが使っている水道メータの現状を定量的に評価した。

表 2.2.19 水道メータ精度管理の室内研修

テーマ	小項目	参加者 (※所属)
Aeropuerto のメータ 精度検定後の解析	使用水量ランク別の精度の誤差について	Ing. Leonardo Hentcholek ^(※1) Ing. Carlos Ramírez ^(※1)
	メータ検定作業の方 法の確認	Lic. Eduardo Chamorro ^(※1) Ing. Alejandro Amarilla ^(※1, ※2)
メータの精度に関する勉強会	メータの精度(不感と器差)について	José Fernández ^(※2)
	検定公差と使用公差について	Carlos Leguizamón ^(※1)
	器差検定と使用する標準器について	Sebastián Zequeira ^(※1)
	製品認証の為のメータ精度試験の方法について	Mercedez Masqueda ^(※1)
	メータ計量範囲(R)と機器性能について	Edgar Ortíz ^(※2)
メータ精度検定後の 解析	使用水量ランク別の精度の誤差について	Rodrigo Deniz ^(※2) Eedgar Mora ^(※1) Juán Pablo Moringo ^(※3)

※1: 無収水部

※2: アスンシオン配管網部

※3: グランアスンシオン営業部メータ接続・再接続課

精度検定を行う既存メータについては、空港住居グループから32個、バリオ・ベジャ・ピスタから62個を選定した。

検定技術の指導は、ESSAPのメータ修理工場において実施された。ここには、12連式の水道メータテストベンチがあり、修理したメータの精度確認に使用している。しかし、ISO規格の水道メータ検定手法に関する知識が十分でなく、テストベンチ自体にも不具合があることが確認された。

【メータ精度の試験方法】

メータの精度は3点の流量帯域で試験した。3点検定とは $Q_{min}(Q_1)$ 、 $Q_t(Q_2)$ 、 $Q_n(Q_3)$ の流量帯域での検定であり、時間当たり流量として以下を設定とした。

Q_{min} : 30 L/h (定格最小流量: Minimum Flow Q_1)

Q_t : 120 L/h (転移流量: Transition Flow Q_2)

Q_n : 1,500 L/h (定格最大流量: Maximum Flow Q_3)

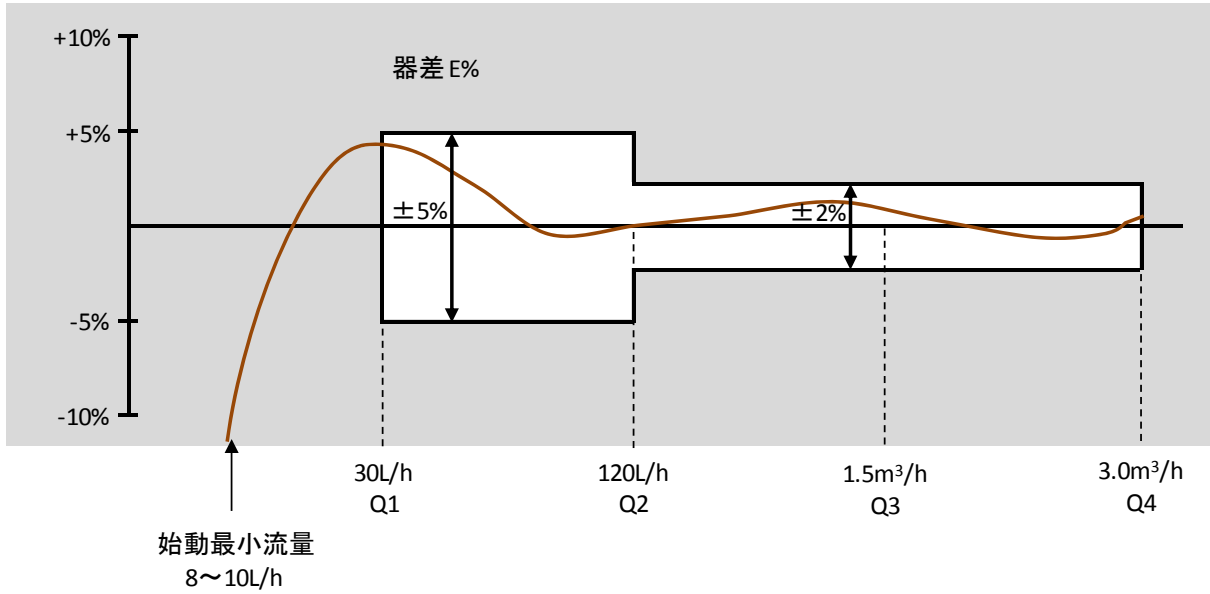
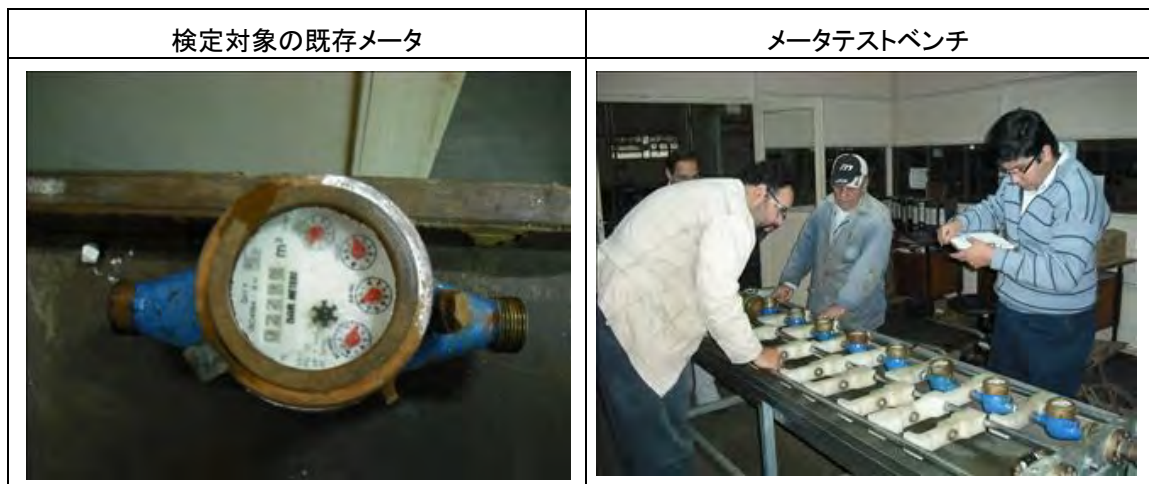


図2.2.16 水道メータ(Class B)の場合の器差曲線

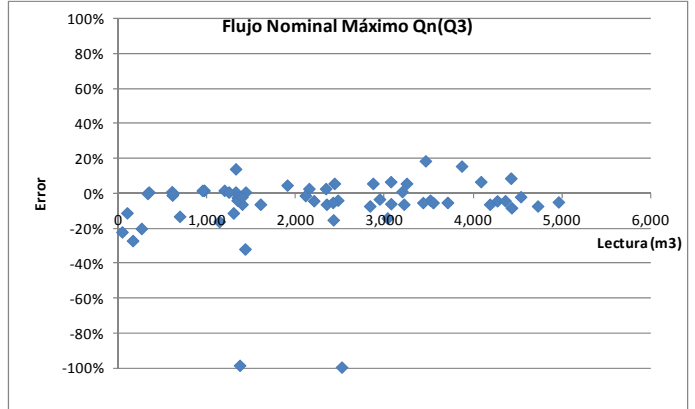
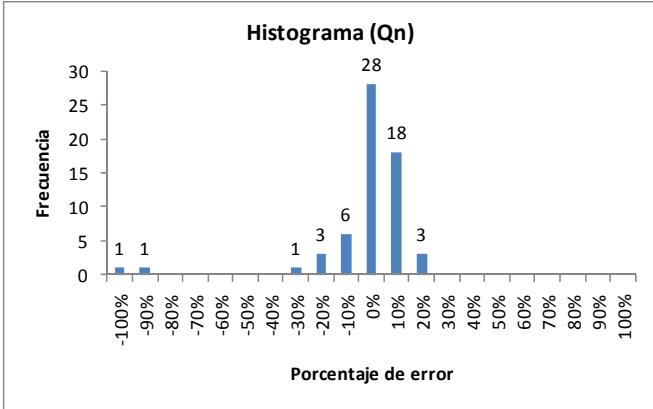
上図はメータの製品としての精度保証するための誤差の許容範囲を%で示しており、 Q_1 以上 Q_2 未満では $\pm 5\%$ 、 Q_2 以上 Q_4 以下は $\pm 2\%$ の範囲が検定公差となる(ISO 4064)。なお、使用中の器差はこの2倍まで許容される。

サンプルメータ62個のうち1個は通水時に本体からの漏水が発生したため、最終的には61個のメータを検定した。

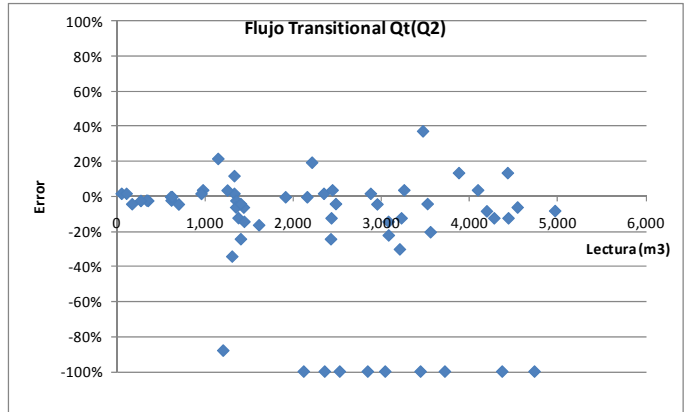
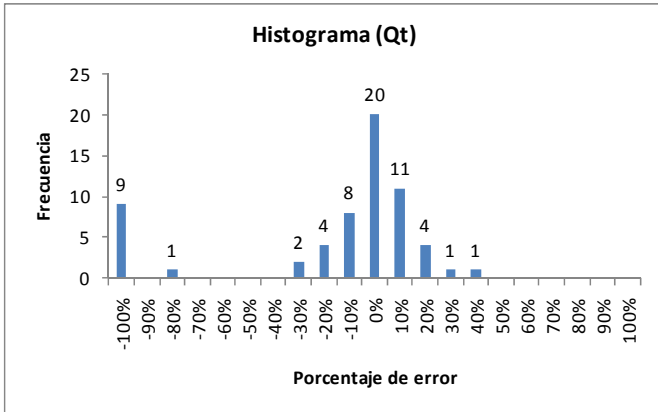
以下に示す分析結果は、ルケ市バリオ・ベジャ・ビスタのものである。



【定格最大流量(Qn)の誤差分布】



【転移流量(Qt)の誤差分布】



【定格最小流量(Qmin)の誤差分布】

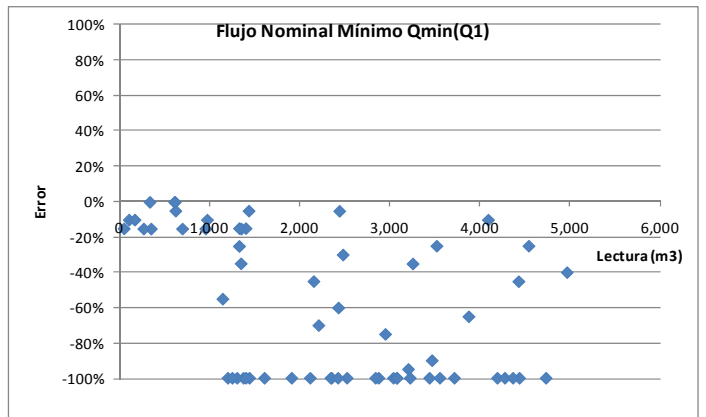
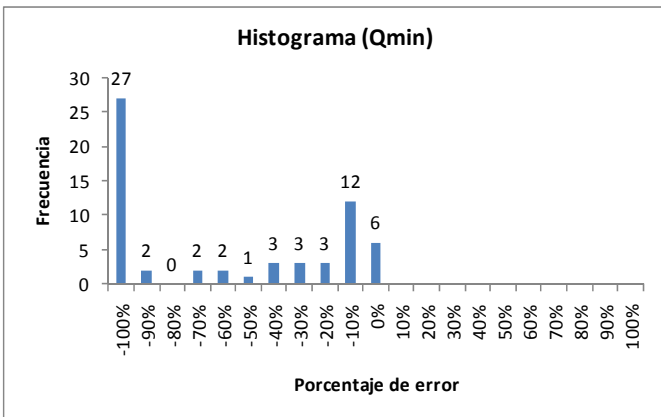


図 2.2.17 流量帯域別の誤差分布

流量帯域ごとの傾向は以下のとおり考察される。

【定格最大流量(Qn)の場合】

検定した水道メータのうち、使用中の器差($\pm 2\% \times 2$ 倍)以内を確保したメータは 61 個中 19 個と 31%である。また、 $\pm 20\%$ 以上の誤差を記録したメータは 6 個(10%)存在していた。

誤差が 100%近いものは 2 個あったが、ほとんどメータが動いていないことによる。

積算流量の表示値の大きさ(使用年数の多さ)と、誤差の発生頻度とに相関は見られないのは、表示が大きいメータであっても、過去に分解整備が施されていることによるものと思われる。

【転移流量(Qt)の場合】

流量が少なくなってくると、流量を感知しないメータが出現してくるようになり、61 個のうちの 9 個(14%)は稼働していなかった。また、誤差のばらつきも次第に大きくなっていく。

一般に Q_t から Q_n の流量帯域において、一般家庭の使用水が多く発生する場合、この Q_t 付近の流量帯域で稼働しないメータが現れてくることは大きな問題と言える。

【定格最小流量(Qmin)の場合】

さらに流量が少なくなると、流量を感知しないメータがさらに出現してくるようになり、61 個のうちの 27 個(44%)が稼働していなかった。さらに顕著な傾向は、実際に通過した流量よりも少なく記録されるメータ(つまりマイナスの誤差を持つメータ)が多くなっていることである。

一般にこの最小流量域で一般家庭の生活用水が使用される割合は低いと思われるが、この帯域で必ず稼働するメータを確保することは重要であり、計測精度の向上よりも優先して取り組む必要がある。

5-3) 水道メータの更新

【空港住居グループ】

当地区では2012年12月より水道メータの全数交換に着手し、2013年10月に完了した。平均使用水量で請求している契約者の内、「メータが無い契約者」、次いで「メータが故障もしくは読取不可の契約者」の順で更新を進め、その後、残りの全ての契約者についてメータの更新を行った。

なお、水道メータの更新作業では、ESSAP 無収水部と日本側コンサルタントと共同で「水道メータ施工の手引き」を作成し、現地での施工が正確かつ高品質に行われるよう指導した。

表 2.2.20 空港住居グループのメータ更新データ

項目	対象件数	備考
水道契約者	344	
壁取り付け式	35	
床取り付け式	309	
切断	3	料金未納、移転など

注) 2013年9月時点の値であり、その後新規接続などで数値は変動する。

空港住居グループでは、水道メータが更新された直後に利用者によってボックスが壊されたり、メータを逆向きに付け替えるといった違法行為が数件発生した。また、既存メータに問題があるにも関わらず、ESSAP によるメータ交換を拒否したり、非合法で水を利用していることが明らかでも ESSAP による勧告を無視するといったケースも確認された。

不正に対する利用者側の意識の低さは、過去の CORPOSANA 時代から続いた様々な問題点にも起因しており、水道事業の抜本的な制度改革が必要であるだけでなく、改善するには相当の時間が必要である。

非合法接続の対処方法としては、無収水部が通知書を利用者に届け、正式な接続に同意しない場合は給水管をその場で切断する。一度切断してもまた利用者独自で接続を戻すケースも多く、その場合は検察庁職員、警察、ESSAP 法律顧問の立会のもと、現場検証を行い、法的措置を検討する。

【バリオ・ベジャ・ビスタ】

当地区では、ESSAP 負担事項であった道メータの調達が遅れたため、全数更新工事が開始されたのは2013年11月である。作業の遅れによるプロジェクト全体の成果達成が危惧されたことから、無収水部施工班に加え、首都圏配管網部の施工班も加わり、早期の工事完了を目指した。この結果、メータの全数更新は2014年5月に完了した。

表 2.2.21 バリオ・ベジャ・ビスタのメータ更新データ

項目	対象件数	備考
水道契約者	743	
壁取り付け式	581	
床取り付け式	162	
切断	55	料金未納、移転など

注) 2014年5月時点の値であり、その後新規接続などで数値は変動する。

モデル地区で使用された水道メータはブラジル製の単箱式水道メータであり、空港住居グループではLAO社、バリオ・ベジャ・ビスタではFAE社の製品が用いられた。

カタログ上の定格最小流量は0.03m³/h(0.5L/min)で、0.5～2.0L/minの流量範囲では±5%の器差が保証されている。ESSAPで購入されるメータは日本製に比べて極めて安価である一方、製品の品質は大きく劣るため、精度が長期にわたって維持されるとは限らない。

今回設置したメータの場合、FAE社製品はガラス面のつくりが頑丈で品質も良好であるが、LAO社製品は指示部がプラスチックで傷が付きやすく、また使用してから数ヶ月で指示部が白濁して読み取り不能となるものも出ている。

表 2.2.22 各戸水道メータの流量範囲と器差

流量範囲		器差
(m ³ /h)	(L/min)	
0.03以上 0.12未満	0.5以上 2.0未満	±5%
0.12以上 3.0未満	2.0以上 50未満	±2%



6) 家庭用水需要の分析技術

水道を使用する際の流量帯域と水道メータの性能との間には重要な関係があるため、一般的家庭において水道はどの程度の水量で使われているかを調査する方法を OJT として指導した。

水道メータには流量帯域によって許容誤差が規定されている。このため、パラグアイ国の一般家庭がどのような流量帯域で使用しているのかを把握し、水道メータに要求する特性(精度を要求すべき流量帯域)を理解することは、コマーシャルロス管理の上で非常に重要である。

例えば、100リットル/時で使用する場合と1,000リットル/時で使用する場合は、メータの誤差は異なり、使用している水道メータの特性ごとに差異がある。一般家庭で100リットル/時の使用がほとんどである場合、この流量域での誤差が少ないメータを選定すべきであり、逆に1,000リットル/時の誤差はコマーシャルロスに大きな影響はないことが分かる。

また、メータ使用累積値 \div 経過年によってどの程度の誤差が生じてくるかという既存メータの精度検定のデータをもとに、時系列的にどの時期に交換が適切なのかというシミュレーションができ、対策を講ずることができる。

6-1) 水需要変動の分析結果

ESSAP 職員の家庭をサンプルとして調査した結果を以下に示す。

電子式水道メータを取り付け、1リットル毎に発生するパルス信号を記録しながら、どの時間帯でどれだけの流量が流れているかを計測した。

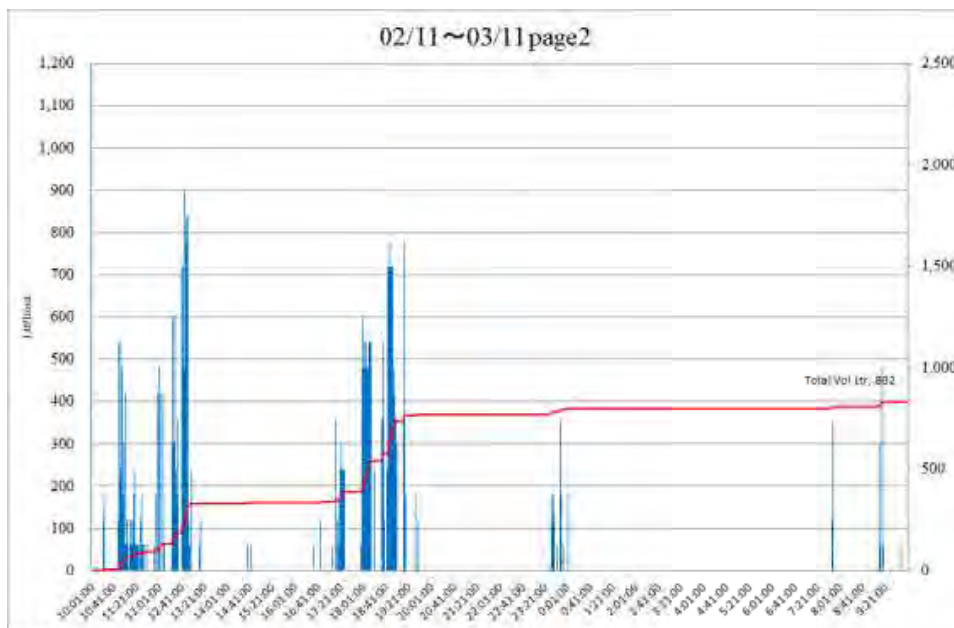


図 2.2.18 水需要変動の測定結果

表 2.2.23 水需要変動の測定結果概要

日付	合計使用水量 (L)	最大使用水量 帯域(L/時)	最小使用水量 帯域(L/時)	水使用時間 占有(分)	水使用時間 占有率
01-02/Nov/12	2,265	900	60	372/1440	25.8%
02-03/Nov/12	832	900	60	166/1440	11.5%
03-04/Nov/12	814	780	60	170/1440	11.8%
04-05/Nov/12	1,356	1,080	60	221/1440	15.3%

※水使用時間占有率: 1日24時間のうち水を使用している時間の割合

4日間のデータを整理すると以下のような特徴がある。

- ・ 01/Nov～02/Novの使用水量は2,265L/日と大きく突出しているが、2日目以降は832L、814L、1,356Lと落ち着いた水量で推移している。
- ・ 最大使用水量レベルは900L/時～1,080L/時であり、ISOクラスBに相当する水道メータの定格最大使用水量(Q3=1,500L/時)までの使用水量レベルには達していない。
- ・ Q3(定格最大流量)の水量レベルで使用するには30mという高い水圧で蛇口を全開しなくてはならないが、実際このような水量レベルで使用する家庭はほとんどないと思われる。
- ・ 一般家庭への引込み管は3/4～1/2インチの口径が多いため、通水能力や平均水圧を考慮すれば、1,000L/時の流量域で使用することは難しい。

以下の図は、横軸に使用水量帯域、縦軸に使用水量の合計を表したものである。

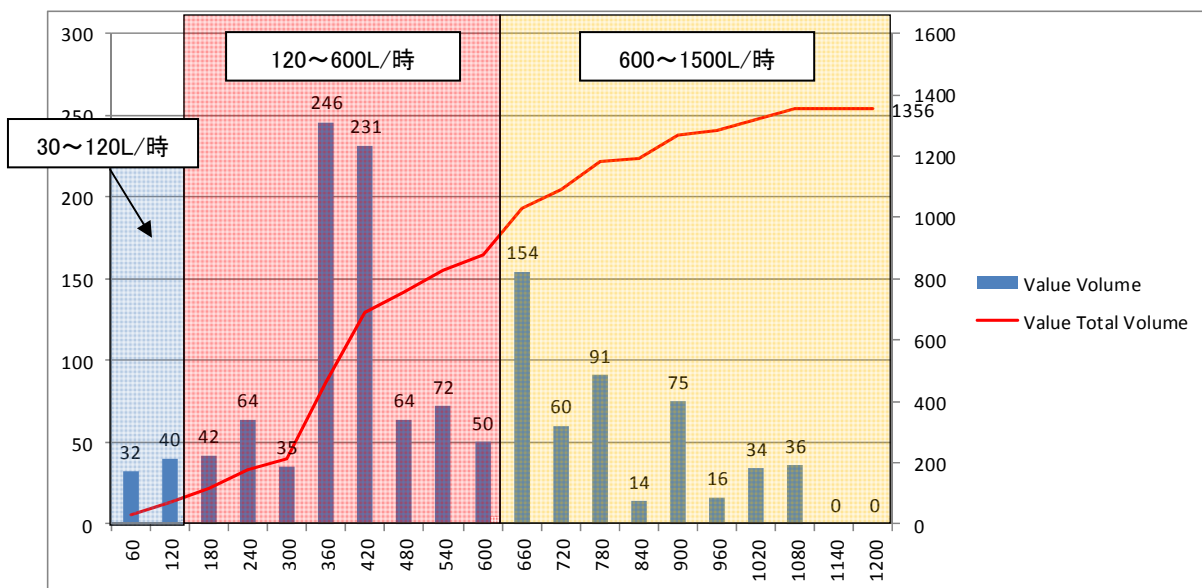


図 2.2.19 流量帯域と使用水量の関係

30～120L/時の使用水量は全体の 5%、120～600L/時の範囲で 59%、600～1,500L/時の範囲で 36%となっている。

ISO クラス B のメータは小水量域(Q1=30L/時)の計測に誤差が多いと言われているが、費用をかけて小流量域の精度を高めたクラス C のメータを選ぶよりも、クラス B であっても 120～1000L/時の帯域で確実にかつ長寿命で稼働するメータを選定するほうが重要であることが分かる。

上述した解析結果を基に使用水量にかかる器差と不感の理解を深め、適切なメータ管理計画の資料となるように ESSAP の各部所にてプレゼンテーションと勉強会を行い、無収水管理の理論研修の一環とした。

表 2.2.24 水需要量の変動に係る勉強会の日程

月日	実施場所	出席者
19/Dec/12	無収水部	6名
20/Dec/12	コマーシャル部	8名
21/Dec/12	メータ検定修理部	6名

プレゼンテーションの主旨は、下図に示すようにメータは更新した後、使用水量の累積を経て劣化するものであり、累積限界数量、累積交換年数を任意に設定して、適切な更新の指標をモデル地区のデータから示すことが重要である点を理解させることにある。

しかし、こうした意識付けは一朝一夕にできるものではなく、今後の OJT の機会を使いながら ESSAP が取り入れやすい指針を作っていくことが必要である。

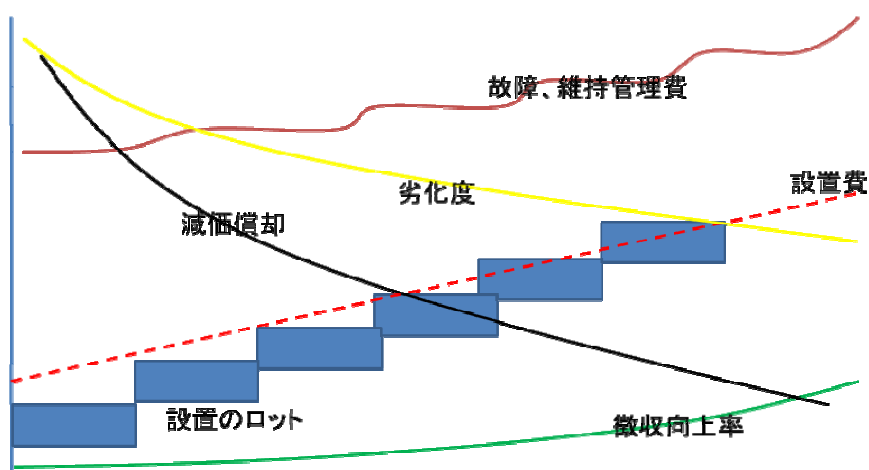


図2.2.20 メータ更新の概念図

7) 無収水管理活動と無収水率の推移

7-1) 空港住居グループ

当地区では、2012年6月に電磁式水道メータが設置され、同年7月から地区内の配水量測定を開始した。配水量の測定開始後、7月にモニタリングシステムの発注を行い、設備工事と機器調整が完了した2013年1月より、データの遠隔転送が実現した。

各戸水道メータは全数新品へ交換した。メータ交換作業は2012年12月から開始したが、契約者台帳の是正、住民との合意形成、不法接続対策なども必要であり、全ての居住者のメータ整備が完了したのは2013年10月である。

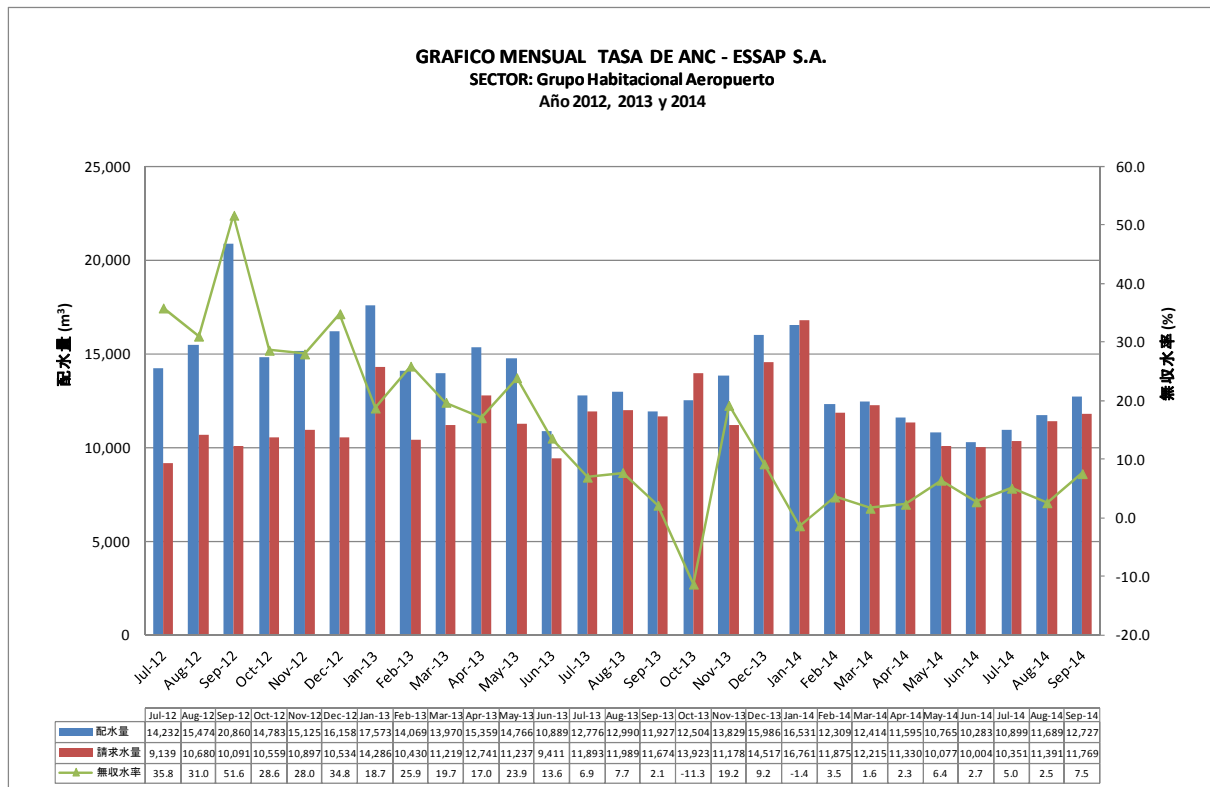


図 2.2.21 空港住居グループの無収水率

表 2.2.25 空港住居グループの無収水率

項目	2012年	2013年		2014年	
	7～12月	1～6月	7～12月	1～6月	7～9月
配水量	96,632 m ³	86,626 m ³	80,012 m ³	73,897 m ³	35,315 m ³
請求対象水量	61,900 m ³	69,324 m ³	75,174 m ³	72,262 m ³	33,511 m ³
非請求水量	34,732 m ³	17,302 m ³	4,838 m ³	1,635 m ³	1,804 m ³
無収水率	35.9 %	20.0 %	6.0 %	2.2 %	5.1 %
月間平均配水量	16,105 m ³	14,437 m ³	13,335 m ³	12,316 m ³	11,771 m ³

配水量の計測開始時には 35.8%だった無収水率は減少傾向を見せている。半期毎の比較でも、2012 年下期の 35.9%から 2014 年上期には 2.2%と大きく減少している。

水道メータ更新が進むにつれて、請求水量も次第に増加する傾向を示しているが、この請求水量は実際の使用水量を正しく反映しているわけではない。

ESSAP 本部では、メータ検針結果を踏まえて請求水量を確定するが、検針結果に誤りがある場合や障害物で読めない場合、過去の平均使用水量を元に請求する。この内部処理を通じて、見掛け上の低い無収水率が算定されてしまう。

実使用水量に基づく請求率を向上させるため、無収水部では、メータ検針結果と請求結果との比較を行っている。ESSAP の請求規定により、長期間不在で使用していない場合でも、正式に切断申請がなされていない場合、システム上は平均使用水量に基づく請求となることがある。この請求データから無収水率を算出すると、実際の使用水量以上が有収水量として計算されてしまうため、実際の無収水率よりも若干低い値が得られてしまう。無収水部ではこうした現象を見掛け上の無収水率として認識しており、メータ検針結果から計算される真の無収水率は 2014 年 9 月時点で 10%程度となっている。

2013 年 10 月の請求水量は前月から著しく増加し、無収水率が負の値を示している。こうした現象を受け、既存のメータの動作に異常がないか確認を行ったが、メータ精度には問題は見られなかった。また、配水量を計測する電磁式水道メータの稼働も問題がないため、水道メータ検針員の読み取りミスや集計する ESSAP 本部における特別処理の影響と思われる。

表 2.2.26 空港住居グループの水道契約者

契約者の請求種別	契約件数(2014 年)							
	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
実使用量に基づく請求	334	332	336	337	335	335	335	337
平均使用量に基づく請求	7	13	9	8	10	11	11	9
切断、停止、顧客番号変更	6	3	3	3	3	2	2	2
合計	347	348	348	348	348	348	348	348

注) 新規接続要請、不法接続の発見などにより上記数値は今後も変動する。

【配水量の変化】

2012 年 7～12 月では月平均で 16,105m³が配水されているが、2012 年 9 月や 2013 年 1 月は平均を大きく超えた配水量が記録されている。

特に 2012 年 9 月の場合、無収水率が大幅に増加しているが、これは地区内の配水管に発生した大規模漏水が原因であり、発見から修繕まで約 3 週間を要した。このときの平均配水量の変化は以下のとおりである。

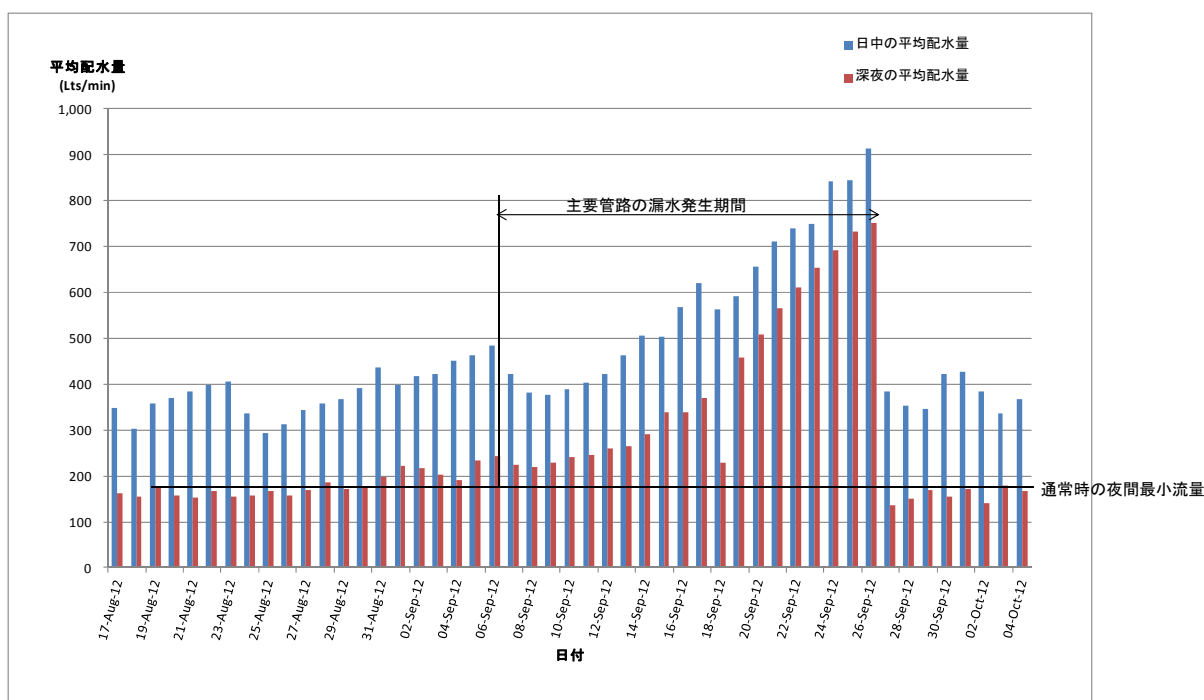


図 2.2.22 空港住居グループの配水量(2012年8月17日～10月4日)

上記の漏水の場合、モニタリング通信システムの稼働前であったため、発見から修繕まで長い時間を要した。現在は、地区内の配水量は毎日 ESSAP 本部のプロジェクト事務所へデータ送信され、PC 上で日々の配水量が記録されているため、モデル地区で大規模な漏水が発生した場合は、夜間最小流量の変化から素早く発見し、対処することができる。

水道メータ更新が開始された 2012 年 12 月以降、メータの施工とともに給水管レベルの漏水修繕も行われており、配水量は減少傾向を示している。水道メータの更新が完了したのは 2013 年 10 月であり、その直後の夏期(12～1 月)は水需要の増加とともに配水量も増加している。

2013 年 11 月の配水量が請求水量を大きく越えているが、これは配水管網の漏水と請求水量の集計作業の 2 つの問題に起因する。この漏水発生については、日々の夜間最小流量のモニタリングから発見し対処したが、漏水箇所が複数にわたっていたため、修繕には時間を要した。また、旧メータからの切り替え時に請求が 2 重に出されることがあり、その場合翌月の請求水量で超過徴収分を調整するといった措置が講じられる。2013 年 10 月に水道メータの更新が完了したが、2013 年 11 月の請求水量には、この措置の影響が大きく現れており、無収水率のデータの大きな変動をもたらしたと考えられる。

表 2.2.27 空港住居グループの無収水率管理表

項目	単位	2012年												
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
配水量	m3/月	-	-	-	-	-	-	-	14,232	15,474	20,860	14,783	15,125	16,158
	m3/日	-	-	-	-	-	-	-	459.1	499.2	695.3	476.9	504.2	521.2
	m3/時	-	-	-	-	-	-	-	19.1	20.8	29.0	19.9	21.0	21.7
請求水量	m3/月	12,552	11,893	11,757	10,706	8,493	8,859	9,139	10,680	10,091	10,559	10,897	10,534	
メータ検針に基づく	m3/月	9,300	8,742	8,182	7,357	5,905	5,688	6,378	7,364	6,798	7,821	8,049	7,289	
平均使用水量に基づく	m3/月	3,252	3,151	3,575	3,349	2,588	3,171	2,761	3,316	3,293	2,738	2,848	3,245	
請求されていない水量	m3/月	-	-	-	-	-	-	-	5,093	4,794	10,769	4,224	4,228	5,624
	m3/日	-	-	-	-	-	-	-	164.3	154.6	359.0	136.3	140.9	181.4
	m3/時	-	-	-	-	-	-	-	6.8	6.4	15.0	5.7	5.9	7.6
無収水率	%	-	-	-	-	-	-	-	35.8	31.0	51.6	28.6	28.0	34.8
契約件数	件	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341
メータ検針に基づく請求	件	219	228	229	238	231	219	234	227	229	239	233	227	
平均使用水量に基づく請求	件	113	104	101	95	101	109	98	106	105	95	98	103	
その他(切断/不明)	件	9	9	11	8	9	13	9	8	7	7	10	11	
配水量の集計期間	日													
	始													
	終													

項目	単位	2013年											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
配水量	m3/月	17,573	14,069	13,970	15,359	14,766	10,889	12,776	12,990	11,927	12,504	13,829	15,986
	m3/日	585.8	469.0	481.7	495.5	461.4	388.9	412.1	405.9	397.6	403.4	461.0	499.6
	m3/時	24.4	19.5	20.1	20.6	19.2	16.2	17.2	16.9	16.6	16.8	19.2	20.8
請求水量	m3/月	14,286	10,430	11,219	12,741	11,237	9,411	11,893	11,989	11,674	13,923	11,178	14,517
メータ検針に基づく	m3/月	10,546	8,197	8,932	11,436	9,332	8,658	11,002	11,137	11,217	13,679	10,846	14,049
平均使用水量に基づく	m3/月	3,740	2,233	2,287	1,305	1,905	753	891	852	457	244	332	468
請求されていない水量	m3/月	3,287	3,639	2,751	2,618	3,529	1,478	883	1,001	253	-1,419	2,651	1,469
	m3/日	106.0	130.0	88.7	87.3	113.8	49.3	28.5	32.3	8.4	-45.8	88.4	47.4
	m3/時	4.4	5.4	3.7	3.6	4.7	2.1	1.2	1.3	0.4	-1.9	3.7	2.0
無収水率	%	18.7	25.9	19.7	17.0	23.9	13.6	6.9	7.7	2.1	-11.3	19.2	9.2
契約件数	件	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347
メータ検針に基づく請求	件	240	271	281	295	280	295	308	318	318	332	331	330
平均使用水量に基づく請求	件	96	64	58	44	59	44	34	23	23	9	11	14
その他(切断/不明)	件	11	12	8	8	8	8	5	6	6	6	5	3
配水量の集計期間	日	30	30	29	31	32	28	31	32	30	31	30	32
	始	12-Jan-13	11-Feb-13	13-Mar-13	11-Apr-13	12-May-13	13-Jun-13	11-Jul-13	11-Aug-13	12-Sep-13	12-Oct-13	12-Nov-13	11-Dec-13
	終	10-Feb-13	12-Mar-13	10-Apr-13	11-May-13	12-Jun-13	10-Jul-13	10-Aug-13	11-Sep-13	11-Oct-13	11-Nov-13	11-Dec-13	11-Jan-14

項目	単位	2014年											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
配水量	m3/月	16,531	12,309	12,414	11,595	10,765	10,283	10,899	11,689	12,727			
	m3/日	516.6	439.6	413.8	374.0	358.8	342.8	351.6	389.6	424.2			
	m3/時	21.5	18.3	17.2	15.6	15.0	14.3	14.6	16.2	17.7			
請求水量	m3/月	16,761	11,875	12,215	11,330	10,077	10,004	10,351	11,391	11,769			
メータ検針に基づく	m3/月	16,277	11,617	11,730	11,007	9,856	9,684	9,792	11,041	11,493			
平均使用水量に基づく	m3/月	484	258	485	323	221	320	559	350	276			
請求されていない水量	m3/月	-230	434	199	265	688	279	548	298	958			
	m3/日	-7.2	15.5	6.6	8.5	22.9	9.3	17.7	9.9	31.9			
	m3/時	-0.3	0.6	0.3	0.4	1.0	0.4	0.7	0.4	1.3			
無収水率	%	-1.4	3.5	1.6	2.3	6.4	2.7	5.0	2.5	7.5			
契約件数	件	347	347	348	348	348	348	348	348	348			
メータ検針に基づく請求	件	334	334	332	336	337	335	335	335	337			
平均使用水量に基づく請求	件	10	7	13	9	8	10	11	11	9			
その他(切断/不明)	件	3	6	3	3	3	3	2	2	2			
配水量の集計期間	日	32	28	30	31	30	30	31	30	30			
	始	12-Jan-14	13-Feb-14	13-Mar-14	12-Apr-14	13-May-14	12-Jun-14	12-Jul-14	12-Aug-14	11-Sep-14			
	終	12-Feb-14	12-Mar-14	11-Apr-14	12-May-14	11-Jun-14	11-Jul-14	11-Aug-14	10-Sep-14	10-Oct-14			

7-2) バリオ・ベジャ・ビスタ

当地区では、2013年3月に電磁式水道メータが設置され、配水量測定が開始された。その後、モニタリングシステムの調整を行い、2013年6月よりデータの遠隔転送が実現した。

各戸水道メータは全数新品へ交換した。メータ交換作業は2013年12月から開始したが、契約者台帳の是正、住民との合意形成、不法接続対策なども必要であり、全ての居住者のメータ整備が完了したのは2014年5月末である。

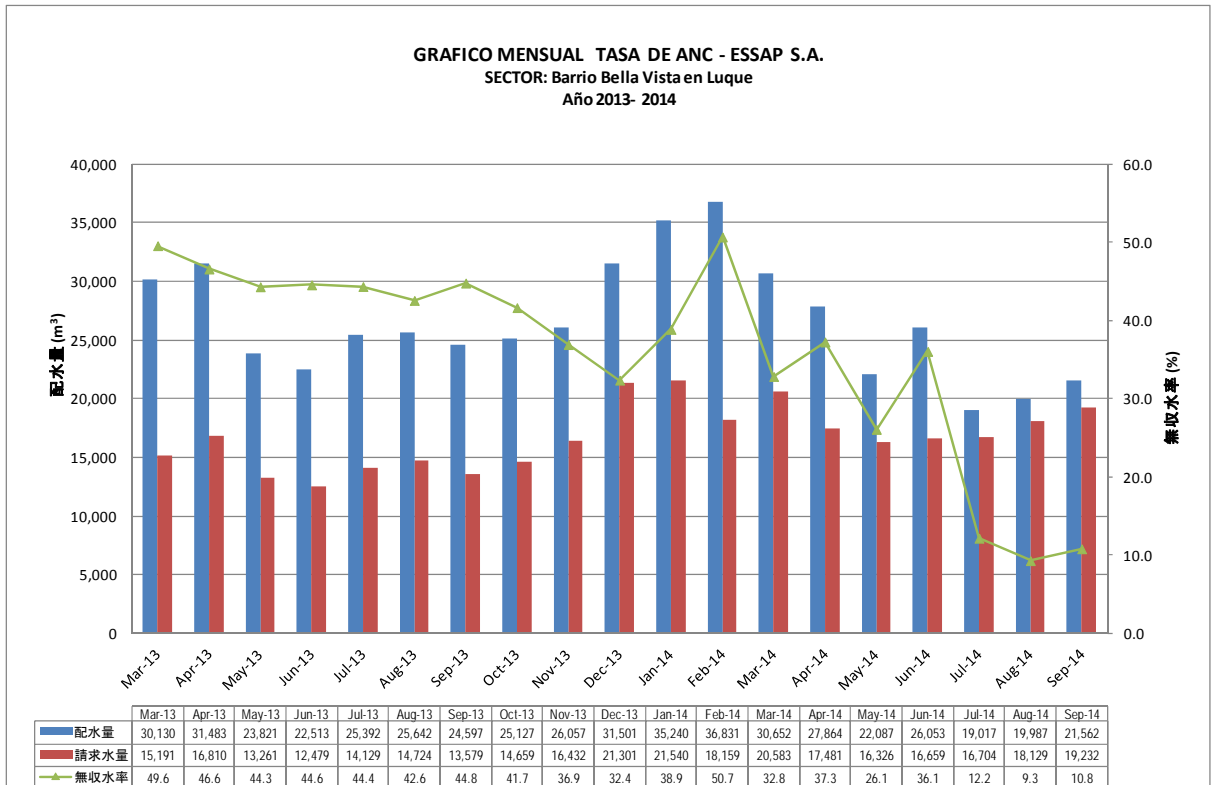


図 2.2.23 バリオ・ベジャ・ビスタの無収水率

表 2.2.28 バリオ・ベジャ・ビスタの無収水率

項目	2013年		2014年	
	3～6月	7～12月	1～6月	7～9月
配水量	107,947 m ³	158,316 m ³	178,727 m ³	60,566 m ³
請求対象水量	57,741 m ³	94,824 m ³	110,735 m ³	54,065 m ³
非請求水量	50,206 m ³	63,492 m ³	67,992 m ³	6,501 m ³
無収水率	46.5 %	40.1 %	38.0 %	10.7 %
月間平均配水量	26,987 m ³	26,386 m ³	29,788 m ³	20,188 m ³

配水量の計測開始時には 49.6%だった無収水率は減少傾向を見せている。2012 年 3～6 月の平均無収水率は 46.5%と算定されていたが、2014 年上期には 38%まで減少した。漏水探知・修繕などの集中作業は 2014 年 6～8 月に行われ、水道メータ更新後の請求水量がほぼ反映される 7 月時点で、無収水率は 12.3%まで低減することができた。

なお、空港住居グループと同様、検針結果と請求対象水量との間にはいくつかの差異が生じており、請求対象水量は実際の使用水量を正しく反映しているわけではない。

表 2.2.29 バリオ・ベジャ・ビスタの水道契約者

契約者の請求種別	契約件数(2014 年)							
	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
実使用量に基づく請求	610	611	671	689	698	704	704	709
平均使用量に基づく請求	115	122	68	50	45	38	37	30
切断、停止、顧客番号変更	57	66	60	60	56	57	60	62
合計	782	799	799	799	799	799	801	801

【配水量の変化】

配水量の計測体制が整った後、ESSAP 無収水部は当地区のサブセクター化の工事を行い、バルブ設置や漏水探知・修繕作業とともに、既存配管の情報を細かく修正し、GIS データとして整理した。

また、ルケ市配管網維持管理課と協力して、地区内の大規模な漏水探知と修理が行われた。こうした活動により、2013 年 5 月以降の配水量は直前 2 ヶ月の実績に比べて大きく削減することができた。

2013 年 12 月以降、配水量の急激な増加がみられている。この原因としては、夏場の水需要だけでなく、主要配水管からの漏水が疑われた。その時点では、水道メータの設置に人員を優先的に配置しており、本格的な漏水探知には着手できなかったが、その後、ルケ市配管維持管理課による漏水探知と修繕を行い、3 月以降の配水量は減少に転じた。

表 2.2.30 バリオ・ベジャ・ビスタの無収水率管理表

項目	単位	2013年											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
配水量	m3/月	-	-	30,130	31,483	23,821	22,513	25,392	25,642	24,597	25,127	26,057	31,501
	m3/日	-	-	1,039.0	926.0	821.4	804.0	793.5	827.2	819.9	837.6	840.5	1,016.2
	m3/時	-	-	43.3	38.6	34.2	33.5	33.1	34.5	34.2	34.9	35.0	42.3
請求水量	m3/月	16,649	16,205	15,191	16,810	13,261	12,479	14,129	14,724	13,579	14,659	16,432	21,301
	メータ検針に基づく	11,261	9,883	9,990	11,061	8,283	7,487	8,747	8,794	8,736	9,654	11,243	16,275
	平均使用水量に基づく	5,388	6,322	5,201	5,749	4,978	4,992	5,382	5,930	4,843	5,005	5,189	5,026
請求されていない水量	m3/月	-	-	14,939	14,673	10,560	10,034	11,263	10,918	11,018	10,468	9,625	10,200
	m3/日	-	-	515.1	431.6	364.1	358.4	352.0	352.2	367.3	348.9	310.5	329.0
	m3/時	-	-	21.5	18.0	15.2	14.9	14.7	14.7	15.3	14.5	12.9	13.7
無収水率	%	-	-	49.6	46.6	44.3	44.6	44.4	42.6	44.8	41.7	36.9	32.4
契約件数	件	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	782
メータ検針に基づく請求	件	464	465	461	465	465	459	470	472	472	466	468	548
平均使用水量に基づく請求	件	214	208	217	213	213	218	207	205	205	209	210	171
その他(切断/不明)	件	66	71	66	66	66	67	67	67	67	69	66	63
配水量の集計期間	日			29	34	29	28	32	31	30	30	31	31
	始			2013/3/19	2013/4/17	2013/5/21	2013/6/19	2013/7/17	2013/8/18	2013/9/18	2013/10/18	2013/11/17	2013/12/18
	終			2013/4/16	2013/5/20	2013/6/18	2013/7/16	2013/8/17	2013/9/17	2013/10/17	2013/11/16	2013/12/17	2014/1/17

項目	単位	2014年											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
配水量	m3/月	35,240	36,831	30,652	27,864	22,087	26,053	19,017	19,987	21,562			
	m3/日	1,067.9	1,315.4	988.8	898.8	712.5	840.4	633.9	666.2	695.5			
	m3/時	44.5	54.8	41.2	37.5	29.7	35.0	26.4	27.8	29.0			
請求水量	m3/月	21,540	18,159	20,583	17,481	16,326	16,659	16,704	18,129	19,232			
	メータ検針に基づく	17,895	15,547	16,946	15,665	15,302	15,471	15,673	16,938	18,585			
	平均使用水量に基づく	3,645	2,612	3,637	1,816	1,024	1,188	1,031	1,191	647			
請求されていない水量	m3/月	13,700	18,672	10,069	10,383	5,761	9,394	2,313	1,858	2,330			
	m3/日	415.2	666.9	324.8	334.9	185.8	303.0	77.1	61.9	75.2			
	m3/時	17.3	27.8	13.5	14.0	7.7	12.6	3.2	2.6	3.1			
無収水率	%	38.9	50.7	32.8	37.3	26.1	36.1	12.2	9.3	10.8			
契約件数	件	782	782	799	799	799	801	801	801	801			
メータ検針に基づく請求	件	586	610	611	671	689	698	704	706	711			
平均使用水量に基づく請求	件	134	115	122	68	50	46	39	37	30			
その他(切断/不明)	件	62	57	66	60	60	57	58	58	60			
配水量の集計期間	日	33	28	31	31	31	31	30	30	31			
	始	2014/1/18	2014/2/20	2014/3/20	2014/4/20	2014/5/21	2014/6/21	2014/7/22	2014/8/21	2014/9/20			
	終	2014/2/19	2014/3/19	2014/4/19	2014/5/20	2014/6/20	2014/7/21	2014/8/20	2014/9/19	2014/10/20			

7-3) モデル地区の無収水管理活動

モデル地区では夜間の配水量や最小流量のモニタリングを行っている。日々、事務所で配水量を確認し、異常が見られた場合には即座に施工班を派遣し、対応させている。また、定期的に巡回パトロールを行い、漏水探知活動も実施している。

こうした活動の結果、空港住居グループの住民からの ESSAP に対する信頼度は少なからず改善しているものと思われる。

これまでの漏水探知・修繕活動の結果、当地区の漏水の主原因は、老朽化したポリエチレン管(黒)の管体の亀裂、過去に複数回修理した箇所や継手・サドルの破損といったものである。

モデル地区の水圧は夜間でも最大 0.3MPa(3.0kgf/cm²)程度であり、通常の配管であればその程度の負荷で漏水が頻繁に発生することはない。しかし既存の配管網は過去に多く修理した形跡が残され、劣悪なケースでは 20m の直線区間において補修バンドや分岐サドル

が 16 個も発見された。つまり、1m 毎に補修バンドがあることは、既存の老朽化配水管の問題を際立たせている。

無収水率や漏水率の数値は良好といっても実際の配管の状態は極めて脆弱であり、抜本的な更新計画と投資を行って改善していかなければ、漏水量の復元といった現象が近い将来、現れることは確実である。

<p>約 50m の配管更新</p>	<p>漏水修繕箇所が集中</p>
	
<p>漏水修繕箇所が集中</p>	<p>脆弱な分水サドルからの漏水</p>
	
<p>粗悪なプラスチック製継手</p>	<p>粗悪なプラスチック製継手</p>
	

8) モデル地区の漏水量の評価指標に関する考察

8-1) 漏水の評価指標

物理的漏水の評価指標としては、日本で広く使用される「L/km/分」のほか、国際水協会 (IWA) ガイドラインに示されている「L/件/日」があげられる。本プロジェクトのモデル地区において把握された漏水量をこれらの指標を用いて評価する。

表 2.2.31 空港住居グループの漏水に係る指標

	無収水削減活動前 (2012年推定値)	無収水削減活動後 (2013年9月)
物理的漏水量	78.7 L/分	14.3 L/分
配水管延長	約 7.1km	約 7.1km
給水接続件数	344 件	346 件
単位漏水量(L/km/分)	11.1 L/km/分	2.1 L/km/分
単位漏水量(L/件/日)	329.4 L/件/日	59.5 L/件/日

表 2.2.32 バリオ・ベジャ・ビスタの漏水に係る指標

	無収水削減活動前 (2014年7月)	無収水削減活動後 (2014年9月)
物理的漏水量	176.3 L/分	72.8 L/分
配水管延長	約 10.9 km	約 10.9 km
給水接続件数	733 件	741 件
単位漏水量(L/km/分)	16.2 L/km/分	6.7 L/km/分
単位漏水量(L/件/日)	346.3 L/件/日	141.5 L/件/日

東京都が公表している 2011 年の業務指標数値から試算してみると、漏水量の指標はそれぞれ 3.15L/km/分、17.1L/件/日と想定され、既にこれ以上削減できないレベルまで漏水率の低下が実現している。

空港住居グループの場合、本プロジェクトによる活動を通じて、数値的には非常に良好な結果が得られたものの、配水網の脆弱性は深刻であり、上記数値は短期的な成果として認識する必要がある。

バリオ・ベジャ・ビスタは、無収水削減活動が本格化した段階であり、以下に示すように漏水率はまだ 15%を超えている。このため、漏水量の削減に重点的に取り組む必要がある。

8-2) 不可避漏水量

IWAでは、不可避的漏水量としてUARL(Unavoidable Annual Real Loss)という指標が提示されている。これは以下のような条件を持つ広いエリアの配水系統に適用されるが、計算に必要な各パラメータを正確に把握できる水道事業体は少なく、ある程度の推定値により求めざるを得ないことに留意する必要がある。

給水件数 : 5,000 以上、
 給水件数密度 : 配水管 1km 当たり 20 件以上
 平均配水圧 : 25～100m(水頭)

不可避漏水量とは、どのような漏水防止策を採ったとしても、これ以上の漏水率の低下は見込めないという、究極の目標漏水率であり、先進国の水道事業体でも総配水量の2～4%程度になるといわれている。水道事業体は、漏水率がこの水準に達した場合、それまでの漏水防止対策を縮小する。

モデル地区は給水件数が300～700程度と小さいが、参考までにUARLでモデル地区の不可避漏水量を計算してみると以下のようになる。

$$\text{不可避漏水量 UARL (L/日)} = \{ (18 \times L_m) + (0.8 \times N_c) + (25 \times L_c) \} \times P$$

L_m : 配水管の延長 (km)

N_c : 給水件数

L_c : 給水管総延長 (km)

P : 平均配水圧 (m)

表 2.2.33 モデル地区の不可避漏水量

項目	空港住居グループ	バリオ・ベジャ・ビスタ
平均配水量	397,600 L/日	666,100 L/日
配水管延長	7.1 km	10.9 km
給水管取り出し件数	344 件	733 件
給水管延長(1件当たり1.5mと仮定)	0.516 km	1.099 km
水頭	30 m-Aq	30 m-Aq
不可避漏水量 (UARL)	12,477 L/日	24,303 L/日
不可避漏水率 (UARL/平均配水量)	3.1 %	3.6 %
漏水量 (CARL) (※1)	20,592 L/日 (14.3 L/分)	105,264 L/日 (73.1 L/分)
漏水率	5.2 %	15.8 %
インフラ漏水指標 (ILI=CARL/UARL)	1.65	4.39

※1 CARL=Current Annual Real Losses : OJTにて推定された漏水量