

国際協力事業団

公共事業・運輸・住宅省

国際協力庁

国家災害委員会

上下水道公社

天然資源環境省

テグシガルパ市

## ホンデュラス国

# 首都圏洪水・地滑り対策計画調査

## 最終報告書

### 要約

2002年5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ツ株式会社

本報告書で採用した通貨換算率

通貨	1ドルあたり
レンピーラ (Lps)	15.84 Lps
円 (JPY)	122.44 円

(2001年11月1日の為替交換率による)

## 序 文

日本国政府はホンデュラス共和国政府の要請に基づき、同国の首都圏洪水・地滑り対策計画調査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。

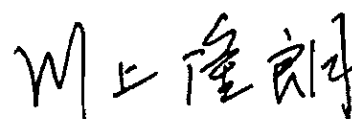
当事業団は、平成13年1月から平成13年12月までの間、2回にわたり株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルの三浦光夫氏を団長とし、同社及び日本建設コンサルタント株式会社から構成される調査団を現地に派遣しました。また、平成13年1月から平成14年5月の間、財団法人日本建設情報総合センター益倉克成氏を委員長とする作業監理委員会を設置し、本調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行なわれました。

調査団はホンデュラス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者各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成14年5月



国際協力事業団

総裁 川上隆朗

# ホンデュラス国首都圏洪水・地滑り対策計画調査

## 伝 達 状

平成 14 年 5 月

国際協力事業団  
総裁 川上隆朗 殿

ホンデュラス国首都圏洪水・地滑り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と日本建設コンサルタント株式会社から構成される共同企業体が平成 13 年 1 月 18 日、平成 14 年 1 月 25 日および平成 14 年 5 月 1 日に調印された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、テグシガルパ首都圏の洪水・地滑りにかかわる現況調査、防災対策のマスタープランの策定、マスタープランの中で選定された優先プロジェクトのフィージビリテ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、データ集、GIS 操作マニュアル、図面集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、策定されたマスタープラン、優先プロジェクトのフィージビリティ調査結果、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ました。また、解析に使用されたデータ類はデータ集にまとめ、本案件で構築されたデータベースの説明と使用方法を GIS 操作マニュアルに、主な図面を図面集にまとめました。

最後に、調査団は貴事業団、作業監理委員会、外務省、国土交通省、在ホンデュラス共和国日本大使館、他ドナー、さらにホンデュラス共和国の関係者の皆様のご支援に厚く感謝を申し上げますとともに、調査結果がテグシガルパ首都圏の防災事業の促進に寄与し、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。

三浦 光夫

ホンデュラス国首都圏洪水・地滑り対策計画調査団

総括 三浦 光夫

# 調査結果の概要

## 洪水・地滑り対策マスタープラン

### 1. 現状の問題点とマスタープランの目標

本防災対象地域では洪水、地滑りの危険地域が全体面積の30%を占め、危険地域に住む市民の割合は全人口の15%に達する事が調査の結果明らかになった。本マスタープランは、ミッチ規模のハリケーンが再び襲来しても、洪水と地滑りによる被害を最小に食い止め、少なくとも人命損失を無くする事を目標とした。この目標を達成するために、非構造物対策と構造物対策の組み合わせによって対処するマスタープランを作成した。

### 2. マスタープランプロジェクト

マスタープランは表1に掲げるプロジェクトにより目標を達成するものとした。

表1 マスタープランプロジェクト

	洪水対策	地滑り対策	共通
構造物対策	チヨルテカ川改修 (15年確率洪水対象)  ベスカド湖出口改良	ベリンチェ地滑り対策  レパルト地滑り対策  バンブー地滑り対策	-
非構造物対策	流域管理  土地利用計画/土地利用規制  構造基準の適用  予報/警報/避難	土地利用計画/土地利用規制  予報/警報/避難	教育 / 啓発 / 訓練 (ハザードマップ作成、公表含む)    災害管理情報システム

### 3. 構造物対策の施設計画

マスタープランプロジェクトを実施するため、表2に示す構造物対策の施設計画を提案した。

表2 マスタープランプロジェクトの主要施設計画（構造物対策）

プロジェクト名	項目	施設等
洪水対策	チヨルテカ川改修	河道掘削: L=7km, 750,000 m <sup>3</sup> 河道拡幅: L=200 m (抑え盛土工、横ボーリング工、シャフト工含む) 護岸: L=9 km 堤防: L=3 km 橋梁改築: 1橋
	ベスカド湖出口改良	法面成形、蛇籠工
地滑り対策	ベリンチェ地滑り対策	排土工、地表水排除工、暗渠工、集水井工
	レパルト地滑り対策	排土工、地表水排除工、暗渠工、集水井工
	バンブー地滑り対策	地表水排除工

#### 4. 事業費

マスタープランを実施するのに必要な事業費を表3に示す。

表3 マスタープランの事業費

(単位:千 US ドル)

プロジェクト名	事業費
洪水対策	52,437
地滑り対策	8,308
共通	3,166
合計	63,911

#### 5. 資金計画

IDB ローンの条件を参考にして、事業期間を 2002 から 2015 年として資金計画を作成した。この結果、最大年支払い額は 2006 年に 37.46 百万ドル、最大年返済額は 2027 年に 2.91 百万ドルとなった。

#### 6. 組織計画

マスタープランプロジェクトを実施するために、以下の組織計画を提案した。

- 総括: ステアリングコミティー
- 洪水構造物対策: AMDC ( SOPTRAVI )
- 地滑り構造物対策: AMDC ( SERNA, SOPTRAVI )
- 流域管理: AMDC ( SANAA, SERNA, COHDEFOR )
- 土地利用計画/土地利用規制/構造基準: AMDC ( COPECO, CODEM )
- 教育/啓発/訓練: CODEM ( COPECO )
- ハザードマップの作成と公表: CODEM ( COPECO, SOPTRAVI, SERNA )
- 予報/警報/避難: COPECO, CODEM ( SERNA, SMN )

#### 7. 優先プロジェクトの選定

優先プロジェクトを選定するために、マスタープランプロジェクトについて緊急度、効果の大きさ、必要な工期、経済性を比較した結果、河川改修の一部、地滑り対策構造物対策の全部、予報/警報/避難、教育/啓発/訓練、災害管理情報システムを優先プロジェクトとして選定した。

#### 8. マスタープランの評価と提言

経済評価(EIRR=10.49%)、財務評価、事業管理の評価、技術的妥当性の評価、環境影響の評価、社会影響の評価の観点からマスタープランは実行可能と判断した。又、ホンデュラスの関係機関が密に連携をとって、本マスタープランを実行に移し、災害に対し安全な首都を作るべきである事を提言した。

# 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内容

フィージビリティ調査の対象とした優先プロジェクトは以下の通りである。

### (1) チョルテカ川改修

河道掘削	; 750,000 m <sup>3</sup>
河道拡幅	; 200 m
	(抑え盛土工、横ボーリング工、シャフト工含む)
護岸新設	; 3 km
堤防新設	; 1 km

### (2) ペスカド湖出口改良

法面成形	; 9,000 m <sup>3</sup>
蛇籠	; 630 m <sup>3</sup>

### (3) ベリンチェ地滑り対策

集水井	; 8 基
集水ボーリング	; 4,000 m
排水ボーリング	; 370 m
排水路	; 1,840 m
排土	; 184,000 m <sup>3</sup>

### (4) レバルト地滑り対策

集水井	; 1 基
集水ボーリング	; 500 m
排水ボーリング	; 230 m
排水路	; 2,330 m
排土	; 40,000 m <sup>3</sup>

### (5) バンブー地滑り対策

蛇籠	; 690 m <sup>3</sup>
排水路	; 260 m

### (6) 予報/ 警報/ 避難

雨量/流量観測所新設(洪水対策用)	; 3 箇所
雨量観測所新設(地滑り対策用)	; 4 箇所

### (7) 教育/ 啓発/ 訓練

防災担当者/教育者を対象とする教育/啓発/訓練と一般住民を対象とする教育/啓発/訓練

### (8) 災害管理情報システム

ハザードマップ情報、洪水・地滑り予報/警報に関する情報、緊急時の災害情報等のデータベースと、防災担当各政府機関が本データベースにアクセスするための光ファイバー

## 2. 事業費及び資金計画

総事業費は約 36 百万ドルである。その内訳を表 4 に示す。

表 4 事業費

項目	額 (千 US ドル)
1. 工事費	25,020
2. エンジニアリングサービスコスト	3,615
3. 予備費	6,332
4. 用地取得費	473
5. 事業管理費	1,251
合計	36,691

上表で用地費取得費と事業管理費には外国の借款やグラントを適用できない。したがって、外国からの借款またはグラント対象となる費用は 35.0 百万ドルであり、残りの 1.7 百万ドルについてはホンデュラス国が調達する必要がある。

## 3. 事業評価

EIRR は 13.44 %、総事業費は 37 百万ドルで、事業は経済的、財務的に実施可能と判断した。

レパルト地滑り対策には 10 戸の民家移転を伴うが、当該民家は地滑り危険地域に存在しており、より安全な場所に移転できるメリットがある事から、補償を伴う移転については実現できると判断した。

環境影響に関しては、環境影響評価を実施して環境影響を受ける因子を抽出したが、いずれも事業実施段階で対応策を講ずることができると判断した。



# 目次

序文	
伝達状	
調査結果の概要	
目次	
表リスト	
図リスト	

## 第1章 序論

1.1 調査の背景	1-1
1.2 調査の目的	1-1
1.3 調査地域	1-1
1.4 調査組織	1-1
1.5 調査工程	1-5
1.6 報告書の構成	1-5
1.7 調査のホームページ	1-6

## 第2章 調査地域の現状

2.1 自然条件	2-1
2.1.1 調査地域の地形・地質	2-1
2.1.2 防災対象地域の地形・地質	2-1
2.1.3 水文	2-1
2.1.4 自然環境	2-1
2.2 社会条件	2-2
2.2.1 一般	2-2
2.2.2 テグシガルパ首都圏の人口	2-2
2.2.3 GDP 及びその他の経済指標	2-2
2.2.4 土地利用	2-3
2.2.5 歴史地区	2-4
2.3 河川の状況	2-4
2.3.1 流域	2-4
2.3.2 河川の状況	2-4
2.3.3 河道の流下能力	2-5
2.3.4 支川の流下能力	2-5
2.3.5 ハリケーンミッチによる降雨	2-5
2.3.6 ハリケーンミッチによる洪水	2-5
2.3.7 ハリケーンミッチの洪水シミュレーション	2-6
2.3.8 ハリケーンミッチ時の洪水ハザードマップ	2-6

2.3.9	河道内の土砂運搬能力.....	2-6
2.4	地滑り.....	2-7
2.4.1	防災対象地域の地滑り.....	2-7
2.4.2	防災対象地域の斜面崩壊.....	2-7
2.4.3	地滑り及び斜面崩壊のハザードマップ.....	2-8
2.5	組織.....	2-8
2.6	関係する法律と規定.....	2-8
2.7	ハリケーンミッチによる被害.....	2-9
2.7.1	被害額.....	2-9
2.7.2	ハリケーンミッチの社会経済に与えた影響.....	2-9
2.8	他ドナーによるプロジェクト.....	2-10
2.9	問題点の定義.....	2-10
2.9.1	洪水問題.....	2-10
2.9.2	地滑り問題.....	2-10
2.9.3	ハリケーンミッチによる被害.....	2-11
2.9.4	問題の組織/制度的側面.....	2-11
2.9.5	関連プロジェクト.....	2-11
第3章	計画の基本的な考え方	
3.1	計画概念.....	3-1
3.2	目標年次.....	3-1
3.3	社会フレームワーク.....	3-1
3.4	マスタープランに考慮すべき事項.....	3-2
第4章	マスタープラン	
4.1	はじめに.....	4-1
4.2	洪水対策計画.....	4-2
4.2.1	洪水制御の代替案検討.....	4-2
4.2.2	チョルテカ川の河川改修.....	4-3
4.2.3	土砂管理計画.....	4-4
4.2.4	支川の改修計画.....	4-5
4.2.5	洪水予警報/避難.....	4-5
4.2.6	洪水ハザードマップ.....	4-6
4.2.7	土地利用規制.....	4-6
4.2.8	構造基準の適用.....	4-7
4.3	地滑り対策.....	4-8
4.3.1	一般.....	4-8
4.3.2	構造物対策の対象とする地滑りブロックの選定.....	4-8

4.3.3	地滑り対策施設.....	4-9
4.3.4	地滑りハザードマップ及び斜面崩壊ハザードマップ.....	4-10
4.3.5	移転促進.....	4-10
4.3.6	土地利用規制.....	4-11
4.3.7	予報/警報/避難.....	4-11
4.4	その他の非構造物対策.....	4-12
4.4.1	教育/啓発/訓練.....	4-12
4.4.2	災害管理情報システム.....	4-13
4.5	維持管理計画.....	4-13
4.5.1	河川施設.....	4-13
4.5.2	地滑り対策施設.....	4-13
4.5.3	観測施設.....	4-14
4.6	組織計画.....	4-14
4.6.1	防災のための組織計画.....	4-14
4.6.2	マスタープランを実施するための組織計画.....	4-15
4.7	事業費積算.....	4-16
4.7.1	建設費.....	4-16
4.7.2	維持管理費.....	4-16
4.8	事業実施工程.....	4-16
4.9	優先プロジェクトの選定.....	4-16
4.9.1	一般.....	4-16
4.9.2	優先プロジェクトの選定基準.....	4-17
4.9.3	洪水被害軽減構造物対策.....	4-17
4.9.4	地滑り被害軽減構造物対策.....	4-18
4.9.5	非構造物対策.....	4-18
第5章	マスタープランの評価	
5.1	一般.....	5-1
5.2	経済的側面.....	5-1
5.2.1	経済便益.....	5-1
5.2.2	経済コスト.....	5-2
5.2.3	費用便益解析.....	5-2
5.3	プロジェクトの定量化不可能な社会経済的影響.....	5-3
5.4	財務的側面.....	5-3
5.4.1	プロジェクト資金の調達.....	5-3
5.4.2	対外債務の返済.....	5-3
5.5	運営面.....	5-4
5.6	技術的側面.....	5-4
5.7	環境的側面.....	5-4

5.8	社会的側面 .....	5-5
5.9	総合評価 .....	5-5
第6章	優先プロジェクトのフィージビリティ調査	
6.1	一般 .....	6-1
6.2	地形測量 .....	6-1
6.3	地質調査 .....	6-1
6.3.1	ベリンチェ .....	6-2
6.3.2	レパルト .....	6-3
6.3.3	バンブー .....	6-3
6.3.4	ペスカド湖 .....	6-3
6.4	環境影響調査 .....	6-4
6.5	洪水被害軽減対策 .....	6-4
6.5.1	ベリンチェ地区の河道拡幅 .....	6-4
6.5.2	河床掘削 .....	6-5
6.5.3	護岸と堤防 .....	6-5
6.5.4	ペスカド湖出口改良 .....	6-5
6.5.5	予報/警報 .....	6-5
6.6	地滑り被害軽減対策 .....	6-6
6.6.1	ベリンチェ .....	6-6
6.6.2	レパルト .....	6-6
6.6.3	バンブー .....	6-6
6.6.4	予報/警報 .....	6-6
6.7	その他の非構造物対策 .....	6-7
6.7.1	教育/啓蒙/訓練 .....	6-7
6.7.2	災害管理情報システム .....	6-7
6.8	維持管理 .....	6-8
6.9	費用算出 .....	6-8
6.10	実施計画 .....	6-8
6.11	プロジェクト評価 .....	6-8
第7章	結論と提言	
7.1	結論 .....	7-1
7.2	提言 .....	7-1

## 表リスト

第 1 章	序論	
第 2 章	調査地域の現状	
表 2.1	防災対象地域の地質層序 .....	T-1
表 2.2	ホンデュラスの GDP .....	2-2
表 2.3	対外債務 .....	2-2
表 2.4	調査対象地域の土地利用現況 .....	2-3
表 2.5	防災対象地域の土地利用現況 .....	2-4
表 2.6	ハリケーンミッチによる洪水状況と被害状況 .....	2-6
表 2.7	地滑り危険度 .....	T-2
表 2.8	各地質ごとの斜面崩壊傾斜角度閾値 .....	T-3
表 2.9	関連する防災プロジェクト .....	T-4
第 3 章	計画の基本的な考え方	
第 4 章	マスタープラン	
表 4.1	提案したマスタープランプロジェクト .....	T-5
表 4.2	河川幅 .....	4-2
表 4.3	設計洪水流量の比較 .....	4-3
表 4.4	土壌浸食管理パイロットプロジェクト工事数量 .....	T-6
表 4.5	氾濫地域と避難場所（ミッチ規模のハリケーン時） .....	T-7
表 4.6	防災対象地域の将来の土地利用 .....	4-7
表 4.7	構造物対策のための移転戸数 .....	T-8
表 4.8	提案した避難場所 .....	T-9
表 4.9	機能と役割分担表（災害予防） .....	T-10
表 4.10	機能と役割分担表（緊急対応） .....	T-11
表 4.11	機能と役割分担表（復旧） .....	T-12
表 4.12	事業費 .....	T-13
表 4.13	事業実施工程 .....	T-14
第 5 章	マスタープランの評価	
表 5.1	洪水地滑り被害軽減額 .....	5-2
表 5.2	マスタープランプロジェクトの NPV と B/C .....	5-2
表 5.3	スクリーニング（洪水対策・地滑り対策） .....	T-15
表 5.4	スコーピング .....	T-16
表 5.5	用地取得と家屋移転 .....	5-5
第 6 章	優先プロジェクトのフィージビリティ調査	
表 6.1	ボーリング調査 .....	T-17
表 6.2	ベリンチェ河道拡幅に伴う地滑り対策工の比較 .....	6-5
表 6.3	洪水予報/警報 システム .....	6-6
表 6.4	地滑り予報/警報 システム .....	6-7
表 6.5	事業実施工程 .....	T-18
表 6.6	洪水地滑り被害軽減額 .....	6-8
表 6.7	優先プロジェクトの NPV と B/C .....	6-8

## 図リスト

<b>第 1 章</b>	<b>序論</b>	
図 1.1	調査対象地域.....	F-1
図 1.2	防災対象地域.....	F-2
図 1.3	調査組織.....	1-2
図 1.4	調査工程.....	1-5
<b>第 2 章</b>	<b>調査地域の現状</b>	
図 2.1	調査対象地域の地質図.....	F-3
図 2.2	防災対象地域の地形.....	F-4
図 2.3	防災対象地域の地質図.....	F-5
図 2.4	調査対象地域の等雨量線図.....	F-6
図 2.5	調査対象地域の現況土地利用図.....	F-7
図 2.6	防災対象地域の現況土地利用図.....	F-8
図 2.7	防災対象地域の現況市街地.....	F-9
図 2.8	テグシガルパ/コマヤグエラ地区周辺の歴史地区 (1994 年).....	F-10
図 2.9	調査対象地域の土壌浸食ポテンシャルの分布.....	F-11
図 2.10	チョルテカ川と河川測量断面番号.....	F-12
図 2.11	現況河川幅.....	F-13
図 2.12	現況河川縦断.....	F-14
図 2.13	河川各断面の流下能力.....	F-15
図 2.14	ハリケーンミッチ時のトンコンティン観測雨量.....	F-16
図 2.15	トンコンティン観測所における最大 2 日雨量と生起確率.....	F-17
図 2.16	洪水痕跡調査結果.....	F-18
図 2.17	ハリケーンミッチ時のシミュレーション水位と洪水痕跡調査結果.....	F-19
図 2.18	ミッチ時の氾濫域の比較.....	F-20
図 2.19 (1)	ハザードマップ (ハリケーンミッチ規模洪水による氾濫域) (1/2).....	F-21
図 2.19 (2)	ハザードマップ (ハリケーンミッチ規模洪水による氾濫域) (2/2).....	F-22
図 2.20	土砂送流能力.....	F-23
図 2.21 (1)	ハリケーンミッチ時の地滑り発生位置図.....	F-24
図 2.21 (2)	ハリケーンミッチ時の斜面崩壊発生位置図.....	F-25
図 2.22	地滑りブロックの分布.....	F-26
図 2.23	地滑りブロックの分布 (北部地域).....	F-27
図 2.24	斜面崩壊の斜面角度.....	F-28
図 2.25	斜面崩壊の地質区分.....	F-29
図 2.26 (1)	地滑りハザードマップ.....	F-30
図 2.26 (2)	斜面崩壊ハザードマップ.....	F-31
図 2.27	テグシガルパにおける洪水地滑り災害のメカニズム.....	F-32
<b>第 3 章</b>	<b>計画の基本的な考え方</b>	
<b>第 4 章</b>	<b>マスタープラン</b>	
図 4.1	マスタープランプロジェクト位置図 (構造物対策).....	F-33
図 4.2	設計流量配分図.....	F-34
図 4.3	計画河川縦断.....	F-35
図 4.4	ベリンチェにおける計画河道平面.....	F-36
図 4.5	ベリンチェ地滑り計画構造物.....	F-37

図 4.6	マヨール橋の架け替え	F-38
図 4.7	流送土砂	F-39
図 4.8	河床変動	F-40
図 4.9	ベスカド湖出口改良	F-41
図 4.10	計画観測所位置図	F-42
図 4.11	提案した警報システム	F-43
図 4.12	避難場所	F-44
図 4.13 (1)	ハザードマップ (氾濫域図) (1/2)	F-45
図 4.13 (2)	ハザードマップ (氾濫域図) (2/2)	F-46
図 4.14 (1)	マスタープランプロジェクト実施後のミッチ規模洪水による氾濫域 (1/2)	F-47
図 4.14 (2)	マスタープランプロジェクト実施後のミッチ規模洪水による氾濫域 (2/2)	F-48
図 4.15	対象地域の将来土地利用計画	F-49
図 4.16	マスタープランプロジェクト実施後のミッチ規模洪水による氾濫水深	F-50
図 4.17	ベリンチェにおける提案した地滑り対策	F-51
図 4.18	レパルトにおける提案した地滑り対策	F-52
図 4.19	バンブーにおける提案した地滑り対策	F-53
図 4.20	計画した観測所の位置	F-54
図 4.21	情報の流れ	F-55
図 4.22 (1)	災害予防の連携計画	F-56
図 4.22 (2)	緊急対応の連携計画	F-57
図 4.22 (3)	災害復旧の連携計画	F-58
図 4.23	河道掘削後の 1/15 洪水による氾濫地域	F-59

## 第 5 章 マスタープランの評価

### 第 6 章 優先プロジェクトのフィージビリティ調査

図 6.1	優先プロジェクト位置図 (構造物対策)	F-60
図 6.2 (1)	ポーリング位置図 (ベリンチェ)	F-61
図 6.2 (2)	ポーリング位置図 (レパルト)	F-62
図 6.2 (3)	SERNA による観測位置図	F-63
図 6.3	ベリンチェの地滑りサブブロック	F-64
図 6.4	B-4 断面の滑り面	F-65
図 6.5	レパルトの滑り面	F-66
図 6.6	ベスカド湖地質概要	F-67
図 6.7 (1)	ベリンチェ右岸側のアンカー工 (1)	F-68
図 6.7 (2)	ベリンチェ右岸側のアンカー工 (2)	F-69
図 6.8	排水システム (ベリンチェ)	F-70
図 6.9	集水井	F-71
図 6.10	開水路 (レパルト)	F-72
図 6.11	排水システム (レパルト)	F-73
図 6.12	排水システム (バンブー)	F-74





## 第1章 序論

## 第1章 序論

### 1.1 調査の背景

テグシガルパ市はホンデュラス共和国の首都であるが、洪水と地滑りの生じやすい自然条件に加えて無秩序な都市化が進展し、もともと自然災害に対して脆弱な都市となっていた。

1998年10月にハリケーンミッチが中米地域を襲った。中でもホンデュラスは最も被害が甚大だった国である。全国における死者/行方不明者は13,000人を超え、テグシガルパ市だけでも1,000人以上が死亡又は行方不明となっている。

ハリケーンミッチが襲来した後、数多くの援助が各国や国際機関からなされた。又ホンデュラス国政府も災害からの復興のため尽力した。しかし、災害に関する深刻な問題が解決されずに残っている。テグシガルパ市内の Cholteca 川の改修は行われておらず、又、地滑り危険地帯にはまだ多くの住民が住んでいる。

しかし、テグシガルパ市内の洪水と地滑りの問題を河川改修や地滑り防止工などの構造物対策だけで解決しようとする事は予算の制約等を考えると不可能であり、又、実際的でない。従って、構造物対策と非構造物対策を組み合わせた総合的な防災計画の策定が急務である。

### 1.2 調査の目的

調査の目的は以下の通りである。

- (1) ホンデュラス共和国の首都圏地域における洪水対策と地滑り対策に掛かる防災マスタープランを策定する。
- (2) 緊急かつ優先的なプロジェクトについてフィージビリティ調査を実施する。
- (3) 調査を通して 公共事業・運輸・住宅省 (SOPTRAVI)、国際協力庁 (SETCO)、国家災害委員会 (COPECO)、上下水道公社 (SANAA)、天然資源環境省 (SERNA)、テグシガルパ市 (AMDC) 各機関のカウンターパートに技術移転を行う。

### 1.3 調査地域

調査対象地域は図 1.1 に示すとおり、A 点から上流の Cholteca 川流域である。又、防災対象地域は図 1.2 に示すテグシガルパ首都圏である。

### 1.4 調査組織

調査は以下に示す組織の枠組みで実施した。

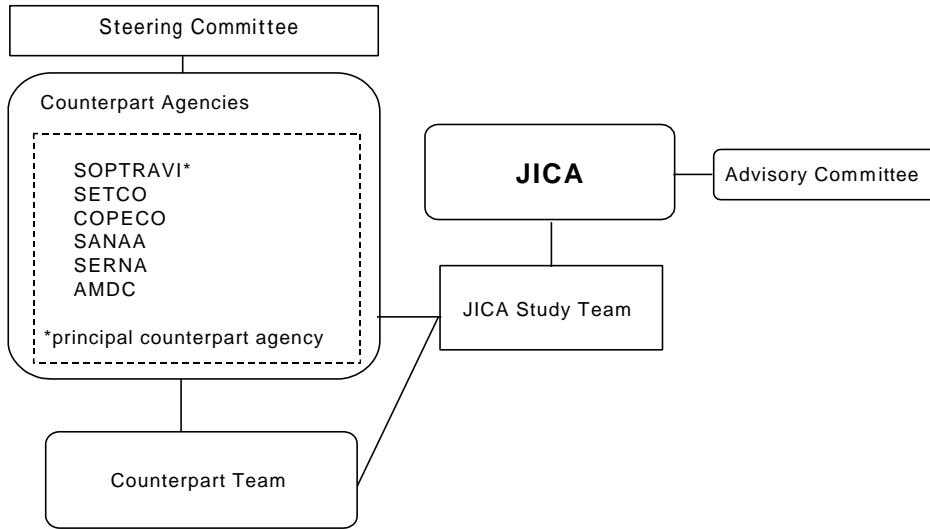


图 1.3 調查組織

調査団は以下に示す 16 名から構成されている。

名前	担当
三浦 光夫	総括/防災計画
高橋 幸蔵	地滑り対策
寺島 拓郎	洪水対策
チャイサック スリパドゥングタム	水文/水理
中里 薫	地滑り地形/地質
田中 宏	土地利用計画
バレリオ グティエレス	流域管理
石塚 和博	測量
大池 浩司	GIS (1)
後藤 隆博	施設計画/積算
松丸 亮	社会経済/プロジェクト評価
ソムスングラム ジャヤモハン	環境
金子 義明	組織/制度
櫻庭 英雄	通訳
石川 順孝	通訳
森田 健治	業務調整/GIS (2)

JICA 作業監理委員会は以下のメンバーで構成されている。

益倉 一成	委員長
大井 英臣	委員
石井 靖雄	委員

ホンデュラス国政府は以下のメンバーからなるカウンターパートチームを編成した。

<u>名前</u>	<u>組織</u>
Mr. Martin Perez	SOPTRAVI
Mis. Rosa Maria Bonilla	SOPTRAVI
Mr. Gustavo Suazo	SOPTRAVI
Mr. Marcio Figueroa	SOPTRAVI
Mr. Rafael Alduvin	SETCO
Mr. Mario Aguilera	COPECO
Mis. Martha Flores	COPECO
Mr. Rodolfo Ochoa	SANAA
Mis. Miriam Narvaez	SANAA
Mis. Gladis Rojas	SANAA
Mr. Adrian E. Oviedo	SERNA
Mr. Hector Fonseca	AMDC
Mr. Carlos Gutierrez	AMDC

ステアリングコミティーのメンバーは以下の通りである。

<u>名前</u>	<u>組織</u>
Mis. Yasmina Deras	SOPTRAVI
Mis. Juana Elisa Granados	SOPTRAVI
Mis. Nora Derez Suazo	SOPTRAVI
Mr. Martin Perez	SOPTRAVI
Mr. Yolanda Madrid	SETCO
Mr. Hugo Arevalo	COPECO
Mr. Marcio Rodriguez	SANAA
Mr. Kenneth Rivera	SERNA
Mr. Mario Castañeda	SERNA
Mr. Rafael Trimino	AMDC

## 1.5 調査工程

調査工程と調査団員のアサイメントスケジュールを合わせて図 1.4 に示した。

Year Month	2001												2002				
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May
Study Schedule																	
Work Items																	
Preparatory works		□															
Disaster Prevention Master Plan		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Preparation of Interim Report							□										
Presentation of Interim Report								■									
Feasibility Study on Priority Project(s)									■	■	■	■	■	■			
Preparation of Draft Final Report													□				
Presentation of Draft Final Report																■	
Preparation of Final Report																	□
Reporting Schedule																	
Staffing Schedule																	
Position	Name																
Team Leader/Disaster Prevention Planning	Mitsuo MIURA																
Landslide Prevention	Kozo TAKAHASHI																
Flood Control	Takuro TERASHIMA																
Hydrology/Hydraulics	Chaisak SRIPADUNGTHAM																
Landslide Topography/Geology	Kaoru NAKAZATO																
Land Use Planning	Hiroshi TANAKA																
Watershed Management	Valerio GUTIERREZ																
Geodetic Survey	Kazuhiro ISHIZUKA																
GIS (1)	Kouji OOIKE																
Facilities Design/Cost Estimate	Takahiro GOTO																
Socioeconomy/Project Evaluation	Ryo MATSUMARU																
Environment	Somasundaram JAYAMOHAN																
Organization/Institution	Yoshiaki KANEKO																
Interpreter	SAKURABA/ISHIKAWA																
Study Coordination/GIS (2)	Kenji MORITA																

図 1.4 調査工程

## 1.6 報告書の構成

ファイナルレポートの構成は以下の通りである。

### メインレポート

メインレポートはマスタープラン及びフェージビリティ調査の結果を含めすべての調査結果について記述している。

### サポーティングレポート

サポーティングレポートは以下の 17 の各分野の調査結果を記述している。

- サポーティング A 航空写真図化/河川測量/地形測量
- サポーティング B 地質調査
- サポーティング C 水文/水理解析
- サポーティング D 河床材料調査
- サポーティング E 環境配慮

サポーティング F	洪水対策計画
サポーティング G	地滑り対策計画
サポーティング H	GIS によるハザードマップとリスクマップ
サポーティング I	流域管理
サポーティング J	土地利用計画
サポーティング K	施設計画/積算
サポーティング L	組織/制度検討
サポーティング M	参加型ワークショップ
サポーティング N	洪水/地滑り被害調査
サポーティング O	経済/財務 分析
サポーティング P	教育/啓発/研修 計画
サポーティング Q	災害管理情報システム

### データブック

データブックには調査に関連したデータを記述している。

### GIS 操作マニュアル

GIS 操作マニュアルには調査の中で構築されたデータベースの説明と使用法を記述している。

### 図面集

図面集は調査の中で作成された特に重要な7枚の図面から成っている。

### 要約

要約はすべての調査結果の概要を記述している。

## **1.7 調査のホームページ**

本調査のホームページを作成し、ウェブ上に公開した。ホームページは防災活動のための将来利用と維持管理を目的として SOPTRAVI に引き継がれた。ホームページのアドレスを以下に示す。

URL:<http://www.hondutel.hn/jica/index.html>

## 第2章 調査地域の現状



## 第2章 調査地域の現状

### 2.1 自然条件

#### 2.1.1 調査地域の地形・地質

調査地域はチョルテカ川の上流域に位置し、標高 900m から 2,200m の山岳地帯である。(図 1.1) 面積は約 820 km<sup>2</sup> であり、チョルテカ川の支川の各流域、すなわち、グアセリケ川流域、グランデ川流域、サンホセ川流域、チキート川流域に分かれる。

調査地域周辺の地質は大きく白亜紀のバレデアンヘル層群、古第三紀のマタガルパ層、新第三紀のパドレミゲル層群、それに第四紀の火山岩と各種堆積物より構成されている。第四紀の火山岩は主に玄武岩溶岩でパドレミゲル層群やマタガルパ層を覆っている。図 2.1 に調査地域の地質図を示した。

#### 2.1.2 防災対象地域の地形・地質

防災対象地域は図 1.2 に示すテグシガルパ首都圏である。面積は 105 km<sup>2</sup> であり標高は 900 m から 1,400m に位置する。同地域はチョルテカ川の支川によって形成された盆地であり、盆地内には複数の丘陵及び溪谷が分布する。図 2.2 に防災対象地域の地形図を示した。

防災対象地域の地質は調査対象地域と同様の白亜紀のバレデアンヘル層群、古第三紀のマタガルパ層、新第三紀のパドレミゲル層群、それに第四紀の火山性堆積物より構成されている。表 2.1 に防災対象地域の地質層序を示した。表 2.1 は詳細な現場踏査の結果を経て作成したものである。地質現場踏査の結果を 1/10,000 の縮尺の地質図にまとめた。図 2.3 は防災対象地域の地質図である。

#### 2.1.3 水文

調査対象地域の年間平均降雨量は 800 mm から 1,500 mm であり、地域全体の平均値は約 1,000 mm である。図 2.4 に調査対象地域の等雨量線図を示した。同図によると、グカセリケ川流域やグランデ川流域で、ラテグラ山では年間雨量は 1,200 mm から 1,400 mm に達するが、地域南東部にあたるサバクアンテ川流域やラスカノアス川流域では 850 mm と小さい。調査対象地域の年間総蒸発散量は雨量と流出量の関係から約 800 mm と推定される。

#### 2.1.4 自然環境

防災対象地域であるテグシガルパ首都圏の河川周辺の自然環境は非常に悪化している。市街地を流れるチョルテカ川の水は黒色で異臭を発生している。

市内の河川には他のラテンアメリカの都市と同様に、家庭排水、事務所排水、商業排水、工場排水等のあらゆる都市下水が無処理のまま垂れ流しになっている。又、このような無処理の排水の結果、河床表面、特に流速の遅い部分には自然の土ではなく汚泥が蓄積している。この結果、テグシガルパ首都圏を流れる川は生態学的には死んだ川となって

おり、下水の排水路の役目しか果たしていない。このため、防災対象地域のチョルテカ川においては、動植物の生息は殆ど無い状態である。

## 2.2 社会条件

### 2.2.1 一般

ホンデュラス共和国は中央アメリカに属し、西側はグアテマラ、南側はエルサルヴァドル、東側と東南側はニカラグアに接している。国土面積は 112,492 km<sup>2</sup> であり、人口は約 6 百万人である。同国は農業を基本産業とする発展途上国であり、中央アメリカの中でも最も国内総生産(GDP)の低い国である。主要な輸出産品はバナナ、コーヒー、木材である。農業は労働人口の 60% を有し、輸出産品の 80% を占める。

### 2.2.2 テグシガルパ首都圏の人口

最も最近の信頼できる人口推計は 2000 年に JICA 調査で実施した“The Study on Water Supply System for Tegucigalpa Urban Area”における推定値である。同調査では 2000 年に実施した国勢予備調査の結果明らかになった所帯数と 1999 年 3 月に統計局が実施した多目的家族調結果をもとにして現在のテグシガルパの人口を 932,000 人と推計している。

### 2.2.3 GDP 及びその他の経済指標

表 2.2 に最近 10 年間のホンデュラスの GDP の推移を示した。

表 2.2 ホンデュラスの GDP

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
GDP (百万 US ドル)	3,091	3,191	3,371	3,581	3,534	3,678	3,811	4,004	4,122	4,044
一人当り GDP (US ドル)	633.5	634.7	650.7	671.1	643.3	650.6	655.3	669.5	670.5	640.3

出典: IDB WEB site, [www.iadb.org/int/sta/ENGLISH/brptnet/english/hndbrpt.htm](http://www.iadb.org/int/sta/ENGLISH/brptnet/english/hndbrpt.htm)

テグシガルパ市の一人当たり GDP は 2000 年において 900 ドルである。

ホンデュラスは国家財政を税収だけでまかなう事は出来ず、外国の資金を導入せざるを得ない状態が続いている。表 2.3 に対外債務の推移を示した。

表 2.3 対外債務

Unit: 百万ドル

年	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
合計債務	3,396	3,614	4,077	4,436	4,570	4,533	4,710	5,002
二国間債務	1,089	1,163	1,307	1,470	1,455	1,412	1,368	1,404
多国間債務	1,658	1,801	1,952	2,062	2,153	2,109	2,312	2,379
合計返済額	307	377	361	433	553	564	505	505
二国間債務返済額	55	68	73	82	135	69	106	108
多国間債務返済額	186	229	214	262	262	336	219	211

出典: IDB WEB site, [www.iadb.org/int/sta/ENGLISH/brptnet/english/hndbrpt.htm](http://www.iadb.org/int/sta/ENGLISH/brptnet/english/hndbrpt.htm)

ホンデュラスは他のラテンアメリカ諸国と同様に急速なインフレに見舞われているが1990年代の平均的なインフレ率は年19.0%である。

## 2.2.4 土地利用

### (1) 調査対象地域

1983年にモラサン県の土壌、植生調査の一環として土地利用図が作成されているので、本調査では、この土地利用図及び1999年3月に撮影した航空写真をもとに、調査対象地域820 km<sup>2</sup>の土地利用図を作成した。(図2.5) この土地利用図の中で首都圏地域については本調査で作成したオルソフォトによる土地利用の現況を反映した。表2.4に調査対象地域の土地利用現況を示した。

表 2.4 調査対象地域の土地利用現況

土地利用区分	調査対象地域	
	単位: ha.	割合
森林及び灌木	37,534.2	45.80%
低木地	13,152.7	16.05%
牧草地及び草地	18,566.2	22.65%
農地	4734.0	5.77%
水面	290.3	0.35%
高密度市街地	6,140.7	7.49%
居住地	1,488.7	1.82%
空港	59.0	0.07%
計	81,965.8	100.00%

### (2) 防災対象地域の土地利用

防災対象地域の土地利用現況については2001年2月に撮影した縮尺1/10,000のオルソフォトと同時に作成した1/5,000の地形図に基づいて調査を行った。

図2.6に防災対象地域の現在の土地利用図を示した。又図2.7に防災対象地域の市街地領域を示した。表2.5に防災対象地域の土地利用現況をまとめた。

表 2.5 防災対象地域の土地利用現況

土地利用分類	面積(ha)	割合	住宅地域の分類	面積 (ha)	割合
商業	310.1	3.0%	R-1: 人口密度 250 人 / ha	1,876.2	65.1%
ビジネス	27.8	0.3%	R-2: 人口密度 400 人 / ha	643.4	22.3%
公共施設	157.0	1.5%	R-3: 人口密度 500 人 / ha	179.1	6.2%
住宅地: R-1 から R-5	2,880.7	27.4%	R-4: 人口密度 800 人 / ha	147.2	5.1%
工場	121.5	1.2%	R-5: 人口密度 >800 人 / ha	34.8	1.2%
軍関連施設	132.7	1.3%	合計	2,880.7	100.0%
空港	59.0	0.6%			
道路	1,940.5	18.5%			
公園・緑地	201.8	1.9%			
墓地	25.5	0.2%			
運動場	51.9	0.5%			
森林・灌木	973.5	9.3%			
河川保全区域	389.5	3.7%			
貯水池	46.3	0.4%			
空き地	3,178.3	30.3%			
合計	10,496.0	100.0%			

注: 住宅地域の分類については現在テグシガルバ市計画局が適用している計画基準に基づいた。

### 2.2.5 歴史地区

テグシガルバとコマヤグエラには 1977 年 4 月に市が制定した国家記念物として認定された歴史的価値の高い建造が数多く存在する。1994 年 4 月、テグシガルバ市市長とホンデュラス人類学歴史協会は『テグシガルバとコマヤグエラ地区内の歴史的保存地区』に関して合意した。図 2.8 にその合意で取り決められた保存地区を示した。

## 2.3 河川の状況

### 2.3.1 流域

テグシガルバの首都圏の拡大に伴って、住宅、工場等の開発のために森林伐採が続いてきた。又、首都圏周辺では燃料としての樹木の伐採も行われている。もう一つの問題は毎年乾期に発生する森林火災である。森林火災は植生を破壊し、土壌の浸食を進行させている。

本調査では土壌の浸食特性を汎用土壌浸食公式(USLE)をもちいて推定した。調査対象地域を 27 の小流域に分割し、各小流域の土壌浸食特性を明らかにした。(サポーティング I 参照) 図 2.9 は調査対象地域の土壌浸食ポテンシャル分布を示す。図によって 6 つの小流域が土壌浸食ポテンシャルが高い事が分かる。その他の流域は浸食ポテンシャルは小さい。調査対象地域全体の平均的な土壌の浸食量は 0.4mm/年であり土壌浸食はそれほど深刻な問題では無い。

### 2.3.2 河川の状況

チョルテカ川はテグシガルバ市に源を発して北に向かって流れ、中流部で流路を南に転じ最終的には太平洋のフォンセカ湾に注ぐ。河川の総延長は 320 km であり、流域面積は 7,465 km<sup>2</sup> である。

チョルテカ川の上流域は南から北にテグシガルパ市内を貫流している。チョルテカ川の本川は上流部でグランデ川と呼ばれ、それにサンホセ川、グエセリケ川、チキート川、サポ川、カカオ川等が合流している。図 2.10 に防災対象地域のチョルテカ川を河川測量の測点番号とともに示した。

### 2.3.3 河道の流下能力

図 2.11 は現河川の川幅を示したものである。この図によると A 地点から上流 4.8 km と 4.9 km において川幅が他に比べて極端に狭くなっている事が分かる。この 2 測線はベリンチェ地滑りの付近で地滑り土塊が河道の中に侵入し、川幅を狭めている地点である。この 2 測線を除くと、河川の幅は後述する設計河川幅に比べて十分大きい事が分かる

図 2.12 は現河川の縦断図を示したものである。同図によると現河川は一樣な勾配をしており、その値は 1/190 から 1/250 である。

図 2.13 は不等流計算によって同河川の各測点における流下能力を計算したものである。この図によると、流下能力 A 地点から上流 3km から 10km にかけて小さい事が分かる。特に C48 と C49 では流下能力は  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  程度で生起確率では 1 年未満の流下能力である。この図を図 2.11 と比較すると河川の流下能力の不足は、ベリンチェ地滑りが河道に侵入している C48 と C49 以外では河道幅が狭いわけではなく、河床の土砂堆積が問題である事が理解できる。

従って、チョルテカ川の流下能力を阻害している主な原因は以下の 2 点である。

- ベリンチェ地点の狭い河道 (A 地点から上流 5km, C48-C50)
- A 地点から上流 3 km から 10 km にかけての河床の土砂堆積 (C30-C100)

### 2.3.4 支川の流下能力

サポ川、バンブー川の両支川はチョルテカ川及びチキート川との合流部が管路となっているが、チョルテカ川及びチキート川の河床堆砂によって出口が狭隘になっている事により支川全体の流下能力の不足がおきている。

### 2.3.5 ハリケーンミッチによる降雨

調査対象地域でハリケーンミッチ時に時間雨量を得ている雨量観測所は 1 箇所しかない。それはトンコンティン雨量観測所である。図 2.14 に同観測所で記録された時間雨量データを示す。ハリケーンミッチによる総雨量は約 250mm である。

トンコンティン観測所の値を用いた解析の結果を図 2.15 に示した。この図によるとハリケーンミッチによる 2 日雨量の生起確率は約 500 年に 1 回である。

### 2.3.6 ハリケーンミッチによる洪水

本調査の中で実施した洪水痕跡調査の結果を図 2.16 に示した。

米国地質調査所は 1998 年のハリケーンミッチ直後に予備的な洪水状況、被害状況調査を実施した。洪水被害の発生経緯は以下の通りと報告されている。

表 2.6 ハリケーンミッチによる洪水状況と被害状況

日付	時間	洪水と被害
10月30日	22:45	ロスラウレスダムでの洪水吐きを洪水が越流
10月30日	23:00	ペスカド湖出口 崩壊
10月30日	22:00 – 24:00	エルカントリー橋で浸食と地滑り発生
10月30-31日	23:00 – 6:00	コンセプションダムからの放流ピーク
10月30日	24:00	チキート川における洪水ピーク
10月30-31日	24:00 – 1:00	地滑りの発生多数
10月31日	1:00	チレ橋地点の洪水ピーク
10月31日	明け方	ベリンチェ地滑り発生

出典: “Survey Response to the Hurricane in Honduras in 1998” by USGS

又、調査団によるヒヤリング調査によっても、ベリンチェ上流部のマヨール橋付近の洪水ピーク水位は10月30日12:00～10月31日1:00に発生しており、ベリンチェ地滑りが発生し河道を閉塞した10月31日明け方の水位に比較して高い事が明らかになっている。

### 2.3.7 ハリケーンミッチの洪水シミュレーション

チオルテカ川の降雨流出モデルと河道水理モデルを構築してハリケーンミッチ時の洪水氾濫現象をシミュレーションした。モデルの詳細についてはサポーティング C に記述した。

図 2.17 と 2.18 はモデルシミュレーション結果と洪水痕跡調査を比較したものである。図 2.17 は河川沿いの最高水位の比較であり、図 2.18 は氾濫域の比較である。

同シミュレーションによって以下の2点が明らかになった。

- ペスカド湖出口の天然ダム破堤による洪水の影響は C150(口アルケ地区付近)まで及んだ。
- ベリンチェ地滑りがチオルテカ川河道を閉塞した事による市内中心部の洪水氾濫水位は地滑り発生前の洪水ピーク時の氾濫水位よりも低かった。

### 2.3.8 ハリケーンミッチ時の洪水ハザードマップ

図 2.19 はハリケーンミッチ規模の降雨による洪水氾濫域を示したハザードマップであるが、この氾濫域の面積は約 2km<sup>2</sup> で氾濫域内にある所帯数は約 3,000 戸であり、影響を受ける住民の数は約 15,000 人と推計される。

### 2.3.9 河道内の土砂運搬能力

現在の河道の形状を勘案して河床変動解析を行った。河川の土砂運搬能力は生起確率 1/1 に対応する流量 1,000 m<sup>3</sup>/s と河道内の土砂モデルとして d<sub>60</sub>=30 mm を用いた。解析結果を図 2.20 に示した。この図によると現在の河道ではベリンチェ地区の上流(C50 から C55)にかけてエネルギー勾配が小さいため、土砂運搬能力が小さい事が分かる。

## 2.4 地滑り

土砂の移動によって起きる災害を日本では「地滑り」、「斜面崩壊」、「土石流」の3つに分類しており本調査でもその分類を適用した。Varnes(1978)は斜面変動のタイプとして、「回転すべり」、「並進すべり」、「落下」、「流動」に分類しているが、本調査での分類の「地滑り」は Varnes の分類の「回転すべり」、「並進すべり」、「流動」に「斜面崩壊」は Varnes の分類の「落下」に対応している。本調査の防災対象地域における土砂災害は殆どが「地滑り」と「斜面崩壊」であり、「土石流」の例は少ない。従って、本調査では「地滑り」と「斜面崩壊」を対象に検討する事とする。

### 2.4.1 防災対象地域の地滑り

#### (1) ハリケーンミッチによって生じた地滑り

米国地質調査所は 1999 年 3 月に撮影した航空写真をもとにハリケーンミッチによって生じた地滑り箇所を同定し、図面を作成した。この図面は災害による傷痕がまだ新鮮な写真をもとに作成されたものであり正確である。図 2.21(1)にミッチによって生じた地滑り位置図を示した。

#### (2) 航空写真の判読と地滑りブロックの同定

1/10,000 の航空写真とオルソフォトを用いて、地滑りに特有な地形を判読した。地滑り地形と同定した箇所を地滑り危険箇所として特定した。上述の特定された地滑り危険箇所を表 2.7 に示す基準によって危険度分類した。図 2.22 は防災対象地域内の地滑りブロックの分布を示したものである。同図には危険度分類も示している。

同図によると防災対象地域の北側に多くの地滑りブロックが分布している。図 2.23 は防災対象地域の北部を拡大し、リニアメントを併せて示したものである。リニアメントとは地形図や航空写真に現れる線状地形で地質的な弱線を示すものである。同図によるとベリンチェ、カンポシエロ、サンマルティンやバンブー等の顕著な地滑りがリニアメント沿いに分布しており、大規模地滑りが断層や破砕帯などの地質的弱層によって引き起こされている事が考えられる。

#### (3) 地滑りによる影響範囲

地滑りハザードマップを作る時にそれぞれの地滑り土塊によって影響を受ける範囲を特定する事が必要である。影響範囲とは地滑りにより移動した土塊が到達して家屋や施設を破壊する恐れのある場合にその範囲を言う。各々の地滑りブロックの影響範囲は地滑りの形態や周囲の地形を勘案して個々に想定した。(サポーティング B 参照) 今回、影響範囲は日本の事例をもとに設定したが、今後ホンデュラスにおけるデータの蓄積、解析により精度を高めていく必要がある。

地滑りのハザードマップにおいては、影響範囲を地滑りブロックと同様に危険な範囲として表示した。

### 2.4.2 防災対象地域の斜面崩壊

#### (1) ハリケーンミッチによって生じた斜面崩壊

米国地質調査所は 1999 年 3 月撮影の航空写真をもとにハリケーンミッチによって実際

に生じた斜面崩壊を同定した。ハリケーンミッチ時の斜面崩壊の分布を図 2.21(2)に示している。

## (2) 危険斜面の同定

防災対象地域内の斜面崩壊の現象を斜面の傾斜角度と地質特性によって分類した。図 2.24 と図 2.25 に分類結果を示した。次にそれぞれの地質分類毎の危険斜面を判定する傾斜角度の閾値を表 2.8 のように設定した。(詳細はサポータィング B 参照)斜面崩壊に伴う影響範囲については実際に防災対象地域で生じた斜面崩壊の例で影響範囲の解析を実施し設定した。

### 2.4.3 地滑りハザードマップ及び斜面崩壊ハザードマップ

図 2.26(1)に地滑りハザードマップを、図 2.26(2)に斜面崩壊ハザードマップを示した。地滑りのハザードマップには危険度ランク A, B, C の地滑りブロックすべて及び影響範囲を示した。ランク A 地滑りブロック及び影響範囲の面積は約 1km<sup>2</sup> であり全保全対象地域の 1% を占める。ランク A の地滑り被害地域における所帯の総数は約 1,500 であり、影響される人口は約 7,500 と推定される。

斜面崩壊ハザードマップについては「危険な斜面」及び「影響範囲」を図 2.26(2)に示している。これら 2 つの区域の面積は約 26 km<sup>2</sup> であり防災対象地域全体の 25% を占める。この危険区域に現在住んでいる所帯数は約 25,000 であり、影響を受ける人口は約 125,000 と推計される。

## 2.5 組織

防災に関して関係している又は実際に事業を実施しているホンデュラス政府関係組織は多数ある。それら関連組織のかかわり具合、参加の範囲、活動の性質は各機関によって様々である。

国家災害委員会 (COPECO) は 1991 に自然災害防止も目的として国家、地域、市レベルで設立された。COPECO の下部組織であるテグシガルパ市緊急会議は 1998 年のハリケーンミッチ襲来の直前に組織された。これら防災組織が存在していたにもかかわらずハリケーンミッチによって大災害が生じた。

テグシガルパ市における防災事業は元々、テグシガルパ市役所の管轄であった。ハリケーンミッチの後に SOPTRAVI と SERNA がそれぞれ市内の洪水対策と地滑り対策の担当となった。しかし、これら洪水対策や地滑り対策の分野の法律的な役割分担は明確になっていない。

テグシガルパ市の総合防災計画 (災害予防計画、緊急対応計画、災害復旧計画) には SOPTRAVI、SERNA、SANAA、COHDEFOR (森林公社)、COPECO、CODEM (市緊急会議)、AMDC、SETCO 等の多くの組織が関係してくると考えられる。

## 2.6 関係する法律と規定

防災に関連するホンデュラスの法律、テグシガルパ市の条例には以下のようなものがある。詳細については、サポータィング L に取りまとめた。



- 緊急時法 (1990 年 12 月)
- 市法 (1990 年 11 月)
- 居住禁止地区に関する暫定法 (1998 年 12 月)
- 環境一般法 (1993 年 6 月)
- 国家水開発法 (1927 年)
- 森林法 (1972 年)
- 適正土地利用法 (草案)
- ゾーニング、都市化、区画整理、建築に関する条例 (1992 年)
- 河川保全区域条例 (1997 年)
- 土地収用特別法 (1999 年)

この中で特に重要なのは 1997 年に制定された河川保全区域に関する条例である。同条例では Cholteca 本川、Guaeserike 川、チキート川、サンホセ川、ラスカノアス川については河道中心から左右岸 50m 幅が河川保全区域に指定され、いかなる構造物も建設できない事となっている。

## 2.7 ハリケーンミッチによる被害

### 2.7.1 被害額

#### (1) 全国の被害

1998 年 10 月にハリケーンミッチがホンデュラス全国を襲い、ハリケーンとしては最大の被害をもたらした。人的被害は死者 5,657 人、行方不明 8,058 人、けが人 12,272 人で総人口 6 百万人のうち 150 万人が被災した。国連の推計によると物的被害は約 3,600 百万ドルであり、そのうち 2,050 百万ドルが生産セクターの被害、1,020 百万ドルが社会インフラの被害、1,020 百万ドルが経済インフラの被害である。

#### (2) テグシガルパの被害

ハリケーンミッチによるテグシガルパ市の被害に関して完全な情報は無い。しかし、世銀の報告書によると首都の約 40% が被害を受け、1 週間にわたって市と他地域との交通が途絶したために、総人口 100 万人の約半分が影響を受けたとされている。

ホンデュラス全体の被害額と国全体の GDP 及びテグシガルパ市の GDP を比較して、テグシガルパ市のハリケーンミッチによる被害額を推定すると 410 から 760 百万ドルとなる。

#### (3) 洪水/地滑り被害調査

洪水/地滑り被害調査をハリケーンミッチによる洪水/地滑り被災地の被害状況を把握するとともに、被災地における財産を調査するために行った。調査の結果収集した情報は洪水/地滑り被害額を推定すると共に、プロジェクトの便益を算定するに用いた。

### 2.7.2 ハリケーンミッチの社会経済に与えた影響

1999 年の GDP の低下率は約 2.5% と推計されている。1999 年における物価上昇率は年の後半で 10%、通年で 11.6% であった。これは 1998 年の値 13.7% に比べて下がって

いる。1999 年には、生産や輸出の能力が破壊されて国家経済は打撃を受けた。しかし、援助国や国際開発融資機関の協力によってホンデュラスの経済を復興するための努力がなされた。

## 2.8 他ドナーによるプロジェクト

他ドナーによる数多くの防災関連プロジェクトが進行中である。表 2.9 に関連プロジェクトを示した。

## 2.9 問題点の定義

現状調査の結果をまとめると、本調査の防災対象地域の洪水と地滑りに関する問題点は以下のように定義できる。問題点を単純化して図 2.27 に示した。

### 2.9.1 洪水問題

防災対象地域の洪水問題は以下のようにまとめられる。

- ハリケーンミッチ時のテグシガルパにおける 2 日雨量は 250mm で生起確率は 500 年に 1 回であった。
- テグシガルパ市街地のハリケーンミッチ時の洪水氾濫は生起確率 1/500 の異常な降雨によってもたらされた。しかし、現在の河道の流下能力を見ると、C48-50 ではベリンチェ地滑りが河道幅を狭めており、生起確率 1/1 以下の流量に対応する流下能力しかない。
- チオルテカ川の流下能力不足の原因は以下の 2 つである。
  - (1) ベリンチェ地滑り付近 (C48-C50) での狭隘な河道
  - (2) C30 ~ C100 の堆砂
- ペスカド湖出口の天然ダム決壊は下流の洪水に大きな影響を与えた。
- サポ川とバンブー川周辺の洪水氾濫は本川の堆砂とゴミによって出口のパイプカルバートが閉塞した事が原因である。
- チオルテカ川とチキート川の土砂運搬能力は C50 と C55 の間を除いて殆ど一様である。
- 流域では一部で森林伐採が進行しているが、流域全体の土壌浸食はそれほど大きな値ではない。
- ハリケーンミッチによる洪水氾濫域 (2 km<sup>2</sup>) にある住宅戸数は約 3,000 戸であり、影響を受ける人口は約 15,000 人である。

### 2.9.2 地滑り問題

防災対象地域の地滑り問題は以下のように要約できる。

- 山岳地形と複雑な地質構造によって本地域は大雨による地滑りと斜面崩壊が起き易い地域である。
- 危険度ランク A の地滑り危険地域 (1 km<sup>2</sup>) は防災対象地域全体の 1% の面積を占め、影響を受ける所帯数は約 1,500 戸である。
- 斜面崩壊の危険地域 (26 km<sup>2</sup>) は防災対象地域全体の 25% を占め、影響を受ける所

対数は約 25,000 戸である。

### 2.9.3 ハリケーンミッチによる被害

ホンデュラス国全体のハリケーンミッチによる被害額と復旧事業費はそれぞれ 3,638.5 百万ドル、4,987.7 百万ドルである。テグシガルパ市のハリケーンミッチによる被害額は 410 ~ 760 百万ドルと推定される。

### 2.9.4 問題の組織/制度的側面

テグシガルパ市の防災には様々な機関が関連している。しかし、ホンデュラス国政府の最近の防災組織の方向は COPECO と CODEM をキーとする組織体制としている。

法制度の面では、総合防災計画に密接に関係する重要な法律・規定がすでに存在する。問題はこれら法律や規定が十分に機能していな事のように考えられる。その重要な原因の一つはそれら法律・規定を運用するための具体的なデータが無い事であると考えられる。

### 2.9.5 関連プロジェクト

完了又は進行中のプロジェクトで防災に関連しているものが多数ある。本調査ではこれら関連調査を勘案して防災計画を策定する必要がある。又、進行中のプロジェクトに対してレコメンデーションをする事も必要である。

## 第 2 章: 調査地域の現状

### 第3章 計画の基本的な考え方

## 第3章 計画の基本的な考え方

### 3.1 計画概念

第2章で分析したように、防災対象地域におけるハリケーンミッチによる甚大な被害はその自然条件、社会条件を背景としてもたらされたものである。そのネガティブな自然条件としては異常な降雨、河川の形状、地域の地形・地質特性である。又、問題のある社会条件とは、洪水と地滑りの危険な地域に都市域が無秩序に広がっていった事である。我々の調査の結果によると危険と見なされる地域は防災対象地域の29%の面積を占め、そこに現在住んでいる住民の数は150,000で総人口の約16%である。これが、テグシガルパ市の現実である。

しかし、危険地帯にある家屋を短期間で移転させる事によって、予測される災害の問題を完全に解決しようとするのは不可能である。また、危険地帯を大規模な土木工事によって安全なものにするという方法で問題を完全に解決する事も不可能である。

従って、防災計画の目標は以下のように定義できる。

- ミッチ規模のハリケーンが襲来しても、防災対象地域における被害を最小にとどめる。少なくとも一人の死者も出ないようにする。

そして、戦略としては以下の通りである。

- 構造物対策と非構造物対策の最適な組み合わせによって、上記目標を達成する。
- 危険地域に住む住民を大規模に移転させることは非現実的であるので、非構造物対策の中心は危険地域における新規住宅開発の禁止及び非常時における予報/警報/避難とする。

### 3.2 目標年次

本計画はマスタープランであるので、目標年次はできるだけ遠くに置くべきである。しかし、目標年次の主要な要素である人口分布と土地利用については、現在防災対象地域を含む地域総合開発計画や都市開発計画が無い事から、長期の予測を行う事は不可能である。

最新の人口予測は2001年に行われたJICA調査 The Study on Water Supply System for Tegucigalpa Urban Area in the Republic of Honduras で2015年を目標年次として行っているものである。この人口予測は総合的な水供給マスタープランと連動しているが、本地域の人口の伸びに対する最も厳しい制約条件が水供給である事を考えると、信頼出来る予測と考えられる。従って、本計画の目標年次を2015とし、人口予測もその値を使う事とする。

### 3.3 社会フレームワーク

計画の基本として、社会フレームワークすなわち調査対象地域における目標年次の人口を設定した。2015年における都市部人口の予測は1,376,822人となった。

この将来人口を防災の観点から適正に配置する土地利用計画をマスタープランの一部として検討する事とした。

### 3.4 マスタープランに考慮すべき事項

#### (1) 現実的な計画

計画を立案するにあたっては、財政の観点と社会環境の観点から見て現実的なものとなるようにする必要がある。総事業費はホンデュラス国政府及びテグシガルパ市が負担できる範囲に入っていないなければならない。又、大規模な用地買収や家屋移転は困難である事から構造物対策は、用地買収と家屋移転を最小限とするものでなければならない。

#### (2) 関連プロジェクトとの統合

関連するプロジェクトが多数あるので、マスタープランはそれら関連プロジェクトの情報を考慮したものである必要がある。特に米国地質調査所と米国工兵隊のプロジェクトについては、マスタープランの中で整合をとる必要がある。

## 第4章 マスタープラン



## 第4章 マスタープラン

### 4.1 はじめに

テグシガルパ首都圏の防災マスタープランは以下の3つのコンポーネントから構成される。すなわち、洪水対策、地滑り対策及び洪水・地滑り共通の災害対策である。

洪水対策と地滑り対策はまず両方の災害のメカニズム分析を行った。次に洪水と地滑りの災害の問題を解決する手段として構造物対策と非構造物対策を検討した。

構造物対策を採用するにあたっては、土木工事のコストや工事にもなう用地取得と住民移転の問題を考え、実現可能なものとした。

逆に、非構造物対策を選ぶのは、コストや用地取得と住民移転の困難さを考えると構造物対策よりも有利である場合とした。

表 4.1 に提案したマスタープランを示した。また構造物対策の位置図を図 4.1 に示した。

#### **洪水対策**

洪水メカニズムが明らかになった後に構造物対策のための適切な設計洪水流量の検討を行った。ここで、設計洪水流量は河道幅を拡幅するにあたって問題となる用地取得と住民移転の問題を考慮して選定した。選定した設計洪水流量を安全に流下させるような河川改修を計画した。

次に、提案した構造物対策の河川改修が完了した状態での洪水シミュレーションを実施し設計洪水流量を超える規模の洪水が生じた時の氾濫域を特定した。この構造物対策後の氾濫域についての非構造物対策を計画した。

又、調査対象地域を小流域に分割して小流域毎の土砂流出ポテンシャルを調べ、流域管理計画を作成した。

#### **地滑り対策**

日本では土砂災害は「地滑り」、「斜面崩壊」、「土石流」に分類される。本防災対象地域では「地滑り」と「斜面崩壊」が主である事から、本調査ではこの2つの現象を別々に取り上げて検討した。

「地滑り」については、地滑りブロック危険度区分で選別した後に、対策として構造物対策と非構造物対策を検討した。17ブロックのランクA地滑りについて構造物対策の案を想定し、必要な住民移転の家屋数を数えた結果、ベリンチェ、レパルト、バンブー地区以外は工事によって守るべき家屋数に比較して、相対的に工事に必要な移転家屋数が多く、構造物対策によって地滑りを抑止するよりは、危険地域からの住民移転(非構造物対策)の方が良いと判断した。又、「斜面崩壊」については、非常に多くの危険箇所があり、個々の斜面崩壊を抑止するような構造物対策は守るべき家屋数に比して工事費が大きくなる事から、斜面崩壊危険地域については、非構造物対策(土地利用規制、予報/警報/避難)で対処する事とした。

## 4.2 洪水対策計画

### 4.2.1 洪水制御の代替案検討

#### (1) 一般

洪水制御の代替案の検討を行った。検討としては洪水制御施設の代替案の検討と設計洪水流量の代替案の検討を行った。

#### (2) 洪水制御施設の代替案

洪水制御のための施設としては、河道改修だけでなく調整池、ダム等の洪水流の貯留施設等も考慮したが、調整池は適地が無く、又ダムは候補地が上流地点であり、かかえる流域面積が調査対象地域の1/10以下である事から洪水調節効果が小さいため棄却された。また、ペスカド湖の出口改良については、本川の洪水に及ぼす影響が大きいため対策を計画する事とした。

#### (3) 設計洪水流量の代替案

流出シミュレーションによるとA地点(調査対象地域の最下流点)におけるハリケーンミッチ時のピーク流量は約 4,000 m<sup>3</sup>/s であり、これは既往最大流量である。またハリケーンミッチの2日雨量の生起確率は約 500 年に1回である。

一方、チョルテカ川下流地点 A の現河道の流下能力は 2,000 から 3,000 m<sup>3</sup>/s である。チョルテカ川沿いのセントロ地区やコマヤグエラ地区の市街地を見ると、河道を大規模に拡幅するのは困難である。したがって、設計洪水流量の代替案としては 1000、1500、2000、2500、3000 m<sup>3</sup>/s の5種類の案を考えた。

流出シミュレーションに従って、流量配分を各設計流量に対して計算した。図 4.2 に各々の流量配分図を示した。

#### (4) チョルテカ川の計画縦断

チョルテカ川の縦断計画を現在の縦断形状を基本に作成した。計画縦断勾配は A 地点からの距離で 2.7-5.1km、5.1-11.4km、11.4-15.5km の各々の区間でそれぞれ 1/200、1/250、1/190 とした。図 4.3 に計画縦断図を示した。

#### (5) チョルテカ川の計画横断

それぞれの設計流量 (1,000 m<sup>3</sup>/s ~ 3,000 m<sup>3</sup>/s) に対する流量配分を安全に流下させるような計画横断を設定した。各々の設計洪水流量に対応する河道の計画幅は表 4.2 に示す通りである。

表 4.2 河川幅

地点	27-51	51-56	56-67	67-93
流量(m <sup>3</sup> /s)	河川幅 (m)			
1,000	35	36	32	24
1,500	48	49	45	32
2,000	61	63	56	39
2,500	73	76	68	47
3,000	86	89	80	54

## (6) チョルテカ川の平面計画

チョルテカ川の平面計画はC48とC49(ベリンチェ地滑りの付近の河道)以外は現在の河道に従った。C48とC49では河川幅が小さく流下能力が小さいのでC48とC49の間では、ベリンチェ地滑りへの影響を及ぼさないように、河道の左岸側の位置を固定して右岸側に河道法線を振る事とした。(図4.4参照)

## (7) 設計洪水流量の選定

5種類の設計洪水流量の代替案を生起確率、工事量、用地取得の観点から比較し表4.3に示した。

用地問題については、都市計画の担当の市当局と議論を行って、結論として代替案の4と5は用地取得を考えると非常に困難であるという事になった。従って、代替案3の設計洪水流量 $2,000\text{ m}^3/\text{s}$ を構造物対策の設計流量として選定する事とした。

表4.3 設計洪水流量の比較

No	流量 (m <sup>3</sup> /s)	回帰年 (年)	掘削量 (m <sup>3</sup> )	用地取得	総合評価
1	1,000	1	320,000	手当て済み	
2	1,500	5	520,000	手当て済み	
3	2,000	15	750,000	手当て済み	
4	2,500	35	920,000	困難	
5	3,000	80	1,420,000	困難	

### 4.2.2 チョルテカ川の河川改修

#### (1) 一般

チョルテカ川の河川改修は以下の項目よりなる。

- 河道掘削                      L= 7 km,    V=750,000 m<sup>3</sup>
- 河道拡幅                      L= 200m
- 護岸建設                      L= 9km
- 堤防建設                      L= 3km
- 橋梁改築                      1 橋

各項目を以下に説明する。

#### (2) 河道掘削

必要な河道縦横断を確保するために河道掘削を計画した。しかし、対象地域の最下流部であるC0からC27(約3km)については、周辺に守るべき家や農地が無いので対象から外す事とした。従って、河道掘削はC27とC93の間で計画した。対象河道の延長は約7kmであり、掘削量の合計は750,000 m<sup>3</sup>で40,000 m<sup>3</sup>が岩掘削である。掘削ズリは河道下流に運搬し、チョルテカ川沿いに捨土する。計画土捨場位置のチョルテカ川河道は十分川幅が大きく、捨土による水位上昇が上流に影響を及ぼす事は無い。

#### (3) ベリンチェ地区の河道拡幅

ベリンチェ地区が唯一河道拡幅をする箇所である。設計洪水流量を流下させるのに必要

な河道幅は61mであり、現河道を40m拡幅する必要が有る。拡幅する河道延長は約200mで、掘削量は50,000 m<sup>3</sup>である。

「河道掘削に際しては、左岸に位置するベリンチェ地滑りブロックを不安定化させないために、地滑り抑止工を計画した。この抑止工は河道沿いの小規模地滑りを対象としたものである。(4.3.3 参照) 抑止工は押さえ盛土工 (C45-C46.5)と シャフト工(C46.5-C50)を計画した。シャフト工の径は4mで深度は約16mである。シャフト工の施工範囲は河道沿いに約400mであり、本数は52本である。押さえ盛土の数量は約40,000 m<sup>3</sup>である。図 4.5 に構造物の配置を示した。

河道の右岸側については、用地取得範囲を最小に押さえるためにアースアンカーで補強した垂直壁を建設する計画とした。

#### (4) 護岸

河川の護岸工は河岸を浸食から保護する事と河道範囲を確定し河道内に建物が建設される事を防ぐ目的がある。護岸の構造はテグシガルパで一般的に用いられている石積みとした。高さは8mである。護岸工の総延長は約9kmである。

#### (5) 堤防

水理シミュレーションによると、河川沿いに標高の低い部分があり、堤防建設によって保護する必要が有る。提案した堤防はコンクリートの壁で総延長は約3kmである。

#### (6) 橋梁改築

既存のマヨール橋は構造的に河道の疎通能力を阻害しているために、これを改築し洪水流を安全に流下させる事を計画した。図 4.6 に既存の橋梁と改築案を示した。新たに提案した橋梁の形式はマヨール橋の下流に現存するカリアス橋と同じ形式とした。

この案についてはカウンターパート会議、ステアリングコミティー、ホンデュラス人類学歴史協会と議論を行った。橋梁改築については基本的に合意を得たが新しい橋の形式については、プロジェクトの進んだ段階、すなわちフィージビリティ調査段階の環境影響評価の中でさらに議論していく事とした。

### 4.2.3 土砂管理計画

#### (1) 土壌浸食管理 (流域管理)

流域の土壌浸食が進んで、河道への土砂流入量が増加すると、河道内の土砂の収支が崩れて河道内に堆積し河積を狭めて、河道の流下能力を減少させ洪水被害を増大させる。従って、河道安定のために、流域の土壌浸食管理は重要な非構造物対策である。前述の土壌浸食ポテンシャルの大きい6つの小流域の内、チキート流域を土壌浸食管理のパイロットプロジェクトとして選定した。この小流域は土壌浸食ポテンシャルが高い上に、流域で新たな住宅開発が予想されている事からパイロット流域として選んだものである。

パイロット流域において計画した対策は植林とマイクロ砂防ダムの建設である。表 4.4 に計画を示した。

## (2) 河道内の土砂流送

現況河道及び計画河道の土砂流送能力を計算した。土砂流送能力は平均年最大流量  $1,000 \text{ m}^3/\text{s}$  とモデル流土砂の径  $d_{60}=30 \text{ mm}$  を用いて評価した。

計算結果を図 4.7 に示した。現況河川では河道の流下能力が非常に小さいペリンチェ地区の上流において土砂流送能力が小さい事が分かる。一方、計画河道では土砂流送能力は河道に沿って一様である。従って、河道の洪水流下能力を改善する事によって河道の土砂流送能力も改善される事が分かった。

モデル流送土砂と平均年最大流量を用いて計画河道について、100年間の河床変動シミュレーションを行った。結果を図 4.8 に示した。図によると土砂流送による河床の上昇、下降の範囲は100年間で1ないし2mである。これは計画河川縦断が浚渫をする事なしに維持される事を示している。

### 4.2.4 支川の改修計画

#### (1) サボ川

サボ川は C50 の地点でチョルテカ川に合流する左支川である。流域面積は  $3\text{km}^2$  である。河道のカルバート部分の流下能力は  $15\text{m}^3/\text{s}$  であり、この生起確率は約50年であるため、流下能力としては十分大きい。

従って、チョルテカ川の浚渫によってカルバートの出口を河床より上に出してやればサボ川全体の流下能力は改善され、流域の氾濫の問題は解決すると考えられる。しかし、ゴミによるカルバート入り口の閉塞は防がなければならず、テグシガルパ市の定期的な点検が必要であると共に、河道沿いの住民を教育して河道を維持する事の重要性を認識させる必要が有る。

#### (2) カカオ川

河川沿いの土石流の発生源は幅50-200m、長さ30-200mの複数の地滑り土塊であるため、この地滑り土塊を対策の対象とするのは不適當である。又、住民を移転して河道の配置を変更する事も現実的でない。従って、カカオ川については、河道沿いの地域を危険地域と規定して周辺住民の移転を促進する事を提案した。

#### (3) ペスカド湖

湖の出口を改良して再び天然ダムが形成され、それが決壊して洪水を生じる事のないように計画した。出口改良の概念を図 4.9 に示した。

### 4.2.5 洪水予警報/避難

COPECO, CODEM と SERNA はテグシガルパにおける洪水予報と警報システムの構築を USAID 及び世銀の援助によって実施中である。システムのコンセプトは完成されているので、本マスタープランにおいては以下のコメントをするにとどめた。

- 現在構築中のシステムはチョルテカ流域全体をカバーするシステムであり、テグシガルパ市の洪水予/警報を目的とするには雨量/水位観測所の密度は小さい。従って、構築中のシステムに追加して、3箇所の雨量/水位観測所の設置を提案した。

- 予測、警報、避難のための組織・制度の枠組みを CODEM がさらに重要な役割を果たす様に改善する。

提案したシステムの改善により、以下の予警報システムが可能となる。

- 防災対象地域の全流域をカバーした雨量、流量観測網ができる。
- 雨量、流量データが直接 CODEM に伝達され、CODEM が警報発信迅速な判断をすることができる。
- 警報発信が CODEM から行われるため、具体的にどこに警報を出すかなど、細かい状況判断を踏まえた警報発信が可能である。

図 4.10 と 4.11 に新たに提案した観測所の位置とシステム概念を示した。

現在、COPECO は自然現象に対処するための詳細な緊急対応計画を作成中であり、避難計画も含まれている。この計画の参考として、本調査では氾濫シミュレーション結果をもとに大まかな洪水時の避難場所の提案をした。表 4.5 と図 4.12 にミッチ規模のハリケーンが来た時に想定される氾濫地域に対応する避難場所の計画案を示した。

#### 4.2.6 洪水ハザードマップ

生起確率 5、10、25、50 年の洪水によるハザードマップを図 4.13 に示した。このハザードマップは構造物対策のプロジェクトをしなかった場合を想定している。このハザードマップは洪水の危険を住民に認識させる教育/啓発に利用する。又、構造物対策のプロジェクトを実施した場合でもミッチ規模の洪水によっては氾濫は生じるが、この場合のハザードマップは図 4.14 に示した。

ハザードマップの公開の方法として以下を提案した。

- 単純化したハザードマップを載せたパンフレットを作成し、市内の各コミュニティに頒布する。
- 原寸 (1/10,000) のハザードマップを作成し、危険地帯のコミュニティーリーダーに配付する。
- 原寸のハザードマップを作成し、市庁に置いて興味のある市民は誰でも閲覧できるようにする。
- ハザードマップのデジタル版をホンデュラス国政府関係のウェブサイトに掲載する。COPECO のウェブサイトが適切であると考えられる。

#### 4.2.7 土地利用規制

マスタープランプロジェクトの河川改修構造物対策を実施した後にハリケーンミッチ規模の洪水が来た時のシミュレーションを行って、洪水氾濫を見いだした。

図 4.14 はシミュレーション結果を示した洪水氾濫図に河川保全区域を重ねたものである。地域のベースマップを重ねる事により洪水氾濫によって影響を受ける人家の戸数は約 3,000 戸である事が分かった。それら家屋は河川沿いに分布しており、幅 100m の河川保全区域をかぶせると殆どがその中に入っている。

従って、本マスタープランは 1997 年に発効した条例に対して洪水対策の観点から新た

な意味を与えたと考えられる。1997年の条例で規定された河川保全区域を厳格に適用して長期的には同区域から建築物を除去する事を提案する。

市役所の計画部門担当のメトロプランは市の行政範囲のゾーニングと土地利用計画を担当している。今回作成した洪水ハザードマップは新しいゾーニングや土地利用計画を作成する時に常に参考にすることを推奨する。

本調査では、防災対象地域の土地利用計画は後述する地滑り・斜面崩壊の危険地域も含めて、以下の方針で作成した。

- チョルテカ川を中心に幅 100m の河川保全区域を設定し、構造物の建設はしない。
- 将来の人口の増加及び市内の人口移動については洪水と地滑りの危険地域を除く空き地になされると仮定する。
- 最近市に提出された住宅開発申請を考慮する。

将来の防災対象地域の土地利用計画を表 4.6 と図 4.15 に示した。

表 4.6 防災対象地域の将来の土地利用

土地利用区分	面積(ha)	割合	住宅地の区分	面積 (ha)	割合
商業	311.3	3.0%	R-1: 人口密度 250 人 / ha	2,427.9	74.8%
ビジネス	27.5	0.3%	R-2: 人口密度 400 人/ ha	527.6	16.3%
公共施設	124.2	1.2%	R-3: 人口密度 500 人/ ha	143.7	4.4%
住宅地: R-1 から R-5	3,244.1	31.0%	R-4: 人口密度 800 人/ ha	117.4	3.6%
工業	135.1	1.3%	R-5: 人口密度 > 800 人/ ha	27.5	0.9%
軍関連施設	130.6	1.2%	計	3,244.1	100.0%
空港	58.8	0.6%			
道路	1,782.6	17.0%			
公園・緑地	210.6	2.0%			
防災緑地	2,163.1	20.6%			
運動場	25.4	0.2%			
森林・灌木	51.6	0.5%			
河川保全区域	543.9	5.2%			
貯水池	380.1	3.6%			
空き地	46.1	0.4%			
計	1251.0	11.9%			
土地利用区分	10,486.0	100.00%			

注: 住宅地域の分類については現在テグシガルバ市計画局が適用している計画基準に基づいた。

#### 4.2.8 構造基準の適用

COPECO はハリケーンミッチによく被害状況を勘案して構造基準の見直し作業を行っている。見直し作業はまだ完了しておらず本マスタープランでは適用できない。従って、このマスタープランでは構造基準の例を示して、今後の議論にゆだねる事とする。

図 4.16 は市中央部のミッチ規模降雨による洪水氾濫水深を示したものである。これは、河川改修マスタープランの構造物対策を実施した後の状況である。

この洪水氾濫図に基づいて、構造基準の適用の例を提案した。第1のゾーンは家屋の建

設を許さない河川保全区域である。次のゾーンは新しい家屋を建設する時には床高さを地盤高さより 1m 以上上げる地域である。最後のゾーンは床高さを地盤高から 0.5m ないし 1.0m 上げる地域である。各記述の適用地域はサポータィング J に示した。

### 4.3 地滑り対策

#### 4.3.1 一般

斜面崩壊を含む地滑り危険地域の広大な面積と影響を受ける人口の大きさを考えると、計画の中心は非構造物対策であると考えられる。

地滑り対策としての様々な非構造物対策のうち、最も効果があり且つ恒久的なものは、危険地帯から恒久的に移転する事である。しかし、危険地帯に住む住民の数が多いので、外国からのローンによる移転計画を立案するのは実際的でない。従って、地滑り対策の非構造物対策も長期的対策と短期的対策に別けて考える。長期的には危険地帯から住民は移転するという事と、新たに危険地帯に住民が住む事を禁止する事であり、その手段として地滑りハザードマップを公開する事、住民の教育啓発、土地利用規制の強化等がある。又、短期的な対策としては、地滑りの予報/警報/避難を考える。

構造物対策としては、17 箇所のランク A 地滑りブロックから 3 ブロックを選定した。この 3 ブロックとはベリンチェ、レパルト、バンブーである。その他の 14 箇所のランク A ブロック及び危険斜面についてはすべて非構造物対策で対処する事とした。

#### 4.3.2 構造物対策の対象とする地滑りブロックの選定

表 4.7 に全てのランク A 地滑りブロックについて、危険地域の所帯数、考えられる構造物対策及び構造物対策を実施するにあたって必要な移転所帯数を示した。同表によると、殆どの地滑りブロックはブロックそのものに住民が多数居住しており、対策の土木工事を実施するために数多くの住民を移転させる必要があり、構造物対策が困難である事が分かるそれに対して、ベリンチェ、レパルト、バンブーの箇所の地滑りは土木工事のための移転戸数が殆ど無いが、あっても少数である。

ベリンチェ地滑りはブロックの動きがチオルテカ川を閉塞して市内の洪水氾濫を引き起こす恐れがあるため、構造物対策が必須である。幸い、構造物対策を実施すると考えられる範囲の家屋はすべて移転しておりさらに住民移転を行う必要はない。

レパルト地滑りについては、地滑りブロック内に家屋があり、土木工事にあたっては住民移転が必要と考えられるがその数は多くはない。

バンブー地滑りのケースは地滑り危険地域にある家屋数は多いが、工事に伴う家屋移転は無い。

上記理由によって、ベリンチェ、レパルト、バンブーの 3 箇所については構造物対策を検討した。



### 4.3.3 地滑り対策施設

#### (1) ベリンチェ

ベリンチェ地滑りは幅 400m、長さ 800m、土塊の体積が約 3 百万  $m^3$  の大規模な地滑りである。地滑りメカニズムについては、フィージビリティ調査段階で実施したものであり、第 6 章に記述した。

地滑り対策の基本的な考え方は以下の通りである。

- 地滑り土塊への雨水の浸透を防止する。
- 地滑り土塊内の地下水を排除する。
- 地滑り頭部土塊の排除により地滑りの滑動力を低下させる。
- 末端部での抑え盛土、抑止工(杭工、アンカー工)により地滑りの滑動力に対する抵抗力を増加させる。

対策工は以下の通りである。

- 盛さえ盛土工
- 排土工
- 地表水排除工
- 暗渠工
- 集水井工
- 横ボーリング工
- シャフト工

対策施設の位置図を 図 4.17 に示した。

#### (2) レバルト

レバルトは長さ 250m、幅 200m の地滑りである。地滑りメカニズムについては第 6 章に記述した。

地滑り対策の基本的な考え方は以下の通りである。

- 地滑り土塊への雨水の浸透を防止する。
- 地滑り土塊内の地下水を排除する。
- 地滑り頭部土塊の排除により地滑りの滑動力を低下させる。

計画した対策施設は以下の通りである。

- 排土工
- 地表水排除工
- 暗渠工
- 集水井工

レバルト地区の地滑り対策施設の位置図を 図 4.18 に示した。

### (3) バンブー

バンブー地滑りの幅は 180m、長さは 250m である。滑り土塊の厚さは 5m から 15m と予測される。

地滑り対策の基本的な考え方は以下の通りである。

- 地滑り土塊への雨水の浸透を防止する。
- 溪流の流水を速やかに下流に流下させ、地滑り土塊を浸食させない。

計画した対策施設工は以下の通りである。

- 地表面排除工
- 蛇籠工

図 4.19 に対策工の配置図を示した。

#### 4.3.4 地滑りハザードマップ及び斜面崩壊ハザードマップ

図 2.26(1)及び 2.26(2) にハリケーンミッチ規模の降雨があった時に予測される地滑りと斜面崩壊の危険地帯を示したハザードマップを示した。このハザードマップは構造物対策を実施する前の段階のものであるから、ベリンチェ、レパルト、バンブーの各地区を含んでいる。このハザードマップは住民に地滑りの危険を認識させるための教育啓発活動にもちいるべきである。ハザードマップの公開の方法は「4.2.6 洪水ハザードマップ」と同様のものを提案する。

#### 4.3.5 移転促進

防災対象地域で地滑りと斜面崩壊危険地域に住む住民の数は約 26,500 戸と推定される。そのうち、構造物対策で対処できる家屋数は約 800 戸であり、残りは非構造物対策で対処せざるを得ない。

しかし、危険地域に住んでいる住民を大規模に移転させる事は非現実的である。従って、非構造物対策の主眼は市の計画局による「危険地帯への新規の住宅開発の禁止」と「緊急時の予報/警報/避難」とし、危険地帯に居住する住民の自主的移転を促す教育・啓発及び移転のパイロットプロジェクトをマスタープランに含める事とする。

パイロットプロジェクトの対象地滑りとしては、危険度が高くて移転が緊急であるものを選定した。ヌエバエスペランサとザポテセントロを選定した。移転対象戸数は約 200 戸である。パイロットプロジェクトはテグシガルパ市が COPECO と CODEM の協力を得て実施する事とし、その内容は以下の通りである。

- ハザードマップの作成
- 危険地域の住民へのハザードマップの公開
- 地域住民の教育/啓発
- 移転先の土地造成
- 移転先の施設整備(電気、水道、学校等)
- 移転住民の再就職先斡旋
- 移転

- 移転後の移転住民の相談受付け、支援

#### 4.3.6 土地利用規制

作成したハザードマップを基に、土地利用規制を厳重に遂行すべきである。住民が一回住みつくると移転させるのは非常に困難である。従って、危険地帯の新たな住宅開発を防ぐのが重要である。地滑りハザードマップにはベリンチェ、レパルト、バンブーの3地区についても含めているが、同3地区については構造物対策の終了後には地滑りブロック辞退を除いて危険地域から外れる事となる。

市役所の土地利用の担当部局であるメトロプランが土地利用規制を行う根拠として本調査で作成したハザードマップを活用する事が必要である。

本調査では土地利用規制に関して以下を提案した。

- ランク A の地滑りブロックは「防災緑地」に指定し、住居は建設させない。
- 斜面崩壊危険地域についても「防災緑地」に指定し、住居は建設させない。

以上の提案にそった土地利用計画図を図 4.15 に示した。同図は理想的な状態を示したものであり、危険地域で現在住宅のある地域はすべて防災緑地とする計画としている。

#### 4.3.7 予報/警報/避難

##### (1) 避難場所の選定

COPECO は、自然災害に対応する詳細な緊急対応計画を作成中であり、その中に避難計画も含まれている。

避難場所選定に当たっては以下の項目を考慮するべきである。

- 想定被災地(地滑りブロック)毎の想定被災人数(収容すべき人数)
- 避難場所の収容能力
- 想定被災地から避難場所への避難経路(避難経路の安全性)
- 避難場所の土砂災害、洪水災害からの安全性
- 避難場所の建物の構造
- 避難場所への緊急物資の輸送(食料等)

避難場所の選定の参考となるように、表 4.7 に各地滑りブロックの想定被災家屋数を又表 4.8 に各ブロック近傍の安全な避難場所の例を示した。

##### (2) 雨量等による予報と警報

地滑り・斜面崩壊の予報/警報の基礎となる情報としては、(1)前兆現象、(2)地表面の移動速度、(3)降雨量 の方法があるが、以下の提案を行った。

##### 前兆現象

地滑りや斜面崩壊の場合、地盤や岩が大きく移動する前に地域住民が監視できるような兆候が発生する事が多い。兆候としては以下に示す様な現象である。

- 地表面の亀裂発生、はらみ出し

## 第4章: マスタープラン

- 構造物の亀裂発生
- 井戸水位の急低下や新たな湧水の発生
- 地盤の震動、地鳴り

このような現象を記述したマニュアルを作成する事を提案した。斜面崩壊の場合には兆候の発生なしに現象がおこる事もあるので、注意を要する。

### 地表面の移動速度

地表面の移動速度を測定する事は、直接的であり、最も信頼性の高い方法である。地表面の移動速度を測定する計器としては以下のものがある。

- 地盤伸縮計
- 地盤傾斜計
- 測量(地上測量、GPS 測量)

移動速度の管理基準値としては、例えば以下のような値が採用される。

- 警戒体制; 1 mm/時間が 3 時間以上継続
- 避難; 4 mm/時間以上

これら計器については、危険箇所すべてに設置する事は困難であるし、施設の維持管理も難しいので、パイロット的に特に危険な箇所を選定して設置していく事を検討していく必要がある。

### 降雨量

雨量を用いた警報システムが最も実地的であると考えられる。しかし、各々の地滑りブロックの動きと関係付けるような雨量の大きさの閾値は十分なデータの集積がないので、現段階では決定できない。従って、地域に雨量観測網を構築して、地滑りの動きと雨量の関係に関するデータを蓄積する事を提案する。取り敢えずは、安全側の値を用いて警報を出すべきである。日本のこれまでの例では時間雨量で 10~20mm/時、累積連続雨量で 50mm 程度が警戒体制に入る目安とされている。

地滑り監視用の雨量計は現在設置されていないが、CODEM において検討はされていた。本マスタープランでは CODEM と協議の上、雨量計による地滑り警報システムを提案した。図 4.20 に雨量観測施設の配置図を示した。

## 4.4 その他の非構造物対策

### 4.4.1 教育/啓発/訓練

教育/啓発/訓練の計画は 2 つの目的を持っている。すなわち、関連機関の職員の能力向上と自然災害に関する住民教育である。能力向上プログラムの対象は政府職員、教育関連者、教師、コミュニティーリーダー等の防災担当者であり、住民教育はすべての住民を対象とする。

教育/啓発/訓練の内容は以下の通りである。

- 防災担当者に対する教育/啓発(防災担当者の能力向上)
- 学校教育従事者に対する教育/啓発(防災知識の組織的伝達)
- 都市計画担当者に対する教育/啓発(防災の観点を入れた都市計画)
- 地域住民に対する教育/啓発(危険箇所・災害前兆の知識、緊急時の対応方法)

#### 4.4.2 災害管理情報システム

防災活動の隘路は意志決定や計画の実行に非常に多くの関連機関が参加するという事である。この関連組織間の連携を旨く行う第1として、防災に関して同一の情報を共有する事である。

この考えに基づいて、関連機関が情報を共有するシステムとして災害管理情報システムを提案した。このシステムは機器とそれを利用する組織よりなる。機器は情報を収集、処理、共有を行う施設で、雨量観測所、水位観測所、テレメーター、コンピューター、光ファイバー等よりなる。組織としては、そのシステムを動かしていくものである。図4.21に災害に関する情報の流れを示した。

システムの管理は全国の災害情報を管理している COPECO が責任を持って行う事を提案する。システムに接続すべき関連機関としては、本件調査のカウンターパート機関である SOPTRAVI, SETCO, COPECO, SANAA, SERNA, AMDC の他に、COHDEFOR, ENEE 等が考えられる。

### 4.5 維持管理計画

#### 4.5.1 河川施設

前述した様に、計画河道を維持するための浚渫は不要と考えれる。護岸や堤防については維持管理を行う必要が有る。特に、今回提案している構造物は生起確率 1/15 の洪水に対応しているものであるから、平均的に 15 年間に 1 回は堤防を越流して洪水流が流ルと予測される。従って、15 年に 1 回の割合で護岸と堤防の修理費用が発生するものと計画した。又、洪水流の越流がなくても定期的な施設維持は必要となる。又、ベリンチェ付近河道拡幅のためのアースアンカー工については、大洪水等の大きな外力が発生した場合には、アンカーの緊張の確認を行い、緩みが生じている場合には再緊張を行う等のメンテナンスが必要である。

また、サボ川、バンブー川等の支川については、河道にゴミを投棄しないようにする事と、溜まったゴミを除去する事が定期的に必要な事である。この作業は市当局が実施すべきである。

#### 4.5.2 地滑り対策施設

地滑り対策の排水施設の機能を維持する事は重要である。表面排水のための開水路については常に土砂の排除を行って、施設の流下能力を維持する必要が有る。この維持管理作業は、周辺地域の住民に施設の重要性を説明し理解して頂いて、地域住民による維持管理を計画する事を提案する。

### 4.5.3 観測施設

洪水予報/警報のためのテレメーター雨量計、水位計の管理は現在、SERNAが行っている。また、Berrinche地区の既存の傾斜計、水位計の管理もSERNAが実施している。本調査では、洪水・地滑り予報/警報を目的として新たな雨量計、水位計の設置を提案し、又、Berrinche地区とReparto地区においては、新たに傾斜計、水位計の設置を行った。これら、観測施設については、SERNA及びSOPTRAVIがそれぞれ管理をする事を提案したが、話し合いによって一元化する事が望ましい。

施設の維持管理のためには、バンドリズムからの施設の保護と日常的な点検及び定期的な専門的な点検と定期観測の人材が必要である。前者については、地域住民代表が業務を受託して実施し、後者については、担当機関の専門家が実施するという方式が望ましいと考えられる。

#### (1) 雨量観測所

雨量観測所の維持管理は正確な雨量を観測するために重要である。観測所は樹木による降雨の遮断が無い場所にある必要が有る。周辺の樹木は常に伐採を行って除く必要が有る。観測機器と送信機器については定期的にチェックを行って、測定と送信に誤差がないようにするべきである。

#### (2) 水位観測所

水位観測所では圧力式の水圧計を多く用いている。水位計の設置状況は定期的にチェックして正しく水位が測定されている事を確認する必要が有る。定期的に河川断面測量と流量観測を実施して、水位と流量の正しい関係を得ておく事が必要である。

#### (3) 地滑り観測施設

地滑り観測施設は傾斜計と間隙水圧計である。現在SERNAがベリンチェ地区に工兵隊が設置した計器を観測している。本調査で設置した計器はSOPTRAVIが維持管理、観測する事となっている。別々の機関で観測したデータは後で提案する災害管理情報システムを用いて、共有する事が必要である。

集水井の維持管理としては、排水ボーリングが排水機能を維持するように目づまりが生じた時には、ボーリングの打ち増しや洗浄による機能回復を行う必要がある。シャフト工については、杭体にひずみ計、鉄筋計、傾斜計、土圧計を設置し、杭体にかかる荷重及び杭体の変形量を経時的に測定し、変形量が累積している場合には新たな対策を考える必要がある。又、ボーリング孔を利用した地下水位計、孔内傾斜計については、対策工の施工前、施工中、施工後も継続して観測を行い、対策工の効果を確認する必要がある。

## 4.6 組織計画

### 4.6.1 防災のための組織計画

一般的な防災計画は「災害予防計画」、「緊急対応計画」、「災害復旧計画」から構成されるが本調査のマスタープランは基本的に「災害予防計画」である。

しかし、調査の組織計画の中では「緊急対応計画」と「災害復旧計画」の中での組織計画も検討した。検討はカウンターパートチームとの参加型ワークショップとの議論及び日本の都市における総合防災計画の例を参考にして行った。

表 4.9 から 4.11 に「災害予防計画」、「緊急対応計画」、「災害復旧計画」それぞれのステージの組織計画をまとめた。

上述の役割分担を計画通りに動かすには関連機関の連携計画については関連各機関が合意する事が必要である。上記各ステージにおける連携計画を図 4.22 に示した。

#### 4.6.2 マスタープランを実施するための組織計画

防災関連の活動の組織計画は 4.6.1 で検討した組織の枠組みにそって作成する事が必要である。従って、マスタープランを実施するための組織計画は以下のようになる。

##### (1) 総括

このプロジェクトは省庁横断的なものであるから、全体を統括する機関が必要である。テグシガルパの CODEM が首都圏の防災を担当する複数組織を取りまとめる総括の役目をする事を提案した。ホンデュラス側はドラフトファイナルレポートに対して、総括は別途組織される上級ステアリングコミティーが行うべきであるとコメントした。本件調査で提案されたプロジェクトの実施にあたっての組織体制についてはホンデュラス側で引き続き議論していくべきである。

##### (2) 洪水構造物対策

マスタープランのこの部分については、市役所を統括として関連機関特に全国的に河川改修の長い経験のある SOPTRAVI が協力して実施する事を提案する。SOPTRAVI はプロジェクトを実施するための組織人員と機械を備えていると考えられる。現在、SOPTRAVI は進行中の国家復旧計画に基づいて各地で洪水対策や地滑り対策の復旧工事を実施している。

##### (3) 地滑り構造物対策

この部分については、市役所を総括として関連機関特にハリケーンミッチ時から継続してベリンチェ地滑りについて検討をしている SERNA の協力を得て実施する事を提案する。SERNA は大規模な土木工事の経験は無いので、実施に際しては SOPTRAVI との連携が必要である。

##### (4) 流域管理

流域管理は市役所が中心となり、SANAA、SERNA、COHDEFOR(森林公社)等の関連機関と連携して実施することを提案する。

##### (5) 土地利用計画 (土地利用規制、移転、構造基準を含む)

土地利用計画は COPECO 及びテグシガルパの CODEM の協力を得て、市役所が実施する事を提案する。

##### (6) ハザードマップの作成と公表

ハザードマップの作成と公表は COPECO、SOPTRAVI 及び SERNA の協力を得て、テ

グシガルパの CODEM が実施する事を提案する。

#### (7) 教育/啓発

教育/啓発活動については、COPECO の協力の基に CODEM が実施する事を提案する。CODEM は既に教育/啓発/訓練のプログラムを作成している。

#### (8) 予報/警報/避難

住民に対する予報/警報/避難については、COPECO とその下部組織としてのテグシガルパ CODEM が SERNA 及び気象庁と連携して実施する事を提案する。本計画では CODEM が主導的な役割を果たす事を提案している。

### 4.7 事業費積算

#### 4.7.1 建設費

土木工事の工事費は工事数量の算定と各工種の工事単価の算定によって行った。建設費の積算結果を表 4.12 にまとめた。

#### 4.7.2 維持管理費

土木施設の維持管理費はそれぞれの構造物の建設費に比例すると考えて年間の維持管理費を建設費の 0.5 % を計上した。河道浚渫のコストについては維持管理費を計上していない。

河川施設については、前述したように 15 年に 1 回は越流による損傷が生じると考えて、建設費の 10% を 15 年に 1 回修理費用として計上した。

マスタープランに含めた予報/警報の観測施設については年間維持費用を設置費の 0.5% とし、寿命を 10 年と考えると、10 年に 1 回設置費用を計上した。

### 4.8 事業実施工程

マスタープランプロジェクトを目標年次の 2015 年までに完成させるための事業実施工程を作成した。表 4.13 に工程表を示した。

### 4.9 優先プロジェクトの選定

#### 4.9.1 一般

マスタープランプロジェクトの中から、フィージビリティ調査の対象となる優先プロジェクトを選定した。選定は予め定めた基準に基づいて、ホンデュラス側のカウンターパートチーム及びステアリングコミティーとの話し合いを通して行った。

結果的に洪水被害軽減構造物対策の一部、地滑り被害軽減構造物対策の全部、非構造物対策の一部を優先プロジェクトとして選定した。



#### 4.9.2 優先プロジェクトの選定基準

優先プロジェクトの選定基準は以下の項目である。

- 重要性
- 緊急性
- 即効性
- 経済性

#### 4.9.3 洪水被害軽減構造物対策

洪水被害軽減に関して言えば、問題の主な原因はベリンチェ付近の河道の狭隘とその狭隘部によって生じた上流側の堆砂である。従って、チョルテカ川のベリンチェ付近の河道拡幅が最も重要なプロジェクトである。次に重要なプロジェクトは大量の河床堆積物の除去と護岸、堤防の建設である。マヨール橋の架け替えは河道の流下能力の点から見ると重要度は相対的に低い。ペスカド湖の出口改良は下流洪水への大きな影響を考えると重要度は高い。

プロジェクトの緊急性について言えば、チョルテカ川市街中心部の流下能力不足は首都の洪水に対する安全度を低めており、チョルテカ川掘削を緊急的に対応する必要が有る。また、殆ど毎年のように生じているサボ川周辺の氾濫問題を解決するためにも、チョルテカ本川の掘削は緊急的に実施する必要がある。他のプロジェクトは相対的に緊急性は低い。

即効性と言う観点ではマヨール橋の架け替えプロジェクト以外の構造物対策は即効性が高い。マヨール橋については時間をかけた議論が必要となる。同橋の架け替えについては重要性は相対的に小さく、又環境問題の解決に時間がかかるので優先プロジェクトから除外する。

経済的な正当性の検証は当該プロジェクトを実施した時の氾濫区域の減少について考察する事によって行う事とした。

従って、優先プロジェクトとしては、「ベリンチェ付近河道の拡幅」、「河床掘削の全部」、「護岸・堤防の一部」、「ペスカド湖出口改良」とした。又、護岸・堤防の範囲を決定するために、1/15 規模の洪水が来た時のチョルテカ川沿いの住宅地域の氾濫状況を検討した。図 4.23 は洪水氾濫域を示したものであるが、この図によると C40-C60 の間が住居が密集している場所で氾濫が生じている区間である。従って、護岸・堤防建設については、C40 と C60 の間の区間を優先プロジェクトとする事にした。河道拡幅を実施するベリンチェ地滑り近傍の範囲 C40-C52 については、河岸浸食によって地山を不安定化させる事がないように、護岸を新設する事とした。又、C56-C60 の左岸側については、堤内地の地盤標高が低く 15 年確率の洪水時に氾濫が生じるので、ここも護岸・堤防を新設する事とした。河道掘削をする区間の内、市街地で現河道直近まで家屋が建設されている区間で今回護岸の新設をしない区間(C32-C40 及び C60-C77)については、蛇籠による補強を行う事とした。

### チヨルテカ川改修

ベリンチェ付近河道拡幅	L=200 m	
- 河床掘削	V= C 27 - C 93	750,000 m <sup>3</sup>
- 護岸建設の一部	L= 3 km	
- 堤防建設の一部	L= 1 km	

### 他のプロジェクト

- ペスカド湖出口改良

#### 4.9.4 地滑り被害軽減構造物対策

地滑り被害の軽減という観点に立てば、マスタープランの中で最も重要性の高いコンポーネントは非構造物対策である。何故ならば、地滑りと斜面崩壊の危険にさらされている住民の数は多数であり、その殆どは構造物対策では対処できないからである。

しかし、最も効果のある非構造物対策である移転は短時間には実現できない。従って、取り敢えず問題を構造物対策で対処することが必要である。マスタープランで選定した3箇所の地滑りブロックについては危険度が高く緊急性が大きい。マスタープランで提案した構造物対策は必要な住民移転が殆どないので即効性が期待できる。

プロジェクトの経済的な正当性に関しては、構造物対策によって危険を免れる家屋の数によって検討する事とした。

優先プロジェクトを以下の通り選定した。

- ベリンチェ
- レパルト
- バンブー

#### 4.9.5 非構造物対策

マスタープランの非構造物対策は流域管理、土地利用規制、構造基準適用、予報/警報/避難、教育及び災害管理情報システムより構成されている。

これらの対策のうち、即効性のあるのは予報/警報/避難である。流域管理、土地利用規制、構造基準の適用は洪水問題と地滑り問題を短期間で解決する事はできない。これらは長期的な解決策と考えるべきである。予報/警報については多数の危険家屋を対象にしているので、重要性は最大である。

教育と災害管理情報システムはできるだけ早期に開始すべき解決策の一つである。

従って、以下の項目を優先プロジェクトとする。

- 予報/警報/避難
- 教育/啓発/訓練
- 災害管理情報システム

## 第5章 マスタープランの評価

## 第5章 マスタープランの評価

### 5.1 一般

提案したマスタープランを経済、財務、運営、技術、環境、社会の各側面から評価した。各々の側面からの評価を勘案して総合評価を行った。

### 5.2 経済的側面

#### 5.2.1 経済便益

防災プロジェクトの便益は一般的に「プロジェクト無し」の状態と「プロジェクト有り」の状態との被害の経済的な差で定義できる。

便益には定量化可能な便益と定量化不可能な便益があり、定量可能な便益は直接便益と間接便益から構成される。定量化可能な直接便益は建物、家具、家畜、作物、社会インフラ、その他の施設等に生じる被害額の軽減額という形で推定できる。又、定量可能な間接便益は直接便益の額から導き出して推定できる。定量化不可能な便益を推定するのは困難であるので、定量化不可能な便益は本調査では経済評価に用いなかった。

被害軽減の計算方法を以下に述べる。

#### (1) 洪水被害軽減

水理モデルを構築して氾濫シミュレーションを実施し、5年、10年、25年、50年洪水及びミッチ規模の洪水の氾濫域を算出した。シミュレーションは「対策無し」と「対策有り」の2ケースについて行った。

次に氾濫地域をGIS上で、地域の家屋の分布状況に重ねた。家屋の価値は建物と家具からなるが、本調査で実施した被害調査結果から推定した。被害額は各々の規模の洪水氾濫について「対策無し」と「対策有り」のケースで算定した。被害の軽減額は「対策有り」と「対策無し」のケースの差として計算した。

#### (2) 地滑り被害軽減

マスタープランでは地滑り対策の構造物対策として3箇所、つまりベリンチェ、レパルト、バンブーをハリケーンミッチを対象に計画している。従って、上記3箇所の地滑りについては「対策有り」のケースは500年確率のハリケーンに対して安全と考えられる。一方、対策が実施されなかった場合には、3箇所の地滑りは滑動して危険と想定された地域に被害を生じると想定される。

従って、この3箇所の地滑りブロックの地域にある家屋は「対策無し」の場合500年規模の降雨があるとすべて破壊されるが、「対策有り」の場合には全く被害は無いと仮定した。

#### (3) 合計被害軽減額

洪水と地滑りによる被害の合計について、構造物対策による被害軽減額を表5.1に示し

た。

表 5.1 洪水・地滑り被害軽減額

回帰年	被害軽減額 (百万ドル)
5 年	14.30
10 年	20.58
15 年	23.60
50 年	36.08
Mitch (500 年)	139.19

### 5.2.2 経済コスト

調査の中では、経済コストを算定するにあたって以下の前提条件と仮定を用いた。

- インフレ率は考慮しない。
- 税金や関税等の支払いに係る係数を地元調達資機材とサービスに掛けて計算をしたが、その率は以下の通りである。
  - 付加価値税(VAT) : 12 %
  - 収入税 : 10 %
  - 輸入関税 : 10 % (平均)
- ホンデュラスの貿易統計及び既往の調査を参考にして、輸入品を除くすべてのコストに 0.9634 という標準換算率を掛けシャドープライスを算定した。
- 一般労働者の人件費については特に修正係数を掛ける事はしなかった。
- ホンデュラス政府は今までの所貿易や自国通貨保護のための方策を取っていないため、実際の貨幣交換率については固定したものと仮定した。

上述のような前提条件と仮定のもとに第 4 章で示したプロジェクトコストからプロジェクトの経済コストを算定した。

### 5.2.3 費用便益解析

プロジェクトの寿命は開始から 50 年間とした。建設工事が完了した後、プロジェクトの寿命の全期間に渡って便益と共に維持管理費用が発生すると仮定した。又、建設期間中に発生する便益と維持管理費用についても考慮した。

マスタープランプロジェクトの経済内部収益率(EIRR)は 10.49 %であり、ホンデュラスの資本機会費用から判断して、本プロジェクトはフィージブルであると言える。

表 5.2 に純現在価値(NPV)及び費用・便益比(B/C)を示した。

表 5.2 マスタープランプロジェクトの NPV と B/C

利子率	NPV (百万ドル)	B/C
4 % (ホンデュラス国債の実利子)	47.40	2.11
8 %	9.30	1.28

### 5.3 プロジェクトの定量化不可能な社会経済的影響

前述のように、提案したプロジェクトは直接的な経済便益を生み出すので経済性の検討に用いる事ができる。さらに、プロジェクトの実施によって以下のような様々な定量化不可能な社会経済的被害を軽減できる。

- 疫病の蔓延
- 商品、資機材の不足
- 物価の急騰
- 行政機能、教育機能の低下
- 通信機能の低下
- 生活水準の低下
- 社会経済発展の遅延

### 5.4 財務的側面

#### 5.4.1 プロジェクト資金の調達

プロジェクトの財務的実行性を検討するためにプロジェクトを実施する財源について検討した。

マスタープランプロジェクトの維持管理費用を除く事業費は合計で 64 百万ドルである。プロジェクト事業費は国費及び対外債務によってまかなわれると仮定したが、その条件は以下の通りである。

- 対外債務は同国政府内の行政費用及び用地取得費用を除くすべてのプロジェクトコストをカバーする。国内の行政費用と用地取得費用は国費でまかなう。
- ホンデュラスに対する米州開発銀行の融資条件にならって債務の条件を仮定した。
  - 返済期間 : 40 年
  - 猶予期間 : 10 年 (元本返済のみ)
  - 利子率 : 最初 10 年は 1 % 以後は 2 %
- 猶予期間中においては、利子のみの支払いとなる。猶予期間が過ぎてから負債の変換を利子を含んで行う。
- 優先プロジェクトを開始する年にその分の費用を借り、その他プロジェクト残余プロジェクトの費用はその開始時に借りの事とした。
- 元本の返済については、元本均等払い法に基づいて算定した。

調査の中で算定した支払い計画によると、プロジェクトの始まる 2006 年に最大の 37.46 百万ドルの借入れが生じ、2027 年には 2.91 百万ドルの支払いが生じる。

#### 5.4.2 対外債務の返済

ホンデュラスの対外債務支払い統計によると過去 8 年間の国際金融機関に対する年平均返済額は 240 百万ドルである。本プロジェクトのケースでは 2027 年に最大返済額 2.91 百万ドルが発生するが、これはホンデュラスの年返済総額の 1% 以下である。このように考えると最大返済額の観点から見ると、本プロジェクトの資金を対外債務でまかなう事は可能と考えられる。

## 5.5 運営面

本マスタープランは構造物対策と非構造物対策から構成されている。構造物対策は洪水制御のプロジェクトと地滑り防止のプロジェクトから成る。非構造物対策は予報/警報/避難等の省庁横断的な方策から成っている。従って、マスタープランプロジェクト実施の運営は非常に複雑で難しい。しかし、災害問題を解決するにはこの種の運営の問題を解決する事が必須であり、解決に向けて挑戦する必要が有る。

第4章で組織の提案と組織間の連携の提案をしたが、全体的な連携が計画どおり実現できれば、本プロジェクトは市役所と CODEM が中心となって旨く運営されると考えられる。

## 5.6 技術的側面

マスタープランにある殆どの土木工事は工事数量は大きいが個々の工事は単純な作業の組み合わせである。堆積土砂の掘削、運搬、土捨ては単純な作業の繰り返しである。護岸と堤防の建設に関しては河道内の掘削とコンクリート打設が必要で、水替え作業が伴う。水替え作業は乾期に限られるので、特に技術的な問題は生じないと考えられる。

橋梁の架け替え工事は現在市内で行われており、特に技術的困難は生じない。

シャフト工、集水井工、横ボーリング工の経験はホンデュラスでは見当たらない。この作業には外国のコンサルタントとコントラクターの援助が必要であり、材料を輸入する必要があるが、テグシガルパで施工する事は可能である。横ボーリング工については、ホンデュラスでは一般的でないがテグシガルパにある外国のボーリング会社はその経験を持っている。従って、外国のボーリング会社によって作業をする事が可能である。

全体として、マスタープランプロジェクトを実施するに当たって外国のコンサルタントとコントラクターの援助によって、技術的な問題を解決する必要がある。

## 5.7 環境的側面

マスタープランプロジェクトの範囲においては、文献調査や地元の環境専門家よると特に絶滅危機種や絶滅危惧種の動植物は生息していない。

河道浚渫を行うにあたって、現河床堆積物の中に、都市排水に混入する恐れのある重金属が含まれているのではないかとこの危惧があり、フィージビリ調査段階で調査を行ったが、規定量以上の重金属は観測されなかったため、この問題は無くなった。

全体としてマスタープランプロジェクト地域でプロジェクトを実施するにあたって、特に大きな環境問題は無い。マスタープランプロジェクトに係る環境問題のスクリーニングとスコーピングの結果を表 5.3 と 5.4 にまとめた。

## 5.8 社会的側面

### (1) 用地取得・家屋移転

土木工事に伴う用地取得必要面積は以下の通りである。

表 5.5 用地取得と家屋移転

プロジェクト	必要用地面積 (m <sup>2</sup> )	移転必要家屋数
ペリンチェ付近の河道拡幅	12,000	0
ペスカド湖出口改良	1,000	0
レパルト地滑り対策	3,000	10
合計	16,000	10

ペリンチェ付近の河道拡幅に係る 12,000 m<sup>2</sup>の用地は 1999 年に市役所の計画局が防災対象地域に指定しており、用地取得の問題は無い。ペスカド湖の出口は私有地であり、工事にあたって用地の取得又は借地が必要である。ペスカド湖出口付近の土地所有者は調査団のヒヤリングの結果ではプロジェクトに対して好意的であり、用地取得の問題は少ないと考えられる。レパルト地滑り対策では表面排水路の建設のために 10 戸程度の移転と用地取得が必要と考えられる。当該住民には特に接触していないが、当該住宅は地滑り危険地帯にあり、工事に伴う用地補償によって安全な場所に移転をする事には可能と考えられる。

このようにマスタープランプロジェクトにかかる用地取得・家屋移転の問題はあるが、解決可能であると考えられる。

### (2) 歴史的景観の保存

1994 年 4 月にテグシガルパ市長とホンデュラス人類学歴史協会は「テグシガルパ/コマヤグエラと周辺地域の歴史的地域の保存」について合意した。

この件に関するプロジェクトはマヨール橋の架け替えである。第 4 章で述べた様に橋梁の架け替えは基本的に了解されたが、新しい橋の形式については将来のフィージビリティ調査段階でさらに議論していく事となった。

## 5.9 総合評価

それぞれの評価項目に対して、マスタープランプロジェクトはフィージブルであると考えられる。プロジェクトを実行にうつす事でテグシガルパ市は非常に大きな利益をエル事ができる。技術的、環境的、社会的には大きな問題はなく、最も重大な問題はプロジェクトの運営面である。中央政府及び市政府の協力なリーダーシップによってこの複雑で困難な問題を解決できると考えられる。





## 第6章 優先プロジェクトの フィージビリティ調査

## 第6章 優先プロジェクトのフィージビリティ調査

### 6.1 一般

フィージビリティ調査の対象となる優先プロジェクトは以下の通りである。

(洪水被害軽減構造物対策)

- チョルテカ川改修
- ペスカド湖出口改良

(洪水被害軽減非構造物対策)

- 洪水予報/警報/避難

(地滑り被害軽減構造物対策)

- ベリンチェ地滑り対策
- レパルト地滑り対策
- バンブー地滑り対策

(地滑り被害軽減非構造物対策)

- 地滑り予報/警報/避難

(洪水・地滑り共通の非構造物対策)

- 教育/啓発/訓練
- 災害管理情報システム

図 6.1 に優先プロジェクトの構造物対策位置図を示した。

優先プロジェクトのフィージビリティ調査ではプロジェクトサイトを 1/500 の縮尺でカバーする追加の地形測量を実施した。又、ベリンチェ地滑りとレパルト地滑りについては洪水対策と地滑り対策の構造物対策を計画する為にボーリング調査を実施した。又、すべての優先プロジェクト構造物対策についての環境影響評価を実施した。

地形測量と地質調査を含むさらに詳細な現場調査の結果を踏まえて、構造物対策の代替案検討を行った。プロジェクトの便益と費用を精度を上げて算出し、プロジェクトの経済評価を実施した。優先プロジェクトの評価を経済、財務、環境、社会の各側面から実施した。

### 6.2 地形測量

優先プロジェクトサイトについて 1/500 の縮尺で地形測量を実施した。測量結果の平面図は優先プロジェクトの詳細計画作成に用いた。

### 6.3 地質調査

ベリンチェとレパルトの地滑り地区についてボーリング調査を実施した。ベリンチェ、レパルト、バンブー、ペスカド湖については地滑り防止対策を検討するために詳細な現地踏査を実施した。ボーリング調査の位置と数量を表 6.1 と図 6.2 に示した。

地質調査結果の概要を以下に述べる。調査結果の詳細はサポーターティング G に記述した。

### 6.3.1 ベリンチェ

#### (1) 地形地質等

ベリンチェ地滑りは面積 320,000 m<sup>2</sup>、幅 400m、長さ 800m の地滑りである。地滑りの頭部標高は約 EL 1,060 m であり、末端部標高は Cholteca 川の河床と同様の EL 920 m である。地滑りは機構解析より図 6.3 に示す様にいくつかの小さいブロックに分割できる。

現地踏査によると、地滑り土塊の東側には標高 1,015m 以下にチキート層群の、シルト、泥岩が露頭している。土塊の西側に位置する崖の頭部にはタフを覆って溶結凝灰岩が見られる。ブロック C と D の西側にはタフが、又東側にはチキート層が露頭している。

#### (2) ボーリング結果

本地域では米国工兵隊が 2000 年に地質ボーリングを実施している。工兵隊のボーリング位置図を図 6.2(1)に示した。本調査ではさらに地質調査を実施するために追加ボーリングを実施した。図 6.2(1)には追加ボーリングの位置を示した。

ボーリングコア観察の結果、ハリケーンミッチ時の滑り面を同定した。図 6.4 にボーリング調査結果に基づく測線 B-4 沿いの滑り面の位置を示した。

#### (3) 孔内傾斜計及び間隙水圧計の観測結果

SERNA は 2001 年に地滑り土塊の動態を傾斜計と間隙水圧計を用いて測定している。図 6.2(3)に観測点の位置を示した。傾斜計の観測結果によると BS-4 について深度 38m 付近で 2mm/月の動きが見られる。その他の傾斜計では移動をとらえられていない。

地下水位の季節的变化は山側 (BS-3、4 と 7)で大きく、川側 (BS-1、2、5 と 6)で小さい。

本調査において、3 カ所に間隙水圧計と 8 カ所に傾斜計を設置し、2 カ月間観測を行った。観測期間は乾季であり、土塊の動きは観測されなかった。観測機器は SOPTRAVI に引き渡し、継続して観測する事とした。本調査で得た観測結果はデータブックに掲載した。

#### (4) 地滑りメカニズム

地質調査、観測結果、現場踏査の結果を踏まえて、ハリケーンミッチ時のベリンチェ地滑りのメカニズムを以下のように解釈した。

- 大量の降雨によって地下水位が上昇し、ブロック A1 が滑動を始めた。
- ブロック A1 がブロック B を押して圧縮地形を形成した。
- ブロック A1 がブロック A2、A3 を押して両ブロックが滑動を始めた。
- ブロック A3 の末端が Cholteca 川を閉塞した。
- ブロック A1 がブロック B をさらに押してブロック B が滑動を始めた。
- ブロック B の末端が Cholteca 川を閉塞した。
- ブロック C とブロック D がブロック A1 の動きに伴って下方に移動した。

このように、ブロック A1 が最初に滑動を始め、それが下位標高のブロックを押し出して最終的に Cholteca 川を閉塞したものと解釈できる。

### 6.3.2 レパルト

#### (1) 地形地質等

レパルト地滑りは面積約 30,000 m<sup>2</sup>、長さ 200 m 幅 150 m の地滑りである。地滑り頭部の標高は EL 1,130 m、末端標高は EL 1,070 m である。ピカチヨの丘から続く急斜面はピカチヨへの道路を境にして緩い起伏地形になるが、東側には溪流をはさむ急崖が存在する。道路沿いの地質はタフで道路より下の部分は古い地滑り堆積物で覆われていると考えられる。レパルト地滑りは一体の地滑りブロックと考えられる。

#### (2) ボーリング結果

本調査では新たに 6 本のボーリングを掘削して地質調査を行った。ボーリング位置図を図 6.2(2) に示した。ハリケーンミッチ時の滑り面をボーリング結果から推定して図 6.5 に示した。

#### (3) 地滑りメカニズム

ボーリング結果と地表踏査の結果によって、レパルト地滑りのメカニズムは以下のよう  
に考えられる。

- 東側の溪流に排水されていた地下水が地滑りブロックの末端付近に新たに建設された道路によって遮断され水位が上昇して、新しい池が形成されていた。
- ハリケーンミッチ時に大雨によって大量の表流水が地滑りブロック上を流れた。これには、ピカチヨにつながる道路からの排水も含まれていた。
- 大量の表流水は地下水位を上昇させ、地滑りブロックを滑動させた。

### 6.3.3 バンブー

#### (1) 地形地質等

本地滑りは典型的な古い地滑り地形を呈している。長い年代の間に地滑りは小さいブロックに分割されて来ている。これら小ブロックの大きさは小さく、厚さは 2 ないし 3 m である。頭部の滑落崖は溶結凝灰岩系の白色タフである。滑落崖の下には殆どが風化した白色タフで構成される移動土塊がある。地滑り土塊の下位標高には、リオチキート層の粘土が見られる。

#### (2) 地滑りメカニズム

ハリケーンミッチ時には大量の雨によって地滑りブロック中央に流水が集中した。このため、地滑りブロックの一部が崩壊して下方に流された。この地滑りブロックの一部が土石流となり、家屋を破壊して下流のバンブー川をせき止め下流周辺地域の洪水氾濫を引き起こした。

### 6.3.4 ペスカド湖

#### (1) 地形地質等

湖の出口周辺の地質は溶結凝灰岩とタフである。右岸側にある岩は、何万年前かの古い時代に高位のから次第に滑り落ちてきた岩塊と考えられる。左岸側には溶結凝灰岩が尾根付近に分布し、下流側には崖錐がたまっている。左岸側の崖錐には右岸を構成する岩の崖錐も含んでいるので、湖の出口は今までに右岸側斜面の崩壊によって何回か閉塞される事があったと考えられる。図 6.6 に周辺の地質スケッチを示した。

## (2) 鉄砲水の原因

詳細な現場踏査の結果ハリケーンミッチ時に生じた鉄砲水のメカニズムは以下のとおりであると推定される。

- ハリケーンミッチの前、湖出口の標高は現状の河床高さに比べて 4.5 m 高かった。出口には幅 0.5 m のコンクリート構造物があった。
- ハリケーンミッチ時には上流から流れてきた大量の流木が湖出口に集中した。
- 右岸側の一部が崩壊して流木とあいまって出口の標高をさらに 3.5 m 嵩上げし、大量の水が湖に貯留された。
- さらに湖の水位が上がり、ついには出口標高を超えて、崩壊した土砂、流木、コンクリート構造物及び河床堆積物を押し流して、下流に鉄砲水を起こした。この時の湖面水位の低下は約 8m である。

## 6.4 環境影響調査

優先プロジェクトの環境影響を調査した。調査の詳細はサポーティング E に示した。環境影響評価の重要な項目は以下の 2 点である。

- 河床材料に重金属が含まれている可能性
- プロジェクトの構造物対策で生じる住民移転問題

## 6.5 洪水被害軽減対策

### 6.5.1 ベリンチェ地区の河道拡幅

ベリンチェ地区の河道拡幅計画の中で、左岸側のベリンチェ地滑りに影響を与えない方策として地滑り対策を考えた。地滑り対策としては、ブロック B1、B3 とブロック E の末端の滑りを考慮した。

想定滑り面は現況で観察されるすべり面を想定している。想定滑り面を図 6.4 に示した。

想定滑り面沿いの滑りに対して、現況の安全率  $F_s=1.0$  を対策後の安全率  $F_s=1.2$  になるように対策工を設計した。対策工としては、コンクリート深礎、鋼管杭、押さえ盛土を比較した。比較表を表 6.2 に示した。ブロック E については地滑り位置と河道の関係から押さえ盛土の施工が可能なので確実な同工法を採用した。ブロック B、A3 は地形的に押さえ盛土は不可能であり、コンクリート深礎と鋼管杭を考えたが、鋼管杭の施工は地質的に困難と判断し、コンクリート深礎を採用した。又、ブロック B、A3 については、地下水位低下を目的として水平ボーリング ( $L=50m$ ) を川側から明かり施工する事とした。

表 6.2 ベリンチェ河道拡幅に伴う地滑り対策工の比較

ブロック名	地質	構造物			
		コンクリート深礎	鋼管杭	抑え盛土	アンカー
E	Riverbed deposit, Chiquito layer and sliding soil	-	-	-	-
A3	Sliding soil and debris	-	-	-	-
B	Sliding soil and gravel	-	-	-	-

コンクリート深礎については径を比較検討した。経済性と施工性を考えて径 4.0m を採用した。右岸側については、用地取得の制約のため、グラウンドアンカーを採用する事とした。(図 6.7(1)、6.7(2))

### 6.5.2 河床掘削

優先プロジェクトの河床掘削は C11 と C27 の間であり、掘削堆積は約 475,000m<sup>3</sup> である。捨土は C5 付近の河川沿いに行く。運搬は 10t ダンプトラックと 20t ダンプトラックを用いて行うが、その使い分けは掘削位置による。河床掘削がカリアス橋より下流であれば、20t ダンプトラックを用いる事は交通の障害が無いので可能であるが、橋より上流であれば 10t トラックのみを用いる事とする。

土捨場の河道のその位置における水位への影響と上流への水位の影響を検討した。土捨場位置における水位上昇は殆ど内が、近接する対岸の民有地で養鶏場がある箇所については護岸をする計画とする。

### 6.5.3 護岸と堤防

護岸と堤防の位置については河川沿いの地形図を基に詳細に検討した。C 52 と C 56 の間では左岸側に計画しているバスターミナルとの取りあいで河川断面を修正した。

### 6.5.4 ペスカド湖出口改良

ペスカド湖出口が閉塞するのを防止するために以下の対策を計画した。

- 出口部分に幅 15 m、長さ 60 m、厚さ 0.5 m の蛇籠を設置する。
- 左岸と右岸の斜面法尻に幅 2 m、高さ 4 m、長さ 60 m の蛇籠を設置する。
- 右岸側で崩壊の恐れのある斜面を切り土する。

### 6.5.5 予報/警報

洪水予報/警報の機器の詳細を検討してコストを算出した。雨量計、水位計、テレメーターシステムの事例を表 6.3 に示した。

表 6.3 洪水予報/警報 システム

機器	仕様	個数
雨量計	0.2mm ユニット	3
水位計	水圧式	3
テレメーター		3

## 6.6 地滑り被害軽減対策

### 6.6.1 ベリンチェ

構造物対策は以下の通りである。

- 地滑り頭部の排土工
- 地表水排除工
- 暗渠工
- 集水井工

対策工の位置図を図 4.17 に示した。各対策の構造図を図 6.8 及び 6.9 に示した。排土した土は河床掘削の土捨場と同じ場所に運搬する事とする。

### 6.6.2 レパルト

構造物対策は以下の通りである。

- 地滑り頭部の排土工
- 地表水排除工
- 暗渠工
- 集水井工

対策工の位置図を図 4.18 に示した。各対策の構造図を図 6.10 及び 6.11 に示した。排土した土は河床掘削の土捨場と同じ場所に運搬する事とする。

### 6.6.3 バンブー

計画施設は以下の通りである。

- 地表水排除工
- 蛇籠工

図 4.19 に施設の位置図を図 6.12 に施設の概念図を示した。

### 6.6.4 予報/警報

地滑り予報/警報のハードウェアの詳細を検討してコストを算出した。表 6.4 に雨量計とテレメーターシステムの例を示した。



表 6.4 地滑り予報/警報 システム

機器	仕様	個数
雨量計	0.2mm ユニット	4
テレメーター		4

## 6.7 その他の非構造物対策

### 6.7.1 教育/啓発/訓練

教育/啓発/訓練のプログラムを防災担当者/教育者と一般住民を対象にして作成した。

#### (1) 防災担当者/教育者を対象とする教育/啓発/訓練

CODEM 職員及び市計画局職員を対象として、防災担当者としての能力を高める訓練を行う事を提案した。防災担当の中核組織としての基礎的な知識及び防災情報の収集、処理、伝達についての訓練を計画した。又、計画局職員に対しては、ハザードマップに基づく土地利用計画、土地利用規制の徹底を教育する事を提案した。

学校教育者を対象として、防災教育のための訓練を実施する事を提案した。学校教育は防災教育の大きな柱である事から、その前段として教育者の防災に関する知識レベルを上げる事を目的としたプログラムを提案した。

#### (2) 一般住民を対象とする教育/啓発/訓練

学校での防災教育とコミュニティーにおける啓発活動によって一般住民への教育/啓発/訓練を実施する事とした。学校教育においては、過去の災害に関する教育によって、災害の記憶を常に次世代に伝える事を目指し、又、科学的な災害のメカニズムに関して理解を深める事を目的と考えた。コミュニティーに於ける啓発活動では、降雨と洪水/地滑りの関係を分かり易く教える事、市当局の災害の予報/警報/避難活動について認識させる事、地滑りの予兆現象等自らを守る手段について教育する事等を提案した。又、危険な地域からは移転する事、新たに家を建てない事をハザードマップを用いて、繰り返し啓発していく事を提案した。

### 6.7.2 災害管理情報システム

災害管理に関する情報を関連機関が共有するシステムを構築する事を提案した。本システムは以下のサブシステムより構成される。

- 情報収集伝達システム
- データベースシステム
- 情報加工システム
- 政策決定支援システム
- 情報配付システム

防災関連情報としては、前述の洪水・地滑り予報/警報にかかる情報を始めとして、緊急時の災害情報等を含むものである。今回作成したハザードマップの基となった GIS のベースマップは、本災害管理情報システムのベースマップになると考えられる。

防災に関連する各種政府機関は光ファイバーによってこの情報システムにつながり、緊急時の情報伝達を行う事ができるし又、常時共通のハザードマップをアップデートしていく事によって共通の情報基盤に立った整合性のとれた防災政策を実行できると考えられる。

## 6.8 維持管理

優先プロジェクトに関する維持管理の計画はマスタープランプロジェクトと同様である。

## 6.9 費用算出

優先プロジェクトに関して詳細な費用算出を行った。費用算定の結果を表 4.12 に示した。

## 6.10 実施計画

優先プロジェクトの実施計画を表 6.5 に示した。優先プロジェクトは 2002 年に詳細設計と資金準備を開始すると考えた。このスケジュールによると優先プロジェクトはすべて 2006 年に完了する。

## 6.11 プロジェクト評価

### (1) 経済的側面

優先プロジェクトの経済評価を実施した。評価方法はマスタープランプロジェクトと同様である。優先プロジェクトによる被害軽減額を表 6.6 に示した。

表 6.6 洪水・地滑り被害軽減額

回帰年	被害軽減額 (百万ドル)
5 年	14.30
10 年	13.56
15 年	22.33
50 年	36.08
Mitch (500 年)	139.19

優先プロジェクトの経済内部収益率(EIRR)を計算すると 13.44 %である。また、表 6.7 にディスカウントレートを変えた場合の純現在価値(NPV)及び費用・便益比(B/C)を示した。

表 6.7 優先プロジェクトの NPV と B/C

利子率	NPV (百万ドル)	B/C
4 % (ホンデュラス国債の実利子)	55.73	2.94
8%	16.91	1.71

## (2) 財務的側面

優先プロジェクトの総事業費は 37 百万ドルであり、ハリケーンミッチによるテグシガルパ市の被害総額 約 500 百万ドルと比較して十分小さい。又、ホンデュラス国の対外債務の年平均返済額約 90 百万ドルと比較しても小さく、国際機関からの債務によって事業実施をする事は財務的に問題は少ないと考えられる。

## (3) 自然環境及び社会的影響

環境影響調査によると、前述の重金属と住民移転の問題に関する調査結果は以下の通りであった。

### 1) 重金属

調査の対象とした重金属は Cr (クロム), Ni (ニッケル), Cu (銅), Zn (亜鉛), Cd (カドミウム), Hg (水銀), Pb (鉛) と As (砒素)である。試験の結果、河床材料に含まれるこれら重金属の含有量は EPA(米国環境保護庁)の基準に比較して十分小さく、プロジェクトにおいて河床材料を掘削、運搬、捨て土する事に問題は無いという結論に達した。

### 2) 住民移転

詳細な施設計画を行った結果、構造物対策の結果住民移転が生じるレパルト地区における約 10 戸の家屋である。当該住民への直接のインタビューはしていないが、レパルト地区の代表者へのインタビューでは、周辺住民は地滑りの危険性について周知しており、安全な地域への移転が可能であれば望んでいる。従って、十分な移転先の場所と移転後の生活基盤の考慮をすれば、補償金による移転の解決は可能である。

以上の結果、優先プロジェクトについては、自然環境、社会環境への負の影響は小さいと判断される。



## 第7章 結論と提言

## 第7章 結論と提言

### 7.1 結論

ホンデュラス国首都圏洪水地滑り対策計画調査が完了した。本調査の目的は3つある。すなわち、マスタープランの策定、優先プロジェクトのフィージビリティ調査、技術移転である。

本防災マスタープランは、ハリケーンミッチをターゲットとして構造物対策と非構造物対策の組み合わせによる洪水被害の軽減計画、地滑り被害の軽減計画を含むものである。提案したマスタープランを実行に移す事によってテグシガルパを洪水と地滑りに対して安全な市にする事ができる。

優先プロジェクトのフィージビリティ調査によると、経済的観点、財務的観点、環境的観点、社会的観点から見て、フィージブルと判断される。優先プロジェクトを実行する事によってテグシガルパ市は多大な恩恵を被る事が結論された。

技術移転は調査の中で行った。カウンターパートチームメンバーは調査団員とともに、プロジェクトの様々な点についての議論や現場踏査、参加型ワークショップに参加し、本調査業務を通しての技術移転が行われた。

### 7.2 提言

以下の事項を提言する。

- (1) 提案した本マスタープランを、ホンデュラス共和国及びテグシガルパ市の正式な防災マスタープランとして位置づけるべきである。
- (2) ハリケーンに対して安全な首都をつくるために、この防災マスタープランを提案したスケジュールに従って実行に移すべきである。
- (3) 優先プロジェクトについては、即効性を考え直ちに実行に移すべきである。
- (4) 本マスタープランは自然条件や社会的背景の変化に対応して見直しを行うべきである。
- (5) 関連するすべての機関はテグシガルパを安全な首都にするために協力をするべきである。



表



表 2.1 防災対象地域の地質層序

時代	期間	時代	シンボル	特徴	
新生代	第四紀	沖積世	dt	崖錐堆積物(地滑り、斜面崩壊などによる堆積物)。未固結な岩屑や土砂から構成される。	
			Qal	沖積世(約1万年前から現在の間)の堆積物。粘土、砂、礫からなる。	
			Qe3	低位の段丘堆積物。砂および礫からなる扇状地性堆積物である。	
		更新世	Qe2b	中位の段丘堆積物……砂・礫及びシルトから構成される。マトリックスは未固結であるが締まりが良い。古い扇状地または河床並びに湖沼の堆積物。主にパレデアンヘルの岩石及び第三紀以降の火山岩から構成される。色は茶褐色から暗褐色をなす。	
			Qe2a	中位の段丘堆積物……砂および礫から構成される。マトリックスは未固結である。古い扇状地または河床の堆積物。主に第三紀以降の火山岩から構成される。色は灰色から暗灰色をなす。	
			Qe1	高位の段丘堆積物……砂及び礫から主に構成され、凝灰岩層を挟む。最も古い段丘堆積物で、マトリックスは弱く固結している。	
			Qb	玄武岩の溶岩(橄欖石斜長石およびスコリア)からなる。緻密で硬質である。	
			Qan2	Cerro Grandeの丘の上に分布する。安山岩溶岩からなる。岩石自身は硬質で緻密であるが、jointが発達し、塊状に分離しやすい。分布範囲の縁辺部では本地層がキャップロックとなって地滑りの原因となりやすい。	
			Qan1	Qan2の下位に分布する。安山岩質及び流紋岩質の凝灰岩から構成される。縞状の構造が発達する。風化に弱く、粘土化しやすい。まれに地滑りの原因となる。	
			Odt	ピヤヌエバ地区付近に主に分布する。直径20cm～3mの流紋岩を主体とした礫とパレデアンヘルグループ起源の碎屑物から構成される。マトリックスは半固結状で締りが良い。	
	第三紀	中新世(パレミグメグループ)	Tpm3	溶結凝灰岩(Ignimbrite)シークエンス(堆積相累重)の上部メンバー: 火山の碎屑物を伴う流紋岩質・石英安山岩質・安山岩質の凝灰岩、ならびに縞状構造をなした細粒凝灰岩。	
			Tep	流紋岩質の凝灰岩および礫岩、砂岩、シルト岩から構成される。河川等の水中の環境で堆積したものである。ほぼ水平に近い層状構造が発達する。地層面から分離しやすく、地層が傾斜している箇所においては地滑りの原因となり得る。	
			Tcg	セログランデメンバー: スミレ色のガラス質の石英と玻璃長石のマトリックスからなる溶結凝灰岩及び流紋岩溶岩。岩自体は非常に硬質であり風化に強く、急な崖を形成しやすい。節理が発達し、分離しやすい。本岩石が強度の弱い層の上に分布した場合、本岩石がキャップロックとなって地滑りを発生させやすい。局所的に変質作用を受けており、その部分では著しく強度が低下しており、斜面崩壊が発生しやすい。	
			Tpm2	溶結凝灰岩(Ignimbrite)シークエンス(堆積相累重)の中位メンバー: 流紋岩質で石英安山岩性層を挟む凝灰岩。縞状構造が特に発達し、層すべりの原因となりえる。	
			Tpm1	溶結凝灰岩(Ignimbrite)シークエンス(堆積相累重)の下部メンバー: 火山の碎屑物を伴う流紋岩質・石英安山岩質・安山岩質の凝灰岩、ならびに縞状構造をなした細粒凝灰岩。全般に硬質で塊状であり、地滑りの原因にはなりにくい。	
			Tpml	第三紀の火山岩および白亜の堆積物の碎屑から構成されるラハール(火山性の泥流堆積物)。角礫と固結した砂岩からなる。塊状・硬質で地滑りの原因とはなりにくい。	
			漸新世(マタガルバF)	Ti	パレデアンヘルグループの中に貫入する流紋岩質の貫入岩。一般的に断層に沿って分布し、パレデアンヘルグループに変質を与え、斜面崩壊の原因となりやすい。
		Tm		マタガルバ累層: 塩基性で緑色を呈した凝灰岩・凝灰角礫岩および安山岩溶岩から構成される。風化されやすく、地表付近では容易に粘土状に変化する。このため地滑りの原因となりやすい。	
		中生界		白亜(ピヤヌエバグループ)	Krc
			Kvn		ピヤヌエバ累層: 礫質の珪碎屑性堆積物火山岩の碎屑および石灰石を備えたから構成される。部分的に層状構造が発達する。薄赤色から暗紫色を呈す。Krcに比べ堅固であるが、局所的に地滑りを発生させている。

表 2.7 地滑り危険度

危険度区分	地滑りの変状・地形特性	摘要
A	主亀裂(1次亀裂)または末端亀裂が発生しているもの。現在滑動中の地滑りブロックである。非常に不安定である。	ミッチ時または最近10年間にこの地滑りが原因となったと考えられる変状が発生したブロックで、対策が現時点で施されていないブロック。
B	直接的な地滑り活動は認められないが、地形的に古い滑落崖が分布する等、明らかな地滑り地形を示し、地滑り発生の素因を有するブロックである。人為的な環境変化を直接の誘因として滑り出す可能性がある。地滑りの拡大の可能性はあるが末端隆起を伴わないもの。	主滑落崖は明瞭に認められるが、それらは最近生じたものではなく、大部分は植生に覆われている場合が多い。
C	地形特性として地滑り地形を示すが、現状では安定環境(変化を加えない限り問題なし)と考えられるブロックで、仮に大規模環境変化によって地滑りが発生しても拡大の可能性は少なく、その時点で地滑りの処理が可能と判断されるもの。	地滑りは概ね安定しているが、地滑りは風化岩や崩積土から構成されているため、端部や急傾斜部においては斜面崩壊が発生しやすい。

表 2.8 各地質ごとの斜面崩壊傾斜角度閾値

基盤	危険斜面		摘要
	斜面角度 (度)	面積 (m <sup>2</sup> )	
Kvn	30	645,300	
Krc	20	3,183,500	
Tm	20	1,110,300	
Ti	32	200	“Tcg” の値を適用
Tpml	32	18,900	“Tcg” の値を適用
Tpm1	28	1,192,700	Tpm1, Tpm2, Tpm3 の値を 勘案した
Tpm2	28	140,500	Tpm1, Tpm2, Tpm4 の値を 勘案した
Tcg	32	1,897,300	
Tep	35	299,800	
Tpm3	28	1,958,600	Tpm1, Tpm2, Tpm4 の値を 勘案した
Odt	28	14,300	Odt, Qan1, Qan2, Qb の値を 勘案した。
Qan1	28	265,400	Odt, Qan1, Qan3, Qb の値を 勘案した
Qan2	28	272,200	Odt, Qan1, Qan4, Qb の値を 勘案した
Qb	28	217,700	Odt, Qan1, Qan5, Qb の値を 勘案した
Qe1	20	115,700	Qe1, Qe2a, Qe2b, Qe3 の値を 勘案した
Qe2a	20	320,200	Qe1, Qe2a, Qe2b, Qe4 の値 を勘案した
Qe2b	20	79,200	Qe1, Qe2a, Qe2b, Qe5 の値を 勘案した
Qe3	20	89,100	Qe1, Qe2a, Qe2b, Qe6 の値を 勘案した
dt	25	187,900	
ls	22	707,300	
総面積(m <sup>2</sup> )		12,715,100	-
全面積に対する割合		12.1%	-

表 2.9 関連する防災プロジェクト

分野	名称	ホندهューラ ス側組織	ドナー	内容	成果品	対象地域	工程	分類
洪水	Inundation survey	SOPTRAVI		現地調査による図面作成	氾濫域図	テグシガルバルバ首都圏	1998	緊急対応 復旧
洪水	Inundation survey	SERNA		現地調査による図面作成	氾濫域図	テグシガルバルバ首都圏	1998	緊急対応 復旧
洪水	Inundation survey	AMDC		現地調査による図面作成	氾濫域図	テグシガルバルバ首都圏	1998	緊急対応 復旧
地滑り	Landslide block identification	SOPTRAVI	日本	地滑り調査	地滑り対策計画	テグシガルバルバ首都圏	1998	緊急対応 復旧
道路	Rehabilitation of bridges	SOPTRAVI	日本	2橋の架け替え	橋梁新設	テグシガルバルバ首都圏	2000 - 2003	復旧
道路	Bridge construction	SOPTRAVI	スウェーデン	橋梁建設	橋梁新設	テグシガルバルバ首都圏	2002 -	
道路	Bus terminal construction	SMDC		チヨルテカ川沿いに新規バスター ーミナル建設	バスター ーミナル 新設	テグシガルバルバ首都圏		
地滑り	Berrinche landslide mechanism/ countermeasures	SERNA	世銀	地滑り調査	地滑り対策計画	テグシガルバルバ首都圏	1999 - 2001	復旧
流域管理	Conception watershed rehabilitation	IHPEJ (NGO)	カトリック教 済奉仕団	植林、マイクログ砂防ダムの建設	森林化、マイク ログ砂防ダム新設	ロンセブシジョンダム 流域	1999 - 2002	流域管理
流域管理	Bambu reforestation	Eco Bambu (NGO)		植林	森林化	パンブー地滑り地区	1999 -	流域管理
水道	Water supply facilities rehabilitation	SANAA	世銀	ピカチョ導水管の復旧	水道巻敷設	テグシガルバルバ首都圏	1999 - 2001	復旧
水道	Water supply facilities rehabilitation	SANAA	日本	配水システムの復旧	水道管、タンク 設置	テグシガルバルバ首都圏	1999 - 2001	復旧
制度	Emergency Act Preparation	COPECO	USAID/ UNDP	緊急時国家組織の強化検討	国家緊急法	全国	2001.3 - 2001.8	予防 緊急対応 復旧
教育	Primary education for disaster prevention	COPECO/ Education Ministry/ Red Cross	赤十字	小学校教育徒への教育		全国	Ongoing	
予報/警報	Forecasting/Warning System Preparation	SERNA/ SMN/ENEE/ SANAA	USGS	洪水予報/警報システムの確立	予報/警報シ ステム		2000.1 - 2001.12	予防 緊急対応
構造基準	Revision of Structural Code	COPECO	世銀	防災を考慮した構造基準の検討	新構造基準	全国	2000.10 - 2001.9	予防
土地利用	Preparation of new land use act	SERNA/Justi ce Ministry		新土地利用法の検討	新土地利用法	全国		
ハザードマ ップ	Hazard map preparation	SERNA	USAID/USGS	テグシガルバを含む40市町村の ハザードマップ作成	ハザードマップ	40 市長村	1999.3 - 2001.11	予防
防災	Natural Disaster Vulnerability Reduction	SERNA/CO PECO	世銀	監視システム、地方組織強化	監視システム	全国	200.11 - 2005.4	予防 緊急対応

表 4.1 提案したマスタープランプロジェクト

	洪水対策	地滑り対策	共通
構造物対策	チヨルテカ川改修 ペスカド湖出口改良	ベリンチエ レパルト バンブー	-
非構造物対策	流域管理 土地利用計画/土地利用規制 構造物基準の適用 予報/警報/避難	土地利用計画/土地利用規制 予報/警報/避難	教育/啓発/訓練 災害管理情報システム

表 4.4 土壌浸食管理パイロットプロジェクト工事数量

溪流名	Material	高さ (m)	ダム数	断面積 (m <sup>2</sup> )*	幅 (m)	体積 (m <sup>3</sup> )
A) マイクロ砂防ダム						
Q.Santa Elena	空石積み	1	923	1.0	5.0	5.0
	空石積み	2	53	2.3	10.0	23.0
	フトン籠	3	162	5.0	15.0	75.0
	フトン籠	4	14	7.8	20.0	156.0
小計:			1,152			
Q.Jardinera	空石積み	1	574	1.0	5.0	5.0
	空石積み	2	236	2.3	10.0	23.0
	フトン籠	3	87	5.0	15.0	75.0
	フトン籠	4	-	7.8	20.0	156.0
小計:			897			
計:			2,049			
B) 浸食防止植生						
				長さ (m)	幅 (m)	
Q.Santa Elena				6,400	100	
Q.Jardinera				5,550	100	
計:				11,950		

\* 減勢工含む

表 4.5 氾濫地域と避難場所(ミッチ規模のハリケーン時)

氾濫地域	避難場所
Barrio El Chile	Colonia El Porvenir's high land
Barrio Abajo	Barrio Abajo, Barrio Los Dolores's high land, Barrio Buenos Aires
Barrio El Centavo	Barrio El Centavo's high land
Barrio La Bolsa	Barrio La Bolsa's high land
Colonia El Prado	Colonia Humuya
Colonia Maradiaga	Barrio La Granja
Campo de Balompie	Colonia Las Brisas's high land
Colonia San Jose De La Vega	Colonia San Jose De La Vega's high land
Colonia Jardines De Loarque	Colonia Jardines De Loarque's high land
Colonia Satellite	Colonia Stelite's high land

表 4.7 構造物対策のための移転戸数

No.	ブロック名	地滑りによって影響をうける戸数	構造物対策を実施するための移転戸数	想定する構造物対策
1	Canaan	113	60	排水
2	Reparto	452	10	排水、排土
3	Bambu	42	0	排水
4	Bosque	196	40	排水
5	Buena Vista	7	2	排水
6	Berrinche	361	0	排水、排土
7	Campo Cielo	25	15	排水
8	San Martin	74	60	排水、抑え盛土
9	Flor 1	21	25	抑え盛土
10	Zapote Centro	126	70	排水、抑え盛土
11	Zapote Norte	4	6	抑え盛土、排土
12	Villa Union	5	6	抑え盛土
13	Brasilia	61	40	抑え盛土
14	Centro America	6	2	抑え盛土
15	Nueva Esperanza	16	60	排土
16	Las Torres Este	19	15	排土
17	Las Torres Oeste	15	10	排土
計		1,543		



表 4.8 提案した避難場所

No.	名称	提案した避難場所
1	Canaan	東西の尾根上 COL.CANAAN
2	Reparto	東側の尾根上 COL. GUILLEN
3	Bambu	東西の尾根上 Bo.EL EDEN No.1, Co.ALTOS de LA CABANA
4	Bosque	南側平地 Bo. EL BOSQUE
5	Buena Vista	北側平地 Bo. BUENA VISTA
6	Berrinche	Cholteカ川左岸側は危険 ダウントウンの丘陵地又はセログランデ Bo.LA CHIVERA
7	Canpo Ciero	避難場所は限られている。 北部又は西部の尾根は比較的安全で避難場所として選定できる。 Co.CAMPO CIELO, Co.SAN MARTIN
8	San Martin	周辺斜面は危険。北部の台地は避難場所として選定できる。 Co.SAN MARTIN
9	Flor 1	北東部の緩斜面。 Co.LA FLOR No.1
10	Zapote centro	下流に比較して上流の北西側が安全。 Co.FUERZAS ARMADAS
11	Zapote norte	溪流沿いの避難は危険。南がム斜面が安全。 Co.3 de MAYO
12	Villa Union	周辺斜面はすべて危険。遠隔地を選ぶ必要がある。300m南西の尾根が適している。 The top of the spur 300m southeast is suitable. Co.FLOR No.1
13	Brasilia	下流の南斜面に緩斜面があり、避難場所となる。 Co.EL CARRIZAL
14	Centro America	周辺に平地があり、避難場所となる。 Re.CENTRO AMERICA
15	Nueva Esperanza	上部の緩斜面が適している。 Co.NUEVA ESPERANZA, Co.NUEVA ESPERANZA III ETAPA
16	Los Torres este	斜面上の崖から50m以上離れた台地。 Co.INESTROZA
17	Los Torres oeste	斜面の南上部の台地。 Co.INESTROZA

表 4.9 機能と役割分担表（災害予防）

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		災害対策									
関連機関		総括	気象観測施設 の設置と観測	避難訓練	緊急時食料 備蓄	緊急時の 情報伝達	河道、斜面、 水路等の改修	地滑り対策	土地利用の 監視と規制	家屋の構造 規制	流域管理
1	FFAA			A	A	A	A	A			A
2	BONBEROS			A		A					A
3	CRUZ ROJA HONDURENA			A	A	A					
4	CRUZ VERDE			A	A	A					
5	BOY SCOUTS			A	A	A					A
6	SECRETARIA DE SALUD	A		A	A	A				A	A
7	IHSS										
8	COLEGIO MEDICO										
9	COLEGIO DE ENFERMERAS										
10	UNAH		A	A	A			A	A	A	
11	SOPTRAVI	A	A	A	A	A	A	A		A	
12	MUNICIPALIDAD DC	A		A	A	A	C	C	C	C	C
13	FHIS	A					A	A	A	A	A
14	SERNA	A	C	A			A	A	A	A	A
15	COHDEFOR	A				A	A	A	A		A
6	INA						A	A	A		A
17	SAG				A			A			A
18	SECRETARIA DE EDUCACION	A		A	A		A				A
19	ONGS/OPDS	A			A		A				A
20	CODEM-DC	C	A	C	C	A	A	A	A	A	A
21	ENEE	A	A	A		A					A
22	SECRETARIA DE GOBERNACION								A		
23	POLICIA NACIONAL			A	A	A					
24	SANAA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
25	HONDUTEL			A	A	A					
26	CONATEL					C					
27	R/AFICIONADOS			A	A	A					
28	SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL		A	A							A
29	MINISTERIO PUBLICO			A	A		A	A	A		
30	INFOP	A		A	A						
31	SECRETARIA DE RR EE										
32	SETCO	A									
33	IHNFA										
34	IHMA			A	A						
35	BANASUPRO			A	A						
36	SECRETARIA DE TRABAJO										
37	SECRETARIA DE FINANZAS	A			A				A		A
38	CARE/CAMI				A						
39	COPECO	A	A	A	A	A		A	A	A	A
40	PMA				A						
41	COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE HONDURENO									A	
42	COLEGIO DE ARQUITECTOS									A	

表 4.10 機能と役割分担表（緊急対応）

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		緊急対応										
関連機関		監視と警報	情報伝達	捜索、救出、避難	治安維持	交通及び機械	緊急避難民、食料	被害分析及び必要な解析	健康	危険物	森林保全	国際援助対応
1	FFAA	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	
2	BONBEROS		A	A					A	A	A	
3	CRUZ ROJA HONDURENA	A	A	A		A	A	A	A			A
4	CRUZ VERDE			A			A	A	A			
5	BOY SCOUTS			A	A		A					
6	SECRETARIA DE SALUD		A			A	A	A	C	A		A
7	IHSS								A			
8	COLEGIO MEDICO								A			
9	COLEGIO DE ENFERMERAS								A			
10	UNAH	A					A	A	A	A		
11	SOPTRAVI					C		A				
12	MUNICIPALIDAD DC	A			A	A	C	A			A	A
13	FHIS					A	A	A				
14	SERNA	A				A		A		C	A	
15	COHDEFOR	A	A			A		A			C	
16	INA					A						
17	SAG					A		A		A	A	
18	SECRETARIA DE EDUCACION						A				A	
19	ONGS/OPDS						A					A
20	CODEM	C	C			A	A	C			A	A
21	ENEE	A	A				A	A			A	
22	SECRETARIA DE GOBERNACION							A			A	
23	POLICIA NACIONAL	A	A	A	C					A	A	
24	SANAA	A	A				A	A			A	
25	HONDUTEL		C		A		A					
26	CONATEL	A	A									
27	R/AFICIONADOS	A	A									
28	SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL	A	A								A	
29	MINISTERIO PUBLICO				A					A	A	
30	INFOP						A					
31	SECRETARIA DE RR EE											
32	SETCO		A			A						C
33	IHNFA						A					A
34	IHMA						A					
35	BANASUPRO						A					
36	SECRETARIA DE TRABAJO						A					
37	SECRETARIA DE FINANZAS											A
38	CARE/CAMI											
39	COPECO	A	A	A		A	A	A				A

表 4.11 機能と役割分担表 (復旧)

		1	2	3	4	5	6	7	8
		復旧作業							
関連機関		社会インフラ復旧	施設の復旧	地滑り地の安定化	難民住居の建設	疫病発生防止	避難民子弟の教育	治安維持	海外援助対応
1	FFAA	A			A	A		A	
2	BONBEROS					A			
3	CRUZ ROJA HONDURENA				A	A			A
4	CRUZ VERDE				A	A			A
5	BOY SCOUTS								
6	SECRETARIA DE SALUD				A	C	A		A
7	IHSS					A			
8	COLEGIO MEDICO					A			
9	COLEGIO DE ENFERMERAS					A	A		
10	UNAH		A			A	A		
11	SOPTRAVI	A	A	A	C				A
12	MUNICIPALIDAD DC	C	A	C	A	A	A	A	A
13	FHIS	A	A	A	A				A
14	SERNA	A	A	A	A				A
15	COHDEFOR		A	A	A				
16	INA				A				
17	SAG								
18	SECRETARIA DE EDUCACION						C		A
19	ONGS/OPDS	A	A	A	A	A	A		A
20	CODEM DC	A	C	A	A		A	A	A
21	ENEE		A		A				
22	SECRETARIA DE GOBERNACION							A	
23	POLICIA NACIONAL(Secretaria de Seguridad)				A			C	
24	SANAA	A	A	A	A	A			A
25	HONDUTEL		A		A			A	
26	CONATEL		A					A	
27	R/AFICIONADOS								
28	SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL(SOPTRAVI)		A						
29	MINISTERIO PUBLICO				A			A	
30	INFOP				A		A		
31	SECRETARIA DE RR EE								A
32	SETCO								C
33	IHNFA						A	A	
34	IHMA								
35	SUPLIDORA NACIONAL DE PRODUCTOS BASICOS BANASUPRO								
36	SECRETARIA DE TRABAJO								
37	SECRETARIA DE FINANZAS								A
38	CARE/CAMI								A
39	COPECO		A		A		A		A
40	PMA				A				A
41	COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE HONDURENO	A			A				
42	COLEGIO DE ARQUITECTOS	A			A				
43	OIM				A				

表 4.12 事業費

項目	単価		マスタープランプロジェクト					優先プロジェクト				
	単位	単価(USD)	数量	金額(USD)			数量	金額(USD)				
				合計	内貨分	外貨分		合計	内貨分	外貨分		
1. 洪水対策				33,124,336.0	25,275,380.1	7,848,955.8		19,971,478.3	13,693,742.9	6,277,735.3		
1.1 構造物対策				31,554,452.7	24,064,697.7	7,489,754.9		19,920,478.3	13,693,742.9	6,226,735.3		
土掘削	m <sup>3</sup>	6.44	709,810	4,571,176.4	1,930,683.2	2,640,493.2	709,810	4,571,176.4	1,930,683.2	2,640,493.2		
岩掘削	m <sup>3</sup>	14.50	38,163	553,363.5	304,922.4	248,441.1	38,163	553,363.5	304,922.4	248,441.1		
護岸(A)	m	1,883.25	2,543	4,789,104.8	4,332,229.4	456,875.4	2,543	4,789,104.8	4,332,229.4	456,875.4		
護岸(B)	m	1,878.43	5,175	9,720,875.3	8,791,134.8	929,740.5	0					
堤防	m	296.57	2,451	726,893.1	670,936.7	55,956.3	290	86,005.3	79,384.6	6,620.7		
ガビオン	m	364.67	3,853	1,405,073.5	1,192,503.5	212,570.0	3,853	1,405,073.5	1,192,503.5	212,570.0		
シャフト工	pieces	93,058.30	52	4,839,031.6	3,266,668.6	1,572,363.0	52	4,839,031.6	3,266,668.6	1,572,363.0		
抑え盛土工	m <sup>3</sup>	0.79	42,631	33,678.5	14,068.2	19,610.3	42,631	33,678.5	14,068.2	19,610.3		
アンカー工	ls.	370,220.89	1	370,220.9	205,597.5	164,623.4	1	370,220.9	205,597.5	164,623.4		
土捨場	m <sup>3</sup>	0.79	959,562	758,053.9	316,655.4	441,398.5	954,797	754,289.5	315,082.9	439,206.5		
ガビオンh=4m(土捨場)	m	270.64	1,800	487,152.0	392,544.0	94,608.0	1800	487,152.0	392,544.0	94,608.0		
護岸(土捨場)	m	1,883.25	400	753,300.0	681,436.0	71,864.0	400	753,300.0	681,436.0	71,864.0		
堤防(土捨場)	m	296.57	300	88,971.0	82,122.0	6,849.0	300	88,971.0	82,122.0	6,849.0		
マヨール橋補強	ls.		1	322,445.6	293,487.9	28,957.7	1	322,445.6	293,487.9	28,957.7		
マヨール橋架け替え	ls.	951,867.99	1	951,868.0	826,256.3	125,611.7						
撤去工(橋梁)	ls.	316,578.8	1	316,578.9	160,439.1	156,139.8						
ベスカド湖	ls.	77,404.30	1	77,404.3	52,578.8	24,825.5	1	77,404.3	52,578.8	24,825.5		
下水管置き換え	m	455.55	1,100	501,105.0	471,570.0	29,535.0	1,100	501,105.0	471,570.0	29,535.0		
水道管置き換え	ls.		1	288,156.4	78,863.9	209,292.5	1	288,156.4	78,863.9	209,292.5		
1.2 非構造物対策				1,569,883.3	1,210,682.4	359,200.9		51,000.0	0.0	51,000.0		
流域管理	ls.		1	1,518,883.3	1,210,682.4	308,200.9						
警報 (送信装置)	ls.	17,000.00	3	51,000.0		51,000.0	3	51,000.0		51,000.0		
2. 地滑り対策				5,248,009.7	3,602,043.8	1,645,965.9		4,548,009.7	2,902,043.8	1,645,965.9		
2.1 構造物対策				4,363,009.7	2,902,043.8	1,460,965.9		4,363,009.7	2,902,043.8	1,460,965.9		
ベリンチェ	ls.	3,090,747.03	1	3,090,747.0	1,973,840.9	1,116,906.1	1	3,090,747.0	1,973,840.9	1,116,906.1		
レパルト	ls.	1,184,313.06	1	1,184,313.1	860,894.6	323,418.5	1	1,184,313.1	860,894.6	323,418.5		
バンブー	ls.	87,949.58	1	87,949.6	67,308.3	20,641.3	1	87,949.6	67,308.3	20,641.3		
2.2 非構造物対策				885,000.0	700,000.0	185,000.0		185,000.0	0.0	185,000.0		
住民移転	houses	3,500.00	200	700,000.0	700,000.0							
警報 (送信装置)	ls.	15,000.00	4	60,000.0		60,000.0	4	60,000.0		60,000.0		
(受信装置)	ls.	125,000.00	1	125,000.0		125,000.0	1	125,000.0		125,000.0		
3. その他				2,000,000.0	2,000,000.0	0.0		500,000.0	500,000.0	0.0		
教育	ls.		1	1,000,000.0	1,000,000.0		1	500,000.0	500,000.0			
災害管理情報システム	ls.		1	1,000,000.0	1,000,000.0							
4. 直接費				40,372,345.7	30,877,423.9	9,494,921.7		25,019,488.0	17,095,786.7	7,923,701.2		
5. 業務管理費	ls.	-		2,492,102.1	2,492,102.1			1,724,459.2	1,724,459.2			
業務管理	ls.			2,018,617.3	2,018,617.3			1,250,974.4	1,250,974.4			
用地費	houses	47,348.48	10	473,484.8	473,484.8		10	473,484.8	473,484.8			
6. エンジニアリング費	ls.	-		6,789,595.3	1,701,795.3	5,087,800.0		3,615,317.6	975,717.6	2,639,600.0		
7. 予備費(フィジカル)	ls.	-		4,037,234.6	3,087,742.4	949,492.2		2,501,948.8	1,709,578.7	792,370.1		
(小計: 4+5+6+7)				53,691,277.7	38,159,063.7	15,532,213.9		32,861,213.6	21,505,542.2	11,355,671.3		
8. 予備費(プライス)	ls.	-		10,220,000.0	7,710,000.0	2,510,000.0		3,830,000.0	2,530,000.0	1,300,000.0		
計				63,911,277.7	45,869,063.7	18,042,213.9		36,691,213.6	24,035,542.2	12,655,671.3		

表 4.13 事業実施工程

項目	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
詳細設計	■															
入札手続き	■	■														
事業実施																
1 構造物対策																
土掘削																
岩掘削																
護岸(A)																
護岸(B)																
ガビオン																
堤防																
シャフト工																
抑え盛土工																
アンカー工																
土捨場																
ガビオン(土捨場)																
護岸(土捨場)																
堤防(土捨場)																
ペスカド湖																
マヨール橋(補強)																
マヨール橋(架け替え)																
撤去工																
下水管置き換え																
水道管置き換え																
非構造物対策																
流域管理																
警報システム																
2 地滑り対策																
構造物対策																
ベリンチェ																
レバレット																
パンプー																
非構造物対策																
移転																
警報システム																
3 その他																
教育																
災害管理情報システム																
事業管理																
施工管理																

表 5.3 スクリーニング (洪水対策・地滑り対策)

環境項目		記述	判定	摘要 (理由)	
社会環境	1	住民移転	用地取得のための住民移転 (居住権と所有権の移管)	Y	レパルト地滑り対策
	2	経済活動	土地等経済活動基盤の喪失、経済構造の変化	N	
	3	交通・公共施設	学校、病院、交通への影響。交通渋滞、交通事故等。	Y	土木工事にともなう交通
	4	地域社会分断	地域間の交通遮断による地域社会の分断。	N	
	5	文化施設	教会、寺院、神社、建築物等歴史的遺産や他の文化遺産への被害や喪失。	Y	
	6	水利権・入会権等	漁業権、水理権、入会権等への障害。	N	
	7	公共衛生	ゴミや害虫の増加による公共衛生の悪化。	N	
	8	廃棄物	建設廃棄物、廃棄土、木材等の発生。	Y	土木工事
	9	災害の危険	地滑り等の危険の増大。	N	
自然環境	10	地形・地質	掘削や盛土による貴重な地形、地質の喪失。	N	
	11	土壌浸食	埋め立てや森林伐採に伴う表土の流出。	N	
	12	地下水	建設工事に伴う地下水低下や地下水の濁り。	Y	排水工事
	13	水循環	埋め立てや分流による流量変化、流速・河床変化。	Y	河床掘削
	14	海岸	海岸埋め立てや海岸変化に伴う海岸浸食や植生の変化。	N	
	15	動植物	生息環境の変更による繁殖の妨害、種の絶滅。	不明	
	16	気象	大規模な埋め立てや構造物の建設に伴う気温、降雨、風の変化。	N	
17	景観	埋め立てにともなう地形や植生の変化。構造物による美観の破壊。	N		
汚染	18	大気汚染	車両、施設の排気ガスによる大気汚染。	Y	土木工事に伴う交通
	19	水質汚染	流量の減少や土砂流入による水質悪化。	Y	河床掘削
	20	土壌汚染	下水や毒物の排出による土壌汚染。	不明	河床掘削
	21	騒音震動	車両やポンプによる騒音、震動。	Y	土木工事による
	22	地盤沈下	地下水低下による地形の変形や地盤沈下。	N	
	23	異臭	施設の建設と運転にともなう排気ガスと異臭の発生。	N	

表 5.4 スコーピング

環境項目		評価	理由
社会環境	1 住民移転	B	レパルト地滑り対策で10戸の家屋移転あり。
	2 経済活動	D	影響無し
	3 交通・公共施設	D	影響無し
	4 地域社会の分断	D	影響無し
	5 文化遺産	A	Cholteca川周辺のセントロとコマヤグエラに歴史的建造物有り。
	6 水利権・入会権	D	影響無し
	7 公衆衛生	D	影響無し
	8 廃棄物	B	土木工事で発生する。
	9 災害	D	影響無し
自然環境	10 地形・地質	D	影響無し
	11 土壌浸食	D	影響無し
	12 地下水	D	排水工事は地下水位を低下させる。
	13 水循環	D	影響無し
	14 海岸地域	D	影響無し
	15 動植物	C	現地調査で確認する必要有り。
	16 気象	D	影響無し
	17 景観	D	影響無し
汚染	18 大気汚染	C	土木工事による。
	19 水質汚染	B	土木工事による。
	20 土壌汚染	C	採取調査、試験を行う必要有り。
	21 騒音・震動	B	土木工事による。
	22 地盤沈下	D	影響無し
	23 異臭	D	影響無し

注1 評価分類

- A: 重大な影響有り
- B: 影響有り
- C: 影響の程度は不明(調査必要。調査の進展で影響は明らかになる可能性有り。)
- D: 影響無し。EIAは不要。

注2: 項目説明に従って、評価を行う必要有り。



表 6.1 ボーリング調査

ベリンチェ

項目	孔番	掘削長(m)	傾斜計	地下水位観測	標準貫入試験 (試験回数)
地滑り調査	B-1	40	○		
	W-1	25		○	
	B-2	50	○		
	W-2	35		○	35
	B-3	35	○		
	B-4	25	○		
	B-5	25	○		
	B-6	60	○		
	B-7	25		○	
	B-8	25	○		
B-9	35	○			
河床掘削調査	C-1	20	—	—	
	C-2	20	—	—	
	C-3	20	—	—	
	C-4	15	—	—	
小計		455	295	85	35
計		455			

レパルト

項目	孔番	掘削長(m)	傾斜計	地下水位観測	標準貫入試験 (回数)
地滑り調査	R-1	30		○	
	R-2	40	○		
	R-3	30		○	
	R-4	20	○		
	R-5	15		○	10
	R-6	10	○		
小計		145	70	75	10
計		145			

合計掘削長(m)	600 m
----------	-------

表 6.5 事業実施工程

項目	2002	2003	2004	2005	2006
詳細設計	■				
入札手続き		■			
事業実施			■	■	■
1 構造物対策					
土掘削			■	■	■
岩掘削				■	■
護岸(A)			■	■	■
護岸(B)					
ガビオン				■	■
堤防					■
シャフト工			■	■	■
抑え盛土工				■	■
アンカー工			■	■	■
土捨場			■	■	■
ガビオン(土捨場)			■	■	■
護岸(土捨場)			■	■	■
堤防(土捨場)				■	■
ペスカド湖			■		
マヨール橋(補強)			■	■	■
マヨール橋(架け替え)					
撤去工					
下水管置き換え			■	■	■
水道管置き換え			■	■	■
非構造物対策					
流域管理					
警報システム			■	■	■
2 地滑り対策					
構造物対策					
ベリンチェ			■	■	■
レパルト			■	■	■
ポンプ			■	■	■
非構造物対策					
移転					
警報システム			■	■	■
3 その他					
教育			■	■	■
災害管理情報システム			■	■	■
事業管理			■	■	■
施工管理			■	■	■



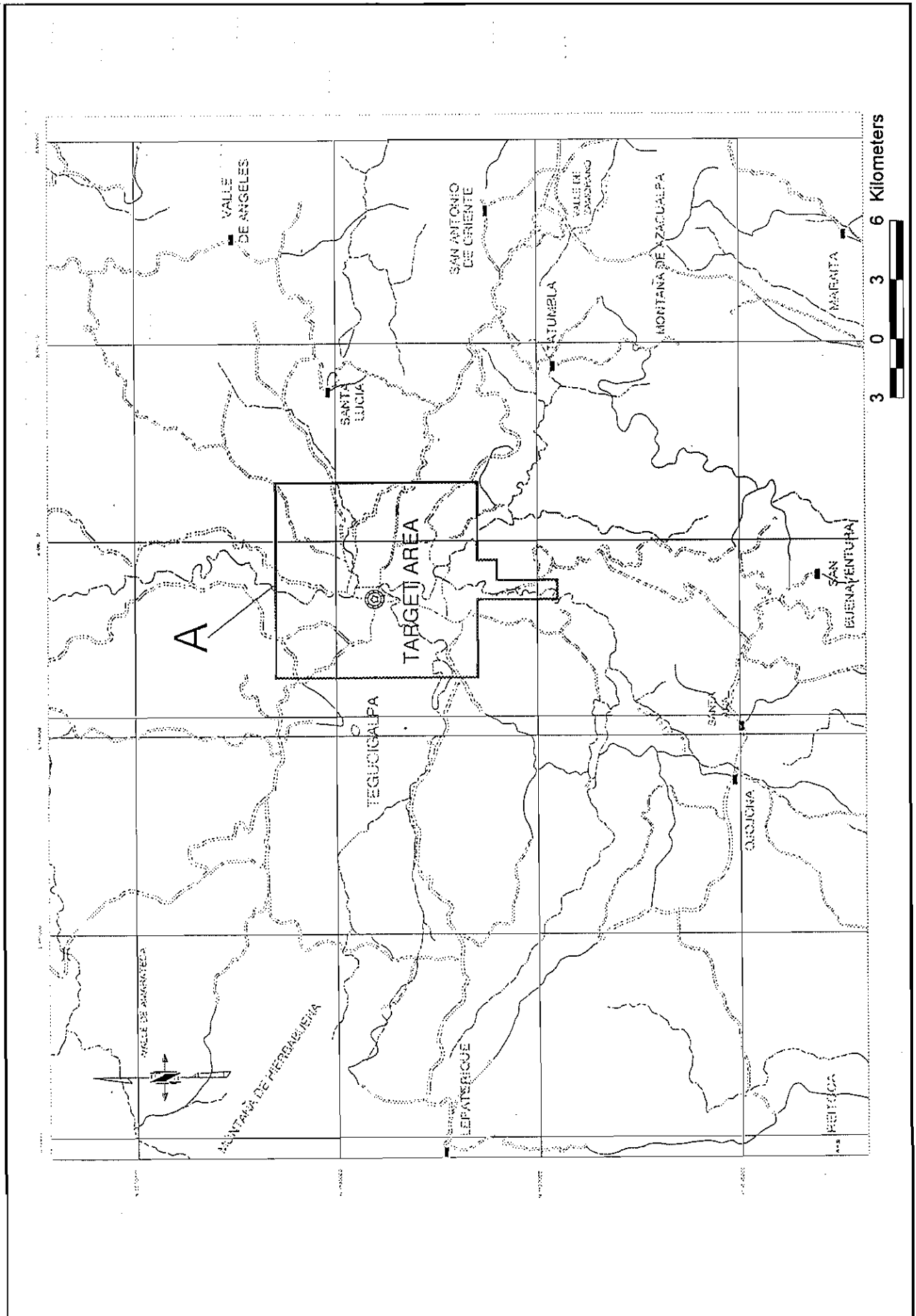


図 1.1

調査対象地域

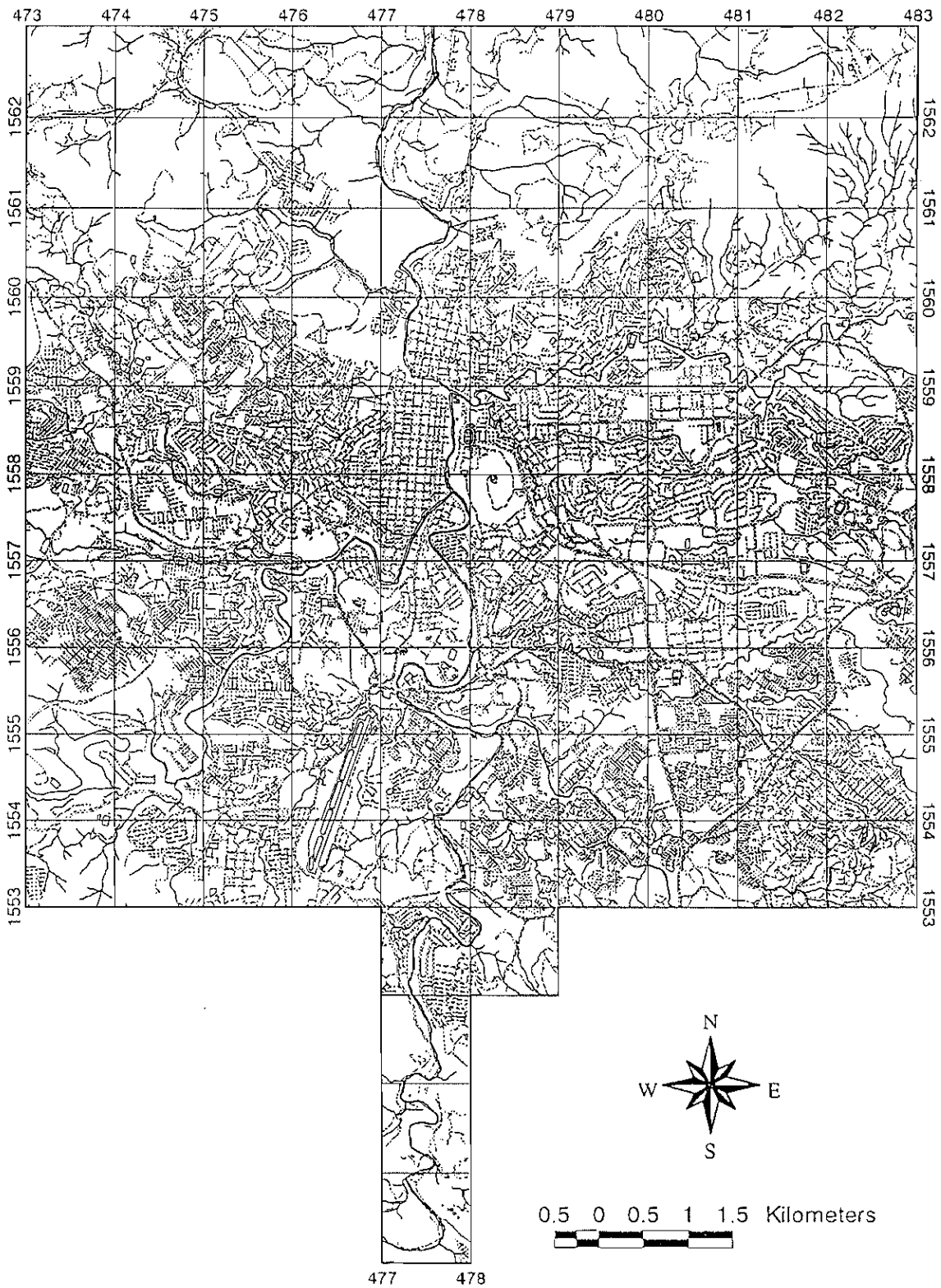


图 1.2

防災対象地域

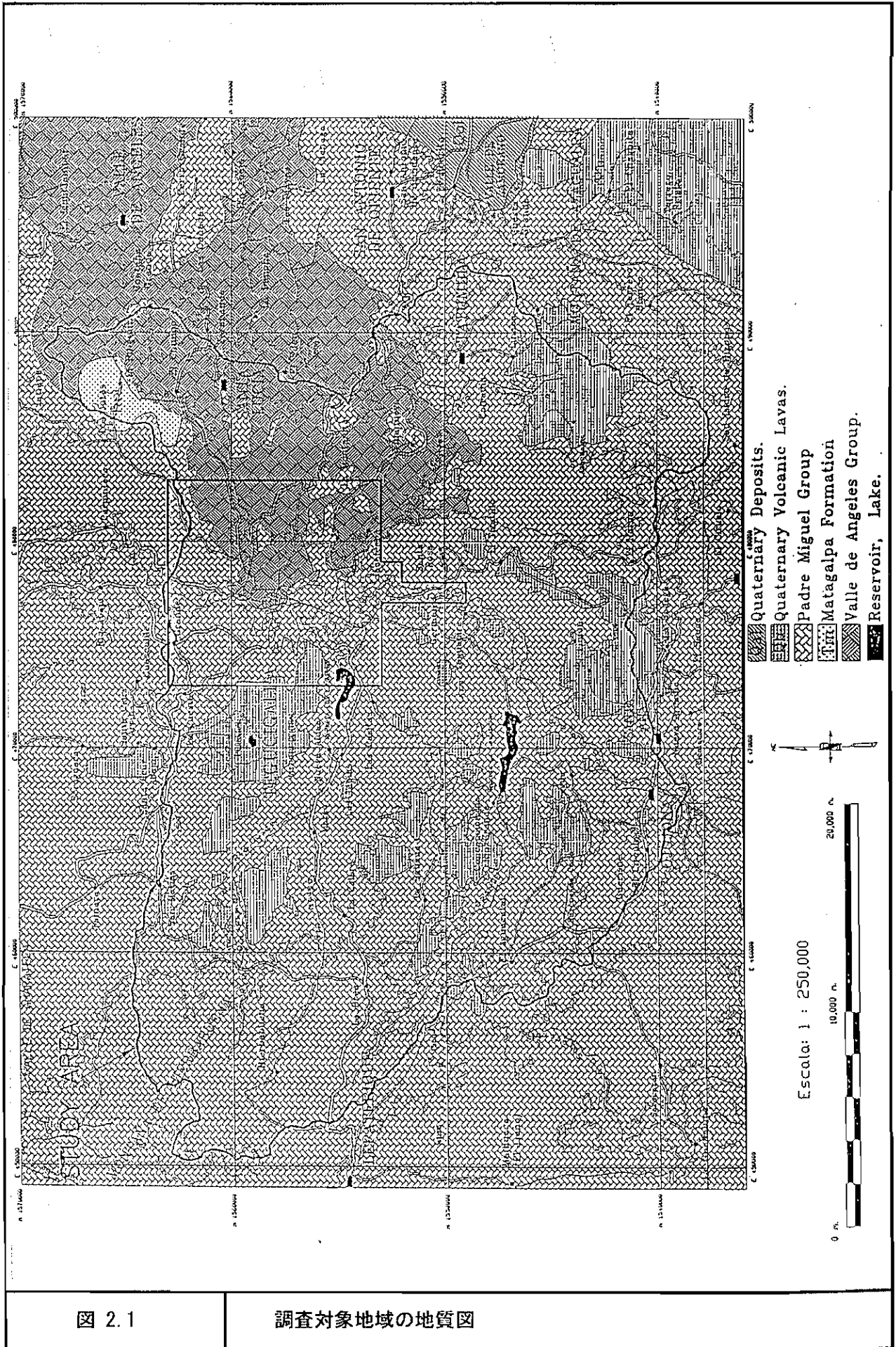


図 2.1

調査対象地域の地質図

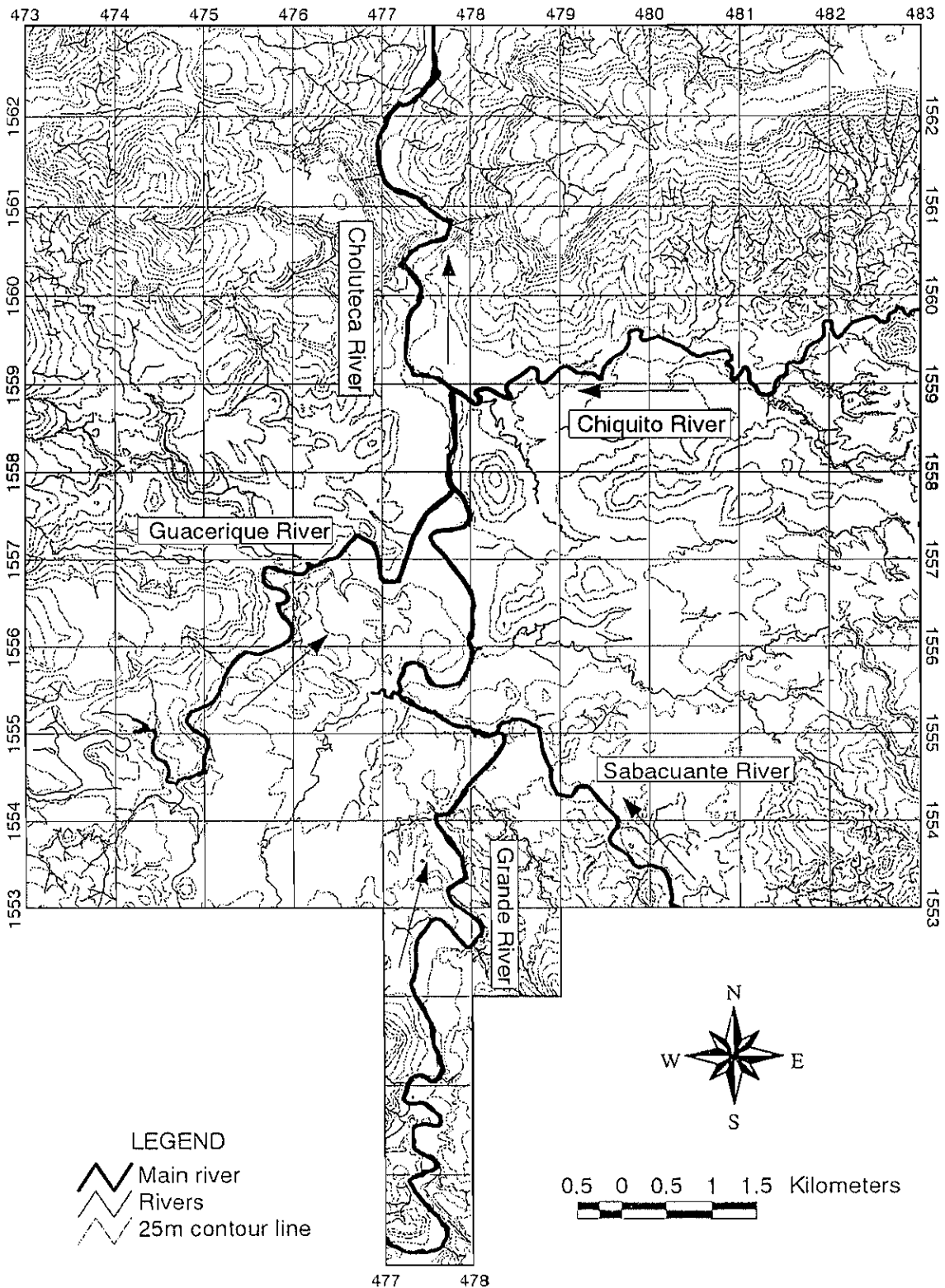


図 2.2

防災対象地域の地形

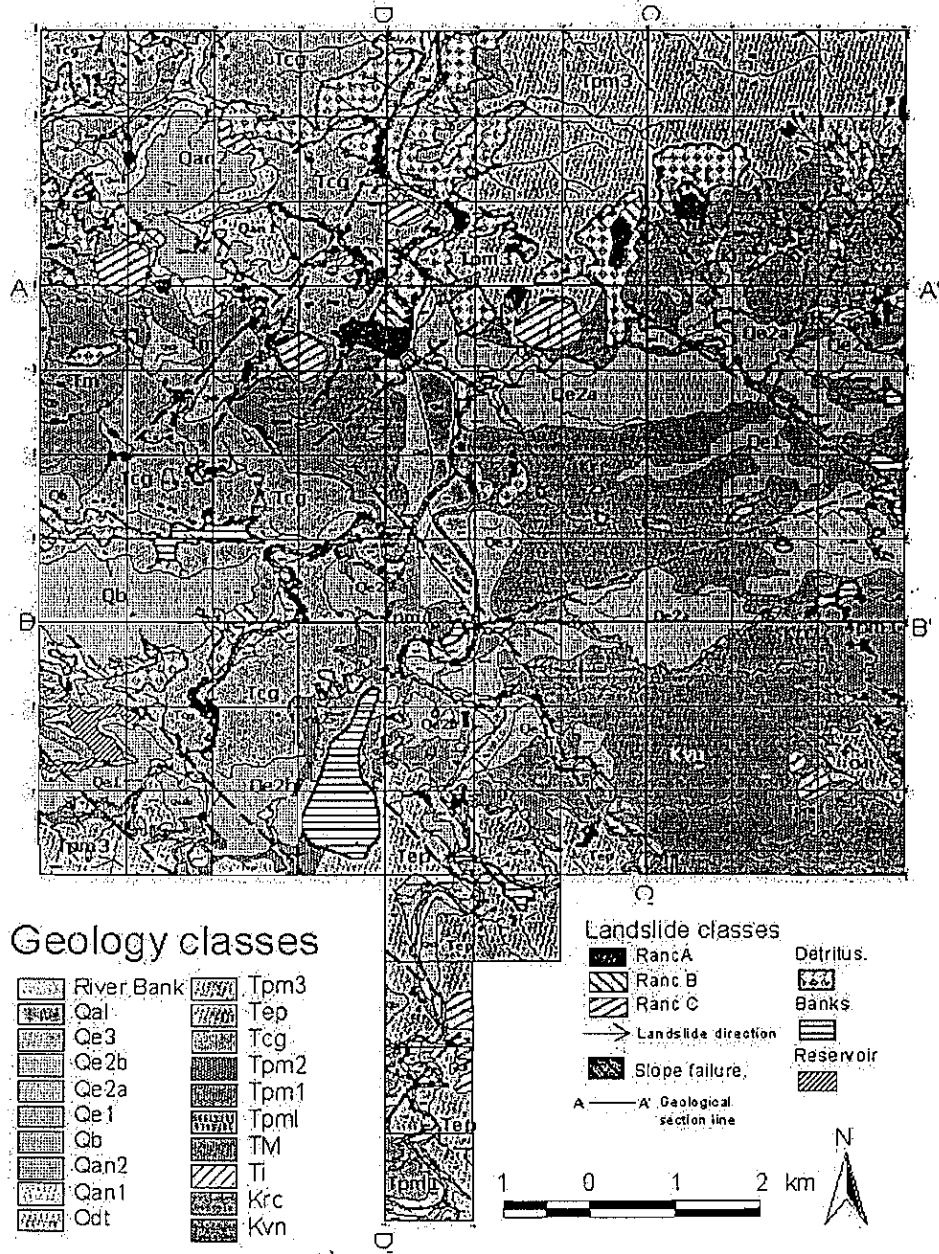


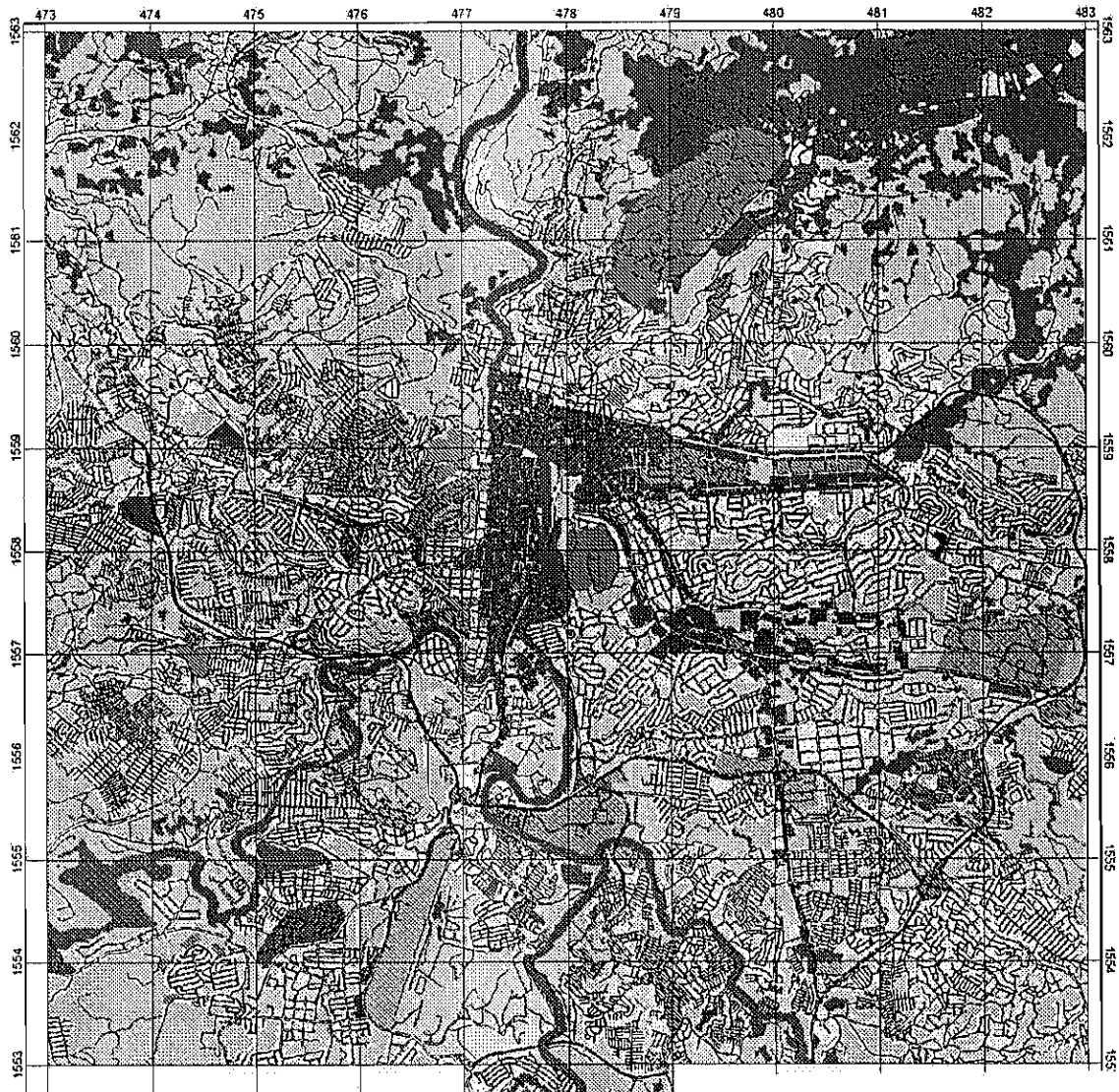
図 2.3

防災対象地域の地質図





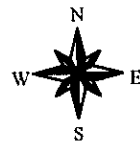




LEGEND

- Airport
- Cemetery
- Protocol & Business
- Commercial
- Forest & Shrubs
- Industrial Areas
- Army Facility
- Park & Green Areas
- Public Facility

- R-1: Residential 250 pers. / ha
- R-2: Residential 400 pers. / ha
- R-3: Residential 500 pers. / ha
- R-4: Residential 800 pers. / ha
- R-5: Residential > 800 pers. / ha
- Reservoir
- River Reserve Area
- Roads & Streets
- Sports Field
- Vacant Space

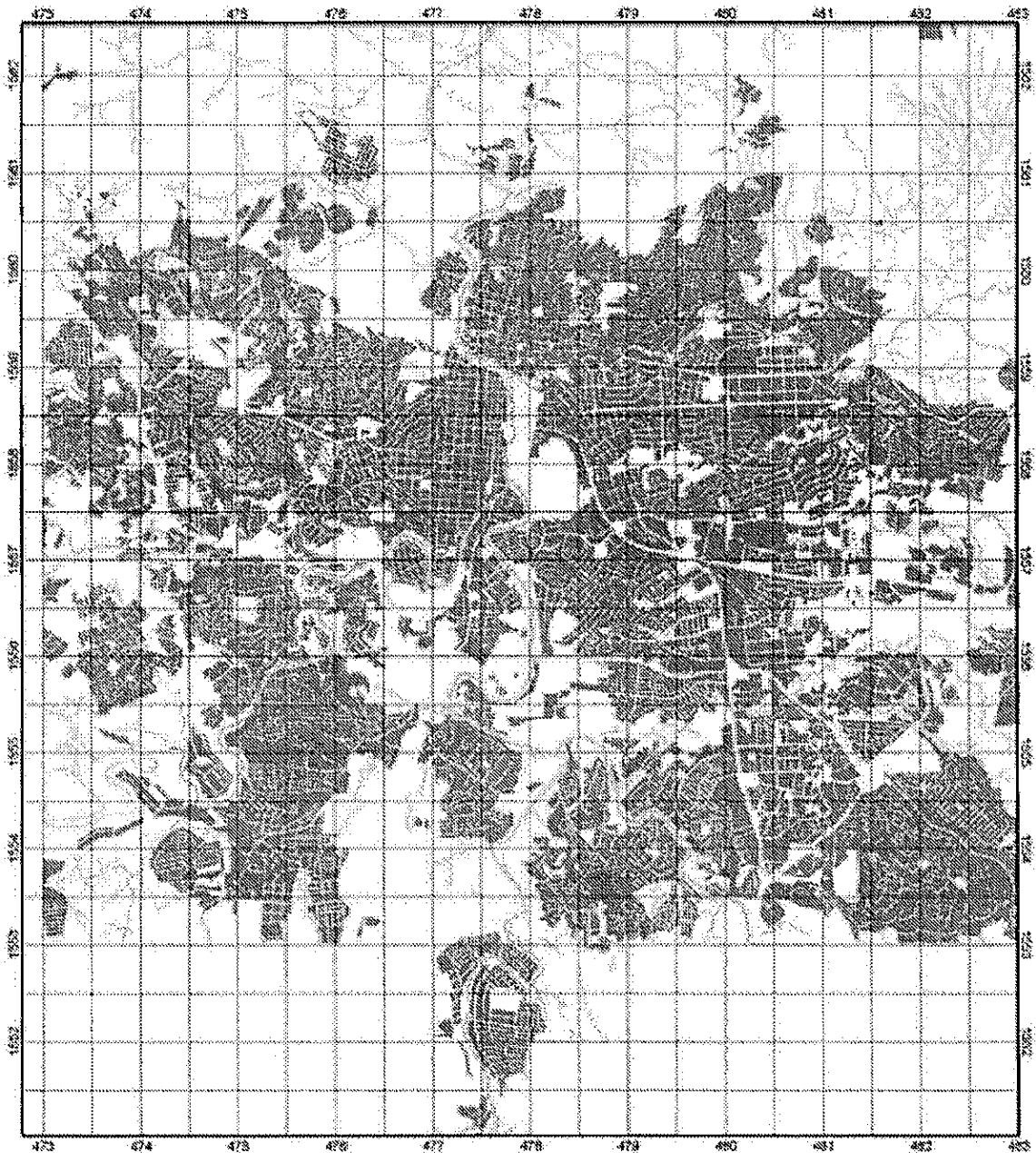


0.5 0 0.5 1 1.5 Kilometers



図 2.6

防災対象地域の現況土地利用図



0.5 0 0.5 1 1.5 Kilometers

図 2.7

防災対象地域の現況市街地

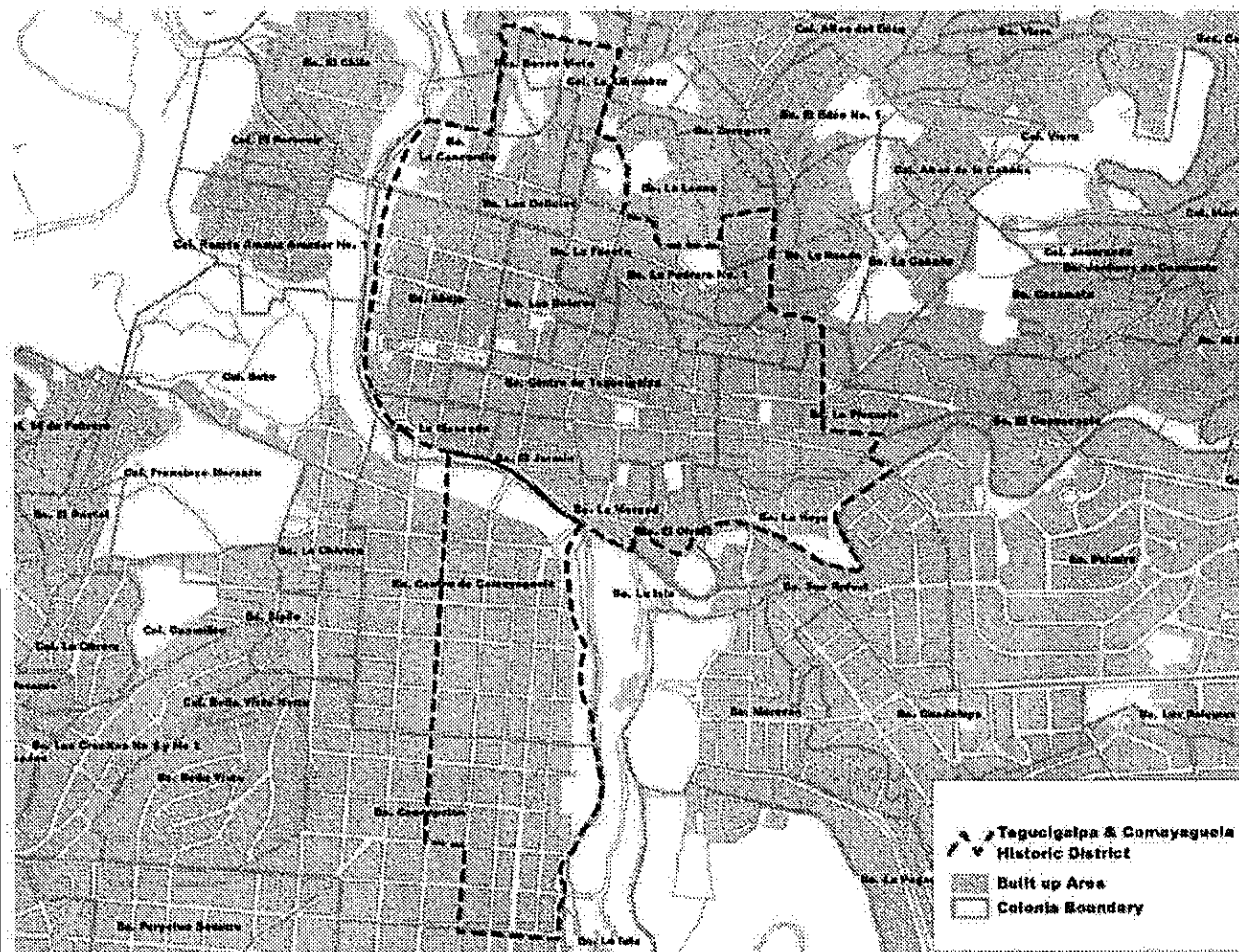
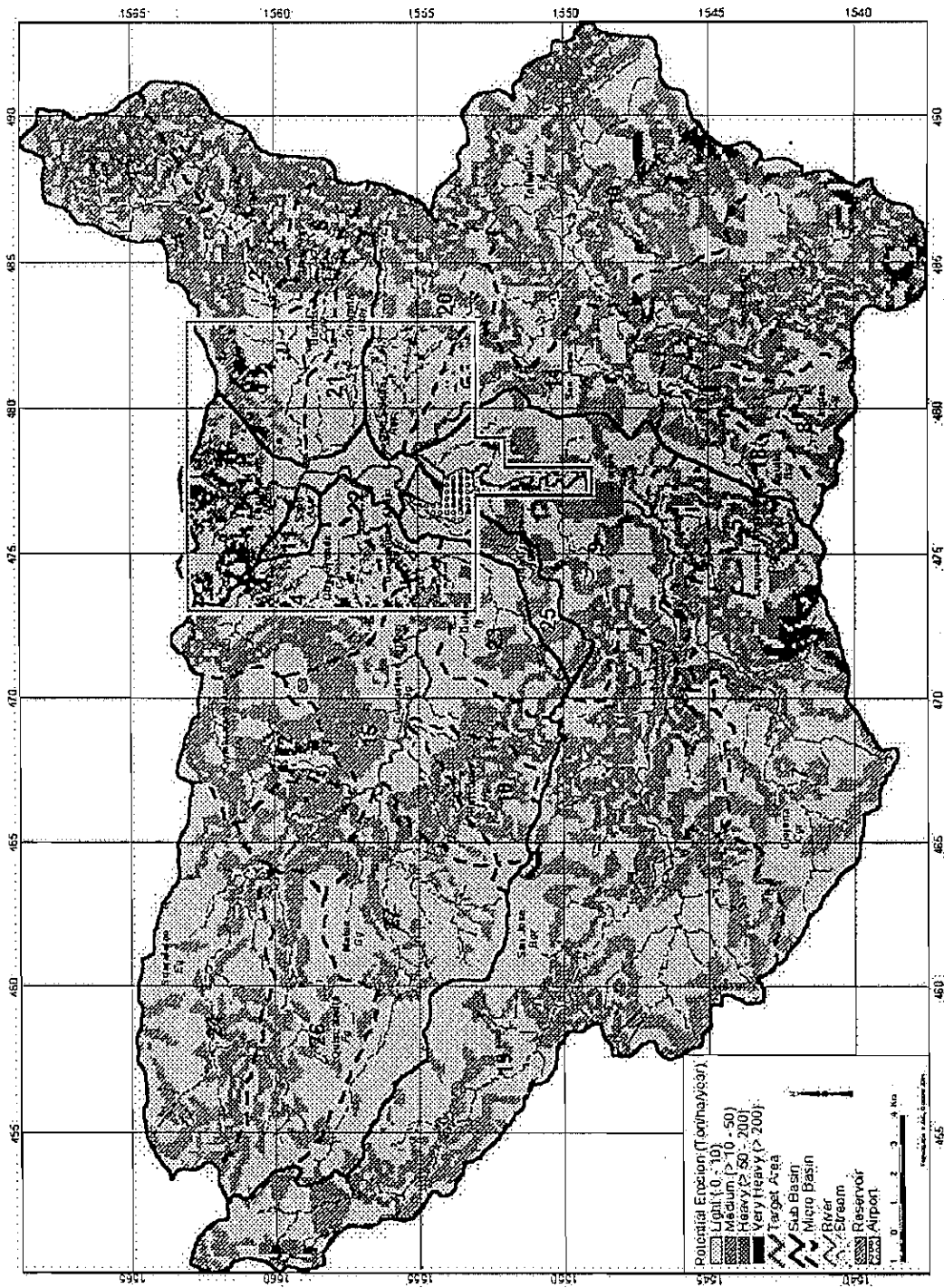


図 2.8

テグシガルパ/コマヤグエラ地区周辺の歴史地区 (1994 年)



Sources by Land Use:  
 1. Topographic Map (Scale: 1:50,000) at the project (in 2007)  
 2. Data of Study Area Land Use Map (Scale: 1:50,000) from ITC, ITC/UNEP, 1997, Projecto Agua y Saneamiento y Medio Ambiente en Chile para la agricultura.

図 2.9

調査対象地域の土壌浸食ポテンシャルの分布

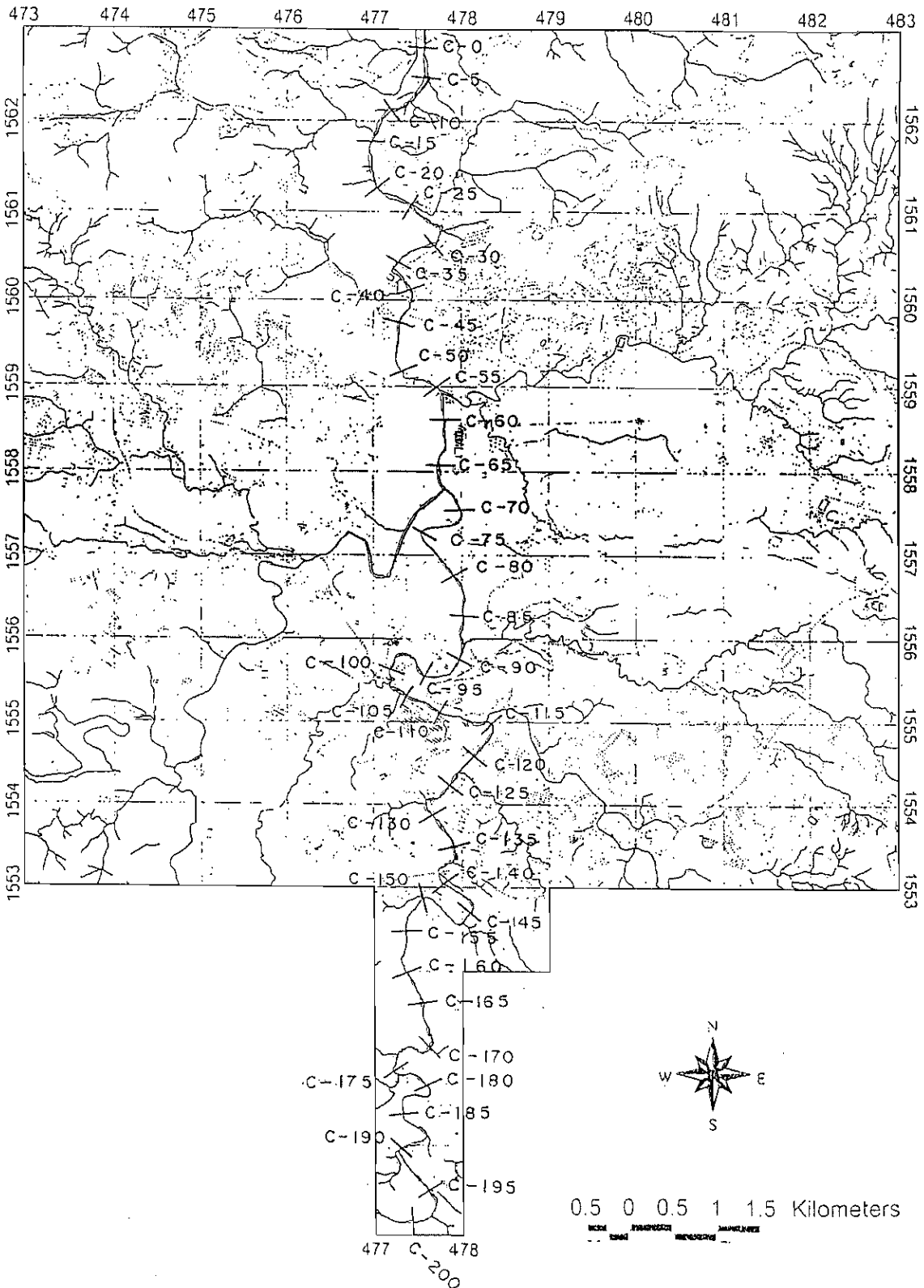


図 2.10

Choroteka川と河川測量断面番号

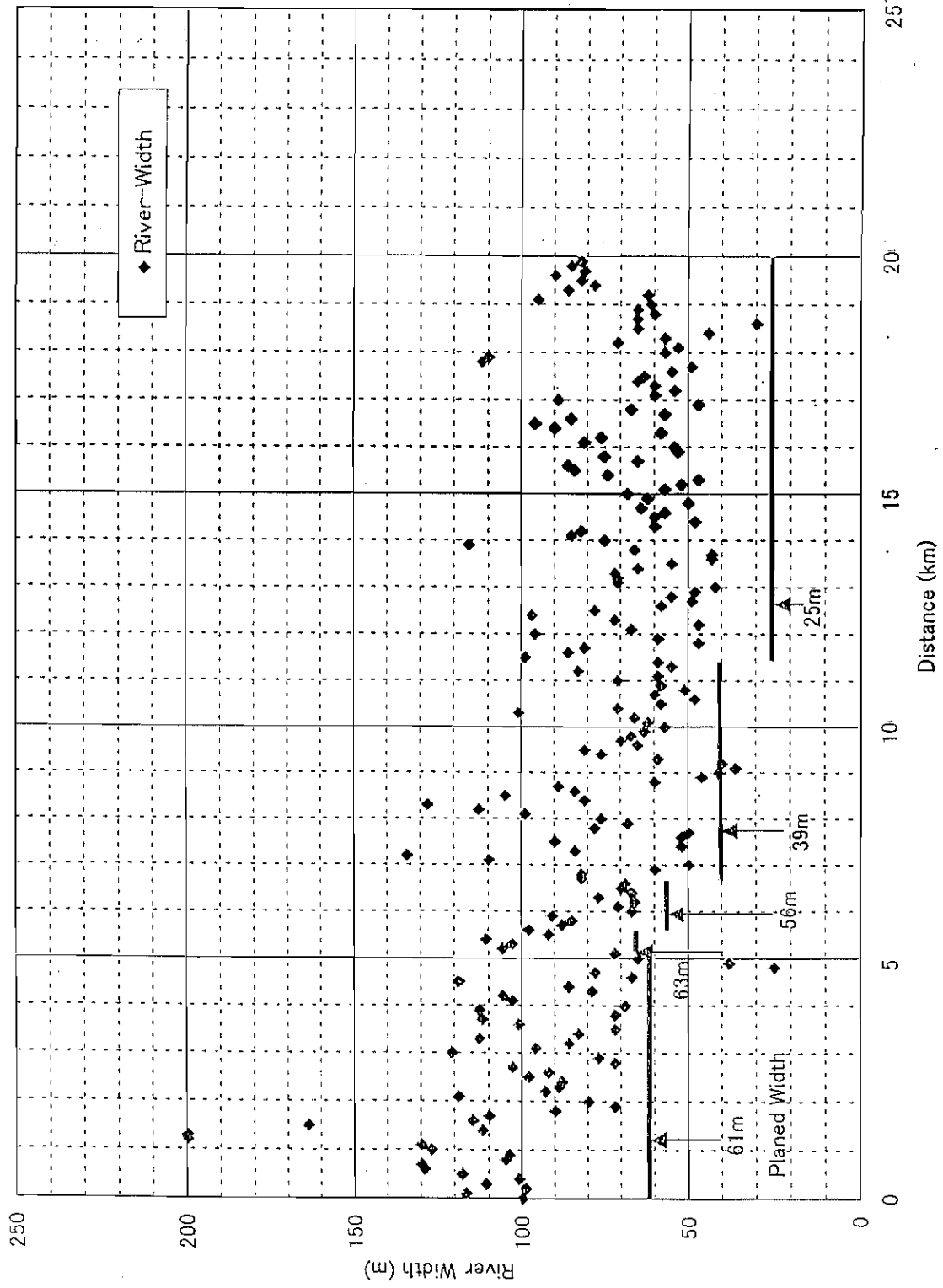


図 2.11

現況河川幅



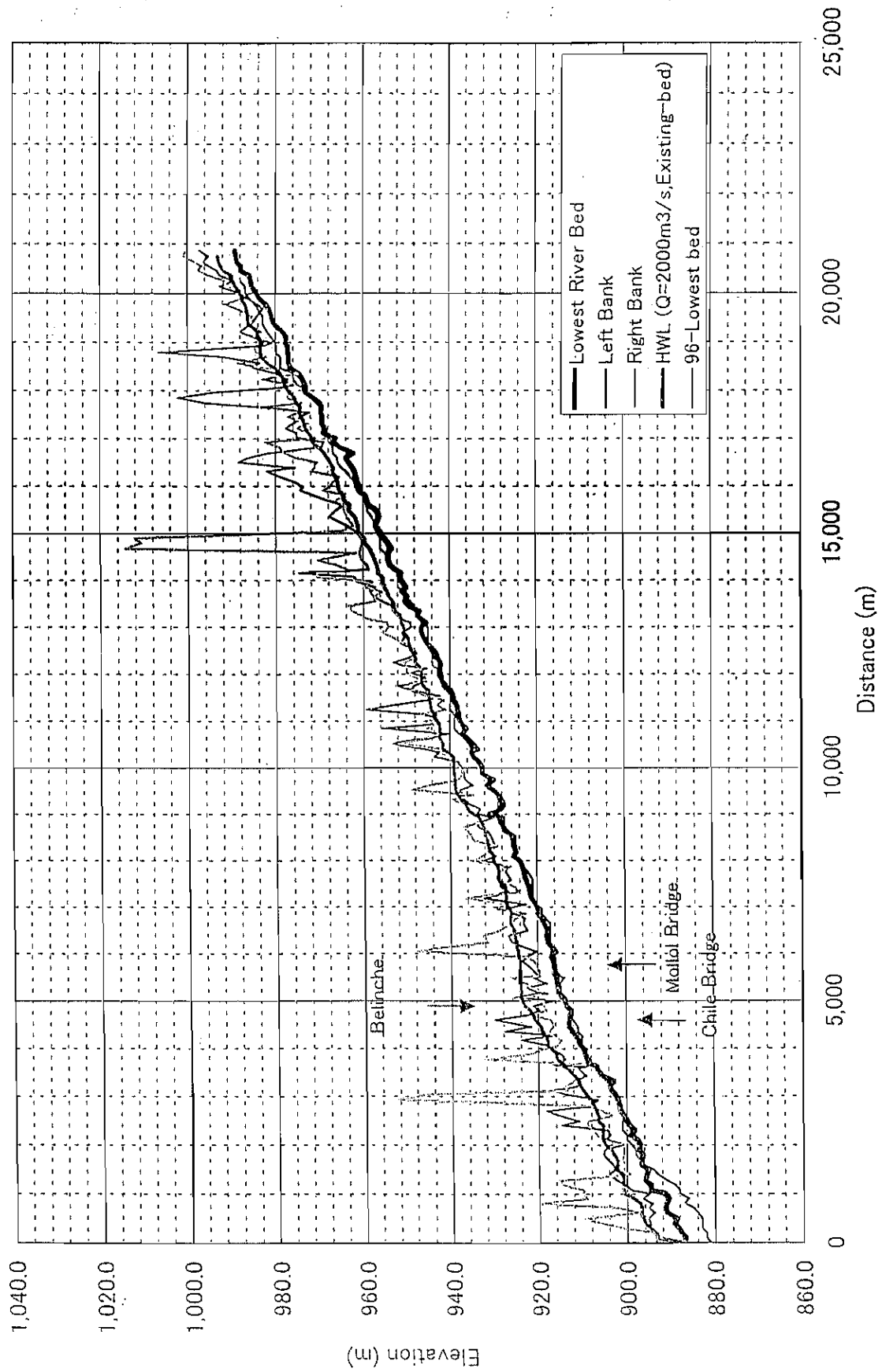


図 2.12

現況河川縦断

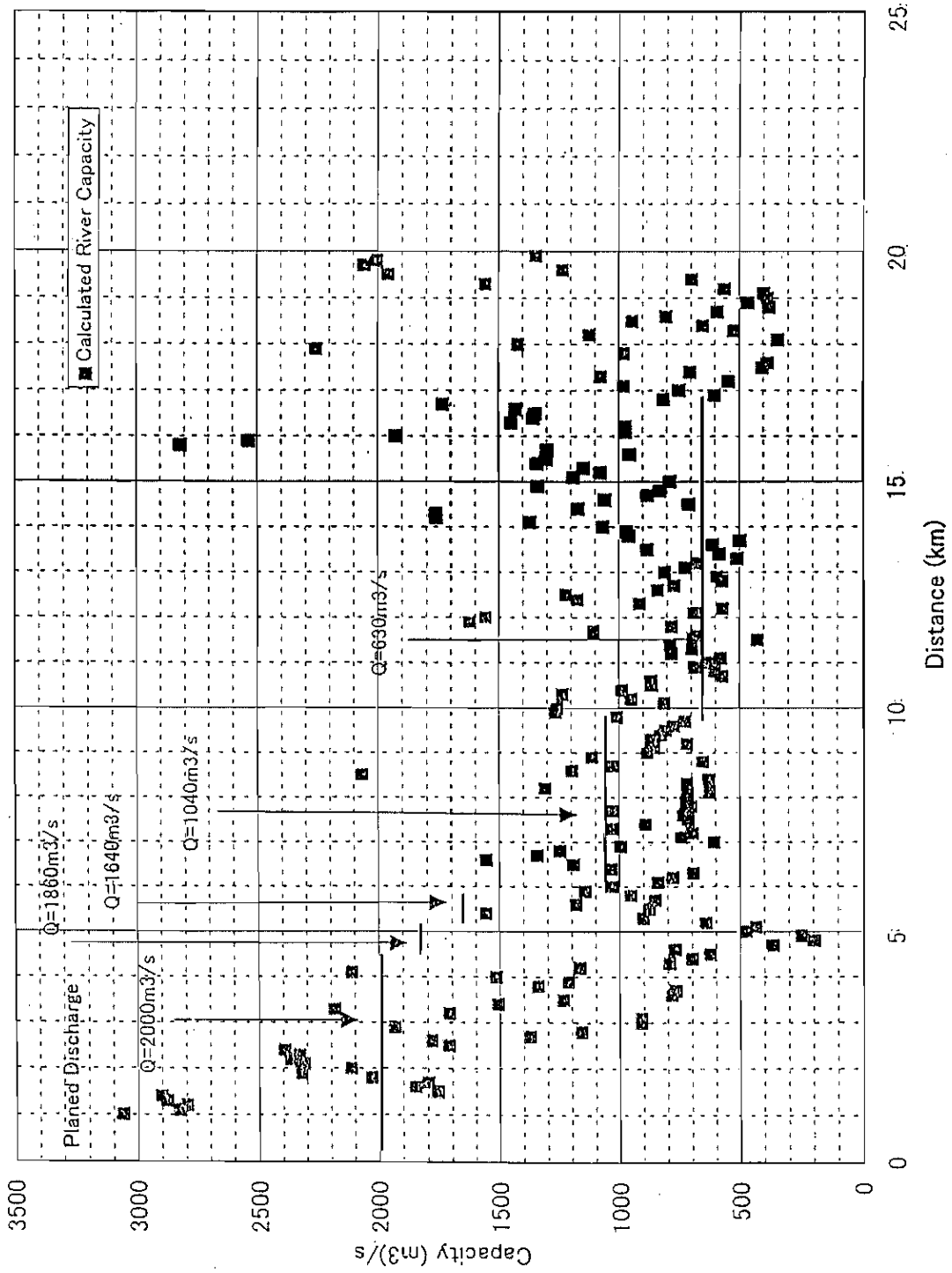


図 2.13

河川各断面の流下能力

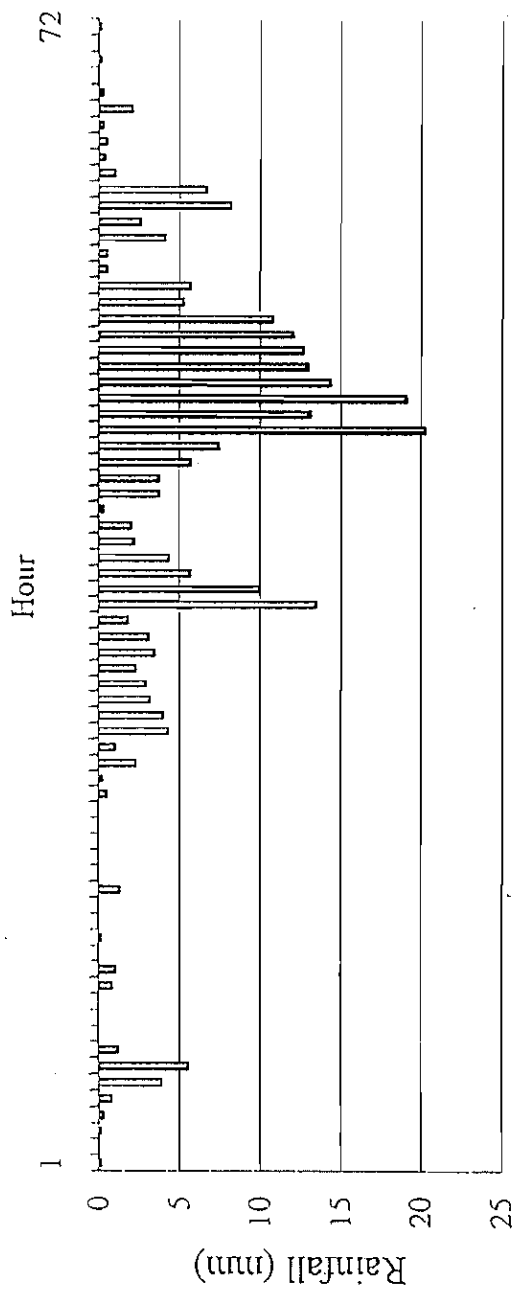
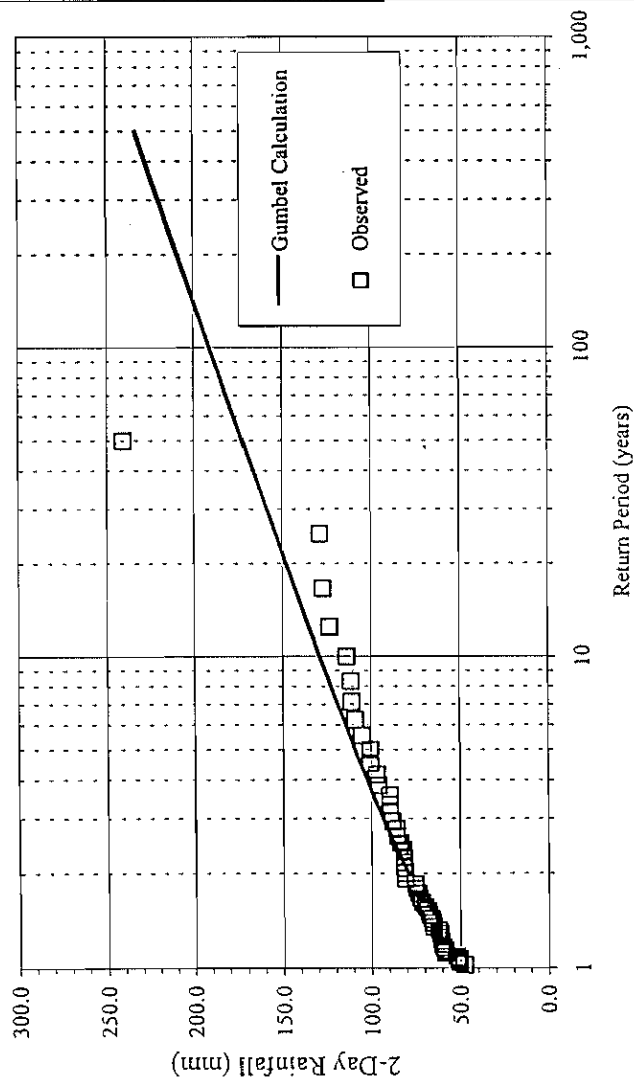


図 2.14

ハリケーンミッチ時のトンコンティン観測雨量

Maximum 2-Day Rainfall and Return Period at Toncontin Station  
(Data from 1951 to 1999)



Return Period (year)	2-Day Rainfall (mm)
500	233
400	227
300	220
250	215
200	209
150	202
100	191
80	185
60	177
50	172
40	167
30	159
25	154
20	148
15	140
10	129
9	126
8	123
7	119
6	115
5	109
4	103
3	93
2	79

図 2.15

トンコンティン観測所における最大2日雨量と生起確率

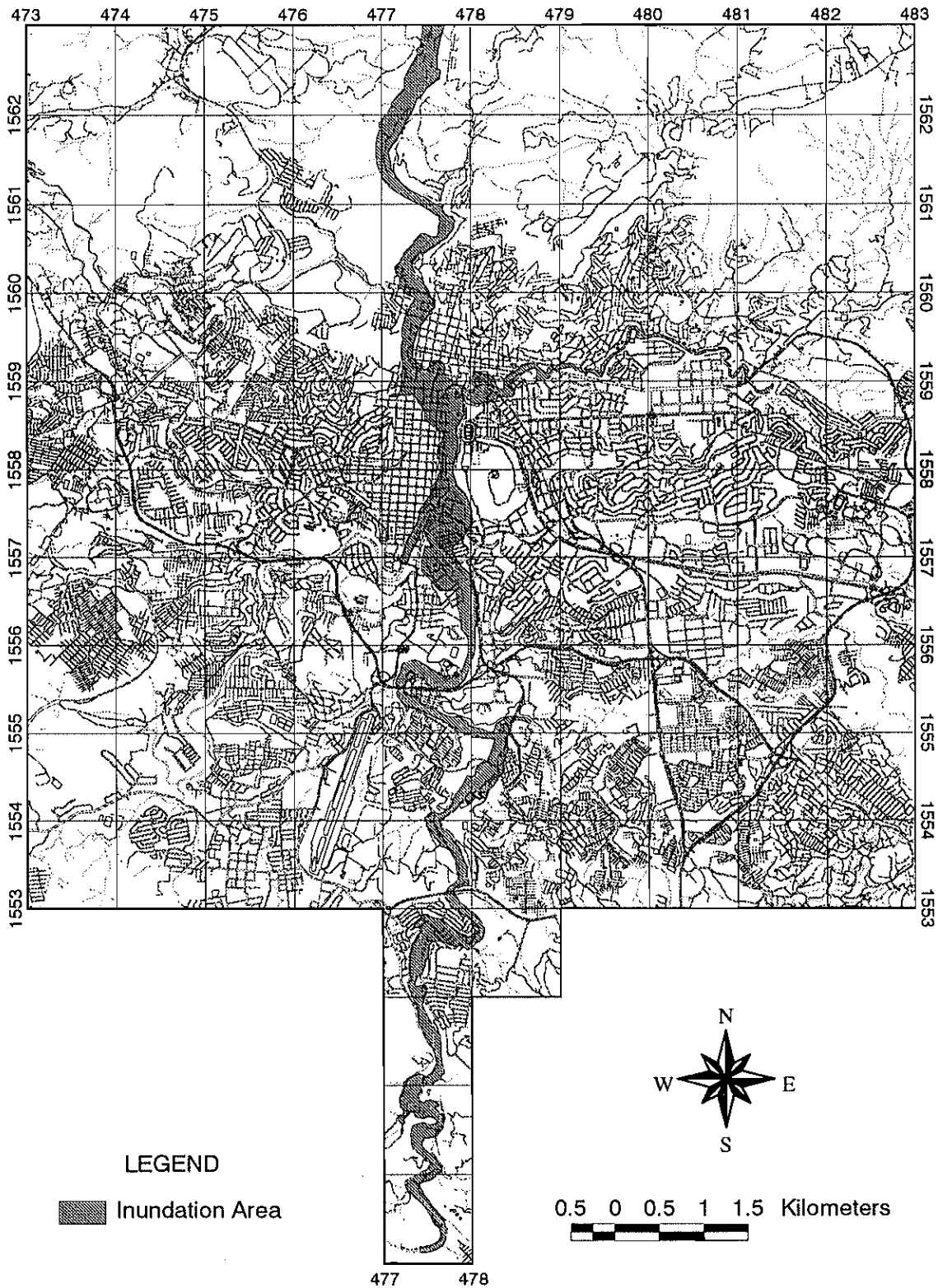


圖 2.16

洪水痕跡調査結果

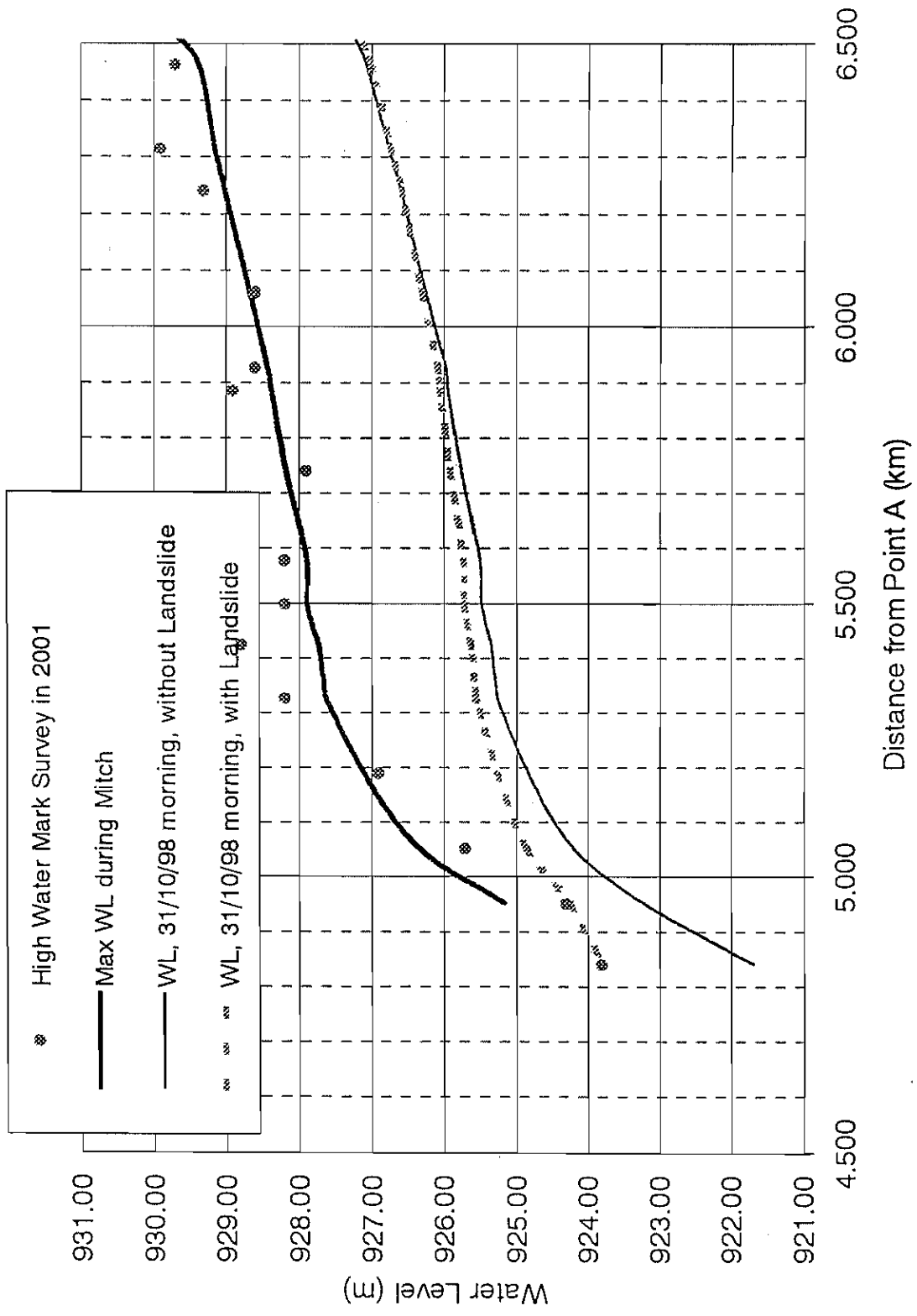


図 2.17

ハリケーンミッチ時のシミュレーション水位と洪水痕跡調査結果

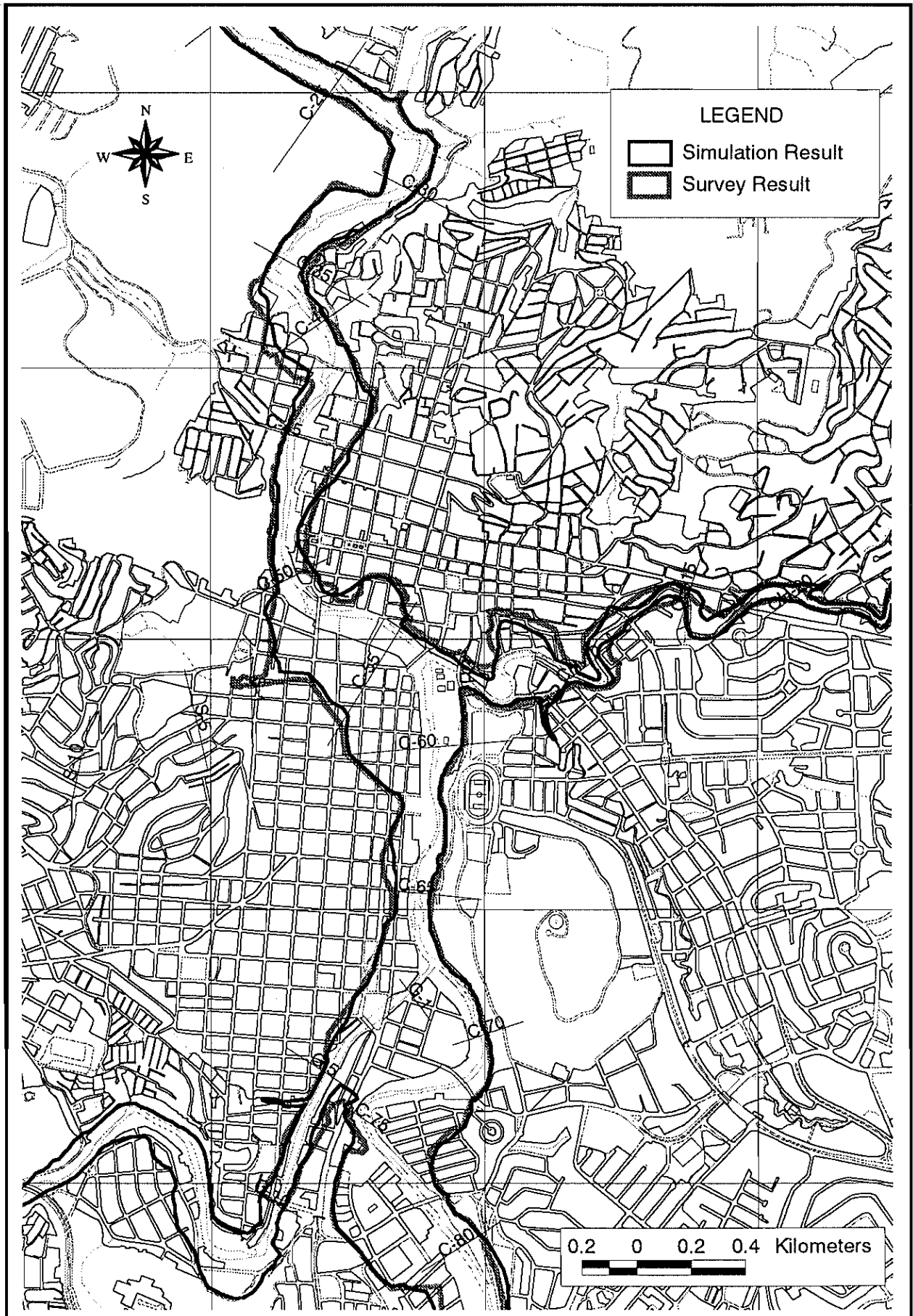


図 2.18

ミッチ時の氾濫域の比較

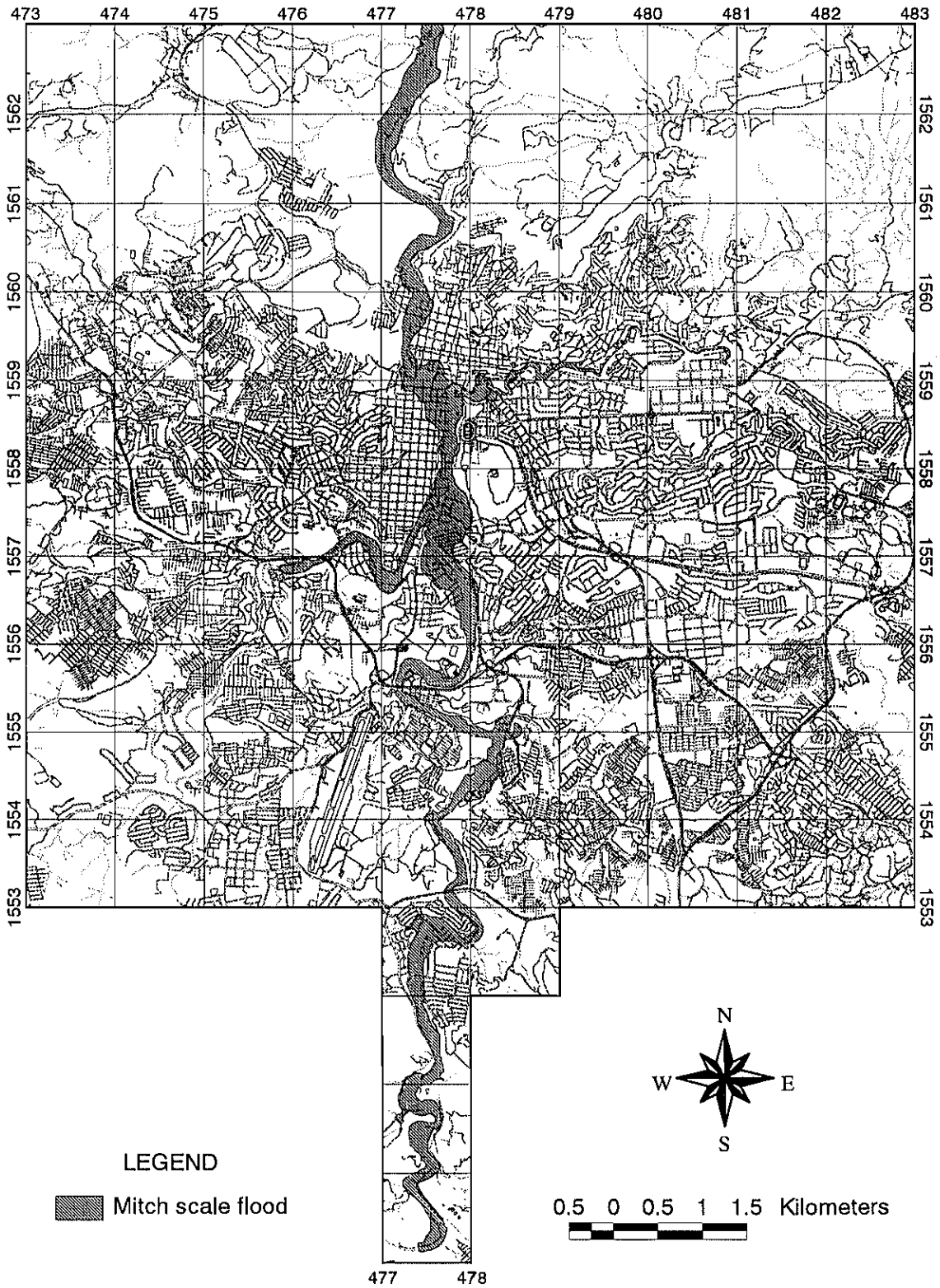


図 2.19 (1)

ハザードマップ (ハリケーンミッチ規模洪水による氾濫域) (1/2)



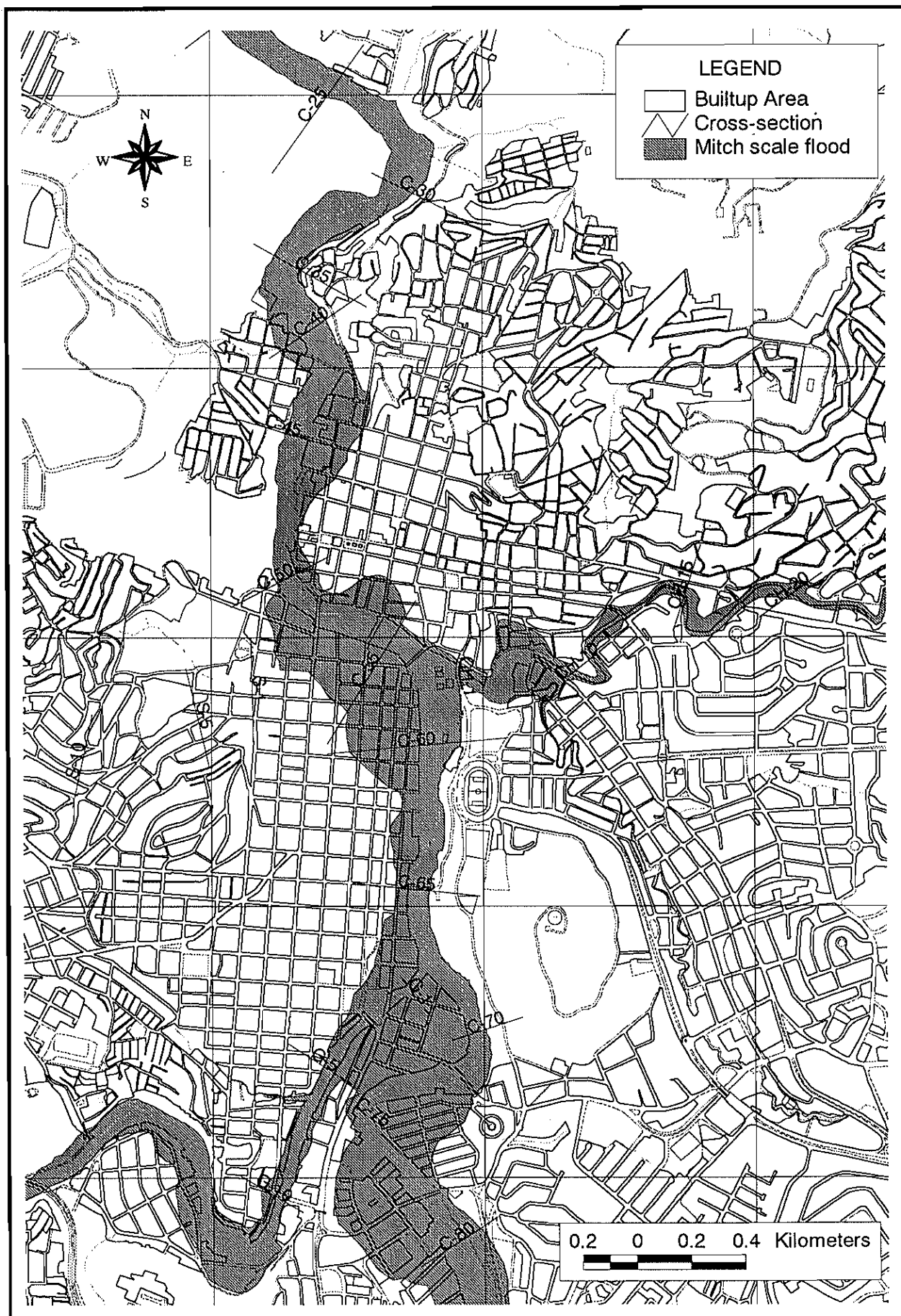


図 2.19 (2)

ハザードマップ (ハリケーンミッチ規模洪水による氾濫域) (2/2)