

円借款事業事後評価報告書

コロンビア

ボゴタ上水道整備事業

評価者：オフィスみかげ合同会社

稲澤 健一

調査期間：2009年3月～7月

1. 事業の概要と円借款による協力



事業地域の位置図



サン・ラファエル貯水池及びポンプ場施設

1.1 背景：

コロンビア共和国の首都ボゴタ¹は、同国の政治・経済・文化の中心である。本事業開始時（1991年）までにボゴタ市では、2005年までの上水需要に対応するために水源開発及び導水・浄水施設等の建設が行われてきたが、導水施設の補完施設である貯水池や送配水施設は十分に整備されていなかった。そのため、上水道施設全体としてうまく機能しておらず、上水安定供給のための早期対策が求められていた。

このような背景のもと、本事業は世界銀行が主体となって進めていた第4次ボゴタ上下水道事業（1985～1993年）の一環としてその実施が検討された。世界銀行の融資では、ボゴタ市内の送配水管網及び下水網の整備、洪水制御調査、実施機関であるボゴタ上下水道公社の組織体制強化を担う一方、円借款では、貯水池・ポンプ場の建設、送配水施設等の各施設の稼動状況を一元管理する監視・制御システム（コントロールセンター）の整備、維持管理補修用車両等の調達などが計画された。

1.2 目的：

政治・経済・文化の中心である首都ボゴタにおいて、貯水池・ポンプ場の建設、監視・制御システムや維持管理用機材（車両・重機等）の整備を行うことにより、浄水場の給水能力拡大・上水の安定供給及び給水人口の増加を図り、もってボゴタ市民の健康・衛生面の改善及び同市の産業基盤の向上に寄与する。

¹ コロンビアのほぼ中央の標高約2,600mに位置する。ボゴタ市の面積は1,587km²で、東京23区の面積（622km²）の約2.6倍である。人口は約700万人で、23区人口（877万人：2009年4月）より約200万人少ない。

1.3 借入人／実施機関：

ボゴタ上下水道公社（Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá：EAAB）（コロンビア共和国政府保証）／ボゴタ上下水道公社（EAAB）

1.4 借款契約概要：

円借款承諾額／実行額	83 億 7500 万円／63 億 7400 万円
交換公文締結／借款契約調印	1989 年 12 月／1991 年 12 月
借款契約条件	金利 4.75%、返済 25 年（うち据置 7 年）、 複合アンタイド
貸付完了	2004 年 12 月
本体契約（10 億円以上のみ記載）	Electrohidraulica Ltda.（コロンビア）・A.F.S.K. Industries Ltd.（イスラエル）（J/V）／Impregilo S.P.A. （イタリア）／Nepomuceno Y Cartagena G.E. Hijos（コ ロンビア）／三菱商事（日本）
コンサルタント契約（1 億円以上 のみ記載）	なし
事業化調査（フィージビリティ・スタデ ィ：F/S）等	1984 年 F/S ボゴタ上下水道公社
関連事業	1985 年～1993 年 第 4 次ボゴタ上下水道事業 （世界銀行融資）

2. 評価結果（レーティング：A）

2.1 妥当性（レーティング：a）

2.1.1 審査時点における計画の妥当性

1991 年当時の政権（ガビリア政権）下の経済開発計画（1991-1994 年）では、保健・衛生、水道、教育、道路、鉄道が重点開発セクターとして位置づけられていた。当政権以前においても、国民の生活水準の改善を図るための経済開発が国家開発計画（1983-1986 年）における中期目標として定められるなど、社会インフラ整備が重要視されていた。

ボゴタ市では第 4 次ボゴタ上下水道事業が実施されており、1) ボゴタ市南西部（低所得者層居住地区）の水不足改善のための送配水システムの整備、2) 貯水池建設によるボゴタ市上水道システムの安定性向上、3) 維持管理施設の改善・機能強化、4) 技術供与による実施機関の生産性および管理・経営効率の向上などが重要視されていた。また、ボゴタ市の東方約 40km に位置するチューサ貯水池は、審査時当時ボゴタ首都圏における最大規模の水源であったが、仮にチューサ貯水池からウイスネル浄水場²までの既設導水管が事故等により損壊・停止した場合、ボゴタ市内の他の浄水場の稼働に頼るにしても処理水量が追い

² ボゴタ市で最大の処理能力規模を有する（p9 有効性の「ボゴタ市内浄水場の処理能力」の項目参照）

つかなくなることとも予想されていた。したがって、安定的な上水供給を行うためにはバックアップ水源の確保・補完施設等の建設が必要と認識されていた。

2.1.2 評価時点における計画の妥当性

現在の国家開発計画（2006-2010 年）においても、上水道セクターは持続的な開発を促す主要セクターと位置づけられている。コロンビア政府は貧困削減・雇用創出を目指すべく、当計画の中で水・衛生サービスの向上を重要視している。一方、ボゴタ市は 2006 年に、水需給調整、水資源の確保、上下水道サービスの改善等に係る計画「上下水道マスタープラン」を策定している。

第 4 次ボゴタ上下水道事業の実施については、送配水施設の拡張・配水網の整備・貯水池とポンプ場の建設等により、ボゴタ市の上水道施設全体の拡張が実現した。当事業実施により、低所得者居住地区を中心に配水網の整備等が図られ、新たにボゴタ市民 180 万人が上下水道サービスを受けられるようになった³。一方、本円借款事業で建設されたサン・ラファエル貯水池及び揚水ポンプ場は、バックアップ水源・補完施設として、ボゴタ市の安定的な上水供給体制を維持する上でその重要性は高いと認識されている。また、最新の技術が導入されている監視・制御システムは、今後も給水・配水システムの効率的な運営・サービスを行うにあたりその重要性は高い。

本事業開始後、ボゴタ市による節水への取り組み等により給水需要が抑制⁴されたが、今後の人口増加に応じて給水需要も上昇基調になると想定されている。実施機関は、今後ボゴタ市の日平均給水量は約 25,900 m³/日（約 0.3 m³/秒）前後上昇すると想定している。したがって、本事業は今後の給水需要増に対応する基盤として引き続き高い重要性を保持している。

以上の状況を考慮するに、本事業の実施は審査時及び事後評価時ともに、開発ニーズ、開発政策と十分に合致しており、事業実施の妥当性は高い。

2.2 効率性（レーティング：b）

2.2.1 アウトプット

本事業では審査時のほぼ計画通り、貯水容量 7,500 万 m³のサン・ラファエル貯水池及びポンプ場施設の建設⁵、監視・制御システム整備、維持補修用機材の整備が実施された。以下は本事業のアウトプットの計画と実績の比較である。

³ 出典は世銀・独立評価グループ（IEG）のウェブサイト掲載の評価報告書「Fourth Bogota Water Supply and Sewerage Project」

⁴ 節水への取り組みや給水需要の抑制については p10 有効性「給水量」の項目を参照

⁵ 但し、貯水池ダム土木工事は世銀の融資対象

表1 アウトプットの計画と実績の比較

アウトプット	計画	実績
1. サン・ラファエル貯水池、ポンプ場建設	・貯水容量 7,500 万 m³ ・揚水ポンプ場：揚水能力は 12 m³/秒 (4 m³/秒×3 基) ・貯水池とウイスネル浄水場間の導水路 (口径 2.5m、距離 740m)	⇒ほぼ計画通り (ポンプ揚水能力は 16 m ³ /秒 (4 m ³ /秒×4 基))
2. 監視・制御システム (コントロールセンター) 整備	・コントロールセンター1ヶ所 ・情報処理機材一式 (コンピュータ機器、発電機等) ・リモートターミナル (小型無線通信施設) 54 局⁶	⇒ほぼ計画通り (但し、一部アウトプット増加：実施機関の自己資金によりリモートターミナル局を増設 (53 局追加し計 107 局))
3. 維持補修用機材 (上下水道維持管理用パトロール・輸送用車輛、清掃・補修用重機) 整備	・新規調達 332 台 ・修繕 28 台 (計 360 台)	⇒ほぼ計画通り (計 341 台：車輛 240 台、重機 101 台を新規に調達) (※修繕対象の車輛・重機等はすでに耐用年数が切れるタイミングであったために修繕は行われず、 <u>新規調達のみ</u> となった)
4. コンサルティング・サービス	・計画 M/M 数は不明	⇒実施機関の自己資金で実施 (計 66M/M)

出典：JICA 資料、事業完成報告書 (PCR)、質問表回答

以下のとおり、計画と実績についてそれぞれ差異がある理由を簡単に説明する。

(サン・ラファエル貯水池、ポンプ場建設⁷)

ポンプユニットが 1 基増加した理由は、将来の水需要の増加が見込まれたためである。なお、ポンプ場内にはさらに 1 基設置可能なスペースがある⁸。



図1 ポンプ場外観



図2 ポンプ場内部(最深部にポンプユニット配置)

⁶ コントロールセンターと浄水場、ポンプ場、貯水池、配水管網等を通信網で接続することにより、水量、水圧、水位、水質等に係る情報収集を円滑に行うことができる。

⁷ ポンプ場の構造は地上 1 階、地下 5 階で、最深部分にポンプユニットが 4 基配置されている。

⁸ 将来的に上水需要が更に増加した場合、追加で据付する予定である (ポンプユニットは計 5 基となる)。

(監視・制御システム整備)

リモートターミナル局（小型無線通信施設）の自己資金による増設は、コントロールセンターで市内の配水網の運営を効率よく行うためには市内配水施設等に情報通信施設を増やす必要があると判断されたためである。リモートターミナル局の設置数が増えた結果、通信システムの運営実施体制が強化された。



図3 コントロールセンター外観



図4 送配水コントロール室

(維持補修用機材整備)

当初計画では車輛・重機等の新規調達および修繕を予定していたが、修繕対象の車輛・重機等はすでに耐用年数が切れるタイミングであったために修繕は行われず、新規調達のみが行われた。



図5 維持補修用機材（車輛）



図6 維持補修用機材（重機）

(コンサルティング・サービス)

当初計画ではコンサルティング・サービスは円借款資金で実施予定だったが、事業実施中に JICA の同意の下、事業資金の再配分が行われ、当該資金は監視・制御システムの整備費用として使用されることになり、コンサルティング・サービスは実施機関の自己資金にて実施された（計 66M/M）。



図 7 本事業対象地域⁹

(参考：第 4 次ボゴタ上下水道事業のアウトプット)

本円借款事業と世銀融資による事業とで構成される第 4 次ボゴタ上下水道事業のアウトプットの概要及び実施状況を以下の表に示す。第 4 次ボゴタ上下水道事業のうち世銀融資事業は、1985 年 4 月～1993 年 6 月まで約 8 年に亘って実施された。(総事業費約 330 百万 US ドル)

表 2 第 4 次ボゴタ上下水道事業のアウトプット

アウトプット	援助機関	実施状況
1) 送配水施設建設 (送水管・配水本管敷設：計約 43km、加圧ポンプ場の建設：6 箇所等)	世銀	1993 年完了
2) 送配水管修復 (配水本管取り替え・修復：計約 280 km 等)	世銀	1993 年完了

⁹ 図 7 中のチンガサ水系とは、ボゴタ市東部約 40km に位置するチューサ貯水池からウイスネル浄水場に導水される原水と、ボゴタ市郊外を南北に流れるテウサカ川からの取水を原水 (サン・ラファエル貯水池が原水貯水池) とする水系である。また、ティビト水系とは、ボゴタ市の北、約 35km のところにあるボゴタ川からの取水を主要な水源とした水系である。

3) 配水小管、給水管、下水管網整備（配水小管敷設：約 140km、下水小管敷設：約 280km、水道メーター付給水管及び下水接続管敷設：計 10 万件、水道メーターの設置・取り替え：約 26 万件）	世銀	1993 年完了
4) サン・ラファエル貯水池、ポンプ場建設（ダム土木工事は世銀）	JICA/世銀	1996 年完了
5) 監視・制御システム整備	JICA	2007 年完了
6) 維持補修用機材整備	JICA	1997 年完了
7) ボゴタ川水質汚濁防止・洪水制御調査	世銀	完了（但し完了時期不明）
8) 事業実施機関体制強化（実施機関の管理体制強化、財務計画作成等に係る技術支援）	世銀	完了（但し完了時期不明）

出典：JICA 資料、実施機関資料

2.2.2 期間

本事業の期間は、1991 年 12 月から 1996 年 3 月までの 4 年 4 ヶ月と計画されていたが、表 3 のとおり、1991 年 12 月から 2007 年 4 月までの 15 年 5 ヶ月を要し、結果的に 11 年 1 ヶ月の超過となった（計画比 356%）。主な遅延理由は、サン・ラファエル貯水池とウイスネル浄水場を接続するパイプラインの設計変更による貯水池のダム建設・ポンプ場関連機器の調達の遅延、及び監視・制御システムの調達手続きの遅延である。特に、監視・制御システムの整備には、請負業者が詳細設計を実施するターンキー契約¹⁰が導入されたが、実施機関はその調達方法・プロセスに不慣れであったために入札書類等の作成が遅れ、調達手続きにも時間を要した¹¹。その後、JICA 中間監理調査ミッション¹²が派遣され、調達支援が行われたが、当初予定の事業期間と比較すると結果的に大幅に遅延した。

表 3 事業期間の計画と実績の比較

アウトプット	計画	実績
（事業全体）	1991 年 12 月～1996 年 3 月 （4 年 4 ヶ月）	1991 年 12 月～2007 年 4 月 （15 年 5 ヶ月）
1) サン・ラファエル貯水池、ポンプ場建設	1991 年 12 月～1996 年 3 月	1991 年 12 月～1996 年 5 月
2) 監視・制御システム整備	1993 年 1 月～1996 年 3 月	1996 年 10 月～2007 年 4 月
3) 維持補修用機材（車輛・重機）整備	1992 年 4 月～1993 年 6 月 1994 年 4 月～1995 年 6 月	1996 年 2 月～1997 年 9 月 ¹³

¹⁰ 機材・設備の引き渡しが終わるとすぐに使用できる契約形態。主にプラント建設等で採用されている契約形態。鍵を回すと（turn-key）直ちに稼動するようなイメージ（引き渡しが終わるとすぐに使用できる状態）により名前がつけられた。

¹¹ 2000 年にはコロンビア国内の公共投資予算承認手続きの遅延もあり入札開始は遅れた。

¹² 入札の問題点に係る調査、再入札のための入札書類の作成支援、入札評価支援、調達管理ノウハウ移転等が実施された（2002-03 年）

¹³ 維持補修用機材整備の遅延理由は、車輛等は海外から輸入・配備したこともあり、その発注から製造、輸送まで想定より時間を要したためである。

出典：JICA 資料、事業完成報告書(PCR)、質問表回答

2.2.3 事業費

本事業の事業費は、当初計画では 110 億 9000 万円(うち円借款 83 億 7500 万円)であったのに対し、実績額では 102 億 1600 万円(うち円借款 63 億 7400 万円)となり、当初計画を下回った(計画比 92%)。事業費が計画内に収まった理由は、競争入札等による効率的な受注がなされたためである。

以上のとおり、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、効率性についての評価は中程度と判断される。

2.3 有効性 (レーティング：a)

2.3.1 運用・効果指標による有効性の評価

2.3.1.1 給水人口、水道普及率、給水世帯数

以下表 4 は給水人口の推移である。審査時(1991 年)の予測値は、データの制約上、ボゴタ市とその隣接自治体であるソアチャ市の合計¹⁴を示している。一方、給水人口及び総人口実績値は、本事業の対象であるボゴタ市のみの値である¹⁵。

給水人口予測値と実績値は単純比較が出来ないものの、実績値は緩やかにではあるが上昇しており、安定的な上水供給が実施されていると判断できる。

表 4 ボゴタ市の給水人口の推移 (単位：千人)

審査時の予測値*1)			実績値*2)		
年	給水人口	総人口	年	給水人口	総人口
1995	6,086	6,211	1995	4,927	5,678
1996	6,248	6,375	1996	5,352	5,815
1997	6,407	6,538	1997	5,523	5,956
1998	6,564	6,698	1998	5,753	6,112
1999	6,720	6,857	1999	6,015	6,276
2000	6,876	7,016	2000	6,166	6,437
2001	7,031	7,174	2001	6,318	6,573
2002	7,182	7,328	2002	6,657	6,712
2003	7,330	7,479	2003	6,953	6,865
2004	7,477	7,629	2004	6,913	7,029
2005	7,624	7,779	2005	6,974	6,840
N/A			2006	7,196	6,945
			2007	6,952	7,050
			2008	7,266	7,155

¹⁴ ボゴタ市のみの給水人口・総人口のデータ(審査時の予測値)は実施機関も保有しておらず、本事後評価に係る調査において入手できなかった。

¹⁵ 実施機関は、給水人口実績値を「実際の給水世帯数(契約数)×平均的な世帯人数」により算出している。「平均的な世帯人数」は、5 年毎に実施される国勢調査のデータ等を参考にして定めている(例：1 世帯 4.8 人など)。これにより、給水人口が総人口を上回る現象が生じている(2003 年、2005 年、2006 年、2008 年。国勢調査は毎年実施されない為、「前年以前の平均世帯人数」が乗じられて給水人口が算出された結果、数値上の現象として総人口を上回る)。

出典：JICA 資料（審査時）、実施機関資料・コロンビア統計局データ（実績値）

注 1）給水人口・総人口予測値はボゴタ市とソアチャ市の合計である。

注 2）給水人口・総人口実績値はボゴタ市のみの値である。

なお、審査時において事業完成後の水道普及率は約 98%で推移すると予測されていた。ここ数年はほぼ 100%に近い値で推移しており、高い水道普及率が維持されている。

また、ボゴタ市の給水世帯数も年々増加傾向にある。2006 年は 1,617,793 世帯、2007 年は 1,669,912 世帯、2008 年は 1,732,830 世帯と、実施機関の給水サービスに加入する世帯数は年々増加傾向にある。

（ボゴタ市内浄水場の処理能力）

本事業で建設されたサン・ラファエル貯水池及びポンプ場施設はウイスネル浄水場に隣接している。ウイスネル浄水場では、既存のチューサ貯水池から供給される水とサン・ラファエル貯水池及びポンプ場から供給される水が浄水処理されてボゴタ市内に配水されている。2009 年現在、実施機関はボゴタ市内に 6 つの浄水処理場を有している。各浄水場の処理能力は以下の通りである。



図 8 ウイスネル浄水場

表 5 審査時と事後評価時の浄水処理能力

審査時（実績）			事後評価時		
浄水場	m ³ /秒	(千 m ³ /日)	浄水場	m ³ /秒	(千 m ³ /日)
ウイスネル	14.0	1,210	ウイスネル	18.0 *1)	1,555
ティビト	12.0	1,037	ティビト	12.0	1,037
その他浄水場	1.9	164	ドロード	1.6	138
—			ヴィテルマ	1.1	95
			ラグーナ	0.45	39
			ヨマサ	0.025	2
合計	27.9	2,411	合計	33.175	2,866

出典：JICA 資料（審査時）、実施機関資料・質問表回答（実績値）

注 1）実施機関は 2006-07 年に浄水フィルタ機能を拡充し 18 m³/秒の処理能力を確保した（4 m³/秒増加）。実施機関によれば、最大 19 m³/秒出力可能とのことである。

2.3.1.2 給水量

以下は日平均給水量予測値（審査時）及び実績値である。ボゴタ市全体の日平均給水量とウイスネル浄水場の日平均給水量をそれぞれ示す。

表 6 ボゴタ市及びウイスネル浄水場の日平均給水量（単位：千m³/日）

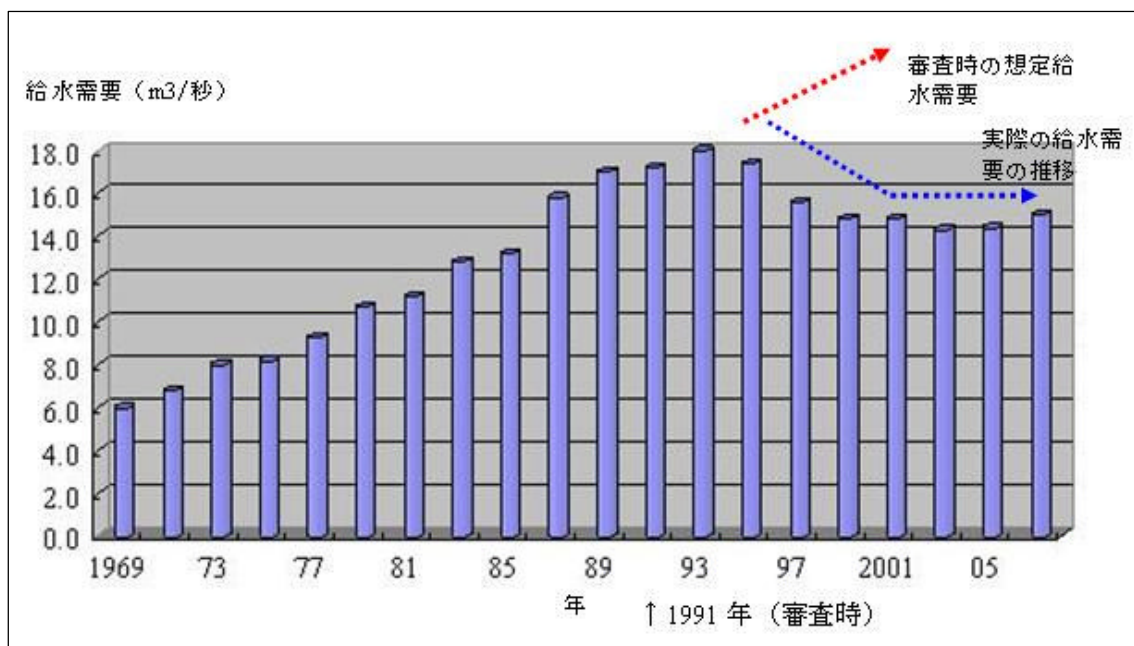
審査時の予測値			実績値		
年	ボゴタ市全体の日平均給水量	ウイスネル浄水場の日平均給水量	年	ボゴタ市全体の日平均給水量	ウイスネル浄水場の日平均給水量
1991	1,307	852	1991	N/A	N/A
1995	1,521	1,066	1995	1,554	1,020
1996	1,580	1,125	1996	1,519	953
1997	1,640	1,096	1997	1,337	448
1998	1,740	1,096	1998	1,356	804
1999	1,767	1,096	1999	1,279	734
2000	1,859	1,096	2000	1,276	812
2001	1,893	1,096	2001	1,271	729
2002	1,964	1,096	2002	1,272	752
2003	2,006	1,096	2003	1,250	758
2004	2,058	1,096	2004	1,235	809
2005	2,113	1,096	2005	1,227	890
N/A			2006	1,246	925
			2007	1,273	895
			2008	1,299	802

出典：JICA 資料（審査時）、事業完成報告書(PCR)・実施機関資料（実績値）

審査時（1991 年）には、人口増加に伴いボゴタ市の給水需要も右肩上がりに上昇すると想定されていた。しかし、以下図 9 のとおり 90 年代半ばより給水需要は減少に転じ、現在は約 14-15 m³/秒が給水されている。需要減少の主な理由は、（1）90 年代半ば以降、実施機関が料金体系の改善（水道料金の引き上げ）に取り組んだことによりボゴタ市内の水の消費量が抑制された、（2）一般家庭に水道メーター機器の据付を行った結果、給水量をより適正に計量・コントロールできるようになった、（3）ボゴタ市役所の省水キャンペーン（広報・啓蒙活動）により市民による水の消費量が抑制された、等である。なお、ゆるやかではあるがボゴタ市の人口は増加傾向¹⁶にあるため、今後は給水需要も人口増加に応じて上昇していくと考えられている。

なお、表 6 の 1997 年におけるウイスネル浄水場給水量実績の減少（448 千m³/日）は、当年にチューサ貯水池～ウイスネル浄水場間の既設導水管が損壊し約 9 ヶ月間導水が停止した影響によるものである。当該導水管の復旧工事中には、サン・ラファエル貯水池及びポンプ場がバックアップ水源・補完施設として重要な役割を果たし、事業実施の意義が改めて認識された。

¹⁶ コロンビア統計局のデータによると、ボゴタ市の 2010 年～2015 年の人口増加率は 1.35%/年である。



出典：実施機関資料

図9 ボゴタ市の給水需要の推移

2.3.1.3 無収率

表7はボゴタ市における無収率の推移を示しており、ここ数年は横ばい状態が続いている。実施機関によると、無収水の要因は配水管等設備からの漏水・盗水などによるとのことである。なお、参考までに表8に他の中南米諸国における無収率を示す。ボゴタ市の無収率は他の中南米諸国に比べ低いといえるが、ここ数年は大きな改善は見られていない。

表7 無収率の推移

2003	2004	2005	2006	2007	2008
37.95%	37.87%	35.95%	36.76%	35.00%	36.40%

出典：実施機関資料

表8 他の中南米諸国における無収率

ペルー イキトス市 (2003年)	コスタリカ 地方部 (不明)	パナマ 首都圏 (2002年)	メキシコ 全国平均 (2000年)
63%	50%以上	48%	40%

出典：JICA「持続可能な上下水道セクターに向けた民活の役割」(2004年)

(参考) ボゴタ市内浄水場の水質

以下はサン・ラファエル貯水池及びポンプ場に隣接しているウイスネル浄水場とボゴタ市内の他の浄水場の水質レベルである。ウイスネル浄水場における処理水の水質はコロ

ンビア国内の水質基準を満たしている。ウイスネル浄水場内には塩素・薬剤注入施設が設置され、消毒・殺菌が行われている。水質検査室も整備されており、定期的な水質検査が行われている。水質データは、各浄水場から定期的の実施機関の給水課に報告されている。

表 9 ボゴタ市内浄水場の水質

審査時					事後評価時				
浄水場	濁度 (NTU)	色度 (度)	PH	残留塩 素 (mg/L)	浄水場	濁度 (NTU)	色度 (度)	PH	残留塩 素 (mg/L)
ウイスネル	1.10	10.00	6.80	1.16	ウイスネル	0.93	5.00	6.69	1.47
(以下参考：他浄水場の水質レベル)									
ティビト	2.80	10.00	6.40	1.36	ティビト	0.19	5.00	6.66	1.57
ヴィテルマ	1.50	9.00	7.00	0.60	ヴィテルマ	N/A	N/A	N/A	N/A
ドロード	N/A	N/A	N/A	N/A	ドロード	0.34	1.78	6.81	1.54
ラグーナ	6.70	17.00	6.50	0.78	ラグーナ	N/A	N/A	N/A	N/A
サンディエゴ *1)	2.80	10.00	6.60	0.43	ヨマサ	0.75	4.21	6.96	0.97
—					コロンビア 水質基準	2.00 以下	15.00 以下	6.50- 9.00	0.30-2.0 0
					日本国内水道水 水質基準（水道 法・厚労省令） （参考）	2.00 以下	5.00 以下	5.80- 8.60	1.00 以下

出典：JICA 資料（審査時）、質問表回答（事後評価時）、東京都水道局HP

注 1) サンディエゴ浄水場は 2003 年 3 月以降、稼働停止している。代わりに、ヨマサ浄水場など新しい施設が稼働している。

2.3.2 財務的内部収益率（FIRR）

水道料金収入を便益、事業費・維持管理費を費用、プロジェクト・ライフを30年として財務的内部収益率を算出したところ12.6%となり、審査時の13.3%とほぼ近い値となった。

2.3.3 経済的内部収益率（EIRR）

審査時に計算されておらず、また水質向上等による支払意思額（Willingness to Pay: WTP）等の便益データの収集も困難であったため、再計算は行わなかった。

2.3.4 定性的効果

2.3.4.1 受益者調査の実施

本事後評価において、実施機関が給水サービスを提供しているボゴタ市とソアチャ市で受益者調査（200 名対象：住宅エリア 141 名、商業エリア 59 名）を行ったところ、以下の通りの結果であった。全体として、水質・水圧については概ね良好、実施機関の給水サー

ビスにも信頼が寄せられていることがうかがえる。

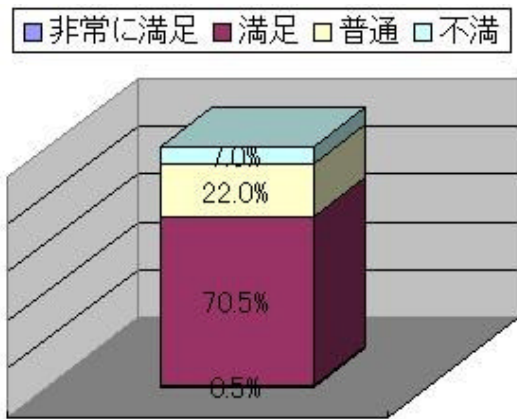


図 10 水圧

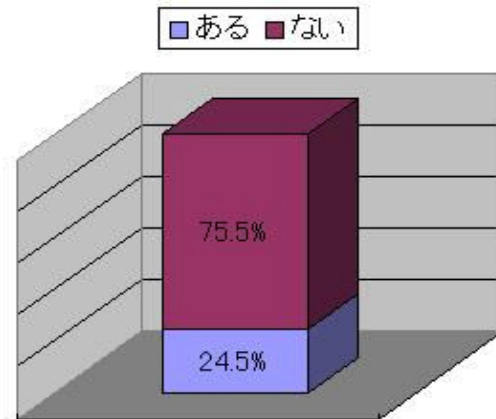


図 11 水の濁りの有無

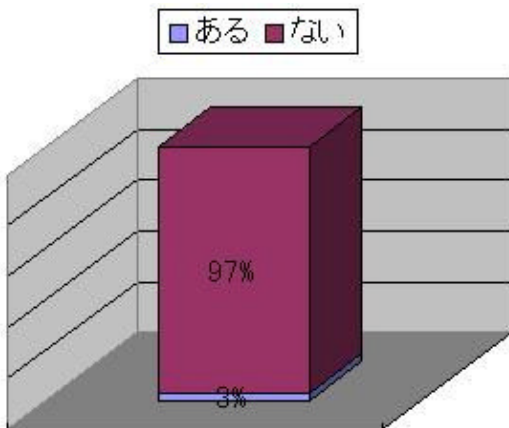


図 12 水の悪臭の有無

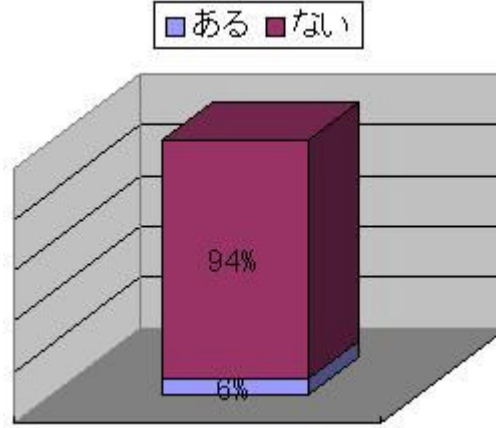


図 13 最近 15 日間の下痢等の病気の有無

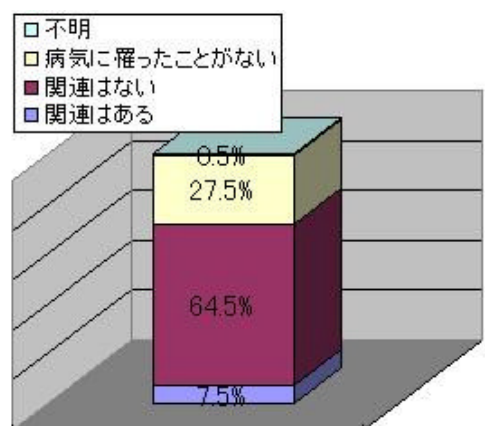


図 14 下痢等の病気と水質の関連

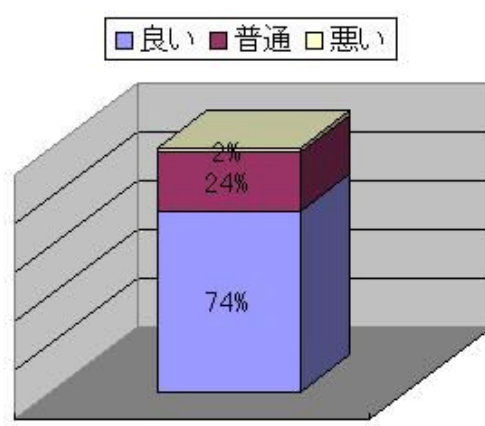


図 15 実施機関のサービス

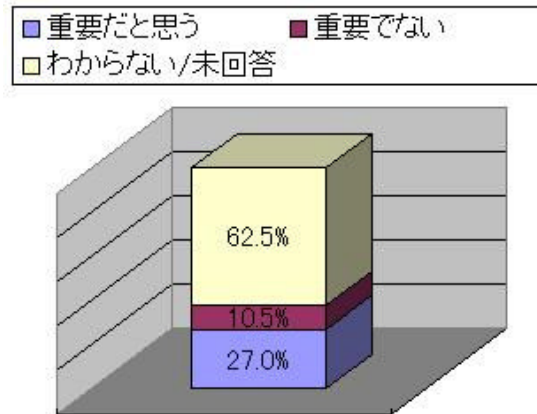


図 16 サン・ラファエル貯水池の重要性¹⁷

(参考)「第4次ボゴタ上下水道事業（世銀融資分）」の効果について

既述のとおり、世銀の融資によりボゴタ市内の送配水施設や下水施設が整備され、ボゴタ市民 180 万人が新たに上下水道サービスを享受できるようになった。前項の受益者調査結果は円借款事業のみでなく、世銀融資事業によってもたられた効果も反映していると考えられ、総じて第4次ボゴタ上下水道事業の実施は、ボゴタ市の上水供給体制の強化のための基盤となっているといえる。

以上を総合すると、実施機関による節水対策の結果、給水量は審査時の需要予測値を下回っているものの、給水人口等の実績値は計画値（予測値）の 80%以上を満たしており、加えて、受益者調査結果も良好であることから、本事業の有効性は高いと判断できる。

2.4 インパクト

2.4.1 ボゴタ市民の保健・衛生面の改善

以下図 17 は、ボゴタ市の 5 歳以下乳幼児の下痢性疾患による死亡率の推移である。下痢等の疾患には水のほかにも様々な要因が考えられるため、本事業の直接の貢献を検証することは困難だが、事業開始後から下痢性の病気による乳幼児死亡者数は一貫して減少傾向にある。安全な水供給の実現が、市民の衛生面・健康面の改善にも一定の役割を果たしていると推察できる。

¹⁷ サン・ラファエル貯水池及びポンプ場は完成（1996 年）してから時間が経過しているため、「わからない/未回答」の割合が多いと推察される。

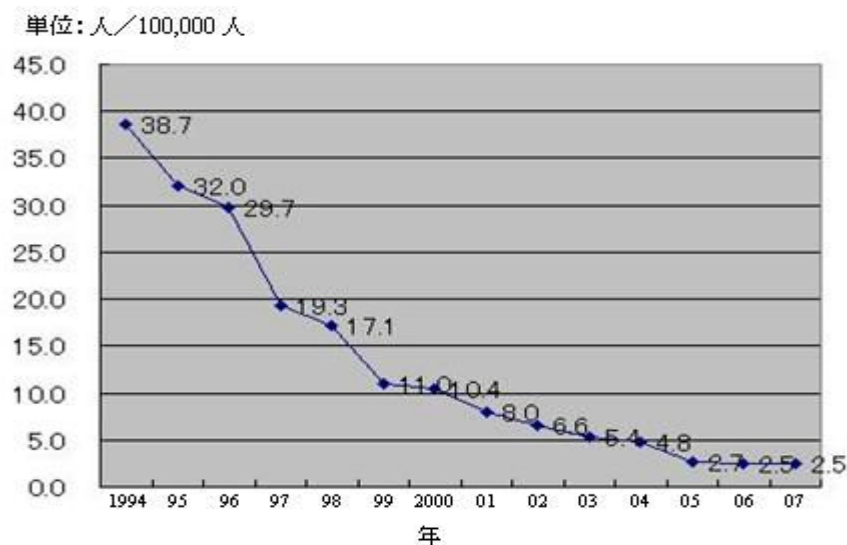


図 17 ボゴタ市の 5 歳以下乳幼児の下痢性疾患による死亡率の推移

出典：実施機関資料

なお、受益者調査時に日常生活の変化について市民にインタビューしたところ、「家事に安心して取り組めるようになった、洗面や入浴等に係る衛生面の不安を感じることはない」、自営業者からは、「(給水サービスが 24 時間提供されていることもあり) 自分の仕事(商売)の安定につながっている」などの肯定的な意見が出された。

2.4.2 産業基盤向上へのインパクト（地域経済成長）

表 10 のとおり、ボゴタ市の域内総生産額は概ね増加傾向にある。本事業の実施がボゴタ市の経済・産業基盤の向上に直接的なインパクトを与えたと断定は出来ないが、水の安定供給が実現した結果、市民・企業の経済社会活動にプラスの影響を与えていると推察できる。したがって本事業は、「水の安定供給がボゴタ市の経済・産業活動を下支えしている」といえる（本事業の想定受益者数はボゴタ首都圏人口約 700 万人）。

表 10 域内総生産額（単位：百万ペソ）

年	総生産額	年	総生産額
1992	60,757,528	1999	72,250,601
1993	64,226,882	2000	74,363,831
1994	67,532,862	2001	75,458,108
1995	71,046,217	2002	76,917,222
1996	72,506,824	2003	79,884,490
1997	74,994,021	2004	83,772,433
1998	75,421,325	2005	87,727,925

出典：コロンビア中央銀行統計データ

2.4.3 自然環境への影響、住民移転・用地取得

サン・ラファエル貯水池、ポンプ場、コントロールセンター建設による環境への重大な負のインパクトはない。また、ポンプ場施設からの騒音・振動も発生していない¹⁸。

なお、本事業では住民移転・用地取得等は発生しなかった。

2.5 持続性（レーティング：a）

2.5.1 実施機関

2.5.1.1 運営・維持管理の体制

実施機関（EAAB）は公共サービスを提供する組織としてはコロンビア最大規模の組織である。全職員数は2009年4月現在で1,971名である。事業実施前（1990年）の全職員数は3,150名であったが、事業開始後から現在までにより効率的な組織体制の確立を目的として早期退職制度の導入等による人員削減が行われた。

実施機関はボゴタ市長を総裁とした理事会により運営され、総裁により任命される業務管理部長が実施機関全体の運営・管理を統括している。現在、業務管理部長の下に8つの部（上下水道主管システム部、企画管理部、法務部、財務部、総務・人事部、顧客サービス部、技術部、環境部）がある。

以下に各アウトプットの運営・維持管理に係る体制を示す。

1) サン・ラファエル貯水池及びポンプ場施設の運営・維持管理体制

上下水道主管システム部の下部組織である給水課及びウイスネル浄水場のメンテナンスチームが運営・維持管理を担当している。担当職員数は12名である。ポンプ場は、技術的に高度または特殊なメンテナンスが必要と判断される場合に限り、外部委託（アウトソーシング）により維持管理されている。

2) 監視・制御システム（コントロールセンター）の運営・維持管理体制

技術部の下部組織である電機サービス課¹⁹が運営・維持管理を担当している。担当職員数は17名である。運営・維持管理業務は3交代制（24時間体制）で実施されている。

3) 維持補修用機材（車輛・重機等）の運営・維持管理体制

上記2)の電機サービス課が重機、企画管理部の下部組織である管理サービス課が車輛の運営・維持管理業務を担当しており、担当職員数は電機サービス課及び管理サービス課各3名である。なお、重機の維持管理は自社で行うものと外部委託（アウトソーシング）により行うものがある。通常の整備・補修は実施機関本部敷地内にある整備工房で行われ、大がかりな整備・補修が必要と判断される場合に限り外部委託（委託先は民間の整備会社

¹⁸ 地上1階・地下5階のドーム型構造のポンプ場施設では、ほとんど騒音・振動は発生しない。また、貯水池は豊かな溪谷に位置し、周辺には騒音の影響を受ける建物等はない。

¹⁹ 電子機材・装備等の維持管理を担当する部署である。

等)による維持管理が行われている。

以上により、実施機関の組織人員数及び維持管理体制に問題は見受けられず、本事業の運営・維持管理の体制に問題はないと判断できる。



図 18 ポンプ場施設（最深部）



図 19 実施機関本部敷地内の整備工房

2.5.1.2 運営・維持管理における技術

実施機関には、業務運営に係る各種研修プログラムが用意されている。2008 年には計 105 回の研修が開催され、一般職員 4,487 人、技術系職員 758 人²⁰が参加した。また、業務マニュアル等も各部署に整備されている。実施機関の運営・維持管理に係る技術レベルに問題はないと考えられる。

2.5.1.3 運営・維持管理における財務

実施機関が 1990 年代に水道料金の改定や組織改革等に取り組んだ結果、それ以後の財務状況は良好である。政府からの財政支援・補助金等もなく独立採算制を維持している。また近隣自治体にも水道事業を展開し収益を増やしている実績等により、最近の国内格付け機関（民間機関）の審査において高い格付け（2008 年：AA+, 2009 年：AAA）を得ている。

以下は実施機関の損益計算書であるが、ここ数年は増収・増益傾向にある。

表 11 実施機関の損益計算書（単位：百万ペソ）

	2004	2005	2006	2007
営業収入	892,892	969,885	987,447	1,103,731
営業費用	385,972	414,648	448,479	498,807
営業利益	506,920	555,237	538,968	604,924
税引前利益	135,800	191,925	190,171	269,886
当期純利益	120,440	154,566	184,587	155,069

出典：実施機関資料

²⁰ 人数はそれぞれ累計数である。

以下表 12～14 に各アウトプット（サン・ラファエル貯水池・ポンプ場、監視・制御システム、維持補修用機材）の維持管理費を示す。実施機関へのヒアリング及び実際の維持管理業務の所見を通して、現時点における各アウトプットの維持管理費は充分であることが確認できた。

年々維持管理費は増加しているが、その要因は主に国内消費者物価指数の上昇にともなうもの及び設備・機材の更新時期の到来等によるものである。また実施機関によると、2009年の監視・制御システムの維持管理費は、前年（2008年）比で5%増とのことであった。

表 12 サン・ラファエル貯水池及びポンプ場の維持管理費（単位：千ペソ）

年	維持管理費
2003	8,662,882
2004	9,433,425
2005	10,552,233
2006	10,449,680
2007	10,119,896
2008	12,132,649

出典：実施機関資料

表 13 2008 年の監視・制御システムの維持管理費²¹（単位：千ペソ）

項目	維持管理費
保険費	220,000
業務費	420,000
モニタリング・コントロール要員人件費	72,000
電子機器メンテナンス費	880,000
工事メンテナンス費	60,000
光熱費	84,000
電波費	600,000
管理費	584,000
合計	2,920,000

出典：事業完成報告書(PCR)

表 14 維持補修用機材（車輛・重機等）の維持管理費（単位：千ペソ）

年	維持管理費
2003	2,100,549
2004	2,216,079
2005	2,323,559
2006	2,435,089
2007	2,573,646

出典：実施機関資料

（参考：水道料金について）

²¹ 監視・制御システムは 2007 年に本格稼働したため、単年（2008 年）データのみ存在する。

水道料金は、以下表 15 のとおり市民の世帯収入の高低を算定基準に 1～6 までの階層 (Estrato)により定められている (Estrato 1 が最下層クラス)。また、固定料金に加え使用量に応じた料金システム (従量制) にて運用されている。

表 15 月額水道料金(2008 年末) (単位：ペソ)

利用者	固定料金*1)	従量制	
		20 m ³ 以下の 使用料金*2)	20 m ³ 以上の 使用料金*3)
階層 1	1,895	644	2,145
階層 2	3,790	1,287	2,145
階層 3	5,558	1,888	2,145
階層 4	6,316	2,145	2,145
階層 5	14,148	3,218	3,218
階層 6	17,306	3,433	3,433
政府機関	6,316	2,145	
産業	8,211	2,961	
商業	9,474	3,218	

出典：実施機関資料

注 1) 契約者の月額固定料金

注 2) 使用量 20 m³までの料金 (表内の金額は 1 m³あたりの料金)

注 3) 使用量 20 m³を超過する場合の料金 (表内の金額は 1 m³あたりの料金)

2.5.2 運営・維持管理状況

以下は本事業で整備された各アウトプットの運営・維持管理状況であるが、概ね良好な状況である。

1) サン・ラファエル貯水池及びポンプ場の運営・維持管理状況

当アウトプットの運営・維持管理状況に問題はない。維持管理マニュアル等は整備されており、必要なスペアパーツも確保・管理されている。維持管理実施報告書が毎月給水課に提出され、維持管理の状況がモニタリングされている。

2) 監視・制御システム (コントロールセンター) の運営・維持管理状況

必要なスペアパーツの確保・管理は徹底されており、維持管理マニュアル等も整備されている。コントロールセンターは政府から優良運営施設として表彰されている²²。なお、2009 年中には監視・制御システムの機器の一部更新 (最新機器・技術の導入) を行う予定である。

3) 維持補修用機材 (車輛・重機等) の運営・維持管理状況

運営・維持管理状況に特段問題はない。必要なスペアパーツは確保・管理され、車輛等のメンテナンスも適切に実施されている。本事業で供与された車輛等は 10 年以上経過した現在もほとんどが現役で実用されている。但し、現在その 60%は耐用年数が切れる時期を

²² ISO9001 も取得済である。

迎えており、一部更新が検討されている。

以上から判断するに、本事業は実施機関の能力及び維持管理体制ともに問題なく、高い持続性が見込まれる。



図 20 コントロールセンター内電算システム



図 21 ボゴタの子供達

3. 結論及び教訓・提言

3.1 結論

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

3.2 教訓

監視・制御システムの調達において、請負業者が詳細設計を実施するターンキー契約が導入され、契約形態の変更が行なわれたが、実施機関は調達方法・プロセスに不慣れであったため入札書類等の作成が遅れ、調達手続きにも大幅に時間を要した。JICA 中間監理調査ミッションが派遣され調達プロセス実施支援が行われたが、契約形態の変更段階で実施機関の調達能力についてはある程度予測できたと考えられる。また、本事業に関しては実施機関の体制強化を世界銀行が担っていたことから、融資機関間における効率的な連携及び調整が必要であったと思われる。援助実施機関は事業開始から完成まで実施機関ならびに、協調融資の場合は融資機関とも必要かつ効率的な調整を行うよう留意し、可能な限り早期に実施機関の調達実施体制・能力の確認と適切な取組を検討・実施すべきであると考えられる。

3.3 提言

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	1. サン・ラファエル貯水池、ポンプ場建設 1) 貯水容量 7,500 万 m³ 2) 揚水ポンプ場：揚水能力は 12 m³/秒 (4 m³/秒×3 基) 3) 貯水池とウイスネル浄水場間の導水路 (口径 2.5 m、距離 740m) 2. 監視・制御システム整備 (コントロールセンター) 1) コントロールセンター1ヶ所 2) 情報処理機材一式 (コンピュータ機器、発電機等) 3) リモートターミナル (小型無線通信施設) 54局 3. 維持補修用機材 (上下水道維持管理用パトロール・輸送用車輛、清掃・補修用重機) 整備 1) 新規調達 332 台 2) 修繕28台 (計360台) 4. コンサルティング・サービス (計画 M/M 数は不明)	1. ほぼ計画通り 2) ポンプ揚水能力は 16 m³/秒 (4 m³/秒×4基) 2. ほぼ計画通り 3) 実施機関の自己資金によりリモートターミナル局を増設 (53局追加し計107局) 3. ほぼ計画通り 1) 新規に車輛240台、重機101台を調達 (計341台) 4. 実施機関の自己資金で実施 (計66M/M)
②期間	1991 年 12 月～1996 年 3 月 (4 年 4 ヶ月)	1991年12月～2007年4月 (15年5ヶ月)
③事業費		
外貨	5,863百万円	4,553百万円
内貨	5,227百万円 (2,068百万ペソ)	5,663百万円 (393百万ペソ)
合計	11,090百万円	10,216百万円
うち円借款分	8,375百万円	6,374百万円
換算レート	1 ペソ=0.3956円 (1991年2月現在)	1 ペソ=0.0694円 (事業実施期間中加重平均)