

ボリヴィア共和国
コチャバンバ市上水道整備計画
基本設計調査報告書

平成3年5月

国際協力事業団

無調

91-038

RY

JICA LIBRARY



1090895(2)

22494

ボリヴィア共和国

コチャバンバ市上水道整備計画

基本設計調査報告書

平成3年5月

国際協力事業団



国際協力事業団

22494

序 文

日本国政府は、ボリヴィア共和国政府の要請に基づき、同国のコチャバンバ市上水道整備計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成2年11月25日から12月25日まで国際協力事業団無償資金協力調査部長 細野 豊を団長とする基本設計調査団を現地に派遣しました。

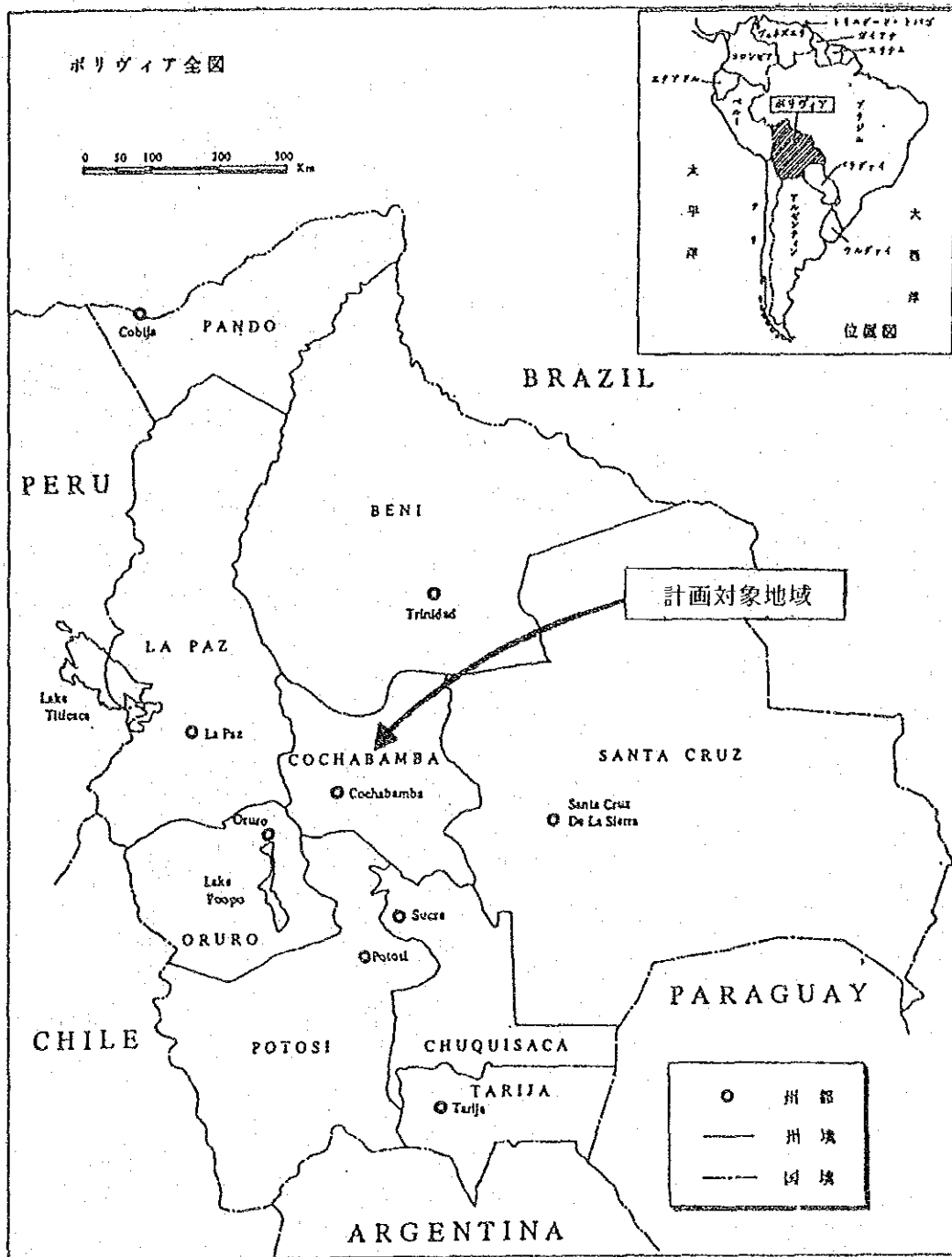
調査団は、ボリヴィア政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施いたしました。帰国後の国内作業の後、国際協力事業団無償資金協力調査部基本設計調査第一課 穴戸 健一を団長として平成3年3月20日から4月1日まで実施された報告書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

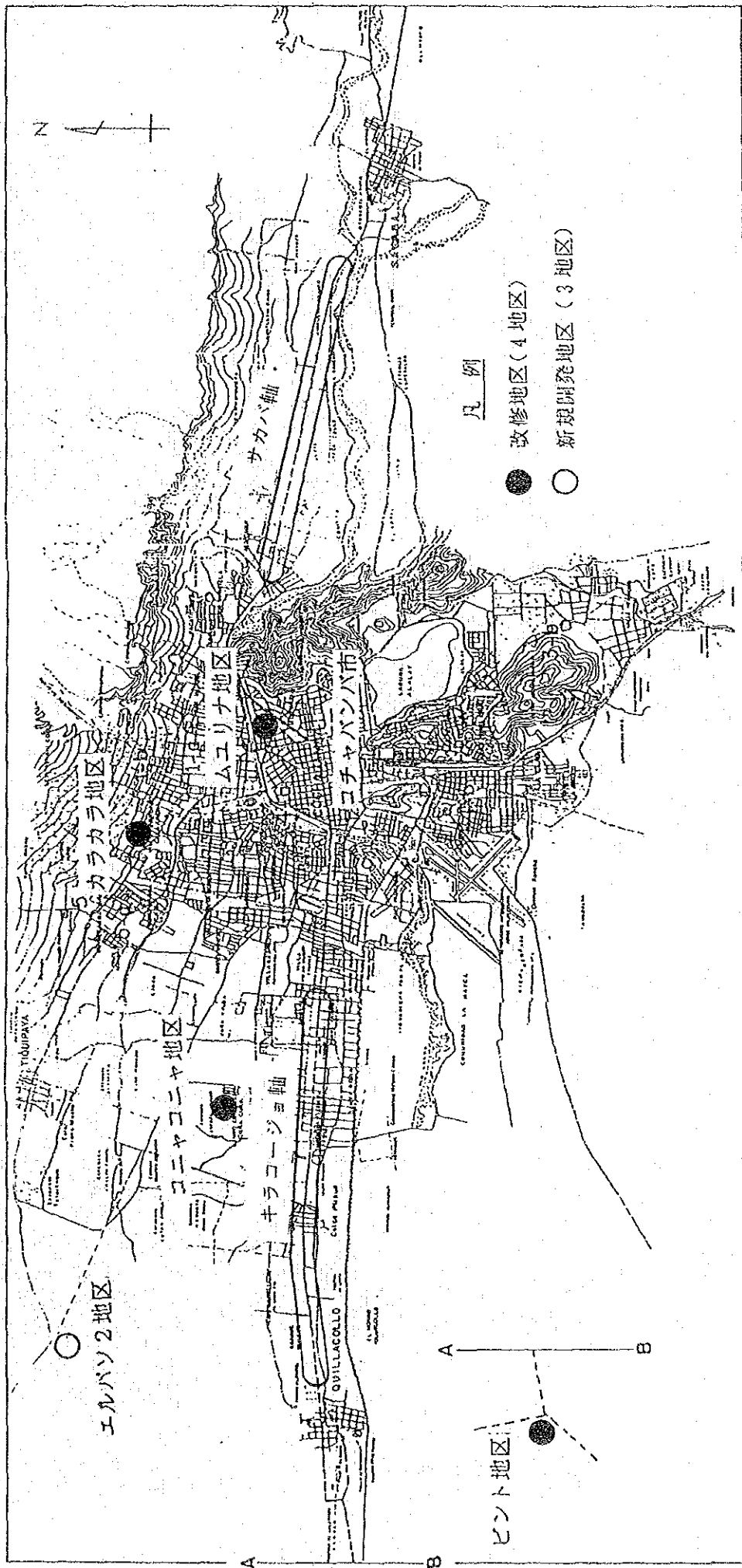
終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成3年5月

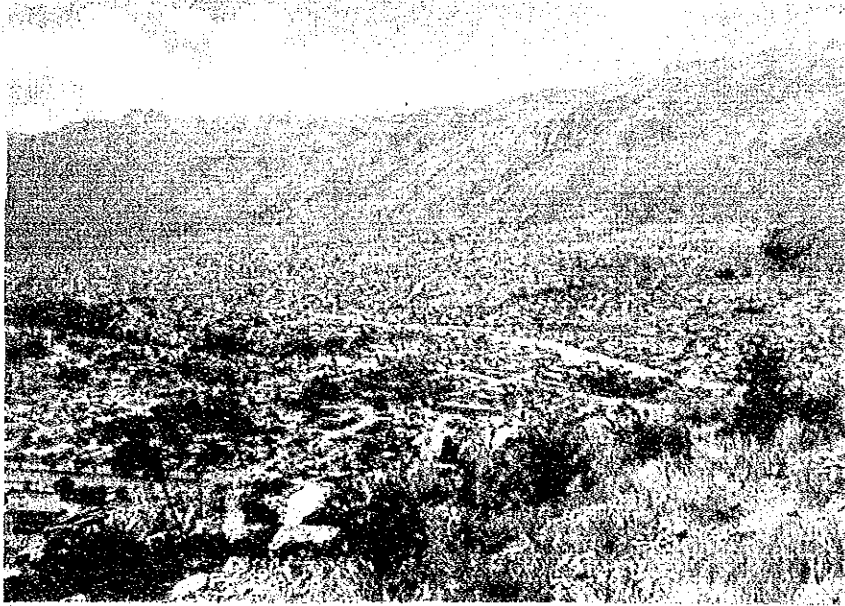
国際協力事業団
総裁 柳谷 謙介



計画対象地域位置図

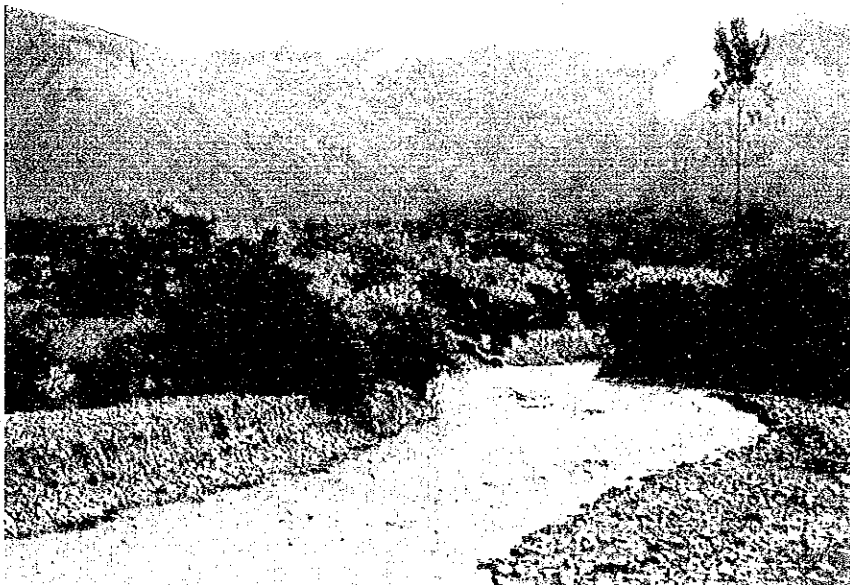
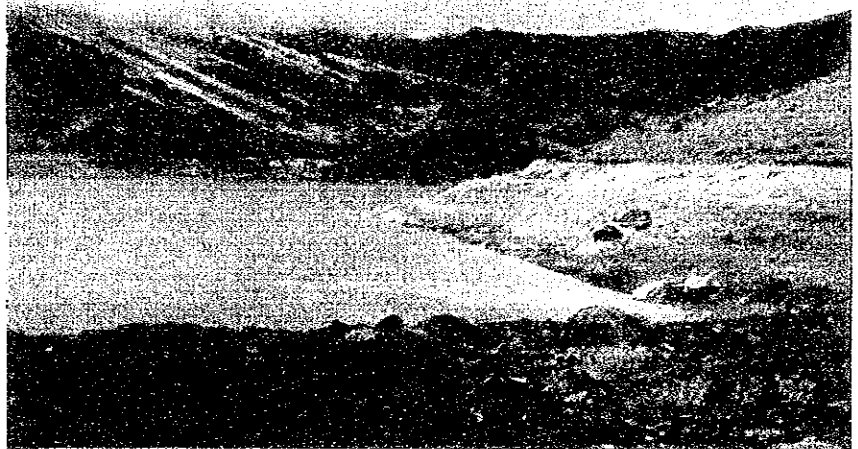


計画地区位置図

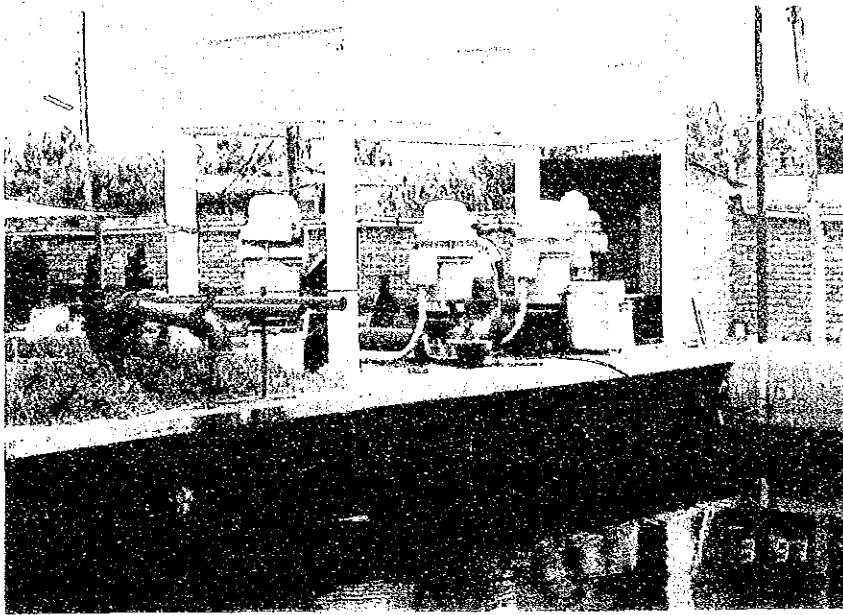


コチャバンバ市内丘陵地より、
北部山岳地帯、扇状地及び
エル・パソⅡ地区を望む

表流水水源地
(エスカレラーニ上流ダム)
の渇水による水位低下



エル・パソⅡ地区への
地下水涵養沢及び河川
(降雨後の状況)



コニャコニャ加圧基地
取り替え予定の
パーチカルタービンポンプ



カラカラ加圧基地内
取り替え予定の
パーチカルタービンポンプ



エル・パソ I
No. 1 既存井戸における
揚水試験状況

要 約

要 約

ボリヴィア国の給水事情は、中南米諸国内でも特に劣悪であり、安全な水の供給を受けている住民は全人口の57%（1988年）に過ぎない。特に都市部では急激な人口増加に給水施設の整備が追いつかない状況にあり、このため水に起因する病気の発生率は都市部では全疾病の6.6%もあり、それによる死亡率は9.8%にも達している。

本計画対象地域であるコチャバンバ市は人口約45万人の、ボリヴィア国第3の都市であるが、主要都市の中で最も給水事情が逼迫しており、1日13時間以上の給水を受けている住民は人口の約30%以下で、大多数の住民は大幅な給水制限を強いられている。また、近年異常気象による渇水により水事情が悪化したため、水問題が社会的・政治的な問題にまで発展している。

この状況を打開するため、コチャバンバ市の総合的な給水改善計画のための基礎調査が世銀により実施され、短中期計画が作成された。

この計画では世銀を含む日本、米州開発銀行及びアルゼンチン等からの資金協力に基づく計画設計がなされており、これを実行することにより、コチャバンバ市上下水道公社（SEMAPA）の短・中期計画（2000年まで）の給水計画が達成されるものである。ボリヴィア国政府は現在の逼迫した水不足に対し、SEMAPAの短期計画に位置付けられた事業のうち、緊急的な対策としてコチャバンバ市の4地区の既存水供給施設の改修と3地区の新規井戸開発を中心とした「コチャバンバ市上水道整備計画」を策定し、同計画実施において最も緊急度の高い井戸掘削機や関連資機材等の調達について、平成元年3月日本国政府に無償資金協力を要請してきたものである。

日本国政府はボリヴィア国の要請内容を検討した結果、本計画に関する基本設計調査の実施を決定した。これを受けて、国際協力事業団は平成2年11月25日から12月25日まで、基本設計調査団を現地へ派遣し、調査団は関係者と要請内容についての協議を行うとともに、現地調査ならびに関連情報、資料収集を実施した。帰国後、国内作業において協議内容、現地調査結果、情報、資料等を解析し本件協力の妥当性を検討のうえ、ドラフト・ファイナルレポートを作成した。その後、平成3年3月20日より4月1日までド

ラフト・ファイナルレポート説明のための調査団が派遣され、最終的に合意された内容について本報告書にとりまとめた。

本計画の実施機関はSEMAPAであり、1974年以来コチャバンバ全市の上下水道事業を実施・運営している。

要請によるとSEMAPAは新たに地下水開発部を設置し、新規開発及び既存井戸の改修を直営工事で行うことを計画している。SEMAPAは、過去に井戸を掘削・施工した経験は有しないものの、スタッフの中には井戸掘削経験者がおり、他の施設の施工経験を有するので本計画の枠内で日本からの技術者派遣を行うことにより十分技術の確立が可能と予想されること、SEMAPAにより地下水開発の直営工事が可能となることにより緊急な事業にも対応可能となること、及び今後、世銀の協力により直営方式でエルパソⅢ及び新興住宅地域における地下水水源の新規開発等が計画されていることから、井戸掘削機、調査用器材等の無償資金協力による調達が妥当であると判断された。

地下水水源について技術的検討を行ったところ、エルパソⅡ、キラコージョ、サカバの各地区は計画水量を取水出来ることが判明したが、ヴィント地区については、水質に問題があり水処理が必要であること、また既存の送水システムに問題があり、総合的な見直しが必要であること、さらに1994年から95年にかけて世銀からの借款の枠組の中でこれらの見直しが計画されていることなどの理由からボリヴィア側とも協議のうえ、本計画より除外することとなった。

また、要請されたカラカラ、コニャコニャ加圧基地及びムユリーナ地区の既存施設の改修については、老朽化したポンプを取り替えることにより、ポンプ修理時間をなくし、運転時間を増すことにより、経費の節減と飲料水の安定供給が可能となること等の理由から効果が非常に大きく、本計画に含めることが妥当と判断された。

本計画はSEMAPAの短中期上下水道改善計画(1990～2000年)の中で短期計画に該当し、完成時にはコチャバンバ市の全地下水開発の60%に相当する22,100 m³/日の取水が可能となり、また表流水を含む全取水量60,100 m³/日の36.8%を占める。

本計画の概要は地下水開発に必要な井戸掘削機、関連機器、車輛及び以下に示す地区の新設揚水井戸用資機材、送水管および送水ポンプ、既存井戸の揚水ポンプの取り替え、既存送水ポンプの取り替え、受電設備用変圧器の設置等に必要な資機材の調達について無償資金協力援助を行うものである。

1) 新設井戸用ケーシング、フィルター、揚水ポンプその他

- ・エルパソⅡ地区 揚水量 12,100 m³/日
- ・キラコージョ地区 揚水量 4,300 m³/日
- ・サカバ地区 揚水量 2,600 m³/日

2) 既存井戸の揚水ポンプの取り替え

- ・ムユリーナ地区 揚水量 4,100 m³/日

3) 既存送水ポンプの取り替え

- ・カラカラ加圧基地
- ・コニャコニャ加圧基地

現在SEMAPAの総取水量は約38,000 m³/日、実給水量は約25,000 m³/日、1人1日当たりの給水量は94.3 ℓであるが、エルパソⅡ地区の新規掘削井戸及びムユリーナの既存ポンプ取り替えにより、取水量は約22,000 m³/日、実給水量においては15,000 m³/日が増加し、これは約15万人分の給水量に相当する。

本計画の対象となる施設の規模及び対象資機材は内訳は以下のとおりである。

計画対象施設

エルパソⅡ	取水施設	井戸本数	4本
		井戸径	10"
		井戸深さ	100～150m
		1本当たり揚水量	35ℓ/秒
		全計画揚水量	140ℓ/秒
	導水施設	導水管路	2,500m
キラコージョ軸	送水施設	送水ポンプ場	1式
		送水管路	9,700m
	取水施設	井戸本数	5本
		井戸径	8"
		井戸深さ	100m
		1本当たり揚水量	10ℓ/秒

		全計画揚水量	50 ℓ/秒
サカバ軸	取水施設	井戸本数	6本
		井戸径	6"
		井戸深さ	100 m
		1本あたり揚水量	5 ℓ/秒
		全計画揚水量	30 ℓ/秒
ムユリーナ	既存取水施設の改修（ポンプ取替）	6本	
		1本あたり揚水量	8 ℓ/秒
		全計画揚水量	48 ℓ/秒
コニャコニャ	既存送水施設の改修（ポンプ取替）	3台（内予備1台）	
		1台あたり送水量	115 ℓ/秒
		全送水量	230 ℓ/秒
カラカラ	既存送水送水施設の改修（ポンプ取替）	2台	
		1台あたり送水量	216 ℓ/秒
		全送水量	432 ℓ/秒

計画調達機材

井戸掘削機	トラック搭載型、20"孔径×200 m 能力	1台
	ダイレクトサーキュレーション用ツールズ	1式
	エアリフトバスサーキュレーション用ツールズ	1式
エアコンプレッサー	6×6 トラック搭載型高圧コンプレッサー	1台
支援車輛	3トンクレーン付きカーゴトラック6×6	1台
	水タンクローリー、6×6、6,000	1台
	ステーションワゴン、4×4	1台
修理用機材、探査・試験及び計測機器		1台
揚水試験用水中ポンプ		3式

本計画を実施するための資機材調達に必要な金額は約13.63億円を要する。また、SEMAPAが負担する工事費は約67.7万US\$（約9千万円）と見積もられた。

本計画が我が国の無償資金協力で実施された場合、実施設計、入札業務に約4.5ヶ月、資機材の調達及び輸送に約10ヶ月を要する。

施工はSEMAPAにより実施されるが、施工期間は12ヶ月を要すると予想される。なお、SEMAPAの井戸掘削工事実施能力に不安な部分もあるところ、無償資金協力の枠内で井戸掘削機の運転・管理技術並びに施工管理技術等にかかる技術移転を行うため、日本からの技術者派遣を行うものとする。

本計画を日本国政府の無償資金協力により実施することは、現在コチャバンバ市の住民が直面している深刻な水不足問題の解消に役立つと共に、安全な水の安定供給により水に起因する病気の発生率低下にも寄与できるものと確信する。

本計画の効果的かつ確実な実施のため、次の事項の確認と実施について提言する。

- 1) 管理体制における地下水開発部門の制度化と人員確保の実施
- 2) SEMAPA負担金の早期確認と予算執行
- 3) 地下水開発にかかる技術者のSEMAPA独自による本計画着手前の関係機関における技能体験研修の実施

目 次

序 文	
位置図	
写 真	
要 約	
目 次	
第1章 緒 論	1
第2章 計画の背景	3
2.1 ボリヴィア国の概要	3
2.1.1 自然環境	3
2.1.2 人口	5
2.1.3 国家経済	5
2.2 上水道整備事業の概況	6
2.3 関連計画の概要	8
2.3.1 ボリヴィア国上下水道改良計画の概要	8
2.3.2 コチャバンバ市短中期上水道改善計画の概要及び世銀の協力	8
2.4 要請の経緯と内容	11
2.4.1 要請の経緯	11
2.4.2 要請の内容	12
第3章 計画地域の概要	13
3.1 計画地の位置及び社会・経済事情	13
3.2 自然条件	13
3.3 社会環境	14
3.4 上水道施設の概要	14
3.4.1 実施機関	14
3.4.2 給水施設	17
3.4.3 給水状況	22
3.4.4 改修要請のあった既存施設	25

第4章 計画の内容	27
4.1 計画の目的	27
4.2 要請内容の検討	27
4.2.1 計画の妥当性及び必要性	27
4.2.2 実施・運営計画	29
4.2.3 国際機関等の援助計画との関係	31
4.2.4 要請施設、機材の内容検討	31
4.2.5 技術協力の必要性	33
4.2.6 協力実施の基本方針	34
4.3 計画の概要	34
4.3.1 実施機関及び運営体制	34
4.3.2 事業計画	34
4.3.3 機材の概要	35
4.3.4 維持・管理計画	36
第5章 基本設計	37
5.1 設計方針	37
5.2 設計条件	38
5.2.1 水理地質的条件	38
5.2.2 計画給水量	41
5.3 基本計画	43
5.3.1 エルパソII地区	43
5.3.2 キラコージョ軸	45
5.3.3 サカバ軸	46
5.3.4 ムユリーナ地区	46
5.3.5 ヴィント地区	47
5.3.6 コニャコニャ加圧基地	47
5.3.7 カラカラ加圧基地	47
5.3.8 井戸掘削機その他	48
5.3.9 探査、試験機器	53
5.3.10 基本設計図	55

5.4	施工計画	56
5.4.1	施工方針	56
5.4.2	建設事情及び施工上の留意事項	57
5.4.3	実施設計業務	57
5.4.4	施工・監理計画	58
5.4.5	資機材調達計画	58
5.4.6	事業実施工程	58
5.4.7	概算事業費	60
第6章	事業の効果と結論	61

[資料編]

1. 調査団の構成	A-1
2. 調査日程	A-2
3. 相手国関係者リスト	A-4
4. 協議議事録	A-6
5. 収集資料リスト	A-22
6. 既存井戸調書	A-23
7. 地下水開発可能量	A-27
8. 揚水試験結果	A-29
9. 降雨量資料	A-36
基本設計図	巻末

表一覽

表-1	ボリヴィア国の気候 -----	3
表-2	部門別実質GDP成長率(1980年価格) -----	6
表-3	1987年現在の水道普及率 -----	6
表-4	上下水道事業の実施団体 -----	7
表-5	2000年目標上下水道普及率 -----	8
表-6	水道関連投資計画 -----	9
表-7	短中期計画に対する世銀とSEMAPAの費用分担 -----	10
表-8	決算収支(1985~1989年) -----	16
表-9	取水量実績表 -----	18
表-10	水道料金表 -----	24
表-11	コチャバンバ市上下水道給水現況と将来計画 -----	28
表-12	層序単位及び水文地質等的特徴 -----	40
表-13	水道施設建設計画及び給水計画 -----	42

図一覽

図-1	国土の概況図 -----	4
図-2	国土の断面図 -----	4
図-3	コチャバンバ市上下水道公社組織図 -----	15
図-4	決算収支推移(1985~1989年) -----	16
図-5	コチャバンバ給水システム模式図 -----	19
図-6	コチャバンバ給水システムフロー図 -----	21
図-7	給水区域図 -----	23
図-8	地下水開発部門を含む将来組織図 -----	30
図-9	コチャバンバ盆地地質断面図 -----	39
図-10	事業実施工程 -----	59

略 語 — 覧

AAPOS	ポトシ上下水道公社
ANESAPA	全国上下水道事業協会
AROSBEN	トリニダ上下水道公社
BRGM	鉱・地質研究所 (フランス)
Bs	ボリビエノス(ボリヴィア通貨単位)
CORDECO	コチャバンバ地方計画公社
CORPAGUAS	地方都市水道公社
COSAALT	タリハ上下水道公社
D. S. A	全国農村部上下水道公社
E. E. F	コビハ上下水道公社
ELAPAS	スークレ上下水道公社
GEOBOL	ボリヴィア国地質調査所
GDP	国内総生産
IDA	国際開発協会
IDB	米州開発銀行
OJT	オンザ・ジョブ・トレーニング
JICA	国際協力事業団
SAMAPA	首都圏上下水道公社
SAGUAPAC	サンタクルス上下水道公社
SEMAPA	コチャバンバ上下水道公社
SELA	オルロ上下水道公社
UNDP	国連開発計画
WHO	国際保健機構

第 1 章 緒 論

第1章 緒論

ボリヴィア国の給水事情は、中南米諸国内でも特に劣悪であり、安全な水の供給を受けている住民は全人口の57%（1988年）に過ぎない。特に都市部では急激な人口増加に給水施設の整備が追いつかない状況にあり、このため水に起因する病気の発生率は都市部では全疾病の6.6%もあり、それによる死亡率は9.8%にも達している。

本計画対象地域であるコチャバンバ市は人口約45万人の、ボリヴィア国第3の都市であるが、主要都市の中で最も給水事情が逼迫しており、1日13時間以上の給水を受けている住民は人口の約30%以下で、大多数の住民は大幅な給水制限を強いられている。また、近年異常気象による渇水のためさらに水事情が悪化したため、水問題が社会的・政治的な問題にまで発展している。

この状況を打開するため、コチャバンバ市の総合的な給水改善計画のための基礎調査が世銀により実施され、短中期計画が作成された。

ボリヴィア国政府は、SEMAPAの短期計画に位置付けされた事業のうち、緊急的な対策としてコチャバンバ市の4地区の既存水供給施設の改修と3地区の新規井戸開発を中心とした「コチャバンバ市上水道整備計画」を策定し、同計画実施において最も緊急度の高い井戸掘削機や関連資機材等の調達について、平成元年3月日本国政府に無償資金協力を要請してきたものである。

日本国政府はボリヴィア国の要請内容を検討した結果、本計画に関する基本設計調査の実施を決定した。これを受けて、国際協力事業団は平成2年11月25日から12月25日まで、同事業団無償資金協力調査部長 細野 豊を団長とする基本設計調査団を現地へ派遣した。

調査団は関係者と要請内容についての協議を行うとともに、現地調査ならびに関連情報、資料収集を実施した。協議の結果得られた基本的な合意事項は討議議事録としてまとめられ、双方の代表者が署名し交換された。また、調査団の構成、調査日程、相手国関係者リスト、討議議事録、収集リスト等は〔資料編〕として巻末に添付した。

調査団は帰国後、国内作業において協議内容、現地調査内容、情報資料等を解析し、本件協力の妥当性を検討のうえ、協力内容を決定し、基本設計を策定した。その後、平成3年3月20日より4月1日までドラフト説明のため国際協力事業団無償資金協力調査部基本設計一課 穴戸 健一を団長とする調査団が現地へ派遣され、基本設計の内容をボリヴィア共和国政関係者に説明し、再度協議が行われた。

本報告書は以上の結果を踏まえ、基本計画の内容を取りまとめたものである。

第2章 計画の背景

第2章 計画の背景

2.1 ボリビア国の概要

2.1.1 自然環境

ボリビア国は、南米大陸のほぼ中央部、南緯10～23度にかけて位置し、北部及び東部をブラジル、南部をパラグアイ及びアルゼンチン、西部をペルー及びチリに接する内陸国である。国土面積は約110万km²で日本の約3倍の面積を有する。国土は、9つの州に分割され首都はラパス州のラパス市である。(図-1参照)

地勢的にはアンデス山系に含まれる標高3,000m以上の西部山岳地帯と高原地帯(アルチプレーノ)、中部の溪谷地帯(1,000m～3,000m)およびアマゾン河とラプラタ河上流の東部平原地帯(1,000m以下)の三つに大別され、東部平原地帯は国土面積の半分以上を占める。(図-2参照)

緯度的には熱帯から亜熱帯に属するが、標高差が激しいため各々の地形条件により顕著な気候の違いを示す。すなわち、山岳地帯や溪谷地帯では1年中日本の秋から冬にかけての気候であり、平原地帯では亜熱帯性の気候を呈する。

雨季は12月から3月頃、乾季は4月から11月頃であり、高地へ行くほど、この現象は明確である。各地帯の代表的な都市における平均気温と降雨量を下表に示す。

表-1 ボリビア国の気候

州名	気象台	標高 (m)	年間平均 気温(℃)	年間降雨量 (mm)	摘要
ラパス	カラコト	3,805	12.9	632.1	西部山岳地帯
コチャバンバ	コチャバンバ	2,533	18.1	567.4	中部溪谷地帯
サンタクルス	モンテロー	437	23.8	1,348.0	東部平原地帯

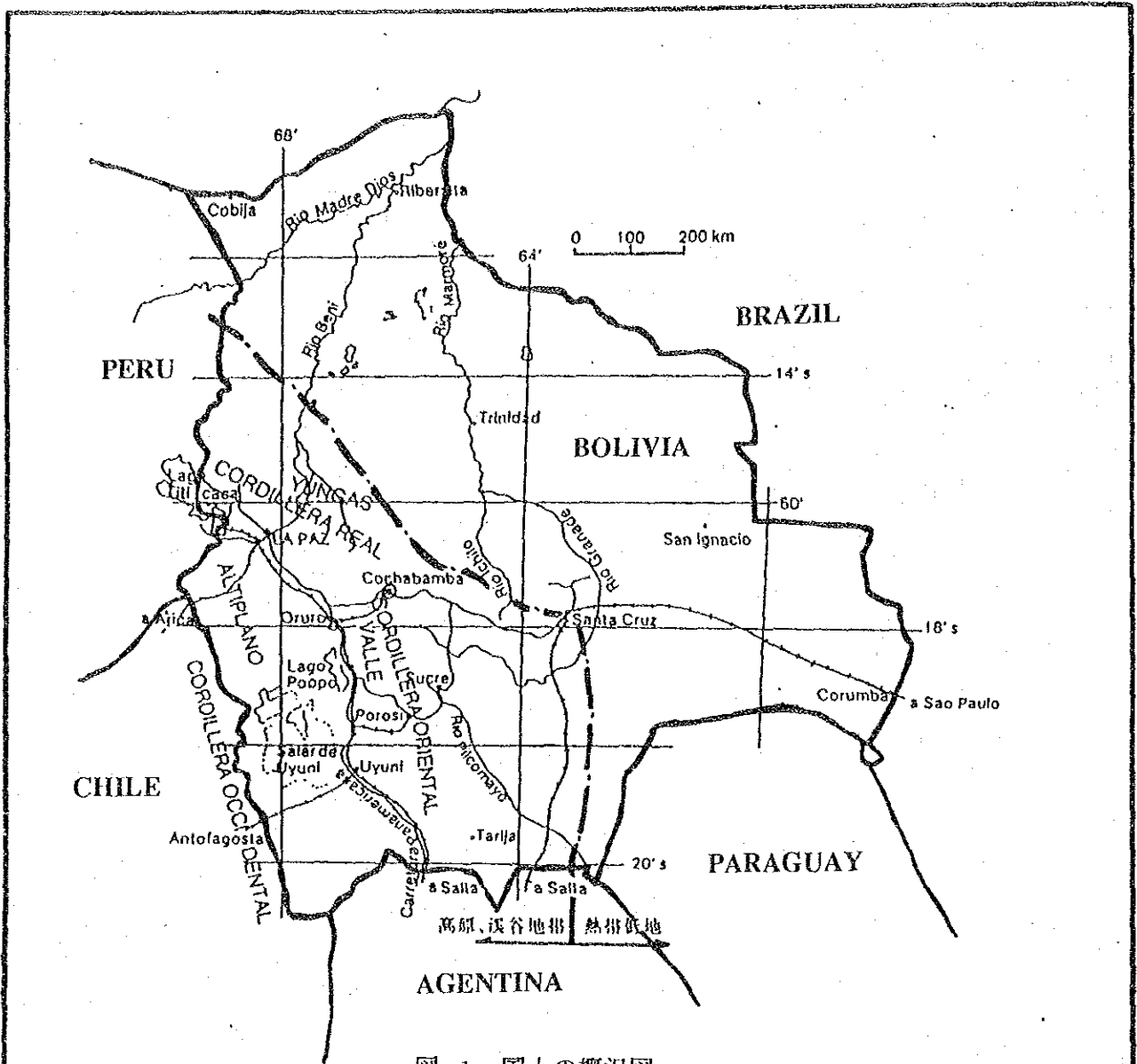


図-1 国土の概況図

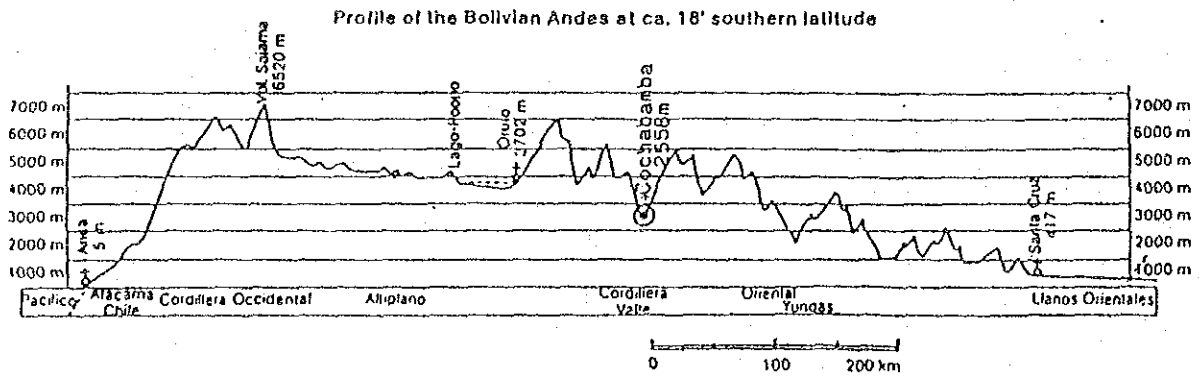


図-2 国土の断面図

出典) Bolivian/Bolivia, Eckart Knoerick, Residentz Publishers Detmold

2.1.2 人口

総人口は69.9万人（1989年 国連統計）で人口密度は6.4人/km²である。また2000年には総人口が983.7万人に増加すると予測されている。このうち56%に当たる550万人は人口2,000人以上の都市部、残り44%に当たる約430万人は2,000人未満の農村集落部に生活するものと推測されている。

人種構成は55%がアイマラ系およびケチュア系の原住インディオ、32%がメスティソと呼ばれる混血、残りの13%が白人であり、インディオの多くは高原地帯に住んでいる。公用語はスペイン語であるが、インディオ等により多様な言葉が使用されている。

2.1.3 国家経済

当国の経済は、鉱業、農業といった一次産業に支えられて発展してきた。バンセル軍事政権下の1971～78年には、主として鉱産物の国際価格上昇による交易条件改善と、多額の対外借入れによる資本流入増加に支えられて、年平均5.4%の成長を達成することができた。しかし、この間為替レートは割高に維持されてきており、この経済繁栄の基盤は、対外的な要因に左右されやすい脆弱なものであった。すなわち、為替レートが過大評価されていたため輸出産業部門への投資が増加せず、一方では海外への資本逃避が促進された。また、輸入品の増加によって国内の製造業部門も打撃を受けた。

したがって、その後政情が悪化する中で、主要輸出品であるスズと天然ガスの国際価格下落によって輸出が減少し、対外借入による資本流入が止まると、適切な対策が打たれないまま経済は急速に悪化した。実質GDP成長率は82年以降86年まで連続してマイナス成長に陥っているが、なかでも83年はペルー沖合のエルニーニョ現象の影響による天候不順により、-6%と大幅な落ち込みを見た(表-2参照)。87年以降経済は穏やかな回復基調にあるが、農業、鉱工業などの各産業は低迷状況が続いている。

一方、公共部門の大幅な人員削減により失業率が増加しており、深刻な社会問題となっている。また、医療、教育といった公共サービスも悪化の一途を辿り、幼児の死亡率が高まりつつある。しかし、政府は財政収入の増収が見込めないため、失業、貧困をかかえながらも、積極的な政策をとれないというジレンマに立たされている。

表-2 部門別実質GDP成長率(1980年価格)

(単位: %)

	81年	82年	83年	84年	85年	86年	87年	88年
合計	0.3	-2.8	-6.0	-0.2	-0.7	-3.2	2.2	2.8
農林漁業	-0.9	6.8	-16.4	22.9	9.1	-4.7	-0.2	0.0
鉱業	-0.6	-4.9	-4.7	-12.2	-12.6	-15.6	-1.9	17.5
製造業	-7.3	-13.9	-4.6	-14.0	-9.3	2.1	7.2	6.5
建設業	-11.0	-2.4	-1.6	-2.3	-10.9	-7.9	5.6	8.1
電気・ガス等	14.0	0.5	-0.9	-	1.1	4.1	-0.6	-
運輸・通信	12.0	-5.2	-9.5	2.1	1.8	3.0	6.0	-
商業	8.3	-5.3	-12.4	-1.2	3.9	6.5	6.0	-
金融	-12.0	1.4	-8.1	-10.0	-6.9	-5.0	2.3	-
政府サービス	2.7	1.6	7.9	2.1	3.3	-6.4	-	-
その他	6.2	-4.2	2.2	-1.8	-1.4	1.0	2.0	-

(出典) 中央銀行、IDB

(注) 87年は中銀暫定値、88年はIDB予測値

2.2 上水道整備事業の概況

ボリヴィア国の上水道普及率(1987年現在)は表-3に示す通りである。

総人口6,797千人に対し、水道普及率は全国平均で44%、9つの州都平均80%、中小都市平均27%、農村部平均23%となっている。

表-3 1987年現在の水道普及率

地域区分	人口	給水人口	普及率
州都	2,463,000	1,978,000	80%
中小都市	781,000	212,000	27%
農村部	3,553,000	831,000	23%
計	6,797,000	3,021,000	44%

注) 中小都市は人口2,000人以上の都市をいう。

また、1人1日当たりの給水量は州都平均104ℓ、中小都市平均60ℓ、農村部平均20ℓである。

現在ボリヴィア国の各都市では上水道施設整備が人口増加に追いつかないため、大幅な給水制限を強いられている地区や未だ上水道施設が整備されていない市町がある。このた

めボリヴィア国で発生する病気のうち、水が原因の消化器系疾患は、都市部で6.6%、農村部9.3%を占めている。また、同疾患による死亡率は都市部で9.8%、農村部では10.5%に達しており、水に起因する病気が死亡原因の主要なものの1つとなっている。

疾病に最も抵抗力がないのは子供であり、生後1年以内に死亡する幼児の37.7%が消化器系疾患による。また下水施設の未整備による不衛生と相まって、ボリヴィア国では幼児1,000人に対し63人が生後1年以内に死亡している。

ボリヴィア国の上下水道事業は表-4に示すように、各州都とその周辺を対象とする独自の運営団体、全国の中小都市を対象とする団体(CORPAGUAS)、その他の小規模な事業運営を対象とする団体(D. S. A.)によって分担されている。1984年、ボリヴィア国政府は上下水道事業の効率的運営、これら各企業体相互間の連絡調整の目的でANESAPA(上下水道事業協会)を設立し、全国の上下水道事業実施事業体間の調整と事業実施の円滑化を目指している。

表-4 上下水道事業の実施団体

地域区分		担当地域	事業体名
都市部	州 都	ラパス	SAMAPA
		サンタクルス	SAGUAPAC
		コチャバンバ	SEMAPA
		スークレ	ELAPAS
		ポトシ	AAPOS
		オルロー	SELA
		タリハ	COSAALT
		トリニダ	AROSBEN
		コビハ	E. E. F
	中小都市	全国	CORPAGUAS
農村部		全国	D. S. A

2.3 関連計画の概要

2.3.1 ボリヴィア国の上下水道改良計画の概要

ボリヴィア国政府は上下水道が整備されていない低所得層居住地域を優先的に2000年までに以下の通り整備することを計画している。

表-5 2000年の目標上下水道普及率

地域区分	上水道普及率	下水道普及率
州 都	85%	56%
中小都市	34%	17%
農 村 部	36%	18%

この目標実現のため、将来へ向けて克服されなければならない課題としてボリヴィア国政府は次のものを挙げている。すなわち、新規地表・地下水源の調査、水道水源の確保、浄水場の設置、水質管理、水道管網の整備、老朽管の布設替、各家庭への接続、水道料金メーターの設置、漏水の防止、盗水の防止、担当事業体の体制強化等である。

2.3.2 コチャバンバ市短中期上水道改善計画と世銀の協力

SEMAPAは1987年以来、世銀の協力を得て2000年を目標とする短中期上水道改善計画を計画しているが、1990年12月によろやく世銀借款契約が成立し実行されることとなった。その内容は、地表水取水施設の補修・改善計画、在来送・配水施設の改善計画、地下水開発、在来地下水取水施設の改善・リハビリ計画、給水施設の補修（漏水率低下目標30%）と新規給水管付設による給水管網の充足である。計画概要は表-6、7に示すとおりである。

なお、前述の計画は1987年に立案されたもので、今回の最終計画において枠組の決定がなされる予定である。また、調査時の打ち合わせにおいて世銀の協力によりエルパソⅢの地下水開発が組み入れられることが明らかとなった。

表-6 水道関連投資計画

(1989年計画)

計画名称	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	事業費											
	US\$1000											
ワラワラ(表流水源/改修)	1360.0		1360.0									
チュンガラ(伏流水/改修)	320.0			320.0								
ウイント(地下水源/改修)	1428.0		461.0	967.0								
貯水槽(築造/新設)	1029.0			926.0	103.0							
カラカラ浄水場(改修)	93.0			93.0								
給配水管(増設)	3353.0				2795.0	445.0	113.0					
研究費	1345.0		738.0	360.0	247.0							
計画設計	779.0	428.0	255.0									
工事管理	52.0		26.0									
P P F	199.0	199.0										
予備費	976.3	10.0	284.0	269.2	314.5	44.5	11.3					
インフレ	1342.4	-15.5	238.8	366.7	599.4	110.1	34.7					
小計	12276.7	289.5	479.1	3362.8	3327.9	4058.9	599.6	159.0	0.0	0.0	0.0	0.0
エルパソ I (表流水源/新設)	621.8	621.8										
トラプーロ(表流水源/新設)	498.2	489.2										
ワヨラ(表流水源/増設)	3984.3								1955.8	1978.5		
エルパソ II (地下水源/新設)	3149.9											
コニャコニャ(改修)	231.6		231.6									
軸(地下水源/新設)	1215.7				401.5	412.8	401.5					
給配水管	8411.2	457.1	789.5	921.3	973.8	76.2	168.8	864.7	767.9	798.8	830.7	863.7
インフレ	4897.3	-54.8	22.6	88.1	120.6	82.8	478.1	800.7	912.6	1093.7	378.1	448.4
小計	22960.1	1024.0	1310.3	1241.1	1094.4	560.4	2603.7	3672.7	3636.4	3871.0	1208.8	1312.0
合計	35236.8	1313.5	1789.4	4603.9	4422.2	4619.3	3203.3	3631.6	3636.4	3871.0	1208.8	1312.0
												1425.3

表-7 短中期計画における世銀とSEMAPAの費用分担
(1990年12月現在) US\$ 10³

プロジェクト名	SEMAPA	世銀	合計
ワラフラ	434	855	1,289
チュンガラ	144	172	316
ヴィント	513	856	1,369
貯水槽	515	515	1,030
カラカラ浄水場	47	47	94
配水管	590	3,350	3,940
井戸	440	1,960	2,400
コニャコニャ	12	153	165
管理システム開発費	-	1,256	1,256
設計・管理費	-	1,813	1,813
土地購入費	21	-	21
小計	2,716	10,977	13,693
予備費 10%	272	1,096	1,368
インフレ率 4.5%	436	1,659	2,105
計	3,424	13,734	17,158
資機材購入税	1,387	-	1,387
危険費	-	200	200
合計	4,811	13,934	18,745

2.4 要請の経緯と内容

2.4.1 要請の経緯

本計画対象地域であるコチャバンバ市は、人口約45万人のボリヴィア国第3の都市であるが主要都市の中で最も給水事情が逼迫しており、1日当たり13時間以上の給水を受けている住民は人口の約30%に過ぎず、その他の大多数の住民は大幅な給水制限を強いられている。

以上の状況を打開するために、ボリヴィア国政府およびその実施機関であるSEMAPAはコチャバンバ市の飲料水供給事業についての総合的な改善計画を行うこととした。

1987年に設定された短中期計画においては1990年までに1人1日当たりの給水量を200ℓとし、既存施設の改修を含む新規水源開発の可能性調査を行い、かつこれら実施のため、現在まで国際援助機関に対し協力要請を行ってきた。

SEMAPAが現在までに調査し、開発可能水源としている地域は下記に示す表流水、伏流水、地下水の全11箇所（項目）である。

1. ワラワラ	ダム	(改修)	82ℓ/秒
2. ピント	井戸	(改修)	73ℓ/秒 → 126ℓ/秒
3. アンゴスツーラ	ダム	(新設)	300ℓ/秒
4. エルパソ II	井戸	(新設)	120ℓ/秒
5. サンミガエル	伏流水	(新設)	150ℓ/秒
6. サカバ、キラコージョ	井戸	(新設)	独立システム
7. チュセケリ	伏流水	(新設)	110ℓ/秒
8. ミシクニ	多目的ダム	(新設)	4,500ℓ/秒
9. パルカ	ダム	(新設)	2,000ℓ/秒
10. コラーニ	ダム	(新設)	500ℓ/秒
11. その他既存施設の改修			

しかしながら、近年に至り異常気象による渇水のため一段と給水事情が悪化したことから、ボリヴィア政府はこれに対処するため、短中期計画の中から、より即効性があり実現性の高い地下水開発プロジェクトに着目し、4地区の既存施設の改修と3地区の新規地下水開発を中心とした「コチャバンバ市上水道整備計画」を策定し、本計画実施に必要な井戸掘削機やポンプ等の調達について我が国に無償資金協力を要請してきたものである。

2.4.2 要請の内容

ボリヴィア国政府が要請した内容はコチャバンバ市及びその郊外を対象とした7地区(位置図参照)における既存給水設備の改修、新設に必要な資機材の調達及びその機材使用に関する技術指導のための技術者の派遣であり、概要は以下のとおりである。

1) 既存施設の改修

ヴィント地区(深井戸)	6 ポンプ及び付属品
ムユリーナ地区(深井戸)	6 ポンプ及び付属品
コニャコニャ地区(ポンプ場)	3 ポンプ及び付属品
カラカラ地区(ポンプ場)	2 ポンプ及び付属品

2) 新規地下水開発

エルパソII地区	深井戸(200m)	4 本分、送水用配管
キラコージョ地区	深井戸(100m)	5 本分、送配水用配管
サカバ地区	深井戸(100m)	6 本分、送配水用配管

3) トラック搭載型井戸掘削機1台及び付属品1式、検査機器等1式

(リバース法 20インチ 200m、ダイレクト法 12インチ 400m、
ダウンザホール法 8.5インチ 200m)

4) 専門家派遣(12ヶ月)

水理地質 1名、電気・機械 1名、井戸掘削 1名

第3章 計画地域の概要

第3章 計画地域の概要

3.1 計画地の位置及び社会・経済事情

コチャバンバ市はコチャバンバ州の州都であり、ラパス、サンタクルスに次ぐボリヴィア国第3の都市である。地理的にもラパス、サンタクルスの中間に位置し、国際線、国内線ターミナルを持つ空港があり便数も多く、気候も温暖なため旅行者の出入りが多い。また農産物の生産、集積地であるため市内は活気を帯びている。

市の人口は1976年の国勢調査では204,684人、1983年に実施された州単位の人口調査では274,765人、この間の年平均人口増加率は4.3%であった。その後は組織的に調査された実績はないが、SEMAPAの調査では1990年現在の人口は約45万人となっており、1983年以降の年平均増加率は約4.7%と高い値を示している。

この高い増加率は鉱山の閉鎖に伴う離職者や周辺農家からの流入によるものとされており、人口増加に伴い市域は旧市街地を中心に東西方向へ急速に拡大している。

本件の計画対象である7地域は市街地及び郊外に散在しており、位置図に示す通りである。

3.2 自然条件

コチャバンバ市はボリヴィア国の高原・溪谷地帯に属し、ケアル山系の一部をなすツラーニ山系の南斜面にあり、標高2,500m台の盆地である。盆地は市街地を中心に西側のコチャバンバ盆地と東側のサカバ盆地からなり、繭玉形をしている。気候は年間を通じ温暖で年平均気温は18℃、最高気温は33.5℃、最低気温は-3.0℃である。市内の年間降雨量は450mmと少ないが、北側の山岳部では1,000mm近くの降雨があり、これが盆地内に流入するため、生活用水または農業用水のための地下水開発には比較的恵まれた状況にある。しかしながら、年間降雨量は年により変化が大きいため、渇水年には飲料水の供給にも支障をきたしている。雨季は10月から3月、乾季は4月から9月である。標高が高いため、北側の山岳部では雨季である夏に降雪を見ることもある。

水理学的にはこの地域はアマゾン河流域内のグランデ川流域に属し、サカバ流域440km²、コチャバンバ流域1,150km²の集水面積を持つ。北部山岳地帯の河川はサカバ・コチャバンバ盆地に向かってほぼ平行に集まり、盆地内に流入している。盆地内の主

な河川はサカバ盆地北東部から市街地を通過し、コチャバンバ盆地の南側を通り、南西部に抜けるロチャ川で、水量は季節により大きく変動し、その最大流量は420 m³/秒である。地質学的には計画対象地域のほとんどは、古生代(オルドビス紀及びシルル紀)に属し、中生代(白亜紀)の岩が混在する。盆地内の堆積物は主として新生代の第三期と第四期に形成されたのもである。

3.3 社会環境

コチャバンバ市内の道路網は基盤の目状に整備されており、市街地から東西へ伸びる幹線道路も良く整備されている。また周辺地域への連絡道路も現在、拡張・整備されつつある。しかし、朝夕の通勤時や昼食時等には交通渋滞を起こしている。

上下水道を除き、電話、通信、電気、ガス等は比較的良く整備されており特に生活に支障はない。

すでに整備されているロチャ川以外の河川は、雨季に急激な増水があり付近へ影響を及ぼすため、政府の緊急援助資金によりCORDECO(コチャバンバ地方計画公社)がフロン箆等により堤防の改修工事を行っている。

3.4 上水道施設の概要

3.4.1 実施機関

本プロジェクトの実施機関はSEMAPA(コチャバンバ市上下水道公社)である。

従来、コチャバンバ市の水道事業は市役所の水道部局が担当していたが、1974年にSEMAPAが独立し、その後全市の水供給事業を独立採算により運営している。SEMAPAの組織図は図-3に示した通りである。

SEMAPAの経営状況は図-4及び表-8のとおりであり、資産償却前の収支は一応黒字となっているものの、決して良い状況とはいえない。さらに、1990年は1987年以降の濁水の影響を受け、収入と支出がほぼ同額となっており、建設投資は極めて厳しい状況下にあるが、幸いなことに現在までのところ債務としてはIDBからの約670万Bs(約330万US\$相当)の借款のみである。また1990年12月には世銀の借款約1,400万US\$が決定し、当初1989年より予定していた短・中期上下水道改善対策事業が1991年より着手される見通しがついた。

SEMAPA職員構成

総括責任者：2名
 管理責任者：20名
 技術職：173名
 商務職：52名
 管理・財務職：77名
 合計：324名

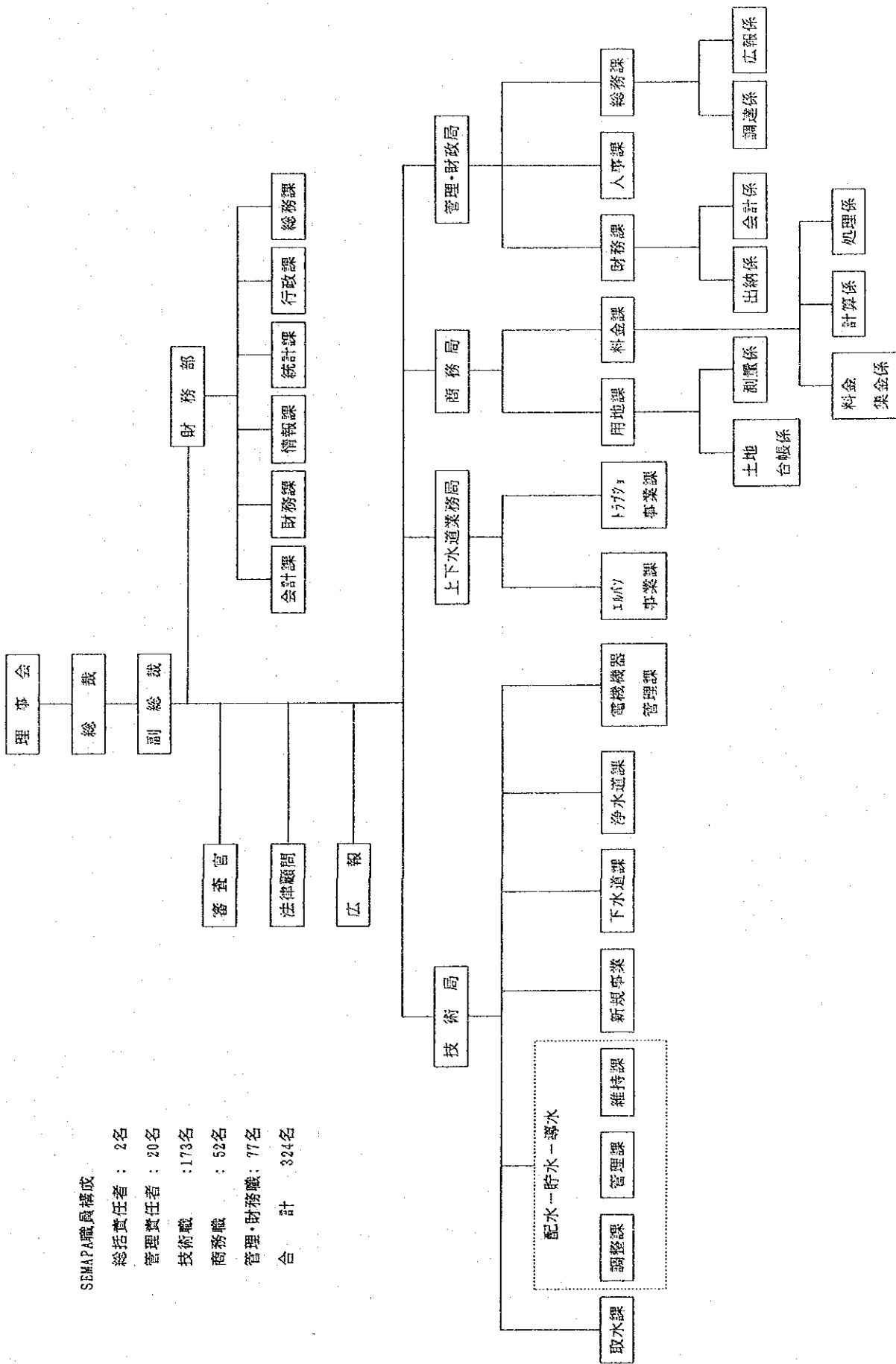


図-3 コチャバン水道公社組織図

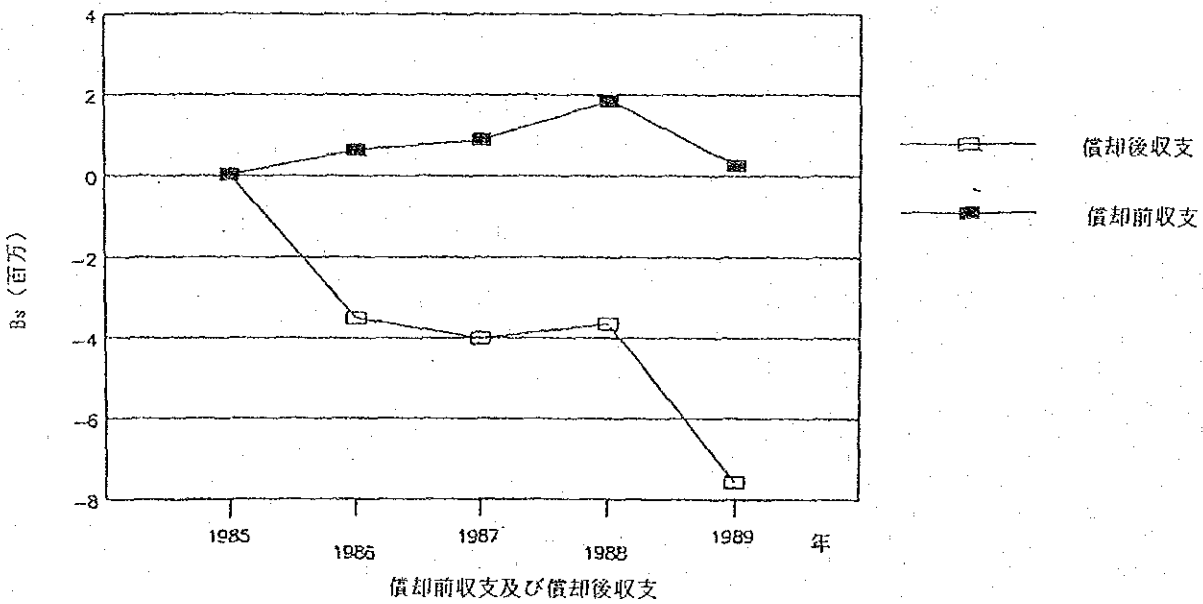
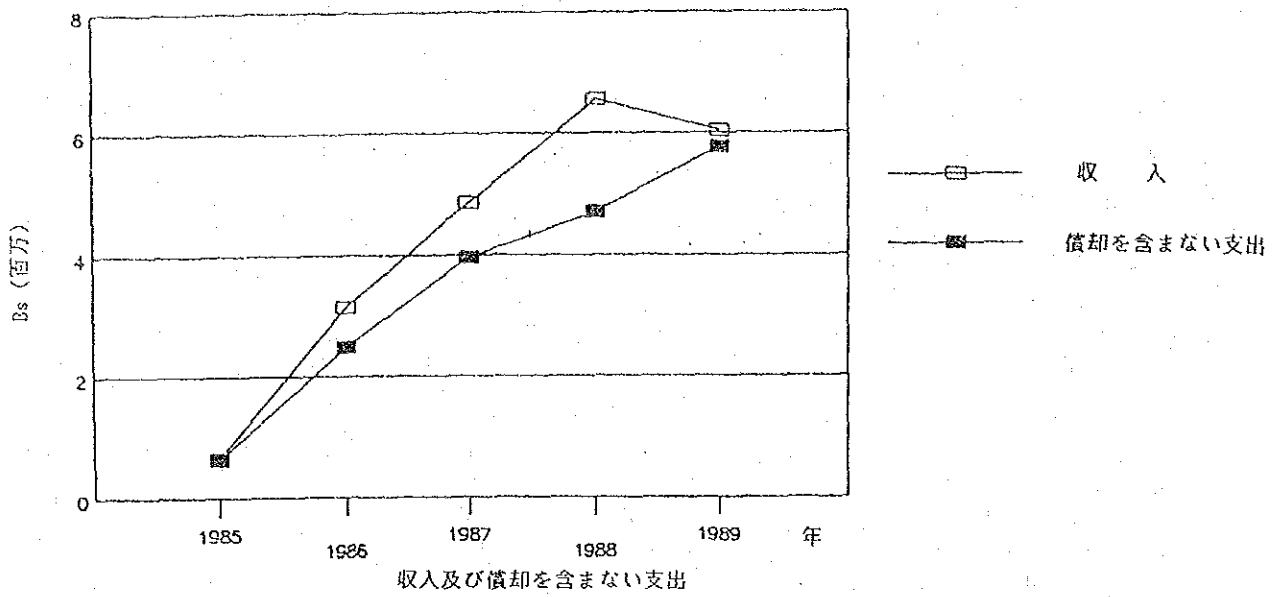


図-4 決算収支推移(1985~1989)

表-8 決算収支(1985~1989)

(単位:Bs)

年次	収入	支出	償却	償却前収支	償却後収支
1985	659,360	633,732	130	25,629	25,499
1986	3,142,831	2,493,217	4,164,428	649,614	-3,514,814
1987	4,859,848	3,947,505	4,932,350	912,343	-4,020,007
1988	6,562,552	4,699,099	5,512,978	1,863,453	-6,562,552
1989	6,029,106	5,768,799	7,830,176	260,307	-7,569,869

(1) 運営管理体制

今回の世銀借款により、1991年5月に世銀が選定したコンサルタントが決定し、同時にSEMAPAの管理体制、資産償却システム、料金体制（収支を含む）の見直しが予算約120万US\$で実施され、新システムが確立される。従って、本計画による施設が完成する予定の1993年にはSEMAPAの新体制により運営管理が行われる。また、日本政府の無償資金協力により調達される予定の井戸掘削機により、エルパソIIIの地下水開発が1993年以降継続して実施される計画がなされている。

(2) 運営管理の技術能力

現在、SEMAPAでは地下水開発に関連する業務に対し、水理地質、井戸掘削、揚水、電気設備の基礎知識や運営能力をもった技師（経験年数15～25年）が2名、またその下に各ポンプステーション及び井戸管理のために20名以上が従事している。SEMAPAは設立以来現在まで約20年間の長期にわたる運営の歴史をもち、1990年における地下水の取水量は全取水量の50～60%を占め1m³当たりの生産費用80センターボス（約0.23US\$）に対し、平均水道料金は60センターボスと低廉な価格での給水が実施された実績からみても、その運営管理は十分な基礎能力を備えているものと判断される。よって、日本の技術協力により、特に地下水開発と既存井戸のリハビリテーションの技術移転がなされることにより、これらの技術習得者等を中心として、その後の運営管理・地下水開発計画が展開され推進されるものと思われる。

また、資金的な面においては1985年～1989年の収支決算（図-4、表-8）を見る限りにおいては、全体の給水計画と収支決算において赤字となる要素は見当たらず、料金体制（収支）の見直し、資産償却システムの確立がなされることから運営管理体制については問題ないものと判断する。

3.4.2 給水施設

SEMAPAの管理する水道水源は表流水、伏流水及び地下水からなり、水供給システムは図-5の模式図及び図-6のフロー図に示す通りである。

全既存施設による取水能力は、586ℓ/秒（1989年末）とされており、その内訳は以下の通りである。

水 源		取水量 (ℓ/秒)	
表流水	エスカレラーニ	180	
	サイツコチャ	20	
	ラグンマユ	15	
	チャンカス	5	220
伏流水	チュンガラ	80	
	ティキバヤ	10	
	ティラーニ	5	95
地下水	ヴィント	80	
	ムユリーナ	8	
	エルパソ	183	271
計		586 (約50,000 m ³ /日)	

これに対し、過去の取水実績は表-9に示すように年により取水能力と20%程度の差が出ており、水供給が不安定なものとなっている。これは施設全体が表流水主導型のシステムであるため、その年の降雨量の変化に左右されたものである。特に1989年の実績は生産能力の82.5%と落ち込んでいるが、これは近年の異常気象による渇水の結果である。

表-9 取水量実績表

年度	地下水			表流水			合計		
	ℓ/秒	1000m ³	%	ℓ/秒	1000m ³	%	ℓ/秒	1000m ³	%
1982	151.00	4761.94	35.28	277.00	8735.47	64.72	428.00	13497.41	100
1983	153.00	4825.01	35.33	280.00	8830.08	64.67	433.00	13655.09	100
1984	155.00	4888.08	31.96	330.00	10406.88	68.04	485.00	15294.96	100
1985	168.00	5298.05	35.00	312.00	9839.23	65.00	480.00	15137.28	100
1986	144.00	4541.18	26.92	389.00	12267.5	72.71	535.00	16808.69	100
1987	172.55	5441.54	35.00	320.45	10105.71	65.00	493.00	15547.25	100
1988	160.27	5054.27	31.00	356.73	11249.84	69.00	517.00	16304.11	100
1989	169.43	5343.14	38.52	270.42	8527.42	61.48	439.85	13871.11	100

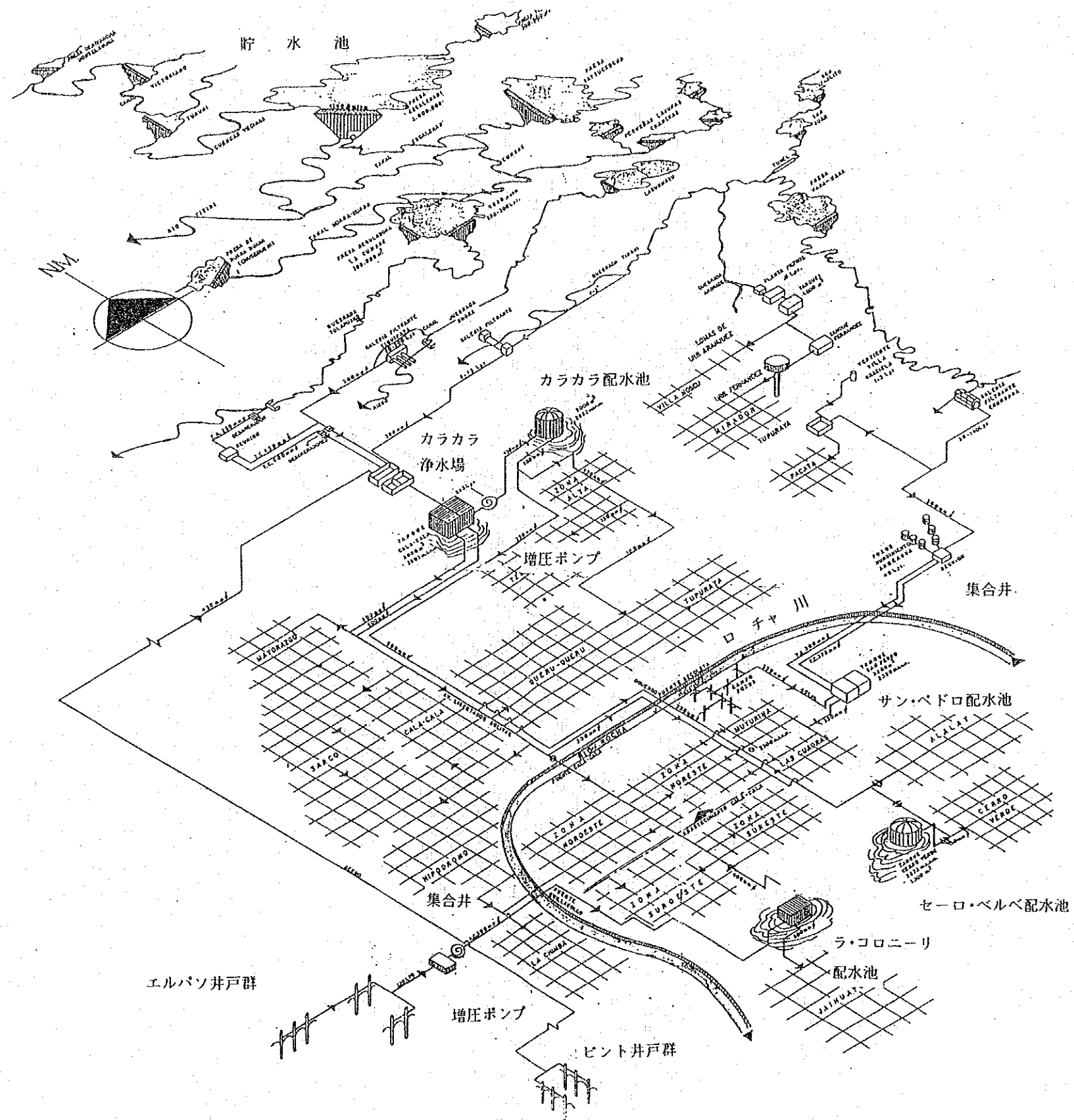


図-5 コチャバンバ給水システム模式図

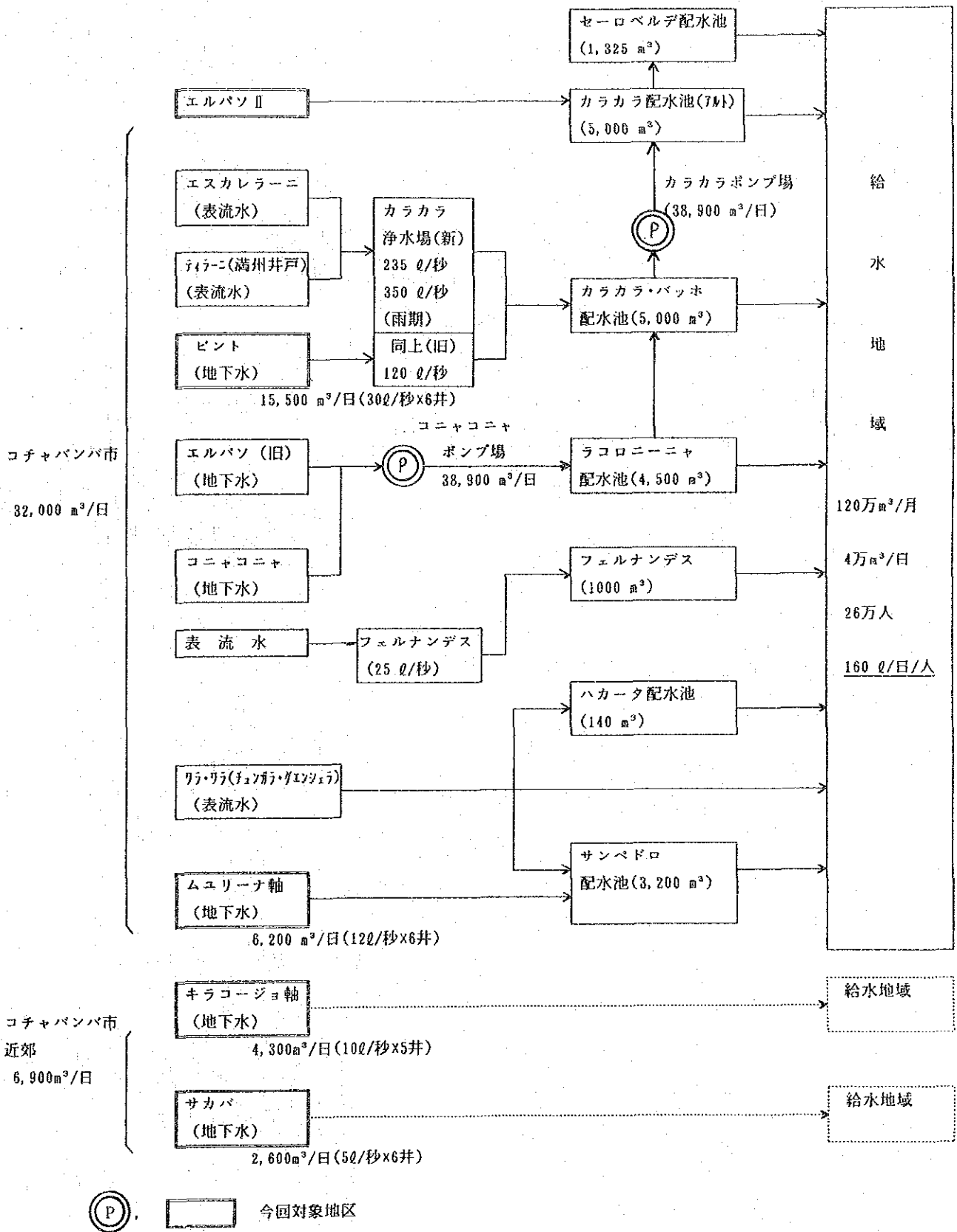


図-6 コチャバンバ給水システムフロー図

3.4.3 給水状況

SEMAPAが管理する施設による給水対象面積は全市面積の約53%であり、現在の給水区域は図-7に示す通りである。その他の地域は配水管が未整備で、SEMAPAからの水が得られないため、自己資金で掘削した共同井戸あるいは自家井戸等から飲料水を確保している。SEMAPAでは給水範囲を広げるため、IDBからの借款により配水管網の整備を行っており、2000年には給水面積を80%まで拡大する計画である。しかしながら、従来からの慢性的な水量不足に加え、近年の異常気象による渇水のため、時間給水による給水制限を行っている。給水時間は給水対象人口の28.9%が13時間以上、45.7%が6~13時間、25.4%が2~4時間となっている。

住民はこの状況に対し、しばしば水よこせデモやSEMAPAおよび中央政府への陳情を行っており、この水不足は政治・社会的な問題へ発展し、取水量の増加対策の実施が急務となっている。

給水人口は現在人口約45万人に対し、約59%の26.5万人で、1人1日当たりの給水量は、その年の降雨量により取水量が左右されるため一定していないが、1989年を対象とした場合の推定値は以下の通りである。(表-9参照)

取水量	13,871,110 m ³ /年 (38,000m ³ /日)
有収率	66% (ほとんどが漏水)
有収水量	約25,000 m ³ /日 (38,000×0.66)

1人1日当たり給水量 94.3 ℓ /人/日 (25,000÷265,000=0.0943m³/人/日)

また、水道料金は住宅と非住宅、住宅では生活水準によるカテゴリー別、非住宅は業種によるカテゴリー別に分けられ、そのぞれ水使用量によって料金が設定されている(表-10参照)。給・配水管は口径50~600mm、総延長 約400kmで主に石綿管が使用されている。現在の各戸給水栓の総数は34,040個、1栓当たりの平均使用者数は7.8人である。メーターの設置率は約80%で、このうち84%が住宅、11%が商業、5%が公共及びその他となっている。このほか約130の共同水栓がある。

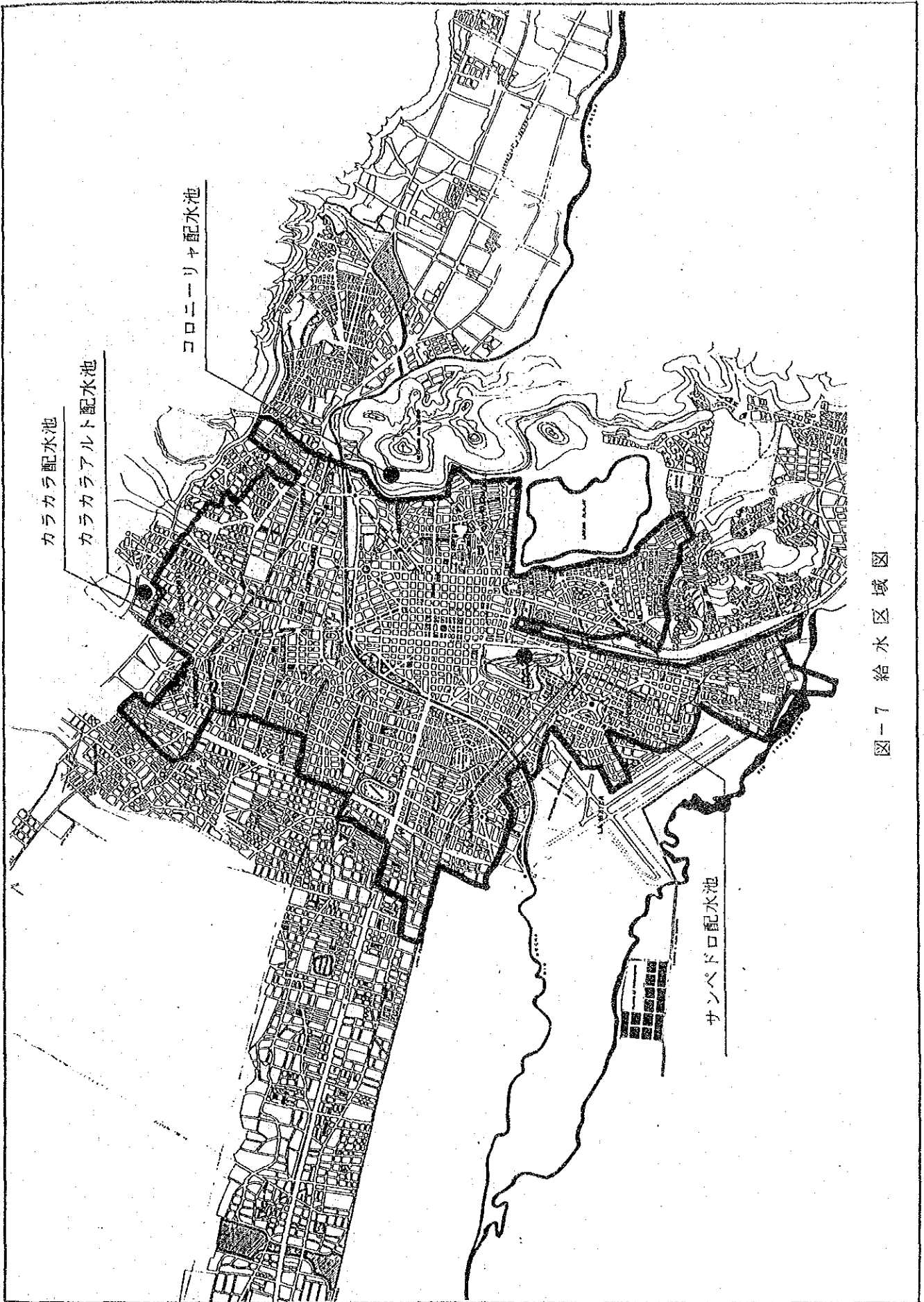


図-7 給水区域図

表-10 水道料金表(1990年1月)

(住宅地域)

区分	消費範囲 (m ³)						
	0~12 (Bs/connex)	13~25 (Bs/m ³)	26~50 (Bs/m ³)	51~75 (Bs/m ³)	76~100 (Bs/m ³)	101~150 (Bs/m ³)	>151 (Bs/m ³)
R 1	1.83	0.121	0.139	0.208	0.268	0.312	0.364
R 2	3.65	0.195	0.217	0.325	0.398	0.455	0.520
R 3	6.85	0.238	0.260	0.412	0.477	0.542	0.607
R 4	11.41	0.284	0.306	0.481	0.546	0.612	0.677

(非住宅地域)

区分	消費範囲 (m ³)						
	0~12 (Bs/connex)	13~25 (Bs/m ³)	26~50 (Bs/m ³)	51~75 (Bs/m ³)	76~100 (Bs/m ³)	101~150 (Bs/m ³)	>151 (Bs/m ³)
P	5.94	0.238	0.260	0.325	0.368	0.412	0.455
S	10.04	0.390	0.412	0.434	0.477	0.520	0.564
I	12.33	0.542	0.607	0.650	0.694	0.737	0.780
C	13.70	0.585	0.629	0.672	0.715	0.759	0.802
E	15.98	0.910	0.954	0.997	1.04	1.084	1.127

- 注 ; P 公共栓
 S 公共施設栓
 I 工業栓
 C 商業栓
 E 特殊商業栓

3.4.4 改修要請のあった既存施設

改修要請のあった4地区の既存施設の状況は下記に示す通りであり、各々の既存井戸等の詳細は〔資料編〕既存井戸調書に示した通りである。

1) ヴィント地区の井戸

ヴィント地区はコチャバンバ市街地より西方約18kmに位置する。既存井戸は1976年から77年にかけてAQUATEC(現地井戸掘削業者)により10本が築造された。地下水は被圧により自噴している。井戸径は10"、深さは100~200m、縦軸タービンポンプが設置されており、揚水量は10~30ℓ/秒である。現在、10本の井戸のうち4本は井戸本体、特にスクリーンの設置位置等に欠陥があり揚水量が少ないため廃棄されており、稼働しているものは3本で、他の3本はポンプの故障により稼働していない。揚水された地下水は井戸毎に設置されたポンプにより18"の鋼管で直接コチャバンバ市内のカラカラ浄水場へ直接圧送されている。

この地域の水質は鉄分及び腐食性の鉄バクテリアが含まれており、送水管の内面が腐食し、断面欠損による漏水を起こしている。

直接送水によるウォーターハンマー(水撃作用)の発生及び水質の問題については、世銀の調査時に既に改善対策の必要性について指摘されており、1993年から世銀により調査と改善計画が予定されている。

2) ムユリーナ地区の井戸

コチャバンバ市中心部のロチャ川沿いに位置する。既存井戸は1971年から72年にかけて14本が建設されたが、老朽度合が激しく既に8本の井戸が廃棄され、残り6本のうち現在稼働しているものは3本で他の3本はポンプ故障のため動いていない。井戸径は10"、深さは60~90mで水中ポンプと縦軸タービンポンプが設置されている。揚水量は建設時には12ℓ/秒あったが、その後十分なメンテナンスが行われておらず、現在では約7ℓ/秒程度に低下している。揚水は6~10"の送水管で近くのサンペドロ配水池へ直接送水されている。

3) コニャコニャ中継ポンプ場

本ポンプ場は市街地から西方8kmにあり、エルパソI地区の井戸6本とコニャコニャ

地区の井戸1本の地下水が集水され、ここから3基の縦軸タービンポンプによりコチャバンバ市内のコロニーリャ配水池へ圧送されている。また、ポンプ場内には2基の予備ポンプが設置され、ヴィント井戸からカラカラ浄水場への送水配管に接続され、ヴィント井戸群の水量低下を補っている。

4) カラカラ浄水場

SEMAPA本部の敷地内にあり、ヴィントからの地下水と北部のエスカレーニダムからの表流水が集められ、水処理を行っている。処理水は2基の縦軸タービンポンプで近くのカラカラ・アルト貯水池へ圧送され、ここから市内へ給水されている。

本浄水場は地下水用と表流水用の2系列となっている。地下水用施設は1940年に建設されたもので、11,200 m³/日の処理能力をもち、沈澱装置及び急速濾過機により構成されている。主に地下水中の鉄バクテリアの沈澱分離に用いられているが、古い機器であるため低効率である。

表流水用施設は1976年に増設され、20,300 m³/日の処理能力があり、薬品混合池、緩速攪拌池、沈澱池及び濾過池により構成されている。

第4章 計画の内容

第4章 計画の内容

4.1 計画の目的

コチャバンバ市は急速な人口増加による水需要量の拡大、施設の老朽化による給水機能の低下のため、市民に対する給水量が減少し、総合的な施設の改善対策が急務となっている。さらに近年に至っては異常気象による渇水が続き、深刻な飲料水不足が生じ、現在では社会的・政治的な問題にまで発展している。1989年には水生産量が従前の年に比べ25%減少し、SEMAPAでは給水量の低下による収入減やこれに伴う現在進行中の配水管網整備工事の制約、住民に対する給水制限の対策等で業務運営上多くの困難に直面した。

こうした飲料水の不足に対処するためボリヴィア国政府は、気象に左右されず比較的安定した給水が可能で、かつ即効性の高い地下水源開発を計画している。その地下水開発の実施に当たり最も緊急性の高い井戸掘削用の機材を調達し、また、既に老朽化した既存施設の交換機材を調達することにより、SEMAPAの短中期計画を推進し、コチャバンバ市の住民に安定した給水を行い、住民の生活安定に寄与することが本計画の目的である。

4.2 要請内容の検討

4.2.1 計画の妥当性及び必要性

我国への正式要請に先立つ1987年には、コチャバンバ市の総合的な給水改善計画のための基礎調査が世銀により実施され、世銀の援助のもとで短中期計画が作成された。

世銀への借款要請のための基本計画においては世銀を含む日本、IDB(米州開発銀行)、アルゼンチンからの資金援助協力に基づく計画設計がなされており、これを実行することにより、SEMAPAの短・中期計画(2000年まで)の給水計画が達成されるものである。本件の対象である計画施設は、SEMAPAの短期計画に位置付けされており、現在の逼迫した水不足に対し、特に緊急的な対策として実施されるものである。

SEMAPAが世銀の借款契約履行要領に基づき作成した1990年の収支実績と2000年までの収支見通し年次計画は、表-11に示された通りである。これによれば原価償却前の直接収支、すなわち既借款、新借款の金利支払い額等を差し引いた収支は、1991年以降は黒字であって、経年毎に黒字分は増加することが予測されている。

表-11 コチャバンバ市上水道給水現況と将来計画

(単位: 10⁶Bs)

	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	2000年
上水道給水栓数	34,136	35,839	38,150	41,265	45,286	51,053	77,040
給水料金徴集水量 10 ⁶ m ³ (有収率)	9.262 (63%)	9.900 (64%)	10.859 (67%)	13.847 (69%)	17.012 (69%)	18.936 (69%)	29.262 (69%)
生産水量 10 ⁶ m ³	14.678	15.231	16.207	20.068	24.304	27.052	41.804
給水料金値上率	1.24	1.17	1.15	1.14	1.12	1.12	1.12
平均給水料金 Bs/m ³	0.51	0.69	0.81	0.92	1.03	1.15	2.03
収入							
①給水料	4.727	7.628	9.276	11.716	18.701	23.313	59.370
②下水料	2.114	3.345	4.209	5.390	8.348	9.970	22.740
③給水コネクション	0.426	0.458	0.714	1.093	1.580	2.538	4.038
④下水コネクション	0.229	0.556	1.719	0.795	1.291	1.535	2.678
⑤その他収入	0.475	0.554	0.637	0.723	0.809	0.906	1.597
計	7.972	12.540	16.555	19.716	30.729	38.262	90.424
支出							
①人件費	4.354	5.326	6.457	7.845	9.552	11.878	31.945
②薬品費	0.203	0.381	0.449	0.551	0.747	0.931	2.537
③電力費	0.779	1.120	1.321	1.620	2.197	2.739	7.459
④材料費	1.593	1.955	2.377	2.896	3.535	4.407	12.002
⑤個別契約支出	-	-	-	-	-	-	-
⑥未収金	-	0.039	0.041	0.049	0.077	0.096	0.226
⑦管理費	-	-	-	-	-	-	-
計	6.929	8.813	10.645	12.960	16.107	20.051	54.168
資産償却前収支	1.043	3.728	5.909	6.755	14.621	18.212	36.256
償却金利その他差引後の 分担可能金額 (10 ⁶ US\$)	1.476 (0.443)	2.957 (0.888)	4.948 (1.486)	4.906 (1.473)	11.328 (3.402)	12.920 (3.880)	11.346 (3.407)

この増収の主な要因は水道料金の値上げによるものである。SEMAPAの水道料金値上げ体制は、経済状況によって3ヶ月毎に見直しが出来ようになっており、1991年2月には18%の値上げを行った実績がある。本計画における工事の着工時期は1992年末に予定されており、工事実施に必要なSEMAPAの負担すべき金額は約67.7万US\$であるが、1991年及び1992年には、それぞれ88.8万US\$、148.6万US\$の黒字が予定されており、当計画の実施に必要な負担金の財源確保は十分可能と判断される。

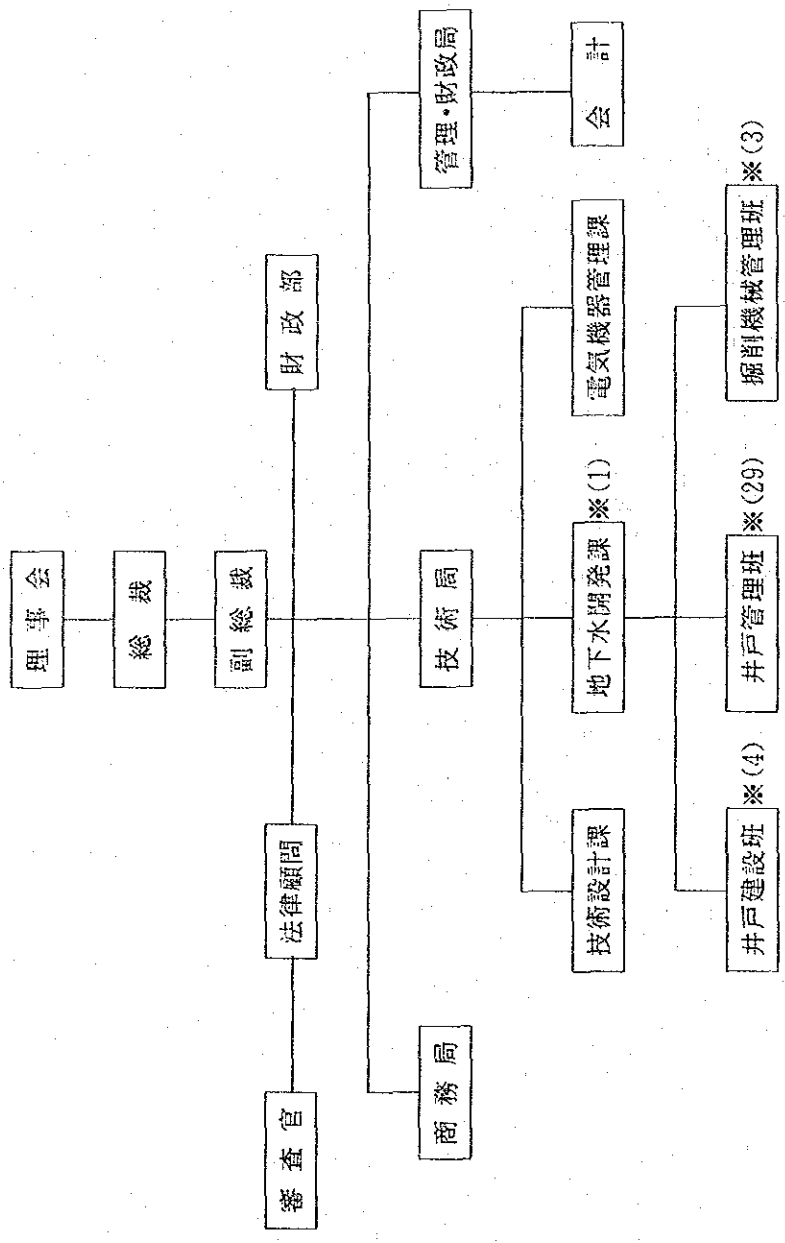
要請内容のうち、新規地下水開発として3地域が上げられているが、これらの地域の水理地質学的状況は1970年代にUNDPがGEOBOL(ボリヴィア国地質調査所)を通して行った地下水調査、1989年代における世銀、CORDECO、BRGM等による調査等が実施され、その調査結果より開発可能性は既に立証されているところであるが、今回の調査においても、第5章 基本設計で述べるとおり再確認された。

なお、本計画実施による給水量の増加分は約256ℓ/秒(22,200m³/日)であり、これは現在SEMAPAが持つ水生産能力の440ℓ/秒(38,000m³/日)の58%に相当し、1人1日当たり給水量を94.3ℓ(現在給水人口1人1日当たりの平均給水量)とすると約15万人分にあたる。さらに、既存施設のポンプ取り替えにおいては、現況の揚水能力を増加し、かつ現在日常的に行われている修理のためのアイドルタイムを減らすことが可能となることから、本計画が妥当であると判断される。

4.2.2 実施・運営計画

1990年12月現在におけるSEMAPAの組織は管理職、技術職、商務・財務等を含め、324名の職員により構成されている。小規模ダム、貯水槽等の建設、水道管の埋設、電気設備、その他諸施設の工事は直営で行っているが、井戸掘削工事は、現在、専門部局がないため民間企業あるいはGEOBOL等により施工されている。

しかしながら、地下水開発はSEMAPAの将来計画の大きな目標の一つであることから、本計画の実施を機会に技術局の一部門として、地下水開発課を新しく設置する計画をたてており、井戸建設班、井戸管理班及び掘削管理班を設け、部長以下37名の職員を配置する予定である(図-8参照)。



注：※ 新設予定

() は予定職員数

図-8 地下水開発部門を含む将来組織図

本計画により井戸掘削機材の調達及び地下水開発技術を習得することにより、SEMAPAは今後予定している地下水開発を直営で行う方針であり、そのため今回の世銀借款によりSEMAPAの管理体制が120万US\$費やされ見直されると同時に前記の新体制が確立されることとなる。

なお、現在SEMAPAには水理地質、井戸掘削、揚水、電気設備の基礎知識や運営能力を持った技師が2名おり、日本の技術協力によって十分対応できるようレベルアップすることが可能で、その技術者等を中心として今後の運営管理・地下水開発計画が推進されると判断する。

4.2.3 国際機関等の援助計画との関係

本計画は2000年を目標とするコチャバンバ市の上下水道改善短中期計画の一環をなすものであり、その短中期計画は世銀借款（1990年12月契約締結1,440万\$）を基本として日本政府の無償資金協力（地下水開発・リハビリテーション）、IDB借款（給水管網整備）などにより実現することになっている。1989年にはエルパソIの地下水開発が緊急計画として、アルゼンチン政府の機器供与借款によって井戸ポンプが設置された。将来、世銀により建設が予定されているエルパソIII及び新興住宅地域の井戸掘削については日本政府の無償資金協力により調達される井戸掘削機を使用して実施される予定である。これらの実施に当たっては世銀借款契約に基づいて選定されるコンサルタントがマスタープランを作成し、SEMAPAの施工にかかる部分の実施設計は1992年6月までに世銀のコンサルタント及びSEMAPAにより行われる予定である。

4.2.4 要請施設、機材の内容検討

計画の内容とSEMAPAが設定したそれぞれのプライオリティは下記のとおりである。

1. トラックの搭載型井戸掘削機、その付属品一式及び車輛
2. 供与機器の運転・保守に必要な技術移転
3. エルパソII地区の新規地下水開発を対象とする資機材(管、フィルター及び機器)

	4 井戸分
--	-------
4. キラコージョ軸区

	5 井戸分 (内容上記に同上)
--	-----------------
5. サカバ軸区

	6 井戸分 (内容上記に同上)
--	-----------------
6. ムユリーナ地区

	既存施設改修	ポンプ6台及び付属品
--	--------	------------

- | | | |
|-----------------------|------------|------------|
| 7. コニャコニャ地区 | 既存施設改修 | ポンプ3台及び付属品 |
| 8. カラカラ地区 | 既存施設改修 | ポンプ2台及び付属品 |
| 9. エルパソII地区 | 送水管及び付属品 | |
| 10. キラコージョ軸区 | 送水、給・配水用資材 | |
| 11. サカバ軸区 | 送水、給・配水用資材 | |
| 12. ヴィント地区、ポンプ6台及び付属品 | | |

各内容に対する検討内容は以下のとおりである。

1) 掘削機械

掘削機械の調達については、下記の理由より適切であると判断された。

- ① 本計画の施設建設完成後、エルパソ地域においてエルパソIIと同様規模のエルパソIIIの井戸建設、さらにキラコージョ及びサカバ軸においては将来の人口増に対応し、本計画に継続して井戸の増設をSEMAPAが直営で行う計画をしており、また、既存及び新設井戸のメンテナンスのためにも掘削機が必要であり、将来においても有効利用されること。
- ② 本計画の実施までにSEMAPAは資機材用倉庫及びワークショップ用建物の建設が可能なこと。
- ③ 本計画の実施のために地下水開発部局の設立を予定しており、既に準備に入っていること。
- ④ 上記に必要な予算の確保が前述のように可能であること。

また、施設建設についても、井戸掘削のための技術協力があれば、能力的にSEMAPA独自による実施が可能であることから、本件は機材調達のみを対象とし施設の建設は含まないこととした。

供与対象掘削機はトラック搭載型ロータリー式井戸掘削機とし、リバース法での最大掘削口径20インチ、深度200mの掘削能力を有するものとする。またダイレクト法を使用する場合の能力は最大掘削口径12インチ、深度400mまで可能である。ただし、本計画における掘削対象層には硬岩が出現しないためダウングホール法は必要ないものと判断する。

2) エルパソIIの新規地下水開発に関する資機材

近接の既存井戸の運転実績、今回実施の揚水試験結果をベースに別項詳述の水理

地質的条件から判断して揚水量は35ℓ/秒を妥当とした。

送水施設としては管径400mm、管路延長約12kmが要請に含まれている。

これに対し送水方法として各井戸ポンプの揚程による方法と井戸群の近くにタンクを設置し、送水ポンプにより加圧して送水する方法が考えられるが、経済性および維持管理等から加圧送水方式を採用することとした。また、本送水施設のプライオリティは比較的低下しているが、取水施設完成後ただちに住民への給水を可能にし、緊急性に対応するためには、本計画に含むべきものであると判断される。

3) キラコージョ軸およびサカバ軸の新規地下水開発に関する資機材

両地域は新興地域であり、住居地域が分散しており、現時点においては配管網の計画がなされていないこと、また、給水用配管の材料であるPVC管はポリヴィア国内で生産されており、調達可能であることから、計画対象を取水施設のみとする。

4) カラカラ、コニャコニャおよびムユリーナのポンプ取り替え

カラカラ、コニャコニャの既存送水ポンプ設備は耐用年数を越え老朽化しており、現在修理補修に多くの時間がかかり給水の障害を起こしているため取り替えが必要である。

ムユリーナの井戸群は6本のうち3本の井戸ポンプは故障したため撤去されている。残り3本についてもポンプ設備は老朽化し、修理・補修のため運転停止時間が多くなっているため総てについて新規のポンプ設備が必要である。

5) ヴィント井戸群のポンプ設備

ムユリーナと同様の状態であり、総てに対し新規のポンプ設備が必要な状況にあるが、送水システムに問題があるため本計画で投資をしても金額に比べて効果が少なく、また1994年から1995年に世銀の借款により送水システムの見直しが予定されていることから、本計画から外すことが妥当である。

4.2.5 技術協力の必要性

要請では水理地質、電気・機械、井戸掘削各々1名の希望がなされており、調達機材の効果的な運用、本計画の目的である緊急的な事業の達成並びに将来の維持管理のためには技術協力が必要である。従って、本計画においては無償資金協力の枠内において、井戸掘削（水理地質含む）、電気・機械の2名の日本人専門技術者を派遣する他、JICAの研

修員受け入れの枠組においてSEMAPAの職員を掘削機及び揚水施設の維持管理技術習得のために、井戸掘削、電気設備各々1名を日本において研修することが必要であろう。

4.2.6 協力実施の基本方針

本計画の実施については、以上の検討によりその効果、現実性、相手国の実施能力等が確認されたこと、本計画の効果が無償資金協力の制度に合致していること等から、日本の無償資金協力で実施することが妥当であると判断された。よって、日本の無償資金協力を前提として、基本設計を実施した。ただし、計画の内容については、要請の一部を変更することが適当であることは、計画の要素や要請施設・機材の内容に検討において述べたとおりである。

4.3 計画の概要

4.3.1 実施機関及び運営体制

本計画の実施機関はSEMAPAである。新たに設置される地下水開発部が現地調査時に明示され、1991年度における世銀借款の中でSEMAPA体制、技術研修、予算管理、料金制度の見直し等に約120万\$の予算が使用され、体制の確立がなされることとなっている。将来の組織は図-8に示す通りである。

4.3.2 事業計画

本計画の事業実施は、日本政府の無償資金協力によりボリヴィア側が事業実施に必要な資機材の調達を行い、これらの資機材を活用してSEMAPAがSEMAPA側の資金により施工する。日本側は本計画がスムーズに運営されるために、無償資金協力の枠内においてエルパソⅡの揚水・送水設備の実施設計及びその他地区の揚水・送水設備の取替計画を策定する。また、井戸掘削（水理地質）及び機器の電気・機械の2名の技術者を約6ヶ月間現地に派遣し、新規井戸の掘削工事及び既存井戸のリハビリについて技術指導を行う。

4. 3. 3 機材の概要

1) 施設用機材

対象施設	機材	仕様	数量
取水施設	ケーシング	11-3/4" 鋼管	450 m
	"	8-5/8" 鋼管	375 m
	"	6-5/8" 鋼管	450 m
	スクリーン	11-3/4" ステンレス製、スリット 1mm	150 m
	"	8-5/8" ステンレス製、スリット 1mm	125 m
	"	6-5/8" ステンレス製、スリット 1mm	150 m
	取水ポンプ	水中ポンプ 35 l/s×64 m×45 kw	4 台
	"	水中ポンプ 10 l/s×67 m×15 kw	5 台
	"	水中ポンプ 5 l/s×66 m×5.5 kw	6 台
	"	水中ポンプ 8 l/s×97 m×5.5 kw	6 台
	付属配管	125 mm 鋼管	4 式
	"	80 mm 鋼管	5 式
	"	65 mm 鋼管	6 式
	弁及び計器類	125 mm 制水弁、逆止弁、流量計	4 式
"	80 mm 制水弁、逆止弁、流量計	5 式	
"	65 mm 制水弁、逆止弁、流量計	6 式	
	モーター起動盤		21 式
導水施設	導水管	ダクタイル鋳鉄管 200~350 mm	2,500 m
	異形管及び弁類	100~350 mm	1 式
送水施設	送水ポンプ	横軸多段式ポンプ 47 l/s×93 m×75 kw	4 台
	"	縦軸斜流ポンプ 115 l/s×76.5 m×140 kw	3 台
	"	縦軸斜流ポンプ 216 l/s×71 m×230 kw	2 台
	吐出配管材	150 mm, 補給水タンク	1 式
	"	300 mm	1 式
	"	350 mm	1 式
	弁及び計器類	150 mm	4 式
	"	300 mm	3 式
	"	350 mm 制水弁、逆止弁、流量計	2 式
	モーター起動盤		6 式
高圧引き込み盤	二次盤、変圧器(2,400 V)	3 式	
送水管	ダクタイル鋳鉄管 400 mm	9,700 m	
異形管及び弁類	400~450 mm	1 式	
受変電施設	主受変電機器	24.9KV 750KVA	2 式
	"	24.9KV 150KVA	1 式
	"	24.9KV 50KVA	1 式
	"	10.0KV 750KVA	1 式
	受変電機器	400KVA	1 式
	"	75KVA	4 式
	"	30KVA	5 式
	"	10KVA	6 式

2) 掘削機その他

機 材	仕 様	数 量
井戸掘削機	トラック搭載型、18"孔径×200 m 能力	1 台
	ダイレクトサーキュレーション工法用掘削ツール	1 式
	エアリフトリバースサーキュレーション工法用掘削ツール	1 式
エアコンプレッサ	6×6 トラック搭載型高圧コンプレッサ	1 台
支援車輛	3 ton クレーン付きカーゴトラック、6×6、GVW 26 ton	1 台
	水タンクローリー、6×6、6,000 l	1 台
	ステーションワゴン、4×4	1 台
修理用機材	修理用機材及び工具	1 式
掘削用調泥剤		1 式
探査試験機器	物理探査及び井戸検層器、比抵抗測定器、付属品付き	1 台
	電気検層器、ガンマ・比抵抗・SP測定用、付属品付き	1 台
試験機器	6"井戸揚水試験水中モーターポンプ、10 L/s×80 m×15 kw	1 式
	8"井戸揚水試験水中モーターポンプ、20 L/s×80 m×30 kw	1 式
	10"井戸揚水試験水中モーターポンプ、60 L/s×80 m×75 kw	1 式
	揚水試験用ディーゼル発電機、重負荷始動装置付き、200 KVA	1 式
	電気電導度計	1 台
	水位計	1 台
	水質分析器	1 式

4.3.4 維持管理計画

本計画の実施に伴う技術移転及び日本国内における研修計画を実施することにより、地下水開発技術者の育成と相俟って、今後少なくとも10年にわたって地下水開発とリハビリテーションの事業が円滑に運営されるに必要な維持管理システムと技術向上の目的を達成する。なお、世銀借款の中にはSEMAPAの機能改善、予算システム改善教育が含まれている。目的達成のためには次の5項目を実施することが必要である。

- ・管理体制の確立（別項に記載した体制の実行と人員確保）
- ・世銀及び日本による技術者研修の実行
- ・予算確保の明確化
- ・機器のメンテナンスの長期予算計画

（特に、供与機材金額の少なくとも2%を初期2年間、3%を次の3年間、5年以上は5%を計上して、メンテナンス費用の蓄積を行うこと）

- ・管理、維持に必要な倉庫、ワークショップはSEMAPAの責任分担として建設確保されること

第5章 基本設計

第5章 基本設計

5.1 設計方針

1) 自然条件

計画対象地域は標高2,500m以上の高地にあるため、内燃機関、ポンプ効率等を考慮した機材の選定及び設計を行う。

2) 規格等に対する方針

ボリヴィア国の水道事業においては法的に制度化された技術規格はなく、その都度必要に応じて国際規格の適正なものを使用しており、本計画では基本的にJIS規格を適用するが、井戸に使用するパイプ類については供給市場の立場からAPI規格の使用を認めるものとする。

なお、電気設備については電力会社によって独自の規格を有するが、関連する外国の基準に準拠している状況であり、過去の実績からも日本規格で設計しても問題ない。

3) ボリヴィア側負担工事に対する方針

ボリヴィア側で負担する水道管理設工事、コンクリート構造物等の建設工事については、現在ボリヴィア国で実施している基準に従うものとする。

4) 資機材調達に対する方針

本計画を実施するための必要資機材はボリヴィア国内において自国産品あるいはブラジル、アルゼンチン産品が入手が可能なものもあるが、計画に合致した規格、数量及び必要期間内の入手を期待することが困難な状況にあるため、本計画では一部を除いた資機材は日本から調達することとした。

5) 受変電設備に対する方針

計画対象地域における送電圧力はカラカラ地区10KV、その他の地区は24.9KVの特高電圧である。本計画では現地状況を踏まえ経済性を第一条件とした。

エルパソII、キラコージョ及びサカバの地区においては1ヶ所の主受変電施設を設置し、2.4KVまで落とし、そこから各井戸まで送電することとした。

5.2 設計条件

5.2.1 水理地質的条件

本計画対象地域は市街地を中心に西側のコチャバンバ流域（盆地）と東側サカバ流域（盆地）の2つの盆地からなっており、基盤は古生代の岩盤であるため水理地質学的には大きな地下水盆を形成しているといえる。この地下水盆を対象とした水収支結果はBRGM（フランス）のレポートによると $366 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ が地下水開発可能量とされており、地下水盆全体では地下水開発の可能性は十分にあるといえる（現地調査時の試算 $308 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ 計算根拠：資料編参照）。

更に、本計画において対象となっている新規地下水開発地域の地下水はほとんどが被圧されており、既存井戸の調査結果では水位低下の兆候が認められなかったことからポリヴィア政府の要請している計画揚水量は確保できるものと判断される。

1) コチャバンバ流域

この地区の滞水層は北側の古生層露出部に接する扇状地から盆地の中央部まで広がり、西側はシベシベ帯の古生層基盤及び中生の岩盤まで伸びている。扇状地は先端部において連山から流れ落ちる多く川によって堆積した透水性の高い玉石、砂利及び砂等の粗い堆積物によって構成され良好な滞水層となっている。盆地の南部地帯には露出粘土層があり透水性は低く、南へ行くほど細粒分が多くなり地下水開発の対象としては不適切である。盆地中央部は北側滞水層と南側粘土層との互層となっており、北側滞水層ほど良好ではないが地下水開発は可能である。

本計画の対象であるエルパソII地区は北部滞水層に属し、またキラコージョ地区は中央部に属する。これらの状況は地質断面図（図-9）及び水文地質学的特徴（表-12）に示すとおりである。

2) サカバ流域

本流域はコチャバンバ市の東に位置し、平均幅8kmの細長い形をしており、西に向かって幅2kmに減少する。地質構造的にはコチャバンバ流域の続きである。北部の扇状地は透水性が高く、滞水層となっているがコチャバンバ流域に比べ層厚が薄く、南へ行くに従ってさらに薄くなる。

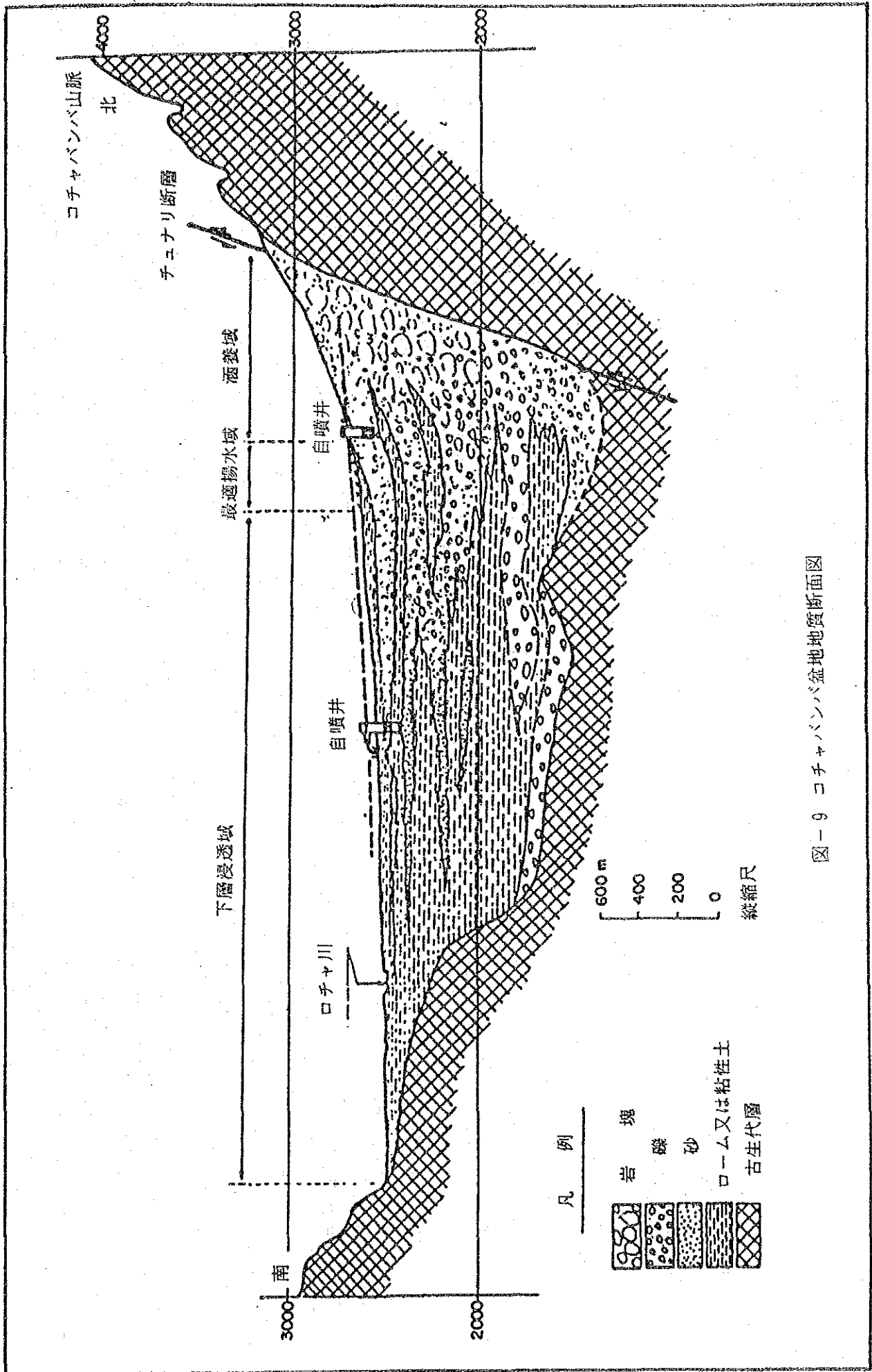


図-9 コチャバンバン盆地地質断面図

表-12 層序単位及び水文地質的特徴

序	系	統	堆積及び 岩石の種類	物理的特徴	水文地質的特徴
新 生 界	第 四 系	完 新 統	崩積沖積堆積	粘土砂質の基質の、大きさが変化する角塊。連山の側面の広い面積を覆う、かなりの厚みの無秩序な堆積。	かなりの透水生をもち、非常に塩分の低い水を小さな斜面に送る。
			堆石堆積	無秩序に堆積した、粘土砂質の基質の、地塊及び石塊。	透水性は可変的。範囲が小さいのであまり重要でない。
			河成堆積	粘土及び砂を含む玉石、石塊、砂利によって構成される粗い粘度の地質。扇状地及び河底堆積を形成する。	普通の透水性から非常に高い透水性まで変化。流域の補給帯。井戸は良質の水を60から80リットル/秒生産可能。
		甲 新 統	河底湖底堆積	沖積堆積及び湖底堆積の特徴を合わせもつ地質。砂及び中粒度から細粒度の砂利を含む細かい粘土状の砂。全く異質の構造。	粘土の含有量に応じて中程度の透水性から低い透水性まで。井戸は30リットル/秒を生産。流域の中央に向かうにつれて、流量は1リットル/秒に減少。
			湖底堆積	植物及び動物の遺骸を含むカ-フ-の粘土及び泥炭の層が間に挟まっている粘土及び地質粘土から成る細かい地質。	低い透水性から非常に低い透水性まで。上部接触面に小さな斜面。
第三系	晩新統	黒層 褐色の 礫岩	赤-すみれ色の礫岩。直系0.20mまでの砕屑物と不分明。薄い粘土層が散在。基盤には、赤い砂-粘土質の基質の多源礫岩がある。	小さい面積の露出部。中程度の透水性から低い透水性まで。	
中 生 界	白 亜 系	マヒ ー・ スダ ト ン リ 統	サア ン 層 タ ル シ 粘土ローム石灰質砂岩	紫がかった茶から緑がかった茶までの色の、繊維質の石膏を多少含むローム及び粘土。あかっぽい黄色の、中粘度から細かい粘度の石灰砂岩、多色のローム及び粘土	露出部面積が小さいので殆ど重要性を持たない。
		セス ノ ト ン リ ・ ヒ マ 統 ノ	エ層 ル モ リ ノ ローム石灰岩 魚卵状石灰岩 コハト石灰岩 灰岩 石灰質 砂岩	灰色っぽい黄色の石灰岩が間に挟まっている多色のローム。白っぽい灰色の固く密な化石状の魚卵状石灰岩、及び非常に固い暗灰色の石灰石 黄色っぽい茶色の、中粘度から細粘度の石灰質砂岩。	低い一次透水性が、溶解の二次の効果によって、局部的に上昇する。
古 生 界	シル ラ ン ド 系	コ ト ラ ン シ	ウア ン 層 シ 頁岩	主に、新しい面では暗灰色、変質面では茶色の、脆い頁岩。木の葉状の剥離及び層理面に雲母を多量に含む薄層理。	その岩質特性のためにこの層の透水性は非常に低い。
		カ ニ ン リ カ 層	粗粒粘土及び 石英岩	氷河・海成堆積。新しい面は灰色、変質面は赤っぽい茶色の「粗粒粘土」。暗灰色の石英砂岩が間に挟まっている。	範囲が小さいので、水文地質学的重要性は小さい。
生 界	オル ド ビス 系	サ ニ ン ト ベ ド	石英砂岩	暗い色調の白っぽい灰色の雲母石英砂岩。0.20mから0.80mの地層に細粒度から中粒度。	この層の割れ目、二次透水性を与え、その基底の小さな斜面での水の出現を可能にする。
		ク タ ー 層 チ ョ ・ ブ ナ ー	カツ鉄鉱及び カツ鉄鉱砂岩 及び頁岩	緑がかった灰色の砂岩が間に挟まっている同じ色のカツ鉄鉱。中粘土から粗粒度までで、固く、密。糖状質の面から散発的に、白っぽい、細粒度から中粘度の雲母石英砂岩の薄い層が交互に現れる。 緑がかった灰色のカツ鉄鉱が茶色の頁岩の間に挟まっている。	その岩質特徴のため、この層の透水性は非常に低い。

5.2.2 計画給水量

SEMAPAが計画した、1988年をベースとする2010年までの将来水需要量に対する水道施設の建設計画と給水計画は表-13の通りである。

この計画では1990年からの1人1日当たりの計画給水量は200ℓとなっている。また、漏水についても1994年以降の漏水率を現在の34%から30%へ減少させる計画としている。

計画給水量は、SEMAPAが作成した上記の短中期計画のうちから、特に緊急的に対処が可能である地下水開発を主としたSEMAPAの要請に対して内容を検討し（5.3 基本設計 参照）以下のとおり設定した。

エルパソII	140ℓ/秒	(35×4)
キラコージョ軸	50	(10×5)
サカバ軸	30	(5×6)
ムユリーナ	36	(8×6-12 現在取水量)

表一 13 水道施設建設計画及び給水計画

年	人口	需要量 Q/人/日	漏水率 %	使用量 Q/人/日	計画 生産量 Q/s	工場・ 倉庫 Q/s	商業・ 事務所 Q/s	住宅 Q/s	公共 施設 Q/s	工業 用水 Q/s	農業 用水 Q/s	合計 Q/s	実給水				
1988	365803	179	34	119	758	249	94	8	14	14	0	95	73	0	0	533	70
1989	383508	180	33	121	799	249	94	8	14	25	25	95	73	0	0	558	70
1990	402070	200	32	136	931	249	214	8	14	25	25	95	73	0	0	678	73
1991	421530	200	31	138	976	289	214	8	14	25	160	95	73	0	0	878	90
1992	441932	200	30	140	1023	289	214	8	14	108	160	60	145	0	0	998	98
1993	463321	200	30	140	1073	289	214	8	14	108	160	60	145	0	35	1058	98
1994	485746	200	30	140	1124	289	214	8	14	108	160	60	145	0	35	1053	94
1995	509256	200	30	140	1179	289	214	8	14	108	160	60	145	0	45	1188	101
1996	533904	200	30	140	1236	289	214	8	14	108	160	60	145	0	45	1188	96
1997	559745	200	30	140	1296	289	214	8	14	108	160	60	145	0	45	1188	92
1998	586837	200	30	140	1358	289	214	8	14	108	160	60	145	0	55	1353	100
1999	613240	200	30	140	1424	289	214	8	14	108	160	60	145	0	55	1353	95
2000	645017	200	30	140	1493	289	214	8	14	108	160	60	145	0	55	1353	91
2001	676236	200	30	140	1565	289	214	8	14	108	160	60	145	0	65	1368	87
2002	708966	200	30	140	1641	289	214	8	14	108	160	60	145	0	65	1518	92
2003	743280	200	30	140	1721	289	214	8	14	108	160	60	145	0	65	1518	88
2004	779255	200	30	140	1804	289	214	8	14	108	160	60	145	0	65	1518	84
2005	816971	200	30	140	1891	289	214	8	14	108	160	60	145	0	65	1518	80
2006	856512	200	30	140	1983	289	214	8	14	108	160	60	145	0	65	1518	77
2007	897967	200	30	140	2079	289	214	8	14	108	160	60	145	0	65	1518	73
2008	941429	200	30	140	2179	289	214	8	14	108	160	60	145	0	65	1518	70
2009	986994	200	30	140	2285	289	214	8	14	108	160	60	145	0	65	1518	66
2010	1034763	200	30	140	2395	289	214	8	14	108	160	60	145	0	65	1518	63

5.3 基本設計

5.3.1 エルパソII地区

1) 計画揚水量

水理地質的条件は良好であり、今後の地下水開発はこの地域に集中することが予測される。なお、この地域の地下水開発による既存井戸に対する影響調査が1989年にCORDECOにより実施されており、問題ないという結論が得られている。

位置的には既存のエルパソIの井戸群の北側約1kmのところであり、滞水層の状況はほとんど同様であると判断される。本地区の計画揚水量の策定に当たっては、エルパソIの既存井戸群の揚水状況の調査及びNo.18井戸において実施した揚水試験結果より決定した。

エルパソIの各井戸からは20～50ℓ/秒の地下水が揚水されており、設置されたポンプの能力にほぼ近い値を示している。現地調査時にSEMAPA側は要請時の30ℓ/秒を50ℓ/秒まで増加させて欲しいとの要望があった。しかしながら、本計画の揚水量は最大50ℓ/秒を期待できるものの、計画井戸径が10"であり、これに設置可能な水中ポンプは最大35ℓ/秒程度が妥当であること、また揚水試験結果から、適性揚水量が35ℓ/秒程度であることが確認されたことから、計画揚水量は35ℓ/秒とした。ただし、この場合ポンプ外径と井戸内径とはほとんど余裕がないため、SEMAPA独自による維持管理を考慮し、井戸の実質内径は11³/₄"とする。

2) 送水方法の検討

揚水された地下水は井戸群から約1.3km離れた市北部の既存のカラカラ・アルト貯水槽へ送水される。要請では各井戸に設置されるポンプの揚程で直接貯水槽へ送水する計画となっているが、この場合、全揚程が140mと高くなり、ポンプを急停止した場合負圧が発生し、ウォーターハンマーにより送水配管およびその他の設備が破壊することが予測される。従って、本計画では井戸群から揚水された地下水を一度集水し、送水ポンプにウォーターハンマー対策用のフライホイールを設置し貯水槽へ圧送する計画とした。

3) 計画対象施設及び資機材

内訳は以下のとおりである。

計画対象施設

・取水施設	井戸本数	4本
	井戸径	10"
	井戸深さ	100～150m
	1本あたり揚水量	35ℓ/秒
	全計画揚水量	140ℓ/秒
・導水施設	導水管路	2,500m
・送水施設	送水ポンプ場	1式
	送水管路	9,700m

同計画に必要な資機材

施設	工種	仕様	数量
取水施設	ケーシング	11 ³ / ₄ " 鋼管	450m
	スクリーン	11 ³ / ₄ " ステンレス、スリット1mm	150m
	取水ポンプ	水中ポンプ φ125×35ℓ/s×65m×45kw	4台
	付属配管	φ125 鋼管	4式
	弁及び計器類	φ125 制水弁、逆止弁、流量計	4式
	モーター機動盤		4式
	変圧器	2.4KV/0.38KV、75KVA、高圧引き込み盤	4式
導水施設	導水管	ダクタイル鋳鉄管φ200～350	2,500m
	異形管及び弁類	φ100～350	1式
送水施設	送水ポンプ	横軸多段ポンプ φ150×φ125×47ℓ/s×90m×75kw	4台
	配管材	φ150	1式
	弁及び計器類		4式
	モーター機動盤		4式
	変圧器	2.4KV/0.38KV、400KVA、特高引き込み盤	1式
	送水管	ダクタイル鋳鉄管φ400	9,700m
	異形管及び弁類		1式
受電設備	変圧器	24.9KV/2.4KV、750KVA	1式

5.3.2 キラコージョ軸

1) 計画内容

本地区の対象地域は市街地から西へ伸びる幹線道路沿い約10km、道路から南北方向に各々1kmの範囲であり、現在急速に開発されつつある地域である。SEMAPAの計画は市中心部の既存給水地域とは分離して、この地域に独立した飲料水供給システムを設置しようとするものである。給水方法はこの地域を5ブロックに分割し、それぞれのブロックに計画揚水量10ℓ/秒の深井戸を築造し、高架水槽まで揚げここから住民へ給水する計画である。

要請では井戸及び導水・給水管用の資機材の調達であったが、計画給水地区が現在未整備の状況であること、給水用配管材料はPVC（硬質塩化ビニール管）であり、ポリヴィア国内で容易に入手可能であることから、高架水槽と導・給水管はSEMAPAの負担とした。

2) 計画対象施設及び資機材

計画対象施設の内訳は以下の通りである。

計画施設

井戸本数	5本
井戸径	8"
井戸深さ	100m
1本当たり揚水量	10ℓ/秒
全計画揚水量	50ℓ/秒

同計画に必要な資機材

施設	工種	仕様	数量
取水施設	ケーシング	8 ⁵ / ₇ " 鋼管	375m
	スクリーン	8 ⁵ / ₇ " ステンレス、スリット1mm	125m
	取水ポンプ	水中ポンプ φ80×10ℓ/s×68m×15kw	5台
	付属配管	φ80鋼管	5式
	弁及び計器類	φ80 制水弁、逆止弁、流量計	5式
	制御盤		5式
	変圧器	2.4KV/0.38KV、30KVA、特高引き込み盤	5式
受電設備	変圧器	24.9KV/2.4KV、150KVA	1式

5.3.3 サカバ軸

1) 計画内容

本地区の対象地域は市街地から東へ伸びる幹線道路沿い約8km、道路から南北方向に各々1kmの範囲である。計画内容及び方針はキラコージョ地区と同様である。

2) 計画対象施設及び資機材

計画対象施設の内訳は以下の通りである。

井戸本数	6本
井戸径	6"
井戸深さ	100m
1本当たり揚水量	5ℓ/秒
全計画揚水量	30ℓ/秒

同計画に必要な資機材

施設	工種	仕様	数量
取水施設	ケーシング	6 ⁵ / ₈ " 鋼管	450m
	スクリーン	6 ⁵ / ₈ " ステンレス、スリット1mm	150m
	取水ポンプ	水中ポンプ φ65×5ℓ/s×65m×5.5kw	6台
	付属配管	φ65鋼管	6式
	弁及び計器類	φ65 制水弁、逆止弁、流量計	6式
	モーター機動盤		6式
	変圧器	2.4KV/0.38KV、20KVA、特高引き込み盤	6式
受電設備	変圧器	24.9KV/2.4KV、50KVA	1式

5.3.4 ムユリーナ地区

計画内容は既存の6本の深井戸の揚水用の資機材の取り替えである。また、要請による計画揚水量は12ℓ/秒となっているが、井戸建設後の揚水量の変化及び現在の実揚水量から判断して、8ℓ/秒とした。

同計画に必要な資機材の内訳は以下の通りである。

施設	工種	仕様	数量
取水施設	取水ポンプ	水中ポンプ φ100×8ℓ×97m×22kw	6台
	付属配管	φ100	4式
	弁及び計器類	φ100 制水弁、逆止弁、流量計	6式
	制御盤	押しボタン式	6式