

## 序文

政府開発援助においては、1975年以來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、主に2007年度に終了した円借款事業の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。

2009年11月  
独立行政法人 国際協力機構  
理事 黒田 篤郎

## 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。

なお、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。

# 円借款事業事後評価報告書

ブラジル

## チエテ川流域環境改善事業

評価者：オフィスみかげ合同会社

稲澤 健一

調査期間：2009年4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



河川改修後のチエテ川

#### 1.1 背景：

ブラジル南東部に位置するサンパウロ都市圏<sup>1</sup>は、人口約 2,000 万人を抱えるサンパウロ州の経済・産業の中心地である。本事業実施前には、同都市圏の中心を貫流しているチエテ川では毎年洪水が発生し河川沿いの国道が遮断、居住・商業地域においては人的・経済的被害が際立っていた。その支流のカブス・デ・シマ川においても豪雨時の洪水被害が大きく、両河川の洪水防止事業の必要性が高まっていた。同時に、同都市圏では人口の集中・産業の発達に伴い、新たに水源を確保し上水供給の安定化を進める必要性も高まっていた。

#### 1.2 目的：

サンパウロ都市圏を貫流するチエテ川、その支流のカブス・デ・シマ川において河川改修及びチエテ川上流域にダムの建設等を行うことにより、洪水防止による被害の減少及び安定した水供給を図り、もって同都市圏の生活環境の改善及び地域経済の成長に寄与する。

#### 1.3 借入人／実施機関：

サンパウロ州水・エネルギー公団（Departamento De Águas E Energia Elétrica : DAEE）（サンパウロ州政府保証）／サンパウロ州水・エネルギー公団（DAEE）

<sup>1</sup> 標高 715～900m の台地に位置し、年間平均気温は約 20℃、年間降水量は 1,400～1,500mm である。雨期と乾期に分れており、降水量の約半分は雨期（例年 12 月～3 月）に集中している。

#### 1.4 借入契約概要 :

円借入承諾額／実行額	494 億 2700 万円／493 億 8600 万円
交換公文締結／借入契約調印	1993 年 3 月／1995 年 7 月
借入契約条件	金利 5.0% (コンサルタント部分は 3.25%)、返済 25 年 (うち据置 7 年)、一般アンタイド
貸付完了	2006 年 7 月
本体契約 (10 億円以上のみ記載)	Camargo Correa ・ Constran S/A(JV) / Carioca Christiani-Nielsen Engenharia S/A / Constran S/A Construcoes E Comercio / Construcoes E Comercio Camargo Correa S.A. ・ Enterpa Engenharia Ltda. ・ Serveng-Civilsan S.A. Empresas Associadas De Engenharia(JV)/Constructora Andrade Gutierrez S.A. ・ Companhia Brasileira De Projetos E Obras (JV) / Constructora Andrade Gutierrez S.A. ・ Mape S/A-Construcoes E Comercio (JV) / Construtora Oas Ltda. ・ Carioca Chistian-Nielsen Engenharia S/A ・ Mendes Junior Trading E Engenharia S.A. (JV)/Construtora Oas Ltda. ・ Enterpa Engenharia Ltda.(JV) / Construtora Queiroz Galvao S.A. ・ CBPO Engenharia Ltda. ・ Construcap Ccps-Engenharia E Comercio S.A. (JV) / Primav Construcoes E Comercio/Construtora Triunfo S/A *すべてブラジル企業
コンサルタント契約 (1 億円以上のみ記載)	Enger Engenharia S/C Ltda. ・ Promon Engenharia Ltda. ・ 中央開発(株)(JV)/Enger Engenharia S/C Ltda. ・ 中央開発(株)(JV)/Maubertec-Engenharia E Projetos Ltda./Projectus Consultoria S.A. ・ Bureau De Projetos E Consultoria Ltda.(JV) / Themag Engenharia E Gerenciamento Ltda. ・ Vetec Engenharia S/C Ltda.(JV) * 本邦企業以外はすべてブラジル企業
事業化調査 (ファイジビリティ・スタディ : F/S)等	(1992 年) フェーズ 1 F/S : サンパウロ州エネルギー・衛生局 (1998 年) フェーズ 2 F/S : DAEE

## 2. 評価結果 (総合レーティング : B)

### 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

ブラジル連邦政府は 1991 年より約 5 年かけて水資源関連政策の枠組みである国家水資源管理システム (SINGREH) を策定した。その中で環境問題に係る法整備の必要性や水資源の重要性等を謳っていた。一方、サンパウロ州政府は 1968 年に水の安定供給や洪水制御等を目的とした多目的水資源開発計画「HIBRACE 計画」を策定した。1990 年には、サンパウ

ロ州の水資源政策及び水資源管理の実施に関する「水資源州計画」が策定され、都市圏の人口増や産業開発に伴う水源の確保・水利用に関連する施策、治水施策等が重要視されていた。

サンパウロ都市圏を貫流するチエテ川及びその支流であるカブス・デ・シマ川では、河川の流下能力が低いため豪雨時には洪水被害が発生（年平均2～3度）していた。1990年代には都市化が急速に進行し、商業・道路舗装エリアが拡張して雨水が地面に浸透しなくなることも要因となって洪水被害が拡大していた。また同都市圏の東部に位置するチエテ川上流域では、水源の確保及び洪水調整を目的として既に3ヶ所の水量調整ダムが建設（1972～1989年）されていたが、人口増・都市化が進む中で安定的な上水供給及び洪水制御事業がさらに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

ブラジル連邦政府は、前出の国家水資源管理システム（SINGREH）を発展させる形で国家水資源計画（PNRH）を2006年に策定し、2020年までの環境問題・水資源管理に係る計画を定めている。サンパウロ州では、2004年に将来の水需要を見据えた「サンパウロ都市圏水供給マスタープラン（PDAA2004）」が策定され、2008年には当マスタープランを更新する形で、「サンパウロ都市圏水プログラム（PMA2008-2014）」が策定されている。また2008年末には「チエテ上流域総合排水マスタープラン」が策定され、今後10年間の治水施策の指針・計画を定めている。人口の集中・産業の発達に伴うサンパウロ都市圏の洪水制御・上水供給に関連する施策が引き続き重要視されている。

本事業による河川改修の結果、チエテ川及びカブス・デ・シマ川からの洪水被害は皆無となった。またチエテ川上流域において、既存の3つのダムに加えて本事業にて新規に建設された2つのダムは、洪水調整機能及び上水供給の安定化<sup>2</sup>に貢献している。その一方、サンパウロ都市圏のチエテ川の支流河川（本事業対象外）では豪雨時に洪水が一部発生している地域がある。サンパウロ州政府及びその実施主体であるサンパウロ州水・エネルギー公団（DAEE）は、上述のマスタープランに基づいて支流河川沿いに雨水流出抑制施設（調整池）の建設を進め洪水被害の防止・軽減を図り、引き続き洪水対策事業を展開している。また、人口増<sup>3</sup>・都市化の進展により同都市圏の水需要は今後増大<sup>4</sup>していくと予想されており、さらなる水源の確保が必要と認識されている。

以上のとおり、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

<sup>2</sup> 詳細は有効性 2.3.1.4 にて後述

<sup>3</sup> 年平均人口増加率（2000-2015年）は1.03%と予測されている（国連「World Urbanization Prospects: The 2003 Revision」のデータ）

<sup>4</sup> 同マスタープランによると、年ベースで日平均給水量が4.32万m<sup>3</sup>前後上昇と予測されている。

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

事業実施中の2000年6月に、事業スコープが変更され<sup>5</sup>、新たな河川改修対象区間が事業計画に盛り込まれた。当初計画の事業をフェーズ1、事業スコープ変更後の追加事業をフェーズ2とする。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。

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（審査時）	実績（事後評価時）
<b>フェーズ1</b>		
1. チエテ川河川改修（フェーズ1）	(a) 対象区間：エルガード・デ・ソウサダム～コファダム（ピニェイロス川合流地点）16.5km (b) 治水安全度：1/100 洪水確率 (c) 計画横断形：計画河床幅 60-100m（原則として2割勾配の単断面形）	⇒ほぼ計画通り (a)及び(b)は計画通り (c) 計画横断形：河床幅 54-61m（加えて、ブラジル側の自己資金で両岸の人の往来を円滑にするためのアーチ式人道橋（歩道橋）を1ヶ所建設）
2. カブス・デ・シマ川河川改修	(a) 対象区間：カブス・デ・シマ川のチエテ川合流地点～トレス・クルゼス橋 10.5km (b) 治水安全度：1/100 洪水確率 (c) 計画横断形：計画河床幅 側面2割勾配の単断面形 10-20m、短形の単断面形 15-30m	⇒ほぼ計画通り (a) 対象区間：10.3km (b) 計画通り (c) 計画通り（但し側面2割勾配単断面形の箇所は増加）（加えて、ブラジル側自己資金で対象区間にある橋の改修を7ヶ所実施）

<sup>5</sup> 事業実施期間及び事業費も変更となった。フェーズ2の事業費は、フェーズ1実施中に余剰資金が生じたため、その未使用残を充てた。（※余剰資金は、1）フェーズ1のチエテ川上流域連絡水路建設をサンパウロ州政府が自己資金（州政府資金）で実施（約120億円）、2）フェーズ1審査時にハイパー・インフレ（当時年間1,000%を超えるインフレ率）を見込んで割高のアウトプット単価を設定（約130億円）していたため発生した）

3. チエテ川上流水量調整システムの建設	(a) ビリチバダム・パライチンガダムの建設 計画と実績の対比は以下の通り⇒一部設計変更			
	項目		ビリチバダム	パライチンガダム
	ダム堤頂長	計画	520m	415m
		実績	535m	425m
	ダム高	計画	27m	31m
		実績	26m	28m
	有効貯水量	計画	50.0 百万 m <sup>3</sup>	78.0 百万 m <sup>3</sup>
		実績	34.4 百万 m <sup>3</sup>	35.0 百万 m <sup>3</sup>
	設計洪水流量	計画	400 m <sup>3</sup> /秒	625 m <sup>3</sup> /秒
		実績	190 m <sup>3</sup> /秒	382 m <sup>3</sup> /秒
流域面積	計画	75k m <sup>2</sup>	182k m <sup>2</sup>	
	実績	75k m <sup>2</sup>	184k m <sup>2</sup>	
湛水面積	計画	11.0k m <sup>2</sup>	6.9k m <sup>2</sup>	
	実績	11.4k m <sup>2</sup>	6.6k m <sup>2</sup>	
	(b) 連絡水路建設 [ビリチバダム-チエテ川連絡水路] ・連絡水路：3,200m、送水ポンプ場：1ヶ所 [ビリチバダム-ジュンジャイダム連絡水路] ・連絡水路：2,900m、送水トンネル：750m		⇒計画通り（但し、州政府の資金で建設）	
4. コンサルティング・サービス（フェーズ1）	(a) 全体マネジメント支援：30M/M (b) チエテ川/カブス・デ・シマ川の詳細設計：22M/M (c) ビリチバダムの詳細設計：33M/M (d) パライチンガダムの詳細設計：33M/M		⇒M/M は増加 (a) 67M/M (b) 38M/M (c) 48M/M (d) 53M/M	
<b>フェーズ2</b>				
1. チエテ川河川改修（フェーズ2）	(a) 対象区間：ピニェイロス川合流地点～ペーニャダム 24.5km (b) 治水安全度：1/100 洪水確率 (c) 計画横断形：計画河床幅 50m		⇒計画通り	
2. チエテ川下流域整備	(a) ピラポラ貯水池近隣の堤防(ポルドゥバ堤防)改良工事 (b) ピラポラダム補強工事 (c) 連絡道路整備 (2.9km)		(a)(c)は計画通り (b)はキャンセル	
3. コンサルティング・サービス（フェーズ2）	(a) 全体マネジメント支援：60M/M (b) 詳細設計：68M/M		⇒ほぼ計画通り (a) 66 M/M (b) 56 M/M	

出典：JICA 資料、事業完成報告書（PCR）、質問表回答

計画と実績についてそれぞれ差異がある理由（主なもの）を以下簡単に説明する。

## フェーズ1

(チエテ川河川改修・フェーズ1)

河床幅の計画と実績の相違について、審査時にはエルガード・デ・ソウサダム付近の一部の河床幅を100m程度と計画していたが、その他の区域ではほぼ全て60m程度と計画していたため、結果的に計画と実績で大きな変更はない。



図1 本事業対象地域（チエテ川河川改修・フェーズ1区間）

(カブス・デ・シマ川河川改修)

計画横断面・側面2割勾配の単断面形の割合が当初計画より増加した理由は、設計の見直し（主にコスト面を考慮）によるものである<sup>6</sup>。



図2 本事業対象地域（カブス・デ・シマ川河川改修区間：青マークは以前の洪水被害箇所）

<sup>6</sup> 詳細については、2.4.4 インパクト「住民移転・用地取得」を参照

(チエテ川上流水量調整システムの建設)

(a) ダム建設

有効貯水量が審査時と事後評価時で差があるのは、実施機関の説明によると、「ダム高が審査時と実績でそれぞれ差<sup>7</sup>があることにより、有効貯水量の差異につながっている」とのことであった。なお、ダム高・ダム堤頂長の差異は事業実施段階における詳細設計の結果によるものである<sup>8</sup>。

また、設計洪水流量が審査時と事後評価時で差があるのは、審査時は 1 万年に 1 度の確率で洪水が発生したときの流量を想定していたが、設計を見直して 1000 年に 1 度の確率の流量値としたため差が生じたとのことであった。

(b) 連絡水路建設

連絡水路、送水ポンプ場、送水トンネル等はサンパウロ州政府（実施主体はサンパウロ州上下水道公社：SABESP）の資金で建設された。円借款資金が使われなかった理由は、当初借款契約調印後に水不足が喫緊の課題（水需要が逼迫）となり、サンパウロ州政府は早急な対処を行うべく JICA の同意の下、州政府資金でこの部分の工事を始めた<sup>9</sup>ためである。現在この連絡水路関連施設は、SABESP が運営・維持管理を行っている。

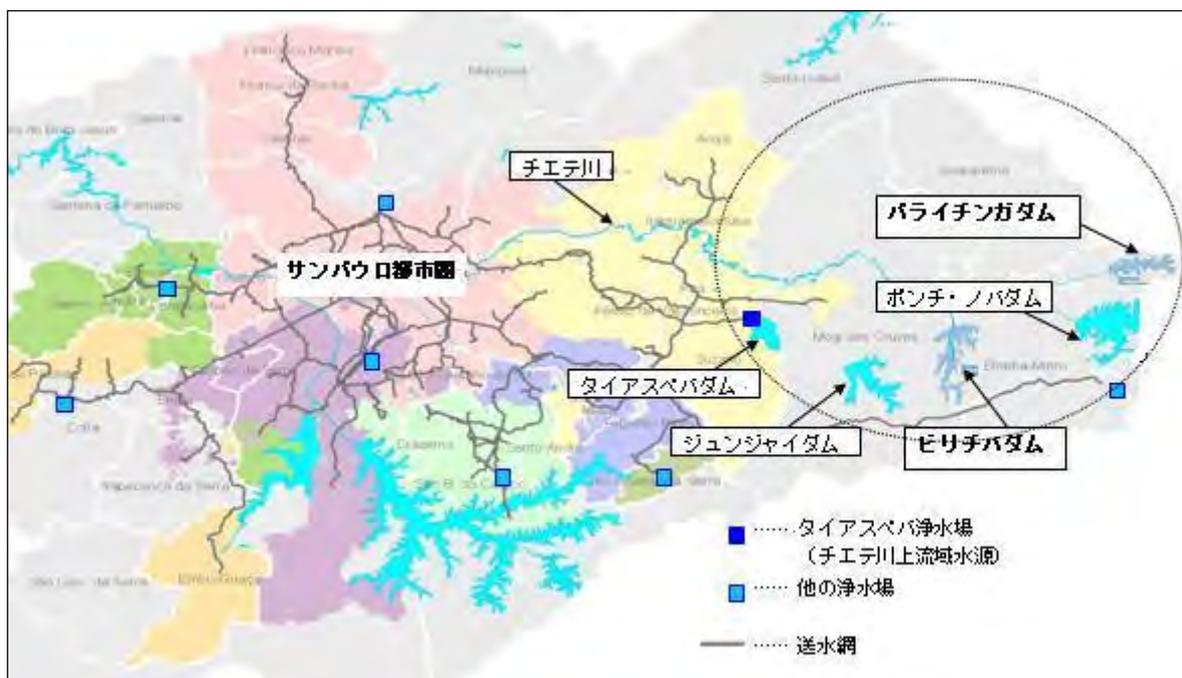


図 3 本事業対象地域（チエテ川上流水量調整システム）

<sup>7</sup> バライチンガ・ダムのダム高の実績値 28m と計画値 31m の差 (3m)、ビリチバ・ダムのダム高の実績値 26m と計画値 27m の差 (1m)

<sup>8</sup> ダムの審査は 1977 年の基本設計に基づいて行われており、事業実施段階で新たに詳細設計を行うことが想定されていた。

<sup>9</sup> 1997 年 11 月に開始

(コンサルティングサービス・フェーズ 1)

審査時より M/M が増加になった理由は、事業実施期間の延長に伴うものである。

## フェーズ 2

(チエテ川下流域整備)

ピラポラダムの補強工事は、事業開始後に現地コンサルタントにより耐用性に係る技術検証が行われた結果、安全性・耐用性が満たされているという結論に至ったため、JICA の同意の下、キャンセルとなった。

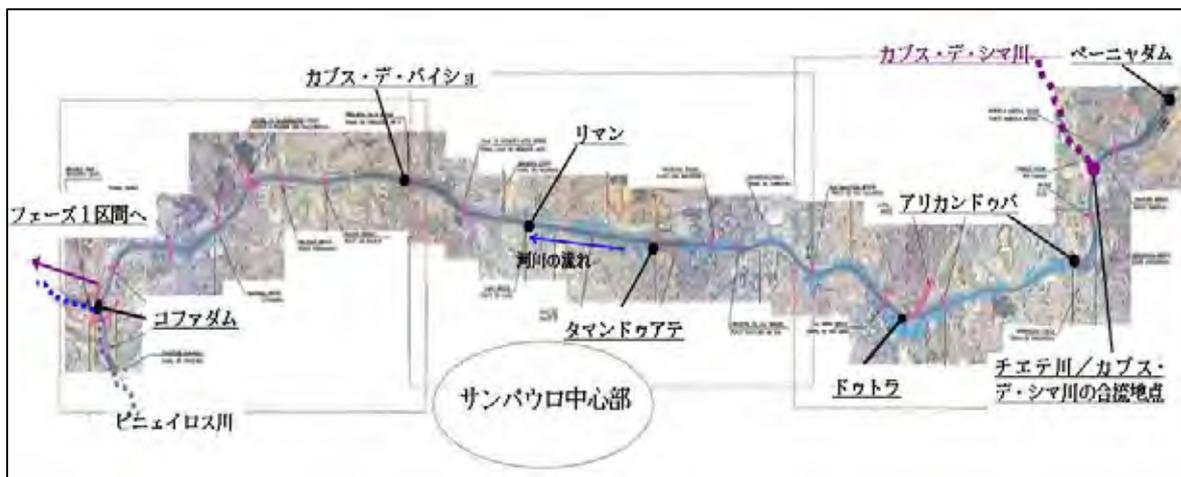


図 4 本事業対象地域 (チエテ川河川改修・フェーズ 2 区間)



図 5 河川改修実施前・後 (フェーズ 2 区間)

### 2.2.2 期間

前出アウトプットの記述のとおり、本事後評価においては当初計画事業スコープをフェーズ 1、追加事業スコープをフェーズ 2 とした。フェーズ 1 の事業期間は、1995 年 7 月か

ら 2000 年 5 月までの 4 年 11 ヶ月、フェーズ 2 の事業期間は、2000 年 6 月から 2006 年 2 月までの 5 年 9 ヶ月を予定していた。以下表 2 のとおり、実際にはフェーズ 1 では 1995 年 7 月から 2003 年 6 月までの 8 年を要し、計画を大幅に上回った（計画比 163%）。フェーズ 2 では計画通りの事業期間となった（計画比 100%）。

フェーズ 1 の遅れは主にパライチンガダム建設工事の遅れによるものだが、その理由は詳細設計や用地取得手続きに時間を要したこと、地質的に脆い箇所が発見されセメント系改良土の注入工事を行ったこと等によるものである。また、チエテ川河川改修（フェーズ 1）及びビリチバダム建設の遅れは、詳細設計に時間を要したこと、カブス・デ・シマ川河川改修の遅れは、用地取得・住民移転の手続きに時間を要したこと等による。フェーズ 2 のチエテ川下流域整備の遅れは、ピラポラ市役所など現地の関係諸機関との調整やポルンドゥバ堤防と連絡道路があるエリアの森林伐採許可の取得等に時間を要したためである。

表 2：事業期間の計画と実績の比較

アウトプット	計画	実績
<b>フェーズ 1：事業全体</b>	1995 年 7 月～2000 年 5 月 (4 年 11 ヶ月)	1995 年 7 月～2003 年 6 月 (8 年)
1) チエテ川河川改修（フェーズ 1）	1998 年 2 月～2000 年 1 月	1998 年 1 月～2000 年 12 月
2) カブス・デ・シマ川河川改修	1995 年 7 月～1999 年 4 月	1995 年 7 月～2001 年 10 月
3) ビリチバダム建設	1998 年 4 月～2000 年 3 月	1998 年 12 月～2001 年 12 月
4) パライチンガダム建設	1998 年 4 月～2000 年 3 月	1998 年 12 月～2003 年 6 月
5) コンサルティング・サービス（フェーズ 1）	1997 年 7 月～2000 年 5 月	1997 年 7 月～2003 年 6 月
<b>フェーズ 2：事業全体</b>	2000 年 6 月～2006 年 2 月 (5 年 9 ヶ月)	2000 年 6 月～2006 年 2 月 (5 年 9 ヶ月)
1) チエテ川河川改修（フェーズ 2）	2001 年 3 月～2006 年 2 月	2001 年 4 月～2006 年 2 月
2) チエテ川下流域整備	2001 年 9 月～2004 年 2 月	2003 年 7 月～2006 年 1 月
3) コンサルティング・サービス（フェーズ 2）	2000 年 6 月～2006 年 2 月	2000 年 6 月～2005 年 12 月

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、当初計画では総事業費 823 億 7900 万円(うち円借款 494 億 2700 万円)であったのに対し、実績額では 704 億 5200 万円(うち円借款 493 億 8600 万円)となり、当初計画を下回った（計画比 86%）。フェーズ 1・2 事業全般を通して事業費が計画内に収まった主な理由は、フェーズ 2 におけるピラポラダムの補強工事キャンセルによる減額や、そ

の他アウトプット整備において競争入札による効率的な受注が実現したことや、為替変動（円高レアル安）の影響によるものである。

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 観測地点における流下能力

以下表に河川改修が行われた区間における各観測地点の流下能力（流し得る流量）を示す。事後評価時実績は河川改修後に確保された流下能力である。河川改修工事は当初計画通りに実施され河道断面（河川の幅、堤防の高さ等）が確保された結果、流下能力も確保<sup>10</sup>されているといえる。

表 3：河川改修区間・観測地点の流下能力

#### 1) チエテ川河川改修（フェーズ 1 区間）

観測地点 <sup>11</sup>	審査時		事後評価時実績 (流し得る流量)
	実績値 流下能力	目標値 流下能力	
チエテ川/ピニェイロス川合流地点	681 m <sup>3</sup> /秒	1,048 m <sup>3</sup> /秒	1,048 m <sup>3</sup> /秒
G. アルメイダ橋	717 m <sup>3</sup> /秒	1,188 m <sup>3</sup> /秒	1,188 m <sup>3</sup> /秒
エルガード・デ・ソウサダム	791 m <sup>3</sup> /秒	1,434 m <sup>3</sup> /秒	1,434 m <sup>3</sup> /秒

出典：JICA 資料（審査時）、実施機関資料（実績）

#### 2) カブス・デ・シマ川河川改修

観測地点	審査時		事後評価時実績 (流し得る流量)
	実績値 流下能力	目標値 流下能力	
カブス・デ・シマ川/チエテ川合流地点	200 m <sup>3</sup> /秒	320 m <sup>3</sup> /秒	320 m <sup>3</sup> /秒
フェルナン・ジラス橋	100 m <sup>3</sup> /秒	320 m <sup>3</sup> /秒	320 m <sup>3</sup> /秒
セテ・デ・セテンプロ橋	130 m <sup>3</sup> /秒	297 m <sup>3</sup> /秒	297 m <sup>3</sup> /秒
セテ・デ・セテンプロ橋/エウジニア M. シルバ橋との中間地点	45 m <sup>3</sup> /秒	195 m <sup>3</sup> /秒	195 m <sup>3</sup> /秒
トレス・クルゼス橋	25 m <sup>3</sup> /秒	186 m <sup>3</sup> /秒	186 m <sup>3</sup> /秒

出典：JICA 資料（審査時）、実施機関資料（実績）

<sup>10</sup> 審査時の目標値流下能力と事後評価時実績が同じ値である理由は、実施機関によれば「計画通り河川改修工事が行われた結果、目標値通りの流下能力を確保した」ことによる。

<sup>11</sup> 各観測地点は、チエテ川河川改修（フェーズ 1 区間）については図 1、カブス・デ・シマ川河川改修については図 2、チエテ川河川改修（フェーズ 2 区間）については図 4 を参照

3) チェテ川河川改修（フェーズ2 区間）

観測地点（区間）	審査時		事後評価時実績 （流し得る流量）
	実績値 流下能力	目標値 流下能力	
ペーニャ・ダム～カブス・デ・シマ川河口	150 m <sup>3</sup> /秒	498 m <sup>3</sup> /秒	498 m <sup>3</sup> /秒
カブス・デ・シマ川河口～アリカンドゥバ	210 m <sup>3</sup> /秒	561 m <sup>3</sup> /秒	561 m <sup>3</sup> /秒
アリカンドゥバ～タマンドゥアテ	270 m <sup>3</sup> /秒	640 m <sup>3</sup> /秒	640 m <sup>3</sup> /秒
タマンドゥアテ～カブス・デ・バイショ	480 m <sup>3</sup> /秒	997 m <sup>3</sup> /秒	997 m <sup>3</sup> /秒
カブス・デ・バイショ～コファダム（チェテ川/ピニエイロス川合流付近）	640 m <sup>3</sup> /秒	1,048 m <sup>3</sup> /秒	1,048 m <sup>3</sup> /秒

出典：実施機関資料

2.3.1.2 観測地点における最高水位（年最高水位）

事業実施前のフェーズ1・2 河川改修区間では、年に2～3 回氾濫危険水位を超過して周辺地域に洪水被害をもたらしていた。以下は、フェーズ1・2 区間の各観測地点における年最高水位のデータである。本事業完成後に観測地点において、河川水位が氾濫危険水位を超過したのは2005 年の1 回（フェーズ1 区間）である。以下のデータは必ずしも事業効果を判断する有効な指標・測定結果であるとは断定できないが、今次調査時までの水位データを見る限りでは、事業実施前後を通して氾濫危険水位の超過数は少なくなっており、洪水調整は機能していると推察できる。なお、カブス・デ・シマ川の2006 年までの河川水位データはないが、実施機関によると2000 年から6 年間は、洪水は発生していないとのことであった。

表 4：観測地点における最高水位

(単位：m)

年	観測地点(日付は観測日を示す)			
	コファダム	ビラ・ ガウバン	リマン	ドウトラ
	フェーズ 1 (チエテ川)	フェーズ 1 (カブス・デ・シマ川)	フェーズ 2 (チエテ川 2 ヶ所)	
1995	717.70 (2月2日)	N/A	<b>720.88</b> (2月2日)	N/A
1997	<b>719.21</b> (12月22日)	N/A	<b>721.22</b> (1月27日)	N/A
2000	718.19 (1月26日)	N/A	<b>720.86</b> (1月26日)	N/A
2001	716.89 (12月9日)	N/A	720.75 (12月9日)	N/A
2002	716.48 (11月28日)	N/A	719.82 (11月28日)	N/A
2003	717.14 (1月28日)	N/A	720.30 (1月28日)	N/A
2004	717.26 (11月29日)	N/A	719.53 (4月19日)	N/A
2005	<b>719.78</b> (5月25日)	N/A	719.76 (1月11日)	N/A
2006	718.54 (3月29日)	N/A	720.00 (1月4日)	720.32 (11月25日)
2007	718.88 (12月19日)	730.34 (11月3日)	720.27 (2月8日)	721.11 (12月7日)
2008	717.81 (1月29日)	730.88 (3月13日)	719.23 (1月29日)	719.56 (2月22日)

出典：実施機関資料

注) 表内の2重線は河川改修完了年、色付(紫)は氾濫危険水位(719m)を超過、色付・太枠は改修後に氾濫危険水位を超過したことを示す

(参考①：各観測地点における基準水位について)

氾濫危険水位	氾濫被害が生じる恐れがある水位。洪水被害の恐れがある場所は立ち入り禁止区域となり、消防組織、軍・警察が活動を開始。車の迂回路も設けられる。
特別警戒水位	消防組織、軍・警察等がスタンバイ、幹線道路では車の運行がバリケード等で遮断される。過去に洪水被害が大きかった場所では車輛の移動が求められる。
警戒水位	通報水位からさらに水位が上昇し、公共サービス機関(電力・衛生公社等)や消防組織、軍・警察に警戒通報が発令される。
通報水位	水位が通常より高くなりリアルタイムで水位が観測され始め、注意報が発令される。

(参考②：上記の最高水位観測時における累積降水量：降り始めから降り終わりまでの雨量)

下記の降水量データと上記の最高水位・氾濫危険水位の超過には流域内の降雨分布、流出条件の違い等もあり、必ずしも相関関係があるとは言えないが、氾濫危険水位を記録した日には観測地点において累積降水量はある程度多かったという傾向がうかがえる。

表 5：最高水位観測時（表 4）における観測地点の累積降水量（単位：mm）

年	観測地点の累積降水量(日付は観測日を示す)			
	コファダム	ビラ・ガウバン	リマン	ドウトラ
	フェーズ1 (チエテ川)	フェーズ1 (カブス・デ・シマ川)	フェーズ2 (チエテ川2ヶ所)	
1995	79.30 (2月2日)	N/A	<b>70.30</b> (2月2日)	N/A
1997	<b>150.40</b> (12月21-23日)	N/A	N/A	N/A
2000	13.70 (1月26日)	N/A	<b>65.00</b> (1月26日)	N/A
2001	54.60 (12月9日)	N/A	80.80 (12月9日)	N/A
2002	6.80 (11月28日)	N/A	0 (11月28日)	N/A
2003	63.90 (1月28日)	N/A	32.40 (1月28日)	N/A
2004	117.30 (11月29日)	N/A	21.80 (4月19日)	N/A
2005	<b>105.20</b> (5月25日)	N/A	44.20 (1月11日)	N/A
2006	100.40 (3月29日)	N/A	N/A	N/A
2007	47.30 (12月19日)	83.00 (11月3日)	51.00 (2月8日)	N/A
2008	45.00 (1月29日)	72.40 (3月13日)	45.00 (1月29日)	N/A

出典：実施機関資料

注) 表内の色付（紫）は氾濫危険水位を超過、色付・太枠は改修後に氾濫危険水位を超過したことを示す

### 2.3.1.3 洪水頻度・洪水氾濫面積・浸水戸数（損害戸数）

以下の表は、事業実施前に実施機関が記録していた洪水想定被害<sup>12</sup>及び最大被害時のデータである。実施機関によると、事業実施前には実際にチエテ川フェーズ1・2区間では平均して年に2～3回、カブス・デ・シマ川では年に6～10回ほど洪水が発生していたとのこと

<sup>12</sup> 事業実施前に定期的に起こりうる洪水被害を想定した数値で、実績値ではない。

である。しかし、実施機関には氾濫面積・浸水戸数等の洪水被害実績に関するまとまったデータが不備であったこともあり、洪水被害に係る諸条件・統計データ等を参考にして以下のように推定で被害データを作成していた。このように、実施機関には事業効果や被害に関する指標・データの整備・管理があまり徹底されていない面もあって、今次調査では事業効果の計測（定量的効果の計測）にはやや難が生じた。しかし、実施機関へのヒアリング及び現地インタビュー調査等によると、チエテ川及びカブス・デ・シマ川の改修区間での洪水被害は事業完成後には発生していないことが確認できた。

表 6：事業実施前の想定被害及び最大被害時データ

指標値 (想定被害)	チエテ川・フェーズ 1 区間		チエテ川・フェーズ 2 区間		カブス・デ・シマ川 区間	
	定期的な 洪水	1983 年 2 月 1 日の洪水 *1)	定期的 な洪水	1983 年 2 月 1 日の洪水*1)	定期的 な洪水	1991 年 1 月 15 日の 洪水*1)
洪水氾濫面積	531,50 m <sup>2</sup>	6,341,000 m <sup>2</sup>	505,000 m <sup>2</sup>	10,568,000 m <sup>2</sup>	N/A*2)	350,000 m <sup>2</sup>
浸水被害を受ける住宅数	324	2,432	624	11,463		3,000
浸水被害を受ける事務所数	29	219	88	1,662		N/A
商業エリアの浸水被害総面積	5,294 m <sup>2</sup>	63,160 m <sup>2</sup>	129,331 m <sup>2</sup>	878,201 m <sup>2</sup>		N/A
工業エリアの浸水被害総面積	31,093 m <sup>2</sup>	342,097 m <sup>2</sup>	116,857 m <sup>2</sup>	930,512 m <sup>2</sup>		N/A

出典：実施機関資料

注 1) 「1983 年 2 月 1 日の洪水、1991 年 1 月 15 日の洪水」直近 30 年間での最大被害時のデータ

注 2) 定期的な洪水被害データが数値化されていなかった

表 4 に既述のとおり、フェーズ 1 区間では 2005 年 5 月 25 日に氾濫危険水位を超える水位を記録した事実がある。実施機関によると、河川付近の土地標高はコファダム観測地点（計測ポイント）よりも高いところに位置するため、豪雨時に河川流量が氾濫危険水位に到達したとしても周辺の土地部分にまで越水せず、被害は発生しなかったとのことである。表 4 のその他の観測地点では、計測データ上は河川改修後に氾濫危険水位を超過しておらず、したがって、本事業の河川改修区間からの洪水被害は皆無となり、当初の目的（洪水被害の減少）は達成できたと判断できる。

一方、チエテ川及びカブス・デ・シマ川の支流では豪雨時に洪水が発生し周辺地域に被害を及ぼしている箇所がある。商業・住宅エリアの拡大等による急激な都市化の進行により雨水を排水処理しきれないことが主な理由である。実施機関は地元自治体と協力し、管轄河川（支流）沿いに雨水流出抑制施設（調整池）を建設し洪水被害の軽減を図っているが、現時点で支流における洪水被害は完全に防止できていないといえる。但し、今後は施

設数が増加<sup>13</sup>することで洪水被害がさらに減少するものと考えられる。



図6 1983年2月の洪水被害



図7 雨水流出抑制施設（調整池）

（参考：サンパウロ都市圏における洪水発生による人的被害）

以下の表は雨期（例年12月から3月まで4ヶ月間）における洪水による人的被害データである。2003-04年まではサンパウロ都市圏全体、2004-05年以降は自治体毎（例：サンパウロ市→チエテ川・フェーズ2エリア、グアルーリョス市→カブス・デ・シマ川エリア、オサスコ市→チエテ川・フェーズ1エリア）でそれぞれ被害者数が判明している。当データ参照時の留意点としては、「すべての支流を含めて発生した洪水被害」であり、チエテ川やカブス・デ・シマ川本流からの洪水被害は皆無となっている点を考慮する必要がある。

負傷者・死傷者数に大きな変動は見られないが、ここ数年において家を失った人の数は以前に比べて減少傾向にある。本事業の河川改修工事が完了し、先述の管轄河川（支流）沿いにおける雨水流出抑制施設の建設も進み、今後はサンパウロ都市圏全体で洪水被害が抑制される傾向にあると推察できる。

表7：サンパウロ都市圏における洪水発生による人的被害

年	エリア	負傷者	死者	家を失った人
2001-02	都市圏全体	28	7	365
2002-03	都市圏全体	33	11	714
2003-04	都市圏全体	16	1	482
2004-05	サンパウロ市	7	5	30
	グアルーリョス市	8	2	40
	オサスコ市	0	0	120
2005-06	サンパウロ市	12	4	261
	グアルーリョス市	1	6	46
	オサスコ市	12	1	235
2006-07	サンパウロ市	4	1	14
	グアルーリョス市	1	2	11
	オサスコ市	0	1	0

<sup>13</sup> 2008年12月時点では、調整池はサンパウロ都市圏全体で42施設あり、新たに4施設を建設中である。調整池容量は最大で800,000 m<sup>3</sup>（東京ドームの約3分の2の大きさ）のものもある。

2007-08	サンパウロ市	11	6	0
	グアルーリョス市	4	1	44
	オサスコ市	6	0	67
2008-09	サンパウロ市	20	4	0
	グアルーリョス市	1	1	18
	オサスコ市	0	2	0

出典：サンパウロ州市民保護機関（Defesa Civil S.P.）

#### 2.3.1.4 給水人口・水道普及率・日平均給水量（チエテ川上流水量調整システム整備による事業効果）

チエテ川上流水量調整（貯水ダムによる水量調整）システムには、洪水調節用と上水道用の機能がある。当調整システムには、サンパウロ都市圏での豪雨時の洪水被害を防止するために水量をある程度調節できる機能がある一方、上水道用の貴重な水源として利用されている。本事業で建設されたビリチバダム・パライチンガダムは、既存 3 カ所の貯水ダム（ポンチ・ノバ、タイアスペバ、ジュンジャイ）とあわせ（計 5 カ所）、チエテ川上流水量調整システムを構成している。上水道用の水は、連絡水路及び送水ポンプ施設を經由してタイアスペバダムに送水され、隣接している浄水場で処理されサンパウロ都市圏に給水される。水はほとんど飲料用である。現在、この 5 つの貯水ダムを水源とする浄水処理量の合計は約 10 m<sup>3</sup>/秒（うち、本事業のビリチバダム、パライチンガダムからの浄水処理量は計 2.5 m<sup>3</sup>/秒程度）であるが、近い将来はタイアスペバ浄水場の施設・設備機能を拡張して約 15 m<sup>3</sup>/秒の水を供給する計画がある。

以下の表の通り、サンパウロ都市圏の給水人口・日平均給水量は年々増加傾向にある。なお、2007-08 年にかけて日平均給水量が若干減少している理由は、SABESP による水の適正使用・損失コントロールに係るプログラムが実施されたことによる。サンパウロ都市圏全体の浄水処理量は現在約 68 m<sup>3</sup>/秒であり、上述のようにビリチバダム・パライチンガダムからの浄水処理量は大きいとは言えないが、同都市圏に向けて安定的な水供給を行う上で、両ダム施設は貴重な水源の一部と考えられる。

表 8：サンパウロ都市圏の給水人口・水道普及率・日平均給水量

項目	事業実施前の予測			実績値				
	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008
受益人口（給水人口） （単位：千人）	14,613	16,283	18,150	18,280	18,316	18,465	18,637	18,910
供給率（水道普及率） （単位：%）	91	92	94	96	96	96	96	96
日平均供給量（給水量） （単位：千m <sup>3</sup> /日）	3,818	4,361	5,044	5,565	5,685	5,810	5,763	5,754

出典：JICA 資料、サンパウロ州上下水道公社（SABESP）

### 2.3.2 内部収益率（経済的内部収益率）

今次調査では、審査時の内部収益率の値は算出根拠が不明な上、フェーズ 1 事業のみの値であったため、同じ前提条件での再計算は行うことができなかった。実施機関は 2001 年 5 月にフェーズ 2 事業部分も含めた本事業の経済的評価に係るレポートを作成し、経済的内部収益率（EIRR）を 10.97%と算出していた。今般、同じ条件<sup>14</sup>で再計算を行ったところ、8.49%となった。若干下回った理由としては、維持管理費実績（2006-09 年実績）が、EIRR 算出時（2001 年 5 月）に想定していた維持管理費より大きくなったためである<sup>15</sup>。

### 2.3.3 受益者調査の実施（定性的効果）

今次現地調査では本事業実施前に洪水被害が大きかった場所（3 カ所）を選定し、当該エリアの住民や商業活動に従事している人を対象に受益者調査（アンケート調査）を実施した<sup>16</sup>。以下に受益者調査の結果を示す。

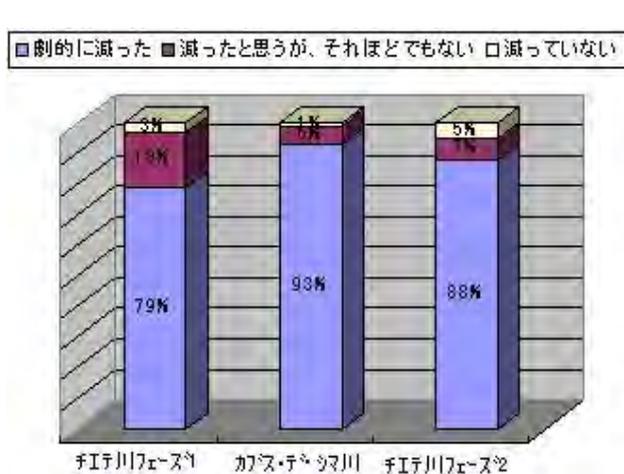


図 8：河川改修前に比べ洪水頻度は減ったか

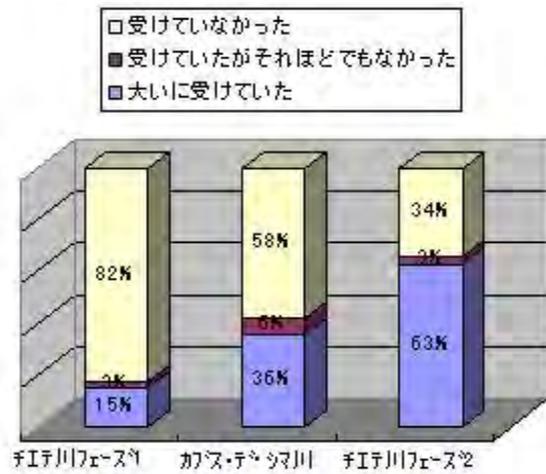


図 9 河川改修前に洪水被害（人的・経済的）を受けていたか

表 9：河川改修前後の被害程度の推移について  
(図 9 で「受けていた」と答えた方の方に質問：3 エリア計)

被害項目	河川改修前	河川改修後
家屋に泥土の流入	・あった 99% ・なかった 1%	・ある 9% ・なくなった 91%
家具・備品等への被害	・あった 86% ・なかった 14%	・ある 5% ・なくなった 95%

<sup>14</sup> 費用を建設費・維持管理費、便益を周辺住宅・商産業エリアの施設等の洪水被害による被害額の減少及び走行費用の低減とした。

<sup>15</sup> 当初算出時には完成後の維持管理費についてあまり大きな額が見込まれていなかった。

<sup>16</sup> サンプル数は合計 200。その内訳は、1) チエテ川・フェーズ 1 (オサスコ市)：62 サンプル、2) カプス・デ・シマ川 (グアルーリョス市)：70 サンプル、3) チエテ川・フェーズ 2 (サンパウロ市)：68 サンプル

家屋そのものへの被害	・あった 48% ・なかった 52%	・ある 4% ・なくなった 96%
洪水発生による怪我・負傷	・あった 16% ・なかった 84%	・ある 1% ・なくなった 99%
ライフライン（電気・水道等）の被害	・あった 35% ・なかった 65%	・ある 4% ・なくなった 96%
道路や交通機関の被害	・あった 62% ・なかった 38%	・ある 8% ・なくなった 92%

出典：受益者調査結果

図 8 の結果のとおり、ほとんどの住民は本事業の改修区間からの洪水はなくなったと認識している。「減っていない」という回答が若干あるのは、チエテ川及びカブス・デ・シマ川の支流での洪水が発生（本文 2.3.1.3 参照）していることによるものと考えられる。

図 9 のとおり、特に河川改修前はチエテ川フェーズ 2 区間での被害が大きかったことがうかがえる。フェーズ 2 区間はフェーズ 1 区間より住宅・商業エリアが密集していることもあり、一度洪水が発生すると被害も甚大であったと推察される。この河川改修前と後での人的・経済的被害の状況及び被害程度の推移を見る限り、劇的な変化があったことは明らかであり、本事業実施による効果は大きいと考えられる。

以上を総合的に判断すると、本事業の実施により概ね計画通りの効果発現が見られ、有効性は高い。

## 2.4 インパクト

### 2.4.1 サンパウロ都市圏における生活環境の改善

洪水防止・被害減少による住民の生活環境の改善に関する受益者調査<sup>17</sup>を行ったところ、以下の通りの結果であった。全体の傾向から判断するに、本事業はサンパウロ都市圏の居住者及び企業に勤める人（本事業の想定受益者：約 2,000 万人）の生活環境の改善に少なからず貢献しているものと推察できる。

<sup>17</sup> 有効性 2.3.3 の受益者調査と同じアンケート調査形式で実施した（3 地域、サンプル数 200）。



図 10 河川改修前より洪水に対する懸念はあるか

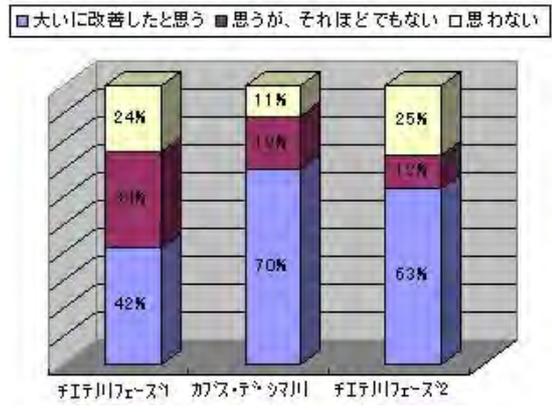


図 11 河川改修後は衛生状況が改善していると思うか

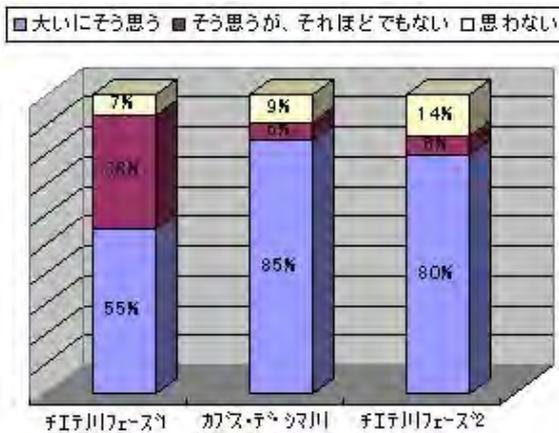


図 12 その衛生状況の改善 (図 11) は河川改修・洪水防止の成果だと思えるか

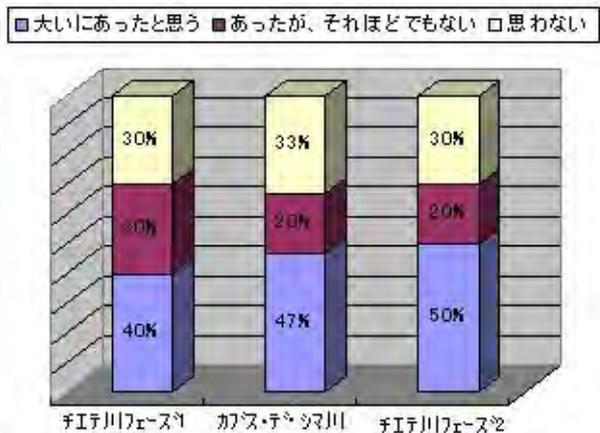


図 13 河川改修は商業活動に良い影響があったと思うか

また、河川改修前・後で病気等の状況についてどの程度変化があったか質問したところ、以下の通りであった (複数回答有)。河川改修後は「病気に罹ってない」と答えた人が大幅に増加、感染症や下痢性疾患があると回答した人も減少しており、洪水被害が抑制されたことで住民の健康面の改善に寄与したと推察される。

表 10：病気 (感染症・疾患系) 等の改善について

	河川改修前	河川改修後
感染症 (レプトスピラ症 <sup>18</sup> )	68 人	8 人
下痢性疾患	56 人	20 人
寄生虫病	30 人	6 人
肝炎	14 人	2 人
デング熱	12 人	10 人
気管支系疾患	4 人	4 人

<sup>18</sup> レプトスピラ症は、野生のネズミなどから人に感染する。症状としては、悪寒、発熱、頭痛、全身の倦怠感、眼球結膜の充血など急性熱性疾患である。特に洪水の後に感染の危険が高まるとされている。人から人への感染はない。

その他	10人	8人
わからない	8人	12人
雇っていない	70人	<b>140人</b>

出典：受益者調査結果（3地域合計：200人を対象に実施）

#### 2.4.2 産業基盤向上へのインパクト（地域経済成長）

以下表 11 はここ数年のサンパウロ市の域内総生産額の推移であるが、概ね上昇傾向にある。本事業の効果が直接的に経済に裨益していると断定は出来ないが、洪水被害の軽減により経済・社会活動がさらに活発になっていると推察できる。特にチエテ川フェーズ 2 改修区間沿いには幹線道路のチエテ・マージナル（交通量は 1 日 90～100 万台）や商業・産業エリアが広がっており、河川改修による経済インパクトがあったと推察できる。また、チエテ・マージナルはグアルーリョス国際空港（サンパウロ国際空港）へのアクセス交通路でもある。現地インタビュー調査では、洪水の心配がなくなったことにより飛行機に乗り遅れる心配が少なくなったとの話も聞くことができた。また、チエテ川・フェーズ 2 区間沿いにある南米屈指の規模のチエテ・バスターミナルでは、ターミナル及びバスの運営・運行を行う上で洪水の心配がなくなったことも、社会・経済面のインパクトとして認識されている。したがって、「洪水制御を目的とした本事業はサンパウロの経済・産業活動を下支えしている」といえる。

表 11：サンパウロ市の域内総生産額

（単位：百万リアル）

年	総生産額	年	総生産額
2002	178,953	2005	261,456
2003	209,555	2006	282,852
2004	225,170	2007	N/A

出典：SEADE（統計データ局）

#### 2.4.3 自然環境へのインパクト

##### 2.4.3.1 チエテ川上流域（ビリチバダム・パライチンガダム）

本事業による自然環境への影響について特に問題はみられなかった。なお実施機関は、貯水ダム周辺において植林等の土壌保全活動を行うなど、チエテ川上流域の自然環境に配慮している。

以下は両ダムの主な水質データである。実施機関及び水質データを計測している SABESP によると、両ダムを含めチエテ川上流水源域の水質は問題ない<sup>19</sup>とのことである。

<sup>19</sup> P16 の記述の通り、ビリチバダム・パライチンガダムの水はタイアスペバ貯水池に隣接している浄水場に送られ、浄水処理されてサンパウロ都市圏に給水される。浄水処理前の水質基準は不明であったが、浄水処理後の水質基準は、pH では 6.5-9.0、濁度では 5.0 以下と定められている（SABESP の水質基準）。SABESP の意見として、ビリチバダム・パライチンガダムからの水はタイアスペバ浄水場で適切に処理され、表中

表 12：ビリチバダム・パライチンガダムの水質状況

項目	ビリチバダム	パライチンガダム
pH	5.81～6.47	5.94～6.26
COD 濃度 (mg/l)	0.77～1.70	1.85～3.13
温度 (°C)	19.60～23.80	22.20～22.70
濁度 (NTU)	3.15～6.26	6.34～9.34

出典：実施機関資料（2006年）

注）上記データに幅があるのは、それぞれ数カ所で計測しているためそれぞれ最小と最大の値を表している。

なお、本事業に係る環境影響評価（Environmental Impact Assessment: EIA）は、フェーズ 1 が 1997 年 10 月に、フェーズ 2 が 1998 年 9 月に実施されている。

#### 2.4.3.2 実施機関による環境問題に関する啓発活動

チェテ川及びカブス・デ・シマ川には未処理下水やゴミなどが流入し河川水質は良くない。実施機関は、チェテ川・フェーズ 2 区間で研修船を運航して環境問題に関する啓蒙活動を行っている。一例として、地元の小中学生や住民に乗船してもらい、河川へのゴミ投棄の問題、衛生・美化意識に関するセミナーを開催するなどの活動に取り組んでいる。このような取り組みは、サンパウロのような大都市において住民一人一人の環境意識の向上につながると認識されている。



図 14 研修船による環境啓発活動

#### 2.4.4 住民移転・用地取得

（カブス・デ・シマ川<sup>20</sup>）

カブス・デ・シマ川の河川改修工事は、当初住民移転（合法居住者 750 人、不法居住者 5,170 人）及び用地取得（約 25ha）を伴うと計画されていた。実際には、合法居住者 183 人が移転対象者となり法手続を踏まえて州政府より補償金が支払われ、また、不法居住世帯 342 世帯に対しては移転補償として公営住宅が提供された。また、用地取得の対象となった面積は約 50ha であった。住民移転・用地取得は、サンパウロ州政府居住局及びサンパウロ市役所の「移住プログラム」（住民移転プログラム）に基づいて実施され、特段問題は発生しなかった。

の pH や濁度の値は右基準値以下となって給水されており、問題ないとのことであった。

<sup>20</sup> チェテ川改修区間（フェーズ 1・2）は住民移転・用地取得の対象にならなかった。

表 13：カブス・デ・シマ川の住民移転・用地取得の計画と実績

		計画	実績
住民移転	合法居住者	750 人	183 人
	不法居住者	5,170 人	342 世帯*1)
用地取得	取得面積	約 25ha	約 50ha

出典：JICA 資料、実施機関回答

注 1) 正確な人数は不明

住民移転について計画と実績で大きく差がある理由は、1995-97年に連邦政府（国）予算でカブス・デ・シマ川周辺の道路整備計画（フェルナン・ジラス道路整備計画<sup>21)</sup>）が実施され、その中で住民移転を大部分実施したためである。

つまり、本事業の住民移転計画の対象者と重なっていたところ、先に進捗していた当道路整備計画によって対処されたため結果的に本事業の住民移転は計画に比して小規模になった。なお、不法居住者世帯に対して提供された公営住宅（アパートメントタイプ）については、概ね好評を得ているとのことであった。



図 15 カブス・デ・シマ川の横断形  
（手前が長方形、奥が不等辺四辺形）

計画時の用地取得面積約 25ha と実績の約 50ha の差は、実施機関によると、当初の予定では全区間の横断形を長方形コンクリート（コスト高）で河川改修を行う予定であったが、95年に再度計画を見直し、人口が密集しているエリアのみで当横断形を採用し、多くの区間では不等辺四辺形コンクリート（コスト安）を採用した結果、用地取得すべき面積が増えたとしている。

（ビリチバダム・パライチンガダム）

ビリチバダム周辺の合法居住者 147 人、パライチンガダム周辺の合法居住者 94 人が移転対象者となった。前者との補償交渉・手続きはほぼ完了に向かっているが、後者についてはまだ交渉中・手続き中の合法居住者がいる<sup>22)</sup>。交渉・手続き等に時間を要している理由は、用地取得・補償手続きに裁判所が介入して行うこともあり、想定より当事者間の調整や手続きプロセスに時間を要しているためである。実施機関によると、現在パライチンガダムの交渉・手続きは解決に向けて少しずつ前進しており、現時点で特段大きな問題があるとの話はなかった。

<sup>21)</sup> 道路拡幅工事等を実施した。

<sup>22)</sup> いずれも補償費の金額面での交渉である。

## 2.5 持続性（レーティング：b）

### 2.5.1 実施機関

#### 2.5.1.1 運営・維持管理の体制

実施機関（DAEE）はサンパウロ州政府傘下の公団組織である。長官の下に3つの局（水資源管理・自治体支援局、都市圏事業・技術支援局、業務支援局）があり、州内の河川事業・管理等を行っている。職員数は1,252名<sup>23</sup>（2008年12月末現在）である。事業実施前（1995年）の職員数は3,432名だったが、事業開始後から早期退職制度の導入や新規人員採用の抑制等により人員数は減少した。実施機関によると、人員減少に伴う組織運営への支障はないとのことであった。

以下は各アウトプットの運営・維持管理担当部署及び体制である。

#### 1) チエテ川改修区間の管理（フェーズ1・2区間）

チエテ川プロジェクト管理室（Unidade de Gerenciamento do Projeto Tietê:UGP）が担当している。UGPは上述の都市圏事業・技術支援局の下部組織である。職員数は32名（うち管理事務職が5名、技術職が27名）である。

#### 2) カブス・デ・シマ川改修区間の管理

設計・工事部（Directoria de Engenharia e Obras : DEO）が担当している。DEOも都市圏事業・技術支援局の下部組織である。職員数は64名（うち管理事務職が10名、技術職が54名）である。

#### 3) ビリチバダム・パライチンガダムの管理

チエテ川上流域事務所（Directoria da Bacia do Alto Tietê:BAT）が担当している。BATは水資源管理・自治体支援局の下部組織である。職員数は203名（うち管理事務職が31名、技術職が172名）である。パライチンガダムの近くにある現地管理事務所の担当者が両ダムの現場施設管理・定期点検等を行っている。

2009年4月現在、BATがビリチバダムとパライチンガダム施設の運営・維持管理を担っているが、ダム施設全体の維持管理をSABESP<sup>24</sup>に移管する手続きが開始された（上水用ダムとしての一面もあるため）。SABESPにインタビューしたところ、運営・維持管理体制は十分と見受けられ、今後のダム施設の運営・維持管理の実施に当たっては問題ないと推察される<sup>25</sup>。

<sup>23</sup> 但し空席ポストも含めた定員数（公共機関として公式上の組織人員数を表す方法）は現在4,885人である（事業実施前の空席ポストも含めた定員数は6,646人）。

<sup>24</sup> SABESPは、総裁以下、総務局・財務局・技術計画局・都市圏局・地域局の5つの局で構成されている。州内の367自治体に対して上下水道事業を実施しており、職員数は17,300人（2007年末時点）である。

<sup>25</sup> SABESPは現在、サンパウロ州沿岸部（バイジャータ・サンチスタ地域）の下水道施設整備や環境モニ

以上のとおり、実施機関の組織人員数の確保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。

#### 2.5.1.2 運営・維持管理における技術

業務支援局の下部組織である組織開発部（Diretoria de Desenvolvimento Organizacional : DDO）が職員の人事研修・トレーニングプログラム実施を管轄しており、管理職研修や技術者向け業務研修プログラムを計画・実施している。2007年には35の研修・トレーニングが実施され、107名が参加した。また各部署には業務経験が豊富な職員が多く、OJTによる職員研修も随時行われている。

以上より、実施機関の運営・維持管理に係る技術レベルは確保されていると判断できる。

#### 2.5.1.3 運営・維持管理における財務

以下は各アウトプット（チェテ川改修区間、カブス・デ・シマ川改修区間、ビリチバダム・パライチンガダム）の維持管理費の過去3年間のデータである。上段は州政府から実施機関への配賦額実績、下段は実施機関から州政府への要求額を示す。2008年以前は実施機関の要求額に対し、サンパウロ州政府は十分な予算額を配賦しておらず、維持管理業務に支障が生じていたと推察できるが、各アウトプットの維持管理予算額は増加傾向にある。

表 14：各アウトプットの維持管理費（単位：レアル）

アウトプット	2006年	2007年	2008年
チェテ川	(実) 4,291,174	(実) 9,112,445	(実) 18,134,508
	(要) 25,581,127	(要) 15,323,500	(要) 25,581,127
カブス・デ・シマ川	(実) 0	(実) 1,660,000	(実) 5,456,583
	(要) 6,000,000	(要) 6,000,000	(要) 6,000,000
ビリチバダム	(実) 0	(実) 0	(実) 65,505
	(要) 0	(要) 0	(要) 65,505
パライチンガダム	(実) 0	(実) 0	(実) 63,488
	(要) 0	(要) 0	(要) 63,488

出典：実施機関資料

チェテ川の維持管理費（実績額）は年々増加傾向にある。カブス・デ・シマ川の維持管理費は、2008年に漸く要求額に近い予算が配賦されている。ビリチバダム、パライチンガダムは、完成後は全くメンテナンス等を実施していなかったが、2008年に監視要員の人件費予算を計上、要求通り配賦されている。既述のように今後 SABESP にダム施設を移管す

---

タリングシステムの整備により水質の改善を行い住民の生活環境改善を目的とした円借款事業「サンパウロ州沿岸部衛生改善事業」（2004年8月開始）、及び同州の無収水の減少等を目的とした技術協力プロジェクト「無収水管理プロジェクト」（2007年3月開始）を実施中である。

るが、SABESP にインタビューしたところ、施設移管後は適正に（予算を確保し）維持管理を行うとのことであった。

なお実施機関は、州政府に維持管理費を申請しても要求通り配賦されにくいことを認識しているため、予算申請額を抑える傾向にある。

## 2.5.2 運営・維持管理状況

各アウトプットの運営・維持管理状況は以下の通りである。

### 1) チエテ川改修区間の管理（フェーズ1・2 区間）

定期的に河川メンテナンスが実施されている。改修区間の堤防敷や河川敷の清掃・除草、河川流量調節ダム（パーニャダム等）や放水ゲートの運営・維持管理等は実施機関のメンテナンス計画に基づいて実施されている。実際のメンテナンスは実施機関の監督下において、委託された民間業者が行っている。また、チエテ川本流沿いに、雨量や洪水水位を計測するレーダーポストが数ヶ所配備され、リアルタイムでの河川の監視を実施しており、機材の整備及び運用状況には問題はない。浚渫船や係留場（メンテナンス・ステーション：3ヶ所）も整備されている。

その一方、経年とともにチエテ川の河床では沈泥が堆積し、一部で浸食や底質汚染（ヘドロの発生等）を引き起こしている。実施機関が現地の調査研究機関に委託して行った調査結果によると、チエテ川フェーズ1・2 区間でそれぞれ毎年約 40 万  $m^3$  の沈泥が堆積すると考えられている。結果、沈泥の影響で水草や藻の繁殖が進み河川の流下能力の低下を招く可能性もある。実施機関によると、維持管理予算が十分ではないため除去作業・廃棄処理が十分に出来ず、除去されず堆積したままの沈泥が全改修区間で約 250 万  $m^3$  に上っているとのことである。その中で実施機関は、維持管理予算の範囲内で外部に委託して沈泥の除去作業を行っている<sup>26</sup>。



図 16 定期メンテナンスの様子



図 17 沈泥除去作業の様子

<sup>26</sup> 今年度は約 40 万  $m^3$  の沈泥を除去する作業が民間業者に委託されて進行中である。

## 2) カブス・デ・シマ川改修区間の管理

定期メンテナンスは行われていない。維持管理予算が十分でないため改修区間の定期メンテナンスができず、問題が発生したときの対処療法的なメンテナンスのみ行っている。前項のチエテ川同様、カブス・デ・シマ川でも経年とともに河床で沈泥が堆積し、一部で浸食や底質汚染が発生している。既に沈泥の堆積により水流を妨げている場所が一部で確認できた。当河川全体で沈泥は毎年約 10 万 m<sup>3</sup> 堆積すると考えられており、実施機関によると改修工事が完了してから約 60 万 m<sup>3</sup> 堆積しているとのことであった。実施機関によると、2008 年には河床の沈泥約 10 万 m<sup>3</sup> を除去したとのことである。2009 年中にはさらに約 10 万 m<sup>3</sup> 除去する計画である。当河川全体で沈泥量が毎年約 10 万 m<sup>3</sup> ずつ堆積していることから、維持管理予算も考慮しながら可能な範囲で除去していく計画である。

なお、カブス・デ・シマ川にも雨量や洪水水位を計測するレーダーポストが配備・運用されている。但しチエテ川に比して河川規模が小さいこともあり、配備は 1 ヶ所のみである。

## 3) ビリチバダム・パライチンガダムの管理

両ダムの維持管理業務はほとんど行われていない。2008 年度に保守要員の人件費が維持管理予算として充当されている程度である。現時点では、維持管理不足による大きな問題は発生しておらず、ダムの堆砂についても特段問題は発生していない。先述のとおり、両ダムの維持管理業務は今後、SABESP に権限委譲される。SABESP は責任を持って維持管理業務を行うとのことであった。

なお、両ダムにはそれぞれ 1 箇所ずつ雨量やダム水位を計測するレーダーポストが配備され、整備・運用状況には問題はない。



図 18 パライチンガダム



図 19 ビリチバダム

以上より、本事業は実施機関の能力及び維持管理体制ともに問題はないが、実施機関に維持管理予算が十分に配賦されていない、一部維持管理業務が満足に行われていない状況

を考慮すると、事業の持続性については中程度と評価される。

### 3. 結論及び教訓・提言

#### 3.1 結論

以上より、本事業の評価は高いといえる。

#### 3.2 教訓

洪水制御事業の効果測定は容易でないこともあるが、本事業のように事業効果や被害に関する指標・データの整備・管理が必ずしも徹底されていないことがある。事業効果を測定する上で、事業実施前の洪水被害実績データをはじめ、特に定量的効果に関する指標の整備・管理は不可欠である。実施機関は援助実施側のサポートを受けつつ事業形成時から評価・モニタリング時まで一貫した事業効果に係る指標・データの整備・管理を行うべきである。

#### 3.3 提言

持続性の運営・維持管理状況に既述のとおり、チエテ川及びカブス・デ・シマ川に堆積している沈泥の除去・廃棄処理を行う予算が充分ではない。事業完成後には両河川からの洪水は皆無となっているが、年々堆積していく沈泥の除去が進まなければ、豪雨時に河川水量が増した場合、洪水発生の一因になることもあり得る。実施機関は適正な沈泥の除去計画を立てて除去・廃棄処理に取り組む体制を整え、サンパウロ州政府は実施機関に河川施設の運営・維持管理費を十分に充当し洪水リスクの低減に努めるべきである。

以 上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット	チエテ川河川改修 (フェーズ1) 1) 対象区間：エルガード・デ・ソウサダム～コファダム (ピニエイロス川合流地点) 16.5km 2) 治水安全度：1/100 洪水確率 3) 計画横断形：計画河床幅 60-100m (2割勾配の単断面形)	⇒ほぼ計画通り 1), 2)は計画通り 3)河床幅 54-61m (加えて、ブラジル側の自己資金で兩岸の人の往来を円滑にするためのアーチ式人道橋 (歩道橋) を1ヶ所建設)
	カブス・デ・シマ川河川改修 1) 対象区間：カブス・デ・シマ川のチエテ川合流点～トレス・クルゼス橋 10.5km 2) 治水安全度：1/100 洪水確率 3)計画横断形：計画河床幅 側面 2割勾配の単断面形 10-20m、短形の単断面形 15-30m	⇒ほぼ計画通り 1) 対象区間：10.3km 2) 計画通り 3) 計画通り (但し側面 2割勾配単断面形の箇所は増加) (加えて、ブラジル側自己資金で対象区間にある橋の改修を7ヶ所実施)
	チエテ川上流水量調整システムの建設 (ダム建設：パライチンガダム・ビリチバダム) 及び連絡水路建設	⇒ (ダム) 一部変更 ⇒ (連絡水路) 計画通り (但し、州政府の資金で建設)
	チエテ川河川改修 (フェーズ2) 1) 対象区間：ピニエイロス川合流地点～ペーニャダム 24.5km 2) 治水安全度：1/100 洪水確率 3) 計画横断形：計画河床幅 50m 幅	⇒1), 2), 3) 計画通り
	チエテ川下流域整備 1) ピラポラ貯水池近隣の堤防(ポルドゥバ堤防)改良工事 2) ピラポラダム補強工事 3) 連絡道路整備 (2.94km)	⇒1), 3)は計画通り ⇒2)はキャンセル
	コンサルティング・サービス 1)フェーズ1 ⇒計 118M/M 2)フェーズ2 ⇒計 128M/M	⇒1) M/M増加 (計 206M/M) ⇒2) ほぼ計画通り (計 122M/M)
	②期間	フェーズ1：1995年7月～2000年5月 (4年11ヶ月) フェーズ2：2000年6月～2006年2月 (5年9ヶ月)
③事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	39,149百万円 43,230百万円 (325,038千U S ドル) 82,379百万円 49,427百万円 1U S ドル=133円 (1995年6月現在)	49,386百万円 21,066百万円 (181,057千U S ドル) 70,452百万円 49,386百万円 1U S ドル=116.35円 (1996年1月-2005年12月平均)

## 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<sup>1</sup>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、維持管理補修用車輛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（車輛・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。

<sup>1</sup> 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1,587km<sup>2</sup>で、東京23区の面積（622km<sup>2</sup>）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<sup>2</sup>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

<sup>2</sup> 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<sup>3</sup>。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<sup>4</sup>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 m<sup>3</sup>/日（約0.3 m<sup>3</sup>/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m<sup>3</sup>のサン・ラファエル貯水池及びポンプ場施設の建設<sup>5</sup>、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。

<sup>3</sup> 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」

<sup>4</sup> 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

<sup>5</sup> 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯水容量 7,500 万 m<sup>3</sup></li> <li>揚水ポンプ場：揚水能力は 12 m<sup>3</sup>/秒 (4 m<sup>3</sup>/秒×3 基)</li> <li>貯水池とウイスネル浄水場間の導水路 (口径 2.5m、距離 740m)</li> </ul>	⇒ほぼ計画通り (ポンプ揚水能力は 16 m <sup>3</sup> /秒 (4 m <sup>3</sup> /秒×4 基))
2. 監視・制御システム (コントロールセンター) 整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>コントロールセンター1ヶ所</li> <li>情報処理機材一式 (コンピュータ機器、発電機等)</li> <li>リモートターミナル (小型無線通信施設) 54 局<sup>6</sup></li> </ul>	⇒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	<ul style="list-style-type: none"> <li>新規調達 332 台</li> <li>修繕 28 台 (計 360 台)</li> </ul>	⇒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	<ul style="list-style-type: none"> <li>計画 M/M 数は不明</li> </ul>	⇒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<sup>7</sup>)

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<sup>8</sup>。



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)

<sup>6</sup> 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。

<sup>7</sup> 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。

<sup>8</sup> 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<sup>9</sup>

(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280km等)	世銀	1993年完了

<sup>9</sup> 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<sup>10</sup>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<sup>11</sup>。その後、JICA 中間監理調査ミッション<sup>12</sup>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 <sup>13</sup>

<sup>10</sup> 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。

<sup>11</sup> 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。

<sup>12</sup> 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）

<sup>13</sup> 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。

## 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<sup>14</sup>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<sup>15</sup>。

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

<sup>14</sup> 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。

<sup>15</sup> 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 <sup>3</sup> /秒	(千m <sup>3</sup> /日)	浄水場	m <sup>3</sup> /秒	(千m <sup>3</sup> /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 m<sup>3</sup>/秒の処理能力を確保した（4 m<sup>3</sup>/秒増加）。実施機関によれば、最大 19 m<sup>3</sup>/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m<sup>3</sup>/日)

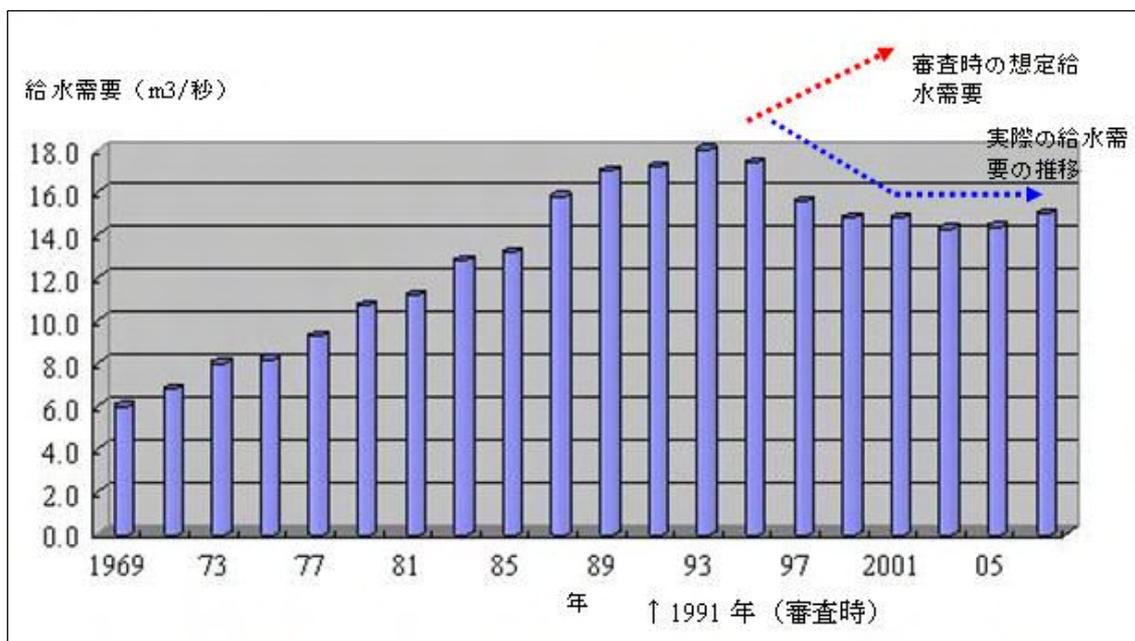
審査時の予測値			実績値		
年	ボゴタ市全体の日平均給水量	ウイスネル浄水場の日平均給水量	年	ボゴタ市全体の日平均給水量	ウイスネル浄水場の日平均給水量
1991	1,307	852	1991	N/A	N/A
1995	1,521	1,066	1995	1,554	1,020
1996	1,580	1,125	1996	1,519	953
1997	1,640	1,096	1997	1,337	448
1998	1,740	1,096	1998	1,356	804
1999	1,767	1,096	1999	1,279	734
2000	1,859	1,096	2000	1,276	812
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 m<sup>3</sup>/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<sup>16</sup>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 m<sup>3</sup>/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。

<sup>16</sup> 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	0.30-2.00
					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。

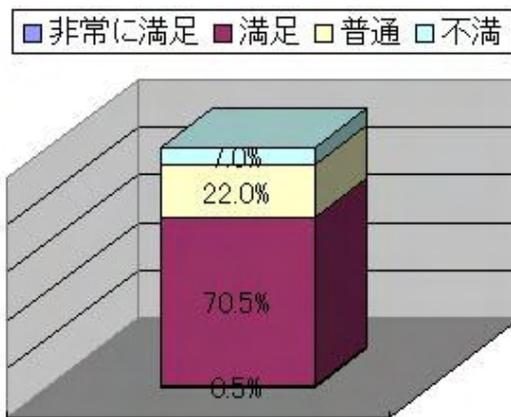


図 10 水圧

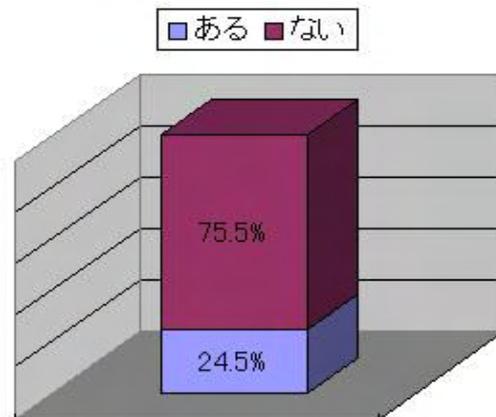


図 11 水の濁りの有無

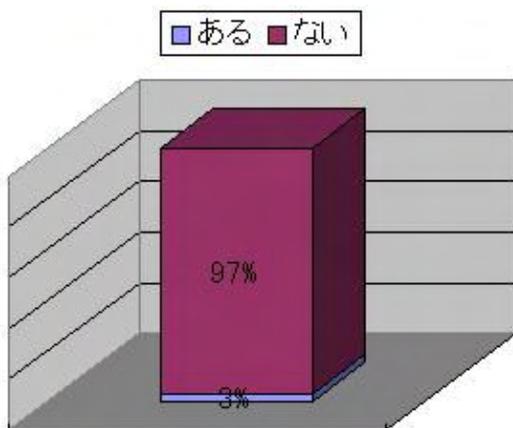


図 12 水の悪臭の有無

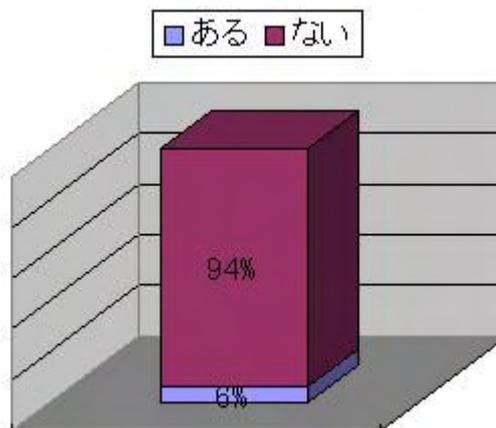


図 13 最近 15 日間の下痢等の病気の有無

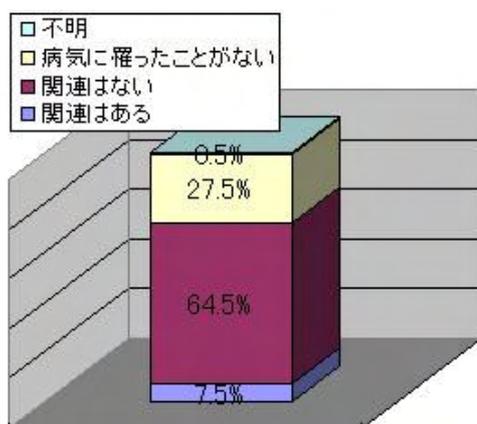


図 14 下痢等の病気と水質の関連

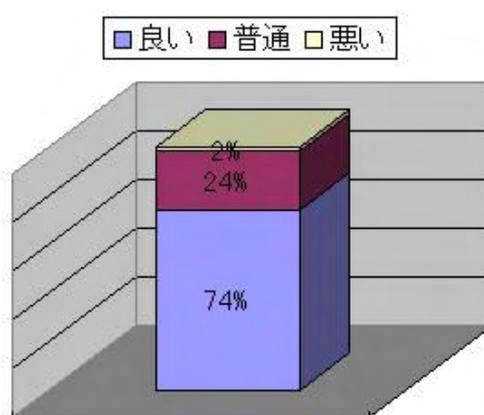


図 15 実施機関のサービス

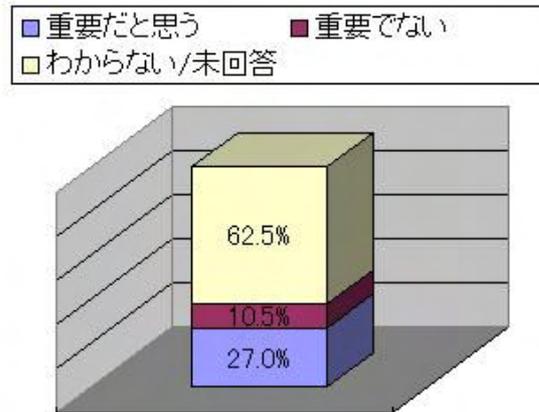


図 16 サン・ラファエル貯水池の重要性<sup>17</sup>

(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楽しむようになった。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さ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。

<sup>17</sup> 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。

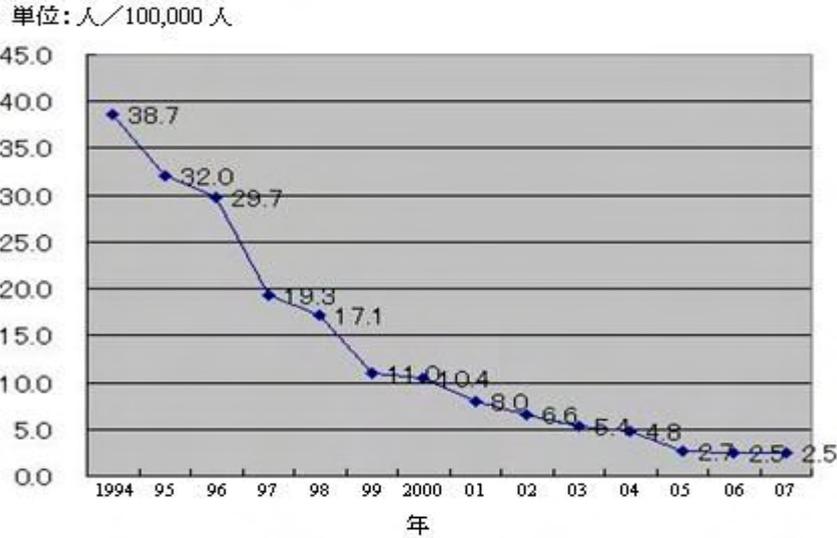


図 17 ボゴタ市の 5 歳以下乳幼児の下痢性疾患による死亡率の推移  
出典：実施機関資料

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<sup>18</sup>。

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<sup>19</sup>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

<sup>18</sup> 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、貯水池は豊かな渓谷に位置し、周辺には騒音の影響を受ける建物等はない。

<sup>19</sup> 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<sup>20</sup>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：百万円）

	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

<sup>20</sup> 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<sup>21</sup>（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）

<sup>21</sup> 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 <sup>3</sup> 以下の 使用料金*2)	20 m <sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup>までの料金 (表内の金額は 1 m<sup>3</sup>あたりの料金)

注 3) 使用量 20 m<sup>3</sup>を超過する場合の料金 (表内の金額は 1 m<sup>3</sup>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<sup>22</sup>。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

<sup>22</sup> 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	<p>1. サン・ラファエル貯水池、ポンプ場建設</p> <p>1) 貯水容量 7,500 万 m<sup>3</sup></p> <p>2) 揚水ポンプ場：揚水能力は 12 m<sup>3</sup>/秒 (4 m<sup>3</sup>/秒×3 基)</p> <p>3) 貯水池とウイスネル浄水場間の導水路 (口径2.5m、距離740m)</p> <p>2. 監視・制御システム整備 (コントロールセンター)</p> <p>1) コントロールセンター1ヶ所</p> <p>2) 情報処理機材一式 (コンピュータ機器、発電機等)</p> <p>3) リモートターミナル (小型無線通信施設) 54局</p> <p>3. 維持補修用機材 (上下水道維持管理用パトロール・輸送用車両、清掃・補修用重機) 整備</p> <p>1) 新規調達 332 台</p> <p>2) 修繕28台 (計360台)</p> <p>4. コンサルティング・サービス (計画 M/M 数は不明)</p>	<p>1. ほぼ計画通り</p> <p>2) ポンプ揚水能力は16m<sup>3</sup>/秒 (4m<sup>3</sup>/秒×4基)</p> <p>2. ほぼ計画通り</p> <p>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)</p> <p>3. ほぼ計画通り</p> <p>1) 新規に車両240台、重機101台を調達 (計341台)</p> <p>4. 実施機関の自己資金で実施 (計66M/M)</p>
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 内貨  合計 うち円借款分 換算レート	<p>5,863百万円</p> <p>5,227百万円 (2,068百万ペソ)</p> <p>11,090百万円</p> <p>8,375百万円</p> <p>1 ペソ=0.3956円 (1991年2月現在)</p>	<p>4,553百万円</p> <p>5,663百万円 (393百万ペソ)</p> <p>10,216百万円</p> <p>6,374百万円</p> <p>1 ペソ=0.0694円 (事業実施期間中加重平均)</p>

#### 4 都市下水整備事業

評価者：

三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング株式会社

大西 元

調査期間<sup>1</sup>：2009年4月～2009年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



(左上から時計回りに) スリバ下水処理場、スファックス北部下水処理場、ケビリ下水処理場、ドゥズ市内

#### 1.1. 背景

チュニジアでは 1980 年代後半、主力輸出品であった原油の価格下落と観光収入の激減から経済危機に直面したが、その後の経済自由化等が奏功し、90 年代に入って成長を回復するに至った。一方で都市部のみならず地方における高い人口増加率やそれに伴う環境問題等を背景として、1996 年当時、上下水道等の社会インフラの整備が急務とされていた。

特にチュニジア第二の都市であるスファックスや南部のケビリ、ドゥズ等の地方都市は、①下水未普及の一般家庭で使用されていた汚水溜め (Puis Perdu と呼ばれる) からの汚水の河川流出及び地下浸透、②これら流出・浸透による地下水・表流水の汚染とそれに伴う農業用水・飲料水の水質悪化及び都市周辺部の環境破壊の誘引、③さらには一般家庭等からの生活排水の垂れ流しによる都市中心部の衛生環境の悪化、といった共通の課題を抱えていた。これらの共通課題は各地方都市の高い人口増加率とあいまって、さらなる深刻化が懸念されていた。

上記の懸念を背景に、下水道整備を所管していたチュニジア下水道公社 (ONAS) は、人口 2,000 人以上の 199 都市を対象とした下水道整備需要調査や、世界銀行の支援による下水道マスタープランの作成を通じ、各都市の下水道整備ニーズの把

<sup>1</sup> 暫定評価結果に係る相手国政府との協議は 2009 年 4 月、受益者調査は 2009 年 4 月下旬～5 月上旬、評価結果に係るフィードバックセミナーは 2009 年 7 月に実施。

握を行った。上記調査・プランにおいて整備ニーズの高かった都市のうち、特に優先度が高く、かつ準備状況の整っていたスファックス、ケビリ、ドゥズの3都市、及び第8次国家5ヵ年計画において下水道整備の投資対象となっていたズリバの計4都市が本事業の対象となったものである。

## 1.2. 目的

チュニジアのスファックス、ケビリ、ドゥズ、ズリバの4都市において、新規下水処理場の建設、下水管の敷設・修復を実施することにより、各都市の下水処理能力向上を図り、もって地域住民の生活環境の改善及び各都市周辺部の環境保全に寄与する。

## 1.3. 借入人／実施機関

チュニジア共和国政府／チュニジア下水道公社 (Office National de l'Assainissement, ONAS)

## 1.4. 借款契約概要

円借款承諾額／実行額	63億8,900万円／63億8,600万円
交換公文締結／借款契約調印	1996年10月／1996年12月
借款契約条件	金利2.5% (コンサルタント部分は2.1%)、返済25年 (うち据置7年)、 一般アンタイド
貸付完了	2006年4月
本体契約 (10億円以上のみ記載)	EPPM (チュニジア)・SOTUTRASM (チュニジア)・ CHAABANE ET CIE (チュニジア) (JV)、 GRANDS TRAVAUX MEGHAEITH (チュニジア)・ ENVIRONNEMENT INDUSTRIE ET AMENAGEMENT (チュニジア) (JV)
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	1993年 世界銀行による下水道整備マスタープランの作成 (スファックスを対象)

## 2. 評価結果 (レーティング：B)

### 2.1. 妥当性 (レーティング：a)

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。

### 2.1.1. 審査時における妥当性

第8次国家5ヵ年計画（1992年-1996年）においては、工業化、観光開発を経済開発の中心に据える一方、地域間格差の是正及び環境面に配慮した持続的発展の観点から、下水道を含む社会インフラの整備促進が重点課題とされていた。審査時において下水道整備は国家上位政策における重点施策であり、そのなかで本事業の対象4都市における下水道整備は、ONASによる需要調査<sup>2</sup>や世界銀行の支援により作成されたマスタープラン<sup>3</sup>等を通じて優先度の高い事業と認識されていた。

また1996年当時、スファックス以外の都市には下水処理場が整備されておらず、既存の下水管により収集された下水が未処理のまま近郊の河川に放流されており、ケビリ及びドゥズにおいてはオアシス農業への影響、観光都市のズリバでは観光都市としてのイメージ悪化等が懸念されていた。また下水処理場のあったスファックスにおいても、処理場のキャパシティ不足の問題を抱えており、新規処理場の建設による既存処理場の負荷軽減等が喫緊の課題となっていた。

以上から、新規下水処理場の建設等を通じて各都市の下水処理能力向上を図り、各都市の環境に係る諸問題の解決を図る本事業は、チュニジアの当時の開発課題及び政策を解決・支援する事業として、高い優先度を有していたと言える。

### 2.1.2. 評価時における妥当性

第11次国家5ヵ年計画（2007年-2011年）では、引き続き地域間格差是正、地域住民の生活水準の向上及び環境保全の観点から、早期に取り組むべき優先課題として上下水道の整備が掲げられている。また上記の最新5ヵ年計画において下水道整備に関し、①下水道網の拡張、②住民の生活環境の改善、③老朽化した下水関連施設の改修及び拡張、④処理済下水の利用促進、⑤運営・維持管理における民間セクター参加の促進、の5点が主要な政策目標として明記されている<sup>4</sup>。

<sup>2</sup> 1992年にONASが実施した下水道整備需要調査では、①投資効率指標（新規の下水接続に要する住民一人当たりの投資額、及び投資収益率）、②環境配慮（地下水汚染や悪臭等の公衆衛生関連）、③観光・農業等へのインパクト等のクライテリアに基づき、下水道整備ニーズの高い17都市が選出された。このうち、本事業の対象4都市ではケビリ及びドゥズが含まれていた。

<sup>3</sup> 第9次国家5ヵ年計画（1997年-2001年）における体系的な下水道整備を視野に、1993年に世銀の支援を受けて主要5都市（チュニス、スファックス、スース、ケロアン、ネフザ）における下水道整備マスタープランを作成した。このうちスファックスについては、1974年にONASが作成していた旧マスタープランを抜本的に見直し、市内を3分割（北部、中央部、南部）して北部に新規下水処理場を建設することが計画された。本事業のスファックス北部下水処理場の整備は同計画に沿ったものである。

<sup>4</sup> 具体的には、①都市部及び地方都市・県における下水道サービスのさらなる普及（2011年の目標接続率：91%）、②低所得住民の生活環境の改善、③老朽化施設の改修及び拡張を通じた下水処理水の水質の改善、及び下水管網の改修及び拡張による顧客サービスの質の向上、④官民連携の強化を通じたPPP（Public Private Partnership）・BOT（Build, Operate and Transfer）プロジェクトのさらなる推進及び拡大、⑤処理済下水のさらなる利用促進（チュニス大都市圏及び沿岸部での処理水関連コストを抑制し、需要のある地域（中西部及び南部）への配水を拡大）、⑥汚泥再利用アクションプランに係る調査の継続、及び同調査の結果を踏まえた具体的アクションの開始、⑦工業汚水処理に特化した下水処理場の建設推進、及び右を通じた工業排水のマネジメントの抜本的な改善、⑧ONASの財務状況の改善、等が掲げられている。

事後評価時においても、下水道整備は国家上位政策において高い優先度が付与されている。また老朽化した設備の改修・拡張、処理済下水の再利用促進、運営・維持管理における PPP 活用といった政策目標は、本事業の事業内容に合致するものであり、本事業はセクター政策との高い整合性を有している。

また、本事業対象 4 都市における汚水処理及び衛生環境改善に対するニーズは、引き続き極めて高い。特にスファックスでは、人口増<sup>5</sup>等に伴って下水処理需要は審査時の約 2 倍<sup>6</sup>となっている。仮に本事業が実施されていなければスファックスにおける現在の上記下水処理需要に対応することは不可能であり、同市の衛生環境は現在の水準に到達していなかったものと想像される（これは下水処理場の無かった他の 3 都市においても全く同様の点が指摘できる）。他方、人口増加率が審査時の想定よりも低い水準にとどまっている点<sup>7</sup>や、(有効性項目で後述する)一人当たりの上水需要が審査時想定約 2 分の 1 となっている点に鑑みれば、今後の下水処理ニーズは、審査時の計画よりも緩やかに拡大していくものと予想される。

後述する本事業の各コンポーネントは上述の現況・課題に対応するものであり、本事業で整備された下水関連施設（下水処理場、下水管網、その他）は、下水処理業務を担う唯一のインフラ施設として対象 4 都市における下水処理需要に対処している。

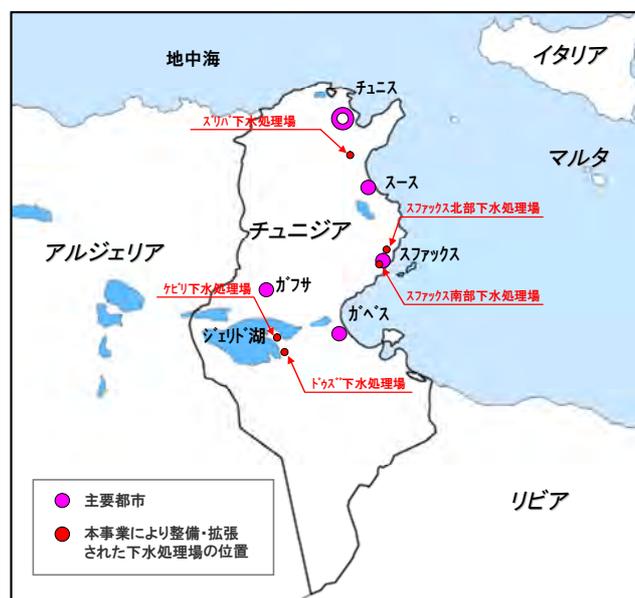


図 1：プロジェクトサイトの位置

<sup>5</sup> 審査当時の 1996 年には 43 万人であったが、2007 年現在、約 50 万人にまで増加している（約 16% 増、出所：ONAS）

<sup>6</sup> 1997 年の約 15,000 m<sup>3</sup>/日から 2007 年には約 34,000 m<sup>3</sup>/日となっている。（出所：同上）

<sup>7</sup> 例えばケビリの人口増加率は審査当時、年率 4%で伸長していくことが予測されていたが、1996 年から 2007 年までの年平均増加率はわずかに 0.5%に止まっている。他の 3 都市も同様の傾向にある。（出所：JICA 内部資料）

## 2.2. 効率性（レーティング：b）

本事業は、事業費が計画を下回ったものの、期間が計画を大幅に上回ったため（計画比 217%）、効率性についての評価は中程度と判断される。

### 2.2.1. アウトプット

計画及び実績の比較は以下表の通りである。スファックス北部下水処理場の処理能力が大幅に増加したほか、ズリバを除く各都市において下水管の敷設距離が増加している。また維持管理用機材の調達については調達品目数が約 30%増加している。各アウトプットの主な変更事由は以下の通り。

表1：アウトプットの比較

事業コンポーネント	計画	実績	差異
1. スファックス			
1.1 北部下水処理場の新設	設計処理量： 10,000m <sup>3</sup> /日	同： 17,900m <sup>3</sup> /日	7,900 m <sup>3</sup> /日の増加
1.2 南部下水処理場の拡張 拡張前の設計処理量： 24,000m <sup>3</sup> /日	既存設計処理量の約 2 倍を 目処	拡張後の処理量： 49,500m <sup>3</sup> /日	ほぼ計画通り
1.3 下水管の敷設	下水管延長： 156.5km	同： 289km	132.5km の延長
1.4 ホンブ場の新設	11ヶ所	9ヶ所	2ヶ所減
2. ケビリ			
2.1 下水処理場の新設	設計処理量： 3,130m <sup>3</sup> /日	同： 3,110m <sup>3</sup> /日	ほぼ計画どおり
2.2 下水管の敷設	下水管延長： 29.6km	同： 36km	6.4km の延長
2.3 ホンブ場の新設	2ヶ所	3ヶ所	1ヶ所増
3. ドゥズ			
3.1 下水処理場の新設	設計処理量： 4,700m <sup>3</sup> /日	同： 4,700m <sup>3</sup> /日	計画どおり
3.2 下水管の敷設	下水管延長：36.7km	同： 62km	25.3km の延長 <sup>1)</sup>
3.3 ホンブ場の新設	2ヶ所	2ヶ所	計画通り
4. スリハ			
4.1 下水処理場の新設	設計処理量：2,000m <sup>3</sup> /日	同： 1,800m <sup>3</sup> /日	200 m <sup>3</sup> /日の減少
4.2 下水管の敷設	下水管延長：6.6km	同： 7.0km	ほぼ計画通り
4.3 下水管の修復	下水管延長：6.5km	同： 7.0km	ほぼ計画通り
4.4 ホンブ場の新設	4ヶ所	4ヶ所	計画通り
5. 維持管理用機材の購入 下水管清掃用高圧洗浄車、調査カメラ 搭載車両、業務用車両、その他機材	下水管清掃用高圧洗浄車 (計 15 台)、調査カメラ搭載車 両(1 台)、業務用車両(計 24 台)、その他機材(計 11 アイ テム)の計 51 アイテム	下水管清掃用高圧洗浄車 (計 17 台)、調査カメラ搭載車 両(3 台)、業務用車両(計 44 台)、吸引機(計 4 台)の 計 68 アイテム	17 アイテムの増加
6. コンサルティングサービス(C/S)	30 M/M	34.57 M/M <sup>2)</sup>	4.57 M/M の増加

出所： JICA 内部資料及び現地調査ヒアリングによる

注 1)： うち約 10km はドゥズに隣接するゴラ (Golaa) 地区の下水管網とドゥズ下水処理場との連結に伴うもの（追加アウトプット）

注 2)： 内訳はスファックスにおける C/S に 31.57 M/M、塩湖（ジェリド湖）への環境影響調査に 3 M/M

- ✓ スファックス事業コンポーネント：北部処理場の処理能力の大幅増（10,000m<sup>3</sup>/日→17,900m<sup>3</sup>/日）は、詳細設計の段階でスファックス市中心部を処理対象地域に含める判断がなされ、計画処理人口の増大に対応したためであり、下水管敷設距離の大幅延長（156.5km→289km）は上記の対象地域の拡大による。またポンプ場の減少（11ヶ所→9ヶ所）は、下水管網の配置見直しに伴うもの。
- ✓ ケビリ事業コンポーネント：下水管敷設距離の延長（29.6km→36km）は、2006年に策定されたケビリ市開発計画に対応して下水管網を拡充したことによる。ポンプ場の増加（2ヶ所→3ヶ所）は、上記の下水管敷設距離の延長に伴い必要となった。
- ✓ ドゥズ事業コンポーネント：下水管敷設距離の延長（36.7km→62km）は、①ドゥズ市内の下水管網のさらなる拡充（約15km）、及び②ゴラ地区とドゥズ下水処理場の下水管連結工事（約10km）を行ったため<sup>8</sup>。
- ✓ ズリバ事業コンポーネント：下水処理場の処理能力の減少（2,000m<sup>3</sup>/日→1,800m<sup>3</sup>/日）は、詳細設計の段階で判明した具体的な下水処理需要に対応したもの（2,000m<sup>3</sup>/日という数字は、事業開始前に実施された簡易F/Sの結果による）。
- ✓ 維持管理用機材の購入：下水管清掃用高圧洗浄車、調査カメラ搭載車両、業務用車両の増加理由は、下水管網の延長（追加アウトプットその他工事による）に伴って維持管理区間が増大したことによる。雨水の水抜き等に利用される吸引機の新規購入（計4台）は、よりサービスレベルの高い維持管理作業を企図したもの<sup>9</sup>。
- ✓ コンサルティングサービス(C/S)：スファックスにおけるC/S投入量の増加（24M/M→31.57M/M）の原因は、審査時において北部処理場及び南部処理場の新設・修復を並行して実施する予定だったものが、（後述する）南部処理場の実施遅れに伴って両コンポーネントの実施時期にずれが生じ、両コンポーネントを監理する土木専門家（団長）のM/Mを増やす必要が生じたためである。

## 2.2.2. 期間（レーティング：c）

本事業の期間は、計画を大幅に上回った。

審査時には、1996年1月から2000年12月までの60ヶ月を予定していたが、実際には1996年1月<sup>10</sup>から2006年10月<sup>11</sup>までの130ヶ月間（計画比217%）を要し

<sup>8</sup> ゴラ地区には下水処理場が無く、汚水排水の未処理に伴う同地区の環境悪化が懸念されていたことから、下水管網の追加敷設が決定された。（出所：ONAS）

<sup>9</sup> 調達予定であった計11点の機材（表1で「その他機材」と表記されているもの）については、小型吸引機や調査カメラ搭載車両等の高性能の機材に代替され、調達が見送られた。（出所：ONAS）

<sup>10</sup> 借入契約（L/A）調印は1996年12月に行われた一方で、ケビリの入札準備はONASにより1996年1月に開始されている。ONASによれば、JICA（旧JBIC）より「L/A調印前に入札は実施不可」との指示があったため、時間の節約に鑑みL/A調印に先行して入札準備（入札書類の作成等）を開始した、とのことであり、事業開始の定義（本事業に係る実質的な業務開始）は1996年1月と判断するのが妥当と思われる。

<sup>11</sup> 事業完了の定義は、スファックス南部下水処理場工事の施設引渡しに係る完成検査仮承認日

た<sup>12</sup>。

遅延の主要因は、全コンポーネントのなかでクリティカルパスであったスファックス事業コンポーネントの大幅遅延である。具体的には①スファックス北部下水処理場の処理能力増強（10,000 m<sup>3</sup>/日→17,900 m<sup>3</sup>/日）に起因する詳細設計コンサルタント（世銀資金により調達、本事業外）選定の大幅遅延、②スファックス南部下水処理場・修復工事の再入札の実施に起因する遅延、の2点が挙げられる。

上述を背景に、スファックス下水処理場（北部及び南部）のコントラクター契約は2003年9月までずれ込んだ。これは審査時の予定であった1998年6月から64ヶ月（5年4ヶ月）遅延しており、結果的にコントラクター契約までの遅延が、事業全体の大幅遅延の直接的な原因となった。

表2：実施期間の比較

タスク	計画(カッコ内はヶ月)	実績(カッコ内はヶ月)	差異(ヶ月)
入札準備	1996年01月～1997年12月(24.0)	1996年01月～2001年02月(62.0)	38.0
入札・評価・契約	1997年03月～1998年06月(16.0)	1997年01月～2005年05月(101.0)	85.0
用地取得	1996年10月～1997年12月(15.0)	1997年04月～2002年01月(58.0)	43.0
工事	1997年10月～2000年09月(36.0)	1997年11月～2006年10月(108.0)	72.0
コンサルティングサービス	1997年10月～2000年12月(39.0)	2002年12月～2006年10月(46.0)	7.0

出所：JICA 内部資料、ONAS に対する質問票回答及び現地調査ヒアリングによる

### 2.2.3. 事業費（レーティング：a）

本事業の事業費は、計画を下回った（99%以下）。

本事業の総事業費は計画では85億1,800万円（うち円借款部分63億8,900万円）であったが、実際には84億3,600万円（うち円借款部分63億8,600万円）と対計画比99%となった。本報告書末の「主要計画／実績比較」に示した通り、外貨が大幅に減少し、内貨が大幅に増加しているが、その原因は「審査当時、本事業のコントラクターは外国企業が大半を占めるものと想定され、相応の外貨ポジションが見込まれていたところ、実際にはコントラクターの大半がチュニジア企業で占められることとなり、当初想定よりも内貨での支払額が膨らんだため」<sup>13</sup>である。

### 2.3. 有効性（レーティング：b）

目標値と実績値の比較がある程度可能と思われる5種の運用効果指標（汚水処理人口、下水道普及率、汚水処理量、生物化学的酸素要求量及び浮遊物質量）において、目標未達成の指標がいくつかある一方、多数の正のインパクトの発現等が確認されている。よって、本事業の実施により一定の効果発現が見られ、有効

（Preliminary Acceptance Date）である。（出所：ONAS に対する質問票回答及び同ヒアリング結果）

<sup>12</sup> 本事業は2度に亘り（2002年3月及び2005年5月）、計4年の貸付実行期限の延長がなされている。

<sup>13</sup> 出所：ONAS に対するヒアリング結果

性は中程度である。

### 2.3.1. 定量的効果－運用効果指標

#### (1) 汚水処理人口及び下水道普及率

事業対象地域（スファックス北部、同・南部、ケビリ、ドゥズ、ズリバの計 5 都市・地区）における汚水処理人口及び下水道普及率の基準値（1996 年）、実績値（2007 年）及び目標値（2011 年）を以下表に示す。2011 年の目標値に対してケビリ、ズリバでは 94%を達成しているのに対し、スファックス（北部及び南部）、ドゥズでは 60-70%の水準に止まっている。2011 年まで 4 年の猶予しかないことに鑑みれば、これら 2 地域での目標達成はやや困難と予想される。

汚水処理人口の伸びが予想を下回っている理由は、下水道接続率の低さにある。下水道接続率が低い要因には、地理的要因やチュニジアの社会慣習等、多くの要素が考えられるが、主因は「ONAS が契約家庭に請求する下水道接続料金が、チュニジア一般家庭の可処分所得<sup>14</sup>に比して極めて割高な点」（接続当たり 260TD、約 2 万円）との指摘が多い<sup>15</sup>。

表 3：対象 5 都市・地区の汚水処理人口

単位：人

対象地域	基準値 (96 年)	実績値 (07 年)	目標値 (11 年)	目標達成率
スファックス北	不明	38,829	62,530	62%
スファックス南	不明	299,843	395,420	76%
ケビリ	7,725	17,663	18,850	94%
ドゥズ	0	23,254	31,800	73%
ズリバ	6,102	8,964	9,530	94%

出所：JICA 内部資料及び ONAS 資料より算出

注 1)：2011 年の目標値に対する 2007 年現在の達成率を算出

注 2)：汚水処理人口＝下水道契約者数×世帯人数

表 4：対象 5 都市・地区の下水道普及率

単位：%

対象地域	基準値 (96 年)	実績値 (07 年)	目標値 (11 年)	目標達成率
スファックス北	30	43.0	65.0	66%
スファックス南	不明	73.5	91.0	81%
ケビリ	45 <sup>3)</sup>	91.0	92.0	99%
ドゥズ	ほぼ 0 <sup>3)</sup>	65.5	84.8	77%
ズリバ	80 <sup>3)</sup>	95.4	95.8	約 100%

出所：JICA 内部資料及び ONAS 資料より算出

注 1)：2011 年の目標値に対する 2007 年現在の達成率を算出

注 2)：下水道普及率＝汚水処理人口／対象地域人口

注 3)：1994 年の実績値（出所：JICA 内部資料）

下水道普及率の向上のためには、接続料金の割引スキームの一層の拡充（現在、低所得層に対しては通常料金の半額である 130TD を適用）や、さらなる下水網の整備等の施策が望まれる。

#### (2) 汚水処理量及び施設利用率

汚水処理量は 2007 年現在、以下表 5 に示した通り各処理場の最大処理能力に比して低い水準（スファックス北部、南部、ケビリ、ドゥズ、ズリバの順にそれぞれ

<sup>14</sup> チュニジアにおける 2008 年の一人当たり粗可処分国民所得は 4,912 ディナール（約 37 万円、年間）である。（出所：チュニジア統計局）

<sup>15</sup> 出所：ONAS 及び在チュニス JICA シニアボランティア（下水道専門家）に対するヒアリング結果、JICA 内部資料等

れ 31%、57%、67%、40%、19%、すなわち施設使用率に一致) に止まっているが、ONAS は「各下水処理場の最大処理能力は 2016 年の需要に対応すべく設計されている」としている。これに従えば、2004 年以降に運転が開始されたスファックス南部及びドゥズ、現在 67%の使用率を達成しているケビリの 3 箇所については、ほぼ順調に汚水処理量及び施設使用率が伸長していると判断できる（詳細は以下図 2 を参照）。他方、スファックス北部及びズリバの施設使用率については、2007 年に達成しておくべき水準からそれぞれ 5%、17%不足している<sup>16</sup>。

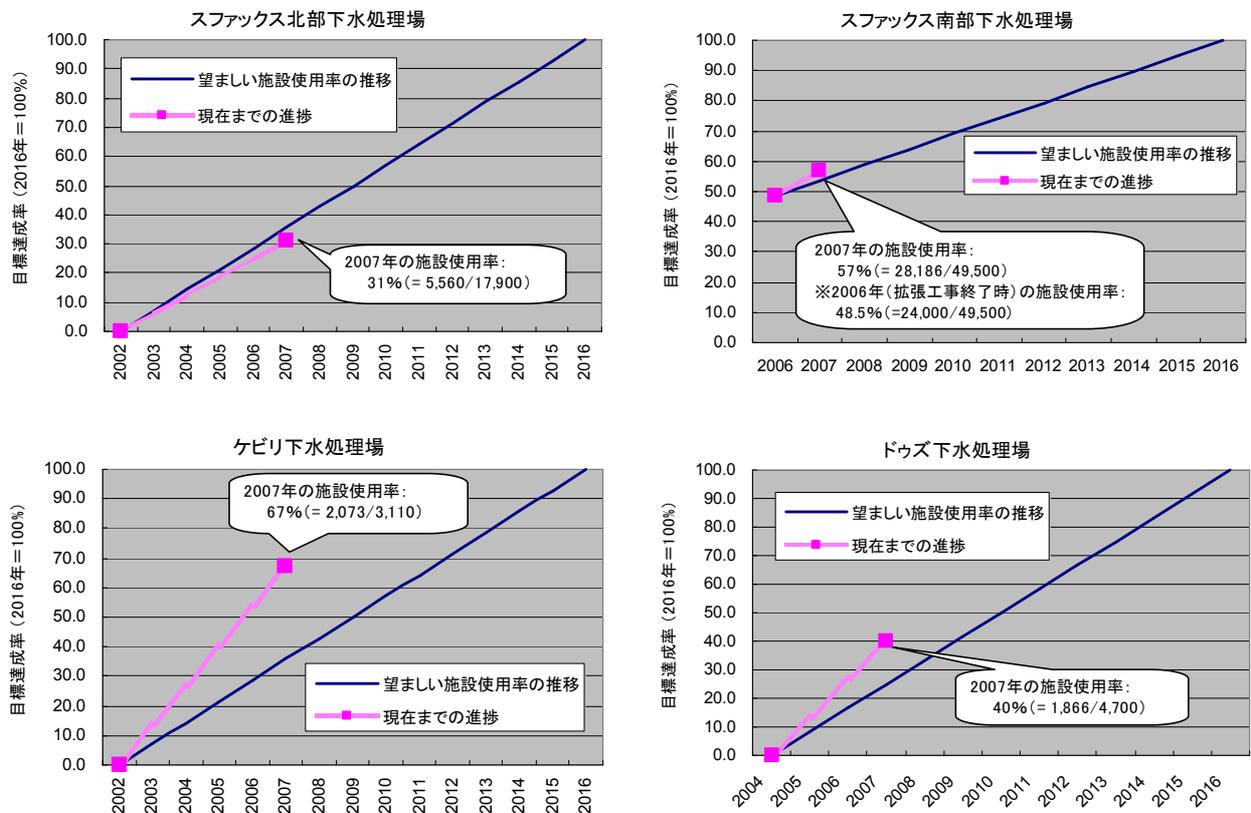


図 2：各下水処理場の望ましい施設使用率の推移と現在までの進捗（1/2）

<sup>16</sup> JICA 内部資料によれば、2011 年におけるスファックス（北部・南部）の施設使用率の目標値は 100%となっているが、ONAS は「2016 年度に 100%を達成する」と説明しているところ、施設完成が当初予定より 5～6 年遅れたため、ONAS としての目標年を再設定したものと思われる。

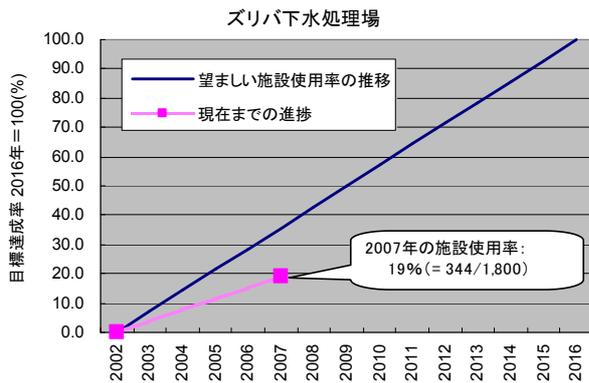


表 5：各下水処理場の施設使用率の目標達成度

下水処理場名	下水処理場の運転開始年	施設使用率(2007年現在)	2007年に達成すべき水準(2016年=100%から逆算) <sup>1)</sup>
スファックス北	2002年	31%	36%
スファックス南	2006年	57%	54% <sup>2)</sup>
ケビリ	2002年	67%	36%
ドゥス*	2004年	40%	25%
スリハ*	2002年	19%	36%

出所：JICA 内部資料及び ONAS 資料より算出

図 2：各下水処理場の望ましい施設使用率の推移と現在までの進捗(2/2)

出所： JICA 内部資料及び ONAS 資料より作成

注 1)： 2016 年に施設使用率が 100%になると仮定し、運転開始年から 2016 年まで毎年同じ増加率で施設使用率が推移した場合の 2007 年における水準

注 2)： スファックス南下水処理場はもともと 24,000 m<sup>3</sup>/日の処理能力を有しており、2006 年の拡張工事終了時点で既に 48.5% (=24,000/49,500) の施設使用率が達成されていたと仮定

注 3)： 施設使用率 = 日平均汚水処理量 / 下水処理設備能力

このような汚水処理量・施設利用率に大きく影響を与え得る要因として、一人当たりの上水使用量 (=汚水発生量に比例) を考慮する必要がある。

以下表 6 は審査時における一人あたり上水使用量の需要予測及び実績である。事業対象 4 都市において、審査時では 2011 年の需要として一人あたり 92~128 リットル/日が見込まれていたが、2007 年の実績はその 2 分の 1 程度にとどまっている<sup>17)</sup>。一人当たりの上水使用量の伸び悩みの原因については、上水の質 (塩分の含有率が高い)、チュニジア政府が国家政策として進めている節水キャンペーン等の影響が大きいと指摘されている<sup>18)</sup>。

表 6：審査時における一人あたり上水使用量の需要予測及び実績

単位：リットル/日/人

地域	2001年	2007年	2011年
審査時(1996年)の需要予測値			
スファックス全体	117 <sup>1)</sup>	123	128
ケビリ	90	-	100
ドゥス*	100	106	110
スリハ*	76	-	92
実績値			
事業対象 4 都市平均	-	約 50-60	N.A.
全国平均	-	約 90	N.A.

出所：需要予測値は JICA 内部資料、実績値は ONAS

注 1)： 2002 年のデータ

注 2)：「-」はデータなし

注 3)：(参考) 東京都の一人あたり上水使用量は 239 リットル/日 (2007 年度データ、出所：東京都水道局)

<sup>17)</sup> これは同年における全国平均の 90 リットル/日をも下回る水準である。

<sup>18)</sup> 出所：ONAS に対するヒアリング結果

またズリバの施設使用率の低さに関しては、(上述の理由に加えて)温泉地区の一部地域が事業対象から外れたため、汚水処理量の一部を占めるはずだった温泉排水が現在下水管網に流入していない、との点が指摘されている<sup>19</sup>。

### (3) 生物化学的酸素要求量 (BOD)、浮遊物質 (MES) の排水基準達成状況

表 7 に示した通り、BOD 及び MES とともに、スファックス北部、ケビリ、ドウズにおいては基準を満たしているが、スファックス南部及びズリバにおいて排出基準 (30mg/リットル) を達成していない。

スファックス南部処理場周辺は工業地帯となっている。チュニジアでは工場等を有する企業に対し、①自前で廃水処理プラントを設置し、工場排水を基準以下に処理して河川等に直接放流、もしくは②同プラントで一定の基準以下に処理して下水管へ放流、のいずれかを義務付けている。一方、同地域には自前の廃水処理プラントを有していない工場が多く、基準を大きく上回る工場排水が下水管に大量に流入している、とされる<sup>20</sup>。処理場に流入してくる下水の質がもともと悪く、これが放流水質の悪化の主因と指摘する専門家は多い<sup>21</sup>。

表 7：各下水処理場の BOD 及び MES 濃度 (2007 年の平均値)

単位：mg/リットル

下水処理場名	流入水質	放流水質	除去率	排水基準の達成可否
<b>BOD(生物化学的酸素要求量)</b>				
スファックス北部	544	29	95%	○
スファックス南部	574	40	93%	×
ケビリ	309	21	93%	○
ドウズ	168	17	90%	○
ズリバ	424	33	92%	×
チュニジアの排出基準/全国平均値		30 / 41		
<b>MES(浮遊物質、TSS)</b>				
スファックス北部	622	27	96%	○
スファックス南部	609	45	93%	×
ケビリ	498	17	97%	○
ドウズ	338	23	93%	○
ズリバ	348	44	87%	×
チュニジアの排出基準/全国平均値		30 / 45 <sup>1)</sup>		

出所： JICA 内部資料及び ONAS に対する質問票回答より作成

注 1)： 2006 年の全国平均値 (出所： JICA (2009) チュニジア処理済下水利用灌漑事業・事後評価報告書、P.10)

注 2)： わが国の排出基準： BOD 20mg/リットル、MES (SS) 25~50 mg/リットル (対象河川や湖沼等により異なる)

ズリバの放流水質が基準を達成していない点について、ONAS は「処理能力に比して汚水処理量が極端に少なく、流入水質も悪かった」との点を原因に挙げている。

<sup>19</sup> 出所： ONAS に対するヒアリング結果

<sup>20</sup> 出所： 同上 (表 6 の傾向とも合致している)

<sup>21</sup> 出所： ONAS の複数のエンジニア及び在チュニス JICA シニアボランティア (下水道専門家) に対するヒアリング結果

なお BOD 及び MES とも、そもそもチュニジアの全国平均値（2007 年）はそれぞれ 41 mg/リットル、45 mg/リットルであり、排出基準の 30 mg/リットルを達成していない。この状況下で本事業の各下水処理場はいずれも全国平均と同等、あるいはそれを下回っている<sup>22</sup>。

### 2.3.2. 定性的効果

#### 発生汚泥の再利用

下水処理場から発生する汚泥に関しては、スファックス北部、南部、ケビリ、ドゥズの 4 箇所いずれの下水処理場においても、現在再利用は行われていない（詳細は後段のインパクト項目を参照。なおズリバは汚泥を発生しない自然ラグーン処理方式が採用されている）。農業省、保健省及び ONAS の 3 者の協働により、現在汚泥の有効利用に係る研究が行われており、その一環として、ケビリ及びドゥズにおいて実証試験が計画されている<sup>23</sup>。

このように汚泥の再利用についてはまだ計画段階の域を出ていないが、他方で受益者調査<sup>24</sup>の結果によれば、汚泥の利用を期待している農民は相当数に上っており（83 名中 52 名が汚泥の再利用を希望）、今後 ONAS、農業省、保健省の 3 者による実証試験等の結果が待たれる。

また妥当性項目にて既述の通り、現在第 11 次 5 ヶ年計画において、汚泥の再利用に係る全国的な調査が継続されており、本 5 ヶ年期間中に具体的なアクションプランが策定される予定である。中長期的には汚泥の再利用の促進が期待でき、本事業に関連する左記の動きも今後加速化すると想像される。

### 2.3.3. 財務的内部収益率（FIRR）の算定<sup>25</sup>

以下表の諸条件をベース・シナリオとして FIRR 値の再計算を行った。また下水道料金収入をパラメータとし、ベース・シナリオよりもやや悲観的なケース（シナリオ 1）、及びやや楽観的なケース（シナリオ 2）の 2 種を設定し、FIRR 再計算値の感度分析を実施した。以下表に再計算結果を示す。

FIRR 値の再計算結果はマイナスとなった（マイナス 9%、ベース・シナリオの場合）。理由として、①対象都市の人口増加率が審査時の仮定よりも大幅に低く、当初の想定よりも料金収入が低い、②加えて下水道料金が当初想定よりも極めて

<sup>22</sup> チュニジアの排出基準はわが国と同水準の厳しい水準を要求している（表 7 注 2 を参照）。

<sup>23</sup> 出所：ONAS に対するヒアリング結果

<sup>24</sup> 受益者調査の実施要領：スファックス、ケビリ、ドゥズ、ズリバの各都市・地区において、一般住民（4 都市すべてを対象、計 110 名）、立地企業（スファックス南部のみを対象、計 22 企業）、農業従事者（4 都市すべてを対象、計 89 名）、観光業従事者（ドゥズ、ズリバのみを対象、計 42 名）の計 263 名・企業に対し、対面聞き取り方式により実施。

<sup>25</sup> なお経済的内部収益率（EIRR）については、便益側の入力データとして例えば①対象地域住民の水質改善に対する WTP（Willingness to Pay）を個別インタビュー等により把握する必要や、②公共用水域（農業用水取水源等）の水質改善効果等の環境価値を貨幣価値に換算する必要があるため、今次調査のリソースの制約等に鑑み、計算は行っていない。

低い水準に止まっている（政治的に引き上げが困難）の 2 点が考えられる（なおこれら 2 点については事業実施側でコントロールできない外部要因と判断し、FIRR 値の再計算結果は有効性評価に含めないこととした）。

表 8：FIRR 値の再計算結果

計算時期	計算条件・前提等 (プロジェクトライフはいずれのシナリオも事業完了後 15 年) <sup>26</sup>	FIRR 計算結果
審査時 1996 年	費用： 土木工事費、コンサルティングサービス費、用地取得費、予備費、維持管理費（総事業費の 1%と仮定） 便益： 下水道料金収入（2000 年までは年率 15%、2001 年以降は年率 10%の料金値上げが実施されると仮定、基準年となる 1997 年の料金は 1 世帯 1 m <sup>2</sup> 当たり 1.5 ユニシアテナール）	7%
事後評価時 2009 年	ベース・シナリオ 費用： 土木工事費、コンサルティングサービス費、維持管理費（2007 年まで実績値、2008 年以降は PPP 導入の影響により 5 年ごとに半減すると仮定） 便益： 下水道料金収入（2009 年に年率 6%、2010 年以降は 2 年おきに年率 5%の料金値上げが実施されると仮定、基準年となる 2008 年の料金は 1 m <sup>2</sup> 当たり 0.427 ユニシアテナール）	マイナス 9%
	シナリオ 1（ベース・シナリオよりも悲観的） 費用： ベース・シナリオと同じ 便益： 下水道料金収入（2009 年に年率 6%の値上げ、2010 年以降も 2009 年の水準のままと仮定）	マイナス 10%
	シナリオ 2（ベース・シナリオよりも楽観的） 費用： ベース・シナリオと同じ 便益： 下水道料金収入（2009 年に年率 6%の値上げ、2010 年以降は 2 年おきに年率 15%の料金値上げが実施されると仮定）	マイナス 5%

感度分析の結果はシナリオ 1 の場合でマイナス 10%、シナリオ 2 の場合でマイナス 5%となった。シナリオ 2 は下水道料金の値上げ幅を極端に楽観視したケースであるが、それでも FIRR 値はマイナスとなった。事業の収益性を高めるには、相当の料金値上げ、下水道接続率の上昇、運営・維持管理費用の逡減が必要である。

## 2.4. インパクト

本事業の完了から 2 年 4 ヶ月しか経過していないため、中長期的なインパクト（例えば対象地域周辺部の環境保全に伴う地域開発の進展等）については捕捉が困難である。これに鑑みインパクトの評価に際しては、受益者調査の結果を主たる判断材料とした。

### 2.4.1. 住民の衛生面での住・生活環境の改善（4 都市全体）

以下表に示した通り、下水道への接続前後において、住・生活環境に何らかの問題があると認識していた受益者の数が、ほぼ半数に減少している。

依然として悪臭、虫の発生等の問題は完全に解消されていないものの（ただし悪臭については既述の下水道接続率の低さが主因と思われる）、本事業の実施により一定の環境改善効果があったものと判断できる。

<sup>26</sup> ちなみにプロジェクトライフを 20 年とした場合、FIRR 値はベース・シナリオの場合でマイナス 3%、シナリオ 1 の場合でマイナス 5%、シナリオ 2 の場合で 1%となる。

表 9：下水道の接続前後における住・生活環境の状況 (N=218)

受益者タイプ	回答対象数	下水接続前：問題あり <sup>1)</sup>		下水接続後：問題あり <sup>2)</sup>	
		人	%	人	%
一般住民	110	84	76	47	43
農業従事者	44	38	86	25	57
立地企業	22	14	64	2	9
観光業従事者	42	36	86	14	33
合計	218	172	79	88	40

出所：受益者調査結果

注 1)：下水道に接続する前において、「何らかの問題があった」と回答した受益者

注 2)：上記で「問題あり」と回答した受益者のうち、下水道接続後も「何らかの問題がある」と回答した受益者

注 3)：農業従事者 89 人のうち、現時点で下水道に接続していない 45 人は本質問から除外

表 10：指摘された問題の具体的内容 (複数回答あり)

受益者タイプ	下水接続前(回答数)			下水接続後(回答数)		
	悪臭	虫の発生	その他 <sup>1)</sup>	悪臭	虫の発生	その他 <sup>2)</sup>
一般住民	57	30	56	36	13	20
農業従事者	23	18	47	18	6	16
立地企業	7	2	5	1	1	0
観光業従事者	30	27	18	10	7	13
合計	117	77	126	65	27	49

出所：受益者調査結果

注 1)：表流水汚染、土壌汚染、表流水の塩害、その他

注 2)：高い下水接続料金、低い下水接続率、その他

## 2.4.2. 下水処理による各都市周辺部の環境保全

### (1) スファックス北部、ケビリ、ドゥズ、ズリバにおける農地の環境保全

以下左表によれば、本事業の実施前において、農地周辺の環境に何らかの問題（表流水の汚染、虫、悪臭等）があると認識していた農民は全体の約 6 割（83 名中 48 名）であったが、事業実施後において、問題があるとしていた農民 48 名のうちの約 9 割が「農地周辺の環境が改善した」と回答している（以下右表）。すなわち、本事業の実施により、事業サイト周辺の農地の環境が大幅に改善されたものと判断できる。

表 11：本事業の実施前における農地周辺の状況 (N=83)

回答内容	回答人数	%
何らかの問題あり <sup>1)</sup>	48	58
なし	23	28
わからない・不明	12	14
合計	83	100

出所：受益者調査結果

注 1)：指摘された問題の具体的内容は、①表流水汚染、②虫の発生、③悪臭、④土壌汚染、⑤農作物汚染等。

注 2)：有効回答者数は 83 名（6 名は未回答）

表 12：本事業の実施後における農地周辺の状況 (N=48)

回答内容	回答人数	%
大幅な環境改善が認められる	19	40
多少の環境改善が認められる	23	48
変化なし	1	2
不明・回答なし	5	10
合計	48	100

出所：受益者調査結果

注)：上記で「問題あり」と回答した受益者 48 名に対して質問

### (2) 周辺河川の環境改善

ケビリ、ドゥズにおいてはエル・メラ川及びショット・エル・ジェリド湖（下水の最終放流先である北アフリカ最大の塩湖）への未処理下水の放流が本事業の実施によりある程度抑制された結果、同河川・湖における環境改善が認められて

いる<sup>27</sup>。またズリバにおいても同様に「エル・ハマム川への未処理下水の放流がある程度抑制された結果、同河川における環境改善が認められる」とのヒアリング結果が得られた<sup>28</sup>。

ケビリ、ドゥズ、ズリバにおいては事業実施前に各種下水が未処理のまま周辺河川及び塩湖に放流されていたが、下水処理場の建設によりこれら未処理下水の水質が大幅に改善された結果（有効性項目で述べた BOD、MES の流入・放流水質の改善状況はその一例）、環境改善効果が発現しているものと判断できる。

#### 2.4.3. 処理済下水の再利用による灌漑の拡大

処理済下水の再利用により、一部の地域（スファックス南部）において灌漑面積が拡大している。また以下表の通り、その他都市においても計画が進行中である（2009年4月現在、スファックス北部においても灌漑が計画されている）。

処理済下水の利用に関するチュニジアでの歴史的経緯<sup>29</sup>に鑑み、今後は4都市において処理済下水を利用した灌漑が増加していくものと予想される。長期的には農業生産性向上のインパクトが発現する可能性が高い。

表 13：処理済下水の再利用による灌漑状況

地域	灌漑実績 <sup>1)</sup> (2009年4月現在)	将来目標	処理水再利用率 <sup>2)3)</sup> (2008年)
スファックス北部	0 ha	400 ha	N.A.
スファックス南部	537 ha	1,000 ha	23%
ケビリ	0 ha	検討中	約 20%
ドゥズ	0 ha	検討中	N.A.
合計	537 ha	1,400 ha	-

出所：ONAS に対するヒアリング結果

注 1)：チュニジア全国での処理済下水による灌漑面積は約 8,000 ha（出所：農業省に対するヒアリング結果）

注 2)：ただし処理水の再利用率は降水量の影響を大きく受けるため、年によって大きく変動（降水量が多ければ処理水利用のインセンティブは低下する）

注 3)：チュニジア政府による再利用率の全国目標値は 35%（出所：ONAS）

注 4)：スファックス南部の灌漑農地で栽培されているのは主として飼料作物（出所：農業省に対するヒアリング結果）

<sup>27</sup> ONAS に対する質問票回答、及び ONAS ケビリ地域事務所に対するヒアリング結果

<sup>28</sup> ONAS に対する質問票回答、及び ONAS ザグアン地域事務所に対するヒアリング結果

<sup>29</sup> 降水量の乏しいチュニジアでは、乾季における農業灌漑用水の確保が農業生産性向上における最大のボトルネックとなっている。これを背景に昔から処理済下水が着目されており、同国政府は 1965 年に処理済下水を利用した農業灌漑を開始している。処理済下水の安全性や利用方法に係る長年の研究の結果、政府は 2006 年に処理水の再利用に係る大統領令を発令し、処理水の安全性に対して公式に問題ないとのスタンスを示した。これを契機に、処理済下水利用に関して農業省と ONAS の協働が加速している（出所：農業省に対するヒアリング結果）。なお処理済下水の利用が許可されている農産物は、①飼料作物、②花卉類、③タバコ等。農産物以外では植林地やゴルフ場での散水等。（出所：同上）

#### 2.4.4. 自然・社会環境へのインパクト

##### (1) 環境に対するインパクト

環境に対する負のインパクトに関し、悪臭、虫の発生に係る住民の指摘を除いて特段深刻な問題は発生していない<sup>30</sup>。

悪臭に関しては、既述の通り事業の実施前後において大幅な改善が見られるものの、依然として一部の住民より不満が寄せられている。本事業により建設・修復された5箇所の下水処理場は、各都市中心部から数km離れた位置にあり、いずれも周辺人家から500m以上の距離が確保されていることから、(処理場から全く悪臭が発生しない訳ではないが)悪臭発生の主因が下水処理場とは考えにくい。一方で有効性項目において既述の通り、各都市の下水道接続率は低い水準にとどまっている。このことから、下水未接続の家庭で依然として使用されている汚水溜め(Puis Perdu)等が悪臭の主因である可能性が高く、下水道接続率の向上に向けたONASによる一層の努力が望まれる。

##### (2) 汚泥の再利用

汚泥処理の現況は以下表の通りである。いずれの処理場においても再利用は行われておらず、(有効性項目で既述の通り)計画段階にある。

表 14：各下水処理場における汚泥処理状況

下水処理場名	汚泥発生量(年間、乾燥重量ベース)	汚泥処理状況
スファックス北部	500トン	乾燥のち敷地内保管
スファックス南部	2,000トン	乾燥+機械脱水、のち敷地内保管
ケビリ	0.96トン	敷地内保管
ドゥス*	0.08トン	敷地内保管
スリバ*	N.A.	ラグーン方式による自然処理のため発生せず

出所：ONAS に対する質問票回答及び同・ヒアリング結果

現在ドイツ復興金融公庫(KfW)の資金により、チュニジア全国を対象として汚泥の再利用に係る基礎調査が実施されている。再利用に際しての安全性や具体的な利用方法(現時点では農民への配布やコンクリート骨材としての再利用を想定)等が分析・検討されており、2011年に最終報告書が提出される予定である<sup>31</sup>。また上記調査とは別に、ONASは現在汚泥の再利用に係るパイロットプロジェクトを全国で展開している(ただし本事業の対象4都市は含まれていない)。

ONASはKfWの調査結果及びパイロットプロジェクトの結果を受けて、汚泥の再利用方法を最終決定する予定である。なおチュニジアでは2002年に汚泥の再利用に係る法律が制定されており、再利用に係る法的制度整備は終了している(上記のパイロットプロジェクトは本法の整備後に開始された)。

<sup>30</sup> スファックス南部下水処理場には広大なリン鉱石保管場及びゴミ廃棄場が隣接している。現在のところ、これら保管場及び廃棄場による同処理場への負の環境インパクトは確認されていない。

<sup>31</sup> 出所：ONAS に対するヒアリング結果

### (3) 環境影響評価（EIA）及び環境モニタリングの実施状況

ONAS による環境影響評価（EIA）の実施状況及び国家環境保全庁 ANPE (Agence Nationale de Protection de l'Environnement) による承認状況は以下表の通りである。ズリバを除いた 3 都市（下水処理場は 4 箇所）において、EIA は事業開始前に実施され、その結果は ANPE より承認されている。また各下水処理場の建設工事期間中において、各種の環境モニタリングが実施されていた模様である。

表 15：EIA の実施状況及び ANPE による承認状況

コンポーネント名	EIA 実施状況	ANPE による承認
スファックス(北部・南部)	事業開始前に完了	承認済み
ケビリ	1996 年 5 月に完了	承認済み
ドゥズ	1996 年 5 月に完了	承認済み

出所：JICA 内部資料及び ONAS に対するヒアリング結果

注)：ズリバについては ONAS より回答なし

現在、下水処理場・処理済下水排水口（スファックス南部では地中海への放水路付近も含む）において定期的な環境モニタリングが実施されている（水質検査が月に 5～11 回程度実施されている。測定項目は BOD 等）。体系的な環境モニタリングが定期的実施されており、ONAS の環境モニタリング体制に問題は無い。

### (4) 住民移転・用地取得の実施状況

本事業においては、下水処理場の新規建設、及び下水管網の敷設の際に用地取得が行われている。用地取得に際して住民移転は発生していないが、スファックス北部、ドゥズ、ズリバの 3 箇所においては当初見込みよりも用地取得に時間を要する結果となった。各サイトにおける遅延理由は以下の通り。

- ✓ スファックス北部：地主との交渉に時間を要した。
- ✓ ドゥズ：事業実施前に地主が用地売却に合意していたが、地主側に書類上の不備等があり新用地を確保せざるを得なくなった。
- ✓ ズリバ：事業実施前に国有地を確保済みであったが、担当省庁との協議において用地取得上の困難が発生した。

## 2.5. 持続性（レーティング：a）

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。

### 2.5.1. 実施機関

#### 2.5.1.1. 運営・維持管理の体制

本事業下で建設・拡張された下水処理場及び関連機器の運営・維持管理（O&M）

は、実施機関 ONAS<sup>32</sup>が所管しており、以下表の体制が採られている。ONAS 内の 4 つの事業部のうち、スファックス、ケビリ、ドウズについては南部事業部 (South Department)、ズリバについては北部事業部 (North Department) が運営・維持管理業務を所管している。

表 16：ONAS における下水処理場・関連機器の O&M 体制 (本事業関連のみ)

担当事業部	担当事務所	O&M 担当施設・機器(本事業関連)
南部事業部 South Department	スファックス地域事務所 (職員数:160 名、うちエンジニア 8 名)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ スファックス北下水処理場</li> <li>✓ スファックス南下水処理場</li> <li>✓ 本事業により建設されたスファックス市内の下水管網</li> <li>✓ 関連施設・機器(ポンプ場等)</li> </ul>
	ケビリ地域事務所 (職員数:23 名、うちエンジニア 3 名)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ケビリ下水処理場</li> <li>✓ ドウズ下水処理場</li> <li>✓ 本事業により建設されたケビリ・ドウズ地区内の下水管網</li> <li>✓ 関連施設・機器(ポンプ場等)</li> </ul>
北部事業部 North Department	ザグアン地域事務所 (職員数:6 名、うちエンジニア 2 名)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ スリバ下水処理場</li> <li>✓ 本事業により建設されたスリバ地区内の下水管網</li> <li>✓ 関連施設・機器(ポンプ場等)</li> </ul>

出所：ONAS スファックス及びケビリ地域事務所におけるヒアリング結果より作成

南部事業部の下には 7 箇所の地域事務所が存在し、そのうち最大のスファックス地域事務所がスファックス北下水処理場、同・南下水処理場及び関連する下水管網・施設の運営・維持管理業務を所管している。また同じく南部事業部下のケビリ地域事務所がケビリ下水処理場、ドウズ下水処理場、両地区の下水管網及び関連施設・機器の運営・維持管理業務を担っている。一方、北部事業部の下にも 7 箇所の地域事務所があり、そのうちザグアン地域事務所がズリバ下水処理場及び下水管網、関連施設・機器の運営・維持管理業務を担当している。

公営企業改革により職員数の増加が困難な状況<sup>33</sup>にあること等を背景に、ONAS は経営合理化の一環として、下水処理関連施設の運営・維持管理業務に対して PPP (Public Private Partnership) の導入を進めている (詳細は以下表を参照)。今後も全国各地の下水処理場及び下水管網の運営・維持管理に対し、積極的に PPP 方式を導入し、運営・維持管理費用の節減を進めていく方針である<sup>34</sup>。また妥当性項目において既述の通り、第 11 次 5 ヶ年計画において、下水道セクターに係る上位目標として「PPP の推進」が堅持されていることから、PPP 導入に係るこれら一連の動きは今後、ONAS の財務面での持続性に少なからず好影響を与えるものと思われる。

<sup>32</sup> ONAS の設立は 1974 年。環境省傘下の公営企業であり、(後述するように) 下水道料金収入と政府からの補助金が主な財源。審査当時は 5 事業部体制であったが、その後、東北部事業部と西北部事業部が統合されて北部事業部となり、4 事業部体制となった。

<sup>33</sup> 2008 年における ONAS の職員数 (3,456 名) は審査時 (3,003 名) と比較して約 300 名の増員となっているが、2006 年以降の 3 年間は人員の大幅な増減は無い。公営企業に対する人員の総数規制があり、積極的な人員拡大は困難な状況にある。

<sup>34</sup> 下水処理場の 80~85% に対して PPP 方式を導入するとの話もある。(出所：ONAS 計画局長に対するヒアリング結果)

表 17：ONAS における運営・維持管理業務への PPP 導入状況（本事業関連のみ）

本事業コンポーネント名	導入時期	契約民間企業(契約期間)	委託業務の内容
スファックス北部	2008 年 10 月	フランスとチュニジアの合弁企業 SOMEDEN 社に維持管理を委託(5 年間)	✓ スファックス北部下水処理場、関連するポンプ場及び下水管網の維持管理
スファックス南部	計画中	-	-
ケビリ及びドゥズ	2007 年 6 月	チュニジア企業 Ameer - Plastics 社に維持管理を委託(5 年間)	✓ ケビリ下水処理場及び関連するポンプ場の維持管理 (ケビリ地区内の下水管網は ONAS ケビリ地域事務所が直営で監理) ✓ ドゥズ下水処理場、関連するポンプ場及び下水管網の維持管理
スリハ	計画中	-	-

出所：ONAS スファックス及びケビリ地域事務所におけるヒアリング結果より作成

### 2.5.1.2. 運営・維持管理における技術

#### エンジニア・テクニカルスタッフの技術レベル

ONAS の技術職の総数は、2008 年末現在で 1,807 名であり、このうちバカロレア<sup>35</sup>+2 以上（大卒相当）は 272 名、バカロレア+2（大学教養課程相当）は 464 名となっている。エンジニア・テクニカルスタッフの量・質に問題は無く、技術レベルも高い。

またスファックス北部及びケビリ・ドゥズの運営・維持管理に参画している既述の民間企業 2 社は、いずれも下水処理場の運営・維持管理に係る経験が極めて豊富であり、技術レベルに問題は無い。

#### 本事業コントラクターによるトレーニングの実施実績等

運営・維持管理を担当する ONAS の技術職に対し、本事業のコントラクターによって下水処理場の運営・維持管理技術に係るトレーニングが実施されている。詳細は以下表の通り。

表 18：本事業コントラクターによる O&M トレーニングの実施状況

項目	実績
トレーニング人数	計 15 名 内訳：スファックス北部 4 名、スファックス南部 4 名、ケビリ 3 名、ドゥズ 3 名、スリハ 1 名
実施時期及び期間	✓ 各下水処理プラントの試験運転中の 2 ヶ月間
トレーニング内容	✓ プラント施設の運転技術に係る研修 ✓ 制御プログラムのプログラミング手法に係る研修 ✓ 制御機器の運転等に関する研修、その他

出所：ONAS スファックス及びケビリ地域事務所におけるヒアリング結果より作成

コントラクターによる各種トレーニングについては、上記の通り滞りなく実施されている。トレーニング内容に対する受講側の評判も高い<sup>36</sup>。なお ONAS は全国

<sup>35</sup> チュニジアではフランスの学制が採用されている。

<sup>36</sup> 出所：トレーニングを受講した職員に対するヒアリング結果より

160 都市において(本事業の 5 箇所を含む)98 箇所の下水処理場と計 13,800km(2007 年末現在) の下水管網を管理している。本事業に類似の下水処理場は他都市に数多く存在していることから、下水処理場の運用に関しては十分な関連技術・経験を蓄積済みと思われる。これらを背景に上記のトレーニング人数(計 15 名)が決定されたものと思われる。

### 2.5.1.3. 運営・維持管理における財務

下水料金水準の低さに起因して収益基盤は弱いだが、政府補助金により収支の均衡を保っている。財務基盤に問題は無い<sup>37</sup>。

#### 収益状況

以下左表の通り売上原価が売上高を上回っており、毎年赤字を計上している。売上高はここ 3 年間に於いて増加基調にあるものの、人件費の伸びがそれを上回っており(3 年間の売上高の伸び: 6.6%、同人件費の伸び: 14.9%)、赤字幅は毎年拡大している。減価償却費の伸びも大きい。既述の職員数の総数制限に起因して若手職員の新規雇用が抑制されているため、職員の高齢化が進んでいる。これが人件費増加の一因と思われる。また下水料金の引き上げは政治的に困難なことから、赤字分は政府からの補助金により補填されている<sup>38</sup>。

以上より ONAS の収益基盤は若干弱いものの、政府補助金により収支の均衡を維持している。

表 19: ONAS の損益計算書

単位: 百万 TD

項目	2005 年度	2006 年度	2007 年度
売上高	113.9	120.0	121.4
うち下水道料金収入	97.9	102.0	103.8
売上原価	144.4	153.9	160.1
うち人件費	58.2	62.1	66.9
同 減価償却費	48.4	54.8	55.2
売上総利益	▲30.5	▲33.9	▲38.7
税引き前利益	▲36.8	▲41.6	▲46.0

出所: ONAS 財務監査報告書及び JICA 内部資料

表 20: ONAS の貸借対照表

単位: 百万 TD

項目	2005 年度	2006 年度	2007 年度
資産の部			
流動資産	129	157	163
うち当座資産	81	120	132
固定資産	1,116	1,148	1,204
<b>資産合計</b>	<b>1,245</b>	<b>1,305</b>	<b>1,367</b>
負債及び資本の部			
純資産	814	894	927
流動負債	175	113	118
固定負債	256	298	322
<b>負債及び資本合計</b>	<b>1,245</b>	<b>1,305</b>	<b>1,367</b>
総資本経常利益率(%)	▲3.0	▲3.2	▲3.4
売上高当期利益率%	▲32.3	▲34.7	▲37.9
流動比率(%)	73.7	139.9	138.9
当座比率(%)	46.3	106.2	111.9
自己資本比率(%)	65.4	68.5	67.8

出所: ONAS 財務監査報告書及び JICA 内部資料

<sup>37</sup> 2008 年度の各種データについては、財務報告書の監査が終了していないため、開示されなかった。

<sup>38</sup> 補助金の割合は毎年総収入の約 30%であり、2007 年度は 39.5%を占める。(出所: ONAS Annual Report 2007)

## 財務状況

バランスシートについては、上記右表の通り 2007 年度末における自己資本比率は 68%、流動比率 139%、当座比率 112%となっており、財務の安定性、短期的な支払い能力に大きな問題は無い。

## 本事業に関連する維持管理支出状況

維持管理支出の主な費目構成は①電気代、②燃料費、③人件費である。このうち電気代については各下水処理場がその抑制に努めているものの、チュニジアにおける昨今の電気料金の上昇により、支出が増加傾向にあるとされる<sup>39</sup>。

他方、既述の PPP の導入により、運営維持管理費の大幅減が期待されている。現時点ではまだ導入早期の段階にあり、その効果は明示的に現れていないものの、中長期的には運営維持管理費の逡減が予想される。ちなみにケビリ及びドゥズの運営・維持管理支出の合計（下水処理場、下水管網、関連施設の O&M 支出を含む）は 2008 年に前年比マイナス 8 万 TD（計 34 万 TD→計 26 万 TD）となっており、2007 年に導入された PPP による費用節減効果の発現途上にあるものと見受けられる（詳細は以下表を参照）。

表 21：本事業に関連する維持管理支出状況（2005～2008 年度）

単位：百万 TD

年度	スファックス 北部	スファックス 南部	ケビリ	ドゥズ	スリバ
2005	1.1	1.0	0.07	0.16	0.06
2006	1.5	1.8	0.08	0.28	0.04
2007	1.5	2.3	0.07	0.27	0.08
2008 <sup>1)</sup>	0.29	0.94	0.15	0.11	0.05

出所：JICA 内部資料及び ONAS に対する質問票回答

注 1)：2008 年度のスファックス（北部及び南部）の数値は下水処理場分のみ（下水管網の維持管理支出は含まれていない）

### 2.5.2. 運営・維持管理状況

一般的に、維持管理状況に特段の問題は見当たらない。極めて良好であるといえる。

まず処理場の稼働、保守の面において基本的に問題はない。スファックス北部、ケビリ及びドゥズは既述の民間企業 2 社が運営・維持管理を担当しており、汚水処理量の出来高払いといったインセンティブのもと、効率的な維持管理業務の実施が志向されている。また ONAS 所管部署に対し、マンスリーレポートが提出されている（上記 2 社のうち、ケビリ及びドゥズを担当している Amuer-Plastics 社の現場責任者にヒアリングしたところ、運営・維持管理上の障害は特に無いとのことであった）。

スファックス南部、ズリバは、ONAS の担当職員が各下水処理施設及び下水管

<sup>39</sup>出所：ONAS スファックス事務所及び同・ケビリ事務所におけるヒアリング結果

網を定期的に巡回しており、併せて監視カメラによる遠隔管理も行われている。2009年4月に実施した現場踏査において特段の問題は見られなかった。

スペアパーツの調達に係る問題は発生していない。ポンプ場等の機器の更新もタイムリーに実施されている。

なお有効性項目において既述の通り、ズリバ、スファックス北部処理場の汚水処理量が低水準に留まっているが、下水接続率の低さ及び一人当たりの汚水発生量の低さ等が主因であり、運営・維持管理に起因した問題ではない。

### 3. 結論及び教訓・提言

#### 3.1. 結論

事業内容と政策との一貫性は高く、運営・維持管理体制に問題は見当たらない。人口増加率の低下を遠因とする施設利用率の伸び悩みといった外部要因による影響はあるものの、正のインパクトが多数発現している。以上より、本事業の評価は高いといえる。

#### 3.2. 教訓

事業期間の大幅遅延の主要因である「スファックス北部下水処理場の処理能力増強に起因する詳細設計コンサルタント選定の大幅遅延」に関し、右の詳細設計コンサルタントは世銀資金により調達されることが審査時において決定済みであり、同コンサルタントの調達及び作業監理といったタスクは予め本事業に含まれていなかった。特に詳細設計のような事業期間に決定的な影響を与えるクリティカルパスが他ドナー（本事業の場合は世銀）の資金により実施され、当該事業のタスクに含まれていない場合、（事業外タスクの進捗確認や進捗の加速化を企図した）当該ドナーとのより綿密なコミュニケーション・各種調整が望まれる。

またケベリ及びドゥズの位置するチュニジア南部においては、歴史的に土地の所有関係が明確でなく、用地取得の際には例外なく手間とコストを伴う点が指摘されている。以上からチュニジア南部を事業対象地域に含む案件を形成する際には、同地域の社会・文化的背景の理解に努め、仮に事業実施前に用地取得の合意がなされていたとしても事業計画の段階で予め相応のリスクを見込んでおくことが望まれる（なおチュニジア政府は現在、下水道整備のような公共事業の実施に際し「用地取得が完了していなければ事業に着手できない」旨のルールを徹底している模様であり、今後は上述の事態が発生する可能性は低いと思われる）。

#### 3.3. 提言

（対実施機関への提言）

下水道接続率の低さに伴う弊害（汚水処理量の伸び悩み、下水未接続に伴う悪臭等）が指摘されていることから、実施機関 ONAS には接続率の向上に向けた一

層の努力を期待したい。例えば接続料金の割引スキーム（現在、低所得層に対しては通常のコネクション料金 260 チュニジア・ディナールの半額を適用するスキーム等が存在）のより一層の拡充や、さらなる下水網の整備といった施策の早期かつ具体的検討が望まれる。

主要計画／実績比較

項目	計画	実績
<p>①アウトプット</p> <p>1. スファックス</p> <p>1.1 北部下水処理場の新設</p> <p>1.2 南部下水処理場の拡張 拡張前の設計処理量： 24,000m<sup>3</sup>/日</p> <p>1.3 下水管の敷設</p> <p>1.4 ポンプ場の新設</p> <p>2. ケビリ</p> <p>2.1 下水処理場の新設</p> <p>2.2 下水管の敷設</p> <p>2.3 ポンプ場の新設</p> <p>3. トゥズ</p> <p>3.1 下水処理場の新設</p> <p>3.2 下水管の敷設</p> <p>3.3 ポンプ場の新設</p> <p>4. スリハ</p> <p>4.1 下水処理場の新設</p> <p>4.2 下水管の敷設</p> <p>4.3 下水管の修復</p> <p>4.4 ポンプ場の新設</p> <p>5. 維持管理用機材の購入</p> <p>6. コンサルティングサービス (C/S)</p>	<p>設計処理量：10,000m<sup>3</sup>/日 拡張後の設計処理量は、既存設計処理量の約2倍を目処</p> <p>下水管延長：156.5km 11ヶ所</p> <p>設計処理量：3,130m<sup>3</sup>/日 下水管延長：29.6km 2ヶ所</p> <p>設計処理量：4,700m<sup>3</sup>/日 下水管延長：36.7km</p> <p>2ヶ所</p> <p>設計処理量：2,000m<sup>3</sup>/日 下水管延長：6.6km 下水管延長：6.5km 4ヶ所</p> <p>下水管清掃用高圧洗浄車（計15台）、調査カメラ搭載車両（1台）、業務用車両（計24台）、その他機材（計11アイテム）の計51アイテム</p> <p>30 M/M</p>	<p>17,900m<sup>3</sup>/日 ほぼ計画どおり（設計処理量：49,500m<sup>3</sup>/日）</p> <p>289km 9ヶ所</p> <p>3,110m<sup>3</sup>/日 36km 3ヶ所</p> <p>計画どおり 62km（うち10km分はコラ地区の下水管網とトゥズ下水処理場との連結に伴うもの←追加アウトプット） 計画どおり</p> <p>1,800m<sup>3</sup>/日 ほぼ計画どおり（7.0km） ほぼ計画どおり（7.0km） 計画どおり</p> <p>下水管清掃用高圧洗浄車（計17台）、調査カメラ搭載車両（3台）、業務用車両（計44台）、吸引機（計4台）の計68アイテム</p> <p>34.57 M/M</p>
②期間	1996年1月～2000年12月 (60ヶ月)	1996年1月～2006年10月 (130ヶ月)
<p>③事業費</p> <p>外貨</p> <p>内貨</p> <p>合計</p> <p>うち円借款分</p> <p>為替レート</p>	<p>21億2,600万円</p> <p>63億9,300万円 (58,114千千ジュニアテナール)</p> <p>85億1,800百万円</p> <p>63億8,900百万円</p> <p>1千ジュニアテナール=110円 (1996年4月)</p>	<p>3億4,800百万円</p> <p>80億8,800万円 (92,570千千ジュニアテナール)</p> <p>84億3,600百万円</p> <p>63億8,600万円</p> <p>1千ジュニアテナール=87.32円 (1998年～2006年平均)</p>

添付資料－運用効果指標

運用効果指標（その1）：スファックス北部、同・南部、スファックス全体

指標名(単位)	スファックス北部			スファックス南部			スファックス全体 (Grand Sfax)		
	基準値 (1996年)	実績値 (2007年)	目標値 (2011年)	基準値 (1996年)	実績値 (2007年)	目標値 (2011年)	基準値 (1996年)	実績値 (2007年)	目標値 (2011年)
運用指標									
対象地域人口(人)	不明	90,300 <sup>2)</sup>	96,200 <sup>2)</sup>	不明	407,950 <sup>2)</sup>	434,530 <sup>2)</sup>	430,000 <sup>8)</sup>	498,250 <sup>2)</sup>	53,0730 <sup>2)</sup>
汚水処理人口(人)	不明	38,829 <sup>2)</sup>	62,530 <sup>2)</sup>	不明	299,843 <sup>2)</sup>	395,420 <sup>2)</sup>	193,500 <sup>3)</sup>	338,672 <sup>2)</sup>	457,950 <sup>2)</sup>
汚水処理量(m <sup>3</sup> /日)	-	5,560 <sup>2)</sup>	17,900 <sup>4)</sup>	15,111 <sup>9)</sup>	28,186 <sup>2)</sup>	49,500 <sup>4)</sup>	15,111 <sup>9)</sup>	33,746 <sup>2)</sup>	67,400 <sup>4)</sup>
施設使用率(%)	-	31 <sup>5)</sup>	100 <sup>5)</sup>	63 <sup>5)10)</sup>	57 <sup>5)10)</sup>	100 <sup>5)</sup>	63 <sup>5)10)</sup>	50 <sup>5)11)</sup>	100 <sup>5)</sup>
BOD 濃度(Mg/L)	400 <sup>12)</sup>	544, 29 <sup>6)</sup>	目標値なし	不明	574, 40 <sup>6)</sup>	目標値なし	-	-	-
MES 濃度(Mg/L)	400 <sup>12)</sup>	622, 27 <sup>6)</sup>	目標値なし	不明	609, 45 <sup>6)</sup>	目標値なし	-	-	-
汚泥再利用率(%)	-	0 <sup>8)</sup>	50	不明	0 <sup>8)</sup>	50	不明	0 <sup>8)</sup>	不明
効果指標									
下水道普及率(%)	30 <sup>8)</sup>	43.0 <sup>2)</sup>	65.0 <sup>2)</sup>	不明	73.5 <sup>2)</sup>	91.0 <sup>2)</sup>	45 <sup>7)</sup>	68.0 <sup>2)</sup>	86.3 <sup>2)</sup>
放流先水質改善状況			目標値なし	不明		目標値なし	-	-	-
BOD 濃度(Mg/L)	-	29 <sup>4)</sup>			40 <sup>4)</sup>				
COD 濃度(Mg/L)	-	不明			不明				

注 1)：「-」は下水処理場が存在していなかったため該当せず、あるいはスファックス全体の値に意味なし

注 2)：出所は JICA 内部資料

注 3)：1996年の対象地域人口 43万人に1990年の下水道普及率 45%（出所は以下の注 7）を乗じたもの

注 4)：出所は JICA 内部資料

注 5)：当該年の日平均汚水処理量を当該下水処理場の処理能力で除したもの（施設使用率＝日平均汚水処理量／下水処理設備能力）

注 6)：左値は流入水質、右値は放流水質の観測値（出所：JICA 内部資料）

注 7)：1990年の実績値（出所：JICA 内部資料）

注 8)：出所は ONAS に対する質問票回答

注 9)：1997年の実績値（出所は JICA 内部資料（ONAS による予測））

注 10)：1996年は下水処理設備能力 24,000 m<sup>3</sup>/日、2007年は下水処理設備能力 49,500 m<sup>3</sup>/日に対する数値である点に留意

注 11)：2007年は下水処理設備能力 67,400 m<sup>3</sup>/日（＝17,900＋49,500）に対する数値である点に留意

注 12)：1997年における流入水質の推計値（出所：JICA 内部資料、スファックス南部に関する推計値は無し）

注 13)：「目標値なし」は「審査時及び現時点において明確な目標設定は無い」との含意（ONAS による回答）

運用効果指標（その2）：ケビリ、ドゥズ、ズリバ

指標名(単位)	ケビリ			ドゥズ <sup>12)</sup>			ズリバ		
	基準値 (1996年)	実績値 (2007年)	目標値 (2011年)	基準値 (1996年)	実績値 (2007年)	目標値 (2011年)	基準値 (1996年)	実績値 (2007年)	目標値 (2011年)
運用指標									
対象地域人口(人)	17,166 <sup>2)</sup>	19,410 <sup>3)</sup>	20,490 <sup>3)</sup>	25,204 <sup>2)</sup>	35,520 <sup>3)</sup>	37,510 <sup>3)</sup>	7,627 <sup>2)</sup>	9,396 <sup>3)</sup>	9,950 <sup>3)</sup>
汚水処理人口(人)	7,725 <sup>4)</sup>	17,663 <sup>3)</sup>	18,850 <sup>3)</sup>	0 <sup>4)</sup>	23,254 <sup>3)</sup>	31,800 <sup>3)</sup>	6,102 <sup>4)</sup>	8,964 <sup>3)</sup>	9,530 <sup>3)</sup>
汚水処理量(m <sup>3</sup> /日)	-	2,073 <sup>3)</sup>	不明	-	1,866 <sup>5)</sup>	不明	-	344 <sup>3)</sup>	不明
施設使用率(%)	-	67 <sup>6)</sup>	不明	-	40 <sup>6)</sup>	不明	-	19 <sup>6)</sup>	不明
BOD 濃度(Mg/L)	512 <sup>9)</sup>	309, 21 <sup>7)</sup>	目標値なし	509 <sup>9)</sup>	168, 17 <sup>7)</sup>	目標値なし	不明	424, 33 <sup>7)</sup>	目標値なし
MES 濃度(Mg/L)	486 <sup>9)</sup>	498, 17 <sup>8)</sup>	目標値なし	不明	338, 23 <sup>8)</sup>	目標値なし	不明	348, 44 <sup>8)</sup>	目標値なし
汚泥再利用率(%)	-	0 <sup>8)</sup>	不明	-	0 <sup>8)</sup>	不明	-	0 <sup>8)</sup>	不明
効果指標									
下水道普及率(%)	45 <sup>10)</sup>	91.0 <sup>3)</sup>	92.0 <sup>3)</sup>	ほぼ0% <sup>10)</sup>	65.5 <sup>3)</sup>	84.8 <sup>3)</sup>	80 <sup>10)</sup>	95.4 <sup>3)</sup>	95.8 <sup>3)</sup>
放流先水質改善状況			目標値なし			目標値なし			目標値なし
BOD 濃度(Mg/L)	-	21 <sup>5)</sup>		-	17 <sup>5)</sup>		-	33 <sup>5)</sup>	
COD 濃度(Mg/L)	-	不明		-	不明		-	不明	

注 1)：「-」は下水処理場が存在していなかったため該当せず

注 2)：出所は ONAS に対する質問票回答

注 3)：出所は JICA 内部資料

注 4)：当該年の対象地域人口に1994年の下水道普及率（出所は以下の注 10）を乗じたもの

注 5)：出所は JICA 内部資料

注 6)：当該年の日平均汚水処理量を当該下水処理場の処理能力で除したもの（施設使用率＝日平均汚水処理量／下水処理設備能力）

注 7)：左値は流入水質、右値は放流水質の観測値（出所：JICA 内部資料）

注 8)：出所は ONAS に対する質問票回答

注 9)：1996年における流入水質の推計値（出所：JICA 内部資料）

注 10)：1994年の実績値（出所：JICA 内部資料）

注 11)：「目標値なし」は「審査時及び現時点において明確な目標設定は無い」との含意（ONAS による）

注 12)：ドゥズの対象地域人口、汚水処理人口及び下水道普及率の実績値及び目標値は、コアラ地区下水道網との接続を加味している。