

2017年度 外部事後評価報告書

円借款「リマ首都圏北部上下水道最適化事業（I）」

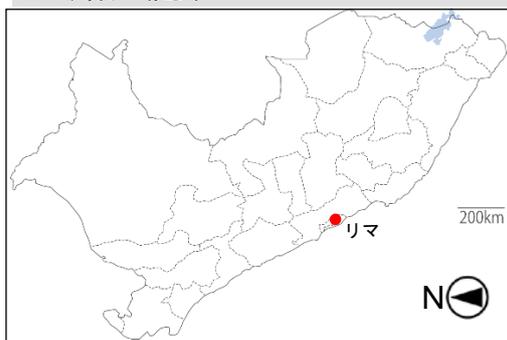
外部評価者：株式会社グローバル・グループ 21 ジャパン 菌田元

0. 要旨

「リマ首都圏北部上下水道最適化事業（I）」（以下、「本事業」という）はリマ首都圏のワチパ浄水場の給水地域に属するコマス〜チジョン地域において、上下水道システムの最適化を行うことにより上下水道サービスの質の改善を図り、もって住民の衛生環境の改善に寄与することを目的に実施された。上下水道分野は審査時から事後評価時まで一貫してペルー政府の重要課題である。審査時、リマ首都圏における上下水道整備の必要性は大きく、本事業の施設は事後評価時にも重要な役割を果たしている。また、本事業は審査時の日本の援助政策とも整合する。以上により、本事業の妥当性は高い。詳細設計時に上水道網修復の範囲縮小、セクター数の増加などの変更があったが<sup>1</sup>、事業費は概ね計画どおりであった。他方、水源となる北部送水管の完成が遅れた影響により、本事業は計画より2年遅れて完成した。よって本事業の効率性は中程度である。本事業により、適切な水圧による24時間給水、無収水率の大幅な改善、下水道詰まりの減少等が実現し、概ね計画どおりの事業効果が得られた。さらに、住民の環境衛生が改善したほか、24時間給水は住民生活の利便性、自由度を高めた。よって本事業の有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理について体制面・技術面・財務面に問題は見られず、持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図



本事業が修復した配水池

<sup>1</sup> 本事業では給水網を独立したセクター（配水区画）に分割する「セクター化（sectorization）」が行われた。セクター化により配水圧の適正化・均等化、無収水・漏水の管理、工事・事故被害等の局所化等による効率的な給水管理、運営維持が実施できる。各セクターで給水量をコントロール・計測し、併せてテレメーターを用いた遠隔管理システムである SCADA（Supervisory Control and Data Acquisition）を導入することにより水消費量に応じた水圧調整が可能となり、漏水を削減できるほか、漏水・水道工事の際のセクター閉鎖を遠隔で迅速にできるため断水地域と時間を限定できる。リマ首都圏のセクター化は1997年に開始された。首都圏全体が400近くのセクターに分割される計画で、事後評価時までに300以上のセクターが実現している。

## 1.1 事業の背景

ペルー最大の人口を抱えるリマ首都圏（2008年人口約900万人）は、年間を通じてほとんど雨の降らない砂漠気候に属しており、2000年代後半、人口集中による水需要の急激な増加により水不足が深刻であった。なかでも人口増加の著しい北部地域の無収水率は、上下水道管網のリハビリやセクター化を実施した中部（無収水率36%）、南部地域（同22%）に比べて高く50%に達し、1日当たり給水時間は中部の約22時間、南部の約24時間より短い約12時間にとどまっていた。首都圏の上下水道サービスを担うリマ上下水道公社（以下「SEDAPAL<sup>2</sup>」という）は、北部地域の水不足の解消に向けてJICAの協力を得てワチパ浄水場及び北部送水管の建設を進めていたが<sup>3</sup>、その水を有効活用するためには配水施設の更新及び無収水率の改善が必要であった。

本事業は以上を背景に、リマ首都圏のワチパ浄水場の給水地域に属するコマス〜チジョン地域で上下水道システムの最適化<sup>4</sup>を行うことにより上下水道サービスの質の改善を図り、もって住民の衛生環境の改善に寄与することを目的に実施された。

## 1.2 事業概要

リマ首都圏のワチパ浄水場の給水地域に属するコマス〜チジョン地域において、上下水道システムの最適化を行うことにより上下水道サービスの質の改善を図り、もって住民の衛生環境の改善に寄与する。

円借款承諾額/実行額	5,500百万円 / 5,398百万円	
借款契約調印	2009年9月	
借款契約条件	金利	本体：1.4% コンサルティングサービス：0.01%
	返済 (うち据置)	本体：25年(7年) コンサルティングサービス：25年(7年)
	調達条件	本体：一般アンタイド コンサルティングサービス：一般アンタイド
借入人/実施機関	ペルー共和国 / リマ上下水道公社 (SEDAPAL)	
事業完成	2015年9月	
本体契約	A&R Sociedad Anónima Cerrada Contratistas Generales (ペルー) / Ortiz Construcciones y Proyectos S.A. Sucursal del Perú (スペイン)、 Constructora MPM S.A. (ペルー) / COMSA S.A. Sucursal en Perú (ペルー)	
コンサルタント契約	中南米工営株式会社 (日本) / 日本工営 (日本)	
関連調査	フィージビリティ調査 (2008年、SEDAPAL)	
関連事業	「リマ首都圏周辺居住域衛生改善事業」(2000年～、円借款「リマ首	

<sup>2</sup> Empresa Prestador de Servicio SEDAPAL Sociedad Anónima

<sup>3</sup> 2000年に「リマ首都圏周辺居住域衛生改善事業」(円借款)が供与された。

<sup>4</sup> 「上下水道システムの最適化」とは、上下水道網のリハビリにより物理的な漏水を抑えると同時に、上下水道システムのセクター化を実施することにより、効率的な給水管理や運営維持を実施可能なインフラを構築するもの。

	都圏北部上下水道最適化事業（Ⅱ）（2013年～、円借款）、「リマ上下水道公社無収水管理能力強化プロジェクト」（2012～2015年、技術協力プロジェクト）
--	---

## 2. 調査の概要

### 2.1 外部評価者

菌田元（株式会社グローバル・グループ 21 ジャパン）

### 2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2017年10月～2019年3月

現地調査：2017年11月8日～22日、2018年3月21日～28日

## 3. 評価結果（レーティング：A<sup>5</sup>）

### 3.1 妥当性（レーティング：③<sup>6</sup>）

#### 3.1.1 開発政策との整合性

審査時（2009年）当時のガルシア政権は上下水道サービス拡張・改良を重要政策と位置づけ、「Agua para Todos（万人に水を）」プログラムを実施していた。また、ペルー政府が策定した「国家衛生計画 2006～2015」においては、上下水道セクターのマネージメントの近代化推進、上下水道サービスの持続性向上、サービスの品質向上、上下水道公社の財政状況改善、上下水道施設の拡張等が掲げられていた。

2016年に誕生したクチンスキー新政権は水衛生分野を最優先分野の一つに位置づけ、地方上下水道公社の統合の促進、衛生サービス運営技術機構による技術支援の強化などを進めている<sup>7</sup>。また、同政権の国家上下水道計画（計画期間 2017～2021年）は「質の高い上下水道サービスへの普遍的、持続的なアクセス」を主目的に、上下水道サービスへのアクセスの拡大、財務的持続性の確保、上下水道公社を始めとしたサービス提供者の能力強化等に取り組み、2021年に都市部で上水道普及率 100%、給水時間 22 時間/日、下水道普及率 100%、下水処理率 100%を目標としている

このように、本事業は事前評価時、事後評価時共に政策との整合性が高い。

#### 3.1.2 開発ニーズとの整合性

「1. 1 事業の背景」で述べたように、審査時、北部地域の無収水率の高さは深刻であり、一日当たり給水時間も他の地域と比べて低い水準となっていた。北部地域への給水を目的としたワチパ浄水場及び北部送水管の効果を最大限に引き出すためには、同地域の上下

<sup>5</sup> A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

<sup>6</sup> ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

<sup>7</sup> 衛生サービス運営技術機構（OTASS: *Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento*）

水道システムの最適化を進めることが重要課題であった。

事後評価時においても、有効性の項で述べるように、本事業により改善・建設された施設は人口増加の激しい首都圏北部で給水衛生サービスを提供するための重要な役割を果たしている。また、SEDAPAL は 2014～2030 年の 15 年間にリマ首都圏の人口は 22%、水需要は 18%、下水量は 19%、それぞれ増加すると予想しており、水源開発、浄水施設・送配水施設の建設、下水道施設の継続的な整備が計画されている。よって、事後評価時においても本事業の重要性は維持されている。

### 3.1.3 日本の援助政策との整合性

JICA の対ペルー国別援助実施方針（2009 年）では「貧困・格差の軽減」が重点分野の一つと位置づけられ、そのための取り組みとして「水（上下水道）」について「大都市、中都市、地方部における多様なニーズに対して、有償資金協力を中心に上下水道整備等を実施する」との方針が明示された。よって、本事業には日本の援助政策との整合性が確認できる。

以上より、本事業の実施はペルーの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

## 3.2 効率性（レーティング：②）

### 3.2.1 アウトプット

本事業では新たに建設された北部送水管と既存上水道網を接続するための送水幹線が建設された他、対象地域における既存上水道網のセクター化（配水網のセクター化、配水池修復、SCADA への接続、減圧弁・空気弁等の設置）、上下水道網及び接続の修復工事が実施された（図 1 を参照）。合わせて詳細設計、入札補助、施工管理等のためのコンサルティングサービスが実施された。なお、本事業と並行して SEDAPAL がリマ首都圏全体を対象とする大規模なメーター導入プログラムを計画していたことから、メーター設置は本事業に含まれなかった<sup>8</sup>。

---

<sup>8</sup> 本事業の対象地では配水網の老朽化による漏水及びメーターのない固定料金利用者による水の無駄遣いが多く、水不足が深刻で、給水時間は約 12 時間に限られていた。本事業は配水網の修復及びセクター化により漏水を削減するとともに、北部送水管を通じた水供給の増加により水不足を解消して給水サービスを改善しようとしたものである。また、審査時、SEDAPAL は 2012 年までに対象地域のメーター普及率を 100%にすることを JICA と合意し、本事業ではメーター普及後の抑制された水消費量に見合った供給能力を持つ上水道施設が計画・設計された。



図1 本事業の給水地域

表1 アウトプット（世銀部分を除く）

審査時計画		実績
北部送水管からの送水幹線の新設	22.5km	21.0km
配水池修復	19箇所	23箇所
上水道網修復	325.5km	211.3km
下水道網修復	不明*	163.5km
上水道接続修復	約 37,000 箇所	36,650 箇所
下水道接続修復	不明*	22,938 箇所
セクター化	9 セクター	14 セクター
コンサルティングサービス		
詳細設計作成、入札書類作成及び入札補助、環境影響評価、地域住民啓発活動に係る助言、施工監理、上下水道台帳整備、石綿セメント管取り扱いマニュアルの作成		概ね計画通り**
その他（計画なし）		高圧洗浄車 3 台 (円借款対象外)

出所：計画は JICA 提供資料、実績はリマ上下水道公社資料

注：\* 下水道の世銀部分を除く計画値は得られなかった。上水道についての計画値を参考に試算すると、下水道網修復は約 190 km、下水道家庭接続修復は約 24,000 世帯であったと推計される。

\*\* 上下水道台帳として、本事業ではデジタル化された施設図面が作成された。その後、SEDAPAL の地理情報システム (GIS) への入力作業が 2018 年中に完了する予定。石綿セメント管取り扱いマニュアルは確認できなかった。なお、本事業では世銀対象部分も含む事業全体で 1 つの契約でコンサルティングサービスが提供された。

本事業では JICA による円借款のほか、世界銀行（以下「世銀」という）と KfW（ドイツ復興金融公庫）の借款が利用された。円借款の対象となった工事契約では、JICA の調達ガイドラインに基づき、円借款部分（上水道）と KfW 部分（下水道）が同一契約により実施された。他方、世銀の融資対象となった工事契約は世銀の調達ガイドラインに基づいて実施され、別途、世銀が事後評価を実施する予定である。よって、本事後評価では、審査時に対象となった事業範囲のうち JICA 及び KfW の借款による事業範囲のみを対象に分析を行っている。

本事業のアウトプットの計画と実績は表 1 のとおりである。SEDAPAL によると、設計と施工品質に大きな問題はない。現地調査における目視でも特に問題は見られなかった。アウトプットの主な変更は以下の 2 点である<sup>9</sup>。いずれの変更も十分な技術的検討を経て実施されており、妥当だったと考えられる。

#### （1）上水道網修復の縮小

SEDAPAL が実施したフィージビリティ調査では、既存上水道網における漏水・破損事故の発生状況、管路の年齢等を考慮した技術的・経済的分析に基づき、既存上水網を全て修復することが計画されていた<sup>10</sup>。その後、詳細設計作成の過程で、セクター数の増加により管路設計上の最高水圧が引き下げられ（同一セクター内の標高差が減少したことによる）、最高水圧に耐える強度がある一部の管路は交換する必要がないと判断された。これにより修復した管路延長は全体の 65% に縮小された。他方、漏水が多発する上水道接続部分は計画通り 100% 修復された。なお、下水道網については大きな計画変更はなかったが、その修復は部分的（全体の 7 割程度）であった。

#### （2）セクター数と配水池修復の増加

対象地域には丘陵があり標高差が比較的大きいことから、詳細設計時に、標高の高い地区でも適切な水圧・給水時間を確保するため、丘陵を含むセクターを標高別に細分化してセクター数が約 1.5 倍に増加した。セクター数が増加したことに伴い、配水池修復箇所数が増加した<sup>11</sup>。

### 3.2.2 インプット

#### 3.2.2.1 事業費

本事業の計画および実績は表 2 のとおりである。総事業費 15,309 百万円（円借款 5,550 百

<sup>9</sup> これらの変更はいずれも詳細設計の過程における変更であり、コンサルタントの提案を SEDAPAL 側が検討して決定し、JICA に報告された。

<sup>10</sup> 既存上水網の 9 割が石綿セメント管であった。フィージビリティ調査では水に混入した石綿が発がん性を持つ危険性があることも考慮されていたが、SEDAPAL によると、その後、詳細設計時までには上水道網に石綿セメント管を使うことに大きな健康上の問題はないことが実施機関において広く認識された。

<sup>11</sup> 本事業で設置された区画のほとんどは、それぞれ個別の配水池から給水を受ける。

万円) の計画に対し、実績は総事業費 14,779 百万円 (計画比 97%)、円借利用額 5,398 百万円 (計画比 97%) と計画内に収まった。アウトプットに増減があったことを考慮しても、事業費は概ね計画通りであったと考えられる<sup>12</sup>。

事業費の増減をもたらした主な要因は、上水道網の修復延長の減少、セクター数及び配水池修復個所数の増加に伴う工事数量の増加、工事開始後に新たに明らかとなった現地の地質や上下水道網の管路の材質・位置、新たな接続、他の埋設物の存在などにより必要とされた設計変更に伴う様々な工事数量の増減<sup>13</sup>、コンサルティングサービスの作業量と事業期間の延長に伴う契約期間の増加であった。

表 2 事業費の計画・実績 (世銀部分を除く)

(単位：百万円)

	計画		実績	
	全体	円借款	全体	円借款
本体工事	12,591	4,313	10,245	3,562
コンサルタント	1,021	1,021	2,248	1,836
物的予備費	630	216	-	-
税金	866	0	1,844	0
建中金利・チャージ	202	0	442	0
合計	15,309	5,550	14,779	5,398

出所：JICA 提供資料、SEDAPAL 提供資料

為替レート：(計画) 1 ドル=111 円=3.16 ヌエボソル

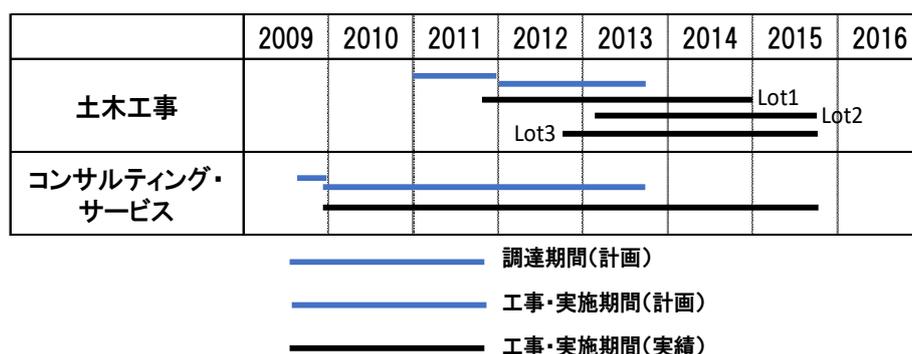
(実績) 1 ドル=100 円=2.77 ヌエボソル (実際の適用レート)

### 3.2.2.2 事業期間

本事業は 2009 年 9 月に借款契約が調印され、2013 年 9 月に完成する予定であったが、実際には 2 年遅れて 2015 年 9 月に完成した (図 2、表 3 を参照)。事業期間の実績は 73 カ月間、計画 49 カ月間の 149% であり、計画を上回った。

<sup>12</sup> 上水道網の修復が計画の 65%にとどまったことを考慮した修正計画額は約 14,300 百万円と試算され、実績はこれの 103%に相当する。他方、配水池修復やセクター数の増加については同様の試算はできないが、これらを考慮すると、修正計画額は約 14,300 百万円から増加すると考えられ、アウトプットの増減を考慮した最終的な計画/実績比は 103%より低いと考えられる。

<sup>13</sup> 事後評価時、本体工事の清算について SEDAPAL とコントラクターは一部係争中で、支払額はさらに最大 3%程度増加する可能性がある。なお、SEDAPAL 関係者への質問票に対する回答によると、工事開始後の変更が多かったのは、コンサルタントが実施した詳細設計の質があまり高くなかったことに一因がある。また、詳細設計と施工管理を同一のコンサルタントが一つの契約で行ったため、施工業者が指摘する詳細設計の不備をコンサルタントが認めたがらず、係争事案増加につながった。



出典：JICA 提供資料、SEDAPAL 提供資料

図 2 事業期間の計画と実績（世銀部分を除く）

表 3 「リマ首都圏北部上下水道最適化事業（I）」の工事契約（世銀部分を除く）

契約	内容	契約時期	完工時期
Lot 1	北部送水管からの送水幹線、配水池修復	2011 年 11 月	2014 年 12 月
Lot 2	上下水道網修復	2013 年 2 月	2015 年 9 月
Lot 3	上下水道網修復	2012 年 9 月	2015 年 9 月

出典：SEDAPAL 提供資料

事業期間が増加した主な理由は以下のとおりである。

- ・ SEDAPAL 関係者への質問票に対する回答によると、3つの契約により実施された土木工事については、一部工事（Lot 2、3）の調達は、SEDAPAL 担当者が慣れていなかったことなどにより時間を要した。このため、一部の工事は計画より1年前後遅れて開始された。
- ・ 本事業に水を供給する北部送水管は2011年5月に完成する予定であったが、実際は、計画より大幅に遅れて2014年7月に完成した<sup>14</sup>。このため、同送水管に接続する送水幹線を含む Lot 1 では、工事そのものに大きな遅れはなかったものの、通水試験ができず完成は2014年12月となった（北部送水管に起因する遅れは約19カ月間）。同様に、その他の一部の工事（Lot 3）でも北部送水管完成の遅れの影響を受けた工期延長（3カ月半）があった。

<sup>14</sup> 工事契約後、北部送水管に付属する配水池（分水槽）を5カ所から4カ所に変更したこと、北部送水管のトンネルの地質に岩が多かったことなどにより一部区間で工事が遅れたほか、2012年2月に引き渡し済み区間の北部送水管で破損事故が発生したため、その対応に1年以上の期間を要し、全体の完成・引き渡しは2014年7月となった。

- ・ 工事開始後の様々な設計変更により、各工事の期間は3~7カ月間延長された。

### 3.2.3 内部収益率

審査時には本事業の上水道部分について、事業費を費用とし、漏水削減、運営・維持管理費削減、延長給水時間に係る住民の支払い意思額を便益として、経済的内部収益率（EIRR）が8.9%と算出されていた。他方、本事業は公共性が高く、上下水道料金は徴収されるものの比較的低い水準に抑えられているため、財務的内部収益率（FIRR）は算出されなかった。

審査時のEIRR計算手法の前提条件・計算手順についての具体的な情報が入手できず、本事業の施設部分についての運営・維持管理費、延長給水時間に係る住民の支払い意思額について必要な情報が得られなかったため、本事後評価ではEIRRの再計算は実施しなかった。

以上より、本事業の事業費は計画内に収まったが、事業期間が計画を上回ったため効率性は中程度と判断される。

## 3.3 有効性・インパクト<sup>15</sup>（レーティング：③）

### 3.3.1 有効性

#### 3.3.1.1 定量的効果（運用・効果指標）

本事業の目的は「上下水道システムの最適化を行うことにより上下水道サービスの質の改善を図る」ことである。「上下水道システムの最適化」とは、上下水道網のリハビリにより漏水や下水の流出等を抑えると同時に、上水道システムのセクター化を行い、効率的な給水管理、運営維持を実施することを指す。以上を踏まえ、セクター化、メーター普及率（参考指標）、無収水率、給水時間・水圧、上水道管路破損・漏水数、下水道事故数を指標として本事業の目的達成度を分析する（表4参照）。

#### （1）セクター化

計画9セクターに対し14セクターが設置された。各セクターにはそれぞれ配水池があり、24時間給水が行われている。配水池への送水は自動化され（自動化運転の基準値はSCADAで変更可能）、配水池への流入量・配水池の水位はSCADAで常時モニタリングされている。配水池から上水道網への送水バルブは常時開かれており、時間帯別の水圧制御は行われていない<sup>16</sup>。SEDAPALによると、本事業の14セクターの運用に特に問題はなく、適切に稼働している。

<sup>15</sup> 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

<sup>16</sup> リマ中央部のセクターには流入量を制御できるバルブがあり、漏水削減のため、夜間はバルブを絞って水圧を下げるように自動運転されている。本事業対象地のセクターでは配水池への流入部のバルブのみがSCADAに接続されている。配水池から上水道網への送水部分には手動式バルブがあるが、流量計はなく、流量・配水量の継続的な記録はない。

表4 運用・効果指標の基準値・計画値・実績値

指標	基準値 (事業実施前)	計画値	実績値
セクター数	0 セクター	9 セクター	14 セクター
無収水率	50%	25%	21% (2017年の試算値)
給水時間	約 12 時間	計画値なし	24 時間 (2016年9月～)
水圧	不明	10～50mca (政府基準値)	渇水期 (6月) 最低 11～14mca / 最高 14～35mca 豊水期 (1月) 最低 14～20mca / 最高 25～40mca
上水道管路破 損・漏水数	(2008年) 管路破損 209 件 漏水 993 件 合計 1,202 件	約 86%減少	(2016年) 管路破損 120 件 (43%減少) 漏水 212 件 (79%減少) 合計 332 件 (72%減少)
下水道事故数	661 件 (2008年)	計画値なし	439 件 (2016年)
メーター普及率 (参考指標)	25% (2008)	100% (2012)	96% (2016)

出典：JICA 提供資料、SEDAPAL 提供資料により作成。

注：水圧の単位 (mca) は「水柱メートル」。「水柱メートル」は1メートルの水柱を支えることのできる圧力の単位。ペルーの基準は15～50水柱メートル。



SCADA に接続された配水池のバルブ類



SCADA 管理室 (SEDAPAL 本部)



上下水道修復が行われた街路



新たに設置されたメーター (事業範囲外)

## (2) メーター普及率 (参考指標)

審査時のメーター普及率は25% (2008年6月)であったが、本事業と並行して SEDAPAL がメーター設置を進めることにより、対象地域で2012年までにメーター普及率100%を達成することが合意されていた。SEDAPALによるメーター設置は、メーター調達と本事業のそれぞれの工事に遅れが生じ、タイミングがずれたことにより、2015年の工事完成に間に合わなかった。2016年になって本事業対象地に設置する大量のメーターが調達され、普及率は2016年12月に96%に達した。

メーターの設置により従量課金制が導入されれば、利用者は節水に努めて水消費が抑制されると考えられる。このため、水の無駄遣いが多い地域においては、水供給量が同じ場合でもメーター普及率の増加が給水時間や水圧の改善につながる可能性がある。SEDAPAL及び住民へのヒアリングによると<sup>17</sup>、事業実施前のメーター普及率が低かったセクターにおいては、メーター設置後にはじめて給水時間の増加など顕著な給水サービスの改善が見られるようになった。本事業ではメーター普及率が100%になった場合の(抑制された)水需要に見合った供給能力を持つ配水施設が建設された<sup>18</sup>。施設修復とメーター設置は並行して進められる予定であったが、実際には、施設修復からメーター設置までに1~2年間のギャップが生じたため、一時的に、水需要が供給能力を上回ったと考えられる<sup>19</sup>。

丘陵地域の一部には料金が增大することを恐れてメーター設置に同意しない街区が残されている<sup>20</sup>。SEDAPALによると、新たにメーターを設置する場合、住民はまずサービスが改善されることを要求する傾向があるが、本事業では、施設修復が行われて(サービスの改善があまり見られないまま)数年後にメーター設置を進めようとしたため、サービス改善に懐疑的になりメーター設置を嫌がる住民が現れた<sup>21</sup>。

住民へのヒアリングによると、多くの住民はメーター設置が節水を促し給水時間・水圧の改善に結び付くことを理解し、料金抑制のためにも節水に努力しているが、メーターの精度への不信感も見られる。

---

<sup>17</sup> 本事後評価では対象地域の一般住民へのグループインタビュー及び商店・食堂主等への個別インタビューによる定性調査を実施した。一般住民については対象14セクターのそれぞれで1グループ合計78名の世帯主あるいはその配偶者(男性36名、女性42名)、商店・食堂主については各区1名合計14名へのインタビューを実施した。いずれも対象地域に6年以上居住する者を対象にした。なお、新たにメーターが設置された地区のインタビューでは「メーターを設置してから庭への散水をやめた」「水漏れがないように常に蛇口をしっかり閉めるようになった」「蛇口を全部閉じてメーターが回るかどうか見て、住宅内の漏水の有無を確認してみた」など、節水効果の具体例が報告された。

<sup>18</sup> 計画時、メーター設置により水消費量は約2割減少すると想定されていた。

<sup>19</sup> コンサルタントの完了報告書によると、事業完成時には、ピーク時の水消費量が計画の3倍以上に達したセクターもあった。

<sup>20</sup> SEDAPALによると、定額利用者の中には単一世帯用の契約で複数世帯が水を使っている世帯や、水を販売している世帯もあり、メーター設置を嫌っている。

<sup>21</sup> 他方、施設修復とメーター設置を同時に行った他事業では比較的問題が少ないとのことである。

SEDAPALはこの経験を踏まえ、後続事業「リマ首都圏北部上下水道最適化事業(II)」(2013~)では施設修復とメーター設置を同一契約の中で同時に行っている。

### (3) 無収水率

事業前、本事業の対象地域では無収水率が 50%に達していた。本事業はこれを 25%以下に減少させることを目標としていた。

本事業対象地域の 14 セクターは、1 セクターを除き、まだ無収水率の正式なモニタリングは開始されていない。事後評価にあたり、各セクターの配水池への給水量及び料金徴収の対象となった水消費量に基づき、対象地域全体（14 セクター）の無収水率を試算したところ、2016 年は約 22%、2017 年は約 21%であった。よって、無収水率を 25%以下にするという本事業の目標は達成された可能性が高い<sup>22</sup>。SEDAPAL の無収水対策チームによると、これまでのリマ首都圏の経験から、無収水削減に最も効果的なのはメーター設置による商業的ロスの削減であり、次に上水道網の適切な維持及び水圧適正化による漏水の削減である。上述の無収水率削減は本事業、並びに、本事業とは別に実施されたメーター設置の相乗効果であり、本事業は無収水削減に貢献したと考えられる。

SEDAPAL の無収水対策チームは一定の条件を満たしたセクターを「管理セクター (Controlled Sector)」と呼んで毎月の無収水率をモニターし、順次、JICA の技術協力の成果を活用したセクター別の無収水対策プロジェクトを実施している<sup>23</sup>。本事業の 14 セクターのうち条件を満たしたものは、2017 年 11 月現在、1 セクターのみであるが、2018 年中にはさらに 2~9 セクターで条件が整う予定である<sup>24</sup>。SEDAPAL は首都圏全体を対象に毎年 15 セクター前後を対象に無収水対策プロジェクトを実施しているが、本事業対象地域ではまだ実施されていない。将来、本事業対象地域で同プロジェクトが実施されれば、無収水率のさらなる改善が期待される。

### (4) 給水時間・水圧

事業前（2008 年）、事業対象地域では 1 日 12 時間程度の給水が行われていた。本事業完成後、メーター設置が進んだ 2016 年 9 月以降は対象地域全域で 24 時間給水が行われている。これは本事業とメーター設置、ワチバ浄水場・北部送水管建設の相乗効果である。ただ

<sup>22</sup> 2016 年のコマス・サービスセンター管轄地域全体の無収水率は 32%で、2009 年の 50%から大幅に改善している。リマ首都圏全体では 2016 年に 28%であった。

<sup>23</sup> JICA 技術協力「リマ上下水道公社無収水管理能力強化プロジェクト」（2012~2015 年）によりリマ中心地域の 2 セクターで無収水対策プロジェクトが実施された。SEDAPAL はこれを継続し、2017 年までに全 300~350 セクターのうち 36 セクターで無収水対策プロジェクトを実施した。各セクターでは 1 年間かけて、無収水・漏水の評価、漏水探知・修理、適正水圧の設定、副セクターの設置、メーターの設置・交換、不法接続の撤去などが実施される。同事業の対象となるためには、①セクターが水理的に適切に分離されたうえで②SCADA に接続され流量が正確に測定できる、セクター内の③メーター普及率が概ね 80%以上あり、④契約利用者の検針日が揃っていることが求められる。本事業のセクターでは主に④の条件が整っていないことが制約となってきたが、SEDAPAL はその調整を進めている。また、流量計が配水池への流入部にしかないため、配水池洗浄用水等が水消費量にカウントされてしまうこと、一部の配水池で流量計の設置場所が良くないため誤差が大きくなる恐れがあることも指摘されており、SEDAPAL は調査の上で必要な措置を講じる予定である。

<sup>24</sup> 本事業の運営・維持管理を行うコマス・サービスセンターの無収水対策担当者によると、JICA の技術協力により必要な知識とノウハウは得られたが、実務に携わる人員数が少ないことが制約のひとつであった。

し、メーター設置が遅れたことにより、2015年8～9月に本事業が完成してから全域で24時間給水が実現するまでに1年間のギャップが生じた。なお、給水時間について審査時には目標値の設定はなかった。また、リマ首都圏全体の給水時間は2016年に21.7時間/日であった。

各セクターの2016年の最低/最高水圧は、水消費量の多い渇水期（6月）で11～14mca/14～35mca、豊水期（1月）で14～20mca/25～40mcaと、基準値10～50mcaの範囲にある<sup>25</sup>。

住民へのヒアリングによると、ほとんどの住民は給水時間と水圧が改善したことに満足している。ただし、水需要が増大する渇水期（水需要が増大する夏季）には水圧が減少し、給水が途切れることがあるという声も聞かれた。

#### （5） 上水道管路破損・漏水数

審査時には、本事業により上水道網の管路破損・漏水などの発生数が2008年から約86%減少することが想定されていた<sup>26</sup>。これに対し、本事業の対象地域における上水道網管路破損・漏水の発生数は、2008年の1,202件（管路破損209件、漏水993件）から2016年の332件（管路破損120件、漏水212件）に減少した。2008年～2016年の減少率は、管路破損は43%、漏水は79%、全体では72%と、計画した水準（86%）の8割以上であった。

SEDAPALによると、管路破損のほとんどは修復されなかった石綿セメント管で発生している。よって、管路破損の減少率が計画を下回った理由のひとつとして、上水道網の修復が計画の65%にとどまったことが挙げられる。他方、漏水はほとんどが接続部分で発生するが、接続部分の修復は計画通り、全接続を対象に実施された。これを反映して、漏水の減少率は管路破損の減少率に比べて大きい。

#### （6） 下水道事故数

本事業により下水道網が整備され、下水詰まりが減少することが想定されていた<sup>27</sup>。SEDAPALによると、本事業の対象地域における下水詰まり発生数は、2008年の661件から2016年の439件（減少率34%）に減少し<sup>28</sup>、その主な原因は住民による下水管・マンホールへのゴミの投入であり、丘陵地帯で多く発生している。丘陵地帯は区によるゴミ収集の頻度が少なく、下水管・マンホールをゴミ箱代わりにする住民がいるとのことである。

住民へのヒアリングによると、下水詰まり、下水の溢れや悪臭が発生する頻度がある程度

<sup>25</sup> 水圧の単位（mca）は「水柱メートル」。「水柱メートル」は1メートルの水柱を支えることのできる圧力の単位。

<sup>26</sup> 審査時には発生数は2008年の36件/月から2015年の5件/月に減ることが目標とされたが、指標の計測範囲が不明で実績との比較が難しいため、事業対象地域の上水道管路破損・漏水の減少率を用いて比較することとした。なお、管路破損は地上で漏水が確認できるもの、漏水は地上で確認できないものを指す。

<sup>27</sup> 審査時には基準値・指標は設定されていなかった。また、対象地域の下水道事故については下水詰まり発生数以外のデータは得られなかった。

<sup>28</sup> 本事業の対象地域を含むコマス地区全体の下水詰まり数は過去10年間に大きな変化はない（2005年7,723件、2015年7,542件）。

減少したことに住民の多くが満足している。他方、商店・食堂主等からは、幹線道路沿いでは下水詰まりに顕著な減少はないとの声も聴かれた。その背景は、SEDAPALによると、平地にある幹線道路沿いの下水管路の傾斜が小さいこと、道路工事やガス工事に伴う建設会社の土砂管理が不十分で下水管への流入が頻発すること、2016年の渇水期には給水制限があり、下水流量が小さかったことなどである。ヒアリングした範囲では、下水道に様々なゴミを投棄することが下水詰まりの原因になるとの理解は住民にも定着し、主婦の中には残飯を下水に流さないなど気を付けている者がいる。しかし、ヒアリングした住民のなかには本事業に関連してコンサルタント、建設会社あるいは SEDAPAL から下水道の使い方に関する教育・情報普及を受けたものはいなかった<sup>29</sup>。

以上から、「上下水道サービスを改善する」という本事業の目的の達成度は、無収水率、給水時間・水圧、上水管路破損・漏水数、下水道事故数等の指標に基づき、高いと考えられる。

### 3.3.2 インパクト

#### 3.3.2.1 インパクトの発現状況

本事業では上下水道施設整備により対象地区の環境・衛生状況改善に貢献することが期待されていた。

住民へのヒアリングによると、適切な水圧の24時間給水が実現したことにより、必要な時にいつでも掃除・入浴・洗濯を行うことができるようになったため、掃除・入浴・洗濯の頻度が増加して家庭内や身体を常に清潔に保てるようになったとの声が多く聞かれた。以前は給水時間が限られていたため、バケツやタンクに水を溜める必要があり、掃除・入浴・洗濯は限られたタイミングでしかできなかった。さらに、定期的にタンク等の清掃を行わない住民もおり、以前は溜めた水の衛生管理が十分でなかったと考えられる。以上のように、本事業は住民の衛生習慣の改善に貢献したと考えられる。なお、明確な根拠はないものの、一部の住民は、水を溜めなくなったことが、デング熱など蚊を媒介する伝染病の予防につながったと考えている。下水道の問題の減少も踏まえ、住民の多くは、本事業による上下水道サービスの改善が家庭での衛生改善に結び付いたと考えている。衛生面でより注意を要するレストラン、ホテル、理髪店などでは、24時間給水による衛生改善は、特に重要な便益と認識されている。

#### 3.3.2.2 その他、正負のインパクト

##### (1) 環境面のインパクト

コンサルティングサービスにより本事業の環境影響評価（EIA）が実施され、その結果は

---

<sup>29</sup> コンサルタントの報告書によると、本事業の土木工事実施にあたり住民に対する事業内容及び事業効果の説明会が行われたが、下水道の適切な利用についての啓発・教育が行われたかどうかは確認できなかった。

2010年5月（土木工事入札前）に住宅建設衛生省により承認された。SEDAPALへのヒアリングによると、施工時には同環境影響評価に含まれる環境管理計画に沿って大気汚染・土壌汚染・廃棄物処理等への対策が実施された。施工時に石綿粉塵が飛散して健康障害を引き起こす恐れのある石綿セメント管の修復においては、散水による湿潤化、作業員の防塵対策等の対策が取られ、撤去した石綿セメント管はペルーの廃棄物管理法及び関連指針に沿って、危険廃棄物として保管・運搬・処理（安全埋立）された<sup>30</sup>。その他、本事業の土木工事による特段の自然環境へのネガティブなインパクトは確認されなかった。

他方、住民へのヒアリングによると、丘陵部の一部の住民は、メーター設置により節水するようになったため、庭や街路への散水を控えるようになったことが緑地の減少やほこりの増加につながったとの指摘があった。

## （2） 用地取得・住民移転

本事業では配水池の修復（柵の建設等）、バルブ室の設置等のための用地取得が行われたが、いずれも SEDAPAL 所有地あるいは公有地であり、無償であった。住民移転はなく、用地取得に関して特に問題は確認されなかった。

## （3） その他のインパクト

住民へのヒアリングによると、24時間給水の実現は生活の質の向上に大きなインパクトがあった。水を溜めたり運んだりする労力が不要になったうえ、炊事・掃除・入浴などを必要に応じていつでも行えるようになり、生活上の利便性と自由度が大幅に増加し、それが住民の高い満足に結びついている。レストラン・ホテル等でも同様に、水に関する労力の削減や営業時間の自由度が高まるなど、業務の効率改善につながった事例が報告された。

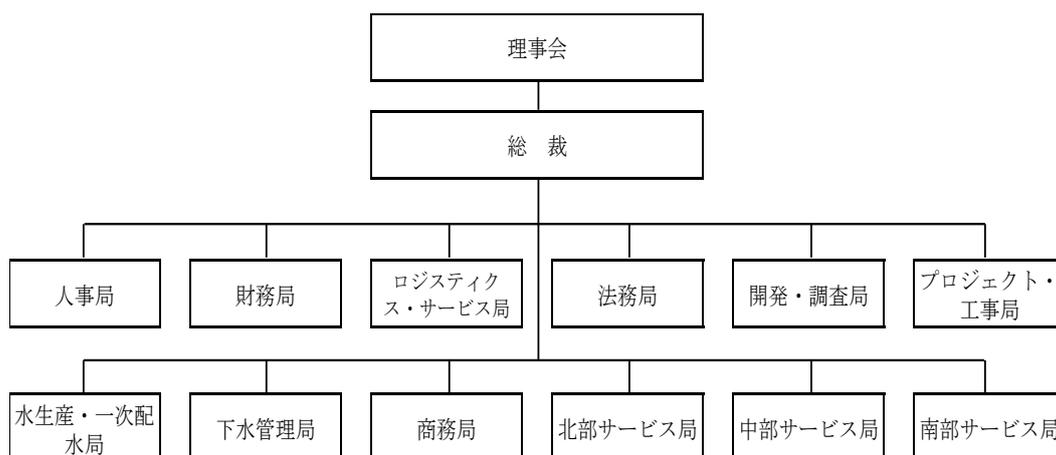
以上より、本事業の実施により計画どおりの効果の発現がみられ、有効性・インパクトは高い。

## 3.4 持続性（レーティング：③）

### 3.4.1 運営・維持管理の体制

SEDAPAL は約 2500 名の職員を擁し、ペルーの上下水道公社の中でも随一の組織能力を備えている。SEDAPAL の組織図を図 3 に示す。本事業については、水生産・一次配水局が SCADA 及び上水道送水幹線、北部サービス局に所属するコマス・サービスセンターが配水池及び上下水道網の運営・維持管理を担当している。

<sup>30</sup> 住宅建設衛生省が 2013 年に定めた建設廃棄物管理ガイドライン、SEDAPAL が 2014 年に定めた配水網修復マニュアルに石綿セメント管の取り扱い手順が記載されている。



出典：SEDAPAL 提供資料により作成

図 3 SEDAPAL の組織図

SEDAPAL の水生産・一次配水局は上水道の送水幹線の SCADA を運用するとともに、緊急対応のためにバルブ交換 2 組、SCADA2 組、管路修理 2 組、各組 5～6 名の運営・維持管理チームを運用している。重機も備えている。管路破損・漏水等が発生すると、まず SCADA で当該配水セクターを閉鎖し、管轄するサービスセンターと連携して修理にあたる。緊急を要する工事は各センターに配置された外部委託業者が手伝えることもある。同局担当者によると、リマ首都圏全域を担当するにはチーム数は十分とは言えない。

リマ首都圏では、上下水道網の運営維持管理は 7 カ所のサービスセンターが担当している。本事業を担当するコマス・サービスセンターで漏水・下水詰まり等を修理する緊急対応チームがあり、上水道については 24 時間 3 交代（時間帯により 2～4 チーム）、下水道については日中 2 交代（時間帯により 4～7 チーム）で対応する。上水道の緊急対応チームは、漏水への対応だけでなく、各種バルブ、消火栓などの予防保守も行う。下水道の緊急対応チームは本事業で調達（円借款対象外）された高圧洗浄車等の機材を備えている。その他、同サービスセンターには外部委託業者の人員が配置され、管路の予防保守（老朽管路の更新、清掃・殺菌・洗浄など）と緊急修理工事を行う。漏水・下水詰まり等の連絡があるとまず緊急対応チームが出動し、修理工事が必要な場合は外部委託業者が実施する。同サービスセンターによると、現在の人員体制でも概ね対応可能であるが、より迅速に質の高い修理工事を行うためには緊急対応チームの増強及び外部委託業者の作業を監督する職員の増員が必要である。さらに、各種バルブや消火栓の予防保守に十分な時間をかけるためにはチーム数を増やすことが望ましい。住民へのヒアリングによると、漏水や下水詰まり等への SEDAPAL の対応は早いとは言えず、メーター検針が十分信頼できないことと並び<sup>31</sup>、SEDAPAL に対

<sup>31</sup> 住民の中には世帯構成からは考えられないような高額な請求を受けたことを報告する者がいた。その多くはメーターを設置した最初の請求時に発生したが、それ以外にも起きることがあり、その理由がメーターの不正確さにあると考える者がいる。SEDAPAL によると、本事業の対象地域に設置されたメーターは全て適切に校正された機器であり、高額請求は、何らかの原因で接続部に空気が入り込んだり、住民の知らない漏水などが原因で起きている可能性がある。高額請求について住民は随時 SEDAPAL に照会し訂正

する主な不満の一つとなっている。

以上のように、緊急対応チーム数・人員数が必ずしも十分でないことを指摘できるが<sup>32</sup>、本事業の運営・維持管理体制は明確であり、大きな課題は見られない。

#### 3.4.2 運営・維持管理の技術

SEDAPAL は多数の技術者を抱えており、人材能力強化計画があり、職員への各種研修が実施されている<sup>33</sup>。また、セクター化、SCADA、活性汚泥法による下水処理など、ペルーの上下水道分野で先進技術を率先して導入してきた。さらに、品質管理、環境管理、労働安全衛生、情報セキュリティ、試験所及び校正機関の能力についての国際規格について認証を受けている。以上を総合し、SEDAPAL は全般的に高い技術能力を持つと考えられる。SEDAPAL は SCADA について 20 年近く経験を蓄積しており、外部委託を活用して各 SCADA の運営・維持管理を行う技術能力は備えていると考えられている。上水道送水幹線、上下水道網の運営・維持管理に新たな技術は必要とされず、技術上の課題は特に見られない。配水池にはマニュアル類が備えられ、毎日の運営・維持管理記録が残され、緊急時等の通信連絡体制も確立している。本事業の対象地域の追加作業が進められている地理情報システムは施設及び利用者を容易に検索できるという利点があり、無収水削減、資産管理、運営・維持管理などに活用されている。

以上のように、本事業の運営・維持管理の技術面に特に問題はない。

#### 3.4.3 運営・維持管理の財務

SEDAPAL の 2012 年～2016 年の営業利益は黒字で、2016 年は 12%と高い営業利益率を上げている（表 5 参照）。この期間、流動比率は 200%以上と高い。負債比率は 2012 年～2014 年は 100%以下であったが、2015 年以降は 100%を超えた。これは国際会計基準に合わせるための会計基準の変更に伴い帳簿上の自己資本額が減少したためで、企業としての安全性が低下したわけではない。他方、SEDAPAL の無収水率は 28.0%（2016 年）、メーター設置率は 92.2%（2016 年）で、いずれも改善傾向にある<sup>34</sup>。よって、SEDAPAL の財務は健全で、安定していると判断される。なお、施設が分散しているため本事業の施設のみの運営・維持管理費用の情報は得られなかったが、その運営・維持管理について財務面の制約を背景とした深刻な課題は特に見られなかった。

---

を求めることができる。他方、SEDAPAL は必要に応じて技師を派遣して漏水などの確認を行う。

<sup>32</sup> SEDAPAL によると人員体制は少しずつ強化が図られているが、具体的な改善計画は確認できなかった。

<sup>33</sup> 上下水道事業運営に関連して JICA が実施する課題別研修に、SEDAPAL から毎年 1 名以上が参加している。

<sup>34</sup> 2005 年には無収水率は 41.1%、メーター普及率は 65.8%であった。

表5 SEDAPALの財務状況(単位:百万ソル)

	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
営業収入 (i)	1,385	1,472	1,513	1,624	1,737
上下水道料金収入	1,331	1,419	1,409	1,508	1,608
その他の収入	54	52	104	115	129
営業費用 (ii)	1,318	1,224	1,385	1,301	1,523
営業原価 (a)	1028	904	941	949	1,058
販売費	155	180	194	181	199
管理費他	135	140	250	171	267
営業利益 (iii)=(i)-(ii)	67	248	128	3232	214
営業外収入 (iv)	301	154	288	177	153
営業外費用 (v)	118	85	115	346	293
税金 (vi)	67	90	42	90	50
経常利益 (vii)=(iii)+(iv)-(v)-(vi)	182	227	259	63	24
営業利益率	5%	17%	8%	20%	12%
流動比率 (b)	212%	272%	355%	418%	367%
負債比率 (c)	77%	80%	82%	135%	131%

出典: SEDAPAL 提供資料

注: (a) 運営維持管理費及び原価償却費を含む (b) 流動資産/流動負債

(c) 負債/資本

#### 3.4.4 運営・維持管理の状況

現地視察及び SEDAPAL へのヒアリングの結果から、本事業で建設された施設の運用・維持管理状況に特に問題は見られない。配水池、減圧弁等のバルブ類は定期的に清掃されており、大きな補修はまだ必要とされていない。上下水道網および接続については利用者からの通報を受けた緊急対応チームが修理を行っている。

以上より、本事業の運営・維持管理は体制、技術、財務、状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

## 4. 結論及び提言・教訓

### 4.1 結論

本事業はリマ首都圏のワチパ浄水場の給水地域に属するコマス〜チジョン地域において、上下水道システムの最適化を行うことにより上下水道サービスの質の改善を図り、もって住民の衛生環境の改善に寄与することを目的に実施された。上下水道分野は審査時から事後評価時まで一貫してペルー政府の重要課題である。審査時、リマ首都圏における上下水道整備の必要性は大きく、本事業の施設は事後評価時にも重要な役割を果たしている。また、本事業は審査時の日本の援助政策とも整合する。以上により、本事業の妥当性は高い。詳細設計時に上水道網修復の範囲縮小、セクター数の増加などの変更があったが、事業費は概ね計画どおりであった。他方、水源となる北部送水管の完成が遅れた影響により、本事業は計画より2年遅れて完成した。よって本事業の効率性は中程度である。本事業により、適切な水圧による24時間給水、無収水率の大幅な改善、下水道詰まりの減少等が実現し、概ね計画どおりの事業効果が得られた。さらに、住民の環境衛生が改善

したほか、24時間給水は住民生活の利便性、自由度を高めた。よって本事業の有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理について体制面・技術面・財務面に問題は見られず、持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

## 4.2 提言

### 4.2.1 実施機関（SEDAPAL）への提言

- ・ 本事業のセクターを「管理セクター」にするための条件を早急に整えて無収水のモニタリングを開始するとともに、JICA の技術協力の成果を活用した無収水対策プロジェクトを順次実施して無収水率のさらなる改善に取り組む必要がある。
- ・ 下水道の適切な利用についての住民への啓発・教育に取り組む必要がある。下水道へのゴミの投棄が引き起こす問題や住民の生活・健康への影響、ゴミの適切な扱いについての教材を作成し、上下水道の修復・建設を行う公共事業の社会コンポーネント（住民への説明、啓発・教育）で活用するとともに、各サービスセンターで下水詰まりの発生状況及びその原因を分析し、ゴミの投棄が下水詰まりを多く発生させている地域を確認し、啓発プログラムを優先的に実施する。保健省が実施する保健やゴミについてのキャンペーンとの連携の可能性を検討する。
- ・ 住民の間にメーターの精度への不信や漏水・下水詰まりへの対応が早くないことへの不満が広がっていることについて、適切な情報普及、緊急対応体制の改善などによる対応を検討する必要がある。

### 4.2.2 JICA への提言

本事業のセクターにおける無収水対策プロジェクトの実施状況をモニタリングし、その円滑な実施を促す。

## 4.3 教訓

### 上水道網修復時のメーター設置

上水道網修復とメーター設置率の向上により給水サービスを改善する事業においては、修復工事と同時にメーター設置を行う方が、施設の修復から時間を置いてメーター設置を進める場合に比べて、メーター設置への住民の理解を得られやすい。メーター設置率の向上は節水により水消費を抑制し、たとえ給水量が変わらない場合でも給水時間や水圧の改善に結び付く可能性がある。また、住民は十分な給水サービスが提供されることを条件にメーター設置を受け入れる傾向がある。本事業ではメーター設置率 100%を前提に上水道網の修復が行われたが、事業範囲外であったメーター設置が遅れたことから、修復工事が完了しても直ちに給水サービスが改善しなかった。このため、給水サービスの改善に疑いをもち、メーター設置を受け入れない住民が現れ、一部の街区でメーター設置がさらに遅れることとなった。

### 主要計画/実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット*	北部送水管からの送水幹線の新設 22.5km 配水池修復 19 箇所 上水道網修復 325.5km 下水道網修復 不明 上水道接続修復** 約 37,000 箇所 下水道接続修復 不明 セクター化 9 セクター コンサルティングサービス： 詳細設計作成、入札書類作成及び入札補助、環境影響評価、地域住民啓発活動に係る助言、施工監理、上下水道台帳整備、アスベスト管取り扱いマニュアルの作成 その他（計画なし）	21.0km 23 箇所 211.3km 163.5km 36,650 箇所 22,938 箇所 14 セクター 概ね計画通り 高圧洗浄車 3 台
② 期間*	2009 年 9 月～2013 年 9 月 (49 カ月間)	2009 年 9 月～2015 年 9 月 (73 カ月間)
③ 事業費*		
円借款	15,309 百万円	14,779 百万円
ペルー側資金**	9,759 百万円	9,381 百万円
合計	5,550 百万円	5,398 百万円
換算レート	1 ドル=111 円=3.16 ヌエボソル	1 ドル=100 円=2.77 ヌエボソル

注：\* 世銀部分を除く

\*\* ペルー側資金（実績）には KfW の融資を含む。