

ブラジル国

パラナ州環境改善事業

外部評価者：株式会社日本開発サービス 羽地朝新

0. 要旨

本事業は、給水能力が低い慢性な断水に陥っていたクリチバ首都圏及びパラナ州海岸地域の上水道整備及び、整備が遅れていた同地域の下水道施設の建設により、住民の生活環境の改善と河川及び沿岸部の水質改善を図ることを目的に実施された。上下水道整備を優先課題としていたブラジル連邦政府及びパラナ州政府の開発政策、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。本事業の実施により対象地域の水不足の問題が大幅に改善された。とくに海岸地域では下水処理の普及により沿岸域へ流下する河川の水質が大幅に改善され、遊泳可能となった海水浴場が増えている。事業費は計画内に収まったが、ダム建設に係る土地収用の手続きや、各浄水施設・下水処理施設における環境許可の取得の遅れによって事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は中程度である。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。

以上より、本プロジェクトの評価は非常に高いといえる。

1. 案件の概要



事業対象地



ミリングアバ浄水場

1.1 事業の背景

ブラジル南東のパラナ州（Estado do Paraná）の上下水道普及率は全体で各々92%、25%となっていた（1997年）。いずれもブラジル全国平均（96%、34%）を下回っており、生活環境、自然環境の悪化が生じていることから早急な改善が必要となっていた。

パラナ州クリチバ首都圏（Região Metropolitana de Curitiba）の上水は12月～2月の夏期は25%、6月～8月の冬期は10%の需給相違が生じており、給水制限を実施していた。24時間給水が可能であったのは、クリチバ首都圏の給水システム全体の9%のみであった。下水道は、普及率が25%にとどまっており、未処理の下水放流によって河川の水質汚濁が深刻な状態であった。

またパラナ州海岸地域（Litoral do Paraná）では夏期に観光のため人口が約5倍に急

増することから水不足が深刻であった。同様に、既存の下水処理施設の老朽化に伴い下水処理能力も不足していた。

1.2 事業概要

パラナ州クリチバ首都圏及びパラナ州海岸地域における上下水道整備を行うことにより、住民の生活環境の改善と河川及び沿岸部の水質保全を図り、水質汚濁を防止し、環境改善に寄与する。¹

なお、本事業の対象地域は、上水道整備がクリチバ首都圏の 6 市と海岸地域の 5 市、下水道整備がクリチバ首都圏 12 市と海岸地域 5 市を対象とした。表 1 に事業対象地域別の対象事業をまた図 1 に本事業主要施設の位置を示す。

表 1 事業対象地域

地域	クリチバ首都圏	海岸地域
上水道整備	・ クリチバ市（9 地区） ・ コロンボ（Colombo）市 ・ カンピナ・グランデ・ド・スール（Campina Grande do Sul）市 ・ クアトロ・バーハス（Quatro Barras）市 ・ ピニャイス（Pinhais）市 ・ ピラクアラ（Piraquara）市	・ グアラケサーバ（Guaraqueçaba）市 ・ モヘチス（Morretes）市 ・ ポンタル・ド・パラナ（Pontal do Paraná）市 ・ マティニョス（Matinhos）市 ・ グアラツューバ（Guaratuba）市
下水道整備	・ クリチバ市（72 地区、工業地区） ・ コロンボ市 ・ カンピナ・グランデ・ド・スール市 ・ クアトロ・バーハス市 ・ ピニャイス市 ・ ピラクアラ市 ・ サンジョセー・ドス・ピニャイス（São José dos Pinhais）市 ・ ファセンダ・リオ・グランデ（Fazenda Rio Grande）市 ・ アラウカリア（Araucária）市 ・ カンポ・ラルゴ（Campo Largo）市 ・ カンポ・マグロ（Campo Magro）市 ・ アルミランテ・タマンダレー（Almirante Tamandaré）市	・ グアラケサーバ市 ・ モヘチス市 ・ ポンタル・ド・パラナ市 ・ マティニョス市 ・ グアラツューバ市

¹ 審査時当初には、使用禁止農薬及び使用済み農薬容器の回収、処理を行うコンポーネントも含まれていたが、その後 2001 年には、ブラジル側による問題解決が確認された。2004 年に本事業の計画の見直しが行われ、同コンポーネントは本事業の対象外となった。



図1 上下水道整備対象地域及び施設の位置図

円借款承諾額／実行額	23,686 百万円 / 23,686 百万円
交換公文締結／借款契約調印	1996 年 8 月 / 1998 年 1 月
借款契約条件	金利 4%、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パラナ州／ パラナ州上下水道公社（SANEPAR）
貸付完了	2009 年 5 月
本体契約（10 億円以上のみ記載）	④ Constructora Itau（ブラジル） ⑤ Queiroz Galvao（ブラジル）・Pasarelli（ブラジル）（JV） ⑥ OTV（ブラジル）・Itajui（ブラジル）（JV） ⑦ CEBSE（ブラジル）・LFM（ブラジル）（JV） ⑧ GEL（ブラジル）・ACMA（ブラジル）・COMIM（ブラジル）（JV） ⑨ GEL（ブラジル）・ACMA（ブラジル）・NWM（ブラジル）（JV） ⑩ LFM（ブラジル）・DM（ブラジル）・SEF（ブラジル）（JV） ⑪ SAENGE（ブラジル）・CTL（ブラジル）（JV） ⑫ J. Malucelli（ブラジル）・Fuad Rassi（ブラジル）（JV） ⑬ Itajui Engenharia de Obra（ブラジル） ⑭ DM Consultora de Obras（ブラジル） ⑮ GEL（ブラジル）・ACMA（ブラジル）・Formato（ブラジル）（JV） ⑯ PAVIBRAS Pavimentacao e Obras（ブラジル）

コンサルタント契約(1億円以上のみ記載)	② Engevix Engenharia (ブラジル)・Chuo Kaihatsu Corporation (日本)・Environmental Technology Consultant (日本)・Black & Veatch International (米国) Estudos Tecnicos e Projectos (ブラジル)・Esteio Engenharia e Aerolevantamentos (ブラジル)・RDR Consultores Associados (ブラジル) (JV) ③ Multiservice Engenharia (ブラジル)・Concremat Engenharia e Tecnologia (ブラジル)・Yachiyo Engineering (日本)・Ecosol Projetos de Engenharia, Saneamento e Meio Ambiente (ブラジル) (JV)
関連調査 (フィージビリティ・スタディ : F/S) 等 (if any)	なし
関連事業 (if any)	なし

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

羽地朝新 (株式会社日本開発サービス)

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 : 2011 年 9 月～2012 年 12 月

現地調査 : 2012 年 3 月 25 日～4 月 15 日、2012 年 7 月 22 日～7 月 27 日

3. 評価結果 (レーティング : A²)

3.1 妥当性 (レーティング : ③³)

3.1.1 開発政策との整合性

パラナ州の上下水道整備については、ブラジル連邦政府公約である多年度計画 (Plano Plurianual) に掲げられており、審査時の 1996 年～1999 年計画では上下水道セクターの近代化とともに普及率を拡大して行くことを課題としている、事後評価時の 2012 年～2015 年計画では国民の健康と環境汚染対策の観点から上下水道整備を拡張していくという目標を掲げている。また、州多年度計画 (2012 年～2015 年) に掲げるとおり環境水資源庁 (SEMA) は、パラナ州の州水資源政策 (1999 年公布) によって導入された河川流域別の管理手法に基づき支流レベルでの普及を進めており、そのなかで、上下水道整備事業の拡張は重要な課題として継続している。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

パラナ州及び本事業対象地域では、審査時には、既述のように、水不足および河川・沿岸域の水質汚濁が深刻な問題になっていた。事後評価時には、本事業

² A : 「非常に高い」、B : 「高い」、C : 「一部課題がある」、D : 「低い」

³ ③ : 「高い」、② : 「中程度」、① : 「低い」

により上下水道整備は進んできている。しかし、上水道整備に関しては、審査時に発生していた断水は解消されたが、本事業対象地域の年間の人口増加率が審査時に予測した 1.55%に対して 1.0%～20.3%となっていることから、人口増加の著しい地域では今後の需給相違の発生が見込まれている。また下水道に関しても、クリチバ首都圏では普及率 60%(2010 年)の目標に対し、2011 年には平均 81.5%を達したが、地区別に見ると 18.8~100%のばらつきがある。一方海岸地域でも、本事業により下水道普及率は向上した（目標値は設定されていなかった）が、都市によって 26.4～100%のばらつきがあり、現在でも普及率が低い地域では引き続き下水道整備も重要な課題となっている。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

本事業は、衛生上安全な水供給及び下水処理を行うことによる河川水質への影響を軽減する目的を有し、経済・社会の発展に伴う上下水道整備の必要性に応えるものであり、開発と環境を両立させることに貢献している。前述（脚注 1 参照）の事業内容・計画見直し時（2001 年、2004 年）における海外経済協力業務実施方針（平成 11 年）でも、ブラジルへの援助方針として、持続可能な経済・社会の達成に向け、開発と環境を両立させることが必要であり、持続可能な開発を支援するとしており、日本の援助政策との整合性は高い。

以上より、本事業の実施はパラナ州の開発政策、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⁴（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

3.2.1.1 上水道

(1) 給水人口⁵

本事業によって上水サービスを受けた裨益者数は約 112 万人（2011 年）であり、審査時（1998 年）より約 38 万人増加（51.3%）した⁶。

(2) 給水量

給水量は全体で 30%以上増加した（審査時との比較）。一方、同じ期間の一人当たりの給水量は、クリチバ市以外のクリチバ首都圏の対象 5 市では 4.2～44.3%増加しているが、元々普及率が 100%に近かったクリチバ市の対象 9 地区及び海岸地域

⁴ 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。

⁵ 実績値の比較（給水人口の目標値が設定されていないため）

⁶ 同期間の対象地域の人口は 74.5 万人から上記の 112 万人まで増加した。上水道の普及率は後述（表 2）のとおり 100%を達した。

では人口の増加（審査時より 73.4%増）によりやや減少した（-3.3%）。

（3）上水道普及率の向上

本事業の対象施設は 2003 年～2008 年の間に随時竣工しており、竣工にともない各地域での上水道整備が 100%の普及率⁷を達成している。下表にその推移を示す。

クリチバ市の対象 9 地区、ピラクアラ市及コロンボ市では審査時の輪番断水計画が廃止され、大幅な改善が認められるが、その他の地域では乾季（1 月～3 月）には若干の断水が発生している。ただし、断水の際、給水サービス再開までの時間が、事業実施前は数日もかかっていたが、本事業対象地域では 4 時間以内に短縮された。一方、クリチバ首都圏のコロンボ市及びカンピナ・グランデ・ド・スール市及び海岸地域の対象 5 市では、現在の断水は皆無である。

前述の受益者調査の結果でも、本事業によって「水道サービスが改善された」と回答した人は、68.3%（クリチバ首都圏：65%、海岸地域：80%）にのぼった⁸。また「51.2%が「水不足が解消された」、7.3%が「断水が全くない」としている。

表 2 上水道普及率の推移

地域	1998 年 (審査時実績 値)	2005 年 (実績値)	2010 年 (目標)	2011 年 (実績値)
クリチバ市 (9 地区)	99.60%	99.98%	98%	100.00%
ピラクアラ市	98.04%	98.04%		100.00%
ピニャイス市	98.28%	99.99%		100.00%
コロンボ市	97.29%	97.29%		100.00%
カンピナ・グランデ・ド・スール市	90.01%	94.57%		100.00%
クアトロ・バーハス市	91.25%	92.62%		100.00%
海岸地域グアラケサーバ市	95.01%	100.00%		100.00%
海岸地域モヘチス市	94.37%	100.00%		100.00%
海岸地域ポンタル・ド・パラナ市	98.66%	100.00%		100.00%
海岸地域マティーニョス市	96.57%	100.00%		100.00%
海岸地域グアラツバ市	100.00%	100.00%		100.00%

出所：SANEPAR

（4）施設利用率（浄水場）

水道需要の変動に伴い、浄水施設の利用率も施設により幅がある。海岸地域のモヘチス市及びグアラケサーバ市では、各々7.8%及び4.7%という高い年間人口増加率による需要増を伴っているため、施設の利用率が高く拡張の必要性が生じている。一方、ミリングアバ（Miringuava）、グアラツバ及びポンタル・ド・パラナ浄水施

⁷ ここで述べる普及率は各対象自治体の地積簿に登録されている家屋と工業・商業施設を対象とする。したがって、河川沿岸部やファベラと称する不法占領地に散在する家屋等は、普及率に計上されていない。

⁸ 「変化なし」と回答した人が 10.8%。

設の平均処理量は処理能力より著しく低い。その理由は、ミリングアバ浄水場については取水地点の水量が不足しているためであるが、SANEPAR が計画中のミリングアバ・ダム建設によって利用率が改善する予定である。またポンタル・ド・パラナ浄水場及びグアラツバ浄水場は夏期の観光シーズンに急増する需要に合った設計値であるため、年間の実績では 50%を下回っている。下表に施設利用率の状況を示す（位置関係は図 1 参照）。

表 3 浄水施設の施設利用状況

上水道施設	処理能力 (L/s)		平均処理実績 (2011 年)		最大処理実績 (2011 年)	
	計画	実績	L/s	利用率	L/s	利用率
イライー (Iraí) 浄水場	4,200	3,200	2,381	74.4%	2,900	90.6%
イグアスー (Iguaçu) 浄水場	3,500	3,500	2,768	79.1%	3,500	100.0%
ミリングアバ浄水場	0	1,000	750	37.5%	1,200	60.0%
グアラケサーバ浄水場	10	10	9	90.0%	10	100.0%
モヘチス浄水場	35	35	35	100.0%	37	105.7%
ポンタル・ド・パラナ浄水場	800	800	396	49.5%	655	81.9%
グアラツバ浄水場	260	260	112	43.1%	216	83.1%

出所：SANEPAR

3.2.1.2 下水道

(1) 汚水処理人口⁹

本事業によって下水処理サービスを受けた裨益者数は約 140 万人（2011 年）であり、審査時（1998 年）より約 73.3 万人増加（110%）した¹⁰。

(2) 下水道普及率の向上

下水道事業の対象地域はクリチバ首都圏では、クリチバ市の 72 地区、工業地区 1 地区及び 11 市である。下水道普及率は、地域によって 18.8%から 100%と大きく差があるものの単純平均値では 81.5%という普及率を達成している。クリチバ市の対象 72 地区のうち、57 地区の普及率が 80%以上である。一方、最も普及率が低い地域は、アルミランテ・タマンダレー市（18.8%）、カンポ・マグロ市（22.5%）やアラウカリア市（37.2%）であり、これらは人口密度が低いクリチバ首都圏の西部に分布し、後者 2 市は下水処理施設から比較的遠い位置にある。海岸地域でもポンタル・ド・パラナ市以外では 51.1～100%に増加した。ポンタル・ド・パラナ市は海岸地域でも人口が急激に増えた（審査時に対し 607%の増加）ため下水道の普及率は低い水準（26.4%）にとどまっている。下表にその計画と実績を示す。

表 4 下水道普及率の推移

⁹ 実績値の比較（汚水処理人口の目標値が設定されていないため）

¹⁰ 同期間の対象地域の人口は 132 万人から 183 万人まで増加（38.9%）した。下水道の普及率は後述（表 4）のとおり 76.6%を達した。

地域	1998 年 (審査時実績 値)	2010 年 (目標)	2011 年 (実績値)
クリチバ首都圏 (最低値地区)	0.0%	60%	18.8%
クリチバ首都圏 (平均値)	52.1%		81.5%
クリチバ首都圏 (最高値地区)	100.0%		100.0%
海岸地域マティニョス市	33.8%	未設定	51.1%
海岸地域グアラケサーバ市	0.0%		100.0%
海岸地域グアラツーバ市	31.9%		56.4%
海岸地域モヘチス市	15.0%		53.0%
海岸地域ポンタル・ド・パラナ市	0.0%		26.4%
海岸地域 (全対象地域)	25.0%		46.4%
本事業対象地域	50.4%		76.6%

出所：SANEPAR

(3) 施設利用率：下水処理場

大半の下水処理施設の利用率に季節的な変動はあるが、年間を通した利用率には余裕がある。ただし、海岸地域のモヘチス市では、施設の利用率が年間平均 93.3%、最大処理実績では仕様処理能力を超過しているため、拡張の必要が生じている。ファセンダ・リオ・グランデ処理場の利用率の低さは当該地区の下水道普及率が 40.4%に留まっているためであるが、SANEPAR はその普及計画を進めている。ポンタル・ド・パラナ、マティニョス及びグアラツーバの各下水処理場は、浄水施設と同様、夏期の観光シーズンに急増する需要に合った設計値であるため、年間の実績は 50%を下回っている。ポンタル・ド・パラナの下水道普及率については、人口が審査時から事後評価時の間 607%増加したため 26.4%に留まっているが、SANEPAR による下水道の普及計画が進んでおり、実現すれば処理場の利用率は向上するとみられている。下表に施設利用率の状況を示す（位置関係は図 1 参照）。

表 5 下水処理施設の施設利用状況

下水道施設	処理能力 (L/s)		平均処理実績 (2011 年)		最大処理実績 (2011 年)	
	計画	実績	L/s	利用率	L/s	利用率
工業地区シスト (CIC Xisto) 処理場	600	600	382	63.7%	448	74.7%
パディリーヤ・スール (Padilha Sul) 処理場	440	440	289	65.7%	376	85.5%
タマンダレー (Tamandaré) 処理場	70	70	42	60.0%	49	70.0%
ファセンダ・リオ・グランデ処理場	260	260	78	30.0%	142	54.6%
アツバ・スール (Atuba Sul) 処理場	1,450	1,450	981	67.7%	1,143	78.8%
サンタ・キテーリア (Santa Quitéria) 処理場	600	600	403	67.2%	465	77.5%
グアラケサーバ市処理場	12	12	7	58.3%	12	100.0%
モヘチス市処理場	30	30	28	93.3%	31	103.3%
ポントアル・ド・パラナ市処理場	140	140	20	14.3%	75	53.6%
マティニョス市処理場	210	210	98	46.7%	168	80.0%
グアラツバ市処理場	210	210	102	48.6%	181	86.2%

出所：SANEPAR

3.2.2 定性的効果

(1) 上水道の水質

下表には、クリチバ首都圏の浄水施設から供給される水質のモニタリングデータを示しているが、海岸地域の各浄水施設の状況も同様であり、飲料水水質基準を全ての項目において満たしている。同基準は世界保健機関（以下、WHO という）指針の許容値と比べ、同等あるいはより厳格であるため、衛生上安全な水が供給され

表 6 浄水水質モニタリング実績 (2011 年)

項目 (単位)	飲料水水質基準値	WHO 指針	ライン浄水場		グアスー浄水場	
			2 月	9 月	2 月	9 月
色 (TCU)	<15	<15	2.5	2.5	5	2.5
シアン (mg/L)	<0.07	<0.17	<0.002	0.005	<0.002	<0.002
フッ素 (mg/L)	[0.6, 1.1]	<1.5	0.7	0.7	0.8	0.7
硝酸態窒素 (mg/L)	< 0	<50	0.25	1.11	0.21	0.31
濁度 (NTU)	<1	<1	0.27	0.37	0.36	0.33
界面活性剤 (mg/L)	<0.5	数値なし	<0.025	<0.025	<0.025	0.05
塩酸 (mg/L)	<250	<250	10.8	17.5	4.4	4.8
硬度-CaCO ₃ (mg/L)	<500	<500	22.7	34.9	24.6	28.8
水素イオン指数 (pH)	規定なし	[6.5, 8.5]	6.7	6.5	6.5	6.2
懸濁性浮遊物質 (mg/L)	<1,000	<1,000	90	106	38	72
硫酸 (mg/L)	<400	<1,000	<10.0	<10.0	<10.0	18.5
亜硝酸態窒素 (mg/L)	<1	<3	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
全浮遊物質 (mg/L)	規定なし	指針なし	90	108	41	72
アンモニア (mg/L)	<1.5	<1.5	0.15	<0.05	0.24	<0.05
硫化水素 (mg/L)	<0.05	<0.1	<0.005	0.031	<0.005	0.015

出所：SANEPAR

ていると言える。本事業の有効性の評価に関連し実施した受益者調査では、対象人数を 120 人とし、本事業対象地域の各地人口に比例配分して、無差別抽出による戸別アンケート調査を行った（実施時期：2012 年 3 月 26 日～4 月 13 日）。回答者の 20.7%が水質が改善したと答えている。

（2）下水の水質

下水については、下表のとおり、全ての下水処理施設の排水が基準を満たしている。SANEPAR によれば、生物化学的酸素要求量（以下、BOD 値という）に関しては、連邦政府が定める基準よりも厳格な数値を内部的に設けており、更に連邦政府基準では規定されていない化学的酸素要求量（以下、COD 値という）も測定している。ブラジルの下水処理施設における排水基準は、pH、水温及び BOD 値について基準値を定めており、我が国の同等基準と比較して、管理項目は少ないが、最も重要な BOD 値に関しては 120mg/L 未満を許容値としており、我が国の 160mg/L（日平均 120mg/L）より厳格である。一方、ブラジルでは、COD 値について基準は定められていないが、SANEPAR の内部規定 120mg/L は、本邦の 160mg/L（日平均 120mg/L）より厳格に定められている。

表 7 排水基準遵守状況（2011 年実績）

下水処理施設	BOD (mg/L)	COD (mg/L)
排水基準（国家環境協議会令 430 号第 21 条）	120.0	規定なし
工業地区シスト処理場	60.0 以下	120.0 以下
パディーリャ・スール処理場	60.0 以下	120.0 以下
タマンダレー処理場	60.0 以下	120.0 以下
ファセンダ・リオ・グランデ処理場	60.0 以下	120.0 以下
アツーバ・スール処理場	60.0 以下	120.0 以下
サンタ・キテーリア処理場	60.0 以下	120.0 以下
グアラケサーバ市処理場	17.9	39.4
モヘチス市処理場	22.7	36.2
ポントラル・ド・パラナ市処理場	24.2	36.4
マティニョス市処理場	22.2	41.3
グアラツーバ市処理場	24.3	40.2

出所：SANEPAR

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

3.3.1.1 生活環境・衛生環境の改善

上水道事業による効果として、受益者調査でヒアリングした住民の大半は、水道サービスが改善されたと認識しており、その改善内容として給水量の増加、水質の改善、断水からの解消や水圧の改善などが挙げられている。とくに水を調達するための労力が解消されたという回答が多くみられた（62.5%）。また、受益者調査回答者の大半（59.2%）が、水系感染症の発生が減少したと認識している。

3.3.1.2 放流先河川・沿岸域の水質の向上

クリチバ首都圏では河川の水質は審査時の状況から一般的に悪化している状態である。受益者調査結果を見ると、海岸地域では受益者調査対象者の 60%が改善されたと回答しているが、クリチバ首都圏では 25%にとどまる。ただし、パラナ州環境庁（以下、IAP という）が報告するとおり、河川の汚染源として廃棄物からの浸出水、違法業者による産業排水等も混入するため、河川の水質と下水道整備の普及との関係を明確にすることは困難である。

他方海岸地域では、下水処理の普及により沿岸域へ流下する河川の水質が大幅に改善されたことなどから、海水浴が可能となって海水浴場が増え、対象 5 都市の沿岸部ではリゾート開発が進んでいる（IAP 情報及び海岸地域自治体からのヒアリング）。

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

ピラクアラ II ダムの建設に伴い、5.64km²の用地が水没したが、環境影響評価により、最も影響の少ない立地が選定された。更にダムの周辺では、景観や生態系保全に配慮し、在来種による植林活動などが実施されている。また、既述のとおり下水とは別の汚染源が共存するため、河川の水質回復は認められないが、本事業により下水処理を行っていることから対象地域における水質汚濁の問題が軽減されているといえる。従って、本プロジェクトの実施による著しい負のインパクトは確認されていない。

3.3.2.2 住民移転・用地取得

ピラクアラ II ダムの建設に伴い、5.64km²の用地が収用されたが、住民の移転は生じていない。取得用地に対し、収用規定に基づき地主に対する補償金が支払われた。また、ピラクアラ II ダムの建設に係り、IAP の管理下、ピラクアラ市の住民を対象にプロジェクト内容及びコミュニティへの社会的支援として観光施設整備等の内容における公聴会が実施されたダム建設に伴い移設の対象となった公共施設は、配電線、電話通信線及びアクセス道路の一部である。

以上より、本事業の実施により対象地域の上下水道サービスが向上し、また海岸地域では水質の改善など住民の生活環境改善へのインパクトもみられたことから概ね計画どおりの効果が発現しており、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

以下に本事業の各コンポーネントの計画と実績を示す。

3.4.1.1 クリチバ首都圏上水道

下表にクリチバ首都圏上水道の計画と実績を示す。クリチバ首都圏では、同地域の北東部のイライー浄水施設（処理能力 3,200L/s）、中央東部のイグアスー浄水施設（処理能力 3,500L/s）、南東部のミリングアバ浄水施設（処理能力 1,000L/s）によって、対象地域の需要をカバーしている。送水施設で、直径の大きい送水管及び計画を上回る数の送水ポンプが設置されているが、これはプロジェクト設計後に把握された工業地域の需要増によるものである。

表 8 クリチバ首都圏上水道

項目	計画	実績
貯水施設	・ ピラクアラ II ダム	・ 計画どおり
取水施設	・ 取水用水路：イライー川～取水口、延長 256m、幅 17～37m ・ 取水ゲート ・ 取水ポンプ：170CV×5 台	・ 取水用水路：イライー川～取水口、延長 256m、幅 17～37m ・ 取水ゲート ・ 取水ポンプ：172CV×5 台
導水施設	導水管：取水口～イライー浄水場	計画どおり
浄水施設	・ イライー浄水場：浄水能力 3.2m ³ /s ・ ミリングアバ浄水場：浄水能力 1.0m ³ /s ・ イグアスー浄水場拡張 ・ イライー浄水池：8,000+12,000m ³ ・ ミリングアバ浄水池：10,000m ³	計画どおり
送水施設	・ 送水本管：φ 150～1,100mm、延長 115.48km ・ 送水ポンプ：29 基	・ 送水本管：φ 400～1,200mm、延長 127.65km ・ 送水ポンプ：39 基
配水施設	・ 配水管：延長 310.38km ・ 配水池：24 池、1 タンク、合計容量 190,000m ³	・ 配水管：延長 358.42km ・ 配水池：24 池、1 タンク、合計容量 191,500m ³

出所：SANEPAR

3.4.1.2 海岸地域上水道

下表に海岸地域上水道の計画と実績を示す。海岸地域では対象 5 都市の本事業で整備された各々浄水施設によって当該需要がカバーされている。審査時計画どおりの給水能力となっているが、貯水施設の数、管類の総延長が若干短くなっている理由は、より効率的な配水・送水システムへの見直しによるものである。

表 9 海岸地域上水道

項目	計画	実績
浄水施設	・ 取水施設：4 ケ所 ・ 浄水場：4 ケ所	計画どおり
貯水施設	・ 浄水池/配水池等：12 ケ所、容積 16,150m ³	・ 浄水池/配水池等：10 ケ所、容積 15,350m ³
ポンプ場	・ 取水用/配水用：20 ケ所	・ 取水用/配水用：22 ケ所
流水施設	・ 導水管/送水管：46,600m ・ 配水管：93,031m	・ 導水管/送水管：41,830m ・ 配水管：81,328m

出所：SANEPAR

3.4.1.3 クリチバ首都圏下水道

下表に示すとおり、ほぼ計画どおりの実績である。クリチバ首都圏では計画どおり、工業地区シスト処理場（処理能力：600L/s）、パディーリャ・スール処理場（処理能力 440L/s）、タマンダレー処理場（処理能力 70L/s）、ファセンダ・リオ・グランデ処理場（処理能力 260L/s）サンタ・キテーリア処理場（処理能力 600L/s）及びアツーバ・スール処理場（処理能力 1,450L/s）の 6 箇所下水道処理施設が整備された。

表 10 クリチバ首都圏下水道

項目	計画	実績
集水管	延長 1,840,344m	延長 1,776,050m
取付管接続	100,799 ケ所	100,658 ケ所
幹線管渠	・ ϕ 150mm～ ϕ 800mm ・ 延長 176,185m	・ ϕ 150mm～ ϕ 800mm ・ 延長 175,393
圧力管	・ ϕ 50mm～ ϕ 400mm ・ 延長 41,797m	・ ϕ 50mm～ ϕ 400mm ・ 延長 41,691m
ポンプ場	新設：23 ケ所	計画どおり
下水処理場	・ 新設：4 ケ所（処理能力：1,275L/s） ・ 拡張：2 ケ所（処理能力：2,050L/s）	・ 新設：4 ケ所（処理能力：1,370L/s） ・ 拡張：2 ケ所（処理能力：2,050L/s）

出所：SANEPAR

3.4.1.4 海岸地域下水道

海岸地域でも計画どおり、対象 5 都市で各々下水処理施設が整備された。（位置関係につき図 1 参照）下表に海岸地域下水道の計画と実績を示す。審査時の計画より数量増となった施設については、グアラツーパー市ブレジャツーパー（Brejatuba）空港建設とポンタル・ド・パラナ市の土地利用計画変更の影響である。

表 11 海岸地域下水道

項目	計画	実績
下水処理場	・ 新設 5 ケ所（処理能力：600L/s）	・ 新設 5 ケ所（処理能力：602L/s）
ポンプ場	・ 26 ケ所	・ 29 ケ所
集水管	・ 延長 18,412m	・ 延長 20,956m
圧縮管	・ 34,830m	・ 38,455m
幹線管渠	・ 新設 211,574m	・ 新設 256,030m
取付管接続	・ 8,025 ケ所	・ 12,458 ケ所

出所：SANEPAR

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

事業費は計画額の 99.88%となり、計画内に収まった。下表に事業費の計画と実績

を示す。

表 12 事業費

項目	計画（百万円）	実績（百万円）	差額（百万円）	増減率
土木工事費	44,708	44,641	-67	-0.15%
クリチバ首都圏上水道	17,922	17,855	-67	-0.37%
クリチバ首都圏下水道	18,696	18,696	0	0%
海岸地域上水道	2,629	2,629	0	0%
海岸地域下水道	5,461	5,461	0	0%
コンサルティング・サービス	6,827	6,827	0	0%
プロジェクトマネジメント	4,261	4,261	0	0%
施工管理	2,559	2,559	0	0%
サービス・チャージ	7	7	0	0%
物的予備費	17	17	0	0%
管理費、土地収用費、税	3,877	3,877	0	0%
合計	55,429	55,362	-6.7	-0.12%

出所：SANEPAR

3.4.2.2 事業期間

事業期間は上下水道施設の建設に必要な環境許可の取得及びブラジル側の資金調達に時間がかかり、事業全体として計画の約 69 ヶ月（1998 年～2004 年）に対して 113 ヶ月（2000 年 3 月～2009 年 6 月）と、計画を大幅に上回った（163%）。下表に事業期間の計画と実績を示す。

表 13 事業期間

項目	計画		実績		差異 増減率
	時期	月数	時期	月数	
ピラクアラ・ダム	1999 年～2003 年	54	2002/11～ 2008/12	62	+15%
クリチバ首都圏上水道 I	1998 年～2002 年	39	2000/03～ 2003/02	36	-8%
クリチバ首都圏上水道 II	1998 年～2004 年	69	2002/10～ 2008/09	72	+4%
クリチバ首都圏下水道 I	1998 年～2003 年	48	2000/08～ 2003/10	39	-19%
クリチバ首都圏下水道 II	1999 年～2004 年	60	2005/12～ 2009/06	43	-28%
海岸地域上水道	1999 年～2003 年	51	2002/04～ 2005/03	36	-29%
海岸地域下水道	1999 年～2003 年	57	2002/05～ 2006/07	52	-9%
事業全体	1998 年～2004 年	69	2000/03～ 2009/06	113	+63%

出所：SANEPAR

3.4.3 内部収益率（参考数値）

財務的内部収益率（FIRR）：

- ⑥ 上水道部門：11.7%
- ⑦ 下水道部門：1.1%
- ⑧ 上下水道全体：6.4%

上記 FIRR は、審査時の試算方法と同様に建設費、運営維持管理費を費用とし料金収入を便益として 15 年間分の収益率として試算した。JICA 内部資料によると審査時の FIRR は、上水道部門が 7%、下水道部門が 8%とされているが、同試算値は、ペケーノ（Pequeno）・ダムがミリングアバ・ダムに変更され、その後廃止され、また、ミリングアバ浄水場の導入、海岸地域のパラナグアー（Paranaguá）市及びアントニーナ（Antonina）市の本事業離脱及びポンタル・ド・パラナ市の上下水道整備の導入による計画変更前の値であるため、事後評価時との比較は困難である。同水道部門の比較的高い FIRR には、目標を上回る普及率が影響していると考えられ、下水道部門の比較的低い FIRR については、海岸地域の普及率の低さが影響していると考えられる。

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、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は中程度である。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

SANEPAR はパラナ州の上下水道事業をエリア別に運営を行っており、本事業地域の管轄は SANEPAR 傘下の首都圏海岸地域部（以下、GGML）が担当する。上下水道事業を上水道事業と下水道事業の分業を明確にし、施設のメンテナンスを担当する部門を設置している。GGML 傘下の上水道事業部（以下、USPD という）は、浄水場、取水・貯水施設及びポンプ場の操業、導水・送水・配水施設のメンテナンスを担う。現在、浄水場職員 66 名、ダムや取水施設担当の職員 88 名、配水システム施設担当の職員 99 名及び管理職員 6 名にて構成される。一方、同じく GGML 傘下の下水道事業部（以下、USEG という）は、下水処理場及びポンプ場の操業及び日常のメンテナンス作業を担う。現在、1 名の技術士及び 21 名の中級技術者にて構成される。更に、GGML 傘下の電気機械サービスユニット（以下、USEM という）は、浄水場、下水処理場、ポンプ場、貯水施設の電気機械メンテナンス及び制御システムの操業を担う。現在、11 名の技術士、87 名の中級技術者、及び 11 名の管理補助員で構成される。SANEPAR へのヒアリング調査によれば、日常の作業及び緊急時への対応には問題がなく、要員配置及び維持管理体制は適切と考えられる。

3.5.2 運営・維持管理の技術

SANEPAR の現地実査においては、日常の操業に必要な人材、人材育成計画、維持管理マニュアル群を備えており、運営維持管理の技術に係る顕著な問題はみられなかった。

しかしながら、嫌気性池¹¹が存在しない下水処理場（クリチバ首都圏の 3 処理場及び海岸地域の 4 処理場）において、処理の一工程である凝集添加浮上分離層¹²が機能していない。これらの下水処理場では、これまでのところ同工程を沈殿池¹³として利用し、汚泥の除去効率向上のためにサイクロン分離機¹⁴を導入している。さらに必要があれば、処理水の希釈を行って排水基準を満たしている。

凝集添加浮上分離層は、所用面積が小さいことから嫌気性池の代替工程として採用されたが、操業後、機能しなくなった（原因は特定されていない）。凝集添加浮上分離層は下水処理技術として一般的ではないため、SANEPAR には同技術に精通した技術者が存在しない。同工程を導入した下水処理場でも上述のように様々な工程を活用して排水基準が満たされるような操業を行っているため大きな問題は発生していないが、本来の凝集添加浮上分離層の機能回復を目指し、SANEPAR はマティニョス下水処理場において同工程の技術試験を行っているところである。その他の技術的な側面については特段の問題は生じていない。

3.5.3 運営・維持管理の財務

独立採算制公社である SANEPAR の財務状況は良好であるとともに、その一部である本事業対象地域を所轄する GGML でも財務状況は良好である。下表に示すとおり、GGML 全体の運営予算として上水道事業の維持管理費は総収入の 56.7%であり、下水道事業の場合は 53.9%であり、十分に採算がとれている。万一資金が不足した場合でも、パラナ州政府予算の中に SANEPAR への予備的な資金が確保されているため、今後の財務状況にも不安はない。

表 14 SANEPAR の財務指標（単位：百万 R\$）

項目	2009 年	2010 年	2011 年
総収入	1,389.40	1,480.27	1,742.40
総支出	1,251.53	1,344.76	1,493.23
純利益	137.87	135.51	249.17
純資産	2,035.60	2,179.78	2,310.40
投資金	312.89	397.23	354.18

出所：SANEPAR

¹¹ 微生物群の嫌気呼吸によって有機物質を二酸化炭素とメタンに変成処理する工程

¹² 空気圧入によって発生した気泡に汚泥を付着させて浮上分離する工程

¹³ 準静止状態で個体を液体から沈降分離する装置

¹⁴ 遠心力によって個体（汚泥）と液体（処理水）を分離する装置

表 15 GGML の収入及び維持管理費の 2011 年実績 (単位：百万 R\$)

上水道	総収入	維持管理費*	維持管理費/総収入
クリチバ首都圏	451,026	251,268	55.7%
グアラケサーバ	303	267	88.1%
モヘチス	1,537	1,117	72.7%
ポンタル・ド・パラナ	7,593	4,968	65.4%
マティニョス	9,973	7,690	77.1%
グアラツーバ	8,126	5,994	73.8%
合計	478,558	271,304	56.7%
下水道	総収入	維持管理費	維持管理費/総収入
クリチバ首都圏	261,024	137,571	52.7%
グアラケサーバ	194	242	124.6%
モヘチス	575	775	134.7%
ポンタル・ド・パラナ	1,559	1,270	81.4%
マティニョス	3,811	3,149	82.6%
グアラツーバ	3,464	2,867	82.8%
合計	270,628	145,875	53.9%

(*維持管理費には人件費・減価償却費を含む)

出所：SANEPAR

3.5.4 運営・維持管理の状況

維持管理業務は施設ごとに計画・管理されており、USPD および USEG による工程別のメンテナンス時期・頻度が一年単位で定められており、計画に沿って維持管理が行われている。さらに USEM によって、電気系統の予防点検を含む施設のメンテナンス計画が導入されており、これまで大きな問題は起こっておらず、運営維持管理状況は良好である。

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、給水能力が低いため慢性的な断水に陥っていたクリチバ首都圏及びパラナ州海岸地域の上水道整備及び、整備が遅れていた同地域の下水道施設の建設により、住民の生活環境の改善と河川及び沿岸部の水質改善を図ることを目的に実施された。上下水道整備を優先課題としていたブラジル連邦政府及びパラナ州政府の開発政策、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。本事業の実施により対象地域の水不足の問題が大幅に改善された。とくに海岸地域では下水処理の普及より沿岸域へ流下する河川の水質が大幅に改善され、遊泳可能となった海水浴場が増えている。事業費は計画内に収まったが、ダム建設に係る土地収用の手続きや、各浄水施設・下水処理施設における環境許可の取得の遅れによって事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は中程度である。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。

以上より、本プロジェクトの評価は非常に高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関（SANEPAR）への提言

- ① 既に需給相違が生じている地域及び全体の今後の需要を鑑み、上下水道整備の更なる拡張が必要である。
- ② 浄水能力に余裕があるミンリングアバ浄水場をさらに活用することによって近い将来見込まれている上水供給不足に備えるため、同浄水場の上流域に建設が予定されているミリングアバ・ダム建設を早期に実施し、上水供給能力を向上させる必要がある。

4.2.2 JICA への提言

特になし。

4.3 教訓

特になし。

以 上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット	クリチバ首都圏上水道 クリチバ首都圏下水道 海岸地域上水道 海岸地域下水道 コンサルティング・サービス 物的予備費 管理費、土地収用費、税	ほぼ計画どおり
②期間	1998年～2004年 (約69ヶ月)	2000年3月～ 2009年6月 (113ヶ月)
③事業費		
外貨	0百万円	0百万円
内貨	55,429百万円 1,034.5R\$	55,362百万円 1,016.5R\$
合計	55,429百万円	55,362百万円
うち円借款分	23,686百万円	23,686百万円
換算レート	1R\$ = 52.62円 (2004年現在)	1R\$ = 50.73円 (1999年～2009年6月平均)

以 上