

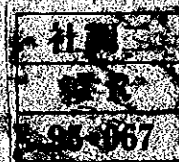
国際協力事業団
フィリピン共和国
地方水道公社

カビテ水供給計画調査

要約報告書

平成7年5月

国際航業株式会社
日本上下水道設計株式会社





28512

国際協力事業団
フィリピン共和国
地方水道公社

カビテ水供給計画調査

要約報告書

平成 7 年 5 月

国際航業株式会社
日本上下水道設計株式会社

CAVITE WATER SUPPLY
DEVELOPMENT STUDY
IN
THE REPUBLIC OF THE PHILIPPINES

LIST OF REPORTS

- VOLUME 1 SUMMARY
VOLUME 2 MAIN REPORT
VOLUME 3 SUPPORTING REPORT
VOLUME 4 DATA BOOK



The cost estimate was made based on Pesos in January 1995.
(1 dollar = 24.634 pesos = 100.77 yen)

序 文

日本国政府はフィリピン共和国政府の要請に基づき、同国のカビテ水供給計画にかかるマスタープランの策定及びフィージビリティ調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施致しました。

当事業団は平成6年4月から同7年3月までの間、3回にわたり、国際航業株式会社の杉山 明氏を団長とし、同社及び日本上下水道設計株式会社から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、フィリピン共和国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成7年5月

国際協力事業団
総 裁 藤田 公郎

伝達状

平成7年4月

国際協力事業団
総裁 藤田 公郎 殿

フィリピン共和国カビテ水供給計画調査の最終報告書を提出致します。

本報告書は平成6年3月15日（第1年次）、4月15日（2年次）、平成7年1月20日（2年次その2）および4月19日（3年次）に国際協力事業団と国際航業株式会社・日本上下水道設計株式会社共同企業体の間で締結された契約に従って作成されました。

本報告書には、カビテ地区の地下水賦存状況と水供給施設の現状に関する基礎調査の結果と、選定された5地区の地下水開発・水供給事業のフィージビリティ調査の結果が記載されています。

カビテ地区の地下水賦存状況に関しては、本報告書に付した水理地質図及び地下水資源評価図にまとめられています。また、本報告書で提案されている5地区の地下水開発・水供給事業は2005年を目標年次とするもので、フィージビリティ調査では同年における人口・水需要量、開発可能な水源の位置・水量、給水施設、施設の維持管理要員等が検討されました。また、事業費の算出・財務評価・経済評価を行ったところ、5地区とも提案された水供給事業は実行可能であるという結論に達しました。

調査団は、本調査の結果がカビテ地区の地下水資源の開発と持続的利用のための基礎資料として活用されるとともに、提案された5地区の水供給事業が同地区の経済的な発展と住民の生活環境の改善に資することを期待しています。

本報告書の提出に当たり、全調査期間にわたり多大なご支援を賜った貴事業団、在フィリピン日本大使館、フィリピン政府及びフィリピン地方水道公社の関係各位に対し心から感謝の意を表するものであります。

カビテ水供給計画調査
調査団長 杉山 明

< 事業計画概要 >

本調査で提案された水供給事業の対象地区は、図－１に示されているジーエムエー（Gen. Mariano Alvarez = G.M.A.）、メンデス（Mendez）、ナイク（Naic）、タガイタイ（Tagaytay City）、タンザ（Tanza）の５地区である。

表－１はこの５地区の人口、水需要量、水源、事業費をとりまとめたものである。２００５年における５地区の給水人口は合計約１５４，０００人、平均水需要量は合計約２８，０００ cum/dayと予測されている。

図－２は提案された水供給事業の実施スケジュールを示している。２００１年を目標年次とするフェーズⅠと、２００５年を目標年次とするフェーズⅡに区分され、フェーズⅠで供用される水供給施設は１９９７年の末までに、フェーズⅡで供用される水供給施設は２００１年までに完工する計画となっている。ただし、新たに開発される水源が１つしかないメンデスとタガイタイではフェーズⅠで事業が完了する。

事業費はフェーズⅠについてのみ算出され、５地区の総事業費は約 1.83×10^8 ペソ（約７．３億円）と見積られる。経済・財務評価の結果によるとこの水供給事業は５地区とも実行可能である。

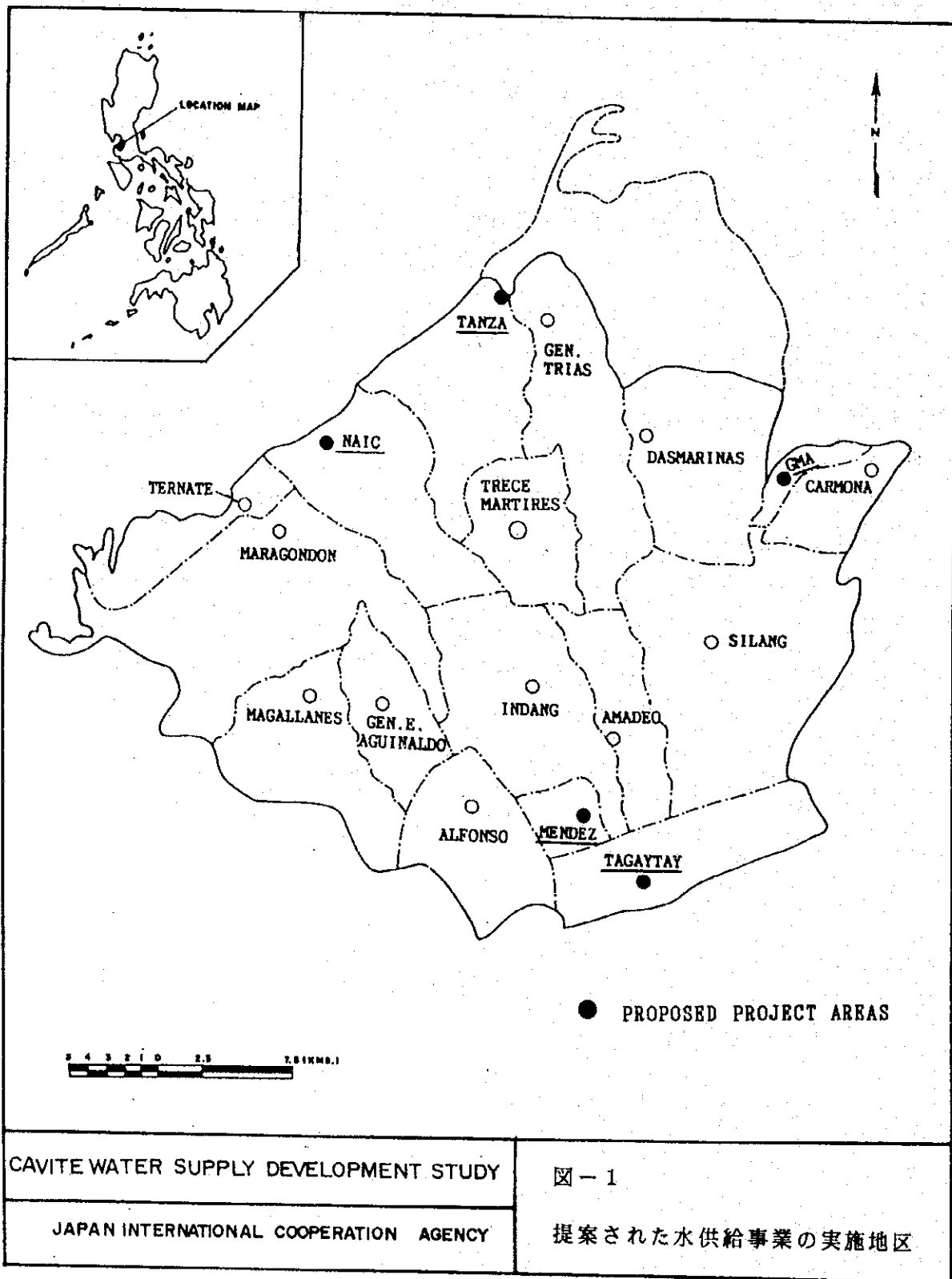


表-1 提案された水供給事業の概要

Name of WD	Description	1994	1998	2005
<i>G.M.A.</i>	A. Population			
	1) Total Population	59,343	68,771	89,025
	2) Pop. in Service Area	53,404	62,461	80,104
	3) Served Population	20,504	46,151	56,892
	B. Water Demand (cum/d)			
	1) Daily Average	3,194	7,098	9,462
	2) Daily Maximum	4,152	9,227	12,300
	3) Peak Hour	6,388	14,276	18,924
	D. Water Sources	8 wells	12 wells	12 wells
	H. Project Cost (Million Peso) (Phase I only)	-	43.26	-
<i>MENDEZ</i>	A. Population			
	1) Total Population	14,891	15,914	17,908
	2) Pop. in Service Area	7,638	11,070	15,474
	3) Peak Hour	4,121	5,385	13,848
	B. Water Demand (cum/d)			
	1) Daily Average	603	924	2,336
	2) Daily Maximum	784	1,201	3,037
	3) Peak Hour	1,206	1,848	4,672
	D. Water Sources	1 well	2 wells	2 wells
	H. Project Cost (Million Peso) (Phase I only)	-	22.65	-
<i>NAIC</i>	A. Population			
	1) Total Population	25,375	28,526	35,275
	2) Pop. in Service Area	6,910	14,488	28,354
	3) Served Population	2,950	7,002	23,003
	B. Water Demand (cum/d)			
	1) Daily Average	472	1,333	4,673
	2) Daily Maximum	614	1,733	6,075
	3) Peak Hour	944	2,666	9,346
	D. Water Sources	1 spring	2 wells	4 wells
	H. Project Cost (Million Peso) (Phase I only)	-	26.32	-
<i>TAGAYTAY CITY</i>	A. Population			
	1) Total Population	24,316	28,326	37,080
	2) Pop. in Service Area	20,695	24,118	35,936
	3) Served Population	13,270	20,590	30,377
	B. Water Demand (cum/d)			
	1) Daily Average	1,948	4,063	6,079
	2) Daily Maximum	2,532	5,282	7,903
	3) Peak Hour	3,896	8,126	12,158
	D. Water Sources	3 springs	3 springs	3 springs
	H. Project Cost (Million Peso) (Phase I only)	-	79.46	-
<i>TANZA</i>	A. Population			
	1) Total Population	37,122	42,718	54,930
	2) Pop. in Service Area	5,294	31,344	43,952
	3) Served Population	1,315	13,958	29,829
	B. Water Demand (cum/d)			
	1) Daily Average	235	2,266	5,280
	2) Daily Maximum	305	2,946	6,864
	3) Peak Hour	470	4,532	10,560
	D. Water Sources	1 well	2 wells	4 wells
	H. Project Cost (Million Peso) (Phase I only)	-	11.53	-

図ー２ 提案された水供給事業の実施スケジュール

NAME OF WD	ITEM	1996				1997				1998				1999				2000				2001			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
GMA-WD	Detailed Engineering Design Pre-Construction Construction																								
MWD	Detailed Engineering Design Pre-Construction Construction																								
NWD	Detailed Engineering Design Pre-Construction Construction																								
TC-WD	Detailed Engineering Design Pre-Construction Construction																								
TAN-WD	Detailed Engineering Design Pre-Construction Construction																								

目 次

序文

伝達状

事業計画概要

1. 序論	1
2. 調査地域の自然条件及び社会経済条件	7
3. 調査地域の水文地質条件	11
4. 水収支と地下水ポテンシャル	18
5. 揚水量と地下水位の関係	22
6. 水資源の水質	27
7. 水資源の開発と保全に関する組織及び制度	33
8. 既存の水供給システム	37
9. 水供給計画の基本方針	39
10. フィージビリティ調査対象地区の水供給計画	47
11. フィージビリティ調査対象地区の水供給事業の経済・財務評価	70
12. 水供給事業の環境影響評価	73
13. 結論と勧告	75

図－１ 提案された水供給事業の実施地区

表－１ 提案された水供給事業の概要

図－２ 提案された水供給事業の実施スケジュール

図１－１ 行政単元と水管理機関

図１－２ 調査の構成要素と要素相互の関係

表１－１ JICA調査団のメンバー

表１－２ カウンターパート技術者

図２－１ 調査地域の標高分布と水系

表２－１ 行政単元別人口及び面積（1990年）

表３－１ 調査地域の地質層序

図３－１ 水文地質図

図３－２ タール湖周辺の地形

表３－２ 調査地域の主要帯水層

図３－３ 地下水ポテンシャル図

図４－１ 調査地域全体の水収支

図４－２ 年間平均地下水位の分布

図５－１ 地下水シミュレーションの結果（ケース１）

図５－２ 地下水シミュレーションの結果（ケース２）

図５－３ 地下水シミュレーションの結果（ケース３）

図６－１ 水資源の水質型の分布

図６－２ 地下水の水質型と深度の関係

図６－３ 汚染源の分布

図６－４ 汚染指数で見た地下水の汚染状況

図７－１ 水資源の開発・管理にかかわる組織

表７－１ 地区による水道料金の違い

表８－１ 既存給水施設の概要

図 9-1 土地利用の現況

図 9-2 将来土地利用計画

表 9-1 2005年までの行政単元別人口の推移

表 9-2 2005年における行政単元別・用途別水需要量

表 10-1 ジーエムエーの水供給計画の概要

表 10-2 メンデスの水供給計画の概要

表 10-3 ナイクの水供給計画の概要

表 10-4 タガイタイの水供給計画の概要

表 10-5 タンザの水供給計画の概要

図 10-1 (a) ジーエムエーの水供給システム

図 10-1 (b) ジーエムエーの水供給システム

図 10-1 (c) ジーエムエーの水供給システム

図 10-2 メンデスの水供給システム

図 10-3 (a) ナイクの水供給システム

図 10-3 (b) ナイクの水供給システム

図 10-3 (c) ナイクの水供給システム

図 10-3 (d) ナイクの水供給システム

図 10-4 (a) タガイタイの水供給システム

図 10-4 (b) タガイタイの水供給システム

図 10-5 タンザの水供給システム

図 10-6 水供給事業の実施スケジュール

図 10-7 ジーエムエーの水需要-供給曲線

図 10-8 メンデスの水需要-供給曲線

図 10-9 ナイクの水需要-供給曲線

図 10-10 タガイタイの水需要-供給曲線

図 10-11 タンザの水需要-供給曲線

表 11-1 水供給事業の財務分析結果

表 11-2 水供給事業の経済分析結果

図 13-1 地下水ポテンシャルと2005年における水需要

表 13-1 5地区の水供給事業の概要

1. 序 論

1.1 調査の背景と目的

フィリピン共和国のカビテ州はマニラ首都圏の南側に隣接し、南シナ海に面したマニラ湾沿いの丘陵地と、その背後のタール火山外輪山の北斜面に立地している。カビテ州では、近年マニラ首都圏の拡大に伴って、海岸地帯だけでなく内陸部においても市街地の拡大や工場の進出等が急激に進んでいる。

カビテ州の水道のうち、マニラ首都圏に隣接する8自治体はマニラ首都圏上下水道公社（以下MWSSと略記）により管轄されており、現在でも地下水を主要な水源とする水道水が供給されている。いっぽう、本調査の対象地域であるMWSS管轄外の17自治体は地方水道公社（以下LWUAと略記）の管轄下であり、湧水及び地下水を水源とする水道水が供給されている。しかしながら、これら17自治体のうち、地方水利用法にもとづき水道組合（Water District）が結成されているのは7自治体のみ（事前調査実施時）で、他の7自治体では村落給水組織（Rural Water Supply Association）により水供給がなされ、残りの3自治体では水道組合及び村落給水組合のいずれも組織されていない。

フィリピン政府は1980年に国連総会で決議された「国際飲料水供給と衛生の10年」を踏まえて、「総合水供給計画1980～2000」と水供給施設及び環境衛生施設の開発と改善を目標とした水供給・衛生マスタープラン（1988～2000）を策定した。このマスタープランは2期に分けられ、第1期（1988～1992年）では、LWUA管轄の都市部での給水目標を77%、農村部での給水率目標を92%に引き上げる目標を掲げ、第2期ではさらに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めざすものとし、給水率目標を都市部で95%、農村部で93%に引き上げることを目標とした。

これにもとづき、LWUAはカビテ州内の17の管轄自治体についての予備的な水供給実態調査を行った。それによると、これらの自治体では、水源及び水供給施設が水需要に対して不十分であり、しかも現在の厳しい国家財政のもとでは水供給施設の開発・改善に必要な予算も確保できないことが指摘されている。

いっぽう、カビテ州の河川はいずれも流量が小さく、地形的にもダム等の開発には適さないために、今後増加する水需要に対しても地下水や湧水に頼らざるをえない状況である。しかし、地下水資源は量的に限られているために、これを無秩序に開発すると地下水位の異常な低下、水質悪化、地盤沈下等の様々な地下水障害を招く危険性がある。すでに、カ

ビテ市をはじめとする州北部のマニラ首都圏に隣接する地域では、工業団地や民間住宅団地が急激な勢いで進出しており、地下水の過剰な揚水による地下水位の異常な低下と、それに伴う地下水の塩水化が進行している。また、内陸部においても、都市部の拡大や工業団地の進出等により水需要が増加しており、すでに一部の地域においては地下水位が年々低下している。このほか、広い範囲にわたって地下水の水質悪化が見られ、健康障害等の問題も発生している。

このような背景から、フィリピン国政府はカビテ州内の17自治体を対象として、地下水を主な水源とする水供給計画に係わる調査を、1992年1月に日本側に要請してきた。この要請にもとづき、国際協力事業団は1993年に事前調査団を派遣し、本調査実施に係わる実施合意文書をLWUAとの間で取り交わした。

本調査の目的は次の2点にある。

(1)フィリピン国カビテ州（面積約1,427km²、人口約115万人）のうち、LWUAが管轄する17自治体（面積約1,241km²、人口約70万人）を対象として、地下水を主な水源とする水供給計画にかかるフィージビリティ調査（目標年次：2005年）を実施する。

(2)本調査を通じ、フィリピン側カウンターパートに技術移転を行う。

1.2 調査対象地域

調査対象地域となる17自治体は15の町と2つの市から成り、それらの位置は図1-1に示すとおりである。

(1)ダスマリナス (Dasmariñas)、(2)インダン (Indang)、(3)ジーエムエー (Gen. Mariano Alvarez = G.M.A.)、(4)メンドス (Mendez)、(5)シラン (Silang)、(6)タンザ (Tanza)、(7)タガイタイ (Tagaytay City)、(8)アマデオ (Amadeo)、(9)マガリャネス (Magallanes)、(10)マラゴンドン (Maragondon)、(11)テルナテ (Ternate)、(12)アルフォンソ (Alfonso)、(13)ナイク (Naic)、(14)アギナルド (Gen. E. Aguinaldo)、(15)カルモナ (Carmona)、(16)トレスマルチレス (Trece Martirez City)、(17)トリアス (Gen. Trias)

1.3 調査の構成要素と要素相互の関係

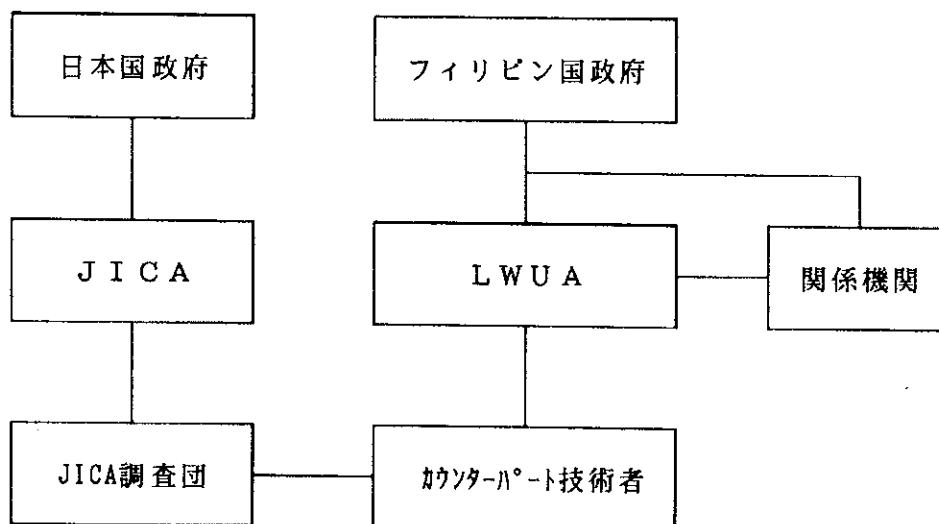
本調査は、調査地域全体を対象とする基本調査と、基本調査の結果にもとずいて選定された5地区を対象とするフィージビリティ調査から成る。調査の構成要素と要素相互の関係は図1-2に示すとおりである。

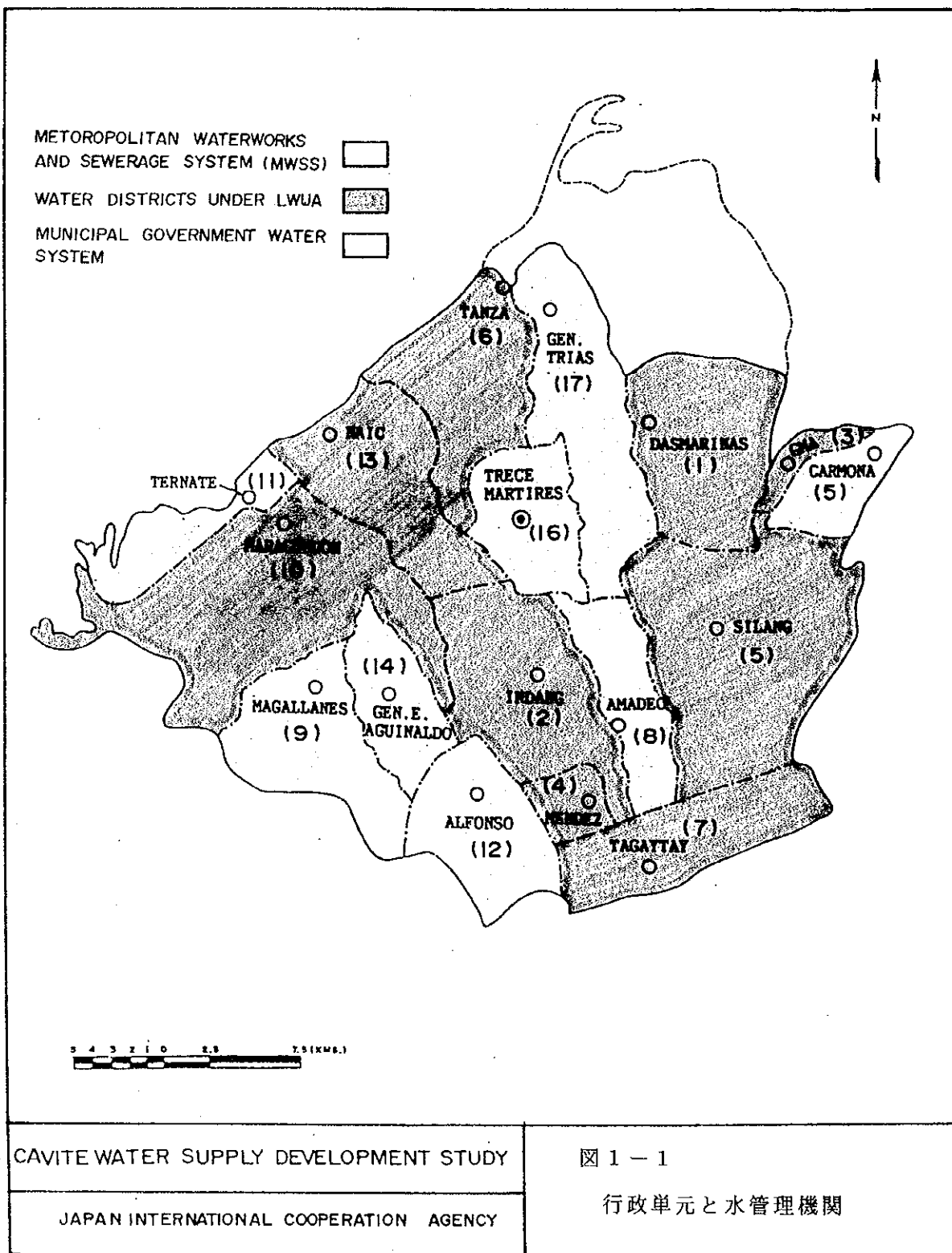
1.4 調査工程

本調査は1994年（平成6年）3月に開始され、1995年（平成7年）4月に完了した。調査は2期に分けられ、フェーズⅠ（1994年3月～同年7月）では調査地域全体を対象とした基礎調査が、フェーズⅡ（1994年8月～1995年4月）では選定された5地区を対象としたフィージビリティ調査が実施された。

1.5 調査組織

本調査は、国際航業株式会社と日本上下水道設計株式会社の技術者から成るJICA調査団にカウンターパート機関であるLWUA所属の技術者が協力するという形で実施された。JICA、JICA調査団、LWUAカウンターパート技術者の関係は下図に示すとおりである。また、JICA調査団の団員及びLWUAカウンターパート技術者は表1-1及び1-2に示すとおりである。





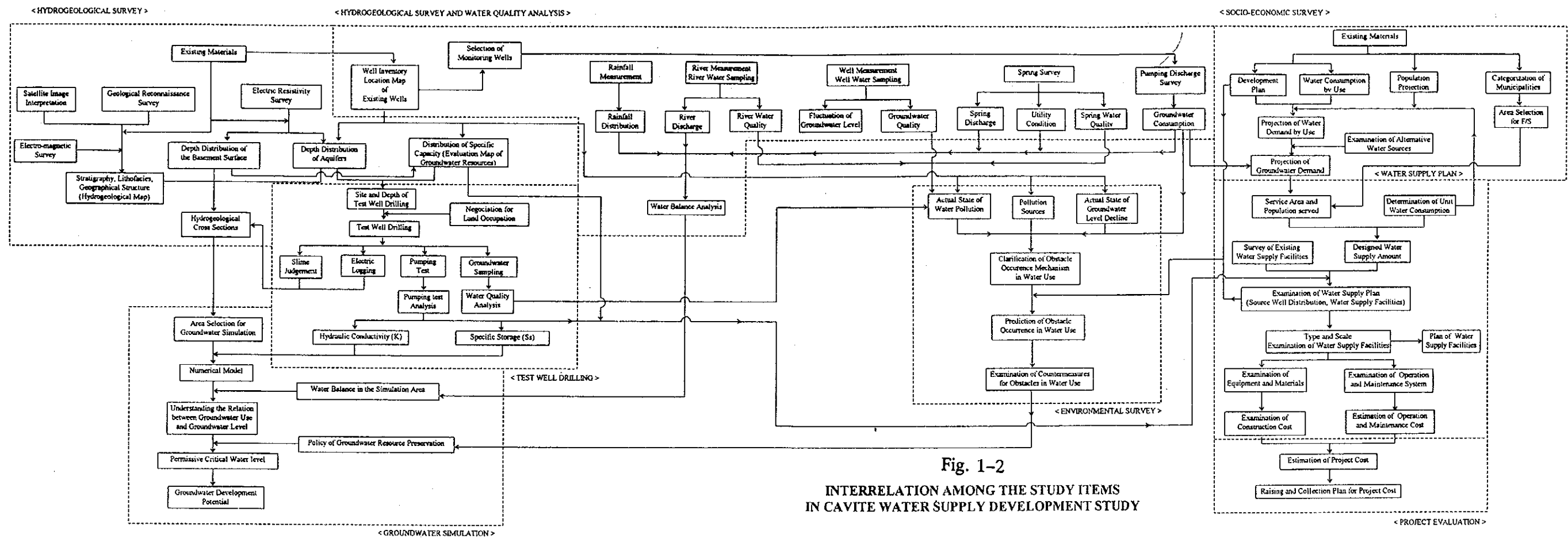


Fig. 1-2
INTERRELATION AMONG THE STUDY ITEMS
IN CAVITE WATER SUPPLY DEVELOPMENT STUDY

表1-1 JICA調査団メンバー

氏 名	担 当	所 属
杉 山 明	総括	国際航業株式会社
新 井 節	水文地質	国際航業株式会社
REYNALDO REAL MEDINA	水文・水質	国際航業株式会社
高 柳 建 二	物探	日本上下水道設計株式会社
堤 光 雄	さく井監督	日本上下水道設計株式会社
雷 沛 豊	環境	国際航業株式会社
菊 田 龍 之	給水計画	日本上下水道設計株式会社
藤 川 学	社会・経済	日本上下水道設計株式会社
ANDREW DORMAN	業務調整	国際航業株式会社
大 森 広 寿	業務調整	国際航業株式会社

表1-2 カウンターパート技術者

氏 名	担 当	所 属
CIRIO ERNANI CRUZ	代表・水文地質	LWUA
ROLAND TAN	給水施設	LWUA
ARISTOTLE DOCTOR	物探	LWUA
ELI CRUZ	井戸掘削・揚水試験	LWUA
FELIX DEL CASTILLO	給水計画	LWUA
EFRREN PEREZ	業務調整	LWUA

2. 調査地域の自然条件及び社会経済条件

2.1 自然条件

図2-1が示すように、調査地域は地形的特徴から、中央部・西部・東部の3地区に区分できる。中央部地区は調査地域の約70%を占め、標高600m以上あるタガイタイ山脈から北西方向に傾斜する広大な斜面を形成している。西部地区は600m以上の山々を中心とした複雑な地形を有し、斜面の傾斜も他の2地区より大きい。東部地区では、中央部地区と異なり斜面は北東に傾斜している。

主要河川としては、マラゴンドン川、サンジュアン川、カナス川、イランイラン川、イムス川等があるが、流域面積は最大のものでも300km²を越えない。

調査地域は熱帯モンスーン気候区に属し、5月～10月が雨季、11月～4月が乾期である。年降雨量は、海岸地区では2,000mm、斜面上部では3,800mmで、標高の高い地区ほど多い。

月平均気温は最低で20℃、最高で35℃、年平均気温は25℃である。

開発にともなう伐採により、一次林としての熱帯多雨林は調査地域全面積の10%以下を占めるに過ぎず、果樹園を含む農地がその7倍の面積を占めている。標高100m以下の低地には水田が、それより標高の高い地域にはさとうきび、コーヒー、バナナ、パイナップル等の畑地が広がっている。

2.2 社会経済条件

表2-1に示すように、調査地域の1990年の人口は696,000人、1980年から1990年の間の人口増加率は年4.5%である。都市人口は、1980年には全人口の約40%であったが、1990年には約60%に増加している。

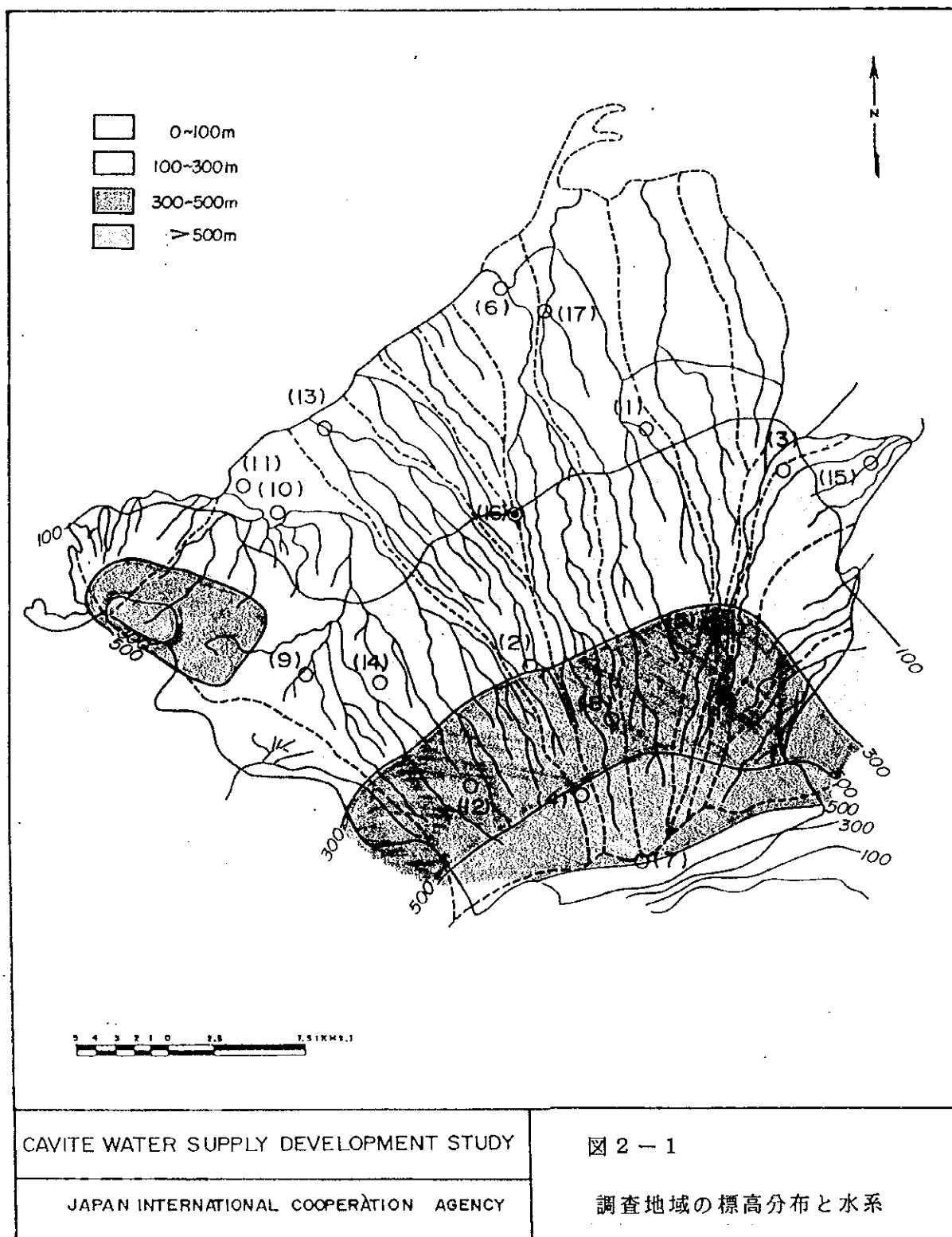
2000年の人口は調査地域全体で1,124,000人に達すると予測されており、工業地帯に沿うダスマリナス、シラン、カルモナ、トレスマルチレスでとくに増加率が大きい。

調査地域内の大部分の市町では、まだ農業・漁業が産業の中心となっているが、カルモナ、ダスマリナスなど東部の市町では近年、製造業・サービス業の比重が大きくなっている。

カビテ州の土地利用状況は、1990年時点では、74%が農地、15%が市街地となっている。

水道サービスのレベルは、フィリピン政府により、点水源のレベルⅠ、共同水栓のレベルⅡ、各戸水栓のレベルⅢの3階級に区分されており、カビテ州の場合は、レベルⅠのサービスを受けている家庭が市街地でも35%以下である。

調査地域には公共の下水処理システムはない。浄化槽による処理人口は13%程度と見積られているが、浄化槽は機能が低いうえに維持管理が不十分で処理効果は極めて低い。また、埋立以外の固体廃棄物処理施設もなく、河川等へのゴミの不法投棄が目立つ。このような状況から、調査地域内では河川の汚れが目立つ。



CAVITE WATER SUPPLY DEVELOPMENT STUDY

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 2 - 1

調査地域の標高分布と水系

表 2 - 1 行政单元别人口及び面積 (1990年)

No. City/Municipality	Area Size (ha)	Population (1990)			Urban pop./		Population Density per ha
		Total	Urban pop.	Rural pop.	Rural pop.	Urban pop.	
1 Dasmariñas	8,234	136,556	136,486	0	-	-	16.58
2 Indang	8,920	39,294	7,000	32,227	0.22	0.22	4.41
3 G. M. A.	938	65,977	65,973	0	-	-	70.34
4 Mendez	1,667	17,652	17,651	0	-	-	10.59
5 Silang	15,641	93,790	52,035	41,603	1.25	1.25	6.00
6 Tanza	9,630	61,785	37,147	24,607	1.51	1.51	6.42
7 Tagaytay City	6,615	23,739	9,230	13,764	0.67	0.67	3.59
8 Amadeo	4,790	21,022	6,793	14,220	0.48	0.48	4.39
9 Magallanes	7,860	12,556	2,047	10,503	0.19	0.19	1.60
10 Maragondon	16,549	22,814	4,546	18,263	0.25	0.25	1.38
11 Ternate	4,350	11,981	5,351	6,614	0.81	0.81	2.75
12 Alfonso	6,460	28,944	6,795	22,150	0.31	0.31	4.48
13 Naic	8,600	51,629	19,992	31,570	0.63	0.63	6.00
14 Gen. Aguinaldo	5,103	10,954	3,712	7,242	0.51	0.51	2.15
15 Carmona	3,092	28,247	22,339	5,894	3.79	3.79	9.14
16 Trece Martirez City	3,917	15,686	5,623	9,346	0.60	0.60	4.00
17 Gen. Trias	11,768	52,888	19,370	33,472	0.58	0.58	4.49
Study Area Total	124,134	695,514	422,090	271,475	1.55	1.55	5.60

Sources:

- (1) Provincial of Cavite Water Supply, Sewerage and Sanitation Development Plan 1990-2000
- (2) 1990 Census of Population and Housing, Socio-Economic and Demographic Characteristics, NSO

Note: Total population is not equal to the sum of the urban and rural population.

3. 調査地域の水文地質条件

3.1 調査方法と調査数量

調査地域の水文地質構造を明かにするために、既存の地形図・地質図・地質情報を有する井戸データの収集（166本）、現地地質踏査、衛星画像・空中写真の解析、物理探査、試掘調査（4本、掘削総深度750m）を行った。

3.2 層序

主としてタガイタイ南側の比高の大きな崖で連続的に見られる地層の累重状況と試掘調査の結果から確立した地質層序を表3-1に示す。各層の主要な岩相はこの表に記載されている。

カルーカン層（Caloocan F.）より下位の地層は調査地域では帯水層として利用されていないので、表3-1では一括して”基盤”とされている。基盤を覆う地層は下位からカルーカン層、タリセイ層（Talisay F.）、カイクブトン層（Kaybubutong F.）、イルーヒン層（Iruhin F.）、スンガイ層（Sungai F.）に区分され、その大部分は更新統と考えられている。図3-1に調査地域の水文地質図を示す。

3.3 地質構造と地質構造発達史

電気探査の結果によると、調査地域とラグナ湖（Laguna de Bay）周辺の低地は南北方向の断層により境されていて、これはマニラ市の東縁に沿って南北方向に100km以上にわたって追跡されるマリキナ断層（Marikina Fault）の延長部と考えられる。タガイタイ山脈南側の崖には東西方向の断層の発達することが電磁探査により確認されている。

図3-2に示されているタール湖（Taal lake）周辺の地形的特徴と現地地質踏査の結果から、調査地域の中央部を占めるカピテ斜面は成層火山の初生的山腹ではなく、南北方向のマリキナ断層とタガイタイ山脈南側の崖に発達する東西方向の断層によって境された地塊が南上がりの傾動運動をすることにより形成された構造的斜面であると考えられる。

3.4 帯水層の水文地質的特性

調査地域の帯水層は表 3-2 に示すように上部・中部・下部の 3 層準に区分することができる。

下部帯水層はタリセイ層を構成する礫を含む粗粒砂岩層または中粒砂岩層で、主として標高が 50m 以下の地域で利用されている。

中部帯水層はカイズブトン層の下部に挟まれている礫岩層または粗粒砂岩層で、主として標高が 50～200m の地域で利用されている。

上部帯水層はカイズブトン層の中部に挟まれているスコリア、火山礫または溶岩から成る層で、主として標高 200m 以上の地域で利用されている。

既存井戸の比湧出量から作成した地下水ポテンシャル図を図 3-3 に示す。標高の低い地域では比湧出量は一般に 0.5 lps/m 以上あるが、標高が高い地域では 0.5 lps/m 以下である。

表 3 - 1 調査地域の地質層序

GEOLOGIC AGE			FORMATION	LITHOLOGY	HYDROGEOLOGICAL CLASSIFICATION	BMGS (1962)			
ERA PERIOD	EPOCH	AGE							
CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE	ALLUVIUM	Clay, Sand, Gravel Talus, Terrace Deposits					
			Mt. Sungay Lava	Andesite Lava	Upper Aquifer	Taal Tuff			
		Iruh-in Formation	Pisolite tuff, silt, Pumice tuff						
		Kaybubutong Formation(Upper)	Tuffaceous Sand-silt, pumice, scoria						
		Kaybubutong Formation(Middle)	Andesite lava, Mud flow						
		Kaybubutong Formation(Lower)	Gravel and sand, scoria						
		PLEISTOCENE	EARLY	Tsilisay Formation	Tuffaceous Sand-silt Gravel and sand, Tuffaceous	Middle Aquifer	Guadalupe Formation		
				Caloocan Formation	Tuffaceous Shale-sandstone Conglomerate			Lower Aquifer	Lobo Agglomerate
					Gravel and sand, Lava				
		PLIOCENE	LATE	BASEMENT	Sand Stone, Shale Limestone	Impermeable layers	Pinamucan Formation Mapulo Limestone		
	Andesite Lava Pyroclastic Rock, Tuff Sandstone								
	EARLY								
	MIOCENE	LATE			Talahib Andesite				
MIDDLE			Dagatan Wacke						

図 3-1 水文地質図

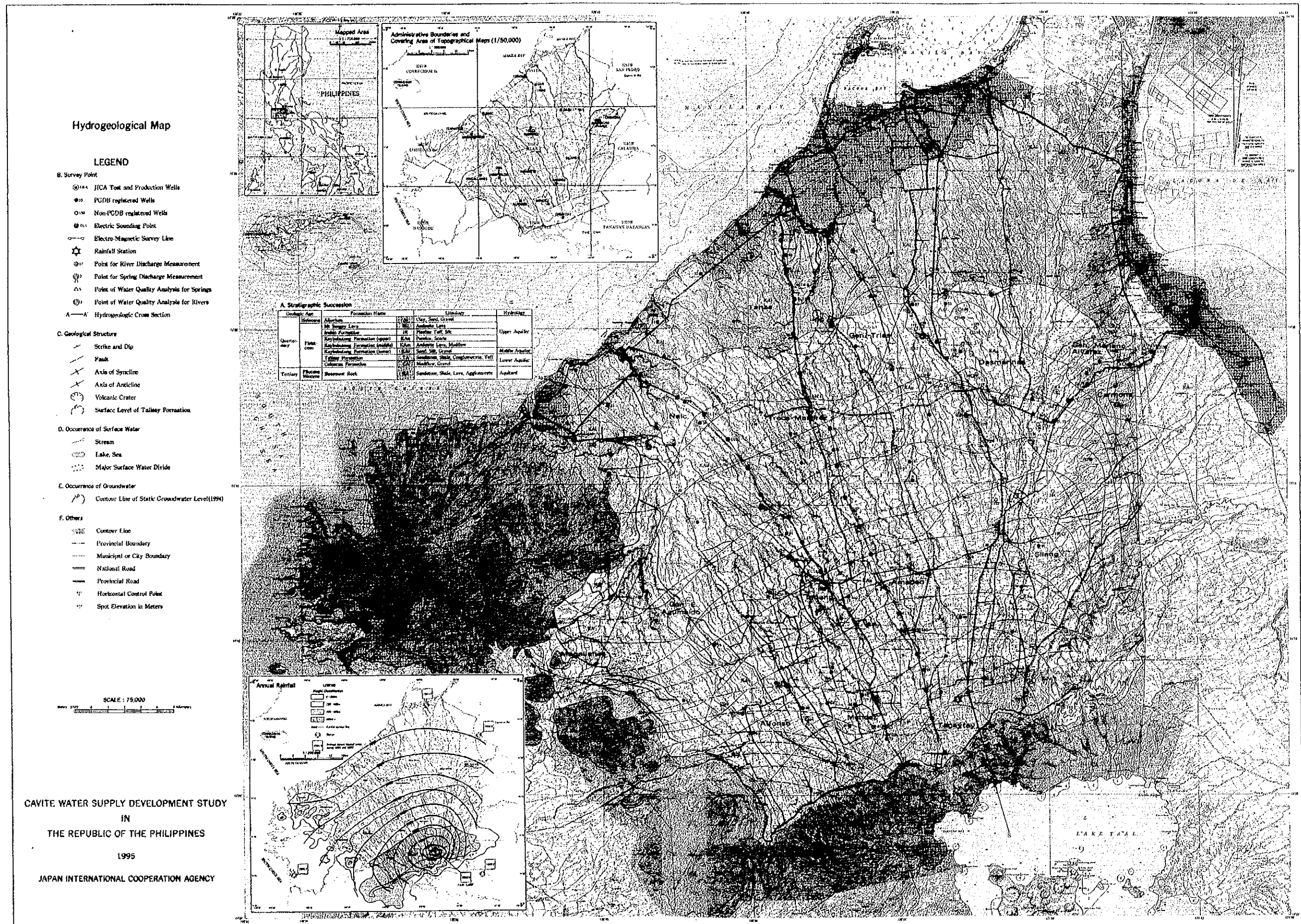
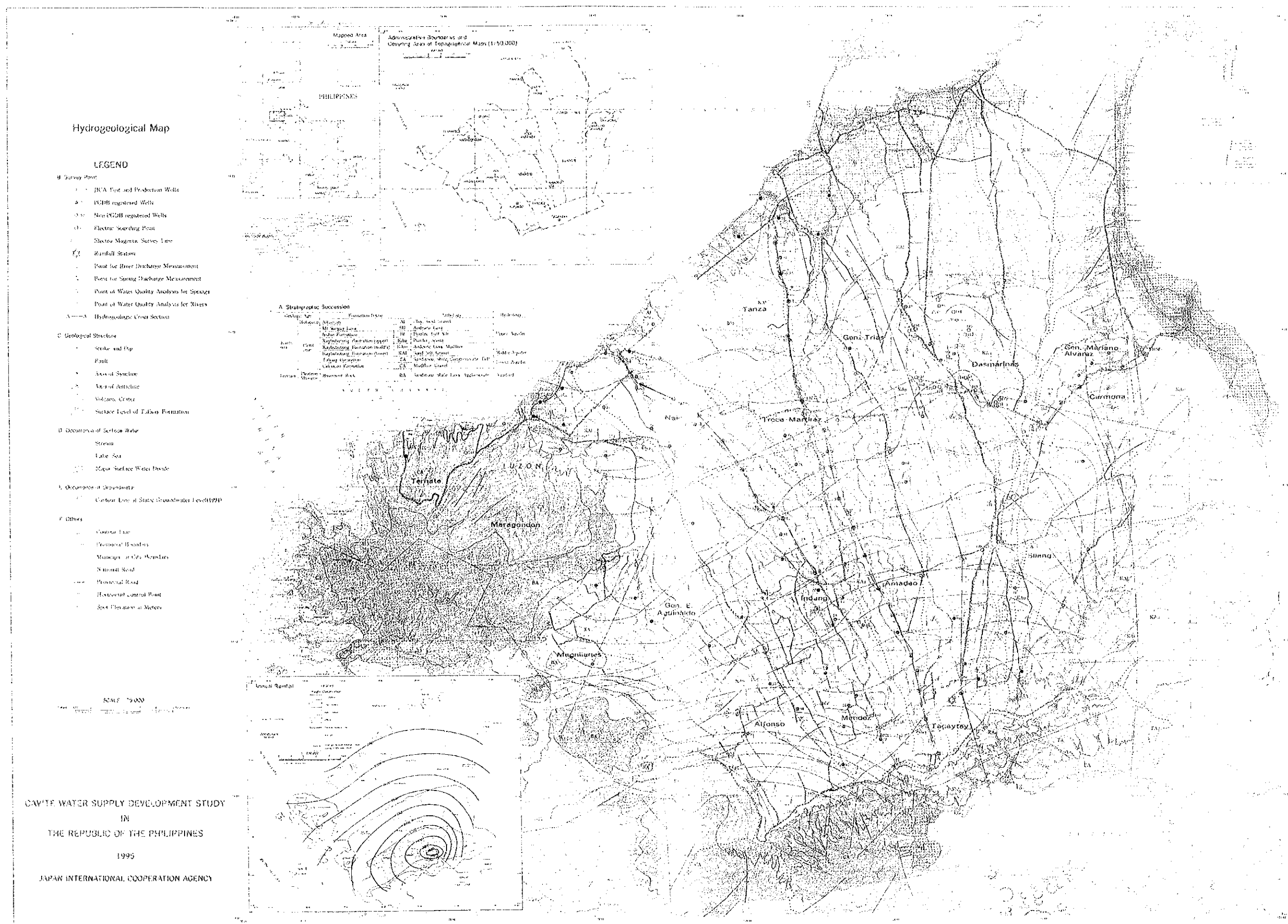


圖 3-1 水文地質圖



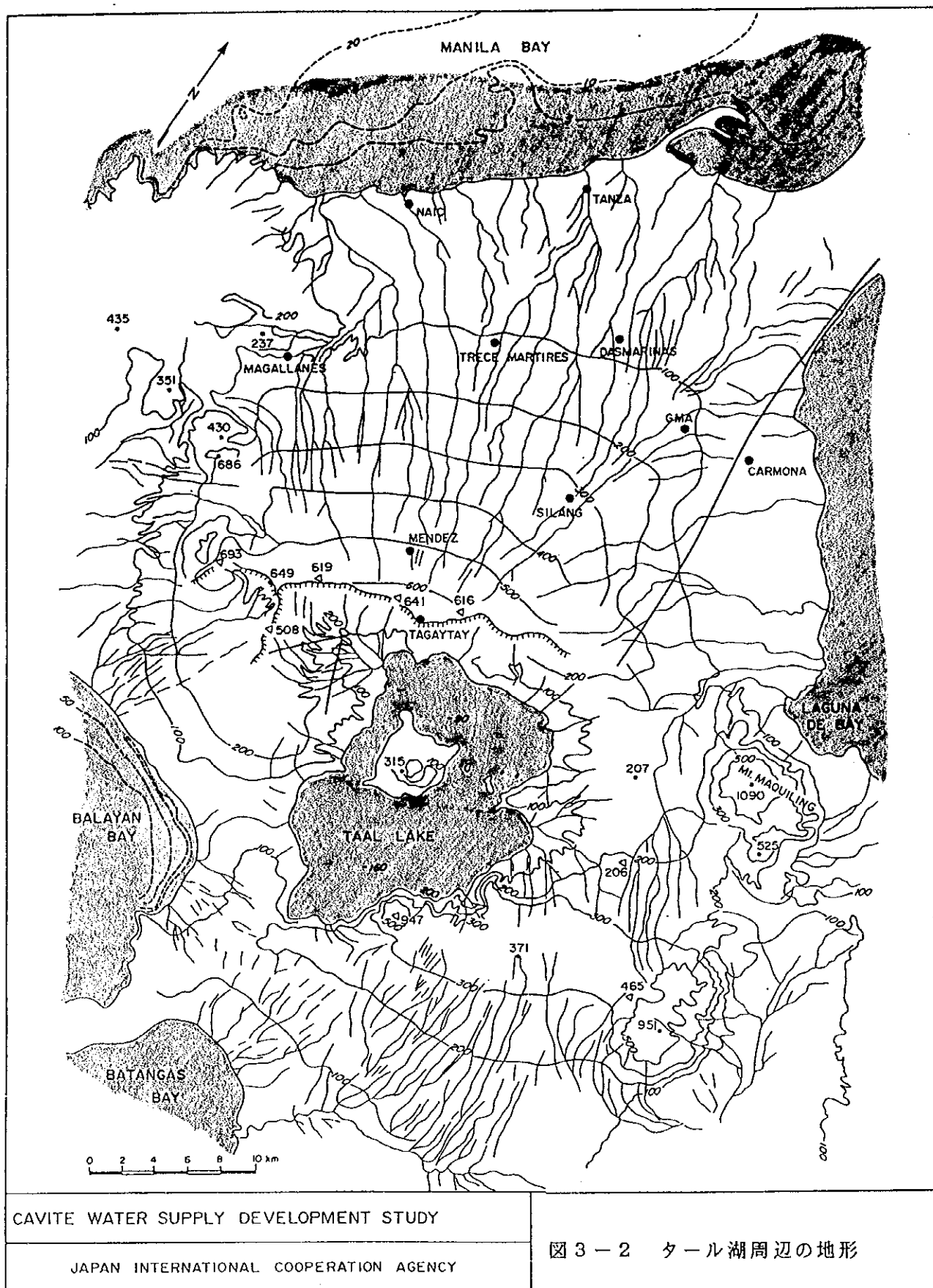


表 3 - 2 調査地域の主要帯水層

	Stratigraphic Horizon	Lithology	Sc (1/s/m)	T (cm ² /s)	Temperature (°C)	Conductivity (μ s/cm)	Resistivity (ohm-m)	Test Well
Upper Aquifer	Middle horizon of Kaybubutong Formation	Scoria, Tuff, Volcanic Conglomerate lava	0.84	15.30	24.5	272	100~180	Mendez
Middle Aquifer	Lower horizon of Kaybubutong Formation	Conglomerate ~ Coarse sand	1.60 1.007	36.0 34.0	29.5 26.5	450 370	20~60 20~40	Tanza G.M.A
Lower Aquifer	Talisay Formation	Coarse sandstone with gravel ~ Medium Sandstone	1.05	22.2	30.2	510	30~50	Naic

図3-3 地下水ポテンシャル図

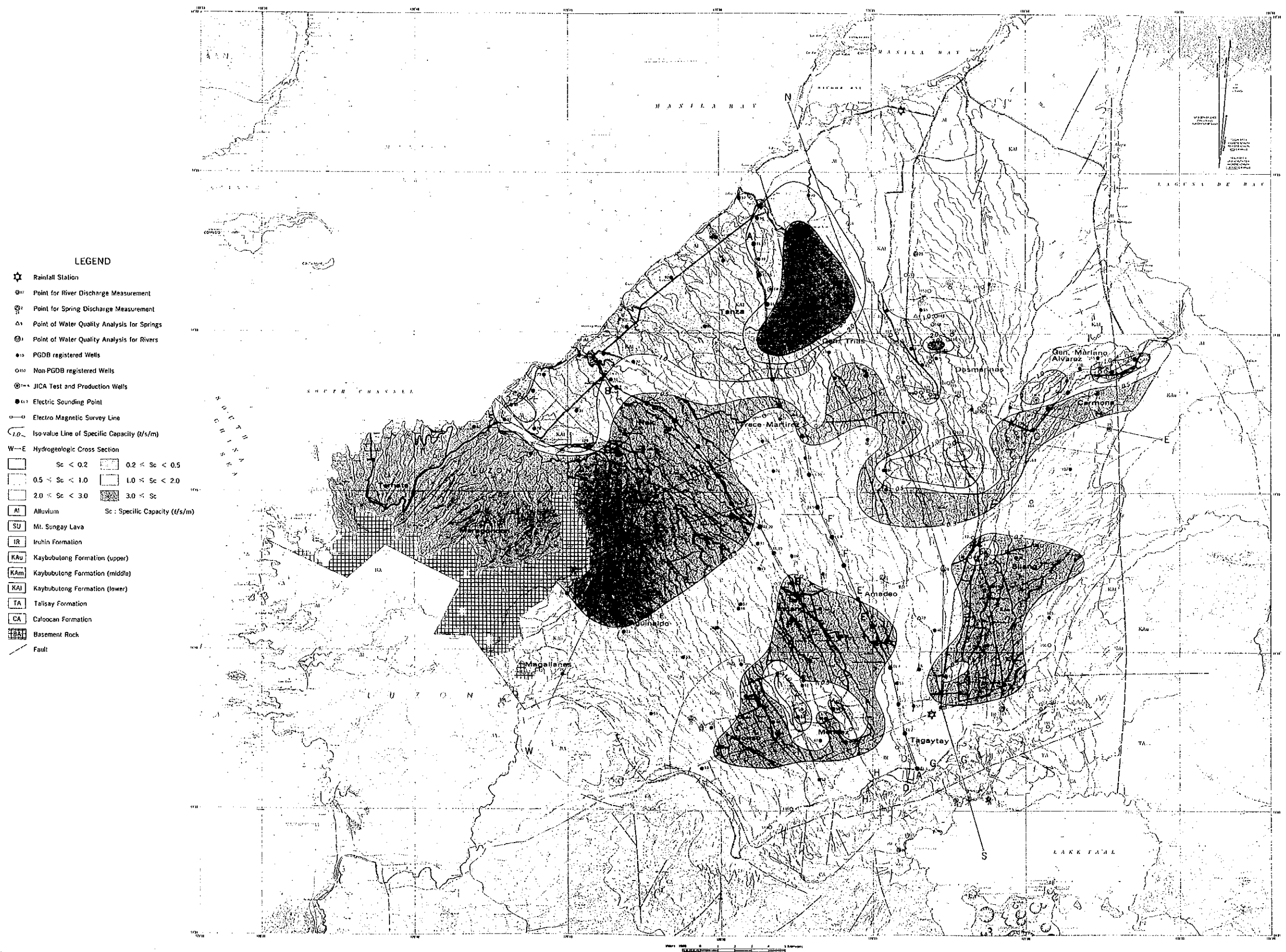


図3-3 地下水ポテンシャル図



4. 水収支と地下水ポテンシャル

4.1 水収支の計算方法

水収支は一般に次式で表現できる。

$$P = Et + R + O + \Delta G + \Delta S + I + M$$

P：降雨量、Et：蒸発散量、R：表面流出量、O：地下水揚水量、
ΔG：地下水貯留量の増分、ΔS：土壌水の増分、I：河川からの取水量、
M：人為的な地下水涵養量

このうち、Pは調査地域内及び周辺に分布する7ヶ所の気象観測所のデータから、Rは本調査で実施された合計30地点における流量観測の結果をもとに算出した。なお、調査地域内には多数の湧泉があるので、このうちの20については流量を測定した。

また、Oは今回作成した井戸台帳と揚水量調査から求めた。井戸台帳には、すでにフィリピン地下水データバンク（PGDB）に登録されている150本と、今回新たに調査した81本の深井戸の水文地質及び水文データを登録した。

このほか、地下水シミュレーションに必要な地下水位のデータを得るために、20本の深井戸について乾季と雨季にそれぞれ1度ずつ、水位の一斉観測を行った。また、シミュレーション対象地区内に分布する5本の深井戸に自記水位計を設置して1994年6月～11月の6ヶ月間、水位を連続観測した。

4.2 調査地域の水収支

図4-1は調査地域全体についての水収支の計算結果である。調査地域の年間平均降雨量は2,505mmで、その4.6%（580 lps）が湧水として流出している。河川による表面流出量は年間平均1,082mmで、その70%は雨季に、30%は乾季に流出する。蒸発散量は年間平均931mmである。また、現状における地下水の年間揚水量は 32.573×10^6 cumと見積られる。

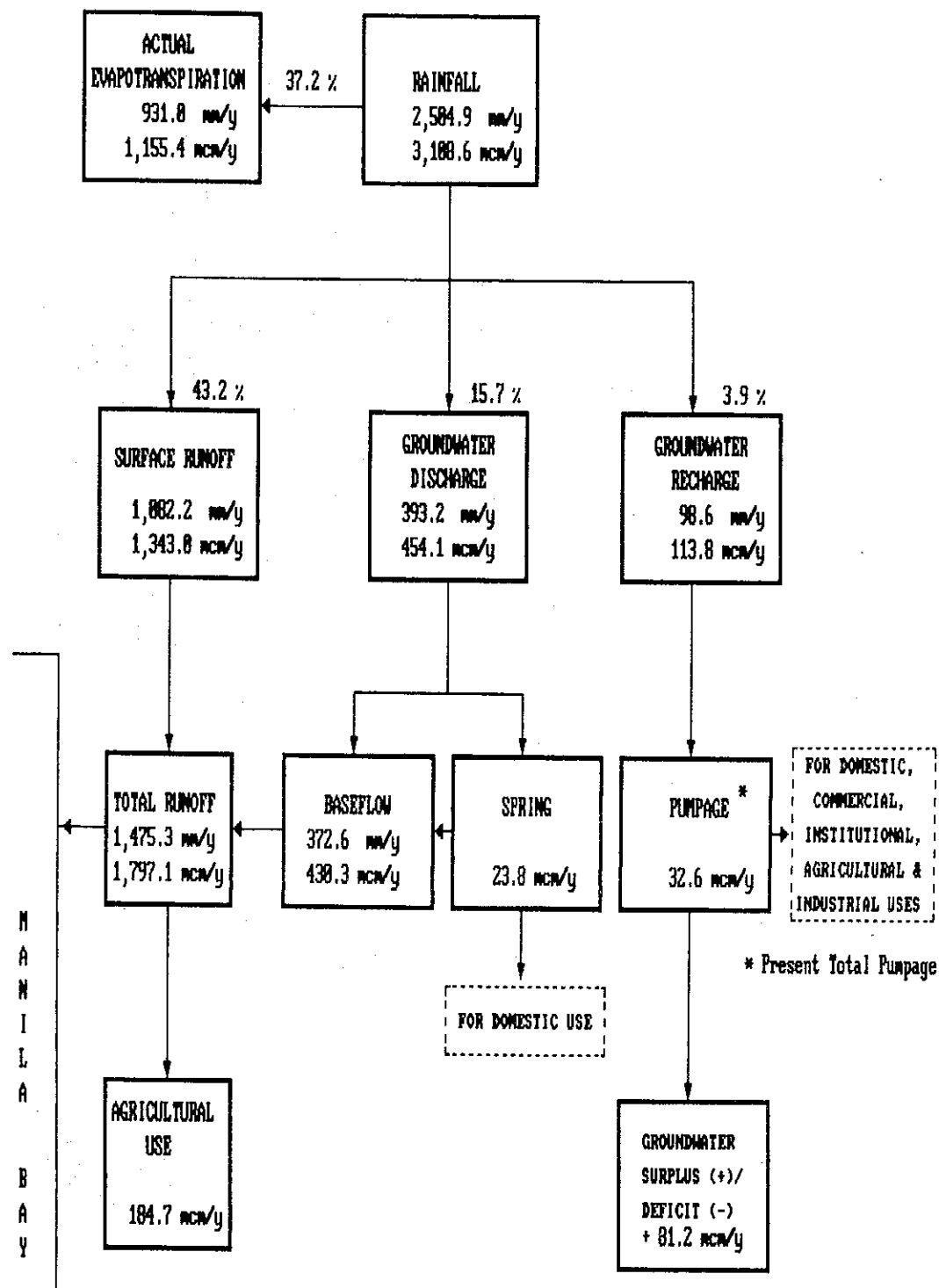
このような結果から、調査地域では年間降雨量の37.2%が蒸発散により、43.2%が河川水として、15.7%が流出地下水として失われ、3.9%のみが涵養地下水として帯水層中に貯留

される。そして、現時点では涵養された地下水の約33%が人間の活動に利用されている。

4.3 地下水位と地下水ポテンシャル

図4-2は前項で述べた一斉観測の結果にもとずいて作成した調査地域の年間平均地下水位を示している。地下水面の形状は全体として地形面に調和し、地下水位はタガイタイ、メンデス、アルフォンソではMSL上450m前後、タンザ、マラゴンドン、トレスマルチレスではMSL上50m前後である。

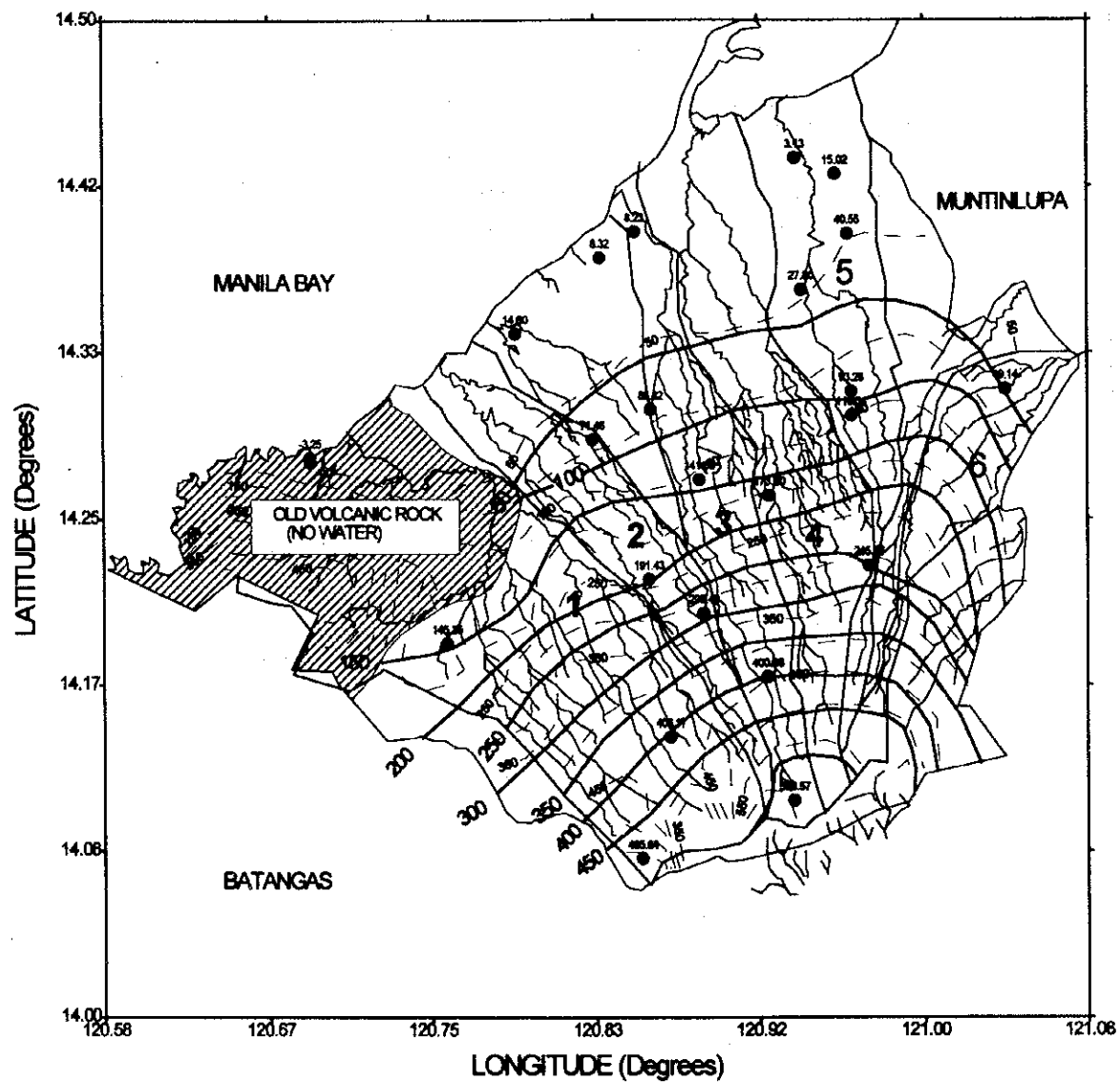
アルフォンソの南部では雨季には乾季より地下水位が7.5mも高くなるが、シラン、ダスマリナス、タンザ、イムスでは過剰揚水により地下水位は連続的に低下している。



CAVITE WATER SUPPLY DEVELOPMENT STUDY

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 4 - 1 調査地域全体の水収支



CAVITE WATER SUPPLY DEVELOPMENT STUDY

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

☒ 4 - 2

年間平均地下水位の分布

5. 揚水量と地下水位の関係

5.1 地下水シミュレーションの目的

調査地域の開発にともなって地下水の揚水量が増大し、それが涵養量を越えると地下水位の低下を引き起こし、必要な水量が確保できなくなったり、既存の井戸が使用不能になる可能性がある。このような事態を避けるためには、予め調査地域の地下水利用と地下水位変動の関係を明かにし、将来の需要量に対する地下水位を予測しておく必要がある。このために地下水位の数値シミュレーションを実施した。

5.2 地下水シミュレーションの対象地域

地下水シミュレーションの対象地域としては、すでに過剰揚水により地下水位の低下が目立っているサンジュアン川流域を選定した。この流域の面積は155km²で、タガイタイ、シラン、ダスマリナス、トリアスが含まれている。

5.3 地下水シミュレーションの方法

地下水シミュレーションには米国地質調査所が開発した三次元有限要素モデルであるMODFLOWを使用した。

5.4 モデルと境界条件

シミュレーション対象地域はサンジュアン川流域であるが、その境界付近での計算精度を上げるために計算領域はこれよりも広くとった。計算格子は1kmx1kmを基本とし、流域外ではこれより粗くした。計算格子の数は合計で3,483である。

主要帯水層が3層あることからモデルは3層構造とし、計算領域は主要帯水層の分布を考慮して3つのゾーンに区分した。上部帯水層（不圧層）はゾーン1・2に、中部帯水はゾーン2・3に、下部帯水層はゾーン1・2に分布する。

各帯水層の境界条件は水文地質情報から設定した。

5.5 帯水層パラメータ

MODFLOWでは各層の上面と基底の標高、帯水層としての性格、空隙率、比貯留量、透水率、鉛直透水率、初期水位、涵養率を与える必要があるため、これを水文地質調査、試掘調査、井戸台帳調査等の結果から設定した。

5.6 モデルの検証

モデルの妥当性は、まず、涵養も揚水もないという条件で10年間の静水位を計算し、これと一斉水位観測の結果を比較した。次に、1994年の1月～12月の涵養量と揚水量を入力して水位を計算し、これと同期間の水位連続観測の結果を比較することにより検討した。この間、帯水層パラメータは一定とし、境界条件のみを調整した。

5.7 将来揚水量と地下水位変動の関係についての検討

将来地下水位は、1993年以後の年間水需要量をモデルに入力することにより年平均値として算出した。計算は以下の3ケースについて行った。

ケース1：生活用水・工業用水・商業及び公共用水の需要を地下水で賄い、その量は1993年から2005年まで直線的に変化すると仮定した場合。

ケース2：1996年以後、工業用水需要量は1995年の値を維持するが、その他の条件はケース1と同じと仮定した場合。

ケース3：1996年以後、工業用水需要の中心はカルモナートレスマルチレス-ナイクを結ぶ道路に沿ってトレスマルチレス方向へ移動するが、その他の条件はケース1と同じと仮定した場合。

以上3ケースの計算結果を図5-1、5-2、5-3に示す。ケース1では、2005年までに上部帯水層で10m、中部及び下部帯水層では50mも低下する。ケース2では上部帯水層の水位低下はケース1と同程度であるが、中・下部帯水層の水位低下は15～35mにとどまる。ケース3ではケース1に比べて中・下部帯水層の水位低下の範囲が南部で拡大し、低下量もやや少なくなるが、北部では大きな違いは認められない。

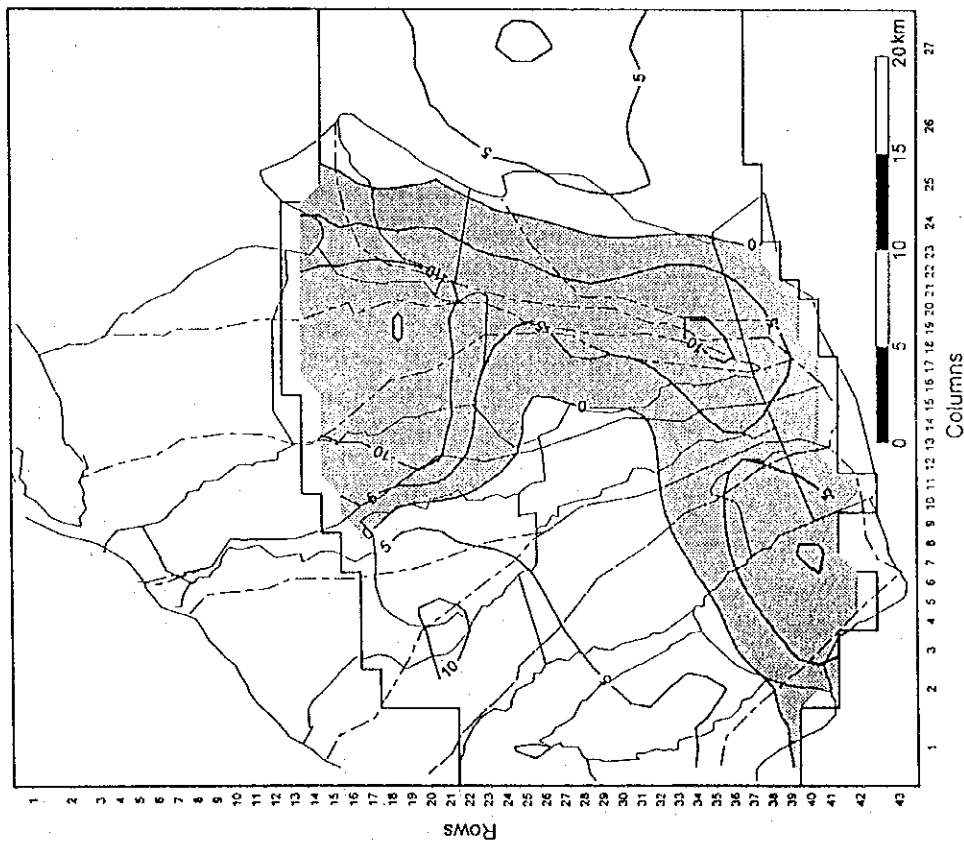


図5-1 (a) 地下水シミュレーションの結果 (ケース1)

CAVITE WATER SUPPLY DEVELOPMENT STUDY

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) KOKUSAI KOGYO CO., LTD.

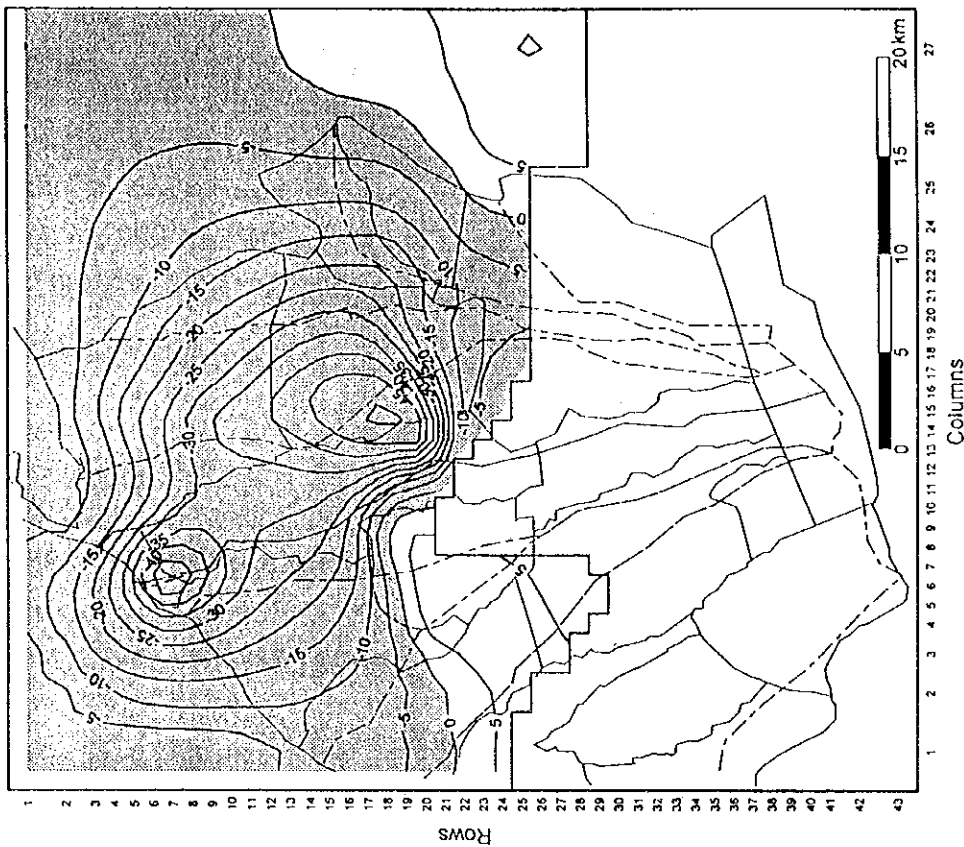
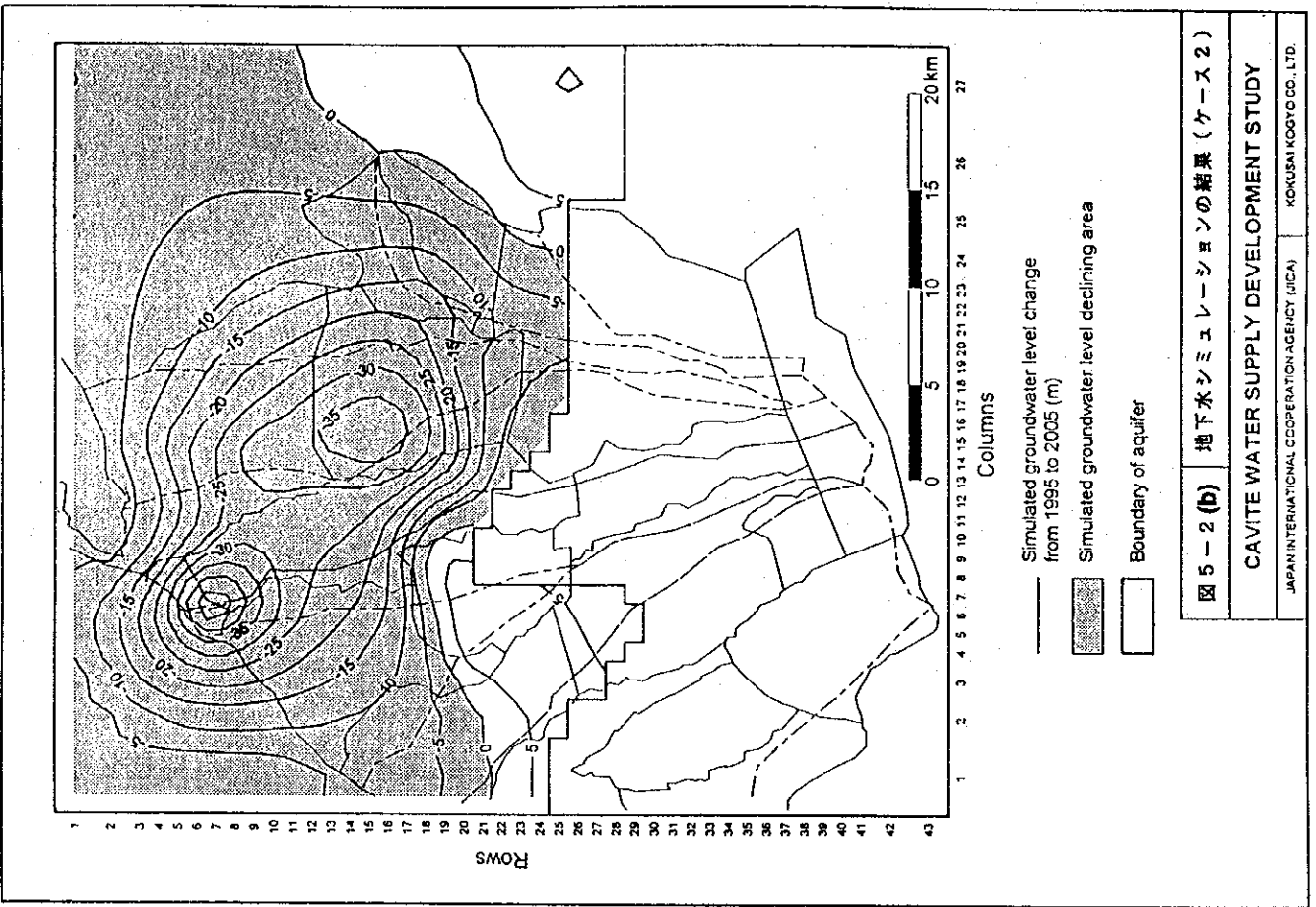
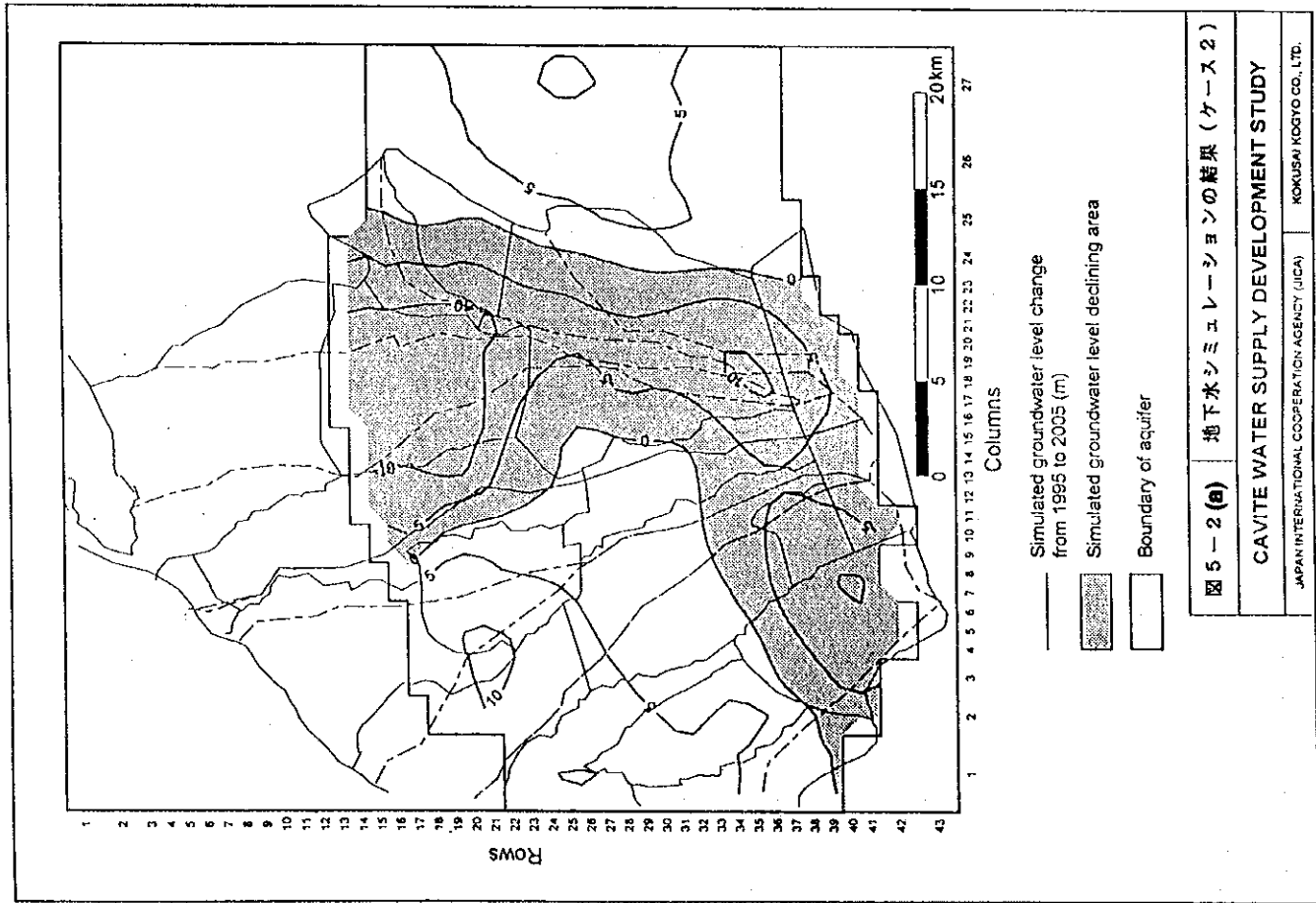


図5-1 (b) 地下水シミュレーションの結果 (ケース1)

CAVITE WATER SUPPLY DEVELOPMENT STUDY

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) KOKUSAI KOGYO CO., LTD.



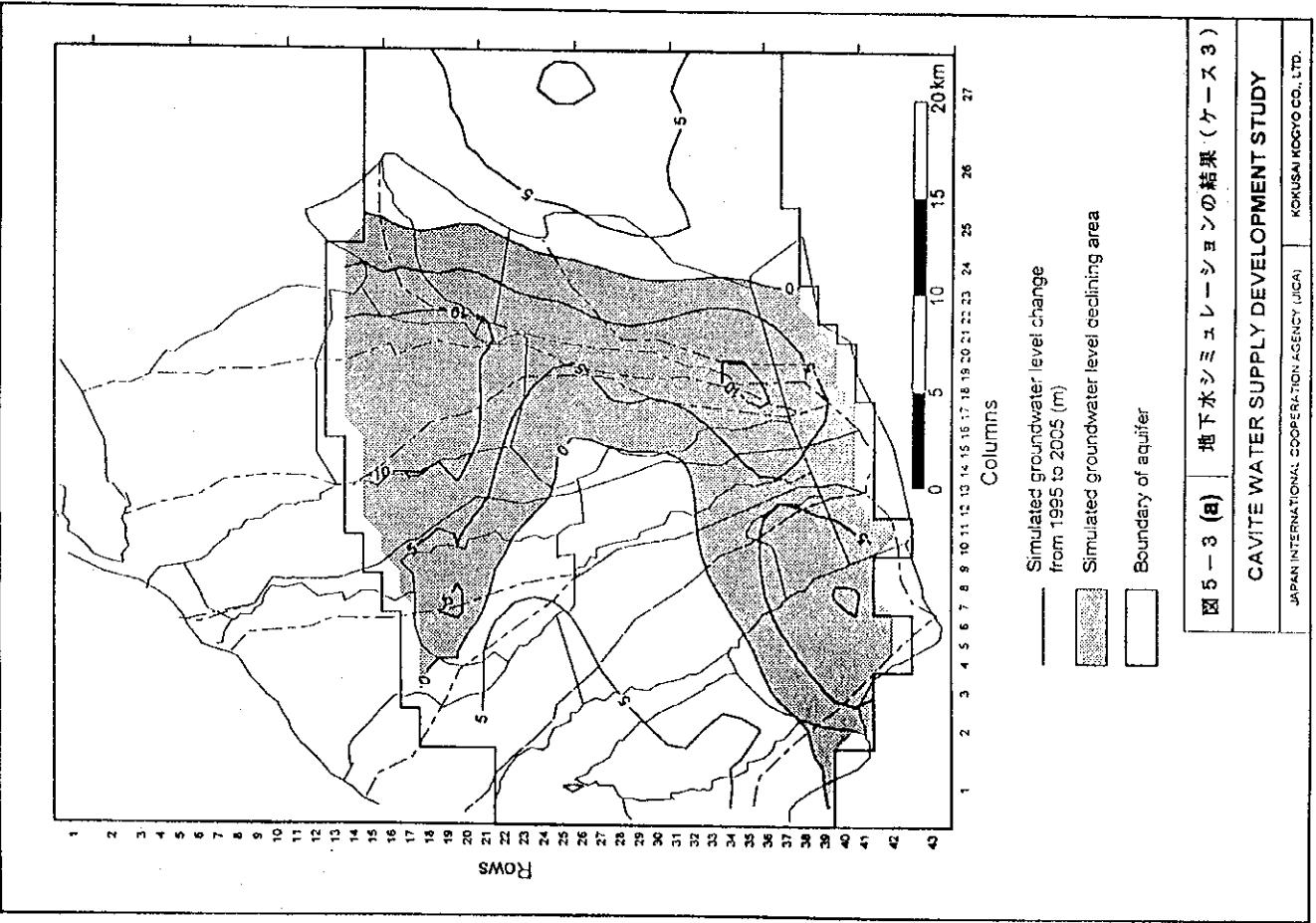


図 5-3 (a) 地下水シミュレーションの結果 (ケース 3)

CAVITE WATER SUPPLY DEVELOPMENT STUDY

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) KOKUSAI KOGYO CO., LTD.

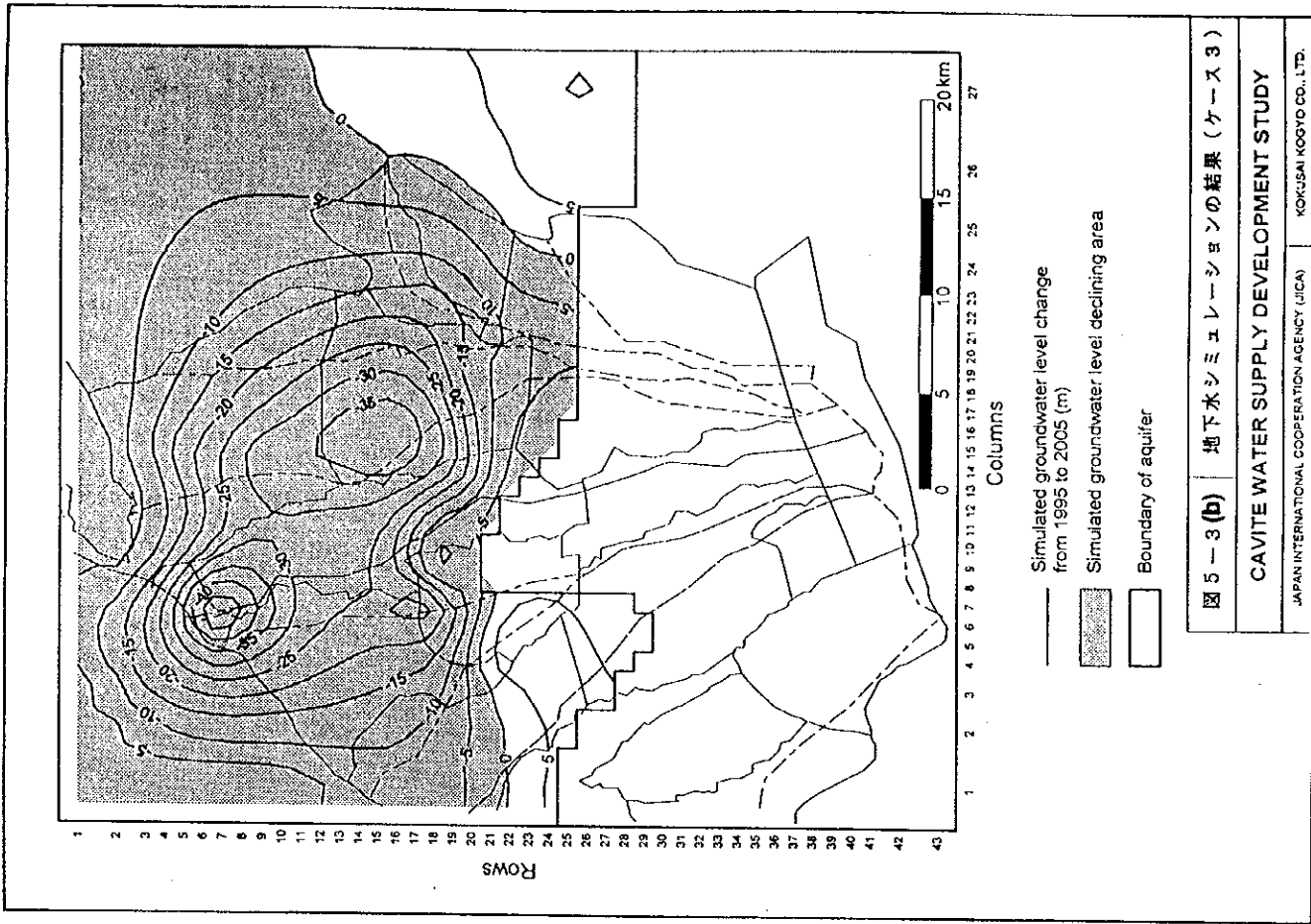


図 5-3 (b) 地下水シミュレーションの結果 (ケース 3)

CAVITE WATER SUPPLY DEVELOPMENT STUDY

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) KOKUSAI KOGYO CO., LTD.

6. 水資源の水質

6.1 水質分析の目的

調査地域内における水資源の流動システムと汚染状況を明かにするために、河川水・湧水・地下水の水質分析を行った。

6.2 分析試料

水質分析に供した試料は、既存の深井戸20本から乾期と雨季にそれぞれ1回ずつ採取した地下水40点、河川水10点、湧水10点、試掘井から採取した地下水4点である。

6.3 分析項目と分析方法

分析項目は大腸菌・一般細菌・色・臭気・味・濁り (SiO_2)・pH・TDS・硬度・EC・Na・K・Ca・Mg・Zn・Cu・Fe・Mn・As・Pb・Se・Phenols・ HCO_3 ・Cl・ SO_4 ・ NO_2 -N・ NH_3 -Nである。このほか、農薬による地下水汚染の程度を把握するために、いくつかの井戸水試料については、調査地域でこれまで広く使用されてきたThiodan (Endosulfan) とCymbush (Cypermethrin) を分析した。なお、分析は米国環境庁が採用している方法に従った。

6.4 分析結果と水質基準に対する適合性

分析の結果から、湧水はいずれもWSPWAのClass AAの基準に適合しており、無処理で飲料水として使用できる。

深井戸から採取した地下水の大部分はどの水質項目もClass AAの基準に適合しているが、Phenol、 NO_3 -N、大腸菌等がClass AAの基準を下まわる場合が若干ある。農薬は深井戸・浅井戸のいずれからも検出されなかった。

河川水の大部分は色・pHがNSDWの基準に適合していない。また、色・pH以外の項目でも、半数以上の試料がNSDWの基準を下回っている。

6.5 地下水流動システム

通常、涵養域の地下水の水質は降雨の水質に近く、地下に滞留する時間が長くなるほど HCO_3^- 、 $\text{Na}+\text{K}$ 、 Ca の濃度が高くなると言われている。図6-1、6-2に示したヘキサダイアグラムにもこのような傾向がよく現れていて、標高300m以上を涵養域、300m以下を流動域として区分することが可能である。

6.6 水資源の汚染

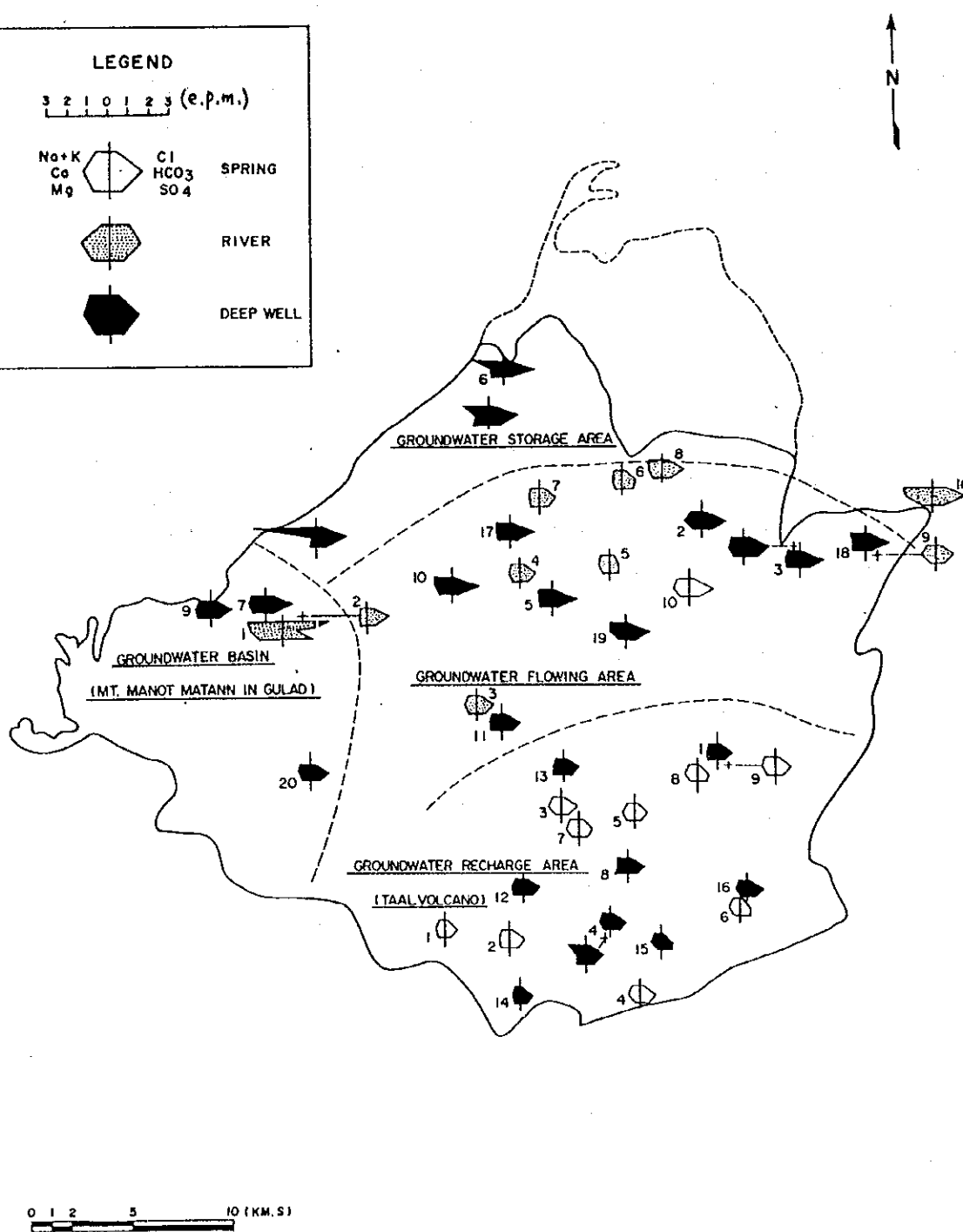
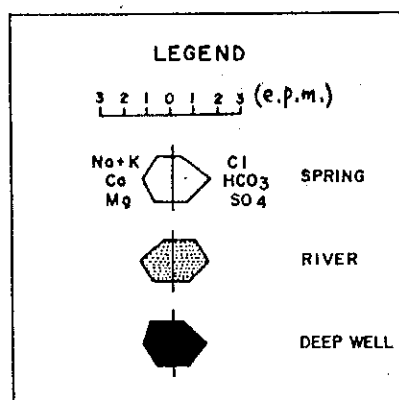
図6-3は水資源の汚染源となる工場、固形廃棄物処分場、ゴミの不法投棄が多い地点の位置を示している。調査地域内には全部で181の工場があり、排水処理を実施している工場は30%以下と推定されている。有害物質を排出する可能性のある工場は35あり、その66%は排水処理施設を備えているが、処理効果の乏しいものが多い。

調査地域で広く使用されてきた農薬はThiodan、Cymbushであるが、両者とも昨年肥料・農薬局（FPA）により使用が禁止された。

家庭排水は一般に浄化槽を通して水路や河川に排出されているが、これらの浄化槽は機能が低いうえに維持管理が悪く、ほとんど浄化効果がない。

固形廃棄物処分場はいずれもオープンダンプ方式で、浸出水の流出防止策などは取られていない。

湧水の水質を基準にして算出した地下水の汚染指数（Ii）の分布状況を図6-4に示す。沿岸部での塩水侵入を除くと、地下水の汚染は帯水層全体に及ぶものではなく、局所的なものと判断される。このような汚染は、仕上げの不十分な井戸の上部から近くの汚染源に由来する汚水が侵入することにより生じている場合が多いと考えられる。



CAVITE WATER SUPPLY DEVELOPMENT STUDY

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 6 - 1

水資源の水質型の分布

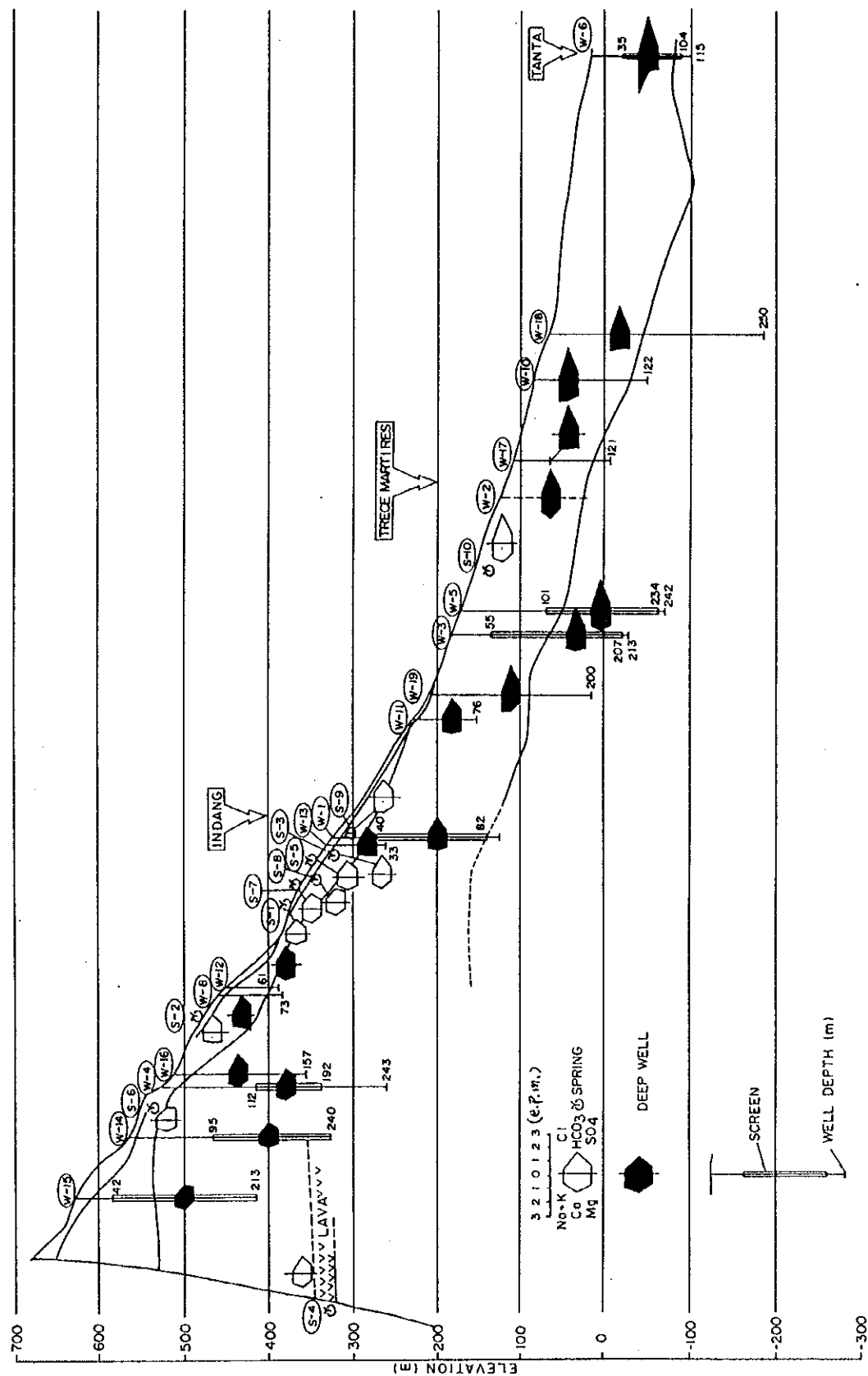
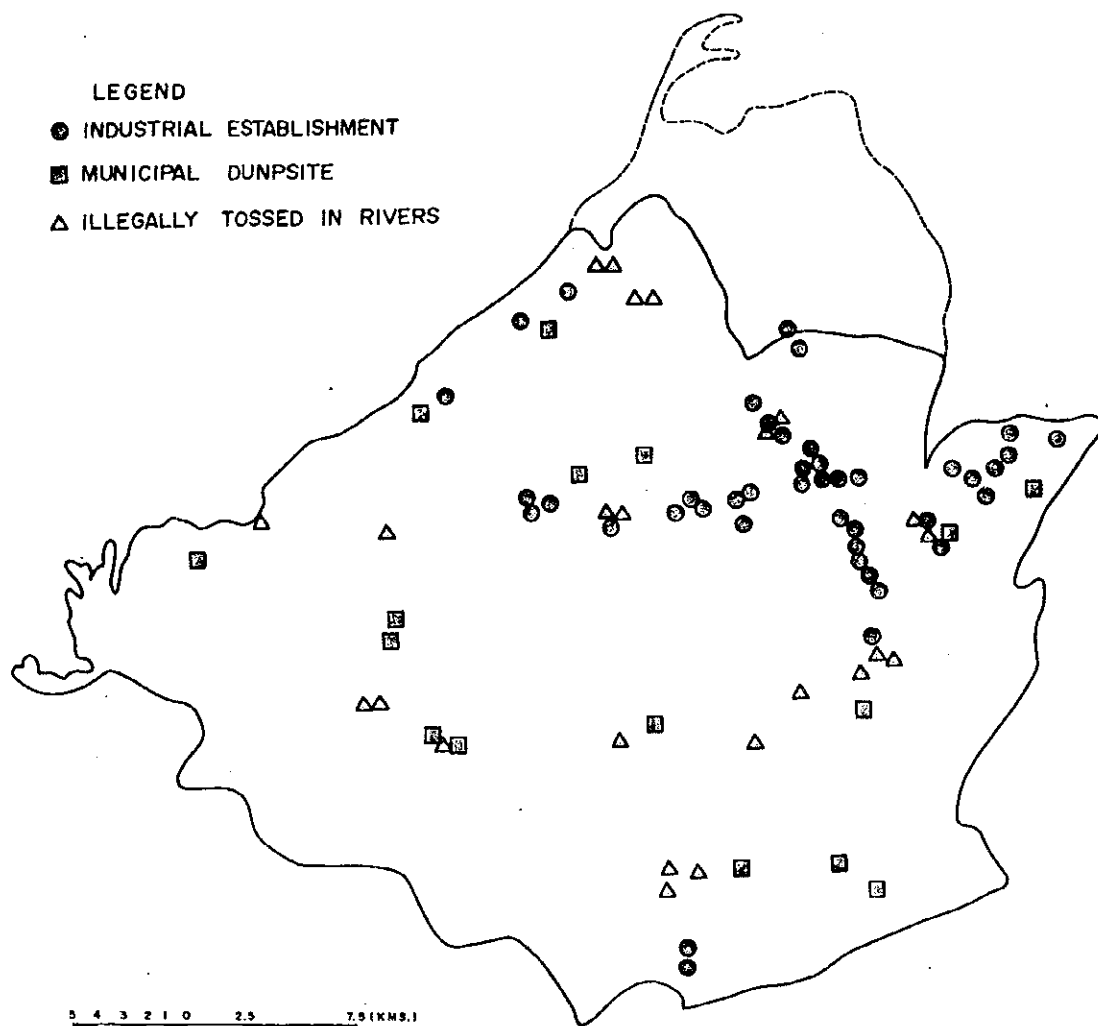


図 6-2
地下水の水質型と深度の関係

CAVITE WATER SUPPLY DEVELOPMENT STUDY

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

- LEGEND
- INDUSTRIAL ESTABLISHMENT
 - MUNICIPAL DUNPSITE
 - △ ILLEGALLY TOSSED IN RIVERS

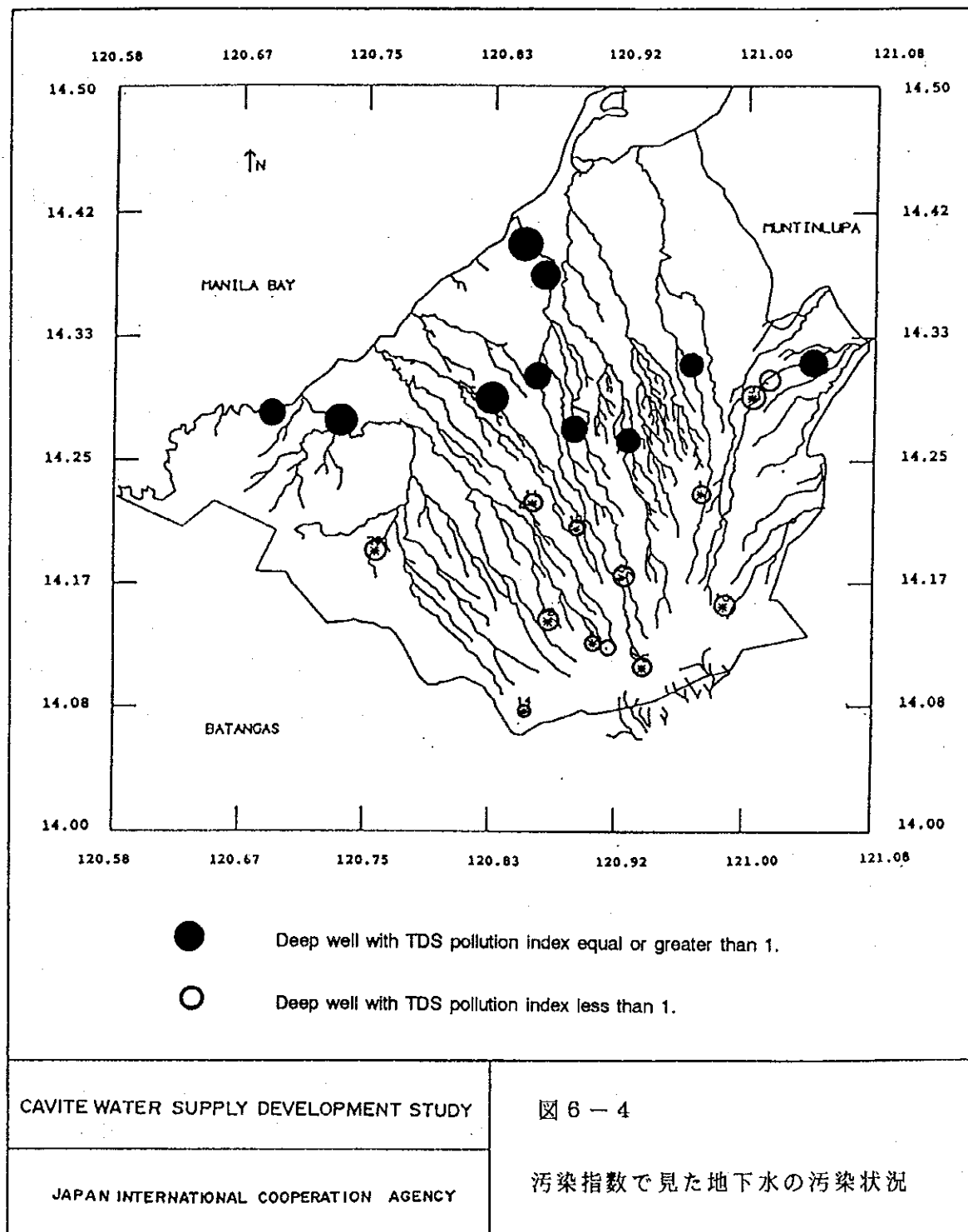


CAVITE WATER SUPPLY DEVELOPMENT STUDY

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 6 - 3

汚染源の分布



7. 水資源の開発と保全に関する組織及び制度

7.1 法律及び規制

首都圏上下水道公社（MWSS）管轄外の地方における水供給事業の計画・実施・融資は、1973年に発効した地方水道法により、同年に設立されたLWUAに委ねられてきた。しかし、1994年に発効した経済開発庁（NEDA）の決議No.4により、LWUAの業務は資金面から見て実行可能なLevel IIIの水供給事業に限定され、それ以外の水供給事業は州計画開発委員会（PDC）または市町計画開発委員会（MPDC/CPDC）のような地方機関が関係省庁の協力を得て実施することになった。

水供給施設の維持管理は水道組合または、地方自治体（LGU）が運営する非営利組織の水道組合（Water District=WD）または農村水道衛生協会（RWSA）に委託されている。

7.2 行政組織

水資源に関する政策の立案、事業計画、事業の実施と運営にはいくつかの政府機関が関係している。中央の機関としては国家水資源委員会（NWRB）、公共事業道路省（DPWH）、内務地方省（DILG）、保健省（DOH）、環境天然資源省（DENR）が、地方の機関としては、すでに紹介したMWSS、LWUA、WD、RWSA、LGUsがある。これら各機関の関係を図7-1に示す。

7.3 水質基準

フィリピンの飲料水の水質基準は、世界保健機構（WHO）の基準をもとに1976年に設定され、1994年に改訂された。

用途に応じた水域の階級区分と各階級の水質基準は、1978年に国家公害規制委員会（NPCC）により設定され、1990年にDENRにより改訂された。新しい区分では淡水は5階級に、沿岸水及び海洋水は4階級に区分されている。

排水水質基準は1982年に設定され、DENRにより1990年に改訂された。新しい規制には、“Class AA及びClass SAの水域に工場排水及び家庭排水を排出してはならない”、“工場は十分管理された排水処理施設なしに稼働してはならない”等が盛り込まれている。

7.4 水道料金とその徴収システム

LWUAのマニュアルには水道料金を算出する際に考慮すべき諸条件と比較的複雑な3種類の計算手法が提示されているが、LWUAの財務部は、実際のところ、設定料金が低所得階層の収入の5%を超えないこと、また、1年に60%以上の料金値上げにならないことという2つの基本条件と現行の料金体系を踏まえて、簡便な財務プログラムに従って改定料金を決定している。

調査地域内のWD、RWSAの1994年3月における水道料金は表7-1に示すとおりである。

水道料金はメーターの読み取り結果にしたがって月ごとに徴収されている。不法接続、メーターの不備や不足等により料金の徴収が不能な給水量も相当にあり、調査地域のWDはこの割合を2000年までに20~25%に削減することを目指している。

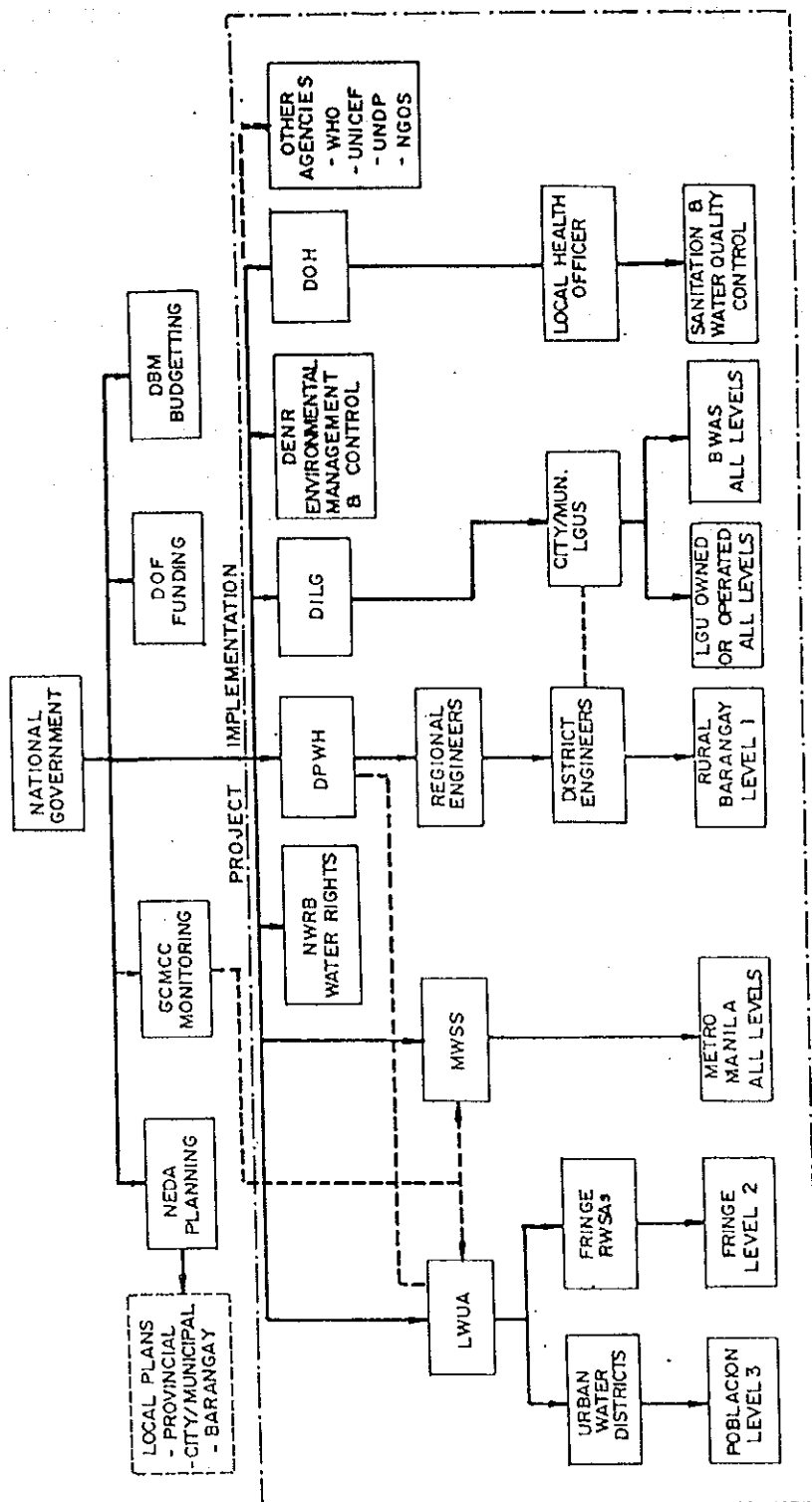


図 7 - 1

水資源の開発・管理にかかわる組織

CAVITE WATER SUPPLY DEVELOPMENT STUDY

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

表 7-1 地区による水道料金の違い

(1) Water Districts

No.	Water Districts	Minimum Charge		Commodity Charge					Unit: Peso
		1-10 cum		11-20	21-30	31-40	41-50	51 above	
1	Dasmariñas I	35.00		4.00	4.75	5.75	6.90	6.90	
1	Dasmariñas II	35.00		4.35	4.60	5.00	5.65	6.70	
2	Indang	48.00		5.00	6.00	7.00	7.00	7.00	
3	G. M. A.	80.00		8.80	9.20	11.50	11.50	11.50	
4	Mendez	95.00		10.00	10.75	11.75	11.75	11.75	
5	Silang	50.00		5.30	6.30	7.45	7.45	7.45	
6	Tanza	45.00		4.50	4.65	4.75	4.75	4.75	
7	Tagaytay City	110.00		5.80	7.05	9.05	11.85	13.55	
10	Maragondon	45.00 *		2.00	2.50	3.00	3.00	5.00	

Source: Local Water Utility Administration (LWUA)

Note: *Less than 15 cum is 45 peso and 2 peso is charged between 16-20 as commodity charge.

(2) RWSA and LGU

No.	Municipality/City	Rates	Remarks	Unit: Peso
8	Amadeo	50.00	Minimum Charge per month	
9	Magallanes	40.00	Flat rate for Level III per month; 30.00 peso for Level II	
12	Alfonso	50.00	Flat rate per month	
13	Naic	30.00	Flat rate per month	
14	Gen. Aginaldo	2.84	per cubic meter	
16	Trece Martirez City	2.40	per cubic meter	

Source: JICA Study Team; Based on the Survey of Existing Water Supply Facilities

8. 既存の給水施設

8.1 調査方法

一定様式の質問票とそれを回収する際のインタビュー及び現地調査により、維持管理状態を含む既存給水施設の現状を調査した。

8.2 既存施設の問題点と将来計画に対する提案

各市町における既存の給水施設の概要と今後の整備計画は表 8-1 にまとめられている。この表から分かるように、給水施設の規模・施設・管理状況には市町により大きな違いがある。

ダスマイナスは市街地と周辺の 73 の部落を対象とする最大規模の Level III の水供給システムを有し、給水人口は 170,000 人、配管延長は 186km に達する。これに対して、テルナテ、カルモナ、トリアスでは市街地にも水供給システムがなく、水源は個人の浅井戸に依っている。また、標高の高い地区に位置する多くの市街地及び隣接する部落では深井戸とともに湧泉が水源として利用されている。

ダスマリナス、ジーエムエーでは人口の増加が急速なために新たな水源の開発と水供給システムの拡充が必要である。インダン、ナイク、アギナルドでは漏水や施設の老朽化が著しいので、その更新が必要である。また、インダン、タンザ、アマデオ、アギナルドでは WD や RWSA の職員数の不足から料金の徴収率が低いので、これら管理組織の強化が必要である。

表 8 - 1 既存給水施設の概要

NO.	STUDY AREA	SYSTEM SCALE			WATER SUPPLY FACILITIES						WATER MANAGEMENT			IMPROVEMENT PROGRAM
		Level	Service Area	Population	Source	Pumping Facilities	Pipelines (km)	Storage	Treatment	Service Connection	In-Charge	Water Use	Min. Water Fee	
1	DASMARINAS	Level III	Poblacion 73-barangays	169,556	Spring -1 Deep Well-27 units	Pumping stations -27	186 km	Elevated -22 Ground -2	-	Domestic -20693 Commercial -1480 Inst -223	Dasmarinas Water District	Domestic/ Commercial/ Institutional	P 35/mo.	Water District recently availed to a loan from LWUA (1987-1990)
2	INDANG	Level III	Poblacion 1-barangay	1,100	Spring-2	Pumping stations -2	7.345 km	Ground -2	None	Domestic -905 Commercial -104	Indang Water District	Domestic/ Commercial	P 48/mo.	Water district prepared an Engineering Study (Nov. '93) for the proposed improvement program
3	G.M.A.	Level III	Poblacion 23-barangays	20,504	Spring-1 Deep Well-8	Pumping station -8	17.8 km	Elevated -4 Ground -1	None	Domestic -3648 Commercial -70 Inst -26	GMA Water District	Domestic/Comm- ercial/Institutional	P 40/mo.	Water district prepared an Engineering Study (Jul '92) for the proposed Improvement/Expansion program
4	MENDEZ	Level III	1-barangay	4,121	Deep Well-1	Pumping station -1	6.8 km	Ground -1	None	Domestic -783 Commercial -10 Inst -8	Mendes Water District	Domestic	P 25/mo.	Water district prepared an Engineering Study (Apr. '93) for the proposed improvement program
5	SILANG	Level II/III	Poblacion 9-barangays	45,168	Spring-1 Deep Well-10	Pumping station -13	122.6 km	Ground -1 Elevated -6	None	Domestic -3434 Commercial -169	Silang Water District	Domestic/ Commercial	P 50/mo.	Water district prepared an Engineering Study (Jul '93) for the proposed improvement program
6	TANZA	Level III	Poblacion	1,315	Deep Well-1	Pumping station -1	10.34 km	Elevated -1	None	Domestic -210	Tanza Water District	Commercial	P 45/mo.	Tanza Water District was created in 1988 and has started operation only this year
7	TAGAYTAY	Level III	Poblacion 17-barangays	13,270	Spring-3	Pumping station -5	48.98 km	Ground -1	None	Domestic -2371 Commercial -140 Inst -41	Tagaytay Water District	Domestic/ Commercial	P 110/mo.	Water district prepared an Engineering Study (Mar '92) for the proposed improvement program
8	AMADEO	Level II/III	Poblacion 8-barangays	4,042	Deep Well-1	Pumping station -1	2.5 km	None	None	-	Municipal Water Supply	Domestic	P 50/mo.	The municipal government intends to rehabilitate the pipe network but does not have the budget
9	MAGALLANES	Level II/III	Poblacion 4-barangays	4,833	Spring-2	None	1.5 km	Ground -2	None	-	Municipal Water Supply	Domestic	P 30/mo.	The municipality has no immediate plan to expand the system
10	MARAGONDON	Level III	Poblacion 6-barangays	3,800	Deep Well-1	Pumping station -1	9.82 km	Elevated -1	None	624	Maragondon Water District	Domestic	P 45/mo.	Water district prepared an Engineering Study (Sep '92) for the proposed improvement program
11	TERNATE	Level I	-	-	Private wells	-	-	-	-	-	-	-	-	The municipality has no plans to put up a piped water system
12	ALFONSO	Level II/III	Poblacion	5,300	Deep Well-2 Spring-1	Pumping station -2	1.70 km	None	None	520	Municipal Water Supply	Domestic	P 50/mo.	Municipal government is presently rehabilitating the system
13	NAIC	Level II/III	5-barangays	2,950	Spring-1	None	8.53 km	Intake box	None	Domestic -558	Naic Water District	Domestic	P 30/mo.	The present association is intending to convert the system to Water District and will include Poblacion in the proposed expansion
14	GEN. AGUINALDO	Level II/III	Poblacion 2-barangays	6,694	Spring-1	None	10 km	Intake box	None	-	Municipal Water Supply	Domestic	P 25/mo.	The system is presently undergoing major rehabilitation
15	CARMONA	Level I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	The municipal intends to create a Water District due to the industrialization of the area
16	TRECE MARTIRES	Level III	Poblacion 4-barangays	7,242	Deep Well-4	Pumping station -4	4.8 km	None	None	1,107	City Water Works System	Domestic/ Commercial	P 36/mo.	City government has allotted a budget for rehabilitation works
17	GEN. TRIAS	Level I	-	-	Private Wells	-	-	-	-	-	-	-	-	Creation of Water District is being studied by Municipal Council

9. 水供給計画の基本方針

9.1 調査地域の将来における社会経済の枠組

調査地域は、最近の10年間で、それ以前の農業を中心とした地区から急速な都市化による工業・住宅地区へと変わりつつある。1990年に策定されたカビテ州の開発計画（1990～2000）では、工業化、農業の近代化、急速な都市化を含む総合的な発展が強調されている。各市町の開発計画もこれに準じて農業、工業または観光のバランスのとれた発展を指向している。

図9-1が現在の土地利用状況を示しているのに対し、図9-2は上述のような方針を反映した将来の土地利用計画を示している。

9.2 2005年における水需要予測

表9-1は主として国家統計局（NSO）の資料にもとずいて算出した調査地域の1990～2005年の人口予測である。生活用水の需要量は、このようにして算出された予測人口に原単位を乗じて求めた。原単位はLevel Iで30 lpdc、Level IIで80 lpdc、Level IIIで130 lpdcとした。2005年における生活用水の年間需要量は $40,063 \times 10^3$ cumと見積られる。

商業用水の需要量は、水栓の数を生活用水栓の1/100、原単位を1.0 cum/day（タガイタイのみは1.5 cum/day）として算出した。また、公共用水の需要量は水栓の数を生活用水栓の1/1000、原単位を3.0 cum/dayとして算出した。商業用水及び公共用水の2005年における需要量は合計で $1,432 \times 10^3$ cumと見積られる。

調査地域内の主要な工場の多くは最近開発された大規模な工業団地に所属している。そこで、2005年までに既存の工業団地で予定の工場がすべて操業を開始すると仮定して、工業用水の需要量を工業団地の面積から求めた。原単位は55 cum/day/haとした。2005年における工業用水の年間需要量は $17,566 \times 10^3$ cumと見積られる。

農業用水は現在と同様、将来も河川水に依存し、需要量は現在と同じ年間 $145,000 \times 10^3$ cumとした。

表9-2は上述のような計算により求められた2005年の市町別・用途別水需要量を示して

いる。この表によると、商業・公共・工業用水の需要が総水需要量の37%を占めているが、これはLWUAの管轄下にある地区の平均値15~20%に比べると極めて大きい。

9.3 代替水源の検討

調査地域は表流水に乏しく、とくに標高の高い地区では水源としての河川水は量的な面から期待できない。下流で水量が豊富な河川はあるが、相当量が灌漑用水として利用されているので、生活用水として利用する場合には水利権の問題が生じる。また、2.2で述べたように、多くの河川は水質が悪化しているので、生活用水として利用する場合には処理費がかさみ、水道料金が極めて高いものとなる。

調査地域内には129の湧泉が知られているが、水量が豊富な湧泉は多くはなく、その大部分はすでにLevel 1の水源として利用されている。

水収支の計算結果を見ると、調査地域全体としては地下水の新規開発の余地は十分あるが、サンジュアン川やイムス川の流域ではすでに揚水量が涵養量を上回っており、地下水位が連続的に低下している。

調査地域外のタール湖やラグナ湖の水を生活用水や農業用水として利用しようという計画もあるが、いずれも水質に問題があり、導水施設にも多大の経費を要することから実現の可能性は低いと考えられる。

9.4 環境への影響の検討

地下水開発が環境に及ぼす影響の代表的なものは、地下水位の低下、塩水侵入、地盤沈下である。前2者はマニラ首都圏ですでに広範に生じており、調査地域でも一部で顕在化している。しかし、地盤沈下はフィリピンでは事例がなく、地質条件から見て調査地域でも生じる可能性はほとんどない。したがって、地下水位低下と塩水侵入について環境影響評価を実施する必要がある。

9.5 調査地域の地下水資源管理の基本方針

調査地域の水文・水文地質条件、既存の組織・制度等から、同地域の水資源管理に当たっては以下のような点を確認もしくは検討する必要がある。

(1) 地下水利用の優先順位の確立

すでに述べたように、調査地域のとくに東部においては、過剰揚水による地下水位の低下が目立っているので、揚水量規制の必要性が強まっている。

この地区では地下水が工業用水としても多量に揚水されているが、飲料水が人間の生存に不可欠なものであり、地下水は最も安全な飲料水資源であることを考えると、地下水利用の優先順位は飲料水（生活用水）に与えられるべきである。

このような観点から、先ず、住民及び企業に対して地下水利用の優先順位を示し、両者の間にコンセンサスを形成する必要がある。

(2) 地下水管理委員会の設置

現状では地下水開発の承認はNWRBが行っているが、その基準は明確ではない。また、WDは既存の井戸からの生活用水の取水が困難になった場合には工場井戸の揚水を停止させることができると言われているが、その際の具体的手続きは明確ではない。

それ故、調査地区の地下水を持続的に利用しようとするならば、地下水を一元的に管理する委員会を設置して、許容揚水量（または許容水位）の設定、水位及び水質のモニタリング、地域開発計画の見直し等を行う必要がある。

(3) 許容揚水量または許容水位の検討

許容揚水量（または許容水位）は、揚水のもたらす便益が水位低下等のもたらすリスクを上回る限界の揚水量と定義され、科学的方法のみでは決定できない。また、便益やリスクの中には定量化の困難なものもある。したがって、許容揚水量は最終的には住民自身による総合的な判断に委ねられる。

地下水管理委員会はその判断の基礎資料となる揚水量と水位の関係を住民に示し、

両要素を常時モニタリングする必要がある。さらに、このモニタリング結果を用いて地下水シミュレーションにより将来の地下水位を予測する必要もある。

(4) 地域開発計画及び土地利用計画の再検討

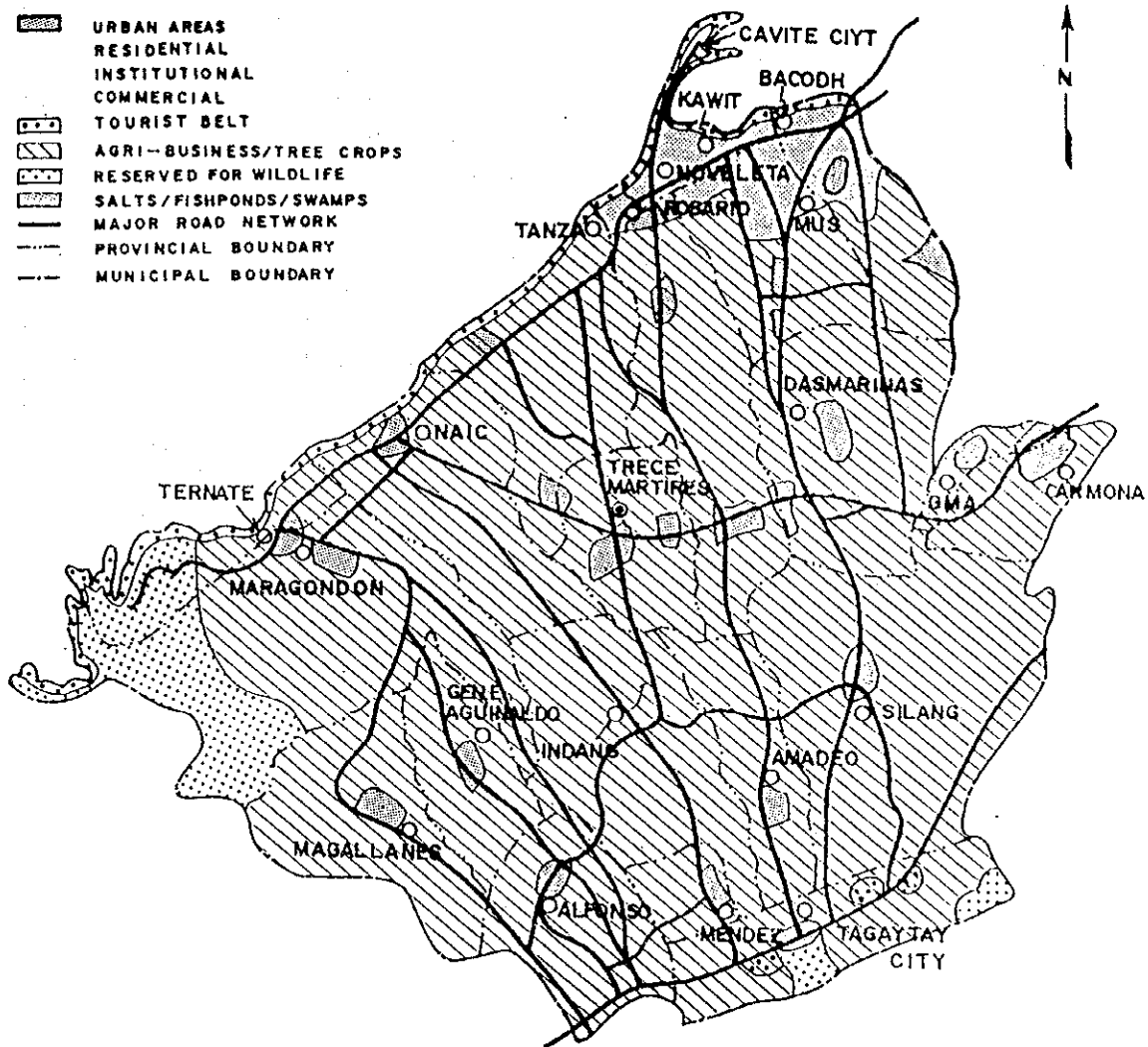
図9-2に示した土地利用計画の中で、タガイタイを中心とした観光地区とカルモナ/ダスマリナス/トレスマルチレスを中心とした工業住宅混合地区の指定は、地下水の開発保全という観点で見ると問題がある。

すなわち、前者は涵養域における伐採と汚水の排出を促進し、後者は中部帯水層からの揚水量をこれまで以上に増大させるので、いずれも地下水位の低下と水質の悪化を加速する。

このような事態を避けるために、既存の土地利用計画を見直し、タガイタイ地区については污水处理施設の整備を、カルモナ/ダスマリナス/トレスマルチレス地区については工業用水としての地下水の利用を規制する必要がある。

LEGEND

-  URBAN AREAS
-  RESIDENTIAL
-  INSTITUTIONAL
-  COMMERCIAL
-  TOURIST BELT
-  AGRI-BUSINESS/TREE CROPS
-  RESERVED FOR WILDLIFE
-  SALTS/FISHPONDS/SWAMPS
-  MAJOR ROAD NETWORK
-  PROVINCIAL BOUNDARY
-  MUNICIPAL BOUNDARY



5 4 3 2 1 0 2.5 7.5 (KMS)

CAVITEWATER SUPPLY DEVELOPMENT STUDY

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 9 - 1

土地利用の現況

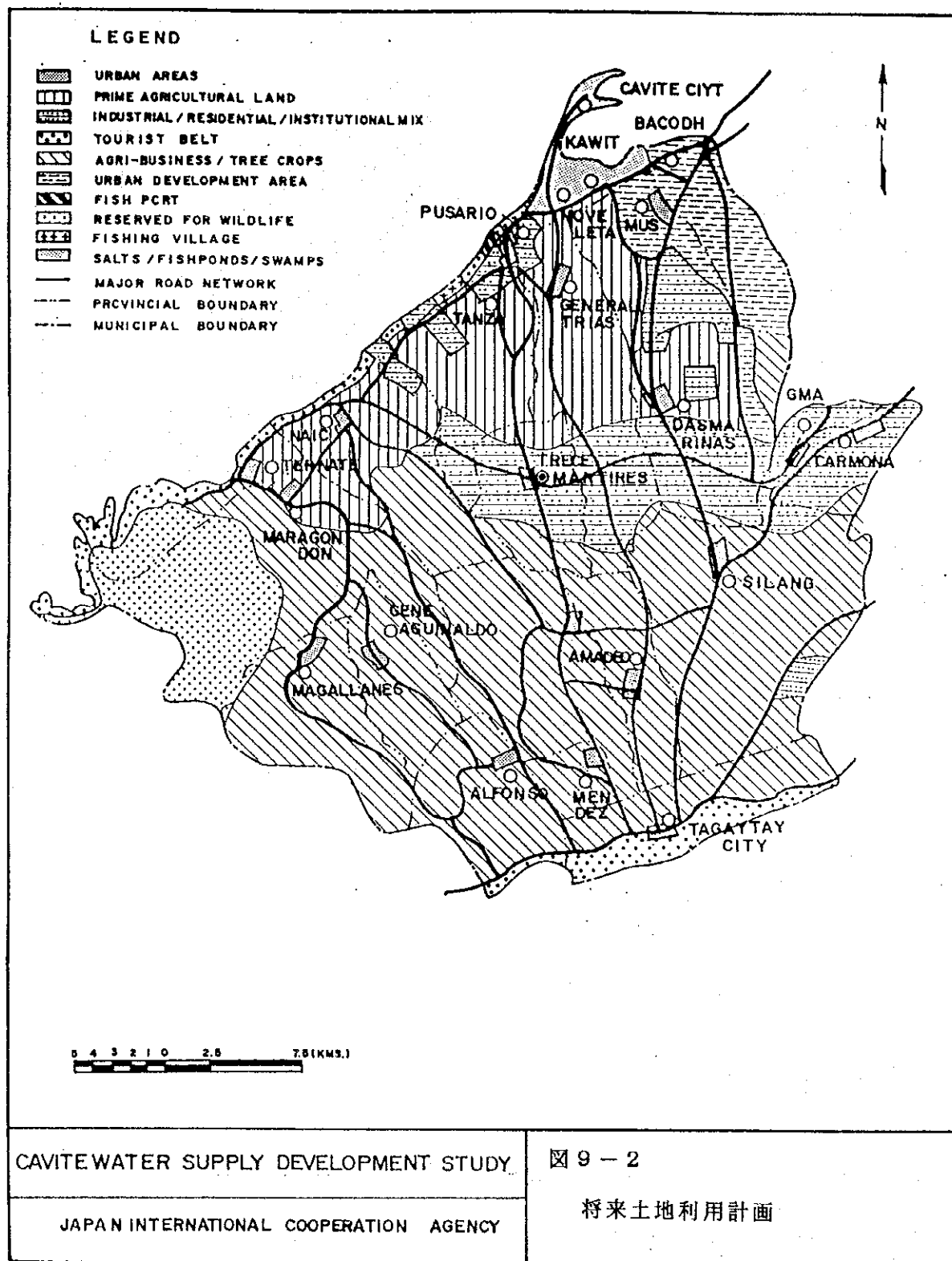


表 9-1 2005年までの行政単元別人口の推移

City/Municipality	Annual Growth Rate (%)				1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2005
	1980-1990	1990-2000	2000-2005													
1 Dasmariñas	10.16	10.16	3.07	136,556	150,430	165,714	182,550	201,097	221,529	244,036	268,830	296,144	326,232	359,377	418,034	
2 Indang	2.41	2.41	2.41	39,294	40,241	41,211	42,204	43,221	44,263	45,329	46,422	47,541	48,686	49,860	56,164	
3 G. M. A.	n. a.	3.76	3.76	65,977	68,458	71,032	73,703	76,474	79,349	82,333	85,428	88,641	91,973	95,432	114,774	
4 Mendez	1.61	1.61	1.61	17,652	17,936	18,225	18,518	18,817	19,119	19,427	19,740	20,058	20,381	20,709	22,431	
5 Silang	6.01	3.15	3.15	93,790	97,074	100,472	103,990	107,109	110,322	113,631	117,039	120,550	124,166	127,890	149,342	
6 Tanza	3.53	3.52	3.52	61,785	63,960	66,211	68,542	70,955	73,452	76,038	78,714	81,485	84,353	87,322	103,811	
7 Tagaytay City	3.82	3.82	3.82	23,739	24,646	25,587	26,565	27,580	28,633	29,727	30,862	32,041	33,265	34,536	41,656	
8 Amadeo	2.62	2.62	2.62	21,022	21,573	22,138	22,718	23,313	23,924	24,551	25,194	25,854	26,532	27,227	30,985	
9 Magallanes	2.62	2.62	2.62	12,556	12,885	13,223	13,569	13,924	14,289	14,664	15,048	15,442	15,847	16,262	18,507	
10 Maragondon	2.39	2.39	2.39	22,814	23,559	23,918	24,489	25,074	25,674	26,287	26,916	27,559	28,218	28,892	32,514	
11 Ternate	2.09	2.09	2.09	11,981	12,231	12,487	12,748	13,014	13,286	13,564	13,848	14,137	14,433	14,734	16,340	
12 Alfonso	2.79	2.79	2.79	28,944	29,752	30,582	31,435	32,312	33,213	34,140	35,093	36,072	37,078	38,112	43,734	
13 Naic	3.05	3.04	3.04	51,629	53,199	54,816	56,482	58,199	59,968	61,792	63,670	65,606	67,600	69,655	80,906	
14 Gen. Aguinaldo	1.36	1.36	1.36	10,954	11,103	11,254	11,407	11,562	11,719	11,879	12,040	12,204	12,370	12,538	13,414	
15 Carmona	-	4.00	4.00	28,247	29,374	30,546	31,765	33,033	34,351	35,722	37,148	38,630	40,172	41,775	50,826	
16 Trece Martires City	6.22	6.22	3.07	15,686	16,662	17,698	18,799	19,968	21,210	22,529	23,931	25,419	27,000	28,680	33,361	
17 Gen. Trias	2.90	2.90	2.90	52,888	54,422	56,000	57,624	59,295	61,015	62,784	64,605	66,478	68,406	70,390	81,206	
Study Area Total	4.52	4.91	3.09	695,514	727,303	761,113	797,108	834,948	875,318	918,433	964,528	1,013,860	1,066,712	1,123,391	1,308,004	

Sources for the annual growth rates in 1990-2000:

All municipalities and cities except G. M. A., Silang, Tanza, Naic and Carmona; NSO, Cavite Provincial Office

G. M. A.: Engineering Study of Water District, 1992

Silang: Water Supply Feasibility Study, Silang Water District, 1993, LWUA

Tanza and Naic; JICA/LWUA Study Team based on the ratio method

Carmona: Municipal Development Plan

Source for the annual growth rates in 2000-2005: JICA Study Team

Notes

(1) Population in 1990 is the census results by NSO.

(2) Annual growth rate of Dasmariñas and Trece Martires City in 2001-2005 is assumed to be the same of the average growth rate (3.07%) in the Study Area excluding Dasmariñas and Trece Martires City in 1990-2000.

表 9 - 2 2005年における行政単元別・用途別水需要量

No. City/Municipality	Population (Person)	Domestic		Commercial 1)		Institutional 2)		Industrial 3)		Total
		Consumption	(%)	Consumption	(%)	Consumption	(%)	Consumption	(%)	
1 Dasmariñas	418,034	17,219	67.5	1,526	6.0	458	1.8	6,294	24.7	25,497
2 Indang	56,164	1,759	86.8	205	10.1	62	3.0		0.0	2,026
3 G. M. A.	114,774	4,191	65.7	419	6.6	126	2.0	1,641	25.7	6,377
4 Mendez	22,431	786	88.1	82	9.2	25	2.8		0.0	892
5 Silang	149,342	4,247	82.6	545	10.6	164	3.2	186	3.6	5,141
6 Tanza	103,811	2,174	74.0	379	12.9	114	3.9	271	9.2	2,938
7 Tagaytay City	41,656	1,721	81.7	228	10.8	46	2.2	113	5.4	2,108
8 Amadeo	30,985	811	84.6	113	11.8	34	3.5		0.0	958
9 Magallanes	18,507	373	75.4	68	13.6	20	4.1	34	6.9	495
10 Maragondon	32,514	789	83.6	119	12.6	36	3.8		0.0	943
11 Ternate	16,340	170	68.7	60	24.1	18	7.2		0.0	248
12 Alfonso	43,734	1,440	81.6	160	9.0	48	2.7	118	6.7	1,766
13 Naic	80,906	1,766	81.6	295	13.6	89	4.1	16	0.7	2,166
14 Gen. Aguinaldo	13,414	328	83.7	49	12.5	15	3.8		0.0	391
15 Carmona	50,826	529	24.1	186	8.4	56	2.5	1,426	64.9	2,196
16 Trece Martirez City	33,361	866	45.5	122	6.4	37	1.9	881	46.2	1,905
17 Gen. Trias	81,206	894	11.4	296	3.8	89	1.1	6,587	83.7	7,866
Study Area Total	1,308,004	40,063	62.7	4,850	7.6	1,432	2.2	17,566	27.5	63,912

Source: JICA Study Team

Notes:

- 1) Commercial water includes small and cottage industries based on LWUA methodology manual. Unit consumption level is set at 1.0 cumd per 100 population except Tagaytay, which is 1.5 cumd.
- 2) Unit consumption is set at 3.0 cumd per 1,000 population.
- 3) Large water users