ペルー

2016 年度　外部事後評価報告書

円借款「地方上下水道整備事業」

外部評価者：（株）グローバル・グループ 21 ジャパン　薗田元

0．要旨

「地方上下水道整備事業」（以下、「本事業」という）は、ペルー北部のピウラ州ピウラ市及びアンカッシュ州チンボテ市において上下水道施設を修復・拡張することにより上下水道サービスの改善を図り、もって対象地区の環境衛生改善に貢献することを目的に実施された。上下水道分野は一貫してペルー政府の重要課題である。審査時、対象 2 都市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。よって、本事業の妥当性は高い。借款契約後の二度の政権交代や対象都市の上下水道公社の経営悪化などにより工事の開始が遅れたほか、ピウラ市サンマルティン下水処理場は需要増加に対応するための計画変更に時間を要し、事後評価時に未完成のため、事業期間は計画の 4 倍以上である。この期間の物価上昇、工事量の増大等により総事業費は計画を上回る。よって本事業の効率性は低い。本事業により対象両都市で水生産量が増加し、給水時間・水圧が改善したほか、ピウラ市では上水道の水質が改善された。ピウラ市及びチンボテ市南部地区で未処理下水の河川・海への放流はなくなった。両市では環境・衛生状況の改善が住民により報告されている。しかし、浄水場の水生産量は計画に達していない。また、下水処理場に流入する下水量が計画を大幅に超えたこともあり、処理後の下水は排水基準を満たしていない。よって、本事業の有効性・インパクトは中程度と判断される。本事業の運営・維持管理については、体制面に両都市で軽度な課題が、財政面では両都市に課題が、技術面ではチンボテ市に課題が見られる。以上を総合的に判断し、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

以上より、本事業の評価は低いといえる。

1．事業の概要

プロジェクト位置図

ピウラ市浄水場

１.１ 事業の背景

ペルーでは、同国経済が破綻状態にあった 1980 年代後半には上下水道セクターにほとんど投資が行われず、設備の老朽化が進行していた。さらに、人口の都市部への流入を背景に、多くの地方都市で上水道普及率が低下するとともに、上水道の供給能力が需要に追い付かず、給水時間が制約されていた。下水道普及率は上水道に比べてさらに低く、半数近くの地方都市には下水処理場がなく、未処理の下水が河川等に放流されていた。

上下水道整備を重要な政策課題と位置づけたフジモリ政権（1990～2000 年）は 1992 年に衛生セクター改革を行い、国家上下水道事業局の技術支援と国家水道事業監督庁の監督のもとで地方政府が上下水道公社等を通じて上下水道サービスを提供する体制が確立した[1]。

国家上下水道事業局は 1992 年に水道セクター開発計画を策定し、JICA を始めとするドナーの支援を受けて上下水道整備を開始した[2]。地方都市については、米州開発銀行の支援により、本事業の対象 2 都市を含む複数の地方都市を対象に上下水道整備事業のフィージビリティー調査が 1995 年までに実施された。

本事業は、以上を背景に、フィージビリティー調査が実施された地方都市のうちピウラ州ピウラ市（ピウラ地区・カスティージャ地区）、アンカッシュ州チンボテ市（チンボテ地区・ヌエボチンボテ地区）の 2 都市を対象に上下水道整備を実施したものである[3]。

１.２ 事業概要

ペルー北部のピウラ州ピウラ市及びアンカッシュ州チンボテ市において上下水道施設を修復・拡張することにより上下水道サービスの改善を図り、もって対象地区の環境衛生改善に貢献する。

円借款承諾額/実行額	13,901 百万円 / 12,742 百万円	
借款契約調印	1999 年 4 月	
借款契約条件	金利	本体：1.7%、0.75% コンサルティングサービス：0.75%
	返済 （うち据置）	本体：25 年（7 年） コンサルティングサービス：40 年（10 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：二国間タイド

[1] 国家上下水道事業局（PRONAP: *Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado*）、国家水道事業監督庁（SUNASS: *Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento*）。その後の政府組織改革により、国家上下水道事業局の事業は現在の住宅建設衛生省都市国家衛生プログラム（PNSU / MVCS: *Programa Nacional de Saneamiento Urbano / Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*）に引き継がれた。

[2] JICA はリマ首都圏において「リマ・カヤオ上下水道整備事業（1996）」「リマ南部下水道整備計画（1996）」「首都圏上水供給強化事業（マルカ II）（1997）」に対して借款を供与した。米州開発銀行は全国 67 地方都市のうち 36 都市についてフィージビリティー調査を実施し、その一部についてインフラ整備資金を支援していた。

[3] ピウラ市はピウラ地区（District）とカスティージャ地区で、チンボテ市はチンボテ地区とヌエボチンボテ地区で構成される。両都市における行政は「地区」が単位であり、「市」にあたる行政単位は存在しないが、本報告書では便宜上、「ピウラ市」「チンボテ市」と表記する。

借入人/実施機関	ペルー共和国 / 住宅建設衛生省 都市国家衛生プログラム（PNSU / MVCS: *Programa Nacional de Saneamiento Urbano / Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*）
貸付完了	2011 年 12 月
本体契約	Construtora Norberto Odebrecht (ブラジル) / CBPO Engenharia Ltda. (ブラジル)、GYM S.A. (ペルー)、Ingeniería Andina Ina Bromco Cia. Ltda. (コロンビア) / Hidalgo & Hidalgo S.A. (エクアドル)、Hidalgo & Hidalgo S.A. (エクアドル) / Ingeniería Andina (エクアドル)、Hidalgo & Hidalgo S.A. (エクアドル) / Construcción y Administración S.A. (ペルー)、Abengoa S.A.(ペルー) / Teyma Uruguay S.A. (ウルグアイ)
コンサルタント契約	日本上下水道設計（株）(日本) / Cardenas & Bautista S.C.R.L (ペルー)、日本工営 （株）(日本) / OIST (ペルー)
関連事業	円借款「地方都市上下水道整備事業 (II) 」2000

２．調査の概要

２.１ 外部評価者

薗田元（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：2016 年 10 月～2018 年 2 月

現地調査：2017 年 1 月 17 日～2 月 9 日、6 月 3 日～11 日

２.３ 調査の制約

本事業のフィージビリティー調査は 1995 年に実施され、審査は 1999 年に行われ、事後評価までに 20 年近くが経過していたため、審査時の検討事項についての情報収集が制約された。両都市において予測を大幅に超える下水量が発生したが、事後評価においては、下水発生量の予測が行われた実施機関によるフィージビリティー調査の報告書を入手することができなかったため、実績が予測を大きく超えた理由について詳細な分析ができなかった。

３．評価結果（レーティング：D[4]）

３.１ 妥当性（レーティング：③[5]）

３.１.１ 開発政策との整合性

「１．１　事業の背景」で述べたように、審査時（1999 年）、上下水道分野は重要な政策課題であり、ペルー政府は地方都市の上下水道整備に努めていた。その後、第二次ガルシア政権（2006～2011 年）は『万人に水を』の標語のもとで上下水道分野の公共投資額を大幅

[4] A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

[5] ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

に増大した[6]。続くクチンスキー新政権（2016～）では水衛生分野が最優先分野の一つに位置づけられ、2021 年に都市部で上水道普及率 100％、24 時間給水、下水道普及率 100％が目標とされ、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が進められている[7]。

住宅建設衛生省が 2015 年に作成した上下水道分野の中期戦略（計画期間 2016～2021 年）では「都市および農村における質が高く持続可能な給水衛生サービスへのアクセスの増加」が戦略目標に挙げられ、地方都市では上下水道公社等の運営能力強化、民間セクターの参加、持続性の確保などに取り組む計画が示されている。

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（1999 年）、多くの地方都市で上下水道整備が必要とされていた。本事業の対象となったピウラ市（1999 年人口約 29 万人）では上水道の水源は井戸のみで、塩分濃度が高い、水生産費用が大きいなどの問題があり、井戸水に代えて表流水を水源とする上水道施設の建設が必要とされた。下水道施設は十分に機能しておらず、整備の必要があった。チンボテ市（1999 年人口約 28 万人）では南部に拡大する市街地に対する上下水道整備が緊急課題であった[8]。事後評価時には、有効性の項で述べるように、これらの各都市で本事業により改善・建設された施設は上下水道サービスを提供するための重要な役割を果たしている。よって、事後評価時も本事業の重要性は維持されている。

ただし、本事業で修復・建設された浄水場・下水処理場の設備能力（水生産能力、下水処理能力）は、規模を拡大して建設予定のピウラ市サンマルティン下水処理場を除き、いずれも実際の需要に比べて小さい[9]。浄水場については、両都市で人口増加が当初の予測を超え、メーター普及の遅れや盗水の蔓延により無収水率の改善が予測を下回ったため、水需要が審査時の予測を上回った[10]。さらに、ペルー政府の財政制約を背景に 2003 年に行われたス

---

6 住宅建設衛生省のデータによると、上下水道分野の公共投資額は、2005 年までは GNP 比 0.1％以下であったが、2009 年以降は 0.6～0.8％で推移している。

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

8 チンボテ市南部地区では灌漑水路を水源とする既存浄水場が、同市北部地区では井戸が水生産を行っていた。なお、両都市の 1999 年人口は各都市を管轄する上下水道公社の情報に基づく推定値である。

9 事後評価に際して収集した各種資料から、本事業では当初から、ピウラ市の浄水場は 2025 年、ピウラ市の下水処理場とチンボテ市の浄水場・下水処理場は 2010 年を計画目標年としてその規模が計画されたことが読み取れる。ただし、その計画過程を具体的に検証できる情報は得られなかった。なお、実際の需要に比べて浄水場・下水処理場の規模が小さいという状況は、水需要予測と水生産量、下水処理能力と下水流入量・処理水質等のデータから、少なくともピウラの浄水場・下水処理場とチンボテ市の下水処理場において、2010 年の時点で既に発生していたと考えられる。

10 2016 年の時点で、ピウラ市、チンボテ市ともに審査時の同年の人口予測を 2 割程度上回る人口増加があったほか、メーター普及率は予測の 7 割強にとどまり、無収水率は予測のほぼ 2 倍であった。住宅建設衛生省によると、いずれの都市でも無収水のかなりの部分が盗水（料金を支払わない不法接続）であるが、盗水が多いことは、計画時はあまり知られていなかった。また、有効性で述べるように、本事業で行われた老朽配水管の更新が十分な漏水削減に結びついていない可能性を指摘できる。なお、予測され

コープ変更の一環として、浄水場の規模が縮小された[11]。

下水処理場については、住宅建設衛生省及びピウラ・チンボテ各上下水道公社によると[12]、審査時の予想を超えた人口増加が各処理場での下水流入量の増加につながったほか、ピウラ市では審査時には想定されていなかった住宅開発地における私的な地下水開発を背景とした下水量の増加があった。

以上から、本事業の浄水場・下水処理場の規模は実際の需要に比べて小さく、開発ニーズを十分に満たせていない面がある。ただし、本事業の必要性は明白であり、本事業が全体の開発ニーズと整合性が取れていなかったということではない。

３.１.３ 日本の援助政策との整合性

事前評価に先立つ 1998 年 2 月、日本の経済協力総合調査団とペルー政府の間において、中長期的視点に立った今後の経済協力の重点分野について、貧困対策、社会セクター支援、経済基盤の整備、環境保全の 4 分野とすることが合意された。これを受けて定められた国別援助計画（2000 年）では貧困対策において「基礎的生活基盤では、今後も上下水道整備を中心とした協力を推進する」とされた。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：①）

３.２.１ アウトプット

本事業ではピウラ市とチンボテ市の上水道整備・下水道整備が行われた。アウトプットの計画と実績は表１のとおりである。なお、本事業で建設された施設は各都市の既存上下水道施設の一部を改善・拡張するものが多く、都市内に散在し、必ずしも一体となって機能するものではない。以下、各都市における実施の経緯、事業範囲の変更について述べる[13]。

た無収水率の低下への本事業の貢献がどのように計画されていたかについては情報が得られなかった。

[11] スコープ変更の検討過程の水需要予測の見直しでは人口、上水道普及率、メーター普及率、人口あたり水消費量、無収水率などが再検討された。いずれの都市でも人口あたり水消費量が当初より低く設定され、それが水需要予測の抑制につながったが、そのように修正した具体的な根拠は確認できなかった。

[12] ピウラ上下水道公社：EPS GRAU S.A.、チンボテ上下水道公社： EPS SEDACHIMBOTE S.A.

[13] 以下で述べる計画変更は、いずれも実施機関である住宅建設衛生省と JICA の合意のもとで行われた。

表１　アウトプットの計画と実績の比較

審査時計画		実績
ピウラ上水道		
取水口	1,500 ﾘｯﾄﾙ/秒	1,320 ﾘｯﾄﾙ/秒
クルムイ浄水場建設	880 ﾘｯﾄﾙ/秒	600 ﾘｯﾄﾙ/秒
送水管建設*	51.6km	55.9km
配水網建設・修復**	59.4km	40.9km
配水池建設	5 ヶ所 10,350 ㎥	6 ヶ所 16,000 ㎥
配水池修復	0 ヶ所	5 ヶ所 88,000 ㎥
井戸ポンプ修復	10 ヶ所	11 ヶ所
接続建設・修復**	11,760 世帯	6,000 世帯
メーター設置	22,500 個	21,636 個（+864 個予備）
SCADA（浄水場・配水池・井戸）		計画どおり
ピウラ下水道		
エルインディオ下水処理場***	修復 6.0ha	修復 6.0ha
（酸化池方式）	建設 12.7ha	建設 20.0ha
	合計 239 ﾘｯﾄﾙ/秒	合計 200 ﾘｯﾄﾙ/秒
サンマルティン下水処理場	修復 9.6ha	既存処理場の敷地に新規
（酸化池方式）	建設 11.9ha	処理場を建設：32.3ha（計画）
	合計 241 ﾘｯﾄﾙ/秒	合計 690 ﾘｯﾄﾙ/秒（計画）
圧力式下水管建設	10km	8.1km
ポンプ場建設	1 カ所	1 カ所
ポンプ場修復	4 カ所	12 カ所
下水網修復	26.7km	36.1km
チンボテ上水道		
原水貯水池建設	70,000 ㎥×2 基	なし
浄水場修復・増設	500 ﾘｯﾄﾙ/秒	550 ﾘｯﾄﾙ/秒
送水管建設*	19.9km	14.8km
配水網建設・修復**	77.6km	69.3km
配水池建設	5 基 14,850 ㎥	5 基 15,000 ㎥
接続建設・修復**	7,300 世帯	9,243 世帯
水量メーター設置	50,000 個	28,100 個（+3,400 予備）
井戸修復	3 カ所 135 ﾘｯﾄﾙ/秒	3 カ所 135 ﾘｯﾄﾙ/秒
原水貯水池修復	3 基計 70,000 ㎥	なし
配水池修復	8 基 20,800 ㎥	5 基
ポンプ施設	修復 2、建設 2	修復 2、建設 1
チンボテ下水道		
圧力式下水管建設	3.9km	1.4km
下水網建設・修復**	50.8km	49.2km
ポンプ場修復	1 カ所	1 カ所
ラスガビオタス下水処理場	拡張 7.5ha	拡張 8.6ha
（酸化池方式）	修復 12.0ha	修復 12.0ha
	合計 155.3 ﾘｯﾄﾙ/秒	合計 157 ﾘｯﾄﾙ/秒
セントロスル下水処理場	建設 2.5ha	建設 2.4ha
（酸化池方式）	22.8 ﾘｯﾄﾙ/秒	17 ﾘｯﾄﾙ/秒
接続	新規 150 世帯	新規 3,569 世帯
	修復 3,000 世帯	修復 2,856 世帯
コンサルティングサービス		
事業監理（詳細設計・施工管理）		計画どおり
チンボテ下水道についての追加調査		計画どおり

出典：JICA 提供資料、住宅建設衛生省・各都市上下水道公社提供資料

注：*　浄水地から貯水池までの管路

**　計画は建設と修復を区別したが、建設は実際には既存管路の更新が含まれると考えられ、両者の区別は明確ではない。また、実績において建設と修復は区別できない。

***　エルインディオ下水処理場は修復された「エルインディオ下水処理場」と新規建設された「クェヴィン下水処理場」の二つの独立した下水処理場で構成される。両者は同一の敷地に併設されるが下水収集地域は異なる。本報告書では、便宜上、両者を合わせて「エルインディオ下水処理場」と表記する。

（1） ピウラ市

ピウラ市の上水道については、ペルー政府の財政上の制約を背景とした事業範囲の縮小が検討され、建設予定の浄水場の水生産能力が審査時計画より 3 割程度縮小し、これに応じて管路網の計画が変更された（2003 年）。あわせて、時間の経過により老朽化の進んだ配水池の修復が追加された。建設段階では、修復対象の既存管路が想定された場所になかった、地質の違いなど、新たに判明した現場の状況に応じた管路変更や工事量変更等が行われた。なお、ピウラ上下水道公社によると、配水網の更新の際には古い管路を残したまま、個別接続を古い管路から切り離したが、住民が勝手に設置した盗水のための管路が新旧の管路をつなげてしまっているため、旧管路にも水が流れ込んでいる。他方、旧管路上の個別接続撤去部分の止水は木製の栓が使われており、新しい管路から流れ込んだ水が止水の不十分な箇所から漏水している恐れがある[14]。

ピウラ市の下水道については、上述の事業範囲縮小の過程で下水処理場の処理水準の目標（処理後の水質についての計画値）が引き下げられ、下水流入量の計画はそのままに、施設規模が縮小した。この変更は、処理水を灌漑に再利用する対象作物が限定されることから大きな問題は生じないと判断された。計画された 2 カ所の下水処理場のうちサンマルティン下水処理場では、工事契約後、予定された敷地の一部を確保できないことから実施が遅れていた。さらに、実際の下水量が当初の予測を大きく上回ることが判明したため、同処理場は規模を拡大して再計画する必要が生じた。しかし、当時の貸付実行期限（2011 年 12 月）までに完成できないため、2011 年 5 月、同処理場は住宅建設衛生省の自己資金で建設することが決定された（事業範囲内）。2017 年 6 月、同処理場は調達手続き中である。もう一つのエルインディオ下水処理場では処理水が灌漑利用されるが、完成した同処理場からの放流路は既存の小さな灌漑水路に連結されたものの処理水の量に比べて小さすぎたため、処理水が溢れて処理場周辺に滞留したため、2014 年にピウラ州政府が仮設灌漑水路（事業範囲外）を建設した。

（2） チンボテ市

チンボテ市の上水道についても、ピウラ市同様、ペルー政府の財政上の制約を背景とした事業範囲の縮小が行われ、浄水場の規模縮小、原水貯水池建設・修復のキャンセルなどの計画変更が行われた。また、審査時から建設開始の 2005 年までに設備の老朽化、住宅地の拡大、道路の舗装などが進み、施工時には既存管路網、地質の状況が新たに判明したため、それを反映して各種施設の工事量が変更された。浄水場については、既存浄水設備の修復に合わせて新たな浄水設備を同一敷地内に増設する計画であったが、既存浄水の沈殿池・ろ過池などの一部の設備を活用しつつ、新たに機械式フロック形成池を建設することで建設コスト・運営維持管理コストの抑制と同時に水生産能力を増加できるとの提案がコントラクタ

[14] ピウラ上水道公社によると、このような経験を踏まえて近年の管路更新事業では旧管路の撤去が工事範囲に含まれるが、その分、事業費は増大する。なお、これはチンボテ市でも同様である。

ーからあり、住宅建設衛生省の計画変更申請にJICAが同意して、提案どおりに変更された。チンボテ上下水道公社は機械式フロック形成池の経験がなかったが、研修あるいは完成後の試運転を通じた技術移転は行われなかった（その経緯については「３.５.２ 運営・維持管理の技術」を参照）。なお、チンボテ上下水道公社によると、浄水貯水槽の排水パイプの出口の位置が高いため、清掃時などに十分な排水ができず、同公社は別途排水ポンプを使う必要がある。また、ピウラ市同様、配水網の更新は旧管路を残したまま行われ、旧管路の止水が不十分な箇所からの漏水につながっている可能性がある。

チンボテ市の下水道コンポーネントでは、2カ所の処理場で地下水位が想定より上昇していたため、処理池への地下水の浸入を防ぐための不透水化作業が追加された。また、新規接続数は新興住宅の接続が追加されたことなどにより大幅に増加した。両処理場の処理水はピウラ市と同様、灌漑利用が想定され、放流路は延長30m程度である。既存下水処理場が拡張されたラスガビオタス下水処理場では、既に処理水を利用した灌漑を行っていた農家が建設した灌漑水路に接続された。他方、新たに建設されたセントロスル下水処理場では農家が灌漑水路を建設したが、水はけが悪く処理水が溢れたため、処理水をより遠方に放流できるよう、上下水道公社は放流路を50cmほどかさ上げした。

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18,535百万円（円借款13,901百万円）の計画に対し、事後評価時点の実績は総事業費17,905百万円（計画比97%）、円借款利用額12,743百万円（計画比92%）であった。これにペルー側資金で建設予定のピウラ市サンマルティン下水処理場の費用134百万ヌエボソル（約4,650百万円、2017年6月時点の計画額）を加えると、最終的な総事業費は22,555百万円（計画比122%）となる。

ペルー政府の財政上の制約を背景に行われた事業範囲の縮小は事業費を抑えるためのものであったが、実際には1998年以降の物価上昇により資材等の単価が上昇したため、両都市の上下水道コンポーネントの6つの土木工事契約額（契約成立時）のドル建て総額は、既に審査時計画を3割強上回っていた。契約成立後は、「３.２.１ アウトプット」に記載のとおり、ピウラ下水道のサンマルティン下水処理場の契約範囲・借款対象からの除外、両都市における工事量の増大等が各契約額増減につながった。コンサルティングサービス費用の実績は事業期間の延長に伴い大幅に増大した。一方、土木工事が行われた2005～2011年の平均レートは1ドル=101円であり、審査時計画の1ドル=140円から大幅に円高が進んだ。工事契約は全てドル建てまたはヌエボソル建てであったため、この円高は円建て事業費の減少をもたらした。

表 2　事業費の計画・実績

（単位：百万円）

	計画			実績（2016 年 6 月現在）		
	合計	円借款	ペルー側負担分	合計	円借款	ペルー側負担分
ピウラ上水道	7,269	6,397	872	5,636	4,721	915
ピウラ下水道	1,519	1,337	182	*2,690	2,345	*345
チンボテ上水道	2,327	2,048	279	3,259	2,322	937
チンボテ下水道	1,019	896	123	1,478	1,219	259
物価上昇	922	735	187	0	0	0
物的予備費	1,306	1,142	164	0	0	0
ｺﾝｻﾙﾃｨﾝｸﾞｻｰﾋﾞｽ	1,346	1,346	0	2,135	2,135	0
税金	2,827	0	2,827	2,707	0	2,707
合計	18,535	13,901	4,634	*17,905	12,743	*5,162

出所：JICA 提供資料、住宅建設衛生省提供資料

注：* ペルー側資金で建設予定のサンマルティン下水処理場の費用（約 43 億円）は含まない。

為替レート：（計画）1 ドル＝113.5 円、1 ヌエボソル＝34.0 円

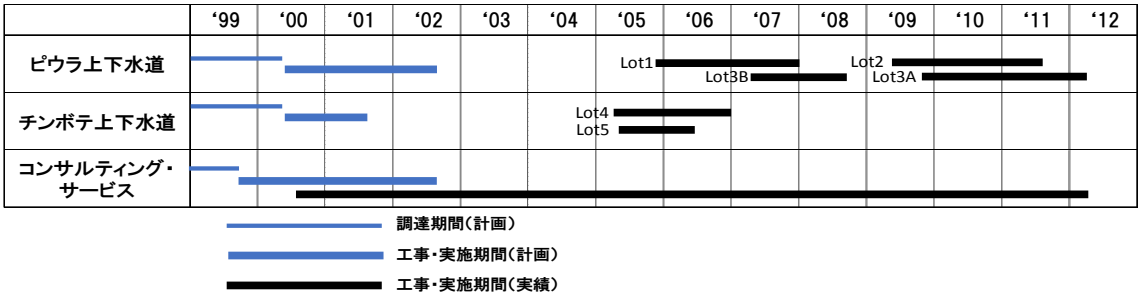
（実績）1 ドル＝101.0 円（実際の適用レート）

1 ヌエボソル＝32.7～38.4 円（各契約期間の平均レート）

３.２.２.２ 事業期間

本事業は 1999 年 4 月に借款契約が調印され、2003 年 3 月に完成する予定であったが、本事業の貸付実行期限は二度にわたり延長され[15]、円借款対象の 6 つの工事契約が 2012 年 3 月までに完了した（図 1）。本事業で円借款の対象となった工事契約は表 3 の 6 件である。他方、2017 年 6 月現在、円借款の対象から外されたピウラ市のサンマルティン下水処理場が調達手続き中であり[16]、本事業は未完成である。事業期間の実績は、計画 48 カ月（1999 年 4 月～2003 年 3 月）に対して 2017 年 6 月現在 219 カ月（1999 年 4 月～2017 年 6 月）、計画比 456%である。サンマルティン下水処理場の完成までにはさらに 2 年近くを要すると見込まれ、事業期間は計画を大幅に上回ることとなる。

図 1　事業期間の計画と各都市における実績（円借款対象部分）



出典：JICA 提供資料、住宅建設衛生省提供資料

[15] 本事業の貸付実行期限は 2004 年 8 月であったが、2009 年 2 月まで延長され、その後、2011 年 11 月まで再延長された。

[16] 同処理場の建設には契約成立後、1 年半程度が見込まれている。住宅建設衛生省によると、2017 年 12 月現在、建設工事が進行中である。

事業期間が大幅に増加した主な理由は以下のとおりである。

- 借款契約署名後、二度の政権交代に伴う省庁再編、実施機関の人員削減が行われた。この時期の政治経済の混乱、政府財政の緊縮、2002 年以降に進められた地方分権化政策の影響等により、各上下水道公社の経営状況が悪化した。
- 政府財政緊縮を背景とした事業規模の絞り込みに 2002 年～2003 年の 2 年間を要した。
- コンサルティングサービス開始後、実施機関から詳細設計レビュー・作成のための十分な情報が提供されなかったため、実施機関と JICA の協議を踏まえて契約を維持したままコンサルティングサービス業務が 2001 年～2004 年にかけて中断した。
- 2003 年当時、ピウラの上下水道公社が経営破綻状態であったため、本事業の一部にコンセッション方式が提案された[17]。その検討に 2006 年までの 4 年間を要し、Lot2、Lot3A の工事開始が遅れた。
- 予定価格内の応札者がいない、事前資格審査を通過する応札者がいないなどの理由で再入札があり、Lot1, Lot2, Lot3B の工事契約は契約までに 2～5 年の期間を要した。
- 各契約の工事期間は工事範囲の変更、予見できなかった現場の状況による追加工事、ポンプ調達の遅れ（再調達・再輸入）などにより、最大で半年程度延長した。
- ピウラのサンマルティン下水処理場は当初は円借款対象として Lot 3A に含まれていたが、規模を拡大して再計画する必要が生じて借款対象外（事業範囲内：ペルー側負担）とされた（2011 年）。その後、再設計と国内審査手続きを経て、2017 年 6 月現在、調達手続き中である。

表 3　「地方上下水道整備事業」の工事契約（円借款対象部分）

契約ロット	内容	契約時期	完工時期
Lot 1	ピウラ市浄水場	2005 年 11 月	2007 年 12 月
Lot 2	ピウラ市上水道網	2009 年 5 月	2011 年 7 月
Lot 3A	ピウラ市上下水道網	2009 年 11 月	2012 年 3 月
Lot 3B	ピウラ市下水処理場・下水道網	2007 年 4 月	2008 年 8 月
Lot 4	チンボテ市浄水場・上水道網	2005 年 3 月	2006 年 12 月
Lot 5	チンボテ市下水処理場・下水道網	2005 年 4 月	2006 年 6 月

- 出典：住宅建設衛生省
- 注：ピウラ市のサンマルティン下水処理場は借款対象外

[17] 上下水道網の建設・修復はコンセッション契約を結んだ民間企業が事業を実施し、完成後は浄水場・下水処理場とともに同企業が運営・維持管理する方針となった。しかし、その後の検討により、このコンセッション方式は取りやめとなった。

３.２.３ 内部収益率（参考数値）

本事業の審査時には内部収益率は算出されていなかった。一方、参考値として本事業のうちピウラ市の上水道事業のうち取水口・浄水場・送水管・配水池の建設について、プロジェクトライフ 25 年、建設費、運営維持管理費を費用、水道料金収入及び井戸による生産費用（電力費）の節約を便益として財務的内部収益率（FIRR）を事後評価時に試算したところ、10.3%となった[18]。本事業のその他のコンポーネントについては、十分なデータが得られなかったため試算は行わなかった。

以上より、本事業は事業費が計画を上回り、事業期間が計画を大幅に上回ったため効率性は低い。

３.３ 有効性[19]（レーティング：②）

３.３.１　 定量的効果（運用・効果指標）

本事業の目的はピウラ市とチンボテ市の上下水道サービスの改善を図ることであるが、審査時、各市の目的達成度を測るための指標は明示されなかった。そのため、ここでは審査時に確認された各都市の上下水道整備ニーズを踏まえて、都市上下水道分野の各種指標の中から、各都市の具体的な事業目的に直接関連する指標を主要指標、それ以外の指標で本事業の実質的な貢献が想定されていたと考えられる指標を補助指標とみなし、主要指標の達成度を中心に目的達成度を判断した[20]。各指標の計画値は審査時に参照された各都市の水需要・供給予測その他の資料に基づく。

（１） ピウラ市上水道

本事業実施前、ピウラ市の上水道は全て井戸を水源としていたが、25 本の井戸のうち 23 本が政府の定める飲料水の水質についての基準値 250mg/l を超える塩分濃度を示していた。また、一部地域では配水池がなく、井戸からのポンプ直送による不安定な配水が行われていた。本事業は表流水（灌漑水路）を水源とする浄水場（設備能力 880 ﾘｯﾄﾙ/秒）及び配水池を建設することにより 2015 年の水生産の 70%を表流水とし、配水池で表流水と井戸水を適切に混合することにより塩分濃度を基準値以下にすることが計画された。以上に関連する計画と実績は表 4 のとおりである。

ピウラ市の 2013 年～2016 年の水生産量は 1,225 ﾘｯﾄﾙ/秒であり、これは審査時計画の 136%である。しかし、本事業が建設した浄水場のこの期間の生産量は 458 ﾘｯﾄﾙ/秒で、計画（630 ﾘｯﾄﾙ/秒）の 73%にとどまる。これは、政府の財政制約を背景に同浄水場の生産能力が 880 ﾘｯﾄﾙ/秒

[18] 利用者の水入手費用の節約、公衆衛生の改善などの便益を貨幣価値に換算することが難しかったため、EIRR は試算していない。

[19] 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。

[20] 計画値と実績値の比較が可能な指標の達成度は、JICA の事後評価レファレンスに従い、実績が計画値の 80%以上は高い、50～79%の範囲は中程度、49%以下は低いとの目安により判断した。

から 600 ﾘｯﾄﾙ/秒に縮小されたうえ、送水施設と水源の制約があるためである[21]。これを補うため、井戸の水生産は計画（300 ﾘｯﾄﾙ/秒）の約 2.6 倍（2013～2016 年に 767 ﾘｯﾄﾙ/秒）に増大した。なお、本事業は井戸の生産増加にも貢献がある[22]。

表 4　ピウラ市上水道の指標達成状況

指標	事業実施前	審査時計画（1998）	実績	達成度
水生産量	不明	900 ﾘｯﾄﾙ/秒 （2013～2016）	1,225 ﾘｯﾄﾙ/秒 （2013～2016）	高い　（主要指標）
表流水の比率	0% 井戸のみ	70% 浄水場　630 ﾘｯﾄﾙ/秒 井戸　　270 ﾘｯﾄﾙ/秒 （2013～2016）	37% 浄水場　458 ﾘｯﾄﾙ/秒 井戸　　767 ﾘｯﾄﾙ/秒 （2013～2016）	中程度（主要指標）
塩分濃度が基準値以下の世帯の比率	不明	表流水の給水を受ける世帯の 100%	表流水の給水を受ける世帯の 61%（全世帯の 24%）　（2016）	中程度（主要指標）
給水時間	不明	不明	17 時間（2016）	中程度*（補助指標）
水圧	不明	不明	11mwc**（2016）	中程度（補助指標）
ﾒｰﾀｰ普及率	9%（1995）	86%（2010）	59%（2016）	中程度（補助指標）
無収水率	（2002 年：55%）	22%（2015）	51%（2015）	低い　（補助指標）

出典：JICA 提供資料、ピウラ上下水道公社提供資料
注：* 政府が都市部で目標とする 24 時間給水に対する達成度
**平均水圧の単位（mwc: meter water column）は「水柱メートル」：1 メートルの水柱を支えることのできる圧力の単位。

以上の結果、表流水を水源とする浄水場の水は全水生産の 37%（2013 年～2016 年）と、計画 70%のほぼ半分にとどまった。浄水場の水はピウラ市の全世帯のうち 39%の世帯に配水され、うち 34%の世帯には本事業で建設された 7 カ所の配水池で井戸水と混合されてから配水される[23]。浄水場の水の比率が低く、混合後も塩分濃度が十分に下がらない配水池があるため、表流水の給水を受ける世帯（全世帯の 39%）のうち塩分濃度が基準値以下に下がる世帯は 61%（全世帯の 24%）である[24]。

ピウラ市の 2016 年の平均給水時間は 17 時間/日、平均水圧は 11mwc（事後評価時の基準 15~50mwc）であった。ピウラ上下水道公社によると、本事業実施前の平均給水時間は 8～10 時間/日であり、本事業はその改善に重要な貢献があった。また、本事業で建設された配

[21] ピウラ上下水道公社によると、浄水場から各配水池までの送水管および浄水場の送水ポンプ能力の設計に余裕がない。さらに、予定された敷地の地質が不適切で配水池 1 カ所の位置を遠くに変更したこと、各配水池で混合する井戸の生産量に変化があったことなどから送水管の水理バランスが変化し、送水量が制約された。同公社は運用の調整を試みたが、最大送水量は 540 ﾘｯﾄﾙ/秒程度に制限される。また、水源である灌漑水路の維持管理のため、浄水場は年に 3～4 回、各 1 週間ほど稼働を停止する必要がある。

[22] 本事業では 11 本の井戸が修復・拡張された。2016 年 12 月のデータによると、これらの井戸はピウラ市の全水生産量の 2 割程度を担っている。

[23] 残りの 6%の世帯には井戸水と混合されない浄水場の水が配水される

[24] 井戸水のみの給水を受ける世帯（全体の 61%）の 1 割程度は塩分濃度が高くない井戸を水源とする。これを加えて、ピウラ市全体では塩分濃度が基準を満たす給水を受ける世帯は全体の 30%と推測される。

水池 7 カ所の建設は一部地域の配水安定化に貢献したと考えられる[25]。ただし、同市の全水生産量の 43%は配水池を経由せず井戸から直送されており、ピウラのほぼ半分の地域で不安定な給水が続いている。受益者調査によると[26]、51%の世帯が水圧に、37%の世帯が給水時間に満足していない。他方、水質と断水頻度については事業後に改善したとの意見が多く、総合的には 64%の世帯が事業後に給水サービスが改善したと回答した。

本事業による配水網の更新とメーター設置は無収水の削減に貢献したと考えられる。本事業は全配水網（管路）の 7%を更新し、全接続数の 22%に相当する約 21,600 個のメーターを設置した。ただし、前述のように、管路更新時に古い管路を撤去しなかったことが漏水につながっている可能性も指摘される（３.２.１（１）を参照)。また、メーター普及率は 2013 年に 82%まで増加したものの、耐用年数（5 年間）を過ぎたメーターの更新が進まなかったため、2016 年には 59%に低下した。無収水率（2015 年 51%）は目標値（同年 22%）まで改善していない。上下水道公社の漏水対策部門によると、盗水が多いことが多くの無収水を生んでいる[27]。

以上から、水生産量、表流水の比率、塩分濃度が基準値以下の世帯の比率を主要指標、その他の指標を補助指標として、ピウラ市の上水道についての本事業の目標達成度は「中程度」と判断される。

（２） ピウラ市下水道

審査時、ピウラ市では下水発生量 444 ﾘｯﾄﾙ/秒に対して処理能力が 217 ﾘｯﾄﾙ/秒（下水発生量の 49%）と限られ、下水の半分が未処理のままピウラ川に放流されていた。本事業は処理場 2 カ所の拡張・修復により処理能力を下水発生量（508 ﾘｯﾄﾙ/秒：年度不明）の 95%（484 ﾘｯﾄﾙ/秒）まで増強し、未処理下水の放流による環境への負荷を減少させる計画であった。処理水準は、灌漑への再利用が可能な水質を確保することが計画されていた。以上に関連する指標の達成状況は表 5 のとおりである。

[25] 本事業で建設された 6 カ所の配水池の配水地域の接続数は全接続数の 23%に相当する。同地域で実施したグループ・インタビュー（受益者調査）では、以前は井戸からの直送のため水圧が不安定であったが、配水池完成後は水圧が大幅に改善されたとの報告が聞かれた。

[26] 受益者調査としてピウラ（102 世帯）とチンボテ（105 世帯）で質問票調査を行ったほか、両都市で合計 9 回、住民を対象としたグループ・インタビューを実施した。質問票調査は各都市で事業実施前から上下水道公社の配水網に接続している世帯を対象に、配水地区による二段階抽出法、配水地区内ではランダムエリア・サンプリングにより対象世帯を抽出した。男女比は男性 29%、女性 71%、年齢構成は 20 代 18%、30 代 20%、40 代 25%、50 代以上 36%であった。質問票調査の主な結果は報告書末尾に掲載した。グループ・インタビューはピウラで 4 カ所、チンボテで 5 か所、地理的に偏らないように配慮して選んだ各地点で協力者の呼びかけに応じて集まった住民（9 ヶ所合計で 48 名）を対象に実施した。

[27] ピウラ上下水道公社は無収水削減プログラムの一環として、警察の協力を得て厳しい態度で盗水対策に臨んでいる。

表 5　ピウラ市下水道の指標達成状況

指標	事業実施前	審査時計画（1998）	実績（2014～2016）	達成度
未処理下水の環境への放流	あり	減少する	なし	高い （補助指標）
下水処理場稼働率（下水流入量／処理能力）	不明	不明	ｻﾝﾏﾙﾃｨﾝ 297% ｴﾙｲﾝﾃﾞｨｵ 257% 合計 274%	中程度[注] （補助指標）
処理水質	BOD:20.0mg/l SS:50.0mg/l 大腸菌群数：不明	排水基準（事後評価時）[注] BOD:100mg/l SS:150mg/l 大腸菌群数：10,000MPN/100ml	ｻﾝﾏﾙﾃｨﾝ BOD:97mg/l, SS:73mg/l 大腸菌群数： 2.4×10^6 MPN/100ml ｴﾙｲﾝﾃﾞｨｵ BOD:100mg/l, SS:96mg/l 大腸菌群数:1.8×10^5 MPN/100ml	低い （主要指標）
BOD 負荷除去量（ﾄﾝ/日）	不明	ｻﾝﾏﾙﾃｨﾝ 5.1 ｴﾙｲﾝﾃﾞｨｵ 5.1 合計 10.2	ｻﾝﾏﾙﾃｨﾝ 6.8（2016） ｴﾙｲﾝﾃﾞｨｵ 8.3（2016） 合計 15.1（2016）	高い （主要指標）

出典：JICA 提供資料、ピウラ上下水道公社提供資料
注：下水処理場稼働率が 100%を大きく超えることは、処理水質に問題が生じることから望ましくないため、達成度は中程度とした。処理水質は、処理水の水質に関する事後評価時のペルーの基準（最大許容限度値）を採用した。

処理能力 144 ﾘｯﾄﾙ/秒を有するサンマルティン下水処理場の修復・拡張（事業範囲、借款対象外）がまだ実施されていないこと（効率性を参照）、本事業により処理能力 200 ﾘｯﾄﾙ/秒に拡張されたエルインディオ下水処理場の一部（60 ﾘｯﾄﾙ/秒）が稼働していないことから（持続性を参照）、2 カ所の処理場における事後評価時の実効処理能力（稼働できる部分の能力）は約 284 ﾘｯﾄﾙ/秒（計画比 72%）にとどまる。

両処理場は合計 941 ﾘｯﾄﾙ/秒（2014～2016）の下水を受け入れており、両処理場を合わせた稼働率（下水流入量÷処理能力）は 274%であり、適切な水準を大幅に超えている。上述の未稼働部分を考慮すると実際の稼働率はさらに高くなる。このような過負荷は、後述するように、処理水質が放流水の国家水質基準を満たさない直接の原因となっている。ピウラ上下水道公社によると、市街地拡大に応じた下水収集地域の拡大、住宅高層化等による下水発生量の増加、予期されていなかった生活排水以外の下水の流入等により計画時の予想を超えて下水量が大きく増加したと考えられる。サンマルティン下水処理場は、今後、処理能力を 690 ﾘｯﾄﾙ/秒に拡大し、エルインディオ下水処理場が受入れている下水の一部を分担する計画である[28]。なお、ピウラ市では 2015 年以降、未処理下水の河川への放流はなくなった。本事業は下水処理能力を増加したことでこれに間接的に貢献している。

両処理場は過負荷で十分な処理が行われず[29]、処理後の水質は一部項目が国の定める下水処理場の放流水の水質基準を満たしていない。処理水の 2014～2016 年の平均 BOD 濃度（97

[28] サンマルティン下水処理場が完成し、エルインディオ下水処理場が全て稼働できるようになれば、両処理場を合わせた稼働率は 100%をやや超える程度となり、処理水準の改善が見込まれる。

[29] 酸化池方式の下水処理場では下水がラグーンに滞留している間に自然の生物プロセスにより BOD、大腸菌などの汚染物質が処理される。滞留時間が長いほど処理が進むが、下水流入量が増えると滞留時間が短くなり、適切な処理が行われなくなる。

～100mg/l）は基準値 100mg/l の範囲内であるが[30]、この期間に計測された結果の約半分は基準値を超えている。大腸菌群数（2016 年 9 月計測）は基準値の 10～240 倍に達する。

両処理場の BOD 除去率（処理後 BOD 濃度÷処理前 BOD 濃度）は審査時計画 99%に対し実績 65%と低いが、未処理下水の BOD 濃度（282～288mg/l）が審査時計画（250mg/l）を上回り、かつ、下水処理量が計画の 3 倍以上のため、BOD 負荷の除去量（15.1 ﾄﾝ/日、2016）は計画（10.2 ﾄﾝ/日）の 148%に達する。

以上をまとめると、下水による環境への負荷は計画以上に削減されたものの（主要指標：BOD 負荷の除去量）、処理場が過負荷で適切な処理が行われておらず、排水基準を満たさない処理水の放流が行われていることから（主要指標：処理水質）、ピウラ市の下水道についての本事業の目標達成度は「中程度」と判断される。

（3） チンボテ市上水道

チンボテ市では上水道普及率が 71%（1996）、給水時間が 1 日 2～14 時間と限られ、人口増加と市街地の拡大に対応するための既存浄水場の拡張による水生産能力の増強が計画された[31]。これに合わせ、水源である灌漑水路の維持管理に備えて新たな原水貯水池 2 基の建設、配水の安定化のための配水池建設が計画された。以上に関連する指標の達成状況は表 6 のとおりである。

表 6　チンボテ市上水道の指標達成状況

指標	事業実施前	審査時計画（1998）	実績	達成度
水生産量（ﾘｯﾄﾙ/秒）	不明	1,240 浄水場注）：500 / 750 井戸：　213 / 463 （2015）	886 浄水場：373 井戸：　513 （2014～2016）	中程度（主要指標）
給水時間	2～14 時間	不明	17 時間（2016）*	中程度**（補助指標）
水圧	不明	不明	18mwc***（2016）	高い　（補助指標）
上水道普及率	71%（1996）	96%（2016）	89%（2016）	中程度（補助指標）
メーター普及率	5%（年不明）	90%（2016）	66%（2016）	中程度　（補助指標）
無収水率	48%（年不明）	22%（2016）	42%（2016）	中程度（補助指標）

出典：JICA 提供資料、チンボテ上下水道公社提供資料

注：浄水場の水生産能力は 2011 年に 750 ﾘｯﾄﾙ/秒に増大する計画であった。浄水場と井戸のそれぞれの水生産量の計画は示されなかったが、本事業で計画された浄水場 500 ﾘｯﾄﾙ/秒は 2015 年にはフル稼働する想定であったと考えられる。

*　給水時間は 2017 年には 1 日 19 時間に改善された。

**　政府が都市部で目標とする 24 時間給水に対する達成度

***平均水圧の単位（mwc: meter water column）は「水柱メートル」：1 メートルの水柱を支えることのできる圧力の単位。

[30] 計測データ数が少ないため、3 年間の計測結果の平均値を用いた。

[31] 拡張後の生産能力の計画は 500 ﾘｯﾄﾙ/秒であった。

チンボテ市の 2014 年～2016 年の水生産量は 886 ㍑/秒であり、これは審査時計画の 71%である。本事業が拡張した浄水場は 550 ㍑/秒の設備能力を持つが、この期間の生産量は 373 ㍑/秒で設備能力の 68%にとどまる。これは、新たに導入された機械式フロック形成池が十分機能を発揮していないことが主な理由である[32]。また、計画された原水貯水池の修復・拡張がスコープ縮小により実施されなかったため、水源である灌漑水路の維持管理期間における原水確保上の制約が残された。さらに、本事業は 3 本の井戸（合計生産能力 135 ㍑/秒）を修復したが、ポンプの故障や地下水位の低下により、事後評価時、いずれも稼働していない。なお、チンボテ上下水道公社による最新の水需要予測によると、2016 年のチンボテの水需要は 1,116 ㍑/秒で、実際の水生産量は大幅に不足している。

本事業が建設した 5 基の配水池（チンボテ市の配水池総容量の 4 割に相当）は、浄水場拡張による水生産量の増加と相まって、給水時間、水圧の改善および配水の安定化に貢献したと考えられる。具体的には、事業前は 2～14 時間/日であった給水時間が平均 17 時間/日（2016 年）に改善した。水圧は平均 18mwc と基準内（15～50mwc）である。受益者調査では 28％の世帯が水圧に、31%の世帯が給水時間に満足していないが、水圧、水質、給水時間について事業後に改善されたとの意見が多い。総合的には 64%の世帯が給水サービスの改善を報告した。悪くなったとの意見は 6%であった。なお、本事業は既存配水網への新規接続約 3,000 件により、上水道普及率を約 3 ポイント改善した。

本事業による配水網の更新とメーター設置は無収水の削減に貢献したと考えられる。本事業は全配水網（管路）の 9%を更新し、全接続数の 35%に相当する約 31,500 個のメーターを設置した。ただし、前述のように、管路更新時に古い管路を撤去しなかったことが漏水につながっている可能性も指摘される（３.２.１（１）を参照）。メーター普及率は 66%（2016）まで増加したものの、審査時の目標 90%を下回る。無収水率は 42%（2015）と推定され、計画に達しない。チンボテ上下水道公社によると、無収水の半分は漏水であるが、それ以外にも盗水が多くの無収水を生んでいる。

以上から、水生産量を主要指標、その他の指標を補助指標として、チンボテ市の上水道についての本事業の目標達成度は「中程度」と判断される。

（４） チンボテ市下水道

審査時、チンボテ市では発生下水量 723 ㍑/秒に対して下水処理能力は 52 ㍑/秒に限られ、下水のほとんどが未処理のまま海に放流されていた。本事業はラスガビオタス下水処理場

[32] チンボテ上下水道公社によると、新たな機械式フロック形成池は原水濁度が高くなると単位流量あたりより多くの凝固剤を投入する必要があり、経済的な運転ができない。このため、同浄水場では機械式フロック形成池の利用は最小限にとどめ、老朽化した既存の非機械式フロック形成池が稼働し続けている。機械式フロック形成池は完成後、何年間も使われていなかったが、2015 年から機械による撹拌をほとんど伴わない形で、流量を設計能力の 5 分の 1 程度に制限して利用されている。このため、同浄水場の最大生産能力は、原水濁度が低い時期でも、新旧フロック形成池を合わせて最大 450 ㍑/秒程度である。住宅建設衛生省によると、本事後評価の第 2 次現地調査（2017 年 6 月）以降、同公社は同浄水場の職員に研修を行い、水生産を補完するため、能力の 40%程度で定期的に機械式フロック形成池を稼働している。

の修復・拡張、セントロスル下水処理場の建設により 166 ﾘｯﾄﾙ/秒の処理能力を実現してチンボテ南部地区（ヌエボチンボテ地区）の下水を全て処理するとともに、チンボテ北部地区（チンボテ地区）で老朽化した下水網を更新する計画であった。なお、チンボテ北部地区の下水処理については海中放流管補完調査を本事業のコンサルティングサービスの一環（エンジニアリング・サービス）として実施し、その結果は北部地域の下水道整備計画に参照される予定であった。以上に関連する指標の達成状況は表 7 のとおりである。

表 7　チンボテ市下水道の指標達成状況

指標	事業実施前	審査時計画（1998）	実績（2014～2016）	達成度
未処理下水の環境への放流	あり	南部地区で減少する	南部地区：なし 北部地区：あり	高い （補助指標）
下水処理場稼働率（下水流入量／処理能力）	不明	不明	ラスガビオタス　159% セントロスル　294% 合計　172%	中程度注 （補助指標）
処理水質	BOD:86.0mg/l SS:155.0mg/l 大腸菌群数：不明	排水基準（事後評価時）注 BOD: 100mg/l SS:150mg/l 大腸菌群数：10,000MPN/100ml	ラスガビオタス BOD:122mg/l, SS:73mg/l 大腸菌群数： 1.1×10^4 MPN/100ml セントロスル BOD:132mg/l, SS:152mg/l 大腸菌群数:1.7×10^6 MPN/100ml	低い （主要指標）
BOD 負荷除去量（ﾄﾝ/日）	不明	ﾗｽｶﾞﾋﾞｵﾀｽ　2.6 ｾﾝﾄﾛｽﾙ　0.3 合計　2.9	ﾗｽｶﾞﾋﾞｵﾀｽ　3.4（2016） ｾﾝﾄﾛｽﾙ　1.3（2016） 合計　4.7（2016）	高い （主要指標）

出典：JICA 提供資料、チンボテ上下水道公社提供資料
注：下水処理場稼働率が 100%を大きく超えることは望ましくないため、達成度は「中程度」とした。
　　処理水質は、処理水の水質に関する事後評価時のペルーの基準（最大許容限度値）を採用した。

本事業で修復・拡張された 2 カ所の下水処理場では合計 174 ﾘｯﾄﾙ/秒と計画をやや上回る処理能力が実現した。両処理場は合計 300 ﾘｯﾄﾙ/秒（2014～2016）の下水を受け入れており、両処理場を合わせた稼働率は 172%である。これは、両処理場の処理水準の低さの直接の原因である。チンボテ上下水道公社によると、審査時の予想を超えた人口増加、市街地拡大に応じた下水収集地域の拡大及び水生産量の増加が、下水量が計画を大幅に上回った主な理由と考えられる。

チンボテ市南部地区では本事業完成以来、未処理下水の河川への放流はなくなった。本事業は下水処理能力を増加したことでこれに貢献している。チンボテ市北部地区の下水処理は本事業の対象外であるが、事後評価時点で北部地区には処理場がないため、同地区で収集された下水は未処理のまま海に放流されている[33]。

[33] 本事業のエンジニアリング・サービスによりチンボテ北部地区の下水収集・処理施設及び海中放流管の詳細設計が作成されたが、建設費用が巨額となったことから、実施には至らなかった。事後評価時、ラスガビオタス下水処理場を拡張して市南部地区・北部地区の全ての下水を受け入れて処理することが計画されている。

ピウラ市同様、両処理場は大幅な過負荷で、適切な処理が行われているとは言えない。処理水の 2014～2016 年の平均 BOD 濃度（122～132mg/l）は基準値 100mg/l を超える[34]。また、セントロスル下水処理場の大腸菌群数は基準値の 170 倍に達する。両処理場の BOD 除去率は審査時計画 80%に対し実績 55～73%と低い[35]。 他方、未処理下水の BOD 濃度（296mg/l）が審査時計画（250mg/l）を上回り、かつ、下水処理量が計画の 1.7 倍のため、BOD 負荷の除去量（4.7 ﾄﾝ/日、2016）は計画（2.9 ﾄﾝ/日）の 164%に達する。

以上をまとめると、下水による環境への負荷は計画以上に削減されたものの（主要指標：BOD 負荷の除去量）、処理場が過負荷で適切な処理が行われておらず、排水基準を満たさない処理水の放流が行われていることから（主要指標：処理水質）、チンボテ市の下水道についての本事業の目標達成度は「中程度」と判断される。

（5） まとめ

本事業の各都市における上水道コンポーネント・下水道コンポーネントの目標達成度は、上記の分析に基づき、いずれも「中程度」であった。よって、本事業の有効性は「中程度」と判断される。

下水ポンプ施設（ピウラ市）

エルインディオ下水処理場（ピウラ市）

34 計測データ数が少ないため、3 年間の計測結果の平均値を用いた。

35 住宅建設衛生省によると、ラスガビオタス下水処理場の維持管理プログラムが 2017 年に開始され、処理池の水の色から判断すると、2017 年 12 月の時点で処理水の水質が改善された可能性が考えられる。

配水池（チンボテ市）

セントロスル下水処理場（チンボテ市）

事業の需要予測とスコープ変更の経緯

本事業では審査時（1998 年）の水需要予測を超えた水需要が実現したが、事業費圧縮のためのスコープ変更（2003 年）に際して実施された水需要予測は審査時の予測を下方修正し、かえって予測が外れ、浄水場の規模が縮小されて本事業の上水事業の有効性をさらに低める結果となった。下水処理場では処理能力を大幅に超える下水を受け入れて処理水準の低下が起きた。審査時の下水流入量の予測が大幅に過少であったと言えるが、下水処理場のスコープ変更時（2003 年）、下水発生量の新たな予測に基づく処理能力の増加は行われなかった。また、本事業ではピウラ市の下水処理場、チンボテ市の浄水場・下水処理場が 2010 年までの水需要に対応する規模で計画されており、スコープ変更時（2003）、これらの施設は完成後数年でフル稼働になることが予想できた。しかし、完成後の施設を増強するための事業の検討は行われなかった。また、需要増を見越して処理能力を増加する計画変更を行ったサンマルティン下水処理場は建設がさらに遅れ、完成後直ちにフル稼働になることが予想されている。

審査時の予測はペルー側が実施したフィージビリティー調査で準備されたものであったが、需要予測の手法や前提条件の妥当性についての検討結果は残っておらず、JICA は審査時の需要予測について、十分な技術的な検討を行ったかどうか不明である。2002 年～2003 年のスコープ変更時には、ペルー側のスコープ変更の提案について JICA は本部で技術的検討を行った。実施機関側が実施した調査が適切であったかどうか不明であるが、ペルー事務所を通じて情報収集を行い、ペルー側の提案書に対する質問への回答を数度にわけて入手したうえで判断を行った。この検討は主に水需要予測について行われ、下水流入量の予測については、変更が提案されなかったこともあり、JICA としては検討しなかった。また、2010 年以降の計画についてペルー側に具体的に確認することも行われなかった。

３.４ インパクト

３.４.１ 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。以下、受益者調査の結果を参照しつつ、対象両市における関連インパクトの発現状況を述べる。

ピウラ市の受益者調査によると、住宅内の衛生改善が改善したとの回答が多く（改善した 63%、悪化した 0%）、その主な理由には水が利用しやすくなったこと、衛生習慣が改善されたこと、下水やゴミが適切に処理されるようになったこと、飲料水の水質が改善されたことが挙げられた[36]。下痢の頻度が減ったとの回答も多く見られた（減った 43%、増えた 4%）。近隣の衛生環境についても同様の傾向が見られるが、悪化したとの回答も少なくない（改善した 57%、悪化した 17%）。ピウラでは雨水排水施設が十分整備されておらず、降雨時には浸水が発生する他、下水道に流れ込んだ雨水が下水管を壊したり、マンホールから溢れ出たりすることがあり、それが回答に反映されたと考えられる[37]。半数近くの世帯は衛生面の改善、水利用の利便性の増加（質の良い飲料水を入手するための労力・費用の減少[38]、料理・洗濯に適した水質への変化）などの生活上の望ましい変化を報告した。望ましくない変化を報告した世帯はわずかであった。

チンボテ市の受益者調査では住宅内の衛生が改善したとの回答が多く（改善した 69 %、悪化した 9%）、その主な理由には水が利用しやすくなったこと、衛生習慣が改善されたこと、飲料水の水質が改善されたことが挙げられる。下痢の頻度が減ったとの回答も多く見られた（減った 32%、増えた 2%）。近隣の衛生環境についても同様の傾向が見られる（改善した 65%、悪化した 6%）。保健当局によると、10 年前に比べて子供の下痢発生頻度は減ったと考えられる。また、3 分の 1 の世帯は衛生面の改善、水利用の利便性の増加（水を入手するための労力の減少）などの生活上の望ましい変化を報告した。望ましくない変化を報告した世帯はわずかであった。

以上から、ピウラ市及びチンボテ市では環境・衛生状況の改善が住民により報告され、本事業による上下水道サービスの改善がこれに貢献したと考えられる。なお、ピウラ上下水道公社の責務ではないが、同市では雨水排水施設の整備を進める必要性が大きい。

３.４.２ その他、正負のインパクト

（１） 環境面のインパクト

本事業では各工事契約について環境影響評価が実施され住宅建設衛生省による環境許可が与えられた。同省環境局によると、当時は環境関連の法制度上、事業承認時に環境許可が

---

[36] これらの理由のうち、衛生習慣の改善とごみ処理は本事業の対象ではない。
[37] 雨水排水は本事業の対象ではない。
[38] 塩分濃度が高いため料理に使えないので、ピウラから 15 分の距離にある他の町の井戸に水を取りに行っていたとの話も聞かれた。

必要とされていなかったため[39]、環境影響評価は詳細設計と並行して各契約に基づく工事の開始される 2005～2009 年に実施された[40]。当時、環境影響評価の調査範囲や環境許可の基準は不明確で、同時に作成された環境影響緩和計画のモニタリングはほとんど実施されなかった。

本事業が円借款対象として修復・拡張した 2 都市 3 カ所の下水処理場では処理水が灌漑に再利用されている。しかし、処理後の水質は政府の定める下水処理場の放流水の水質基準を満たしていない。対象作物は葦、飼料作物、トウモロコシなどであり、人の可食部に灌漑用水が触れる作物ではないが、大腸菌群数が基準を大きく上回るエルインディオ下水処理場、セントロスル下水処理場については作物への汚染、地下水への汚染が懸念される。

3 つの処理場の処理水放流路は 30m 程度と短く、その先は農家が作った土の水路（セントロスル下水処理場、ラスガビオタス下水処理場）、あるいは地方政府が作った土の仮設水路（エルインディオ下水処理場）に接続されている[41]。

エルインディオ下水処理場の放流路延長部分
（ピウラ市）

セントロスル下水処理場に接続された
灌漑水路（チンボテ市）

ピウラ市のエルインディオ下水処理場では州政府が放流路の延長部分を建設したが、砂質の土で建設した開渠のため頻繁に崩壊し下水の流出が起こる。維持管理費用がかさむことと環境への影響を考慮し、上下水道公社は最も問題の多い区間を暗渠にする改修を行った。ピウラ上下水道公社は、今後、環境管理適正化計画を作成して同処理場の改善を進める

39 審査時には「本事業は環境に対する影響は極めて小さく、環境影響評価の実施を定められていないが、実施機関は独自に環境影響評価を実施済み」とされたが、左記環境影響評価の詳細は確認できなかった。本文記載の環境影響評価は、その後整備された法制度に基づき実施機関が契約ごとに行ったものを指す。

40 ペルー側資金により建設されるサンマルティン下水処理場については 2015 年に環境影響評価が実施された。

41 現在は、下水処理場の処理水の灌漑への再利用は灌漑利用者と処理場管理者が文書による合意を結び、放流路が灌漑水路に適切に連結されることにより処理水が適切に管理されることが、下水処理場整備事業実施の条件とされている。住宅建設衛生省によると、本事業審査時にはそのような基準はなく、下水処理場の放流路は短くとも、灌漑利用を望む農家が自ら水路を延長するだろうと考えられていた。

とともに[42]、灌漑水路の改善と処理水の適切な監理について処理水を利用する灌漑農家と協議し、解決策を模索する計画である。

チンボテ市のセントロスル下水処理場は近くに民間空港があるが、本事業実施後、空港の横に湿地が形成され、水鳥が飛来して空港の運用に支障をきたすようになった。チンボテ上下水道公社によると、この湿地は地下水位の上昇により出現したものと考えられるが、同処理場の放流水がその遠因となっていることを否定できない。同処理場は過負荷であるものの敷地が限られこれ以上の拡張が難しいことから、同公社は同処理場を閉鎖し、ラスガビオタス下水処理場を拡張し、現在セントロスル下水処理場に送られている下水を新たなポンプ施設によりラスガビオタス下水処理場に送って処理することを計画している。同市のラスガビオタス下水処理場では海まで続く放流路が政府の独自資金で整備されており、灌漑への再利用も葦類に限定されているため、処理水の水質が一部基準を超えることの他は環境面の大きな課題は見られない。他方、チンボテ北部地域の下水は今も未処理のまま海岸から放流され、海水への汚染が懸念される。同市の上下水道公社は今後、ラスガビオタス下水処理場を拡張し、そこにチンボテ南部地区・北部地区の全ての下水を集めて処理する計画である。

（2） 用地取得・住民移転

ピウラのサンマルティン下水処理場は着工後、予定した敷地の一部に私有地があることが判明したため、借款対象の工事契約の範囲から外され、場所を変えてペルー側資金で建設される予定である。新たな敷地は既に確保されている。その他の 3 つの下水処理場及びピウラの新規浄水場については土地取得に特に問題は生じなかった。なおチンボテの浄水場拡張は既存浄水場の敷地内で行われたため土地取得は不要であった。また、本事業に関連して住民移転は発生しなかった。

（3） その他のインパクト

両都市では本事業により地下水の一部に変わり表流水を水源とした水生産が可能となり、生産コストが削減した[43]。特に、ピウラの浄水場は生産コストが低く効率的な水生産を行っているため、ペルーの中でも設計及び運用のモデル的な事例とされる。同浄水場はピウラ上下水道公社及び住宅建設衛生省等による研修に利用される他、大学研究者や学生が頻繁に訪問する。

---

[42] 環境管理適正化計画は環境影響評価に相当し、適切な処理を行うための下水処理場の施設整備計画が含まれる。同計画の住宅建設衛生省による承認は、当該下水処理場への公共投資事業の実施及び国家水庁（Autoridad Nacional de Agua）による処理水放流許可の条件のひとつとなる。チンボテでは 2 つの処理場を対象とした環境管理適正化計画が同省により承認済みである。本事業が対象とする 4 処理場は、事後評価時、いずれも国家水庁の放流許可を得ていないが、この許可制度は最近定められたもので、ペルーの下水処理場の多くはまだ放流許可を得ていない。

[43] 両都市の上下水道公社によると、浄水場の水生産単価は井戸に比べて約 4〜5 分の 1 程度である。

以上より、本事業の実施により一定の効果の発現がみられ、有効性・インパクトは中程度である。

３.５ 持続性（レーティング：②）

３.５.１ 運営・維持管理の体制

両公社は緊急対応及び予防保守を適切に行う人材・機材が十分でなく、体制面にやや課題がある。両公社の状況は以下のとおりである。

（１）ピウラ上下水道公社

ピウラ上下水道公社はピウラ州内の 27 の市・町で上下水道事業を運営している。職員数は 786 人で、同公社によると人材規模は概ね適切だが、雨季など緊急時に対応するには不十分である。

浄水場および浄水場から配水池までの送水管は 5 名警備員を含む 21 名で運営・維持管理している。浄水場に SCADA 制御室があり、市内のピウラ地域本部事務所や井戸・配水池のオペレーターと電話を通じて運用を調整する。エルインディオ下水処理場にはオペレーターが 4 名、警備員が 2 名いる。人材不足及び周辺地区の治安状況により、サンマルティン下水処理場には常駐の人員は誰も配置されていない。上下水道網は 14 名の職員と 3 件の外部委託契約で住民からの通報に応じて配水網・下水網の修理を行う。下水道については高圧洗浄車とバケットマシン（管路清掃装置）による予防保守計画があるが、担当職員によると、限られた要員が緊急対応に追われて十分実施できない。また、大口径の下水管の修理はその都度外注する必要があり、対応に時間がかかる。井戸・ポンプ場には計 43 人のオペレーターが配置されている。下水ポンプ場では堆積した汚泥の除去などを外部委託している。電気機械設備については、同公社が上下水道事業を行う 27 の都市・町の全てを担当する 6 名の維持管理チームがある。小規模な作業場で修理を行い、必要に応じてピウラ市内の業者に修理を外注する。同公社によると、電気機械設備の予防保守計画はあるが、修理に追われてほとんど実施できない。

（２）チンボテ上下水道公社

チンボテ上下水道公社は 381 名の正職員及び 12 名の契約職員を擁し、チンボテ市の南部地域、北部地域及び他 2 都市において上下水道事業を運営している。

浄水場には 13 人のオペレーターが勤務し、3 交代で施設を運用している。第一次現地調査時、浄水場長のポストは空席となっていたが、2017 年になり、若手の衛生技術者が新たに雇用されて就任した。下水処理場には、セントロスル下水処理場にのみオペレーター1 名が日中のみ勤務している。ラスガビオタス下水処理場にはオペレーターは配置されていないが、同処理場に下水を送るポンプ場にはオペレーターが配置されている。上下水道網（管路）の維持管理は上水道 20 名、下水道 10 名が直営で実施している。担当者によると、緊急

対応を迅速に実施するためには人材が不十分である。トラック、高圧洗浄車 2 台、バケットマシン 2 台、重機等の車両を保有し、漏水、下水詰まり等の通報に応じて緊急対応に出動し、修理を行う。下水道の予防保守も実施しているが、バケットマシンが古く、更新が必要である。電気機械設備の維持管理には技師 1 名と作業員 4 名が配置されているが、要員数は十分でないため、他部署の職員に応援を頼むことが多い。小さな修理は公社敷地内にある作業場で行い、大きな修理は市内の業者に委託する。

３.５.２ 運営・維持管理の技術

（１）ピウラ上下水道公社

ピウラ上下水道公社は技術者 72 人を擁する。本事業による浄水場の完成後、技術者 3 名が JICA 本邦研修（中南米集団研修）に参加し[44]、帰国後はいずれも幹部職に任命された。研修参加者によると、本邦研修は同公社の施設運営、なかでも浄水場の運営を改善するための大きな刺激となり、技術水準の向上に貢献した。一方、浄水場では藻の発生を抑えるため薬剤を注入する設備を独自に設置し、運用を調整することにより処理効率を高めた[45]。同浄水場は全国の浄水場モデルと見なされ、2015 年には国内の他上水道公社の技術者 25 名を対象に国家水道事業監督庁が実施する技術研修の場となった。また、同公社は 2014 年に GIS を構築し、顧客データ・技術データを蓄積している。これは外注でなく、他公社の技術者の助言を得つつ独力で作り上げた。また、事後評価時、ドイツの支援で 23 人の職員（オペレーター）を対象に 2 年半、水生産、水処理、下水収集について技師の資格を与えるための研修が進められていた。以上から、同公社の技術水準は高いと考えられる。

（２）チンボテ上下水道公社

チンボテ上下水道公社には数名の技術者がいるが、衛生技術者は 2017 年に新たに雇用された若手 1 名のみであり、浄水場の機械式フロック形成池を適切に運用できていない[46]。同公社には機械式フロック形成池の運用経験はなかったが、同浄水場を含む工事契約にはコントラクターによる研修・試験運転期間の設定がなく、浄水場の運営・維持管理については一般的な内容のマニュアルを渡されただけで、公社側への研修は行われなかった[47]。凝集剤

---

44 本邦研修「中南米地域における上下水分野の円借款事業に係る開発効果の持続性向上に向けた能力強化支援事業」にピウラ上下水道公社から 2008 年に 1 名、2009 年は 3 名が参加した。

45 浄水場は完成後、藻が大量に発生してろ過池の逆洗を頻繁に行う必要があったため漏水率〔1－(水生産量÷取水量)〕が 25%に達したが、ピウラ上下水道公社はこれを独力で解決した。現在の漏水率は、設計時に想定された 10%に対し、3.7%を達成している。

46 脚注 32 を参照。

47 新たなフロック形成池については試験運転を通じて様々な原水濁度、PH 及び処理量に応じた凝集剤の投入量、撹拌速度等のパラメータを確立する必要があるが、引き渡されたマニュアルは一般的なもので、このようなパラメータは含まれない。当時から勤務する職員によると、完成後、コントラクターが契約外（非公式）で 1 週間程度の試運転を行ったが、十分な浄水性能を発揮するに至らず、浄水場の運用・維持管理についても良く分からないまま独力で運用を開始した。住宅建設衛生省によると、契約上コントラクターは施設を稼働状態で引き渡す必要があり、引き渡し後 1 年間は瑕疵担保期間があったが、上下水道公社から同省には「施設が適切に稼働しない」という申し立てがなかったため、特に対応は取ら

投入量は、毎日計測される原水濁度と流量に応じて、経験的に得た数値が適用され、日常的なジャーテストは行われていない[48]。このように、チンボテ上下水道公社は浄水場を適切に運用できておらず、技術水準には課題があると考えられる。国家水道事業監督庁によると、同公社の給与水準は低く、良い技術者が集まらないことが背景にある。なお、下水道については特に高度な技術力を必要とする施設はなく、運用・維持管理に係る技術上の問題は特に見られない。

３.５.３ 運営・維持管理の財務

両上下水道公社の財務状況は表 8 のとおりである。以下に説明するように、両公社には財務面の課題がある。

表 8　対象 2 都市上下水道公社の財務状況

（単位：千ソル）

	ピウラ上下水道公社			チンボテ上下水道公社		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
営業収入 上下水道料金収入 （接続料金等を含む）	101,604	103,633	111,722	24,876	24,159	24,593
営業費用	100,001	102,144	119,866	33,712	40,104	42,808
営業原価(a)	*70,624*	*71,276*	*84,657*	*22,800*	*27,772*	*29,039*
販売費	*23,992*	*24,141*	*25,902*	*4,959*	*4,207*	*4,434*
管理費他	*5,385*	*6,727*	*9,307*	*5,953*	*8,125*	*9,335*
営業利益	1,603	1,489	-8,144	-8,836	-15,945	-18,215
営業外収益	235	70	91	10,403	15,569	16,582
営業外費用	165	141	166	46	193	112
経常利益	1,672	1,418	-8,219	1,521	-569	-1,745
営業利益率	1.6%	1.4%	-7.3%	-35.5%	-66.0%	-74.1%
流動比率(b)	127%	170%	125%	75%	107%	90%
負債比率(c)	891%	971%	1041%	944%	963%	921%

出典：各上下水道公社

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

（1）ピウラ上下水道公社

ピウラ上下水道公社の営業利益・経常利益は 2014 年まで黒字であったが、2015 年は赤字

れなかった。

[48] ジャーテストは実際の原水に、異なる量の凝集剤を投入してフロック形成の程度を比較したうえで投入量を決定する試験であり、毎日実施することが望ましい。ピウラ市の浄水場ではジャーテストを 1 日 2 回実施しているが、チンボテ市では、人材不足等を理由に、ほとんど実施してこなかった。住宅建設衛生省によると、チンボテ上下水道公社は機械式フロック形成池の効率を高めるために、より頻繁にジャーテストを行うことを意図している。

となった。これは、国際会計基準に合わせて会計基準が変更されたことにより過去にさかのぼって減価償却費を計上したことや、電力料金値上げにより営業原価が増加したためである。ピウラ上下水道公社は 2016 年の営業利益は黒字に戻るとの見通しを持っている。流動比率は 100%を超えるが十分高いとは言えず、キャッシュフローには制約がある。事実、下水処理場や下水ポンプ場は資金と人材の制約により適切な維持管理ができていない。同公社は 2000 年代初頭に財務状況が悪化した際、職員の福利厚生支払いを繰り延べた。これは職員に対する負債として 30 年間かけて支払い中である。この影響で、同公社の負債比率は非常に高いが、2017 年からは住宅建設衛生省が役員会の過半数を占め、負債処理を含む財務改善に向けた取り組みが続けられている。また、同公社によると、今後の収支計画に基づき 5 年間で 60%程度の値上げが必要である。2017 年 6 月の時点で、この料金値上げについて同公社は国家水道事業監督庁と協議中であった。

（2）チンボテ上下水道公社

同公社の営業利益は過去 3 年、経常利益は過去 2 年赤字が続いている。料金収入は営業費用の 6〜7 割にとどまり、営業利益率は大幅なマイナスである。不足分は州政府の補助金で補ってきた。流動比率は 100%を下回ることが多く、キャッシュフローに制約がある。このため維持管理に財政面の制約が生じている。1990 年代後半に国家住居基金（FONAVI）から受けた融資が残っているため、負債比率が非常に高く、中長期的な財務の健全性に課題がある。2008〜2013 年に 11%の料金値上げが行われたが、この料金には浄水場の原水貯水池や下水処理場の維持管理、水道メーターの更新費用などが考慮されていなかった。その後、これらの費用を見込んだうえで 2017 年からの 5 年間に 42%の値上げを国家水道事業監督庁に提案し、同庁の審査と公聴会等の手続きを経て、2017 年 5 月からの 5 年間に 37%の値上げが承認された。

左：処理池周辺の清掃作業（エルインディオ下水処理場、ピウラ市）
右：ラスガビオタス下水処理場（チンボテ市）

３.５.４ 運営・維持管理の状況

（1）ピウラ上下水道公社

ピウラ上下水道公社の説明及び現地視察によると、上水道施設は浄水場、送水管、配水池、井戸、配水網いずれも適切に運営・維持管理されていると考えられる。他方、下水道については下水ポンプ場と下水処理場に以下のような課題が見られる。

同公社ピウラ地域本部によると、市内の 28 の下水ポンプ場（一部円借款対象）のほとんどが電気機械設備の問題を抱えている。下水量が多いため予備のポンプも含めて常にフル稼働しているうえ、下水への砂やゴミの混入が多くポンプの損傷が早い[49]。また、電圧変動の影響により自動運転装置（集まった下水の水位に応じてポンプを制御する装置）や制御パネルの故障が多い。問題が多いので修理しきれず、予防保守にも手が回らない。下水量が多くポンプを止められないことも予防保守や修理を難しくしている。

エルインディオ下水処理場では表面に浮いた汚泥や雑草の掃除が行われているが、処理池に堆積した汚泥の除去は財務面の制約により行われていない。同処理場で本事業により拡張された処理池の 1 つは州政府の事業により建設された堤により区切られ、稼働していない。この堤は、過負荷で排水基準を満たせない同処理場の処理効率を高めるための曝気装置を設置するために州政府が設置したが、州政府の政権交代により同事業は中断した[50]。同処理場の放流路に続く水路は州政府が前述の事業により建設したが、仮設水路であり崩れやすい。住宅建設衛生省によると、ピウラ上下水道公社は放流路について、年間維持管理計画に基づき汚泥の除去、草刈り、水路斜面の補強などを定期的に実施している。

（2）チンボテ上下水道公社

チンボテ市の浄水場の原水貯水池には堆砂や植生があり、何年も維持管理されてこなかった様子が伺える。2016 年 11 月に重機を使った堆砂の除去作業が開始された。浄水場は機械式フロック形成池を除き概ね適切に運営・維持管理されているが[51]、2006 年の完成後 10 年以上を経過し、電気機械設備の中には老朽化が進んでいる。配水池では清掃・消毒等の予防保守が実施され、概ね適切に運営・維持管理されている。他方、予算の制約によりポンプの修理や更新が進まないため、18 本ある井戸の中には、本事業で修復した 3 本の井戸も含め、ポンプが故障して停止した井戸、生産量が減少した井戸が多い。

2 カ所の下水処理場では水面に浮いた汚泥や処理池周辺部の汚泥の除去が何度か行われてきたが、水を抜いた上での完全な汚泥の除去はこれまで一度も行われていない。ラスガビ

---

[49] 上下水道公社によると、住民が下水道の適切な使い方を知らず、下水管にゴミなどの異物を混入させるほか、住民が水はけを良くするために下水管に雨水を流し込む際に砂が多く混じることがこのような状況を生んでいる。

[50] 州新政権は、旧政権が投資事業であるこの事業を「維持管理事業」として実施し、定められた公共事業投資の承認手続きを経ずに実施したことを問題視して事業の中断を決め、旧政権を相手に訴訟を起こした。係争中に堤の撤去が可能であるかどうか等について公社側と州政府側の協議が繰り返されてきたが、結論は出ていない。JICA もこの過程を注視しているが、堤を撤去する見通しは立っていない。

[51] 機械式フロック形成池については脚注 32 を参照。

オタス下水処理場のうち本事業で修復された処理池にはもともと遮水層がなかったため、処理池の水位が下がると地下水が浸入し、水を完全に抜くことができない（本事業で建設された処理池には遮水層がある）。このため、チンボテ上下水道公社は、浮遊式の汚泥ポンプによる汚泥の除去を準備し、2017 年中の開始を目指している。

持続性についてまとめると、体制面には両都市で軽度な課題が、財政面では両都市に課題が、技術面ではチンボテに課題が見られる。以上を総合的に判断し、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

４．結論及び提言・教訓

４.１ 結論

本事業は、ペルー北部のピウラ州ピウラ市及びアンカッシュ州チンボテ市において上下水道施設を修復・拡張することにより上下水道サービスの改善を図り、もって対象地区の環境衛生改善に貢献することを目的に実施された。上下水道分野は一貫してペルー政府の重要課題である。審査時、対象 2 都市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。よって、本事業の妥当性は高い。借款契約後の二度の政権交代や対象都市の上下水道公社の経営悪化などにより工事の開始が遅れたほか、ピウラ市サンマルティン下水処理場は需要増加に対応するための計画変更に時間を要し、事後評価時に未完成のため、事業期間は計画の 4 倍以上である。この期間の物価上昇、工事量の増大等により総事業費は計画を上回る。よって本事業の効率性は低い。本事業により対象両都市で水生産量が増加し、給水時間・水圧が改善したほか、ピウラ市では上水道の水質が改善された。ピウラ市及びチンボテ市南部地区で未処理下水の河川・海への放流はなくなった。両市では環境・衛生状況の改善が住民により報告されている。しかし、浄水場の水生産量は計画に達していない。また、下水処理場に流入する下水量が計画を大幅に超えたこともあり、処理後の下水は排水基準を満たしていない。よって、本事業の有効性・インパクトは中程度と判断される。本事業の運営・維持管理については、体制面に両都市で軽度な課題が、財政面では両都市に課題が、技術面ではチンボテ市に課題が見られる。以上を総合的に判断し、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

以上より、本事業の評価は低いといえる。

４.２ 提言

４.２.１ 実施機関への提言

ピウラ上下水道公社

- 適切な上下水道料金の値上げにより十分な維持管理予算を確保する。
- 浄水場のポンプ増強等による送水能力強化により、浄水場の水生産能力を十分活用

して水生産量を増加する。

- 現在過負荷状態が続いている下水ポンプ施設の設備更新・増強とともに、外部委託等による予防保守を行う。
- エルインディオ下水処理場では以下に取り組む必要がある。
  - 州政府が設置した堤の早期撤去に向けて州政府との交渉を続ける。
  - 環境管理適正化計画の策定と実施を通じて、酸化池の維持管理（堆積した汚泥の除去）、州政府が建設した放流路の改善、灌漑利用者との協力合意による処理水の適切な管理を実現する必要がある。

チンボテ上下水道公社

- 機械式フロック形成池の経験豊富な技術者等に委託し、①設計どおりの性能が得られない原因解明の調査、②適切な運用のためのパラメーター確立、運用・維持管理の研修を行う。③必要に応じた機械式フロック形成池関連設備の更新・改善を実施する。
- 承認された環境管理適正化計画に沿ってラスガビオタス下水処理場の汚泥除去を実施する。

住宅建設衛生省

- ピウラ市のサンマルティン下水処理場の修復・拡張を早急に完成させる。
- 各上下水道公社に対する上記の提言事項の確実な実施に向けて必要な技術支援・財政支援を検討する。

４.２.２ JICA への提言

上記の提言事項の確実な実施に向けて、住宅建設衛生省及び各上下水道公社と連絡を取りつつフォローアップを行う。チンボテ市については浄水場の適切な運用に向けた技術支援の可能性を検討する。

４.３ 教訓

再利用する処理水の適切な管理

下水処理場事業において処理水を利用する場合は、再利用者と十分な調整を図り、処理水を適切に管理できるような施設と管理体制を準備することが必要である。灌漑への再利用のためには、灌漑農民組織による管理体制、下水処理場の放流路と灌漑水路との適切な接続が重要であり、処理水が効率的に利用でき、かつ、放流後に環境問題を引き起こさないような適切な管理が求められる。その際、必要に応じて、事業範囲として農民組織の能力強化、灌漑水路の補修あるいは建設を含めることを検討すべきである。

本事業で修復・建設されたセントロスル下水処理場、エルインディオ下水処理場では、再利用者（農民）の能力強化は行われず、処理水の再利用は灌漑水路の建設と接続・運用を含めて農民に一任されてきた。このため、下水処理場の放流路が適切な灌漑水路に接続されず、

下水流入量が予想を超えたこともあり、処理水が周辺地に溢れる事態が発生した。審査時に、農民側の灌漑水路の建設と適切な運営にかかるコミットメント、灌漑計画及び組織能力を確認し、必要に応じて農民組織の能力強化、灌漑水路の補修あるいは建設を含めることを検討することもできた。

需要予測の精度の確保

浄水場・下水処理場の施設規模（水生産能力・下水処理能力）を適切に計画するためには、精度の高い需要予測が必要であり、予測の算出方法と前提条件の適切性を確保する必要がある。また、需要予測を見直す際は、人口・人口当たり水利用量・メーター導入の節水効果・老朽配水網更新の漏水削減効果等について最新情報を用いて具体的に検討すること等により、需要予測の精度をさらに高める努力が必要である。資金の制約により事業費の圧縮が求められるとしても、需要予測は適切に行い、当面の事業費圧縮は、当初の計画目標年の前倒し（計画のフェーズ分け）を通じて行うことが望ましい。実施スケジュールの関係でそれが難しく、施設規模を縮小せざるを得ない場合は、完成後の施設増強のための計画を速やかに準備し、適切な時期に実施することが必要である。本事業では、囲み記事「事業の需要予測とスコープ変更の経緯」で述べたように、審査時及びスコープ変更時に水需要及び下水流入量の予測について技術的検討が行われたか不明であり、予測が大きく外れたことが有効性・インパクトに影響を与えている。

需要予測の見直しにかかる技術的検討と包括的な中間監理の活用

フィージビリティー調査から期間を経てスコープ変更を行う場合、需要が大きく変わっている可能性を踏まえ、需要予測の見直しについての JICA 側の技術的検討は綿密に行う必要がある。本事業ではペルー側のスコープ変更の提案について JICA は本部で技術的検討を行ったが、現地での詳細な情報収集ができなかったこともあり（ペルー側の提案に対する質問への回答を二、三度にわけて入手した）、十分な検討ができなかった可能性がある。

また、建設開始が大幅に遅れて貸付実行期限が延長されるような場合、JICA は必要に応じて審査時に相当する詳細な技術的な検討を実施することを検討すべきである。そのような必要性を判断するため、また審査時からその時点までの情報を整理・保存するために、包括的な中間評価を行うことも考えられる。さらに、審査時以降の各段階での検討資料は適切に整理・保存することが重要である。

主要計画/実績比較

項　　目	計　　画	実　　績
①アウトプット		
ピウラ上水道	取水口　1,500 ﾘｯﾄﾙ/秒	1,320 ﾘｯﾄﾙ/秒
	クルムイ浄水場建設　880 ﾘｯﾄﾙ/秒	600 ﾘｯﾄﾙ/秒
	送水管建設*　51.6km	55.9km
	配水網建設・修復**　59.4km	40.9km
	配水池建設　5 ヶ所 10,350 ㎥	6 ヶ所 16,000 ㎥
	配水池修復　0 ヶ所	5 ヶ所 88,000 ㎥
	井戸ポンプ修復　10 ヶ所	11 ヶ所
	接続建設・修復**　11,760 世帯	6,000 世帯
	メーター設置　22,500 個	21,636 個（+864 個予備）
	SCADA（浄水場・配水池・井戸）	計画どおり
ピウラ下水道	エルインディオ下水処理場　修復 6.0ha	修復 6.0ha
	（酸化池方式）　建設 12.7ha	建設 20.0ha
	合計 239 ﾘｯﾄﾙ/秒	合計 200 ﾘｯﾄﾙ/秒
	サンマルティン下水処理場　修復 9.6ha	既存処理場の敷地に新規
	（酸化池方式）　建設 11.9ha	処理場を建設：32.3ha（計画）
	合計 241 ﾘｯﾄﾙ/秒	合計 690 ﾘｯﾄﾙ/秒（計画）
	圧力式下水管建設　10km	8.1km
	ポンプ場建設　1 カ所	1 カ所
	ポンプ場修復　4 カ所	12 カ所
	下水網修復　26.7km	36.1km
チンボテ上水道	原水貯水池建設　70,000 ㎥×2 基	なし
	浄水場修復・増設　500 ﾘｯﾄﾙ/秒	550 ﾘｯﾄﾙ/秒
	送水管建設*　19.9km	14.8km
	配水網建設・修復**　77.6km	69.3km
	配水池建設　5 基 14,850 ㎥	5 基 15,000 ㎥
	接続建設・修復**　7,300 世帯	9,243 世帯
	水量メーター設置　50,000 個	28,100 個（+3,400 予備）
	井戸修復　3 カ所 135 ﾘｯﾄﾙ/秒	3 カ所 135 ﾘｯﾄﾙ/秒
	原水貯水池修復　3 基計 70,000 ㎥	なし
	配水池修復　8 基 20,800 ㎥	5 基
	ポンプ施設　修復 2、建設 2	修復 2、建設 1
チンボテ下水道	圧力式下水管建設　3.9km	1.4km
	下水網建設・修復**　50.8km	49.2km
	ポンプ場修復　1 カ所	1 カ所
	ラスガビオタス下水処理場　拡張 7.5ha	拡張 8.6ha
	（酸化池方式）　修復 12.0ha	修復 12.0ha
	合計 155.3 ﾘｯﾄﾙ/秒	合計 157 ﾘｯﾄﾙ/秒
	セントロスル下水処理場　建設 2.5ha	建設 2.4ha
	（酸化池方式）　22.8 ﾘｯﾄﾙ/秒	17 ﾘｯﾄﾙ/秒
	接続　新規 150 世帯	新規 3,569 世帯
	修復 3,000 世帯	修復 2,856 世帯
②期間	1999 年 4 月～2003 年 3 月（48 ヵ月）	1999 年 4 月～2017 年 6 月（219 ヵ月、未完成）
③事業費		
円借款	13,901 百万円	12,743 百万円
ペルー側資金	4,634 百万円	5,162 百万円*
合計	18,535 百万円	17,905 百万円*
換算レート	1 ドル＝113.5 円	1 ドル＝101.0 円
	1 ヌエボソル＝34.0 円	1 ヌエボソル＝32.7～38.4 円

* ペルー側資金で建設予定のサンマルティン下水処理場の費用（約 43 億円）を除く金額。

＜添付資料＞ 受益者調査（質問票調査）の主な結果

	ピウラ （102 世帯）	チンボテ （105 世帯）
給水サービスの問題		
水圧	51%	27%
時間	37%	31%
料金	36%	17%
水質	31%	7%
断水（1 日以上）	18%	12%
維持管理	6%	2%
顧客対応	4%	0%
問題なし	10%	49%
給水サービスへの満足度		
大満足	1%	9%
満足	20%	47%
やや満足	33%	28%
やや不満	39%	12%
全然不満	7%	5%
給水サービスの事業前後の変化（改善%－改悪%）		
水圧	9 ポイント	29 ポイント
時間	5 ポイント	9 ポイント
断水	32 ポイント	2 ポイント
水質	37 ポイント	26 ポイント
料金	-25 ポイント	-9 ポイント
維持管理	12 ポイント	6 ポイント
顧客対応	12 ポイント	-18 ポイント
給水サービスの事業前後の変化		
多いに改善	28%	21%
やや改善	36%	45%
同じ	17%	22%
やや改悪	14%	6%
大きく改悪	3%	2%
家庭の給水の事業前後の変化（改善%－悪化%）	53 ポイント	61 ポイント
下水道サービスの問題		
溢れる	5%	10%
臭う	6%	2%
維持管理の問題	3%	2%
その他	1%	0%
問題なし	87%	91%
下水道サービスの満足度		
大満足	2%	14%
満足	83%	69%
やや満足	2%	12%
やや不満	11%	2%
全然不満	1%	1%
家庭の衛生の事業前後の変化（改善%－悪化%）	63 ポイント	70 ポイント
家庭の衛生改善の理由（改善した世帯のうち各理由を挙げた世帯の比率）		
安全な水が利用可能	56%	80%
衛生習慣の改善	66%	61%
下水・ゴミ処理の改善	56%	12%
飲料水の水質改善	53%	68%
近隣衛生の事業前後の改善（改善%－改悪%）	40%	62%
下痢の頻度の事業前後の変化		
増えた	4%	2%
減った	43%	31%