

平成 24 年度案件別事後評価:パッケージ I -6

パラグアイ国・ブラジル国

平成 25 年 11 月

(2013 年)

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

株式会社グローバル・グループ 21 ジャパン

評価
JR
13-18

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 2010 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 2009 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。

2013 年 11 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。

道路整備事業(II)

外部評価者：株式会社グローバル・グループ 21 ジャパン

吉田 健

0. 要旨

本事業は、パラグアイの重要幹線道路である国道および主要地方道を改善することにより、基幹産業である農畜産物の物流需要、メルコスール等による交通需要の増大に対応した道路輸送網の整備を図り、もって同国の持続的な経済発展に貢献するために実施された¹。本事業の目的は同国の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分合致しており、妥当性は高い。対象道路区間では計画時予測の 1.4 倍の交通量が実現し、所要時間の短縮効果も見られた。また、主要輸出品目である穀物の輸出においては、近年、河川輸送の比重が増大したが、本事業は河川港へのアクセス改善を通してその振興に貢献したと考えられる。さらに、物流および旅客輸送全般の円滑化により地域開発・社会サービスへのアクセス改善も認められ、本事業の有効性は高い。追加工事により計画された以上の道路・橋梁整備が実現し、事業費はほぼ計画どおりであったものの、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。道路維持管理の体制、技術、財務ともに大きな問題はなく、本事業の対象道路の維持管理状況はおおむね良好であることから、本事業の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非常に高い。

1. 案件の概要



事業位置図

工区 1 (パラグアリーテビクアリ)

¹ メルコスール(南米南部共同市場)とは、1991年3月にアルゼンチン、ブラジル、パラグアイ、ウルグアイの4カ国で合意されたアスンシオン条約によって誕生した共同市場のこと。域内の資本や物、サービス、労働力の移動の自由化を目的としている。

1.1 事業の背景

パラグアイでは農牧業が基幹産業である。同国の運輸セクターでは陸上道路輸送の役割が極めて大きく、1990年当時、貨物輸送の90%、旅客輸送の99%は陸上道路が担っていた。首都アスンシオンおよびその周辺10県からなる東部中央地域は人口が集中する重要な経済地域であるとともに、メルコスールにより活性化が期待される陸路による物流網の中心に位置し、道路整備はその重要な開発手段の一つとされていた。しかし、同国の道路の舗装率は全体で5%に満たず、幹線道路においても舗装率は12%にとどまっていたほか、必要な維持管理が行われていなかったため、主要な輸出品である農畜産物の円滑な輸送が著しく阻害されていた。

このような状況を改善するため、同国は日本政府の協力を得て1990年に「道路整備事業（I）」（円借款）、1992年に「輸送システム開発整備マスタープラン調査」を実施した。その後、国際協力機構（JICA）は1997年に「東部中央地域幹線道路整備計画調査」により東部中央地域における道路改良事業のフィージビリティ調査（以下、F/S という）を行い、パラグアイ公共事業通信省は全国幹線道路の再舗装についてのF/Sを行った。これらの調査に基づき1998年に「道路整備事業（II）」（事後評価対象事業、以下「本事業」という）が供与された。

1.2 事業概要

重要幹線道路である国道および主要地方道を改善することにより、基幹産業である農畜産物の物流需要、メルコスール等による交通需要の増大に対応した道路輸送網の整備を図り、もって同国の持続的な経済発展に貢献する。

円借款承諾額／実行額	19,428 百万円／18,522 百万円
交換公文締結／借款契約調印	1997年12月／1998年8月
借款契約条件	金利：本体2.7%、コンサルタント2.3%、返済25年（うち据置7年）、一般アンタイド
借入人／実施機関	パラグアイ共和国／公共事業通信省
貸付完了	2010年10月
本体契約	<ul style="list-style-type: none"> ・ Tecnoedil S.A. Constructora(パラグアイ)/Compania de Construcciones Civiles S.A.(パラグアイ)/Benito Roggio e Hijos S.A.(パラグアイ)/Talavera Ortellado Construcciones S.R.L.(パラグアイ) ・ E.D.B.Construcciones(パラグアイ)/EDB Construcciones S.R.L.(パラグアイ)/Concretmix S.A.(パラグアイ) ・ Tecnoedil S.A. Constructora(パラグアイ)/Benito Roggio e Hijos S.A.(パラグアイ)/Talavera Ortellado Construcciones S.R.L.(パラグアイ) ・ CDD Construcciones S.A.(パラグアイ) ・ 鴻池組(日本)/Tecnoedil S.A. Constructora(パラグアイ)/Benito Roggio e Hijos S.A.(パラグアイ)/Talavera Ortellado Construcciones S.R.L.(パラグアイ) ・ Giagui Terraplenagem e Pavimentacao(ブラジル)/Emparsanco

	S.A.(ブラジル)/Compania de Construcciones Civiles S.A.(パラグアイ)/Ingenieria Isacio Vallejos(パラグアイ)/M&T Construcciones S.R.L.(パラグアイ) ・ Giagui Terraplenagem e Pavimentacao(ブラジル)/Emparsanco S.A.(ブラジル)/Ingenieria Isacio Vallejos(パラグアイ)/M&T Construcciones S.R.L.(パラグアイ)
コンサルタント	セントラル・コンサルタント（日本）
関連調査	東部中央地域幹線道路整備計画調査（1997年）
関連事業	「道路整備事業（I）」1990年円借款契約調印

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

吉田 健 （株式会社グローバル・グループ 21 ジャパン）

2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2012年9月～2013年7月

現地調査：2012年10月31日～11月24日、2013年5月20日～22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

パラグアイ政府は1995～1998年の社会経済開発計画においてメルコスール等を意識し、基幹産業である農業とその関連産業を振興するとともに、輸出促進を図るために経済インフラの整備を目標に掲げた。道路はインフラ部門の中でも特に重点が置かれ、生産部門の輸送・運搬を効率的かつ安定的に行うことなどが目標とされていた。

パラグアイ政府による「社会経済戦略プラン(2008-2013)」はインフラ整備の促進を含む8つの柱からなる開発政策を定めている。これに沿って、公共事業通信省（以下、MOPCという）は道路セクターの政策として道路インフラの改良に加え、小企業による日常メンテナンスの実施、組織運営効率の向上、道路管理への公共・民間の参加、道路安全の改善を挙げた。

このように、事前評価時から事後評価時に至るまで、道路整備はパラグアイの開発政策の重点分野であった。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

背景で述べたように、審査当時、幹線道路の整備による農畜産物を中心とした物流の円滑化は重要な課題であった。

その後、パラグアイでは主要輸出品目である穀物の生産量が大きく伸び、物流需要

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」

は著しく増加した⁴。他方、輸出入の運輸手段としては河川の役割が大きくなり、現在は輸出では6割、輸入では5割が河川により輸送される。ただし、河川港湾までの物流はほぼ全て道路を利用する。したがって、輸出入のための陸上輸出の比率は近年低下したものの、2007年以降の穀物生産量の大幅な増大を考慮すると国内のトラック輸送量は増大したと考えられ、道路整備へのニーズは今も高い。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

1992年7月に行われた日本とパラグアイの第2回年次協議において、農業振興、経済インフラ整備、社会セクター及び環境等の分野が重要であるとの合意が成立した。本事業は経済インフラ整備に該当するとともに、農業振興にも寄与する事業である。

以上より、本事業の実施はパラグアイの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分合致しており、妥当性は高い。

3.2 有効性⁵（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果

審査時には有効性を判断するための指標ならびに基準値・目標値は明示されていなかったが、本事後評価では各工区の交通量についてF/Sの予測値と交通調査による実績値の比較ならびに道路改良区間の走行速度の増加により定量的効果を分析した。

(1) 交通量の増加

JICAと公共事業通信省が実施したF/S（1997年）における交通量と将来の予測交通量を、事後評価時の交通量と比べてみると、本事業により道路・橋梁が整備された7区間のうち5区間で、予測値を超えた交通量が実現した⁶。7区間平均では交通量は1997～2012年の15年間に3.3倍に増加し、予想値の約1.4倍に達した⁷。表2に示すように、交通量の約2割はトラックである。

⁴ 2000～2010年にパラグアイの大豆生産量は2.5倍、小麦生産量は6.1倍に増加した。

⁵ 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。

⁶ 本事業では当初の計画に沿って7区間で道路の改良・再舗装および橋梁の拡幅が行われた他、追加工事として3区間で道路の再舗装と橋梁の改善が行われた。追加工事の3区間はいずれも当初の計画7区間の延長区間である。事後評価では、本事業の当初の計画に含まれた7区間において12時間の交通量調査および運転手（合計5,849名）への質問票調査（起点・終点・積み荷など）を実施した。

⁷ 区間3では2012年の実績値が予測値を下回っているが、公共事業通信省によると、この区間を利用していたブラジルへの木材の輸出が減少したことなどが影響したと考えられる。



サトウキビ運搬トラック（工区 2）



穀物運搬トラック（工区 4）

表 1 当初計画区間の日交通量の変化と予測値との比較

(台/日)

工区	区 間	事業前 (1997)	実績 (2012)	予測値 (2012)	実績/ 予測比
1	Paraguari-Villarica	412	3,676	3,205	115%
2	La Colmena -Tecuary	60	2,344	737	318%
3	Yby Yau-P.J.Caballero	1,433	2,024	2,735	74%
4	Bell Vista Sur-Km148	1,472	3,599	2,825	127%
5	S.J.Bautista-Encarnacion	1,272	4,603	2,584	178%
6	Cnl.Oviedo-S. Estanislao	2,133	3,916	4,235	92%
7	Rotonda-Km 71	3,340	13,171	7,106	185%
平均		1,446	4,762	3,347	142%

出所：JICA・公共事業通信省による F/S、事後評価時の交通調査

表 2 各区間の交通量の比率

工区	区 間	乗用車	バス	トラック
1	Paraguari-Villarica	86%	3%	11%
2	La Colmena -Tecuary	80%	2%	18%
3	Yby Yau-P.J.Caballero	78%	5%	18%
4	Bell Vista Sur-Km148	68%	4%	27%
5	S.J.Bautista-Encarnacion	72%	2%	26%
6	Cnl.Oviedo-S. Estanislao	76%	2%	22%
7	Rotonda-Km 71	76%	2%	22%
平均		76%	3%	21%

出所：事後評価時の交通調査

注：端数処理のため合計が 100%にならない工区がある。



図1 道路整備事業(II)の対象区間



登坂車線（工区 5）



拡幅された橋梁（工区 5）

(2) 所要時間の短縮

沿線住民によると、改良区間である工区 1 と工区 2 では所要時間の大幅な短縮が見られた⁸。工区 1 の（パラグアリとテビクアリの間にある）カバジェロとパラグアリ間の事業実施前の所要時間は 1 時間半であったが、事業完了後は 30 分となった。以前は雨が降ると通行できなかったが、事業実施後は全天候で通行可能である。カバジェロとビジャリカ間は、事業実施前は 2 時間かかったが、事業実施後は 45 分となった。工区 2 のラ・コルメナとビジャリカ間は、事業実施前は 3～4 時間かかっていたが、今は 1 時間となった。

3.2.2 定性的効果

道路沿線でのヒアリングおよび交通調査の結果によると、各区間は以下のように利用されている。

工区 1： 州都ビジャリカと首都アスンシオンにつながる国道 1 号線を結ぶ地方幹線。野菜類のアスンシオンへの出荷、大豆のヴィジェタ港（パラグアイ河）への積み出し等に利用されている。混雑し、かつ重量規制が厳しい国道 2 号線の迂回路としても利用されている。

工区 2： 州都ビジャリカと日系人居住地ラ・コルメナを結ぶ地方幹線。農産物輸送が多い。

工区 3,10： 建築資材や消費物資などの輸送に利用されている。ブラジルとの国境貿易に資する。トラック輸送の比率が高い。（国道 5 号）

工区 4： 大豆・穀物等の農産物輸送の幹線であり、パラナ川沿岸の港への輸送に利用されている。トラック輸送の比率が高い。（国道 6 号）

⁸ 事後評価では本事業対象区間の沿線市の関係者、住民と 8 ヶ所でワークショップを行ったほか、8 市で運輸サービス企業へのヒアリングを行った。住民は各市平均 7 名の出席であった。企業として、バス事業 10 社、トラック事業 10 社へ訪問した。

工区 5,8,9：アスンシオンと第三の都市エンカルナシオンを結ぶ国道 1 号線。沿道は
 牧畜が盛んであり、畜産物輸送にも利用されている。トラック輸送の比
 率が高い。

工区 6：パラグアイ唯一の南北を結ぶ国道（8 号）。多目的に利用されている。

工区 7：西部チャコ地方とアスンシオンを結ぶ唯一の幹線(国道 9 号線)であり、
 建築物資・消費物資・畜産物などの輸送に利用されている。トラック輸
 送の比率が高い。



側道設置により沿線に立地した流通倉庫、修理工
 場等の商工業施設（工区 10）



沿線住民とのワークショップ
 （工区 2）

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

(1) 農畜産物貿易へのインパクト

2000 年以降 2012 年にかけて、輸出・輸入ともに増加傾向にあるが、特に輸出量の
 伸びが大きい。主要輸出品目である穀物への国際需要の増加が背景にあると考えられ
 る。この期間、輸出入量に占めるメルコスール参加国（アルゼンチン・ブラジル・ウ
 ルグアイ）との貿易量は 5 割程度増加しているが、その比率は低下した。

表 3 パラグアイの輸出入量

(千トン)

	2000		2012	
	対全世界	対メルコスール	対全世界	対メルコスール
輸出量	3,413	2,481 (73%)	9,724	3,499 (36%)
輸入量	2,633	2,112 (80%)	5,655	3,449 (61%)
合計	6,146	4,596 (75%)	15,379	6,948 (42%)

出所：パラグアイ中央銀行

パラグアイ中央銀行のデータによると、2010年現在、大豆関連の生産物の95%は河川輸送により輸出されている⁹。全大豆輸出量のうちパラグアイ河の利用が71%、パラナ河の利用が24%で、パラグアイ河をより多く利用している。2004年では、パラグアイ河利用が35%で、パラナ河利用が37%であった。この変化にはパラグアイ河の河川輸出港へのアクセス改善が貢献していると考えられる。本事業では工区1、2、4、5、8はパラグアイ河沿岸港湾へのアクセス改善に寄与している。

3.3.2 その他、正負のインパクト

住民・地方自治体・運送業者等へのヒアリングによると、本事業対象道路の沿線で以下のようなインパクトが見られる。

- ▶ 工区1、工区2の周辺では都市への物流改善により野菜栽培が増加した他、大豆生産の増加がみられる。ラ・コルメナの邦人移住者への影響が大きく、農産加工の増加、ビジャリカの学校、病院利用が容易になった。
- ▶ 工区4はピラポの邦人移住者へのインパクトが大きい。農産物の出荷、州都エンカルナシオンへのアクセス向上による学校、病院等利用が容易になった。
- ▶ 工区7の幅員拡張区間は首都アスンシオンにも近く、大規模商業施設を中心に流通施設が立地し、急速に開発が進んでいる。通過交通量はこの5年間で3倍に増え、この区間の商業施設を起終点とする買い物、物流の交通量が増加した。
- ▶ 工区6のコロネル・オビエド付近と工区10のペドロ・ホアン・カバジェロ付近は再舗装の他に、両側に側道を設置して、地区交通の便宜を図った。その結果、商店や工場の立地が進み、地域の開発に資することとなった。それに伴い周辺地価も上昇し、市の税収も増加した。

工区1、2は現道の幅員拡張区間や新設の区間もあったため、環境庁による事業実施の許可、環境認証を得たうえで工事が実施されたほか、環境管理計画に沿って環境モニタリング並びに河川の保護や植林などの措置が実施された。また、両区間では約370世帯を対象に、国内法の規定に沿って用地取得および補償が行われた¹⁰。なお、その他の工区は既存道路の再舗装および橋梁の改善であるため、環境への重大なインパクトは報告されておらず、用地取得・住民移転は行われなかった。

このように、本事業では計画時予測の二倍の交通量が実現し、所要時間の短縮効果も見られる。農業振興に貢献した他、物流および旅客輸送全般の円滑化により地域開

⁹ 「パラグアイ国輸出回廊整備計画準備調査」（2011, JICA）に引用された情報による。（以下同じ）

¹⁰ 住民移転の有無およびその対象世帯数についての情報は実施機関から得られなかった。

発・社会サービスへのアクセス改善に貢献している。以上より、本事業の実施により一定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：②）

3.4.1 アウトプット

本事業で計画および実施されたアウトプットは表4のとおりである。詳細な調査に基づく設計の結果、対象道路延長および対象橋梁数が修正された。当初プロジェクトの審査時計画は工区1から工区7までの全7工区であったが、為替レートの変動等に伴う施工単価の下落により、工区8～10の3つの工区の追加工事を行った。追加工事対象区間はいずれも審査時計画の対象区間上あるいはその延長上であり、審査時（1997年）には不要とされたものの、その後の時間の経過により新たに再舗装が必要とされた区間、新たに整備が必要と判断された橋梁が含まれる¹¹。

表4 事業アウトプットの計画および実績

工区	路線	区間	計画	実績	
未舗装道路の補修と舗装（改良）	1	地方	Paraguari-Tebicuary	58.50 km	56.25 km
	2	地方	Tebicuary-Villarrica	24.50 km	25.00 km
		地方	La Colmena-Tebicuary	38.10 km	36.20 km
再舗装	3	5号	Yby Yau-P J. Caballero Km.179	70.00 km	70.00 km
再舗装	4	6号	Bella Vista Sur-Km. 148	106.00 km	101.57 km
再舗装	5	1号	S J. Bautista Mnes.-Encarnación	170.00 km	170.00 km
橋梁拡幅	5	1号 地方	Paraguari-S. J. Bautista-Encarnacion Carapeguá-Acahay-La Colmena	拡幅 83 橋	拡幅 177 橋
再舗装	6	8号	Cnel. Oviedo-San Estanislao	100.00 km	103.00 km
再舗装	7	9号	Rotonda-Km.71	50.00 km	59.50 km
橋梁	8	1号 地方	Paraguari-S. J. Bautista Carapeguá-Acahay-La Colmena	(計画なし)	新設 1 橋 再建 5 橋 拡幅 3 橋 修理 4 橋
再舗装	9	1号	Caapucu-S. J. Bautista	(計画なし)	55.0 km
再舗装	10	5号	Km. 179-P J. Caballero	(計画なし)	32.0 km
合計				617.10 km 83 橋	708.52 km 190 橋

出所：審査時資料、完了時報告書

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

総事業費は26,425百万円で、計画（25,904百万円）の102%、円借款額は18,480百万円で計画（19,428百万円）の95%であった。事業費総額は計画をわずかに超えたが、追加工事により計画以上のアウトプットがあったことから、事業費の効率性は高いと

¹¹ 追加工事は2006～07年に決定された。

判断される¹²。

表5 事業費の計画および実績

(百万円)

	計画			実績		
	JICA	パラグアイ	合計	JICA	パラグアイ	合計
土木工事	15,724	3,502	19,226	15,037	5,318	20,355
コンサルタント	2,132	-	2,132	3,466	464	3,930
予備費	1,572	351	1,932	0	0	0
土地収用費	-	268	268	0	82	82
税金	-	2,355	2,355	0	2,081	2,081
サービス	0	4,845		19	0	19
合計	19,428	6,476	25,904	18,522	7,945	26,467

出所：審査時資料、完了時報告書および JICA 内部資料に基づき評価者が作成
(為替レート)

注：審査時の為替レート 1US\$≒2,128 グアラニー (Gs.) ≒118 円

実績：1US\$≒5,398 グアラニー (Gs.) ≒112 円 (事業期間中の加重平均)

3.4.2.2 事業期間

本事業は 1998 年 8 月から 2003 年 12 月の 64 ヶ月間で実施される予定だったが、実際には、1998 年 8 月から 2011 年 10 月までの 158 ヶ月間を要した。事業期間は計画の 247% となり、アウトプットの増加を考慮しても事業期間の効率性は低いと判断される。

実施が遅れた主な理由には、拡幅区間における用地取得の遅れ、エルニーニョ現象等による長期間の降雨による工事の遅れ、施工業者の能力不足がある。さらに、コンサルティング・サービス、建設業者の選定における手続きの遅延、2 度の政権交代および大臣交代による各種手続きの停滞および混乱、建設資材の入手難なども実施に影響を与えた。

中でも、用地取得が本事業の実施に最も大きな影響を与えた。用地取得はパラグアイの公共調達法に基づいて進められたが、同法が定める手続きが煩雑である上に、対象とされた世帯の多くで土地所有権が明確でない、あるいは適切な文書を持たないなどの状況が見られたため、そのような状況を整理して補償額を確定し、工事が開始できるまでに多大の時間を要した¹³。

3.4.3 内部収益率

改良区間である工区 1、2 を対象としたフィージビリティ調査によると、両工区を平均した EIRR (経済的内部収益率) は 25.6% と試算されていた。事後評価において

¹² 追加工事を除いた事業費総額は計画の 95% (24,686 百万円) であった。

¹³ このような経験を踏まえ、ドナー資金を利用するパラグアイの最近の道路改良・新設事業においては適切な用地取得・補償手続きを個別に法令化し、手続きに要する期間および工事着手までに必要な期間を大幅に短縮するための措置が採られている。

は工区 1、3、4、6、および 7 について、以下の前提に基づき EIRR の再計算を行った¹⁴。再計算の結果、EIRR の数値は表 6 のように概ね高い値を示しており、事業対象道路の経済的な収益性は十分あると考えられる。

- ・ プロジェクトライフ：20 年
- ・ 便益：プロジェクト前後の車両走行経費低減
- ・ 費用：道路の修復事業費及び維持管理費

表 6 経済的内部収益率（EIRR）の再計算結果

工区	EIRR
1	34%
3	35%
4	30%
6	30%
7	46%

出所：事後評価時の交通調査結果、実施機関資料に基づき評価者が作成

以上より、本事業は事業費についてはほぼ計画どおりであったものの、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

道路の運営・維持管理は MOPC の公共事業副大臣の下にある道路総局が責任を持つ。国道の維持管理は主として GMANS（Gestion de Mantenimiento por Niveles de Servicio, 性能規定型維持管理）契約と呼ばれる長期契約により、道路総局の監督のもとで外部コントラクターが実施している。GMANS は世界銀行の融資事業により 2006 年から採用された方式で、世界銀行と米州開発銀行の融資が活用されている¹⁵。GMANS 契約の対象外となる一部の国道と地方道の維持管理は道路総局の下にある道路維持課及び地方事務所が直営で行なう。

本事業対象区間のうち工区 3、4、6、10 は GMANS 契約により、工区 5、7、8、9 は MOPC の直営により維持管理されている。工区 1、2 は 2012 年まで瑕疵担保期間であったため、コントラクターが維持管理を実施してきたが、その後は直営により維持管理されている。両工区は未だ国道昇格を果たしていないが、将来は GMANS 契約の

¹⁴ 他の区間では工区内に複数の工種を含み、便益計算に必要な情報が得られなかったため、再計算を行わなかった。

¹⁵ 全国約 2,000 km の国道を 7 つの GMANS 契約によりカバーする。5 年間の長期契約により、初年度には道路の修復を、それ以降は定期的に補修・保守作業が実施される。舗装面の状態等に関して整備基準が定められ、道路総局はその達成状況を定期的に確認する。7 契約のうち 4 契約は世界銀行、残りの 3 契約は米州開発銀行の融資資金により開始された。公共事業通信省は今後も融資資金を活用して GMANS 契約を継続する計画があるが、将来の自己資金による実施を念頭に、財源の検討を開始している。

対象になる予定である。

道路に損傷を与える大きな原因がトラックの過積載であることから、国道には全国13か所には重量検査所が設置されている。重量検査所はMOPC内の財務副大臣のもとに置かれている。

3.5.2 運営・維持管理の技術

GMANS 契約による維持管理作業はコントラクターが行っており、現地視察によると技術的問題は見受けられない。GMANS 契約以外の直営部分に関しては、公共事業通信省自身で対応する。現地視察によると定められた基準・手続きに基づく維持管理作業が行われ、技術面に大きな問題は見受けられない。

MOPC は不定期にドナーなどが開催する外部研修に参加者を派遣しているほか、事業実施期間中には JICA の道路整備についての技術研修に一部職員が参加した¹⁶。

3.5.3 運営・維持管理の財務

公共事業通信省の予算はこの10年定常的に1兆から1.5兆グアラニーの支出となっており、そのうち道路を中心とする公共事業副大臣庁分の割合は9割近くになっている。道路保全・維持の予算は、この10年間で5倍ほどに増加しており、本事業の対象区間を見る限り、予算不足が道路の維持管理を大きく制約するような状況は見られない。

表7 公共事業通信省の年間予算額

(百万グアラニー)

	2001	2004	2007	2010
公共事業通信省	1,026,478	1,503,447	1,190,942	1,586,663
公共事業副大臣庁	899,395	1,398,156	1,058,359	1,394,541
道路保全・維持事業	64,778	36,415	136,768	309,158

出所：MOPC 注：GMANS 契約の予算を含む

¹⁶ 1998～2010年に18名がJICAの本邦研修(道路・土木行政、道路財源制度、道路・交通計画、環境社会配慮、施工管理などの分野)に参加した。



重量検査所（工区 7）



公共事業通信省地方事務所の
アスファルト・プラント

3.5.4 運営・維持管理の状況

現地視察（2012年11月）によると、工区3、4、6、10はGMANS対象区間であり、道路の維持管理に特に問題は見受けられない。MOPCの直営で維持管理されている工区5、7、8、9では、側溝や法面などに補修が必要なところが散見されたが、道路としての機能は十分維持されている。また、直営区間は他の道路と一緒に維持管理されるが、対象道路の延長に比べ機材が十分ではなく、補修に時間がかかる。

工区1、2は現地視察時にはまだ瑕疵担保期間であった。地方道である工区1には重量検査所は設置されていないが、重量検査の厳しい国道2号線を避ける過積載車両の通行が多くなり、開通から1年で舗装の補修が必要とされた¹⁷。

以上より、運営・維持管理の体制、技術、財務ともに大きな問題はなく、本事業の対象道路の維持管理状況はおおむね良好であることから、本事業の持続性は高いと判断される。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、パラグアイの重要幹線道路である国道および主要地方道を改善することにより、基幹産業である農畜産物の物流需要、メルコスール等による交通需要の増大に対応した道路輸送網の整備を図り、もって同国の持続的な経済発展に貢献するために実施された。本事業の目的は同国の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分合致しており、妥当性は高い。対象道路区間では計画時予測の1.4倍の交通量が実現し、所要時間の短縮効果も見られた。主要輸出品目である穀物の輸出においては、近年、河川輸送の比重が増大したが、本事業は河川港へのアクセス改善を通してその振興に貢献したと考えられる。さらに、物流および旅客輸送全般の円滑化により地域開

¹⁷ 瑕疵担保期間であったため施工業者が補修した。

発・社会サービスへのアクセス改善も認められ、本事業の有効性は高い。追加工事に
より計画以上の道路・橋梁整備が実現した。事業費はほぼ計画どおりであったものの、
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。道路維持管理の体制、
技術、財務ともに大きな問題はなく、本事業の対象道路の維持管理状況はおおむね良
好であることから、本事業の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非常に高い。

4.2 提言

4.2.1 公共事業通信省への提言

- 工区 1、工区 2 において過積載車両の通行を規制するための重量検査所を設置
する必要がある。特に、国道 2 号線から過積載車両が規制を逃れるために迂回
していると考えられる工区 1 においては舗装の損傷が激しいため、重量検査所
の設置を急ぐ必要がある。なお、本来は道路改良事業の開通と同時に重量検査
所を設置する必要があったことを踏まえ、道路改善事業の計画と同時に重量検
査所設置について検討できるように、道路総局内の組織体制あるいは業務手順
を見直すことが望まれる。

4.2.2 JICA への提言（特になし）

4.3 教訓

- 道路改良・新設事業においては、既存道路からの迂回も含めて過積載車両の通
行の可能性および規制の必要性について予め検討し、開通と同時に重量検査所
等による効果的な規制を行うことが重要である。
- 公共事業のための用地取得においては、手続きの煩雑さだけでなく、補償対象
者の土地所有権の不明確さが補償対象者の確定や補償額算定に長期間を要する
事態を招き、工事開始の大きな障害となることがある。そのような状況が予想
される場合は、適切な範囲で手続きの簡素化を検討し、補償の対象となること
が確定した土地については補償額の算定と支払いが完了する前でも工事に着手
できるような手続きを定めることが重要である。

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット	道路改良 121.1 km 再舗装 496.0 km 橋梁拡幅 83 ヶ所 コンサルティング・サービス	道路改良 117.5 km 再舗装 591.1 km 橋梁拡幅 153 ヶ所 コンサルティング・サービス
②期間	1998年8月 ～2003年12月（64ヶ月間）	1998年8月 ～2011年10月（158ヶ月間）
③事業費 円借款 実施機関 合計 換算レート	19,428百万円 6,476百万円 25,904百万円 1US\$ = 118円 (1997年1月)	18,522百万円 7,945百万円 26,467百万円 1US\$ = 112円 (1998～2011年平均)

0. 要旨

本事業は電力需要が急増するアスンシオン首都圏において、送電線・変電所・配電網および配電制御システム・電力保守用通信機器を整備することにより安定した電力供給の実現を図り、もって住民の基礎的な生活環境に貢献するために実施された。その目的はパラグアイの開発政策、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。本事業により基幹送電線からの電力受け入れ能力および変電能力が増加し、首都圏への電力の安定供給が確保された。配電網の絶縁化と配電制御システム導入は停電軽減に一定の効果があった。首都圏では近年、一般需要家（住宅）の世帯あたり電力消費量が増加し生活水準の向上に結び付いていると考えられるが、本事業はこのような変化に寄与した。したがって、本事業の有効性・インパクトは高いと判断される。事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画の二倍に達したため、効率性は中程度である。一部の变電所において電磁波の健康被害を心配した住民の強い反対が起きたが、国营電力公社（以下、ANDE という）はこの経験を通して送変電事業における社会配慮を強化した。本事業の維持管理は配電制御システムについて体制面と技術面に軽度な問題があり、持続性は中程度である。

以上より、本事業の評価は高い。

1. 案件の概要



事業位置図



レプブリカーノ変電所

1.1 事業の背景

パラグアイでは、同国がブラジルと共同で運営する世界最大級の水力発電所であるイタイプ発電所が 1980 年代後半に稼働を開始し、その後長期にわたって十分な発電能

力が確保されていた。他方、1990年代以降、電力需要の6割を占める首都圏では人口増とともに電力需要が急増し、2000年には電力需要2,141GWhに対して送配電能力不足により十分な電力供給が難しくなると予想されていた。さらに、首都圏市街地の電線が絶縁化されていないため、悪天候時の倒木等に起因する停電が頻発し、また保守設備が脆弱であることから復旧に長時間を要するため、産業と市民生活に大きな影響を与えていた。

首都圏で安定した電力供給の実現を図るため、1988年にパラグアイ政府は日本政府に技術協力を要請し、1990年には「首都圏配電網整備計画調査」によるマスタープランが作成された。パラグアイ政府はその実施のための円借款を要請し、日本政府は1994年に「アスンシオン送配電網整備事業」（事後評価対象事業、以下「本事業」という）の供与を決定した。本事業は1994年から2005年にかけて円借款が供与され、その後もパラグアイ側の資金により2007年まで主要な工事が継続された。

1.2 事業概要

電力需要が急増するアスンシオン首都圏において、送電線・変電所・配電網および配電制御システム・電力保守用通信機器を整備することにより安定した電力供給の実現を図り、もって住民の基本的な生活環境の改善に貢献する。

円借款承諾額／実行額	8,100百万円／5,636百万円
交換公文締結／借款契約調印	1994年11月／1994年11月
借款契約条件	金利3.0%、返済30年（うち据置10年）、 一般アンタイト
借入人／実施機関	パラグアイ共和国／国营電力公社（ANDE）
貸付完了	2005年11月
本体契約	Schneider Electric SA France(フランス)／Alstom T & D SA(フランス)／Sainco(スペイン)
コンサルタント契約	電源開発(日本)
関連調査	首都圏配電網整備計画調査（1990年）
関連事業	送配電網建設事業（借款契約1985年） イグアス水力発電所建設事業（借款契約2008年）

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

藪田 元 （株式会社グローバル・グループ 21 ジャパン）

2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2012年9月～2013年7月

現地調査：2012年11月3日～12月9日、2013年3月24日～31日

3. 評価結果（レーティング：B¹）

3.1 妥当性（レーティング：③²）

3.1.1 開発政策との整合性

審査当時、パラグアイ共和国大統領府は1993年に電力部門の白書を発表し、経済開発と電力需要の相互関係に基づき同部門の重要性を唱えていた。これを受けた ANDE の電力整備計画（～2000年）は、全国民への電力供給、産業部門に必要な電力の確保、電力供給による経済社会開発と生活水準改善を主要な目標としていた。

事後評価時、パラグアイ政府が定めた「社会経済戦略プラン（2008-2013）」ではインフラ整備の促進を含む8つの柱からなる開発政策が定められている。電力分野はインフラ整備政策の筆頭に挙げられ、十分な発電能力がある一方、送配電能力の不足により電力需要に対して十分な電力供給ができないという課題に対し、高圧送電網の拡張と既存送電網の電力損失削減、農村地域における配電網の拡張が優先課題とされている。

このように、事前評価時から事後評価時に至るまで、電力分野はパラグアイの開発政策において重要視されてきた。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

事業の背景で述べたように、審査当時、首都圏における電力の安定供給のためには送配電網の整備が急務であった。

その後、首都圏における送配電網整備が本事業などにより一段落したことから、事後評価時では、電源地域と消費地域を結ぶ高圧送電網の整備が最優先課題であるとされる。ただし、現在の送電網はN-1基準を十分満たしておらず、より信頼性の高い送電網を構築する必要がある³。また、首都圏の電力消費量は今も年間6.2%（2006-2011）の増加を見せており、今後も継続的な送配電能力の増加が必要である。また、配電網の絶縁化は全体の1割程度にとどまり、絶縁化されていない地区では今でも停電が頻発していることから、配電網の絶縁化も引き続きニーズが高い。

このように本事業により首都圏の送配電能力の大幅な不足は避けることができたが、今後も電力需要は急増すると予想され、事後評価時における送配電網整備の必要性は

¹ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

² ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

³ N-1基準とは、電力システムに送電線1回線の停止など単一事故が起きても安定して電力供給を続けられる予備力を備えた送電網が満たすべき基準のこと。

高い。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

1992年7月に行われた日本とパラグアイの第2回年次協議において、農業振興、経済インフラ整備、社会セクター（本事業は社会セクター分野に該当する）及び環境等の分野が重要であるとの合意が成立しており、日本の援助政策にも合致していた。

以上より、本事業の実施はパラグアイの開発政策、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。

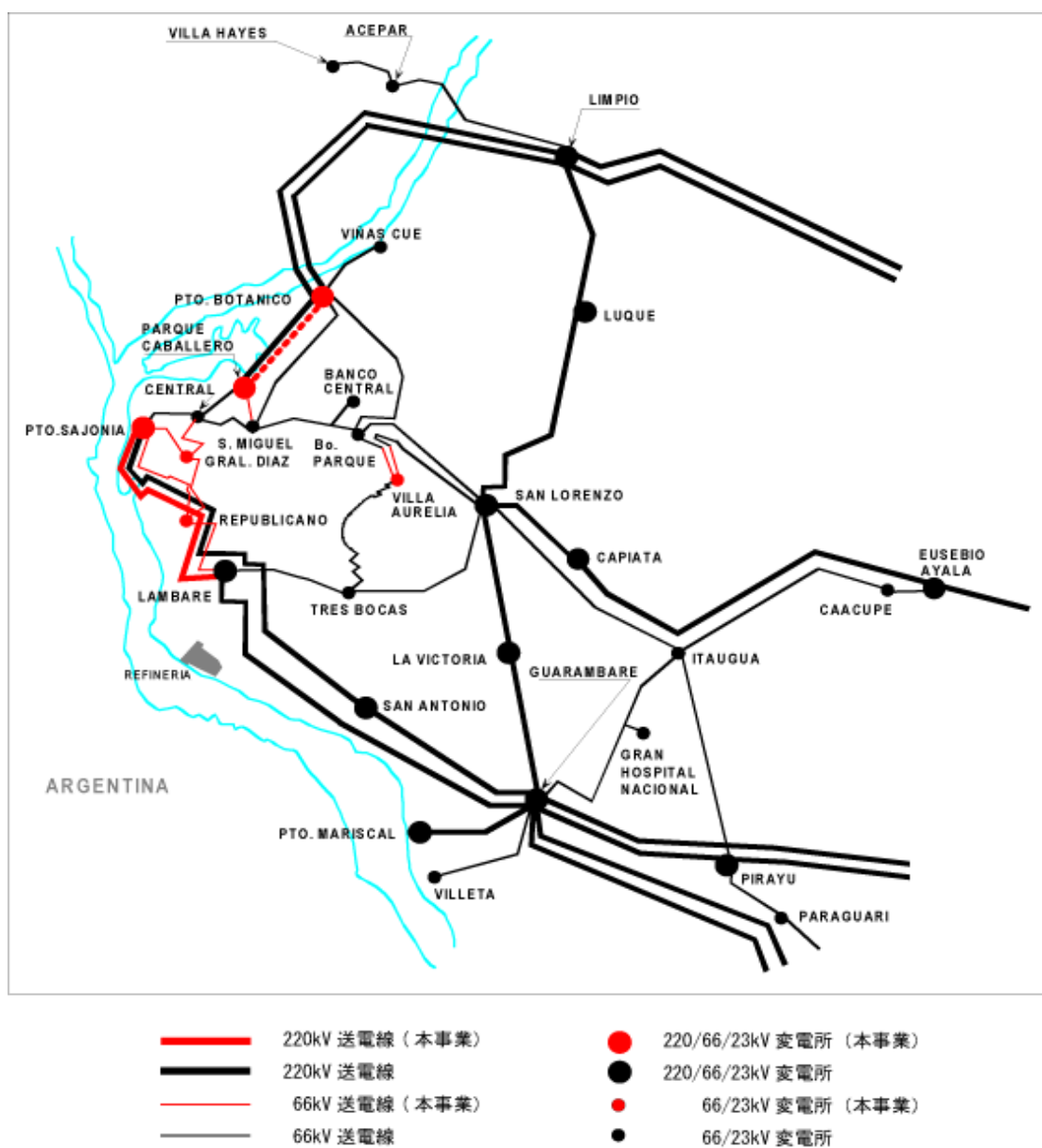


図1 本事業により建設された送電施設（赤色部分）

3.2 有効性⁴（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果

本事業では首都圏における送電線と変電所の建設、配電網の拡張および絶縁化、配電制御システムの導入により、安定的な電力供給の実現が図られた。ここでは以下の観点からその達成程度と本事業の貢献を定量的に分析する⁵。

(1) 基幹送電線からの電力受け入れ能力の増加

イタイプ発電所等の電源から首都圏への基幹送電線は、増加し続ける電力需要に対応するために、これまでに 220kV 送電線が 4 本、500kV 送電線 1 本が整備され、2013 年 3 月時点では 2 本目の 500kV 送電線の建設が進められている。本事業に含まれた 3 つの変電所（プエルト・ボタニコ変電所、プエルト・サホニア変電所・パルケ・カバジェロ変電所）は基幹送電線からの電力を受け入れる役割を担っており、本事業により増加した首都圏の 220kV 変電設備容量（360MVA）は首都圏電力システム全体（1800MVA、2011 年）の 2 割に相当する。ただし、パルケ・カバジェロ変電所については、合わせて計画された 220kV 送電線の空中架線区間が、電磁波の健康被害を心配した住民の反対と用地を所有する市の同意が得られなかったことにより、事後評価時点でも建設・接続されていない。このため同変電所に増設された変電設備(120MVA)は稼働しているものの、同変電所全体の能力には大きな余裕があるため、追加された設備能力は十分に活用されていない⁶。同様に、プエルト・ボタニコ変電所に建設された 220kV 開閉施設は送電線に接続されておらず、稼働していない。

(2) 首都圏の変電能力増強

本事業では 5 つの変電所（パルケ・カバジェロ変電所、プエルト・サホニア変電所、リプブリカーノ変電所、ビジャ・アウレリア変電所、ヘネラル・ディアス変電所）で合計 380MVA（計画 340MVA）の 23kV 変電設備が整備され、配電網に接続された⁷。これは首都圏電力システム全体（1,824MVA、2011 年）の 21%に相当する⁸。

首都圏の電力消費は 1994~2011 年の間に 2.5 倍に増加し、年間最大電力需要は 2011 年には 1,146MW に達した。表 1 の通り、本事業により整備された変電所が稼働開始する前の 2006 年 1 月（暖房のため電力需要が最も多い時期）には首都圏 26 ヶ所の変

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 審査時には首都圏の電化率について本事業に関する目標値が示されていたが、安定的な電力供給についての指標・目標値などは特に示されていなかった。事後評価では送変電設備能力・変電所稼働率・停電時間・停電頻度などの指標を用いた分析を行ったが、配電施設に関する計画変更の結果、本事業と電化率の増加との関連がなくなったため（効率性を参照）、電化率は分析の対象としなかった。

⁶ 現地視察時には既存変電設備のバックアップとして利用されていた。

⁷ 開閉装置のみ設置されたプエルト・ボタニコ変電所を除く。

⁸ ANDE は本事業以外にも首都圏送変電設備の増強を続けてきた。2005~2012 年には本事業以外に約 300MVA の能力が追加された。

電所の稼働率（最大負荷／[設備容量×力率]）は平均 77%に達し、14ヶ所で稼働率が 90%を超え、うち 7ヶ所では 100%を超えるなど、一部地域の変電能力は限界を超えていた。

本事業により変電能力が増強された結果、2008 年の変電所の稼働率は平均 65%に減少し、稼働率が 90%を上回った変電所は 29ヶ所中 4か所に減少した。稼働率 100%を超える変電所はゼロとなった。

表 1 首都圏における変電所の稼働率の推移

	2006 年 1 月	2008 年 1 月	2012 年 1 月
平均稼働率	77%	65%	75%
稼働率 90%以下の変電所数	15	25	23
稼働率 90～100 の変電所数	14	4	10
稼働率 100%以上の変電所数	7	0	0

(出典) ANDE データを基に評価者が作成



プエルト・サホニア変電所（左：開閉所、右：コントロール・ルーム）



パルケ・カバジェロ変電所（未接続の受電施設）



66kV 送電線

2012年1月には、本事業で新設・拡張された5変電所の稼働率は36～90%の範囲にあった。中でも電力需要の伸びが大きい地域に配電するビジャ・アウレリア変電所の稼働率は90%を超える⁹。もし本事業がなければ現在までに首都圏の一部地域では電力需要が変電能力を大きく超え、計画停電を余儀なくされるなど、電力供給に重大な障害が発生していたと考えられる。すなわち、本事業によりこのような深刻な問題が回避できたと考えられる¹⁰。

(3) 配電網の絶縁化による停電の減少

本事業では23kV配電線256km、380v配電線351kmが敷設された。これは2012年の首都圏の配電線総延長のそれぞれ4.4%(23kV)、6.9%(380v)に相当する。首都圏における配電網延長あたりの平均需要家数に基づき本事業の配電網整備による受益者は約38,000世帯、約4,500商工業施設と推測される。本事業の配電網整備は全て既存配電網の更新・改善(絶縁化)であり、拡張は行われなかったため、電化率改善への寄与はない¹¹。

絶縁化は悪天候時の樹木との接触や小動物等による停電を減らす効果があり、電線周りの樹木の伐採が不要になるほか、敷設ルートの柔軟性が増大する(図3)。ANDEによると、配電網の絶縁化が行われた後は停電発生回数が3分の1から4分の1程度に減少した¹²。

首都圏全域の23kV配電網における停電頻度・停電時間の指標によると(図2)、2005～2008年には停電の明らかな減少は見られない¹³。本事業による絶縁化は首都圏の配電網の1割にも満たないため、その効果はこれらの指標に反映されていないと考えられる。なお、配電の信頼性向上と配電線敷設の自由度向上を理由に、ANDEは今も自己資金で絶縁化を進めている。

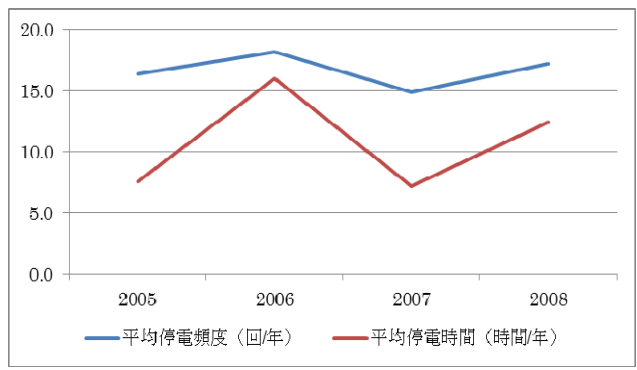
⁹ この地域は電力需要が大きいので、同変電所は2019年までに220kV変電所に拡張される予定である。

¹⁰ ただし、本事業の実施が遅れたことは、ビジャ・アウレリアなど一部地域で電力需要の増加に変電能力が追い付かない事態を一時的に生じさせることとなった。

¹¹ 本事業では当初、配電網拡張による電化率向上が計画されていた。配電網拡張が行われなかった経緯は効率性の項を参照。なお、首都圏の電化率は2011年に99.7%に達した。

¹² ほぼ全域が絶縁化されたある配電区間では2004～2005年に年間40回程度だった停電が、2010年以降は10回以下に減少した。

¹³ 配電網の絶縁化工事は2006年～2007年に行われた。2009年にデータ算出方法が精緻化され、より多くの停電が反映されるようになったため、2009年以降のデータはこれと比較できない。



(出典) ANDE

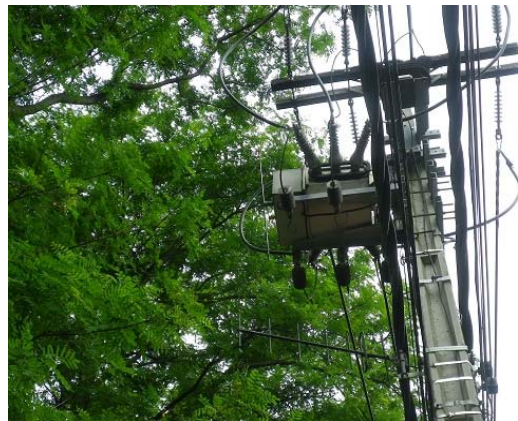
図 2 首都圏における停電頻度・停電時間の推移



図 3 配電線と樹木の関係 (左：裸線の場合、右：絶縁線の場合) (ANDE 提供)



23kV 配電線



柱上開閉器

(4) 配電制御システム・通信機材による停電時の対応能力の向上

配電制御システムおよび通信機材の導入により、首都圏の 23kV 配電網に設置された 200 以上の開閉器の遠隔監視・操作が可能となり、停電時の対応が迅速化した。本事業実施前は需要家から停電の報告を受け現場に出向いて目視等で確認してから修理

チームを派遣していたが、事業実施後はすぐに派遣できるようになった。

以上をまとめると、本事業により基幹送電線からの電力受け入れ能力および変電能力が増加した。本事業による設備能力の増強は計画以上である。一部を除きこれらの設備は十分に活用され、首都圏への電力の安定的な電力供給に貢献している。また、本事業による配電網整備（絶縁化、配電制御システム導入）は停電軽減に一定の効果があり電力の安定供給に貢献していると考えられる。したがって、本事業は首都圏への安定的な電力供給の確保に重要な貢献があり、その有効性は高いと判断される。

3.2.2 定性的効果

本事業では首都圏における生活環境整備が定性的効果とされていたが、これはインパクトの一部として分析する。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

本事業では、増加する首都圏の電力需要に応じた安定供給を実現することを通じて住民の基本的な生活環境の改善に貢献することが期待されていた。

2005～2011年の7年間で首都圏の電力消費は3,010GWhから4,579GWhへと52%増加した（図4）。総需要家数は54.9万から63.2万へと17%増加した（表3）。首都圏の電力消費量において、一般需要家（住宅）が45%を、商業と工業がそれぞれ21%を占める（2011）（図5）。

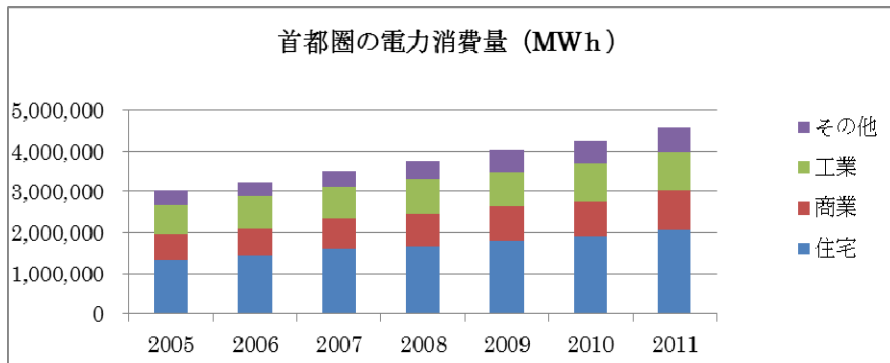
この期間、首都圏では一般需要家の需要家あたり電力消費量が大幅に増え、生活水準が向上したと考えられる。商業需要家の需要家あたり電力消費量にも増加が見られ、これは商業サービスの向上につながったと考えられる。なお、工業分野では需要家数の大きな増加に比べ消費量の増加は少なく、中小企業の比率が増加した可能性がうかがえる。本事業は、電力需要の増加の中で電力供給の不安定化を未然に防いだことを通してこのような変化を可能にしたと判断される。

また、事業者および一般家庭へのヒアリングによると、本事業で配電網が整備された一部地域で停電が減り、生活水準の向上につながったとみられる。ただし、停電は完全になくなったわけではなく、事業者の多くは今も自家発電機で停電に備えている。

表3 首都圏における電力消費の変化(2005-2011年)

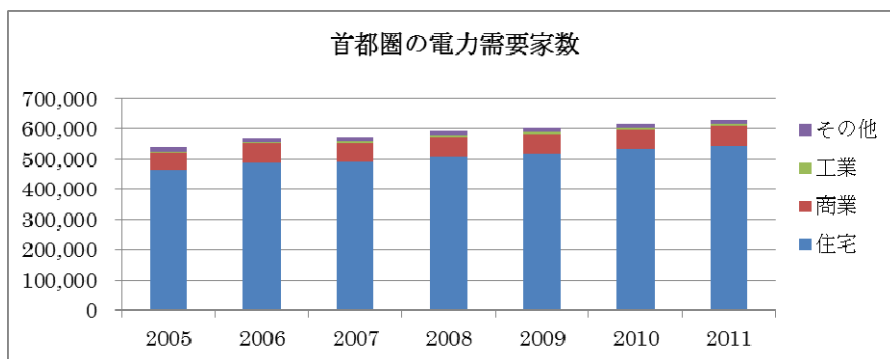
	需要家数の増加	電力消費量の増加	需要家あたり電力消費量の増加
住宅	17%	57%	34%
商業	12%	48%	32%
工業	51%	34%	-11%
他	29%	81%	41%

(出典) ANDE



(出典) ANDE

図4 首都圏の電力消費量の推移



(出典) ANDE

図5 首都圏の電力需要家数の推移

3.3.2 その他、正負のインパクト

(1) 環境・社会面のインパクト

審査時、本事業で整備予定の送変電施設については環境管理計画の提出のみで事業実施のための環境許可が得られるとされていた。しかしながら、事業開始後の環境関連法規の変更により、100kV未満の送変電施設でも環境影響評価(EIA)が必要とされるようになったため、新たにEIAが実施された。環境許可は取得後も2年毎の更新が必要である。ANDEは建設後も環境局に対し、各変電所の維持・管理作業、研修、周辺環境への影響(騒音、悪臭、電磁波など)についての報告を定期的に行い、環境局はANDEによる環境対策の実施を確認している。

本事業では工事契約前に全ての環境許可が得られたが、環境許可の更新にあたりリブブリカーノ変電所、ヘネラル・ディアス変電所、ピノサ変電所の3つの変電所において工事契約後に電磁波の健康被害を心配した住民の反対運動が起き、政治家を巻き込んだ政治・社会問題に発展した。ANDEは住民グループ、市行政、環境当局、環境専門家らと長期にわたる議論を行い、リブブリカーノ変電所、ヘネラル・ディアス変電所については変電所の高い塀の建設や近隣公園の設置などを含んだ住民との合意が成立し、合意通り上記施設が建設されたが、ピノサ変電所は合意が得られず、その代替建設地も見つからなかったため、建設を断念せざるを得なかった。さらに、220kV送電線の一部（地上架線）についても周辺住民の反対、用地利用の困難（所有者であり当初は施設建設に同意していた市が他目的への利用を決定）のため建設を断念した。

(2) その他正負のインパクト

電磁波に関する住民の反対運動はANDEにとって初めての経験であり¹⁴、その経緯を踏まえて以下が実現した。その結果、同様の問題は少なくなった。

- 電磁波の健康被害についての国際的な認識と情報を共有するため、世界保健機関（WHO）、パンアメリカ保健機構（AMRO/PAHO）等から専門家を招いた国際会議が開かれた。
- 上記国際会議を踏まえ、環境当局は2007年に電磁波防護基準を定め、それに沿ったEIAが実施されるようになった。
- 建設前に関係機関と共に住民説明会を実施するようになった。
- ANDEの環境管理部門の組織を格上げした。

このように、住民の建設反対運動に対応した本事業の経験により、送変電事業におけるANDEの環境社会配慮体制が強化された。なお、この反対運動を事前予想することは難しく、ANDEは当時必要とされた行政手続きを踏んだうえで建設を計画したものであったことから、事業の準備が不適切であったとはいえない。

以上より、本事業の実施により一定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：②）

3.4.1 アウトプット

本事業で計画および実施されたアウトプットは以下のとおりである。

¹⁴ 当時は電磁波に関する基準は存在せず、その健康被害についての問題意識は実施機関にも一般社会にも浸透していなかった

表 4 事業アウトプットの計画および実績

	計画	実績
変電所 220/66/23kV	3 か所	3 か所
66/23kV	3 か所	3 か所
送電線 220kV	2 区間、15.5 km	1 区間、9.1 km
66kV	7 区間、19.2 km	8 区間、10.7 km
配電線 23kV 拡張	790 km	0 km
23kV 絶縁化	57 km	256 km
380/220V 拡張	1,087 km	0 km
380/220V 絶縁化	83 km	351 km
配電制御システム 電力保守用通信機器	変電所情報監視制御 システム	個別制御配電自動化 システム
道路照明	(計画なし)	街路灯約 14,000 基

(出典) ANDE

以下の理由により一部変電所と送電線の位置の変更・地中化および工事中止があった。その結果、本事業による変電施設による変電能力の増加は 220kV 設備が計画 360MVA に対して 360MVA(計画比 100%)、23kV 設備が計画 340MVA に対して 380MVA (計画比 112%) となった。

- 1990 年に事業を準備するための調査（フィージビリティ調査）を実施して以降、急激な電力需要の増加と時間の経過を背景に ANDE のマスタープランが見直され、複数の高圧送電線が計画される中で本事業において建設される高圧送電線の経路が変更された。
- 用地取得困難および周辺住民等の電磁波による健康被害を心配した反対運動により、一部送変電施設の建設が見送られたほか、位置の変更、送電線の地中化などの計画変更が必要とされた。（インパクトの項を参照）

後述する借款契約の国会承認の遅れに伴いコンサルタント調達が遅れ、本事業による配電網拡張の実施が遅れたため、急速な需要増を背景に ANDE は「自主施行制度」により自己資金（一部住民負担）で配電網の拡張を実施した¹⁵。また 1994 年の市条例（樹木伐採規制）により並木の伐採を伴う裸電線の敷設ができなくなり、絶縁化工事の必要性が増加した。このため、配電網の拡張は実施されず、更新/絶縁化が行われたが、配電網整備の総延長は審査時計画の約 3 分の 1 に減少した。

配電制御システムは、技術革新による価格下落を背景とした ANDE の要請に基づき、当初想定された「変電所情報監視制御システム」から、停電区間・復旧時間をより短縮し維持管理の省力化が可能な「個別制御配電自動化システム」に変更された。ただし、本事業で導入されたシステムは 2000 年当時に仕様が決められたものであり、この分野ではその後も技術革新が急速に進んだことから、用いられている技術は既に陳腐

¹⁵ ANDE は 1994～97 年に 23kV 配電線 1,577 km、380/220V 配電線 1,902km を建設した。

化している。

以上はいずれも、ニーズおよび技術の変化に応じた計画変更であり適切だったと考えられる。

また、環境社会配慮および防犯対策のため道路照明機材の調達および建設が追加された。この変更は円借款資金に余裕があり、また変電所周辺住民からも一部要望があったことから環境社会配慮に役立つとして承認されたものであるが、一部路線区間においては工事のための関係行政機関との調整に時間を要し、その完成は2013年までずれ込んだ。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

本事業では送変電施設・配電施設は円借款で資機材を調達し、パラグアイ側資金で土木工事を実施した。計画変更による送配電網延長の減少、為替レート変動によるパラグアイ側工事費用の円換算額減少、競争入札による費用圧縮の結果、送変電施設・配電線建設費用は大幅に減少した¹⁶。その結果、総事業費は6,848百万円で、計画(10,801百万円)の64%、円借款額は5,636百万円で計画の70%であった¹⁷。

アウトプットに様々な変更があり単純な比較は難しいが、本事業の事業費は計画内に収まり、事業費の効率性は高いと判断される。

表5 事業費の計画および実績 (単位:百万円)

	計画			実績		
	円借款	パラグアイ	合計	円借款	パラグアイ	合計
送電線建設	923	488	1,411	2,572	377	2,949
変電所建設	2,615	696	3,311			
配電線建設	2,587	376	2,963	1,238	506	1,743
配電制御機器	333	0	333	990	329	1,319
通信機器	347	0	347			
コンサルタント	547	0	547	831	0	831
用地取得	0	154	154	不明	不明	不明
税金	0	898	898	建設費用に含まれる		
予備費	680	157	837	0	6	6
合計	8,100	2,701	10,801	5,636	1,211	6,848

出所: ANDE データにより評価者が作成

(為替レート) 審査時: 1US\$=1,797G.=113.5Yen

実績: 1US\$=113.0Yen (2005-07 平均)

1Yen=49.7G.(2002-07 平均)

3.4.2.2 事業期間

本事業は1994年11月から2000年12月の74ヶ月間で実施される予定だったが、実

¹⁶ 配電線建設は、拡張がスコープ外となった一方で絶縁化(地下敷設を含む)の総延長が増加したため、延長あたり費用が高くなった。

¹⁷ 用地取得費用の実績が不明のため、総事業費の実績額には用地取得費用を含めていない。

際には、1994年11月から配電線工事が完了した2007年9月までの155ヶ月間を要し、事業期間は計画の209%となり、本事業の事業期間は計画を大幅に上回った¹⁸。

貸付実行期限は2002年11月から3年間に延長され2005年11月となった。資機材調達のために延長された貸付実行期限前の一括前払いを行い、建設工事は貸付実行期限後もパラグアイ側資金で継続された。

本事業の実施が遅れた理由には以下が挙げられる。

- 借款契約のパラグアイ国会による承認の遅れ（約1年間）が生じた。
- ANDEのマスタープラン見直しに沿ったフィージビリティ調査の見直し、および用地取得をめぐる住民問題等にもなう計画変更により3年以上を要した¹⁹。
- 配電資材の調達における流札・パッケージ再編成、再入札・再々入札により、全ての契約が結ばれるまでに約4年を要した²⁰。
- 送変電施設は周辺住民の反対、用地取得にかかる困難な状況などによる計画変更と工事中断があり、資機材調達から完成までに約8年を要した。
- 配電制御システムは技術進歩に応じたスコープ変更、応札企業からの技術的質問への回答に大幅な時間を要したこと（ANDEにとって初めて導入する設備のため）、入札評価に時間を要したことなどから調達が大幅に遅延し、コンサルタントによる入札準備（スコープ変更の検討を含む）から契約までに6年間を要した。

3.4.3 内部収益率

本事業の審査時に内部収益率は算出されていない。事後評価においてはANDEより十分な情報が得られなかったため再計算は実施しなかった。

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、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。

3.5 持続性（レーティング：②）

3.5.1 運営・維持管理の体制

ANDEは同国の発電から配電に至る電力系統全般の運営を一括して行う公共企業体

¹⁸ 道路照明設備の工事は一部路線区間で地方行政との調整がつかなかったことなどにより2008年以降、現地調査を行った2013年3月現在も継続されているが、本事業の目的に直接関係しないことを考慮し、ここでは事業期間に含めない。

¹⁹ 旧市街に当初計画されていたバリオ・オブレロ変電所、カテドラル変電所は用地取得が難しかったため、別の場所にレプブリカーノ変電所、ヘネラル・ディアス変電所が建設された。

²⁰ 配電網資材調達の入札は、1回目は有効な応札者がなく流札し、資機材毎に4ロットに分けて再入札したものの、うち2ロットは技術的要件を満たす入札企業がなく、再々入札となった。

であり、本事業の運営・維持管理は ANDE が行っている。1992 年末の ANDE の職員数は 2,533 人であったが、2011 年の ANDE の職員数は 3,755 人に増加した。現在の職員数は 1992 年の 5 割増しであるが、この期間、職員あたり需要家数は 1.7 倍に増加、職員あたり電力消費量は 2.2 倍に増加しており、停電の大きな増加もなくサービス水準に特に低下がないと考えられることから、労働生産性は向上したといえる。

事後評価時には、送変電施設の運営・維持管理は技術局の運用部・送電維持管理部が、配電網および配電制御システムの運営・維持管理は配電局の首都圏配電運用部・配電維持管理部が行っている。首都圏配電網の維持管理は 23kV が 5 名×6 チーム、低圧配電線が 5 名×6 チームある。現場職員は、適切な維持管理を行うためにはさらに 3 チームずつ程度増やす必要があると考えている。

ANDE の人事は政治的な影響を受けやすく、頻繁な組織変更と人事異動、非技術職員の多さなどが組織全体の効率に影響を与えてきたと考えられる²¹。また、配電制御システムの運営・維持管理問題や本事後評価への情報提供が十分できなかったことなどから、ANDE の行政能力には改善すべき課題があると思われる。

3.5.2 運営・維持管理の技術

ANDE は、地域エネルギー統合コミッションが中南米カリブ地域の 1,300 配電会社について毎年実施する消費者満足度調査の結果、2012 年に国際品質賞を受賞した²²。また、ANDE 人材育成研修部は 2011 年には 200 回余りの研修を実施し、延べ 1,795 人が 55,500 時間、職員あたり約 15 時間の研修を受けた。

ANDE は送変電・配電に関する一般的な技術水準は十分であると考えられる。しかし、配電制御システムの運営・維持管理については、メーカーの研修が行われ、ANDE 職員への技術移転が行われたものの、研修を受けた技術職員の一部は人事異動により他部署に移されたため、現在の配電制御部門に技術が定着していないという課題が残る。

3.5.3 運営・維持管理の財務

ANDE の 2009～2011 年の財務実績を表 6 に示す。以下のとおり ANDE は近年、高い収益性と財務健全性を示している。

- ANDE の経常利益および税引前利益は 1997-2002 年に赤字であったが、2003 年以降は黒字が続いている。2003 年に電力料金が約 3 割値上げされたこと、イタイプ水力発電所からの買電契約条件が ANDE 側に有利に変更されたこと、買電為替レートの変動などが要因。

²¹ 過去 7 年間に総裁は 10 人交代した。

²² 地域エネルギー統合コミッション (La Comisión de Integración Eléctrica Regional : CIER、本部ウルグアイ) は電力システムの地域統合を目指して 1964 年に設立された非政府組織で、中南米カリブの 16 か国から 200 以上の電力会社・電力規制機関・電力関連省庁などが参加する。

- 収益率（経常利益／運転資本）は 2003 年に黒字に転じ、以降は 4～8%の範囲で推移しており、十分とは言えないが概ね適切なレベルにある（公共事業隊の収益率についての政府基準は 8%）。
- EBITDA マージン²³は過去 5 年間 25～33%の範囲で、収益性は高く保たれている。
- 流動比率は過去 5 年間 200%を超えており十分高い。負債資本比率は 2007 年に 48.3%とほぼ適切で、その後 30.2%（2011）まで改善した。

表 6 ANDE の財務実績（単位：百万ガラニー）

	2009	2010	2011
流動資産	2,406	2,529	2,508
固定資産	6,677	7,321	7,760
総資産	9,083	9,849	10,268
流動負債	967	1,106	926
固定負債	1,531	1,628	1,454
純資産	6,585	7,115	7,888
営業利益	315	283	387
税引前当期純利益	477	357	595
当期純利益	451	330	540

出所：ANDE

本事業の運営維持管理部門へのヒアリングによると、以下に述べる配電制御システムを除き、予算の不足が維持管理の大きな制約となるような事態は発生していない。

配電制御システムについては納入業者からの正式の引き渡しが 2012 年 11 月まで遅れたため、それまで ANDE による維持管理予算の配分が行われず、運用に支障が生じている。同システムは 2007 年 2 月から試験運用が開始され、2008 年 3 月に仮引き渡しを行い運用されてきた。最終引き渡しが遅れたのは ANDE 内の手続きの停滞であり、担当者の交代による引継ぎが適切に行われてこなかったことが原因であると考えられる。

3.5.4 運営・維持管理の状況

(1) 送変電施設

本事業の変電所・送電線は ANDE の基準に基づいた保守・維持管理作業が行われている。予防保守が行われ、施設の状態と機能は適切に保たれ、運営維持管理上の問題

²³ EBITDA マージンとは、EBITDA（利払い前・税引き前・減価償却前・その他償却前利益）を売上高で割ったもので、企業の収益性を示す指標のひとつ。

は見られない。

(2) 配電施設

23kV 配電線は年 1 度のサーモグラフィーによる検査を含めた予防保守を行うほか、断線時等の修理を行っている。ANDE は配電線を通電したまま修理できる技術を備えている。絶縁化配電線は、当時の施工業者の経験が乏しく、施工上の不備により修理が必要とされることが多い。低電圧の配電線については予防保守を行わず、断線・停電時等の報告を受けてから修理が行われている。

(3) 配電制御システム

配電制御システムは調達した 350 台の柱上開閉器のうち 325 台が設置されたが、その後、配電網の経路変更により一部が取り外され、現在は 289 台が設置されている。柱上開閉器は無線により配電制御室と接続されているが、指向性の高いアンテナが風で動いたり、通信機部分に雨水が侵入したりして故障し、現在は 220 台のみ稼働している（稼働率 76%）。稼働している開閉器の一部には開閉状態の情報が不正確なものがあり、現場で確認する必要がある。同システムの責任者は、常駐の電気通信技術者が必要と考えているが、配電制御システムの設置に携わった ANDE 技術者（事業実施時の責任者）の説明によると、柱上開閉器のアンテナの調整、雨水からの保護は技術的に難しい問題ではなく、ANDE 内の技術で解決可能である。

配電制御室には大型ディスプレイが設置されたが、ランプが切れたため使われておらず、昔のままの手動ディスプレイが使われている。ランプが高価であること、室温を低く保つ必要があること、引き渡し完了するまで大型ディスプレイを移動させることができないことから、手動ディスプレイの前を、使われない大型ディスプレイが塞いだままである²⁴。なお、大型ディスプレイは古い仕様のものが調達された。ANDE 側は液晶タイプのものであればランプ切れに始まる一連の問題は起きなかったと考えているが、JICA 側は本システムの調達が大幅に遅れる中、更なる遅延を懸念し入札途中での液晶タイプへの仕様変更を認めなかった経緯がある。

なお、ANDE は現在、送配電システムの運用、電力の質・損失、設備投資、維持管理、保護、計画などを統合的に管理できるシステムの構築を検討しているが、そこで本システムがどのように扱われるかは、まだ明確になっていない。

²⁴ 配電制御システムは 2008 年の仮引き渡し後、2012 年 11 月によく正式な引き渡しが完了した。この期間、引き渡しが完了しないことを理由に、ANDE は同システムの維持管理に必要な予算と人材を配分してこなかった。そして、正式な引き渡しが完了するまでは設備に手を加えることはできないとの立場を取ってきた。なお、契約上の保証期間は仮引き渡しから 2 年間であり、この期間は納入業者の負担で修理と調整が行われた。



配電制御室（左：使われていない大型ディスプレイ、右：手動ディスプレイ）

3.5.5 持続性のまとめ

以上より、本事業の維持管理は技術面と財務面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

本事業は電力需要が急増するアスンシオン首都圏において、送電線・変電所・配電網および配電制御システム・電力保守用通信機器を整備することにより安定した電力供給の実現を図り、もって住民の基礎的な生活環境に貢献するために実施された。その目的はパラグアイの開発政策、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。本事業により基幹送電線からの電力受け入れ能力および変電能力が増加し、首都圏への電力の安定供給が確保された。配電網の絶縁化と配電制御システム導入は停電軽減に一定の効果があった。首都圏では近年、一般需要家（住宅）の世帯あたり電力消費量が増加し生活水準の向上に結び付いていると考えられるが、本事業はこのような変化に寄与した。したがって、本事業の有効性・インパクトは高いと判断される。事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画の二倍に達したため、効率性は中程度である。一部の变電所において電磁波の健康被害を心配した住民の強い反対が起きたが、国营電力公社（以下、ANDE という）はこの経験を通して送変電事業における社会配慮を強化した。本事業の維持管理は配電制御システムについて体制面と技術面に軽度な問題があり、持続性は中程度である。

以上より、本事業の評価は高い。

4.2 提言

4.2.1 ANDE への提言

- 配電制御システムの活用：配電制御システムをより効果的に活用するため、柱

上開閉器の稼働率の向上、大型ディスプレイの利用または更新について必要な作業を検討し、必要な予算措置を行った上で実施する必要がある。ANDE 内に存在する技術資源を有効に活用するとともに、必要な技術者の配置を行う。新技術については研修を受けた技術者の過度の異動を避ける必要があることを認識すべき。なお、この作業は ANDE が検討を進めている送配電システムについての統合的な管理システムと整合させる必要がある。

- 首都圏の送変電施設の継続的な増強：増大する首都圏の電力需要に対して安定した電力供給を図るため、送変電施設の継続的な増強を続ける必要がある。建設が中断された 220kV 送電線（パルケ・カバジェロ変電所～プエルト・ボタニコ変電所）は、全区間地下化の可能性も含めて問題解決の方法を探り、本事業で建設された設備を活用しつつ、適切な時期に実現することが望まれる。
- 完成事業についての情報管理：ANDE は完成事業のフォローアップと事後評価を効率的に行うために、完成事業の実施と運用についての様々な情報を容易に利用できるように整理して蓄積することが望ましい。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

- 都市の送変電設備における社会配慮の重要性：人口密度の高い市街地で送変電事業を実施する場合は、電磁波の健康への影響について、以下に配慮して住民側の誤解や不安を取り除き、無用な反対運動の蓋然性を下げる必要がある。
 - ・ 科学的知見に基づいた電磁波の影響にかかる説明
 - ・ 住民その他の関係者との継続的な対話を通じた情報共有と合意形成
 - ・ 上記のための事業者における高い専門性
- 技術革新の速い分野における新技術導入時の留意点：技術革新が速い分野の技術を新たに導入する場合は、技術能力不足による運営維持管理の不備や技術の陳腐化を防ぐため、以下に配慮する必要がある。
 - ・ 機器の仕様決定から運用開始までの時間をできる限り短くする。
 - ・ 上記に関連し、援助機関側は仕様変更への適切な柔軟性を確保する。
 - ・ 運用維持管理する側における技術定着への人事面の配慮（専門性の高い技術を持った職員の過度の異動を避けるなど）。
 - ・ 運営・維持管理への技術協力等を通じたフォローアップ。

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット	変電所 220/66/23kV 3ヶ所 66/23kV 3ヶ所 送電線 220kV 2区間 15.5 km 66kV 7区間 19.2 km 配電線 23kV 拡張 790 km 23kV 絶縁化 57 km 380/220V 拡張 1,087 km 380/220V 絶縁化 83 km 変電所情報監視制御システム 配電保守用通信システム コンサルティング・サービス	変電所 220/66/23kV 3ヶ所 66/23kV 3ヶ所 送電線 220kV 2区間 9.1 km 66kV 8区間 10.7 km 配電線 23kV 拡張 0 km 23kV 絶縁化 256 km 380/220V 拡張 0 km 380/220V 絶縁化 351 km 個別制御配電自動化システム 配電保守用通信システム コンサルティング・サービス
②期間	1994年11月 ～2000年12月 (74ヶ月間)	1994年11月 ～2007年9月 (155ヶ月間)
③事業費 円借款 実施機関 合計 換算レート	8,100百万円 2,701百万円 10,801百万円 1US\$ = 113.5円 (1994年1月)	5,636百万円 1,211百万円 6,848百万円 1US\$ = 113.0円 (2005～07年平均)

グアナバラ湾流域下水処理施設整備事業

外部評価者：株式会社グローバル・グループ 21 ジャパン

藺田 元

0. 要旨

本事業はリオデジャネイロ州グアナバラ湾流域の西部地域に下水道施設を建設し、住民の衛生環境改善および同湾への汚染物質流入削減を図るために実施された。事業目的は同州の開発政策、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。処理効率の高い2次処理施設が建設されたが、下水収集施設が一部未完成で下水処理量が計画の3割程度と少なく、汚染物質の削減量は計画の7割程度にとどまる。下水道が整備された一部地域で衛生環境の改善が見られ、同湾に流入する汚濁物質が削減された。しかし、同湾の水質に顕著な改善は見られず、インパクトが限定的であることも考慮し、有効性・インパクトは中程度である。事業費は計画内であるが、事業期間は計画を大幅に上回り、事後評価時点でも下水収集施設が完成していないことから、効率性は低い。下水処理場では設備の維持・管理のための予算が不足し適時に支出されておらず、人員配置も少なく、予防保守体制がないため、設備の一部は適切に維持・管理されていない。事業対象地域の一部で独自に下水道の運営・維持管理を開始したメリチ市では、まだその組織体制と能力が確立していない。よって持続性は低いと判断される。

以上より、本プロジェクトの評価は低い。

1. 案件の概要



事業位置図



アレグリア下水処理場

1.1 事業の背景

リオデジャネイロ市が面するグアナバラ湾は、その美しい景観からブラジル国を代

表するシンボルのひとつとして人々に親しまれ、同市の国際観光都市としての景観価値を高めている。しかしながら 1990 年代初頭、未処理下水の流入や廃棄物の不法投棄などにより湾の水質は著しく悪化し、漁業・観光業に影響を与えてきた。都市圏人口は 900 万人以上で、低所得階層地区を中心に下水道が整備されていないため、日量約 120 トンの未処理下水がグアナバラ湾に流入し、水質汚濁の原因のひとつとなっていた。したがって、グアナバラ湾流域における下水道整備が急務であった。

このため、リオデジャネイロ州は「リオ環境プログラム」を作成し、同州上下水道公社（以下「CEDAE」という）による上下水道整備を通してアナバラ湾州域の環境改善に努めていた。CEDAE は 1991 年の新たな人口統計に基づいて上下水道マスタープランを見直し、その第 1 期事業のフィージビリティ調査を行った。同マスタープランの第 1 期事業は、1993 年に米州開発銀行（以下、IDB という）と国際協力機構（以下、JICA という（当時は海外経済協力基金））の協調融資を得て実施された。「グアナバラ湾流域下水処理施設整備事業」（評価対象事業、以下「本事業」という）はその一部である¹。

1.2 事業概要

リオデジャネイロ州グアナバラ湾流域の西部地域に下水道施設を建設し、住民の衛生環境改善および同湾への汚染物質流入削減を図り、もって住民生活の改善ならびにグアナバラ湾の漁業資源・観光資源の保全に貢献する。

円借款承諾額／ 実行額	31,475 百万円／31,467 百万円
交換公文締結／ 借款契約調印	1993 年 3 月／1994 年 3 月
借款契約条件	金利 5.0%（コンサルティングサービスは 3.25%）、返済 25 年（うち据置 7 年）、一般アンタイド
借入人／ 実施機関	リオデジャネイロ州政府／ リオデジャネイロ州上下水道公社（CEDAE）
貸付完了	2006 年 12 月
本体契約	<ul style="list-style-type: none"> ・ Camargo Correa(ブラジル)・Sergen(ブラジル)・Engeform(ブラジル) (JV) ・ Via Engenharia S.A.(ブラジル)・Ecal – Engenheiros Construtores Associados(ブラジル)・Hans Brochier Gmbh & Co.(ドイツ) ・ Construtora Queiroz Galvao S.A.(ブラジル)・Etesco - Construcoes e Comercio Ltda.(ブラジル) (JV) ・ Encalco Construcoes Ltda.(ブラジル)・Stemag Engenharia e

¹ リオデジャネイロ州においてこの第 1 期事業（協調融資事業）は「グアナバラ湾浄化プログラム」という名称で呼ばれた。同プログラムは上水道、下水道、ゴミ処理の 3 つのコンポーネントがあるが、円借款による「グアナバラ湾流域下水処理施設整備事業」は下水道コンポーネントの一部を構成する。その他の部分は IDB の融資により実施された。なお、JICA は 1994 年にグアナバラ湾水質汚濁防止計画調査（マスタープラン）を行なったが、これは本事業の開始後に行われた調査である。

	Construcoes Ltda.(ブラジル)・Coneng Engenharia Ltda.(ブラジル) (JV) ・ Construtora Passarelli S.A.(ブラジル)・ Construbase Engenharia Ltda.(ブラジル) (JV)
コンサルタント 契約	・ Iesa-Internacional de Engenharia S.A.(ブラジル)/Logos Engenharia S/A(ブラジル)・ パシフィックコンサルタンツ・インターナショナル (日本)・ Kaiser Engineers & Constructors, Inc.(アメリカ合衆国) (JV) ・ Earth Tech Brasil Ltda.(ブラジル) ・ Aquacon Consortium(ブラジル) ・ Hidroservice Consortium (ブラジル)
関連調査	<JICA>グアナバラ湾水質汚濁防止計画調査 (1994) <JICA>グアナバラ湾の環境に関する管理及び改善調査 (2003)
関連事業	<IDB>Basic Sanitation Program for the Guanabara Bay Basin (Phase I) (BR-072、1993～)

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

藪田 元 (株式会社グローバル・グループ 21 ジャパン)

2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2012年9月～2013年7月

現地調査：2012年11月18日～12月7日、2013年5月27日～30日

3. 評価結果 (レーティング：D²)

3.1 妥当性 (レーティング：③³)

3.1.1 開発政策との整合性

1991年にリオデジャネイロ州は「リオ環境プログラム」を作成し、グアナバラ湾流域の環境改善のためにリオ州上下水道公社が上下水道施設整備事業を行っていた。

リオデジャネイロ州は2012年の国連持続可能な開発会議(リオ+20)を迎え、また2014年のワールド・カップと2016年のオリンピックを控えて、下水収集・処理、ラグーン(湖)、ビーチ、河川、運河の浄化および浚渫などにより環境問題への取り組みを強化している。現州政府が2011年4月に採択した政策 Pacto Pelo Saneamento(衛生に関する協定)は2018年までに下水の80%を収集・処理することを目指している。

このように、事前評価時から事後評価時に至るまで、下水道整備はリオデジャネイロ州の開発政策において重要視されてきた⁴。

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」

⁴ ブラジル連邦政府は2007年に衛生基本法(Basic Sanitation Act)を採用し、2011年4月に提案した環境衛生国家計画は、2030年までに都市下水収集91%、下水処理率88%を目標としている。

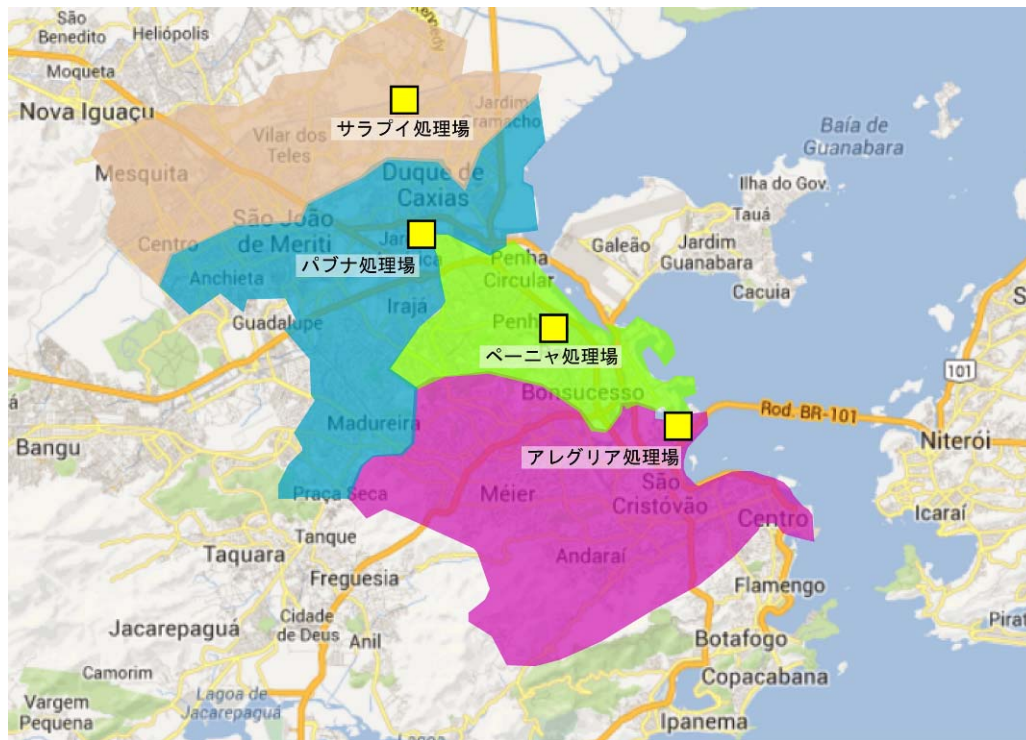


図1 本事業対象の処理場および下水処理流域

3.1.2 開発ニーズとの整合性

事業の背景で述べたように、審査当時、グアナバラ湾流域の下水道整備は急務であった。

グアナバラ湾流域では 2006 年時点において下水収集率 40%、下水処理率 44%であった⁵。2012 年時点では、グアナバラ湾流域では発生する BOD⁶のうち下水処理場で除去されるのは全体の 14%に過ぎない。また、リオデジャネイロ州環境局によると、汚染物質の流入が多いグアナバラ湾西部水域では、水質に過去 10 年間十分な改善は見られない。したがって、下水処理施設整備のニーズは事後評価時点においても高い。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

日本は 1992 年にブラジルに経済協力総合調査団を派遣し、環境・工業・農業の 3 分野を援助重点分野とすることをブラジル側と合意した。環境分野ではアマゾンにおける熱帯雨林保全などの自然環境保護および都市・産業公害が主な協力対象とされた。本事業は環境分野に該当する。

⁵ 国家レベルでは、2008 年現在、全人口のうち下水が適切に処理されている人口は全国の 47%にとどまり、53%が衛生施設整備を必要としている。国家環境衛生局のデータによると、2010 年現在、全国の下水収集率は 46%（都市部 54%）、下水処理率は 40%にとどまる。

⁶ BOD（Biochemical Oxygen Demand、生物化学的酸素要求量）とは溶存酸素の存在下で、水中の有機物質などが生物化学的に酸化・分解される際に消費される酸素量のこと、数値が大きくなるほど汚濁していることを示す。河川の水質汚濁の一般指標として用いられる。

以上より、本事業の実施はリオデジャネイロ州の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分合致しており、妥当性は高い。

3.2 有効性⁷（レーティング：②）

3.2.1 定量的効果

本事業の中心的な目的は、グアナバラ湾流域で下水として発生し湾に流入する BOD などの汚染物質を、下水収集・処理施設の整備により削減することであった。審査時には各処理場における処理後の下水の BOD 濃度・SS 濃度が指標とされていたが⁸、上記を考慮し、ここでは除去される BOD 負荷量を中心に、各処理場の下水処理量、利用率、処理効率（汚染物質の除去率）を分析する。

本事業で建設された3つの処理場（アレグリア処理場、パプナ処理場、サラプイ処理場）および汚泥脱水設備が整備されたペーニャ処理場の処理設備能力、処理下水量および利用率（処理量／処理設備能力）は以下のとおりである。新設された3処理場のうちアレグリア処理場は設備能力の半分強の下水を受け入れているが、パプナおよびサラプイ両処理場の利用率は非常に低い。これは、いずれの処理場についても下水収集施設の一部が未完成あるいは未接続で運用されていないためである（詳細は効率性の項を参照）。他方、ペーニャ処理場では本事業は汚泥脱水設備のみを整備したが、その他の設備の老朽化が進んでおり、適切な処理を行うために下水の受け入れ量が制限されている。

表1 下水処理場の処理下水量と利用率（2012年1~10月平均）

処理場	処理設備能力 (ℓ/秒)	処理下水量 (ℓ/秒)	利用率 (%)
アレグリア処理場*	2,500	1,365	55%
パプナ処理場	1,500	127	8%
サラプイ処理場	1,500	220	15%
ペーニャ処理場	1,600	600	38%
合計	7,100	2,312	33%

出所：CEDAE データおよび各処理場でのヒアリングにより評価者が作成

注：アレグリア処理場の一次処理能力は 5,000 ℓ/秒だが、二次処理能力が 2,500 ℓ/秒のため、一次処理設備は 2,500 ℓ/秒のみ稼働させている。

各処理場における BOD および SS の処理効率（汚染物質除去率）は下表のとおりである。各処理場ではいずれも標準活性汚泥法による二次処理が行われおり、その処理効率は十分高い⁹。なお、審査時計画では、二次処理後の BOD と SS の濃度はいずれも 20mg/l、除去率はそれぞれ 90%と計画されていた。

⁷ 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。

⁸ SS (suspended solids) は浮遊物質あるいは懸濁物質で、水質汚濁の指標に用いられる。

⁹ サラプイ処理場では処理効率が 90%を下回るが、流入下水の BOD 濃度が低いため処理水の BOD 濃度は十分低い値となっている。

表2 BOD 処理効率・SS 処理効率 (2012年1~10月平均)

BOD 処理効率	処理前 BOD 濃度 (mg/l)	処理後 BOD 濃度 (mg/l)	BOD 除去率 (%)
アレグリア処理場	240	4.7	98%
パプナ処理場	140	6.1	96%
サラプイ処理場	120	17.0	86%
ペーニャ処理場	240	24.0	90%
SS 処理効率	処理前 SS 濃度 (mg/l)	処理後 SS 濃度 (mg/l)	SS 除去率 (%)
アレグリア処理場	200	5.4	97%
パプナ処理場	120	7.8	97%
サラプイ処理場	120	3.50	71%

出所：CEDAE データおよび各処理場でのヒアリングにより評価者が作成

注：ペーニャ処理場の SS のデータは得られなかった。



一次処理施設 (サラプイ処理場)



二次処理施設 (アレグリア処理場)



放流前の処理水 (アレグリア処理場)



汚泥遠心分離施設 (ペーニャ処理場)

以上のデータから、各処理場における BOD 負荷除去量を試算し、計画値と比較すると下表のようになる。なお、遠心脱水機のみを設置したペーニャ処理場では処理後発生した汚泥がそのまま河川に再放流されていたが、本事業により汚泥脱水設備が整備されたことにより、河川への再放流がなくなったため、同処理場の BOD 負荷除去量は本事業の効果に含まれる。

表 3 BOD 負荷除去量計画・実績比較 (2012 年 1~10 月平均)

処理場	BOD 負荷除去量 計画 (トン/日)	BOD 負荷除去量 実績 (トン/日)	達成率 実績/計画 (%)
アレグリア処理場	20.7	27.7	130%
パブナ処理場	5.2	1.4	27%
サラプイ処理場	5.2	2.1	40%
ペーニャ処理場	29.9	11.2	37%
合計	61.0	42.5	70%

出所：CEDAE データおよび各処理場でのヒアリングにより評価者が作成

注： BOD 負荷除去量=下水処理量×処理前 BOD 濃度×BOD 除去率
計画値は審査時（1994 年）のものであり、二次処理追加等の計画変更は反映されていない。

合計 BOD 負荷除去量は 42.5 トン/日と推計される。これは計画値の 70%に相当し、その半分以上はアレグリア処理場の実績である。なお、ここで比較の対象とした計画値は審査時のものであり、パブナおよびサラプイ両処理場の処理能力拡大と 3 処理場の二次処理施設追加を行った計画変更前の値である（計画変更の詳細は効率性の項を参照）。変更後の計画値は 145.5 トン/日であり、これと比較した場合の達成率は 29%にとどまる。アレグリア処理場で審査時計画を上回る実績が見られるのは、二次処理の追加により BOD 除去率が高まったためである。

各処理場の運用状況をまとめると以下のようなになる。

アレグリア処理場：二次処理により BOD の 98%が除去されるが、既存下水道を処理場に接続する幹線が半分しか完成していないため、処理下水量は計画 2.5 m³/秒に対し 1.3 m³/秒にとどまる。BOD 負荷除去量は約 28 トン/日。

パブナ処理場：二次処理の BOD 除去率は 96%と高いが、下水管網の未完成、未接続により処理下水量は計画 1.5 m³/秒に対し 0.13 m³/秒にとどまる。流入 BOD 濃度が低いのは、河川水の混入があるためと考えられる。BOD 負荷除去量は約 1.4 トン/日。

サラプイ処理場：二次処理の BOD 除去率は 86%と目標をやや下回る。下水管網の未完成、未接続により処理下水量は計画 1.5 m³/秒に対し 0.22 m³/秒にとどまる。流入 BOD 濃度が低いのは、河川水の

混入があるためと考えられる。BOD 負荷除去量は約 2.0 トン/日。

ペーニャ処理場： ほとんどが未処理のまま放流されていた汚泥（BOD で約 30 トン/日）が全て脱水処理の上で除去される計画であったが、処理場老朽化により下水処理量が当時の 4 割程度に減少したため、BOD 負荷除去量は約 11 トン/日にとどまる。（同処理場では汚泥処理設備のみを円借款にて設置）

以上をまとめると、審査時には 1 日 61 トンの BOD が除去される計画であったが、2012 年 1～10 月平均の実績は約 43 トン/日（計画比 70%）と見積もられる。処理下水量が計画を大幅に下回ったにもかかわらず BOD 負荷除去量が計画値の 7 割を達成できたのは、計画変更により 2 次処理が追加されたためである（詳細は効率性の項を参照）。ただし、処理場完成が遅れたため、効果の発現は審査時計画よりも 3～5 年遅れ、その間、下水は未処理のままグアナバラ湾に放流され続けた。

BOD 負荷除去量が少ないのは新設 3 処理場における下水収集施設の未完成・未接続とペーニャ処理場の老朽化による下水受け入れの制限が直接の原因である。このため、二次処理の追加により処理効率が高まったにもかかわらず、審査時の目標を十分に達成できていない。もし計画通りに下水収集施設が完成していれば、現在の 3 倍以上の BOD が除去できていたはずである。

3.2.2 定性的効果

審査時には本事業の定性的効果としてグアナバラ湾流域における公衆衛生の向上、河川・湾の水質改善、湾内の漁業生産の回復、観光資源の保全などが想定されていた。これらについてはインパクトとして分析する。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

(1) 公衆衛生の改善に関するインパクト

パプナ処理場とサラプイ処理場の対象地域において、本事業により新たに下水道に接続された地区がある。CEDAE によると 2013 年 5 月までに約 2.6 万世帯が新たに下水道に接続されたが、これは計画 3.5 万世帯の約 7 割である（詳細は効率性の項を参照）。

事後評価にあたり、これらの地区で 2000 年以降に下水道に接続された 105 世帯を対象に質問票調査を行ったところ¹⁰、41%の世帯は下水道サービスに満足しているが、他の

¹⁰ 質問票調査はパプナ・サラプイ両処理場の対象地域で 2000 年以降に下水道が整備された地区において、合計 105 世帯に訪問調査を行った（パプナ処理場 53 世帯、サラプイ処理場 52 世帯）。回答者の 64%は女性、70%は 46 歳以上、55%は中等教育以上の教育を受けていた。

世帯は下水漏れ、臭いなどの問題を指摘した。新たに下水道に接続された世帯の46%は住宅内および近隣の衛生環境が改善されたと感じている。また、下水道接続後も15%の世帯で水系伝染病が発生したと回答した¹¹。

このように、本事業により2013年5月までに約2.6万世帯において公衆衛生改善に関するインパクトがあったと考えられる。なお、リオデジャネイロ州グラナバラ湾流域では2006年時点の下水収集率は40%、下水処理率は44%であり、審査時の収集率25%、処理率15%から増加している。これには本事業を含むグラナバラ湾浄化プログラムの貢献が大きい。

(2) 河川と湾の水質改善に関するインパクト

グラナバラ湾流域の下水により発生したBOD負荷と本事業に含まれた4処理場により除去されたBOD負荷を比較したものが表4である。2010年には4処理場によるBOD負荷除去量は発生量の10.5%となり、事業実施前(2000年)の4倍に増加した。CEDAEのデータに基づくと、湾内にある他の処理場では2012年に合計約29トン/日が除去されると試算されるため、流域全体では約72トン、BOD負荷の15%程度が除去されていると推測される。なお、2010年から2012年にかけてBOD負荷除去量が減少したのは、ペーニャ処理場の設備老朽化により下水処理量が減少したためである。

表4 グアナバラ湾流域のBOD負荷発生量と本事業による除去量の比較

	湾流域のBOD負荷発生量 (トン/日)	本事業によるBOD負荷除去量 (トン/日)	除去率
2000年	448.2	11.3	2.5%
2005年	469.8	12.8	2.7%
2010年	486.0	50.8	10.5%
2012年	494.6	42.5	8.6%

出所：CEDAEデータおよび各処理場でのヒアリングにより評価者が作成
注：BOD発生量はJICA調査「ブラジル国：グラナバラ湾の環境に関する管理及び改善調査」(2003)の推計値を人口増加の実績を加味して調整したもの。2012年は1～10月の実績に基づく推計。

リオデジャネイロ州環境局のデータによると、グラナバラ湾では東部に比べて汚染源が集中する西部の水質が悪い。本事業の受益地域は西部であるが、2000～2010年にかけてBOD濃度は3分の2程度まで改善したものの、まだ十分とは言えない¹²。パブナ処理場とサラプイ処理場の放流先であるサラプイ川の水質にも改善は見られない。

¹¹ 水系伝染病について事業実施前との比較が可能なデータは得られなかった。

¹² 湾東部水域でヘドロが堆積し、水の循環を阻害していたクーニャ(Cunha)水路では2009年に浚渫が行われたが、これが表中の計測地点の水質改善に寄与している可能性がある。なお、JICAが実施した「グラナバラ湾水質汚濁防止計画調査」(1994)では2004年の水質改善目標はBOD濃度10mg/lであった。

表5 サラパイ川およびグアナバラ湾西部の BOD 濃度の推移
(mg/l)

	1990年	2000年	2010年
サラパイ川	33.6	27.0	36.4
グアナバラ湾地点①	14.6	15.2	10.7
グアナバラ湾地点②	na	18.2	11.7

出所：リオデジャネイロ州環境局

注：地点①、②は図3を参照

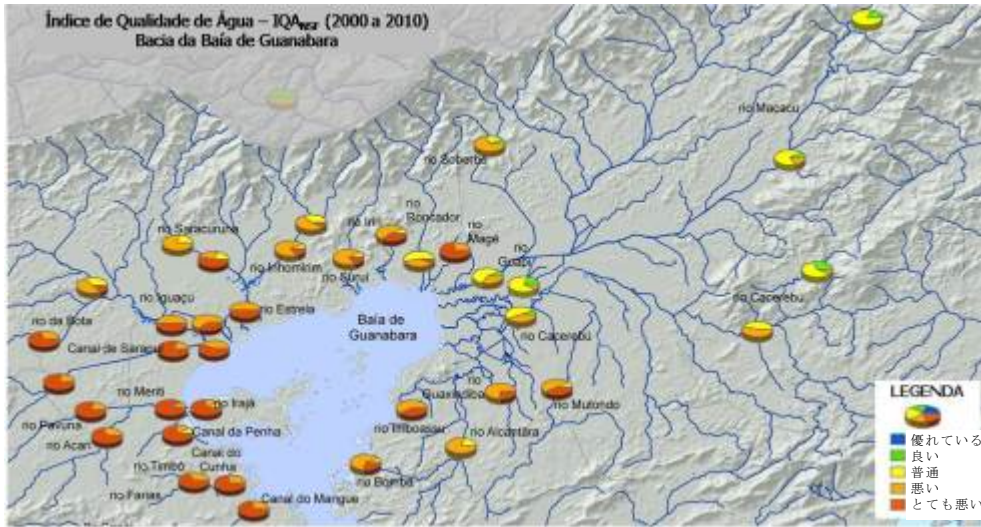


図2 グアナバラ湾流域河川の水質

(2000-2010年の測定値の分布：青が最良～赤が最悪)

出所：リオデジャネイロ州環境局

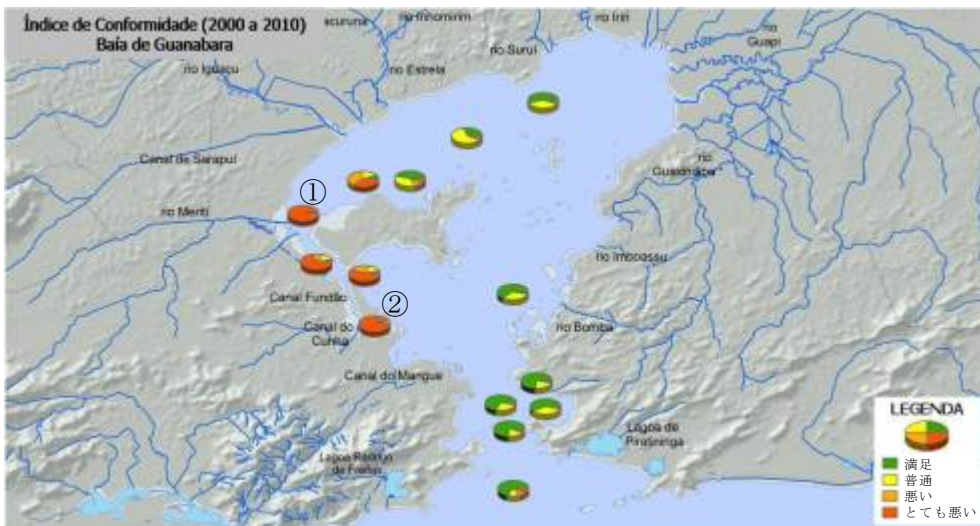


図3 グアナバラ湾の水質

(2000-2010年の測定値の分布：緑が満足～赤が最悪)

出所：リオデジャネイロ州環境局



グアナバラ湾のビーチ（右：西部地域、左：東部地域）



湾内の漁師（西部地域）



観光遊覧船から見たグアナバラ湾

グアナバラ湾の水質に関心をもつ各種関係者にヒアリングを行った結果、以下のことが判明した¹³。

- 下水流入による水質汚染に加え、降雨後などに河川から大量のゴミが流入することが湾を汚染している。2000年に大規模な石油流出事故があったことが¹⁴、漁民や遊泳者の汚染に対する意見に影響を与えている。
- 2001年当時、湾内では1万名前後の漁師が零細漁業を営んでいたが、漁師のほとんどはヘドロとゴミによる湾の汚染による魚種や漁獲量の減少を指摘した。彼らは過去10年で湾内の水質汚染はむしろ悪化したと感じている。1980年代には年間200～300トンの水揚げがあったエビ漁はもう行われていない。
- 湾岸商業施設・ヨットクラブ等の関係者の半数近くは、水質は近年やや改善したと感じているが、汚染は今も営業に悪影響を与えており、観光客の減少、海

¹³ 事後評価では漁業組合、飲食施設、研究者・NGO、観光娯楽施設、ビーチ訪問者の合計56名にヒアリングを行った。

¹⁴ 2000年1月にドゥッキジカシアス石油精製地域において約130億リットルにおよぶ石油流出事故があった。

洋レジャー活動の減少、ゴミによる船舶の損傷などが指摘された。

- ▶ 湾内のビーチを訪れる住民の過半数は、水質は過去 10 年間に悪化したと感じている。遊泳する者はいない。

以上をまとめると、本事業による BOD 負荷除去量はグアナバラ湾に下水を通して流入する BOD 負荷全体の 1 割程度であり、水質改善へのインパクトは限定的であると考えられる。汚染源の集中する湾西部の水質は今も悪く、ゴミによる汚染も深刻である。グアナバラ湾の水質汚染は、今も漁業、湾岸の商業レクリエーション施設の操業に悪影響を与えている。漁業資源・観光資源の保全について本事業の目に見えるインパクトはない。

3.3.2 その他、正負のインパクト

処理場から発生する汚泥は約 13t/m³ (2011 年) であり、各処理場から 30~40 km 離れたゲリチノ埋立地にトラックで運ばれ、衛生埋め立のための覆土とともに処分されている。現地視察によると、同埋立地は適切な覆土と植栽が行われており、汚泥処理も適切に実施されていると判断される。

本事業では住民移転及び私有地の用地取得はなく、公共用地の用地取得にも大きな問題は生じなかった。ただし、アレグリア処理場の二次処理施設の建設に際し、敷地に隣接する市有地の崖の一部を削るの必要があり、所有者の同意を得るのに時間を要した。

その他、特筆すべき正負のインパクトは確認されなかった。

以上をまとめると、本事業は審査時計画の 70% 程度の BOD 負荷除去量を達成し¹⁵、2013 年 5 月まで約 2.6 万世帯の公衆衛生改善をもたらした。本事業によりグアナバラ湾に流入する BOD 負荷の 1 割が削減されたが、湾西部水域の水域改善には目に見える効果がない。従って本事業の実施により一定の効果の発現が見られ、有効性・インパクトは中程度である。

3.4 効率性 (レーティング: ①)

3.4.1 アウトプット

新規の 3 処理場は 1997 年に建設が開始された¹⁶。1 次処理施設の建設がほぼ終了した 2001 年に 1 次処理施設の能力拡大と 2 次処理施設の追加などの計画変更が行われた。

¹⁵ 本事業では、2001 年に 1 次処理施設の能力拡大と 2 次処理施設の追加を行うとの計画変更が行われたが、有効性・インパクトのレーティングの判断においては、国際約束である交換公文締結時に基礎とされた審査時計画を「事前の計画」とみなすことが適当と考え、比較の基準としている。

¹⁶ 新規の 3 下水処理場では審査時計画どおり 1 次処理施設のための建設が開始されたが、アレグリア処理場ではリオデジャネイロ州資金で建設する予定であった 1,000 m³/秒の 1 次処理施設が資金不足により建設できなくなったため、計画を変更して 5,000 m³/秒の 1 次処理施設が建設された。

この変更は、所要資金が残された借款資金内に収まり、当初からこれらの施設の建設を見込んだ用地が確保されていたために、事業目的の達成を高めるための変更として承認されたものである。

2006年12月に貸付実行期限が到来したが、下水収集施設の建設が完了しなかったため、その後はブラジル連邦政府およびリオデジャネイロ州の資金により建設が継続されている。本事業のアウトプットについて、審査時計画、2006年までの実績、2007～2012年の実績を以下に示す。

表6 事業アウトプットの計画と実績

	計画 (1994年)	実績		
		1994～2006年	2007～2013年5月	2013年10月までの累積
アレグリア地区* 処理場				
1次処理施設	4000 ㍻/秒	5,000 ㍻/秒		5,000 ㍻/秒
2次処理施設	なし	2,500 ㍻/秒		2,500 ㍻/秒
幹線管渠	23.1 km	14.0 km	2.9 km	16.9 km
パブナ地区 処理場				
1次処理施設	1,000 ㍻/秒	1,500 ㍻/秒		1,500 ㍻/秒
2次処理施設	なし	1,500 ㍻/秒		1,500 ㍻/秒
幹線管渠	30.7 km	11.7 km	3.7 km	16.1 km
下水管網	373.8 km	90.1 km	62.0 km	153.0 km
ポンプ場	9ヶ所	0ヶ所		0ヶ所
新規接続	26,500 世帯	811 世帯	8,894 世帯	9,705 世帯
サラブイ地区 処理場				
1次処理施設	1,000 ㍻/秒	1,500 ㍻/秒		1,500 ㍻/秒
2次処理施設	なし	1,500 ㍻/秒		1,500 ㍻/秒
幹線管渠	18.2 km	17.0 km	4.4 km	22.4 km
下水管網	284 km	150.8 km	25.8 km	181.2 km
ポンプ場	8ヶ所	0ヶ所		0ヶ所
新規接続	8,500 世帯	2,122 世帯	13,708 世帯	15,830 世帯
ペーニャ処理場 遠心脱水機	4台	4台	4台	4台

出所：計画は審査時資料、実績はCEDAEによる。

注：アレグリア処理場の2次処理施設は5,000 ㍻/秒のための土木施設と2,500 ㍻/秒の処理設備が建設された。2007年以降の実績は、本事業により結ばれた工事契約による実績を示す。

下水収集施設（幹線管渠・下水管網）については、計画された施設は未完成で、今も建設が続けられている（遅延の理由は以下「事業期間」を参照）。2006年12月の貸付実行期限までに完成したのは幹線管渠42.7 km（計画の59%）、下水管網240.9 km（同36%）にとどまった。本事業により結ばれた工事契約により2013年10月時点では幹線管渠55.4 km（同77%）、下水管網334.2 km（同51%）が完成した。CEDAEは新たな契約により残された工事を続けており、2013年3月までに、本事業で契約された下水収集施設のうち、アレグリア地区の幹線の70%、パブナ地区の幹線の82%、下

水網の 90%、サラプイ地区の幹線の 95%、下水網の 93%が完成した¹⁷。

サラプイ・パプナ両処理場では合計 35,000 世帯が下水道に接続される計画であったが、本事業で設置された下水管網のうち、パプナ処理場流域およびサラプイ処理場流域の下水管の一部は、地中に敷設されているが、まだ処理場まで接続されておらず、住宅への接続もないと考えられる¹⁸。このため、2006 年までに実現したのは 2,933 世帯（計画比 8%）、2013 年 10 月までに実現したのは 25,535 世帯（同 73%）にとどまった。これは、幹線および下水管網の工事が断片的に進められてきたためであり、工事の進捗に比べて下水処理量が少ない原因のひとつとなっている。なお既存下水管網のあったアレグリア処理場、ペーニャ処理場では新規接続はない。

なお、幹線下水管の途中に数か所のポンプ場が計画されていたが、維持・管理が容易でないことから、処理場まで全て重力により流下させることとなり、建設されなかった。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

事業費の計画と実績を表 7 に示す。幹線管渠・下水管網の工事は現在も続けられているが、ここでは貸付実行期限（2006 年 12 月）までに実施された工事の事業費を分析する。

審査時計画スコープである一次処理施設の建設費用は、工事が行われた 1998～2001 年にかけて現地通貨（リアル）が円に対して大幅に下落したため、計画の 4 割程度（約 6,100 百万円）に収まった。しかし、二次処理の追加により、処理場建設費用の合計（一次処理＋二次処理）は計画の 138%となった。幹線管渠が計画の 59%、下水管網が計画の 36%しか完成しなかったため、管渠建設費用は計画の 54%にとどまった。また、実施期間が大幅に伸びたことによりコンサルタント費用が増加した。

以上により総事業費（用地取得を除く）は 49,650 百万円となり、計画（60,121 百万

¹⁷ 2013 年 3 月時点の CEDAE の計画は以下の通り。

- ・ アレグリア処理場の二次処理設備（2.5m³/s）：IDB 後続事業で調達準備中
- ・ アレグリア地区の幹線管渠（Manguinhos e Caleria de Cintura da Maré 幹線、Faria Timbó 幹線）：IDB 後続事業で調達準備中
- ・ サラプイ地区の幹線管渠・下水管網（2014 年 3 月完成予定）：
 - 本事業による契約の残区間の建設：州政府資金で実施中
 - 6,000 世帯の下水管網拡大：政府資金で契約済み
 - 4,130 世帯の下水管網拡大：政府資金で契約済み
 - 10,000 世帯の下水管網拡大および既存下水管網のクリーニング：IDB 後続事業で計画
- ・ パプナ地区の幹線管渠・下水管網（2014 年 3 月完成予定）：
 - 本事業による契約の残区間の建設：州政府資金で実施中
 - 1,500 世帯の下水管網拡大：政府資金で契約済み
 - 38,000 世帯の下水管網拡大：IDB 後続事業で調達準備中
 - 本事業で敷設した下水管網のクリーニング：IDB 後続事業による実施を検討中

¹⁸ CEDAE によると、地中に埋設され運用されないまま長期間を経た下水管に、雨水が流入したり住民が勝手に接続した結果、泥などで詰まり、そのままでは運用できなくなった下水管網が広がっている。これらは IDB 融資による後続事業でクリーニングを行った上で接続される予定である。

円、用地取得を除く)の83%となった。円借款の貸付実行額は計画比ほぼ100%であった。アウトプットの増加・減少を考慮しても事業費は計画内であったと考えられる。なお、もし管渠が計画通り完成したと仮定すると管渠建設費用は約2倍に増加したと考えられる。処理場の追加工事がなかったと仮定すると、処理場の事業費は約6,100百万円にとどまるが、この場合、総事業費は50,000百万円程度となり、やはり計画内に収まる。

しかし、断片的に建設された下水管の多くが接続されず、埋設されたままになり後にクリーニングが必要とされたこともあり、アウトプットの下水道システムとしての総合的な質の低さを考慮すると、事業費の効率性は高いとは言えない。

表7 事業費の計画と実績

(百万円)

	計画			実績 (2006年12月)		
	円借款	リオ州 自己資金	合計	円借款	リオ州 自己資金	合計
処理場	15,653	0	15,653	21,662	0	21,662
管渠建設	10,324	19,172	29,496	4,036	12,008	16,044
コンサルタント	3,104	0	3,104	5,739	0	5,739
税金	0	7,355	7,355	0	6,205	6,205
用地取得	0	1,253	1,253	不明	不明	不明
予備費	2,396	2,117	4,513	-	-	-
合計	31,475	29,899	61,374	31,436	18,213	49,650

出所：計画は審査時資料、実績はJICAとCEDAEの情報に基づき評価者が作成。

為替レート 計画：1US\$=2,395クルゼイロ=133円

(クルゼイロはブラジルの審査当時の通貨単位)

実績：1リアル=46.25円(事業期間中の平均レート)

3.4.2.2 事業期間

本事業は1994年から1998年の5年間、60ヶ月間で実施される計画であった。実際には1994年3月の借款契約から貸付実行期限(延長後)の2006年12月まで17年9ヶ月(213ヶ月、計画比355%)を要したにもかかわらず、一部の下水処理施設・下水収集施設(幹線管渠・下水管網)の建設は完了せず、現事業評価時も継続している。

コンサルティング・サービスは1995年に、本体工事は1996年に開始される計画であったが、実際には調達準備と調達に時間を要し、コンサルティング・サービス(合計4契約)が開始されたのは1996~1997年、本体工事(合計4契約)が開始されたのは1997~2001年であった。着工が最も遅れたパブナ・サラプイ地区の下水収集施設の場合、コンサルタント雇用の遅れから詳細設計を含む調達準備が遅れたほか、政権交代の影響などもあり調達方式の変更が行われたため、公示から契約までに2年以上を要し、2001年3月に工事契約が署名された。

2001年6月に、処理場の1次処理能力増加と2次処理の追加等に関する契約変更が行われた。この時点では追加工事は2003年7月の貸付実行期限までに完了できるとの

見通しであった¹⁹。

その後、貸付実行期限は以下を理由に 2006 年 12 月まで延長された。

- ▶ アレグリア処理場の地盤が予想以上に軟弱だったため、資材と工法の変更が必要になり 1 年以上工事が遅延した。
- ▶ 借款契約調印後に州知事が 4 回交代し、そのたびに CEDAE の職員が交代するなど実施体制の混乱が発生した。さらに、前知事の業務に関する新知事による臨時の監査が実施され、各種手続きに遅延が生じた。
- ▶ 公的部門の財政規律確保を目的とする財政責任法が 2000 年 5 月に公布され、収財性の均衡財政を達成するための法的制約が設けられた。このためリオデジャネイロ州の負担割合が大きい幹線管渠・下水管網の工事において実施機関から工事業者への支払いが停滞し、工事が遅延した²⁰。

円借款の貸付はその実行期限を迎えた 2006 年 12 月に終了したが、一部の工事は完了せず、リオデジャネイロ州およびブラジル連邦政府の資金で工事が継続された。

新規の 3 処理場は 1998 年前半の完成が計画されていたが、2000～2001 年に一次処理施設が完成し、2005～2009 年に二次処理施設が完成した。アレグリア処理場では軟弱地盤による資材と工法の変更、隣接地取得による岩盤掘削の遅れなどにより 2 次処理施設の工事が大幅に遅れ、貸付実行期限までに完成を迎えることができなかった。パプナ処理場は汚泥脱水設備の設置のみであり、2001 年 8 月に完成した。

その後の下水収集施設の建設はリオデジャネイロ州側の資金不足により遅々として進まず、アウトプットの項で述べたように、2013 年 3 月時点ではまだ完了していない。

3.4.3 内部収益率

審査時には異なる前提条件を組み合わせ、FIRR が 1.1～9.0% と算出された。事後評価では、下水道への接続が進んでいないこと、CEDAE から処理場の運営維持管理費用について十分な情報が得られなかったことから、FIRR の再計算は行わなかった。

EIRR については IDB による試算が審査時に参考にされたが、事業完了後に IDB が行った再計算では対象施設の範囲が審査時のものと異なっており、これと直接比較できない²¹。

以上より、本事業は事業費の効率性は高いとは言えず、実施期間が計画を大幅に上

¹⁹ この時点では 1 次処理施設の建設はほぼ終了したものの、パプナ地区とサラプイ地区の下水収集施設は工事契約が終了したばかりで、その後の工事の遅れは予見されていなかった。

²⁰ 下水処理場の融資比率は 100%、幹線管渠・下水管網の融資比率は 35% であった。

²¹ IDB の再計算では、アレグリア地区の幹線管渠のみ比較可能である。審査時には同幹線管渠の EIRR は 32.5% と予想されていたが、事業後の再計算では 19% であった。

回ったため、効率性は低い。

3.5 持続性（レーティング：①）

3.5.1 運営・維持管理の体制

下水処理場は CEDAE²²の生産・大運営局が運営・維持管理を行う。パプナおよびサラプイの両処理場にはパプナ処理場に拠点を置く共通の維持・管理部門がある。事後評価時の人員体制は以下の通りである。これは審査時に想定された人数の半分以下である。下水受け入れ量が少なく処理場設備がフル稼働していないが、CEDAE によると人材は不足している。

表 8 下水処理場における運営維持管理要員の配置数

	アレグリア処理場	パプナ処理場	サラプイ処理場
運営			
技師・オペレーター	26 人	15 人	15 人
用務員	5 人	4 人	5 人
その他	5 人	2 人	2 人
維持管理			
技師	2 人	2 人	
メカニック	3 人	5 人	
電気技師	4 人	4 人	
その他	3 人	1 人	
合計	48 人	27 人	28 人

出所：CEDAE

注：合計人数は、パプナ・サラプイ処理場で共用する人数を半分に数えた人数。

各処理場にはワークショップがあり、設備の修理や簡単な部品の加工を行う。一部の特殊ポンプと汚泥脱水装置については外部企業とのメンテナンス契約があり、壊れた時に修理される。

幹線管渠（管径 500 mm 以上）は CEDAE 本部の大修理部が運営・維持管理を行う。後述するメリチ市以外の下水管網（幹線以外）は CEDAE の地方事務所が運営・維持管理を行う。各地方事務所には機材を備えた下水管担当チームが複数設置されている。地方事務所によると、チーム数は必ずしも十分でないが、雨水で溢れることが多い雨季以外は適切な対応が可能である。

パプナ、サラプイ両処理場の流域の一部であるメリチ市は、CEDAE による下水道整備が遅々として進まないことから、下水道についての CEDAE とのコンセッション契約を更新せず、市独自で下水道事業を運営することとした。同市は外部委託契約による維持・管理を検討しているが、2013 年 12 月時点では、そのための具体的な組織体制と計画は決まっていない。

²² CEDAE はリオデジャネイロ市を始めとしたリオデジャネイロ州の各市と契約を結び、上下水道サービスを提供している。

3.5.2 運営・維持管理の技術

下水処理場へのヒアリングおよび視察によると、CEDAE にはポンプ等の簡単な修理を、自分たちで部品を加工して実施する技術があると考えられる。電気機械設備のマニュアルは各処理場に保管され、参照されている。各処理場には水質検査や微生物検査を行うラボが設置されており、処理効率の高さを見ても、微生物を利用した二次処理を適切に管理できる能力があることがわかる。また、CEDAE は体系的な社員研修を行う「社内大学」制度を 2009 年に創設し、職員の能力向上に努めている。

しかし、CEDAE へのヒアリングおよび施設の維持・管理状況の視察によると、CEDAE は下水処理場設備の維持・管理作業を適切に計画・管理する能力が低い。各機器の維持・管理の必要性の定期的な評価、点検・保守・修理などの作業計画作成とその実施管理などは行われていない。個別機器の維持・管理計画は作成されておらず、維持・管理契約を結んだ一部の機器を除いては、個別機器の運用記録も残されていない。

すなわち、CEDAE は電気機械設備の基本的な運用と簡単な修理を行う技術は備えているもの、適切な予防保守を行うためのノウハウや体制はないといえる。なお、下水処理場の予防保守に関して JICA は技術協力「グアナバラ湾流域下水処理施設維持管理支援プロジェクト」（2013～2015 年）を予定している。

3.5.3 運営・維持管理の財務

CEDAE の主な収入は上下水道利用料である。下表に示すように、2010～2011 年にかけて営業収入と EBITDA マージンが増加し、収益性が向上している。ネット D/E レシオ（負債比率）は 1 以下で、財務的安定性は高い。

表 9 CEDAE の財務状況

	2010 年	2011 年
営業総収入	3,231 百万レアル	3,516 百万レアル
営業純収入	2,884 百万レアル	3,167 百万レアル
EBITDA	880 百万レアル	842 百万レアル
EBITDA マージン	30.5%	31.3%
ネット D/E レシオ	0.40	0.49

出所：CEDAE 年次報告書

注： EBITDA マージン「利払前・税引前・減価償却前利益」

CEDAE によると、下水処理場運用のための財源は確保されており、これまで問題なく継続的な運用が可能であった。他方、維持・管理については、多数の設備が修理を待っている状況や現場担当者へのヒアリングから、必ずしも十分な財源が確保できていない状況が伺える。16,000 レアル（約 80 万円）を超える資材やサービスの調達には事業局を通じた入札手続きが必要とされるなど、資材やサービスの調達にも時間がかかる。これは、予防保守の不在とともに、下水処理場の設備の一部が故障により稼

働できないままとなっている最大の要因のひとつであると考えられる。

2009～2011年の下水処理場運営・維持管理支出は以下のとおりであった（人件費・電力・薬品および入札により調達された維持・管理支出を除く）。

表 10 下水処理場の運営維持管理支出額（単位：千リアル）

	アレグリア処理場	パプナ・サラプイ処理場
2009年	167	126
2010年	273	198
2011年	257	195

出典：CEDAE



稼働していない一次処理施設（アレグリア処理場）



修理待ちの遠心分離施設
（アレグリア処理場）

稼働していない二次処理施設
（パプナ処理場）



ワークショップ（パブナ処理場）



下水管網の維持・管理作業

3.5.4 運営・維持管理の状況

(1) 下水処理場

下水処理場はほぼ継続的に稼働を続けており、これまで長期間の停止はなかった。

アレグリア処理場は埋立地に建設され地盤が沈下しているが、土木施設は杭により支持され適切に機能している。他の処理場の土木施設は適切に維持されている。

電気機械設備の予防保守は行われておらず、壊れる度に部品等を調達し、修理されている。保守契約を結ぶ一部のポンプと汚泥脱水装置以外は、設備毎の運用・メンテナンス記録はない。簡単な機器は各処理場のワークショップで修理する。予算不足のため純正部品を使わず一般部品を購入して加工して使うこともある。

CEDAE の情報によると、2012 年 12 月時点で、アレグリア、パブナ、サラプイの 3 処理場の電気機械設備の約 3 割は修理が必要で、稼働できない状況にある。アレグリアの一次処理施設など、一部には修理では対応できず更新が必要な設備も見られる。設備の保全状況は全般に悪い。錆がひどく、ペンキの塗り替えもほとんど行われていない。下水流入量が施設能力を大きく下回るため、施設が壊れても予備の施設を使うことで処理を中断することなく運用できた。このため、必ずしも修理を急ぐ必要がなく、そのことが施設の状況をさらに悪化させてきたと考えられる。また、ペーニャ処理場では老朽化された設備が更新されず放置されており、下水受け入れ量を制限しなければならない状況にある。

(2) 幹線管渠・下水管網

幹線はカーニバルなど大規模なイベントの前、処理場から流量低下が報告された時などはマンホールで状況を確認し、管内の清掃を行う。本事業の幹線についてこれまで修理が必要とされたことはない。下水管網は住民の通報により CEDAE 地方事務所が下水管を清掃する。

パブナおよびサラプイ処理場の流域には、処理場に接続されず、運用されずに地中に何年間も埋設された下水管に、住民が勝手に住宅の下水管を接続したり、雨水が流

れ込んだりした結果、そのままでは運用できないほどに詰まってしまった地域が広がっている。これらの下水管は IDB の後続事業で清掃・接続した後に運用に供される予定である²³。

このように、CEDAE の運営維持体制は下水収集施設については概ね適切であるが、下水処理場では人材の不足が見られ、設備の維持・管理のための予算が不足し適時に支出されておらず、予防保守体制がないため、設備の一部は適切に稼働できない状態にある。独自に下水道運営・維持管理を開始したメリチ市では、まだその体制が確立していない。以上から、本事業の持続性は低い。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業はリオデジャネイロ州グアナバラ湾流域の西部地域に下水道施設を建設し、住民の衛生環境改善および同湾への汚染物質流入削減を図るために実施された。事業目的は同州の開発政策、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。処理効率の高い 2 次処理施設が建設されたが、下水収集施設が一部未完成で下水処理量が計画の 3 割程度と少なく、汚染物質の削減量は計画の 7 割程度にとどまる。下水道が整備された一部地域で衛生環境の改善が見られ、同湾に流入する汚濁物質が削減された。しかし、同湾の水質に顕著な改善は見られず、インパクトが限定的であることも考慮し、有効性・インパクトは中程度である。事業費は計画内であるが、事業期間は計画を大幅に上回り、事後評価時点でも下水収集施設が完成していないことから、効率性は低い。下水処理場では設備の維持・管理のための予算が不足し適時に支出されておらず、人員配置も少なく、予防保守体制がないため、設備の一部は適切に維持管理されていない。事業対象地域の一部で独自に下水道の運営維持管理を開始したメリチ市では、まだその組織体制と能力が確立していない。よって持続性は低いと判断される。

以上より、本プロジェクトの評価は低い。

4.2 提言

4.2.1 CEDAE およびメリチ市への提言

- CEDAE は本事業で建設された 3 つの下水処理場の能力を十分活用するため、未建設の幹線管渠・下水管網の完成を急ぐ必要がある。アレグリア処理場の二次処理施設の追加を早急に実現すべきである。ペーニャ処理場の老朽化が進んでいることから、処理能力を回復するための設備投資を実現すべきである。
- CEDAE は JICA による技術協力を活用しつつ、下水処理場の予防保守を含む適切な運営・維持管理を行うための技術的検討および体制整備を行い、各処理場

²³ IDB の後続事業については脚注 17 を参照。

について施設修復計画および運営・維持管理計画を作成し、その実施に必要な予算措置を行うべきである。

- メリチ市は下水道の運営・維持管理体制を早急に確立する必要がある。CEDAEはメリチ市と十分な調整を行い、必要な情報を提供する必要がある。

4.2.2 JICA への提言（特になし）

4.3 教訓

- 下水処理施設を含む下水道事業においては、適切な下水収集施設を併せて建設する必要がある。本事業においては、下水処理施設に比べて下水収集施設の建設が大幅に遅れて事業効果発現を妨げたことから、そのような事業の計画・実施においては以下の配慮が必要となる：
 - ・ 先方政府が財源についてコミットメントを表明した場合でも、その確実性について予断のない分析を行い、先方政府の負担割合の調整、事業の段階的な実施など、リスクを軽減できる事業計画を立案する。特に、事業期間中に政権交代が予測される場合は慎重な検討が必要である。
 - ・ 契約規模が先方政府の支払い能力が十分であると判断される場合、下水収集施設の一部または全部を処理場と同じ契約パッケージに含める。処理場に近い下水収集施設を処理場と同一パッケージに含めることで、効果発現の蓋然性を高めることができる。
 - ・ 下水収集施設が処理場と別契約となる場合、財源の可能性に見合った適切な規模の契約ロットに分割するとともに、下水収集施設のパッケージ分割及び発注順序は、処理場パッケージの完工・稼働開始の時期を勘案して決定する。処理場に近い下水収集施設と処理場の完工の時期と合わせることで、効果発現の蓋然性を高めることができる。
 - ・ 下水収集施設の工事計画においては、万が一工事が中断しても未接続の下水管が地中に埋設されるような事態が最小限になるように、処理場に近い部分から工事が進むように配慮する。

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績 (2006年12月)
①アウトプット	① アレグリア地区 アレグリア処理場 4m ³ /s 一次処理 幹線管渠 23.1 km ② ペーニャ地区 汚泥脱水設備 4 基 ③ サラプイ川流域地区 サラプイ処理場 1m ³ /s 一次処理 幹線管渠 18.2 km 下水管網 289.4 km ポンプ場 7 か所 ④ パプナ・アカリ・メリチ川流域地区 パプナ処理場 1m ³ /s 一次処理 幹線管渠 30.7 km 下水管網 373.8 km ポンプ場 10 か所 ⑤ コンサルティング・サービス	① アレグリア地区 アレグリア処理場 5m ³ /s 一次処理 2.5m ³ /s 二次処理 幹線管渠 14.0 km ② ペーニャ地区 汚泥脱水設備 4 基 ③ サラプイ川流域地区 サラプイ処理場 1.5m ³ /s 一次処理 1.5m ³ /s 二次処理 幹線管渠 17.0 km 下水管網 150.8 km ポンプ場 0 か所 ④ パプナ・アカリ・メリチ川流域地区 パプナ処理場 1.5m ³ /s 一次処理 1.5m ³ /s 二次処理 幹線管渠 9.3 km 下水管網 83.8 km ポンプ場 0 か所 ⑤ コンサルティング・サービス
②期間	1994 年 1 月 ～1998 年 12 月 (60 ヶ月間)	1994 年 3 月 ～2006 年 12 月 (213 ヶ月間)
③事業費 円借款 実施機関 合計 換算レート	31,475百万円 29,899百万円 61,374百万円 1US\$ = 133円	31,436百万円 18,213百万円 49,650百万円 1Real = 46.25円 (1994-2006年平均)