

**平成 25 年度案件別事後評価：パッケージ II-1
(コスタリカ、メキシコ、ブラジル)**

**平成 27 年 1 月
(2015)**

**独立行政法人
国際協力機構 (JICA)**

**委託先
アイ・シー・ネット株式会社**

評価
JR
14-22

序文

政府開発援助においては、1975 年以来個別プロジェクトの事後評価を実施しており、その対象を拡大させてきました。また、2003 年に改訂された「ODA 大綱」においても「評価の充実」と題して「ODA の成果を測定・分析し、客観的に判断すべく、専門的知識を有する第三者による評価を充実させる」と明記されています。

こうした背景の中、より客観的な立場から事業の成果を分析し、今後の類似事業等に活用できる教訓・提言の抽出を目的として、円借款事業については主に 2011 年度に完成した事業、また技術協力プロジェクトおよび無償資金協力事業については主に 2010 年度に終了した事業のうち、主に協力金額 10 億円以上の事業に関する事後評価を外部評価者に委託しました。本報告書にはその評価結果が記載されています。

本評価から導き出された教訓・提言は、国際協力機構内外の関係者と共有し、事業の改善に向けて活用していく所存です。

終わりに、本評価にご協力とご支援を頂いた多数の関係者の皆様に対し、心より感謝申し上げます。

2015 年 1 月
独立行政法人 国際協力機構
理事 植澤 利次

本評価結果の位置づけ

本報告書は、より客観性のある立場で評価を実施するために、外部評価者に委託した結果を取り纏めたものです。本報告書に示されているさまざまな見解・提言等は必ずしも国際協力機構の統一的な公式見解ではありません。

また、本報告書を国際協力機構のウェブサイトに掲載するにあたり、体裁面の微修正等を行うことがあります。

なお、外部評価者とJICA事業担当部の見解が異なる部分に関しては、JICAコメントとして評価結果の最後に記載することがあります。

本報告書に記載されている内容は、国際協力機構の許可なく、転載できません。

コスタリカ

ピリス水力発電所建設事業

外部評価者：アイ・シー・ネット株式会社 スズキ S. ヒロミ

0. 要旨

本事業は、コスタリカの中央高原地域を流れるピリス川中流部に水力発電関連施設を建設することにより、同国の安定的電力供給能力の向上を図るものである。

本事業は審査時・事後評価時のコスタリカの国家開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と合致しており、妥当性は高い。ピリス水力発電所の主要な効果を示す指標は概ね目標を達成もしくは改善傾向にある。また、水力発電をベースロードとするコスタリカにおいて、本事業は水力発電能力を強化するばかりでなく、実施機関の別事業として整備されたパリターリンドラ間送電線（230kV、118km）¹を通じ、国家電力システム（全国系統）に接続することにより、同国の安定的電力供給能力の向上、将来の需給ギャップの解消に貢献しており、効果の発現状況は良好と評価できる。その他、植林活動やアクセス道路の整備に伴う効果等、正のインパクトも確認でき、有効性・インパクトの達成度合いは高い。なお、事業費、事業期間とも計画値を大幅に上回ったため、効率性は低い。本事業によって発現した効果の持続性については、運営・維持管理主体の体制、技術、財務について問題はなく、持続性は高い。

以上より、本プロジェクトの評価は高い。

1. 案件の概要



案件位置図



ピリス水力発電所 RCC ダム²
(コスタリカ電力公社 (ICE) 提供)

¹ パリターリンドラ間送電線の整備は、審査当初から本事業の効果発現のための前提条件であった。

² RCC (Rolled Compacted Concrete) とは、セメントの量を少なくした超硬練りのコンクリートのこと。コンクリートを大量に打ち込むことが可能なため、工期短縮と工費低減の利点があり合理的な施工とされている (参考：日本コンクリート工学会 HP、日本ダム協会 HP)。

1.1 事業の背景³

コスタリカは中米で最も政治的に安定している国の一つであり、特に「国家開発計画 1994~1998」では国家政策としてハイテク産業の誘致、免税加工区設置による輸出の増加、海外直接投資促進を背景に高い経済成長を達成していた。他方、同国家政策を進め、持続的な経済成長を維持するためには、電源開発を含む経済・社会インフラ整備が急務となっていた。特に電力需要については経済成長に伴い年々増加傾向にあり、2020年にかけて年率5.7%で伸びていくものと推計されており同国の電力安定供給に対する信頼性を向上していくことは急務であった。

コスタリカにおける電力供給は主にコスタリカ電力公社（以下、ICE という）が担っており、国内の豊富な水力資源・地熱資源を活用する電源開発を進めていた。特に水力発電は全電力供給の4分の3を占め、同国電力供給のベースロードと位置付けられていた。2001年当初、需要を満たすだけの発電設備を維持していたが、既存の電力システムでは2006年以降に予測されていた需給ギャップ埋めることが困難とされ、早急な対応が必要とされていた。

1.2 事業概要

コスタリカの首都サンホセの南方約70kmに位置する中央高原地域を流れるピリス川中流部に、設備出力128MWの水力発電関連施設を建設することにより、同国の安定的電力供給能力の向上を図り、もってコスタリカの将来的電力需給ギャップの解消及びベースロードたる水力発電能力向上に寄与する。



出所：ICE

図 1 ピリス水力発電所事業

円借款承諾額／実行額	16,683 百万円／16,402 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2001 年 4 月／2001 年 4 月
借款契約条件	金利：2.2%、返済：25 年（うち据置 7 年）

³ JICA 審査時資料及びプレスリリースに基づく。

	一般アンタイド
借入人／実施機関	借入人・実施機関ともに、コスタリカ電力公社 (Instituto Costarricense de Electricidad : ICE)
貸付完了	2011年10月
本体契約（契約金額10億円以上）	Holcim（コスタリカ）／Toxement（コスタリカ）（JV）、 Astaldi Spa.（イタリア）、Andritz Hydro GmbH（オーストリア）
コンサルタント契約	電源開発（日本）
関連調査（フィージビリティ・スタディ：F/S）等	1992年：「コスタリカ共和国ピリス水力発電開発計画調査」（JICA） 1998年：「ピリス水力発電計画基本設計」（ICE）
関連事業	有償資金協力 「ミラバジェス地熱発電所建設事業」（1994年3月完成）、「グアナカステ地熱開発セクターローン」（2014年8月借款契約締結） 他機関案件 米州開発銀行「アンゴストゥーラ水力発電所建設事業」（2000年10月完成）

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

スズキ S. ヒロミ（アイ・シー・ネット株式会社）

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：2013年9月～2014年11月

現地調査：2013年11月24日～11月29日、2014年4月20日～4月23日

3. 評価結果（レーティング：B⁴）

3.1 妥当性（レーティング：③⁵）

3.1.1 開発政策との整合性

3.1.1.1 事業審査時の開発政策

事業審査時の開発政策は、国家計画・経済政策省（以下、MIDEPLAN という）が中心に策定した「国家開発計画（1998年～2002年）」である。15の開発目標には電力を含む社会インフラ整備、公共サービスの改善、自然資源の持続的な活用が含まれている。

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」。

た。電力セクターについては、堅調な増加が予測されていた電力需要に対応するため、環境エネルギー省（以下、MINAE という）は「第3次国家エネルギー計画（2000～2020年）」を策定した。同計画では、コスタリカにおける電力供給の責任機関⁶である ICE に対し、具体的な電源開発計画を策定し、将来的な需給ギャップの解消を図ることを求めた。これらの政策に基づき、ICE は上記需給ギャップの解消を目指す「電源開発計画（2012年～2024年）」を策定し、2020年までに29カ所の発電所の建設を計画した。特にアングストゥーラ水力発電所（2000年運転開始、177MW）に次ぐ大規模な電源開発として、本事業（ピリス水力発電所、128MW）を最も重要な国家プロジェクトの一つとして位置付けた。

3.1.1.2 事後評価時の開発政策

事後評価時の開発政策は、「国家開発計画 2010年～2014年」である。エネルギー分野については、特に「環境保全と持続可能な開発」を目標とし、水力発電や地熱発電等のクリーンエネルギーの開発を通じ、2021年までに温室効果ガスの排出と吸収を相殺する「カーボン・ニュートラル」の実現を目指している。同国家開発計画に基づき MINAE は「第6次国家エネルギー計画（2012年～2030年）」を策定した。コスタリカの経済成長予測及び国民の生活水準の改善に伴い、今後も電力需要が増加することが見込まれ、この増加に対応するため、再生可能で低価格のエネルギーの開発に重点を置き、環境への負の影響を可能な限り抑制し、国民の健康と生活水準を改善することを目指している。これらの計画に基づき、ICE は「電源開発計画（2012年～2024年）」を策定し、安定した電力供給を確保し、化石燃料への依存及び温室効果ガスを削減することを目指している。また、引き続き、水力発電をベースロードとしつつ、火力・風力・地熱エネルギーとの最適なバランスを目指している⁷。

以上、事業審査時、事後評価時ともに、コスタリカ国家開発計画、国家エネルギー計画、ICE 電源開発計画のいずれにおいても、電力の需給ギャップ解消と安定した電力供給を開発目標として掲げており、これらの目標を達成するため国産資源である水力発電を含む再生可能エネルギーに引き続き力点が置かれている。従って、事業審査時、事後評価時ともに本事業とコスタリカの開発政策との整合性が認められる。

⁶ コスタリカの電力セクターは「国家電力システム（以下 SEN という）」と呼ばれ、発電については総設備容量の70%を占める ICE の他、ICE の子会社である CNFL、地方電力組合（4社）、公営電力公社（2社）、民間事業者（1社）が行っている。送電は ICE のみ、配電については ICE、CNFL、地方電力組合（4社）、公営電力公社（2社）が担っている。

⁷ 事後評価時、ICE が特に重点を置いている発電所にはレベントソン（292 MW）、ディキス（623 MW）、タクアレス（7MW）、サベグレ（160MW）の4カ所の水力発電所が含まれている。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

3.1.2.1 事業審査時の開発ニーズ

事業審査時、コスタリカでは電力需要が年々増加傾向にあり、電力需要増加実績は、1985年から1997年にかけては年平均5.5%、1998年から2000年は年平均6.5%であった。さらに2020年までの電力需要増加予測はハイテク産業の進出等もあり、年平均5.7%が見込まれていた。他方、当時の新規発電所建設や老朽化発電所更新に関する計画に基づけば、2006年以降、電力の安定供給が達成できないと予測されていた。これに加え、ICEの限られた予算では電源開発計画に2020年までに計画されていた29カ所全ての発電所を建設し、同時に必要な送電設備整備事業を早急に実施することは困難な状況であり、電力の安定供給を図る対策を講じることが急務であった。

なお、ICEの2000年末の設備出力は1,470MW（水力発電1,098MW（75%）、火力発電234MW（16%）、地熱発電137MW（9%））であり、発電所設備の設備出力（MW）は需要を上回る水準を維持していた。しかし、同国は熱帯サバンナ気候にあり、12月～4月の乾季には深刻な水不足となり、水力発電のエネルギー源が激減することから、2007年の乾季のピーク時（2月から4月）には需給ギャップが深刻化するリスクにより、電力安定供給に対する信頼性が低下することが予測されていた。電力供給能力の不足分については火力発電によって賄われていたが、コスタリカには火力発電の燃料となる資源がなく、輸入が必要となるため、過度な火力発電所への依存は同国の開発政策に合致していなかった。従って、なんらかの対策を講じない限り、2007年から燃料輸入への依存度合が高まるリスクはICEの懸念材料であった。このような背景のもと、国内の水資源を活用する貯水式の水力発電の開発は、同国の電力供給能力増加と安定的電力供給能力向上を図る上で必要性が極めて高かった⁸。

3.1.2.2 事後評価時の開発ニーズ

コスタリカにおける電力需要の年平均伸び率は、2009年から2012年で2.9%と、2008年のリーマンショックを発端とする世界金融危機により、事業審査時に予測されていたほどの高い成長率ではなかったものの、着実に伸びてきている。コスタリカの電力需要予測を行っている国家電力計画センター（以下、CENPEという）が2011年に発表した最新需要予測では、2024年までの年平均電力需要増加率は4%、予測される電力需要は18,148GWhと今後も安定した電力供給の確保は開発ニーズとして存在している。なお、2011年のICEの設備容量は2,590MWと、1,598MWの需要を上回っていたものの、供給予備率⁹は7%と電力の安定供給を確保する目安とされる8%～10%に

⁸ ICEは本事業の他にも「ミラバジェス地熱発電所建設事業」（円借款事業、1994年3月完成、55MW）及び米州開発銀行の融資による「アンゴストゥーラ水力発電事業」（2000年10月運転開始、177MW）も実施しており、輸入資源に依存しない再生可能エネルギーの開発を積極的に進めていた。

⁹ 供給予備率とは電力需要に対する供給力の余力を示す指標（ピーク時供給力ー予想最大需要）÷（予想最大需要×100）。通常8%～10%が目安とされている（経済省HPより）。

は至っていないため、供給能力を強化することが引き続き求められている。CENPE の需要予測に基づき、ICE は「電源開発計画（2012 年～2024 年）」で、下表に示すとおり、水力発電の割合を 65%から 72%へ増加させ、2,962MW の需要予測に対し、合計設備出力を 2024 年までに 4,304MW とする計画である。

表 1 コスタリカにおける電力需給と設備容量

		2011 実績		2024 予測・計画値	
電力需要		1,598MW		2,962MW	
合計設備出力		2,590MW	100%	4,304MW	100%
内訳	水力	1,691 MW	65%	3,099MW	72%
	風力	129 MW	5%	301MW	7%
	地熱・バイオマス	234 MW	9%	344MW	8%
	火力	537 MW	21%	560MW	13%

出所：CENPE「2011-2033 電力需要予測」（2011 年）及び「電源開発計画」（2012 年～20124 年）。

以上、コスタリカの電力需要は引き続き伸びており、安定的な電力供給能力を確保する上で、国産資源である水力による発電能力を強化する開発ニーズは事後評価時においても認められる。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

事業審査時において日本の対コスタリカ援助政策は策定されていない。従って、本事後評価では、日本の政府開発援助に関する基本方針と政策を踏まえて定められた国際協力機構（JICA）の「海外経済協力業務実施方針（1999 年～2002 年）」との整合性を確認することとした。同方針は開発途上国の貧困削減を主目標とし、経済・社会インフラの整備や産業の育成による持続的な経済成長と、貧困対策、社会開発等を通じた経済成長の成果の公正な配分の双方を支援することを掲げ、生産基盤強化や環境保全対策支援等 6 つの分野別方針を設定した。また、対中南米地域支援方針については、所得と地域間格差是正のための基礎インフラ整備への支援に重点を置き、地球環境問題対策事業を含む域内国の環境保全に資する事業についても積極的に支援することとしており、本事業は分野別方針及び対中南米地域支援方針とも合致している¹⁰。

以上より、本事業の実施はコスタリカの開発政策、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。

¹⁰ なお、再生可能エネルギーによる電力供給能力増加及び気候変動への影響緩和を図り、コスタリカの持続的発展に貢献することを目指し、2014 年 8 月 18 日には、日本政府とコスタリカ共和国政府との間で、「グアナカステ地熱開発セクターローン」に関する交換公文（円借款供与限度額 16,810 百万円）が締結された。

3.2 有効性¹¹（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

運用指標については、審査時に目標値が設定されていた指標、または ICE 内で目標値が設定され、主要指標として用いられているものを基に評価を行った。目標年は事業完了後 2 年目の 2013 年とし、下表には参考値として 2011 年と 2012 年についても実績値および達成率を示している。なお、本事業の運用・効果指標の評価を行う際、コスタリカの国家電力システムにおけるピルス水力発電所の役割を考慮する必要がある。水力発電所は、乾季はもとより、突然の電力需要の増加に即座に対応できることや、火力発電所に比べ、活動停止後の再起動に要する時間が数分¹²であり緊急時に早急に電力を供給できることが可能であるなどの利点がある¹³。

4 つの主要運用指標の全てが事業完成後 2 年目の 2013 年には目標値比 80%以上、もしくは目標値を達成している。上記のとおり電力供給能力のバックアップとしての役割という観点から、発電所が運用可能な状態の確率を示す「運転可能率」及び発電所が強制停止状態にならない確率を示す「信頼度」は重要な指標であり、本事業では両方とも目標を達成している。定期点検を確実に実施していることにより、計画外停止時間は目標値の四分の一以下までに改善している。

¹¹ 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。

¹² 火力発電は再起動に 15 分から数時間はかかる。

¹³ ICE によると、コスタリカの他の水力発電所と比較した場合、ピルス水力発電所は次の 2 つの特性を有しており、これらは同発電所のバックアップ機能を強化している：①ペルトン型水車を採用しているため、運転・休止操作が特に容易であり、自動的に電圧の調整をすることが可能である。②非常用自家発電設備が設置されているため、緊急時に他の発電所に依存することなく自ら稼働可能である。

表 2 運用・効果指標

指標名	目標値 事業完成 2 年後	実績値 (カッコ内は目標達成率)		
		2011 (事業完成年)	2012 (事業完成 1 年後)	2013 (事業完成 2 年後)
【運用指標】				
① 運転可能率注 1	ICE 目標： 100%	—	94.6% 目標 80%以上達成	92.8% 目標 80%以上達成
② 信頼度注 1	ICE 目標： 100%		99.5% 目標 80%以上達成	99.6% 目標 80%以上達成
③ 水力利用率注 2	90%	80% (8 月~12 月) (88%) 目標 80%以上達成	89% (99%) 目標ほぼ達成	84% (93%) 目標 80%以上達成
④ 計画外停止時間合計時間 注 3 (機械の故障による)	年間合計 最大 175 時間	118.2 (目標の 65%ま でに改善) 目標達成	195.4 (目標を約 20 時 間オーバー) 目標未達成	42.0 (目標の 24%ま でに改善) 目標達成
⑤ 定期点検による停止時間 注 4	参考値： 年間 525 時間	609.6	759.9	1,219.7
【効果指標】				
⑥ 送電端電力量(GWh/年)	571	312.5 (55%) 目標未達成	499.2 (87%) 目標 80%以上達成	446.2 (78%) 目標未達成
<参考指標> 年間総流入量 (百万 m ³ /年)	310.3 注 5	144.7 (47%)	231.1 (74%)	158.3 (51%)
⑦ 全国電力消費量(MWh) 注 6	増加傾向にある ことが望ましい	8,601,761	8,914,576	9,006,031
⑧ 電化率(%)	94.8%以上 (2000 年実績)	99.3% 基準値以上	99.4% 基準値以上	99.4% 基準値以上

出所：JICA 審査時資料、ICE。

注 1：「運転可能率（運転実績に基づき、1 年を通して発電所が運用可能な状態である確率）」及び「信頼度（1 年を通して発電所が強制停止状態にならない確率）」は ICE で通常運用指標として用いているもの。全国電力系統に接続する水力発電所はバックアップとしての役割も担うことから、これらの指標を定量的効果の評価に含めることは妥当であると判断した。

注 2：水力利用率は ICE の定義に基づく数値である。水力利用率＝（年間発電電力量（GWh）÷年間可能発電電力量（GWh））×100。なお、年間可能発電電力量は、週毎の可能発電電力量を算出し、52 週分を足した合計。週毎の可能発電電力量（GWh）＝[週平均流量（m³/s）×発電電力係数（7.4932MW/（m³/s））×168 時間]／1000]

注 3：計画外停止時間の内訳は、①機械の故障、②人為的ミス、③災害その他であったが、②と③については生じていないため、表で記載している合計は全て機械の故障によるもの。

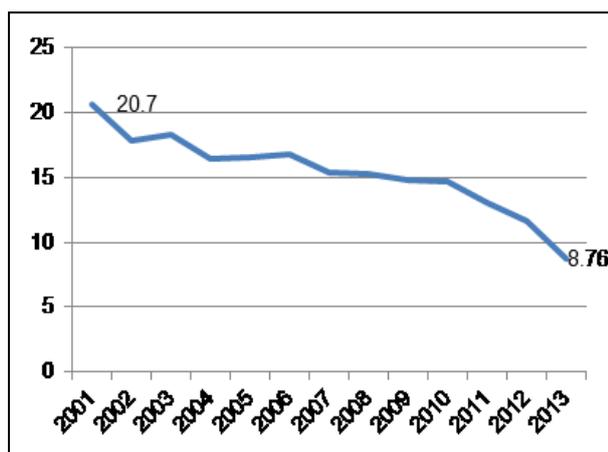
注 4：補助指標。ターゲットに達しないことが、必ずしも評価の低下に繋がるものではない。

注 5：詳細設計時に用いた年間総流入量の予測値。

注 6：補助指標。電源開発計画における需給見込みがあることから、別途目標値を定めることは適切でないため、事前の目標値設定は行わない。

また、電力の安定供給能力向上を測る指標として年計画停電時間を確認したところ、2001 年には 20.7 時間であったが 2013 年には 8.76 時間へと大幅に減少しており、審査時と比較し、全国系統における電力安定供給は確実に改善していることがうかがえる（図 2）。

効果指標については、審査時に目標値が設定されていたのは送電端電力量のみであった。送電端電力量は 2011 年から 2013 年まで目標未達成である。その主な要因としては、近年の雨量の減少により、2011 年から 2013 年の年間総流入量が、詳細設計時に想定されていた年間総流入量（310.3 百万 m³/年）のそれぞれ 47%、74%、51%と大幅に低下しているためである。なお、全国電力消費量は増加傾向にあり、電



出所：ICE。

図 2 年間計画停電時間数

化率についても 2000 年の基準値である 94.8%から 2013 年には 99.4%と大幅に改善した。

以上から、目標値もしくは基準値が設定されている 6 つの指標のうち、2013 年に達成できなかった指標は送電端電力量のみであり、その他の指標については目標値の 80%以上、もしくは目標を達成しており、本事業の定量的効果が明らかに認められる。

3.2.2 定性的効果

審査時に想定されていた定性的効果は、本事業のインパクトレベルの効果として理解できるため、これらについては「3.3 インパクト」で統合して評価を行った。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

本事業による想定されたインパクトは、本発電所が建設されることによる、コスタリカの水力発電能力向上、将来的需給ギャップの解消、投資環境及び経済開発ポテンシャルの改善であった。

3.3.1.1 コスタリカの水力 1 発電能力向上と将来的需給ギャップの解消

前述のとおり、CENPE による最新需要予測では、2024 年までのコスタリカにおける年平均電力需要増加率は 4%、予測される電力需要は 18,148GWh であり、今後も安定した電力供給が必要とされている（詳細は「3.1.2.2 事後評価時の開発ニーズ」を参照）。コスタリカの国家電力システムの発電設備容量及び発電電力量のそれぞれ 7 割強を占める ICE の水力発電能力向上は、ひいてはコスタリカにおける安定した電力供給を意味する。2011 年に完工したピリス水力発電所（本事業）はパリターリンドラ間送電線を介して全国系統に接続し、発電設備容量、発電電力は共に 2012 年の国家電力システムの 5%を占めており確実にコスタリカの水力発電能力向上及び将来的需給ギャップの解消に貢献している。

表 3 国家電力システムに対する本事業の貢献度合い

	2010		2012	
【発電設備容量】				
	KW	国家電力システム における割合 (%)	KW	国家電力システム における割合 (%)
国家電力システム合計	2,605,295		2,723,181	
ICE 合計	1,902,939	73%	2,080,190	76%
水力	1,119,709	43%	1,258,869	46%
うちピリス水力発電所	-	-	140,272	5%
火力	627,270	24%	612,601	22%
地熱	136,160	5%	187,910	7%
風力	19,800	1%	19,800	1%
太陽光	-		1,010	0.04%
【発電電力】				
	MWh	国家電力システム における割合 (%)	MWh	国家電力システム における割合 (%)
国家電力システム合計	9,503,002		10,076,344	
ICE 合計	6,655,309	70%	7,459,250	74%
水力	5,291,523	56%	5,349,469	53%
うちピリス水力発電所	-		503,653	5%
火力	335,637	4%	830,284	8%
地熱	963,837	10%	1,190,398	12%
風力	64,312	1%	79,804	1%
太陽光	-	-	295	0.003%

出所：ICE。

本事業のインパクトは水力発電能力向上に留まらず、前述のとおり、乾季や突然の電力需要の変化に即座に対応できるバックアップ電源としての役割の他にも、太平洋中央地域の電力サービスの向上および「中米電力連繫システム¹⁴（以下、SIEPAC という）」にパリタ変電所経由で相互接続していることから、中米電力市場においても戦略的な役割を担っているなどの点が挙げられる。本事業はこのような役割を通じ、コスタリカのベースロードである水力発電能力向上に寄与しながら、国家電力システム全体の強化に大きく貢献している。

¹⁴ 中米電力連繫システム（SIEPAC）は、中米 6 カ国（グアテマラ、エル・サルバドル、ホンジュラス、ニカラグア、コスタリカ、パナマ）を 1,793 km の送電線で繋ぎ、同地域での電力の売り買いを可能にするシステムである。運営は上記 6 か国の電力会社が設立した EPR 社が行っている。

3.3.1.2 電力安定供給能力向上によるコスタリカの投資環境及び経済開発ポテンシャルの改善

本事業のインパクトを把握することを目的とし、大口需要家調査を行った¹⁵。主に電力の安定供給に関する意見、投資決定要因としての電力の重要性、本事業がもたらした正負の変化に関する意見を確認した。

1) 安定した電力供給

いずれの企業も契約電力が中圧（34.5KV）もしくは高圧（230KV、138KV）であることから、供給電力は安定しており電力の「質（電圧の変動等）」も高く、「電力の安定供給」については10社中9社が「非常に満足している・満足している」と回答した。残り1社の不満要因は、後述の電力料金と計画外停電の際のICEの対応であった。なお、計画外停電の際のICEの対応（特に台風や事故等による送電線や電柱の破壊等によるもの）に関する意見は他の9社も、「どんなに短くとも機械へのダメージが大きいため、ICEによる迅速な対応を期待する」と回答している。前述のとおり、計画外停電時間は大幅に改善しているものの、計画外停電が生じた際の対応改善が求められていることが明らかとなった。他方、計画停電については、10社とも「約3年前と比べて改善している」と回答しており、停電を実施する日時についてICEとの調整が必要となるが、10社中7社はこの調整の機会が、ICEとの良好な関係を築くためのコミュニケーション手段となっていると回答した。事後評価時、計画停電は、企業にとっては機械等のメンテナンスを行う機会としており、特に生産ラインへの影響や損害が生じる等の問題は生じていない。

2) 投資決定要因としての電力の重要性と電力料金

全社が最も改善を望んでいるのは電力料金であった。10社中9社は、国内市場のみならず、コスタリカを生産拠点とし、北米・南米・アジア市場に製品を輸出しているため、電力コストは競争力を低下させかねないとのことであり、電力料金は懸念材料であると回答した。共通した意見としては、「コスタリカの場合、直接投資要因は主に政治経済が安定していることである。従って、今のところ直接投資に大きな変動はな

¹⁵ 大口受益者調査の詳細は次のとおりである。①実施期間：2013年11月末～2014年1月中旬、②企業数10社（うち外資系企業6社）、③産業：食品加工業（3社）乳業（1社）養殖漁業（1社）自動車部品（1社）電気部品（2社）金属加工業（1社）サービス業（1社）、④コスタリカでの稼働年数：10年未満（2社）10年～15年未満（1社）15年～20年未満（2社）20年以上（4社）、⑤原価に占める電力コストの割合：10%（1社）15%（1社）17%（2社）6社（回答なし）、⑥地理的分布：サンホセ州（3社）アラフェラ州（3社）プンタレーナス州（3社）カルタゴ州（1社）、⑦企業の選定方法：地理的分布と産業分類を念頭に大口需要家リストから選定した。なお、調査協力は15社に求めたが、5社からは協力が得られなかった。

いが、今後電力料金が上昇し続ければ、競争力が低下し、外資系企業は撤退せざるを得ない」とのことであった¹⁶。

3) 本事業がもたらした正負の変化

本事業について、3社は「よく知っている」、7社は「聞いたことはある」と回答した。前者の企業のうち1社は、実際に本事業を見学していた。「良く知っている」と回答した3社の共通した意見は「事業費がとて高かった。しかし、コスタリカの安定した電力供給と、化石燃料への依存度を下げるために重要かつ必要な事業だった」であった。本事業がもたらした社会や自然環境への変化や住民移転や用地取得に関する問題の有無については「特に聞いたことない」とのことであった。

以上、想定されたインパクトのうち、コスタリカの水力発電能力の向上及び電力安定供給能力が向上することによる将来的需給ギャップの解消については、本事業によるインパクトが認められる。他方、本事業と投資環境及び経済開発ポテンシャルの改善については、本事業で発電された電力は国家電力システムを通じ全国へ送電されるため、本事業との直接的な因果関係を確認することはそもそも困難である。ただし、大口需要家は、「本事業前後で比較した場合、総合的な観点から、コスタリカの電力供給が安定し、電力の質も改善している」としており、本事業は経済・社会インフラである国家電力システムの強化に貢献しているといえる。さらに、事業前後の経済成長率および対コスタリカ海外直接投資額を確認したところ、前者については2008年の2.7%から2013年には3.6%へ増加し、後者については2008年の2,078百万から2013年には2,682百万米ドルまで増加しており¹⁷、他の経済・社会インフラと共に、本事業も投資誘致要因・経済開発ポテンシャル改善について、一定の貢献をしていることを裏付けているものと思われる。

3.3.2 その他、正負のインパクト

3.3.2.1 自然環境へのインパクト

コスタリカでは自然・生活環境の変化をもたらず全ての事業計画には、「環境影響評価（以下、EIA という）」を実施し、環境エネルギー省技術局（以下、SETENA という）

¹⁶ コスタリカ産業連盟（CICR）の調査によれば、同国における電力料金は、2003年の年平均0.069米ドル/kWhから2013年には0.196米ドル/kWhまで284%上昇し、競争力と海外直接投資のさらなる誘致の妨げになっているとしている。しかし、コスタリカ貿易省（COMEX）の対コスタリカ海外直接投資統計を確認したところ、2008年の合計2,078百万米ドルから、2009年には国際金融危機のため合計1,346百万米ドルに落ち込んだものの、2013年には2,682百万米ドルまでに回復している。従って、大口需要家が指摘するほどの電力料金との関連性は明確ではない。また、国連ラテンアメリカ・カリブ経済委員会（CEPAL, 2012）の発表では、コスタリカの海外直接投資の主な誘致要因は人材の教育レベル・スキルの高さ、社会経済の安定性を挙げており、電力料金についても、中米では最も安いと指摘している。また、コスタリカにおける電力料金に関する議論は、長年続いている議論であり、政治的要素もあるため取扱いには注意が必要であると考えられる。従って、本事後評価で得た大口需要家の料金に関する意見は参考情報に留めることとした。

¹⁷ 経済成長率はコスタリカ中央銀行、海外直接投資額はCOMEX。詳細については脚注16参照。

の承認を取得することが義務付けられている。ICE は本事業に関する EIA を 1997 年から 1998 年にかけて実施し、1999 年 6 月に SETENA の承認を得た¹⁸。

事業実施中の自然環境へのインパクトについては、施工期間の環境モニタリングと対策、植林活動、水質モニタリングの 3 つが想定されていた。なお、後述の「3.5.1 運営・維持管理の体制」にも記載しているとおり、本事業の管理を担当したピリス水力発電所建設管理室（以下、PHP という）内に環境モニタリング計画を実施するための「環境管理班」が設置され、同部署が事業実施中の環境モニタリングと対策、植林活動、水質モニタリングを実施した。

1) 施工期間の環境モニタリングと対策

下表に示すとおり、施工は国家基準を厳守しながら実施され、環境への負のインパクトを可能な限り最低限に留める努力が行われた。しかし、特に振動については、ダムサイトの近隣住民の住居に影響が生じた（詳細は「3.3.2.2 住民移転・用地取得」を参照）。

表 4 事業実施中の環境へのインパクト対策とモニタリング状況

	施工時のモニタリング内容・対策
排ガス	全車両（コントラクター含む）の定期点検を ICE の整備工場で行い、車検を受けることを定めることにより、車両排出ガス規制を厳守した。
廃棄物処理	「廃棄物管理プログラム」を実施した。固形廃棄物については可能な限り、本事業内または他の ICE の事業でリサイクル・リユースを徹底した（2009 年から 2011 年の間に約 59 トンの廃棄物をリサイクル）。液体廃棄物はフィルター等を使用し処理を行った。一部スクラップは業者に売却した（2009 年から 2011 年の間に 2,780 トンのスクラップを売却）。
粉じん	住民が多い区間については道路をコンクリート舗装した。他の区間や工事現場では頻繁に水を撒き、植物が被った粉じんを取り除く等の対応も行った。
濁水	特にコンクリートプラントや掘削が多いサイト（RCC ダム、導水管トンネル）については沈殿装置を導入した。随時、河川数カ所において水質（浮遊物質）をモニタリングし、国家基準を厳守した。
騒音	近隣コミュニティでは騒音のモニタリングを行い、機材の使用時間を調整する等の対策を行い、国家基準を厳守した。作業員については耳栓の使用を徹底した。
振動	振動は主に導水管のための掘削作業を行った際に生じた。近隣コミュニティのインフラ状況をモニタリングし、掘削作業を調整しながら地域の他のインフラへの振動の影響を軽減した。

¹⁸ 承認済み環境影響評価報告書は地方自治体にも配付し、ICE 資料室でも一般に閲覧可能となっている。

2) 植林活動

ダムサイトの水没地区（約 141ha）にはわずかなコーヒー畑があり、自然公園や保護森林等の指定はなく、貯水池周辺の植生も貧弱であり、野生動物もほとんど認められなかったため、本事業審査時には自然環境への負の影響は比較的小さいとの評価が下された。しかし、本事業のような大規模の公共事業は自然環境を破壊する等を理由に地域住民や NGO 等からの反対運動が生じることもある。本事業も例外ではなく、特に事業開始当初はダムサイトの近隣住民による反対運動が起こったが、ICE は自然環境への負のインパクトを最小限に抑えるため、苗畑を整備し、植林用の幼木を育て、事業対象地域の植林活動や環境教育にも力を注ぐ等の努力を行い、地域住民の理解を得ることが出来た¹⁹。

3) 水質モニタリング

事業審査時、ピリス川上流のコーヒー豆精製場からの汚水が貯水池に流入／滞留し、水質が悪化することが懸念されており、EIA では特に「生物化学的酸素要求量（以下、BOD²⁰という）」の濃度をモニタリングする必要性について指摘されていた。BOD 濃度が高いのは、事業審査時、事後評価時共に、コーヒー農園がコーヒー豆の精製過程で大量の水を使用し、パルプ（外皮）を含めた汚水について十分な処理を行わないままピリス川に放流していることによる。同水質問題に対する ICE の役割は、事業開始前から水質モニタリングを行い、水質が国家の基準を達成していない場合は環境庁に連絡することである²¹。事業実施期間の水質モニタリングは、ICE の環境管理班が担当し、主にピリス川や発電所サイトを含む合計 14 カ所のモニタリングポイントから、月 2 回、平均 6～7 カ所を選定し、合計 11 項目についてモニタリングを行った²²。BOD 濃度は上流にあるコーヒー豆精製場による洗浄水の排出が最も多い 1 月に限り²³、111 mg/L ～118 mg/L と高く国家基準を達成しない場合もあったが、その他の項目については時期によって異なるものの問題はなかった。

事後評価時における自然環境インパクトは、主にピリス川、ダムサイト、発電所の水質モニタリングからうかがうことが可能である。水質モニタリングの責任部署は ICE の「プロジェクト・関連サービス部水文室」であり、月に 1 度の頻度で、ダムサイト 7 カ所、発電所 5 カ所、ピリス川 4 カ所のポイントにおいて合計 20 の水質項目を

¹⁹ ICE の緑化活動により、2002 年から 2011 年までの間、ダムおよび発電所の周辺及び近隣コミュニティにおいて合計約 30 万本の木々が植えられた。

²⁰ BOD とは、Biochemical Oxygen Demand の略で、水中の有機物質が生物化学的に酸化・分解される際に消費される酸素量。数値が大きくなるほど汚濁していることを示す（出所：環境省 HP）。

²¹ ICE は水質モニタリングを実施するにあたり、コーヒー業者の監督省庁である農牧省、厚生省、環境省と水質管理協定を締結し、同協定に基づくモニタリングを行った。

²² モニタリング項目は、温度、pH、濁度、溶存酸素、BOD、SS（浮遊物質）、COD（化学的酸素要求量）、リン酸イオン、アンモニア態窒素、硝酸塩、溶解物質。

²³ コーヒーの生産期間は 11 月から 3 月であるが、1 月が生産のピークである。

モニタリングしている。事業実施期間同様、1月に限りダムサイトの BOD 及び COD が高いが、1月を除き、水力発電用の国家水質基準分類 III～V²⁴を達成している。

表 5 事業完了後のピリス水力発電所ダムサイトの水質 (2013 年)

	BOD	COD	SS	pH
最小値	1.3 mg/L (9 月)	30mg/L (7 月)	1 mg/L (4 月)	6.24 (7 月)
最高値	31 mg/L (1 月)	1,044mg/L (1 月)	6 mg/L (1 月)	7.12 (4 月)
水質基準	III～IV 注	25～<50 mg/L	<10 mg/L	6.0～9.0
		III～V	I	III

出所：ICE。

注：BOD はアンモニア性窒素及び溶存酸素と共に範囲別に 1 から 5 のポイントが与えられ、ポイントの合計により水質が I (汚染なし) から V (深刻な汚染) の 5 段階に分類される方式となっている。

なお、BOD の数値が高い問題について、事業実施期間中同様、「プロジェクト・関連サービス部水文室」の基本的な役割は水質をモニタリングし、水力発電用の基準をクリアしていない場合は環境庁に連絡することであるが、ICE は政府（主に農牧省と環境省）及び研究機関と力を合わせ、より環境に優しいコーヒー生産プロセスの研究等も共同で実施するなどの努力を行っている。また、ピリス水力発電所としては、特に貯水池の水質を可能な限り一定に保つための維持管理、主に BOD が常に許容範囲であるよう取水管理を行い、貯水位の低下を防ぐ等の対策を取っている。

3.3.2.2 住民移転・用地取得

住民移転及び用地取得のプロセスは、いずれも「ICE による調達、公用徴収、地役権に係わる法律第 6313 号」に基づき実施された。同法律では、第 3 者による土地及び建物の鑑定が行われ、用地取得の場合は土地の購入、住民移転の場合は鑑定価格と同等の移転先を提供することが定められている。

用地取得については、審査時に予定されていた面積は 364ha であったが、実績はダムサイトに ICE 作業員のための専用キャンプを 1 カ所追加する必要が生じ、398.5ha と計画比 109%であった。主に発電所、開閉機器²⁵用地及び貯水池の水没地区のコーヒー農園が対象であり、発電所、開閉器盤用地については、直接・間接的な影響を受けた人数は合計 509 人とされている。貯水池の水没地区のコーヒー農園については、合計 152 人の土地所有者が対象となったが、土地所有者以外の季節労働者等の間接的な影響を受けた可能性のある人数について ICE は把握していなかった。用地取得²⁶につ

²⁴ コスタリカにおける国家水質基準は MINAE 法令第 33903MINAE-S によって定められている。基本的な分類は次のとおりである。I：飲料水用、II：水産養殖用、III：水力発電用、IV：航行用（制限付きで水産養殖・水力発電にも使用可能）、V：航行用（制限付きで水力発電にも使用可能）。

²⁵ 発電所で作られた電気を送電線に送る、または止める（開閉する）装置で電力の安定供給を図る。

²⁶ 支払われた補償金は全事業で平均 387 コロン/m²であった。

いては、特に発電所の用地の補償金について話合いが長引き、事業に遅延が生じたが、いずれも上記法律に基づき適切なプロセスを経て実施された。

住民移転については、貯水池及び貯水池保護区内 7 世帯、アクセス道路関連地域内 11 世帯、合計 18 世帯が予定されていた。これに対し、アクセス道路関連地域の 11 世帯については、アクセス道路のルート変更により移転不要となり、住民移転は貯水池及び貯水池保護区内の 7 世帯に 1 世帯追加され、合計 8 世帯（計画比 73%）であった。8 世帯のうち、2 世帯については審査時すでに移転済であり、残り 6 世帯のうち 5 世帯については、工事開始前から居住地に地滑りのリスクが認められ、工事による振動で同リスクがさらに高まったため、移転が必須となった。追加された残り 1 世帯については、審査時は地滑りリスク地域外であったが、工事開始後、振動による地滑りのリスクが認められ移転対象となった。事業開始後、移転を行った合計 6 世帯についても、上記法律第 6313 号に基づき、鑑定価格と同等の移転先を住民の要望によりサンタ・マルタ・デ・タラスに確保し、無事移転を完了した。

3.3.2.3 その他正負のインパクト

上記の想定されていたインパクトの他に、本事業では以下の正のインパクトが認められる²⁷。

1) アクセス道路

本事業で整備されたアクセス道路（資機材搬入道路含む）は合計 145km であった。これらの道路は、アスファルト舗装が行われたのみならず、歩道、ガード、道路標識、バス停、歩道橋、側溝、電柱等の設置・整備も行われた。現地視察の際、発電所と RCC ダムへのアクセス道路を確認し、周辺住民への聞き取りからも、集落に対する社会経済的効果（例えば道路整備による交通安全の改善、土地や不動産の価格の上昇、観光客増加等）が発現していることが認められた。

2) 文化財への影響

審査時、貯水池予定地に遺跡が確認され、事業実施中に ICE が調査を行った結果 224m²にわたる埋葬地が発見された。しかし 1 平方メートル当たりの遺跡等の密度が低いと判断され、国立文化遺産委員会から本事業の工事継続の承認を得た。埋葬地からは合計 2,120 個の陶器の破片等が回収され、全て国立博物館に引き渡された。また、ダムサイトには、小規模ながら同遺跡の歴



図 3 ダムサイトに再現した埋葬地

²⁷ なお、本事後評価には住民を対象とした受益者調査は業務範囲に含まれていなかったため、住民の生活環境等に関する社会経済効果はインタビュー形式により確認した。

史的背景の説明や回収された陶器のレプリカが飾られている展示室が設置されており、発掘サイトを再現し、一般に見学可能となっている。このように文化財の保護及び教育・広報活動も実施しており、本事業の文化財への影響は最小限に留めることができていると判断される。

3) その他社会環境事業

ICE は地域住民の住環境及び自然環境へのインパクトを軽減するため「コミュニティ・インフラ及び環境保全事業」を別途自己資金で実施した。延べ 54 のコミュニティで、合計 131 事業（公園の整備、教会の修復、保健所建設のための資機材提供、水道貯水槽の修繕等）を行った。

このように、ICE は本事業の施工により発生しうる負のインパクトに対し、これらを軽減する対策を別途取っており、想定されていなかった正のインパクトも認められる。

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

3.4 効率性（レーティング：①）

3.4.1 アウトプット

アウトプットの変更は主に土木工事について生じたが、電気機械・設備についてはほぼ計画どおりに実施された（詳細は添付の「主要計画／実績比較」を参照）。

土木工事については、採石場及び放水路以外の全ての項目で変更が生じた。1998 年に ICE が自己資金で実施した「フィージビリティ・スタディー（以下、F/S という）」²⁸及び詳細設計で行った地質調査において、ダム建設予定地の地質を正確に把握できなかったことで、工事開始後、地盤に問題があることが発覚し、ダムの設計の一部変更や、計画以上の掘削及び基礎処理が必要となった。地質調査の問題は、ダム同様に発電所建屋についても生じ、工事開始後、建設予定地の地盤が弱いことが判明したことから、発電所建屋の設計が地上式から半地下式に変更された。なお、1998 年の F/S

²⁸ 本事業では 1992 年と 1998 年に F/S が実施された。1992 年の F/S は JICA の資金で実施し、1998 年の F/S は ICE が自己資金で実施した。1992 年の F/S では、ダム建設候補地として上流と下流の 2 カ所を調査し、いずれの候補地も適切であるが、下流に建設する方がより経済的であるという結論を得た。ただし、同 F/S で①地形測量、②地質調査、③材料試験、④水文観測、の 4 点については、追加調査が必要であると勧告した。その後、1993 年から 1996 年までに、ICE は自己資金で上記の調査を実施し、1997 年にその結果を「追加調査結果」としてまとめた。同調査で実施された水理地質構造評価で、有力候補であった下流のダムサイトは地盤が弱いことが判明したため、上流の候補地をダム建設地とすることに決定し、1998 年に ICE は自己資金により上流候補地に対する F/S を実施した。なお、1999 年に JICA は ICE に対し、技術的改善点に関する勧告を行っており、2000 年 6 月には、地質調査の精度を上げるよう勧告を行った。その後 ICE が同 2 度の勧告に対する対応策（詳細設計・施工計画における対応策）を JICA に回答したため、JICA は同対応策の技術的妥当性を確認することを目的とし、2000 年 8 月に審査ミッションを派遣した。同ミッション派遣時に、事業の設計、施工、コンサルタントの雇用、スケジュール、費用、事業の緊急性等、今後の対応等について JICA は ICE と合意し、2001 年の借款締結に至った。

を受けて 1999 年に JICA が実施した審査前の調査では、ダムサイトの地質調査の精度を高めるよう ICE に勧告²⁹を行っていた。以上のように、本事業ではダムが建設された場所で、1992 年の F/S から 1998 年の F/S までの間に、少なくとも 3 回の地質調査が実施されたが、施工開始後も地質問題によって大きな変更が生じ、事業費・事業期間にも大きく影響を与えた（「3.4.2 インプット」参照）。



図 4 貯水池



図 5 発電機

その他、主な土木工事の変更としては、工事用アクセス道路の敷設距離の増加（計画比 207%）及びキャンプサイト数の増加（計画比 133%）が挙げられる。前者については、地域住民へのインパクトを最小限に留めるため、村落を避けて敷設位置が変更されたことによる。後者については RCC ダムの建設を ICE が途中でコントラクターのアスタルディ（Astaldi）社から引き継いだため³⁰、ICE 作業員のための専用キャンプ（約 200 名用）をダムサイトに 1 カ所追加する必要が生じたことによる。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

総事業費計画値 29,443 百万円（うち外貨 15,144 百万円、内貨 14,299 百万円）、うち、円借款対象となるのは外貨 11,383 百万円分、内貨 5,300 百万円分であった。実績値に

²⁹ JICA 内部資料。

³⁰ ダム工事はアスタルディ社に外注していたが、2008 年の熱帯暴風雨アルマがダムサイトに甚大な被害を及ぼしたことにより、同社が 84 日間にわたり工事を中断した。ICE は、工事中断期間が長びいていたことにより、当初はアスタルディ社に対し完全契約解除を求め、新たな入札を行う方針を立てていた。しかし、新たな入札プロセスに要する時間を考慮し、要求を取り下げ、更なる工期遅延を回避した。具体的には、2009 年に同社との契約書に附則を追加し、RCC ダム、余水路、電気機械・設備の据え付けは ICE の責任のもと実施することにした。その結果、ICE が担当した土木工事内容は、準備工事、河川改修、導水トンネル工事、発電所・開閉設備工事、ダムサイトのグラウチング、RCC ダム、余水路、電気機械・設備の据え付けである。ダムサイトのグラウチングはコンサルタント及び RCC ダム専門家による施工管理補助のもと実施された。

については、総事業費 79,056 百万円、うち円借款対象となったのは外貨 16,402 百万円分³¹であった。総事業費は計画比 269%と計画を大幅に上回った。

表 6 事業費内訳

項目	計画値 (百万円)			実績値 (百万円)			計画比
	円借款	その他	合計	円借款	その他	合計	
土木工事	5,333	4,039	9,372	10,124	34,675	44,799	478%
電気機械・設備等	8,973	3,411	12,384	6,030	5,719	11,749	95%
用地取得	0	611	611	0	491	491	80%
管理費	0	2,602	2,602	0	10,349	10,349	398%
プライス・エスカレーション	493	130	623	0	0	0	0
予備費	1,092	977	2,069	0	0	0	0
コンサルティング・サービス	791	0	791	248	0	248	31%
建中金利	0	990	990	0	11,419	11,419	1,153%
合計	16,683	12,760	29,443	16,402	62,654 ^注	79,056	269%

出所：JICA 審査時資料、ICE。

注：その他資金合計 62,654 百万円のうち、自己資金は 42,729 百万円、中米経済統合銀行からの借入は 19,924 百万円。

計画値：為替レート：1 ドル=108.36 円/1 コスタリカ・コロン=0.3506 円/プライス・エスカレーション率：外貨 0.8%、内貨 0.7%/物的予備費率：地上土木工事 10%、地下土木工事 15%、電気機械・設備等 5%/コスト積算基準時期：2000 年 11 月。

実績値：為替レートについては実施機関が各年の円ドル為替レートを用いて計算したもの。

総事業費の主な変更は、土木工事（計画比 478%）であった。電気機械・設備等や用地取得についてはドル建てでは計画を上回ったが、円高により円換算では計画内に収まった。土木工事に大幅な変更が生じた理由は、工事開始後のダム建設予定地の地盤問題発覚によるダムの設計変更、それに伴う計画以上の掘削及び基礎処理、施工期間遅延による追加費用が発生したことによる。また、RCC ダムの建設を ICE がアスタルディ社から引き継いだことや、施工の遅延は、管理費を計画比で 398%増加させるなど費用面でも大きな影響を与えた。さらに、審査時には円借款と自己資金で賄う予定であった事業費が、アウトプットの変更、事業遅延等により中米経済統合銀行（以下、BCIE という）からの借入及び事業実施にかかる資金調達を目的とした債券発行が必要となったことから、建中金利は計画比 1,153%と計画を大幅に上回った。

3.4.2.2 事業期間

計画事業期間は 2001 年 4 月から 2007 年 7 月まで(76 カ月)であったが、実績は 2001 年 4 月から 2012 年 2 月 (131 カ月) となり、計画比 172%と計画を大幅に上回った。

³¹ ICE によれば、実績値は全て米ドルで記録しており、「外貨・内貨」に分類していない。計画値については評価者が表 8 の為替レート等を基に算出した。

表 7 事業期間

行程	計画（審査資料）	実績	計画比	開始遅延
L/A 調印	2001 年 4 月	2001 年 4 月	—	
準備工事	2001 年 1 月～2005 年 5 月 53 カ月	2001 年 1 月～2010 年 9 月 117 カ月	221%	遅延なし
本体工事	2001 年 1 月～2007 年 7 月 79 カ月	2002 年 6 月～2010 年 10 月 101 カ月	128%	10 カ月
1. RCC ダム	2001 年 8 月～2007 年 3 月 68 カ月	2002 年 6 月～2011 年 11 月 114 カ月	168%	10 カ月
2. 導水トンネル	2001 年 1 月～2007 年 4 月 76 カ月	2002 年 7 月～2011 年 5 月 107 カ月	141%	18 カ月
3. 発電所	2003 年 1 月～2007 年 7 月 55 カ月	2005 年 8 月～2010 年 10 月 55 カ月	計画どおり	19 カ月
電気機械・設備等	2003 年 7 月～2007 年 3 月 45 カ月	2003 年 7 月～2012 年 2 月 104 カ月	231%	遅延なし
用地取得	2001 年 1 月～2004 年 6 月 42 カ月	2001 年 1 月～2006 年 12 月 72 カ月	171%	遅延なし
コンサルティング サービス	2001 年 6 月～2007 年 6 月 73 カ月	2002 年 7 月～2009 年 5 月 83 カ月	114%	13 カ月
総事業期間	2001 年 4 月～2007 年 7 月 76 カ月	2001 年 4 月～2012 年 12 月 131 カ月	172%	—

出所：計画値は JICA 審査時資料、実績値は ICE。

主な事業期間遅延理由は以下のとおりである。

1) 土木工事変更による遅延

前述のダムの設計変更は、主に準備工事の遅延（計画比 221%）に繋がった。また、この変更に対応するための労働力の確保やアクセス道路の追加・変更を要した。加えて、ダム建設予定地のグラウチング³²を含む各種基礎工事については、内貨不足により、必要な機材調達までに時間を要した。RCC ダムと発電所を結ぶ導水トンネルが計画値以上の流入水により頻繁に浸水し、これも遅延理由となった。ただし、実施機関はシフト制を採用し、また、別事業で利用した機材を一部使用する等の対策を行った。なお、発電所の建設については、用地取得が 2005 年まで完了せず遅延が生じた。

2) コンサルティング・サービス契約による遅延

コスタリカにおける公共調達方法は基本的に一般競争入札であるが、本事業のコンサルティング・サービスについては、「円借款事業のためのコンサルタント雇用ガイドライン」に基づき、コンサルタント契約が直接指名方式で行われた。円借款事業については上記ガイドラインがコスタリカ国内の調達法に優越する点について、ICE からコスタリカ政府・関係機関への説明・調整が必要となり、コンサルタントとの契約までに 13 カ月の遅延が生じた。この遅延は、コンサルタントの TOR に含まれていた詳細設計や工事の入札プロセスの遅延に繋がった。

³² ダムサイトの基礎地盤の改良などのため、セメントミルクやモルタルを空隙などに充填すること（出所：日本ダム協会 HP）。

3) 熱帯暴風雨アルマによる遅延

2008 年の熱帯暴風雨アルマにより、ダムサイトの工事が中断され、前述のとおり、アスタルディ社との契約変更に関する協議・手続きに時間を要したため工期に遅延が生じた。また、ICE がアスタルディ社から事業を引き継いだ後も、ICE が自ら労働力を確保しなければならない状況が発生しこれに時間を要した。加えて、地滑りによるアクセス道路閉鎖は資機材の納品・据付の遅延につながった³³。

3.4.3 内部収益率（参考数値）

審査時には「経済的内部収益率（以下、EIRR という）」のみ算出され、その値は 12.2% であった。審査時の EIRR 算出では費用については本事業にかかる費用と維持管理経費、便益については電力料金収入と停電回避便益を用いて、プロジェクトライフを 40 年とした。事後評価時においては、費用についての情報は入手可能であったが、本事業の便益に関する正確な情報入手が困難であったため EIRR の再計算は行わないこととした。

以上より、本事業は事業費、事業期間ともに計画を大幅に上回ったため、効率性は低い。

3.5 持続性（レーティング：③）

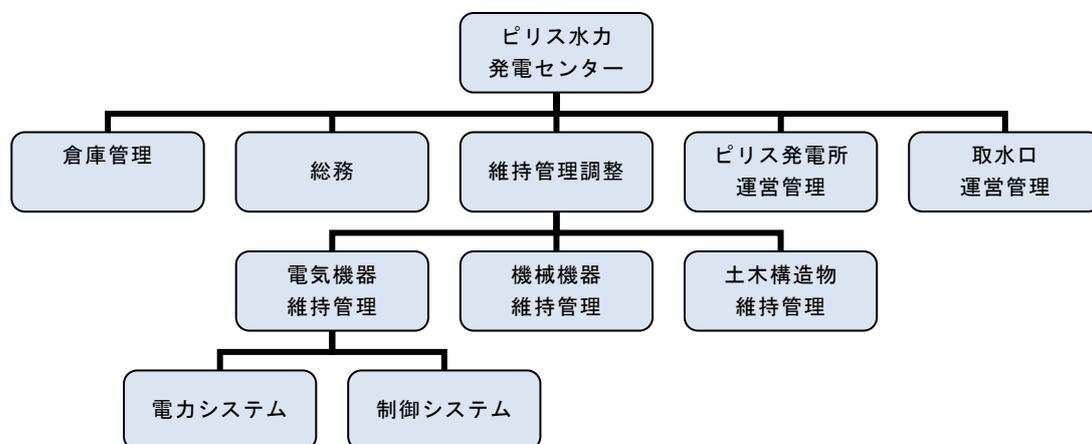
3.5.1 運営・維持管理の体制

事業実施中の運営・維持管理は、計画どおり、ICE 電力会社（以下、ICELEC という）のプロジェクト・サービス戦略的ビジネスユニット（UEN-PySA）に設置された PHP が担当した。PHP はプロジェクトマネージャーを筆頭にプロジェクト管理、運営企画、品質管理、資材調達、労働安全管理、環境管理、IT 管理、土木建築、エンジニアリング等に関する、合計 14 の部署が配置され、2009 年 6 月から 2010 年 10 月の最盛時には 2,884 人が本事業に従事した。また、熱帯暴風雨アルマ等の緊急時には PHP の人員数を強化するなど、事業実施期間の ICE の基本的な体制について総合的に問題はなかったと判断される。

事後評価時のピリス水力発電所の運営・維持管理体制については、ピリス水力発電センターが担当している（図 6）。運営・維持管理要員は合計で 45 人であり、エンジニア、技術者、熟練工の平均勤続年数は 9 年と比較的長い。また、欠員が出た場合は ICELEC 内で募集を行い必要な人材補充ができています。事後評価調査の際の運営・維持管理状況や作業現場、技術者等現地作業員への聞き取り調査からも、本事業に対す

³³ 労働確保が困難であったのは、同時期に太平洋側のプンタアレーナス及びグアナカステで民間企業による観光開発プロジェクトが実施されており、同プロジェクトの賃金が本事業より高かったために労働力がそちらに流れたことが理由として挙げられる。ICE はピリス周辺地域住民に対し、「求人フェア」を数回実施し、ダムサイトのキャンプを 1 カ所増やし、宿泊施設、食事、移動のためのバスを提供する等事業への影響を最小限に抑える努力を行った。

る従業員のオーナーシップの高さがうかがえ、ピリス水力発電所の維持管理体制は整っていることが確認できた。



出所：ICE。

図 6 ピリス水力発電センター組織図

3.5.2 運営・維持管理の技術

ピリス水力発電所の運営・維持管理を担っている職員の技術水準については 45 人中、大卒 4 人、技術者 29 人、事務 6 人、熟練工 6 人であり、総合的な維持管理状況からみても技術は十分である。なお、ICE は、現在の技術レベルは十分ではあるが、今後は最新の発電技術や維持管理に関する研修に参加し、スキルアップを図ることが必要であると認識している。ICE には全従業員を対象にした「スキルギャップを埋めるための研修プログラム」が存在する。同研修は、従業員とそれぞれの職種で必要とされるスキルの差を埋める、もしくはスキルアップを図ることを目的としている。ピリス水力発電所の運営・維持管理担当職員もこれらの研修を通じ、技術向上を図っている。2013 年に同職員が受けた研修例及び 2014 年に予定されている研修の一部を下表に示す。

表 8 ピリス水力発電所の維持管理担当職員に対する研修例

2013 年に実施された研修の一例		2014 年に実施予定の研修の一例		
研修名	人数	研修名	人数	時間数
技術者のための数学	16 人	度量衡学	3 人	16 時間
図面の読み方	15 人	遠心ポンプの基礎知識	3 人	16 時間
基礎電気工学	23 人	図面の読み方	6 人	16 時間
IT (API-PRO 含むソフトウェア)	30 人	土木事業予算作成と管理	6 人	40 時間
サーモグラフィ測定 I	5 人	オートメーションの理論	18 人	48 時間
信頼性中心保全 (RCM)	2 人	職場における人間関係	45 人	8 時間
振動測定とアライメント	2 人	継続的改善の進め方	45 人	8 時間

出所：ICE。

なお、維持管理を担っているエンジニア及び一部の技術者は、本事業実施中 PHP に所属し、その現場経験を有していることからピリス水力発電所を熟知しており、それが現在の運営・維持管理の技術の高さに繋がっているといえる。

ピリス水力発電所の維持管理は、各設備のメーカー作成の維持管理のマニュアル及び設備毎の詳細な維持管理プランに基づき実施されている。維持管理マニュアルの原本はピリス水力発電所の図書室に保管されており、その詳細情報（各設備の維持管理方法、頻度、記録等）は全てデジタル化され、維持管理システム「API-PRO」によって管理されている。全設備の維持管理プロセスは ISO9001、14001、18001 の基準を順守している。維持管理は、設備毎に日常点検、予防保全³⁴（毎週・毎月・半年・毎年・1年おき・2年おき）が実施されている。



図 7 倉庫の様子

なお、事後保全については、2013年12月まではほぼ全設備が補償期間であったため、修繕はメーカーが無償で実施していた。補償期間満了後の修繕については、ICEの維持管理調整部が対応可能なものについてはICE内で対応、対応不可能なものは有料でメーカーが対応している。なお、全ての維持管理作業記録は、作業完了後に担当者がAPI-PROに作業内容をインプットしているため、維持管理の担当者、日時、使用したスペアパーツの個数等を含めた全ての情報が常にアップデートされている状況である。また同システムは、スペアパーツの管理にも活用されており、資機材部は同システムの情報に基づき、スペアパーツ等の在庫を管理している。事後評価時の調査ではAPI-PROに基づく維持管理の一連の作業及び資機材部との連携を確認しており、ピリス水力発電所の維持管理技術は高いといえる。

3.5.3 運営・維持管理の財務

ICELECの過去5年間の財務状況は、世界金融危機の影響が残った2011年を除き、黒字経営が続き、財務面の持続性に大きな問題はないといえる。自己資本比率は2009年には59%、2012年には51%と低下傾向にあるものの依然高く、営業利益は常にプラスであり、電力料金収入により運営・維持管理費を十分に賄っている³⁵。

³⁴ 予防保全は設備・機材等の故障や老朽化が進む前に計画的に保全を行うこと。これに対し、事後保全は、故障が起きたてしまった設備・機材の修繕を行うことである。

³⁵ 大手債券格付け機関のムーディーズは、2013年9月、ICE全体の格付けをBaa3とし、今後の見通しを「ネガティブ」に変更したが、ICELECによる電力事業については「安定している」とプラスに評価している。

表 9 ICELEC 損益計算書

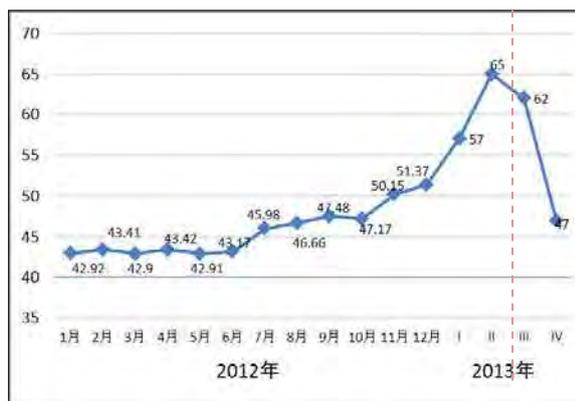
(単位：百万コロン)

	2009	2010	2011	2012	2013 (11月迄)
営業収入 (A)	521,995	539,889	553,255	575,862	652,004
電気事業	516,697	532,234	546,273	569,118	645,451
その他	5,297	7,655	6,982	6,744	6,554
営業費用 (B)	441,503	479,420	517,541	525,327	486,161
維持管理費	381,245	417,294	438,457	443,397	479,782
運営費	60,258	62,126	79,084	81,930	63,739
営業利益 (A) - (B)	80,492	60,470	35,714	50,535	165,843
営業外収入	24,101	183,506	119,406	112,108	87,138
営業外費用	66,246	140,133	161,030	156,545	112,651
子会社からの配当 収入	5,486	8,275	(699)	4,993	-
当期純利益	43,832	112,117	(6,609)	11,090	82,970

出所：ICELEC 提供財務諸表。

なお、コスタリカの電力料金は公共料金規制当局 (ARESEP) の第 7593 法に基づき設定されている。同規定は「電力料金は電力サービスを提供するにあたり必要な費用を賄い、競争力のある利益を生み、適切な開発を確保する」ことを基本とし、2013 年 1 月からは、四半期毎に電力料金に燃料費の変動費用が反映されることが認められた。このように、料金体系は運営・維持管理費が確保される内容となっている。しかし、産業界からは、電力料金の上昇が企業の経営を圧迫し競争力を低下させているとし、料金改定に向けた運動やロビー活動が増えているのも事実である。

ピリス水力発電所の運営・維持管理予算に限って言えば、通常の維持管理費（日常点検、予防保全、事後保全）は確保、執行されている³⁶。



出所：ICE。

図 8 電力料金の推移 (コロン/kWh)

³⁶ ピリス水力発電所から入手可能であった同発電所の 2013 年の維持管理の予算申請額から、ピリス水力発電所は ICE に対し、約 900 百万コロンの申請をしたものの、承認された予算は 462.8 百万コロンであったことが判明した。しかし、詳細を確認したところ、その差額は主にバックアップ用の変圧器の予算であり、発電所の安定した運営に必要な維持管理予算は確保できていることが確認できた。なお、同変圧器は 2015 年の予算申請に含まれる予定である。

表 10 ピリス水力発電所の運営・維持管理予算

(単位：百万コロン)

	2011	2012	2013
運営	101.5	259.2	552.4
維持管理	81.0	338.4	462.8
合計	182.5	597.6	1,015.2

出所：ピリス水力発電センター。

3.5.4 運営・維持管理の状況

事後評価時におけるピリス水力発電所の運営は適切に行われており、本事業で建設・導入された設備は概ね正常に稼働している。事後評価時には下記の不具合が発生していた。導水トンネルの一部コンクリート舗装を除き、いずれも設計もしくは施工時の不備によるものではなく、すでに対応策が取られ、具体的な修理計画に組み込まれていることが確認できた。

表 11 事業完了時及び事後評価時に確認された維持管理状況

	問題	2014年4月時点の状況
RCC ダム	<ul style="list-style-type: none"> 電気系統の問題 ラジアルゲートの漏水 RCC ダムの内部エレベーターの故障 	<ul style="list-style-type: none"> 修理済み 修理済み 修理済み
発電所	<ul style="list-style-type: none"> エレベーターの故障 第2タービンの油圧ガバナの損傷 	<ul style="list-style-type: none"> 修理済み 修理済み
導水施設	<ul style="list-style-type: none"> バルブの不具合 一部トンネルのコンクリート舗装が不完全 外部に露出しているバルブ周辺の設備の摩耗 高圧管の塗装剥離 	<ul style="list-style-type: none"> 未修理。導水トンネルを空洞にする必要が生じる可能性があるため、2014年に修理の規模・範囲・時期のアセスメントを行い、2015年以降の修理計画に組み込む予定 2015年または2016年の維持管理計画に組み込み、コンクリート舗装を実施する予定 2014年8月末までに該当箇所を保護する上屋を建設する予定 コントラクターによる塗装が実施されている最中
取水口	<ul style="list-style-type: none"> 取水量測定システムの不具合 	<ul style="list-style-type: none"> 修理済み。モニタリング中

出所：ICE ピリス水力発電センターへの聞き取り調査、質問票回答に基づき作成。

スペアパーツについても、発電所内に倉庫があり、前述のとおり維持管理システムと連携しているため十分な在庫管理が実施されている。また事後評価時の調査でも、発電所及び RCC ダムでの安全管理、整理整頓・清掃についても ISO の基準を厳守していることが確認でき、運営・維持管理は適切に行われ、総合的に判断し、維持管理状況は良好であるといえる。

本事業の運営・維持管理体制は事業実施中、事業完了後も十分であり、維持管理の技術レベルは高い。財務状況も 2011 年を除き黒字経営であり、2009 年から営業利益は常にプラスであり、電力事業による収入により運営・維持管理費が賄えている。維持管理状況については、いくつかの設備に不具合が生じているものの、2015 年から 2016 年の維持管理計画に組み込まれ、明確な修理・交換が予定されている。以上より、本事業の維持管理は体制、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、コスタリカの中央高原地域を流れるピリス川中流部に水力発電関連施設を建設することにより、同国の安定的電力供給能力の向上を図るものである。

本事業は審査時・事後評価時のコスタリカの国家開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と合致しており、妥当性は高い。ピリス水力発電所の主要な効果を示す指標は概ね目標を達成もしくは改善傾向にある。また、水力発電をベースロードとするコスタリカにおいて、本事業は水力発電能力を強化するばかりでなく、実施機関の別事業として整備されたパリターリンドラ間送電線（230kV、118km）を通じ、国家電力システム（全国系統）に接続することにより、同国の安定的電力供給能力の向上、将来の需給ギャップの解消に貢献しており、効果の発現状況は良好と評価できる。その他、植林活動やアクセス道路の整備に伴う効果等、正のインパクトも確認でき、有効性・インパクトの達成度合いは高い。なお、事業費、事業期間とも計画値を大幅に上回ったため、効率性は低い。本事業によって発現した効果の持続性については、運営・維持管理主体の体制、技術、財務について問題はなく、持続性は高い。

以上より、本プロジェクトの評価は高い。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

運営維持管理状況で記載している設備の不具合について、確実に維持管理プログラムどおりに実施することが望まれる。特に導水設備のバルブについては、導水トンネ

ルを空洞にする必要が生じる可能性があり、修理の時期を見極める必要があるとのことであった。これは一時的にピリス水力発電所の稼働を停止することを意味するため、ICELEC の経営陣は、対応策を検討した上で早いうちに修理計画に組み込み、修理を実施することが望まれる。

4.2.2 JICA への提言

特になし。

4.3 教訓

詳細設計時における地質調査の精度の改善

本事業では、1992 年の F/S を含めると、地質調査は少なくとも 3 回実施された。1992 年の F/S の地質調査は時間の制約があり不十分であったことから、より詳細な地質調査が必要であるとの勧告がなされ、その後、ICE による追加調査、再度の F/S 等を経て、円借款が締結された。しかし、工事開始後、建設地の地質に問題があることが判明し、ダム設計変更が必要となるなど、アウトプット、事業費、事業期間に大きく影響した。ICE も自らの教訓として、地質調査をより詳細に実施すべきであったことを挙げているとおり、詳細設計の段階で、ボーリングを行う範囲・数量・間隔・深さの観点からより精度の高い地質調査を実施することにより、ダム設計変更を最低限に留め、より効率的な事業実施につなげられる可能性があると思われる。

以上

主要計画／実績比較

項目	計 画	実 績
① アウトプット 【土木工事】		
1. 準備工事		
a. 工事用アクセス道路	70km	145km
b. キャンプ	3カ所	4カ所
c. 採石場	6カ所	計画通り
2. RCCダム	有効貯水量 30 百万 m ³ 面積：1.14km ² ダム高：113m 堤頂長：270m	有効貯水量 36 百万 m ³ 面積：1.4km ² ダム高：計画通り 堤頂長：計画通り
3. 取水口	H:58m×L:9m×W:8m 流速：18m ³ /s	H:32m×L:7.1m×W:7.1m 流速：計画通り
4. ダム－発電所 導水トンネル	10.6km	10.5km
5. ペンストック・トンネル	1,170m	1,144m
6. 発電所	設備出力：128MW 発電量：561GWh L:50m×H:20m×W:30m	設備出力：138MW 発電量：503.65GWh L:43.8m×H:18.6m×W:22.3m
7. 放水路	262m 直径 3.3m	計画通り
【電気機械・設備】		
8. 発電機	76MVA、60Hz、720RPM、 W41×2	計画通り
9. タービン	64MW、830.7m、720RPM×2 (ペルトン水車)	69MW、830.7m、720RPM×2 計画通り
10. 主変圧器	13.8/230kV×3	計画通り
11. 開閉基盤	230kV×1	計画通り
12. 電力通信設備	ISDN 光ファイバリンク 無線システム	計画通り
【コンサルティング・サービス】	詳細設計補助、入札書類の レビュー、調達プロセス支 援、施工管理補助、プロジ ェクト管理に係わる補助	計画通り
② 期間	2001年4月～2007年7月 (76カ月)	2001年4月～2012年12月 (131カ月)
③ 事業費		
外貨	15,144百万円	36,326百万円
内貨	14,299百万円 (132百万米ドル)	42,729百万円 (415百万米ドル)
合計	29,443百万円	79,056百万円
うち円借款分	16,683百万円	16,402百万円
換算レート	1米ドル＝108.36円 (2000年11月現在)	1米ドル＝103.03円 (2001年4月～2011年平均) 出所：ICE

以 上

メキシコ

バハ・カリフォルニア州上下水道整備事業

外部評価者：アイ・シー・ネット株式会社 スズキ S. ヒロミ

0. 要旨

本事業はバハ・カリフォルニア州の3都市、メヒカリ、ティファナ、エンセナーダにおいて、上下水道関連インフラ整備を行うことにより、水質汚染問題の解消を図るものである。

本事業は審査時・事後評価時のメキシコ政府及びバハ・カリフォルニア州政府の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と合致しており、妥当性は高い。上下水道の運用・効果指標は、いずれも各都市で大きく改善しており、審査時の目標を達成、もしくは着実な改善傾向にある。なお、ティファナの下水道整備事業には、未完成のテコロテ・ラ・グロリア下水処理場が含まれているが、ティファナ上下水道公社（以下、CESPT という）は暫定的に自己資金で建設した小規模下水処理場で部分的に対応しており、下水道整備事業としての効果は発現している。さらに、河川の水質汚染の改善、住民の生活環境の改善、米国との環境問題の改善、メヒカリ市上下水道公社（以下、CESPM という）と CESPT（ティファナ）による下水の再利用などの効果も認められ、本事業の有効性・インパクトは高い¹。事業費は計画内に収まったが、テコロテ・ラ・グロリア下水処理場が未完成であるため事業期間が計画を大幅に上回っており、効率性は中程度である。全都市の上下水道公社とも財務面で軽度の問題があり、エンセナーダ上下水道公社（以下、CESPE という）では運営・維持管理の技術面でも軽度の問題があるため、持続性は中程度である。

以上より、本プロジェクトの評価は高い。

1. 案件の概要



案件位置図



モンテ・デ・ロス・オリボス下水処理場
(ティファナ)

¹ 本事後評価の方針として、各都市における事業効果の発現状況を確認しながらも総合的な効果の発現状況を確認することとした。

1.1 事業の背景²

バハ・カリフォルニア州はメキシコ北西部に位置し、米国と国境を接する州である。審査時の本事業対象3都市（メヒカリ、ティファナ、エンセナーダ）は国境工業化プログラムの指定都市であったことから、海外直接投資が多く、目覚ましい経済発展を遂げていた。国内から職を求めて移住する者が多く、失業率は全国平均3.3%に比べて2.2%と低かった³。メキシコ政府は、米国との間で人々の往来が多く、経済面でも重要な役割を果たしていたバハ・カリフォルニア州を重要視していた。

一方、同州では、生活インフラの整備が遅れており、国家水利委員会（以下、CONAGUA という）の国家水インフラ整備プログラムの中でも特に上下水道整備は優先順位が高かった。また、同州の水環境問題は米国との二国間首脳会議で取り上げられるほど深刻化しており、早急に解決を図る必要があった。さらに、1990年代後半の対バハ・カリフォルニア州海外直接投資の約4割（581百万米ドル）を日本が占めており、日系企業の雇用従業員数も進出企業全体の約4割（1万4,000人）と最も多く、日本にとってもバハ・カリフォルニア州の生活環境改善は重要な意味を持っていた。このような背景のもと、メキシコ政府は日本政府に対し円借款の要請を行った。

1.2 事業概要

バハ・カリフォルニア州の3都市、メヒカリ、ティファナ、エンセナーダにおいて、上下水道関連インフラ整備を行うことにより、河川の水質汚染の解消を図り、もって3都市住民の生活環境の改善及び米国との環境問題改善に寄与する。



出所：INEGI。

図1 事業配置図

円借款承諾額／実行額	22,148百万円／22,053百万円
交換公文締結／借款契約調印	2000年3月／2000年3月
借款契約条件	金利：2.5%（本体下水道整備部分及びコンサルティングサービス：1.8%）、返済：25年（うち据置7年）

² JICA 審査時資料、プレスリリースを基に作成。

³ JICA 審査時資料、メキシコ国立統計地理情報院（以下、INEGI という）。

	一般アンタイト
借入人／実施機関	メキシコ公共事業開発銀行（Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S.N.C. / BANOBRAS）／メヒカリ市上下水道公社（Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali, CESPM）、ティフィアナ市上下水道公社（Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana, CESPT）、エンセナーダ市上下水道公社（Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada, CESPE）
貸付完了	2009年7月
本体契約 （契約金額 10 億円以上）	Arca del Pacífico, S. de R.L. de C.V. y Asociados（メキシコ）、Constructora Cadena, S.A. de C.V. Y Asociados（メキシコ）、Alepo Construcciones, S.A. de C.V., Asociación en Participación（メキシコ）、Grupo Construcciones Planificadas, S.A.（メキシコ）、Degremont, S.A. de C.V. y Asociados（メキシコ）、Earth Tech México, S.A. de C.V.（メキシコ）、Constructora Makro, S.A. de C.V., A en P.（メキシコ）、Fypasa, Cotrisa y Construplan, S.A. de C.V.（メキシコ）
コンサルタント契約	日本上下水道設計（日本） / Black & Veatch International（アメリカ合衆国）（JV）
関連調査（フェイジビリティ・スタディ：F/S）等	F/S：バハ・カリフォルニア州政府実施（1997年） バハ・カリフォルニア州上下水道整備事業に係る案件形成促進調査（1998年）
関連事業	<p>【円借款事業】</p> <p>「モンテレイ上下水道事業」（L/A 調印 1992年） メキシコ首都圏下水道整備事業（L/A 調印 1997年）</p> <p>【技術協力事業】</p> <p>「水質基準策定能力強化プロジェクト」（2008年～2010年実施）</p> <p>【その他国際機関、援助機関】</p> <p>北米開発銀行（North American Development Bank：NADBANK）「下水処理システム改善事業」（1997年）</p>

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

スズキ S. ヒロミ (アイ・シー・ネット株式会社)

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：2013年9月～2015年1月

現地調査：2013年11月30日～12月16日、2014年4月24日～5月11日

3. 評価結果 (レーティング：B⁴)

3.1 妥当性 (レーティング：③⁵)

3.1.1 開発政策との整合性

3.1.1.1 事業審査時の開発政策

事業審査時、「国家開発計画 (1995年～2000年)」⁶に基づき、上水道セクターでは「国家水利用プログラム (2001年～2006年)」が策定された。同プログラムは、水資源と水利用⁷の持続的開発を図るため、水利用の規制緩和や効率化を促進し、排水流域の汚染物質を除去することを目標としていた⁸。

バハ・カリフォルニア州政府は、国家開発計画を基に「バハ・カリフォルニア州開発計画 (1996年～2001年)」を策定し、住民の生活環境改善を目的として、社会インフラ整備、保健衛生状況など、合計11の目標を掲げた。中でも上下水道整備は生活環境改善のための重点分野と位置付けられていた。本事業はその基礎をなすものであった。

3.1.1.2 事後評価時の開発政策⁹

事後評価時の「国家開発計画 (2013年～2018年)」では、「平等な社会の実現」、「生産性の向上」などに重点が置かれ、上水道セクターでは持続可能な水資源開発を進めつつ、基礎インフラへのアクセスとサービスを向上させるという方針が示されている。「国家水利用プログラム (2014年～2019年)」でも、「水資源の安全性と持続性の確保」

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」。

⁶ 都市・地域の特色を生かした経済活動の促進と、環境との調和を図りつつ人口過密地域の都市整備を行うという2つの目標を掲げていた。

⁷ 都市生活用・産業用・農業用。

⁸ これらの目標を達成するために、具体的に10の対応策が設定された。中でも特に重要視されていた対策として、インフラ整備及びその維持管理に対する投資促進、効率的な事業運営が挙げられる。

⁹ 2014年4月時点で、「バハ・カリフォルニア州水利用プログラム (2014年～2019年)」が公表されていない。したがって、本事業と州レベルの開発政策との整合性の確認について、本事後評価では「バハ・カリフォルニア州開発計画 (2008年～2013年)」及び「バハ・カリフォルニア州水利用プログラム (2008～2013年)」に基づき確認することとした。

が目標に掲げられ、「上下水道サービスの向上とアクセスの強化」が重点 6 項目の 1 つとして位置付けられている。

バハ・カリフォルニア州開発計画（2008 年～2013 年）では、引き続き上下水道の整備、水の再利用や水資源管理を重点的に進めることが示されている。特に水資源は米国とメキシコの共有資源であり、その利用・排水・管理については二国間協定を考慮する必要がある点が強調されている。州開発計画の目標を達成するための具体的なプログラム「バハ・カリフォルニア州水利用プログラム（2008 年～2013 年）」では、①上下水道サービスエリアの拡大とサービスの質の改善、水の再利用の推進、②新たな水資源の開発、③政府・市民・企業などの社会参加型の水資源管理と米国との協力体制の強化、④上下水道事業の技術、経営、財政などの強化、の 4 つの戦略が掲げられている。これらはいずれも本事業との関連性が高い。

以上のとおり、事業審査時、事後評価時とも、国家・州の開発政策では上下水道インフラ整備を通じた水環境、生活環境の改善が重視されている。事後評価時のバハ・カリフォルニア州水利用プログラムでは、水環境分野で米国との協力体制を強化することも開発目標とされており、本事業との整合性が認められる。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

3.1.2.1 事業審査時の開発ニーズ

本事業の対象 3 都市は、メキシコの中でも急速に経済成長している都市であり（「1.1 事業の背景」参照）、雇用を求めて他州から人々が移住してくるなど人口集中が顕著であった¹⁰。しかし、急激な人口増加に対し、上下水道設備の整備が追いつかず、審査時の水道普及率はメヒカリ 97%、ティファナ 88%、エンセナーダ 89%、下水道普及率はそれぞれ 89%、61%、71%にとどまっていた。設備の新設に加え、既存設備のリハビリ・拡張への投資も急務とされた。

バハ・カリフォルニア州と米国は約 226km の国境を接し、コロラド川、ニュー川、ティファナ川を共有している。審査時、同州の一部下水は未処理のままニュー川に垂れ流されており、これが米国サルトン湖へ流入して環境の悪化を招いていた。この汚染水の問題は二国間の外交問題にまで発展しており、バハ・カリフォルニア州政府は、同州住民の生活環境改善とともに、二国間問題の早期解決を目指し、本事業を緊急性の高い事業として位置付けた。

3.1.2.2 事後評価時の開発ニーズ

バハ・カリフォルニア州の年人口増加率は、2000 年に 4.3%を記録した後低下傾向にあり、2010 年のセンサスによれば、2000 年から 2005 年の年平均人口増加率は 2.7%、

¹⁰ 人口増加率は年平均 3.5%（1980 年～1990 年の全国平均は 1.9%）と急速に伸びており、増加傾向は続くものと予想されていた。

2006年から2010年は年平均2.2%¹¹と、事業審査時の予測3.5%を下回った。水道普及率はメヒカリ100%、ティファナ99%、エンセナーダ99%といずれの都市も大幅に改善しているが、下水道普及率はそれぞれ95%、89%、93%と、引き続き整備が必要である。ティファナの下水道普及率が他都市と比べて低いのは、CEPST下水処理区の人口が急速に増加しているためであり、下水道整備に対するニーズは依然として高い¹²。

他方、米国との間で外交問題にまで発展していたコロラド川、ニュー川、ティファナ川の水質は、二国間で結成した「国際境界と水に関する委員会（以下、IBWCという）」の協定と取り決めに基づいて実施された多数の事業によって大幅に改善した。事後評価時、これらの河川に放流されている処理水の水質は、国家基準¹³（NOM-001-SEMARNAT-1996）を満たしている。

以上のとおり、事後評価時においても、本事業対象3都市の上下水道の普及や水環境の改善に対する開発ニーズは高い。本事業のインパクトとして期待されていた米国との環境問題は、二国間の様々な努力により大幅に改善したが、今後、さらなる水質の改善が期待されている。

3.1.3 日本の援助政策との整合性¹⁴

事業審査時の日本の「政府開発援助に関する中期政策（1999年8月）」では、経済・社会インフラ整備への協力、人材育成や制度・政策などのソフト面での協力及び地球規模問題への取り組みを援助の基本方針としていた。特に対中南米地域支援では、自然環境の保全や経済成長に伴う環境負荷の増大への対応、地域間格差の是正のための基礎インフラ整備を重視していた。「海外経済協力業務実施方針」では、「経済・社会開発への支援」を重点分野の一つに挙げ、「日墨経済協力政策協議」では、「地域・貧

¹¹ 2005年～2010年の全国平均人口増加率は1.8%。

¹² ティファナは他州からの移住人口が増えていることや、ティファナと米国サン・ディエゴのとの国境は世界で最も出入国が多いとされたとおり、米国への入国を目的とした国内外からの浮動人口が増えていること、CESPTの下水処理区であるプラヤス・デ・ロサリート市の年平均人口増加率が4.5%（2005～2010年）と高いことなど複数の要因がある。同市はティファナで吸収しきれない人口の受け入れ先となっている。

¹³ 生活用水の国家基準（メキシコ公式規則）は厚生省 NOM-127-SSA1-1994 によって定められている。下水排出の水質基準に関する法律は、環境省 NOM-001-SEMARNAT-1996（沿岸域に下水を排出する場合の水質基準）、NOM-002-SEMARNAT-1996（都市下水管網に下水を排出する場合の水質基準）、NOM-003-SEMARNAT-1997（下水処理水を公共サービスで再利用する場合の水質基準）によって定められている。いずれも、浮遊物質、生物化学的酸素要求量、総窒素、総リンなど、合計17の汚染物質の最大許容限界を定めている（生物化学的酸素要求量、浮遊物質の詳細については脚注21及び27を参照）。下水処理場は、最低でも NOM-001-SEMARNAT-1996 を厳守しなければならない。処理水を公共サービスで再利用する場合は、さらに厳しい NOM-003-SEMARNAT-1997 を満たす必要がある。

¹⁴ 事業審査時には、「対メキシコ国別援助計画」や「国別業務実施方針」などのメキシコに特化した日本の援助政策はない。事後評価では日本の政府開発援助に関する基本方針である「政府開発援助に関する中期政策（1999年8月）」、この中期政策をふまえて定められた国際協力機構（JICA）の「海外経済協力業務実施方針」（1999年12月）、そして「日墨経済協力政策協議」（2001年11月）に基づき、本事業と日本の援助政策との整合性を確認することとした。

富の格差の是正」、「産業開発と地域振興」、「環境対策と自然環境保全」を重点分野として協力を行っていくことで合意していた。

このように、上下水道整備と水環境保全を目標としている本事業は、審査時の日本の援助方針と整合していた。

以上より、本事業の実施はメキシコの開発政策、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 有効性¹⁵（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）¹⁶

上下水道事業ともに、明確な運用・効果指標及び目標値の設定がなかったため、本事後評価では審査時における内部資料に基づき、以下のとおり指標を設定し、これらに基づき評価を行った。

3.2.1.1 運用指標

a. 上水道事業：内部資料に基づく、給水人口（新規給水人口¹⁷）と無収水率を運用指標とすることが想定されていたため、これらを基に評価を行うこととし、給水量、施設利用率（平均）¹⁸及び水質（濁度）を参考指標として加えた（添付資料1表A参照）。給水量は事後評価時に事業審査時よりも値が増加していることを確認し、施設利用率（平均）については事業開始前の2007年を上回り、運用開始後も増加傾向にあることを確認した。水質については国家基準を満たしているかを確認した。

給水人口について事業完成2年後の2010年における目標達成率は、メヒカリ96%、ティファナ133%であり、有効性が認められる。無収水率についてはメヒカリ、ティファナとも目標を達成した。参考指標として用いた指標については次のとおりである。①施設利用率：新設したソチミルコ浄水場では2008年の23%から2013年には44%、改修した第2浄水場では2008年の65%から2013年には72%に改善した。両浄水場とも事業完成後増加傾向にあった給水量と施設利用率は、2010年4月4日にバハ・カリフォルニア州で発生したマグニチュード7.2の地震による上水道インフラの破損及び稼働停止により一度落ち込んだものの、その後は増加傾向にある。なお、これらの浄水場2カ所は、2000年から2010年までの年平均人口増加率が3%台との予測¹⁹に基づき、事業完成後の施設利用率は60%～70%になると想定されていた。しかし、同時期

¹⁵ 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。

¹⁶ 本事業は3つの実施機関と多数のサブプロジェクトから構成されているため、運用効果指標に基づく各都市の効果発現状況を確認しながらも、総合的に評価を行うことを基本とした。また、「完成年」については各都市で異なるため、上水道・下水道別に全都市において事業が完了した年を「完成年」とした。従って、上水道事業の場合は2008年、下水道事業の場合は2010年とし、それぞれ2年後の2010年及び2012年を評価対象年とした。

¹⁷ 新規給水人口については、「メヒカリ20万人、ティファナ16万」との記載があるものの、指標の定義が不明確であったため、本事後評価では、基準年を1999年とし、完成時目標値＝基準年の給水人口＋上記新規給水人口とした。

¹⁸ 施設利用率(平均)＝(一日平均給水量)÷(施設能力)×100

¹⁹ 設計時のINEGIによる予測。

の年平均人口増加率の実績が 2%に留まったことをふまえると、ソチミルコ浄水場の施設利用率が 40%台、第 2 浄水場については 60%台であることは妥当と判断される。本事業で整備された浄水場を含むメヒカリ市内 3 カ所の浄水場は相互接続され、時間帯や季節によって、電力費など運用コストを節約することが可能なシステムになっており、効率的な稼働が行われている。②給水量：メヒカリの給水量は、2007 年以降、基準年 1999 年の値を下回っている。これは、市民・企業の節水意識が高まり、メヒカリのマキラドーラに属する工場が主に水を使わない生産プロセスを用いるようになり、全般的に水使用量が減ったためである。いずれも審査時には想定していなかったことであり、前述のとおり、人口増加率予測も過大だったこと、及び参考指標として扱っていることを考慮し、マイナスの評価とはしない。③水質は 2 都市とも厚生省の水質基準 (NOM-127-SSA1-1994) を満たしている。

b. 下水道事業：参考値として収集した下水処理量、下水処理人口については、いずれも着実に増加しており（添付資料 1 表 B 参照）、施設利用率（添付資料 2 参照）については、本事業で整備された下水処理場合計 10 カ所のうち、CESPE (エンセナーダ) のエル・サウサル下水処理場のみ、効率的な稼働の目安とされる 40%²⁰に達していない。これは、事業審査時に想定されていたエル・サウサル地域の開発が実施されず、人口が増加しなかったため、下水量が想定ほど増えなかったためである。CESPT (ティファナ) のモンテ・デ・ロス・オリボス下水処理場 (ティファナ) では、2011 年末から対象地域の下水排出量が低かったこと、さらには事後評価時において定期的な予防メンテナンス及び送風機の修理が行われたことにより、若干施設利用率が下がったが 40%を超えている。

審査時に想定されていたもう一つの指標である浮遊物質 (SS²¹、添付資料 2 参照) 削減率について、本事業の「審査時の値から 70%削減する」という目標に満たない処理場がメヒカリ内に 4 カ所ある。この目標値について CESPM (メヒカリ) と協議を行ったところ、これら 4 カ所の処理場が位置する地域は、メキシコ国立人口会議 (CONAPO) により都市部に分類されているが、実質は農村地域であり、そもそも SS 排出量が少ない。そのため、70%削減という目標は過大であったとのことであった。CONAGUA も同じ見解であったため、本事後評価では、より現実的な代替指標として国家基準を満たしているか否かで SS 削減率達成の評価を行うことにした。国家基準 NOM-001-SEMARNAT-1996 に照らせば、いずれの下水処理場も基準を満たしている。

以上より、上下水道事業ともに、運用指標は目標値を達成している、もしくは改善傾向にあり、水質についても国家水質基準を達成しており、運用状況に大きな問題はない。

²⁰ JICA 「運用・効果指標リファレンス」に基づく。

²¹ SS (Suspended Solids) は水中に懸濁している直径 2mm 以下の不溶解性の粒子物質のことを指す。水の濁りの原因となるほか、太陽光線の透過を妨げ、ひどい場合は魚類のえらを塞ぎ、窒息死させる危険がある (出所：環境省 HP)。

3.2.1.2 効果指標

a. 上水道事業：内部資料によれば、水道普及率が効果指標として想定されていたため、本事後評価では同指標に基づき評価を行った（添付資料 1 表 A 参照）。2008 年までに上水道インフラの大半が整備され、事業完成後 2 年目の 2010 年には各都市とも水道普及率が大きく改善した。メヒカリでは計画比 99.4%、ティファナは計画比 102%と目標を上回った。

b. 下水道事業：内部資料によれば、効果指標として下水道普及率が想定されていたため、同指標に基づき、評価を行った（添付資料 1 表 B 参照）。メヒカリでは事業完成 2 年後の 2012 年には 95.2%と基準値より 6 ポイント上昇した。ティファナ及びエンセナーダについても目標値を上回る大幅な改善が認められ、全体として目標値を達成した。処理済下水再利用量²²は、2010 年以降、特にメヒカリで大幅に増加しており、ティファナでも増加傾向にある。エンセナーダの処理済下水再利用量は 0.2 百万 m³/年で推移しており、他 2 都市と比べ少ない。後述するとおり、CESPE（エンセナーダ）の技術・財務面の問題から下水再利用の促進までは手が回っていないことが影響している。下水処理人口と下水処理量については 3 都市とも、着実に伸びており、本事業の効果は高いといえる。

本事業で新設または改修・拡張された各下水処理場の放流水の水質²³については、全て国家基準（NOM-001-SEMARNAT-1996）を満たしていることが確認できた（添付資料 3 参照）。事後評価時点で未完成のテコロテ・ラ・グロリア下水処理場（CESPT ティファナ管轄）で処理するはずだった下水は、CESPT（ティファナ）及び民間の不動産開発業者が建設・運営している 5 カ所の下水処理場で処理され²⁴、放流水の水質も全て国家基準を満たしている²⁵。CESPT（ティファナ）によれば、これらの下水処理場で、テコロテ・ラ・グロリア下水処理場の計画裨益人口の約 3 割、下水量の約 5 割がカバーされているということだった。残りの 5 割は、未処理のまま河川に放流されており、同処理場が未完成であることによる対象地域住民の生活環境や自然環境へのマイナスの影響はゼロではない。しかし、同処理場の処理能力は、本事業で整備された 9 カ所の合計処理能力 3,004 l/s の 4%に限られ、今後完成すれば、さらなる水質の改善と対象市民の生活環境改善が期待できる（テコロテ・ラ・グロリア下水処理場の現状に関する詳細については表 5 を参照）。

²² 実施機関が日常的にも使用している指標。本事後評価調査時に、定量的効果指標として活用可能であるため、実施機関と協議のうえ追加した。

²³ 審査時に効果指標として指定されていなかったが、下水処理場の効果を定量的に把握するために放流水の水質を確認することは基本であるため、実施機関と協議のうえ、効果指標としてとりあげた。

²⁴ CESPT 管轄の下水処理場は、ポルティコス・デ・サン・アントニオ、サンタ・フェ、バジェ・スル I 及びバジェ・スル II。民間の不動産開発業者が運営している下水処理場はビジャ・デ・セドロ。なお、CESPT 管轄の処理場は、2007 年から 2009 年にかけて、テコロテ・ラ・グロリアが完成するまでの暫定的な措置として、CESPT が別途整備したものであり本事業の対象外である。

²⁵ 国から認定された外部機関による 2014 年 4 月付の水質検査報告書。

以上、メヒカリとティファナでは上下水道事業とも効果が概ね発現している。ティファナのテコロテ・ラ・グロリア下水処理場が未完成だが、事業全体に占める同処理場の処理能力の割合は小さく、CESPT（ティファナ）は可能な限りの代替手段を講じておりその効果も認められる。エンセナーダでも下水道事業の効果が発現している。したがって、各都市の分析結果を踏まえ、本事業による効果は十分に発現しているものと判断する。

3.2.2 定性的効果

審査時に想定されていた定性的効果は、本事業のインパクトレベルの効果であるため、「3.3 インパクト」で統合して評価を行った。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

3.3.1.1 下水道事業による汚染物質削減

審査時、本事業実施により、メヒカリではニュー川とカリフォルニア湾、ティファナではティファナ川と太平洋への流出水の水質が改善すること（BOD 及び SS の削減）が期待されていた。事後評価時、CONAGUA から入手できたニュー川及びティファナ川のモニタリングポイント²⁶の水質データによれば、BOD²⁷放流汚濁負荷は、事業完成²⁸2年後の2012年にはいずれも目標を達成している。SS放流汚濁負荷については、ティファナ川では目標を達成しているが、ニュー川では達成していない。前述のとおり、そもそもニュー川のSS放流汚濁負荷はティファナ川の24,886 kg/日と比べ、事業開始当初から1,724 kg/日と低く、目標そのものが過大であったためである。2010年以降、いずれの河川もBOD、SS放流汚濁負荷は国家基準を満たしている。また、各都市の全下水処理能力のうち本事業が占める割合はメヒカリ8%、ティファナ3%と小さくなく、本事業によるインパクトが認められる。

²⁶ 各河川1箇所のみで、いずれのモニタリングも米国との国境の手前に位置する中継ポンプ場の放流地点で行っている。

²⁷ BOD（Biochemical Oxygen Demand）生物化学的酸素要求量とは、水中の有機汚濁物質を分解するために微生物が必要とする酸素の量。値が大きいほど水質汚濁は著しい（出所：環境庁 HP）。

²⁸ テコロテ・ラ・グロリアを除く全ての事業が完成した2010年を完成年とした。

表 1 ニュー川とティファナ川の水質

年	BOD 放流汚濁負荷 (kg/日)		SS 放流汚濁負荷 (kg/日)	
	ニュー川	ティファナ川	ニュー川	ティファナ川
2000	9,712	1,459	1,724	24,886
2010 完成完成年	3,971	2,276	2,094	26,827
2011 事業完成 1 年後	5,329	1,815	1,930	11,218
2012 事業完成後 2 年後	2,188	1,092	1,542	5,500
審査時の目標値	8,284	2,047	1,096	7,012
事業完成後 2 年後における 目標達成の有無	目標達成	目標達成	目標未達成	目標達成
国家基準	NOM001 達成	NOM001 達成	NOM001 達成	NOM001 達成

出所：目標値は JICA 審査時資料。実績値は全て CONAGUA。

3.3.1.2 3 都市住民の生活環境の改善

審査時、本事業実施により、地域住民の衛生・生活環境が改善されることが期待されていた。本事後評価では、これを検証するために受益者調査を実施した²⁹。表 2 のとおり、都市によって若干の差はあるものの、メヒカリ、ティファナでは本事業が住民の衛生環境改善にある程度貢献していることが確認できた。エンセナーダでは、本事業の借款契約締結が遅れたために事業対象外になった上水道について、住民からの不満の声が非常に多く、迅速な対応が求められていることが判明した。一方で、本事業対象の下水道についてはアクセスやサービス面での改善が認められた。なお、受益者調査結果からは 3 都市とも河川の水質の改善については事業の前後で大きな変化は確認できなかった。汚染物質の数値上の改善は明らかに目にみえる効果ではないことから、住民には認識しにくいと思われる。

²⁹ 受益者調査の詳細は次のとおり。実施期間：2014 年 1 月 21 日～31 日、4 月 27 日、5 月 1 日、4 日／受益者数：各都市地域住民 50 人合計 150 人（性別分布：女性 59%、男性 41%／年齢分布：30 代 25%、40 代 22%、50 代 21%、60 代 21%、その他 11%）／サンプリング方法：3 都市とも本事業裨益地域を対象にランダムサンプリングを行った。3 都市とも事業が広範囲に及び、且つ多数の事業を対象としているため、場合によっては実施機関との協議をもとに地域を選定し、その中でランダムサンプリングにより受益者を選定した。／質問内容：飲料・生活用水の水質（臭い、味）の変化、本事業との関わり、本事業に対する満足度、健康状態の変化、本事業がもたらした正負の変化（上水道料金の家計経済の負担の緩和など）、衛生環境改善や環境保全への意識の変化、事業建設中の汚染（排ガス、廃棄物処理、粉じん、濁水、騒音、振動）の有無など。なお、エンセナーダについては本事業による上水道整備は行われなかったが、上水道に関する一般的な意見を把握するために、他 2 都市と同様、上水道についても聞き取り調査をおこなった。

表 2 受益者調査結果

上水道事業	<p>【水道へのアクセス】</p> <p>3都市とも、全ての回答者が、事業前（3都市平均15年前）から家庭内もしくは居住敷地内に蛇口があり、すでに水道へのアクセスが確保されていると回答した。</p>
	<p>【水道の消費量と節水意識】</p> <p>水の消費量は、最も水源に近く水道料金が低いメヒカリが最も多く、38%が月平均21～40m³、34%が11～20m³消費すると回答した。ティファナでは節水意識が高いことから48%が11～20m³、36%が10 m³以下と回答した。なお、本事業の対象外であるが、エンセナーダについても水道の消費量が低く、事後評価時において確認したところ、その主な理由は深刻な水不足によるものであった。CESPE（エンセナーダ）は計画的な断水と、住民に対しさらなる節水を呼びかけ、エミリオ・ロペス・サモラダムからの取水を行うことで、水不足解消に向けた努力を行っていた。一世帯が支払う月平均水道料金（下水道料金含む）は、メヒカリ128ペソ、ティファナ110ペソ、エンセナーダ218ペソであった。</p>
下水道事業	<p>【水道サービス】</p> <p><u>水道水の水質・安全性</u>：事業前と受益者調査時（2014年1月、5月）を比較した場合、メヒカリでは92%が、ティファナでは90%が「改善した」、「非常に改善した」と回答しており、それぞれ8%と10%が「あまり改善していない」、「悪化した」と回答した。後者の理由としては、「塩素濃度等が高く臭いがする」、「配水管の維持管理が行き届いていない」、「浄水プロセスが不十分な時があり時折水道水が臭う」という3点が挙げられた。他方、本事業の対象外となったエンセナーダでは、60%が「改善した」、もしくは「非常に改善した」、40%が「あまり改善していない」、もしくは「悪化した」と回答しており、他2都市と明らかな差がみられる。その理由としては、「配水管や貯水タンクの維持管理が不十分であるため水道水が濁っている」、「塩素濃度等が高く臭いがする」であった。</p> <p>① <u>事業前後の上下水道公社の水道サービス全般に関する意見</u>：メヒカリとティファナでは、それぞれ91%と96%が、事業前後で比較し、現在は上下水道公社のサービスに「非常に満足している」、「満足している」と回答し、その理由として、水質・水圧・断水の減少、維持管理状況の改善を挙げており、ティファナでは、33%が「水汲みの時間が無くなったことで時間の節約になった」と回答した。メヒカリでは9%が、ティファナでは4%の受益者が「さらなる水質の改善を期待する」と回答している。他方、本事業の対象外となったエンセナーダの上水道については、CESPE（エンセナーダ）のサービスに「満足している」と回答したのは60%、「不満である」は40%であった。不満の理由としては、水質・水圧・施設全般の維持管理に問題があると回答している。</p> <p>② <u>健康への影響</u>：事業審査時から、飲料水には主にガラフォン（18～20リットルの浄化水タンク）もしくはペットボトルの水が利用されていたため、水に由来するような病気は少なく、事業前後で大きな変化はない、というのがメヒカリとティファナでの共通した回答（それぞれ96%、91%）であった。エンセナーダについては76%が同様の回答をしたが、11%が「以前は下痢や皮膚病の問題があったが、今は全くない」と回答した。</p>
	<p>【下水道へのアクセス】</p> <p>事業の前後で公共下水道網への接続が改善した（新たに接続できた、もしくはすでに接続していたが老朽化していた設備を更新してもらえた）と回答した受益者は、メヒカリ100%、ティファナ74%、エンセナーダ92%であった。メヒカリ及びエンセナーダでは全ての回答者が平均16年から17年前から公共下水網に接続していると回答した。他方、ティファナでは74%の回答者が平均6年前から徐々に接続可能となったと回答している。ティファナの場合は、プラヤス・デ・ロサリートも含まれるため3都市の中でも人口増加率が高く、他2都市と比べると遅れが生じている。</p>

【下水道サービス】

- ① 事業前後の上下水道公社の下水道サービス全般に関する意見：事業前後で比較した際、上下水道公社のサービスに対し、現在は「満足している」と回答したのは、メヒカリ44%、ティファナ72%、エンセナーダ66%であった。特にメヒカリで満足している人の割合が低かった理由は、「雨水の排水設備が不十分であるため、雨季の浸水問題が深刻」（評価者注：雨水の排水整備は上下水道公社の管轄外である）、「下水道網を拡大する必要がある」、「河川の水質等環境対策にもっと力を入れるべき」といった点である。他方、ティファナとエンセナーダで満足している人の割合が比較的高い理由は、「下水道事業により衛生環境が大きく改善した」、「水の再利用に力を入れている」という点である。
- ② 下水管網の維持管理状況に関する意見：「下水網の維持管理が不十分であり、点検の頻度を増やすべき」と回答したのはメヒカリ76%、ティファナ50%、エンセナーダ73%であった。今後各上下水道公社が最も取り組むべき活動の一つとしても、「下水管網の維持管理（巡回の頻度を増やし、定期的な保守点検や補修等の維持管理を徹底する）」であるというのが3都市での共通した意見であった。
- ③ 河川など水源の水質の変化：濁度、臭い、浮遊物、自然環境への影響、の4点について、事業審査時と受益者調査時で比較してもらったところ、メヒカリとティファナでは、「大きな改善はないが、悪化はしてはいない」という回答が全体の7割と多かった。エンセナーダでは、ゴミなどの浮遊物について「悪化した」との回答があったが、これは全市民の意識の問題であると、受益者自らが指摘した。
- ④ 水道の適切な利用に関する意識：「油や可燃物を直接下水に流さない」、「洗剤の使用は必要最低限に留める」、「家庭内で水の再利用を積極的に行う」など、受益者各自ができる下水道の適切な利用について質問したところ、実際これらの対策を5年以内に実施し始めた受益者はメヒカリでは87%、ティファナでは93%、エンセナーダでは91%といずれも高かった。また、米国に出稼ぎ経験がある受益者については、「米国での生活の中で水資源の扱いの重要性を体験したことにより、帰国してからもそれらの対策を心がけている」という米国と隣接する都市ならではの回答もあった。

3.3.1.3 メキシコと米国間の環境問題改善

前述のとおり、事業審査時、米国との首脳会談でも取り上げられるほどの外交問題となっていた水質汚染については、IBWC など様々な機関の努力により、両国を貫流するニュー川とティファナ川の水質が改善された。事後評価時において、水質問題は二カ国の外交問題ではなくなっている。

ニュー川には、メヒカリ市の下水処理場で処理されている水の23%が放流されているが、ニュー川のモニタリングポイントにおける水質は国家基準NOM-001-SEMARNAT-1996を満たしている。ティファナ川については、事業審査時には未処理で放流されていた下水が、事後評価時には、本事業で整備されたラ・モリタとモンテ・デ・ロス・オリボス下水処理場を含む各下水処理場で処理された後、IBWCポンプ場に集められ、太平洋に放流されている。処理水は全てNOM-001-SEMARNAT-1996を満たしており、当該河川の水質は大幅に改善した。CESPT（ティファナ）はティファナ川流域環境改善への貢献が認められ、2013年12月に米国カリフォルニア水管理委員会から表彰された。本事業の実施によって、二国間問題の改善という正のインパクトが確認された。

3.3.2 その他、正負のインパクト

3.3.2.1 自然環境へのインパクト

事業実施中の環境インパクト緩和策及びモニタリングは「バハ・カリフォルニア州公共事業及び資機材・サービスの公共調達に関する法律（1998年7月7日）」を厳守し実施された。結果は表3に示すとおり³⁰。

表3 事業実施中の環境インパクト緩和策の内容及びモニタリング結果

	モニタリング内容・対策
排ガス	全契約会社に対し、工事用車両の定期的な維持管理を徹底させ、ガソリンや油の漏れ及び排ガスを防ぐことに努めた。各市の道路交通局の協力を得て、必要な交通整理、迂回路情報を市民に提供し、工事による渋滞を防ぐことにより、間接的な排ガスも最小限に抑えた。
廃棄物処理	作業員に対し、廃棄物処理の研修を事前に行った。各市政府指定の廃棄物収集場に集めた上で種類別に適切な処理を行った。リサイクル可能な廃棄物については特定の民間業者に委託しリサイクルを推進した。汚泥については各市政府指定区域における天日乾燥による処理が行われた。
粉じん	給水車による水撒きを最低でも1日2回実施し、粉じんを抑えた。
濁水	工事に発生する廃水量を最低限に保つために、バイオ仮設トイレを作業員20人に1個導入した。工事車両や機材の清掃・洗浄は外部に委託した。
騒音	騒音が問題となる重機の使用は6時間/日とした。エンジン用消音器の使用を推奨し、作業員については工事現場用耳栓を使うよう指示した。なお、実施機関やコンサルタントへの聞き取調査、及び受益者調査からも、周辺住民や作業員の健康被害や苦情は特に生じていない。
振動	重機についてはエンジン用消音器を使用し、周辺住民への影響を最低限に抑えられるような時間帯で作業を進めるようにした。上記「騒音」同様、実施機関やコンサルタントへの聞き取調査、及び受益者調査からも、周辺住民や作業員の健康被害や苦情は特に生じていない。

³⁰ 審査時、ティファナの下水道事業には、周辺住民への騒音、悪臭等による影響が特に懸念されていた「ロサリート下水処理場」の新設が含まれていたが、CESPTが別事業として実施したことにより、本事業の業対象外となった。なお、下水処理場による環境問題（騒音、振動、悪臭、汚泥処理等）については、メヒカリ及びエンセナーダでは生じていない。ティファナについても、本事業で建設された処理場2カ所については問題はない。しかし、テコロテ・ラ・グロリア下水処理場が未完成であるため、同処理場が処理する予定であった下水の処理を暫定的に行っている処理場の内住宅外に位置する3カ所については視察の際にも悪臭問題が認められた。CESPT（ティファナ）は、住民に対し、暫定的な対策であるという説明を行い理解を得ている。

最も重要な自然環境への正のインパクトは、水の再利用である。全上下水道公社とも下水の再利用に力を注いでおり、中でも特筆すべきは、CESPM（メヒカリ）の「ラス・アレニータス下水処理場（詳細はコラムを参照）」と、CESPT（ティファナ）の「むらさきプロジェクト」である。同プロジェクトでは、再利用可能な水の配管を紫で記し、公園など公共の緑地の水やりに処理水を使用している³¹。本事業で新設されたティファナのモンテ・デ・ロス・オリボス下水処理場内には水資源再利用研究センターが開設され、小規模ながらも、水の再利用に関する共同研究をバハ・カリフォルニア州立大学と行っている³²。他方、ラ・モリタ下水処理場では、水の再利用により、植林用の林木を年間 75 万本育てており、植林活動に役立てている。また、バハ・カリフォルニア州の地場産業であるワイン産業での活用を視野に入れ、同じくティファナのラ・モリタ下水処理場では、民間企業との共同研究の一環としてブドウ畑を造り、水の再利用の可能性を探っている。このように、各上下水道公社が自己資金で、本事業で整備された下水処理場に教育や研究機関としての機能や、水を積極的に再利用するための機能を追加し、環境へのプラスのインパクトをさらに高めることに成功した。



図 2 CESPT（ティファナ）むらさきプロジェクト：ラ・モリタ下水処理場敷地内の苗木栽培ハウス

³¹ CESPT は「むらさきプロジェクト」のウェブサイトも立ち上げ、周知を図っている（スペイン語のみ：<http://www.cuidoelagua.org/empapate/usoeficiente/lineamorada1.html>）

³² CESPT はラ・モリタ下水処理場における水のリサイクル及びリユースへの貢献が認められ、メキシコ上下水道協会（ANEAS）が授与している「2014 年度上水及び下水整備における革新的プロセス賞（PISAPyS）」を受賞した。

コラム：CESPM（メヒカリ）ラス・アレニータス下水処理場

本事業で整備し、CESPM（メヒカリ）が運営・維持管理を行っているメヒカリのラス・アレニータス下水処理場周辺では、自然環境へ正のインパクトが確認されており、国際的にもベスト・プラクティスとして注目されている。

同下水処理場はメヒカリ市の約 23km 南方に位置し、2007 年 3 月に運営を開始した。メヒカリ市の下水の約 5 割を処理しており（下水処理能力は 840 l/s）、受益者は約 40 万人と推定される。

CESPM（メヒカリ）は、NOM-003-SEMARNAT-1997 の順守及び周辺地域の自然環境改善を目標とし、2008 年から水質浄化能力を持つホタルイなどの水生植物を植え、約 100ha の人工湿地帯を造成した。同湿地帯は、水質を改善するだけでなく生物多様性の向上に貢献しており、本事業実施前は硫黄が多く荒地と化していた土地に、事後評価時点では絶滅危惧種のアニキナを含む約 130 種の野鳥、コヨーテやイグアナなどが生息している。CESPM（メヒカリ）は、さらに自然環境保護地区（120ha の緑化を含む）及び自然環境教育施設を含む「ラス・アレニータス複合施設」としての整備を目指している。



図 3 空からみたラス・アレニータス下水処理場と湿地帯（CESPM 提供）



図 4 湿地帯のホタルイと野鳥
（野鳥の写真のみ CESPM 提供）

ラス・アレニータス下水処理場が位置する地域は図 3 でも明らかなように、荒地化しているが、本事業が実施され、その放流水を活用することで湿地帯を造り出すことが可能になった。ラス・アレニータス湿地帯は本事業なくしては成り立たなかったといえる。また、完成後、CESPM（メヒカリ）をはじめとする、「国境環境協力委員会（以下、COCEF という）」、米国魚類野生生物局、環境省、CONAGUA、ソノラン・インスティテュート、プロナチュラなどの NGO の努力と協力により、本事業の自然環境への正のインパクトがさらに高まったことは間違いない。ラス・アレニータス湿地帯はこれまでも高い評価を得ており、ドキュメンタリーも多数作成されている³³。

³³ 例えば、Hooper Cynthia (2012) *Humedales Artificiales: Three Transnational Wetlands*. ARID: A Journal of Desert Art, Design and Ecology や、Redford Center “Watersheds: Exploring a New Water Ethic for the New West”がある。

3.3.2.2 住民移転・用地取得

本事業実施による用地取得は表4に示すとおりである。用地取得予定地は未開発地域であったため居住者はなく、いずれの都市でも住民移転は発生していない。バハ・カリフォルニア州政府は、法律上、公益性・公共性が十分に認められる事業では用地取得が可能であり、本事業でも用地取得は適切に行われた。

表4 本事業による用地取得の詳細

	詳細
メヒカリ	【計画】面積：377.5ha／費用：30,621 百万ペソ
	【実績】面積：654.18ha（区画数：15カ所）／費用：計画どおり。 <ul style="list-style-type: none"> 所有者：個人、メヒカリ郡政府、農民共同体（エヒード）。全ての用地が荒地であったため生産活動や居住地としては使用されていなかった。 取得プロセス：バハ・カリフォルニア州民法に基づき、いずれの用地取得プロセスも大きな問題なく完成した。プロセスは、①バハ・カリフォルニア州土地査定委員会が調査を行い、取得対象用地の最高価格を決定する、②公証人立会のもと、土地所有者との協議を行い、最終価格が決定される（価格は上記最高価格を超えてはならない）、③取得用地を公共財産及び商業登録所に登録する一であった。
トリアーナ	【計画】面積：約16ha／費用：30,624 百万ペソ
	【実績】面積：1,227.5ha（区画数：23カ所）／費用：51,439 百万ペソ <ul style="list-style-type: none"> 所有者：個人またはエヒード共有地、合計216人。 取得プロセス：メヒカリと同様のプロセスで行われた。取得対象用地は荒地であり、生産活動には使用されていなかった。 土地使用許可取得プロセス：居住している敷地内に下水管を通すための土地使用許可取得については、バハ・カリフォルニア州水道サービスに関する法律に基づき、対象居住者に対し当該事業の効果等の説明会を行い、補償内容について協議を行った。補償内容は、①金銭の支払い、②工事完成後の土地の原状回復、③下水道管を通す代わりに、居住者宅の排水管をその下水に接続してもよいという許可の付与であった。1世帯についてのみ協議が長引いたが、排水管の位置を変更することで合意し問題は解決した。

3.3.2.3 その他正負のインパクト

いずれの上下水道公社も、下水道の仕組み、役割、水の再利用に関する意識向上活動を実施している。たとえば、本事業で建設されたモンテ・デ・ロス・オリボス下水処理場（ティファナ）では、CESPT（ティファナ）が自己負担により下水処理プロセスを子どもが体感できる施設を併設し、小中学生を対象にした見学会を定期的に行っている。企業向けには、飲食店や市場をCESPT（ティファナ）のプロモーターが回り、下水管の維持管理に関する啓蒙活動「油をつかまえるプログラム」³⁴を実施している。CESPM（メヒカリ）では、企業に対し、廃水の処理設備や処理方法に関するア

³⁴ 油の流出を防ぐグリーストラップの使用方法を説明するもの。

ドバイスを行う「工業・商業廃水監視プログラム」を州環境保護局との合同プログラムとして2010年に導入した。本事業によって下水道インフラが整備されたからこそ新たに可能になった、あるいは強化されたプログラムである。

以上より、本事業の実施により、概ね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 効率性（レーティング：②）

3.4.1 アウトプット

都市別アウトプットの主な変更は以下のとおり（詳細は添付資料の「主要計画／実績比較」を参照）。メヒカリ市では、効率化のため浄水場や下水処理場が統合され、本事業で改修すべき浄水場数や下水処理場数が減少した。ティファナ市では、CESPT（ティファナ）の管轄内のプラヤス・デ・ロサリートの人口増加率が上方修正されたことにより、配水管やメーター設置が若干計画を上回った。ただし、テコロテ・ラ・グロリア下水処理場については、表5に示すとおり、2012年からコントラクターとの訴訟問題が続いており、事後評価時においても未完成である。エンセナーダ市については、審査時予定されていた上水事業をCESPE（エンセナーダ）が早期に自己資金で建設することを決定したため、全て下水事業に振り替えたことが最も大きな変更である。テコロテ・ラ・グロリア下水処理場を除き、これらの変更はいずれも各都市のニーズの変化に対応するためのものであり、妥当と考えられる。

表5 都市別アウトプットの主な変更とその理由

メヒカリ市（CESPM）	
上水道	<ul style="list-style-type: none"> 第1浄水場とエヒド・ヌエボレオン浄水場の改修：住民からの強い要請により、本事業開始前に自己資金で改修・拡張を行ったため、本事業からは除外された。 コロニア・プログレソ浄水場とコロニア・ナショナルスタ浄水場の改修：事業の効率性を考慮し、新設されたコロニア・ソチミルコ浄水場に統合し、コロニア・ソチミルコ浄水場の処理能力を1,100 l/s（計画比110%）に増加した。 貯水池建設：第1・第2浄水場に送水する未処理水を貯める本貯水池の審査時の貯水予定能力は15万 m³で、うち8万 m³を本事業で建設予定であった。しかし、緊急事態に備え、貯水能力を合計16万 m³に増加した上でその全てを本事業で建設することになった。また、貯水池で未処理水の浮遊物を沈殿させることにより、浄水場での負荷を削減する設計とした。 メーターの設置個数は、別事業で設置する予定であったメーターを本事業に含めたことにより必要個数が増加し、計画比227%となった。ただし、増加分はCESPM（メヒカリ）が自己資金で設置した。

下水道	<ul style="list-style-type: none"> 2000年にINEGIが人口増加予測を下方修正したことに伴い、本事業の下水処理場の処理能力を見直した。処理能力の計画比は、グアダルーペ・ヴィクトリア下水処理場は41%、エスタシオン・コアウィラ下水処理場は14%、ロス・アルゴドネス下水処理場は18%、シウダード・モレロス下水処理場は36%と、それぞれ大幅に下回った。これらの処理能力は少なくとも2025年（シウダード・モレロス下水処理場は2030年）まで安定した下水処理が可能な規模である³⁵。 ポンプ場の建設・改造：一部の下水処理場を郊外に新設し、放流先であるニュー川の水位以上に揚水するために審査時6基であったポンプ場を10基に変更した（計画比167%、うち1基については、サンタ・イサベル下水処理場がポンプ場に変更となったもの）。
エンセナーダ市（CESPE）	
上水道	<ul style="list-style-type: none"> 審査時の上水道事業は、ニーズが高く早急には実施する必要があった。本事業開始の遅延を受けて、予定していた上水道事業は全てCESPE（エンセナーダ）が別途自己資金で整備することにし、本事業では下水道事業を実施することにした。
下水道	<ul style="list-style-type: none"> 審査時の下水道コンポーネントは下水幹線の新設のみを予定していたが、エル・サウサル下水処理場の改修及び下水インフラ整備が遅れていたエンセナーダ北東部の下水幹線、枝線管網、ポンプ場の整備も追加した。
ティファアナ市（CESPT）	
上水道	<ul style="list-style-type: none"> 配水管の新設：CESPT（ティファアナ）の管轄内にあるプラヤス・デ・ロサリートの人増加率がINEGIにより上方修正されたことにより、想定より多くの設定を実施し、計画比103%となった。 ポンプ場の建設：ラサロカルデナス地区は岩石が多く急な勾配も多い地形であり、水を受益者に届けるまでにポンプで汲み上げていく必要があることから、ポンプ場を審査時の9基から1基追加した。 配水池の建設：ラサロカルデナス地区に建設予定であった配水池は、上記のポンプ場に変更した。エヒド・マタモロス地区については、既存のインフラで対応可能と判断され、本事業から除外となった。その他、マクロビオ・ロハス第3配水池、テコロテ第3地区の2カ所の配水池については、事業開始時に土地所有者が土地の売却を撤回し、協議に時間を要することを予測したCESPT（ティファアナ）は、これらの配水池を本事業から除外した。その後、マクロビオ・ロハス第3配水池は自己資金で建設し、テコロテ第3地区については、パンアメリカン配水池2カ所で、同地域の水道需要に対応できている。 メーターの設置：前述のとおり、プラヤス・デ・ロサリートの人増加率が上方修正されたことに伴い、必要個数が増加し、費用は計画比250%となったが、増加分はCESPT（ティファアナ）の自己資金で設置した。

³⁵ CESPM（メヒカリ）は、今後、下水処理量が増加した場合の対応策として、各処理場の能力を40 l/s増加することをすでに考慮しており、そのための土地も確保済みである。

- 下水本管の新設：対象地域の人口増加により、想定より多くの設置を実施し、計画比 110%と若干増加した。
- 下水処理場の新設：ラ・モリタ処理場は人口増加率が上方修正されたことに伴い、処理能力を審査時の計画より若干増強した。モンテ・デ・オリボス処理場とともに、今後のニーズ増加を見込んで、処理能力の増加も可能な設計とした。ロマス・デ・ロサリート処理場については、地域住民から早期建設への強い要請があり、本事業から除外し、CESPT（ティファアナ）の自己資金と中央政府からの借入で本事業開始前に建設を開始した。

- テコロテ・ラ・グロリア下水処理場：

【事後評価時の状況】コントラクターが 2010 年 5 月 18 日に資金不足を主な理由として工事を中断したことが、訴訟問題に発展し、事後評価時においても未解決であった。建設工事進捗率は約 21%である。構造部分の沈砂池と最終沈殿池、消毒施設用の建物は完成していたが、オキシデーショディッチ



図 5 未完成のテコロテ・ラ・グロリア下水処理場（事後評価時）

（酸化溝）は未完成で、現場踏査では、一部鉄筋がむき出し、侵食が進んでいることが確認された。また、一部の機材が設置されたまま放置され、ポンプ基は簡易なビニールカバーをかぶせたまま放置されていた。施設・機材が全て雨風にさらされている状況であった。これら機材の盗難を防ぐために、CESPT（ティファアナ）の警備要員が 2 人常駐しているものの、訴訟中は工事現場に手を加えることが禁止されている。今後工事が再開されたとしても、これらの機材がどこまで使用可能なのかは定かではない。CESPT（ティファアナ）によればオキシデーショディッチについては一部取り壊す必要も生じるであろうとのことであった。

【今後の対応】テコロテ・ラ・グロリア下水処理場の裨益地域では、今後、人口増加が予想され、既存の 5 つの下水処理場では対応不可能になることは明らかである。COCEF 及び CONAGUA の支持も得て、州政府は CESPT（ティファアナ）に対し早急に対応するよう明確な指示を出している。同処理場の今後について CESPT（ティファアナ）は、①既存の処理場を完成させる（訴訟問題が解決することが前提）、②処理能力 80 l/s の下水処理場を別途新設する一の 2 つのシナリオを想定しており、②の基本設計書も CONAGUA に提出済みである。いずれのシナリオでも、事業費の 5 割は「都市部上下水道整備プログラム（APAZU）」を通じ中央政府の出資となることが決定しており、残り 5 割は州政府、もしくは借入により賄う予定である。事後評価時において、CESPT（ティファアナ）はすでに貸付期限が 2016 年中旬までの NADBANK、COCEF 及び環境保護庁（EPA）からの融資を確保しており、テコロテ・ラ・グロリア下水処理場の建設は 2015 年度の建設投資プログラムに含まれていた。同プログラムでは遅くとも 2016 年までには同下水処理場が完成する予定である。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

総事業費の計画値は 36,914 百万円（外貨 11,180 百万円、内貨 109 百万米ドル）、うち、円借款対象は 22,148 百万円であった。実績値は事後評価時点で³⁶34,862 百万円（外貨 21,792 百万円、内貨 117 百万米ドル）計画比 94%であった。

表 6 総事業費の計画値と実績値^{注1}

項目	計画値			実績値			計画比	
	円借款 (百万円)	内貨 (百万 米ドル)	合計 (百万円)	円借款 (百万円)	内貨 (百万 米ドル)	合計 (百万円)		
1. 土木工事合計	18,654	68	27,860	17,960	84	27,353	98%	
a. 内貨円借款対象 小計 ^{注2}	9,135	-	-	-	-	-	-	
b. 外貨円借款対象 小計	9,519	-	-	17,960	-	-	-	
内販	メヒカリ小計	5,921		15,990	10,015	48	15,222	95%
	うち上水道	3,912	-	10,112	5,946	28	8,987	89%
	下水道	2,008		5,878	4,069	20	6,235	106%
	ティファナ小計	2,989		10,850	6,755	32	10,307	95%
	うち上水道	1,170	-	2,389	2,134	10	3,226	135%
	下水道	1,820		8,461	4,621	22	7,081	84%
	エンセナーダ小計	608		1,020	1,190	6	1,824	179%
	うち上水道	529	-	869	0	0	0	0
	下水道	80		151	1,190	6	1,824	1,208%
2. 予備費	1,037	3	1,393	0	0	0	-	
3. コンサルティング・サービス	2,457	0	2,457	3,832	0	3,832	156%	
4. 土地収用費	0	7	961	0	5	569	59%	
5. 税金	0	31	4,243	0	28	3,108	73%	
合計	22,148	109	36,914	21,792	117	34,862	94%	

出所：計画値は JICA 審査時資料。実績値は「パバ・カリフォルニア州水利委員会（以下、CEA という）。

計画値が替レート：1 ペソ=15.7 円、審査時が替レート：1 米ドル=8.6 ペソ（メキシコ中央銀行）、価格予備費：外貨部分 2.0%、内貨部分 10.0%、物的備費率：外貨、内貨ともに 5.0%、コスト積算基準時期：1998 年 5 月。

実績値が替レート：1 米ドル=110 円（実施機関との協議によりオアンダ（OANDA）の外国為替レート情報 2003 年 3 月～2010 年 1 月の平均を用いた）。

注 1：計画値は外貨、内貨、それぞれの円借款対象分に分類されていたが、実績値について、実施機関の分類は円借款及び内貨（百万ドル）のみの分類であったため、計画値の分類を実績値に合わせる結果となった。

注 2：計画値について、円借款対象分土木工事費の都市別の記載はない。

上記「アウトプット」の変更に伴い、各都市の事業費も審査時から変更になった。総事業費が計画内に収まった主な理由は、全ての契約が米ドルで締結され、米ドルの対円為替レートが下落したためである。都市別にみると、ティファナは計画内、メヒ

³⁶ 未完成のテコロテ・ラ・グロリア下水処理場について、CESPT は、上述のとおり 2 つのシナリオを想定している（詳細は表 5 参照）。事業費はそれぞれ、①1,068 百万円、②180 百万円であり、事業費が高いシナリオ①を本事業費の総事業費に含めたとしても計画比 97%と、計画内に収まる。

カリでは、上述のとおり審査時計画から浄水場を統合し、各下水処理場の規模を人口増加率にあわせて変更するなど、より費用対効果が高い計画に見直され、事業費も計画を大幅に下回った。エンセナーダはエル・サウサル下水処理場の改修、ポンプ場の整備などを追加したため、計画比 179%となった。なお、事業費は「アウトプット」の変更及び為替レートの影響を考慮すると妥当と判断される。

3.4.2.2 事業期間

審査時の事業期間は 2000 年 3 月から 2004 年 12 月（57 カ月）であった。実績は、2000 年 3 月から 2014 年 5 月（171 カ月）と、テコロテ・ラ・グロリア下水処理場が未完成であるため、事後評価時点（2014 年 5 月）で計画比 300%になった。

表 7 事業期間：計画と実績

行程	計画（審査時）	実績	計画比
L/A 調印	2000 年 3 月	2000 年 3 月	—
コンサルティングサービス	2000 年 3 月～2004 年 12 月 57 カ月	2001 年 6 月～2010 年 1 月 104 カ月	182%
総事業期間	2000 年 3 月～2004 年 12 月 57 カ月	2000 年 3 月～2014 年 5 月 ^注 171 カ月	300%
メヒカリ			
入札手続き	2000 年 6 月～2001 年 3 月 9 カ月	2000 年 11 月～2003 年 3 月 29 カ月	322%
上水道網整備	2001 年 1 月～2003 年 9 月 33 カ月	2002 年 9 月～2006 年 3 月 43 カ月	130%
下水道網整備	2001 年 1 月～2004 年 12 月 48 カ月	2002 年 10 月～2006 年 12 月 57 カ月	119%
浄水場	2001 年 4 月～2003 年 12 月 21 カ月	2003 年 12 月～2007 年 9 月 46 カ月	219%
下水処理場	2001 年 4 月～2003 年 12 月 21 カ月	2004 年 4 月～2008 年 2 月 47 カ月	224%
ティファナ			
入札手続き	2000 年 6 月～2001 年 3 月 9 カ月	2000 年 11 月～2004 年 10 月 48 カ月	533%
上水道網整備	2001 年 1 月～2003 年 9 月 33 カ月	2002 年 11 月～2008 年 5 月 67 カ月	203%
下水道網整備	2001 年 1 月～2003 年 9 月 33 カ月	2003 年 9 月～2010 年 10 月 70 カ月	212%
下水処理場 ^注	2001 年 4 月～2002 年 12 月 21 カ月	2005 年 11 月～2014 年 5 月時点で未完成 (テコロテ・ラ・グロリア以外は 2010 年 10 月に完成) 103 カ月	490%
エンセナーダ			
入札手続き	2000 年 6 月～2000 年 12 月 6 カ月	2000 年 11 月～2003 年 12 月 38 カ月	633%
下水道網整備等	2001 年 1 月～2002 年 12 月 24 カ月	2004 年 7 月～2008 年 3 月 45 カ月	188%

注：テコロテ・ラ・グロリア下水処理場が未完成のため、事業期間の実績は事後評価時（2014 年 5 月）で算出。

主な遅延理由は以下のとおりである。

a. コンサルタントの選定に時間を要し³⁷、事業開始が遅延した。事業開始時期が遅れるにつれ、多数のコンポーネントについて住民からの整備要請が高まり、上述のとおり、各実施機関はそれらを自己資金で整備したため、本事業は別のコンポーネントを整備することになった。

b. テコロテ・ラ・グロリア下水処理場、ラ・モリタ下水処理場、モンテ・デ・ロス・オリボス下水処理場を含む「ティファナ入札パッケージ 7」に大幅な遅延が生じた。同パッケージのコントラクターは、詳細設計の開始時における大幅な遅れ、その後生じた設計変更、労働力確保の困難さなどを理由に同パッケージの工期延長を3回繰り返した上、2010年5月には資金不足を主な理由とし、作業員及び重機を撤退させ工事を放棄した。CESPT（ティファナ）は再三にわたり工事再開要請を行ったが進展がなかったため、2012年4月に同社との契約を解消した。その後、本件は地方裁判所・連邦財政行政司法裁判所での争いに発展し、事後評価時も訴訟問題が続いている。メヒカリ市とティファナ市（プラヤス・デ・ロサリート市を含む）については、INEGIが人口予測をそれぞれ下方修正、上方修正したことにより、詳細設計を修正する必要が生じた。

c. ティファナ市の下水道網整備の入札価格が予定価格を大幅に超過したため、再入札を行う必要が生じた。

d. 2005年のハリケーン・カトリナにより、米国から輸入予定の資材の納品が遅れ、メヒカリ市、ティファナ市の上下水道網整備工事を中断した。

上記のとおり、本事業の事業期間が計画比 300%となった主な要因は、具体的にテコロテ・ラ・グロリア下水処理場が未完成であることに起因しており、結果的に事業全体の効率性の低下に繋がっている。同下水処理場が訴訟（2012年4月、訴訟に発展）により未完成であることは、実施機関とコントラクターの間で早急に解決すべき問題である。

本事業は複数サブプロジェクトが複数市にまたがる構造となっている。テコロテ・ラ・グロリア下水処理場が含まれていた入札パッケージについては、2007年にJICA現地事務所が実施した現地視察の結果、テコロテ・ラ・グロリアについては着工後の進捗スピードを注視する必要がある、工事進捗率が低いとされていた。円借款事業において、事業の進捗は一義的には実施機関が事業主体であり、コンサルタントが案件の進捗管理を支援するものである。しかしながら、一部のサブプロジェクトにおいて事業の遅延が明白である場合、訴訟に発展する以前から、事業の進捗に影響し得る要因等についてより詳細にモニタリングし、軌道修正に向けたアクションに関する案件モ

³⁷ 本事業の案件形成促進調査を実施した企業が選定されたことが州法に反するとし、応札順位第2位・3位の企業が不服を申し立て、州政府が選定プロセスを一旦無効とした。その後、借款契約については、円借款事業の調達ガイドラインが優先されるものとし、2001年4月に州政府法務局により上記プロセス及び選定結果は有効であるとの判決が下された。

ニタリング計画を借入人・実施機関である BANOBRAS に加え、サブプロジェクトレベルの関係機関である CEA や CESTP（ティファナ）と確認・合意しておく等の対応が有効であったと考えられる。

3.4.3 内部収益率（参考数値）

審査時にはメヒカリ市とティファナ市のみ財務的内部収益率（FIRR）が算出され、それぞれ 18.9%と 23.68%であった³⁸。事後評価時については、本事業で整備された施設の運営・維持管理費、投資費用などの正確な情報が得られず、FIRR の算出は困難であった。

以上より、本事業は事業費については計画内に収まったものの、事業期間については計画を上回っているため、効率性は中程度である。

3.5 持続性（レーティング：②）

3.5.1 運営・維持管理の体制

事業完成後の運営・維持管理の責任は各上下水道公社にある³⁹。CESPM（メヒカリ）及び CESPT（ティファナ）は、総裁を筆頭に、上下水道局、サービス局、プロジェクト・建設局、総務局の 4 つの部局から構成されている。浄水場と下水処理場の運営・維持管理は上下水道局が、配水管網及び排水管网の運営・維持管理はサービス局が担当しており、体制は明確で、人材不足も生じていない。CESPE（エンセナーダ）は、総務局、サービス局及び技術局から構成されており、技術局内にそれぞれ上下水道部がある。表 8 に示すとおり、上下水道インフラの運営・維持管理に直接従事している人員の割合は CESPM（メヒカリ） 47%、CESPT（ティファナ） 52%、CESPE（エンセナーダ） 36%である。現場の作業員への聞き取り調査によれば、CESPM（メヒカリ）及び CESPT（ティファナ）の運営・維持管理体制に不足はないが、CESPE（エンセナーダ）では「人材不足が生じており維持管理が追い付かない」との意見が多数あった。

³⁸ 審査時に用いた費用は、事業投資費用、運営・維持管理費（上下水処理経費、維持管理費、見込み未回収料金、給与及び一般管理費）。収入は料金収入（年 10%の料金改定を想定）及びその他収入（料金収入の 1%を想定）。プロジェクトライフは 26 年間であった。

³⁹ 事業実施中の実施機関間の調整及び JICA との窓口を担っていたバハ・カリフォルニア州水利委員会（CEA）は、事後評価時においてもバハ・カリフォルニア州全体の上下水道インフラ計画の作成及び上下水道公社の調整を担っている。なお、「審査時において、CEA は「監督機関」と理解されていたが、実際は「調整機関」であり、事業内容や遅延等に対し、なんらかの決定権があるわけではなかった。

表 8 上下水道公社の運営・維持管理体制（2013 年）

部署名	CESPM (メヒカリ)	CESPT (ティファナ)	CESPE (エンセナーダ)
浄水場運営	84 人	440 人	27 人
下水処理場運営	85 人		43 人
総メンテナンス	47 人		13 人
配水管の運営・維持管理	174 人	449 人	67 人
排水管の運営・維持管理	157 人		40 人
合計	547 人	889 人	190 人
総従業員人数	1,165 人	1,692 人	525 人

出所：CESPM（メヒカリ）、CESPT（ティファナ）、CESPE（エンセナーダ）。

CESPM（メヒカリ）の浄水場は遠隔管理システムにより本部で管理されている⁴⁰。CESPT（ティファナ）は本事業で新設されたラ・モリタ及びモンテ・デ・オリボス処理場の運営・維持管理を 2012 年から仏系の民間会社に委託している。配水管及び下水管網の維持管理に関しては、メヒカリとティファナの場合、市が区に分類され、各区にそれぞれ担当のメンテナンスチームが存在する。エンセナーダの場合は、11 のチームが市内の配水管の維持管理を担当しているものの、実査の際には、人材不足が適切な維持管理を妨げているといった現場の声が多かった。なお、CEA には、水利研究センターが設置され、各上下水道公社の要員による技術評価チームが結成されている。同チームは、毎年数カ所の浄水場と下水処理場の詳細な評価を実施し、改善点・改善方法について提言を行ったうえ、1 年後に進捗状況のモニタリングを行うなど、バハ・カリフォルニア州上下水道セクター全体のインフラの運営・維持管理のモニタリング、体制の強化に努めている。

以上、CESPM（メヒカリ）及び CESPT（ティファナ）については上下水道施設の運営・維持管理体制が整っているが、CESPE（エンセナーダ）について人材不足が生じているため、一部課題があるといえる。

3.5.2 運営・維持管理の技術

運営・維持管理の技術については、事前評価時には、特にメヒカリの CESPM（メヒカリ）職員の維持管理経験が少ないとのことであったが、上下水道分野での平均勤続年数は十分に長いことが明らかとなった。

⁴⁰ 下水処理場の遠隔管理システムは 2014 年に導入予定。

表 9 運営・維持管理に関わる職員の技術水準（2013 年 12 月）

	大卒以上 平均経験年数	事務職 平均経験年数	技術者 平均経験年数	非技術者 平均経験年数	合計	総従業員 人数
CESPM (メヒカリ)	72 人 15 年	28 人 17 年	160 人 16 年	287 人 13 年	547 人	1,165 人
CESPE (エンセナーダ)	18 人 9 年	3 人 25 年	46 人 9 年	123 人 15 年	190 人	525 人
CESPT (ティファナ)	89 人 11 年	43 人 6 年	725 人 14 年	32 人 4 年	889 人	1,692 人

出所：CESPM（メヒカリ）、CESPT（ティファナ）、CESPE（エンセナーダ）。

維持管理体制が最も進んでいるのは CESPM（メヒカリ）であり、設備毎に日常点検及び予防保全⁴¹の手順・チェックシートがデータベース化され、常に更新されている。また、年度毎に詳細な維持管理プログラムが作成され、その予算も計上されている。事後保全は主に老朽化が進んでいる配水管で多く実施されている。CESPM（メヒカリ）では、運営チームによる維持管理チームの内部評価制度も導入されており、品質管理に力を入れている。また、全上下水道公社で各設備メーカーの維持管理マニュアルを保管しており、CESPM（メヒカリ）と CESPT（ティファナ）については、同マニュアルに沿った定期保全及び予防保全が行われていた。CESPE（エンセナーダ）では、マニュアルどおりの維持管理が必ずしも出来ておらず、維持管理全般に遅延が生じ、予防保全よりも事後保全が多いことが実査にて明らかとなった。これは人材不足や後述の財務状況により、維持管理技術向上までに至っていないためである。

運営・維持管理の人材育成については、全上下水道公社が研修プログラムを実施しているが、公社によって差がある。最も進んでいるのはメヒカリの CESPM（メヒカリ）であり、品質管理向上のため、米国カリフォルニア州公衆衛生局及びカリフォルニア州水環境協会が認定している上下水道事業従事者の資格取得者を増やすことを企業目標として設定しており、内外機関での研修受講を支援している。CESPT（ティファナ）では、2013 年に「配水管の漏水調査及び修理」、「現場作業員の安全管理」などの研修を内外機関で行い、2014 年にも「維持管理における 5S」、「水質検査」、「水力学」など、合計 68 の研修が計画されている。CESPE（エンセナーダ）も同様に 2013 年には内外機関で、「上下水道運用指標」、「配水管網のメンテナンス」、「下水処理水の再利用」など 10 の研修を実施したが、研修の数と内容が維持管理技術のレベル

⁴¹ 予防保全は設備・機材等の故障や老朽化が進む前に計画的に保全を行うことである。後述の事後保全は、故障が起きた後に設備・機材の修繕を行うことである。

を改善するために十分ではない。ただし、CESPE（エンセナーダ）は今後10年以上の経験を有する非技術者に対し、資格取得支援を行いたいとしている⁴²。

以上、いずれの上下水道公社とも、維持管理マニュアルが保管され、CESPM（メヒカリ）及びCESPT（ティファナ）については同マニュアルに沿った維持管理が適切に実施されていることが維持管理記録からも確認できた。しかし、CESPE（エンセナーダ）については、人材不足や後述の財務状況のため維持管理技術向上までに至らず維持管理にも遅れが生じており、CESPM（メヒカリ）やCESPT（ティファナ）の施設、設備と比較しても、明らかに維持管理の技術に差が見受けられ、改善の余地がある。

3.5.3 運営・維持管理の財務

事後評価時に入手できた過去4年間の財務情報に基づくと、CESPT（ティファナ）とCESPE（エンセナーダ）については料金収入が改善傾向にあるものの、基本的に運営・維持管理費を賄うまでには至っていない。料金回収率についてはCESPT（ティファナ）の場合は改善傾向にあるが、CESPM（メヒカリ）とCESPT（ティファナ）については70%～80%代で推移し、あまり改善が見られない。国家水質基準を順守している下水処理場に対する政府の補てん⁴³はあるものの、いずれも借入の利息や減価償却をカバーするほどではなく、赤字経営が続いている。なお、メキシコでは、「水道は市民の権利」であるとの考えが根底にあるため、料金未払による水道停止は法律で禁止されている。したがって、いかに市民の意識改革を進め、「支払の文化」を浸透させるかが今後の課題である⁴⁴。

⁴² 本事業実施中にコンサルティングサービスの一部としてメキシコ国立水工学研究所による研修が全上下水道公社に対して実施されたが、研修内容がバハ・カリフォルニアの水環境を考慮していない一般的な内容であったため、技術面の向上に繋がる内容ではなかったとのことであった。さらに、2010年1月12日から2月5日に実施された本邦研修「2009年度中南米地域における上下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」には合計6名が参加したが、そのうち現在も実施機関に所属しているのはCESPM（メヒカリ）2名、CESPT（ティファナ）1名のみであった。CESPM（メヒカリ）では、本邦研修参加者が日本で得た知識を実践に移す等、研修内容が活かされているのに対し、CESPT（ティファナ）やCESPE（エンセナーダ）は「知識が蓄積されなかった」とし、本邦研修の参加者の選定方法について、「実施機関内部で公正に選定されないことが多々あり、将来的にも有益な人選がなされるよう、より一層JICAの意見を反映させてほしい」との意見が多数あった。

⁴³ CONAGUAは処理水 m^3 あたり0.5ペソの補助金を払っている。

⁴⁴ 各上下水道公社とも、料金回収率を上げるために、啓蒙活動等や、料金未払いを解消するための対策（前払いを行った場合、値引きを行う等）を行っている。CESPM（メヒカリ）などは水質検査サービスや、研修サービスを民間企業や他州の上下水道公社に提供することで収入を得る等の経営努力を行っている。なお、2014年1月から4月まで、2013年11月に就任した新州知事の政策として、上下水道未払料金の「帳消しプログラム」が実施された。2007年から2012年分の水道料金未払い分を帳消しにし、2013年分については分割支払いを認める代わりに、今後は州民全員が水道料金を期限内に払うといったプログラムである。しかし、類似のプログラムが歴代の政権によって行われてきたため、経済的インセンティブとしての有効性については疑問が残る。

表 10 各上下水道公社の財務状況（百万ペソ）

	2010	2011	2012	2013	財務状況	
CESPM（メヒカリ）						
【収入】						
料金収入	845	870	956	873	<ul style="list-style-type: none"> • CESPM は 2012 年までは、本事業の実施機関の中でも、人件費を含む維持管理費を料金収入により賄っている唯一の実施機関であった。しかし特に利息の支払と減価償却により赤字経営となっている。料金回収率も 2011 年から減少傾向にある。 • この結果を受け、格付会社フィッチレーティングスはメキシコ国内の格付で CESPM のレーティングを 2013 年 8 月に A から A-へと下方修正したが、いずれにしてもデフォルト・リスクは低いとしている。 	
その他	83	112	103	47		
小計（A）	928	982	1,059	920		
【支出】						
運営・維持管理費 ^{注1}	716	755	877	927		
その他	372	374	358	350		
小計（B）	1,088	1,129	1,235	1,277		
(A)-(B)	-160	-147	-176	-375		
料金回収率 ^{注2}	83%	88%	83%	74%		
CESPT（ティファナ）						
【収入】						
料金収入	1,633	1,746	1,895	2,023	<ul style="list-style-type: none"> • CESPT は 2010 年から 2012 年の 3 年間については、運営・維持管理費が料金収入を上回っており、赤字経営が続いている。しかし、料金収入は年々拡大しており、赤字も減少傾向にある。 • フィッチレーティングスは CESPT の国内各付を 2013 年 10 月に A に据え置いている。 	
その他	295	276	413	313		
小計（A）	1,928	2,022	2,308	2,336		
【支出】						
運営・維持管理費 ^{注1}	1,694	2,088	2,028	2,058		
その他	172	144	434	395		
小計（B）	1,866	2,232	2,462	2,453		
(A)-(B)	62	-210	-154	-117		
料金回収率 ^{注2}	71%	67%	70%	72%		
CESPE（エンセナーダ）						
【収入】						
料金収入	302	329	368	391	<ul style="list-style-type: none"> • CESPE は、過去 4 年間赤字経営が続いている。料金収入が増加し、2012 年からは、料金収入でかろうじて運営・維持管理費をカバーするまでに至っている。 • フィッチレーティングスは CESPE の国内各付を 2013 年 10 月に BB に据え置いている。 	
その他	29	28	3	4		
小計（A）	331	357	371	395		
【支出】						
運営・維持管理費 ^{注1}	331	343	365	388		
その他	63	73	78	57		
小計（B）	394	416	443	445		
(A)-(B)	-63	-59	-72	-50		
料金回収率 ^{注2}	81%	78%	81%	77%		

出所：財務諸表は CESPM（メヒカリ）、CESPT（ティファナ）、CESPE（エンセナーダ）。料金回収率は CEA。

注 1：人件費を含む

注 2：料金回収率：（当該年度の徴収額÷当該年度の請求額）×100。

水道料金は家庭⁴⁵、商業、工業、政府機関向けに 4 分類され、下水道料金は家庭向けとその他の 2 つに分けられる。料金は上下水道整備に係る投資費用とその維持管理費用をもとに算出され、官報で公表される。料金改定は各年のメキシコ中央銀行が公表するインフレ率内での値上げとすることが州令で規定されている。州令上は、投資

⁴⁵ 請求書では上下水道料金が一括で表示されており、うち下水道料金は約 4 割である。

費用の回収のためなど、必要に応じて、料金の特別値上げ（インフレ率以上の値上げも可）も認められるが、上下水道公社への聞き取りによれば、実質 25%の料金の値上げが必要なところ、2014年1月から適用される料金の値上幅は5%にとどまっており、引き続き経営を圧迫している。

以上、いずれの上下水道公社とも赤字経営が続いており、財務面での持続性に懸念が残る。

3.5.4 運営・維持管理の状況

事後評価時における各都市の施設・設備の運営・維持管理状況は以下のとおりであった。なお、以下で「故障で未修理」と記載されている設備・機材以外は全て稼働し良好に運営されている。

CESPM（メヒカリ）

- 浄水場：第2浄水場については配水池2個所の送水管に漏水が生じていたが、実査を行った時期に修理が進められており、2014年内には修理が完成する予定。
- 下水処理場：市民の節水意識の高まったことで処理場に流入する水の量が減り、処理場の汚水のBOD濃度が高まっている。この負荷に対応するためにサラゴサ下水処理場では2015年度予算で嫌気性池及び曝気機を増やす予定。

CESPT（ティファナ）

- ラ・モリタ及びモンテ・デ・ロス・オリボス下水処理場：砂分離機の摩耗が進んでいるため、維持管理マニュアルを変更し、予防保全をより頻繁に行う予定である。事後評価時点で送風機の取り換えの最中であった。

CESPE（エンセナーダ）

- エル・サウサル下水処理場：沈殿槽内の汚泥掻き寄せ機のバランスが崩れ、堆積した沈殿汚泥の十分な除去ができない。2014年3月に沈殿槽を空にし、入れ替えを予定していたが予算が確保できず、実施できていない。
- ポンプ場：東北地区中継ポンプ場の非常用発電機が故障し、未修理である。IMSSポンプ場は、砂分離機の制御設備、ボルテックスポンプの取り換え、流量計の修理が必要だが、スペアパーツの入手が遅れ、未修理である。大半のポンプ場で、潮風による配管の外面腐食が進行しているが、耐塩塗装によるメンテナンスが追い付いていない。粗目スクリーンの維持管理も遅れている。なお、CESPE（エンセナーダ）におけるスペアパーツ入手の遅れには、購入申請は提出済みであるものの資金不足のため1年以上購入できていないものや、メーカーの事情で部品が届かないなど、様々な問題が生じている。

事後評価時の運営・維持管理状況は、CESPM（メヒカリ）及びCESPT（ティファナ）については大きな問題はなく、必要な修理やスペアパーツの入手・交換もすでに実施されているか、もしくは来年度の維持管理計画に組み込まれている。CESPE（エンセ

ナーダ)については、前述の予算不足や人材不足(体制・技術レベルとも)によりスペアパーツの入手に問題が生じ、維持管理も計画どおりには進まず未修理の設備・機材が散見された。

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務、運営・維持管理状況に軽度な問題があり、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

本事業はバハ・カリフォルニア州の3都市、メヒカリ、ティファナ、エンセナーダにおいて、上下水道関連インフラ整備を行うことにより、水質汚染問題の解消を図るものである。

本事業は審査時・事後評価時のメキシコ政府及びバハ・カリフォルニア州政府の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と合致しており、妥当性は高い。上下水道の運用・効果指標は、いずれも各都市で大きく改善しており、審査時の目標を達成、もしくは着実な改善傾向にある。なお、ティファナの下水道整備事業には、未完成のテコロテ・ラ・グロリア下水処理場が含まれているが、CESPT(ティファナ)は暫定的に自己資金で建設した小規模下水処理場で部分的に対応しており、下水道整備事業としての効果は発現している。さらに、河川の水質汚染の改善、住民の生活環境の改善、米国との環境問題の改善、CESPM(メヒカリ)とCESPT(ティファナ)による下水の再利用などの効果も認められ、本事業の有効性・インパクトは高い。事業費は計画内に収まったが、テコロテ・ラ・グロリア下水処理場が未完成であるため事業期間が計画を大幅に上回っており、効率性は中程度である。全都市の上下水道公社とも財務面で軽度の問題があり、CESPE(エンセナーダ)では運営・維持管理の技術面でも軽度の問題があるため、持続性は中程度である。

以上より、本プロジェクトの評価は高い。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

- CESPT(ティファナ)：テコロテ・ラ・グロリア下水処理場が未完成であることにより、対象住民の生活環境改善に遅れが生じている点や、対象地域の下水の約5割が未処理のまま河川に放流されているといった自然環境への負の影響への対応が急がれる。CESPT(ティファナ)はすでに2つの対応策を詳細に計画しているが、訴訟問題の進展状況を考慮しながら、早急に決断を下し、下水処理施設の整備を行うことが望まれる。
- CESPE(エンセナーダ)：経営方針、維持管理体制、技術について、CESPM(メヒカリ)やCESPT(ティファナ)と同様のレベルにまで改善を図り、市民に対し、

より安定した上下水道サービスを提供することが望まれる。また、本事業の開始が遅れたことにより事業対象外となった上水道について、断水や水質の問題が発生しており、今後これらの問題を解決すべく、いつまでにどのような対策を実施するのか、具体的な計画を作成・実施することが必要である。

- 全上下水道公社：上記「3.5.4 運営・維持管理の状況」で記載している諸問題について、今後の予算、維持管理プログラムに確実に組み込み、早急に対応することが望まれる。また、受益者調査からも明らかになったとおり、浄水プロセスを徹底し、配水管及び下水管網の維持管理・実施体制を整える必要がある。

4.2.2 JICA への提言

- CESPT（ティファナ）のテコロテ・ラ・グロリア下水処理場については、今後、CESPT（ティファナ）も JICA も各々に説明責任があることを示し、CESPT（ティファナ）に対し、進捗状況報告書の提出を求める、本事後評価の報告書とともに CESPT（ティファナ）に提供するモニタリングシートを、例えば 2 カ月に 1 度の頻度で提出を求めるなど、CESPT（ティファナ）と協議・合意のうえ進捗状況を継続的に確認することが必須である。
- 砂漠地帯での下水処理場の排水は多くの国でも課題となっているため、ラス・アレニータス湿地帯の取り組みを、ベストプラクティスとして幅広く広報することが望まれる。

4.3 教訓

遅延事業の適切な案件のモニタリング

未完成のテコロテ・ラ・グロリア下水処理場（詳細は「3.4.2.2 事業期間」を参照）が含まれていた「ティファナ入札パッケージ 7」については、2007 年当初からすでに問題認識されていた。大規模且つ長期にわたる円借款事業の場合、サブプロジェクトレベルに関しても現地視察等も定期的に行いつつ、詳細な案件モニタリングの仕組みについて事業の実施機関のみならずサブプロジェクトレベルの関係機関とも合意しておくことが重要であると言える。

特に、一部のサブプロジェクトにおいて事業の遅延が長期化する見込みが把握できた場合、JICA は実施機関にとどまらずサブプロジェクトレベルの関係機関やコンサルタントと協議を行い、具体的に今後どのようなシナリオが想定されるのか、いつまでにどのようなアクションを取るのか等の、詳細な案件モニタリング計画を具体的に合意しておくことが望ましい。また、本事業の未完成サイトのような特定の問題がある場合には、実施機関に加え、実施機関とともに実際にその現場を監督・管理しているサブプロジェクトレベルの関係機関からも直接情報収集を行うことが望ましい。さらには、JICA 内部で他国・類似事業での各種問題（案件管理、契約管理等）への対処方

法の知見⁴⁶を共有し、案件管理に携わる事業部・事務所が当該問題を分析・対応するにあたり、これら知見を活用することも一案である。

以上

⁴⁶ 工事未完で期間延長となった類似の円借款事例では、コントラクターが工事を中断した時点で完全に契約解除を行う場合や、契約解除を回避する方法として、契約書に附則を追加し、事業一部を実施機関の責任で行うなどの対応が取られた結果事業全体へのインパクトを最小限に抑えられた例がある。

【添付資料1】運用効果指標

A. 上水道事業：運用・効果指標^{注1}

	基準値 1999	完成時 目標値	2007	2008 完成年 ^{注2}	2009 事業完成 1年後	2010 事業完成 2年後 ^{注2}	2011	2012	2013	事業完成 2年後の 目標達成率
運用指標										
給水人口（万人） ^{注3}										
• メヒカリ	59.8	79.8	68.8	70.6	75.2	76.7	78.5	80.4	82.3	96%
• ティファナ	115.2	131.2	147.9	163.2	168.4	174.2	172.5	181.4	187.8	133%
• エンセナーダ	—	—	27.6	28.8	28.2	28.8	29.9	29.9	31.7	—
給水量（百万 m ³ /年）										
• メヒカリ	101.7	設定なし	84.4	85.7	86.7	80.1	82.6	85.9	85.9	停滞
• ティファナ	100.3		110.5	111.3	109.7	105.8	110.1	117.8	114.2	若干減少
• エンセナーダ	—		21.8	21.6	21.6	21.7	22.3	22.7	21.9	—
無収水率 ^{注4} （%）										
• メヒカリ	28%	25%以下	14%	17%	17%	13%	14%	16%	16%	達成
• ティファナ	27%	20%以下	19%	20%	20%	19%	21%	19%	19%	達成
• エンセナーダ	27%	20%以下	20%	19%	19%	21%	21%	21%	17%	—
水質（濁度/NTU）										
• メヒカリ	—	国家	0.53	0.40	0.41	0.49	0.47	0.49	0.43	達成
• ティファナ	1.5	基準	0.47	0.53	0.54	0.63	0.57	0.51	0.38	達成
• エンセナーダ	1.0	<1.0	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.98	—
効果指標										
水道普及率（%）										
• メヒカリ	97%	100%	99.2%	99.3%	99.3%	99.4%	99.5%	99.6%	99.7%	99.4%
• ティファナ	88%	97%以上	93.4%	97.5%	98.7%	98.9%	98.0%	99.1%	98.7%	(80%以上達成) 102%
• エンセナーダ	94.2%	設定なし	97.4%	97.8%	98.5%	98.6%	98.6%	98.6%	99.4%	—

B. 下水道事業：運用・効果指標^{注5}

	基準値 1999	完成時 目標値	2007	2008	2009	2010 ^{注6} 完成年	2011 事業完成 1年後	2012 事業完成 2年後	2013	事業完成 2年後の 目標値達成率
運用指標										
下水処理人口（万人）										
• メヒカリ	51.0	設定	65.5	67.5	71.9	73.3	75.0	76.8	78.6	着実に 伸びて いる
• ティファナ	71.0	なし	156.3	145.7	151.3	157.0	155.2	163.9	169.3	
• エンセナーダ	NA		24.2	26.9	26.5	27.1	27.8	29.0	29.7	
下水処理量（百万 m ³ ）／年										
• メヒカリ	37.5	設定	50.2	55.5	57.0	55.9	56.3	57.7	57.8	着実に 伸びて いる
• ティファナ	NA	なし	75.6	64.6	75.8	76.3	82.1	81.3	82.5	
• エンセナーダ	NA		14.5	15.7	16.6	16.9	17.6	17.8	17.9	
効果指標										
下水道普及率（％）										
• メヒカリ	89%	97%	94.4%	95.0%	94.9%	95.0%	95.1%	95.2%	95.3%	98% (80%以上達成)
• ティファナ	61%	85%	80.5%	87.1%	88.7%	89.1%	88.2%	89.6%	89.3%	105%
• エンセナーダ	71%	80%	85.6%	91.3%	92.5%	92.7%	91.7%	93.2%	93.4%	116%
処理済下水再利用量（百万 m ³ ／年）										
• メヒカリ	0	設定	13.4	14.3	43.0	40.4	41.8	45.5	45.4	増加傾向
• ティファナ	0	なし	2.3	2.5	3.7	3.2	3.8	4.1	4.5	増加傾向
• エンセナーダ	0		0.6	0.6	0.5	0.2	0.1	0.2	0.2	ほぼ変化なし

出所：計画値については JICA 審査時資料。実績値については各上下水道公社及び CEA

注 1：エンセナーダについては、上水道事業は実施されなかったため、指標は参考情報として記載。

注 2：上水道事業の「完成年」は、メヒカリとティファナの全ての事業が完成した 2008 年とし、2 年後の 2010 年以降を評価対象とした。

注 3：内部資料には、新規給水人口の目標値をメヒカリ 20 万人、ティファナ 16 万人とする記述があるが、基準となる年度や指標の定義が明確ではない。従って、本事後評価では、基準年を 1999 年とし、完成時目標値＝基準年の給水人口＋新規給水人口とした。

注 4：無収水率＝（料金徴収の対象とならなかった水量）÷（給水量）×100。

注 5：料金収入及び料金回収率については「3.5.3 持続性：運営・維持管理の財務」を参照。

注 6：下水道事業は、テコロテ・ラ・グロリア下水処理場を除き、3 都市における全ての下水道インフラ整備が完成した 2010 年を完成年とし、その 2 年後の 2012 年を評価対象とした。

【添付資料2】各浄水場・下水処理場の運用指標

	実績値								
	2005	2006	2007	2008 上水道事業 完成年	2009	2010 下水道事業 完成年	2011	2012	2013
CESPM (メヒカリ)									
上水道事業									
ソチミルコ浄水場 (処理能力: 1,100 l/s)									
給水人口 (千人)	—	—	96,886	150,671	154,069	157,543	161,096	164,736	168,448
給水量 (m ³ /日)	—	—	31,043	54,049	53,373	47,249	43,388	47,807	50,092
施設利用率 (%)	—	—	27%	23%	47%	40%	40%	40%	44%
第2浄水場 (処理能力: 約2,750 l/s)									
給水人口 (千人)	388,518	397,280	406,239	481,255	492,108	503,206	514,554	526,180	538,037
給水量 (m ³ /日)	125,307	119,071	130,163	153,942	144,183	135,449	148,349	152,002	156,743
施設利用率 (%)	73%	69%	55%	65%	60%	56%	62%	63%	72%
下水道事業									
ラス・アレニータス下水処理場 (処理能力: 約840 l/s)									
下水処理量 (m ³ /日)	—	—	55,717	61,281	59,233	64,207	66,111	68,392	72,032
施設利用率 (%)	—	—	77%	84%	82%	86%	91%	94%	99%
BOD削減率 (%)	—	—	75%	77%	73%	78%	81%	80%	78%
SS削減率 (%)	—	—	75%	74%	60%	94%	82%	81%	70%
グアダルベ・ヴィクトリア下水処理場 (処理能力: 約70 l/s)									
下水処理量 (m ³ /日)	—	—	1,963	2,301	2,275	1,501	2,523	2,904	2,878
施設利用率 (%)	—	—	3%	38%	38%	37%	42%	48%	47%
BOD削減率 (%)	—	—	—	85%	87%	96%	90%	92%	92%
SS削減率 (%)	—	—	—	58%	78%	75%	77%	65%	76%
エスタシオン・コアウィラ下水処理場 (処理能力: 約20 l/s)									
下水処理量 (m ³ /日)	—	—	—	295	798	768	730	763	832
施設利用率 (%)	—	—	—	17%	46%	48%	42%	44%	48%
BOD削減率 (%)	—	—	—	—	82%	89%	93%	95%	95%
SS削減率 (%)	—	—	—	—	44%	97%	44%	31%	40%
ロス・アルゴドネス下水処理場 (処理能力: 約20 l/s)									
下水処理量 (m ³ /日)	—	—	523	513	558	623	468	750	1,278
施設利用率 (%)	—	—	30%	19%	32%	39%	27%	43%	74%
BOD削減率 (%)	—	—	—	87%	78%	95%	88%	90%	88%
SS削減率 (%)	—	—	31%	47%	51%	98%	68%	64%	31%
シウダード・モレロス下水処理場 (処理能力: 約30 l/s)									
下水処理量 (m ³ /日)	—	615	1,113	1,040	1,230	1,302	1,352	1,418	1,547
施設利用率 (%)	—	24%	43%	40%	47%	50%	52%	55%	60%
BOD削減率 (%)	—	32%	55%	91%	87%	82%	83%	89%	84%
SS削減率 (%)	—	13%	63%	71%	76%	68%	73%	73%	27%
コロニア・サラゴサ下水処理場 (処理能力: 1,300 l/s)									
下水処理量 (m ³ /日)	68,447	67,040	68,661	66,856	71,758	69,750	69,789	68,449	65,726
施設利用率 (%)	61%	59%	61%	59%	64%	62%	62%	61%	59%
BOD削減率 (%)	—	38%	25%	17%	80%	16%	23%	26%	31%
SS削減率 (%)	—	54%	44%	23%	75%	25%	29%	40%	32%
CESPT (ティファナ)									
下水道事業									
モンテ・デ・オリボス下水処理場 (処理能力: 約340 l/s)									
下水処理量 (m ³ /日)	—	—	—	—	11,698	17,589	18,774	15,965	16,735
施設利用率 (%)	—	—	—	—	29%	44%	47%	43%	42%
BOD削減率 (%)	—	—	—	—	98%	99%	99%	98%	97%
SS削減率 (%)	—	—	—	—	99%	99%	99%	99%	97%
ラ・モリタ下水処理場 (処理能力: 254 l/s)									
下水処理量 (m ³ /日)	—	—	—	—	—	2,814	6,769	10,839	14,636
施設利用率 (%)	—	—	—	—	—	13%	31%	50%	67%
BOD削減率 (%)	—	—	—	—	—	98%	99%	97%	96%
SS削減率 (%)	—	—	—	—	—	98%	99%	99%	98%
デコロテ・ラ・グロリア下水処理場: 未完成のためデータなし									
CESPE (エンセナーダ)									
下水道事業									
エル・サウサル下水処理場 (処理能力: 120 l/s)									
下水処理量 (m ³ /日)	3,024	2,791	3,370	2,851	2,877	2,419	2,765	2,903	2,889
施設利用率 (%)	29%	27%	33%	28%	28%	23%	27%	28%	27%
BOD削減率 (%)	95%	95%	94%	96%	94%	97%	98%	97%	97%
SS削減率 (%)	94%	94%	94%	96%	95%	95%	97%	94%	95%

出所: CESPM (メヒカリ)、CESPT (ティファナ)、CESPE (エンセナーダ)。

【添付資料3】 効果指標：下水処理場の放流水の水質

下水処理場名	国家基準 NOM-001- SEMARNAT-1996	実績値									
		2005	2006	2007	2008	2009	2010 完成年	2011 事業完了 1年後	2012 事業完了 2年後	2013 事業完了 3年後	
CESPM (メヒカリ)											
ラス・アレニータス下水処理場											
BOD排出量 (トン/年)	—	—	—	1,607	1,178	886	934	1,238	1,100	1,228.90	
BOD濃度 mg/l	75	—	—	79	52	41	39	51	43	42.8	
達成	—	—	—	7	4	3	3	3	3	731.8	
COD排出量 (トン/年)	—	—	—	253	213	169	192	184	171	161.1	
COD濃度 mg/l	250	—	—	6	5	4	5	4	4	311.1	
達成	—	—	—	61	57	63	67	55	64	65.7	
SS排出量 (トン/年)	—	—	—	31	22	22	25	21	26	27.3	
SS濃度 mg/l	75	—	—	40	31	32	31	31	36	36.2	
達成	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	
NH ₃ -N(アンモニア性窒素) mg/l	40	—	—	9	7.53	5.21	2.96	5.44	5.76	5.7	
総窒素 (T-N) mg/l	30	—	—	8	8.31	8.38	8.43	8.22	8.12	8.29	
達成	—	—	—	10.5	—	—	—	—	—	—	
総リン (T-P) mg/l	10.5	—	—	8	8.31	8.38	8.43	8.22	8.12	8.29	
pH (範囲)	2000	—	—	5,722	3,895	102	240	756	971	239.9	
大腸菌群数 (MPN/100ml)	達成	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
グアダルーペ・ヴィクトリア下水処理場											
BOD排出量 (トン/年)	—	—	—	120	23	21	14	15	15	21.9	
BOD濃度 mg/l	75	—	—	167	27	25	24	16	14	13.7	
達成	—	—	—	24	2	1	2	1	1	35.8	
COD排出量 (トン/年)	—	—	—	398	165	159	193	165	123	178	
COD濃度 mg/l	250	—	—	29	3	3	4	2	2	7.5	
達成	—	—	—	200	56	44	51	39	39	37	
SS排出量 (トン/年)	75	—	—	35	27	33	36	39	36	40	
SS濃度 mg/l	達成	—	—	44	36	40	46	46	43	45.6	
NH ₃ -N(アンモニア性窒素) mg/l	40	—	—	7.82	7.81	6.53	7.23	6.55	6.45	7.02	
総窒素 (T-N) mg/l	30	—	—	7.4	8.26	8.13	7.97	8.08	7.94	8.14	
達成	—	—	—	10.5	—	—	—	—	—	—	
総リン (T-P) mg/l	10.5	—	—	2,092万	44	132	91	17	12	5.3	
pH (範囲)	2000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
大腸菌群数 (MPN/100ml)	達成	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
エスタシオン・コアウィラ下水処理場											
BOD排出量 (トン/年)	—	—	—	0.49	8	7	3	2	2	3.2	
BOD濃度 mg/l	75	—	—	4.51	26	25.3	11.46	6.9	5.4	5.4	
達成	—	—	—	0.14	2	2	1	0.43	7.1		
COD排出量 (トン/年)	—	—	—	87	206	198	203	171	144.3		
COD濃度 mg/l	250	—	—	1	5	5	6	6	5.8		
達成	—	—	—	16	69	63	76	99	60.7		
SS排出量 (トン/年)	75	—	—	31	22	16	22	22	24.9		
SS濃度 mg/l	達成	—	—	35	28	23	31	32	31.4		
NH ₃ -N(アンモニア性窒素) mg/l	40	—	—	10	6.34	4.8	5.41	6.15	5.2		
総窒素 (T-N) mg/l	30	—	—	7.88	8.41	8.47	8.25	8.13	8.1		
達成	—	—	—	6-10	—	—	—	—	—		
総リン (T-P) mg/l	6-10	—	—	3	16	61	88	3.38	102.7		
pH (範囲)	2000	—	—	—	—	—	—	—	—		
大腸菌群数 (MPN/100ml)	達成	—	—	—	—	—	—	—	—		
ロス・アルゴドネス下水処理場											
BOD排出量 (トン/年)	—	—	—	10	4	8	4	3	4	10.7	
BOD濃度 mg/l	75	—	—	53	19	37	19	19	15	12.8	
達成	—	—	—	2	1	3	1	1	1	13.3	
COD排出量 (トン/年)	—	—	—	120	134	189	151	162	140	165.7	
COD濃度 mg/l	250	—	—	2	3	4	3	4	2	116	
達成	—	—	—	57	59	58	60	59	45	57.3	
SS排出量 (トン/年)	75	—	—	10	16	18	16	22	24	30	
SS濃度 mg/l	達成	—	—	15	22	25	23	29	31	39.8	
NH ₃ -N(アンモニア性窒素) mg/l	40	—	—	15	22	25	23	29	31	39.8	
総窒素 (T-N) mg/l	30	—	—	2.99	4.5	3.92	2.96	4.15	5.09	5.3	
達成	—	—	—	6-10	—	—	—	—	—		
総リン (T-P) mg/l	6-10	—	—	8	8.23	8.23	8.19	8	7.74	7.83	
pH (範囲)	2000	—	—	8	8.23	8.23	8.19	8	7.74	7.83	
大腸菌群数 (MPN/100ml)	達成	—	—	41万	12	5	318	36	70	26.7	
シウダード・モレロス下水処理場											
BOD排出量 (トン/年)	—	—	33	65	7	14	12	11	8	12	
BOD濃度 mg/l	75	—	149	160	18	30	24	22	14	20	
達成	—	—	19	25	1	2	1	1	1	0.8	
COD排出量 (トン/年)	—	—	347	434	165	143	143	103	103	115	
COD濃度 mg/l	250	—	15	21	3	2	2	2	1	0.4	
達成	—	—	115	132	56	47	44	37	34	60	
SS排出量 (トン/年)	75	—	36	33	26	22	28	36	34	36	
SS濃度 mg/l	達成	—	7	40	35	29	34	43	40	42	
NH ₃ -N(アンモニア性窒素) mg/l	40	2011、2013以外 達成	—	40	35	29	34	43	40	42	
総窒素 (T-N) mg/l	30	—	—	2.99	4.5	3.92	2.96	4.15	5.09	5.3	
達成	—	—	—	6-10	—	—	—	—	—		
総リン (T-P) mg/l	6-10	—	—	8	8.23	8.23	8.19	8	7.74	7.83	
pH (範囲)	2000	—	—	8	8.23	8.23	8.19	8	7.74	7.83	
大腸菌群数 (MPN/100ml)	達成	—	—	41万	12	5	318	36	70	26.7	

下水処理場名	国家基準 NOM-001- SEMARNAT-1996	実績値								
		2005	2006	2007	2008	2009	2010 完成年	2011 事業完了 1年後	2012 事業完了 2年後	2013 事業完了 3年後
CESPM (メヒカリ)										
コロニア・サラゴサ下水処理場										
BOD排出量 (トン/年)	—	—	2,104	1,353	1,001	1,231	917	1,070	350	336
BOD濃度 mg/l	75	—	86	54	41	47	36	4	14	14
	達成									
COD排出量 (トン/年)	—	—	5,407	4,135	4,490	5,133	5,091	5,094	2,573	2,758
COD濃度 mg/l	250	—	221	165	184	196	200	200	103	115
	達成									
SS排出量 (トン/年)	—	—	1,908	1,578	1,122	1,440	1,145	1,171	849	983
SS濃度 mg/l	75	—	78	63	46	55	45	46	34	41
	達成									
NH3-N(アンモニア性窒素) mg/l	—	—	26	27	24	28	27	30	34	36
総窒素 (T-N) mg/l	40	—	37	35	40	37	36	39	40	42
	2013以外達成									
総リン (T-P) mg/l	30	—	8.91	8	6.86	6.97	5.85	6.25	5.56	6.01
	達成									
pH (範囲)	6-10	—	8.3	8.2	8.19	8.08	8.19	8.1	8.01	7.9
	達成									
大腸菌群数 (MPN/100ml)	2000	—	55万	3万	62	9	55	325	10	31
	達成									
CESPT (ティファナ)										
モンテ・デ・オリボス下水処理場										
BOD排出量 (トン/年)	—	—	—	—	—	29.9	32.7	37.7	43.6	35.4
BOD濃度 mg/l	75	—	—	—	—	7	5.1	5.5	7.49	5.8
	達成									
COD排出量 (トン/年)	—	—	—	—	—	175.1	242	223.4	190.6	185.7
COD濃度 mg/l	250	—	—	—	—	41	37.7	32.6	32.72	30.4
	達成									
SS排出量 (トン/年)	—	—	—	—	—	29.9	39.8	36.3	30.7	30.7
SS濃度 mg/l	75	—	—	—	—	7	6.2	5.3	5.28	5.02
	達成									
NH3-N(アンモニア性窒素) mg/l	40	—	—	—	—	5	13.8	29.4	18.9	28.9
	達成									
PO4-P(リン酸態リン) mg/l	30	—	—	—	—	5	14.8	6.5	4.9	8.84
	達成									
pH (範囲)	6-10	—	—	—	—	7.4	7.4	7.4	7.32	7.08
	達成									
大腸菌群数 (MPN/100ml)	2000	—	—	—	—	223	175	697	890	239
	達成									
ラ・モリタ下水処理場										
BOD排出量 (トン/年)	—	—	—	—	—	—	9	13.3	49.5	40.8
BOD濃度 mg/l	75	—	—	—	—	—	8.8	5.38	12.5	7.64
	達成									
COD排出量 (トン/年)	—	—	—	—	—	—	67.6	96.6	165	228.9
COD濃度 mg/l	250	—	—	—	—	—	65.8	39	41.7	42.85
	達成									
SS排出量 (トン/年)	—	—	—	—	—	—	8.3	13	21.6	31.19
SS濃度 mg/l	75	—	—	—	—	—	8	5.28	5.46	5.84
	達成									
NH3-N(アンモニア性窒素) mg/l	40	—	—	—	—	—	27.2	31.2	27.6	24.25
	達成									
PO4-P(リン酸態リン) mg/l	30	—	—	—	—	—	4.9	6.7	7	7.3
	達成									
pH (範囲)	6-10	—	—	—	—	—	7.65	7.43	7.33	7.24
	達成									
大腸菌群数 (MPN/100ml)	2000	—	—	—	—	—	910	436	329	132.5
	達成									
テコロテ・ラ・グロリア下水処理場										
CESPE (エンセナーダ)										
エル・サウサル下水処理場										
BOD排出量 (トン/年)	—	18	14	21	11	14	8	10	10	10.75
BOD濃度 mg/l	75	16	14	17	11	13	9	10	9	10.4
	達成									
COD排出量 (トン/年)	—	56	58	76	47	41	37	46	55	77.47
COD濃度 mg/l	250	51	57	62	45	39	42	46	52	74.9
	達成									
SS排出量 (トン/年)	—	14	13	17	11	14	12	10	16	14.9
SS濃度 mg/l	75	13	13	14	11	13	14	10	15	14.41
	達成									
総窒素 (T-N) mg/l	40	5.83	—	—	16	14.41	15.65	14.69	10.6	12.95
	達成									
総リン (T-P) mg/l	30	7.64	—	—	4.4	6.51	6.22	7.03	5.09	5.93
	達成									
pH (範囲)	6-10	7	6.9	7.2	7.1	7.2	7.2	7.2	7.3	7
	達成									
大腸菌群数 (MPN/100ml)	2000	776	—	—	278	<3	<3	<34	36	<3
	達成									

出所：CESPM (メヒカリ)、CESPT (ティファナ)、CESPE (エンセナーダ)。

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット 【メヒカリ】 I. <u>上水道事業</u> a. 新設 ● コロニア・ソチミ ルコ浄水場 b. 改修・拡張 ● コロニア・プログ レソ浄水場 ● 第1浄水場 ● 第2浄水場 ● エヒド・ヌエボレ オン浄水場 ● コロニア・ナショ ナリスタ浄水場 ● 未処理水用の貯水 池建設 ● 配水管の新設 ● メーターの設置 II. <u>下水道事業</u> a. 新設 ● ラス・アレニータ ス下水処理場 ● グアダルーペ・ヴ ィクトリア下水処 理場 ● エスタシオン・コ アウィラ下水処理 場 ● ロス・アルゴドネ ス下水処理場 ● サンタ・イサベル 下水処理場 ● シウダード・モレ ロス下水処理場 b. 改修・拡張 ● コロニア・サラゴ サ下水処理場 ● 下水幹線の建設・ 改修 ● 枝線管網の建設・	処理能力：1,000 l/s 処理能力：約 67 l/s 処理能力：約 1,250 l/s 処理能力：約 2,200 l/s 処理能力：約 35 l/s 処理能力：約 60 l/s 1カ所 貯水能力：約 8万 m ³ 82km 約 22,000 個 処理能力：約 840 l/s 処理能力：約 170 l/s 処理能力：約 140 l/s 処理能力：約 110 l/s 処理能力：約 195 l/s 処理能力：約 110 l/s 処理能力 1,300 l/s 約 31km 約 183km	処理能力：1,100 l/s コロニア・ソチミ ルコ浄水場に統合 除外 処理能力：約2,750 l/s 除外 コロニア・ソチミ ルコ浄水場に統合 1カ所 貯水能力：約16万 m ³ 99 km 50,000個 計画どおり 処理能力：約70 l/s 処理能力：約20 l/s 処理能力：約20 l/s 中止 処理能力：約30 l/s 計画どおり 計画どおり 計画どおり

改修 ● ポンプ場の建設・改修 【ティファナ】 I. <u>上水道事業</u> (すべて新設) ● 配水管の新設 ● ポンプ場の建設 ● 配水池の建設 ● メーターの設置 ● 戸別給水栓の設置 II. <u>下水道事業</u> (全て新設) ● モンテ・デ・オリボス下水処理場 ● ロマス・デ・ロサリート下水処理場 ● テコロテ・ラ・グロリア下水処理場 ● ラ・モリタ下水処理場 ● ポンプ場新設 ● 下水取付管の建設 ● 下水本管の新設 【エンセナーダ】 I. <u>上水道事業</u> ● ポンプ場の建設 ● 送水管の建設 ● 配水タンクの建設 ● 配水本管の設置 ● 配水網の建設 II. <u>下水道事業</u> a. 新設 ● 下水幹線の新設 ● 下水取付管の建設 ● 枝線管網の建設 ● ポンプ場新設 b. 改修・拡張 ● エル・サウサル下水処理場の改修 ● ポンプ場の建設・改修	6 基 約 353km 9 基 15 カ所 23,372 個 31,000 個 処理能力：約 340 l/s 処理能力：約 75 l/s 処理能力：約 100 l/s 処理能力：約 150 l/s 2 基 76 km 約 627 km 3 基 約 4.4km 3 基 約 24km 約 21km 6.5km — — — — —	10基 362km 10基 11カ所 (ラサカルデナスについてはポンプ場に変更) 58,513個 167個 計画どおり (460 l/sに増加可能) 除外 未完成 (予定処理能力：120 l/s 建設進捗度合： 20.92%) 254 l/s (380 l/sに増加可能) 計画どおり 41 km 692 km — — — — — 6.11km 13.11km 33.77km 3 基 処理能力 60 l/sを 120 l/sに増加 1 基
--	--	---

② 期間	2000年3月～2004年12月 (57カ月)	2000年3月～2013年5月 (171カ月) 注：一部事業が未完成のため、事後評価時で計算したもの
③ 事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	11,180百万円 25,734百万円 (190百万米ドル) 36,914百万円 22,148百万円 1ペソ=15.7円 (1998年5月現在)	21,792百万円 13,070百万円 (117百万米ドル) 34,862百万円 21,792百万円 1米ドル=110円 (2003年3月～2010年1月 平均) 出所：OANDA

以上

ブラジル

無収水管理プロジェクト

外部評価者：アイ・シー・ネット株式会社 岸野 優子、鈴木 憲明

0. 要旨

本プロジェクトは、サンパウロ州の給水の安定化を図るため、サンパウロ州上下水道公社（以下、SABESP という）において、無収水を削減していくために必要な人材育成と仕組み作りを目的として実施されたものである。

サンパウロ州は人口の多さに比べて水資源が少なく、無収水管理が最重要課題の一つとなっていた。水資源の有効活用を掲げたブラジルの開発計画とも一致しており、妥当性は高い。ローカルコーディネーターの配置不足など実施体制で課題があったものの、職場内教育（以下、OJT という）を通じた技術移転は、技術者と管理者とのコミュニケーションを促し、パイロット地区での無収水管理の実施へとつながった。しかし、パイロット地区での成果を全体に普及させる活動が限定的であり、これがプロジェクト目標達成に負の影響を及ぼした。他方、パイロット地区での成果をもとに SABESP の無収水管理が強化された結果、上位目標は達成される見込みであり、有効性・インパクトは中程度といえる。協力期間や投入要素はほぼ計画どおりであったが、協力金額がやや計画を上回ったため、効率性は中程度である。充実した実施体制、高い技術力を誇る中南米最大の事業体 SABESP は、財務体質も良好で、今後も無収水管理予算が確保されると見込まれることから、持続性は高いと判断される。

以上より、本プロジェクトの評価は高いといえる。

1. 案件の概要



プロジェクト位置図



パイロット地区での管路探知活動

1.1 協力の背景

南米最大の都市圏を擁するサンパウロ州の人口は 4,000 万人で、ブラジル全体の 21.5%（2005 年）を占める。しかし、水資源は全国の 1.6%（1999 年）に過ぎず、限り

ある水資源の効率的な活用と保全是最重要課題であった。本プロジェクトの実施機関である SABESP は、同州の 368 都市に飲料水を提供する世界有数の上下水道公社である¹。1981 年にサンパウロ州の漏水管理プログラムを作成して以来、給水システム運営の効率化、特に配水網における漏水の最少化に取り組んできた。国際協力機構（以下、JICA という）は、2000 年以降²、SABESP に対し短期専門家を派遣し、無収水削減計画策定と実施に対する助言を行ってきた。その結果、SABESP 内で漏水対策も含めた無収水管理の強化と無収水率の削減を実現するには組織をあげた対策が必要であることが確認された。これを受けて、2005 年 7 月、ブラジル政府は高い無収水管理技術を持つ日本政府に対し、SABESP の無収水管理能力の向上を目的とした技術協力を要請した。2006 年 10 月の事前調査団派遣を経て、2007 年 7 月から 3 年間の計画で「無収水管理プロジェクト」が開始された³。

1.2 協力の概要

上位目標		SABESP 給水区域における無収水が減少し、給水の安定化がはかられる。
プロジェクト目標		SABESP の無収水管理能力が向上する。
成果	成果 1	SABESP の職員が無収水管理の必要性を理解し、無収水管理に関する人材育成体制が強化される。
	成果 2	パイロット地区における実践を通じて無収水管理にかかる基礎的対策 ⁴ が充実される。
	成果 3	パイロット地区における実践を通じて無収水管理にかかる対症療法的対策 ⁵ が強化される。
	成果 4	パイロット地区における実践を通じて無収水管理にかかる予防的対策 ⁶ が強化される。
投入実績		【日本側】 1. 専門家派遣 10 人 長期専門家 1 人、短期専門家 9 人 2. 日本へのカウンターパート研修員受入 50 人 3. 第三国研修 計 0 人 4. 機材供与 35.4 百万円

¹ 全国給水人口の約 15%を占める。

² 2000 年、2001 年、2003 年。

³ 討議議事録（R/D）署名は 2007 年 3 月。

⁴ 給水サービスエリアの無収水の構成要素の把握や対策の作成など、無収水管理の事前準備業務を指す。

⁵ 現時点で発生している無収水の原因となっている問題、例えば漏水が発生している箇所の特定や特定された箇所の漏水対策などの業務を指す。

⁶ 古くなった配管・給水管からの漏水、夜間の不必要に高い水圧による漏水、不適切な施工による漏水など、事前に予防するための業務を指す。

	5. 現地業務費 24.4 百万円 【ブラジル側】 1. カウンターパート配置 2. 事務所機材購入 3. 交通費、日当宿泊費 4. 施設提供 プロジェクト事務室、電気・水道代 5. ローカルコスト負担、カウンターパート給与、研修予算
協力金額	362 百万円
協力期間	2007 年 7 月 19 日 ～ 2010 年 7 月 18 日
相手国関係機関	サンパウロ州上下水道公社 (SABESP)
我が国協力機関	厚生労働省、さいたま市水道局、川崎市水道局
関連案件	<ul style="list-style-type: none"> ・ サンパウロ州無収水対策事業、有償 (L/A 2012 年) ・ サンパウロ州沿岸部衛生改善事業、有償 (L/A 2004 年) ・ 上下水道整備事業、世界銀行 (1989～1993 年) ・ グアラピランガ湖流域環境事業、世界銀行 (1993～2000 年) ・ チェテ河汚染改善事業、米州開発銀行 (1992～2008 年) ・ サンパウロ州上下水道整備事業、米州開発銀行 (1996 年～)

【無収水量 (率) について】

国際水協会 (以下、IWA という) の無収水率 (以下、NRW という) の定義は、下図に示すとおり、①配水量から②有収水量⁷を引いた実際に課金されなかった水量の、①配水量に対する割合とされる。つまり、無収水には公共施設における水の使用や給水施設の維持管理用の水量である社会的目的使用水量⁸が含まれる。

	項目	IWA の定義 (NRW)	SABESP の定義 (IPF)
配水量	請求水量	有収水量	有収水量*
	非請求水量 (社会的目的水量)	無収水量	社会的目的水量**
	見かけ損失		無収水量
	純損失 (漏水)		無収水量

出所：SABESP への聞き取り調査により評価者が作成。

注：*請求水量と実際の使用水量は一致しない。実際の使用水量のほうが少ない。

**公共施設用や給水施設の維持管理用の水量のほか、ファベラ (後述) への水量が含まれる。

図 1 無収水量の捉え方の違い

⁷ 水道料金徴収の対象となった課金水量。

⁸ 社会目的水量には、浄水場施設維持のために使われた水量、公共施設に使われた水量、消防署などで消火用に使われた水量などが含まれる。IWA はこれも無収水量として定義しているのに対して、ブラジルでは無収水量としてはみていない。

SABESP では、無収水管理のための指標として IWA の定義とは異なる二つの無収水率を用いている。一つ目の無収水率（以下、IPF という）は、①配水量から各世帯の水道メーターが 10 m³/月を超えるものは③実際の使用水量を、10 m³/月以下のものは③⁹ 10 m³分の水量⁹を差し引き、さらに④社会的目的使用水量を差し引いた水量の、①配水量に対する割合である。つまり、IWA とは課金水量をベースとしている点で同じだが、10 m³/月以下の場合には課金水量と実際の使用水量が異なる点と、社会的目的使用水量を含まないという点で異なる。二つ目の無収水率（以下、IPM という）は、①配水量から③各世帯の水道メーターによる実際の使用水量を差し引き、さらに④社会目的使用水量を差し引いた水量の、①配水量に対する割合である。つまり、課金ベースではなく使用水量ベースであり、IWA とは社会目的使用水量を含まないという点でも異なる。

もう一つ留意すべき点として貧民街¹⁰（以下、ファベラという）への給水量が挙げられる。ファベラでの使用水量は一般的に④社会目的使用水量として位置づけられ、無収水率にはカウントされていない¹¹。このように、SABESP で用いる無収水率は IWA の無収水率とは異なるため、数値だけで判断することは避けなければならない。本プロジェクトの指標には IPM を採用し、SABESP の統合的無収水削減プログラム（以下、プログラマという）やサンパウロ州無収水対策事業（円借款事業）では IPF を用いている。本評価報告書では誤解を避けるため、必要に応じ IPF、IPM と区別して記載する。

1.3 終了時評価の概要

パイロット地区の視察、関係者への聞き取り調査を通じ、本プロジェクトは SABESP のカウンターパートの無収水削減に必要な能力の向上に貢献したとして、概ね良好なプロジェクトとして評価された。

1.3.1 終了時評価時のプロジェクト目標達成見込み

指標の状況は以下のとおりであり、目標を達成する見込みとされた。

⁹ ブラジルでは、一般世帯区分で使用量が月 10 m³以下の場合、定額（2013 年 12 月現在 16.82 /リアル、約 748 円、為替レート 1 リアル=44.47 円）が適用されている。

¹⁰ サンパウロ首都圏では、ファベラの人口は全体の 11%（2011 年）と推定されている。
<http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/sao-paulo-e-metropole-com-mais-moradores-de-favelas-do-brasil-s egundo-o-ibge>

¹¹ 盗水は、IWA では見かけ損失量、つまり損失水量の一部としてみなされるが、ファベラでは社会的目的水量として扱われるのが一般的である。

指標	終了時評価時
プロジェクトで得られる技術を用いて、配水を担当する 15 の全ビジネスユニットで無収水削減計画が開始される	SABESP は 15 のビジネスユニットがまとめた無収水削減計画をもとに、11 年にわたる「無収水削減・エネルギー効率化プログラム」 ¹² を 2009 年に策定、実施中とされた。
2010 年までに各パイロット地区での無収水率 (IPM) が 30%以下になる	パイロット地区の無収水率は達成されていないが、技術移転の結果としてプロジェクト終了時までに目標の 30%を達成する見込みである。

1.3.2 終了時評価時の上位目標達成見込み

本プロジェクトで無収水管理技術や手法がカウンターパートに移転され、全ビジネスユニットを対象とした無収水管理計画の実施と相まって、上位目標「SABESP 給水区域における無収水率 (IPM) が 30%以下となる」が達成される見込みは高く、給水の安定化は十分に期待できると判断された。無収水管理の国際セミナー¹³を通じて、プロジェクト完了後も他のラテン諸国への波及が期待されていた。

1.3.3 終了時評価時の提言内容

終了時評価における提言と、事後評価時の各対応状況は下記のとおりである。

終了時評価時の提言	対応状況 (事後評価時)
プロジェクト完了までの 4 カ月の間、PDM 上で規定された無収水対策の活動に十分な予算と人員を割り当て、プロジェクト目標の指標である無収水率 30%以下と成果 3 の指標である漏水率の削減率 75%を達成すること。	無収水の予防的対策として、3つのパイロット地区のうち 2 地区で配水管と給水管の布設替えが実施された。無収水率、漏水率に関しては、予防的対策直後にその効果が発現するわけではない。1 地区の無収水率を除いて、これらの数値目標を達成できなかった。
無収水対策を効果的に実施するためには民間業者と SABESP 職員の施工管理能力を高めていく必要がある。	事後評価時、国の技術認定機関 (以下、ABES という) を通じた民間業者に対する研修が計画されている。
配水管と給水管の布設替えは漏水の削減と不法接続の検知に寄与するため、施工監督者と配管作業員の研修・資格認定制度を確立し、民間業者の入札資格基準として、一定人数の資格者を有することを義務付けるなどの対策が望まれる。	本プロジェクト完了後、SABESP の自助努力により、ABES にこの研修コースが導入された。ABES を通じて、民間業者に対する研修が実施され、資格保有者がいる民間業者に業務委託するなどの実施体制が確立される見込みである。
無収水を管理する上でファベラ ¹⁴ の存在を無視することはできない。対応は極めて困難であるもののファベラへの流入地点には流量計を設置し給水量を正しく把握することが必要である。	本プロジェクトでファベラの無収水管理を実施することは困難であり、実質的な対応はない。無収水管理の円借款事業では、ファベラへの流入地点に流量計を設置して、給水量を把握する試みがされている。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

岸野 優子 (アイ・シー・ネット株式会社)

¹² SABESP は 2007 年にドラフトを作成。2010 年 9 月に統合的無収水削減プログラム (プログラマ) として完成。

¹³ 2008 年 12 月と 2009 年 12 月にブラジルだけでなく他のラテン諸国も参加した無収水管理の国際セミナーが開催された。

鈴木 憲明（アイ・シー・ネット株式会社）

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：2013年9月～2015年1月

現地調査：2013年11月25日～12月5日、2014年2月13日～2月23日、5月12日～5月16日

3. 評価結果（レーティング：B¹⁴）

3.1 妥当性（レーティング：③¹⁵）

3.1.1 開発政策との整合性

本プロジェクト開始時のブラジル政府の国家開発計画「多年度計画（PPA）2004-2007」は、持続的開発のためには限りある資源の有効活用が欠かせないとし、効率的な水供給も重要な政策の一つとして挙げられていた。本プロジェクト完了時のブラジル政府とサンパウロ州の「PPA 2008-2011」には、「水資源の保存と公共衛生の向上に重要な水の適切なマネジメントを促進する」と明記され、「PPA 2004-2007」の政策を継承していることが確認された。これらの方針は、水の効率的な利用という本プロジェクトの目的と一致しており、開発政策との整合性は高い。

SABESP は、2007年12月に無収水削減・エネルギー効率化プログラムの最初のドラフトを作成してから、2008年3月にはビジネスユニット毎のIPFの削減目標値を設定した。これは、水の効率的な利用を目指すという国と州の政策、本プロジェクトの目標とも合致していた。プロジェクト完了後間もない2010年9月に策定されたプログラマには、技術移転された内容を含む無収水管理推進のための活動が含まれる¹⁶。プログラマは、本プロジェクトの成果を持続させ、より強化させるためのSABESPの重要な政策と位置付けられる。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

表1に示すとおり、サンパウロ州の2007年と2010年の一日の一人当たりの給水量はそれぞれ175リットル、185リットルと国内平均の150リットル、159リットルを上回る。このように国内最大の水需要があるにも関わらず水資源が少ないうえ、近年の水不足もあって、無収水管理はSABESPにとって最大の課題となっている¹⁷。

¹⁴ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」。

¹⁵ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」。

¹⁶ これを実現するため、円借款融資が申請され、2012年に承認、2013年には同事業が開始された。

¹⁷ 通年12月～2月にかけて雨量は月間200mm～300mmに達するが、2013年12月（62mm）、2014年1月（87.7mm）、2月（22.7mm）と、通年よりも極端に少なく、サンパウロ州大都市圏の給水地区の半分をカバーするカンタレイラ貯水池では、2014年2月の時点で貯水率が18%を下回り、通年の3分の1以下となった。

表 1 主要な州の一日一人当たりに対する水供給量 (単位：リットル)

州	2007	2008	2009	2010
バイア	122.1	121.7	120.0	120.3
リオ・デ・ジャネイロ	205.8	236.3	189.1	236.3
ミナス・ジェライス	142.5	138.3	137.4	147.0
サンパウロ	175.0	176.0	177.8	184.7
パラナ	127.0	127.5	128.7	136.5
ブラジル国平均	149.6	151.2	148.5	159.0

出所：SNIS（ブラジル連邦政府衛生情報システム）より算出。

注：一日一人当たりの給水量＝日当たり給水量/給水地区の人口。

プロジェクト開始時、完了時ともに、水の利用効率を上げることは急務であり、無収水管理の必要性は非常に高かった。サンパウロ州内の SABESP 給水地域の給水人口は、全国の約 15%にあたる約 2,411 万人（2010 年）¹⁸と広く、SABESP を対象に無収水管理のプロジェクトを実施したことはブラジルに大きく裨益するもので、妥当性は極めて高い。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

政府間援助（ODA）国別政策（2006 年）では、環境分野が日本の 6 つの重点分野のひとつに取り上げられていた。JICA の国別事業実施計画（2007 年）では、環境対策保全への支援として、廃棄物処理、大気汚染など都市問題や自然環境問題の解決が明記されていた。本プロジェクトは、サンパウロ州の上下水道事業を担う SABESP を対象に技術協力を実施するものであり、プロジェクト開始時の日本の援助政策に合致していた。プロジェクト完了時も、都市問題への対応が対ブラジル援助政策の重点分野であることに変わりはない。

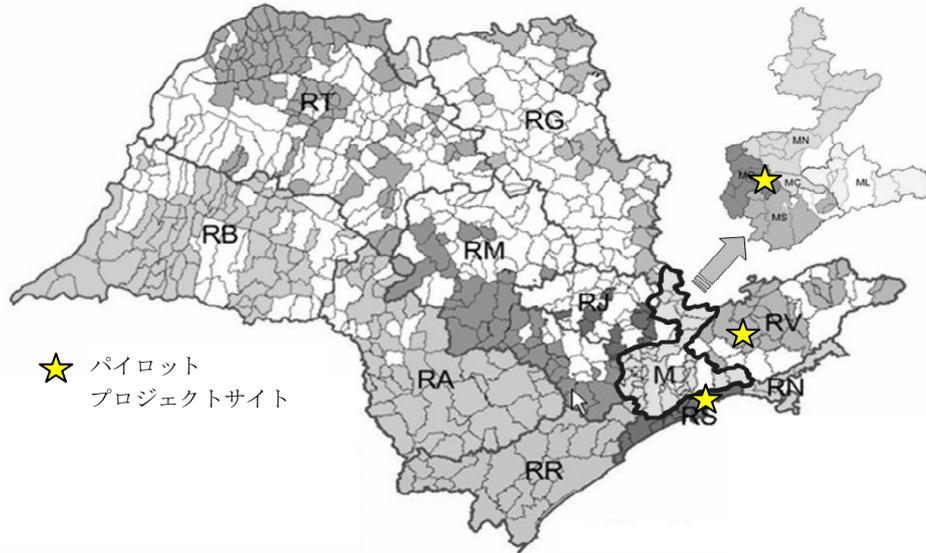
3.1.4 計画やアプローチの適切さ

本プロジェクトは、SABESP 職員の能力強化のための研修開発と体制整備、パイロット地区での無収水管理の立案と実施という大きく二つのアプローチからなる。日本人専門家から移転された技術を実践してパイロット地区で無収水率を削減するとともに、SABESP が管轄する 15 全てのビジネスユニットで無収水削減計画を開始し、組織全体の無収水管理能力を向上させることがプロジェクトとしての目標である。長期的には、無収水管理に必要な人材育成のための仕組み作りを目指していた。つまり、パイロット地区での実践をいかに SABESP 全体に普及するか、普及の仕組みを構築できるかがアプローチとして重要な点であった。パイロット地区の選定そのものやパイロット地区での活動内容に問題はなかったものの、2008 年の中間レビューで変更された PDM₁ は、以下に述べるとおりアプローチや指標設定において改善可能な点があった。

¹⁸ SNIS（ブラジル連邦政府衛生情報システム）より算出。これは東京都水道局の給水人口 1,284 万人（2010 年 4 月時点）の 1.88 倍にあたる。

(1) パイロット地区の選定

15 のビジネスユニットから都市圏西地区ビジネスユニット（以下、MO という）、地方圏バイシャーダ・サンチスタビジネスユニット（以下、RS という）、地方圏バレ・デ・プライバビジネスユニット（以下、RV という）の 3 つのビジネスユニットからそれぞれパイロット地区が選定された。パイロット地区名は表 2 のとおり。



出所：無収水管理プロジェクト事業完了報告書

図 2 SABESP ビジネスユニットとパイロット地区

表 2 パイロット地区の 2007 年の平均 IPM

パイロット地区名	IPM (%)	所属ビジネスユニットの IPM (%)
ハグアレ	36.9 注 1	MO : 34.8
ビラ・バイアナ	51.7 注 1	RS : 42.5
ハルディン・ダス・コリナス	68.2 注 2	RV : 41.0

出所：SABESP 保有の無収水管理情報システムより算出。

注 1：地区別の IPM が無いことから、該当地区を含むセクター全体の IPM を提示。

注 2：該当地区がセクターに相当することから、同地区・セクターの IPM を提示。

各パイロット地区の 2007 年の平均 IPM は、それぞれが所属するビジネスユニットの給水サービスエリアの平均を上回っており、無収水管理の必要性の高い地区がパイロット事業の地区として選定された。パイロット地区のあるビジネスユニットのうち、MO は主に中流階級が居住する首都圏地域で、古い地区であるため漏水率が高く、給水管の布設替えのニーズが高い。このことから本プロジェクトの無収水管理である対処療法的対策と予防的対策が重要となる。RS はファベラと観光地を抱える地域で、無収水の構成要素が多様であり、時期と時間帯によって水の使用量に差がある。このことから本プロジェクトの無収水管理である基礎的対策と、予防的対策の中でも水圧調整による対策が重要となる。RV は富裕層が居住する独立形式のコンドミニアムで、

1970年代に宅地造成会社が上下水道整備を実施したものの、配水管の施工の質が悪く、配水管の布設替えのニーズが高い。

このように無収水管理のニーズが高く、異なる特色を持つ3つの地区をパイロット地区として選定したことは、本プロジェクトで提案された無収水管理を SABESP の全給水区域に普及させるという上位目標を達成するうえでも妥当であった。

(2) アプローチ

プロジェクト目標「SABESP 全体の無収水管理能力を向上させる」を達成するための手段として4つの成果が設定された。成果2、成果3、成果4はパイロット地区を対象とした無収水対策強化のための手段であり、SABESP 全体にかかわるものは成果1に限られる。パイロット地区で技術移転の対象となったカウンターパートは、全ビジネスユニットの技術者と運営維持管理要員の2%にも満たず、他地区の各ユニットの指導者を育成するような活動は計画されていなかった。パイロット地区から組織全体への普及活動が少なく、成果からプロジェクト目標達成への道筋は弱い。

(3) 指標

PDM₁の指標は以下の点において改善の余地があったと考えられる。

- ✓ プロジェクト目標の「プロジェクトで得られる技術を用いて、配水を担当する15の全ビジネスユニットで無収水削減計画が開始される」という指標を、普及活動や研修などによる SABESP の能力向上を測る指標とする。
- ✓ 成果1の指標「無収水管理に関する研修コースが10以上作成され実施される」や「各ユニットから管理職員と技術者が参加する」は活動の状況を示すものであるため、他のビジネスユニットに対する研修実施体制の強化や能力強化がどこまで進んでいるかを判断するための指標を設定する。
- ✓ 成果2の指標には、パイロット地区の技術者がどこまで無収水に対する理解を深めたのかを把握するための数値目標を設定する。
- ✓ 成果3の指標「パイロット地区における漏水率が、パイロット地区での活動の開始時と比較して四分の一に削減される」を対処療法的対策に関する技術移転の達成度を測る指標とする。

以上のとおり、プロジェクトの計画には目標到達への道筋が弱い点や指標設定において改善できる余地があったものの、水資源の有効活用、水供給の効率化という政策的な目標に照らし合わせると、本プロジェクトの目標そのものは適切であり、ブラジルの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策とも十分に合致しているため、妥当性は高い。

3.2 有効性・インパクト¹⁹（レーティング：②）

3.2.1 有効性

本事後評価調査を通じて、プロジェクト完了時点で成果・プロジェクト目標の達成状況にはバラつきがあることが確認された。未達成だった成果については、給水管と配水管の布設替えの予算不足や人員不足といった影響を受けたことが主な理由である²⁰。PDM₁に基づく完了時の達成状況と事後評価時の状況を以下に記す。

3.2.1.1 成果

1) **成果1**「SABESP の職員が無収水管理の必要性を理解し、無収水管理に関する人材育成体制が強化される」：中程度。

無収水対策のための研修コースは質・量ともに十分であったものの、プロジェクト完了までに全ビジネスユニットに対する研修は十分に実施できなかった。事後評価時には、SABESP の努力により、他ビジネスユニットへの普及が始まりつつあることが確認された。

指標①「無収水管理に関する研修コースが 10 コース以上作成され、実施される」：十分に達成。4つのテーマのもと、13 のコースから構成される研修プログラムが作成された。そのうち「管網解析の導入」は、本プロジェクト完了後、SABESP により教材に改定が加えられた。2013 年、同コースは、ABES の研修プログラムに提供された。2014 年以降、ABES を通じて無収水管理強化のための研修が実施される。本プロジェクトで開発された研修コースは質・量ともに十分なものであったと判断される。

指標②「SABESP の全ビジネスユニットを対象とし、各ユニットから管理職員と技術者が、研修コースに参加する」：

未達成。13 のコースの研修は 1 回開催された。全ビジネスユニットから参加があったが、いずれも管理者職員であり、技術者は含まれていなかった。参加者は将来、研修講師として各自が所属するビジネスユニットで研修を実施し、技術を普及することが期待されていたが、講師養成研修（以下、TOT という）はプロジェクト期間中の活動には含まれておらず、事後評価時点でも、参加者が TOT を実施したことは確認できなかった。

指標③「民間業者の技術者が参加する」：

未達成。民間企業からの参加はなかった。ただし、本プロジェクトで開発された研修コース教材は、上述のとおり、SABESP により改定された後、ABES が提供する研修の正式な教材として採用された。これに伴い、民間企業は、SABESP から研修を受けるのではなく、ABES に申請して研修を受講することになった。修了者には、修了資格が与えられ、国の技術認定機関であるブラジル非破壊検査協会が実施する試験に合格すると、無収水に関わる技術の認証資格が与えられる。この認証資格は、民間企

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 これらは PDM₁ で「外部条件」として挙げられている。

業にとって SABESP の給水地区の無収水管理関連の工事に応札する際の条件となる。今後、民間の無収水管理に関わる技術者育成のために本プロジェクトの活動結果が活かされることは間違いない。

2) **成果 2**「パイロット地区における実践を通じて無収水管理にかかる基礎的対策が充実される」：高い。

指標①「パイロット地区の技術者が無収水の構成要素を特定できるようになる。」：

十分に達成。プロジェクト完了時までに、全パイロット地区で電磁流量計を設置し、配水量を把握するための測定活動が実施された。漏水量の測定、盗水の特定など一連の活動を通じて、無収水の構成要素の特定を行った。RS ではファベラ地区でも超音波流量計を用いて水量を把握することに成功した。事後評価調査での聞き取り調査と受益者調査の結果からも、パイロット地区では基礎的対策で最も重要となる無収水の要因特定²¹が十分に実施され、ビジネスユニット内での技術移転も積極的に進められていることが確認できた。特に MO では、サービスエリアを区分けして、そこに水量・水圧自動検知器を設置して、随時、水量、水圧を確認、自動調整している。

指標②「パイロット地区の技術者が GIS 等のデータを活用できるようになる」²²：

中程度。日本人専門家が、完了時までに SABESP のデータバンクから無収水管理に係る基礎的対策を一括して管理できるシステムを構築することを提言した。完了時点では、直接測定に基づいたデータが蓄積され、質が向上されつつあった。事後評価時点では、各ビジネスユニットの管理者により GIS データが整備・管理されている²³。地図情報とともに、漏水の発見箇所や、配管図、配管や給水管の布設替え状況、各世帯の給水管図、各世帯へのサービス状況などを集約したデータバンクが整備されており、そこから無収水管理に関わるデータを取り出して管理できるようになっている。

3) **成果 3**「パイロット地区における実践を通じて無収水管理にかかる対症療法的対策が強化される」：中程度。

中間評価時に設定された数値を達成するには至らなかったが、漏水検知とその対処など無収水管理に関わる対症療法的対策が講じられた。

指標①「パイロット地区における漏水率が 75%削減される」：

未達成。パイロット地区のプロジェクト開始時から完了時までの漏水率削減率は、表 3 に示すとおり、MO が 63%、RV が 52%、RS が 10%となり、目標とする 75%に達しなかった。しかし、SABESP への聞き取り調査によると、RS と RV の漏水率は 2010

²¹ 漏水量の検査、夜間最少流量測定、漏水修理、給水管布設替えの活動を通じた無収水の構成要素の把握など。

²² 「GIS 等を含む既存データベースを無収水対策に活用できるようになる」ということを意味する。出所：JICA 提供資料。

²³ 整備・管理状況はビジネスユニットによって異なり、MO では既に活用され、RS と RV では整備中である。

年5月時点でそれぞれ28%、30%と、SABESP内で目安とされる30%まで下がっており、一定の効果がみられる。パイロット地区の漏水率が目安に達したことから、SABESPは漏水率の高い地区を優先して対症的対策を実施するという判断を下した。RSのようにプロジェクト開始直後で31%²⁴と既に目安の30%に近い漏水率を達成していたビジネスユニットが存在したにもかかわらず、削減率の目標を一律75%²⁵としたことは、SABESPの方針を踏まえればむしろ適切ではなかったといえる。

表3 パイロット地区における漏水率

	MO (%)	RS (%)	RV (%)
2007年の漏水率 (%) ベースライン a	59	31	62
漏水率 (%) 目標値 a/4 = b	15	8	16
2010年5月の漏水率 (%) c	22	28	30
削減率 (a-c) / c	63%	10%	52%

出所：JICA 提供資料。

備考：プロジェクト完了後は実施中と同様の方法で漏水率をモニタリングしていない。

事後評価調査では、MO、RS、RVでは、本プロジェクトで得られた知見と経験を活かして、積極的に他の地区に配水管の漏水検知や給水管の水密検査、配水管や給水管の修理など対症的対策を講じていることが確認された。

4) 成果4「パイロット地区における実践を通じて無収水管理にかかる予防的対策が強化される」： 中程度。

SABESPの予算不足により、予防的対策が遅れたが、給水管と配水管の布設替えについては、ほぼ目標を達成できた。漏水検知や適正な水圧調整は、多くの地域で非常に安価で有用な手段として採用されている。パトロールは、SABESPの人材不足により目標を達成することができなかった。

指標①「パイロット地区における実践を通じて無収水管理にかかる予防的対策が強化される」:

ほぼ達成(給水管布設替え:95%(1,387/1,467カ所)、配水管布設替え:100%(7,821/7,821 m))。RVでは計画どおり実施された。MOでも2008年、2009年と布設替えが必要とされた全てに実施された。2010年は、200カ所が計画されていたが、終了時評価後、SABESPの判断により73カ所で十分であると判断され、その全てが実施された。RSでは80カ所が計画され、完了時までに全ての布設替えを予定していたが実施されることはなかった。サンパウロ州無収水対策事業で給水管の布設替えが計画されていたことから、RSの判断により、本プロジェクト期間中の実施を取りやめたためである。

²⁴ RSのパイロット地区の漏水率ベースライン値が他の地区と比較して非常に低い理由は、同地区のファベラ以外の区域は観光地であり、給水管、配水管ともに比較的新しかったためである。

²⁵ 漏水率の削減率を75%とした根拠は、どの資料にも記載されていない。関係者からの聞き取りからも確認できなかった。

表4 パイロット地区における無収水管理にかかる予防的対策の実績

パイロット地区		布設替された給水管（箇所）		布設替された□配水管（m）	
		終了時評価時	事後評価時	終了時評価時	事後評価時
MO	2008	36	36（100%達成）	計画なし	計画なし
	2009	492	493（100%達成）	計画なし	計画なし
	2010	200（計画値）	73（100%達成）	計画なし	計画なし
RV	2007	349	349（100%達成）	7,821	7,821
	2010	445（計画値）	436（100%達成）	計画なし	計画なし
RS	2010	80	0（0%未達成）	計画なし	計画なし

出所：事後評価時の SABESP への聞き取り調査結果に基づき評価者が作成。

指標②「適正な水圧に調整される」:

中程度。プロジェクト完了までに、RS と RV では水圧調整が実施されたが、MO では実施されなかった。完了後、MO では遠隔での水量・水圧の自動調整が可能になり²⁶、本プロジェクトで提言された水圧調整そのもののニーズが低くなったためである。RV と RS では自動検知・調整のための機器の設置が進んでいないため、低コストで持続性の高い水圧調整の方法は有用であり、事後評価時も実施されている。水圧調整は日本で実績ある技術であり、その技術を管理者だけでなく、現場の技術者へも移転したり、管理職も OJT に参加したりしたことは、双方のコミュニケーションを促し、現場課題に対する認識のギャップを軽減させた。SABESP に持続して応用するだけの人的資源、財務力、組織力があつたことも、技術の定着を可能にした。

指標③「パトロールが定期的実施される」:

未達成。パトロール活動は人材不足によりほとんど実施できなかった。ただし、工事進捗状況を撮影し、進捗効率を向上させるという提案は、事後評価時点でも採用され、予防的対策の強化に寄与している。

3.2.1.2 プロジェクト目標達成度

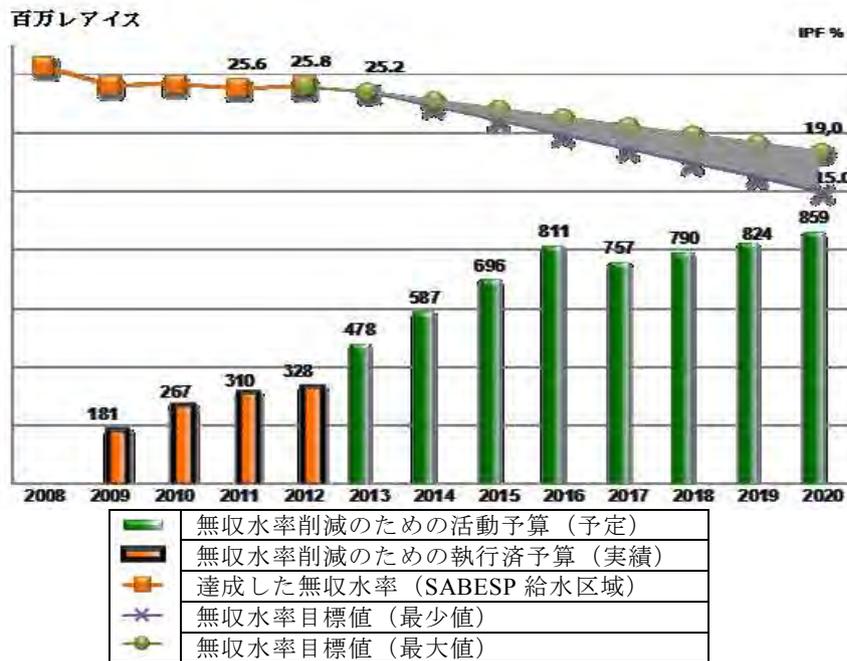
指標 1「プロジェクトで得られる技術を用いて、配水を担当する 15 の全ビジネスユニットで無収水削減計画が開始される」:

未達成。中間レビューの時点で、既に 15 の全ビジネスユニットで無収水削減計画が策定されていることが確認され、完了時までに各ユニットがその計画を開始することが提言された。完了報告書では「本プロジェクト期間中に、無収水削減およびエネルギー効率化プログラムが策定、推進されている」と記載されていた。しかし、完了時点では、無収水削減およびエネルギー効率化プログラムには無収水率の削減目標が設定されていただけであった。実質的な無収水削減計画の策定が始まったのは、プロジェクト完了 4 カ月前の 2010 年 3 月であった。プロジェクト完了後の同年 9 月に表 5 のとおり統合的無収水削減プログラム（プログラマ）の計画が完成、開始された。

²⁶ 測定管理区分（DMC）、マイクロゲージ、汎用パケット無線サービス（GPRS）を活用しての自動調整。

表 5 統合的無収水削減プログラム（プログラマ）の概要

プログラム期間	2009 - 2019
目的	長期間に渡り、無収水率（IPF）の削減が実現される
期待される成果	<ul style="list-style-type: none"> - 無収水率削減のための計画が統合される - 長期的な無収水率削減を実現するための財務的な支援を充実させる
主な活動	<ul style="list-style-type: none"> - 給水管・配管の布設替え - 給水サービスエリアの区分け、整備 - 世帯内給水管の水密調査と漏水検知 - 水圧調整器、水流・水圧自動測定器の設置 - 不正給水の取り締まり（ファベータを除く） - 水道メーターの取り換え



出所：SABESP による JICA 向けプログラマ投資計画プレゼンテーション資料（2013 年 12 月）

図 3 プログラマ投資計画と目標（IPF）

指標 2 「2010 年までに各パイロット地区での無収水率が 30%以下になる」:

表 6 にパイロット地区の IPM の推移を示す。

表 6 パイロット地区の IPM の推移

(単位：%)

パイロット地区名	2007 (7-12)	2008 (1-6)	2008 (7-12)	2009 (1-6)	2009 (7-12)	2010 (1-5)
ハグアレ (MO)	46.3	44.6	未算出	42.6	39.0	30.9
ビラ・バイアナ (RS)	58.5	62.6	60.2	51.2	44.2	27.9
ハルディン・ダス・コリナス (RV)	61.2	36.1	32.3	35.4	40.5	37.4

出所：太字の部分は、中間レビュー報告書より入手、その他の部分は、業務完了報告書に掲載のあった月毎の無収水量の表から評価者が算出。

注：上表では、本プロジェクトの目標である IPM を記載。

RSではプロジェクト開始年の58.5%から2010年1-5月期の27.9%まで削減された。本プロジェクト実施により、配水量分析が進み正確な使用水量が把握され、具体的な無収水対策²⁷が可能になったためである。他方、MOとRVでは、2007年7-12月期の46.3%、61.2%からそれぞれ30.9%、37.4%まで減り、大きな効果が確認できる。RVの2010年7-12月期の平均IPMはさらに34.4%まで減少した²⁸。しかし、給水管、配水管の布設替えの遅れもあり30%を切ることはできなかった。

以上のとおり、一部、プロジェクト目標には到達しなかった指標はあるが、パイロット地区では無収水率に大幅な改善がみられ、SABESP全体ではカウンターパートが中心となって無収水削減計画に向けた取り組みを進めており、一定の効果があつたものと判断できる。

3.2.1.3 プロジェクト以外の貢献・阻害要因

プロジェクト期間中、SABESPがローカルコンサルタントを雇用し、無収水率削減に関する意識向上のためのプログラム(MASPP)を実施していた。このプログラムは、ワークショップを通じてSABESP全職員の役割を再認識させ、意識向上を図るものである。結果的に、本プロジェクトの成果である無収水管理技術を他のビジネスユニットへ普及するための環境整備につながった。

成果4での無収水管理の予防的対策については、給水管と配水管の布設替えに対するSABESPの予算措置が不十分であったこと、工事請負契約手続きが遅れたこと、外部受託企業の施工能力が不十分だったことなどが阻害要因となり、RVでは施工開始がプロジェクト完了5カ月前の2010年2月まで延びた。これらは結果的にプロジェクト目標の一部未達成の一因になった。

3.2.2 インパクト

3.2.2.1 上位目標達成度

指標「2015年までにSABESP給水区域における無収水率が30%以下になる」:

表7にSABESP給水地区のIPMの推移を示す。

²⁷ 1つ目は、ファベラへの流量把握と稼働していない給水栓の把握をすることで、配水量分析をより正確なものにするという対策。2つ目は、水圧を給水に支障のない30kPaから20kPaに下げ、夜間の水圧を必要にあわせて調整し、漏水の削減を図るという対策である。

²⁸ 2010年6月~7月にかけて、MOとRSのパイロット地区で(c)IPMは算出されていない。プロジェクト完了以降はパイロット地区としてのIPMのモニタリングを実施していないため、データを入手することはできなかった。

表7 IPMの推移

(c) 無収水率 (IPM) %		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
実績	SABESP 全体	35.8	34.1	32.4	32.3	32.0	32.1	31.2
	都市圏局	34.6	32.7	31.4	31.9	31.3	31.8	30.8
	地方局	39.1	37.9	35.3	33.3	33.9	32.9	32.3

出所：SABESP 計画局統合的無収水削減プログラム管理部からの情報提供。

備考：上表では本プロジェクトの上位目標の削減目標値の無収水率を IPM とみなして記載。

SABESP 全体の IPM は、事後評価時点（2013 年）で 30%～32%台である。2013 年にはプログラムをベースとしたサンパウロ州無収水対策事業（円借款）が開始され、それまで横ばい傾向だった無収水率が前年度比マイナス 0.9%になった。同事業実施に伴い、上位目標期限である 2015 年までに目標が達成される見込みは高い。

3.2.2.2 上位目標に対する本プロジェクトの貢献

上位目標に対する本プロジェクトの貢献度を確認するために、受益者調査²⁹を実施し、(1) 移転された無収水管理技術がどの程度把握されているか、(2) プロジェクトで開発された無収水管理に関する 13 の研修コースがどの程度活用されているか、(3) 無収水率削減の重要性がどの程度認識されているかを確認した。

(1) 無収水管理技術の把握度

パイロット地区のビジネスユニットの職員は、技術移転された内容を十分に把握し、プロジェクト完了後もその技術を活用していた。表 8 の受益者調査結果からもそれは明らかである。パイロット地区のビジネスユニットの IPM の削減は、技術移転を受けた職員によるところが大きい。プロジェクト完了後、半分以上の職員が異動していたものの、新しい職員はこれらの職員から技術移転を受け、無収水対策に積極的に取り組んでいた。

²⁹ 9つのビジネスユニットを対象に、1 ビジネスユニットあたり 10 人、2つのグループにわけて、1 グループ 5 人によるフォーカス・グループ・ディスカッション形式で受益者調査を実施した。

表 8 パイロット地区のビジネスユニットの技術移転内容の把握度

主な技術移転内容	MO	RS	RV
給水エリアの区分化と区分毎の流量把握	全域で実施中 DMC 単位	一部で継続 (25%) セクター単位	全域で継続 セクター単位
昼間と夜間の適切な水圧調整	全域で自動調整	全域で適宜実施	全域で適宜実施
給水管設置後の水密検査	全域で実施	80%の地域で実施	全域で実施
配水管理設前の水密検査	全域で実施	半分が実施	新設分は全て実施
施行進捗状況を施行フェーズ毎に写真で把握	全域、全フェーズで 実施	全域、全フェーズで 実施	全域、全フェーズで 実施
技術移転内容の把握度の 総合評価	100%実施 水圧調整自動化な ど先進技術を採用	70%実施 技術移転内容を 十分に把握	100%実施 技術移転内容を 十分に活用

出所：SABESP 職員 90 人を対象とした受益者調査の結果をもとに評価者がまとめた。

MO はプロジェクト期間中よりも先進的な技術、例えば、水圧調整の自動化や、施工進捗状況を電子データ化し関係者と共有するといった技術を用いている。RV は全域で移転された技術を活用している。RS は移転技術の活用度が全体で 70%と他パイロット地区よりも低い、受益者調査対象者全員が技術内容を把握していた。

他方、パイロット地区以外のビジネスユニットについては、表 9 の受益者調査結果に示すとおり、都市圏のビジネスユニット MC³⁰、MN³¹、MS³²は把握度の最終評価が 70%程度なのに対して、地方圏のビジネスユニット RA³³、RJ³⁴、RN³⁵では半分程度だった。特に MN が高いのは、SABESP がミラーエリアと呼ばれるパイロット地区として MN を選定し、本プロジェクト専門家の指導のもと、OJT を数回実施したことなどが影響していると思われる。MC、MN では、MO が中心となり無収水対策の指導にあたったことがプラスに働いた。地方局のビジネスユニットではこうした技術普及が不十分であったためやや低い結果になったと推測される。

³⁰ サンパウロ都市圏中心部ビジネスユニット。

³¹ サンパウロ都市圏北部ビジネスユニット。

³² サンパウロ都市圏中心部ビジネスユニット。

³³ サンパウロ州アルト・パラナパネマ地域ビジネスユニット。

³⁴ サンパウロ州カピバリ／フンディアイ地域ビジネスユニット。

³⁵ サンパウロ州リトラル・ノルテ地域ビジネスユニット。

表 9 パイロット地区対象外 6 ビジネスユニットの技術移転内容の把握度

主な技術移転内容	MC	MN	MS	RA	RJ	RN
給水エリアの区分化と区分毎の流量把握	50%	100%	50%	50%	50%	50%
昼間と夜間の適切な水圧調整	50%	100%	100%	50%	50%	50%
給水管設置後の水密検査	100%	60%	50%	50%	50%	50%
配水管埋設前の水密検査	50%	20%	50%	0%	50%	50%
施行進捗状況を施行フェーズ毎に写真で把握	50%	75%	80%	50%	60%	75%
技術移転内容の把握度の総合評価	60%	71%	66%	40%	52%	55%

出所：SABESP 職員 90 人を対象とした受益者調査の結果をもとに評価者がまとめた。

(2) 無収水管理に関する 13 の研修コースの活用度

プロジェクトで開発された無収水管理に関する 13 の研修コースについては、表 10 のとおり、事後評価時点では MO で 50%、その他は 30%以下と活用度は低い。これは、2013 年に研修プログラムの検証が完了したばかりの段階にあるためである。技術移転の対象でもありモニタリングを担当する計画局技術開発・維持管理部（以下、TOE という）が中心となって研修コースが改善され、サンパウロ州無収水対策事業に携わる民間企業は ABES の認定研修を受講することが義務化された。2014 年には本格的に研修が実施されることが決まっている。これを通じてさらなる IPM の削減が実現されることが期待される。

表 10 プロジェクト完了後の 13 の研修コースの活用度

	MO	MC	MN	MS	RS	RV	RA	RJ	RN
回答者数	10	10	10	10	10	10	10	10	10
活用者数	5	3	3	1	0	1	2	1	0
活用度	50%	30%	30%	10%	0%	10%	20%	10%	10%

出所：SABESP 職員 90 人を対象とした受益者調査の結果をもとに評価者がまとめた。

(3) 無収水率削減の重要性に関する認識

表 11 のとおり、無収水率削減の重要性に対する認識は 80%~100%と非常に高い。聞き取り調査でも、TOE が中心となって各ビジネスユニットに対し無収水に関する活動の支援が実施されたことが確認されており、パイロット地区での技術強化を通じて、TOE が全ビジネスユニットに働きかけて無収水削減に関する認知度が普及した結果と考えられる。M 地域のほうが R 地域よりも認識度が総じて高いのは、TOE から地理的に近い M 地域のほうが TOE の関与が大きかった結果である。

表 11 無収水率削減の重要性に関する認識度

	MO	MC	MN	MS	RS	RV	RA	RJ	RN
回答者数	10	10	10	10	10	10	10	10	10
重要性認識	10	10	8	10	9	9	9	9	9
認識度	100%	100%	80%	100%	90%	90%	90%	90%	90%

出所：SABESP 職員 90 人を対象とした受益者調査の結果をもとに評価者がまとめた。

3.2.2.3 その他のインパクト

本プロジェクト期間中に、無収水管理対策に関する国際セミナーが開催され、ブラジル国内だけではなく、ラテンアメリカ諸国からの参加者に対してもパイロット地区でのプロジェクトの成果を広めることができた。これを機に、SABESP はラテンアメリカ地域における無収水対策の研修の中心になることを目指し、JICA スキームを利用して第三国研修（TCTP）が計画された。プロジェクト完了後、既に合計 3 回の第三国研修が実施されている。

本プロジェクトの実施により一定の効果発現が見られ、有効性・インパクトは中程度である。パイロット地区のあるビジネスユニットでは、技術移転の浸透度、蓄積された技術レベル、職員の意識も高く、無収水管理が実行され、その結果が無収水率の大幅な改善に結び付いた。パイロット地区以外のビジネスユニットでも無収水率削減の重要性に関する認識度は 80～100%と高く、技術移転内容の把握度の総合評価でも 4 割～7 割まで進んでいることが確認された。プロジェクトによって、直接のカウンターパートである TOE の活動に変化が生じ、TOE の働きかけによって十分な予算が措置されるようになるなど、無収水管理のための土台は確実に作られた。今後、本プロジェクトで開発された無収水管理技術の研修コースが本格的に始動し、サンパウロ州無収水対策事業の効果とも相まって、2015 年までに上位目標を達成できる見込みである。

3.3 効率性（レーティング：②）

3.3.1 投入

投入の計画と実績は以下のとおり。

投入要素	計画	実績（終了時）
(1) 専門家派遣	・長期1人（計：36カ月） ・短期4人（計：41カ月） 総計：77人/月	・長期1人（36カ月） ・短期9人（46.5カ月） 計：82.5人/月
(2) 研修員受入	・研修受け入れ数各年15人程度 ・主な研修分野： 無収水対策全般 給水装置改善	・研修受け入れ総数50人 ・主な研修分野 無収水の総合的管理対策 日本における低無収水率の達成と維持のノウハウを共有
(3) 第三国研修	なし	なし
(4) 機材供与	・供与機材：3年間で45百万円 ・主な投入機材 電磁流量計、夜間最小流量測定装置等	・供与機材：35.4百万円 ・日本側負担経費：24.4百万円 ・主な投入機材 可搬式電磁・超音波流量計、音波式管路探知器、相關式漏水発見装置、管内視カメラ
協力金額合計	合計 290 百万円	合計 362 百万円
相手国政府投入額	・カウンターパート配置（11 部署、計 49 人） ・専門家及びプロジェクトスタッフのための事務所スペース ・研修費用（人件費、交通費、日当／宿泊費、講師謝金） ・研修センター整備 ・パイロット地区での無収水削減プロジェクトにかかる費用 合計（計画値なし）	・カウンターパート配置（14 部署、計 82 人） ・専門家及びプロジェクトスタッフのための事務所スペース ・研修費用（人件費、交通費、日当／宿泊費、講師謝金） ・研修センター整備 ・パイロット地区での無収水削減プロジェクトにかかる費用 合計 19.2 百万円

3.3.1.1 投入要素

日本側からの投入は全般的に計画をやや上回った。短期専門家は、計画時に想定していた無収水管理／施工監理、配水管理、漏水探知技術、研修計画という4つの分野のほか、水運用、水道計画の分野の専門家も派遣された。研修企画・計画の専門家の派遣期間が減ったことは、パイロット地区での成果を SABESP 全体へ普及させるための投入が制限されることでもあり、成果の普及を限定する要因ともなった。ブラジル側からの投入は、カウンターパート配置も計画を上回ったが、パイロット地区での費用以外の投入は計画どおりだった。

パイロット地区を対象とした成果のうち、成果4については SABESP の予算不足により、MO、RV では布設替えに遅延が生じたり、RS では給水管の布設替えできなかったりなど計画どおりに進まなかった。供与された機材は継続して活用されている。唯一、管内カメラの活用度が低いが、全体の供与額の6%程度に過ぎず、成果の発現には大きな影響はなかった。

3.3.1.2 協力金額

協力金額は計画 290 百万円に対して実績 362 百万円であり、計画を上回った（計画比 124%）。専門家派遣や研修員受け入れ人数が増加したことが原因である。

3.3.1.3 協力期間

協力期間は、36 カ月と計画どおりだった（計画比 100%）。

3.3.2 プロジェクトの実施体制

本プロジェクトでは、当初、都市圏から MO と地方圏の沿岸部地域から RS の 2 つのパイロット地区が設定されたが、後に地方圏の内陸部の RV が追加された。つまり SABESP 本部のほかに 3 つのサイトが存在していたことになる。RV と RS は、距離にして 400 キロメートル以上、本部からも 250 キロメートル以上離れていた。このようにプロジェクト地域が広範囲に及び、プロジェクトオフィスも複数ある状況で、本プロジェクト開始直後はローカルコーディネーターが配置されていなかった。OJT を通じた技術移転では特に問題なかったが、パイロット地区の給水管と配水管の布設替えなどのインフラ整備では、言葉の違いによるコミュニケーション上の不備やブラジルの行政機関の業務の非効率さなどもあり、許可手続きに非常に多くの時間が割かれ、工事開始が遅れた。半年後にローカルコーディネーターが配置され、これらの問題は解消された。本プロジェクト開始直後からローカルコーディネーターが配置されていれば、先行していた MO での活動をより早く実施でき、そこから得られていた知見と経験をいち早く把握して、本プロジェクトで一番の課題とされた他のビジネスユニットへの普及を進められた可能性もあったかもしれない。

後から追加になった RV には、コーディネーターが配置されることはなく、RS のひとりのコーディネーターが対応していた。RS のコーディネーターは、SABESP 本部で業務することが多く、現場の視察は多くなかった。RV と RS の実態把握や進捗確認に遅れが生じて、結果的に活動は MO と比較して限定的になった。パイロット地区を抱える各ビジネスユニットに SABESP のコーディネーターを配置することが望ましかったと思われる。

一方で、OJT を通じた技術移転は、現場の課題や教訓を管理者とも共有し、状況にあわせて計画（Plan）、実施（Do）、評価（Check）、改善（Act）の PDCA サイクルを繰り返しながら進められた。それまで SABESP になかった手法であり、効果的で効率的な手法としてカウンターパートの評価も非常に高かった。

以上より、本プロジェクトは、協力期間については計画内に収まったものの、協力金額が計画を上回った。実施体制には改善の余地があったが、現場での技術指導は効果的で効率的な方法で行われたことから、効率性は中程度である。

3.4 持続性（レーティング：③）

3.4.1 政策制度面

表 12 に示すとおり、上水事業投資に対するプログラムの割合は年々増えている。本プロジェクト完了後は、プログラムをもとに各ビジネスユニットで無収水率削減のための活動が積極的に実施されている。上位目標である SABESP 給水区域における無収水率の削減に向け、政策制度面における持続性はより強化されているといえる。

表 12 SABESP の投資計画に占めるプログラムへの投資割合 (単位：百万リアル)

	2009	2010	2011	2012	2013
上水道事業	577	590	664	653	668
下水道事業	860	948	835	867	827
その他	214	213	254	228	231
合計	1,651	1,751	1,753	1,748	1,726
プログラム ^{注1}	181	267	310	328	478
プログラム / 上水道事業	31%	45%	47%	50%	72%

出所: SABESP 財務報告書 (2008 年)、統合的無収水削減プログラム (2013 年 12 月更新版)。

注 1: 2009 年～2012 年は実績値、2013 年は計画値。

3.4.2 カウンターパートの体制

組織体制に変更はないが、職員数は 2007 年の 16,850 人から 2013 年の 15,049 人へと減少した。これは 2009 年、所属職員に対する年金の支払いが禁じられたことを機に大量の退職者が発生したためである³⁶。2009 年に 15,103 人まで職員数が減った後は安定しており³⁷、今後、劇的に減ることは考えにくい。多くの職員が勤続 15 年以上と定着率は高い。無収水管理のための部署が設立され、削減目標設定値が達成できた場合には特別ボーナスを支給するなど、職員のモチベーションをあげる試みが行われていることも高い定着率につながっていると思われる。

本プロジェクトの完了報告書では、SABESP が実施してきた業務の受け皿である民間業者が十分に育成されないままアウトソーシングが進められていることが問題として指摘されていた。長期的な観点から民間業者の技術能力向上のための一層の取り組みが必要であることが提言されたことを受け、開発された研修プログラムをベースとした資格認証試験が外部の機関である ABES によって実施されることになった。このように、無収水管理のための体制はより強化され、民間業者を育成するための体制作りも整備されたことから、体制面の持続性は高い。

3.4.3 カウンターパートの技術

今回の聞き取り調査とパイロット地区のビジネスユニット職員に対する受益者調査

³⁶ 定年の 60 歳を超えても継続して所属していた職員が年金と給与を受け取っていたことに対する批判から、給与所得者は年金を受け取れなくなった。

³⁷ 15,330 人 (2010 年)、14,896 人 (2011 年)、15,019 人 (2012 年)。

の結果によれば、MO ではカウンターパートが半分以上在籍しており、移転された技術を用いて漏水探知、水圧検査、配水管と給水管の布設替えを継続していることが確認された。RS では数人のカウンターパートが残っているだけだった。無収水管理の部署を中心に、プロジェクト期間中に対応できなかったファベラへの無収水管理が進められていた。RV でも数人のカウンターパートが継続して在籍しているのだが、プロジェクト完了後、他のビジネスユニットから異動してきた若手職員に対し技術が移転され、無収水管理の活動が強化されていた。

無収水削減技術向上のためには、表 13 に示す 5 つの課題がある。このうち 4 つが本プロジェクトで対応された。円借款事業でも 4 つをカバーしており、以下のようなコンポーネントを含んでいる。本プロジェクトで移転された内容は、SABESP の無収水対策のための技術課題に対処するものであり、これらはサンパウロ州無収水対策事業のコンポーネントにとって必要不可欠な技術でもある。

表 13 技術課題への対応状況とサンパウロ州無収水対策事業コンポーネント

技術課題	プロジェクトの対応	サンパウロ州無収水対策事業対応コンポーネント
水道メーターによる純損失と見かけ損失の把握	対応済	各世帯の給水管の交換 不正使用対応 配水管の布設替え
水供給拡張のための給水管と配水管の布設と維持管理の質の向上	対応済	
管網の設計と解析の専門家不足	対応済	各市のセクター化 (DMC)
損失量調査のための環境整備 (→本事業で必要性を認識)	対応済	非破壊による漏水探知と修繕 減圧弁 ³⁸ の設置 広域測定器の取り付け 少量水量配管の水圧上限の設定 大量水量配管の水圧下限の設定
無収水削減対策の経済的効果把握	未対応	含まれていない

出所：TOR 部からの聞き取り調査と本事後評価で実施した受益者調査結果に基づき評価者が作成。

移転された技術や供与機材のうち、その有用性が薄れているものもある。2007 年度、2009 年度に供与された可搬式電磁流量計³⁹は、広域測定器 (マクロゲージ) が設置されていなかった状況のもと、水圧と水量を測定する手段として有用とされた。しかし、事後評価時は首都圏の M サービスエリアにおいて、マクロゲージの設置が進んでおり、その必要性が低くなっている。今後は、マクロゲージの設置が進んでいない首都圏郊外の R サービスエリアで、流速・水圧が共に低く、マクロゲージでは検知できないような地域で限定的に使用される見込みである。このように一部、技術の進歩に伴いそ

³⁸ 配水管ラインの中で、配水された水の圧力を下げ、各世帯において適度な水圧で水を使えるようにするための装置。

³⁹ 運搬や移動が可能な導電性の液体 (水) の流量を測定するための装置。本プロジェクトでは、SABESP の車両に積み、必要な場所へ移動させて、流量を測るのに使用されていた。

の有効性は薄れたとはいえ、独自に代替技術を発展させ対応してきており、技術面の持続性は強化されていると判断できる。

3.4.4 カウンターパートの財務

表 14 に示すとおり、SABESP の財務状況は良好であり、2012 年の営業利益率は 26% を超え、純利益は 19 億 1,190 万リアルに上る。無収水対策の必要性に対する認識の高まりとともに、今後も必要な予算は確保される見込みで財務面の持続性に問題はない。

表 14 2010 年～2012 年の SABESP 収支概要 (単位：百万リアル)

SABESP 収支概要	2010	2011	2012
純営業収入	9,231.0	9,941.6	10,754.4
維持管理費・設備・メンテナンス費	(5,194.5)	(6,031.1)	(6,465.4)
粗利益	4,036.5	3,910.5	4,289.0
販売費	(712.9)	(619.5)	(697.8)
人件費、管理費	(653.2)	(846.6)	(726.1)
営業利益	2,672.2	2,354.3	2,845.3
営業利益率	28.9%	23.7%	26.5%
財務収益 (ローン支払いなどの財務支出含む)	(379.4)	(633.6)	(301.4)
純利益	1,630.5	1,223.4	1,911.9

出所：SABESP 財務年間報告書 (Form 20-F) (2012 年)。

以上より、本プロジェクトは、政策制度面、カウンターパートの体制、技術、財務状況、いずれも問題なく、本プロジェクトによって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

本プロジェクトは、サンパウロ州の給水の安定化を図るため、SABESP において無収水を削減していくために必要な人材育成と仕組み作りを目的として実施されたものである。

サンパウロ州は人口の多さに比べて水資源が少なく、無収水管理が最重要課題の一つとなっていた。水資源の有効活用を掲げたブラジルの開発計画とも一致しており、妥当性は高い。ローカルコーディネーターの配置不足など実施体制で課題があったものの、OJT を通じた技術移転は、技術者と管理者とのコミュニケーションを促し、パイロット地区での無収水管理の実施へとつながった。しかし、パイロット地区での成果を全体に普及させる活動が限定的であり、これがプロジェクト目標達成に負の影響を及ぼした。他方、パイロット地区での成果をもとに SABESP の無収水管理が強化された結果、上位目標は達成される見込みであり、有効性・インパクトは中程度といえ

る。協力期間や投入要素はほぼ計画どおりであったが、協力金額がやや計画を上回ったため、効率性は中程度である。充実した実施体制、高い技術力を誇る中南米最大の事業体 SABESP は、財務体質も良好で、今後も無収水管理予算が確保されると見込まれることから、持続性は高いと判断される。

以上より、本プロジェクトの評価は高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 カウンターパートへの提言

無収水管理実施にあたり、次の2点を提言する。

1 点目は、社会的目的水量の定義や算出方法について明確な基準を設け、これを全ビジネスユニットに対して徹底させることである。事後評価時点では、これらが曖昧なまま業務が実施されていた。無収水管理のためには、統一された定義と算出方法に基づき、モニタリングしてその結果をもとに対応策が検討されなければならない。

2 点目は、ファベラにおける無収水削減対策の促進についてである。本プロジェクトでは、ファベラでの支援は外部要因による影響が極めて大きいことから、一部の調査を除き協力対象から除外された。同対策は、市、警察なども巻き込んだ対策が必要になってくるため、中長期的視点にたった戦略を策定し、統合的な活動計画を実施していくことが求められる。

4.2.2 JICA への提言

本プロジェクト完了後、SABESP はパイロット地区で実証された数々の教訓と経験をもとに開発された研修コースを国の認定機関に導入し、無収水削減対策の強化の底上げを図った。今後は、ブラジル国内での無収水削減対策のニーズを踏まえ、SABESP で蓄積された無収水管理の知見と経験の普及や、無収水管理強化のために導入された認証制度の他州への導入を後押しするための支援が望まれる。

4.3 教訓

(1) 現地業務開始前のコミュニケーションを円滑にするための対策の検討

本プロジェクトでは、プロジェクト開始時に言語や文化の違いから日本側とブラジル側との間にミスコミュニケーションが発生し、準備段階での様々な手続きに支障をきたした。MO での活動をより早く実施できていれば、そこから得られていた知見と経験をいち早く把握して、より多くの技術移転を他のパイロット地区に応用することができ、また本プロジェクトで一番の課題ともいえる他のビジネスユニットへの知見と経験の普及もより円滑にできていたと考えられる。カウンターパートや専門家のコミュニケーション能力によるところも大きいですが、このような課題が想定される場合には、プロジェクト立ち上げ時から通訳兼ローカルコーディネーターを日本側の負担で配置し、コミュニケーションによる問題を防ぐことが望まれる。

(2) プロジェクト目標にあわせた計画策定とローカルリソースの積極的活用

本プロジェクトの狙いはパイロット地区での活動をベースに SABESP 全体の無収水管理技術を向上させることだった。しかし、限りあるリソースの多くをパイロット地区の技術的支援に配分し、普及面への投入が限定的になった。結果的にこのことがプロジェクト目標達成に影響を及ぼした。技術プロジェクトを形成する際には、目標に照らし合わせて必要、かつ適切な投入を検討するとともに、妥当な計画を策定することが大前提である。技術的能力だけでなく普及活動に長けた専門家を配置するなど計画との整合性を心がけ、積極的なローカルリソースを活用することも検討すべきである。カウンターパートを適切に配置することもそのひとつである。技術普及に関し高い目標を設定する場合には、そのための仕組みも組み込む必要がある。プロジェクト期間中、SABESP は独自にローカルコンサルタントを雇用し、無収水率削減に関する意識向上のためのプログラム (MASPP) を実施し、結果的に全ビジネスユニットの無収水管理に対する意識を醸成した。実際には別々に実施されていたが、もしも本プロジェクトでの技術支援内容を、同プログラムに組み込んでいたのであれば、全ビジネスユニットで無収水管理能力がより強化されていたと考えられる。

(3) 業務遂行上、最も適した実施体制の整備

SABESP の給水地域は非常に広く、日本の本州の面積に相当する。パイロット地区もそれぞれ数百キロ離れている。このように広範にわたる地区を対象としているにもかかわらず、プロジェクトにはひとりのコーディネーターしか配置されなかった。しかも、SABESP 本部に勤務していたため、各地区の現状を把握するのも難しく、活動の進捗確認が遅延することもしばしばであった。対象地域が広い場合や点在するような場合には、円滑に業務を実施するため、さらには現場での技術移転を強化するため、それぞれの地域に勤務している実施機関の職員をコーディネーターとして配置するなど、最も適した実施体制を整備すべきである。

(4) 技術プロジェクトと円借款事業の連携の促進、及び援助の選択と集中

無収水管理では基礎的対策と予防的対策が重要である。本プロジェクトでは実施中、技術プロジェクトに加えこの予防的対策を後押しするための日本からの継続的支援を提案し、SABESP はこれに基づき円借款事業を要請した。円借款を活用した事業は技術プロジェクトでは予算的に対応できないような大規模な配水管や給水管の布設替えといった効果的な予防的対策を一気に進めることができる。これは、SABESP 職員の無収水管理へのインセンティブともなり、技術プロジェクトで育成された人的資源を活用し、統合的無収水削減プログラムの策定を実現させ、民間も含めた研修実施体制を築きあげるまでに至った。このように、技術プロジェクトによるソフトコンポーネントと、円借款によるハードコンポーネントへの支援の組み合わせは、JICA の援助方針である選択と集中にも合致する有効な手段である。

(5) 無収水対策関連事業で使用する指標の定義の明確化

国際水道協会（IWA）と日本の水道産業の国際展開を支援するための方策⁴⁰によると、無収水率の定義は配水量から実際に課金された請求水量を引いたものと定義され、無収水率（NRW）に相当する。一方、SABESP では、IWA と同様の指標を認識しつつも、配水量から課金水量をベースにした水量と社会的目的水量を差し引いた無収水率（IPF）と、配水量から実際の使用水道をベースにした水量と社会的目的水量を差し引いた無収水率（IPM）を用いている。ファベラなどでの盗水は見かけ損失量ではなく、社会的目的水量として認識している。

本プロジェクトでは、ブラジルの特有の事情を考慮して、無収水率（IPM）を評価指標として用い、ファベラにおける見かけ損失水量は社会的目的水量とした。しかし、事前評価報告書や事業完了報告における記載は、無収水率の定義が曖昧に使われており、NRW と IPM が混在し、社会的目的水量の定義も明確に記載されていなかった。プロジェクトの効果を正確に把握するためにも、これらの指標の定義とその使い分けを意識しながら、目標値のモニタリング、報告書の作成をすることが肝要である。

以上

⁴⁰ 出所：厚生労働省「平成 21 年度 水道国際貢献推進調査報告書」（2009 年）。

ブラジル

東北伯水資源開発事業

外部評価者：アイ・シー・ネット株式会社 岸野 優子、鈴木 憲明

0. 要旨

東北伯地域は、高温低湿の気象条件が特徴であり、ブラジルの中で最も乾燥した地域として知られている。本事業は、同地域に上水道施設を整備することにより、住民に対する安全な飲料水の安定供給を目指すものであり、ブラジル政府の政策及び開発ニーズ、また日本の援助政策に合致しているため妥当性は高い。対象3州のサブプロジェクトのうち、経済成長加速化計画（以下、PAC という）で融資されることになったセアラ州を除き、バイア州とセルジッペ州では給水人口が順調に伸び、それぞれ5万人、20万人を達成した。バイア州での受益者調査からは、水質の改善により健康状態が改善したという住民が多く、満足度も高いことが明らかになった。セルジッペ州では州内75市のうち25市の給水を担い、今後は需要が最も高いセルジッペ川流域にも配水することが計画されるなど事業の効果は広範囲に及ぶ。このように本事業は乾燥地域の水供給に大きく貢献するものであり、有効性・インパクトは高い。効率性に関しては、サブプロジェクト承認などに時間を要したほか、スコープの拡大に伴う工期延長もあり事業期間、事業費ともに計画を大幅に上回った。事業完成后、施設は各州水道公社に委譲され、運営・維持管理を担う水道公社の体制面、技術面に問題はない。財務面に関しては、バイア州の実施主体全体の収益性は高く、セルジッペ州は補助金を受けており財務状況は良好である。したがって本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本プロジェクトの評価は高い。

1. 案件の概要



案件位置図



セミ・アリド送水システム取水場・浄水場

1.1 事業の背景

ブラジル連邦政府は、1997年1月に公布された国家水資源法（法令 9433/97）で、水資源の効率的利用を目的とし、流域を単位とした統合的な水源開発・管理システム¹を構築することを定めた。以降、水資源の効率的な利用が最も必要と考えられる東北伯9州と南東部の1州の合計10州²において、世界銀行の協力のもと、連邦水資源管理事業（以下、PROAGUA という）³を実施することにした。①水資源管理の組織強化と方法の改善により国全体の水資源管理と統合させる、②州の自治権強化と住民参加を通じて効果的で効率的な水資源管理を促進させる、③自然・社会環境、経済的側面において持続性の高い水インフラ施設を整備することを主な目的とした。

審査時、このPROAGUA 全体計画のうち、ブラジル連邦政府が承認した一部を円借款対象にすることが決定された。セアラ州、バイア州、セルジッペ州が候補に挙げられ、上水道施設の整備が融資対象とされた。2005年までに同3州のサブプロジェクトが本事業として承認された。

1.2 事業概要

乾燥が厳しく水資源の乏しいブラジル東北地方において、上水道施設（取水施設、導水施設、浄水場、配水池など）を整備することにより、住民への安全かつ安定した上水供給を実現し、もって地域住民の生活環境の改善に寄与する。

円借款承諾額／実行額	3,595 百万円／3,486 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2003 年 4 月 30 日
借款契約条件	土木工事 金利 2.5%、 コンサルティング・サービス 金利 1.8% 返済 25 年（うち据置 7 年）、一般アンタイド
借入人／実施機関	ブラジル連邦共和国／国家統合省
貸付完了	2008 年 9 月 26 日
本体契約 (契約金額 10 億円以上)	・ Mrm - Construtora S/A, Construtora Celi Ltda./Imobiliaria Rocha Ltda., Amitech Brasil Tubos Ltda. (以上ブラジル) /Amitech Spain S.A (スペイン)
コンサルタント契約 (契約額 1 億円以上)	・ Astef-Associação Técnico-Científica Engenheiro Paulo De Fron/Vba Consultores Ltda., Ufc Engenharia Ltda./Siga-Sociedade De Incentivo E Apoio Ao Gerenciamento Ambient/Tahal Consulting Engineer Ltd.,

¹ 飲料水の供給に優先度を置きつつ、地域の水需要を総合的に踏まえた水資源開発管理システム。

² アラゴアス、バイア、セアラ、マラニョン、セルジッペ、パライパ、ペルナンブコ、ピアウイ、リオグランデ・ド・ノルテ（以上東北伯）、ミナスジェライス（南東部）。

³ 水資源開発ニーズの高い東北伯を対象に、水資源の効果的かつ効率的な管理を通じて、生活の質の向上を実現させると同時に、水インフラの拡大と適正化を促進させ、質の高い水の持続的な提供を実現させることを上位の目標とする。2000年に330百万ドル（うち、世銀が198百万ドル、連邦政府が132百万ドル）の予算規模、2006年完成予定で事業が開始された。2003年に2年、2005年に1年の延長を経て、2009年に完成した。事業費は総額291百万ドル（うち、世銀が158百万ドル、連邦政府が133百万ドル）。

	Enpro-Engenharia De Projetos E Obras Ltda./Consenso Projetos E Servicos Ltda. (以上ブラジル)
関連調査 (フィジビリティ・スタディ：F/S) 等	連邦政府による F/S については不明。
関連事業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 無収水管理プロジェクト、技術協力 (2007～2010 年) ・ サンパウロ州無収水対策事業、有償 (L/A 2012 年) ・ PROAGUA、世界銀行 (1998～2009 年)

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

岸野 優子 (アイ・シー・ネット株式会社)

鈴木 憲明 (アイ・シー・ネット株式会社)

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：2013 年 9 月～2015 年 1 月

現地調査：2013 年 12 月 6 日～12 月 7 日、2014 年 1 月 20 日～2 月 12 日、
2014 年 5 月 20 日～5 月 28 日

2.3 評価の制約

PROAGUA 事業は、水資源管理及び事業実施体制に係る制度強化を目的とした国家事業である。本円借款事業は、世界銀行との協調で PROAGUA を融資するものであり、審査時 (2003 年 4 月) には PROAGUA が対象とする 10 州のうちバイア州、セアラ州、セルジッペ州の 3 州を候補としていた。本事後評価では、世界銀行の融資内容に関しては国際協力機構 (以下、JICA という) の審査時資料には記載されていないこと、本円借款事業部分を独立させて評価することが可能であることから、審査時資料に示された 3 州を事後評価の対象とすることを評価方針とした。

しかし事後評価を通じて、候補 3 州のサブプロジェクトが正式に同意されたのち、セアラ州のサブプロジェクトは 2007 年に州水資源局と応札企業との間で契約に至らず、入札が取り消されたまま貸付実行期限が到来したため、PAC の融資によって計画を大幅に拡大して実施され、事後評価時点でも実施中であることが明らかになった。

これを受けてセアラ州のサブプロジェクトについては評価対象外とし、一部情報が得られた妥当性と効率性の項目は事実の確認結果のみを記載することが適切との判断に達した。この理由としては、(1) 審査時点では上記 3 件が円借款候補対象として予定されていたものの円借款契約調印後に 3 件とは異なるサブプロジェクトが申請されることも想定していたこと、(2) 円借款がセアラ州サブプロジェクトの施工に使われていないこと、(3) 事後評価時点 (2013 年 11 月) で未完成であること、(4) 上記 (2) と (3) から関係機関からの情報収集が困難だったことが挙げられる。

3. 評価結果（レーティング：B⁴）

3.1 妥当性（レーティング：③⁵）

3.1.1 開発政策との整合性

(1) 審査時の開発政策

ブラジル政府は、国家開発計画「多年度計画（以下、PPA という）2000-2003」の中で、優先する 54 の戦略的プログラムの一つに PROAGUA を指定した。水資源開発へのニーズが高い東北伯地域を対象に効果的で効率的な水資源管理を実施し、質の高い水を持続的に提供することを目指した。2003 年 1 月に発表した飢餓ゼロプログラムでも、貧困層が多く経済発展が遅れている東北伯地域に対し、基本的な生活インフラを整備することとし、その中で①農地改革、②家族農業支援、③半乾燥地域への緊急支援、④市民教育、⑤雇用創出の 5 つを優先項目として掲げた。PROAGUA は、③の緊急支援に該当するものであり、本事業はその一部をなす。安全で安定した浄水の供給を実現しようというもので、審査時の開発政策との整合性は高い。

(2) 事後評価時の開発政策

事後評価時の国家開発計画「PPA 2012-2015」でも、東北伯地域への水供給の拡大は引き続き重要事項として位置づけられている。水資源自然諮問委員会は、2020 年までの国家水資源開発計画⁶の中で、同地域の乾季の飲料水供給不足を深刻な問題と捉え、水インフラ整備の拡充と水供給の拡大のため、半乾燥地域をまたぐ流域を活用することを主な戦略に挙げた。飢餓ゼロプログラムでは、引き続き上述の 5 項目が優先され、事後評価時には 5 つの主要プログラム⁷のひとつに東北伯地域の雨水浄水支援プログラムが挙げられている。このように、本事業の目的である東北伯地域における水インフラ整備の拡充と水供給の拡大は、国の政策に合致しており、妥当性は高い。

(3) 事業対象州の開発政策

セアラ州：1992 年、州法令 11.996/92 に基づき、セアラ州の統合的水資源管理計画が打ち出された。以降、4 年ごとに水資源管理戦略と開発計画が策定され、州内の流域地区ごとに水需要が予測され、それに応じた施策と事業が計画されている。州都フォルタレザ首都圏への水供給⁸の強化と、ガビオン貯水池とペセン港を結ぶ導水管設置もその一つであった。本サブプロジェクトは、この導水計画のうち首都圏西部と沿岸部への飲用水を供給するものであり（図 1 T0-T1）、同州の開発ニーズに合致していた。事後評価時は、経済発展に伴い、フォルタレザ首都圏とペセン港周辺の地区の水需要

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

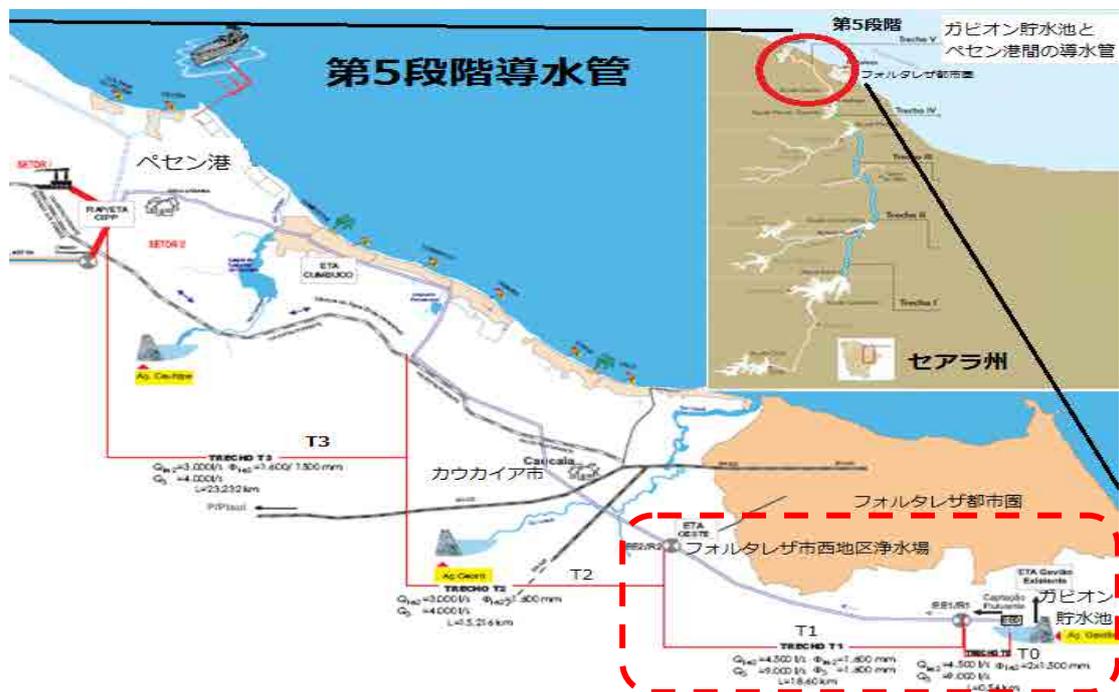
⁵ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」。

⁶ 2006 年。

⁷ 低所得者支援プログラム、学校給食プログラム、家族農業支援プログラム、食糧取得プログラム、東北伯地域における雨水浄水支援プログラム。

⁸ 2000 年時点で州内の水供給需要の 62%を占める。

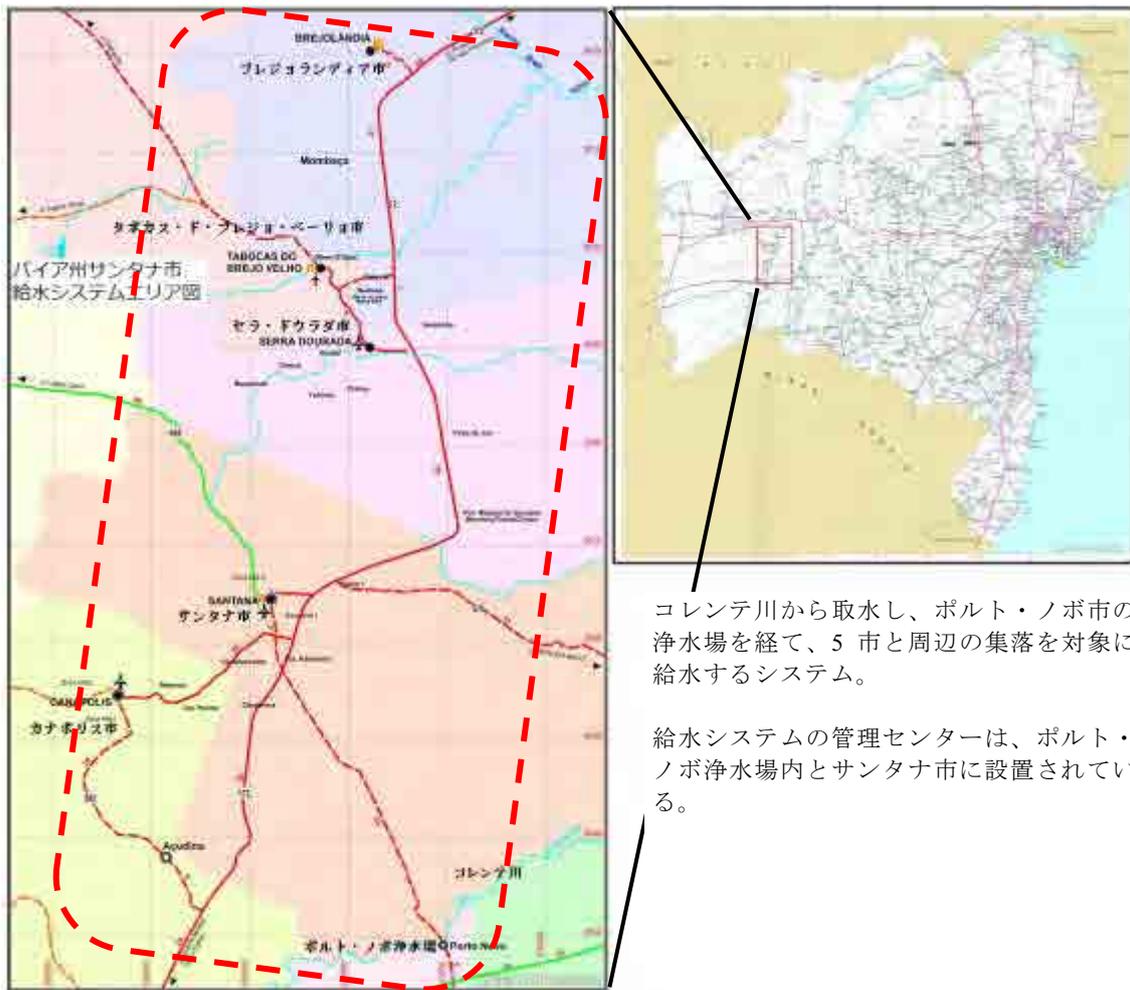
はさらに高まっている。



出所：ガビオン貯水池－ペセン港間導水管システム構築事業詳細設計書

図1 セアラ州サブプロジェクトの対象地域

バイア州：1995年、州法令 6855 に基づき、水資源管理のための州内流域管理委員会が発足し、1995年から1997年にかけて州内の主な17の流域に関連する水資源管理開発計画が策定された。本サブプロジェクトはこのうちのコレンテ川流域の水資源管理開発計画に該当する。2003年には、5年、10年、20年の水資源管理開発計画を含むバイア州の水資源管理計画（以下、PERH という）が策定された。事後評価時同計画に基づき、17の流域管理と有効活用を主な戦略とした開発が実施されている。本サブプロジェクトの対象地域を図2に示す。



出所：PROAGUA バイア州サブプロジェクト最終報告書（サンタナ市、カナボリス市、セラ・ドウラダ市、タバカス・ド・ブレジョ・ベリーヨ市、ブレジョランディア市向け水供給システム）

図2 バイア州サブプロジェクトの対象地域

セルジッペ州：1997年、州法令 3870 に基づき、セルジッペ州内の水資源管理の方針が定められた。2007年、州法令 6130 により、水資源管理局（以下、SEMARH という）による水資源管理体制が整備された。2010年には、PROAGUA の PERH が策定された。27 のサブプロジェクトから成り立つ PERH は、①州内の水資源の分析と最適な利用方法の特定、②水資源の分析と利用方法の検証結果に基づいた持続性のある水資源管理体制の整備、③上記①と②の分析と水資源管理体制に基づいた水インフラ整備、④水資源管理状況の情報公開と住民の水資源管理リテラシーの向上などを目的としている。本サブプロジェクトは、そのうちのバショ・リオ・サンフランシスコ流域管理計画とフォス・ド・リオ・サンフランシスコ流域管理計画の中の水インフラ整備事業に該当する。サンフランシスコ川の質の高い淡水を半乾燥地帯のアルト・セルトン地域とセミ・アリド地域への供給するものである。本サブプロジェクトはこれらの地域住民の生活環境の改善に寄与するもので、妥当性は極めて高い。



出所：アト／メディオ・セルトン地域、ならびにサンフランシスコ流域の水資源管理計画対象地域は、8,837 平方キロメートルにも及び、25 の市を対象としている。緑色部分がセミ・アリド送水管、茶色部分がアト・セルトン送水管、青色部分がセルタネジャ送水管である。これらの3つの送水管が交差している中央の市がノサ・セニョーラ・ダ・グロリア市である。

図3 セルジッペ州サブプロジェクトの対象地域

3.1.2 開発ニーズとの整合性

ブラジル東北伯、特に内陸部は高温で乾燥した気象条件が特徴であり、半乾燥地域⁹として知られる。表1に示すように、マラニョン州を除く東北伯地域の州はいずれも半乾燥地域とされる市を多く含む。PROAGUA 対象のブラジル南東部のミナスジェライス州でもその割合は半分を超える。半乾燥地域への水供給の拡大はブラジルの国としてのニーズでもあった。事業対象3州の給水普及率は表2のとおり、2000年時点で61～74%と国の平均の78%と比較して低い状況で、2011年時点でも国の平均を下回っ

⁹ 定義は、①年間の降水雨量が800ミリメートル以下、②1961～1990年の実績で、蒸発散位が降雨量の2倍より大きく5倍より少ない、③1970年～1990年の実績で、乾燥のリスクが60%より高いという条件を全て満たす市。

ており、依然普及率の向上が必要とされる。

対象州では水供給量が不足しているだけではなく、飲用に適さない硬度や塩分濃度の高い地下水が供給されるなど水質の改善が必要な地域もあった。これらの地域の住民は、給水車からの飲料水を購入せざるを得ず、経済面での負担も大きかった。硬度の高い地下水の利用は上水施設にスケール¹⁰の付着を引き起こし、その堆積が施設の維持管理に支障を及ぼす原因にもなっていた。このような状況を改善するために、東北伯地域の水資源の有効活用、すなわち地域ごとの需要に応じた統合的な水資源開発と水資源管理制度の整備が急務とされた。

表1 半乾燥地域に指定された市の数の概要

州	市の総数	半乾燥地域の市の数	半乾燥地域の市の全国比	半乾燥地域の市の割合
ピアウイ	221	127	11.2%	57.5%
セアラ	184	150	13.2%	81.5%
リオグランデ・ド・ノルテ	166	147	13.0%	88.6%
パライバ	223	170	15.0%	76.2%
ペルナンブコ	185	122	10.8%	65.9%
アラゴアス	101	38	3.4%	37.6%
セルジッペ	75	29	2.6%	38.7%
バイア	415	265	23.4%	63.9%
マラニョン	217	0	0%	0%
東北伯全域	1,787	1,048	92.5%	58.6%
ミナスジェライス (ブラジル南東部)	165	85	7.5%	51.5%

出所：半乾燥地域指定の市の選定（国家統合省、2005年3月）。

表2 本事業対象州の給水普及率

(単位：%)

年	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
バイア州	72.8	71.2	71.7	74.4	69.4	71.4	74.4	75.8	78.6
セアラ州	61.4	60.6	60.3	60.5	59.4	59.9	59.2	62.5	72.9
セルジッペ州	74.3	73.6	74.1	72.9	79.0	80.8	76.2	81.3	81.6
国平均	78.2	77.5	77.1	77.4	80.4	81.1	78.9	81.1	82.4

出所：SNIS（ブラジル連邦政府衛生情報システム）より算出。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

日本政府は、第3回世界水フォーラム（2003年）において、議長国として水問題を抱える国々の取り組みを支援するとした。海外経済協力業務実施方針（2002～2004年度）では、都市化に伴う住環境の悪化、顕著な貧富・地域間格差などを踏まえ、「環境保全のための事業」と「所得・地域間格差是正のための経済インフラ整備、社会セクター、貧困対策への支援」を重点支援分野とした。環境分野のうち、とりわけ上下水道分野への支援は実績も多く、生活環境の改善に寄与するものと期待された。地域

¹⁰ 水中のカルシウムやマグネシウムが析出したもの。

格差を解消するために、貧困層が多い地域のインフラ整備に重点を置いた支援を実施し、生活の質を向上させることを支援の方向性として示した。本事業は、貧困層の多く住む、乾燥が厳しく水資源の乏しいブラジル東北伯に水供給システムを整備し、生活環境の改善に寄与しようというものであり、日本の援助政策との整合性は高い。

以上より、本事業の実施はブラジルの開発政策、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 有効性（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

審査時、運用・効果指標の基準値や目標値が設定されていなかった。このため、まず国家統合省が各州政府とサブプロジェクトについて同意した際、唯一目標値が設定された①裨益者数の目標達成度を確認した。これに加え、②各州の上下水道公社の給水サービスエリアとサブプロジェクト対象地域を比較して給水人口比率に大きな格差がないか、③各州の浄水施設の設備稼働率は妥当と判断される目安に達しているか、④浄水の水質が国家基準を満たしているかの4点から有効性を判断することにした。

(1) バイア州

サブプロジェクト実施前は、1974年に建設された井戸から汲み上げた水を簡易設備で浄水し、生活用水としていた。対象5市のうち1市（タボカス・ド・ブレジョ・ベリーヨ市）を除く4市では、一部地区で井戸から汲み上げられて塩素を注入した水が配水管と給水管を通じて各戸に提供されていた。しかしほとんどの地区では塩素注入設備設置箇所まで水が配給されていた。タボカス・ド・ブレジョ・ベリーヨ市では、バイア州上下水道公社（以下、EMBASA という）の給水サービスエリア外であり、市役所から給水車が来て、無償で水の提供を受けていた。本サブプロジェクト実施後は、これらの全ての市で浄水場からの水が給水管を通じて各戸に提供されるようになった。



図4 ポルト・ノボ浄水場

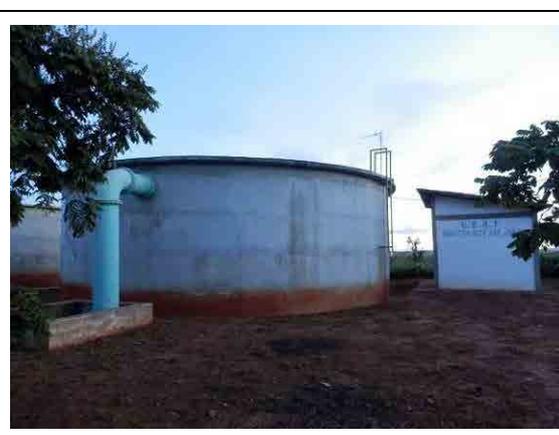


図5 サンタナ市内給水タンク

表4 バイア州サブプロジェクトの運用・効果指標

指標	単位	定義	2003年 審査時	2003年 サブプロジ ェクト同意 時 ¹¹	2010年 ¹² (実績値) (完成2年 後)	2013年 (実績値) (完成5年 後)
			目標値	目標値		
給水量*	m ³ / 日	一日最大給水量	設定値無し	設定値無し	6,510	5,950
		一日平均給水量	設定値無し	設定値無し	6,140	5,190
一人当たり 給水量	l/日	一人当たり一日最大 給水量	設定値無し	設定値無し	138	103
		一人当たり一日平均 給水量	設定値無し	設定値無し	126	89
設備稼働率	%	一日当たり最大浄水処 理量/浄水処理能力	設定値無し	設定値無し	53	56
給水対象エ リア人口	人	水道サービス提供可能 エリアの全人口	設定値無し	設定値無し	74,780	79,130
給水人口	人	対象地域の給水人口	50,000 ¹³	65,000 ¹⁴	48,781	58,191
給水人口比 率	%	給水人口/水道サービ ス提供可能エリア人口	設定値無し	設定値無し	53	74

出所：バイア州水資源局、EMBASA からの質問票回答をもとに評価者がとりまとめた。

*：浄水場からの給水量。

① 裨益者数の達成度

2003年のサブプロジェクト同意時の裨益者の目標値は6万5,000人だった。これに対して2010年の実績は4万8,781人で達成度は75%である。計画を下回ったのは、タボカス・ド・ブレジョ・ベリヨ市で各戸への接続が予定よりも遅れていたためである。同市はサブプロジェクト実施前、EMBASAの給水エリアではなく、市役所から無償で水が提供されていたことから、有償の給水システムへの切り替えを躊躇する世帯があったものと推測される。給水人口は2011年には5万4,330人、2012年には5万6,531人、2013年には5万8,191人と年々増加し、2013年には目標の90%に達している。表4のうち2013年の給水量ならびに一人当たりの給水量が2010年から減少しているのは、EMBASAが送水管と配水管の漏水対策を実施した結果であり、浄水場からの給水ロスが減り効率的に給水されるようになったことを示している¹⁵。

¹¹ 2003年に“Convenio MI/SIH-080/2003-SIAA de Santana”と呼ばれる同意書が、連邦政府側PROAGUAユニットである国家統合省の水インフラ局と州政府側のPROAGUAユニットであるバイア州水資源管理局（以下、SEMAという）の間で取り交わされ、事業規模（裨益者数と事業費）について同意された。同年、JICAも同様の内容で同意した。

¹² バイア州については事業完成年の2008年から2年後の2010年をサブプロジェクト同意時目標値との比較対象とする。

¹³ 本サブプロジェクトで見込まれる裨益者人数として示された数値。出所：国家統合省PROAGUA、JICA内部資料。

¹⁴ 国家統合省とバイア州政府の間で最初に交わされたサブプロジェクト同意文書に示された本サブプロジェクトで見込まれる裨益者人数（2003年）。

¹⁵ 水道メーター計測による1日当たりの世帯合計給水量は2010年の3,132 m³から2013年の4,007 m³へと増加。

② サブプロジェクト対象地域の給水人口比率

表5のとおり、2013年のサブプロジェクト対象地域の給水人口比率は74%で、2009年のバイア州 EMBASA サービスエリアの給水人口比率に達している。対象地域では2009年から2010年にかけて12%増、2010年から2011年にかけて8%増と、高い伸びを示しており、順調に水道が普及していると判断できる。

表5 サブプロジェクト対象地域と EMBASA サービスエリア全体の給水人口比率

バイア州	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2013
対象地域	---	---	---	---	□--	53%	65%	73%	74%
EMBASA サービスエリア	72%	73%	74%	71%	71%	74%	74%	78%	-

出所：ブラジル国上下水道情報システム（SNIS）から評価者が算出した。

③ 設備稼働率

2013年の設備稼働率は56%であり、運転開始の翌年2009年の52%、2010年の53%から徐々に伸びている。日本の全国平均60.63%¹⁶と比べると若干低い。これは今後20年後までの人口増加に対応できるように設計されていることと、事後評価時点で夜7時～10時まで電気代の高い時間帯にポンプモーターを停止させていることが原因である。人口増加に伴い、設備稼働率は上がることが見込まれること、運営・維持管理費を抑えるため、地域の最低限ニーズに合わせ供給時間が設定されていることから¹⁷、事後評価時の設備稼働率は妥当であると判断される。

④ 水質

EMBASA では、毎月250～300のサンプルをとり、水質検査を実施している。表6に示すように、2013年の水質を表す代表的な指標は、年間を通じてブラジルの国家基準を満たしている。

表6 バイア州サンタナ市水質検査結果（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
色度 ^{注1} （度）	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
残留塩素含有量 ^{注2} （mg/l）	2.5	1.5	2.0	0.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0
大腸菌群数 ^{注3} （%）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

出所：EMBASA。

注1：ブラジルの国家基準では、色度¹⁸は15度以下と規定。

注2：ブラジルの国家基準では、残留塩素濃度は0.2～2mg/lと規定。

注3：ブラジルの国家基準では、95%の試料（100ml）中に大腸菌群が検出されないと規定。表中は、全ての試料（100ml）中に大腸菌群が検出された試料の割合。

¹⁶ 総務省平成24年度水道事業経営指標。

¹⁷ 地域の所得が向上し、一人当たりの水使用量が増加した場合には、事後評価時点で21時間稼働させているポンプを24時間稼働させることも可能。

¹⁸ 色度は、水中の物質による呈色の程度を示すものである。水1,000ml中に色度標準液1ml（白金1mg及びコバルト0.5mg）を加えたときの色が1度とされている。

(2) セルジッペ州

サブプロジェクト実施前は、セルジッペ州上下水道公社（以下、DESO という）が管轄する既存のアルト・セルトン送水システムとセンタネハ送水システムを通じて、対象地域の 15 市で各世帯に配水していた。各市全域がカバーされていたわけではなく、残された地域では井戸から汲み上げや給水車で水が提供されていた。本サブプロジェクトでは配水量を増強するため、電力系統の強化、送水システムの自動化、ポンプモーターの交換などこれらの 2 つの送水システムを改修し、新たにセミ・アリド送水システムを整備した。これにより配水量が増加し、4 地域¹⁹25 市の水需要に対応できるようになり、1 日当たり 18 時間給水されるようになった。今後、本サブプロジェクト対象外であった水需要が高い中央部のセルジッペ川流域に対しても補助的に配水することが計画されている。



図 6 アルト・セルトン送水システム
給水タンク



図 7 セミ・アリド送水システムポンプ場

¹⁹ アルト・セルトン地域、半乾燥地域、アグリエステ中央エリア、サンフランシスコ川低地沿岸域。

表7 セルジッペ州サブプロジェクトの運用・効果指標

指標	単位	定義	2003年 審査時	2004年 サブプロジ ェクト同意 時 ²⁰	2013年 ²¹ (実績値)	2014年 ²² (見込値)
			目標値	目標値		
給水量	m ³ / 日	一日最大給水量	設定値無し	設定値無し	64,150	74,760
		一日平均給水量	設定値無し	設定値無し	58,430	59,700
一人当たり 給水量	l/日	一人当たり一日最大給水量	設定値無し	設定値無し	295	372
		一人当たり一日平均給水量	設定値無し	設定値無し	297	290
設備稼働率	%	一日当たり最大浄水処理量/浄水処理能力	設定値無し	設定値無し	92	92
給水対象エ リア人口	人	水□サービス提供可能エ リアの全人口	設定値無し	設定値無し	222,693	226,602
給水人口	人	対象地域の給水人口	200,000 ²³	200,000 ²⁴	197,063	201,124
給水人口比 率	%	給水人口/水道サービス 提供可能エリアの全人口	設定値無し	設定値無し	88.49	88.76

出所：セルジッペ州水資源局、DESOからの質問票回答をもとに評価者がとりまとめた。

① 裨益者数の達成度

2004年のサブプロジェクト同意時の裨益者の目標値は20万人だった。これに対し2013年の実績は19万7,063人で達成度は99%だった。2014年にはセミ・アリド送水システムの取水地のポンプモーターの能力が増強され、20万1,124人まで増える見込みである。PERHの計画に基づき、中央部のセルジッペ川流域へも配水される予定である。サンフランシスコ川の良質な水をセルジッペ州全土へ配水し、半乾燥地域の水供給地域の拡大に多大な貢献することが期待されている。

② サブプロジェクト対象地域の給水人口比率

表8のとおり、2013年のサブプロジェクト対象地域の給水人口比率は88%である。2009年以降、DESOサービスエリア全体の給水人口比率を上回る。各戸の接続や配水網の拡張は、DESOが独自に継続的に実施しているため、本サブプロジェクトではこれらの既存施設を活用して給水人口の増加を図った。サービスエリア全体の平均を上回る普及率を達成していることから、本指標の目標は達成されたと判断できる。

²⁰ 2004年に“Convenio MI/SIH-314/2004-Alto Sertao e Sertaneja”と呼ばれる同意書が、連邦政府側 PROAGUA ユニットである国家統合省の水インフラ局と州政府側の PROAGUA ユニット SEMARH の間で取り交わされ、事業概要について同意された。翌年、JICAと同様の内容で同意した。

²¹ セルジッペ州については、事業完成年の2011年から2年後の2013年をサブプロジェクト同意時目標値との比較対象とする。

²² 参考のため完成年から3年目である2014年の数値も見込み値として追記した。

²³ 本サブプロジェクトで見込まれる裨益者数として示された数値。出所：国家統合省 PROAGUA、JICA 内部資料。

²⁴ 国家統合省とセルジッペ州政府の間で最初に交わされたサブプロジェクト同意文書に示された本サブプロジェクトで見込まれる裨益者数（2004年）。

表 8 サブプロジェクト対象地域と DESO サービスエリア全体の給水人口比率

セルジッペ州	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
対象地域	76%	76%	76%	83% ^{注1}	87%	87%	89%	88%
DESO サービスエリア	73%	76%	76%	77%	78%	78%	80%	80%

出所：DESO からの質問票回答から評価者が算出。

注 1：2009 年から改修対象の送水システムが一部稼働していたため、同年から改善がみられる。

③ 設備稼働率

2013 年の送水システム全体の設備稼働率は 92% であり、既に高い数値に達しており、当初の目的を達成したと判断される。

④ 水質基準

DESO では、毎月 850~1,000 のサンプルをとり、水質検査を実施している。表 9 に示すように、2013 年のセルトン地域の水質を表す代表的な指標は年間を通じてブラジルの国家基準を満たしている。

表 9 セルジッペ州セルトン地域の水質検査結果 (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
色度 ^{注1} (度)	8	5	4	4	4	4	5	5	4	4	5	5
残留塩素含有量 ^{注2} (mg/l)	1.4	1.6	1.4	1.6	1.5	1.7	1.5	1.5	1.5	1.7	1.7	1.6
大腸菌群数 ^{注3} (%)	2.2	0.6	0.6	0.7	3.2	0.5	0.4	0.8	3.4	1.8	1.4	1.4

出所：DESO の水質モニタリング月報告書 2013 年分をもとに評価者が算出。

注 1：ブラジルの国家基準では、色度²⁵は 15 度以下と規定。

注 2：ブラジルの国家基準では、残留塩素含有量は 0.2~2mg/l と規定。

注 3：ブラジルの国家基準では、95% の試料 (100ml) 中に大腸菌群が検出されないと規定。表中は、全ての試料 (100ml) 中に大腸菌群が検出された試料の割合。

3.2.2 定性的効果

審査時に想定されていた定性的効果は、地域住民の生活環境の改善である。本事業のインパクトに該当するため、次節でまとめて分析する。

3.3 インパクト

3.3.1 地域住民の生活環境の改善

審査時、想定されたインパクトは「地域住民の生活環境が改善される」であった。これを確認するため、バイア州では受益者調査²⁶と聞き取り調査を、セルジッペ州では聞き取り調査を実施した。調査結果は以下のとおり。

²⁵ 色度は、水中の物質による呈色の程度を示すものである。水 1,000ml 中に色度標準液 1ml (白金 1mg 及びコバルト 0.5mg) を加えたときの色が 1 度とされている。

²⁶ 対象はバイア州サブプロジェクト対象地域のサンタナ市 (パウジーニョス、セドゥロ集落を含む) の 120 世帯とタバカス・ド・ブレジョ・ペーリョ市の 30 世帯、サンプルサイズは 150。男性 52%、女性 48%。19 歳以下 4%、20~29 歳 14%、30~39 歳 21%、40~49 歳 18%、50~59 歳 17%、60 歳以上 25%。

(1) バイア州

上述のとおり、対象地域では事業実施前、簡易施設によって浄水された水を使用していた。硬度（マグネシウム、カルシウム度）が高く、生活用水としては低質であるばかりでなく、給水施設の維持管理上も配水管に付着物が堆積するという障害があった。事業実施により、質の高い飲料水が提供されるようになり、生活環境も改善されたことが確認された。表 10 は主な受益者調査結果である。

表 10 バイア州サブプロジェクト受益者調査結果（150 サンプル）

給水システムに満足しているか		飲料水の質は向上したか	
満足している	95%	よくなった	89%
満足していない	5%	変わらない、悪化した	11%
水質の改善が、健康状態の向上に貢献したか		時間が節約されたか	
貢献した	99%	節約された	55%
特に貢献していない	1%	節約されていない	45%
十分に水が提供されているかどうか		本事業で設置した給水システムに問題があるか	
十分だ	90%	問題あり	20%
十分ではない	10%	問題なし	80%
水道料金はあがったか		水道料金を十分にカバーできるか	
料金はあがった	85%	十分にカバーできる	72%
料金は変わらない	14%	カバーするのは難しい	27%
知らない	1%	知らない	1%

出所：受益者調査結果から評価者がとりまとめた。

サブプロジェクトに対する満足度は非常に高く、水質が改善されたという意見は 89% に達した。水質改善が健康状態に良い影響を与えていると考えているものは 99% に上り、結石、胃病、ピロリ菌などにかかる住民が軽減したというような意見も多数あった。一方、「給水が 24 時間でない」、「水の残留塩素の含有量が多く、ボトル水と比較すると飲料水としては質が不十分である」、「漏水などの問題が多発している」など、給水システムの運用・維持管理面での課題も一部で挙がった。しかし、以前は井戸に水を汲みに行ったり、給水車の配水を待ったりしなければならなかったことや、塩分濃度が高すぎて飲料水としては使えない世帯もあったことを踏まえると、水へのアクセス、水質ともに大幅に改善されたといえる。

(2) セルジッペ州

サブプロジェクト実施前、対象地域 25 市のうち 40% 近くの市では、飲料水は給水車によって 1~2 週間に一度配給されていた。水質は消毒されていない不衛生なもので

あることが多く、これを起因とする病気が問題となっていた。セミ・アリド送水システムの完成により、サンフランシスコ川の良質な原水を浄水した質の高い水が毎日 18 時間各戸へ給水されるようになった。サブプロジェクトに対する満足度は非常に高く、住民の生活も向上したとのことだった。

どちらの州も住民への環境教育を積極的に実施しており、住民の水資源管理と給水システムの重要性に対する認識は高い。住民の意識が高い場合は、要求レベルも高くなるのが一般的であるが、受益者から高い満足度を得られたことは、一定のインパクトがあったと評価できる。

3.3.2 その他、正負のインパクト

(1) 自然環境へのインパクト

自然環境に対する負のインパクトは確認されていない。事業実施中は州水資源管理局の監督のもと、コンサルタント会社によって適切な進捗管理、環境モニタリングが実施された。事業完成後に水資源管理局によって実施された環境評価²⁷で適切な水インフラ工事と判断された。各州の環境モニタリング体制と状況は以下のとおり。

バイア州：浄水場のあるポルト・ノボ市とサンタナ市に新設した給水システム管理センターがある。取水量、浄水処理量、給水タンク残量などが自動的に検知され、データが出力される。水質モニタリングデータは、浄水施設内で 2 時間ごとにサンプリングされ、透明度、残留塩素の含有量、pH が記録される。1 週間に 2 度、原水の大腸菌のサンプリング検査も実施される。これらのデータは、同給水システムの維持管理を担当する EMBASA のバレイラ支部に提供され、他の給水システムのデータと統合されたうえで、サルバドール市にある EMBASA 本部へと提出される。水資源管理局にも提出され、同局が原水の水質検査、原水の取水先であるコレンテ川へのインパクトなどを検証している。取水量も水資源管理局の認可を受けており大きな負荷になるようなものではなく、事後評価時点まで自然環境へのインパクトは確認されていない。

セルジッペ州：セミ・アリド給水システムの最終地点であるグロリア市に管理センターがある。3 つの給水システムの取水量、浄水量、給水タンクの残量などが自動的に検知されている。これらのデータは、管理センターで取りまとめられ、アラカジュにある DESO 本部へと提出される。浄水施設内では 2 時間ごとに水をサンプリングし、透明度、残留塩素の含有量、大腸菌の保有度が検査・記録され、データは DESO 本部へ提出される。DESO は、これらの水質データを請求書に記載して情報開示を徹底している。セルジッペ州の水資源管理計画によると、許可された最大取水量は $360 \text{ m}^3/\text{秒}$ であり、事後評価時点の取水量は $335 \text{ m}^3/\text{秒}$ (最大取水量の 93%) である。国が定

²⁷ バイア州 2008 年、セルジッペ州 2011 年実施。

めた最大取水量の範囲内であり、環境への負荷は許容範囲内といえる。

(2) 住民移転・用地取得

浄水場、管理センター設置エリアのほとんどが、各州の水道公社の土地であり両州ともに住民移転は発生していない。導水管の埋設許可が必要な部分があったが、補償が適切に行われ、問題は発生しなかった。用地を取得した地域でも、用地取得プロセスに問題はなく、住民からの苦情もなかった。

表 11 バイア州、セルジッペ州の住民移転・用地取得概要

	バイア州	セルジッペ州
住民移転の有無	無	無
影響のあった世帯	無	無
その他補償金	無	無
用地取得総額 (R\$)	94,820	290,621
用地取得総額 (百万円)	4.7	14.5

出所：バイア州・セルジッペ州水道公社からの調査票回答から評価者がとりまとめた。

1 レアイス=49.88 円 (2004~2011 年の平均、International Financial Statistics (IMF)より算出)

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

3.4 効率性 (レーティング：①)

3.4.1 アウトプット

審査時、円借款対象候補としてセアラ州、バイア州、セルジッペ州の 3 州が挙げられ、変更の可能性も想定されていた²⁸。またサブプロジェクトの内容は概要のみでスコープの計画値はなかった。したがって、ここでは詳細設計同意時の計画と実績との比較をする。各サブプロジェクトの状況は以下のとおり。

セアラ州：審査時はフォルタレザ市西とカウカイア市に浄水場を 2 カ所建設し、取水地のガビオン貯水池から浄水場までの導水管 34 キロメートルを対象としていた。詳細設計同意時 (2006 年) は、浄水場建設は含まれず、フォルタレザ首都圏西部への飲料水の供給とペセン港への原水供給を強化するための事業として承認された。しかし、

²⁸ 概要のみが示され、円借款契約 (L/A) 調印後に確定することが想定されていた。

前述のとおり、施工工事入札が中止となり²⁹、2008年9月末に貸付実行期限が到来した。セアラ州政府は事業スコープを拡大することを国家統合省へ要請し、国家統合省からの提言を受けてPAC融資で事業を実施することにした³⁰。事後評価時点で事業は依然実施中である。

バイア州：詳細設計同意時（2003年）の計画で全てのコンポーネントが拡大され、サンタナ市を含む近郊5市³¹とその周辺の集落に住む約1万4,000世帯（人口5万6,000人）に浄水を提供するための給水システムとして承認された。詳細な仕様は表12のとおり。送水管と配水網を除いて大きな差異はなく、ほぼ計画どおりであった。配水網が計画比166%になったのは、接続世帯を対象の5市だけでなく市近郊の集落まで拡張したこと、地形の起伏が大きかったこと、各市の幹線道路を迂回して配管する必要が生じ距離が延びたことが要因である。

表12 バイア州サブプロジェクトアウトプット

コンポーネント	審査時(2003)	詳細設計同意時(2003) ³²	実績(2008)	差異*注1
水源からの取水量 (l/s)	設定なし	160	160	100%
浄水場 (l/s)	60	160	160	100%
全ポンプ場	2ポンプ場	5ポンプ場	11ポンプ場	6ポンプ場
送水管 (km)	36.0	144.0	161.9	112%
給水タンク	2タンク	12タンク	10タンク	---
配水網 (km)	設定なし	85.0	140.9	166%
給水家屋接続 (戸数)	3,900	7,000	8,353	119%

出所：JICA 審査時資料、国家統合省とバイア州政府の詳細設計同意文書、サブプロジェクト最終報告書。

注1：国家統合省とバイア州政府による詳細設計同意時計画と実績との差異。

セルジッペ州：詳細設計同意時（2006年）に、セミ・アリド送水システムを新設し、アルト・セルトン送水システム³³とセルタネジャ送水システム³⁴を改修して、サンフラ

²⁹ 2004年末のセアラ州サブプロジェクトに対する融資の同意後、2005年入札手続きが開始された。しかし、入札資格が厳格過ぎるなどとして複数の応募企業が入札の資格見直しなどを訴えるなどして、3カ月ほど遅延した。その後、同訴訟は棄却され、入札手続きが再開された。2006年に入り、資格審査報告書が州司法長官へ提出されたが、検察局により資格審査報告書の矛盾を指摘され、審査結果が承認されるまで半年を要した。2006年6月に入り、技術案の審査結果と資格基準が公表された。応募企業1者が不服申立てをし、入札手続きが再度停止。2006年12月、入札手続きが再開されて技術審査を通過した2者の価格審査がなされた。予算額を超えていたため2007年に入ってから調整が何度も試みられたが、合意に至ることができず、取り消しになった。

³⁰ 詳細設計にかかるコンサルティング・サービスは円借款で実施。

³¹ カナボリス市、サンタナ市、セラ・ドウラダ市、タバカス・ド・ブレジョ・ベリヨ市、ブレジョランディア市。

³² 2003年に“Plan”と呼ばれる業務計画書が、連邦政府側PROAGUAユニットである国家統合省の水インフラ局と州政府側のPROAGUAユニットであるSEMARHの間で取り交わされ、事業概要について同意された。翌年、JICAと同様の内容で同意した。

³³ セルジッペ州北西部の半乾燥地帯に対して水を配水する送水システムで、浄水場はセミ・アリド給水システムの浄水場と同じ敷地内に設置されている。

ンシスコ川の取水・配水能力を強化し、セルジッペ州 25 市、約 20 万人を対象に水を供給するためのサブプロジェクトとして承認された。セミ・アリド送水システムは、アルト・セルトン送水システムの浄水施設があるポルト・ダ・フォリャ内に浄水場を建設して、グロリア市までの 53 キロメートルに及ぶ送水システムである。配水網はサブプロジェクト対象外で既存設備が活用された。詳細設計同意文書で計画値が示されたコンポーネントについては、給水タンクの設置が大幅に増えたが、水源からの取水量と浄水場の能力はほぼ計画どおりだった（表 13）。改修された送水システム実績は表 14 のとおり。

表 13 セルジッペ州サブプロジェクト（セミ・アリド送水システム）アウトプット

新設対象 コンポーネント	審査時(2003)	詳細設計同意 時(2006) ³⁵	実際(2011)	差異*注1
水源からの取水量 (l/s)	設定なし	270	317	117%
浄水場 (l/s)	650	270	280	104%
全ポンプ場 (l/s)	設定なし	設定なし	935	---
送水管 (km)	43.0	設定なし	53.5	---
給水タンク (m ³)	設定なし	1,000	2,500	250%
配水網 (km)	---	---	---	---
給水家屋接続 (戸数)	---	---	---	---

出所：JICA 審査時資料、国家統合省とセルジッペ州政府の詳細設計同意文書、サブプロジェクト最終報告書。

注 1：国家統合省とセルジッペ州政府による詳細設計同意時の計画と実績の差異。

表 14 改修対象の送水システム（既存）*注1の完成時アウトプット

改修対象 コンポーネント	アルト・セルト ン送水システム	セルタネジャ送 水システム	既存の送水システムであり、本 事業では、送水システムに対す る改修、主に電力システムの強化、 ポンプモーターの取り換え、配 管の布設替え、水タンクの改修 (漏水対策など)、送水システ ム自動化のための機器設置な どが実施された。54 に及ぶコン ポーネントで構成されている。
水源からの取水量 (l/s)	280	280	
浄水場 (l/s)	270	270	
全ポンプ場 (l/s)	33	603	
送水管 (km)	238.5	321.6	
給水タンク (m ³)	17,080	2,800	
配水網 (km)	---	---	
給水家屋接続 (戸数)	6,000		

出所：サブプロジェクト最終報告書。

注 1：JICA 審査時資料には記載なし。詳細設計同意書には計画値の記載なし。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

上述のとおり、審査時には 3 サブプロジェクトが円借款対象候補に挙がっており、変更の可能性が認められていた。そのため、総事業費（計画）6,308 百万円（外貨 3,595

³⁴ 他の 2 つの送水システムの取水箇所から、サンフランシスコ川に沿って南下したアンパロ・ド・サンフランシスコで取水・浄水し、グロリア市を通過して、同市南方のカリラ市、ペドゥラ・モレ市、フレイ・パウロ市、セニョーラ・ダス・ドレス市へ水を配水している送水システムである。

³⁵ 2006 年に“Convenio e Sertaneja”と呼ばれる同意書が、連邦政府側 PROAGUA ユニットである国家統合省の水インフラ局と州政府側の PROAGUA ユニットである SEMARH の間で取り交わされ、事業概要について同意された。翌年、JICA と同様の内容で同意した。

百万円、内貨 2,713 百万円)のうち、3,595 百万円を上限に円借款を融資することだけが決まっていた。総事業費の実績は 6,612 百万円(外貨 3,486 百万円、内貨 3,126 百万円/計画比 105%)と計画を上回った³⁶。総事業費のうち約 3 割がバイア州、約 7 割がセルジッペ州で、PAC 融資に切り替えられたセアラ州は 1%未満³⁷だった。サブプロジェクト同意時の事業費と比較すると、バイア州が計画比 210%、セルジッペ州が計画比 150%だった。バイア州は将来の人口増加を考慮した結果、ポンプ場の数が 2 倍、配水網は 1.6 倍必要になり、それに伴い給水家屋世帯数も 1.2 倍になった。さらに工期が伸びたことからコンサルティング・サービス費が 2.3 倍になった。セルジッペ州は、工期の遅れが最大の要因である。具体的には、給水システムの改修の事前調査と仕様の特定に時間を要した、多岐にわたる資機材の調達に 2 年以上を費やした、硬質ポリ塩化ビニル(以下、RPVC という)³⁸材質の送水管に問題が発生し、重要パーツの交換に時間がかかったためである。

3.4.2.2 事業期間

審査時計画の事業期間 2003 年 4 月～2006 年 3 月(36 カ月)に対して、未完成のセアラ州を除いた実際の期間は 2003 年 4 月～2011 年 11 月(104 カ月/計画比 289%)と計画を大幅に上回った。各サブプロジェクトの実績は、バイア州(65 カ月/計画比 181%)、セルジッペ州(104 カ月/計画比 289%)だった。

計画を上回ったのは、主にサブプロジェクトの承認や入札手続きなど事業マネジメントに多くの時間を要したためである。入札に関しては、6 カ月間の予定だったところ土木工事 1 年間、コンサルティング・サービス 2 年間、機材調達 2 年間と、いずれも 1 年以上かかった³⁹。土木工事とコンサルティング・サービスの入札では、失注企業からの入札資格や技術審査に関する訴訟への司法的対処や契約交渉に時間がかかり、機材調達では複数からの見積と競争入札に時間を要した。セルジッペ州では工事そのものにも遅れが生じた。上述の RPVC 送水管材質の問題のほか、稼働中の給水システムを移動させられないため、新しい機器の導入には新しい建屋が必要になりこの建設に時間を要したこと、給水システムを設置するための配電設備が古く、新しい機器との互換性の分析や検証に多くの時間を要したことなどである。

³⁶ 審査時にアウトプットの範囲が明確に設定され、それに基づいて事業費が計上されていたわけではないため、範囲変更に伴う事業費の拡大の適切性は判断できない。

³⁷ 詳細設計にかかるコンサルティング・サービス費 23 百万円。

³⁸ 安価で軽量、そして機械的な加工性が良く、容易に切断したり穴を開けたりすることができるという利点があり、水道管や雨樋などの構造材として用いられる。一方で、硬く、割れやすい性質があるうえに、耐熱性は悪く、使用温度は 80℃程度である。本事業サブプロジェクト(バイア州、セルジッペ州)の給水システム送水・配水管の材質として多用されていたが、水圧がかかる接続部分では、摩擦熱により変形したり、割れたりするなどのトラブルが多発した。

³⁹ バイア州ではサブプロジェクト承認までに 6 カ月間、コンサルタント選定に 26 カ月間、建築業者の選定に 21 カ月間近くかかった。範囲の決定や、サブプロジェクト間の融資枠の調整、国家会計監査機関サブプロジェクト承認までの申請処理やその後の入札から契約に至るまでに 3 年間を費やした。セルジッペ州ではサブプロジェクトの承認やその後のコンサルタント会社の選定に 40 カ月、建築会社と資機材提供会社の選定に 25 カ月を費やした。

3.4.3 財務的内部収益率（FIRR）

審査時はプロジェクトライフ 20 年、維持管理コストの 100%を回収する料金収入を便益、建設費、運営維持管理費を費用とすることが前提とされていた⁴⁰。バイア州サブプロジェクトについて、プロジェクトライフ 20 年、上水道収入を便益、事業費、運営維持管理費、税金を費用として計算したところ、FIRR はマイナスになった。上水事業が公共性の強い事業であるため収益性が低いことに加え、給水対象地域が計画よりも広がり、スコープも拡大したことや工期が遅れたことなどにより、事業費が 2 倍以上になったことがマイナスになった要因である。セルジッペ州については、改修事業の便益の増分が不明であるため、FIRR を算出することはできなかった。

以上より、本事業は事業費、事業期間ともに計画を上回ったため、効率性は低い。

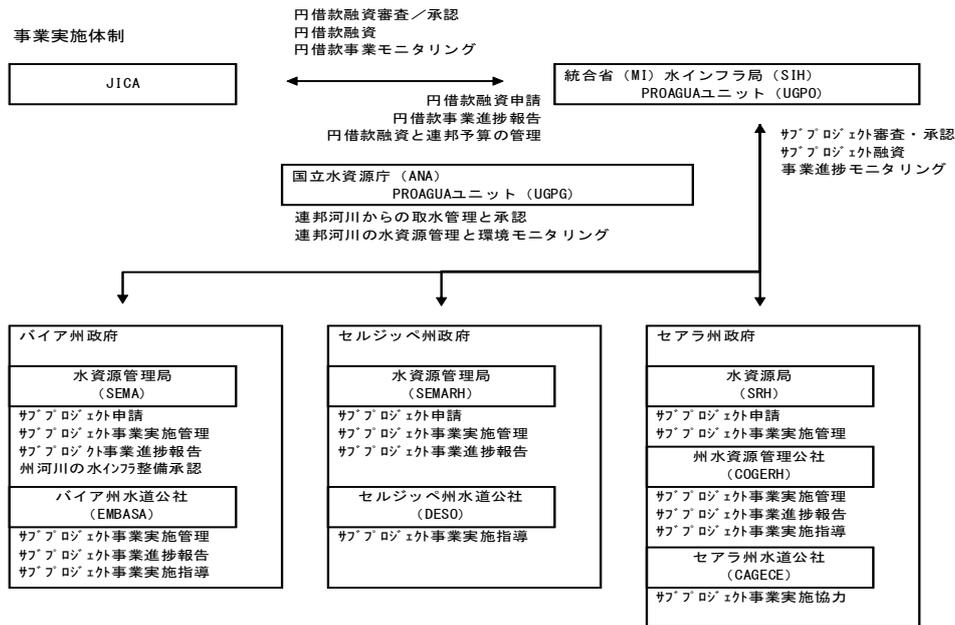
3.5 持続性（レーティング：③）

事業実施中の実施機関は、サブプロジェクトを統括する国家統合省水インフラ局 PROAGUA 事業実施ユニット（以下、UGPO という）と水利庁 PROAGUA 事業実施ユニット（以下、UGPG という）だった。UGPO は全国の水利事業を所轄する組織で、UGPG は水資源管理と環境配慮の観点から州政府から申請されたサブプロジェクトを審査・承認する組織である。州レベルの調整機関として、各州の水資源環境局内にサブプロジェクトを監督・モニタリングする PROAGUA の事業ユニットが設置されていた。サブプロジェクトの実施と運営・維持管理業務が、直轄または州上下水道公社に委託されるという体制だった。実施体制を図 8 に示す。

事業完成後は、他の PROAGUA と同様に、全施設が各州の水道公社に引き渡された。各州の水道公社が、設置施設の全ての運営・維持管理に権限と責任を持つ。州政府内の PROAGUA 事業ユニットはその役目を終え、州政府水資源管理局が、環境モニタリングと州水道公社に対する運営指導などの役目を担っている。

なお、以上の PROAGUA の実施体制のもとでは、事業中、国家統合省による実施監理は十分ではなく、国家統合省は事業の完成時期や施設の状況も正確に把握していなかった。結果として JICA とも十分に情報共有がなされていなかったことが事後評価を通じて明らかになった。事業完成後は、国家統合省が州政府水資源管理局を通じて運営・維持管理を担う州水道公社を監督・モニタリングする体制にはない。ブラジル政府は、円借款事業として事業完成時まで定期的にモニタリングすることや事業完了報告書の提出が求められ、その後も必要に応じた情報提供が求められている以上、そのための体制を整備しておくことが肝要であった。

⁴⁰ JICA 審査時資料には FIRR 値が記載されていない。

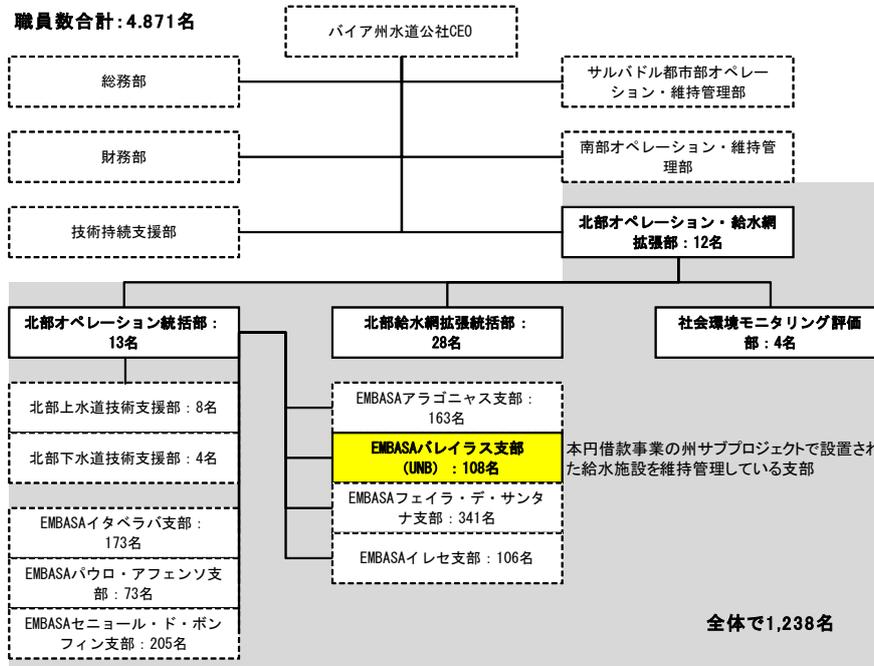


出所：国家統合省への聞き取り調査により評価者が作成。

図 8 連邦政府と州政府の事業実施体制図

3.5.1 運営・維持管理の体制

バイア州：運営・維持管理の実施主体は EMBASA である。以下に EMBASA の組織図を示す。

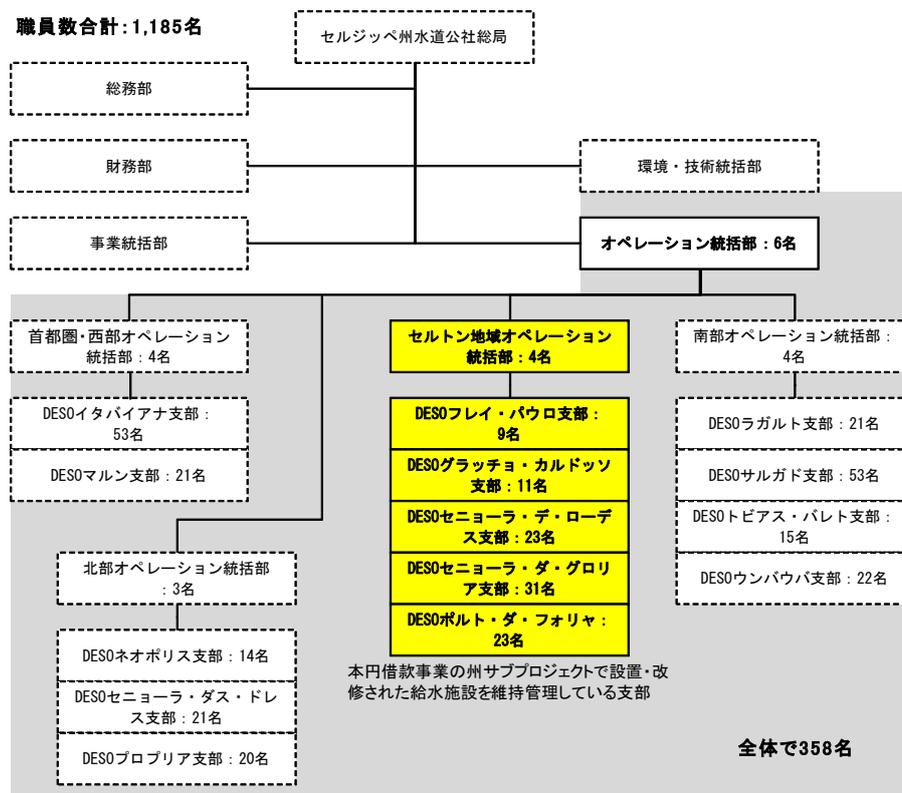


出所：バイア州上下水道公社により提供された組織図（2014年）

図 9 バイア州上下水道公社（EMBASA）組織図

EMBASA は、2010 年時点で州内全 415 市のうち 360 市に対して給水サービスを提供しており、州給水人口（約 1,022 万人）の 88%をカバーしている。本サブプロジェクトで整備された給水システムは、北部オペレーション統括部配下のバレイラス支部によって管理されており、全職員数 108 人のうち半数が運営・維持管理を担当している⁴¹。同給水システムを維持管理するために十分な体制であり、配水調整の自動化など効率的な人材配置が実現されている。

セルジッペ州：給水施設の運営・維持管理は DESO が担当している。以下に DESO の組織図を示す。



出所：セルジッペ州上下水道公社により提供された組織図（2014 年）

図 10 セルジッペ州上下水道公社（DESO）組織図

DESO は、2010 年時点でセルジッペ州内全 75 市のうち 73 市に給水サービスを提供しており、セルジッペ州給水人口（約 168 万人）の 94%をカバーしている。本サブプロジェクトで整備された給水システムは、セルトン地域オペレーション統括部配下の 5 支部の職員 101 人が維持管理を担当している⁴²。同給水システムを運営・維持管理するために十分な人的資源を有している。EMBASA 同様、配水調整を自動化して、効率化に努めている。

⁴¹ EMBASA の全職員数のうち、技術者（シニア技術者と専門技術士）は約 10%を占める。

⁴² DESO の全職員数のうち、技術者（シニア技術者、化学技術士、専門技術士）は約 9%を占める。

事業実施、事業完成後の維持管理を担う機関は全て法令で定められており、役割、権限は明確である。今後の水供給の需要にあわせた体制も整っており、バイア州、セルジッペ州ともに実施体制に問題はない。

3.5.2 運営・維持管理の技術

バイア州、セルジッペ州ともに、テスト稼働時の送水管からの漏水や水圧によってポンプモーター接続部分の配管が破裂したりなどトラブルが発生したが、本格稼働後、給水システムの稼働に支障がでるような運営・維持管理上の問題は確認されていない。どちらの州も概ね順調に給水システムを運営・維持管理しており、技術的な問題点は発生していない。建設業者、事業の監督・モニタリングを担当したコンサルタントによって給水システム運営・維持管理のためのマニュアルが作成されており、これに基づき、定期的に保守・点検されている。

バイア州：給水自動システムの運営・維持管理や漏水検知など必要とされる技術を持つ人材を保有しており、技術的課題はない。聞き取り調査によれば、近年、EMBASA は多くの職員を採用していることから、最新技術の習得のための研修だけでなく、新規職員に対する技術研修の必要性が年々高まっている。EMBASA では、2009～2013年に、維持管理、環境教育、公衆衛生改善関連の研修を年に数回のペースで実施しているほか、現場実地研修も積極的に実施している。

セルジッペ州：聞き取り調査によれば、事後評価時点では人数・質ともに特に問題はないとのことだった。しかし、今後、3つの送水管を起点とする新規給水システムが稼働する予定であり、維持管理のための人材、より専門性を持った技術者の確保が急務である。こうした現状を踏まえて、DESO は水質の分析・測定・調査を専門とする化学技術者、自動化された給水システムの運営・維持管理ができる技術者などを新たに雇い入れることを計画している。2005年には、公務員技術試験に合格した304人の新規職員を雇い入れた。以降、これらの職員に十分な専門技術研修を実施してきた。2009年以降は定期的に維持管理研修を実施している。

このように、バイア州、セルジッペ州ともに技術面での問題はない。

3.5.3 運営・維持管理の財務

審査時、バイア、セアラ、セルジッペの3州の財政は健全であり、世界銀行融資によるサブプロジェクト実施において予算手当てに問題が生じたことはないことから、本事業についても十分な予算措置が可能と判断された。事後評価時も、維持管理を担う両州の上下水道公社は、給水システムの運営・維持管理費を賄うのに十分な財務状況であることが確認された。両州とも上水の料金設定方法を法令で定めており、州内の認定機関の許可が下りない限り、料金変更はできない仕組みであり、合理的と判断

できる。

バイア州：EMBASA では、サルバドールのような大都市もサービスエリアとしており、これらの大都市からの収益を世帯数が少ない農村地域の給水システムの維持費に充てている。表 15 のとおり、EMBASA 全体の収益に占める運営・維持管理費の割合は 6 割程度で安定している。EMBASA の流動比率は 2010 年 128%、2011 年 119%、2013 年 132%、自己資本比率はそれぞれ 75%、73%、73%、固定長期適合率はいずれも 100% 未満と、支払い能力に問題なく、資金の安定性も高く、財務面での持続性は高い。

表 15 バイア州 EMBASA 全体の収益と運営・維持管理費 (単位：百万円)

年	上水サービス収入	下水サービス収入	その他	合計	運営維持管理費	収入に占める 運営維持管理 費の割合
2009	48,365	12,814	1,686	62,866	38,782	61.7%
2010	55,569	15,147	1,706	72,422	43,438	60.0%
2011	64,309	17,267	1,558	83,134	49,903	60.0%
2012	72,925	20,212	1,963	95,100	57,860	60.8%
2013	78,781	23,309	1,736	103,826	62,037	59.8%

出所：EMBASA による質問票回答から評価者が算出。

注：1 レアイス = 49.88 円

セルジッペ州：サブプロジェクト対象地域は、DESO の給水サービス対象市の 34% を占める 25 の市で、水供給のニーズの高い半乾燥地域である。同地域の運用収益はサブプロジェクトが完成した 2011 年に急増し、2010 年比 5 倍になった。サブプロジェクト対象地域からの収入だけで給水システムの運営・維持管理費を賄える。DESO サービスエリア全体では表 16 のとおり、収益のほとんどが運営・維持管理費に使われている。一方で、上水道事業は国家の重要な社会基盤整備事業として位置付けられていることもあって、毎年州政府からの開発計画の申請に基づき国家統合省から交付金がセルジッペ州政府に支給され、一定の金額の社会基盤整備費として DESO に交付されている。これによって必要な投資が行われている。DESO の財務指標をみると、自己資本比率は 80~81% と非常に高く、資金の安定性が高い。流動比率は 2010 年 65%、2011 年 77%、2013 年 104% と支払能力は年々改善傾向にある。

表 16 セルジッペ州 DESO 全体の収益と運営・維持管理費 (単位:百万円)

年	上水サービス収入	下水サービス収入	その他	合計	運営維持管理費	収入に占める運営維持管理費の割合
2009	11,005	1,495	492	12,992	12,443	95.8%
2010	12,251	1,677	71	13,998	14,278	102.0%
2011	13,297	1,894	71	15,262	15,644	102.5%
2012	15,561	2,174	80	17,815	16,592	93.1%
2013	16,463	2,287	136	18,886	18,375	97.3%

出所：DESO による質問票回答から評価者が算出。

注：1 レアイス = 49.88 円

このようにバイア州、セルジッペ州のサブプロジェクトとも財務面の問題はない。

3.5.4 運営・維持管理の状況

本事後評価調査で両州の給水システムの稼働状況を踏査した。ポンプ場や浄水場に設置された流水速度や水圧を表示するパネルや、貯水・給水タンク内の水量を自動検知するためのセンサーなど、給水システムの一部の機器の故障が確認された。これらの部品はサンパウロ州などから取り寄せる必要があることから、修理に2~3カ月かかるとのことだった。給水システムの稼働に支障をきたすものではないこと、浄水処理や配水状況の記録でも大きな問題は発生していなかったことから、本事業で整備された給水システムの運営・維持管理状況は、両州とも概ね良好であると判断できる。なお、浄水処理のための化学物質などの消耗品は十分な在庫があり、その他のスペアパーツはほとんどが州内で入手可能で特に問題はないとのことであった。

バイア州：踏査では、サンタナ市近郊の給水システムの送水管に漏水があった。稼働に支障をきたすものではないが、今後、改修予算が確保され次第、布設替えをする予定である。主な運営・維持管理状況を表 18 に示す。

表 18 バイア州給水システムの運営・維持管理状況

設備	状態	現場踏査結果
取水施設	2	取水後、一時的に水を貯めておくタンクから、微量な水漏れが発見された。即時の対応は不要だが、早急に対応する予定。
浄水場	1	全ての浄水プロセスが問題なく稼働していた。汚泥は天日乾燥床で脱水し、廃棄処理されている。有効利用方法を検討中。
送水管・配水管	3	操業開始後、RPVCの材質を使った送水管に42キロにわたり漏水が発生したため、自己資金で水圧による負荷がかかりやすい接続部分の配管の布設替えを優先的に実施。今後、漏水が激しい箇所を重点的に布設替えする予定。いずれの漏水も操業に支障はない。
ポンプ場	2	一部のポンプ場で出力や送水能力の表示をするためのパネルが修理中だった。数カ月、放置されているものも散見された。
貯水タンク	2	貯水残量を計測するための自動センサーの故障で、ポルト・ノボ浄水場やサンタナ市の管理センターで自動認識されない貯水タンクがいくつかあった。給水上の問題はないが、早急に対応予定。

出所：現場踏査の結果から評価者がまとめた。

備考：1. 全く問題ない, 2. 特記するような問題はない, 3. 改善の余地がある, 4. 稼働に支障があり早急の対応が必要。

バイア州では、対象5市とその周辺の集落に対する給水を継続できるよう、対象地域の人口増加に応じ給水システムの拡張を計画している。本サブプロジェクトは州内で初の自動化⁴³された給水システムであり、ここで得られた知見と経験をもとに同様の給水システムを他の地域に設置することを計画している。

セルジッペ州：バイア州の給水システムでは、操業開始後、多くの漏水が発生したが、その後、セルジッペ州のサブプロジェクトでは実施中にRPVCの材質を使った送水管に漏水が多発した。その段階から対処法を検証し、送水管・配水管の布設替えを進めてきており、事後評価時には漏水の問題はほぼ解決済だった。既存送水管の改修事業では、より高性能なポンプモーターに交換する必要があったが、電気系統のインフラが古く対応できないなどの問題が発生していた。これらの技術的課題は全て解決しており、本サブプロジェクトで整備した給水システムは、問題なく稼働していた。

表 19 セルジッペ州給水システムの運営・維持管理状況

設備	状態	現場踏査結果
取水施設	1	特に問題なし。
浄水場	2	サンフランシスコ川の水質は非常に高いことから、汚泥処理はなくフィルタリングとクロロ処理のみ実施。原水の水質の悪化により汚泥処理が必要になった場合の対処法を検討する余地あり。
送水管・配水管	1	特に問題なし。
ポンプ場	2	一部のポンプ場で、出力や送水能力の表示をするためのパネルが修理中だった。効果的な運営維持管理のためには対応が必要。
貯水タンク	1	特に問題なし。

出所：現場踏査の結果から評価者がまとめた。

備考：1. 全く問題ない, 2. 特記するような問題はない, 3. 改善の余地がある, 4. 稼働に支障があり早急の対応が必要。

⁴³ 事後評価時点では流水速度、浄水量、水圧などの自動化に限られるが、今後、水質調査も自動化することを計画中。

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

東北伯地域は、高温で乾燥した気象条件が特徴であり、ブラジルの中で最も乾燥した地域として知られている。本事業は、同地域に上水道施設を整備することにより、住民に対する安全な飲料水の安定供給を目指すものであり、ブラジル政府の政策及び開発ニーズ、また日本の援助政策に合致しているため妥当性は高い。対象3州のサブプロジェクトのうち、経済成長加速化計画で融資されることになったセアラ州を除き、バイア州とセルジッペ州では給水人口が順調に伸び、それぞれ5万人、20万人を達成した。バイア州での受益者調査からは、水質の改善により健康状態が改善したという住民が多く、満足度も高いことが明らかになった。セルジッペ州では州内75市のうち25市の給水を担い、今後は需要が最も高いセルジッペ川流域にも配水することが計画されるなど事業の効果は広範囲に及ぶ。このように本事業は乾燥地域の水供給に大きく貢献するものであり、有効性・インパクトは高い。効率性に関しては、サブプロジェクト承認などに時間を要したほか、スコープの拡大に伴う工期延長もあり事業期間、事業費ともに計画を大幅に上回った。事業完成後、施設は各州水道公社に委譲され、運営・維持管理を担う水道公社の体制面、技術面に問題はない。財務面に関しては、バイア州の実施主体全体の収益性は高く、セルジッペ州は補助金を受けており財務状況は良好である。したがって本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本プロジェクトの評価は高い。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

事業完成後、実施機関は本事業で整備された全施設の運営・維持管理責任を各州の上下水道公社に委譲し、その後は円借款事業の実施機関としてのモニタリングを行っていない。融資は借入や国税などから賄っており、実施機関が融資について国民に説明責任を果たすことは非常に重要なことである。また、今後、配水網を整備し、さらに給水世帯を拡張することを計画していることから、事業完成後の上水道施設の運用・効果指標のモニタリングと評価は不可欠である。PROAGUAでは、国家統合省による事業完成後のモニタリング体制は規定されていないが、モニタリング・評価体制を整備し、ブラジル国民への説明責任を果たし、今後の配水網拡張計画に活かしていくことが望まれる。PAC融資に切り替えられたセアラ州のサブプロジェクトに関しても、完成後の評価が必要である。

4.2.2 バイア州実施機関への提言

バイア州での受益者調査を通じて、本サブプロジェクト実施により、飲料水として一定の改善が確認されたが、漏水対策の強化を望む住民が多くいることが明らかになった。漏水が発生しているのは、主に RPVC の材質を使っている送水基幹部分であり、順次交換しているが、対策を強化し住民の満足度を向上させることが望まれる。給水時間については、住民の半分近くが 24 時間給水であるはずだ、もしくはそうあるべきだという認識を持っている。これは、給水ポンプを 21 時間稼働した後の 3 時間の停止時間中も、土地の高低差により給水タンクに残っている水が給水される地域があるため、このような状況に不公平感を抱くのは避けられない。現状の 21 時間給水は、電気代が高くなる 19 時～22 時まで給水ポンプの稼働を止めることで、給水コストを下げるためであることを、多くの住民が理解していないことも不満の原因である。給水の運用状況とその理由について情報発信を強化することも住民の理解促進のために役立つと思われる。

4.2.3 セルジッペ州実施機関への提言

セルジッペ州ではサンフランシスコ川を含む州内の 4 つの流域を活用した導水管と送水管の整備と給水システムの自動化が進み、これら給水システムによる配水網が全州に広がっている。これに伴い、給水システムの運営管理を担う技術者の増員が急務である。2005 年以降、事後評価時まで技術者の短期雇用や外部委託はあるものの、正規技術者の雇用は全くない。DESO 職員の高齢化も進んでおり、長期的な視点にたった正規職員の雇用が期待される。

4.2.4 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

(1) 実施監理体制の整備

本事業は、PROAGUA の実施体制に基づき、国家統合省インフラ局が JICA との調整役を担うことになった。しかし、国家統合省インフラ局の実施体制は、人員不足、予算不足のため脆弱であるうえ、他融資事業の調整役も担うなど業務過多であった。このため、事業の実施監理は十分ではなく、問題への対応も遅れがちになった。十分な実施監理ができていれば、バイア州で操業開始直後の 2009 年初めに発生した硬質ポリ塩化ビニル (RPVC) 材質の送水管の水漏れ問題を把握し、セルジッペ州と共有することも可能であり、同州サブプロジェクト開始後に同じ問題を繰り返すことを避けられたと考えられる。本事業は PROAGUA の実施体制に基づき行われていたため、JICA が独自の実施体制を持つことは事実上不可能だったと思われるが、このようなサブプロジェクト型の事業を実施する場合には、人員確保や組織強化が円滑に行われる

よう円借款附帯プロジェクトなどのスキームと連携して、円借款事業の迅速化やキャパシティ・ビルディングを図るなど、実施監理体制を整備することが必要である。

(2) 運用・効果指標による事業の進捗状況及び効果の把握

本事業は審査時にサブプロジェクトが確定しておらず、運用・効果指標が設定されていなかった。サブプロジェクト確定後、事業計画が策定されたが、本事後評価調査では、事業計画時の状況、想定されていた運用・効果指標の根拠となる資料や、基準値・目標値の設定の有無も確認できなかった。実施機関の進捗報告書には、施設の仕様、工事進捗、コンポーネント毎の費用と期間が記載されていたが、運用・効果指標の見直しなどはなく、事業効果のモニタリング内容としては不十分であった。このような状況を避けるためには、事業実施中は計画時に合意された運用・効果指標等により事業の進捗度合や効果の把握を行うことが肝要である。仮に計画段階で実施機関側の運用・効果指標を取るための体制・能力が不十分と判断される場合には、コンサルティング・サービスの業務に運用・効果指標の定期的なモニタリングシステムの構築とそのためのキャパシティ・ビルディング、及びコンサルティング・サービス期間中のモニタリング結果の提出を含めることも検討に値する。

(3) 配管材の耐久性テストの事前実施の必要性

バイア州とセルジッペ州のサブプロジェクトでは、工事開始時の 2006 年頃、硬質ポリ塩化ビニル (RPVC) の配管材が安価で軽量であることから、最も適した送水管の配管材として採用された。しかし、熱に弱い材質であり、水圧がかかる接続部分など配管内部の高温になる部分に変形したり、膨張したりと基幹部分に採用する配管材としては適していなかった。セルジッペ州では設置直後にこの問題が発覚し、工事期間中に該当箇所を布設替えし、事業費増加の大きな原因となった。バイア州では、事業完成後に送水管の基幹部分に多くの漏水箇所が発見され、事後評価時点で布設替え中であった。このような事態を避けるため、まずは協力準備調査の段階で配管材の仕様や材質の耐久性等について確認を行い、さらに詳細設計時にその内容を精査して、それぞれの外部環境下で耐えうる仕様の資機材が指定されるよう、適切な設計基準を適用することが必要である。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット バイア州	取水量 (未)、浄水場 60l/s、 ポンプ場 2 カ所、送水管 36km、給水タンク 2 カ所、配 水網 (未)、給水家屋接続 3,900 戸	取水量 160 l/s、浄水場 160l/s、 ポンプ場 478 l/s、送水管 161.9km、給水タンク 10 カ 所、配水網 140.9 km、給水家 屋接続 8,353 戸
セルジッペ州	取水量 (未)、浄水場 650 l/s、 ポンプ場(未)、送水管 43km、 給水タンク (未)	取水量 317 l/s、浄水場 280 l/s、ポンプ場 935 l/s、送 水管 53.5km、給水タンク 2,500 l/s
セアラ州	取水量 (未)、浄水場 3,500l/s、 ポンプ場 (未)、導水管 34km、 給水タンク (未)、配水網 (未)、給水家屋接続 (未)	他の融資に切り替え
② 期間	2003年4月～2006年3月 (36カ月)	2003年4月～2011年11月 (104カ月)
③ 事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	3,595百万円 2,713百万円 (40.85百万レアイス) 6,308百万円 3,595百万円 1 R\$ = 66.4円 (2003年4月現在)	3,486百万円 3,126百万円 (62.67百万レアイス) 6,612百万円 3,486百万円 1 R\$ = 49.88円 (2004～2011年の平均) 出所：International Financial Statistics (IMF)

注：アウトプット計画の（未）は設定なし。

以 上