

ペルー國、ベンタニーリャ地区
生活用水供給計画
基本設計調査報告書

昭和56年3月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1035040[3]

ペルー国、ベンタニーリャ地区

生活用水供給計画
基本設計調査報告書

昭和56年3月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 3. 30	709
登録No. 02209	61.8
	SDS

マイクロ
フィルム作成

序 文

日本政府は、ペルー国の要請にもとづき同国の生活用水供給計画にかかわる調査を行なうことを決定し、国際協力事業団が調査を実施した。

本計画は、ペルー国首都リマ市の北方約20 kmに位置するペントリーニャ市の生活用水を安定的に供給することを目的としたものである。

調査は小川敏彦博士を団長として昭和55年9月18日から10月30日迄、ペントリーニャ市近辺の地下水資源評価、同地区付近の社会的条件及び本計画の実施にあたっての技術的背景等について行なわれ、その後の国内解析作業を通してここに報告書完成の運びとなった次第である。

この報告書が本計画の推進に寄与するとともにペルー国と我国との友好親善の発展に寄与することを願うものである。

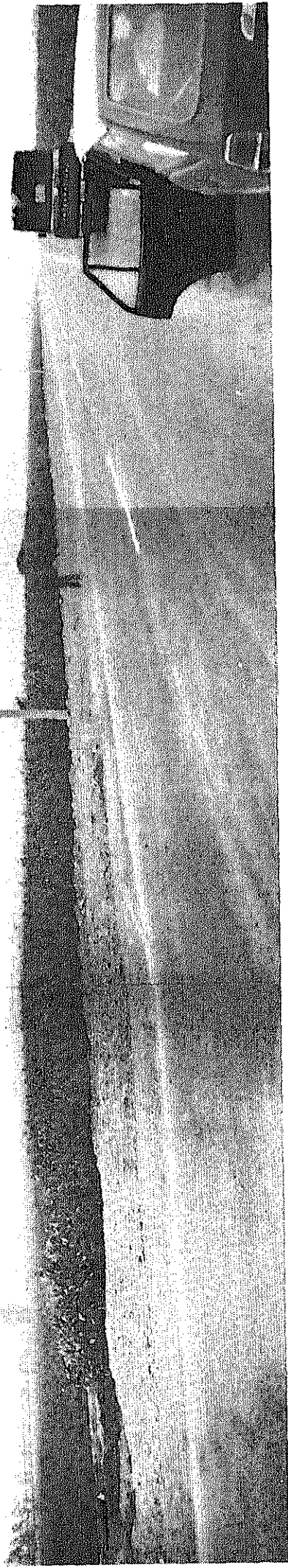
終りに、本調査を実施するにあたり種々ご協力をいただいたペルー国及び日本政府関係者各位に対し厚くお礼申し上げる次第である。

1981年 3 月

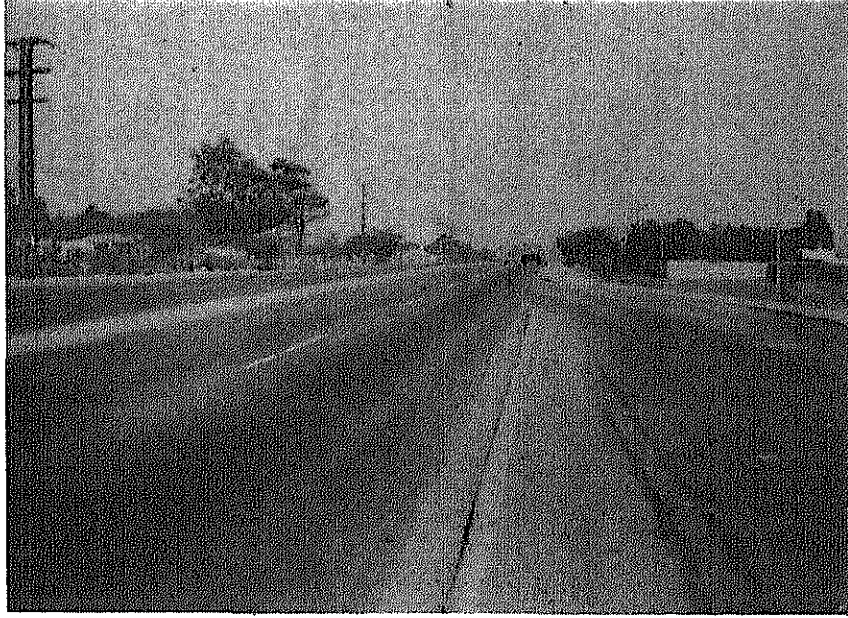
国際協力事業団 有 田 圭 輔



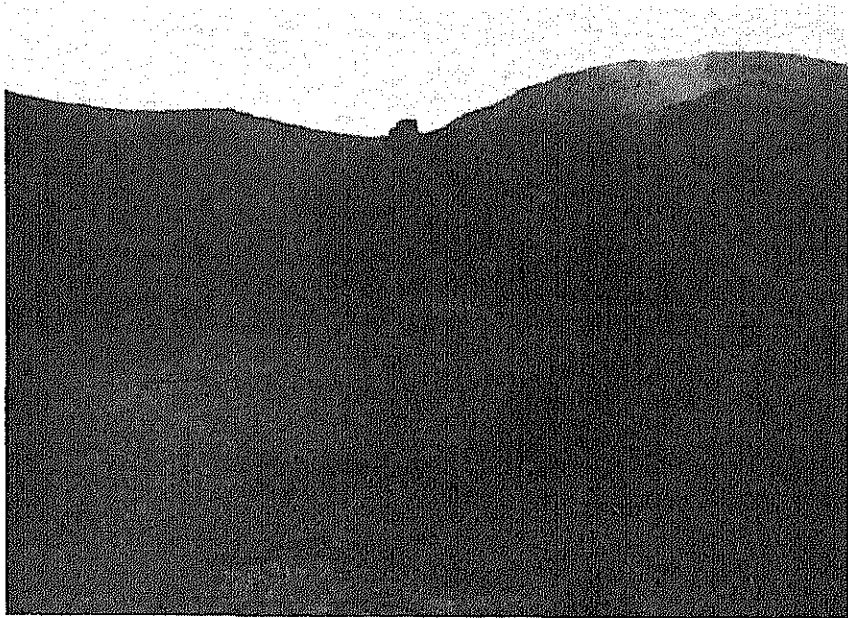
VENTANILLA 全景



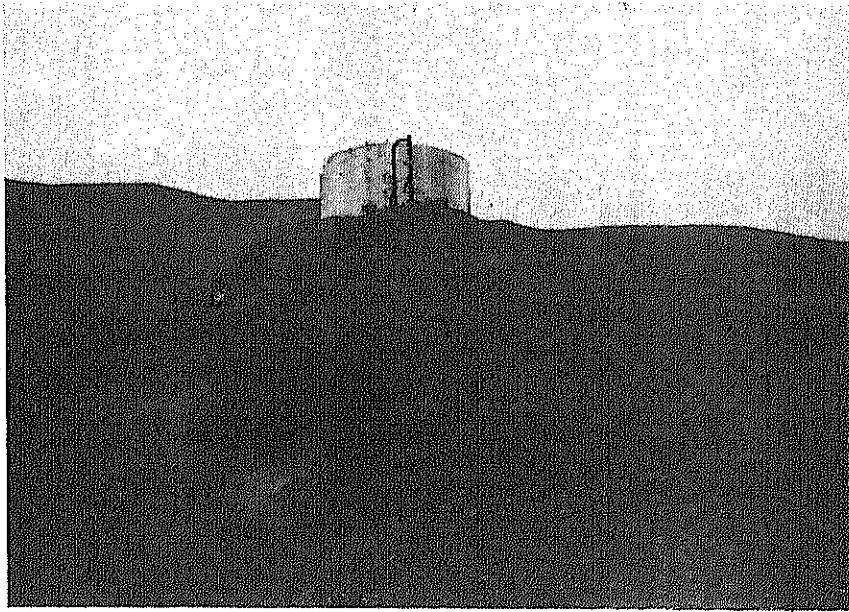
水源地区 (PUENTE · PIEDRA)



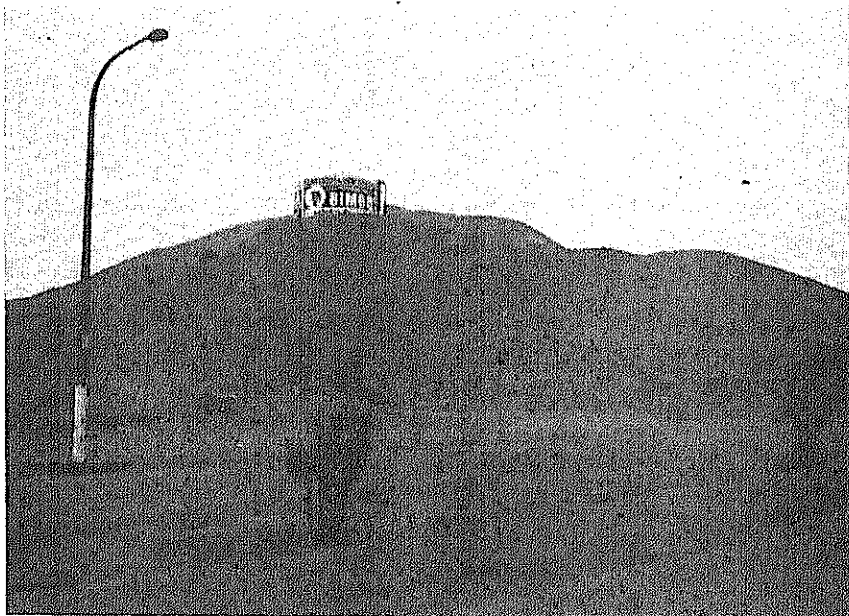
パンアメリカンハイウェイ



減 丘 槽



№ 1 貯 水 槽



№ 2 貯 水 槽

ペルー国ベンタニーヤ地区生活用水供給計画設計調査報告書

序 文

要 約	i
第 1 章 プロジェクトの意義とその背景	1
1.1 Ventanilla 地区生活用水供給事業の意義	1
1.2 プロジェクトの経過	1
1.3 調査組織	8
1.4 調査行程	10
第 2 章 Ventanilla 地区の概況	14
2.1 位 置	14
2.2 自然条件	14
2.3 社会条件	19
2.4 都市計画	20
第 3 章 計画給水量の算定	22
3.1 計画給水人口	22
3.2 計画給水量	24
第 4 章 既存水道施設の現況	27
4.1 Ventanilla 地区水道事業の経過	27
4.2 水道施設の現況	28
4.3 問題点と改良案	34
第 5 章 地下水についての検討	45
5.1 水道水源地区の水理地質学的条件	45
5.2 地下水開発計画	56
第 6 章 施設建設及び維持管理に関する条件	61

第 7 章	施設計画	6 4
7.1	施設の概要	6 4
7.2	計画諸元	6 4
7.3	施設の規模と客量計算	6 5
7.3.1	取水施設	6 5
(a)	取水井	6 5
(b)	取水ポンプ室	6 5
(c)	取水ポンプ	6 8
(d)	掘さく機械	8 0
7.3.2	導水施設	8 0
(a)	導水管	8 0
7.3.3	送水施設	8 0
(a)	接合井	8 0
(b)	送水ポンプ井	8 2
(c)	送水ポンプ	8 2
(d)	送水管	8 3
(e)	減圧槽	8 6
7.3.4	貯水施設	8 6
(a)	貯水槽	8 6
(b)	連絡管	8 7
第 8 章	工事費の概算	8 9
第 9 章	プロジェクト実施計画	9 2
第 10 章	プロジェクトの評価	9 6

要 約

要 約

1. VENTANILLA 地区飲料用水供給事業の背景

VENTANILLA 地区は集中化する首都LIMA市の都市人口を分散させることを目的として、1961年に計画、建設された。VENTANILLAは終局的には110,000人の衛星都市として発展するはずであったが、その途上において発展は停滞し、現在25,000人の人口をもつにすぎない。その原因は飲料水不足によるものであり、現状では15%の供給が限界となっている。

2. プロジェクトの経過

1980年1月ペルー国は本地区に対する援助要請を日本国に対して行い、この要請を受けた、日本政府は1980年7月第1次調査団を派遣し、要請の背景と現地の実情を調査した。本調査は事前調査団の調査結果にもとづき、さらに詳細な現地調査を実施し、適切なる基本計画を立案せんがために実施されたものである。

3. 調査内容

調査は1980年9月18日から実施された。現地調査は10月30日迄行われ、その内容は、地形調査・地質調査・水質分析の他、VENTANILLA地区周辺の自然条件、社会条件、資機材の調達状況、本事業を遂行するにあたっての技術レベルを検討した。その結果をもとに基本計画を立案し、これをProgress reportとして提出した。日本国内における作業はペルー国における現地作業をもとに基本計画を見直しし、事業費を積算した。その結果本プロジェクトの事業費は約11億円となることが明らかとなった。

4. VENTANILLA の自然条件及び社会条件

VENTANILLA地区は首都LIMA市の北方約20kmの位置にあり南西を海に開き、背後を丘陵に囲まれている。薄い風成堆積物の砂層におおわれ、Jura紀の火山岩類より構成され、雨量が極度に少いこの地区には、取水の対象となるべき、地下水はまったくない。本地区の水道水源は、北東約4km離れたZAPALLALの地下水に求めている。VENTANILLAの都市計画は、本地区が住宅区域、商業区域、工業区域、行政区域と区画化され、人口110,000人の都市として完成することを示しているが、現状では25,000人の人口と一部の住宅区域、一部の工業区域が完成しているのみである。上水道は完備されているが、供給水量が極めて少い、下水道の排水は処理され、農業用水として再利用されている。

5. 計画給水量

VENTANILLA地区の計画給水人口は40,000人とし、計画1人1日最大給水量は390e/c/dで、住宅に供給される計画1日最大給水量は15,600m. Cu/dである。これに工業区域、商業区域、行政区域への飲料水の供給を加えて、計21,950m. Cu/dが、本プロジェクトの計画1日最大給水量となる。

6. 既存水道施設

既存水道施設の水源は3本の深井戸からの地下水であるが、水源地区のZAPALLALは水理地質条件に劣っており、今後の安定な取水は期待できない。送水管は、加圧送水系と自然流下系に分かれている。将来の供給量に対して自然流下系の送水管は若干の手直しをすれば使用可能であるが、加圧送水系は使用に耐えられない。配水系統は3基、総容量4,000m. Cuの貯水槽と各供給先への配水管より構成される。将来の供給量に対しては貯水槽の増設を必要とする。

7. 地下水条件

将来の供給水量を取水するには現在の水源地域のZAPALLALは不適當であり、ペルー政府がすでに調査した地域PUENTE-PIEDRA-CARABAYLLO地区に水源を新設すべきであろうと考えられる。

PUENTE-PIEDRA, CARABAYLLO地区はCHILLON川右岸に位置し100m～200mに達する扇状地堆積物の砂礫層より構成されている。本地区の地下水の供給はCHILLON川上流域からの浸透流によるものであり、帯水層係数の値は本地区の水理地質学的条件が良好で、取水が確実であることを示している。新設水源1井当りの計画取水量は34ℓ/secであり、井戸数は24hr取水で7井、18hr取水で10井を必要とする。深度は100m程度が適切であるが、適切なボーリング機材の選択が必要であろう。

8. 施設建設及び維持管理に関する条件

現地調査においてペルー国における建設業界の実態、建設資材の実態、建設法規及び、施設基準、建設工事の実態と維持管理技術の実態を検討したが、この結果本プロジェクト遂行に必要な技術的背景は充分であることが判明した。しかし、一部資機材については、海外からの調達によった方がより合理的かつ経済的であることも又明らかとなった。

9. 施設計画

現地調査の結果をもとに施設計画が策定されたがこれらは次のようなものである。

取水施設	深井戸	10井	口径350mm	深度100mm
導水施設	導水管	中14"～8"	延長	9,550m

送水施設	送水ポンプ所	送水ポンプ 5 台
	送水管 中 24"	延長 7,760m
	減圧槽	2 基
貯水施設	2,000m. Cu 3 基	総容量 6,000m. Cu
	接続管 中 12" ~ 8"	延長 3,130m
ボーリング機械	1 台	トップヘッドドライブ型ロータリー掘さく機
		タンクローリー 1 台、揚水試験用機械 1 式

10. 事業費の概要

基本計画にもとづく、協力の内容としては、施設の建設費及びボーリング機械、及び設計管理費であり総額 11 億円となる。

11. 事業の優先順位

本事業は①取水、導水施設②送水施設③貯水施設に大別され、その優先順位は①、②、③の順位となるが、①の取水導水施設と②の送水施設が完成しないかぎり、給水事業としては機能しない。①の取水導水施設は深井戸 10 井で計画しているが、日本の水道施設基準では深井戸 7 井で充分である。又送水ポンプの操作上も有利である。こういった観点から①の取水施設をみると、その建設費は約 3 億円であり、②の送水施設で約 6.2 億円となる。貯水施設と残り 3 井の深井戸についてはペルー国の努力で整備されることが望ましい。

12. プロジェクトの評価

ペタニーヤへの飲料水の供給が、本事業によって円滑化し、住民の生活が安定化することにより、衛星都市としてのペタニーヤが本来の目的どおりに発展することになれば、今後このような職住近接型の衛星都市構想が軌道に乗っていくことになり、その結果都市のラム化、失業問題という社会問題を解決しようとしているペール政府にとっては極めて、大きな社会的効果であるといえる、又新しいボーリング機械で代表される日本の水源開発技術の導入は表流水の乏しいペルー国、太平洋沿岸の水資源開発に対して多大の貢献をなすことになり、その経済的効果は極めて大と考えられよう。

第1章 プロジェクトの意義とその背景

第1章 プロジェクトの意義とその背景

1.1 VENTANILLA 地区飲料用水供給事業の背景

VENTANILLA は都市化現象の進む主都LIMA市の衛星都市として集中化したLIMA市の都市人口を分散させることを目的として計画されたNEW TOWNであり、LIMA市北方の全く未開の砂漠の中に計画建設されたものである。

このNEW TOWNは、地域内に工業地域、商業地域、市役所、学校等の公共施設をもち、又地域西部の海岸地帯に建設が予定されている漁業基地や、漁業加工センターや、地域内の工業地域、商業地域で働く人々のための居住地として、職場と住居が近接する理想的な都市として計画、実施されたものである。

1961年に建設が開始され、さらに1969年に都市計画の見直しによって、最終的に110,000人におよぶ人口をもつはずであった。この魅力的な都市VENTANILLAは、その後発展を停止し、現在では、たかだか25,000人程度を人口をもつにすぎない。この原因はいつに住民の飲料水不足によるものに他ならないのである。

VENTANILLA 地区の住民に飲料水を供給する上水道は、市民の生活用水、工業用水を十分に供給できるように計画され、整備されてきたにもかかわらず、近年水源水量が不安定なものとなり、生活用水に不足をきたし、その充足率がわずか15%に満たない状況下に、住民の飲料水の確保は買水にたよらざるを得なくなっており、衛生的な見地からみても、又経済的な見地からみて放置することができない。

飲料水の充分なる供給は、このVENTANILLA 地区の住民の健康的な生活を約束し、都市の発展をうながし、かくしてVENTANILLAの都市建設の目的は完成されることになるであろう。

1.2 プロジェクトの経過

本プロジェクトは1980年1月ペルー国政府が首都LIMA市の衛星都市VENTANILLA地区の住民の飲料用水供給事業に関する援助協力の要請を日本国に対して行ったことに始った。

その要請を受けた日本政府は1980年7月に第1次調査団を派遣し、要請の背景と現地の実情を調査した。

本調査は、この第1次調査団の調査結果にもとずき、さらに詳細な調査を現地において行い、

適切なる基本計画を立案せんがために実施されたものである。

現地調査は、1980年9月より10月30日迄実施された。現地調査の目的は、取水井の適切な取水量と井戸の配置を決定することと、地下水開発に必要とされる掘さく機械の特性の検討と、水道施設にあっては地域条件に適応した合理的な送水方式を研究し、水源水量増加に対応できるような施設計画を立案することにあった。

このため、現地 VENTANILLA , PUENTE・PIEDRA , CARABAYLLO 地区での作業は、これらの地区の踏査と地形調査、地質調査が実施され、又、地下水の分析が実行された。

さらに、過去の諸調査結果については担当者と充分なる討論をつくり、水理地質学的条件の理解につとめた。一方 VENTANILLA 地区の既存の水道施設の能力については、ESAL 職員との DISCUSSION , 現地踏査によってチェックを行い、改良すべき点について充分検討した。このような基礎的な資料をもとに、新規水道施設の計画諸元を決定し、さらに施設容量と建設位置の検討が行われた。同時にペルー国における資機材調達の可能性や、施設の工事費積算資料が収集された。

11月から日本国内での作業が実施されたが、これはペルー国内で調査した結果をもとに、設計図面の作成、数量計算及び工事費の積算等の実施計画の立案作業が行われた。

表 1 - 1 調査フローシート

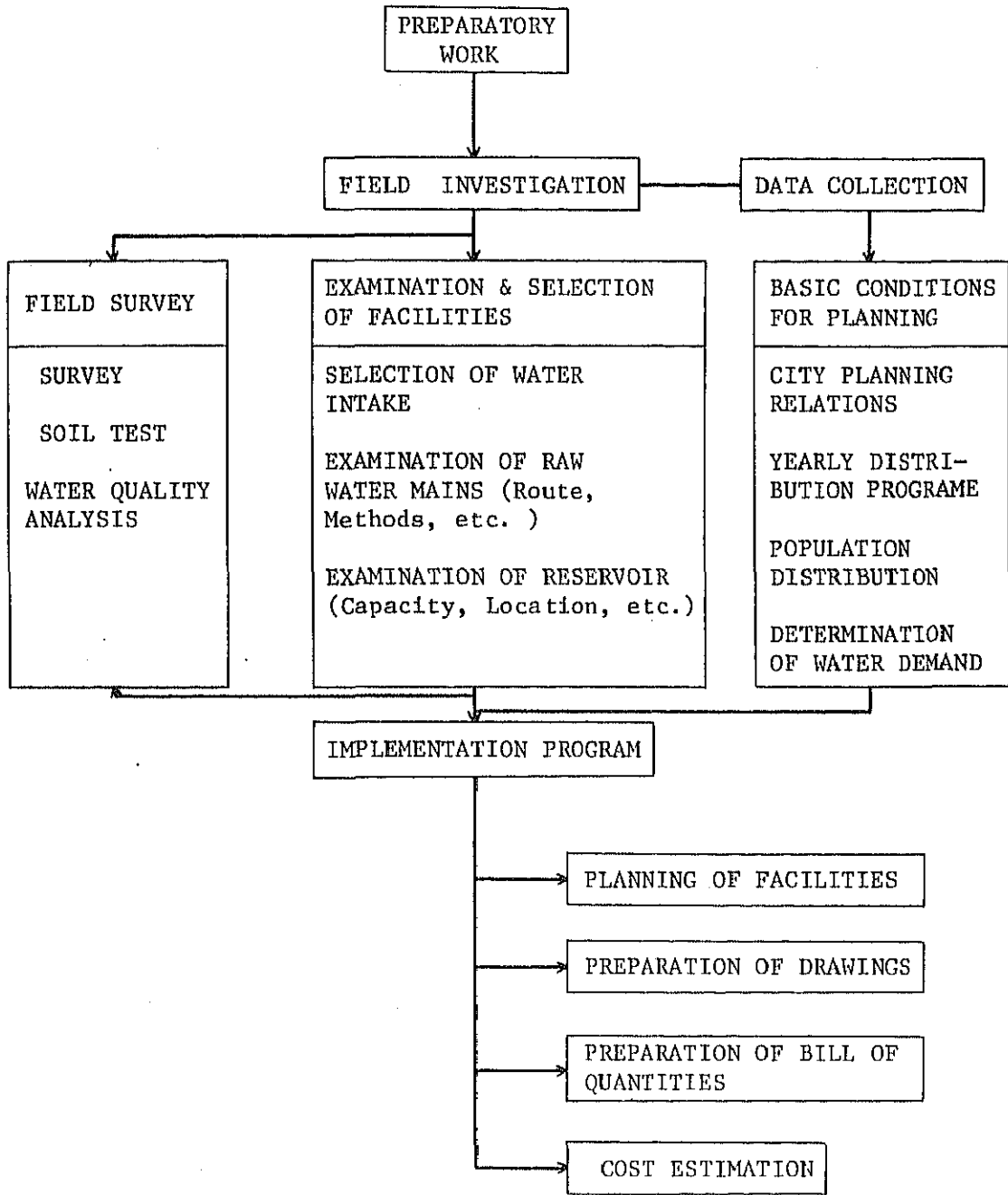


表 1-2 調查工程表

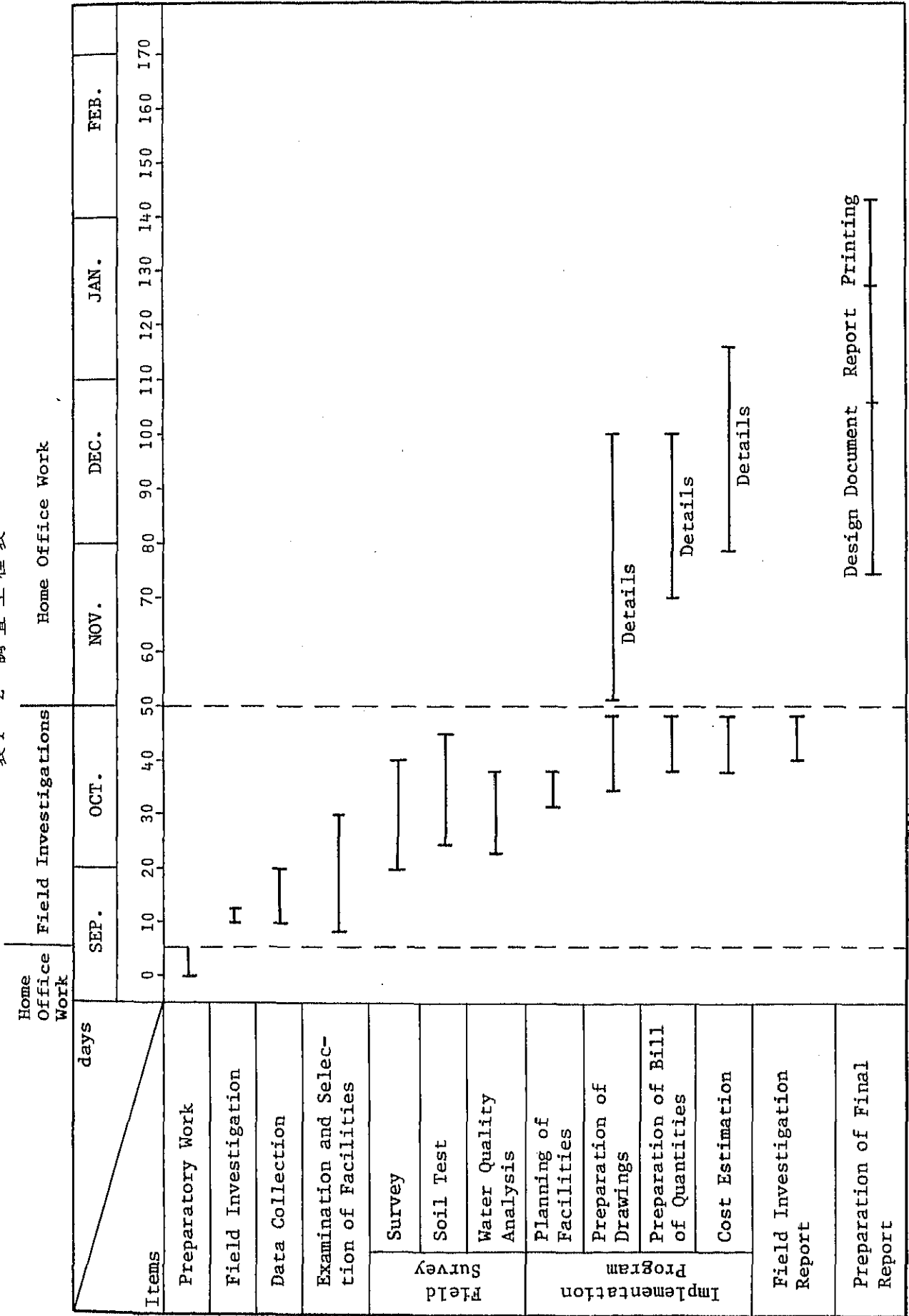


表 1-3 測量地質調查結果

DESCRIPTION	SCALE	QUANTITY	LOCATION
TRAVERSE	-	9.2 km	Raw water lines and all wells
LEVELING (ROUTE)	H: 1/1000 V: 1/100	13.0 km	Raw water lines 9.2 km Transmission line 2.6 km Connection lines 1.2 km
PLANNING (ROUTE)	1/1000	13.0 km	Raw water lines 9.2 km Transmission line 2.6 km Connection lines 1.2 km
LEVELING CHECK	-	10 Points	Existing well No. 1 Existing valve chamber Existing reservoir No. 1, No. 2, No. 3 Others
PLANNING (FACILITIES)	1/200	8,000 m ²	Pumping station and junction well 1,600 m ² Presser reducing tank 1,600 m ² Reservoir No. 4, No. 5, No.6 4,800 m ²
CROSS SECTION	1/200	7 Sections	Transmission line
SOIL INVESTIGATION	-	5 Locations	Pumping station 1 Location Pressure reducing tank 1 Location Reservoir No.4, No.5, No.6 3 Locations (2 test pits for each location)

S U R V E Y I N G

表 1-4 地下水調査結果

No.	WELL NUMBER	TEMPERATURE	WATER LEVEL		PH		RESISTIVITY	YIELD (g/s)	SAMPLE NO.	REMARKS
			1980	1978	PH	RPH				
1	15-01-54	22°C	12.90	13.21	7.0	7.2	37	-	-	Deepwell Pump-Under Operating
2	15-01-40	21	21.03	9.0*	7.1	7.3	0.9	-	No.1	"
3	15-01-39	22	36.56	25.0*	7.2	7.4	29.5	56	No.2	"
4	15-01-175	22	12.01	7.0*	7.2	7.2	13.8	89.6	-	"
5	15-01-125	22.5	8.15	6.89	7.9	7.9	9.5	-	No.3	Shallow well Pump - Stop Sampling: from reservoir
6	15-01-142	23	-	18.24	7.2	7.2	-	-	-	Deepwell Pump - Under Operating
7	15-01-32	23	-	-	7.3	7.3	-	-	No.4	"

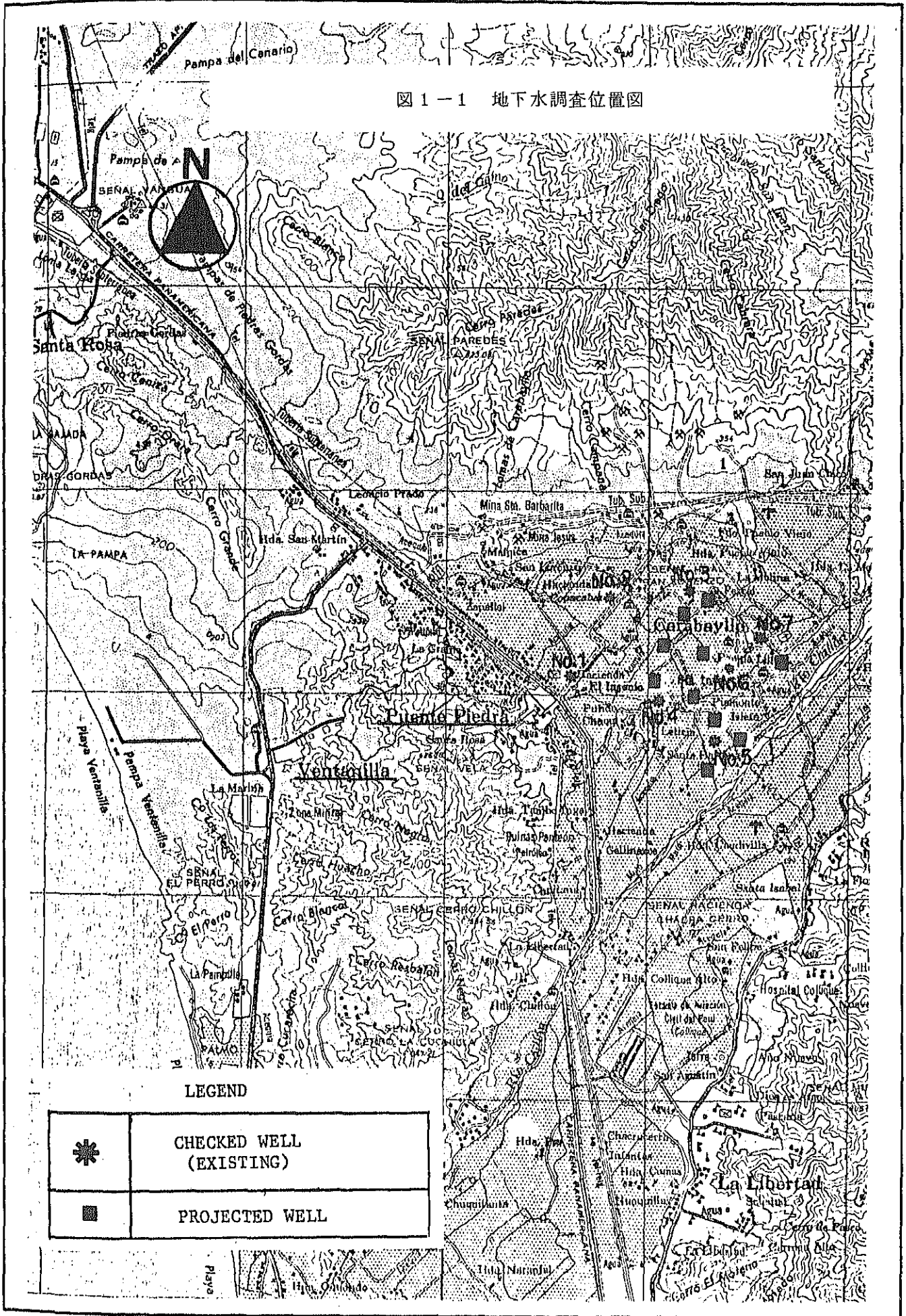
DATE OF INVESTIGATION 3/Oct./80 10.00 a.m. - 5.00 p.m.

TEMPERATURE 19°C - 21°C

WATER LEVELS OBSERVED IN 1978 SHOWS THE STATIC WATER LEVEL

* ESTIMATION FROM COUNTER MAP OF STATIC WATER LEVEL

圖 1-1 地下水調查位置圖



LEGEND

★	CHECKED WELL (EXISTING)
■	PROJECTED WELL

1.3 本業務を遂行した調査団の構成

1.3.1 日本側調査団

小 川 敏 彦	(団長・総括)	㈱協和コンサルタンツ
小 西 泰次郎	(地 質)	梶谷調査工事株式会社
富 田 秀 雄	(工事計画)	㈱協和コンサルタンツ
富 安 薫	(機械設備)	"
諫 山 末 憲	(工事積算)	"

1.3.2 Peruvian Government (at the time of the basic design survey)

(a) Ministerio de Vivienda y Construcción

Ing. Jose Benavides Muñoz	Director Superior
Ing. Pedro Sarmiento Polo	Director Adjunto a la Dirección Superior
Ing. Carlos Forero Espinaza	Director General de Obras Sanitarias

(b) E.S.A.L.

Ing. Fernando Madueño G.	Presidents del Directorio
Ing. Mario Bustamante Ramos	Director Gerente General
Ing. Baltazar Navarro	Gerente del Area Técnica
Ing. Fortunato Lari	Gerente de Proyectos

(c) Ventanilla Project

Ing. Ernesto Petit Lecaros Director de la Oficina del
Proyecto Ventanilla
Ministerio de Vivienda y
Construcción

Ing. Carlos Valenzuela E.S.A.L

Ing. Jorge Kawazo Tokuzo E.S.A.L.

Arqto. Julio Baba Nakao Ministerio de Pesquería

Senora (Secretaria) Vilma Rivera Valega

Chofer Fernando Choy

1.4 現地調査における工程

<u>日 付</u>	<u>行 程</u>	<u>事 項</u>
9月19日 (金)	JL 及び AR 便にてリマ 到着	日本大使館及び JICA 表敬訪問。
9月20日 (土)	リマ市滞在	会議のため準備作業。
9月21日 (日)	"	工程について討議。
9月22日 (月)	"	住宅建設省にて会議を行う。 午後ベンタニーヤへ踏査を実施する。
9月23日 (火)	"	水理地質条件について検討する。 既存送水管路について踏査を行う。
9月24日 (水)	"	ペルー側カウンターパートと会議。 既存施設の検討, 及び資料収集の準備。
9月25日 (木)	"	漁業省の測量結果についての検討。
9月26日 (金)	"	水源位置の検討, 踏査を実施する。
9月27日 (土)	"	収集資料の整理。
9月28日 (日)	"	工程について討議。
9月29日 (月)	"	ペルー側カウンターパートと工程, 及び 水源の位置について討議を行う。
9月30日 (火)	"	ESAL 訪問, 会議を持つ。後, リマ浄水 場見学。
10月 1日 (水)	"	水源位置決定のため Puante Piedra 及び Calabayllo 地区へ踏査を実施する。

<u>日 付</u>	<u>行 程</u>	<u>事 項</u>
10月 2日 (木)	リマ市滞在	既存施設検討, Puente Pieclra 地区 測水調査実施。
10月 3日 (金)	"	測量業者からの見積仕様書の検討。 Dr. Kuroiwa に測量, 地質調査の依頼を 行うことに決定。
10月 4日 (土)	"	収集資料の整理。
10月 5日 (日)	"	工程について討議。
10月 6日 (月)	"	水源能力及び取水ポンプについての検討。 測量, 地質調査の準備 Puente Pieclra 地区へ踏査実施。
10月 7日 (火)	"	収集資料の整理検討, Calabayllo 地区 の測水調査実施。
10月 8日 (水)	"	収集資料の整理検討, 施設計画。
10月 9日 (木)	"	施設計画, PC タンクの構造について会 議。
10月10日 (金)	"	Dr. Kuroiwa と測量, 地質調査の件で会 議を行う。 Puente Pieclra 地区及び Uentanill 地 区へ踏査。 ESALにて給水人口, 給水量及び計画水 道施設についての討議をもつ。
10月11日 (土)	"	既存施設の再検討。
10月12日 (日)	"	工程について討議。

<u>日 付</u>	<u>行 程</u>	<u>事 項</u>
10月13日 (月)	リマ市滞在	Puente Piedra 地区へ Dr Kuroiwaと地質調査。 小西氏リマ到着。
10月14日 (火)	"	小西氏, 日本大使館, JICAに表敬訪問, 施設計画。
10月15日 (水)	"	施設計画
10月16日 (木)	"	ペルー側カウンターパートと調査の結果について討議。 ESALにて新施設の容量及び機器の選定について討議。
10月17日 (金)	"	副大臣の会見, 今後の工程について討議。
10月18日 (土)	"	施設計画, 図面作成 プロGRESS レポート作成準備。
10月19日 (日)	"	工程についての討議。
10月20日 (月)	"	プロGRESS レポート作成。
10月21日 (火)	"	"
10月22日 (水)	"	"
10月23日 (木)	"	プロGRESS レポート作成及び建設費概算。
10月24日 (金)	"	" プロGRESS レポート製本。
10月25日 (土)	"	建設費概算。

<u>日 付</u>	<u>行 程</u>	<u>事 項</u>
10月26日 (日)	リマ市滞在	建設費概算。
10月27日 (月)	〃	〃
10月28日 (火)	〃	住宅建設省と会議。
10月29日 (水)	〃	日本大使館, JICA 挨拶。
10月30日 (木)	AR便にてリマ発, ロス アンゼルス到着	
10月31日 (金)	JAL便にてロスアンゼ ルス発	
11月 1日 (土)	成 田 着	

第2章 Ventanilla 地区の概況

第2章 VENTANILLA 地区の概況

2.1 位 置

VENTANILLA はペルー国の首都 LIMA 及びこれに隣接する CALLAO の北方約 20 km にありその位置は南緯 $11^{\circ}51'20'' \sim 11^{\circ}57'20''$ 、西経 $77^{\circ}4'25'' \sim 77^{\circ}12'$ にあり南北に凡そ 6 km 東西に凡そ 1.5 km、面積は約 9.0 km² である。

VENTANILLA への交通は自動車によるものしかないが、首都 LIMA から 2 本の主要道路が存在する。一つは CALLAO を経由し、海岸線を北上する道と、CARRETERA PANAMERICANA と呼ばれるパンアメリカン ハイウェイである。

すなわち VENTANILLA は、首都 LIMA の衛星都市としては位置及びその交通の条件からすると、極めて良い条件下におかれていると考えられる。

2.2 自 然 条 件

2.2.1 地 形 概 要

VENTANILLA の地形は背面を丘陵に囲まれ、南西を海の方に向けた緩斜面の扇形の地形を呈している。市街地は高度海拔 25~80 m に位置し緩かに北東方に上がっている。

当地区は北方を Santa Rosa 市の背後の山地、すなわち Cerro Palb (330.87 m) および Cerro Orra (438.0 m) 北東から東方にかけては、Cerro Grande (300~350 m) の山地に、また南東方は Seral Vela 付近の高さ 426.78 m の山地および Cerro La Chillon (347.21 m) の山地に囲まれ南西方は海に開いた地形である。

VENTANILLA 市街地の斜面は 1~1.5% の緩傾斜であり、山地に近づくとも 6% と急なものとなっている。

VENTANILLA への新水源地である PUENTE PIEDRA は、北東方の山地を越えた Chillon 川の右岸に拡がり沖積平野に位置している。

この地域は北方 Cerro San Diego (1430 m) を中心とする山塊に限られ、西方は Senal Cerro Chillon (534.56 m) を中心とする山地および北東から南西に向かって流れる Chillon 川に限られた平地である。

この平地は Chillon 川がつくった沖積扇状地でその標高は 100 m ~ 250 m である。

図 2-1 ベンタニーヤ位置図

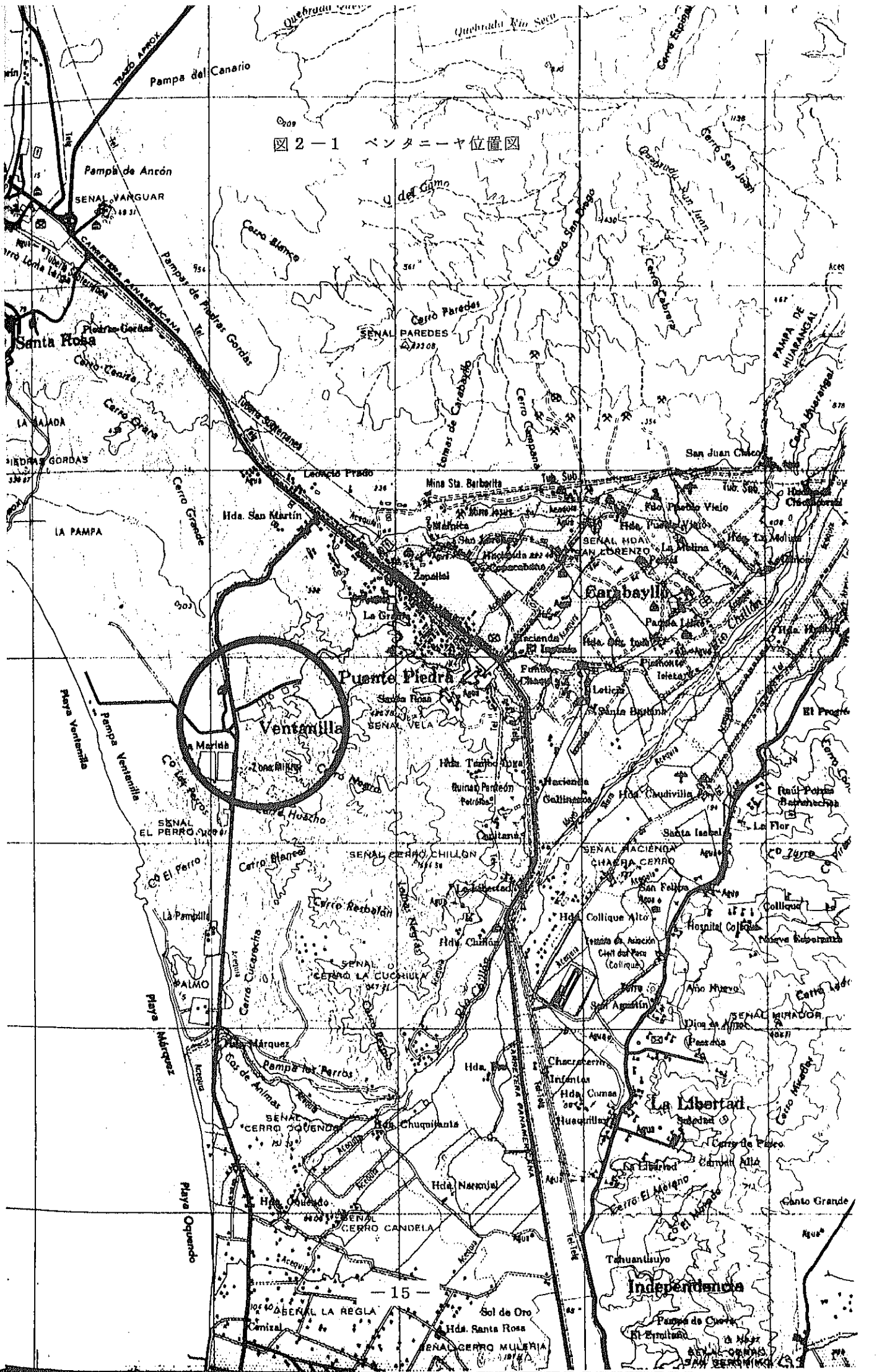




図 2-2 ベンタニヤ周辺の地質図

2.2.2 地質概要

VENTANILLA 及び PUENTE PIEDRA 付近の地質は、その基盤をジュラ～白亜紀の推積岩、火山砕屑岩、火山岩で構成され、この基盤上に第四紀、沖積層の扇状地推積物、海浜推積物及び風成砕屑推積物が推積している。

この地域を地質区として分類とすると以下のように4大別が可能である。

(1) VENTANILLA 地区

VENTANILLA 地区は緩傾斜の地形をなし、海岸に近い付近は砂丘推積層の砂、礫より構成される。内陸部は風成砕屑推積層の砂より構成される。

(2) 北部山地

北部山地は、Cerro San Diego (1430 m) や、Cerro Paredas (823.08 m) を中心とした山地であり、標高600 m以上は急峻な地貌を呈し、主として白亜紀後期の貫入岩が分布する。これら山地の山麓に当る緩傾斜地帯には、白亜紀中期に属する推積岩(Herradura層、Marcavilca層、Pamplona層、Atcongo層)の各地層が分布する。

(3) 南部山地

南部山地はVENTANILLA地区と、Chillon川右岸南方に横たわる山地で北部にSeral Vela (426.78 m)、中部にSeral Cerro Chillon (534.56 m)があるが、北部山地に、較べて可なりの開析を受けている。構成する地層はジュラ紀～白亜紀に属するPuente Piedra層群で下位層がChillon右岸平地の南西限に接する山地に、北西-南東の走向をもって分布し、西方および南西方に向い上位層が順次分布する。

これらの地層は火山性推積物で、各種岩層よりなり、またその後の地殻変動を受けて断層、褶曲などがかなり発達している。

(4) Chillon 右岸平野部

この地区は北東から南に向い緩傾斜地区でChillon川が形成した扇状地性沖積推積層の分布地域である。

この平野には、処々に基盤岩の突出部がみられ、基盤岩の下底はかなり不規則な形状をなすものと推定される。

沖積層は粘土、砂、礫、円礫などによりなるが、地質断面図Fig 2-3によると水平方向の層相変化はきわめて大きく、連続性に乏しい。基盤岩迄をボーリングによって確認したした実積はないが、電気探査の結果によるとPuente Piedra地区の基盤岩迄

の探度はほぼ 150 m ~ 250 m 程度と考えられよう。

2.2.3 Chillon 川の状況

Chillon 川は Andes 山系にその源を発し、多くの支派川を併せて北東から南西方向に流下する。その流域の上、中流部に分布する岩石はおおむね堅硬で、谷巾は狭く、兩岸は、急峻な地形を呈している。

流域面積は 2,224 km²、流路延長は 118 km で、このうち常に雨のかかる流域は 1,800 km² である。

流量のうち最高のもは 1965 年の 180.13 m³/sec であり、最低流量は 1960 年の 0.3 m³/sec である。(Magdalend 橋測定)

利水可能量は年間約 171,555,000 m³ で、海に流出する水量は、96,590,000 m³ である。

Chillon 川の表流水は主に農業用水として用いられ 12,000 ha のかんがい面積をうるおしている。新水源地域の Puente Piedra では毎年 1 月 ~ 3 月迄は地表水として流下しているが、他の 4 月 ~ 12 月では伏流し、地表に流水はみられない。

尚、地下水面の形態から考慮すると Chillon 川から直接地下水を涵養する傾向はないと考えられよう。

2.2.4. 気象条件

VENTANILLA の存在する地域は、南緯 11° ~ 12° にあり亜熱帯地域に属しているにもかかわらず、雨量が極度に少く、また気温は高くなく暖和な気候である。この地域の気象条件を支配するものはペルー海流(フンボルト海流)と呼ばれる寒流と、大平洋岸に迫ってくる標高 6,000 m を越えるアンデス山脈である。すなわち、大平洋から吹く風はアンデス山脈によって東側地帯を多雨地帯とし、その西側を乾燥地帯とする。

(1) 降 水

最近 15 年間(1960 年 ~ 1975 年)に降雨が記録された日数はわずか 348 日であり、総降水量は 122.7 mm で年平均 8.2 mm という状態である。又季節変動は夏に比較して冬季(6 ~ 9 月)は降水日数、降水量ともに若干多い傾向がある。

(2) 気 温

気温は夏季において 30°C の最高気温をもつが、1 日平均は 20° ~ 22°C で、冬季においても最近 10°C 前後、1 日平均 16°C ~ 17°C である。平均気温に関するかぎり、月平均 16°C ~ 20°C で年間を通じて温度差は少ない。

(3) 湿度及び気圧

湿度は平均82～85%でかなり高い、季節的に変動するがその変動量はわずかである。気圧は年間を通じて大きな変化はみられず、その変動巾は4 mbにすぎない。

(4) 霧及びもや

一年間の大部分が霧によって海面近くまで雲におおわれ、平野部は完全に霧の下となっている。この霧のため冬は視界が妨げられて、船の航行に支障をきたすことが多い。

(5) 風

LIMA 国際空港の観測によると1960～1975年の間で南風が年間を通じて卓越している。

平均風速は、5 m/s 最大風速は10 m/s である。又台風のような熱帯性低気圧は発生せず、この地域の気象状態は安定している。

(6) 地震

Peru 国の Andes 山系は環太平洋火山帯に属し、隣国の Chile などと共に地震国として有名である。1913年から1963年迄の間にマグネチュード7.5以上の地震が12回発生している。そのうち最大のもは1942年のマグネチュード8.10がある。

2.3 社会環境条件

2.3.1 人口分布

VENTANILLA は1961年観業者(MINISTERIO DE FOMENTO)の手によって、首都LIMAの衛生都市として計画実施されてきたものであるが、その発展は飲料水不足のため現在停滞状況にある。1972年に実施された国勢調査の際には16,000人の人口が記録されている。現在は25,000人の人口をもっているが、1969年の見直し作業によって将来構想として110,000人が考慮されている。

2.3.2

VENTANILLAの都市計画によると、住宅地域と、商業地域、工業地域、行政区とに分けられている。

このうち住居地域はA-1, A-2, A-3, A-4, A-5迄のA地区と、B地区 C地区, D-1, D-2, D-3のD地区, E地区, F地区に分けられており、現在A地区の1部とD地区の1部は開発されているにすぎない。工業地域も1部の地域が開発されているのみであり、商業地域、行政区にいたっては、まったく建設されていない。

2.3.3 産業開発状況

VENTANILLA の都市計画の目的の一つに職場と住宅が近接している都市構造にすることがあった。

そのため、工場の誘致が積極的に行われ、現在トヨタ自動車工場、漁網工場、漁油製造工場が操業している。又 VENTANILLA 南方には LA・PANPILLA の石油精製工場がありさらに Rio Chillón 河口付近の工業地帯への通勤者も居住している。

産業開発計画としては、都市計画区域内の工場地帯の拡大と、VENTANILLA 西方海岸に部に設置されようとする漁業基地及び漁業加工センターがある。

2.3.4 上下水道の現況

(1) 上水道

上水道は Zapallal の深井戸 3 井を水源とし、導水施設、貯水槽を經由して各戸に給水されるように計画されているが、水源水量の不足のため、VENTANILLA の住民は極度な水不足におちいっている。現在、飲料水の充足率はわずかに 15% にすぎず、1 日のうち数時間しか給水されていない。従って住民は溜め水を使用するか、あるいはタンク車による買水によって、その不足を補っている状態である。

VENTANILLA の水道は 1980 年 7 月迄は住宅建設省 (MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCION) の直接管割から リマ上下水道公社 (略称 ESAL) に移管され、以後 E, S, A, L がこれを担当することになっている。

(2) 下水道

都市計画にもとづいて開発された地域にはほとんど下水道が完備されている。各戸から排出された汚水は、VENTANILLA 西方郊外のラグーンに集められ、浄化されたのち、農業用水として用いられている。このとき発生する汚泥は砂丘地帯の土壤改良に用いられており、上水道によって供給された水は完全に再利用され、それ迄不毛の地であった本地区にムラサキウマゴヤシ、トウモロコシ、小麦、果実等の農作物がとれるようになってきている。 Fig

2.4 都市計画

VENTANILLA は首都リマ市の北方 25 km に位置し過密化するリマ、カヤオ首都圏 (現在人口約 500 万人) の衛生都市として、1961 年に立案されたものであり、その後 1969 年に見直しが行なわれている。

VENTANILLAの将来構想としては、1969年の見直しで人口110,000人、またPLAN LIMAで220,000人を計画中であり、集合住宅としてその高度利用を構想しているが、これら計画はマンタロー計画による都市用水の供給をその前提条件として成立っている。

VENTANILLAの都市計画は、その計画区域内に、工業、商業地区を配置するとともに、CALLAO～VENTANILLA間に建設されている石油基地及び北西部の漁業地区をその一体とする職住接近のニュータウンとして位置づけられている。

土地利用計画としては、住宅地域(A:408ha)、工業地域(A:160ha)、商業地域(A:16ha)および公共施設地域(A:28ha)で、計画面積は612haである。

このうちすでに住宅区域で155.5haに既住し、工業区域で40haが既就している。

現在人口は、既住しているA地区およびD地区の一部で約2,250戸の低層住宅において、世帯あたり7～15人(平均9.1人/世帯)が居住し、周辺人口を加え約25,000人である。

従って、現在の住宅地域の人口密度は150人/haとなり、低層住宅としては比較的高い値を示しているが、これは大家族生活の特色を示すものである。

計画人口の推定にあたっては、住宅構造、家族構成等を考慮すれば、人口密度150/haは近い将来も同様と想定され、VENTANILLAの住宅建設予定地区である。A-3, A-5, B, D-1およびF地区の将来人口は、15,000人の増加が推計される。従ってこれらが完成する1987年時のVENANILLA人口は約40,000人に至るものと想定されている。

第3章 計画給水量の算定

第 3 章 計画給水量の算定

3.1 計画給水人口

1) 将来人口についての考え方

1980年1月にペルーの日本大使館を通じてペルー政府から提出された要請文に依れば、VENTANILLAの人口は、現在人口25,000人、将来人口40,000人となっている。

一般に将来人口の推定にあたっては、過去の人口推移の実績を基に行ない更に将来の開発計画を加味して決定されるものである。

本調査団も、これらのことについて調査を行なったが、当該VENTA地区の過去の人口推移の実績データは極めて乏しく、僅かに、1972年に行なわれた国勢調査によって16,784人が記録されているのみである。

従って、過去のデータから将来人口を推定することは困難であり、仮にそのデータがあったとしても、水の絶対供給量が不足している当地区に於いては、そのデータをもって将来人口を決めることは妥当ではない。

なぜなら水の供給が不十分であるから、当地区の商、工業の発展を妨げ、住民の定住化を促すことができないという理由からである。

そこで、計画給水人口の設定は、現在人口を踏まえた上で、将来計画に合わせて設定を行なうものとする。

2) 現住人口と将来計画

VENTANILLA地区の用途別区域と人口張付を示すと、図-3.1の如くである。

現在、人口の張付している区域は、A-1, A-2, A-3の一部、及びA-4, D-2の5区域でこれらの人口の合計は、23,320人である。又水の供給が充分なされた後、今後住民の定着を促進させる区域は、A-5, B, D-1, F及びA-3の一部を含めて5区域合計15,000人の予定である。

次に、C, D-3, Eの区域については、長期的には開発区域に含まれるということであるが、現時点ではその内容について明らかではなく、少なくとも今後10年以内この区域に住民は張り付かないであろうという想定である。

以上のことをまとめれば、表-3.1の如くである。

図 3-1 ペンタニーヤ都市計画図

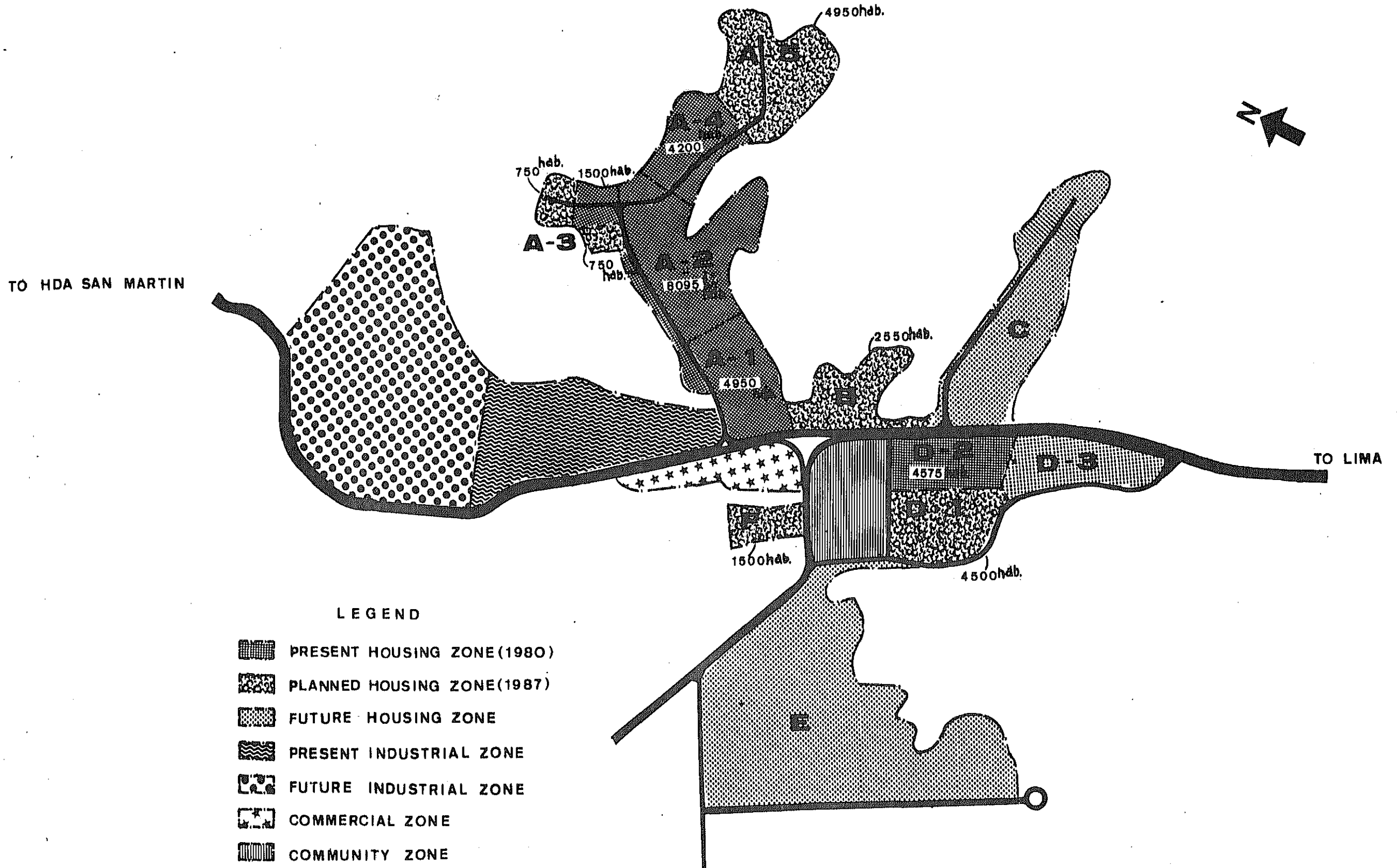


表-3.1 ベンタニーヤ人口分布

区 域	現在人口	将来増加人口	計	摘 要
A - 1	4,950人	—	4,950人	
A - 2	8,095	—	8,095	
A - 3	1,500	1,500	3,000	
A - 4	4,200	—	4,200	
A - 5	—	4,950	4,950	
B	—	2,550	2,550	
D - 1	—	4,500	4,500	
D - 2	4,575	—	4,575	
F	—	1,500	1,500	
ZAPALLAL	1,680	—	1,680	※
計	25,000人	15,000人	40,000人	

※ 既存の水源がZAPALLALに在る為、付近の給水を現在行なっている。

3) 計画目標年

ペルー側提出資料に基づき1987年と設定する。

3.2 計画給水量

1) 原単位について

我が国に於いては、都市の特性を考慮して、その都市個有の使用量を分析し、各々の原単位を定める方法が採られているが、ペルーではESAL(リマ上下水道公社)の基準で、一律に、1人1日平均給水量を300ℓ/c.dと定め、1人1日最大給水量はその1.3倍、更に時間最大給水量は、日最大量の2.0倍としている。

よって本計画も、この値を用いて算定を行なうものとする。

2) 計画1人1日最大給水量

$$300 \ell/c/d \times 1.3 = 390 \ell/c/d$$

3) 計画1日最大給水量

住居区域(生活用水)

$$0.39 \text{ m}^3/c/d \times 40,000 \text{ 人} = 15,600 \text{ m}^3/d$$

(約181ℓ/S)

商、工業、公共施設区域(産業用水)

産業用水の内、最も多量に使用するものは、工場用水であるが、現在、VENTANILLA 地区には、自動車工場と、繊維工場が在り、他の産業用水も含めてその必要量は、1日約 $4,000 \text{ m}^3$ (46 l/S)とされている。

一方、将来については、具体的に、どんな業種の工場がいつ進出するという計画は無いが、工場用地として、かなりの敷地を有しており、更なる沿道は、整備された幹線道路であることから、用水の供給問題が解決されることにより、一段と急速に工場が進出するものと考えられる。

さて、その工場用水の必要量であるが、前述の如く詳細に積上げることにはできないが、現地で入取したESALの報告書「ABASTECIMIENTO DE AGVA POTABLE A LA CIUDAD」(都市への飲料水の供給)の中で産業地帯の機能に関する研究があり、VENTANILLA地区の工場用水は、将来約 73 l/S (約 $6,300 \text{ m}^3/\text{d}$)必要であろうと記されている。

そこで、この値を用いて、前述の生活用水を含めた計画1日最大給水量は

$$\begin{aligned} (181 \text{ l/S} + 73 \text{ l/S}) &= 254 \text{ l/S} \\ &= 21,950 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

以上の計画給水人口、計画給水量の計画目標年までの内訳を示すと表-3.2の如くなる。

表 3-2 計画給水人口及び計画給水量

Year	Population person	Daily Mean						Daily Maximum			
		Residential		Commercial Industrial Public ℓ/s	Total ℓ/s	Residential		Commercial Industrial Public ℓ/s	Total ℓ/s		
		$\ell/c/d$	ℓ/s			$\ell/c/d$	ℓ/s				
1980 (Present)	25,000	300	87	35	122 (10,540 m^3/d)	390	113	46	159 (13,740 m^3/d)		
1981	25,750	300	89	36	125 (10,800)	390	116	47	163 (14,080)		
1982	34,520	300	120	48	168 (14,520)	390	156	62	218 (18,840)		
1983	35,540	300	123	49	172 (14,860)	390	160	64	224 (19,350)		
1984	36,605	300	127	50	177 (15,290)	390	165	65	230 (19,870)		
1985	37,700	300	131	52	183 (15,810)	390	170	68	238 (20,560)		
1986	38,835	300	135	54	189 (16,330)	390	175	70	245 (21,170)		
1987	40,000	300	139	56	195 (16,850 m^3/d)	390	181	73	254 (21,950 m^3/d)		

第4章 既存水道施設の現況

第4章 既存水道施設の現況

4.1 VENTANILLA地区水道事業の経過

VENTANILLAの水道施設は、当初の都市計画に沿い、1961年に勸業省(MINISTERIO DE FOMENTO)の手によって計画、実施され、ZAPALLALに深井戸2井(総揚水量 $Q = 120 \ell/S$)、VENTANILLAに $\#1$ 貯水槽(1,000 m^3)、それらを結ぶ送水管の建設を手始めに、引き続いて $\#2$ 貯水槽(1,000 m^3)の建設、並びに住宅団地(A区域)、工業区域、商業区域に対する配水管等の整備がなされ、取水、送水、配水といった一連の施設を整え、更にその後南側に位置する住宅団地(D区域)への給水を目的として、 $\#3$ 貯水槽(2,000 m^3)の建設及びその区域への配水管の整備を実現している。

以後、1970年になって、住宅省(MINISTERIO DE VIVIENDA)による増設計画が実施され、ZAPALLALに深井戸を一井加え合計3井とし、送水管も更に1条増設し、現在の施設に至っている。

しかしながら、水源地域であるZAPALLALの地下水位の低下や、取水施設のトラブル等によって、VENTANILLAの水需要に適う十分な取水量を確保することができず住民の生活を維持する上で最も重要な飲料水の不足に悩まされる一方、都市の開発を完全に行詰まらせる結果となっている。

このような経過を辿る過程において、住宅省は、住宅建設省(MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCION)と改変され、VENTANILLAの水不足を解消するため、地下水水利権を管轄する農業省の助力を得て、新しい水源開発調査を行ない、それらの結果からVENTANILLAの東方約6 km離れたPUENTE PIEDRA市から更に北東約3 kmの地域に新規水源を求めそれを基にした取水、送水計画を立案している。

しかしながら、この計画も資金難や、井戸掘機等の不足等の理由でその実現は延び延びとなり、今回の調査に繋がる結果となっている。

4.2 水道施設の現況

1) 水源及び取水施設

VENTANILLAの水道水源は、都市区域内に水源はなく、都市の中心部から北東約4 km離れたZAPALLALの地下水に求めている。

現在、この水源地域には、図-4.2に示した如く3本の管井がありそれらの規模は、表-4.1に示す通りである。

表-4.1. 既存井戸の稼動状況

井戸№	建設年 (年)	井戸深 (m)	計画揚水量 (ℓ/S)	実揚水量と運転時間 (ℓ/S) H/d		備 考
				1980年7月	1980年9月	
№ 1	1961	80	60	70ℓ/S, 2.4H/α	50ℓ/S, 2.4H/d	
№ 2	1961	80	60	故障のため休止	70ℓ/S, 2.4H/d	1976年 モーター故障
№ 3	1970	80	60	20ℓ/S, 1.3H/α	№2運転の為水位 低下	

表-4.1に示すように、当初3本の井戸が建設されたが、1980年7月の調査では、予定水量を確保している井戸は№1のみで、№2はモーター故障の為休止、№3は、運転はしているが、揚水量、運転時間は、計画時点のそれよりはるかに下廻っている状態である。

更に今回の調査では、故障していた№2井戸の運転が再開されていたが、このことによつて、№1の井戸の揚水量は、30%もダウンし、№3井戸に至っては、水位低下が著しく、揚水不可能な状態に陥っている。

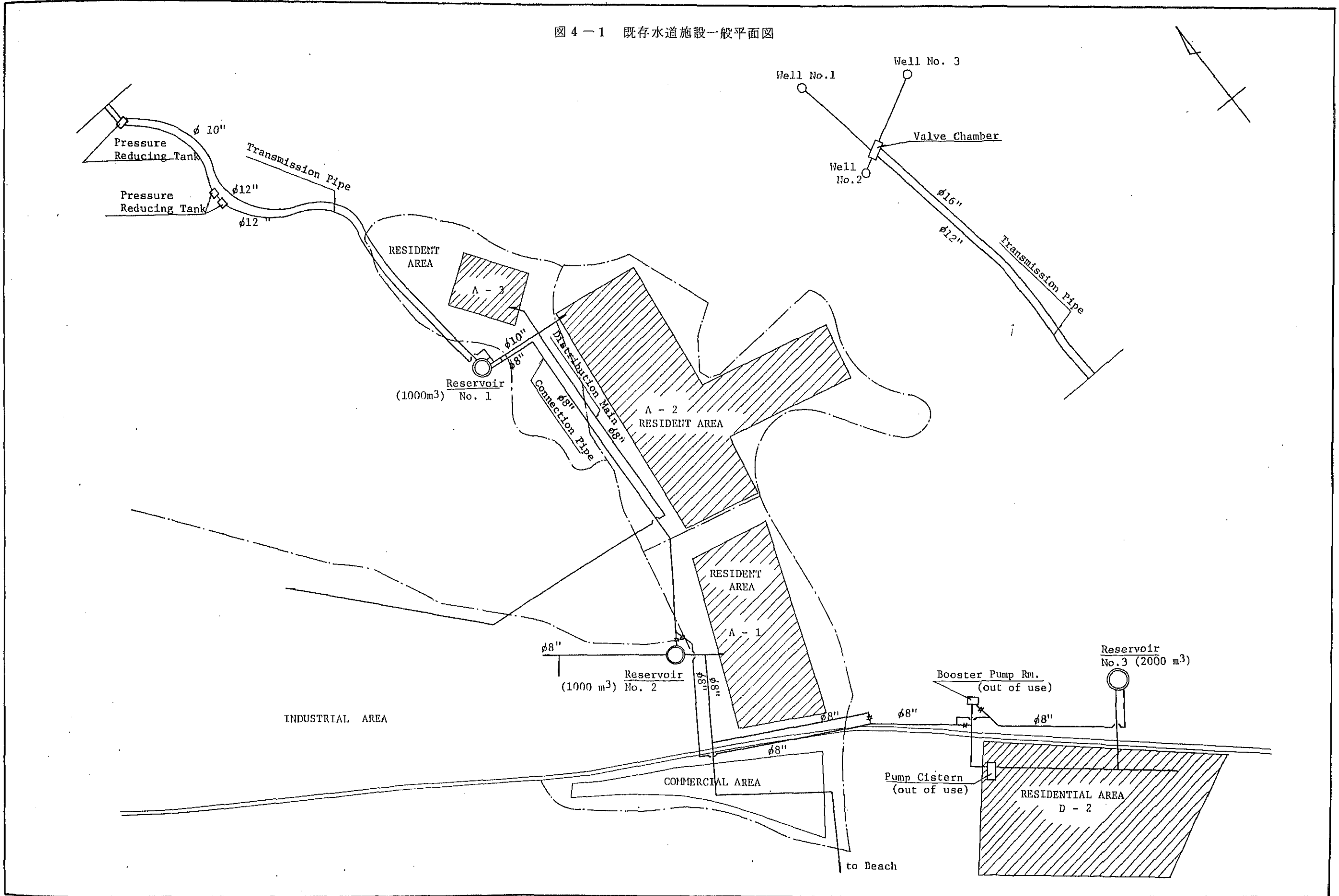
この水位低下の経年変化については、図-4.3に示すとおりであり、それ故、地下水利用に関する管理権をもつ農業省は、この地域の地下水開発を現在、禁止しており早急に水源対策を講ずる必要性に迫られている。

2) 送水施設

VENTANILLAに対する送水は、図-4.1及び図4.2に示す如く、各井戸で取水された水は、バルブ室で接続され、ZAPALLAL(水源地域)とVENTANILLA(給水区域)との境を横切る山の尾根に設置してある減圧槽まで圧送された後、自然流下にて、2条の送水管で№1貯水槽へ流入している。

№1貯水槽からは、2本の流出管があり、その1つは、φ10"の工径で、住宅区域A-2、A-3及び高区の工業区域へ給水する配水管であり、もう1つの管は、口径φ8"で№1貯

圖 4-1 既存水道施設一般平面図



Existing Pipes

No.	Pipe	dia. (inch)	l (m)	Remarks
1	ACP	16	1030	φ 400
2	"	12	"	φ 300
3	"	12	1740	φ 300
4	RCP	10	492	φ 250 To Pressure Reducing Tank No.2.
5	"	12	1248	φ 300 Reducing
6	ACP	10	350	φ 250 Tank No.2.
7	"	8	1060	φ 200
8	"	10	105	φ 250
9	"	8	1260	φ 200
10	"	8	550	φ 200

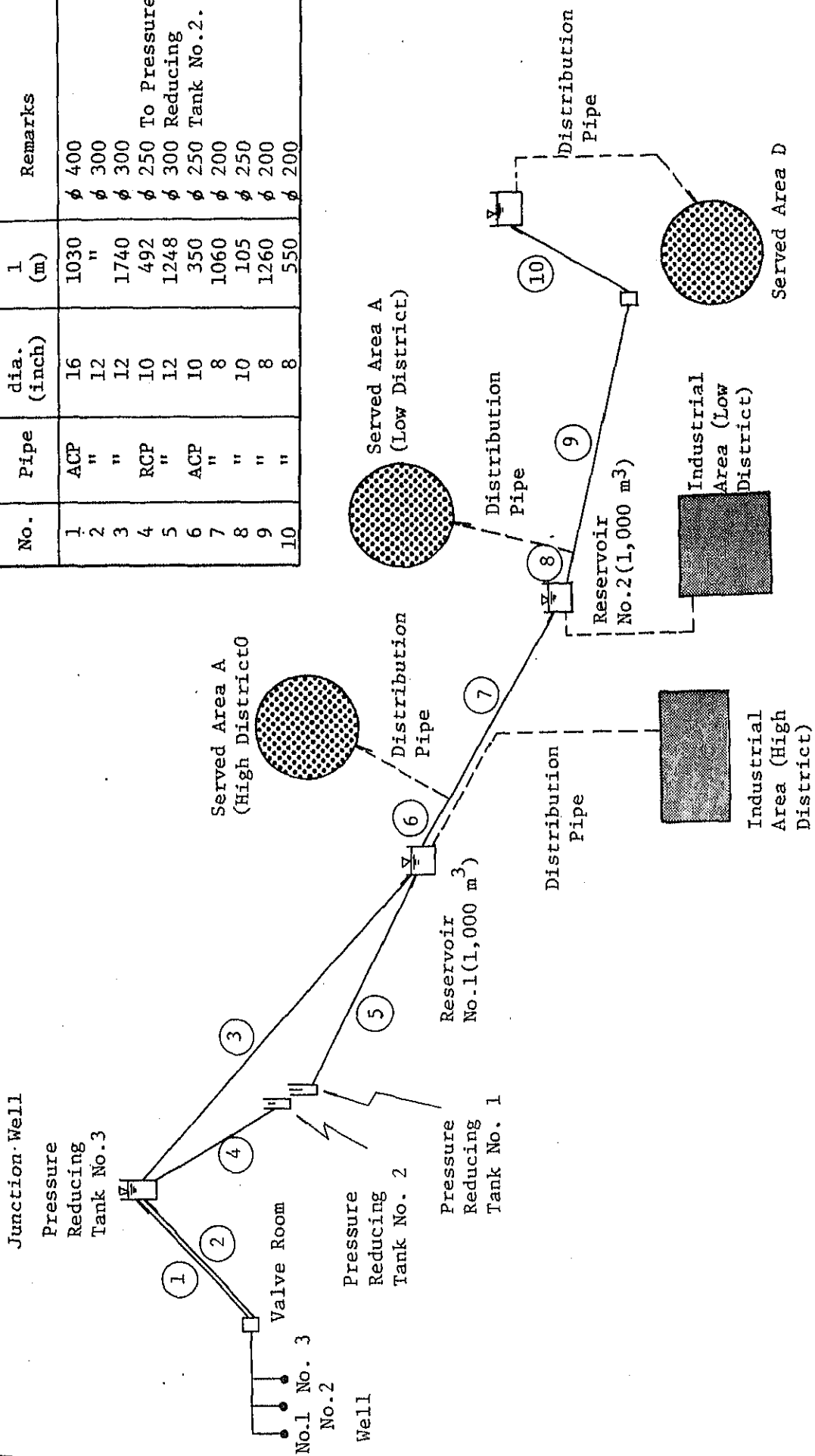


図 4-2 既存送水施設及び配水施設の系統図

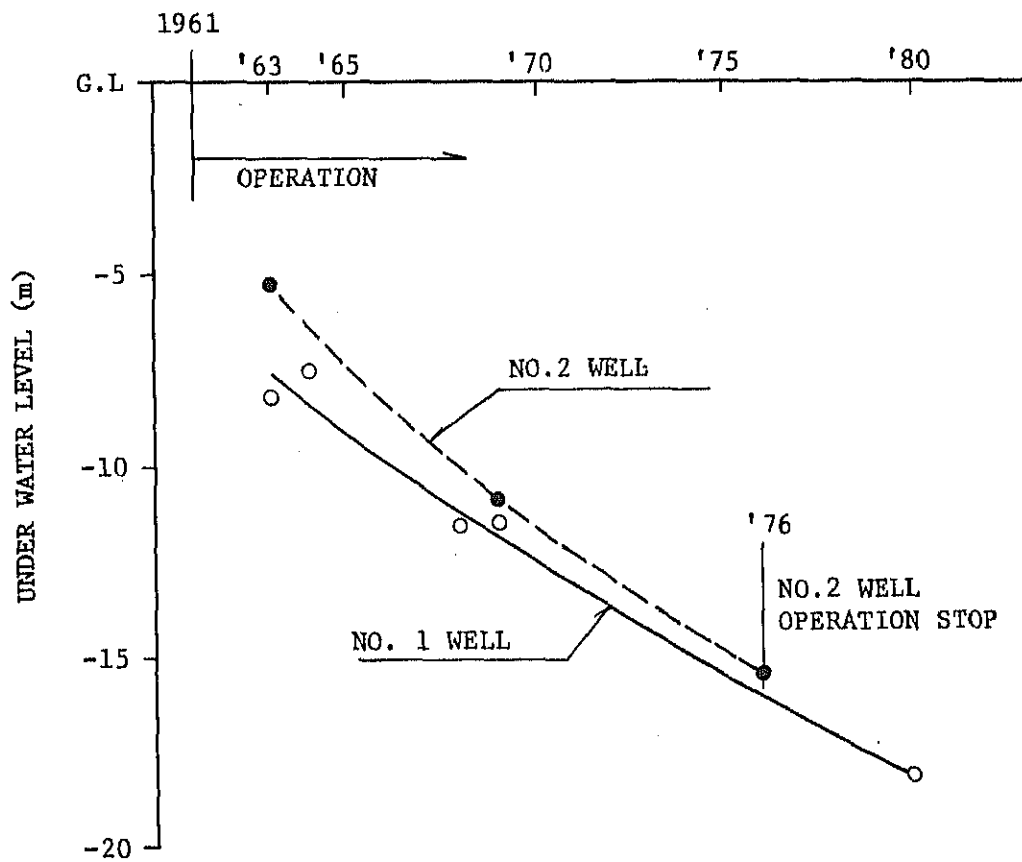


図 4-3 サバジャール地区水道水源の地下水位変動

水槽と、 $\mathcal{A}2$ 貯水槽を結ぶ連結管である。

$\mathcal{A}2$ 貯水槽からも、やはり2本の流出管があり、1つは、住宅区域A-1及び商業区域へ給水され、もう1つは、工業区域(低区)へ給水されており両者共配水管の役目を果たしている。

次に、 $\mathcal{A}3$ 貯水槽であるが、図で明らかなように $\mathcal{A}2$ 貯水槽の高さは、 $\mathcal{A}3$ 貯水槽より低いので、自然流下では送水することができないので、増圧ポンプを用いて $\mathcal{A}3$ 貯水槽へポンプアップを行っていたが、現在この増圧ポンプは取り外されている為、 $\mathcal{A}1$ 貯水槽から $\mathcal{A}2$ 貯水槽への連絡管の途中から分岐をして、送水をしている。

3) 貯水施設

現在、VENTANILLAには、3槽の貯水施設があり、それぞれの容量、形状、構造は表-4.2のとおりである。

表-4.2 既設貯水槽の概要

貯水槽 \mathcal{A}	容 量 (m^3)	形 状	構 造
1	1,000	円 形	ポストテンション・コンクリート
2	1,000	"	"
3	2,000	"	"

従って、総容量が4,000 m^3 であり、入手資料による現在の計画一日最大給水量13,740 m^3 (159 l /秒 \times 86,400)の約7時間分に相当し、わが国の水道施設規準の8~12時間分と比較して、若干容量不足の状況下にある。

一方、各貯水槽ともバルブ等が故障していて改修を必要とし、ESALではこれらの改修予定を立てているとのことである。

4) 配水システム

VENTANILLAの配水システムは、計画区域内の地形状況に応じ、それぞれ配水区域を区分けし、既述した3ヶ所の貯水槽から自然流下で各利用者に給水する方式を採用している。

尚、供給される水は深井戸取水であるという理由から塩素滅菌は為されていない。

各配水区域の配水管は管網を形成し、整備状況はよいとされており、その管種は全てA・C・P管径は8",6",4",3"の各種が布設され、必要部分に制水弁、消火栓が設置されている。

また、配水管より各家庭へ水を供給するための分水栓の数は、現在約2900栓あるとされ、

水の使用量を知るため計量メーターは備わっていないとのことである。このうち、163貯水槽が受け持つ配水区域“D”のMIGUEL GRAU団地は土壤に塩分が多いため、分水栓の腐食が顕著で、その部分からの漏水がかなりあると報告されている。

5) 水道料金

水道料金については下記に示す資料を得ている。これらは上記した如く使用量を知るための設備がないため、給水栓の口径をベースにした毎月の利用者からの1栓当りの徴収料金である。

一般家庭(ソールス/月) : 250 ~ 370

商 業(") : 420

工 場(") : 1,000 ~ 31,000

[※ 1ソールス ≙ 0.8円]

4.3 問題点と改良案

1) ベルー側の計画する施設の概要

ペルー政府から提出された今後の水道施設に対する計画の概要は、既にペルーの日本大使館を通じて、外務省に送付された公文書の内容と同じであり、それらに対する詳細な設計等はなされていない。

従って、施設計画に関しては口頭で得た情報及び一枚の送水計画図更には漁業省が計画する同水源地域から漁業基地（将来建設予定）への送水計画図がVENTANILLAへの水道用水送水ルートと同じであることからその資料を取得したのみである。

これらより、新規の水源地域に深井戸6井（ $Q=50$ ℓ/秒・井）を建設し、そこからVENTANILLAへの送水計画は概略図4-4のルートを通ることになり、ZAPALLAL, VENTANILLAの都市区域“A”を通して、商業地域まで延びている。また、将来の水需要増加に対して、既存の総貯水容量（ $4,000\text{ m}^3$ ）に加え3槽の貯水槽（ $3,000\text{ m}^3/\text{槽}$ ）の建設をも併せて計画している。

以上をとりまとめて、ペルー側の計画する施設の概要を列記すれば以下のようになっている。

(i) 取水施設

深井戸 6井……………1井当り揚水量50 ℓ/秒

$$\text{総揚水量 } 50 \text{ ℓ/秒} \times 6 = 300 \text{ ℓ/秒}$$

(ii) 送水施設

ポンプ圧送系

送水管…………… $\phi 20''$ (ACP, クラスA-10) $\times 8,207\text{ m}$

$\phi 16''$ (ACP, クラスA-10) $\times 868\text{ m}$

$\phi 12''$ (ACP, クラスA-10) $\times 700\text{ m}$

$\phi 10''$ (ACP, クラスA-10) $\times 1,050\text{ m}$

自然流下系

送水管…………… $\phi 14''$ (ACP, クラスA-5) $\times 1,585\text{ m}$

$\phi 12''$ (ACP, クラスA-5) $\times 1,839\text{ m}$

(注) 管種表示のうちクラスA-10 (最大使用静水圧: 10 kg/cm^2)

クラスA-5 (最大使用静水圧: 5 kg/cm^2)

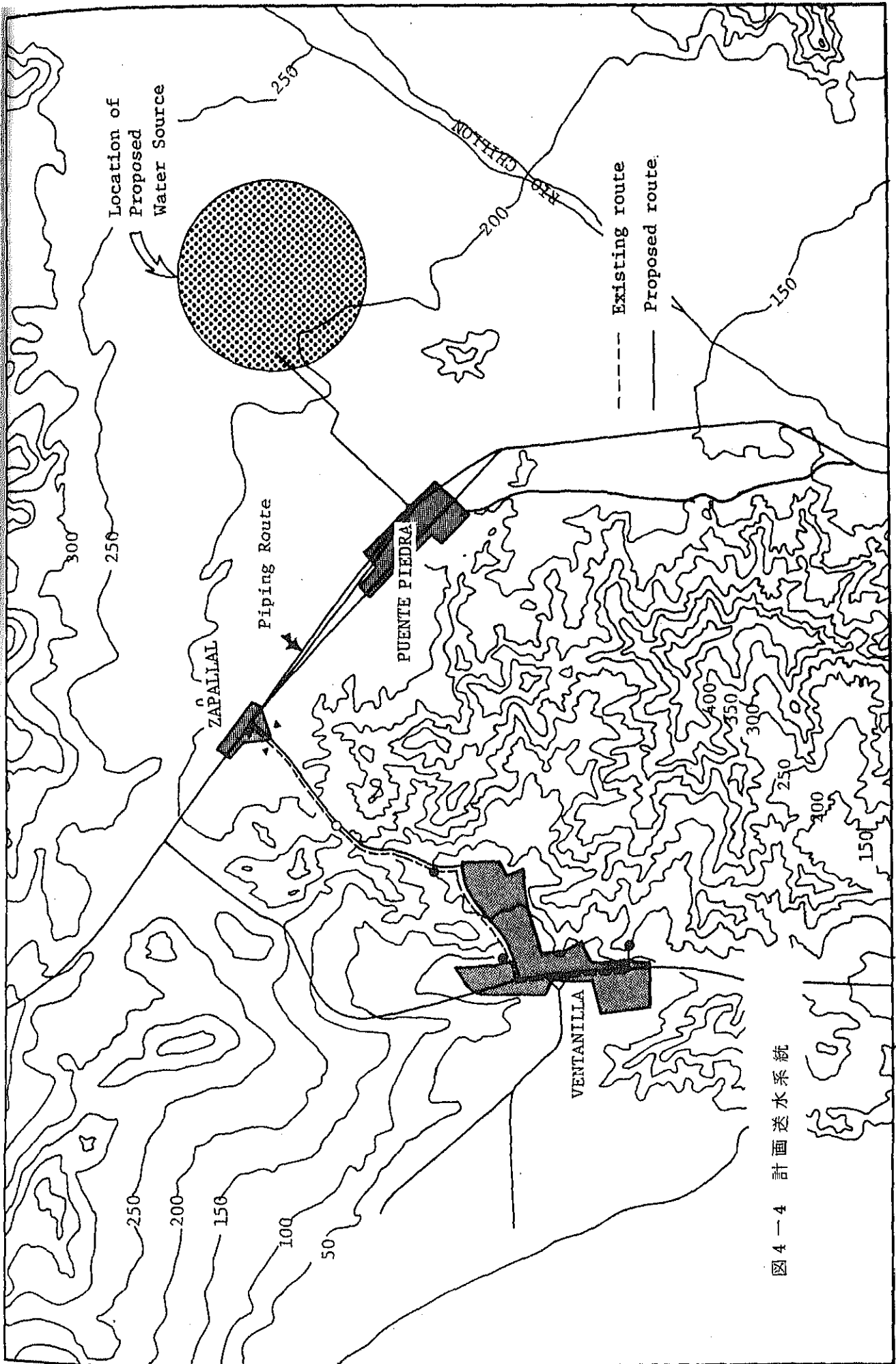


圖 4-4 計畫送水系統

iii) 貯水槽 3槽………プレストレストン・コンクリート造

1槽当り有 貯水量 3,000 m³

増設総有効貯水槽 9,000 m³

表4-3 協力要請の概算工事費

項 目	概 算 工 事 費	
	海 外 援 助 分	国 内 調 達 分
1. 井戸堀削及び堀削機器	千円	
- 堀削機械及び付属品	113,000	
- 堀削作業用必要機材	98,000	
- 井戸用補足材(6井分) (50ℓ/S・井)	109,000	
- 堀削用予備品及び材料	53,000	
- 技術管理費	20,000	
小 計	393,000	
2. 送水管布設		
- 管, 予備部品, 機器	234,000	
3. 貯 水 槽 (3000 m ³ ×3槽)		
- 機器, 資材, 予備部品	90,000	
4. 技術トレーニング		
- 8人・月	4,000	
5. 調査・設計・建設工事(取水 送水・貯水各施設), 材料 その他		201,000 ノーレス
計	721,000 千円	201,000 ノーレス

2) ベル側 の 計 画 す る 施 設 の 問 題 点 と 改 良 案

(1) 取水施設

取水施設は既に述べた如く、PUETE PIEDRAの北東2～4km地域の地下水を対象として建設される予定で、ESALの提出した計画書によれば、1井当りの揚水量50ℓ/秒(4,320 m³/日)の深井戸を6井設置し、1日18時間運転でUENTANILLAの将来に対する水需要に対応する計画となっている。

ここで、これらの深井戸からの揚水量と UENTANILLA の将来の水需要を比較してみれば下記のようになる。

$$\text{計画取水量} : 50 \text{ l/秒} \cdot \text{井} \times 6 \text{ 井} \times 86,400 \text{ 秒/日} \times \frac{18}{24} = 19,440 \text{ m}^3/\text{日}$$

$$\text{計画 1 日最大給水量} : 254 \text{ l/秒} \times 86,400 \text{ 秒/日} = 21,950 \text{ m}^3/\text{日}$$

従って取水量が給水量を下廻ることになるから、仮に 1 井当り 50 l/S・井揚水したとしてもつじつまの合わないことになる。

尚、1 井当りの適正揚水量については、後の第 5 章で記述しているのでこの項では省略する。

(2) 送水施設

送水ルート

水源地域から VENTANILLA への送水を計画する上で不都合なことは、水源地域と VENTANILLA の間に横たわる山塊の存在で、その標高がほぼ +350 ~ 400 m あるのに対して、水源地域は +200 m 程度という地形的な問題である。

従って、直線的に VENTANILLA に送水するという最短ルートは、ポンプの使用場程が非常に高いことや、使用管種の内圧強度の問題、管布設工事上の難点等技術的に困難である。

このように地形上の制約条件を考慮して送水ルートを検討した場合、既存施設の送水ルートである ZAPALLAL と VENTANILLA の間の峠を越すルートが最も高低的に有利で、距離的にも若干迂回することとなるが最適なルートと考えられる。このルートを採用すれば、山を越える地点の最大標高が +235 m で水源地域との標高差が 35 m となるので送水方法で種々の検討を加えれば技術的に問題はないものと思われる。ペルー政府の計画する送水ルートも既に図 4-4 に示した如く水源地域より PUENTE PIEDRA を通り、PANAMERICAN 高速道路線沿いに ZAPALLAL まで延び、そこから既設管の送水ルートと同じ路線を通す計画となっていて、地形上から考えて妥当な計画と思われる。

送水方法

ペルー側から得た送水計画図によれば、3 井の深井戸の設置地点が示されていて、それらより個々に出る送水管が順次直結され、一気に VENTANILLA と ZAPALLAL 間の峠にある減圧槽まで送水される。

一方、計画に関する入手資料によれば、水源地域に深井戸 6 井を設置することになっており、両者に相違点が見い出される。

この点についてはステージ別とし、第 1 ステージでの取水施設設置地点とも解釈できるが、いずれにしても数本の井戸からの水量を順次管に直結し目的地まで送水することは、各施設

での送水圧の調整等現場管理上の問題点が多々あり、結果として所定の揚水量が得られない例が多い。また、本計画は送水距離が長く、かつ途中に山越え地点（地源地域から約9 km地点）があることも考えれば、各施設のポンプの吐出圧が相当高く（水頭90～100 m）、これらの点を勘案して2～3本の井戸群をグループ化して、水源地域もしくはその近隣地域に接合井を設け、ここより一括送水するシステムの方が、所定水量の確保や管の保護等、利点が多い。又前者の場合、運転管理が難しく、トラブルの大きな原因となる。

以上、圧送系の送水方法について触れたが、山越え地点に設置される接続井以降は自然流下系の送水方法である。この場合頂上からの下り勾配は急傾斜であり、管の保護、流速の過多等を考えた減圧槽（もしくは減圧弁）の設置は必要である。この点についてはESALからの入手資料のみでは明らかではないが、漁業省の計画図面においては適切に減水槽が配置されていることや、表4-3に示した概算工事費の内訳のうち、国内調達分の品目のうち減圧槽が記載されていることから、恐らく留意されているものとする。

送水管の容量検討

本計画において考えられている送水管の容量検討を行うに当たって、まず、VENTANILLAの将来における計画1日最大給水量に対する計画取水量（日最大量の10%増し）、各井戸の揚水能力（50 l/秒）、1日当りの運転時間（18時間）等を把握した上で、それらの諸元を基にした送水量を算定する必要がある。それらは下記の如くである。

計画1日最大給水量：254 l/秒（21,950 m³/日）

計画取水量：254 l × 1.1 = 280 l/秒（24,140 m³/日）

計画最大送水量：280 l/秒 × 24 / 18 = 373 l/秒

井戸1井からの計画送水量：50 l/秒

これらの数値を念頭におき、ESALから得た使用管径を検討するものとする。

本計画において使用される送水管の管種及び管種ごとの使用延長は既に述べたところであるが、ここで一括表記した（表-4.3）。

表-4.4 計画された送水管一覧

送水方式	管種	クラス	延長(m)
ポンプ圧送	20インチ	A-10	8,207
	16	"	868
	12	"	700
	10	"	1,053
自然流下	14	A-5	15,85
	12	"	1,839

これらの管の使用区間については種々の資料を検討した結果から、この計画は漁業省が1979年に漁業基地に対する給水のために計画した送水計画図をもとにしているため区間距離についてチェックすることができ、管径については計画送水量をもとに検討することができる。

一方、BSALでは、計画流量に対する管径選定の目安としている値があり、それらに流速、動水勾配の値を補足して表記したものが、表-4-5である。これらから管径決定に当たっては動水勾配

表4・5 管径決定の目安

管径(インチ)	流量(ℓ/秒)	I(%)	流速(m/秒)
16	120	3	0.96
14	84	"	0.87
12	56	"	0.79
10	35	"	0.71
8	19	"	0.62

注) C = 110

I = 3%と流量との関係とベースにしていることがわかる。これはこれで妥当性はあり、われわれもこの程度の動水勾配を計画時の目安としている。

FSALから得たこの値をヒントとして、ペルー側の考えている管径とそれらの送水容量を動水勾配を3%、4%、5%について算定してみると表-4-5の如くなる。

表4・6 管径に対する送水容量 単位: ℓ/秒

管径 (inch)	動水勾配(I)		
	3%	4%	5%
10	35	41	46
12	56	66	74
14	84	98	110
16	120	140	160
20	220	250	280

(注) C = 110として算定した。

まず、ポンプ圧送ルートの方について言及すれば、このルートは水源地域から、ZAPALLALとVENTANILLAの間の山越え地点までで図に示すように約35mの標高差がある

ことから、この区間の動水勾配を大きくすると送水ポンプの能力や使用管種の最大使用圧力等の関係で技術的にも経済的にも不利であることを考えねばならず、動水勾配5‰が採用する限界であろう。

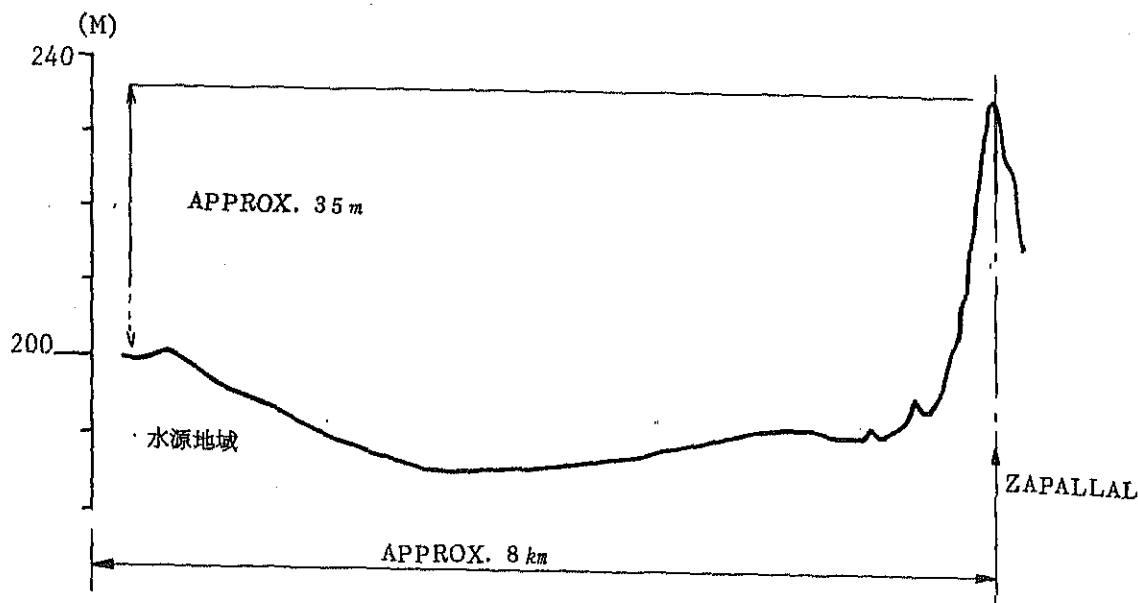


図4・5 圧送系ルート of 地形条件

これらのことを考え、表4・6と計画水量の諸元を比較すれば現在考えられている $\phi 20''$ の送水管のサイズでは1日18時間の揚水条件下での計画最大送水量を送水するのに容量として不足していると思われる。

次に山越え後の自然流下系の送水管についてであるが、これらはどの地点まで送水されるのか明らかでないが、VENTANILLAの都市区域部近隣に配置されるであろう貯水槽(配水池)もしくは既存の貯水槽に流下するものと推測されその間の標高差が後述する如く100m以上にあり容量的に十分であると思われる。自然流下系についてはむしろ既存の2本の送水管で用は足りると考えられ、それについて検討した結果を以下に示すものとする。

検討に当っては、まず図4・6に各施設間の高さ関係及び使用管種、管延長等を示したが、それらを基に水理計算によるチェックを試みた。

A) 計算条件

- 摩擦損失係数 $\lambda = 0.02$
- 流入損失係数 $f_e = 1.0$
- 屈折損失係数 $f_b = \begin{cases} 30^\circ \cdots \cdots 0.073 \\ 45^\circ \cdots \cdots 0.183 \end{cases}$

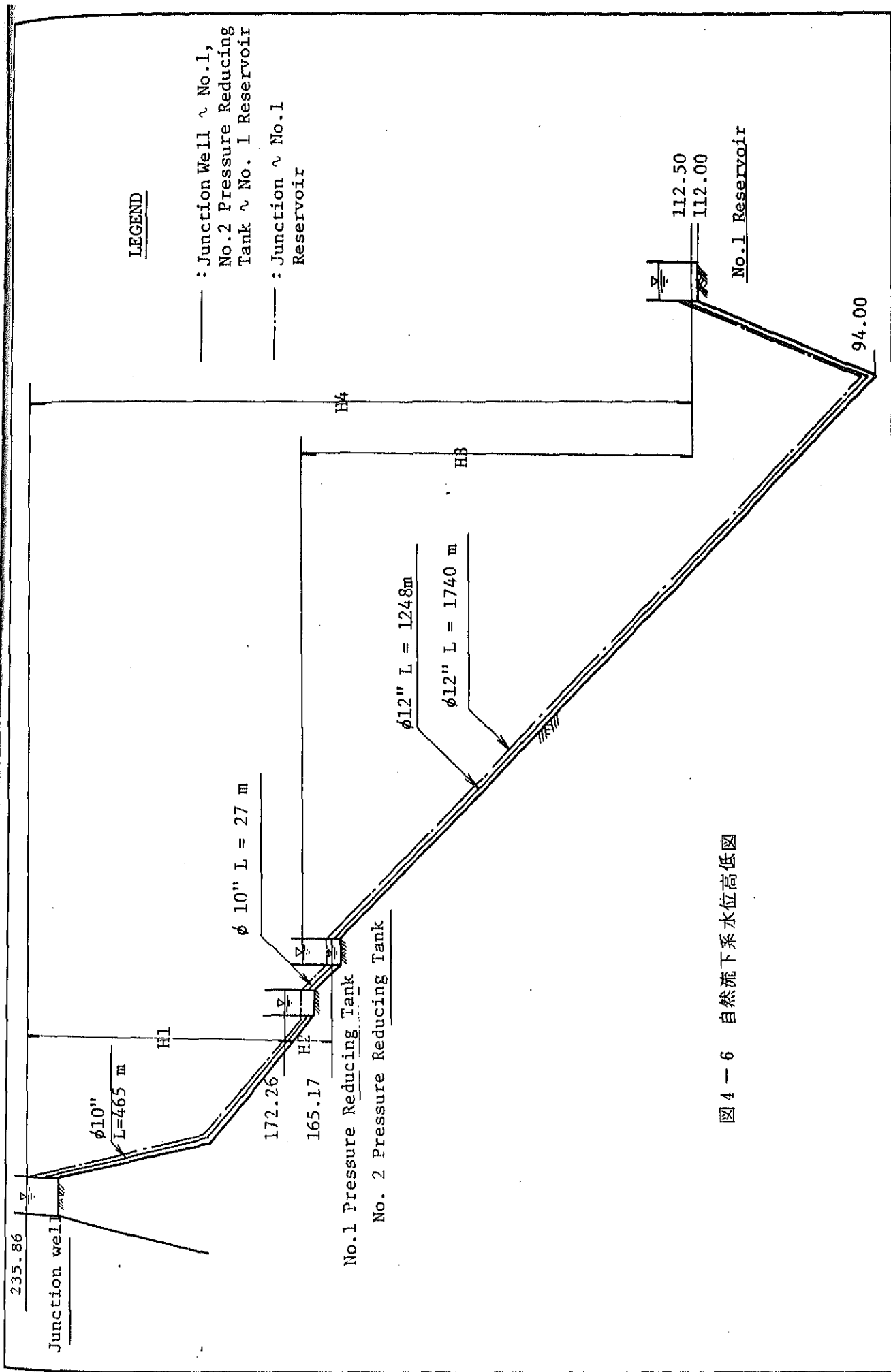


图 4-6 自然流下系水位高低图

$$\left\{ 90^\circ \dots\dots\dots 0.99 \right.$$

弁による損失係数 $f_v = 0.0$ (全開)

流失損失係数 $f_o = 1.0$

B) 既設管ルート(I)………減圧槽を有するルート

(1) 接続井からNo.1 減圧槽

管径 $\phi 10''$ ($D = 0.25 m$), 管延長 $L = 465 m$

水位差 $H_1 = 235.86 - 172.26 = 63.6 m$

屈接箇所数 $30^\circ \dots\dots\dots 4$ ヶ所

$45^\circ \dots\dots\dots 1$

$$\} \therefore f_b = 4 \times 0.073 + 0.183 = 0.475$$

$$Q = \frac{\pi \times (0.25)^2}{4} \sqrt{\frac{2g \times 63.6}{(1+1+0.475+1+0.02 \frac{465}{0.25})}}$$

$$= 0.049 \times 5.536$$

$$= 0.271 m^3/sec$$

(2) No.1 減圧槽からNo.2 減圧槽

管径 $\phi 10''$ ($D = 0.25 m$), 管延長 $L = 27 m$

水位差 $H_2 = 172.26 - 165.17 = 7.09$

屈折箇所数………なし

$$Q = \frac{\pi \times (0.25)^2}{4} \sqrt{\frac{2g \times 7.09}{(1+1+1+0.02 \frac{27}{0.25})}}$$

$$= 0.049 \times 6.241$$

$$= 0.306 m^3/sec$$

No.2 減圧槽からNo.1 貯水槽

管径 $\phi 12''$ ($D = 0.3 m$), 管延長 $L = 1.248 m$

水位差 $H_3 = 166.82 - 112.50 = 54.32 m$

屈折箇所数 $30^\circ \dots\dots\dots 9$ ヶ所

$45^\circ \dots\dots\dots 4$ ヶ所

$$\} \therefore f_b = 9 \times 0.073 + 4 \times 0.183 = 1.389$$

$$Q = \frac{\pi \times (0.3)^2}{4} \sqrt{\frac{2g \times 54.32}{(1+1+1.389+1+0.02 \frac{1.248}{0.3})}}$$

$$= 0.07065 \times 3.486$$

$$(2) \quad = 0.246 \text{ m}^3/\text{sec}$$

C) 既設管ルート(II)……増設分

(1) 接続井から Na1 貯水槽

管径 $\phi 12''$ ($D=0.3 \text{ m}$), 管延長 $L=1.740 \text{ m}$

水位差 $H_f = 235.86 - 112.50 = 123.36 \text{ m}$

屈折箇所数 30° 13ヶ所

45° 5ヶ所 $\therefore f_b = 13 \times 0.073 + 5 \times 0.183 + 0.09 = 2.854$

90° 1ヶ所

$$Q = \frac{\pi \times (0.3)^2}{4} \sqrt{\frac{2g \times 123.36}{(1 + 1 + 2.854 + 0.02 \frac{1.740}{0.3})}}$$

$$= 0.07065 \times 4.454$$

$$= 0.315 \text{ m}^3/\text{sec}$$

以上、既設管の2系列の流下能力を検討した結果から、それらの流下能力は十分あり、Na1貯水槽までの流下量は2系列併せて550ℓ/秒程度となって、将来の計画最大送水量を大幅に上廻っている。従って、当面はNa1貯水槽までは既存の送水管を利用し、Na1貯水槽以降の送水管を考慮すればよい。

(3) 貯水施設

貯水施設については、現有貯水容量4,000 m^3 に対して、更に3,000 m^3 のPCタンク3基計9,000 m^3 の増設を計画している。

わが国の貯水施設(配水池)に対する容量は、計画1日最大給水量の8~12時分に消火用水量を加味して容量決定を行うのが一般的で、人口40,000人規模では、計画1日最大給水量の8時間分に消火水量500 m^3 プラスして決定する。

因みに、それをベースにして必要貯水槽、容量の算定してみると次の如くなる。

計画1日最大使用量：21,950 m^3 /日

貯水槽必要容量：21,950 $\times 8/24 + 500 \div 8,000 \text{ m}^3$

この貯水槽必要容量と既存容量から、わが国の基準に合せた増設必要容量は4,000 m^3 となり、計画している貯水槽の増設容量はいささか過大と考えられる。もちろん、貯水施設の容量はその国、その都市の水の使用形態やその特殊性に基づくべきもので一概に云えないが、取水施設の故障時を加味しても計画1日最大給水量の10時間分に消火時の用水量(500 m^3)を加味して10,000 m^3 (21,950 $\times 10/24 + 500 \div 10,000$)程度にし、従って、増設

分 $6,000\text{ m}^3$ 、 $3,000\text{ m}^3/\text{基}$ を2基設置。もしくは $2,000\text{ m}^3/\text{基}$ を3基設置するのが妥当であるらう。

