

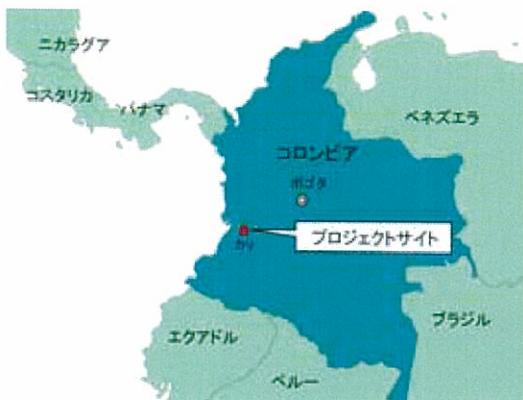
## 【円借款事後モニタリング報告書】

### コロンビア「アグアプランカ上下水道整備事業」

外部評価者：ペガサスエンジニアリング（株）

石井公一

#### 1. 案件の概要



事業地域の位置図



下水処理場全景

##### 1.1 事業目的

カリ市に上下水道施設を整備することにより、飲料水の供給および生活・産業排水の処理を図り、もって同市住民の生活・衛生環境の改善およびカウカ川の汚濁防止に寄与する。

##### 1.2 事業概要

円借款承諾額／実行額	18,285 百万円 ／ 18,285 百万円
円借款契約調印/貸付完了	1986 年 5 月/2002 年 5 月
事後評価実施	2004 年度
実施機関	カリ市事業公社 (EMCALI)
本体契約	Construcciones Civiles S.A. conciviles (コロンビア)・Constructra Norberto (コロンビア)・Degremont Colombia S.A. (コロンビア)・Degremont Argentina S.A. (アルゼンチン)・三菱商事 (日本) 等
コンサルタント契約	日水コン(日本)・東京設計事務所(日本)・Gandini and Orozco Engineers (コロンビア)・Ingesam LTDA (コロンビア) / Inesco LTDA (コロンビア)

### 1.3 事後モニタリングの対象となった背景・理由

本事業の審査当時(1984年)は、カリ市東南部に位置するアグアプランカ地区はカリ市の人口増大に伴い低所得労働者層の人口流入が急増しており、公共サービスの整備は急増する人口に追いつかず、大きく立ち後れた状態であった。上下水道サービスについていえば、同地区の約7割がアクセスを有していなかった。また同地区はカウカ川に沿った低地であるため、雨期には、汚水が路上に溢れるなど劣悪な衛生状態に置かれていた。よって、本事業により同市において上下水道の整備が実施された。

しかしながら、事後評価時には、下水道事業については住民の多くが雨水管に生活排水を排水していること、および污水管にゴミがたまり汚水が溢れ出ていることにより、日平均汚水処理量の計画値が達成されていなかった。また、カウカ川の水質は日本の河川水質基準からみると改善の余地があった。さらに、実施機関であるカリ市事業公社（以下、EMCALIという）の技術面は、下水道事業ではマニュアルの適用等、改善の余地があった。よって、雨水管への違法接続にかかる取り締まり強化、ゴミ収集システムの改善や啓蒙活動、および下水施設の運営・管理能力の強化につき、提言された。

したがって、有効性および持続性に課題があったことから本事業を事後モニタリングの対象とし、今次現地調査等の結果に基づき事業を評価項目別にレビューし、結論を導き出した。

## 2. 調査の概要

### 2.1 調査期間

今回の事後モニタリングは、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2011年3月～2012年1月

現地調査：2011年6月12日～6月22日

### 2.2 評価の制約

事後モニタリングでは受益者調査を行わなかったため、無作為抽出による対象地域住民数人への聞き取りにより、インパクトの一部を確認した。

## 3. モニタリング結果

### 3.1 有効性

#### 3.1.1 定量的効果（上水道）

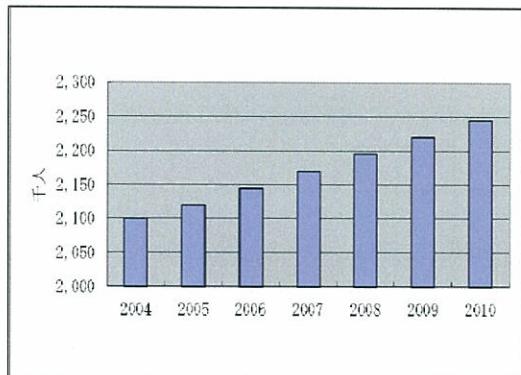
事後評価時以降は運用効果指標が計画値に近く発現している。特に、浄水場の施設利用率は大幅に改善された。

##### (1) 運用効果指標

カリ市の飲料水供給状況を指標の推移で追うと、下記のようになる。

表1 カリ市の飲料水供給状況

指標名(単位)	計画値		実績値		
	1990	1997	2000	事後評価時 (2004)	2010
給水人口(人)	約 155 万	約 200 万	-	約 220 万	約 224 万
水道普及率(%)	92	100	98	96	100
市内日平均給水量(m <sup>3</sup> /日)	600,000	568,011	545,083	612,350	634,962
一人当たり給水量(l/日)	-	285	-	279	283
浄水場設備能力(m <sup>3</sup> /日)	-	57 万	-	57 万	78 万
浄水場施設利用率(%)	-	71	-	57	78
無収率(%)	30	30	-	39	47



出所：カリ市事業公社（EMCALI）からの回答書を基に評価者作成

カリ市の水道普及率は、本事後評価を行った2004年は96%であったが、モニタリング時（2010年）には100%となっている。これは、EMCALIの説明によると貧困地区の接続数が増加した結果である。同様の理由で、カリ市の給水人口は155万人が計画されていたが、2010年には224万人に達した。

また、カリ市の日平均給水量については、60万m<sup>3</sup>/日が計画されていたが、2010年は63万4,962m<sup>3</sup>/日である。日平均給水量については、年により大きなばらつきが見られるが、工事開始時の1986年から2010年までの24年間で約21%の伸びがみられる。これは、下記に示すように施設利用率が高まったことによる。

一方で、1人あたりの給水量は1987年に356l/日であったところ、1997年に285l/日、2004年には279l/日、2010年に283l/日となった。これは、①水道料金の値上げ、②カリ市経済の低迷、および③実施機関による節水の啓蒙活動の成果等であると事後評価では記している。

プエルト・マジャリノ浄水場は事業実施前の設備能力が28万5,000m<sup>3</sup>/日で、施設利用率はほぼ100%とフル稼働であったが、事業実施後は設備能力が57万m<sup>3</sup>/日へと2

倍に拡張されたことにより施設利用率は 2004 年で 57% にとどまっていた。近年では給水人口が増加したことにより 2010 年には 78% に高まった。

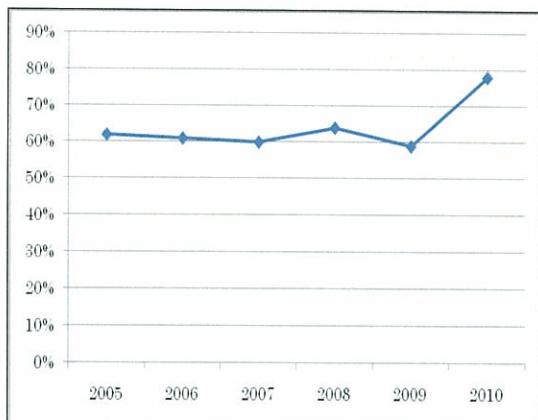


図 3 プエルト・マジヤリ浄水場の施設利用率

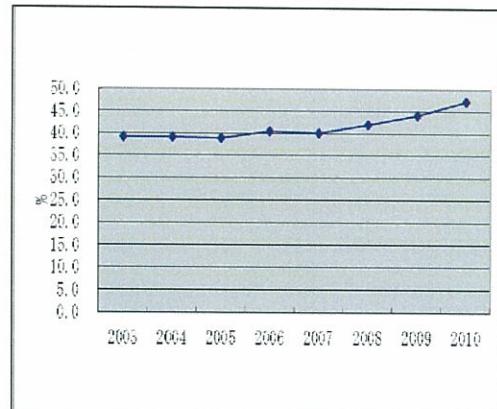


図 4 無収率の推移

出所：カリ市事業公社（EMCALI）からの回答書を基に評価者作成

無収率については、1997 年（実際の工事完了時）の実績値は 30% で、計画値の 30% を達成している。しかし、以後は年々悪化し 2004 年には 39%、2010 年には 47% となった。その要因としては、EMCALI の財政状況の悪化により既存の老朽化した水道管網や水道メーターの保守が困難となつたため起こっている漏水、不法接続等の増加が考えられる。このような無収率の状況に対して、事業実施者である EMCALI は、導管・水道メーターの更新・設置、プログラム管理、不法接続の摘発（対象地域は太平洋地域からの移民が多い）、水圧を低下させる漏水対策、水道管の更新管理の民間委託、地域推進団体の結成、2 ヶ月を超える不払い家屋への断管、強制徴収ほかの対策を講じている。最終的には、当初計画された無収率 30% を目指している。

一方、水道料金徴収システムの動向として、強制徴収や水道メーターの設置（212,238 個、2010 年）更新数が増加し、徴収額は増加している。

表 2 水道料金徴収額の推移

単位：百万ペソ

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
徴収額	114,391	113,611	128,010	186,477	207,798	220,763	203,130

出所：カリ市事業公社（EMCALI）からの回答書

## (2) 上水部分の財務的内部收益率（FIRR）の再計算

審査時における上水部分の財務的内部收益率（FIRR）は、建設費および維持管理費を費用、本事業による上水道収入を便益、プロジェクト・ライフは 45 年として計算され、16.4% であった。事後評価時点において同様の条件にて再計算したところ、19.3% と算出された。また本モニタリング時においても同様の条件で再計算したところ、

18.3%となった。

事後評価時の値を事後モニタリング時において下回った理由は、無収率が39%(2004年)から47%(2010年)へと上昇したことで便益が減少したためである。

### 3.1.2 下水道

事後評価時以降は有効性が計画に近く発現している。下水道の処理量が計画値に達している。ただし、本事業で排出基準に沿って建設された下水処理場では排出基準値を満たしていない。

#### (1) 運用効果指標

事後評価時に指摘された下水処理量が増加するなど、事後評価時以降の下水関連施設の有効利用は高まっている。

また、カウカ川の汚濁防止のため、住民による雨水管への違法接続に対する取り締まりの強化について、その接続数が減少していることから、カリ市の対応が効を奏した、と言える。

表3 違法接続数

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
違法接続数	232	195	158	133	118	97	77

表4 下水処理施設の運転状況

指標名(単位)	実績値			
	1997	2000	2005	2010
日平均処理量(m <sup>3</sup> /日)	228,960	228,960	198,720(04)	475,200
処理場施設利用率 (%)	35	35(03)	31(04)	67
BOD <sup>1</sup> 流入 (mg/l)	-	211(03)	198(04/1)	178
BOD 放流 (mg/l)	-	150	133(04/1)	104
BOD 除去 (%)	-	-	30	41
TSS <sup>2</sup> 流入 (mg/l)	-	-	171	171
TSS 放流 (mg/l)	-	-	72	58
TSS 除去 (%)	-	-	58	66

出所：カリ市事業公社（EMCALI）からの回答書

注：括弧内の数字は年月を示す。

<sup>1</sup> 生物化学的酸素要求量 (Biochemical Oxygen Demand: BOD)。河川水等の有機物による汚濁の程度を示す指標で、水中に含まれている有機物質が一定時間、一定温度のもとで微生物によって酸化分解されるときに消費される酸素の量。数値が高いほど有機物の量が多く、汚れが大きい。

<sup>2</sup> 浮遊物質量 (Total Suspended Solids: TSS)。水中に浮遊している物質の量を示し、定量の水をろ紙でこし、乾燥させてその重量を測ることから算出されており、数値が高いほど汚れが大きい。

汚水管へのごみ投棄を抑制するためのゴミ収集システムの改善は、日平均汚水処理量（47万5,200 m<sup>3</sup>/日）及び施設利用率(67%)を高めた要因となっている。

1985年のカリ市下水管網は同市の人口の約70%をカバーしていた。下水管網の整備はその後も順調に進められ2004年には下水管へ繋がった人口の割合は97%にまで達し、2010年には100%となった。

日平均汚水処理量については、計画の47万5,200 m<sup>3</sup>/日に対して、2003年が22万8,960 m<sup>3</sup>/日、2004年が19万8,720 m<sup>3</sup>/日、2010年が47万5,200 m<sup>3</sup>/日の実績であり、それぞれ48%、42%および100%の達成度であった。施設利用率については2003年が35%、2004年が31%、2010年が67%であった。

日平均汚水処理量および施設利用率の実績が回復した理由は、EMCALIによると、住民の多くが生活排水を汚水管ではなく雨水管に違法接続していたのが減り、また、住民によるゴミ投棄のために汚水管が詰まって汚水管から汚水が溢れ雨水管へと浸入していたことが改善されたからである。

また、処理水の放流時BOD濃度については、流入する汚水のBOD濃度が計画値よりも高いため計画値を達成していないものの、BOD濃度の削減幅は計画値を上回る74mg/l（2010年）を達成している。これは、処理施設が適切に稼働していることを示す。

排出基準を勘案して建設を行っているものの、同様の理由で、TSSの放流時濃度も流入時の濃度が高いため、計画値を達成するには至っていないが、2010年の削減幅は計画値を上回る113mg/lであった。

しかし、カウカ川の環境行政を担当するカウカ川地域開発公社（CVC）は、本下水処理場に対して達成すべき排出基準値としてBODおよびTSSの除去率をそれぞれ50%と規定しているが、この目標値(BOD)については達成されていない。

表5 下水処理場のBODおよびTSS濃度

項目	計画値(審査時)		2003年		2004年		2010年	
	BOD	TSS	BOD	TSS	BOD	TSS	BOD	TSS
流入(mg/l)	121	130	211	176	198	171	178	171
放流(mg/l)	79	52	150	84	133	72	104	58
除去率(%)	35	60	29	52	30	58	41	66

出所：カリ市事業公社（EMCALI）

注1)：BODおよびTSSの流入・流出については年平均値。

## (2) 下水部分の財務的内部収益率（FIRR）の再計算

審査時における下水部分の財務的内部収益率（FIRR）は、建設費および維持管理費を費用、本事業による下水道収入を便益、プロジェクト・ライフは45年として計算され、計算値はマイナスであった。

事後評価時において同様の条件にて再計算したところ、7.3%と算出された。本モニタリング時では11.8%であった。

事後評価時の計画値を上回った理由は、下水道料金を 754 ペソ/ $m^3$ (2004 年)から 1437 ペソ/ $m^3$ (2010 年)とした値上げによる便益の増加によるものである。

以上のように、事後評価時以降は上下水道ともに主たる運用効果指標値が上昇しており、有効性が高くなっている。

### 3.1.2 定性的効果

#### (1) 上水道

EMCALI からの聞き取りでは、EMCALI による住民への啓蒙活動（水の再利用、雨水利用、節水機器の設置）の結果、節水に係る住民の意識が向上した。

また、無作為抽出で行った貧困層住民数家族への聞き取りによると、節水に係る住民意識が高まり雨水を利用するなど高額な水道料金を節約する家庭がみられる。

#### (2) 下水道

本事業により、雨期（3～5 月、9～11 月）に汚水が路上に溢れるなど劣悪な衛生状態が改善された。

また、市当局は污水管へのごみ投棄を抑制するためゴミ収集システムを改善しようと、2008 年から民間業者（EMAS S.A.ほか）への委託が始まった。これらの民間業者により住民組合を通じた住民への啓蒙活動も実施された。このゴミ収集システムに関し、民間が実施した顧客満足度調査では、最高点 5.0 に対し 4.1 と好評であった。

## 3.2 インパクト

### 3.2.1 住民の生活・衛生環境の改善

対象地域住民への聞き取り<sup>3</sup>によると、住民の生活・衛生環境は、水汲み時間の短縮、水系疾病の減少などから事業実施前と比べ、改善された。

また、カリ市保健局のデータに依ると、事後評価時以降も水系疾病を原因とする死亡率（1 歳及び 5 歳未満幼児死亡率）の減少が続いている。

下痢等の水系疾病を原因とするカリ市の 1 歳未満乳児死亡率は出生 1,000 あたり 5 人（1986 年）から 0.3 人（2003 年）、0.2 人（2010 年）へと改善し、同様に 5 歳未満幼児死亡率も同期間に出生 1,000 あたり 1.5 人（1986）から 0.07 人（2003）、0.05 人（2010）へと改善している。カリ市保健局によると、上記改善は本事業による貢献と考えられるとのことである。

---

<sup>3</sup>無作為に抽出した対象地域住民の数人へインタビューを行った。対象地域は治安が悪く、対象人数に限界があった。

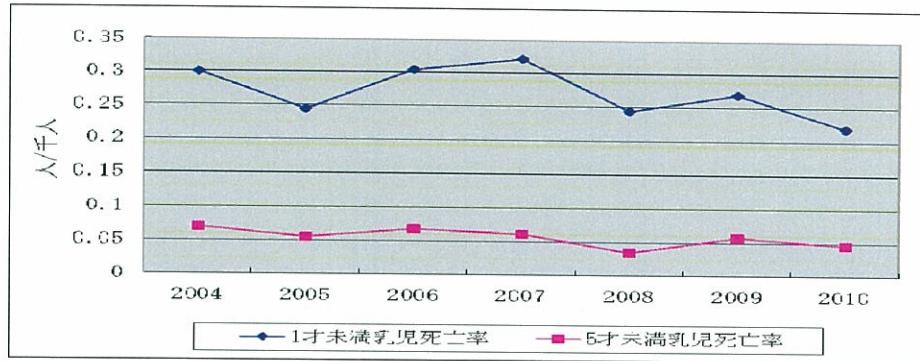


図5 水系疾病を主な原因とする死亡率（カリ市内）

出所：カリ市保健局

### 3.2.2 カウカ川の汚濁防止

2002～2010年までのカウカ川の水質データを示したものが表6である。

表6 カウカ川の水質

項目	カウカ川の水質				カウカ川地域開発公社の河川水質基準 2006年法律番号 0686
	2002年	2003年	2004年	2010年	
pH	7.10	6.97	6.66	7.01	5.0以上 9.0以下
BOD(mg/l)	8.80	4.23	3.33	3.32	3.5 mg/l 以下
TSS(mg/l)	172.0	84.0	115.7	59.0	30mg/l 以下
DO <sup>4</sup> (mg/l)	0.60	2.17	2.14	1.45	1.2mg/l 以上

出所：カウカ川地域開発公社（CVC）

注1)：観測地点は下水処理場から49km 下流地点。上記データは各年の平均値ではなく、スポット値。

カウカ川の水質は、カウカ川地域開発公社(CVC)が定める河川水質基準に達していないこともあり、依然として汚染されている。主な原因はカリ市近郊部を流れる汚染度の高い Jamundi, Candelaria, Yumbo 川等との合流や工業・農業地帯から排出される汚染水ともされている。

CVC が定める基準値（下水処理場の放流基準値として、BOD 及び TSS の除去率が 50%以上であること）を満たすため、EMCALI は 2 次処理施設の設置を検討している。その施設は国との協定 CONPES 第 3624 号に基づき 2016 年までに完成を予定し、事業費 110 百万米ドルは現行の国への返済金を充てる予定である。基本設計は予算額 1.8 百万ドルを計上し、民間会社への設計業務の委託発注を 2012/13 年に計画している。

### 3.2.3 住民移転・用地取得

米州開発銀行（以下、IDB という）計画分の洪水対策用遊水池は、遊水池の浚渫によ

<sup>4</sup> 溶存酸素量 (Dissolved Oxygen: DO)。水質の指標の一つであり、水中に溶存する酸素の量。数値が低いほど水質が悪い。

り発生する土砂の処分にかかる環境規制の問題および遊水池周辺の違法占拠住民の移転問題の解決が困難になったためリハビリを中断していた。

このCharco AzulとPondajeの住民移転の問題は市当局により解決されていないが、Charco Azul遊水地は2010年に完成する予定であり、現在、80-90%ほど建設が進捗している。もう一つのPondaje遊水地の建設については資金手当てを講じている。これらの施設が完成すれば、貯水量80万m<sup>3</sup>の容量を確保することになり、雨期に平均年3回、15時間程度発生するアグアプランカ地域への浸水被害が軽減される。

### 3.2.4 その他のインパクト

その他、事後評価で提言された住民への啓蒙活動によるインパクトとして、雨水管への違法接続が減少した。

## 3.3 持続性

### 3.3.1 運営・維持管理の体制

実施機関であるEMCALIは、カリ市およびその近郊都市における上下水道、エネルギー、電話サービスにかかる諸設備の建設、運営・維持管理を行う独立公営企業体である。本事業施設の維持管理については、上下水道事業計画局の上水道施設部（564人）および下水道施設部（253人）が担当しており、事後評価以降の維持管理部門の体制及び人員に過不足はなく、問題は見られない。

カウカ川の水位モニタリングについては、SCADA（監視制御システム）が導入され、統合的な洪水対策が可能となった。

また、水道管の定期更新や修理を外部委託（Litofan S.A.）したことにより、水道管の在庫を保有する必要性がなくなった。下水処理場の職員の一部は民間派遣会社EAT（Empresa Asociativa de Trabajo）からの人材で構成される。

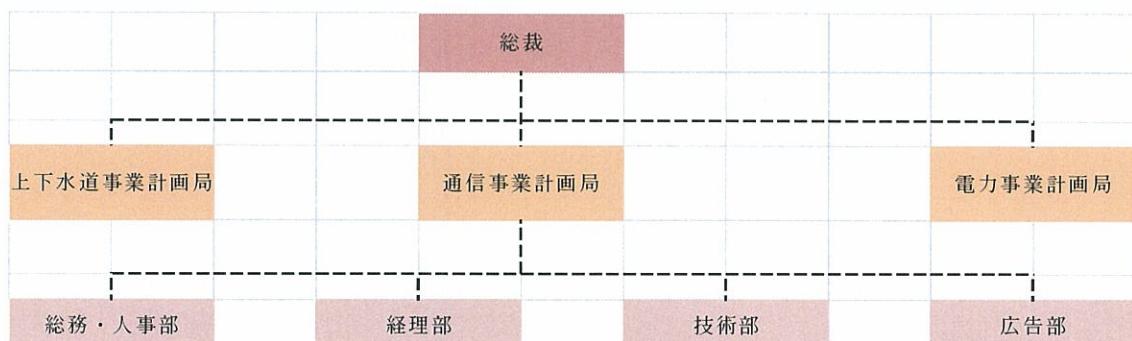


図6 EMCALI組織図

出所：カリ市事業公社（EMCALI）ウェブサイト

### 3.3.2 運営・維持管理の技術

EMCALI職員によると、円借款融資施設はIDB融資施設と比較して、操作性や耐久性に優れているため、維持管理が容易とされている。

下水処理場の維持管理技術の中で、特に、水質研究所の設備機器とモニター技術はカウカ川地域開発公社(CVC)と同等な国際基準と自負している。

資格制度、教育制度、マニュアルの整備・普及状況は十分であり、職員研修には、機器納入業者やドイツ等からの技術支援がなされている。計画に近い下水処理量に現在は達していることで、事後評価時に技術面で課題とされていたスクリューポンプ、沈砂池、汚泥濃縮槽等の機能につき、現在では問題がないと判断される。

さらには、労働組合との協定に基づく研修制度の実施、数年毎の昇格制度や ISO9001 の取得（2010 年）など、資格制度等を通して上下水道に関連した機器操作を含めた維持管理技術の向上が見られる。



写真1 下水処理場の水質モニタリング機器



写真2 上水場ポンプ (円借款供与分)

### 3.3.3 運営・維持管理の財務

EMCALI の財務状況が悪化したことにより 2000 年 4 月から EMCALI の経営・監督権がカリ市よりコロンビア中央政府へ移行され、現在、コロンビア中央政府の主導で経営の再建が進められている。

事業 4 部門のなかで通信部門だけが不調であるが、上下水道及び電力部門は利益を計上している。従い、EMCALI は全部門のリストラを計画し財務状況の改善を進めている。上水道・下水道単体の財務データはない。また、EMCALI は民間銀行及び国際協力機構（JICA）への借入金返済を優先している。

自己資本比率は 2002 年の 47% から 2004 年の 39% へと減少しているが、2010 年には 47% と回復し、収益性も改善している。

表7 カリ市事業公社（EMCALI）の主要財務データ

単位：千ペソ

項目	2008 年	2009 年	2010 年
総資産	5,039,376,244	5,168,336,286	5,139,993,830
流動資産	786,084,415	801,046,146	782,562,323
流動負債	436,359,732	453,676,001	446,071,805
資本	2,371,268,985	2,461,168,863	2,405,012,509
売上高	1,339,718,467	1,409,920,382	1,413,325,194
純利益	△37,425,081*	74,857,197	47,828,673

総資本純利益率 (%)	-	0.30	0.19
売上高純利益率 (%)	-	5.31	3.38
総資本回転率	0.56	0.57	0.59
流動比率 (%)	180.28	176.82	175.34
自己資本比率 (%)	47.05	47.62	46.80

出所：カリ市事業公社（EMCALI）

注\*)2008年には大規模設備投資を行った。

また、下記表8は下水処理場の維持管理費を示すが、EMCALIは適切な維持管理に必要な最低限の設備更新や修理費を捻出している。

表8 維持管理費の推移

単位：百万ペソ

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
維持管理費	10,908	10,908	11,374	13,048	13,703	15,946	8,488	11,135

出所：カリ市事業公社（EMCALI）

### 3.3.4 運営・維持管理の状況

EMCALIは資格・教育制度の充実により、下水道施設の運営・管理能力の強化に取り組んでいる。

下水処理場と下水管網の施設の状況を直接観察したところ、それらの修理、更新、追加設備の設置が適切になされていた。ただし、貧困者層が居住する地域に接するアグアプランカ・ポンプ場の制御装置は維持管理が十分でなく、その吸水量は能力 176 千m<sup>3</sup>/日に対し 30%程度しか稼動していない。そのため、2012年までに更新の予定である。

カリ市は、住民による雨水管への違法接続に対する取り締まり強化を継続している。また、民間業者 EMAS ほか 4 社によるゴミ収集システムの改善が進んでいる。

下水処理場及び下水管網の維持管理の現況を目視観察したところ、上述のポンプ場を除き、適切に管理されている。雨水管への違法接続の減少やゴミ収集に係る住民への啓蒙活動の実施が、処理場施設利用率や下水処理量の増加に繋がったと思われる。

以上のように、EMCALIの技術面は、上水道事業及び下水道事業ともマニュアルの適用等で改善されている。また、体制および財務面ではコロンビア中央政府の主導で経営再建が進められ、上下水道分野の業績は好転している。また、雨水管への違法接続にかかる取り締まりが強化され、ゴミ収集システムの改善や啓蒙活動および下水施設の運営・管理能力の強化が進むなど、事後評価時の指摘事項が改善されていることが本事後モニタリングにおいて実行されていることが確認された。

## 4. 結論及び教訓・提言

### 4.1 結論

事後評価で提言された雨水管への違法接続の減少、及び、ゴミ収集に係る住民への啓蒙活動の実施が進められた。また、民間業者に委託したゴミ収集システムの改善により、カウカ川への不法投棄が減少した。実施機関及び関連機関によるこれらの活動が下水処理量の増加に繋がった。

また、下水道施設の運営維持管理能力の強化により、一部のポンプ場を除いて、適切に運転、更新、修理がなされていることが本事後モニタリングで確認された。

### 4.2 提言

年々悪化する無収率に対して、事業実施者である EMCALI は、さまざまな対策を講じているが結果が出ていない。当初計画された無収率 30%を目指し、これまでの対策の効果を検証し、見直しが必要であろう。

### 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 <u>上水道</u> （円借款融資対象部分は (a)(b)(d)) (a) アート・マジック/浄水場の拡張 (b) 東部送水管 (c) 配水池 (d) 配水管 <u>下水道</u> （円借款融資対象部分は (i)(j)) (e) 雨水排水路 (f) 遊水池（雨水排水用） (g) 雨水排水ポンプ場 (h) 汚水管 (i) フィーランカ・ボンカ場 （汚水用） (j) 下水処理場 ※(c)(d)(e)(f)(h)は米州開発銀行 （IDB）融資対象部分、(a)(d)(g) は伊輸出入銀行融資対象部分	28万5,120m <sup>3</sup> /日 11km 1万6,000m <sup>3</sup> 36km	計画通り 計画通り 3万 m <sup>3</sup> 168km
②期間	1986年5月～1992年5月 (73カ月)	1986年5月～2002年12月 (200カ月)
③事業費（円借款部分のみ） 外貨 内貨 合計 換算レート	128億円 54億8,500万円 182億8,500万円 1コロンビアペソ=2.3円 (1985年1月現在)	136億9,300万円 45億9,200万円 182億8,500万円 1コロンビアペソ=0.15円 (1987年～2002年の単純平均)