

フィリピン国  
マニラ首都圏地下水開発計画調査  
概要報告書

平成4年6月

国際協力事業団

社調二
CR(3)
92-056

フィリピン国  
マニラ首都圏地下水開発計画調査  
概要報告書

平成4年6月

国際協力事業団

## 序文

日本国政府は、フィリピン国の要請にもとずき、同国マニラ首都圏地下水開発計画にかかる開発調査を行なうことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1990年8月より12月、1991年1月より3月、同年5月より12月及び1992年3月に日本上下水道設計株式会社の林 亨氏を団長とし、同社及び国際航業株式会社から構成される調査団を現地に派遣した。

調査団は、フィリピン国政府関係者と協議を行なうとともに、プロジェクトサイト調査を実施し、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った。

本報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、ひいては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ある。

終わりに、本調査にご協力とご支援を頂いた両国の関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

1992年6月

国際協力事業団

総裁 柳谷 謙介

マニラ首都圏地下水開発計画調査団

伝達状

平成4年6月

国際協力事業団

総裁 柳谷 謙介 殿

フィリピン国マニラ首都圏地下水開発計画の最終報告書を提出致します。本報告書は、平成2年8月16日、平成3年5月25日及び平成4年5月15日の3回にわたる国際協力事業団とフィリピン国マニラ首都圏地下水開発計画調査共同企業体（構成員：日本上下水道設計株式会社、国際航業株式会社）の間で締結された契約に基づいて結成された調査団によって作成されました。

調査団は、合計5回の水文地質調査・ボーリング調査を含む現地調査を実施しました。本報告書には現地調査の結果を整理解析して策定したマニラ首都圏の地下水開発計画の検討結果が述べられています。

報告書は、概要報告書、主報告書、付属報告書及び資料集の4分冊で構成されております。概要報告書は、調査全体を簡潔にまとめ、主報告書には、調査の背景、マニラ首都圏の水文地質、地下水資源評価、地下水の開発計画ならびに保全管理に関する提言を記述しております。付属報告書には、地下水調査、ボーリング、コンピュータモデル、都市開発、水供給システム及び水需要の詳細が、また、資料集には、電気探査等の試験記録、井戸台帳、水質分析、コンピュータアウトプットが収録されています。

本報告書を提出するにあたり、全調査期間に渡り多大なご支援を賜った貴事業団、外務省、在マニラ日本大使館の諸賢ならびにマニラ首都圏上下水道公社（MWS S）をはじめとするフィリピン政府の関係各位に対し、心から感謝の意を表すると共に、本調査の成果がフィリピン国の社会開発及び経済発展に寄与することを希望する次第であります。

調査団長 林 亨

## 目次

序文

伝達状

1. 序論 .....	1
2. 社会経済と水供給 .....	8
3. 地下水 .....	23
4. 地下水データベース.....	52
5. 井戸リハビリテーション.....	53
6. 都市開発計画と将来の水需要.....	58
7. 地下水資源の評価.....	83
8. 地下水開発計画.....	101
9. 地下水管理計画.....	124
10. 結論と提言.....	138

## 1. 序論

### 1. 1 調査の背景

フィリピン共和国のマニラ首都圏は、ルソン島の南部、南シナ海に面したマニラ湾沿いの沖積低地とその背後の丘陵地に立地している。マニラ首都圏はフィリピンの総人口の約15%に達する917万人余りの人口（リサール県とキャビテ県の一部を含む）を抱え、近年の急激な発展にともない、水、ゴミ、下水、道路、など都市問題が深刻化しつつある。

マニラ首都圏の水道はMWS S（マニラ首都圏上下水道公社）が管轄している。その水源の大半は首都圏中心から約40Km北東にはなれたブラカン県アンガット川からの表流水に依存しているが、急激な水需要の増大に整備が追いつかず、加えて施設の老朽化と漏水などもあって、水不足は深刻化の度を一段と深めている。

一方地下水は湧泉浅井戸深井戸により古くから取水され、マニラ首都圏の重要な水源をなしている。首都圏水道のCDS（CENTRAL DISTRIBUTION SYSTEM）配管の及ばない地域では深井戸を水源とする給水が行なわれているが、地下水は安価で取水も容易に行えることから、首都圏全体では深井戸約3,000本、浅井戸20,000本が開発されているものと推定され、工業用水、建築物用水、生活用水に利用されている。

地下水の無秩序な開発により、1970年代末からマニラ首都圏では広い範囲で地下水位低下が起きるようになった。これにともない、マニラ湾からの海水あるいは化石塩水の侵入による地下水の塩水化現象が次第に拡大してきた。地下水の塩水化により、井戸が使用出来なくなるとそれらは廃棄され、淡水を求めて新たな深井戸がより深い深度に掘削されるようになった。このような無秩序な井戸掘削は結果的に新たな塩水化を呼び起こすと云う悪循環を招いた。マニラ首都圏水道の深井戸も、この影響を受け給水事業に重大な支障をきたしている。

こうした事態に対処するため、フィリピン国政府は各種の給水プロジェクトを計画しているが、都市化にともなう水需要の増大に対処するには不十分である。このような背景からフィリピン国政府は、地下水資源を表流水の補完的役割りではなく、恒久的な水資源として位置づけ、環境保護を含めた地下水の有効利用と保全をはかるべく、地下水開発計画調査協力を1989年6月日本国政府に要請してきた。

この要請に基づき、1990年8月に本格調査団が派遣され、1992年3月までの19カ月間調査を実施した。

## 1. 2 調査目的及び対象地域

### (1) 調査目的

本調査の目的は下記の4点である。

#### 1) MWSS管理井のリハビリテーション計画

MWSSが管理している深井戸の揚水量低下の原因を探り、効果的な回復の方策を検討して揚水量の増強をはかるためのリハビリテーション計画を策定する。

#### 2) アンチポロにおける地下水開発計画

マニラ首都圏CDS配管網の計画外にあり、近年の都市化が著しく、人口が急増しているアンチポロ地区について、地下水流動機構を詳細に把握し、持続的な地下水開発計画を策定する。

#### 3) 地下水塩水化機構の解明

マニラ首都圏の中でも地下水を主要な水源としているラスピニャス・パラニャケ地区において、塩水化機構を解明し、その対策を検討する。

#### 4) 首都圏地下水モニタリング計画

マニラ首都圏地下水盆の地下水流動機構を明らかにし、地下水の開発利用及び保全にかかる基本方針を策定し、地下水モニタリング計画を作成する。

### (2) 調査対象地域

本調査の対象地域は、MSA (MWSS Service Area) の5市32自治体 (総面積1,780Km<sup>2</sup>) である (図1.1)。

マニラ首都圏: 4市13自治体

マニラ市、バサイ市、ケソン市、カローカン市、ラスピニャス、マカテイ、マラボン、マンドルヨン、マリキナ、モンテンルパ、ナボタス、パラニャケ、バシグ、パテロス、サン

ファン、タギグ、バレンスエラ

キャビテ県 : 1市5自治体

キャビテ市、バコール、イムス、カウイット、ノベルタ、ロサリオ

リサール県 : 14自治体(内、9自治体はBP799号によりMSAに統合)

アンチポロ、サンマテオ、タイタイ、カインタ、モンタルバン  
BP799;

アングノ、バラス、ピナゴナン、カルドナ、ハラハラ、モロン、ピリラ、タナイ、テレサ

### 1.3 調査実施体制

フィリピン国政府側の調査実施機関は、マニラ首都圏上下水道公社(MWSS)が担当し、日本国政府の技術協力の機関として、国際協力事業団がその任に当たった。調査は1990年8月から1992年3月までの期間に行なわれた。調査団及びフィリピン国政府関係者は以下の通りである。

#### (1) 調査団

林 亨	(総括)
鎌田 烈	(副総括/水文地質)
喜納政治	(都市開発計画)
大森正一	(地質)
柴崎直明	(地下水/塩水侵入)
高柳建二	(地下水開発)
広山和臣	(水質分析)
レイナルド・リアル・メデイナ	(水文・水理)
堤 光雄	(ボーリング計画・塩水侵入)
鮎澤 優	(ボーリング計画・アンチポロ)
末松格次	(リハビリテーション)
木口孝文	(水道施設設計)

(2) フィリピン国・MWSS

Rolando E. ROCA

計画部長(総括)

MWSSマニラ地下水開発計画プロジェクトチーム

Victor J. BALAGTAS	プロジェクトマネージャー
Ernesto V. ALCANTARA	副プロジェクトマネージャー
Renee A. PINGOL	都市開発計画
Norma M. SANTIAGO	水文地質
Godfredo C. CARPIO	水文地質
Richard G. BURCE	水文
Romeo S. MANLAPIG	水道計画
Rogelio G. OTIVAR	水文
Enrico A. RUIDERA	水質
Rodolfo M. NOVEDA	リハビリテーション
Rodolfo B. VICENTE	リハビリテーション
Oliver B. PADRON	水文
Noel B. ZACARIAS	水文
Daisy C. ARANAN	データベース
Julie F. VELADO	データベース
Ramon N. MENDOZA	調査助手
Lorenzo A. DUMANDAN	調査助手
Judith S. CADAPAN	製図
Gemmalyn S. SANTOS	庶務
Olivia M. SANTIA	庶務

1. 4 調査概要と手順

調査は、1990年8月中旬から1992年3月末までの18カ月間を3段階に分けて行なった。

第一段階 基礎調査

MWSSの水道計画全体を把握し、その中での地下水給水事業の現状と将来の位置づけを明確にするとともに、既往地下水調査のレビューにより調査全体の方向づけを行なった。

この段階では、関連資料の収集・整理、既往地下水調査のレビュー、井戸台帳作成、地表地質踏査、地元さく井業者実態調査、地下水利用実態調査、一斉測水調査、電気探査、組織・運営体制、既存水道システム、都市開発計画のレビュー等の基礎的な調査を行なった。

## 第二段階 詳細調査

MWSS井戸施設外観調査、ボーリング、揚水試験、地下水位・塩分濃度観測、既存井揚水試験、水質分析、地下水利用実態調査などの詳細な調査を実施した。

## 第三段階 解析・計画策定

この段階では、全段階までの調査資料に基づき、塩水化機構を解析するとともに、コンピューターシミュレーションを行なって地下水資源を評価し、マニラ首都圏地下水盆の開発保全計画を策定した。また、MWSS管理井のリハビリテーション試験施工を行い計画を策定した。

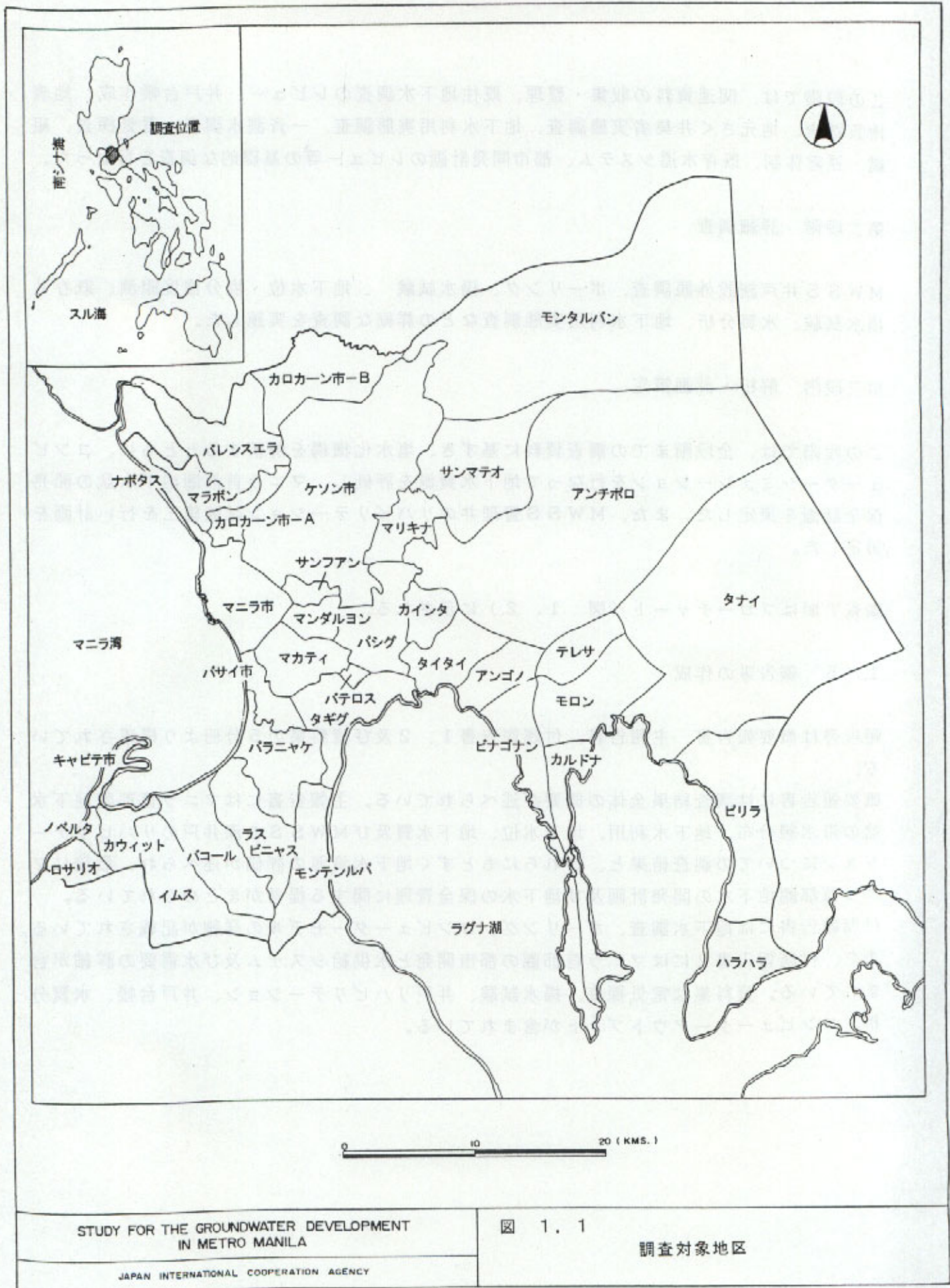
調査手順はフローチャート（図 1. 2）に示される。

### 1. 5 報告書の作成

報告書は概要報告書、主報告書、付属報告書1、2及び資料集の5分冊より構成されている。

概要報告書には調査結果全体の概要が述べられている。主報告書にはマニラ首都圏地下水盆の帯水層分布、地下水利用、地下水位、地下水質及びMWSSの深井戸のリハビリテーションについての調査結果と、これらにもとづく地下水資源の評価が述べられ、最後にマニラ首都圏地下水の開発計画及び地下水の保全管理に関する提言がまとめられている。

付属報告書には地下水調査、ボーリング、コンピューターモデルの詳細が記載されている。また、付属報告書2にはマニラ首都圏の都市開発と水供給システム及び水需要の詳細が含まれている。資料集は電気探査、揚水試験、井戸リハビリテーション、井戸台帳、水質分析、コンピューターアウトプットが含まれている。



STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 1. 1

調査対象地区



## 2. 社会経済と水供給

### 2. 1 社会経済

#### 地理的位置

フィリピン国はアジア大陸東南方の西太平洋上、北緯 $4^{\circ}23'$ から北緯 $21^{\circ}25'$ 、東経 $116^{\circ}00'$ から東経 $126^{\circ}30'$ の間に位置し、大小7、100余の島々から成っている。主要な11島がフィリピン国土面積の90%を占めるが、その総面積は約300、000 $\text{km}^2$ である。また、首都マニラは東経 $121^{\circ}$ 北緯 $14^{\circ}35'$ のルソン島中央部に位置している。

#### 面積・人口

フィリピンはマニラ首都圏(NCR)を含む13のリージョンから構成されている。調査地域であるMWSS給水地域(MSA)はNCR及びリージョン4に含まれるリサール県とキャビテ県の一部を含む5市32自治体からなり、その総面積は2、125 $\text{km}^2$ である。そのうちNCRは4市13自治体からなり、総面積は636 $\text{km}^2$ で調査地域の約30%を占める。

1990年センサスによるフィリピンの総人口は約60、675千人である。調査地域全体の人口は約937万人(NCR793万、キャビテ45.7万人、リサール98万人)で15%を占めるが、大半はNCRに集中しており、人口密度は123人/haに達している(表2.1.1, 図2.1.1, 2.1.2)。

#### 社会的背景

NCRとリージョン4はフィリピン国内では最も都市化が進行している地域で、社会的サービスや公共施設は他の地域にくらべ優位にあるが、人口の大部分は依然として貧困・病気・失業等にさらされている。マニラ首都圏では若年労働力は豊富にあるものの、雇用機会は相対的に低く、NCRにおける雇用率は1988年統計で82.8%にすぎない。

#### 経済的背景

NCRは貿易・金融・商業・教育の中心であり主要な産業が集中している。NCRの国内総生産(GDP)は31、323百万ペソ(1988年)で、国全体の約30%を占めて

いる（表2. 1. 2）。住民の所得レベルも他の地域に比べ高く全国平均が31,000ペソであるのに対し、約57,200ペソとなっており、その源泉の75%以上は農業以外である。

## 土地利用

NCRの総面積の47%は市街地である。一方リサル地域では、まだ農地・森林面積が多く、市街地は全体の11.7%にすぎない。キャビテ県ではマニラ首都圏からの都市化が進行し、市街地が増加している。

近年、工場の立地は幹線道路に沿って、北部のブラカン、東部のリサル、南部のキャビテ方面に向って進行している。また都市の人口増にともない、農地や養魚池は住宅地や商業地に転用され、各地で虫喰い状に開発されている。

## 2. 2 水供給

### 水供給の現状

1987年末では全人口の63%が公共水道により供給されている。残りの37%は民間井戸等により供給されている。マニラ首都圏及び隣接地域の給水率は86%である。給水地域の57%はMWSSによる直接サービスが行なわれているが、残りの16%は間接的に水売りにより供給されている（表2. 2. 1）。

マニラ首都圏では水供給サービスは戸別給水及び民間井戸、貧困地域では公共水栓または水売りにより行なわれている。マニラ首都圏外の都市部では、大多数の住民の給水はレベル3の段階にある。しかし、農村地域では井戸及び湧泉を水源とするレベル1の段階にある。MSAにおける1990年時点での1日当り水道供給量は約249万 $m^3$ と推定されている。

### 制度

水供給施設は公共事業省（DPWH）及びそれに所属するMWSSと地方水道公社（LWUA）の管理責任のもとにある。MWSSはマニラ首都圏及び隣接地域の上下水道を取り扱うが、LWUAはMWSSサービス区域外の上下水道を管轄する。

DPWHは主にレベル1システムの建設に当たるとともに、国家水供給計画の策定と実施

について関係省庁をリードし、それらを推進する権限と責任を有している。また国家水資源委員会（NWRB）はフィリピン国全土の適切な水利用と水利権に関する政策の実施と及び法規制に携わっている。

## マスタープラン

フィリピン政府の水供給・下水道・衛生マスタープラン（1988-2000年）は2期に分けられる。第1期（1988-92年）は、マニラ首都圏とその隣接地域において既存の施設の改良と給水地域の拡大のため、アンガット水供給最適化計画（AWSOP）を始めとする多数のプロジェクトを実施し、水供給率を首都圏人口の87%とすることを目標としている。

また、その他の都市では450箇所の管路給水（レベル2及び3）と250箇所のリハビリテーションを計画し、給水率目標を77%としている。さらに、農村地域では933箇所の管路給水システムと87、146箇所のレベル1システムの建設と21、620施設の修理・更正を計画し、農村部における給水率を92%に引き上げる目標である。

第2期（1993-2000年）は都市部と農村部の両方で、適切な水供給施設の運用と保守管理及び下水道の建設のもとで、完全給水を目指すこととし、さらにいっそう、施設の建設とリハビリテーションを行ないマニラ首都圏で97%、その他の都市部で95%、農村部で93%まで人口普及率を引き上げる計画である。

## MWSS給水地域（MSA）の現状

MWSSは5市32町を管轄し給水サービスを行なっている。MWSSの中央配水管網（CDS）が敷設されている地域は、アンガットダムを主要水源とする表流水が供給されている。しかし、CDSはマニラ首都圏縁辺部の北部、東部、南部（キャビテ県の一部を除く）には敷設されていない。これらの地域ではMWSSまたは水道区のような公共事業団体の井戸施設により地下水が供給されている（図2.2.1）。

AWSOPはアンガット川の表流水 $15\text{ m}^3/\text{sec}$ をCDS配水管網によりマニラ首都圏に新規に配水し、給水地域を拡張する計画であるが、プロジェクトの完成後もマニラ首都圏の一部とリサル地域には表流水は配水されない。これらの地域では、将来も長期にわたって、地下水依存が継続する。

## 給水人口と水量

1990年のMWS S統計によれば、MS A総人口約913万人の約90%にあたる823万人が給水サービスを受けていると推定される。このうち、29%にあたる265万人は非合法の水利用を行なっているとみられる。年間給水量は地表水876百万 $m^3$ 、地下水33百万 $m^3$ である(表2.2.2)。

一方MWS Sの供給サービスを受けていない、工場、事務所、学校、ホテル、住宅団地等では地下水を利用しており、その年間揚水量は307百万 $m^3$ に達するものと推定される。

## 既存の水供給施設

MWS Sの水道供給は主としてアンガット川の表流水及び地下水を水源とし、CDSを通じて配水されている。表流水は、アンガットダムに貯水され、アンガット川を通してイボダムに貯水される。イボダムからは2つの水路トンネルを流下し、ピクチ頭首工を介して4本の導水路により約40%はラ・メサ浄水場へ直接導水され、処理されており、残りはノバリチエス貯水池に送水された後、バララ浄水場で処理される(図2.2.2)。

バララ浄水場で処理された水はサンファン配水池、及びバララ・ポンプ場を通して配水され、ラメサ浄水場で処理された水はバグバグ配水池を通してそれぞれ配水される。これら表流水の水源能力は1日当り2、495千 $m^3$ である(表2.2.3)。

地下水はMS A内258井の深井戸から取水し、塩素滅菌の後、直接配水管に注入されている。1991年時点で、258井の深井戸の内58井は廃棄され、75井は非稼働の状態にある。地下水の供給能力は現状では1日当り9万 $m^3$ 程度と推定される。

工場、事務所、住宅団地等の民間深井戸施設の総数は3、000本以上と推定される。

## 実施中及び計画中のプロジェクト

MWS Sでは水供給地域の拡張、既存施設の改善を目的として、AWSOPのほかマニラ水供給リハビリテーションプロジェクト、マニラ首都圏配水プロジェクト等を実施中である。また、計画中のプロジェクトとして、リサール給水改良プロジェクト、縁辺部水供給プロジェクトなどがある。

## 将来の水源と容量

実施または計画中のプロジェクトの中では、AWSOPのみが供給水量の増加に寄与すると期待される。AWSOPでは供給水量 $15\text{ m}^3/\text{sec}$ を増強するとともに、ラメサNo. 2浄水場建設により $900\text{ km}^3$ の浄水能力の増加を見込んでいる。また、MWSは無収水量を減少させるため、漏水対策を軸としたリハビリテーションプロジェクトを実施中であり、1日当り $765\text{ km}^3$ を回復させる計画である。その他のプロジェクトはいずれも調査または詳細設計段階にあるため、マニラ首都圏縁辺部やリサール県域では今後長期間にわたって、地下水利用に頼らざるを得ぬ状況にある。

表 2.1.1 フィリピン国人口及び成長率

Region	人口 (千人)												成長率 (%)			
	1960	1970	1975	1980	1985	1990	1960/ 1970	1970/ 1975	1975/ 1980	1980/ 1985	1985/ 1990	1960/ 1970	1970/ 1975	1975/ 1980	1980/ 1985	1985/ 1990
					(Estimate)											
Philippines	27,088	100.0	36,684	100.0	46,098	100.0	54,688	100.0	60,685	100.0	60,685	3.1	2.8	2.7	2.6	2.4
NCR (National Capital Region)	2,462	9.1	3,697	10.8	4,970	11.8	6,942	12.7	7,929	13.1	7,929	4.9	4.6	3.6	3.2	3.1
Region																
1. Ilocos	2,428	9.0	2,991	8.1	3,269	7.8	3,903	7.1	3,551	5.9	3,551	2.1	1.8	1.6	2.0	1.6
2. Cagayan Valley	1,202	4.4	1,691	4.6	1,933	4.6	2,521	4.6	2,341	3.9	2,341	3.5	2.7	2.8	2.6	2.0
3. Central Luzon	2,525	9.3	3,615	9.9	4,210	10.0	5,436	10.0	6,199	10.2	6,199	3.7	3.1	2.7	2.6	2.5
4. Southern Tagalog	3,081	11.4	4,457	12.1	5,214	12.4	7,089	13.0	8,266	13.6	8,266	3.8	3.2	3.3	3.0	3.0
5. Bicol	2,363	8.7	2,967	8.1	3,194	7.6	3,972	7.2	3,910	6.4	3,910	2.3	1.5	1.7	2.4	1.3
6. Western Visayas	3,078	11.4	3,618	9.9	4,146	9.8	5,092	9.3	5,393	8.9	5,393	1.6	2.8	1.8	2.4	1.8
7. Central Visayas	2,523	9.3	3,033	8.3	3,387	7.9	4,155	7.7	4,593	7.6	4,593	1.9	2.2	2.3	2.1	1.9
8. Eastern Visayas	2,041	7.5	2,381	6.5	2,600	6.2	2,799	5.6	3,055	5.0	3,055	1.6	1.8	1.5	1.9	0.9
9. Western Visayas	1,351	5.0	1,869	5.1	2,048	4.9	2,863	5.2	3,159	5.2	3,159	3.3	1.8	4.3	2.1	2.3
10. Northern Mindanao	1,297	4.8	1,953	5.3	2,314	5.5	2,759	5.8	3,510	5.8	3,510	4.2	3.5	3.6	2.9	2.3
11. Southern Mindanao	1,353	5.0	2,201	6.0	2,715	6.5	3,347	7.0	4,457	7.3	4,457	5.0	4.3	4.3	2.8	2.9
12. Central Mindanao	1,383	5.1	1,941	5.3	2,070	4.9	2,598	4.8	3,171	5.2	3,171	3.4	1.3	1.9	2.7	3.5

Source: 1960-1980 Philippine Statistical Yearbook 1989 (NEOA)  
 1985 Philippine Yearbook 1989 (NSO)  
 1990 1990 Census of Population and Housing (NSO)

表 2. 1. 2 フィリピン国GDP 1987-1988  
(at constant 1972 prices)

リージョン	国内総生産 (百万ペソ)		成長率 (%)	一人当りの年間生産 (ペソ)	成長率 (%)
	1987	1988*	1987-1988	1988	1987-1988
PHIL.	95,948	101,758	6.63	1,733	3.56
NCR	28,502	31,323	9.90	4,143	6.89
I	4,323	4,507	4.25	1,090	2.28
II	2,301	2,432	5.70	897	3.16
III	7,664	8,286	8.12	1,413	5.59
IV	14,221	14,929	4.97	1,941	2.19
V	3,120	3,257	4.41	776	2.09
VI	6,545	6,902	5.44	1,269	3.19
VII	6,905	7,421	7.48	1,669	5.45
VIII	2,323	2,383	2.60	735	0.76
IX	3,350	3,492	4.24	1,141	1.96
X	5,248	5,570	6.13	1,620	3.41
XI	7,082	7,186	1.47	1,739	-0.98
XII	3,844	4,064	5.74	1,451	3.14

(\*) As of January 1989

Sources: Economic and Social Statistics Office  
National Statistical Coordination Board

表 2. 2. 1 水供給の現況 1987

地 域	人 口		給水人口						公共水供給システムとアクセスできない人口	
	人口 (%)	100	合 計		井戸及び湧泉		管路給水システム		人口 (%)	100
			人口 (%)	100	人口 (%)	100	人口 (%)	100		
Philippines	57.36	100	36.17	63	17.92	31	18.25	32	21.19	37
Urban	23.53	100	15.39	65	12.52	53	2.87	12	8.14	35
Metro Manila and and its conji- guous area	8.16	100	7.01	86	6.84	84	0.17	2	1.15	14
Others	15.37	100	8.38	55	5.68	37	2.70	18	6.99	45
Rural	33.83	100	20.78	62	5.40	16	15.38	46	13.05	38

\* Excluding the 303,433 population of the towns of Rizal province under BP 799.

Source: Department of Public Works and Highways, Water Supply, Sewerage, and Sanitation Master Plan of the Philippines: 1988-2000.

*(Faint, mostly illegible table content, likely a continuation of the data or a detailed breakdown of the statistics provided in the main table above.)*

表 2. 2. 2 MWSSの水供給実績

Year	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
1) Pop'n under MWSS (million)	7.480	7.712	7.938	8.167	8.405	8.651	9.133
2) Water Production							
a) Surface Water (million m3)	642.24	757.37	874.07	834.75	849.34	859.10	875.80
b) Groundwater (million m3)	25.56	29.45	30.43	27.87	29.48	28.96	33.33
Total	667.80	786.83	904.51	862.62	878.82	888.06	909.13
Increase	-	119.03	117.68	(41.89)	16.20	9.24	21.07
3) Water Consumption							
a) Volume Sold (million m3)	289.90	302.85	310.78	336.51	359.45	375.77	384.67
%	43.4%	38.5%	34.4%	39.0%	40.9%	42.3%	42.3%
b) NRW (million m3)	377.90	483.98	593.73	526.11	519.37	512.29	524.46
%	56.6%	61.5%	65.6%	61.0%	59.1%	57.7%	57.7%
Total	667.80	786.83	904.51	862.62	878.82	888.06	909.13
c) House Connection (mil. m3)	168.55	183.55	195.47	218.48	225.85	235.74	244.97
d) P.F. & Other Conn. (mil. m3)	121.35	119.30	115.31	118.03	133.60	140.03	139.70
e) Illegal Use (mil. m3)	151.16	193.59	237.49	210.44	207.75	204.92	209.78
Sub Total	441.06	496.44	548.27	546.95	567.20	580.69	594.45
%	66.0%	63.1%	60.6%	63.4%	64.5%	65.4%	65.4%
f) Leak, Meter Error (mil. m3)	226.74	290.39	356.24	315.67	311.62	307.37	314.68
%	34.0%	36.9%	39.4%	36.6%	35.5%	34.6%	34.6%
Total	667.80	786.83	904.51	862.62	878.82	888.06	909.13
4) Number of Connections							
a) House Connection	321,512	377,538	442,323	490,223	508,545	543,128	599,754
b) Public Faucet	1,020	1,080	1,160	1,230	1,300	1,420	1,490
c) Others	27,039	27,368	26,919	26,703	44,688	43,910	47,343
Total	349,571	405,986	470,402	518,156	554,533	588,458	648,587
Increase	-	56,415	64,416	47,754	36,377	33,925	60,129
5) Estimated Population Served							
a) House Connection (million)	2.604	3.058	3.583	3.971	4.119	4.399	4.858
b) Public Faucet (million)	0.496	0.525	0.564	0.598	0.632	0.690	0.724
Sub Total	3.100	3.583	4.147	4.569	4.751	5.089	5.582
Increase	-	0.483	0.564	0.422	0.182	0.338	0.493
c) Illegal Use (million)	1.358	1.955	2.738	2.483	2.381	2.399	2.649
Total	4.458	5.538	6.884	7.052	7.132	7.489	8.232
Increase	-	1.080	1.347	0.167	0.080	0.357	0.743
6) Per Capita Water Consumption (lpcd)							
a) for distributed water	410	389	360	335	338	325	303
b) for effective water	271	246	218	212	218	212	198
c) for domestic water	177	164	149	151	150	147	138

Note: 5a = 4a x 8.1, 5b = 4b x 486, 5c = (3b x 0.4 x (3c/3a)) / (3c/4a) x 8.1

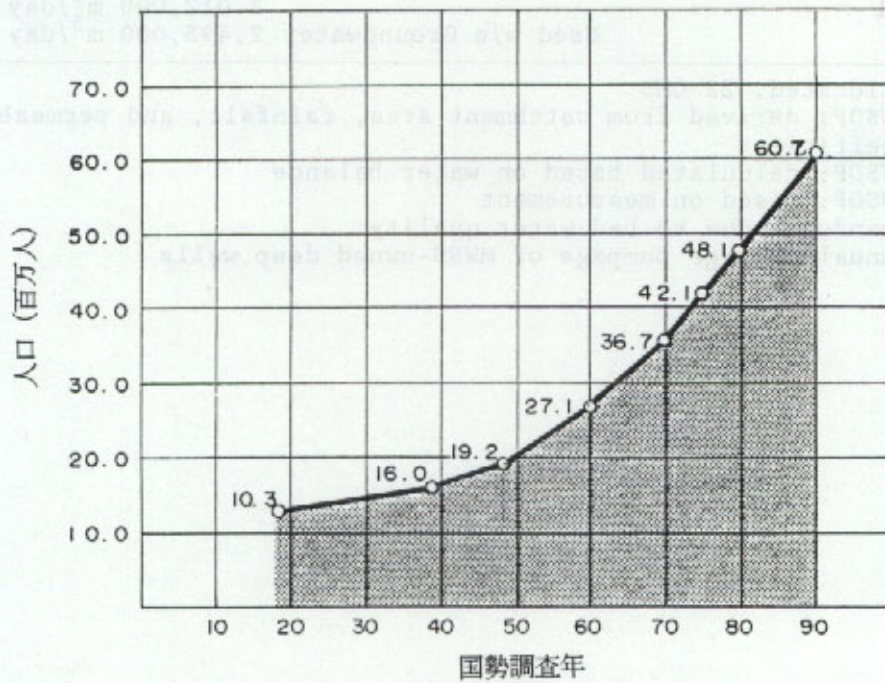
6a = (3a+3b) / (5a+5b+5c), 6b = (3c+3d+3e) / (5a+5b+5c), 6c = 3c / 5a

Source: Corporate Planning Group



河川	水質調査 (m <sup>3</sup> /day)	取水 (m <sup>3</sup> )	治水
Agno Dam (Agno River)	1,801,000	268	
Agno Dam (Agno River) Old	(Surpassed by New Dam)		
Agno Dam (Agno River)	474,000	70	
Agno Dam (Agno River)	100,000	27	
Agno Dam (Agno River)	20,000	14	
Agno Dam (Agno River)	15,000		
Agno Dam (Agno River)	10,000		
Agno Dam (Agno River)	5,000		
Agno Dam (Agno River)	2,000		

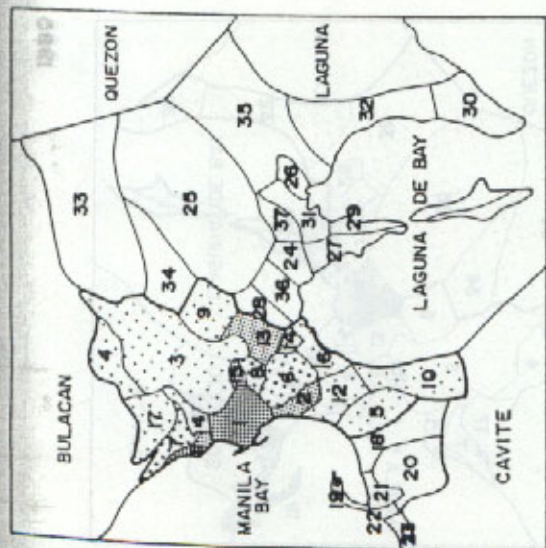
フィリピン国人口成長



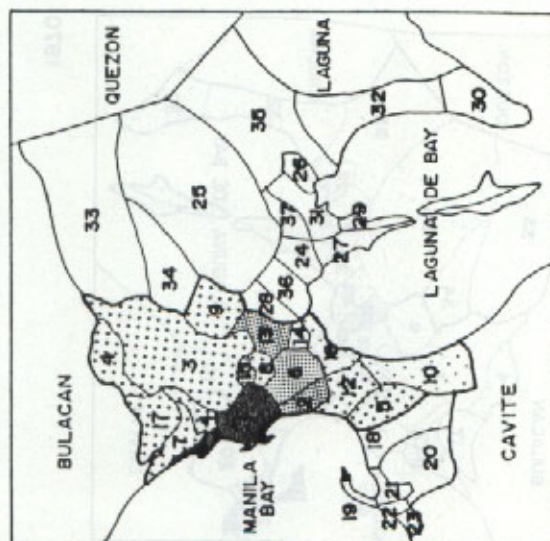
STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

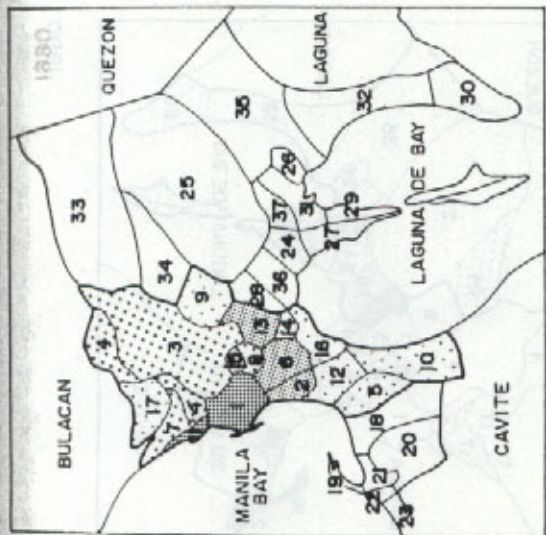
図 2. 1. 1. フィリピン国人口成長



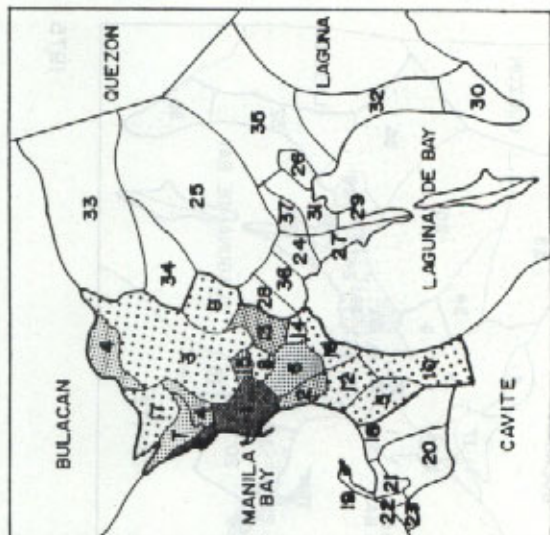
1970



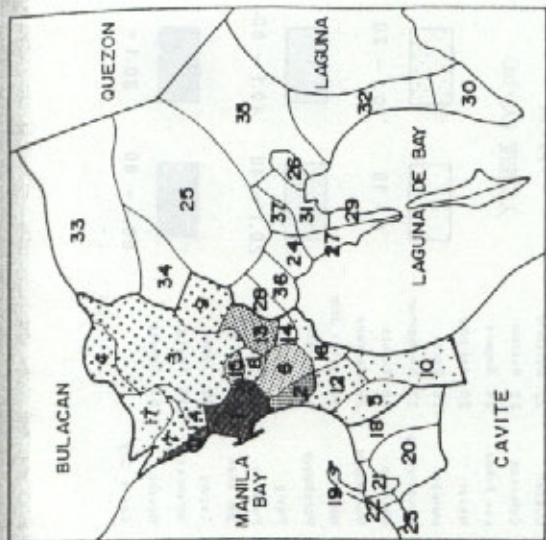
1985



1975



1990



1980

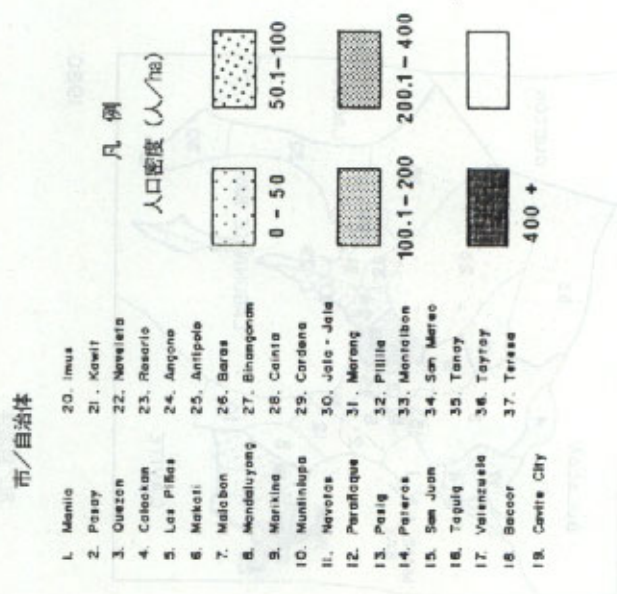
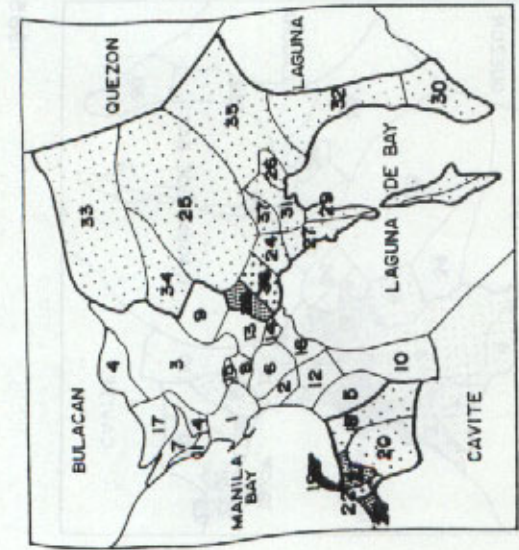
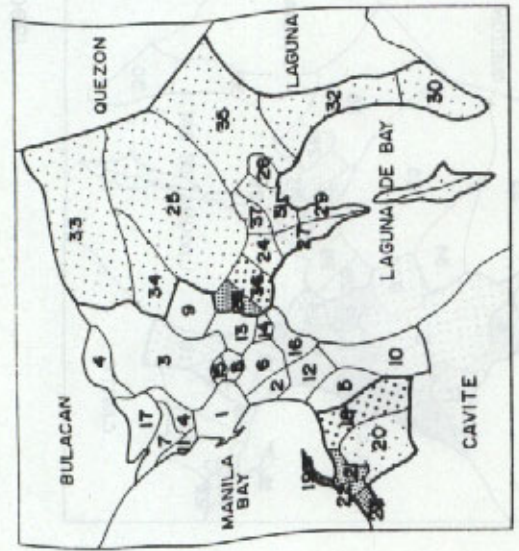


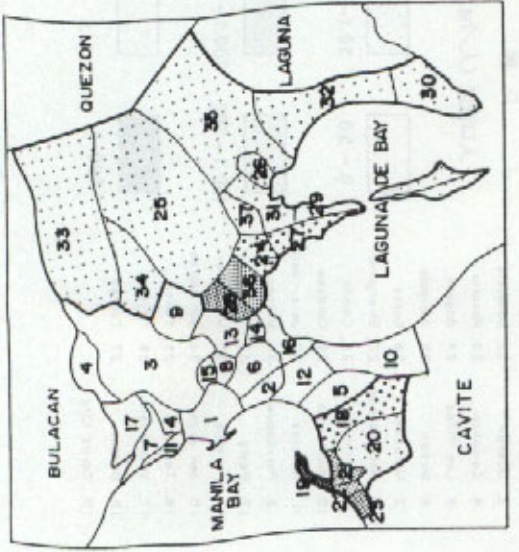
图 2.1.2 (1) 调查地域人口密度 (1990年)



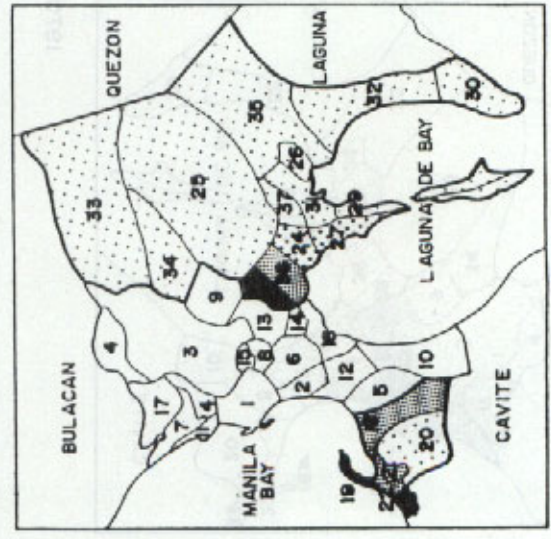
1970



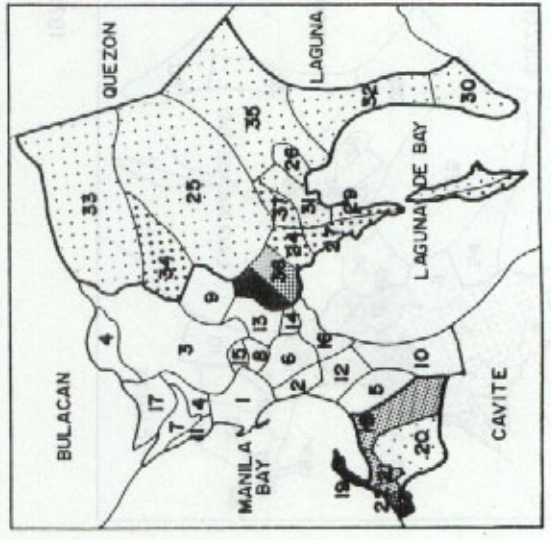
1975



1980



1985



1990

市/自治体

- 1. Manila
- 2. Pasay
- 3. Quezon
- 4. Caloocan
- 5. Las Piñas
- 6. Makati
- 7. Malabon
- 8. Mandaluyong
- 9. Marikina
- 10. Muntinlupa
- 11. Navotas
- 12. Parolaque
- 13. Pasig
- 14. Pateros
- 15. San Juan
- 16. Taguig
- 17. Valenzuela
- 18. Bacoor
- 19. Cavite City
- 20. Imus
- 21. Kawit
- 22. Novleta
- 23. Reserbo
- 24. Angono
- 25. Antipolo
- 26. Baras
- 27. Binangonan
- 28. Comte
- 29. Cardena
- 30. Jolo - Jolo
- 31. Morong
- 32. Piliic
- 33. Marikina
- 34. San Mateo
- 35. Tanay
- 36. Taytay
- 37. Teresa

凡例  
人口密度 (人/ha)

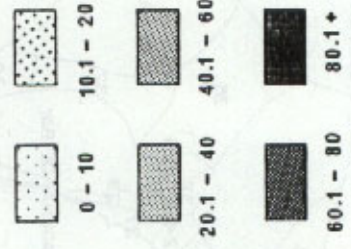
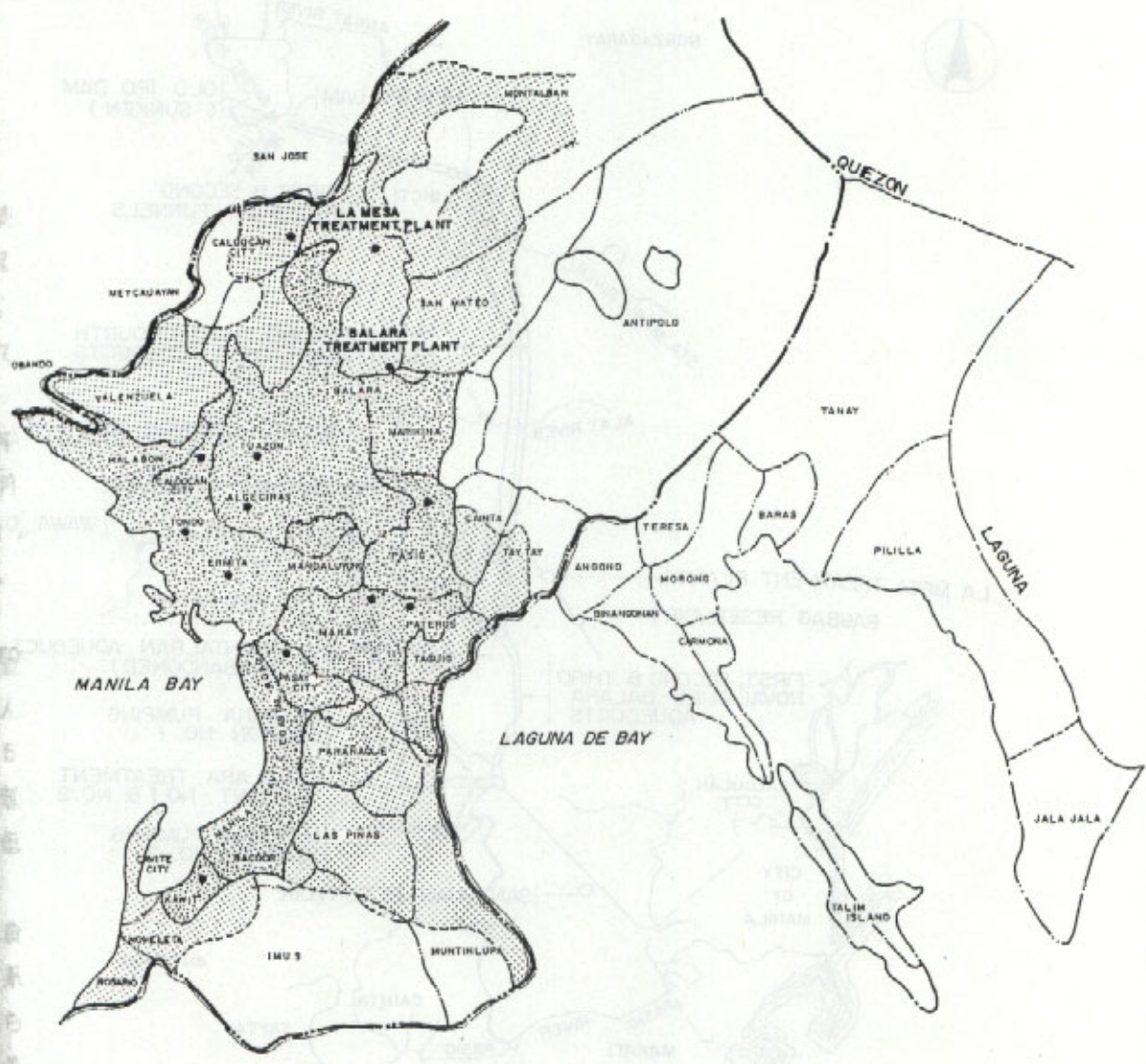






圖 2. 1. 2 (2) 調查地域人口密度 (1990年)



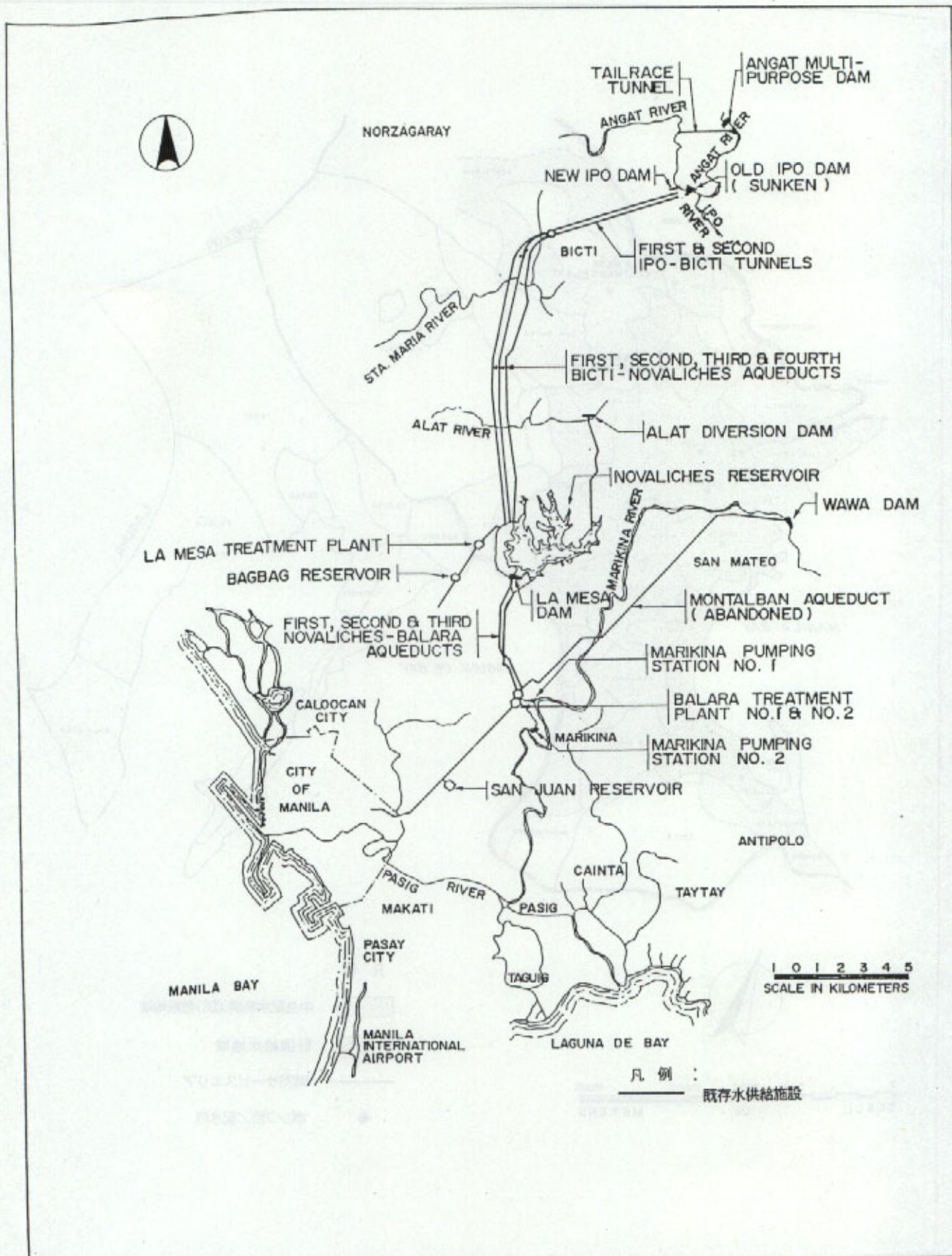
- 凡例：
-  中央配水管網(CDS)敷設地域
  -  計画給水地域
  -  MWSSサービスエリア
  -  ポンプ所/配水池

0 5000 7500 10000 15000  
 SCALE IN METERS

STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
 IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 2.2.1  
 MWSSのサービスエリア



STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 2. 2. 2

既存の水源地位置図

### 3. 地下水

#### 3. 1 水文環境

##### 3. 1. 1 気候

調査地域の気候は5月から10月までの雨期と11月から翌年4月までの乾期とに分けられる。年平均降雨量は1900mmから2200mmで、降雨量の90%は雨期に集中する。降雨量は東側の山地で多く2200-2400mmを示すが、西側のマニラ湾に向かって減少し1900-2000mmとなる(図3. 1. 1)。

月平均気温は25-30Cの間であり、最も気温の低い月は12月-2月、最も気温の高い月は4月-5月である。

##### 3. 1. 2 地形と水系

調査地域は西側はマニラ湾に、南側はラグナ湖に面している。東側にはマリキナ峡谷をはさんで標高約250mのアンチポロ台地が南北に延び、さらにその東側は標高1400-1500mのシエラマドレ山脈に連なる丘陵・山地が迫っている。調査地域の主部は南北に延びる標高20-70mの丘陵が発達し、マニラ湾とラグナ湖ぞいには標高0-10mの低地が広がっている。

調査地域はバシグ・ラグナ湖水系と呼ばれ、マリキナ川水系、ラグナ水系および都市河川水系に3区分できる。マリキナ川は北東部山地に源を発し、峡谷を南流し、ナビンダン堰から流路を変え、バシグ川と名を変えてマニラ市街を東西に横切り、マニラ湾に注いでいる。都市河川はラスピニャス・パラニャケ市街を西流する小河川で、マニラ湾に注いでいる。

ラグナ湖は山地丘陵から小河川が流入している。湖はナビンダン水路を通じてバシグ川につながっており、その流量と水位はナビンダン堰により調節されている(図3. 1. 2)。

#### 3. 2 水文地質

##### 3. 2. 1 マニラ首都圏とその周辺地域

## 地質概要

調査地域はルソン中央平原の南東部に位置する。ルソン中央平原は、北はリングエン湾、南はマニラ湾に開いた広大な平原で、沖積層および更新世—鮮新世のガダルベ層が厚く堆積し、地質学的にはルソン中央峡谷堆積盆と呼ばれている（図3. 2. 1）。

ルソン中央平原の東側には南北に東部丘陵が発達している。丘陵の標高は40—200mで北はパラヤンからケソンを経て南はラグナ湖にいたる。調査地域の主部、すなわちマニラ首都圏の大部分は、この丘陵上に乗っている。丘陵には火山灰質の堆積物からなるガダルベ層が露出している。

マニラ湾及びラグナ湖の南方山地は南西ルソンアップランドと呼ばれる。マニラ湾の南岸及びラグナ湖畔から南にはタール火山の山麓が広がり、山地は広く火山岩類におおわれており、調査地域南部への地下水かん養域となっている。

南部シェラマドレ山地は東部丘陵の東側を構成する標高300—1500mの山地で、地質は主に中生代—古第三紀の火山碎屑岩類と石灰岩から構成されている。これらは、調査地域の水理地質基盤となっている。

ザンバレス山地はルソン中央平原の西側に南北にバターン半島へ連なる山地で、ピナツポ火山など標高1200m以上の火山群とそれらの基盤をなす超塩基性岩類からなり、過去100万年以前から洪積世の間、ガダルベ層堆積盆への西側からの供給源となっていたと考えられる（図3. 2. 2）。

## 地質層序と分布

調査地域は白亜紀—古第三紀のキナブアン層、メイバンゲン層、新第三紀のアンガット層、マドルム層、鮮新—洪積世のガダルベ層及び沖積層が分布する（図3. 2. 3）。

調査地域の中央部を南北に走るマリキナ断層を境に、西側の丘陵にはガダルベ層が、またマニラ湾沿岸には沖積層が分布している。また、断層の東側には上述の各層が分布している。

## 水文地質的な特徴

沖積層とガダルベ層は帯水層をなす。第三紀層以前の各層は堆積岩類・火山岩類ともに良

く固結した緻密な岩石からなり、風化帯や裂かの集中するゾーンを除くと、ほとんど不透水層とみなすことができる。

ガダルベ層は凝灰質砂岩、れき岩、粗粒凝灰岩などの堆積岩が帯水層を構成している。調査地域では3つの独立した堆積盆が認められ、そのうち最大のガダルベ堆積盆はルソン中央谷堆積盆の一角を占め、マニラ首都圏の大部分を占めている。全体として東から西へ向かって緩く傾斜し、マニラ湾沿岸では沖積層におおわれている。その層厚は2000m以上に達するものと推定される(図3.2.4)。

アンチポロ台地は周囲を第三紀以前の水理地質基盤岩類で囲まれ、ガダルベ層におおわれ独立した堆積盆を構成している。全体層厚は230m程度と推定され層厚最大130mの上部層が良好な帯水層をなしている。

アンチポロ台地の北部にはキナブアン層の玄武岩を基盤として、ガダルベ層が小さな堆積盆をなしている。

ラグナ湖の周囲に分布するラグナ層群はガダルベ層と同時異相の火山砕屑岩類で、裂かの発達する部分を除くと、一般に不透水層をなす。

沖積層は砂・粘土からなり、マニラ湾沿岸、マリキナ峡谷、ラグナ湖畔、東部山地の山間盆地に分布し不圧帯水層をなす。しかしマニラ湾沿岸では地下水の塩水化が進んでいる。

### 3.2.2 アンチポロ台地

アンチポロ台地のガダルベ層は露頭観察・ボーリング結果から4部層に区分される。

最下部の第1層はれき岩と粗粒砂岩からなり台地の北部に分布する。第2層は下部の中粒砂岩、れき岩と上部の凝灰質泥岩・砂岩の互層からなり、台地東部の急斜面に露出する。第3層は泥岩・凝灰岩の互層からなり、アンチポロ台地の中央部に分布している。また第4層は風化の進んだ凝灰角れき岩、火山円れき岩からなり台地の北部をおおっている。

ガダルベ層は、新第三紀層以下の硬い岩盤を基盤とし、その上に堆積している。基盤の形状は南北に細長い船底状を呈し、中心部の深さは地表下180-230mである。アンチポロ台地は、東、西、北側に基盤岩類が分布し、不整合あるいは断層でガダルベ層と接し、独立した地下水盆を構成している。このため、台地の縁辺部には湧泉が分布し、地下水が流出している(図3.2.5)。

アンチポロ台地の電気探査結果と台地中心部のバランガイ・サンホセで行なったテストボーリング結果（250m及び200m）を総合すると、ガダルベ層は水文地質的には上部のGs層と下部のGmd層に2分される。Gs層は主として第3層の粗粒砂岩と凝灰岩から構成され良好な帯水層をなす。層厚は100-120mである。Gmd層は主として第2層の凝灰質泥岩からなり難透水層をなす。また、ガダルベ層の表層30-50mは風化が進み、不圧地下水または宙水を含む帯水層となっている（図3.2.6）。

アンチポロ台地の中心部の地下水位は地表下30-40m（標高160-170m）であるが、台地の北部と南部では地下水面の高まりがみられ、地下水位は20-30m（標高190-200m）を示している。また台地の縁辺部では、地下水位の勾配は急で、地下水が台地から流出する様子が見える。

### 3.2.3 ラスピニャス

ラスピニャスはマニラ湾に面した標高0-10mの沖積低地とその背後の標高20-40mの丘陵からなる。沖積低地の幅は約1.5-2kmで、ラスピニャス川、サボテ川と、旧河道、マリンポンドが分布し、その間に市街地が密集している。

沖積低地は砂・粘土から成る沖積層におおわれている。丘陵部には砂岩・泥岩・凝灰岩・れき岩の互層よりなるガダルベ層が分布している。ガダルベ層の走向は、ほぼ海岸線に平行で、傾斜3°-5°でマニラ湾方向に傾いている。ガダルベ層の層厚は2000mに達するものと推定される。

ガダルベ層の層相と地下水の塩水侵入状況を解明するため、ラスピニャスでコアボーリングと観測井の掘削を行なった。それによれば、表層部は10m未満の沖積層で、それ以深は凝灰質シルト、泥岩、砂岩、軽石などの互層からなるガダルベ層である。深度60-90m付近に顕著な粘土層（CL）が発達している。また、顕著な軽石層（PM）が4層識別され、粘土層と同様に水平方向によく連続する。CLは上部と下部の帯水層を分ける加圧層の役割を果たしている（図3.2.7.3.2.8）。

層厚約300mのガダルベ層は2つの帯水層に大別できる。第一帯水層は約60mの層厚を持ち被圧されている。地下水はかなり塩水化しているため、井戸は本層から取水していない。第二帯水層は、200m以上の層厚を持ち、被圧している。既存井は本層にスクリーンを設置している。CL層は、第一帯水層が塩水化しているため、第一加圧層として、それ以深の帯水層への塩水侵入に対し重要な役割を持っている。

地下水位は帯水層毎に異なっている。ラスビニャス100m井の地下水位は、No. 1とNo. 2でそれぞれ4.6m及び3.7mを示している。これに対し、200m井はNo. 1で37.3m、No. 2で43.4mである。また、300m井ではNo. 1で44.5m、No. 2で50.0mと200m井よりも低下しており、地下水が主に第二帯水層から取水されていることを示唆している。

バンブロナでは、この地域の激しい地下水揚水により、第二帯水層の被圧水頭は海面下60mまで低下している。地下水は、広域的には、第一帯水層から第二帯水層へ、下向きの漏水によって流動し、バンブローナの地下水低下帯に向かっている。

### 3.3 地下水利用

MSA内の民間深井戸3434本の井戸台帳を作成した。このうち、1218本はすでに廃棄され、現在稼働中の深井戸は2216本である。MWSSが管理する深井戸は258本であり1990年時点でこのうち131本が稼働している。民間井戸数は首都圏南部のバラニャケ、ラスビニャス、モンテンルバ、中部のバシグ、北部のケソン、カローカン、バレンスエラなどの自治体に多い。

民間井戸542箇所の揚水量実態調査を行い、それらにもとずき2216本の1990年揚水量を推定した。またMWSS管理井については取水実績をもとに集計した(図3.3.1)。集計結果によると、MSA管内(BP799によるリサール県内9自治体を除く)の年間揚水量は339.6百万 $m^3$ (民間井戸:306.8百万 $m^3$ 、MWSS管理井:32.8百万 $m^3$ )と推定される。また、民間井戸揚水量の用途別内訳は、工業用水129.54、商業用水26.34、家庭用水等150.97百万 $m^3$ である。

### 3.4 地下水位

231箇所の既存深井戸を観測井として、1990年11月、1991年4月-5月及び1991年8月の3回にわたって一斉測水を行い、地下水コンター図を作成した。

地下水位は首都圏北部のカローカンや南部のバコール・イムス付近で高く、それぞれ標高20-60m、10-50mを示している。地下水位は首都圏の大部分で著しく低下し、南部のラスビニャス・バラニャケでは-70から-80m、中部のバシグ・ケソンでは-50から-60m、北部のバレンスエラでは-110mにも低下している。

地下水は、それぞれ揚水地域に向かって、首都圏北部では北から南へ、また南部では南か

ら北へ流動している。また、マニラ湾およびラグナ湖から地下水位の低下帯に向かって地下水が流動している（図3.4.1）。

1990-91年の地下水位コンターを1981年のそれと比較すると、マニラ・マカティ・マンダルヨンなど首都圏中心部の地下水位は最大80m以上も回復している。これは1987年に完成したマニラ水供給プロジェクトII（MWSP II）により、地下水の表流水への転換が進んだことによると考えられる。

雨期と乾期の地下水位コンターを比較すると、雨期には降水のかん養を受け北部で1-6m、南部で2-4m上昇している。しかしながら、大部分の地域では、揚水に伴い継続的に地下水位が低下している。

### 3.5 水収支解析

水文観測結果に基づき、アンチポロ台地とアンチポロを除く調査地域全域の地下水かん養量を次式により推定した。

$$P = R + E + I$$

ここに、P：年平均降雨量、R：地表流出量、E：蒸発散量、I：浸透量

アンチポロ台地の水収支は以下の通りである。（1911-1990年平均）

降雨量	:	2720.8	mm
流出量	:	1142.7	
蒸発散量	:	958.8	
かん養量	:	619.3	mm（降雨量の23%）

また都市化の影響を考慮した調査地域全域の水収支は以下の通りである。

降雨量	:	2329.7	mm
流出量	:	1397.8	
蒸発散量	:	816.6	
かん養量	:	115.3	mm（降雨量の4.9%）

### 3.6 帯水層定数

観測井及びMWS S管理井15箇所の揚水試験と既存揚水試験資料により、ガダルベ帯水層の透水量係数と比湧出量分布図を作成した。透水量係数は、マニラ首都圏の大部分の地域で $50-100\text{ m}^2/\text{day}$ の範囲にある。また、その平均値は $58.3\text{ m}^2/\text{day}$ である。マニラ湾沿岸、ラグナ湖西岸およびマリキナ峡谷では $100\text{ m}^2/\text{day}$ を越す地域がみられる(図3.6.1)。

### 3.7 地下水の水質

マニラ首都圏の稼働中の深井戸90箇所から地下水を採水し主要成分7項目( $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ )について分析し、キーダイアグラムにプロットした(図3.7.1, 3.7.2)。

海岸平野の地下水は (carbonate alkali)及び (noncarbonate alkali)の領域に分布している。 の領域の水は塩水化しており、塩素イオン濃度は $200\text{ mg/l}$ 以上を示している。とくに、ラスピニャスのJICA観測井(100m井)では $17000\text{ mg/l}$ 以上の、極めて高い濃度を示す。 の領域に分布する水は、 の領域(carbonate hardness)の領域から移行したもので、引き続き の領域への移行過程にある。

ガダルベ丘陵の地下水は 及び の領域に分布している。 の領域の水は の領域の水が水質的に進化したものと考えられる。塩素イオン及び硫酸イオンの濃度はおおむね $50\text{ mg/l}$ 以下の小さな値を示す。

マリキナ峡谷の地下水は、 から の全ての領域に分布している。(non-carbonate hardness)領域及び 領域の塩分濃度は $140\text{ mg/l}$ 以上を示し、地下深部のガダルベ層から化石塩水が混入した可能性が強い。

アンチポロ台地の地下水は全て 領域にプロットされる。ワワダム地点で採水した表流水も 領域に属し、地下水と表流水の水質は良く似ている。降雨が浸透し地下水となっただけからの経過時間は短いことを示唆している。

マニラ首都圏のガダルベ帯水層の水質は、初期には 領域にあるが、流動に伴って 領域へ進化し、海岸平野では塩水侵入によって 領域へ変化していると考えられる。またマリキナ峡谷ではアップコーニング 現象によって深部の化石塩水が混入していると考えられる。

### 3. 8 塩水侵入

ガダルベ帯水層からの過剰な地下水揚水にともなう地下水位低下のため、1960年代末からマニラ湾沿岸部で地下水への塩水侵入が発生している。塩水侵入はバラニャケ・ラスビニャス・キャビテなどの首都圏南西部とラグナ湖沿岸のモテンルバ・パテロス、マリキナ峡谷下流のカインタなどで著しい。

1991年の地下水塩分濃度分布（電気伝導度）を1981年のそれと比較すると、マニラ・マラボン地区では、地下水の表流水への転換により地下水位が回復し、塩水化の範囲が縮小している。しかし、ラスビニャスやバコールでは、海岸から数km離れた内陸部に塩水化が進行している（図3.8.1）。

ラスビニャスNo. 1 - No. 3観測井の塩分濃度測定結果によると、帯水層毎に塩分濃度の違いが認められた。100m井ではNo. 1, No. 2それぞれ17, 144 mg/lと21, 100 mg/lの極めて高いCl濃度を示した。No. 2の200m井では4, 923 mg/lであるが、No. 1の200m井、300m井とNo. 2及びNo. 3の300m井はまだ塩水化していず、Cl濃度は200 mg/l以下を示した。

帯水層毎の塩分濃度の違いを考慮すると、塩水は第一帯水層から第二帯水層への漏水により移動していると考えられる。第一帯水層は、主にマニラ湾からの海水侵入を受けたものと考えられるが、このほか海岸から内陸部へ1.5 - 2.0 kmにわたって広がるマリオンポンドやサポータ川のような感潮河川からの塩水侵入も考えられる。

しかしながら、マリキナ峡谷では1960年代に掘削されたMGB-PS4井戸において、深部ガダルベ帯水層から高塩分濃度地下水が発見されている。記録によれば、この井戸の深度は457.2 mである。これは、ガダルベ層に化石水が存在することを示唆するものである。従って、浅層部（100 - 200 m）への塩水侵入はアップコーニングによりもたらされた可能性がある。

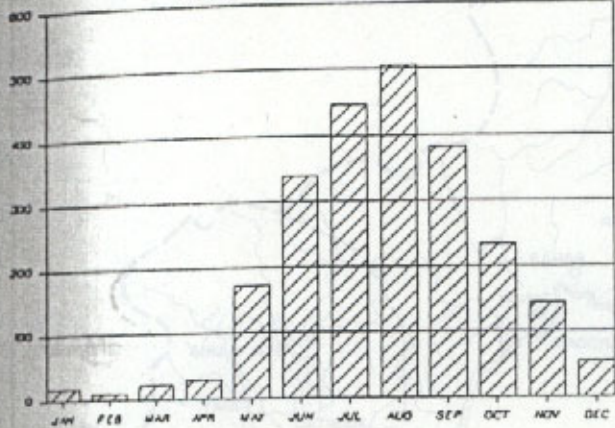
### 3. 9 地盤沈下

マニラ湾の検潮記録によると、1965年から1989年迄の25年間で平均海面は47.8 cm上昇している。しかしながら、陸上部では顕著な地盤沈下現象は認められない。マニラ湾沿岸の沖積粘土層は薄く、ガダルベ層は固結しているので地盤沈下現象は現われにくいと考えられるが、実態解明のためには、定期的に水準測量を行なうことが必要である。



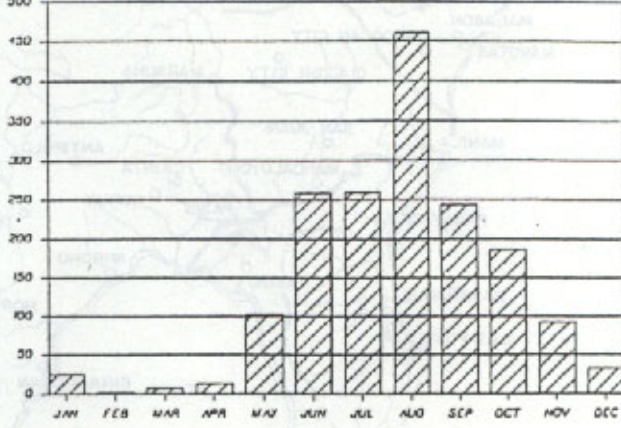
月降雨量

SCIENCE GARDEN STN. 1923-1925 (mm)



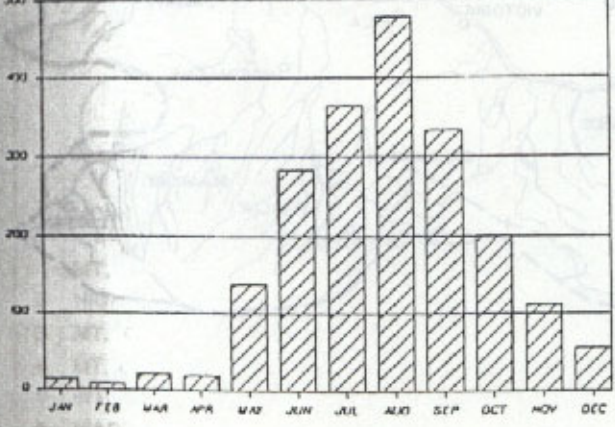
月降雨量

SANOLEY PT. STN. 1973-1923 (mm)



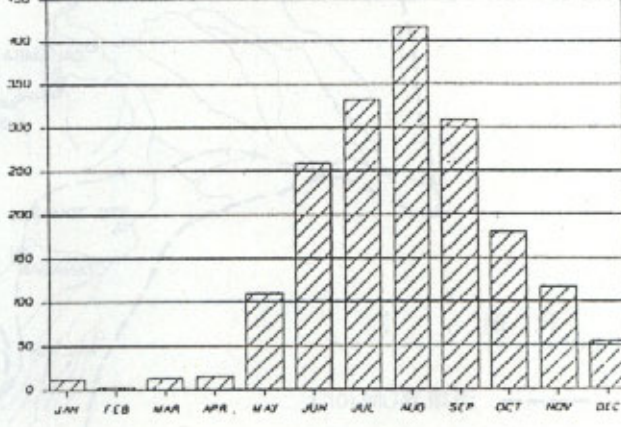
月降雨量

PORT AREA 4 STATION 1923-1923 (mm)



月降雨量

MIA STATION 1923-1923 (mm)

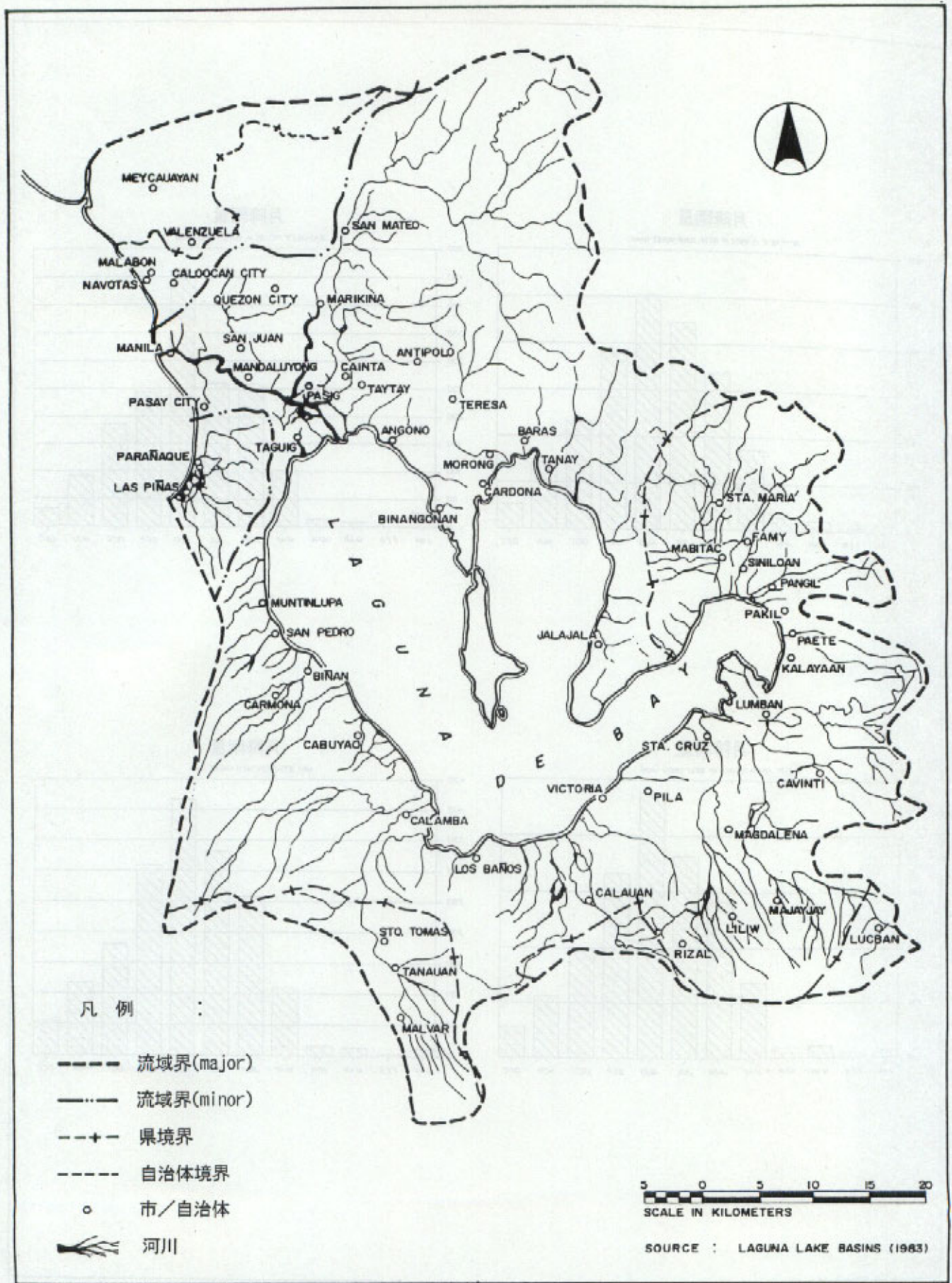


STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 3. 1. 1

月降雨量の変化

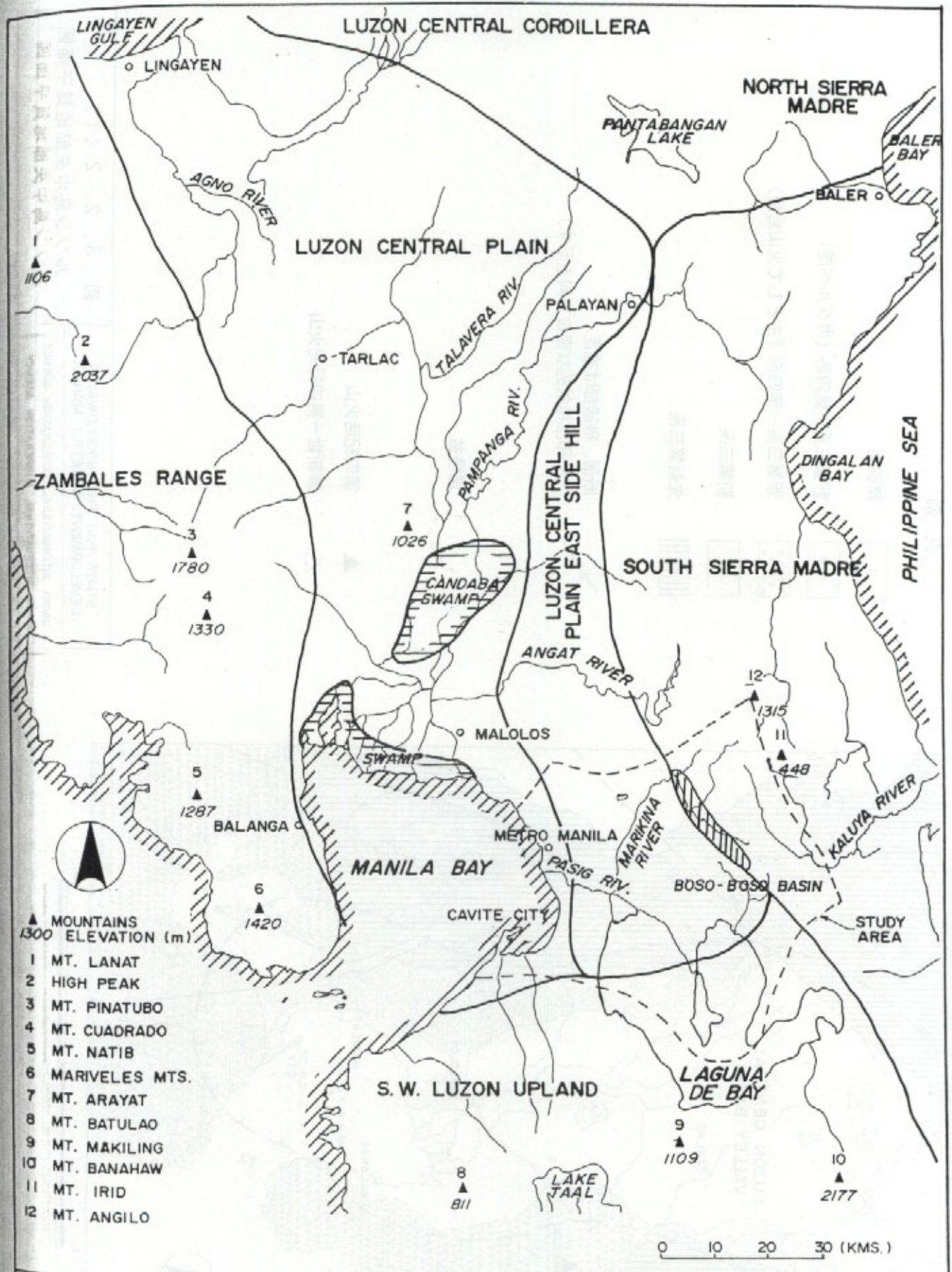


STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

图 3. 1. 2

水系图



STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 3. 2. 1

ルソン島中央部地質構造区分

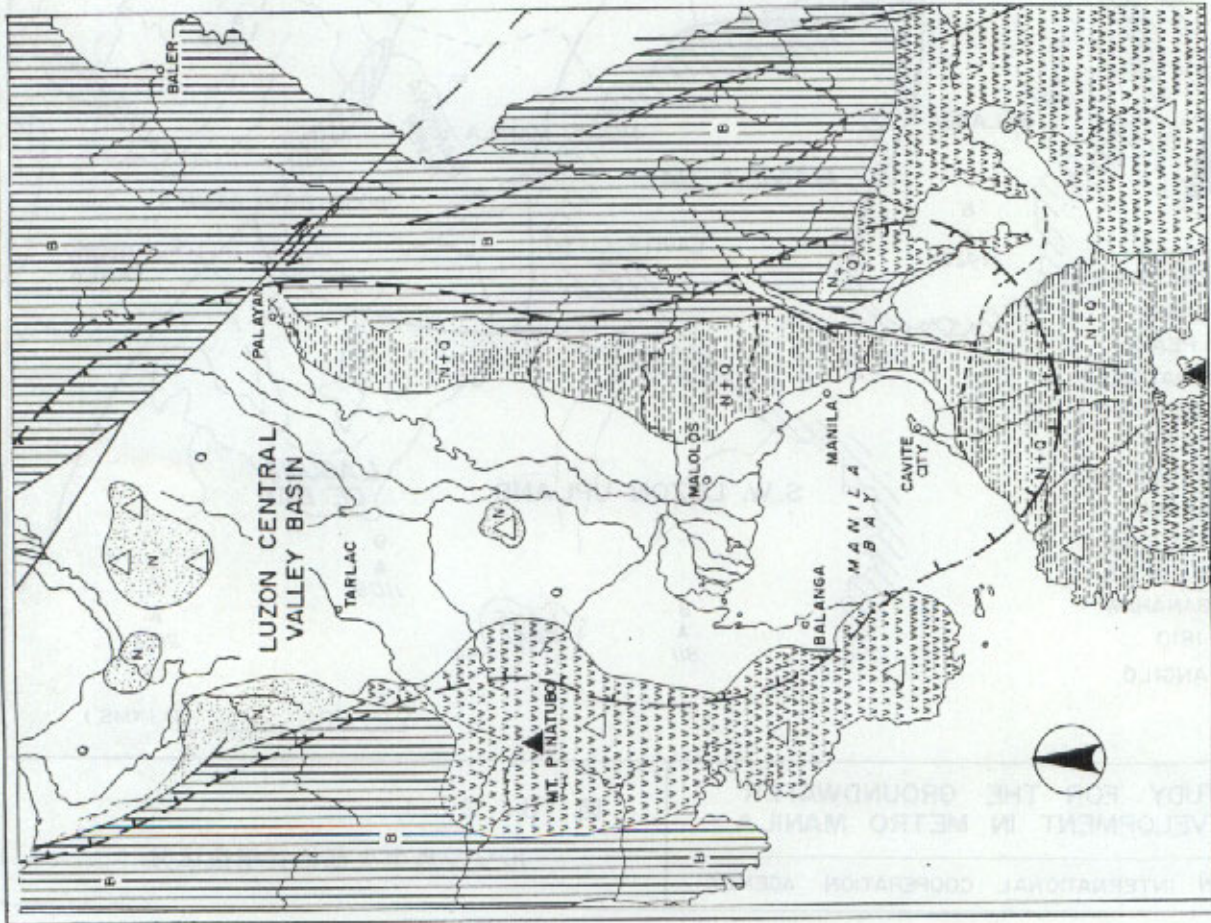
凡例

- 第四系
- 新第三系—第四系 (ガダルベ層)
- ▽ 新第三系—第四系 (主として火山岩層)
- 新第三系
- ▨ 先新第三系

断層、破線部は推定  
(矢印は相対的な変位方向を示す)

堆積盆

▲ 第四紀活火山  
△ 鮮新世—第四紀死火山



STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 3. 2. 2 (1)  
ルソン島中央部地質平面図

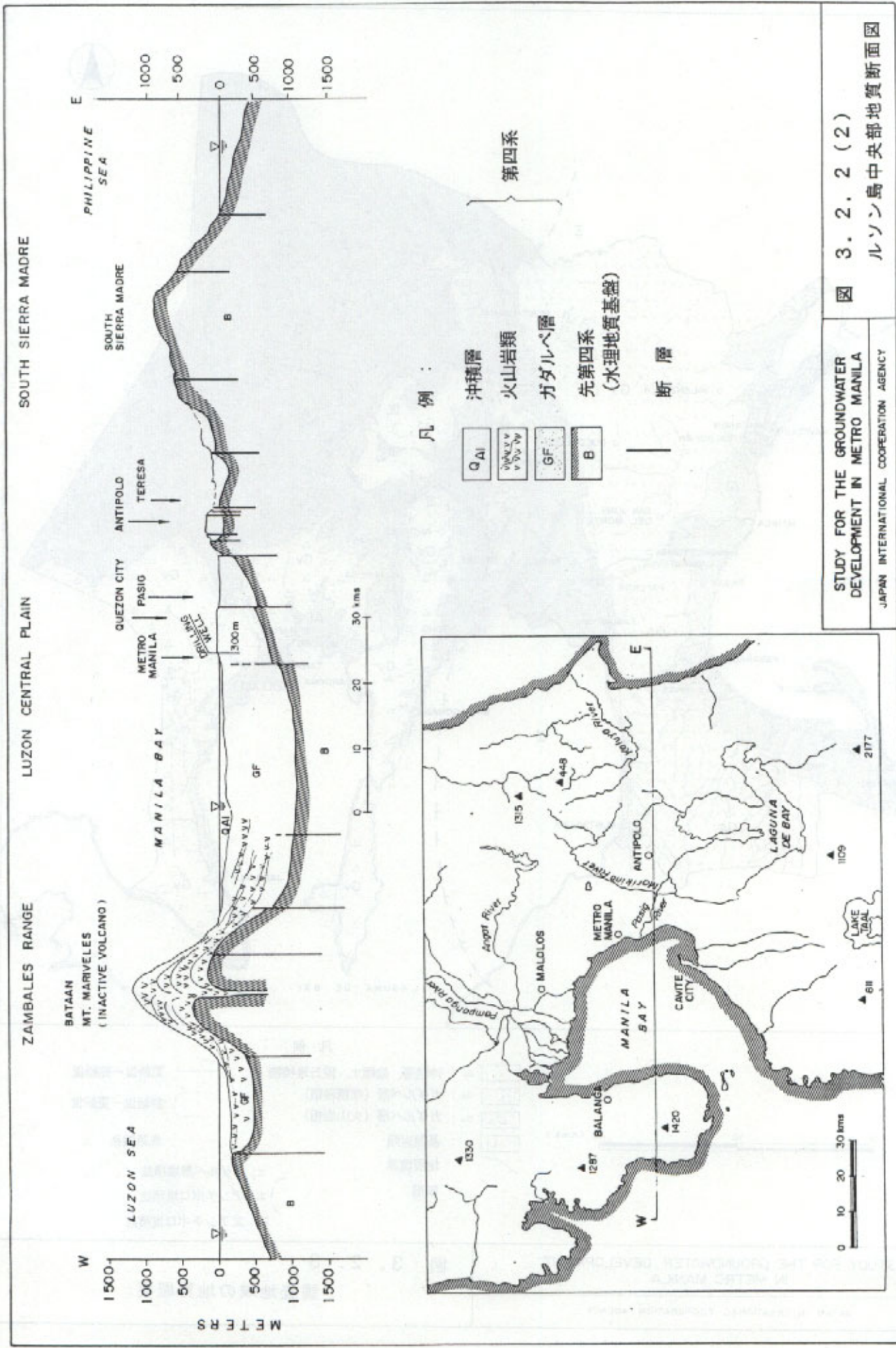
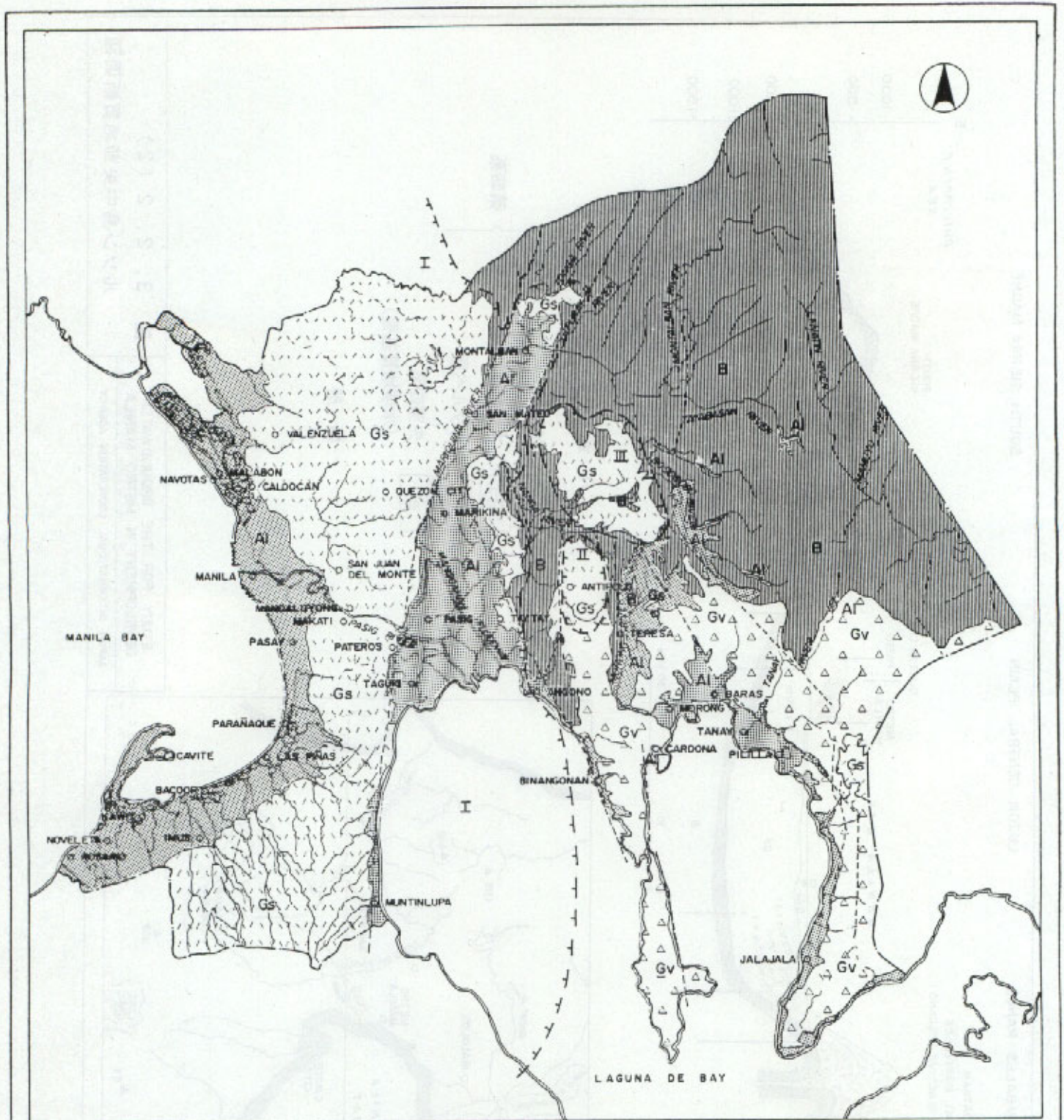


図 3. 2. 2 (2)  
ルソン島中央部地質断面図

STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



凡例：

- |                    |                   |                   |              |         |
|--------------------|-------------------|-------------------|--------------|---------|
| Ai : 沖積層、崩積土、段丘堆積物 | Gs : ガダルベ層 (堆積岩相) | Gs : ガダルベ層 (火山岩相) | B : 基盤岩類     | 更新世—完新世 |
| 地層境界               | 断層                | 鮮新世—更新世           | 先第四系         |         |
|                    |                   | I. ガダルベ層堆積盆       | II. アンチポロ堆積盆 |         |
|                    |                   | III. 北アンチポロ堆積盆    |              |         |

STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA

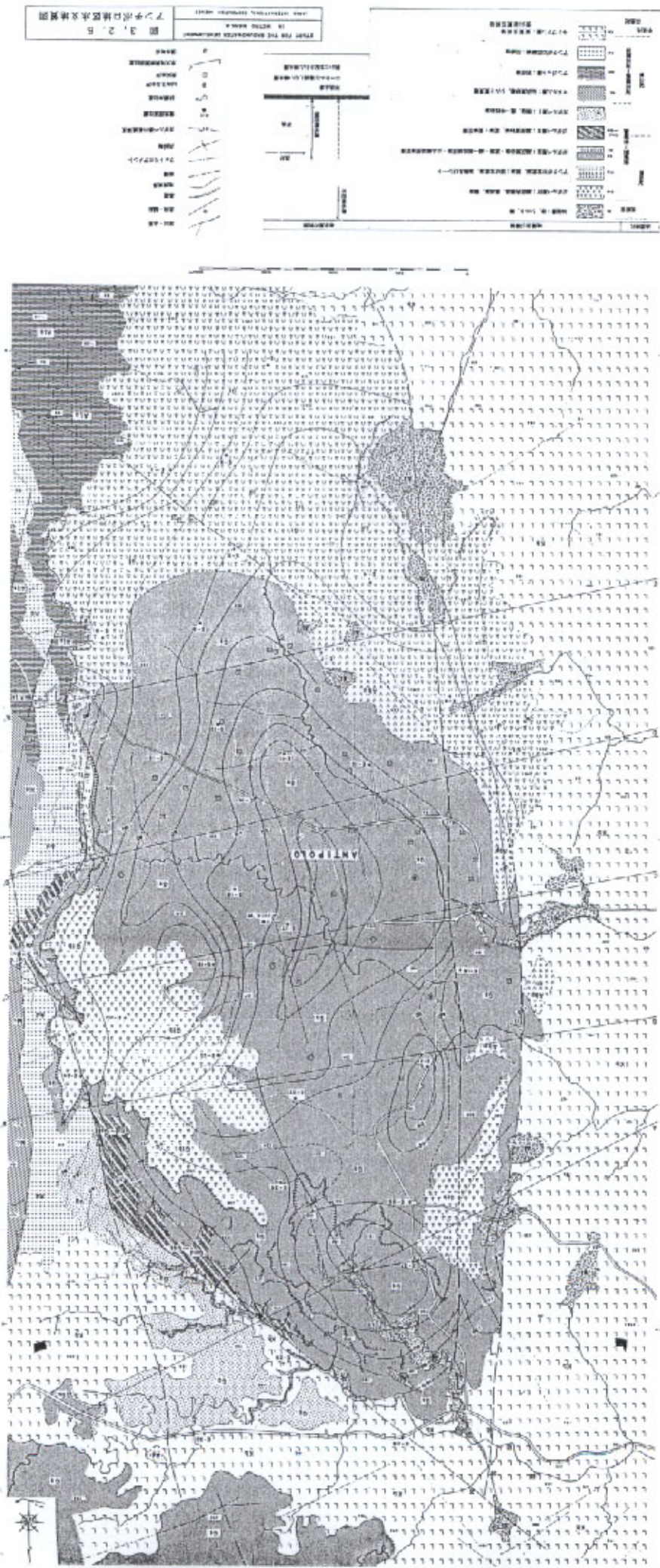
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

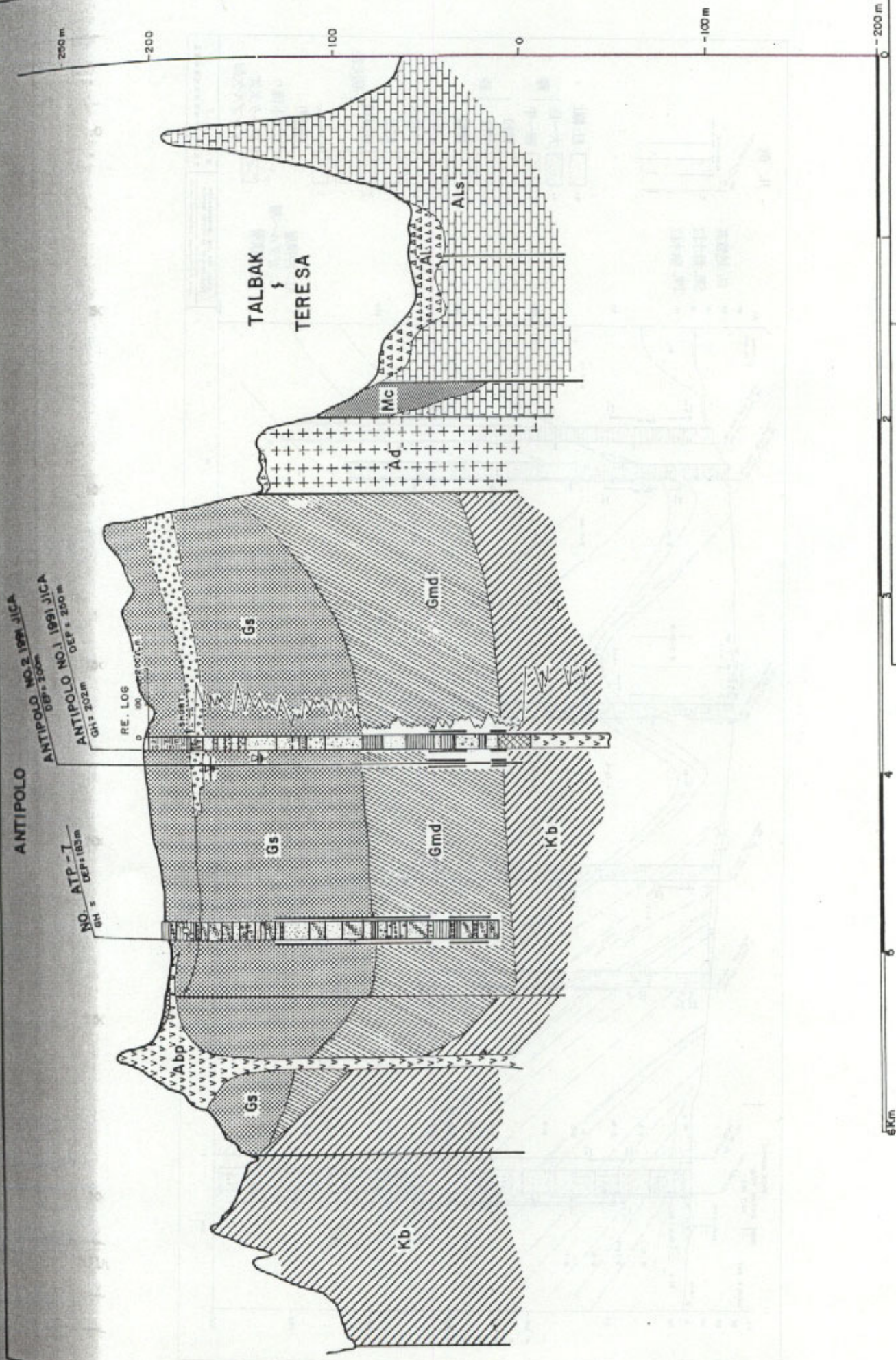
図 3. 2. 3

調査地域の地質概要



図 3.2.5 予子川河口地区水及地質図

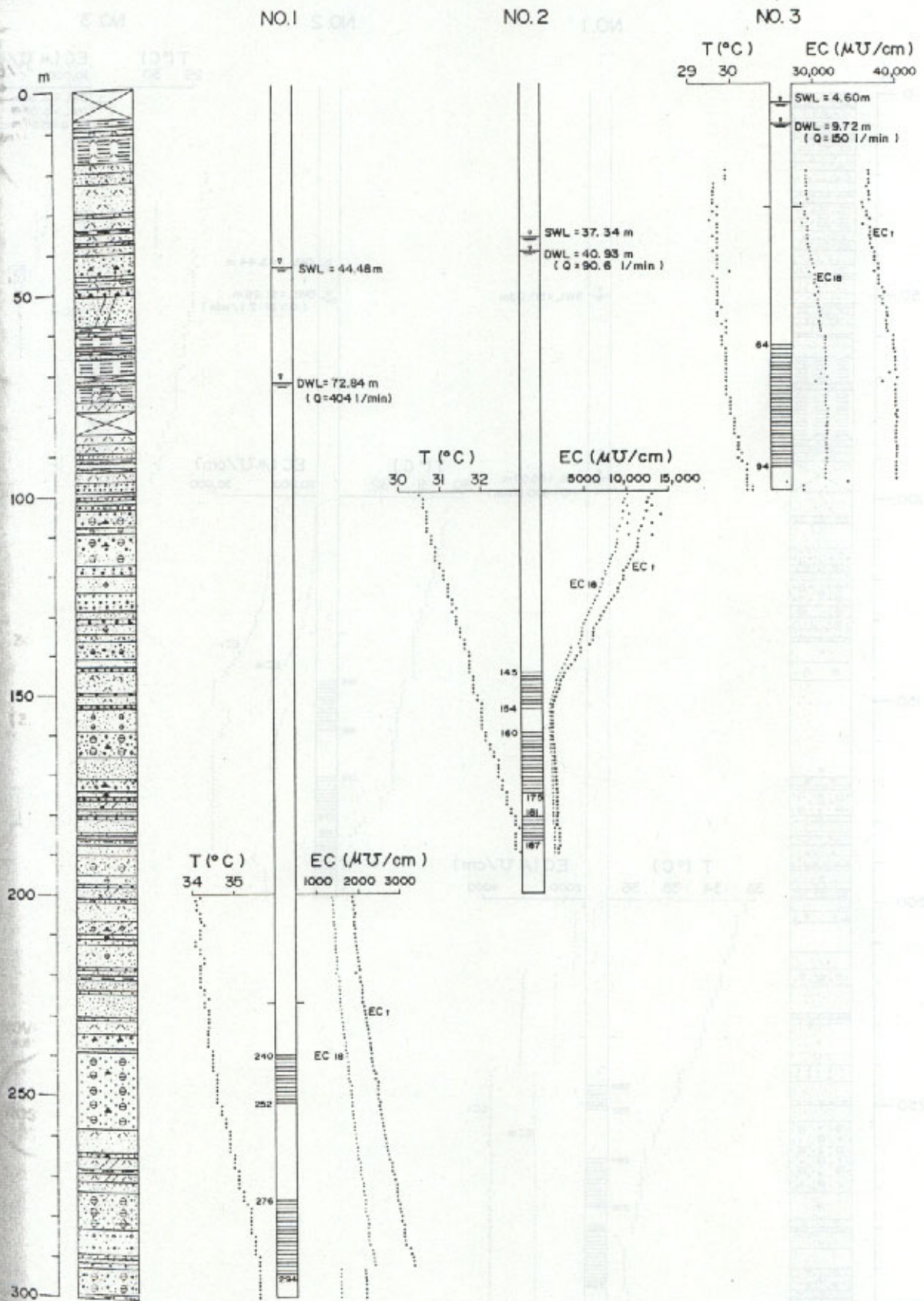




STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 3. 2. 6  
アンチポロ地区水文地質断面図

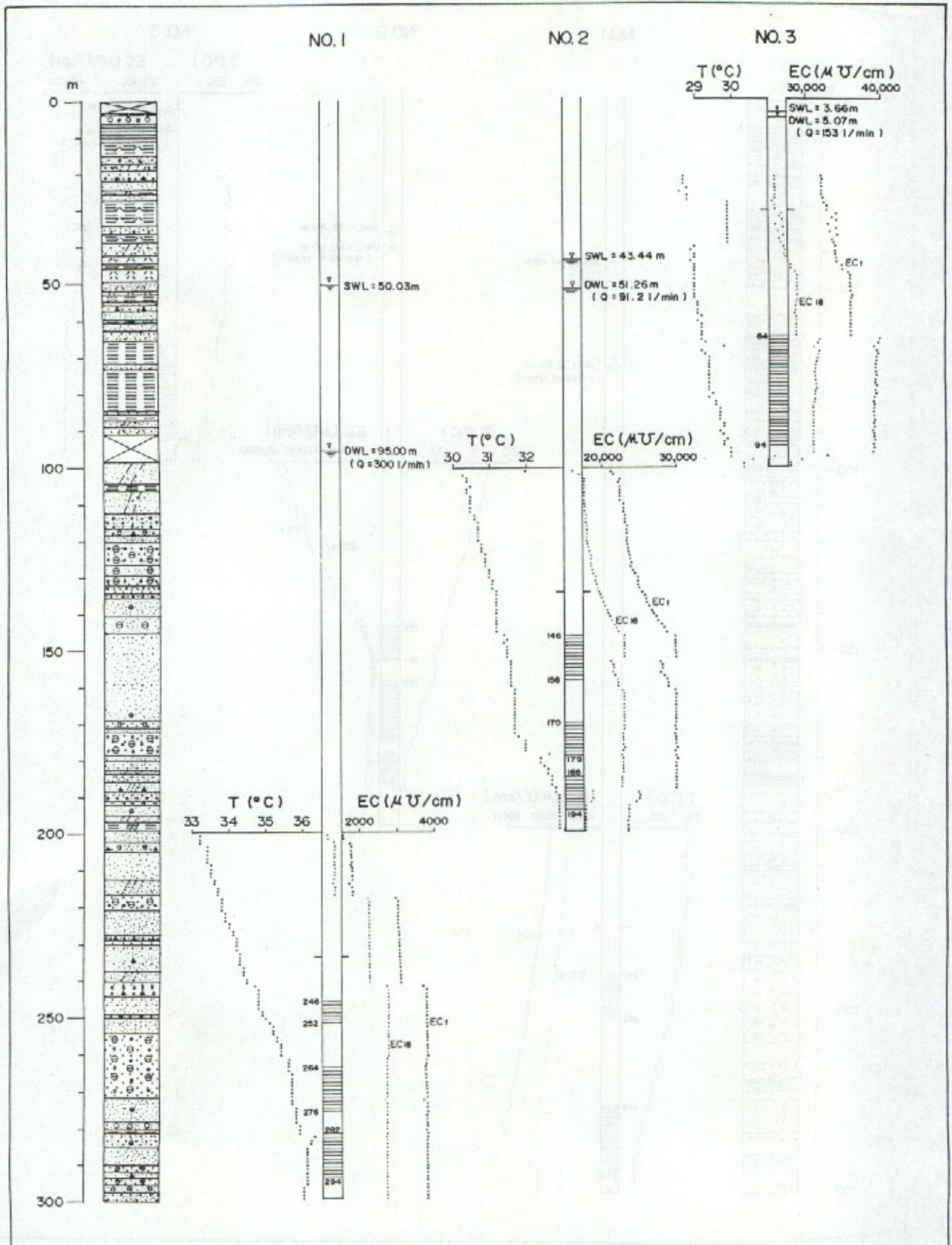




STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

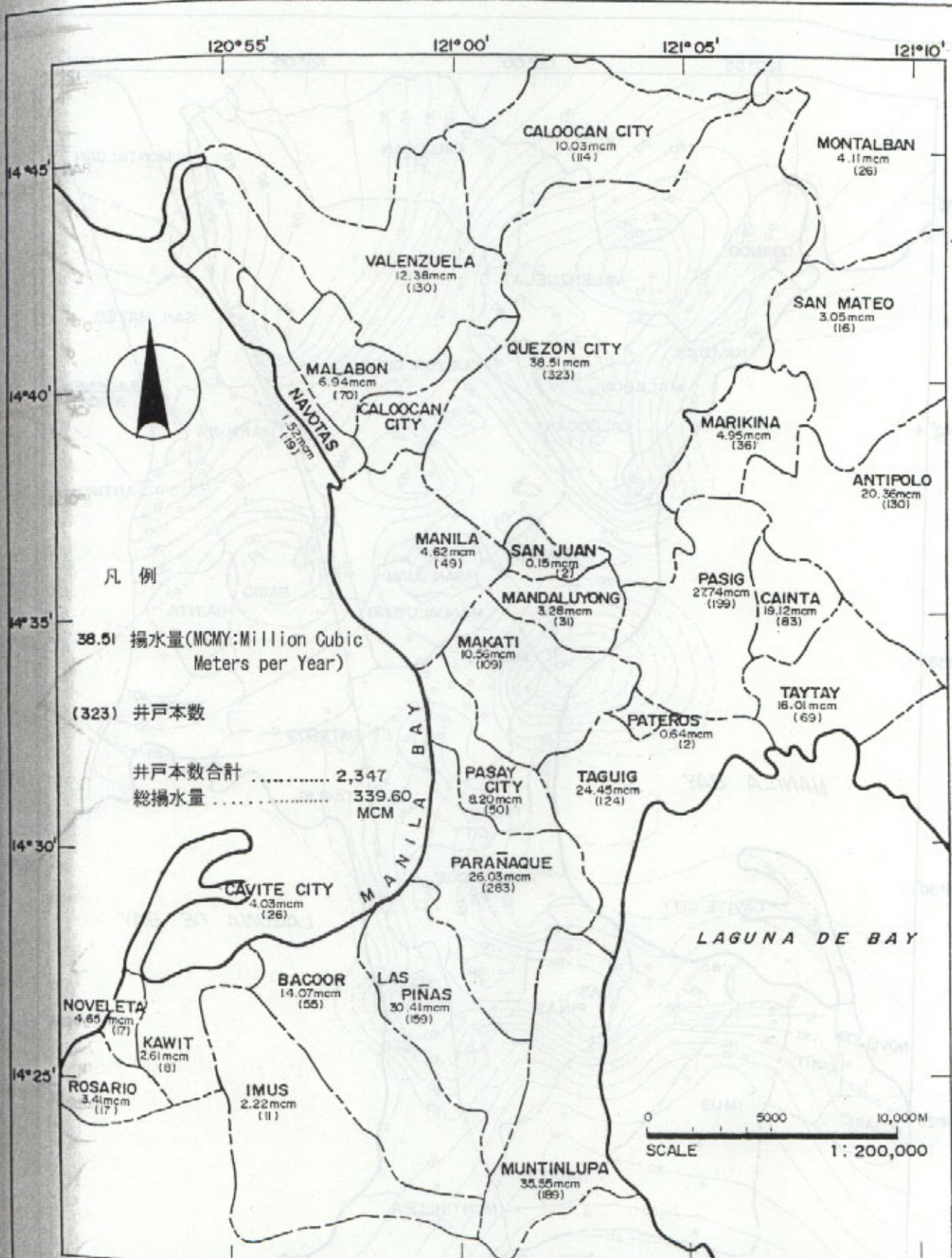
図 3. 2. 8 (1)  
ラスピニャス JICA 観測井 (NO.1)  
の深度別水位と水質



STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 3. 2. 8 (2)  
ラスピニャス JICA 観測井 (NO. 2)  
の深度別水位と水質

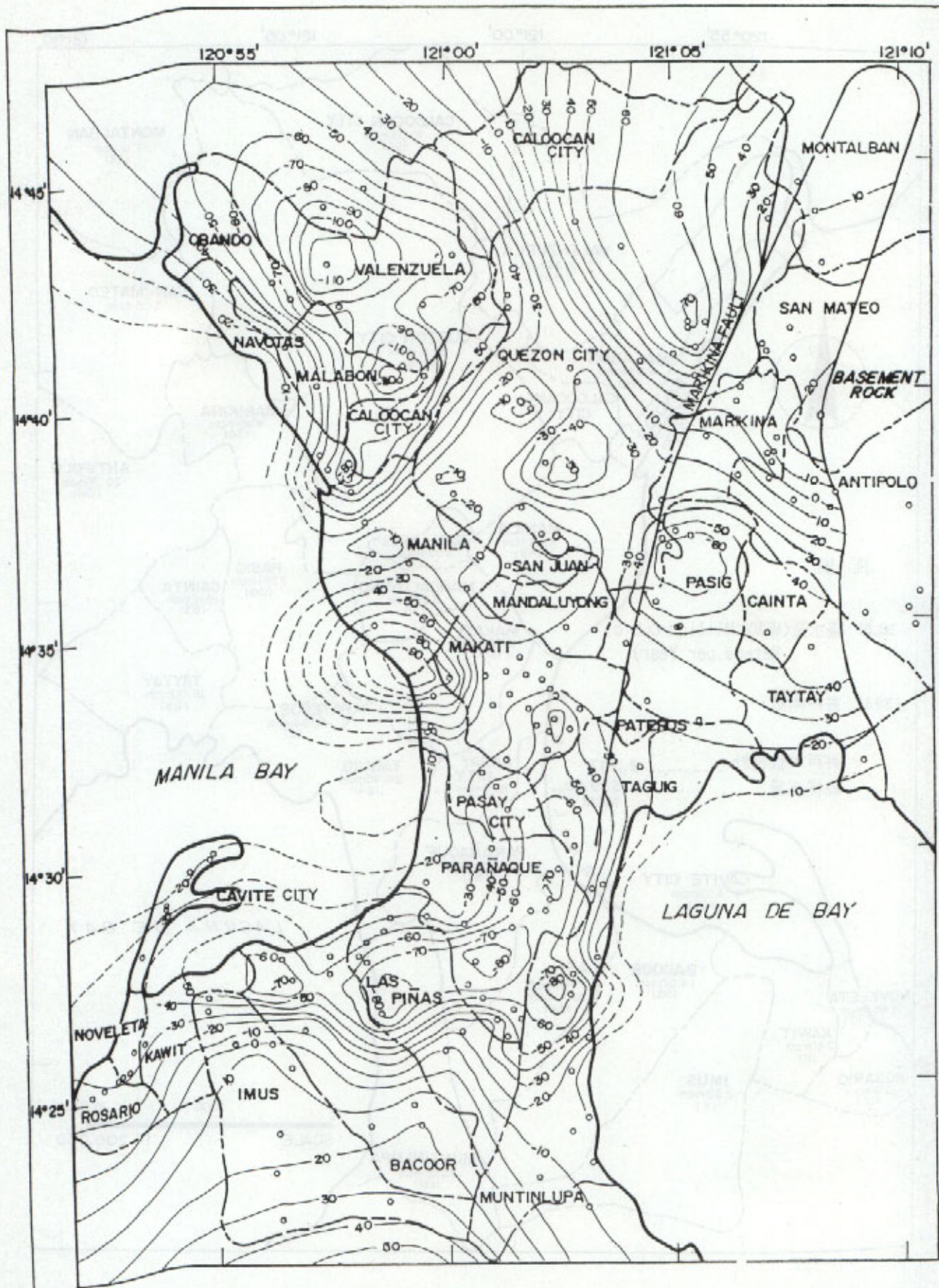


STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 3. 3. 1

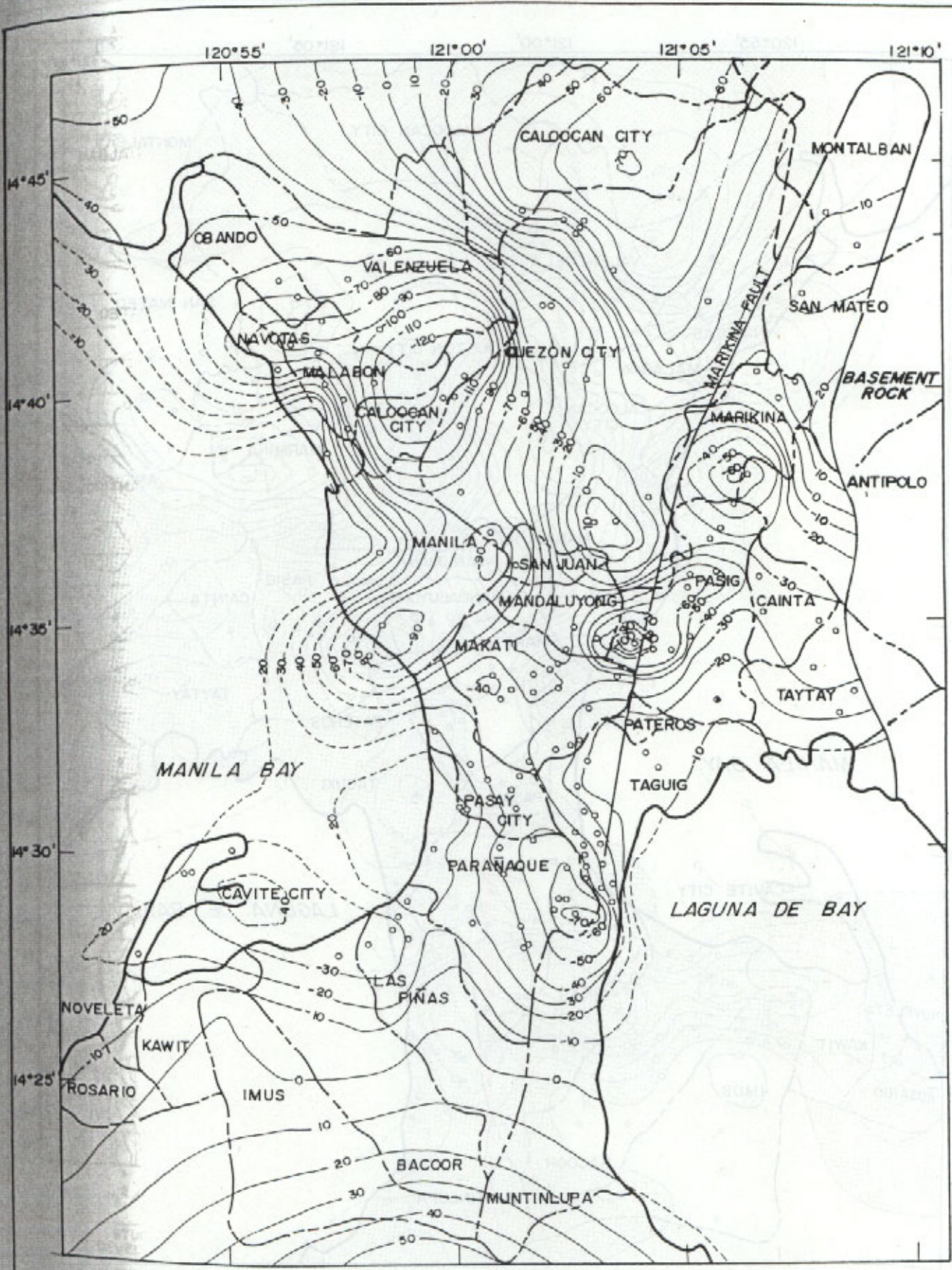
揚水量分布図 (1990年)



STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

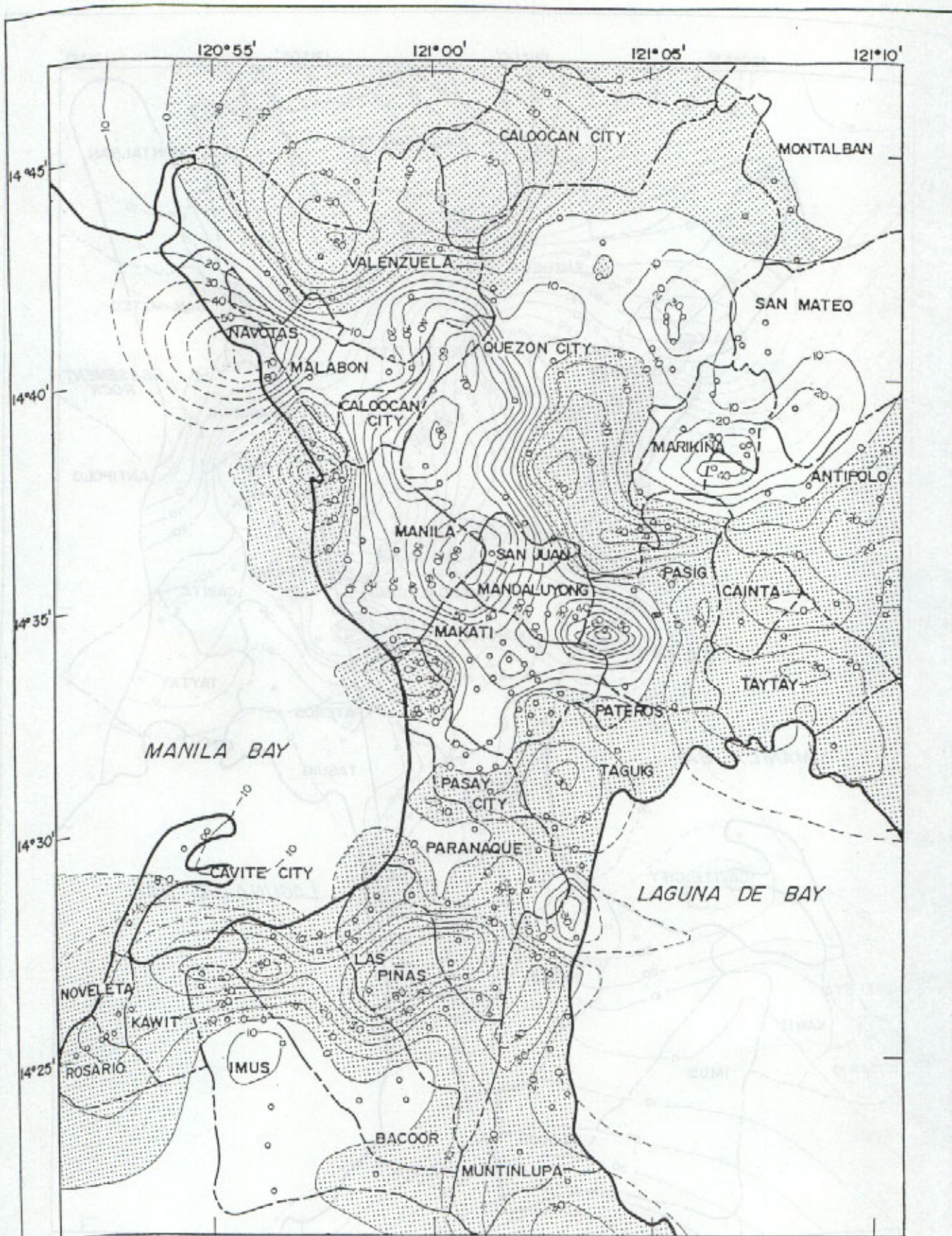
図 3.4.1 (1)  
1990年地下水コンター



STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

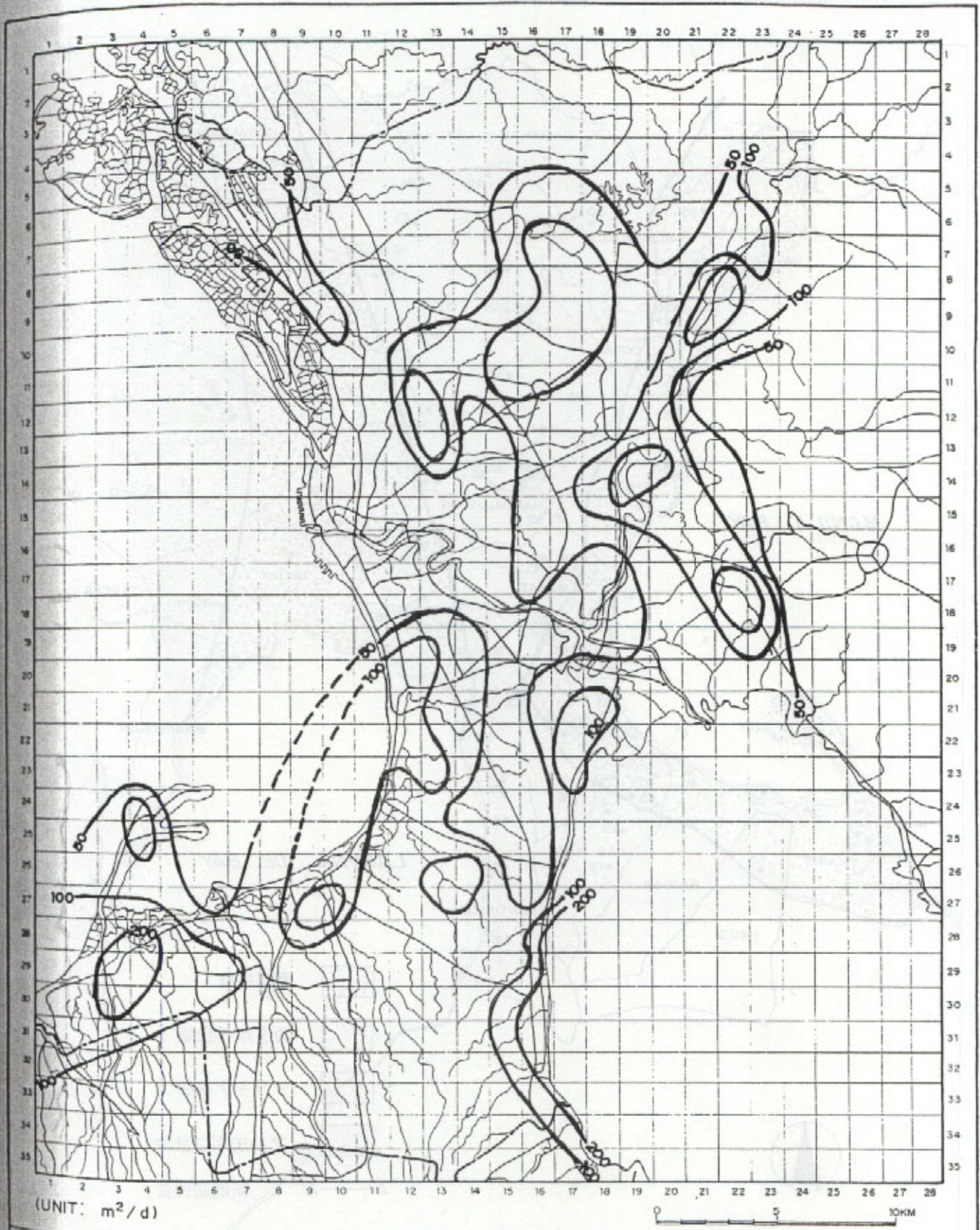
3. 4. 1 (2)

1981年地下水コンター



STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

图 3.4.1 (3)  
1981年—1990年地下水位变化

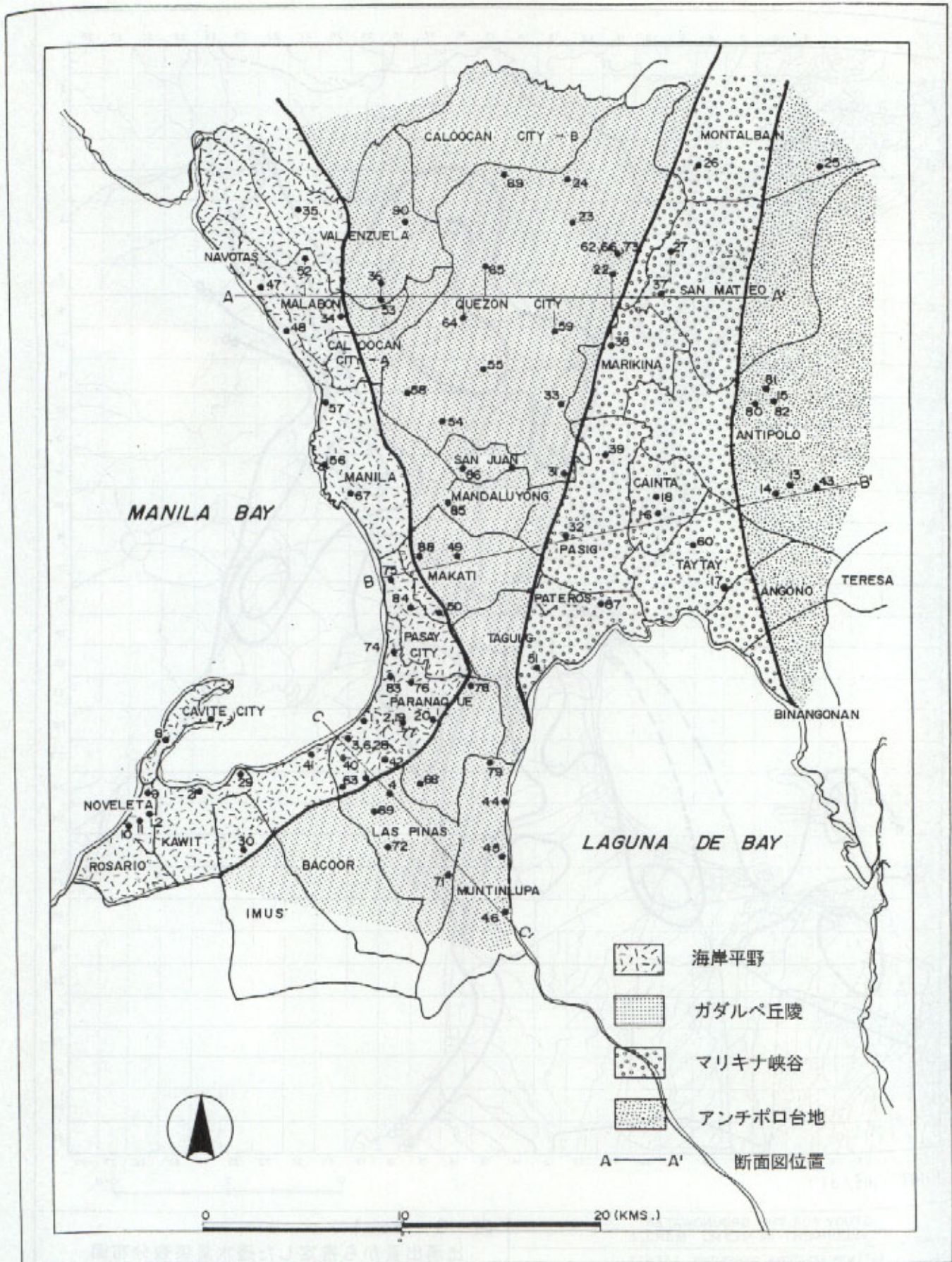


(UNIT: m<sup>2</sup>/d)

0 5 10KM

STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 3.6.1  
比湧出量から推定した透水量係数分布図

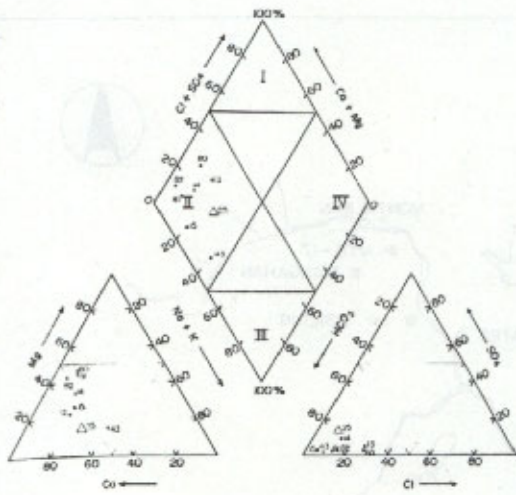


STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT IN METRO MANILA

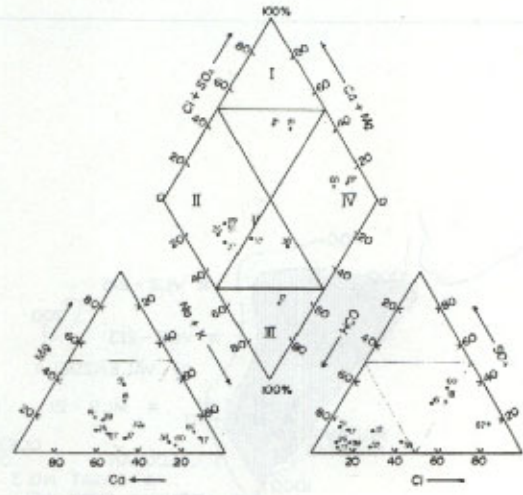
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 3. 7. 1

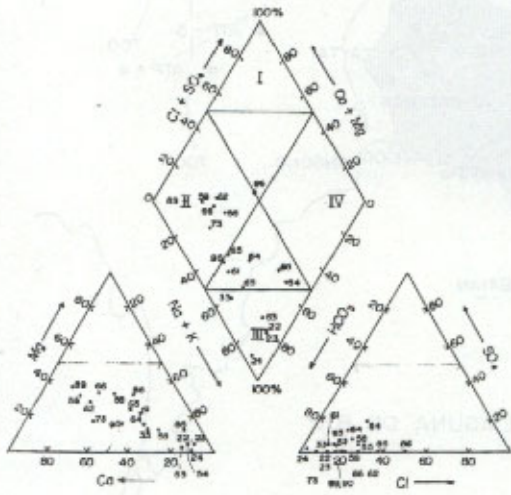
水質分析試料採取地点



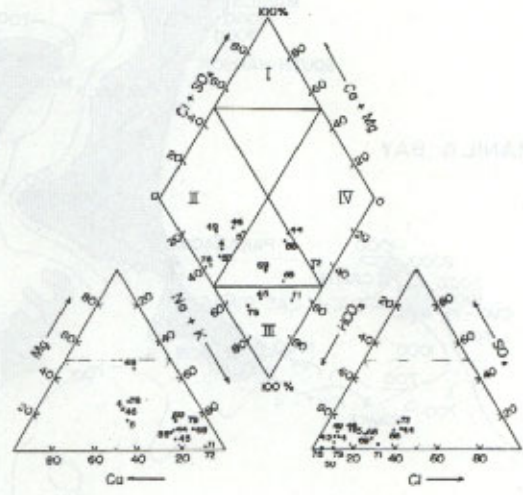
アンチポロ



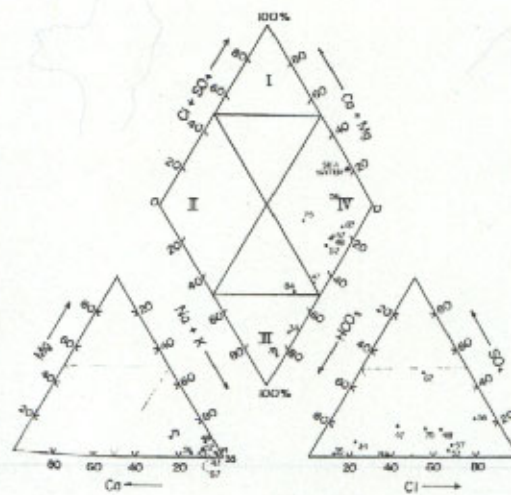
マリキナ峡谷



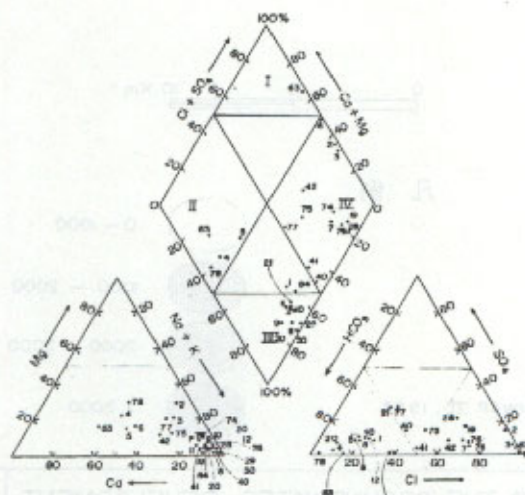
北部ガダルペ丘陵



南部ガダルペ丘陵



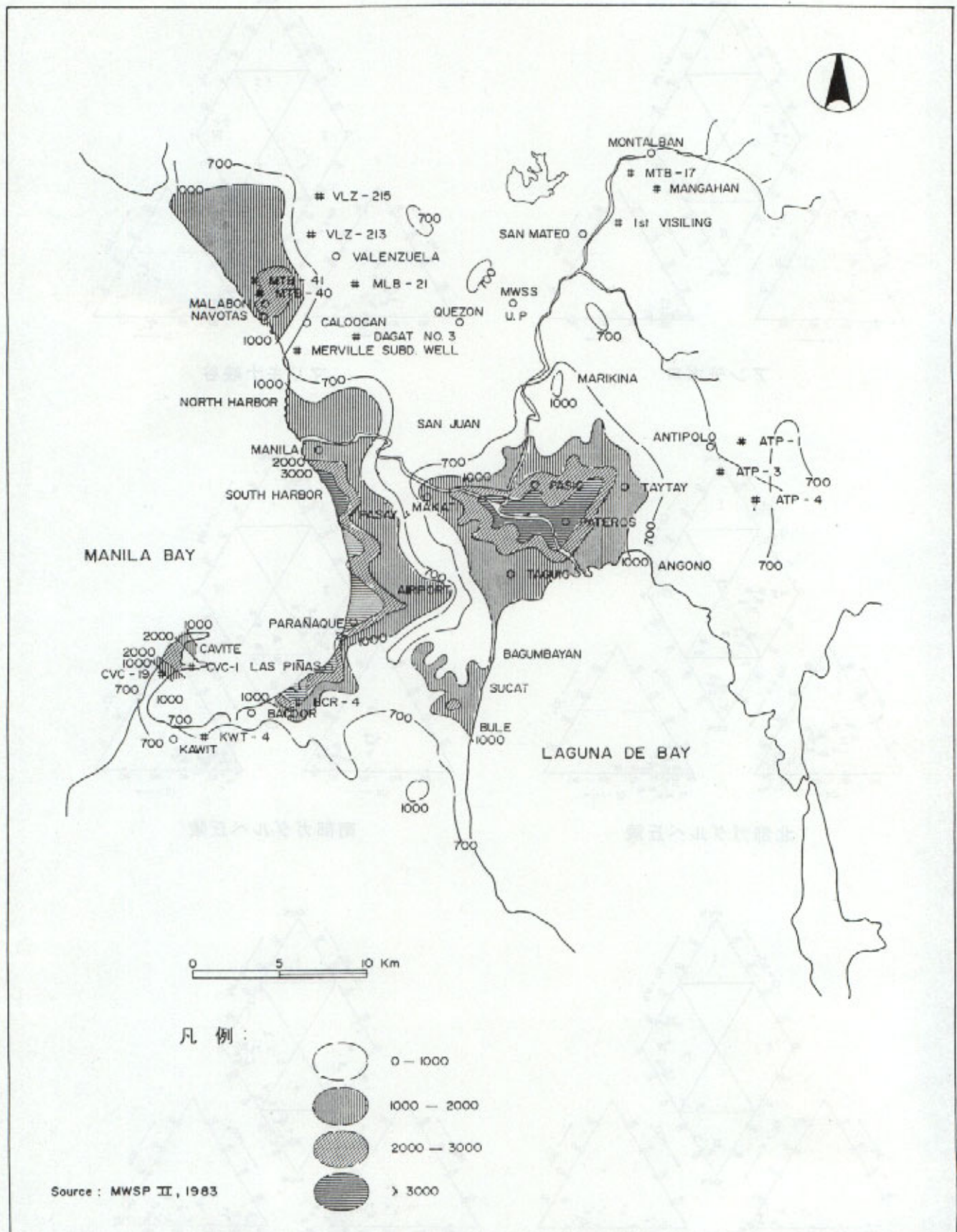
北部海岸平野



南部海岸平野

図 3. 7. 2

トリリニアダイアグラム

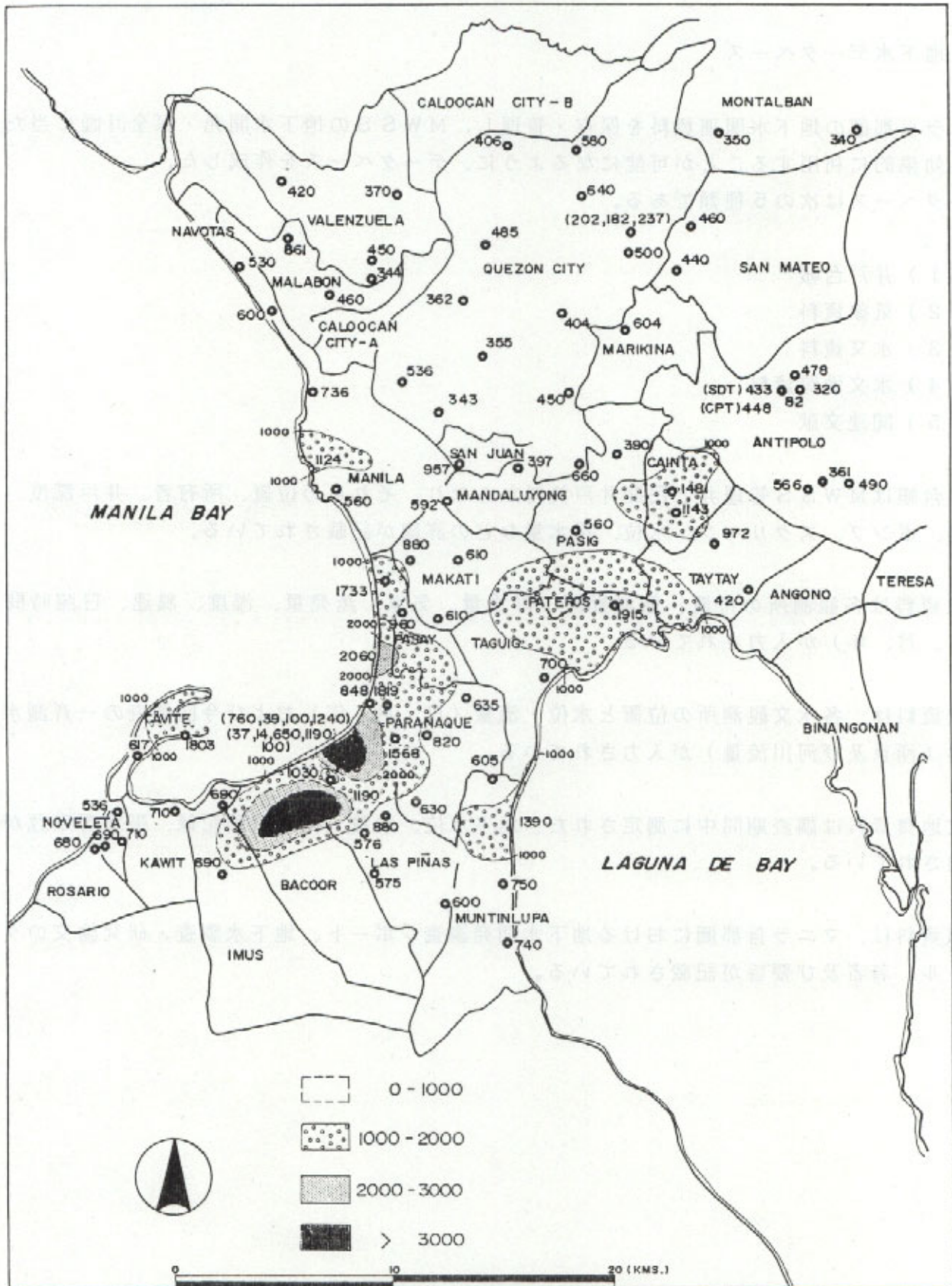


STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA

---

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 3. 8. 1 (1)  
電気伝導度の分布 (1)



STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 3. 8. 1 (2)

電気伝導度の分布 (2)

#### 4. 地下水データベース

マニラ首都圏の地下水関連資料を保存・管理し、MWS Sの地下水開発・保全計画に当たって効果的に利用することが可能になるように、データベースを作成した。データベースは次の5種類である。

- 1) 井戸台帳
- 2) 気象資料
- 3) 水文資料
- 4) 水文地質資料
- 5) 関連文献

井戸台帳はMWS S管理井と民間井戸資料からなり、それらの位置、所有者、井戸深度、口径、ポンプ、スクリーン、水位、揚水量などの詳細が記載されている。

気象資料は各観測所の位置、観測期間、降水量、気温、蒸発量、湿度、風速、日照時間（日、月、年）が入力されている。

水文資料は、各水文観測所の位置と水位・流量（日、月、年）および今回調査の一斉測水資料（湧泉及び河川流量）が入力されている。

水文地質資料は調査期間中に測定された、地下水位、水質、揚水試験記録、帯水層定数が入力されている。

文献資料は、マニラ首都圏における地下水開発調査レポート、地下水調査・研究論文のタイトル、著者及び要旨が記載されている。

## 5. 井戸リハビリテーション

### 5.1 MWSS管理井の現状

MWSSは1991年現在258本の深井戸施設を所有しているが、報告によればこの内52本はすでに廃棄されている。残り206本のうち稼働中の井戸は131本、なんらかの理由により非稼働の井戸が75本である。

現地観察によると、深井戸の状態は、「良好」、「損傷」、「待機」、「その他」の4種類に区分できる(表5.1.1)。

「良好」：井戸は良好な条件下で稼働している。

「損傷」：井戸は、塩水侵入、汚水侵入、井戸側壁陥没、枯渇、ポンプまたはモーター故障のいずれかにより、損傷をうけている。

「待機」：MWSSのリハビリテーション計画により待機中。あるいは地域にすでに十分な表流水の供給が行なわれている。

「その他」：理由が明確ではないが、非稼働または廃棄された井戸

MWSSが現在稼働中とした131本のうち32本は「損傷」または「その他」の理由より実質的には非稼働の状態にあり、良好な状態で稼働中の井戸は99本である。

### 5.2 詳細調査

リハビリテーションの方法を検討するため、「損傷」に分類された稼働および非稼働の井戸28本のうち16本について、揚水試験を含む詳細調査を行なった。その結果、リハビリテーション試験施工の対象として7本の井戸を選定した。また、残り9本の井戸の内6本はポンプ能力を向上させることにより揚水量を回復できることが分かった。他の3本の内1本は塩水侵入のためリハビリテーションは不可能であり、2本は今後さらに検討する必要がある。

### 5.3 リハビリテーション試験施工

井戸損傷の実態を解明するとともにリハビリテーションの技術仕様を確立することを目的として、詳細調査で選定した7本の井戸のうち5本について試験施工を実施した(表5.3.1)。

リハビリテーション試験工事の標準作業は下記項目を行なった。

- (1) 準備・仮設
- (2) 既存揚水設備引き揚げ
- (3) 井戸深度および水位測定
- (4) 既存揚水設備の点検・整備
- (5) 試験用揚水設備の挿入・設置
- (6) 第1回揚水試験
- (7) サージング・ベ어링及びエアリフト揚水
- (8) 第2回揚水試験
- (9) 既存揚水設備の設置
- (10) 撤去

既存揚水設備の引き揚げ後、堆砂量測定と電気伝導度・水温検層を行なった。

ナガNo. 2では、揚水試験中にスクリーンからの地下水流入量の測定を行なった。また、コゲヨNo. 6、IBP及びナガNo. 2ではボアホールテレビカメラによりケーシングとスクリーンの状態を観察した。

試験施工の結果、スムロンとコゲヨNo. 1の比湧出量と井戸損失係数は著しく改善されリハビリテーションの効果が顕著であった。ナガとコゲヨNo. 6ではこれらの定数はほとんど変化がなく、効果は認められなかった。(表5. 3. 2) IBPはケーシングが損傷している上、揚水量が極めて少ないので修復は不可能と判断し、井戸の廃棄を勧告した。

表 5. 1. 1 MWSS井戸の現況

(単位：本)

井戸の現況	状 況			
	稼働井戸	非稼働井戸	廃棄井戸	合 計
良 好	99	0	0	99
損 傷				
ポンプ又はモーター故障	13	9	3	25
塩水浸入	2	0	17	19
井戸側壁陥没	1	0	14	15
汚水浸入	3	0	5	8
枯 渴	0	0	3	3
小 計	19	9	42	70
待 機				
待 機	0	16	0	16
リハビリテーション計画	0	25	0	25
十分な表流水の供給あり	0	23	6	29
小 計	0	64	6	70
その他	13	2	4	19
合 計	131	75	52	258

表 5.3.1 リハビリテーション試験施工井戸一覧

井戸名	自治体	状況	深度	ケーシング位置 及びサイズ	スクリーン 位置	既設ポンプ		テスト用 ポンプ		リハビリテーショ ン後のポンプ	
						位置	容量	位置	仕様	位置	仕様
Cogeo Antipolo No.1	Antipolo	Inactive	91.44m	0m-9.75m 8"	64m-87.78m	66m	7.5 Hp	78m	SP8-21	3"	Existing
				9.75-91.44 6"							7.5HP
Sumulong	Taytay	Inactive	202.69	0-80.77 8"	Unknown	75	30	78m	30 HP	NO	No Pump
				80.77-202.7 6"					120m		10 HP
Naga Road No.2	Las Pinas	Active	243.84	0-243.84 10"	103.63-121.91	78	30	120m	SP45-12	3"	Existing
					128.01-158.49				102m		30HP
I6P (Congress) No.3	Quezon City	Inactive	202.69	0-80 10"	87-99	120	20	108	20 HP	NO	No Pump
				80-202.69 8"	103-122				9 stage		Installed
Cogeo Antipolo No.6	Antipolo	Inactive	117.35	0-91.44 8"	91.44-177.35	99	20	90	20 HP	NO	No Pump
					bore hole						9 stage

表 5. 3. 2 試験施工結果一覧表

	Sumulong Taytay	I B P No. 3	Cogeo ATP No. 1	Cogeo ATP No. 6	Naga Road No. 2
井戸深度 (m)	202.68	202.69	91.44	117.35	243.84
堆砂量 (m)	5.68	32.69	4.44	11.35	0
静水位 (m)	58.00	39.30	7.25	11.50	55.40
電気伝導度・水温検層					
電気伝導度 (uS/cm)	684-961	92-144	335-390	316-342	517-9585
水温 (°C)	30.2-30.7	27.7-28.1	25.8-27.1	26.4-27.5	30.0-34.2
第1回揚水試験					
揚水量 (m <sup>3</sup> /d)	285	(25.9)	285	294	544
水位降下 (m)	30.00	(70.7)	48.80	68.40	17.70
比湧出量 (m <sup>3</sup> /d)	9.50	(0.37)	5.84	4.30	30.70
透水量係数 (m <sup>3</sup> /d)					
連続-タイス法	14.6	-	2.83	1.33	36.9
連続-ヤコブ法	15.2	-	5.27	7.19	31.1
回復-ヤコブ法	11.4	-	32.6	19.8	29.2
貯留係数	7.65×10 <sup>-3</sup>	-	1.19	2.26	3.18×10 <sup>-1</sup>
帯水層損失係数 (day/m <sup>2</sup> )	5.40×10 <sup>-2</sup>	-	8.00×10 <sup>-3</sup>	0.0	3.2×10 <sup>-2</sup>
井戸損失係数 (day <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	1.65×10 <sup>-1</sup>	-	2.55×10 <sup>-1</sup>	8.0×10 <sup>-1</sup>	6.2×10 <sup>-3</sup>
第2回揚水試験					
揚水量 (m <sup>3</sup> /d)	328	(54.4)	285	294	518
水位降下 (m)	25.10	(70.70)	19.50	64.20	17.07
比湧出量 (m <sup>3</sup> /d)	13.07	(0.77)	14.60	4.58	31.9
透水量係数 (m <sup>3</sup> /d)					
連続-タイス法	14.6	-	4.37	1.34	36.6
連続-ヤコブ法	4.10	-	11.1	4.88	31.1
回復-ヤコブ法	44.8	-	17.4	15.2	31.9
貯留係数	1.03×10 <sup>-1</sup>	-	2.05	3.32	3.90×10 <sup>-1</sup>
帯水層損失係数 (day/m <sup>2</sup> )	2.6×10 <sup>-2</sup>	-	2.6×10 <sup>-1</sup>	0.0	2.95×10 <sup>-2</sup>
井戸損失係数 (day <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	1.43×10 <sup>-1</sup>	-	2.10×10 <sup>-1</sup>	7.35×10 <sup>-1</sup>	6.2×10 <sup>-3</sup>

## 6. 都市開発計画と将来の水需要

### 6.1 都市開発計画

マニラ首都圏では、今後2010年までに、キャビテ地域、アンチポロ地域、ラグナ湖周辺地区を含む25km圏まで都市域が拡大すると予想される。都市域の拡大は民間セクター主導のもとで進行し、必然的に、貧困地域の数と密度の増加、都市周辺部での中・上流階級用住宅地開発、都市中心部でのコンドミニアム・タウンハウス開発、農地・養魚池の住宅地・商業地への転換など、土地利用の高度化とそのパターンの変化をもたらす。

国家統計局（NSO）による1990年人口センサスと成長率を用いて、2010年における都市域拡大に伴う人口増を予測すると、MSA全域で14,073千人であり1990年の人口に比べ470万人の増加が予測される（表6.1.1）。

1985年統計によればNCR内では230万人が貧困地区に居住しており、1990年にはその人口は280万人に達したものと推定される。これは、NCRの1990年人口793万人の約30%にあたり、2010年にはさらに増加し409万人になるものと予想される。

これらの状況を踏まえ、MSAについて、マニラ首都圏中心部を核とし、その周辺を漸移帯で囲み、南部及び北部それぞれに工業集中ゾーンと高度住宅地ゾーン、ラグナ湖北岸に東部工業ゾーン、高度住宅ゾーン及び農地等を配する将来の都市開発の基本構造を設定した（図6.1.1）。

将来の土地利用については、MSA全域について都市高密度ゾーンとそれを補完する都市サテライトに大別し、住宅地・公共施設のためのオープンエリア、工業地、観光地、農産業・農園地、遊水地、保全地などの立地配分を計画した。

アンチポロ地区は、まだ豊かな森林・農地に恵まれているが、マニラ首都圏に隣接することから、近年、住宅地開発や都市施設の開発が急速に進み、1990年の人口は208千人であるが、2010年には435千人に増加すると予測される（表6.1.2）。そこで、アンチポロ地区については、その地理的特性を踏まえ、観光開発、農・森林業の保全等を考慮にいたった将来の土地利用を予測した（図6.1.2）

## 6. 2. 水需要予測

水需要予測は前節において予測された各地区の将来人口に基づき、家庭用水、商業用水、工業用水に大別して行った。

MWSS計算センターの記録によれば、1990年の一日当たり家庭用水消費量は、各戸給水栓が781千 $\text{m}^3$ 、公共水栓が4千 $\text{m}^3$ 、合計785千 $\text{m}^3$ であった。メータ数によって推定した給水人口が、各戸給水栓については5,037千人、公共水栓については236千人であるため、メータ誤差を考慮した一人一日当たりの家庭用水消費量はMSA全域平均で、各戸給水栓が170 $\ell$ 、公共水栓が19 $\ell$ であった。同じく一日当たりの商業用水消費量は344千 $\text{m}^3$ 、工業用水消費量は84千 $\text{m}^3$ であった。これらMWSSの供給水の他に民間の井戸により、家庭用水379千 $\text{m}^3$ 、商業用水107千 $\text{m}^3$ 、工業用水355千 $\text{m}^3$ の水が供給されている(表6.2.1-6.2.3)。

将来の一人一日当たりの家庭用水需要量は、現在の各地区の一人一日当たりの水消費量を考慮し、原則として1995年には180 $\ell$ 、以後漸増し2010年は200 $\ell$ になると想定した。現在の家庭用水消費量がこの想定値を既に超過している地区に対しては別途に考慮した。また、リサール県内のRPWSPおよびFAWSPの対象地域については各々の計画値を適用した。この想定家庭用水需要量原単位と各地区の計画給水人口を基に将来家庭用水需要量は、MSA全域で2000年に1,596千 $\text{m}^3$ 、2010年には2,136千 $\text{m}^3$ になると予想される。その他、MWSS供給区域外の家庭用水需要量が、2010年に246千 $\text{m}^3$ になると予想される(表6.2.4)。

将来の商業用水需要量は、前節で想定された商業セクターのGDP成長率、およびMWSSのCORPLANによる実質料金変動予想値を考慮して、MSA全域の将来商業用水需要量を予想し、現在の各地区の商業用水消費量に応じて配分した。また、リサール県内のRPWSPの対象地域については各々の計画値を適用した。その結果、商業用水需要量は2000年には570千 $\text{m}^3$ /日、2010年には801千 $\text{m}^3$ /日に増加すると予想された。その他、MWSS供給区域外の商業用水需要量が2000年に132千 $\text{m}^3$ /日、2010年には157千 $\text{m}^3$ /日になると予想される(表6.2.5)。

将来の工業用水需要量は商業用水需要量と同様に、前節で想定された工業セクターのGDP成長率、および実質料金変動予想値を考慮して、MSA全域の将来工業用水需要量を予想し、現在の各地区の工業用水消費量に応じて配分した。同様に、リサール県内のRPWSPの対象地域については各々の計画値を適用した。その結果工業用水需要量は2000年には153千 $\text{m}^3$ /日、2010年には224千 $\text{m}^3$ /日になると予想される。その他、M

WSS供給区域外の工業用水需要量が2000年に482千 $\text{m}^3$ /日、2010年に595千 $\text{m}^3$ /日になると予想される(表6.2.6)。

配水管網の漏水率が2000年に30%、2010年には25%に減少すると想定し、将来のMWS Sに対する水需要量が、漏水量を含めMSA全域で2000年に3,306千 $\text{m}^3$ /日、2010年には4,203千 $\text{m}^3$ /日に増加すると予想した。また、MWS S供給区域外の水需要量が2000年で920千 $\text{m}^3$ /日、2010年には998千 $\text{m}^3$ /日と予想される(表6.2.7-6.2.10、図6.2.1-6.2.3)。

これらの水需要に対して、現在実施中あるいは計画中のAWSOPやUATPがスケジュール通りに実施されれば、MWS S供給区域の内、CDS内部の地域については表流水による供給能力が1996年以降2010年までの間は需要量を上回るものと予想される(図6.2.4)。しかし、CDS外部の地域については地下水に頼らざるをえない。

地下水水位予測シミュレーションに用いるため、MSA全域の地下水揚水量を予想した結果、2000年にはMWS Sと民間の揚水量は合計で1,121千 $\text{m}^3$ /日、2010年には1,278千 $\text{m}^3$ /日になるものと予想される(表6.2.11、6.2.12)。

アンチポロ地区についても、前節で想定された将来人口および各計画年の想定MWS S供給区域を基に将来の水需要量を予想した。その結果、MWS S供給区域内の水需要量は、2000年に27,300 $\text{m}^3$ /日、2010年に45,500 $\text{m}^3$ /日と予測された。これに対して、既存井の改修による揚水量の増強と新規井の建設によりかなりの水量を域内の地下水により供給できるものの、一日平均で2000年に1,830 $\text{m}^3$ /日、2010年には18,150 $\text{m}^3$ /日をCDSから送水する必要があると予想される(表6.2.13、図6.2.5)。

表 6. 1. 1 調査地域の人口予測

市/自治体	1980 (CENSUS)	1990 (CENSUS)	1995	2000	2005	2010
I. NCR	5,970,307	7,928,867	8,971,800	9,948,977	10,847,652	11,649,608
1. Manila	1,642,708	1,598,918	1,666,014	1,705,567	1,723,126	1,723,147
2. Pasay City	289,927	366,623	402,932	433,048	457,147	475,225
3. Quezon City	1,174,605	1,666,766	1,870,519	2,049,017	2,200,635	2,323,154
4. Calookan City	471,323	761,011	872,801	979,527	1,076,883	1,164,630
5. Las Pinas	137,537	296,851	413,469	551,808	708,704	878,109
6. Makati	375,424	452,734	489,333	517,961	539,315	553,794
7. Malabon	192,433	278,380	305,870	328,653	346,868	360,515
8. Mandaluyong	206,906	244,538	265,870	282,944	296,044	305,315
9. Marikina	213,199	310,010	359,368	405,480	447,289	483,621
10. Muntinlupa	137,704	276,972	346,829	419,918	493,739	565,215
11. Navotas	127,092	186,799	207,567	225,328	240,031	251,550
12. Paranaque	210,115	307,717	369,370	430,253	488,493	541,964
13. Pasig	270,583	397,309	466,552	532,663	593,888	648,283
14. Pateros	40,590	51,401	58,438	64,776	70,318	74,945
15. San Juan	131,063	126,708	133,478	137,583	140,304	141,007
16. Taguig	135,143	266,080	311,031	353,627	392,792	427,323
17. Valenzuela	213,955	340,050	432,359	530,824	632,076	731,811
II. CAVITE	324,273	457,020	534,043	611,062	686,825	756,085
1. Bacoor	90,364	159,685	196,636	235,538	275,150	313,838
2. Cavite City	87,666	91,641	98,576	104,379	109,908	112,628
3. Imus	59,103	92,125	107,162	121,860	135,818	148,542
4. Kawit	39,368	47,755	55,217	62,446	69,254	75,407
5. Noveleta	14,460	20,409	23,325	26,102	28,673	30,955
6. Rosario	33,312	45,405	53,127	60,737	68,022	74,715
III. RIZAL	567,346	980,194	1,150,043	1,325,537	1,503,547	1,667,350
1. Angono	27,136	46,014	55,062	64,219	72,979	80,788
2. Antipolo	70,377	207,842	261,738	319,849	379,154	435,886
3. Baras	11,434	16,880	19,051	21,063	22,808	24,182
4. Binangonan	82,702	127,561	140,791	152,533	162,155	169,117
5. Cainta	60,280	126,839	164,650	206,860	251,447	295,646
6. Cardona	25,024	32,962	35,194	36,995	38,270	38,952
7. Jala-Jala	12,199	16,318	17,814	19,109	20,131	20,826
8. Montalban	42,749	67,074	75,766	83,837	90,845	96,318
9. Morong	25,387	32,165	34,528	36,957	40,222	43,304
10. Pililla	23,716	32,771	36,137	39,119	41,556	43,312
11. San Mateo	53,014	82,310	92,401	101,679	109,620	115,769
12. Tanay	41,303	58,410	65,923	72,889	78,925	83,678
13. Taytay	76,930	112,403	129,481	148,322	173,025	197,131
14. Teresa	15,095	20,645	21,507	22,106	22,410	22,441
TOTAL	6,861,926	9,366,081	10,655,886	11,885,576	13,038,024	14,073,043

Source: Estimation made by the Study Team based on NSO data

表 6. 1. 2 アンチポロ地区人口予測

自治体/地区	1990	1995	2000	2005	2010
ANTIPOLO	207,842	261,738	319,849	379,154	435,886
1. Bagong Nayon	18,002	22,644	27,647	32,752	37,637
2. Beverly Hills	1,034	1,385	1,767	2,161	2,532
3. Calawis	1,662	2,172	2,725	3,293	3,831
4. Cupang	25,696	32,283	39,380	46,620	53,551
5. Dalig	20,344	25,566	31,204	36,956	42,461
6. De La Paz (Pob.)	21,033	26,441	32,269	38,215	43,906
7. Inarawan	4,965	6,312	7,767	9,254	10,673
8. Mambugan	15,636	19,680	24,039	28,487	32,743
9. Mayamot	15,887	19,995	24,423	28,941	33,264
10. San Isidro	19,260	24,220	29,566	35,020	40,240
11. San Jose	26,121	32,815	40,028	47,385	54,428
12. San Juan	1,394	1,838	2,319	2,813	3,280
13. San Luis	6,241	7,910	9,712	11,553	13,311
14. San Roque	17,227	21,673	26,465	31,355	36,034
15. Sta. Cruz	13,340	16,804	20,538	24,349	27,995

Source: Estimation made by the Study Team based on NSO data. Due to the absence of population data at barangay level prior to 1990, population projections at barangay level were based on the growth rate of the whole Antipolo municipality.

表 6. 2. 1 M W S S 及び民間井戸による家庭用水供給の現況

市/自治体	1990年 調査人口 (1)	M W S S 各戸給水栓				M W S S 公共水栓				民間井戸				M W S S 及び民間 井戸給水人口							
		一日平均 一人一日 消費量 (liters)		水栓 人口 (%)		一人一日 消費量 (liters)		水栓 人口 (%)		種類 別 (liters)		種類 別 (liters)		給水 人口 (%)		給水 人口 (%)					
		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	
1. AGU	1,322,837	155,690	96.6	587,338	4,161,003	80.0	156.1	371	1,313	632	131,523	2.8	17.5	19	1,985,534	62.1	266,335	1,355,536	24.5	55,341,659	80.4
2. Arella	4,938,531	201,341	36.6	135,452	1,255,921	78.5	165.1	161	372	36	41,736	2.6	23.3	25	1,297,717	81.2	2,211	12,294	1.0	34,309,421	81.9
3. Cebu City	365,833	21,341	3.6	25,037	233,205	55.4	127.5	151	170	33	15,028	4.4	16.4	12	219,242	59.4	5,477	32,272	15.9	251,615	68.4
4. Quezon City	1,685,755	207,075	25.6	147,259	1,193,341	71.4	167.3	181	1,386	157	11,362	4.3	16.8	18	1,274,503	76.5	21,116	110,502	12.4	3,455,065	86.1
5. Caloocan City	761,011	44,116	5.4	44,613	451,851	67.5	121.3	124	231	41	11,928	2.6	16.3	10	381,777	50.2	19,337	135,317	28.2	488,054	64.1
6. Los Pinos	298,831	2,868	0.4	7,533	54,206	21.1	46.1	51	37	5	2,408	1.2	9.6	9	64,184	22.6	57,111	317,450	94.6	305,644	129.9
7. Marikina	432,734	61,238	7.8	46,232	225,791	71.3	108.5	205	21	5	2,100	0.5	8.5	9	328,133	72.5	10,185	48,906	13.1	377,033	83.3
8. Malabon	278,343	14,098	2.2	14,012	165,097	52.4	117.2	123	159	13	2,234	3.2	17.3	19	155,133	55.7	1,492	10,511	9.1	165,641	59.3
9. Marikuyag	244,534	25,300	3.2	21,245	132,055	70.7	149.4	164	110	19	3,234	3.8	15.1	17	102,125	74.5	1,435	9,108	5.0	191,224	78.2
10. Marikuyag	318,012	27,859	4.8	26,335	223,352	76.0	165.1	181	350	23	11,178	3.6	23.3	26	210,530	77.6	5,310	39,522	11.2	270,054	87.1
11. Marikuyag	276,912	2,504	0.5	5,505	41,591	16.1	40.1	85	51	5	2,916	1.6	10.6	20	114,656	61.4	1,611	9,294	11.4	124,051	66.4
12. Marikuyag	106,755	8,309	1.1	13,755	111,748	59.8	78.8	86	117	17	6,262	2.7	14.2	16	118,403	38.4	47,553	161,979	57.2	265,012	86.1
13. Marikuyag	207,717	24,413	6.2	13,522	103,771	35.7	295.5	324	121	21	16,008	2.6	12.1	13	271,509	69.1	5,223	51,261	16.2	225,247	82.0
14. Marikuyag	397,505	12,216	5.3	12,620	261,200	66.5	162.9	180	125	8	3,084	3.1	32.3	35	197,941	65.2	2	1,012	0.0	199,023	37.0
15. Marikuyag	126,708	23,553	3.0	12,451	104,023	32.2	237.2	249	21	3	1,159	2.5	11.3	16	81,364	12.9	21,514	113,522	45.7	153,886	57.8
16. Marikuyag	256,000	3,258	0.4	1,660	22,306	12.5	99.1	109	23	5	2,316	1.3	9.3	10	135,640	36.8	3,113	11,523	17.2	142,573	41.3
17. Marikuyag	310,040	15,127	1.3	15,977	124,121	35.9	113.2	124	113	11	1,178	3.6	23.3	16	144,295	31.6	46,881	210,354	78.2	406,749	88.1
18. Marikuyag	157,020	11,393	1.5	16,875	131,133	39.8	88.6	95	119	11	6,262	1.8	11.4	16	112,715	14.5	65,171	362,061	81.5	504,115	51.4
19. Marikuyag	158,685	2,580	0.3	3,481	31,436	19.7	82.1	90	51	5	2,139	1.5	22.3	24	33,466	21.2	31,377	115,029	91.6	206,655	130.4
20. Marikuyag	31,611	5,433	6.7	7,407	63,237	69.0	85.9	94	47	4	2,484	6.2	12.0	13	87,155	72.4	169	4,717	45	124.6	78.4
21. Marikuyag	31,325	179	0.1	976	7,335	8.0	106.5	116	-	0	0.0	0.0	-	7,335	8.0	2,258	18,156	45	79.3	25,491	27.1
22. Marikuyag	47,785	2,432	0.3	3,055	24,716	51.8	91.4	100	13	4	1,144	1.1	9.0	10	26,650	55.5	2,110	15,722	45	42,412	88.8
23. Marikuyag	20,009	123	0.0	507	4,107	20.1	78.6	86	-	0	0.0	0.0	-	4,107	20.1	5,659	31,429	45	35,545	174.2	
24. Marikuyag	45,085	417	0.1	651	5,273	11.6	73.0	87	-	0	0.0	0.0	-	5,273	11.6	2,151	15,282	45	20,555	45.3	
25. Marikuyag	330,194	13,404	1.7	17,116	135,499	44.2	96.1	105	16	3	2,316	0.3	23.5	26	142,715	14.5	65,171	362,061	81.5	504,115	51.4
26. Marikuyag	16,914	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27. Marikuyag	207,842	3,496	3.5	4,448	31,005	17.3	106.1	110	4	1	54	0.0	71.0	79	26,053	13.3	33,367	163,150	45	159,409	95.4
28. Marikuyag	16,480	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29. Marikuyag	127,561	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30. Marikuyag	126,425	2,128	0.3	3,001	24,324	19.2	113.2	123	11	2	972	0.8	11.7	12	25,216	13.9	3,273	51,517	45	76,413	66.6
31. Marikuyag	32,982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32. Marikuyag	16,318	1,438	0.2	2,945	15,206	23.7	96.2	102	0	0	0.0	0.0	-	15,206	23.7	1,264	22,578	45	31,482	54.9	
33. Marikuyag	32,163	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34. Marikuyag	32,771	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35. Marikuyag	82,310	2,205	0.3	3,678	31,365	38.0	72.1	81	33	4	1,218	1.5	27.1	30	32,481	33.5	2,641	14,706	45	47,181	57.3
36. Marikuyag	58,410	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37. Marikuyag	112,402	3,658	0.4	3,951	21,003	38.5	102.1	111	27	2	972	0.5	23.5	31	32,975	39.3	19,640	103,111	45	142,066	126.4
38. Marikuyag	20,644	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	8,365,081	780,888	113.0	621,772	5,021,514	52.8	155.6	170	4,173	488	136,010	2.5	13.4	19	5,232,641	56.3	378,570	3,177,941	30.4	7,255,585	71.4

(1)=(2)/(5)×1000 (6)=(7)/(11)×1000 (11)=(10)×485 (13)=(9)/(11)×1000 (14)=(12)×1.0557 (15)=(5)/(11) (18)=(19)/(11)×1000 (20)=(15)/(18) × 1000  
 \* assumed per capita consumption of 180 lpcd was used instead of estimated per capita consumption considering suppressed water supply conditions.

表 6. 2. 2 商業用水消費水量 (1990年)

市/自治体	MWS一日当たりの商業用水消費量		MWS水栓の数	水栓一つ当たりの水消費量		民間井戸による商業用水供給量 (M3/DAY)	推定商業用水消費量 (M3/DAY)	割合 (%)	民間井戸の占める割合 (%)
	水消費量 (M3/DAY)	修正値* (M3/DAY)		割合 (%)	有収水量 (M3/DAY)				
I. NCR	301,200	341,350	41,010	7,345	8,324	93,315	434,665	96.4	21.5
1. Manila	116,049	131,518	14,452	8,030	9,100	4,665	136,183	30.2	3.4
2. Pasay City	14,597	16,543	1,907	7,655	8,675	8,795	25,338	5.6	34.7
3. Quezon City	76,185	86,340	10,695	7,123	8,073	27,641	113,981	25.3	24.3
4. Calookan City	10,071	11,414	2,535	3,973	4,502	3,674	15,088	3.3	24.4
5. Las Pinas	547	620	315	1,738	1,970	3,678	4,299	1.0	85.6
6. Makati	41,955	47,548	3,189	13,156	14,910	11,721	59,269	13.1	19.8
7. Malabon	2,831	3,208	989	2,852	3,224	2,016	5,224	1.2	38.6
8. Mandaluyong	9,891	11,210	1,123	8,808	9,982	2,128	13,338	3.0	16.0
9. Marikina	3,424	3,881	1,288	2,659	3,013	1,400	5,280	1.2	26.5
10. Muntinlupa	69	78	106	0,648	0,734	8,230	8,308	1.8	99.1
11. Navotas	1,755	2,035	471	3,812	4,320	621	2,655	0.6	23.4
12. Paranasque	5,920	6,709	1,045	5,665	6,420	4,914	11,624	2.8	42.3
13. Pasig	8,247	9,346	1,105	7,463	8,458	6,558	15,004	3.5	41.6
14. Pateros	49	56	34	1,446	1,539	0	56	0.0	0.0
15. San Juan	7,237	8,201	920	7,865	8,915	97	8,299	1.8	1.2
16. Taguig	319	361	61	5,222	5,918	3,655	4,018	0.9	91.0
17. Valenzuela	2,014	2,282	775	2,598	2,944	3,423	5,705	1.3	60.0
II. CAVITE	1,080	1,224	731	1,477	1,674	5,175	6,399	1.4	80.9
1. Bacoor	237	268	132	1,793	2,032	703	971	0.2	72.4
2. Cavite City	642	727	398	1,612	1,827	3,480	4,207	0.9	82.7
3. Imus	57	65	54	1,058	1,199	644	709	0.2	90.9
4. Kawit	108	122	119	0,905	1,025	0	122	0.0	0.0
5. Noveleta	4	5	5	0,872	0,989	0	5	0.0	0.0
6. Rosario	32	36	23	1,399	1,585	348	385	0.1	90.5
III. RIZAL	1,452	1,646	654	2,220	2,516	8,338	9,983	2.2	83.5
1. Angono	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Antipolo	533	604	223	2,380	2,709	2,763	3,367	0.7	82.1
3. Baras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Binangonan	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Cainta	396	449	134	2,958	3,353	3,173	3,622	0.8	87.6
6. Cardona	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7. Jala-Jala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Montalban	37	42	36	1,019	1,155	844	886	0.2	95.3
9. Morong	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10. Pilillia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11. San Mateo	164	186	107	1,540	1,734	390	576	0.1	67.8
12. Tanay	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13. Taytay	322	365	154	2,092	2,371	1,167	1,532	0.3	76.2
14. Teresa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	303,732	344,219	42,395	7,164	8,119	106,828	451,047	100.0	23.7

\*: メータ誤差を考慮した水消費量

表 6. 2. 3 工業用水消費水量 (1990年)

市/自治体	MWS一日当たりの工業用水消費量		MWS水柱の数	水柱一つ当たりの水消費量		民間井戸による工業用水供給量 (M3/DAY)	推定工業用水消費量 (M3/DAY)	割合 (%)	民間井戸の占める割合 (%)
	有収水量 (M3/DAY)	修正値* (M3/DAY)		割合 (%)	有収水量 (M3/DAY)				
I. NCR	71,792	81,361	6,291	11,412	12,933	280,687	362,048	82.4	77.5
1. Manila	15,545	17,617	795	19,554	22,160	5,786	23,403	5.3	24.7
2. Pasay City	810	1,181	169	4,793	5,432	3,375	4,293	1.0	78.6
3. Quezon City	17,068	19,341	1,988	8,585	9,729	32,368	51,708	11.8	62.6
4. Calookan City	8,170	9,259	1,723	11,300	12,806	4,665	13,923	3.2	33.5
5. Las Pinas	138	155	51	2,702	3,062	20,959	21,115	4.8	99.3
6. Makati	4,110	4,658	302	13,609	15,423	3,383	8,041	1.8	42.1
7. Malabon	5,270	5,972	369	14,231	16,184	14,565	20,537	4.7	70.9
8. Mandaluyong	6,881	7,799	261	26,365	29,879	6,353	13,151	3.0	40.7
9. Marikina	1,241	1,406	506	2,452	2,779	6,833	8,239	1.9	82.9
10. Muntinlupa	71	80	106	0,667	0,756	34,280	34,360	7.8	99.8
11. Navotas	1,785	2,023	129	13,836	15,681	1,739	3,762	0.9	46.2
12. Parañaque	1,482	1,679	171	8,666	9,821	17,691	19,370	4.4	91.3
13. Pasig	7,128	8,079	277	25,734	29,165	60,077	68,156	15.5	88.1
14. Pateros	3	4	3	1,037	1,175	1,756	1,760	0.4	99.8
15. San Juan	1,059	1,200	147	7,201	8,161	59	1,259	0.3	4.7
16. Taguig	8	9	9	0,926	1,049	41,198	41,208	9.4	100.0
17. Valenzuela	1,026	1,162	285	3,599	4,079	26,600	27,763	6.3	95.8
II. CAVITE	1,014	1,149	1,346	0,753	0,853	5,889	7,037	1.6	83.7
1. Bacoor	62	70	61	1,014	1,149	0	70	0.0	0.0
2. Cavite City	210	238	250	0,840	0,952	0	238	0.1	0.0
3. Imus	5	7	7	0,908	1,027	530	538	0.1	98.7
4. Kawit	507	574	672	0,754	0,854	0	574	0.1	0.0
5. Novleta	78	88	105	0,741	0,840	0	88	0.0	0.0
6. Rosario	151	171	251	0,602	0,682	5,358	5,530	1.3	96.9
III. RIZAL	1,747	1,980	195	8,959	10,153	68,328	70,308	16.0	97.2
1. Angono	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Antipolo	1,565	1,773	44	35,561	40,301	12,025	13,798	3.1	87.1
3. Baras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Binangonan	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Cainta	42	48	34	1,247	1,414	36,173	36,221	8.2	99.9
6. Cardona	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7. Jala-Jala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Montalban	15	17	13	1,151	1,305	2,941	2,958	0.7	99.4
9. Morong	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10. Pililla	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11. San Mateo	48	55	47	1,029	1,166	504	658	0.1	91.7
12. Tanay	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13. Taytay	77	87	57	1,343	1,522	16,586	16,672	3.8	99.5
14. Teresa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	74,552	84,490	7,832	9,519	10,788	364,904	439,394	100.0	80.8

Billed Water Consumption categorized in Others are included in Industrial Consumption

\*: メータ誤差を考慮した水消費量

表 6. 2. 4 家庭用水需要量 (2010年)

市/自治体	総人口(2010年)				MWSA(2010年)				MWSA(2010年)				MWSA(2010年)				民間				
	水				水				水				水				水				
	合計	一般	水	水	合計	一般	水	水	合計	一般	水	水	合計	一般	水	水	合計	一般	水	水	
1. WCA	11,519,608	9,219,585	2,319,922	284	35	1,905,220	81,541	1,986,777	32	75	89	1,581,840	1,747,441	10,329,281	1,753,385	11,101,246	152,144	20,283	172,531		
CITY OF ALBANY	1,722,147	1,464,188	257,959	280	35	292,828	5,064	307,901	35	75	92	1,390,232	154,219	1,544,451	279,196	1,823,647	2,281	16,908			
PASAY CITY	475,225	326,123	149,102	280	35	65,256	5,181	70,437	35	75	89	310,481	111,298	421,779	3,495	421,779	1,291	1,267			
QUEZON CITY	2,322,154	1,860,810	461,344	280	35	372,116	16,180	388,296	35	75	91	1,767,233	246,705	2,013,938	352,587	2,366,525	18,509	4,043	22,552		
CALABANG CITY	1,181,820	828,231	353,589	280	35	187,655	11,422	199,077	30	75	86	754,448	247,767	1,002,215	150,889	1,153,126	3,763	2,858	19,261		
SAN PABLO	418,105	287,213	130,892	280	35	152,476	3,871	156,347	35	75	84	652,272	83,047	735,319	2,907	735,319	22,221	968	23,989		
MALETE	559,784	482,123	77,661	280	35	106,225	2,485	108,710	35	75	92	558,653	51,248	610,001	1,864	610,001	5,311	621	5,932		
MALABON	350,515	286,223	64,292	280	35	57,856	2,528	60,384	30	75	87	559,454	54,175	613,629	51,331	613,629	5,168	622	5,790		
MARILAO	335,215	242,655	92,560	280	35	18,520	2,192	20,712	35	75	91	310,517	46,319	356,836	3,715	356,836	2,428	548	4,163		
MARINA DEL NORTE	433,621	395,451	38,170	280	35	79,094	3,085	82,179	35	75	91	375,659	66,113	441,772	2,311	441,772	2,955	771	4,126		
MARINA DEL SUR	555,215	451,573	103,642	280	35	30,215	3,977	34,192	35	75	93	333,823	85,232	419,055	16,781	419,055	1,007	994	1,991		
MORONG	551,550	480,719	70,831	280	35	35,148	2,478	37,626	35	75	91	426,782	29,633	456,415	1,048	456,415	18,629	319	18,948		
MARICOR	541,961	502,065	39,896	280	35	135,525	1,295	136,820	35	75	91	433,226	96,738	530,072	30,661	530,072	5,139	1,129	6,268		
MARICOR	643,283	519,201	124,082	280	35	133,869	1,534	135,403	35	75	91	433,226	96,738	530,072	30,661	530,072	5,139	1,129	6,268		
MARICOR	11,945	6,282	5,663	280	35	13,256	383	13,639	35	75	88	51,854	6,453	58,307	11,931	58,307	1,328	76	1,401		
MAHARAJA	141,007	130,655	10,352	280	35	32,659	363	33,022	35	75	81	124,103	7,775	131,878	31,026	131,878	1,632	91	1,723		
MARICOR	431,323	352,672	78,651	280	35	13,496	2,629	16,125	30	75	83	311,224	56,138	367,362	1,965	367,362	7,463	555	8,018		
MARICOR	721,811	619,840	101,971	280	35	61,968	3,869	65,837	30	75	84	404,356	211,475	615,831	30,971	615,831	7,402	2,457	11,424		
LA CRUZ	755,035	614,387	140,648	280	35	148,377	409	148,786	37	75	86	614,337	6,494	620,831	133,929	620,831	227	182	409		
MARICOR	312,838	209,444	103,394	280	35	61,839	154	61,993	35	75	85	262,227	3,296	265,523	22,605	265,523	115	34	9,322		
MARICOR	112,538	111,952	566	280	35	22,310	81	22,391	100	100	100	111,452	676	112,128	22,390	112,128	24	0	0		
MARICOR	148,542	116,579	31,963	280	35	25,316	69	25,385	35	51	84	124,258	995	125,253	24,852	125,253	35	4,498			
MARICOR	75,607	31,106	44,501	280	35	15,921	11	15,932	100	100	100	75,105	382	75,487	15,022	75,487	11	0	0		
MARICOR	20,555	20,476	79	280	35	6,335	17	6,352	37	49	46	26,432	328	26,760	5,294	26,760	11	5,294	5	816	
MARICOR	74,715	73,830	885	280	35	14,156	136	14,292	32	21	60	43,232	897	44,129	8,286	44,129	31	5,286	105	5,481	
LA CRUZ	1,667,237	1,342,272	324,965	186	35	220,131	15,135	235,266	81	74	84	1,006,835	61,112	1,067,947	130,411	1,067,947	4,405	12,780	53,161		
MARICOR	89,788	56,552	33,236	280	35	11,583	843	12,426	100	0	79	56,252	0	56,252	11,583	56,252	0	848	318		
MARICOR	405,885	276,217	129,668	162	46	69,883	2,743	72,626	58	15	53	218,952	11,251	230,203	35,430	230,203	2,222	2,222	21,515		
MARICOR	24,182	2,612	21,570	280	30	633	633	1,266	100	0	14	3,412	0	3,412	633	3,412	0	0	0		
MARICOR	169,117	106,357	62,760	280	34	22,123	2,023	24,146	100	0	64	108,067	0	108,067	22,123	108,067	0	2,063	2,063		
MARICOR	295,646	266,852	28,794	280	35	53,216	1,035	54,251	30	75	89	239,472	22,113	261,585	47,855	261,585	716	5,322	5,509		
MARICOR	38,952	5,248	33,704	280	30	1,055	1,023	2,078	100	0	14	5,248	0	5,248	1,055	5,248	0	1,020	1,020		
MARICOR	29,855	4,221	25,634	280	31	588	433	1,021	100	0	23	4,823	0	4,823	588	4,823	0	400	400		
MARICOR	96,318	65,217	31,101	280	46	19,563	565	20,128	33	44	78	70,520	4,188	74,708	9,068	74,708	220	1,286	2,187		
MARICOR	42,381	31,917	10,464	280	31	2,447	585	3,032	100	0	28	11,847	0	11,847	2,447	11,847	0	2,447	0		
MARICOR	42,381	31,917	10,464	280	31	2,447	585	3,032	100	0	28	11,847	0	11,847	2,447	11,847	0	2,447	0		
MARICOR	115,719	82,350	33,369	280	46	18,280	1,431	19,711	77	25	63	66,284	1,105	72,489	14,103	72,489	371	1,157	1,118	2,271	
MARICOR	82,535	66,359	16,176	280	32	8,335	1,356	9,691	100	0	49	49,633	0	49,633	8,335	49,633	0	4,265	4,265		
MARICOR	197,131	171,118	26,013	280	35	35,448	590	36,038	30	75	89	159,635	14,785	174,420	31,555	174,420	511	3,516	3,727		
MARICOR	22,441	7,723	14,718	280	31	1,581	433	2,014	100	0	34	7,723	0	7,723	1,581	7,723	0	458	458		
TOTAL	141,872,530	111,358,345	30,514,185	202	35	18,284,839	97,111	18,381,950	91	65	86	130,223,371	1,815,017	132,038,388	13,075,435	132,038,388	63,752	33,349	245,652		

NOTE: 1. Areas with (a) have suppressed demand due to low water pressure, and be expected to be improved by WSP.  
 2. Areas with (b) also have suppressed demand due to low water pressure, and be expected to be improved by WSP.  
 3. Areas with (c) have suppressed demand due to limited water sources, and be expected to be improved by WSP.  
 4. Areas with (d) are merged areas under WSP, and be expected to be improved by WSP.

表 6. 2. 5 商業用水需要量

市/自治体	1990年推定水消費量				1995年			2000年			2005年			2010年		
	総量 (KJ/DAT)	全体比 (%)	MWSS (%)	民間 (%)	総量 (KJ/D)	MWSS (%)	民間 (%)	総量 (KJ/D)	MWSS (%)	民間 (%)	総量 (KJ/D)	MWSS (%)	民間 (%)	総量 (KJ/D)	MWSS (%)	民間 (%)
I. ICR	434,655	96.4	31.5	21.5	550,431	416,432	101,829	671,952	461,191	110,761	792,069	672,411	119,658	913,131	784,697	128,434
1. Manila *	136,183	30.2	31.5	3.4	172,432	131,737	4,695	210,435	205,861	4,574	248,160	243,434	4,726	286,103	281,444	4,659
2. Pasay City *	25,328	5.6	15.3	34.7	32,033	23,233	8,799	39,170	30,375	8,795	46,172	37,371	8,799	53,233	44,428	8,795
3. Quezon City *	113,981	25.3	15.7	24.3	144,345	115,705	27,641	175,234	148,563	27,671	207,702	180,051	27,651	239,484	211,824	27,660
4. Caloocan City *	15,088	3.3	11.6	24.4	19,177	15,433	3,744	23,324	19,650	3,674	27,434	23,820	3,614	31,633	28,024	3,609
5. Las Pinas	4,299	1.0	14.4	85.6	5,444	185	4,658	5,845	5,845	0	7,433	1,131	6,302	9,031	1,303	7,728
6. Makati *	59,269	13.1	60.2	19.8	75,033	61,237	11,797	91,634	79,993	11,641	108,003	96,482	11,521	124,513	112,798	11,715
7. Kalaboa *	5,224	1.2	11.4	34.6	6,616	4,600	2,016	8,076	6,060	2,016	9,519	7,504	2,015	10,975	8,959	2,016
8. Mandaluyong *	13,228	3.0	84.0	16.0	16,433	14,763	1,670	20,622	18,491	2,131	24,205	22,111	2,094	28,022	25,894	2,128
9. Marikina	5,280	1.2	11.5	26.5	6,617	4,914	1,703	8,123	5,939	2,184	9,622	7,511	2,111	11,034	8,153	2,881
10. Muntinlupa	8,208	1.8	0.9	99.1	10,511	99	10,412	12,843	120	12,723	15,139	142	14,997	17,451	163	17,328
11. Navotas *	2,655	0.6	16.8	33.4	3,343	2,742	621	4,105	3,484	621	4,829	4,216	613	5,511	4,958	553
12. Pacoang	11,624	2.6	57.3	42.3	14,720	8,497	6,223	17,655	10,372	7,283	21,181	12,225	8,956	24,410	14,096	10,314
13. Pasig	16,004	3.5	58.4	41.3	20,268	11,806	8,461	24,741	14,448	10,293	29,163	17,051	12,112	33,523	19,636	13,887
14. Pateros	56	0.0	100.0	0.0	71	71	0	86	86	0	102	102	0	117	117	0
15. San Juan *	8,299	1.8	98.8	1.2	10,510	10,412	97	12,625	12,732	97	15,122	15,025	97	17,415	17,318	97
16. Taguig	4,016	0.9	9.0	91.0	5,066	457	4,609	6,208	558	5,650	7,213	658	8,660	9,417	758	7,652
17. Valenzuela	5,705	1.3	48.0	52.0	7,224	2,890	4,334	8,819	3,528	5,291	10,395	4,158	6,237	11,365	4,794	6,571
III. CAVITE	6,399	1.4	19.1	80.3	8,103	1,550	6,554	9,692	1,892	7,800	11,660	2,230	9,430	13,443	2,571	10,872
1. Bacoor	971	0.2	27.6	72.4	1,220	340	880	1,502	415	1,087	1,770	489	1,281	2,441	561	1,411
2. Cavite City	4,207	0.9	17.3	82.1	5,327	921	4,406	6,503	1,124	5,379	7,655	1,225	6,434	8,638	1,528	7,110
3. Imus	709	0.2	9.1	90.5	898	82	816	1,096	1,000	96	1,292	118	1,174	1,490	136	1,354
4. Imbit	122	0.0	100.0	0.0	155	155	0	189	189	0	222	222	0	266	266	0
5. Noveleta	5	0.0	100.0	0.0	6	6	0	8	8	0	9	9	0	10	10	0
6. Rosario	335	0.1	9.5	90.5	487	46	441	595	55	538	701	66	635	808	77	731
III. RIZAL	9,333	2.2	16.5	83.5	15,668	5,109	10,559	20,285	7,331	12,889	25,511	10,320	15,191	31,370	13,854	17,517
1. Angono	-	-	-	-	623	623	0	1,028	1,028	0	1,555	1,555	0	2,317	2,317	0
2. Antipolo	3,161	0.7	17.3	82.1	4,334	155	3,439	5,205	554	4,271	5,126	1,101	5,425	7,074	1,233	5,805
3. Baras	-	-	-	-	35	35	0	38	38	0	80	80	0	140	140	0
4. Binangonan	-	-	-	-	1,103	1,103	0	2,180	2,180	0	3,163	3,163	0	4,423	4,423	0
5. Calamba	3,522	0.8	12.4	87.6	4,587	563	4,018	5,600	555	4,995	6,501	819	5,782	7,610	944	5,667
6. Cerdona	-	-	-	-	98	98	0	136	136	0	166	166	0	219	219	0
7. Jala-Jala	835	0.2	4.3	95.3	1,128	15	1,063	1,370	64	1,205	1,514	76	1,539	1,851	87	1,764
8. Kontuban	-	-	-	-	191	191	0	251	251	0	354	354	0	483	483	0
9. Marong	-	-	-	-	141	141	0	232	232	0	324	324	0	432	432	0
10. Pililla	-	-	-	-	729	729	0	890	890	0	1,043	1,043	0	1,203	1,203	0
11. San Mateo	575	0.1	32.1	67.8	729	235	494	890	251	600	1,043	338	711	1,203	350	819
12. Tanyag	-	-	-	-	434	434	0	785	785	0	1,176	1,176	0	1,677	1,677	0
13. Taytay	1,532	0.3	23.3	76.2	1,941	463	1,478	2,369	555	1,804	2,792	665	2,127	3,219	187	2,452
14. Teresa	-	-	-	-	98	98	0	158	158	0	229	229	0	316	316	0
TOTAL	451,341	100.0	76.3	23.7	574,223	455,231	118,991	702,129	510,473	131,651	829,242	655,621	144,216	958,089	801,121	156,888

表 6. 2. 6 工業用水需要量

市/自治体	1990年推定水消費量						1995年			2000年			2005年			2010年			
	総量 (M3/日)	全体比 (%)	MWS (%)	民間 (%)	総量 (M3/日)	民間 (M3/日)	MWS (M3/日)	民間 (M3/日)	総量 (M3/日)	民間 (M3/日)	MWS (M3/日)	民間 (M3/日)	総量 (M3/日)	民間 (M3/日)	MWS (M3/日)	民間 (M3/日)	総量 (M3/日)	民間 (M3/日)	MWS (M3/日)
I. 北陸	382,046	82.4	22.5	71.5	457,871	112,321	320,550	515,868	146,210	369,650	588,825	118,580	411,846	659,338	206,751	452,585			
1. 富山	23,403	5.3	75.3	24.7	28,204	22,519	5,685	33,246	27,560	5,786	38,082	32,235	5,786	42,823	36,837	5,785			
2. 石川	4,232	1.0	31.4	18.6	5,152	1,817	3,335	6,116	2,742	3,375	6,991	3,575	7,813	4,445	3,368				
3. 福井	51,786	11.8	37.4	22.6	62,558	30,170	32,388	73,671	41,310	32,368	81,091	31,110	32,368	94,185	61,807	32,378			
4. 金沢市*	13,923	3.2	65.5	33.5	16,839	12,175	4,664	19,839	15,174	4,665	22,611	17,580	4,665	25,551	20,693	4,655			
5. 金沢市*	21,115	4.8	0.7	55.3	25,527	189	25,338	30,088	222	25,663	34,341	254	34,087	34,451	284	33,171			
6. 金沢市*	3,541	0.7	72.3	42.1	9,125	6,342	2,783	11,458	8,011	3,447	13,078	9,654	3,423	14,545	11,252	3,293			
7. 小浜市*	23,537	4.7	23.1	70.9	24,838	10,273	14,565	29,263	14,585	14,683	33,471	18,856	14,585	31,404	22,839	11,565			
8. 小浜市*	13,151	3.0	53.2	40.7	15,906	10,553	5,353	18,739	13,385	5,353	21,315	16,035	5,280	23,452	18,599	4,853			
9. 小浜市*	8,429	1.9	17.1	82.9	9,365	1,701	7,664	11,739	2,404	9,336	12,460	2,287	11,113	15,005	2,561	12,444			
10. 小浜市*	34,360	7.8	0.2	99.8	41,556	91	41,465	48,958	314	48,644	55,682	130	55,751	62,578	116	62,432			
11. 小浜市*	3,762	0.9	52.8	48.2	4,550	2,811	1,739	5,350	3,621	1,729	5,118	4,319	1,799	6,852	5,112	1,739			
12. 小浜市*	19,370	4.1	8.7	91.3	23,427	2,031	21,396	27,032	2,353	25,207	31,503	2,731	28,772	35,278	3,059	32,220			
13. 小浜市*	66,156	15.5	11.9	88.1	82,430	9,170	72,260	97,113	11,511	85,602	110,817	13,139	91,218	124,130	14,113	109,117			
14. 小浜市*	1,769	0.4	0.2	99.8	2,128	4	2,124	2,501	5	2,502	2,862	6	2,856	3,205	6	3,199			
15. 小浜市*	1,259	0.3	95.3	4.7	1,522	1,463	59	1,584	1,735	59	2,047	1,983	59	2,293	2,434	55			
16. 小浜市*	41,288	9.4	0.0	100.0	49,318	11	49,226	58,715	13	58,702	67,819	15	67,804	75,050	17	75,033			
17. 小浜市*	27,783	5.3	4.2	95.8	33,577	1,406	32,171	39,556	1,656	37,900	45,153	1,831	43,262	50,551	2,117	48,436			
II. 北陸	1,007	1.6	16.3	81.7	8,511	1,389	7,122	10,027	1,637	8,390	11,415	1,888	9,527	12,311	2,092	10,219			
1. 福井	70	0.0	100.0	0.0	65	85	0	100	100	0	114	114	0	128	128	0			
2. 福井	233	0.1	100.0	0.0	268	288	0	329	339	0	387	387	0	433	433	0			
3. 福井	533	0.1	1.3	32.7	650	9	641	766	10	756	914	12	863	979	13	966			
4. 福井	518	0.1	100.0	0.0	694	694	0	818	818	0	934	934	0	1,045	1,045	0			
5. 福井	41	0.0	100.0	0.0	107	107	0	126	126	0	143	143	0	161	161	0			
6. 福井	5,515	1.3	3.1	55.9	6,688	207	6,481	7,879	244	7,635	8,393	278	8,715	10,071	312	9,759			
III. 北陸	70,308	16.0	2.8	87.2	90,478	3,342	87,136	108,913	5,440	103,472	121,524	9,149	119,375	146,784	14,834	131,950			
1. 新潟	15,798	3.1	12.9	87.1	16,638	2,145	14,493	19,661	6,527	17,134	22,441	2,884	15,557	25,130	3,220	21,910			
2. 新潟	-	-	-	-	46	6	38	66	20	46	144	98	79	252	151	101			
3. 新潟	36,221	8.2	0.1	99.9	43,007	58	42,949	51,610	68	51,542	59,089	73	51,471	65,968	88	65,880			
4. 新潟	2,958	0.7	0.6	99.4	3,578	23	3,555	4,215	24	4,191	4,811	28	4,784	5,388	31	5,357			
5. 新潟	-	-	-	-	253	44	209	411	125	292	778	350	423	1,194	62	1,132			
6. 新潟	658	0.1	8.3	91.7	796	55	741	833	78	860	1,071	89	982	1,199	100	1,099			
7. 新潟	16,672	3.8	0.5	99.5	20,161	105	20,056	23,755	124	23,632	27,116	141	26,975	30,365	155	30,210			
8. 新潟	-	-	-	-	173	30	143	286	85	200	411	185	226	578	342	236			
TOTAL	429,294	100.0	15.2	80.8	536,861	118,058	418,793	624,803	151,935	472,858	721,195	187,937	539,798	818,967	223,531	595,436			

\* Future demand increase was assumed to be shouldered by MWS only.

表 6.2.7 水需要予測 ケース3 (1995年)

市/自治体	MWS供給による水需要量 (M <sup>3</sup> /D)				民間供給による水需要量 (M <sup>3</sup> /D)				総水需要量 (M <sup>3</sup> /D)				MWS供給の割合 (%)						
	家庭用水	商業用水	工業用水	漏水	合計	家庭用水	商業用水	工業用水	合計	家庭用水	商業用水	工業用水	合計	家庭用水	商業用水	工業用水	合計		
I. BCE	1,154,290	618,612	113,321	903,059	35.0	2,597,312	315,907	101,829	334,510	742,276	1,442,197	550,451	437,871	909,059	12,339,588	11.1	81.5	25.9	77.3
1. Manila	252,299	151,151	42,513	238,285	35.0	681,103	15,345	4,665	5,166	29,796	271,715	172,462	26,204	238,285	710,897	31.3	57.3	79.6	95.8
2. Pasay City	61,554	23,233	1,817	95,557	35.0	105,530	10,513	8,795	3,315	22,721	34,045	32,088	5,152	36,357	128,321	30.5	12.6	35.0	82.3
3. Quezon City	270,472	115,765	30,179	224,725	35.0	612,072	21,216	27,641	32,368	83,254	233,117	144,345	52,538	224,255	753,326	31.1	80.9	41.2	88.5
4. Calookan City	31,416	15,433	12,175	53,155	35.0	167,733	35,638	3,674	4,655	48,176	121,254	19,107	16,829	59,705	215,905	57.1	80.8	71.3	77.1
5. Las Pinas	25,775	188	189	15,556	35.0	47,337	37,007	4,658	25,318	67,013	55,763	5,444	25,527	16,559	114,320	44.8	14.4	0.7	41.4
6. Makati	80,574	31,321	6,242	81,321	35.0	231,274	10,477	11,721	3,252	25,381	31,451	75,053	5,725	81,121	257,355	33.5	84.4	65.2	90.1
7. Malabon	31,284	1,500	10,273	21,508	35.0	71,155	14,689	2,015	14,565	31,270	46,074	6,516	24,328	24,328	102,435	41.1	69.5	41.4	69.5
8. Mandaluyong	38,610	16,721	10,552	33,345	35.0	95,211	3,248	2,123	5,235	19,729	33,458	16,091	15,906	33,365	106,000	31.3	87.4	65.3	89.9
9. Marikina	52,397	6,914	1,791	31,176	35.0	90,188	4,343	1,773	6,264	14,380	16,741	6,687	5,965	31,775	105,169	32.3	73.5	11.1	86.3
10. Navotas	20,636	55	97	11,217	35.0	32,249	31,571	10,123	41,459	83,453	52,208	10,521	41,556	11,211	115,581	33.5	0.9	0.2	27.7
11. Marikina	24,677	2,742	2,811	15,278	35.0	45,507	4,120	821	1,759	6,180	26,797	3,353	4,550	19,272	52,987	35.1	81.5	81.8	87.8
12. Parañaque	52,984	2,497	2,831	35,583	35.0	113,058	42,310	6,223	21,266	69,229	105,294	14,220	23,427	39,581	183,055	53.4	57.7	4.7	61.8
13. Pasig	62,935	11,636	9,170	45,522	35.0	130,063	9,182	3,431	12,659	90,273	12,117	20,231	82,430	45,222	229,336	37.3	58.4	11.9	59.0
14. Paleros	4,252	71	4	2,309	35.0	6,557	5,237	0	2,184	7,401	9,529	0	2,128	14,057	44.5	100.0	0.2	47.1	
15. San Juan	29,410	10,412	1,463	23,221	35.0	62,517	1,721	31	59	1,831	31,143	10,510	1,522	22,221	65,401	34.4	99.1	95.1	97.1
16. Taguig	9,793	457	11	5,525	35.0	15,787	38,287	4,823	49,826	95,652	48,008	5,046	49,826	108,449	26.4	9.0	0.0	14.6	
17. Valenzuela	32,651	2,899	1,405	19,894	35.0	56,841	20,755	4,135	32,171	57,331	53,406	1,224	33,577	134,101	51.1	60.0	4.2	49.8	
II. CAVITE	44,332	1,550	1,393	20,259	33.0	67,529	49,091	6,554	7,122	62,655	93,625	8,103	8,511	20,259	130,299	41.5	19.1	16.3	51.8
1. Bacoor	15,403	340	35	6,785	33.0	22,617	18,918	850	0	19,406	34,325	1,230	85	6,785	42,435	44.9	27.6	100.0	51.3
2. Cavite City	10,954	921	281	5,213	33.0	17,375	6,511	4,406	0	19,311	17,465	5,127	288	5,213	26,293	52.7	17.3	100.0	81.4
3. Imus	7,781	82	82	3,371	34.0	11,245	11,023	816	611	12,480	18,004	898	650	3,374	23,725	41.4	9.1	1.3	17.4
4. Kawit	6,802	155	534	3,279	33.0	10,929	3,011	0	0	3,441	3,843	155	694	3,279	33,911	53.1	100.0	100.0	38.2
5. Noveleta	1,022	6	107	485	36.0	1,621	3,059	0	0	3,059	4,080	6	107	486	4,630	25.0	100.0	100.0	34.5
6. Rosario	2,355	46	207	1,123	38.0	3,742	6,542	441	6,181	13,464	8,908	487	6,688	1,123	17,205	25.6	9.5	3.1	41.1
III. RIZAL	47,538	5,109	3,347	20,750	21.0	76,743	71,101	10,555	87,131	159,154	118,610	15,668	30,179	20,750	245,531	40.1	32.8	3.7	31.3
1. Angono	3,115	623	156	694	15.0	4,638	1,155	0	955	2,261	4,271	623	1,121	694	6,709	12.9	100.0	17.5	83.0
2. Antipolo	11,030	765	2,145	6,000	30.0	19,999	19,771	3,499	14,543	37,816	20,864	4,264	16,683	6,000	57,315	35.9	17.9	12.9	34.5
3. Baras	131	25	6	83	15.0	188	553	0	38	596	685	25	46	28	781	18.5	100.0	17.4	23.3
4. Biangnan	7,038	1,402	442	1,582	15.0	10,411	3,103	0	2,081	5,150	10,111	1,402	2,523	1,662	15,601	53.1	100.0	17.5	65.7
5. Calina	6,231	569	58	3,715	15.0	10,616	13,583	4,018	43,718	65,356	24,862	4,867	43,807	3,716	76,972	25.8	12.4	0.1	13.8
6. Cardona	430	98	31	103	15.0	758	355	0	115	1,312	1,456	98	177	109	1,840	33.1	100.0	11.5	39.6
7. Jala-Jala	31	15	15	15	15.0	109	542	0	22	564	615	15	22	18	873	11.5	100.0	14.9	16.2
8. Asitaban	3,323	53	21	1,704	30.0	5,680	3,232	1,685	3,557	1,518	7,195	1,122	3,578	1,104	13,599	54.2	4.7	0.6	41.8
9. Borac	355	191	60	213	15.0	1,419	351	0	231	1,145	1,816	191	344	213	2,561	52.6	100.0	17.4	55.3
10. Piliilla	303	111	44	151	15.0	1,045	351	0	233	1,202	1,531	141	253	157	2,241	41.5	100.0	17.4	46.5
11. San Mateo	4,332	235	66	1,931	30.0	6,618	6,278	494	730	1,502	10,630	729	796	1,354	14,150	40.5	22.2	3.3	47.0
12. Tassay	2,110	431	137	684	15.0	3,225	1,351	0	645	2,026	424	782	484	526	5,526	58.7	100.0	11.5	58.4
13. Tagtay	6,733	462	105	3,965	15.0	11,331	12,951	1,478	20,059	34,291	19,562	1,841	29,164	3,955	45,622	31.8	23.8	0.5	24.8
14. Tarlac	480	96	30	107	15.0	713	575	0	143	718	1,055	56	173	107	1,431	45.3	100.0	17.3	49.8
TOTAL	1,218,138	655,291	119,038	950,083	34.1	2,741,584	436,105	118,941	418,799	913,829	1,654,262	574,212	516,861	950,083	13,115,423	73.6	79.3	22.0	73.1

表 6.2.8 水需要予測 ケース3 (2000年)

市/自治体	MWS供給による水需要量 (M <sup>3</sup> /D)			民間供給による水需要量 (M <sup>3</sup> /D)			総水需要量 (M <sup>3</sup> /D)			MWS供給の割合 [%]								
	家庭用水	商業用水	工業用水	家庭用水	商業用水	工業用水	家庭用水	商業用水	工業用水	家庭用水	商業用水	工業用水						
1. MCR	1,420,202	551,191	146,218	511,833	35.5	3,035,444	211,812	110,451	359,658	632,223	1,532,014	671,952	515,868	311,833	1,131,667	87.0	81.5	81.5
2. Manila	267,682	205,861	27,550	214,759	30.3	315,662	17,415	4,555	5,786	27,866	285,097	210,525	31,346	214,759	741,728	93.9	91.1	92.6
3. Pasay City	52,747	30,375	2,742	26,799	30.0	122,662	7,448	8,735	5,375	19,618	52,155	39,170	6,116	26,799	142,280	87.6	77.1	44.8
4. Quezon City	307,254	148,563	41,310	215,045	30.0	310,162	21,462	27,944	32,368	81,411	332,717	176,204	13,677	213,053	751,653	93.5	84.2	96.1
5. Caloocan City	110,825	15,650	15,174	52,421	30.0	228,070	30,123	3,578	4,665	38,462	162,548	23,324	15,639	62,421	246,522	78.6	81.2	76.5
6. Las Pinas	68,920	959	222	30,043	30.0	102,145	23,463	5,885	29,853	59,013	32,363	6,845	30,086	30,043	159,158	74.6	84.4	87.7
7. Malabon	52,691	15,903	8,071	27,429	30.0	158,058	5,700	11,221	3,323	20,844	35,432	91,621	11,458	27,429	276,943	84.2	81.2	78.5
8. Marikina	40,574	5,060	14,638	26,235	30.0	81,616	10,723	2,911	14,565	27,304	51,297	8,071	29,263	11,321	79.1	15.0	30.2	
9. Mandaluyong	41,038	16,491	13,386	31,250	30.0	104,166	2,934	2,128	5,353	10,395	41,982	20,820	16,759	31,350	114,569	93.4	85.7	71.4
10. Marikina	61,462	5,999	2,004	29,770	30.0	95,235	4,194	9,736	16,031	31,833	65,656	3,833	11,759	29,770	115,228	93.5	73.5	17.1
11. Muntinlupa	48,677	120	114	20,962	30.0	55,674	15,821	12,122	48,844	78,381	55,438	12,441	48,958	20,962	148,261	74.3	6.9	0.2
12. Navotas	29,373	3,484	3,621	15,893	30.0	52,977	2,481	821	1,739	4,781	32,379	4,105	5,388	15,893	57,737	92.5	84.9	87.6
13. Parañaque	92,053	10,572	2,331	44,958	30.0	149,761	23,586	1,457	25,207	56,103	115,364	11,519	27,680	41,928	205,861	83.8	57.7	8.1
14. Pasig	79,017	14,448	11,511	45,003	30.0	150,009	5,536	19,622	85,602	101,430	84,583	21,441	37,113	45,003	251,439	93.5	58.4	11.5
15. Patentes	7,638	86	5	3,312	30.0	11,041	3,311	2,502	1,949	86	2,507	3,312	16,854	100.0	0.2	65.5		
16. San Juan	30,403	12,722	1,335	19,232	30.0	64,108	1,732	97	59	1,888	32,111	12,629	1,794	13,232	65,996	84.6	99.2	95.7
17. Taguig	39,371	538	11	17,318	30.0	57,060	17,185	5,650	58,702	81,531	56,556	5,208	58,715	17,188	138,597	85.6	9.0	0.0
18. Valenzuela	49,830	3,528	1,552	23,573	30.0	78,578	18,048	5,251	37,902	81,241	67,868	6,819	39,558	33,513	139,818	83.4	40.0	4.2
19. CAVITE	78,753	1,892	1,311	35,270	30.0	117,566	32,611	6,000	8,391	43,042	111,409	5,892	10,057	35,270	166,593	70.7	19.1	16.3
20. Bacor	34,232	415	100	14,900	30.0	49,666	8,625	1,087	0	3,113	42,878	1,502	100	14,900	59,393	79.9	27.5	210.0
21. Cavite City	14,987	1,124	315	7,050	30.0	23,580	4,270	5,379	0	3,445	19,256	6,503	339	7,050	33,188	77.8	17.3	210.0
22. Iloilo	12,631	180	10	5,483	30.0	18,277	9,599	956	755	11,211	22,203	1,096	765	5,483	29,621	56.9	3.1	1.3
23. Iloilo	9,231	189	818	4,598	30.0	15,328	1,855	0	0	1,855	11,578	189	818	4,598	17,133	84.0	100.0	100.0
24. Marikina	3,051	8	125	1,367	30.0	4,558	1,702	0	0	1,702	4,759	8	136	1,367	6,250	64.2	100.0	100.0
25. Marikina	4,055	56	244	1,871	30.0	6,238	6,590	538	7,635	14,713	10,656	595	7,879	1,871	21,001	38.2	3.5	3.1
26. RIZAL	96,891	7,396	5,440	39,070	25.2	148,837	61,900	15,889	103,472	179,212	158,891	20,285	108,913	33,070	327,153	61.0	36.5	5.0
27. Angono	5,138	1,028	555	1,186	15.0	7,907	1,124	0	1,295	2,419	6,282	1,028	1,850	1,186	10,325	82.1	100.0	30.0
28. Antipolo	17,630	924	2,321	9,064	30.0	30,215	23,871	4,271	17,134	45,213	41,567	5,205	19,651	3,064	75,493	42.6	17.3	42.9
29. Bacor	139	38	25	44	15.0	231	610	0	48	558	799	38	88	44	913	23.7	100.0	35.5
30. Alangano	10,202	2,180	1,171	2,516	15.0	16,775	2,873	0	2,717	5,620	13,775	2,180	3,924	2,516	22,395	79.1	100.0	30.0
31. Calala	2,161	695	33	10,939	30.0	16,463	10,715	4,505	51,511	97,162	35,476	5,600	51,610	10,519	103,625	69.8	12.4	6.1
32. Cardona	61	126	33	146	15.0	971	1,005	0	133	1,144	1,639	126	327	146	2,135	28.6	100.0	32.0
33. Jala-Jala	59	54	25	62	15.0	414	512	0	68	610	811	54	97	62	1,024	33.2	100.0	33.5
34. Montalban	5,614	84	24	2,457	30.0	8,189	3,070	1,205	4,191	5,566	8,714	1,370	4,215	2,457	16,755	64.8	4.7	0.6
35. Marikina	1,253	221	135	249	15.0	1,928	900	0	316	1,216	2,153	251	314	233	3,144	56.2	100.0	29.5
36. Marikina	1,161	22	125	268	15.0	1,786	1,010	0	232	1,302	2,171	322	417	268	3,088	53.5	100.0	30.0
37. San Mateo	6,883	287	33	3,106	30.0	10,354	6,381	603	880	3,464	13,264	890	938	3,106	18,198	33.9	32.2	8.3
38. Pasig	3,924	785	424	906	15.0	6,039	1,570	0	933	3,459	5,494	785	1,413	358	8,598	71.4	100.0	30.0
39. Pasig	17,751	565	124	7,904	30.0	26,346	7,623	1,804	23,622	33,120	25,437	4,369	23,766	7,341	59,466	53.6	23.8	0.5
40. Terese	792	158	81	183	15.0	1,219	539	0	200	715	1,331	158	286	183	1,858	55.5	100.0	30.1
TOTAL	1,595,952	510,478	159,235	986,173	25.4	3,106,908	386,353	131,651	481,513	315,517	1,982,314	106,129	634,808	986,173	4,225,424	81.9	81.2	24.1

表 6. 2. 9 水需要予測 ケース2&3 (2005年)

市/自治体	MWS供給による水需要量 (M <sup>3</sup> /D)			民間供給による水需要量 (M <sup>3</sup> /D)			総水需要量 (M <sup>3</sup> /D)			MWS供給の割合 (%)									
	家庭用水	商業用水	工業用水	家庭用水	商業用水	工業用水	家庭用水	商業用水	工業用水	家庭用水	商業用水	工業用水							
I. AGI	1,634,311	512,476	176,980	827,532	25.0	3,311,329	180,476	119,593	411,846	711,915	1,814,818	192,053	588,885	827,932	14,022,644	50.1	84.9	35.1	82.3
1. Asaka	277,955	243,494	32,276	184,575	25.0	738,331	17,021	4,655	5,786	27,472	234,976	248,150	36,062	184,975	765,773	56.2	98.1	84.6	96.4
2. Fuzuy City	61,177	37,577	3,607	34,054	25.0	136,211	4,528	8,795	3,375	15,708	55,715	46,172	5,981	34,054	152,922	33.1	81.0	51.7	89.1
3. Quzen City	238,611	180,061	51,730	135,134	25.0	750,531	81,868	27,641	32,368	15,788	350,477	207,702	84,097	190,134	842,410	31.5	86.7	61.5	90.3
4. Caloagan City	134,651	25,820	17,980	58,617	25.0	235,253	25,621	3,674	4,665	33,970	150,282	27,494	25,544	58,811	269,237	81.0	85.6	73.4	87.4
5. Las Piñas	103,932	1,131	254	35,105	25.0	140,442	18,894	9,703	24,087	59,684	122,826	7,433	34,341	35,105	200,105	86.8	14.4	0.7	78.2
6. Marikina	98,382	96,282	9,694	55,113	25.0	292,451	5,816	11,721	3,383	29,929	184,178	108,003	33,078	68,113	293,371	96.4	89.1	74.1	92.9
7. Marikina	47,235	7,504	18,836	24,522	25.0	98,428	8,770	2,018	14,585	25,351	56,026	9,513	32,401	24,522	123,479	81.3	78.8	55.4	79.5
8. Marikina	44,675	22,177	16,036	23,629	25.0	110,518	2,913	2,123	5,253	10,384	41,587	24,305	21,345	27,629	120,911	91.3	91.2	75.0	91.4
9. Marikina	69,793	7,071	2,287	22,384	25.0	195,255	4,426	2,551	11,113	18,090	14,219	9,622	33,400	25,384	123,625	91.0	73.5	17.1	85.4
10. Marikina	67,217	142	130	22,456	25.0	89,345	12,477	14,931	83,225	173,211	15,694	15,139	55,862	22,496	173,211	84.3	0.9	0.2	52.0
11. Marikina	33,300	4,218	4,379	13,986	25.0	55,652	2,377	821	1,739	4,737	35,677	4,939	5,118	13,986	60,600	93.3	87.2	81.6	92.2
12. Marikina	191,101	12,228	2,731	25,688	25.0	158,314	18,593	3,355	28,772	56,320	122,694	21,181	31,502	39,686	215,064	81.8	57.7	3.7	73.8
13. Marikina	90,322	17,021	13,139	40,364	25.0	181,455	5,877	12,132	97,788	115,419	56,798	29,153	110,847	40,364	277,172	93.5	58.4	11.9	58.3
14. Marikina	9,815	102	6	3,387	25.0	13,219	2,489	2,856	5,316	12,304	12,304	102	2,862	3,307	18,575	73.9	100.0	0.2	71.2
15. Marikina	31,026	15,025	1,993	16,033	25.0	64,133	1,701	37	59	1,888	32,818	15,122	2,047	16,033	66,050	94.7	99.4	97.1	97.1
16. Marikina	51,771	658	15	17,481	25.0	59,225	13,245	5,650	67,094	86,909	65,015	7,319	67,019	17,481	156,824	79.5	9.0	0.0	64.6
17. Marikina	69,715	4,158	1,491	25,256	25.0	191,024	13,812	5,237	42,262	63,311	83,531	10,395	45,153	25,256	164,235	81.5	40.0	4.2	61.5
III. EMBL	139,450	10,320	3,144	45,319	25.0	204,729	69,142	15,150	118,375	193,711	200,092	35,513	121,524	45,319	356,449	69.3	40.4	7.2	51.4
1. Bacor	44,321	489	116	14,968	25.0	59,874	7,858	1,281	0	9,140	52,181	1,770	114	14,968	69,014	81.3	27.6	100.0	86.8
2. Cavite City	19,634	1,225	387	7,115	25.0	26,481	1,440	5,341	0	7,781	21,074	7,655	387	7,115	36,242	91.2	17.3	100.0	78.5
3. Bacor	17,518	118	12	5,882	25.0	23,527	8,309	1,174	863	10,346	26,825	1,232	874	5,882	33,873	67.3	9.1	1.3	69.5
4. Bacor	12,131	222	331	4,626	25.0	18,502	603	0	0	603	13,223	222	994	4,626	19,195	95.5	100.0	100.0	96.8
5. Cavite	35,511	819	71	12,171	25.0	46,666	9,414	4,182	58,821	73,627	44,622	6,601	52,393	12,171	122,313	79.8	12.4	0.1	39.3
6. Cavite	168	11	11	202	25.0	1,347	1,021	0	187	1,188	1,862	168	303	202	2,435	45.3	100.0	44.9	53.1
7. Jala-Jala	518	114	32	137	25.0	911	526	0	112	638	1,094	114	284	137	1,549	51.9	100.0	45.1	58.1
8. Marikina	7,538	76	28	2,517	25.0	10,148	2,614	1,639	4,784	8,936	10,152	1,811	4,811	2,547	19,124	74.3	4.7	0.6	53.3
9. Marikina	4,766	354	286	425	25.0	2,823	910	0	350	1,290	2,788	354	516	425	4,123	65.3	100.0	45.0	68.7
10. Marikina	2,451	432	450	513	25.0	3,462	928	3,089	428	318	4,811	519	4,811	78.0	100.0	45.0	71.9		
11. San Mateo	10,186	328	33	3,531	25.0	14,184	6,141	711	982	7,633	16,307	1,619	1,071	3,531	21,953	62.3	32.2	4.3	64.3
12. Tuguegarao	5,282	1,176	352	1,414	25.0	9,425	1,497	1,185	2,163	3,779	1,176	2,163	1,176	3,419	12,087	79.7	100.0	45.0	78.0
13. Tuguegarao	24,509	665	141	8,439	25.0	32,754	6,283	1,127	26,975	35,304	10,712	2,792	27,116	3,419	69,658	93.4	23.8	0.5	48.9
14. Tuguegarao	1,143	229	115	275	25.0	1,652	504	0	226	730	1,647	229	411	275	2,562	83.4	100.0	45.0	71.5
TOTAL	11,879,704	685,026	187,931	909,422	24.8	23,651,148	266,479	144,211	559,738	959,493	2,145,183	829,242	727,795	909,422	14,611,641	87.6	81.6	25.8	79.4

表 6. 2. 10 水需要予測 ケース2&3 (2010年)

市/自治体	MMS供給による水需要量 (M/D)				民間供給による水需要量 (M/D)				総水需要量 (M/D)				MMS供給の割合 (%)						
	家庭用水	商業用水	工業用水	漏水	合計	家庭用水	商業用水	工業用水	合計	家庭用水	商業用水	工業用水	漏水	合計	家	商	工	合	
I. PCR	1,814,246	784,667	206,731	335,325	25.0	3,140,859	172,651	128,498	452,655	752,685	1,935,177	913,196	653,348	525,225	3,491,563	55.3	25.4	19.3	80.2
1. Manila	284,993	231,444	36,837	201,059	25.0	394,166	16,908	4,665	5,166	27,359	301,301	286,109	42,623	201,052	811,725	94.4	98.4	86.4	95.7
2. Pasay City	65,993	44,426	4,413	31,251	25.0	133,115	4,567	8,795	3,375	16,736	70,360	53,233	1,811	38,291	163,501	93.5	83.5	56.8	90.1
3. Quezon City	365,702	211,624	61,807	213,111	25.0	832,444	22,654	27,681	32,568	329,161	339,352	239,161	213,111	213,111	335,106	94.2	88.3	65.6	91.4
4. Caloocan City	185,436	21,024	20,633	63,353	25.0	231,555	19,621	3,674	4,665	27,860	179,317	31,688	35,318	69,591	305,534	89.0	88.1	81.6	90.1
5. Las Piñas	123,361	1,203	284	64,363	25.0	131,322	23,990	7,728	16,171	69,889	157,351	9,031	34,458	44,983	243,621	84.8	11.4	0.7	72.5
6. Muntinlupa	102,768	112,358	11,252	25,619	25.0	302,417	5,522	11,721	3,363	21,606	104,100	124,519	14,845	75,609	323,413	94.5	90.5	76.9	93.5
7. Malabon	52,787	8,255	22,839	24,528	25.0	104,111	6,298	2,016	14,568	22,979	57,165	10,975	31,404	28,528	131,092	89.4	81.6	61.1	83.2
8. Mandaluyog	47,748	25,854	18,589	35,741	25.0	122,889	2,128	2,128	5,262	10,456	59,222	28,022	21,452	30,747	132,445	94.1	92.4	77.7	92.2
9. Marikina	77,453	8,163	2,561	25,265	25.0	113,556	4,726	2,941	12,444	20,112	32,179	11,091	15,005	29,289	137,668	94.2	91.5	17.1	85.4
10. Meralco	75,750	163	346	21,687	25.0	101,766	14,542	17,231	62,432	94,265	34,252	17,454	62,578	26,687	231,011	84.6	0.5	0.2	33.1
11. Navotas	36,199	4,658	5,112	15,433	25.0	61,602	2,427	521	1,739	3,626	34,626	5,573	6,652	15,423	66,479	93.7	84.9	74.6	82.8
12. Parañaque	107,742	14,096	3,059	41,632	25.0	165,529	19,178	10,381	32,228	61,722	125,320	24,433	35,278	41,632	218,251	84.9	81.7	8.7	32.0
13. Pasig	102,063	19,626	14,713	45,467	25.0	181,869	6,222	13,333	109,417	129,425	106,375	33,633	124,130	45,467	311,595	94.2	86.4	11.9	36.4
14. Palawan	12,158	117	6	4,094	25.0	16,376	3,401	0	3,198	4,600	11,560	111	3,205	4,094	20,975	89.7	100.0	0.2	16.1
15. San Juan	31,298	37,328	2,231	16,956	25.0	87,826	1,724	37	59	3,522	11,435	2,235	16,956	19,796	69,796	94.3	95.4	97.4	97.3
16. Taguig	65,410	758	17	22,062	25.0	88,247	7,704	7,619	75,023	90,415	73,114	4,431	75,050	22,062	178,664	89.5	9.0	0.0	49.4
17. Valenzuela	88,373	4,794	2,117	31,781	25.0	127,045	11,464	7,191	48,446	67,101	99,837	11,288	50,584	31,761	194,147	88.5	10.0	4.2	65.4
III. CAVITE	129,187	2,371	2,032	44,610	25.0	178,439	20,120	10,833	10,755	41,118	149,287	13,442	12,817	44,610	229,157	85.5	19.1	15.5	81.1
1. Bacoor	52,721	564	133	17,804	25.0	71,216	9,322	1,417	0	12,159	62,043	2,041	128	17,804	82,015	95.0	27.6	100.0	85.9
2. Cavite City	22,414	1,528	433	6,125	25.0	24,500	7,310	2,310	0	7,310	22,414	2,426	0	6,125	39,810	100.0	17.3	100.0	81.6
3. Imus	24,885	136	11	8,345	25.0	33,281	4,498	1,354	966	5,818	29,285	1,450	979	8,345	40,193	84.7	9.1	1.3	83.0
4. Kawit	15,022	256	1,045	5,444	25.0	21,778	0	0	0	15,022	256	1,045	5,444	21,778	100.0	100.0	100.0	100.0	
5. Nasipit	5,295	10	161	1,822	25.0	7,293	816	0	0	816	6,112	10	161	1,822	8,105	86.6	100.0	100.0	89.3
6. Rosario	8,818	77	312	3,069	25.0	12,275	5,484	312	9,759	15,375	14,302	608	10,071	3,053	28,250	61.7	9.5	3.1	43.5
III. IZEL	192,815	12,854	14,338	62,289	21.9	282,791	53,161	17,517	131,920	202,608	245,976	31,370	146,764	62,289	486,355	78.4	44.7	10.1	58.3
1. Angara	11,583	2,317	2,502	2,894	15.0	19,296	818	0	1,668	2,518	12,431	2,317	4,170	2,518	21,812	93.2	100.0	60.0	88.5
2. Antipolo	35,948	1,289	3,237	13,482	25.0	53,929	27,675	5,495	21,901	55,280	62,623	7,074	25,130	13,482	103,308	56.5	11.5	12.9	19.3
3. Baras	639	140	151	175	15.0	1,165	630	101	101	331	1,329	140	352	175	1,856	52.6	100.0	59.3	61.4
4. Binangonan	22,135	4,427	4,731	5,531	15.0	36,824	2,063	0	3,181	5,250	24,198	4,427	7,958	5,531	42,184	91.5	100.0	60.0	81.5
5. Calatagan	48,671	944	81	16,567	25.0	66,279	5,280	6,657	65,880	78,121	54,251	7,610	69,368	16,567	144,397	89.7	12.4	0.1	45.3
6. Cardena	1,095	219	313	274	15.0	1,825	1,020	158	158	1,178	2,115	219	395	274	3,003	51.8	100.0	50.0	60.3
7. Jala-Jala	988	198	213	1,618	15.0	2,413	450	152	152	632	1,478	198	355	247	2,273	66.8	100.0	50.0	72.3
8. Marikina	9,288	87	31	3,125	25.0	12,531	2,187	1,174	5,257	9,318	11,475	1,861	5,388	3,125	21,860	80.9	4.7	6.6	57.4
9. Marikina	2,447	489	529	611	15.0	4,076	966	0	352	1,318	3,473	489	881	611	5,391	11.7	100.0	60.0	75.6
10. Pili	3,067	612	682	766	15.0	5,108	882	442	3,249	4,104	1,104	656	642	766	6,482	71.7	100.0	62.0	79.4
11. San Mateo	14,476	390	100	4,989	25.0	19,954	5,274	815	1,099	3,153	19,750	1,209	1,199	4,989	27,147	11.3	32.2	8.5	33.5
12. Tandang	8,345	1,677	1,811	2,955	15.0	13,968	1,365	0	1,928	3,751	1,677	3,019	2,935	1,677	16,542	67.0	100.0	60.0	81.4
13. Tereya	32,433	767	151	11,126	25.0	44,584	3,721	2,452	30,207	36,280	26,174	3,219	30,365	11,126	80,881	85.7	23.8	6.5	55.0
14. Tereya	1,581	316	342	355	15.0	2,634	686	0	228	686	2,039	316	570	355	3,320	11.5	100.0	50.0	79.3
TOTAL	2,136,228	601,121	223,557	31,042,123	21.3	3,140,859	215,812	155,686	595,310	752,685	2,382,040	146,764	62,289	11,012,123	3,491,563	81.1	63.6	27.1	80.8

表 6. 2. 11 地下水揚水量シナリオの仮定条件

シナリオ	MWSS 供給率と地表水供給	民間商業用及び工業用地下水揚水量	キャピテ地区へのCDSの接続
1	現在実施中のプロジェクトによる	現在のレベルで増加	2010年段階でパコール100%、カウジット市50%
2	同 上	2000年以降そのレベルで一定	全ての市町村
3	同 上	1995年以降そのレベルで一定	全ての市町村
4	2ヶ年の遅延	シナリオ1と同じ	シナリオ1と同じ

各シナリオによる揚水量

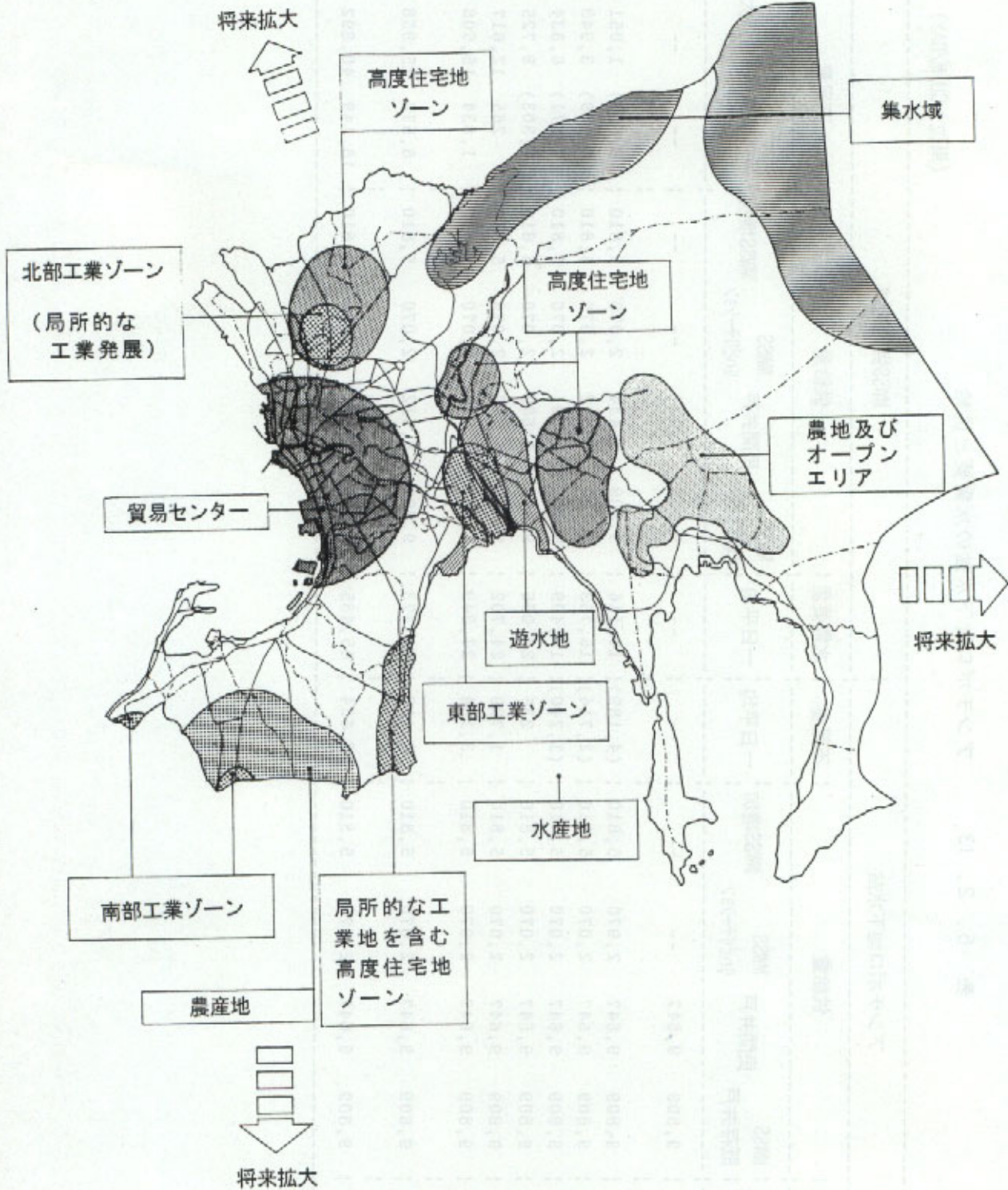
年 No.	2000			2010		
	MWSS	PRIVATE	TOTAL	MWSS	PRIVATE	TOTAL
シナリオ 1	201,855	919,517	1,121,372	280,159	998,010	1,278,170
シナリオ 2	201,855	919,517	1,121,372	247,128	892,062	1,139,190
シナリオ 3	183,465	919,517	1,102,982	228,738	835,304	1,064,041
シナリオ 4	194,508	1,000,620	1,195,128	272,756	1,022,363	1,295,119
1990年	89,739	840,702	930,441			

表 6. 2. 12 将来の地下水揚水量 (シナリオ1)

システム	MSS井戸					民間井戸					合計				
	1990	1995	2000	2005	2010	1990	1995	2000	2005	2010	1990	1995	2000	2005	2010
市/自治体															
I. NCR	32,961	44,598	44,598	44,895	44,898	540,937	666,580	692,223	711,915	753,685	673,496	711,476	137,121	756,613	796,563
1. Manila	0	0	0	0	0	12,665	20,265	27,856	27,472	27,359	12,655	20,265	27,865	27,472	27,359
2. Pasay City	4,461	5,062	5,062	5,062	5,062	17,997	18,007	19,619	16,705	16,735	22,458	23,889	24,700	21,790	21,818
3. Quason City	14,186	18,326	18,326	18,326	18,326	91,324	86,387	81,411	81,874	82,662	105,510	104,723	99,797	100,200	100,958
4. Caloocan City	0	0	0	0	0	27,476	32,989	36,462	33,970	27,960	27,476	32,989	36,462	33,970	27,960
5. Las Pinas	1,527	1,734	1,734	1,734	1,734	61,778	70,395	59,013	59,664	63,669	83,305	72,129	60,747	61,418	71,623
6. Makati	3,772	7,960	7,960	7,960	7,960	25,179	23,012	20,844	20,920	21,036	28,951	30,372	28,204	28,280	28,396
7. Malabon	554	1,244	1,244	1,244	1,244	18,473	22,889	27,304	25,311	22,919	19,027	24,133	26,548	26,595	24,223
8. Mandaluyong	0	0	0	0	0	8,976	9,685	10,385	10,384	10,456	8,976	9,685	10,395	10,394	10,456
9. Marikina	0	0	0	0	0	13,573	14,833	16,094	18,099	20,112	13,573	14,833	16,094	18,099	20,112
10. Huntinlupa	5,777	7,019	7,019	7,019	7,019	91,618	85,003	78,387	83,225	84,265	97,395	92,022	85,406	90,244	101,284
11. Navotas	106	313	313	313	313	4,051	4,406	4,761	4,737	4,787	4,157	4,719	5,074	5,050	5,100
12. Parañaque	1,147	1,768	1,768	1,768	1,768	70,156	63,129	56,100	56,320	61,722	71,305	64,897	57,888	58,088	63,490
13. Pasig	49	256	256	256	256	75,958	88,604	101,430	115,717	129,726	76,007	85,950	101,686	115,873	129,982
14. Pateros	0	0	0	0	0	1,756	3,785	5,513	5,513	4,600	1,756	3,785	5,513	5,513	4,600
15. San Juan	0	0	0	0	0	408	1,148	1,988	1,988	1,888	408	1,148	1,888	1,888	1,988
16. Taguig	640	847	847	847	847	66,387	73,952	81,537	86,909	90,416	67,007	74,799	82,384	87,756	91,263
17. Valenzuela	742	949	949	949	949	33,186	47,210	61,241	63,511	67,101	33,922	49,159	64,260	64,260	68,050
II. CAVITZ	26,970	47,610	70,859	84,561	103,890	57,927	53,479	49,032	44,866	41,718	84,897	101,090	119,590	129,829	145,808
1. Bacoor	6,314	7,556	7,556	7,556	7,556	32,210	20,981	9,713	9,140	10,799	38,534	29,517	17,269	16,696	18,355
2. Cavite City	6,714	11,926	20,985	27,133	32,500	4,328	6,988	9,649	7,781	7,320	11,042	19,914	30,537	34,814	39,810
3. Imus	1,654	2,965	16,277	23,927	39,351	4,443	7,897	11,951	10,946	6,818	6,097	17,862	29,628	33,873	40,199
4. Kawit	4,329	7,529	10,730	11,101	10,859	2,630	2,362	1,655	603	0	7,159	9,872	12,585	11,704	10,859
5. Novleta	7,070	7,070	7,070	7,070	7,259	5,659	3,680	1,702	1,284	516	12,729	10,450	8,772	8,254	6,105
6. Rosario	689	3,563	6,238	9,573	12,275	8,457	11,610	14,763	15,715	15,975	9,346	15,173	21,001	24,288	28,250
III. RIZAL	29,805	55,896	86,098	105,008	131,371	141,538	160,050	178,262	193,711	202,508	171,646	218,948	264,360	299,718	333,979
1. Angono	0	0	0	0	0	1,210	2,419	2,592	2,592	2,516	1,210	2,419	2,592	2,592	2,516
2. Antipolo	11,621	19,999	28,361	30,760	35,750	44,155	46,719	45,283	51,175	55,380	55,776	64,718	73,664	81,934	91,160
3. Baras	0	145	291	612	1,165	0	329	658	708	731	0	474	949	1,898	3,796
4. Binangonan	0	6,368	16,775	25,501	35,874	0	2,610	5,620	5,671	5,250	0	11,198	22,395	31,172	42,124
5. Calinta	3,785	4,785	5,785	5,786	5,786	48,619	57,891	67,162	73,527	78,127	52,404	62,576	72,848	79,413	83,913
6. Cardona	0	485	971	1,947	1,925	0	502	1,164	1,168	1,178	0	1,067	2,133	2,535	3,003
7. Jala-Jala	0	207	414	911	1,646	0	305	610	638	632	0	512	1,024	1,539	2,275
8. Montalban	3,243	5,680	6,684	6,684	6,684	8,030	8,208	8,566	8,936	9,318	11,233	13,978	15,250	16,620	18,002
9. Moring	0	964	1,925	2,833	4,076	0	608	1,216	1,290	1,318	0	1,572	3,144	4,123	5,394
10. Piliila	0	893	1,785	3,452	5,108	0	651	1,302	1,356	1,324	0	1,544	3,088	4,618	6,432
11. San Mateo	4,706	6,648	8,130	8,130	8,130	3,641	5,743	7,844	7,833	7,193	8,347	12,391	15,974	19,563	23,323
12. Tanay	0	3,019	6,039	9,425	13,968	0	1,280	2,559	2,662	2,574	0	4,299	8,598	12,897	16,542
13. Taytay	6,453	7,074	7,695	7,695	7,695	37,393	35,256	33,120	35,904	36,580	43,846	42,330	40,815	42,999	44,075
14. Teresa	0	609	1,219	1,832	2,834	0	370	739	730	686	0	979	1,955	2,162	3,320
TOTAL	89,739	151,406	201,855	234,866	280,159	840,702	860,109	919,517	950,693	998,010	930,441	1,031,515	1,121,372	1,155,360	1,275,170

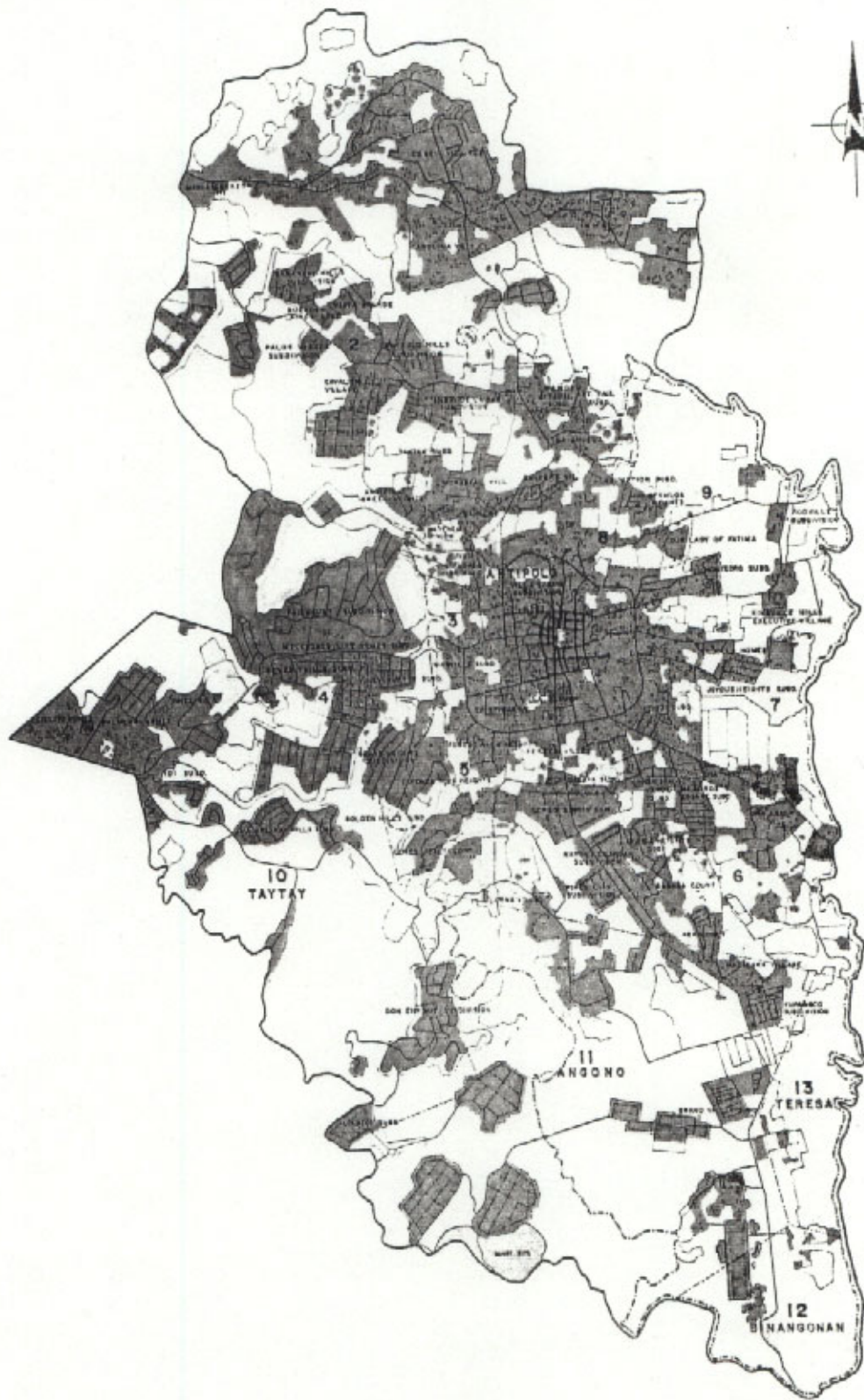
表 6. 2. 13 アンチポロ地下水盆の水需要と供給 (単位：CU. M/DAY)

年	アンチポロ地下水盆				MWSS供給地域								
	水需要量		供給量		水需要量		供給量		不足量				
	一日平均	MWSS 既存井戸	民間井戸	MWSS (バリエーション)	MWSS増加	一日平均	一日平均	MWSS 既存井戸		民間井戸	MWSS (バリエーション)	MWSS増加	一日平均
1990	19,456	9,809	9,647	--	--	--	9,809	2,434	--	--	--	--	--
1995	23,147	9,809	9,647	2,070	5,810	(4,189)	9,809	2,434	2,070	5,810	5,810	(6,007)	1,051
1996	24,622	9,809	9,647	2,070	5,810	(2,714)	9,809	3,512	2,070	5,810	5,810	(4,439)	3,943
1997	26,096	9,809	9,647	2,070	5,810	(1,240)	9,809	4,591	2,070	5,810	5,810	(2,871)	6,834
1998	27,571	9,809	9,647	2,070	5,810	235	9,809	5,669	2,070	5,810	5,810	(1,303)	9,725
1999	29,045	9,809	9,647	2,070	5,810	1,709	9,809	6,748	2,070	5,810	5,810	265	12,617
2000	30,520	9,809	9,647	2,070	5,810	3,184	9,809	7,826	2,070	5,810	5,810	1,834	15,508
2005	36,749	9,809	9,647	2,070	5,810	9,413	9,809	8,512	2,070	5,810	5,810	8,572	25,958
2010	46,000	9,809	9,647	2,070	5,810	18,664	9,809	9,647	2,070	5,810	5,810	18,149	40,892



STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 6. 1. 1 .  
都市構造計画図



地区/自治体

- 1. Bagong Heron
- 2. Sta. Cruz
- 3. Do In Paz
- 4. Beverly Hills
- 5. San Roque
- 6. Delta
- 7. San Jose
- 8. San Isidro
- 9. San Luis
- 10. Taytay
- 11. Angono
- 12. Bungkulan
- 13. Teresa

- 調査地域
- アンチポロ地下水益
- 自治体境界
- 地区境界



凡例

- [Pattern] 住宅地
- [Pattern] 商業地
- [Pattern] 工業地
- [Pattern] 農地
- [Pattern] 森林地
- [Pattern] 空地
- [Pattern] その他

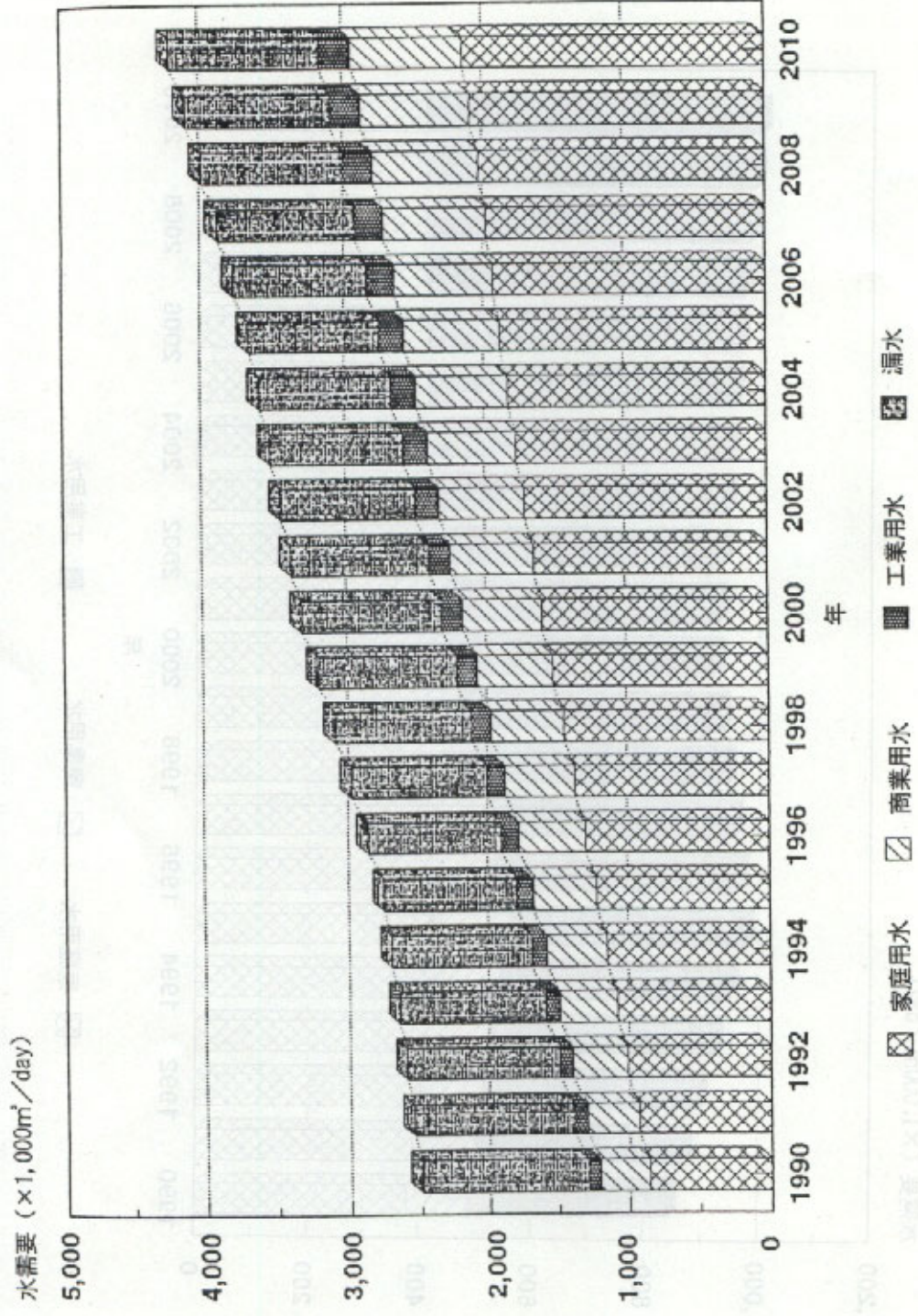


図 6.2.1 MWSSの水需要量予測

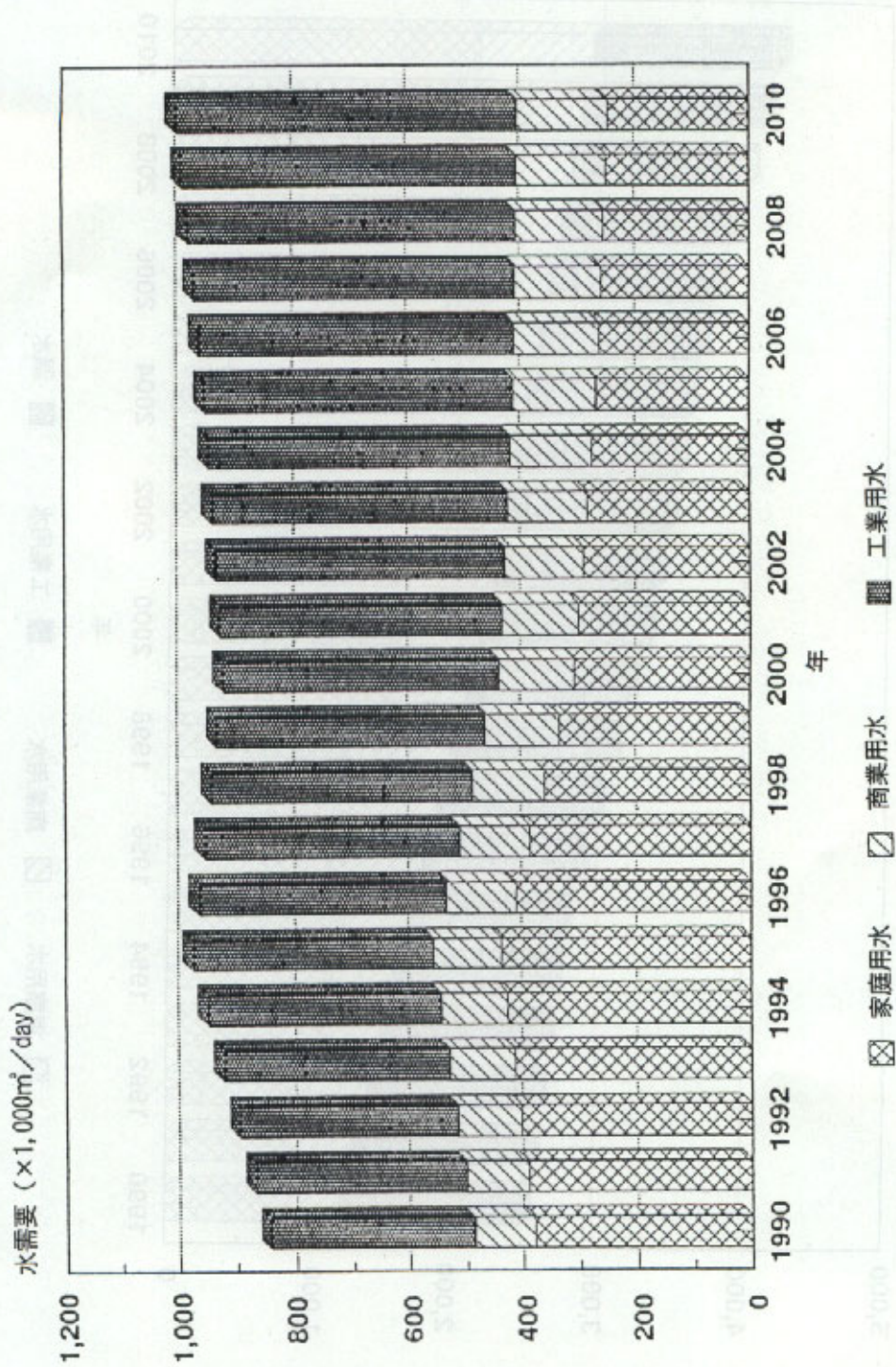


図 6. 2. 2 民間の水需用予測

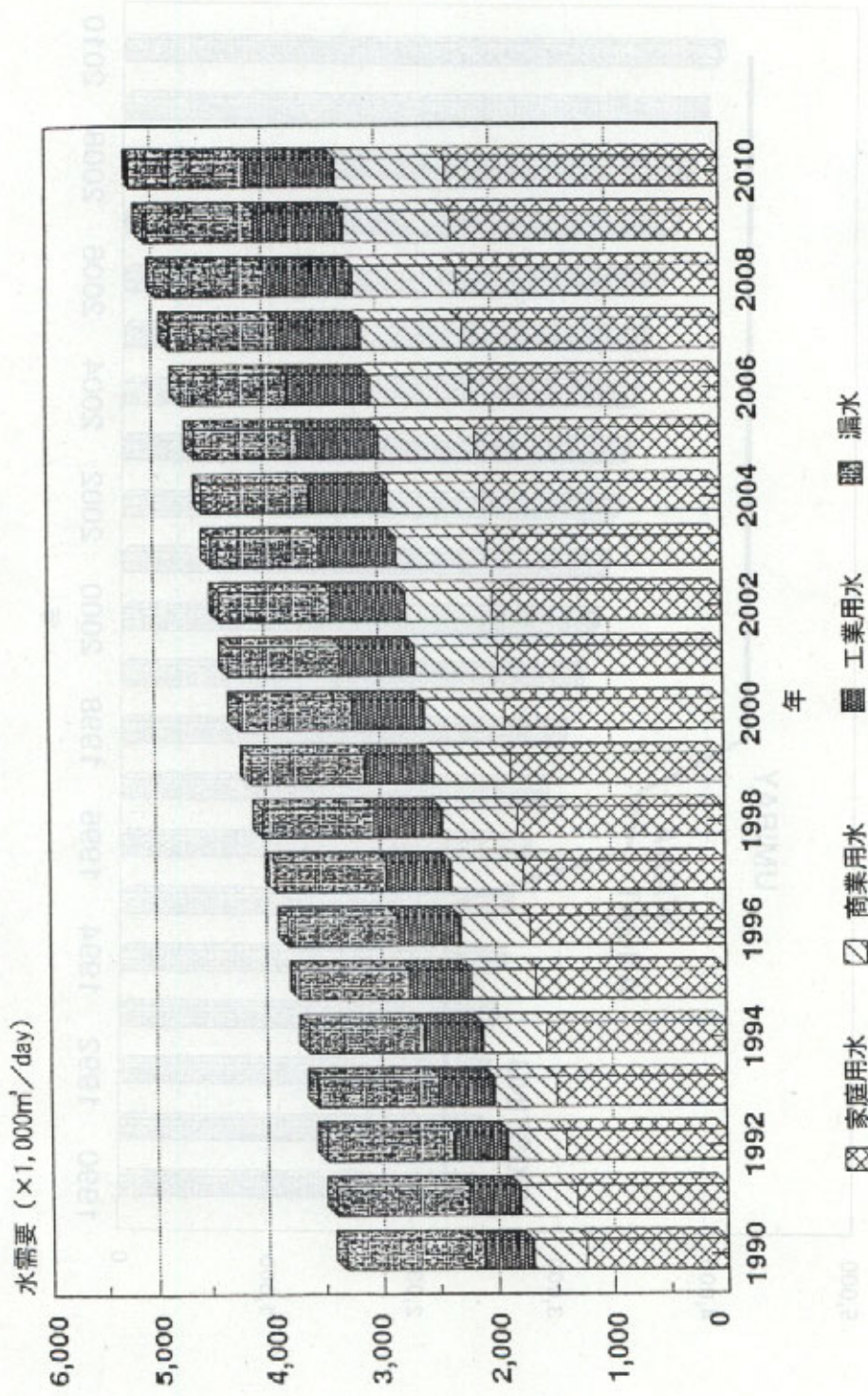


図 6. 2. 3 全体水需用予測 (MWS S + 民間)

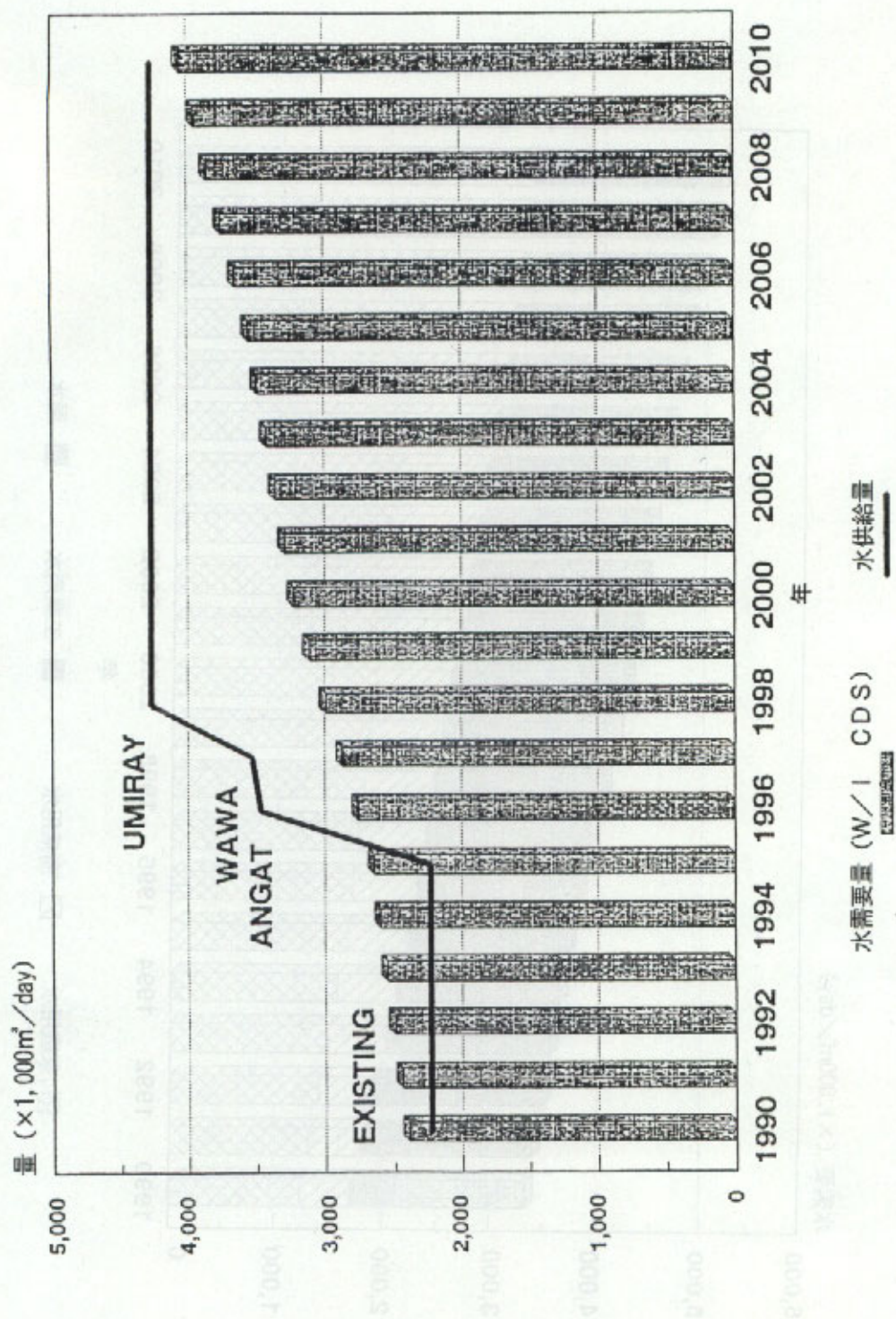


圖 6.2.4 水需用と供給能力

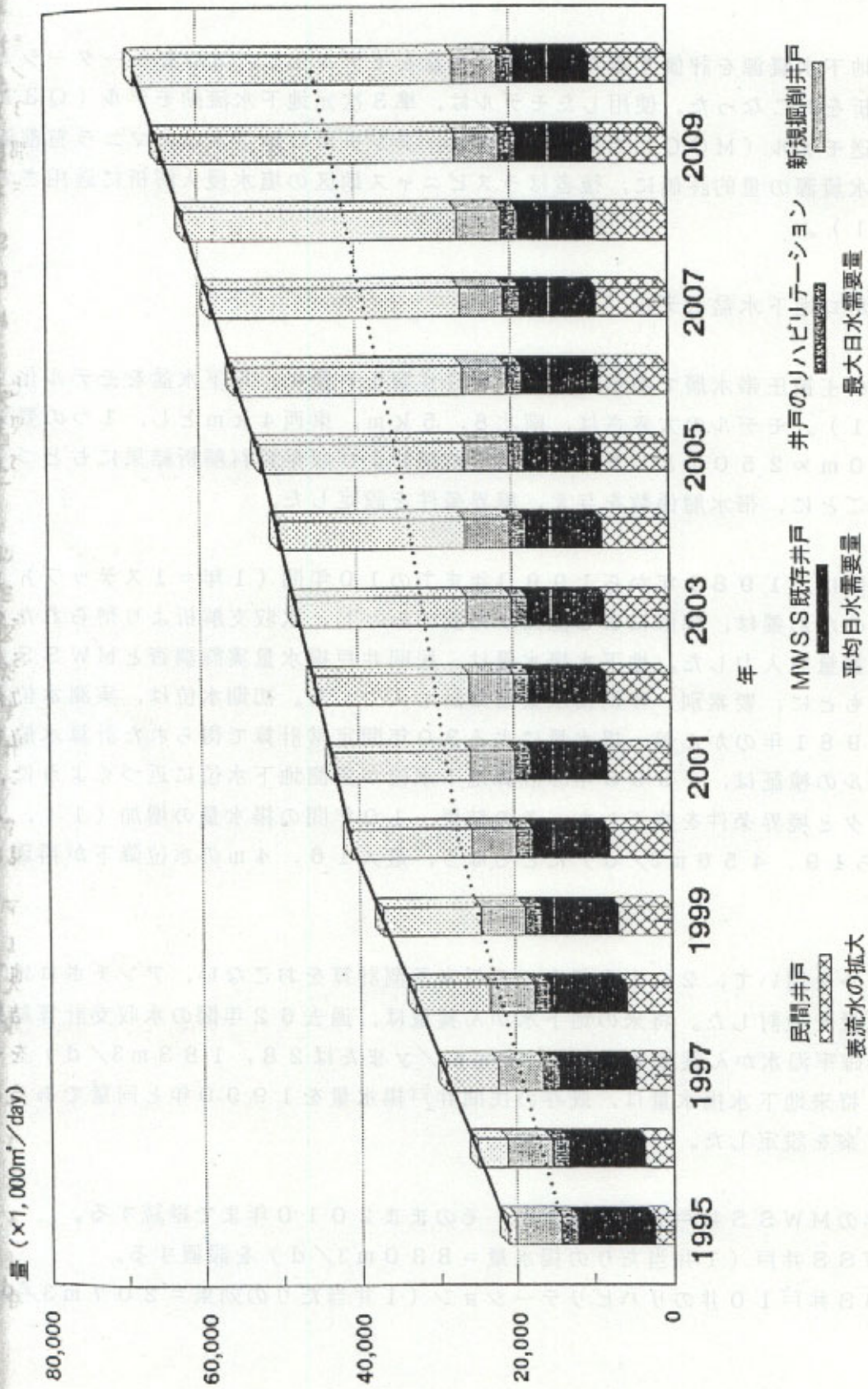


図 6.2.5 水需用と供給能力 (アンチポロ地区)

## 7. 地下水資源の評価

### 7. 1 地下水モデル

マニラ首都圏の地下水資源を評価するため、地下水盆をモデル化し、コンピューターシミュレーション解析をおこなった。使用したモデルは、準3次元地下水流動モデル(Q3P)と2次元物質輸送モデル(MOC)である。前者は、アンチボロ地下水盆とマニラ首都圏地下水盆の地下水資源の量的評価に、後者はラスビニャス地区の塩水侵入解析に適用された(図7.1.1)。

### 7. 2 アンチボロ地下水盆モデル

アンチボロ台地の主被圧帯水層であるガダルベ層Gs層を対象に、地下水盆をモデル化した(図7.2.1)。モデルの大きさは、南北8.5km、東西4kmとし、1つの要素の大きさは250m×250mとした。現地調査結果および収集資料解析結果にもとづき、それぞれの要素ごとに、帯水層係数を与え、境界条件を設定した。

モデルの検証期間は、1981年から1990年までの10年間(1年=1ステップ)とした。帯水層へのかん養は、降雨による直接かん養のみとし、水収支解析より得られた年別の地下水かん養量を入力した。地下水揚水量は、民間井戸揚水量実態調査とMWSS井戸の取水実績をもとに、要素別・年別揚水量を集計し入力した。初期水位は、実測水位が不明のため、1981年のかん養・揚水量による30年間定常計算で得られた計算水位を使用した。モデルの検証は、1990年の計算地下水位が実測地下水位に近づくように、不確定パラメータと境界条件を修正した。その結果、10年間の揚水量の増加(11,419m<sup>3</sup>/dから19,456m<sup>3</sup>/d)にともなう、最大16.4mの水位降下が再現された。

検証されたモデルを用いて、2010年までの将来予測計算をおこない、アンチボロ地下水盆の最適揚水量を検討した。将来の地下水かん養量は、過去62年間の水収支計算結果に基づき、5年確率渇水かん養量(418.8mm/yまたは28,183m<sup>3</sup>/d)を一律に入力した。将来地下水揚水量は、既存の民間井戸揚水量を1990年と同量であると仮定し、次の3案を設定した。

- a) 1990年のMWSS井戸実績揚水量が、そのまま2010年まで継続する。
- b) 新たにMWSS井戸(1井当たりの揚水量=830m<sup>3</sup>/d)を設置する。
- c) 既存MWSS井戸10井のリハビリテーション(1井当たりの効果=207m<sup>3</sup>/d)

を実施し、さらにMWS S井戸を新設する。

a) 案の場合、1991年から2010年までに、地下水位が最大52.4m低下すると計算される。b) 案とc) 案の新設井戸は、次の条件を満たすように設置されるものとした。

- 1) 新設井戸の位置は、その水位降下が21mであると仮定し、a) 案による2010年の計算水位と基盤標高との差(水深)が30m以上の場所から選定する。
- 2) 既存井戸のあるメッシュには、原則として新設井戸を配置しない。
- 3) 合計揚水量は、地下水盆全体のかん養量を上回らない。
- 4) 予測計算により、2010年の新設井戸位置の水深が21m以上確保できる。

その結果、b) 案では最大10井の井戸新設が可能である。c) 案では、リハビリテーションによる揚水量増加が2,070m<sup>3</sup>/dあるので、最大7井の井戸新設が可能である。この場合、全体揚水量は27,334m<sup>3</sup>/dとなり、5年確率渇水かん養量を下回る。

以上の検討結果から、アンチボロ地下水盆での将来地下水開発は、c) 案による既存MWS S井戸10井のリハビリテーションと、7井の新規井戸設置が最適であると結論できる。図7.2.2にはc) 案による揚水量を、図7.2.3には計算地下水位変動を示す。また、図7.2.4、図7.2.5には、1990年と2010年の計算地下水位分布を示す。しかしながら、地下水による水供給には量的な限界があり、1998年以降は予想される水需要を地下水だけではまかなうことができない。

### 7.3 マニラ首都圏地下水盆モデル

マニラ首都圏全域のガダルベ被圧帯水層を対象に、地下水盆をモデル化した(図7.1.1参照)。モデルの大きさは、南北48.3km、東西37.8kmとし、1つの要素の大きさは1380m×1350mとした。帯水層係数と境界条件は、現地調査結果および収集資料解析結果をもとに与え、モデルの検証過程において修正した。

モデルの検証期間は1981年から1990年までの10年間(1年=1ステップ)とした。帯水層へのかん養は、実測地下水位の変動パターンにより、降雨からの直接かん養地域と不圧地下水からの漏水かん養地域に区分した。地下水揚水量は、地下水利用調査結果をもとに、メッシュ別・年別に集計し入力した。初期水位は、1981年の実測水位を用いた。モデルの検証は、1990年の計算地下水位が実測地下水位に近づくように、漏水係数、貯留係数および境界条件を修正した。その結果、マニラ首都圏中心部での地下水位

の上昇と、周辺部での水位低下が良く再現できた。

検証されたモデルを用いて、将来の水需要予測をもとに作成された将来揚水量案のシナリオをもとに、2010年までの将来予測計算をおこなった。

- a) シナリオ1 (図7.3.1, 7.3.2参照)
- b) シナリオ2 (図7.3.1, 7.3.2参照)
- c) シナリオ3 (図7.3.1, 7.3.3参照)
- d) シナリオ4 (図7.3.1, 7.3.3参照)
- e) 1990年揚水量を2010年まで継続させる。

予測結果は以下の通りである。

a) シナリオ 1

2010年の計算水位は、ケソン市南部やパラニャーケ・ラスビニャス・バコール地域で1990年よりも上昇する。特に、ラスビニャスの海岸部では、揚水量の減少に伴い、最大20mの水位上昇が予測される。一方、マニラ首都圏北西部、南西部およびパッシング地域では水位がさらに下がる。特にバレンスエラ北部で最大83m、キャビテで57m、パッシングで37mも水位が低下する。水位変動の経年変化をみると、キャビテやカロオカンなどでは、1991年から2000年にかけて水位が下がり、2000年以降はほぼ横ばいとなる。パッシングでは、1991年から2010年まで、ほぼ直線的に水位が低下する。ラスビニャスでは、1991年から2000年まで水位が上昇するが、2005年以降、ゆるやかに水位が低下する(図7.3.4, 7.3.6)。

b) シナリオ 2

2010年の水位分布は、1990年と比較すると、バレンスエラ北部で59m、キャビテで33m水位が低下すると予測される。経年変化をみると、多くの地域で1991年から2000年にかけて水位が低下するが、2001年以降は揚水量のわずかな減少に伴い、水位が横ばいあるいはやや上昇するところが多い(図7.3.4, 7.3.6)。

c) シナリオ 3

2010年の水位は、バレンスエラ北部で50m、キャビテで29m1990年よりも低下する。2001年から2005年にかけて、比較的大きく揚水量が減少するので、その

期間はほぼ全域で水位が上昇する(図7.3.5, 7.3.7)。

#### d)シナリオ 4

これは最も地下水揚水量が多いシナリオで、1991年から2000年までと、2005年から2010年にかけて全体の揚水量が増加する。そのため、2010年にはバレンスエラ北部で90m、キャピテで56m水位が低下すると予測される。水位は、揚水量の増加に対応して2000年までに大きく下がり、その後も低下あるいは横ばい状態となる(図7.3.5, 7.3.7)。

e) 2010年の計算水位は、1990年に比べてマニラ首都圏中心部で最大10.7m水位が上昇するが、北部、東部のマリキナ川沿い、南部から南西部にかけての地域で水位が下がる。特に、ケソン市北部で最大21.7m、南西部のロザリオで最大16.9mの水位降下が発生するものと予測される。

以上のように、全体の地下水利用量が最も少ないシナリオ3の場合でも、マニラ首都圏北西部を中心に現在よりも水位が最大50mも低下することが予想され、地下水位低下地域では、塩水侵入をはじめとする地下水障害が進行する恐れがある。

#### 7.4 塩水侵入モデル

マニラ首都圏のなかで、塩水侵入が顕著に発生しているラスピニャス地域において、そのメカニズムを明らかにするために、MOCモデルを用いた塩水侵入解析をおこなった。モデルは、マニラ湾の海岸線から内陸に向う水文地質断面図に沿って、断面2次元モデルとして作成された(図7.4.1)。モデルの大きさは、断面の延長4km、深さ300m、幅200mであり、1つのセルの大きさは長さ100m、厚さ15m、幅200mである。各地層の帯水層係数は、ラスピニャスで試掘した観測井の検層結果、揚水試験結果およびコア分析結果から与えた。境界条件は、現地の水文地質状況から設定した(図7.4.2)。

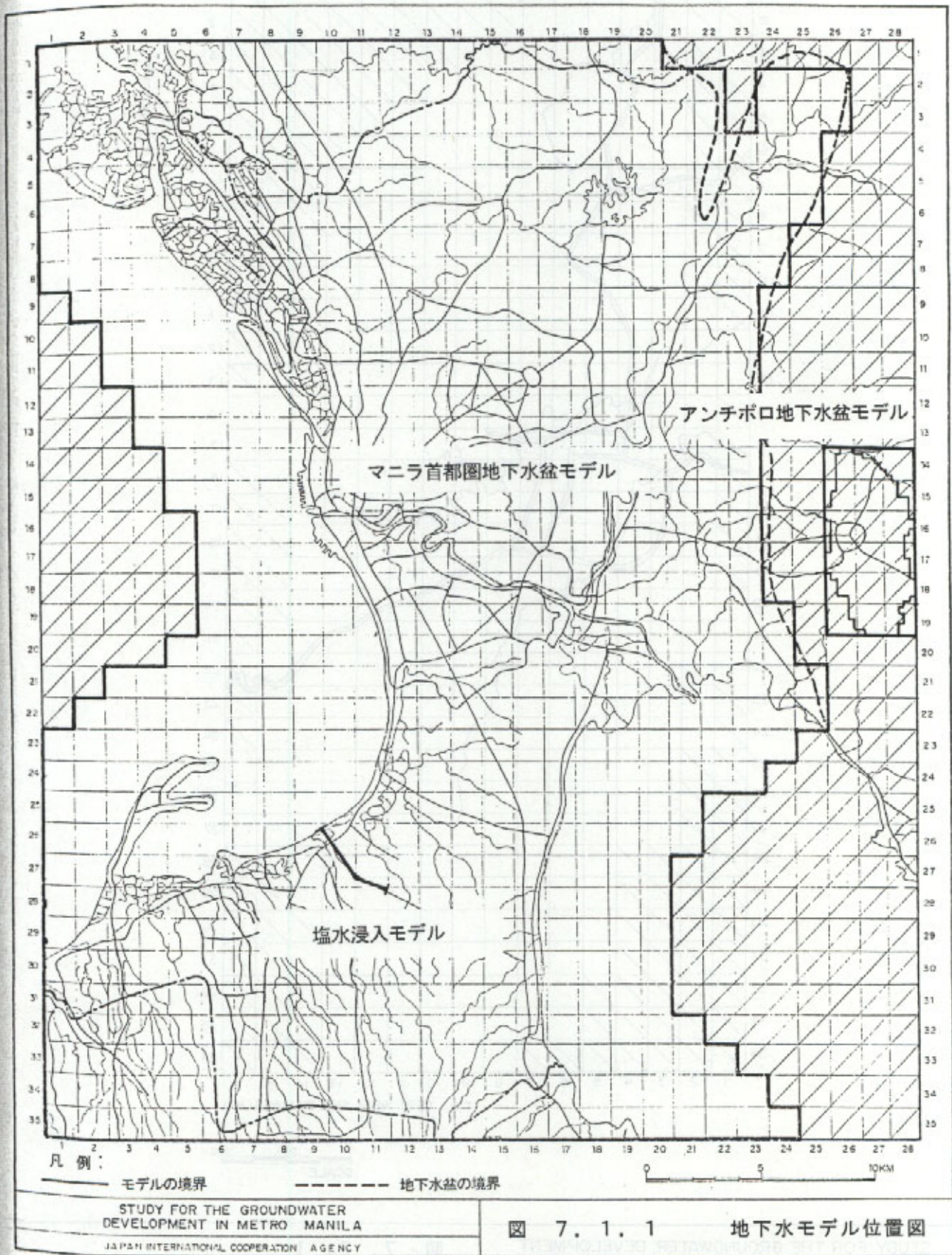
モデルの検証は、まず10年間の定常計算による被圧水頭分布と実測被圧水頭分布の比較をおこない、帯水層係数と境界条件をチェックした。地下水かん養量は、モデル最上部のセルに降雨からの直接かん養量を入力した。揚水量は、揚水量実態調査にもとづき、断面線沿いの井戸を投影し、揚水量をストレート深度を考慮して帯水層セルに分配した。初期水頭は、地表部を除いて0mとした。その結果、帯水層係数は観測井の実測値をそのまま使用し、境界条件を修正しただけで、実測水頭分布を再現することができた。

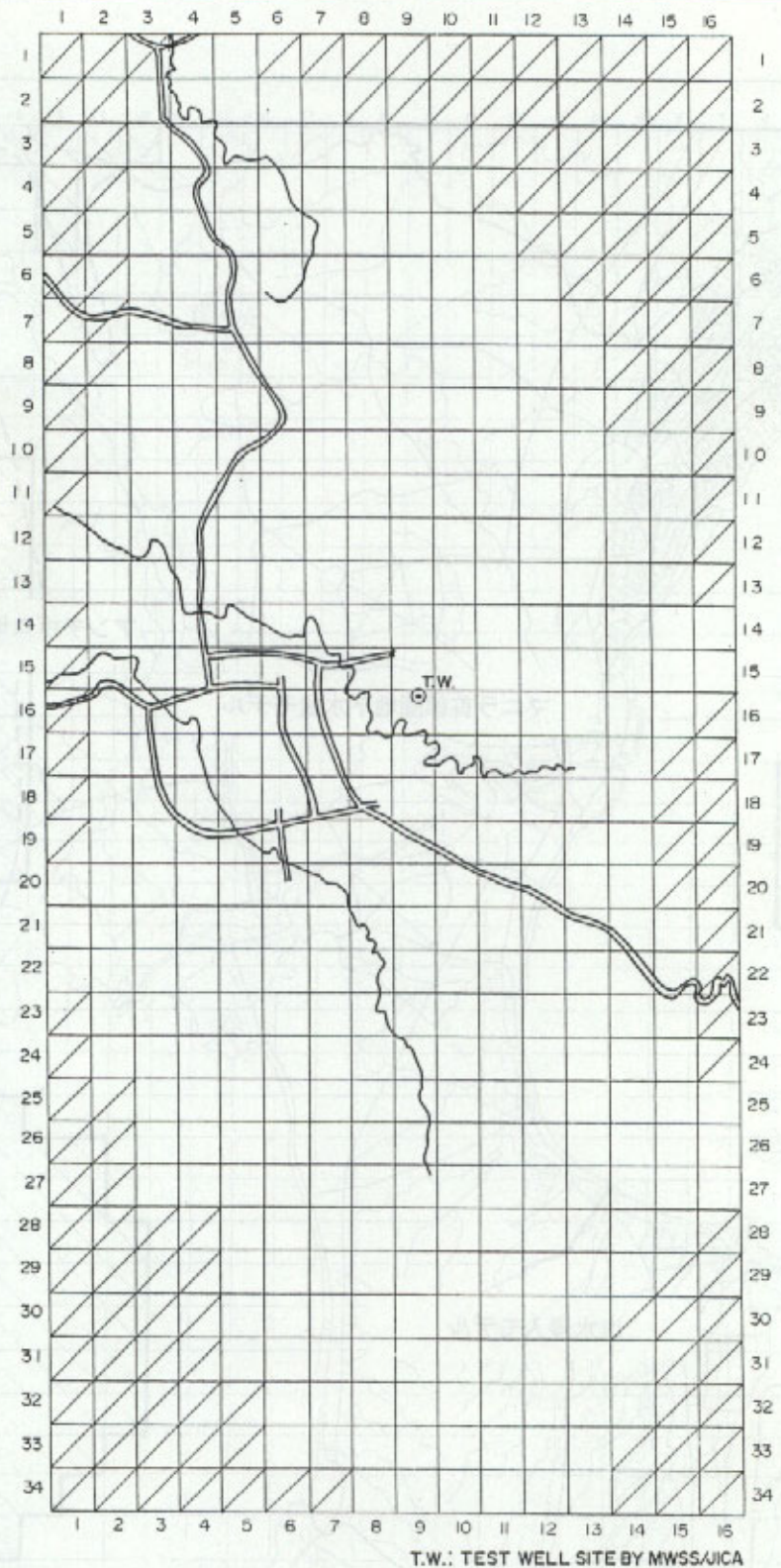
水頭分布が固定された後、物質輸送モデルの検証をおこなった。物質輸送パラメータは、実測値がないので層相から推定した。境界条件は、マニラ湾とマリーンポンドの分布する沖積低地を固定し、塩水の供給源とした。

その結果、塩水はマニラ湾およびマリーンポンドを起源とし、内陸部の揚水による被圧水頭低下部に向かって、地下水流動方向に沿って侵入・分散しているパターンがモデル上で再現できた(図7.4.3, 7.4.4)。この計算濃度分布は、実際の濃度分布と良く一致している。また、モデル解析により、マリーンポンドや塩田、海水が遡上する河川が、塩水の起源として重要な役割を果たしていることが明らかになった。

現在の揚水量では、水頭低下の中心はモデル中央部に位置しているが、将来さらに内陸部に井戸が掘られ、それに従って水頭低下の中心が内陸部に移動した場合、塩水もさらに内陸部に侵入することが、モデル計算により予測される。また、現在は塩水の侵入していない深度300m以深の帯水層も、将来深井戸が設置され水頭が低下すると、塩水により汚染される可能性がある。

したがって、将来の地下水開発計画を立案する場合、以上の塩水侵入機構を十分に理解して、これ以上塩水侵入が拡大しないように、井戸配置、井戸深度および揚水量について、慎重に検討する必要がある。





0 500 1000 m  
SCALE

STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 7. 2. 1

アンチポロ地下水盆モデル

\*\*\*ATP Q MAP (m<sup>3</sup>/d)\*\*\*

\*\*\*YEAR: 1991\*\*\*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
19999.9999.9999.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	1														
29999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	2										
39999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	3								
49999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	4							
59999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	5						
69999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	6					
79999.9999.	0.	0.	0.	681.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	7					
89999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	8					
99999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	454.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	9					
109999.	0.	0.	0.	500.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	10			
119999.	0.	0.	0.	0.	0.	27.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	11		
12 0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	12		
13 0.	0.	0.1778.	0.	0.	0.	0.	830.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	13		
149999.	27.	0.	0.	0.	0.	830.	1907.1765.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	14		
159999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	15		
169999.	0.1125.	0.	0.	0.1490.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	16		
179999.	0.	0.	0.1577.	0.	830.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	17		
189999.	0.	5.	0.1636.	0.1088.	830.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	18		
199999.	0.	0.716.	0.	0.	0.584.	0.	0.1444.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	19						
20 0.	0.	0.	0.	0.	36.	1132.830.	0.	252.	0.1363.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	20					
21 0.	0.	0.	0.	0.	0.	302.	830.	0.	99.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	21		
22 0.	0.	0.	0.	0.	648.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	22		
239999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	23		
249999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	533.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	24		
259999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	25		
269999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	26		
279999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	27		
289999.9999.9999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	5.	45.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	28			
299999.9999.9999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	29			
309999.9999.9999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	30					
319999.9999.9999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.1134.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	31					
329999.9999.9999.9999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	32					
339999.9999.9999.9999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	33					
349999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.9999.	34					

TOTAL Q IN MODELED AREA = 27334.m<sup>3</sup>/d

□ : MWS Sによる新規井戸掘削位置

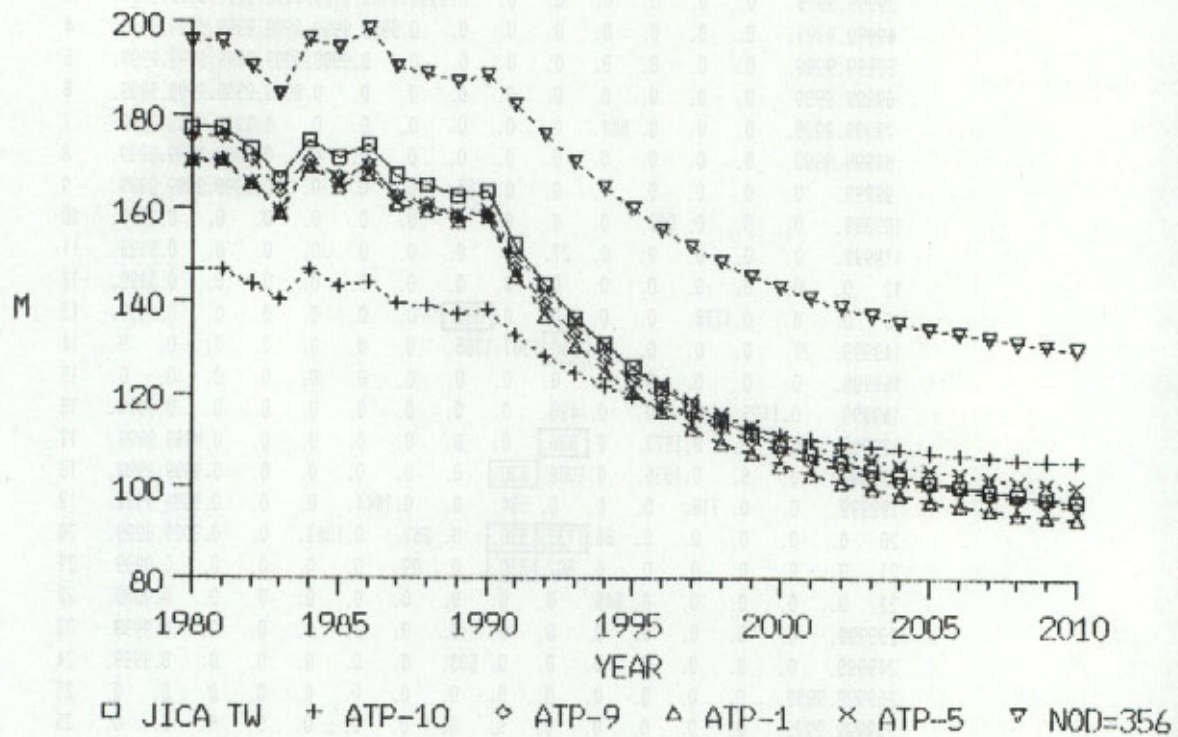
STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 7. 2. 2

最適案による揚水量分布

アンチポロにおける計算地下水位変動



STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 7. 2. 3

最適案による計算地下水位変動

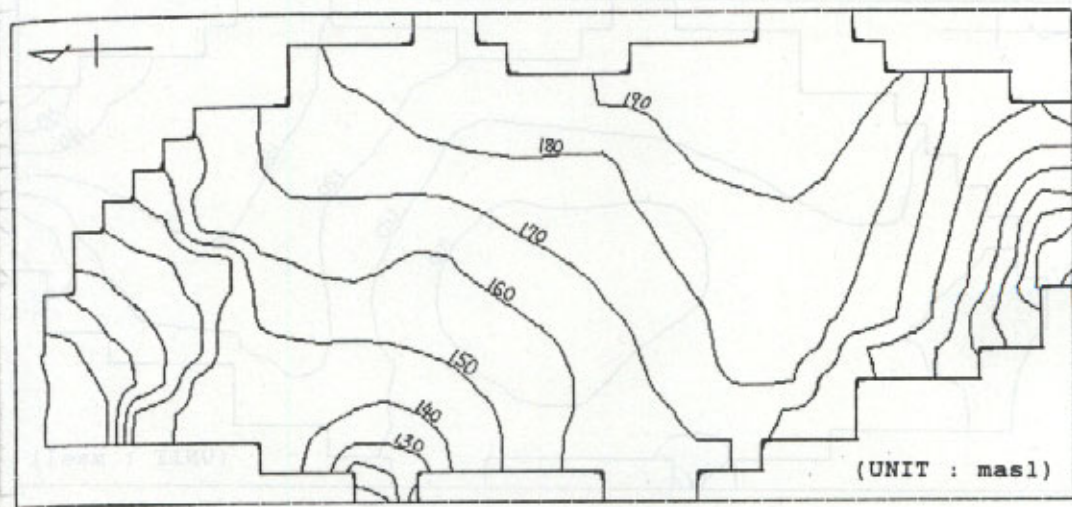


図 7. 2. 4 (1)  
計算地下水位分布 (1990年)

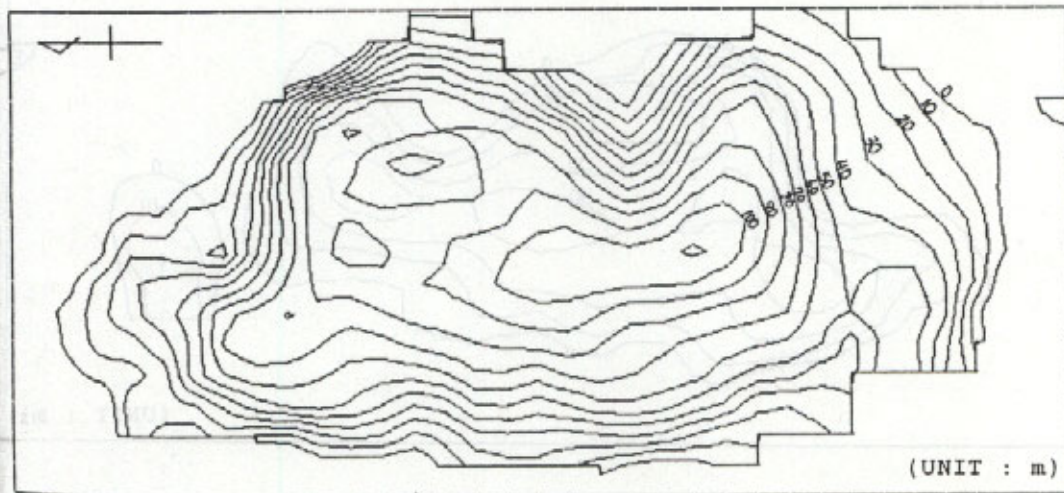


図 7. 2. 4 (2)  
計算地下水位と基盤標高との差 (1990年)

STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

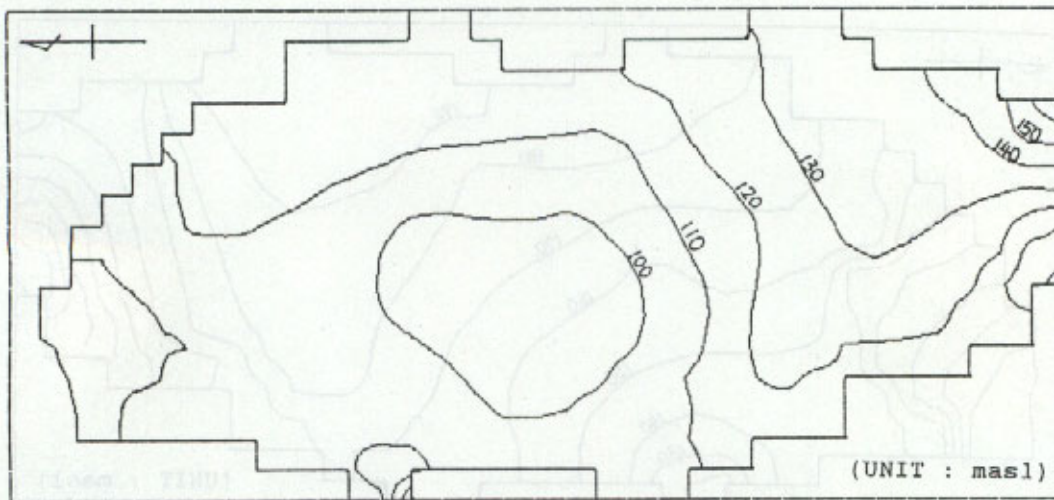


図 7. 2. 5 (1)

計算地下水位分布 (2010年、最適案)

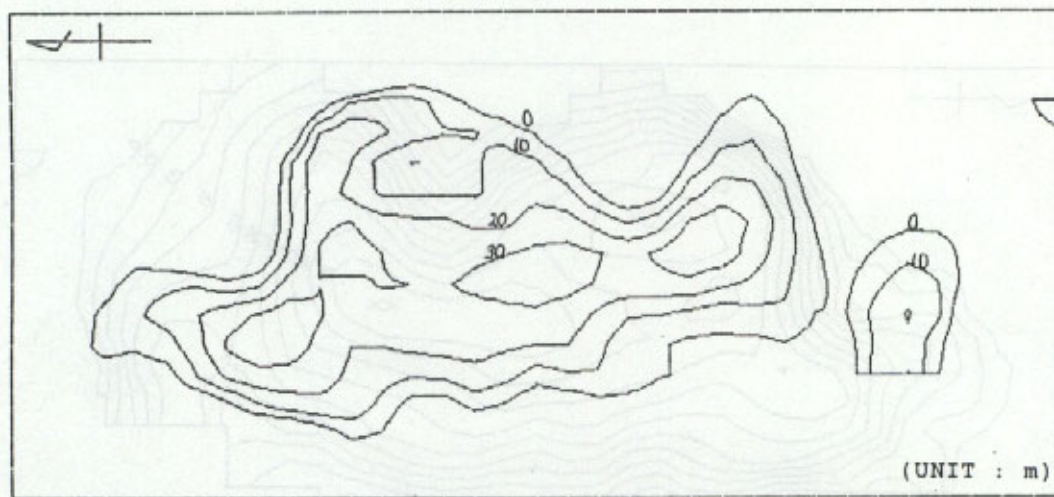


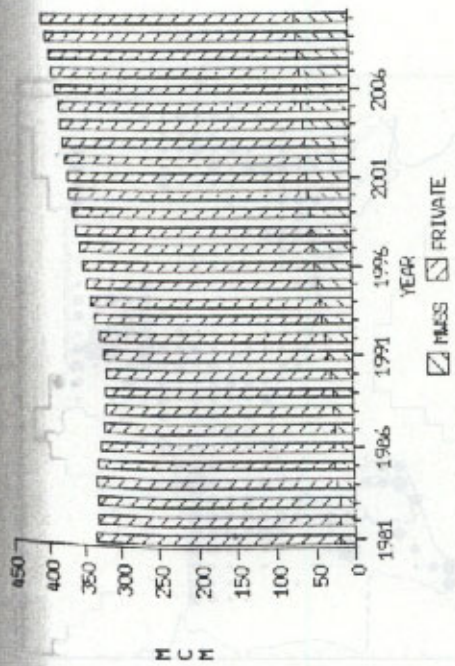
図 7. 2. 5 (2)

計算地下水位と基盤標高との差 (1990年、最適案)

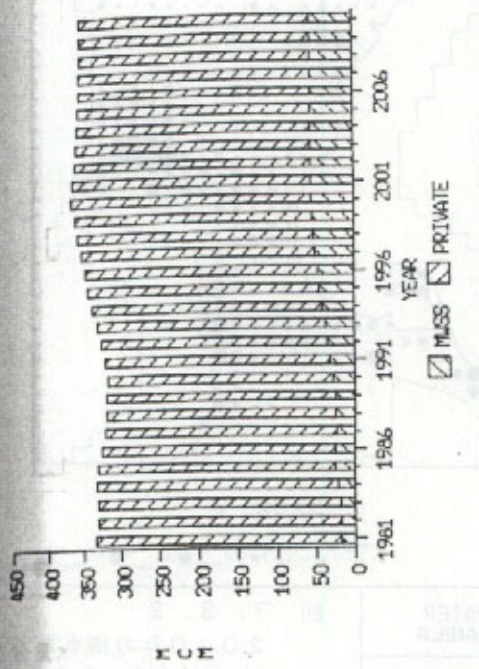
STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

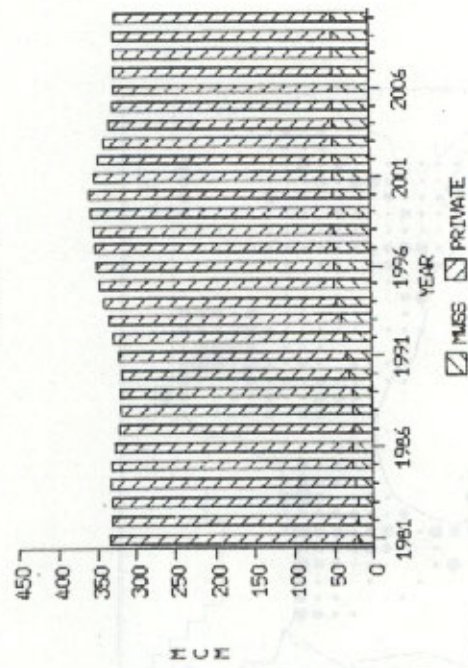
地下水モデル地区の地下水揚水量  
(シナリオ 1)



地下水モデル地区の地下水揚水量  
(シナリオ 2)



地下水モデル地区の地下水揚水量  
(シナリオ 3)



地下水モデル地区の地下水揚水量  
(シナリオ 4)

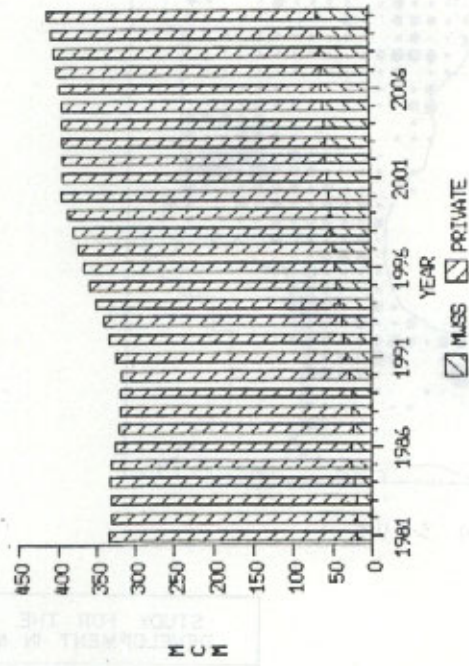
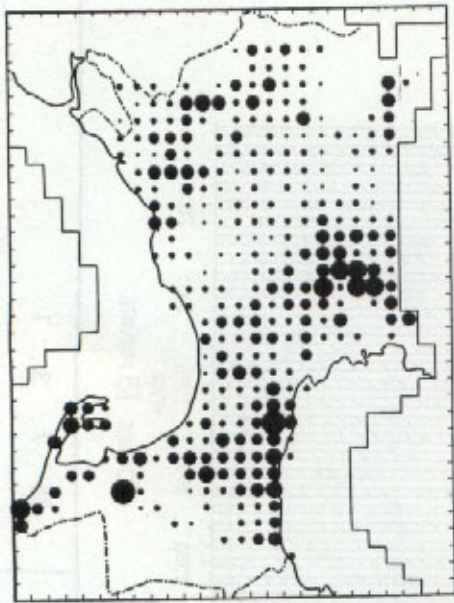


図 7.3.1

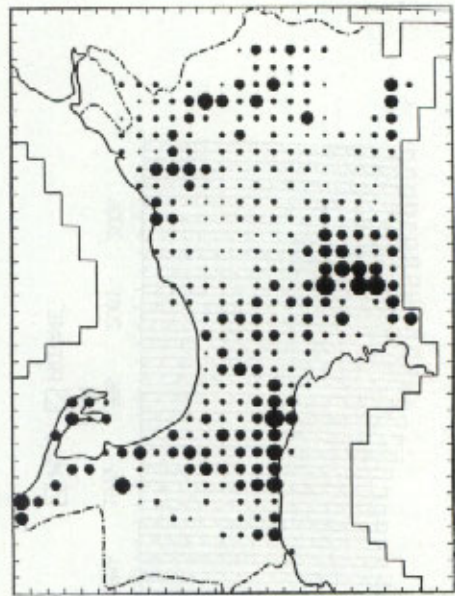
シナリオ別地下水揚水量

STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



a) シナリオ 1



b) シナリオ 2

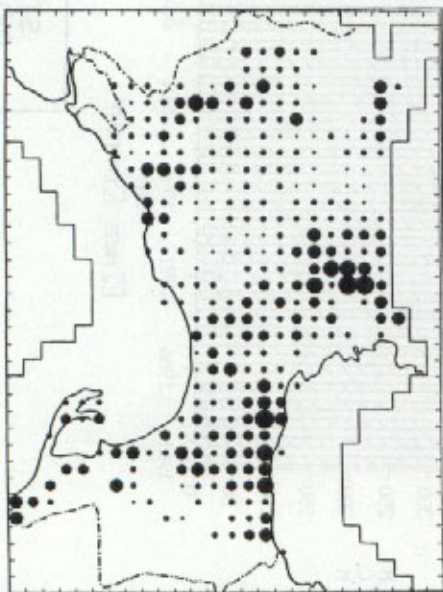
Discharge rate (x1000 cu/m/yr)  
 ● 1-99 ● 100-999 ● 1000-2499 ● 2500-4999 ● 5000-7499 ● 7500-9999 ● 10000-

STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT IN METRO MANILA

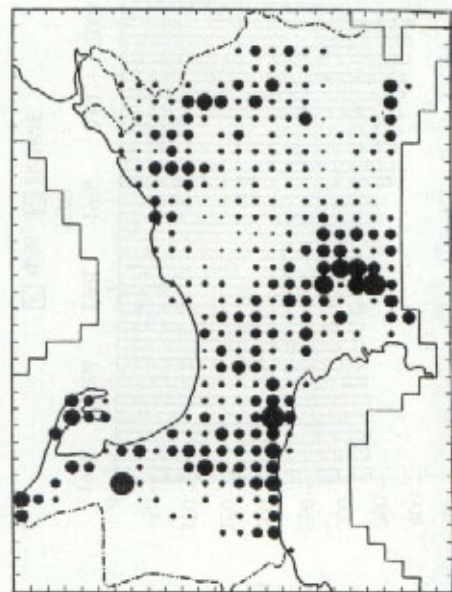
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 7. 3. 2

2010年の揚水量分布  
(シナリオ1、シナリオ2)



a) シナリオ 3



b) シナリオ 4

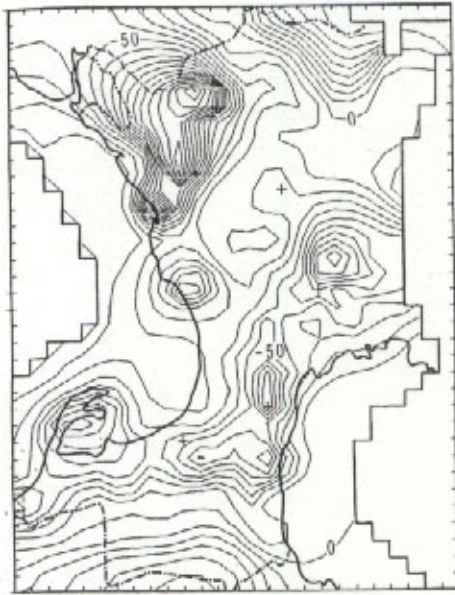
Discharge rate (x1000 cu/m/yr)  
 ● 1-99 ● 100-999 ● 1000-2499 ● 2500-4999 ● 5000-7499 ● 7500-9999 ● 10000-

STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

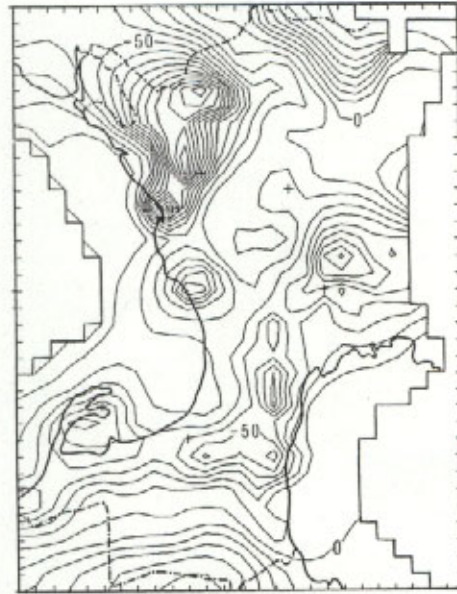
図 7. 3. 3

2010年の揚水量分布  
(シナリオ3、シナリオ4)



a) シナリオ 1

(Contour Interval: 10m, Unit: masl)



b) シナリオ 2

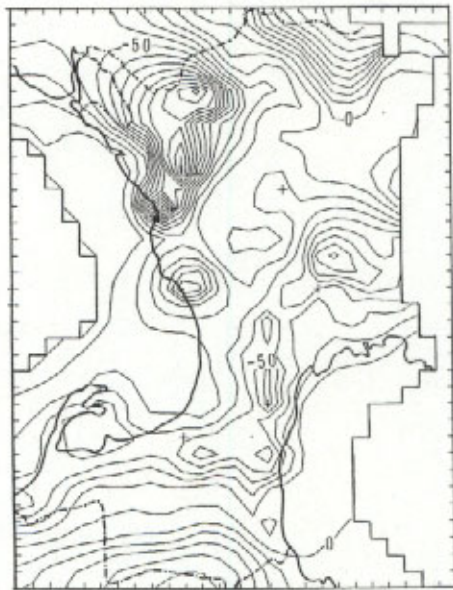
(Contour Interval: 10m, Unit: masl)

STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

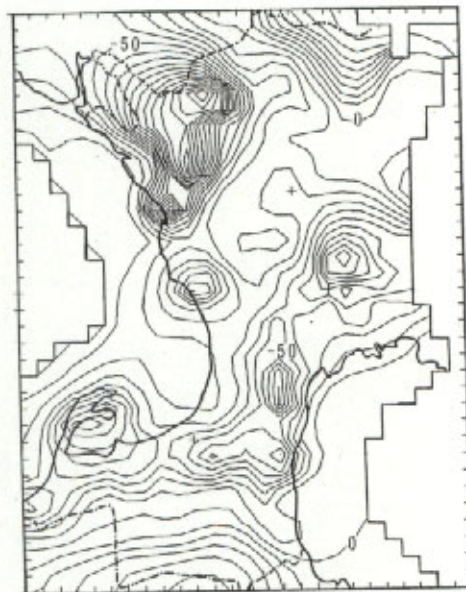
図 7.3.4

2010年の計算地下水位  
(シナリオ1、シナリオ2)



a) シナリオ 3

(Contour Interval: 10m, Unit: masl)



b) シナリオ 4

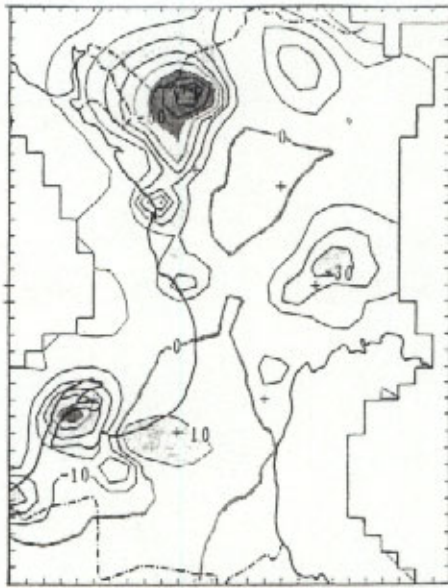
(Contour Interval: 10m, Unit: masl)

STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

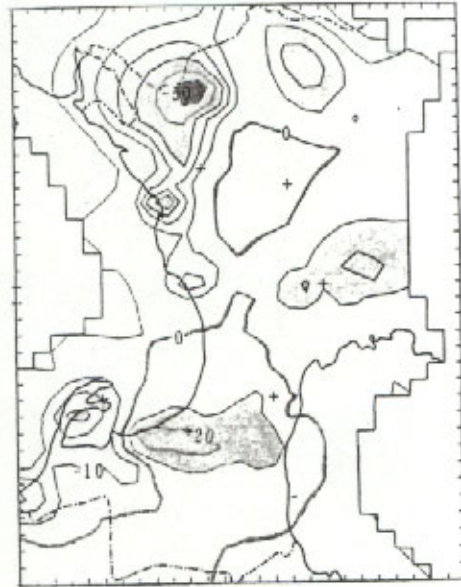
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 7.3.5

2010年の計算地下水位  
(シナリオ3、シナリオ4)



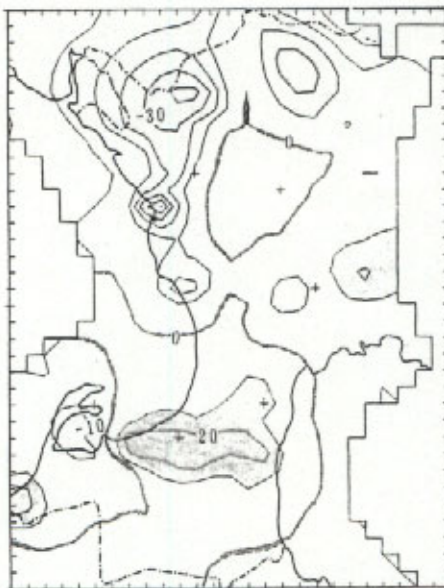
a) シナリオ 1  
(Contour Interval: 10m, Unit: m)



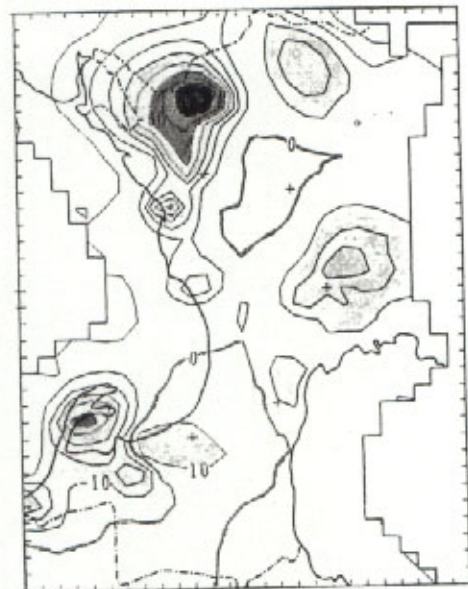
b) シナリオ 2  
(Contour Interval: 10m, Unit: m)

STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 7. 3. 6  
シナリオ別 1991年~2010年  
の計算水位変動量 (1)



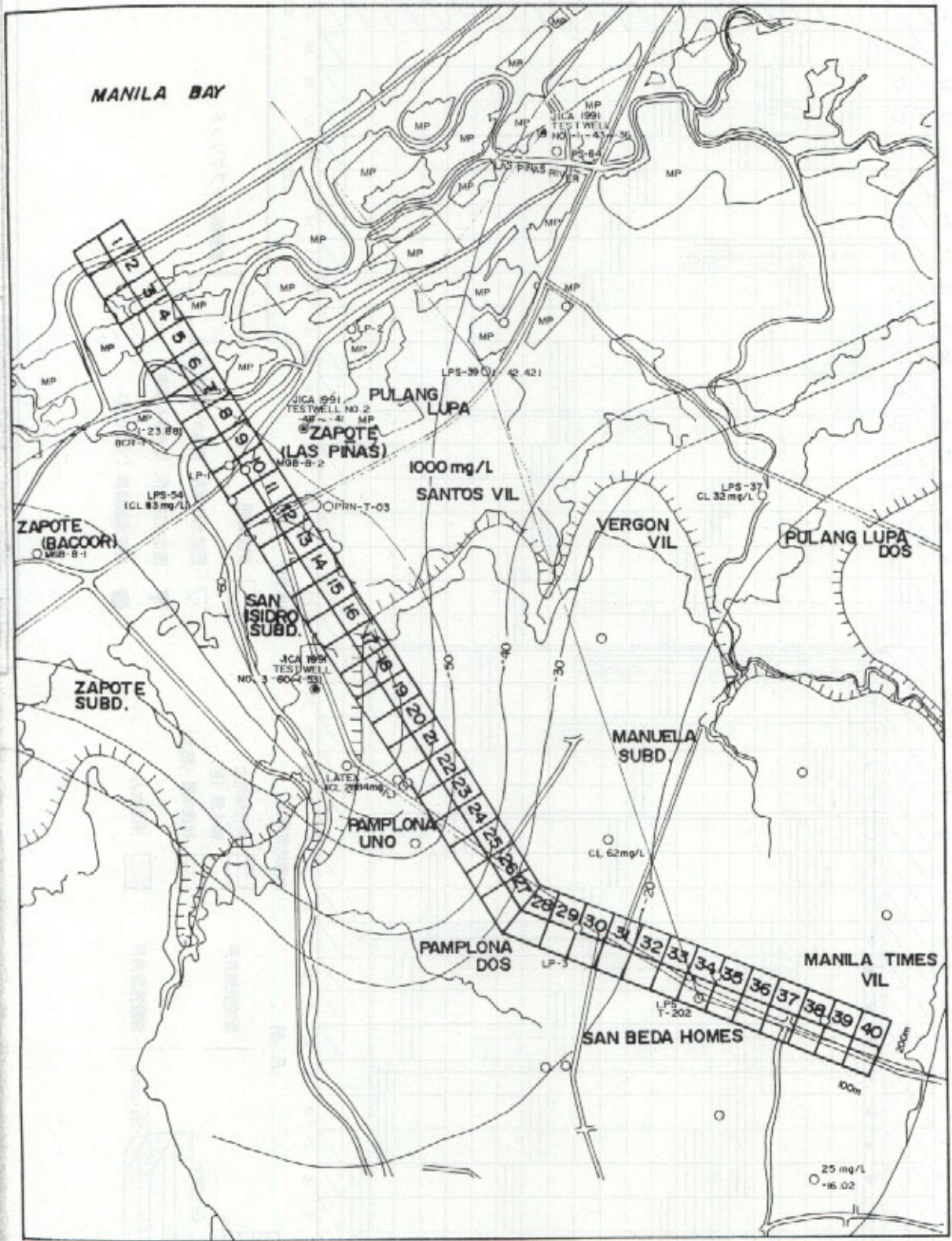
a) シナリオ 3  
(Contour Interval: 10m, Unit: m)



b) シナリオ 4  
(Contour Interval: 10m, Unit: m)

STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 7. 3. 7  
シナリオ別 1991年~2010年  
の計算水位変動量 (2)



STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
 IN METRO MANILA  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 7. 4. 1  
 塩水侵入解析モデル位置図

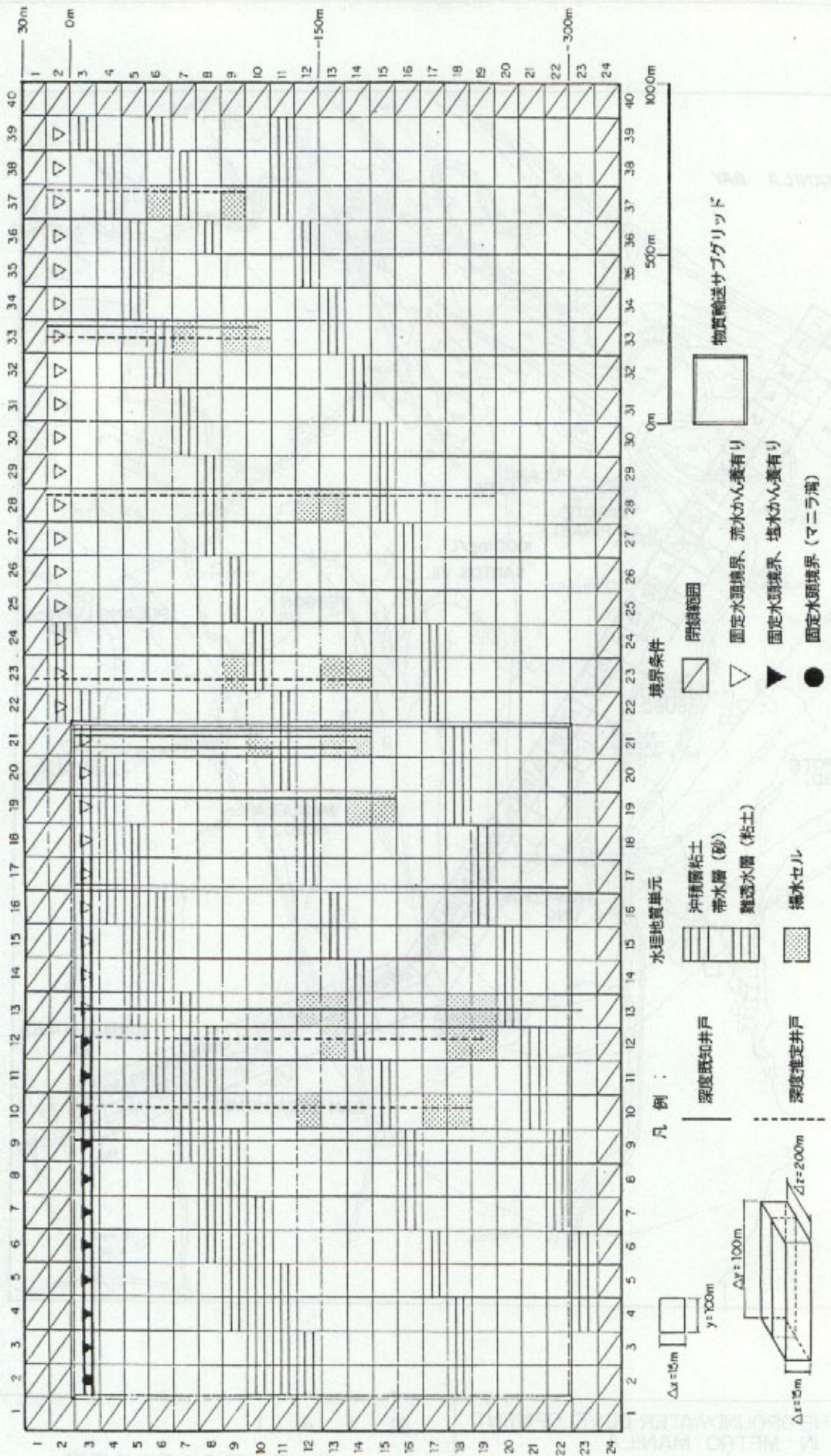
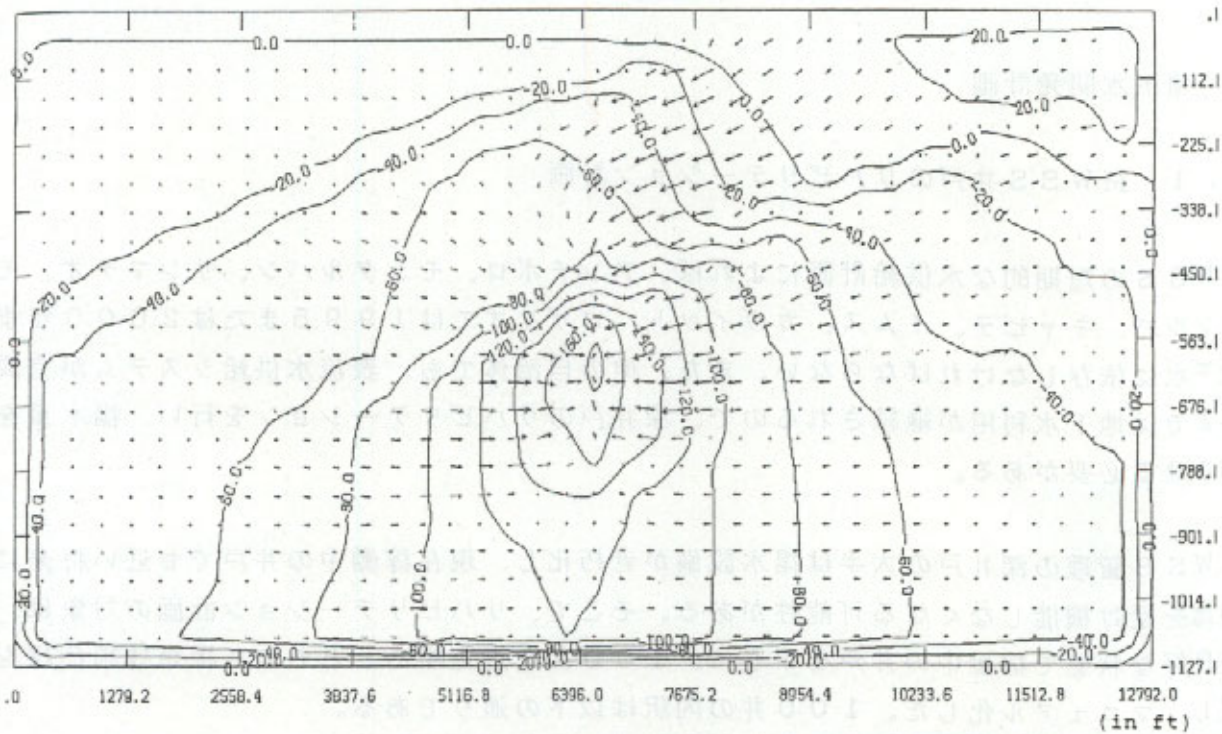


図 7.4.2  
断面 2 次元モデルグリッド

STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

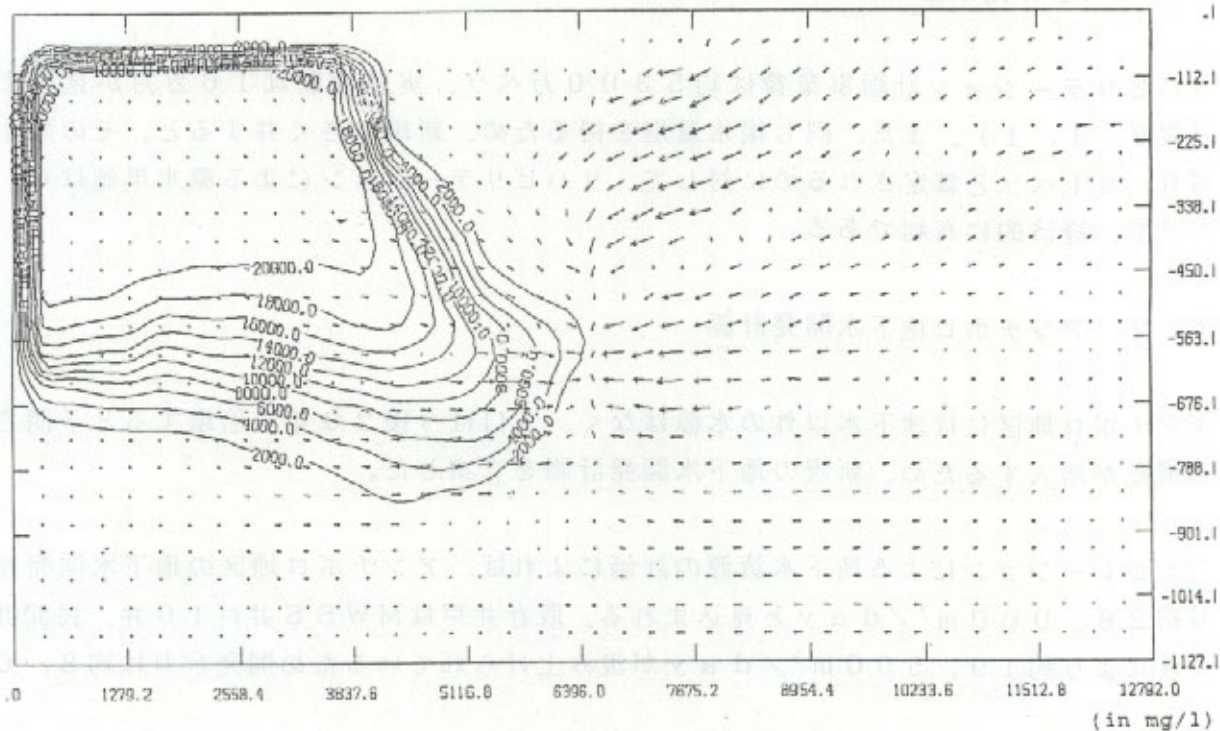


STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 7.4.3

計算水頭分布



STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 7.4.4

計算塩分濃度分布 (10年後)

## 8. 地下水開発計画

### 8.1 MWSS井戸のリハビリテーション計画

MWSSの短期的な水供給計画によれば、アンチボロ、モンタルバン、サンマテオ、モンテンルパ、キャピテ、イムス、カウイット、ロザリオでは1995または2000年まで地下水に依存しなければならない。また、他の自治体でも、表流水供給システムが完成するまでは地下水利用が継続されるので、深井戸のリハビリテーションを行い、揚水量を増加させる必要がある。

MWSS管理の深井戸の大半は揚水設備が老朽化し、現在稼働中の井戸でも近い将来には損傷を受け機能しなくなる可能性がある。そこで、リハビリテーション計画の対象は、現在良好な状態で稼働中の井戸を中心に、100井を選定するとともに、標準技術仕様を作成し、マニュアル化した。100井の内訳は以下の通りである。

1) 現在稼働中	:	73
2) 揚水設備の損傷	:	18
3) リハビリテーション待機中	:	9

リハビリテーション計画により稼働中の井戸の1井当り揚水量は平均約 $200\text{ m}^3/\text{day}$ 増加する。これに、損傷及び待機中の井戸の揚水量を加えると、全体では約 $27,500\text{ m}^3/\text{day}$ の揚水量増加が期待できる。

リハビリテーション計画事業費は約5300万ペソ、実施期間は16カ月が見込まれる(図8.1.1)。また、同じ揚水量増を得るため、新規にさく井すると、その原水単価は0.81ペソと算定されるのに対して、リハビリテーションによる原水単価は0.69ペソで、経済的に有利である。

### 8.2 アンチボロ地下水開発計画

アンチボロ地区には地下水以外の水源はなく、人口は今後20年で倍増すると予測され、水需要が増大するため、新規の地下水開発計画を立案した。

シミュレーションによる地下水資源の評価によれば、アンチボロ地区の地下水開発可能量は約 $28,000\text{ m}^3/\text{day}$ と見込まれる。既存井戸はMWSS井戸10井、民間井戸26井により約 $19,500\text{ m}^3/\text{day}$ が汲み上げられているため開発余力は約 $8,000$

- 8, 500 m<sup>3</sup>/day である。

リハビリテーション計画により、既存MWS S管理井の揚水量は約2000 m<sup>3</sup>/day増加するので、新規開発量は約6,000 m<sup>3</sup>/dayとなる。この地下水開発によりアンチポロ地区の1998年までの水需要は全量を地下水によりまかなうことが可能である。

地下水はガダルベ帯水層から取水する。標準井戸の深度は150 m、口径8インチ、巻線スクリーンとし、1井当り揚水量は830 m<sup>3</sup>/dayを見込んだ。シミュレーションにより求めた井戸総数は7本、総揚水量は5,810 m<sup>3</sup>/dayで、その最適位置は帯水層の層厚を考慮して、アンチポロ地下水盆の中央部に設定した(図8.2.1, 8.2.2)。

配水管網を除く、地下水開発プロジェクトのコストは配水用高架水槽6基(図8.2.3)を含め4,832万ペソ(土地取得費用、設計管理費を含む)と見積られ、完成までの工期は16カ月が見込まれる。

### 8.3 アンチポロ表流水供給計画

地下水のみでは、1999年以降のアンチポロ地区の一日平均の水需要量に対応できないと予想されるので、CDSからの導水計画を提案した。導水管はCDSがマルコスハイウェイを横切るパッシング地点からコゲヨを経てアンチポロ市街地に到る。アンチポロ地区は標高200 m以上の高台にあるので途中2箇所のブースターポンプ所を設けて送水し、2箇所に配水地を建設して、地区内に配水する(図8.3.1-8.3.5)。

計画は2期に分けられ、第1期の目標年次は2000年で一日平均1,800 m<sup>3</sup>/日、一日最大15,500 m<sup>3</sup>/日を導水する。第2期の目標年次は2010年で一日平均18,100 m<sup>3</sup>/日、一日最大40,900 m<sup>3</sup>/日を導水する。第一期の建設事業は、調査、計画、設計の期間を2年半、配水管網を含めた建設期間を4年間見込むと、1994年から事業を進めなくてはならない(図8.3.6)。給水管の布設費用までを含めた総事業費は第1期406百万ペソ、第2期455百万ペソと見込まれる(表8.3.1, 8.3.2)。

## 8. 4 事業評価

アンチポロ地区の表流水と地下水開発事業を実施した場合の事業評価を行った。

### 財務評価

提案する事業に対する主な可能性のある財源は、営業収入と営業外収入である。営業収入は支出に対する収入の余剰であり営業外収入はローン、政府資金、無償贈与である。ローンはアジア開発銀行から借りるものと仮定した（利率年6.36%）。政府資金は事業費の30%を越えないものと仮定した。

第1期の総事業費は表8.4.1に現されるようにエスカレーションコストを含めて802.97百万ペソである。外貨部分と内貨部分の詳細も表8.4.1に表す。

プロジェクトの収益は水販売によりもたらされる。水販売量は水需要量（有収水量）に基づくが、拡張事業であるため水量増加分のみ収益として計上した。

財務的内部収益率（FIRR）は30年の事業期間に対して4.46%と算定された（表8.4.2）。この値は比較的小さい値だが、資金の荷重平均費用率（WACC）の3.47%を上回っている。

参考までに、本事業の地下水開発部分（井戸改修と新規井戸掘削）だけを実施するものとして、FIRRを算定した（表8.4.3, 8.4.4）。その結果、FIRRは11.43%、WACCは3.46%であった。

### 経済評価

事業の経済的便益は以下のように算定した。

- a) 水の経済価値 — 消費者の満足
- b) 健康便益 — 水系疾患の減少
- c) 火災防止 — 消火栓の設置と水圧の増大
- d) 土地価値の増加 — 生産力の増加

シャドウ・プライス（Shadow Price）を算出することにより市場価格を経済価格に修正した。外貨部分は20%の増加、非熟練労働者による費用は50%の割引を行い、熟練労働者に

よる費用は修正なしとした。経済価格による建設事業費の現在価値は、491.02百万ペソである。また30年間のプロジェクトライフの間に出費される事業費の総額は1,449.74百万ペソである。

経済的内部収益率 (EIRR) は17.19%で、フィリピンで通常公共事業として望まれている資本の機会費用である15%を上回っており経済的に見合うものと考えられる (表8.4.5)。

参考までに、本事業の地下水開発部分 (井戸改修と新規井戸掘削) だけを実施するものとしてEIRRを算定した (表8.4.6)。この場合、需要に見合う水源の増強が不十分であるものとして、全事業を実施した場合に比べ土地価格の増加率を低く想定したが、EIRRは17.20%であった。

項目	金額 (百万ペソ)
建設事業費の現在価値	491.02
事業費の総額	1,449.74
経済的内部収益率 (EIRR)	17.19%
地下水開発部分 (井戸改修と新規井戸掘削) だけを実施するものとしてEIRRを算定した	17.20%

表 8. 3. 1 フェーズI事業費

(単位：千円)

建設費		
1. 送水管		58,483
-----		
2. ブースターポンプ所No. 1		
土木、建設工事	8,227	
機械設備工事	14,976	
電気工事	19,020	
小計		42,223
-----		
3. ブースターポンプ所No. 2		
土木、建設工事	7,249	
機械設備工事	19,104	
電気工事	22,848	
小計		49,201
-----		
4. 配水コントロールシステム		5,383
-----		
5. 配水池		
土木、建設工事	11,412	
機械設備工事	2,896	
小計		14,308
-----		
6. 配水管網		
配水本管	65,355	
配水支管	23,761	
消火栓	3,461	
水栓	58,570	
小計		151,147
-----		
建設費合計		320,605
-----		
技術経費 (詳細設計 8%、コンサルタントサービス4%)	38,473	
用地取得費 (ブースターポンプ所No. 1、No. 2、配水池)	9,585	
合計		368,663
-----		
予備費 10%		36,866
-----		
事業費		405,529

表 8. 3. 2 フェーズⅡ事業費

(単位：千ペソ)

建設費		
1. 送水管		95,862
2. ブースターポンプ所No. 1		
土木、建設工事	7,652	
機械設備工事	14,492	
電気工事	19,020	
小計		41,164
3. ブースターポンプ所No. 2		
土木、建設工事	6,583	
機械設備工事	18,620	
電気工事	22,848	
小計		48,051
5. 配水池No. 1		
土木、建設工事	11,412	
機械設備工事	3,795	
小計		15,207
5. 配水池No. 2		
土木、建設工事	3,494	
機械設備工事	1,168	
小計		4,662
5. ブースターポンプ所No. 3		
ポンプ小屋	826	
機械設備、電気工事	273	
小計		1,099
5. ブースターポンプ所No. 4		
ポンプ小屋	560	
機械設備、電気工事	190	
小計		750
6. 配水管網		
配水本管	88,168	
配水支管	25,603	
消火栓	2,005	
水栓	45,192	
小計		160,968
建設費合計		367,763
技術経費 (詳細設計 8%、コンサルタントサービス4%)	44,132	
用地取得費 (配水池No. 1, No. 2)	1,760	
合計		413,655
予備費 10%		41,365
事業費		455,020

表 8. 4. 1 概算事業費及び財源 (地下水十表流水) (1)

内訳	1992		1993		1994		1995		1996	
	事業費	内貨 事業費: 外貨	内貨 事業費: 外貨	内貨 事業費: 外貨	内貨 事業費: 外貨	内貨 事業費: 外貨	内貨 事業費: 外貨	内貨 事業費: 外貨	内貨 事業費: 外貨	内貨 事業費: 外貨
<<PROJECT COST>>										
1. Materials										
Rehab.	1,552	0	466	1,086	1,552	0	0	0	0	0
New Well	26,407	0	4,150	9,694	13,934	3,172	8,901	12,573	0	0
Surface W.	93,944	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Materials Sub Total	121,902	0	4,616	10,779	15,395	3,172	8,901	12,573	0	0
2. Labor										
Skilled										
Rehab.	141	0	0	141	141	0	0	0	0	0
New Well	1,661	0	0	151	751	0	710	710	0	0
Surface W.	27,788	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Skilled Labor Sub Total	29,390	0	0	592	892	0	710	710	0	0
Unskilled										
Rehab.	622	0	0	422	422	0	0	0	0	0
New Well	3,212	0	0	1,669	1,669	0	1,544	1,544	0	0
Surface W.	20,649	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unskilled L. Sub Total	24,283	0	0	2,089	2,089	0	1,544	1,544	0	0
3. Equipment										
Rehab.	2,724	0	0	2,315	609	2,724	0	0	0	0
New Well	5,685	0	0	2,208	872	3,081	1,903	801	2,604	0
Surface W.	176,325	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipment Sub Total	186,733	0	0	4,524	1,281	5,805	1,803	801	2,604	0
SUB TOTAL-A (1+2+3)	362,208	0	0	9,139	15,032	24,172	5,575	11,856	17,431	0
4. Land Acquisition	12,335	0	2,750	0	0	0	0	0	0	0
5. Eng'g Serv. (D/D)										
Rehab.	387	62	248	310	15	62	17	0	0	0
New Well	2,911	471	1,952	2,353	118	471	588	0	0	0
Surface W.	29,648	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6. Eng'g Serv. (C/S)										
Rehab.	194	0	0	39	155	194	0	0	0	0
New Well	1,471	0	0	168	672	840	126	504	630	0
Surface W.	12,821	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUB TOTAL-B (4+5+6)	55,800	533	4,990	5,113	340	1,369	1,700	126	504	630
6. Physical Contingency	41,801	53	488	541	948	1,639	2,587	570	1,236	1,806
7. Price Contingency	203,020	21	488	509	774	3,442	4,216	712	1,091	4,803
8. Taxes	73,837	0	488	488	0	3,612	3,612	0	2,109	2,109
SUB TOTAL-C (6+7+8)	318,657	75	1,464	1,539	1,721	6,694	10,415	1,282	7,436	6,718
GRAND TOTAL (A+B+C)	736,665	507	6,344	6,951	11,201	25,085	36,286	6,983	19,797	26,780
ADD: IDC	66,304	0	0	0	0	0	0	1,939	0	1,939
PROJECT COST TOTAL	802,969	607	6,344	6,951	11,201	25,085	36,286	8,322	19,797	28,719
<<FINANCING>>										
1. Government Equity	240,675		6,951		5,795		2,965		16,031	
2. Inter'l Cash Generation	124,874		0		0		1,939		0	
3. Foreign Loan	437,420		0		30,491		23,195		0	
FINANCING TOTAL	802,969		6,951		36,286		28,119		46,031	

表 8.4.1 概算事業費及び財源（地下水十表流水）（2）

(内訳)	1997		1998		1999		2000			
	事業費	外貨	内貨	事業費	外貨	内貨	事業費	外貨	内貨	事業費
<<PROJECT COST>>										
1. Materials										
Rehab.	1,552	0	0	0	0	0	0	0	0	0
New Well	26,107	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface W.	93,944	21,564	26,448	18,012	4,431	7,080	11,511	4,373	6,553	10,923
Materials Sub Total	121,602	21,564	26,448	18,012	4,431	7,080	11,511	4,373	6,553	10,923
2. Labor										
Skilled										
Rehab.	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0
New Well	1,161	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface W.	27,788	0	15,763	15,763	0	3,802	3,802	0	3,509	3,509
Skilled Labor Sub Total	29,590	0	15,763	15,763	0	3,802	3,802	0	3,509	3,509
Unskilled										
Rehab.	422	0	0	0	0	0	0	0	0	0
New Well	3,212	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface W.	20,649	0	10,057	10,057	0	3,542	3,542	0	2,957	2,957
Unskilled L. Sub Total	24,283	0	10,057	10,057	0	3,542	3,542	0	2,957	2,957
3. Equipment										
Rehab.	2,724	0	0	0	0	0	0	0	0	0
New Well	5,685	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface W.	118,325	73,322	24,515	97,837	20,527	8,890	29,417	16,353	8,671	25,024
Equipment Sub Total	186,733	73,322	24,515	97,837	20,527	8,890	29,417	16,353	8,671	25,024
SUB TOTAL-A (1+2+3)	352,208	94,887	76,782	111,669	24,958	23,315	48,273	20,726	21,689	42,416
4. Land Acquisition	12,335	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5. Eng.'s Serv. (D/D) Rehab.	387	0	0	0	0	0	0	0	0	0
New Well	2,061	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface W.	25,568	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6. Eng.'s Serv. (C/S) Rehab.	194	0	0	0	0	0	0	0	0	0
New Well	1,471	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Surface W.	12,924	3,206	3,206	6,412	385	1,530	1,924	385	1,530	1,924
SUB TOTAL-B (4+5+6)	55,900	3,206	3,206	6,412	385	1,530	1,924	385	1,530	1,924
6. Physical Contingency	41,801	9,809	7,939	17,508	2,334	2,485	5,020	2,111	2,323	4,434
7. Price Contingency	203,020	26,026	56,610	82,636	8,007	20,885	28,992	7,781	23,640	30,521
8. Taxes	73,837	0	36,902	36,902	0	10,405	10,405	0	8,655	8,655
SUB TOTAL-C (6+7+8)	318,657	35,835	101,511	137,346	10,541	33,875	44,915	9,892	34,818	43,910
GRAND TOTAL (A+B+C)	736,565	133,928	181,459	315,427	35,883	54,720	94,612	31,003	57,246	88,249
ADD: IDC	56,304	3,078	0	3,078	19,193	0	18,193	20,381	0	20,381
PROJECT COST TOTAL	802,969	137,006	181,459	318,505	54,076	58,729	112,805	51,384	57,246	108,630
<<FINANCING>>										
1. Government Equity	210,675			63,139			39,693			36,561
2. Inter'l Cash Generation	126,674			17,721			38,692			35,024
3. Foreign Loan	437,420			237,646			34,913			36,646
FINANCING TOTAL	802,969			318,505			112,905			108,630

表 8. 4. 2 財務的内部収益率 (地下水+表流水)

年	事業収入 (1000P)	事業支出 (1000P)	事業投資金 (1000P)	財務収益 (ネット) (1000P)
1992	0	0	6,951	(6,951)
1993	0	0	36,286	(36,286)
1994	5,394	1,337	28,719	(24,662)
1995	9,993	1,948	46,051	(38,006)
1996	14,375	3,173	62,214	(51,012)
1997	19,315	5,020	318,505	(304,210)
1998	24,957	12,624	112,805	(100,472)
1999	31,375	16,349	108,630	(93,604)
2000	38,663	23,533	82,807	(67,677)
2001	46,804	29,931	0	16,873
2002	56,083	36,571	0	19,512
2003	66,682	55,177	0	11,505
2004	78,763	52,104	0	26,659
2005	92,509	61,147	0	31,362
2006	105,478	69,914	0	35,564
2007	119,430	79,580	0	39,850
2008	134,940	90,230	0	44,710
2009	152,167	101,960	0	50,207
2010	171,287	114,873	0	56,414
2011	186,162	122,274	0	63,888
2012	201,055	130,199	0	70,856
2013	217,140	160,219	0	56,921
2014	234,511	147,784	0	86,727
2015	253,272	157,533	0	95,739
2016	273,534	167,983	0	105,551
2017	295,416	179,189	0	116,227
2018	319,050	191,209	0	127,841
2019	344,574	204,105	0	140,469
2020	372,139	217,945	0	154,194
2021	401,911	232,801	0	169,110
NPV at 3.47% WACC				100,120
財務的内部収益率				4.46%

表 8. 4. 3 概算事業費及び財源（地下水のみ）

Unit: P1000

内 訳	1992		1993		1994		1995		1996	
	事業費	外貨 内貨 事業費	外貨 内貨 事業費	外貨 内貨 事業費	外貨 内貨 事業費	外貨 内貨 事業費	外貨 内貨 事業費	外貨 内貨 事業費	外貨 内貨 事業費	外貨 内貨 事業費
((PROJECT COST))										
1. Materials										
Rehab.	1,552	0	0	166	1,086	1,552	0	0	0	0
New Well	26,407	0	0	4,150	9,684	13,834	3,172	8,801	12,573	0
Surface W.	29,915	0	0	2,371	3,946	6,217	3,545	5,661	9,209	3,498
Materials Sub Total	57,874	0	0	6,987	14,616	21,603	7,317	14,465	21,782	3,498
2. Labor										
Skilled										
Rehab.	141	0	0	0	141	141	0	0	0	0
New Well	1,461	0	0	0	151	751	0	710	710	0
Surface W.	9,749	0	0	2,067	2,067	3,042	3,042	3,042	2,808	0
Skilled Labor Sub Total	11,351	0	0	2,959	2,959	3,752	3,752	3,752	2,808	0
Unskilled										
Rehab.	422	0	0	0	422	422	0	0	0	0
New Well	3,212	0	0	1,568	1,665	1,544	0	1,544	1,544	0
Surface W.	8,665	0	0	1,967	1,967	2,834	0	2,834	2,305	0
Unskilled L. Sub Total	12,299	0	0	4,057	4,057	4,375	0	4,375	4,375	0
3. Equipment										
Rehab.	2,724	0	0	2,315	409	2,724	0	0	0	0
New Well	5,685	0	0	2,209	972	3,081	1,503	801	2,601	0
Surface W.	72,588	0	0	11,504	4,771	16,275	16,121	7,112	23,534	13,083
Equipment Sub Total	80,997	0	0	16,028	6,052	22,080	18,224	7,913	26,137	13,083
SUB TOTAL-A (1+2+3)	167,521	0	0	23,015	27,683	50,695	25,541	30,568	58,049	16,581
4. Land Acquisition	2,750	0	2,750	0	0	0	0	0	0	0
5. Eng'g Serv. (D/D)										
Rehab.	387	62	248	15	62	17	0	0	0	0
New Well	2,941	471	1,582	2,353	118	471	585	0	0	0
Surface W.	9,673	1,548	6,191	7,739	367	1,548	1,935	0	0	0
Eng'g Serv. (C/S)	194	0	0	38	153	104	0	0	0	0
New Well	1,471	0	0	168	672	840	126	504	630	0
Surface W.	4,837	0	0	531	531	1,061	309	1,236	1,545	271
SUB TOTAL-B (4+5+6)	22,252	2,080	11,071	13,151	1,257	3,936	4,695	935	1,740	2,175
6. Physical Contingency	16,437	208	1,107	1,315	2,427	3,111	5,539	2,595	3,225	5,822
7. Price Contingency	41,358	83	1,107	1,100	1,081	6,535	6,516	3,243	10,674	13,318
8. Taxes	32,340	0	1,107	1,107	0	8,520	9,520	0	10,433	10,433
SUB TOTAL-C (6+7+8)	95,175	291	3,321	3,613	4,408	19,166	23,576	5,841	24,332	30,173
GRAND TOTAL (A+B+C)	279,948	2,372	14,302	16,764	28,890	50,289	75,969	31,817	56,550	88,396
AUD: IDC	11,399	0	0	0	0	0	0	3,129	3,129	3,106
PROJECT COST TOTAL	291,347	2,372	14,302	16,764	28,890	50,289	79,969	34,946	59,679	91,502
((FINANCING))										
1. Government Equity	74,682		16,764		18,056		18,056		13,070	
2. Inter'l Cash Generation	58,255		0		11,716		10,529		14,820	
3. Foreign Loan	158,410		0		49,201		53,916		32,363	
FINANCING TOTAL	291,347		16,764		79,969		82,527		60,253	

表 8. 4. 4 財務的内部収益率（地下水のみ）

年	事業収入 (1000P)	事業支出 (1000P)	事業投資金 (1000P)	財務収益 (ネット) (1000P)
1992	0	0	16,764	(16,764)
1993	2,634	96	78,969	(76,431)
1994	5,921	1,932	91,527	(87,538)
1995	9,993	3,080	60,253	(53,340)
1996	14,375	4,856	43,834	(34,315)
1997	19,315	6,573	0	12,742
1998	24,957	8,139	0	16,818
1999	30,744	9,608	0	21,136
2000	33,823	10,089	0	23,734
2001	37,230	10,598	0	26,632
2002	41,107	11,136	0	29,971
2003	45,365	22,945	0	22,420
2004	50,042	12,310	0	37,732
2005	55,176	12,949	0	42,227
2006	59,781	13,627	0	46,154
2007	64,563	14,346	0	50,217
2008	69,728	15,109	0	54,619
2009	75,307	15,919	0	59,388
2010	81,331	16,780	0	64,551
2011	87,838	17,695	0	70,143
2012	94,865	18,668	0	76,197
2013	102,454	41,233	0	61,221
2014	110,650	20,805	0	89,845
2015	119,502	21,980	0	97,522
2016	129,063	23,231	0	105,832
2017	139,388	24,566	0	114,822
2018	150,539	25,990	0	124,549
2019	162,582	27,511	0	135,071
2020	175,588	29,135	0	146,453
2021	189,635	30,870	0	158,765
NPV at 3.46% WACC				565,807
財務的内部収益率				11.43%

NOTE: To reduce the NRW, distribution network replacement and construction was assumed to be implemented with an amount of 80% of initial proposed project from 1993.

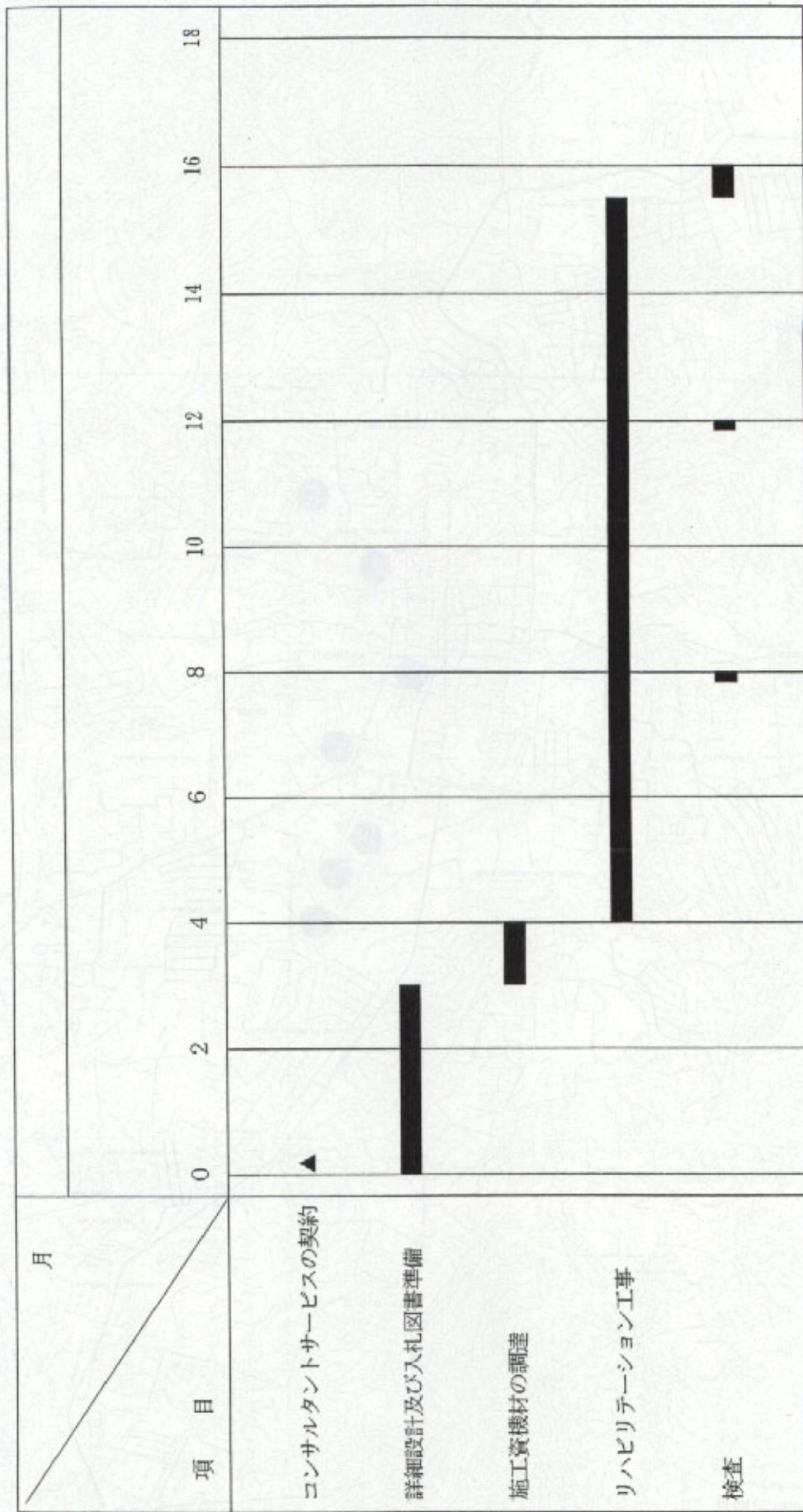
表 8. 4. 5 経済的内部収益率（地下水+表流水）

年	経済的便益					総経済的便益 (P1,000)	総経済価格 (P1,000)	経済的便益 (ネット) (P1,000)
	水の経済的価値 (P1,000)	健康便益 (P1,000)	火災防止 (P1,000)	土地価格の増加 (P1,000)	0			
1992	0	0	0	0	0	0	6,071	(6,071)
1993	0	0	0	0	0	0	30,777	(30,777)
1994	6,687	25	485	50,400	57,597	57,597	22,108	35,489
1995	10,046	51	1,760	50,400	61,507	61,507	38,200	23,307
1996	13,140	89	2,460	82,125	14,989	14,989	47,084	(32,095)
1997	16,229	124	3,129	82,125	100,938	100,938	221,493	(120,555)
1998	19,322	158	3,776	82,125	104,734	104,734	70,151	34,583
1999	22,411	190	4,409	82,125	108,503	108,503	66,594	41,809
2000	25,504	222	5,090	0	112,261	50,971	20,061	61,290
2001	28,517	240	5,771	0	33,506	27,796	13,445	9,149
2002	31,598	257	6,302	0	36,945	25,131	15,323	16,365
2003	34,749	274	6,871	0	40,454	27,567	17,984	18,486
2004	37,969	291	7,061	0	44,031	29,695	18,236	15,921
2005	41,259	308	7,061	0	47,679	31,725	16,619	17,984
2006	43,341	318	7,061	0	49,960	33,756	18,236	18,486
2007	45,423	327	7,061	0	52,242	38,603	15,921	16,619
2008	47,506	337	7,061	0	54,524	40,187	21,272	12,528
2009	49,588	347	7,061	0	56,805	46,559	21,272	12,528
2010	51,670	356	7,061	0	59,087	52,209	21,272	21,272
2011	51,670	356	7,061	0	59,087	59,087	133,016	(73,930)
2012	51,670	356	7,061	0	59,087	64,533	(5,546)	(1,364)
2013	51,670	356	7,061	0	59,087	60,451	6,878	6,878
2014	51,670	356	7,061	0	59,087	52,209	21,272	21,272
2015	51,670	356	7,061	0	59,087	37,815	21,272	21,272
2016	51,670	356	7,061	0	59,087	37,815	21,272	21,272
2017	51,670	356	7,061	0	59,087	37,815	21,272	21,272
2018	51,670	356	7,061	0	59,087	37,815	21,272	21,272
2019	51,670	356	7,061	0	59,087	37,815	21,272	21,272
2020	51,670	356	7,061	0	59,087	37,815	21,272	21,272
2021	51,670	356	7,061	0	59,087	37,815	21,272	21,272
NPV at 15.00%								5,592
経済的内部収益率								17.19%

表 8.4.6 経済的内部収益率 (地下水のみ)

年	経済的便益				土地価格 の増加 (P1,000)	総経済 的便益 (P1,000)	総経済価格 (P1,000)	経済的便益 (ネット) (P1,000)
	水の経済 的価値 (P1,000)	健康便益 (P1,000)	火災防止 (P1,000)	0				
1992	0	0	0	0	0	0	14,972	(14,972)
1993	3,591	0	0	0	0	3,591	65,950	(62,359)
1994	6,687	25	485	50,400	50,400	57,597	70,111	(12,513)
1995	10,046	51	1,010	50,400	50,400	61,507	45,268	16,240
1996	13,140	89	1,760	0	0	14,989	31,764	(16,775)
1997	16,229	124	2,460	18,720	18,720	37,533	6,254	31,280
1998	19,322	158	3,129	18,720	18,720	41,329	7,143	34,186
1999	21,889	184	3,654	18,720	18,720	44,447	7,143	37,304
2000	21,889	184	3,654	18,720	18,720	44,447	7,143	37,304
2001	22,387	184	3,654	0	0	26,225	7,143	19,082
2002	22,885	184	3,654	0	0	26,723	12,344	14,379
2003	23,383	184	3,654	0	0	27,221	7,143	20,078
2004	23,882	184	3,654	0	0	27,719	7,143	20,577
2005	24,380	184	3,654	0	0	28,218	7,143	21,075
2006	24,380	184	3,654	0	0	28,218	7,143	21,075
2007	24,380	184	3,654	0	0	28,218	7,143	21,075
2008	24,380	184	3,654	0	0	28,218	25,724	2,494
2009	24,380	184	3,654	0	0	28,218	32,235	(4,017)
2010	24,380	184	3,654	0	0	28,218	26,362	1,856
2011	24,380	184	3,654	0	0	28,218	19,393	8,825
2012	24,380	184	3,654	0	0	28,218	12,344	15,874
2013	24,380	184	3,654	0	0	28,218	7,143	21,075
2014	24,380	184	3,654	0	0	28,218	7,143	21,075
2015	24,380	184	3,654	0	0	28,218	7,143	21,075
2016	24,380	184	3,654	0	0	28,218	7,143	21,075
2017	24,380	184	3,654	0	0	28,218	7,143	21,075
2018	24,380	184	3,654	0	0	28,218	7,143	21,075
2019	24,380	184	3,654	0	0	28,218	7,143	21,075
2020	24,380	184	3,654	0	0	28,218	7,143	21,075
2021	24,380	184	3,654	0	0	28,218	7,143	21,075
NPV at 15.00%								11,207
経済的内部収益率								17.20%

図 8. 1. 1 リハビリテーション実施スケジュール



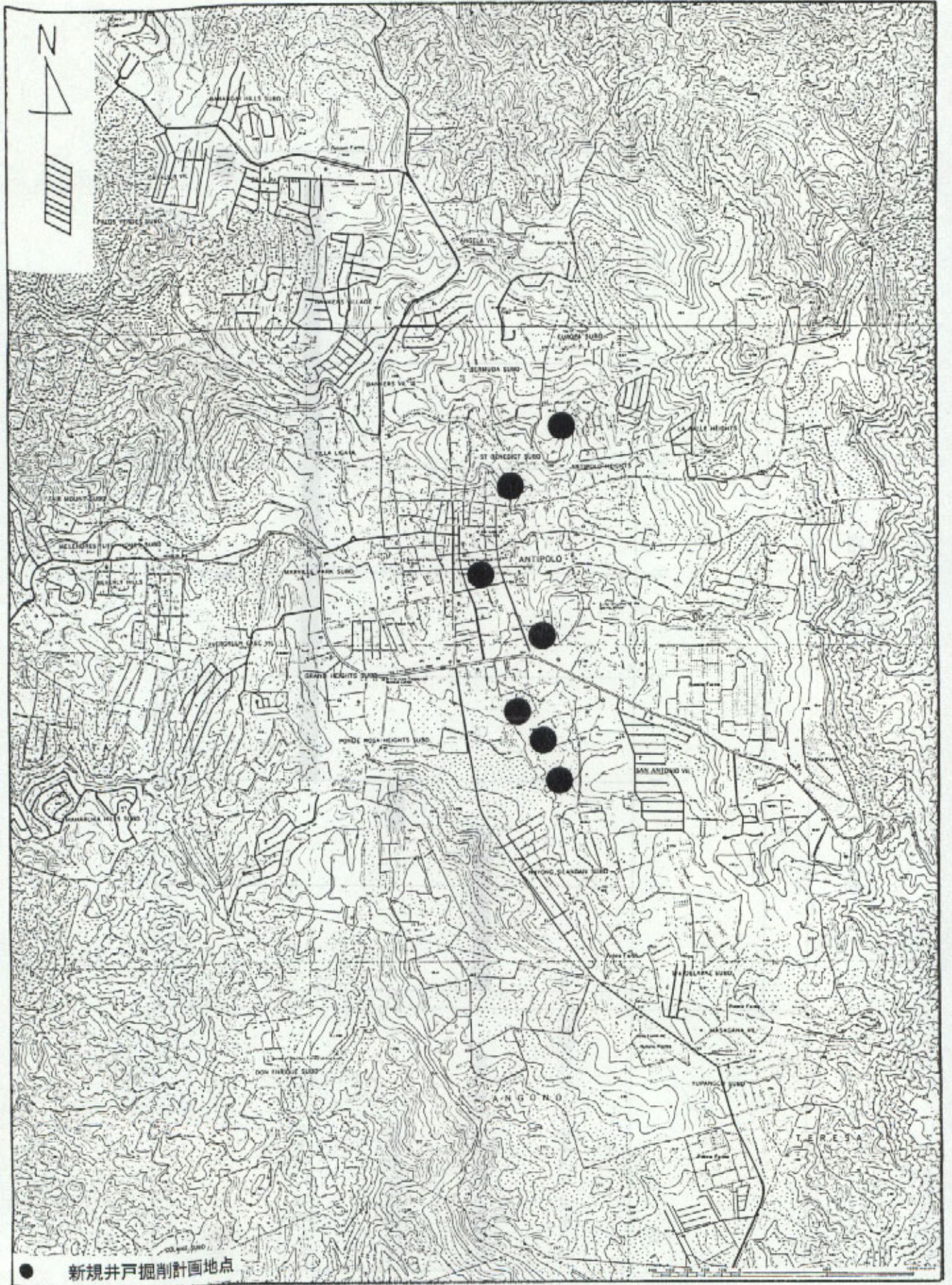
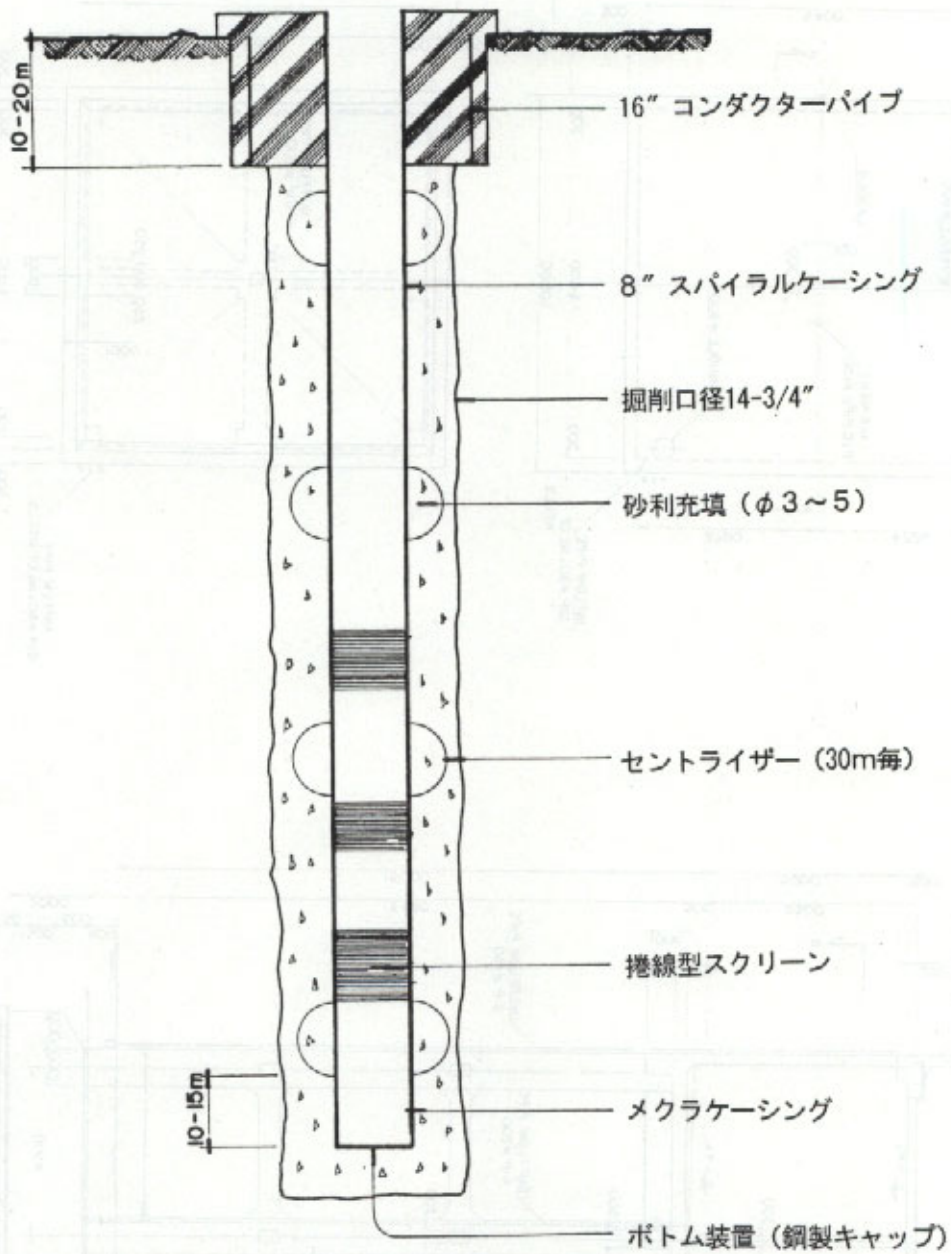
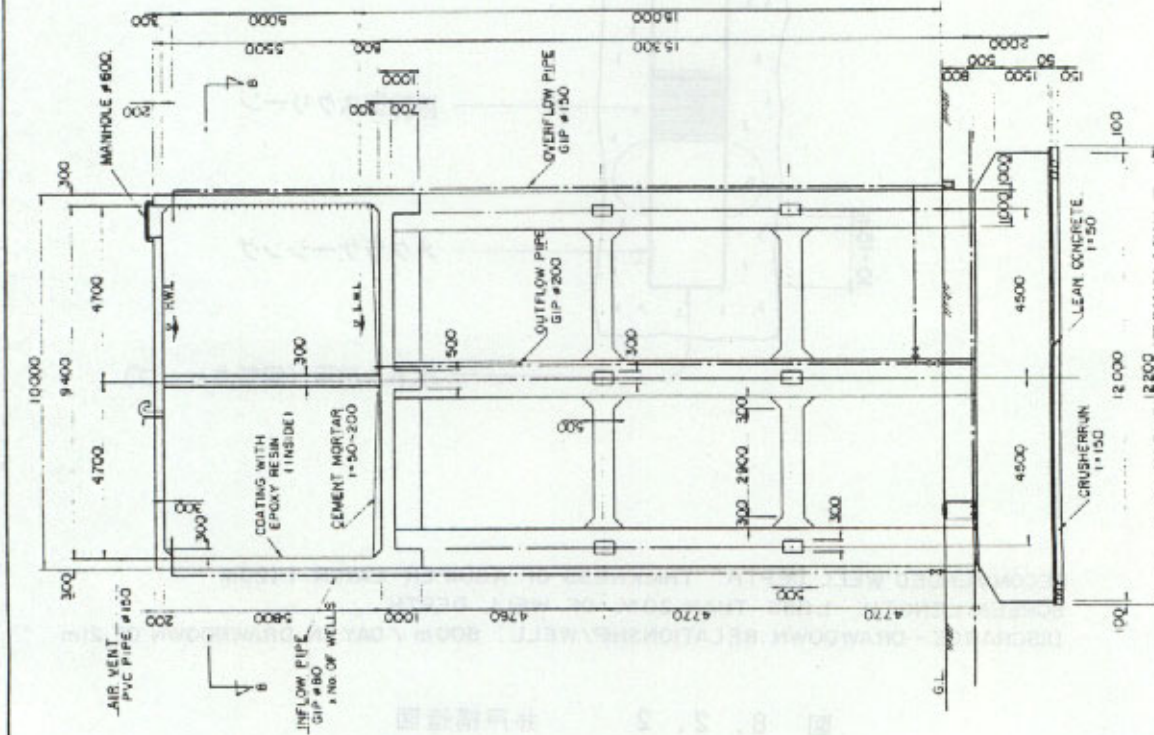


図 8.2.1 アンチポロ地区計画井位置図

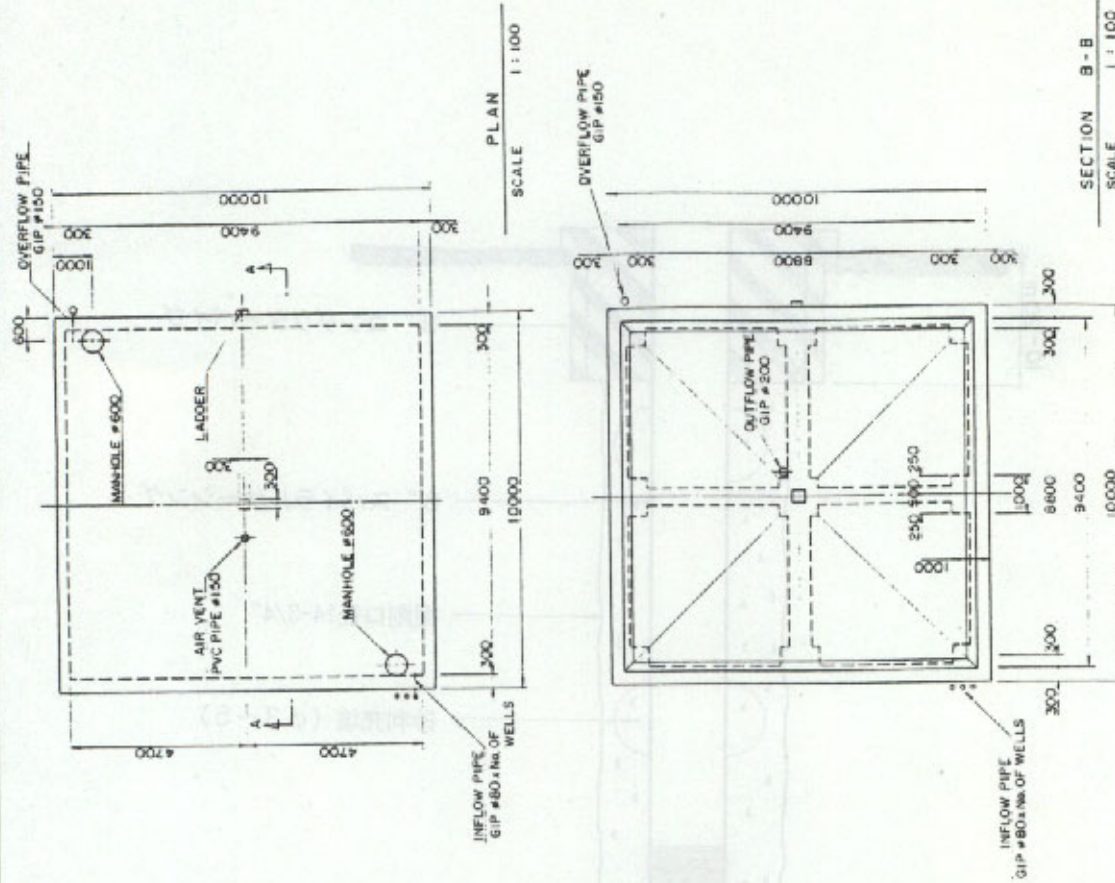


RECOMMENDED WELL DEPTH: THICKNESS OF AQUIFER LAYER + (20m)  
 SCREEN LENGTH: LESS THAN 20% OF WELL DEPTH  
 DISCHARGE - DRAWDOWN RELATIONSHIP/WELL: 800m / DAY IN DRAWDOWN OF 21m

図 8. 2. 2 井戸構造図



SECTION A-A  
SCALE 1:100



SECTION B-B  
SCALE 1:100

STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 8. 2. 3  
配水用高架水槽

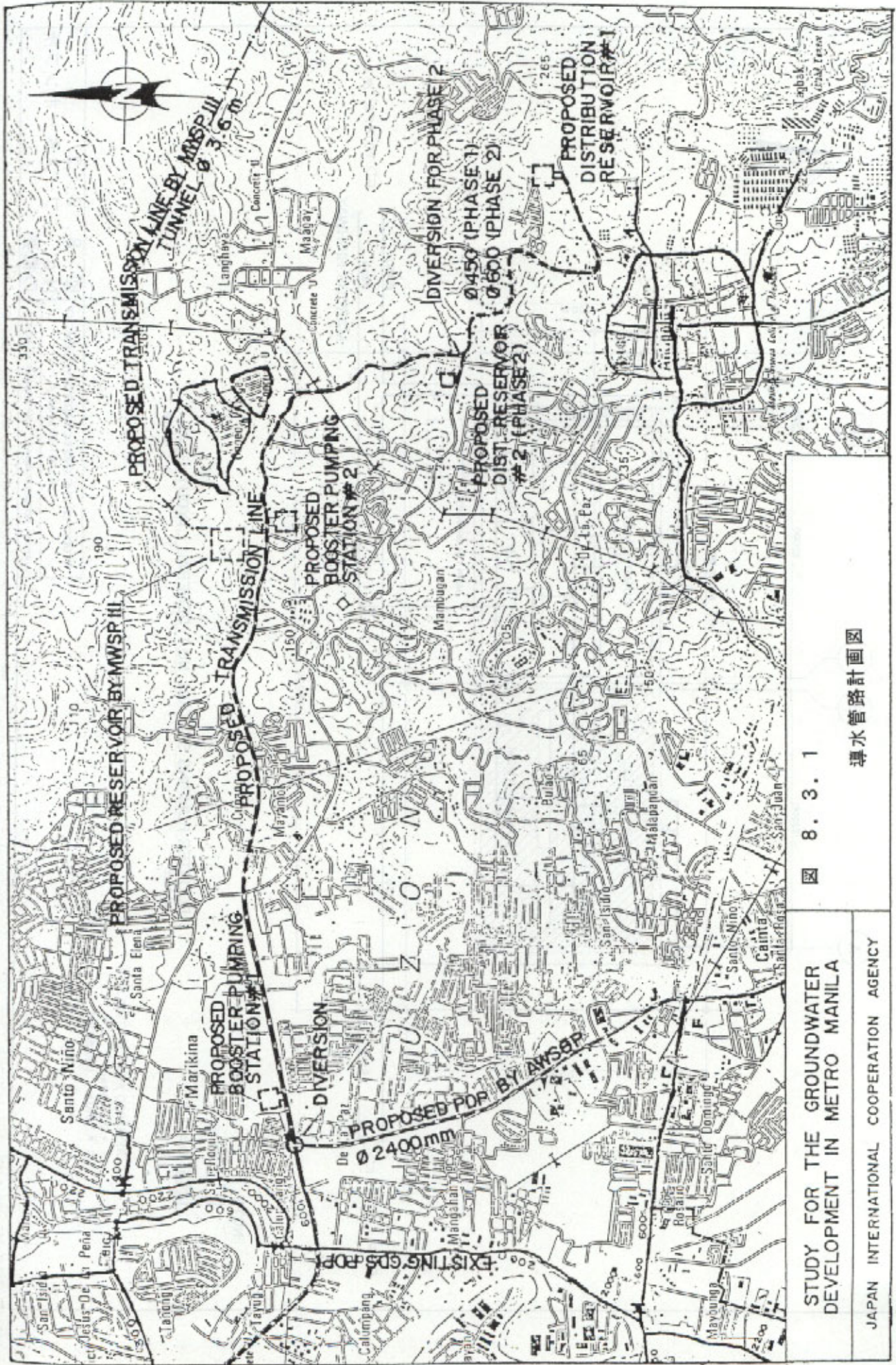
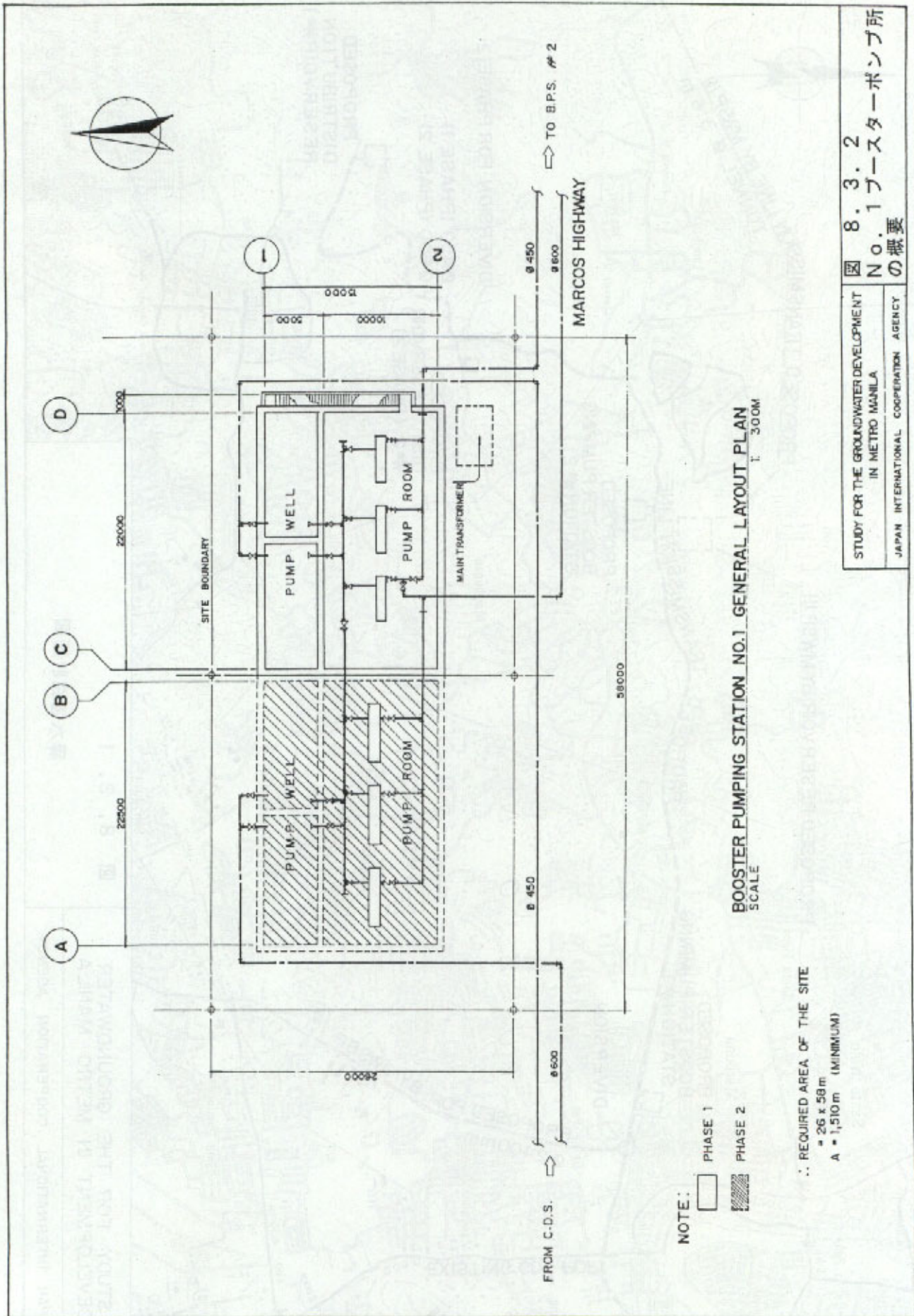


図 8.3.1

導水管路計画図

STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



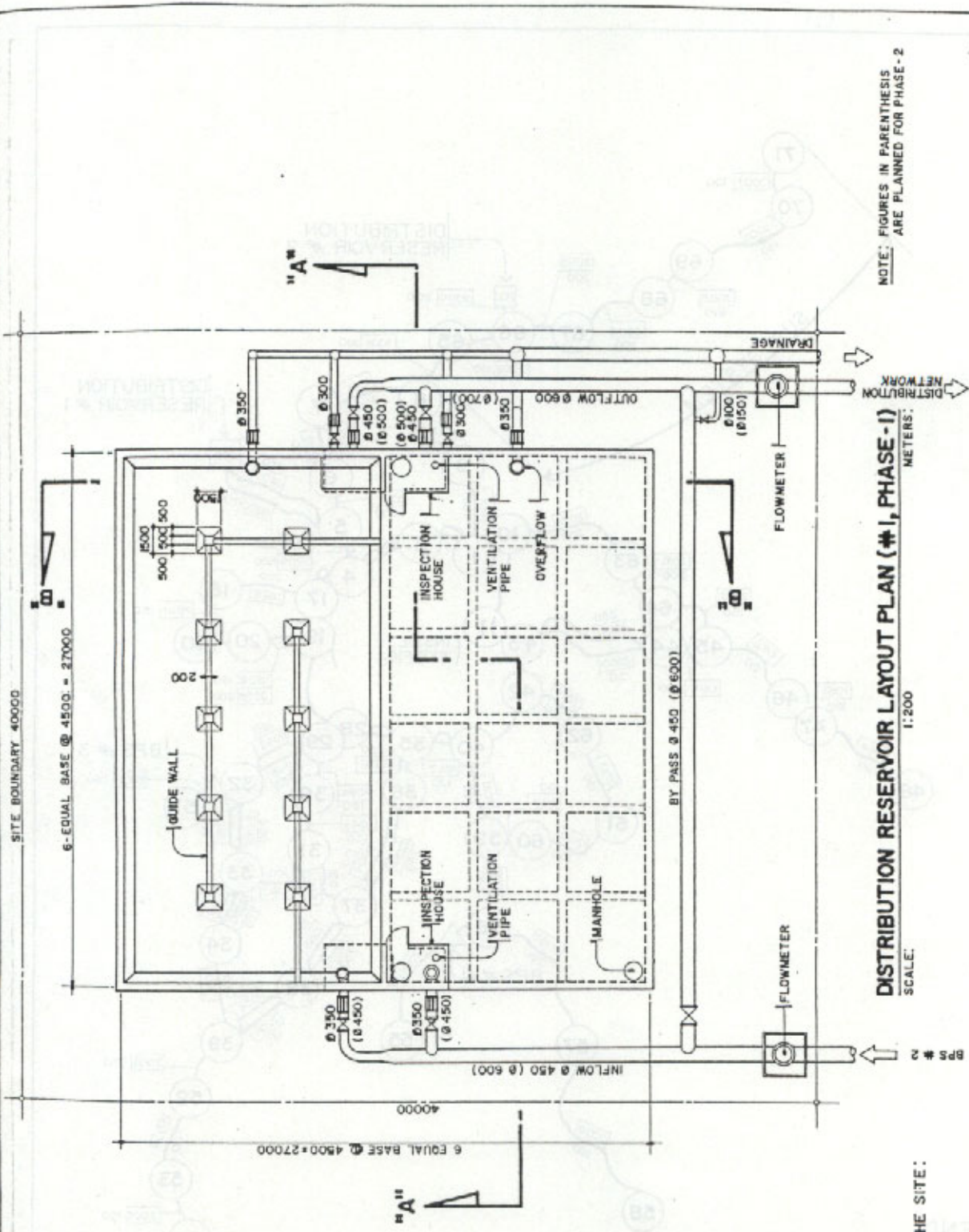
∴ REQUIRED AREA OF THE SITE  
 = 26 x 58 m  
 A = 1,510 m (MINIMUM)

NOTE:  
 [ ] PHASE 1  
 [ ] PHASE 2

BOOSTER PUMPING STATION NO. 1 GENERAL LAYOUT PLAN  
 SCALE 1:3000

STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
 IN METRO MANILA  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 8.3.2  
 No. 1ブースターポンプ所の概要



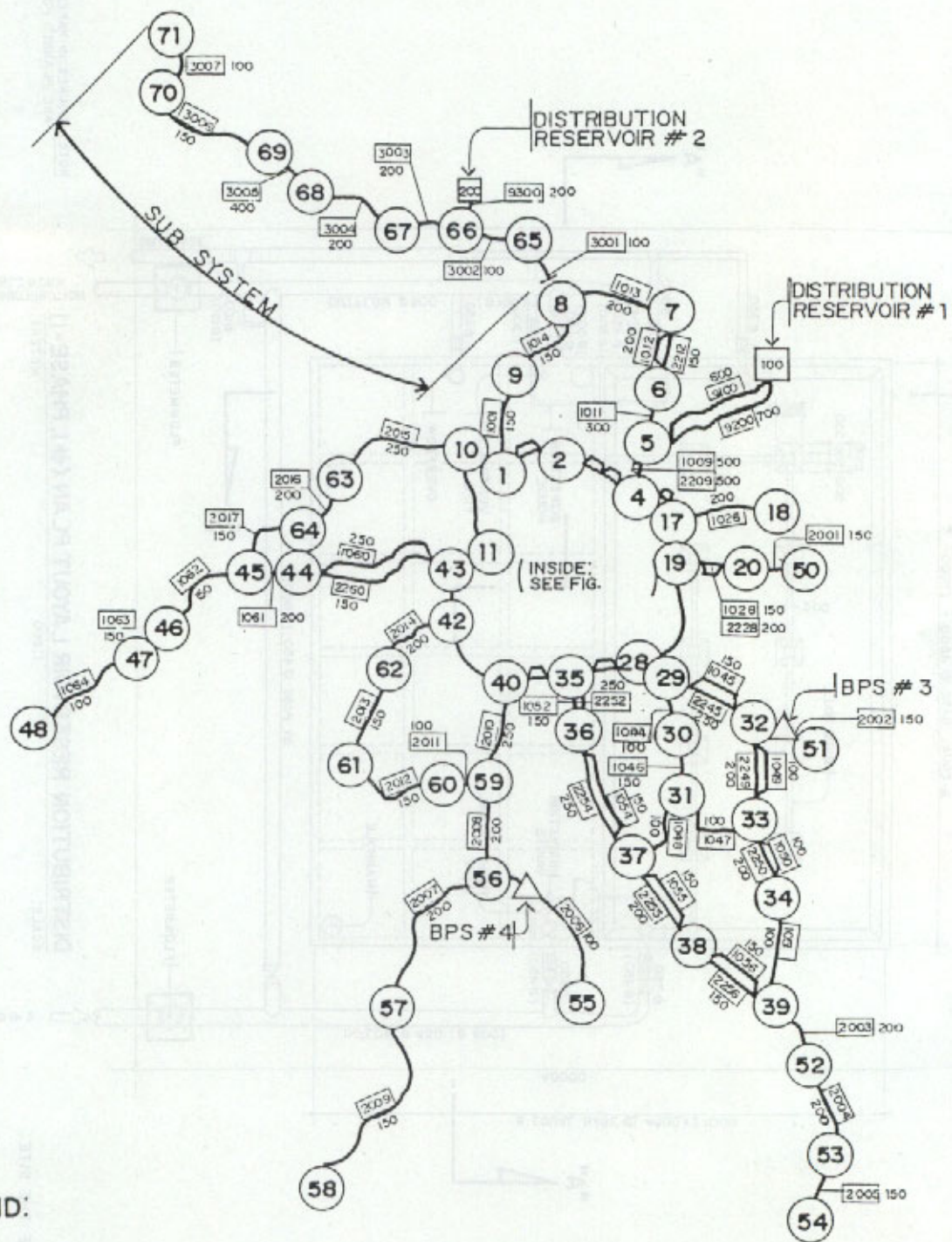
NOTE: FIGURES IN PARENTHESIS ARE PLANNED FOR PHASE-2

**DISTRIBUTION RESERVOIR LAYOUT PLAN (#1, PHASE-1)**  
SCALE: 1:200 METERS

- \* REQUIRED AREA OF THE SITE:
- 40 x 40 m.
  - 1600 m<sup>2</sup> (MINIMUM)

STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT IN METRO MANILA  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

8. 3. 3  
No. 1 配水池の概要



**LEGEND:**

- PIPE LINE
- ① NODE NO.
- 1011 100 PIPE NO.  
DIA. (MM)

**NOTE: CONSTRUCTION PHASE**

- PIPES NO. 9100, 1001-1064 PHASE 1
- NO. 9200, 2201-2260, 2001-2017 } PHASE 2
- 9300, 3001-3007

STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 8. 3. 4

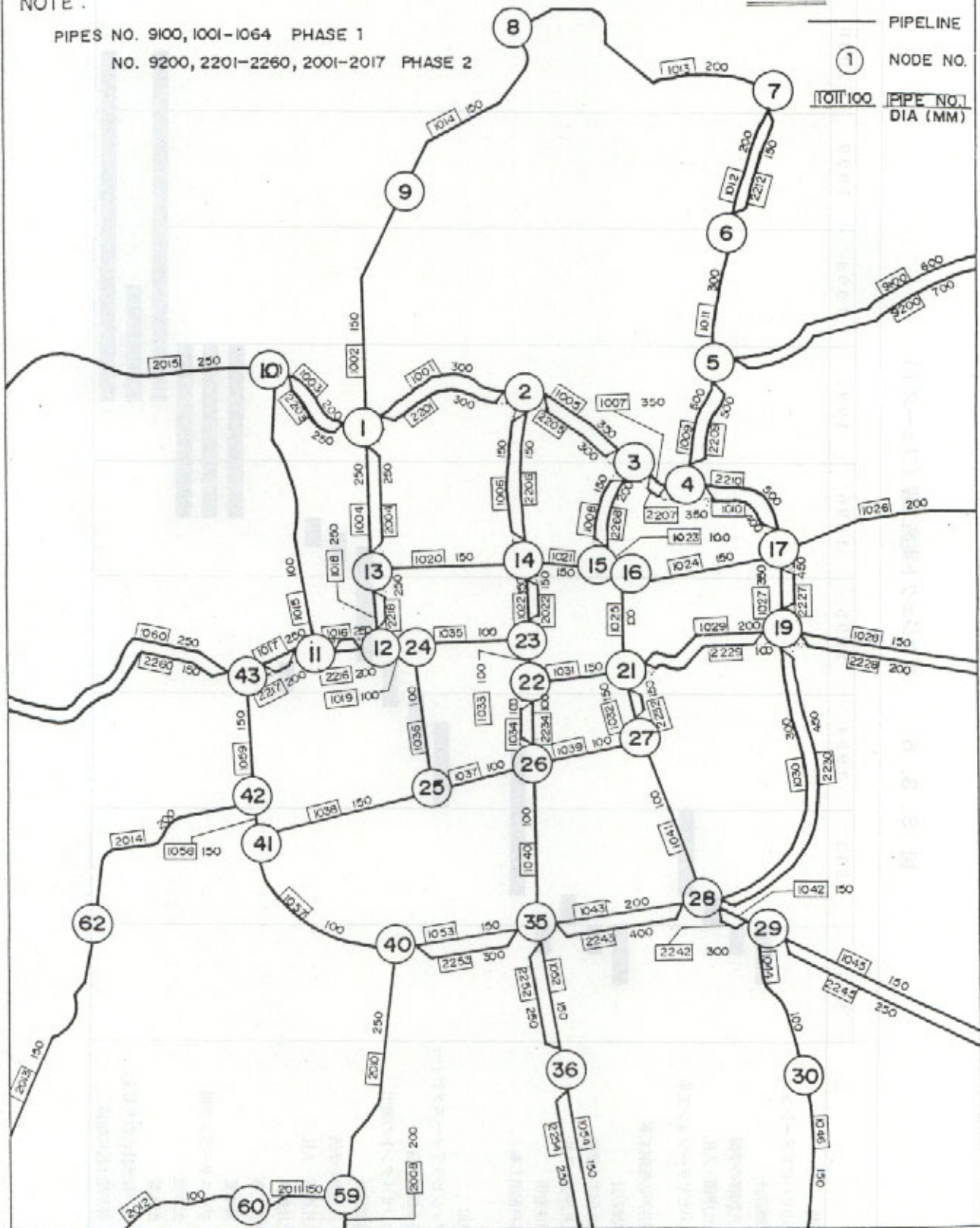
配水管網 解析 - 1

NOTE :

PIPES NO. 9100, 1001-1064 PHASE 1  
 NO. 9200, 2201-2260, 2001-2017 PHASE 2

LEGEND:

- PIPELINE
- ① NODE NO.
- |          |          |
|----------|----------|
| 1011     | 100      |
| PIPE NO. | DIA (MM) |



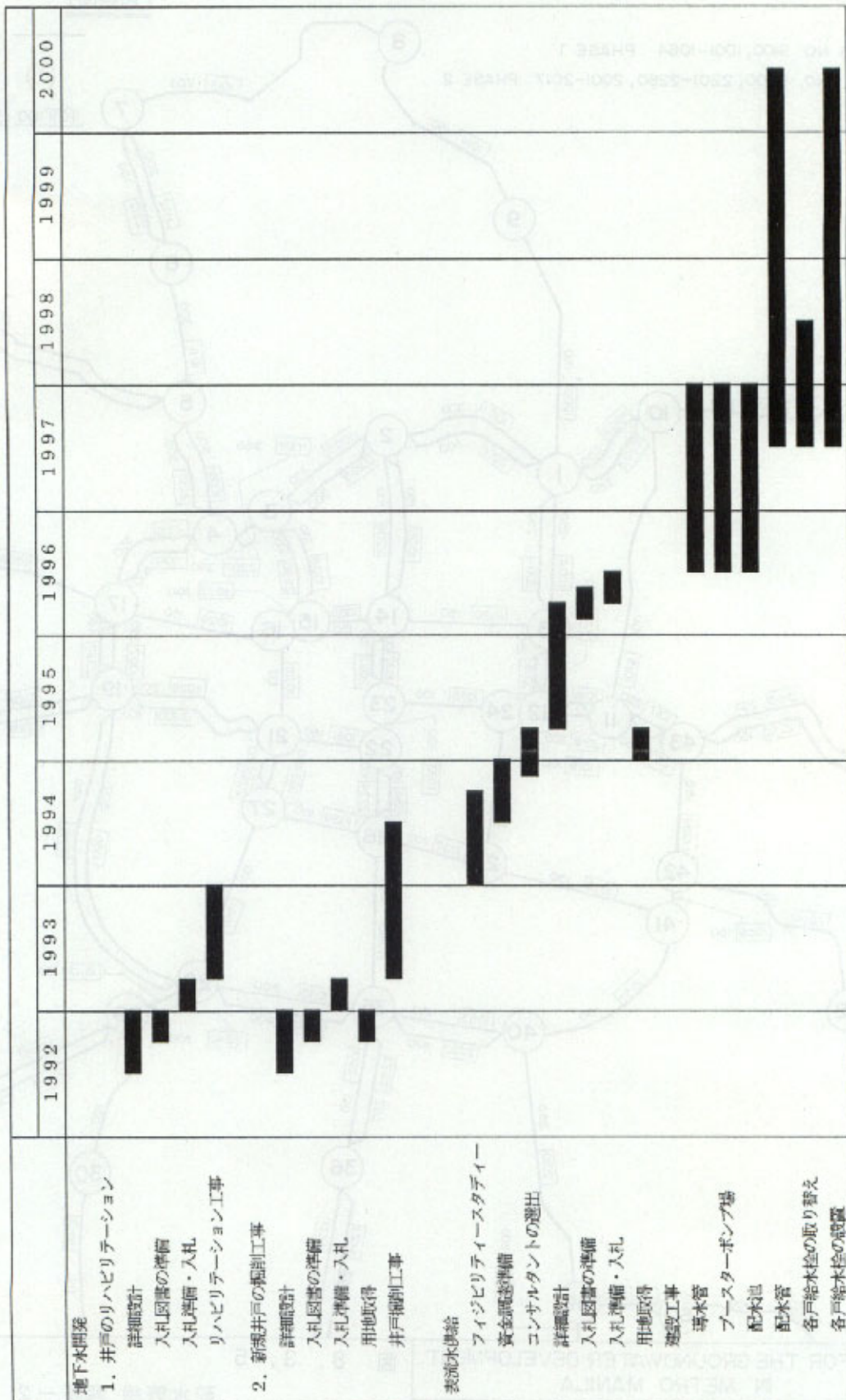
STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
 IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

8. 3. 5

配水管網 解析 - 2

図 8.3.6 プロジェクト実施工程 (フェーズ1)



## 9. 地下水管理計画

マニラ首都圏では、表流水の供給計画が進行しているものの、今後もなお家庭用水のみならず工業用水、商業用水を地下水に依存せざるを得ぬため、地下水の有効な利用と保全を目的とした地下水管理計画の方針を策定した。

### 9.1 地下水管理の目標

マニラ首都圏では、塩水化を防止しながら、永続的に地下水を利用していくことが地下水管理の目標となる。塩水化防止対策の基本は地下水位の回復にあり、具体的な対策としては、海水侵入遮断のための止水壁建設、人工かん養による地下水位の回復などが考えられる。

しかしながら、マニラ首都圏地下水盆の帯水層の性状と塩水化の発生機構やその範囲を考慮すると、これらの方法は、莫大な費用を必要とし、その実現は困難であり、揚水量の削減のみが唯一の効果的な対策になるものと考えられる。

地下水シミュレーション結果によれば、マニラ首都圏では、最も楽観的なシナリオ3（2010年における総揚水量1,064千 $m^3$ /日）でも、地下水位は現状より50m以上も低下し、内陸部へ塩水化が拡大していくものと予想している。そこで、内陸部のこれ以上の塩水化を阻止するために必要な地下水揚水削減量をシミュレーションにより求め、この時の地下水盆全体の総揚水量を暫定的な許容揚水量とし、地下水管理計画の目標値とする。

### 9.2 揚水規制

マニラ首都圏での地下水位の回復を計るためには、規制を行い揚水量を削減することが必要である。

#### (1) 規制地域の区分

マニラ首都圏地下水盆を地下水位低下・塩水化状況やAWSOP等の地表水の供給計画を勘案して地域的に3区分し揚水規制を行なう。

- A) 対策重点地域（海岸部）：すでに塩水化が発生しているかまたはその兆候が認められる地域

- B) 準対策重点地域（内陸部）：地下水位低下が著しく、今後、塩水化の発生が予想される地域
- C) 監視地域：水文地質的にA、B両地域に連続するマニラ首都圏地下水盆全域およびアンチポロ地区

## （2）揚水規制のタイムスケジュール

揚水規制のスケジュールは次の3段階が考えられる。

- 1) 第1段階（調査段階）：全地域について、家庭用浅井戸を除き、全ての井戸の登録、井戸台帳整備、地下水位、揚水量の測定とその報告を義務づける。また必要最小限なモニタリング施設を整備する。これらの資料に基づき、地域別に具体的な揚水量の削減目標を設定する。ただし、A地域については、この間、井戸の新設を認めない。
- 2) 第2段階（実施段階）：地下水位・水質と揚水量を監視しながら、代替水源対策の進行を考慮して、A、B両地域において、用途別に揚水量の削減を実施する。またこの間にモニタリング施設の拡充をおこなう。第1段階から第2段階の終了までは5年以内が望ましい。
- 3) 第3段階（監視調整段階）：塩水化の状況をみながら、利用の優先権をふくめた各地域の地下水利用の再編成を行なう。

## （3）地下水管理区域の設定

フィリピン国水法第32条によれば地下水・地表水の総合的な開発、保護、利用に関して国家水資源委員会（NWRB）は、その定める細則により「管理区域」を設定するものとされている。

この「管理区域」の概念は地下水の規制地域に適用することが可能と考えられる。実施に当たっては、細則を新たに制定する必要がある、今後詳細な検討が必要である。

## 9.3 揚水削減目標値

マニラ首都圏でこれ以上の塩水化を阻止するために必要な地下水揚水削減量を検討するために、次のような条件を設定し、揚水規制と水位変化の関係をシミュレーションした。

### 9.3.1 揚水規制の条件設定

#### 1) 規制地域

揚水規制は、前述の”A”地域で行なう。A地域は、15自治体（カロオカン市（南部）、バレンスエラ、マラボン、ナボタス、マニラ、マカティ（西部）、バサイ市、バラニャーケ（西部）、ラスピニャス（北部）、バコール（北部）、イムス（北部）、キャビテ、カウイト、ノベレタ、ロザリオ）よりなる（図9.3.1）。

#### 2) 規制時期

上記地域での揚水規制は、第一段階（調査）を考慮して1996年から実施され、5年後の2000年に目標値に到達するものとした。1995年までの揚水量は、最も可能性の高い将来揚水量案（シナリオ1）に従うものとし、2000年以降は、目標値が一定に揚水されるものとした。なお、規制地域外では、2010年まで、シナリオ1と同じ量が揚水されると仮定した。

#### 3) 揚水量の削減率

揚水量は、原則として1990年の実績揚水量を基準とし、規制地域全体の揚水量が一律の割合で削減されるものとした。また、MWS井戸と民間井戸も、同じ削減率を適用した。シミュレーションでは、次の7つの揚水量削減案について計算を行った（図9.3.2-9.3.5）。

- a) 1995年のシナリオ1揚水量が、2010年まで継続。
- b) 2000年までに、1990年の揚水量に削減。
- c) 2000年までに、1990年揚水量の90%に削減。
- d) 2000年までに、1990年揚水量の80%に削減。
- e) 2000年までに、1990年揚水量の70%に削減。
- f) 2000年までに、1990年揚水量の60%に削減。
- g) 2000年までに、1990年揚水量の50%に削減。

### 9.3.2 各種規制案による地下水位予測と評価

予測結果は、表9.3.1及び図9.3.6-9.3.11に示した。

a) 案は最も緩い規制案で、1995年までに、規制地域内の揚水量が1990年と比較して年間14.4MCM増加し、その揚水量が2010年まで継続する。そのため、2010年には、1990年と比較してマニラ首都圏北部で最大40.2m、南部で最大25.8mの水位低下が予測される。

b) 案では、2000年以降の揚水量は1990年揚水量と同じであるが、1995年まで規制区域内でも揚水量が増加するため、北部地域で最大9.7m、南部地域で18.7mの水位低下が予測される。

c) 案からg) 案は、規制区域内での2000年以降の揚水量を1990年揚水量よりも削減する案で、揚水削減量に応じて水位が回復する。1990年揚水量の50%に削減するg) 案では、北部で最大55.3m、南部で最大30.7mの水位回復が期待される。しかし、この場合でも最低地下水位は-50m以下を示す。

同じ揚水削減率でも、水位回復量には地域差が見られる。北部地域のバレンスエラやカロオカン市南部では水位回復量が大きい、南部地域では回復量が小さく、キャビテでは10m以上水位回復させるために、1990年揚水量の50%まで削減しなくてはならない。

これは、規制区域で揚水量を削減しても、隣接する規制区域外のモンテンルバ、バラニャーケ地域での地下水揚水量が大きく、それに伴う水位低下部に向かって規制区域内の地下水が流動するためと考えられる。

以上を総合すると、将来の塩水化の拡大を防止するためには、現在よりも地下水位を回復させる必要があり、そのためには揚水量を”A”地域では、少なくとも1990年揚水量の50%以下に抑える必要がある。塩水侵入解析結果によると、この50%削減案では、内陸部へ塩水侵入が拡大していくまでには15年程度を要すると予想されるので、とりあえずこの削減案を暫定的な許容揚水量(目標値)として代替水源対策を進めるものとする。しかしながら、内陸部(”B”地域)については、今後のモニタリング調査にもとずいて揚水規制を検討し、首都圏全体の削減量(許容揚水量)を再評価するものとする。

#### 9.4 代替水源対策

地下水用水規制の施行に先立って、規制区域については代替水供給施設が建設されなければならない。その対策は、ラグナ湖やカリワ川等における表流水の開発を行なうことであり、特にマニラ水供給プロジェクト(MWSP)の実施は抜本的な対策となる。

しかしながら、地下水揚水量の削減を、代替水源にのみ依存するのは、水供給プロジェクトの進行状況を見ると困難である。マニラ首都圏の地下水利用の約40%は工業用水が占める。その主な用途は、食品、化学、皮革、織物などであり、その使用法について節水と合理化の可能性が期待される。これらについては今後詳細な調査を行なうべきである

### 9. 5 地下水モニタリングシステム

正確な観測資料を整備することは地下水管理の第一歩であるため、マニラ首都圏のガダルベ帯水層の水位・水質を定期的に観測するための観測井群とその配置計画を作成した(図9.5.1)。各観測井は海岸部では浅層、深層の2本をセットで建設し、地下水位と水質(電気伝導度)を自動測定するとともに、定期的に採水し、室内水質分析が可能なように設計した(図9.5.2)。観測井観測井の総数は30箇所、50本で総事業費は72百万ペソが見込まれる。

地下水モニタリングシステムは、MWSSに設置された地下水データベースとシミュレーションモデルとを有機的に結合し、将来は地下水管理の道具として活用されることが期待される。

### 9. 6 地下水管理計画の実施組織

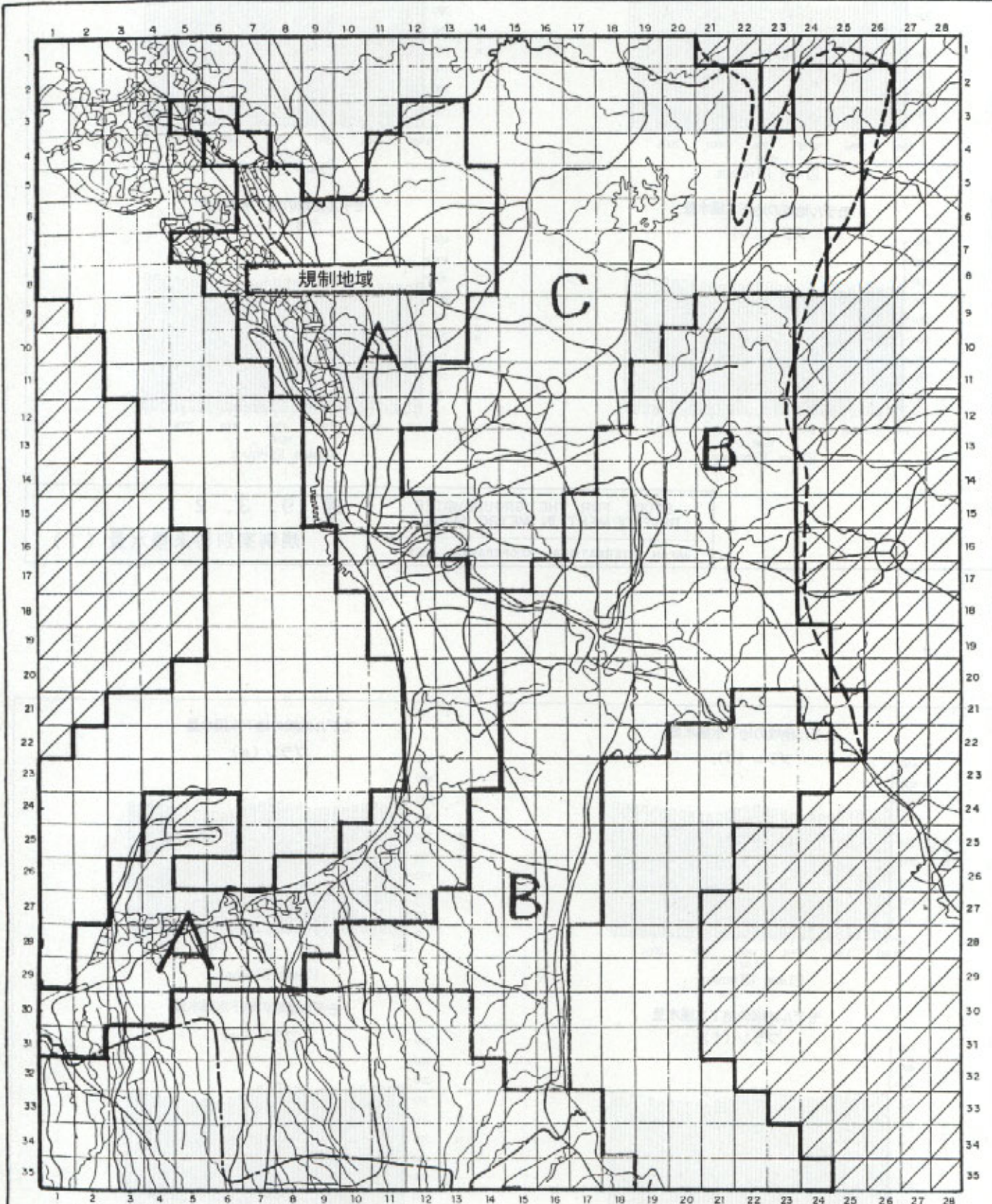
NWRBは水資源開発管理に関係する全ての活動を総合調整する責任をもつことから地下水規制を含む地下水管理計画の実施主体となるべきである。また、MWSSは現在、首都圏管内の水権許認可に当たりNWRBを技術的に補佐していることから、今後はその組織を一層強化し、地下水資料の収集、観測、分析など地下水管理計画における技術面の役割を担うものとする。

表 9.3.1 揚水規制シミュレーション結果

規制案	2000年の揚水量 (上段：マニラ首都圏) (下段：モデル化地域) (MCM)	規制地域の揚水削減量 (対1990年比較) (MCM)	規制地域内最低水位		規制地域内最大水位 変動量(2010年-1990年)		2010年予測水位 1990年との水位差(下段)			
			(北部) (masl)	(南部) (masl)	(北部) (m)	(南部) (m)	VLZ (masl)	CLC (masl)	MNL (masl)	CVC (masl)
(シナリオ1)	409,301 364,859	-39,653	-173.1 (VLZ)	-88.5 (CVC)	-83.1 (VLZ)	-57.4 (CVC)	-173.1 -83.1	-126.7 -51.1	-80.8 -26.7	-88.5 -57.4
a)1995年のシナリオ1揚水量が 2010年まで継続	394,039 349,597	-14,364	-130.2 (VLZ)	-74.2 (LPS)	-40.2 (VLZ)	-25.8 (ROS)	-130.2 -40.2	-102.1 -26.5	-53.7 -9.6	-47.5 -15.4
b)2000年までに、 1990年の揚水量に削減	379,555 335,213	0,000	-102.7 (CLC)	-60.6 (LPS)	-9.7 (VLZ)	-18.7 (ROS)	-95.9 -5.9	-72.6 3.0	-45.2 8.9	-32.7 -1.6
c)2000年までに、 1990年揚水量の90%に削減	359,857 325,415	9,798	-92.6 (CLC)	-75.4 (LPS)	14.7 (CLC)	12.8 (MNL)	-87.1 2.9	-65.6 10.0	-41.3 12.8	-29.9 1.2
d)2000年までに、 1990年揚水量の80%に削減	350,060 315,618	19,595	-82.5 (CLC)	-72.2 (LPS)	24.8 (CLC)	16.7 (MNL)	-78.2 11.8	-58.3 17.3	-37.4 16.7	-27.1 4.0
e)2000年までに、 1990年揚水量の70%に削減	350,260 305,818	29,393	-72.3 (CLC)	-68.0 (LPS)	35.0 (CLC)	20.5 (MNL)	-69.3 20.7	-51.1 24.5	-33.6 20.5	-24.3 5.8
f)2000年までに、 1990年揚水量の60%に削減	340,462 296,020	39,190	-62.2 (CLC)	-63.8 (LPS)	45.1 (CLC)	24.4 (MNL)	-60.4 29.6	-43.9 31.7	-29.7 24.4	-21.5 9.5
g)2000年までに、 1990年揚水量の50%に削減	330,653 286,211	48,988	-52.0 (CLC)	-59.6 (LPS)	55.3 (CLC)	30.7 (BCR)	-51.6 38.4	-36.7 38.9	-25.8 28.3	-18.7 12.4

BCR:バコール, CLC:カロオカン, CVC:キャビテ, LPS:ラスピニヤス, MNL:マニラ, ROS:ロザリオ, VLZ:バレンスエラ

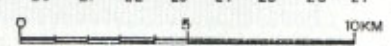
\*1990年のマニラ首都圏全体の揚水量は339,611MCM, モデル化地域の揚水量は316,572MCMである。



凡例:

—— モデルの境界

- - - - 地下水盆の境界



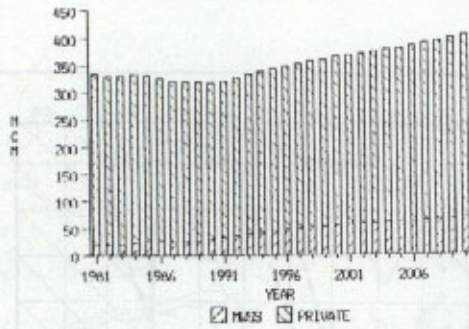
STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

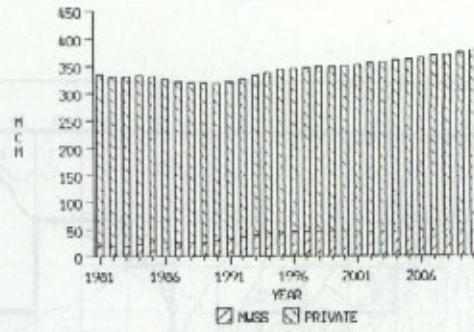
図 9.3.1

地下水揚水量規制地域

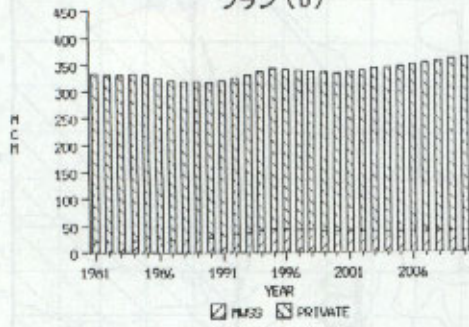
モデル地域の地下水揚水量  
(シナリオ 1)



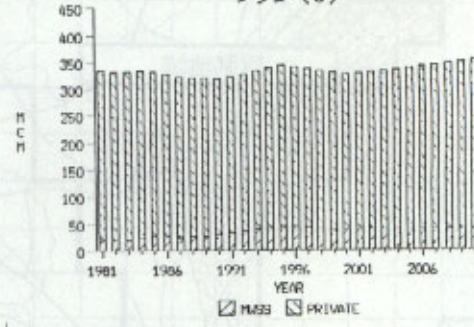
モデル地域の地下水揚水量  
プラン (a)



モデル地域の地下水揚水量  
プラン (b)



モデル地域の地下水揚水量  
プラン (c)



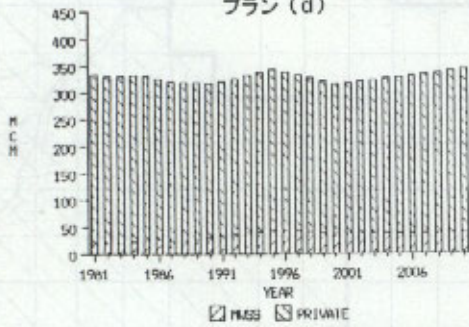
STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

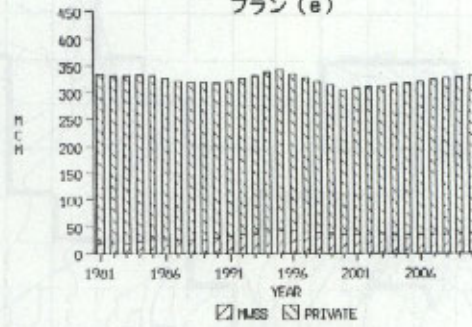
図 9.3.2

規制案別将来揚水量 (1)

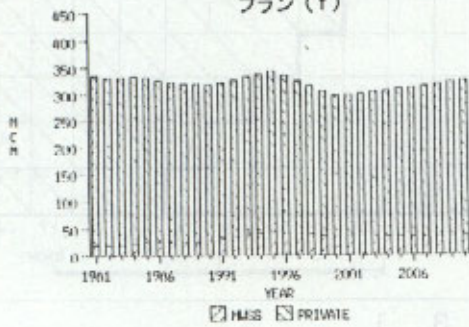
モデル地域の地下水揚水量  
プラン (d)



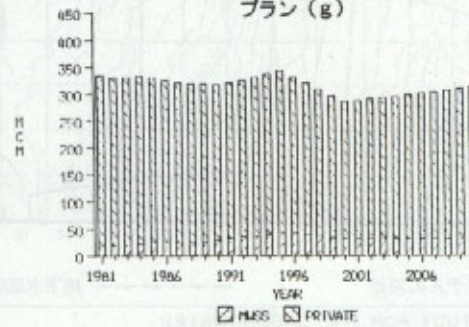
モデル地域の地下水揚水量  
プラン (e)



モデル地域の地下水揚水量  
プラン (f)



モデル地域の地下水揚水量  
プラン (g)

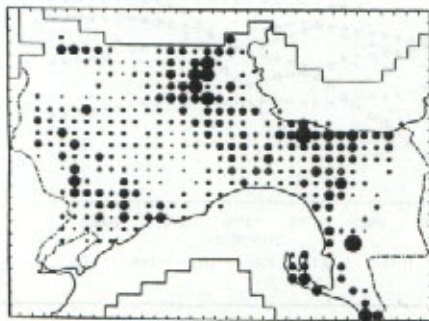


STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

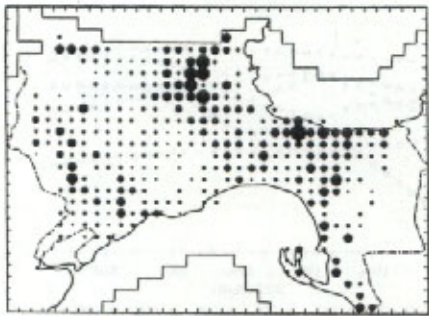
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 9.3.3

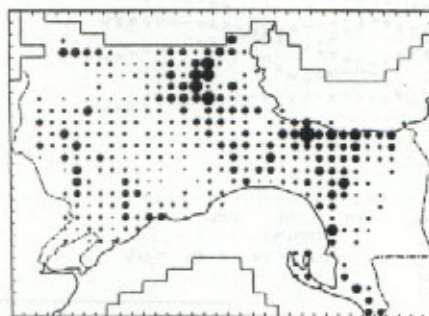
規制案別将来揚水量 (2)



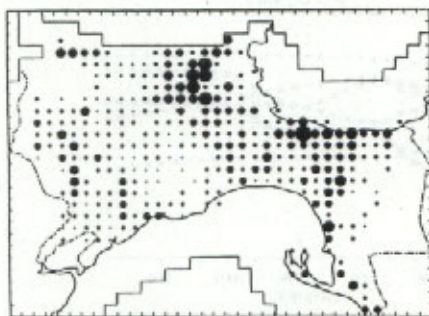
シナリオ 1



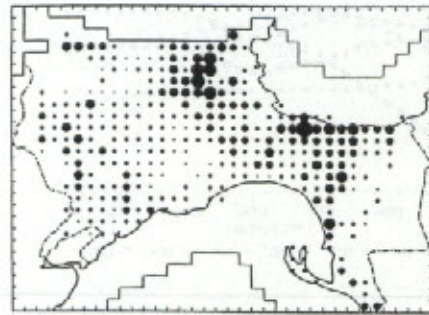
プラン (a)



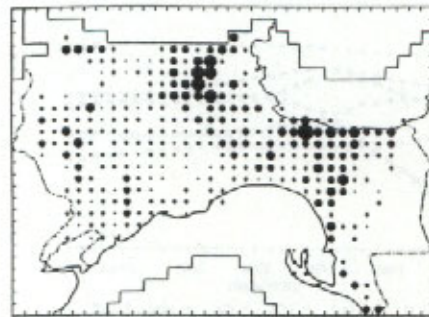
プラン (b)



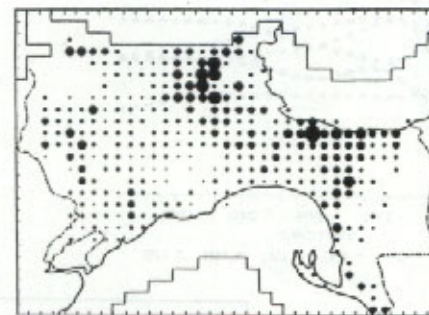
プラン (c)



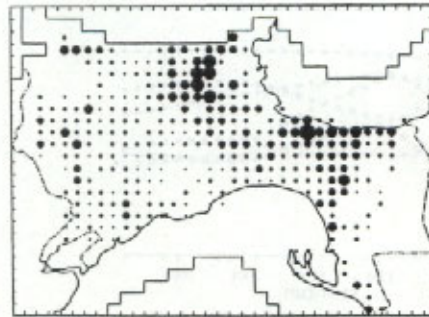
プラン (d)



プラン (e)



プラン (f)

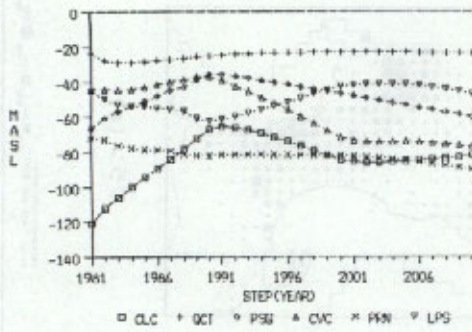


プラン (g)

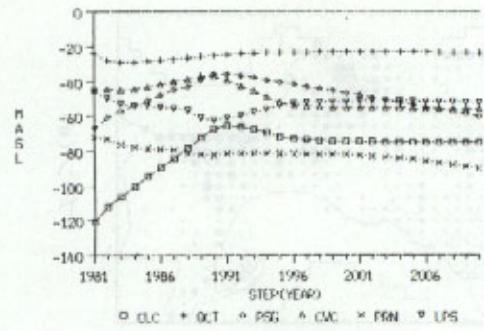
Scale: 1:100,000  
1:100 2:200 3:300 4:400 5:500 6:600 7:700 8:800 9:900 10:1000

Scale: 1:100,000  
1:100 2:200 3:300 4:400 5:500 6:600 7:700 8:800 9:900 10:1000

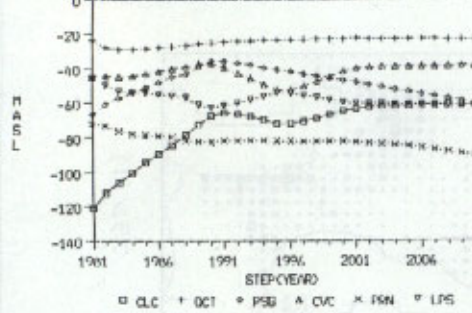
計算水位変動  
シナリオ 1



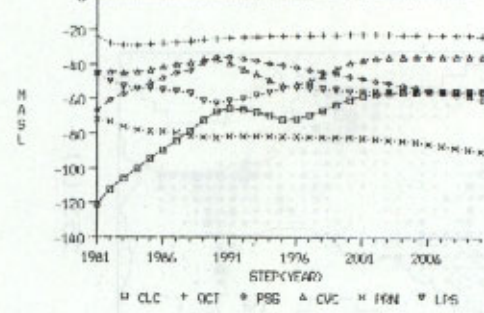
計算水位変動  
プラン (a)



計算水位変動  
プラン (b)



計算水位変動  
プラン (c)



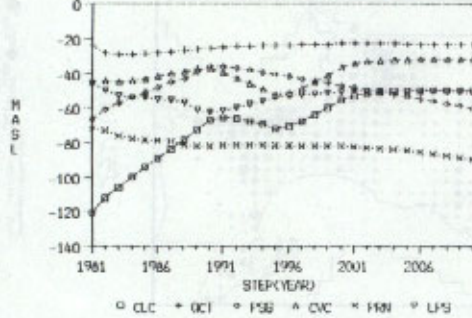
STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

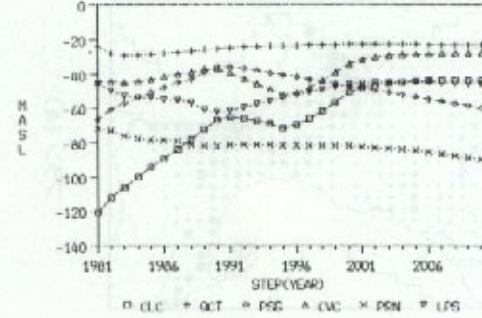
図 9.3.6

規制案別計算水位変動 (1)

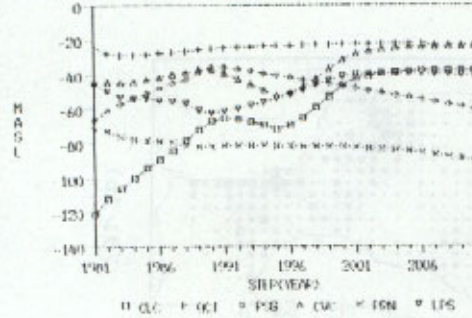
計算水位変動  
プラン (d)



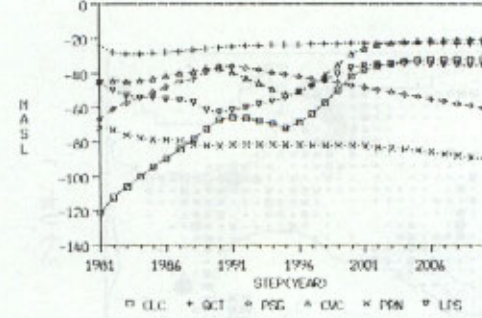
計算水位変動  
プラン (e)



計算水位変動  
プラン (f)



計算水位変動  
プラン (g)

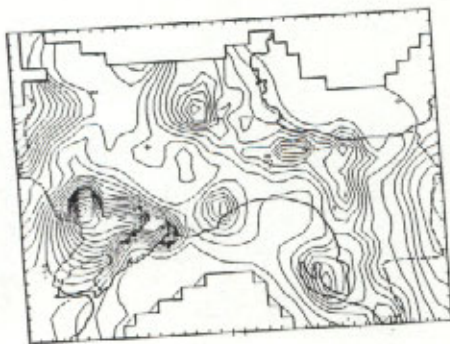


STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

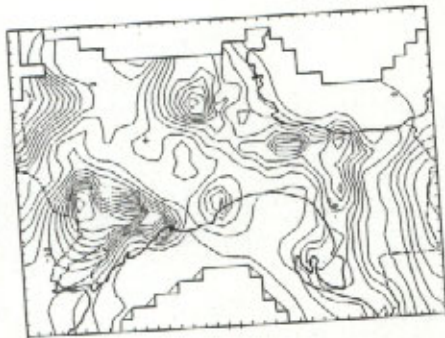
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 9.3.7

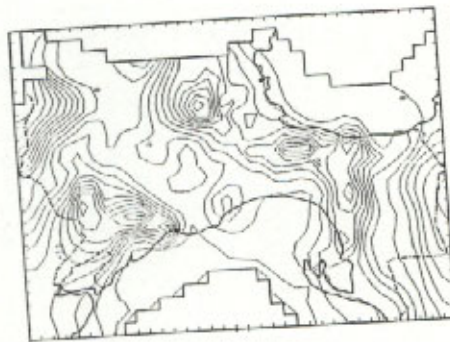
規制案別計算水位変動 (2)



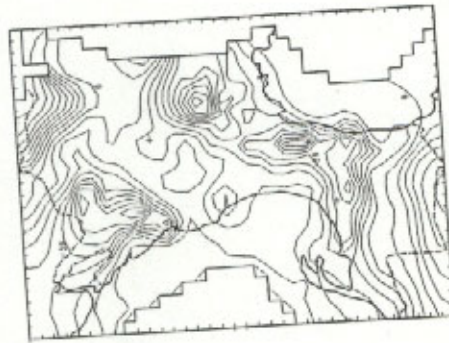
シナリオ 1



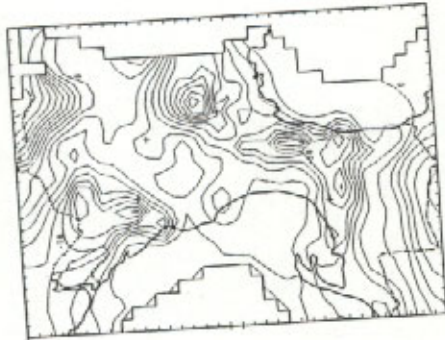
プラン (a)



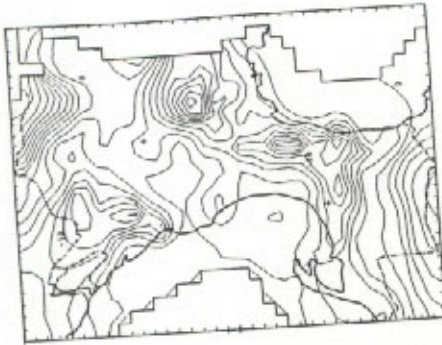
プラン (b)



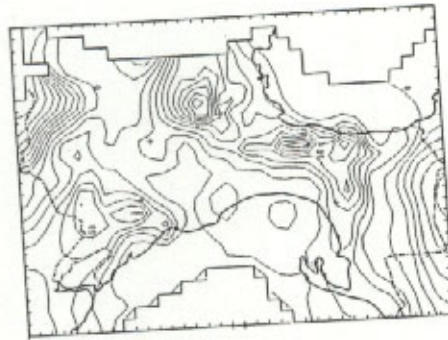
プラン (c)



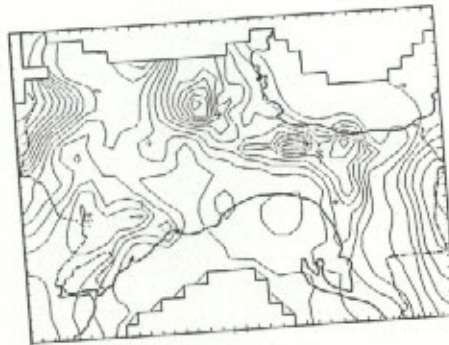
プラン (d)



プラン (e)



プラン (f)



プラン (g)

(Contour Interval: 10m, Unit: masl)

図 9. 3. 8  
規制案別 2010 年計算水位 (1)

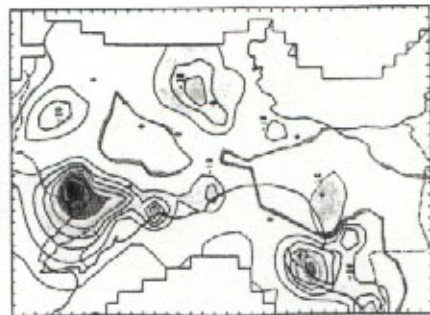
STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

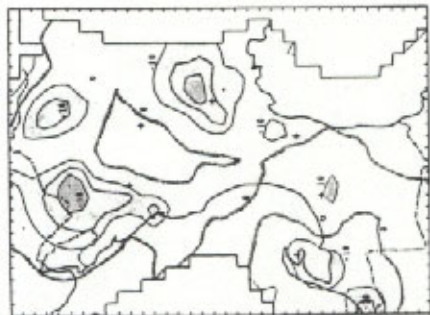
図 9. 3. 9  
規制案別 2010 年計算水位 (2)

計算水位変動量 (2)

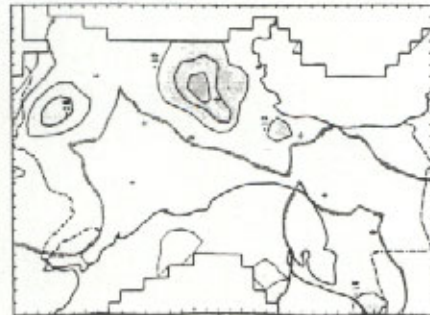
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



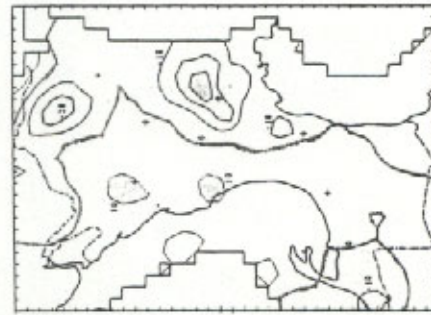
シナリオ 1



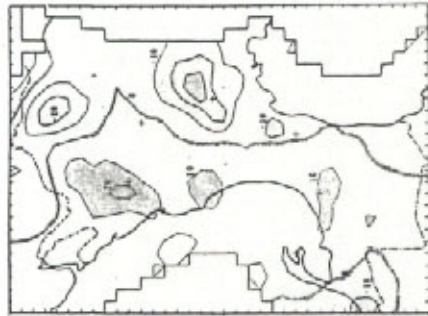
プラン (a)



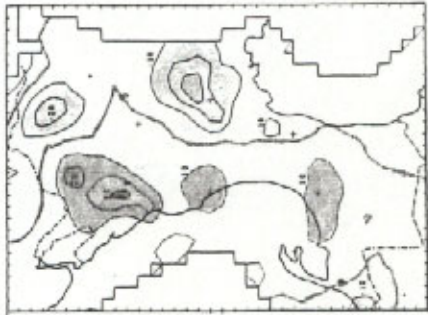
プラン (b)



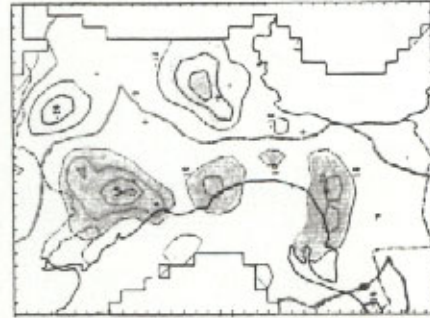
プラン (c)



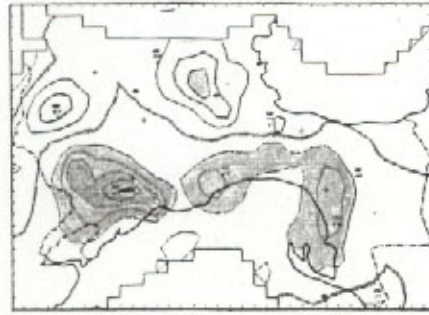
プラン (d)



プラン (e)



プラン (f)



プラン (g)

(Contour Interval: 10m, Unit: m)

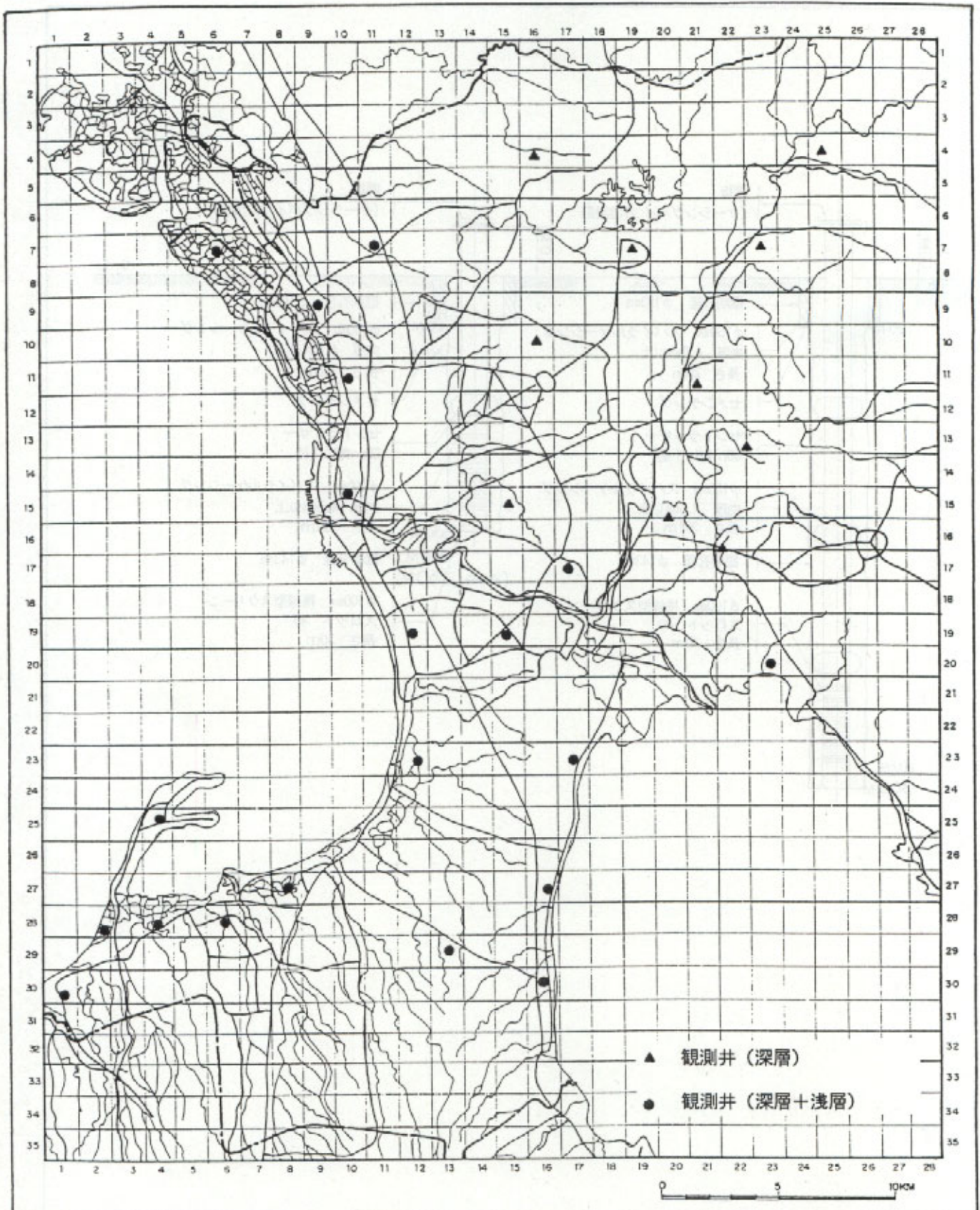
図 9. 3. 10  
 規制案別 1991年~2010年の  
 計算水位変動量 (1)

STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
 IN METRO MANILA  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

(Contour Interval: 10m, Unit: m)

図 9. 3. 11  
 規制案別 1991年~2010年の  
 計算水位変動量 (2)

STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
 IN METRO MANILA  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

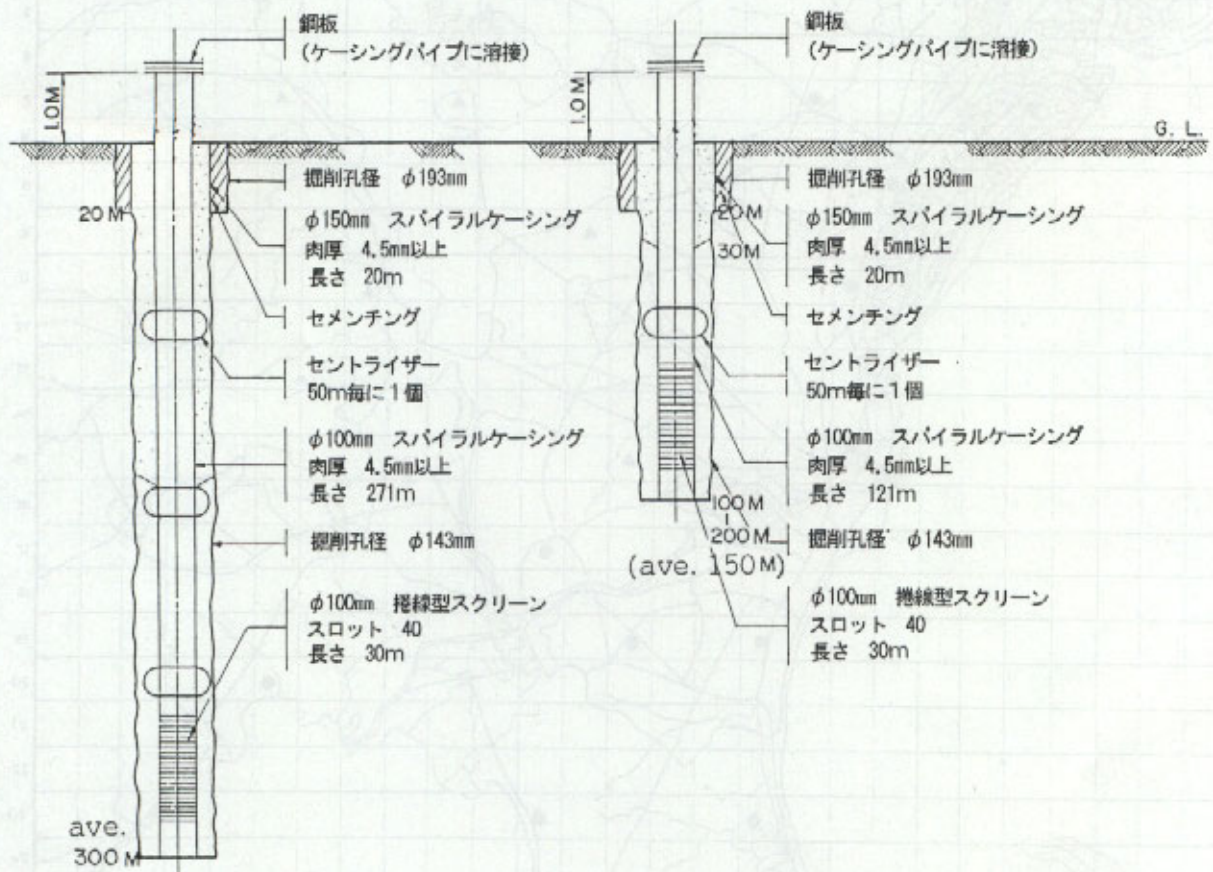


STUDY FOR THE GROUNDWATER  
DEVELOPMENT IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 9. 5. 1

観測井配置計画図



STUDY FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT  
IN METRO MANILA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 9. 5. 2

観測井構造図

## 10. 結論と提言

### 10.1 結論

#### 10.1.1 MWSS管理井のリハビリテーション

MWSS管理井258井の大半は揚水設備の損傷及び老朽化、地下水の塩水侵入等によりダメージを受けており、このうち52井は既に廃止されている。MSAでは、今後、地下水依存地域において揚水量を増強し、給水量を確保しなければならない。そこで本調査では、主として揚水施設の損傷を受けている井戸100井のリハビリテーション計画を作成した。この計画により、約27,000 $\text{m}^3$ /日の揚水量増が期待される。またその費用は5300万ペソと見積られる。なお、リハビリテーションによる揚水量増は、マニラ首都圏全体の暫定許容揚水量の範囲内で配分される必要がある。

#### 10.1.2 アンチポロ地下水開発

アンチポロ地区は、標高200m以上の孤立した台地で、ガダルベ層が独立した小規模な地下水盆を構成している。水文地質調査およびシミュレーションによると、アンチポロ地区(面積25 $\text{km}^2$ )の地下水開発可能量は28,000 $\text{m}^3$ /日と推定される。既存井の揚水量を除くと開発余力は約8,000 $\text{m}^3$ /日である。MWSS管理井のリハビリテーションによる揚水量増加が2,000 $\text{m}^3$ /日あるので、結局、アンチポロ地下水盆では、7井の新規深井戸により約6,000 $\text{m}^3$ /日の開発が可能である。7井の建設に要するコストは1465万ペソと見込まれる。

アンチポロ地区は人口が急増しつつあり、水需要が増大しているが、地下水による給水は1998年には限界に達すると予想されるので、CDSから表流水の導水計画を推進する必要がある。また地下水盆が狭く、地下水資源が限られているので、無秩序な地下水開発による地下水位の低下と水質の悪化を防止するため、民間井の新規掘削の規制と地下水位・水質の監視が必要である。

#### 10.1.3 地下水の塩水化機構

ラスピニャス地区をモデル地域として行なった水文地質調査によると、海岸から約2km離れた陸上部では、深度100m未満の浅層部はほぼ全面的に塩水化し、塩水は、さらに200m以深の深層部へ移動しつつある。また、シミュレーションによると、塩水はマニラ湾および沿岸のマリンポンドを起源とし、内陸部の揚水による被圧水頭低下部に向かっ

て侵入し、分散しており、マニラ湾のほかに海岸部の感潮河川やマリンプOND、塩田などが塩水侵入の起源として重要な役割を果たしている。今後、揚水量が増大すると300m以上の深層帯水層も塩水侵入により汚染される可能性がある。

またマリキナ峡谷には地下深部のガダルペ帯水層は化石塩水を賦存している可能性があり、これらの地域ではアップコーニングによる地下水汚染の兆候が見られる。

#### 10. 1. 4 マニラ首都圏地下水モニタリング

表流水の供給計画を考慮した今後の首都圏の地下水揚水量は、最も楽観的な見通しでも、2000年には1,102千 $m^3$ /日、2010年には1,064千 $m^3$ /日となるものと予測される。この場合、地下水位は2010年には、首都圏北西部を中心に現在より最大50m以上も低下し、塩水化など地下水障害が拡大すると予想される。

従って、マニラ首都圏において、今後も地下水を永続的に利用していくためには、主として塩水化防止を要件とした地下水盆の暫定許容揚水量を求め、これを目標として、代替水源の確保を考慮しながら、地域的、段階的に地下水揚水量の削減とその再配分を実施していく必要がある。

シミュレーションによると、海岸部の地下水揚水量を50%削減し、全体揚水量を906千 $m^3$ /日とすると、首都圏北部で55.3m、南部で30.7mの地下水位回復が期待できる。実際的には、この削減揚水量を地下水管理計画の暫定目標とすることが出来よう。この暫定許容揚水量でも塩水侵入は継続するが、内陸部の地下水位低下地帯へ到達するまで約15年程度を要すると予想される。従って、それまでにさらに信頼性の高い目標値を確立するとともに地下水管理計画に盛り込んだ種々の対策を推進することが望まれる。

地下水管理を効果的に推進するためには地下水位・水質の観測のためのモニタリングシステムを構築し、地下水データベースとシミュレーションシステムとを有機的に結合させて、地下水盆管理目標の精度向上と地下水位・水質の監視を行なうものとする。本調査で作成したデータベースやシミュレーションモデルは十分その役割を果たし得るものである。

## 10.2 提言

### 10.2.1 地下水開発計画に関して

#### (1) MWSS井戸リハビリテーション計画の推進

MWSS井戸の揚水量増強は、短～中期的に地表水供給計画の進行状況を考慮すると、緊急性をもつので、早急に実施することが望まれる。

#### (2) アンチポロ地区の地下水開発と保全

アンチポロ地区は孤立した台地上に位置し、人口増に伴う水需要の増大が予測されるので、短～中期的には地下水開発を行い水源を確保することが必要である。しかしながら、地下水盆は狭く、かん養量は少ないので、過剰揚水による水位低下や水質の悪化を防ぐため、本調査で提案した揚水量の範囲内で開発することが望ましい。この地域の民間井戸の開発は規制する必要があると思われるが、マニラ首都圏全域の地下水管理計画のなかで、今後さらに詳しく検討されるべきである。

#### (3) リサール領域の地下水調査の実施

リサール領域のうちMSAに含まれる9自治体の水源は、アンゴノを除き、将来とも地下水資源に頼らざるを得ない。この地域のガダルベ層の水文地質状況についての調査は進んでいないので、地下水開発の可能性に関しては、ほとんど不明である。この地域はラグナ湖の北岸と東岸に位置し、マニラ首都圏の外郭として将来的には発展すると予想されるので、基礎的な水文地質調査を行い、地下水開発ポテンシャルを調査することが望まれる。

以上の地下水開発およびモニタリングに関し本調査で提案した計画を一覧表にまとめて表10.2.1に示す。これらは出来るだけ早期に実施することが望ましい。

### 10.2.2 地下水モニタリングに関して

#### (1) 地下水位・水質のモニタリング

地下水のモニタリングシステムは地下水の調査、監視、管理の各段階で、シミュレーションと補足しあって主要な役割を果たす。マニラ首都圏ではまず地下水位・水質を定期的に観測して、地下水に関する正確な情報を得ることが大事である。本調査でラスピニャス地

区に設置した観測井での地下水位・水質観測を継続させるとともに、提案に沿って、マニラ首都圏全域でその配置計画を早急に推進することが望まれる。

## (2) データベースの活用

今回MWS Sに設置したデータベースシステムには、気象・水文資料、地下水位観測記録、水質分析記録、深井戸台帳など地下水資源評価の基礎資料が格納されている。このデータベースには、今後も、マニラ首都圏の地下水資料を引き続き蓄積していくことが望ましい。とくに井戸台帳に関しては、NWRBのそれとの整合性をとりながら、両者で共通のデータベースとして運用することが肝要である。

## (3) シミュレーションモデルの精度向上と活用

MWS Sに設置したシミュレーションモデルについては、今後さらに、正確な水文地質構造の解明、届け出による揚水量の精度向上、帯水層定数の収集、地下水位・水質観測などを行なってモデルパラメーターの精度をあげ、モデルの応答の信頼性を高めることが必要である。これらは将来の地下水位・水質の動向を予測し、技術的に地下水盆の許容揚水量を策定するための道具としてデータベースシステムと併せ、今後も積極的に活用することが望ましい。

## (4) 地盤沈下水準測量

マニラ首都圏では明白な地盤沈下の証拠はまだ発見されていないが、検潮記録によればマニラ湾の平均海面は過去25年間上昇している。陸上部の地盤変動の実態を明らかにするためには、マニラ近郊の基盤岩山地に仮不動点を設置し、首都圏内の既設または新設のベンチマークについて、定期的に水準測量を行なう必要がある。

## 10. 2. 3 地下水管理計画に関して

マニラ首都圏では、地下水を水資源として今後とも持続的に活用して行くため、これまで無秩序に進められてきた地下水開発のあり方を再検討し、早急に秩序ある方向に是正していくことが必要であり、本調査で提案した地下水管理計画を推進することが望まれる。これらの詳細については前章までに述べたところであるが、本計画を推進する上で留意すべき事項をさらに提言としてまとめると以下の通りである。

### (1) 地下水管理委員会の設置

マニラ首都圏の地下水管理計画を推進するための実質的な母体として、NWRB内部に地下水管理委員会を早急に設置することが望ましい。この委員会では、本調査をもとに地下水管理の具体化を計るべく、法律・制度・組織の検討、社会経済面の影響評価、地下水観測・監視結果の分析・評価、関係機関との調整等を行なうものとする。

## (2) 法制度の整備

地下水管理に当たっては、将来的に地下水規制が必要となるが、その準備作業として、フィリピン水法による地下水規制の実施方法につき検討する必要がある。地下水資源保護のために現行水法を適用することは十分可能と思われるが、具体的に、地下水規制地域の指定、規制用途、規制対象、許可基準、報告、経過措置、罰則等に関し、まず細則で具体的に規定することを検討すべきであろう。

現行のフィリピン水法は家庭用浅井戸以外の地下水利用に関し許可制をとっているが、その後の揚水量や地下水位の測定及びそれらの報告については義務づけられていない。したがって、本格的な規制を実施する前に、現行の水利権許可と併せて量水計の設置と地下水位の測定を義務づけることが必要である。これは、細則改正により、比較的容易に実施できると思われるので、早急に検討することを提言する。

## (3) 組織運営に関して

MWSSでは、調査計画部に所属する地下水モニタリングユニットがMSA管内の地下水調査、観測、解析、評価を行なっているほか、NWRBの代理として、水利権申請の調査とその技術的評価を行い、許可揚水量を勧告している。しかしながら、MSAにおける地下水開発・管理の重要性を考慮すると、この組織はMWSS内部で、さらに拡充・強化することが必要である。

また、この組織は、マニラ首都圏全体の地下水管理委員会の下で、地下水観測、監視、地下水資料の分析と評価等、技術的な役割を果たす組織として位置づけられることが望まれる。

## (4) 地下水専門技術者育成

組織拡充のためには、地下水専門技術者の育成が急務である。しかしながら、地下水の開発と管理も総合技術であり、それぞれの要素技術の奥行きは深く、幅広い知識と経験が必

要である。従って、地下水管理の組織化に当たっては、MWSS、DPWH、LWUA、NIAなど関連政府機関が協力して、地下水技術者をお互いに融通しあうとともに、技術者育成のために地下水プロジェクトでのオンザジョブトレーニング、海外派遣研修、セミナーへの参加等を積極的に進めるべきである。

以上のような地下水開発管理に関する諸施策を推進し、地下水資源を地域の共有財産として守って行くのは勿論のことであるが、一方で巨大化するマニラ首都圏の水需要を根本的に解決するため、MWS P など表流水開発計画を実施し地下水の代替水源を確保することが緊要の課題であり早急な実施を提言する。

表 10. 2. 1 地下水開発管理計画一覧表

計 画 名	概 要	金額 (千円)	期 間
1. MWSS井戸リハビリテーション	MWSS井戸100ヶ所のリハビリテーション	5,300	16ヶ月
2. アンチポロ地区地下水開発	深井戸7本(深度150m、口径8インチ) により5,800 m <sup>3</sup> /dayを開発	4,832	16ヶ月
3. マニラ首都圏地下水モニタリング	モニタリング井戸 ┌150m井 20ヶ所 └300m井 30ヶ所 観測機器設置	7,205	36ヶ月
4. リサルル県域地下水調査	詳細水文地質調査 (BP799の9自治体)	2,500	12ヶ月
合 計		19,837	

JICA