

ニカラグア共和国

ニカラグア上下水道庁

## ニカラグア国

### マナグア市上水道整備計画調査

#### 報告書 (要約)

平成5年9月

国際航業株式会社

社調二

J R

93-115



JICA LIBRARY



1120261111

27898



国際協力事業団  
ニカラグア共和国  
ニカラグア上下水道庁

ニカラグア国

マナグア市上水道整備計画調査

報告書（要約）

平成5年9月

国際航業株式会社

国際協力事業団

27898

## 序 文

日本国政府は、ニカラグア共和国政府の要請に基づき、同国のマナグア市上水道整備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3年12月から平成5年7月までの間、4回にわたり、国際航業株式会社の藤原邦夫氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ニカラグア政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、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5年9月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介









# ニカラグア国

## マナグア市上水道整備計画調査

### 要約

#### (1) 調査対象地域、調査目的

ニカラグア国の首都マナグア市（約200㎞<sup>2</sup>）を含む、約880㎞<sup>2</sup>の水理地質区域を対象として、地下水開発可能量を算定するとともに、マナグア市の上水道水源としての地下水開発計画を策定する。

#### (2) 水収支解析結果

調査対象区域は、三つの水理区に区分され、それぞれの地区における地下水開発ポテンシャルと、既往開発量のバランスは次の通りである。

水理区	開発可能量	既往開発量	収支（残開発可能量）
西部水理区	24,400㎥/日	8,500㎥/日	+15,900㎥/日
中央水理区	114,000㎥/日	190,200㎥/日	-76,200㎥/日
東部水理区	296,000㎥/日	107,500㎥/日	+188,500㎥/日

#### (3) マナグア市の地区別水道水源の見通し

- ① マナグア市西部地区は現在も将来も独立給水区として、西部水理区内での地下水開発により水道源をまかなう。
- ② マナグア市の主要部は、アソソスカ火口湖からの取水（1993年現在約36,000㎥/日）と、中央水理区・東部水理区の井戸による地下水取水に依っている。中央水理区からの取水は、すでに過剰揚水状態となっているため、中央水理区からの取水は、現状以上の開発はひかえ、東部からの送水により増水をはかる必要がある。

- ③ 東部水理区は、地下水開発の余力が有るため、近未来の水資源開発計画は、東部水理区に着目すべきである。しかし、この地区内の開発可能量も、西暦2000年の水需要を満たすには若干足りなく、今回対象となった調査地域以外での地下水開発、あるいは、ニカラグア湖からの導水等により水源の確保をはからなければならない。

(4) 水需要予測

① 現状のマナグア市上水道用水供給量

1991年のマナグア市の供給総量：268,000 m<sup>3</sup>/日  
 (251,400 m<sup>3</sup>/日 District 2-7)  
 一人頭の日給水量：230ℓ/人/日(総人口1,164,000人)  
 生活用水実消費量：140ℓ/人/日(供給量の61%)

② マナグア市の計画給水量

一人頭の計画日給水量：  
 都市給水サービス区域(District 1-6)：312ℓ/人/日  
 (日最大係数1.2、生活用水比率0.8、有効率0.8)  
 地方給水サービス区域(District 7)：38ℓ/人/日  
 計画給水人口：  
 目標年次の人口の100%

③ 調査対象地域内の水需要量：

	1,995年	2,000年
マナグア市給水(全市)	412,400 m <sup>3</sup> /日	525,700 m <sup>3</sup> /日
マナグア市給水(District 2-7)	385,200 m <sup>3</sup> /日	491,100 m <sup>3</sup> /日
地方給水	18,200 m <sup>3</sup> /日	22,800 m <sup>3</sup> /日
工業・農業用	19,500 m <sup>3</sup> /日	19,500 m <sup>3</sup> /日

(5) マナグア市給水用地下水開発計画

開発計画は3つのフェーズに区分する。開発余力のある東部水理区の地下水

を2段階に分けて開発し、第3段階では、西暦2,000年とそれ以降の水需要への対応、ならびに、中央水理区における過剰揚水状態を解消させるために、今回調査対象地域外での水資源開発を行う。

- ①フェーズ1 緊急計画として、東部水理区より71,000 $\text{m}^3$ /日の地下水を開発し、District2-7への給水量の増量をはかる。これにより、少なくとも週2日の断水は解消される。事業費は約40億円が見込まれる。
- ②フェーズ2 東部水理区からこの地区の開発余力全量の地下水113,000 $\text{m}^3$ /日を開発し、District 2-7への給水量増をはかる。これにより、2,000年の水需要のはぼ90%を満たすことができる。事業費は約61億円が見込まれる。
- ③フェーズ3 今回調査を実施した地域の、東隣りの地域における開発調査を実施した上、西暦2,000年の需要を満たすための47,000 $\text{m}^3$ /日の地下水を開発するほか、中央水理区の過剰揚水状態を解消させるために123,000 $\text{m}^3$ /日の開発が必要となる。事業費は47,000 $\text{m}^3$ /日の開発のために約35億円が見込まれる。

#### (6) 事業評価

上記開発計画のフェーズ1とフェーズ2についての財務評価の結果は、FIRRが3~4%と低い。しかし全国の人口の約1/3を占めるマナグア市にとっては、上水道整備事業は社会的なインパクトがはかりしれないほど大きく、特別基金の利用が可能ならば、早急を実施すべきものと判断される。

#### (7) 勧告

マナグア市は豊富な地下水に恵まれているものの、地下水開発のみでは西暦2000年以降の水資源確保が困難である。

長期計画として、ニカラグア湖からの導水を考慮し、そのフィージビリティスタディを早期に実施することが望ましい。



# 目 次

<b>1. 序論</b>	
1.1 調査の概要	1
1.1.1 調査の背景	1
1.1.2 調査の目的	1
1.1.3 調査地域	2
1.1.4 調査団の構成	2
1.2 調査概要と手順	3
<b>2. 社会経済と調査地区の背景</b>	6
2.1 一般	6
2.2 経済	6
2.2.1 概要	6
2.2.2 調査地域	8
2.3 社会状況	9
2.4 国家開発計画	9
2.5 給水・公共衛生分野	10
<b>3. 給水</b>	
3.1 マナグア市の一般水道事情	13
3.2 既存施設の状況	13
3.2.1 給水区域ならびに給水人口	13
3.2.2 水源とポンプの揚水量	14
3.2.3 地域別の給水量	14
3.2.4 一人一日当りの使用量と漏水量	14
3.2.5 その他の使用水量	15
3.2.6 有取水量	15
3.2.7 既存の主な施設	15
3.3 主要施設の問題点	15
3.3.1 井戸ポンプの揚水量とポンプ効率	15
3.3.2 配水池の機能	16
3.4 維持管理の状況	16
3.4.1 概要	16

3.4.2	補修管理の状況	16
4.	地下水	25
4.1	地形と地質	25
4.1.1	地形	25
4.1.2	地質	30
4.1.3	地質構造と地史	41
4.2	気候	48
4.3	地表水	50
4.4	地下水位	52
4.5	地下水の利用	57
4.6	試掘井戸掘削と揚水試験	61
4.7	水質	70
4.8	調査地域の水文地質特性	73
4.8.1	水文地質概要	73
4.8.2	水文地質構造	76
4.8.3	主要帯水層の透水性	76
4.8.4	地下水の産状と流動機構	81
4.9	データベース	86
5.	地下水資源の評価	87
5.1	水収支の検討	87
5.2	モデルシミュレーション	88
6.	地下水開発計画	96
6.1	開発計画の方針	96
6.2	計画給水区域	96
6.3	計画給水量の策定	97
6.4	地下水開発計画	97
6.4.1	地下水開発可能量と揚水量	97
6.4.2	地下水開発可能量と計画給水量のバランス	98
6.4.3	東部水理区域からの地下水開発計画	99
6.5	計画地域における水源の選択	99
6.6	実施計画	99
6.6.1	プロジェクトの概要とスケジュール	99



6.6.2	施設計画 (フェーズ1.2)	100
6.6.3	施設計画 (フェーズ3)	102
6.6.4	概算事業費の積算	102
6.7	運転管理計画	103
6.8	プロジェクトの評価	104
<b>7.</b>	<b>地下水管理計画</b>	<b>115</b>
7.1	管理計画の基本方針	115
7.1.1	地下水盆の評価	115
7.1.2	地下水利用の優先権	116
7.1.3	節水	117
7.1.4	涵養地域の保全と将来水源	117
7.2	揚水規制	118
7.3	代替水源の検討	119
7.4	モニタリング計画	119
7.4.1	モニタリングシステム	119
7.4.2	モニタリング再評価にかかる調査	121
7.5	管理組織	122
<b>8.</b>	<b>結論と提言</b>	<b>124</b>
8.1	結論	124
8.1.1	調査対象地域の水文地質	124
8.1.2	地下水開発可能量	124
8.1.3	地下水の生産状況と開発可能量の関係	125
8.1.4	西暦2000年における水需要予測と開発可能量の関係	125
8.1.5	地下水開発計画の策定	126
8.1.6	プロジェクト評価	127
8.2	勧告	127
8.2.1	一般論	127
8.2.2	上水道水源に関する勧告	127
8.2.3	既存給水施設改善に関する勧告	128







## 1. 序論

### 1. 1 調査の概要

#### 1. 1. 1 調査の背景

ニカラグア共和国の首都マナグア市は当国人口の3分の1を占め、近年の人口増加率は7%と大きく都市化が急速に進んでいる。15年前にはおよそ50万人であった人口は現在100万人を越えている。

同市の上水道施設は当初数十万人程度の給水人口をめぐりに建設されたものであるが、その後急激な需要増加に対して、その都度部分的な施設の拡張が行われてきた結果、維持管理が十分でなかった事と相まって老朽化が著しくなっている。

また、アソスカ湖からの揚水を含めて地下水が唯一の水資源であるため、揚水量が急激に増加した結果、マナグア市内の一部に地下水位低下現象があらわれてきた。これによりマナグア湖の汚水侵入による水質問題も懸念されている。

この為、人口増加に対応した既存施設のリハビリテーション及び新規水源の開発が緊急の課題となっている。

このような状況から、ニカラグア国政府は日本国政府にマナグア市の給水施設整備計画について1989年10月協力を要請してきた。この要請に基づき、1991年12月に本格調査団が派遣され、1993年9月まで14ヶ月間調査が実施された。

#### 1. 1. 2 調査の目的

本調査の目的は以下の3点である。

- (1) 調査対象地域の地下水ポテンシャルを評価するとともに、地下水開発計画を策定する。
- (2) 上記地下水開発の実施にあたって施設の予備設計を含めた給水計画を策定する。
- (3) ニカラグア国側カウンターパートに対して技術移転を行う。

### 1. 1. 3 調査地域

調査対象地域は、当初の530km<sup>2</sup>からINAA及びINETERの要請により、マナグア地下水盆の境界に対応した880km<sup>2</sup>へと拡張された。

### 1. 1. 4 調査団の構成

ニカラグア側の調査実施は、ニカラグア上下水道庁（INAA）及びニカラグア国土庁（INETER）が担当し、日本国政府の技術協力機関としてはJICAが任にあたった。

調査団及びニカラグア国関係者は以下の通りである。

#### (1) 調査団

藤原 邦夫	総括 水理地質
神田 淳男	地形・地質
山口 雅弘	水文・水質・データベース
田中 正利	水文・電探(B)データベース
青山 孝	電探(A)
末松 格次	ボーリング監督
直塚 昭	給水計画／施設設計・積算
荒川 修次	施設設計・積算
喜納 政治	都市計画・社会経済(B)
小原 克	社会経済(A)・プロジェクト評価

#### INAA

Gustavo MARTINEZ	INAA次官／総括／水理地質
Francisco SAAVEDRA	生産管理部長／給水
Carlos VALLE G.	カウンターパート主任技師／水理地質
Walter MAYORGA	給水
Mario CALDERA	水質
Santos MARTINEZ	掘削管理
Fernando VARGAS	経済

Juan Carlos VALLE

物理探査

Donaldo R. UGARTE

水文

## INETER

William MONTIEL F.

水理地質

Luis Sandor PALACIOS R.

水理地質

### 1. 2 調査概要と手順

本調査は、首都マナグア市において急激に増加する飲料水需要に対応した水源を確保することを主要目的としたものであり、マナグア市及びその周辺における地下水開発ポテンシャルの評価を行なって、新規水源の開発計画を策定するとともに地下水位の低下に伴う諸問題を回避することをねらいとする。

本調査の主要 は以下の3点にまとめられる。

#### 1) 地下水開発調査

- ① 水理地質調査
- ② 気象・水文・水質の調査
- ③ 地下水開発ポテンシャルの評価

#### 2) 需要予測

- ① 現況の水利用調査
- ② 需要予測

#### 3) 給水計画

- ① 給水政策及び設計指針の調査
- ② 地下水開発計画
- ③ 施設計画

調査は、1991年12月から現地調査・国内解析を含めて1993年9月の間14ヶ月間であり、3フェーズに区分して実施した。各フェーズ毎の概要は以下の通りである。













## 2. 社会経済と調査地区の背景

### 2.1 一般

ニカラグア共和国は中米5ヶ国の中で東南部に位置し、北部はホンデュラス、南側はコスタリカと国境を接し、東部・西部で大西洋と太平洋に面している。国土面積130,682Km<sup>2</sup>のうち、居住に適さない熱帯林が50%、湖沼面積が8% (10,333Km<sup>2</sup>) を占める。代表的な湖としてマナグア湖とニカラグア湖が挙げられる。

国土は、太平洋岸地域、中央高原・山岳地域及び大西洋岸地域の3地域に区分され、気候は熱帯サバンナ気候、熱帯雨林気候及び高地気候に特徴づけられる。年平均気温は27℃で、また年平均降雨量は1,300mmである。人口の大部分は、太平洋側の低地と中央高原に集中し、カリブ海側低地は熱帯林で覆われているため、人口過疎地となっている。

1838年に独立し、長年の独裁時代を経て、1982年より長く内戦状態に陥った。しかし、1990年に内戦が終結した後、立憲共和制新政権のもとで、国内安定、経済社会再建のために、インフラストラクチャーの整備に重点を置く政策を施行している。

行政的には、Region (地方行政区)、Department (県) 及びMunicipality (郡) に分かれ、郡行政が行政の基本単位となっている。これらの行政区の執行部は6年毎に実施される直接選挙によって選出される。

### 2.2 経済

#### 2.2.1 概要

ニカラグア共和国は、長年に亘って内戦のために経済社会機構、インフラストラクチャー、社会サービス等が大きく損なわれ、激しいインフレーションの昂進に見舞われた。

内戦終結後、1991年3月より政府は市場原理導入のための経済自由化と、金融・財政引き締めによるインフレーションの抑制を意図して、一連の安定化・調整プログラムを実施してきた。その結果公共部門の赤字が減少し、公営企業の民営化が完了するとともに民間部門による外国為替への全面的な算入が確立された。

改革プログラムの結果は、数年来続いてきたハイパーインフレーションの終息傾向

に現れており、1991年度に固定した為替レート（5コルドバ＝1米ドル）も現在ほとんど実勢から離れていない。

調整プログラム実施前の国家財政は、恒常的な赤字財政であり、累積対外債務は、重く国民経済を圧迫している。例えば、1990年度の国家の財政収支を見ると歳入47百万米ドルに対して歳出は2倍を越える110百万米ドルを記録しており、赤字額63百万ドルの7%程度を外国贈与で埋めているが、残りは、債務として累積されている。1990年度の対外累積債務は86.5億米ドルに達しており、1990年度の歳入の実に183倍に達している。

貿易収支も、伝統的輸出一次産品の国際市場価格が下落しているのに対して、輸入原油価格の上昇がある等、総じて国際貿易環境の変化が不利に働いており、慢性的な赤字を脱することができない。

1990年現在の全人口は、約390万人とされ、人口増加率は年3%と推定されている。また、1990年における経済活動人口は1,331,200人でこれは全人口の34%にあたる。1988年から90年にかけて活動人口増加率は2.14%であった。

各産業別就業率は、第1次産業33%、第2次産業20%、第3次産業47%である。

国内総生産額は、1988年から1990年にかけて-5.2%/年成長で、1990年では、16,666.9百万コルドバである。即ち、国民1人当たりでは、4,319コルドバ（1990年）となる。

#### (1) 第1次産業

ニカラグアの農業は、輸出農産物の生産と国内消費向け生産に、大きく分けられる。輸出向け農地の比率は、全農地の38%、299,000Hz（約27万ha）であり、主要輸出農産物は、コーヒー・綿・砂糖きび・ゴマ・バナナで、全輸出品額の59%を占める。

国内の基幹穀物はトウモロコシ・豆・米である。畜産業はGDPの8%、また漁業はエビ・ロブスター等非伝統的産品が主となっている。

#### (2) 第2次産業

長年に亘った内戦の結果、工業に関するインフラストラクチャーが大きく損なわれたこと、市場の縮小、設備投資に消極的なこと等の理由により、他の産業に

比べるわず、1990年のGDPは約20%であった。

### (3) 第3次産業

経済活動人口の約半数が、第3次産業に従事しており、GDPも50%を上回っている。

### 2. 2. 2 調査地域

調査地域内の主要都市は、マナグア市とマサヤ市で、人口は併せて120万人であり、ニカラグア国の中で最も都市化の進んでいる地域である。

産業別就業率は、第3次産業 65%、第2次産業 31%、第1次産業 4%であり、第3次産業の割合が多い。他の地域と比較すると工業が盛んで、マナグア市には国全体の80%の企業が集中している。

工業は、大きく下記の6種に区分され、それらが地区別に立地する傾向がみられる。

- ① 繊維織物、② 食品加工、③ 化学・織物、④ 化学、石油
- ⑤ 金属・食品、⑥ 化学薬品

## 2.3 社会状況

1985年時点で全国世帯数は、533,466戸であり、1戸当たりの人数は6.2人である。マナグア県では、全体で146,012戸で、このうち86%が都市部に14%が村落部に分布する。

マナグア市について見ると、世帯数は、1987年で118,000、1991年で164,607と推定されている（第7区を7000と仮定）。この人口増加の為、深別な住宅不足に直面しているのが現状である。

特に最近マナグア市への人口流入が増大しており、この為、飲料水の供給を含め、社会インフラストラクチャーに関わる対応が追いつかない状況である。

ニカラグア・マナグア県・マナグア市について給水形態は1989年資料によると、以下の表に示すとおりである。

また、汚水処理についてはニカラグア全体で水洗式52%、溜込み式23%、トイレ設備なしが25%である。

単位 %

給水形態	ニカラグア全体	マナグア県	マナグア市
家庭給水	49	69	74
共同水栓	9	19	20
井戸	20	4	1
その他	22	8	15

上記インフラストラクチャーの整備は、保健衛生にも影響を与えると考えられ、UNICEFレポートによると、1989年の幼児死亡原因のトップはマラリアであり、1000人当たりの幼児死亡数は、1986年から1989年の間に61.0人から71.8人へと増加している。

## 2.4 国家開発計画

1990年2月に発足した現政権は、1992年～1996年の中期開発計画を作成し、現在2年間経過したところである。

この間の主な業績としては、内戦の終結の他に、ハイパーインフレーションの解決、為替レートの固定化、民間部門の自由化、国際債務のリスケジュール等があげられる。

ここでかけられたGDPの成長目標は、1992年～1995年では、以下のとおりであった。



年	目標値 (%)
1992	4.0
93	4.5
94	5.0
95	5.0

現在ニカラグアでは給水及び下水道施設の整備の遅れにより、汚染された水を原因とされる消化器系の病気が多発しており、他地区に比べ死亡率、特に乳幼児の死亡率が高く大きな社会問題となっている。

これに対し、ニカラグア政府は、上下水道の分野において、以下の戦略を挙げている。

- (1) 農村部における給水普及率拡大
- (2) 給水施設のリハビリテーションによる給水施設の漏水と水質汚染の削減
- (3) 財務の自分野調達による運営体制の強化
- (4) 量水計の適正設置
- (5) 下水道システムの改善による環境保護
- (6) 農村部の給水施設と下水道施設の改善
- (7) 農村部における下水処理施設の整備
- (8) 住民への衛生意識・公共厚生の徹底

## 2.5 給水・公共衛生分野

1989年の実績によると、ニカラグア国全体では給水サービスを受けている住民の割合は53%（家庭給水39%、共同水栓14%）であり、約半数が未だに給水サービスの恩恵を受けていない。これを、主な都市部が集中する太平洋岸地域だけを見ると、52%が家庭給水、15%が共同水栓で、計67%の給水サービスとなる。

一方、下水道施設の普及率は国全体では19%と低いレベルにある。ニカラグアでは、ニカラグア上・下水道庁（INAA）が1979年7月以降、給水施設及び下水道施設の分野を担っている。

大統領府管轄の独立庁であるINAAの組織図、人員構成は別添の通りである。

	人 (%)
経営・管理	364 (14)
上級技師	113 (4)
中級技師工	781 (30)
一般	1,348 (50)

現在INAAは、全国170の都市・自治体において、148の給水システムを管理運営している。148の給水システムのうち、107システムは地下水利用で、残り15システムは浸透水利用、18システムが表流水利用、8システムは混合システムとなっている。

首都マナグア市では、83システムが稼働しており、これは地下水とアソソスカ火口湖湖水利用の混合システムある。

また、INAAは現在20の下水道システムを管轄している。INAAの財務状況は現在IDBの助言に従い、集金率の向上等改善の最中である。

1991年の総収入は約142百万コルドバであり、このうち水料金の収入が76%を占める。支出については、維持管理がおよそ44百万コルドバであった。

ニカラグアでは、当面の目標・戦略については、UNによる“Health for all in the year 2000”を受けて、1990年代に80%の飲料水供給、50%の下水道普及を達成する事をめざしている。INAAでは、特に以下の目標をあげている。

#### 都 市 部

- a) 消費不明水の削減
- b) 62非合法移住地区の正常化
- c) 現状の上下水道施設のリハビリテーションとサービスの向上
- d) 上下水道普及率の向上

#### 都市部周辺地域及び地方人口密集地

- a) 消費不明水の削減
- b) 現状の水道施設のリハビリテーションとサービスの向上
- c) 上水道の普及と公衆便所の建設普及

#### 地方過疎地

総合地域開発の一環として地域コミュニティ参加による水道・公衆便所の普及

この数年間に、国際的な協力も増加しており、二国間援助としては現在カナダ・イタリア・フランス・スイスそして日本が実施中である。

国際機関からの援助は、最近復活しており、1992年 2月から 4月にかけて、米州開発銀行（IDB）と、総額、64.2百万ドル合意を行っており、このプロジェクトにより マナグア市内のリハビリテーション、地方都市における上水道の普及が行われる予定である。







### 3. 給水

#### 3. 1 マナグア市の一般水道事情

ニカラグア国の首都マナグア市の上水道は、ニカラグア上下水道庁(INNA)の第3管区により維持管理、運営が行なはれている。INNAはマナグア市に対して、1991年現在約71MGD(268,000m<sup>3</sup>/d)の飲料水を生産し、約1.2百万人の住民に家庭用水を供給しているが、施設の老朽化や給水人口の急激な増加とあいまって、給水区域の全域にわたり週2日の断水を余儀なくされるという困窮状態にある。給水施設の水源は、アツカ火口湖の湖水並びにマヤ系火山岩類や中位ラッパシエラス層の豊富な地下水に依存している。水質は良好で塩素滅菌のみで給水されている。

マナグア市の水道の歴史は、この地下水源に裏づけられて発達し、人口が増えれば井戸を掘り、圧力が不足すればポンプを設置する、といった応急的な処置を講じながら今日に至っているといえる。しかし、近年になって下記のような諸問題が提起されて、早急な対策が必要であることが共通認識となっている。

- 1) アツカ湖の水位低下により、マナグア湖からの汚染水侵入により地下水汚染が憂慮されるようになり、水源の見直しが必要となった。
- 2) 給水については、急激に増加する人口に対して、2000年には約140MGDの給水量が必要とされ、新たな水源開発が要求されている。反面、管理面においては、未収水量が全給水量の53%にも及んでいる。また、給水の有効率は73.6%と低率であるため既存施設のリハビリテーションを必要としている。

以上のような逼迫した水道事情の打開策を講じるため、地下水水源調査をベースとしたマナグア市上水道開発調査が実施された。給水に関する調査については、3章において、主として既存施設の調査について述べ、水文地質の調査結果を踏まえて6章で開発計画について述べる。

#### 3. 2 既存施設の状況

##### 3. 2. 1 給水区域並びに給水人口

給水区域は、マナグア市全域を対象として、7つのディストリクトに分割されている。各ディストリクトは、階段状に、低地区(標高35-85m)、高地区(85-135m)、高高地区(135-195m)、高一高高地区(195-350m)及びその他の地区よりなっている。図-3.1参照

給水人口は、1991年に実施された選挙人名簿を基準として各ディストリクト毎に算定され表-3.1に示す通りである。

### 3. 2. 2 水源とポンプの揚水量

水源は、アソスカ火口湖の湖水と65箇所の市中の井戸によって賄われている。水質は良好で滅菌のみで給水されている。水源別の生産量は、下記の通りである。

水源	施設	生産量 MGD(m <sup>3</sup> )	%
アソスカ湖	揚水ポンプ 4台	17.34 (65,600)	24.4
カルロスホンセカ井戸群	井戸ポンプ 13台	15.89 (60,200)	22.4
サバナ、グランデ井戸群	井戸ポンプ 5台	3.94 (14,900)	5.6
その他の井戸	井戸ポンプ 48台	33.76 (127,800)	47.6
計	70台	70.94 (268,500)	100.0

図-3.2に井戸の位置図を示し図-3.3に給水システムを示す。

### 3. 2. 3 地区別の給水量

地区別の給水量は、下記の通りで一人一日当りの給水量は低地区が最も多く、高高地区、その他の地区が少ない。

地区	人口	給水量 MGD(m <sup>3</sup> )	リットル/人/日
低地区	358,914	27.235 (103,095)	287
高地区	367,040	22.367 (84,668)	233
高高地区	367,163	17.252 (65,306)	184
その他の地区	70,986	4.083 (15,456)	178
計	1,164,103	70.94 (268,500)	230

### 3. 2. 4 一人一日当たりの使用水量と漏水量

全地区の一人一日当たりの平均給水量は、230リットル/人/日と計算されるが、配水管からの漏水や、給水栓における損失量を加味した有効率は、約73%と予測されるので、一人一日当たりの平均使用水量は、170リットル/人/日(45ガロン/人/日)と推定される。1992年6月実測の結果では、一般家庭用の使用水量は、173リットル/人/日であった。



### 3. 2. 5 その他の使用水量

INNAが給水している用途別の使用水量の比率は、下記の通りで、家庭用水と全使用量の比率は1:1.2である。

家庭用	専用給水栓	80.0 %
	共用水栓	2.9 %
行政機関/公共用水		10.9 %
商業用水		5.8 %
産業用水		0.5 %

### 3. 2. 6 有収水量

1991年に水道料金が徴収された年間水量は、約12,000MGYで総生産量の46.33%に過ぎず、残りの53.67%が無収水量であった。この内、漏水に起因する量は、約26%と推定され積極的な漏水対策が必要である。

### 3. 2. 7 既存の主な設備

既存の給水設備のシステムを図-3.3に示す。

現在、70箇所の揚水ポンプによって地下水が生産され約100,000戸に給水されている。配水管の総延長は約1500kmで、54箇所の配水池を有し、5000個のバルブによって操作されている。配水池の総容量は、84,700m<sup>3</sup>(22.38MG)で総給水量の約7.5時間分に相当している。

パイプは、16インチ以上が铸铁管、12インチから24インチ迄がアスベストセメント管、それ以下はビニール管からなっている。

## 3. 3 主要施設の問題点

### 3. 3. 1 井戸ポンプの揚水量とポンプ効率

図-3.4は、サントニオ井戸ポンプの運転記録である。ポンプの揚水量は一定ではなく、昼間の給水管内圧力が低い時間帯には流量は大きく、夜間、圧力が高くなると流

量は約20%小さくなっている。ポンプは一定の動力で運転されているにも拘らず、流量の減少が見られることは、即ちポンプ効率の低下に他ならない。

井戸から貯水槽を経ず配水管に直結されて、揚水ポンプの力で配水されているポンプ場が随所に見られるが、電力消費量を大きなものに行っている一因であろう。

### 3. 3. 2 配水池の機能

主要配水池の機能を検証することを目的として、配水池内の水位変動を調査した。図-3.5は、マカ7市の主要配水池の水位変動の記録である。1992年6月の記録は、配水池の機能で有るべき時間最大に対する調整機能がグラフに現れていない。(ラスメリスは1992年の記載がないが水位は一週間全く変化がなかった。) 反面、1993年2月の記録に付いては、昼夜の変化が良く現れていて配水池としての機能が回復している。というものの、容量の絶対量が不足していることがうかがわれる。

### 3. 4 維持管理の状況

#### 3. 4. 1 概要

水道事業の維持管理は、INNAの維持管理部門が担当している。INNAは、現在約800人のオペレータと18名の専門技術者を有し、総勢2600人の陣容を擁しており、4箇所のワークショップと1箇所の水質試験室によつて維持管理に当たっている。維持管理状況は、ほぼ満足される状況にある。管理面で特筆されることは、全体の維持管理費のうち電力費が突出して大きいことである。1992年における維持管理費の実績は下記の通りであった。

電力費	21,600,000 コルパ	56%
給与、賃金	4,949,000 "	12%
補修費	11,238,000 "	28%
燃料、薬品費	984,000 "	4%
合計	38,771,000 "	100%

水源を地下水に依存している関係上、揚水のための電力費がかさむのは避けられないところであるが、ポンプの運転効率を高めることにより少しでも電力費を削減する努力が必要である。

### 3. 4. 2 補修管理計画

INNAは、現在給水施設改善計画の一環として、井戸の改修計画をすすめている。11本の井戸の改修により9.0MGDの生産量の増大をはかる計画であるが、うち8箇所は地下水の過剰揚水区域内に位置している。過剰揚水となつている中央水理区に於ける地下水増産計画は、好ましいこととは言えないが、おなじ水理区にあるアツカ湖からの揚水が1992年5月より大幅に削減されているため、過剰揚水状態は更に悪化する恐れは少ない。なお、後述する地下水開発可能量と水需要量とのバランスの検討においては、リハビリ計画による増量とアツカ湖からの揚水量の減量とが、ほぼ見合うものとして処理し、リハビリ計画は検討の対象外とする。

表-3.1 CSEテ-ターにもとづくマナグア市の1991年の概略人口

District	Low Zone		High Zone		Highest Zone		District 1		Total	
	CSE	Population	CSE	Population	CSE	Population	CSE	Population	CSE	Population
1	0	0	0	0	0	0	23,448	70,986	23,448	70,986
2	34,972	105,678	15,007	45,348	0	0	0	0	49,979	151,026
3	0	0	20,159	60,916	35,909	108,510	0	0	56,068	169,426
4	52,387	158,303	23,398	70,704	0	0	0	0	75,785	229,007
5	0	0	14,202	42,916	52,265	157,934	0	0	66,467	200,850
6	31,416	94,933	48,698	147,156	1,367	4,131	0	0	81,481	246,220
7	0	0	0	0	31,904	96,588	0	0	31,904	96,588
Total	118,775	358,914	121,464	367,040	121,445	367,163	23,448	70,986	385,132	1,164,103

CSE: Number of electorate over 16years

	Low Zone	High Zone	Highest Zone	High Highest Zone	Areas of Independent Supply System		Total
					District 1	Included in High and Highest Zone	
1	0	0	0	0	70,986	0	70,986
2	105,678	45,348	0	0	0	0	151,026
3	0	60,916	54,859	53,651	0	0	169,426
4	158,303	70,704	0	0	0	0	229,007
5	0	42,916	136,201	14,800	0	6,933	200,850
6	94,933	143,328	0	0	0	7,959	246,220
7	0	0	0	95,461	0	1,127	96,588
Total	358,914	363,212	191,060	163,912	70,986	16,019	1,164,103

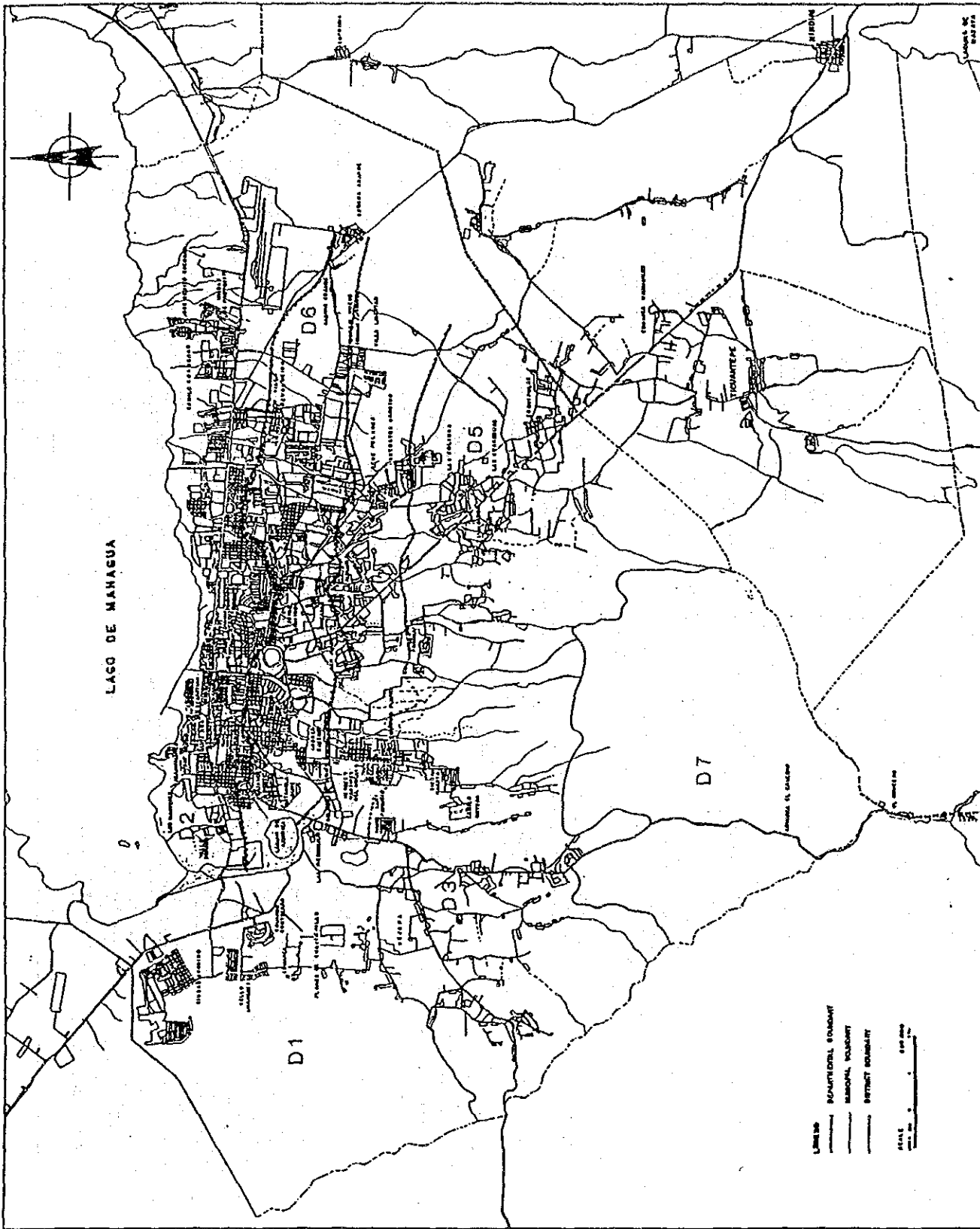
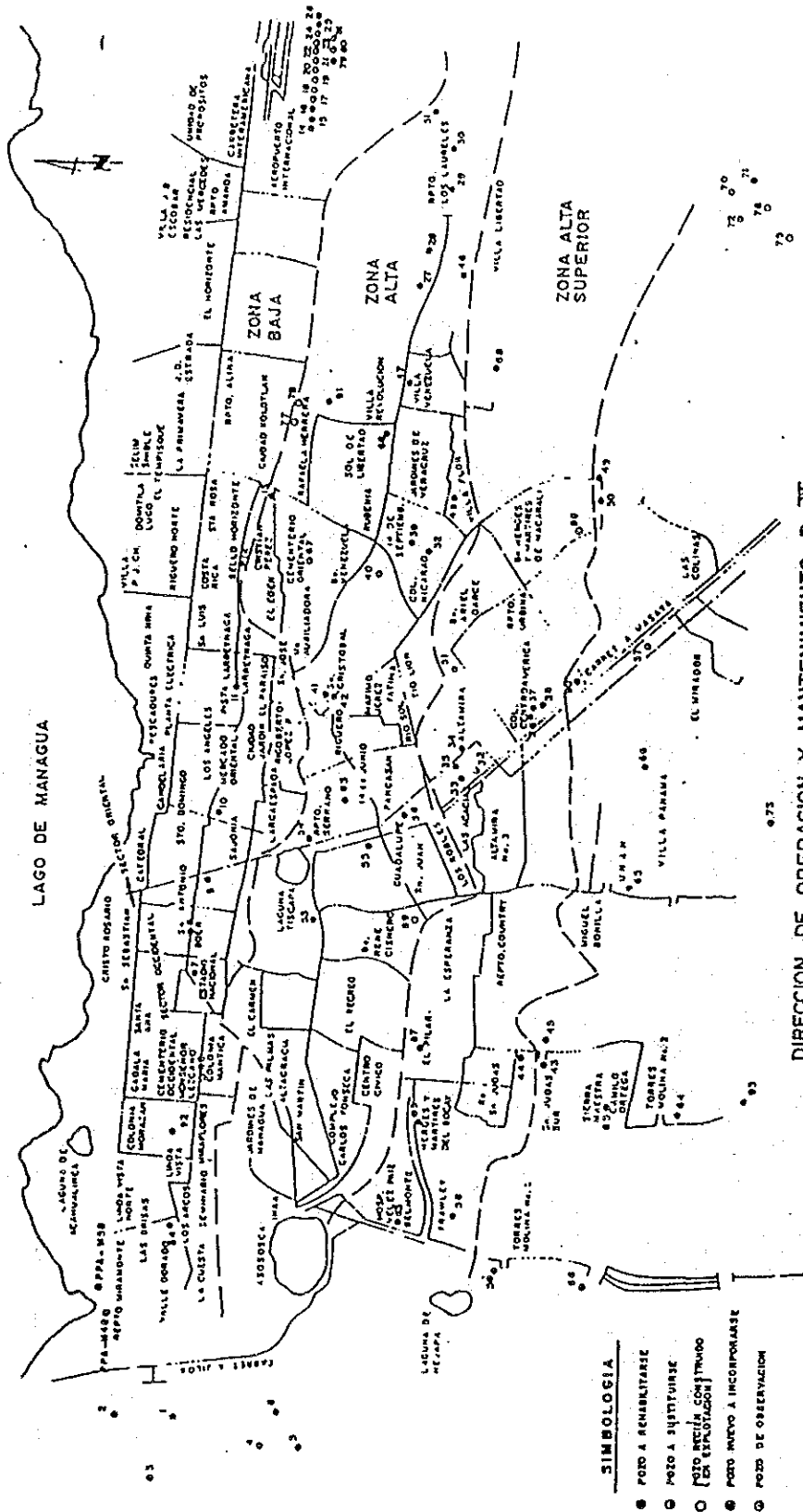


図-3.1 マナグア市の給水区域図

THE STUDY ON WATER SUPPLY PROJECT IN MANAGUA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ACUEDUCTOS Y  
ALCANTARILLADOS



DIRECCION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO R-III

SECCION DE OPERACION DE POZOS  
Y ESTACIONES DE BOMBEO

- |    |                         |    |                         |    |                           |
|----|-------------------------|----|-------------------------|----|---------------------------|
| 1  | Ciudad SARDINGO No. 1   | 31 | ALTAMIRA No. 3          | 65 | UNIVERSIDAD               |
| 2  | Ciudad SARDINGO No. 2   | 32 | ALTAMIRA No. 4          | 66 | VILLA PANAMA              |
| 3  | Ciudad SARDINGO No. 3   | 33 | ALTAMIRA No. 5          | 67 | HOSPITAL MARGO MORALES    |
| 4  | EDUARDO CONTRERAS No. 1 | 34 | CENTRO AMERICA No. 1    | 68 | VILLA ANSTETIA            |
| 5  | EDUARDO CONTRERAS No. 2 | 35 | CENTRO AMERICA No. 2    | 69 | EX-T.C. S. C.A. MASAYA    |
| 6  | EDUARDO CONTRERAS No. 3 | 36 | CENTRO AMERICA No. 3    | 70 | VILLA GOTHEL No. 2        |
| 7  | EL ESTADIO              | 37 | RICARDO No. 1           | 71 | VILLA GOTHEL No. 3        |
| 8  | SAN ANTONIO             | 38 | RICARDO No. 2           | 72 | VILLA GOTHEL No. 1        |
| 9  | BANCO AMERICA           | 39 | SAN CRISTOBAL No. 1     | 73 | SAN ISIDRO DE LA C. VERDE |
| 10 | MERCADO ORIENTAL        | 40 | SAN CRISTOBAL No. 2     | 74 | VERACRUZ No. 4            |
| 11 | TENDEI                  | 41 | SAN JUDAS No. 1         | 75 | VERACRUZ No. 5            |
| 12 | CINE AMERICA            | 42 | SAN JUDAS No. 2         | 76 | VERACRUZ No. 6            |
| 13 | RAFAELA BERRERA         | 43 | SAN JUDAS No. 3         | 77 | VILLA FORTERIDAD          |
| 14 | CARLOS FORSECA No. 1    | 44 | VILLA LIBERTAD          | 78 | MARTINES LEZCANO          |
| 15 | CARLOS FORSECA No. 2    | 45 | VILLA VENEZUELA         | 79 | CARLOS FORSECA No. 16     |
| 16 | CARLOS FORSECA No. 3    | 46 | COL. 14 DE SEPTIEMBRE   | 80 | CARLOS FORSECA No. 17     |
| 17 | CARLOS FORSECA No. 4    | 47 | ALTAMIRA No. 2          | 81 | CARLOS FORSECA No. 18     |
| 18 | CARLOS FORSECA No. 5    | 48 | ALTAMIRA No. 3          | 82 | MONSENOR LEZCANO          |
| 19 | CARLOS FORSECA No. 6    | 49 | VILLA CUBA NO. 2        | 83 | PLAZA EL SOL              |
| 20 | CARLOS FORSECA No. 7    | 50 | REPARTO SCIBICE         | 84 | LAS BRISAS                |
| 21 | CARLOS FORSECA No. 8    | 51 | HOSPITAL LA MASCOTA     | 85 | SIBERIA MAESTRA           |
| 22 | CARLOS FORSECA No. 9    | 52 | PARRQUE LAS MADRES      | 86 | EX-T.C. S. C.A. SUS       |
| 23 | CARLOS FORSECA No. 10   | 53 | PARRQUE LAS MADRES      | 87 | JULIO MARTINEZ            |
| 24 | CARLOS FORSECA No. 11   | 54 | LOS GARCIBAS            | 88 | REPARTO SCIBICE 3         |
| 25 | CARLOS FORSECA No. 12   | 55 | GASOLINERA SHELL        | 89 | LINE CENTRAL              |
| 26 | CARLOS FORSECA No. 13   | 56 | SANDY'S                 | 90 | EX-T.C. S. C.A. MASAYA    |
| 27 | SADANA GUARANDE No. 1   | 57 | EX-T.C. S. C.A. MASAYA  | 91 | LAURIANO WIREBA           |
| 28 | SADANA GUARANDE No. 2   | 58 | EX-T.C. S. C.SUR        | 92 | REPARTO ESPANA            |
| 29 | SADANA GUARANDE No. 3   | 59 | EX-T.C. S. C.SUR        | 93 | PADRE FARETTO             |
| 30 | SADANA GUARANDE No. 4   | 60 | EX-T.C. S. C.SUR        |    |                           |
| 31 | CARLOS FORSECA No. 12   | 61 | EX-T.C. S. C.LEON       |    |                           |
| 32 | CARLOS FORSECA No. 13   | 62 | HOSPITAL VELEZ PAIZ     |    |                           |
|    |                         | 63 | HOSPITAL BERTRA CALDERO |    |                           |
|    |                         | 64 | TORRES WOLIRA           |    |                           |
|    |                         | 65 |                         |    |                           |
|    |                         | 66 |                         |    |                           |
|    |                         | 67 |                         |    |                           |
|    |                         | 68 |                         |    |                           |
|    |                         | 69 |                         |    |                           |
|    |                         | 70 |                         |    |                           |
|    |                         | 71 |                         |    |                           |
|    |                         | 72 |                         |    |                           |
|    |                         | 73 |                         |    |                           |
|    |                         | 74 |                         |    |                           |
|    |                         | 75 |                         |    |                           |
|    |                         | 76 |                         |    |                           |
|    |                         | 77 |                         |    |                           |
|    |                         | 78 |                         |    |                           |
|    |                         | 79 |                         |    |                           |
|    |                         | 80 |                         |    |                           |
|    |                         | 81 |                         |    |                           |
|    |                         | 82 |                         |    |                           |
|    |                         | 83 |                         |    |                           |
|    |                         | 84 |                         |    |                           |
|    |                         | 85 |                         |    |                           |
|    |                         | 86 |                         |    |                           |
|    |                         | 87 |                         |    |                           |
|    |                         | 88 |                         |    |                           |
|    |                         | 89 |                         |    |                           |
|    |                         | 90 |                         |    |                           |
|    |                         | 91 |                         |    |                           |
|    |                         | 92 |                         |    |                           |
|    |                         | 93 |                         |    |                           |

図-3.2 既存井戸の位置図

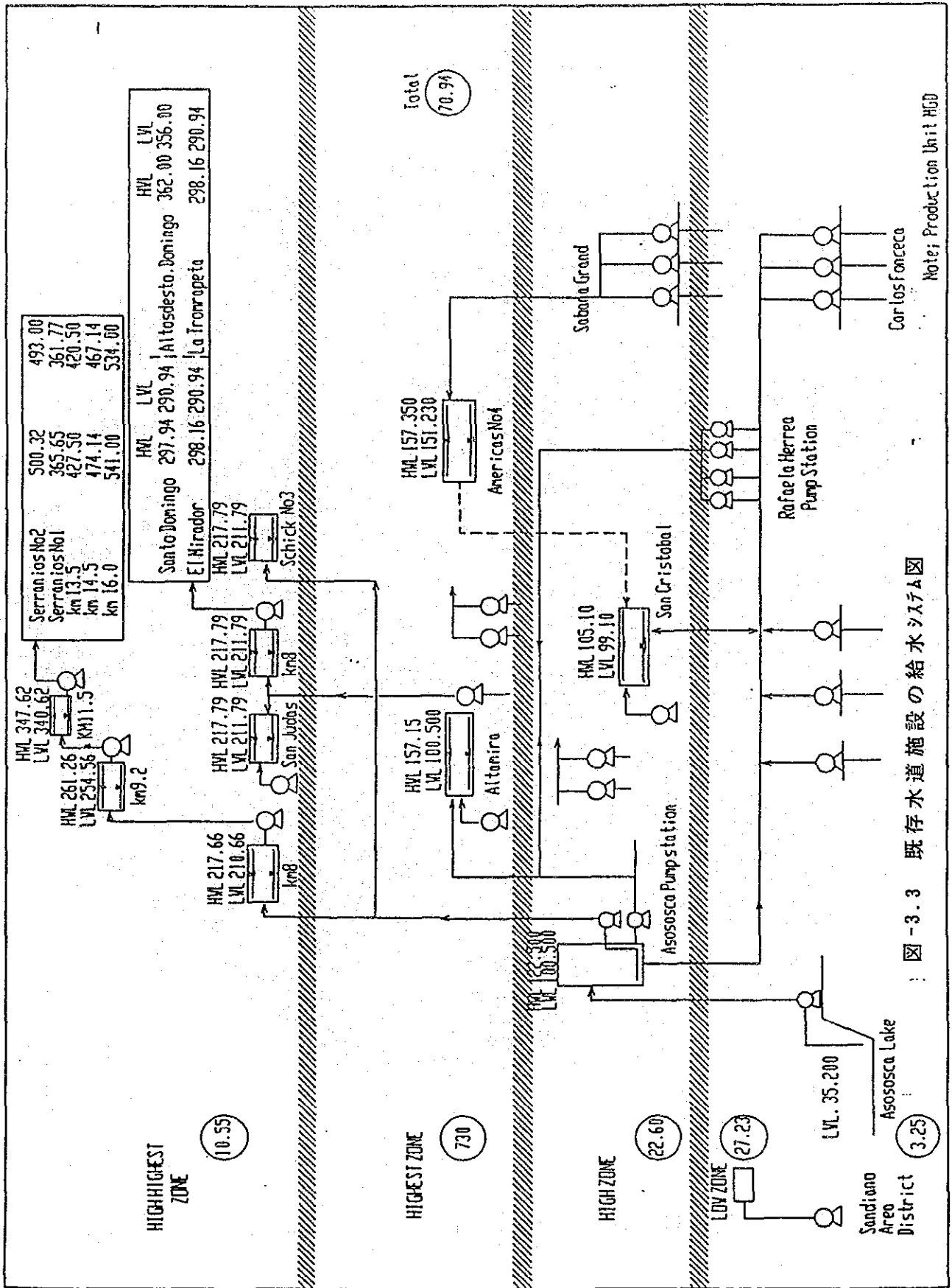


図-3.3 既存水道施設の給水システム図

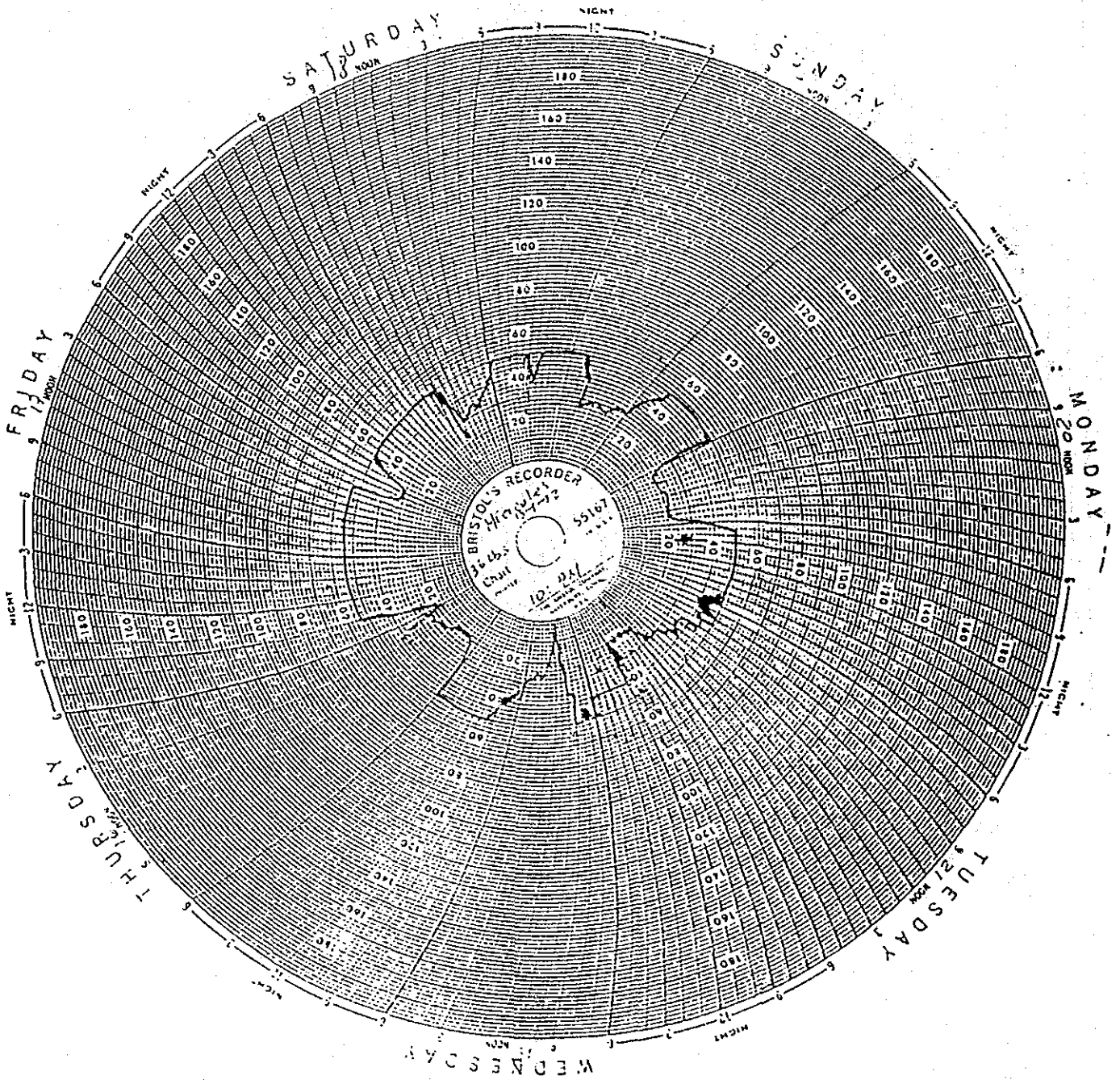


図-3.4.1 サアトニオ ホツア'場における送水圧力の記録



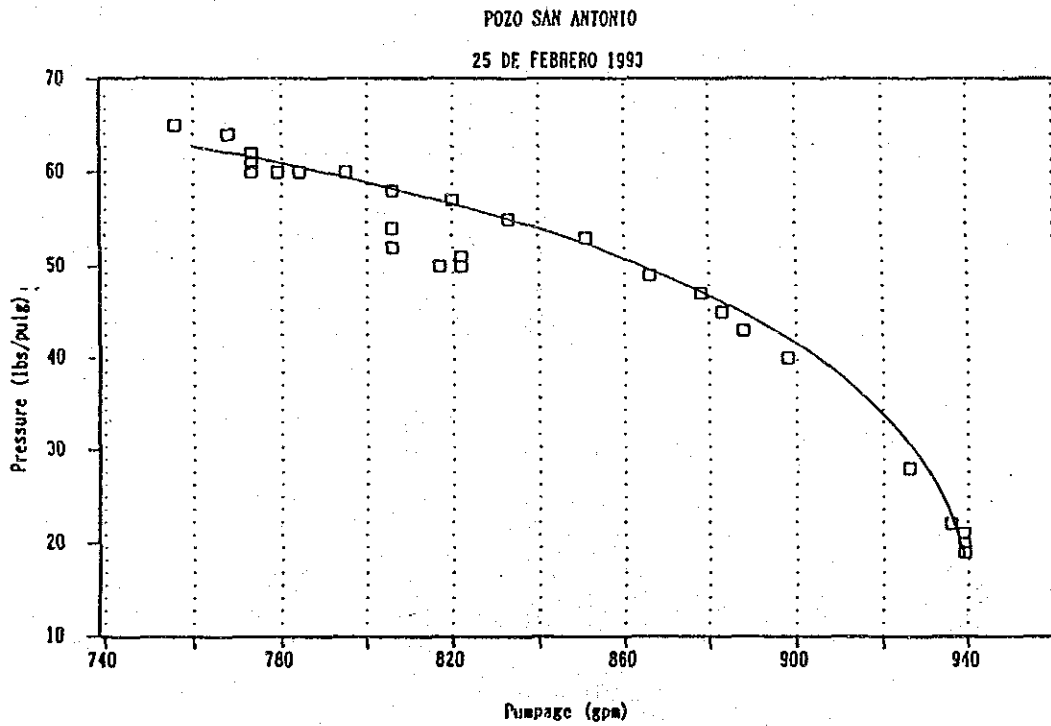
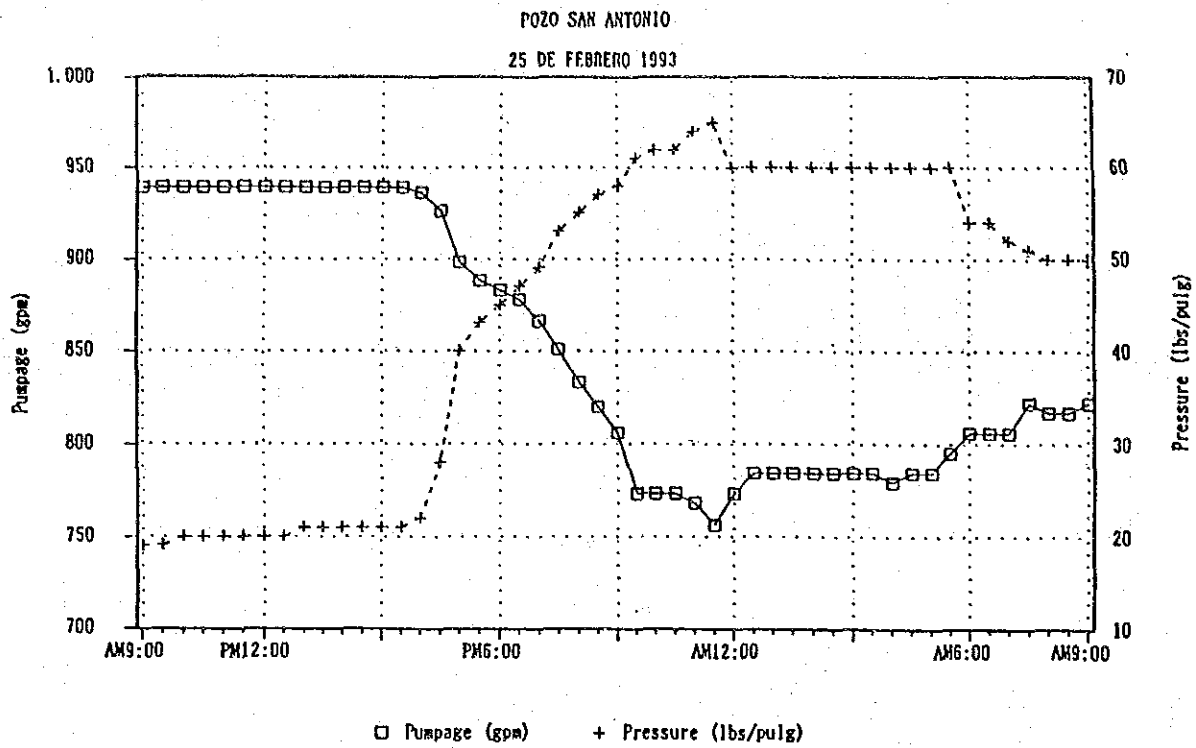
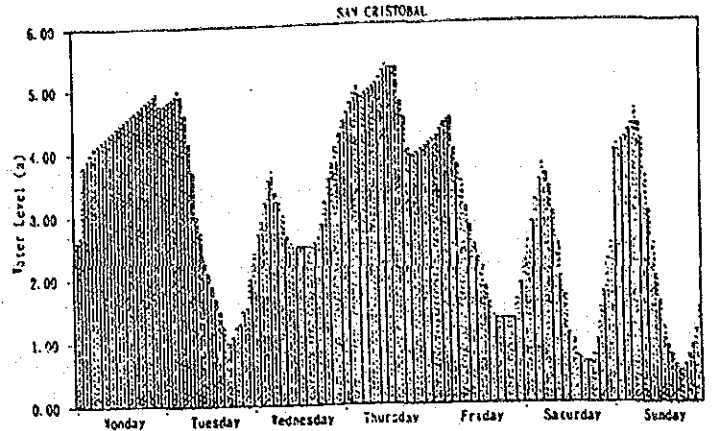
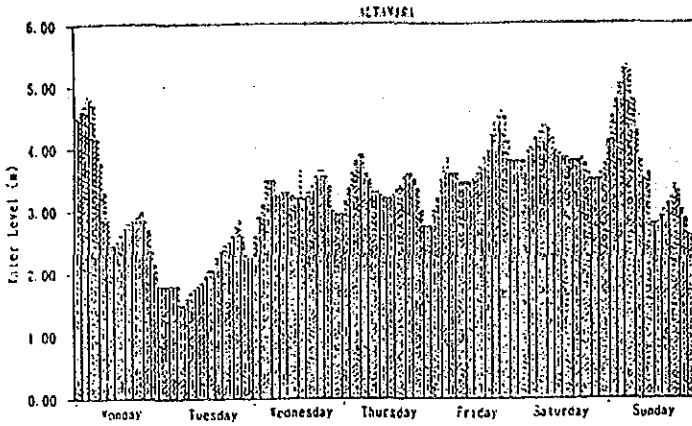


図-3.4.2 サンアントニオポンプ場における圧力と流量との関係図

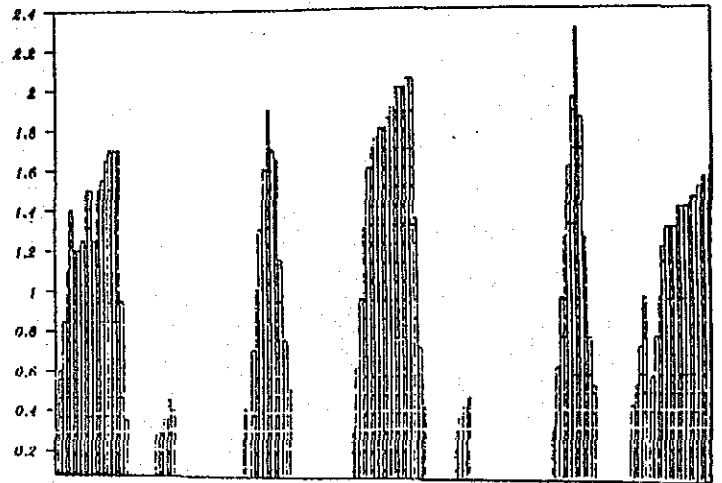
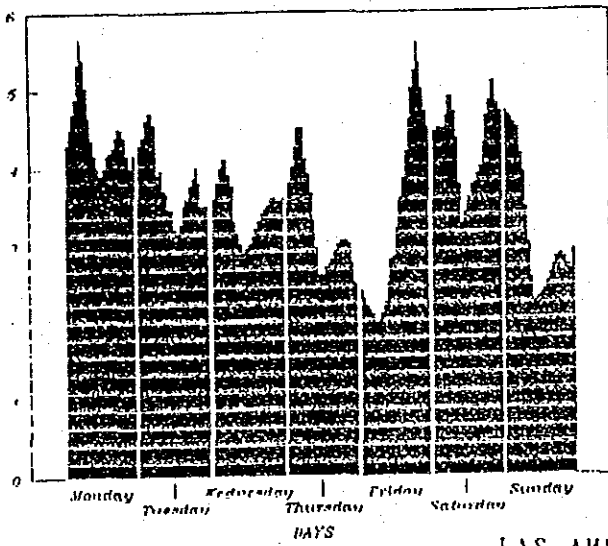
ALTANIRA

SAN CRISTOBAL

June 8-16, 1992



February 16-21, 1993



LAS AMERICAS NO.4

February 22-28, 1993

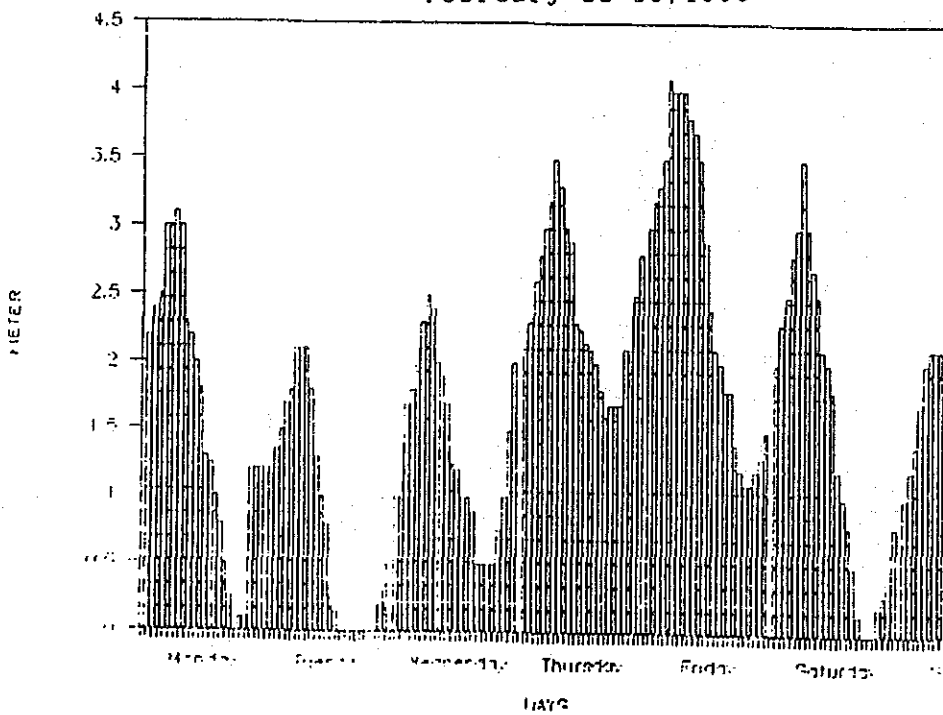


図-3.5 主要な既存配水池の水位変動図  
24





## 4. 地下水

### 4. 1 地形と地質

#### 4. 1. 1 地形

ニカラグア国の西部域は、地形・地質的特性から、太平洋海岸平野・ニカラグア地溝帯・内陸高地の3つの地形・地質区に区分される(図-4.1.1.4.1.2)。調査地域はニカラグア地溝帯の一部に位置している。

ニカラグア地溝帯は、その両側を「太平洋沿岸平野」と「内陸高地」にかこまれて、北東-南西方向に帯状にのびる構造的な低地帯であり、その面積の約半分をマナグア湖(水面標高約38.2m、面積約1,040km<sup>2</sup>)とニカラグア湖(水面標高約31.2m、面積約8,200km<sup>2</sup>)によって占められている。

この地溝帯の南西側の縁部に沿って新規の火山列が北西-南東方向に発達している。この火山列を構成する火山群は、多くが複合火山円錐丘及び噴石丘を形成するほか、一部は初期の火山山体をとどめないカルデラ及び火口跡として認められる。また、火山の多くは大小の火口湖を有し、かつ活動を継続中である。

調査地域は、ニカラグア地溝帯の南西側縁部に位置し、マナグア湖の南部域約880km<sup>2</sup>の面積におよんでいる。その南西縁は、マテアレ及びマナグア山脈の分水線によって、南縁はカラソ山地の分水界で、また、東縁は略々国道11号に沿って存在する地下水堆によって、それぞれ境されている。この調査地域は水文条件及び水文地質条件から西部地区・マナグア中央部地区・東部地区の3地区に分割される(図-4.1.3)。

#### (1) 西部地区

この地区の南西側は比高差150-200mを有するマテアレ断層崖によって境される。この断層崖の東側は、勾配1/40の第四紀の平原からなり、雨期には多数の間欠流路が発生する。その面積は約54km<sup>2</sup>である。

#### (2) マナグア中央部地区

この地区の北側はマナグア湖岸線によって境され、西縁・南西縁・南東縁は、断層及び断層崖、難透水性基盤層の上面形状などの地質構造により基本的に規制され存在する地下水堆によってそれぞれ境される。

マナグア市の主要部は勾配1/27の低平な台地上に立地している。ここには新期火山の円丘と火口が多数分布する。火口の多くは複合型及び陥没型の形状を呈し、その一部は火口湖になっている。そのうちアソソスカ湖はマナグア市上水道の主要水源の一つになっている。

この低平台地の背後に連なるマナグア山地は、ニカラグア地溝帯内につき出した形になっており、最大標高は940mで、その北向き斜面の勾配は1/16である。この斜面には深く浸食された多数の谷が形成されており、谷間を含む斜面全体が高透水性の火山灰（スコリア）で厚く覆われ、また、密な熱帯雨林と人工植物で覆われている。すべての谷は雨期の強雨時に流水が見られるのみで、その下流側流路は台地部に移行する間に消滅するものが多い。このように当該斜面は地下水かん養に適した水文的諸条件を有している。

### (3) 東部地区

この地区は、図-4.1.3で明らかなように、その地形及び水文条件から、マサヤ・カルデラを含む地下水のかん養区と貯溜・流出区とに区分される。

地下水かん養区は、マナグア山地及びカラソ山地と大きなカルデラを有するマサヤ火山が形成する山岳地形域からなる。マナグア山地の南向き斜面には深くきざまれた多数の谷が発達しており、強い山腹浸食が所々で進行しているものの、山地の多くの部分は野生及び人工植生によって密に覆われている。

カラソ山地は標高400m以上の高原台地地形を呈し、熱帯雨林と人工植生によって密に覆われており、ほぼ国道18号に沿った付近が分水界になっている。マサヤ・カルデラは、北西-南東方向に長い楕円形状の複合カルデラで、面積は47.5km<sup>2</sup>と大きく、その中央部から北西にかけて標高630mの中央火口丘群があり、また、その南東端部には面積約8km<sup>2</sup>で水面標高135mのカルデラ湖をもっている。マサヤ・カルデアの南西部に近接したところに中規模のカルデラ跡地形が見られる。この地下水かん養区の年平均降雨量は1400-1700mmに達しており、マナグア山地域での雨水は深い谷間を流下したのちテイクアンティペの付近でかなりの量が地下に浸透し、また、カラソ山地側の雨水はその多くが間欠河川を通じてマサヤ湖に流入している。

地下水貯溜・流水区は、マサヤ・カルデラの北東壁からマナグア湖に向けてひろがる、勾配1/62の平原状緩斜面からなる。ここには多くの間欠流路があるが、その下流側流路は雨期においても途中で消滅するものが多い。

この平原状緩斜面の下流域、標高60-50mの付近には、地下水の湧泉群と湿地帯があり、また、マナグア湖に流入する多くの小規模河川が存在する。この地区には、南北方向の小規模円錐丘及び陥没火口を連ねる新期火山列が多く存在する。

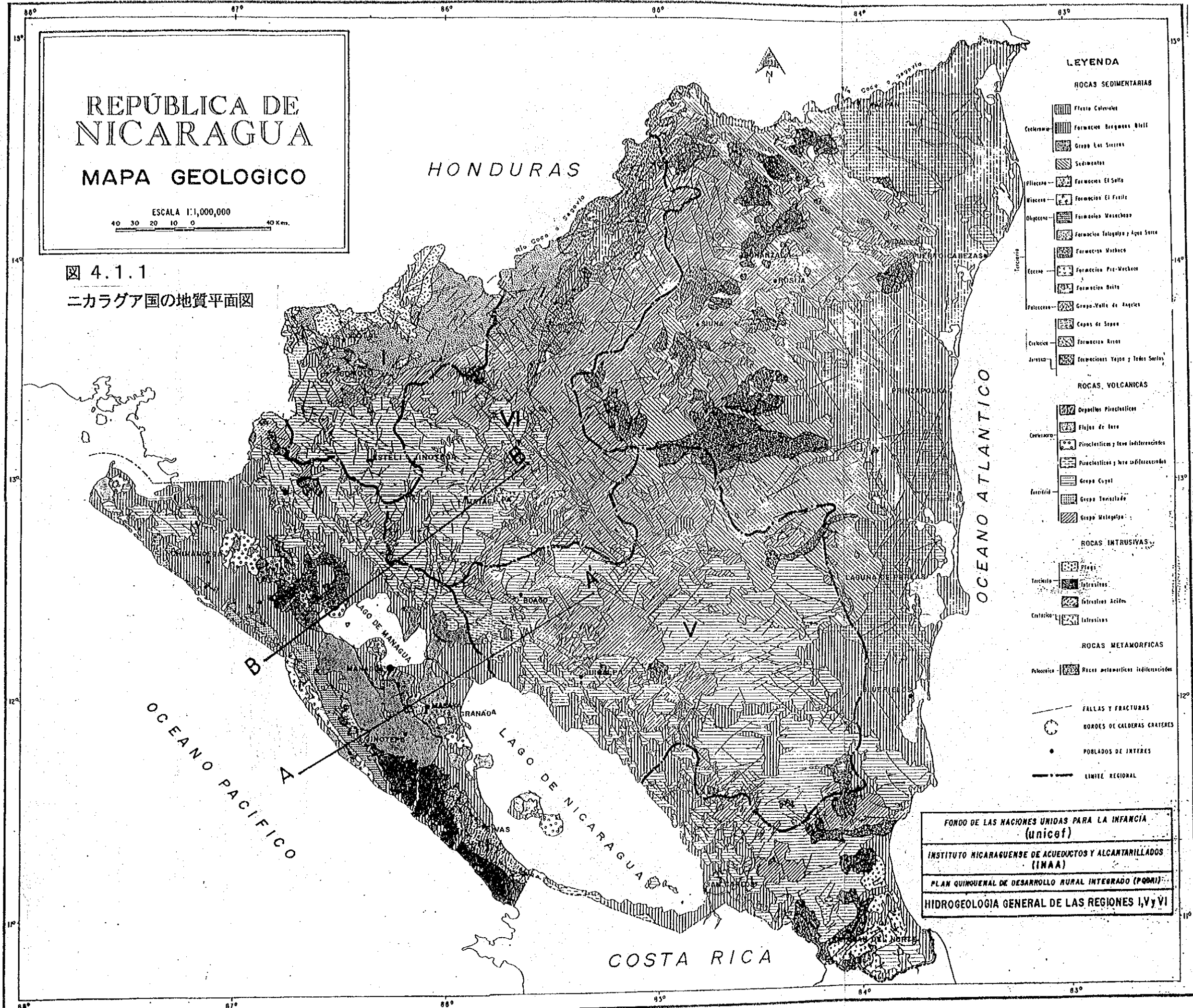


図 4.1.1  
ニカラグア国の地質平面図





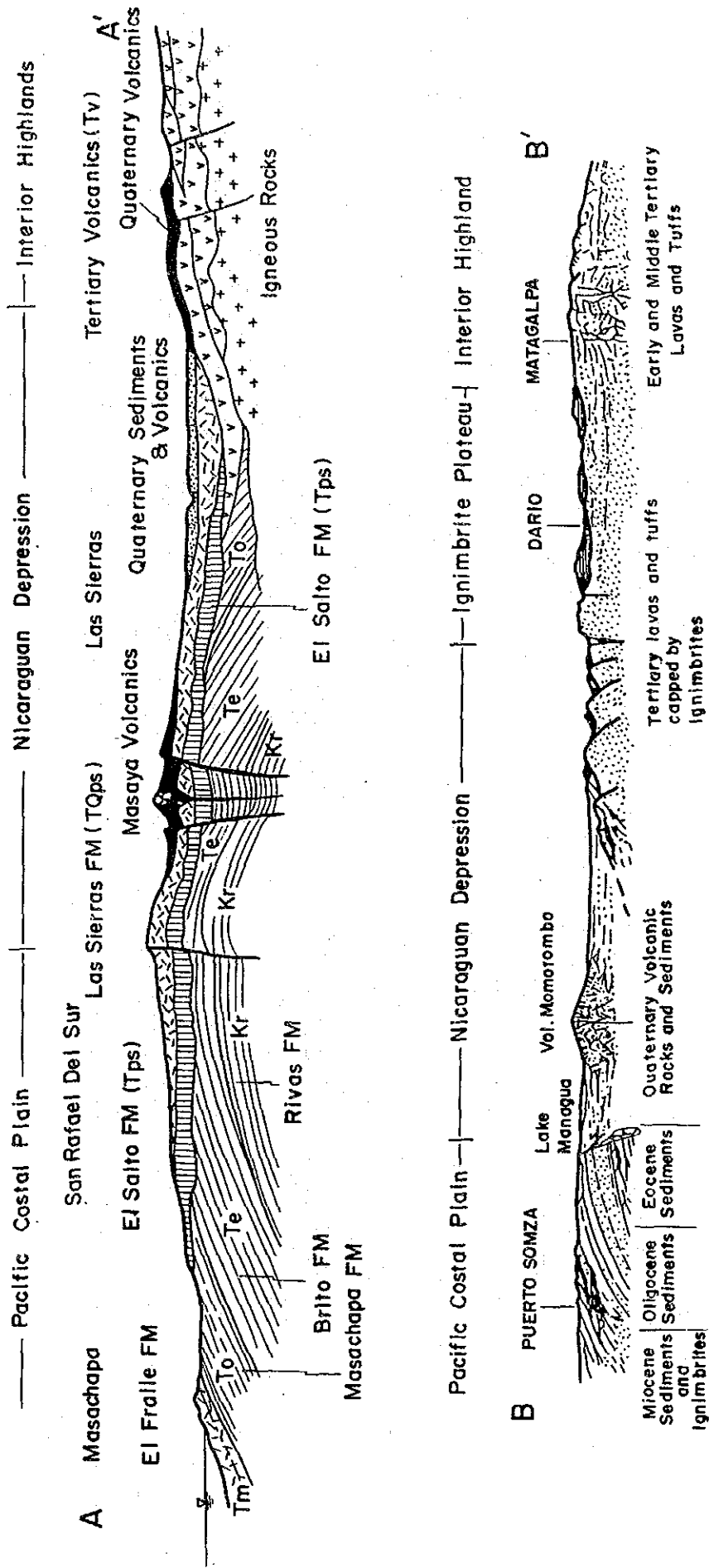


图 4.1.2 地質構造概念图

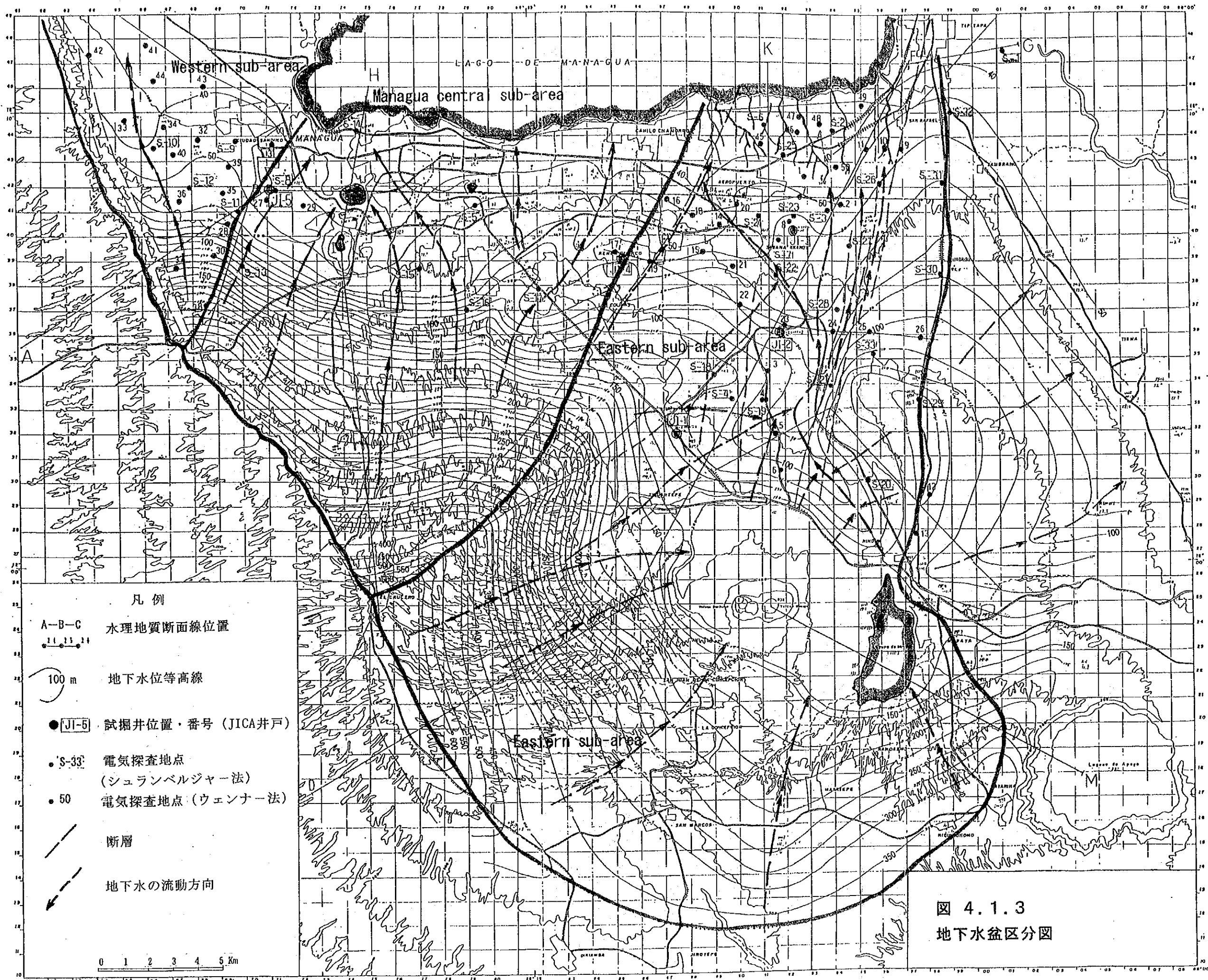


图 4.1.3  
地下水盆区分图



#### 4. 1. 2 地質

##### (1) ニカラグア西部域の地質

ニカラグア並びにホンジュラス及びコスタリカの、ニカラグアとの隣接域における主要地質単元の年代及び分布の関係は、表-4.1.1に示されるようになっている。

##### 1) 堆積岩類

ニカラグアの太平洋沿岸域には、上部白亜紀から現世にまたがる堆積岩層が分布している。地表に露出する最古期岩層は、アルコーズ質砂岩・凝灰質頁岩・マール（泥灰岩）・グレーワッケ（硬質泥質砂岩）などから構成される上部白亜紀のリバス層で、リバス背斜の軸部に分布し、層厚は2,370m以上と推定されている（図-4.1.1）。

リバス層はその分布域の南西部及び北西部において、一部不整合の関係で、暁・始新世のプリト層によって広く覆われている。プリト層の下部は基底部に厚い石灰岩及び石灰質泥岩を伴う含グレーワッケ石灰質砂岩からなり、上部は砂岩・球状マール・緑色頁岩・黒色凝灰岩及び褐色凝灰質頁岩によって構成されている。プリト層の全層厚は約2,400mと推定される（図-4.1.1, 4.1.2）。

プリト層は、その分布域の南西部において、一部不整合の関係で、漸新世のマサチャパ層により覆われており、また、その北東部は鮮・更新世の火山碎屑岩層からなるラス・シェラス層が不整合に覆っている（図-4.1.1）。マサチャパ層は、主として凝灰質泥岩・灰色及び暗灰色頁岩の互層・細粒石英質砂岩からなり、その最上部では凝灰岩及び凝灰角礫岩層の挟在が多くなる。この凝灰質岩層の一部では多量の珪化木を産し、また、マサチャパ層の基底部近くには炭化木が軟体動物の破片及び火山碎屑物と混在するのが認められる。マサチャパ層の層厚は約2,600mと推定される。

マサチャパ層はその分布域の西部及び北西部において中新世のエル・フライレ層及びタマリンド層に整合に覆われ、また、その北東部は鮮新世のエル・サルト層と鮮・更新世のラス・シェラス層が不整合に覆っている。（図-4.1.1）。

エル・フライレ層は、主として凝灰質泥岩と石灰質砂岩からなり、層厚は少なくとも2,250mである。エル・フライレ層の下部は北西に向かって傾斜し、同

表 4.1.1 ニカラグア国及びその周辺の地質層序比較表

地域 地質年代	ニカラグア西部と 北部コスタリカ地域 沖積層・玄武岩質熔岩	南東～中部ニカラグア	北部ニカラグア～ ホンジュラス
第四紀	ラス・シエラス及びバゴス層	沖積層及び玄武岩質熔岩	
鮮新世	エル・サルトル層 タマリントン熔結 火砕流堆積物	鮮新～更新世火山岩類 熔結火砕流堆積物 コヨル火山岩類	熔結火砕流堆積物 含水性塩基性熔岩
中新世	エル・フライレ層	マタガルパ系 火山岩類	トトガルパ層 (礫岩質赤色岩)
漸新世	マサチヤパ層 (火山灰質堆積物層)		
始新世	フリト層 (凝灰質堆積岩層)	マチュカ層 (凝灰質堆積岩及び熔岩類)	
暁新世	リバス層 (凝灰質堆積岩層)	熔岩、海成堆積物 ?	花崗岩類 マタパン層 (石灰岩、碎屑岩類)
後期白亜紀			
前期白亜紀	ニコヤ複合岩類 (グレイワック、チャート、玄武岩)		
ジュラ紀	?	?	?
時代不明	カンラン岩及び塩基性侵入岩類		千枚岩・粘板岩及び大理石

時異層の関係にあるタマリンド層の凝灰岩及び熔結凝灰岩層の中に指交状に変移している。このエル・フライレ層の下部は粘土質から砂質の堆積物からなって木幹化石を伴う。この化石の存在は当時の堆積環境が浅海性（マサチャパ層）から砂州或いは潟性の環境に移行したことを示している。

エル・サルト層は、上記の中新世及び古第三紀の地層群が緩やかに褶曲し、断層変位したのちの鮮新世の海進期に堆積したものであり、顕著な不整合面をもって古期の地層群をほぼ水平に覆っている（図-4.1.2）。現在エル・サルト層の地表での分布は、浸食・削剥作用から残された部分が、マナグア山地と太平洋岸の間に小範囲に認められるにすぎない。地表露出部での層厚は100m以上と推定される。エル・サルト層は、明瞭な大陸棚の浅海底に堆積した地層であって、凝灰質砂岩及びシルト層・マール及びマール質泥岩から構成され、その基底の一部には巨礫岩層が分布する。砂質及び泥質岩層ともに多量の貝化石を含有している。大きなカキ貝が積み重なってそれが礁状に濃積し、それに、他の貝類化石が混在して形成されたコキナ（碎屑性石灰堆積物）が所々に分布し、その一部はセメント原料として利用されている。

このエル・サルト層とプリト層は、後紀する鮮・更新世のラス・シェラス層により広く不整合に覆われて、調査地域の地下にも分布しており、水理地質的な難透水性基盤を構成している（図-4.1.2）。

## 2) 火成岩類

太平洋沿岸域には、前記の堆積岩類（リバス層～エル・フライレ層）に併入する輝緑岩の多数の岩脈・岩床と、角閃石閃緑岩の岩株が少なくとも4岩体分布する。閃緑岩岩株のなかで最大のものは約30kmの径を有してプリト層分布域に見られる。これらの火成岩類は中新世後期に活動して、リバス背斜構造の形成に関与したものと推定される。

## 3) 火山岩類

ニカラグア西部の内陸高地には第三紀の火山岩類が広く分布しており、時代の古い順に、暁新世～漸新世のマタガルパ・グループ、中新世～鮮新世のコヨル・グループ及び鮮・更新世火山岩の3つの火山岩グループに区分されている（図-4.1.1, 4.1.2）。これらの火山岩類は玄武岩～安山岩～石英安山岩の熔岩・岩脈及び同質の火山碎屑岩類からなる。

表 4.1.2 地質層序表

地質年代		地層名	岩相区分	
第 四 紀	完新世	沖積層 (Qal)	火砕流堆積物 及び 土石流堆積物を伴う砂、粘土堆積物	
		完新世火山岩類 (QvH)	玄武岩質-安山岩質熔岩	
			火砕流 及び 降下火砕堆積物	
	更新世	更新世火山岩類 (QvP)	火砕流 及び 熔岩を伴う降下火砕堆積物	
		アポヨ火山岩類 (QvA)	石英安山岩熔岩を伴う軽石流 及び 降下軽石堆積物	
		マサヤ・グループ火山岩類 (QvM)	玄武岩質熔岩 (硬質・多孔質-自破砕質熔岩)	
			火砕流 及び 降下火砕堆積物	
	第 三 紀	鮮新~更新世	ラス・シェラス層 [TQps(S)]	玄武岩質-安山岩質集塊岩・凝灰角礫岩・凝灰岩・化石表土・凝灰質砂及びシルト層の互層
			中部ラス・シェラス層 [TQps(M)]	玄武岩質-安山岩質コンパクト集塊岩・凝灰角礫岩・凝灰岩を主とし、部分的に火砕流(スコリア)を伴う
		鮮新~更新世火山岩類 (TQpl)	玄武岩質-安山岩質熔岩 (マサヤ及びアポヨ・カルデラ壁の近くに分布)	
鮮新世		エル・サルト層 及び その他の第三紀堆積岩類 (TPS)	火山灰質砂岩、シルト岩、 含化石シルト岩	

ニカラグア地溝帯及びその東部の太平洋沿岸域には、中新世のタマリンド層（グループ）、鮮・更新世のラス・シェラス層（グループ）及び第四紀火山岩類として区分される多くの火山性堆積物層・火山岩類が広く分布している（調査地域の地質参照）。

## (2) 調査地域の地質

調査地域は、鮮新世後期から完新世にかけての火山性堆積岩層及び火山岩類によって主として構成されており、その下部に、水理地質的な難透水性基盤をなすと考えられる暁・始新世のブリト層及び鮮新世のエル・サルト層が分布している。調査地域の地質層序は表-4.1.2に示されるようであり、地質分布及び地質構造は図-4.1.4及び図-4.1.5、4.1.9に示すようになっている。

### 1) 基盤岩層

マナグア地下水盆の基盤は第三紀の難透水性堆積岩類からなるブリト層及びエル・サルト層により構成されている。この基盤層の上面形状は、本調査で実施された電気探査と試掘井戸掘削の解析結果から、図-4.1.5～.1.9及び図-4.8.2に示すようであると推定される。

### 2) 鮮・更新世熔岩類

マサヤ・カルデラの南東壁及びアポヨ・カルデラの南-西壁には、マサヤ及びアポヨ両火山より古い時期の熔岩類が露出している。岩質は玄武岩及び安山岩質玄武岩である。これらの熔岩類の上位に中部ラス・シェラス層が分布する。

### 3) ラス・シェラス層（グループ）

ラス・シェラス層は、鮮・更新世の火山碎屑岩類を主体とする火山性堆積岩層からなり、岩相上の特性から、下部ラス・シェラス層〔TQps(I)〕、中部ラス・シェラス層〔TQps(M)〕、上部ラス・シェラス層〔TQps(S)〕の3部層に区分される。

TQps(I)は調査地南西方のエル・サルト周辺地域に露出しており、基底礫岩層を伴ってエル・サルト層を不整合に覆っている。下位よりエル・サルト層の石灰岩（コキナ）の巨礫を含有する基底礫岩、細粒礫岩もしくは礫質砂岩、凝灰質砂岩、化石ソイル（古土壌）を伴う玄武岩質の凝灰岩及び凝灰角礫岩から構成されている。TQps(I)は調査地域内の地表部では露出がみられず、その分布はマナグア山地下に限定されるものと推定される（図-4.1.6）。

TQps(M)の調査地域における代表露頭はアソソスカ・ネハパ・テスカパ3湖の火



口壁と、マナグア山地南向き斜面の多くの谷間に見られる。これらの露頭で見られるTQps(M)は、塊状で密に固結した玄武岩質の集塊岩層を主体とし、これに同質の凝灰角礫岩及び凝灰岩層を伴っている。また、特徴的に数mm大のピソライト（火山豆石）を多く含有している。一方、既存井戸資料の検討と試掘井戸のスライム観察結果によると、TQps(M)は上記の塊状で密に固結した火山岩層のほかに、降下スコリア或いはスコリア流としての低固結・多孔質の火山碎屑物層と化石ソイル及び風化層を多く伴っており、これらがTQps(M)における地下水の主帯水層になっている。

TQps(S)は、その代表露頭がマテアレ断層崖に沿って連続的に見られ、玄武岩質から安山岩質の集塊岩・凝灰角礫岩・凝灰岩層と化石ソイル・スコリア・パミス（軽石）層が高頻度に互層する層相を呈する。また、その下部ではピソライトを多量に含有する砂質凝灰岩層及び凝灰質砂岩層が伴われる。TQps(S)は、本調査地域ではすべて地下水面より上位に分布しており、地下水の帯水層になっていない。

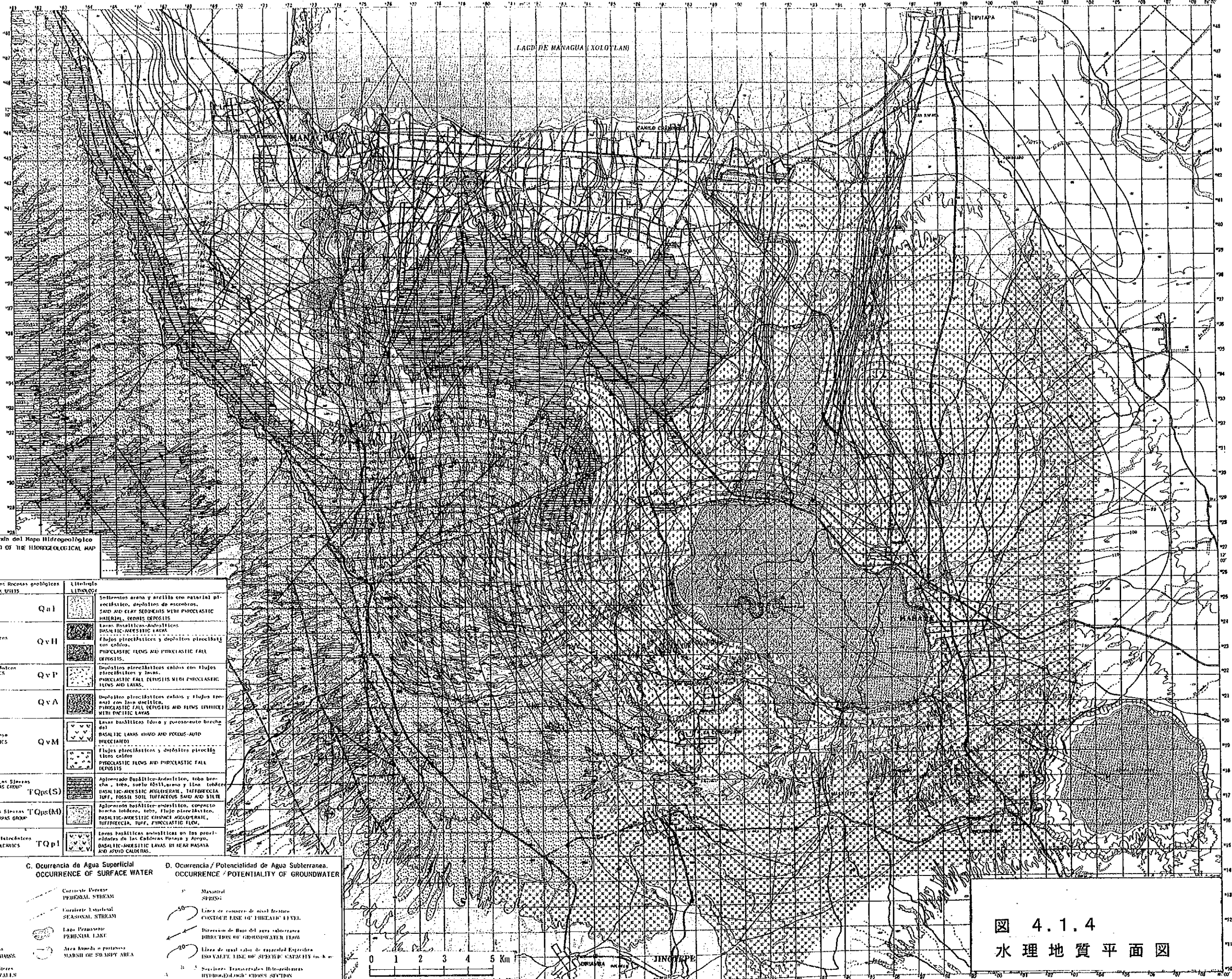
#### 4) マサヤ・グループ火山岩類 (QvM)

マサヤ火山は大きなグレンコー型カルデラを有する典型的な複式火山であり、図-4.1.7に示されるように、その周辺にはマサヤ系姉妹火山としてのN-S・NE-SW・NW-SE方向の多数の火山列が分布している。これらはマサヤ火山本体を含めて玄武岩質の熔岩と火砕流堆積物（火山角礫・スコリア・火山灰）によって構成されており、本報告書では、これらの火山性堆積物を一括してマサヤ・グループ火山岩類としている。

マサヤ・カルデラの北側には、マサヤ火山活動前の更新世中期までに形成されたと推定される、南北方向にマナグア湖に向けて延びる構造性の地下谷が存在し、それをマサヤ・グループ火山岩類が埋積している。既存の井戸資料及び試掘井戸（J1-2・J1-3）の掘削結果によれば、その埋積物の厚さは地下谷の中心部で100~120mであり、多孔質の溶岩及びスコリア等の火砕流が主帯水層をなすため、調査地域における最高の地下水開発ポテンシャルを有する地区になっている。

#### 5) アポヨ火山岩類 (QvA)

アポヨ・カルデラは、マサヤ火山から10km離れているにすぎないが、多量の石英安山岩軽石の噴出によって形成された典型的なクラカタウ型のカルデラで



Leyenda del Mapa Hidrogeológico  
LEGEND OF THE HYDROGEOLOGICAL MAP

**A. Estratigrafía y Litología  
STRATIGRAPHY AND LITHOLOGY**

Era Geológica GEOLOGIC AGE	Nombre de las Unidades Rocas geológicas NAME OF GEOLOGIC ROCK UNITS	Litología LITHOLOGY	
Cuaternario QUATERNARY	Aluvial ALLUVIUM	Qal	Sedimentos arena y arcilla con material piroclástico, depósitos de macrobrietas, fango y cenizas sedimentados sobre piroclásticos antiguos, relleno de cañales.
	Volcánicos Holocénicos HOLOCENE VOLCANICS	QvH	Lavas basálticas andesíticas BASALTIC-ANDESITIC LAVAS Flujos piroclásticos y depósitos piroclásticos calientes.
	Volcánicos Pleistocénicos PLEISTOCENE VOLCANICS	QvP	Depósitos piroclásticos calientes con flujos piroclásticos y lavas. PYROCLASTIC FALL DEPOSITS WITH PYROCLASTIC FLOWS AND LAVAS.
Pleistoceno PLEISTOCENE	Volcánicos Arcaicos ARCAIC VOLCANICS	QvA	Depósitos piroclásticos calientes y flujos piroclásticos con lavas andesíticas. PYROCLASTIC FALL DEPOSITS AND FLOWS (ANDSITIC) WITH ANDSITIC LAVAS.
	Grupo Volcánico Masaya MASAYA GROUP VOLCANICS	QvM	Lavas basálticas labra y piroclasto brecha (B) (BASALTIC LAVAS- LABRA AND PYROCLASTIC BRECHA (B)) Flujos piroclásticos y depósitos piroclásticos calientes. PYROCLASTIC FLOWS AND PYROCLASTIC FALL DEPOSITS.
Plioceno PLIOCENE	Grupo Superior Las Sierritas SUPERIOR LAS SIERRITAS GROUP	TQps(S)	Aglomerado Basáltico-Andesítico, toba brecha, toba, suelo fértil, arena y limo (tobas) (BASALTIC-ANDESITIC AGGLOMERATE, TUFF, FERTILE SOIL, TUFFACEOUS SAND AND SILT (TUBES))
	Grupo Inferior Las Sierritas INFERIOR LAS SIERRITAS GROUP	TQps(M)	Aglomerado basáltico-andesítico, concheta brecha toba, toba, flujo piroclástico, basáltico-andesítico (concha) (conchete), tuff, piroclástico (B) (BASALTIC-ANDESITIC AGGLOMERATE, CONCHETA BRECHA TOBA, TOBA, PYROCLASTIC FLOW, BASALTIC-ANDESITIC (CONCHA) (CONCHETE), TUFF, PYROCLASTIC (B))
	Volcánicos Plioceno-Pleistocénicos PLIO-PLISTOCENE VOLCANICS	TQpl	Lavas basálticas andesíticas en las proximidades de las Calderas Masaya y Arroyo, basáltico-andesíticas (B) (BASALTIC-ANDESITIC LAVAS IN NEAR MASAYA AND ARROYO CALDERAS.)

**B. Estructura Geológica  
GEOLOGICAL STRUCTURE**

**C. Ocurrencia de Agua Superficial  
OCCURRENCE OF SURFACE WATER**

**D. Ocurrencia / Potencialidad de Agua Subterránea.  
OCCURRENCE / POTENTIALITY OF GROUNDWATER**

**E. Secciones Transversales Hidrogeológicas  
HYDROGEOLOGIC CROSS SECTION**

0 1 2 3 4 5 Km

圖 4.1.4  
水理地質平面圖



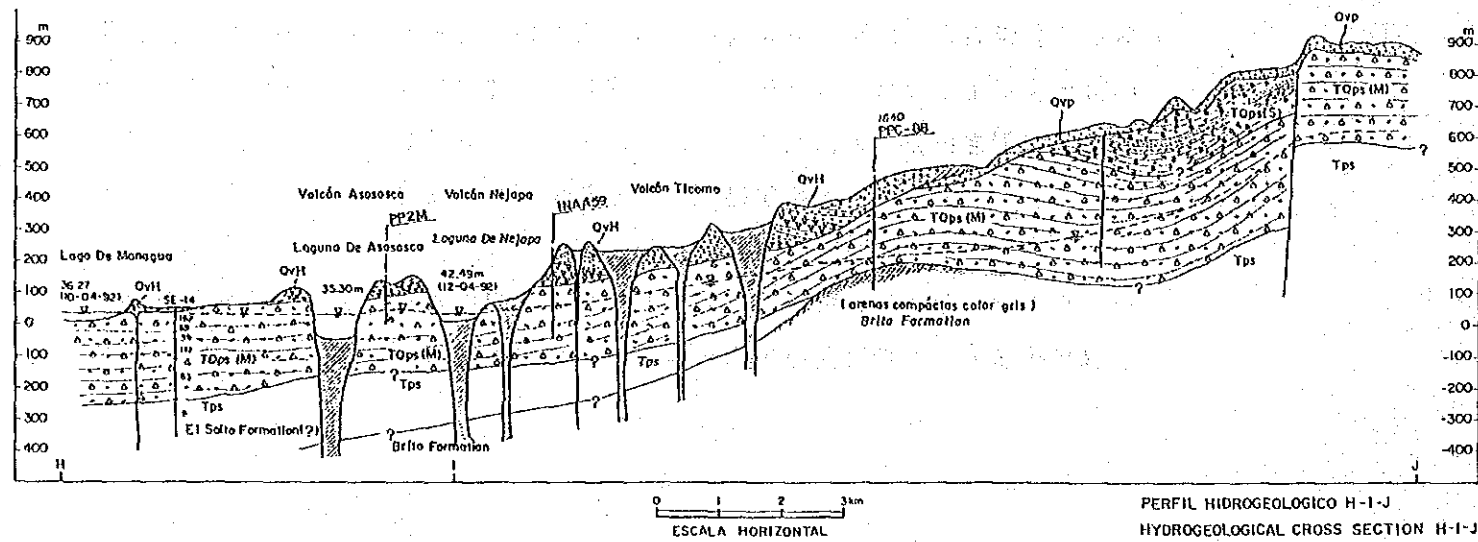


图 4.1.7 水理地質断面图 (H-I-J断面)

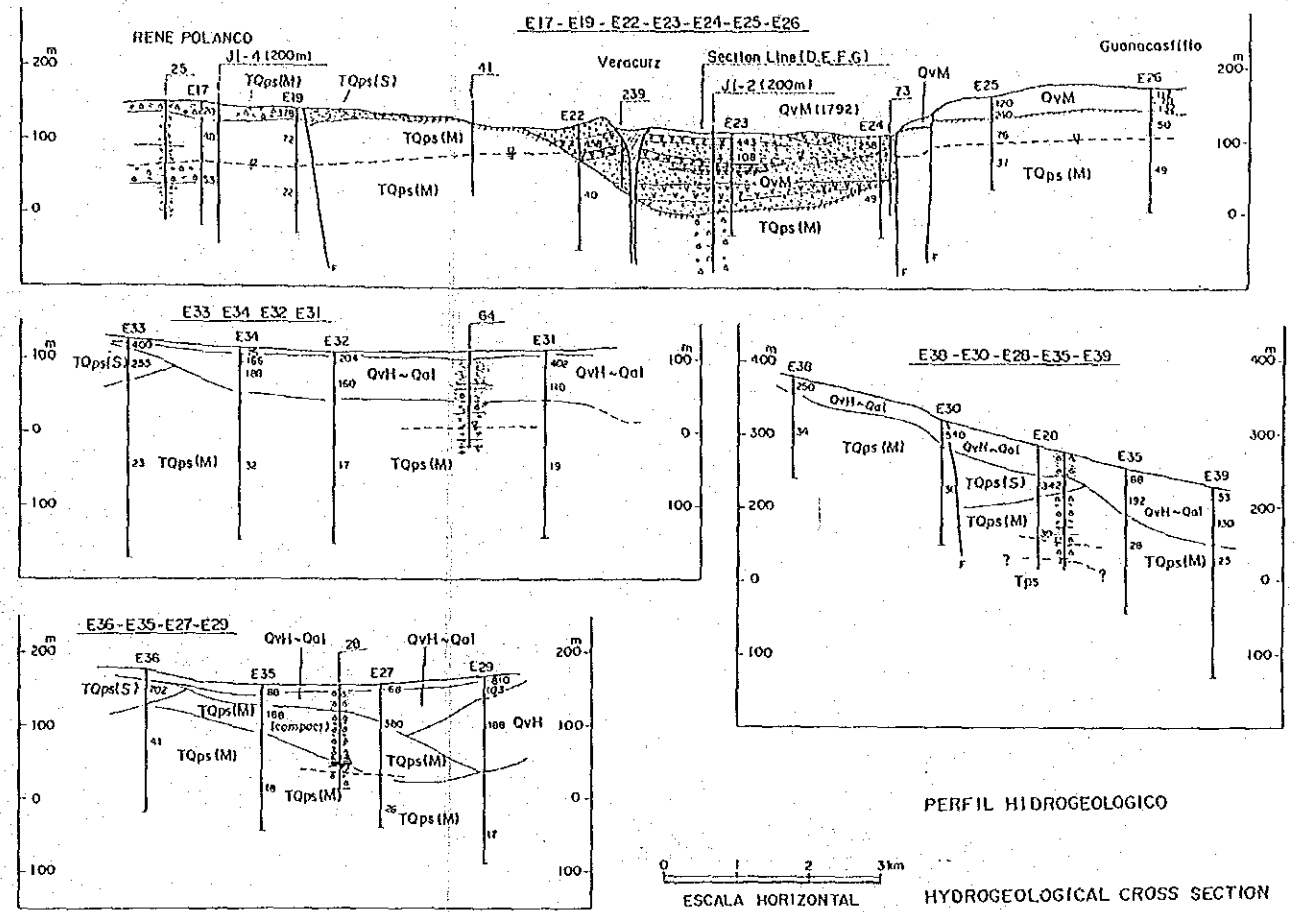


图 4.1.9 水理地質断面图

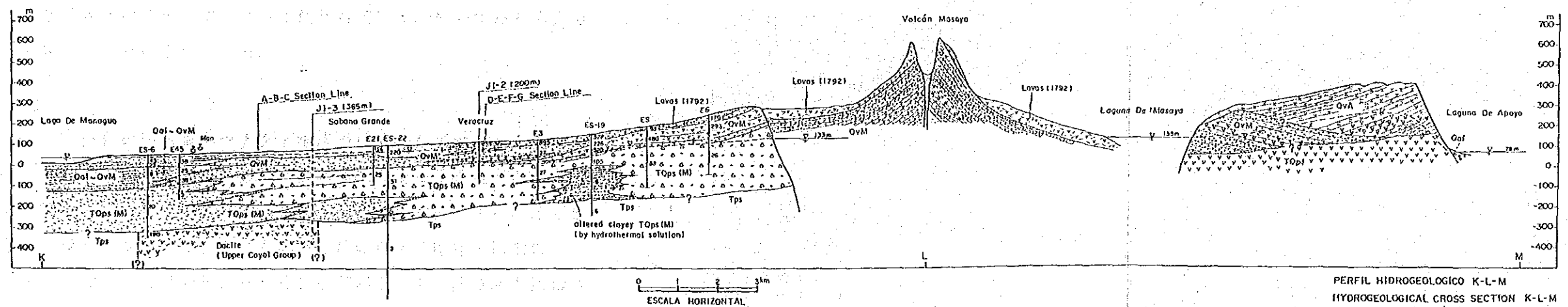


图 4.1.8 水理地質断面图 (K-L-M断面)



ある。ここで噴出した多量の軽石は、図-4.1.4に示されるように、火砕流堆積物或いは降下火山砕屑物として、調査地の南東部地域に広く分布する。

#### 6) 更新世火山岩類 (QvP)

マサヤ及びアポヨ火山以外の更新世火山岩類として、アポイケ、セロ・パティド、サン・カルロス、セロ・ロス・マルチネス及びテイコモの陥没火口群と、さらに、その南側のマナグア山地西斜面上の小規模火山円錐丘群を連ねる。南北方向の火山列が存在する。この火山列の更新世火山岩類は、玄武岩質から安山岩質の溶岩及びその砕屑岩層からなり、また、浸食された火山山体をとどめているが、多くがその後の完新世の火山噴出物（玄武岩質-安山岩質）によって覆われており、両者を正確に区分するのが困難である。

マナグア山地の山頂部周辺に分布するスコリア堆積物の多くは、マナグア山地西斜面上の火山列からの噴出による、更新世の火山噴出物に属すると推定される。

#### 7) 完新世火山岩類 (QvH)

完新世の火山岩類は主として上記更新世の火山列に沿って分布する。マサヤ火山の中央火口丘群も1972年に噴出した溶岩を含めて完新世の火山岩類に属する。

本調査地域に分布するこれら完新世の火山岩類はすべてが玄武岩質の溶岩とその砕屑物層からなり、一部その二次堆積物も含まれる。この中でネハパ火山噴出物はアポイケ火山噴出物の軽石層を覆っているのが観察できる。

#### 火山灰層序

本調査地域は広く第4紀の火山灰によって覆われているが代表露頭での火山灰層序を示すと図-4.1.10のようである。

#### 8) 沖積層 (Qal)

沖積層はマナグア西部の平原域とマナグア湖岸域に分布しており、上記火山岩類からの二次堆積物と完新世火山岩類の一次堆積物が混在するものからなっている。この沖積層の下部には同様の層相を呈する洪積層が分布すると推定されるがその境界は明かでない。マナグア西部平原域の地下では井戸掘削によって軽石層の挟在が把握される場合があり、それを鍵層として、沖積層と洪積層の境界を推定することができる。

Lithological columnar at near San Isidro De La Cruz Verde

Lithological columnar at near the southeastern wall of the Masaya caldera

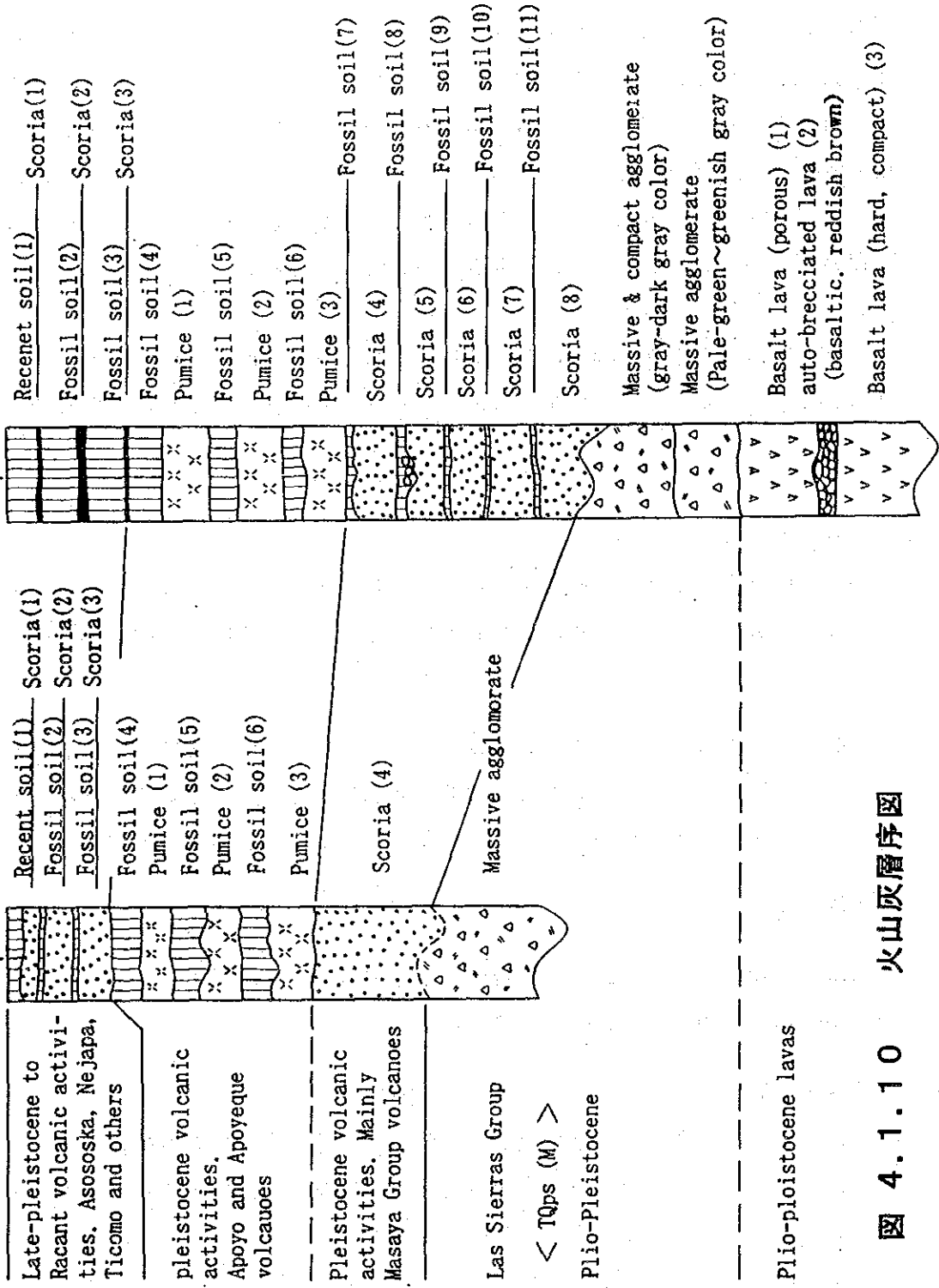


图 4.1.10 火山灰層序圖

#### 4. 1. 3 地質構造と地史

本調査では、ニカラグア地溝帯の形成過程を通してマナグア地下水盆の地質構造を明らかにし、特に、地下水盆の難透水性基盤を構成するエル・サルト層及びその他の第三紀堆積岩層の存在を考察する手がかりとするために、ニカラグア西部地域の古地理図（図-4.1.11~4.1.14）を作成し、下記のような地質構造発達史を検討した。

##### ① 白亜紀後期—中新世後期

ニカラグア西部地域は、白亜紀後期に入るまでの間、かんらん岩・はんれい岩質岩・輝緑岩質岩等からなる基性火成岩類と、グレーワッケ・チャート・玄武岩等の古期複合岩類からなるニコヤ・コンプレックスが形成する、広い陸域によって占められていた。

白亜期後期に入ってから、太平洋沿岸平野からニカラグア地溝帯にまたがる地域では海進がはじまった。この海進は、白亜期—暁新世間・始新世—漸新世間・中新世—中新世間の各ステージに、堆積環境が海域から淡水域（陸域）に変化する小海退期を伴いながらも、中新世の中期末まで緩やかに継続したものと推定される。この小海退期の存在は各地層間で認められる部分的不整合関係から推定されるが、このうち、漸新世—中新世間の海退期は、エル・フライレ層（中新世）基底部に多量の木幹化石を産することで、その存在が明かである。

この海進を通してリバス層（上部白亜期）、ブリト及びマサチャパ層（古第三紀）、エル・フライレ及びタマリンド層（下部新第三紀）の各地層が堆積した。この地向斜の軸部は、側方への拡大・褶曲・陸化を継続しながら、碎屑物の供給源域を拡大しつつ、発展したものと考えられる。

一方、この海進の北東部縁域であり、かつ、ニカラグア地溝帯の北東部縁域でもある内陸高地側では、第三紀の火山活動（マタガルパ及びコヨル・グループ）が広域・大規模に発達した。



## ② 中新世後期—鮮新世後期

上記の地向斜堆積盆は、中新世末期に、そのほぼ中心部に閃緑岩体の併入活動を伴って激しく隆起・褶曲し、リバス背斜構造が形成された。

陸化域では浸食・平坦化作用が顕著に進行したが、鮮新世前期からの再度の海進によって、太平洋沿岸域の一部を含むニカラグア地溝帯の地域は浅海性の海域になり、そこにエル・サルト層が堆積した（図-4.1.11）。

調査地域におけるマナグア地下水盆の難透水性基盤としてのエル・サルト層及びブリト層の存在と分布の概要は図-4.1.5~4.1.9の水文地質断面図と図-4.8.2の難透水性基盤上面等高線図に示されている。これらの図は国連機関の井戸調査（1973）、今回の地表踏査・電気探査・試掘井戸調査などの結果をもとにして作成されたものである。

エル・サルト層の堆積後鮮新世後期の早い時期にその堆積盆の主要部は陸化した。ニカラグア地溝帯の北東縁部沿いのところには、細長く延びる浅海性のトレンチが、また、マナグア山地付近の内陸部では淡水湖が1つ残されていた（図-4.1.12）。このような状態のもとでラス・シェラス・グループの大規模火山活動が堆積盆の中心部地域で開始され、また、ニカラグア地溝帯の北東縁部でも小規模な火山活動が散発した（図-4.1.12）。

## ③ 更新世前期—更新世中期

ラス・シェラス・グループの大規模火山活動は鮮新世後期から更新世中期の前半まで継続したが、この間、中部ラス・シェラス層〔TQps(W)〕から上部ラス・シェラス層〔TQps(S)〕の火山活動へと移行した更新世前期末には海進があって調査地域の周辺は一時期浅い海域に覆われた。

TQps(S)の火山活動が終了した更新世中期末に、ニカラグア西部一帯では地塊の隆起・断裂・沈降を伴う顕著な地塊運動が発生した。この地塊運動の結果、太平洋平原域と内陸高地域の両側が相対的に隆起し、その中間部域は相対的に沈降してニカラグア地溝帯が形成された。しかし、マナグア山地の一部はこの沈降からとり残され、調査地域の南西部で地溝帯内につき出た山地をとどめている。

この地塊運動に伴って、地溝帯の両縁部にはNW-SE性の境界断層系が、地溝帯内ではそれに斜交するN-S及びNE-SW性の多くの断層系が形成された。また、地

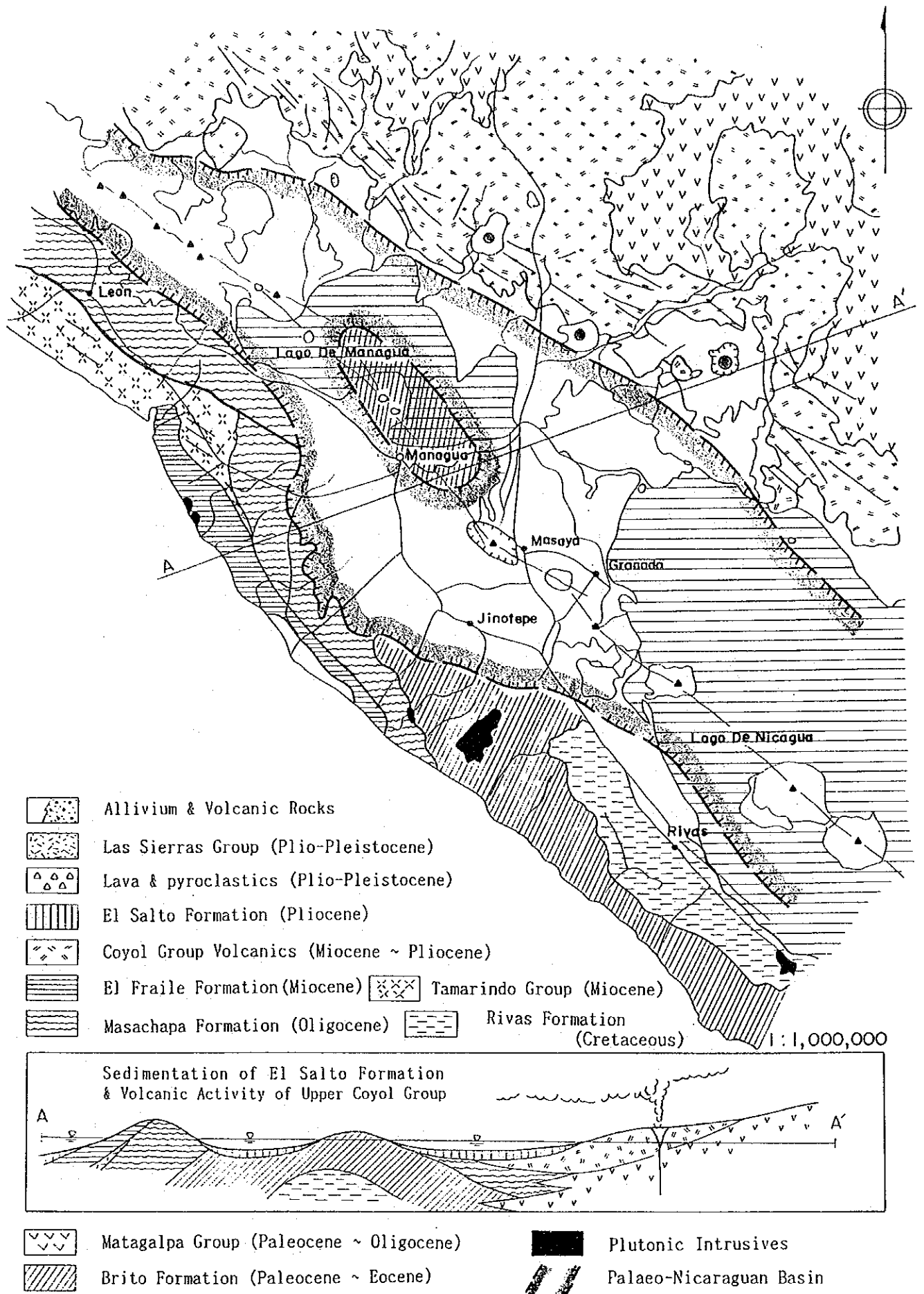


Fig. 4.1.14 Palaeogeographical Map (Early Pliocene)  
 图 4.1.11 古地理图 (鲜新世前期)



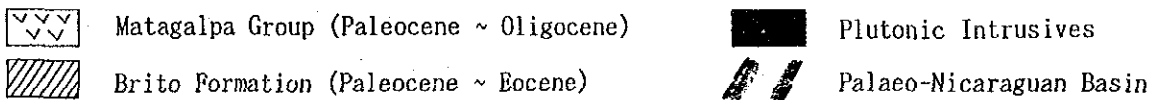
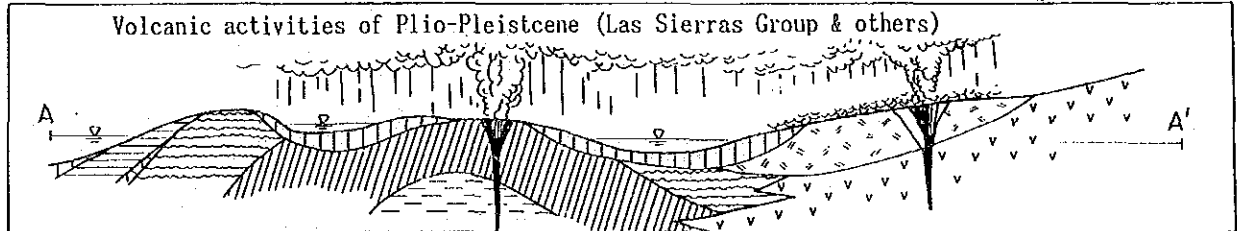
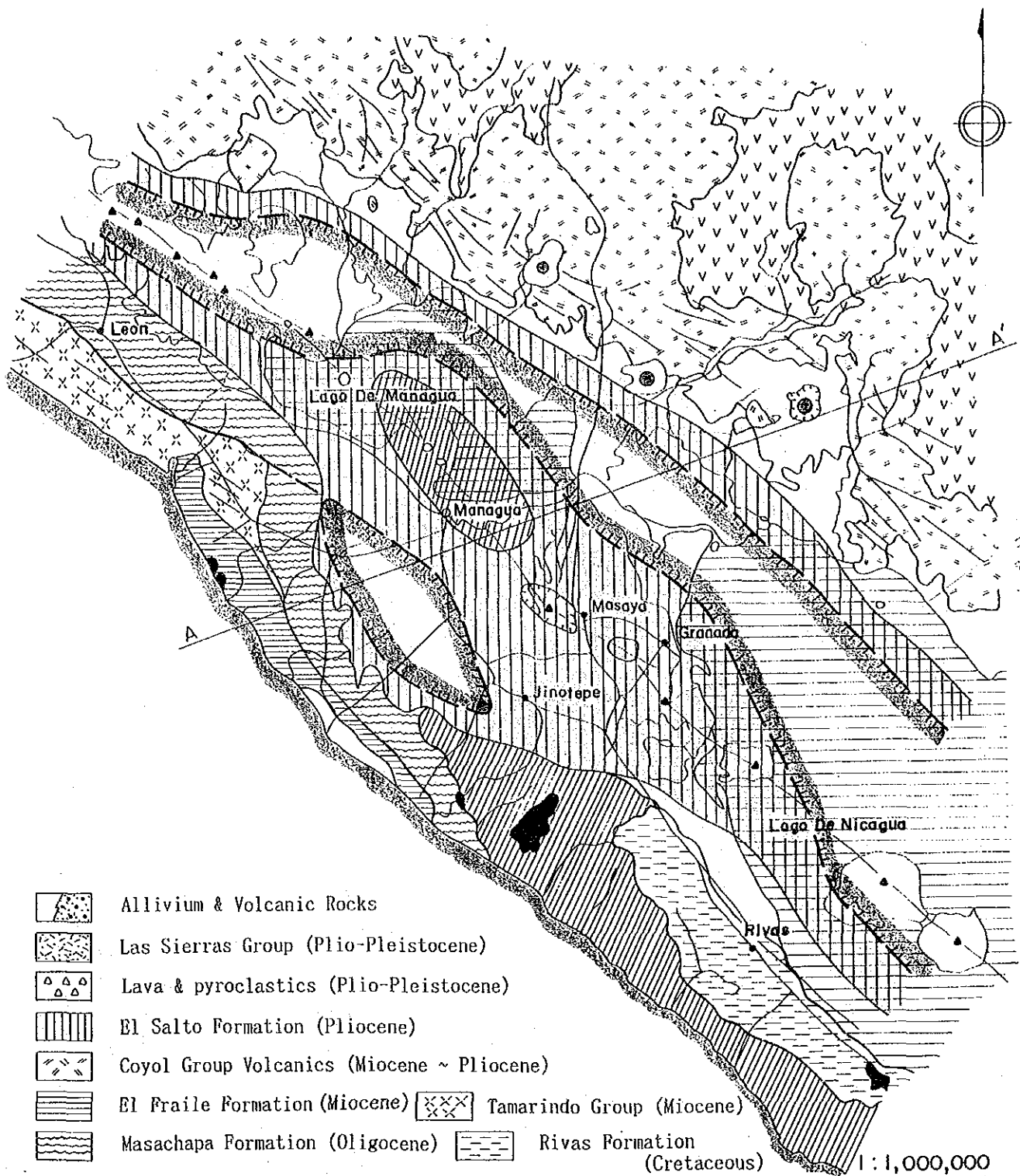


Fig. 4.1.15 Palaeogeographical Map (Late Pliocene)

圖 4.1.12 古地理圖 (鮮新世後期)



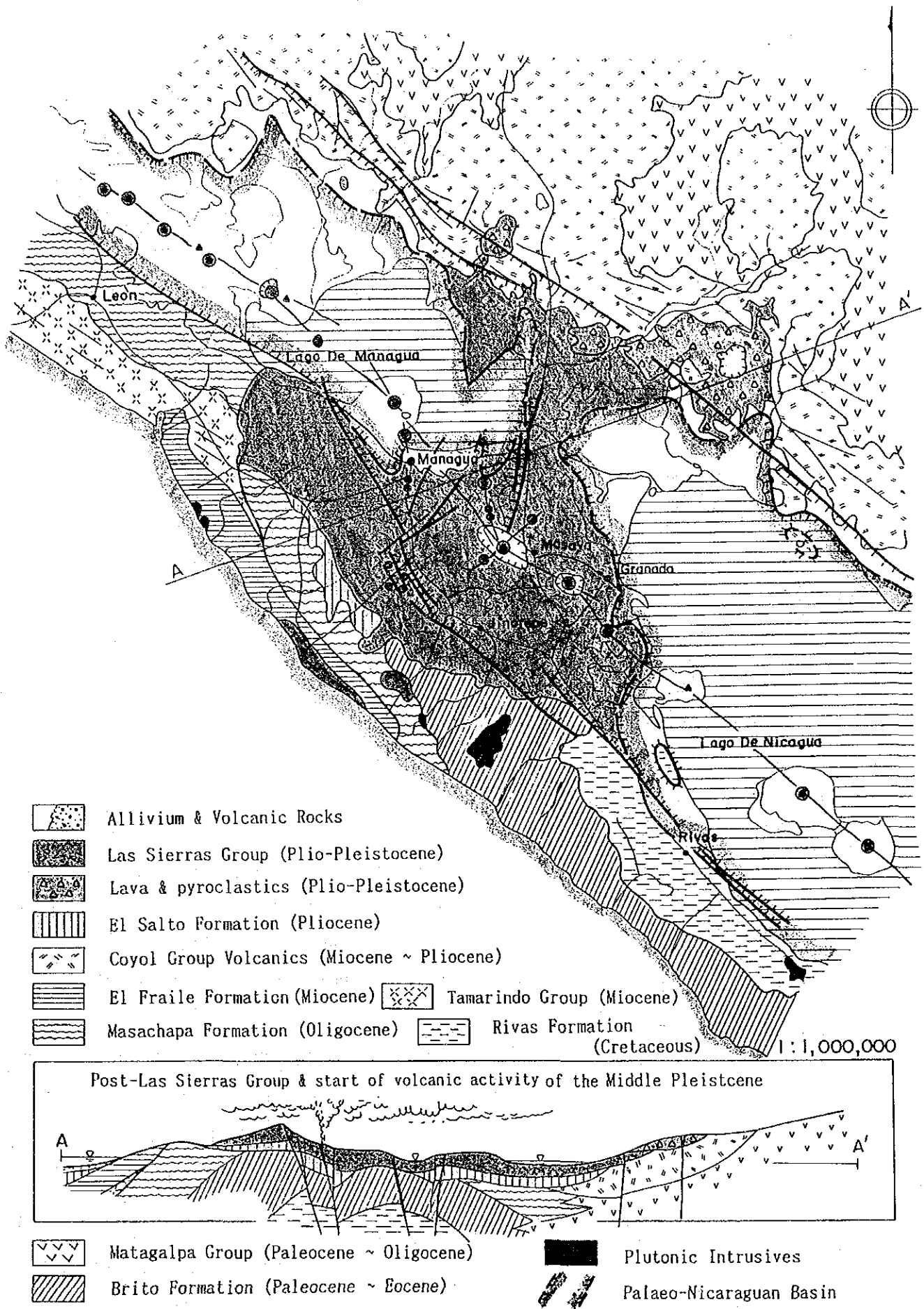
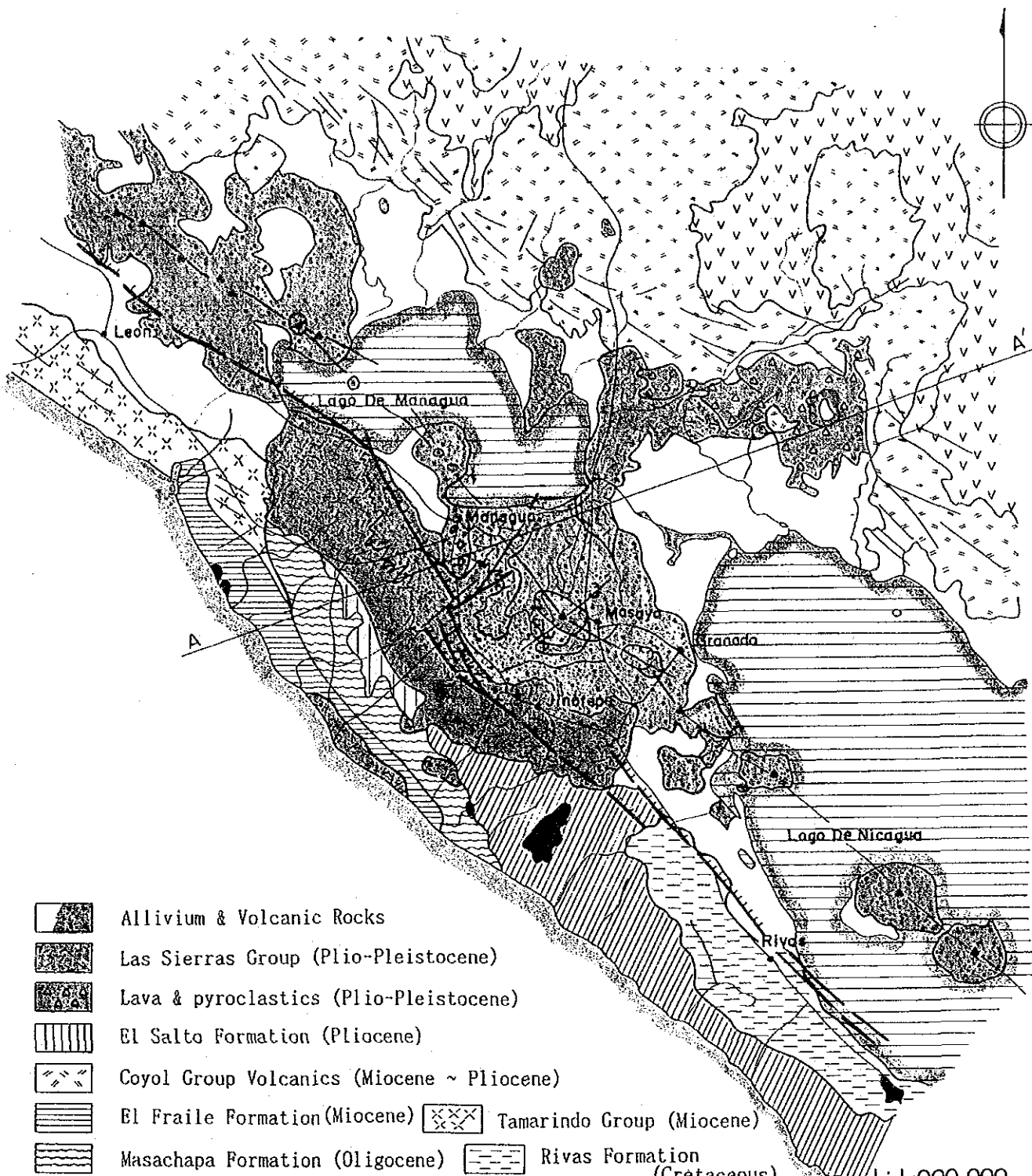


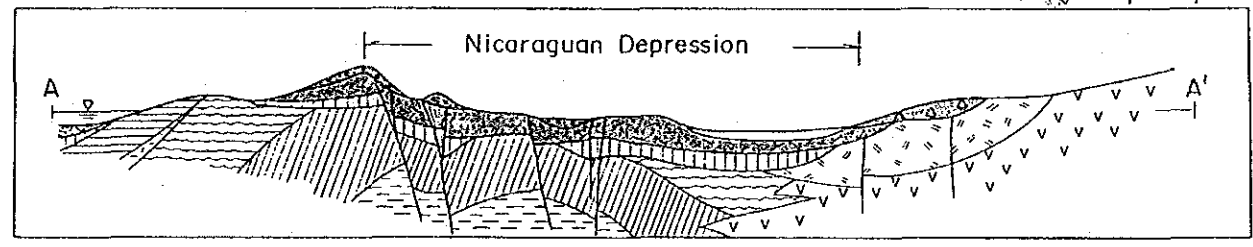
Fig. 4.1.16 Palaeogeographical Map (Middle Pleistocene)

图 4.1.13 古地理图 (更新世中期)





- Allivium & Volcanic Rocks
- Las Sierras Group (Plio-Pleistocene)
- Lava & pyroclastics (Plio-Pleistocene)
- El Salto Formation (Pliocene)
- Coyo Group Volcanics (Miocene ~ Pliocene)
- El Fraile Formation (Miocene)
- Tamarindo Group (Miocene)
- Masachapa Formation (Oligocene)
- Rivas Formation (Cretaceous)



- Matagalpa Group (Paleocene ~ Oligocene)
- Brito Formation (Paleocene ~ Eocene)
- Plutonic Intrusives
- Palaeo-Nicaraguan Basin

Fig. 4.1.17 Palaeogeographical Map (Late Pleistocene to Recent)  
 图 4.1.14 古地理图 (更新世後期—現世)





溝帯の南西縁側を北西—南東方向に延びる第四紀火山列はマグマ溜りまで達する破断帯の存在を示している（図-4.1.13）。

上記の地塊運動に引き続く地殻変動の一環として、更新世中期から現世にかけての火山活動が破断帯及び断層系に沿って断続的に発生し今日に至っている。1972年のマナグア地震もこの地殻変動の一環として発生したものであり、その地震断層は地塊運動によって形成されたNE-SW性断層系の再活動によるものである（図-4.1.14）。