社会開発調査部報告書

No. 2

国際協力事業団（ＪＩＣＡ）
ペルー共和国　国家開発庁

ペルー共和国

チチカカ湖プーノ湾総合汚染対策計画調査

要　約

平成12年1月

JICA LIBRARY
J 1155194 (2)

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
株式会社　環境工学コンサルタント

社調二
JR
00-001

国際協力事業団（ＪＩＣＡ）
ペルー共和国　国家開発庁

ペルー共和国

チチカカ湖プーノ湾総合汚染対策計画調査

要　約

平成12年1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
株式会社　環境工学コンサルタント

1155194[2]

積算における基準価格：　1998 年価格

本報告書における通貨換算率

通　貨	対ドル換算率（/ US$）
ペルー・ヌエヴォソル (S/.)	3.15
日本円 (¥)	116.70
ドイツ・マルク (DM)	1.6710

(1998 年 12 月末の値)

本報告書における数値の表記法は以下に示すとおりである。

小数点　：「.」（ピリオド）
位取り記号　：「,」（コンマ）

序　文

日本国政府は、ペルー共和国政府の要請に基づき、同国のチチカカ湖プーノ湾総合汚染対策計画にかかる開発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10年9月から平成12年1月までの間、3回にわたり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の栗原努氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

また、平成10年9月から平成12年1月までの間、武蔵工業大学の教授である綾日出教氏を委員長とする作業監理委員会を設置し、本件調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

調査団は、ペルー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12年1月

国際協力事業団
総裁　藤田　公郎

ペルー国チチカカ湖プーノ湾総合汚染対策計画調査

伝 達 状

平成12年1月

国 際 協 力 事 業 団
総裁　藤 田 公 郎 殿

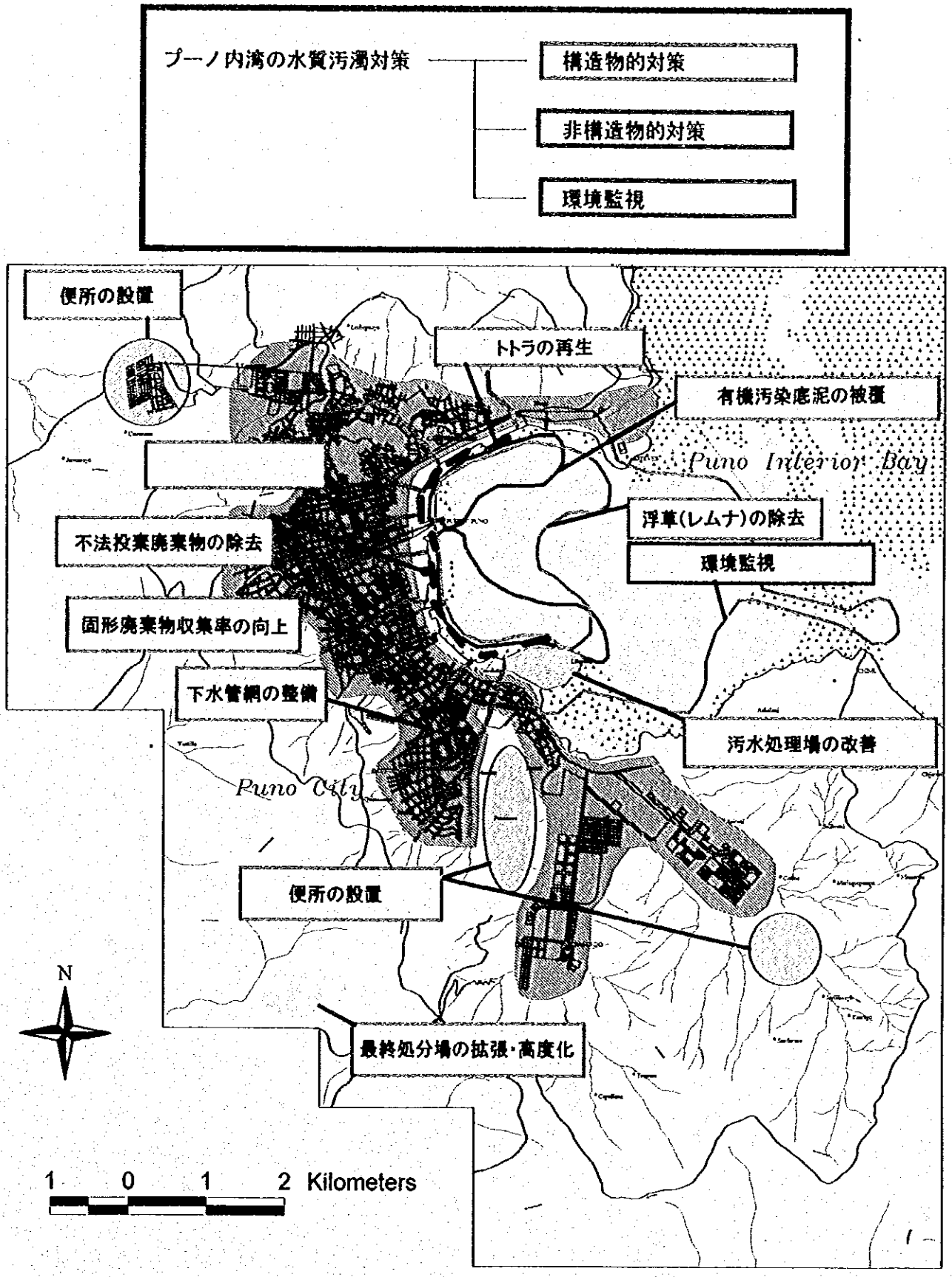
ペルー国チチカカ湖プーノ湾総合汚染対策計画調査の最終報告書をここに提出いたします。本報告書は株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルが平成 10 年9月16日、平成 11 年4月20日付貴事業団との契約書に基づき作成したものです。

本調査ではチチカカ湖プーノ内湾を対象とした総合水質汚染対策マスタープランの策定、マスタープランにおいて選定された優先プロジェクトに係るフィージビリティスタディ調査を実施しました。

報告書は、要約、主報告書、付属報告書、データブックによって構成されています。要約には全調査結果の要点をまとめ、主報告書には現況、マスタープラン、フィージビリティスタディの結果、結論と提言を記載しました。主報告書の内容の技術的な裏付けは付属報告書に取り纏め、解析に用いた種々のデータ及び図面類はデータブックとして添付しています。

最後に、調査団は貴事業団、監理委員会、外務省、建設省、厚生省、環境庁、在ペルー国日本大使館、さらにペルー国の関係者皆様のご支援に厚く感謝を申し上げますとともに、調査結果がペルー国チチカカ湖の水質汚濁改善に寄与し、さらに、これを機会として両国の友好関係がより深まることを祈念いたします。

ペルー国チチカカ湖プーノ湾総合汚染対策計画調査団
総 括　　栗 原 努



プーノ内湾の水質汚濁対策総合計画の提案

概　要

1.　背景

プーノ内湾は、プーノ市からの下水や他の廃棄物の流入が原因で水質汚濁や富栄養化が進んでいる。典型的な様相として、大形水生植物(トトラ)が減少する一方で、浮草「レムナ」が増え、広い範囲にわたって湖面を覆っている。

こうした状況を受け、本調査は 1998 年 9 月から 2000 年 1 月にかけて、JICA 調査団と国家開発庁(INADE)の連携により実施された。

調査対象地域はプーノ内湾全域(約 17 km^2)　およびその全流域(約 36 km^2)である。

2.　プーノ内湾水質汚濁対策総合計画

2.1　水質汚濁対策総合計画の構成

(1)　目標

1)　プーノ内湾の水質

1970 年代に在ったような受認可能な水質の回復

2)　プーノ内湾の景観

- レムナの分布抑制
- 散乱ごみの削減

3)　プーノ内湾の生態系

- 葦(トトラ)の復元
- 野鳥の生息環境の保全
- 魚類および底生生物の回復
- 沈水植物の回復

4)　プーノ内湾およびプーノ市の公衆衛生

- 流域内および湖内における散乱ごみの削減
- 流域内および湖内における細菌及び寄生虫による汚染の防止

(2)　目標年

短期目標 :　　2008 年
中期目標 :　　2015 年
長期目標 :　　2025 年

2.2 構造物的対策

(1) 廃水対策

1) 計画条件

	人口	1998	2008	2015	2025
プーノ市の人口	計	108,457	139,076	160,508	185,004
	下水道整備人口	50,107 (46%)	97,631 (70%)	125,731 (78%)	157,253 (85%)
日平均 廃水流量		77.2 l/s	128.6 l/s	170.0 l/s	224.0 l/s
汚濁負荷量 (kg/day)	BOD_5	2,255	4,393	5,658	7,076
	T-N	551	1,074	1,383	1,730
	T-P	63	122	157	197

2) 提案

a. オンサイト処理システム

オンサイト施設 : 堅穴便所 (0.7 W×0.7 L×1.5 H = 0.74 m^3)

堅穴便所の吸泥 : 小型(真空型)吸泥装置 (500 リットル/台)

汚泥処分 : 汚泥搬出車(積載能力: 2 ton)

b. オフサイト処理システム

汚水収集システム

下水管 管路総延長 = 136,234 m

Phase 1 (1998-2008) 管路延長 = 23,396 m

Phase 2 (2009-2015) 管路延長 = 46,832 m

Phase 3 (2016-2025) 管路延長 = 66,007 m

ポンプ場 EL PUERTO ポンプ場

水中ポンプ (5.25 l/s, 8.6 m, 1.2 kW, 1 set (+1))

汚水処理場

ポンプ場 水中ポンプ(200l/s, 8.6m, 30kW, 2 sets (+1))

ばっき式ラグーン 3 池

凝集剤注入設備

沈殿池 3 池

通性池への流入施設

第一通性池　　1 池 (既存)

第二通性池　　1 池 (既存)

人工湿地への流出施設

人工湿地 (トトラ)　　34 池 (浸透流方式)

3) 事業費

a. オンサイト処理システム (小型(真空型)吸泥装置と汚泥搬出車の費用)

総投資額 :　　S/.1,248,000

運転・維持費(O/M) : (IGV を含まず)

年	2008	2015	2025
O/M 費 (千ソーレス/年)	237	195	171

b. オフサイト処理システム

総投資額 :　　S/.91,189,800 ソーレス (IGV を含まず)

運転・維持費(O/M): (IGV を含まず)

年	2008	2015	2025
O/M 費 (千ソーレス/年)	757	1,109	1,447

(2) 固形廃棄物

1) 計画条件

	年	1998	2008	2015	2025
廃棄物量	発生量 (t/day)	67.0	85.9	101.5	126.2
	収集量 (t/day)	34.0 (51%)	58.3 (68%)	81.9 (81%)	126.2 (100%)

2) 提案

a. 収集・運搬

	年	2008	2025
廃棄物収集車両の必要量	12 m^3 コンパクター	1	2
	4 m^3 コンパクター	7	15
	6.8 m^3 ダンプ	1	5
	3輪車	5	5
人件費		153	204

b. 最終処分場

DIGESA の技術指針に従って、20,000 m^2 – 37,000 m^2 の面積をもつ最終処分場10個所を段階的に建設する。処分場では重機が必要となる。

3) 事業費

総投資額 : : S/.89,232,800 ソーレス (IGV を含まず)

運転・維持費(O/M) : (IGV を含まず)

年	2008	2025
O/M 費 (千ソーレス/年)	1,401	2,115

(3) その他の対策

1) 都市排水システム

a. 提案

- 既存排水路の拡幅および整備
- 新たな排水路の建設
- 流速を減少させるためおよび堆砂を防ぐためのチェックダムや落差工の設置
- 適切な街路排水路の整備
- 雨水排水路と汚水管の分離

b. 事業費

総投資額 : S/.8,476,200 ソーレス (IGV を含まず)

2) 湖内対策

a. 浮草(レムナ)の除去

提案

浅喫水のバージ型の収穫機(収穫能力 30 t/day)により定期的な除去。

事業費

総投資額 : S/.378,000 ソーレス (IGV を含まず)

運転・維持費(O/M) : S/.36,800 ソーレス/年 (IGV を含まず)

b. 底泥覆砂

提案

覆砂を実施する地区は、プーノ内湾西部で推進 3.5 m 以浅でなおかつ機材の作業が可能な個所とする。覆砂材にはプーノ内湾の航路沿いに分布するシルト混じり砂を用いる。

- 覆砂対象範囲 : 2,400,000 m^2
- 覆砂厚 : 0.30 m
- 覆砂量 : 720,000 m^3

事業費

総投資額 : S/.23,171,200 ソーレス (IGV を含まず)

o. **葦(トトラ)の再生**

提案

トトラの再生の主要な工程は、トトラの育苗と苗木の移植である。苗木の移植はプーノ内湾の西岸沿いに行う。

- トトラ帯の単位形状 : 延長 = 200 m, 幅 = 40 m
- トトラ帯の総数 : 18 単位
- 移植総面積 : 14.4 ha

事業費

運転・維持費(O/M) : S/.158,300 ソーレス/年 (IGV を含まず)

2.3 非構造物的対策

(1) 提案

以下の四つの非構造物的対策を提案する。

1) 組織の統合・強化計画
2) 市民への環境教育プログラム
3) クリーン・デイの創設
4) 環境規制の執行

(2) 事業費

総投資額 : S/.579,600 ソーレス (IGV を含まず)

運転・維持費(O/M) : S/.516,300 ソーレス/年 (IGV を含まず)

2.4 環境監視

(1) 提案

1) 排水監視プログラム

食品および食品加工業(4 事業所)
屠殺場(1事業所)
エスピナ゛ール汚水処理場(1事業所)

2) 水域監視プログム

a. 物理・化学的条件

湖水 (7主地点、5補足地点)
雨水排水路 (5個所)
湖底泥 (12地点)

b. 生物学的条件

湖水 (プランクトン、ベントス、大型植物)

(2) 事業費

総投資額 :	S/.246,000 ソーレス (IGV を含まず)
運転・維持費(O/M) :	S/.184,200 ソーレス/年 (IGV を含まず)

2.5 計画実施プログラム

総合計画の実施プログラムは、表 1 に示すようにまとめられる。総合計画で提案された構成要素の中で、下水道システムの改善、固形廃棄物処分および環境監視をプーノにおける最優先プロジェクトとして実施する。

覆砂は、外部汚濁負荷対策が所定の効果を発揮しなかった時に実施する。

構造物的対策の他に、総合計画に関する市民意識および理解を形成するために、非構造的対策をできるだけ早く着手する。市民の意識と理解は、構造物的対策を促進していくために不可欠である。

3. フィージビリティー スタディー

3.1 プロジェクトの選定

プ゛ーノ内湾総合汚染対策計画(以下、本計画とする)において、それぞれの対策の順位付けを以下のように行った。

1st: 下水処理システムの改善
2nd: 廃棄物処理システムの改善
3rd: 都市雨水排水処理システムの改善
4th: 直接浄化(底泥のカバー、レムナの除去、トトラの回復)

下水道網に関しては、F／Sが既に行われドイツ政府が援助をすることとなっているため、本計画では2008年を目標年次とした廃棄物処分システムの改善を、F／Sの対象事業と選定した。

3.2 計画

(1) 収集

収集車輌の必要台数

			2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2025年-100%	収集車両	12m³ コンパクター	1	1	1	1	1	1	1
		同上 (既存)	1	1	1	1	-	-	-
		4m³ コンパクター	1	2	2	2	4	4	5
		同上 (既存)	2	2	2	2	2	2	2
		6.8m³ダンプトラック	1	1	1	1	1	1	1
		5t ダンプトラック	2	2	2	2	1	1	1
	計 (台)		8	9	9	9	9	9	10
	追加能力(t/d)		22.6	28.0	28.0	33.4	38.8	38.8	44.2
	既存能力 (t/d)		34.4	34.4	34.4	17.2	17.2	17.2	17.2
	能力の合計 (t/d)		57.0	62.4	62.4	50.6	56.0	56.0	61.4
	収集量 (t/d)		42.51	44.84	47.24	49.88	52.61	55.41	58.33
	処分場直接搬入分 (t/d)		1.59	1.62	1.64	1.67	1.69	1.72	1.74

(2) 最終処分場

以下の表に処分場の必要容量を示す。

	廃棄物発生量(直接搬入を含む)	日搬入量	年間搬入量	廃棄物の容量	覆土	必要容量	累計必要容量
	t/day	t/day	t/yr	m^3/yr	m^3/yr	m^3/yr	m^3
1998	68.41	35.49	12,954	18,506	4,626	23,131	23,131
2008	87.63	60.07	21,926	31,322	7,829	39,152	236,252

処分場の必要機材

処分場には、ブルドーザ、バックホー、ダンプトラック、トラックスケール、発電機が必要である。

3.3 実施計画

埋立地建設のためには、準備期間として 1 年間が必要となる。そのため、建設は 2001 年から開始するのもとする。

3.4 事業費

建設費	9,113,000 ソーレス
機材調達費	3,738,000 ソーレス
運転・維持費	9,682,000 ソーレス
合 計	22,533,000 ソーレス
	(IGV を含まず)

3.5 事業評価

本事業計画の実施は、衛生環境の改善や観光開発ポテンシャルの改善というような社会的影響をもたらすと考えられる。

廃棄物収集料金の増加および環境料のような新たな基金の創設による収入の増大あるいは中央政府が補助金や低利融資をプーノ市に分配すれば、FIRR(内部財務収益率)は7%を上回ることが可能となる。

4. 結論と提言

4.1 総合計画の評価

たとえ、各構成プロジェクトについては費用の高くない妥当な技術を採用しても、総合計画全体としては多大な投資が必要となる。しかし、プーノの地方政府財政状況は、本計画を実施するにはあまりにも深刻な状況である。仮にプーノの地方政府が最大限の努力で歳入を増やしたとしても、依然、中央政府からの強力な財政支援が不可欠である。

本計画の実施により様々な便益が生まれる。もし、本計画が実施されなければ、プーノの環境は悪化する一方となる。その結果、チチカカ湖は汚れて、漁業は損害を受け、観光業は衰退することになる。その影響を現在の産業規模から推定したところ、EIRR（内部経済収益率）は17％で機会費用（ペルーでは、10％と想定される）以上となり、累積損益もプラスとなる。したがって、本総合計画は経済的観点から実施可能なものであるといえる。

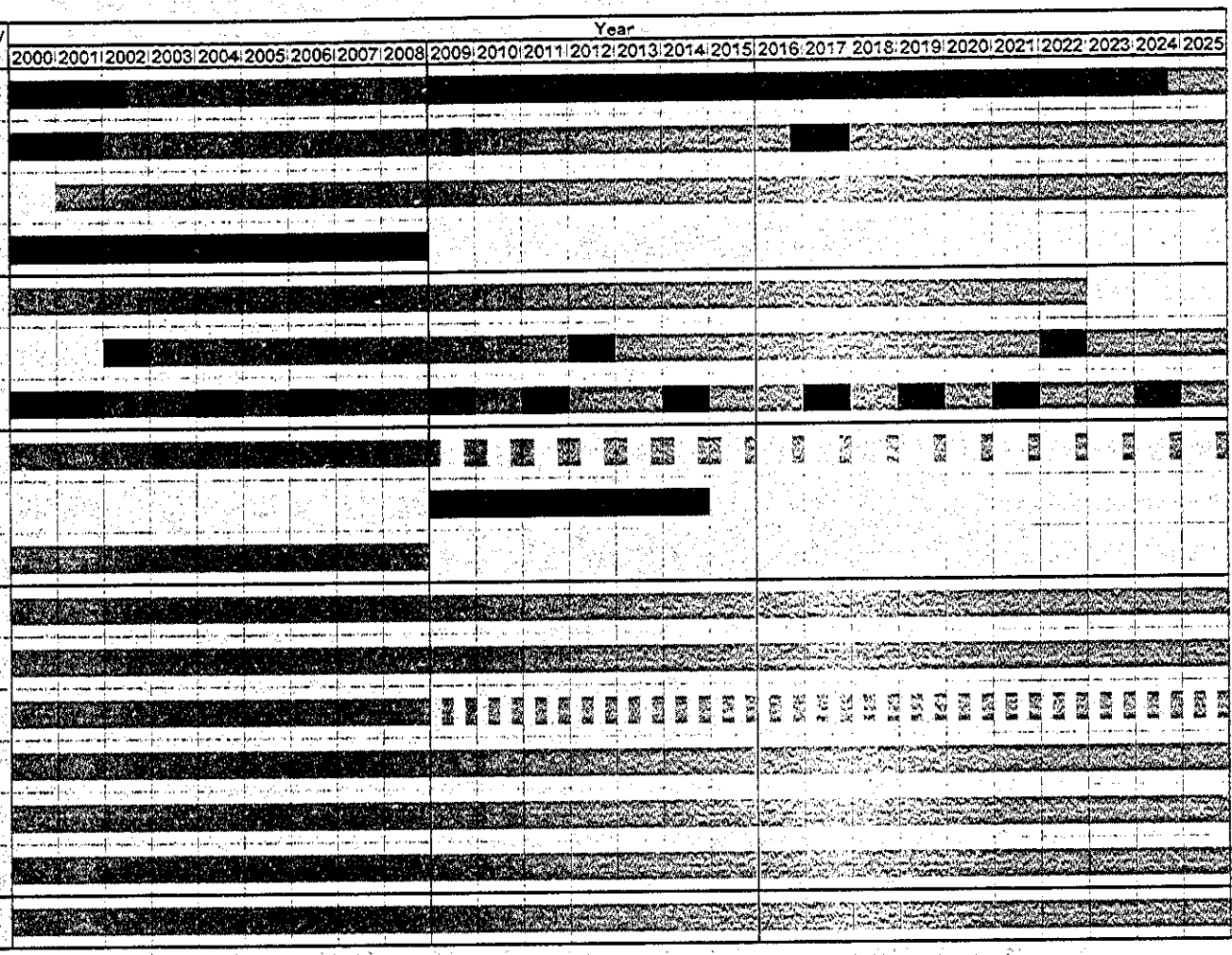
本総合計画は、本質的にプーノ内湾の環境改善に貢献するものである。有機汚濁負荷は目標レベルまで、すなわち 1970 年代以前のレベルまで減少する。その結果、プーノ内湾の有機汚濁対策の改善目標は2008年までに達成され、その後も長期にわたり目標が達成され続ける。 総合計画は計画、建設および運営の各段階において悪影響を生じる可能性があるが、すべての環境は小規模かつ一時的であり、受認レベルにまで緩和できると考えられる。

4.2 提 言

プーノ内湾はチチカカ湖の一部であり、そこに住む人々だけでなく、ペルー国民および外国からの観光客は、この湖の傑出した環境を享受してきた。それ故、こうした人々が、受けた恵みを還元しなければならない、言い換えるならば、湖の環境改善に必要な労力および資金を提供しなければならない。経済的便益は総合計画の総コストを上回っている。このことは、この計画は実施する価値があることになる。しかし、すべての費用を地方政府あるいは住民に負担させることは、その財政的窮状を考えると困難である。本計画の実現のためには、補助金、低利融資等の中央政府の財政支援が不可欠である。さらに、湖の環境を利用する者あるいは汚染する者から幅広く資金を調達するシステムを確立することを勧める。

表 - 1 プーノ内湾水質汚濁対策総合計画実施スケジュール

Proposed Plan			Priority
Measures	Component		
External Pollution Load Reduction	Sewerage Systems	Sewer Expansion	1
		WWTS Improvement	1
	Sanitary Toilet		2
	Urban Drainage		3
Solid Waste Management	Removal of Illegally Dumped Wastes		2
	Increase of Collection Rate		1
	Expansion/Upgrade of Final Disposal Site		1
In-Lake Management	Removal of *Lemna*		2
	Cover of Bottom Sediment		4
	Replanting of Totora		3
Non-Structural Measures	Environmental Education & Campaign		1
	Citizen's Participation		1
	Institutional Strengthening		1
	Land Use Management		3
	Livestock Farming Management		4
	Regulation of Effluents		2
Environmental Monitoring			1



Construction

Operation

ペルー共和国
チチカカ湖プーノ湾水質汚濁対策総合計画調査

ファイナルレポート
(要　約)

目　次

Page

第 I 章　はじめに I-1

第 II 章　プーノ内湾水質汚濁対策総合計画 II-1

1. プーノ内湾における現状の問題点 II-1

2. プーノ内湾水質汚濁対策総合計画の構成 II-3

3. 構造物的対策 II-6

3.1　汚水対策 II-6

3.2　固形廃棄物処分 II-21

3.3　その他の対策 II-35

3.3.1　都市排水システム II-35

3.3.2　湖内対策 II-39

4. 非構造物的対策 II-51

5. 環境監視 II-52

6. 計画実施プログラム II-59

7.総合計画の実施組織 II-62

8. プロジェクト費用 II-69

第 III 章　フィージビリティースタディー III-1

1. F/S 対象プロジェクトの選定 III-1

2. 設計 III-2

2.1　廃棄物収集 III-2

2.2　埋立地 III-4

3. 実施計画 III-7
4. プロジェクトコスト III-9
5. プロジェクト評価 III-9

第 IV 章　結論と提言 IV-1
1. 総合計画の評価 IV-1
1.1　技術面 IV-1
1.2　財務面 IV-1
1.3　経済面 IV-1
1.4　環境面 IV-4
2. 提　言 IV-8

図 表 リ ス ト

ページ

第II章　プーノ内湾水質汚濁対策総合計画

表 II.3.1　下水道管網整備目標 ..... II - 7
表 II.3.2　総プロジェクト費用（2025 年まで） ..... II - 9
表 II.3.3　財務的内部収益率（FIRR）および総現在価値（NPV） ..... II - 10
表 II.3.4　下水管網整備計画の概要 ..... II - 11
表 II.3.5　ポンプ場計画の概要 ..... II - 11
表 II.3.6　提案する汚水処理施設の仕様 ..... II - 13
表 II.3.7　下水道整備計画の運転・維持のための要員計画 ..... II - 16
表 II.3.8　提案事業の実施計画 ..... II - 17
表 II.3.9　本計画に対する財務的内部収益率および総現在価値 ..... II - 18
表 II.3.10　収集車両の必要台数 ..... II - 25
表 II.3.11　財務面の実施可能性検討結果 ..... II - 32
表 II.3.12　雨水排水路の改善計画（再現確立 5 年） ..... II - 37
表 II.5.1　環境モニタリングの頻度 ..... II - 56
表 II.5.2　環境モニタリング指標 ..... II - 56
表 II.6.1　プーノ内湾水質汚濁対策総合計画実施スケジュール ..... II - 60
表 II.8.1　プーノ内湾水質汚濁対策総合計画のプロジェクト費用 ..... II - 63

第III章　フィージビリティースタディー

表 III.2.1　廃棄物の発生量と収集量 ..... III - 2
表 III.2.2　収集車輌の必要台数と運搬能力（2002 年～2008 年） ..... III - 3
表 III.2.3　人員計画 ..... III - 4
表 III.2.4　埋立処分場の必要容量 ..... III - 4
表 III.2.5　施設計画 ..... III - 6
表 III.5.1　埋立地の現況と将来計画の比較 ..... III - 11
表 III.5.2　財務的な実施可能性の検討結果 ..... III - 12
表 III.5.3　実施可能な組み合わせ ..... III - 13

第IV章　結論と提言

表 IV.1.1　EIRR の算定結果 ..... IV - 3
表 IV.1.2　本総合計画における EIRR の感度分析 ..... IV - 3

第Ⅰ章　はじめに
図 I.1　調査対象地域 ..... I - 2

第Ⅱ章　プーノ内湾水質汚濁対策総合計画
図 II.1.1　プーノ内湾の変遷 ..... II - 2
図 II.2.1　プーノ内湾水質汚濁対策総合計画の概念図 ..... II - 5
図 II.3.1　汚水処理場の計画配置図 ..... II - 14
図 II.3.2　キャッシュ・バランスの変化 ..... II - 19
図 II.3.3　プーノ市における固形廃棄物の流れ (1998 年) ..... II - 22
図 II.3.4　プーノ市における廃棄物の流れ 2025 年) ..... II - 24
図 II.3.5　固形廃棄物発生量と収集処分目標 ..... II - 27
図 II.3.6　事業実施計画 ..... II - 30
図 II.3.7　雨水排水路の改善計画 ..... II - 38
図 II.3.8　覆砂施工計画水域（材料：プーノ内湾砂） ..... II - 45
図 II.3.9　覆砂工の概念図（材料：プーノ内湾砂） ..... II - 46
図 II.3.10　トトラの再生計画箇所 ..... II - 49
図 II.3.11　トトラ苗の育成床 ..... II - 50
図 II.5.1　プーノ内湾における環境監視地点 ..... II - 57
図 II.5.2　雨水排水路における環境監視地点 ..... II - 58

第Ⅲ章　フィージビリティースタディー
図 III.2.1　埋立地の位置図 ..... III - 5
図 III.3.1　事業実施計画 ..... III - 8

第Ⅳ章　結論と提言
図 IV.1.1　総合計画による外部汚濁負荷削減量の予測（BOD） ..... IV - 5
図 IV.1.2　総合計画による外部汚濁負荷削減量の予測（T-N） ..... IV - 6
図 IV.1.3　総合計画による外部汚濁負荷削減量の予測（T-P） ..... IV - 7

第 I 章　はじめに

第 I 章

はじめに

プーノ市では、人口流入に加えて市の周辺における集落の新たな出現により、将来、かなりの人口増加が予想されている。しかし、この人口の増加に対して都市インフラの整備が追いつかないため、下水の大部分が未処理のままプーノ内湾に直接、排出されている。さらに、固形廃棄物の収集体制が不十分で、降雨時にごみが内湾に流出する等の問題も存在する。

内湾は、こうしたプーノ市からの下水や他の廃棄物の流入が原因で水質汚濁や富栄養化が進んでいる。トトラ(葦)等の有用な大形水生植物が減少する一方で、浮草「レムナ」が増え、広い範囲にわたって湖面を覆っている。

こうした状況を受け、本調査は 1998 年 9 月から 2000 年1月にかけて、JICA 調査団と国家開発庁(INADE)の連携により実施された。

本調査の目的は以下のとおりである。

1) プーノ内湾水質改善総合計画のマスタープラン策定
2) マスタープランで選定された優先プロジェクトに関するフィージビリティ調査の実施
3) 調査の実施を通じ、カウンターパートへの技術移転

図 I.1 に示すように、調査対象地域はプーノ内湾全域(約 17 km^2) およびその全流域(約 36 km^2)

本調査で作成される報告書は以下のとおりである。

主報告書(英語版)
主報告書(西語版)
付属報告書(英語版)
要約報告書(英語版)
要約報告書(西語版)
資料集(英語版)

なお、西語版は参考までに作成されたものである。

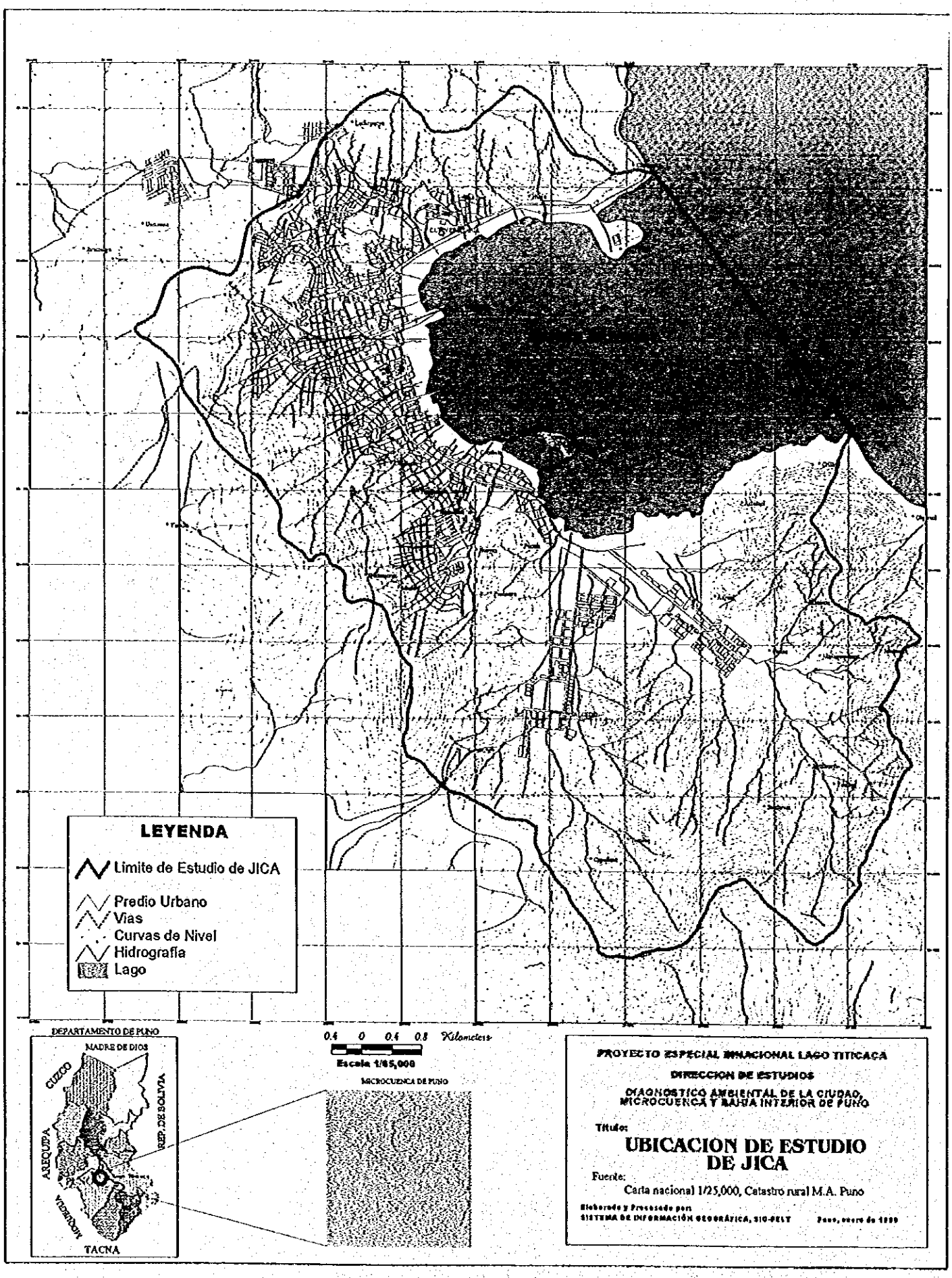

LEYENDA
Limite de Estudio de JICA
Predio Urbano
Vias
Curvas de Nivel
Hidrografia
Lago
DEPARTAMENTO DE PUNO
MADRE DE DIOS
CUZCO
REP. DE BOLIVIA
AREQUIPA
MOQUEGUA
TACNA
0.4 0 0.4 0.8 Kilometers
Escala 1/65,000
MICROCUENCA DE PUNO
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA
DIRECCION DE ESTUDIOS
DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA CIUDAD, MICROCUENCA Y BAHIA INTERIOR DE PUNO
Titulo:
UBICACION DE ESTUDIO DE JICA
Fuente:
Carta nacional 1/25,000, Catastro rural M.A. Puno
Elaborado y Procesado por
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, SIG-PELT
Puno, enero de 1999

図 I.1　調査対象地域

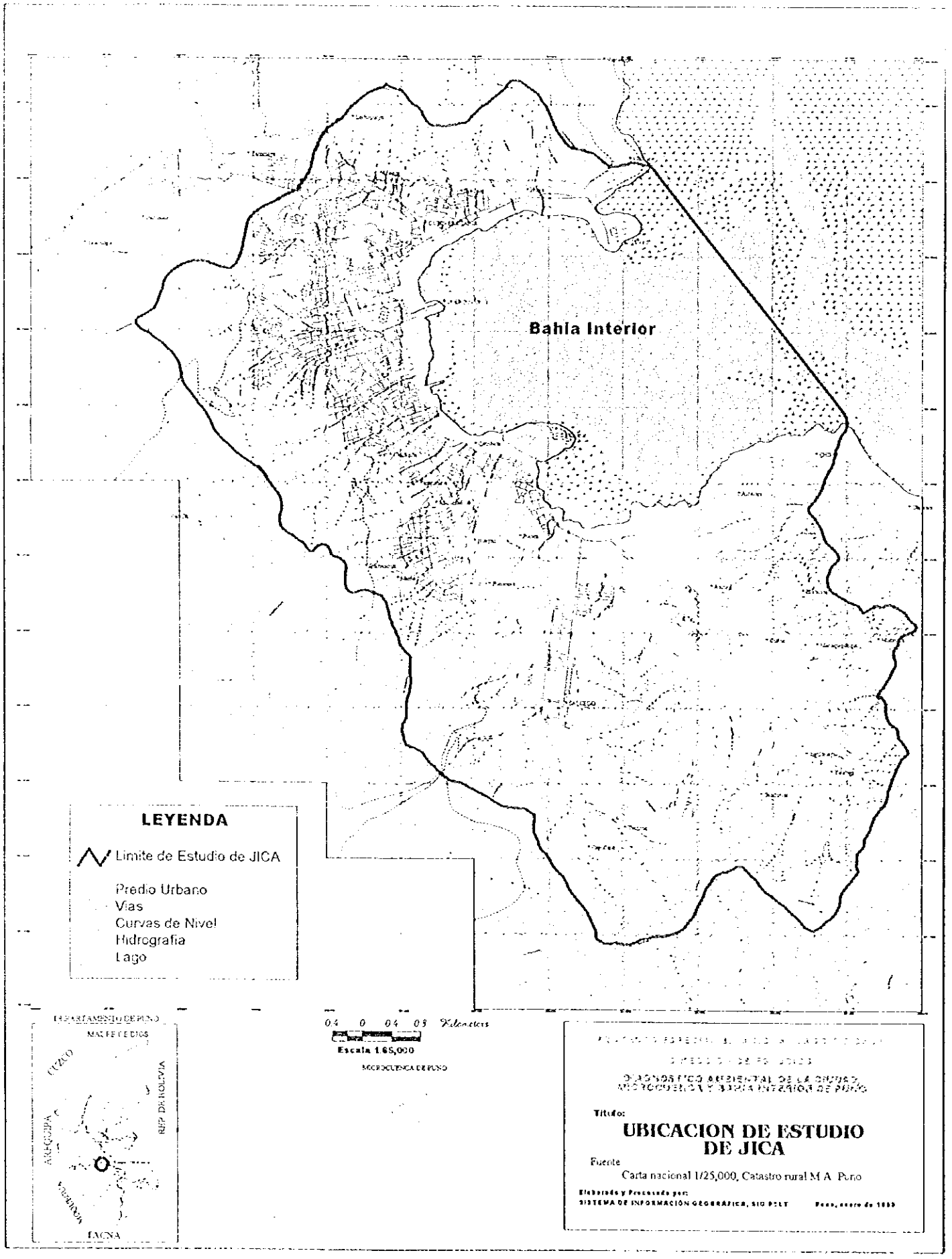

Bahia Interior
LEYENDA
Limite de Estudio de JICA
Predio Urbano
Vias
Curvas de Nivel
Hidrografia
Lago
Escala 1:65,000
MICROCUENCA DE PUNO
Titulo:
UBICACION DE ESTUDIO DE JICA
Fuente
Carta nacional 1/25,000, Catastro rural M A Puno
Elaborado y Procesado por:
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, SIG PELT

図 I.1　調査対象地域

第 II 章　プーノ内湾水質汚濁対策総合計画

第 II 章

プーノ内湾水質汚濁対策総合計画

1. プーノ内湾における現状の問題点

図 II.1.1 はプーノ内湾に関する環境面の事件、気象・水文観測値および下水道整備の歩みを過去数十年にわたってまとめたものであり、これまでのプーノ内湾の環境条件の変遷を示すものでもある。

プーノ内湾の水質は1970年代もしくはそれ以前から悪化し始めた。特に、西岸部は、主にプーノ市街地から排出される生活系および商業系排水による影響を受けている。本調査における現地踏査および現場観測により確認されたプーノ内湾の水環境問題は以下に示すとおりである。

(1) 閉鎖的かつ水深が浅いため水質汚濁し易い水域

(2) 富栄養化に起因する利水障害

(3) 観光資源価値の低下

(4) 生態系の問題

(5) 悪臭

(6) 公衆衛生上の問題

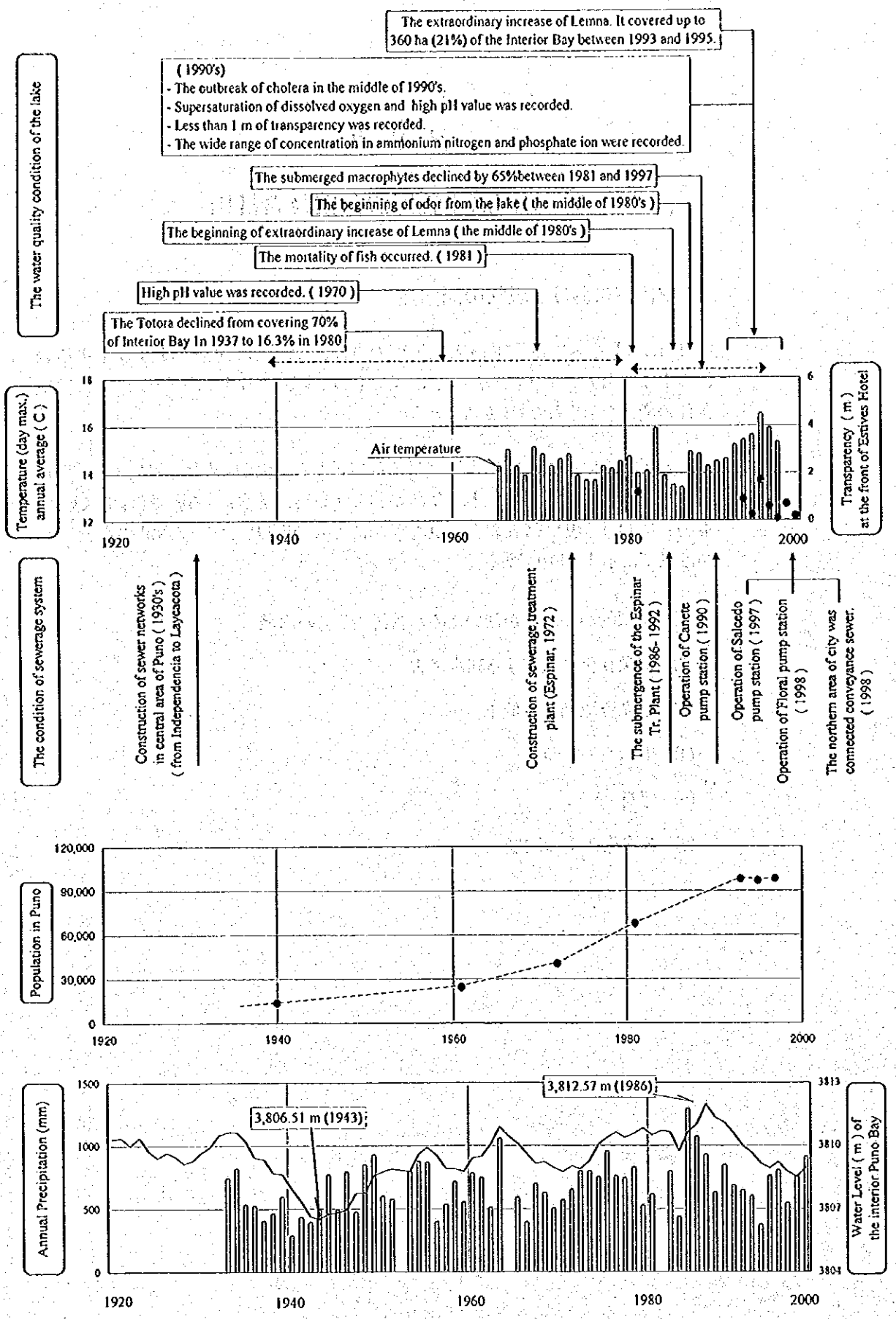


図 II.1.1 プーノ内湾の変遷

2. プーノ内湾水質汚濁対策総合計画の構成

(1) 目的

水質汚濁対策総合計画は、プーノ市の都市化の進展により汚濁されたプーノ内湾の水質を改善し、その結果として、貴重な自然環境の保全および地域経済ならびに生活環境の向上に資することをめざすものである。

(2) 目標

1) プーノ内湾の水質

1970年代に在ったような受認可能な水質の回復

2) プーノ内湾の景観

- レムナの分布抑制
- 散乱ごみの大幅な削減

3) プーノ内湾の生態系

- 葦(トトラ)帯の復元
- 野鳥の棲息環境の保全
- 魚類および底生生物の回復
- 沈水植物の回復

4) プーノ内湾およびプーノ市の公衆衛生状況

- 流域内および湖内における散乱ごみの削減
- 流域内および湖内における細菌もしくは寄生虫による汚染の防止

(3) 目標年

短期目標 : 2008年
中期目標 : 2015年
長期目標 : 2025年

(4) 手法

湖水環境改善のために考えられる方策は、一般に以下のように大別される。

- 構造物的対策
- 非構造物的対策
- 環境監視

構造物的対策とは、チチカカ湖の環境を物理的に改善するために行政組織が講じる方策と定義される。非構造物的対策とは、中央・地方政府、民間あるいは市民が進んで環境改善に必要な行動をとるよう促すことを目ざした方策と定義される。環境監視は、環境問題を発見・確認し、構造物的対策を実施した場合の効果・影響を評価し、人々の意識を高めるための環境行政ツールと定義される。総合対策計画においては、構造物的対策が主であることに間違いはないが、すべての方策が系統的に組み合わされていなければ、計画自体がその機能を十分に発揮することができない。「プーノ内湾水質汚濁対策総合計画」の概念図を図 II.2.1 に示す。

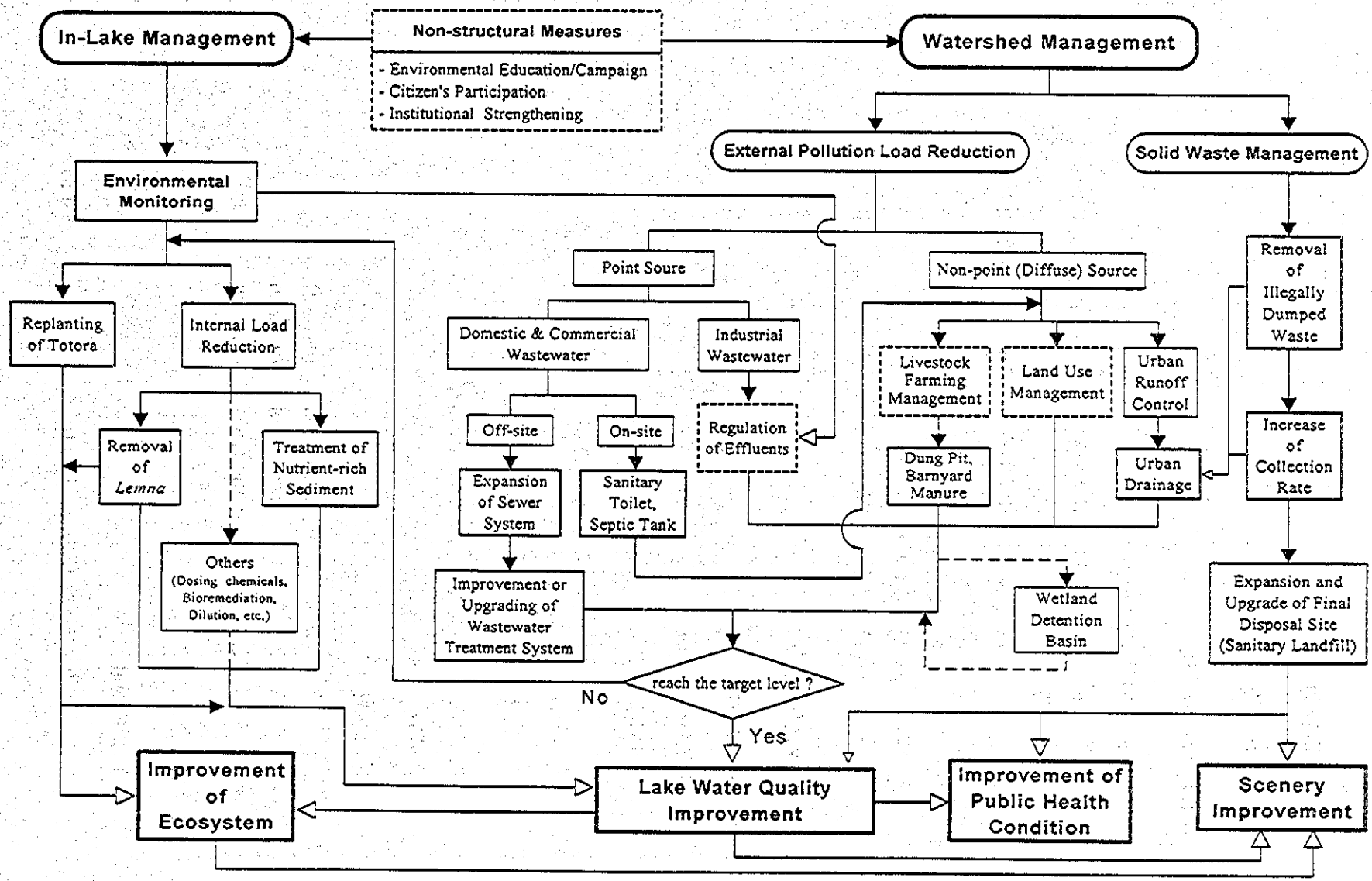


図 II.2.1　　プーノ内湾水質汚濁対策総合計画の概念図

3. 構造物的対策

3.1 汚水対策

3.1.1 現状の評価

現存する問題は以下のとおりである。

- 下水道による汚水収集率の低さ(下水道による汚水収集率 46%)
- 汚水ますの蓋の破損
- エスピナール安定化池における栄養塩除去効率の低さ(BOD_5:80%、T-N:30%、T-P:30%)
- チャヌチャヌ処理施設の過負荷運転
- 汚水管網への雨水の浸入
- オンサイト処理施設の不足

3.1.2 マスタープラン

(1) 目標と戦略

目標年: 2025 年

処理対象排水:

- 生活系排水
- 商業系排水
- 工業系排水

下水管網整備率(対人口比): 85 % (2025 年)

下水収集方式: 分流式

実施段階:

第一段階	1998 – 2008	(Phase 1)
第二段階	2009 – 2015	(Phase 2)
第三段階	2016 – 2025	(Phase 3)

(2) 計画条件

1) 対象地域

- 下水道整備区域 (地区 1 – 12, 14): 2831 ha

- オンサイト処理整備区域 (地区 13, 15, 16): 539 ha

2) 下水道普及率

表 II.3.1 下水道管網整備目標

年		1998	2008	2015	2025
プーノ市人口	全人口	108,457	139,076	160,508	185,004
	下水道整備人口	50,107 (46%)	97,631 (70%)	125,731 (78%)	157,253 (85%)
日平均 汚水流量		77.2 l/s	128.6 l/s	170.0 l/s	224.0 l/s
汚濁負荷量 (kg/day)	BOD_5	2,255	4,393	5,658	7,076
	T-N	551	1,074	1,383	1,730
	T-P	63	122	157	197

(3) 構造物的対策案の検討

1) オンサイト処理システム

オンサイト処理施設:

- 堅穴便所
- 注水形水洗便所

堅穴便所の吸泥: 小型(真空式)吸泥装置 + 汚泥搬出車

汚泥処分: 内陸(植林地)処分

2) オフサイト処理システム

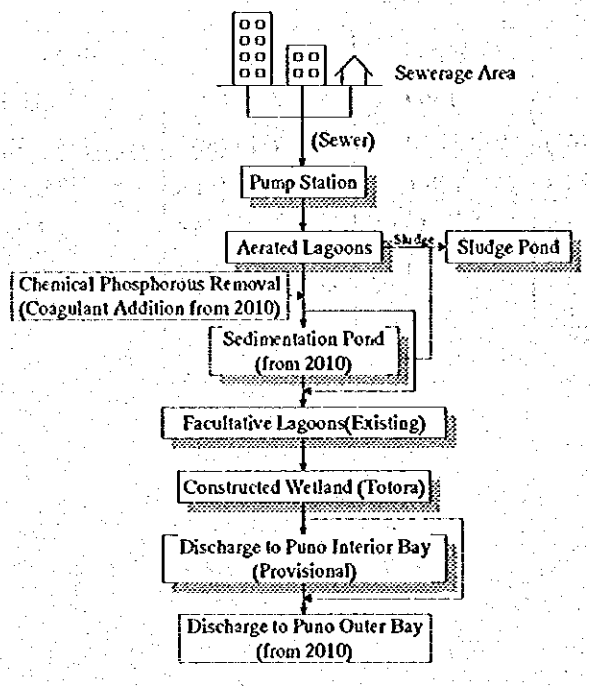
a. 汚水収集システム

在来型自然流下式下水道およびシャロースワー(住宅密集地域において)

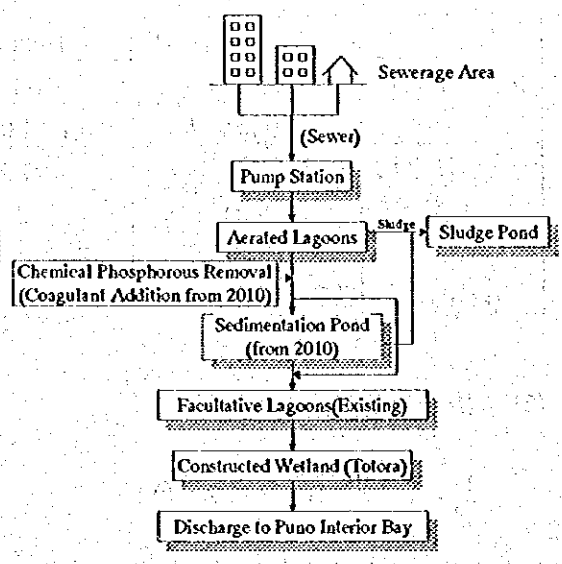
b. 汚水処理システム

汚水の処理・処分に関しては3代替案があり、それは PRONAP (Alternative I, I-A) および INADE-PELT (Alternative II) の既存案を含むものである。 各汚水処理システムのプロセス概要図は以下に示すとおりである。

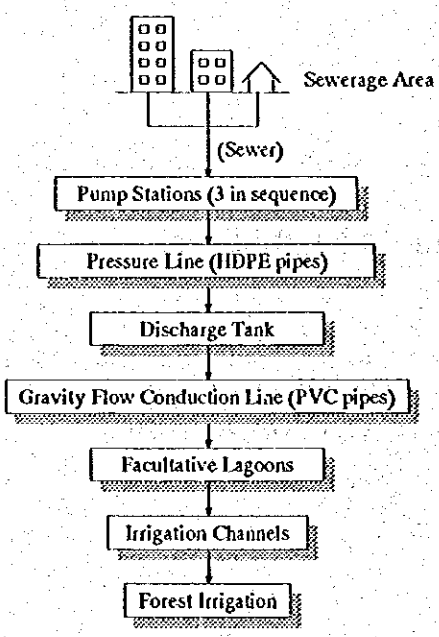
Alternative I



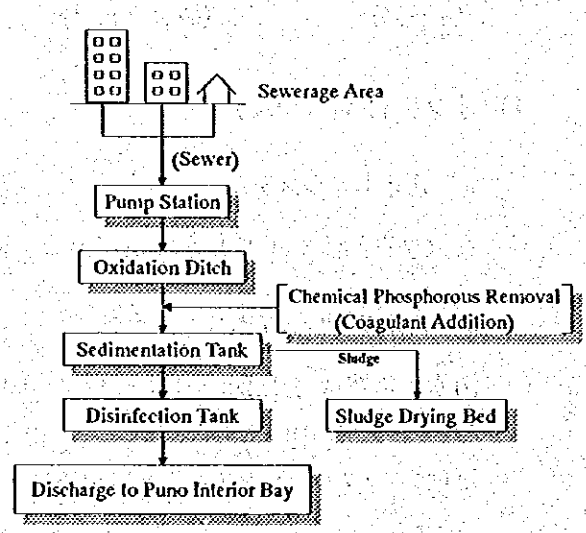
Alternative I-A



Alternative II



Alternative III



3) 積算

施設の予備設計を基に、プロジェクト費を積算した。提案されている建設方式の適合性とともに、現地の条件、請負業者、利用可能な資機材を考慮して積算単価および総工費を決定した。各代替案についてのプロジェクト経費は表 II.3.2 に示すとおりである。

表 II.3.2　総プロジェクト費用 (2025 年まで)

(S/.1000 (千ソーレス))

項　目	代 替 案			
	I	I-A	II	III
1. 土地収用費	0	0	167	0
2. 事務・管理費	600	600	400	600
3. 工事費	59,987	53,722	56,542	83,428
1) 下水管	31,639	31,639	31,639	31,639
2) ポンプ場	6,661	397	6,423	7,959
3) 汚水処理場	21,687	21,687	18,480	43,829
4. 補修機材の調達	536	536	565	835
5. 調査設計費 (項目 3.の 10%)	5,999	5,372	5,655	8,343
6. 予備費 (項目 3,4,5 の 15%)	9,979	8,945	9,414	13,890
7. 売上税 (項目 3,4,5,6 の 18%)	13,771	12,344	12,992	19,169
計	90,870	81,519	85,734	126,266
8. 機材更新費用 1)	28,567	26,939	12,969	72,044
9. 運転・維持費 2)	27,640	23,896	40,597	31,323
総　計	147,077	132,354	139,300	229,633

注)：　1) 項目 "8." は予備費および売上税を含む。
　　2) 項目 "9." は売上税を含む。

4) 代替案の評価

代替案 I は処理水をプーノ外湾に排出する案だが、排出地点が飲料水の取水地点に近い。この水源はプーノ市民にとって、どんなことがあろうとも護るべき最も重要なものである。この水源の汚染は、飲料水の浄水コストの上昇をまねくことになる。

技術的な面からは、職員の訓練が必要ではあるものの、すべての代替案が現地に適用可能である。職員の訓練については、特に代替案 III で必要となる。

財務評価によると、代替案 I-A のみが実施可能であり、他の代替案ではさらに相当な下水道料金の値上げおよび市政府や中央政府からの補助金が必要となる。

表 II.3.3　財務的内部収益率(FIRR)および総現在価値(NPV)

	FIRR (%)	NPV (5%) (1,000 solcs)
代替案 I	3.5	-4,018
代替案 I-A	5.9	2,094
代替案 II	4.4	-1,683
代替案 III	-3.5	-44,703

以上のような評価結果、特に財務的な観点から、代替案 I-A をプーノ市において実施可能性のある計画と結論した。代替案 I-A を最適案とするために、さらに検討を加える。

(4) 提案

1) オンサイト・システム

a. オンサイト汚水処理・処分システムの提案

<u>竪穴式便所</u>

- ❑ 容量 :　幅 0.7 W × 長さ 0.7 L × 高 1.5 H = 0.74 m^3
- ❑ 汚泥引抜 :　3 年に1回
- ❑ 設置 :　各戸

<u>小型吸泥装置</u>

- ❑ 能力 :　500 ﾘｯﾄﾙ/基
- ❑ 作業効率 :　4.2 槽/日 × 250 日/年 = 1,050 槽/年
- ❑ 耐用年数 :　4 年

<u>汚泥搬出トラック</u>