

国際協力事業団

メキシコ連邦区

公共事業総局

# メキシコ連邦区下水処理計画調査

## 要約報告書

平成 6 年 12 月

株式会社 バシフィック コンサルタンツ インターナショナル

社調二

JR

94-128

国際協力事業団  
メキシコ連邦区下水処理計画調査  
要約報告書

平成 6 年 12 月

株式会社  
バシフィック  
コンサルタンツ  
インターナショナル

JR

LIBRARY



27134

JICA LIBRARY



1117307(7)

国際協力事業団

27134

国際協力事業団

メキシコ連邦区  
公共事業総局

# メキシコ連邦区下水処理計画調査

## 要約報告書

平成 6 年12月

株式会社 パシフィック コンサルタンツ インターナショナル

本報告書においては、プロジェクトのコストは1994年5月時価で表示し、  
通貨換算率は1 US \$ = ¥105 = N\$ 3.2 を使用した。

## 序文

日本国政府は、メキシコ合衆国政府の要請に基づき、同国のメキシコ連邦区下水処理計画にかかる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いたしました。

当事業団は、平成6年2月から11月までの間、2回にわたり、(株)パシフィックコンサルタンツインターナショナルの近藤雅美氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、メキシコ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6年12月

国際協力事業団  
総裁 藤田公郎





## メキシコ連邦区下水処理計画調査

### 伝 達 状

1994年12月

国際協力事業団

総裁 藤田公郎殿

メキシコ国メキシコ連邦区下水処理計画調査の最終報告書を提出いたします。本報告書は、1994年2月16日および1994年10月19日に国際協力事業団と株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルとの間で締結された契約に基づいて結成された調査団によって作成されました。

本報告書には、メキシコ連邦区およびメキシコ州から発生する汚水の一部を処理するために緊急に必要となるテスココ下水処理場に関するフィージビリティ調査の調査結果が述べられている。

本報告書は、英文、和文の要約報告書、英文の主報告書、英文の付属報告書にまとめられております。英文および和文の要約報告書は、調査全体を簡潔明瞭にまとめ、主報告書には調査の背景、調査地域の状況、下水道施設の現況、下水処理場全体計画、下水処理場緊急計画、経済・財務分析ならびに提言を記述しております。付属報告書には、各種調査、検討内容および事業計画内容の詳細を記述いたしました。さらに資料集も併せて作成しております。

本報告書の提出にあたり、全調査期間に亘り多大な御支援を賜った貴事業団、作業管理委員会、外務省、建設省、在メキシコ日本国大使館の諸賢ならびにメキシコ国政府諸機関の関係各位に対し心から感謝の意を表するとともに、本調査の成果がメキシコ連邦区の下水処理場建設を促進し、メキシコ連邦区およびメキシコ州の市民の健康と衛生環境の向上の一助となることを希望する次第であります。

調査団長  
近藤雅美



## メキシコ連邦区下水処理計画調査

### 概 要

(1) 目標年次

緊急プロジェクト : 1997年

全体プロジェクト : 2015年

(2) 処理人口

	メキシコ連邦区	メキシコ州	合 計
緊急プロジェクト	9,277,200	5,612,900	14,890,100
全体プロジェクト	12,774,800	7,560,800	20,335,600

(3) 計画処理下水量

緊急プロジェクト : 35 m<sup>3</sup>/sec.

全体プロジェクト : 40 m<sup>3</sup>/sec.

(4) 計画処理水質

	流入水質	放流水質
緊急プロジェクト		
BOD <sub>5</sub>	220 mg/l	120 mg/l
SS	235 mg/l	120 mg/l
大腸菌群数	10 <sup>7</sup> MPN/100 ml	10 <sup>5</sup> MPN/100 ml
全体プロジェクト		
BOD <sub>5</sub>	245 mg/l	20 mg/l
SS	260 mg/l	30 mg/l
大腸菌群数	10 <sup>7</sup> MPN/100 ml	<1,000 MPN/100 ml



(5) 下水処理場計画

2015年を対象年次とする全体プロジェクトの水処理施設は、最初沈殿池、エアレーションタンクおよび最終沈殿池で構成される標準活性汚泥法を提案する。また、汚泥処理施設は分離濃縮施設（重力濃縮槽および遠心濃縮機）、嫌気性消化タンク、ベルトプレスで構成され、最終処分は陸上埋立て処分を提案する。

水処理施設は1施設の処理能力が5 m<sup>3</sup>/sec.の施設を8施設建設する。また、汚泥処理施設は4施設に分割し、1施設で水処理施設の2施設から発生する汚泥を処理する計画とした。

1997年を対象年次とした緊急プロジェクトでは、全体プロジェクト水処理施設の8施設のうち2施設（1施設当りの処理水量は17.5 m<sup>3</sup>/sec.）のエアレーションタンクと最終沈殿池を建設し、モディファイドエアレーション法で汚水を処理する計画とした。

また、汚泥処理施設は4施設のうち2施設を建設し、遠心濃縮機、嫌気性消化タンク、ベルトプレスおよび陸上埋立て処分によって汚泥を処理する計画とした。

(6) プロジェクトコストおよび維持管理費

(A) プロジェクトコスト

(単位：百万ペソ)

	緊急プロジェクト	全体プロジェクト	合計
建設費	1,115.4	2,463.4	3,578.8
土地収用費	115.1		115.1
事務費	11.0	24.7	35.7
技術費	39.0	86.3	125.3
予備費	111.5	246.4	357.9
合計	1,392.1	2,820.8	4,212.9

(B) 年間維持管理費

緊急プロジェクト： 83.7 百万ペソ/年



全体プロジェクト： 200.4 百万ペソ/年

交換レート： 1ドル = 3.2 ペソ = 105 円

(7) 下水道料金

下水道料金は、建設費と維持管理費の全てが下水道料金収入で賄われるという条件で設定した。

緊急プロジェクト完成後の1998年から2015年までの下水道料金と全体プロジェクト完成後の最終的な下水道料金をメキシコ連邦区およびメキシコ州のそれぞれについて次のように提案する。

(単位：ペソ/m<sup>3</sup>)

	1998年～2015年	2016年～
メキシコ連邦区	0.378	0.605
メキシコ州	0.375	0.600

最終的な下水道料金は、メキシコ連邦区およびメキシコ州の双方において受益者の支払い意志の48%である。

(8) 財務評価

緊急プロジェクトおよび全体プロジェクトの財務的内部収益率 (FIRR) は、次の条件の基で計算すると13.3%となった。

- ー 建設費の償還および維持管理費の全てを下水道料金収入で賄う。
- ー 国際金融機関 A から次の条件で建設資金の100%を借り入れる。

年利子率： 5.25%， 返済期間： 15年， 据置期間： 建設期間

- ー 1997年および2015年のメキシコ連邦区およびメキシコ州の下水道普及率

	1998年～2015年	2016年～
メキシコ連邦区	98%	100%
メキシコ州	95%	100%

- ー メキシコ連邦区およびメキシコ州の下水道料金徴収率： 85%





## 目 次

	ページ
概 要 .....	i
要 約	
1. はじめに .....	S-1
2. 調査の実施体制 .....	S-2
3. 発生汚水量 .....	S-3
4. 水質環境 .....	S-4
5. 下水道整備状況 .....	S-5
6. マスタープラン .....	S-6
7. 全体プロジェクトの下水処理場計画 .....	S-7
7.1 処理場予定地 .....	S-7
7.2 計画下水量と計画水質 .....	S-7
7.3 下水処理場計画 .....	S-8
7.4 プロジェクトコストと維持管理費 .....	S-9
8. 緊急プロジェクトとしての下水処理場計画 .....	S-9
8.1 概要 .....	S-9
8.2 施設設計 .....	S-10
8.3 緊急プロジェクトの事業費と実施スケジュール .....	S-10
9. プロジェクト実施計画 .....	S-10
10. プロジェクト評価 .....	S-11
10.1 経済評価 .....	S-11
10.2 財務分析及び組織制度 .....	S-12
11. 提 言 .....	S-14



## 要 約

### 1. はじめに

メキシコ首都圏(AMCM)は、海拔2,240メートルのメキシコ盆地に位置しメキシコ連邦区とメキシコ州の17の市からなっている。メキシコ首都圏は、メキシコ国の政治、経済の中心として栄え、近年急激に人口が増加し、1980年に14.2百万人であった人口が、1993年には、16.7百万人に増加し、さらに西暦2000年には21.35百万人になると予測されている。

メキシコ首都圏の下水道整備率は高く、メキシコ連邦区およびメキシコ州の住民の80%以上が下水道整備区域内に居住している。しかしながら、河川および水路は下水路の一部になっており、収拾された汚水は再利用の目的でその一部が処理されているに過ぎず、そのほとんどは無処理でグランカナルおよびエミソールセントラルを通じて河川に放流され下流域の環境を悪化させている。汚水が無処理で放流されている下流域の河川は黒く濁り、悪臭を発生し、これが住民の健康を害し水系伝染病の多発する原因と考えられている。

このような現況に鑑み、メキシコ国政府は公共用水域の水質改善を図る目的で1992年12月に“国家水法”を制定し、公共用水域へ放流されている下水は6年以内に全量処理することを義務づけた。

この法律に呼応し、メキシコ連邦区庁公共事業水利総局(DGCOH)は、メキシコ連邦区と都市化の進んだメキシコ州の一部を計画対象区域とした「下水処理マスタープラン」("Plan Maestro de Tratamiento y Reuso del Distrito Federal 1993")を策定し、良質な灌漑用水を得、下流域の住民の衛生環境を改善することを目的とした下水処理場を、テスココに建設することを提案した。

日本国政府は1993年2月にプロジェクト形成調査を実施し、その結果を受けてメキシコ



国政府は日本国政府に前述のマスタープランで提案されたテスココ下水処理場に関する  
フィージビリティ調査の実施を要請した。この要請を受けて日本国政府は1993年10  
月に事前調査団を現地に派遣し、調査に係る背景と内容を確認し、実施調査に関する  
S/Wに署名した。

このマスタープランを受けて、テスココ下水処理場計画のフィージビリティ調査が実  
施された。フィージビリティ調査は、国家水法の履行期限である1997年を計画目標  
年次とした緊急プロジェクトと、2015年を計画目標年次とした全体プロジェクトの2  
段階に分割されている。

全体プロジェクトは、2015年の計画下水量と下流域の環境を改善し農業用水として使  
用するに十分な水質を確保できる下水処理システムで計画されている。1997年を目標  
年次とした緊急プロジェクトは、全体プロジェクトで計画された下水処理システムと調  
和を図りながら、現況の水質環境を可及的速やかにかつ効果的に改善するような処理シ  
ステムが提案されている。

本調査の目的は

1. 全体プロジェクトにおける下水処理場のフィージビリティ調査
2. 緊急プロジェクトにおける下水処理場の概略設計
3. 汚泥の有効利用、下水の処理方式、処理水の有効利用に関する、技術的提案であ  
る。

## 2. 調査の実施体制

本調査は、メキシコ国側の実施機関であるメキシコ連邦区庁公共事業水利総局  
(DGCOH)と日本側の実施機関である国際協力事業団(JICA)が選定した日本のコン  
サルタントによって1994年2月より11月にかけて実施された。調査に参画したJICA調  
査団員、作業管理委員およびメキシコ政府関係者を以下に示す。



#### JICA 調査団

団長	： 近藤雅美	(PCI)
団員	： 中原清	(PCI)
	： 如南道春	(PCI)
	： 五戸信之	(PCI)
	： 勝木隆昌	(PCI)
	： サンジェイ アローラ	(PCI)
	： 石橋直道	(PEI)
	： ジャヤモハン ソーマスンダラム	(PCI)

#### JICA 作業管理委員

委員長	： 竹石和夫	(建設省)
委員	： 山下研二	(名古屋市)

#### メキシコ国側ステアリングコミティー

委員長	： Ing. Oscar Hernandez Lopez	(DGCOH)
委員	： Ing. Juan Carlos Guasch y Saunders	(DGCOH)
	： Ing. Antonio Cappella Vizcaino	(CNA)
	： Ing. Francisco Rafael Mortera Aguirre	(Mexico State)
	： Ing. Enrique Perez San German	(Mexico State)

#### メキシコ国側カウンターパート

リーダー	： Ing. Oscar Hernandez Lopez	(DGCOH)
メンバー	： Ing. Juan Carlos Guasch y Saunders	(DGCOH)
	： Ing. Miguel Angel Cortes	(DGCOH)
	： Ing. Octavio Lopez Maya	(DGCOH)
	： Ing. Gregorio Martinez Ramirez	(DGCOH)
	： Ing. Rolando Rodriguez Sobreyra	(DGCOH)
	： Ing. Juan A. Rosales Guzman	(DGCOH)
	： Ing. Virginia Juarez Cordova	(DGCOH)
	： Ing. Rafael Ibarra Pescador	(DGCOH)

### 3. 発生汚水量

当調査区域はメキシコ盆地内にあり、慢性的な水不足に瀕しており、将来の人口増加に





見合った上水の供給は困難な状況にあり、一人当りの水使用量原単位は、将来的にはむしろ低下するものと予測されている。そのような状況の基に、メキシコ連邦区およびメキシコ州の年次別発生汚水量を、一人当り水使用量原単位と調査区域内人口から算定すると以下のようなになる。

単位 (m<sup>3</sup>/秒)

西 暦	メキシコ連邦区	メキシコ州	計
1993年	24.71	10.79	35.50
1997年	26.14	11.51	37.65
2015年	34.08	13.30	47.38

また汚水のみが流下しているグランカナルの水質と、発生汚水量原単位から推定される現況の一人当り発生汚濁負荷量はBOD<sub>5</sub>, SS で以下のようなになる。

単位 (g/人・日)

区 域	BOD <sub>5</sub>	SS
メキシコ連邦区	50.8	52.5
メキシコ州	40.3	41.7

本調査では、将来の一人当り発生汚濁負荷量は、現況の値と同一として計画する。

#### 4. 水質環境

現況の河川と排水路の水質は、マグダレナ川 (Magdalena River) とタランゴ川 (Tarango River) を除き、当該水域に排出される下水によって悪化しており、その水質は以下のとおりである。

パラメータ 水域	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	SS (mg/l)	大腸菌 (No/100 ml)
河 川	100~250	50~400	2.0E+07~5.0E+07
排水路	159~230	110~500	2.0E+07~4.0E+08

調査区域内から発生したほとんどの下水は無処理でトゥーラの灌漑地域へ流下しており、



当地域の衛生環境の著しい悪化を招いている。これはトゥーラ地域の水系伝染病の罹病率が、他の地域に比して非常に高いことから明らかである。

たとえば、メキシコ連邦区では、無処理下水は灌漑用水に使用されていないが、メキシコ州のテカマック市とイダルゴ州の灌漑地域トゥーラでは、無処理下水が大量に灌漑用水として使用されている。その結果、各地域での水系伝染病の罹病率には次のような顕著な差異が見られる。

地域名	10万人当り 発病数
メキシコ連邦区	106
メキシコ州	2,795
トゥーラ地域 (イダルゴ州)	5,696

#### 5. 下水道整備状況

下水道の人口普及率はメキシコ連邦区、メキシコ州ともに高く、各々94%、85%であり、将来的にはさらに次のように改善されるものと予測される。

西 暦	人口普及率	
	メキシコ連邦区	メキシコ州
1997年	98%	95%
2015年	100%	100%

また既存の管渠延長とポンプ場数は下表のとおりであり、1 km<sup>2</sup>当りの管渠延長はメキシコ連邦区で9.15km、メキシコ州で3.53kmとなっている。

項 目		メキシコ連邦区	メキシコ州
管 渠	φ 300～φ 450	11,226.4 km	4,170 km
	主要管渠 (φ 610～φ 4000)	1,408.4 km	762.3 km
	中層下水管 (埋設深 8～10m)	5.29 km	-
	深層下水管 (埋設深 20m 以上)	121.1 km	-
ポンプ場数 (ヶ所)		70	100



現在、下水処理場はメキシコ連邦区で21ヶ所、メキシコ州で8ヶ所あり、いずれも処理水を、水源として再利用する目的で建設されている。

メキシコ連邦区にある21の下水処理場の合計処理能力は5.860 m<sup>3</sup>/秒であるが、1992年の処理実績は 2.697 m<sup>3</sup>/秒である。これは調査区域から発生する汚水量24.71m<sup>3</sup>/秒（メキシコ連邦区分）の約10.9%を処理しているに過ぎない。

同様にメキシコ州では8ヶ所の下水処理場の合計処理能力は0.855 m<sup>3</sup>/秒であるが、1992年の処理実績は0.375m<sup>3</sup>/秒であり、調査区域内から発生する汚水量10.79m<sup>3</sup>/秒（メキシコ州分）の約3.5%しか処理していないことになる。

既存の下水処理場の水処理方式は標準活性汚泥法が採用されており、汚泥処理施設は1982年以降建設された4処理場に設置されているが、操作上の問題、交換部品の入手難等により、事実上、発生汚泥は無処理で下水管に再放流されている。

下水処理に使用された1993年のメキシコ連邦区の維持管理費は18,482 千ペソでありその内訳は次のとおりである。

人件費	10,681 千ペソ
エネルギー費	2,580 千ペソ
薬品費	820 千ペソ
修理費	2,645 千ペソ
その他	2,256 千ペソ
合 計	18,482 千ペソ

メキシコ連邦区のセーロ アラ エストレージャ処理場の維持管理費は月別データから計算すると、処理水量当り 0.317 ペソ/m<sup>3</sup>であった。

## 6. マスタープラン

前述の「下水処理マスタープラン」は国家水委員会（CNA）によって策定された。それによれば下流域の灌漑地域の衛生環境を改善するには、合計83m<sup>3</sup>/秒の下水処理場の建設が必要であると報告されている。

本調査の対象であるテスココ下水処理場は、マスタープランで提案されたテスココ湖の



北に位置する35m<sup>3</sup>/秒の処理場に該当する。

下水処理方式について8案を比較検討後、凝集剤を添加する一次処理法が、大腸菌と回虫卵の除去を主目的とする当処理場の最適な処理方式として提案された。

その処理場の建設費は350百万ペソ（1993年価格）、年間維持管理費は、143.49百万ペソと試算されている。

## 7. 全体プロジェクトの下水処理場計画

### 7.1 処理場予定地

処理場予定地はメキシコ州エカテペック市のテスココ地域に位置し、処理場必要面積は約192haである（図-2）。当予定地はテスココ湖の埋立地であり、表層部はN値0～3と非常に軟弱である。支持層は地表面下28m～37mのシルト質砂層であり、N値は30～50である。

### 7.2 計画下水量と計画水質

緊急プロジェクト（1997年）と全体プロジェクト（2015年）における処理場の計画下水量は、レメディオス川とラコンバニア川の交点に、建設が予定されている流入ポンプ場の送水能力と、グランカナルの流下能力から決定され、それぞれ35m<sup>3</sup>/秒、40m<sup>3</sup>/秒となる。

計画流入水質は、発生汚水量の将来値と現在下水管に流入している下水処理場からの汚泥量を考慮して、次のように決定した。

パラメータ	緊急プロジェクト 1997年	全体プロジェクト 2015年
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	220	245
SS (mg/l)	235	260
大腸菌群数(MPN/100 ml)	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>

さらに、グランカナルを流下する下水の溶解性 BODは乾季で約70%、雨期で約60%で





あり、一般の都市下水の30～40%に比べ非常に高くなっている。

処理場の計画処理水質は、処理水がトゥーラ地域での灌漑用水として再利用されること及びメキシコ国の灌漑用水への適用水質基準を参考に次のように決定した。

パラメーター	西 暦	1997年	2015年
BOD <sub>5</sub> (mg/l)		120	20
SS (mg/l)		120	30
大腸菌群数(MPN/100 ml)		<100,000	<1,000

### 7.3 下水処理場計画

下水処理場の処理方式の選定に際しては、以下の基本的事項を考慮して決定した。

- (1) 下水処理場の処理方式の選定に際しては、全体プロジェクトの目標年次である2015年の諸条件を考慮して最適なものを選定する。
- (2) 緊急プロジェクトでは、全体プロジェクトとの整合を図るため全体プロジェクト時に必要となる処理施設の一部を建設して、緊急プロジェクトの処理施設とすることを原則とする。
- (3) 溶解性 BOD が60～70%と高いため、最初沈殿池のBOD除去率は20%と低く、凝集沈殿法では計画処理水質であるBOD<sub>5</sub>=120mg/l をクリアーできないため、1997年を目標年次とした緊急プロジェクトにおいても生物処理法を導入する。
- (4) 計画下水量が約350万m<sup>3</sup>/日と膨大なため、単位用地面積当りの処理能力が高い処理方式を優先する。

こうした条件に基づいて、汚水処理方式および汚泥処理方式について技術的、経済的見地から検討し、2015年を目標年次とした全体プロジェクトの処理方式を選定した。

#### 汚水処理方式

最初沈殿池、エアレーションタンク、最終沈殿池から構成される標準活性汚泥



法とする。施設配置と水位高低を図-3と図-4に示す。計画下水量は40m<sup>3</sup>/秒であるが、段階的整備および不等沈下等に対する危険分散を考慮し、処理能力5m<sup>3</sup>/秒の下水処理施設を8施設建設するものとする。

#### 汚泥処理方式

汚泥処理方式は次の施設からなり、汚泥の処分は陸上埋立て処分とする。

- 分離濃縮 (最初沈殿池汚泥-----重力濃縮)  
(余剰汚泥----- 遠心濃縮)
- 嫌気性消化タンク
- 機械脱水 (ベルトプレス)

汚泥処理施設は地震や不等沈下等に対する危険分散を図り、場内の連絡管路延長を極力短かくする計画とし、4施設に分割し、1施設の汚泥処理施設で、処理能力が5m<sup>3</sup>/秒の下水処理場2施設から発生する汚泥を処理する計画とした。全体プロジェクトにおける汚泥処理1施設分のマスバランスを図-5に示す。

### 7.4 プロジェクトコストと維持管理費

2015年を目標年次とした全体プロジェクトの総事業費は4,212.9百万円 (1994年価格) であり、処理場の年間維持管理費は200.4百万円である。

総事業費および維持管理費の内訳を表-1に示す。

## 8. 緊急プロジェクトとしての下水処理場計画

### 8.1 概要

1997年を目標年次とした緊急プロジェクトとしての下水処理場は、全体プロジェクトの施設の一部あるいはその若干の変更で、目標処理水質を達成する計画とした。また溶解性BODが高いという流入下水の特徴と目標処理水質がBOD<sub>5</sub>で120 mg/lであることを考慮すると、緊急プロジェクト時にも生物処理が必要となり、汚水処理方式は、全体プロジェクトの8施設のうち2施設のエアレーションタンクと最終沈殿池を建設し、1施設当り17.5m<sup>3</sup>/秒を処理する高負荷生物処理方式として計画した。



緊急プロジェクト時に発生する汚泥は、余剰汚泥のみであり遠心濃縮、嫌気性消化タンク、ベルトプレスによる汚泥処理方式を採用した。緊急プロジェクト時の施設配置と水位高低を図-6、図-7に示す。

## 8.2 施設設計

緊急プロジェクトでの汚水処理施設は、最初に全体プロジェクトの施設計画を行い、次にその内のどの施設を利用する事により、緊急プロジェクトの目標処理水質が達成できるかを検証する方法で設計された。緊急プロジェクトの汚泥処理施設は、全体プロジェクトでの施設の諸元や設備の仕様と合致させて、台数や基数で調整した。1施設当りの水処理施設と汚泥処理施設の施設配置を図-8に示す。

また設計条件、施設の諸元を表-2に示す。緊急プロジェクトの処理場においては消化ガス発電設備を設置するものとし、1ユニットの汚泥処理施設で5,600 KVAの発電が期待でき、施設で必要とする電力量の約35%が節約できることになる。

施設の基礎は杭基礎で計画し、杭径 $\phi$ 600と $\phi$ 800の場所打ち杭を採用した。

## 8.3 緊急プロジェクトの事業費と実施スケジュール

緊急プロジェクトの事業費は1,392.1百万ペソ（1994年価格）と見積られ、年間維持管理費は83.7百万ペソである。その内訳を表-3に示す。プロジェクト実施期間は1995年～1997年の3年間であり、最初の1年間は詳細設計、残りの2年間は建設期間となる。

## 9. プロジェクト実施計画

緊急プロジェクトの下水処理場は1996年から1997年の2年間で建設し、残りの施設は2008年から2015年の8年間で建設することとし、全体プロジェクトを完成させるものとする。

全体工程は4期に分割され、それぞれの建設期間での施設建設計画を以下に示す。



	建設期間	内容	
第1期	1996～1997年	緊急プロジェクトのための施設 水処理	施設 I, II のエアレーションタンク および最終沈殿池
		汚泥処理	施設 I, II
第2期	2000～2009年	水処理	施設 I, II の完成（最初沈殿池の建設） 施設 III, IV の建設
		汚泥	施設 I, II の完成
第3期	2010～2012年	水処理	施設 V, VII の建設
		汚泥処理	施設 III の建設
第4期	2013～2015年	水処理	施設 VI, VIII の建設
		汚泥処理	施設 IV の建設

各施設の位置を図-3に示す。

## 10. プロジェクト評価

### 10.1 経済評価

#### (1) 水系伝染病の罹病率の減少

アンケート調査によると、グランカナルの下流に位置する未処理下水を灌漑用水として使用している地域では、処理下水を使用している灌漑地域に比して、過去3年間の年間平均で31,214件の水系伝染病がより多く発生しており、一件当りの平均治療費を74.3ペソとして計算すると、年間の医療費支出増は230万ペソとなる。

したがって、下水処理場が稼働すれば、灌漑用水の水質が改善され、水系伝染病の罹病率が減少し、医療費支出の削減に大きく寄与するものと考えられる。

#### (2) 農産物生産高の増加

現在、未処理下水を灌漑用水に使用している地域では、下水処理場が稼働することにより、灌漑用水の水質が改善され、高収益性の作物の生産が可能になり、年間6,000万ペソの増収が見込まれる。





### (3) プロジェクトの経済的妥当性

緊急プロジェクトおよび第2期以降のプロジェクトの事業費は各々1,392.1百万ペソ、2,820.8百万ペソで総合計4,212.9百万ペソとなる。また緊急プロジェクトと全体プロジェクトの年間維持管理費は各々83.7百万ペソ200.4百万ペソとなる。

これに対して、前述したように本プロジェクトの経済便益は低く、事業費はもちろん維持管理費も賄うことは困難である。これは、プロジェクトの受益者である農民の数が、原因者であるメキシコ連邦区およびメキシコ州の住民の数に比して非常に少ないことに起因しており、プロジェクトの妥当性を判断するには、経済的見地からのみでなく、国家的な環境保全政策の立場にたって行うことが必要と考える。

## 10.2 財務分析及び組織制度

### (1) 水道料金

調査区域内における平均水道料金単価は、メキシコ連邦区とメキシコ州でそれぞれ1.056 ペソ、1.142 ペソである。

水道料金の回収率が現在の60%から将来85%に改善され、またメキシコ州の維持管理費が現在より50%増加した場合、上水道の維持管理費を100%水道料金で賄うに必要な水道料金は、1.0m<sup>3</sup> 当りメキシコ連邦区で1.837 ペソ、メキシコ州では1.310ペソとなる。

### (2) 下水道料金に対する住民の支払い意志

アンケート調査によると上水道と下水道のサービスに対し住民が支払ってもよいと考える料金は次のとおりであった。

	上水道	下水道
メキシコ連邦区	1.890 ペソ/m <sup>3</sup>	1.260 ペソ/m <sup>3</sup>
メキシコ州	1.874 ペソ/m <sup>3</sup>	1.249 ペソ/m <sup>3</sup>



住民が水道に対して支払ってもよいと考える料金は、上水道の維持管理費を100%賄うために必要とする前述の上水道料金より若干高いものであった。

また、住民が上下水道料金として支払ってもよいと考えている金額の合計が、月別の世帯収入に占める割合はメキシコ連邦区で1.35%、メキシコ州で2.02%であった。

### (3) 下水道料金の設定

下水道料金は、下水処理場の建設費と維持管理費を、全て下水道料金で賄うという条件で設定すると、全体プロジェクト完成後の2016年以降ではメキシコ連邦区では0.605ペソ/m<sup>3</sup>、メキシコ州では0.600ペソ/m<sup>3</sup>となり、これらは、下水道に対する住民の支払ってもよいと考える料金の48%である。

また、緊急プロジェクト完成後の1998年から、全体プロジェクトが完成する2015年までの暫定的な下水道料金は、メキシコ連邦区では0.378ペソ/m<sup>3</sup>、メキシコ州では0.375ペソ/m<sup>3</sup>となる。

従って、上水道の維持管理費および下水処理場の建設費と維持管理費を、全て上水道料金と下水道料金で賄うために必要とする上水道および下水道料金の合計は次のようになる。

	1998年～2015年	2008年～2015年
メキシコ連邦区	2.215 ペソ/m <sup>3</sup>	2.442 ペソ/m <sup>3</sup>
メキシコ州	1.685 ペソ/m <sup>3</sup>	1.910 ペソ/m <sup>3</sup>

### (4) 財務分析

国際金融機関 A から、建設資金を100%借り入れ、次に示す条件で、全体プロジェクトの財務的内部収益率 (FIRR) を算定すると、13.3%となり、公益的な性格をもつ本プロジェクトとしては十分満足のいく値と考えられる。

- 一 総事業費、維持管理費、償還費用、補充費の全てを下水道料金で賄う。
- 一 メキシコ連邦区およびメキシコ州の下水道普及率を1997年で各々98%、95%、2015年で100%とする。
- 一 下水道料金徴収率を85%とする。



一 国際金融機関Aの貸し付け条件

貸し付け利率 : 5.25%

償還期間 : 15年

据置期間 : 建設期間を据置機関と見なす

次に緊急プロジェクトだけを考えた場合、建設費、維持管理費を下水道料金だけで賄うに必要となる1m<sup>3</sup>当りの下水道料金はメキシコ連邦区で0.265ペソ、メキシコ州では0.262ペソとなる。この場合、全体プロジェクトと同一の条件で財務的内部収益率を算定すると、10.6%となり、国際金融機関Aの貸し付け利率にBANOBRASの手数料(0.25%)を加えた値よりも大きく、緊急プロジェクトだけを考えた場合でも、財務的に十分均衡の取れた事業であることが判明した。

(5) 組織制度

本調査では、テスココ下水処理場建設プロジェクトを実施するための独自の事業組織を設立することを提案する。この事業組織は独立採算で運営できるように示す対策を実施する。

- 一 水道料金の値上げと料金回収率の向上
- 一 下水道料金の導入
- 一 上水道メーターの普及
- 一 漏水の低減

11. 提言

(1) 緊急プロジェクトの早期実施

現時点では、グランカナルの未処理汚水を、灌漑用水に利用せざるをえない農業地域の環境改善と農産物収入の増加を図るためには、緊急プロジェクトの早期の実施が肝要であり、早急な財源の確保を提言する。

併せて、メキシコ政府が計画しているテスココ下水処理場への流入ポンプ場を、緊急プロジェクトの実施に併せて建設する必要があることを提言する。

(2) 衛生に関する社会教育プログラムの実施



衛生環境改善を下水道プロジェクトと併により効果的に行うために、次のような社会教育キャンペーンを実施することを提案する。

- － 灌漑地域の野外作業従事者は手袋や靴を身に付ける。
- － 野菜や肉は熱加工する。
- － 腸チフスや肝炎等の予防注射をする。
- － 水系伝染病の治療施設を拡充する。
- － 手洗い等を励行し、食品管理の重要性を説く。
- － 健康に関する教育を学校で実施する。
- － 学校で予防注射を実施したり、学校内に保健室を設置しその機能を拡充する。

(3) 実施設計時の詳細検討項目の確認

本調査はフィージビリティ調査であり、以下の項目については、実施設計の段階でさらに詳細に検討する必要があることを、ここに提言する。

- － 詳細な施設の配置計画
- － 汚泥の含水率のテストプラントでの把握
- － エアレーションタンクの形状と汚泥の返送方法
- － 詳細な土質調査と基礎工法の検討





表-1 全体プロジェクトの事業費および年間維持管理費

<u>Project Cost</u>	(Unit : N\$ million)
(A) Direct Construction Cost	3,578.8
1) Wastewater Treatment	2,250.2
(1) Receiving Tank	5.8
(2) Connecting Pipe	82.3
(3) Distribution Tank	4.0
(4) Primary Sedimentation Tank	433.9
(5) Aeration Tank	747.2
(6) Blower	172.8
(7) Secondary Sedimentation Tank	579.2
(8) Disinfection	20.9
(9) Discharge Channel	22.2
(10) Cost of Using Treated Water Within Treatment Plant	39.2
(11) Electrical Works	142.7
2) Sludge Treatment	1,016.7
(1) Gravity & Centrifugal Thickener	151.2
(2) Anaerobic Digester	336.0
(3) Belt Filter Press	125.6
(4) Gas generator	262.8
(5) Electrical Works	141.1
3) Building Construction	220.3
4) Other Works	91.6
(B) Land Compensation	115.1
(C) Administration Cost	35.8
(D) Engineering Cost	125.3
(E) Physical Contingency	357.9
<b>Total</b>	<b>4,212.9</b>

<u>O/M Cost</u>	(Unit : N\$ million)
(1) Personal Expenditure	14.3
(2) Electrical Charge	52.6
(3) Chemical Cost	40.0
(4) Sludge Disposal Cost	26.4
(5) Repairing Cost	67.1
<b>Total</b>	<b>200.4</b>



表-2 主要施設の設計条件及び諸元 (緊急プロジェクト)

1. Wastewater Treatment Facilities		
1.1 Receiving Tank		
1) Dimension	:	21.5 m (W) x 31.6 m (L) x 5.34 m (D)
2) Number	:	1 tank
3) Hydraulic Retention Time	:	1.8 min.
1.2 Connection Pipe		
1) Diameter & Length	:	ø2,800 mm x 290 m (L) for Unit 1
	:	ø2,800 mm x 750 m (L) for Unit 2
1.3 Distribution Tank		
1) Dimension	:	11.2 m (L) x 11.2 m (W) x 3.59 m (D)
2) Number of Tank for 1 Unit	:	1 tank
2) Hydraulic Retention Time	:	0.5 min.
1.4 Aeration Tank		
1) Dimension	:	89.0 m (L) x 10.3 m (W) x 6.0 m (D)
2) Number of Tank for 1 Unit	:	32 tanks
3) FM Ratio	:	3.23
4) BOD Volumetric Load	:	1.95 BOD kg/m <sup>3</sup> •d
5) Retention Time	:	2.7 hr.
6) MLSS	:	805 mg/l
7) Return Sludge Solid Concentration	:	6,500 mg/l
8) Return Sludge Ratio	:	10 %
1.5 Secondary Sedimentation Tank		
1) Dimension	:	54.0 m (L) x 10.0 m (W) x 3.5 m (D)
2) Number	:	32 tanks
3) Surface Loading	:	87.5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> •d
4) Solid Loading	:	79.1 kg/m <sup>2</sup> •d
5) Weir Loading	:	190 m <sup>3</sup> /m•d
6) Length of Trough per 1 Basin	:	125 m
1.6 Disinfection		
1) Chlorine Dosage (Chlorine Gas)	:	2.0 mg/l
2) Contact Time	:	17 min.
2. Sludge Treatment Facilities		
2.1 Centrifugal Thickener		
1) Capacity	:	170 m <sup>3</sup> /hr.
2) Number of Thickener for 1 Unit	:	11 sets
3) Operation Hour per Day	:	24 hr.
4) Operation Efficiency	:	80 %
5) Thickened Sludge Concentration	:	6.0 %
2.2 Anaerobic Digester		
1) Dimension	:	ø26.0 m x 12.5 m (D)
2) Number of Tank for 1 Unit	:	10 tanks
3) Retention Time	:	19.3 days
4) Ratio of Sludge-digestion Gas	:	33 %
2.3 Belt Filter Press		
1) Belt Width	:	3 m
2) Dry Polymer	:	0.5 g/kg dry solids
4) Capacity	:	250 m <sup>3</sup> /hr.
5) Number of Set for 1 Unit	:	16 sets
6) Operation Hour per Day	:	12 hr.
7) Operation Efficiency	:	80 %

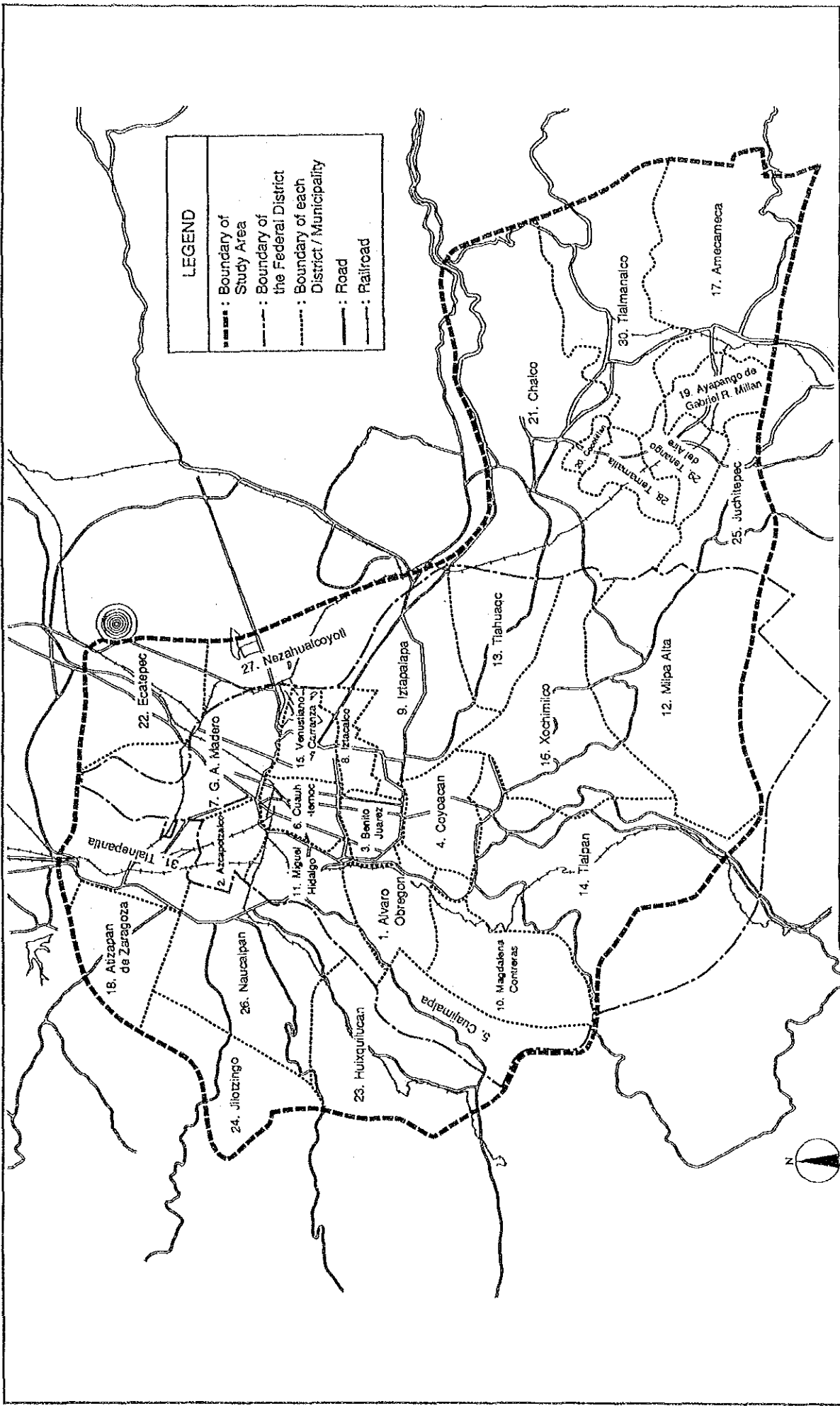


表-3 緊急プロジェクトの事業費及び年間維持管理費

<u>Project Cost</u>	(Unit : N\$ million)
(A) Direct Construction Cost	1,115.4
1) Wastewater Treatment	503.4
(1) Receiving Tank	15.0
(2) Distribution Tank	5.2
(3) Aeration Tank	262.4
(4) Secondary Sedimentation Tank	144.8
(5) Disinfection	14.9
(6) Discharge Channel	11.1
(7) Equipment for reclaimed Wastewater	9.8
(8) Electrical Works	40.2
2) Sludge Treatment	481.9
(1) Centrifugal Thickener	93.8
(2) Anaerobic Digester	140.0
(3) Belt Filter Press	50.2
(4) Gas Generation System	131.4
(5) Electrical Works	66.5
3) Building Construction	95.2
4) Other Works	34.9
(B) Land Compensation	115.1
(C) Administration Cost	11.1
(D) Engineering Cost	39.0
(E) Physical Contingency	111.5
Total	1,392.1

<u>O/M Cost</u>	(Unit : N\$ million)
(1) Personal Expenditure	3.9
(2) Electrical Charge	21.4
(3) Chemical Cost	16.6
(4) Sludge Disposal Cost	11.7
(5) Repairing Cost	30.1
Total	83.7

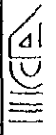




LEGEND	
(Thick dashed line)	Boundary of Study Area
(Dotted line)	Boundary of the Federal District
(Thin dashed line)	Boundary of each District / Municipality
(Solid line)	Road
(Line with cross-ticks)	Railroad

图-1 调查对象区域

THE FEASIBILITY STUDY ON WASTEWATER TREATMENT IN THE FEDERAL DISTRICT OF MEXICO







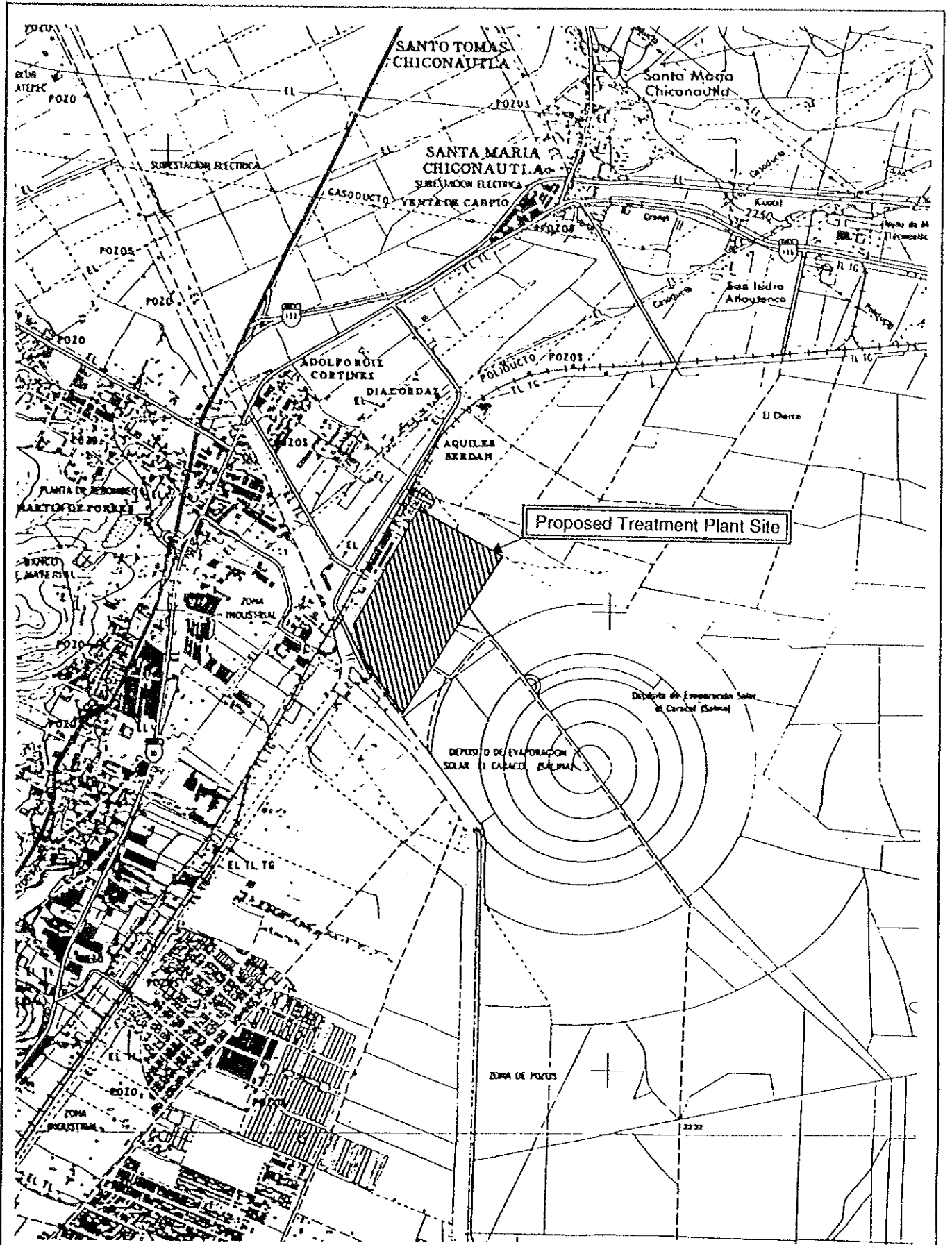
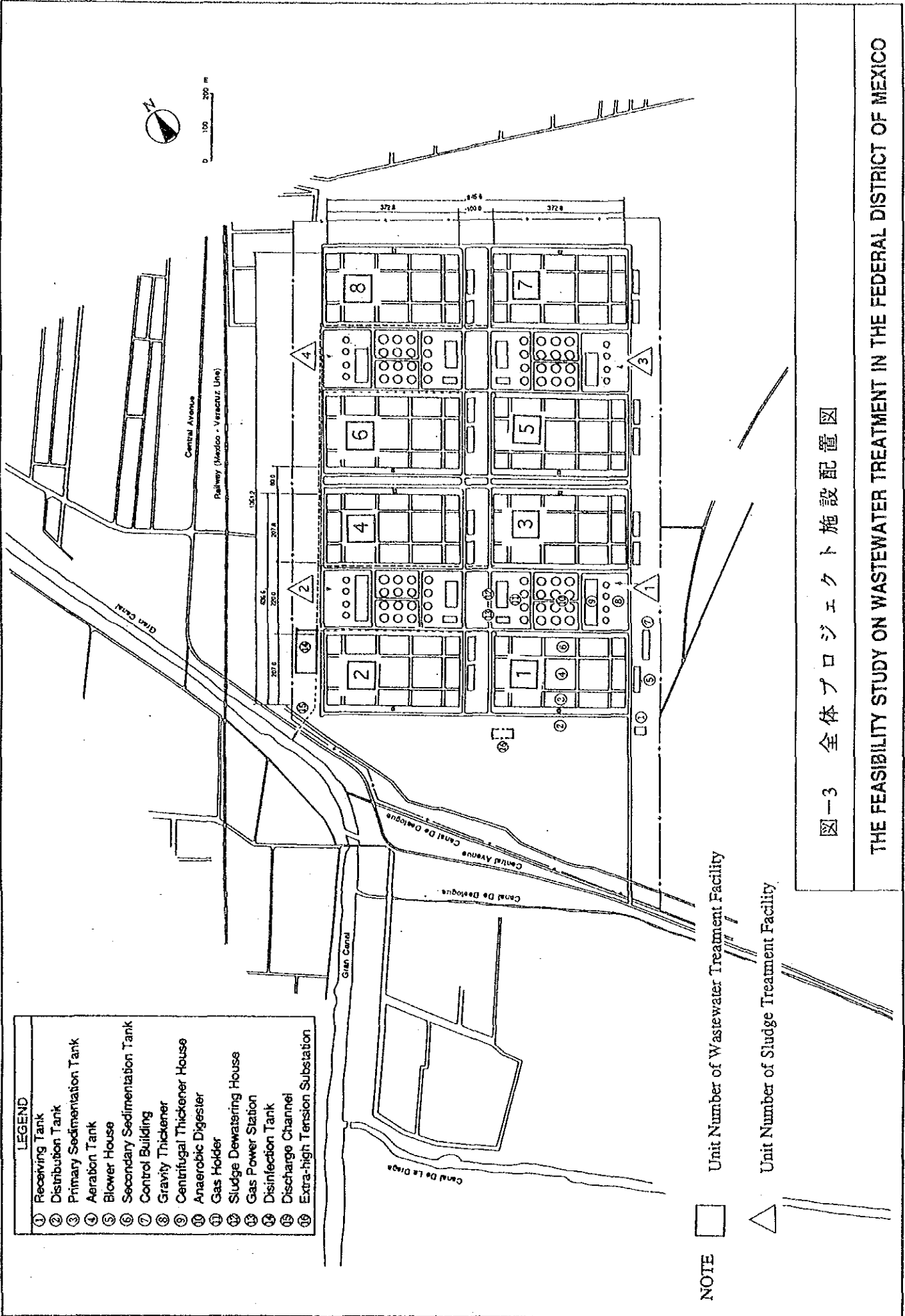


图-2 处理场予定地

THE FEASIBILITY STUDY ON WASTEWATER TREATMENT IN THE FEDERAL DISTRICT OF MEXICO





**LEGEND**

①	Receiving Tank
②	Distribution Tank
③	Primary Sedimentation Tank
④	Aeration Tank
⑤	Blower House
⑥	Secondary Sedimentation Tank
⑦	Control Building
⑧	Gravity Thickener
⑨	Centrifugal Thickener House
⑩	Anaerobic Digester
⑪	Gas Holder
⑫	Sludge Dewatering House
⑬	Gas Power Station
⑭	Disinfection Tank
⑮	Discharge Channel
⑯	Extra-high Tension Substation

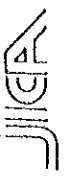
**NOTE**

□ Unit Number of Wastewater Treatment Facility

△ Unit Number of Sludge Treatment Facility

図-3 全体プロジェクト施設配置図

THE FEASIBILITY STUDY ON WASTEWATER TREATMENT IN THE FEDERAL DISTRICT OF MEXICO





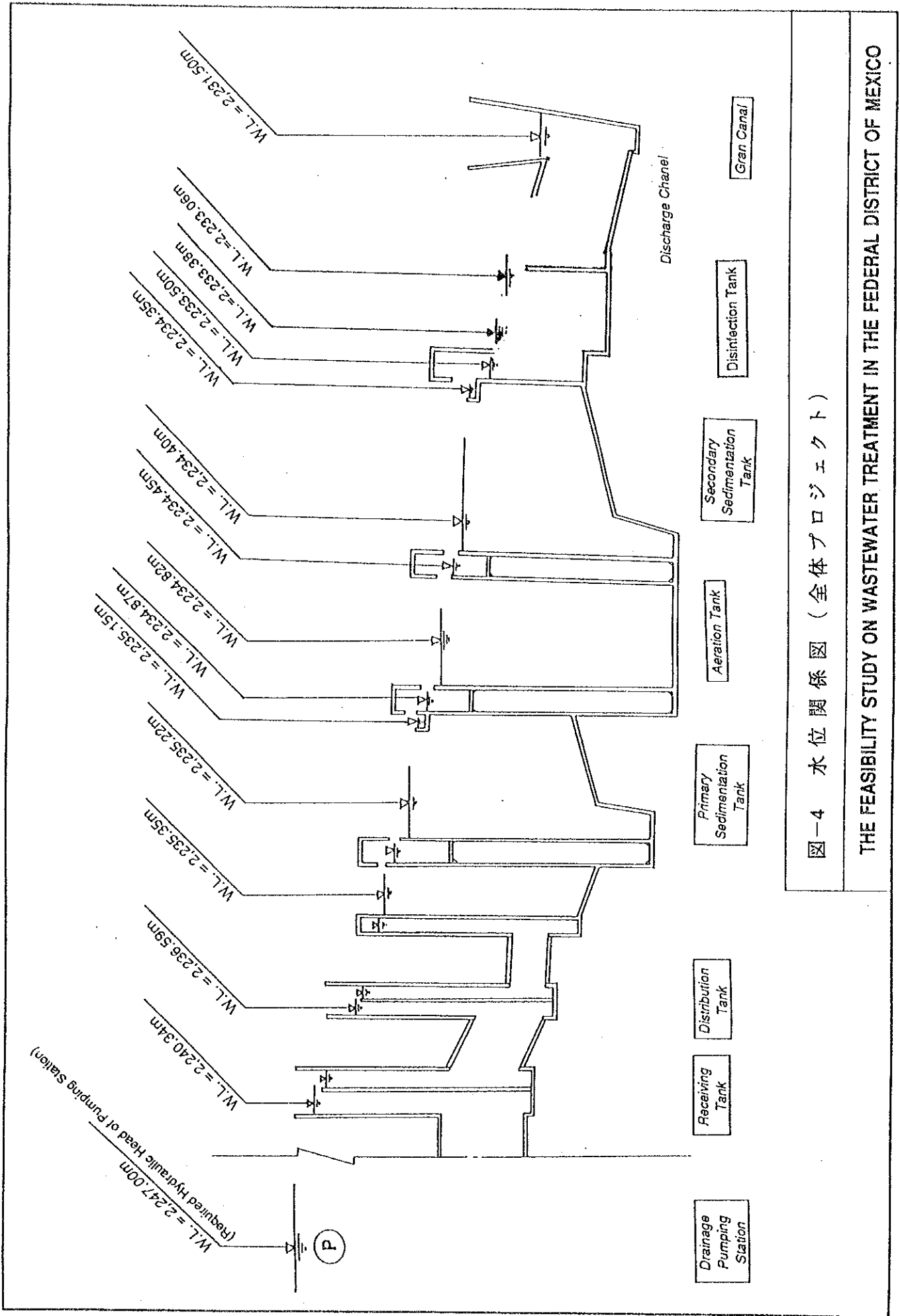


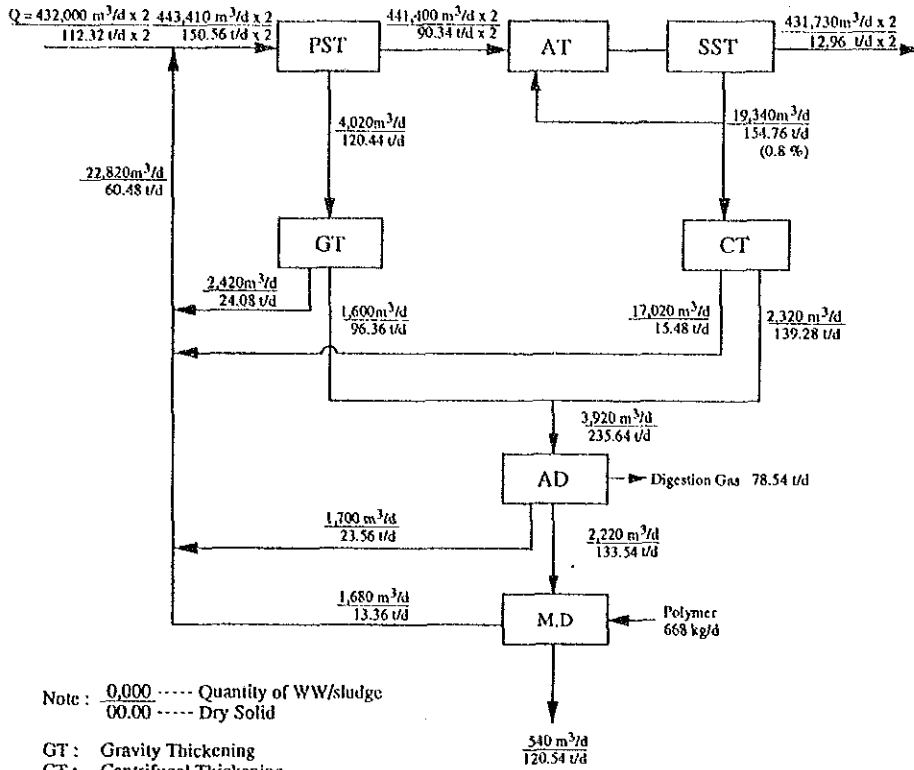
図-4 水位関係図 (全体プロジェクト)

THE FEASIBILITY STUDY ON WASTEWATER TREATMENT IN THE FEDERAL DISTRICT OF MEXICO



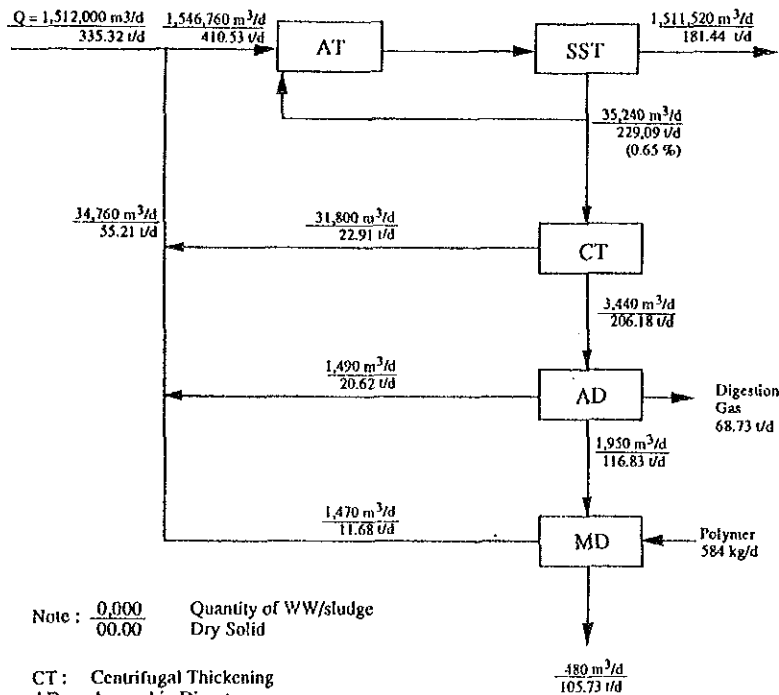


**Final Project**



Note :  $\frac{0.000}{00.00}$  ----- Quantity of WW/sludge  
 ----- Dry Solid  
 GT : Gravity Thickening  
 CT : Centrifugal Thickening  
 AD : Anaerobic Digester  
 MD : Mechanical Dewatering by Belt Filter Press

**Urgent Project**

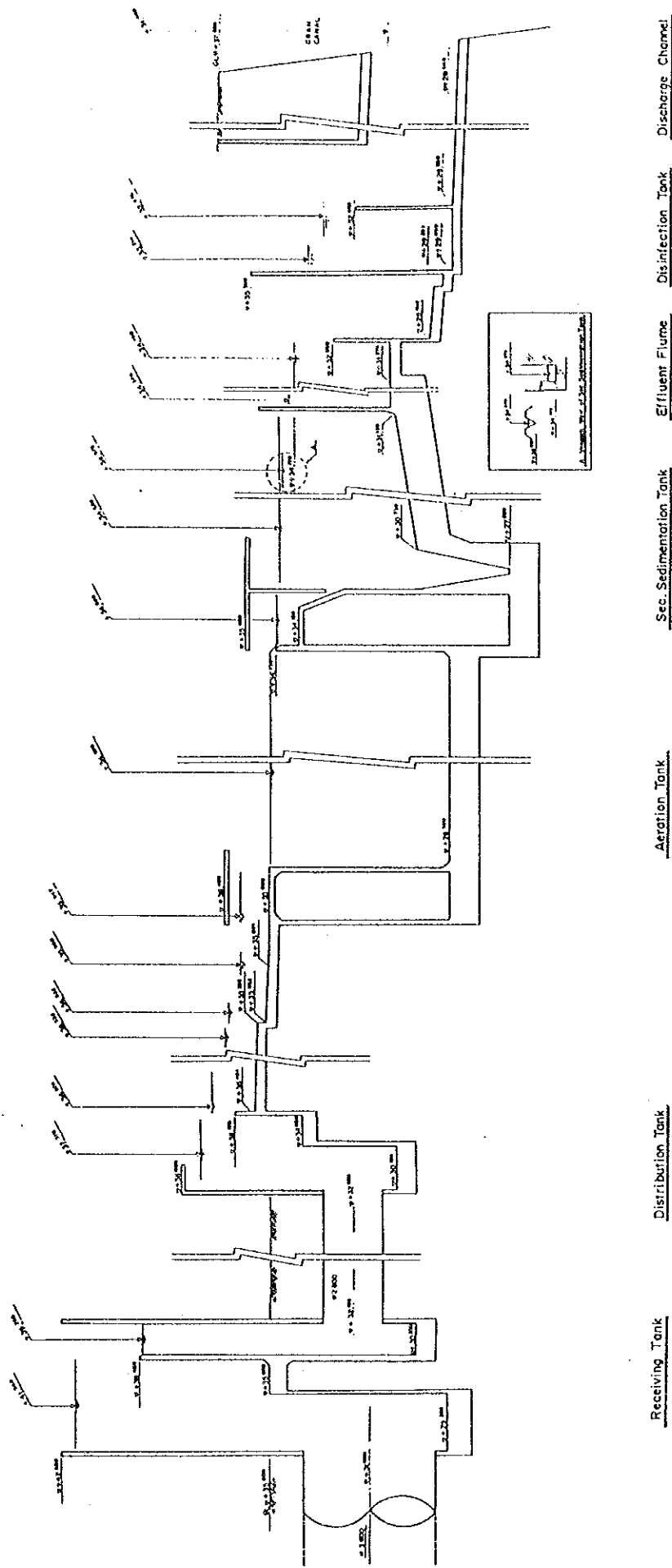


Note :  $\frac{0.000}{00.00}$  ----- Quantity of WW/sludge  
 ----- Dry Solid  
 CT : Centrifugal Thickening  
 AD : Anaerobic Digester  
 MD : Mechanical Dewatering by Belt Filter Press

図-5 汚泥処理バランスシート (全体プロジェクト)

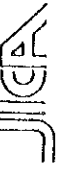




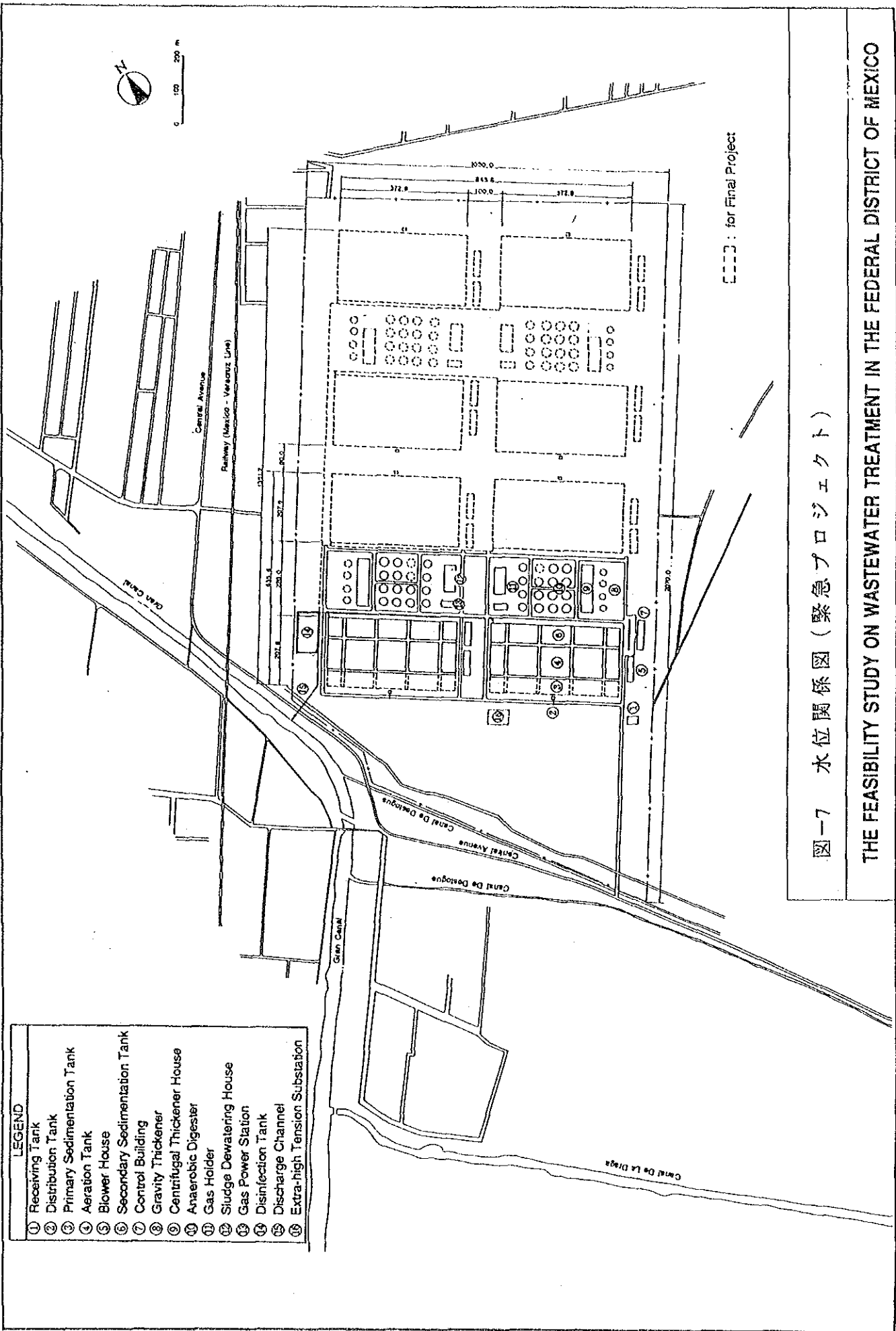


図一6 施設配置図 (緊急プロジェクト)

THE FEASIBILITY STUDY ON WASTEWATER TREATMENT IN THE FEDERAL DISTRICT OF MEXICO



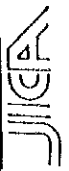




- LEGEND**
- ① Receiving Tank
  - ② Distribution Tank
  - ③ Primary Sedimentation Tank
  - ④ Aeration Tank
  - ⑤ Blower House
  - ⑥ Secondary Sedimentation Tank
  - ⑦ Control Building
  - ⑧ Gravity Thickener
  - ⑨ Centrifugal Thickener House
  - ⑩ Anaerobic Digester
  - ⑪ Gas Holder
  - ⑫ Sludge Dewatering House
  - ⑬ Gas Power Station
  - ⑭ Disinfection Tank
  - ⑮ Discharge Channel
  - ⑯ Extra-high Tension Substation

図一七 水位関係図 (緊急プロジェクト)

THE FEASIBILITY STUDY ON WASTEWATER TREATMENT IN THE FEDERAL DISTRICT OF MEXICO





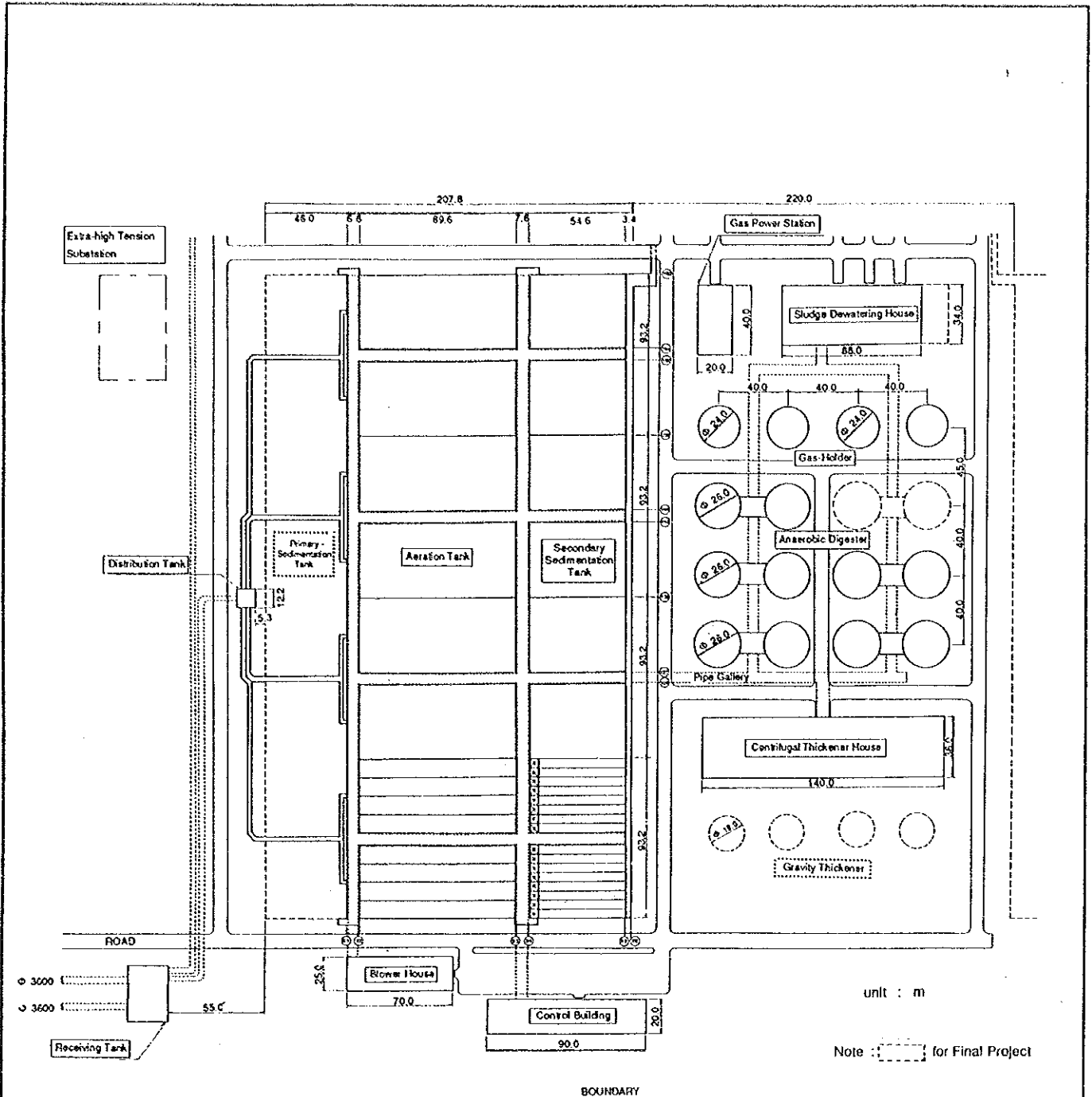


図-8 1 施設当りの汚水処理施設配置 (緊急プロジェクト)

JICA