

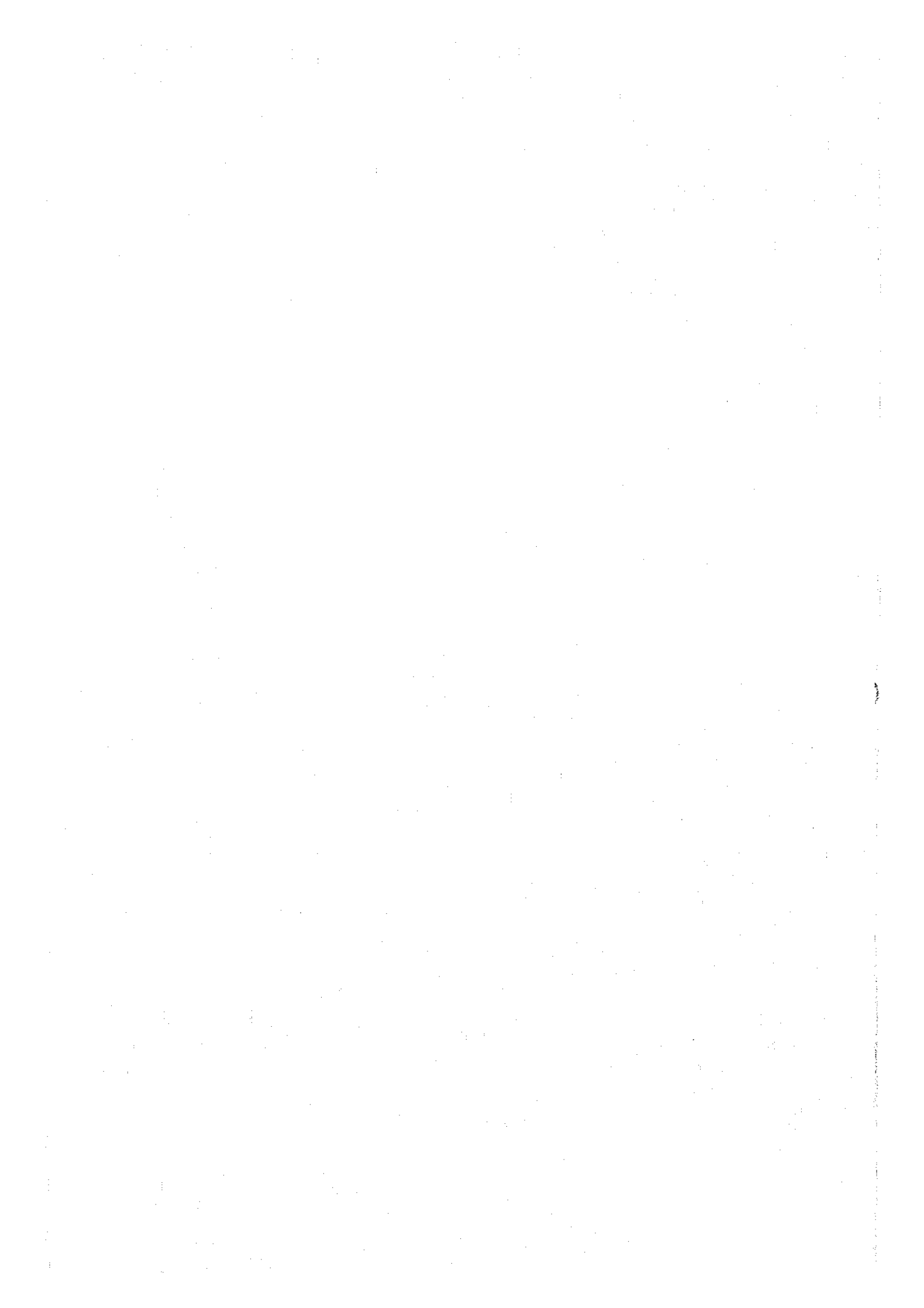
グアテマラ共和国

グアテマラ市地下水開発計画調査

報 告 書

昭和61年9月

国 際 協 力 事 業 団



グアテマラ共和国

グアテマラ市地下水開発計画調査

報 告 書

昭和61年9月

国 際 協 力 事 業 団

国際協力事業団	
受入 月日 86.10.03	611
登録No. 15449	61.8
	SDS

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、グアテマラ市地下水開発計画調査を行なうことを決定し、国際協力事業団がこれを実施した。

本調査に必要な情報、資料の収集、解析及びグアテマラ共和国政府関係者との協議のため、昭和60年7月12日から昭和61年3月15日及び昭和61年5月22日から同年7月20日までの期間にわたり、株式会社中央開発インターナショナル 稲森郁郎氏を団長とする調査団を現地に派遣した。

調査団は、資料・情報の収集、資料の解析・検討を行なうとともに、調査結果について同国関係者と協議、調整を図る等所要の作業を終了し、ここに本報告書提出の運びとなった。

本報告書がグアテマラ市地下水開発の実施に寄与するとともに、日本・グアテマラ両国間の友好親善の一層の促進に貢献できれば幸いである。

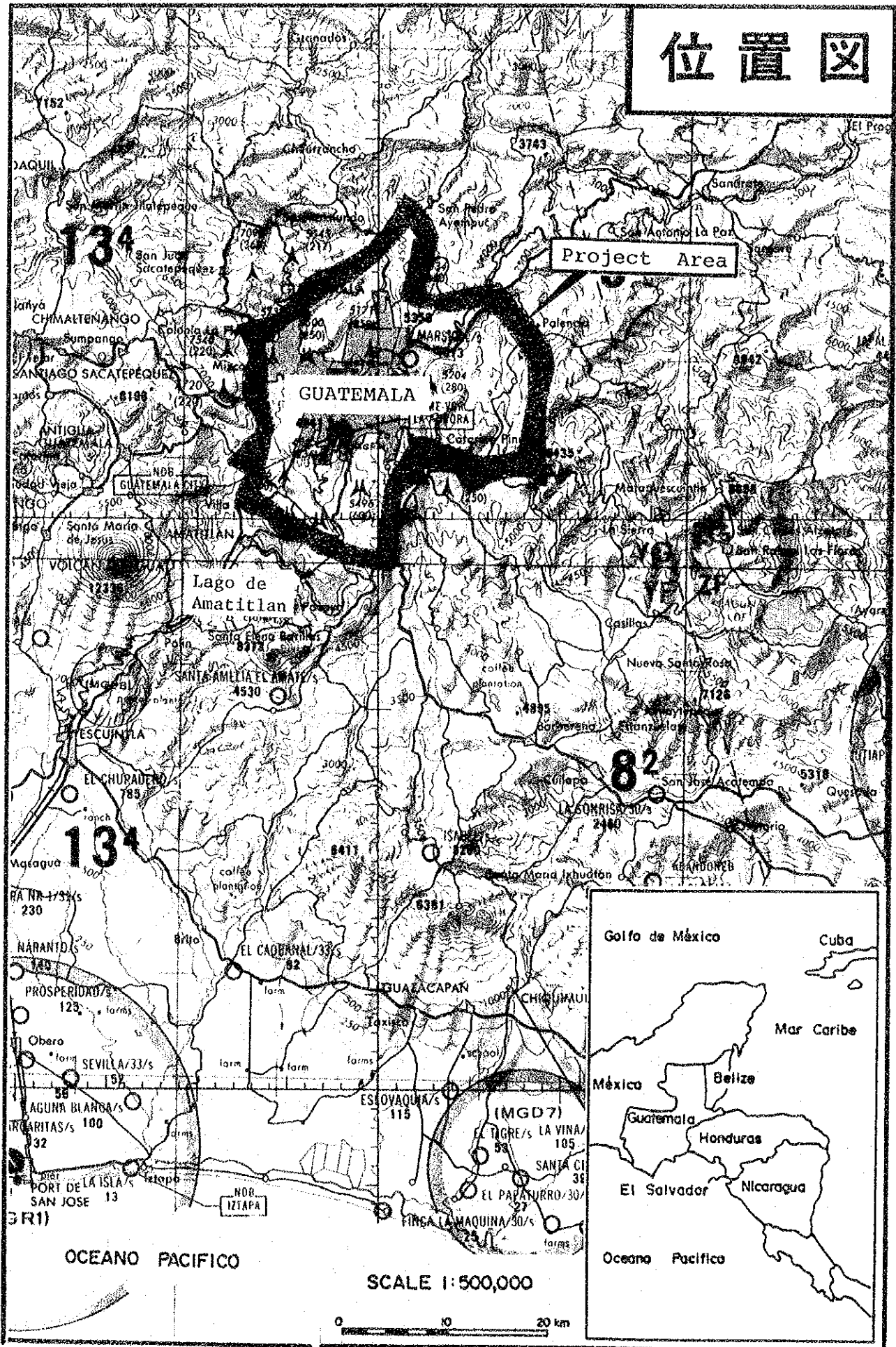
おわりに、本調査の実施に御協力をいただいたグアテマラ共和国政府関係者並びに関係各位に対し深甚なる謝意を表する次第である。

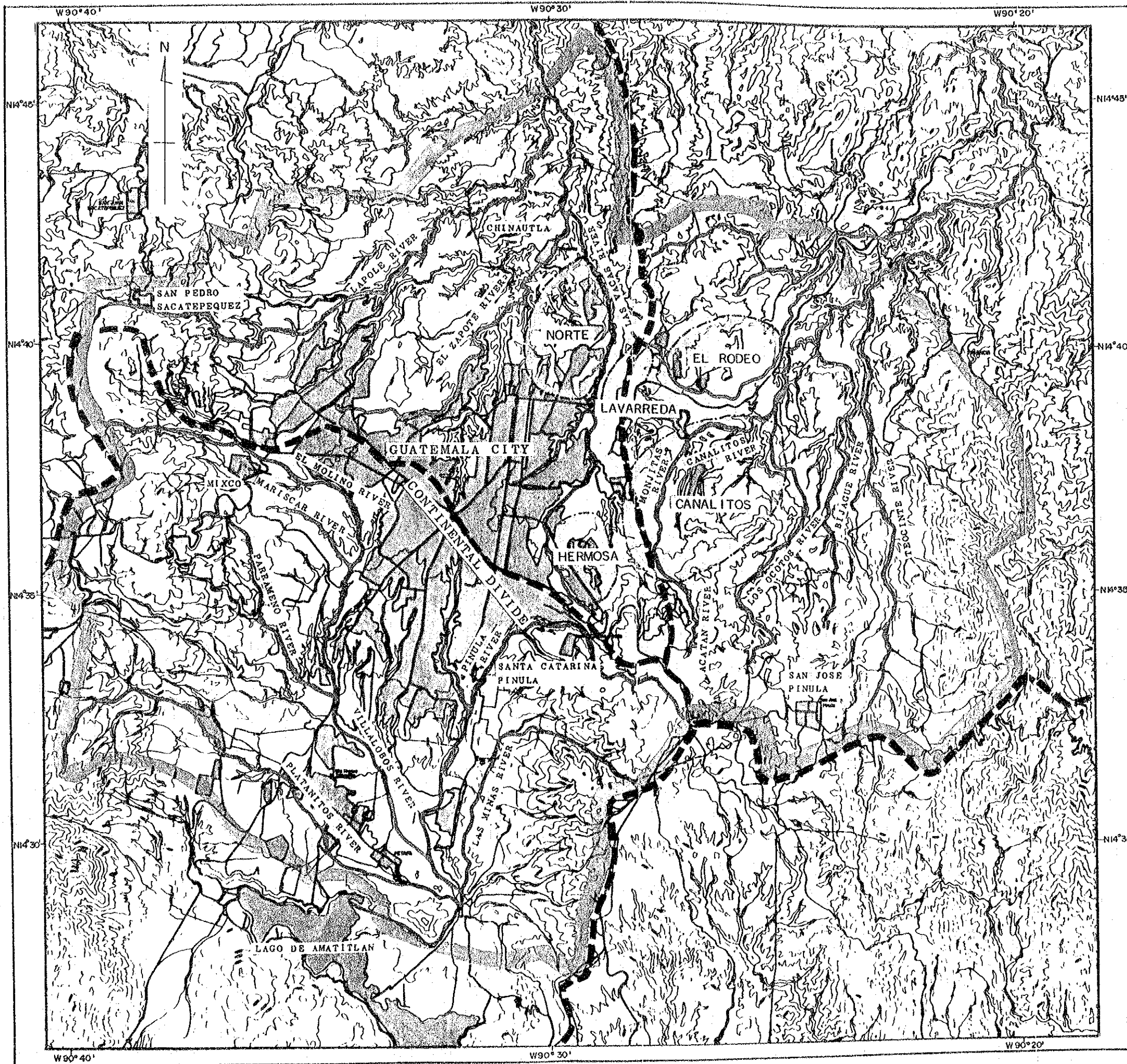
昭和61年9月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔

位置図

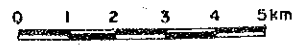




LEGEND

- PROJECT AREA
- GROUND WATER DEVELOPMENT AREA
- RIVER
- DIVIDE

SCALE



REPUBLIC OF GUATEMALA MUNICIPAL WATER SUPPLY CORPORATION OF GUATEMALA CITY (EMPAGUA)			
GROUNDWATER DEVELOPMENT PROJECT			
PROJECT MAP			
DATE	1986	DWG.NO.	1
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY			

報 告 書

位置図	i
計画事業図	ii

目 次

第1章 序 章	I - 1
1.1 はじめに	I - 1
1.2 経 緯	I - 1
1.3 調査の目的	I - 3
1.4 調査の内容	I - 3
1.4.1 調査地域	I - 3
1.4.2 調査の内容	I - 4
1.5 調査工程	I - 5
第2章 計画の背景	II - 1
2.1 国家的背景	II - 1
2.1.1 グアテマラ国の社会経済	II - 1
2.1.2 国家開発計画	II - 2
2.1.3 上下水道部門開発計画実施機関	II - 4
2.1.4 国際機関の協力	II - 4
2.2 地域的背景	II - 5
2.2.1 グアテマラ首都圏	II - 5
2.2.2 上下水道サービス	II - 7
2.2.3 水資源開発の必要性	II - 9

2.2.4	グアテマラ市水供給基本計画	II - 10
2.2.5	緊急開発計画 (I)	II - 12
2.2.6	関連開発計画	II - 12
第3章 計画地区の現況		III - 1
3.1	計画地区	III - 1
3.2	自然条件	III - 4
3.2.1	地 勢	III - 4
3.2.2	地 質	III - 7
3.2.3	水文地質	III - 9
3.2.4	水文気象	III - 10
3.2.5	水資源	III - 12
3.3	地下水	III - 15
3.3.1	滞水層	III - 15
3.3.2	水の循環	III - 16
3.3.3	地下水位	III - 16
3.3.4	電気探査	III - 18
3.3.5	水収支	III - 20
3.3.6	テストボーリング	III - 28
3.4	社会経済	III - 36
3.4.1	人 口	III - 36
3.4.2	社会経済	III - 36
3.4.3	土地利用	III - 38
3.5	用水サービスの現況	III - 41
3.5.1	上水道サービス組織	III - 41
3.5.2	用水供給システムと施設	III - 43
3.5.3	用水需要と供給	III - 46

3.6	グアテマラ市水道供給公社	III - 51
3.6.1	概 要	III - 51
3.6.2	財務状況	III - 53
3.6.3	財務比率	III - 53
3.6.4	組 織	III - 56
3.7	試掘調査	III - 58
3.8	環 境	III - 60
3.8.1	自然環境	III - 60
3.8.2	社会生活環境	III - 61
3.8.3	既存水源・水質	III - 62
第4章	開発計画	IV - 1
4.1	開発計画の目的	IV - 1
4.1.1	構成要素	IV - 1
4.1.2	開発の基本構想	IV - 2
4.2	地下水開発計画	IV - 3
4.2.1	基本方針	IV - 3
4.2.2	代替水資源	IV - 9
4.2.3	井戸群の提案	IV - 10
4.3	用水供給計画	IV - 12
4.3.1	基本方針	IV - 12
4.3.2	用水配分計画	IV - 13
4.3.3	用水生産計画	IV - 18
4.3.4	リハビリテーション	IV - 29
4.3.5	運転管理	IV - 35
4.3.6	維持管理制度	IV - 36

4.4	地下水保全	IV - 38
4.4.1	総論	IV - 38
4.4.2	地下水観測計画	IV - 39
4.4.3	人工地下水涵養	IV - 40
第5章	施設計画	V - 1
5.1	地下水生産施設	V - 1
5.1.1	井戸	V - 1
5.1.2	ポンプ・モーター	V - 4
5.2	生産システム	V - 6
5.2.1	諸元	V - 6
5.2.2	送水施設、設備	V - 8
5.3	リハビリテーション	V - 12
5.4	送電設備	V - 12
5.4.1	電源	V - 12
5.5	モニタリング施設	V - 13
5.5.1	観測井	V - 13
5.5.2	観測調査器具	V - 13
5.6	維持管理施設	V - 14
5.6.1	維持・制御施設	V - 14
第6章	組織・管理	VI - 1
6.1	実施組織	VI - 1
6.2	実施計画	VI - 1
6.3	資機材の調達と建設工事	VI - 2
6.4	管理組織	VI - 3

第7章 事業費の積算	VII - 1
7.1 概 要	VII - 1
7.2 事業費	VII - 2
7.3 維持管理及び機器類の交換	VII - 14
7.4 年度別計画	VII - 14
7.5 生産費	VII - 15
 第8章 事業評価	 VIII - 1
8.1 財務評価	VIII - 1
8.1.1 まえがき	VIII - 1
8.1.2 収 益	VIII - 1
8.1.3 収益の概算	VIII - 5
8.1.4 評価の結果と感度分析	VIII - 6
8.1.5 要 約	VIII - 7
8.2 事業効果	VIII - 8
 第9章 結論および勧告	 IX - 1

表番号	表 題 リ ス ト	ページ
2 - 1	グアテマラ首都圏人口予測	II - 8
2 - 2	人口増加率 (1940~1981)	II - 8
2 - 3	グアテマラ首都圏公衆衛生サービス	II - 9
3 - 1	水バランス概要 (上部滞水層)	III - 25
3 - 2	下部滞水層の貯留量	III - 26
3 - 3	グアテマラ市飲料水供給状況	III - 52
3 - 4 (1)	エンバグア収支表(1)	III - 54
3 - 4 (2)	エンバグア収支表(2)	III - 55
4 - 1	供給と需給	IV - 14
4 - 2	プラント別、年次別生産量	IV - 29
4 - 3	井戸群別、年次別生産量	IV - 30
4 - 4	エンバグア用水サービスシステムにおける問題と欠陥	IV - 31
4 - 5	井戸機能回復目標	IV - 33
5 - 1	井戸仕様	V - 3
5 - 2	プロジェクト施設一覧	V - 11
6 - 1	実施スケジュール	VI - 2
7 - 1	事業費	VII - 4
7 - 2	年次別O/M費	VII - 13
7 - 3	交替コストと有効年限	VII - 15
7 - 4	運営及び技術経費	VII - 16
7 - 5	直接工事費	VII - 17
7 - 6	事業費年度割支出計画	VII - 18
8 - 1	推定歳入	VIII - 9
8 - 2	償還レート	VIII - 10

図番号	図 題 リ ス ト	ページ
1 - 1	ブラマバグ	I - 2
2 - 1	給水サービス地域	II - 6
2 - 2	推定水需要	II - 11
3 - 1	地下水開発地域	III - 2
3 - 2	地形的土地区分	III - 3
3 - 3	プロジェクト地域地質図	III - 6
3 - 4	プロジェクト地域地質柱状図	III - 7
3 - 5	プロジェクト地域地質プロフィール	III - 8
3 - 6	年降水量等降水量線図	III - 11
3 - 7	地下水量レジメ	III - 17
3 - 8	河川流域区分	III - 21
3 - 9	地下水位図	III - 22
3 - 10	テストボーリング	III - 30
3 - 11	グアテマラ首都圏部屋数別家族数	III - 37
3 - 12	地表面浸食状況図	III - 39
3 - 13	土地利用将来図	III - 40
3 - 14	既存施設	III - 47
3 - 15	エンバグア組織図	III - 48
4 - 1	水開発有望地域	IV - 11
4 - 2	計画井戸及び配水システム	IV - 17
4 - 3	配水バイプライン	IV - 22
4 - 4	オペレーション・フローチャート	IV - 37
5 - 1	オペレーション・フロー	V - 15
6 - 1	プロジェクト実施組織計画(1)	VI - 4
6 - 2	プロジェクト実施組織計画(2)	VI - 5
6 - 3	O/M組織図	VI - 6

ABBREVIATIONS

AID:	Agency for International Development
BANVI:	Banco Nacional de Vivienda
BCIE:	Banco Centroamericano de Integracion Economica (CABEI)
CIDA:	Canadian International Development Agency
CNPE:	Consejo Nacional de Planificacion Economica
COPECAS:	Comite Permanente de Coordinacion de Agua y Saneamiento
EDOM	Estudio de Ordenamiento Metropolitano
EMPAGUA:	Municipal Water Supply Corporation of Guatemala City or Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala
ERIS:	Escuela Regional de Ingenieria Sanitaria
FAO:	Food and Agricultural Organization
IDB:	Inter-American Development Bank or Banco Interamericano de Desarrollo (BID)
IGM:	Instituto Geografico Militar
IGSS:	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social
INAFOR:	Instituto Nacional de Forestacion
INDE:	Instituto Nacional de Electrificacion
INE	Instituto Nacional de Estadistica
INFOM:	Instituto Nacional de Fomento Municipal
INSIVUMEH:	Instituto Nacional de Sismologia, Vulcanologia, Meteorologia e Hidrologia
JICA:	Japan International Cooperation Agency
MCOpyT:	Ministerio de Comunicaciones, Obras Publicas y Transportes
MSPyAS:	Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social
PAHO:	Panamerican Health Organization or Organizacion Panamericana de Salud (OPS)
PLAMABAG:	Guatemala City Water Supply Master Plan or Plan Maestro de Abastecimiento de Agua a la Ciudad de Guatemala

SEGEPLAN: Secretaria General de Planificacion Economica

UEA: Unidad de Emergencia de Agua

UENIA: Unidad de Estudios de Nuevas Introducciones de Agua

UNDP: United Nations Development Program

UNESCO: United Nations Educational Scientific and Cultural Organization

UNICEF: United Nations International Children's Emergency Fund

UNEHIVAGUA: Unidad Ejecutora del Estudio Hidrogeologico del Valle de Guatemala

UNEPAR: Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales

USAC: Universidad San Carlos de Guatemala

WB: World Bank

WHO: World Health Organization or Organizacion Mundial de Salud (OMS)

UNITS

Length

mm:	millimeter
cm:	centimeter
m:	meter
km:	kilometer
inch:	25.4mm
ft:	foot (feet) = 12inch = 30.48cm
mile:	5,280feet = 1.609km

Area

cm ² :	square centimeter
m ² :	square meter
km ² :	square kilometer
ha:	hectare

Capacity

l:	liter
m ³ :	cubic meter
Mm ³ :	million cubic meters
gl:	gallon = 3.785 lit.

Weight

g:	gram
kg:	kilogram
ton:	metric ton
oz:	ounce = 28.4gr
lb:	pound = 16oz = 454gr

others

h:	hour
min:	minute
sec:	second
cm/sec:	centimeter per second
m/sec:	meter per second
m ³ /sec:	cubic meter per second
gl/sec:	gallon per second = 3.785 l/sec = 0.2271ton/min
pajas:	pajas = 60m ³ /month (a unit quantity under the consumer contract for water supply by EMPAGUA)

第 1 章 序 章

第1章 序 章

1.1 はじめに

本報告書は、1977年3月28日日本国政府とグアテマラ共和国政府との間で締結された“技術協力に関する協定”に基づいて、国際協力事業団（以下JICAと云う）と、グアテマラ市水道公社（以下EMPAGUAと云う）との間で、1984年12月合意調印された“グアテマラ市地下水開発計画調査についての Scope of Work”に基づきJICAが派遣した調査団によって実施された現地調査および国内作業の成果をとりまとめたものであり、“グアテマラ市地下水開発計画調査最終報告書”である。

1.2 経 緯

1982年EMPAGUAは、年々深刻化しつつあるグアテマラ首都圏の用水問題に対応するため、2010年を目標とする“グアテマラ市水供給基本計画（PLAMABAG）”を策定した。

Fig 1-1に示すとおり、PLAMABAGは2つの短期計画と3つの長期計画から成り、短期計画は、1985年完成を目標とする緊急計画（I）と、1992年完成を目標とする緊急計画（II）から成っている。

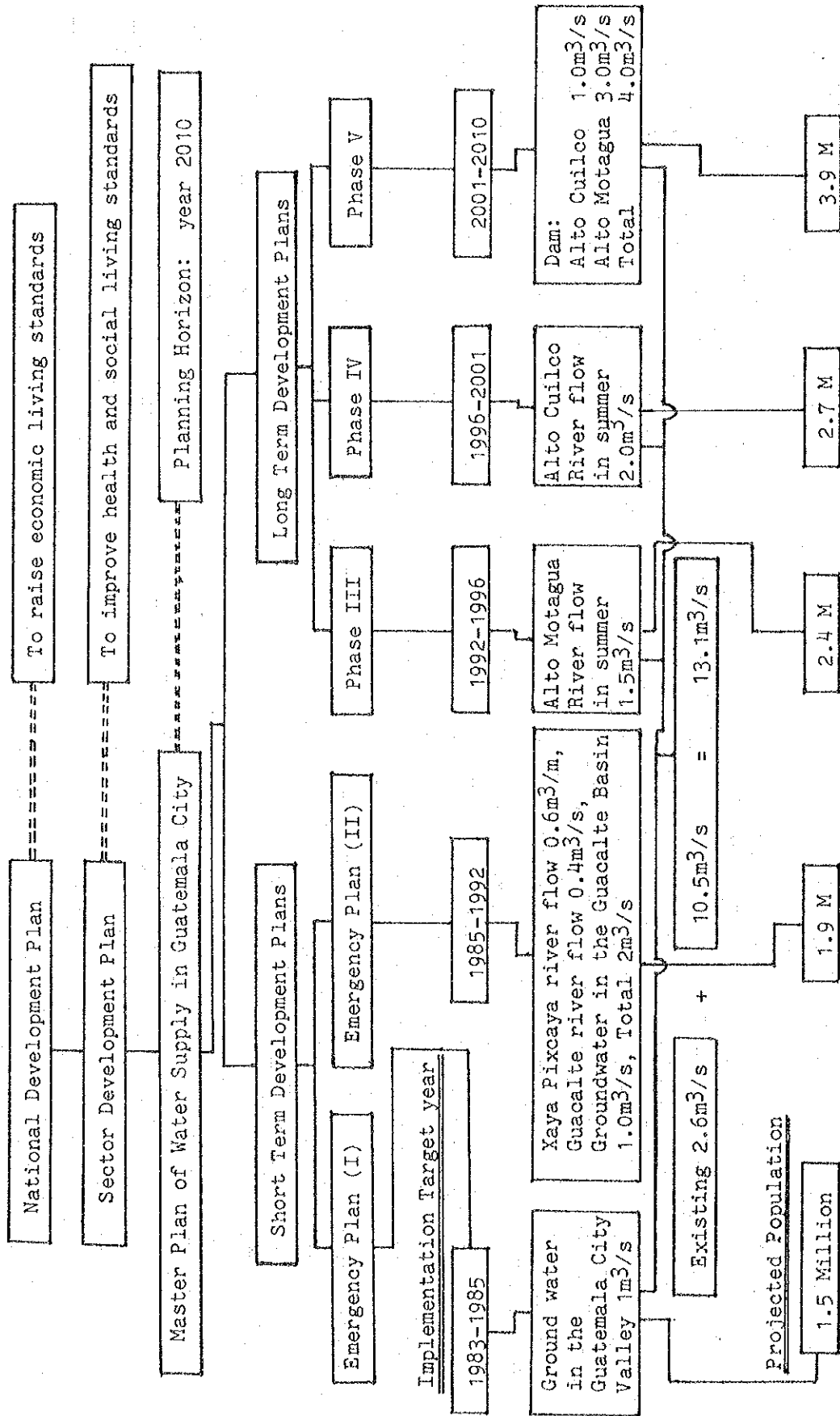
EMPAGUAは緊急計画（I）をできるだけ早く実施することを計画し、1984年4月グアテマラ政府を通じて日本政府に対して、本開発計画のフィジビリティ調査にかかる技術協力を要請した。

日本政府は、1984年12月JICAを通じて“事前調査団”をグアテマラ国に派遣した。

事前調査団は、開発計画対象地域を踏査し、必要な調査、所要資料の収集を行なうとともに、EMPAGUA関係者を始め、グアテマラ市、グアテマラ国政府関係者と本開発計画およびF/S調査の実施について協議して、1984年12月11日“グアテマラ市地下

FIG. 1-1

PLAMABAG



水開発計画調査に関する Scope of Work ”を合意調印した。

JICA は、上記“ Scope of Work ”に基づき、1985年 7月グアテマラ市地下水開発計画調査団を、グアテマラ国に派遣した。

調査団は、同年 7月から1986年 7月まで約1年間EMPAGUAの協力を得て現地調査を実施した。この間二次にわたって国内作業を実施し、1985年12月 Progress Report、1986年 3月 Interim Report、1986年 8月最終報告書草案 (Draft Final Report) を、EMPAGUAに提出した。

本最終報告書 (Final Report) は上記各報告書に対するEMPAGUAから示された意見、勧告に基づいて、これまでの調査の成果を取りまとめたものである。

1.3 調査の目的

本調査の目的は、次のとおりである。

- (1) 地下水の開発により、約 1m³/secの用水を供給する計画の実施に関する技術的、財務的妥当性の検討
- (2) EMPAGUA技術者に対する技術知識の移転と実施研修

1.4 調査の内容

1.4.1 調査地域

本開発計画調査の対象地域は、PLAMABAGによって提案された“緊急計画 (I)”地区および市北部地区を含むグアテマラ市峡谷流域とこれに隣接する東北部地域である。

1.4.2 調査内容

本調査は、計画対象地域における現地調査と、日本国内に於ける室内作業から成る。

(1) 現地調査

- 1) 本計画に係わる資料の収集、整備、解析、評価
- 2) 地下水開発計画策定の基礎となる地形地質、水文気象、水理地質の調査、水資源の開発、利用の現況調査および電気探査、井戸の試掘、検層、揚水試験等々
- 3) 給水計画策定の基礎となる社会経済の現況、用水の需要供給の現況、用水供給施設、制度、運営管理の現況調査
- 4) 地下水の保全、涵養計画検討の基礎となる地下水生産現況、地下水涵養機構、土地利用調査および環境影響評価に係わる水質、公衆衛生施設、排水機構等々の現況調査
- 5) O/M計画策定の基礎となる用水生産、供給システムと運転管理の現況調査
- 6) リハビリテーション計画策定のため、既存井戸の生産能、設備の現況調査
- 7) 計画施設の計画、設計のための労務資材の価格、調達性、地形等の調査

(2) 室内作業

- 1) 計画地区の用水需給現況解析と用水需要の予測等用水供給計画の策定
- 2) 計画地区の地下水特性；開発可能性の評価と地下水開発計画の策定
- 3) 地下水開発計画施設、用水計画施設の設計および事業費の積算
- 4) 用水の生産、給水および計画施設の管理、運営計画の策定
- 5) 既存井戸のリハビリテーション計画の策定
- 6) 地下水保全計画の検討
- 7) 事業実施計画の草案策定
- 8) 事業の環境評価、財務分析と評価

1.5 調査工程

- (1) 1985年7月12日、調査団第1陣(団長以下3名)が、Guatemala市に入り、調査の基本方針、調査工程等に関して、E M P A G U A関係者と協議した。
- (2) 1985年8月10日、約1ヶ月の現地踏査とE M P A G U A関係者との協議の結果に基づき作業計画書(Inception Report)を作成し、E M P A G U Aに提出し、上記計画書に基づいて協議、討論を行ない、地下水開発計画作成の基本方針を策定した。
- (3) 1985年11月28日、約4ヶ月の現地調査およびこの間に実施した約2ヶ月間の国内作業の成果に基づき Progress Reportを作成し、E M P A G U Aに提出し、関係者に説明し、協議した。
- (4) 1986年3月3日、1985年12月15日までの現地調査とこの後引続いて実施した国内作業およびこの間継続実施した現地作業の成果に基づいて、開発計画仮案を策定して、中間報告書(Interim Report)として取りまとめ、E M P A G U Aに提出し、説明、協議した。
- (5) 試験井戸の掘削、揚水試験等の継続現地作業は、1986年3月15日をもって完了し、1985年度の現地作業を全て完了した。
- (6) 1986年5月22日から同年7月20日まで、E M P A G U Aの既存井戸に対する捕捉調査を実施した。
- (7) 1986年8月7日、最終報告書草案(Draft Final Report)をE M P A G U Aに提出説明し、関係者と協議を重ね、同年8月15日、最終報告書草案に対するE M P A

G U A の意見に基づいて最終協議を行った。

(8) 現地調査期間を通じ、調査団は E M P A G U A 技術者に対する技術移転を効果的に実施するため、全ての作業を協同して実施した。特に、電気探査技術の移転のため測定技術の資料整理について専門家による実地研修を実施し、効果的技術移転を行った。

(9) 本計画調査にかかわる E M P A G U A、グアテマラ市、グアテマラ中央政府関係者ならびに J I C A 計画調整担当者、カウンターパートおよび調査団の名簿は次のとおりである。

E M P A G U A

President	Mr. Alvaro Arzu
Former Presidnet	Mr. Jorge Saravia
General Magager	Mr. Roberto Goyeueta
Former General Manager	Mr. Danilo Cruz
Assistant General Manager	Mr. Julio Santolino
Assistant General Manager	Mr. Clandio Olivares
Former Assistant General Manager	Mr. Carlos Castro
Former Assistant General Manager	Mr. Alfredo Bonatti
Director of Planning	Mr. Mario Rojas
Director of Operation and Maintenance	Mr. Carlos Arriola
Chief of Technical Planning	Mr. Carlos Quesada
Adviser	Mr. Luis Garcia
Adviser	Mr. Julio Mario de La Riva
Adviser	Mr. Rolando Jon

I N S I V U M E H

Director	Mr. Estuardo Velasquez
Assistant Director	Mr. Eddy Sanchez

I G M

Director	Mr. Marco Asturias
Assistant Director	Mr. Enrique Gonzales

C o u n t e r p a r t P e r s o n n e l

Coordinator	Mr. Carlos Ramirez
Assistant Coordinator	Miss. Lucrecia Argueta
Geophysist	Mr. Fernando Samayoa
Well Drilling Supervisor	Mr. Otto Soto
Well Drilling Supervisor	Mr. Oscar Urruela
Water Supply	Mr. Jorge Garcia
Environmental Evaluation	Mr. Francisco Charneau
Environmental Evaluation	Mr. Raul Franco
Operation and Maintenance	Mr. Victor Paz
"	Mr. Ismael Veliz
"	Mr. Freddy Ordonez
Assistat Engineer	Mr. Manuel Puente
"	Mr. Oscar Moran
"	Mr. Ramon Burgos
"	Mr. Danilo Carranza
"	Mr. Guido Echevarria
Hydrologist	Mr. Gustavo Garcia

Draftsman

"

Porter

Secretary

"

Mr. Mario Lopez

Mr. Nery Ortiz

Mr. Carlos Ortiz

Mrs. Gladys Pinzon

Mr. Guillermo Hernandez

J I C A S t u d y T e a m

Team Leader, Hydrogeology

Mr. Katsuyoshi Zaoya

(July - Oct. 1985)

Team Leader, Hydrogeology

Mr. Ikuro Inamori

(Nov. 1985 -)

Electric Prospecting

Mr. Takashi Aoyama

Financial Evaluation

Mr. Masaru Obara

Investigation & Well Drilling

Mr. Katsuya Kamisato

Water Supply

Mr. Takashi Ohara

Environmental Evaluation

Mr. Hiromasa Minakami

Water Quality

Miss Akiko Mukade

Hydraulic Analysis

Mr. Masahiro Yamaguchi

Operation and Maintenance

Mr. Juji Semba

J I C A

Planning/Coordination

Mr. Takao Toda

"

Miss Eri Honda

第 2 章 計画の背景

第2章 計画の背景

2.1 国家的背景

2.1.1 グアテマラ国の社会経済

グアテマラ共和国は、国土総面積約 108,809km²、総人口約 7.8百万人（1984年）、人口密度72人/km²、最近10年間の年平均人口成長率は 3.1%である。

全人口の約40%近くが、首都グアテマラ市を始めとする都市部に、残る約60%が地方に分散居住している。

行政的に全国は22の Department に分かれているが、一般行政は 328の Municipios 単位で管轄されている。

国の基幹産業は、農業、商業および製造業で、それぞれの生産高は農業、商業が GDP の25%、製造業が16%を占めている。農業は全就業人口の約60%、総輸出量の50~60%を占める中核産業である。

GDP (1985年ベース価格、百万ケツアール)

	1980	1981	1982	1983	1984
GDP	<u>3,107</u>	<u>3,127</u>	<u>3,016</u>	<u>2,936</u>	<u>2,941</u>
農業	772	781	757	737	749
鉱石、石油	15	9	11	11	8
第2次産業	668	671	630	594	583
第3次産業	1,652	1,666	1,618	1,594	1,601
	(839)	(844)	(797)	(763)	(764)

() : 商業

資料：グアテマラ銀行

グアテマラの経済は、1970年代順調な成長を続けて来たが、1978年以来GDP成長率は低下を続け、1982年(-)3.5%、1983年(-)2.7%と前年度を下回った。1984年は前年に比して0.7%の増加を示したが、1981年に比して約6%低い値であった。

この様な経済不況は、中米共同市場の活力減退による需要激減と国際市場における農産物需要の激減と価格の急落および中米諸国の政治的不安定による国内外の設備投資が逡減したことによるものと言われている。

国民1人当りのGDPは、1984年0.1,146、平均収入は0.1,064で1981年以来、ほとんど変化していない。インフレーション率は近隣諸国に比して伝統的に低く、1980~81年11%であったが、1982~83年5~6%、1984年3.6%と安定した傾向を示していたが、1985年後半、主に石油価格の50%値上げを契機に物価の値上がりが顕著となっている。

国の外国為替市場は、1984年11月に60年間続いていた固定相場制から、公共、銀行、入札の3市場制に移った。公共市場のグアテマラQの対米ドル交換比は1:1と固定されている。自由銀行市場は変動相場制で、1985年末の対米ドル交換比は2.90:1\$であった。

2.1.2 国家開発計画

政府は健全な経済的環境を創り、国民の社会経済的生活水準の改良、向上を図るため、社会経済各部門にわたって各種の国家開発計画を推進しつつある。

近年における国家開発計画(NDP)は、少なくとも国民の基本的要求を充足し得るように国民の収入の不均衡を是正することを目標としている。

1984年~85年NDPは、全公共投資額の24.9%を社会的な生活基盤の開発整備事業に投資し、国民生活の質的水準の引き揚げを目指している。また、同計画は、都市と地方との地域的経済隔差を解消することを目的としており、都市開発に対する投資割合を1970年代の42%から21%に半減し、地方開発の投資割合を大幅に増加した。

1977年の国連による“水の10年計画”に応え、政府は、1981年、1990年を目標とす

る“飲料水供給と衛生施設の改良に関する10ヶ年計画”を策定し、現在実施中である。

同計画は、上下水道委員会が、INFOM、UNEPAR、EMPAGUA、SEGEP LAN等々の協力およびWHO、PAHO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及び衛生施設の現況と、目標年次1990年における達成目標は、次のとおりである。

	1982年	1990年
飲料水供給 (%)	<u>49.8</u>	<u>81.2</u>
都市部	90.2	92.7
地方部	24.0	72.8
衛生施設	<u>33.6</u>	<u>81.2</u>
都市部	47.0	92.7
地方部	25.0	72.8

また、同計画は、上下水道のサービス基準を、人口規模に応じて、6つのレベルに区分し、目標を次のように定めている。

レベル	人口	上水	下水
I	点在	個別	便所
II	100～500人	40ℓ/人/日 100%公共水槽	便所：100%
III	500～2,000	水道 100ℓ/人/日：50% 水槽 40ℓ/人/日：50%	下水道：50% 便所：50%
IV	2,000～10,000	水道 150ℓ/人/日：60% 水槽 40ℓ/人/日：40%	下水道：60% 便所：40%
V	10,000～50,000	水道 200ℓ/人/日：70% 水槽 50ℓ/人/日：30%	下水道：70% 便所：30%
VI	50,000 以上および グアテマラ首都圏	水道 225ℓ/人/日：85% 水槽 50ℓ/人/日：15%	下水道：85% 便所：15%

2.1.3 上下水道部門開発計画実施機関

上下水道部門にかかる国家計画は1982年7月、SEGEPLAN、MSPyAS、INFOM、およびEMPAGUAが合議、調印して創設したCOPECASが中心となって推進している。

上下水道開発整備事業の実施、サービスの基準等々について、政府は、各種の法律、規則をもってその促進を図っており、主として次の様な政府機関がその実施にあたっている。

経済開発国家委員会 (SEGEPLAN)

公衆保健、社会サービス省 (MSPyAS)

保健局 (DGSS)

地方水道建設事務所 (UNEPAR)

通信、公共事業運輸省 (MCOpyT)

上下水道局 (DAYA)

公共事業局 (DGOP)

国防省 (MDN)

軍用飲料水計画 (NAPE)

自治省 (INFOM)

地方開発委員会 (PDC)

グアテマラ市水道公社 (EMPAGUA)

Xayá - Pixcayá 国営水道建設事務所

2.1.4 国際機関の協力

上下水道にかかる開発計画は、国連 (UN) を始め UNDP、WHO、UNICEF、OIT、FAO、UNESCO 等々の国際機関の協力のもとに促進されている。

これら各機関による援助、協力は、COPECAS または各プロジェクト毎の関係委員会を通じて進められている。

プロジェクトの実施にかかる資金について、IBRD、IDB、USAID、CIDA等々の国際開発金融機関および二国間援助機関が資金協力、信用供与している。

2.2 地域的背景

2.2.1 グアテマラ首都圏

首都グアテマラ市と社会経済的に共同体を成しているグアテマラ市とその周辺都市から成る地域を“グアテマラ首都圏”と称している。

グアテマラ首都圏の地理的範囲については、交通、電気、通信、上下水道等々各部門によって多少異っている。

上下水道部門では、グアテマラ市水道供給公社（EMPAGUA）の水供給サービス範囲である Guatemala、Mixco、Villa Nueva、Petapa、Santa Catarina Pinula等5つの Municipios と Villa Canales、Chinaulta等2つの Municipios の一部から成る面積約470km²の地域をグアテマラ首都圏と概定している。

1972年、EMPAGUA創設にかかるグアテマラ市と中央政府との協議によって、国家プロジェクト Xaya - Pixcaya 用水の運営管理がEMPAGUAの分掌の一部とされた。この事によってEMPAGUAの業務サービスの地理的範囲は、創設時からグアテマラおよびその周辺都市、いわゆる“グアテマラ首都圏”となった。

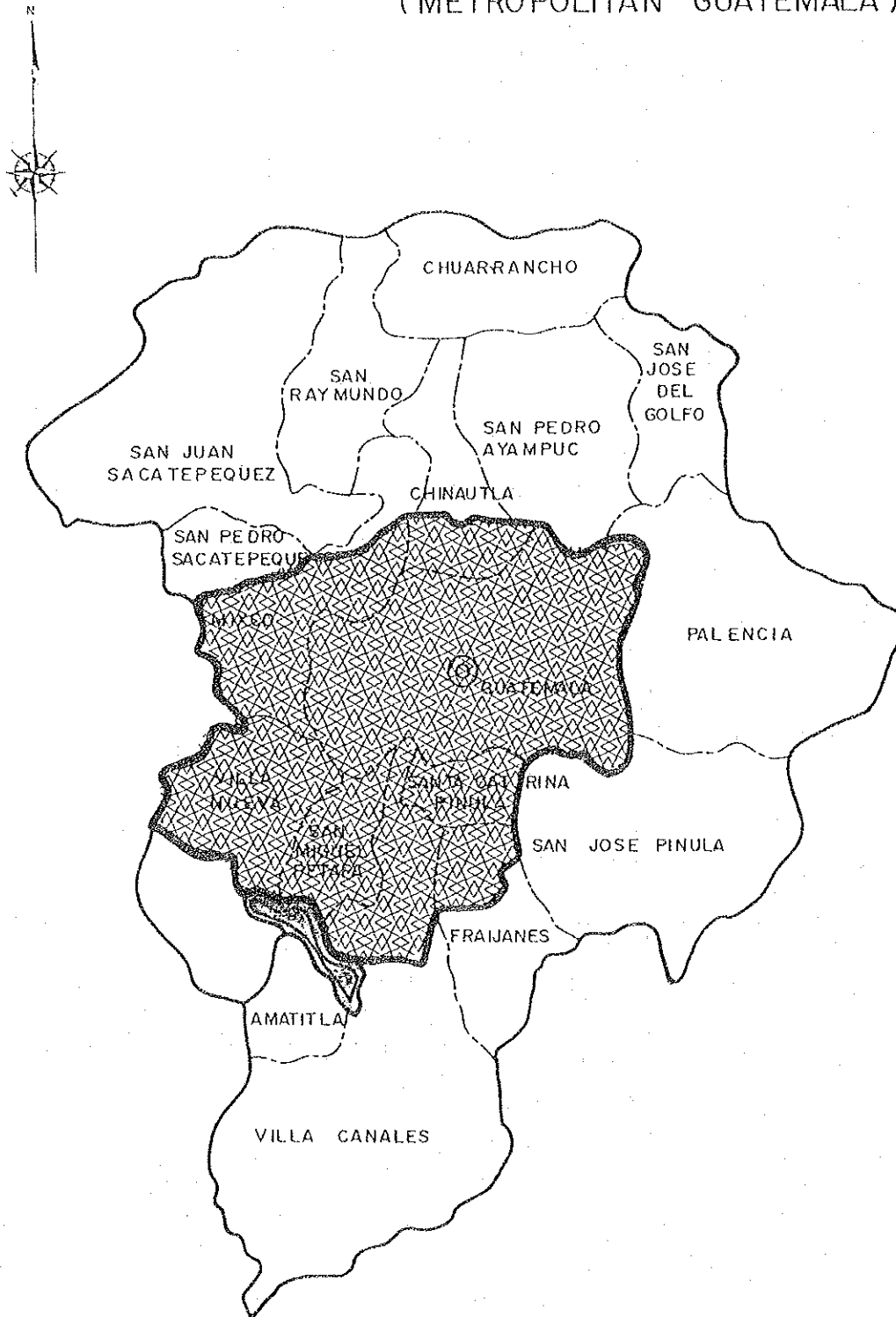
（図2-1参照）

グアテマラ首都圏の人口は、1985年で約150万と推定されている。1981年センサスによれば、グアテマラ首都圏の人口は1,134,702人で全国総人口の約18.7%、グアテマラ Department 人口の86.5%であった。

首都圏人口のうち約66%がグアテマラ市、残り約34%がその他地区となっている。

首都圏の人口増加割合は、1940年～1950年は99.9%、1950年～1964年105%と、略々倍、倍であったが1964年～1973年は38.8%、1973年～1981年は18.4%と減少傾向を

FIG. 2-1 WATER SERVICE AREA
(METROPOLITAN GUATEMALA)



WATER SERVICE AREA

示している。

併しながら、未尚、年成長率は 4.5%強と推定されており、2000年 2,732,000人、2010年 3,942,300人に達すると予測されている。(表 2-1参照)

グアテマラ首都圏形成の歴史的発展過程は下記に示すとうり

- 1940～1950年代は グアテマラ市の現中心街の隣接地域
- 1950～1960年代は Mixco Chinautla、Villa Nueva 等々、グアテマラ市の西北から西南の Municipios 地域
- 1960～1970年代は 西南のSan Miguel Petapo 地域
- 1970～1980 南部のSanta Catarina Pinula、Villa Canales 地域
- 1980～ グアテマラ市北東部及び西北部地域

を中心に都市化が進み、現在にいたっている。

2.2.2 上下水道サービス

グアテマラ首都圏EMPAGUA給水サービス地域住民は、生活用水を主として次の様な水源によって供給されている。

1. グアテマラ市水道公社 (EMPAGUA) : 河川、地下水
2. 民間用水サービス会社MARISCAL : 河川、地下水
3. 軍、公共機関管理用水サービス施設 : 地下水
4. 個人又は共同所有施設 : 地下水
5. 河川、湖沼、泉水の直接取水

1981年センサスによれば、用水サービスレベル別の世帯数は次のとおりである。

世帯総数	水		道		河川、湖沼 泉水	その他
	個人専用水栓	共同水栓	公衆水栓	井戸		
225,879	122,667	49,176	28,054	4,887	1,991	19,104
100%	54.3	21.8	12.4	2.2	0.9	8.4

Table 2-1 POPULATION PROJECTION OF METROPOLITAN GUATEMALA

	EMPAGUA	E.D.O.M		PLAMABAG
	Annual Growth 5%	Total	Urban Area Influenced by Guatemala City	
1964		732,500	610,400	557,260
1970		990,900	831,100	
1973		1,134,200	953,300	850,250
1975	1,028,000			
1980	1,312,000	1,565,100	1,317,000	1,171,050
1981	1,378,000			
1985	1,675,000			1,463,000
1988	1,939,000			
1989	2,036,000			
1990	2,138,000	2,526,900	2,109,600	1,816,250
1991	2,245,000			
1992	2,357,000			
1993	2,475,000			
1994	2,599,000			
1995	2,728,000			
2000	3,482,000	4,187,400	3,426,300	2,732,300
2010				3,942,500

TABLE 2-2 POPULATION GROWTH RATE, 1940 - 1981

(%)

	1940-1950	1950-1964	1964-1973	1973-1981
Metro, Guatemala	6.62	4.51	3.49	2.12
Mun. Guatemala	8.15	4.87	2.26	0.93
Chinautla	3.64	10.74	5.28	3.07
Mixco	4.74	9.07	14.06	5.40
Villa Nueva	5.65	6.39	10.11	6.77
San Miguel Petapa	4.94	3.29	10.17	6.40
Santa Catarina Pinula	3.66	4.42	3.49	3.77
Villa Canales	4.08	2.02	2.02	2.70

Source: DGE

水道施設は、EMPAGUA、MARISCAL、BANVI（住宅銀行）民間 Developerによるもののほか軍、学校その他公共施設専用水道等がある。

EMPAGUAは首都圏全世帯の約40%強をカバーしており、約 205,000m³/day ~ 239,000m³/day の用水を生産しており、MARISCALは10,000世帯（約 4.4%弱）をカバーし、約20,000m³/dayを生産している。

人口の増加に伴ない、水道水の需要は増加しているが、民間会社MARISCALは事業拡大計画を有せず現状維持を表明しており、将来の水需要に対応できる機関はEMPAGUAだけである。

EMPAGUAの用水生産量は1980年以来 5年間で約17%増加している。これに対し、EMPAGUAによる給水世帯は、30%以上の増加をしており、用水不足量は1985年で全需要量の18%（最大）と推定されており、次章に於いて詳述するとおり。地域的用水の不足の顕著となっている。

グアテマラ首都圏における都市下水の整備開発は貧弱で市中心部の排水は、主として5ヶ所の放流口から直接河川に放流されている。公共下水によるサービスをうけている世帯数は、下表に示すとおり、約57%にすぎない。近年開発された住宅団地は、それぞれ独立した下水設備をもっている。

Table 2-3

全世帯数	水 洗 式 便 所			流 出 貯 蔵 無					
	公 共 下 水			共 同 下 水			式 便 所	貯 蔵 便 所	無 施 設
	計	私設	共同	計	私設	共同			
225,879	127,845	98,280	29,565	12,193	7,324	4,869	13,231	61,359	11,251
100%	56.6%			5.4%			5.8%	27.2%	5%

2.2.3 水資源開発の必要性

近年、グアテマラ首都圏人口の年増加率は、年々減少しつつあるが、未だなお年4%を超えており、2000年には現在人口の182%、2,732,300人、2010年には262%、3,942,300人に達することが予測されている。

一方、下水道の整備、普及、都市の近代化、住民の生活水準向上等々による住民1人あたりの水消費量は年々増加しつつある。

グアテマラ首都圏住民の水需要の現況と将来の予測需要は、図 2-2に示すとおりで、1990年には1985年の 142%、2000年には 272%、2010年には 411%と増大することが見込まれている。

EMPAGUAによる用水サービス人口は、首都圏人口の40~45%と推定されている。EMPAGUAによる用水サービス需要世帯の数は年々約 6.7%の伸びを示しているが、EMPAGUAの用水生産量は1982年末、停滞を続け、年々増大する水需要に対応できない現状である。

1984年10月から1985年9月までの1年間における生産量は、最大で 2.717m³/sec、最小 2.374m³/sec、平均 2.553m³/secであった。これに対しEMPAGUAに対する水需要量は 2.836m³/secと推定されており、最大18%、最低 4%、平均10%の用水不足を来している。

この様な、現況のなかで、効率的な水資源の開発は、EMPAGUAにとって緊急を要する問題であり、水資源開発の遅れが、グアテマラ首都圏の水問題を益々深刻化することが明らかである。

2.2.4 グアテマラ市水供給基本計画

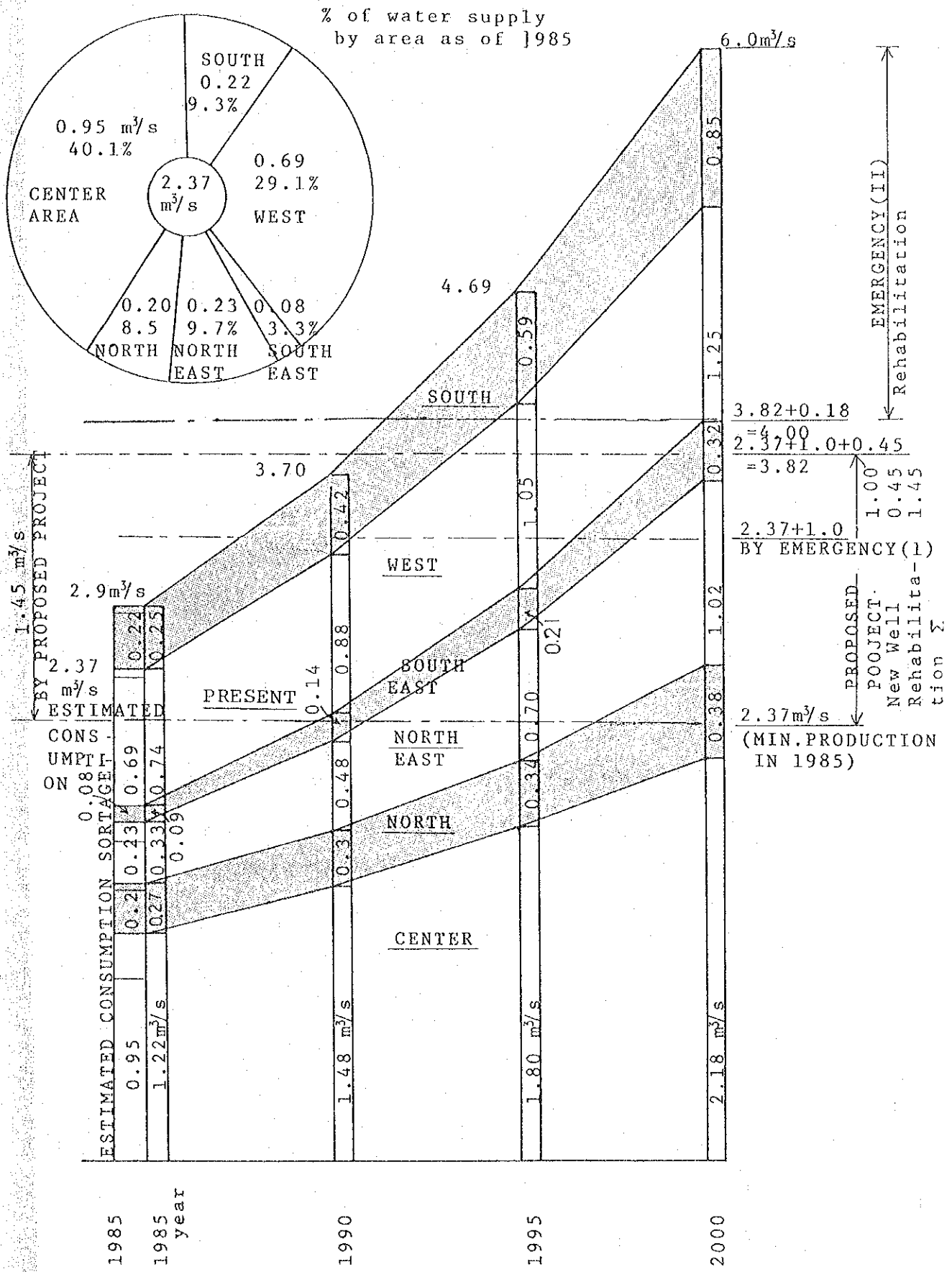
EMPAGUAは、年々深刻化するグアテマラ首都圏の水問題を解決するために、1980年IDBの協力を得て“グアテマラ市水供給基本計画(PLAMABAG)”策定のための調査に着手し、1982年5月PLAMABAGを発表した。

PLAMABAGは、2010年を計画目標年とし、グアテマラ首都圏 3,942,300(予測人口)住民の水需要に対応するために10.5m³/sの新規用水を開発し、既開発用水 2.6m³/sを含む13.1m³/sの用水供給開発計画である。

PLAMABAGは2つの短期計画と3つの長期計画から成る段階開発計画であり、各計画の目標年次、開発水源、開発用水量は図 2-2に示すとおりである。

FIG. 2-2

ESTIMATED WATER DEMAND



短期計画は、緊急計画（Ⅰ）、（Ⅱ）と呼ばれている。緊急計画（Ⅰ）は1988年から1992年の間の水不足を緩和しようとするもので、用水サービス地域に近く、建設コストが他の水源開発に比較して安く、所要開発工期も短い、グアテマラ市峡谷流域の地下水1 m³/sの開発を目的とするものである。

緊急計画（Ⅱ）及び3つの長期開発計画は、他流域の水資源（河川 8.5 m³/s、地下水 1 m³/s計 9.5 m³/s）を開発し、グアテマラ首都圏に導水する計画である。

2.2.5 緊急開発計画（Ⅰ）

緊急開発計画（Ⅰ）は、グアテマラ市峡谷流域の地下水涵養量を年間 1.0～ 1.2億トン、現在の年間生産量を 4千万～ 5千万トンと推定し、適切な地下水涵養対策の実施によって、同峡谷流域において1 m³/s（年間 3.1千万トン）の追加生産が可能であることを前提条件とし、

- 開発コストが他の水源開発に比して安い
- 所要給水施設が少ない
- 所要工期が短い
- 最も手近な、開発可能な水資源である

等々を事由に開発水資源をグアテマラ市峡谷流域の地下水としている。

緊急計画（Ⅰ）は、開発した用水を、EMPAGUAの既存配水網を通じて配水しようとする計画で、地下水生産井計画と計画井戸から既存給水施設までの導水計画が主な構成要素である。

2.2.6 関連開発計画

(1) 緊急計画（Ⅱ）

緊急計画（Ⅱ）は、既存Xaya Pixcaya用水の拡張計画で、次の様な構成要素から成る。

- 既存Xaya Pixcaya導水路の通水容量を、1 m³/sから3 m³/sに拡

大する導水路拡張、改良計画

--- Lo de Cay 浄水場の水処理能力を、 $1\text{ m}^3/\text{s}$ から $3\text{ m}^3/\text{s}$ に拡大する浄水プラント拡張計画

--- 水資源開発計画

--- X a y a - P i x c a y a 川の余剰表流水開発と高水利用開発により $0.6\text{ m}^3/\text{s}$ を追加開発する

- Guacalte川上流表流水開発計画 : $0.4\text{ m}^3/\text{s}$

- Guacalte川流域地下水開発 : $1.0\text{ m}^3/\text{s}$

主構成要素の1つである。導水路拡張計画は、新しく開発される水資源の導水計画として、技術的にも、経済的にも、フィジブルであるとするPAMABAGの結論に従って、1982年IDBの協力を得て、公共事業省が管轄して工事着工し、主たる計画工事を1985年末完了した。

水処理プラントについては、導水路工事の完成を待って工事着工が検討されており、1986年度内に着工が予定されている。

水資源開発計画については、できるだけ早い、フィジビリティ調査の実施が望まれているが、未だ実施されるにいたっていない。

第3章 計画地区の現況

第3章 計画地区の現況

3.1 計画地区

計画地区は、本開発計画の実施による用水補給の便益が及ぶ地域である。本開発計画は、新しく開発した用水を、EMPAGUAの既存あるいは計画システムを通じて給水しようとするものであり、用水補給による便益は、直接補給地区だけでなく、EMPAGUA給水サービス地区全域に及ぶと考えることができる。

従って、本開発計画における計画地区は、EMPAGUAの給水サービス地区であるグアテマラ首都圏約470km²全域である。

ただし本章において、計画地区と称する地域は、本開発計画における水資源である地下水の涵養地区を云うものとし、本開発計画の受益地区である上記計画地区は、給水計画地区と云うこととする。

本開発計画の対象となる地下水涵養地区については、調査地区の地形・地質、水理地質的特性、地下水開発の可能性、地下水の追加生産が自然環境に与える条件等々を検討評価して、図3-1に示すように、グアテマラ市峡谷流域のうち、Amatitlan湖及び

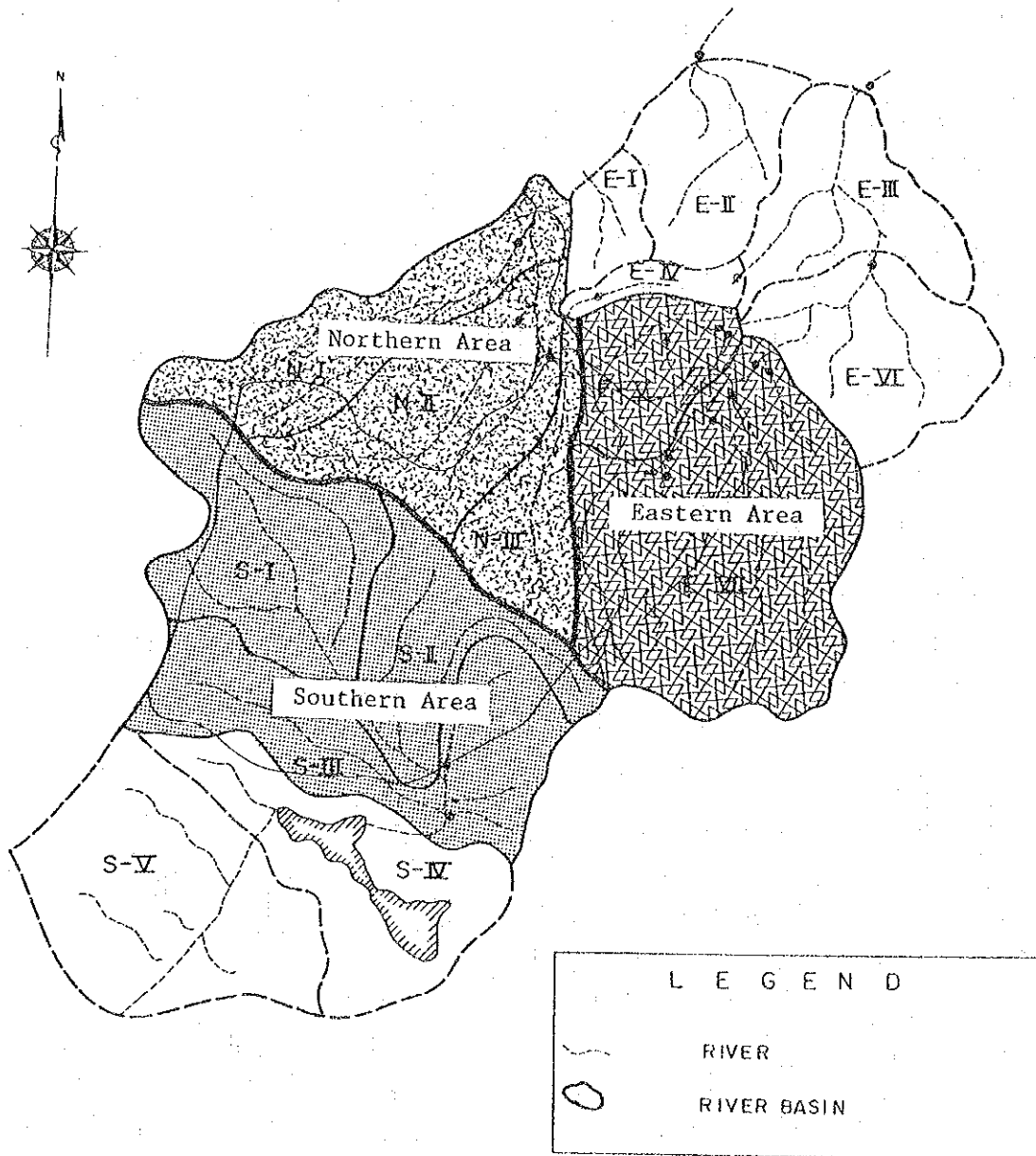
Michatoya川の直接集水域を除く残流域と、峡谷北東部に隣接するLas Canas川集水域から成る。同地区は、給水計画地区470km²を含み、総面積は約815km²である。

計画地区は中央よりやや北寄り約1/2地点付近を西から東南に向かって横断する大陸分水界によって大きく南北2つの集水域に分かれている、更に北部地区は、南北に縦走するSanta Caterina断層によって北及び東部の2つの集水域に分断されている。

北、東、南の3つの地区はまた、それぞれの地区を流れる河川の集水界によって図3-1に示すように2~3の小流域地区に分けることができる。

各地区別の面積と主要河川名は次のとおりである。

FIG. 3-1 GROUNDWATER DEVELOPMENT AREA



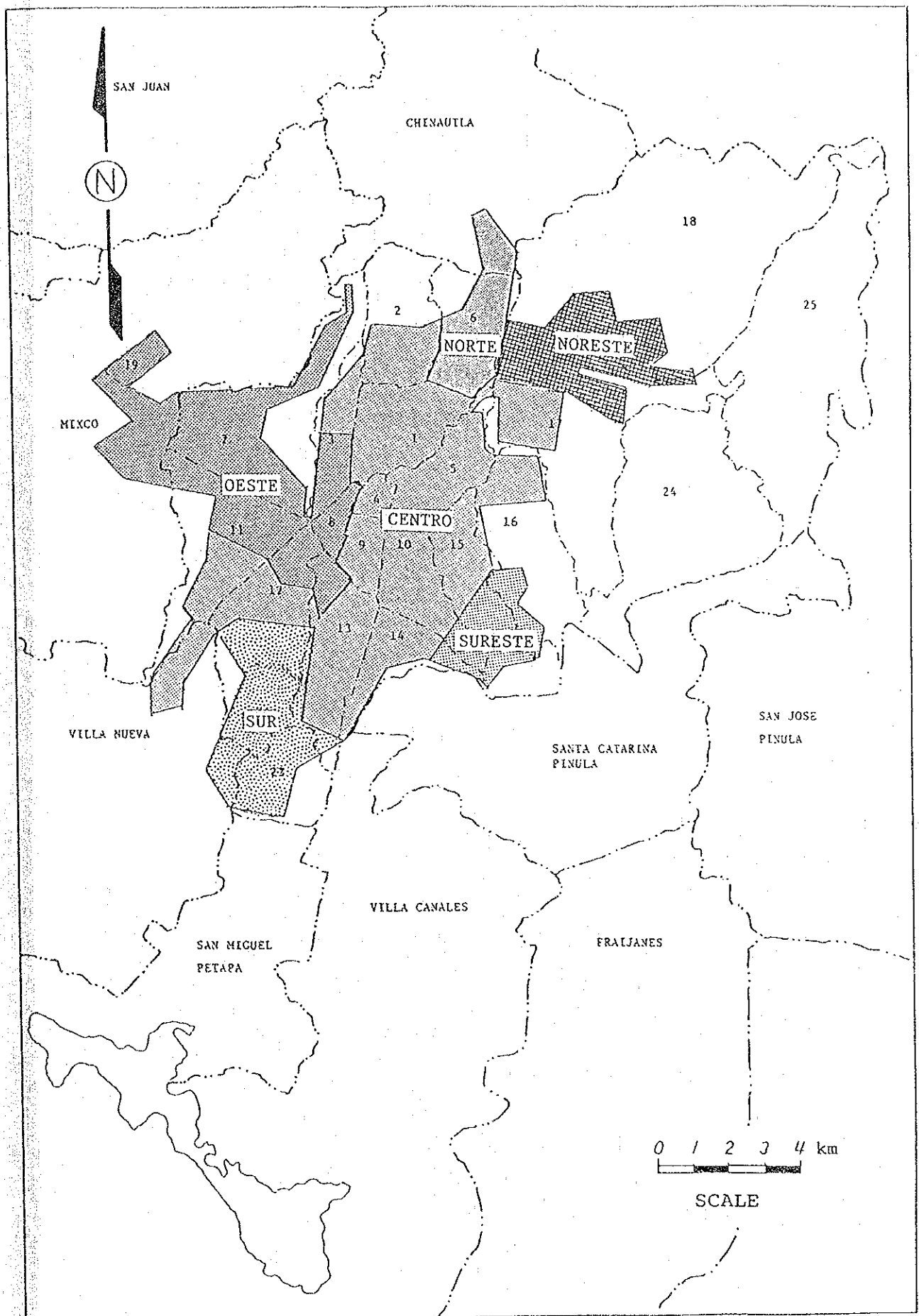


FIG. 3-2 GEOGRAPHIC SECTORS OF DISTRIBUTION

	河川名	流域面積
北 部	Las Vacas	<u>240.0</u> km ²
N-1	El Zapote	86.8
N-2	El Tjalja	96.3
N-3	Las Vacas	56.9
東 部	Las Canas	<u>256.4</u> km ²
E-5	Las Vados	46.8
E-6	Las Canas	209.4
南 部	Villalobos	<u>318.0</u> km ²
S-1	El Molino	119.1
S-2	Villalobos	73.0
S-3	Pinula	125.9

3.2 自然条件

3.2.1 地 勢

計画地区は、大平洋岸に沿って西から東に向って、次第に低くなりながら走行しているSierra Madre山脈が造成した中央高原の1画である。

計画地区の西から南側には、西から南東に伸びる火山帯に属するAcatenango(3,976m) Fuego(3,835m) Agua(3,766m) Pacaya(2,552m) 等々の火山が聳えている。

計画地区の北方には、西から東に向ってMotagua-San Agustin 断層が並行して走っている、南方の東部には西から南にJaipatagua断層が走っており、この南北2つの大断層に囲まれる計画地区は、南北に走るMixco、Santa Catarina、San Jose Pinula、Teocinte/Palencia等々の断層が派生し、Guatemala City Valley 地溝や、Son

Jose Pinula地溝にみられる様な、地溝-地塁-地溝構造を創り出しており、その標高差は 200m に及ぶものもある。(図 3-3参照)

東と西の両側がSanta Catarina、Mixco 断層、南はVolcano Agua、およびPacaya Volcanoによって囲まれ北端が El Zapote川の Las Vacas川合流点までとする東西 20.25km南北40.0km面積約 800km²の峡谷をグアテマラ峡谷と称している。

計画地区は、このグアテマラ市峡谷南部の一部地域を除いた地域と Santa Catarina断層とTeocinte/palencia断層に囲まれる地域の東部地区から成っている。

計画地区の北寄り略々に中央地点をSierra Marde山脈に連なる大陸分水界が西から東南に向って横断して南北 2つの水文域に分っている。

大陸分水界の北側の河川は、カリブ海Honduras湾に、南側の各河川は Amatitlan湖を経て太平洋に注いでいる。

計画地区中央の台地標高はEL. 1500~1600m、東西両側の丘陵台地標高はEL.1900~2000mである、大陸分水界から南側は 1/50~ 1/60の勾配をもって Amatitlan湖岸にいたっている、分水界から北側は緩かな傾斜をもって台地が続いている。

計画地区の大部分は上層部は第四紀の火山灰や火山性碎屑岩の推積物あるいは沖積層によって覆われている、この火山系推積層は流水の浸蝕により、V字状の深い谷を形成させ、計画地区を樹枝状に開析分断している、谷の深さは 250m~ 150mである。

各河川の分水界は各断層によって規定され各河川の集水域は小さく、流れの方向も断層に沿っている、河川勾配は、南部地区各河川が 0.9%程度、北部地区が 1.5%前後である。

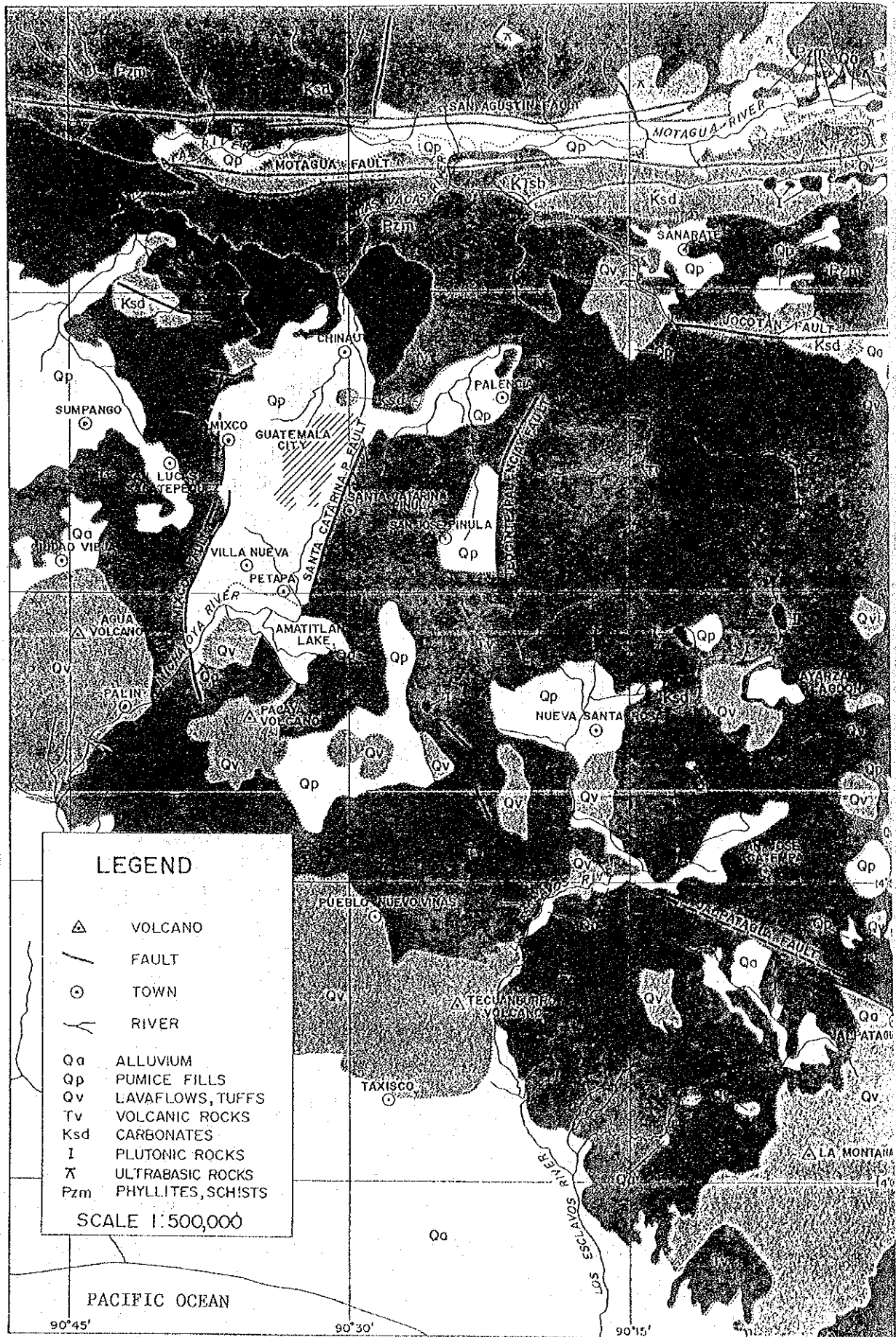
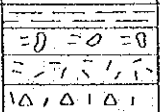
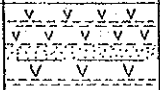
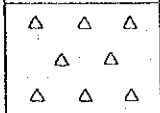
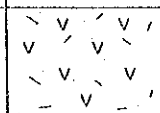
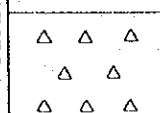
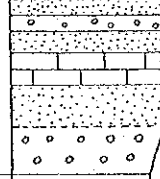
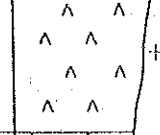
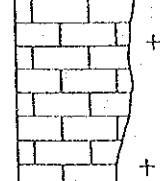
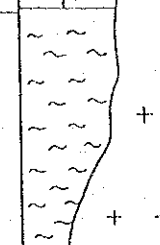


FIG. 3-3 GEOLOGICAL MAP OF THE STUDY AREA

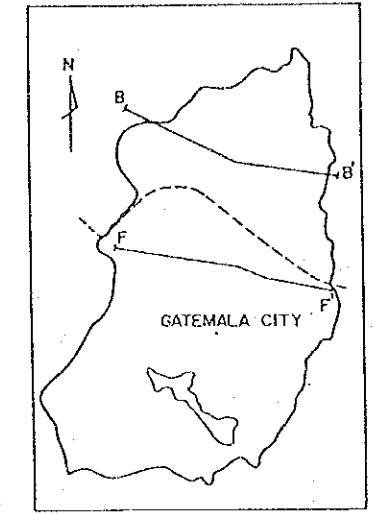
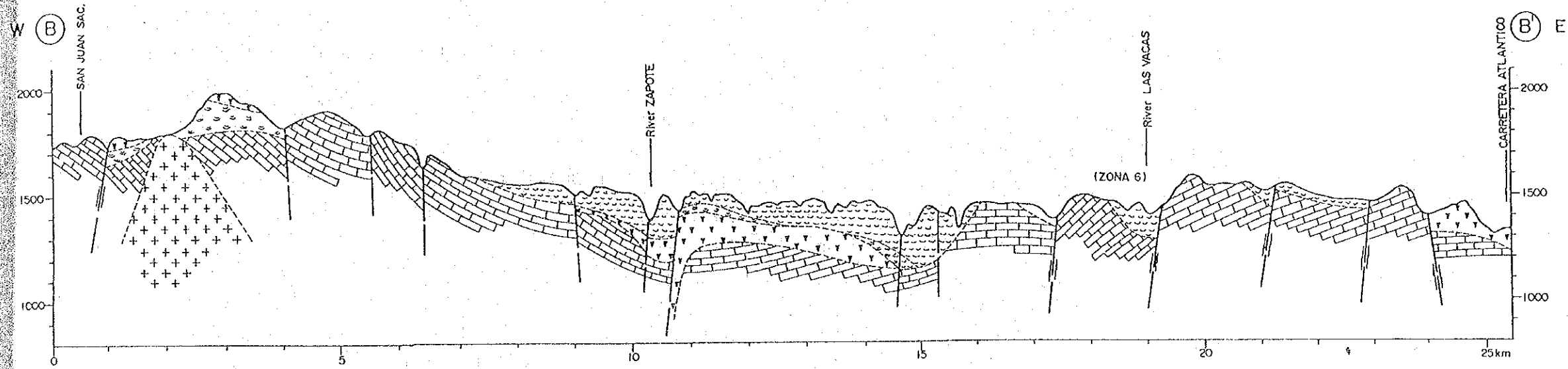
3.2.2 地 質

計画地区の地質は、主として次に示すような岩石によって構成されており、その分布状況は図 3-4のとおりである。

FIG. 3-4 GEOLOGICAL COLUMN OF PROJECT AREA

		Geology	Thickness	note
Quaternary			250 m	Aluvium sediment Solidified pumice sediment Ash flow Pyroclastics
Plio-miocene	San Jose Pinula Gr. Sanguayaba Fault		250 m	Andesite, tuff Basalt mudflow
			300 m	Visicular rhyolite
	San Augustin Fault		300 m	Glassy, quartz, welded tuff
			300 m	latite-Dacite tuff welded glassy tuff
Cretaceous	upper		450 m	Conglomerate Radiolaria limestone Greywacke Conglomerate
	middle		350 m	Basalt lava
	Lower		500 m	Massive, stratiformed limestone and Dolomite
Paleozoic			+ 800 m	schist phyllite Granite

Geological Profile B-B' (WEST-EAST From SAN JUAN SACATEPEQUEZ to CARRETERA DEL ATLANTICO)



Geological Profile F-F' (WEST-EAST From SAN LUCAS SACATEPEQUEZ to SAN JOSE PINULA)

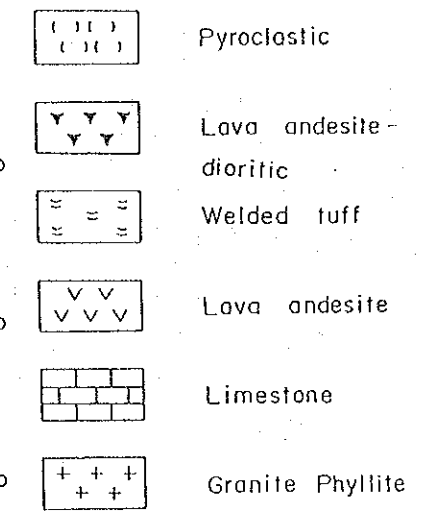
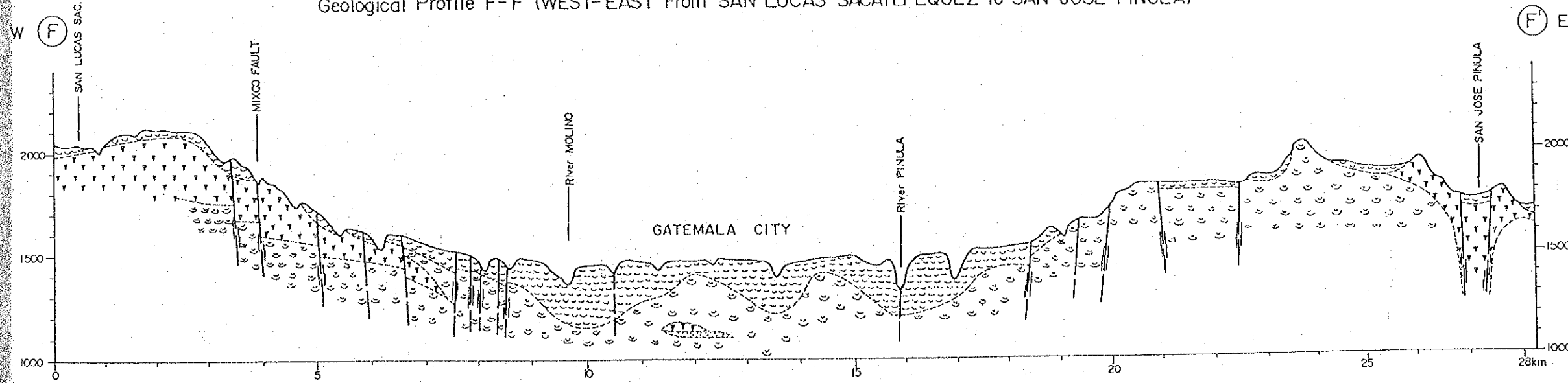


Fig. 3-5 GEOLOGICAL PROFILE OF STUDY AREA

3.2.3 水文地質

滞水層と地下水域

計画地区の地質構造は図 3-4に示すとおりである。

計画地区において水理地質的に重要な地層は、標高El. 1,100 m前後、層厚約400 m火成凝灰岩Ignimbrite、および第3紀溶岩流から成る地層である。岩質、推積層の型、凝結過程、破碎しやすさ等々に多くの特性を有する安山岩や玄成岩層、または局部的であるが白亜紀の石灰岩、白雲石灰岩等々も優れた滞水層となっている。

計画地域の水文地質構造は、地域的あるいは局地的な地殻変動によって規定されている。この構造は、割れ目、断層垂直面あるいは水平的に互につながっている隆起部と沈降部から成る。

沈降部は、隆起部や周辺火山推積層の涵養地下水の貯留域または流路となっている。沈降部の地域的な水理地質的特性については、Appendixに述べるとおりである。

なお、南部Villalobos川の下流は、河川推積層がデルタを形成し、有力な滞水層となっている。

計画地域における地下水流域界は、北部地区では古世代の変成岩や白亜紀貫入岩が不透水層の障壁となっているうえ、南側に膨らんだ断層が北側への圧力帯となって北側への地下水流出を抑制している。

東部では、第3紀の火成岩が、涵養と地下水流動の境界をなし、Guatemala City Valleyでは、San Jose Pinulaの約2.5km南に位置するESE/WNW方向の断層線が東の水理地質的境界となっている。

3.2.4 水文気象

(1) 計画地区の水文気象は、北緯 $14^{\circ}30'$ ~ $14^{\circ}45'$ の熱帯圏であるが、標高 1,500 ~ 1,600 m の高原で起伏に富み、地区中央を大陸分水界が横断し、外周は、El. 2,500 m ~ 3,000 m の山々が連らなると云った地形地理的条件によって特長づけられている。

乾季と雨季の区別が明瞭で、11月から4月までが乾季（夏）、5月から10月までが雨季（冬）である。平均年降雨量は 900 ~ 1,200 mm/m で、大陸分水界付近が最も少なく、分水界から遠ざかるにつれて、南北ともに多くなっている。年平均温度は、 19° ~ 21° で、一般に北側が低温で、南側が高温である。

計画地区内外 17 雨量観測所の 1970 年から 1984 年までの観測記録による年平均降雨量の等雨曲線は図 3-6 に示すとおりで、一般に北部地区に比して、南部地区が多雨で、その値は 800 mm/m から 1,600 mm/m 以上と変化している。月別には雨季の始めの 6 月と、終りの 9 月に多く、最多月は 9 月である。

(2) 計画地区内外の水文気象観測網は貧弱で、本開発計画策定のために必要な、長期的有効資料は極めて少ない。

比較的長期にわたる観測資料を有する。10ヶ所の観測局のうち 1 級および 2 級観測所はそれぞれ 1 局だけで、残りは 4 級レベルである。

有効資料による、計画地区の各気象の平均値は次のとおりである

1) 15ヶ年平均年間降雨量 (1970~1984)

北 部	$188 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$
南 部	$349.9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$
東 部	$429.8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$

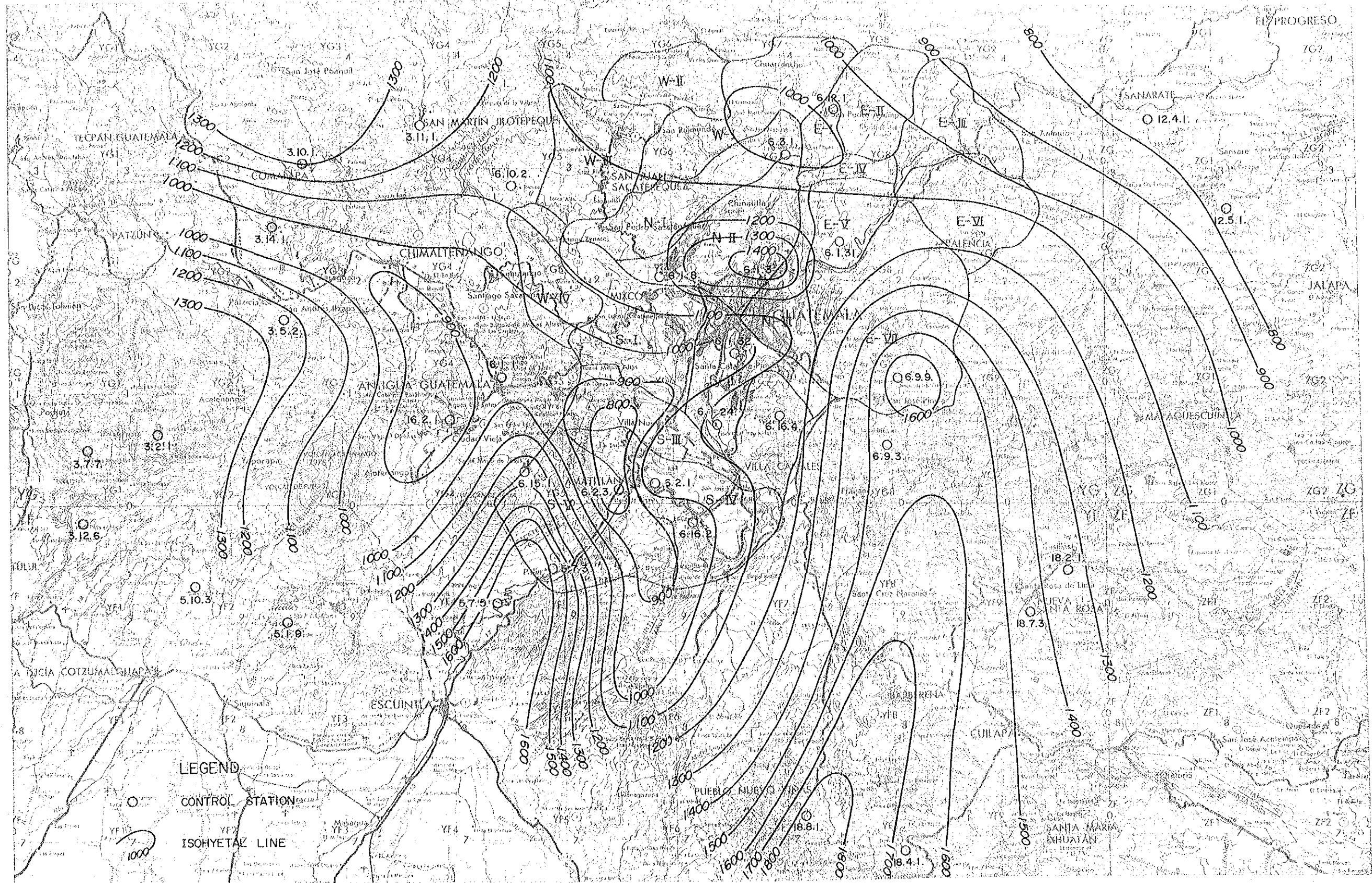


FIG. IV-1 ISOHYETAL MAP OF ANNUAL PRECIPITATION
(1970-1984)

2) 15ヶ年平均温度

年間最高温度 31.1℃ 月平均最高気温 24.2℃～27.2℃
“ 最低温度 5.8℃ “ 最低気温 14.5℃～15.1℃
15ヶ年平均温度 18.7℃～21.5℃

3) 蒸発散量

観測値 905mm/年の80% : 720 mm/年

4) 日射量

平均日射量 : 209.2cal/cm² hour (15ヶ年平均)

5) 風速

最大風速 75 km/H

平均風速 15.2km/H

3.2.5 水資源

(1) 計画地区および周辺の河川表流水、地下水、湖沼水、湧水がグアテマラ首都圏住民の生活用水として利用されている。

河川表流水が最も多く利用されており、EMPAGUA用水生産量の約70%に1.80m³/sが河川表流水で、次に示すとおり、計画地区内外の各河川から取水されている。

浄水場名称	河川名称	平均取水量 (m ³ /sec)
Lo de Coy	Xaya-Pixaya	1.2
Santa Luisa	Teocinte	0.26
	Acatan	0.065
	Canalitos	0.02
Cambray	Pinulo, Las Minas	0.08
Ilusiones	Acatan, Ocotes, El. Bijague	0.18

計画地区の各河川表流水は、上記の水道水源としてだけでなくグアテマラ首都圏住民によって、洗濯・水浴等の雑用水あるいは飲料水として直接利用されている。

図 3-1に示すとおり、計画地区には多くの河川が発達している。分水界から両側は Michatoya川水系河川で、Amatitlan湖より上流の各河川は、Amatitlan湖に流入した後、湖の南側から Michatoya川に流出している。従って、南部地区の各河川表流水を取水することは、Amatitlan湖への流入量を減少させ、湖の水位を低下させる恐れもあり、本計画の水資源としての利用可能性は極めて小さい。

分水界北側の各河川は、Motagua水系に属する Las Vacas水系河川で20以上の大小支川から成り、集水域は細かく分断支配されている。各河川ともに流量は少い特に乾季流量は極端に少なく、枯渇する河川もある。

現在、EMPAGUAは、Las Vacas水系の支川 Las Canasの7つの小枝川から約 $0.525\text{m}^3/\text{sec}$ の用水を取水しているが乾季の取水量は雨季の30%以下となった事例もあり、上水道用水源として不安定な流況を示している。

さらにまた、計画地区各河川の兩岸台地は200~300mの厚さの火山碎屑層や、割れ目の多い石灰岩や玄武岩系溶岩層から成るものが多いうえ、地山の厚さが薄いので漏水の危険が大きく、高水利用のための貯水池建設適地が少なく、これら各河川の高水も水源としての開発可能性が小さい。

なお近年、計画地区各河川は水質の汚染が進み、生活用水源としての適性が失われつつある。

PLAMABAGは将来におけるグアテマラ首都圏住民の生活用水の大部分を河川の水資源開発に依存することを提案しているが、対象河川は全て計画地区外の流域河川である。同計画はKaya-Pixcaya, Guacalte, Motagua, Negro, Cuilco等々の河川から約 $9.5\text{m}^3/\text{s}$ を取水しグアテマラ首都圏に導水しようとするものである。

(2) 湖 水

計画地区の南端に位置する Amatitlan湖は、近年水位の低下、水質の汚染が進行し、水源としての開発可能性は低下している。

併しながら計画地区内外河川の高水と流域変更して導水し、湖面を貯水池として利用するための開発可能性は、比較的大きいと考えられる。

(3) 湧 水

計画地区、特に南部地区では多数の湧水が見られる。最大の湧水は Ojo de Agua で E M P A G U A によって平均約 300ℓ / s が取水されている。その他点在する各泉水は、地域住民の生活用水として直接利用されているが、組織的な取水・利用を計画するに足る容量を有していない。

(4) 地下水

グアテマラ首都圏住民にとって、地下水は最も安定した、手近かな水資源である。

計画地区内には、E M P A G U A 管理の57基を含む 300基以上の深井戸と約4,000基の浅井戸があり、年間45～50百万トンの地下水が、開発利用されているものと推定されている。

PLAMABAGは、地下水について

- 最も手近かに存在する開発可能な水資源である
- 開発コストが安い
- 開発のための所要工期が短い

等々の理由をあげて 1m³ / s の地下水開発から成る緊急計画 (I) の実施を提案している。

3.3 地下水

3.3.1 滞水層

計画地区において、開発利用が可能な地下水は2つのタイプの滞水層に類別することができる。

第1のタイプは、不圧滞水層で、本報告書では上部滞水層と呼称する。第2のタイプは、不圧滞水層と被圧滞水層の境界層に存在する地下水で、不圧滞水層と被圧滞水層地下水の中間的特性を有している。本報告書では、この第2のタイプと下部滞水層と呼称する。

上部滞水層は、第4紀火山碎屑物のルーズな堆積によって形成された最上部の最も一般的滞水層であり、色々な水文地質的特性をもった厚さ50m前後の不圧滞水層である。この滞水層の平均生産量は地表面下約50mの自由水面で約12ℓ/sec程度である。一般にこの滞水層は、最も手近にあり開発し易いことから最も広く利用されている。

隆起部や標高的に高い場所では、一般に家庭用水としてこの滞水層の地下水が利用されている。これらの地域の滞水位は、一般に表地表面に近く（-20m）季節的に大きな変動を示している。

下部滞水層は、火山系凝結岩、溶岩、第3紀凝灰岩等々や、断層、破碎、亀裂の多い白亜紀石灰岩等から成る。この滞水層海拔1,000～1,300mの高さ付近に形成されており横方向の広がりや破碎断層の位置密度によって規定されている。

この滞水層は余りよく解明されておらず、余り広く利用されていない。併しながら極めて稀な事例であるが、この滞水層で掘削され適正に設計された井戸の場合、その生産量は何れも63ℓ/secである。こうした事例の1つは、南部の Ojo de Agua No139 井戸である（BL. 1,300m、深さ 274m）。この井戸の深度 110m 以下は破碎安山岩から成り、岩の亀裂部から地下水が噴出している。これは、この地下水が BL. 1,300m よりわずかに高い圧力水頭をもった被圧水と同様の性質をもっていることを示すものである。

また、北部のProject 4-3 井 (EL. 1,467 m) は、深度 115 m 以下は破碎石灰岩で、静水位は深度 167 m、揚水量は63ℓ/secである。水位標高はEL. 1,300 mで、Ojo de Aguaの井戸と同等水位である。

このことは、この地域の基盤岩に下層地下水が滞水している可能性を示すと同時に、この滞水層の水位は略々EL. 1,300 mであることを示すものであり、EL. 1,300 m以下の基盤から取水することができると言える。

3.3.2 水の循環

本調査対象地域における水の循環は、水理地質構造を検討した結果、大きくはグアテマラ市峡谷、地形図UTM 772,00E/1,619,00N付近によりENEの向きに流れが認められる(図III-7参照)。

また、局地的には南部の涵養地域からNW. 地の方向へ及び火山灰層を通過して北東方への流れが存在する

下部滞水層の流れは断層に起因する高密度の割れ目に沿って起こり、それに対して上部滞水層は比較的秩序だった形態をもつ各層の透水性により決定されている。

3.3.3 地下水位

Appendix-1、5.1.3(Fig. V-1)と5.2(Fig. V-2、V-3、とV-4)から地下水位に対する検討を行った。深井戸及び浅井戸に対して、各々地下水位と標高の間は、直線関係が求められ、図上45°の線から各々プロットされた点までの距離を地下水位と考える事ができる。

北部地域では標高別に平均水位を求めると深度約110 m以内(平均値50 m)のものと深度150 m～160 mのものがある。とくに、深度の深いものの水位は標高1,300 m付近にあることを示している。前者は主として上部滞水層を示し、後者は下部滞水層と想定される。

南部地域では、地下水位が深度120 m以内(平均値70 m)のものと150～180 mの

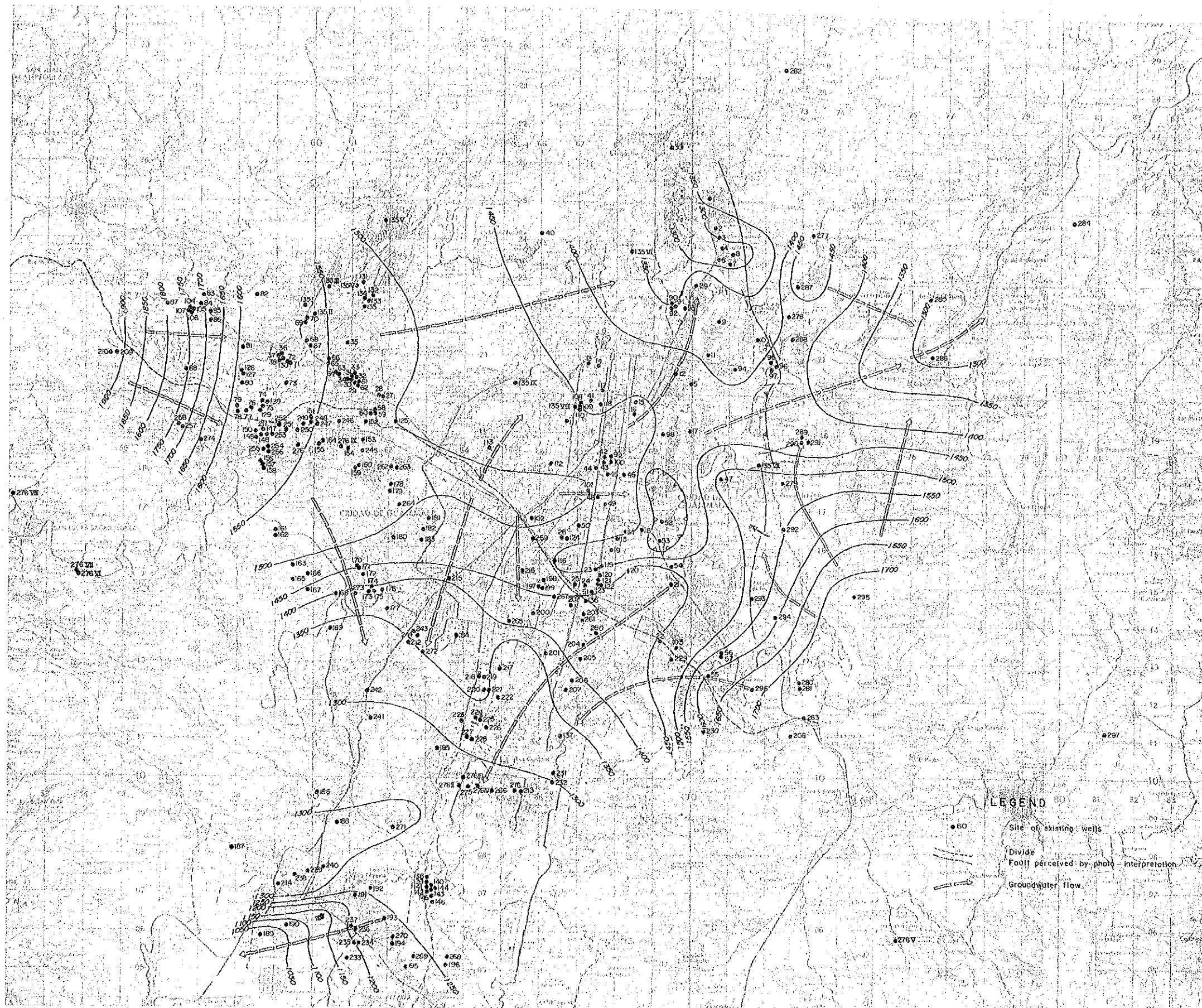


FIG. V-5 GROUNDWATER FLOW REGIME

ものに分けられる。また、Ojo de Agua 地区のいくつかの自噴井の水位標高は1,300 mである。従って、南部地区でも上部滞水層と下部滞水層の2種類が考えられる (See Appendix FIG. V-6参照)。

東部地区では揚水井戸は極めて浅いものが多く、その地下水位も50 m以内のものが多。このことは上記2地区と違い上部滞水層より採取していると思われる。なお、標高約 1,300 m以下のものは、450線にのるものが多い。このことは、地表からの湧泉水であることを示し、上記の被圧水の地表への再流出を示しているものと思われる。

3.3.4 電気探査

調査期間中に行われた電気探査の結果及び解析の詳細は、Appendix I-(VI) に述べるとおりである。東部地区及び北部地区について結果の要約は各々以下のとおりである。

(1) 東部地区

東部地域は、地質構造上からは2つの南北系断層に挟まれた隆起地域である。しかし国道9号線沿いには東西系断層が発達し、鞍部を作っている可能性がある。このため本地域の上部滞水層の流動パターンは、①南側のPuerta parada 付近の高台を涵養域として北流するもの、②西側山岳部を涵養域としてこの東西系鞍部を東流するもの、及び③北側耕地から一部供給されるもの、があり、これらが合流して国道9号線沿いに東北方に流動していると考えられる。

V E S 曲線の解析結果から作成した標高1,400 m準、1,300 m準及び1,200 m準の見掛け抵抗の分布は、各レベルともその見掛け比抵抗分布状況は大差がない。また、本地域における見掛け抵抗と岩石との対応は Appendix I、Table IV-4に示す通り、次の様な関係にある。

- ・ 50 Ω m 以下範囲内は火成碎屑物と凝灰岩に対応し、共に地下水によって飽和されている可能性がある。

100 Ω m 以上は溶ケツ凝灰岩、及び安山岩 - 玄武溶岩、に対応し、1,000 Ω m 以上は石灰岩、又は玄武岩（白亜期）に対応すると考えられる。

Fig. Appendix I、III-16(1)、(2) は本地域の標高 1,200 m 準における見掛比抵抗分布図と地下水深度分布図である。この図によれば低比抵抗帯（50～100 Ω m）と深度 100 m 以下の地下水位分布状況とが極めて良い対応を示している。このことは、この範囲に空隙率の高い第四紀の凝灰岩や火成砕屑岩などが比較的厚く堆積しており、100 m 以深に上部滞水層の存在する可能性が高いことを暗示している。

一方、石灰岩や玄武岩類などに対応すると考えられる高比抵抗帯では不圧地下水の水位は一般に地表下 70 m（基盤岩直上と考えられる）付近にあり、その揚水可能量は極めて少ない。このことは、基盤岩が浅い所にあり、しかも斜面を形成する地域では地下水は斜面に沿って流下し、その貯留量が少ないことを意味している。従って、大量の上部滞水層を得るためには、堆積盆の中央部または流路と形成する地下谷を対象とすべきである。

今回実施した Test 井戸 No 2（深度 300 m）では、深度 240 m までは火成砕屑岩、上部滞水層、それ以下は安山岩となり、その水位は深度約 95 m を示している。したがって深度 95 m から 240 m まで飽和状態で存在すると考えられる。揚水試験はこの安山岩中に行なわれ、揚水量 50 ℓ /sec の際の水位低下は殆ど起こらなかった。このことは揚水が上部の滞水層ではなく、下部滞水層から行われたことを示すものと考えられる。一方、南部地域の Ojo de Agua 地区、北部地区の Project 3-4 孔などでは基盤岩中の標高 1,300 m 以下で下部滞水層の存在が確認されているので、本地域においても標高 1,300 m 以下に下部滞水層の存在が期待される。しかし、本地区の Test 井戸 No 1、No 3 ではそれぞれ基盤岩中の 1,300 m、1,213 m 付近に地下水位が存在しているにも拘わらず、揚水量は共に 5～6 ℓ /sec と非常に少ない。

このことは、両地点が割れ目の少ない堅硬な基盤岩である可能性があり、今後、詳細な地質調査によって下部地下水層の性格を明らかにする必要がある。

(2) 北部地域 (Cerro de Moranjo付近)

本地域の北側は、東部地区に比較すると見掛比抵抗値は、相対的に高く、地表には点在する石灰岩、安山岩、花崗岩が認められる。従って比較的基盤岩は浅いと考えられる。しかしグアテマラ市街地域はBasin 構造のためそのボーリングは基盤岩まで掘削しているものは少ない。しかも地下水位が深度30m～100mで、可能揚水量が平均して1眼当り、11～14ℓ/secであることから、現在採取されている地下水はその大部分が上部滞水層と考えられる。

本地域の深井戸としては、北部のProject 4-3 孔 (標高1,467 m、掘削深度 304 m) がある。本孔では深度 115mで基盤岩の石灰岩となり、地下水位は深度 167m (標高1,300 m)、その揚水量は63ℓ/secと極めて多い。この水位は南部地域 Ojo de Agua 地区の自噴井戸レベルとほぼ一致し、また東部地域の Test 井戸No1、No 2の水位とも非常に良く似ている。

このことはこの地下水が下部滞水層であることを意味しており、今後この下部滞水を対象とした開発が望ましい。しかしながら、本地域は地形的に標高 1,500m以上が多いため、この下部滞水層を対象とするためには、ボーリング深度を深くするか、東側の低地域でのボーリングを実施することが望まれる。

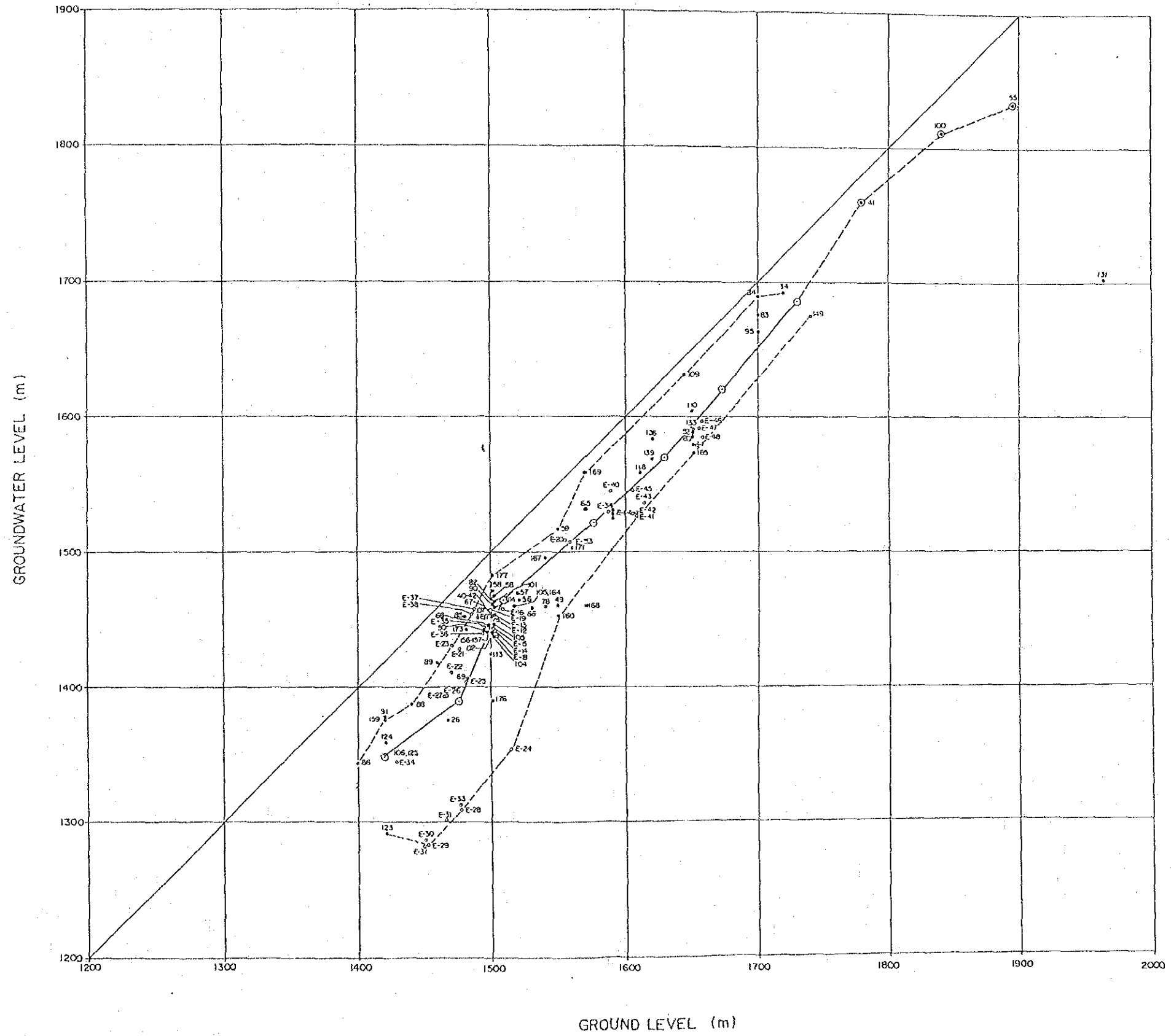
3.3.5 水収支

(1) 上部滞水層

Fig. 3-8に示すとおり、調査地域は河川集水域、構造的・地質的強化を考慮する事により、3つの水理地質的流域に区分することができる。

この3流域に対して、以下の仮定を基に、水収支状況の検討を行った。ただし、配水時に地下へ浸透する量については考えないものとする。

Fig.3-9 DIAGRAM OF GROUNDWATER LEVEL & GROUND LEVEL
(NORTHERN AREA)



年間降雨量 : 地域内の観測データより推定

年間蒸発散量 : 724mm

年間流出量 :

北部 : 5.24 ℓ/sec/km²

南部 : 7.2 ℓ/sec/km²

東部 : 9.0 ℓ/sec/km²

揚水可能量 : 滞水量の40%

上部滞水層の推定貯留量は Table 3-1に示すとおりである。

(2) 下部滞水層

1) 下部滞水層の賦存状況

南部地区の Ojo de Agua No. 1 (No. 139) 孔 (標高1,300 m、掘削深度 274m) の資料によれば、深度 110m 以下は Fractured Andesite になり、この中の割目から湧水し、自噴状態にある。またこの近傍の No 138 孔から No 146 孔までの各深井戸も大部分が自噴しており、その湧水量は 50 ℓ/sec から 189 ℓ/sec と極めて多い。これらの孔口標高は、1,240 m から 1,320 m までの間にある。地下の地質状況は不明であるが、恐らく No 139 孔と同じ Fractured Andesite 中からの湧水、すなわち下部地下水の可能性がある。さらに、北部地区の No 2 Project 4-3 (No 2) 孔 (標高1,467 m、掘削深度 274m) 深井戸では深度 115m 以下では Fractured Limestone になり、その水位は深度 167m すなわち標高1,300 m である。揚水量も 63 ℓ/sec と比較的多く、下部滞水層の性質を有するものと考えられる。また、これら南部、北部両地区の両深井戸は水平距離では約18km 離なれているにもかかわらず、その水位水頭はほぼ同じ標高1,300 m 付近にあり、本地域全域に亘って水頭標高がほぼ1,300 m の下部滞水層が存在することを示している。なお、東部地域のテスト井 No 2 孔 (標高1,536.9 m、掘削深度 300m) では深度 240m (標高1,296 m) 位は破碎安山岩になり、この付近から 50 ℓ/sec 以上の揚水が可能で

ある。なお、本孔の水位は深度95.81 mを示し、これは上部滞水層の水位であると考えられる。この地区では上部滞水層、下部滞水層が存在していることを示している。

2) 貯留量の推定

一般に単斜構造や盆状構造中の滞水層に含まれる被圧地下水は特殊な場合を除き流動していないと考えられており、その流動量を測定することは困難である。このような被圧地下水では途中で採水が行われればそれに比例して補給が起こる。この補給は不透水性層に被覆されていない地形的高所から供給され、一般に対象地域外に及ぶ大規模な広域地質構造に規制されることが多い。

本地域の下部滞水層は被砕化された白亜紀の石灰岩層や玄武岩ならびに第3紀の溶岩や溶ケツ凝灰岩などを滞水層している。これらの被砕化帯は本地域に各社に走向を示す断層系に支配されており透水性も大きいと考えられる。とくに、その交会部は有望地点と考えられる。現時点では詳細な地質調査が行われておらず、正確にその位置を指摘することは不可能であり、今後の調査が望まれる。

既存の試掘結果からは本地域の下部滞水層の水頭は前述のように標高 1,300 m 付近と推定され、この中では一般に60ℓ/sec以上の産出可能量を示している。したがって下部滞水層を対象とした今後の探査では標高 1,300 m 以下の上記岩石中の破碎帯を対象とする必要がある。

本地域の下部滞水層の貯留量を推定するに当たっては地形及び地表地質から次の様な仮定を設けて計算した。

対象面積： 上部滞水層の地区区分を踏襲した。

標高1,300 mにおける基盤岩類の存在する確率： 北部50%、東部30%

基盤岩中にFracture Zoneの存在する確率： 10%

破碎帯の孔隙率： 30%

破碎帯の垂直高： 100 m

揚水可能量： 30%

計算結果は次ページの表に示す通りである。

TABLE 3-1

SUMMARY OF WATER BALANCE (UPPER AQUIFER)

Basin	Area		Annual Rainfall (P)		Evapotranspiration (E)		Total Runoff (R)		Surface Runoff (Qs)		Basin Reserve		Safe Yield of Groundwater Basin		Actual Pumping Volume (Qe)		Groundwater Availability	
	(km ²)	(mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
N-I	86.82	1,072	2.95	1.98	0.97	0.47	0.50	0.20	0.01	0.19								
N-II	96.34	1,240	3.79	2.20	1.59	0.52	1.07	0.43	0.18	0.25								
N-III	56.90	1,248	2.25	1.30	0.95	0.31	0.64	0.26	0.13	0.13								
Sub-Total	240.06	1,130	8.97	5.48	3.51	1.30	2.21	0.89	0.32	0.57								
S-I	119.16	1,141	4.31	2.72	1.59	0.86	0.73	0.29	0.09	0.20								
S-II	73.05	1,144	2.65	1.67	0.98	0.52	0.46	0.18	0.15	0.03								
S-III	125.93	1,114	4.45	2.88	1.57	0.91	0.66	0.26	0.05	0.21								
Sub-Total	318.14	1,131	11.41	7.27	4.14	2.29	1.85	0.73	0.29	0.44								
E-III	82.88	950	2.50	1.89	0.61	0.75	-0.14	-	-	-								
E-IV	17.00	1,023	0.55	0.39	0.16	0.15	0.01	0	0.01	0.06								
E-V	46.87	1,118	1.66	1.07	0.59	0.42	0.17	0.07	0.01	0.06								
E-VI	80.55	1,091	2.79	1.84	0.95	0.72	0.23	0.09	0	0.09								
E-VII	209.48	1,382	9.18	4.78	4.40	1.89	2.51	1.00	0.02	0.98								
Sub-Total	436.78	1,204	16.68	9.97	6.71	3.93	2.78	1.16	0.03	1.13								
Total	994.98	1,198	37.08	22.72	14.36	7.52	6.84	2.78	0.64	2.14								

* The quantities indicated in parentheses are thought to result from the lower aquifer, and were excluded from the calculation for the actual pumping volume.

TABLE 3-2 Storage Capacity of Lower Aquifer

Basin	Area km ²	Deep m	Extent of basement at EL 1300 m %	Extent of fracture zone in basement rock %	Fracture Porosity %	Storage m ³
N-I	86.82	50	50	10	30	65.12 x 10 ⁶
N-II	96.34	50	50	10	30	72.25 x 10 ⁶
N-III	56.90	50	50	10	30	42.66 x 10 ⁶
Sub-total	240.06	50	50	10	30	180.03 x 10 ⁶
S-I	119.16	50	30	10	30	53.61 x 10 ⁶
S-II	73.06	50	30	10	30	32.87 x 10 ⁶
S-III	125.93	50	30	10	30	56.66 x 10 ⁶
Sub-total	318.14	50	30	10	30	143.14 x 10 ⁶
E-III	82.88	50	30	10	30	37.30 x 10 ⁶
E-IV	17.0	50	30	10	30	7.65 x 10 ⁶
E-V	46.87	50	30	10	30	21.08 x 10 ⁶
E-VI	80.55	50	30	10	30	36.25 x 10 ⁶
E-VII	209.48	50	30	10	30	94.26 x 10 ⁶
Sub-total	436.78	50	30	10	30	196.54 x 10 ⁶
Total	994.98	50				519.43 x 10 ⁶

Here, if the pump-up probability is assumed to be 30%, then the storage capacity is 54.0 x 10⁶m³ for the northern sector, 43.94 x 10⁶m³ for the southern sector, and 58.96 x 10⁶m³ for the eastern sector.

3) 流動量の推定

一般に下部地下水の補給は揚水を行った場合に初めて発生し、その補給は広大な後背地の涵養域（滞水層となる岩石の露出地域）からもたらされ。したがって、大量の揚水を行わない限り通常問題とはならない。しかし、急激に大量の揚水を行えば局部的あるいは維持的に地下水位の低下をもたらし、地盤沈下などの災害をまねくことがある。この局部的な地下水位の低下は揚水地点における揚水量が補給を上廻った場合、すなわち、滞水層中の流動可能量以上となった場合に起こる。したがって流動量を予測することによって揚水量の目安を得ることができる。一般に流動量は滞水層の透水係数から推定することができることから、テスト井戸No1、No2、No3のそれぞれの透水係数を利用して流動量を推定してみた。その結果は下記の表の通りである。

	断 面 積	K	ϕ	Q (m ³ /sec)
	(B · H)			
No. 2孔の Kを用いた時	Andesite (Fractured) 2,500m×100m	タ. 9.54×10^{-5}	0.05	0.597
		ヤ. 7.75×10^{-5}		0.485
No. 1孔の Kを用いた時	Welded Tuff (Non-fractured?) 2,500m×100m	タ. 1.40×10^{-5}	0.03	0.042
		ヤ. 1.20×10^{-5}		0.036
No. 3孔の Kを用いた時	Limestone (Non-fractured?) 2,500m×100m	タ. 5.40×10^{-6}	0.03	0.021
		ヤ. 6.25×10^{-6}		0.024

但し： 計算式 流動量 $Q = B \cdot H \times K \times \phi$

3.3.6 テストボーリング

対象地域の地質・地下水の特性を把握するため、6ヶ所においてテストボーリングの実施を行った。

各ボーリング地点についての仕様・電気検層の結果・揚水試験水質の結果は以下の表の通りである。

Test well No.	Boring diameter	Well diameter	Boring depth	Ground elevation	Average boring speed
No. 1	17 1/2"	12" (300cm)	305m	EL. 1,410m	50cm/hr
No. 2	"	"	300	1,530	70cm/hr
No. 3	"	"	300	1,285	20cm/hr 100cm/hr
No. 4	12 1/2"	4" (100cm)	220	1,410	110cm/hr
No. 5	"	"	120	1,375	110cm/hr
No. 6	"	"	350	1,452	300cm/hr

boring device : rotary type

strainer : production wells (12") : Johnson type; 30 m

observation wells(4") : Straight type

試験結果を解析すると、以下のとおり各試験井の生産可能性が評価される。

- 試験井 No. 1: 生産井としての可能性は低い
- No. 2: 高い生産量が期待される
- No. 3: 高い生産量が期待されるが更に 340~400mまで増掘する必要がある
- No. 4: 生産井としての可能性はない
- No. 5: 高い生産量が期待される
- No. 6: 特に高い生産量が期待される

水質試験用のサンプルは、No. 1～3について揚水試験48～60時間の間に採取され、LERISによって飲料用基準にかなうか否かが解析された。各サンプル毎に以下のとおり評価される。

- No. 1 飲料水として適当である
- No. 2 再試験が必要と認められる。今回試験の結果としては必要な処理を行わない限り、飲料用としては適さないが、サンプルにボーリング時の崩壊防止用粘土が混入した可能性が強い
- No. 3 サンプルから高い濁度、色、鉄・固形物、無機物が検出された。飲料水として用いる為には必要な化学処理が必要とされる

FIG.3-10 (1)

DRILLING LOG TEST BORING N^o1

NAME OF PROJECT: Guatemala City Ground Water Development Project No. OF HOLE: 1
 LOCATION: PINARES BORE HOLE DIA: 17" 1/2 DEPTH OF HOLE: 305m
 ELEVATION: 1410 masl DRILL MACHINE: OPERATOR: DAHO
 UNDER GROUND: WATER TABLE: GL-108.7m NO.1 SUPERVISOR: K.K.

DEPTH (m)	THICKNESS(m)	GEOLOGICAL SYMBOL	DESCRIPTION	RESISTIVITY LOG		POTENTIAL LOG	TEMPERATURE	REMARKS	DATE DRILLED
				$\Omega - m$		(m V)	LOG (°C)		
				0 100 200 300 400		(-) 100 (+)	0 10 20		
10	9		weathered tuff, basalt with some gravel						
20	24		weathered tuff						
30									
40	6		clay with weathered tuff						
50									
60	42		weathered tuff weathered						
70									
80									
90									
100	24		weathered tuff						
110	6		w.t. with quartz						
115	5		weathered tuff						
120	4		basalt						
130									
140	30		weathered tuff						
150									
160	4		w.t. weathered						
170	17		w.t. non weathered						
180	3		w.t. with calcium vein						
190	15		w.t. weathered						
200									
210	27		w.t. in some places with calcium vein						
220	9		w.t. non weathered						
230	7		w.t. weathered						
240									
250	35		w.t. non weathered						
260									
270	3		w.t. weathered						
280	19		w.t. with sand						
290									
300	11		w.t. weathered						

FIG.3-10 (2) DRILLING LOG TEST BORING N°2

NAME OF PROJECT: Guatemola City Ground Water Development Project N° OF HOLE 2
 LOCATION CANALITOS BORE HOLE DIA 17" 1/2 DEPTH OF HOLE 300m
 ELEVATION 1537 mosl DRILL MACHINE SKY TOP OPERATOR DAHO
 UNDER GROUND NO. 2 SUPERVISOR K.K
 WATER TABLE GL 95.8 m

DEPTH (m)	THICKNESS (m)	GEOLOGICAL SYMBOL	DESCRIPTION	RESISTIVITY LOG	POTENTIAL LOG	TEMPERATURE	REMARKS	DATE DRILLED
				$\Omega - m$	(mV)	LOG (°C)		
0				0 100 200 300 400	(-) 100 (+)	0 10 20		
10	9		medium sand with pumice					
20	12		pumice with fine sand					
30	12		fine sand with basalt and pumice					
40	18		medium sand with pumice and basalt					
50								
60	12		fine sand with pumice					
70								
80								
90								
100								
110								
120								
130			Three small samples				Clay stratum	
140	160		May be sand with gravel and pumice					
150								
160								
170								
180								
190								
200								
210			weathered basalt					
220	38							
230								
240	12		basalt with pumice					
250								
260	27		sand with gravel and basalt					
270								
280	20		basalt					
290								
300	10		medium sand					

FIG.3-10 (3)

DRILLING LOG TEST BORING N°3

NAME OF PROJECT: Guatemala City Ground Water Development Project

Nº. OF HOLE 3

LOCATION RODRIGUITOS BORE HOLE DIA 17" 1/2

DEPTH OF HOLE 300^m

ELEVATION 1285 masl DRILL MACHINE SKYTOP

OPERATOR DAHO

UNDER GROUND

WATER TABLE GL-63 m

NO. 3

SUPERVISOR K. K

DEPTH (m)	THICKNESS (m)	GEOLOGICAL SYMBOL	DESCRIPTION	RESISTIVITY LOG	POTENTIAL LOG	TEMPERATURE LOG (°C)	REMARKS	DATE DRILLED
				$\Omega \cdot m$	(mV)			
0				0 100 200 300 400	(-) 100 (+)	0 10 20		
3			volcanic ash					
10	12		volcanic ash with pumice					
20	3		pumice with sand					
30	12		volcanic ash					
40	9		fine sand					
40	3		fine sand with pumice					
50	9		fine sand					
60	9		basalt with calcite and quartz					
70	6		weathered basalt with calcite sand					
80	24		weathered basalt with calcite and quartz					
90	6		basalt					
100	6		consolidated clay with basalt					
110								
120	21		basalt with calcite and quartz					
130	6		basalt with sand and calcite					
140	12		coarse sand with basalt and calcite					
150	14		weathered basalt with calcite					
160	6		coarse sand w/basalt					
170	6		basalt with sand					
170	3		basalt with calcite					
180	3		basalt with quartzite					
190	18		quartzite					
200	15		basalt					
210	9		basalt with calcite					
220	10		medium sand					
230	9		coarse sand with calcite					
240								
250								
260								
270	65		granite					
280								
290								
300								

FIG.3-10 (4) DRILLING LOG TEST BORING N°4

NAME OF PROJECT: Guatemala City Ground Water Development Project
 LOCATION PINARES BORE HOLE DIA 12 1/4
 ELEVATION 1410 UNDER GROUND DRILL MACHINE OPERATOR
 WATER TABLE GL-110 m NO. 4 SUPERVISOR

DEPTH (m)	THICKNESS(m)	GEOLOGICAL SYMBOL	DESCRIPTION	RESISTIVITY LOG $\Omega - m$					POTENTIAL LOG (mV)		TEMPERATURE LOG (°C)			REMARKS	DATE DILLED
				0	100	200	300	400	(-)	(+)	0	10	20		
10	9	[Symbol]	volcanic ash with some welded tuff												
19	9	[Symbol]	welded tuff with calcite												
25	6	[Symbol]	welded tuff with volcanic ash												
31	6	[Symbol]	welded tuff with calcite												
37	3	[Symbol]	w.I. weathered												
40	3	[Symbol]	w.I. weathered sub sand												
43	3	[Symbol]	w.I. with calcite												
51	12	[Symbol]	welded tuff weathered												
63	12	[Symbol]	welded tuff												
75	6	[Symbol]	welded tuff with calcite												
81	6	[Symbol]	sand with w.I.												
87	12	[Symbol]	welded tuff weathered												
109	24	[Symbol]	welded tuff with sand and some calcite												
131	6	[Symbol]	medium sand with w.I.												
137	9	[Symbol]	medium sand with calcite and w.I.												
143	3	[Symbol]	v.I. weathered												
146	6	[Symbol]	fine sand												
152	12	[Symbol]	fine sand with welded tuff												
164	12	[Symbol]	medium sand with basalt and calcite												
176	5	[Symbol]	medium sand with basalt and calcite												
181	12	[Symbol]	medium sand with limestone												
193	12	[Symbol]	limestone with basalt fragments												
205	12	[Symbol]	medium sand with limestone												
217	26	[Symbol]	medium sand with limestone												

FIG.3-10 (5) DRILLING LOG TEST BORING N°5

NAME OF PROJECT : Guatemala City Ground Water Development Project NO. OF HOLE 5
 LOCATION CANALITOS BORE HOLE DIA 12" 1/4 DEPTH OF HOLE 120^m
 ELEVATION 1381 masl DRILL MACHINE INGERSOLL-RAND OPERATOR DAHO
 UNDER GROUND WATER TABLE: GL - 7 m NO. 5 SUPERVISOR K.K

DEPTH (M)	THICKNESS (M)	GEOLOGICAL SYMBOL	DESCRIPTION	RESISTIVITY LOG					POTENTIAL LOG			TEMPERATURE LOG (°C)			REMARKS	DATE DRILLED
				Ω - m					(m V)			LOG (°C)				
				0	100	200	300	400	(-)	100	(+)	0	10	20		
10	18		fine sand with gravel													
20	9		pumice with fine sand													
30	3		pumice													
40	15		fine sand													
50	18		fine sand with gravel													
60	3		pumice													
70	21		pumice with medium sand													
80	3		sand with gravel													
90	30		fine sand													
100																
110																
120																
130																
140																
150																
160																
170																
180																
190																
200																
210																
220																
230																
240																
250																
260																
270																
280																
290																
300																

FIG.3-10 (6) DRILLING LOG TEST BORING N°6

NAME OF PROJECT: Guatemala City Ground Water Development Project

NO. OF HOLE 6

LOCATION PROYECTO4-4 BORE HOLE DIA 12" 1/4

DEPTH OF HOLE 350^m

ELEVATION 1452 masl DRILL MACHINE INGERSOLL-RAND

OPERATOR DAHO

UNDER GROUND WATER TABLE GL-170m NO. 6

SUPERVISOR K.K.

DEPTH (M)	THICKNESS (m)	GEOLOGICAL SYMBOL	DESCRIPTION	RESISTIVITY LOG					POTENTIAL LOG			TEMPERATURE LOG (°C)			REMARKS	DATE DRILLED
				$\Omega - m$					(mV)							
				0	100	200	300	400	(-)	100	(+)	0	10	20		
3			volcanic ash with sand													
3			pumice with fine sand													
9			gravel with fine sand and pumice													
20	6		fine sand with gravel and pumice													
30	9		gravel with pumice													
40	15		pumice with sand and weathered red basalt													
50																
60	21		pumice with fine sand													
70																
80	24		fine sand with weathered basalt													
90																
100	15		fine sand with weathered basalt													
110	6		fine sand with pumice and basalt													
110	6		coarse sand													
120	9		pumice with medium sand													
130	3		pumice with basalt													
130	3		pumice with calcite													
140	6		pumice with basalt													
140	3		fine sand with pumice													
150	9		pumice with basalt													
160																
170																
180																
190	69		pumice													
200																
210																
220																
230																
240																
250	131		limestone													
260																
270																
280																
290																
300																

3.4 社会経済的条件

3.4.1 人口

給水計画地区グアテマラ首都圏の人口は、1985年現在全国人口の約19% 150万人と推定されている。

最も新しい人口センサス、1981年センサスによれば、首都圏人口は、1,134,702人で、前回の1973年センサスから1981年までの8年間における年平均人口成長率は、2.12%で、全国人口成長率3.03%より低い値となっている。この低い値は、グアテマラ市の人口成長率が年0.93%と極端に減少したことによるものである。

グアテマラ首都圏の将来人口については、EMPAGUA、PLAMABAGのほか、EDOMによって予測されているが、何れの場合も年人口成長率は、1981年センサスのそれよりも大きく、EMPAGUA 5%、PLAMABAG 4.5%、EDOM 4.8%と予測している。

3.4.2 社会経済

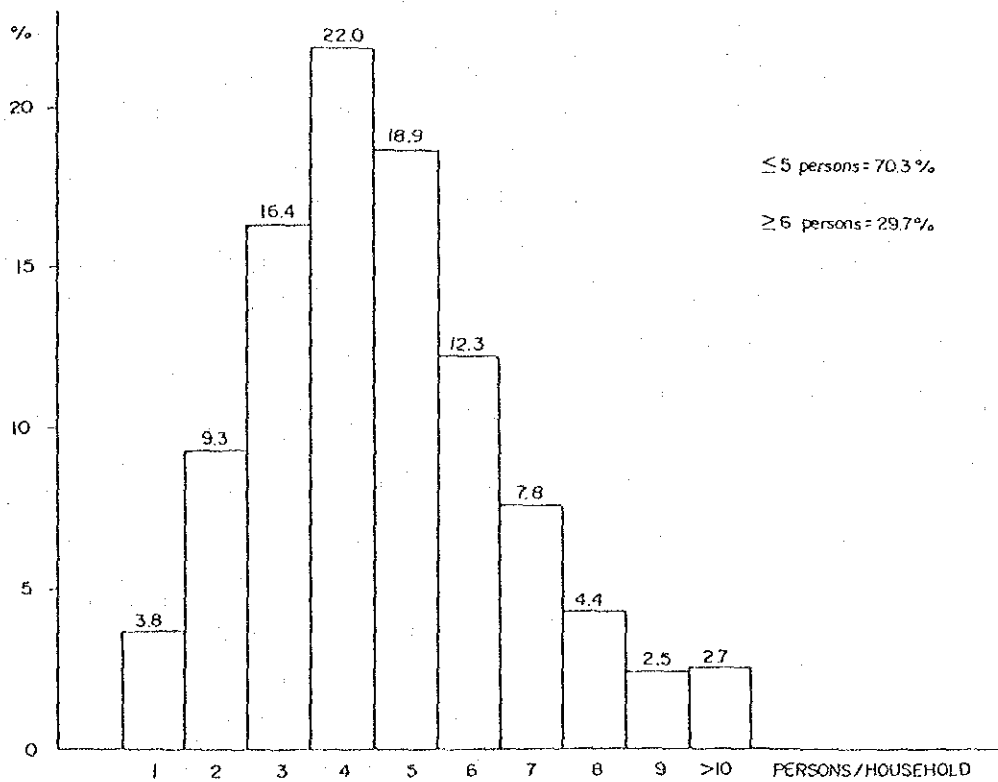
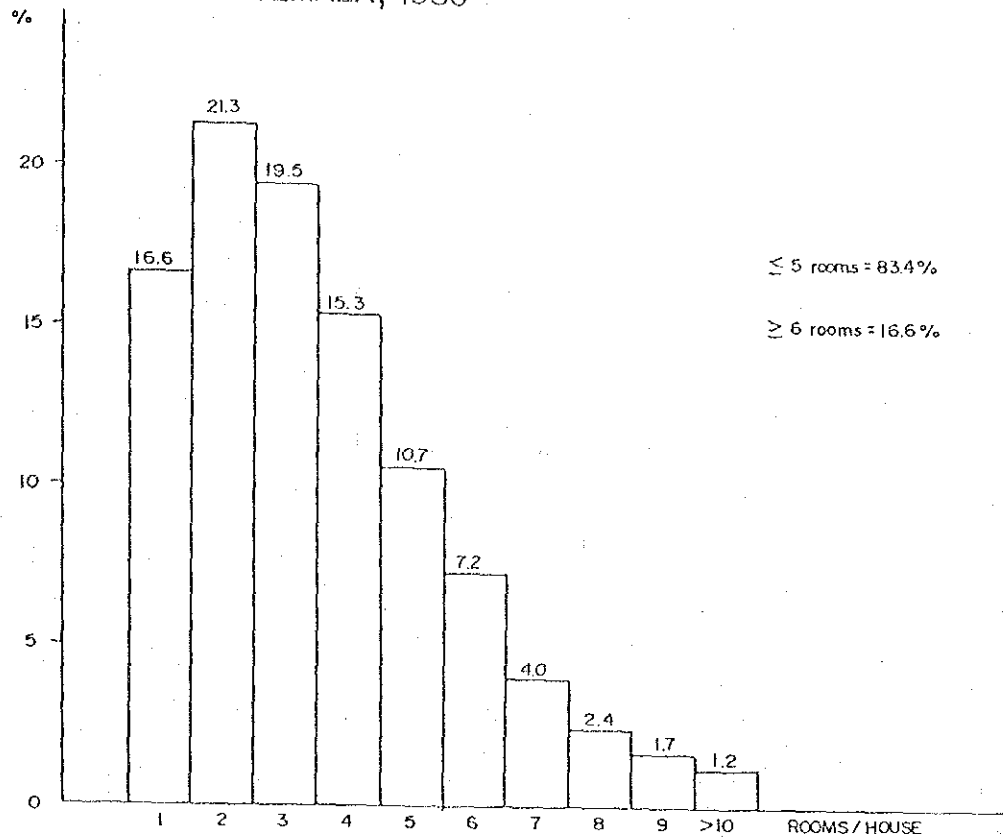
1980年、グアテマラ首都圏の人口は、960,564人世帯数は204,509世帯、一世帯当たり4.7人であった。

一戸当りの部屋数別割合、および一世帯当りの家族数の割合は、図3-11に示すとおりで、一戸当たり2部屋が21.3%と最も多く、3部屋以下の戸数が全戸数の57.4%、5部屋以下が83.4%であった。一世帯当りの構成員数は、4人が最も多く全体の22%であり、一世帯5人以下の家族が70.3%であった。

グアテマラ首都圏の就業人口は、1980年全人口の約35%で失業率は約3.6%であった。勤労所得者数は、一世帯当たり平均1.9人で379,723と推計されている。

勤労所得者の61.5%は雇用労働者、25.7%は自営業で、雇用労働者の70%は男性、30%は女性であり、両性ともに20~39才の年齢層が50%以上を占めている。自営業者の年齢は、40才以上が50%を超えている。

FIG. 3-11 HOUSING AND HOUSEHOLD SIZES IN METROPOLITAN GUATEMALA, 1980



労働者家族の年収はQ 2,400からQ 4,800、平均Q 3,569 が33%と最も多く、Q 4,800 以下の年収家族が約55%を占めているが、その収入総数は、全収入総額の20%以下にすぎない。

3.4.3 土地利用

グアテマラ市は、1775年新しい首都となって以来、グアテマラ国政治・経済の中心都市として発展を続けながら、今日の人口 150万を擁するグアテマラ首都圏を形成した。

Fig. 3-12地表面浸食状況図から明かな様に浸蝕谷面積が総面積の36%と推定され、極めて限られた平地から成る、グアテマラ首都圏は、渓谷の発達が少ない大陸分水界沿いの中央台地を中心に市街化・宅地化されていると云える。

INAFORの資料によれば、グアテマラ首都圏の現況土地利用は次のとおりである。

現況土地利用		
	面積 km ²	占有率%
住宅用地	97.9	20.9
商業用地	3.7	0.8
公共用地	10.8	2.3
工業用地	8.4	1.8
緑地森林	88.5	18.9
農業用地	119.0	25.4
その他	140.1	29.9
計	468.4	100.0

近年、人口成長率は年々逡減しつつあるが、未だなお3~4%の成長を続けており、これに対応する宅地への転換、宅地の造成が進められており、その範囲は、郊外の平地を求めて拡大しつつある。

こうした傾向のなかで、農地、山林、原野の管理保全は次第に放棄され荒廃が進んでいる。

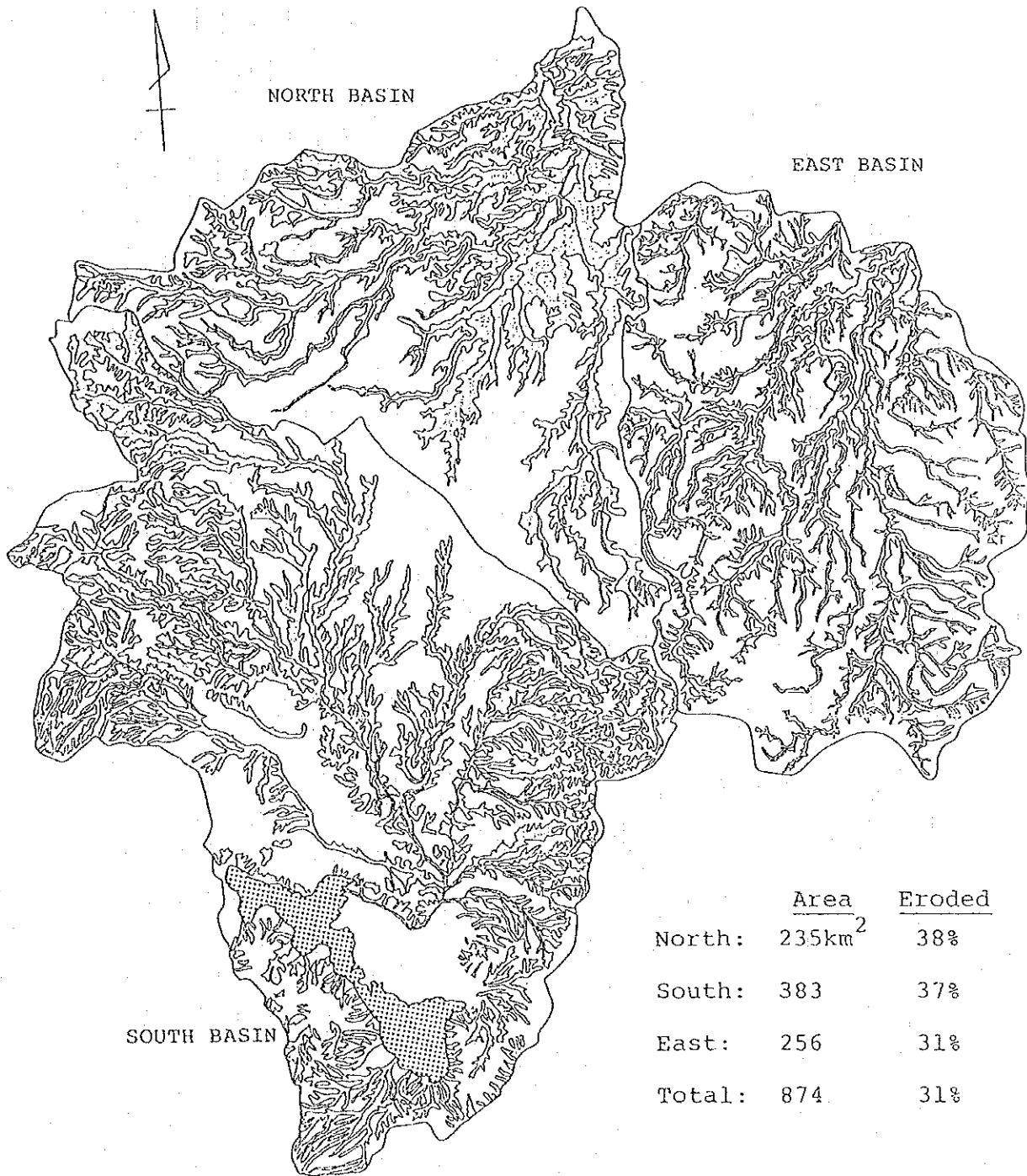


FIG. 3-12 SURFACE SOIL EROSION AND GULLEY INTRUSION

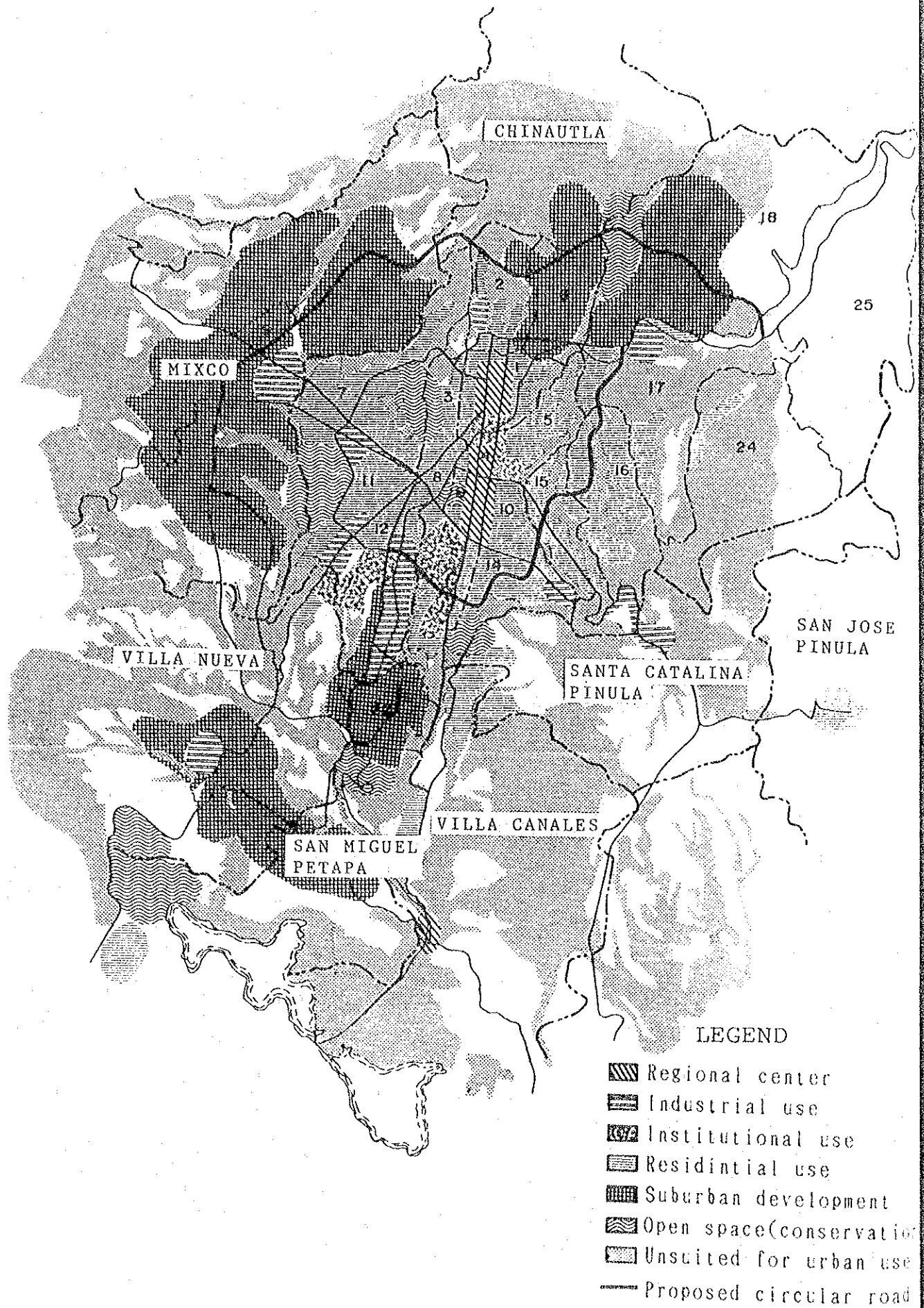


FIG. 3-13 FUTURE LAND USE

3.5 用水サービスの現況

3.5.1 上水道サービス組織

給水計画地区、グアテマラ首都圏におけるEMPAGUA用水サービス地域の住民は、飲料水を次に示すような施設を通じて供給されている。

- (1) グアテマラ市水道公社 (EMPAGUA) の上水道
- (2) 民間水道会社MARISCAL, S. A. の上水道
- (3) 軍、公共事業省等政府管轄給水施設
- (4) 民間個有または共用井戸
- (5) 河川、湖沼、泉水
- (6) 飲料水販売会社 (市内マーケット)

EMPAGUAは、1972年、グアテマラ市およびその周辺都市から成るグアテマラ首都圏住民の用水問題を解決するために創設された。

EMPAGUAは、グアテマラ首都圏住民のための用水生産供給、施設の運営管理と施設の改良、拡大。新水源の開発計画策定と実施を主たる業務としており、1985年現在、 $2.374\text{m}^3/\text{sec} \sim 2.717\text{m}^3/\text{sec}$ 平均 $2.553\text{m}^3/\text{sec}$ を生産し、約 112,169世帯約70万～80万人の住民に対し用水を供給している。

MARISCALは主としてグアテマラ市のDawn town 約10,000世帯に対し、約 $20,000\text{m}^3/\text{day}$ ($0.2315\text{m}^3/\text{sec}$) を供給している。

公共学校、公立病院その他の公共施設における用水は、公共事業省の管轄とされ、それぞれの施設毎に井戸を設置し地下水を生産供給している。

軍関係施設における用水供給は、軍自身が運営管理しており、それぞれの施設毎に井戸をもっている。

市中の大ホテル、大商店、工場、大住宅はそれぞれ私有井戸によって自らの用水を自給している。

郊外の農家、牧場は専用又は共用井戸をもっているほか、近在の河川、湖沼、湧水

を直接利用している。なお民間の飲料水製造会社によって、ビン詰め飲料水が 1ガロンQ. 1.25 で市販されている。

1981年センサスによる、グアテマラ首都圏の用水サービス現況は以下の表に示すとおりである。

WATER SERVICE

Total Households	Private Tap	Cooperative Tap	Public Tap	Well	River, Lake, Spring	Others
225,879	122,667	49,176	28,054	3,887	1,991	19,104
100%	54.3%	21.8%	12.4%	2.2%	0.9%	8.4%

EMPAGUA及びMARISCAL共に用水供給料金制度は、月極め定量定額制で、何れも超過量料金制度を採用している。両者の用水料金及び契約加入料金は次に表示すとおりである。

Respective water rates for EMPAGUA and MARISCAL are as follows:

EMPAGUA WATER RATES

Service Category	Water Title	Volume	Paid Cash for Cost of Water Title		Excess
			Quetzal	Q/month	
Marginal	1/3	up to 20	350	2.00	0.25
Economical	1/2	20-30	600	3.50	0.40
Normal	1	30-60	1,050	8.25	0.40
Intermediate	1-5	60-300	—	12.35	0.45
High consumption	over 5	over 300	—	16.45	0.50

EL MARISCAL WATER RATES

Water Title	Volume	Paid Cash for Cost of Water Title	Fixed Payment	Excess
Paja	m ³ /month	Quetzal	Q/month	Q/m ³
1/4	15	300	3.30	0.50
1/3	20	400	5.00	0.50
1/2	30	600	7.50	0.50
1	60	1,200	15.00	0.50

3.5.2 用水供給システムと施設

(1) 生産システム

EMPAGUAは7つの用水生産システムを運営管理しており、最大 2.717m³/sec、最小 2.374m³/sec、平均 2.553m³/sec の 用水を生産している（1984年10月～1985年10月までの1年間の実績）

EMPAGUAの7つの生産システムの各プラントは、下記に示すとおり、市内井戸群を除き、給水サービス地区の外縁部に位置している。各システムの水源、既存施設、総生産量と対する生産量の割合および主たる給水サービス地区は、次に表示するとおりである。

システムの名称	水 源	既存施設	生産量 ——— × 100 総生産量	サービス地区
El Cambray	河川表流水(3)	浄水場 貯水槽 送水ポンプ	7 %	Zona, 10.13 14.15
La Brigada	河川表流水(2) 地下水	浄水場 貯水槽 送水ポンプ	4	7.11 19. Mixco, Chinautla

システムの名称	水源	既存施設	生産量 総生産量	× 100	サービス地区
Santa Luisa	河川表流水 (3) 地下水	浄水場 貯水槽 送水ポンプ	14		1. 5. 10 17. 6
Ojo de Agua	地下水 (井戸、泉水)	貯水槽 送水ポンプ	23		1. 3. 8. 11. 12 Santa Catrina Villa Canales
Las Ilusiones	河川表流水 (3) 地下水	浄水場 貯水槽 送水ポンプ	8		18. 17
Lo de Coy	河川表流水	浄水場 貯水槽 送水ポンプ	38		1. 8. 9. 11. 12. 13 Villa Nueva San Miguel Petopa
市中井戸	地下水	送水ポンプ	6		10. 9. 4. 5. 1 2. 6

(2) 生産量

最近の 6 年間における各生産システム毎の各年次平均生産量は、次表に示すとおりである。

年	SANTA LUISA	EL CAMPAY	LO DE COY	LA BRIGADA	OJO DE AGUA	LAS ILUSIONES	POZOS DE LA CIUDAD	TOTAL
1980	0.363	0.174	0.697	0.055	0.582	0.161	0.133	2.165
1981	0.367	0.186	0.795	0.084	0.543	0.164	0.124	2.263
1982	0.331	0.179	1.043	0.123	0.534	0.177	0.154	2.541
1983	0.332	0.167	1.000	0.055	0.607	0.211	0.140	2.512
1984	0.331	0.174	1.000	0.062	0.562	0.233	0.180	2.542
1985	0.325	0.177	1.022	0.097	0.539	0.219	0.177	2.556
平均	0.342	0.176	0.926	0.079	0.561	0.194	0.151	2.429
% of TOTAL	14%	8%	38%	3%	23%	8%	6%	100%

年	年平均生産量	Max.	Min	成長指数
	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	
1980	2.17	2.05	2.25	
1981	2.26	2.10	2.56	1.04
1982	2.54	2.36	2.67	1.17
1983	2.54	2.41	2.62	1.17
1984	2.52	2.36	2.72	1.16
1985	2.56	2.37	2.74	1.18
PROMEDIO	2.43	2.28	2.59	—

上記EMPAGUAの資料によればEMPAGUAの用水生産量は、前年に比して約12%増産されたがその後ほとんど変化していない。

同資料によれば各プラント毎の年次別生産量は変化に富み、不安定な様相を示している。

また最大生産量と最小生産量の差は15~20%である。特に、Ojo de Aguaでは、毎年50%以上で70%と云うものもある。

このような、生産量の不安定は、水源量の季節的変動に起因するばかりでなく、施設の老朽化O/M不良等による稼働率の低下によるものと考えられる。

(3) 水 源

各生産システムの水源は、前項において表示したとおりで、EMPAGUAの7つの生産システムのうち5ヶ所が、河川表流水を主水源としている。

EMPAGUAの用水生産量の約63%は河川表流水、残り約37%は地下水（含む泉水）である。

水源河川のほとんどは、グアテマラ市峡谷流域の他流域河川であり、全生産量の約60%は計画地区外流域河川によるものである。

地下水は、Ojo de Aguaで平均0.30m³/sec前後の湧水が取水されているほか、約40基の井戸によって平均約0.62m³/secが生産されている。

(4) 用水供給システム

EMPAGUA 7 系統の用水生産システムのうち、主水源が河川表流水である 5 つの生産システムは浄水場をもっている。

主水源が地下水である Ojo de Agua および市中井戸から成る 2 つの生産システムは塩素滅菌法による滅菌処理のみで浄水処理は行なっていない。

EMPAGUA の全生産用水の約 57% は、重力によって浄水場または給水タンクに導水されている。残り約 43% はポンプによって圧送されている。EMPAGUA の生産プラントおよび主送水系統は図 3-14 に示すとおりである。

EMPAGUA の給配水システムは、既存または計画中の 7 基の集水タンクおよび吸水タンクと 29 基の配水タンクを有している。

集水タンクおよび吸水タンクの合計貯水容量は、20,475 m³ である。

配水タンクは、貯水容量 30,430 m³ の Acatan (1) 25,480 m³ の Lo de Coy から 165 m³ の Cerro Gordo まで貯水容量は変化に富んでおり、合計容量は 152,210 m³ で

EMPAGUA の 1 日当り生産量の約 70% に相当する。

配水タンクの標高は、Agua Bonita の EL 1736.05 m が最も高く、Cerro Gordo が EL 1446.05 m で最も低い、最大の貯水容量をもつ Acatan (1) は EL 1550.42 m、Lo de Coy は EL 1671.60 m である。

末端用水サービス系統は、給水系統に基いて 95 系統に分割管理されている。

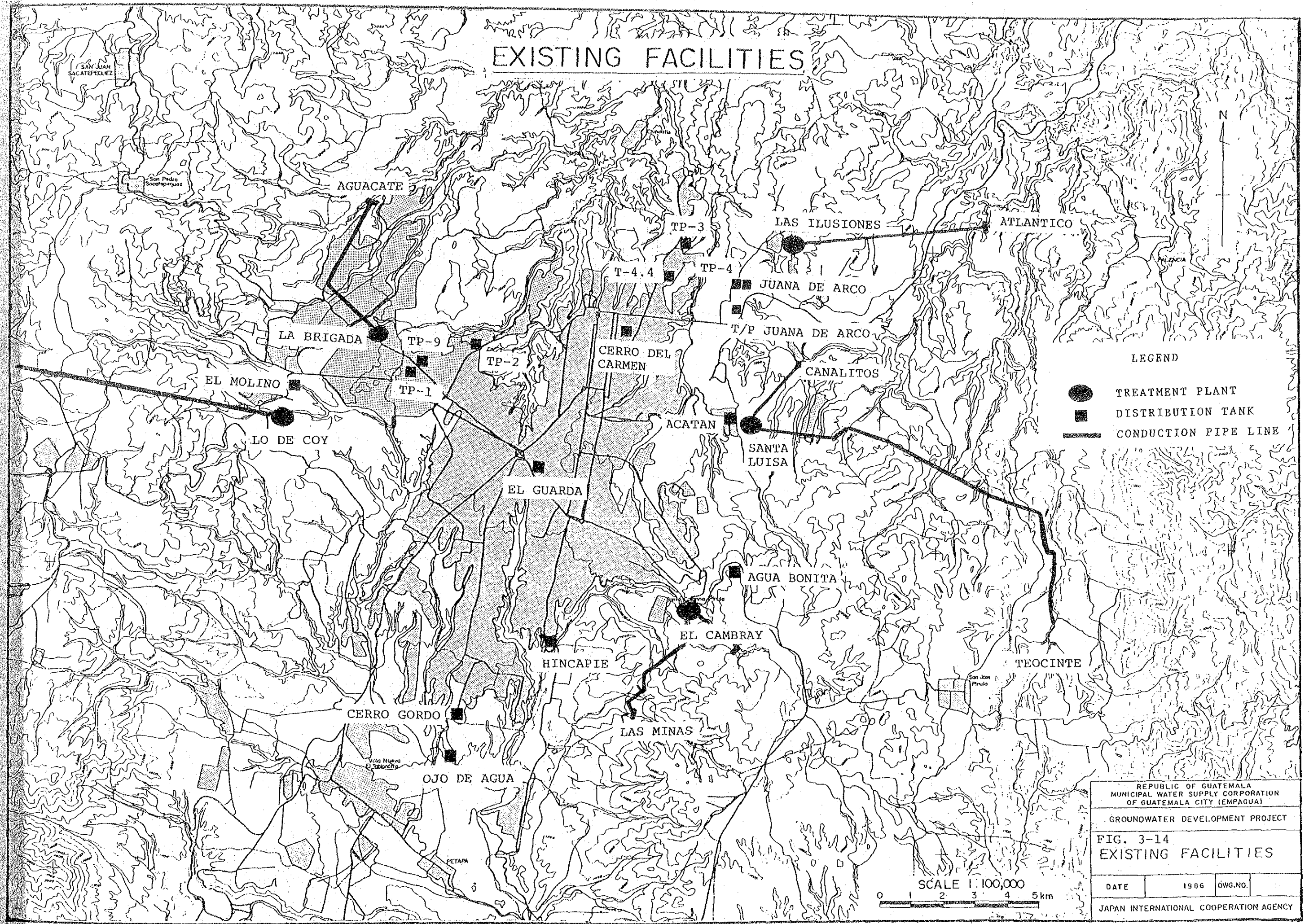
3.5.3 用水需要と供給

(1) 用水の消費量と単位需要量

グアテマラ首都圏の住民は、その生活用水を、色々な水源、組織を通じて供給されている。

150 万住民の用水消費量について PLAMABAG が約 195,000 m³/day と推定しているほか、NDP、EMPAGUA がそれぞれ独自の推定を行なっているが、何れの場合も予測値である。

EXISTING FACILITIES



- LEGEND
- TREATMENT PLANT
 - DISTRIBUTION TANK
 - CONDUCTION PIPE LINE

REPUBLIC OF GUATEMALA
MUNICIPAL WATER SUPPLY CORPORATION
OF GUATEMALA CITY (EMPAGUA)

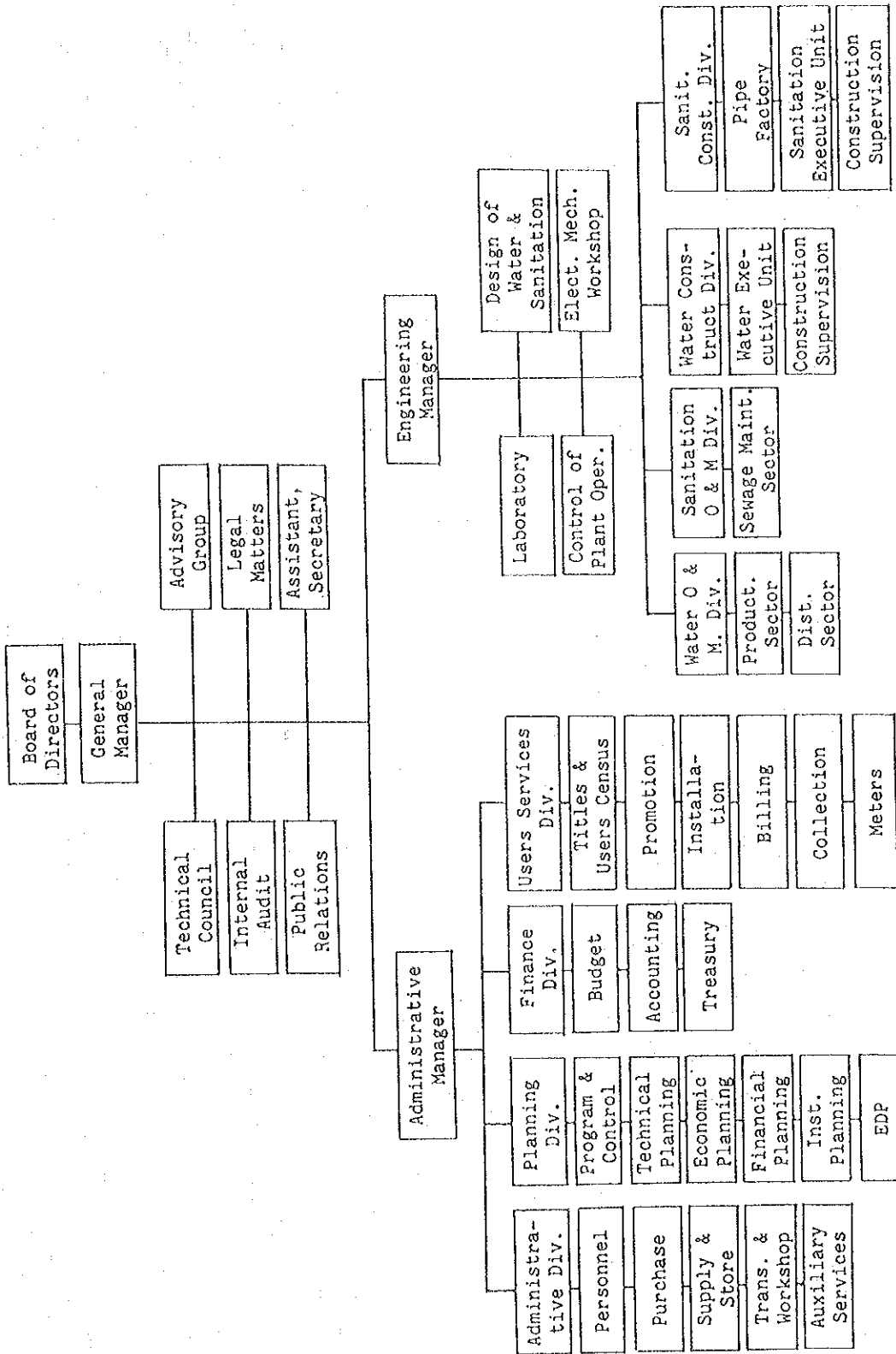
GROUNDWATER DEVELOPMENT PROJECT

FIG. 3-14
EXISTING FACILITIES

DATE	1986	OWG.NO.
------	------	---------

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

SCALE 1:100,000
0 1 2 3 4 5 km



ORGANIZATION CHART OF EMPAGUA, 1985

FIG. 3-15

1984年10月から1985年9月までの1年間のEMPAGUAの用水生産、サービス契約、料金徴収等々の関係資料に基づいて、EMPAGUAのサービスシステム内における水消費量は、次のとおり分析することができる。

個人消費量	: 生産量の64%相当	-	1.636m ³ /s
公共消費量	: 4%	-	0.100
集金可能な消費量	: 68%	-	1.736
集金不能な消費量	: 7%	-	0.191
全消費量	: 75%	-	1.927
配水システム内損失	: 25%	-	0.626
生産量 (平均値)	: 100%	-	2.553

なお、集金不能な消費量について、その半分は不正消費者による消費量、残る半分は、メーターなし契約者の浪費によるものと推定している、不正消費者一世帯当り浪費量については、次のとおり推定されている。

契約者の数	: 112,170
一契約者当り水消費量	: 1.26m ³ /day / 1戸
集金不能消費量	: 17,000m ³
不正消費者数	: 17,000 / 2 / 1.26 = 6,750世帯
メーター無契約者数	: 42,490
浪費量	: 17,000 / 2 / 42,490 = 0.2m ³ /day / 1世帯

EMPAGUAの資料に基づいて、1984年10月から1985年9月までの1年間における地域別、月別の用水サービスと用水消費の現況を分析した結果によると1契約世帯当りの需要量は1.399 = 1.4m³/day / service と概定できる。

(2) 用水不足量

1984年10月から1985年9月までの1年間のEMPAGUAの用水生産・供給現況は前節で述べたとおりである。これに対するEMPAGUA用水サービス契約世帯の水需要については、次のとおり推定することができる。

メーター付契約戸数	69,680	:	62%
メーター無契約戸数	42,490	:	38%
全契約戸数	112,170	:	100%
不法消費戸数	6,750	:	6%
一世帯当りの需要量	1.4 m ³ / day	/	世帯

個人需要	112,170 × 1.4	:	157,040 m ³ / day	≒	64%
公共需要	0.1 m ³ / s		8,640	≒	4%
集金可能な需要			165,680	≒	68%
集金不能な需要 ⁽¹⁾		:	18,000	≒	7%
全需要量			183,680	≒	75%
配水システム内損失			61,300	≒	25%
所要生産量			244,980	≒	100%
			(2,836 m ³ / s)		

(1) : 不正消費

$$6,750 \times 1.4 = 9,500 \text{ m}^3 / \text{day}$$

浪費量

$$42,490 \times 0.2 = 8,500$$

$$\text{計} \quad 18,000 \text{ m}^3 / \text{day}$$

以上の推定値に基づいて、現在の水不足量を概算すると次のとおりとなる。

実生産量 m ³ /s	Max. 2.717	Min. 2.374	Mid. 2.553
所要生産量 m ³ /s	2.836	2.836	2.836
不足量 m ³ /s	Min. 0.119	Max. 0.462	Mid. 0.283
不足量/所要生産量 × 100%	4	15	10

用水需要量に対する絶対供給量の不足は、現実には地域的あるいは時間的水不足という形で拡大する傾向を示している。

グアテマラ市地区用水供給の現況を、正常(N)間歇給水(I)不良(D)の3つに分けて評価して表示すると表 3-3のとおりとなる。

3.6 EMPAGUA

3.6.1 概 要

グアテマラ市水道公社(EMPAGUA)は、1972年11月設立され、1973年1月1日より業務を開始した。

EMPAGUAは、グアテマラ市およびその周辺都市住民に対し、飲料水を有料供給している公営企業であり、飲料水サービスにかゝる用水生産、供給施設の運営管理、整備改良、開発拡張を業務としている。

EMPAGUA総裁は、グアテマラ市長で、総裁のもとに、1人の支配人と、技術、総務担当各1人の副支配人によって運営されている。

1986年頭初における、EMPAGUAの組織系統はFig. 3-17に示すとおりである。

EMPAGUAは、機能的にも、財政的にも独立した組織であるけれども、水道料金の変更の様な主要事項は、公社総裁が決裁した後、グアテマラ市議会の承認が必要でかつ最終的には、グアテマラ国々会の承認が必要である。

現在、EMPAGUAは、公共事業省(MCOPyT)と協力して、Xaya-Pixcayaの国営水道事業を実施している。この共同事業の新水源の開発は、公共事業省が、開発された用水の管理は、EMPAGUAが責任を負っている。

TABLE 3-3
 SUPPLY STATUS OF DRINKING WATER IN GUATEMALA CITY BY POSTAL ZONE, IN 1965

N = Normal
 : 24 hr full supply
 I = Intermittent
 : Low pressure most of the day
 D = Deficient
 : Acceptable part of the day

ZONE	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	SUMMARY
1	N-95	N-80	I-60	I-100	I-100	N-80	N-95	N-80	N-80	N-80	N-80	N-80	N - 60
2	N-85	N-85	I-100	I-100	I-80	N-50	N-50	N-50	N-50	N-50	N-50	N-100	I - 60
3	N-100	N-60	I-70	I-70	I-70	N-60	N-60	N-60	N-60	N-60	N-60	N-100	I - 60
4	I-70	I-70	I-100	I-100	I-100	I-60	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N - 50
5	N-70	N-70	N-70	N-70	N-70	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N - 90
6	N-85	N-60	N-60	I-60	I-70	N-50	N-60	N-60	N-60	N-60	N-60	N-50	I - 60
7	N-95	N-60	I-60	I-70	I-70	N-70	N-80	N-80	N-95	N-100	N-100	N-100	N - 65
8	I-80	I-80	I-80	I-100	I-100	I-100	I-100	I-100	I-100	I-80	I-80	I-80	I - 90
9	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N - 100
10	N-90	N-90	I-70	I-70	I-70	I-70	N-60	N-90	N-90	N-09	N-90	N-90	N - 60
11	N-85	N-85	I-80	I-90	I-90	N-60	N-85	N-70	N-70	N-80	N-75	N-75	N - 60
12	N-70	N-60	I-80	I-90	I-90	I-60	N-80	N-80	N-90	N-90	N-80	N-80	N - 50
13	N-70	N-70	D-60	D-60	D-60	I-100	N-80	N-80	N-80	N-80	N-80	N-80	I - 50
14	N-100	N-100	N-100	I-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N - 80
15	N-100	N-75	N-75	I-50	N-75	N-50	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N - 80
16	N-100	N-100	I-100	I-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N-100	N - 80
17	I-100	I-60	I-100	I-100	I-100	I-100	I-60	I-60	I-60	N-100	N-100	N-100	I - 60
18	I-100	I-100	I-100	I-100	D-100	I-100	I-100	I-100	I-100	D-80	D-80	I-80	I - 100
19	N-100	I-100	I-100	I-100	I-100	I-100	I-100	I-100	I-100	I-100	I-100	I-100	I - 90

3.6.2 財務状況

EMPAGUA最近の財務状況は、表 3-4 (1)、(2) に示すとおりである。

資産の約70%は、用水生産、供給施設、機器類および土地等の有形固定資産であり、その殆んどは、グアテマラ市あるいは中央政府によって建設され、EMPAGUAに譲渡されたものである。なお中央政府によって施工された施設の一部は、EMPAGUAは運営管理権のみで、所有権は移譲されていない。未収金の累積額は、1982年資産総額の8.1%、1983年8.5%、1984年11.4%と増加している。

一方、未払い金も年々増加し、累積未払額は、1984年に負債総額の47.9%となった。未払い金の筆頭は電力料金で、1984年累積額はQ 21,648,454、(負債額の39.9%)次が社会保険料未払いでQ 3,079,485 (5.7%)となっている。累積赤字は1982年負債総額の25.1% Q 13,747,144、1984年 35.7% Q 19,362,710に達している。1984年EMPAGUAの年間収入は、Q 11,515,637でその84%が水道料金、13.3%が契約料、残り2.6%が雑収入であった。

これに対し、支出はQ 13,814,336で収入に対して約20%の増となっている。

経費の最大はO/M費で、総支出の約70%を占めている。年間総経費は年間総収入を上回っているけれども、直接経費(O/M)は、年間総収入を下回っており、現業収入は総収入に対し1981年26.2%、1982年25.6%、1983年7.7%、1984年14.4%であった。

O/M費のなかで電力料金が最も多く50%、次が人件費で約20%を占めている。近年電力料金、人件費の占める割合は漸減しつつあるが、用水処理のための化学薬品代は1983年9.3%から1984年15.5%と漸増傾向を示している。

3.6.3 財務比率

EMPAGUAの1981年から1984年度までの財務諸表を流動比率、負債比率、収益比率を用いて要約し、表 3-4 (1)、(2) に示した。

EMPAGUAの流動性問題は、流動資産が流動負債の半分もカバーしていない点

TABLE 3-4 (1)

EMPAGUA Balance Sheet

Assets

Assets	1984		1983		1982	
	Q	%	Q	%	Q	%
PROPERTY, PLANT & EQUIPMENT						
Public service	35,576,204	65.6	32,771,053	62.9	28,629,151	52.3
General use	2,479,904	4.6	2,202,251	4.2	2,081,238	3.8
Work underway	8,858,515	16.3	9,843,318	18.9	13,889,468	25.4
Total P.P. & E	<u>46,914,623</u>	<u>86.5</u>	<u>44,816,622</u>	<u>86.0</u>	<u>44,599,857</u>	<u>81.4</u>
Accumulated Depreciation	<u>(9,602,567)</u>	<u>17.7</u>	<u>(7,951,231)</u>	<u>15.3</u>	<u>(6,848,496)</u>	<u>12.5</u>
Net P.P. & E	<u>37,312,056</u>	<u>68.8</u>	<u>36,865,391</u>	<u>70.8</u>	<u>37,751,361</u>	<u>68.9</u>
CASH AND BANKS	2,438,745	4.5	3,595,556	6.9	2,174,232	4.0
ACCOUNTS RECEIVABLE						
Service to water users	3,847,635	7.1	2,817,416	5.4	4,930,887	9.0
Water titles	1,975,177	3.6	1,700,225	3.3	-	-
Guatemala City Municipality	1,096,225	2.0	691,269	1.3	408,588	0.8
Others	<u>176,156</u>	<u>0.3</u>	<u>137,092</u>	<u>0.3</u>	<u>22,374</u>	<u>0.0</u>
Total Accounts Receivable	<u>7,095,193</u>	<u>13.1</u>	<u>5,346,002</u>	<u>10.3</u>	<u>5,361,849</u>	<u>9.8</u>
Uncollectables	<u>(925,164)</u>	<u>1.7</u>	<u>(923,747)</u>	<u>1.8</u>	<u>(902,705)</u>	<u>1.7</u>
Net Accounts Receivable	<u>6,170,029</u>	<u>11.4</u>	<u>4,422,255</u>	<u>8.5</u>	<u>4,459,144</u>	<u>8.1</u>
ASSETS TO BE REALIZED	-	-	-	-	5,532,700	10.1
INVENTORY	918,567	1.7	990,327	1.9	62,017	0.1
PREPAID EXPENSES	79,201	0.1	76,583	0.1	205,888	0.4
DEFERRED CHARGES	5,393,940	10.0	4,066,829	7.8	3,628,174	6.6
OTHER ASSETS	<u>1,886,959</u>	<u>3.5</u>	<u>2,075,355</u>	<u>4.0</u>	<u>954,210</u>	<u>1.7</u>
TOTAL ASSETS	<u>54,201,497</u>		<u>52,092,296</u>		<u>54,767,726</u>	

TABLE 3-4 (2)

EMPAGUA Balance Sheet

Liabilities

Liabilities	1984		1983		1982	
	Q	%	Q	%	Q	%
CAPITAL						
Capital	41,555,351	76.7	41,555,351	79.8	41,244,798	75.3
Accumulated losses	<u>19,362,710</u>	35.7	<u>16,302,251</u>	31.3	<u>13,747,144</u>	25.1
Net Capital	22,192,641	40.9	25,253,100	48.6	<u>27,497,654</u>	50.2
LONG-TERM DEBT	3,913,754	7.2	4,498,648	8.6	4,294,229	7.8
ACCOUNTS PAYABLE						
Guatemala Electric Co.	21,648,454	39.9	16,874,857	32.4	11,994,283	21.9
Guatemala Social Security	3,079,485	5.7	2,627,470	5.0	2,228,099	4.1
Suppliers	524,977	1.0	177,585	0.3	302,253	0.5
Loans currently due	-	-	-	-	400,000	0.7
Others	<u>708,574</u>	1.3	<u>556,499</u>	1.1	<u>419,199</u>	0.8
	25,961,490	47.9	20,236,411	38.8	<u>15,343,834</u>	28.0
RECEIVED DEPOSITS	460,355	0.8	430,880	0.8	426,052	0.8
DEFERRED CREDITS	1,673,257	3.1	1,673,257	3.2	7,205,957	13.2
TOTAL LIABILITIES	<u>54,201,497</u>		<u>52,092,296</u>		<u>54,767,726</u>	

にあり、特に1983年から1984年にかけて流動比率が一定化しているのは重大である。また、水道料金の平均回収期間も年々増大する傾向にある。このため1984年には未収金が、年間売上高の半分近くを占めるなど受益者の支払い遅延も重大な問題となっている。

総資産に対する借入金の比率は過去4年間確実に増加してきており、1984年にはE M P A G U Aの総資産の6割近くが借入金によってまかなわれている。この、不釣り合いなほど多額の負債がほとんど短期借入金によるものであることは注意を要する。

E M P A G U Aの、純売上高に占める純利益の比率に目を転じると、創設以来の慢性的な赤字のため、その純利益はマイナスとなっている。総資産に対する現業収益率は1981年から1984年の間、1.5%と5.9%の間を上下している。また、投資収益率は、前述した純利益の影響でやはりマイナスであるが、その原因は売上に比して経費が極端に高いことによる。資産回転率の低さもその一因となっている。

3.6.4 組 織

(1) 管理体制の改善

現地会計監査法人であるArevals Perez、Associadosは、1983年12月に作成した報告書の中でE M P A G U Aの管理体制を以下の5分野について検討した。

- i) 組 織
- ii) 会 計
- iii) 内部監査
- iv) データ処理電算化
- v) 料金の請求と徴収

この報告書で提言された事務所移転、サービス向上等の改善事項は既に実施に移されている。会計、財務報告書作成のスピードアップ、水量計の交換、維持管理、検針要員の増員、検針及び請求スケジュールの遵守、状況に応じて水道料金を変更する権限の賦与、等も同報告書で勧告されているが、水道料金の増額の件を除いて

は、既に実施に移されているか、または移されつつある。

一方、PAHOコンサルタントの一人、Sturla氏は、1985年2月の財務・組織調査で、“paja”方式契約料を段階的に廃止することを提言している。また、彼の提言のうち、政府補助金による債務取消しはEMPAGUAの資本増大に寄与しようし、更に、未収金を発生月次別に分類し、これに応じた集金対策を採ることは、未収金を1ヶ月分程度まで減額することに役立つだろう。以上の提言を実施に移すことにより、EMPAGUA組織強化が達成されよう。

(2) 財務体質の改善

EMPAGUAはO/M費、原価償却費、管理費、借款の償還及び将来の業務拡大にかかる費用をカバーするに足る収入を得るべきであるが、現在の水道料金収入ではこれらの費用をまかない切れぬ。しかも水道料金を値上げするに際しては、公社理事会、市議会、国会と、三段階の承認が必要であり、これが財務上の制約条件となっている。

過去、水道料金は1974年に一度、1980年に一度、1981年には二度値上げされ、このうち最近の三度の値上げ率は33%であった。新EMPAGUAの経営陣は、給水需要に見合った業務拡大に伴う水道料金値上げの必要性を承知しており、料金を2倍にする料金表を策定した。ただし、最低給水区分（月約20m³）に関しては、給水網は全体の10%であるが消費量は5%、また収入は3%にすぎない為、社会的条件を考慮した上で、上記倍率料金の対象から外してある。

消費者の水道料金支払い能力は家庭の年間収入に占める水道料金支出の比率によって判断できるが、1980年のデータでは、年収Q 1,200以下の家庭が、1.41%、Q 2,400以下の家庭では1.01%であった。また、これより年収の多い家庭では1%以下となっており、特にQ 7,200以上の家庭では0.5%以下であった。1980～1981年に実施された3回の水道料金値上げ率の合計が100%に達することを考慮しても、家計に占める水道料金の比率は極めて小さい。前述の通り料金倍増計

画は最低給水区分層を対象外としており、値上り分はこれ以外の消費者層が負担することになる。

3.7 試掘調査

調査期間中、地下水開発計画にかゝる計画地域の地下水特性あるいは地質的構造を確認するためFig. III-10 に示すように計画地区内 6ヶ所で試掘調査を実施した。

試掘調査井戸の掘削仕様、電気検層、揚水試験および水質試験の結果は次のとおりである。

調査井No	掘削径	井戸径	掘削深	地盤標高	平均掘削速度
No. 1	17'1/2"	12" (300 ^{mm})	305 ^m	EL. 1410 ^m	50 ^{cm} /hr
No. 2	"	"	300	1530	70 ^{cm} /hr
No. 3	"	"	300	1285	上部 20 ^{cm} /hr 下部 100 ^{cm} /hr
No. 4	12'1/2"	4" (100 ^{mm})	220	1410	110 ^{cm} /hr
No. 5	"	"	120	1375	110 ^{cm} /hr
No. 6	"	"	350	—	300 ^{cm} /hr

— 掘削機械 : ロータリー式

— ストレナー : 生産井 (12") ジョンソン型 30^m
観測井 (4") スリット型

	最深部岩	地層係数	最大揚水量	水位
No. 1	Welded Tuff	1.5~2.0	6.3 ℓ/sec	- 108.7 ^m
No. 2	Sand with Clay	6.0~8.0	54.0 ℓ/sec	- 95.8
No. 3	Limestone	1.5~8.0	12.62 ℓ/sec	- 63.0
No. 4	Clay	1.5~2.0	—	- 110.0

No. 5	Sand	5.0	-----	- 7.0
No. 6	Limestone	4.0~5.0	-----	- 170.0

		透水量係数 m ² /sec	貯留係数	透水系統
No. 1	(1)	3.4×10^{-4}	2.9×10^{-4}	1.13×10^{-5}
	(2)	2.9×10^{-4}	6.5×10^{-6}	9.67×10^{-6}
	(3)	4.3×10^{-5}	---	3.33×10^{-7}
No. 2	(1)	2.29×10^{-3}	0.04	7.63×10^{-5}
	(2)	1.86×10^{-3}	0.36	6.2×10^{-5}
	(3)	---	---	
No. 3	(1)	1.3×10^{-4}	0.037	4.33×10^{-6}
	(2)	1.5×10^{-4}	0.034	5.00×10^{-6}
	(3)	1.6×10^{-5}	---	5.33×10^{-7}

※ (1) = クイス法による値

(2) = ヤコブ法 "

(3) = 回復式による値

以上の調査結果から各井戸にかゝる地下水生産の可能性を次のとおり評価できる。

- No. 1 生産井戸としての能力は小さい
- No. 2 極めて高い生産量が期待できる
- No. 3 有望、ただし、掘削深 350~400 mを要す
- No. 4 期待できない
- No. 5 有望
- No. 6 かなりの生産量が期待できる

No. 1～No. 3の調査井について揚水開始後48時間から60時間の間に試料を採取して飲料水にかゝる標準水質試験をLERISに委託した、分析試験の結果は表 3-3に示すとおりであり、分析結果に基づいて、各井戸について次のとおり評価した。

- No. 1 飲料水として問題はない
- No. 2 相当時間経過後再調査し、汚染原因が井戸自身の内的要因によるものか、さく井工事等外的要因によるものが確認を要する。現時点では、適切な滅菌処理なしには飲料水として不適性である。
- No. 3 濁度、危度、鉄分、固形分、無機類の含有量等何れも高い値を示しており、飲料水として利用するためには、上記の値を軽減、除去するための適切な処理が必要である。

3.8 環 境

3.8.1 自然環境

1985年グアテマラ首都圏の人口は、1940年の約10倍、1950年の約 5倍、1960年の約 3倍となった、この様な人口の成長と発展は一方で、土地利用の変更、自然的地形、配水機構の変更、破壊、植生の退化等々の形で、自然環境に大きな影響、障害をもたらして来た。

グアテマラ首都圏住民の生活用水をめぐる自然環境は、急速な人口集中、都市化のもとで

- i) 水源涵養機構、涵養力の破壊
- ii) 河川その他水源水質の汚染
- iii) 地下水の大量揚水資源枯渇等々と云う形で大きな直接的影響をうけている。

山林、農地の転用の歴史を示す数量的に明らかにする有効な資料はないが、都市発展の歴史、都市開発の現況から、長期に亘って、自然植生、自然地形の破壊が続けら

れ、水源域としての涵養保全が失われて来たことは明らかである。

急速な都市化は、また都市排水事業の遅れによって、特に都市汚水の流出による水源河川の水質汚染を当然に派生させている。

計画地区、河川の水質汚染現況は、本報告書に述べるとおりで今日、各河川は都市用水の水源として適性を失っている。

さらにまた、水源涵養機構の破壊と、無規制地下水開発は、Amatitlan 湖の水位低下、水質汚染をもたらしている。

3.8.2 社会生活環境

WHO/PAHOの資料によれば、1982年グアテマラ首都圏の年齢層別死亡率は、次のとおりである。特に生後1ヶ月から4才までの死亡率は極めて高くなっている。

年齢層	全死亡に対する比
28日～1才未満	31.9%
1才～4才	33.4
5才～14才	7.2
15才～44才	9.1
45～64才	8.6
65以上	9.6
不明	0.2
平均	18.7

死亡原因となっている主な病気は下痢、栄養不良、寄生虫等である。

この様な高い死亡率と病気の原因は

- i) 飲料水不足
- ii) 不十分な下水処理施設
- iii) 衛生知識教育の遅れ

にあると云われている。

1981年センサスによれば、グアテマラ首都圏住民の88.5%は、飲料水を公共または民間の水道施設に供給されているが残る11.5%は、浅井戸、河川、泉水、湖沼水を直接利用している。

飲料水供給が比較的開発整備されているに対し、下水道開発は大巾に遅れ、公共下水の利用率が全住民の56.6%で民有下水施設利用を含め下水施設の受益住民数は全体の約62%である。住民の5%が便所をもっていない。

グアテマラ首都圏における下水処理現況、下水普及現況はAppendixのとおりである。

3.8.3 既存水源の水質

グアテマラ首都圏住民の主たる水源である、浅井戸、深井戸、泉及び河川の水について、飲料水としての適性を調査した。調査結果の概要は、次のとおりであった。

(詳細Appendix)

(1) 泉 水

泉は、調査地域のあちこちに点在し、地域住民の生活用水として、処理することもなくそのまま、利用されている。

5ヶ所の泉について標準調査13ヶ所について簡易調査を実施した結果によると泉水の物理的、化学的性質は、細菌学上の問題を除けば、飲料水として極めて良質である云える。(調査結果Appendix参照)

(2) 河 川

河川上流部の水質は、わづかに濁っており、土の臭いがするものもあるが、一般に透明である。

調査結果の詳細は、Appendixに示すとおりであり、その概要は次のとおりである。

危 度	24~82TCU	pH	7.5~9.0 平均 8
濁 度	8.6~26NTU	硬 度 (CaCO ₃)	42~72 平均55.5mg/ℓ
固形物	154~193mg/ℓ	鉄 分	0.035~1.97平均0.758 mg/ℓ
浮遊物	20.8mg/ℓ	アルカリ	74.6 mg/ℓ

微生物 許容量より大

なお、Monjitas川と Canalitos川の合流点およびこの水が流入する Las Canas川はAppendixに詳述するとうり、危度、濁度、浮遊物、電導度等々の値が他の河川に比べて高くなっている。しかしながら生物学的酸素要求量 $5.0\text{mg}/\ell$ 化学的酸素要求量 $10.0\text{mg}/\ell$ 、溶存酸素 $9.4\text{mg}/\ell$ であり、汚染は余り進んでいないと推定できるが、バクテリアや大腸菌の含有量が多く検出されている。

(3) 汚染河川の水質

Appendixに詳述するとうり、Villalobos水系の各河川の水質は、汚染度が高く、各試験項目、何れもかなり高い値を示している。

Las Vacas水系やSan Juan水系も上流地域の住宅あるいは工業排水の影響をうけて、汚染が進んでいるが、幾つかの要素については、平均値より低いものもある。

(4) 浅井戸

浅井戸の深さは 3~40m でつるべまたは小型モーターポンプによって吸み揚げられている。

5つの浅井戸にかゝる水質調査結果は、Appendixに示すとうりである。5つの井戸のうち2つは飲料水を除く、一般家庭用水として使用されているが、バクテリアの含有量が多く、一般家庭雑用水としても滅菌なしに使用することは好ましくない。

残る3つの井戸は飲料水として使用されているが、3のうち2つの井戸は飲料水として不適であると判断され、簡単な滅菌が必要である。

(5) 深井戸

計画地域の深井戸のうち9基について LERISに委託して標準分析調査を、5基について簡易調査を実施した。

(EMPAGUA : 2 工業用水 : 1 民有井戸 : 7 ホテル : 1 民間共用2
田地 : 1)

この結果4基の井戸水から100/ml以上のバクテリアが検出され、また牛乳工場の深井戸水には大腸菌も検出された。これらの井戸水には滅菌等の処理が必要であり、また牛乳工場のように一般の人々にも関係のある井戸に関しては、保健衛生当局による検査が必要と思われる。

