

ボリビア共和国
コチャバンバ市南東部上水道施設改善計画
第二次事業化調査報告書

平成20年11月
(2008年)

独立行政法人国際協力機構
(JICA)

株式会社 東京設計事務所

ボリビア共和国
コチャバンバ上下水道公社 (SEMAPA)

ボリビア共和国
コチャバンバ市南東部上水道施設改善計画
第二次事業化調査報告書

平成20年11月
(2008年)

独立行政法人国際協力機構
(JICA)

株式会社 東京設計事務所

序 文

日本国政府はボリビア共和国政府の要請に基づき、同国のコチャバンバ市南東部上水道施設改善にかかる第二次事業化調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構が2008年8月から11月にこの調査を実施しました。

調査では日本国内において基本設計調査結果、関連資料、補足資料を基に施工計画、概算事業費の見直しを行い、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この事業化調査報告書が、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。

終わりに、調査に御協力と御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20年11月

独立行政法人国際協力機構

理事 松本有幸

伝 達 状

今般、ボリビア共和国におけるコチャバンバ市南東部上水道施設改善計画第二次事業化調査が終了致しましたので、ここに最終報告書を提出致します。

本調査は、貴機構との契約に基づき、弊社が、平成 20 年 8 月より 11 月までの 3 ヶ月にわたり実施してまいりました。今回の調査に際しましては、ボリビア国の現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

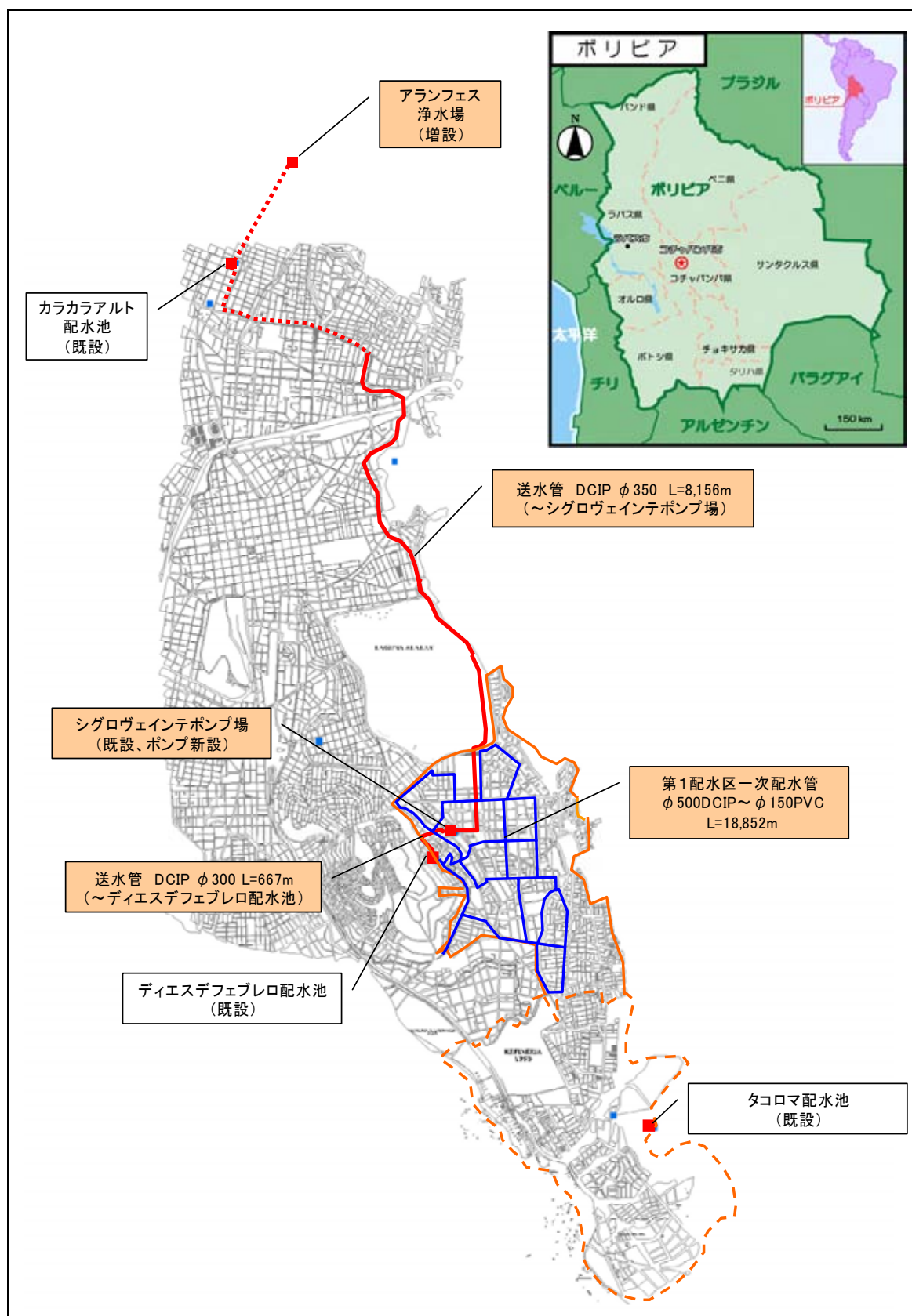
つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望致します。

平成 20 年 11 月

株式会社東京設計事務所

ボリビア国コチャバンバ市南東部上水道施設
改善計画第二次事業化調査団

業務主任 武智 昭



調査対象区域図

現 地 写 真 集



アランフェス浄水場の水源であるワラワラダム。今期は、雨量が少なく貯水量は少ない。
(2007年2月)



アランフェス浄水場の航空写真と施設配置。



アランフェス浄水場、沈でん池建設予定地。



アランフェス浄水場、ろ過池増設予定地。



アランフェス浄水場の既設沈でん池。容量が過小で十分機能していない。



カラカラアルト配水池～シグロヴェインテポンプ場管の送水管敷設ルート（幹線道路部）



典型的な第1配水区の街並み。幹線道路はアスファルト舗装であるのに対し、地域内の道路はほとんど石畳である。



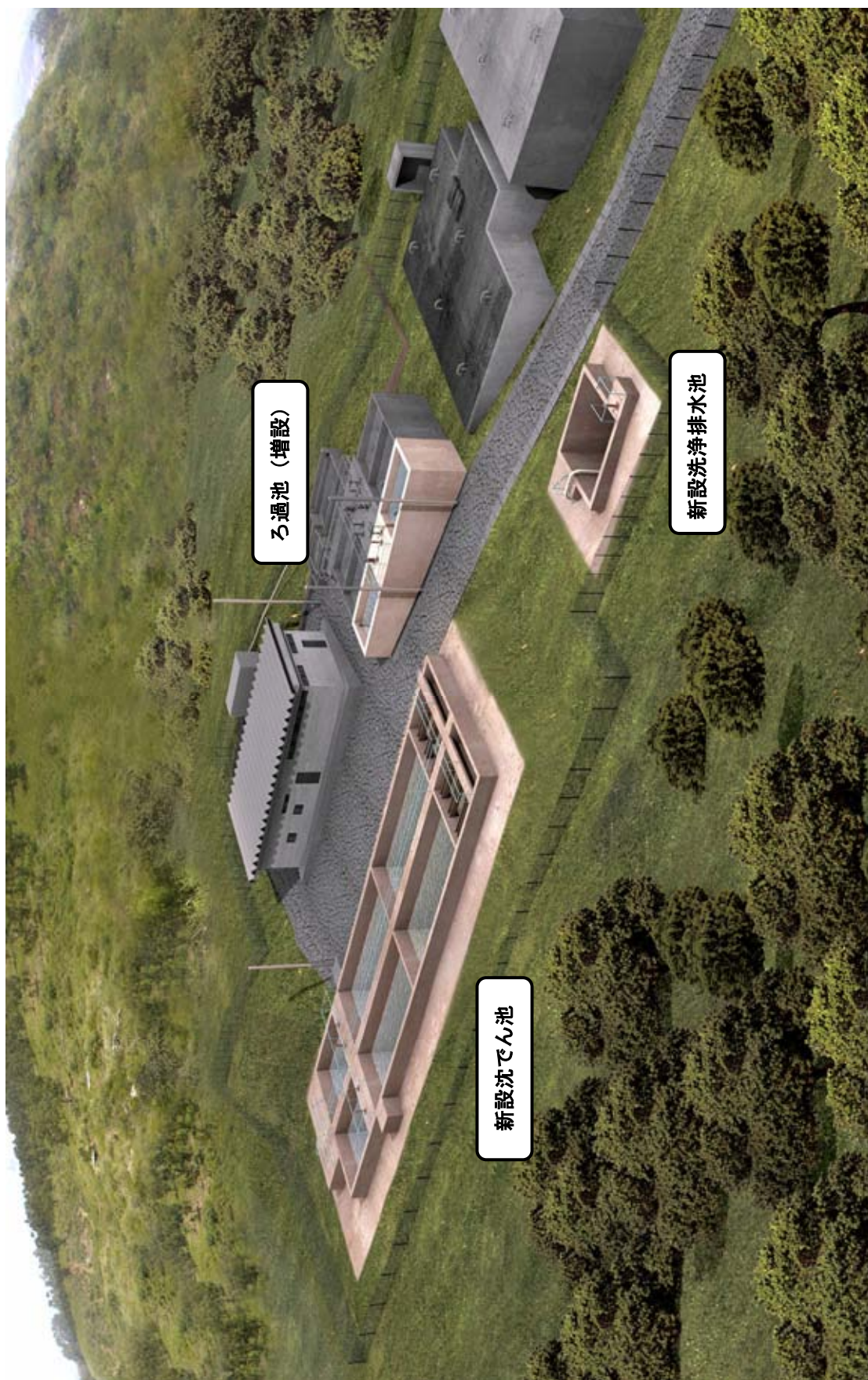
送水ポンプを設置する、シグロヴェインテポンプ場。



水組合の給水施設。井戸及びポンプ設備からなる。



水組合からの運搬給水を受水するためのホース。運搬給水の水質だけでなく、受け入れる施設も劣悪である。



アランフェス浄水場完成予想図

略 語 集

A/P	Authorization to Pay 支払い授權書
B/A	Banking Arrangement 銀行取り極め
BID	Banco Interamericano de Desarrollo 米州開発銀行
BOB	Bolivianos ボリビアーノス
CAF	Corporación Andina de Fomento アンデス開発基金
CAP	Comité de Agua Potable 水委員会
DIA	Declaración de Impacto Ambiental 環境評価公表 (環境ライセンスの1種)
DIP	Ductile Iron Pipe ダクタイル鋳鉄管
E/N	Exchange of Notes 交換公文
EC	Electric Conductivity 電気伝導度
EIA	Environmental Impact Assessment 環境影響評価
ELFEC	Empresa de Luz y Fuerza Eléctrica Cochabamba コチャバンバ民営 電力会社
EU	European Union (Unión Europea) 欧州連合
GDP	Gross Domestic Production 国内総生産
GNI	Gross National Income 国民総所得
GP	Garvanized Pipe 亜鉛めっき鋼管
INRA	Instituto Nacional de Reforma Agraria 農業改革院
JICA	Japan International Cooperation Agency 独立行政法人国際協力機構
JIS	Japanese Industrial Standard 日本工業規格
JPY	Japanese Yen 日本円
LA	Licencia Ambiental 環境ライセンス
M/P	Master Plan マスタープラン
MA	Ministerio de Agua 水省
MDRAMA	Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente 農村農牧開発環境省
mg/l	ミリグラム毎リットル (濃度単位)
MPN	Most Probable Number 最確数 (大腸菌等の数量単位)
NTU	Nephelometric Turbidity Unit. 比濁度計濁度単位
ONG	Organización No Gubernamental (NGO)
OTB	Organización Territorial de Base 町内会的住民組織
PASA	Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental 環境モニタリング及び 適応計画
PEDS	Plan Estratégico de Desarrollo de Servicio 上下水道事業開発戦略 プラン
pH	pH value ペーハー値 (水素イオン濃度)

PPM	Programas de Medidas de Mitigación	ミティゲーション対策プログラム
PRSP	Poverty Reduction Strategy Paper	貧困削減戦略ペーパー
PS	Pumping Station (Estación de Bombeo)	ポンプ場
PVC	Polyvinyl Chloride	塩化ビニール
RC	Reinforced Concrete	鉄筋コンクリート
SEMAPA	Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (Cochabamba)	コチャバンバ市上下水道公社
SERNAP	Servicio Nacional de Áreas Protegidas	国家環境保護地区局
SIRESE	Sistema de Regulación Sectorial	セクター調整システム
SISAB	Superintendencia de Saneamiento Básico	基礎衛生管理局
SS	Suspended Solids	浮遊物質
UC		色度単位
USAID	U.S. Agency for International Development	米国国際開発庁
USD	United States Dollar	米国ドル
VIPFE	Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo	公共投資・海外融資次官室
WB	World Bank	世界銀行
WHO	World Health Organization	世界保健機関
$\mu\text{ S/cm}$		電気伝導度単位 (マイクロジーメンズ毎センチメートル)
$\Omega \cdot \text{cm}$		比抵抗単位オーム・センチメートル

要 約

ボリビア共和国（以下、「ボ」国と称する）は南米大陸のほぼ中央部に位置する内陸国で、国土面積は約 109.8 万 km²、人口約 1,002 万人（2007 年）、一人当たり GNI は 1,100 ドル（2006 年）である。農業（大豆、砂糖等）、鉱業産品（亜鉛、錫、天然ガス等）を中心とする一次産品が総輸出の 8 割を占め、国際価格の影響を受けやすい経済構造である。

「ボ」国の給水率は 72.3%（2004 年）と中南米諸国と比較しても低く、「ボ」国政府は「国家基礎衛生計画（2000－2010）」を策定し、給水率を 2010 年までに 90%に引き上げることが目標に掲げ、上下水道施設の整備に重点をおいている。

コチャバンバ市は人口約 60 万人（2001 年のセンサスに基づく 2006 年推計値）の「ボ」国第 3 の都市であるが、主要都市の中でも特に給水事情が逼迫しており、給水普及率は約 48%に過ぎない。都市部への人口流入による人口増加が顕著で人口増加率は約 2.95%と高く、将来的な水需要量の増加が見込まれる中で上水道施設の整備が急務となっている。コチャバンバ市の上下水道施設の整備・運営はコチャバンバ市上下水道公社（以下、SEMAPA という）が実施しており、同公社の事業計画においてもコチャバンバ市民への給水率を 2012 年に 83%、2027 年に 95%に向上させることが目標とされている。

とりわけ、コチャバンバ市南東部は近年市街化が急速に進んでいるにもかかわらず、SEMAPA による給水サービスが行われていないため、住民は水組合が運営する井戸からの配管給水か、水組合あるいは民間企業が運営する給水車からの水購入に頼っているのが現状である。しかしながら、こうした給水は水質が保証されていないうえ、利用できる水量も限られ、水道料金も SEMAPA のものと比べて高価なものとなっている。

このような状況下で「ボ」国は 2004 年 3 月にコチャバンバ市南東部の給水状況の改善を目的として SEMAPA の給水サービスを拡張するために南東部の以下の上水道施設建設、機材調達の無償資金協力を我が国に対して要請した。

- アランフェス浄水場の改修（40 l/秒から 100 l/秒への浄水能力増加）
- 水質検査所の建設
- 南東部主要配水網の整備（23km）
- 送水管の敷設（φ 300mm 1,985m、φ 400mm 568m）
- 水質検査所に必要な機材

これに対して、平成 18 年 7 月に実施された予備調査により、要請給水区域（第 1 配水区）の南部にあたる第 2 配水区を計画区域に加えることとなり、下記のように見直された。

- アランフェス浄水場の拡張（40 l/秒から 120 l/秒への浄水能力増加）
- アランフェス浄水場からシグロヴェインテポンプ場への送水管敷設（φ 300mm 4,985m）
- シグロヴェインテポンプ場のポンプの設置
- シグロヴェインテポンプ場からディエスデフェブレロ配水池及びタコロマ配水池への送水管の敷設（φ 250mm 568m、φ 200mm 5,500m）

- ディエスデフェブレロ配水池から第1配水区及びタコロマ配水池から第2配水区への一次配水管の敷設（25.9km）
- 二次配水管、給水装置の調達
- 水質試験機器（pH/EC/濁度計）、二次配水管、給水装置機材調達

日本政府は基本設計調査の実施を決定し、独立行政法人国際協力機構は2007年1月19日から3月7日まで基本設計調査団を現地に派遣し、「ボ」国関係者と協議を行うとともに現地調査を実施した。調査団は帰国後の国内解析により基本設計概要書を作成し2007年6月17日より28日まで現地での説明・協議を行い、その結果をもとに基本設計調査報告書をまとめた。

基本設計調査ではプロジェクトの確実な実施を担保するため、①浄水場拡張用地の確保、②環境許可の取得、③アランフェス浄水場の水源の拡張工事の実施、④アランフェス浄水場現配水区への代替え配水源となるシネルヒア-バリレテプロジェクトの完成を本プロジェクト実施の前提条件と設定した。しかしながら、平成19年10月末にこれらの条件が満足されていないと判断されたため、本計画実施は見送られた。その後、平成20年1月にボリビア側から上記前提条件をクリアしたことを示す書類が在ボリビア日本大使館に提出され、前提条件は満たされたものと判断されたため、事業実施に向けて本計画の事業化調査が実施され事業化調査報告書が取りまとめられたが、2007年よりボリビア国で導入された銀行手数料の取り扱いをめぐる両国間の交渉が決着されるまで事業実施は再度延期されることとなった。

このため、2008年6月に手数料支払い義務の免除に係る口上書が交換されたことを受け、本計画を平成20年度に実施すべく本事業化調査が実施された。報告書の要約は以下のとおりである。

本プロジェクトでは現在 SEMAPA の給水サービスが行われていない市南東部に給水するため、アランフェス浄水場の拡張、送水管の敷設、送水ポンプの設置、一次配水管の敷設、二次配水管及び給水装置の調達を行う。

計画の基本方針は以下に示すとおりである。

- プロジェクト対象として要請された第1配水区、第2配水区のうち、第2配水区は、送水経路、配水区内の高低差、道路及び市街の未整備などの点から配水施設整備は時期尚早と判断し、第2配水区はプロジェクトの対象から除外する。
- 第1配水区の水需要は81 l/秒、第2配水区の水需要は32 l/秒であることが確認された。第2配水区がプロジェクトから除外されたことから、プロジェクトの水需要は81 l/秒とすることができるが、プロジェクト完成後もコチャバンバ市全体の給水量は需要量に対して不足してアランフェス浄水場から送水する必要があること、将来の第2配水区の整備にあたって水源はアランフェス浄水場とせざるを得ないことから、アランフェス浄水場は要請どおり120 l/秒に増設することとする。
- アランフェス浄水場の原水は SEMAPA のチョクナコタ、ホンコ水源開発プロジェクト

ト（プロジェクト完成後の計画開発水量 120.6 l/秒）により確保する。

- 現在アランフェス浄水場浄水の水質における主要な問題は色度である。その他の項目は水質基準を満足していることから色度を改善して水質基準を満足することを目的として、凝集沈澱ろ過（高速ろ過方式）を採用する。
- 第1配水区にはOTB（Organización Territorial de Base 町内会的住民組織）等の水組合が運営する給水サービスが存在する地域がある。SEMAPA は本プロジェクト完成後はこうした給水サービス運営主体に浄水を販売し、配水、課金、料金徴収は給水サービス主体の管理に任せることを基本方針としている。したがって、こうした地域には二次配管の敷設、給水装置（水道メーター）の設置の必要はないため、二次配管、給水装置の調達対象から除外する。

対象施設の概要は下表のとおりである。

施設の概要

建設施設	施設内容
アランフェス浄水場（拡張）	● 着水井、フロック形成池の新設 ● 薬注（凝集材、pH 調整剤）ポンプの新設 ● 沈澱池の新設 ● 既存ろ過池は残し、不足分の増設。逆洗水量調整弁の設置 ● 次亜塩素酸カルシウム注入装置の新設 ● 洗浄排水池、返送ポンプの新設
送水管建設	● カラカラアルト配水池、シグロヴェインテポンプ場間送水管：DCIP ϕ 350 mm$\times$8,156 m ● シグロヴェインテポンプ場、ディエスデフェブレロ間：DCIP ϕ 300 mm$\times$667 m
一次配水管敷設	● 第1配水区：DCIP, PVC ϕ 500$\sim$150 mm$\times$18,852 m
シグロヴェインテポンプ場ポンプ設置	● 4.9 m³/分（85 l/秒） 85 mH$\times$2 台（うち1台予備）

調達する二次配水管、給水装置、水質分析器具の仕様、数量は以下のとおりである。

調達機材の概要

機材名	仕様・用途	数 量
二次配水管	塩化ビニール管	ϕ 100 mm 5,342 m ϕ 80 mm 2,601 m
給水装置	サドル分水栓、給水管、給水メーター等	500 組
水質計測器具	pH 計、電気伝導度計、濁度計	各 1 式

本プロジェクトにより、SEMAPA の水が供給されることにより、直接効果として第 1 配水区の住民約 5 万人に対して安全快適な水を十分な圧力（1.0 kg/cm²）で 24 時間連続給水できるようになる。

間接効果としては、利用者の水道料金に係る経済的な負担を軽減し、安全な水が給水されることにより、水系疾患のリスクが減少することが期待できる。

本計画を日本の無償資金協力により実施する場合に必要な概算事業費は 13.13 億円（日本側負担事業費：12.48 億円、「ボ」国側負担事業費：0.65 億円）と見積もられ、日本側負担事業費の内訳は下表に示すとおりである。

日本側負担費用総括表

			概算総事業費 約 1,248 百万円		
費 目			概算事業費(百万円)		
施設	アランフェス浄水場改修工事	沈澱池、ろ過池、洗浄排水池等	242	1,140	1,156
	送水設備工事	送水管、送水ポンプ等	431		
	配水設備工事	一次配水管	467		
機材	二次配水管、給水装置、水質計測機器	二次配水管管材、水道メーター、付属品、メーターボックス、水質計測機器	16	16	
実施設計・施工/調達監理・技術指導			92		

なお、上記概算事業費は即交換公文上の供与限度額を示すものではない。

本プロジェクトは A 型国債で実施し、工期は詳細設計、入札期間を含め 22 ヶ月である。

本プロジェクトは現在 SEMAPA による給水が行われていない第 1 配水区(SEMAPA 配水区 D6、D8、D14 の一部、D7 全部)に給水を行い、対象区域内の約 5 万人の生活環境の改善に寄与するものである。本プロジェクトにより建設される水道施設は、SEMAPA により維持管理されるが、SEMAPA はすでに同種の施設の維持管理を行っているので維持管理上の問題は予想されない。また、調達する給水装置については SEMAPA ではすでに同種の機器の設置を他の地域では行っていて、検針、検定及び更正の実績もあるので、予定通り設置して、維持管理していく能力を有している。環境に関する観点から特に問題となることはなく、社会的にはコチャバンバ市内で SEMAPA の給水が行われず社会サービス上不利であった地域の発展に寄与し、水道料金が下がることから利用者に経済的な利益を与える。

以上により、本プロジェクトは我が国の無償資金協力による協力対象事業として妥当なものであるといえる。

ボリビア共和国
コチャバンバ市南東部上水道施設改善計画
第二次事業化調査報告書

序 文
伝達状
対象地域位置図
現地写真集
完成予想図
略語集
要 約

目 次

第 1 章 プロジェクトの背景・経緯	1
1.1 当該セクターの現状と課題	1
1.1.1 現状と課題	1
1.1.2 開発計画	1
1.1.3 社会経済状況	2
1.2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要	4
1.3 我が国の援助動向	6
1.3.1 援助方針	6
1.3.2 援助実績	8
1.4 他ドナーの援助動向	10
第 2 章 プロジェクトを取り巻く状況	2-1
2.1 プロジェクトの実施体制	2-1
2.1.1 組織・人員	2-1
2.1.2 財 政	2-3
2.1.3 技術水準	2-5
2.1.4 既存の施設・機材	2-6
2.2 プロジェクトサイト及び周辺の状況	2-8
2.2.1 関連インフラの整備状況	2-8
2.2.2 自然条件	2-9
第 3 章 プロジェクトの内容	3-1
3.1 プロジェクトの概要	3-1
3.1.1 上位目標とプロジェクト目標	3-1
3.1.2 プロジェクトの概要	3-1
3.2 協力対象事業の基本設計	3-3
3.2.1 設計方針	3-3
3.2.2 基本計画	3-8

3.2.3	基本設計図.....	3-19
3.2.4	施工計画／調達計画.....	3-43
3.3	相手国側分担事業の概要.....	3-51
3.3.1	一般的な負担事項.....	3-51
3.3.2	プロジェクトに固有の負担事項.....	3-51
3.4	プロジェクトの運営・維持管理計画.....	3-52
3.4.1	プロジェクト施設の維持管理.....	3-52
3.4.2	プロジェクト施設の維持管理体制.....	3-52
3.4.3	プロジェクト地域の水道事業維持管理について.....	3-55
3.5	プロジェクトの概算事業費.....	3-57
3.5.1	協力対象事業の概算事業費.....	3-57
3.5.2	運営・維持管理費.....	3-59
3.6	協力対象事業実施にあたっての留意事項.....	3-64
第4章	プロジェクトの妥当性の検証.....	4-1
4.1	プロジェクトの効果.....	4-1
4.2	課題・提言.....	4-2
4.3	プロジェクトの妥当性.....	4-3
4.4	結 論.....	4-3

附 図

図 1.1	バリレテ配水幹線とタキーニャ浄水場、アランフェス浄水場の関係.....	13
図 2.1	プロジェクトに関連する組織.....	2-1
図 2.2	SEMAPA の事業認可区域.....	2-2
図 2.3	SEMAPA の組織図（SEMAPA からの聞き取りによる）.....	2-2
図 2.4	プロジェクト対象区域関連施設.....	2-7
図 3.1	カラカラアルト～シグロヴェインテポンプ場送水管ルートと比較.....	3-14
図 3.2	シグロヴェインテポンプ場～ディエスデフェブレロ配水池送水管.....	3-15
図 3.3	第1配水区一次配水管.....	3-16
図 3.4	二次配水管及び給水装置の調達の対象範囲.....	3-18
図 3.5	全体平面図.....	3-21
図 3.6	アランフェス浄水場 一般平面図.....	3-23
図 3.7	アランフェス浄水場 水位高低図.....	3-25
図 3.8	アランフェス浄水場 フロー図.....	3-27
図 3.9	アランフェス浄水場 沈澱池平面図.....	3-29
図 3.10	アランフェス浄水場 沈澱池断面図.....	3-31
図 3.11	アランフェス浄水場 ろ過池構造図.....	3-33
図 3.12	アランフェス浄水場 洗浄排水池構造図.....	3-35
図 3.13	シグロヴェインテポンプ場 施設図.....	3-37
図 3.14	送水管ルート図.....	3-39

図 3.15	配水管ルート図	3-41
図 3.16	事業実施体制	3-43
図 3.18	SEMAPA の組織図と本プロジェクト維持管理のための要員増加の関係 ...	3-54
図 3.19	アランフェス浄水場、カラカラアルト配水池関連の送配水系統	3-55

附 表

表 1.1	SEMAPA の水道整備目標 (PEDS)	2
表 1.2	要請内容	5
表 1.3	「ボ」国に対する我が国の援助実績	9
表 1.4	他のドナーによる SEMAPA 関連プロジェクト	10
表 1.5	シネルヒア・バリレテプロジェクトの概要	12
表 1.6	ミシクニ・プロジェクトの概要	14
表 2.1	SEMAPA 理事会のメンバー (2007 年 7 月現在)	2-2
表 2.2	SEMAPA の損益計算	2-3
表 2.3	SEMAPA の料金体系 (2007 年 3 月改定)	2-4
表 2.4	SEMAPA の等級・資格とその充足率	2-5
表 2.5	SEMAPA の維持管理体制	2-6
表 2.6	D1、D2 配水区の水需要量の推定	2-7
表 2.7	アランフェス浄水場の原水及び浄水水質試験結果 (2006 年)	2-10
表 3.1	プロジェクトの概要	3-2
表 3.2	要請内容	3-3
表 3.3	本プロジェクト対象区域水需要量計算結果	3-8
表 3.4	アランフェス浄水場拡張の主要施設の仕様	3-11
表 3.5	アランフェス浄水場容量計算書	3-12
表 3.6	カラカラアルト～シグロヴェインテポンプ場送水管ルートの比較	3-13
表 3.7	送水管の諸元	3-15
表 3.8	一次配水管の諸元	3-17
表 3.9	二次配水管及び給水施設の諸元	3-18
表 3.10	日本国側、ボリビア国側の施工区分	3-45
表 3.11	主要工事用資材の調達区分	3-48
表 3.12	プロジェクト完成後の維持管理作業	3-53
表 3.13	第 1 配水区内の水組合 (OTB) と推定給水戸数	3-56
表 3.14	ボリビア国側の負担経費総括表	3-57
表 3.15	二次配管敷設費	3-58
表 3.16	電力費	3-60
表 3.17	薬品費	3-60
表 3.18	生産費	3-61
表 3.19	SEMAPA の料金表	3-61
表 3.20	水組合の水道料金の例	3-63

表 3.21	料金収入と生産費の比較	3-64
表 4.1	プロジェクト実施による効果と現状改善の程度	4-1

添付資料

- 添付資料－1： 調査団名簿
- 添付資料－2： 事業事前計画表
- 添付資料－3： 第2配水区配水の問題点の検討
- 添付資料－4： 需要予測
- 添付資料－5： 水質試験結果

第1章 プロジェクトの背景・経緯

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1.1 当該セクターの現状と課題

1.1.1 現状と課題

ボリビア共和国（以下、「ボ」国と称する）は南米大陸のほぼ中央部に位置する内陸国で、国土面積は約 109.8 万 km²、人口約 1,002 万人（2007 年）、一人当たり GNI は 1,100 ドル（2006 年、世界銀行）である。「ボ」国の給水普及率は 72.3%（2004 年）で他の中南米諸国と比較して低く、「ボ」国政府は「国家基礎衛生計画（2000－2010）」を策定し、給水普及率を 2010 年までに 90%に引き上げることを目標に掲げ、上下水道施設の整備に重点をおいている。

コチャバンバ市は人口約 60 万人（2001 年のセンサスに基づく 2006 年推計人口）の「ボ」国第 3 の都市であるが、主要都市の中でも特に給水事情が逼迫しており、給水普及率は約 48%に過ぎない。都市部への人口流入による人口増加が顕著で人口増加率は約 2.95%と高く、将来的な水需要量の増加が見込まれる中で上水道施設の整備が急務となっている。コチャバンバ市の上下水道施設の整備・運営はコチャバンバ市上下水道公社（以下、SEMAPA という）が実施しており、同公社の事業計画においてもコチャバンバ市民への給水率を 2012 年に 83%、2027 年に 95%に向上させることが目標とされている。

とりわけ、コチャバンバ市南東部は近年市街化が急速に進んでいるにもかかわらず、SEMAPA による給水サービスが行われていないため、住民は水組合が運営する井戸からの配管給水か、水組合あるいは民間企業が運営する給水車からの水購入に頼っているのが現状である。しかしながら、こうした給水は水質が保証されていないうえ、利用できる水量も限られ、水道料金も SEMAPA のものと比べて高額なものとなっている。

このようにコチャバンバ市の給水整備においては、市南東部に SEMAPA の給水サービスを広げて安全で十分な水を供給し、住民の生活環境を改善することが課題となっている。

1.1.2 開発計画

(1) 国家開発計画

モラレス政権による国家開発計画は、次に示す 4 つの柱に基づき、ボリビア国民の「快適に生きる（vivir bien）」を目指している。

- 尊厳のあるボリビア（Bolivia Digna）
- 生産的なボリビア（Bolivia Productiva）
- 自主独立のボリビア（Bolivia Soberana）
- 民主的なボリビア（Bolivia Democrática）

(2) 国家基礎衛生計画 (Plan Nacional de Saneamiento Básico 2001-2010)

国家基礎衛生計画は 2001 年に基礎衛生管理局により策定され、2010 年を目標として、都市部、村落部別に上下水道の整備目標を示したものである。同計画では都市部の給水普及率を 2000 年の 90%を 2010 年には 96%とすることを目標としているが、コチャバンバ市の場合 2005 年の給水普及率は 48%に過ぎず、著しく整備が遅れている。

(3) 事業開発戦略プラン (PEDS)

SEMAPA は基礎衛生管理局から上下水道運営の事業認可を受けるにあたり、上下水道整備の事業計画を策定することを義務付けられ、2002 年に 40 年間の上下水道整備の事業計画 (PEDS) を策定している。PEDS では 2040 年に給水普及率をほぼ 100%にすることを目標とし、そのための水源開発目標、無収水管理目標等を定めている。本プロジェクトの目標年となる 2015 年時点での PEDS の目標は以下のとおりである。

表 1.1 SEMAPA の水道整備目標 (PEDS)

項 目	2002 年	2005 年	2006 年	2007 年	2010 年	2012 年	2015 年
給水区域内人口 (人)	548,746	595,742	613,115	630,488	682,607	719,951	775,966
給水普及率 (%)	52	61	64	67	77	83	86
給水人口 (人)	285,348	363,403	392,394	422,427	522,877	597,559	667,331
一人一日使用 給水量 (1/日人)	127	145	151	157	157	157	160
水使用量 (1/秒)	419	610	686	768	950	1,086	1,237
無収水率 (%)	40%	35%	34%	32%	29%	25%	25%
水需要量 (1/秒)	699	941	1,033	1,129	1,342	1,448	1,650

出典：PEDS。2006 年、2007 年は内挿で補間。

(4) コチャバンバ市上下水道マスタープラン (PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CIUDAD DE COCHABAMBA)

SEMAPA は 2002 年に PEDS の目標を達成するための施設整備計画をコチャバンバ市上下水道マスタープランとして策定した。同マスタープランでは給水区域全体を 4 つの送配水系統に分けた整備計画を提案している。本プロジェクトは 4 つの系統の一つである南部系統整備の一部を実施することになる。すなわち、南部系統は本プロジェクトと後述する BID によるコチャバンバ市南部水道整備プロジェクト（以下、BID プロジェクトという。内容は 1-9 ページ参照。）により整備されることになる。

1.1.3 社会経済状況

「ボ」国は、1982 年に民政移管を達成した後、民主化・市場経済化に向けた改革を推進し

てきたが、近年、市場経済化に伴う貧困や貧富の格差問題の悪化を背景として、先住民を中心とする反政府運動が頻発化した。

2003 年 10 月、政府による対米天然ガス輸出計画の推進を機に、これに反発する先住民団体を中心とする暴動が発生し、サンチェス・デ・ロサダ大統領は退陣に追い込まれた。副大統領から繰り上がり就任したメサ大統領（当時）は、天然ガス輸出政策に関する国民投票の実施、緊縮財政政策の実施等、各種改革に努めた。しかしながら、より資源ナショナリスト的な要求を掲げ、貧しい先住民層を中心とする西部地域住民と、豊富な資源を有し、地方自治の強化を求める東部白人系住民との対立が深まり、再度国内道路封鎖等の抗議行動が過激化し、2005 年 6 月、メサ大統領は辞任した。同大統領の辞任を受け、憲法上第 3 位の継承権を有するロドリゲス最高裁長官が繰り上がり大統領に就任した。

ロドリゲス政権の下、大統領選を含む総選挙の前倒し実施が決定され、2005 年 12 月 18 日、全国において総選挙が実施された。大統領選の結果、左派先住民指導者のエボ・モラレス社会主義運動党（MAS）候補が、保守派のキロガ民主社会勢力（PODEMOS）候補を押さえ、53.7%の票を獲得して当選し、2006 年 1 月 22 日に大統領に就任した。

モラレス大統領は、貧富格差の是正、先住民の権利拡大を掲げ、憲法改正の実現を目指している。また、米国主導の麻薬撲滅政策や急速な経済自由化に強く反対し、天然資源による収益のボリビア国民への一層の還元を従来より主張、2006 年 5 月には、炭化水素資源（天然ガスが中心）の「国有化」に係わる大統領令を発出した。その他にも、鉱業法の改正、農地改革、最低賃金の上昇、労働者に有利な同制度の整備等を推進しつつあり、今後の動向が注目される。

近隣諸国及び米国をはじめとする先進諸国との関係強化が従来ボリビア外交の基本であったが、モラレス政権の下、対米関係、地域統合等に関し路線変更傾向（FTAA への消極的対応、ベネズエラやキューバへの接近）が見られる。特に対米関係は、麻薬対策が基軸となっているが、モラレス政権下のコカ葉栽培の合法化問題、FTA 交渉、アンデス貿易促進・麻薬根絶法（ATPDEA）による関税優遇措置の扱いを巡り、微妙な状況が続いている。

ボリビアは、農業（大豆、砂糖等）、鉱業産品（亜鉛、錫、天然ガス等）を中心とする一次産品への依存率が総輸出の 8 割を占め、国際価格の影響を受けやすい経済構造となっている。

1985 年から新経済政策を導入し構造調整を推進した結果、比較的安定した経済成長を保っていたが、近年新自由主義に基づく改革の影響を受け、富の偏在、失業問題等が深刻化している。

1999 年以降の麻薬抜根政策によるインフォーマルセクターへの影響もあり、ボリビアは深刻な経済難に直面し、2001 年には「拡大 HIPC（重債務貧困国）イニシアティブ」の適用を受けた。2004 年は IMF との合意により、新税導入及び緊縮財政による財政赤字の削減を実

現した。

財政難の打開のため、天然ガスの対米輸出を推進しようとする政府に対し、天然ガス収入が国民の大半に裨益していないとして、先住民団体を中心とした反発を招き、2003 年 10 月には暴動に発展するに至った。かかる動きを受け、議会は、2005 年 5 月、天然ガス関係外資企業に対し、より高率の税を課す新法を採択した。

モラレス新政権は、資源収入のボリビア国民へのより多くの還元を強く主張し、天然ガスを中心として資源ナショナリズム的政策を展開している。特に 2006 年 5 月の「炭化水素資源国有化」に係る大統領令（国家管理の強化、主要操業企業の株式過半数取得、企業とボリビア政府の収益配分の見通し等）発出及びこれに伴うガス輸出価格大幅引き上げの意図表明は内外の大きな波紋を呼んだ。その他、鉱業部門や農地の扱いについても新政策の導入が行われつつある。

行政区分としては、9 つの県からなる。首都はラパス（憲法上の首都はスクレ）でラパス県に位置する。調査対象地域はコチャバンバ市の南東部に位置し、コチャバンバ市はコチャバンバ県の中央に位置する。

民族構成はインディオ 55%、混血 32%、ヨーロッパ系 13%である。言語はスペイン語が公用語であるが、ケチュア語、アイマラ語も話される。宗教はカトリックが国教で国民の 90%以上を占める。

1.2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

2006 年 9 月の予備調査で確認され、さらに基本設計調査開始時の協議によって確認された要請内容は表 1.2 のとおりであった。

基本設計調査の結果、最終的な計画内容は表 1.2 のうち下線の施設を除いたものとなった。

本プロジェクトは現在 SEMAPA の給水が行われていない第 1 配水区（SEMAPA 配水区 D6、D8、D14 の一部、D7 全部）への給水を目的として、アランフェス浄水場の拡張を行い、その浄水を第 1 配水区に給水するための送配水施設を整備すると共に、二次配水管及び給水装置の調達を行うものである。対象区域内の 2015 年人口は約 5.8 万人と推定され、そのうち 86%の約 5 万人が便益を受ける。

基本設計調査ではプロジェクトを確実に実施するために、プロジェクト実施の前提条件として以下の 4 つの条件を付した。

- ① プロジェクト開始までにアランフェス浄水場の土地使用权を取得すること。
- ② プロジェクト開始までにアランフェス浄水場拡張の環境許可を取得すること。

- ③ プロジェクト完成までアランフェス浄水場拡張水源に必要なチョナコタ・ホンコダムプロジェクトを完成すること。
- ④ プロジェクト完成までにアランフェス浄水場の現配水区域の代替は配水源を確保するためにシネルヒア-バリレテプロジェクトを完成すること。

表 1.2 要請内容

項 目	要請内容
(1) アランフェス浄水場の改修または拡張	- 浄水能力の 120 l/秒への拡張。 - 着水井、フロック形成池を新設。薬注（凝集材、pH 調整剤）ポンプの新設。 - 沈殿池を新設。 - 既存ろ過池は残し、不足分の増設。逆洗水量調整弁の移動。 - 浄水池は洗浄用水ポンプも含め改修せず。 - 次亜塩素酸カルシウム注入装置の新設 - 洗浄排水池、返送ポンプの新設 - pH 計、電気伝導度計、濁度計の調達
(2) 送水管建設	- カラカラアルト配水池、シグロヴェインテポンプ場間送水管：DCIP ϕ 350mm$\times$8.1km <u>シグロヴェインテポンプ場、タコロマバホ配水池間：DCIP ϕ 250mm$\times$6.7 km</u> <u>タコロマバホ配水池、タコロマ配水池間：DCIP ϕ 200mm$\times$0.8 km</u> - シグロヴェインテポンプ場ディエスデフェブレロ間：DCIP ϕ 300mm$\times$0.7 km <u>タコロマバホ配水池、タコロマ配水池間送水ポンプ：0.2m³/分（3 l/秒）95mH$\times$2 台（うち 1 台予備）</u>
(3) 一次配水管敷設	- 第 1 配水区：PVC ϕ 150$\sim$500mm$\times$18.7km - 第 2 配水区（低区配水区）：PVC ϕ 150$\sim$300mm$\times$8.7km 注：タコロマ高区配水区（タコロマ配水池配水池）からの配水管はすべて二次配管として扱う。
(4) 二次配水管資材調達	- 既存道路及び計画道路、民家の分布、水組合等による給水区域を考慮して二次配管計画を行う。 - 水組合等の給水区域は二次配管計画対象外とする。
(5) シグロヴェインテポンプ場ポンプ調達及び設置	4.9m³/分（85 l/秒）80mH$\times$2 台（うち 1 台予備） <u>2.0m³/分（35 l/秒）155mH$\times$2 台（うち 1 台予備）</u>
(6) 給水装置資材調達	二次配管資材調達に準ずる。

注：第 2 配水区が事業対象から除外された結果、下線付きの施設は事業内容から除外された。

プロジェクトは A 型国債により実施するものとしたため、平成 19 年 12 月閣議への請議を前に前提条件達成の可能性を判断するため、ボリビア側に平成 19 年 10 月末までに、①、②についてはその取得を、③、④については工事の進捗状況と完成見通しを報告することを義務付けた。しかしながら、②を除きボリビア側から条件を満足する回答がえられなかったため 12 月請議は見送られた。

その後、平成 20 年 1 月にボリビア側より上記 4 条件を満たす資料が提出され、プロジェク

トの実施を請議することとなったが、基本設計調査の現地調査、積算単価調査時（平成 19 年 2 月）から 1 年以上経過していること、基本設計調査では A 型国債案件として施工計画、積算を行っているが、期分け案件として実施することが必要になったことから、事業化調査により施工計画、概算事業費積算の見直しを行なった。

事業化調査結果をもとにプロジェクトの実施を請議することになったが、2007 年よりボリビア国で導入された銀行手数料の取り扱いをめぐる両国間の交渉が決着されるまで事業実施は再度延期されることとなった。2008 年 6 月に手数料支払い義務の免除に係る口上書が交換されたことを受け、本計画を平成 20 年度に実施すべく本事業化調査が実施された。

1.3 我が国の援助動向

1.3.1 援助方針

平成 19 年 7 月の「対ボリビア国別援助計画（第一次案）」によれば、我が国のボリビアに対する援助方針は以下のとおりである。

対ボリビア援助においては、①貧困削減のための社会開発支援、②持続的経済成長のための支援を 2 つの柱とし、「国家開発計画」に沿って実施し、同国が主体的に開発課題を解決し、人間の安全保障を実現していくことを援助するものとしている。

援助のアプローチとしては、無償資協力、技術協力、円借款（ただし、2004 年、2006 に債権放棄を行ったため、2007 年 7 月現在新規案件の検討は行っていない。）及び国際機関への出資等様々なスキームを活かし、限られた資金・人的資源で最大限の効果を上げるようスキームの連携促進を重視する。

また、ボリビアではモラレス政権誕生後多くのドナーの援助計画策定に遅れがあったが、2006 年末以降、援助協調が再度活発化してきた。こうした背景から、案件形成の段階から援助協調を念頭に置く必要がある。援助協調の効果発現に最善を尽くす一方で、日本の存在感を示す援助を引き続き実施すること、即ち、我が国の援助の有効性が、ボリビア国民や政府、我が国国民、他のドナー等により明確に理解・認識されることも重要である。我が国援助の有効性を確保するためには、ボリビアのオーナーシップを尊重した適切な支援を行うこととし、加えて、人と人の交流を通じ、「開発の担い手」であるボリビアの人々、同国政府機関等関係組織の能力強化・向上を積極的に行い、援助の効果を浸透させることが重要である。

また、ドナー社会において、我が国援助の基本方針を明確にするとともに、我が国が優位性を有する分野や対象地域等を早期に具体的に提示し、我が国援助の特質を活かすことも必要である。この観点から、他ドナーとの意見交換を日頃から密にし、我が国の援助に対する理解を促進することが必要である。

援助アプローチの具体化する案件形成にあたっては、①社会開発、②生産性向上、③制度・ガバナンス支援の 3 点を重点分野とし、スキームの連携、国際機関のマルチ協力に配慮するものとしている。

重点分野の一つ「社会開発」では、教育、保険・医療、水と衛生、地方道路及び地方電化、灌漑等が案件形成対象とされている。

したがって、本プロジェクトは、援助方針の重点分野の一つである社会開発の「水と衛生」分野に位置づけられる水道整備計画であること、BID 援助の「コチャバンバ市南部水道整備プロジェクト」と地域分担をしてコチャバンバ市南部地区の水道整備を達成すること、から重点分野、援助アプローチの点で援助方針に合致したものといえる。

(1) 社会開発

我が国は、ボリビア国民の生活向上の観点から、これまで教育の質向上やリプロダクティブヘルス向上、安全な飲料水供給を通じた基礎衛生改善、貧困農民の生計維持などの協力を実施している。

- 教育の質の向上
- 地域保健医療ネットワークの強化
- 貧困地域への飲料水供給
- 障害者支援
- 先住民貧困層を中心とした生計維持

(2) 生産性向上

本分野において、我が国は伝統的に開発または確立された技術を地域に普及し、地方開発の観点から農業分野の生産性向上を図ると共に、道路網等のインフラの整備を通じた社会経済活動を促進している。

- 生産連鎖/地域経済開発
- 運輸交通網整備

(3) 制度・ガバナンス支援

世界銀行貧困評価及び UNDP 人間開発報告書では、貧困削減のためには不平等性の緩和、社会の安定化、制度・政策の適正化が重要であるとされている。このため、我が国は、「人間の安全保障」という協力の枠組みの下、当国開発計画が実践されるよう、制度・政策面への支援を行っている。

- 新国家開発計画実施支援
- 地方行政強化

1.3.2 援助実績

(1) 総論

2005 年度のボリビアに対する無償資金協力は 31.31 億円（交換公文ベース）、技術協力は 19.16 億円（JICA 実績ベース）であった。また、拡大 HIPC イニシアティブ適用国である同国は、2006 年 2 月、約 73.98 億円（交換公文ベース）の債務が免除された。2005 年度までの援助実績は、円借款 470.26 億円、債務免除約 607.77 億円、無償資金協力 782.77 億円（以上、交換公文ベース）、技術協力 581.88 億円（JICA 経費実績ベース）である。

(2) 無償資金協力

プライマリー・ヘルスケアの強化が緊急の課題となっているベニ県に対し、医療施設の建設及び改善並びに医療機材整備を行う「ベニ県南部医療保健施設改善計画」等 3 件の一般プロジェクト無償資金協力を実施したほか、ノン・プロジェクト無償資金協力を実施した。そのほか、「ニーニョ・ヘスス総合教育センター整備計画」等、教育、医療保健等の分野に対し、計 48 件の草の根・人間の安全保障無償資金協力を実施した。また、1 件の一般文化無償資金協力を実施した。

また、本プロジェクト対象区域であるコチャバンバ市では 1991 年に「コチャバンバ市上水道整備計画」（13.56 億円）が実施され、井戸掘削機材の供与、供与機材による水源井戸の掘削が行われている。

(3) 技術協力

水産分野を中心に 887 名の研修員を新たに受け入れ、27 名の専門家、青年海外協力隊、シニア海外ボランティア等 32 名のボランティアを新たに派遣した。また、技術協力プロジェクトとして「サンタクルス県地域保健医療ネットワーク強化プロジェクト」を実施した。開発調査については、「主要国道道路災害予防調査」を実施中である。

表 1.3 「ボ」国に対する我が国の援助実績

年 度	円借款	無償資金協力	技術協力		
2000年度 までの累計	470.26億円	655.45億円	研修員受入 専門家派遣 調査団派遣 機材供与 協力隊派遣	464.61億円 1,946人 812人 1,959人 7,037.50百万円 512人	
2001年	なし	22.38 億円 サンタクルス北西部地方道路整備計画（国債2/3） （13.17） コチャバンバ母子医療システム強化計画詳細設計 （1.16） ラ・パス母子保健病院医療機材供与計画（国債3/3） （0.11） 債務救済 （1.76） 食糧増産援助（ 4.50） 草の根無償（28件） （1.68）	研修員受入 専門家派遣 調査団派遣 機材供与 留学生受入 （協力隊派遣） （その他ボラ ンティア）	28.77億円 329人 57人 95人 257.0百万円 31人	(26.44億円) (317人) (5 2人) (9 3人) (257.0百万円) (25人) (14人)
2002年	なし	21.27 億円 サンタクルス北西部地方道路整備計画（国債3/3） （11.11） コチャバンバ母子医療システム強化計画（国債1/2） （2.31） 日ボリヴィア文化会館に対する音響・照明機材供与 （0.04） 食糧増産援助 （4.20） 草の根無償（58件） （3.61）	研修員受入 専門家派遣 調査団派遣 機材供与 留学生受入 （協力隊派遣） （その他ボラ ンティア）	24.69億円 563人 46人 74人 194.06百万円 25人	(24.01億円) (552人) (46人) (74人) (194.06百万円) (32人) (23人)
2003年	債務免除 (533.79)	38.87 億円 コチャバンバ母子医療システム強化計画（国債2/2） （16.05） 第三次地方地下水開発計画 （9.65） セクター・プログラム無償資金協力 （5.00） 食糧増産援助 （4.00） ボリビア国営放送局に対する番組ソフト供与 （0.30） ラパス県柔道連盟に対する柔道畳供与 （0.02） 草の根・人間の安全保障無償（50件） （3.85）	研修員受入 専門家派遣 調査団派遣 機材供与 留学生受入 （協力隊派遣） （その他ボラ ンティア）	24.7 3億円 608人 40人 36人 234.6百万円 30人	(24.03 億円) (598人) (35人) (36人) (234.6百万円) (48人) (18人)
2004年	なし	13.49 億円 日本・ボリビア友好橋改修計画（詳細設計） （0.23） セクター・プログラム無償資金協力 （10.00） 草の根・人間の安全保障無償（50件） （3.26）	研修員受入 専門家派遣 調査団派遣 機材供与 留学生受入 （協力隊遣） （その他ボラ ンティア）	24. 23億円 532人 30人 83人 164.63百万円 34人	(23. 64億円) (520人) (29人) (83人) (164.6 3百万円) (45人) (2人)
2005年	債務免除 (73.98)	31.31 億円 日本・ボリビア友好橋改修計画（国債1/2） （1.51） ラパス県村落開発機材整備計画 （6.83） ベニ県南部地域医療保健施設改善計画 （8.47） セクター・プログラム無償資金協力 （8.00） 貧困農民支援 （2.50） タリハ県国立天文台に対するプラネタリウム機材供与 （0.50） 草の根・人間の安全保障無償（48件） （3.50）	研修員受入 専門家派遣 調査団派遣 機材供与 協力隊派遣 （その他ボラ ンティア）		19.16 億円 88 7人 27人 51人 195.10百万円 26人 6人
2005年度 までの累計	470.26億円	782.77 億円	研修員受入 専門家派遣 調査団派遣 機材供与 協力隊派遣 その他ボラン ティア	581.88億円 4,815人 1,003人 2,296人 8,082.88百万円 684人 98人	

1.4 他ドナーの援助動向

他ドナーによる SEMAPA のプロジェクトは表 1.4 に示すとおりである。

表 1.4 他のドナーによる SEMAPA 関連プロジェクト

(単位：百万 US\$)

年度実施	機 関 名	案 件 名	金額	援助形態	概 要
1993 年～	フランス政府	下水道施設リハビリプロジェクト	4.5	有償	汚水ポンプの交換。
1998 年～	イタリア政府 アンデス開発基金 (CAF)	ミシクニプロジェクト	4,800	有償	緊急計画：導水トンネル、導水管（稼働中） 第 1 段階：ダム、導水管、水力発電所、浄水場 第 2 段階：ダムの拡張、水力発電所の拡張、浄水場の拡張、導水管の拡張
2000 年～	米州開発銀行 (BID)	コチャバンバ市南部水道整備プロジェクト	18.6	有償	南部未給水区域の給水設備の建設及び料金回収率・漏水率の改善
2004 年～	アンデス開発基金 (CAF)	シネルヒア・バリレテプロジェクト	1.0	有償	タキーニャ浄水場及びその導水路・送水管の建設

上記のうち、BID のコチャバンバ市南部水道整備プロジェクトは配水区域、CAF のシネルヒア・バリレテプロジェクトは代替水源に関連して本プロジェクトと密接な関係を有している。また、CAF によるミシクニプロジェクトについても市全体の水運用に影響を及ぼす。以下に各プロジェクトの内容、及び本プロジェクトとの関連を述べる。

(1) BID によるコチャバンバ市南部水道整備プロジェクト

1) 経緯

当プロジェクトは BID の都市部基礎衛生プログラム (Programa de Saniamiento Basico de Urbana: Loan No. PROSUB 987/SF-B0) の一環として、1996 年にコチャバンバ市南部 (D7、D8、D9、D14) の送配水施設の建設のための 24 百万ドルの融資が決定された。しかしながら、2000 年の BID の評価ミッションは SEMAPA の料金回収率の低さ、漏水の多さを指摘し、融資枠を 18.6 百万ドルに縮小し、さらにそのうちの 4.7 百万ドルで料金回収率の向上と漏水の削減プロジェクトを実施し、2002 年までに実効が認められた場合に残りの融資枠で南部プロジェクトを実施するという条件を付した。

しかしながら、コチャバンバ水戦争（1999 年の民営化に端を発した住民の反対運動。2-1 ページに詳述。）のために 2002 年までに料金回収・漏水のプロジェクトは実施することができず、2002 年の BID 評価ミッションにおいて SEMAPA は 2003 年から当該プロジェクトを

第 1 期 BID プロジェクトとして実施し、2005 年までに収入/原価比を 1.2 以上、漏水率を 45%とすることを約束した。

2005 年に第 3 回 BID 評価ミッションを迎えたが、上記目標は達成できたとは評価されず、融資枠は 11.1 百万ドルに削減され、以下の行動計画 (Plan de Acción) を 6.1 百万ドルで実施し、2006 年に目標が達成されたと確認された場合に、5 百万ドルで南部の送配水整備をする拡張計画 (Plan de Expansión) を実施することを条件付けられた。

- 無収水率を 45%以下とする。(2007 年 3 月に達成の見込み)
- 収入/原価比を 1.2 以上とする。(2006 年 12 月に達成)
- 9,000 個の水道メータを校正する。(2007 年 2 月現在 4,800 個校正済み)
- 配水管を 20km 交換する。(2007 年 2 月現在 12km 交換済み)
- 料金体系を改定する。(2006 年 6 月、2007 年 3 月に改定)
- 累積債務を縮小する。(債務処分済み)

BID の第 4 回評価ミッションは 2007 年 3 月末に実施され、達成状況はカッコ内に示したとおりで、今回は目標を達成したと判断された。

2008 年 2 月現在、本プロジェクトの詳細設計が行われている。

2) 本プロジェクトとの関係

上記の経緯から明らかなように、南部の整備はすべて BID の融資（当初は 24 百万ドル）で実施する予定であったが、2000 年に南部整備の融資枠が約 14 百万ドルに減少したため、南部の整備対象の一部（本プロジェクトの第 1 配水区）の整備を無償資金協力により実施することを要請したものと考えられる。さらに、2005 年に融資枠が 5 百万ドルに減少したため、2006 年の予備調査時に第 2 配水区の整備が要請に追加されたと理解できる。

2007 年 1 月の SEMAPA の入札図書によれば、BID 融資によるプロジェクトの対象範囲は D9（本プロジェクトの対象外）と D8 の本プロジェクトの対象外の地域で、プロジェクトの対象にまったく重複がないことが確認できた。ただし、本基本設計調査の結果、第 2 配水区が事業対象から除外されたため、第 2 配水区はいずれのプロジェクトによっても整備されないことになった。

(2) CAF によるシネルヒア・バリレテプロジェクト

1) プロジェクトの概要

当プロジェクトはエスカラニ貯水池（発電用）の水を発電後シネルヒアからタキーニャ浄水場に導水し、タキーニャ浄水場で浄水後、バリレテ配水幹線に送水し、D1、D2 地域に配水することを目的としている。プロジェクトの主要なコンポーネントと建設費（契約金額）は以下のとおりである。

表 1.5 シネルヒア・バリレテプロジェクトの概要

プロジェクトコンポーネント	仕 様	契約金額	工事開始/進捗状況
シネルヒアからタキーニャ浄水場への導水管、タキーニャ浄水場からバリレテ配水幹線への送水管建設	導水管： 800mm×4.0km 送水管： 600mm×1.15km 500mm×0.84km 400mm×0.30km	資材： 889,000 ドル 建設： 678,000 ドル	2004 年 12 月契約 2007 年 6 月現在 90%
タキーニャ浄水場建設	処理能力： 400 l/秒	建設：1,008,000 ドル	2004 年 12 月契約 2007 年 6 月現在 70%

2) 進捗状況について

タキーニャ浄水場 は当初 300 l/秒で設計されていたが、400 l/秒に設計変更された。この設計変更に伴い、契約金額が 658,000 ドルから 1,008,000 ドルに増額となったが、この増額の CAF 承認が遅れ（2007 年 1 月）たため工事が滞り、進捗に大幅な遅れが出た。2007 年 11 月時点では浄水場の工事は完成し試運転を待つ状況にあった。

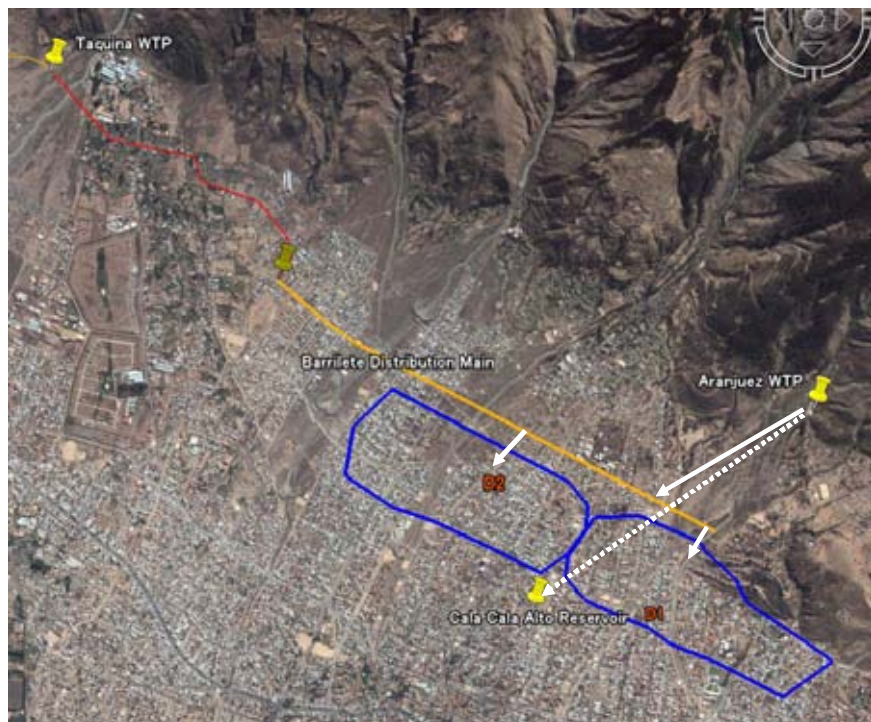
管路工事は 2008 年 10 月現在、洪水の影響でコラ川渡川部分約 100m とタキーニャ十字路の接続が未完であるが、洪水が収まり次第完成する予定である。

3) 本プロジェクトとの関係

タキーニャ浄水場の浄水はバリレテ配水幹線を通じて D1、D2 地区に配水されることとなっている。バリレテ配水幹線は当初フランスの援助により地下水開発をして D1、D2 地区に配水することを目的としていたが、地下水開発に失敗したために、アランフェス浄水場浄水を配水するようになり現在に至っている。（図 1.1 参照）

本プロジェクトでアランフェス浄水場の処理能力を 120 l/秒にするが、現状のままでは D1、D2 地区にも配水せざるを得ないために本計画に必要な水量を本プロジェクトの給水対象区域に送水することはできない。そのため、タキーニャ浄水場からバリレテ配水幹線に送水され、アランフェス浄水場の浄水から本プロジェクトに必要な水量がカラカラアルト配水池に送水される必要がある。

したがって、シネルヒア・バリレテプロジェクトの完成は本プロジェクトの前提条件になる。本プロジェクトに係る無償資金協力が実施された場合には、アランフェス浄水場の運転開始は最短で 2010 年 3 月と予想される。CAF の融資により予算が確保されていること、アランフェス浄水場の運転開始までに 3 年弱の期間があることから、この前提条件は確保されるものと考えられる。



(現在は白実線矢印でしめすように D1 及び D2 はバリレテ配水幹線経由でアランフェス浄水場の全量が配水されている。プロジェクト完成後は白点線矢印で示すように全量がカラカラアルト配水池に送水される。)

図 1.1 バリレテ配水幹線とタキーニャ浄水場、アランフェス浄水場の関係

(3) ミシクニプロジェクト

ミシクニプロジェクトはコチャバンバ県、コチャバンバ市、周辺都市、ENDE、企画省が参画して国の特別法令に基づいて 1987 年に設立されたミシクニ公社によって実施されるプロジェクトである。

プロジェクトの目的は、灌漑用水及び水道用水の確保と発電である。プロジェクトの緊急計画、第 1 段階及び第 2 段階の概要を表 1.6 に示す。

表 1.6 ミシクニ・プロジェクトの概要

No.	コンポーネント	内 容	備 考
●緊急計画（1998 年開始。2005 年 3 月稼動開始）			
1	導水トンネル	H3. 8m×W3. 0m、L=20km	完成済。稼動中。
2	導水管	φ 400mm、鉄管 ミシクニからサロネオ受水槽までの導水管	完成済。稼動中。 SEMAPA に 200～400 l/秒の原水を供給。
●第 1 段階（2, 110 l/秒の水源開発。2009 年までに完了予定）			
1	ダム	ロックフィルダム、H=85m	資金調達についてはアンデス開発基金とインタリア政府と交渉中。
2	導水管	φ 1, 600mm、L=736m	
3	水力発電所	80MM、210GWh/年	
4	浄水場	1, 000 l/秒	
●第 2 段階（3, 100 l/秒の水源開発。2020 年頃までに完了予定）			
1	ダムの拡張	H=120m に拡張	資金調達先は未定。
2	水力発電所の拡張	120MW、270GWU 年	
3	浄水場の拡張	計画浄水量 2, 000 l/秒に拡張	
4	導水管の拡張	4. 5km から 18. 5km に拡張	

現在、緊急計画は完了し、第 1 段階に入るところである。事業費総額 4,600 万ドルであるが、その一部をイタリア政府、アンデス開発基金（CAF）が融資する予定で現在交渉が行われている。第 2 段階以降については資金調達先のめどは立っていない。

浄水量 1,000 l/秒の送水先は、SEMAPA 及びコチャバンバ溪谷地域の 5 市町村であるが、配分量は決まっていない。SEMAPA はタキーニャ浄水場原水の一部をミシクニプロジェクトに依存しようとするものの、自己水源を優先する意向を有しており、必ずしも本プロジェクトに対して積極的ではない。

このようなことから、ミシクニプロジェクトの完成後であっても、アランフェス浄水場を利用し続ける計画であり、SEMAPA の将来の給水能力には影響があるものの、本プロジェクトに与える影響は極めて少ない。

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2.1 プロジェクトの実施体制

2.1.1 組織・人員

(1) プロジェクトに関連する組織とその機能

本プロジェクトでは外務省（Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto）が無償資金協力に係る書簡の交換を行い、開発企画省（Ministro de Planificación del Desarrollo）の公共投資海外金融次官室（Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo、VIPFE）が無償資金資金の管理を行い、事業は水資源省（Ministerio del Agua）が主管し、コチャバンバ市上下水道公社（Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado: SEMAPA）が実施機関となる。なお、基礎衛生管理局（Superintendencia de Saneamiento Básico: SISAB）は SEMAPA に事業認可を与えている。

この他、事業実施の環境許可を通じて農村農牧開発環境省（Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente）が関与する。事業実施にあたっては農村農牧開発環境省の国家環境保護地区局（Dirección General de Medio Ambiente）の環境許可を得ることが必要である。

一般に給水水質は健康に関する省庁（保健省等）により規定されることが多いが、「ボ」国では保健省は関与せず、飲料水の水質基準は基礎衛生管理局のボリビア規格に定められている。

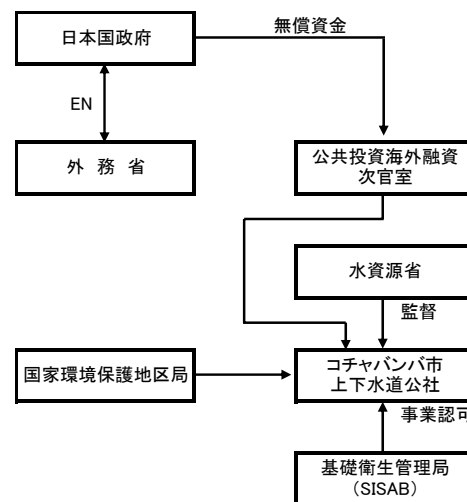


図 2.1 プロジェクトに関連する組織

(2) コチャバンバ市上下水道公社（SEMAPA）

SEMAPA は 1974 年に設立されコチャバンバ市を対象とした水道事業を展開していたが、政府の民営化方針によって民営化されることになり、1999 年に米国企業連合である Aguas de Tunari による民営事業に切り替えられた。Aguas de Tunari は採算を取るため水道料金をそれまでの 2 倍以上に設定したことから、住民の反発を招き、さらに OTB（Organización Territorial de Base 町内会的住民組織）運営の水道サービスについても原水使用量の課金を行おうとしたため、住民が反対運動を起こし、いわゆる水戦争が発生した。この水戦争の結果、ボリビア政府は Aguas de Tunari との契約を一方的に破棄し、コチャバンバ市の水道運営体を SEMAPA に戻した。このため、Aguas de Tunari に出資した米国企業は 2500 万ドルの損害賠償訴訟を起こしたが、Aguas de Tunari も民営化にあたっての事業認可に定められていた初年度における 4000 万ドルの投資という条件を実行していなかったため、結局、ボリビア側が 1 BOB の象徴的な損害賠償を支払うことで 2004 年末にこの訴訟は決着した。

新しいSEMAPAはコチャバンバ市が所有する独立採算の企業体となり、SISABの事業認可（2004年4月締結）で事業を運営している。事業認可では資産はすべてSEMAPAのものとされ、上下水道の維持管理に加え、新規施設建設もすべてSEMAPAの責任とされている。

SEMAPAの事業認可区域は、図2.2のように2002年まで52km²であったが、2003年から163km²と約3倍に拡張され、現状で拡張区域は未給水エリアとなっている。本プロジェクトの対象区域は拡張された事業認可区域内にありSEMAPAによる未給水区域である。

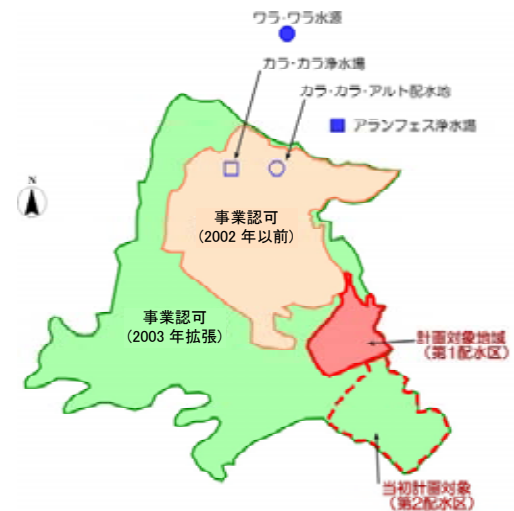


図 2.2 SEMAPA の事業認可区域

SEMAPAの最高決定機関は理事会で、理事会はコチャバンバ市長を理事長として、理事はコチャバンバ市代表、地域代表、専門家代表により構成されている。理事会のメンバーは表2.1に示すとおりである。

表 2.1 SEMAPA 理事会のメンバー（2007 年 7 月現在）

Lic. Gonzalo Terceros Rojas	コチャバンバ市長	理事長
Aq. Juan Carlos Viamont	コチャバンバ市代表	理事
Sr. Franz Taquichiri Yapura	北部住民代表	理事
Lic. Ricardo Villazon Arandia	中央部住民代表	理事
Sr. Mario Albino Soto	南部住民代表	理事
Arq. Jenny Manzini Vaca	専門家代表	理事

SEMAPAの組織を図2.3に示す。

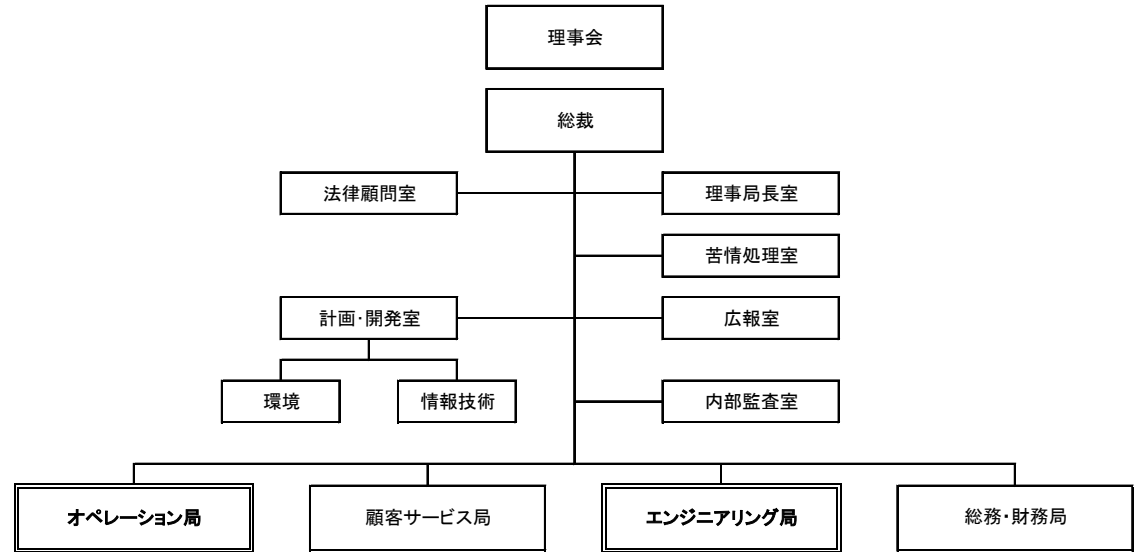


図 2.3 SEMAPA の組織図（SEMAPA からの聞き取りによる）

本プロジェクトの実施、維持管理は図 2.3 中の二重線で囲ったオペレーション局、エンジニアリング局が担当するが、それらの詳細は第 3 章の図 3.18 に示す。

2.1.2 財 政

(1) 財 政

SEMAPA の財政状況を表 2.2 に示す。最近の 3 年間では料金収入が 5%から 12%増加している。これは BID のコチャバンバ市南部水道整備プロジェクト実施の条件として、漏水の減少、料金徴収率の向上による収支改善が義務付けられ、それがかなりの部分実施されたこと、料金を物価スライドで 1 年ごとに値上げしてることが効果を上げているものである。これら施策は今後も堅持されると予想されるため、料金収入は一定の割合で増加すると予想される。また、収入と営業費のバランスは各年とも収入が上回っており、経営状況は良好と判断される。

さらに、BID によるコチャバンバ市南部水道整備プロジェクトでは、財務の健全性を達成することが融資実行の条件となっていたが、2007 年 3 月の BID の評価では健全性は達成できたと評価された。このようなことから、SEMAPA の財政状況は少なくとも維持管理に関しては健全なものと評価できる。

表 2.2 SEMAPA の損益計算

(単位 : BOB)

項 目			年（会計年度は 1 月 1 日から 12 月 31 日まで）		
			2004 年	2005 年	2006 年
収 入	料金収入		55,206,059	58,481,193	66,224,650
	その他収入		3,985,547	5,380,653	5,390,019
	計		59,191,606	63,861,846	71,614,669
	前年からの伸び率（％）		5.0	7.9	12.1
支 出	営業費	人件費	18,653,839	16,325,887	15,475,926
		薬品費	1,058,933	1,461,899	2,283,295
		動力費	9,051,245	8,700,950	7,668,805
		修繕費	1,024,182	765,076	816,622
		その他	2,149,382	1,799,271	1,824,155
		小計	31,937,581	29,053,083	28,068,803
	営業外支出		13,187,227	3,228,134	426,076
	計		45,124,808	32,281,217	28,494,879
損 益			14,066,798	31,580,629	43,119,790

(SEMAPA、Estados Financieros, 2006 による。)

(2) 料金体系

SEMAPA の住居に対する水道料金体系は以下の 4 つのクラスに分類されており、低層世帯ほど料金体系が安価となっている。

- R1 は、低層世帯
- R2 は、普通世帯
- R3 は、準高級世帯、2 階建ての建物
- R4 は、高級世帯、2 階建て以上の建物

住居の他に、C は商業、CE は商業＋特殊商業、I は工場、P は公共機関、S は病院等に対する料金体系がある。

ここにある世帯の水道料金体系の格付けは地区ごとに格付けされているわけではなく、家屋ごとに毎年、SEMAPA の調査員が行っている。

水道料金体系は、2002 年に設定された後、2005 年 11 月に 5%、2006 年 6 月に 5.42%、2007 年 3 月に 5.42% 上昇した。これらは、ドルの交換レートが 1US\$あたり、6 BOB、7 BOB、8 BOB と変動したことに対応するもので、原則半年に一度見直しすることになっている。

SEMAPA の料金体系を表 2.3 に示す。

表 2.3 SEMAPA の料金体系（2007 年 3 月改定）

（単位：BOB）

住宅用

分類	12m ³ /月 以下	25m ³ /月 以下	50m ³ /月 以下	75m ³ /月 以下	100m ³ /月 以下	150m ³ /月 以下	150m ³ /月 以上
R1	10.22	0.67	0.77	1.15	1.45	1.74	2.03
R2	20.37	1.09	1.21	1.81	2.19	2.54	2.90
R3	38.18	1.33	1.45	2.30	2.66	3.03	3.38
R4	63.60	1.58	1.71	2.68	3.05	3.42	3.78

住宅以外用

分類	12m ³ /月 以下	50m ³ /月 以下	100m ³ /月 以下	150m ³ /月 以下	250m ³ /月 以下	400m ³ /月 以下	400m ³ /月 以上
商業（C）	76.40	3.28	3.50	3.75	3.98	4.23	4.48
特殊商業（CE）	89.11	5.07	5.32	5.57	5.80	6.04	6.28
工業（I）	68.75	3.03	3.46	3.63	3.87	4.11	4.34
特殊（P）	33.54	1.33	1.45	1.81	2.05	2.30	2.54
公共（S）	55.99	2.18	2.30	2.41	2.66	2.90	3.14

料金の計算例を以下に示す。

例えば、R3 の世帯が 25m³/月の給水を使用した場合の料金は、以下のようになる。

12m ³	36.22 BOB
25-12=13m ³ 13×1.260 =	16.38 BOB
水道料金 Total	52.60 BOB

これに下水道料金として 40%が上乗せされる。

下水道料金 $52.6 \times 0.4 = 21.04$ BOB

合計（水道・下水道料金） 73.63 BOB

なお、住宅以外では下水道料金は水道料金の 65%が適用される。

2.1.3 技術水準

(1) 職員の資格

SEMAPA の人事規定では職種に対応する等級、等級に必要な資格が表 2.4 のとおりに定められている。

表 2.4 にはその充足率も示してあるが、大卒以上の資格を要する等級の充足率が低く、高学歴を要する等級の充足が困難になっていることが窺われる。日常の維持管理業務に関してはオンザジョブトレーニングにより技術を習得して遂行することは可能であるが、計画、管理業務の能力は不足している。SEMAPA はこの点を認識して、職員研修を実施して能力向上を図ろうと努めている。

表 2.4 SEMAPA の等級・資格とその充足率

職 種	SEMAPA 等級	資 格	現状人員	有資格者	充足率
総裁	なし	特に定めず			
役員（本部部長）	E1	修士終了または相当	2	0	0.0%
部長補佐	M4	大卒または会計士	1	1	100.0%
技師長 企画課長	M3		4	1	25.0%
本部課長 地区事務所長	M2		12	3	25.0%
本部係長 地区事務所課長	M1		30	3	10.0%
本部技師、分析室長	SS3	大卒または相当	12	8	66.7%
地区事務所主任	SS2	高卒	33	24	72.7%
分析室員、技能工	SS1		18	14	77.8%
中央分析室補助員 秘書 本部事務員 本部付技術工	DS2		185	48	25.9%
地区事務所の事務員 移動運転員、ポンプ場運転員 技術工 データ入力	DS1	専門学校または職業 訓練所	171	27	15.8%
事務所掃除、雑役	BS1		16	2	12.5%

出典：SEMAPA 資料及び聞き取りによる。（2007 年 3 月現在）

(2) 施設の維持管理能力

SEMAPA では施設の維持管理はのオペレーション局（Gerencia Operaciones）の運転部（Departamento de Operaciones）が担当している。施設ごとの維持管理体制は表 2.5 のとおりである。

本プロジェクトではアランフェス浄水場が拡張される。現在のアランフェス浄水場の維持管理状況は適切な薬品注入が行われず、塩素消毒も不十分であり、拡張後の維持管理能力が懸念されるが、カラカラ浄水場は薬品注入、塩素消毒、逆洗管理等高速ろ過浄水場として極めて正常な運転が行われていて、SEMAPA 内にはこうした技術が蓄積している。アランフェス浄水場の水質の問題は、凝集沈澱設備の容量不足のため適正な薬品注入も行えないことが原因である。したがって、アランフェス浄水場の改良後は SEMAPA 内の要員（増員は必要）で維持管理が可能と判断される。

表 2.5 SEMAPA の維持管理体制

	現在の運転維持管理体制
アランフェス浄水場、カラカラ浄水場	- 浄水課（División de Tratamiento de Agua Potable）が担当。 - 浄水課長（SEMAPA 本部に勤務）を長として 6 名の運転員が運転。ただし、1 名は欠員。 - 浄水課付きの 4 名のスタンバイ要員が必要に応じて応援。
送水管	配水管管理課（División de Mantenimiento de Redes Agua Potable）が維持管理を担当。配水管管理課は定員 44 名に対して現在 35 名で増員中である。
ポンプ場	ポンプ場の運転は生産課（División de Producción）が担当。
配水池	配水課（División de Distribución）が担当する。

出典：SEMAPA からの聞き取り。

2.1.4 既存の施設・機材

(1) プロジェクト対象区域関連施設

プロジェクトに関連する既存施設を図 2.4 に示す。

要請ではアランフェス浄水場の浄水はカラカラアルト配水池に送られ、カラカラアルト配水池からは既存のセロベルデ行き送水管を使ってセロベルデ配水池分岐点まで流し（一部の管の交換は要請されていた。）、セロベルデ配水池分岐点から新たな送水管を敷設しシグロヴェインテポンプ場まで送水する計画となっていた。

しかしながら、実際にはアランフェス浄水場の浄水は現在は全量が D1、D2 配水区に給水され、カラカラアルト配水池に向かう送水管はバルブが締め切られている。D1、D2 配水区はアランフェス浄水場の浄水とチェンガラ集水埋渠等の水（季節変動が大きい。）が配水されている。アランフェス浄水場建設時には D1、D2 配水区には井戸開発により給水する予定であったが、その井戸開発に失敗したため、アランフェス浄水場からの送水管をバリレテ配水管につなぎ込みアランフェス浄水場の浄水を D1、D2 配水区に配水することとなった。また、

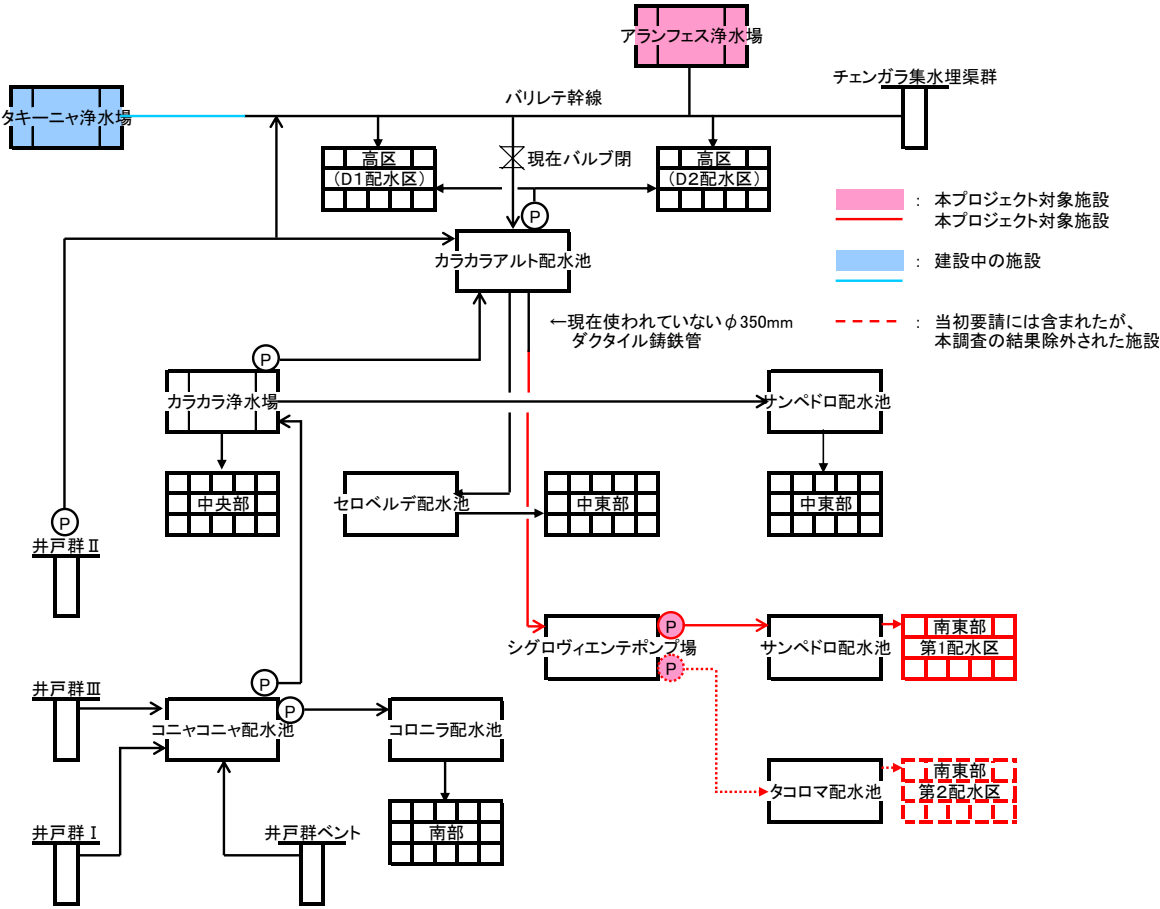
カラカラアルト配水池からも配水ポンプで配水出来る。D1、D2 の水需要は表 2.6 のように約 100 l/秒で、アランフェス浄水場の生産量全量である 90 l/秒にチェンガラ集水埋渠等の小さな水源の水量を加えてバランスしている。

D1、D2 配水区はシネルヒア・バリレテプロジェクト完成後はタキーニャ浄水場からバリレテ配水管に送水して、タキーニャ浄水場の浄水を配水することとなっている。

表 2.6 D1、D2 配水区の水需要量の推定

2006 年 人口	D1	30,033 人
	D2	69,317 人
	計	101,355 人
給水人口（給水普及率 61%）		61,827 人
水需要 （原単位：145 l/人/日とする）		8,965m ³ /日
		104 l/秒

一方、カラカラアルト配水池にはアランフェス浄水場からの水は送られず、カラカラ浄水場の浄水、井戸群の水の一部が送られ、D3 から D5 の配水区に配水が行われている。



(2) アランフェス浄水場の浄水をプロジェクト対象区域に配水する方法

既存の配水状況から明らかなように、現状ではアランフェス浄水場の浄水は D1、D2 地区に配水する必要があるため、カラカラアルト配水池経由でプロジェクト対象地域に送水することは困難である。

シネルヒア・バリレテプロジェクト完成後はアランフェス浄水場の浄水を D1、D2 の配水区域に配水する必要がなくなるため、アランフェス浄水場の浄水を 100% プロジェクト対象区域に配水することが可能となる。

この送水は現在閉じられているカラカラアルト配水池行きの送水管のバルブを開けることにより可能となる。ただし、現在カラカラアルトにはカラカラ浄水場の浄水、井戸群の地下水が送水され、いくつかの配水区への直接配水、あるいは二次配水池を経ての配水を行っている。カラカラアルト配水池には現在使われていない 350mm のダクトイル管が接続されており、3 章に詳細を述べるとおり、この管を活用しアランフェス浄水場の浄水をプロジェクト区域（シグロヴェインテポンプ場）まで送水することとなる。

このため、アランフェス浄水場の浄水をプロジェクト区域に優先的に配水するためには、カラカラアルト配水池のバルブを操作し、送水量を制御する必要がある。

(3) プロジェクト区域内の SEMAPA 建設施設

本プロジェクトではシグロヴェインテポンプ場の土木構造物、ディエスデフェブレロ配水池は SEMAPA が建設する。2007 年 6 月現在、シグロヴェインテポンプ場は土木構造物は 90% 完成した状態であり、ディエスデフェブレロ配水池は完成しているものの、水密試験は終わっていない状態である。

2.2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

2.2.1 関連インフラの整備状況

(1) 道路

プロジェクト施設の各サイトは十分な幅員を要する道路に面している。ただし、アランフェス浄水場へのアクセス道路は山道で部分的な補修を要する。

(2) 電気

電気を要する施設はポンプ場とアランフェス浄水場であるが、アランフェス浄水場は既存で既に電力が供給されている。拡張により薬注ポンプ等が増加するが、小容量であるため特に増設は必要ない。

シグロヴェインテポンプ場は新設（ポンプ井はボリビア側がすでに設置、本プロジェクトではポンプのみを設置）であるため新たな電気の引き込みが必要となるが、市街地内に位置するため、引き込みに問題はない。

(3) 水道

本プロジェクトでは浄水場、ポンプ場の試運転、送配水管の水圧試験等に水道水が必要である。浄水場については既存の拡張であるため水道水の入手は可能である。

送水管、配水管等についてはほとんど部分が未給水区域になるが上流側から施工することにより、既存施設の水道水を利用することが可能である。

2.2.2 自然条件

(1) 地形・地質

「ボ」国は、3つの地勢区分があり、西部のアンデス地域に広がる標高約 4,000m の高原地帯（アルティプレーノ）、アンデス東麓の溪谷地帯（エル・バリェ）及び東部の平原地帯（オリエンテ）とに分かれる。コチャバンバ市は溪谷地帯に位置し、リアル山系の一部をなすトゥナリ山系の南斜面にある標高約 2,500m の盆地地である。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。



図 2.5 ボリビアの地質

コチャバンバ市周辺の地質は「東コルディジュラ山系（東アンデス山系）」に属する。岩層は変化に富み、古生代の深海成～陸成岩類が分布し、新生代になると火山岩や火山破屑岩類が卓越している。度重なる造山運動を受け、南北系の軸を持つ複雑な褶曲構造や断層帯が形成されている。

(2) 気 候

コチャバンバ市の平均気温は 15～20℃と温暖な気候であるが、一日の寒暖差が大きく、冬の 6 月頃には中間気温差が 25℃以上にもなる。年間降水量は約 450mm と少ないが、雨期と乾期が明確に分かれていて、年間降水量の約 90%が雨期（11 月～4 月）に集中し、乾期（5 月～10 月）には月平均降水量は 20mm に満たない。一方、市北側の山岳部では年間約 1,000mm 近い降雨量があり¹、河川に流入するほか盆地に地下水を涵養し、地表水と地下水は豊富で市の水道水源となっている。

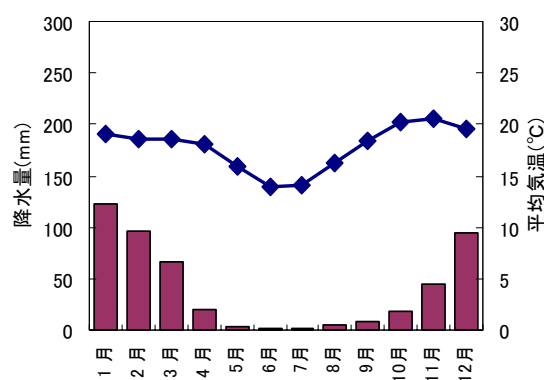


図 2.6 コチャバンバの気候

¹ （出典）「コチャバンバ市上水道整備計画基本設計調査報告書（1991 年）」

(3) 水系

「ボ」国はアンデス山脈を分水嶺として、「アマゾン流域」、「湖沼流域」及び「ラ・プラタ流域」の3流域に分かれ、それぞれ国土の約65%、21%及び14%を占めている。

コチャバンバ市はアマゾン流域のグランデ川流域に属し、サカバ流域(440km²)及びコチャバンバ流域(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流入し、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西部へと流れる。



図 2.7 ボリビアの流域区分

(4) 水質

2006 年におけるアランフェス浄水場の原水及び浄水の水質検査結果を表 2.7 に整理する。

表 2.7 アランフェス浄水場の原水及び浄水水質試験結果 (2006 年)

			Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	平均
検査日数			13	9	8	0	5	10	9	12	12	13	16	9	
濁度 (NTU)	原水	最大	14.00	19.00	1.90	—	0.90	1.20	0.90	1.50	1.00	2.50	3.00	2.10	4.36
		最小	1.20	1.50	0.60	—	0.80	0.70	0.50	0.70	0.50	0.40	0.70	1.20	0.80
		平均	6.52	12.48	0.99	—	0.84	0.86	0.70	0.85	0.76	0.90	1.25	1.53	2.52
	浄水	最大	0.90	1.00	0.80	—	0.60	0.40	0.60	0.60	0.40	0.70	0.90	0.80	0.70
		最小	0.50	0.60	0.40	—	0.30	0.30	0.40	0.30	0.20	0.20	0.30	0.50	0.36
		平均	0.73	0.77	0.54	—	0.42	0.39	0.46	0.41	0.32	0.39	0.52	0.62	0.51
色度	原水	最大	42	44	53	—	26	34	36	25	19	33	38	33	35
		最小	28	32	17	—	15	26	17	11	10	6	13	25	18
		平均	33	40	26	—	21	28	26	18	14	16	25	28	25
	浄水	最大	22	22	18	—	13	19	24	14	12	20	20	18	18
		最小	15	13	8	—	10	8	10	8	3	5	7	9	9
		平均	19	20	13	—	11	13	17	11	8	10	12	12	13
pH	原水	最大	7.53	7.29	7.18	—	7.59	8.07	8.05	7.43	7.43	7.52	7.47	7.66	7.57
		最小	5.52	6.25	5.36	—	5.44	7.08	6.86	6.05	6.90	6.91	6.91	6.72	6.36
		平均	6.67	6.65	6.44	—	6.58	7.61	7.35	6.99	7.15	7.19	7.21	6.99	6.98
	浄水	最大	7.33	7.22	8.26	—	7.76	8.00	8.08	7.38	7.15	7.34	7.41	7.39	7.57
		最小	5.62	6.29	5.32	—	5.45	7.28	6.70	6.70	6.65	6.80	6.76	5.12	6.24
		平均	6.53	6.69	6.85	—	6.77	7.58	7.20	7.00	7.00	7.14	7.02	6.78	6.96

は、浄水においてボリビア水質基準 (NB512) を満足していないもの。

ボリビア水質基準：濁度 < 5NTU 以下、色度 15 度以下、pH 6.5～9.0

表 2.7 から判るように、濁度は、雨期で最も雨量の多い1～2月において原水が濁度が高くなる傾向にあるが、現在の浄水施設において水質基準以下に浄水出来ている。色度は雨期

に高くなる傾向にあり、この期間を中心にほぼ通年水質基準を満足していない。また、pH についても同様に雨期に低くなる傾向にあり、最小値を下回り酸性となっている。

これらより、濁度除去については既存施設で対応可能であるが、pH 調整を適切に行い凝集沈澱砂ろ過の能力を確保する必要があることが判明した。

なお、本調査で重金属等の分析も行ったがこれらに特に問題はなかった。(添付資料-5 参照)

第 3 章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3.1 プロジェクトの概要

3.1.1 上位目標とプロジェクト目標

本プロジェクトの上位計画として以下の計画が挙げられる。

- 国家基礎衛生計画 (Plan Nacional de Saneamiento Básico 2001-2010)、基礎衛生管理局、2001 年
- コチャバンバ市上下水道公社事業開発戦略プラン (PEDS)、SEMAPA、2002 年
- コチャバンバ市上下水道マスタープラン (PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CIUDAD DE COCHABAMBA)、SEMAPA、2002 年

国家基礎衛生計画は 2010 年を目標として、都市部、村落部別に上下水道の整備目標を示している。コチャバンバ市は都市部であり、国家基礎衛生計画では都市部の給水普及率を 2000 年に 90%、2010 年には 96%とすることを目標としているが、コチャバンバ市の場合は 2005 年の給水普及率は 48%に過ぎず、著しく整備が遅れている。

これに対して SEMAPA は SISAB の事業認可の条件を満たすため 2002 年に 40 年間の上下水道整備の事業計画 (PEDS) を策定している。PEDS では 2040 年に給水普及率をほぼ 100%にすることを目標とし、そのための水源開発目標、無収水管理目標等を定めている。ちなみに本プロジェクトの目標年となる 2015 年時点での PEDS の目標給水普及率は 86%である。

コチャバンバ市上下水道マスタープランは PEDS の目標を達成するための施設整備計画で、給水区域全体を 4 つの送配水系統に分けた整備計画を提案している。本プロジェクトは 4 つの系統の一つである南部系統の水道施設を整備することを目標としており、これらの上位計画に合致する。南部系統は本プロジェクトと BID の融資による南部水道整備プロジェクトにより整備される。

3.1.2 プロジェクトの概要

本プロジェクトは現在 SEMAPA の給水サービスが実施されていない第 1 配水区 (SEMAPA 配水区 D6、D8、D14 の一部、D7 全部)²への給水サービスの提供を目的として、浄水場の拡張、送水管及び配水管の敷設、送水ポンプの設置、二次配管及び給水装置の調達、水質検査機材の調達を行うものである。

² 要請では第 2 配水区 (SEMAPA 配水区 D8、D14 の一部) を含んでいたが、後述のとおり、第 2 配水区は技術的な問題点から除外された。

本プロジェクトを実施することにより、目標年 2015 年において対象区域内の約 5 万人（2015 年推定人口、58,435 人の 86%³が給水サービスを受けると仮定）が以下の便益を受けることが期待できる。

- 対象区域内全員が水質の保障された SEMAPA からの給水を受けることが出来る。
- その結果、水系疾病の罹患のリスクを削減することができる。
- 給水車から給水を受けていた人たちが各戸給水を受けられるようになる。
- OTB（Organización Territorial de Base 町内会的住民組織）等が運営する既存の給水サービスに比べ廉価な給水を受けられる。

本プロジェクトの概要は表 3.1 にまとめたとおりである。

表 3.1 プロジェクトの概要

プロジェクトの要約	指 標	指標データ入手手段	外部条件
<u>上位目標</u> ✓ 給水サービスの質が向上し、プロジェクト対象地域の住民の生活環境が改善される	✓ 住民満足度	✓ アンケート調査等	
<u>プロジェクト目標</u> ✓ プロジェクト対象地域の住民に安全で十分な水が連続して供給される	✓ 大腸菌群数 ✓ 給水車給水の減少 ✓ 給水時間	✓ 水質調査結果 ✓ 浄水場運転記録 ✓ 料金徴収記録	
<u>成 果</u> ✓ 浄水能力の質的、量的改善 ✓ 第 1 配水区への送配水施設の完備	✓ 浄水能力	✓ 工事記録 ✓ 管路維持管理記録	
<u>活 動</u> ✓ 浄水場の改修拡張 ✓ 送水管、配水池建設 ✓ ポンプ設置 ✓ 一次配水管の敷設 ✓ 二次配水管、給水装置の調達	<u>投 入</u> <日本側> ✓ 浄水場の改修拡張工事資金 ✓ 送水管、配水管、ポンプの敷設の建設資金 ✓ 二次配管、給水装置調達資金 ✓ 設計・建設技術者 <「ボ」国側> ✓ 建設費・運営費策 ✓ 設計・建設技術者 ✓ 二次配管、給水装置の敷設		

³ PEDS では 2015 年の給水普及目標を 86%としている。これは SEMAPA 給水区域内人口のうち、実際に給水を受ける人口を示している。すなわち、SEMAPA の給水施設が整備されても 100%の人口が給水を受けないことを前提としている。この比率は地域によりバラつきがあるものと想定されるが、PEDS ではコチャバンバ市全体の平均値を与えている。したがって、本プロジェクトの給水対象区域でも全員が給水を受けるようにはならず、平均値の 86%の人口が給水を受けるものと想定した。

3.2 協力対象事業の基本設計

3.2.1 設計方針

(1) 要請内容

2006 年 9 月の予備調査で確認され、さらに基本設計調査時の協議によって最終的に確認された要請内容は表 3.2 のとおりである。

表 3.2 要請内容

項 目	要 請 内 容	備 考
(1) アランフェス浄水場の改修または拡張	- 浄水能力の 120 l/秒への拡張。 - 着水井、フロック形成池を新設。薬注（凝集材、pH 調整剤）ポンプの新設。 - 沈澱池の新設。 - ろ過池の不足分の増設。逆洗水量調整弁の設置。 - 浄水池は改修せず。 - 次亜塩素酸カルシウム注入装置の新設 - 洗浄排水池、返送ポンプの新設 - pH 計、電気伝導度計、濁度計の調達	なし
(2) 送水設備及び配水池建設	- カラカラアルト配水池、シグロヴェインテポンプ場間送水管： DIP φ 350 mm×8.1 km - シグロヴェインテポンプ場、ディエスデフェブレ間： DIP φ 300 mm×0.7 km - シグロヴェインテポンプ場、タコロマバホ配水池間： DIP φ 250 mm×6.7 km - タコロマバホ配水池、タコロマ配水池間： DIP φ 200 mm×0.8 km - タコロマバホ配水池 - タコロマバホ配水池、タコロマ配水池間送水ポンプ： 0.2 m³/分（3 l/秒）95 mH×2 台（うち 1 台予備）	タコロマバホ配水池及びタコロマ配水池への送水管及び送水ポンプはミニッツ協議後、テクニカルノートにおいて要請された。
(3) 一次配水管敷設	- 第 1 配水区：PVC φ 150～500 mm×18.7km - 第 2 配水区（低区配水区）：PVC φ 150～300 mm×8.7 km 注：タコロマ高区配水区（タコロマ配水配水池）からの配水管は全て二次配管として扱う。	なし
(4) 二次配水管資材調達	- 既存道路及び計画道路、民家の分布、水組合等による給水区域を考慮して二次配管計画を行う。 - 水組合等の給水区域は二次配管計画対象外とする。	
(5) シグロヴェインテポンプ場ポンプ調達及び設置	4.9 m³/分（85 l/秒）80 mH×2 台（うち 1 台予備） 2.0 m³/分（35 l/秒）155 mH×2 台（うち 1 台予備）	なし
(6) 給水装置資材調達	二次配管資材調達に準ずる。	なし

注：第 2 配水区が事業対象から除外された結果、グレーの網掛けの施設は事業内容から除外された。

(2) 基本方針

上記要請に対して以下の方針で基本計画を行うものとする。

1) 設計基準

「ボ」国の水質基準及び供給基準を満足する水質を確保するために、「ボ」国及び必要に応じて日本水道施設設計指針値に準拠した。管理目標とした水質基準は、以下のとおりである。

- 濁度：5NTU 以下
- pH：6.5～9.0
- 色度：15 度以下
- 大腸菌群：0-CFU/100ml
- 残留塩素：0.2～0.5mg/l

また、供給基準としては給水末端における最小動水圧を 1.0 kgf/cm² とした。なお、「ボ」国には耐震基準は無いものの、地震の発生は観測されており、日本の耐震基準に準拠した施設とすることとする。

2) プロジェクト対象給水区域

シグロヴェインテポンプ場からタコロマ配水池への送水、第 2 配水区内の配水には、以下の技術的な問題点が明らかになった。

- シグロヴェインテポンプ場からタコロマ配水池への送水には 250m 以上の揚程が必要となり安全上の問題、管材の入手困難の問題がある。
- 送水途中に大規模な溪谷を横断し、斜面が不安定であるため、大幅な迂回が必要となる。
- 第 2 配水区内には約 170m の圧力差があり、一つの配水区として扱うには高圧管の敷設あるいは多数の減圧弁の設置等の無理があり、低区用に配水池を設置し、配水区を最低でも高区、低区に分ける必要がある。

これらの技術的な問題を克服するためには、送水ルートを大幅に迂回し、低区配水池、低区配水池からタコロマ配水池（高区配水池）への送水ポンプが必要になる。必要施設の概略検討結果を添付資料－7 に示すが、基本設計を行うためには現地調査に基づく基本計画が本来必要であるが十分な計画は行われていない。さらに、第 2 配水区は道路が未整備な地域が多く、現時点では一次配管、二次配管の敷設計画を策定することは困難で、プロジェクト完成後直ちに二次配水管を設置して第 2 配水区全体に配水するのは難しいと判断できる。

したがって、第 2 配水区整備を本プロジェクトで実施するのは時期尚早と判断され、事業内容から除外するものとする。

3) アランフェス浄水場計画浄水量

第 1 配水区の水需要は 81 l/秒、第 2 配水区の水需要は 32 l/秒であることが確認された。（詳細は参考資料－8 参照）①で述べたように第 2 配水区がプロジェクトから除外されたこ

とから、プロジェクト対象地区の水需要は 81 l/秒となるが、以下の理由からアランフェス浄水場は要請どおり 120 l/秒の処理能力まで拡張するものとする。

現在のアランフェス浄水場の浄水はすべて D1 及び D2 配水区に配水されている。D1、D2 配水区の水需要は約 100 l/秒で、本プロジェクト完成後は現在建設中のタキーニャ浄水場の浄水を配水することとなっている。タキーニャ浄水場はエスカラニ水源を原水とするが、エスカラニ水源は現在はカラカラ浄水場の原水として使用されているものの、ミシクニ水源からの導水増量及びエスカラニ水源からカラカラ浄水場への導水量の減量によりタキーニャ浄水場の原水を確保する計画となっている。

しかし、タキーニャ浄水場は 400 l/秒の能力で建設されているものの、エスカラニ水源からの導水量は水力発電の運転により左右されるため、通年 400 l/秒の導水は困難と考えられる（2006 年の実績で 320 l/秒）。将来的にはミシクニからの導水が増加すればこの不足は解消できるが、ミシクニからの用水受け入れの長期的ビジョンを決定していない状況では、タキーニャ浄水場原水の不足、すなわち D1、D2 配水区を含むタキーニャ浄水場配水予定区での給水量不足は当面は続くものと考えられる。したがって、アランフェス浄水場はできるだけ能力を拡張して、第 2 配水区配水分 81 l/秒の余剰分を D1、D2 配水区に配水することが必要である。

一方、第 2 配水区の整備にあたっては、水源はアランフェス浄水場の浄水とせざるを得ない。したがって、アランフェスを浄水場を 120 l/秒に拡張しておけば、当面はタキーニャ浄水場の不足を補い、将来は第 2 配水区整備の水源を確保することが可能になる。

4) アランフェス浄水場原水

アランフェス浄水場の水源であるワラワラダム取水可能量は 90 l/秒である。SEMAPA は 2007 年 3 月よりホンコ水源開発プロジェクトを実施し、新たに 30.6 l/秒の水源開発を行う。その結果、アランフェス浄水場の原水量は 120.6 l/秒が確保される。しかしながら、SEMAPA の表流水の開発水量の考え方は渇水年を考慮しない。平均降雨量に対する取水可能量であるため、計算上は 2 年に一度 120.6 l/秒の水源量が確保されない期間が生じることになる⁴。したがって、本プロジェクト完成後もプロジェクト対象地域に常時 24 時間給水で十分な水量を給水することを保障することはできない。以上より水源量減少時には現在実施されているように時間給水等で給水量を制限することを前提とする。

5) アランフェス浄水場の浄水方法

アランフェス浄水場の原水であるワラワラダム表流水において、除去対象となるのは濁度及び色度である。また、pH も低い傾向にあり調整を行う必要もある。しかし、その他の物質についてボリビア国水質基準（NB512）を満足している。

⁴ 河川水量は降雨量に支配されるが、降雨量は年ごとに大きく変動する。河川からの取水可能量、ダムの開発水量を決定する場合は、年降雨量を統計的に処理して、何年かに一度起こる渇水年に取水できる水量を開発水量とする。日本の場合は通常は 10 年に一度の渇水年（10 年確率渇水）に確保できる水量を開発水量としているが、ホンコ水源開発プロジェクトでは各年の平均水量によっているため、2 年確率渇水に相当し、単純には 2 年に一度の確率で開発水量が確保できない期間が生じることになる。

これらのうち、濁度は現在の浄水施設で除去できているものの、色度及び pH については浄水においても水質基準を満足していない。(表 2.7 参照) これらの原因は、凝集剤を適切に注入していないことに加え、急速攪拌による凝集剤の攪拌、フロック形成、凝集沈澱の設備の容量が何れも過小で十分な凝集沈澱による色度の吸着が出来ないためである。したがって、これらの凝集設備を改善することにより十分な色度除去機能を得ることが可能となる。また、これらの凝集沈澱ろ過（急速ろ過方式）は SEMAPA が現在運転している浄水場でも採用されており、維持管理上の経験も豊富である。なお、pH 調整については、既設の調整設備を改良することにより対応可能である。

なお、プロジェクト対象地域では現在は SEMAPA の水は給水されておらず、地下水、無処理の表流水等が給水されているため、色度、濁度、大腸菌群数等、水質基準が満足されない例が多いことから、プロジェクトの水質改善効果は大きい。

6) カラカラアルト～シグロヴェインテポンプ場送水管

カラカラアルト配水池からシグロヴェインテポンプ場への送水は要請では既存配水池への送水管を使用する計画であったが、現地調査の結果、既存管では管径が不足することが明らかになり、既存管部分も新たな管を使用する必要があることが判明した。しかし、この場合、必ずしも要請のルートが最短とはならない。したがって、当該送水管ルートについては要請ルートに加え 2 つの代替えルート設定し、比較・検討することとする。

7) 二次配管・給水装置の調達対象

第 1 配水区には OTB 等が運営する給水サービスが存在する。SEMAPA は本プロジェクト完成後はこうした給水サービス運営主体に浄水を販売し、配水、課金、料金徴収は給水サービス主体の管理に任せることを基本方針としている。将来的には漸次こうした給水サービスを廃止していく方針であるが、プロジェクト実施直後は OTB 等による給水サービスを存続させる方針である。なお、SEMAPA はこれらの給水サービス（水量、給水時間、料金等）のモニタリングを行い、必要に応じて適正サービスが行われるように指導する。したがって、こうした地域には二次配管の敷設、給水装置（水道メーター）の設置の必要はないため、二次配管、給水装置の調達対象から除外する。

(3) 設計方針

上記をもとに、プロジェクトの基本設計を以下に示す設計方針に基づいて実施することとする。

1) 自然条件に係る方針

- ① コチャバンバでは 1 月～3 月が雨期とされているが、降水量自体はそれ程多くない（最大月降雨量 120mm 程度）。したがって、工法の選定、工期の設定には降雨の影響を考慮する必要はない。

- ② コチャバンバは地震多発地帯ではなく、市内のほとんどの建造物では耐震設計は採用されていない。しかし、過去には地震が観測されている⁵ことから、耐震設計を採用するものとし、その基準としては日本の耐震基準を適用するものとする。

2) 社会経済条件に係る方針

- ① 本プロジェクトではアランフェス浄水場の拡張が必要である。浄水場拡張は現敷地内に拡張用地を確保することが不可能であったため、隣接地に拡張せざるを得ない。拡張用地は所有者が特定されておらず、所有者を確定したうえで、その使用权を取得する必要がある。SEMAPA は土地所有権を取得するための一連の手続きを行い、2008 年 1 月に使用权を取得した。
- ② 送水管の一部は市街地を通過する。埋設は全区間公道沿いで 2 車線ないしは 1 車線で、1 車線部分も十分な路肩を有するため、埋設工事に際して通行に及ぼす影響はきわめて小さく、工事に際して支障はない。

3) 建設事情/調達事情に係る方針

- ① 本プロジェクトでは SEMAPA が建設中のディエスデフェブレロ配水池、シグロヴェインテポンプ場がプロジェクト施設の一部となる。現地調査ではこれらの施設を視察する機会があったが、型枠、コンクリート打設の品質は十分なものとはいえなかった。したがって、施工計画にあたっては型枠・支保の設置、コンクリート打設に関して、十分な工事監理、技術指導を行う。
- ② 本プロジェクトではダクタイト管の敷設が大きな部分を占める。したがって、ダクタイト管の品質、納期がプロジェクトの品質、工期に影響する。最近他の無償プロジェクトにおいてダクタイト管の納入が遅延して工期に影響を及ぼす例もあり、品質は勿論、工期に関しても十分に配慮して調達先を検討する。

4) 実施機関の運営・維持管理能力に係る方針

- ① SEMAPA は本プロジェクトで建設される急速ろ過方式の浄水場をすでに運転しているため、特に新たな技術が導入されることはなく、既存の技術力で維持管理が可能である。アランフェス浄水場の浄水水質において色度及び pH が水質基準を満足していないのは、維持管理上の問題というよりは薬注設備及びフロック形成・沈澱設備の容量等の施設上の欠陥であることが明らかになったので、本プロジェクトにより施設が改善されることにより問題が解決されると予想される。
- ② 浄水処理に関しては適切な薬剤の注入が必要である。SEMAPA の財務状況は建設費、維持管理費を含めた収支で減価償却前では黒字を計上しているため、維持管理に関して資金不足が薬品注入の制約条件になるとは予想されず、適切な運転が可能と考えられる。

⁵ 例えば、1998 年 5 月にコチャバンバ県アイキレ市付近を震源とするマグニチュード 6.8 の地震が発生した。

5) 施設、機材等のグレード設定に係る方針

- ① 施設の仕様は原則として既存施設と同等のものとする。
- ② 運転、制御システムは建設費、故障時の修理の困難さを考慮し、安全性を損なわない限り自動式は避け、手動方式を採用する。
- ③ すべての配水は数時間分程度の貯水容量を持つ配水池経由となること、数時間にわたる停電がほとんどないことから、浄水場、ポンプ場には非常用電源を設置しない。

6) 工法/調達方法、工期に係る方針

- ① 複数班による施工等によりできるだけ工期を短くする工夫をする。
- ② 浄水場拡張工事にあたっては既存施設との接続等での断水をできるだけ短くする。
(つなぎ込み工事のための断水時間は数時間であるので、工事断水による影響はほとんど考えられない。)
- ③ 本プロジェクトは、A型国債で実施する。

7) 環境社会配慮に係る方針

ボリビア国の環境法では事業実施にあたり、予備調査、基本設計、詳細設計段階で環境調書 (Ficha Ambiental) を作成し、工事着工前までに環境許可 (Licencia Ambiental) を取得することが必要である。

本プロジェクトでは BID 融資による「南部水道整備計画」実施のために 2003 年 11 月に取得された環境許可が 2013 年 11 月まで有効である。ただし、「南部水道整備計画」では本プロジェクトの浄水場拡張を含まないため、浄水場建設の環境許可をプロジェクト開始までに取得することをプロジェクト実施の前提条件とした。

SEMAPA は平成 19 年 10 月に国家環境保護地区局 (SERNAP : National Service of Protected Areas) より環境許可を取得した。

3.2.2 基本計画

(1) 全体計画

1) 目標年・給水量

2015 年を目標年次として、PEDS の人口予測及び給水普及率、本調査で見直した日最大水需要量 (2015 年の想定無収水率 25%を含む) 140 l/日人からプロジェクト対象区域の水需要量を表 3.3 のように決めた。(詳細については本報告書、添付資料-4 参照。)

表 3.3 本プロジェクト対象区域水需要量計算結果

配 水 区	推定人口 2015 年	推定給水普及率 (2015 年 : %)	水需要原単位 (l/人日)	需 要 量	
				(m ³ /日)	(l/秒)
第 1 配水区	58,435	86	140	7,036	81
合 計	58,435	-	-	7,036	81

時間係数を 2.0 (ボリビア基準 NB689 による。)とし、時間最大需要量を以下のとおりとする。

日最大需要量： 7,036 m³/日

時間最大需要量： 14,072 m³/日

2) 給水レベル

給水圧は給水装置末端における最小動水圧を 1.0kgf/cm² とする⁶。給水時間は 24 時間連続給水を原則とするが、水源量減少時には時間給水も容認する。

3) 給水水質

ボリビア基準 (NB512) に準ずるが、アランフェス浄水場浄水でこれまで問題となっている⁷のは色度と pH であること、浄水場運転指標として濁度と残留塩素は重要であること、細菌学的な指標として大腸菌群は必須であることから、以下の項目を管理指標とする。

- 濁度 < 5NTU
- pH - 6.5 to 9.0
- 色度 15 度
- 大腸菌群数 0-CFU/100 ml
- 残留塩素 0.2 to 0.5 mg/l

(2) 施設計画

プロジェクト対象の施設配置を図 3.5 の全体平面図に示す。

1) アランフェス浄水場拡張

現地調査の結果から以下の施設計画方針を決めた。

- 現状の運転では高濁度時のみに凝集剤を加えているために、平常時の色度除去ができない。また、原水の pH が低いにもかかわらず pH 調整剤を加えないため、濁度除去、色度除去が充分でない⁸。したがって、既設薬品注入施設（現在は使われていない。）を活用し、薬注ポンプを新たに設置して、pH 調整剤、凝集剤を常時添加するようにする。
- 凝集工程では原水に凝集剤を加えた後、一定の時間を確保して凝集剤によるフロックを形成させることが（この工程をフロック形成池という）必要であるが、現施設にはフロック形成池がない。また、フロック形成した濁質を沈澱で除去するには、

⁶ ボリビア基準 (NB689) では 1 万人以上の町では 13 m としているが、これはサービス管の接続点での水圧であり、給水装置末端では 10 m (1.0 kgf/cm²) 程度となる。

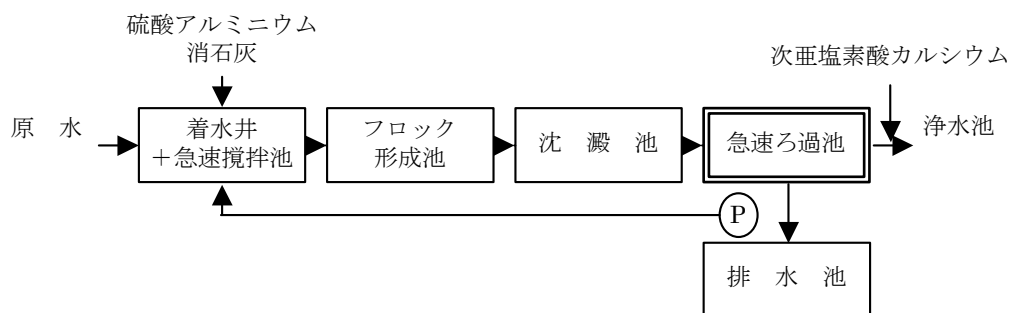
⁷ 本調査ではアランフェス浄水場流入水、ワラワラダム水の水質検査を行ったが、重金属等問題となる項目はなかった。

⁸ 通常の浄水工程に使用される凝集剤（硫酸アルミニウム、ポリ塩化鉄アルミニウムなど）は pH6 から 8.5 の範囲で効果的な凝集作用を発揮する。この範囲外では凝集剤の効果が低く、濁質を完全に除去できなくなる。アランフェス浄水場では原水の pH が 5.5 から 6.5 程度でアルカリ剤（消石灰）を加え、pH を上昇させることが望ましい。

一定時間沈澱池に滞留させることが必要であるが、現施設は沈澱池の容量が小さく必要な滞留時間が確保されていない。このため、形成されたフロック及びその沈澱による除去が十分でなく、ろ過池に大きな負荷がかかり、逆洗間隔が短くなり処理能力が低下している。したがって、フロック形成池、沈澱池を新設し、沈澱工程での濁質除去を確実にする。

- ろ過池は補足された濁質が溜まるとともに目詰まりが起こり、ろ過速度が落ちる。これを一定時間毎にろ材を洗浄する（逆洗という）ことにより、ろ材中の濁質を除去してろ過速度を回復させる。現施設では逆洗水の速度が大きすぎるためろ材が流亡している。これは逆洗水の水圧調整を高所にある逆洗水タンクの近くに設置されている流出弁で行わなざるを得ず、調整効果が発揮されていないためであり、水圧調整弁をろ過池近くに新設し、適正な逆洗水速度を確保することとする。
- 通常の浄水場では逆洗後の濁質を含んだ逆洗水は逆洗水槽に貯留後、一定の速度で着水井に返送し、原水と混合して浄水処理を行う。すなわち、逆洗水を回収することにより水量の損失を防いでいるが、現施設では逆洗水槽がなく、逆洗水は回収されることなく捨てられている。したがって、逆洗水槽を新設し、逆洗水を着水井に戻すポンプを設置し、逆洗による水量損失を防ぐ。
- ろ過池の大きさは公称能力の 100 l/秒の処理にはほぼ適切であるが、120 l/秒の処理には能力が不足する。したがって、既存のろ過池は残し、不足分を増設する。

以上より、下記フローに示す必要十分な容量を持つ凝集沈澱池ろ過システムを採用する。



注：急速ろ過池は現施設に隣接して増設、その他は現敷地外に新設

各施設の主要な仕様を表 3.4 に整理し、容量計算書を表 3.5 に示す。

表 3.4 アランフェス浄水場拡張の主要施設の仕様

施 設	方 式 等
着水井・急速攪拌池	堰による自由落下攪拌方式とする。
フロック形成池	水平迂流方式とする。
沈澱池	敷地の制限が少なく、傾斜管方式の場合藻類の発生を助長する懸念もあることから、横流式を採用する。 また、藻類発生を抑制するために、沈澱池流入前に次亜塩素酸カルシウムが注入できる施設とする。
急速ろ過池	既存施設は逆洗水の水量及び水圧コントロールが困難なシステムとなっており、ろ過池管廊配管を含めた改善が必要であるが、構造クラックは観察されず、既設の利用を前提に増設により対応できると判断される。ただし、砂層が 1.2 m と厚く洗浄に支障をきたしており、下部集水装置の更新を含めて改良を行う。 既存施設の計画値にあわせ、ろ過速度が 150 m/日以下となるように計画する。既存施設は 4 池であるが、同一形状の 2 池を増設することにより対応する。 また、老朽化している逆洗揚水ポンプについても更新する。
排水池	ろ過池 1 池分の洗浄水量を貯留できる容量とする。返送ポンプは、洗浄間隔及び浄水場内での給水を勘案し、1 池分の洗浄水量を 1 時間で返送できる能力とする。
薬品注入設備	既設の硫酸アルミニウム注入設備、消石灰注入設備の問題はない。ただし、現在は自然流下で注入しているが、新設着水井の水位が高くなるため、注入ポンプで対応する。 なお現在次亜塩素酸カルシウムは既設システムが故障により撤去されており、仮設の滴下方式で対応している。したがって注入設備を新設する。

表 3.5 アランフェス浄水場容量計算書

施 設 名	容 量 計 算
計画浄水量	計画水量：120 l/秒に対して、5%の浄水ロスを見込む $10,890\text{m}^3/\text{日} = 453.6\text{m}^3/\text{時}$ $7.56\text{m}^3/\text{分}$ $0.126\text{m}^3/\text{秒}$
着水井（新設）	1.5 分の滞留時間とする。（指針 ⁹ ：1.5 分以上） 必要容量 $=7.56\text{m}^3/\text{分} \times 1.5 \text{ 分} = 11.34\text{m}^3$ W4.4m×L2.0m×H2.0m（有効水深 1.5m）×2 池 有効容量 13.2m ³ 実滞留時間 1.75 分
混和池（新設）	堰式とする 1.5 分程度の滞留時間とする（指針：1～5 分） 必要容量 $=7.56\text{m}^3/\text{分} \times 1.5 \text{ 分} = 11.34\text{m}^3$ W2.0m×L2.0m×H2.0m（有効水深 1.5m）×2 池 有効容量 6.0m ³ ×2 池 実滞留時間 1.59 分
フロック形成池（新設）	水平迂流式とする 20 分程度の滞留時間とする（指針：20～40 分） 必要容量 $=7.56\text{m}^3/\text{分} \times 20 \text{ 分} = 151.20\text{m}^3$ W6.1m×L6.15m×H3.2m（有効水深 2.6m）×2 池 有効容量 85.68m ³ ×2 池 実滞留時間 22.66 分
沈澱池（新設）	横流式薬品沈澱池 22.5mm 分程度の表面負荷率（指針 15～30m ³ /分）とし、平均流速を約 0.4m/分以下（指針値）とする 必要面積 $=7.56\text{m}^3/\text{分} \div 0.025\text{m}/\text{分} = 302.4\text{m}^2$ W6.0m×L28.0m×H3.5m（有効水深 3.0m）×2 池 有効容量 504.00m ³ ×2 池 実表面負荷率 22.5mm/分 実平均流速 0.21m/分 実滞留時間 2.2 時間
急速ろ過池（増設）	急速ろ過方式 1 池洗浄時に 150m ³ /日以下とする。（指針 120～150m ³ /日） 必要面積 $=10,890\text{m}^3/\text{日} \div 150\text{m}^3 \div 5 \text{ 池} = 14.52\text{m}^2$ W2.5m×L6.0m×6 池（4 池既設） 実ろ過面積 15.0m ² ×6 池 実ろ過速度 145.2m ³ /日 逆洗水揚水ポンプ ろ過池逆洗浄 1 回分（90m ³ ）を 1 時間で揚水する容量とする $1.5\text{m}^3/\text{分} \times \text{H}28.0\text{m} \times 2 \text{ 台（内 1 台予備）}$
洗浄排水池（新設）	ろ過池逆洗浄 1 回分（90m ³ ）の貯留量とする W6.0m×L6.0m×H4.0m×1 池 有効容量 144m ³ ×1 池 洗浄排水返送ポンプ ろ過池逆洗浄 1 回分（90m ³ ）を 1 時間で返送する容量とする $1.5\text{m}^3/\text{分} \times \text{H}12.0\text{m} \times 2 \text{ 台（内 1 台予備）}$
硫酸アルミニウム注入設備（改修）	注入率 10～50mg/l 注入ポンプ 0.72～7.2 l/分×2 台（内 1 台予備）
消石灰注入設備（改修）	注入率 4～21mg/l 注入ポンプ 0.3～3.0 l/分×2 台（内 1 台予備）
次亜塩素酸カルシウム注入設備（改修）	注入率 0.5～2mg/l 溶解タンク 2.0m ³ 、貯留タンク 2.0m ³ 注入ポンプ 0.27～32.7 l/分×2 台（内 1 台予備）

⁹ 日本水道施設設計指針値

2) 送水管

ア) カラカラアルト配水池～シグロヴェインテポンプ場送水管

下記の3ケースについて比較検討を行った。各ケースのルートを図 3.1 に示す。

CASE-1：要請のセロベルデ配水池経由の既設石綿管ルート

CASE-2：サンペドロ配水池経由アラレイ湖西岸ルート

CASE-3：サンペドロ配水池経由アラレイ湖東岸ルート

各ケースの比較を表 3.6 に整理する。

表 3.6 カラカラアルト～シグロヴェインテポンプ場送水管ルートの比較

検討項目	CASE-1	CASE-2	CASE-3
送水能力上の問題	既設石綿管の能力不足は増径による布設替えで対応できるが、結果として全面的な布設替えとなる。	当初利用可能と考えていたφ600mmの配管については送・配水兼用で多くの分岐があり水量のコントロールが困難で、代替案であるφ350mmの未使用の管路を利用することとなる。	
水運用上の問題	セロベルデ配水池への送水も兼ねており、送水量のコントロールを行う必要がある。	専用送水管となるため、コントロールを行う必要はない。	
施工性	既設石綿管の布設替えを行うオケンド通りの交通量が多く制約となるが、施工は可能である。	河川を横断する必要がある。	
管路延長	φ400mm L≒7.5km φ350mm L≒1.9km 計 9.4km	φ350mm L≒8.8km	φ350mm L≒8.1km

以上より、河川横断は必要なものの、送水量の制御が不要で管路延長が短い CASE-3 を採用する。

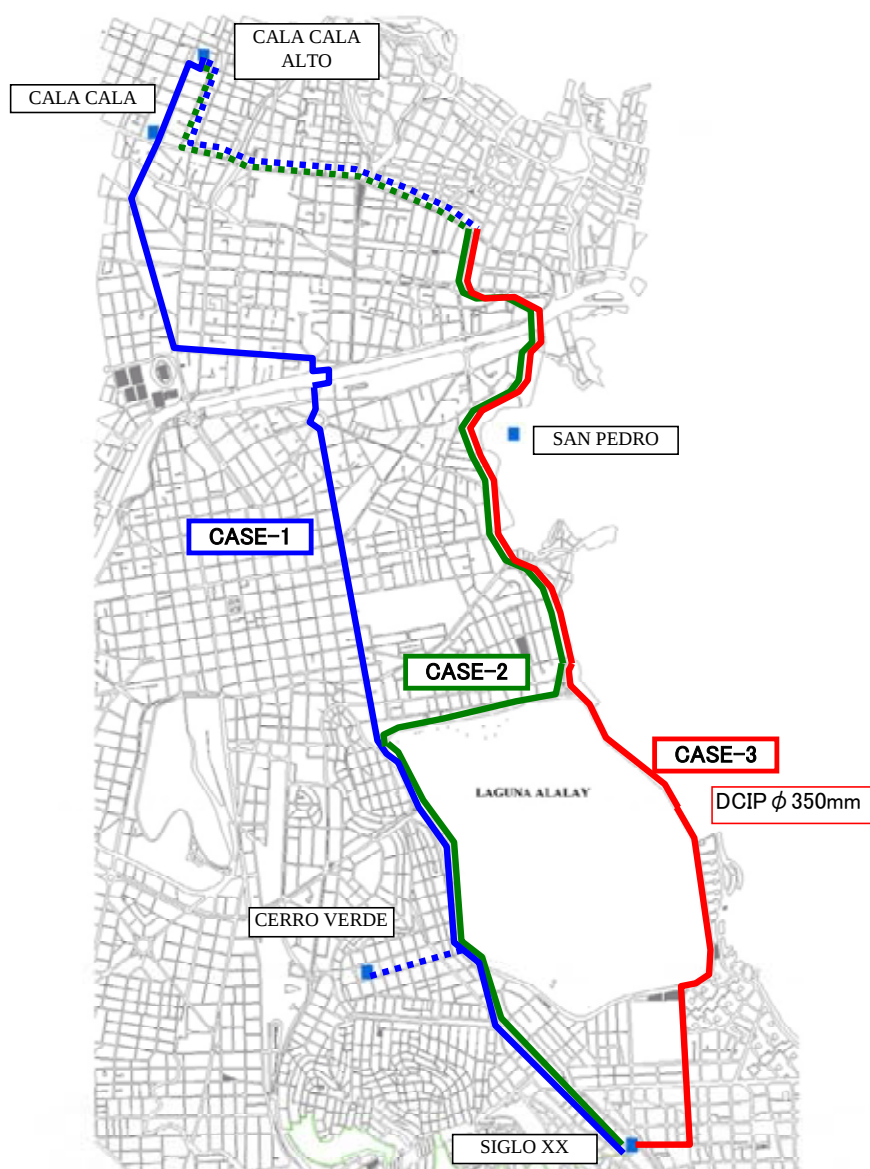


図 3.1 カラカラアルト～シグロヴェインテポンプ場送水管ルートの比較

1) シグロヴェインテポンプ場～ディエスデフェブレロ配水池送水管

図 3.2 に示すように、当初予定されていたルートは道路が整備されておらず、急勾配で現状では谷筋となっており、迂回ルートを選定した。



図 3.2 シグロヴェインテポンプ場～ディエスデフェブレロ配水池送水管

ウ) 送水管の諸元

送水管の口径については、経済性等を考慮して流速 1.0m/秒程度となるように管径を選定した。なお、カラカラアルト～シグロヴェインテポンプ場間の送水管に関しては、上流側で利用する既設管の管径を考慮し、将来の第 2 配水区への給水量（32 l/秒）にも対応出来ることを確認した。

表 3.7 にルート別の送水管の諸元を整理する。

表 3.7 送水管の諸元

送水ルート	材質	管径 (mm)	延長 (m)
カラカラアルト～シグロヴェインテポンプ場	ダクタイル鋳鉄管	350	8,156
シグロヴェインテポンプ場 ～ディエスデフェブレロ配水池	ダクタイル鋳鉄管	300	667
計			8,823

3) ポンプ設置

シグロヴェインテポンプ場に送水ポンプを設置して、ディエスデフェブレロ配水池へ送水する。

水 量： 2 台（内 1 台予備）とすると、81 l/秒（第 1 配水区給水量）＝4.9m³/分

揚 程： ● 実揚程 +2,645.6m（ディエスデフェブレロ配水池 H.W.L.）
 － +2,568.0m（シグロヴェインテポンプ場 L.W.L.）＝ 77.6m
 ● 管路損失水頭 φ 300mm L=0.7km C=110 I=0.7 パーミリ 4.2m
 ● ポンプ廻り損失水頭 3.2m
 85.0m

以上より、送水ポンプの仕様は以下のとおりとなる。

4. 9m³/分×H85. 0m×2 台（内 1 台予備）

4) 第 1 配水区一次配水管

要請案を基に現場を踏査し、数カ所の道路未整備箇所等でルートの見直しを行い、ルートを図 3.3 のように決定した。



図 3.3 第 1 配水区一次配水管

上記のルートに、地盤高、配水圧力、需要分布等を考慮して管網計算を行い、口径を決定した。なお、時間係数はボリビア国の指針より 2.0 とし、一次配水管における最小動水圧が 15.0m (1.5kgf/cm²) となるように管径を設定した。

なお、配水管は原則塩化ビニール管とするが、300mm 以上の管路に関してはダクタイル鋳鉄管となる。

表 3.8 に一次配水管の諸元を整理する。

表 3.8 一次配水管の諸元

管 径 (mm)	管 種	延 長 (m)
500	ダクタイル鋳鉄管	155
400	ダクタイル鋳鉄管	442
300	ダクタイル鋳鉄管	962
250	塩化ビニール管	3,390
200	塩化ビニール管	6,985
150	塩化ビニール管	6,918
計		18,852

(3) 機材計画

本プロジェクトでは二次配管、給水装置（水道メータ及びその付属品）、水質測定機器（pH計、電気伝導度計、濁度計）の機材供与が要請されている。

1) 二次配管、給水装置

自助努力を促す、調達した資機材が確実に敷設、施工されるという観点から、二次配水管及び給水装置の調達の対象範囲を以下のとおり限定する。（図 3.4 参照）

- 水組合等の配水施設が存在する地域については、その配水施設の水源もしくは接続地点まで二次配管で一次配管と接続して、水組合等にバルクで水を販売し、原則として配水管、給水装置の調達対象からはずす。
- 水組合等の配水施設がない地域については、二次配管を整備して給水装置を整備する。



図 3.4 二次配水管及び給水装置の調達の対象範囲

以上より、図 3.4 に示す一次配水管網から水組合給水拠点への連絡管と、水組合の配水施設が存在しない地域における二次配水管及び給水装置を見込む。

計画した二次配水管及び給水施設及び水質測定機器の諸元を表 3.9 に示す。

表 3.9 二次配水管及び給水施設の諸元

	管 径 (mm)	管 種	数 量
二次配管及び 給水施設	100	塩化ビニール管	5,342m
	80	塩化ビニール管	2,601m
	給水装置		500 組