

国際協力事業団

エル・サルヴァドル共和国  
農 牧 省

エル・サルヴァドル国  
グランデ・デ・サン・ミゲル川流域  
総合洪水対策計画調査

要 約

平成9年9月

JICA LIBRARY



J1140606131

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  
日本建設コンサルタント株式会社  
株式会社 パスコ インターナショナル

社 調 三

J R

97-115







国際協力事業団

エル・サルヴァドル共和国  
農 牧 省

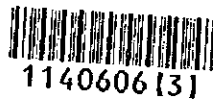
エル・サルヴァドル国

グランデ・デ・サン・ミゲル川流域  
総合洪水対策計画調査

要 約

平成9年9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  
日本建設コンサルタント株式会社  
株式会社 バスコインターナショナル



1140606(3)

事業費は1996年12月の価格に基づいて核算した。

為替レートは以下のとおりである。

コロン 1.00 = 0.114 US\$ = 12.6円

## 序 文

日本国政府は、エル・サルヴァドル共和国政府の要請に基づき、同国のグランデ・デ・サン・ミゲル川流域総合洪水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8年3月から平成9年7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白岩 弘行氏を団長とし、同社および日本建設コンサルタント株式会社、株式会社パスコインターナショナルから構成される調査団を現地に派遣しました。

また建設省近畿地方建設局河川部長の丸岡 昇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、エル・サルヴァドル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9年9月

国際協力事業団  
総裁 藤田 公郎

## 伝 達 状

平成9年9月

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎 殿

謹 啓

エル・サルヴァドル国、グランダ・デ・サン・ミゲル川流域総合洪水対策計画調査の報告書を提出申し上げます。本報告書は、平成8年2月20日、平成8年11月29日および平成9年5月15日に貴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および日本建設コンサルタント株式会社、株式会社バスコインターナショナルの共同企業体との間で締結された契約に従って作成されました。

本報告書は、要約、主報告書、付属報告書および資料集によって構成されています。要約は全調査結果を簡潔にまとめ、主報告書には現況分析、洪水対策案の検討、最適案の選定、洪水対策マスタープラン策定、優先プロジェクトのフィージビリティ調査等全ての調査結果が記載されています。付属報告書は調査の技術的解析結果について詳細に記載しています。さらに、調査に使用した一次資料をまとめた資料集を併せて提出いたします。

本報告書の提出にあたり、調査団に対し多大なご支援を賜わった貴事業団、作業監理委員会、在エル・サルヴァドル日本国大使館の諸賢、ならびにエル・サルヴァドル国政府機関の関係各位に対して、心から感謝の意を表するとともに、本調査の成果がグランダ・デ・サン・ミゲル川流域の洪水対策と社会経済の発展の一助となる事を希望する次第です。

謹 言

調査団長  
白岩 弘行







## 概 要

### I. 社会経済フレーム

- (1) 調査対象地域 : 東部地域のグランデ・デ・サンミゲル川流域 (2,247km<sup>2</sup>)
- (2) 計画目標年次 : 2020年
- (3) 社会経済条件

	(1996年)	(2020年)
流域内人口	474,000 (1992年)	1,041,000
経済	(1994)	(2020)
GDP (全国)	8,070 百万ドル	36,410 百万ドル
平均成長率	6%/年 (1994~2020)	

#### 調査対象地域の土地利用

市街地	29km <sup>2</sup> (1.3%)	58km <sup>2</sup> (2.6%)
農地	359km <sup>2</sup> (16.0%)	530km <sup>2</sup> (23.6%)
牧草地	1,464km <sup>2</sup> (65.2%)	964km <sup>2</sup> (42.9%)
森林	331km <sup>2</sup> (14.7%)	631km <sup>2</sup> (28.1%)
その他	64km <sup>2</sup> (2.8%)	64km <sup>2</sup> (2.8%)

#### 洪水氾濫地域の土地利用 (単位: km<sup>2</sup> (ha))

	市街地	農地	牧草地	森林	その他	合 計
現況 (1996)	1.65(165)	47.48(4,748)	103.17(10,317)	6.05(605)	22.74(2,274)	181.08(18,108)
(%)	0.9	26.2	57.0	3.3	12.6	100.0
将来 (2020)	1.65(165)	90.52(9,052)	54.17(5,417)	12(1,200)	22.74(2,274)	181.08(18,108)
(%)	0.9	50.0	29.9	6.6	12.6	100.0

### II. マスタープラン

- (1) 保全対象地域 洪水氾濫地域 181km<sup>2</sup> (18,100ha) のうち、湖周辺等の極端に地盤の低い地域を除く 162km<sup>2</sup> (16,200ha)
- (2) 計画洪水 10年確率洪水  
(事業を段階的に実施し、効果を早期に上げることを推奨する)
- (3) 事業の概要

#### 1) 構造物対策

構造物対策事業は2段階に分け、第1段階は2年確率洪水対応、第2段階として残りの事業を実施し、10年確率洪水対応とする。

事業内容	河川改修 100.7 km とオロメガ湖への洪水貯留
事業費	1,578 百万コロン (19,840 百万円) (1,097 百万コロン (13,790 百万円) :物価上昇を除いた額)
氾濫面積の減少	10 年確率洪水に対し 104km <sup>2</sup> (10,400ha) (2020 年の裨益人口 47,000 人)
経済評価	EIRR=14.6%、B/C=1.23 (割引率 12%)
社会・経済的効果	土地利用の効率化、オロメガ湖漁業の安定化、雇用機会の増大、衛生状態の改善、開発ポテンシャルの増大
環境影響	ホコタル湖への濁水流入量減少 負の影響として、用地買収 779ha、家屋補償 20 戸、工事中騒音等
事業評価	事業効果が大きく、地域の開発と安定に貢献する。

## 2) 非構造物対策

### 一 氾濫原管理

事業内容	洪水予警報、土地利用規制、高床式住宅等の耐水化、住民教育 (サンミゲル、オロメガ、ホコタル、ウスルタンの 4 地域を対象とする)
事業費	洪水予警報の費用として 8.1 百万コロン (102 百万円) (構造物対策事業費に含まれている)
社会影響	サンミゲル市の円滑な開発、洪水被害の軽減、安全度の向上、オロメガ湖利用の適正化

### 一 流域管理

事業内容	植林 (30,000ha) と農地保全のための土壌侵食抑制 (20,000ha) 砂防 (床止工 30ヶ所)
事業費	208 百万コロン (2,615 百万円)
社会・経済的効果	農業生産の増大
環境影響	土壌侵食の軽減、河川流況の安定化、河道の安定化

事業評価 地域の開発と安定に必要である。

## (4) マスタープランの実施工程

構造物対策事業は 2 段階に分け、第 1 段階は 2 年確率洪水対応、第 2 段階として残りの事業を実施し、10 年確率洪水対応とする。

項目		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2020
構造物対策	第1段階														
	1. 資金調達手続(1)														
	2. 詳細設計(1)														
	3. 用地取得(1)														
	4. 工事入札手続(1)														
	5. 工事(2年確率洪水対応)														
	第2段階														
	6. フィージビリティ調査														
	7. 資金調達手続(2)														
	8. 詳細設計(2)														
	9. 用地取得(2)														
10. 工事入札手続(2)															
11. 工事(10年確率洪水対応)															
非構造物対策	1. 氾濫原管理														
	土地利用規制・耐水化														
	洪水予警報														
	住民教育														
	2. 流域管理														
	植林 浸食防止														

### Ⅲ. 優先プロジェクトのフィージビリティ調査

#### (1) 優先プロジェクトの選定基準

- 経済的目標 EIRR がマスタープラン全体の値 (14.6%) より大きな事業であること。
- 財務的目標 総事業費が 800 百万コロン (10,060 百万円) 程度より小さく、工期が 5 年以内で可能であること。
- 社会的目標 負の社会的影響が小さく許容でき、正の影響 (裨益面積) が大きいこと。
- 環境的目標 負の環境的影響が小さく許容できること。
- 技術的目標 技術的、施工上の困難性が小さいこと。

#### (2) 選定手順

##### 構造物対策

- 河川改修とオロメガ湖洪水貯留：対象洪水 (2 年確率、5 年確率、10 年確率) のうち、2 年確率の改修規模によると、マスタープランによる氾濫減少面積の約 80% が実現できること、また、経済効果が最も高いことから、2 年確率洪水対応の事業を優先プロジェクトとして選定し、事業効果の早期実現を目指すこととした。なお、有堤区間の河道については超過洪水対策上、10 年確率洪水対応とした。

##### 非構造物対策

- 氾濫原管理のうち緊急性の高いサンミゲル市周辺、オロメガ湖、ホコタル湖の洪水予警報、土地利用規制、耐水化および住民教育を選んだ。
- 流域管理 (植林および農地保全のための土壌浸食抑制) は、すでに、農牧省が中心となって計画が進められ、レンバ川水力発電委員会によってダム流域で実施された事例もある。また、流域管理は洪水対策として望ましい事業で

あるが、目的の大部分は林業、農業および自然環境保全であることを考慮し、洪水対策としてフィージビリティ調査を行なう優先プロジェクトには選定しないこととした。しかし、これらの事業は地域の開発と安定に必要であり、早期に着手し、継続的に実施すべきである。

### (3) 優先プロジェクトの概要

#### 1) 構造物対策

事業内容 2年確率洪水を対象とする河川改修 74.3 km とオロメガ湖への洪水貯留（有堤区間は 10年確率洪水対象）

事業費 776 百万コロン（9,760 百万円）  
（598 百万コロン（7,520 百万円）：物価上昇を除いた額）

#### 2) 非構造物対策：氾濫原管理

サンミゲル市付近、オロメガ地区、ホコタル地区を対象として氾濫原管理を実施する。

##### 氾濫原管理の内容

	サンミゲル地域	オロメガ地域	ホコタル地域
① 洪水予警報	—	水位計 5ヶ所設置、住民への警報	
② 土地利用規制/耐水化	河川区域確保、都市化の規制	洪水頻度を考慮した土地利用と耐水化	同左
③ 住民教育 (農牧省サンミゲル事務所による)	対象住民：10年確率洪水で氾濫する地域の住民 教育内容：洪水対策全体、事業実施前と後の想定氾濫域、土地利用と耐水化の考え方、洪水予警報の方法、避難方法等		

事業費は洪水予警報の費用として 8.1 百万コロン（102 百万円）である（構造物対策事業費に含まれている）。土地利用規制、耐水化は農牧省本部が、想定氾濫区域図を用いて、直ちに実施し、サンミゲル事務所設置後は住民教育を含め、同事務所が行なう。

#### 3) 事業評価

氾濫面積の減少 10年確率洪水に対し 81km<sup>2</sup>（8,100ha）  
（2020年の裨益人口 36,000人）

経済効果 EIRR = 18.1%、B/C = 1.49（割引率 12%）

社会・経済的効果 地域開発の促進と地域の安定  
オロメガ湖における漁業の安定化（漁業関係者約 10,000人）  
雇用機会の増大

	衛生状態の改善
	地域の社会経済活動のための環境改善
環境影響	ホコタル湖への洪水／濁水流入の低減
負の影響	用地取得：676ha
	家屋移転：20戸
	工事中の騒音等
総合評価	事業は経済的、社会的効果が大きく流域の開発と地域の安定に寄与するものである。

#### (4) 優先プロジェクトの実施工程

項目		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
構造物対策	1. 資金調達手段	■							
	2. 詳細設計		■						
	3. 用地取得			■	■	■	■	■	■
	4. 工事入札手続			■					
	5. 工事(2年確率洪水対応)				■	■	■	■	■
非構造物対策 (氾濫原管理)	1. 洪水予警報		■					■	■
	2. 土地利用規制/耐水化	■							
	3. 住民教育			■					

#### IV. 結論と勧告

- (1) 構造物対策の優先プロジェクトは経済的に効果が大きく地域の開発と安定に貢献する。また、社会的・環境的影響は小さい。早期に実施することを提言する。
- (2) 潜在的洪水被害を軽減するため、洪水予警報、土地利用規制・耐水化、住民教育を含む氾濫原管理の実施を提言する。
- (3) 既に調査・計画がなされている植林、土壌侵食防止を含む流域管理は、農林生産の増大、自然資源保全に寄与すると同時に洪水対策、水資源開発に対しても好ましい。継続的に事業を進め、サンミゲル川流域について計画した流域管理の実施を提言する。

洪水対策マスタープランと優先プロジェクトの概要

DESCRIPTIONS	MASTER PLAN River improvement to cope with 10-year flood	PRIORITY PROJECT River improvement with reduced channel excavation (to cope with 2-year flood)	REST OF MASTER PLAN PROJECT Projects other than the Priority Project
--------------	---	---	---

RIVER IMPROVEMENT

Project Cost(¢ million): Fixed cost as of Dec. 1996		1,097.4	597.7	499.7
Fund Required(¢ million): Including price escalation		1,577.6	775.9	801.7
Construction Works	Construction Period	10 years from 2001 to 2010	5 years from 2001 to 2005	5 years from 2006 to 2010
	Excavation(m <sup>3</sup> ):	14,956,000	8,035,000	6,921,000
	Embankment(m <sup>3</sup> ):	1,843,000	1,173,000	670,000
	Revetment(m <sup>3</sup> ):	6,000	6,000	-
	Ground sill(site)	4	4	4 (renovation)
	Weir/gate(site):	2	2	1(renovation)
	Sluice(site):	15	1	14
	Bridge(site):	5	3	2
Reduction of Flooded Area: for 10-yr. flood (km <sup>2</sup> )	San Miguel:	0.4	0.0	0.4
	Olomega:	61.8	53.9	7.9
	Jocotal:	28.2	13.0	15.2
	Usulután:	13.6	13.6	0.0
	Total:	104.0	80.5	23.5
Beneficiary in the Protected Area: for 10-yr. flood in 2020 (persons)	San Miguel:	200	0	200
	Olomega:	27,900	24,400	3,500
	Jocotal:	12,700	5,900	6,800
	Usulután:	6,100	6,100	0
Total:	46,900	36,400	10,500	
Social Impact	Positive Impact:	- To enable effective land use and development of the basin, - To ensure the people's livelihood in the basin, - To ensure stable fishery in lakes of Olomega and Jocotal, - To create employment opportunities during construction, and - To improve sanitary conditions.		
	Negative Impact: - Land acquisition: - House comp.:	779 ha 20 houses	676 ha 20 houses	103 ha None
Environmental Impact		- Disturbance of communities during construction - Mitigation of inflow of polluted and sediment contained water of the San Miguel River - Stabilization of water level in lakes of Olomega and Jocotal		
Economic Viability: EIRR (%)		14.6	18.1	10.1

FLOODPLAIN MANAGEMENT





Estuary Area	Land use regulation and flood proofing	Not adopted	Land use regulation and flood proofing
Jocotal Area	Land use regulation, flood proofing and flood forecasting/warning to mitigate damage in non-dike reaches		
Olomega Area			
Near S. Miguel City	Land use regulation to mitigate damage in urban area		

WATERSHED MANAGEMENT

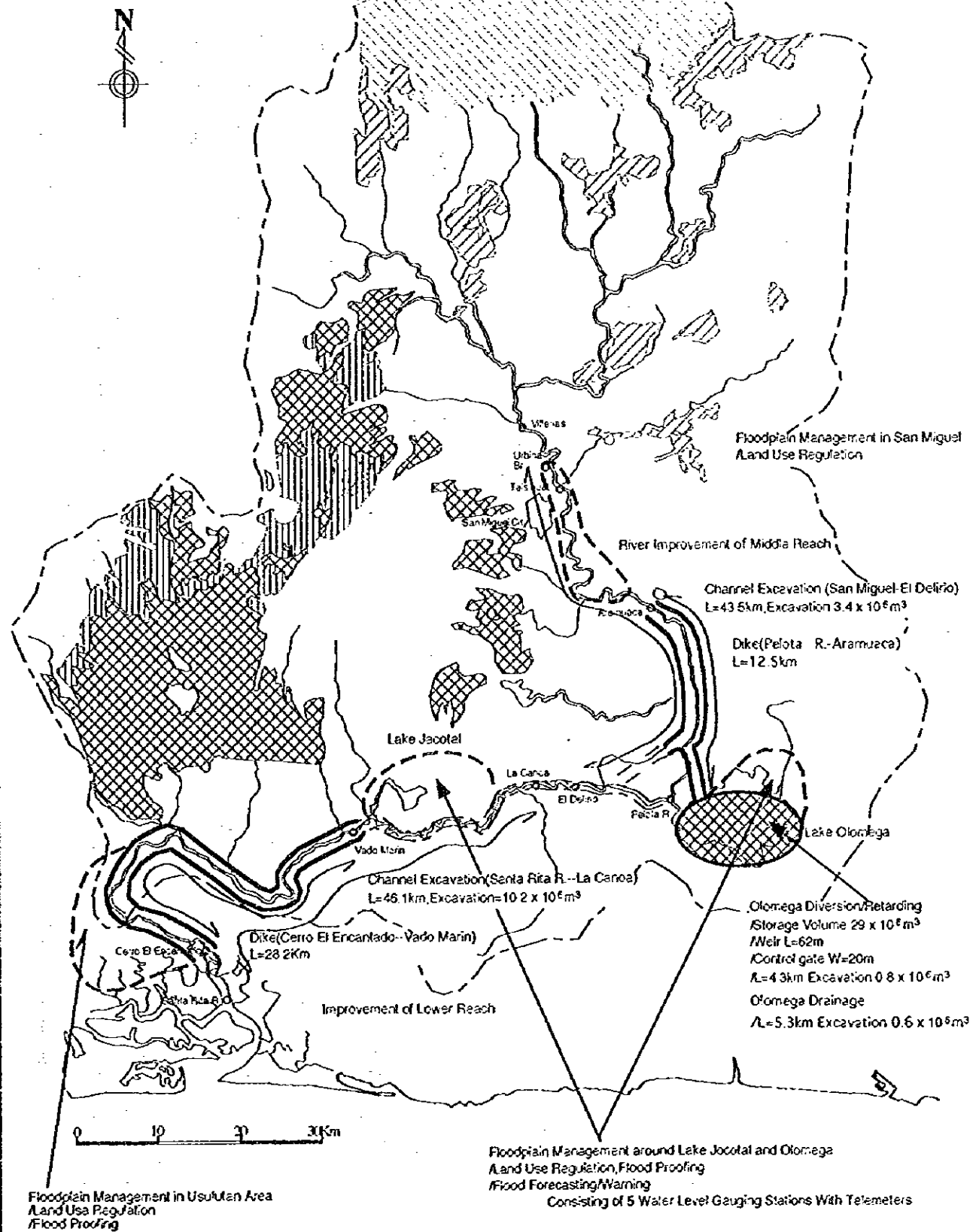
Lower Basin	Reforestation, erosion control and ground sill works	Not included	Reforestation, erosion control and ground sill works
Middle Basin			
Upper Basin			
Project Cost	¢ 208,000,000	None	¢ 208,000,000



Watershed Management

- /Reforestation for Protection Forest 70Km<sup>2</sup> 
- /Reforestation for Pasture in Steep Slope Area and Water Source Area 156Km<sup>2</sup> 
- /Reforestation in Mud Flow Deposit Area for Production Forest 74Km<sup>2</sup> 
- /Erosion Control in Mud Flow Deposit Area for Upland Field 200Km<sup>2</sup> 

Dike and Excavation Length in Master Plan		
Area	Dike Length (km)	Excavation Length (km)
Lower Reach	28.2	46.1
Middle Reach	12.5	43.5
Olomega Drainage	0.0	5.3
Olomega Diversion	4.3	5.8
Total	45.0	100.7



マスタープランの概要

# Proposed Priority Project

## Dike and Excavation Length

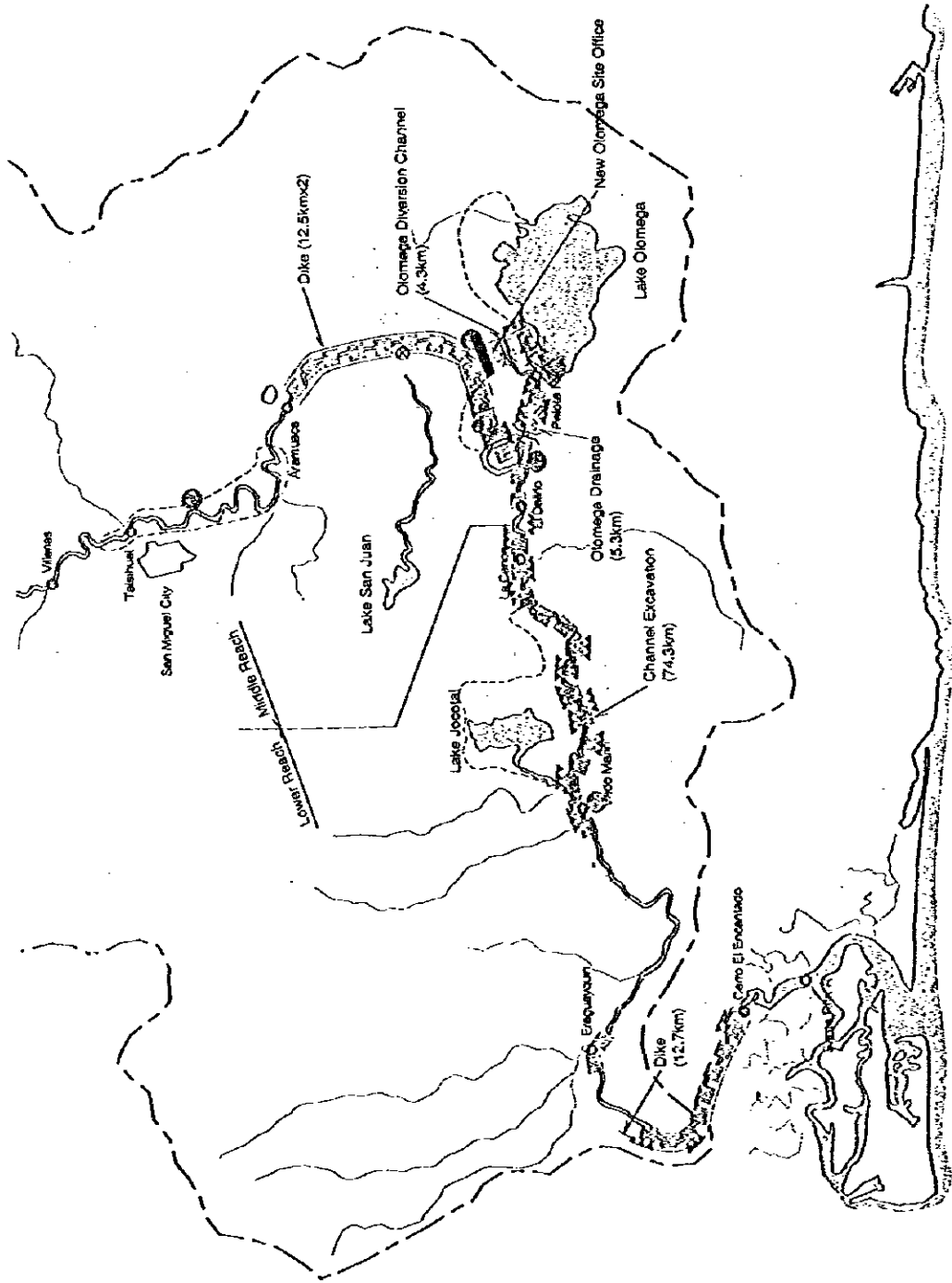
Area	(Dike Length)(km)	(Excavation Length)(km)
Lower Reach	12.7	46.1
Middle Reach	12.5	18.6
Olomega Drainage	0.0	5.3
Olomega Diversion	4.3	4.3
Total	29.5	74.3

## Proposed Project Works

ITEM	AMOUNT
1. Structural Measures	
Earth Excavation	7,853,000 m <sup>3</sup>
Rock Excavation	152,000 m <sup>3</sup>
Embankment	1,173,000 m <sup>3</sup>
Revetment	6,000 m
Diversion Weir	1 place
Control Gate	1 place
Drainage Sluice	1 place
Ground Sill	229 m
Intake Gate	1 place
Bridge	3 places
Rural Road	2,540 m
Land Acquisition	6.76 km <sup>2</sup>
Compensation	20 houses
2. Non-structural Measures	
Automatic Water Level Station	3 places
Telemetering System	1 unit
Floodplain Management	3 places

## Legend

- San Miguel River
- Catchment Boundary
- Maximum Flooded Area
- Dike
- Channel Excavation
- Revetment
- Olomega Diversion Weir
- Olomega Control Gate
- Automatic Water Level Station
- New Olomega Site Office
- Area for Floodplain Management
- Bridge
- Ground Sill
- Drainage Sluice
- Intake Gate



## 優先プロジェクトの概要





# 要 約

# 目 次

調査対象地域位置図

概 要

表目次

図目次

略 語

	ページ
1. はじめに .....	1- 1
2. 調査対象地域の現況 .....	2- 1
2.1 自然条件 .....	2- 1
2.2 社会経済条件 .....	2- 1
2.3 河川状況 .....	2- 2
2.4 洪水状況 .....	2- 3
2.5 環境 .....	2- 4
2.6 組織・制度 .....	2- 5
2.7 関連するプロジェクトと計画 .....	2- 5
2.8 現状の問題点 .....	2- 5
3. 洪水対策マスタープラン .....	3- 1
3.1 計画の基本条件 .....	3- 1
3.2 洪水対策案の検討 .....	3- 3
3.3 洪水対策マスタープランの内容 .....	3- 7
3.4 事業費 .....	3-10
3.5 維持管理計画／組織制度 .....	3-10
3.6 事業評価 .....	3-11
3.7 実施計画 .....	3-13

4. 優先プロジェクトのフェージビリティ調査	4-1
4.1 優先プロジェクトの選定	4-1
4.2 優先プロジェクトの概要	4-3
4.3 事業費	4-5
4.4 維持管理計画	4-5
4.5 組織・制度	4-5
4.6 事業評価	4-6
4.7 実施計画	4-7
5. 結論と勧告	5-1

## 表 目 次

	ページ
表 2.1	調査対象地域の人口の現状と予測 ..... 2- 7
表 2.2	調査対象地域の現在の土地利用 (1996) ..... 2- 7
表 2.3	潜在的洪水氾濫域の現在の土地利用 (1996) ..... 2- 7
表 3.1	洪水対策案の比較 ..... 3-14
表 3.2	洪水対策マスタープランの概要 ..... 3-15
表 3.3	マスタープランの事業費 ..... 3-16
表 3.4	初期環境影響調査の結果 ..... 3-17
表 4.1	事業の優先度の比較 ..... 4- 9
表 4.2	優先プロジェクトの概要 ..... 4-10
表 4.3	優先プロジェクトの工事数量 ..... 4-11
表 4.4	優先プロジェクトの事業費 ..... 4-12
表 4.5	優先プロジェクトの経済分析 ..... 4-13

## 目 次

		ページ
図 1.1	調査対象地域	1- 2
図 2.1	調査対象地域の地形	2- 8
図 2.2	調査対象地域の地質	2- 9
図 2.3	調査対象地域の気象	2-10
図 2.4	調査対象地域の現在の土地利用 (1996)	2-11
図 2.5	サンミゲル川水系	2-12
図 2.6	サンミゲル川縦断図	2-13
図 2.7	洪水氾濫域図	2-14
図 2.8	1995 年洪水の最高水位	2-15
図 3.1	マスタープランにおける保全対象地域	3-19
図 3.2	計画基本高水流量配分図	3-20
図 3.3	考えられる洪水対策のメニュー	3-21
図 3.4	河川改修方法の比較	3-22
図 3.5	湖水位と漁獲量 (オロメガ湖)	3-23
図 3.6	河川の月流量とオロメガ湖の水位	3-23
図 3.7	洪水対策マスタープランの概要	3-24
図 3.8	提案した氾濫原管理の概要	3-25
図 3.9	提案した流域管理の概要	3-26
図 4.1	事業規模と洪水氾濫面積の関係	4-14
図 4.2	優先プロジェクトの概要	4-15
図 4.3	優先プロジェクトの実施で保全される地域	4-16
図 4.4	マスタープランと優先プロジェクトの計画流量配分	4-17
図 4.5	オロメガ湖流入、流出ハイドログラフ	4-18
図 4.6	計画河道平面形状	4-19
図 4.7	計画河川縦断図	4-20
図 4.8	計画河川横断図	4-22
図 4.9	氾濫原管理計画	4-23
図 4.10	提案した組織	4-26

## 略 語

ALCALDIA	：	市役所
ANDA	：	上下水道公社
B/C	：	便益・費用比率
BOD	：	生物科学的酸素要求量
CEL	：	レンバ川水力発電委員会
CENTA	：	農牧技術センター
COED	：	県緊急委員会
COEL	：	地区緊急委員会
COEM	：	市緊急委員会
COEN	：	国家緊急委員会
DGRNR	：	天然資源局
EIA	：	環境影響評価
EIRR	：	経済的内部収益率
GDP	：	国内総生産
GRDP	：	地域国内総生産
IEE	：	初期環境影響調査
MAG	：	農牧省
MIPLAN	：	経済社会開発計画調整省
MOI	：	内務省
MOP	：	公共事業省
NGO	：	非政府組織
NPV	：	純現在価値
SCR	：	標準変換係数
SEMA	：	環境委員会
STAR4	：	地域IV衛星通信協会



## 1. はじめに

## 1. はじめに

調査対象地域はエル・サルヴァドル共和国（以下エル・サルヴァドル国と略す）の東部地域（地域Ⅳ）にあるグランデ・デ・サンミゲル川（以下サンミゲル川と略す）流域である。サンミゲル川は同国第2の大きな河川であり、流域面積は2,247km<sup>2</sup>である。流域の中央には東部地域の中心都市であるサンミゲル市がある。（図1.1参照）

流域の中流域と下流域には広大な農業開発を主とするポテンシャルをもった平地が広がっている。このような平地は山岳地帯が国土の大部分を占める同国にとっては貴重な土地である。この広大な平地は、大きい降雨、平坦な地形、河川の小さい流下能力などの要因が相まって、長期間に及ぶ洪水氾濫に悩まされて来た。

同流域は、11月から4月にかけての長い乾期の水資源確保、河川や湖沼の水質汚濁、山岳地帯からの土砂流出、地下水位の低下等の水資源に関する諸問題も抱えている。

エル・サルヴァドル国政府は1995年に『社会経済開発計画1994-99』を策定した。この計画の中でサンミゲル川流域について、洪水対策による開発計画の実施をうたっているが、これは以下のような国家開発政策に基づくものである。

- － 貧困層特に極貧層の撲滅
- － 人口の地方分散
- － 地方開発の促進
- － 天然資源の保護と持続的な経済開発の実現

以上述べたように、本地域においては、水資源開発を考慮した洪水対策が地域の発展と安定に緊急かつ不可欠である。

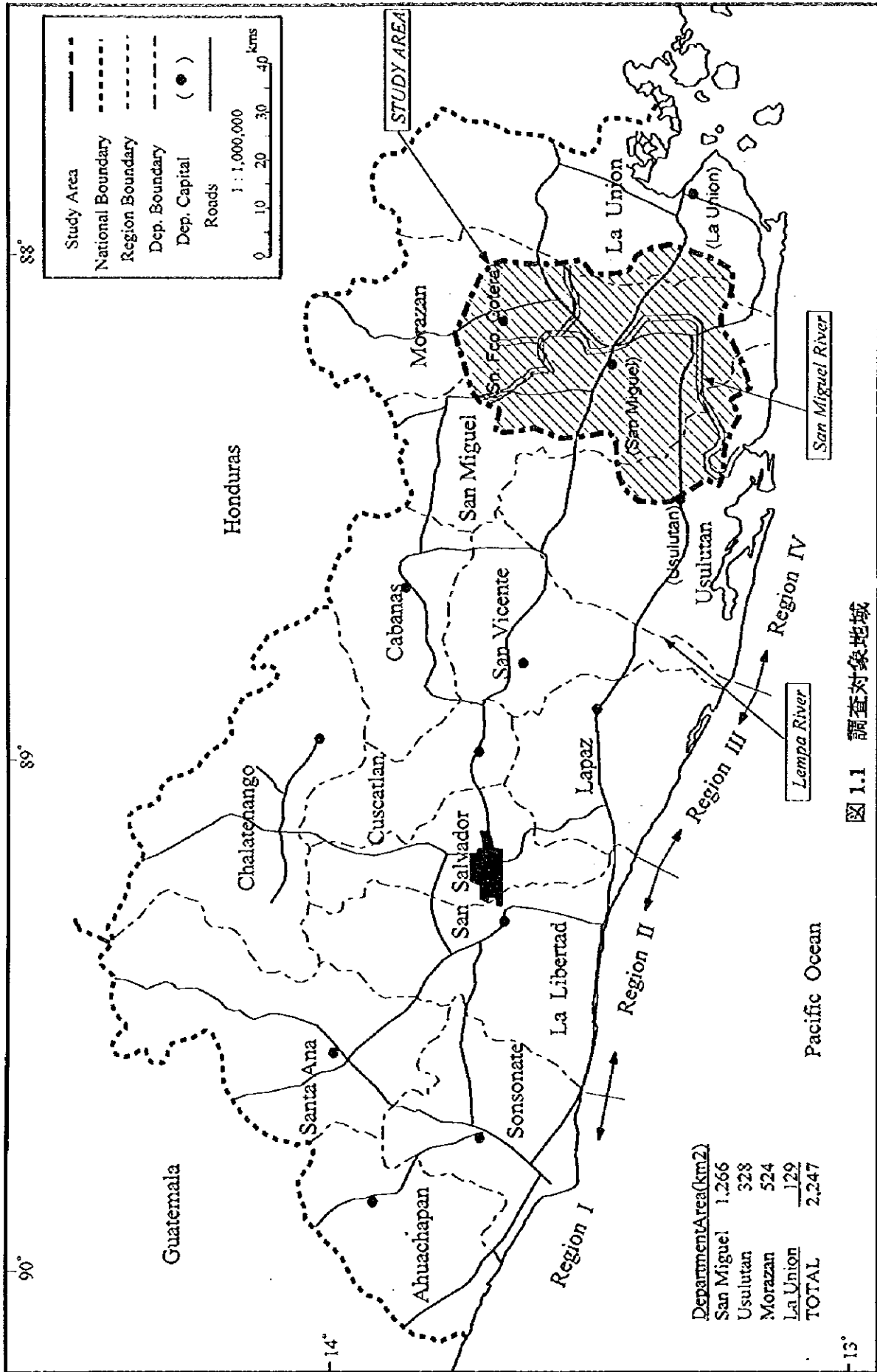
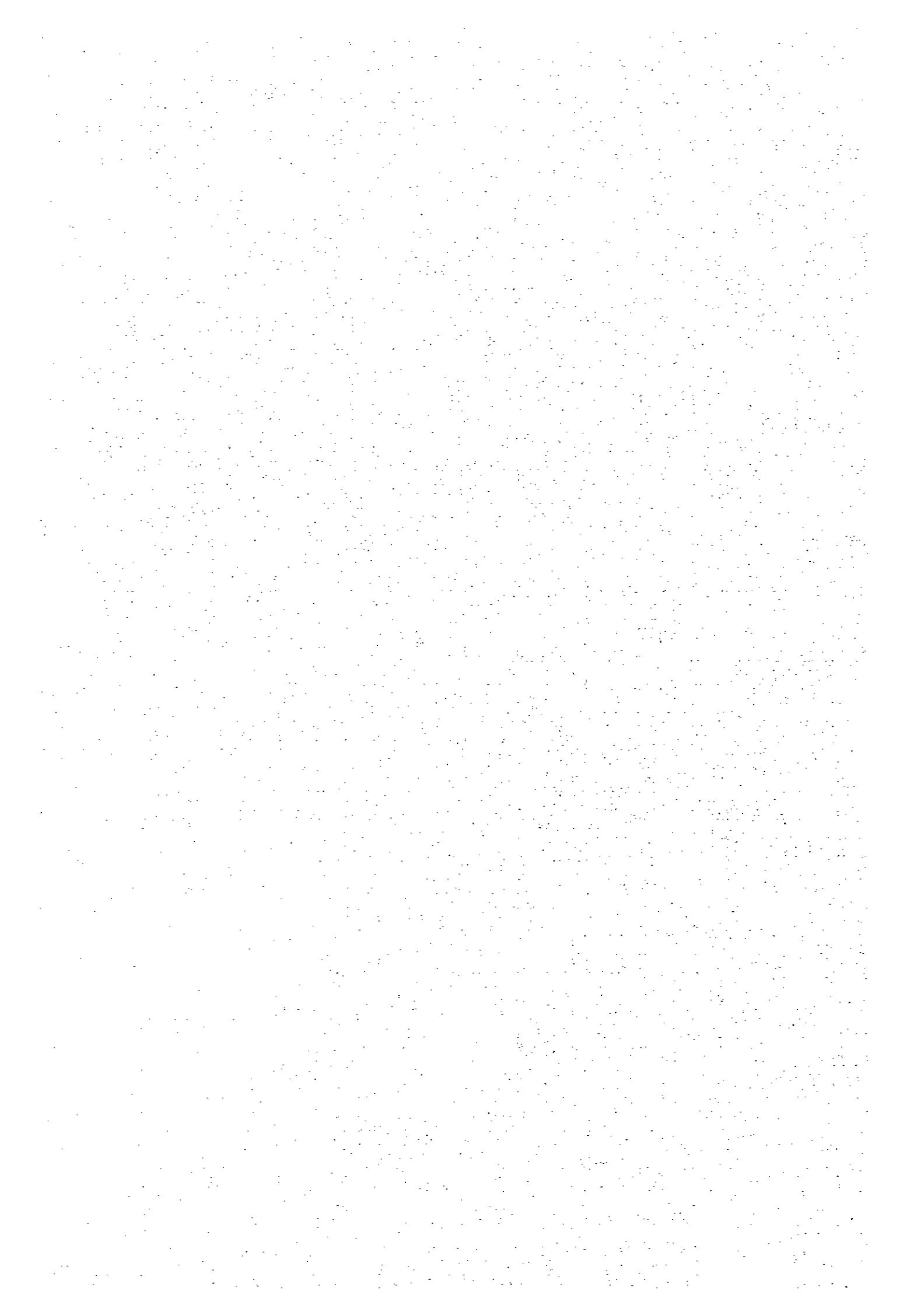


图 1.1 调查对象地域

## 2. 調査対象地域の現況



## 2. 調査対象地域の現況

### 2.1 自然条件

サンミゲル川流域は標高 300m から 2,000m の山岳地帯に囲まれており、その面積は 2,247km<sup>2</sup> で国土の 10.7% を占めている。(図 2.1 参照)

流域の西部にはサンミゲル火山とウスルタン火山の二つの火山がある。中流域と下流域は平坦で洪水氾濫の生じやすい地形を呈している。

流域の地質は図 2.2 に示すように火砕流起源の岩、泥流堆積物、溶岩で代表される火山噴出物および沖積堆積物で構成される。このように、調査対象地域は火山活動による噴火や地震の影響を受けて来た地域である。泥流堆積物地域は浸食されやすく土砂流出が大きいですが、透水性が大きいため、洪水流出量はあまり大きくない。

サンミゲル市の月平均気温は 1 月の 26 度から 4 月の 29 度まで変化し、年平均気温は 26.9 度である。サンミゲル市の月平均湿度は 2 月の 58% から 9 月の 82% に変化する。

調査対象地域の年平均降水量は北部山岳地帯で約 2,000mm、南部の平地で約 1,500mm であり、平均値は 1,673mm である。年降水量の 93% は 5 月から 10 月の雨期に集中している。(図 2.3 参照)

### 2.2 社会経済条件

エル・サルヴァドル国は I から IV の 4 地域から構成される。調査対象地域はこのうち地域 IV (東部地域) に含まれ、行政区域としてはサンミゲル、ウスルタン、モラサン、ラウニオンの 4 つの県にまたがっている。洪水氾濫が生じている地域は主にサンミゲル県とウスルタン県に位置している。

センサスの実施された 1992 年における地域 IV の人口は 1,129,484 人であり、全国人口(5,118,599 人)の 22% を占める。1992 年における調査対象地域の人口は 473,956 人(全人口の 9.23%) であり、そのうち 46% が都市人口、54% が非都市地域の人口である。(表 2.1 参照)

調査対象地域の現在の土地利用を見ると、図 2.4、表 2.2 で示すように、市街地 29km<sup>2</sup> (1.3%)、農地 359km<sup>2</sup> (16.0%)、牧草地 1,464km<sup>2</sup> (65.2%)、森林 331km<sup>2</sup> (14.7%)、その他 64km<sup>2</sup> (2.8%) である。

1992年における調査対象地域の人口は全人口の9.2%であり、面積は全国の10.7%を占めている。1992年における就業人口は140,900人であり、全国の8.5%を占める。就業人口の内訳は、46.8%が農業、14.5%が商業、10.2%が製造業で、残りがその他の業種である。調査対象地域は同国の他の地域に比べて開発途上である。

1993年の調査対象地域における農業の1人当たりGRDPは2,340コロンで、全国平均の2,766コロンに比べて小さい。この原因は、不適切な土地利用、洪水、技術レベルの低さ等であると考えられる。

エル・サルヴァドル国では内戦の間に多数の国民が海外に流出した。現在、少なくとも百万人のエル・サルヴァドル国人がアメリカ合衆国で就業、生活している。これらの人々の多くは地域IVの出身者であり、将来は母国に帰還すると予測される。したがって、帰還条件を改善することが必要である。

## 2.3 河川状況

サンミゲル川水系の平面図と縦断図を図2.5および図2.6に示す。

本調査においては、サンミゲル川流域を以下のように便宜的に3つの地域に分割した。

上流域 : サンミゲル市より上流。山岳地帯であり、主な水源地域となる。

中流域 : サンミゲル市からオロメガ湖にかけての地域。広大な農業開発、都市開発のポテンシャルをもつ洪水氾濫地域を有する。

下流域 : ホコタル湖から河口にかけての地域。農業開発のポテンシャルを持つ洪水氾濫地域を有する。

流域の特性は以下のように要約される。

- 主要な支川は上流域に集中している。
- 流域の植生は貧弱で、主に牧草と畑地より構成される。
- 泥流堆積物の分布する地域では土壌侵食が著しい。その他の地域の土壌侵食は森林地域に比べれば大きい、それ程深刻ではない。

サンミゲル川の特性は以下のとおりである。

- 中流域と下流域の境界部（エルデリリオ地点）に約30mの落差を有する急流部がある。
- 河口からサンミゲル川の始まるまでの約10kmの区間（サンタリタ川）においては、河床標高が平均海面より低い。朔望平均満潮位は平均海面より1.4m高い。
- 洪水氾濫が頻繁に生じているホコタル地域とオロメガ地域の河床勾配はそれぞれ1/2,300と1/1,700である。河道の流下能力は洪水流量に比べて非常に小さい。

- 洪水の氾濫による貯留の効果が残流域の流出量が付加される効果より大きく、上流の洪水ピークは下流に行くにしたがってつぶれる。
- 下流域の右岸側には政府が建設した堤防が、またその他の氾濫している地域では民間が建設した堤防がある。
- 流域にダムは無い。中流域に1ヶ所稼働中の灌漑用の揚水ポンプがある。
- 河川水は家庭排水、産業排水によって水質汚濁が進んでいる。1981年の記録によるとモスコソとビレリアスにおける乾期の BOD の値はそれぞれ 15.2PPM と 6.6PPMである。洪水期の BOD の値は 3.0PPM以下である。1996年の洪水期に測定した BOD の値はモスコソとウルピナでそれぞれ 4.7PPMと 9.3PPMである。
- サンミゲル市とウスルタン市の水道水源は地下水と湧水である。サンミゲル市における地下水位は井戸の位置が集中しているため、水位低下を生じている。

## 2.4 洪水状況

過去の洪水で氾濫した地域は図2.7に示すようにサンミゲル川沿いのオロメガ湖周辺、ホコタル湖周辺、サンミゲル市周辺および河口のデルタ地域である。これらの地域は潜在的氾濫域であり、その面積はオロメガ湖とホコタル湖を除いて 181km<sup>2</sup>である。潜在的氾濫域の中の人口は 1992年時点で約 32,700人である。

オロメガ湖とホコタル湖の周辺には、頻繁に氾濫を生じる地域が約 75km<sup>2</sup>あり、この地域はほとんど毎年氾濫している。

過去の大きな洪水は 1969年、1975年、1980年、1988年、1989年、1991年、1992年、1995年に生じている。これらの年の洪水は主に 8月から 10月の間に生じている。これら洪水のうち 1988年の洪水が最大である。

1995年の洪水において氾濫を生じた地域はサンミゲル市周辺で 2.8km<sup>2</sup>、オロメガ湖周辺で 88.5km<sup>2</sup>、ホコタル湖周辺で 35.8km<sup>2</sup>、ウスルタンで 6.6km<sup>2</sup>であり、合計面積は湖沼を除いて 133.7km<sup>2</sup>となる。本調査団は、1995年洪水の最大氾濫水深と最大氾濫継続時間について聞き取り調査を実施したがその結果は、サンミゲル市周辺で 0.5mと 4日、オロメガ湖周辺で 0.2mと 8日、ホコタル湖周辺で 1.5mと 11日、ウスルタンで 0.9mと 46日であった。1995年の洪水位の縦断図を図 2.8 に示す。

現在の潜在的氾濫域の土地利用は表 2.3 に示すように 57%が牧草地、16%がサトウキビ、10%が 1 年性作物である。潜在的洪水氾濫域の土壌は洪水が無ければ非常に農業に適している。



## 2.5 環 境

洪水対策と水資源開発に関するものとして4つの主要な環境に関する事項、すなわち、(1)森林の伐採 (2)オロメガ湖 (3)ホコタル湖 (4)マングローブ林、がある。

### (1) 森林の伐採

エル・サルヴァドル国では森林の伐採が長期にわたる問題であったが、その問題は現在も続いている。森林伐採は農業、牧畜、燃料への利用といった人間の活動によって引き起こされているものである。他の国の観測結果によると森林は洪水を貯水し、低水流量を安定させ、また、土砂流出を低減して雨水中の栄養分を吸収する効果がある。したがって、調査対象地域においては森林の伐採によりそのような効果を失っていることになる。調査対象地域のうち森林の面積は 331km<sup>2</sup> であり、全面積の 15% にすぎない。

全国の森林面積を見ると 1978 年には 1,903km<sup>2</sup> であったものが、1990 年には 1,290km<sup>2</sup> に減少しており、1 年間に 51km<sup>2</sup> の割合で減少した事になる。森林伐採の主な原因は燃料用の伐採である。

調査対象地域の上流域の平均土壌侵食深は 1.0mm/年オーダーで、それ程大きくはない。しかし、泥流堆積物の地域で森林伐採が進んだ地域ではその値は大きく、大量の土砂がサンミゲル川に流出している。

河川の流量は洪水流量、低水流量ともに森林伐採の影響を受けていると考えられる。

### (2) オロメガ湖

オロメガ湖は現在主に漁業の目的で利用されている。一般的な魚種はグアボテ・ティグレ、ティラピア、バグレ、モハラ等であり、年漁獲量は湖の水位やその他の影響により 760 トンから 56 トンと変動している。オロメガ湖の湖面積は約 20km<sup>2</sup> であり、水深は約 2m である。

### (3) ホコタル湖

ホコタル湖は湖面積約 5km<sup>2</sup>、水深約 1.5m である。湖は漁業に利用されている他、渡り鳥、魚、その他の湿地性動植物等を擁する貴重な地域である。湖および周辺地域 (18.8km<sup>2</sup>) は、国の特別自然保護区に指定されている。漁業の対象魚種はオロメガ湖と同様である。乾期には渡り鳥が湖およびその周辺に滞在する。洪水期にはサンミゲル川から大量の土砂と汚染された水が湖に流入し、湖の生態に悪影響を与えている。

#### (4) マングローブ林

マングローブ林がサンタリタ川（サンミゲル川の下流部）周辺に生息する。樹木の高さは10mから20mのものが多い。

### 2.6 組織・制度

洪水調節と水資源開発に関係する既存の組織は主に森林法と水法に基づくものが多いが以下のとおりである。

- － 流域管理を担当する農牧省（MAG）
- － 建設を担当する公共事業省（MOP）
- － 住民移転を担当する内務省（MOI）
- － 自然災害時、その他の災害時に緊急活動を担当する国家緊急委員会（COEN）
- － 水道、下水道を担当する上下水道公社（ANDA）
- － 水力発電を担当するレンバ川水力発電委員会（CEL）
- － 環境を担当する環境委員会（SEMA）

### 2.7 関連するプロジェクトと計画

洪水調節と水資源開発に関連する既往の主なプロジェクト、調査、計画は以下のとおりである。

- (1) エル・サルヴァドル共和国 社会経済開発計画 1994-1999/MIPLAN/1995  
(1996年に政府によって改訂された。)
- (2) ウスルタン・サンミゲル灌漑計画/MAG/1975
- (3) レンバ川およびサンミゲル川 水力発電計画/CEL/1995
- (4) オロメガ計画/MAG/1967
- (5) サンミゲル市水供給マスタープラン/ANDA/調査中
- (6) 国家環境戦略および行動計画/SEMA/1994

### 2.8 現状の問題点

洪水調節と水資源開発に関する現状の問題点は以下のようにまとめられる。

- (1) 18,100haに及ぶ広大な洪水氾濫を受けやすい地域がある。
- (2) その洪水氾濫を受けやすい地域は57%が牧草地として生産性の低い土地利用となっている。
- (3) しかし、同地域は平坦で肥沃であり、洪水が無ければ大きな開発ポテンシャルをもっている。

(4) 洪水氾濫は頻発し、また長期間にわたって継続するため以下のような被害をもたらしている。

- 家屋、家財への被害
- 農作物、家畜への被害
- 交通その他社会経済活動への支障
- 衛生状態の悪化
- その他の地域生活への悪影響

洪水の頻発する地域の農民は穀物等の生産を望んでいるが、洪水の為にそれが不可能である。エル・サルヴァドル国は穀物等の農産物の輸入を続けており、政府は国家政策として東部地域の開発を掲げている。しかし、前述の洪水が地域の開発と安定の障害となっている。

表 2.1 調査対象地域の人口の現状と予測

Study Area(2,247km <sup>2</sup> )					
Year	Census Population		Projected Population		
	1971	1992	2000	2010	2020
Population(person)	376,623	473,956	775,948	909,137	1,041,477
Density(person/km <sup>2</sup> )	-	211	345	405	464

Average Annual Growth Rate(%)				
Year	1971-1992	1992-2000	2000-2010	2010-2020
Growth Rate	1.1	6.4	1.6	1.3

source: Censos Nacionales de Poblacion y Vivienda,1971 y 1972  
Proyeccion de la Poblacion de El Salvador 2025,DIGESTYC

表 2.2 調査対象地域の現在の土地利用 (1996)

	Urban		Agriculture						Forest lake & River	Lave	Total		
	Basic Grain	Pasture &	Coffee	Sugarcane	Henequen	Fruits	Veg.	Sub-Total					
Area (1,000ha)	2.9	11.0	146.4	14.0	3.9	5.2	0.8	1.0	182.3	33.1	3.6	2.8	224.7
Ratio (%)	1.3	4.9	65.2	6.2	1.7	2.3	0.4	0.4	81.1	14.7	1.6	1.2	100.0

Source : MAG

表 2.3 潜在的洪水氾濫域の現在の土地利用 (1996)

Land use Area	Annual Crop	Sugarcane	Grazing	Bush & Forest	Urban	Other	Total
San Miguel	(ha)	22.9	169.3	251.6	41.2	164.7	700.1
	(%)	3.3	24.2	35.9	5.9	23.5	100.0
Olomega	(ha)	896.7	1,687.0	6,095.8	109.5	0.0	9,839.9
	(%)	9.1	17.1	61.9	1.1	0.0	100.0
Jocotal	(ha)	479.7	701.6	2,446.7	36.0	0.0	4,438.1
	(%)	10.8	15.8	55.1	0.8	0.0	100.0
Usulután	(ha)	465.3	325.6	1,522.7	417.8	0.0	3,130.0
	(%)	14.9	10.4	48.6	13.3	0.0	100.0
Total	(ha)	1,864.6	2,883.5	10,316.8	604.5	164.7	18,108.1
	(%)	10.3	15.9	57.0	3.3	0.9	100.0

Source : Study Team

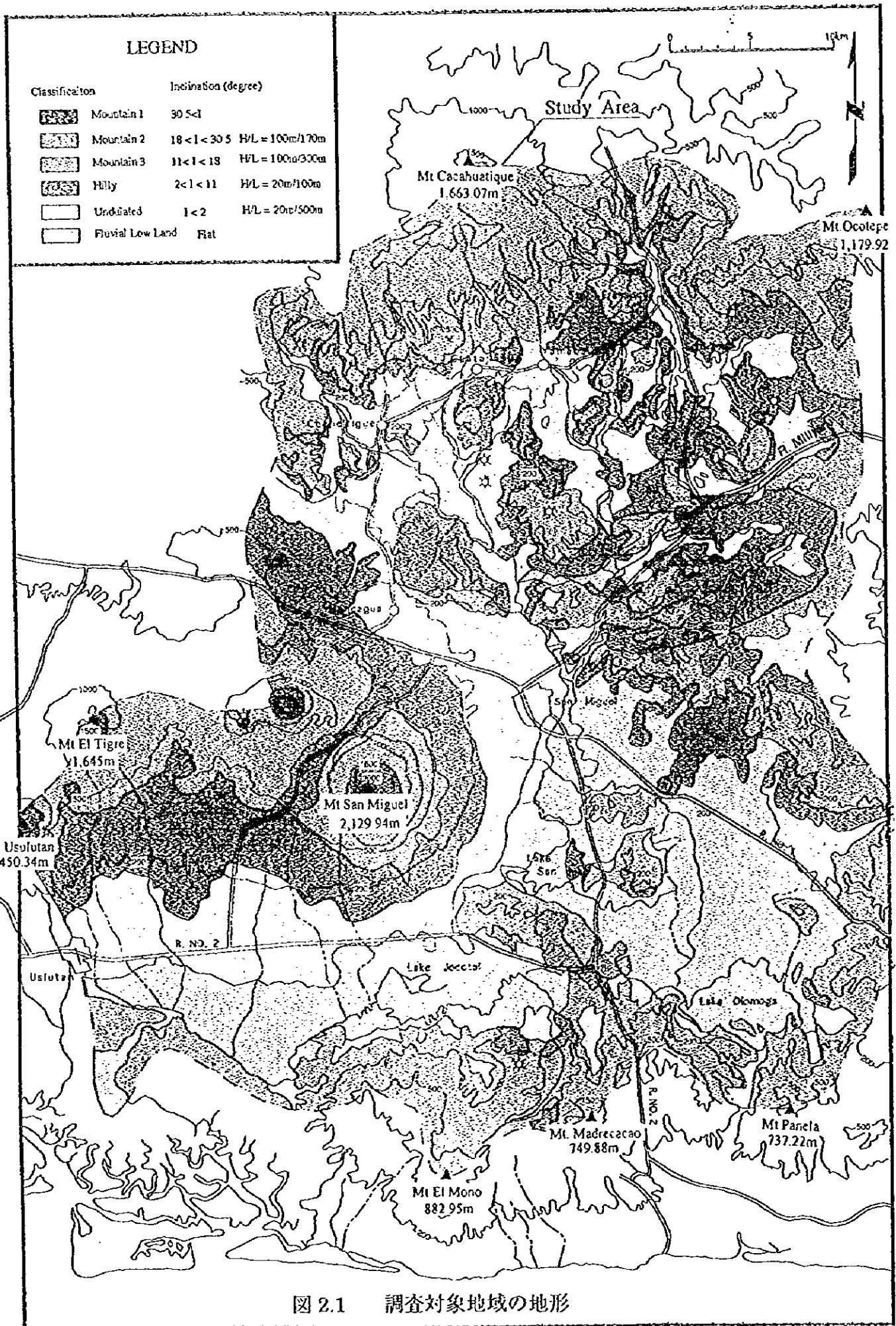
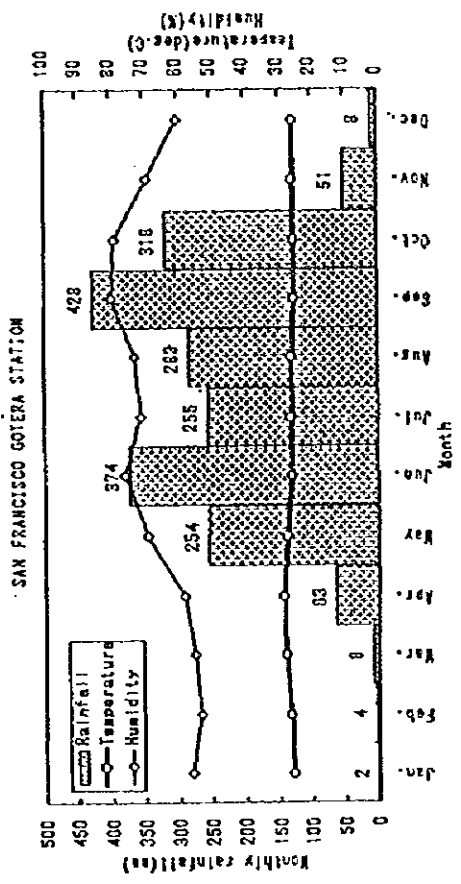


図 2.1 調査対象地域の地形



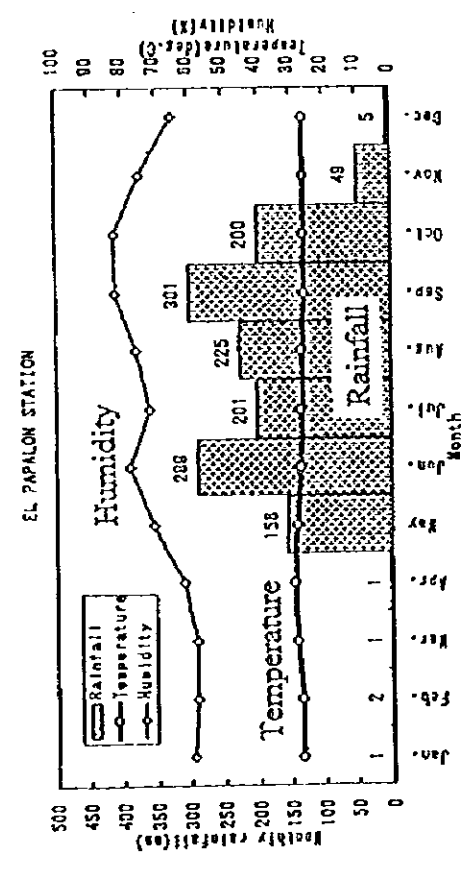


### SAN FRANCISCO GOTERA STATION

Month	Rainfall (mm)	Temperature (deg C)	Humidity (%)	Wind velocity (cm/h)	Wind direction
Jan	2	25.8	56	3.6	N
Feb	4	26.5	53	3	N
Mar	8	27.9	55	3	N
Apr	63	28.6	58	3	N
May	254	27.4	69	3	N
Jun	374	26	76	3	N
Jul	253	26.3	71	3	N
Aug	428	25.9	73	3	N
Sep	428	25.3	80	3	N
Oct	318	25.4	79	3	N
Nov	51	25.6	69	3	N
Dec	8	25.5	60	3	N

For rainfall: Annual total(1) 2048  
 Total(May-Oct)(2) 1912  
 (2)/(1) (%) 93

For temp./humid: Mean 26.4, Max 80, Min 53



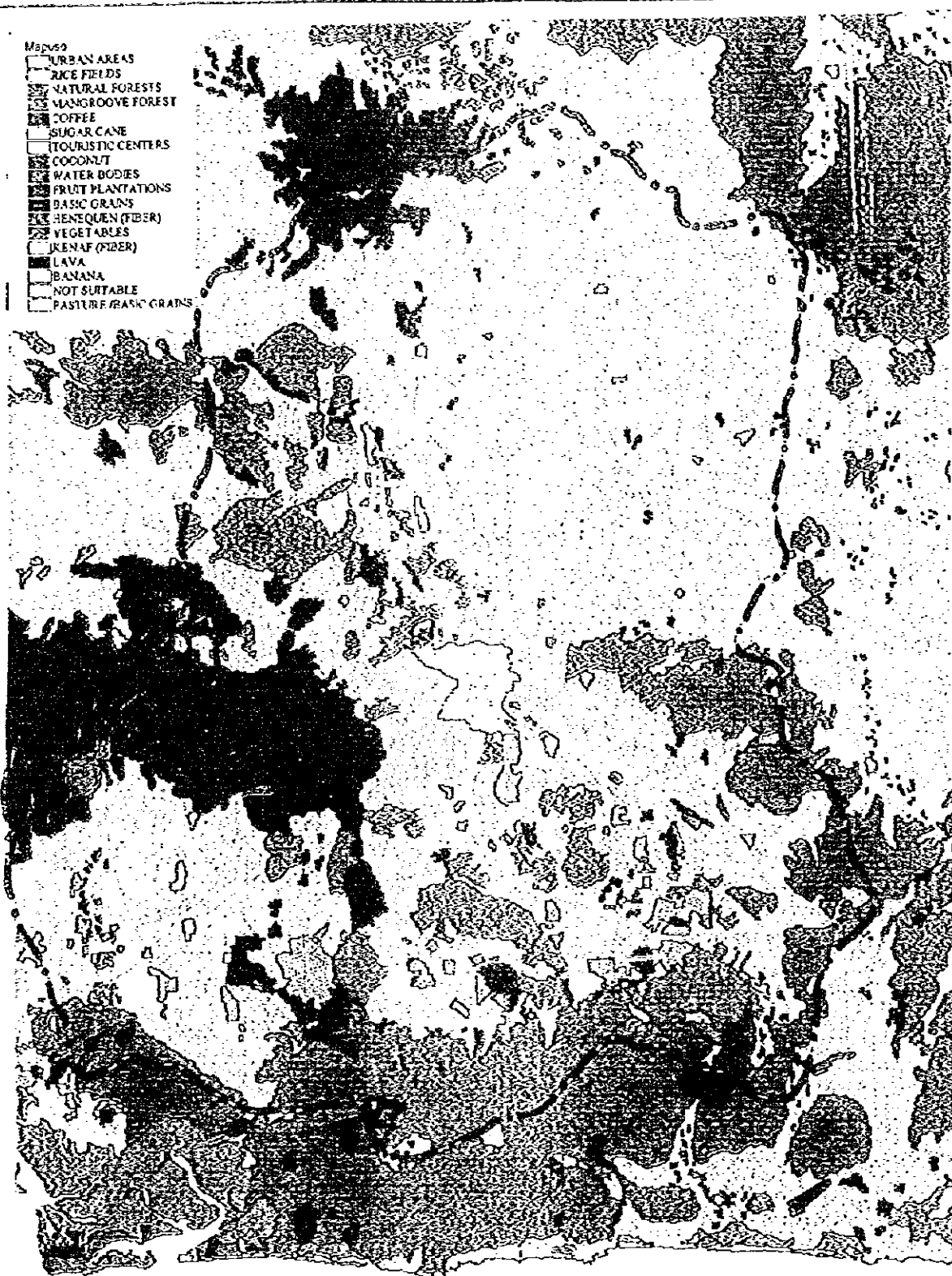
### EL PAPALON STATION

Month	Rainfall (mm)	Temperature (deg C)	Humidity (%)	Wind velocity (cm/h)	Wind direction
Jan	1	26.9	59	5.0	N
Feb	2	27	58	5.0	N
Mar	1	28.3	58	5.0	S
Apr	1	29	62	5.0	S
May	156	28.2	71	3.0	S
Jun	289	26.9	78	1.0	SE
Jul	201	26.8	72	5.0	N
Aug	225	26.7	76	5.0	N
Sep	301	25.9	82	5.0	S
Oct	200	25.8	82	1.0	S
Nov	49	25.8	75	5.0	N
Dec	5	25.8	65	5.0	N

For rainfall: Annual total(1) 1431  
 Total(May-Oct)(2) 1372  
 (2)/(1) (%) 96

For temp./humid: Mean 26.9, Max 82, Min 58

図 2.3 調査対象地域の気象



Source:MAG

	Urban		Agriculture						Forest lake & River		Lava	Total	
	Basic Grain	Pasture & Coffee	Sugar Cane	Hennequen	Fruits	Veg.	Sub-Total						
Area (1,000ha)	2.9	11.0	146.4	14.0	3.9	5.2	0.8	1.0	182.3	33.1	3.6	2.8	224.7
Ratio (%)	1.3	4.9	65.2	6.2	1.7	2.3	0.4	0.4	81.1	14.7	1.6	1.2	100.0

Source: MAG

図 2.4 調査対象地域の現在の土地利用(1996)





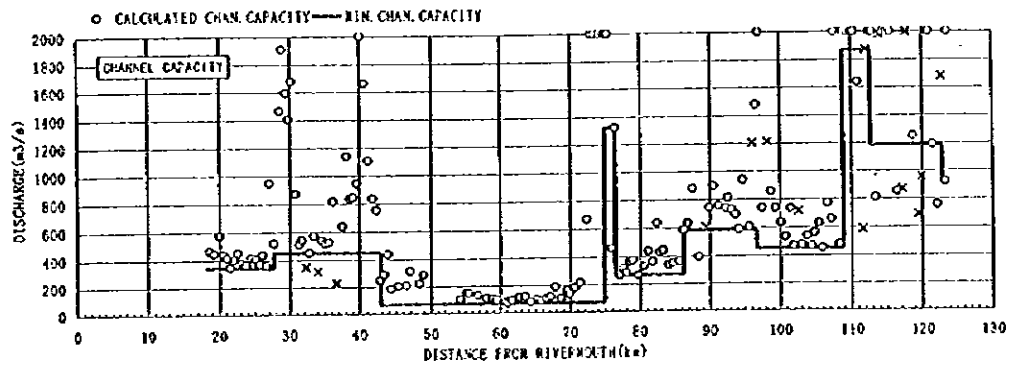
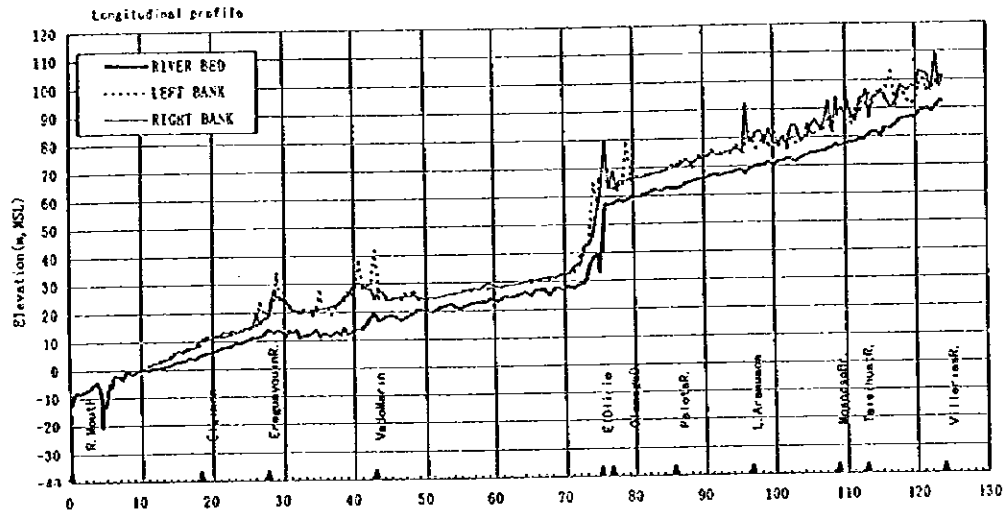
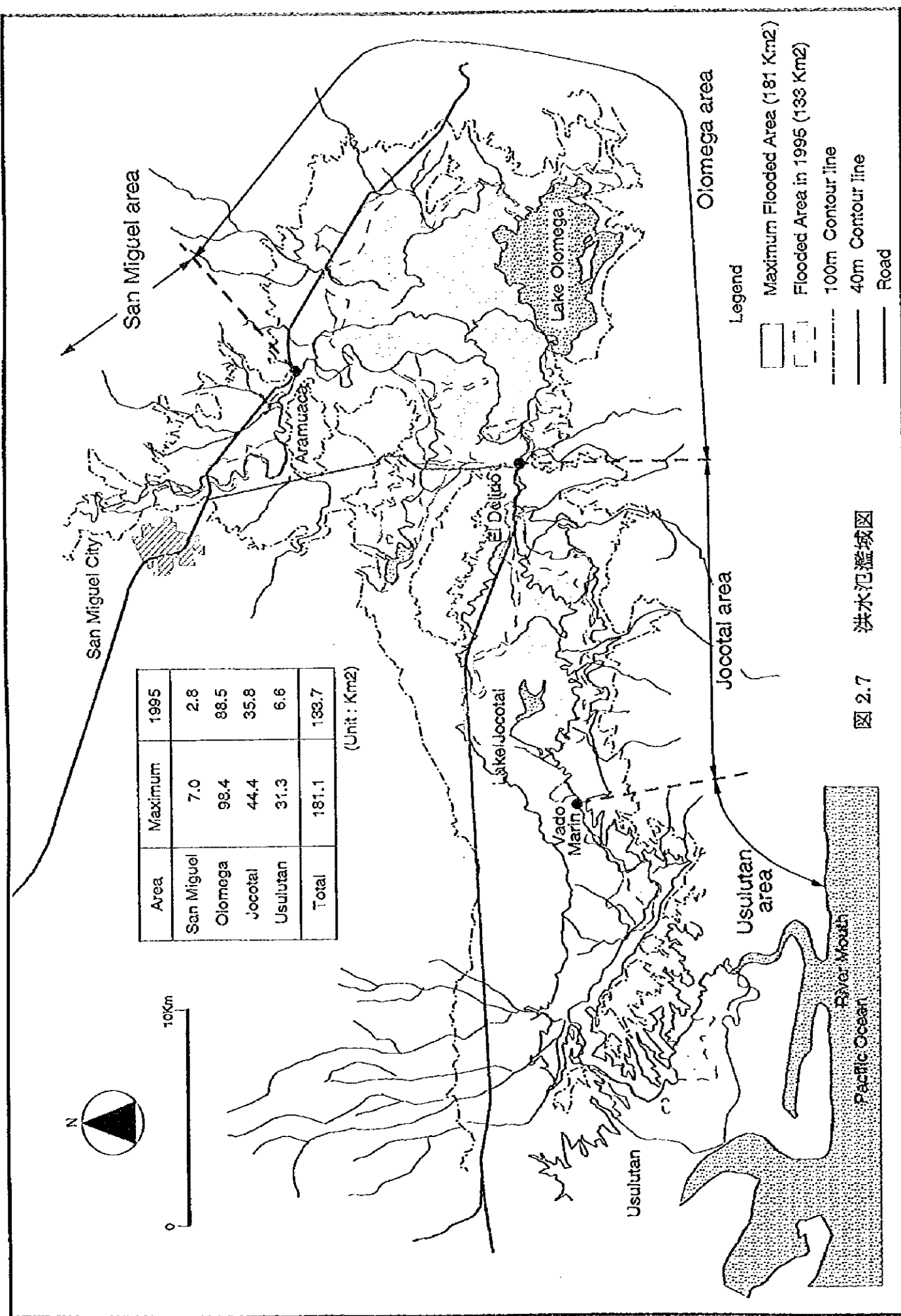


図 2.6 サンミゲル川縦断図



Area	Maximum	1995
San Miguel	7.0	2.8
Olomega	98.4	88.5
Jocotal	44.4	35.8
Usulután	31.3	6.6
Total	181.1	133.7

(Unit : Km2)

图 2.7 洪水氾濫域図

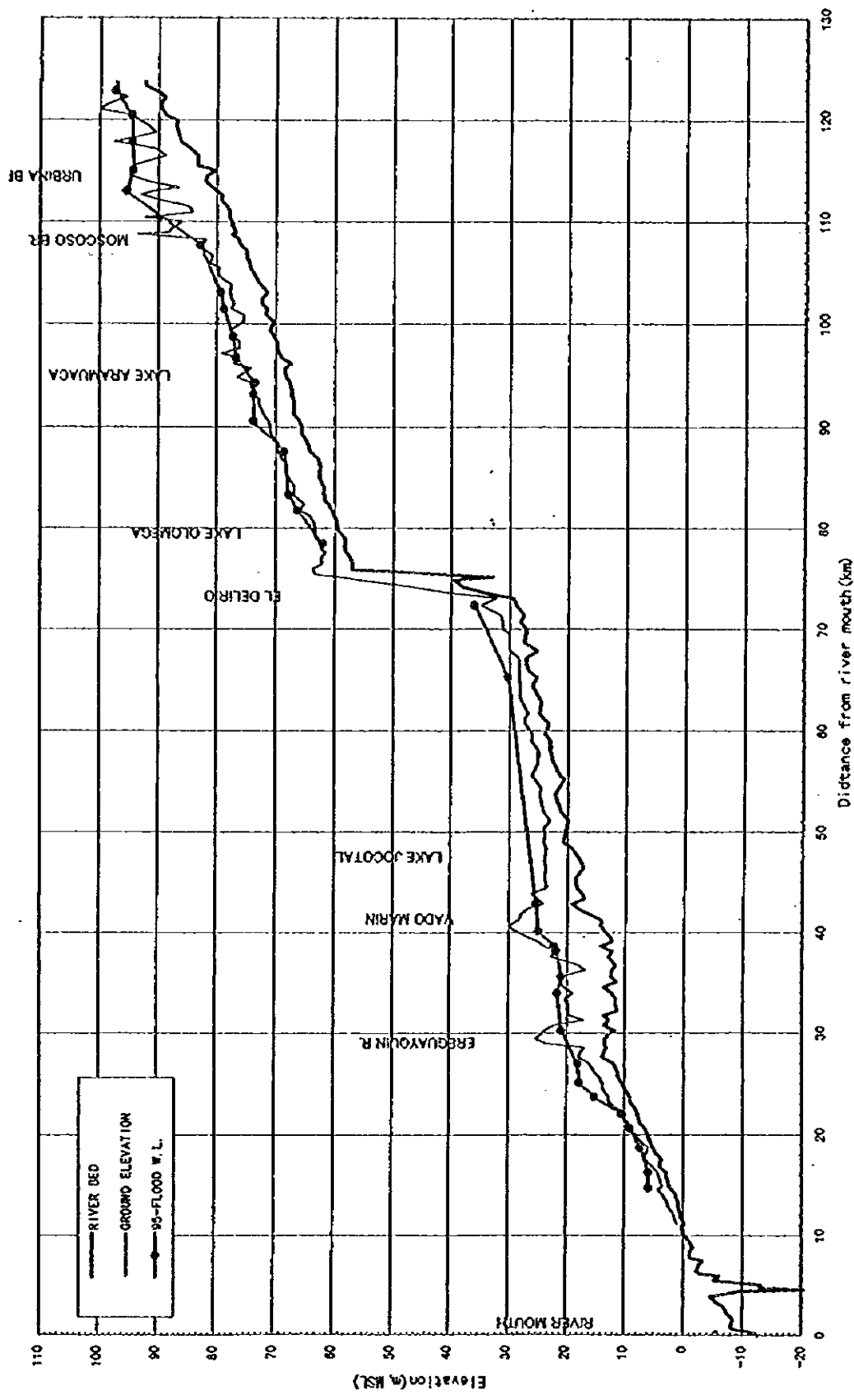


図 2.8 1995 年洪水の最高水位

### 3. 洪水対策マスタープラン

### 3. 洪水対策マスタープラン

#### 3.1 計画の基本条件

##### 3.1.1 計画目標年次

洪水対策のマスタープランは計画目標年次における調査対象地域の社会経済条件に基づいて策定する。

計画目標年次は以下の理由により、2020年と設定した。

- － 国家開発計画は1999年まで策定されている。将来の人口予測は2020年までおこなわれている。
- － 1992年に策定されたサンミゲル市の都市開発計画は約20年後を目標年次としている。

##### 3.1.2 社会経済のフレーム

###### (1) 調査対象地域の人口

調査対象地域の1992年における人口は474,000人であり、2020年は1,041,000人になると予測される。

###### (2) 調査対象地域のGRDP

1993年における調査対象地域の一人当たり農業GRDPは2,340コロンであるが、2020年にはその値が3,987コロンに増加すると推定される。本調査で提案している洪水対策計画はこの経済成長に寄与すると考えられる。

###### (3) 将来の土地利用

2020年における調査対象地域の土地利用を以下のように設定した。

- － 2020年における人口の増加に伴って都市地域の面積が増加する。
- － 潜在的生産林地域の約半分が植林により森林地域となる。

調査対象地域の将来の土地利用を図3.9に示した。

氾濫域の将来土地利用は、地域農民の意向に沿って、牧草地のうち4,900haが農地になるものと想定した。

### 3.1.3 保全対象地域

本洪水対策計画の保全対象地域は潜在的洪水氾濫域（過去の最大洪水氾濫範囲：181km<sup>2</sup>）の中に設定した。潜在的洪水氾濫域の中には地形的に窪地となっており完全に洪水氾濫を除くことが著しく不経済な土地もある。そのような窪地を調査団の作成した地形図を使って解析した結果が図3.1である。ホコタル湖周辺、オロメガ湖周辺、サンファン湖周辺の低い土地（19km<sup>2</sup>）については、保全対象地域から除外することとした。結果的に保全対象地域の面積は162km<sup>2</sup>となった。

### 3.1.4 計画流量

#### (1) 計画規模

マスタープランにおける対象洪水の計画規模は以下の理由から10年確率とした。

- － 潜在的洪水氾濫域は将来の発展が見込まれるとしてもサンミゲル市周辺を除けば全体的に非都市地域である。したがって、潜在的洪水被害は都市地域のそれに比べて小さい。
- － サンミゲル川の河川規模は中規模であり、計画規模を超える洪水が発生した時の被害は堤防によって守られた地域以外では小さい。
- － したがって、大洪水に対処するような大規模な投資は経済的でない。

ただし、堤防区間の余裕高は、10年確率洪水に対して1.2mとした。

#### (2) 計画降雨

計画流量は計画降雨によって評価した。計画降雨は流域の時間的、地域的降雨分布を設定したものであり、以下のように提案した。

- － 総雨量としては下流地点（ラスコンチャス）の氾濫、降雨と洪水ピークの時間差の検討、および過去の主要洪水の降雨量の検討の結果、連続7日雨量を採用した。
- － 上流地点（モスコソ）では約6時間の雨量が洪水のピーク流量の大きさに影響する。したがって、計画降雨の継続時間は6時間とした。
- － 降雨パターンは1988年洪水の実績降雨を採用した。

### (3) 流出計算に用いる土地利用

流出計算に用いる調査対象地域の将来の土地利用は以下のように仮定した。

- － 基本的にはMAGが作成した1996年における土地利用図を用いた。
- － 都市地域については2020年に向かって前述の社会経済フレームにしたがって拡大する。
- － 植林による流出抑制効果は計画流量の算定に関しては安全側をとって考慮しない。

### (4) 計画流量配分

将来の土地利用を用いて、河川改修が行われた後を想定して、氾濫による貯留や貯水池による貯留は無いという仮定のもとで、確率年を変えた洪水流出計算を行った。この結果得られた流量を「計画基本高水流量」と定義した。

図3.2に計画基本高水流量の流量配分を示した。

## 3.2 洪水対策案の検討

サンミゲル川に適用できる洪水対策案は図3.3に示すように、構造物対策として河川改修、ダム、放水路、遊水地、非構造物対策として流域管理と氾濫原管理がある。サンミゲル川においては上流域の森林伐採や氾濫地域における水に係る諸問題を考えると構造物対策に加えて非構造物対策が必要である。

### 3.2.1 構造物対策

#### (1) 対策案の検討

##### 1) 河川改修

河川改修は洪水対策の基本的な方法であるが、以下の2つの方法がある。

- － 掘込み
- － 堤防

このうち、前者は洪水の水位を下げるのに効果があり、計画規模を超える洪水が来ても被害は甚大にならないと考えられる。この方法の短所は河口の堆砂の問題と河床低下による取水の不便さの問題である。後者は取水に対しては有利であるが、内水や支川の排水が困難となる他、計画規模を超える洪水に対して危険となる。



掘込みの方法は大河川の場合には一般的に事業費が大きくなるので、中小河川に適用される。サンミゲル川の場合には上記の両方の方法が適用可能である。

河道の横断面形状としては図3.4に示す以下の2つのタイプがある。

- － 単断面
- － 複断面

河床の安定を考えると複断面のタイプが好ましい。単断面タイプの場合堆砂によって河道が埋まってしまうおそれがある。河川改修の重要な役割の1つとしてその河道を固定することであるので、どちらのタイプの場合もある程度の護岸が必要となる。

## 2) サンフェリベ放水路

代替案の一つとしてサンフェリベ地点から河川の湾曲部をショートカットする放水路案を検討した。この放水路は約2百万m<sup>3</sup>の掘削を伴い、掘削の大部分が岩である。したがってその工事費は河道を現河道沿いに改修する工事費に比べて大きくなる。さらに、放水路は現在の河川の流況を変化させることとなる。掘削の結果生じる法面の高さは35mに及び、事業完了後の水利用の問題や維持管理の問題も大きいと考えられる。よって、この放水路案は推奨しないこととした。

## 3) オロメガ放水路

1967年に提案されたオロメガ放水路は以下の理由で本マスタープランでは推奨しない。

- － サンミゲル川のほとんど全ての流量を湖に導水することは湖の水質汚濁と堆砂を引き起こす。
- － 湖の周辺に計画している堤防によって湖の自流域の排水が困難になる

## 4) サンエステバン多目的ダム

サンエステバン地点に多目的ダムを建設する案は、流域面積が825km<sup>2</sup>と大きいので洪水対策としては有効であり、また発電や灌漑にも利用できる。灌漑目的で考えられるその他のダムは流域面積が皆80km<sup>2</sup>以下と小さいので洪水対策としては有効でない。したがって、サンエステバンダムを洪水対策案の1つとして検討の対象とする。

サンエステバン地点に水力発電、灌漑、洪水貯留を目的として多目的ダムを建設する案の条件は、以下のとおりである。

- － 発電容量はCELが提案している貯水池運用ルールを参考にして計算した。
- － 灌漑必要容量はMAGが作成した11,000haを対象とする灌漑計画に基づき計算した。
- － 洪水調節容量は、10年確率洪水が流入した時の流入量と放流量の差として計算した。
- － 堆砂容量は比堆砂量を $1,000\text{m}^3/\text{年}/\text{km}^2$ と仮定し、100年分の堆砂を考慮した。
- － 多目的ダムの総事業費を各目的に割り振るには、それぞれの単目的のダムの事業費に比例して配分した。

#### 5) オロメガ湖への洪水貯留

オロメガ湖は湖面積が $20\text{km}^2$ あり、有効水深1mで約2千万 $\text{m}^3$ の洪水を貯留できる。また、遊水地を新たに設けて洪水を貯留するには広大な農地を取得する必要があるが、そのような適地を他の地区に求めるのは難しい。

したがって、オロメガ湖の利用を対策案の一つとして検討する。

オロメガ湖とその周辺地域では農民は洪水の頻発する土地を開発したいと考えている。一方漁民は漁業のためには湖の水位を高く保ちたいと考えている。オロメガ湖の乾期の水位は排水路を埋めてしまった為に以前に比べて高くなっている。これは、かつての大洪水の年の農地拡大に対する対抗手段として行われたものである。

オロメガ湖利用の考え方は以下のとおりである。

- － 河川改修を行って農地に対する洪水被害を軽減する。
- － サンミゲル川の洪水位が高くなった時に洪水をオロメガ湖に分流して貯留する。
- － 洪水期には洪水を貯留する為に湖水位は低く保っておく。また、乾期には漁業のために水位を確保する。湖の水位は排水路の小規模なゲートで調節する。
- － 湖水位は標高64.0mから65.5m範囲の中で、洪水被害を減少させ、漁業への被害を減少させるように保つ。(図3.5、図3.6参照)

## 6) ホコタル湖への洪水貯留

ホコタル湖への洪水貯留は同地域が自然保護区域に指定されているので推奨できない。サンミゲル川に沿ってホコタル湖周辺の低地は洪水氾濫を完全に除くことは困難である。また、遊水池の効果はその下流にしか及ばないので遊水池を設ける位置が下流になればなる程その効果の及ぶ範囲は小さくなる。したがってホコタル湖周辺の遊水池案も採用しない。

## (2) 代替案の比較

構造物対策の代替案は、基本となる河川改修に貯留施設としてのサンエステバン多目的ダムとオロメガ湖を組合せ、以下のようになる。

- ケース1 : ダム無し、オロメガ貯留無しで河川改修だけによる
- ケース2 : ダム無し、オロメガ貯留と河川改修による
- ケース3 : ダムとオロメガ貯留と河川改修による
- ケース4 : オロメガ貯留無し、ダムと河川改修による

代替案の比較は経済、財務、社会、技術、環境の各観点から行なった。表 3.1 に比較結果を示す。

洪水対策の観点から最終的にケース2を採用した。理由は以下のとおりである。

- 1) 同じ効果に対して費用が最小で経済性が高い
- 2) 社会的な悪影響が小さい
- 3) 環境に対する効果が大きい
- 4) 技術的には特に困難性は無い
- 5) 氾濫地域の大部分の洪水被害が軽減され、農業を主とする開発が期待される。

## 3.2.2 非構造物対策

### (1) 氾濫原管理

氾濫原管理による対策案でサンミゲル川流域に適用できるものとしては、以下のような項目がある。

- ① 氾濫を許容する地域の指定
- ② 土地利用規制
- ③ 盛土、高床式住宅等の耐水化
- ④ 洪水予警報
- ⑤ 水防活動
- ⑥ 住民教育

①は構造物対策において氾濫を許容する地域が該当し、②、③については計画規模を上回る洪水を考慮して実施する必要がある。④、⑤はCOENによって実施されており、情報収集システムを強化する必要がある。⑥もCOENおよびMAGによって実施できる体制にあり、想定氾濫区域図等を利用することが考えられる。

したがって、土地利用規制、耐水化、洪水予警報および住民教育をサンミゲル川の氾濫原管理として採用する。

## (2) 流域管理

一般的な流域管理の方法としては、植林、土地利用規制・雨水の地下浸透・土地利用の改変等による流出/土壌侵食抑制、等がある。

本調査対象地域では、地形・地質・土壌・水の面から見て適切な土地利用がされておらず、土砂と洪水流出の増大を招いている土地もあることから、植林および流出/土壌侵食抑制を洪水対策のマスタープランに含めることとする。

## 3.3 洪水対策マスタープランの内容

提案した洪水対策のマスタープランは以下の要素（事業）から構成されている。

- － 河口からウルピナ橋までのサンミゲル川河川改修（延長89km）
- － オロメガ湖への洪水貯留
- － 潜在的氾濫域の土地利用規制、耐水化、洪水予警報および住民教育を含む氾濫原管理
- － 土砂流出と洪水流出の抑制を含む流域管理

マスタープランを図 3.7 に示す。また、プロジェクトの概要を以下に示す。（表 3.2 参照）

### (1) 河川改修とオロメガ湖への洪水貯留

浚渫・掘削	: L=89km、15.0百万 m <sup>3</sup>
堤防	: L=48km、1.8百万 m <sup>3</sup>
護岸	: 6,000m
橋門	: 15ヶ所
床固め	: 4ヶ所、延長348m
越流堤	: L=62m、1ヶ所
オロメガ調節ゲート	: 有効スパン=20m、1ヶ所
橋の架替え	: 5ヶ所

## (2) 氾濫原管理

### 1) 目的

- － オロメガ湖の洪水貯留のための有効利用
- － 洪水被害の軽減、漁業、湖の生態系保護を考慮したバランスのとれた湖水位の操作
- － サンミゲル市街地域の無秩序な拡大による洪水被害ポテンシャル増大を未然に防止する
- － 河口のデルタ地域における農業と漁業の拡大にともなう洪水被害ポテンシャルの増大を防ぐ

### 2) 氾濫原管理の内容

氾濫原管理の内容は以下のとおりである。

- ① 洪水予警報（水位計5ヶ所設置、住民への警報）
- ② 土地利用規制
- ③ 高床式住宅等の耐水化
- ④ 住民教育

地域毎の氾濫原管理計画は以下のとおりである。

#### 〈サンミゲル市付近〉

サンミゲル市の市街地は拡大しており、サンミゲル川周辺の洪水氾濫地域に及んでいる。現在の川沿いの市街地は洪水の影響でうまく機能していない。市街地域は洪水対策で必要となる河川区域の外に展開するべきである。土地利用規制を提案する。

#### 〈オロメガ湖と周辺地域〉

湖水位の操作方法を下記の要素を考慮して策定する必要がある。

- － 乾期においては漁業を考慮して水位を一定以上に保つ
- － 洪水期には洪水を貯留するため水位を低く保っておく
- － 計画を超える洪水も含めて洪水による被害を最小限とするように河川水位と湖水位の観測を実施する

洪水予警報、土地利用規制、耐水化の実施を提案する。実施にあたっては住民教育を行ない、洪水対策への理解を深める必要がある。

#### 〈ホコタル湖と周辺地域〉

洪水予警報、土地利用規制、耐水化の実施を提案する

〈河口のデルタ地域（ウスルタン）〉  
土地利用規制、耐水化の実施を提案する

図 3.8 に提案した氾濫原管理を示す。

### (3) 流域管理

#### 1) 目的

- － 土壌侵食の量を減らす
- － 乾期における河川流量を増加させる
- － 洪水のピーク流量を低減させる
- － 河川水質を保全する
- － 農地保全と自然保護を図る

#### 2) 流域管理の内容

提案した流域管理を図 3.9 に示した。流域管理の内容は以下のとおりである。

- ① 植林                    : 30,000 ha.
- ② 土壌侵食防止地域 : 20,000 ha.
- ③ 砂防                    : 床止工 = 30ヶ所

各小流域の計画の要点を以下に述べる。

##### 〈上流域〉

上流域は水資源とともに洪水の貯留という観点からも重要な地域である。現在は、山岳地帯の急斜面にも広い牧草地が広がっている。このような土地は植林を行って森林の回復を図る。

サンエステバン川の上流には泥流堆積物が分布しており、土砂流出を引き起こしている。この地域は植林を行なう。

##### 〈中流域〉

サンミゲル火山の斜面は森林のまま保つ。オロメガ湖の流域の斜面は湖に流入する土砂と汚濁物質を減少させるため森林を保全するべきである。

##### 〈下流域〉

サンミゲル火山とウスルタン火山の間の泥流堆積物の地域は土砂流出量が大きく、河床の安定に影響を及ぼしている。急斜面の泥流堆積物の地域は植林を進める必要がある。また、畑の適地は侵食防止を行なう。

ホコタル湖は浸透性の高い流域を持ち、地下水の流出に依存している。この条件は保全する。

### 3.4 事業費

#### 3.4.1 構造物対策

事業の内容はサンミゲル川の河川改修、オロメガ湖への分流・貯留である（表 3.3 参照）。事業費は 1996 年 12 月価格で 1,097 百万コロンとなり、これに物価上昇を加えて 1,578 百万コロンとなった。

事業費は以下の条件で積算した。

- (1) 工事費 : MAG、MOP、CEL、その他関係機関から得られた資料に基づいて積算する。
- (2) 用地取得・補償費 : MAG から得られた単価に基づいて積算する
- (3) 管理費 : (1)と(2)の合計の 5%と仮定する
- (4) 技術費 : (1)と(2)の合計の 15%と仮定する
- (5) 予備費 : (1)と(4)の合計の 10%を予備費として計上する
- (6) 物価上昇 : 外貨分は 3%、内貨分は 6%の年率で物価上昇を計上する

#### 3.4.2 非構造物対策

##### (1) 氾濫原管理

洪水予警報の費用は 8.1 百万コロンとなった。これはオロメガ湖水位調節に関連するため構造物対策に計上することとした。土地利用規制および耐水化は補助金等による政府の別事業と考え、事業費として計上していない。住民教育は管理費（administration cost）として構造物対策事業費に計上している。

##### (2) 流域管理

流域管理の事業費は苗木、植樹を含む植林、耕地の土壌侵食抑制と砂防工事（床固工）の費用で構成され 208 百万コロンとなった。植林のうち保全地域 7,000ha（21 百万コロン）、急傾斜地 23,000ha（69 百万コロン）および浸食防止のうち床固工（18 百万コロン）は公共事業として MAG が実施する。浸食防止 20,000ha（100 百万コロン）はエルサルヴァドル国環境計画（PAES）に基づいて、土地所有者にインセンティブを与えて土地所有者の負担で実施する。

### 3.5 維持管理計画／組織制度

#### 3.5.1 維持管理計画

洪水対策マスタープランに従って建設した施設の維持管理および操作は、工事段階で建設された MAG のオロメガ現場事務所を含むサンミゲル事務所が行なうこととする。また、COEN が氾濫原管理の緊急活動を実施することとする。

### 3.5.2 組織・制度

#### (1) 構造物対策

構造物対策の建設段階の実施機関はMAGであり、MAGおよびMOPのスタッフで構成されるサンミゲル事務所が事業の実施を行なう。また、施設の維持管理はオロメガ現場事務所を含むサンミゲル事務所が引き続き実施する。

#### (2) 非構造物対策

氾濫原管理の実施は、MAGのサンミゲル事務所および地域Ⅳ衛星通信協会(STAR 4)を含むCOENによる既存の組織・制度を活用する。

流域管理はMAGが実施機関であり、サンミゲル事務所と農牧技術センター(CENTA)モラサン事務所が事業を管理する。植林および床固工はMAGが直接実施し、浸食防止は、土地所有者にローン、技術指導等のMAGによるインセンティブを適用することによって事業の実施を行なう。

## 3.6 事業評価

### 3.6.1 構造物対策

#### (1) 経済評価

##### 1) 経済的便益

洪水対策の便益は一般的に事業を実施した場合の洪水被害軽減効果として定義される。

経済的便益のうち、直接効果は家屋、家財、家畜、農作物、道路等公共施設やその他の施設および社会・経済活動に対する被害額の軽減として評価される。一方、間接便益は事業の実施によって洪水氾濫が減少することによる、市街地や農地の有効な土地利用が可能となること等である。

直接効果による年平均経済便益は156.9百万コロンと推定された。

##### 2) 経済的費用

結果として、事業の経済的費用は建設費が998.3百万コロン、維持管理費が4.03百万コロン/年と算定された。



### 3) 経済評価

事業の経済評価は経済内部収益率 (EIRR)、純現在価値 (NPV) および便益・費用比率 (B/C) によって行なった。結果は以下のとおりである。

EIRR=14.6%

NPV=99.5百万コロン (割引率 12%)

B/C=1.20 (割引率 12%)

これらの値から事業は経済的にフィージブルであると判断できる。

### (2) 財務の検討

中央政府の1996年度の予算は14,815百万コロンであり、1994年から1996年の2年間に24.4%増加した。中央政府は開発計画において別途独自に検討したサンミゲル洪水対策事業費を198.5百万コロンと推定し、当該事業予算の90%は外国からの資金でまかなう計画であった。

このような事業は現金収入が無く公共性の高いものであるため、政府の予算で実施することになると考えられ、また、国際金融機関の援助を必要とするであろう。

### (3) 初期環境影響調査 (IEE)

IEEの結果を表3.4に示した。構造物対策事業の主要な影響は以下のとおりである。

#### 1) 社会環境への影響

- サンミゲル川河川改修のための用地取得：779ha.
  - 移転戸数：20戸
  - 建設工事中の地域社会への騒音等の影響
  - 氾濫減少による衛生状態の改善
- } → (マイナス効果)
- (プラス効果)

#### 2) 自然環境への影響

- サンミゲル川の洪水による汚染された河川水のコタル湖への流入減少
- オロメガ湖における漁業の安定

### (4) 社会・経済的効果

- 地域開発の促進と地域の安定
- 事業の実施による雇用機会の増大
- 地域の社会経済活動のための環境改善

## (5) 総合評価

下記の条件により、構造物対策事業はフィージブルであると評価できる。

- － 経済的に実行可能である
- － 技術的に困難でない
- － 環境に対しては正の影響が大きく、負の影響は小さい
- － 土地の有効利用による地域開発への貢献、地域社会の環境改善、雇用機会の増大等の社会・経済的効果が大きい

### 3.6.2 非構造物対策

#### (1) 氾濫原管理

以下の社会的効果がある。

- － サンミゲル市の円滑な開発
- － 洪水被害の軽減
- － 安全度の向上
- － オロメガ湖利用の適正化（漁業関係者約 10,000 人）

氾濫原管理は構造物対策を支える事業として重要である。

#### (2) 流域管理

以下の社会・経済的、環境的効果がある。

- － 農業生産の増大
- － 土壌侵食の軽減
- － 河川流況の安定化
- － 河道の安定化

流域管理は地域の開発と安定に必要である。

### 3.7 実施計画


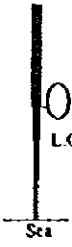
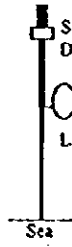

マスタープランの実施計画は以下のとおりである。

- (1) 事業は 2020 年までに完了する。
- (2) 構造物対策は事業効果を早期に上げるため、2 段階に分けた事業実施を行なう。  
第 1 段階で 2 年確率洪水に対応する事業を 2005 年までに完了させ、10 年確率洪水に対応する残りの事業を 2010 年までに完了する。
- (3) 氾濫原管理と流域管理は構造物対策とは別に独立して早期に実施することとする。
- (4) 氾濫原管理のうち洪水予警報に必要な水位計等は 2005 年までに完了する。

サンミゲル川洪水対策マスタープラン実施計画

項目	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2020
構造物対策 (第1段階)	1. 資金調度手続(1)													
	2. 詳細設計(1)													
	3. 用地取得(1)													
	4. 工事入札手続(1)													
	5. 工事(2年確率洪水対応)													
調査対策 (第2段階)	6. フェージング調査													
	7. 資金調度手続(2)													
	8. 詳細設計(2)													
	9. 用地取得(2)													
	10. 工事入札手続(2)													
	11. 工事(10年確率洪水対応)													
非構造物対策	1. 治水管理													
	土地利用規制・耐水化													
	洪水予警報													
	住民教育													
	2. 流域管理													
植林														
浸食防止														

表 3.1 洪水対策案の比較

Description	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
<b>SCHEMATIC DESCRIPTION OF ALTERNATIVE SCHEMES</b>	 Sea Channel improvement only	 Sea Channel improvement + L.Omega	 Sea Channel improvement + L.Omega + San Esteban dam	 Sea Channel improvement + San Esteban dam
<b>TECHNICAL ASPECTS</b>				
• Difficulty	• Easier: Mainly channel improvement works	• Easier: Mainly channel improvement works	• More difficult: Dam construction and channel improvement works	• More difficult: Dam construction and channel improvement works
• Construction period	• Approx. 5 years	• Approx. 5 years	• Approx. 10 years	• Approx. 10 years
• Ranking (Wt=0.15)	• 1	• 1	• 3	• 3
<b>FINANCIAL ASPECTS</b>				
• Project cost(Ratio to Case-1)	• 1.00	• 0.69	• 0.83(multi-purpose)	• 0.89(multi-purpose)
• Ranking (Wt=0.40)	• 4	• 1	• 2	• 3
<b>ECONOMIC ASPECTS</b>				
• Benefit	• Reduction of flood damage • Enhancement of production	• Reduction of flood damage • Enhancement of production • Stable fishery in Lake Olomega	• Reduction of flood damage • Enhancement of production • Stable fishery in Lake Olomega	• Reduction of flood damage • Enhancement of production
• Ranking (Wt=0.15)	• 1	• 1	• 1	• 1
<b>SOCIAL IMPACT</b>				
• Land acquisition	• 3.7 km <sup>2</sup>	• 4.5 km <sup>2</sup>	• 35.5 km <sup>2</sup>	• 34.7 km <sup>2</sup>
• Re-settlement	• 18 houses	• 20 houses	• 1,301 houses	• 1,299 houses
• Ranking (Wt=0.15)	• 1	• 1	• 3	• 3
<b>ENVIRONMENTAL ASPECTS</b>				
• Positive effects	• Stabilization of water level in Lake Jocotal	• Stabilization of water level in Lake Jocotal and Lake Olomega	• Stabilization of water level in Lake Jocotal and Lake Olomega	• Stabilization of water level in Lake Jocotal
• Negative effects			• Ecological changes in reservoir area	• Ecological changes in reservoir area
• Ranking (Wt=0.15)	• 2	• 1	• 3	• 4
<b>OVERALL EVALUATION</b>				
• Summary of ranking	• 1x0.15+4x0.4+1x0.15+1x0.15+2x0.15=2.35	• 1x0.15+1x0.4+1x0.15+1x0.15+1x0.15=1.00	• 3x0.15+2x0.4+1x0.15+3x0.15+3x0.15=2.30	• 3x0.15+3x0.4+1x0.15+3x0.15+4x0.15=2.85
• Overall ranking	• 3	• 1	• 2	• 4

REMARKS:

- 1) Quantities presented in this table are for the facility plan based on 10-year provable flood.
- 2) Wt: Weight for overall evaluation
- 3) F.C: Flood control

表 3.2 洪水対策マスタープランの概要

<b>RIVER IMPROVEMENT</b>		
Project Cost(¢ million): (Including price escalation)		1,577.6
Construction Works	Construction Period	10 years from 2001 to 2010
	Excavation(m <sup>3</sup> ):	14,956,000
	Embankment(m <sup>3</sup> ):	1,843,000
	Revetment(m <sup>3</sup> ):	6,000
	Ground sill(site)	4
	Weir/gate(site):	2
	Sluice(site):	15
Reduction of Flooded Area: for 10-yr. flood (km <sup>2</sup> )	Bridge(site):	5
	San Miguel:	0.4
	Olomega:	61.8
	Jocotal:	28.2
	Usulután:	13.6
Total:	104.0	
Beneficiary in the Protected Area: for 10-yr. flood in 2020 (persons)	San Miguel:	200
	Olomega:	27,900
	Jocotal:	12,700
	Usulután:	6,100
	Total:	46,900
Social Impact	Positive Impact:	- To enable effective land use and development of the basin, - To ensure the people's livelihood in the basin, - To ensure stable fishery in lakes of Olomega and Jocotal, - To create employment opportunities during construction, and - To improve sanitary conditions.
	Negative Impact: - Land acquisition: - House comp.:	779 ha 20 houses
Environmental Impact		- Disturbance of communities during construction - Mitigation of inflow of polluted and sediment contained water of the San Miguel River - Stabilization of water level in lakes of Olomega and Jocotal
Economic Viability: EIRR (%)		14.6

**FLOODPLAIN MANAGEMENT**

Estuary Area	Land use regulation and flood proofing
Jocotal Area	Land use regulation, flood proofing and flood forecasting/warning to mitigate damage in non-dike reaches
Olomega Area	
Near S. Miguel City	Land use regulation to mitigate damage in urban area
Project Cost	- Office and equipment: ¢ 8,100,000 - Operation and maintenance: ¢ 720,000/yr.

**WATERSHED MANAGEMENT**

Lower Basin	Reforestation, erosion control and ground sill works
Middle Basin	
Upper Basin	
Project Cost	¢ 208,000,000

表 3.3 マスタープランの事業費

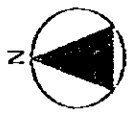
Items	Unit		Quantity	Amount( 百万円)		
	Unit	Cost( 円 )		Total	L.C.	F.C.
1. Construction works						
1.1 Channel works				705.1	306.2	398.9
Earth excavation(1)	m <sup>3</sup>	45	8,087,000	363.9	149.2	214.7
Earth excavation(2)	m <sup>3</sup>	20	6,266,000	125.3	51.4	73.9
Rock excavation	m <sup>3</sup>	173	603,000	104.3	42.8	61.5
Embankment	m <sup>3</sup>	42	1,843,000	77.4	31.7	45.7
Revetment	m	5,700	6,000	34.2	31.1	3.1
1.2 Structure works				34.7	25.6	9.1
Diversion weir	l.s.			10.9	9.4	1.5
Control gate	l.s.			9.4	5.8	3.6
Drainage sluice				8.0	5.0	3.0
Type-A	nos	426,000	7	3.0	1.9	1.1
Type-B	nos	586,000	6	3.5	2.2	1.3
Type-C	nos	754,000	2	1.5	0.9	0.6
Ground sill	m	18,269	348	6.4	5.4	1.0
1.3 Appurtenant works				67.7	37.5	30.2
Intake gate(Type-B)	nos	586,000	1	0.6	0.4	0.2
Bridge				58.2	30.3	27.9
Bridge(105m)	nos	13,400,000	1	13.4	7.0	6.4
Bridge(90m)	nos	12,600,000	3	37.8	19.7	18.1
Bridge(40m)	nos	7,000,000	1	7.0	3.6	3.4
Rural road	m	160	5,140	0.8	0.8	0.0
Telemetering system	l.s.			8.1	6.1	2.0
(Sub-total : 1.1+1.2+1.3)				807.5	369.3	438.2
2. Land and house				23.8	23.8	0.0
Land acquisit (1)	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	2,150	728	1.6	1.6	0.0
Land acquisit (2)	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	5,720	845	4.8	4.8	0.0
Land acquisit (3)	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	2,570	1,067	2.7	2.7	0.0
Land acquisit (4)	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	720	1,695	1.2	1.2	0.0
Land acquisit (5)	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	3,580	3,181	11.4	11.4	0.0
Land acquisit (6)	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	7,150	270	1.9	1.9	0.0
House compensat.	house	12,000	20	0.2	0.2	0.0
3. Administration	l.s.	-		41.6	41.6	0.0
4. Engineering service	l.s.	-		124.7	46.1	78.6
5. Physical contingency	l.s.	-		99.8	48.1	51.7
(Sub-total : 1+2+3+4+5)				1,097.4	528.9	568.5
6. Price contingency	l.s.	-		480.2	321.3	158.9
Total				1,577.6	850.2	727.4

表 3.4 初期環境影響調査の結果

No	Environmental Item	Discretion	Activity				Remarks
			1	2	3	4	
<b>Social Environment</b>							
a	Resettlement	Resettlement by land occupation (Transfer of rights of residence, land ownership)	D	B	D	A	(2) Land acquisition for the water way (4) Resettlement of about 7,000 persons in the area
b	Economic Activities	Loss of production base (land, etc.) and change of economic structure.	D	D	D	B	(4) Loss of farmland
c	Traffic and Public Facilities	Impacts on existing traffic, schools, hospitals, etc. (e.g., traffic jam, accidents)	D	D	D	B	(4) School, road in the submerged area
d	Split of Communities	Separation of regional communities by hindrance of regional traffic	D	D	D	B	
e	Cultural Property	Loss or deterioration of cultural properties, such as temples, shrines, archaeological assets, etc.	D	D	D	D	
f	Water Rights and Right of Common	Obstruction of fishing rights, irrigation and water rights	D	B	D	D	(2) Fishing rights of about 2,000 fishermen
g	Public Health Condition	Worsening of health and sanitary condition due to generation of garbage and appearance of harmful insects, increasing of agricultural chemicals	D	D	D	D	
h	Waste	Generation of construction waste, surplus soil, sludge, domestic waste, etc.	A	B	D	A	Generation of debris and soil
i	Hazards(Risk)	Increase in risk of cave-ins, ground failure and accident	D	D	D	D	
<b>Natural Environment</b>							
a	Topography and Geology	Change of valuable topography and geology due to excavation and earthfill	D	D	D	D	
b	Soil and land	Topsoil erosion by rainfall after land reclamation or deforestation, salt accumulation by irrigation, degradation of soil fertility	D	D	D	D	
c	Groundwater	Lowering of groundwater table due to overdraft and turbid water caused by construction work	B	D	D	B	(1) Lowering of groundwater table
d	Hydrological Situation	Change of discharge and water quality due to reclamation and drainage	A	A	D	A	(1),(2) Impact on fishery and change of channel form
e	Fauna and Flora	Interruption of reproduction or extinction of species due to change of habitat condition	D	B	D	D	(2) Effect on water level
f	Meteorology	Change of micro-climate, such as temperature, wind, etc., due to large scale reclamation, and construction	D	D	D	D	
g	Landscape	Deterioration of aesthetic harmony by structures and topographic change by reclamation	B	B	D	A	Damage to landscape due to construction of dike, waterway and dam
<b>Pollution</b>							
a	Air Pollution	Pollution caused by exhaust gas or toxic gas from vehicles and factories	D	D	D	D	
b	Water Pollution	Water pollution of river and groundwater caused by drilling mud and oil	D	B	D	D	(2) Inflow of sediment into the lake
c	Soil Contamination	Contamination caused by discharge or diffusion of sewage or toxic substances	D	D	D	D	
d	Noise and Vibration	Generation of noise and vibration due to drilling and operation of pumping machines	D	D	D	B	(4) Noise by operation of construction equipment
e	Land Subsidence	Deformation of the land and land subsidence due to lowering of groundwater table	D	D	D	D	
f	Offensive Odor	Generation of offensive odor and exhaust gases	D	D	D	D	
Overall Evaluation :		ETA is necessary for the project implementation					

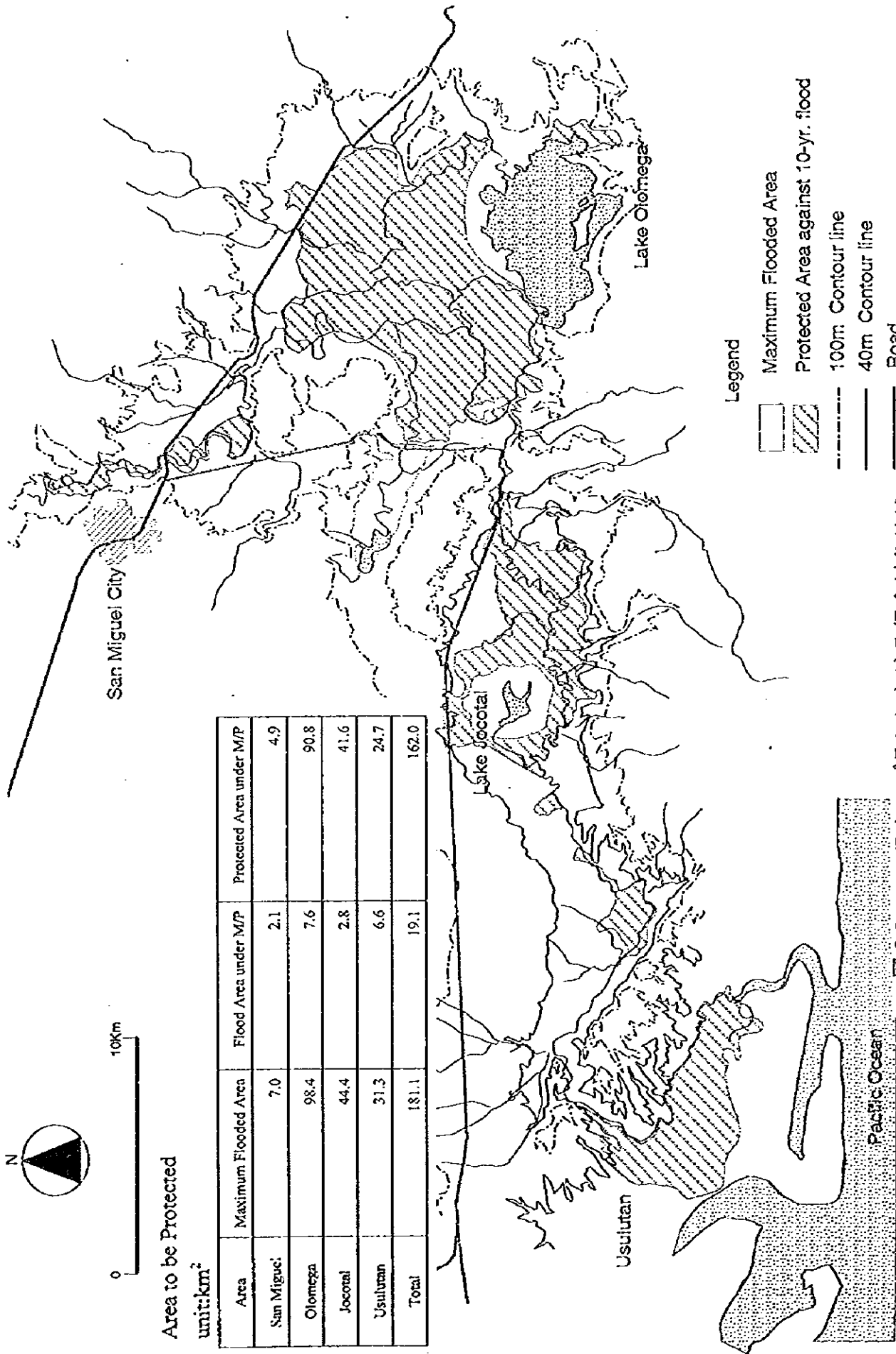
Activities : (1) Improvement of river channel  
(2) Flood water storage in Lake Ohsonega  
(3) Watershed management  
(4) San Esteban Dam

Mark classification : A: Important Impact, B: Some impact, C: Unknown, D: No Impact



Area to be Protected  
unit: km<sup>2</sup>

Area	Maximum Flooded Area	Flood Area under M/P	Protected Area under M/P
San Miguel	7.0	2.1	4.9
Olomega	98.4	7.6	90.8
Jocotal	44.4	2.8	41.6
Usulután	31.3	6.6	24.7
Total	181.1	19.1	162.0

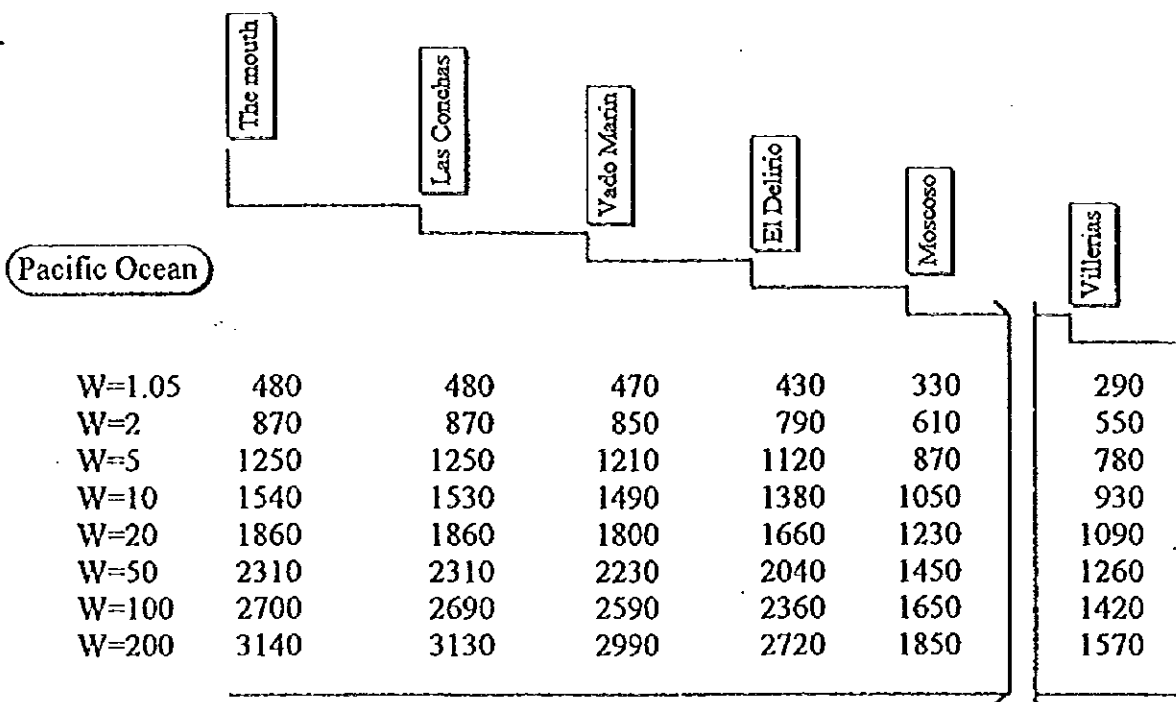


Legend

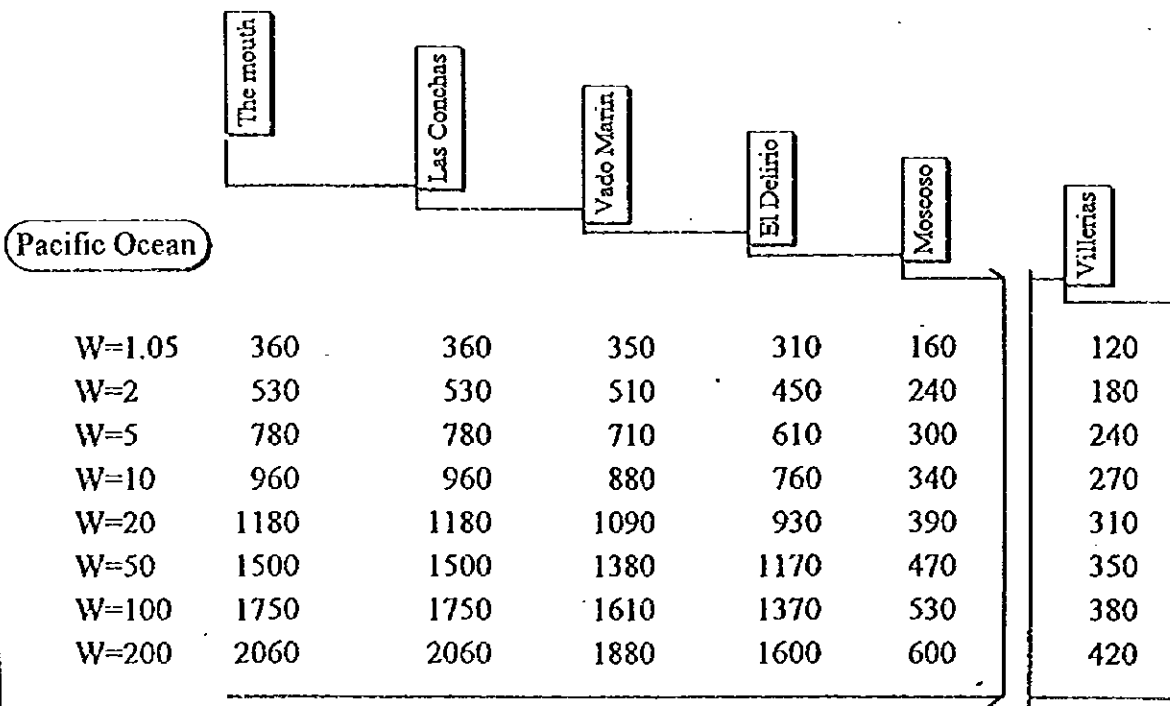
- Maximum Flooded Area
- Protected Area against 10-yr. flood
- 100m Contour line
- 40m Contour line
- Road

3.1 マスタープランにおける保水対象地域





Discharge Distribution without inundation(unit; m<sup>3</sup>/s)



Discharge Distribution with Dam (unit; m<sup>3</sup>/s)

图 3.2 計画基本高水流量配分図

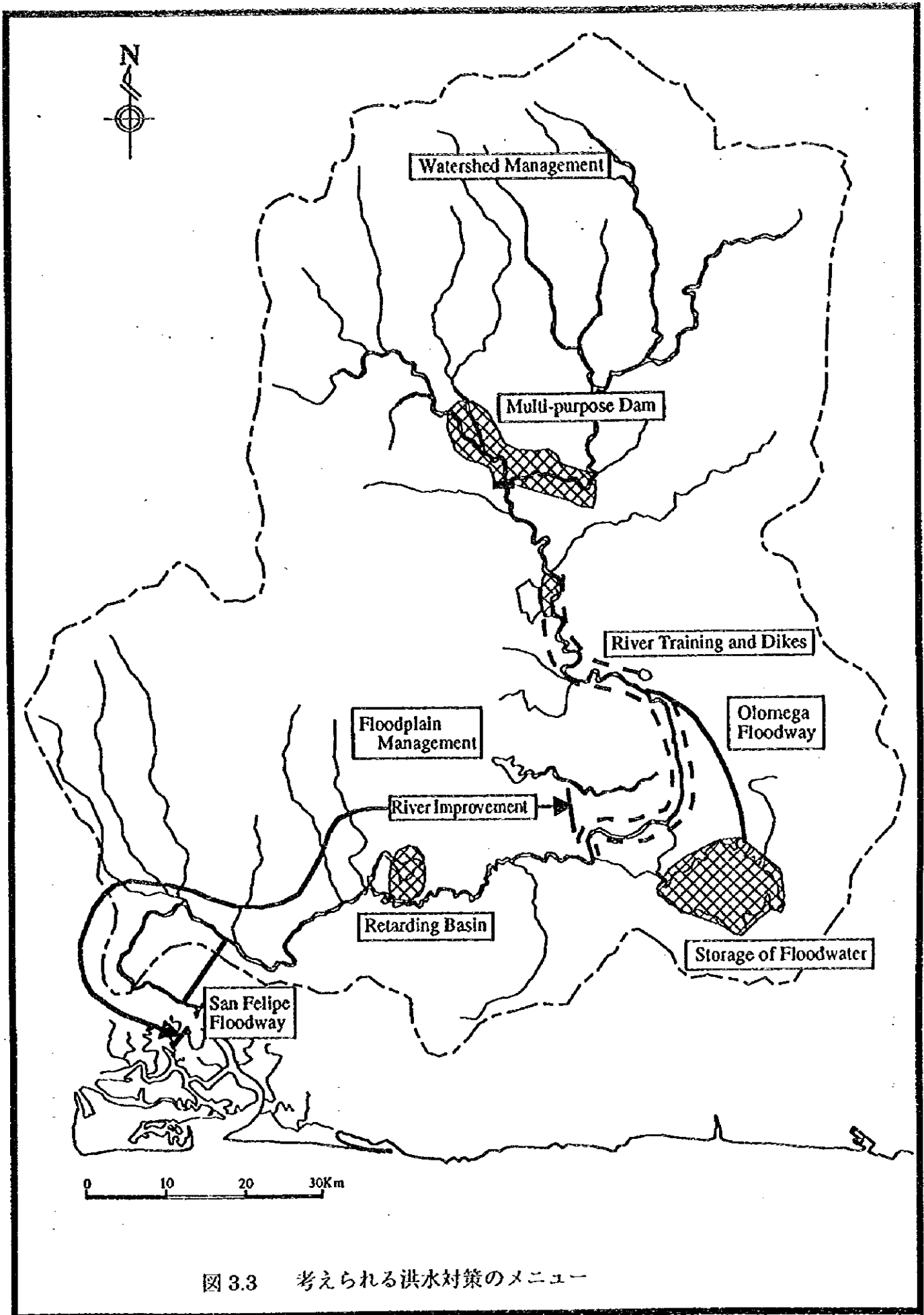


図 3.3 考えられる洪水対策のメニュー

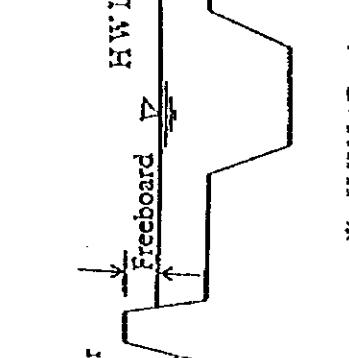
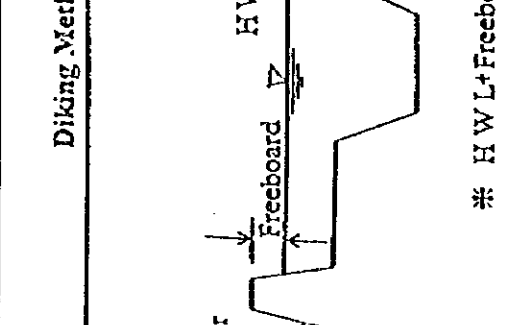
Dredging / Excavation Method	Diking Method
 <p>Ground Level</p> <p>Inner Water</p> <p>H.W.L.</p> <p>Compound Section</p> <p>Single Section</p> <p>* H.W.L. (Design Flood Level) shall be lower than the ground level</p>	 <p>Inner Water</p> <p>Freeboard</p> <p>H.W.L.</p> <p>Dike</p> <p>G.L.</p> <p>* H.W.L. + Freeboard is required</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inner water can be drained by gravity flow.</li> <li>2. Damage by flood larger than the designed one would not increase so much.</li> <li>3. Construction cost is high but width of land acquisition cost is small.</li> <li>4. Inconvenient for water intake due to low river-bed.</li> <li>5. River mouth sedimentation is problem if dredged deeply.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inner water cannot be drained by gravity. Dike for tributary or pumping station would be required.</li> <li>2. Dangerous when larger flood comes.</li> <li>3. Small in construction cost and large in land acquisition cost</li> <li>4. Convenient for water intake</li> <li>5. No problem with river mouth sedimentation</li> </ol>

図 3.4 河川改修方法の比較

図 3.5 湖水位と漁獲量(オロメガ湖)

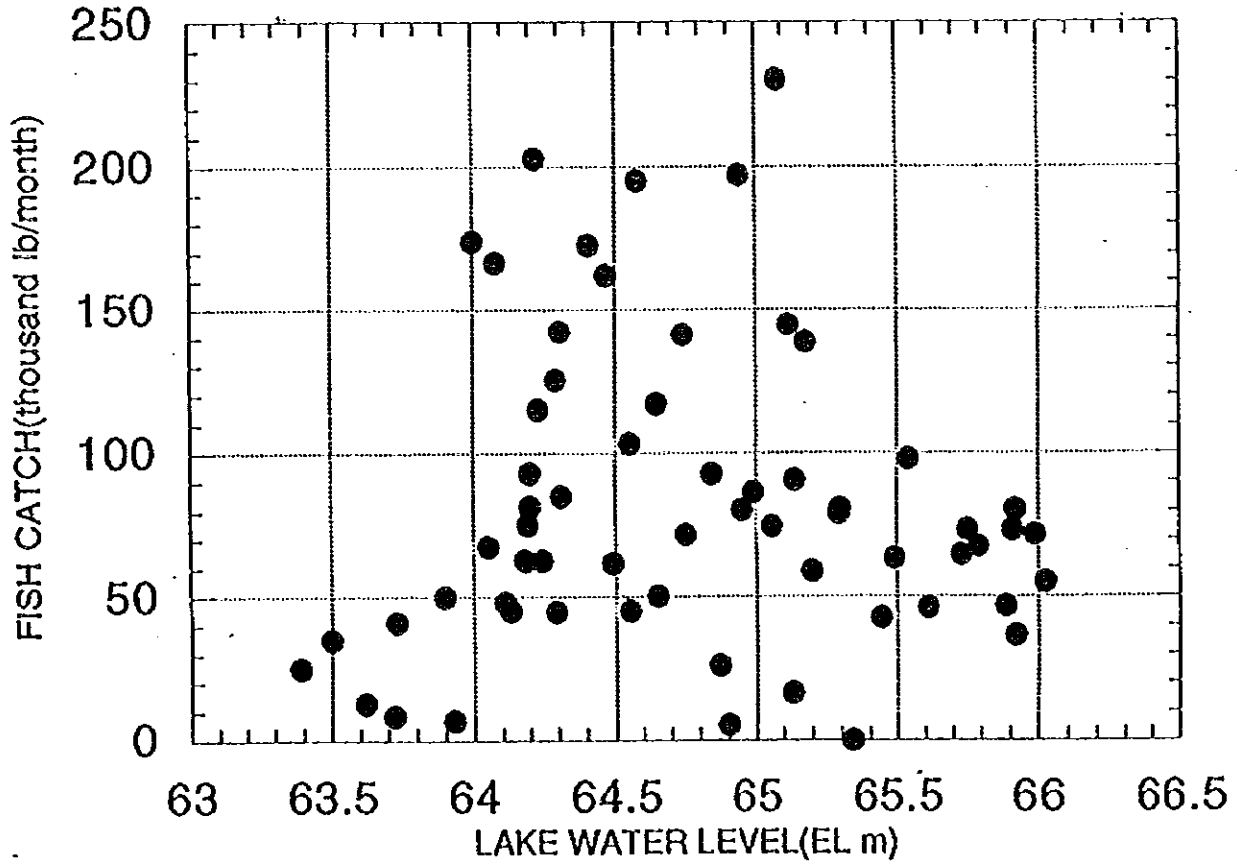
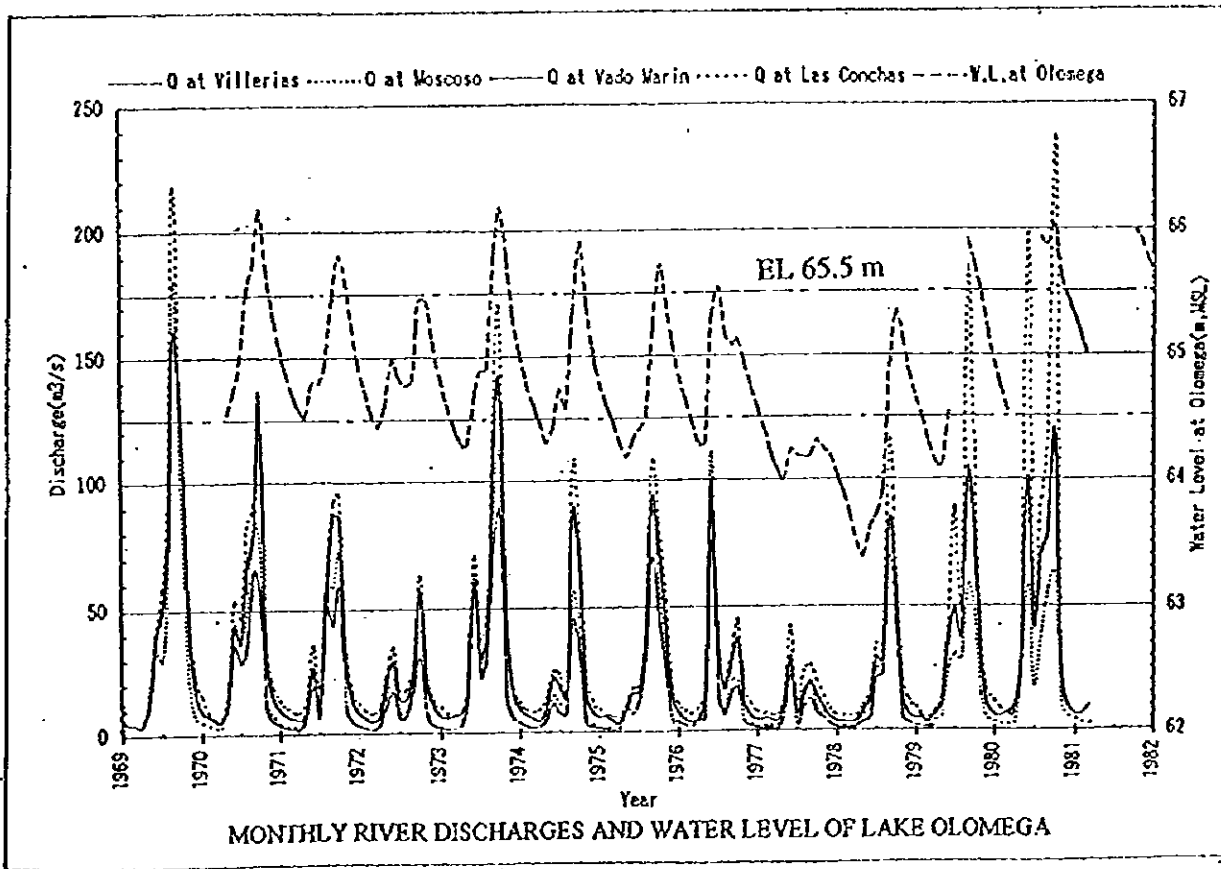


図 3.6 河川の月流量とオロメガ湖の水位



Watershed Management

Reforestation for Protection Forest 70Km<sup>2</sup> [Vertical Line Pattern]

Reforestation for Pasture in Steep Slope Area and Water Source Area 156Km<sup>2</sup> [Diagonal Line Pattern]

Reforestation in Mud Flow Deposit Area for Production Forest 74Km<sup>2</sup> [Cross-hatch Pattern]

Erosion Control in Mud Flow Deposit Area for Upland Field 200Km<sup>2</sup> [Grid Pattern]

Dike and Excavation Length in Master Plan

Area	Dike Length(km)	Excavation Length(km)
Lower Reach	28.2	46.1
Middle Reach	12.5	43.5
Olmega Drainage	0.6	5.3
Olmega Diversion	4.3	5.8
Total	45.6	100.7

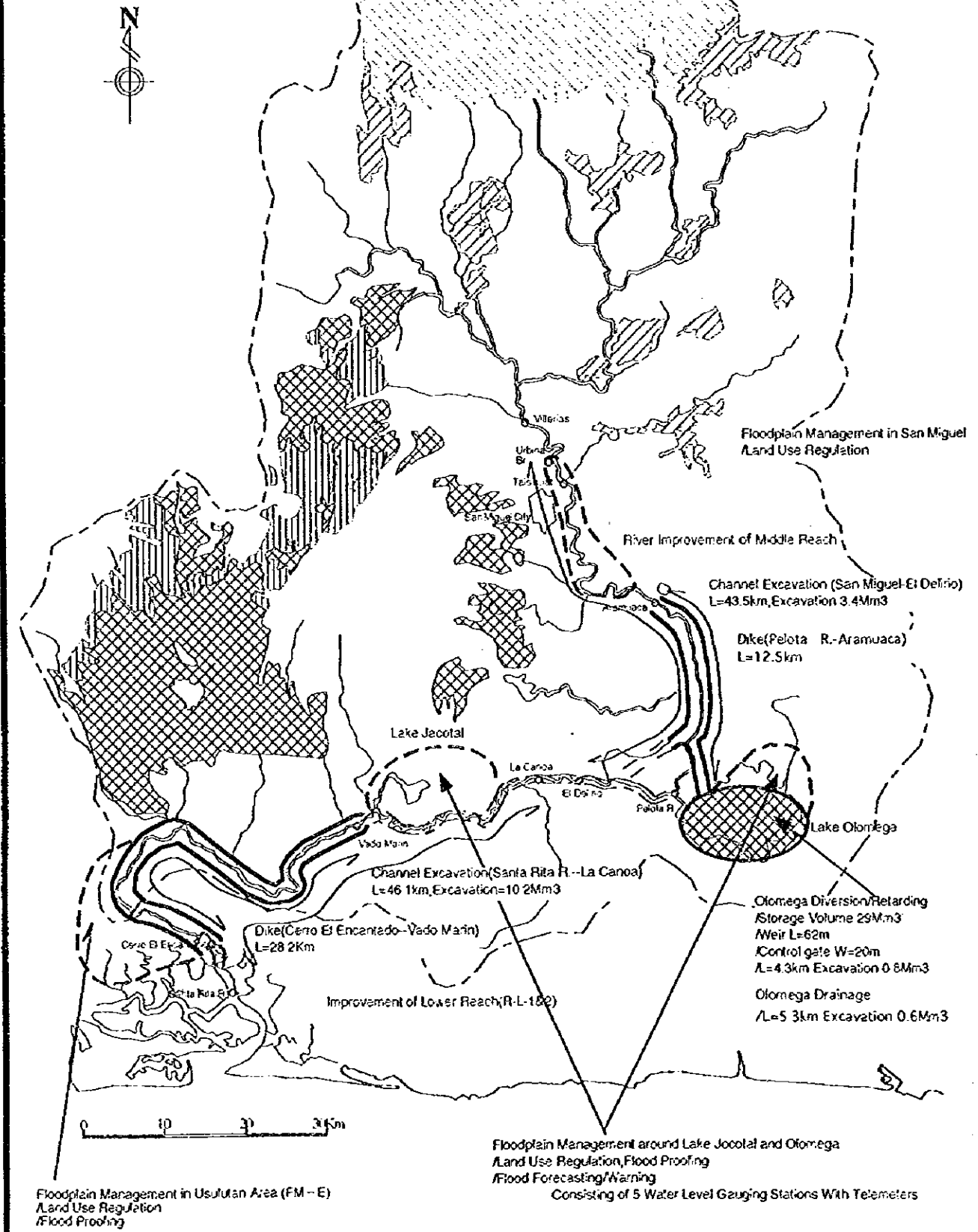


図 3.7 洪水対策マスタープランの概要

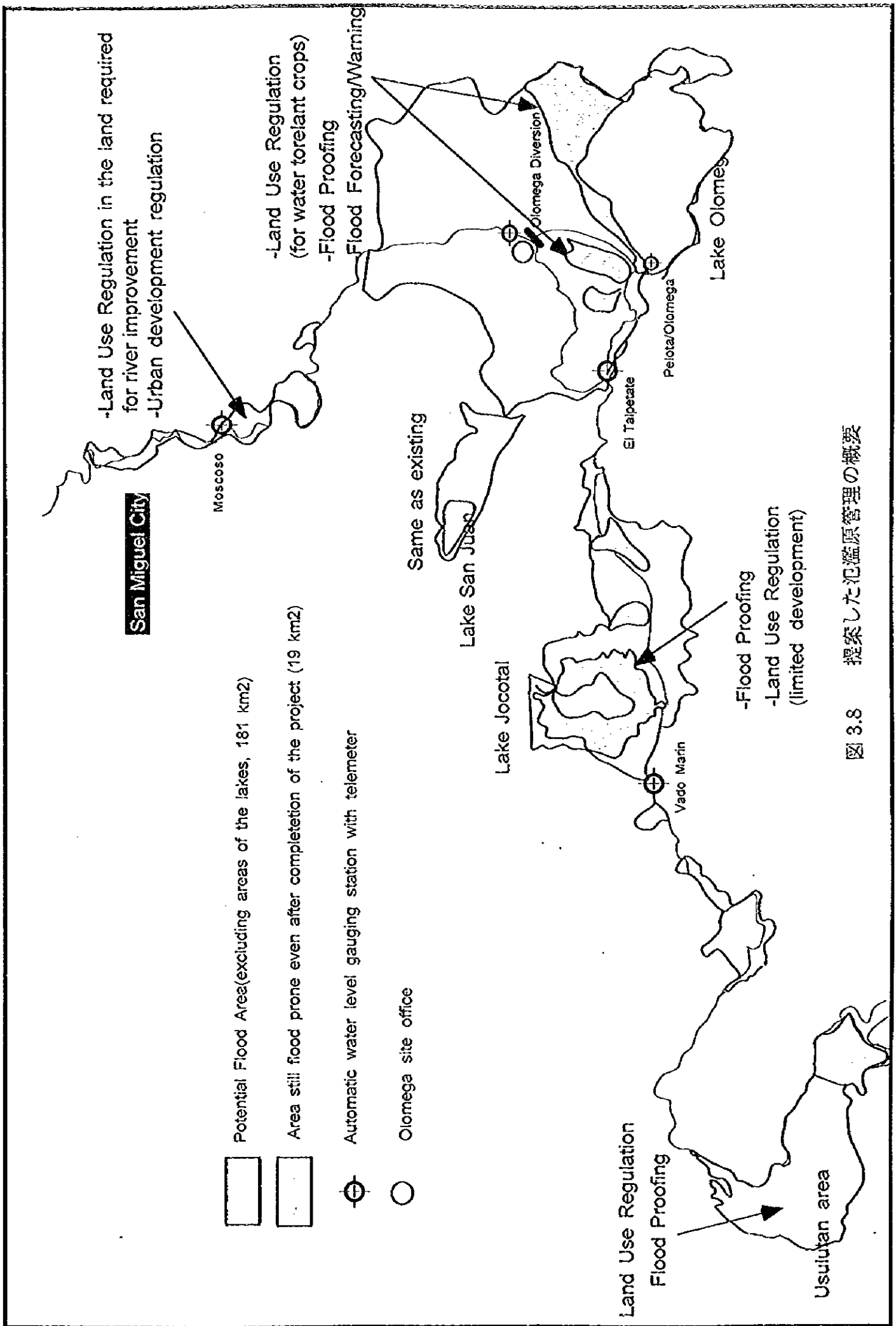


図 3.8 提案した氾濫原管理の概要

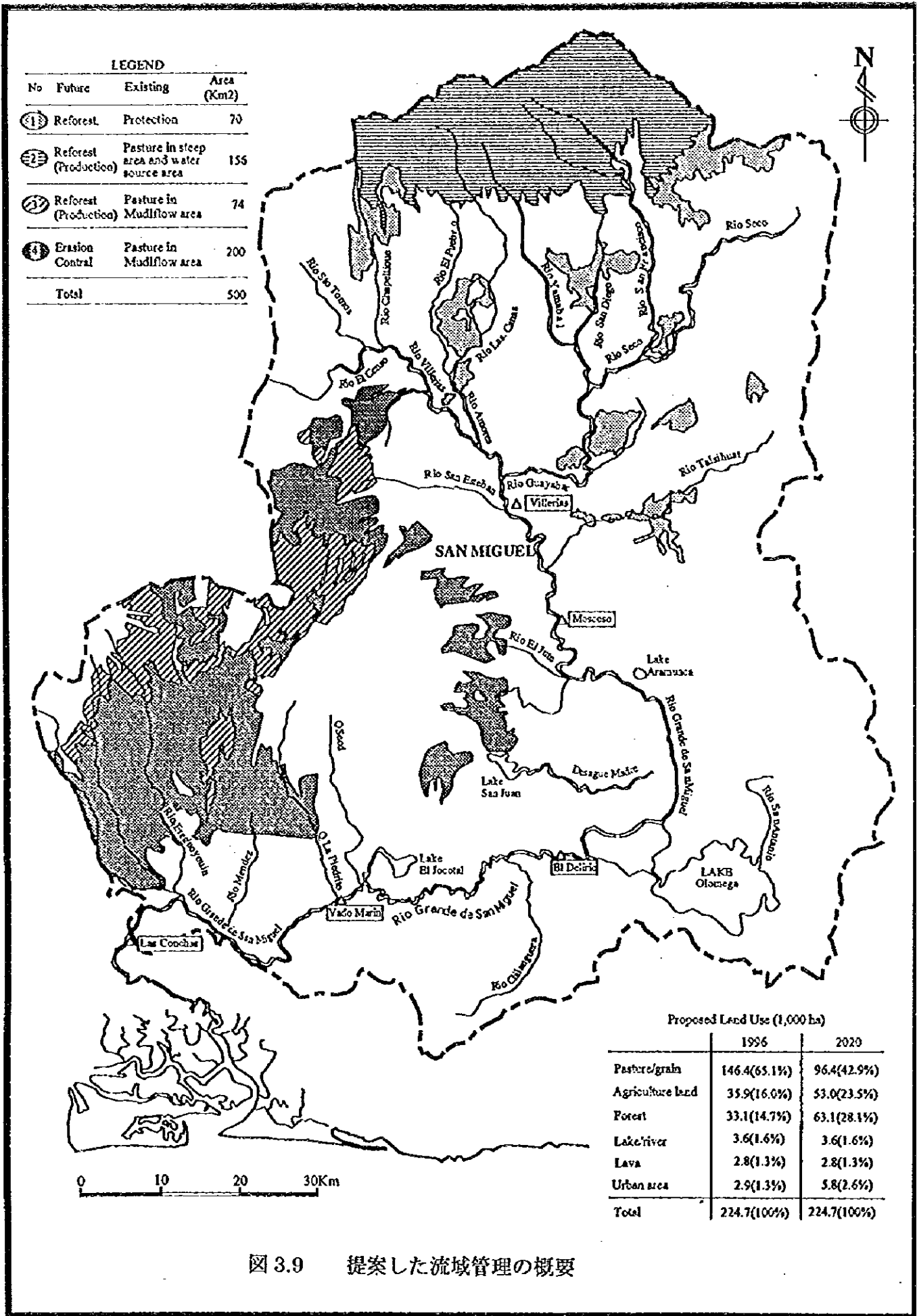
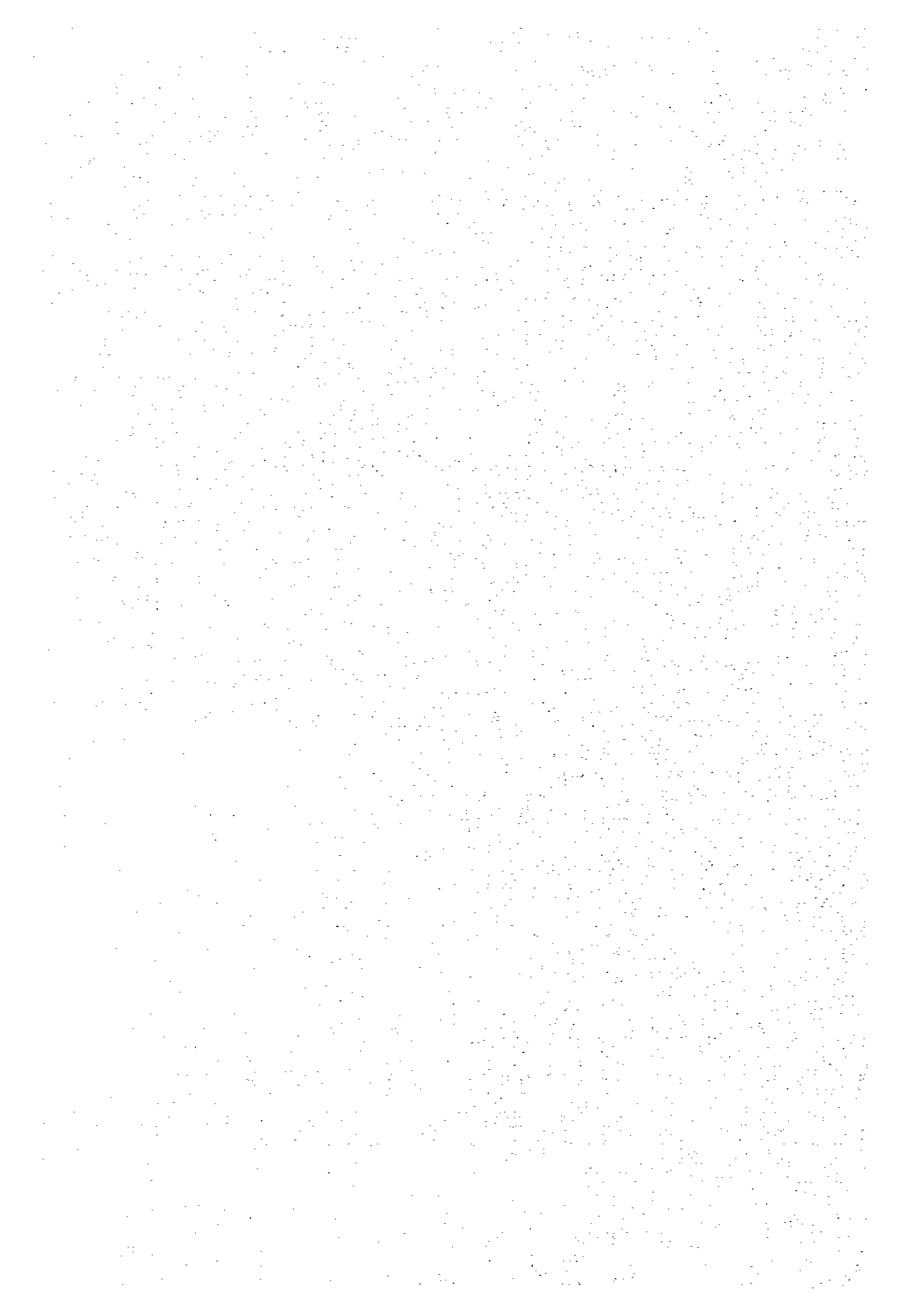


図 3.9 提案した流域管理の概要

#### 4. 優先プロジェクトのフェージビリティ調査





## 4. 優先プロジェクトのフィージビリティ調査

### 4.1 優先プロジェクトの選定

#### 4.1.1 選定基準

経済的目標	EIRRがマスタープラン全体の値（14.6%）より大きな事業であること。
財務的目標	総事業費が800百万コロン（10,060百万円）程度より小さく、工期が5年以内で可能であること。
社会的目標	負の社会的影響が小さく許容できること。
環境的目標	負の環境的影響が小さく許容できること。
技術的目標	技術的、施工上の困難性が小さいこと。

#### 4.1.2 選定手順

##### 1) 構造物対策

マスタープランに掲げた事業をすべて実施すると事業費が大きいので、最初に第1段階として小さい規模の事業を実施し、10年確率洪水に対応する残りの事業を第2段階として実施することを検討した。第1段階の事業として2年確率洪水を対象とする場合、5年確率洪水を対象とする場合および10年確率洪水を対象とする場合を比較した。EIRRの値はそれぞれ18.1%、15.9%、15.2%となった。事業規模および洪水氾濫域の減少の効率（図4.1参照）を勘案して2年確率洪水を対象とする事業を選択した。

マスタープランの構造物対策事業は以下のように分割される。

- ・ サンミゲル川河川下流部改修（河口からエルデリリオ）  
2年確率洪水を対象とする改修  
10年確率洪水を対象とする残りの河川改修
- ・ サンミゲル川中流部河川改修（エルデリリオからアラムアカ）  
2年確率洪水を対象とする改修  
10年確率洪水を対象とする残りの河川改修
- ・ サンミゲル川サンミゲル市周辺改修（アラムアカからウルピナ橋）
- ・ オロメガ分流・貯留施設

10年確率洪水が生じたときにそれぞれの構造物対策事業によって対策無しより減少する氾濫面積は以下に示すとおりである。

事業	洪水氾濫面積の減少
2年確率洪水対応下流部河川改修	26.6 km <sup>2</sup> (25.9 %)
2年確率洪水対応中流部河川改修 (オロメガ分流・貯留含む)	53.9 km <sup>2</sup> (51.8 %)
小計	80.5 km <sup>2</sup> (77.7 %)
10年確率洪水対応下流部河川改修	15.2 km <sup>2</sup> (14.6 %)
10年確率洪水対応中流部河川改修	7.9 km <sup>2</sup> (7.6 %)
10年確率洪水対応上流部河川改修	0.4 km <sup>2</sup> (0.3 %)
合計	104.0 km <sup>2</sup> (100 %)

2年確率洪水対応の下流部および中流部河川改修の事業による洪水氾濫面積の減少は著しく、マスタープランの78%をカバーできる。表4.1に示すように社会経済、環境に対するこれら事業の正の影響は大きく、負の影響は小さい。

したがって、2年確率洪水対応の下流部と中流部の河川改修とオロメガ湖への分流・貯留を構造物対策の、優先プロジェクトと選定する。

## 2) 非構造物対策

マスタープランに含まれる非構造対策の事業は以下のとおりである。

- ・ 流域管理
  - 上流域 (植林)
  - 中流域 (植林、土壌侵食抑制)
  - 下流域 (植林、土壌侵食抑制)
- ・ 氾濫原管理
  - 河口部
  - ホコタル地域
  - オロメガ地域
  - サンミゲル市地域

非構造物対策の優先プロジェクトは以下のように選定した。

- － 氾濫原管理のうち緊急性の高いサンミゲル市付近、オロメガ湖、ホコタル湖の洪水予警報、土地利用規制、耐水化および住民教育を選んだ。
- － 流域管理 (植林および農地保全のための土壌侵食抑制) は、すでに、MAGが中心となって計画が進められ、CELによってダム流域で実施された事例もあ

る。また、流域管理は洪水対策として望ましい事業であるが、その目的の大部分は林業、農業および自然環境保全であることを考慮し、フィージビリティ調査を行なう洪水対策としての優先プロジェクトには選定しないこととした。しかし、これらの事業は地域の開発と安定に必要であり、早期に着手し、継続的に実施すべきである。

図 4.2 に優先プロジェクトを示した。また、図 4.3 に優先プロジェクトの実施で保全される地域を示した。

## 4.2 優先プロジェクトの概要

### 4.2.1 構造物対策

#### 河川改修（河口からアラムアカ）

掘削と浚渫	7,444×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> (延長 70km)
堤防	1,173×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> (延長 29km)
護岸	6,000m
床固め	4ヶ所、延長 229m
橋梁	3ヶ所
樋門	1ヶ所

#### オロメガ湖への貯留

掘削と浚渫	591×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
越流堤	1ヶ所
調節ゲート	1ヶ所、有効スパン 20m

サンミゲル川の河川改修とオロメガ湖への洪水分流と貯留に係る計画流量配分およびオロメガ湖への分流計画は図 4.4 と図 4.5 に示すとおりである。

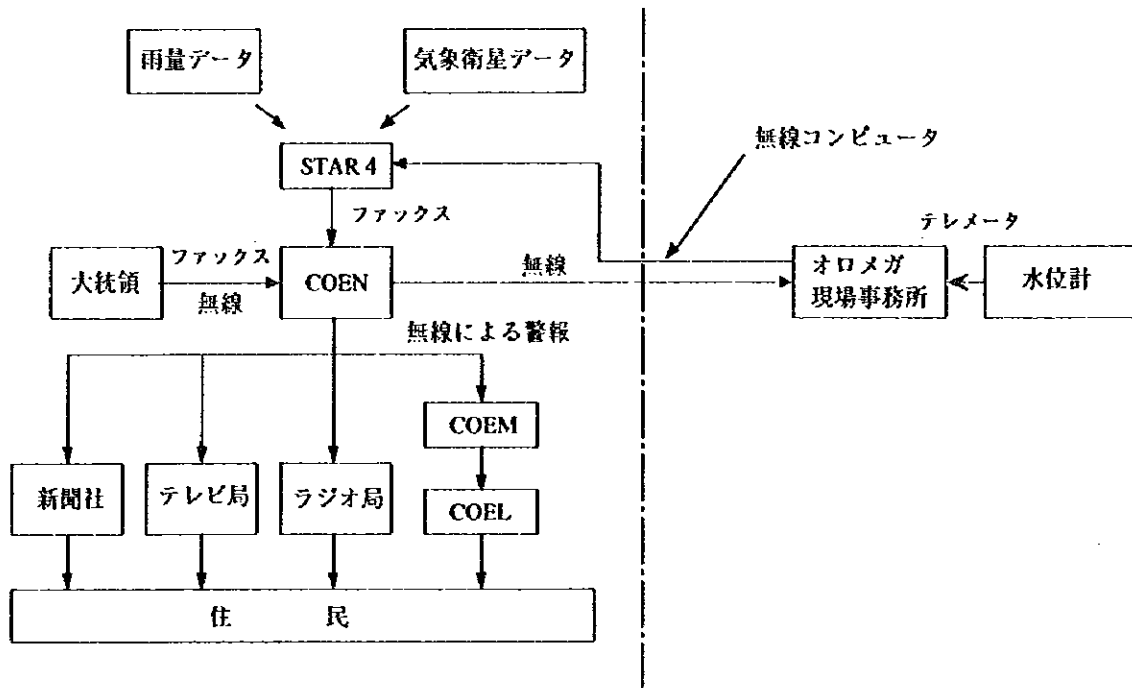
図 4.6、図 4.7、図 4.8 に計画河道の平面形状、縦断面、典型的な横断形状を示す。また、図 4.2 に構造物の計画位置図を示す。

### 4.2.2 非構造物対策

非構造物対策の優先プロジェクトはサンミゲル市付近、オロメガ湖周辺、ホコタル湖周辺の地域の氾濫原管理であり、洪水予警報、土地利用規制、耐水化および住民教育を含む。

#### (1) 洪水予警報

洪水予測と洪水警報を以下の方法で実施する計画とする。



(2) 土地利用規制、耐水化

図 4.9 の想定氾濫域図で示すように氾濫原を氾濫頻度の異なる 3 地域に区分、それぞれに適した利用目的を以下のように提案した。

- 10年確率洪水でも氾濫しない地区：  
どのような目的でも開発可能
- 10年確率洪水では氾濫するが、2年洪水では氾濫しない地区：  
農業開発は可能、住宅地とするには耐水化が必要
- 2年確率洪水で氾濫する地区：  
洪水被害ポテンシャルが小さい目的に用いる

サンミゲル事務所が設置されるまでは、本調査で作成した想定氾濫区域図を用いて、MAG 本部が直ちに土地利用規制・耐水化を実施する。

(3) 住民教育

10年確率洪水で氾濫する地域の住民を対象として、洪水対策全体について事業実施前と後の想定氾濫域、土地利用と耐水化の考え方、洪水予警報の方法、避難方法等について教育する。住民教育は MAG のサンミゲル事務所が地区緊急委員会 (COEL) のメンバーである住民代表に行ない、住民代表が対象住民に伝える。洪水予警報システムと構造物対策の実施設計が完了した段階と工事完了時に行なう計画とする。

### 4.3 事業費

優先プロジェクトの事業費は1996年12月価格で以下のように見積られた。

単位：百万コロン

項目	内 貨	外 貨	計
1.工事費	210.3	223.4	433.7
2.用地取得・補償	19.2	0	19.2
3.管理費	22.6	0	22.6
4.技術費	25.1	42.8	67.9
5.予備費	27.7	26.6	54.3
(小 計)	(304.9)	(292.8)	(597.7)
6.物価上昇	123.4	54.8	178.2
合 計	428.3	347.6	775.9

表4.2と表4.3に工事数量と事業費の内訳を示した。

上記事業費には、5ヶ所の水位計、テレメーターシステム、オロメガ現場事務所の設置の費用としての8.1百万コロンを含む。土地利用規制および耐水化は補助金等による政府の別事業と考え、事業費として計上していない。住民教育は管理費(administration cost)として構造物対策事業費に計上している。

### 4.4 維持管理計画

洪水対策施設の建設後の維持管理は以下に述べるようにMAGが行なうこととする。

- 堤防、護岸、分流施設、観測設備等の施設の維持管理はMAGが実施する。
- サンミゲル市内にMAGの事務所を設置して施設の管理を行なう。
- オロメガ現場事務所は、オロメガ湖調節ゲートの操作および維持管理を行なう。

### 4.5 組織・制度

#### (1) 構造物対策

##### 1) 建設段階の組織

建設段階には準備作業、詳細設計、入札、用地の取得・補償、施工管理、関係機関との調整を含み、以下のような組織を提案する。(図4.10参照)

- サンサルバドルにあるMAGとMOPの中央組織
- サンミゲル市の工事事務所
- 建設コンサルタント

## 2) 維持管理段階の組織

施設の維持管理および操作は MAG のオロメガ現場事務所を含むサンミゲル市の工事事務所が工事完了後、引き続き行なう。施設とは河道、堤防、護岸、床固め、分流施設、観測施設等を含む。

## (2) 非構造物対策

氾濫原管理の組織・制度は現在ある組織・制度を活用する。MAG は事業の実施機関であり、事業の各段階において地方政府や NGO、住民の協力を得て行なう。氾濫原管理のうち STAR4 による洪水予測、警報、耐水化を含めて緊急活動については COEN が実施機関となる。

図 4.11 に提案組織を示した。

## 4.6 事業評価（表 4.5 参照）

### (1) 経済評価

#### 1) 経済的便益

洪水対策事業を実施することによる洪水被害軽減額を経済的便益とする。直接被害軽減は、家屋、家財、家畜、農作物および道路等公共施設および経済活動を対象とする。10 年確率洪水対象の場合、氾濫面積が事業によって 8,100ha 減少し、氾濫域内の浸水深および浸水期間も減少する。結果として、年平均被害軽減額は 105.4 百万コロンと算定された。

#### 2) 経済的費用

事業費から、税金等の移転費用および物価上昇分を差し引き、さらに潜在価値を勘案して経済的費用を算定した。潜在価値は標準変換係数 (SCR) と用地取得費用および未熟練作業員の賃金等の機会費用に基づいて算定した。

事業の経済的費用は 540.1 百万コロンとなり、O/M 費用は 2.15 百万コロン/年と算定された。

#### 3) 経済評価

EIRR = 18.1%

NPV = 161 百万コロン (割引率 12%)

B/C = 1.49 (割引率 12%)

予期しない何らかの理由によってコスト 10% 増、便益の 10% 減が同時に発生した場合は EIRR は 14.6% となる。しかし、資本の機会費用の 12% より大きく、依然として本事業の経済的実現可能性は高い。

## (2) 財務の検討

事業費の 75% を 6% の年利率で国際金融機関から融資を受けると仮定すると、年返済額の最大値は 17.86 百万ドルと推定される。これは、同国の現在における総返済額の約 3% 以下に相当し、返済に大きな困難は生じないものと考えられる。

## (3) 環境影響評価 (EIA)

表 3.4 に示したように、本事業の負の影響は 676ha の用地取得、20 戸の住民移転、工事中の地域への影響等であり、正の影響はホコタル湖の水質の改善、オロメガ湖の漁業の安定化 (漁業関係者約 1 万人)、洪水頻発地域の衛生状態の改善等である。このように正の影響は大きく、負の影響は小さい。

## (4) 社会・経済的効果

- 地域開発の促進と地域の安定
- 事業の実施による雇用機会の増大
- 地域の社会経済活動のための環境改善

## (5) 総合評価

本事業は経済的効果が大きく、地域の開発と安定に貢献する。また、負の社会的、環境的影響は小さい。

## 4.7 実施計画

事業の実施工程は以下のとおりである。

- (1) 事業は 2005 年までに完了する。
- (2) 資金調達手続きに 1 年、詳細設計と入札手続きに 2 年を見込む。
- (3) 工事实施期間は 5 年とする。
- (4) オロメガ湖の洪水貯留は上流の河川改修を実施する前に完了する。
- (5) サンミゲル川の河川改修は原則として下流か上流に向かって工事を進め、下流地域に悪影響が及ばないようにする。
- (6) 洪水予警報施設は、河川改修の工事が完了した時に使用可能となるように設置する。



優先プロジェクトの実施工程

項目		1993	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
構造物対策	1. 資金調達手続								
	2. 詳細設計								
	3. 用地取得								
	4. 工事入札手続								
	5. 工事(2年確率洪水対応)								
	下流部河川改修								
	オロメガ湖分流・貯留								
非構造物対策 (氾濫原管理)	中流部河川改修								
	1. 土地利用規制/耐水化								
	2. 洪水予警報 水位計等設計・設置								
	3. 住民教育								

表 4.1 事業の優先度の比較

Project Name	Cost (Millions)	Reduction of Flood Area by 10-year Flood (Population Saved)	Socio-economic Impact	Environmental Impact	Project Evaluation and Management	Financial Aspect	Selection
San Miguel River Improvement, Lower Reach 1 (to cope with 2-year flood)	376	37.3 km <sup>2</sup> (9,700 in 1996/17,100 in 2020)	(+) Increase in land development potential (+) Flood damage reduction (-) Land acquisition/compensation	(+) Improvement of Ecology in Lake Jooal high high low	F/S is required for project implementation and targets high	Project cost is moderate size and possible to implement high	Yes
San Miguel River Improvement, Lower Reach 2 (rest of M/F projects)	141	17.1 km <sup>2</sup> (700 / 1,300)	(*) Increase in land development potential Flood damage reductions	(*) Improvement of Ecology in Lake Jooal medium medium	F/S is required Construction of Phase 1 and 2 will take long period medium low	Cost of Phase 1 and 2 is high low	No
San Miguel River Improvement, Middle Reach 1 (incl. Storage in Overpass (2 years flood))	314	42.7 km <sup>2</sup> (8,500 / 15,100)	(*) Increase in land development potential (+) Effects on flooding in the downstream (-) Land acquisition/compensation	(*) Stabilization of fishery in Overpass high medium low	F/S is required and urgent high	Project cost is moderate size and possible to implement high	Yes
San Miguel River Improvement, Middle Reach 2 (rest of M/F projects)	137	2.7 km <sup>2</sup> (5,000 / 7,000)	(*) Increase in land development potential (+) Effects on flooding in the downstream	(*) Stabilization of fishery in Overpass low low	F/S is required medium	Cost of Phase 1 and 2 is high low	No
San Miguel River Improvement, Upper Reach	63	6.0 km <sup>2</sup> (1,300 / 2,400)	(*) Smooth urban development (+) Effects on flooding in the downstream (-) Land acquisition/compensation	medium low low	F/S is required medium	Cost is high compared with the effect low	No
Floodplain Management, Near San Miguel City	-	-	(*) Smooth urban development (+) Flood damage reduction	high high	Study is urgently needed because of rapid development high	Low cost high	Yes
Floodplain Management, Overpass Area and Jooal Area	5.6	-	(+) Flood damage reduction (-) Contribution to solution of lake problem	(+) Improvement of Ecology in the lake high high	Clearly related with the river improvement medium	Low cost high	Yes
Floodplain Management, Estuary Area	-	-	(*) Smooth development (-) Flood damage reduction	medium medium	Can be executed without F/S low	Low cost high	No
Watershed Management, Upper Basin	64	Small	(+) Effects on flood control and water resources (+) Increase in forestry production	(+) Improvement of river water environment high high	Lands owners are related Can be included and executed by MAO Not pure flood control high	Cost is moderate size Project cost would be the government as land owners medium low	No
Watershed Management, Middle Basin	50	Small	(+) Effects on flood control and water resources (+) Increase in forestry and agricultural production	(+) Improvement of river water environment medium high	Lands owners are related Can be included and executed by MAO Not pure flood control high	Cost is moderate size Project cost would be the government as land owners medium low	No
Watershed Management, Lower Basin	90	Small	(+) Effects on flood control and water resources (+) Increase in forestry and agricultural production	(+) Improvement of river water environment medium high	Lands owners are related Can be included and executed by MAO Not pure flood control high	Cost is moderate size Project cost would be the government as land owners medium low	No

Note: high, medium, low in columns means priority

表 4.2 優先プロジェクトの概要

**RIVER IMPROVEMENT**

Project Cost(€ million): (Including price escalation)		775.9
Construction Works	Construction Period	5 years from 2001 to 2005
	Excavation(m <sup>3</sup> ):	8,035,000
	Embankment(m <sup>3</sup> ):	1,173,000
	Revetment(m <sup>3</sup> ):	6,000
	Ground sill(site)	4
	Weir/gate(site):	2
	Sluice(site):	1
	Bridge(site):	3
Reduction of Flooded Area: for 10-yr. flood (km <sup>2</sup> )	San Miguel:	0.0
	Olomega:	53.9
	Jocotal:	13.0
	Usulután:	13.6
	Total:	80.5
Beneficiary in the Protected Area: for 10-yr. flood in 2020 (persons)	San Miguel:	0
	Olomega:	24,400
	Jocotal:	5,900
	Usulután:	6,100
	Total:	36,400
Social Impact	Positive Impact:	- To enable effective land use and development of the basin, - To ensure the people's livelihood in the basin, - To ensure stable fishery in lakes of Olomega and Jocotal, - To create employment opportunities during construction, and - To improve sanitary conditions.
	Negative Impact: - Land acquisition: - House comp.:	676 ha 20 houses
Environmental Impact		- Disturbance of communities during construction - Mitigation of inflow of polluted and sediment contained water of the San Miguel River - Stabilization of water level in lakes of Olomega and Jocotal
Economic Viability: EIRR (%)		18.1

**FLOODPLAIN MANAGEMENT**

Jocotal Area	Land use regulation, flood proofing and flood forecasting/warning to mitigate damage in non-dike reaches
Olomega Area	
Near S. Miguel City	
Project Cost	Land use regulation to mitigate damage in urban area - Office and equipment: € 8,100,000 - Operation and maintenance: € 720,000/yr.

表 4.3 優先プロジェクトの工事数量

From		To		Stretch code	Length dx(km)	Excavation (m <sup>3</sup> )	Embankment(m <sup>3</sup> )	Land (1,000m <sup>2</sup> )	House (nos)
Location	Station	Location	Station						
<b>LOWER REACHES</b>									
River mouth	SR0	Santa Rita R.	SR21+0.20k		10.00				
Santa Rita R.	SR21+0.20k	End of farm land	SM1	L1-1	0.86	0	0	0	0
End of farm land	SM1	Cerro El Encantado	SM7	L1-2	2.65	146,900	0	299	1
Cerro El Encantado	SM7	Limon R.	SM13	L1-3	3.36	77,600	239,300	429	0
Limon R.	SM13	Ereguatquin R.	SM30+0.05k	L2	9.33	207,300	266,200	845	3
Ereguatquin R.	SM30+0.05k	Vado Marin Br.(old)	SM58	L3	15.51	213,000	0	1,067	11
Vado Marin Br.(old)	SM58	Jocotal Drainage	SM63	L4-1	2.17	824,100	0	191	0
Jocotal Drainage	SM63	Brazo de S.M.	SM79+0.15k	L4-2	6.30	1,597,600	0	711	0
Brazo de S.M.	SM79+0.15k	Chilanguera R.	SM91+0.32k	L4-3	4.37	1,220,900	0	526	0
Chilanguera R.	SM91+0.32k	La Canoa	SM95+0.38k	L4-4	2.42	263,100	0	267	0
La Canoa	SM95+0.38k	El Delirio	SM103	L4-5	6.74	0	0	0	0
					Sub-total	4,550,500	505,500	4,335	15
<b>MIDDLE REACHES</b>									
El Delirio	SM103	Olomega D./S.M.R.	SM104+0.14k	M1	0.71	80,800	0	62	0
Olomega D./S.M.R.	SM104+0.14k	Start of COC/G.Sill	SM113	M2-1	5.36	0	0	0	0
Olomega D./S.M.R.	SM104+0.14k	End of COC	OL1+0.80k	O1-1	0.85	167,900	0	96	0
End of COC	OL1+0.80k	Start of COC/G.Sill	SM113	COC	2.10	556,500	0	289	0
Start of COC/G.Sill	SM113	WL drop	SM117	M2-2	2.39	320,100	0	184	0
WL drop	SM117	Pelota R.	SM120+0.26k	M2-3	2.05	216,700	103,400	171	0
Pelota R.	SM120+0.26k	L. Aramuaca	SM135	M3	10.47	775,000	427,400	654	3
L. Aramuaca	SM135	Moscoso Br.	SM157	M4	13.10	0	0	0	0
Moscoso Br.	SM157	Taisihuat R.	SM165+0.17k	M5	4.25	0	0	0	0
Taisihuat R.	SM165+0.17k	Urbina Br.	SM170+0.06k	M6-1	2.23	0	0	0	0
					Sub-total	2,117,000	530,800	1,456	3
<b>OLOMEGA DRAINAGE</b>									
End of Drainage	OL1+0.80k	Pelota R.	OL6+0.10k	O1-2	4.11	468,700	0	351	0
Pelota R.	OL6+0.10k	Olomega Outlet	OL6+0.30k	O2	0.20	91,700	0	18	0
Olomega Outlet	OL6+0.30k	Lake Olomega	W6+0.95k	W6	0.95	30,400	0	50	0
					Sub-total	590,800	0	419	0
<b>OLOMEGA DIVERSION CHANNEL</b>									
Olomega D.	OL6+0.10k	Diversion weir	PL2+0.44k	P1	1.53	0	0	0	0
Diversion weir	W1+0/PL2+0.4	San Miguel R.	SM120+0.26k	P2	3.21	688,900	98,600	126	0
Lake Olomega	W1-1.10k	W1+0/PL2+0.44k	W1-0.00k	W1	1.10	88,000	37,600	423	2
					Sub-total	776,900	136,200	549	2
					Grand total	8,035,200	1,172,500	6,759	20

表 4.4 優先プロジェクトの事業費

Items	Unit		Quantity	Amount( \$ million)		
	Unit	Cost( \$ )		Total	L.C.	F.C.
1. Construction works						
1.1 Channel works				366.9	167.5	199.4
Earth excavation(1)	m <sup>3</sup>	45	3,977,000	179.0	73.4	105.6
Earth excavation(2)	m <sup>3</sup>	20	3,906,000	78.1	32.0	46.1
Rock excavation	m <sup>3</sup>	173	152,000	26.3	10.8	15.5
Embankment	m <sup>3</sup>	42	1,173,000	49.3	20.2	29.1
Revetment	m	5,700	6,000	34.2	31.1	3.1
1.2 Structure works				24.7	18.8	5.9
Diversion weir	l.s.			10.5	9.0	1.5
Control gate	l.s.			9.4	5.8	3.6
Drainage sluice				0.6	0.4	0.2
Type-A	nos	426,000	0	0.0	0.0	0.0
Type-B	nos	586,000	1	0.6	0.4	0.2
Type-C	nos	754,000	0	0.0	0.0	0.0
Ground sill	m	18,269	229	4.2	3.6	0.6
1.3 Appurtenant works				42.1	24.0	18.1
Intake gate(Type-B)	nos	586,000	1	0.6	0.4	0.2
Bridge				33.0	17.2	15.8
Bridge(105m)	nos	13,400,000	1	13.4	7.0	6.4
Bridge(90m)	nos	12,600,000	1	12.6	6.6	6.0
Bridge(40m)	nos	7,000,000	1	7.0	3.6	3.4
Rural road	m	160	2,640	0.4	0.4	0.0
Telemetering system	l.s.			8.1	6.1	2.0
(Sub-total: 1.1+1.2+1.3)				433.7	210.3	223.4
2. Land and house				19.2	19.2	0.0
Land acquisit.(1)	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	2,150	728	1.6	1.6	0.0
Land acquisit.(2)	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	5,720	845	4.8	4.8	0.0
Land acquisit.(3)	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	2,570	1,067	2.7	2.7	0.0
Land acquisit.(4)	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	720	1,695	1.2	1.2	0.0
Land acquisit.(5)	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	3,580	2,424	8.7	8.7	0.0
Land acquisit.(6)	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	7,150	0	0.0	0.0	0.0
House compensat.	house	12,000	20	0.2	0.2	0.0
3. Administration	l.s.			22.6	22.6	0.0
4. Engineering service	l.s.			67.9	25.1	42.8
5. Physical contingency	l.s.			54.3	27.7	26.6
(Sub-total: 1+2+3+4+5)				597.7	304.9	292.8
6. Price contingency	l.s.			178.2	123.4	54.8
Total				775.9	428.3	347.6

表 4.5 優先プロジェクトの経済分析

Priority Project-Alt.I (O+J+U)					Unit: Cols. Million	
Year	Economic Cost			Economic Benefit (B)	Net Benefit (B)-(C)	
	Construction	OM	Total (C)			
1	1999	21.45	0.00	21.45	0.00	-21.45
2	2000	9.99	0.00	9.99	0.00	-9.99
3	2001	103.46	0.00	103.46	0.00	-103.46
4	2002	103.46	0.43	103.89	21.08	-82.81
5	2003	103.46	0.86	104.32	42.17	-62.15
6	2004	99.19	1.29	100.48	63.25	-37.23
7	2005	99.14	1.72	100.86	84.34	-16.52
8	2006	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
9	2007	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
10	2008	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
11	2009	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
12	2010	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
13	2011	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
14	2012	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
15	2013	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
16	2014	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
17	2015	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
18	2016	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
19	2017	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
20	2018	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
21	2019	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
22	2020	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
23	2021	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
24	2022	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
25	2023	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
26	2024	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
27	2025	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
28	2026	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
29	2027	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
30	2028	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
31	2029	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
32	2030	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
33	2031	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
34	2032	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
35	2033	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
36	2034	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
37	2035	0.00	2.15	2.15	105.42	103.27
38	2036	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	2037	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	2038	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	2039	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	2040	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total		540.15	68.80	608.95	3,373.44	2,764.49

Discount Rate (%)	B/C	PV(Cols. Million)		NPV (Cols. Million)	EIRR (%)	18.11
		Cost	Benefit			
20	0.90	241.50	218.32	-23.18		
15	1.21	292.16	352.29	60.13		
12	1.49	330.34	491.65	161.31		
10	1.75	360.10	629.53	269.44		
5	2.87	456.22	1,309.23	853.01		

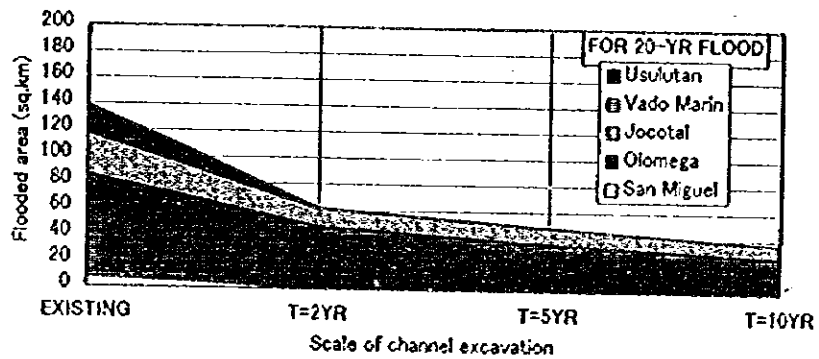
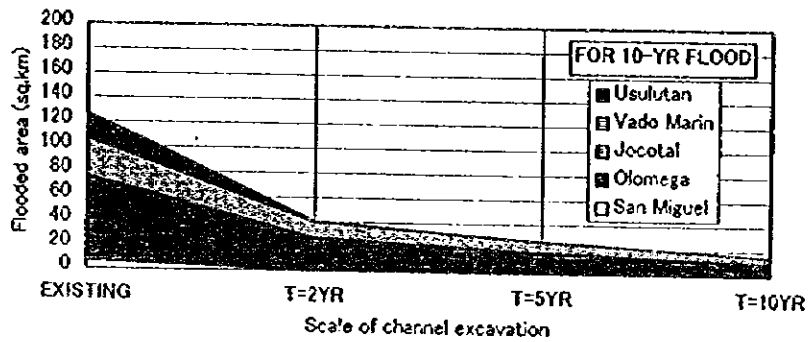
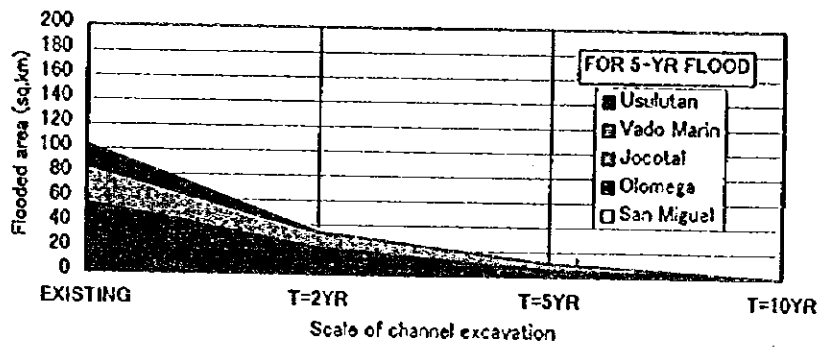
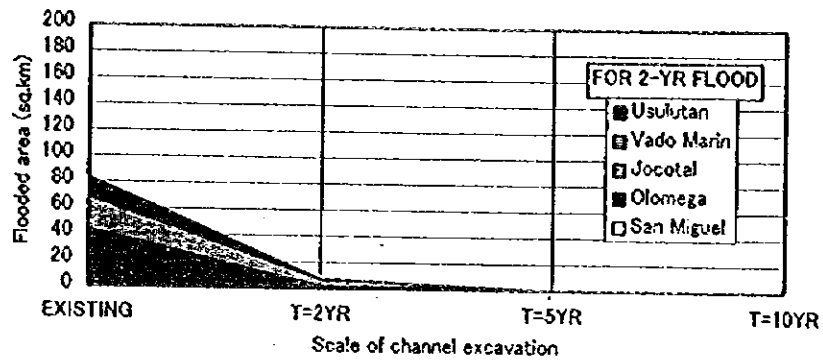


図 4.1 事業規模と洪水氾濫面積の関係

# Proposed Priority Project

## Dike and Excavation Length

Area	Dike Length(km)	Excavation Length(km)
Lower Reach	12.7	46.3
Middle Reach	12.5	16.6
Olomega Drainage	0.0	5.3
Olomega Diversion	4.3	4.3
Total	29.5	74.3

## Proposed Project Works

ITEM	AMOUNT
1. Structural Measures	
Earth Excavation	7,883,000 m <sup>3</sup>
Rock Excavation	1,172,000 m <sup>3</sup>
Embankment	1,373,000 m <sup>3</sup>
Revetment	6,000 m
Diversion Weir	1 place
Control Gate	1 place
Drainage Sluice	1 place
Ground Sill	228 m
Intake Gate	1 place
Bridge	3 places
Rural Road	2,640 m
Land Acquisition	6.76 km <sup>2</sup>
Compensation	20 houses
2. Non-structural Measures	
Automatic Water Level Station	5 places
Telemetering System	1 unit
Floodplain Management	3 places

## Legend

- San Miguel River
- Catchment Boundary
- Maximum Flooded Area
- Dike
- Channel Excavation
- Revetment
- Olomega Diversion Weir
- Olomega Control Gate
- Automatic Water Level Station
- New Olomega Site Office
- Area for Floodplain Management
- Bridge
- Ground Sill
- Drainage Sluice
- Intake Gate

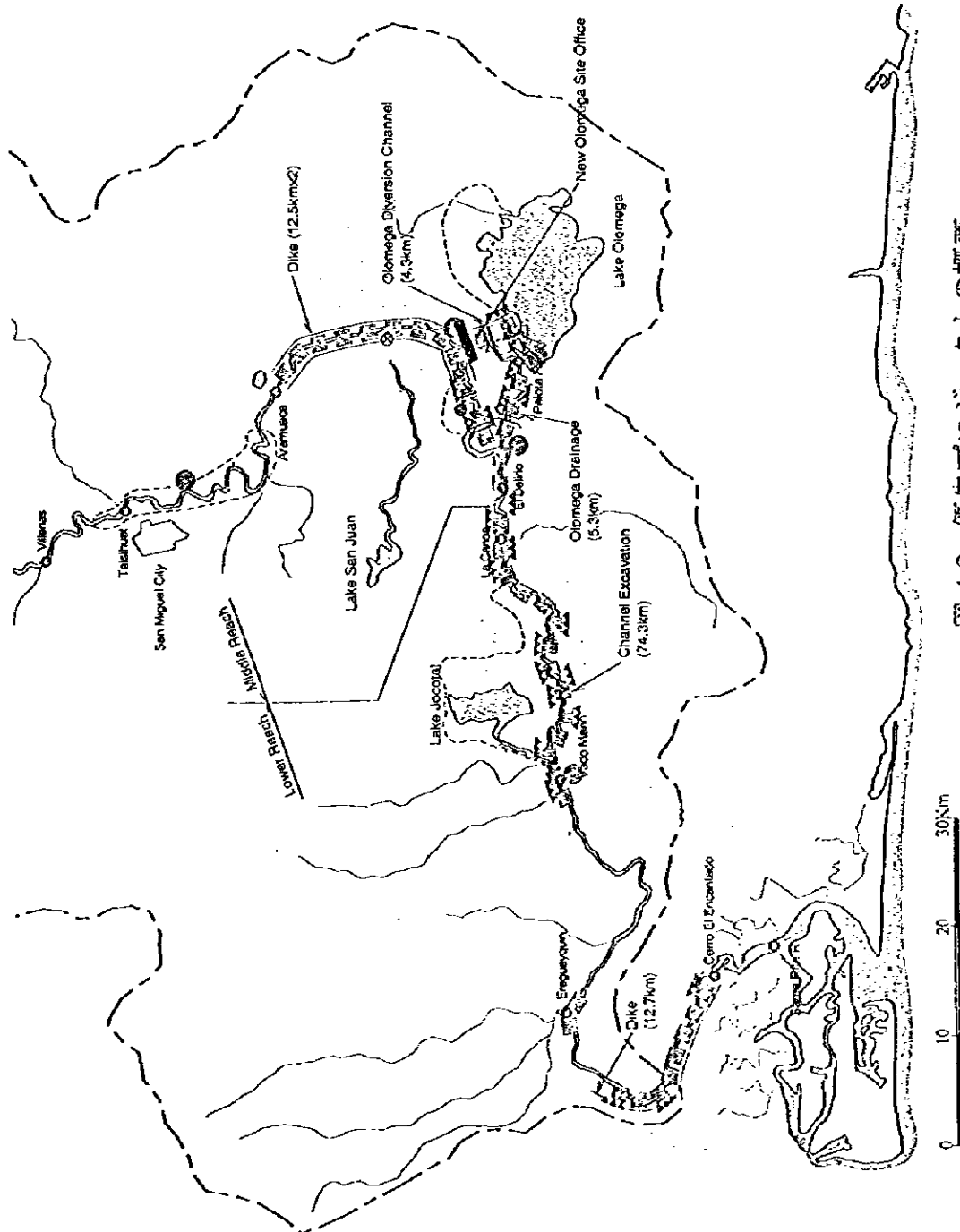


図 4-2 優先プロジェクトの概要



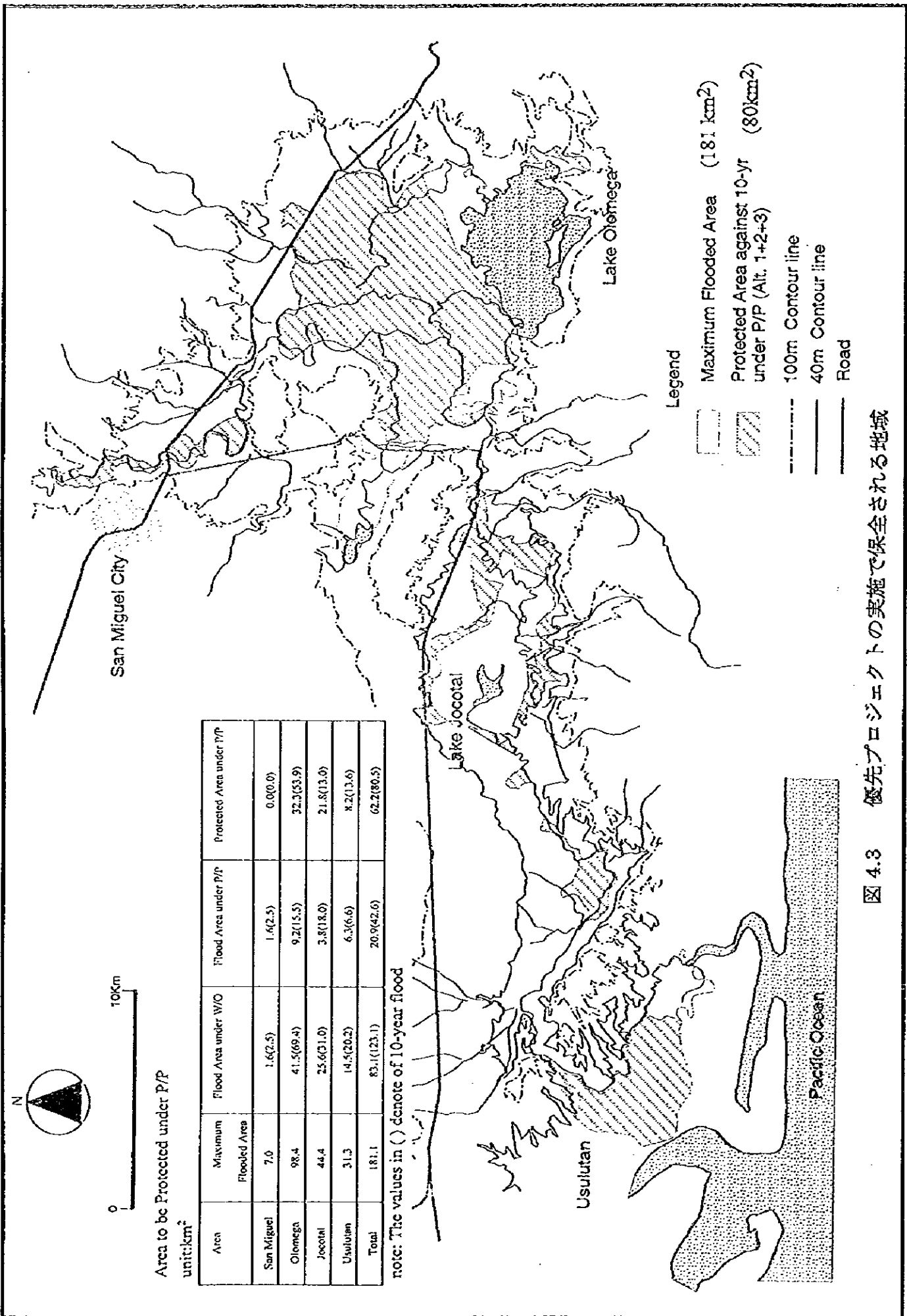


図 4.3 優先プロジェクトの実施で保全される地域

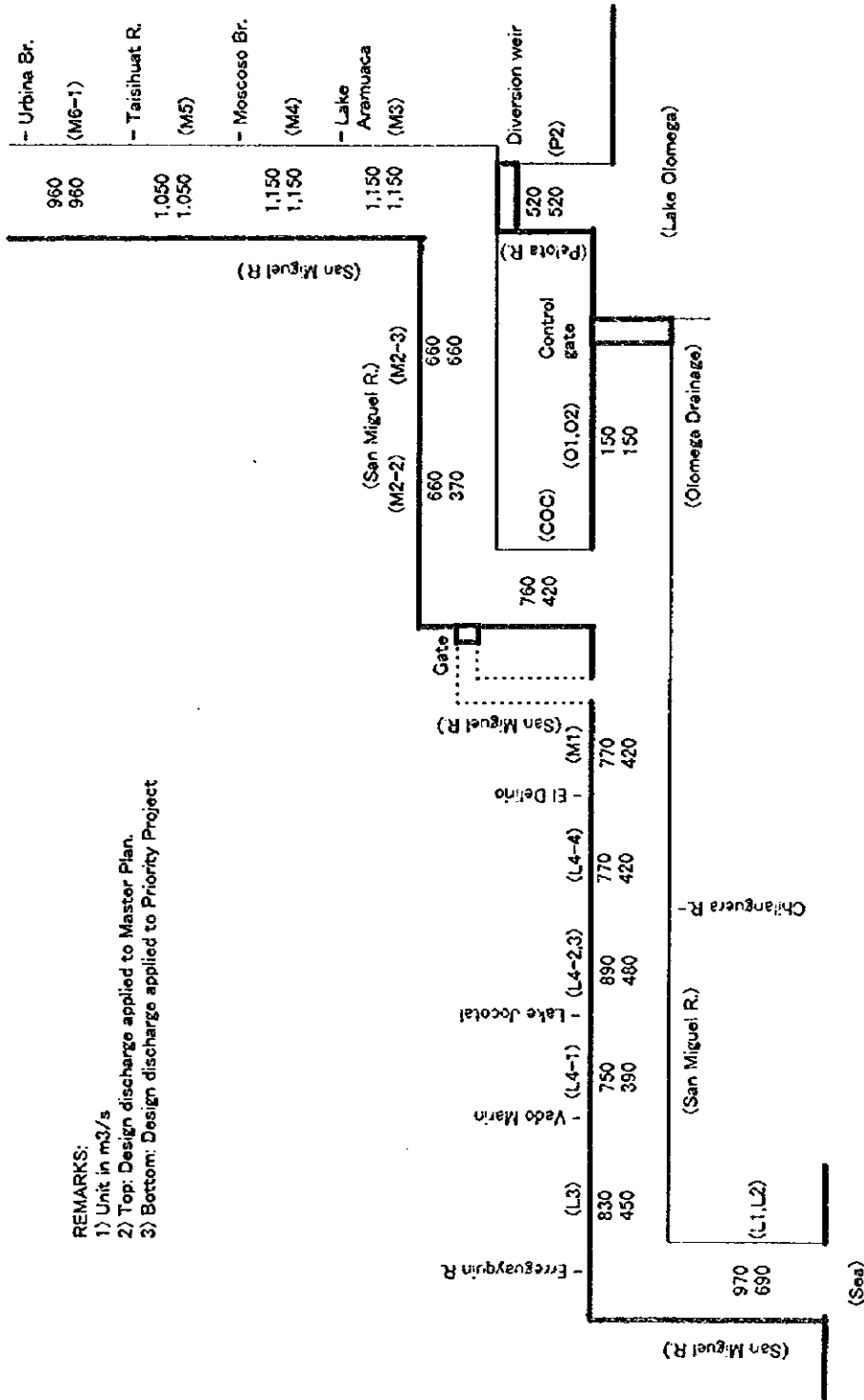
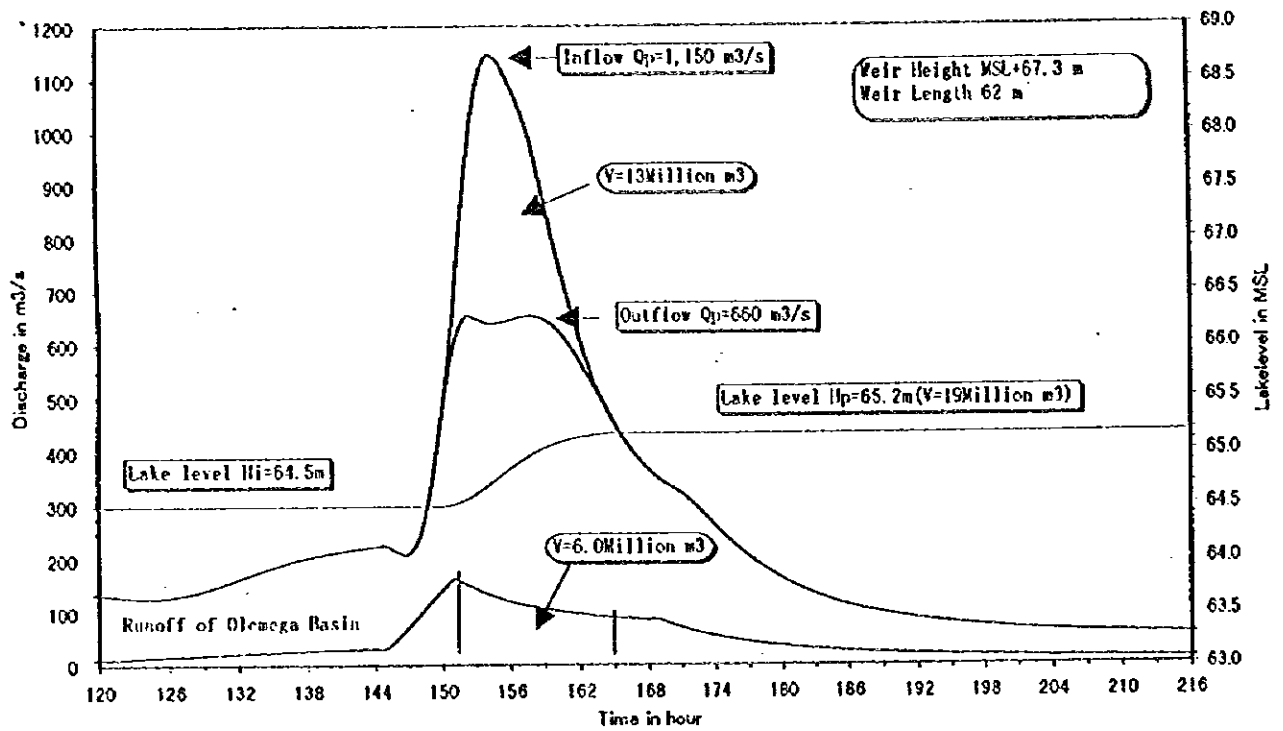


図4.4 マスタープランと優先プロジェクトの計画流量配分

HYDROGRAPH AT OMEGA DIVERSION FOR 10-yr. FLOOD



HYDROGRAPH AT OMEGA DIVERSION FOR 2-yr. FLOOD

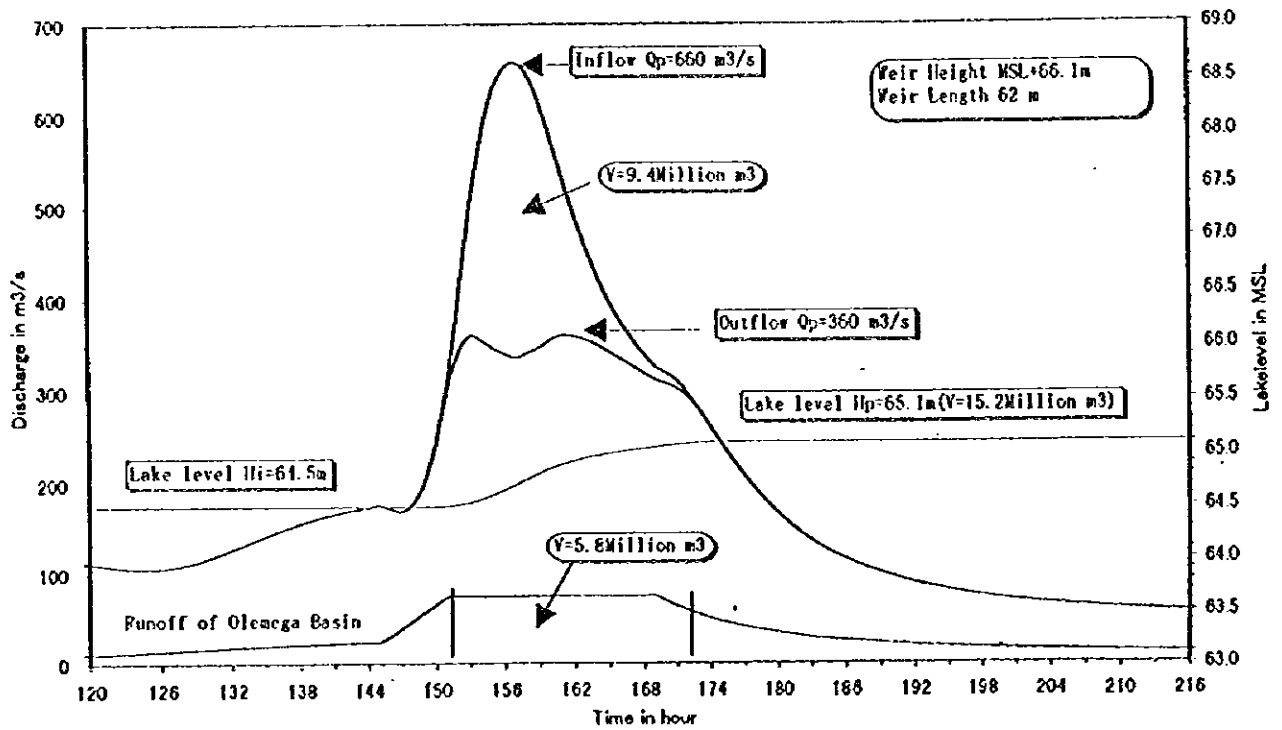


図 4.5 オロメガ湖流入、流出ハイドログラフ

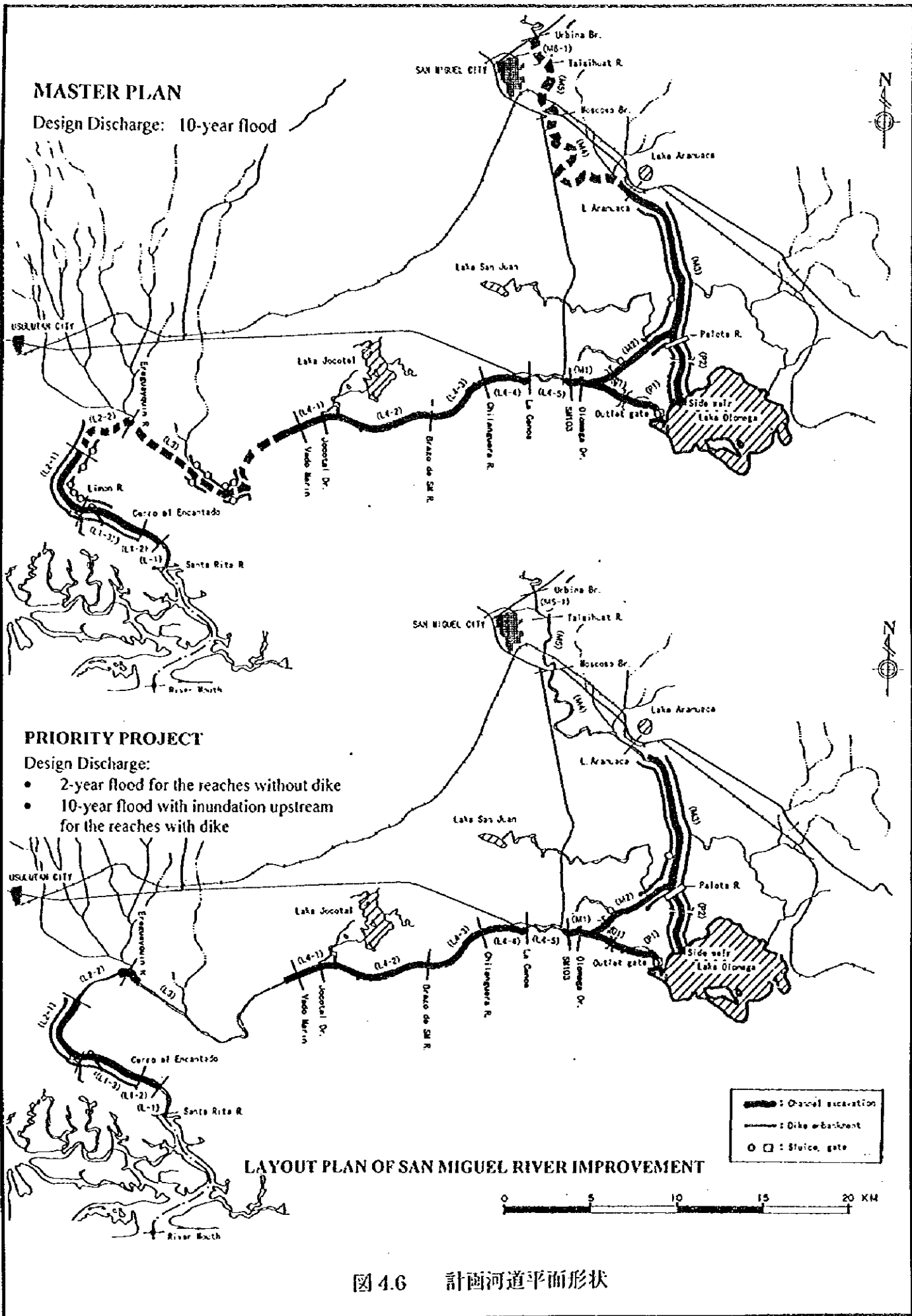


圖 4.6 計畫河道平面形狀

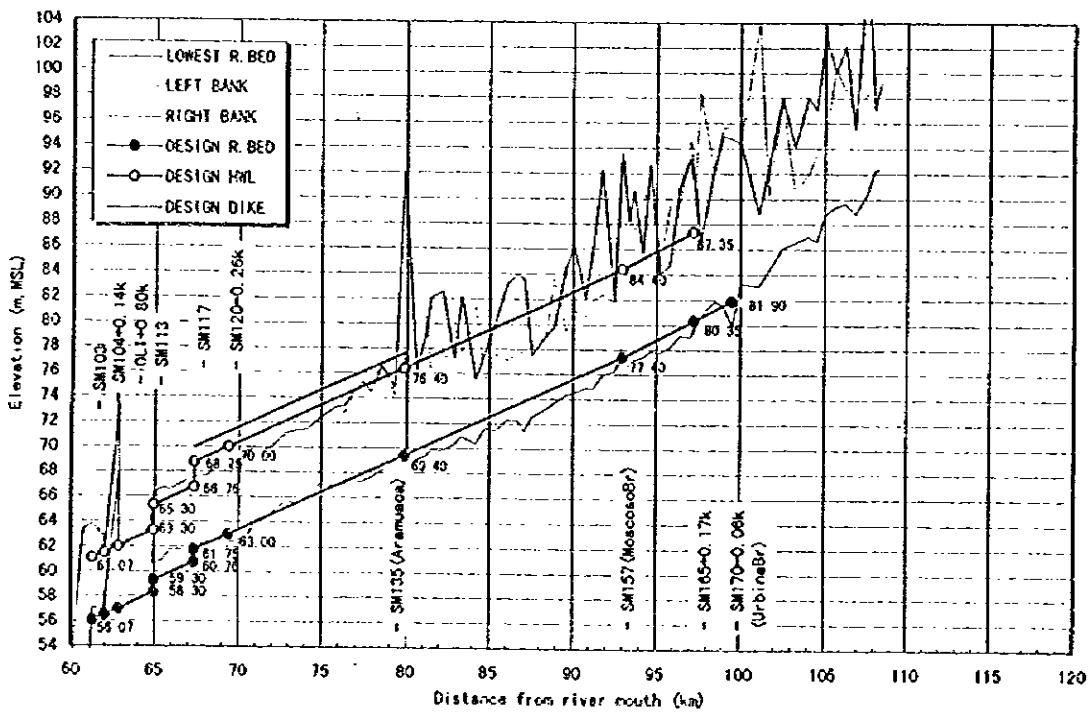
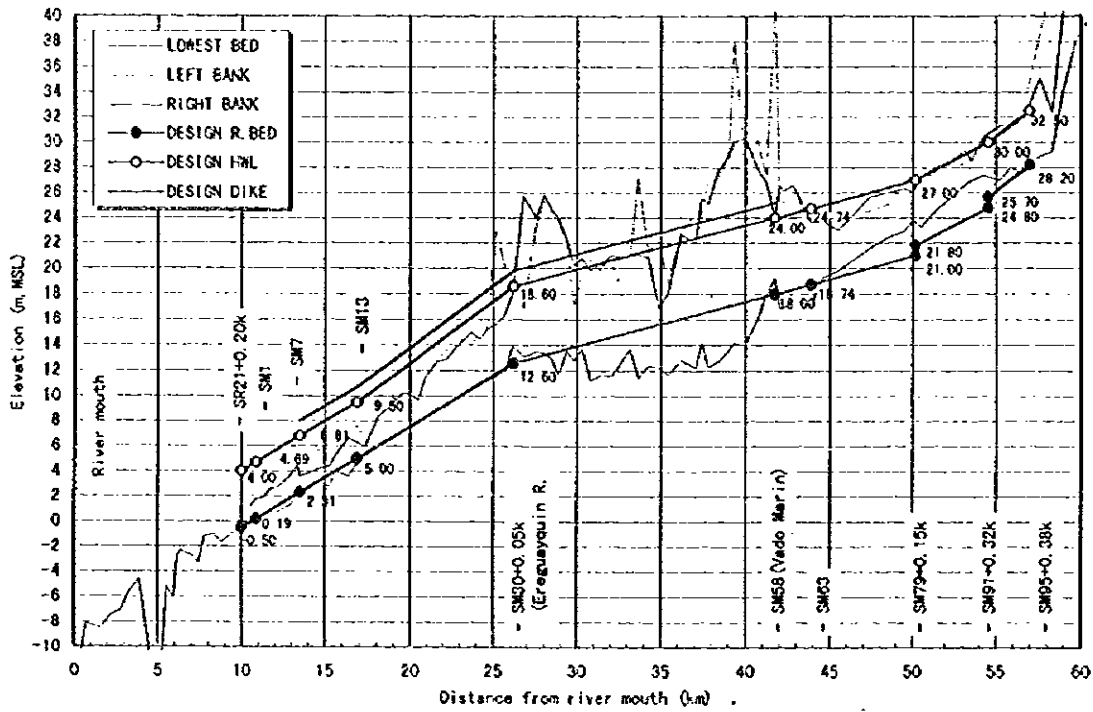


図 4.7(1/2) 計画河川縦断面図

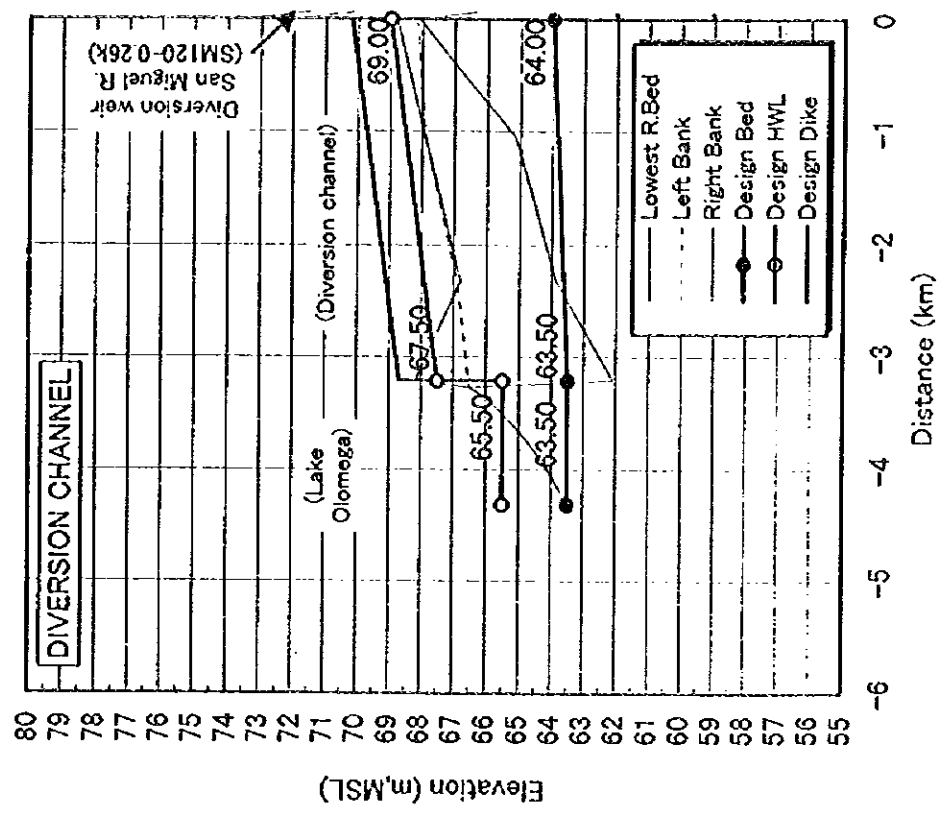
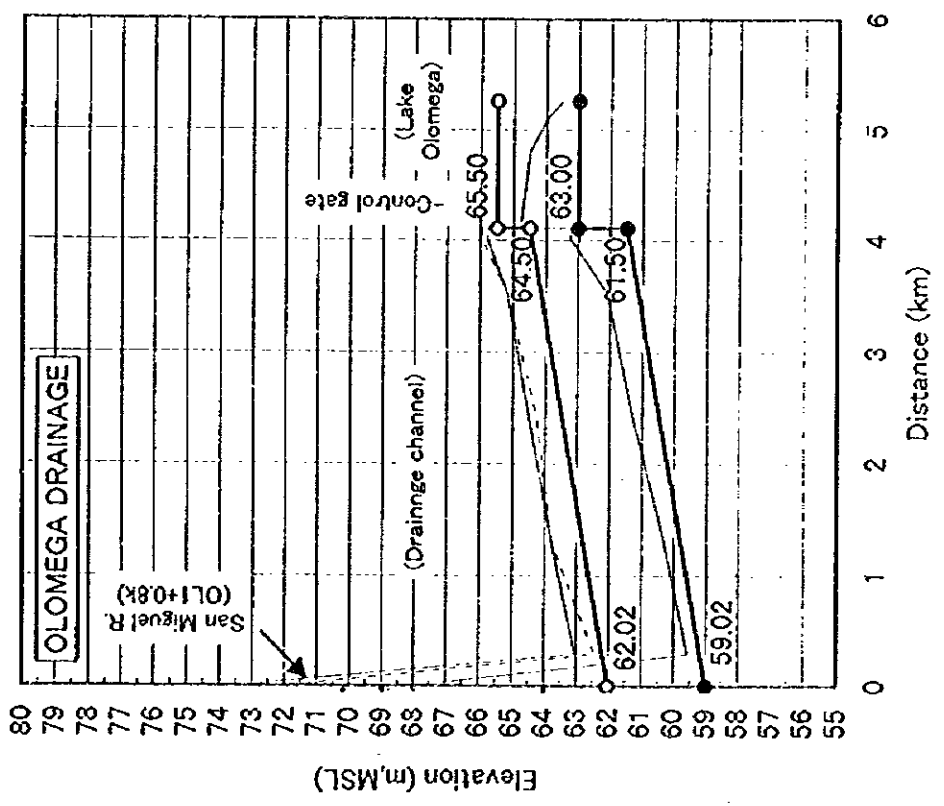


図 4.7(2) 計画河川縦断面図

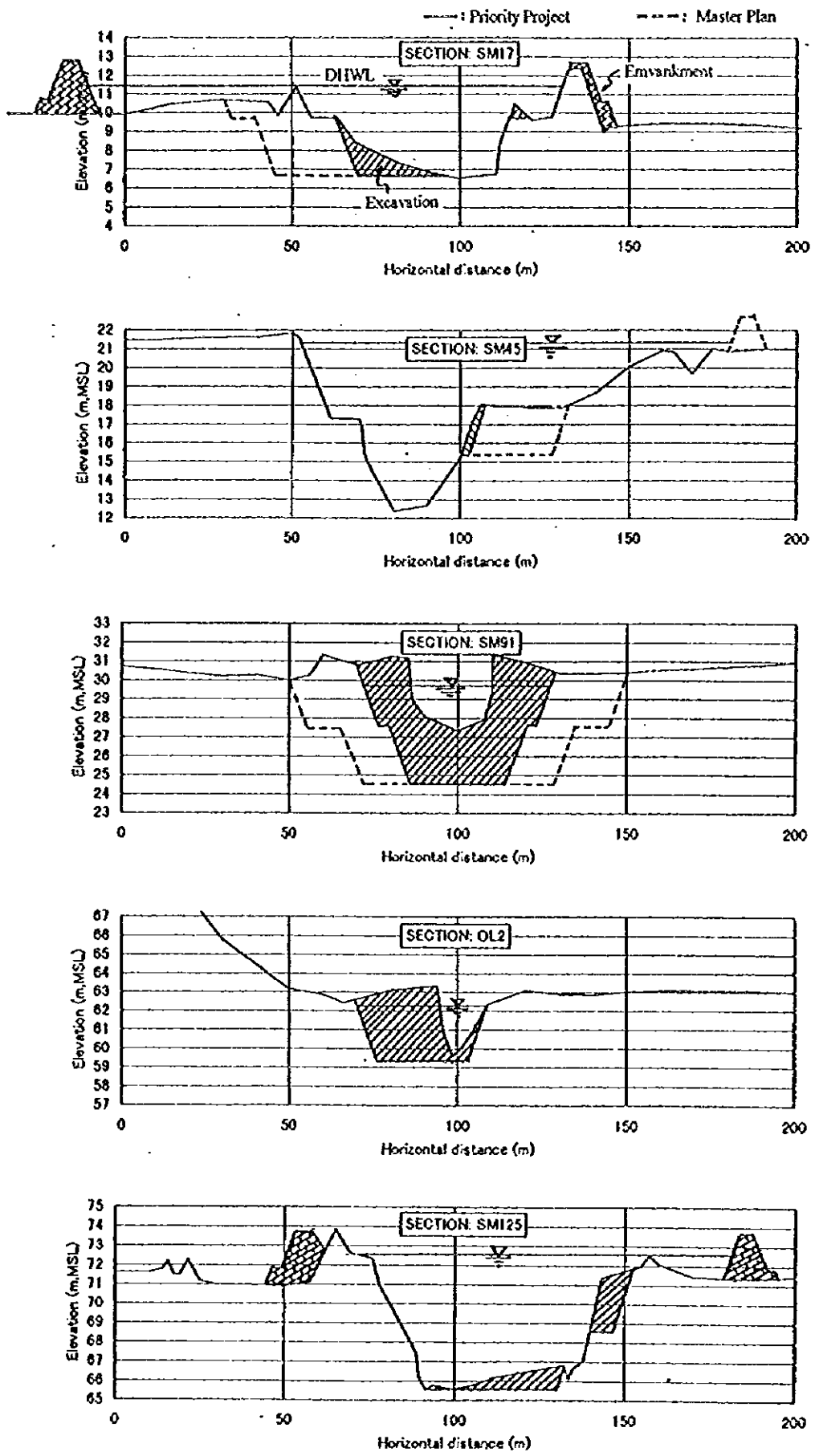
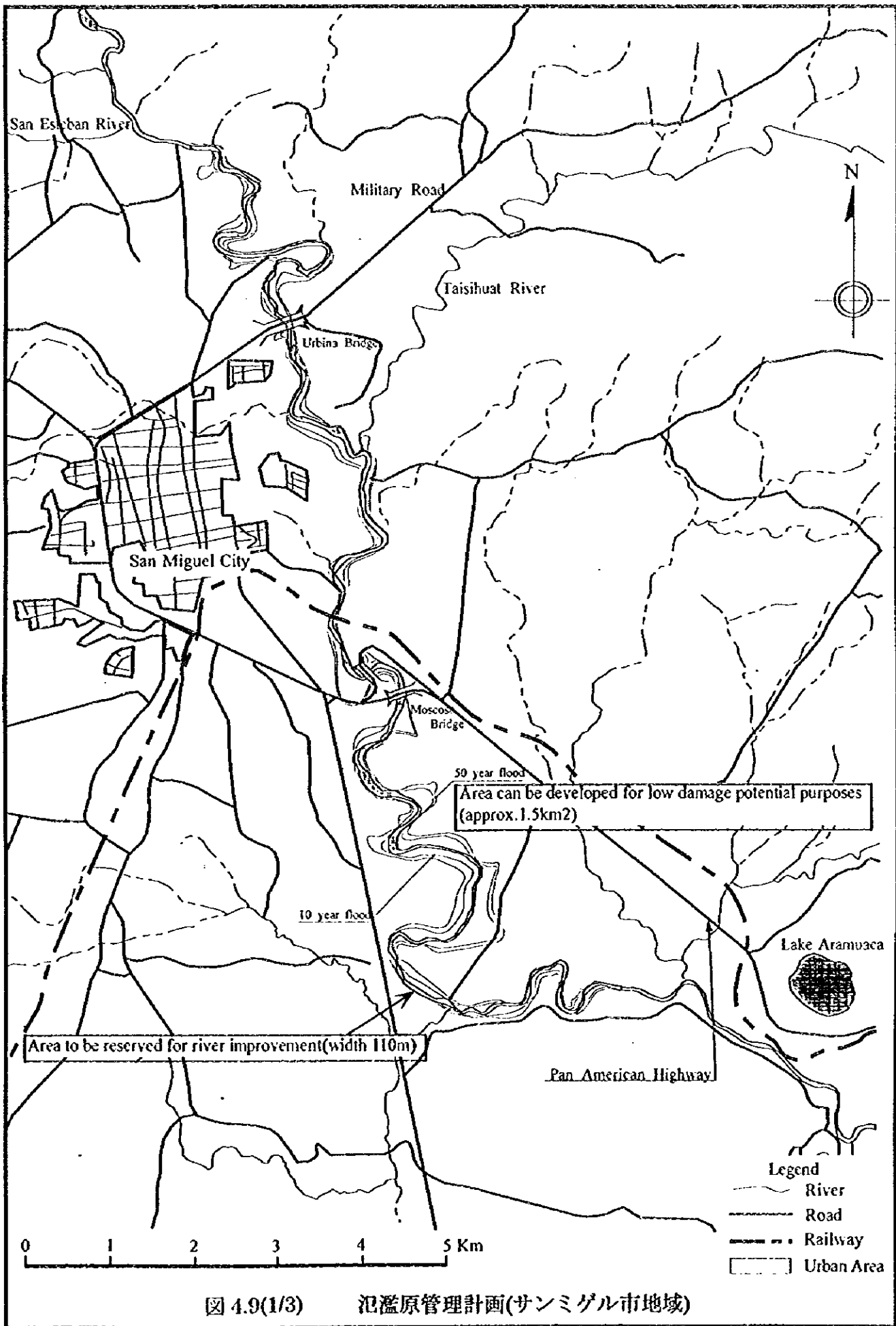


図 4.8 計画河川横断面図





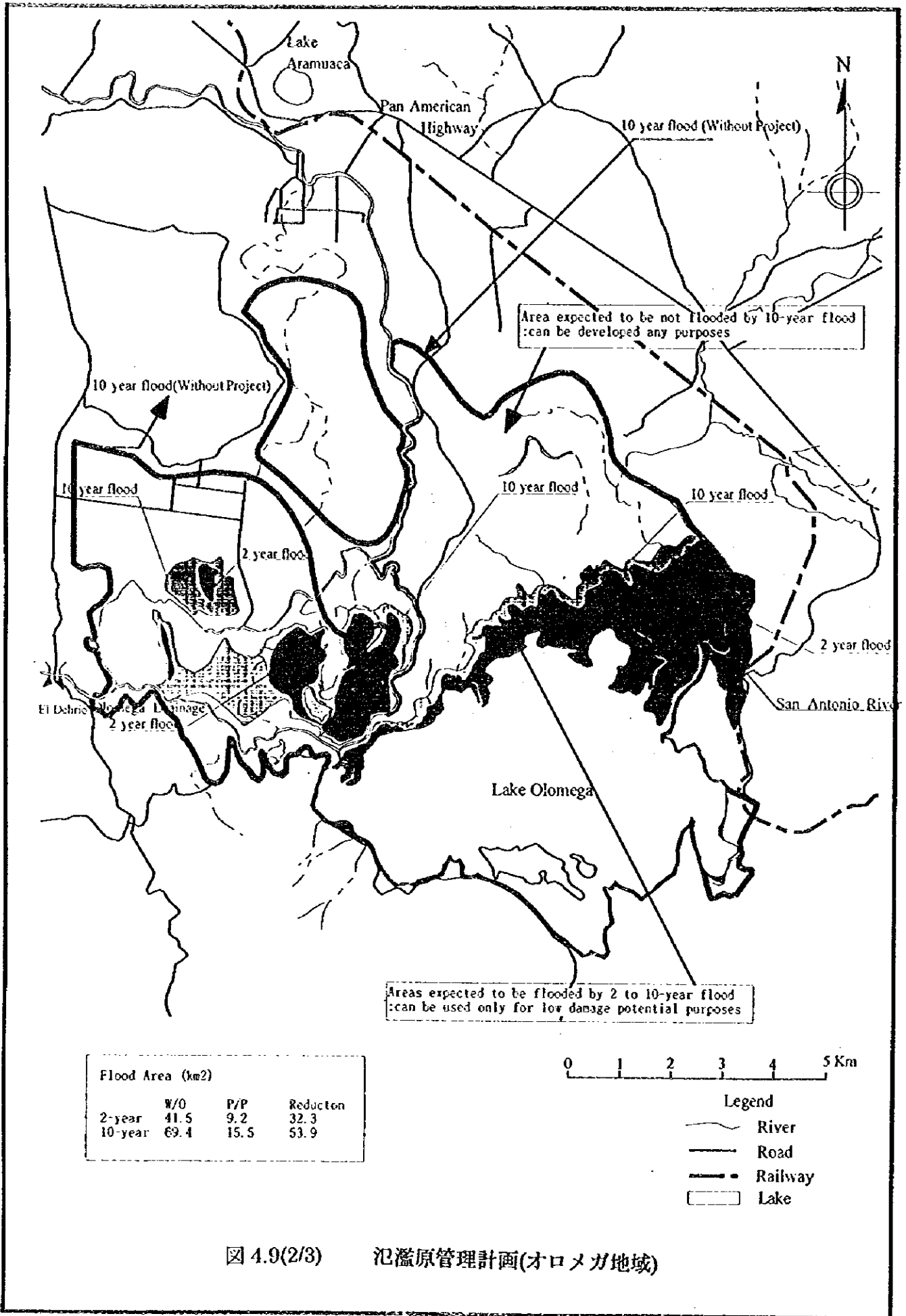


図 4.9(2/3) 氾濫原管理計画(オロメガ地域)

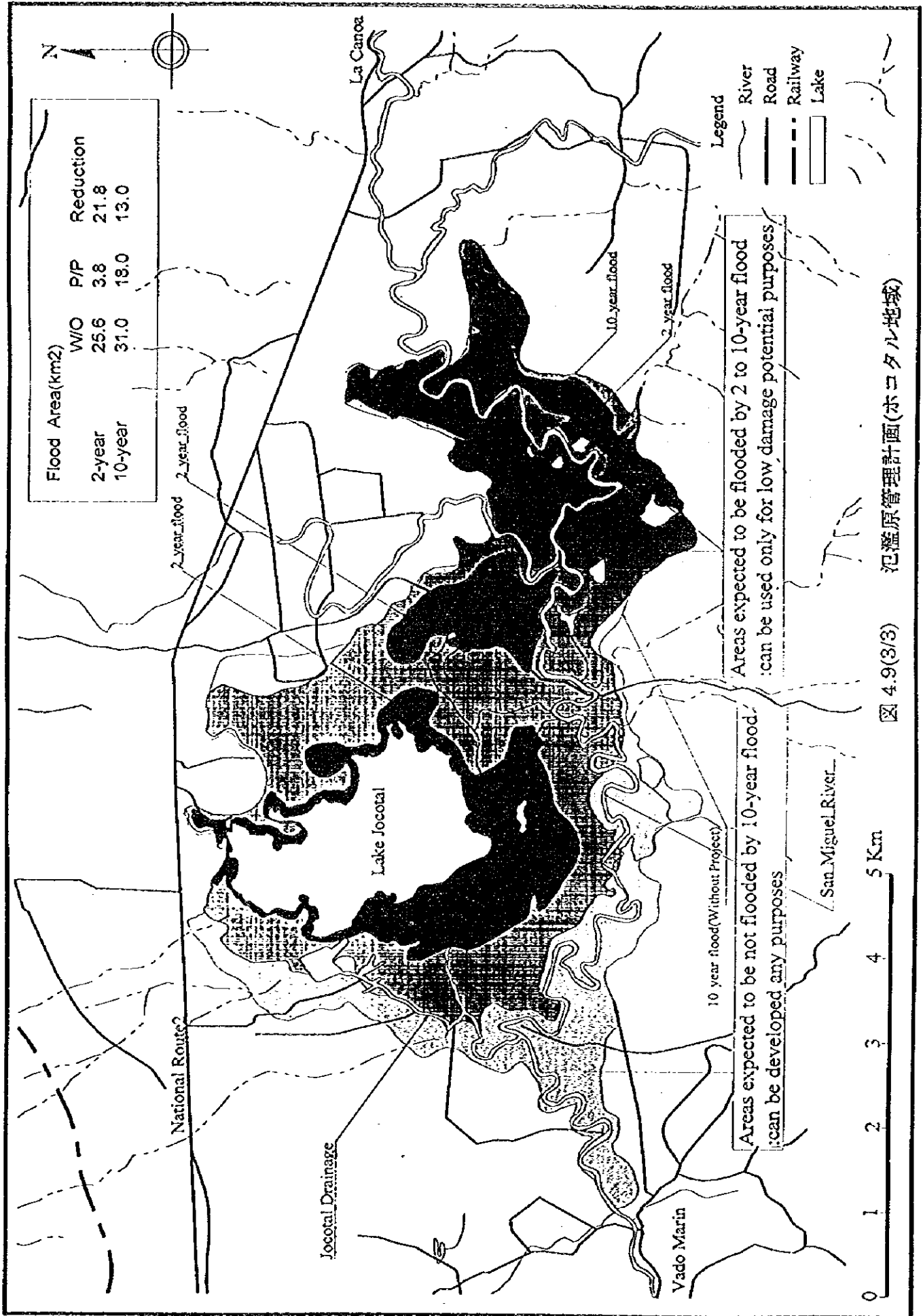
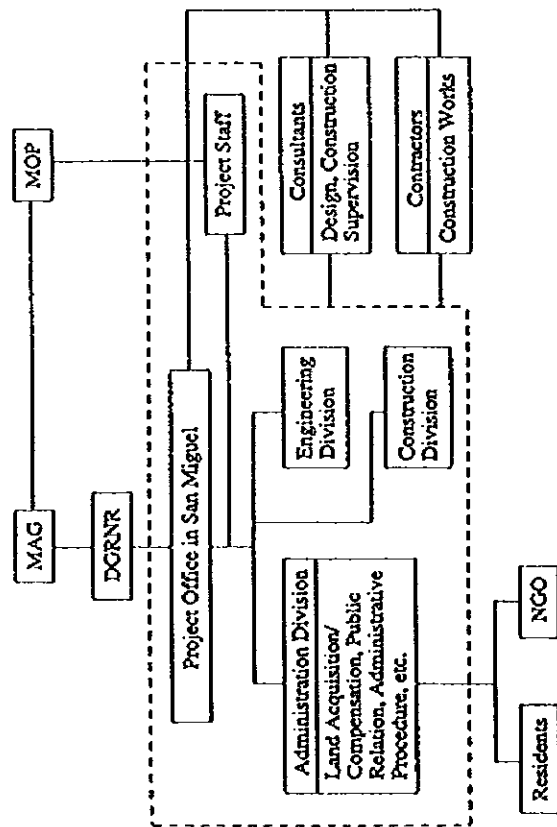


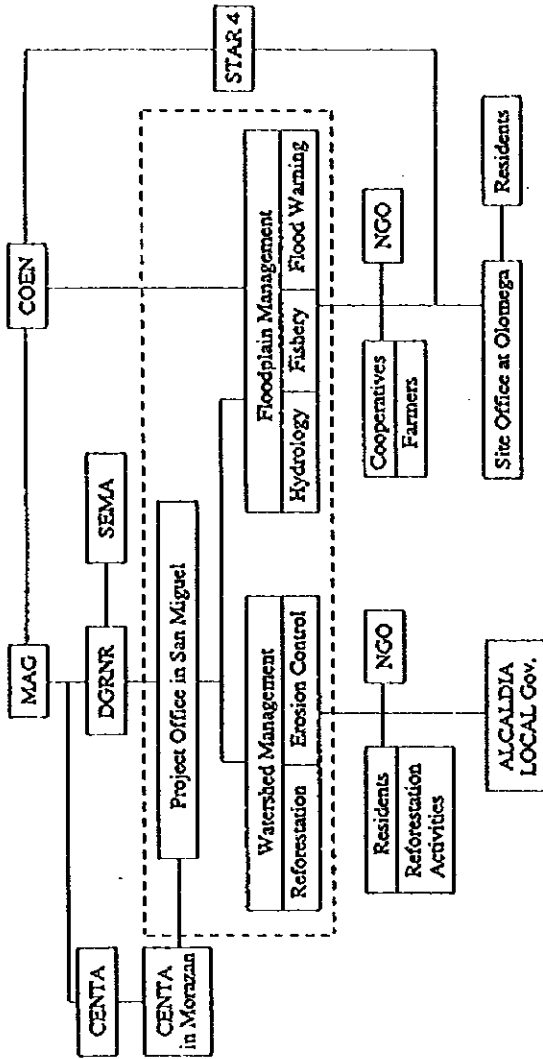
図 4.9(3/3) 氾濫原管理計画(ホコタル地域)

Proposed Organization for Structural Measures

(1) Design/Construction Stage



Proposed Organization for Nonstructural Measures



(2) Operation/Management Stage

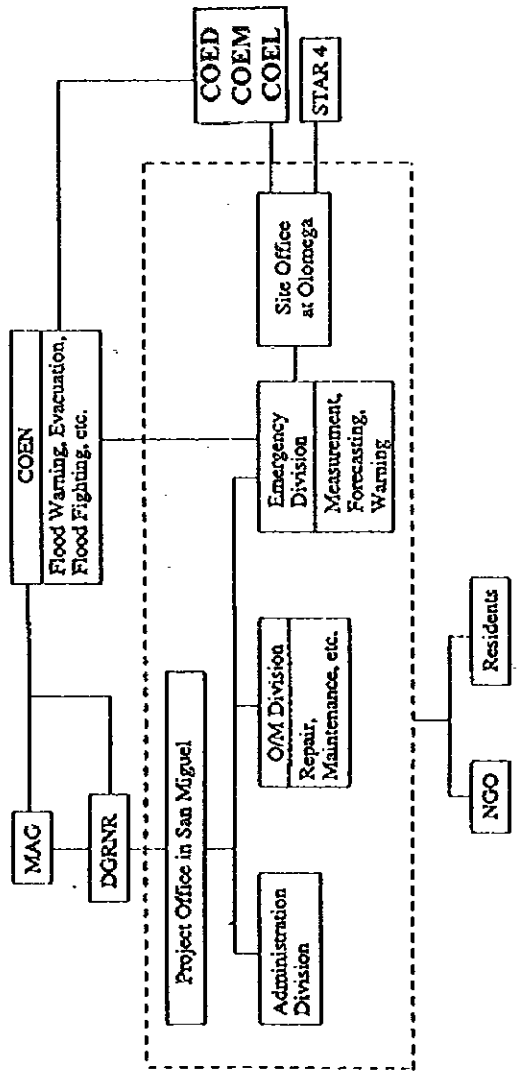


図 4.10 提案した組織

## 5. 結論と勧告

## 5. 結論と勧告

- (1) 構造物対策の優先プロジェクトは経済的に効果が大きく地域の開発と安定に貢献する。また、社会的・環境的影響は小さい。早期に実施することを提言する。
- (2) 潜在的洪水被害を軽減するため、洪水予警報、土地利用規制・耐水化、住民教育を含む氾濫原管理の実施を提言する。
- (3) 既に調査・計画がなされている植林、土壌侵食防止を含む流域管理は、農林生産の増大、自然資源保全に寄与すると同時に洪水対策、水資源開発に対しても好ましい。継続的に事業を進め、サンミゲル川流域について計画した流域管理の実施を提言する。









JICA