

5 下水道整備の戦略計画

下水道整備の戦略計画はマスタープランの見直し結果をもとに作成された。

5.1 下水道計画

戦略計画は CEDAE のマスタープランからすでに実施されている部分を除外し、残り部分については原則的に排水区、処理区配分を踏襲するものとした。人口、下水量については本調査で得られた最新のデータで補正した。

5.2 事業実施の優先度

- (1) 既存施設を有する排水区は費用効果が高く、また、施設用地が確保されている排水区は実施にかかる時間が短い。
- (2) 人口密度が高い排水区は投資効果、汚濁削減効果が高い。
- (3) 道路がない場合、あるいは河川内に幹線を計画している排水区では実際には幹線敷設は困難である。

以上の点、及び CEDAE の優先度に対する意見を参考に事業実施計画を図 5.1 のように定めた。

5.3 事業費積算

事業費は以下の項目で積算した。

- 直接工事費
- 用地取得費
- 管理費（直接工事費の 5%）
- 技術費（直接工事費の 10%）
- 予備費（直接工事費の 10%）

処理場、ポンプ場、幹線の直接工事費は最近の工事例から作成した費用関数法で算出した。

全システムの事業費は 15 億 7,900 万ドルと推定された。そのうち、第一期工事（パプーナ、サラプイ、アカリ、パンゲー）の事業費は 3 億 9,400 万ドルである。事業費内訳を表 5.1 に示す。

表 5.1 事業費内訳

費目		金額 (US\$ 1,000)		
		2004-2010	2011-	Total
直接費	Pavuna	105,321	-	105,321
	Acari	101,211	-	101,211
	Sarapui	26,157	-	26,157
	Bangu	81,730	-	81,730
	その他	-	942,828	942,828
	計	314,419	942,828	1,257,247
間接費	Pavuna	26,330	-	26,330
	Acari	25,303	-	25,303
	Sarapui	6,540	-	6,540
	Bangu	21,085	-	21,085
	その他	-	242,935	242,939
	計	79,258	242,935	322,197
事業費		393,677	1,185,763	1,579,440

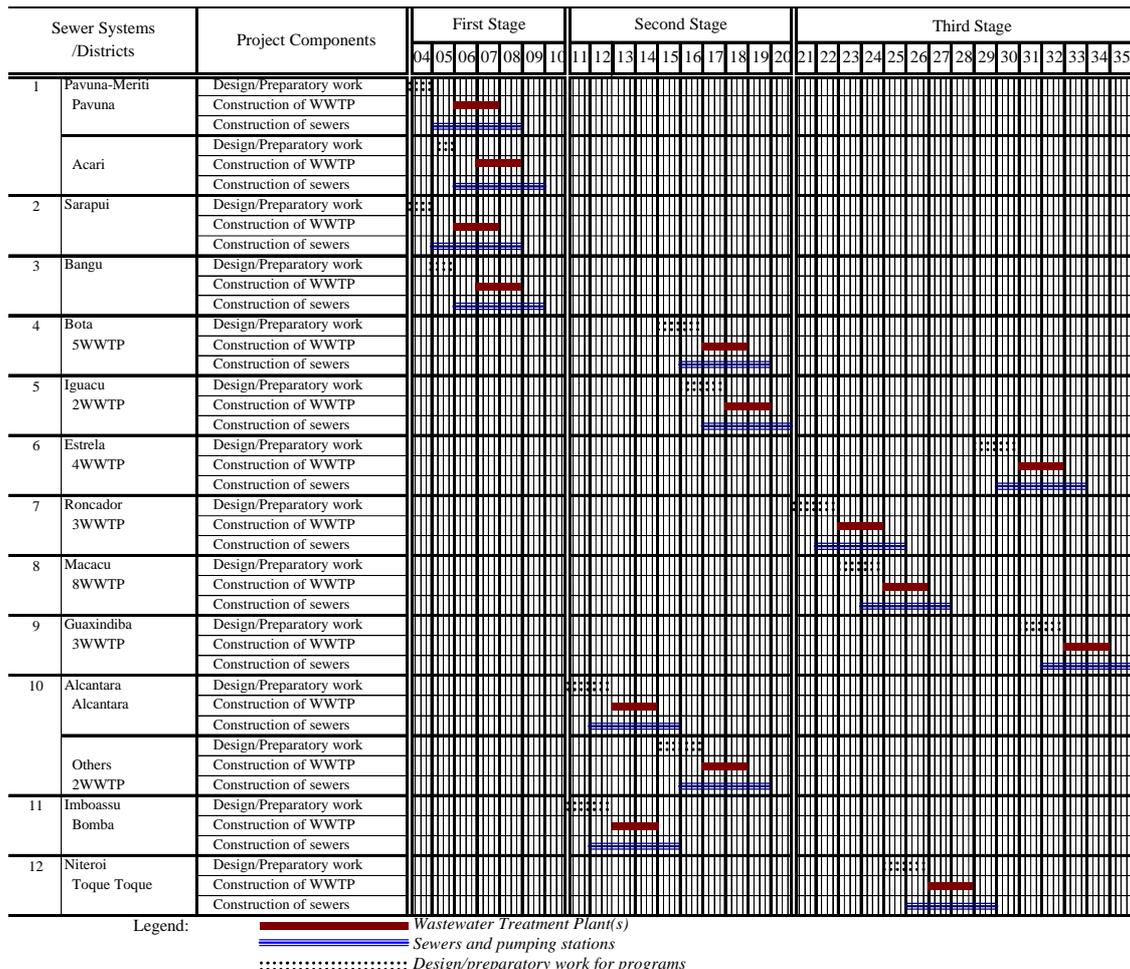


図 5.1 事業実施計画

維持管理費の主要な部分は電力費、人件費、薬品、修理費、清掃費である。維持管理費は直接建設費の5%とした。年間運転維持管理費は6,300万ドルと見積もられた。

5.4 事業評価

提案された下水道整備戦略計画は全流域を含み、水質改善の中期目標を達成し、グアナバラ湾の水質改善に寄与する。戦略計画による水質改善は現在の不快な水質をなくし、さらに CONAMA の定めるグアナバラ湾の環境基準を達成する第一歩となる。

衛生環境、湾の自然環境の改善は経済価値を生み出し、経済評価で EIRR が 10.0% を示し、経済的に実施可能と判断された。また、多大な初期投資は州、CEDAE に大きな負荷をかけるものの、財務分析では州の補助金、30% を低利 (2.5%) の国際金融機関の融資、30% を国際水準の金利 (5.5%) の融資という前提条件のもとに FIRR は 10.8% となり財務的にも実行可能と判断された。

運営面からは CEDAE は戦略計画を実行できると考えられるが、これまでの経験から改善すべき点が多々あることが明らかになった。

また、計画はファベラに対しての配慮も含んでいる。下水処理場建設のための用地取得、工事に伴う騒音、交通障害、運転開始後の臭気等、環境的な負の影響は予想されるがいずれも対策可能なものと判断される。

上記の考察から、事業は実施可能と判断した。

5.5 優先プロジェクトの選定

パブーナ、サラプイ、アカリ、バンゲー処理区が最も高い優先度を持つと判断された。これらの4つの処理区の位置図を図 5.2 に示す。

優先プロジェクトの開始時期を 2004 年、完成を 2010 年と想定した。表 5.2 は4つの処理区の特性を示す。

表 5.2 優先プロジェクト対象処理区

処理区	面積 (ha.)	下水処理場容量 (L/d)	必要処理場面積 (ha)	備考
Pavuna	3,660	1,500	-	既存施設分は含まず。
Acari	3,100	1,100	-	
Sarapuí	640	1,000	-	既存施設分は含まず。
Bangu	1,870	1,000	6.5	
合計	9,270	4,600	6.5	

出典: CEDAE のデータをもとに CEDAE M/P の見直し結果で補正

優先プロジェクトの実施により水質改善目標の短期目標が達成されることが確かめられた。

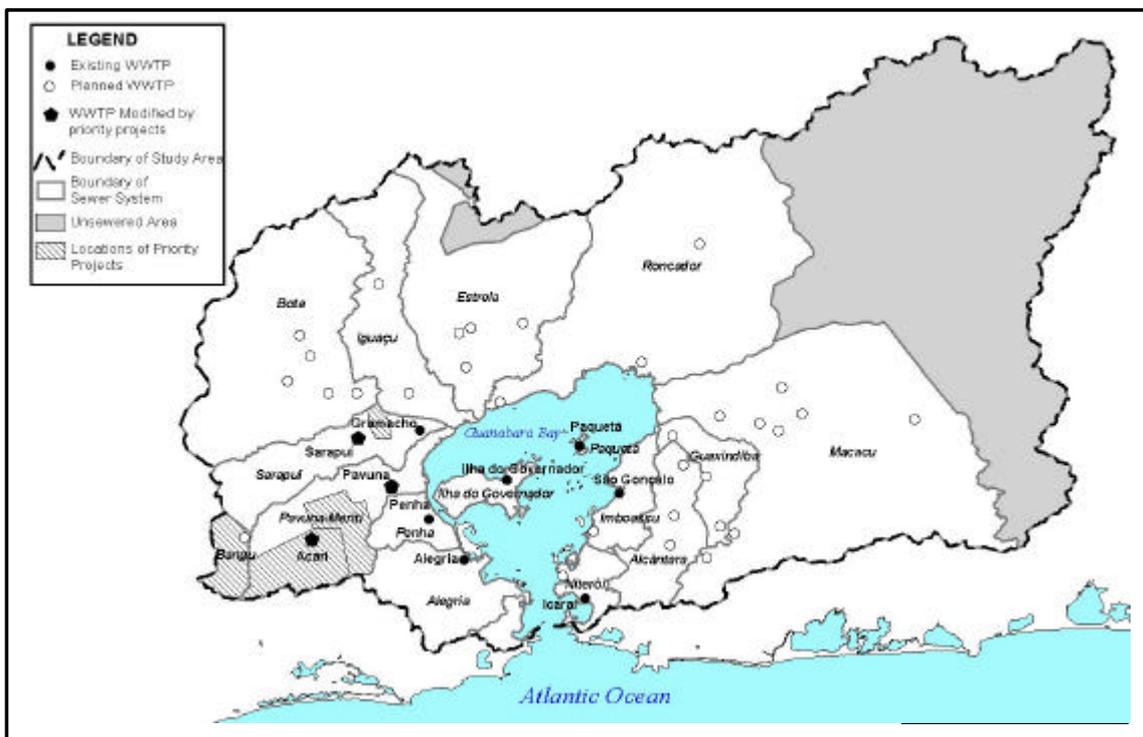


図 5.2 優先プロジェクトの位置図

6 優先プロジェクトのフィージビリティ調査

6.1 調査対象

調査対象区域は図 6.1 に示すとおりである。調査対象区域の面積は表 6.1 に示すとおりである。

表 6.1 フィジビリティ調査区域の面積

排水区	処理区	既存処理区 面積	F/S 調査区域 面積	緑地その他	合計
Pavuna-Meriti	Pavuna	4,900	3,660	0	8,560
	Acari	730	3,100	600	4,430
Sarapuí	Sarapuí	7,300	640	0	7,940
Bangu	Bangu	0	1,870	0	1,870
合計		12,930	9,270	600	22,800

(単位: ha)

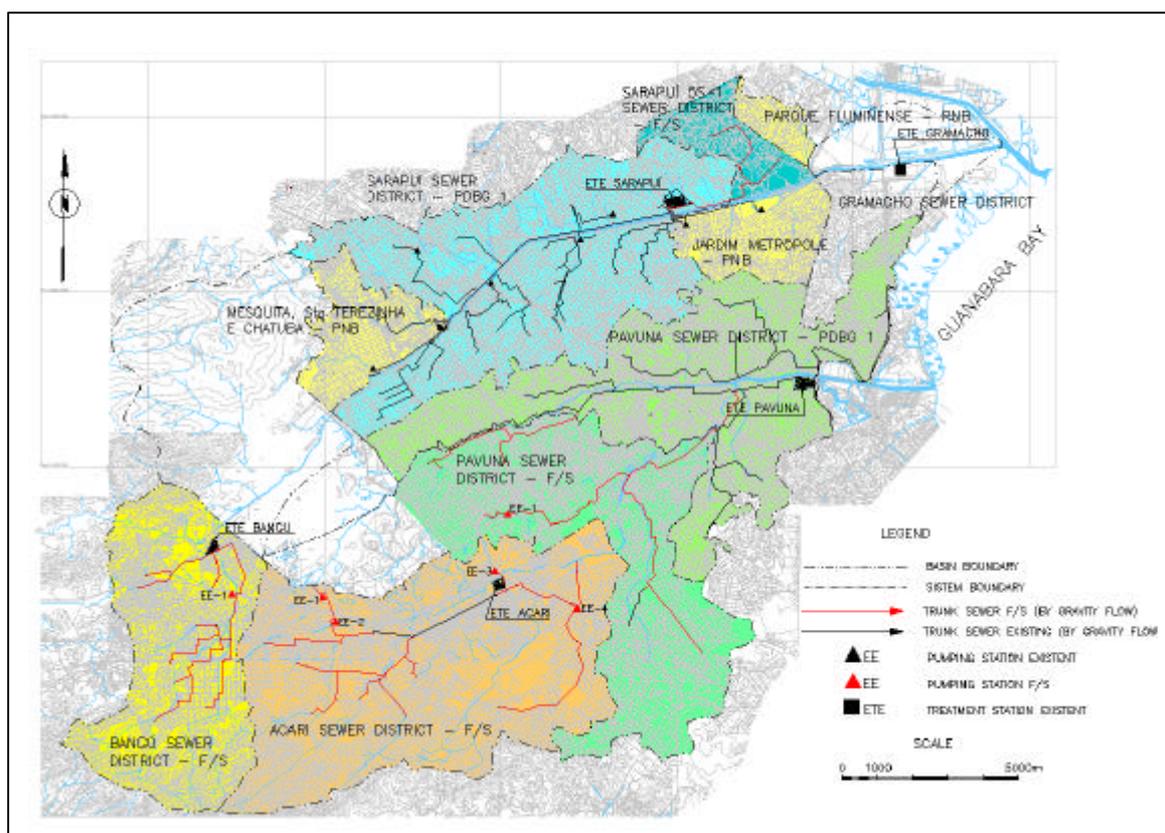


図 6.1 フィジビリティ調査対象区域

6.2 計画諸元

6.2.1 計画人口

2000 年センサスをもとに算出した自治体毎の人口を処理区に配分した。処理区内の下水収集人口は全人口の 90%とした。処理区毎の下水収集人口を表 6.2 に示す

表 6.2 処理区毎の下水収集人口

排水区	処理区	2000	2005	2010	2015	2020
Pavuna -Meriti	Pavuna	950,000	969,000	990,500	1,011,000	1,029,600
	Acari	360,000	367,200	375,300	383,100	390,200
	Sub-total	1,310,000	1,336,200	1,365,800	1,394,100	1,419,800
Sarapuí	Sarapuí	709,800	740,500	772,600	800,200	825,900
Bangu	Bangu	340,700	346,000	352,200	358,100	363,200
合計		2,360,500	2,422,700	2,490,600	2,552,400	2,608,900

(単位: 人)

6.2.2 計画下水量とその特徴

(1) 下水量

下水量の算定は給水量をもとに以下の原単位を設定して求めた。

- 日平均下水量 = 220L/日/人
- 時間最大下水量 = 日平均下水量 x 1.8

水理設計には原単位で求めた下水量に地下水量 20L/人/日を加えた。各処理区の下水量は表 6.3 に示すとおりである

表 6.3 処理区毎の日平均下水量

排水区	処理区	2000	2005	2010	2015	2020	(in L/s) (2020)
Pavuna -Meriti	Pavuna	228,000	232,560	237,720	242,640	247,104	(2,860)
	Acari	86,400	88,128	90,072	91,944	93,648	(1,084)
	Sub-total	314,400	320,688	327,792	334,584	340,752	(3,944)
Sarapuí	Sarapuí	170,352	177,720	185,424	192,048	198,216	(2,294)
Bangu	Bangu	81,768	83,040	84,528	85,944	87,168	(1,009)
Total		566,520	581,448	597,744	612,576	626,136	(7,247)

(単位: m³/day)

(2) 下水水質

ブラジル技術基準は一日一人あたりの BOD、SS 発生量をそれぞれ 54g、60g と定めている。これらの値を一日一人あたりの日平均下水量で割り、下水流入水質を BOD230mg/L、SS250mg/L とした。

6.3 下水道施設の予備設計

6.3.1 下水収集システム

施設は口径 150mm から 1,500mm、全長 1,833km の下水管、6 箇所のポンプ場より構成される。工法、長さ、口径を表 6.4 に示す。

表 6.4 下水収集システムの構成

排水区	二次幹線	幹線 開削工法	幹線 推進工法	幹線 圧送管	合計
Pavuna	695,000	7,170	15,642	-	717,812
Acari	558,000	7,690	16,148	1,010	582,848
Sarapui	96,000	2,090	4,660	-	102,750
Bangu	411,000	5,770	12,910	-	429,680
合計	1,760,000	22,720	49,360	1,010	1,833,090

(単位: m)

6.3.2 下水処理場

プロジェクトはパブーナ、サラプイ処理場の拡張、アカリ、バンゲー処理場の新設により構成される。処理方式は既存処理場で採用されている活性汚泥法を採用する。この方式は信頼性が高く、BOD、SS 除去率が高く、なおかつ、窒素除去工程への高度化が容易である。各処理場の処理能力および主な仕様を表 6.5 に示す。

表 6.5 各処理場の処理能力および仕様

処理場	計画処理容量 (L/s)		流入水質 BOD/SS (mg/L)	処理水質 BOD/SS (mg/L)
	既存	F/S		
Pavuna	1,500	1,500	230/250	20/20
Acari	-	1,100	230/250	20/20
Sarapuí	1,500	1,000	230/250	20/20
Bangu	-	1,000	230/250	20/20

6.3.3 配置計画

パブーナ、サラプイ、アカリ、バンゲー処理区の主要施設配置図を図 6.2 から 6.5 に示す。

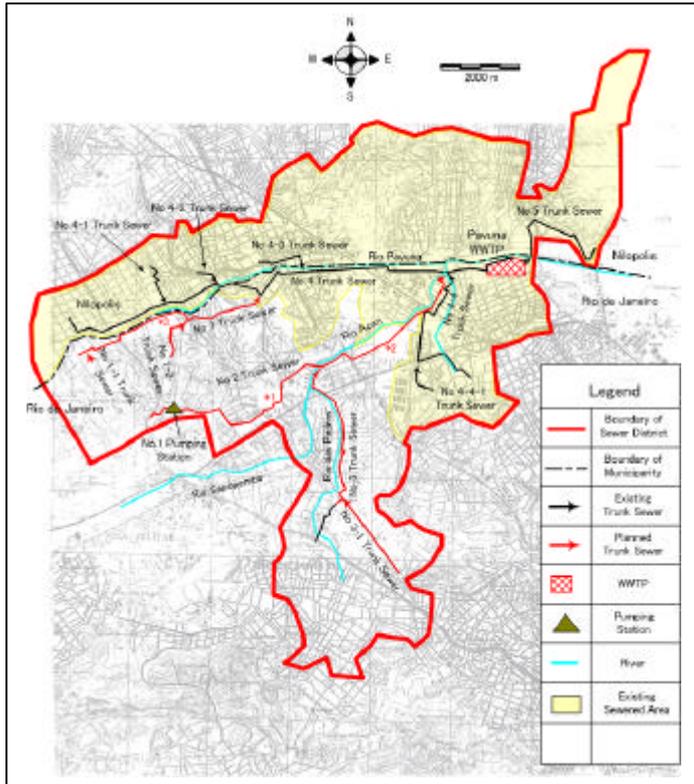


図 6.2
パブーナ処理区の主要施設
配置図

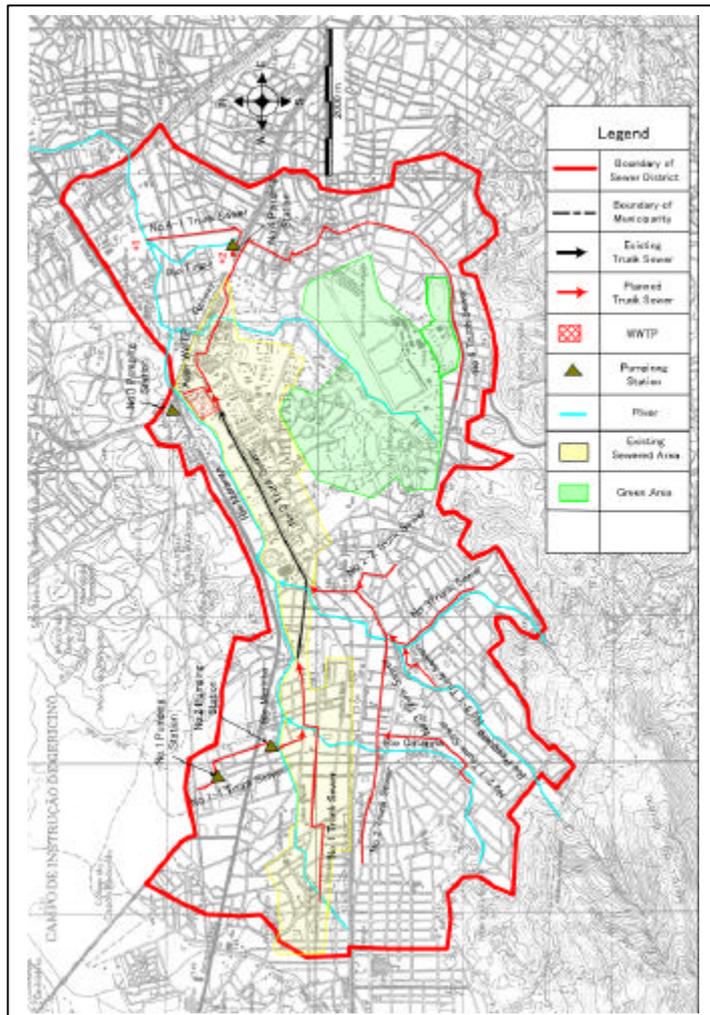


図 6.3
サラプイ処理区の主要施設
配置図

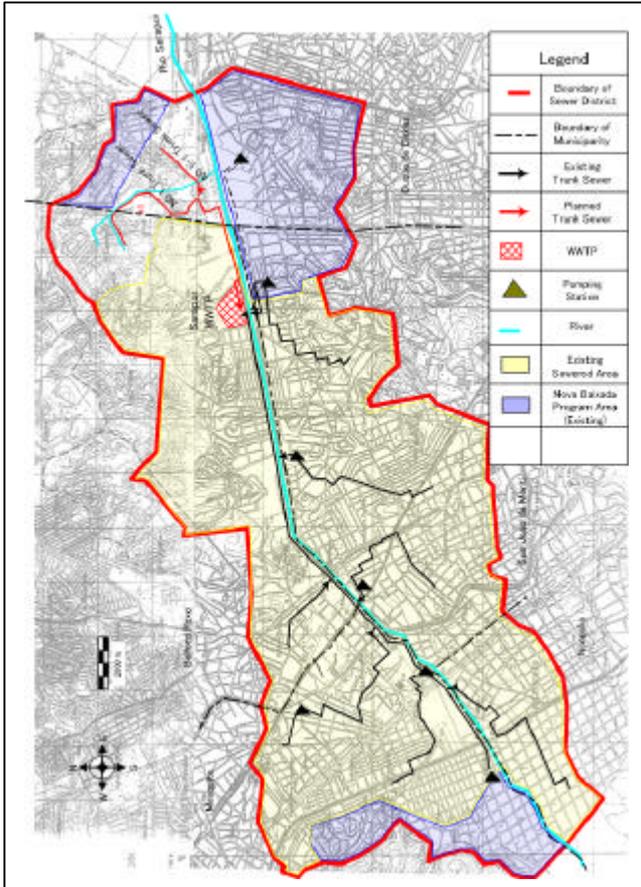


図 6.4
アカリ処理区の主要施設
配置図

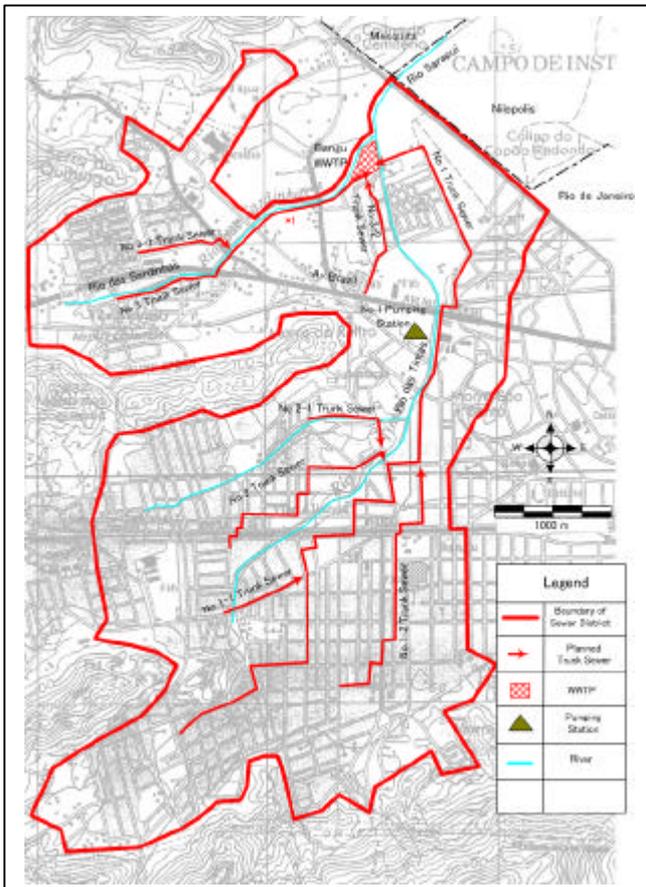


図 6.5
バンゲー処理区の主要施設
配置図

6.4 事業費積算

人件費、機材費は 2003 年 7 月価格水準を採用した。換算レートは 1 米ドル (US\$) = 2.9 ブラジルレイス (R\$) = 120 円を摘要した。

6.4.1 直接建設費

2004 年から 2010 年までに完成するプロジェクトの建設費は 3 億 1,400 万ドルである。表 6.6 はその内訳を示す。

表 6.6 直接建設費

排水区	処理場	管渠	ポンプ場	合計
Pavuna	14,872	90,374	75	105,321
Acari	28,293	72,548	370	101,211
Sarapuí	11,741	14,416		26,157
Bangu	26,935	54,745	50	81,730
合計	81,841	232,083	495	314,419

(単位:US\$1,000)

6.4.2 維持管理費

維持管理費は人件費（管きよの点検 / 清掃、処理場の運転）、電力費、薬品費、污泥処分費および修繕費より構成される。運転維持管理費は年間 1,050 万ドルと推定された。その内訳を表 6.7 に示す。

表 6.7 運転維持管理費

施設	項目	Pavuna	Acari	Sarapuí	Bangu	合計
管きよ	人件費	724,500	621,000	103,500	414,000	1,863,000
	合計	724,500	621,000	103,500	414,000	1,863,000
処理場	人件費	600,300	1,014,300	434,700	1,014,300	3,063,600
	電力費	1,226,711	912,453	778,745	783,354	3,701,263
	薬品費	659,764	223,636	439,852	203,294	1,526,546
	污泥処分費	79,920	30,059	53,341	27,280	190,600
	修繕費	32,000	48,464	25,890	48,092	154,447
	処理場小計	2,598,695	2,228,912	1,732,528	2,076,320	8,636,456
合計	3,323,196	2,849,912	1,836,028	2,490,320	10,499,457	

(単位: US\$/year)

6.4.3 事業実施計画

管きよ、ポンプ場、処理場工事において殆どの機材が現地調達できる。ただし、一部の機械設備と電気設備は輸入が必要である。

事業費は以下の項目を含む。

- 直接建設費
- 用地取得費
- 管理費（直接建設費の 5%）

- 技術費（直接建設費の 10%）
- 予備費（直接建設費の 10%）

事業費を表 6.8 に示す。

表 6.8 事業費

項目	外貨分.	内貨分.	合計
直接工事費	14,852	299,567	314,419
用地取得費 (Bangu 処理場)	-	650	650
事業管理費 (5%)	-	15,722	15,722
技術費 (10%)	-	31,443	31,443
予備費 (10%)	-	31,443	31,443
間接費合計	-	79,258	79,258
事業費合計	14,852	378,825	393,677

事業実施計画を図 6.6 に示す。

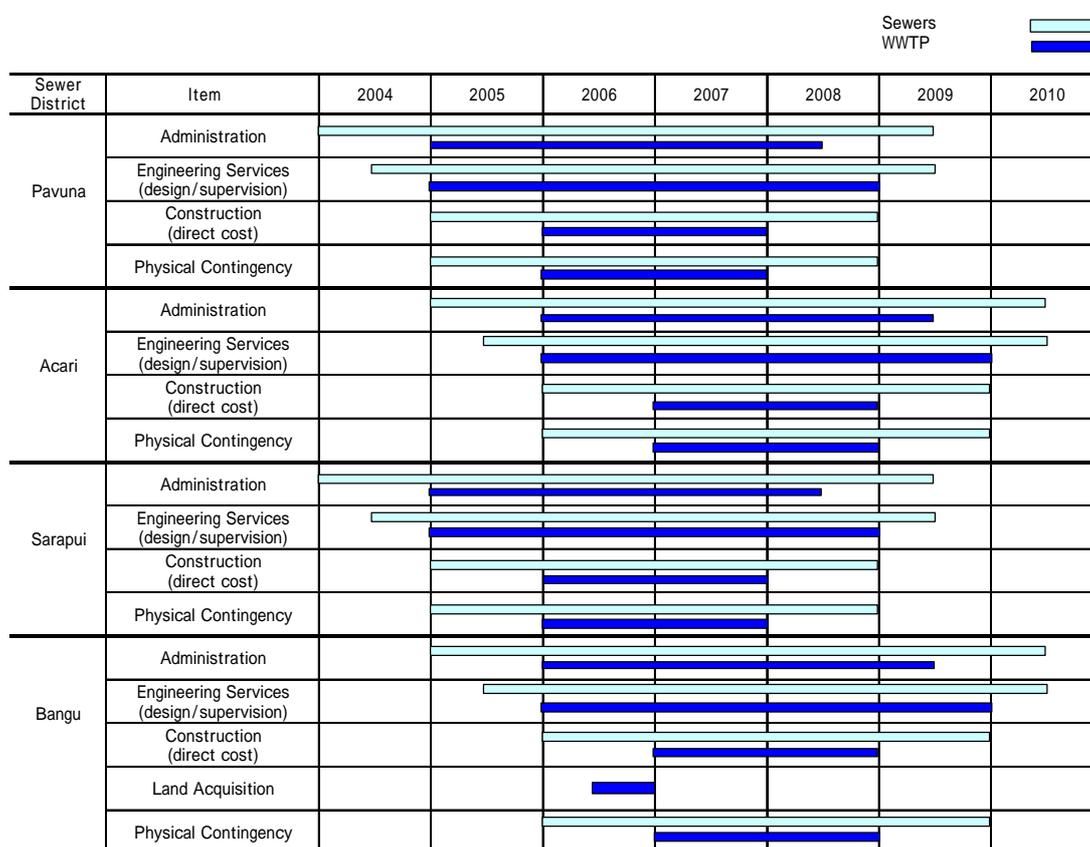


図 6.6 事業実施計画

6.5 事業評価

6.5.1 水質浄化目標の達成

優先事業は流域西部の負荷を削減し、湾西部の水質を改善する。水質予測モデルによれば、湾内の水質は全て BOD10mg/l 以下となり、短期の水質浄化目標を達成することが確認された。

6.5.2 財務評価

財務評価は事業計画に従った支出計画と残存価値、料金収入、州政府の補助、銀行借入れからなる収入計画を取り込んだキャッシュフローにより解析した。FIRR は州政府の補助、銀行借入れの条件によるいくつかのケースについて計算した。

各ケースの FIRR を比較し、以下の条件で FIRR が 9.7 % になることから実行可能と判断した。

- 州は 2006 年に 2000 万ドル、2007 年から 2009 年に 400 万ドルの補助金を出す。
- 事業費の 30% を低利の融資で調達する。(利率; 2.5%、支払猶予期間; 7 年、償還期間; 25 年)
- 事業費の 30% を国際水準利率の融資で調達する。(利率; 5.5%、支払猶予期間; 7 年、償還期間; 25 年)

なお、州が補助金を出せない場合でも FIRR は 8.2% でなお事業は実行可能と判断される。

6.5.3 経済評価

経済価格は財務分析の支出計画から税金分を除き、未熟練工賃金を補正して求めた。経済価値は「きれいな水質のグアナバラ湾」の経済価値を住民および旅行者に対して行った支払い意志調査から求めて算出した。

その結果、EIRR は 12.9% と計算されプロジェクトは経済的に実行可能と判断された。

6.5.4 社会評価

プロジェクトの社会的な影響はファベラに対するプロジェクト便益の配分の公平性、下水道事業への支払能力から考察された。優先事業は以下の点に配慮して計画された。

- ファベラの特徴として道路の未整備がある。下水管の埋設は出来ないため、ファベラ改善プロジェクト等で道路が整備された時点で下水管の敷設を行う。そのため、幹線計画ではあらかじめファベラの下水量を見込んでおく。
- 新たなファベラ改善事業は下水を CEDAE の幹線に流入するようにする。

支払い能力に関しては CEDAE はすでにファベラに対して実質的な割引料金を適用しているので負担増になることはない。

6.5.5 環境評価

環境影響評価は考えうる正/負の影響を特定し、その改善方法を提言した。ブラジル環境影響評価手続き上、こうした提言は実施設計段階で考慮されることになる。こうした提言が実行されることを前提としてプロジェクトは実行可能と判断された。

7 結論と提言

7.1 結論

提案された優先プロジェクトは一般的な技術基準に則り、2020年時点で発生する下水量を収集・処理するものである。

プロジェクトは環境、公衆衛生、経済に直接的および間接的に顕著な効果を発揮する。特にプロジェクトは湾内に存在する不快な状態を除去し、水質改善における戦略計画の短期目標を達成する。これは住民の生活環境のみならず、国際都市の玄関口である国際空港周辺の状態をそのステータスにふさわしいものとする効果がある。

フィージビリティ調査は優先プロジェクトの技術的、経済的、制度的、環境的実現可能性を確認したが、同時に事業実施に伴うリオデジャネイロ州および CEDAE の財務的困難さも明らかにした。適切な資金調達なくしては州および CEDAE の財政負担は過重なものとなる。

7.2 提言

本調査は環境および下水道行政の現状は必ずしも確実なプロジェクトの実施運営を担保するものではないことを明らかにした。したがって、環境行政の強化という観点から、また、事業実施運営能力の強化という観点から以下の提言をおこなう。幾つかの提言は実施することが可能な具体的な提案を付加する。

7.2.1 環境行政の強化のために

環境行政の強化に必要なことは効率的な管理機能と環境に重きを置く政策に対する政治的、あるいは住民による支持である。

(1) 機能の統合

SEMADUR は以下の機能を有する組織をその組織内に設置すべきである。

- 湾の環境改善に係る計画、事業に関する情報の集積
- 収集した情報に基づく、環境改善シナリオの作成
- 最適シナリオの選定
- 改善戦略の見直し
- 戦略計画の実行
- 環境改善事業に係る予算の配分

本調査は最適シナリオの選定的手段として水質予測モデル、決定支援システムを提案した。

また、上記組織の情報源として現在 FEEMA が実施しているモニタリング活動を強化することが必要である。本調査では具体的なモニタリングプログラムを提案した。

(2) 環境意識の向上

本調査は住民の環境意識の向上の必要性を明らかにした。その結果、本調査は環境意識向上の2つの手段として環境教育とホームページの開設を提言する。

1) 環境教育

次の二つのタイプの環境教育の実施を推奨する。

- リーダー養成型環境教育：PDBGI のコンポーネントとしてリオデジャネイロ州立大学で実施した方法で、環境教育のリーダーを養成することにより流域内に環境教育のコアを分布させ、広範囲に環境教育が広がることを期待する。今後の実施にあたっては環境教育の効果の評価システムを取り入れ、より効率化することが必要である。
- 地域密着型環境教育：地域密着型は主に NGO によって実施される小規模な地域を限定した活動である。この方法は、効果が比較的早く現れるが、その影響範囲は限定的である。流域全体に影響を波及するためには多くの個別の活動が必要となるため、多くの活動を支援していくことが必要である。

2) ホームページ

グアナバラ湾の水質に関する知識と理解を深めることを目的に情報を配布する手段としてホームページを(<http://www.cibg.rj.gov.br/>)に開設した。ホームページは調査の中で試行的に開設されたものである。したがって、関係機関は今後もこのホームページを更新、さらに発展させることが望まれる。

7.2.2 確実なプロジェクトの実施、運営のために

(1) 優先プロジェクトの実施

CEADE は優先プロジェクトの実施を決断し、実行のための行動をとるべきである。

(2) CEDAE の財務改革

CEDAE は SNIS プログラムの指標を監視し、他の企業体との差異の原因を分析すべきである。さらに、目標を設定し、目標達成のためアクションプランを作成し、計画的に目標を実施できる体制を作るべきである。アクションプランが対象とすべきことは以下のとおりである。

- 料金の収入の増加策
- 維持管理費の削減策
- 接続料金の補助策

(3) 運転維持管理の改善

現在のところ既設管きよの改善計画は存在しない。こうした状況下、管きよの改善計画を緊急に作る必要がある。さらに下水管台帳の作成、検査計画、清掃・改善計画の作成が急務である。

(4) 将来のための調査および行動

提案した優先プロジェクトを確実にまた効率的に実施するにはいくつかのさらなる調査が必要である。

(5) 下水処理場の運転監視

適切な運転状態を確保するためには処理場の運転状況を監視していくことが重要である。