

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-Associacao Tecnico-Cientifica 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」。

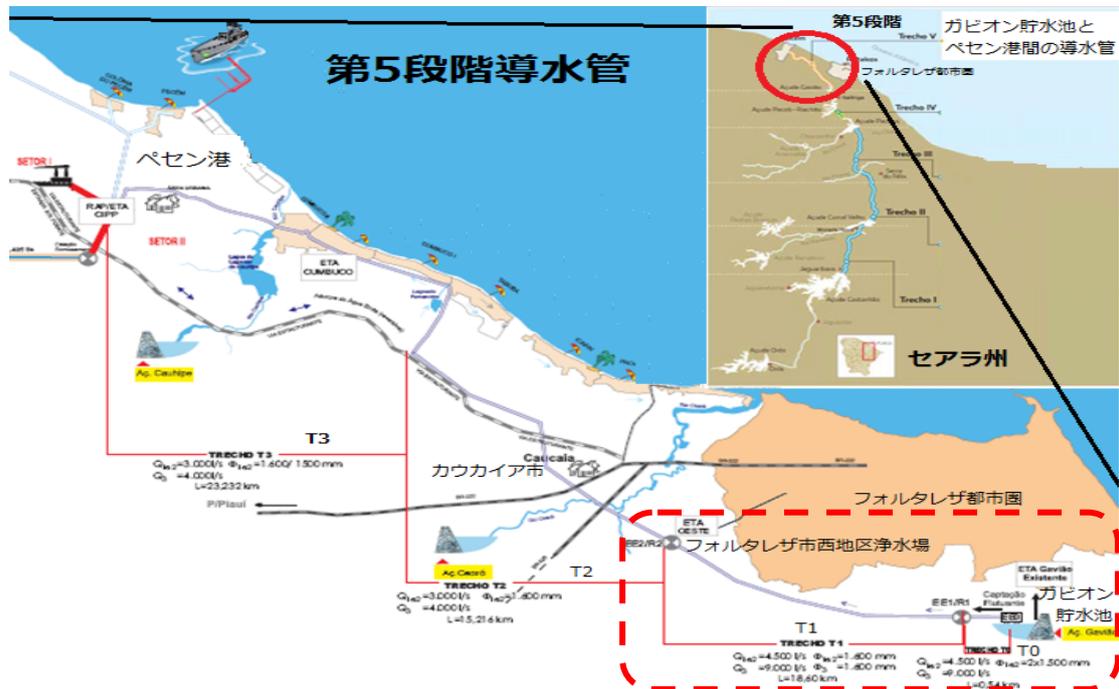
⁵ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」。

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。

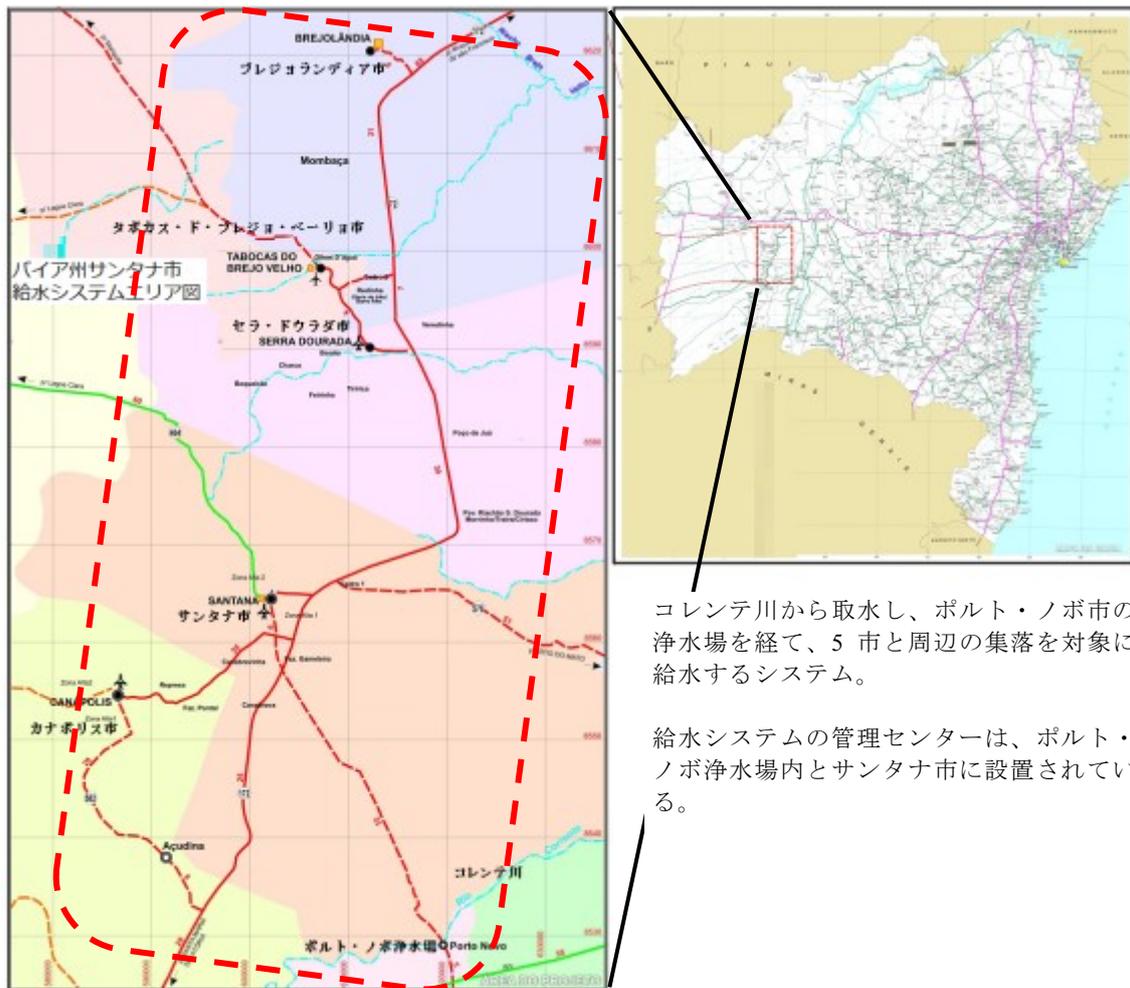
はさらに高まっている。



出所：ガビオン貯水池ー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。事後評価時も同計画に基づき、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。



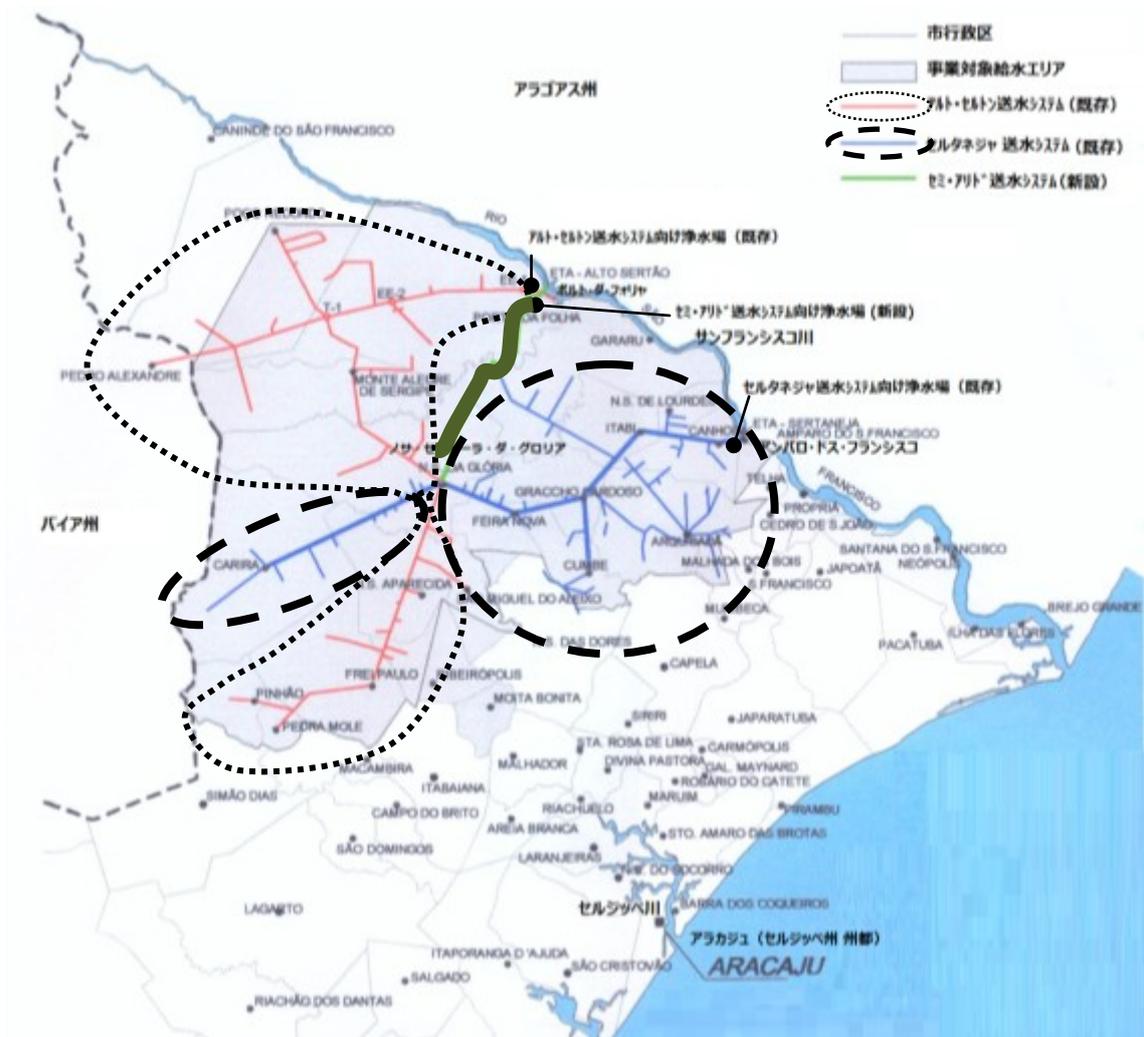
コレンテ川から取水し、ポルト・ノボ市の浄水場を経て、5市と周辺の集落を対象に給水するシステム。

給水システムの管理センターは、ポルト・ノボ浄水場内とサンタナ市に設置されている。

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、カナポリス市、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：アルト／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рид送水管、茶色部分がアルト・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

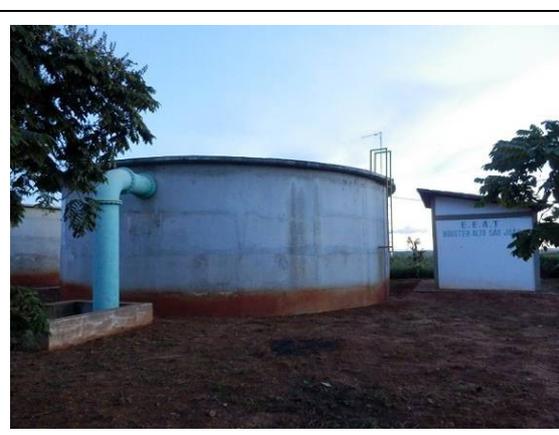


図5 サンタナ市内給水タンク

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。

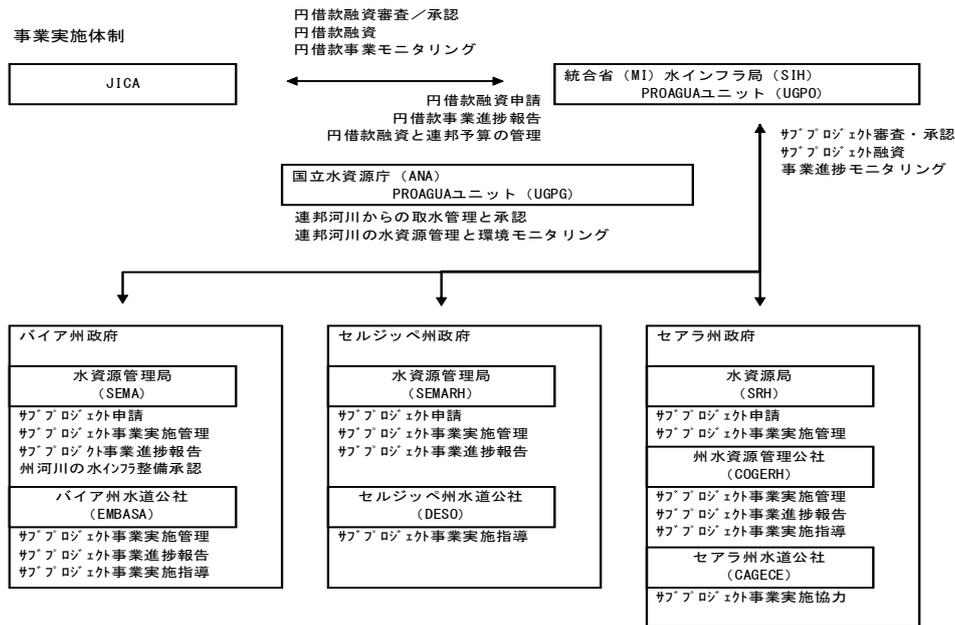
3.5 持続性（レーティング：③）

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。

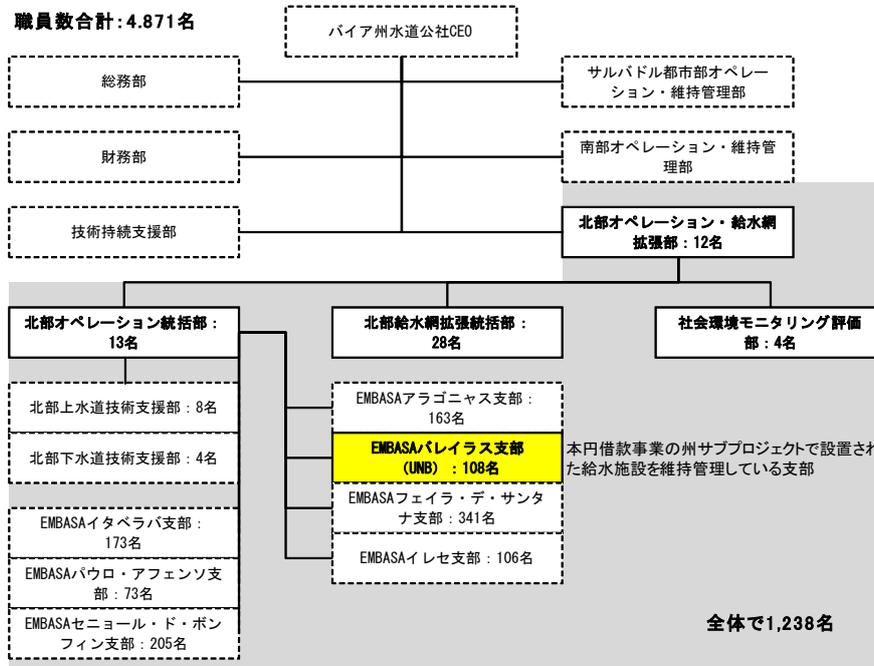


出所：国家統合省への聞き取り調査により評価者が作成。

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。

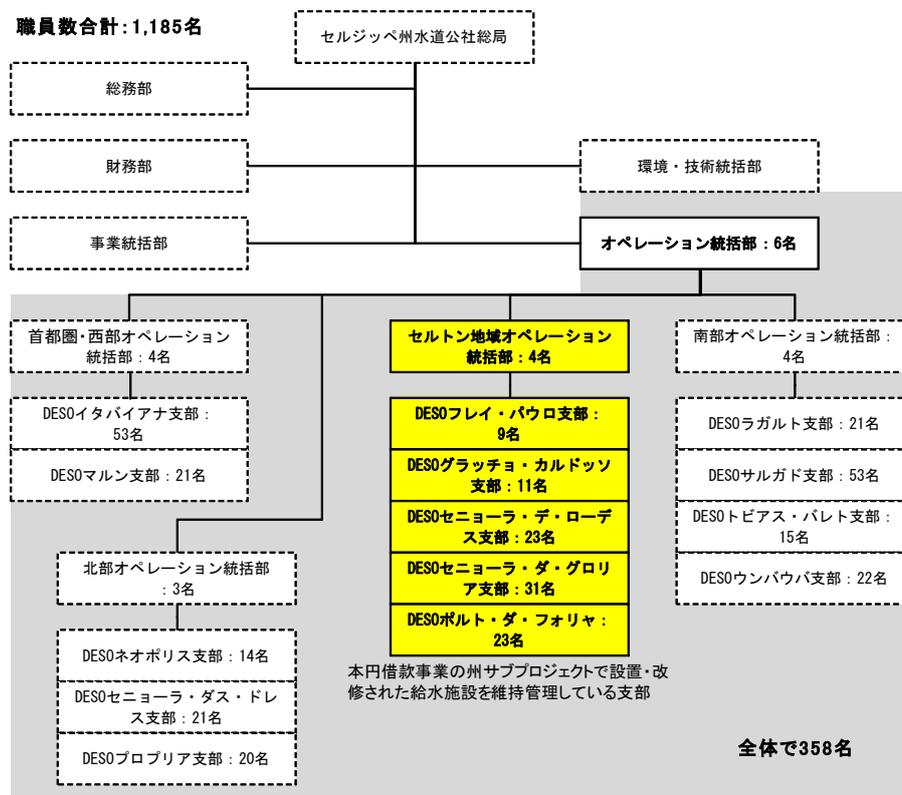


出所：バイア州上下水道公社により提供された組織図（2014年）

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