

国際協力事業団
グアテマラ共和国
グアテマラ市水道公社

国際協力事業団
グアテマラ共和国
グアテマラ市浄水場改善計画基本設計調査
平成6年1月

グアテマラ共和国
グアテマラ市浄水場改善計画
基本設計調査報告書

平成6年1月



株式会社 協和コンサルタンツ
株式会社 東京設計事務所

株式会社 協和
株式会社 東京

618 GRF

94-027

無調一
CR4)
94-027



1129400(6)

国際協力事業団
グアテマラ共和国
グアテマラ市水道公社

グアテマラ共和国
グアテマラ市浄水場改善計画
基本設計調査報告書

平成6年1月

株式会社 協和コンサルタンツ
株式会社 東京設計事務所

序 文

日本国政府はグアテマラ共和国政府の要請に基づき、同国のグアテマラ市浄水場改善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5年8月1日から9月9日まで当事業団無償資金協力調査部基本設計調査第1課の石岡秀敏を団長とし、株式会社協和コンサルタンツ及び株式会社東京設計事務所の団員から構成される基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、グアテマラ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、当事業団無償資金協力調査部基本設計調査第1課の朝倉譲を団長として平成5年12月7日から12月16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6年1月

国際協力事業団
総裁 柳谷 謙介

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 柳谷 謙介 殿

今般、グアテマラ共和国におけるグアテマラ市浄水場改善計画基本設計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。

本調査は貴事業団との契約に基づき、株式会社協和コンサルタンツ並びに株式会社東京設計事務所によって構成された共同企業体が平成5年7月27日から平成6年1月31日までの6カ月間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、グアテマラの現状を十分踏まえ、本計画の妥当性を検討するとともに、日本の無償資金協力の枠組に最も適した計画の策定に努めてまいりました。

尚、同期間中、貴事業団を始め、外務省、厚生省関係各位には多大のご理解並びにご協力を賜り、お礼を申し上げます。また、グアテマラにおける現地調査期間中は、経済企画庁、グアテマラ市水道公社、在グアテマラ日本国大使館の貴重なご助言とご協力を賜ったことも付け加えさせていただきます。

貴事業団におかれましては、本計画の推進に向けて、本報告書を大いに活用されることを切望致す次第です。

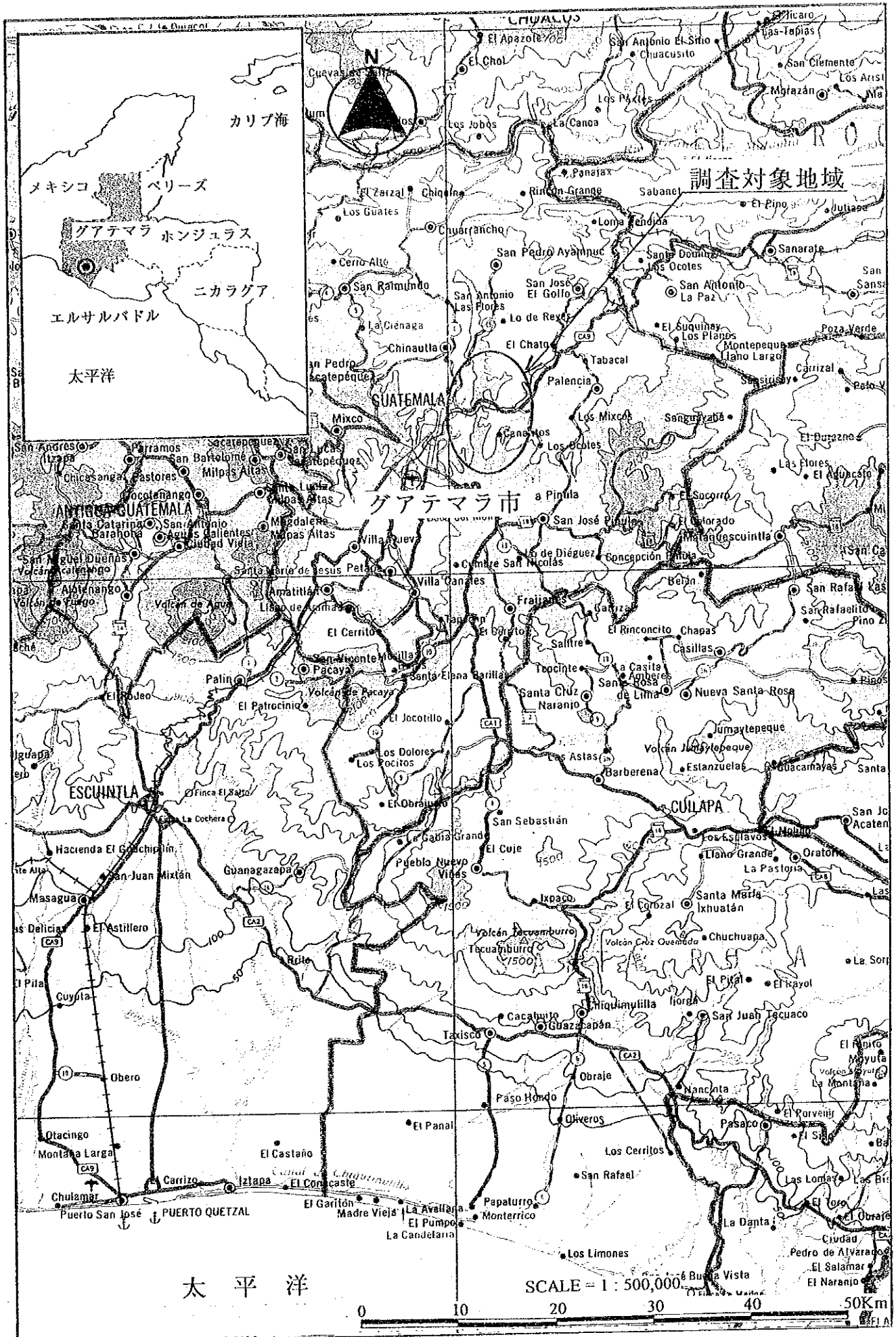
平成6年1月

株式会社 協和コンサルタンツ

株式会社 東京設計事務所

グアテマラ市浄水場改善計画基本設計調査団

業務主任 山羽 真士夫



カリブ海

メキシコ ベリーズ

グアテマラ ホンジュラス

ニカラグア

エルサルバドル

太平洋

調査対象地域

グアテマラ市

ANTIGUA GUATEMALA

ESCUINTLA

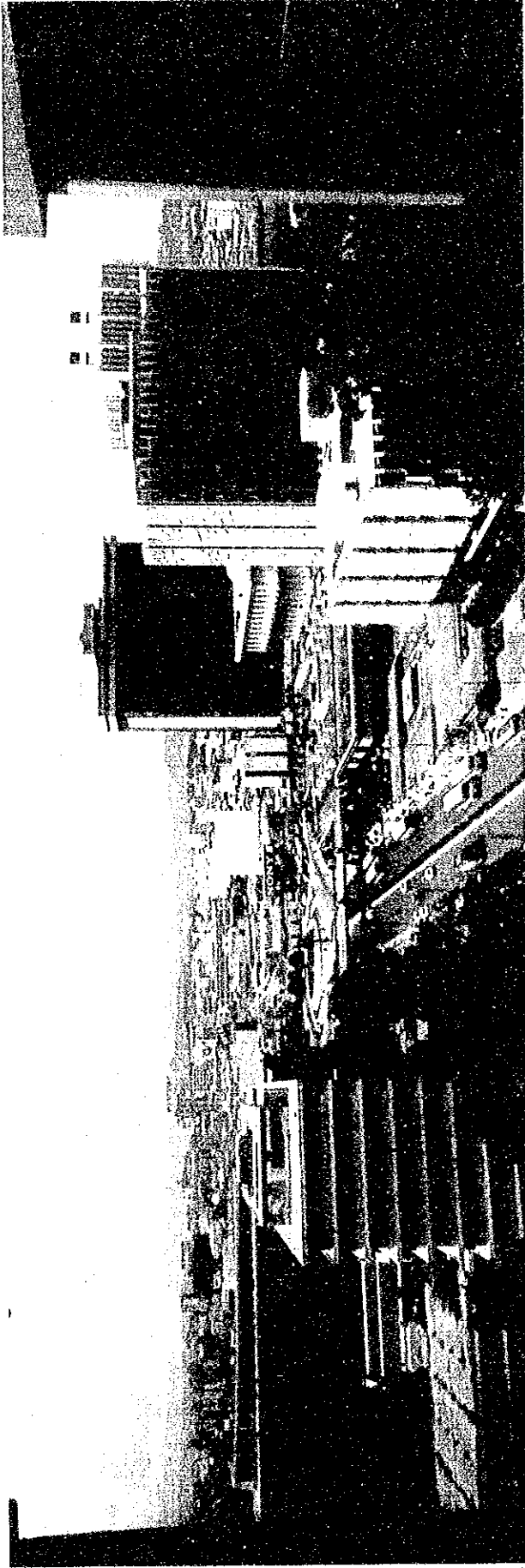
CÚCUTA

太平洋

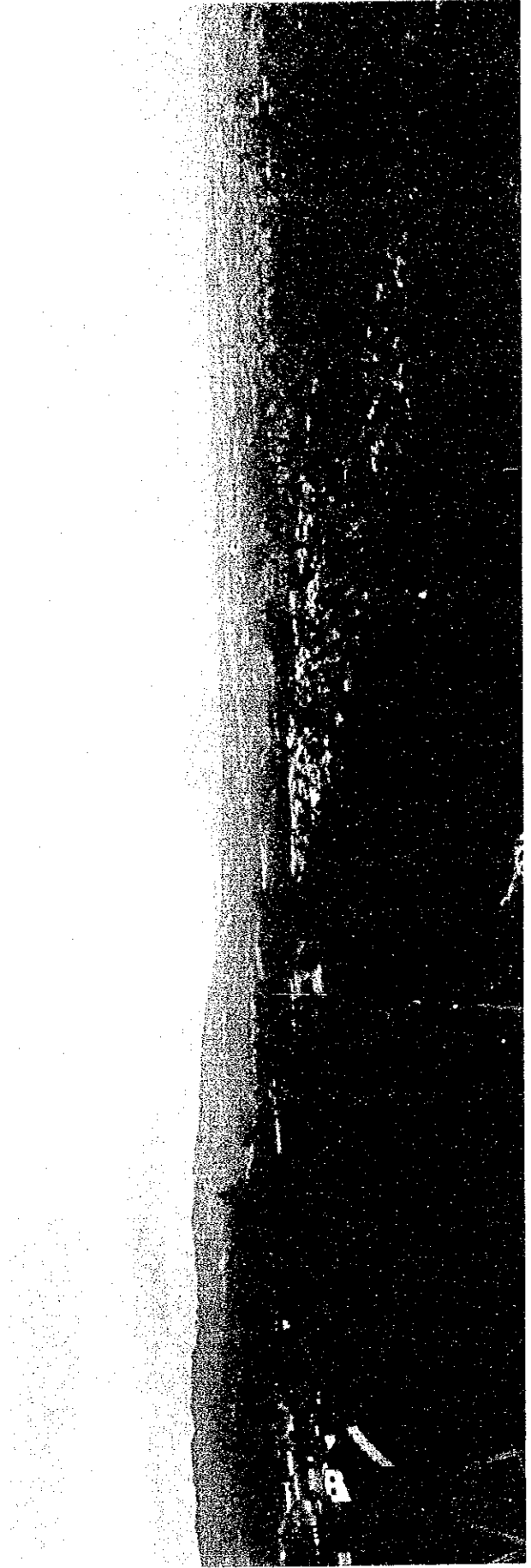
SCALE = 1 : 500,000

0 10 20 30 40 50 Km

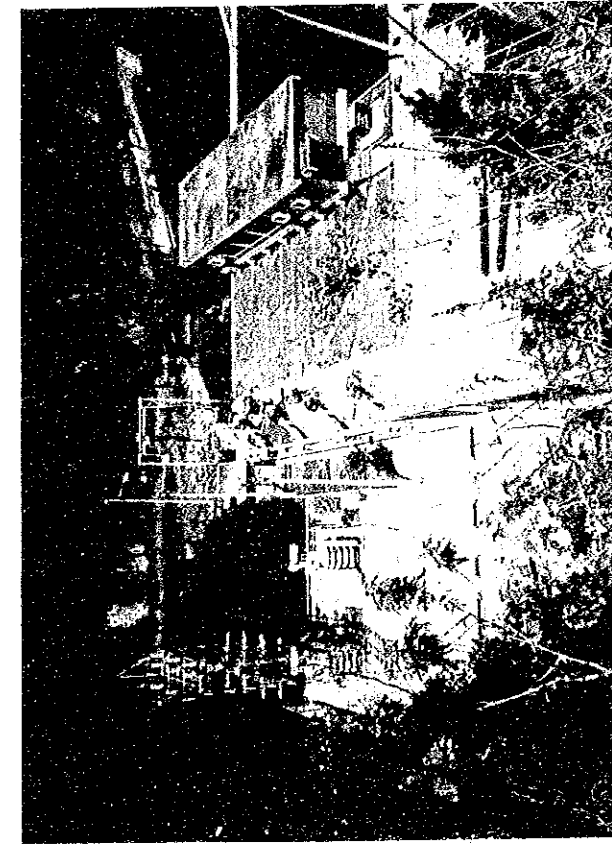
位置図



グアテマラ市街（EMPAGUA事務所より）



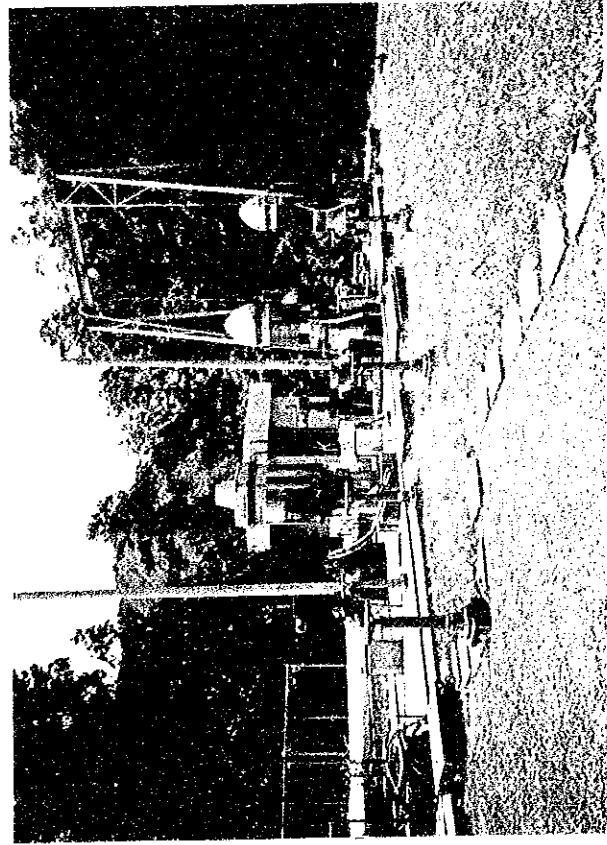
グアテマラ市北部高地より、南西方向を望む



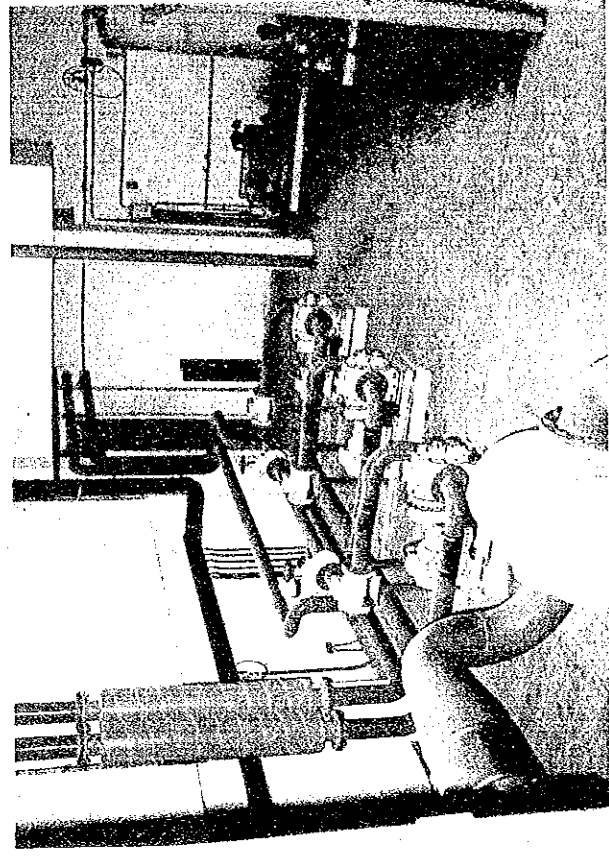
アトランティコ 取水堰



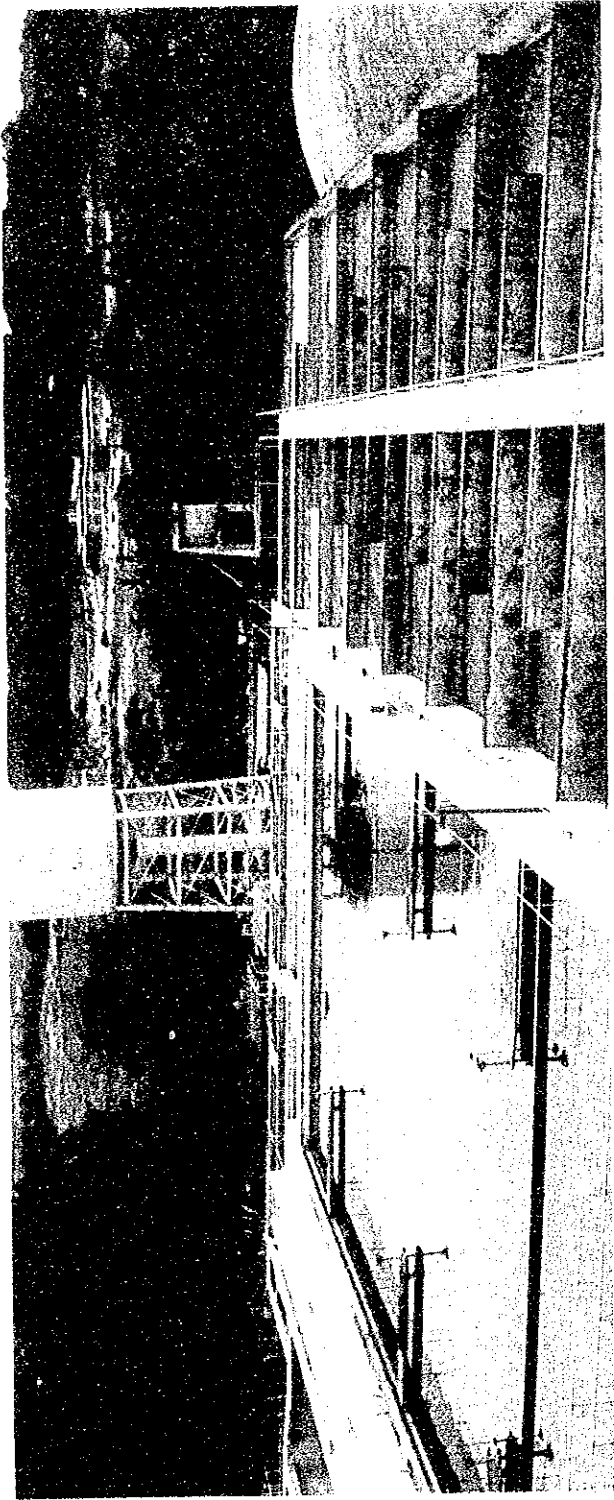
ラスイルシオネス 浄水場 沈澱池



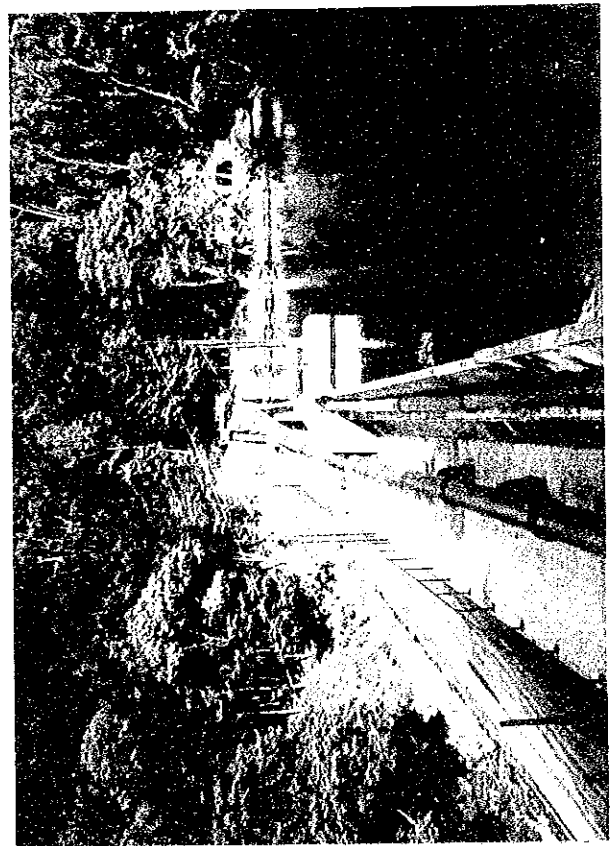
取水ポンプ



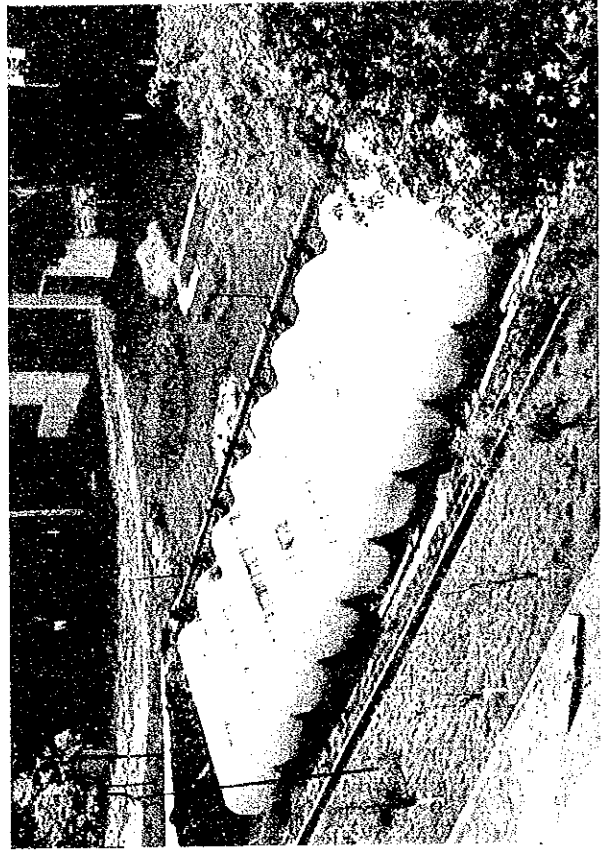
沈澱池用真空ポンプ



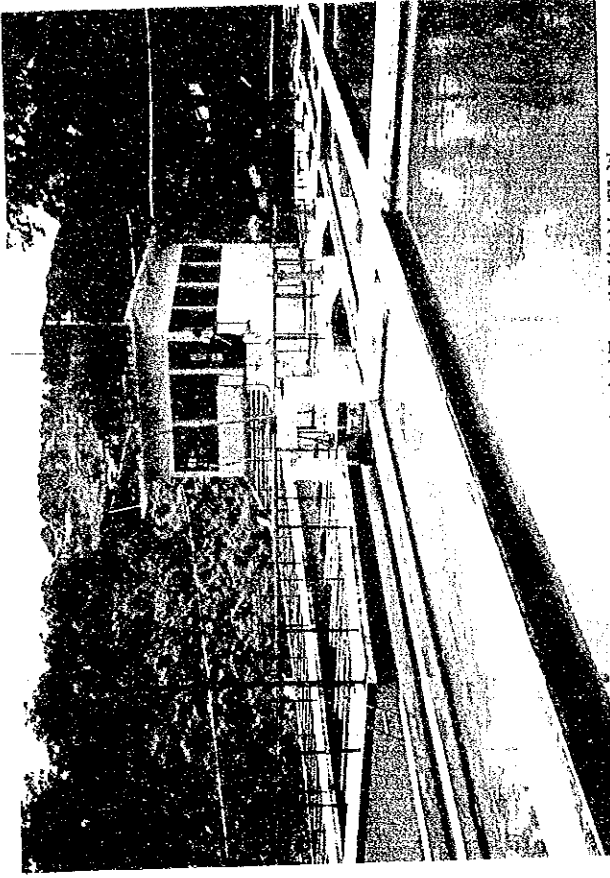
サントルイスサ 浄水場 全景



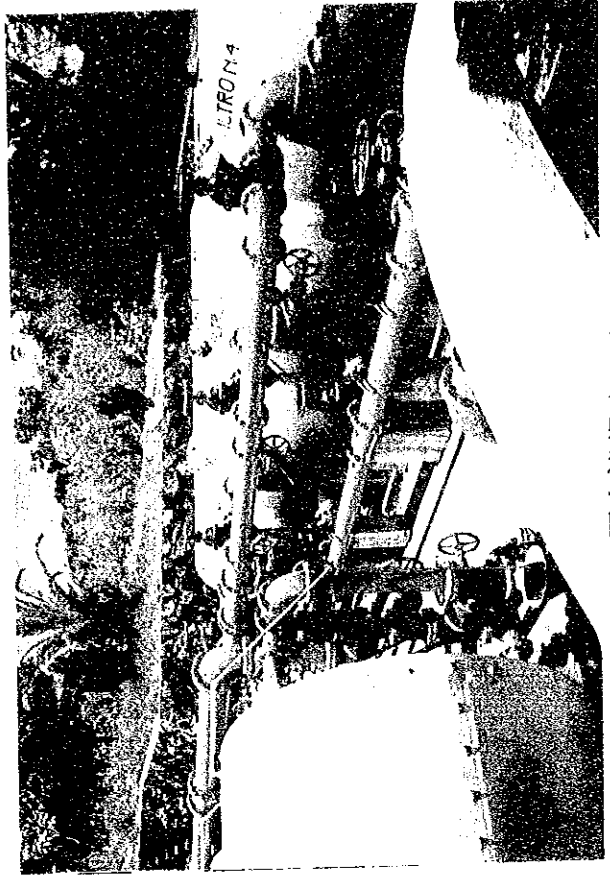
テオシンテ ダム



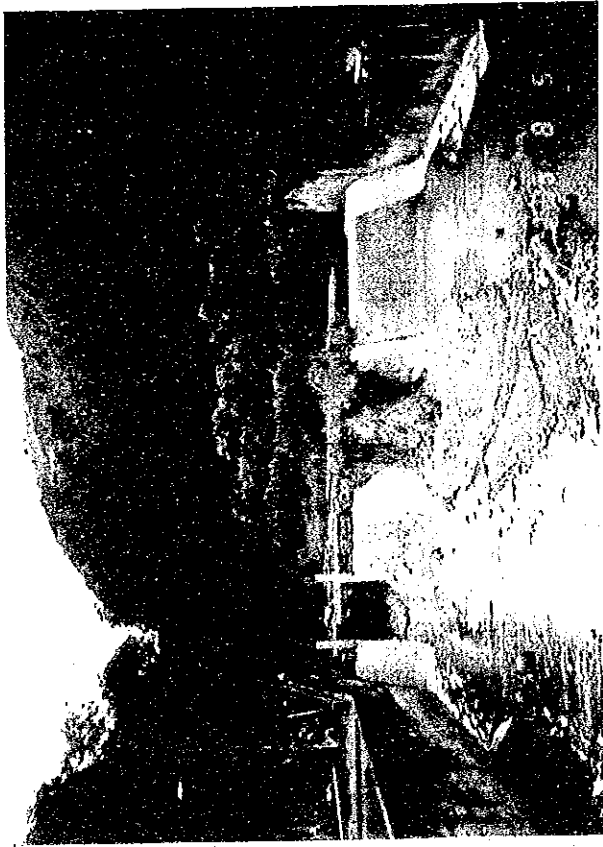
圧力濾過タンク



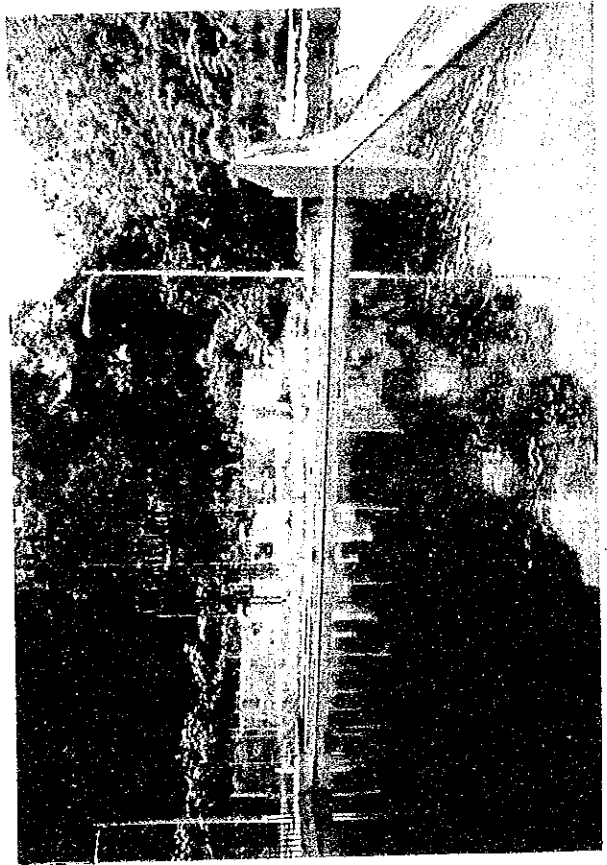
エルカンプライ 浄水場 凝集沈澱池



圧力濾過タンク



インカピエ 取水堰



沈砂池

要 約

要 約

グアテマラ国の首都であるグアテマラ市は 1991年に人口が210万人を越え、近年地方から首都圏への人口流入は年間20万人を越えており、これに伴い飲料水需要も年々増加している。同市の公共水道事業はグアテマラ市水道公社（EMPAGUA）が担当し、現在、6つの浄水施設と30本の井戸群によって、給水対象人口107万人に対し、日量 25.5万 m^3 の水道水を供給している。これに対し、現状の水需要は約37万 m^3 であり、約30%が不足している。同国政府はグアテマラ市の水不足を抜本的に解決するために、1982年策定されたマスタープランに基づき、新たな水源の開発によって、当面 34.6万 m^3 /日（4.0 m^3 /秒）の水需要を賄うことを計画している。

一方これと平行して、即効的に給水量を回復させるとともに、水系伝染病の発生・蔓延を防ぎ衛生環境を向上させるため、緊急的に水道水の水質を改善する必要性から、グアテマラ国政府は、既設浄水場のうち、特に需給バランスの悪い地域に給水しているイルシオネス、サントルイサ、カンブライの3カ所の浄水場を対象とした施設改修計画を策定し、平成4年2月、その実施について我が国政府に無償資金協力を要請越した。要請の対象となる3浄水場は建設後、既に20年から50年を経過し、老朽化の影響による故障や整備不良などが原因で処理能力の低下が著しい状態である。改修の対象となる設備は以下の通りであった。

要請の概要

浄水場名		イルシオネス	サントルイサ	カンブライ
改 善 対 象 設 備	取水施設	○	-	-
	凝集池	-	○	○
	沈殿池	○	○	○
	濾過池	○	○	○
	薬品注入池	○	○	○
	配水池	-	○	○
	計装設備	○	○	○
	電気設備	○	○	○
	水質分析器具	-	○	-
	その他	○	○	○

この要請に基づき、日本国政府は事前調査の実施を決定し、国際協力事業団が平成5年4月に事前調査団をグアテマラ国へ派遣した。調査団は本件の無償資金協力案件としての妥当性を確認すると共に、先方の事業実施計画、実施体制を調査し、適切な協力の範囲・規模、協力の効果及びその後想定される基本設計の内容を検討し事前調査報告書に取りまとめた。国際協力事業団は事前調査の結果に基づき、平成5年8月、基本設計調査団をグアテマラ国へ派遣した。調査団は

グアテマラ側実施機関であるEMPAGUAと協議し、必要な現地調査ならびに関連資料の収集等を実施した。帰国後、国内作業において本件協力の妥当性を検討の上、浄水システム設備の適切な規模と内容を記述したドラフト・ファイナル・レポートを作成した。その後、平成5年12月、ドラフト・ファイナル・レポート説明のため調査団が派遣された。

本計画の対象3浄水システムの施設概要は、下表に示す通りである。各システムの現在の給水人口はイルシオネス：21.1万人、サントルイサ：10.7万人、カンブライ：4.3万人である。また、EMPAGUA全体の1人1日当りの給水量の平均は240ℓであるが、対象3システムでは同順番に、それぞれ100ℓ、240ℓ、250ℓで、特にイルシオネス・システムでは、深刻な水不足に直面している。

本計画対象の3浄水場の概況

システム名	浄水施設			取水施設	
	建設年次	生産水量(m ³ /日)	主要浄水方式	施設名	送水方式
イルシオネス	1971年	設計値：25,000 実績値：20,390	上向流高速凝集沈澱池 重力式解放型高速濾過池	アトランティコ堰	ポンプ圧送
サントルイサ	1938年	設計値：40,000 実績値：26,130	横流式凝集沈澱池 傾斜板式凝集沈澱池 圧力式密閉型濾過タンク	テオシンテダム アカタン堰 カナリトス堰 井戸	自然流下 自然流下 ポンプ圧送 ポンプ圧送
カンブライ	1942年	設計値：16,000 実績値：12,640	横流式凝集沈澱池 圧力式密閉型濾過タンク	インカピエ堰 ピヌーラ堰	ポンプ圧送 自然流下

施設によっては過去、数回の拡張、補修がおこなわれてきたが、現在、いずれも設備の機能低下や装置の故障が顕著となっており、ここ10年程度の間には3システムの生産水量が15～20%低減し、このまま放置すれば、施設の存続にも影響しかねない状況である。EMPAGUAでは、厳しい財政状況の下、現場職員の献身的な創意と工夫により、小規模ではあるが効果的な改良や補修をおこなっているが、各システムは依然として抜本的な改修を必要としている。さらに、以下に述べる浄水システムを取り巻く社会・自然環境の変化によって、水供給は一層深刻な事態に直面している。

***水需要と給水量の不均衡**

近年の人口の首都圏への急激な流入は、周辺都市での人口増加とともに、新たに流入してくる低所得者層の市街地周辺の未整備地への無秩序な定住化という現象を誘発している。本計画対象施設のイルシオネス・システムが担当している給水地域は、人口の増加が最も激しい地域であり、慢性的な水不足状態に陥っている。かつて、住民による水要求デモにまで発展し、深刻な社会問題となったことがあるばかりでなく、住民の生活衛生上からも憂慮される。首都圏の人口増加傾向は、今後一層、水需要を増加させることが想定される

が、EMPAGUAが予定している新たな水源開発計画の実現が遅れているため、既存施設の改良や改修による供給水量の回復の重要性が益々高くなっている。

*河川流域の自然条件

計画対象地域一帯は火山灰や火山砕屑岩の堆積によって形成されており、雨や河川による浸食作用に脆い地質性状である。近年、計画対象施設の取水源である河川流域では、人口増加に伴い宅地開発や低所得者層の無秩序な定住化の影響によって、森林の伐採や造成工事による自然破壊、住民の生活排水の垂れ流し、ごみの投棄などの影響により、河川水質が悪化しつつある。特に雨期には大量の土砂が河川に流入するため河川水の濁度が上がり、浄水場の処理能力を越えるため、しばしば取水を停止する状況となっている。また各取水点にある堰では、排砂設備の能力が小さいため土砂が堆積して、取水に支障を来す場合がある。特に、サントルイサ浄水場の水源であるテオシンテダムでは、建設当時 600万 m^3 であった貯水容量が、現在 1/3の200万 m^3 に減少している。水質の悪化は河川の水源としての価値を急速に低下せしめ、将来、施設の存続にも影響しかねないと言える。

当初要請された計画では、低下した既存3浄水施設の能力を設備装置の改修によって元の能力に回復することが目的であった。現在、EMPAGUAは安定的に取水を確保するため、河川流域の自然条件への対策として、既存のダムや堰の嵩上げ、取水地点付近における砂防ダムの建設等を検討している。本計画において、これらの対策を取り組むことが考慮されたが、これらはいずれも対症療法としての性格が強く、一時的な効果は期待できるものの、流域の自然・社会条件が改善されなければ、数年内に、同じ問題が繰り返されることが想定された。よってこれらの対策は、技術的には可能であるとしても、無償資金協力の一環として実施する妥当性は薄いと判断された。

以上の経緯により本計画の範囲としては、河川流域における取水確保対策は除外し、要請された3浄水システムの取水場と浄水場内の設備に限って、有効な改修を計画することとした。ただし、既存施設の機能調査に基づき、施設を単に原型に復旧しただけでは、操作性や将来の運営管理に問題を残すことになると想定される設備については、以下の通り新規設備を一部導入し、問題の解消に努めた。

①薬注装置の変更（3浄水場共通）

現在使用されている注入剤は硫酸バン土のみである。既存の顆粒薬剤注入方式は、注入量調整が難しく、フロックの成長が不十分で凝集沈澱効果が低い。よって、硫酸バン土とpH調整用消石灰の2種類の薬品を使用した溶液注入方式に変更し、原水濁度に対応した注入管理を可能とする。

②圧力式密閉型濾過タンクの変更（サントルイサ、カンブライ浄水場）

サントルイサ及びカンブライ両浄水場には、鋼製の圧力式濾過タンクがそれぞれ19基、

8基設置されている。これら濾過タンク群は配管や多くの弁類が複雑に配置され、現状、計器類が全て故障しているため、有効な管理ができていない。また密閉型であるため、外部から濾過や洗浄状態の確認ができず操作性が悪かった。改修方法としては、相手国が強く要望した重力式開放型濾過池と既存タンクの改良の2通りを検討した結果、既存タンクの改良型では操作面の改善程度が低く、将来に問題を残す結果となることが危惧されたため、重力式開放型濾過池を建設することとした。

③非常用発電設備の設置（3浄水場共通）

現在、非常用発電設備がないため、夜間の停電時は照明を始め全機械類が停止するため、設備の運転管理上、大きな支障となっている。また停電中に、給電系統が異なるポンプ場や自然流下方式の取水施設から送水が継続されるため、未処理のまま市民へ給水されることがしばしば発生し、衛生上も問題となっている。よって、各浄水場に発電機を設置し、より安全な飲料水の供給と施設操作性の向上を図る。発電機の容量は、主として照明と薬注及び消毒関係を賄い、必要最低限の機械運転に対応するものとする。

④砂分離装置の設置理由（アトランティコ取水場）

取水場にある既存沈砂池は、原水中の濁度成分の除去性能が低く、雨期に原水が浄水場の処理能力を越える高濁度となった場合、取水を停止している。また沈殿した砂分がポンプ揚水時に原水と一緒にポンプ井に流入するため、揚水ポンプの摩耗が激しい状況である。よって、狭い既存の取水場用地内で建設が可能で、砂の除去効率が高い旋回流式砂分離装置を建設することにより、システムの稼働時間が伸び、生産水の増量が期待できる。

以上の経過によって決定された本計画で実施する設備の改修及び機材調達の内容は以下の表に示す通りである。

計画主要施設概要

システム	施設	設備名	工 事	規格・寸法	数 量	
イ ル シ オ ネ ス ・ シ ス テ ム	取水施設	取水ポンプ	交換	立型渦巻	2台	
		ウォーターハンマー対策設備	補修	サージタンク、コンプレッサー	1式	
		砂分離装置	新設	鉄筋コンクリート造	2基	
	凝集沈澱池	脈動作動装置		交換	真空ポンプ、真空破壊弁	1式
					コンプレッサー、排泥水回収ポンプ	
	濾過池	流量調節設備	交換	流入弁、P-ボックス	1式	
		集水ノズル	交換	ロングステム・プラスチック製	2,600個	
		濾過砂	交換		4池分	
	薬注設備	硫酸バン土注入設備	新設	鉄筋コンクリート製溶解槽、注入ポンプ	2式	
		消石灰注入設備	新設	鉄筋コンクリート製溶解槽、注入ポンプ	2式	
		塩素注入設備	交換	直結型、前塩素、後塩素用	1式	
	計装設備	流量計	交換	超音波式、原水及び配水用	2式	
電気設備	取水場用設備	部分交換	電源盤、制御盤	1式		
	浄水場用設備	同上	変圧器、各種盤、自家発電機等	1式		
その他	場内給水ポンプ	交換	横型渦巻式	2台		
サ ン タ ル イ サ ・ シ ス テ ム	凝集沈澱池	凝集効果向上設備	改良	混和堰	1式	
		傾斜板	交換	PVC板、740mmLx740mmW	2,385枚	
	濾過池	重力式開放型濾過池	新設	鉄筋コンクリート造	10池	
		硫酸バン土注入設備	新設	鉄筋コンクリート製溶解槽、注入ポンプ	2式	
		消石灰注入設備	新設	鉄筋コンクリート製溶解槽、注入ポンプ	2式	
	薬注設備	塩素注入設備	交換	直結型、前塩素、後塩素用	1式	
		流量計	新設	超音波式、配水用	2式	
	電気設備	浄水場用設備	部分交換	変圧器、各種盤、自家発電機等	1式	
カ ン ブ ラ イ ・ シ ス テ ム	取水施設	取水ポンプ	交換	立型渦巻	2台	
		ウォーターハンマー対策設備	補修	サージタンク、コンプレッサー	1式	
		送水流量計	新設	超音波式	1式	
	凝集沈澱池	混和改善装置	改良	混和堰	1式	
	濾過池	重力式開放型濾過池	新設	鉄筋コンクリート造	6池	
		硫酸バン土注入設備	新設	鉄筋コンクリート製溶解槽、注入ポンプ	2台	
	薬注設備	消石灰注入設備	新設	鉄筋コンクリート製溶解槽、注入ポンプ	2式	
		塩素注入器	交換	直結型、前塩素、後塩素用	1式	
	計装設備	流量計	新設	超音波式、配水用	2台	
	電気設備	取水場用設備	部分交換	電源盤、制御盤	1式	
		浄水場用設備	同上	変圧器、各種盤、自家発電機等	1式	
その他	場内給水ポンプ	交換	横型渦巻式	1式		

また本計画で調達される機材は対象3浄水場に整備する水質試験用機材であり、機材の内容は下表の通りである。

調達機材の内容

種目	機材名	規格・仕様	数量
水質試験機材	ジャーテスター	6検体同時検査用	3台
	濁度計	散乱光測定方式	3台
	PH計	デジタル	3台
	残留塩素計		3台
	色度計	散乱光測定方式	3台
	ガラス器具		3式
	アルカリ度滴定装置		3式
	収納棚		3台

本計画にかかるグアテマラ国の実施機関はグアテマラ市水道公社（EMPAGUA）である。計画対象である3浄水場は現在、浄水場統括長の下、77名職員によって運転管理されている。本計画の完成後は、この陣容に電気技師を1名と機械技師2名を加えることが望ましい。本計画完成後の施設の運転には、年間約18百万ケツァル（約3.4億円）の支出がみこまれるが、一方給水量の増加によって約18.7百万ケツァル（約3.6億円）の増収が期待される。よって、将来の運転費の確保は支障なきものと判断される。

本計画が日本政府の無償資金協力によって実施される場合、3浄水システムを1年に1システムずつ実施することが望ましい。第1期工事は最も給水事情が厳しいイルシオネス・システム、第2期にはサンクルイサ・システム、第3期にはカンブライ・システムとし、1期目は、入札業務を含んだ実施設計業務に5.5ヶ月、資機材の製作、調達輸送等を含む建設工事は12.0ヶ月を要する。同様に2期目は実施設計に4.0ヶ月、建設工事に12.0ヶ月を要し、3期目は実施設計に4.0ヶ月、建設工事に12.0ヶ月を要する。本計画の実施にかかる総事業費は約41.95億円〔日本国政府負担分39.72億円、グアテマラ国政府負担分11.7百万ケツァル（2.23億円）〕と見積もられる。また日本国政府負担額の内訳は、1期10.55億円、2期17.32億円、3期11.85億円である。

本計画の実施によって、対象3浄水システムの設備全般に亙る改修工事が実施され、システムの機能が回復されることによって、飲料水の濁度やpHなど基本的水質項目がWHO基準を満足する程度まで改善することが期待される。また現在3システムの総給水人口約36.1万人に対する日給水量54,500m³が、計画完成後は、70,300m³へ増量されることが期待される。この増加水量の約15,800m³/日は、現状の29%に当り、仮にこれをEMPAGUAの平均給水単位240ℓ/人/日で割ると、約65,800人分の給水量に相当する。さらに、システムの操作性が改善され、現場の担当職員の労働負担が軽減される。

以上の結果、良質の飲料水を安定的に、供給することにより、住民の衛生環境の改善が図られ、水系伝染病の蔓延を予防する効果が期待できる。また衛生環境の向上と低所得者層の救済はグアテマラ国の国家政策の重要課題のひとつでもあり、本計画は同国の国家計画の目標に資するものである。EMPAGUAの給水需要の主要浄水システムとして、将来とも安定的な運転が可能となる。

なお、本計画の効果をより一層高めるため、グアテマラ国政府並びに市当局は以下の事項を、将来にわたって実現していくよう努力することが強く望まれる。

- ①各工期に予定されるグアテマラ国側の分担工事の確実な実施。
- ②水源河川の流域保全のための都市政策と開発行為の規制に関する行政指導。
- ③配水管網の補修と改善による、有収水量の向上。
- ④住民に対する節水意識の啓蒙。

目 次

序 文
伝達文
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 グアテマラ国の概況	3
2. 2 グアテマラ国の上水道整備事業の概況	4
2. 2. 1 上水道の整備状況	4
2. 2. 2 上水道整備事業関連組織	4
2. 2. 3 上水道整備事業にかかる国際協力の現状	5
2. 3 関連計画の概要	6
2. 3. 1 国家開発計画	6
2. 3. 2 グアテマラ首都圏の開発計画	7
2. 3. 3 グアテマラ首都圏の上下水道開発計画	7
2. 4 要請の経緯と内容	9
2. 4. 1 要請の経緯	9
2. 4. 2 要請の内容	9
第3章 計画地域の概要	13
3. 1 計画地域の位置及び社会状況	13
3. 2 自然条件	13
3. 3 水道事業の概要	14
3. 3. 1 グアテマラ市の上水道施設概要	14
3. 3. 2 上水道整備計画の状況	18
3. 4 計画対象施設の状況	19
3. 4. 1 給水システムの概要	19
3. 4. 2 取水施設の現状	20
3. 4. 3 浄水施設の現状	23

3. 4. 4	水質及び水質管理	34
3. 4. 5	施設運転管理状況	37
第4章	計画の内容	41
4. 1	目的	41
4. 2	要請内容の検討	41
4. 2. 1	計画の妥当性、必要性の検討	41
4. 2. 2	実施運営計画の検討	42
4. 2. 3	類似計画及び国際機関等の援助計画との関係・重複等の検討	43
4. 2. 4	計画の構成要素の検討	44
4. 2. 5	要請施設、機材の内容検討	45
4. 2. 6	技術協力の必要性検討	53
4. 2. 7	協力実施の基本方針	53
4. 3	計画の概要	54
4. 3. 1	実施機関及び運営体制	54
4. 3. 2	事業計画	57
4. 3. 3	計画地の位置及び状況	62
4. 3. 4	計画施設、機材の内容	65
4. 3. 5	維持・管理計画	69
4. 4	技術協力	69
第5章	基本設計	71
5. 1	設計方針	71
5. 2	設計条件の検討	73
5. 2. 1	設計基準	73
5. 2. 2	施設能力の設定	73
5. 3	基本設計	74
5. 3. 1	イルソネス・システムの設計計算	84
5. 3. 2	サンタルイサ・システムの設計計算	95
5. 3. 3	カンブライ・システムの設計計算	104
5. 3. 4	調達資機材計画	112
5. 3. 5	基本設計図	112
5. 4	施工計画	113
5. 4. 1	施工方針	113
5. 4. 2	工事負担区分	114

5. 4. 3	建設事情及び施工上の留意事項	116
5. 4. 4	施工監理計画	117
5. 4. 5	資機材調達計画	117
5. 4. 6	事業実施工程	120
5. 4. 7	概算事業費	122
第6章 事業の効果と結論		123
6. 1	事業の効果	123
6. 2	結論と提言	127
[資料編]		
1.	調査団の構成	A- 1
2.	調査日程	A- 2
3.	主要面会者リスト	A- 3
4.	協議議事録	A- 4
(1)	基本設計時	A- 4
(2)	基本設計時(和訳)	A-24
(3)	ドラフト・ファイナル時	A-28
(4)	ドラフト・ファイナル時(和訳)	A-31
(5)	テクニカル・ノート	A-34
5.	収集資料リスト	A-42
6.	参考資料	A-43
(1)	水質調査結果	A-43
(2)	地質調査結果	A-49
(3)	濾過砂試験結果	A-51
(4)	EMPAGUAの財政収支	A-53

基本設計図

表一覧

表-1	グアテマラ市の水道事業と国際援助機関の概要	6
表-2	公共投資計画	7
表-3	水道普及率の実績と目標	8
表-4	グアテマラ首都圏の将来水需要	8
表-5	要請内容の確認(事前調査時)	10
表-6	グアテマラ市の月平均降雨量	14
表-7	既存給水システム別給水量及び給水人口	14
表-8	各浄水システムの年間給水量	17
表-9	PLAMABAGの概要	18
表-10	給水対象地域の概況	19
表-11	本計画対象の3浄水場の概況	19
表-12	水道施設の水源、取水施設	20
表-13	浄水場施設の構成	24
表-14	水質基準の比較と処理水の実態	36
表-15	浄水場の日平均生産水量	37
表-16	既存ダム・堰の管理内容	39
表-17	主たる浄水施設の点検管理内容	40
表-18	EMPAGUAの財政収支	42
表-19	EMPAGUAの月当たり水道料金	43
表-20	計画対象施設と計画規模	44
表-21	分類Ⅲに属する設備及びその理由	46
表-22	要請内容と対象設備の現況	47
表-23	プロジェクト対象施設の管理体制	54
表-24	電気使用料金	57
表-25	電気使用量	58
表-26	硫酸バン土の使用量と費用	59
表-27	消石灰の使用量と費用	59
表-28	塩素ガスの使用量と費用	59
表-29	プロジェクト完成後の年間運転管理経費	60
表-30	計画施設・機材の必要性及び妥当性	66
表-31	計画対象施設と計画規模	73
表-32	各システムにおける改修対象設備	74
表-33-1~3	イルシオネス・システムの改修内容	75

表-33-4~6	サントルイサ・システムの改修内容	78
表-33-7~9	カンブライ・システムの改修内容	81
表-34	現地採取砂の濾過砂試験結果	88
表-35	グァテマラ国側の実施工事の内容	114
表-36	日本側の実施工事の範囲	115
表-37	調達主要資機材リスト	118
表-38	各年度の工事工期	120
表-39	日本国側負担経費	122
表-40	計画実施による効果と現状改善の程度	123
表-41	平均日生産水量の変化	124

図一覧

図-1	EMPAGUAの給水地域	15
図-2	グアテマラ首都圏の既存上水道施設配置図	16
図-3	計画対象施設の集水流域図	21
図-4	計画対象浄水場の施設配置図	25
図-5-1	イルシオネス・システム構成図	26
図-5-2	サントルイサ・システム構成図	27
図-5-3	カンブライ・システム構成図	28
図-6	パルセーターの機構	29
図-7	雨期・乾期の平均日生産水量の変動	38
図-8	EMPAGUAの組織	55
図-9	計画対象システムの運営管理体制	56
図-10	サントルイサ浄水場の地質状況	63
図-11	カンブライ浄水場の地質状況	64
図-12	砂分離装置	85
図-13	事業実施体制	113
図-14	事業実施工程図	121
図-15	計画対象施設の1日当り生産水量と降雨量の関係	125

略語一覧

B/A	: 銀行取極め
BANVI	: 住宅銀行
BCIE	: 中米経済統合銀行
CAPRE	: 中米、パナマ、ドミニカ地域上下水道連絡協議会
COPECAS	: 国家上下水道計画委員会
DCIP	: ダクタイル鑄鉄管
DSM	: 環境衛生局
EMPAGUA	: グァテマラ市水道公社
E/N	: 交換公文
GDP	: 国内総生産
GNP	: 国民総生産
IDB	: 米州開発銀行
INFOM	: 地域開発庁
JEM	: 日本電機工業会規格
JIS	: 日本工業規格
LMA	: 水質基準目標値
LMP	: 水質基準許容限界値
MCTYOP	: 通信・運輸公共事業省
MSPYAS	: 公衆保健社会サービス省
MINDES	: 都市・地方開発省
NTU	: 散乱光測定法による濁度 (Nephelometric Turbidity Unit)
OECE	: 海外経済協力基金
PAHO	: 汎米保健機構
PH	: 水素イオン濃度
PLAMABAG	: グァテマラ市給水マスタープラン
PVC	: 硬質塩化ビニール管
SEGEPLAN	: 経済企画庁
SGP	: 配管用炭素鋼管
SRH	: 水資源省
SS	: 浮遊物質
UNEPAR	: 地方水道建設事務所
WHO	: 世界保健機構

第1章 緒論

第1章 緒論

グアテマラ国の首都であるグアテマラ市は 1991年に人口が210万人を越え、近年地方から首都への人口流入は年間20万人を越えており、これに伴い飲料水需要も年々増加している。同市の飲料水は現在6つの浄水施設と30本の井戸群から供給されているが、水源の水質悪化と水量不足及び既存浄水施設の老朽化のため水需要に対して約30%が不足している。

同国政府はグアテマラ市の飲料水不足を抜本的に解決するために、1982年策定されたマスタープランに基づき、給水対象人口107万人に対し、当面 34.6万 m^3 /日 (4.0 m^3 /秒) の水需要を賄うことを計画している。

一方、同国政府は水源開発と平行して、即効的に給水量を回復させるとともに、水系伝染病の発生・蔓延を防ぎ、衛生環境を向上させるため緊急的に浄水の水質を改善する必要性から、既設6浄水場のうち、特に需給バランスの悪い地域に対する給水を行っているイルシオネス、サンタルイサ、カンブライの3カ所の既存浄水場の改善を目的とした計画を策定し、その実施について我が国政府に無償資金協力を要請越した。

この要請に基づき、日本国政府は事前調査の実施を決定し、国際協力事業団が平成5年4月10日から5月2日まで無償資金協力調査部調査審査課課長、大島勝彦を団長とする調査団をグアテマラ国へ派遣した。調査団は本件の無償資金協力案件としての妥当性を確認すると共に、先方の事業実施計画、実施体制を調査し、適切な協力の範囲・規模、協力の効果及びその後想定される基本設計の内容を検討し事前調査報告書に取りまとめた。

国際協力事業団は事前調査の結果に基づき、平成5年8月1日から9月9日まで無償資金協力調査部基本設計調査第1課、石岡秀敏を団長とする基本設計調査団をグアテマラ国へ派遣した。調査団はグアテマラ側実施機関であるEMPAGUAと協議し、計画の背景、要請内容の把握、実施主体の体制、技術的調査、自然・社会状況調査、既存施設調査、関連計画調査、水質検査、さらに計画対象施設の設計条件調査として施設用地内の地形測量調査とボーリングによる地質調査、ならびに関連資料の収集等を実施した。またグアテマラ国政府内での担当機関SEGEPLANが想定しているプロジェクトの範囲、規模等について協議した。さらに、これらの背景を基に実施した既存施設の機能調査の結果として、整備されるべき施設の範囲と内容につきテクニカル・ノートとしてまとめ、EMPAGUAと協議した。

EMPAGUAならびにSEGEPLANとの協議の結果得られた基本的な合意事項は協議議事録としてまとめられ、EMPAGUA、SEGEPLAN及び調査団の3者の代表者が署名し交換された。調査団の構成、調査日程、相手国関係者リスト、協議議事録、テクニカル・ノート、収集資料リスト等は〔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上、給水施設の適切な規模と内容をもつ基本設計を策定した。その後、無償資金協力調査部基本設計調査第1課、朝倉譲を団長として、平成5年12月7日より12月16日まで

ドラフト・ファイナル・レポート説明のため調査団が現地に派遣され、基本計画の内容をグアテマラ国関係者に説明するとともに、その内容について協議が行なわれた。

本報告書は以上の経緯を踏まえ、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 グアテマラ国の概況

グアテマラ国は、メキシコの南に位置し、中米5ヵ国中最大の人口（約961万人）を有する国である。軍事政権が続いていたが、1986年に20年振りの民主的選挙が実施された。外交面では、経済発展と国内および中米の平和と安全を維持することを基本政策とし、すべての国との友好関係を築くことを目指している。

変化に富んだ気候と肥沃な土壌は種々の農産物の栽培を可能にしており、コーヒー、バナナ、綿花、砂糖、カルダモンなどを主要産品とする農業が経済の根幹となっている（GDPの約1/4、労働人口の1/2以上を占める）。しかし、近年これらの伝統産品の市場価格が下落しているため、衣類を中心とした非伝統産品の振興に努めている。

グアテマラ経済は70年代に6%台の成長率を記録したが、1979年のニカラグア・サンディニスタ革命を契機とする中米紛争により、中米諸国との貿易は停滞し、外国投資も減少した結果、成長率は大幅に下落した。1986年の民主政権発足後、政情安定を背景に経済は回復に向かった。しかし1989年、輸出額の3割を占めるコーヒーの価格が下落すると、深刻な国際収支問題が発生したため、輸入を抑制し輸出を支援するため同年11月為替を自由化した。そのため物価が急上昇したが、さらに湾岸危機による石油価格高騰の影響により、インフレは60%台にも達し、国民生活は悪化した。

前政権のセラーノ政権下では、歳出削減、通貨引き締め、増税などにより経済困難に対処した結果、1991年にはインフレは10%台に収束し、為替も安定し、経済安定化に成功した。さらに、1992年には過去最高の4.6%の経済成長率を達成した。ただしインフレは14.2%に達し、また貿易赤字の拡大、過剰流動性の問題等が深刻化しつつある。また、1992年12月には、当国念願の国際金融社会への復帰が実現した。

前政権は中米経済共同体結成を念頭に、1992年5月エル・サルヴァドル、ホンデュラスと中米三国自由貿易協定を締結したほか、1992年8月にはメキシコ中米自由貿易枠組み協定に署名し、1996年末までにメキシコとの自由貿易圏を目指すなど、地域経済統合に積極的な姿勢を見せ、グアテマラ経済の向上を計ってきた。下記にグアテマラ国の主要指標を示す。

グアテマラ主要指標

- (1) 国名 : グアテマラ共和国
- (2) 独立 : 1821年9月15日
- (3) 政体 : 共和制
- (4) 元首 : ラミロ・レオン・カルピオ (Ramiro Leon Carpio)
(1993年6月就任、任期1996年1月まで)
- (5) 国会 : 一院制、116議席
- (6) 首都 : グアテマラ市

- (7) 面積 : 108,889km²
- (8) 人口 : 961万人 (1991年)
- (9) 人口増加率 : 2.9%
- (10) 人種構成 : 原住民42%、欧州系白人8%、混血50%
- (11) 宗教 : カトリック
- (12) 言語 : スペイン語
- (13) 経済指標 (1992年数値は中央銀行推定値)
 - ・国民総生産(1992年) 103.0億USドル
 - ・一人当りGNP(1992年) 1061.8USドル
 - ・実質GNP成長率(1992年) 4.6%
 - ・財政規模(1992年度予算) 79.5億ケツァル (約15億ドル)
 - ・貿易(1992年:輸出FOB) 13.1億USドル
 - (1992年:輸入FOB) 21.4億USドル
 - ・主要輸出品: 伝統産品 コーヒー、バナナ、綿花、砂糖、カルダモン
 - 非伝統産品 野菜、葉たばこ、花、衣類等
 - ・外貨準備高(1993年3月末) 5.4億USドル
 - ・対外債務残高(1992年末) 21.5億USドル

2. 2 グアテマラ国の上水道整備事業の概況

2. 2. 1 上水道整備状況

1980年におけるグアテマラ国の水道普及率は、都市部で89%、地方部では19%と低く国全体では46%であった。1980年から始まった「水と衛生の国際10ヶ年計画」に呼応して、水道の普及に努めた結果、1990年には都市部で92%、地方部で31%に上昇し国全体では56%になった。一方、1985年10月に上下水道部門にかかる国家計画の見直しにより1990年における普及目標を80%台に設定していたが、これを達成できなかったため、目標を再度見直し、2020年に普及率を100%にするべく、1995年の目標を都市部で93%、地方部で44%まで上昇させ国全体では64%と設定した。

1990年のグアテマラ国における5歳以下の幼児死亡率の30%が下痢が原因であり、マラリヤや Dengue 熱など水系伝染病の発生も多い。また都市と地方との格差が大きく衛生状況の改善と共に水道整備が重要視されている。

2. 2. 2 上水道整備事業関連組織

グアテマラ国の上水道整備事業の実施、サービスは地方自治体が受け持っているが、その基準等については、政府が各種の法律・規制をもってその促進を図っており、主として次のような政府機関がその実施に当たっている。

- ・経済企画庁 (SEGEPLAN) の国家上下水道計画委員会 (COPECAS)
- ・通信・運輸公共事業省 (MCTYOP) の公共事業局、サヤピスカヤ (XAYA PLXCAYA) 公社
- ・公衆保健社会サービス省 (MSPYAS) の環境衛生局 (DSM)、地方水道建設事務所

(UNEPAR)

- ・地域開発庁 (INFOM)
- ・都市・地方開発省 (MINDES)
- ・水資源省 (SRH)

各機関の主な活動内容は以下の通りである。

COPECAS : 1985年に設立され、上下水道に関する公的部門と民間部門との調整に当たっている。EMPAGUAも主要メンバーの一つである。

INFOM : 地方都市に対して技術に関する財政的援助を行っており、貸付業務の60%前後上下水道プロジェクトに振り向けている。

UNEPAR : 人口500人以上の集落における上下水道プロジェクトの調査、建設、監督を担当し、各自治体に対するシステムの運用、保守管理も含まれている。資金は主として外国援助機関により賄われている。

DSM : 人口500人未満の集落における上下水道システムの企画、設計、建設を行うが、これらの集落は分散傾向にあるため、サービスは地域レベルに合わせた人的資源を活用して実施している。同様に過疎地域の既存の水道管の運用、管理に関しても当該の地域共同体委員会に助言を行っている。またDSMには高原地域上下水道プロジェクト(PAYSA)のための実行機関も設けられている。

SRH : 国家水利対策の決定、調整を担当し、水資源の規制、利用、維持、保護のために1992年中頃に設立された。同庁では又、農村地域共同体での給水に関する新規プログラムを推進する。

これらの機関はCOPECASを軸に互いに密接な関係を維持している。なお、新しく水資源法ができた時点では水資源省がCOPECASに代わって事業実施体の一部を監督しながら水資源開発を推進して行くことになる。飲料水に関する国家計画については、水資源庁と公衆保健社会サービス省が当たることになる。なお、水資源庁は独立機関であるINFOMとEMPAGUAに協力することになる。

また、近隣諸国との関連についてはグアテマラ国はCAPRE(中米、パナマ、ドミニカ共和国上下水道連絡協議会)に加盟しており、CAPREを通じて上下水道に関する経験と情報の交換が継続的に行われている。CAPREは本部をコスタリカのサンホセにおき、加盟国に対する助言と人材養成機能を有している。

2. 2. 3 上下水道事業にかかる国際協力の現状

1) 地方水道

グアテマラ市を除く330市町村の内、浄水場を運営しているのはわずか8ヶ所程度と推定され

るが、すべての浄水場はINFOMにより管理されている。これらの地方都市では人口増加に伴い生活用水の不足、環境衛生の低下が深刻な問題となっており、これらを改善するため、IDBはUNICEFと共同で以下の二つのプロジェクトを進めている。

1836-SF-GU計画

実施機関：UNEPAL

対象：人口2,500人以下の100ヶ村

借款金額：3,280万ドル（プラス370万ドルの国負担）

2882-SF-GU計画

実施機関：INFOM

対象：施設整備に加えてINFOM及び各市町村の組織強化

借款金額：4,050万ドル（プラス450万ドルの国負担）

2) グアテマラ市の水道

グアテマラ市の水道事業も数多くの援助機関の協力を得て実施してきた。過去10年間における同市の水道事業に対するプロジェクトと国際援助機関の概要を次に示す。

表-1 グアテマラ市の水道事業と国際援助機関の概要

プロジェクト名	援助機関	実施年度	金額(US\$)	援助形態
北部上下水道管網改善計画*	IDB	1973~1977	10,000,000	借款
北部上下水道改善計画	IDB	1987~1985	35,000,000	借款
第3期給水計画	BCIE**	1977~1984	5,700,000	借款
上水道強化改善計画	世界銀行	1989~1995	23,000,000	借款
水道供給改善調査***	フランス	1987~1989	1,200,000	借款
緊急事業I	OECF	1993~1997	47億1100万円	借款
地下水開発ポテンシャル調査	日本	1985~1986	—	無償

* 1976年の地震による市内上下水道管網の災害復旧に当てられた。

** BCIE: BANCO CENTROAMERICANO DE INTEGRACION ECONOMICA

*** SOGREAH (フランスのコンサルタント) 社による調査

出典: EMPAGUAの資料より

2.3 関連計画の概要

2.3.1 国家開発計画

1993年6月、デレオン大統領の就任以来、政府は国家計画の見直しを続けていたが、同年8月、現政権の方針として「1994-1996年の公共投資と予算計画」が発表された。これによると政府の施政方針の骨子として以下の5項目を打ち出し、経済の活性化、雇用の創出、技術革新及び貧困の克服等のために、社会インフラ整備、農業の生産力、教育、栄養改善及び福祉の向上を目指す施策を策定した。

①民主主義と法治国家の強化

②貧困の撲滅

③生産性の向上

④自然保護

⑤政府機構の近代化

そのために1994年から1996年までの3年間の公共投資をそれぞれ、5,280.5百万、5,675.8百万、5,290.3百万ケツァルとし、表-2に示すとおり、社会基盤整備事業、福祉厚生事業等の各分野へのてこ入れを目指している。

表-2 公共投資計画 (単位:千Qs-)

投資分野	1993年	1994年	1995年	1996年	以後
保健衛生	142,866	298,230	444,273	265,023	288,567
教育	113,640	165,131	283,611	346,174	289,116
上下水道	170,874	250,816	391,531	477,055	218,059
住宅	200,733	286,933	205,967	32,555	387,101
地方自治	637,232	862,985	733,032	656,948	20,332
農業	164,922	409,546	485,817	574,129	1,969,638
交通運輸	708,937	1,033,395	1,108,289	1,156,509	5,378,765
通信	522,154	1,110,085	851,310	382,193	260,179
エネルギー	211,753	490,770	666,436	837,100	378,507
観光	5,444	34,700	6,251	8,741	245,048
その他	227,054	337,954	499,268	553,900	429,401
合計	3,105,609	5,280,545	5,675,785	5,290,327	9,864,713

出典: PROGRAMA DE INVERSIONES PUBLICAS Y GASTO SOCIAL PERIOD 1994-1996,

VOLUMEN 1, 1993年8月

2. 3. 2 グアテマラ首都圏の開発計画

首都圏の開発計画はないが、政策として都市部周辺に住む最下層部の国民に対する再開発計画を進めている。特に、市北東部には地方からの移民が多く住み着き、無秩序な開発が進行しているが、この地域の計画的再開発を政策の重点課題としている。

2. 3. 3 グアテマラ首都圏の上下水道開発計画

上下水道部門にかかる国家計画は1985年10月に、SEGEPLAN、MSPYAS、INFOM及びEMPAGUA(グアテマラ市水道公社)が合議調印して創設したCOPECASが中心となって進めてきた。同計画は、COPECASがINFOM、UNEPAR、EMPAGUA、SEGEPLAN等の協力及びWHO、PAHO(Panamerican Health Organization)等の助言を得て策定した。同計画によれば1982年における飲料水供給施設普及率50%を1990年には80数

%に向上させることを目標としていた。

表-3 水道普及率の実績と目標

	1982年	1986年	1990年
都市部	90.2	91.3	92.7
地方部	24.0	41.2	72.8
全国	49.8	60.1	81.2

出典：EMPAGUAの資料より

しかしながら、1990年の実績は全国で56%台に止まっており、今後の具体的な政策については現在検討中である。

上下水道事業に関する最近の政策は、社会経済政策（POLITICA ECONOMICA Y SOCIAL, GOBIERNO DE GUATEMALA, PERIODO 1991~1996）の中で示されている。同政策では、公共事業重視の姿勢を鮮明に打ちだし、特に首都圏を取り巻く地域と農村地域の経済と国民の生活レベル向上をはかり、グアテマラ国民の生活水準の格差をなくすことを目標としている。これに関連して厚生分野では「農村部および都市部周辺に住む最下層部の国民に対し保健教育を充実させると共に、上下水道等厚生サービスを向上させる」とある。

グアテマラ市の上水道整備については、米州開発銀行（BID）の融資を得て1982年に策定された「首都圏水道供給マスタープラン（PLAMABAG: PLAN MAESTRO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA A LA CIUDAD DE GUATEMALA）」に従って、実施されている。同プランでは、2010年には首都圏（470km²）での人口は394万人に増加すると推定し、需要水量は113万m³/日（13.1m³/秒）と推定した。当時の水源2.6m³/秒に比し、新規に10.5m³/秒の水源開発を必要とする。この水源開発及び水道施設整備を、5期で実施する予定であったが、予定どおりに事業は進まず、現在、実施年度を含めて長期計画の見直しを行っている。EMPAGUAは2005年を目標年次として、将来予測をたてており、その概要は次のとおりである。

表-4 グアテマラ首都圏の将来水需要

年	総人口(百万人)	給水人口(百万人)	必要施設能力(m ³ /秒)
1995	2.24	1.68	6.37
2000	2.75	2.05	8.39
2005	3.30	2.48	10.42

出典：EMPAGUAの資料より

2005年の必要施設能力は10.42m³/秒と、現在の施設能力3.53m³/秒の約3倍になる。なお、必要施設能力10.42m³/秒は見直し前のPLAMAPAGの2010年の目標10.5m³/秒とほぼ同一である。

2. 4 要請の経緯と内容

2. 4. 1 要請の経緯

グアテマラ共和国は「1991~96年、社会経済政策」で健康および生活環境を社会福祉の最重点分野と定め、良質な飲料水を安定供給することにより、生活環境の改善並びに水系伝染病の軽減を図ることを目的としている。特に農村部と都市周辺部に居住する最下層の住民に対する保健教育を充実させると共に、上下水道等の厚生サービスの向上に重点を置いている。

同国の首都であるグアテマラ市は1991年に人口が210万人を越え、近年地方からの首都への人口流入は年間20万人を越えており、これに伴い飲料水需要も年々増加している。同市の飲料水は現在6つの浄水施設と30本の井戸群から供給されているが、河川水源の水質悪化と水量不足及び既存浄水施設の老朽化のため水需要に対して約30%が不足している。

同国政府はグアテマラ市の飲料水不足を抜本的に解決するために、1982年策定されたマスタープランに基づき1998年までに「グアテマラ市盆地地下水開発緊急計画Ⅰ（OECEにより1993年度開始）」と「サカテペケス盆地地下水開発緊急計画Ⅱ（国家資金によりサヤ・ピスカヤ公社が実施予定）」の2プロジェクトを完成させることにより、給水対象人口107万人に対し4.0m³/秒の水需要を賄うことを計画している。

以上の通り同国政府は水源開発による給水量の増加を目指す一方、水系伝染病の発生・蔓延を防ぎ、衛生環境を向上させるため、緊急的に水道水の水質を改善する必要性から、既設6浄水場のうち、特に需給バランスの悪い地域に給水しているイルシオネス、サントルイサ、カンブライの3カ所の既存浄水場の改善を目的とした計画を策定し、平成4年2月その実施について我が国政府に無償資金協力を要請越した。この要請に基づき、日本国政府は事前調査の実施を決定し、国際協力事業団が平成5年4月、調査団をグアテマラ国へ派遣した。同調査団は要請内容の確認、事業実施計画、実施体制等の調査と現地の状況調査を実施し、これに基づいて当初要請の内容がグアテマラ国側実施機関と協議のうえ一部修正された。

2. 4. 2 要請の内容

本プロジェクトはグアテマラ市の上水道事業を担当するEMPAGUAが管轄する3浄水場、イルシオネス、サントルイサ、カンブライの施設を改修することを目的としている。当初要請によれば、対象となる3浄水場の改修工事实施の優先順位はイルシオネス、カンブライ、サントルイサの順であったが、事前調査では給水条件の現状を踏まえ、イルシオネス、サントルイサ、カンブライの順に変更された。また当初、浄水場の施設改修に限定していた要請内容に加え、水源地域の宅地開発に伴う原水の高濁度化と汚染の進行に対応した取水対策の提言を含めることが盛り込まれた。事前調査により協議され、変更された要請内容は表-5の通りである。なお表中の優先順位は計画対象となる各浄水場の構成要素間における改修実施に関する優先順位を示したものである。

表-5 要請内容の確認(事前調査時)

要請項目	対処方法	優先順位
イルシオネス浄水場		
A. 取水設備	1) 2台の原水揚水ポンプの更新 (含バルブ類) 2) 上記用制御盤の更新(含警報装置) 3) サージタンク用コンプレッサー更新 (含バルブ類) 4) 流量確保のため河川調査が必要	1
B. 凝集沈澱池	1) 脈動装置の全体的補修 2) 開閉弁の更新 3) 真空ポンプ3台の更新 4) 排泥用バルブの更新	5
C. 濾過装置	1) 流入弁の改修 2) エアコンプレッサーの更新 3) 集水ノルズの更新 4) 濾材の交換 5) 逆洗用装置更新(制御盤エアブローポンプ、逆洗用ポンプ含む)	2
D. 薬品投入設備	1) 薬品投入装置更新(硫酸ばん土用1台、石灰用1台)	3
E. 計装設備	1) 原水、配水共水量計の設置 2) 各制御設備改善	6
F. 電気設備	1) トランスの更新(13.2KVA/415V, 100KVA 13.2KVA/240V, 30KVA)	8
G. その他		
1) 導水管設備	* 5カ所の曲り継手(エルボ)部分の補強	4
2) 水質管理機材	* 試薬、ビーカ類を含む機材全般	7
3) 発電機設備	* 非常用発電機新設	9
4) 構内電話設備	* 構内電話設備新設	10
サントルイサ浄水場		
A. 取水施設	1) 取水量確保のための河川調査が必要	
B. 着水井		
C. 凝集沈澱池	1) 傾斜板の取付 2) 凝集剤の投入装置の新設 3) 沈澱池(I)(II)共排泥弁の補修、 堆泥速度が速い	1
D. 濾過装置	1) 既設圧力式をオープンタイプに更新	2

要 請 項 目	対 処 方 法	優 先 順 位
F. 薬液投入設備	1) 薬液投入装置更新 (硫酸ばん土用1台 石灰用1台)	3
G. 配水池設備	1) アタカン配水池の水門改修	10
H. 計装設備	1) 原水、配水の水量計設置 2) 各制御設備改善	4
I. 電気設備	1) トランスの更新	8
J. 水質管理機材	1) 試薬、ピーカ類を含む機材全般	5
K. その他		
1) 発電機設備	*非常用発電機新設	6
2) 搬入設備	*現状のエンジン付きリフトを電動ダム ウェータに更新	7
3) 構内電話設備	*構内電話設備新設	9
カンブライ浄水場		
A. 取水設備	1) 取水水量確保のための河川調査が必要	
B. 着水井		
C. 混和池及びフロック形成池	1) 凝集効果の調査必要 2) 凝集剤の投入装置の更新 3) 排泥弁 (平底式) の補修	5
D. 濾過装置	1) 既設圧力式をオープンタイプに更新	1
E. 薬液投入設備	1) 薬液投入装置更新 (硫酸ばん土用1台 石灰用1台) 2) 薬液投入装置改善 (既設硫酸バンド用 1台の粉末投入型を液投入型に)	2
F. 配水池	1) 配水水量計の設置	
G. その他		
1) 計装設備	*原水・配水の水量計設置、各制御設備 の改善	3
2) 水質管理器材	*試薬、ピーカ類を含む機材全般	4
3) 発電機設備	*非常用発電機新設	6
4) 電気設備	*スイッチ類の更新	7
5) 搬入設備	*既設薬品搬入用電動ダムウェータを新 設	8
6) 構内電話設備	*構内電話設備新設	9

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状況

本事業の対象となるグアテマラ市は、1776年、アンティグアの地震による崩壊の後に新首都として建設され、現在に至っている。現在、同市はグアテマラ国の政治、経済の中心であり、唯一の近代都市であり、グアテマラ国の交通の要衝の地にあり、同市を走るパンアメリカン・ハイウェイにより隣国のメキシコ、エルサルバドルと結ばれている。また、太平洋岸と大西洋岸の港湾都市であるプエルトバリオスとプエルトサンホセの両市とも幹線道路で結ばれている。道路交通に比し、鉄道輸送量は少ないものの、同市からの鉄道は大西洋岸と太平洋岸へと通じている。

グアテマラ市の人口は、1964年には約73万人、1970年99万人、1981年113万人と増加し、1991年には約210万人に達し、同国人口の約2割を占めている。

首都であるグアテマラ市は社会基盤がよく整備され、市民は他の都市及び地方に比べ、快適な都市環境を享受している。市内には、電気、電話線が架設され道路、下水道も良く整備されている。例えば、停電はあるものの長時間にわたることはない。近年の人口増加に伴う市域のスプロール化によって、市内にあった農用地の比率は低下し、さらに住宅地を求めて丘陵等の宅地開発が進行している。グアテマラの基幹産業は農業であるが、市周辺では工業生産も行われており、工場は市内南部の飛行場近くに集中している。下水道は主として5ヶ所の放流口から無処理で河川に放流されているが、放流の増大にともない年々河川の汚染が進んできた。またグアテマラ市や隣接するサンホセピヌーラ市の下水が、グアテマラ水道の水源であるピヌーラ川、テオシンテ川に放流されているため、人口増加にともない河川汚染が進んでいる。

3. 2 自然条件

グアテマラ市は北緯14度30分～14度45分、西経90度30分に位置し、太平洋岸から北方約70kmにあり、同国南部を北西-南東に走るシェラマドリ山脈が造成した中央平原の一画である。この地域は標高2,000m以上の火山が多く、火山性の台地を形成している。グアテマラ市はシェラマドリ山脈を南北に横切るグアテマラ渓谷に位置し、標高は1,500～1,600mである。グアテマラ市の大部分は第四期の火山灰や火山性砕屑岩の堆積物あるいは沖積層によって覆われている。

グアテマラ市の中央地点を大陸分水界が西から東南に向かって横断して南北2つの分水域を形成している。大陸分水界の北側の河川はカリブ海に注いでいる。各河川はマタグア水系に属するラス・バカス水系河川で20以上の大小支流からなり、集水域はこれら河川の浸食により形成されたV字谷によって細かく分断されている。各河川ともに流量は少なく、特に乾期は流量が極端に少なくなり枯渇する河川もある。一方、南側の各河川はアマティラン湖に流入した後、湖の南側から流れ出ているミチャトヤ川となって太平洋に注いでいる。

グアテマラ市の年平均気温は18.4℃で年間の気温差は小さい。また季節は5月から10月までの雨期と11月から4月までの乾期とに区分され、年間降雨量は900～1,600mmで、6月が最も多く、

1月が最も少ない。グアテマラ市の各月の平均降雨量を表-6に示す。

表-6 グアテマラ市の月平均降雨量 (単位: mm)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
降雨量	4.6	9.2	16.7	13.6	110.8	233.8	177.4	175.4	239.2	111.6	14.8	5.1	1,112

出典: 1980~1990年気象庁データより作成

3. 3 上水道事業の概要

3. 3. 1 グアテマラ市の上水道施設状況

グアテマラ市は社会経済的に共同体をなしているグアテマラ市周辺のミスコ、ビリィヤ・ヌエバ、ベタパ、サンタカタリナ・ピヌラ、ビリィヤ・カナレス等5都市及びチナウトラ市の一部とともにグアテマラ首都圏を形成している。首都圏の飲料水供給はEMPAGUA, MARISCAL (民間水道会社)、BANVI (住宅銀行)、民間デベロッパーによるもののほか、軍、学校その他公共施設専用水道がある。

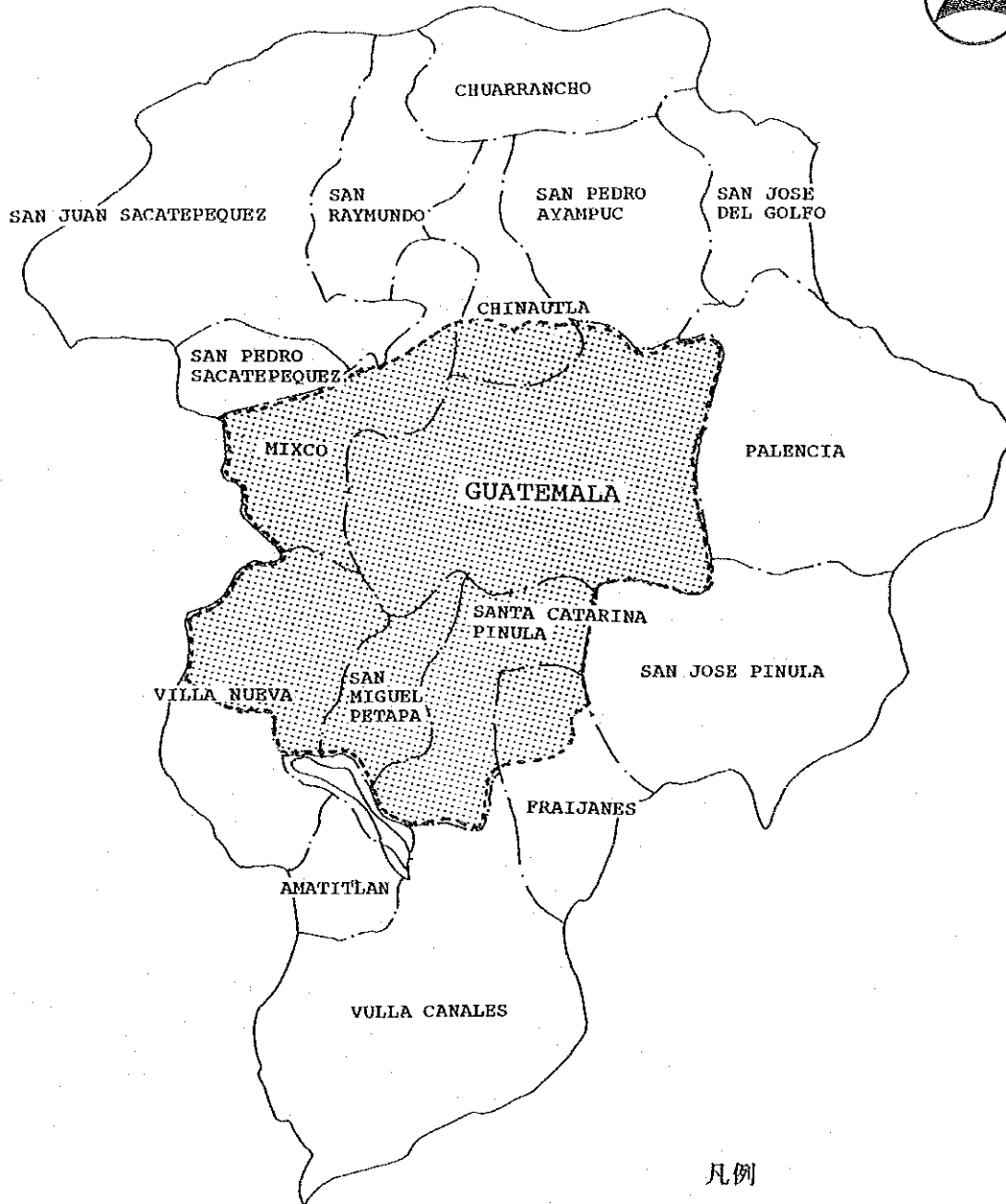
EMPAGUAは1993年現在、首都圏の人口210万人の約50%にあたる約107万人(契約戸数140,000戸)に給水している。給水サービス地域は図-1に示す通りグアテマラ市と周辺6都市にまたがる約470km²で、6つの給水システムと市内に散在する約30本の井戸によって1日当たり約255,000m³を給水している。MARISCALは同約4.5%、10,000世帯をカバーし1日当たり給水量は約20,000m³/日である。EMPAGUAのサービス地域全体の水需要量は346,000~389,000m³/日であり需給バランスとしては27~35%の不足となっている。特にゾーン17, 18は急激な人口増加により給水が対応できず深刻な水不足状況にあるため、時間給水や隔日給水で地域住民への給水に対処しているが、住民の水要求デモが発生して険悪な社会情勢になったこともある。

EMPAGUAの既存給水システムと給水人口を表-7に、既存の上水道施設配置を図-2に示す。

表-7 既存給水システム別給水量及び給水人口

No.	給水システム	水源	給水量		サービスエリア	給水人口	原単位 ℓ/人/日
			m ³ /日	%			
1	カンブライ	表流水	11,000	4	10, 14, 15	42,758	250
2	サントルイサ	礫・井戸	25,700	10	1, 2, 4, 5, 9, 10, 16, 17	106,896	240
3	イルシオネス	表流水	20,400	8	17, 18	211,362	100
4	ブリガーダ	表流水	6,700	3	7, 11, 19	707,984	280
5	オホデアグア	井戸	63,200	25	1, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 21		
6	ロデオイ	表流水	101,100	40	1, 2, 3, 7, 8, 11, 12, 13, 19		
7	井戸群	井戸	26,900	10	全域	1,069,000	平均240
計			255,000	100			

出典: EMPAGUAの資料より



凡例



給水地域

図-1 EMPAGUAの給水地域

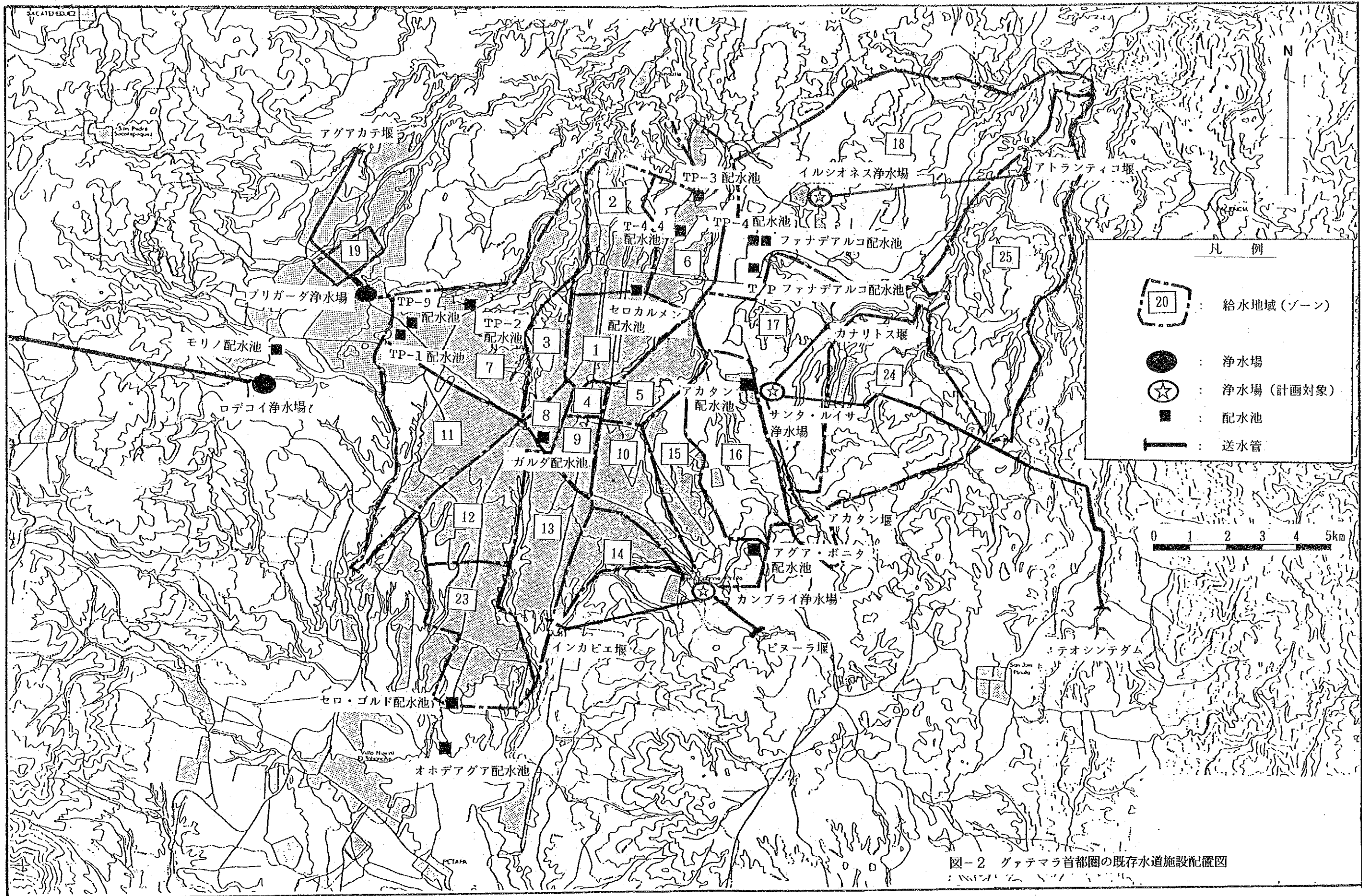


図-2 グアテマラ首都圏の既存水道施設配置図

給水地域の水需要に対する既存システムからの給水量の不足に加えて、首都圏の配水管網では、配管網からの漏水、不法接続、蛇口からの水の垂れ流しや意図的なメーター操作などにより、飲料水が有効利用されていないことが、水不足を一層深刻な状況にしている。EMPAGUAは限られた予算内で水道施設の改修を行っているが、現状を維持するのがやっとで、この状態を放置すれば将来首都としての機能に打撃を与えることは想像に難くない。

なお、最近5年間の各浄水システムからの給水量は表-8の通りである。

表-8 各浄水システムの年間給水量 (単位: m³/年)

システム名	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年
イルシオネス	7,568,929	7,491,763	7,702,766	7,181,858	7,356,787
サントルイサ	10,294,701	9,520,486	9,550,689	9,494,323	9,233,222
カンブライ	4,881,783	5,091,534	4,804,619	4,538,160	3,993,840
ロデコイ	36,121,334	36,404,794	39,404,230	40,102,909	36,290,160
オホデアグア	15,900,995	19,648,970	21,870,813	20,794,859	22,749,206
ブリガーダ	2,173,198	2,121,463	2,660,947	2,742,768	2,441,577
井戸群 (30本)	8,557,610	9,187,223	8,650,533	12,738,533	9,668,249
合計	85,498,550	89,466,233	94,644,597	97,593,410	91,733,041

出典: EMPAGUAの資料より

3. 3. 2 上水道整備計画の状況

グアテマラ市の上水道整備のための開発計画としては、1982年にIDBの資金により策定された2010年を目標とした「グアテマラ市給水マスタープラン (PLAMABAG)」がある。EMPAGUAはこれを基に上水道整備を進めてきたが、その後の急激な人口増加により給水需要の見直しを余儀なくされ目下検討中である。PLAMABAGの概要は表-9に示すとおりである。なお、今回グアテマラ政府から要請された本プロジェクトはこのマスタープランには含まれていない。

表-9 PLAMABAGの概要

水 源	目標配水量(m ³ /日)	実行目標年	計画開始
短期計画			
緊急計画 I グアテマラ市盆地 (地下水)	86,400	1983~1985	1994
緊急計画 II XAYA PIXCAYA (表流水)	51,840	1985~1992	未定
GUACALTE (表流水)	34,560		
GUACALTE (地下水)	172,800		
長期計画			
フェーズ III ALTO MOTAGUA (表流水) (夏期のみ)	129,600	1992~1996	未定
フェーズ IV ALTO CUILCO (表流水) (夏期のみ)	172,800	1996~2001	未定
フェーズ V ALTO CUILCO (ダム) ALTO MOTAGUA (ダム)	86,400 259,200	2001~2010	未定

出典：EMPAGUAの資料より

上表に示されるとおり、PLAMABAGは短期計画と長期計画からなっている。このうち、2つの緊急計画の実施状況（1993年9月現在）は以下に示すとおりである。

緊急計画I：OECEとの間に、1990年12月に借款契約(L/A)が締結され、1992年9月、コンサルタントが公募された。その後、技術的、経済的審査を経て、1994年2月、コンサルタント契約がなされる予定である。契約認証後、詳細設計、業者入札、工事等に合計47カ月間を要し、1998年に計画が完成する予定である。

緊急計画II：サヤ・ピスカヤ川の取水量は1m³/秒に変更され、全量をロデコイ浄水場に送水している。また将来計画を見越して容量3m³/秒の通水能力を有する導水管をIDBの資金により布設済みである。地下水開発については、通信運輸公共事業省の監督下にあるサヤ・ピスカヤ公社が調査を行っており、実施年度は1994~1998年が予定されている（調査資金は通信運輸公共事業省）。

上記計画の他、アマテラン湖の開発、モダグワ開発に伴う浄水場の新設、サカテペケス開発に伴うロデコイ浄水場の増設等の構想はあるが、資金調達、水源の水質汚染・汚濁その他の問題により未だ実施の目途は立っていない。

3. 4 計画対象施設の状況

3. 4. 1 給水システムの概要

EMPAGUAが有する既存給水システムから、本プロジェクトの対象である3浄水場に関する給水地域、人口、給水量及び原単位をまとめ、表-10に示す。EMPAGUAは給水人口を契約口数を基に、1契約当りの平均給水人数を7~8人として、首都圏の給水人口を約107万人と算定している。この約34%にあたる36万人余りが本プロジェクトの対象である3浄水場により給水されている。1人1日当りの給水原単位はEMPAGUAの施設全体の平均240ℓに比して、3浄水場の平均は160ℓである。特にゾーン17, 18は100ℓと最も少なくなっている。近年の人口増加はゾーン17, 18に集中しており、この地域の給水人口は21万人とされているが、現在の未給水人口を含めると当地区の人口は30万を越えるものと推定されている。

表-10 給水対象地域の概況

浄水場名	給水地域	給水人口 (人)	給水量 (m ³ /日)	原単位 (ℓ/人/日)
イルシオネス	17, 18	211, 362	20, 400	100
サンタルイサ	1, 2, 4, 5, 9, 10, 16, 17	106, 896	25, 700	240
カンブライ	10, 14, 15	42, 758	11, 000	250
計	全 11ゾーン	361, 016	57, 100	160

EMPAGUAはゾーン17, 18の逼迫した水不足に対処するため、新たに6本の井戸を掘削し、現在その中の4本から12,800m³/日を揚水して給水している。イルシオネス浄水場の生産水量を加えるとゾーン17, 18への全体給水量は33,190m³/日となり、仮に人口を30万人とした場合、給水量は110ℓ/日/人となるが、他の地域と比較してもその深刻度が容易に理解される。給水量不足のため現在EMPAGUAは時間給水制限、隔日給水を余儀なくされている。

EMPAGUAの資料に基づいて、計画対象である3浄水場の概要を表-11にまとめる。

表-11 本計画対象の3浄水場の概況

浄水場名	処理水量 (m ³ /日)		建設年	取水源及び流量	備考
	設計	*現状(平均)			
イルシオネス	(0.289m ³ /秒) 25,000	(0.235m ³ /秒) 20,320	1971	オコテス川 (アトランテコ壩) 259ℓ/秒	デクレモン
サンタルイサ	(0.436m ³ /秒) 40,000	(0.302m ³ /秒) 26,130	1938 ~ 1978	テオシンテ(ダム) 250ℓ/秒 アカタン(川) 64ℓ/秒 カナリトス(川) 30ℓ/秒 井戸 8ℓ/秒	フィルタ- インフィル コ製
カンブライ	(0.185m ³ /秒) 16,000	(0.146m ³ /秒) 12,640	1942 ~1970	インカピエ(川) 98ℓ/秒 ピヌーラ(川) 34ℓ/秒	フィルタ- インフィル コ製

注) *現状の処理水量は1986年から1993年までの平均値である。

3. 4. 2 取水施設の現状

本計画の対象である3浄水場の主水源である各河川及びその集水流域は図-3に示すとおりである。上流域では近年に至り住宅地が急増し住民の生活排水の流入により年々水質が悪化している。また、全ての取水施設は雨期に多量の土砂が取水口周辺に堆積し、その除去に多くの労力を要している。特にサントルイサ浄水場の水源であるテオシンテダムは堆積土砂のためにダム容積が600万 m^3 の1/3の200万 m^3 に減少し、取水管流入口まで堆積物が迫ってきている。なお各取水施設の概況と問題点は表-12に示した通りである。

表-12 水道施設の水源、取水施設

システム名	取水施設	送水方式	問題点
イルシオネス	アトランティコ堰	ポンプ H=465m	<ul style="list-style-type: none"> ・堆積土砂が多い。 ・雨期に濁度が高い。 ・乾期に水量が不足。
サントルイサ	テオシンテ・ダム	自然流下	・ダム容積が堆積土砂により1/3に減少。
	カナリトス堰	ポンプ H=180m	<ul style="list-style-type: none"> ・生活廃水の流入で水質が悪化。 ・雨期に濁度が高い。
	アカタン堰	自然流下	・現状の水質は比較的良い。生活廃水の流入による水質が低下が懸念される。
カンブライ	インカピエ堰	ポンプ H=320m	<ul style="list-style-type: none"> ・堆積土砂が多い。 ・雨期に濁度が高い。
	ビヌーラ堰	自然流下	<ul style="list-style-type: none"> ・雨期に濁度が高い。 ・乾期に水量が不足。 ・生活廃水の流入で水質が低下。

表-12に示した問題点の発生原因は、上流域における開発行爲及び自然特性によるといえる。すなわち上流部集水流域の地質は火山灰や火山砕屑岩の堆積によって覆われており、流域の地形は河川の長年にわたる浸食作用により形成されたものである。この地質は河川の浸食作用に脆いため、降雨時の土砂流出による河川水の高濁度化は宿命的なものと判断される。

根本的な解決策としては、環境影響調査を含む広域的かつ長期的な流域総合調査に基づいて計画されるべき上流域の開発規制、下水道整備、河川護岸整備等が考えられる。事前調査において提案された既存堰の嵩上げや砂防ダムの建設等は取水点付近を対象としたもので、抜本的な解決となるものではない。また各取水施設は、十分とは言えないまでも土砂吐ゲート等の堆砂除去設備を有しており、EMPAGUAは定期的に堆積土砂の排除を行い取水機能を維持している。

水道水源となる河川の上流域の河川管理は、安全かつ安定した水の供給を行うに当たって最も重要な要素であり、今後速やかに対処することが必要であるが、EMPAGUA独自で対応することは困難であるため、行政、財政を含めグアテマラ国政府並びにグアテマラ市当局として対応すべきものと思われる。

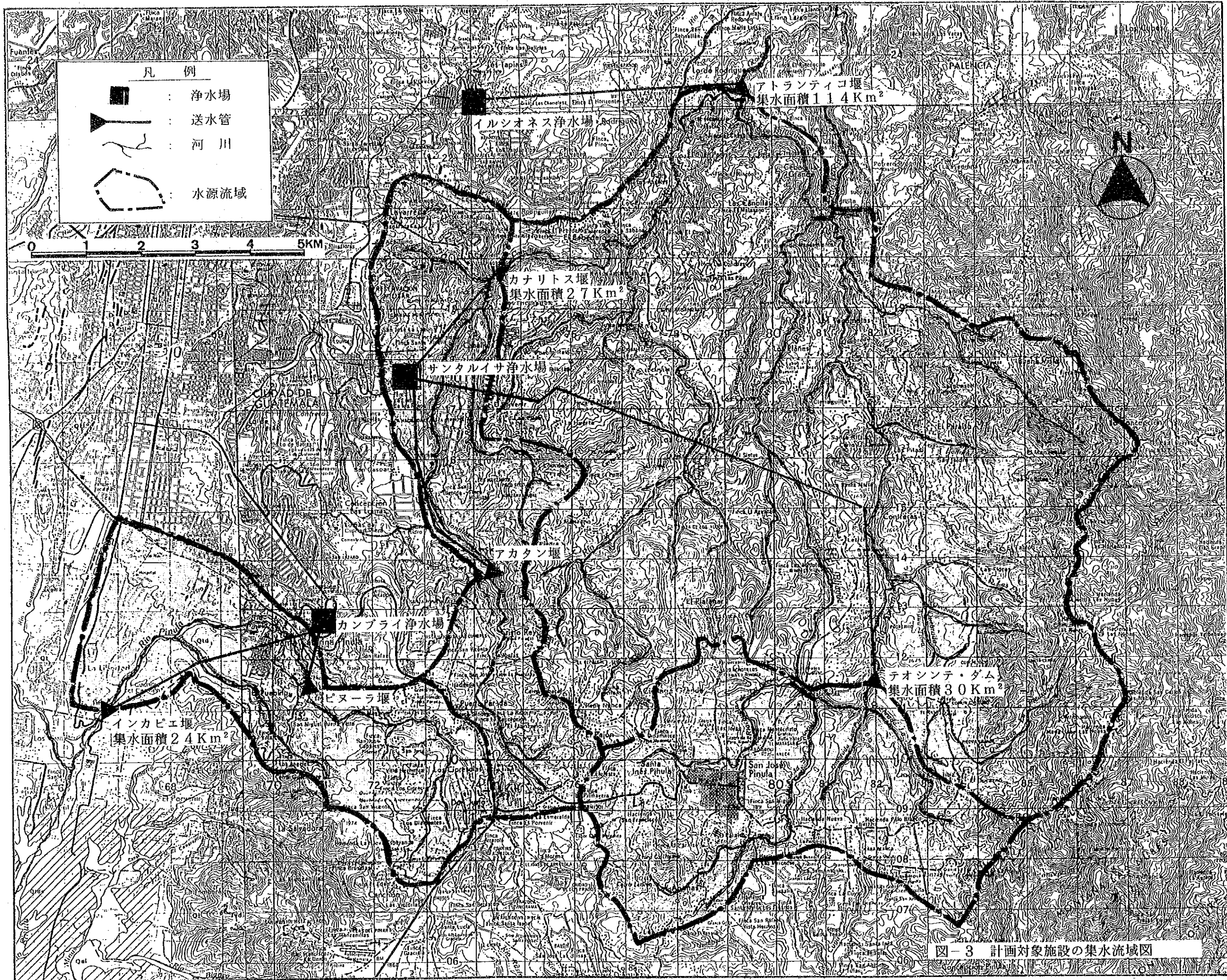


図-3 計画対象施設の集水流域図

なお計画対象である3取水場の設備状況は以下の通りである。

(1) イルシオネス・システム

イルシオネス・システムはオコテス川に設置されたアトランティコ堰から取水している。原水は沈砂池を経て、地下タンクから4基（うち1基は予備）の堅型タービンポンプ（揚程448m、容量5.86m³/分）によりイルシオネス浄水場へ送水されている。

堰堤に設けられた土砂吐きゲートは上流からの土石の衝撃で破損し、使用不可能となっている。現在、排砂の方法として、取水口から原水を堆積土砂とともに取り込み、沈砂池内に設置されているバイパスを通して下流へ放出している。雨期の河川水は砂の含有率が高く、既存の沈砂池では、砂が十分に除去できない、送水ポンプのインペラーの摩耗の原因となっている。また、送水ポンプは高揚程であるため、ウォーターハンマー防止用の圧力式サージタンクが設置されているが、コンプレッサーが故障しており十分に機能していない。

(2) サントルイサ・システム

サントルイサ・システムは、テオシンテダム、カナリトス堰、アカタン堰の3カ所より取水している。

テオシンテダムはテオシンテ川上流域及びビハゲ川上流域を水源として、1936年にテオシンテ川に建設された。サントルイサ浄水場へは、φ18"とφ20"の2本の送水管により、自然流下で送水されている。雨期に流入する土砂のため、ダム容積は建設当時の1/3の200万m³に減少し、堆積した土砂が取水管の流入口近くまで迫って来ている。EMPAGUAでは定期的に土砂吐管のバルブ操作により土砂の排除を行っているが、堆積土砂が固結しているため効果的な排除はできていない。

カナリトス堰はカナリトス川上流域を水源として1958年に建設された。原水は沈砂池を経た後、3基（うち1基は予備）のポンプ（揚程180m、容量15ℓ/秒）でサントルイサ浄水場へφ8"の送水管で送水されている。集水域の大半は住居地区（ゾーン17）であり生活排水の流入が著しく、臭気もあるため現在は常時稼働していない。

アカタン堰は1898年に建設された古い堰であるが、湧水であるため水質は比較的良好である。原水は自然流下でサントルイサ浄水場へ送水されている。取水量は約64ℓ/秒である。

以上の水源以外にサントルイサ浄水場周辺において、数本の深井戸から地下水を取水している。

(3) カンプライ・システム

カンプライ・システムはピヌーラ川上流域を水源とし、ピヌーラ堰とインカピエ堰から取水している。

ピヌーラ堰はEMPAGUA所有の取水場の中で最も古く1877年に建設された。カンプライ浄水場へは約1kmの距離にあり、自然流下で送水されている。河川勾配が急で上流からの土石の流入が多いため堰の上下流数カ所に砂防ダムが設置されている。

インカピエ堰はピヌーラ堰の下流に位置し、ピヌーラ川流域を水源として1968年に建設さ