

グアテマラ共和国

治水計画調査  
(アチグアテ川およびパンタレオン川)

報告書

昭和60年1月

国際協力事業団



グアテマラ共和国

治水計画調査

(アチグアテ川およびパンタレオン川)

報告書

昭和60年1月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 9. 24	611
登録No. 11978	617
	SDS

## 序 文

日本国政府は、グアテマラ共和国政府の要請に応じて、アチグアテ・パンタレオン川流域治水計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこれを実施した。当事業団は、株式会社建設技術研究所・五十嵐三雄氏を団長とする調査団を昭和58年8月から昭和59年3月、及び、同年6月から11月までの2回にわたり同国へ派遣した。

同調査団は、グアテマラ国政府関係者と意見交換を行うとともに、エスクイントラ県アチグアテ川、及び、パンタレオン川流域を対象に踏査を実施した。同調査団は本邦に帰国後、現地調査結果を基に国内作業を進め、ここに最終報告書提出のはこびとなった。

本報告書が、グアテマラ国の治水計画推進に寄与するとともに、日本・グアテマラ両国間の友好親善の促進に役立つならば、これに勝る喜びはない。

最後に、本調査団に対し種々協力を惜しまれなかったグアテマラ国政府関係者に対し、ここに深甚なる謝意を表する次第である。

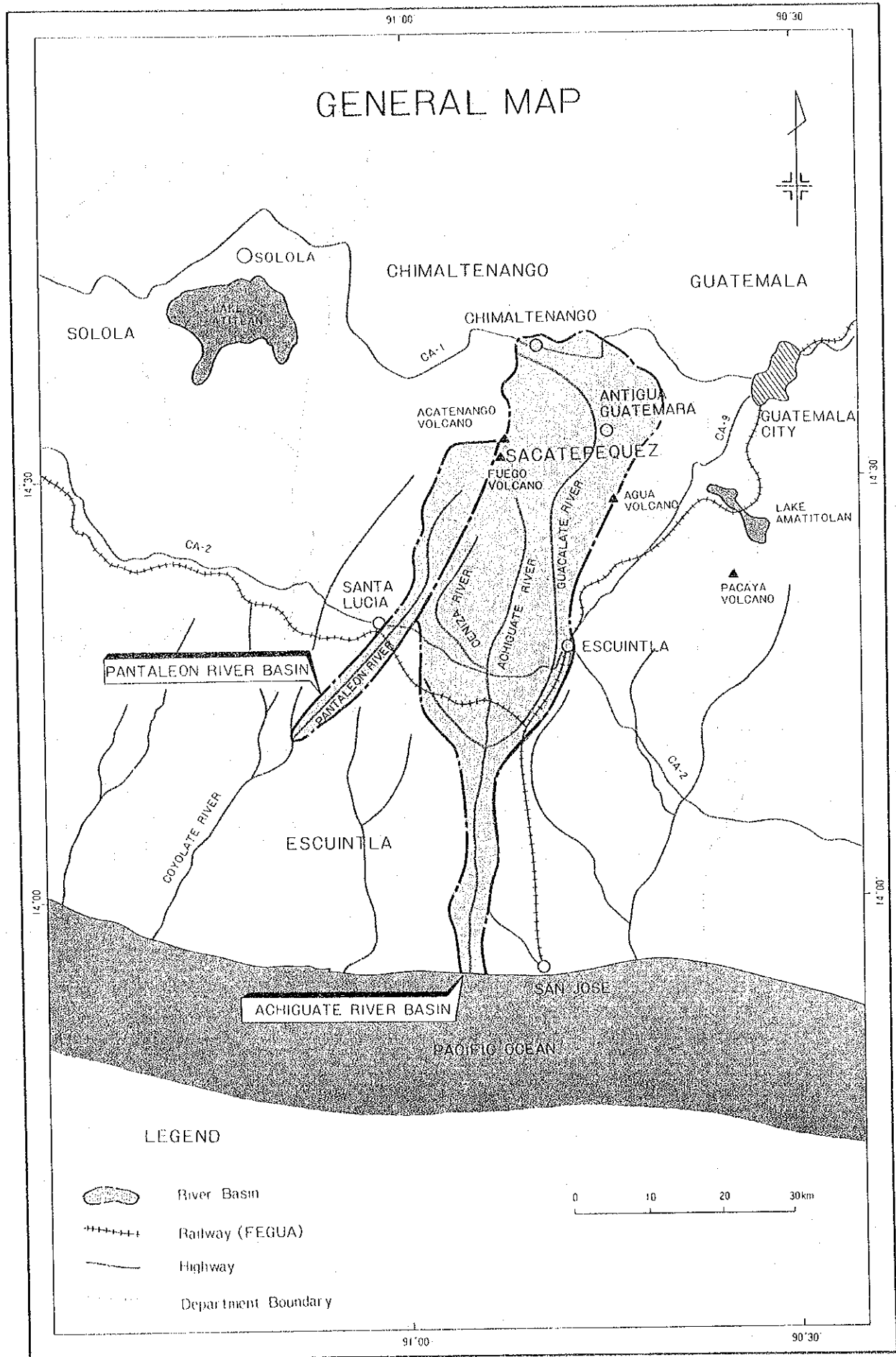
昭和60年1月

国際協力事業団

総裁 有田 圭甫



# GENERAL MAP







# 目 次

序 文	
概 要 図	
第1章 序	1
1.1 調査の経緯	1
1.2 調査の概要	1
1.2.1 調査対象地域	1
1.2.2 調査の目的	1
1.2.3 調査の内容	1
1.3 調査の手順	2
第2章 調査の背景	4
2.1 社会経済的背景	4
2.2 調査対象地域の位置づけ	8
2.2.1 アチグァテ川、パンタレオン川流域の重要性	8
2.2.2 他河川における土砂、洪水被害	9
第3章 調査対象地域の現況	10
3.1 社会経済	10
3.1.1 行 政	10
3.1.2 人口および労働力	10
3.1.3 土砂、洪水による被害	11
3.1.4 公共施設	11
3.1.5 農業および他の産業	14
3.1.6 土地利用と資産	14
3.1.7 現在進行中のプロジェクト	15
3.2 自 然	15
3.2.1 位置および地形	15

3.2.2	気 候	17
3.2.3	地質および地勢	17
3.2.4	洪水、年流出量および潮汐	18
3.2.5	火山活動と土砂流出	19
3.2.6	河川の現況	20
第4章 計画の基本条件と方針		23
4.1	概 説	23
4.2	計画の基本条件	23
4.2.1	計画流出土砂量	23
4.2.2	計画洪水流量	24
4.2.3	想定洪水氾濫	25
4.3	砂防、洪水防御の方針	26
4.3.1	砂 防	26
4.3.2	洪水防御	27
4.4	プロジェクト評価の方針	28
第5章 長期計画		31
5.1	概 説	31
5.2	計画流出土砂量および洪水流量	31
5.3	比較検討	32
5.3.1	砂防ダム	32
5.3.2	全川河川改修案	33
5.3.3	部分河川改修案(ケースⅠ)	35
5.3.4	部分河川改修案(ケースⅡ)	36
5.4	最適案	39
5.4.1	計画の概要	39
5.4.2	施工期間および費用	41

第6章 緊急計画	4 3
6.1 概 説	4 3
6.2 防御対象資産	4 3
6.3 比較検討	4 4
6.3.1 砂防ダム	4 4
6.3.2 河川改修	4 5
6.4 計画流出土砂量および洪水流量	4 8
6.5 最適案	4 8
6.5.1 計画の概要	4 8
6.5.2 予備設計	5 0
6.5.3 施工期間および費用	5 3
6.6 代替案	5 4
6.6.1 計画の概要	5 5
6.6.2 予備設計	5 6
6.6.3 施工期間および費用	5 8
第7章 プロジェクト評価	5 9
7.1 概 説	5 9
7.2 経済費用・便益算定の条件と方法	5 9
7.2.1 価 格	5 9
7.2.2 費 用	6 0
7.2.3 便 益	6 0
7.3 長期計画の経済評価	6 4
7.3.1 経済費用	6 4
7.3.2 経済便益	6 4
7.3.3 経済評価	6 5
7.4 緊急計画の経済評価	6 5
7.4.1 経済費用	6 5
7.4.2 経済便益	6 5

7.4.3	経済評価	66
7.4.4	感度分析	67
7.5	社会経済的影響	67
第8章	河川行政組織	68
8.1	概説	68
8.2	グアテマラ国の水管理	68
8.2.1	政府機構	68
8.2.2	水管理関連組織	69
8.3	グアテマラ国での水管理法	72
8.3.1	現行水管理関連法	72
8.3.2	水一般法の草案	72
8.4	外国の水管理組織、関連法の紹介	73
8.4.1	外国の水管理組織	73
8.4.2	外国の水管理関連法	76
第9章	勸告	79
付録1	： 調査団、カウンターパートおよび作業管理委員名簿	
付録2	： 議事録	

## 表リスト

表 1-1	使用データ一覧表 .....	81
表 2-1	主要農産物 1974/75-1980/81年 .....	87
表 2-2	輸出及び輸入高 1974/75-1980/81年 .....	88
表 2-3	国内総生産 (GDP) 1971-1980年 .....	89
表 2-4	産業セクター毎のGDPに占める割合 1971-1980年 .....	90
表 3-1	各県毎の人口 1950, 1964, 1973, 1981年 .....	91
表 3-2	エスキントラ県に於ける人口, 家屋, 世帯数 1981年 .....	92
表 3-3	年令別, 男女別総人口及び労働人口 .....	93
表 3-4	アチグァテ川及びパンタレオン川流域での土砂洪水被害 .....	94
表 3-5	エスキントラ県の主要道路に於ける日平均交通量 1978-1982年 .....	97
表 3-6	グアテマラ国及びエスキントラ県の土地利用 .....	98
表 3-7	調査対象地域内の土地利用 .....	99
表 3-8	調査対象地域内での他のプロジェクト .....	100
表 3-9	月平均降雨量 .....	101
表 3-10	月平均気温 .....	102
表 3-11	月平均湿度 .....	103
表 3-12	月平均蒸発散量 .....	104
表 3-13	火山活動とその影響 .....	105
表 4-1	確率流出土砂量 .....	106
表 4-2	確率洪水流量 .....	107
表 4-3	洪水氾濫水位 .....	108
表 4-4	国際融資機関の利子率 .....	109

表 5-1	部分河川改修案 (ケースII) 経済比較	110
表 5-2	長期計画最適案建設費	111
表 5-3	長期計画最適案年度別事業費	112
表 6-1	河川改修方法の経済比較	113
表 6-2	計画規模毎の経済比較	114
表 6-3	砂防ダム構造型式の経済比較	115
表 6-4	砂防ダム構造基本諸元	116
表 6-5	河川構造物型式の経済比較	117
表 6-6	緊急計画最適案建設費	118
表 6-7	緊急計画最適案年度別事業費	119
表 6-8	緊急計画代替案建設費	120
表 6-9	緊急計画代替案年度別事業費	121
表 7-1	潜在外貨交換率 1976-1980年	122
表 7-2	エスキントラ県での主要農産物の 単位面積当り収穫量及び価格	123
表 7-3	冠水被害率	124
表 7-4	年度別経済費用, 便益及びEIRR (長期計画最適案)	125
表 7-5	年度別経済費用, 便益及びEIRR (緊急計画最適案)	126
表 7-6	年度別経済費用, 便益及びEIRR (緊急計画代替案)	127
表 8-1	グアテマラ国国家予算	128
表 8-2	グアテマラ国経済セクター毎の予算配分	129
表 8-3	グアテマラ国の水管理関連組織の役割	130
表 8-4	グアテマラ国の水管理に係わる主要な法律	133
表 8-5	日本国の水管理に係わる各省の機能とその役割	134
表 8-6	建設省河川局内組織の機能とその役割	136
表 8-7	米国の水管理に係わる主要機関とその役割	138

表 8-8	英国の水管理機関の役割	140
表 8-9	日本の水管理に関する主要な法律	142
表 8-10	米国の水管理に関する主要な法律	143
表 8-11	英国の水管理に関する主要な法律	144

## 図リスト

図 1-1	調査対象地域	145
図 1-2	調査の手順	146
図 2-1	グアテマラに於ける土砂洪水被災地域	148
図 2-2	エルパルマルに於ける被災地域とその地勢条件	149
図 2-3	チキムリャに於ける被災地域とその地勢条件	150
図 3-1	1969年9月の洪水氾濫地域図	151
図 3-2	土地利用図	153
図 3-3	調査対象地域の地勢分類概念図	155
図 3-4	河道の変遷	156
図 3-5	アチグァテ川河口部の変遷	158
図 3-6	アチグァテ川鉄道橋での河道横断形の変遷	159
図 3-7	パンタレオン川道路橋での河道横断形の変遷	160
図 3-8	現況河川疎通能力	161
図 4-1	計画基準点位置図	163
図 4-2	比流量図	164
図 4-3	モデル洪水波形	165
図 5-1	計画洪水流量配分図	167
図 5-2	流域資産分類図	169
図 5-3	全川改修案平面図	171
図 5-4	全川改修案縦断図	173
図 5-5	部分河川改修案(ケースⅡ)比較検討図	175
図 5-6	長期計画最適案平面図	179



図 5-7	長期計画最適案工事計画	181
図 6-1	河川改修方法の概要図	182
図 6-2	河川改修方法の経済比較	186
図 6-3	計画規模毎の経済比較	187
図 6-4	グアテマラに於ける洪水被害発生頻度	188
図 6-5	緊急計画最適案砂防ダム位置図	189
図 6-6	緊急計画最適案河川平面図	190
図 6-7	緊急計画最適案河川縦断図	196
図 6-8	緊急計画最適案砂防ダム一般図	198
図 6-9	緊急計画最適案河川構造物一般図	199
図 6-10	緊急計画最適案工事計画	201
図 6-11	緊急計画代替案砂防ダム位置図	202
図 6-12	緊急計画代替案砂防ダム一般図	203
図 6-13	緊急計画代替案河川構造物一般図	204
図 6-14	緊急計画代替案工事計画	205
図 8-1	グアテマラ国政府組織図	206
図 8-2	エスキントラ市組織図	207
図 8-3	グアテマラ国の水管理関連組織図	208
図 8-4	日本の水管理に係わる行政組織図	209
図 8-5	建設省河川局の組織図	210
図 8-6	米国の水管理に係わる行政組織図	211
図 8-7	ニューイングランド河川流域委員会の組織図	212
図 8-8	英国の水管理行政組織図	213
図 8-9	セバートレンド水管理局の組織図	214

## GLOSSARY OF TERMS AND ABBREVIATIONS

### 1. Organizations

AID	= International Development Agency
BANVI	= National Bank of House
BID	= Inter-American Development Bank
CACM	= Central American Common Market
CAMINOS (DGC)	= General Direction of Roads
CONE	= National Emergency Committee
CRN	= Committee of National Reconstruction
DGOP	= General Direction of Public Works
DGSS	= General Direction of Health Service
DICABI	= Direction of Land Ledger and Real Property Appraisal
DIGESA	= General Direction of Agricultural Services
DIRYA	= Technical Direction of Irrigation and Drainage
DSM	= Division of Environmental Sanitation
EEGSA	= Guatemalan Electric Company
FEGUA	= National Railway of Guatemala
IGM	= Military Geographic Institute
INFOM	= National Institute of Municipal Development
INTA	= National Institute of Agrarian Transformation
INSIVUMEH	= National Institute of Sismology, Volcanology, Meteorology and Hydrology
INDE	= National Institute of Electrification
JICA	= Japan International Cooperation Agency
PHCA	= Central America Hydrometeorologic Project
SEGEPLAN	= General Secretary of Planning
UNECPA	= Executor Unit of the Harbor Complex on the Pacific Coast
WMO	= World Meteorological Organization

### 2. Length

m	= meter
cm	= centimeter
km	= kilometer

### 3. Area, Volume and Weight

m <sup>2</sup>	= square meter
ha	= hectare = 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
km <sup>2</sup>	= square kilometer = 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>
l	= liter = 1,000 cm <sup>3</sup>
m <sup>3</sup>	= cubic meter
cm <sup>2</sup>	= square centimeter
kg	= kilogram
t	= ton = 1,000 kg
lb	= pound = 453.6 g
Mz	= manzana = 0.7 ha
qq	= quintal = 100 lb = 45.36 kg

#### 4. Derived Measures based on the Sam Symbols

$m^3/s$ , $m^3/sec$	= cubic meter per second
t/ha, ton/ha	= ton per hectare
$m^3/km^2$	= cubic meter per square kilometer
mm/day	= millimeter per day
$m^3/km^2/year$	= cubic meter per square kilometer per year
l/s, l/sec	= liter per second
m/s, m/sec	= meter per second
qq/Mz	= quintal per manzana
Q/qq	= quetzales per quintal
Q/kg	= quetzales per kilogram

#### 5. Electric Measures

KW	= kilowatt
KV	= kilovolt
MW	= megawatt
KWH	= kilowatt-hour
GWH	= gigawatt-hour

#### 6. Currency

US\$	= United States Dollar
Q.	= Guatemalan Quetzales
¥	= Japanese Yen

#### 7. Temperature, Height, etc.

°C	= degrees in Centigrade
M.S.L.	= mean sea level
DL	= datum line
EL.	= elevation
qc	= resistance of cone penetration test
PS	= horse power
%	= percentage
No.	= number
Nos.	= numbers

#### 8. Others

B/C	= Benefit-Cost Ratio
CA	= American Highway
CIF	= Cost, Insurance and Freight
EIRR	= Economic Internal Rate of Return
FOB	= Free on Board
GDP	= Gross Domestic Product
NPV	= Net Present Value







# 第 1 章 序

## 1.1 調査の経緯

アチグァテ川、パンタレオン川に沿った地域では、長い間にわたり洪水と土砂による甚大な被害を被ってきた。そこで、グアテマラ政府は日本政府に対し、上述の地域における洪水および土砂流出をコントロールし、これ等の問題を解決、もしくは地域住民の被害を軽減するための技術援助を要請した。

この要請に答えて、日本政府は国際協力事業団（JICA）を通し、技術協力の実現性をさぐるための事前調査団を1982年11月および1983年4月に派遣した。そこで、グアテマラ政府は、アチグァテ川、パンタレオン川流域での治水計画に関するフィージビリティスタディを行うことを提案した。その結果、JICAは本調査を行なうための調査団を1983年8月2日にグアテマラ国に派遣した。

## 1.2 調査の概要

### 1.2.1 調査対象地域

調査対象地域は図1-1に示されるように、流域面積1,080km<sup>2</sup>のアチグァテ川流域と流域面積150km<sup>2</sup>のパンタレオン川流域を中心に、その他洪水による甚大な災害を被っている周囲の地域も調査の対象となっている。

### 1.2.2 調査の目的

本調査の目的は次の通りである。

- (1) 調査対象地域に於ける長期的かつ全体的な土砂、洪水防御計画の立案
- (2) 上述の調査により明らかになった早急に実施されるべき優先度の高い事業に関するフィージビリティスタディの実施および、それに基づく緊急土砂、洪水防御計画の立案

### 1.2.3 調査の内容

JICAとグアテマラ政府との間で合意された調査の内容は下記の通りである。

(1) 資料収集及び解析

- (a) 気象
- (b) 水文
- (c) 現存する洪水防御施設と他の関連施設の調査
- (d) 治水及び流域開発に関する将来計画、プロジェクトの調査
- (e) 地域社会経済
- (f) 地質
- (g) 農業

(2) 長期的全体計画の立案

- (a) 水文・水理に関する調査
- (b) 地質・地形に関する調査
- (c) 長期的全体土砂、洪水防御計画の立案
- (d) 施設計画および建設費の概算
- (e) 河川行政組織に関する調査

(3) フィージビリティスタディ

- (a) 土質および地質調査
- (b) 建設資材調査
- (c) 基本設計
- (d) 施工計画
- (e) 建設費の積算
- (f) 社会経済的に見た本プロジェクトより得られる便益の算定
- (g) 社会経済的に見た本プロジェクトの費用・便益の評価

### 1.3 調査の手順

本調査は、種々の検討と計画立案の流れを示す図1-2に基づいて、作業を行った。

また、本調査で使用した基礎的なデータを表1-1に示す。



調査結果は、下記の報告書に取りまとめた。

- (1) 概要報告書
- (2) 主報告書
- (3) サポートイングレポート
  - (a) 社会経済
  - (b) 水文
  - (c) 砂防計画
  - (d) 洪水防御計画
  - (e) 施工計画および積算
  - (f) プロジェクトの評価
  - (g) 河川行政組織

## 第 2 章 調査の背景

### 2.1 社会経済的背景

グアテマラ共和国は熱帯地方に位置し、北緯 $13^{\circ}44'$ から $18^{\circ}30'$ に、西経 $87^{\circ}24'$ から $92^{\circ}14'$ に広がっている。中央アメリカの北部に位置するグアテマラは、北側と西側をメキシコに、南東側をエルサルバドルに、北東側をホンデュラスに接しており、また北東側はカリブ海に、南西側は太平洋に面している。

地理的および経済的条件により、中央アメリカの国々（グアテマラ、エルサルバドル、ホンデュラス、ニカラグア、コスタリカ）は、1951年に中央アメリカ共同市場を設立し、相互に貿易、産業および交通の面での協力を行ってきた。特に、中央アメリカン道、パンアメリカン道は、これ等の国々の産業と交通の発展に大きく寄与してきた。

また、これ等の国々は社会的、経済的な面で共通するものを持っている。即ち、これ等の国々は1821年に独立し、主要産業はトウモロコシ、綿、コーヒー、バナナ、畜牛の生産を中心とした農業である。従って、輸出は自国消費のためのトウモロコシを除く他の農産物に大きく依存しており、これ等はアメリカ合衆国を始めとする他の先進国へ輸出されている。

1971年から1982年まで、グアテマラ政府は下記の3つの経済発展計画を実施してきた。

- (1) 第一次5ヶ年計画 1971年-1975年
- (2) 第二次5ヶ年計画 1975年-1979年
- (3) 4ヶ年計画 1979年-1982年

これ等の経済発展計画を実施した結果、グアテマラでは第一次および第二次5ヶ年計画の期間、即ち1971年から1979年までの期間の年平均経済成長率は5.2%であった。しかし、1980年以降に於ける経済成長率は低いものとなっている。

現在、グアテマラ政府は長期的経済発展計画に関し、いかなる政策もとっておらず、1982年以降は以下に述べる様なことを目的とした、短期的経済発展計画を実施する政策をとっている。

- (1) 貿易不均衡の是正
- (2) 健全な国家財政の確立
- (3) 農業、手工業および建設部門の推進
- (4) 労働者のための住宅建設
- (5) 雇用機会の拡大
- (6) 社会的、経済的不公平の是正
- (7) 中央アメリカ共同市場活性化への努力

この短期的経済発展計画は、前述の4ヶ年計画（1979—1982）とほぼ同じものである。

グアテマラは地形的に見て、中央高地地域、南部海岸地域および北部低地地域の3つの地域に大別できる。

中央高地地域は、グアテマラ南部を東から西に走るシエラマドレ山脈とその中にある盆地より成っている。この地域は熱帯地方にあるが、標高が高く温暖で生活するに適した気候であるため、この地域にグアテマラの大部分の人口が集中している。首都であるグアテマラ市もこの地域にあり、また山脈の南側斜面はコーヒー栽培の中心地となっている。

南部海岸地域は太平洋海岸線に平行に位置し、平坦で肥沃な土地より成る。この地域は自然条件に恵まれているため、農業が広範囲に営まれており、また牧畜も大規模に行われている。従って、この地域は農業国であるグアテマラにとって重要な地域となっている。

シエラマドレ山脈にその源を発する多くの河川が、この平坦な地域を流下し太平洋に注いでいる。河川水は主に流域住民の生活水として利用されており、一部は農業にも利用されている。しかし、雨期になるとこの河川流域は洪水による被害をしばしば被っている。

北部低地地域は熱帯雨林に覆われた地域で、これら3流域の中で開発が最も遅れている。従って、1950年代より政府の農業開発計画に基づき、他の地域からの農民の移住が行われてきたが、表土が薄くまた強酸性土であるため、農業開発は難しいとされている。一方、ここ数年の間に石油や他の鉱物資源の開発が中央山岳地帯の近く

で行われており、このためこの地域の道路は管理が十分なされている。

1981年の国勢調査によると、グアテマラの人口は6,054,000人で、人口構成はインディアンが56%、メスティソ（スペイン人とインディアンの混血）が36%、そして白人が8%である。人口の半分以上が農業従事者であり、特に大部分のインディアンは農業により生計を立てている。彼らは部族毎に独自の社会を形成しており、文明社会から孤立している。

グアテマラの輸送手段は主に道路に依存しており、道路は以下の4つに分類できる。即ち、パンアメリカン道、中央アメリカン道、国道および県道である。1980年に於ける道路総延長は14,591kmであり、2,887kmが舗装道路で、11,704kmが未舗装道路である。また、1978年に於けるグアテマラ国内で使用されている自動車総数は約134,000台で、乗用車が90,000台、商用車が44,000台である。

グアテマラの鉄道は1890年代に民間企業により設立されたが、現在ではグアテマラ国有鉄道（FEGUA）および公共通信運輸事業省により運営されている。

この鉄道は主要幹線と3支線で構成されており、主要幹線はプエルトバリオスとメキシコ国境にあるテクンウマンを結んでいる。鉄道総延長は778.9kmで、支線が176.1kmを占めている。また、グアテマラでは狭軌の単線が使用されている。

グアテマラには、大西洋に面するサントトマス港、プエルトバリオス港および太平洋に面するサンホセ港、チャンペリコ港の4港があり、1981年に於けるこれ等の港での取扱い荷物量は2,120,000トンである。

現在、グアテマラには水力発電所が12ヶ所、火力発電所が19ヶ所、計31ヶ所の発電所がある。1981年に於ける発電設備容量、生産電力量、消費電力量は、それぞれ446.2MW、1,437.6GWH、1,210.4GWHである。

1983年に於けるグアテマラの電話加入台数は約108,000台で、これは電話設備能力（158,000台）の70%に相当する。この加入台数は人口60人に1台の普及率を示しているが、その85%はグアテマラ市に集中している。また、現在使用されている電話交換機は手動式のものである。

農業はこの国の主要産業であり、国民の大多数が農業に従事している。主要な農産

物はコーヒー、綿、砂糖きび、トウモロコシ、豆、バナナ、牛肉であり、1979/80年に於けるコーヒー、綿および砂糖の生産量は表2-1に示される様に、それぞれ156,000トン、148,000トンおよび432,000トンとなっている。農地面積は国土総面積の37%に相当する40,000km<sup>2</sup>で、耕地面積が12,000km<sup>2</sup>、耕地および牧場面積が15,000km<sup>2</sup>、牧場面積が13,000km<sup>2</sup>である。

農地はその経営規模に応じて下記の4種類に分類できる。即ち、極小農地（1マンサナ以下）、小農地（10マンサナ以下）、中農地（64マンサナ以下）、大農地（1,280マンサナ以下）、極大農地（1,280マンサナ以上）の4種類である。

10マンサナ以上64マンサナ未満の農地の数は全体の10%であり、この農地の占める面積は全農地面積の19%である。また、64マンサナ（45ha）以上の農地の数は全体の3%未満であるが、全農地面積の60%以上を占めている。一方、10マンサナ以下の農地の数は全体の85%以上であるが、全農地面積の15%にすぎない。この様に、農地の集約化が進んでいるのがグアテマラの農業の特徴である。

1980年に於けるグアテマラの貿易額は、表2-2に示される様に3,032×10<sup>6</sup>ケツァルで、輸出額が1,473×10<sup>6</sup>ケツァル、輸入額が1,559×10<sup>6</sup>ケツァルとなっている。1977年を除くと1975年から1980年までの間、毎年輸入額が輸出額をわずかに上回っている。また、主要輸出品目はコーヒー、綿、砂糖、牛肉、バナナである。

国内総生産（GDP）に比例して伸びてきた国家予算は、1982年では1,480×10<sup>6</sup>ケツァルであったが、1983年は1,310×10<sup>6</sup>ケツァルと前年に比べ約10%減少した。

1980年に於けるグアテマラのGDPは、表2-3に示される様に時価で7,809×10<sup>6</sup>ケツァルで、1971年から1980年までのGDPの年平均伸び率は16.9%である。また、1980年に於ける人口1人当りのGDPは1,060ケツァルで、同上期間での年平均伸び率は13.2%である。しかし、同上期間に於けるGDPの真の伸び率は5.2%で、1980年では2.0%である。

---

1) 1マンサナ=0.7ha

1971年から1980年までの各産業分野毎のGDPに占める割合を表2-4に示す。これ等の中でも商業および農業がGDPの大きな割合を占めており、1980年にはそれぞれ27.0%、24.9%となっている。しかし、農業のGDPに占める割合は減少の傾向にある。

グアテマラに於いては、農業の発展がGDPの増大に大きく影響している。世界的な視野でみると、農業のGDPに占める割合の減少傾向は一般的であるが、この国にとっては農業は大きな収入源である。従って、グアテマラ政府は農業生産の拡大を図り、国家経済を発展させる必要がある。

## 2.2 調査対象地域の位置づけ

### 2.2.1 アチグアテ川、パンタレオン川流域の重要性

グアテマラには、メキシコからエルサルバドルへかけての太平洋岸に平行に走る連続した火山群があり、シエラマドレ山脈の南側部分を形成している。この中のサンチャゴ火山、フエゴ火山、パカヤ火山等の火山は現在活動中で、この国をしばしば襲う熱帯性低気圧（サイクロン）とともに、土砂と洪水による甚大な災害を引き起こす原因となっている。このサイクロンにより引き起こされる災害は非常に大きなものであるため、世界気象機構（WHO）はグアテマラを含むカリブ海南部地域を“被災地域”として指定している。この様な状況を背景に、近年大きな災害の発生しているアチグアテ川、パンタレオン川流域を、以下に述べる様な理由により調査対象地域として選定した。

- (1) アチグアテ川、パンタレオン川流域は、他の地域に比べ農業開発が進んでおり、特に砂糖きび、綿、畜牛の生産は全国一である。そして、これ等は外国へ輸出され、外貨獲得に寄与している。
- (2) 中央アメリカン道であるCA-2、CA-9およびこれ等の道路に平行に走る鉄道は、アチグアテ川、パンタレオン川流域を通過しており、国際港であるサンホセ港とチャンペリコ港を結んでいる。これ等の輸送経路の寸断は、地域経済活動だけでなく国家経済活動に対しても大きな影響を与える。
- (3) 砂防および河川工学に関する技術移転も、この調査の最も重要な課題の1つで

ある。アチグァテ川、パンタレオン川は、グアテマラに於ける標準的な大きさ  
と流域をもつモデル河川と考えられるため、これ等の河川に関する調査は、技  
術移転を行なうに最適である。

## 2.2.2 他河川における土砂、洪水被害

アチグァテ川、パンタレオン川流域以外では、サマラ川とウラヤラ川流域におい  
て土砂および洪水による大きな被害が、最近発生したという情報を得た。図2-1  
にその位置図を示す。

### サマラ川流域

サンチャゴ火山は1983年6月20日に噴火し、火山山麓に堆積した噴出  
物はサマラ川を流下し、ニマII川に流れ込んだ。そして、エルパルマルの住居地  
域を直撃した。(図2-2参照)

流下した土砂は約15km<sup>2</sup>の範囲にわたり被害を与え、150戸の家が半壊もし  
くは全壊した。その結果、エルパルマル全住民の35%に相当する2,100人  
が家を失ない、またトウモロコシおよび豆畑には8mもの土砂が堆積したと言われ  
ている。

### ウラヤラ川流域

テクアンプロ火山で発生した土石流は、太平洋に注ぐパソオンド川の支川である  
ウラヤラ川に沿って流下し、サンタロサ県にあるチキムリヤを襲った。1982年  
9月12日に発生したハリケーンポールに起因するこの土石流により、チキムリヤ  
の西側地区では280人の死者を出し、多くの財産が失われた。この様な多数の死  
者を出した土石流災害というものは、グアテマラに於いては過去に経験したこと  
のないものであった。(図2-3参照)

## 第 3 章 調査対象地域の現況

### 3.1 社会経済

#### 3.1.1 行 政

グアテマラ共和国には約 20 の県 (Departamento) があり、各県は下部行政組織としての市 (Municipio) をいくつか有している。この市は全国で約 300 ヶ所ある。

調査対象地域はその大部分がエスキントラ県にあり、サカテペケス県、チマルチナンゴ県の山岳地帯の一部を含む。エスキントラ県は 4,384 km<sup>2</sup> の面積をもつ 13 の市より成っており、調査対象地域はこれ等の市のうち、エスキントラ市、サントルシアコツマルグァパ市、ラデモクラシア市、シキナラ市、マサグア市、ラゴメラ市、サンホセ市の 7 市をカバーしている。これ等の市の中で、エスキントラ市が県の行政の中心となっている。

#### 3.1.2 人口および労働力

##### 人 口

グアテマラに於ける国勢調査は、1950、1964、1973、1981年の 4 回行われており、表 3-1 に全国の県毎の人口を示す。

表 3-2 に示される様に、1981年でのエスキントラ県の人口は約 335,000 人である。1950年から1964年までの年平均人口増加率は 5.74% で、これは他県に比べ最も高いものであったが、1964年以降の人口増加率は目立って減少しており、1964年から1973年までの年平均人口増加率は 1.17%、1973年から1981年までは 1.37% と低いものとなっている。また、1981年での人口密度は 76 人/km<sup>2</sup> である。

3.1.1 節で述べた様に、調査対象地域は 7 市にまたがっており、1981年でのこれ等 7 市の人口は約 217,000 人で、これはエスキントラ県の総人口の 2/3 に相当する。この人口は表 3-2 に示される様に、アチグアテ川流域の 5 市の人口約 141,000 人、パンタレオン川流域の 2 市の人口約 76,000 人よりなる。1981年に於ける 10 才以上の人口は、表 3-3 に示されるように全国で約



4,100,000人、エスキントラ県で約230,000人で、それぞれの全人口  
に対しいづれも68%に相当する。

#### 労働力

1981年に於けるエスキントラ県の総労働者人口は約96,000人で、男性  
が88,000人、女性が8,000人である。また、全人口に対する全労働者人口  
の比率は29%で、全男性人口に対する男性労働者人口比率は51%、全女性人口  
に対する女性労働者人口比率は5%となっており、この労働者の人口比率は全国的  
にほぼ同様である。全国の総労働者人口は1,700,000人で、男性が  
1,450,000人、女性が250,000人である。

#### 3.1.3 土砂、洪水による被害

住民からの聞き取り調査及び記録文書、新聞、出版物等の既往文献調査によると、  
アチグァテ川、パンタレオン川は、長い間にわたり土砂および洪水による被害をう  
けてきた。1971年9月14日のフェゴ火山噴火以降、これ等の被害から流域の  
資産を守るための手段が様々とられてきた。

大量の火山噴出物の流出により河床高が上昇し、その結果、流下能力の低下と人  
家や畑のある地域への流路の移動という現象を引き起こしている。

このことにより、アチグァテ川、パンタレオン川では、毎年雨期になると流域の  
公共資産や農地、特に両河川に架かる道路橋、鉄道橋に於いて、土砂と洪水による  
被害が発生している。過去15年間に両河川流域で発生した土砂と洪水による被害  
を表3-4にまとめた。

アチグァテ川、パンタレオン川流域での大きな災害は、1969、1971、  
1974、1982年に発生しており、また洪水は1969年に発生したものが過  
過去最大のものであった。(図3-1参照)

#### 3.1.4 公共施設

##### 道 路

調査対象地域内を、国道である中央アメリカン道CA-2、CA-9が通過して  
おり、CA-2はエルサルバドルとメキシコ国境間を結ぶパンアメリカン道CA-

1と平行に東から西へ、またCA-9は太平洋と大西洋を結んで南から北へ走っている。これ等の道路以外にCA-2の支線である国道や県道が、調査対象地域内の道路網を形成している。

1980年に於けるエスキントラ県の道路総延長は1,321kmであり、399kmが舗装道路で、922kmが未舗装道路である。道路総延長に対する舗装道路の割合は30.2%で、この割合はグアテマラ県での舗装道路率19.8%に比べ高く、比較的良い状態にあると言える。

1982年に於けるCA-2での日平均交通量は、表3-5に示される様に距離標200地点(グアテマラ市から78kmの地点)で約4,300台である。

1972年から1982年までの10年間に於ける、主要道路での年平均交通量増加率は1~8%の間にある。この様に主要道路での交通量の増加は比較的小さく、1977年以降交通量の増加はほとんど見られない。1978年から1982年の間の交通量は顕著な変動を示しておらず、特にCA-2の支線に於いては減少の傾向を示している。

### 鉄 道

調査対象地域内の鉄道総延長は約74kmで、エスキントラ-サンホセ間が49km、サンタマリア-サントルシア間が25kmである。汽車はこの区間を毎日1往復している。

FEGUAの資料によると、1978年から1982年の間に於ける鉄道で輸送される年平均貨物量は950,000トン、乗客600,000人で、このうち調査対象地域内を輸送される量はそれぞれ200,000トンおよび150,000人である。これを1日当りの輸送量になおすと、それぞれ560トン、400人となる。鉄道による輸送量はそれほど大きなものではないが、現在でも鉄道はグアテマラの輸送システムの中で大きな役割をはたしている。

### 港

調査対象地域内にあるサンホセ港は老朽化した棧橋よりなり、1981年に於けるこの港での取扱貨物量は100,000トンである。

この港には日本、コロンビア、リベリア、アメリカ合衆国等の国から年間約200

隻の船が入港しており、日本からは年間5,000容積トンの船が入港している。

主要な輸出品は綿、コーヒーで、また輸入品は鋼材、原料、肥料である。

## 電 力

現在、グアテマラで電力を供給しているのは、電力公社（INDE）およびグアテマラ電力会社（EFGSA）の2社で、それぞれ7：3の割合で電力を供給している。発電所は全国に31ヶ所あり、エスキントラ県には4ヶ所の水力発電所と1ヶ所の火力発電所がある。ここで生産された電力は、エスキントラ県で消費されるものを除くと主としてグアテマラ県へ送られる。

1981年には、グアテマラ県内の27,500戸の家庭（全体の42%）が電力の供給を受けており、3.1.1節で述べた7市についてみると20,000戸の家庭（全体の47%）が電力の供給を受けている。また、全国的にみると全体の37%に相当する430,000戸の家庭が電力の供給を受けている。

## 上水道

グアテマラの上水道は都市開発協会（INFOM）および中央政府の関係機関による管理のもとに各市毎に運営されている。

グアテマラの水道普及率は低く、1981年に於ける全国での普及率は50%で約600,000戸の家庭へ給水されている。エスキントラ県では29,000戸（全体の44%）、また前述の7市では21,000戸（全体の49%）の家庭が給水を受けており、この中でエスキントラ市についてみると全体の約80%の家庭が給水を受けている。上水道の水源は主に地下水である。

## 通 信

グアテマラでは、GUATELが電話、ラジオ、テレビ、通信衛星等の通信システムを運営している。

1983におけるグアテマラの電話加入台数は、電話設備容量158,000台の70%に相当する108,000台で、これは60人に1台の割合の普及率である。

同年に於けるエスキントラ県の電話加入台数は、電話設備容量2,600台の40%に相当する1,050台で、これは320人に1台の割合の普及率であるが、

電話加入台数の約70%がエスキントラ市に集中している。

### 3.1.5 農業および他の産業

#### 農 業

1979年に於けるエスキントラ県の農地面積は660,000マンサナで、1964年に比べ30,000マンサナ(5%)増加した。64マンサナ以上の面積をもつ農地の数は全体の約4.5%で、面積では全農地面積の85%を占めている。一方、10マンサナ以下の農地の数は全体の約80%で、面積では全農地面積の5%にすぎない。この様に、エスキントラ県では農地の集約化が非常に進んでいる。

エスキントラ県は全国でも最も農業開発の進んだ県の1つである。特に、砂糖きび、綿、畜牛の生産は全国一で、それぞれ全国の生産高の73%、44%、25%を占めている。これ等の製品はこの国の輸出品の大きな割合を占めており、外貨獲得に寄与している。

#### 他の産業

エスキントラ県には、製糖工場、石油精製所、綿工場を除くと特筆すべき産業は無い。観光客を対象とする織物や彫刻等の民芸品は、小さな工場で細々と生産されている。製糖工場では、エスキントラ県で収穫された砂糖きびを加工しており、製品はサンホセ港より輸出される。

### 3.1.6 土地利用と資産

調査対象地域の土地利用調査は、縮尺5万分の1の土地利用図および縮尺2万分の1の航空写真を使用し、地図上に1km<sup>2</sup>のメッシュを切り行った。その結果を表3-7、図3-2にまとめた。

エスキントラ県ではその大部分の土地が農業に利用されており、全面積の87%に相当する約3,800km<sup>2</sup>が耕作地および牧場である。耕作地と牧場の比は5:3である。(表3-6参照)

調査対象地域の面積は130,200haで、この40%に相当する53,000haが牧場で、牧場の占める割合が最も大きい。牧場の外、調査対象地域の25%に相当する34,000haが耕作地で、砂糖きび、綿、果実、トウモロコシ、コーヒー、

豆等が栽培されている。市街地、道路、鉄道および29,000haを占めるほとんど価値の無い森林を除く非耕作地面積は8,700haで全面積の7%を占めている。また、市街地の面積は1,600haである。

1981年に行われた家屋調査によると、エスキントラ県の総家屋数は約71,000戸で、市街地域に21,000戸、農村地帯に50,000戸の割合となっている(表3-2参照)。これによると、1km<sup>2</sup>当たりの平均家屋数はエスキントラ全県で16戸、市街地域で383戸、農村地帯で12戸となる。

調査対象地域を占める7市の家屋数は46,000戸で、アチグァテ川流域に29,000戸、パンタレオン川流域に17,000戸の割合となっている。

### 3.1.7 現在進行中のプロジェクト

表3-8に、調査対象地域内で現在進行中の主な公共事業プロジェクトを示す。

サンホセでは、現在12mの水深をもつ新港が建設中で、これには300×10<sup>6</sup>ケツァルの建設費が必要とされ、1986年に完成の予定である。この新港が完成すると、1986年での貨物取り扱い量は約1,000,000トン、2000年には約2,000,000トンになるとされている。

この新港の建設と関連して、サンホセからエスキントラまでの50kmの区間(CA-9道路)の輸送量を増大するため、道路総局(CAMINOS)ではこの区間に新道を建設する計画である。新道は1984年から1985年にかけて建設され、17×10<sup>6</sup>ケツァルの建設費が必要とされる。この新道は、現道の東側に計画されている。

## 3.2 自然

### 3.2.1 位置および地形

アチグァテ川、パンタレオン川流域は、概要図でも分かる様にグアテマラの南部に位置し、北緯13°50'から14°40'、西経90°45'から91°10'の間にある。また、流域の大部分が行政的にはエスキントラ県に属している。

### アチグァテ川

アチグァテ川はフエゴ火山に源を發し、支川を含む全流域面積は $1,080\text{ km}^2$ であるが、本川のみ流域面積はわずかに $216\text{ km}^2$ で、延長は $55\text{ km}$ である。この流域は地形的にみて、山地部 ( $92\text{ km}^2$ ) と沖積扇状地部 ( $124\text{ km}^2$ ) に分けることができ、これ等2地域の遷移区間は河口から約 $40\text{ km}$ 上流の地点にある。

アチグァテ川は、 $1/10$ の勾配をもつ山間部の急峻な斜面を流下し、何本かの支川を合流した後 $1/400$ の勾配をもつ扇状地部を通り北太平洋へ注いでいる。

アチグァテ川に合流する主な支川には、グァカラテ川、セニサ川、マサテ川がある。

グァカラテ川の流域面積は $629\text{ km}^2$ あり、最も大きな支川である。この河川はエルサコ山に源を發し、アンティグアグアテマラやエスキントラ等の町のある比較的平坦な谷間を流下し、河口から $33\text{ km}$ 上流の地点でアチグァテ川に合流する。また、セニサ川とマサテ川の流域面積はそれぞれ $113\text{ km}^2$ 、 $36\text{ km}^2$ で、両河川ともフエゴ火山に源を發しており、約 $1/10$ の勾配をもつ山間部急斜面を流下し、沖積扇状地部でアチグァテ川に合流する。

河川上流域の山腹には大量の火山噴出物が堆積しており、多くの樹木が繁り、土地利用がなされている。また下流域の沖積扇状地部の大部分は、牧畜や砂糖きび、トウモロコシ、綿の栽培に利用されているが、河口付近の一部のみが低湿地として残っている。

アチグァテ川に沿って小さな村が散在しており、この中でフィニカラトリニグッド、ラバリタが、調査対象地域の中で人口の密集した地域である。

### パンタレオン川

コヨラテ川に合流するクリストバル川の支川であるパンタレオン川もまたフエゴ火山に源を發しており、流域面積と河川延長はそれぞれ $150\text{ km}^2$ 、 $40\text{ km}$ である。この河川は $1/10$ の勾配の山間部を流下したのち、 $1/100$ の勾配をもつ沖積扇状地部を約 $20\text{ km}$ 流下してクリストバル川に合流する。河道はゆるいカーブを描いて南へコースを姿えており、流域の形状は細長い四角形を成している。

パンタレオン川の上流域もまた、アチグァテ川同様火山噴出物に覆われており、

多くの樹木が繁っている。下流域は砂糖きび、トウモロコシ、綿等の栽培が行われており、一部は牧畜に利用されている。

### 3.2.2 気 候

調査対象地域の気候は、雨期と乾期に分けることができる。表3-9に示される様に、年間雨量の90%の降雨のある5月から10月までが雨期で、11月から4月までが乾期である。

低平地部に位置するサンホセ（標高4m）での年平均降雨量は1,100mmであるが、降雨量は標高に応じて多くなり、フエゴ火山山麓（標高1,100m）では年間4,400mmに達する。しかし、フエゴ火山、アカテナンゴ火山、アグア火山の裏側に位置する高地では、これ等火山の太平洋側斜面に於いて湿気が除去されるため、降雨量は少ない。従って、アンティグアグアテマラ（標高1530m）での年平均降雨量は970mmにすぎない。

この様な降雨特性をもつため、アチグアテ川上流域（CA-2道路より上流域）での年平均降雨量は3,500mmであるが、グアカラテ川流域では1,830mmにすぎない。アチグアテ川、パンタレオン川流域での年平均降雨量はそれぞれ2,300mm、3,300mmである。

年平均気温は表3-10に見られるように、サンホセ、フエゴ火山山麓（標高760m）の地点でそれぞれ27℃、24℃である。気温の高い月は4月、5月で、低い月は12月、1月であるが、いずれも年平均気温に対し±2.0℃以内にある。また、サンホセでの日最高気温と最低気温は、それぞれ34℃、18℃である。

年平均相対湿度は表3-11に示される様に、雨期で83%、乾期で73%である。

年平均蒸発量は表3-12に示される様に、フエゴ火山山麓で1,250mmから1,600mmの間にある。

日照時間は、雨期で6.5時間、乾期で9.2時間である。

### 3.2.3 地質および地勢

調査対象地域は、地形的に下記の3地域に分けることができる。即ち、(1)フエゴ

火山を中心とする山地部、(2)フエゴ火山山麓に位置する非常に広い沖積扇状地部、(3)扇状地から海岸に至る非常に平坦な沖積平野である。この3地域での侵食状況を概念的に述べると、(1)の地域では侵食が、(2)の地域では流送、堆積が、また(3)の地域では沈積がそれぞれ卓越している。

山地部の基礎は、火山帯を成していない第三紀中新世頃の火山岩類で、凝灰岩、溶岩流（安山岩、石英安山岩）、ラハール堆積物および火山性礫岩等より成り、図3-3に示される様に粗い成層を形成している。

フエゴ火山は、(1)旧火山体、(2)新火山体に分けることができる。旧フエゴ火山は標高2,200mより低い部分で、新フエゴ火山はかつてカルデラであった中央火口丘の噴火により形成されたものである。最近のフエゴ火山は、典型的なコニーデ型の成層火山で山頂に小さな溶岩ドームがある。

### 3.2.4 洪水、年流出量および潮汐

#### 洪水

アチグァテ川、パンタレオン川に於ける最近の大洪水は、ハリケーンフランセラによるもので、1969年9月5日に発生した。

この時のアチグァテ川に於ける最大洪水流量は、鉄道橋での洪水痕跡<sup>1)</sup>より $1,200\text{ m}^3/\text{sec}$ と推定され、パンタレオン川では $1,050\text{ m}^3/\text{sec}$ <sup>2)</sup>に達したと推定される。両河川に於いては、ほぼ毎年洪水が発生しているが、いずれの洪水流量も観測されていない。

#### 年流出量

年間流出率は、近隣河川流域でのものの平均値をとり0.5とした。

また、過去20年間の年平均流出量は、アチグァテ川CA-2道路橋地点で

- 1) この洪水痕跡は、1970年に作成された鉄道橋設計図に示されている。
- 2) コヨラテ川に於ける現在の水位観測所であるセロコロラドは、1971年に設立された。従って、この最大洪水流量は、アチグァテ川とパンタレオン川の流域面積比と流域降雨量比より概略値を求めた。



$0.359 \times 10^9 \text{ m}^3$ 、同グァカラテ川合流点で  $1.147 \times 10^9 \text{ m}^3$ 、パンタレオン川下流端で  $0.248 \times 10^9 \text{ m}^3$  と推定した。

#### 潮 汐

アチグァテ川河口での平均満潮位および干潮位は、それぞれ M.L.S. + 0.8 m、-0.78 m で、エルサルバドルのラウニオンでの潮位記録より SMB 法により決定した。(INSIVMEH, 1979)

### 3.2.5 火山活動と土砂流出

#### フエゴ火山

現在活動期にあるフエゴ火山は、1524年に記録が開始されて以来60回噴火している。このフエゴ火山の噴火は典型的なブルカノ式噴火で、火砕流（火山灰流又は泥流）を伴い、数時間から数日間続く。この火山活動の特徴は、火山灰と火山灰流が卓越していることにある。

フエゴ火山の活動記録によると、過去に4回の激しい活動期間があり、それらはいずれも20年から50年間続いている（表3-13参照）。この表からも分かる様に、現在は第4活動期にあり、激しい断続的な活動が1950年代に始まっている。過去の活動記録から判断すると、現在の活動は今後10年から20年続くものと考えられる。

最近での最大の噴火は1971年9月14日に起きており、膨大な量の噴出物が火山の斜面に堆積した。

#### 土砂流出

調査対象地域の土砂は、フエゴ火山の噴火による噴出物とガリーの侵食によりその大部分が生産される。一方、土石はフエゴ火山斜面に堆積し、豪雨によりガリーと川を侵食しながら流下する。

アチグァテ川流域には、フエゴ火山南側斜面に多くのガリーがある。このガリーの下流側にある大量の土砂はフエゴ火山の噴出物によるものであり、アチグァテ川本川では標高700m程度、セニサ川では標高1,000m程度の所に堆積している。また、流出土砂はこれ等の位置からセニサ川とアチグァテ川の合流点（標高150m）付近にかけて大量にみられ、河床での堆積はグァカラテ川合流点（標高

80 m) にまで及ぶ。グァカラテ川合流点より下流側は、掃流区間であると考えられる。

パンタレオン川流域では、フエゴ火山の南側および南西側斜面に土石の堆積がみられ、ガリーから流出する土砂はタニルヤ川の扇状地を覆い、CA-2道路橋、鉄道橋にまで及ぶ。

また、鉄道橋より5 km下流地点以降に於いても、流出土砂が扇状地部に堆積し、パンタレオン川に沿って流下しているのが観察される。この区間は、現在はまだ土砂堆積区間であると考えられる。

1971年から1983年にかけての全流出土砂量は、アチグァテ川流域で $47,143 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、パンタレオン川流域で $50,365 \times 10^3 \text{ m}^3$ と算定した。

### 3.2.6 河川の現況

#### 河道の変遷

図3-4に、1956、1958、1967、1983年の航空写真および1960年に編集された測量地図により作成したアチグァテ川、パンタレオン川の河道の変遷を示す。

この図より明らかな様に、両河川の河道は広い範囲にわたって移動している。特にアチグァテ川に於いては、河口から16 kmまでの区間の主河道が毎年移動しており、その最大移動幅は約2.0 kmに及ぶ。一方16 km地点から道路橋までの区間は、1950年代以前は比較的安定していたが、1971年のフエゴ火山の噴火以後、流送土砂の増加に伴い、現在では不安定な状態にある。また、道路橋より上流の河道は、急峻な谷を形成しており安定している。

図3-5では、河口の変遷が河口付近の海岸線を沖へ移動させていることを示しており、1954年から1983年までの間に河道は150 m程度伸びている。

また河口では、潮流、波、潮汐等により移動した砂によりしばしば河口閉塞が生じており、河口付近の地域で氾濫が起きている。地域住民はこの問題を解決するために、毎年河口の掘削を行い洪水期間中の安全を計っている。

#### 河床変動

河床変動を正確に調査するための資料は十分ではないが、得られた資料によると

アチグァテ川鉄道橋付近の河床は、1895年から1969年の間ほとんど変化しておらず、かつては狭くて深い河川であった。しかし、1971年のフエゴ火山噴火以降、河床高は流出土砂の堆積により現在の高さにまで上昇した（図3-6参照）。また、河口から約20 km上流の地点では、かつては河床から河岸天端まで2.0 m以上あったが、現在では0.3 mから0.5 m程度しかない。

アチグァテ川について述べた現象と同様なことが、パンタレオン川に於いても見られることを現地踏査により確認した。この外、図3-7に示される横断面図でも明らかな側方侵食が、数ヶ所に見られる。

### 流下能力

図3-8にアチグァテ川とパンタレオン川の流下能力、縦断面図、河幅等を示す。明らかに、両河川の流下能力はその流域面積を考えると非常に小さく、わずかに低水量程度の流量を流しうるものでしかない。

アチグァテ川で流下能力の非常に小さい地点は、30 km及び16 km地点であり、両地点での流下能力はそれぞれ $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、 $25 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。パンタレオン川については、16 km地点での流下能力が $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、4 km地点で $70 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。

### 河川の利用

アチグァテ川、パンタレオン川の水は、家畜の飲用水、果樹園への灌漑用水、洗濯水程度にしか利用されておらず、人間の飲用水は浅井戸より得ている。

両河川での漁業は、現地消費を目的としたもので魚や川エビを小規模に採取している程度である。また舟運については、サンホセを通りアチグァテ川と海を結ぶもののみで、小さな木舟を利用した輸送が行われている。

### 河川構造物

牧畜や果樹園への灌漑に利用するために、取水施設が1960年代に築造されたが、その後の河床上昇に伴い取水施設の能力は低下し、現在ではその機能を十分に果たしていない。

この地域で洪水防御施設として唯一使用されているふとん籠は、1960年代以降、橋梁および特定の地域を守るために利用され始めた。一部のふとん籠は洪水に

対し有効であったが、一部は効果的に設置されなかったか、又は洪水により流出した。

また、局地的な輪中堤が洪水から家畜を守るために、民間の手により設置されている。

## 第4章 計画の基本条件と方針

### 4.1 概 説

本計画は、当調査対象地域の将来の発展を考慮した望ましい土砂、洪水防御施設の完成を目的とする長期計画と、現在深刻な被害を受けている地域での早急な土砂、洪水防御の実現を目的とする緊急計画との2計画に分けられる。

ここでは、これらの計画策定に必要な流出土砂量、洪水流量、洪水の氾濫状況等の計画の基本条件について、当流域のもつ特性を考慮しながら検討するとともに、砂防、洪水防御の基本方針についても検討を加える。また、当流域で考えられる種々の砂防、洪水防御計画案の中から、社会的必要性、経済性、財政面からみた最適案を選定するための評価方針についても併せ検討する。

### 4.2 計画の基本条件

#### 4.2.1 計画流出土砂量

##### 計画基準点

砂防の計画基準点は、砂防施設の効果を求めるとともに、土砂被害の可能性の評価、流出土砂量の算定等を行うため設置される。アチグァテ川、パンタレオン川の計画基準点は、両流域の土砂流出状況を考慮し次の地点とした。(図4-1参照)

アチグァテ川砂防基準点	:	CA-2道路橋地点	(流域面積: 205 km <sup>2</sup> )
パンタレオン川	"	"	( " : 115 km <sup>2</sup> )

##### 確率流出土砂量

砂防計画の基本となる堆積土砂量を求めるための前提条件として、長期計画では近年の最大流出土砂量をみた1971年9月のフェゴ火山爆発直後の土砂堆積状況を、緊急計画では1983年現在の土砂堆積状況をそれぞれベースに考えた。

上述の堆積土砂量は1967年と1983年との航空写真の比較によって求められるが、この資料だけでは確率流出土砂量を求めることはできないので、土砂流出の主要因である降雨量と流出土砂量との相関関係を把握し、各確率に対する流出土砂量を求めた。結果は表4-1に示す通りである。

### 許容流出土砂量

許容流出土砂量とは、下流河道およびその周辺に害を与えることなく砂防基準点から流出させうる適切な土砂量のことであり、この量は、各確率ごとのモデル洪水波形と掃流砂公式（ブラウン式）とを用いて求めた。

### 流出抑制土砂量

砂防施設の調節対象土砂量となる流出抑制土砂量は、上述の流出土砂量と許容流出土砂量との差として各確率ごとに求めた。（表4-1参照）

## 4.2.2 計画洪水流量

### 計画基準点

砂防計画と同様、洪水防御計画の策定に必要な計画洪水流量等を求めるための計画基準点は、アチグァテ川、パンタレオン川流域の水文資料状況、洪水氾濫状況および砂防計画との関連性を考慮し、以下の地点とした。なお、基準点の位置図を図4-1に示す。

アチグァテ川河川基準点Ⅰ：CA-2道路橋（流域面積：205 km<sup>2</sup>）

“Ⅱ：マサテ川合流点直下流（流域面積：956 km<sup>2</sup>）

パンタレオン川河川基準点：クリストバル川合流点直上流（流域面積：150 km<sup>2</sup>）

### 確率洪水流量

アチグァテ川、パンタレオン川の確率洪水流量の算定において、当流域の水文資料が乏しいところから、地形地質状況が類似し、かつ水文資料が豊富な近傍のナワラテ川の観測資料を援用した。

ナワラテ川流域とアチグァテ川、パンタレオン川流域との水文上の相関性をもとに求めた各基準点の確率洪水流量は表4-2に示す如くである。（図4-2参照）

既往最大洪水に相当する30年確率流量についてみると、アチグァテ川基準点Ⅰで1,190 m<sup>3</sup>/sec、基準点Ⅱで1,670 m<sup>3</sup>/sec、またパンタレオン川基準点では1,110 m<sup>3</sup>/secとなっている。

### モデル洪水波形

各基準点におけるモデル洪水波形は、洪水流量同様、ナワラテ川の観測結果にもとづいて求めた。アチグァテ川基準点Ⅰおよびパンタレオン川基準点については、

ナワラテ川モンテクリスト観測所の洪水波形のパターンを適用し、アチグァテ川基準点IIにはサンミゲルモカ観測所のそれを適用した。図4-3に各基準点のモデル洪水波形を示す。

#### 4.2.3 想定洪水氾濫

##### 洪水氾濫モデル

前章で述べたように、当調査対象地域には2、3の洪水氾濫記録しかないため、土砂および洪水被害の推定に必要な種々の規模の氾濫水位を求めるに際し、以下の要領で洪水氾濫モデルを設定した。

##### (1) アチグァテ川流域

アチグァテ川流域に対する洪水氾濫モデルは、1969、1982年洪水の氾濫資料および地形条件をもとに作成した。このモデルの概要は次のようである。

- (a) CA-2道路橋地点での河道疎通能力は充分にあるため、洪水および流出土砂は氾濫することなく河道内を流下する。
- (b) 4.2km～2.8kmの区間では、洪水は河道沿いに氾濫しながら流下する。この河道区間の堆積土砂量は、流入、流出地点の河道の掃流砂能力によって支配される。この区間より下流では、掃流砂量が著しく少なくなるので、洪水氾濫に対する土砂の影響は無視する。
- (c) 2.8km地点からの氾濫水は、左岸側を流下するナランホ川、スキテ川に流入する。
- (d) 2.8km～2.0kmにおける洪水氾濫状況は、(b)の場合と同様である。
- (e) 2.0km地点下流の氾濫水は兩岸沿いに流下し、このうち左岸側の氾濫水は、アチグァテ川とサンホセ市との間の平地を拡散しながら流下する。
- (f) すべての氾濫水はアチグァテ川の河口を通過して海に排水される。

##### (2) パンタレオン川流域

当流域では1969、1971、1974年に大洪水が生起しており、洪水氾濫モデルは、これらの洪水氾濫状況をもとに作成した。その主な特徴は以下の通りである。

- (a) クリストバル川合流点より1.6km地点から上流では、洪水は河道の兩岸沿い

に氾濫しながら流下する。この河道区間での土砂堆積量は、アチグァテ川と同様、当区間の流入土砂量と流出土砂量との差によって求められる。

(b) 洪水は16 km地点でパタヤ川に溢水分派し、パタヤ川の河道沿いに氾濫を生じる。

(c) 本川を流下した洪水は、6 km地点で再度溢水してフテ川に分派し、フテ川沿いに氾濫しながら流下する。

(d) クリストバル川合流点から6 km地点までの区間の氾濫状況は、(a)の場合と同様である。

#### 洪水氾濫水位

洪水氾濫水位は洪水防御施設の効果を求めるために必要であり、その氾濫水位は前述の氾濫モデルと各確率洪水流量とを用いて計算した。計算結果を表4-3に示す。

### 4.3 砂防、洪水防御の方針

#### 4.3.1 砂 防

##### 方法の選択

流出土砂による河川沿い区域の被害を防止するための方法として、次に示すような4つの方法が考えられる。

- (1) 砂防ダム
- (2) 導流堤及び流路工
- (3) 山腹工
- (4) 床固め

以下に述べる各方法の特徴を考慮し、これらの方法の中の(1)、(2)、(4)の組み合わせによって流出土砂に対処する。<sup>1)</sup>

---

1) このうち(2)、(4)については、洪水防御手段としての性格が強いため、本計画では、河川改修における一手段として論じることとし、流出土砂は主に(1)砂防ダムによって調節する。



河道に流入する大量の土砂を調節するには、土砂の生産源に近い地点に砂防ダムを建設するのが最も効果的である。導流堤、流路工は洪水を河道内に制限し、土砂が河道から拡散しないようにするのに効果がある。また床固めは、河床堆積土砂の移動を防ぐのに効果がある。

一方、山腹工は、フエゴ火山のように多量の土砂生産が永続的に起こりうる状況に対しては効果的でない。

#### 砂防ダムの計画方針

砂防ダムは、前述のように洪水時の流出土砂を調節するのに最も効果的である。このような砂防ダムのダムサイトは、下記の点を考慮して設定する。

- (1) ダムサイトの選定は、充分な調節容量と調節効果が得られるように、地形条件と土砂の堆積分布とを考慮して行う。
- (2) 洪水防御対象地域に近いダムサイトほど一般的に調節効果が高いので、下流サイトを優先的に選定する。

### 4.3.2 洪水防御

#### 方法の選択

洪水防御方法としては、以下のものが一般に用いられている。

- (1) 河川改修
- (2) 輪中堤
- (3) ダム貯水池
- (4) 放水路
- (5) 遊水池

これらの方法の中から、本計画に対してもっとも適切な方法として、以下に述べる各方法の特質を考慮して、河川改修および輪中堤を採用した。

当流域の大部分はフエゴ火山の山腹斜面となっており、ダム貯水池に適切なサイトが少なく、またあったとしても、大量の土砂流出があるため、貯水池の洪水調節容量の維持が困難である。海岸線に対しほぼ直角に現河道が流下しているところから、洪水をすみやかに流下させるための放水路建設の意義は乏しい。また、当河川が比較的急勾配の斜面を流下しているところから、遊水池に適切な場所は見当らな

い。

### 河川改修の計画方針

河川改修は以下の方針にもとづいて行う。

- (1) 現河道の法線は比較的蛇行が少なくなめらかに流下しているところから、計画法線も基本的にはこの現河道法線に従う。
- (2) 河道の縦断形は、安定河床勾配を考慮し、河口からの距離に応じ順次勾配を漸変させる。
- (3) 計画高水位は、溢水氾濫時の災害ポテンシャルを高めないのでできるだけ低くおさえる。
- (4) 当流域沿いの用地は廉価で、その買収が比較的容易なところから、技術的、社会的にみて妥当な範囲内で、計画川巾は可能な限り広くとる。
- (5) 流速が余り速くない区間に対しては、高水敷と低水路からなる複断面を考慮する。これに対し、流速の速い急勾配区間については、単断面の掘り込み河道で計画する。
- (6) 河口閉塞の対策としては、河口導流堤の建設と人工開削とが考えられるが、上流側の河川改修によって現在よりも河川水位の上昇速度が早まるため、人工開削のような不確かな方法では、河口周辺区域の安全性を十分に保証することはむづかしく、費用は高くなるものの、河口の安定を維持するための河口導流堤の建設が望ましい。

## 4.4 プロジェクト評価の方針

### 対象資産

土砂、洪水防御計画は、現在流域にある資産を守るとともに、将来増加する資産に対しても洪水被害を少なくするよう立案されるべきである。このため、現況資産と将来のある時点で予想される資産との2つの対象資産を設定することが必要である。このような考え方に従って、長期および緊急計画の対象資産を設定した。

#### (1) 長期計画

長期計画は、将来増加するであろう資産を土砂洪水被害から守るよう、長期的展望のもとに実施するものとし、その資産としては、信頼度の高い国および流域

の将来の経済開発に関する資料をもとに2010年時点の資産と設定した。

## (2) 緊急計画

緊急計画は、文字通り近い将来実施するという前提で立案される。この見地から、緊急計画は流域現況資産をもとに計画する。

### 資産の分類

本計画の防御対象範囲およびその規模を検討するため、下表のように資産を4つに分類し、その社会経済的重要度に従って優先順位をつけた。

優先順位	資 産
A	危険度の非常に高い居住地域（該当地域なし）
B	社会経済基盤および市街地域
C	耕作地
D	牧草地

このうち最も優先順位の高いのは、突然の洪水の襲来によって人的被害が発生する可能性のある区域とし、第2番目は、被害が発生した場合、その影響が大きい鉄道、道路等の社会経済基盤と、地域住民の民生の安定を考慮して市街地域とした。続いて、耕作地、牧草地を、それらの生産性から判断し第3番目、第4番目の順位とした。

### 評価方法

土砂、洪水防御計画は、これらの資産の優先順位に応じ、社会的必要性もしくは経済性にもとづいて評価を行う。資産Bは社会的必要性と経済性との両面から評価し、資産CとDについては経済性からのみ評価を行う。

このような考え方をふまえて、長期計画と緊急計画に対する最適案を策定するが、その具体的評価基準は下記のとおりである。

#### (1) 長期計画

社会的必要性の面から、既往最大洪水までは防御対象資産の被害が軽減されるよう、既往最大洪水を対象に砂防、洪水防御施設を配置する。

一方、資産B、C、Dと資産B、C、資産Bのみを防御した場合の3ケースについて、経済的内部収益率（EIRR）を用いて経済評価を行うが、その基準と

しては、グアテマラにおいて適用可能なローンの利子率の平均である6.5%を採用する。(表4-4参照)

(2) 緊急計画

グアテマラ国の平均的生活水準まで調査対象地域のそれを高めることが、緊急計画に対する社会的必要性と考える。一方、経済評価は長期計画で述べたと同様の基準で行う。

## 第 5 章 長期計画

### 5.1 概 説

グアテマラ国の他地域に比べ頻繁に発生する当調査対象地域の土砂、洪水被害を軽減することが、当地域の経済発展のために望ましい。特に、当地域近隣の経済に重要な役割を果たしているCA-2道路および鉄道については、土砂、洪水防御計画の実施によって、その安全性を充分確保する必要がある。

洪水防御方法の1つである河川改修は、その改修する延長によって、大まかに全川河川改修と部分河川改修の2つに分けられる。

このうち全川河川改修は、河川沿いのすべての資産を洪水被害から均等に守ることを前提としている。この方法は、多大な資金と完成に長期間を要するという問題があるものの、部分河川改修に比べ下流の未改修部分に悪影響を与えないという点から考えても、技術的、社会的な面で優れている。

しかし現実には、単一の事業で全川河川改修工事を実施することは、経済性および財政面から考えてもほとんど不可能であり、できるだけ早く特定の区域を洪水から守るために、全川河川改修を達成するための第一歩として部分河川改修が実施される場合が多い。

ここでも、全川河川改修案を検討した結果、経済性が低く、多大な資金が必要であり、そのため部分河川改修案の採用が現実的であることが明らかになった。そこで長期計画としては、上流における砂防施設の設置とともに、河川の部分改修によって社会的に重要と考えられる主要交通路および市街地を土砂、洪水被害から守ることを目的として計画策定を行う。

### 5.2 計画流出土砂量および洪水流量

#### 計画流出土砂量

長期計画では、第4章の計画の基本条件にもとづき、アチグァテ川、パンタレオン川とも既往最大洪水に相当する30年確率を計画規模として採用した。この計画規模に対する各基準点での計画流出土砂量は下記のとおりである。

アチグァテ川砂防基準点 :  $1,940 \times 10^3 \text{ m}^3$

パンタレオン川 " :  $3,246 \times 10^3 \text{ "}$

### 計画洪水流量

30年確率に相当する各基準点の計画洪水流量は下記に示す通りである。

アチグァテ川河川基準点 I :  $1,200 \text{ m}^3/\text{sec}$

" II :  $1,700 \text{ "}$

パンタレオン川河川基準点 :  $1,150 \text{ "}$

アチグァテ川、パンタレオン川双方の計画洪水流量配分を図5-1に示す。

## 5.3 比較検討

### 5.3.1 砂防ダム

土砂被害から下流域を確実安全に防御するためには、上流域に何らかの砂防施設を配置し、洪水時の流出土砂を完全に調節することが一義的に必要である。

そこでまず、調査対象地域の土砂流出状況および地形的条件を考慮し、アチグァテ川本川に3ヶ所、アチグァテ川支川セニサ川に1ヶ所、パンタレオン川に6ヶ所のダム候補地点を選定した。(なお、多量の流出土砂を供給するタニルヤ川には、地形上からみて適切なダムサイトは見当たらなかった。)

これらのダム候補地点から、計画流出土砂量を調節するための最適組み合わせとして、以下のダムサイトが選定された。(図5-3参照)

河川	ダムサイト	ダム有効高 (m)	調節容量 ( $10^3 \text{ m}^3$ )
アチグァテ川	A-1	8.0	990
"	A-2	18.0	562
セニサ川	C-1	7.0	338

河川	ダムサイト	ダム有効高 (m)	調節容量 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
パンタレオン川	P-1	5.0	60
“	P-2	9.0	976
“	P-3	11.0	235
“	P-4	9.0	315
“	P-5	18.0	1,370

### 5.3.2 全川河川改修案

河川沿いのすべての資産 (図5-2参照) を洪水被害から守ることのできる全川河川改修案は、河川改修の究極目標案と呼べるものである。

この案の概要は次のようである。

#### アチグァテ川

##### (1) 河道

###### (a) 改修区間

アチグァテ川の河川改修区間は河口から43.8kmまでで、上流端には砂防ダム (A-1ダム) が設置される。

###### (b) 平面形

川中は、河口からグァカラテ川合流点33.24kmまでについては現河道の平均川中に相当する約250mとし、33.24km～43.8kmの区間については約100mとする。(図5-3参照)

###### (c) 縦断形

縦断形としては、河床の掘削深を3.5m以内におさえ、計画高水位は既往最大洪水水位を参考に平均地盤高上2m以内とする。計画堤防高は、計画高水位に1mの余裕高を加え地盤高上3m以内とする。

また計画河床勾配は、図5-4に示すように、河口からの距離に応じ1/500～1/110の範囲で漸変させる。

###### (d) 横断形

横断形としては、河口からグァカラテ川合流点33.24kmまで複断面とし、1.5年確率に相当する450m<sup>3</sup>/secを低水路で流下させるように計画した。

なお法面の勾配は、堤防、低水路河岸とも1 : 2とする。

上記合流点上流では単断面とし、法勾配は、33.24 kmから39.6 kmまで1 : 2、39.6 kmから43.8 kmまで1 : 0.5とする。

標準横断を図5-3に示す。

## (2) 河川構造物

本案に伴なう河川構造物は、護岸、床固め、水制、堤脚水路および樋管である。このうち護岸は、複断面区間については堤防、低水路河岸の両方に21.5 kmにわたって設置し、単断面区間では21.12 km区間に設置する。このほか、30基の床固め、2区間の水制（延長5,600 m）、66.48 kmの堤脚水路、17ヶ所の樋管がそれぞれ必要とされる。

## (3) 河口処理

河口処理のために河口導流堤を設置する。主に南東方向からの波浪に伴なう漂砂に対処するため左岸側に280 m、南西方向からのそれに対処するため右岸側に380 mの長さでそれぞれ計画した。

## パンタレオン川

### (1) 河道

#### (a) 改修区間

パンタレオン川の河川改修区間は、クリストバル合流点から最下流の砂防ダム地点（P-1ダム）までの22 km区間とする。

#### (b) 平面形

川巾は、現河道の平均巾で、かつ鉄道橋地点での拡巾可能な最大巾である約80 mとする。（図5-3参照）

#### (c) 縦断形

縦断形としては、平均河床掘削深さを3 m以内におさえ、かつ計画高水位が平均地盤高内におさまるよう計画した。また計画河床勾配は、下流から上流に向けて1/105～1/38に漸変させる。（図5-4参照）

#### (d) 横断形

パンタレオン川では全区間、単断面を採用し、法勾配は1 : 0.5とする。



図5-3に標準横断を示す。

## (2) 河川構造物

河川構造物としては、護岸、床固めを設置する。2.2 kmの全区間の両岸に護岸を設置すると共に、293基の床固めを設ける。

## 評 価

本調査対象地域の全資産を守るための全川河川改修案による洪水防御計画は、次に示すように、経済性が低く、また工事実施には莫大な資金が必要であるところから、現段階においての計画実施は現実的でない。

### (1) 建設費

本案の実施に要する建設費は $192 \times 10^6$ 米ドルで、内訳は、砂防ダム建設工事に $27 \times 10^6$ 米ドル、河川改修工事に $165 \times 10^6$ 米ドルとなる。

### (2) 経済性

本案の実施による年平均便益は $8.6 \times 10^6$ 米ドルであり、施工期間を10年間とした場合の経済的内部収益率（EIRR）は2%である。

## 5.3.3 部分河川改修案（ケース1）

前述のような全川河川改修案の評価から考えて、本計画では、特定の資産を洪水から守るために部分河川改修案を適用するのが妥当と考えられる。

そこでまず、当流域のかなりの部分をしめるB、C資産を守るための部分河川改修案について検討した。その結果は以下に示す如くである。

## アチグアテ川

### (1) 河 道

資産B、Cを守るための河川改修区間は、河口～1.6 kmと、2.8 km～43.8 kmとの2区間である。この区間の河道の平面形、縦断形および横断形は、全川改修案と同様の考え方で計画した。

### (2) 河川構造物

全川改修案に比べ改修区間が短縮された結果、配置すべき河川構造物も、護岸が延長33.12 km、床固め30基、水制1ヶ所、堤脚水路が延長42.48 kmおよび樋管12ヶ所となる。

### (3) 河口処理

河口閉塞に対する施設として、全川河川改修案と同様の河口導流堤を計画した。

### パンタレオン川

#### (1) 河 道

パンタレオン川では、6 km～22 kmの区間がB、C資産を守るための対象区間であり、この区間における平面形、縦断形、横断形については、全川改修案に対する考え方をそのまま適用した。

#### (2) 河川構造物

この区間の改修に伴う河川構造物は、護岸が延長32 km、床固めが241基である。

### 評 価

このB、C資産を守るための部分河川改修案も、全川河川改修案と同様、経済性が低く、多大な資金が必要であり、現時点での実施は困難と判断される。建設費および経済性は下記に示すごとくである。

#### (1) 建設費

この案の実施に必要な建設費は $143 \times 10^6$ 米ドルであり、内訳は、 $27 \times 10^6$ 米ドルが砂防ダム建設工事費、 $116 \times 10^6$ 米ドルが河川改修工事費である。

#### (2) 経済性

本案の実施によってもたらされる年平均便益は $8.0 \times 10^6$ 米ドルであり、施工期間を10年間とした場合のEIRRは3%である。

### 5.3.4 部分河川改修案（ケースII）

資産B、Cを守るための部分河川改修案（ケースI）の実現性が乏しいところから、以下に示すB資産のみを守った場合の案について検討を行った。

河川	防御対象資産 (B資産)
アチグァテ川	CA-2 道路橋、鉄道橋、左岸側市街地 (フィンカラトリニダッド)、右岸側市街地 (フィンカラバリタ)
パンタレオン川	CA-2 道路橋、鉄道橋

### アチグァテ川

#### (1) CA-2 道路橋、鉄道橋

CA-2 道路橋の洪水被害は、主に河岸の側方侵食もしくは橋脚付近の洗掘によって引き起こされており、また鉄道橋の被害は41.7km地点下流の疎通能力不足が原因となっている。

このような被害状況から判断すると、CA-2 道路橋、鉄道橋を守る方法として次の3つの方法があげられる。(図5-5 参照)

- I-1 案 : 河川改修
- I-2 案 : 導流堤を用いた河川改修
- I-3 案 : 取り付け区間を含む鉄道橋のかさ上げおよび道路橋付近の河岸、河床保護

このうち、施設の耐用年限全体を考えた場合、最も経済的なのはI-1 河川改修による方法である。I-2 では、初期投資額はI-1 に比べ低いものの、導流堤の耐久性が低く、10年ごとに施設の付け替えが必要である。I-3 では、河川の疎通能力そのものが増加しないため、洪水被害の抜本的解決にはならない。これらのことから、ここではI-1 の方法を採用した。

表5-1 に各方法による建設費の比較を示す。

#### (2) 左岸側市街地 (フィンカラトリニダッド)

この区域の洪水被害は、主に28km~30kmの区間での氾濫が原因であり、この区域を守るための方法としては、図5-5にも示すように、次の方法が考えられる。

- Ⅱ-1案 : 河川改修
- Ⅱ-2案 : CA-9道路のかさ上げ
- Ⅱ-3案 : 輪中堤

これらの案の中でⅡ-1案は、B/CがⅡ-2に比べ若干低いものの、河川の両岸沿いにある資産を均等に守ることができ、Ⅱ-2案のように、片岸堤的改修方法を用いることによって生じる社会問題を避けることができるという点から、最適案と考えられる。また、Ⅱ-3案の輪中堤については、経済性が低く、優位性は見あたらない。(表5-1参照)

### (3) 右岸側市街地 (フィンカラバリタ)

この区域の洪水被害は、9km地点下流区間の疎通能力不足が原因となっており、この状況に対処しうる方法として、次のものが考えられる。(図5-5参照)

- Ⅲ-1案 : 河川改修および河口導流堤
- Ⅲ-2案 : 輪中堤 (排水施設を含む)

この市街地を守るのにⅢ-1案を採用した場合、改修区間が非常に長くなるため、建設費が高くなり、経済的見地からみてⅢ-2案が有利である。(表5-1参照)

### パンタレオン川 (CA-2道路橋、鉄道橋)

パンタレオン川のCA-2道路橋、鉄道橋もアチグァテ川と同様の状況にあり、次の方法が対策案として考えられる。

- Ⅳ-1案 : 河川改修
- Ⅳ-2案 : 導流堤を用いた河川改修

これらの方法のうちⅣ-1案が建設費的にも有利であり、さらにⅣ-2案の導流堤は約10年ごとに付け替える必要があるところから、Ⅳ-1案を採用した。両案の計画図を図5-5に示す。また建設費の比較は、表5-1に示す通りである。

### 評 価

資産Bを守るための方法について、前述のように各案を比較検討した結果、各対象資産ごとにⅠ-1、Ⅱ-1、Ⅲ-2、Ⅳ-1の各案が選定された。この部分改修案(ケースⅡ)においても、EIRRは第4章で述べた経済基準をやや下廻るものの、資産Bはその社会的重要性から是非守る必要があり、この案にしたがって長期

洪水防御計画を策定すべきと考えられる。

## 5.4 最適案

### 5.4.1 計画の概要

アチグァテ川、パンタレオン川の長期計画に対する最適案の概要は、以下に示す如くである。

#### アチグァテ川

##### (1) 砂防ダム

アチグァテ川については、粗石コンクリートタイプの砂防ダムが3基必要であり、このダムの諸元は以下の通りである。(図5-6参照)

ダム名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	ダム有効高 (m)	堤頂長 (m)	ダム体積 (m <sup>3</sup> )	調節容量 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
A-1	92	8.0	460	21,000	990
A-2	39	18.0	135	24,000	562
C-1	112	7.0	455	19,000	338

##### (2) 河川改修

この計画は、2区間の河川改修工事(CA-2道路橋・鉄道橋区間、左岸側市街地フィンカラトリニダッド防御区間)と、輪中堤建設工事(右岸側市街地フィンカラバリタ防御区間)とを含んでいる。(図5-6参照)

##### (a) CA-2道路橋、鉄道橋区間

CA-2道路橋、鉄道橋区間に対する河川改修は、3.8km~4.3km(CA-2道路橋上流180m)の延長5kmの工事で、この中には下流1.6kmのすりつけ区間が含まれている。

この区間の川巾は約100mで、できるだけ現在の河道法線を踏襲している。計画河床勾配は、3.9.6km~4.3km区間が1/110で、3.8km~3.9.6kmのすりつけ区間については1/170を適用した。この区間での計画高水位は河床高から2.45mに設定し、それに1mの余裕高を考慮して計画堤防

高とする。横断形は全区間、法勾配1 : 0.5の単断面とし、すりつけ区間においては計画断面から現況断面へと序々に変化させる。

この計画に伴う河川構造物として、延長2.3 kmの両岸に護岸を設置すると共に、150 m間隔、100 m巾の床固めを設ける。

(b) 左岸側市街地フィンカラトリニグッド防御区間

この区域の河川改修区間は25.5 kmから31.5 kmまでの延長6 kmで、この中には上流側1.5 km、下流側2.5 kmのすりつけ区間を含んでいる。

平面形は、現況法線に沿って約250 mの川巾で設定した。計画河床勾配は1/300で、上下流のすりつけ区間の勾配はそれぞれ1/250、1/340とする。計画高水位は平均地盤高から1.7 mとし、計画堤防高はそれに1 mの余裕高を加えたものとする。この区間の横断形としては複断面を採用し、法勾配は1 : 2とする。またすりつけ区間では、計画断面から現況断面へと序々に断面を変化させる。

(c) 右岸側市街地フィンカラバリタ防御区間

フィンカラバリタを守るための施設として、市街地の廻りに延長5 kmの輪中堤を建設し、輪中堤外側の水衝部には3 kmにわたって護岸を設置する。また、輪中堤内の内水排除のために排水施設を設置する。

パンタレオン川

(i) 砂防ダム

パンタレオン川には、5基の粗石コンクリートタイプの砂防ダムを設置する。その計画諸元は図5-6に示すごとくである。

ダム名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	ダム有効高 (m)	堤頂長 (m)	ダム体積 (m <sup>3</sup> )	調節容量 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
P-1	115	5.0	210	7,000	60
P-2	107	9.0	392	17,000	976
P-3	62	11.0	160	17,000	235
P-4	61	9.0	190	12,000	315
P-5	60	18.0	230	44,000	1,370

## (2) 河川改修

パンタレオン川の洪水防御方法は、CA-2道路橋付近の護岸設置を含む河川改修で、改修範囲は1.8km～2.4kmの3.4km区間である。(図5-6参照)

この区間の平面形は、アチグァテ川と同様の考え方により、約80mの川中で設定した。計画河床勾配は1/38、計画高水位は河床高から2mに、計画堤防高は高水位の上に1mの余裕高を考慮して設定した。横断面としては全区間、法勾配1:0.5の単断面で計画し、すりつけ区間では現況断面から計画断面へと漸変させる。

この区間に必要な河川構造物は、2.3km区間両岸の護岸と、50m間隔、80m巾の床固め47基である。

### 5.4.2 施工期間および費用

#### 施工期間

砂防ダムに対する主要工事は掘削および粗石コンクリートの打設で、河川改修では、掘削、築堤および護岸・床固め等の河川構造物の設置が主要な工事となる。

施工期間は、2年間の詳細設計期間を含め以下のようなになる。なお、本計画の施工工程を図5-7に示す。

工 事	年 度
(1) 詳細設計	初年度～2年度
(2) 施 工	
(a) アチグァテ川砂防ダム建設工事	3 " ～6 "
(b) パンタレオン川 "	3 " ～7 "
(c) アチグァテ川河川改修工事	4 " ～7 "
(d) パンタレオン川 "	6 " ～7 "

#### 費 用

##### (1) 建設費

建設費は、砂防ダム建設・河川改修に対する直接工事費、用地買収費、技術報酬費、事務経費、これら10%の予備費を含め、1984年8月現在の価格

を用いて請負い方式で求めた。(表5-2参照)

これに外貨、内貨とも6%の年平均物価上昇率を考慮すると、建設費は $63.2 \times 10^6$ 米ドルとなり、その内、外貨が $36.2 \times 10^6$ 米ドル(57%)、内貨が $27.0 \times 10^6$ 米ドル(43%)となる。(表5-3参照)

## (2) 維持管理費

維持管理費(OMRコスト)は、人件費、機械費、事務費、雑費を考慮して求めた。

年間OMRコストは $0.56 \times 10^6$ 米ドルと見積もられ、20年ごとに行われる輪中堤の排水施設の付け替え費をその中に含んでいる。



## 第 6 章 緊急計画

### 6.1 概 説

長期土砂、洪水防御計画は、当調査対象氾濫区域内にある資産のうち社会的に重要と思われる資産を防御する目的で策定した。これに対し緊急計画では、被害があった場合、広範囲の社会経済活動にとくに支障をきたすものに防御対象資産を絞り、可能な限り早急に実施できることを目的として計画を策定する。

この緊急計画では、最適案と代替案との 2 案について計画を策定するが、このうち最適案は、流域の社会的必要性を満足したうえで、経済性が最大となるように立案する。この最適案については、適切な土砂、洪水防御方法および計画規模を選定するために種々の比較検討を行う。またこの案の工事实施は、外国からの資金援助のもとで行われることを前提に考えている。

これに対し、最適案を実施するうえで財政的制約がある場合のことを考え、最適案と同様の計画条件のもとに、グアテマラ国が自国の資金だけで段階的な工事实施が可能な代替案についても検討する。

### 6.2 防御対象資産

長期計画では、CA-2 道路橋、鉄道橋およびフィンカラトリニダド・ラバリタの市街地を洪水から守るように最適案を策定した。緊急計画については、以下に述べる理由から、アチグァテ川、パンタレオン川にかかる CA-2 道路橋、鉄道橋に対象資産を絞って計画を策定する。

- (1) CA-2 道路は、エルサルバドルとメキシコを結ぶ国際道路であり、地域経済からみても、グアテマラ市やサンホセ港と重要農業産地とを結ぶ交通の生命線となっている。このため、洪水がこの交通路に支障をきたす被害を与えた場合、その影響は広範囲に及ぶ。
- (2) アチグァテ川からの氾濫によって洪水被害をうけるフィンカラトリニダドとラバリタの市街地は約 4,000 人づつの人口をもつが、洪水が市広い地域に拡散するため、湛水位そのものはそれ程高くなく、10 年確率洪水でも 0.5 m 以内であ

- り、その被害程度は、緊急に対処しなければならない程深刻なものではない。
- (3) 工事を早急に実施するためには、財政的制約から建設費はできるだけ切りつめる必要がある。

## 6.3 比較検討

### 6.3.1 砂防ダム

長期計画と同様、洪水時の流出土砂を砂防ダムで完全に調節する必要がある。そこで、1983年時点での堆積土砂によって流出するであろう土砂を調節するために必要なダムサイトを、長期計画と同じく貯砂効率が最大となるような組み合わせのもとに設定した。この結果、アチグァテ川流域については5、10、30年の各確率流出土砂を調節するのに必要なダムサイトは2ヶ所で、パンタレオン川流域については、5、10年確率に対して1ダムサイト、30年確率に対して2ダムサイトが選定された。

各ダム名、ダム有効高、調節容量を以下に示す。また図6-1にダム位置を示す。

河川	確率 (年)	ダム名	ダム有効高 (m)	調節容量 ( $10^3\text{m}^3$ )
アチグァテ川	5	A-1	6.0	431
		C-1	4.0	94
"	10	A-1	6.5	551
		C-1	4.5	119
"	30	A-1	7.0	755
		C-1	5.5	165
パンタレオン川	5	P-2	8.0	767
"	10	P-2	9.0	976
"	30	P-2	9.0	976
		P-6	8.0	357

砂防ダムの計画規模は河川改修のそれに合わせるものとし、その最適規模は、砂

防ダムと河川改修とを組み合わせで決定する。(6.3.2参照)

### 6.3.2 河川改修

#### 改修区間

道路橋、鉄道橋を守るために必要な河川改修区間は以下に示すごとくである。(図6-1)

アチグァテ川 : 38.0 km ~ 43.0 km

パンタレオン川 : 18.0 km ~ 21.4 km

#### 改修方法

改修方法の検討に先立ち、下流端の一部すりつけ区間を除いた河道を、その疎通能力をもとに以下の小区間に分割した。

河 川	区 間 (km)	最小疎通能力 (m <sup>3</sup> /sec)
アチグァテ川	39.75 ~ 40.4	150
”	40.4 ~ 41.7	1,000
”	41.7 ~ 43.0	1,400
パンタレオン川	18.45 ~ 19.5	550
”	19.5 ~ 20.5	1,000
”	20.5 ~ 21.4	1,300

前述の小区間毎の改修方法として、各区間の現況から判断し、以下に述べる1~2の方法が適用可能と考えられる。

(1) アチグァテ川 (39.75 km ~ 40.4 km)

この区間には鉄道橋があるため、拡巾や築堤は困難であり、河床掘削が適切と判断される。

(2) アチグァテ川 (40.4 km ~ 41.7 km)

この区間に対しては、河床掘削、左岸側の導流堤建設の2案が考えられる。前者が下流側との整合性を計る意味で適切なのに対し、後者は、現在の左岸側未利用地を土砂、洪水の調整地として利用できる点でメリットがある。

(3) アチグァテ川 (4 1.7 km～4 3.0 km)

この区間は十分な疎通能力をもつため、流下能力を増すための改修は不必要であるが、河岸の側方侵食や河床洗掘によって生じる道路橋の被害を防ぐため、道路橋を狭む区間で河岸、河床の保護が必要である。

(4) パンタレオン川 (1 8.4 5 km～1 9.5 km)

この区間の状況はアチグァテ川の3 9.7 5 km～4 0.4 km区間とほぼ同様であるが、鉄道橋自体の桁高に余裕があるところから、河床掘削の他、導流堤の建設も考えられる。

(5) パンタレオン川 (1 9.5 km～2 0.5 km)

この区間では、下流側との整合性から、河床掘削もしくは導流堤建設が適用可能である。

(6) パンタレオン川 (2 0.5 km～2 1.4 km)

この区間では、アチグァテ川の4 1.7 km～4 3.0 km区間と同様の理由から、道路橋の安全性を確保するための河岸、河床の保護が必要である。

### 改修方法の選択

最適改修方法を選択するため、前述の各方法の組み合わせに対し、5、10、30年確率のケースで比較検討を行った。この場合の各方法の組み合わせは次の4ケースである。

河 川	ケース	区 間	方法の組み合わせ
アチグァテ川	ケースA-E	3 9.7 5 km～4 0.4 km	河床掘削
		4 0.4 km～4 1.7 km	〃
		4 1.7 km～4 3.0 km	河岸・河床保護
〃	ケースA-T	3 9.7 5 km～4 0.4 km	河床掘削
		4 0.4 km～4 1.7 km	導流堤
		4 1.7 km～4 3.0 km	河岸・河床保護

河川	ケース	区間	方法の組み合わせ
パンタレオン川	ケースP-E	18.45 km～19.5 km	河床掘削
		19.5 km～20.5 km	“
		20.5 km～21.4 km	河岸・河床保護
“	ケースP-T	18.45 km～19.5 km	導流堤
		19.5 km～20.5 km	“
		20.5 km～21.4 km	河床・河床保護

上記の各組み合わせについて建設費の面から比較検討を行った。結果は以下に示す通りである。(表6-1、図6-2参照)

(1) アチグァテ川

建設費から判断すると、5、10年確率についてはA-Tのケースが有利であり、30年確率ではA-Eが適切となっている。

(2) パンタレオン川

パンタレオン川では、各確率ともP-Eのケースが有利となっている。

計画規模の選定

緊急計画で採用すべき計画規模としては、以下に述べる経済性および社会的必要性の観点から10年確率が適当と考えられる。

(1) 経済性

各確率規模に対する経済的内部収益率 (EIRR) の計算結果を表6-2、図6-3に示す。図6-3の結果から明らかなように、10年確率のEIRRが他の確率に比べ最も高く、また第4章で定めた経済評価基準 (表4-4参照) をこえる約7%を示している。

(2) 社会的必要性

一部の安全な河川を除き、グァテマラ国内のかなりの河川が3～10年の割合で洪水被害を受けている状況から判断して、洪水被害に対して10年確率規模まで安全性を保つことは充分、国家的安全水準を達成したことになると考えられる。(図6-4参照)

## 6.4 計画流出土砂量および洪水流量

緊急計画の計画規模として10年確率が採用された結果、計画流出土砂量は、アチグアテ川で $710 \times 10^3 \text{m}^3$ 、パンタレオン川で $1,206 \times 10^3 \text{m}^3$ となる。また計画洪水流量はそれぞれ、 $950 \text{m}^3/\text{sec}$ 、 $900 \text{m}^3/\text{sec}$ になる。

## 6.5 最適案

### 6.5.1 計画の概要

10年確率の計画流出土砂量および洪水流量に対し安全なように緊急計画を策定するが、このうち河川改修に伴う護岸、床固めについては、これを緊急計画規模で施工した場合、長期計画実施時に撤去、再建設の必要が生じる。

このことから、緊急計画において、30年確率の長期計画規模でこれらの構造物を設置した場合と、10年確率の緊急計画規模でこれらを設置した場合との経済比較を行った結果、手直しによる二重投資をさけるよう長期計画の規模で構造物を設置した方が、緊急計画規模で施工するよりも望ましいことが明らかになった。(サポーティングレポート参照)

上記のことを考慮した緊急計画の概要は以下の如くである。

#### アチグアテ川

##### (1) 砂防ダム

A-1とC-1地点に2基の粗石コンクリートタイプの砂防ダムを建設する。

その計画諸元は以下のようである。(図6-5参照)

ダム名	流域面積 ( $\text{km}^2$ )	ダム有効高 (m)	堤頂長 (m)	ダム体積 ( $\text{m}^3$ )	調節容量 ( $10^3 \text{m}^3$ )
A-1	92	6.5	409	14,000	551
C-1	112	4.5	425	10,000	119

(2) 河川改修

(a) 改修区間

アチグァテ川の改修区間は、道路橋、鉄道橋を含む3.8 km～4.3 kmの区間である。

(b) 平面形

法線は原則として現河道法線に沿って、川中約100 mで計画した。(図6-6)

(c) 縦断形

縦断形は現河床勾配に沿って1/110と設定し、計画高水位は、図6-7に示すように地盤高以下におさえる。

(d) 横断形

横断形は全区間、単断面を適用した。(図6-7参照)

(e) 河川構造物

河川改修に必要な構造物は、護岸と、150 m間隔の床固め(39.75 km～40.4 kmと42.8 km～43.0 km)、左岸側の根固め水制(40.4 km～41.7 km)とである。

パンタレオン川

(1) 砂防ダム

パンタレオン川については、粗石コンクリートタイプの砂防ダムが下記のP-2地点に1基必要である。(図6-5参照)

ダム名	:	P-2ダム
流域面積	:	107 km <sup>2</sup>
ダム有効高	:	9.0 m
堤頂長	:	392 m
ダム体積	:	17,000 m <sup>3</sup>
調節容量	:	976 × 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>

(2) 河川改修

(a) 改修区間

改修区間は、道路橋、鉄道橋を含む18.0 km～21.4 kmの区間である。

(b) 平面形

法線は現河道法線に沿って、川中約80mで設定した。(図6-6参照)

(c) 縦断形

計画河床勾配は現河床勾配に沿って1/38とし、計画高水位は地盤高以下に保つことにする。(図6-7参照)

(d) 横断形

図6-7に示すように、横断形は全区間、単断面とする。

(e) 河川構造物

河川改修に伴う河川構造物としては、18.45km～19.5kmと21.3km～21.4kmの2区間に対する護岸と50m間隔の床固めとの設置である。

## 6.5.2 予備設計

### 砂防ダム

図6-8に示すように、砂防ダムは主ダム、越流部、副ダムおよび水叩きで構成されており、ここではこれらの予備設計を行った。

#### (1) 主ダム

砂防ダムで一般に用いられる型式としては、コンクリート、粗石コンクリート、鋼製枠、コンクリートブロック、蛇籠等であるが、本計画では、これらの中から最も経済的な粗石コンクリートタイプを最適案として選定した。(表6-3参照)

ダム基礎は、ダム本体の安全性を確保するため、不安定土砂の堆積厚を考慮し現河床から1.5m根入れする。堤頂中は2mとし、下流側の法面勾配は越流水の中に含まれる砂礫による損傷を防ぐため1:0.2と比較的急にし、上流側は、考えられるすべての外圧に対し耐えうるよう、1:0.45～1:0.65の範囲の法勾配で設計した。各ダムの計画諸元を表6-4に示す。

#### (2) 越流部

下流河道の安定が保たれるよう、下流河道の中央部に越流水が集まりやすい位置および方向に越流部を配置する。この越流部諸元は、100年確率に相当する1,250m<sup>3</sup>/secの設計洪水流量(いずれのダムも同じ)に対して安全なように設計した。



(3) 副ダムおよび水叩き

洗掘防止のためダム下流に設置される副ダムおよび水叩きは粗石コンクリートで、水叩きの側壁は練り石積みでそれぞれ設計した。

河川構造物

護岸、水制、床固めの各河川構造物のうち護岸および水制は河岸侵食防止の役割を果たし、床固めは河床安定のために設置される。

(1) 構造形式の選定

各構造物は、それぞれに考えられる構造形式から4つに分けられ、さらに耐久性の面から永久構造物と半永久構造物とに分類できる。(表6-5参照)

これらの中から適切な構造形式を選定するため、表6-5に示すように、建設費と施設付け替え費との算定を行った。この結果、本計画に適用可能な構造形式としては下表に示すものが挙げられる。

構造物	構造形式	耐久性
護岸	練り石積み	永久
〃	蛇籠	半永久
水制	コンクリート	永久
〃	牛棹	半永久
床固め	コンクリート	永久
〃	ふとん籠	半永久

各区分ごとに最適な構造形式を以下の考えで選定した。

(a) アチグァテ川、39.75 km～40.4 kmおよび42.8 km～43.0 km

道路橋、鉄道橋のあるこれらの区分では、左右岸とも河岸保護が必要であり、そのため護岸もしくは水制の設置が考えられるが、コンクリート水制は建設費が護岸に比べ高く、また牛棹水制や蛇籠は流速の速い場所では破損または流失する可能性があるため適当でない。このことから永久構造物である練り石積み護岸を採用した。また、橋脚の破損等につながる河床洗掘防止の

ため、河床安定を計る施設として永久構造物であるコンクリートタイプの床固めを採用した。

(b) アチグァテ川、40.4 km～41.7 km

この区間では、右岸側の河道沿いに丘陵地が発達しているため、同岸の側方侵食対策はとくに必要なく、左岸側についてのみ、河岸保護のための施設が要求される。ところが左岸側には、最大巾600mの高水敷が形成されているため、護岸まで設置する必要はなく、半永久構造物の牛柁水制で充分対処できると考えられる。

この区間では、これらの状況から牛柁による透過根固め水制を採用し、床固めは設置しない。

(c) パンタレオン川、18.45 km～19.5 kmおよび21.3 km～21.4 km

この区間では、道路橋および鉄道橋の保護のため河岸保護施設および河床安定施設の設置が必要である。河岸保護施設としては、流速が速いところから練り石積みタイプの護岸とし、河床安定施設としては同様の理由からコンクリートタイプの床固めを採用した。

(2) 諸 元

本案に伴なう河川構造物をまとめて下表および図6-9に示す。

構 造 物	タ イ プ	河 川	区 間
護 岸	練り石積み	アチグァテ川	39.75 km～40.4 km
〃	〃	〃	42.8 km～43.0 km
〃	〃	パンタレオン川	18.45 km～19.5 km
〃	〃	〃	21.3 km～21.4 km
水 制	牛 柁	アチグァテ川	40.4 km～41.7 km
床固め	コンクリート	アチグァテ川	39.75 km～40.4 km
〃	〃	〃	42.8 km～43.0 km
〃	〃	パンタレオン川	18.45 km～19.5 km
〃	〃	〃	21.3 km～21.4 km

(a) 護 岸

練り石積み護岸の法勾配は、流下砂礫による損傷をできるだけ防ぐため、1 : 0.5 の比較的急な勾配とする。護岸の高さは計画堤防高に合わせ、基礎は計画河床から1 m根入れする。またその下には、護岸を支持するための基礎コンクリートを設置する。

さらに、洗堀による護岸の崩壊を防ぐため、根固めとしてふとん籠を3 m の中で設置する。

(b) 水 制

水制としては木製の牛棒水制を採用し、水制の安定のためその中に蛇籠を投入する。これらの水制は河岸沿いに20 mの間隔で配置する。

(c) 床固め

床固め本体の天端巾は1 mとし、基礎は計画河床高から2 m埋め込む。この基礎底面高は、下流側に設置する床固め天端高より少し低くなっている。また、床固め下流の河床洗掘防止のため、6.0 mの中でふとん籠を設置する。

### 6.5.3 施工期間および費用

#### 施工期間

建設工事は砂防ダム工事と河川改修工事とに大別される。最適案では、掘削、粗石コンクリート打設、練り石積み設置が砂防ダムの主要工事で、河川改修工事は主に、河床掘削、練り石積み設置、コンクリート打設、蛇籠・ふとん籠・水制の設置からなる。

工事は、各工種の工事量から判断し、1年間の詳細設計期間を含め5年間で行う。図6-10に工程計画を示す。その概要は以下の通りである。

工 事	年 度
(1) 詳細設計	初年度
(2) 施 工	
(a) A-1ダム建設工事 (アチグァテ川)	2年度～4年度
(b) C-1ダム " (セニサ川)	2 " ～4 "
(c) P-2ダム " (パンタレオン川)	2 " ～5 "
(d) アチグァテ川河川改修工事	3 " ～5 "
(e) パンタレオン川 "	3 " ～5 "

## 費 用

### (1) 建設費

建設費は、1984年8月時点の価格を用い、請け負い方式で外貨、内貨に分けて積算した。工事量は本調査で行った予備設計結果にもとづいて、工種別単価は最近の類似工事の入札価格等を参考にそれぞれ決めた。予備費はすべての工種に対して10%を適用し、また物価変動予備費としては、外貨、内貨とも年平均物価上昇率6%をみこんだ。

この結果、最適案の建設費は外貨、内貨それぞれ下記のようになる。

外貨	：	$11.5 \times 10^6$ 米ドル	(56%)
内貨	：	$9.0 \times 10^6$ "	(44%)
計	：	$20.5 \times 10^6$ "	(100%)

建設費の内訳および年度別建設費を表6-6、6-7に示す。

### (2) 維持管理費

維持管理費 (OMRコスト) は、人件費、機械費 (土砂除去費)、10年ごとの水制・蛇籠等の付け替え費、事務費他雑費からなり、年間 $0.30 \times 10^6$ 米ドルと見積られた。

## 6.6 代替案

緊急土砂、洪水防御計画に関する代替案は、工事実施に対して準備可能な年度予算

等を充分考慮して立案するものとする。このことから代替案は、(1)段階施工が可能であること、(2)施工方法が容易であること、(3)計画地点近傍の材料を極力利用すること、の方針のもとに策定する。

アチグァテ川、パンタレオン川の砂防ダムの配置方針としては、そのダム高から次の2通りの方法が考えられる。一つは、調節効率が高いいくつかの限定されたダムサイトに高いダムを建設する考え方（最適案の考え方）であり、またもう一つは、より多数のダムサイトに対して低いダムを数多く建設する考え方である。

この代替案については、施工が容易で、流域近傍の材料が使用でき、段階的に施工可能なことを考慮し、後者の低ダム案を採用した。

### 6.6.1 計画の概要

#### アチグァテ川

##### (1) 砂防ダム

前述の代替案に対する計画方針に従って、アチグァテ川本川3サイト、同支川セニサ川1サイトの計4サイトを砂防ダムサイトとして選定した。これら各ダムの諸元は下表の通りである。（図6-11参照）

ダム名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	ダム有効高 (m)	堤頂長 (m)	ダム体積 (m <sup>3</sup> )	調節容量 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
A-1	92	5.0	404	38,000	350
A-1'	87	3.5	401	21,000	111
A-2	39	5.0	101	9,000	90
C-1	112	4.5	424	35,000	119

##### (2) 河川改修

河川改修区間および計画平面形、縦断形、横断形等の、河川構造物以外に関する計画方針は最適案と同様である。

河川構造物としては、護岸と、150m間隔の床固め（39.75km～40.4kmおよび42.8km～43.0kmの区間）、左岸側の根固め水制（40.4km～41.7km）とが必要である。

## パンタレオン川

### (1) 砂防ダム

パンタレオン川では、P-2、P-2'、P-3、P-4、P-5の5サイトに砂防ダムを計画した。これらの主な諸元は下表の通りである。(図6-11参照)

ダム名	域面積 (km <sup>2</sup> )	ダム有効高 (m)	堤頂長 (m)	ダム体積 (m <sup>3</sup> )	調節容量 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
P-2	107	5.0	276	23,000	370
P-2'	64	4.0	308	21,000	101
P-3	62	5.0	167	16,000	105
P-4	61	5.0	170	14,000	180
P-5	60	5.0	158	18,000	220

### (2) 河川改修

河川改修区間、計画平面形・縦断形・横断形は最適案と同じである。一方、河川構造物は、護岸と、50m間隔の床固め(18.45km~19.5kmおよび21.3km~21.4kmの区間)とである。

## 6.6.2 予備設計

### 砂防ダム

代替案の砂防ダムタイプとしては、技術的にみて施工が容易で、計画地点近傍での材料の入手の容易さ等を考慮しふとん籠タイプを採用した。

砂防ダムは、図6-12に示すように、主ダム、越流部および水叩きからなる。

#### (1) 主ダム

ふとん籠タイプのダムは高さに比べ底巾が広いので、それほど良好な支持地盤を必要としないところから、ダム基礎は河床を水平に敷均すのみとし、その上にふとん籠を敷設する。ダムの形状は、堤頂巾2.0m、最適案と同じ理由で下流側法面勾配1:0.2、上流側1:1として設計した。

表6-4に計画諸元をまとめて示す。

(2) 越流部

越流部の設計は最適案と同様の考え方で行った。

(3) 水叩き

ダム越流部からの越流水による下流河道の河床洗掘を防止するため、ダム下流に12m巾のふとん籠を設置する。

河川構造物

代替案に採用した河川構造物を、その配置区間も含めて以下に示す。(図6-13参照)

構造物	タイプ	河川	区間
護岸	蛇籠	アチグァテ川	39.75 km～40.4 km
"	"	"	42.8 km～43.0 km
"	"	パンタレオン川	18.45 km～19.5 km
"	"	"	21.3 km～21.4 km
水制	牛柵	アチグァテ川	40.4 km～41.7 km
床固め	ふとん籠	アチグァテ川	39.75 km～40.4 km
"	"	"	42.8 km～43.0 km
"	"	パンタレオン川	18.45 km～19.5 km
"	"	"	21.3 km～21.4 km

(1) 護岸

蛇籠タイプ護岸の法勾配は、施工の容易さを考慮し1:1.5とする。また護岸高は計画堤防高までとし、護岸根元には、河床低下による護岸の崩壊を防ぐため、法尻から3mまでの河床上に護岸と一連の蛇籠を敷設する。

(2) 水制

最適案と同様の考えで20m間隔に牛柵水制を配置する。

(3) 床固め

床固めとして、計画河床高から1m掘り込んでふとん籠を設置する。また、床固め下流の河床変動に対して柔軟に対応できるように、長さ3mのふとん籠を流れの方向に3列、計9m配置する。

### 6.6.3 施工期間および費用

#### 施工期間

この代替案のための建設工事のうち砂防ダムに関する主な工種は、掘削およびふとん籠の設置で、河川改修については、掘削と蛇籠・ふとん籠・水制の設置とである。

最適案との経済性を比較するうえで、施工期間は最適案と同様に5年とする。

(下表および図6-14参照) ただし実際の工事実施に際しては、財政状態に応じて適宜期間を変更すべきであろう。

工 事	年 度
(1) 詳細設計	初年度
(2) 施 工	
(a) アチグァテ川砂防ダム建設工事	2年度～3年度
(b) パンタレオン川 "	4 " ～5 "
(c) アチグァテ川河川改修工事	3 " ～5 "
(d) パンタレオン川 "	4 " ～5 "

#### 費 用

##### (1) 建設費

代替案の実施に必要な建設費は、外貨、内貨別に以下に示すごとくである。

外貨 :  $10.7 \times 10^6$ 米ドル (49%)

内貨 :  $11.1 \times 10^6$  " (51%)

計 :  $21.8 \times 10^6$  " (100%)

建設費の内訳および年度別建設費を表6-8、6-9に示す。

##### (2) 維持管理費

維持管理の内容は最適案と同様で、その年間費用は $0.64 \times 10^6$ 米ドルである。



## 第7章 プロジェクト評価

### 7.1 概説

長期土砂、洪水防御計画は、第5章でのべたように財政状況、経済性、技術面をふまえて社会的必要性に基づいて策定した。

これに対して緊急計画では、第6章に示したように経済性、財政状況、社会面、技術面を考慮し、長期計画からさらに計画規模をおさえ最適案と代替案の2案について計画策定した。

本章では上記の3つの計画案について、経済面からのプロジェクト評価を行う。

経済評価の目的は、プロジェクト実施に必要な経済費用とプロジェクト実施によって生ずる経済便益を比較検討し、経済的妥当性を調査することである。この経済評価は経済的内部収益率（EIRR）、純現在価値（NPV）、費用便宜比（B/C）で行い、緊急計画最適案については費用、便益が変化した場合の感度分析も行う。

経済評価は次の条件で行う。

#### (1) 耐用年数

プロジェクトの耐用年数は、工事完成後30年間とする。

#### (2) 直接便益

評価は直接便益を対象に行い、間接便益、貨幣換算出来ない（インタンジブル）便益については7.5節プロジェクトの社会経済的影響でのべる。

#### (3) 施工期間

プロジェクト施工期間は、長期計画が2年間の詳細設計期間を含み7年、緊急計画が1年間の詳細設計期間を含み5年とする。

### 7.2 経済費用・便益算定の条件と方法

#### 7.2.1 価格

経済費用、便益の算定に対し、経済価格は次の条件で求める。

#### (1) 外貨交換率は以下の状況から判断し1ケツツアル=1米ドルとする。

(a) 現在、公定外貨交換率は1:1である。

- (b) 表7-1に示すように最近の潜在外貨交換率もほぼ1:1である。
- (2) グアテマラ国で雇用する未熟練労働者の賃金は、最近の失業状態から判断し、市場価格の70%とする。
- (3) 関税、税金等の移転項目に関して、自国で購入する資材、海外からの輸入資材には10%の移転項目が含まれているものとし、これを除いて計算する。
- (4) 費用、便益は1984年8月の価格を用いる。

## 7.2.2 費用

第5、6章で求めた建設費は以下の項目を含んでいる。

- (a) 直接工事費
- (b) 用地買収費、補償費
- (c) 政府事務経費
- (d) 技術報酬費
- (e) 予備費
- (f) 物価変動予備費

上述の費用のうち、経済的建設費には物価変動予備費は含めない。また他の費用については前述の価格調整を行って求める。

工事完成後のプロジェクト耐用年の間には、ポンプや他の設備の取り替え費用も含めた維持管理費が必要であるが、この経済的維持管理費も前述の価格調整を行う。また建設期間中の維持管理費は工事の進捗に比例して増加するものとした。

## 7.2.3 便益

直接便益は洪水氾濫区域付近での土砂、洪水被害低減額として求められる。

便益は工事完成後直ぐに生じるものとし、その額は維持管理費と同様、工事の進捗に比例して増加するものとする。

### 便益対象資産

アチグァテ川、パンタレオン川流域で便益の対象となる資産は次のものである。

- (a) 道路橋および鉄道橋
- (b) 交通網

- (c) 家屋、家財資産
- (d) 農業生産物
- (e) 商業活動
- (f) (a)を除く公共施設

これらの資産を、収集資料、現地聞き込みから以下のように評価した。

(1) 道路橋および鉄道橋

アチグアテ川、パンタレオン川にかかる道路橋、鉄道橋について道路総局 (CAMINOS)、グアテマラ国有鉄道 (FEGUA) からの情報をもとに 1984 年で評価した結果、次のようになる。

橋 梁	評 価 (10 <sup>3</sup> 米ドル)
アチグアテ川道路橋	: 1,000
パンタレオン川道路橋	: 750
アチグアテ川鉄道橋	: 230
パンタレオン川鉄道橋	: 420

(2) 交通網

CA-2 道路上、距離標 200 地点<sup>1)</sup>での日平均交通量は CAMINOS の統計資料によると、1984 年で 4,500 台、2010 年で 6,000 台である。このうち長期計画には 2010 年の値、緊急計画では 1984 年の値をそれぞれ採用する。

鉄道橋での輸送貨物量、乗客数は、FEGUA からの資料により道路の数量の 5% とした。

(3) 家屋、家財資産

1981 年家屋統計資料によると、1984 年における当調査対象地域での家屋数は、市街地域で 405 戸/km<sup>2</sup>、農村地帯では 13 戸/km<sup>2</sup>で、1973 年～1981 年での年平均伸び率は 2.81% となっている。

1) この距離標はグアテマラ市から 78 km の地点にある。

この伸び率が継続するものとして2010年時点での家屋数を求めると、市街地域810戸/km<sup>2</sup>、農村地帯26戸/km<sup>2</sup>となり、長期計画ではこの値を採用する。

一方、緊急計画では、2年確率以上の洪水流量で浸水する調査対象地域の家屋数は28戸となる。

調査対象地域には住居、農家、店、工場、事務所、教会等の建物があり、その評価もそれぞれ異なるが、本調査ではこれらの建物を個々に取り扱うことが困難なため、すべての建物を調査対象地域のほとんどを占める農家として取り扱う。また、本報告書ではすべて建物は家屋として取り扱う。

現地調査結果から家屋の評価額は平均3,750ケツァルとし、家財についてはグアテマラ国の他プロジェクトの結果を参考に家屋の1/3とする。

#### (4) 農業生産物

農業生産物の単位面積収穫量は、エスキントラ県での最近の収穫実績をもとに決定した。このエスキントラ県での単位収穫量は、1973年以来ほとんど変化がないところから長期計画、緊急計画ともこの値を用いる。

表7-2に主農業生産物の単位収穫量、価格を示す。

### 被害率

#### (1) 道路橋および鉄道橋

両河川の鉄道橋は過去の記録に基づき、2年確率以上の洪水で流失するものとし、被害は前述の橋梁評価額が100%失われるものとした。

CA-2道路の2道路橋については、2年確率以上の洪水で道路橋が破損をうけるものとし、前述の橋梁評価額の5%が修理費に要するものとした。

#### (2) 交通網

鉄道による交通量が少ないところから、道路による交通量について主に調査を行った。前述のようにCA-2道路は、2年確率以上の洪水で交通障害が生じるが、この交通障害期間中は乗客、貨物等は待機もしくは廻り道をするようになる。これについてCA-2道路でOD調査（出発地、目的地調査）を行った結果、次のことがあきらかになった。

- (a) 調査対象地域のCA-2道路を利用する車輛の約90%はグアテマラ市、エスキントラ、およびこれ等の近傍地を出発地もしくは目的地としている。
- (b) CA-2道路の交通障害があった場合、上記の車輛は経済的に考えてコカレス、ゴデネスを通り、CA-1道路を利用することになる。

この場合、迂回することによる走行距離と走行時間の増大が被害と考えられる。また待機した車輛については商業活動の遅延が被害となる。

鉄道利用の乗客、貨物も同様、橋梁が修復するまで待機もしくは道路輸送を利用することになる。本調査では鉄道輸送の洪水被害は、交通量に比例させ道路輸送被害の5%とした。

(3) 家屋、家財資産および農業生産物

これら資産の浸水被害割合は浸水深、浸水時間によって異なるが、グアテマラ国に浸水被害に関する資料がないところから、本調査では熱帯地方で用いられている被害率を適用する。家屋、家財資産、農業生産物の被害率を表7-3に示す。被害額は評価額にこれらの被害率を乗じて求める。

(4) 商業活動

住民、事務所の商業活動に対する浸水期間中の洪水被害については資料が乏しいため、熱帯地方の類似プロジェクトで用いられている家屋、家財資産に対する被害額の6%を適用する。

(5) 公共施設

前述のCA-2道路橋、鉄道橋を除く配電施設、給水施設、農業施設、道路等の公共施設も同様に被害を受けるが、これについても類似プロジェクトから家屋、家財資産に対する被害額の60%を適用する。

便 益

洪水被害額は数種の確率流量で求める。

年平均土砂、洪水被害額は、無害流量から無限大流量までの、ある流量規模と次の流量規模との間の洪水の年平均生起確率に、その洪水による想定被害額を乗じ、累計して求める。便益はプロジェクトを実施しない場合と実施した場合の被害の差で求められ、年平均被害軽減額で表される。

## 7.3 長期計画の経済評価

### 7.3.1 経済費用

長期計画の経済的建設費は外貨  $28.6 \times 10^6$  米ドル、内貨  $18.1 \times 10^6$  米ドルの計  $46.6 \times 10^6$  米ドルで、この年度別建設費は表 7-4 に示す通りである。

経済的維持管理費は、工事完成後のプロジェクト耐用年数期間を通して年間  $500 \times 10^3$  米ドル必要である。表 7-4 に施工期間中も含めた年度別経済的維持管理費を示す。

### 7.3.2 経済便益

アチグァテ川、パンタレオン川の想定氾濫面積は  $16,000$  ha で、各確率ごとの浸水位は表 4-3 に示すごとくである。これらの氾濫域のうち長期計画実施により、 $2,054$  戸を含む  $3,271$  ha の区域が 30 年確率洪水に対し被害をうけなくなる。サポーティングレポートのセクター 6、表 6-7 に浸水域の内訳を示す。

前述の浸水面積、浸水位と 7.2.3 節でのべた家屋、家財資産、農業生産物の評価額を用い洪水防御による便益を求めた。長期計画実施によるプロジェクト耐用年数期間の年平均便益は  $3,478 \times 10^3$  米ドルであり、その内訳を下に示す。

項 目	年便益 ( $10^3$ 米ドル)
(1) 鉄道橋	465
(2) 道路橋	126
(3) 交通網	1,179
(4) 家屋、家財 <sup>1)</sup>	651
(5) 農業生産物	1,057
計	3,478

表 7-4 に施工期間中も含めた年度別便益を示す。

1) 商業活動の便益を含む。

### 7.3.3 経済評価

EIRRおよび5%、6%の割引率によるB/C、NPVを以下に示す。

項 目	EIRR (%)	B/C		NPV (10 <sup>3</sup> 米ドル)	
		割引率		割引率	
		(5%)	(6%)	(5%)	(6%)
長期計画	5.1	1.01	0.92	446	-3,411

この結果によれば、長期計画のEIRRは低く経済性はあまりよくない。

しかし、このEIRRは第4章でのベタグアテマラで資金調達可能な金融機関の  
利子率の範囲内にあり平均に近い。

ここでは、経済的にみた長期計画の一般的評価を行ったものであり、続いて緊急  
計画に対する経済評価を行う。

## 7.4 緊急計画の経済評価

### 7.4.1 経済費用

緊急計画の経済的建設費の積算結果を以下に示す。

計画内容	外貨 (10 <sup>6</sup> 米ドル)	内貨 (10 <sup>6</sup> 米ドル)	計 (10 <sup>6</sup> 米ドル)
最適案	8.8	5.8	14.6
代替案	8.3	7.3	15.6

表7-5、7-6に年度別経済的建設費を示す。

また工事完成後のプロジェクト耐年期間の年間経済的維持管理費は最適案260  
×10<sup>3</sup>米ドル、代替案540×10<sup>3</sup>米ドルであり、年度別経済的維持管理費を表  
7-5、7-6に示す。

### 7.4.2 経済便益

緊急計画実施により、10年確率洪水まで28家屋を含む291haの区域の氾濫

被害を防げることができる。(サポーティングレポート、セクター6、表6-10参照)

この家屋、家財資産、農業生産物等の洪水被害軽減による便益は、7.2.3節のべた各資産の評価額と上述の被害軽減数量を用いて求めた。緊急計画実施による便益は、最適案、代替案とも $1,465 \times 10^3$ 米ドルで、内訳は以下に示す通りである。

項 目	年便益 (10 <sup>3</sup> 米ドル)
(1) 鉄道橋	422
(2) 道路橋	114
(3) 交通網	802
(4) 家屋、家財 <sup>1)</sup>	38
(5) 農業	89
計	1,465

便益はプロジェクトの耐用期間を通して生じ、表7-5、7-6に施工期間中の便益を含めた年度別便益を示す。

#### 7.4.3 経済評価

緊急計画のEIRRは次表に示すように最適案7.3%、代替案4.4%で、年割引率6%、7%とした場合のB/C、NPVも合わせて示す。

項 目	EIRR (%)	B/C		NPV (10 <sup>3</sup> USドル)	
		割引率		割引率	
		(6%)	(7%)	(6%)	(7%)
最適案	7.3	1.12	1.06	1,779	774
代替案	4.4	0.93	0.87	-1,211	-2,152

1) 商業活動、電力供給、供水施設、農業設備、道路等に対する便益はこの中に含める。



この結果では、両計画案ともEIRRはそれ程高くないものの、最適案は第4章でのべた6.5%の経済基準をこえており、経済性があると判断する。

さらにこのプロジェクトは社会的にみて必要であり、後述するようにこのプロジェクトの実施によってもたらされる社会経済的影響も大きい。なお、このプロジェクトの経済性については、感度分析でさらに検討する。

#### 7.4.4 感度分析

緊急計画最適案について、便益もしくは建設費を5%変化させた場合の感度分析を行った。その結果を以下に示す。

ケース	EIRR (%)
便益5%減少	6.7
費用5%増加	6.8

この結果からみられるように、便益が5%減少もしくは費用が5%増加した場合のEIRRは、まだ経済基準の6.5%を上まわっておりプロジェクトの経済性はある。

#### 7.5 社会経済的影響

前述の便益とは別に、土砂、洪水防御計画の実施により、以下にのべる様な波及効果が考えられる。

- (1) CA-2道路、鉄道輸送の安全性が確保されることにより、南海岸地域の社会経済開発の促進に刺激的効果がある。
- (2) 洪水の脅威の減少により、当調査対象地域の民生安定、生活環境の改善、有効な土地利用等の影響がある。
- (3) 建設工事实施によりエスキントラ県周辺の人々の雇用機会が増加する。

## 第 8 章 河川行政組織

### 8.1 概 説

水行政には河川、海岸、土砂、環境等の項目が含まれるが、この水行政で管理すべき項目として以下のものが考えられる。

- (1) 洪水防御
- (2) 水資源開発
- (3) 利水調整
- (4) 砂 防
- (5) 洪水予警報、防災活動
- (6) 海岸保全
- (7) 環境保全、その他

グアテマラには現在全国的な水行政に携わる政府機関はなく、種々の機関が個々に土砂、洪水被害に対する復旧作業も含めた水利用の管理を行っている。

本章では、グアテマラにおける水管理に関わる機関の機能、および活動状況、関連法について検討し、さらにグアテマラにおける新しい水管理組織確立のための参考資料として、日本、アメリカ合衆国、イギリスの各国における水管理組織について述べる。

### 8.2 グアテマラ国の水管理

#### 8.2.1 政府機構

グアテマラ国と国民の統治は、行政、立法、司法の 3 権で行われている。行政は、国の代表者たる大統領が各大臣と協力し実施している。

#### 中央政府

中央政府はグアテマラ市に所在する。その行政組織は 11 省から成り、さらに細かく特定の機能を有する局に分かれる。

この他政府の外郭組織として、関係省の監督のもとに法人、協会として機能する機関がある。これらの各機関は監督者から財政援助をうける一方、活動については監督者の承認を必要とする。(図 8-1 参照)

グアテマラ国の国家予算は1981年が $1,465.7 \times 10^6$ ケツァル、1982年が $1,481.4 \times 10^6$ ケツァル、1983年が $1,314.3 \times 10^6$ ケツァルとなっており、これらの予算は表8-1に示すように各省庁に割りあてられている。表8-2に経済セクターごとの予算配分を示す。

#### 地方政府

グアテマラ国は20以上の最大の行政分割区である県 (Departamento) に分けられる。この県の知事は大統領が任命するが、実務組織は有しておらず、大統領と最小の行政区画である市 (Municipio) の統治者との橋渡し役をする。また知事は、国家緊急委員会 (CONE) の県単位の地方組織である県緊急委員会の議長を兼ねている。市の大災害については知事を通して大統領府に報告され、復旧作業は中央政府が行う。

県はさらに300以上の市に分れ、市については市長を始めとする実務組織があり、住民に対し行政サービスを行っている。市は内務省の監督下であり、外郭団体の1つである都市開発協会 (INFOM) を通じて資金補助をうけている。

エスキントラ市の組織を図8-2に示す。

#### 8.2.2 水管理関連組織

グアテマラでは、水管理を次の5省で行っている。1) 公共通信運輸事業省、2) 農業畜産栄養省、3) 国防省、4) 公共健康福祉省、および5) 内務省である。この他県、市当局、時には私的機関が水管理に携わっている。

水管理に関する前述の省および機関の具体的な局は次の通りである。

##### (1) 公共通信運輸事業省

CAMINOS (道路総局)

DGOP (公共事業総局)

INSIVUMEH (地震、火山、気象、水文研究所)

XAYA-PIXCAYA (XAYA-PIXCAYAの国家プロジェクト)

INDE (電力公社)

FEQUA (グアテマラ国有鉄道)

(2) 農業畜産栄養省

DIGESA (農業総局)

INAFOR (森林研究所)

(3) 国防省

IGM (国土地理院)

CONE (国家緊急委員会)

(4) 公共健康福祉省

UNEPAR (地方水道計画実施ユニット)

DGSS (健康奉社総局)

(5) 内務省

INFOM (都市開発協会)

(6) その他

EMPAGUA (グアテマラ市都市水道企業局)

これ等の組織と機関を図8-3に示す。またこれらの機関の水管理に関わる主な役割を表8-3に示す。前述の各機関の目的は大まかに洪水防御、水供給、および調査、環境保全の3つに分類できる。

#### 洪水防御

CAMINOS、FEGUA、DIGESA、INDE、CONEが土砂、洪水による被害に対する防御、復旧、救援の役割を果たしている。これら5つの機関のうちCAMINOS、FEGUA、DIGESAは、それぞれが管理する施設に対してのみ洪水防御工事を実施する。前述の5機関のうちCONEを除くすべての機関は、自分達の管理する施設についての復旧工事を行う。CONEは洪水、火山爆発、地震、伝染病等の緊急時の警告、救出を担当する。

大災害時には防衛省副大臣を議長とする相互調整委員会を組織し、救助、復旧作業を円滑に行うために、各機関の役割の指示、詳しい手順の準備を行う。

#### 水供給

給排水施設についてはDGOP、INFOM、UNEPAR、DGSS、EMP

AGUA、XAYA-PIXCAYA、市当局、その他種々の機関が設計、施工、維持管理を行っているが、その関連性は以下に示すように非常に複雑である。

機 関 名	役 割	対 象 地 域
DGOP	設 計	すべての居住地域
INFOM	設計、施工	市中心部 <sup>1)</sup>
UNEPAR	設計、施工	人口約500人以上の居住地域
DGSS	設計、施工	人口約500人以下の居住地域
市	維持管理	市中心部
EMPAGUA <sup>2)</sup>	施工、維持管理	グアテマラ市
XAYA-PIXCAYA	設計、施工	XAYA-PIXCAYA プロジェクト区域
Community	維持管理	Community
開発業者	設計、施工	特定の地域

DIGESAは全国の灌漑排水事業の調査、計画、施工、維持管理を管轄しているが、私有農場(Finca)では農場主が独自にかんがい、排水施設を設置しており、その面積、消費水量等は明らかでない。

INDEは水力発電事業を遂行する唯一の組織で、計画、施工、維持管理を行っている。

CAMINOSは道路に対する洪水防御工事を行う他、チキムリヤ水路の航路維持のために浚渫工事を行っている。

県(もしくは知事)は水利用者間の調整を行い、特に舟運の盛んなイサバル、ソロラ県の知事は舟運行政も管轄している。

#### 調査、環境保全

降雨量、河川水位の観測は主にINSIVUMEH、INDEが実施している。

INSIVUMEHは、全国に設置されている157雨量観測所と38水位観測

1) グアテマラ、ミスコ市を除く。

2) グアテマラ市から他地域へ担当地域を拡張している。

所からのデータを収集し、INDEはこれとは別に、38雨量観測所と42水位観測所について水力発電操作に必要な資料を収集している。

INFOMは森林の維持、開発、環境保全を管轄し、IGMは測量、地図作成にあたっている。

### 8.3 グアテマラ国での水管理法

#### 8.3.1 現行水管理関連法

現在グアテマラでは、水管理を表8-4に示す水供給、下水処理、農業、水力発電等関連する種々の法令に基づいて行っている。しかし、河川流域規模での洪水防御、利水管理を規定する特定の法令はない。そのため、洪水防御作業は関係する機関が独自に行っており、また水系規模の利水状況は明らかではない。

グアテマラ民法は公共の用途に支障ない限り、個人が自己の所有地の開発、利用のため水資源を私有するのを保証しているが、水の一般共有を確固としたものにするためにも、水利用と割り振りを規定する特定な法律の施行が必要である。このことから水管理を規定する新しい法令の草案を20年前から検討している。

なお、洪水防御に関連する具体的な法規はないものの、民法は土地所有者に対し、自身の土地を守るために洪水防御施設を設置する権利を与えている。

#### 8.3.2 水一般法の草案

グアテマラ政府は、適切な管理、調整の欠如によって生じる損失を最小にすることを始めとし、天然資源の保全と適切な開発のために、その目的に沿った組織とその業務を規定した法律の制定に努力してきた。

水資源についても政府は、より合理的な利用と円滑な開発のために、水管理に関する法律と組織の制定について検討し始めてから20年間経過している。そこで公共通信運輸事業省はINFOM、グアテマラ市、農業畜産栄養省、公共健康福祉省、サンカルロス大学等を構成メンバーとする“水一般法プロジェクト”を組織した。

この水一般法はラテンアメリカ国の類似の法律を参考に起草され、1982年議会に提出されたものの、結果的には検討期間が不十分なため制定までには至らなかつた。

った。

この草案の内容は水資源をより合理的かつ総合的に利用することを目的とし、水資源開発、環境保全、かんがい排水事業の促進、水管理組織、登録制度の確立等の内容が盛り込まれている。

## 8.4 外国の水管理組織、関連法の紹介

### 8.4.1 外国の水管理組織

ほとんどの国では、種々の機関が行っている水利用計画、水管理業務を調整する機関を含めた1つの行政組織を確立することが必要と考えている。ここでは特に水管理の調整と計画実施に焦点を絞り、日本、米国、英国の水行政組織を紹介する。

#### 日 本

日本は長い水管理の歴史があり、4世紀には人々は洪水防御事業を始めている。また19世紀には当時の幕府が大規模河川改修工事を実施しているが、1868年の明治維新以後、中央政府が全国の水管理の責任を掌握するようになった。

#### (1) 行政組織

日本の水管理は建設省を始めとする総理府、厚生省、農林水産省、通産省、運輸省の各省が実施している。

これらの各省のうち、建設省、厚生省を除く他の省には図8-4に示すように地域特性や、管理の内容に従って直接または間接的に水管理を行う下部機関がある。これらの省の主な役割は表8-5に示す通りである。

#### (2) 調整機関

建設省は各省間の業務調整、水利用計画の承認を行う。いい換えれば日本の水管理調整の全責任を負っている。建設省は本省の他、研究、調査を行う補助機関と地方局がある。

建設省の組織を図8-5に示し、さらにこの中の河川局については部、課まで含めた詳細を示す。河川局の業務役割は表8-6に示す通りである。

全国にある地方局は測量、計画、設計、事業実施などの作業を行う工事事務所を通して日常の水管理の役割を果たしている。地方自治体は、建設省の指導

のもとに小さな河川を管轄し、建設省は多くの面で広域に重大な影響のある大河川を管轄している。

### (3) プロジェクト実施機関

省単位では建設省、農林水産省が直轄で事業の実施を行っている。建設省河川局は、日本の主要水系に関する総合流域開発計画の立案、実施、維持管理を担当している。主な業務の範囲としては洪水防御、水資源開発、海岸保全、環境保全等があげられる。また砂防部は主要河川での侵食防止、斜面崩壊防止事業の計画、実施を主要業務として河川局の中に設立された。

農林水産省の構造改善局では農業開発のための埋立事業の実施、災害防止、復旧工事等を担当している。また農林水産省の管轄下にある林野庁の主な役割として洪水流出を抑制し、水資源を涵養するための森林保全があげられる。また林野庁は森林保全の一環として斜面崩壊防止事業の実施を行っている。

## 米 国

連邦政府は水管理、水資源開発に対して指導的役割を果たしている。このため特定の河川管理責任を有する機関を設置している。この管理責任も個々のプロジェクトが多目的化するにつれ、その範囲が広がってきている。

### (1) 行政組織

連邦レベルでの水管理機関は図8-6にあるように大統領府の管理下にある。この水管理責任を受け持つ主要機関およびその管轄業務を表8-7に示す。これら機関の中で管理業務内容、権限の範囲から考えて、最も重要な機関は水資源協議会、陸軍工兵隊、開拓局である。

### (2) 調整機関

1965年の水資源計画条令で、独立した行政機関として水資源協議会を設立した。さらにこの協議会に加え、米国の水資源とそれに関わる土地資源について、総合的、他との協調的見地から保全、開発、利用を押し進めるため河川流域委員会を設立している。

現在米国には7つの河川流域委員会があり、参考としてニューイングランド河川流域委員会の組織を図8-7に示す。



### (3) プロジェクト実施機関

連邦機関では、河川流域のプロジェクト実施機関として陸軍工兵隊、開拓局があげられる。これとは別にプロジェクト実施能力をもつのは、テネシー川流域開発公社であるが、現在はテネシー川流域以外でもプロジェクトを実施している。

他の水管理機関の管轄範囲が地理上から限られているのに対し、陸軍工兵隊は米国の大河川水系について広範囲の流域計画に参与している。土木事業内容としては洪水防御、航行、多目的利用、海岸防御等のための河川改修、港湾改修、水路改修の計画、設計、施工、維持管理等が含まれる。

開拓局はかんがい、都市工業用水、発電水、洪水防御、航行、レクリエーション、魚類野生生物保護等の水資源計画の計画立案、設計、施工、管理を行っている。

## 英 国

英国はイングランド、ウェールズ、スコットランド、北アイルランドに分かれるが、他の機関の管轄区が地理的に限られているのに対し、水管理については行政区画にとらわれないそれぞれ独自の水行政組織をもっている。土木事業内容としては洪水防御、航行、多目的利用、護岸防御等のための河川改修、港湾改修、水路改修等の計画、設計、施工、維持管理等があげられる。

イングランド、ウェールズでは環境局、農漁業食糧省、ウェールズ事務所が水資源分野についての国家的目標を議会を通して決める責任や、法律を実施する責任を有している。

### (1) 行政組織

イングランド、ウェールズでは1973年の水一般法の制定により、水管理分野の実施責任が明文化されるとともに、水管理組織を再編し水利用受益者や管理機関の権利、義務を確立して種々の機関の役割を決めた。

再編した水行政組織を図8-8に示し、関係機関の詳細な役割を表8-8に示す。

## (2) 調整機関およびプロジェクト実施機関

この国では他の国と違って、水管理関係機関の調整と総合的な流域開発計画の実施を1つの組織で行っている。

1973年以前の水利用計画、水管理業務で生じた問題や矛盾を解決するため、水一般法でイングランドに9つ、ウェールズに1つの水管理局を設立した。この新しい組織は1963年の水資源法で設立された29の河川管理局と、157の法定水供給事業者とともにイングランド、ウェールズ1393の下水道局を母体としている。

水管理局の地理的な管轄域は行政区画単位ではなく、水文情報の相互依存から起こる問題をさけるために河川流域単位で分かれている。水管理局は、前の河川管理局が部分的な役割を果たしていた状況を踏襲しながら水計画、管理の多面に渡って役割を果たしている。これらの役割の中には家庭用水、商工業用水、農業用水に対する水保全も加えた水資源開発、配水等も含んでいる。また当局は水質汚濁防止、下水設備、汚水処理も管轄している。前の河川局から引きついだ役割としては河川管理、洪水防御、内水排水、海岸防御がある。

水管理局はまた陸水、河口部の漁業促進も管轄している。さらに当局はレクリエーションに関する水および土地を確保することにも管轄を広げており、そのための水と土地を開発することが当局の義務となっている。

水当局の内部組織は2系統に分かれ、その1系統は水文循環機構が本来もつ相互関連性に基づき、地域計画の問題点を全体的に検討できる様に組織された地域本部である。また、この地域をさらに、細分割した区域に対して、水管理を行う第2系統の組織がある。セバントレンド水管理局の委員会の構成、実務組織を図8-9に参考として示す。

### 8.4.2 外国の水管理関連法

現在大部分の国で洪水防御、流出土砂調節、水利用、環境汚染等の水管理分野に関する多くの法律、法令を施行している。ここでは本調査に関わりのある日本、米国、英国の洪水防御に関する法律について検討する。

## 日 本

河川法は洪水、高潮による災害を防御し、河川水のもつ役割を確保し、そのことによって国の保全、開発を通して公共の安全性が維持され、福祉が推進されるように、日本におけるすべての河川を総合的に管理することを目的とし1896年に施行、1964年に改訂された。

この法律では河川を3つに分類し、円滑な河川管理を進めるためそれぞれの管理組織も分けている。さらに河川構造物の建設、緊急時の対策、河川の利用、利水の利害関係の調整、ダム建設等についてもこの河川法にのべられている。

河川法は日本の河川管理の基本法で、必要な法令、規則等は表8-9に示すように、必要に応じ水管理の行政的性格に従って、この河川法をもとに制定されている。これらの法令のうちこのプロジェクトに関わりが深く、重要だと考えられる水防法、砂防法について以下で概要をのべる。

水防法は1948年施行され、この中で水防活動組織、洪水予警報システム、水防団の派遣、活動資金等について規定している。1897年に施行された砂防法は河川上流域の土砂侵食砂防工事、プロジェクト費用の割り振り方法、計画地域の開発業者の制限等について規定している。

この他、河川法が適用されない区域での水管理を規定する3つの法令がある。これらは1956年の海岸法、1958年の地すべり等防止法、1969年の急斜面地の崩壊による災害の防止に関する法律である。海岸法は海岸とその背後地を潮汐、高潮による被害から守ることを目的として制定された。地すべり等防止法は、地すべりやぼた山の崩壊による被害を防ぐために行う工事等の実施過程を主に規定している。また急斜面地の崩壊による災害の防止に関する法律は、急斜面地区を指定し急斜面地の崩壊による災害から国民の生命を保護するために必要な事項について規定している。

## 米 国

連邦政府が施行した最初の法律は、陸軍工兵隊がミズーリ川に低水路を建設した1899年に施行された河川港湾法である。陸軍工兵隊はその時以来、主にミシシッピ川と南西海岸の区域を中心とする全国の航行プロジェクトの実施に携わっている。

1916年ミシシッピ川流域で未曾有の洪水被害が発生し、これを契機として、1917年連邦政府は洪水防御法を制定した。1923年に部分改訂の後、ミシシッピ川流域が広大な被害を受けた1928年に大巾に改訂したこの法令は、さらに1936、1955、1960、1972年と改訂を続けた結果、連邦政府の洪水防御活動に対する役割と責任は中広いものとなった。流域防御、洪水防御法は小流域河川の効果的洪水防御を目的に1954年施行された。また1936年には、農地の損失、地味の低下をもたらす土砂侵食、河岸侵食を防ぐために土砂保全法を施行した。農業局の監督下にある土砂保全会がこの法律制定に貢献した。

さらに、多数の住民に対し洪水による経済損失を補償するため1968年に国家洪水保険法を制定、また洪水被害をこうむっている人々に対する保護範囲を拡大するため、1972年に災害援助法、1973年に洪水災害防御法をそれぞれ制定している。

米国での水管理に関する重要な法律を表8-10に示す。

## 英 国

1930年流域管理協会が陸水排水法で設立され、この結果各協会が主要河川流域と小河川流域群を管轄、流域の排水と特定の主要河川の洪水防御の役割を担っていた。

1948年河川協会法が制定され河川協会が活動開始した後、流域管理協会の役割はこの河川協会に引継がれ、この河川協会は新たに漁業、水質汚濁防止、河川測定も含め、全国を管轄することとなった。

その後、河川管理局がこの河川協会の役割を1963年水資源法の施行と同時にひきつぎ、その役割は河川管理局が設置もしくは改良した水文観測網に基づく洪水予報まで責任範囲を広げた。

この河川管理局も総合的な調整機能をもつ水管理を実施するため、1973年の水一般法の施行と共に水管理局に置き換った。

現在施行されている重要な法律を表8-11に示す。

## 第 9 章 勧 告

- (1) 本調査では、調査対象地域の社会的必要性を満たすように長期土砂、洪水防御計画の策定を行った。この計画はかなり多大な資金を必要とする一方、経済性はそれ程高くない結果となっている。

そこで長期計画の方針に沿って、より実現性を高めるため防御対象資産を絞った緊急土砂、洪水防御計画を策定した。この防御対象となった資産は、洪水被害を受けた場合に広範囲にわたる社会、経済活動に支障をきたすと考えられるアチグァテ川、パンタレオン川にかかるCA-2道路橋、鉄道橋である。

この緊急計画最適案は経済的内部収益率7.3%で技術的、経済的にフィージブルである。このことから交通網の安全を確保し国家経済活動を高めるため、出来るだけ早い時期に本プロジェクトを次の段階に押し進めることを勧告する。

しかし、財政的制約により最適案の実施が困難と考えられる場合、最適案と同じ計画前提条件で、資金に限りのある場合を想定して策定された段階的施工が可能な代替案の実施について、検討することが望まれる。

- (2) 緊急計画はアチグァテ川、パンタレオン川にかかる道路橋、鉄道橋を護ることを目的として策定しており、調査対象地域の他の多くの資産はまだ洪水被害をうける危険にさらされている。このことから、広範囲にわたる地域の被害を少ない費用で効果的に軽減することのできる流出土砂に対する予警報システムについて検討する必要がある。

しかし現在、このシステム設置に必要な資料がまだ乏しいところから、流出土砂に対する細密な観測を早期に実施することが望ましい。

- (3) 適切な河川管理組織は、効果的な土砂、洪水防御、河川水の利用を進めるうえで不可欠である。それ故、適切な河川管理組織を出来るだけ早い時期に設置し、この組織によって砂防ダム、河川がその機能を充分発揮出来るよう継続的な維持管理を行うことが望ましい。

- (4) 現在、流域の上流は火山噴出物が堆積している地域を除いて、灌木に覆われており植林に適する地域はほとんどない。

洪水防御計画において植林をとりあげた場合の経済性は、初期投資が大きい割には効果が表れるのに長期間を要するところからあまりよくない。

しかし、今後上流域での土地利用が進むにつれて、土砂保全の必要性は高まると考えられるため、植林について詳細な検討の実施が望ましい。

- (5) 当流域での将来の土地利用、地域開発計画については本調査で明らかになった洪水氾濫状況を考慮して進めることが望ましい。
- (6) 本調査は現在の地形状況に基づいて行ったが、この状況は多量の土砂流出によって将来変化することが予想される。このことから航空写真撮影、測量等により、長期的に地形変化を観察し、系統的な資料蓄積が望まれる。
- (7) 現在、流域内の水文観測所は量的に充分でなく、水文観測は、計画洪水流量、洪水氾濫水位など土砂、洪水防御計画を立案するうえで最も重要な項目の一つであるところから、早急に観測所を増設し、観測網を整備することが望まれる。