

フィリピン国  
マニラ首都圏地下水開発計画調査  
事前調査報告書

平成2年3月

国際協力事業団



フィリピン国  
マニラ首都圏地下水開発計画調査  
事前調査報告書

平成2年3月

国際協力事業団

国際協力事業団

21490

## 序 文

日本国政府は、フィリピン国政府の要請に応え、同国マニラ首都圏地下水開発計画調査を行なうことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施することとなった。

当事業団は、平成2年1月12日から同年1月22日まで社会開発調査部 溝淵彰社会開発調査第2課長を団長とする5名からなる事前調査団を同国へ派遣し、要請内容の確認、資料収集及び現地踏査を行ない、Implementing Arrangementについて協議のうえ、署名を行った。本報告書はそれらの結果をまとめたものである。

本報告書が、今後の本格調査の立案、検討及び実施に際して参考となることを期待するとともに、今回の調査実施にあたり多大の御協力をいただいたフィリピン国政府、在フィリピン国日本大使館並びに関係各位に対し厚くお礼を申し上げる次第である。

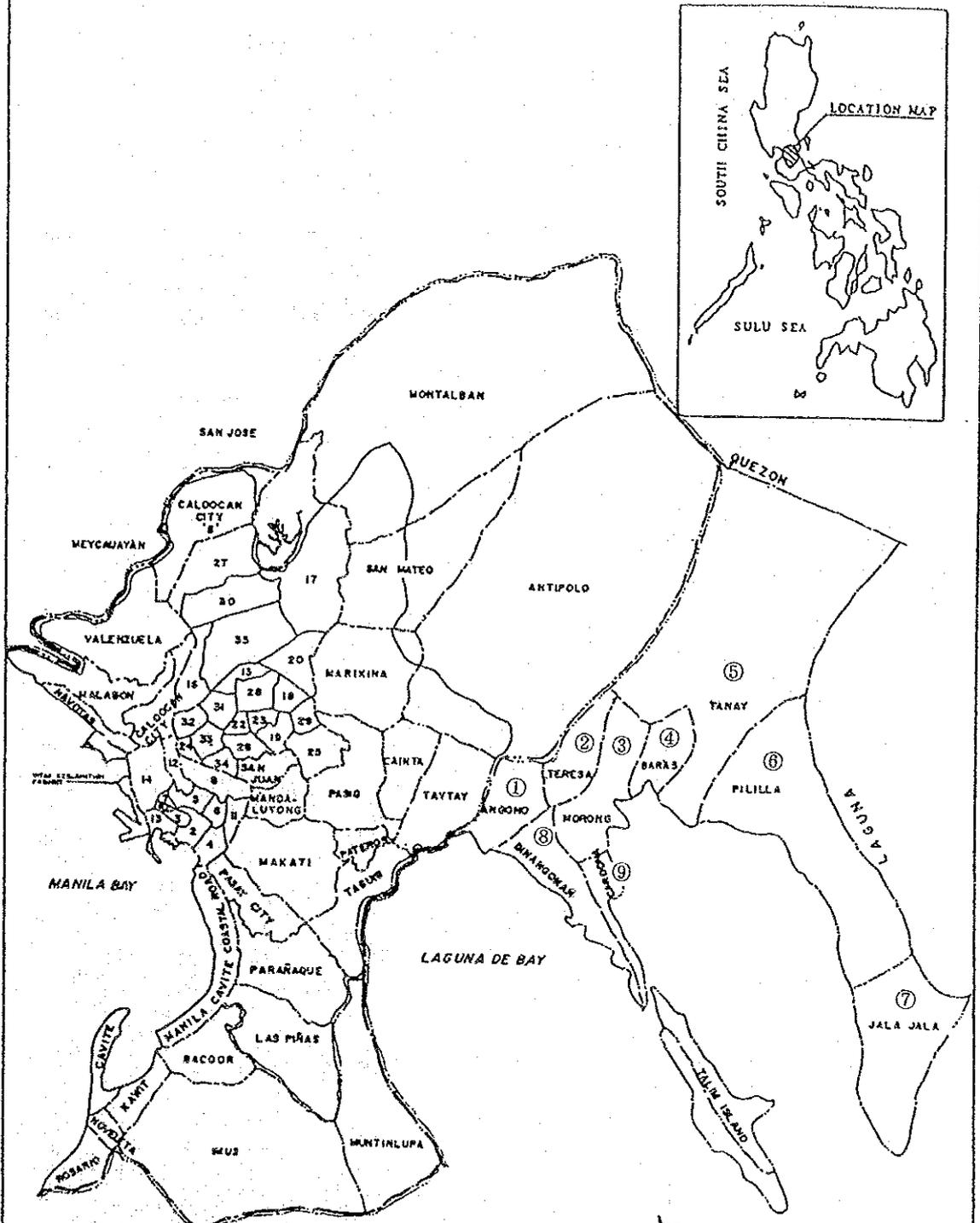
平成2年3月

国際協力事業団

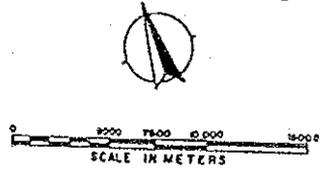
理事 玉光 弘明



調査対象地域図



MWSS SERVICE AREA  
 TOTAL AREA = 178,500 HAS







キャビテ地区で管内圧力が低く、道路脇の幹線水道管より直接配水を行なっている



マニラ市内での水売り



MWSS 井戸での水位測定(マラボン地区)



海岸付近MWSS井戸での電気伝導の測定(カウイト地区)



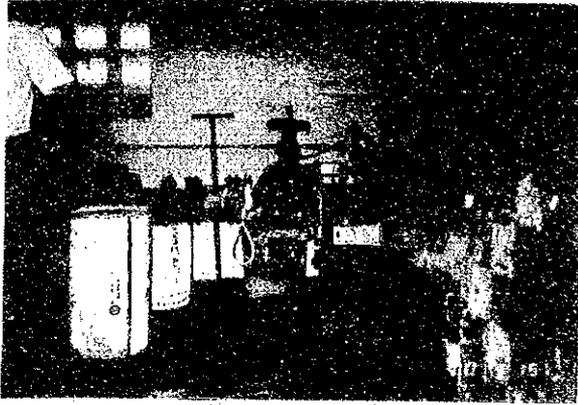
MWSS 管理のポンプハウス(マラボン地区)





アンティポロの景観、宅地開発、住宅建設が盛んに行なわれている





アンティポロ地区内の MWSS ポンプ施設  
(MTB-17)  
送水管に直接塩素注入を行なっている



アンティポロ地区内北部で、宅地開発業者  
により掘削された井戸



アンティポロを取り囲む稜線部の玄武岩露頭



アンティポロ地区より流出する河川、河床  
には凝灰岩が露出する



サン マテオ地区内の浅井戸、深度10m程度



シソン MWSS 総裁と溝渕事前調査団長との  
I/A 調印



# 目 次

序 文

調査対象図

調査写真

第1章 事前調査の概要 .....	1
1-1 事前調査の目的 .....	3
1-2 事前調査団の構成 .....	3
1-3 相手国受入機関 .....	3
1-4 調査行程 .....	4
第2章 事前調査結果の概要 .....	5
2-1 要請の背景及び経緯 .....	7
2-2 要請の内容 .....	7
2-3 日本側の事前調査対処方針 .....	7
2-4 I/A 協議の経緯及び結果 .....	9
第3章 地下水事業の概要 .....	13
3-1 水道及び地下水行政組織 .....	15
3-2 地下水開発の基本方針 .....	20
第4章 調査対象地域の概要 .....	21
4-1 調査対象地域 .....	23
4-2 地形・地質・気象の概要 .....	24
4-3 既往の地下水調査 .....	29
4-4 水道システムの現状 .....	30
4-5 地下水開発の現況と問題点 .....	38
第5章 本格調査の概要 .....	47
5-1 調査の基本方針 .....	49

5-2	目的	49
5-3	調査対象地域及びその範囲	51
5-4	調査項目及び内容	52
5-5	調査工程等	62
5-6	報告書	63
5-7	要員計画	64
5-8	本格調査資機材リスト(事前調査案)	64
添付資料		67
1.	要請書	69
2.	I/A	91
3.	議事録(M/M)	103
4.	面談者リスト	111
5.	収集資料リスト	115
6.	関連資料の収集状況	121
7.	参考資料	139

## 第1章 事前調査の概要



## 第1章 事前調査の概要

### 1-1 事前調査の目的

フィリピン国政府の要請にもとづき、次の目的により事前調査を実施した。

- 1) 相手国の要請内容の確認
- 2) 相手国の調査の実施体制の確認(実施機関, 投資規模)
- 3) 既往調査, 既存資料の確認, 収集・予備解析
- 4) 現地の状況調査
- 5) 調査内容(対象地域, 重点分野, 調査期間)の意向確認
- 6) 実施調査のI/A, M/M協議, 署名
- 7) その他, 本格調査の実施方針を検討するのに必要なデータ, 資料の収集, 調査

### 1-2 事前調査団の構成

事前調査団は次の5名から構成された。

担当分野	氏名	所属
団長・総括	溝渕 彰	国際協力事業団社会開発調査部社会開発調査第2課長
水文地質	丸尾 祐治	国際協力事業団国際協力専門員
調査企画	古川 光明	国際協力事業団社会開発調査部社会開発調査第2課
地下水開発	宇根 雄二	(株)日さく 海外事業部
ボーリング計画	吉川 信市	(株)日さく 海外事業部

### 1-3 相手国受入機関

METROPOLITAN WATERWORKS AND SEWERAGE SYSTEM(MWSS): 首都圏上下水道公社

1-4 調査行程

日順	月 日	曜日	行 程	調 査 内 容
1	1 12	金	(JL 741) 成田→マニラ	日本大使館, JICA 事務所表敬及び打合せ
2	13	土		MWSS 表敬及び打合せ キャビテ等, 塩水侵入地域踏査 資料収集
3	14	日		団内打合せ, 資料整理
4	15	月		MWSS にてI/A, M/M 協議 アンティポロ等, CDS 外地域及びマラボン周 辺地域踏査 資料収集
5	16	火		MWSS 総裁及び副総裁表敬 I/A, M/M 協議 資料収集
6	17	水		MWSS にてI/A, M/M 協議 資料収集
7	18	木		MWSS にてI/A, M/M 確認及び署名 JICA 事務所, 日本大使館報告 資料収集
8	19	金		JICA 事務所にて打合せ 資料収集 アンティポロ地区再踏査
9	20	土	(NW 004) マニラ→成田	溝淵団長及び古川団員発 資料整理
10	21	日	(TG 621) マニラ→バンコック	丸尾団員発 資料整理 パラナケ地区等踏査
11	22	月	(PR 432) マニラ→成田	資料収集 宇根, 吉川団員発

## 第2章 事前調査結果の概要



## 第2章 事前調査結果の概要

### 2-1 要請の背景及び経緯

マニラ首都圏では、近年の急激な都市化による需要の増大に施設整備が追いつかず、又、施設の老朽化、漏水等も深刻な問題となっている。水不足問題を解消する為に、世界銀行、アジア開発銀行、海外経済協力基金等の援助により、アングット・プロジェクト等による拡張工事が進行中である。

一方、地下水は、既存井が多数あるものの、塩水侵入、水質悪化、老朽化等の問題により、半数以上が活用されていない状況にある。

このような状況から、フィリピン国政府は、中期的にマニラ首都圏水道の供給水量を補完する為に、地下水開発計画調査協力を1989年6月日本国政府に要請越したものである。

### 2-2 要請の内容

本件要請の概要及び項目は次の通りである。

#### (1) 概要

現状の使用不可能な井戸及び新規井の揚水によって、中期的にマニラ水道の供給水量を補完的に確保する。

#### (2) 項目

- a) データの収集・評価
- b) 揚水試験、水質分析、帯水層の評価
- c) 地下水モデルの作成、塩水侵入モデルの検討
- d) 深井戸のリハビリテーション
- e) 新設井戸計画
- f) 全体開発計画の検討

### 2-3 日本側の事前調査対処方針

事前調査団の派遣に先立ち、先方要請については次のように分析するとともに、協議の対処方針を確認した。

1. マニラ首都圏における水供給状況から対象地域を3地区に区域分けをして調査を実施することが効率的である。

a) マニラ首都圏対象地域

1) CDS (CENTRAL DISTRIBUTION SYSTEM = 配水管の整備されている地域) 内

2) CDS 外の塩水侵入地域

3) CDS 外で上記2地域を除く地域

1) CDS 内

1992年(1994年に延期予定)のAWSOP (ANGAT WATER SUPPLY OPTIMIZATION PROJECT) までの水不足を補完する為のリハビリテーション計画及び1992年以降の上位計画を考慮したリハビリテーション及び新規井開発計画の策定、但し、開発可能量調査は行なわない。

(a) リハビリテーションの全体規模と範囲を上位計画、関連計画及び既存並びに将来の配水管敷設状況を考慮する中で特定し、各段階における実施内容とその効果及び実施スケジュールを策定する。

但し、対象リハビリテーション井は、MWSS管理井とする。

(b) 緊急改善事業については、概略設計を実施し、概算費用を算出するとともに費用・便益の観点から新規井も含めた実行可能性を確認することとする。

(c) リハビリテーションの実施は、維持管理方法と相互に関連して計画されるべきものであることから、維持管理のための組織、人員、役割を明確にした計画を策定することとする。

2) CDS 外の塩水侵入地域

マニラの都市成長が南に伸びていること及びCDS外であることを考慮すると、この地域での水供給は、井戸に限られており、調査としては塩水侵入影響調査及び地下水開発可能量調査を行なう必要があるが、日本のF/S調査として塩水侵入影響調査をどこまでできるのかを絞り込む必要がある。

MWSS側では、水質試験にて現在の塩水侵入地域については把握している。

(a) MWSS側は、塩水侵入地域については将来 groundwater tax と汲み上げ規制を考えており、塩水侵入影響調査により今後の実施年次計画を含む配水管設置計画の策定を日本側に要求してくるものと考えられる。

3) CDSS 外で上記2地域を除く地域

水供給が井戸のみに限定されており、開発可能量調査を含む新規井開発計画が必要である。

2. マニラ首都圏には、3,000本強の井戸があり、そのうち約10分の1の254本が MWSS で管理されており、又、残りの private 井の管理は、National Water Resources Board (NWRB) が行なっている。井戸に関する情報量が乏しい場合は、本格調査開始までに井戸台帳の整備を MWSS 側に依頼することとする。
3. 調査の全過程を通じて、カウンターパートをはじめとする比側関係者に積極的に技術移転を試みるものとする。
4. 調査対象地域  
先方要請通りマニラ首都圏を対象とする。

#### 2-4 I/A 協議の経緯及び結果

事前調査団は、前述の対処方針及び I/A (案) を基に 1 月 16 日、17 日の計 3 回にわたって MWSS と I/A 協議を行ない、1 月 18 日、MWSS 総裁 シソン氏と 溝渕彰事前調査団長との間で、I/A 及び I/A に係わる ミニッツの署名、交換を行なった。

主な協議内容は、以下の通りである。

##### 1. I/A (案) の変更点

###### 1) 調査目的：I/A II

リハビリテーションの対象地域を CENTRAL DISTRIBUTION SYSTEM (以下 CDS) に限定していたが、MWSS より、その範囲を本件調査対象地域に広げてほしいという要請から CDS を MWSS SERVICE AREA (以下 MSA) とすることとした。

###### 2) 調査対象地域：I/A III

MWSS からの要請書では、調査対象地域は MSA (5 CITY 23 MUNICIPALITIES) となっていたが、法律上では、MSA (5 CITY 32 MUNICIPALITIES) であり、本件調査対象地域を明確にする為に、ANNEX 1, 2 (名称及び地図) を添付した。

###### 3) 調査内容：I/A IV

① 水質に関する項目が DATA COLLECTION AND REVIEW に記載されていなかった為、MWSS の要望により 1. F に WATER QUALITY の項目を追加することとした。

② 上記 1) の理由により、3. A, 5. A 及び 5. C の CDS から、MSA とすることとした。

4) フィリピン国側の責任事項：I/A VII

1. b)のthe safetyをthe reasonable safety にしてほしいという要望から reasonable を追加することとした。

2. M/M 記載事項

1) 地下水の位置付け：M/M 1

MWSS としては、地下水をマニラ首都圏の重要な水源として考えておりマニラ首都圏における地下水開発計画及び改善計画の重要性を再確認した。

2) 調査の骨子：M/M 2

(a) MSA = リハビリテーション調査

(b) 塩水浸入調査 = モニタリング及びコンピューターモデル調査

(c) CDS = 地下水開発調査

3) 地下水コンピューターモデル及びソフトの供与：M/M 3

MWSS は、地下水コンピューターモデル及びソフトの手配を日本側に要望した。

4) 資料収集：M/M 4

調査団滞在中に、現地業者からのリハビリテーション及び、さく井見積りの取付け、又、収集出来なかった追加資料についての日本への送付を MWSS 側で行なうこととした。

5) 車両及び機材の供与：M/M 5

MWSS から、調査に必要な車両及び機材の手配、更に調査終了時には供与してほしい旨要望があった（燃料、運転手、維持・管理は、MWSS 負担）。又、通関の為の資料の早期提出を日本側に要求した。

6) 健康診断の提出：M/M 6

MWSS から、必要に応じ、本格調査団の健康診断の提出を日本側に要求した。

7) マニュアルの作成：M/M 7

MWSS は、リハビリテーション、塩水浸入調査、探査方法、井戸建設、及び、地下水開発可能量シュミレーションのマニュアルの作成を日本側に要求した。

8) 関連資料の収集及び人員の提供：M/M 8

(a) 調査団滞在中に、収集出来なかった資料については、本格調査開始時までに MWSS にて準備する。

(b) MWSS は、本格調査に必要な人員の提供を約束した。

9) 研修員受入れ：M/M 9

技術移転に関し、日本における技術の研修に C/P を受入れてほしい旨 MWSS 側

は要求した。

10) モニタリング・システム：M/M 10

MWSS は、塩水侵入地域でのモニタリング・システムに加え MSA におけるリハビリテーションの為のモニタリング・システムの重要性を指摘した。

11) 土地所有：M/M 11

日本側は、試験井の為の土地及びその土地所有権の獲得を MWSS に要求し、合意を得た。



### 第 3 章 地下水事業の概要



## 第3章 地下水事業の概要

### 3-1 水道及び地下水行政組織

フィリピンにおける水道事業は、国家水資源委員会 (National Water Resources Board, 以下 NWRB) の統括のもとに組織され、マニラ首都圏の水道は首都圏上下水道公社 (MWSS) が、マニラ首都圏以外の地方水道に対しては地方水利局 (Local Water Utilities Administration, 以下 LWUA) 及び公共事業省 (Department of Public Works and Highways, 以下 DPWH) がそれぞれ所管して実施されている。

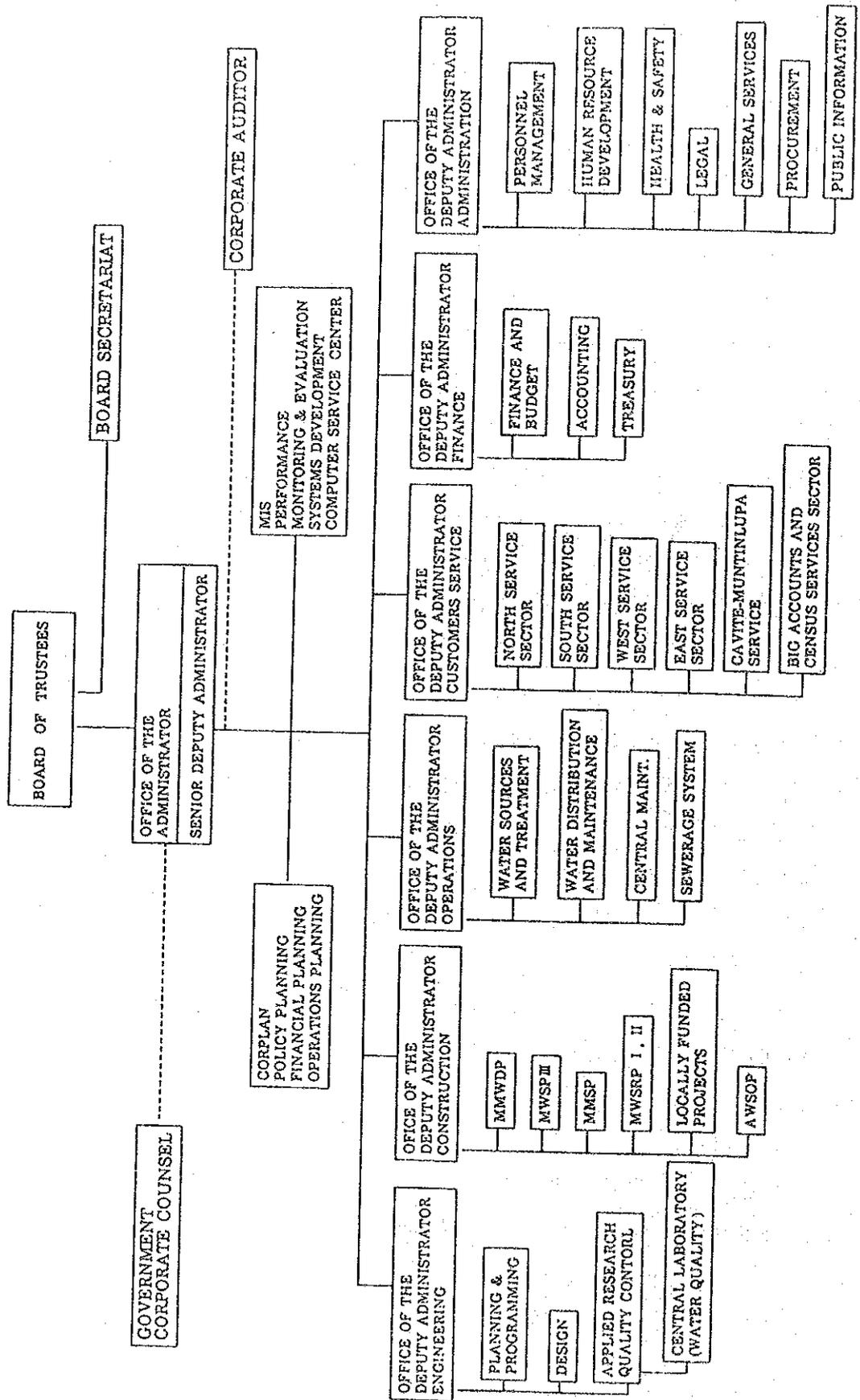
NWRB は水資源の開発及び管理に関わる全ての事業の調整、統括を行なう機関で、水資源関係省庁の代表者によって構成されている。一般に水道事業はその水道供給システムにより、Level I, II 及び III の3段階に分けられ、公共事業省 (DPWH) が Level I を、地方水利局 (LWUA) が Level II をそれぞれ所管している。Level I はいわゆるポイントソース型で井戸あるいは湧泉を水源とする事業形態で1ポイントソースが平均50家族をカバーする。Level II は公共水栓型で平均100家族をカバーする。Level III は戸別パイプ供給システムで、首都圏上下水道公社 (MWSS) が所管して実施している。

MWSS は1972年にマニラ首都圏における全ての上・下水道の開発、運営及び維持を行なう組織として設立された。MWSS は公共事業道路省 (DPWH) に属し、その次官は MWSS 評議委員会の委員長を兼務する。MWSS 評議委員会は、MWSS の事業計画を承認する権限を有し、その副総裁を任命する。MWSS の総裁は大統領によって任命され、設計、建設、運転、利用者サービス、財務及び総務の6つの局を統括し、MWSS 事業を実施する (図 3・1・1 参照)。MWSS の1989年時点での全従業員数は約5,000人で臨時雇用者も含めると約9,000人を数える (表 3・1・1 参照)。

水道事業の内、地下水を水源とする水道事業は、設計局 (OFFICE OF THE DEPUTY ADMINISTRATOR ENGINEERING) と建設局 (OFFICE OF THE DEPUTY ADMINISTRATOR CONSTRUCTION) により実施され、その運転及び維持管理は運転局 (OFFICE OF THE DEPUTY ADMINISTRATOR) が責任を持つ。地下水の開発及びモニタリングに関わる業務は、設計局に属する Planning & Programming Dept. (PPD) が直接担当し、図 3・1・2 に示すように組織されている。

3.1.1

METROPOLITAN WATERWORKS AND SEWERAGE SYSTEM  
ORGANIZATIONAL CHART



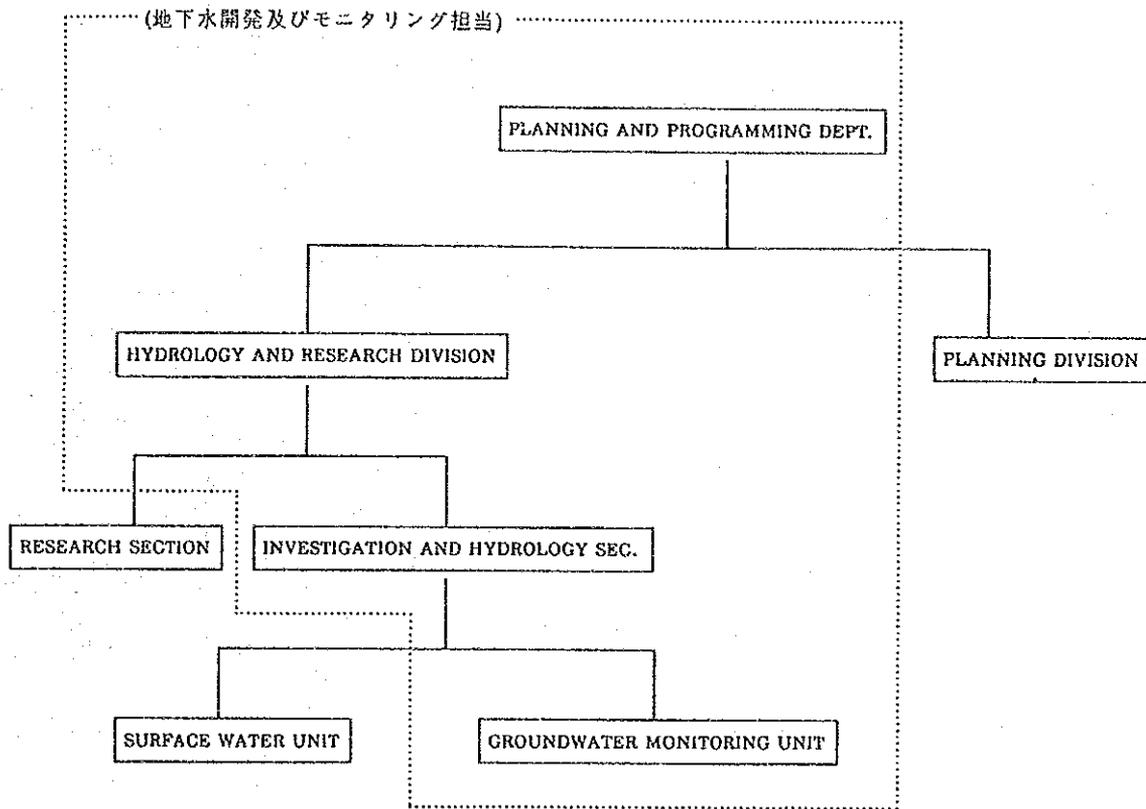


図 3・1・2 PPD 組織図

表 3·1·1 NO. OF MWSS PERSONNEL BY DEPARTMENT

AREA/DEPARTMENT	REGULAR	CASUAL	TOTAL
TOTAL	5063	3729	8792
Office of the Board of Trustees	16		16
Office of the Administrator	48		48
Inspectorate Group		7	7
CORPLAN Group	16		16
MIS Group	5		5
PMED	27		27
Systems Development	17		17
Computer Service Center	133	12	145
Engineering	19		19
Planning & Programming	68	58	126
Design	112		112
Applied Res. & Quality Con.	39		39
AWSOP		46	46
Construction Management	7		7
Restoration Task Force		40	40
MWSP II	15	406	421
MWSP III	5	80	85
MMSP	8	168	176
MWSRP I	9	1319	1328
MWSRP II	8	456	464
Locally Funded	147	12	159
Operations	7		7
Water Sources & Treatment	274		274
Water Distribution & Maint.	840	186	1026
Sewerage Systems	299	14	313
Central Maintenance	230	19	249

NO. OF MWSS PERSONNEL BY DEPARTMENT

AREA/DEPARTMENT	REGULAR	CASUAL	TOTAL
Customers Service	6		6
North Sector	331	100	431
East Sector	378	158	536
South Sector	392	153	545
West Sector	371	199	570
Cavite-Munti Sector	327	76	403
Big Accounts & Census Sector	131	203	334
Finance	6		6
Financial Control & Budget	75		75
Accounting	150		150
Treasury	172	11	183
Administration	6		6
Personnel Management	51		51
Human Resource Dev't	33		33
Health & Safety	44		44
Public Information	35		35
Procurement	19		19
Legal	30		30
General Services	157	6	163

### 3-2 地下水開発の基本方針

マニラ首都圏においては、地下水は何世紀にもわたって浅井戸あるいは湧泉などによって重要な水源として生活用、工業用、商業用などに利用されてきた。大型機械による深井戸掘削は1900年代初頭に始まり、安価な水源として特に工業用、商業用として積極的に開発され、現在では3,000本以上の深井戸があると言われている。

一方、マニラ首都圏の上水道は、その大部分を主としてアンガット及びイポ・ダムからの表流水に依存し、Central Distribution System (以下 CDS) を通して給水されている。しかしながら、この CDS のサービスが受けられない地域では地下水を100%水源として給水サービスが行なわれている。また、CDS 内においても乾期においては、地下水が重要な役割を果たしている。

このような背景の中で、地下水の無制限な汲み上げにより、地下水位が低下し、特に海岸地域においては地下水の塩水化が発生するなど地下水障害が深刻化している。この為、MWSS は既設の深井戸を廃棄せざるを得ず、給水事業に重大な支障を来している。

こうした事態に対処する為、MWSS は CDS 拡張を目的としたアンガット給水プロジェクト (AWSOP) を計画し、さらに CDS 外ではリザール給水改善プロジェクト (RWSIP) 及び縁辺部給水プロジェクト (FAWSP) を計画している。これらのプロジェクトによっても増大する水需要に対応する為には充分ではない。

このような現状に鑑み、MWSS は地下水資源を表流水の補完的役割ではなく、恒久的な水資源として位置付け、環境保護を含めた地下水の有効利用及び保全を図ることを地下水開発の基本方針としている。

## 第4章 調査対象地域の概要



## 第4章 調査対象地域の概要

### 4-1 調査対象地域

フィリピン共和国はアジア大陸東南方の西太平洋上、北緯4°23'から北緯21°25'、東経116°00'から東経126°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、約300,000km<sup>2</sup>で日本の4/5に相当する。又、首都マニラは東経121°、北緯14°35'に位置している。

調査対象地域である MWSS の給水サービス・エリア (以下 MSA と称す) は南北約50 km, 東西約50km, 総面積178,000ha に及ぶ広範囲な地域にわたっており、次に掲げる 5 市32 自治区の行政区を対象としている。この内リザール州の 9 自治区は1984年、法令 BP799号により MSA に統合されたものである。この 9 自治区に対しては仏政府の援助により1988-1989年に給水改善を目的とした Rizal Province Water Supply Improvement Project (RPWSIP) のフィージビリティ・スタディが実施された。

#### METRO MANILA : 4 市13自治区

Manila, Pasay City, Quezon City, Caloocan City, Las Pinas, Makati, Malabon, Mandaluyong, Marikina, Muntinlupa, Navotas, Paranaque, Pasig, Pateros, San Juan, Tagig, Valenzuela

#### CAVITE PROVINCE : 1 市 5 自治区

Cavite City, Bacoar, Imus, Kawit, Novelta, Rosario

#### RIZAL PROVINCE : 14自治区 (内, 9 自治区がBP799号により MSA に統合)

Antipolo, San Mateo, Taytay, Cainta, Montalban

Batas Pambansa 799 ;

Angono, Baras, Binangonan, Cardona, Jala Jala, Morong, Pililia, Tanay, Teresa

## 4-2 地形・地質・気象の概要

### 4-2-1 地形及び地質

フィリピンの基本的な地形は第三紀において度々繰り返された造山運動による褶曲や断層の他、火山活動によって形成されている。調査対象地域の地形は、西側のマニラ湾と東側のシェラドレ山地に挟まれたほぼ平坦な地形を呈し、東部のリザール州は標高300m内外の丘陵地が広がっている。北部は中部ルソン平原に連なった台地状地形で南部に行くに従って標高を減じキャビテ州ではほぼ標高+0mの低地帯となる。対象地域のほぼ中央を南北方向にマリキナ川が流れパッシング付近ではほぼ90度に方向を転じてパッシング川となりマニラ湾に注ぐ。また、マリキナ川とアンティポロの間にマリキナバレーと呼ばれる一種の地溝帯が広がり南側をラグナ デ ベイによって境される。

マニラ首都圏周辺の地質は、第四紀更新世の Guadalupe 層によって特徴付けられる (図 4・2・1)。マニラ湾岸沿いには沖積層のシルト、砂、礫層が堆積し、その下部及び東側には第四紀 Guadalupe 層の凝灰質砂岩が北から南に広く分布している。

又、マリキナ川の西側を南北方向に延長約25kmに及ぶマリキナ大断層が走っている。この断層はマリキナ川とパッシング川の合流点の西側を通り、Laguna De Bay の西岸 Bangunbayan 付近まで延びている。さらに、マリキナ市の北西には南北に平行して走る断層があり、この中間地域は一種の地溝帯を形成している。

この南部には、上記両河川の営力に培かれた沖積層が広く分布し、東方には白亜紀 Kinabuan 層の玄武岩や砂岩、頁岩が南北に帯状に分布している。さらに東方のアンティポロ地区 (マニラ東約25km) では主として Guadalupe 層 (凝灰岩) で構成され、東側に Antipolo 閃緑岩や Angat 石灰岩層が南北に走る断層と褶曲を伴って分布している。以上の地質区分は表 4・2・1 のように示される。水理地質的に重要な地層は第四紀沖積世の沖積層と更新世の Guadalupe 層である。Electrowatt (1981) はマニラ首都圏地域の主要な帯水層を次のように区分している。

マニラ湾帯水層系 : 沖積層と Guadalupe 層から成りメトロマニラ、キャビテ州のほぼ全域を構成する。

アンティポロ台地帯水層系 : 同じく Guadalupe 層が帯水層となっているが、不透水層の白亜紀 Kinabuan 層によりマニラ湾帯水層系と不連続となっている。

マニラ首都圏の地質概要図

凡例：

# (Well No.) ... MWSS 貯蔵井 踏査サイト

QAI	Quaternary Alluvium, Holocene, Sandstone	MF	Cenozoic Tertiary, Miocene Middle, Madlum Formation Limestone	AD	Cenozoic Tertiary, Oligocene, Antipolo Diorite
GF	Quaternary, Pleistocene, Guadalupe Formation, Tuff	AF	Cenozoic Tertiary, Miocene Early, Angat Formation Limestone	KF	Mesozoic, Cretaceous, Kinabuan Formation, Basalt

\* Bureau of Mines & Geo-Sciences (20).

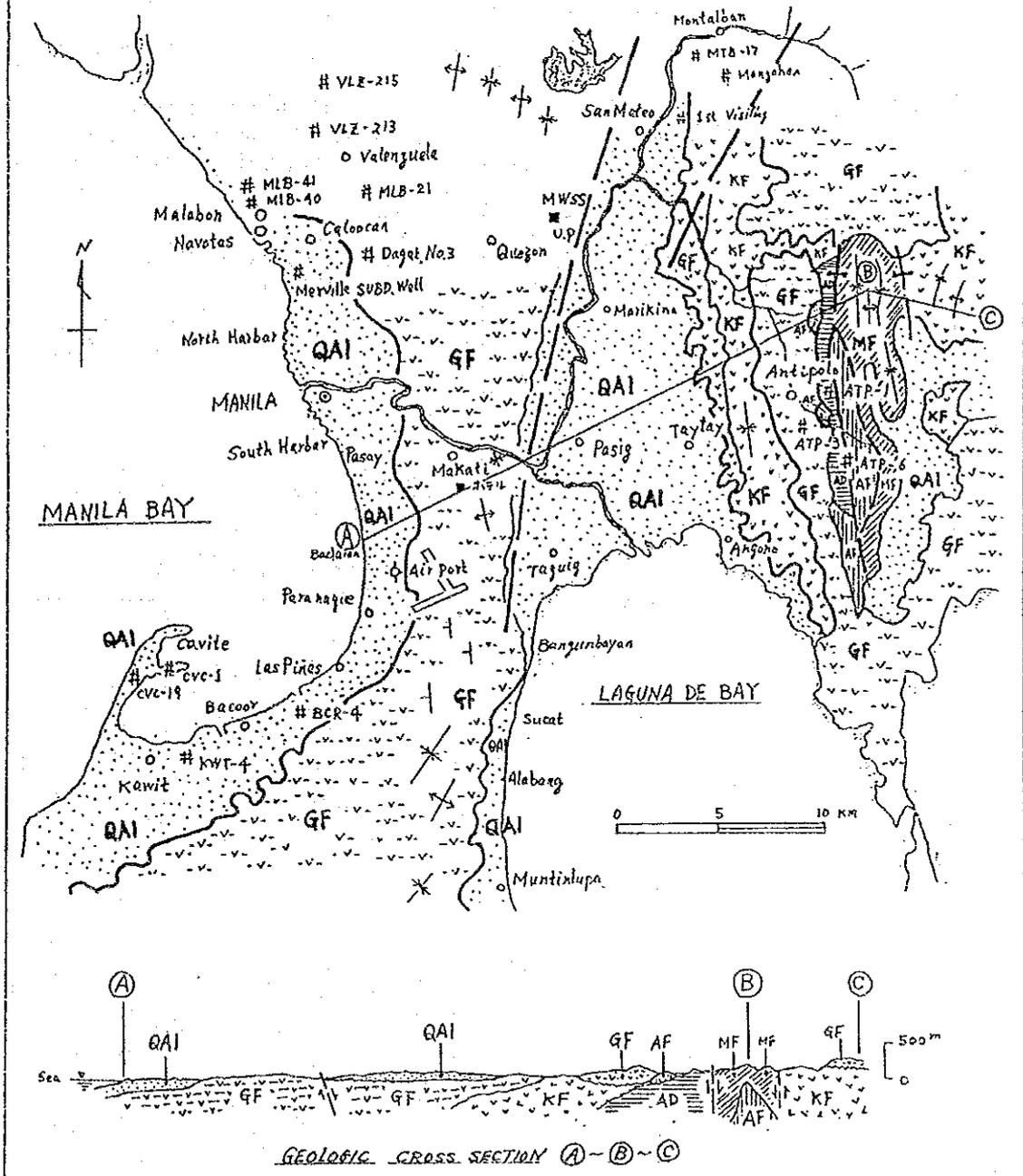


図 4・2・1 マニラ首都圏の地質概要図

表 4・2・1 地質区分表

時 代		地 層 名	岩 相
新 生 代	第 四 紀	沖積層 (QAI)	粘土、シルト、砂、礫
		更新世 Guadalupe層 (GF) 3m~600m	シルト質泥岩、凝灰質砂岩 火成岩質角礫岩 アンティポロ玄武岩±150m
	~~~~~ (不整合) ~~~~~		
	第 三 紀	中新世 Madlum層 (MF)	Buenacop 石灰岩、 Alagao 火成岩(凝灰岩、玄武岩、 安山岩、頁岩、砂岩、角礫岩)
		Angat層 (AF) 2,000m	石灰岩(頁岩、砂岩、角礫岩) 1,000m, 碎屑岩 300m
~~~~~ (不整合) ~~~~~			
中 生 代	白 亜 紀	Kinabuan 層 (KF)	Antipolo 閃緑岩 (石英閃緑岩)
			玄武岩 (砂岩、チャートを挟む)
			はんれい岩類 (北部地域)

#### 4-2-2 気象の概要

フィリピンは熱帯モンスーン気候に属するが、当国の地形の多様性から必ずしも一様ではない。大別すれば、北半分の諸島では雨期と乾期に分かれるが、南半分は明瞭ではない。

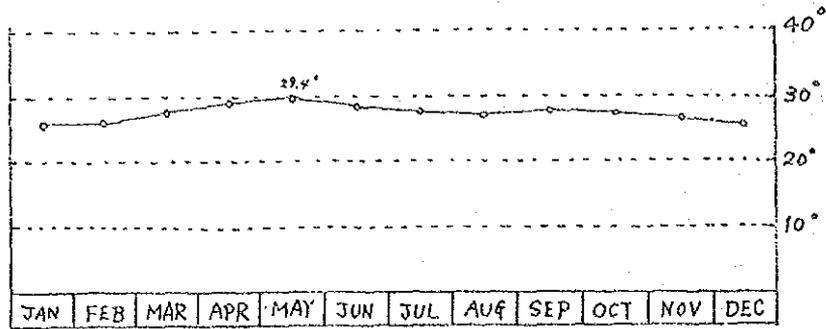
ルソン島は西太平洋上で発生する台風の85%が上陸すると言われ、台風銀座と呼ばれている。台風性降雨強度は1,000mm/24hrsを記録することがある。この時期では道路の冠水が甚だしく、しばしば洪水被害が発生する。

マニラ首都圏付近における気象状況の概要については図4・2・2 Meteorology in Manila (1951~1977) に示した。雨期と乾期に分かれ、雨期は例年6月から11月までの6カ月間で、12月から5月までの6カ月間が乾期である。年間降水量は1885.0mmであるがこの大部分が6月から10月までに集中する。5月の月平均気温は29.4℃となっているが、生活上もっとも酷暑と感ずる時期はドライシーズンの終わる3~5月で日中最高気温は36°~37℃になる。

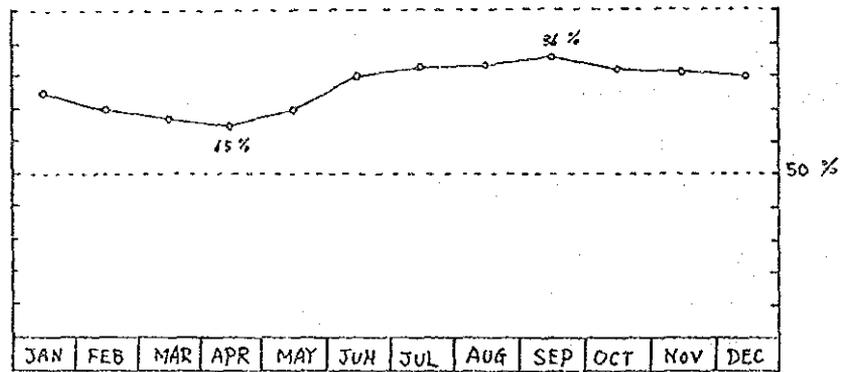
6~9月にかけては徐々に湿度が上昇し、80~86%になるため極めて蒸し暑くなる。

# METEOROLOGY IN MANILA (1951~1977)

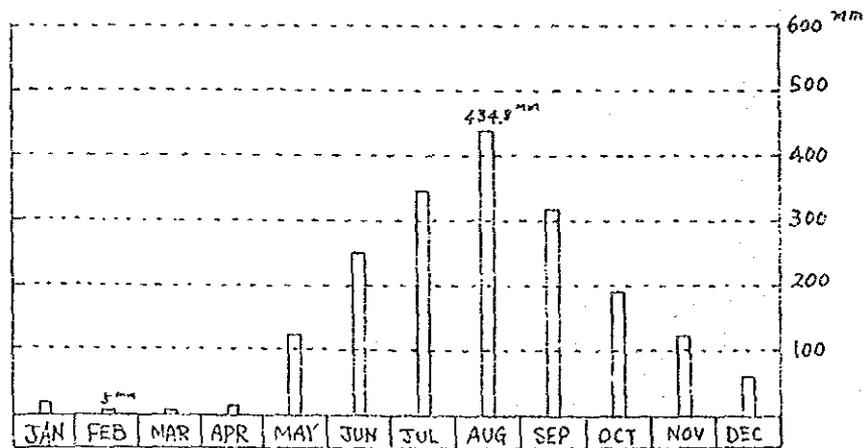
國際地氣番号: 434



气温 (°C)



湿度 (%)



降水量 (mm)

東京天文台・世界気候表1023.

Annual Precipitation: 1,885 mm

図4・2・2 METEOROLOGY IN MANILA (1951~1977)

#### 4-3 既往の地下水調査

マニラ首都圏の地下水を対象とした調査・研究は極めて乏しく、1968年に鉱山省が初めて首都圏全域の地下水調査を実施した(H.P. QUIAZON, 1968)。

これは、既存井の井戸掘削データ、水質及び地下水位観測データにもとづいてマニラ首都圏の水理地質的考察を行ない、水収支的検討を加えて地下水開発の指針を提示したものである。また、安全揚水量についても触れ、既に過剰揚水による地下水の塩水化を警告している。

その後、部分的な地下水調査は実施されたようであるが資料として残っていない。

1977年に入って MWSS は逼迫する水需要に対応する為、Manila Water Supply II Project を企画し、地下水資源の有効利用を目的とする大規模な地下水開発調査を実施した(Electrowatt, 1981 & 1983)。この調査は、マニラ首都圏に散在する数千本にのぼる井戸の台帳作成から始まり、井戸の試掘調査、揚水試験、及び測水調査等を実施し、マニラ首都圏の帯水層構造、地下水流動を明らかにしたものである。さらに、マスタープランとしてマニラ湾帯水層系を対象とした有限要素法によるコンピューター・シミュレーション解析を行ない、将来の地下水保全の為のモニタリング・システムについて言及している。また、MWSS に対し地下水の開発と保全に関する将来計画を策定する為の組織づくりとスタッフトレーニング法の提言を行なっている。これらの調査結果の一部を参考資料(1)~(23)に示した。

以上の調査の他、いわゆる CDS 地域外を対象とした Local Finance による Fringe Areas Water Supply Project (FAWSP, 1989)、仏政府援助による Rizal Province Water Supply Improvement Project (RPWSIP, 1989) 等のフィージビリティ・スタディが実施されている。

FAWSP 及び RPWSIP は現在計画中である Angat Water Supply Optimization Project の完成によっても表流水による給水サービスが得られない地域を対象としたプロジェクトであり、それぞれの Scope of Work は次の通りである。

##### 1. FAWSP

1989年現在、アンティポロ及びモンタルバンの2自治において概略調査が実施されている。野外調査として河川及び湧泉の流量測定、MWSS 管理井の地下水位測定及び水質分析等を実施している。

##### 2. RPWSIP

リザール州14自治区の内、BP799号法令により MSA に統合された9自治区(Angono, Baras, Binangonan, Cardona, Jala Jala, Morong, Pililla, Tanay 及び Teresa) を対象とした調査である。フィージビリティ・スタディは1989年に終了し、1990年の実施

が見込まれている。水道水源として、地下水の他、ラグナ湖、ダム等の評価を行なっている。地下水ポテンシャルの評価の為、湧水流量測定、電気探査、試掘調査及び揚水試験等の調査を実施している。

#### 4-4 水道システムの現状

##### 4-4-1 給水状況

MSA における1988年時点での1日当り水道供給量は約3,310MLDと推定されている。3,310MLDの内2,400MLDがいわゆるアンガット水系からの表流水でCentral Distribution System (CDS) によって配水されている。残りの910MLDが深井戸からの地下水によってまかなわれている。910MLDの内、MWSS管理井によるものが90MLDで、残りの820MLDは私企業の深井戸により取水されている。

1988年のMWSS Annual Reportによれば、MWSSの1日当り平均給水量は24億772万ℓで、1987年の23億6,338万ℓに比べ4,434万ℓ増加し、推定受益者は合計731万人に達した。

全表流水源からの原水取入れ量と表流水及び地下水による供水量の内訳は、それぞれ以下に示す通りである。(単位：100万ℓ)

	(1987)	(1988)	(増減)
La Mesa	314,446.6	340,128.7	+25,682.1
Balara	540,026.4	531,284.7	- 8,741.7
計	854,473.0	871,413.4	+16,940.4
(1日平均)	(2,341.02)	(2,387.43)	(+46.41)

表流水源と深井戸水源からの給水量は次の通りであった。(単位：100万ℓ)

	(1987)	(1988)	(増減)
表流水	834,762.00	849,340.70	+14,578.70
深井戸	27,872.49	29,478.02	+ 1,605.50
計	862,634.49	878,818.72	+16,184.23
(1日平均)	(2,363.38)	(2,407.72)	(+44.34)

アンガット・ダムからの給水効率化プロジェクト(AWSOP)の完成目標を1994年としているが給水人口360万人の増加に対する必要水量は13億ℓと見込まれている。

国内資金による給水プロジェクトでは、1, 2, 3次の配水パイプの全長114,73kmのうち48.41kmが敷設済みで、稼働中である。民家に対する配管総数は8,935で、そのうち4,088が完成し24,700人に既にサービスしている。

マニラ市配水プロジェクトでは、14.84kmのパイプ・ラインが完成し、2,122家族と事務所

ビルにサービスをしている。これは、さらに158.83kmのパイプ・ラインが設計済みである。1988年度における主管の破損・漏水は1,388件、ゲートバルブの修理1,239件、消火栓の破損・修理は1,609件であった。年度末には10,035戸への配管及び30の消火栓が設けられることになっている。又、マニラ給水修復プロジェクトⅡでは、7億9,000万ℓ/dの給水を計画している。

年度末現在、15ブースターポンプ場、7小規模ブースターポンプ場、133深井戸揚水場がマニラ市域で稼働中である。これには、リーザル、キャビテ市、ロザリオ、ノベレタ、カウイト、イムス、バコールが含まれている。

1988年中には新設の16本の深井戸とブースターポンプ場がMWSSに引渡されて稼働し、既設井20本の改修が行なわれる予定である。

#### 4-4-2 既存水道システム

MWSSが管理する現行の水道システムを図4・4・1及び図4・4・2に示す。

##### (1) 表流水給水システム

CDSの表流水の水源は次の3つに大別される。

- i) アンガット・ダム：年平均供給量 22 m<sup>3</sup>/sec
- ii) イボ・ダム：年平均供給量 4 m<sup>3</sup>/sec
- iii) Novaliches ダム：年平均供給量 4 m<sup>3</sup>/sec

上記3水源の内、ii), iii)は季節変動が著しく乾期の数カ月間はしばしば干上がってしまう為、この時期におけるアンガット・ダムの供給量は29 m<sup>3</sup>/secに増加させる必要が生じる。

アンガット貯水池の水は放流後アンガット川を通してイボ・ダムに貯水される。貯水された水は2つの水路トンネルを流下し、ビクチ(Bicti)頭首工を介して4本の導水路によりLa Mesa浄水場に送水される。Novalichesダムに貯水された水はバララ浄水場に送水される。

MSA内には、バララNo.1, No.2及びラメサの3浄水場があり、処理水量はそれぞれ5.4 m<sup>3</sup>/sec, 13.1 m<sup>3</sup>/sec, 及び17.4 m<sup>3</sup>/secで合計35.9 m<sup>3</sup>/secの処理能力を有する。

バララ浄水場で処理された水は、サンファン貯水池、パッシング貯水池及びバララ・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貯水池を通してそれぞれ配水される。

##### (2) 地下水給水システム

CDS内外で約3,000本の深井戸と約20,000本の浅井戸があると推定されている。深井戸3,000本の内、約220本がMWSS管理井でその内稼働井約120本により日平均90MLD

揚水している。私有の深井戸による揚水量は780MLD、浅井戸の揚水量は約40MLDと推定されている。

MWSS 管理井は地区毎の独立した簡易水道が少なく、本管に井戸からの送水管が直結されており、本管の大部分は P.V.C. 管となっているため冠水する低地帯では道路の嵩上げ工事などで損傷を受けることが多い。

深井戸ではそれぞれポンプ・ステーションを設置し、オペレーターが常駐してポンプの運転状況を記録するとともに井戸元での塩素注入滅菌を行なっている。一方、CDS の給水サービスが受けられないアンティポロ自治区では表 4・5・1 に見られるように、1989年11月現在 MWSS の稼働井数は15本となっており、揚水量は137.63 ℓ/s (11,891 m<sup>3</sup>/d=11.9MLD) で MWSS 井全体の13%を占める。1井当りの平均は793 m<sup>3</sup>/d となるが、人口は114,724人と記録されており、1人当りの平均給水量は103.6 ℓ/d と算出される。不足分は約70本のプライベート井によってまかなわれていると考えられる。

### (3) 水質基準

フィリピンにおける水道水質基準は、1978年厚生省 (Ministry of Health) により全面的に改定され、分析方法も含め National Standards for Drinking Water, 1978 として基準化された。

表 4・4・1 に水質基準を示す。

Table 4.4.1

## Water Quality: Physical, Chemical and Radiological Requirements

Parameter	Maximum Permissible level*
Turbidity	5 units
Color	5 units (s)**
Odor	Unobjectionable
Threshold odor number	Not more than 3
Total Solids	500 (s)
pH	6.5 - 8.5
Phenolic substances	0.001
Radioactive Subs.	
Gross Alpha	3 pCi/l
Gross beta	30 pCi/l
Trace Elements	
Arsenic	0.05
Barium	1.0
Cadmium	0.01
Chromium	0.05
Copper	1.0
Cyanide	0.05
Fluoride	0.6
Iron	1.0 (s)
Lead	0.05
Manganese	0.5 (s)
Mercury	0.002
Selenium	0.01
Zinc	5.0 (s)
Organic Chemicals	
Synthetic Detergents (MBAS)	0.5
Oil & Grease	Nil
Persistent Pesticides	
Aldrin	0.001
DDT	0.05
Dieldrin	0.001
Chlordane	0.003
Endrin	0.0002
Heptachlor	0.0001
Lindane	0.004
Toxaphane	0.005
Methoxychlor	0.1
2,4-D	0.1
2,4,5-T	0.01
PCB	Nil
Other Chemicals	
Calcium	75
Chloride	200 (s)
Magnesium	50 (s)
Nitrate (NO <sub>3</sub> )	30
Sulfate	200 (s)
Hydrogen sulfide	0.05 (s)

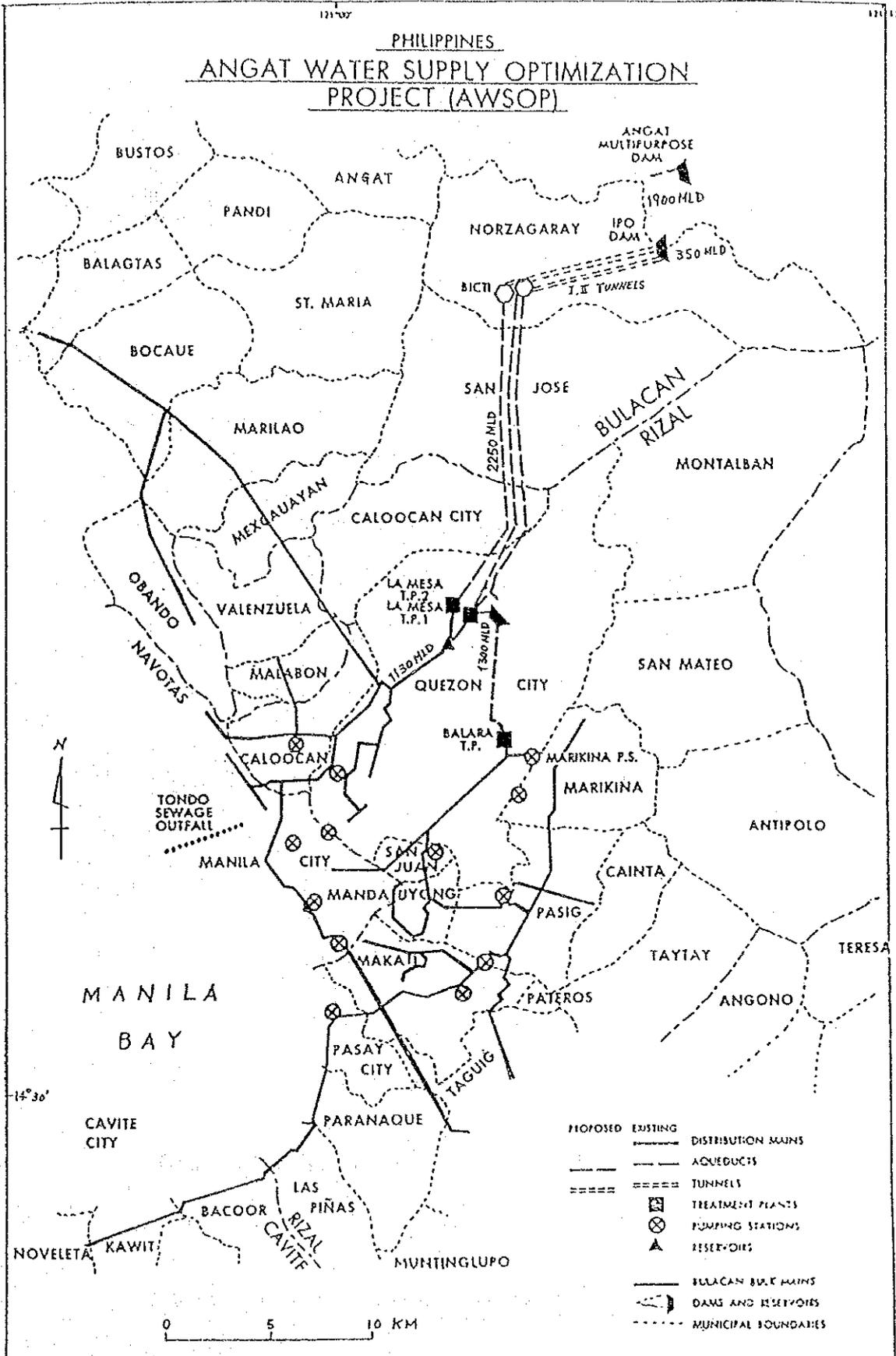
\* All units are in mg/l unless, otherwise stated.

\*\* (s) - Secondary standards; compliance with the standard and analysis are not obligatory.

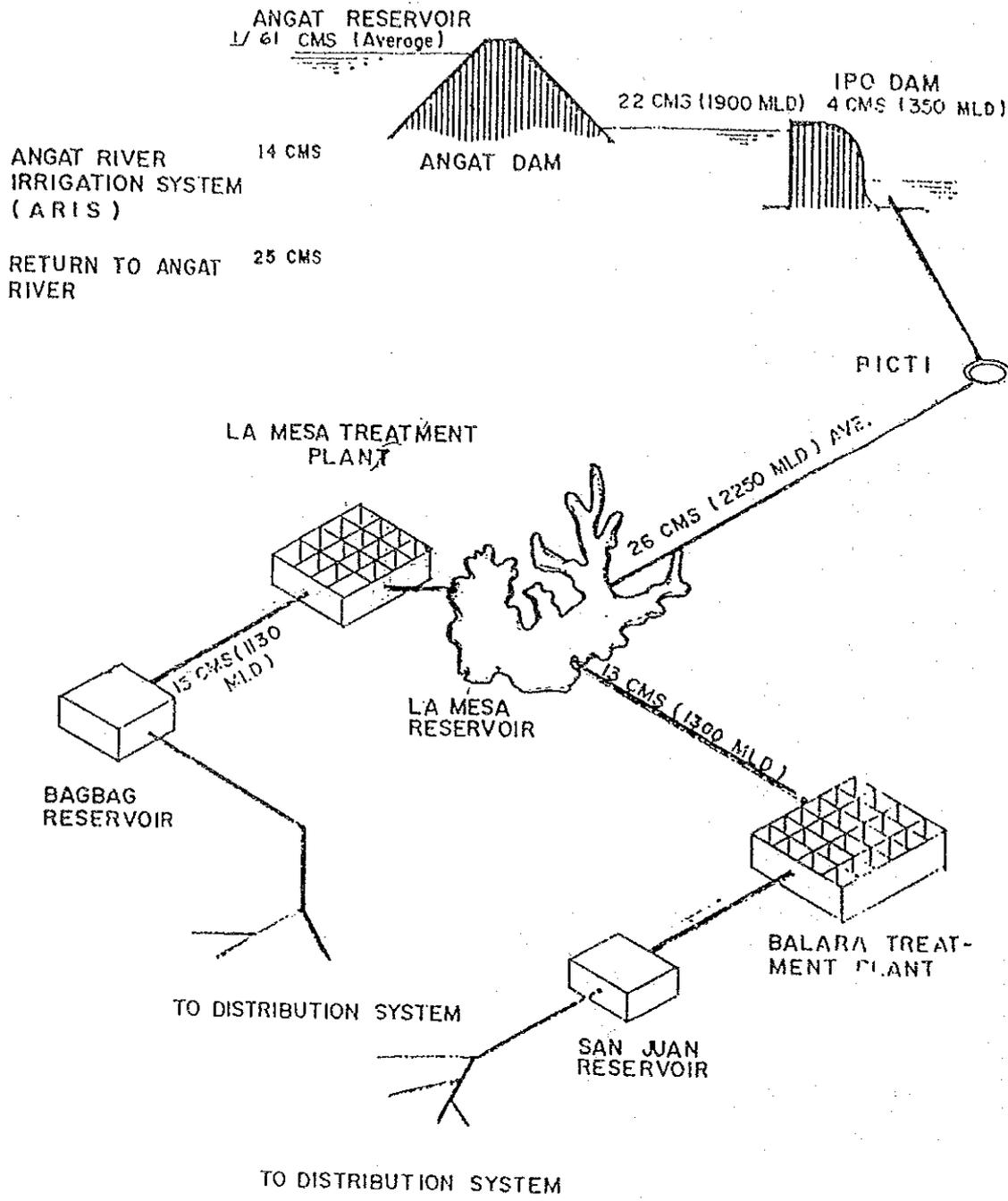
#### 4-4-3 水道拡張計画

1988年時点で MSA における推定人口870万人の内、何らかの形で給水を受けている人口は約760万人と推定されている。この内、MWSS の給水サービスを受けている受益者は650万人で残りの110万人は私有井戸により水道を確保している。

一方、MSA の人口は、西暦2000年には1,160万人に増加し、2010年には1,300万人に達すると見積られている。この人口増加に伴い、水需要も増加し西暦2000年には4,150MLD に達すると予測されている(図4・4・3)。このような水需要の増大に対処する為、MWSS は1984年から2つの水道改修プロジェクト(MWSRP I 及びMWSRP II)を実施するとともにCDS の拡張を目的とした Angat Water Supply Optimization Project (AWSOP) を計画した。AWSOP の実施により、MWSS の給水能力は1994年のプロジェクト完成時には1,300MLD の増加が見込まれている。また、現在の戸別給水システムの割合が1994年には58%から75%に増加させることが可能になる。また、同時にCDS の拡張により地下水を水源としている工業用水及び商業用水の表流水への転換を促進させることを目的としている。AWSOP の完成によってもCDS の給水サービスが受けられない地域に対して、MWSS は主として地下水を水源とするFringe Areas Water Supply Project (FAWSP) 及びRizal Province Water Supply Improvement Project (RPWSIP) を実施する計画である。



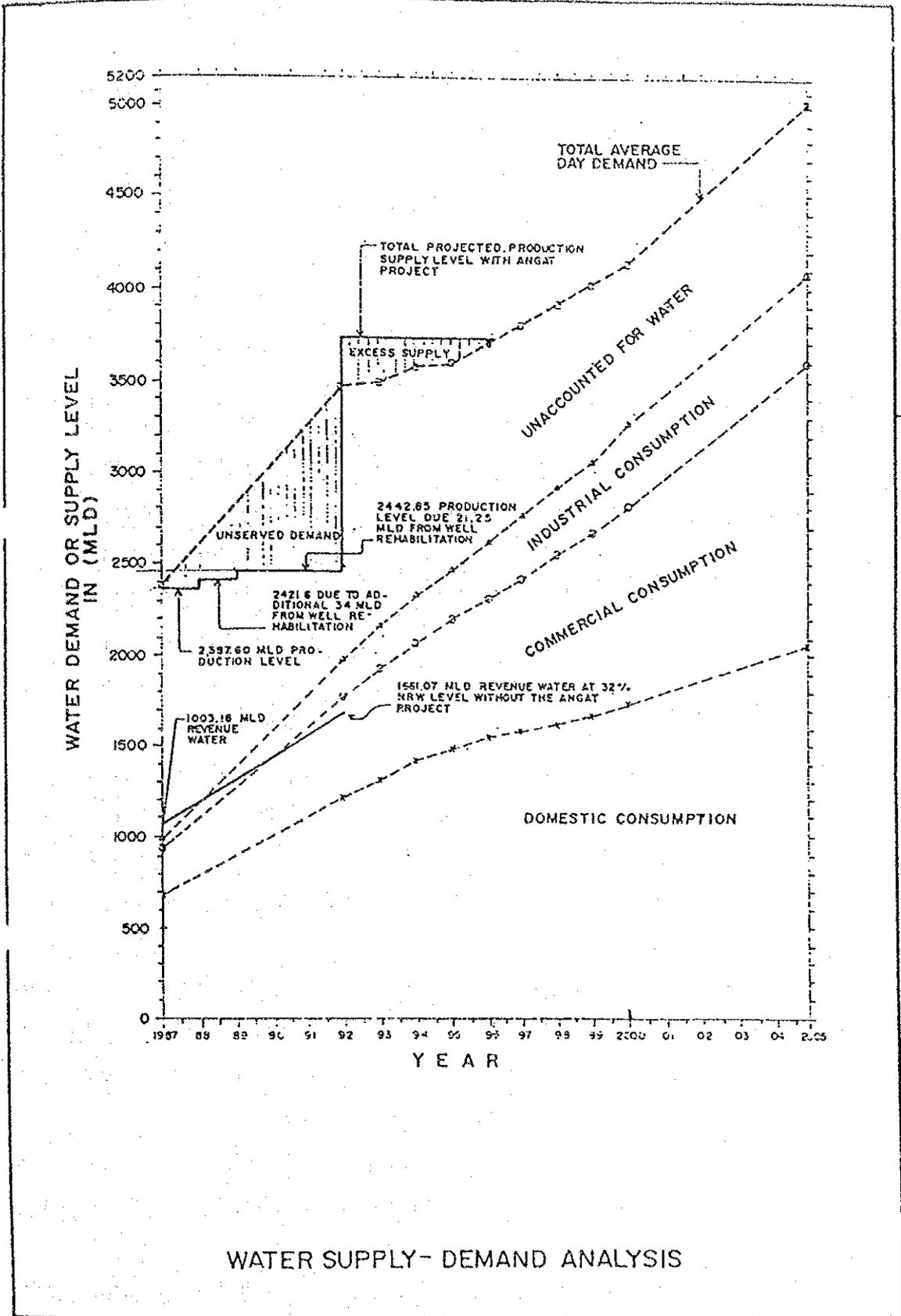
☒ 4.4.1 ANGAT WATER SUPPLY OPTIMIZATION PROJECT (AWSOP)



**EXISTING WATER SUPPLY SYSTEM**

<sup>1/</sup> 68 CMS AVERAGE FOR 39 YEARS

☒ 4.4.2 EXISTING WATER SUPPLY SYSTEM



4.4.3 WATER SUPPLY-DEMAND ANALYSIS

#### 4-5 地下水開発の現況と問題点

マニラ首都圏では現在、約3,000本の深井戸と約20,000本の浅井戸があると推定されている。MWSS 資料によれば、深井戸の内訳は次の通りである。

MWSS 管理井	223本
私有井戸	2,775本
合計	2,998本

ELECTROWATT 他 (1981) が調査した1981年度当時の深井戸本数は2,027本であり、年間約100本程度の割合で増加していることになる。図4・5・1に1981年の井戸位置図及び図4・5・2に1981年の区毎の井戸数、推定揚水量分布図を示すが、ほぼマニラ首都圏全域にわたって分布しており、特に CDS のサービスが受けられない首都圏南部の Cavite, Las Pinas 及び Raranaque において井戸が集中している。これらの深井戸による地下水揚水量は870MLDで、飲料用に供される MWSS 管理井が90MLDを揚水し、残りの約90%に相当する780MLDが私有井戸により揚水されている。これら私有井戸の用途は大部分が工業用、商業用である。以上の様な深井戸の増加及びこれに伴う大量の地下水汲み上げにより、地下水位は年間4~8mの割合で低下し、地下水位標高はしばしば海抜-50~-120mを示す。この為、海水浸入による地下水の塩水化が発生し、特に海岸部において顕著である。図4・5・3及び図4・5・4に ELECTROWATT 他 (1981) による1981年当時の地下水面及び塩分濃度分布を示すが、現在はこれらの現象が更に進行していると考えられる。

MWSS 管理井の現況については既設井数、揚水量等を自治区別に表4・5・1に示すが、当局の管理に関わる既設の深井戸数は1989年11月現在の集計では28自治区で223本となっており、稼働井は119本(全体の54%)、全揚水量は90.7MLD、停止井は104本(46%)となっている。廃井もしくは休止井の多い原因はマニラ湾岸沿い及びラグナ デ ベイに近い Tagig 地区における地下水の塩水化によるものである。特にマラボン地区を北端として、南方のキャビテ市に至る湾岸沿いでは、沖積層にストレーナを設置した井戸の大部分が塩水浸入の影響を受けている。塩分濃度はマラボン地区で8,000mg/l、パラナケ地区で700mg/l、ラスピナス地区で1,100mg/l、キャビテ地区で500mg/l等の例がある。

最近の MWSS 井の掘削仕様をみると、深度130m付近から上部の沖積層(砂・礫)を盲管として、セメンチングを施し、下部の Guadalupe 層(凝灰岩質砂岩)にストレーナを設置したものが多いが、これらも次第に塩分濃度が増加する傾向にある。

MWSS 管理井及び私有の深井戸の揚水試験記録によれば、連続揚水と回復試験は行なわれているものの、井戸の能力を把握する為の段階揚水試験は行なわれていない。この為、個々の井戸の能力に見合った適正な揚水量でポンプを運転するという手法がとられていない

為にしばしば過剰揚水の状態で連続運転が継続され地下水位の低下が加速されている。

又、MWSS 井の運転時間が比較的長時間（16～19hrs）にわたる点は、短時間の運転停止を頻繁に繰り返すことに比べれば、ダメージが小さく井戸寿命は長いという説もあるが、いずれにしても過剰揚水を長時間連続すれば寿命は短縮される。

また同時に過去において、無制限に掘削されたため、各地区の井戸群の区域が次第に拡大し、それに伴い塩水侵入の為ケーシング腐蝕によるダメージ区域も拡大されてきた。又、井戸相互間の干渉により、一層の地下水位の低下を招来している。

このような深井戸の無制限な開発及び過剰揚水による地下水塩水化の問題は早くから指摘されており、これらを規制する為、National Water Resources Council（現在はNational Water Resources Board ; NWRB）は1976年に「Philippines Water Code」を施行し、届け出制としたが、法律の周知徹底がなされていない為、現在の処あまり効果を上げていない。又、MWSSはAWSOPにおいてMWSS管理井のリハビリテーションによる揚水量の回復を50MLDと見積ると同時にCDSを拡張して工業用及び商業用深井戸のCDSへの転換を図ろうとしている。しかしながら、リハビリテーションによる揚水量の回復は現状の地下水低下から見て困難が予想される。また、CDSの給水サービスが改善されたとしても現在の地下水取水の水価が約2ペソ/m<sup>3</sup>であるのに対してMWSSの水価が9ペソ/m<sup>3</sup>と大きな開きがあることから、主に工業・商業用として大量に地下水を消費している利用者が地下水取水からCDSに転換する状況は生じにくいと考えられる。以上のような問題点を解決する為、マニラ首都圏における地下水の有効利用及び保全を目的として次の3項目の指針を早急に策定する必要がある。

1. 地下水管理、利用及び規制の為の指針
2. 既存施設の維持・管理体制の改善
3. 新規地下水資源の開発指針

これら3項目の指針の内、新規地下水開発に当たっての具体的施策としては、次のような点が上げられる。

- ① 塩水浸入を招きやすい湾岸部沖積層からの取水を禁止する。
- ② ストレーナの上方には砂利充填をせず、セメンチングによる水止めを実施する。
- ③ 一定の井戸間隔以内での井戸掘削は禁止する（例えば500m以上）。
- ④ 廃坑処理を確実にこなうことを義務付ける。
- ⑤ 揚水試験では、段階揚水試験を実施することとし、適正な揚水量に見合った能力のポンプ又はバルブ口径を制限して過剰揚水を禁止する。又、量水器の設置を義務付ける。
- ⑥ 各井の揚水時間を制限し、区域毎に時差運転を行なう。

- ⑦ 塩分濃度が一定以上（例えば200mg/ℓ）に達した場合は揚水を停止して廃坑処理を行なう。
- ⑧ 毎年1回、揚水試験、水質分析を行なうとともに、リハビリテーションを施す。

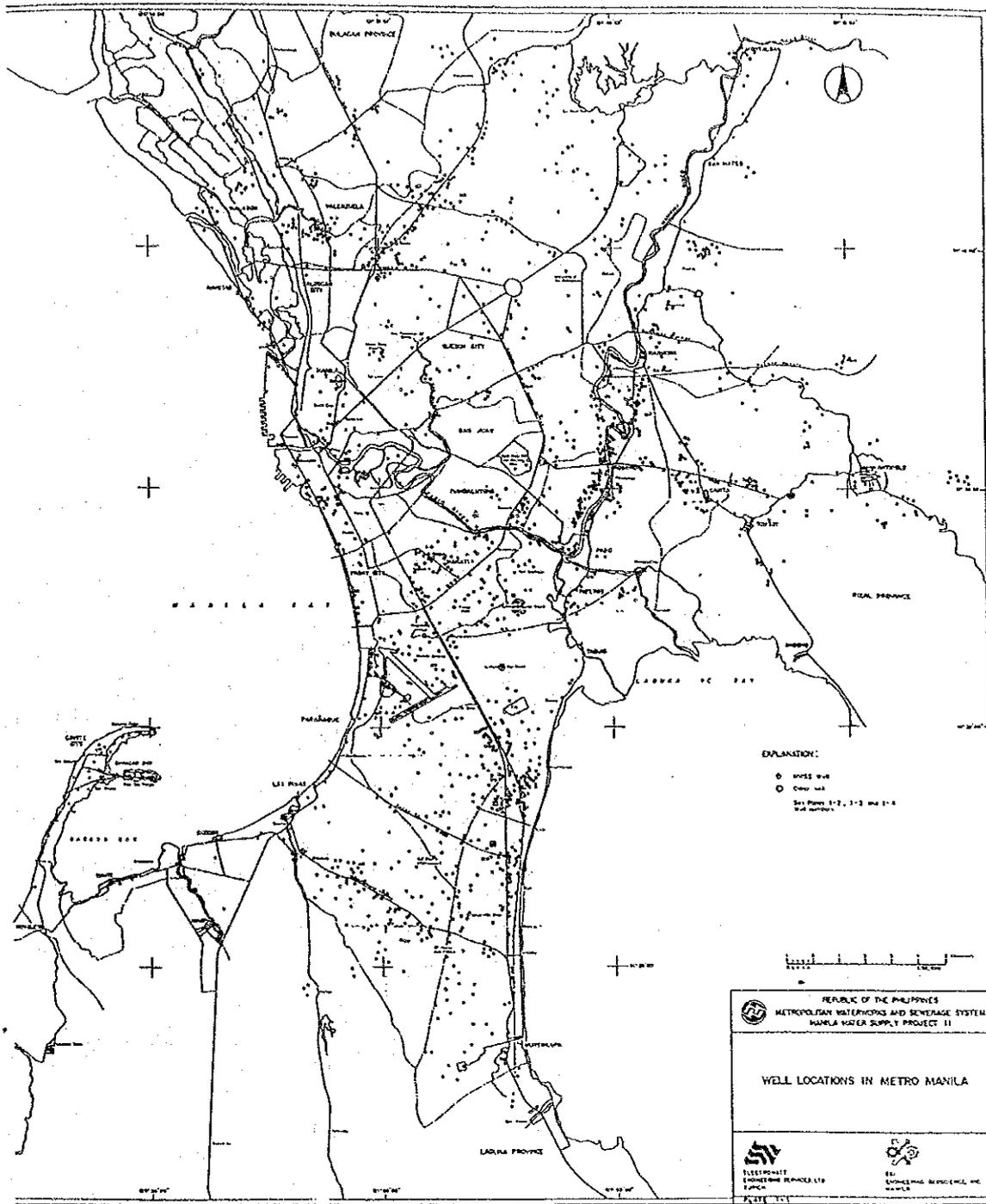


图 4·5·1 WELL LOCATIONS IN METRO MANILA

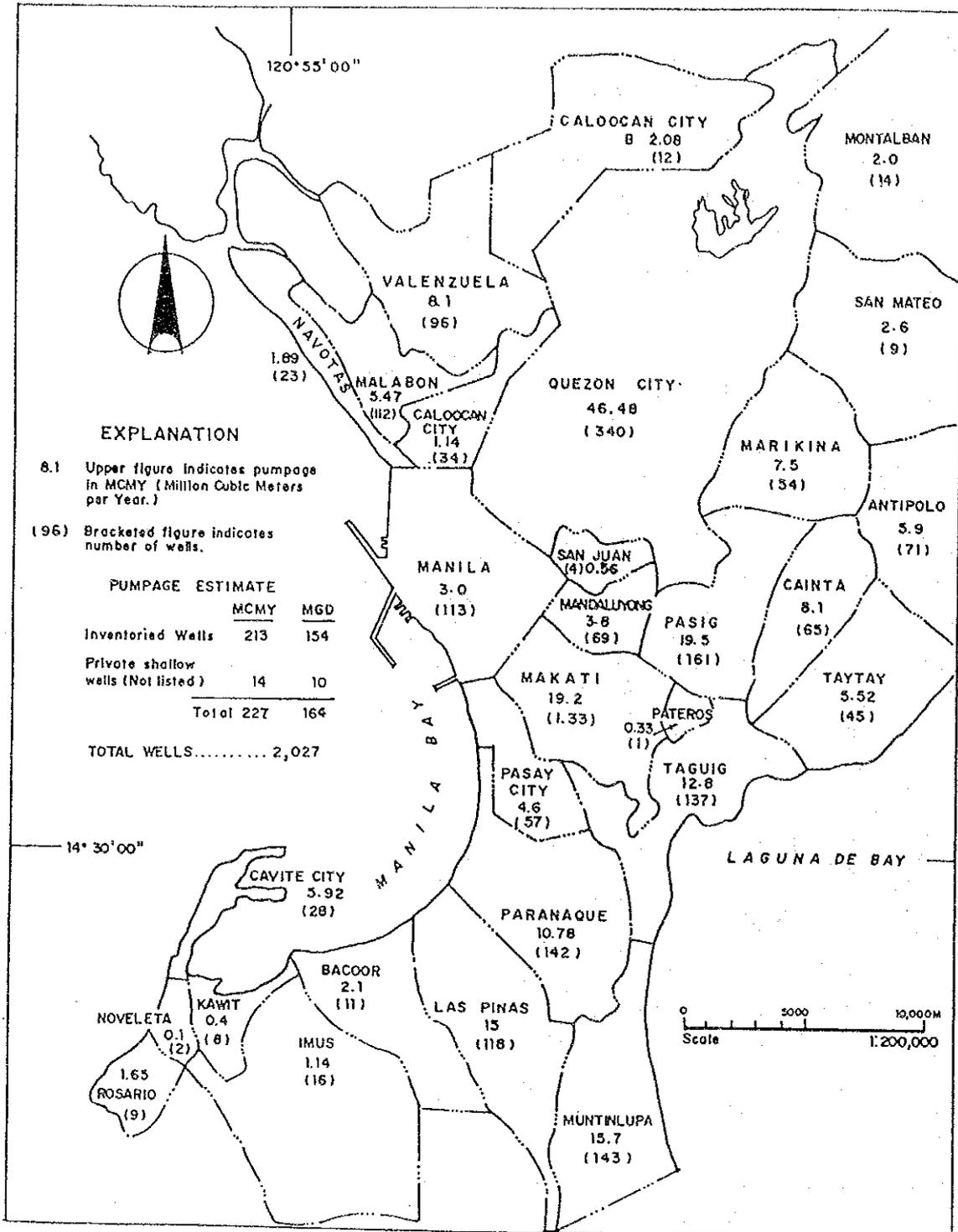


FIGURE 4.5.2 GROUND WATER PUMPAGE IN THE GMA, 1981

1981年における地下水面の等高線図

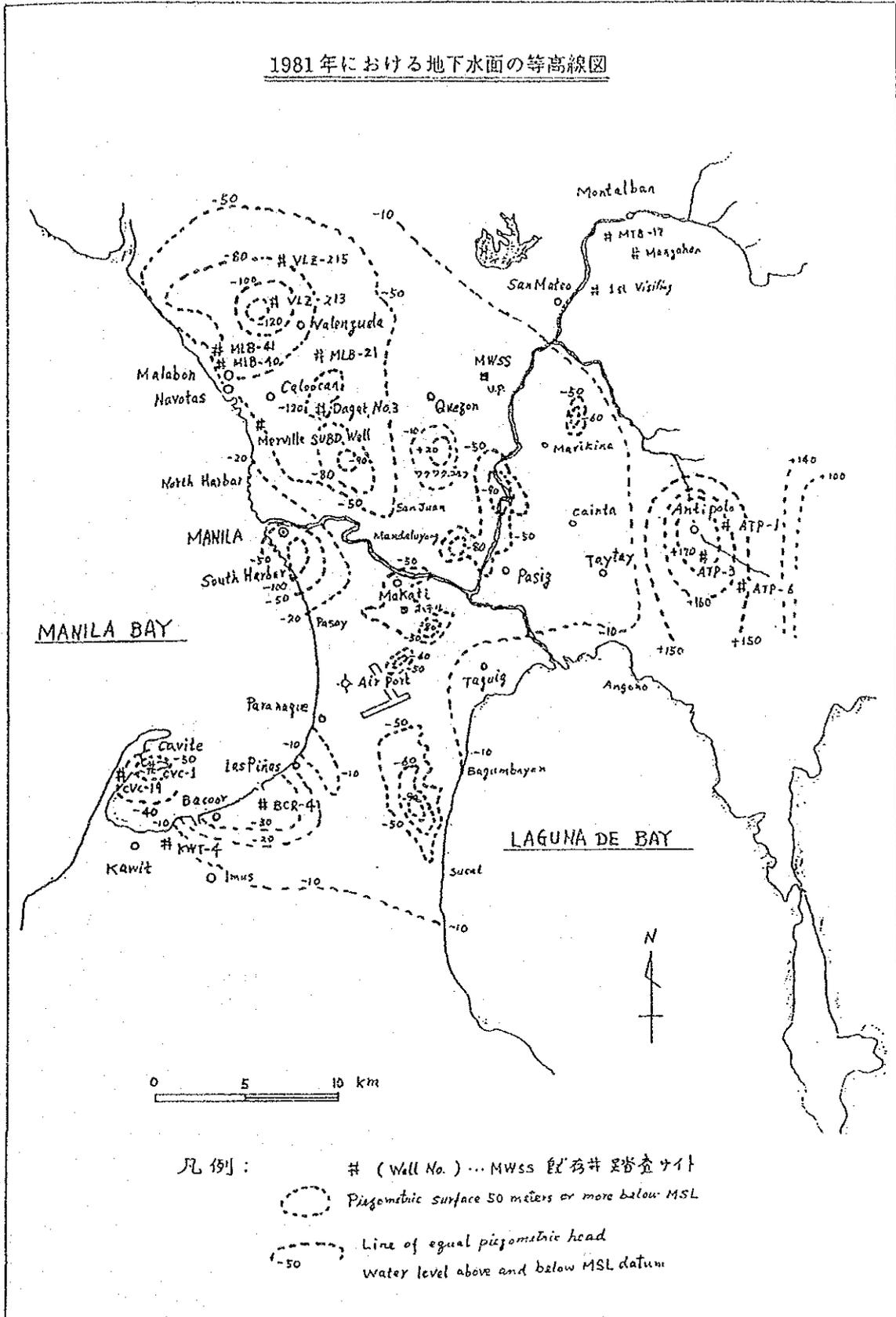


図4・5・3 1981年における地下水面の等高線図

Area of Chloride Content 分布图

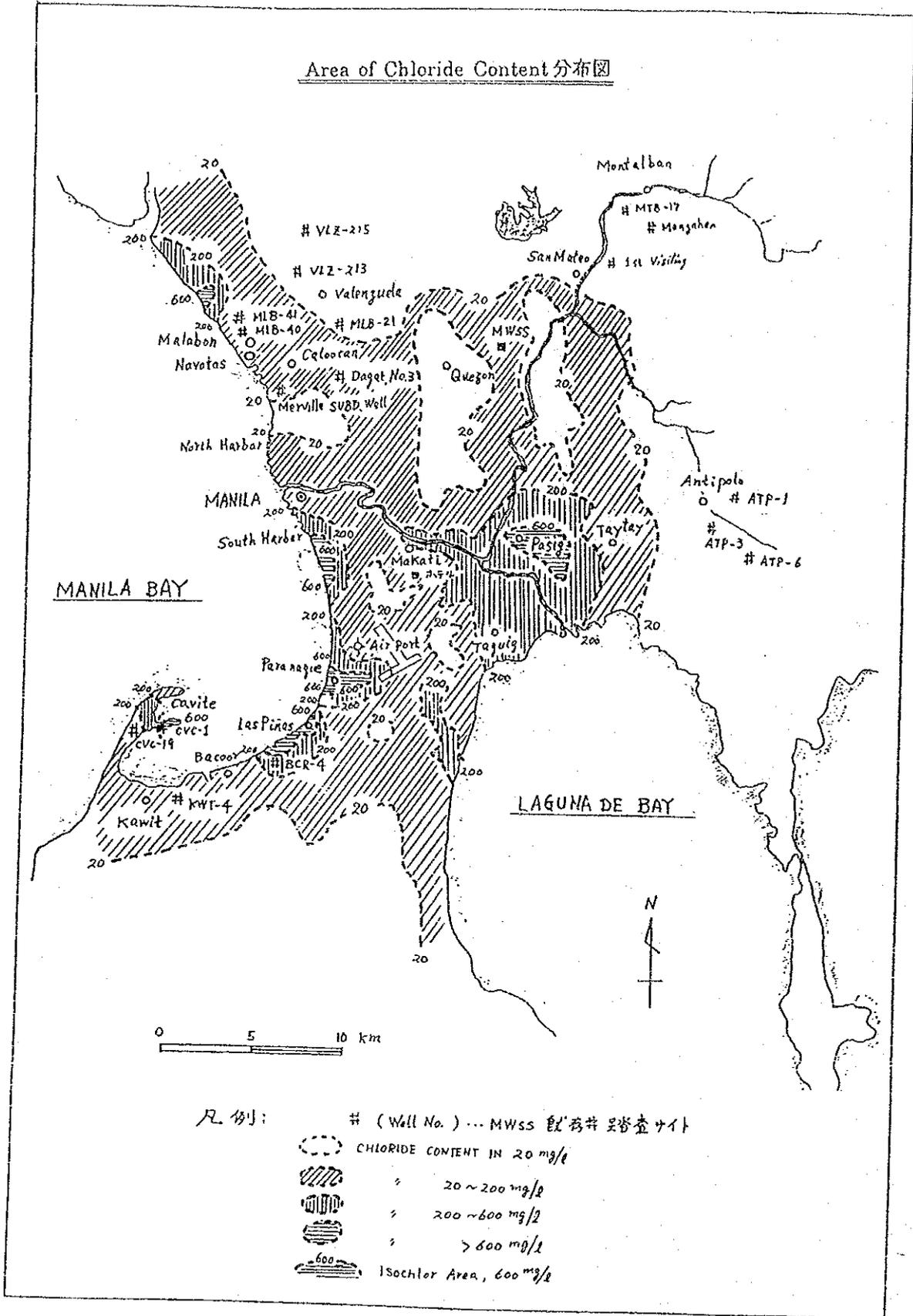


图 4.5.4 Area of Chloride Content 分布图

表4・5・1 SUMMARY OF MWSS DEEPWELLS

Nov. 14, 1989

MUNICIPALITY	既設井	停止井	稼働井	揚水量ℓ/s	人口(人)
Antipoto, Rizal (*1)	16	1	15	137.63	114,724
Bacoor, Cavite (*2)	8	1	7	67.98	140,929
Caloocan City	5	5	0	0.00	600,507
Cainta, Rizal	10	4	6	50.95	104,529
Cavity City	21	3	18	98.84	103,672
Imus, Cavite	5	2	3	24.40	82,044
Kawit, Cavite	7	2	5	44.48	53,979
Las Pinas (*3)	7	5	2	22.96	280,650
Mandaluyong	3	3	0	0.00	254,717
Makati	27	19	8	62.68	456,629
Malabon (*4)	9	5	4	19.39	242,062
Manila	3	3	0	0.00	1,853,599
Marikina	4	4	0	0.00	299,229
Montalban, Rizal	5	2	3	45.93	55,810
Muntinlupa	7	0	7	91.90	226,241
Navotas (*5)	2	0	2	6.62	163,591
Novelta, Cavite	4	2	2	17.19	19,362
Paranaque (*6)	8	7	1	9.63	316,672
Pasay City	7	1	6	68.50	364,896
Pasig	4	4	0	0.00	389,922
Pateros	2	2	0	0.00	54,749
Quezon City	20	9	11	130.94	1,542,899
Rosario, Cavite	8	6	2	7.39	46,799
San Juan	0	0	0	0.00	159,733
San Mateo, Rizal	8	2	6	71.68	68,345

\*印.....地区別の明細表参照：参考資料(22)

Nov. 14, 1989

MUNICIPALITY	既設井	停止井	稼働井	揚水量ℓ/s	人口(人)
Taguig (*7)	7	6	1	2.27	192,940
Taytay, Rizal	8	1	7	52.16	94,260
Valenzuela (*8)	8	5	3	18.16	362,620
計 28 地区	223	104	119	1,049.63	8,637,109
				(90,688m <sup>3</sup> /d = 90.7 MLD)	
平均		46.6%		8.82ℓ/s/1 井	10.5ℓ/d/1 人
				(762m <sup>3</sup> /d/1井)	

## 第 5 章 本格調査の概要



## 第5章 本格調査の概要

### 5-1 調査の基本方針

本件調査は MWSS が実施する水道事業用水源としての地下水開発計画に協力することにより地域住民の生活、衛生状況の改善に資することを目的としている。具体的には次の項目の調査を行ない計画を作成する。

1. MWSS の保有する深井戸の調査を行ない必要な井戸につきリハビリテーション計画を作成する。
2. 生活用水源が地下水に限定されている周辺地域での地下水開発可能量の調査を実施し開発計画を作成する。(対象はアンティポロ地域周辺とする。)
3. 塩水浸入地域の調査を実施しその対策を立案する。
4. 上記1～3の調査並びに既存資料レビュー等にもとづきマニラ首都圏全体の地下水保全を目指したモニタリング・システム並びに地下水開発、利用等に係る基本方針を策定する。

本件調査の実施に当っては次の項目に留意する必要がある。

- (1) 本件要請では当初、地下水は表流水源に対する補完的な水源として位置付けられていたが、現在のマニラ首都圏の厳しい水需給見通しにより表流水とともに地下水は重要な水源として見直されており、本件調査に当っては水道計画全体の中で地下水源の位置付けを常に視野に置きつつ調査を実施する必要がある。
- (2) 地下水開発については過剰揚水による地盤沈下、塩水浸入等の先例があるところ、本件調査に当っては環境への影響にも十分に配慮した調査、計画立案が必要である。
- (3) MWSS は比較的豊富な人材をかかえており技術的にもかなりの水準にあると考えられる。M/M にも記載されているように技術移転への彼らの期待は大きい。本件調査実施に当ってはカウンターパートへの技術移転に十分な配慮をし MWSS の希望する各種技術マニュアル等の要望にもきめ細かく対応する必要がある。

### 5-2 目的

MWSS と共同で実施する本格調査の目的は以下の如くである。

#### (1) MWSS 管理井のリハビリテーション計画

前述のように MWSS 飲料水供給は表流水を主たる水源としているが、電力需要の増加と相俟って、表流水の取水が逼迫してきたため地下水に対する依存度が増している。首都圏の水需要を補うために、揚水量が低下している現有井戸を回復させ、その揚水量の増加に頼らざるを得ない状況に置かれている

MWSS は現有井戸のリハビリテーションにより平均50MLD の揚水量増加を見込んでいる。マニラ首都圏地下水盆の著しい地下水位低下傾向から推測すると、この目標の達成は非常に難しいと考えられるが、本計画の目的は MWSS 管理井について、揚水量低下の原因を探り効果的な回復の方策を検討すること、及びリハビリテーション工法の技術移転である。

#### (2) アンティポロにおける地下水開発可能量調査

マニラ首都圏 CDS 地域外のいわゆる周辺部地域では、アングット・プロジェクトにより順次 CDS 配水管網が拡張される計画であるが、それまでの地域住民の飲料水等は全て地下水に頼らざるを得ない状況にある。最近周辺部地域での宅地化が進み、この地域での人口が急増しており、飲料水不足は深刻である。特にアンティポロ地区では、人口増加が急激であり、しかもこの地区が海拔200mの高台に位置している為、将来の CDS 配水管網拡張の計画外に置かれており、地下水開発の必要度が大きい。本調査の目的は、この地区の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し、その技術/方法を相手側に移転する事にある。

#### (3) 地下水塩水化地域での塩水化機構の解明

マニラ首都圏地下水盆での極端な水位低下に伴い、海岸部では地下水の塩水化が深刻な問題となっており、特に全ての水源を地下水に頼らざるを得ないラスピナス-パラナケ地区では早急な対策が必要となっている。本格調査では、ラスピナス-パラナケ地区において、海水の侵入による塩水化の機構を解明し、その対策や今後水質を維持しつつ開発可能な適正揚水量の算出等の検討を行ない、併せてその技術/方法を相手側に移転する。

#### (4) 首都圏地下水モニタリング・システムの確立

MWSS が管轄するマニラ首都圏全域での深井戸は3,000本に達し、毎年100本程度の割合で増加している。このうちの9割以上が民間井戸であり、なかば野放しの状態で過剰な揚水が行なわれている。この為、首都圏全域での地下水位の低下傾向が著しく、大きな部分では海岸から数キロメートルの地点で、海水面以下100m以上に及んでいる。マニラ首都圏地下水盆は、地下水管理の観点から危機的な状態にあり、現状のままでは遠からず塩水化によ

て、壊滅的な状態になるものと予想される。

1994年給水開始予定のアンガット・プロジェクトにより、CDS 地域内での給水状況は格段に改善されることになる。しかし動力ポンプによる地下水取水の水価が現状で概ね2ペソ/㎡であるのに対して、MWSS 給水のそれが9ペソ/㎡と大きな開きがある。従って将来給水状況が改善されたとしても、主に商・工業用として大量に水を消費している利用者が、何らかの規制なしに地下水取水から MWSS 給水に切り替える状況は期待出来ない。

この様な状況に鑑み、MWSS は地下水の取水に対して水価を徴収する等、将来何らかの規制を行なうことを考慮している。本格調査においては、MSA 全域（但し、BP799リザール9地区を除く）をカバーする地下水モニタリングのシステムを確立し、首都圏地下水盆の地下水流動機構を、論理的かつ定量的に把握し、並びに MSA 全域（但し、BP799リザール9地区を除く）において将来の適正な地下水管理の基本的資料とするものである。

### 5-3 調査対象地域及びその範囲

#### (1) MWSS 管理井のリハビリテーション計画

本計画では MWSS が管理する全ての稼働井及び休止井を対象とし、その一部でリハビリテーション工事を実施し、効果的な揚水量回復の方策を検討する。調査地域は MSA 全域から BP799リザール9地区を除いた区域とする。

#### (2) アンティポロ地下水開発可能量調査

本調査はアンティポロ行政自治区の内、稜線で囲まれた概ね30km<sup>2</sup>の台地状部全域を対象地域とする。対象地域において持続的な地下水開発計画を策定する。

#### (3) 地下水塩水化地域での塩水化機構の解明

塩水化の進んだラスピナスーパラナケ地区で、特に海水侵入の著しい一測線を選定して調査を実施する。調査は長さ数キロメートルの測線上に観測井を設け、水位・水質等の観測、周辺地域での地下水揚水量を調査し、塩水化の機構を解明し、その対策の検討を行なう。

#### (4) 首都圏地下水モニタリング・システムの確立

モニタリング・システムの確立は、MWSS が管轄する首都圏全域 (MSA) を対象地域とする(但し、BP 799リザール9地区を除く)。また、数値モデル化/コンピューター・シミュレーションの対象地域は、調査の効率性を考慮し、かつ以前の調査結果を最大限活用出来ることから、1981/83年の ELECTROWATT / EGI が同様な調査を行なった範囲 (Manila Bay

Aquifer System ; MBAS) とする。

#### 5-4 調査項目及び内容

調査基本方針に従い立案した調査フローを図5・4・1に示す。本件調査は、その目的及び調査内容が多岐にわたる為、調査効率の観点から基礎調査と詳細調査とに分けて実施することが望ましい。

##### 5-4-1 基礎調査

基礎調査においては MWSS の水道計画全体を把握し、その中での地下水事業の位置付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付けを行なうことを主眼とする。

調査項目は次の通りである。

- (1) 既存資料収集・整理
- (2) 既往地下水調査レビュー
- (3) 井戸台帳作成
- (4) 地表地質踏査
- (5) 地下水利用実態調査

以下、各項目について記述する。

##### (1) 既存資料収集・整理

事前調査団が収集した資料及び収集状況については添付資料5及び6に詳しい。これら資料に加え、必要とされる追加資料を収集し整理する。

##### (2) 既往地下水調査レビュー

既往地下水調査の内、1981年に実施した Ground Water Development, Manila Water Supply Project II (GWD-MWSP II) 報告書 (Electrowatt 他1981, 1983) のレビューを詳細に行なう。

第4章4-3でも記述したように本調査は調査対象地域の地下水について本格的に行なわれた調査であり、本報告書のレビューを行なうことにより、より効果的な調査への方向付けが可能になる。

##### (3) 井戸台帳作成

上記 GWD-MWSP II において、参考資料 (21) に示す台帳様式にもとづいて合計 2,027本の井戸台帳が作成され、コンピューターによるデータベース・システムも導入された。しかしながら、その後の MWSS 内での組織変更等により、データが散逸し充

分に生かされていないのが現状である。従って将来のモニタリング計画を踏まえ、現状に最も適した様式及びデータベース・システムを確立する必要がある。

また同時にさく井地質柱状図，電気検層図，揚水試験記録などのさく井資料も Electrowatt が収集したもの，その後 MWSS あるいは NWRB が収集したものについてデータの重複やデータと井戸位置との不一致などの混乱がみられる為，これらの調整及び整理が必要である。ちなみに，これらの機関が収集しているさく井資料の数量は次の通りである。

Electrowatt	:	55井
MWSS	:	69井
NWRB	:	28井

#### (4) 地表地質踏査

空中写真の判読作業と併せ地形区分及び地質区分を行ない，調査対象地域における水文環境，水理地質構造を把握する事を目的とする。又，詳細調査において実施される電気探査及び試掘調査の適地を選定する。

#### (5) 地下水利用実態調査

地下水の水収支を検討する上で，井戸の揚水量を把握することは不可欠である。又，将来の揚水量規制を含めたモニタリング・システムを確立する為には，特に約2,700本有ると言われる一般井の地下水利用実態を把握することは極めて重要である。

MWSS では MWSS が所管する井戸については，早くから量水器を設置し，時間毎の揚水量を記録している。一方，一般井については井戸掘削の届け出義務はあるものの量水器設置等は義務付けられておらずその揚水量については把握されていない。

従って，本調査においては一般井の所有者に対してアンケート調査を実施することとする。本調査は前述(3)の井戸台帳作成とも関連する為，井戸台帳作成を念頭においた調査票を作成する必要がある。また，調査項目には少なくとも下記アイテムを含むものとする。

- ① 用途
- ② ポンプ能力及びポンプ運転時間
- ③ 電力使用量
- ④ 従業員数
- ⑤ 工場生産高

調査の手順は，基礎調査において調査票の作成及び配布を行ない，詳細調査において調査票の回収及び分析を実施するものとする。

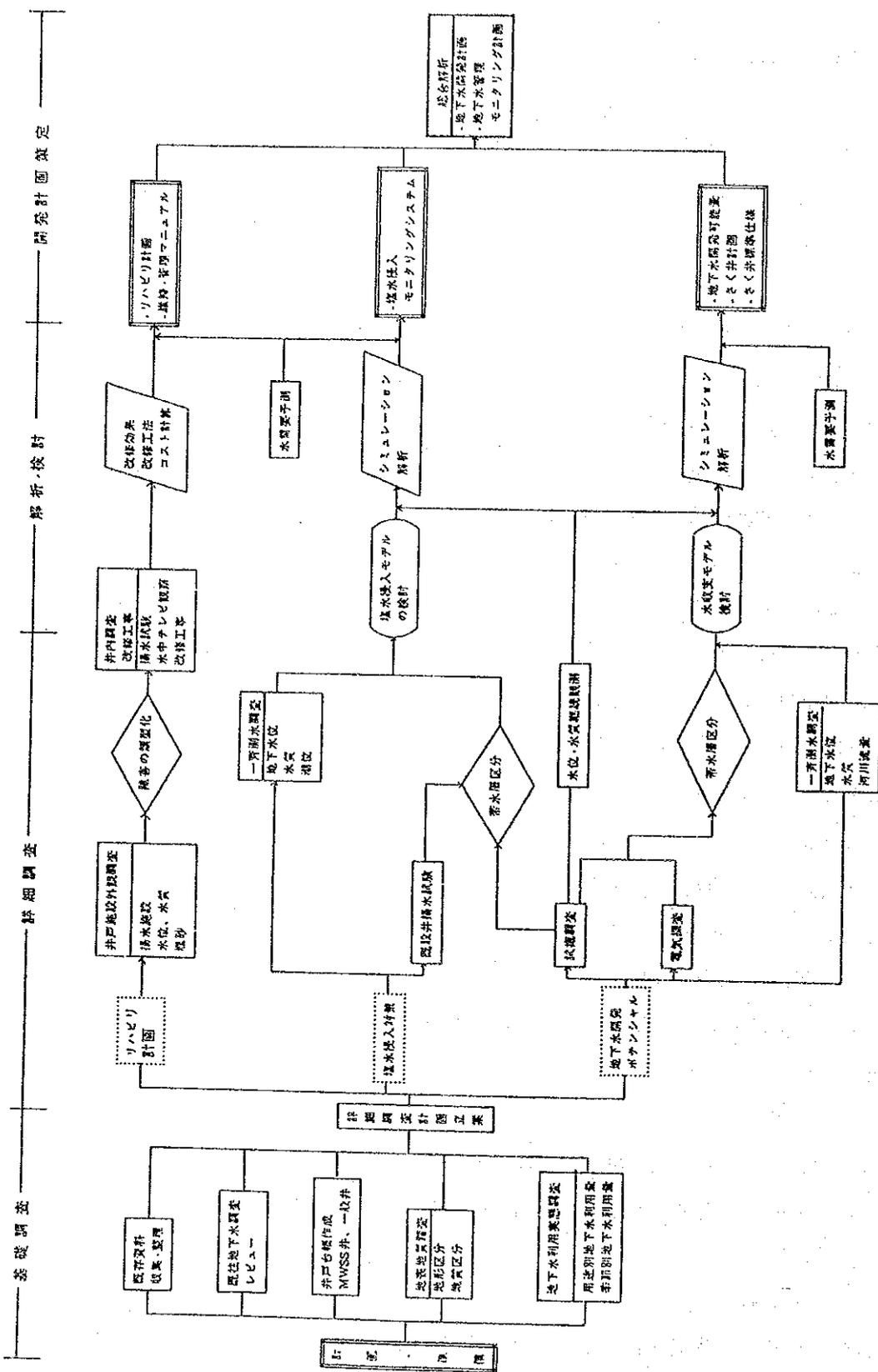


図5・4・1 本格調査フロー (案)

## 5-4-2 詳細調査

詳細調査においては基礎調査の結果を踏まえ、次の調査項目を実施するものとする。

- (1) 井戸施設外観調査
- (2) 井内調査・改修工事
- (3) 電気探査
- (4) 試掘調査・揚水試験
- (5) 地下水位・塩分濃度継続観測機材の設置・観測
- (6) 既設井揚水試験
- (7) 一斉測水調査
- (8) 地下水利用実態調査

以下各項目について記述する。

### (1) 井戸施設外観調査

本調査は MWSS が所管する全ての深井戸223本を対象とする。

1989年11月時点で223本の内、稼働井が119本、休止井あるいは廃井が104本となっている。調査に際しては井戸台帳にもとづいて調査票を作成する。調査票は次の内容を含むものとする。

- ① ポンプ・ステーションまでのアクセス状況
- ② 揚水施設の配置及び能力
- ③ 井戸障害記録
  - a) 損傷歴
  - b) 揚水量の減少
  - c) 水位の変化
  - d) 水質・水温の変化
  - e) 砂の排出
  - f) ポンプ基礎とケーシング頭の状態変化（抜け上り、陥没等）

また、測定が可能な井戸に対しては次の調査を行なうものとする。

- 1) 埋砂深度と自然水位の測定
- 2) 既設ポンプ及び揚水量の測定器が使用可能であれば、揚水量変化に伴う出砂量の測定
- 3) 既設ポンプで揚水できるなら、水質（EC, pH, 温度）の測定

### (2) 井内調査・改修工事

外観調査終了後、障害の類型化を行ない、井内調査・改修工事対象井を5カ所選定する。調査内容は既設のポンプを引揚げ、揚水施設の一部を取り除き、状態によっては改

修工事が出来るようにポンプ・ハウスの一部解体も含まれてくる。

又、改修工事後の改修効果を比較する為に、揚水テストを前後二回行なうことになる。この為、テスト用ポンプ、三角ノッチ（三角堰）等の揚水量測定器具、水位、水質の計測器及び改修機（ウインチ）、車両等も必要である。この改修工事には、井戸の深度や状況によって異なるが、約1カ月/1本の工期が必要である。

揚水試験の内容は次の通りである。

- 1) 段階揚水試験 : 最低5段階の揚水量を設定し、各段階は2時間揚水を行なう。
- 2) 連続揚水試験 : 上記試験により判定された適正揚水量により最低48時間連続揚水を行ない、地下水位変化を測定する。
- 3) 回復試験 : 上記試験終了後引き続き、地下水位の回復状況を最低8時間測定する。

◎井内の調査・改修工事の内容としては、次のような項目が挙げられる。

- a) 既設のポンプ施設を取り外してから、ベアリングやブラッシングによる井内の調査と掃除
- b) 電気伝導度と温度の井内分布測定
- c) 井内の状況を確認するボアホールT.V.カメラによる観察
- d) 損傷がひどくなければ、テスト・ポンプ、計測器、三角堰を用いて段階（10時間）、連続（48時間）、回復（10時間）等の揚水試験
- e) 各層の湧水能力を比較する為、段階揚水試験中に縦型ウエル・カレント・メーターを用いての流量分布測定

◎出砂量：

揚水量を変化させて出砂量を測定し、この揚水量と出砂量を対比することによって、安全な揚水量が求められる。この試験には200メッシュ（0.074mm）のフルイを付けた簡便な測定器（Sand-Content-Set）とサンプリング・コンテナ等が必要である。

◎ベアリング（浚渫）：

井戸の状況によってベラーやブラッシングによる浚渫の前に、ボアホールT.V.カメラで井内の事前観察をする場合がある。

浚渫は次のような目的で行なわれる。

- (1) 井内の埋没の掃除
- (2) 埋没砂のサンプリング
- (3) 損傷を受けたケーシングやスクリーン位置の探測

◎ボアホールT.V.カメラ：

ボアホール T.V. カメラによる観察は、ケーシングやストレーナの損傷の程度を直接把握することが出来、井戸が損傷を受けるメカニズムを判断する上で有効な手段である。しかしながら、ボアホール T.V. 装置は水中カメラ、モニタリングテレビ、操作盤、電動ウインチ及びケーブル等から構成される為、その取扱いには十分な注意が必要であり、経験の深い技術者によって操作、分析作業が行なわれるべきである。

一方、現段階において、MWSS 側カウンターパートの技術力及び組織的な対応に関して未知数であり、また地元業者で対応可能か否かも併せて判断する必要がある。

従い、本格調査の中でこれらの点を明確にした上でボアホール T.V. カメラ導入の妥当性を検討することが得策であると考えられる。

次に実施の手順について述べる。

- 1) 改修工事は地元さく井業者に注文し、施工させるが、MWSS のカウンターパートを常駐させ、改修工事の手法・技術について修得させるよう、日本人技術者の指導の下に実施されねばならない。
- 2) 改修工事の方法によっては、致命的損傷が発生して、井戸そのものが使用不能に陥る場合があるので、古い井戸については特に慎重な取扱いが必要である。この場合、改修工事によるダメージの拡大については指導者及び施工者の責任は問われないことを前提に、MWSS 側の事前了解を取り付けておくべきである。
- 3) 深井戸の改修工事は掘削事故の回復技術に類似した極めて特殊な分野であるので、日本人技術者には経験豊富で洞察力に富む優秀なさく井技術者を選定すべきである。又、地元さく井業者のオペレーターについても特に優れた人材を当てる配慮が必要であろう。
- 4) 工事の時期は、冠水地帯が多いので、作業に支障のない地区を選定しなければ、雨期中の作業は中断されることが多いであろう。

### (3) 電気探査

電気探査はアンティポロ地区周辺において実施する。垂直探査法で行ない、探査深度は最大200mとする。測点数は30点程度を計画し、試掘調査結果と対比させることにより水理地質構造を明らかにする。

### (4) 試掘調査・揚水試験

本調査は水理地質構造を把握することを目的としてアンティポロ地区と塩水浸入地域に対して実施する。

試掘調査は地元業者に発注して実施するものとするが、事前に業者の機械力、実績等

調査する必要がある。試掘に際しては、掘削スライムの観測及び温度、自然電位、比抵抗の検層を行ない、さく井柱状図として整理する。なお、揚水試験の内容は(2)井内調査・改修工事と同様とする。

1) アンティポロ地区

地上電気探査の結果を踏えて、もっとも適当な位置2カ所を選定し、1カ所について揚水井及び観測孔各1井を設け、揚水試験を実施して水理解析を行なう。井戸仕様は次の通りである。

揚水井：C.S.G.径10"×深度約150m

観測孔：C.S.G.径4"×深度約130m

揚水井と観測孔の位置は地下水の上・下流向きを想定した配置とし、間隔は20m位とする。

2) 塩水侵入地域

地下水流動及び水理地質的に塩水侵入機構の解明にもっとも適した地域に測線を設定し、その測線上に最低3カ所の試掘井を掘削する。試掘終了後、揚水試験を実施して水理定数を求めるとともに、垂直方向の塩分濃度を測定する。塩分濃度は、一定の深度毎に測定するものとする。また、揚水時において、ウエル・カレント・メーター（微流速計）を降下し帯水層別湧水量分布の計測を行なって湧水カ所の確認をする。試掘井1カ所についてそれぞれ揚水井と観測孔を設ける。これらの井戸仕様は次の通りである。

揚水井：C.S.G.口径10"×深度300m ..... 1井

観測孔：C.S.G.口径4"×深度300m ..... 1井

両井の間隔は約20mとする。揚水井と観測孔のストレーナ配置は同位置とし、掘削スライム観測及び孔内検層結果にもとづいて適正な位置に設置する。

(5) 地下水位・塩分濃度継続観測機材の設置・観測

水収支モデルの検討、シミュレーション解析及びモニタリング計画の為、地下水位と塩分濃度を継続観測する観測井を選定し、それぞれ自記記録計を設置して継続観測を実施する。継続観測の期間は1水文年とする。

それぞれの観測井の数は次のように計画する。

地下水位観測井：10カ所

塩分濃度観測井：2カ所

(6) 既設井揚水試験

シミュレーション解析を行なう上で帯水層の水理定数が不十分な地域において、既設稼働井を対象とした揚水試験を実施する。揚水試験の内容は、(2)井内調査・改修工事と

同様とする。試験井は15カ所（内5カ所をアンティポロ）を計画する。

(7) 一斉測水調査

一斉測水は、首都圏地下水盆地域とアンティポロ地区を対象に実施する。観測項目は次の通りである。

地下水位

水質（水温、pH、電気伝導度）

河川流量（アンティポロ地区のみとする）

測水時2ℓ程度の採水を行ない、試験機関に委託して詳細な水質分析を実施する。分析項目は次の通りである。

カルシウムイオン	(Ca <sup>2+</sup> )
マグネシウムイオン	(Mg <sup>2+</sup> )
ナトリウムイオン	(Na <sup>+</sup> )
カリウムイオン	(K <sup>+</sup> )
第1鉄イオン	(Fe <sup>2+</sup> )
マンガンイオン	(Mn <sup>2+</sup> )
アンモニウムイオン	(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )
重炭酸イオン	(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
炭酸イオン	(CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )
硫酸イオン	(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )
塩素イオン	(Cl <sup>-</sup> )
硝酸イオン	(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
亜硝酸イオン	(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )

分析結果をキーダイヤグラム及びヘキサダイヤグラムに整理し、水質組成から地下水システムを検討する。なお、上記水質分析は全調査期間を通じ1回とする。

一斉測水を実施する井戸は基本的に MWSS の所管する深井戸を対象とするが、Electrowatt (1981) の調査対象井及び MWSS が1988年に測水を行なった調査対象井（収集資料リストⅡ-3, 3, 4, 参照）をレビューした上でシミュレーション解析を踏まえ、井戸位置及び水理地質構造の検討から、もっとも適した井戸を選定する必要がある。これによって一斉測水対象井を決定した上で乾期、雨期、雨期明けなどの季節変化に対応した水位、水質の測定を年間3回行なう。その結果にもとづき地下水位等高線図、塩分濃度分布図等を作成する。一斉測水の対象井はマニラ首都圏地区100カ所、アンティポロ地区30カ所とする。測定の可否については事前に調査確認し、測定前日までに測定がスムーズに出来るように、ケーシング頭部を改善し、準備しておく必要がある。

測定時刻は一般井の揚水がもっとも少ない時刻を選ぶ必要がある。MWSS 対象井は出来れば10時間以前に揚水を停止しておき、自然水位に近い状態で測水を行なうことが望ましい。

各井の水位測定時刻は各パーティと事前に打合せし、同時に一斉に測定することが望ましい。時間の経過とともに潮汐の影響で水位の変動が起こるので、少なくとも測定時刻の差は最小に収めるべきである。従って出来れば事前にφ3/4"~1"の塩ビ管を水位測定管としてポンプ直上まで挿入しておき、水中モーターポンプの電源コードとの引掛りを防止出来るような配慮が必要である。

#### (8) 地下水利用実態調査

基礎調査において配布したアンケート調査票を回収し、用途別及び季節別地下水揚水量を求める。回収に当たっては戸別訪問を行なう必要があると考えられる。

### 5-4-3 解析・検討

基礎調査及び詳細調査の調査結果にもとづき以下の項目について解析・検討を加える。

- (1) 水理地質構造及び帯水層区分
- (2) 既設井データベース・システム
- (3) リハビリテーション効果
- (4) 水需要予測
- (5) 水収支モデル
- (6) 塩水浸入モデル
- (7) コンピューター・シミュレーション解析

以下、各項目について記述する。

#### (1) 水理地質構造及び帯水層区分

地下水を取り扱う上で水理地質構造は極めて重要であり、既設井のさく井資料、既往地下水調査資料、水質分析、電気探査及び試掘調査結果にもとづいて帯水層区分を行なう。

参考資料(23)~(33)にMWSSが保有するさく井資料にもとづいて作成した地質柱状図、電気検層図、揚水試験解析図等を示す。この種のさく井資料の大部分が未整理のままであり一定の様式に従って整理し直す必要がある。

#### (2) 既設井データベース・システム

将来の地下水モニタリング・システムの確立を目的として、データの集積及び有効活用ができるデータベース・システムを検討する。

#### (3) リハビリテーション効果

改修効果を解析・検討し、コスト計算を含めた適正な改修工法の標準化を行なう。

(4) 水需要予測

コンピューター・シミュレーションによる将来予測を行なう為、地下水利用実態調査結果及び各種統計資料にもとづき地下水の水需要予測を行なう。

(5) 塩水浸入モデル

塩水浸入地域において塩水浸入メカニズムを明らかにする為、地下水流動を垂直二次元流として取扱う垂直二次元モデルを検討する。従来、塩水浸入に関する取扱いは次の2つの考え方がある。

1) 塩水と淡水は非混合流体であり、2つの流体には明瞭な境界面があると仮定して浸透問題を取扱う。

2) 塩水と淡水は混合流体であり、2流体拡散あるいは移流分散を伴いながら遷移領域をもって浸透を取扱う。

それぞれ一長一短があり、ここでは両者のモデルの適用性を検討する。

(6) 水収支モデル

首都圏地下水盆地域及びアンティポロ地区のそれぞれの地下水盆地における水収支システムを検討し、シミュレーション解析に適したシステムのモデル化を行なう。ここでは、地下水盆地の水収支を二次元流として扱う水平二次元モデル、もしくは加圧層からの垂直かん養を考慮した準三次元モデルの適用性を検討するものとする。なお、水収支に関わる気象、河川流量、潮位及び潮水位等の観測地点はそれぞれ以下に示す通りである(収集資料リスト 1-2, 21~31参照)。

1) 気象

Antipolo, Boso-Boso, Montalban

2) 河川流量

Marikina, Maragondon, Alemang, Pililla 及び Morong の各河川

3) 潮位

マニラ湾

4) 潮水位

Laguna de Bay

(7) コンピューター・シミュレーション解析

塩水浸入問題に対しては垂直二次元モデル、地下水開発計画及びモニタリング計画に対しては(水平二次元あるいは)準三次元モデルによりシステムをモデル化し、それぞれのモデルに対して境界条件を与えて内挿検定作業を行なう。これによりモデルを確立し、各種設定条件を与えて将来予測を含めたコンピューター・シミュレーションを実施

する。

将来予測としては例えば次のようなケースが考えられる。

- 1) 揚水量一定として10年確率あるいは30年確率の渇水年での地下水位低下及び塩水浸入状況。
- 2) 一定のかん養条件下において地下水の塩水化を生じさせない適正な揚水量及び井戸配置。かん養条件としては平常年での雨期・乾期、10年確率あるいは30年確率の渇水年。

#### 5-4-4 開発計画の策定

解析・検討結果にもとづき、マニラ首都圏における地下水の総合的な開発計画を策定する。その開発計画は次の内容を含むものとする。

- リハビリテーション計画
- 新規地下水開発計画
- 地下水管理モニタリング計画（塩水浸入モニタリング含む）
- MWSS 地下水事業の組織・運営に関する提言
- 計画策定に当っては、MWSS が現在実施している水道プロジェクト及び計画中のプロジェクト、特にアングット給水効率化プロジェクト(AWSOP)及び Rizal Province Water Supply Improvement Project(RPWSIP) との整合性に留意する必要がある。

以上の開発計画に加え、技術移転を踏まえた標準仕様書及びマニュアルを作成する。これらは次の項目を含むものとする。

- 改修工事
- さく井工事
- 井戸施設の維持管理
- 既設井データベース（フロッピーディスク含む）
- コンピューター・シミュレーション（フロッピーディスク含む）

#### 5-5 調査工程等

調査は、フィリピン国内での資料収集、現地調査と日本国内で行なわれる解析作業により構成される。現地調査は約9カ月を予定し、それ以降の国内作業を含め、ファイナルレポート提出まで合計18カ月間の工程である。

調査工程（案）は、下記の通りである。

Tentative Schedule

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
WORK IN PHILIPPINES																		
WORK IN JAPAN																		
REPORTS PRESENTATION	△					△						△				△		△
	IC/R					P/R						IT/R				DF/R		F/R

IC/R : インセプションレポート  
P/R : プロGRESSレポート  
IT/R : インテリムレポート  
DF/R : ドラフトファイナルレポート  
F/R : ファイナルレポート

### 5-6 報告書

次の報告書を作成し、フィリピン国側に提出のうえ、説明、協議を行なう。

(1) インセプションレポート

英文 30部

現地調査開始時に提出。

(2) プロGRESSレポート

英文 30部

調査開始後6カ月以内に提出。

(3) インテリムレポート

英文 30部

調査開始後12カ月以内に提出。

(4) ドラフトファイナルレポート

英文（メインレポート） 30部

（サポーティングレポート） 30部

（ベーシックデータ） 2部

調査開始後、17カ月以内に提出。

上記ドラフトファイナルレポートに対するフィリピン国側のコメントは、同レポートの提出後1カ月以内にJICAに通知される。

(5) ファイナルレポート

英文（メインレポート）	50部
（サポーティングレポート）	50部
（ベーシックデータ）	2部

上記レポートは、ドラフトファイナルレポートのフィリピン国側のコメントを得てから1カ月以内に提出。

### 5-7 要員計画

本件調査には、概ね以下のような専門分野による要員構成が必要と考えられる。

- ① 総括
- ② 副総括（水理地質）
- ③ 地質
- ④ 地下水1
- ⑤ 地下水2
- ⑥ 水質
- ⑦ 水文
- ⑧ ボーリング計画
- ⑨ リハビリテーション
- ⑩ 水道施設計画
- ⑪ 都市開発計画

### 5-8 本格調査資機材リスト（事前調査案）

本格調査に必要とされる資機材の数量及び仕様は表5・8・1の通りである。

表5・8・1 本格調査用資機材リスト

調査項目	資機材	数量	仕様	備考	
(1) 井戸施設外観調査	①携帯用水位計	2台	2芯式、ケーブル150m		
	②水質測定器	1式	測定項目：水温、pH、電気導電率 ポータブル式、デジタル表示		
(2) 井内調査・改修工事	①サービスマシン	1台	トラック搭載型、マスト吊上げ荷重：5トン ウインチ：200m、サンドリール付	地元下請業者 調査結果により決定	
	②揚水試験用水中モーターポンプ	1式	Q：2,000m <sup>3</sup> /日、TH:150m 55kW、60Hz、3相440V 付属品：水中ケーブル 起動盤（屋外仕様） 揚水管(APIネジ込み式) 低水位カット 仕切弁、自動空気抜弁、連成計、 吐出し曲管、パイプバンド、 吐出側ホース（片側フランジ）		
	③同上用三角ノッチ	1基	JIS B8302に準拠 90度三角ノッチ 測定水頭範囲：0.070～0.260m 測定水量範囲：110ℓ/分～2,900ℓ/分		
	④携帯用水位計	2台	仕様は(1)-①に同じ		
	⑤水質測定器	1式	仕様は(1)-②に同じ		
	⑥水中ボアホールT.V.カメラ	1式	ケーブル300mドラム式		CPの対応により決定
	⑦井内用縦型微流速計	1式	ケーブル300mドラム式 流速測定範囲：0.02～0.8m/秒		
(3) 電気探査	電気探査装置	1式	探査深度：200m	損料対象	
(4) 試掘調査・揚水試験	①孔内検層機	1式	測定項目：水温、自然電位、比抵抗	地元下請業者 (2)-②、③に同じ	
	②揚水試験機材	1式	(2)-②、③に同じ		
	③携帯用水位計	2台	(1)-①に同じ		
	④水質測定器	1式	(1)-②に同じ		
(5) 地下水位・塩分濃度継続観測機材の設置・観測	①自記水位計	10台	1カ月巻、フロート式 測定深度：最大150m 水位測定範囲：0～10m		
	②自記水質計	2台	測定項目：水温、電気導電率 ケーブル150m		
(6) 既設井揚水試験	①携帯用水位計	2台	(1)-①に同じ		
(7) 一斉測水調査	①携帯用水位計	26台	(1)-①に同じ		
	②水質測定器	13式	(1)-②に同じ		
	③採水器	13式	口径：3"程度 採水容量：1,000cc 手動ウインチ付（ドラム200m）		
	④電気流速計	1台	プライス式、測定範囲：0.5～2m/秒		
	⑤採水ポリ容器	130個	容量：2,000cc		
(8) その他	①パーソナルコンピュータ	2式	32ビット		
	②ステーションワゴン	4台	4WD		

