

パラグアイ国  
アスンシオン市雨水排水施設整備  
計画調査  
報告書

昭和62年1月

国際協力事業団



パラグアイ国

アスンシオン市雨水排水施設整備  
計画調査

報告書

JICA LIBRARY



1030257[8]

昭和62年1月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '87.4.7	708
登録No. 16128	61.8
	SDS

## 序 文

パラグアイ共和国政府の要請に応じて、日本国政府はアスシオン市雨水排水施設整備計画調査を行なうこととし、国際協力事業団にこれを委託した。

国際協力事業団は(株)建設技術研究所 阿部勝久氏を団長とする調査団を昭和60年8月から11月の間及び昭和61年6月から8月の間パラグアイ国に派遣した。

調査団は現地に於てパラグアイ共和国政府関係者と協議するとともにアスシオン市及び近隣地域において現地調査を行ない、帰国後、詳細な検討を加えて当報告書を取り纏めた。

本報告書が計画の遂行に寄与するとともに、両国の親善の促進に役立てば幸である。

本調査に御協力ならびに御支援いただいたパラグアイ共和国政府関係者に深く感謝の意を表する。

昭和62年1月

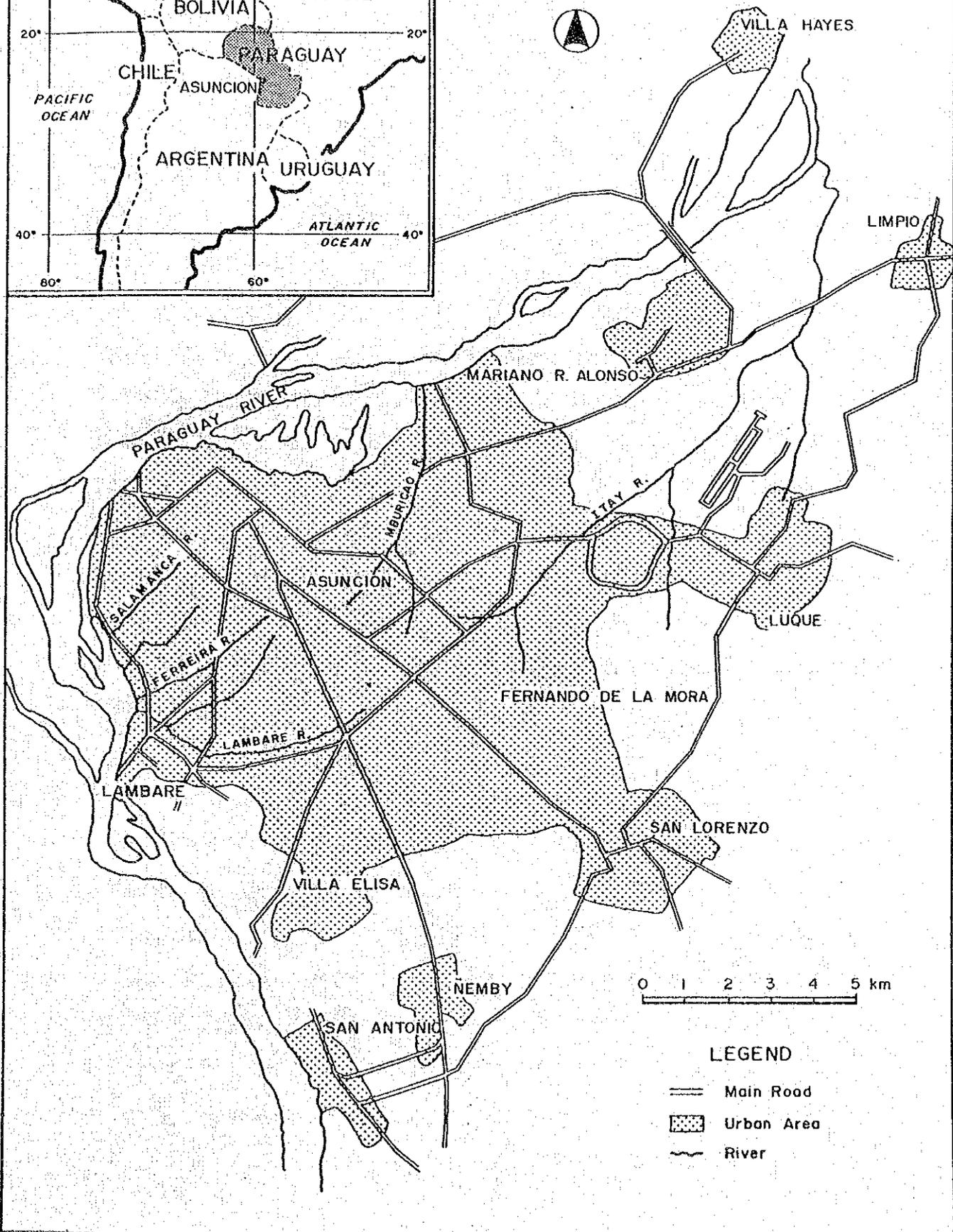
国際協力事業団

総裁 有田圭輔





## GENERAL MAP





# 要 約

## 1. 序

### 1.1 調査対象地域の概要

アスンシオン首都圏は、行政的にはアスンシオン市と近隣10都市から成り立っており、その総面積は71,000ha、人口は800,000人である。また、アスンシオン市の面積は11,700haであり、その人口は1982年時点で約460,000人である。2005年時点での首都圏の人口は1,650,000人、アスンシオン市では680,000人と予想されている。

市の中心部は丘陵部にあつて多数の小河川がここに源を發し、パラグァイ川へと流下している。調査対象地域の年平均降雨量は約1,400mmであるが、明確な雨期・乾期のサイクルは無い。月平均気温は17℃から28℃の範囲にあり、過去5年間の最高気温は39℃、また、最低気温は0℃である。

豪雨時には、洪水あるいは浸水が各所で発生し、道路は遮断されて、排水路と化している。この様な状態は少なくとも年に数回発生しており、交通停滞あるいは家屋浸水等大きな被害を惹起している。被害発生の原因としては、都市発展にともなう排水施設の不備、河川排水能力の欠如が指摘されている。このため、洪水被害軽減の為の早急な計画実施が強く望まれている。

### 1.2 雨水排水施設の現状

本調査の対象面積は41,500haで31流域に分割されており、それぞれの流域では、排水管、道路側溝あるいは道路上を流下した雨水が各小河川に集まった後パラグァイ川へ流入している。一般的に上記小河川の排水能力は不足しており、従つて、豪雨時には河道から溢水している。また、アスンシオン市域の中心部では市面積の6%に相当する710haの区域について米州開発銀行からの借款に依り、雨水排水施設工事が1984年に完成しているが、これ以外の地域ではわずかにある排水施設も能力不足で至る所で溢水している。

その他の比較的整備された排水施設としては、アルティガス通り及び、アビアドーレス・デル・チャコ通り沿いの道路側溝、イタイ川上流部にある排水路等があげられる。しか

しながら、これらはごく一部地域の排水問題を解決する為のものであり、またその能力も不十分である。

上記以外の排水施設としては、調査対象流域内に特記すべき施設は無く、道路が雨水排水施設としての役割を果たしている地域もある。特にかつて河川であった部分に道路を建設した所では地形的要因から雨水集中が発生し易く豪雨時には大量の雨水が道路を流れ、交通停滞、家屋浸水等を引き起こしている。このようにアスンシオン市及びその近隣地域の大部分では、雨水排水施設が未整備の状況である。

### 1.3 洪水被害

調査対象地域の流出特性としては、丘陵地に降雨強度の大きい雨が短時間に降るため道路及び排水路に一度に流出水が集中することが挙げられる。

浸水地域及び洪水発生ヶ所は、アスンシオン首都圏全域で見られるが、特に被害の大きい地域としては、アスンシオン市、及びその近隣都市であるルケ市、サン・ロレンソ市、フェルナンド・デ・ラ・モラ市及びランバレー市である。

洪水被害内容としては、道路上を川へと流下する洪水及び河川氾濫水によって引き起こされる交通渋滞被害及び家屋浸水被害が主であり、各所で頻繁に発生している。

既応最大洪水は1982年11月に発生し、浸水面積 391ha、浸水家屋数 1,800戸、停滞車両台数64,000台、浸水生活道路交差点数 450個所に達した。

調査対象地域内に於ては、ムブリカオ川流域、アビアドーレス・デル・チャコ通り上流のイタイ川流域で特に被害が大きく、ランバレー流域がこれに続いている。

## 2. ベイシック・プランの策定

### 2.1 一般状況

都市の発展に伴って、洪水流出量及び資産が増加するため、洪水防御施設建設に依って増加資産を保護することが不可避となる。またこのような工事が完了すれば、浸水が減少する為かつて洪水常習地域であった河川沿い地域も発展するのが通常である。

上記の様な状況化で洪水防御施設の改良が必要となった場合には、家屋移転及び土地収用が困難となり、工事遂行がほとんど不可能となることが予想される。

上記の状況を勘案して、洪水防御施設の基本概念を示すベシック・プランを、(1) 10年計画規模、(2) 2005年時点の都市状況、(3) 計画地域全体に対する排水施設設置、を考慮した長期的観点から策定した。

## 2.2 計画策定及び積算

### 計画策定

種々の代替案を検討した結果、対象26流域（計画策定の対象域は調査対象域を絞り込んで26流域とした）の計画は、河川と排水施設の整備計画に依る流域と、河川と排水施設及び流出抑制施設の整備計画に依る流域に大別して策定した。これを以下に示す。

- (1) 河川、排水施設及び流出抑制施設の整備に依り、改善を計る計画が策定された流域 : ハエン、サンハ・モロティ、フェレイラ、ラス・メルセデス、ムブリカオ、イクア・カリリョ、サンタ・ロサ、イタイ、ランバレー
- (2) 河川、排水施設の整備に依り改善を計る計画が策定された流域 : ハルディン、サラマンカ、ベリャ・ビスタ、トレス・プエンティス・クエ、ビリャ・エリサ、ネンビー、サン・ロレンソ、タヤツアペ、セバリョス・クエ、パソ・カイ、バラデロ、セントロ、タクンブー、ビリャ・ユニバーシタリア、マリスカル・ロベス、タブラダ、バレエ・アプア

計画の概要は、河川改修区間96km、排水施設々置地域17,200ha、公共施設に依る雨水調節 394ha、住民協力による各戸貯留量 172,000 $\text{m}^3$ から成っており、河川改修に必要な土地収用面積は 1,056,000 $\text{m}^2$ となっている。

### 建設費

ベシック・プランに必要な総建設費は 229,000 百万ガラニーとなる。

### 3. マスター・プランの策定

#### 3.1 計画策定条件

洪水防御のマスター・プランは、ベイシック・プランの枠組の中で下記の条件を定めて策定した。

- (1) 洪水防御計画マスター・プランの目標年次は2005年とした。
- (2) 計画規模は3年確率洪水を対象とした。
- (3) 改修対象区域は計画対象地域で被害の大きい問題地点とした。

#### 3.2 計画概要

ムブリカオ川流域、アピアドーレス・デル・チャコ通りより上流のイタイ川流域、及びランバレー川流域では洪水防御計画は河川改修、排水施設整備、流出抑制施設によることとし、計画流量をこれら3種の施設に依り調節する。

一方、残り23流域については河川改修と排水施設に依ることとした。

以下に述べる如く洪水防御施設に依り全流出量は計画河道内を流下する事になる。

- (1) 河川改修、排水施設整備、流出抑制施設々置に依り計画が策定された流域 ; ムブリカオ、イタイ、ランバレー
- (2) 河川改修、排水施設整備に依り計画が策定された流域 ; ハルディン、サラマンカ、ベリャ・ビスタ、トレス・プエンテス・クエ、ビリャ・エリサ、ネンビー、サン・ロレンソ、タヤツアペ、セバリョス・クエ、パソカイ、バラデロ、セントロ、タクンブー、ビリャ・ユニバーシタリア、マリスカル・ロベス、タブラダ、バレエ・アプア、ハエン、サンハ・モロティ、フェレエイラ、ラス・メルセダス、イクア・カリリョ、サンタ・ロサ

計画施設の概要は以下の通りである。

(1) 河川及び構造物

河川改修区間 ; 89.4 km  
護岸 ; 205,000 m<sup>2</sup>  
落差工 ; 185 箇所  
遊水池 ; 調節容量350,000 m<sup>3</sup>の遊水池1箇所  
橋梁 ; 70 箇所

(2) 排水施設

管渠 ; 径1.0 mから2.5 mのものを 18.7 km  
ボックス・カルバート ; 巾2.0 m×高2.0 mから巾3.5 m×高2.0 mのものを  
10.6 km  
開渠 ; 巾3.0 m×高2.0 mから巾3.5 m×高2.0 mのものを  
5.3 km

(3) 流出抑制施設

公共施設貯留 ; 148 ha  
浸透トレンチ ; 561 ha

### 3.3 実施計画及び積算

#### 実施計画

マスタープランはいくつかの計画で構成され、これら各計画の実施優先順位は浸水被害及び交通停滞被害の大きい地域から決定するのが妥当である。

従って、1986年から2005年間の建設期間20年を2分してファースト・フェイズを前期10年間、セカンド・フェイズを後期10年間とした。

(1) 1986～1995年に実施するプロジェクト

上記を勘案して、アビアドーレス・デル・チャコ通り上流のイタイ川流域、ムブリ

カオ川流域、ランバレー川流域を優先的に実施する。

計画実施を経済的観点から判断して、前半の10年で排水施設整備を行ない、流出抑制施設は後半の10年間で設置する。

#### (2) 1996～2005年に実施するプロジェクト

後期10年間で、残りの流域の河川及び排水施設からなる排水施設改良工事を行なう  
また、1996年以降の流出量増加に対応する為、前述した3流域では流出抑制施設の設置を行なう。

### 積算

マスター・プラン実施に必要な総建設費は 107,720百万ガラニーである。

### 3.4 プロジェクトの妥当性検討

#### 経済評価

マスター・プランの経済的妥当性を検討するため、ムブリカオ川とフェレイラ川の2流域を代表流域として選定し便益と経済費用の比較により得られる内部収益率（IRR）を算出し評価した。

この結果、ムブリカオ川流域で 9.1%、フェレイラ川流域で11.4%の内部収益率と算定され、プロジェクト実施には十分な値であると考えられる。

#### 財務分析

建設費の外貨分は総て借款に依りまかなわれ、その利率を 3.5%、また支払期間は10年間の据置き期間を含んで30年間であるとし、また、内貨分については利率を15%、支払期間を10年とした場合、その総支出額は 192,699百万ガラニーとなる。一方借入金償還期間中の収入は 142,797百万ガラニーであり、49,902百万ガラニーのマイナスを生じる。しかしながら、このマイナスは政府からの助成金あるいは補助金等で補填が可能である。従って、財政面からみた場合当プロジェクト実施に際して大きな問題は生じないと判断される。

#### 4. ファースト・ステージ・プロジェクトの策定

##### 4.1 計画策定条件

ファースト・ステージ・プロジェクト検討は、現在大きな洪水被害に苦しんでいるムブリカオ、イタイ川両流域の早急な洪水被害軽減を計る手段を得ることを目的としているもので以下の条件を基に計画策定した。

- (1) 雨水排水施設整備の為のファースト・ステージ・プロジェクトの目標年度は1993年とする。
- (2) 計画規模としては3年確率洪水を対象とする。
- (3) 便益算定及び流出計算に用いる土地利用形態は1995年時として想定したものをを用いる。
- (4) 改修地点としてはムブリカオ、イタイ川流域で、洪水被害の大きい問題地点とする。

##### 4.2 計画概要

洪水防衛工事は、ムブリカオ川、イタイ川流域の河川改修と、排水施設々置に依り行なう。また、マスター・プラン検討結果で、アビアドーレス・デル・チャコ通り上流域に於ける改修工事の結果予想される流出増加に対応して、イタイ川改修区間の下流に遊水池を建設する。

###### (1) 河川改修

河川改修はムブリカオ川流域で5.6km、イタイ川流域で15.6kmの計21.2kmが必要である。上記区間の一部では、洗掘防止の為、護岸あるいは底張りが必要であり、河川改修が実施される区間にある総ての橋梁は架け替えとなる。

流速を低下させるため、河床勾配緩和の目的で落差工を設置する。また、その他に前述の理由からアビアドーレス・デル・チャコ通り下流に遊水池を建設する。

河川改修工事の概要は以下の通りである。

工 種	ムブリカオ川	イタイ川	計
改修延長	5.6 km	15.6 km*	21.2 km
護岸	38,900 m <sup>2</sup>	58,100 m <sup>2</sup>	97,000 m <sup>2</sup>
底張り	7,800 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	7,800 m <sup>2</sup>
落差工	12 箇所	27 箇所	39 箇所
橋梁	16 橋	32 橋	48 橋
遊水池	—	1 箇所	1 箇所

\* ; マダム・リンチ川上流部では、市役所に於てボックス・カルバートの設置が現在進行中であるため、当区間に於ては同様の改修方法を採用した。

## (2) 排水施設整備

計画排水施設は、管渠、ボックス・カルバート、開渠及び付帯設備から成り、ムブリカオ川流域では排水路は14ルートあって、その延長は 9.3kmである。また、当流域では既に都市化が進行した地域であるので、排水路の大部分は道路下に埋設することとした。

一方、イタイ川流域の排水路は10ルートあってその延長は 9.6kmである。

排水施設整備工事の概要は以下の通りである。

工 種	ムブリカオ川流域	イタイ川流域	計
管 渠	5.54 km	0.44 km	5.98 km
函 渠	3.59 km	2.64 km	6.23 km
開 渠	0.18 km	6.56 km	6.74 km

その他、付帯設備として、人孔、流入口、流出口等を予定している。

### 4.3 施工計画及び積算

#### 施工計画

工事実施は1990年始めから1993年までの4年間である。計画をいくつかのコンポーネントに分け、年度単位で実施することとした。工事量としては出来るだけ各年平均化することが望ましく、各年で実施される計画コンポーネントを投資効率を最大限発揮させるよう以下の如く決定した。

年 度	工 種
初 年 度 (1990年)	アルティガス、エスパーニャ及びマリスカル・ロペス通り沿いの排水施設整備及び遊水池建設
2 年 度 (1991年)	マダム・リンチ通り沿いの排水施設整備
3 年 度 (1992年)	ムブリカオ川改修及び、アジャラ通り沿いの排水施設整備
4 年 度 (1993年)	ムブリカオ、イタイ川流域の支川改修、支川に注ぐ排水施設整備及び残工事

#### 積 算

ファースト・ステージ・プロジェクトに必要な総事業資金は外貨で 13,100 百万ガラニー、内貨で 14,400 百万ガラニーの計 27,500 百万ガラニーである。

### 4.4 計画の妥当性検討

#### 便 益

工事完了後にはムブリカオ川流域で、599 百万ガラニー、イタイ川流域で1,509 百万ガラニーの計 2,108百万ガラニーの年平均便益が見込まれる。

### 経済評価

計画を実施に移すかどうかの判定は、内部収益率（IRR）の算定に依り行なう。

ファースト・ステージ・プロジェクトでは内部収益率11.6%となり、実施に対して十分な値となっている。

### 財務分析

建設費の外貨分は総て借款に依りまかなわれるものとし、その利率を 3.5%、また支払期間は10年間の据置き期間を含んで30年間であるとする、外貨償還金及び内貨部分支払金は年平均1,025 百万ガラニー、全体で 36,907 百万ガラニーとなる。

据置き期間の維持管理費を含む全支出は 42,264 百万ガラニーとなる。

また、収入の面では年平均 1,213百万ガラニー、全体で 43,666 百万ガラニーとなっており、いずれも支出を上回っている。

従って、コルボサナの財政負担能力内でファースト・ステージ・プロジェクトを実施することが可能である。

ファースト・ステージ・プロジェクトの概要

計 画 規 模 ; 3年確率  
 対 象 流 域 ; ムブリカオ及びイタイ

種 別	ムブリカオ川流域	イタイ川流域	計
<u>河川改修</u>			
1. 改修区間及び河川形態			
流 路 長 (支川を含む)	11.0 km	15.6 km	26.6 km
改 修 距 離	5.6 km	15.6 km	21.2 km
-素掘り区間	0 km	2.7 km	2.7 km
-護岸区間	4.0 km	10.4 km	14.4 km
-護岸+底張り区間	1.6 km	0 km	1.6 km
-カルバート区間	0.2 km	2.5 km	2.7 km
2. 遊 水 池			
遊水池個所数	0	1個所 (アビアドーレス・デル・ チャコ通り下流のイタイ川)	1個所
容 量	0	350,000 m <sup>3</sup>	350,000 m <sup>3</sup>
3. 付 帯 設 備			
護 岸	38,900 m <sup>2</sup>	58,100 m <sup>2</sup>	97,000 m <sup>2</sup>
底 張 り	7,800 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	7,800 m <sup>2</sup>
落 差 土	12 個所	27 個所	39 個所
橋 梁	16 橋 (鉄道橋1橋を含む)	32 橋	48 橋
4. 土 地 収 用			
	26,800 m <sup>2</sup>	127,100 m <sup>2</sup>	153,900 m <sup>2</sup>
5. 家 屋 移 転			
	17 戸	60 戸	77 戸

種 別	ムブリカオ川流域	イタイ川流域	計
<u>排水施設</u>			
1. 排水施設整備延長	9.31 km	9.64 km	18.95 km
管        渠	5.54 km	0.44 km	5.98 km
函        渠	3.59 km	2.64 km	6.23 km
開        渠	0.18 km	6.56 km	6.74 km
2. 付 帯 施 設			
入        孔	92 個所	32 個所	124 個所
集 水 マ ス	224 個所	54 個所	278 個所
連続型集水口	1,310 m	2,240 m	3,550 m
排 水 口	14 個所	10 個所	24 個所
3. 土 地 収 用	800 m <sup>2</sup>	9,100 m <sup>2</sup>	9,900 m <sup>2</sup>

パラグアイ共和国  
アスンシオン市  
雨水排水施設整備計画調査

主 報 告 書

目 次

序 文	頁
概要図	
要 約	
ファースト・ステージ・プロジェクトの概要	
第1章 序	1
1.1 概 説	1
1.2 調査概要	1
1.2.1 調査対象地域	1
1.2.2 調査目的	1
1.2.3 調査・要員計画	2
第2章 調査の背景	3
2.1 国家開発計画	3
2.2 行政・組織	4
2.3 地形・地質	4
2.4 人 口	5
2.5 気 象	6
2.6 社会基盤	7
2.7 産 業	9
2.8 土地利用	10
2.9 労働力・収入	11
2.10 関連開発計画	11

第3章	雨水排水の現状	13
3.1	雨水排水システム	13
3.1.1	概要	13
3.1.2	河川	13
3.1.3	雨水排水施設	14
3.2	洪水氾濫被害	15
3.3	組織・制度	17
3.3.1	現存する組織・制度	17
3.3.2	関連法規・規則	17
第4章	治水計画の基本概念	19
第5章	調査・解析	21
5.1	調査対象域の将来開発	21
5.1.1	都市計画	21
5.1.2	人口・土地利用	21
5.1.3	雨水流出の要因	23
5.2	水文調査	23
5.2.1	降雨解析	23
5.2.2	流出解析	23
5.2.3	確率流量	26
5.3	流出量及び洪水被害の増加	27
5.4	雨水排水施設の選定	28
5.4.1	基本概念	28
5.4.2	排水システム	29
5.4.3	流出抑制施設	29
第6章	ベシック・プランの策定	32
6.1	考察及び前提条件	32
6.2	計画対象域の選定	32

6.3	計画規模	33
6.4	代替案	34
6.4.1	検討ケース	34
6.4.2	代替案の検討	34
6.5	最適案及び建設費	35
6.5.1	計画策定方針	35
6.5.2	洪水防御システム計画	38
6.5.3	代表的構造物標準図	41
6.5.4	建設費	41
第7章	マスター・プランの策定	42
7.1	考察及び前提条件	42
7.2	計画対象域	42
7.3	雨水排水システム計画規模	42
7.4	代替案の検討	43
7.4.1	検討ケース	43
7.4.2	代替案の検討結果	44
7.5	最適案	45
7.5.1	計画策定方針	45
7.5.2	洪水防御システム計画	45
7.5.3	標準構造物	49
7.6	事業実施計画及び積算	49
7.6.1	事業実施計画	49
7.6.2	積算	49
7.7	計画評価	50
7.7.1	経済性の検討	50
7.7.2	事業実施計画の財政的考慮	51
7.7.3	社会経済的影響	51

第8章	ファースト・ステージ・プロジェクトの策定	52
8.1	考察および前提条件	52
8.2	代替案の検討	53
8.2.1	検討ケース	53
8.2.2	代替案の検討	55
8.3	最適案	55
8.3.1	計画策定方針	55
8.3.2	雨水排水システム計画	55
8.4	施設予備設計	60
8.5	事業実施計画	61
8.5.1	工事期間	61
8.5.2	施工順位	62
8.5.3	実施計画	63
8.6	積算	63
8.6.1	建設費	63
8.6.2	維持管理費	64
8.7	プロジェクト評価	64
8.7.1	経済評価	64
8.7.2	実施計画財務検討	66
8.7.3	社会経済的影響	66
第9章	雨水排水施設整備に必要な組織制度	68
9.1	概要	68
9.2	雨水排水に関わる問題	68
9.3	必要組織	69
9.3.1	調整機関	69
9.3.2	管轄機関	70
9.4	必要法制度	70
9.5	行動計画	71

第10章 提 言 ..... 72

添付書類 議事録

表 目 次

	頁
表 1 - 1 監理委員及び調査団員の構成	74
表 2 - 1 第 2 次 5 ヶ年計画 (1977-1981) に於ける国内総生産	75
表 2 - 2 第 3 次 5 ヶ年計画 (1985-1989) に於ける予想国内総生産	75
表 2 - 3 全国及びアスンシオン首都圏での人口増加	76
表 2 - 4 分野別国内総生産 (1982年価格)	77
表 2 - 5 分野別就業人口 (1982)	78
表 2 - 6 アスンシオン市関連開発計画	79
表 3 - 1 調査対象域内の河川概要	80
表 3 - 2 1982年発生既往最大洪水時の流域別洪水被害	81
表 3 - 3 流域別洪水被害比較	82
表 3 - 4 1982年発生既往最大洪水時の幹線道路被害	82
表 5 - 1 2005年時の土地利用状況	83
表 5 - 2 建蔽率	84
表 5 - 3 都市化に依る流出率変化	85
表 5 - 4 到達時間算定係数	86
表 5 - 5 流出抑制施設の効果	86
表 5 - 6 確率流出量 (流出抑制施設無しの場合)	87
表 5 - 7 確率流出量 (流出抑制施設及び排水施設無しの場合)	89
表 5 - 8 確率流出量 (流出抑制施設及び排水施設有りの場合)	92
表 5 - 9 流出抑制施設の概要	95
表 6 - 1 計画対象流域	96
表 6 - 2 ベイシック・プラン代替案における建設費	97
表 6 - 3 ベイシック・プラン代替案における必要用地と移転家屋	98
表 6 - 4 ベイシック・プラン計画流量	99
表 6 - 5 河川改修設計基準	101
表 6 - 6 排水計画における流出係数	102
表 6 - 7 住宅地域における屋根面積及び不浸透地域面積	103
表 6 - 8 流出量 1 m <sup>3</sup> を抑制するために必要な流出抑制施設	104

表6-9	流出抑制施設の建設費比較 (ベイシック・プラン) . . . . .	105
表6-10	洪水防御施設計画の概要 (ベイシック・プラン) . . . . .	106
表6-11	河川改修必要幅 (ベイシック・プラン) . . . . .	107
表6-12	洪水防御施設建設費 (ベイシック・プラン) . . . . .	109
表7-1	代替案の建設費 (マスター・プラン, 3年確率) . . . . .	110
表7-2	代替案における必要用地、移転家屋 (マスター・プラン) . . . . .	113
表7-3	計画流量 (マスター・プラン) . . . . .	114
表7-4	代替案年平均償却費 (マスター・プラン) . . . . .	116
表7-5	河川改修計画の概要 (マスター・プラン) . . . . .	117
表7-6	排水施設計画概要 (マスター・プラン) . . . . .	119
表7-7	流出抑制施設計画の概要 (マスター・プラン) . . . . .	120
表7-8	洪水防御施設建設費 (マスター・プラン) . . . . .	121
表7-9	コルボサナ下水道事業の将来余剰資金 . . . . .	122
表8-1	代替案における流出量配分 (ファースト・ステージ・プロジェクト) . . . . .	123
表8-2	代替案における家屋移転と建設費 (ファースト・ステージ・プロジェクト) . . . . .	126
表8-3	計画流量 (ファースト・ステージ・プロジェクト) . . . . .	127
表8-4	河道構造タイプの選定 (ファースト・ステージ・プロジェクト) . . . . .	129
表8-5	河道構造タイプ最適案 (ファースト・ステージ・プロジェクト) . . . . .	132
表8-6	排水施設構造最適案 (ファースト・ステージ・プロジェクト) . . . . .	133
表8-7	河川改修計画の概要 (ファースト・ステージ・プロジェクト) . . . . .	135
表8-8	計画排水施設の概要 (ファースト・ステージ・プロジェクト) . . . . .	137
表8-9	建設工事の構成要素 (ファースト・ステージ・プロジェクト) . . . . .	139
表8-10	建設工事構成要素変更による便益及び費用 . . . . .	140
表8-11	計画洪水防御施設の事業費 (ファースト・ステージ・プロジェクト) . . . . .	141
表8-12	年度別事業費計画 (ファースト・ステージ・プロジェクト) . . . . .	142
表8-13	費用/便益関係 (ファースト・ステージ・プロジェクト) . . . . .	143
表8-14	コルボサナ下水道部門の財務予測 . . . . .	144
表9-1	行動計画 . . . . .	145

## 目 次

	頁
図1-1 調査工程	146
図2-1 パラグァイ国組織図	147
図2-2 アスンシオン首都圏組織図	148
図2-3 調査対象域の地質模式図	149
図2-4 首都圏の人口増加	150
図2-5 気象観測所位置	151
図2-6 気温、湿度及び蒸発散	152
図2-7 月平均降雨量	153
図2-8 現況土地利用	154
図3-1 調査対象域の流域分割	155
図3-2 既往最大洪水被害発生地域	156
図3-3 洪水被害の流域別比較	157
図3-4 コルボサナ組織図	158
図3-5 コルボサナ下水道部の組織図	159
図5-1 予想人口増加	160
図5-2 2000年度土地利用	161
図5-3 降雨強度曲線	162
図5-4 ハイエトグラフ	163
図5-5 流域別流出率経年変化	164
図5-6 都市化に依る流域別流出率経年変化	165
図5-7 流出量及び資産の経年変化	166
図5-8 計画対象域内洪水被害額変化	167
図6-1 計画対象域	168
図6-2 流出量～移転家屋数	169
図6-3 必要河川幅 (ベイシック・プラン)	171
図6-4 標準河川横断面図	172
図6-5 標準構造図	174
図6-6 排水施設標準構造図	175

図6-7	貯留施設標準構造図	176
図7-1	排水施設配置図(マスター・プラン・検討ケースⅠ)	177
図7-2	排水施設配置図(マスター・プラン・検討ケースⅡ、Ⅲ)	179
図7-3	河川改修計画区間(マスター・プラン)	180
図7-4	河川改修計画縦断図(マスター・プラン)	181
図7-5	河川改修計画横断図(マスター・プラン)	182
図7-6	浸透施設標準構造図	183
図8-1	ファースト・ステージ・プロジェクト対象域	184
図8-2	計画実施前後の問題地点比較	185
図8-3	ムブリカオ、イタイ川流域の問題地点	186
図8-4	代替案位置図	187
図8-5	各ゾーン代替排水路(ファースト・ステージ・プロジェクト)	188
図8-6	代替案における計画流量配分(ファースト・ステージ・プロジェクト)	191
図8-7	最適案における計画流量配分(ファースト・ステージ・プロジェクト)	194
図8-8	河川改修計画区域(ファースト・ステージ・プロジェクト)	196
図8-9	河川改修計画縦断図(ファースト・ステージ・プロジェクト)	197
図8-10	河川改修計画横断図(ファースト・ステージ・プロジェクト)	204
図8-11	河川構造物配置図(ファースト・ステージ・プロジェクト)	206
図8-12	排水施設配置図(ファースト・ステージ・プロジェクト)	208
図8-13	計画構造物標準図(ファースト・ステージ・プロジェクト)	210
図8-14	工事期間～建設費関係図	213
図8-15	建設工事構成要素(ファースト・ステージ・プロジェクト)	214
4-8-16	累加建設費及び便益関係(ファースト・ステージ・プロジェクト)	215
図8-17	ファースト・ステージ・プロジェクト工事工程表	216
図8-18	交通停滞箇所	217

## 略号および語集

### 1. 官公庁・組織

MOPC	;	公共事業通信省
ANTELCO	;	電々公社
CORPOSANA	;	上下水道公社
SENASA	;	地方上下水道公団
IDB	;	米州開発銀行
JICA	;	国際協力事業団

### 2. 長さ、高さ、重さ及び時間

m	;	メートル
cm	;	センチメートル
km	;	キロメートル
Kあるいはkm	;	キロ杭
EL	;	標高
M. S. LあるいはMSL	;	平均潮位
DL	;	基準線
kg	;	キログラム
Tあるいはt	;	トン (=1,000 キログラム)
Hあるいはh	;	時間
min	;	分
sあるいはsec	;	秒

### 3. 面積及び体積

m <sup>2</sup>	;	平方メートル
m <sup>3</sup>	;	立方メートル
cm <sup>2</sup>	;	平方センチメートル
km <sup>2</sup>	;	平方キロメートル (=10 <sup>6</sup> 平方メートル)
ha	;	ヘクタール (=10 <sup>4</sup> 平方メートル)

l or ltr	;	リッター (= 1,000立方センチメートル)
No. あるいはNos.	;	ナンバー
pc.	;	個

#### 4. 誘導単位

$m^3/s$ , $m^3/sec$	;	立方メートル/秒
t/ha, ton/ha	;	トン/ヘクタール
$m^3/km^2$	;	立方メートル/平方キロメートル
mm/day	;	ミリメートル/日
mm/hr	;	ミリメートル/時
$m^3/km^2/year$	;	立方メートル/平方キロメートル/年
l/s, l/sec	;	リッター/秒
m/s, m/sec	;	メートル/秒

#### 5. 温度、その他

$^{\circ}/c$	;	度
qc	;	貫入試験抵抗値
ps	;	馬力
%	;	パーセント

#### 6. 通貨

US\$	;	米ドル
₡	;	パラグアイガラニー
¥	;	日本円

#### 7. その他

C I F	;	保険料運賃込み値段
FOB	;	本船渡し
GDP	;	国内総生産

GRP ; 地域総生産  
IRR ; 内部収益率  
F. C ; 外貨  
L. C ; 内貨

## 第1章 序

### 1.1 概説

パラグアイ国アスンシオン市は、海拔60mから150mまで変化する起伏に富む地形上に位置し、その面積は117km<sup>2</sup>また人口は1982年時点で約46万人である。市の中心部は丘陵部にあつて、ムブリカオ川、イタイ川、ビリヤ・エリサ川、ランバレー川等小河川がここに源を發しパラグアイ川へと流下している。近年、アスンシオン市の人口増加は著しく、2005年に於いては約68万人に達すると予想されている。

当地域は集中豪雨時には各所で出水し、道路は交通網としての機能から排水網へとその役割が変わる。この様な状態は、少なくとも年に数回発生しており、交通停滞あるいは家屋浸水等の被害を惹起している。この主な原因として、都市発展にともなう河川排水能力の欠如、排水施設の不備が指摘されている。

この様な状況下で、コルボサナは1973年以来、問題解決に努力し、事業所、商店等が集中する市中心部710haについてIDB（米州開発銀行）の資金援助のもとに雨水排水施設の整備を進め1984年に完了した。しかしながら、上記の地域はアスンシオン市の総面積のわずかに6%を占めるにすぎず、アスンシオン市及びその近隣地区全域に於ける雨水排水の施設整備が強く望まれている。

### 1.2 調査概要

#### 1.2.1. 調査対象地域

雨水排水施設整備計画調査対象地域としてはアスンシオン市とその近隣地区とし、パラグアイ川氾濫による洪水地域については調査対象から除外する。

#### 1.2.2 調査目的

調査の目的としては、目標年度を2005年としたアスンシオン市雨水排水施設整備事業のマスター・プラン及びマスター・プランの技術的ガイドラインを示すベイシック・プランの作成とマスター・プラン調査の結果を踏まえたファースト・ステージ・プロジェクトのフィージビリティ調査である。

### 1.2.3 調査計画・要員計画

調査は 図1-1 に示すように1985年8月から1年半に渡って実施した。

本調査の監理委員及び(株)建設技術研究所職員12名に依って編成された調査団員を 表1-1 に示す。

## 第2章 調査の背景

### 2.1 国家開発計画

パラグアイ国は、1963年、技術経済企画庁を設立し、国家社会経済開発計画をスタートさせた。その後、数年間の空白期間はあるものの、初期には2ヵ年計画で、後期には5ヵ年計画で同計画を実施した。初期の2ヵ年計画は、第1次及び第2次計画に分かれ、それぞれ1965～1966年及び1967～1968年に、また後期の5ヵ年計画は、1971～1975年及び1977～1981年に実施された。現在、技術経済企画庁は1985～1989年に対する5ヵ年計画を作成中である。

国家の最終目的は、ここ20年間変わることなく、人心の安定、人民の福祉、国家の統一及び内陸国ゆえの不遇の克服にある。この目的を達成するため、パラグアイ国政府は各経済分野に於いて、数々の戦略目標を策定したが、その中でも最重点においたのが、いわゆる開発への一般戦略と呼ばれるものであり、その目標とするものは、農業産業活動の振興と、輸入物品の国内生産を強化するための国家経済基盤の確立である。

第2次5ヵ年開発計画時には、パラグアイ国の国内総生産は、1982年時の物価換算で744,361百万ガラニーに達し、1977年時の495,493百万ガラニーと比較して、年10.7%にもなる高いのび率を記録している。この間の国内総生産を表2-1に示す。

しかしながら、内外の諸要因から経済不況に陥り、1982年及び1983年には国内総生産がそれぞれマイナス1.0%、マイナス3.0%となっている。外的要因としては、世界的な不況による近隣諸国の平価切り下げがあり、内的要因としては、国内投資の大幅な減少、1983年の天候不順による農業生産の減少、さらには、パラグアイ通貨の過大評価が挙げられる。

1983年終りには、経済活動に復興のきざしがあらわれ、1984年には国内総生産は約4.7%のプラスに転じた。1985～1989年の5ヵ年発展計画では、表2-2に示す如く年平均6.1%の経済成長率を達成するものと予定されている。

社会基盤整備のうち特に社会福祉関係としては雨水排水施設整備があり、これは国家目標の1つになっている。これに対しては、1971～1975年に於ける5ヵ年計画に於いて、重点が置かれ、コルボサナ及びセナサの活動領域の拡大が計られた。

## 2.2 行政・組織

### ナショナル・レベル

パラグアイ国行政組織は、図2-1に示す各省庁によって構成されている。

### アスンシオン市

アスンシオン市は、パラグアイ共和国の首都であり、政治・司法・経済・行政にかかわるある程度の自治権を持っており、特に、資産・税収・都市開発計画・食糧供給・教育・文化・健康・社会福祉・交通・観光あるいは警察等についての大きな権限を持っている。これを図2-2に示す。

### アスンシオン首都圏

アスンシオン首都圏は、アスンシオン市及びアスンシオン市の経済活動に寄与しているその周辺諸都市から成り立っている。

ルケ市、ランバレー市、フェルナンド・デ・ラ・モラ市及びサン・ロレンソ市は、アスンシオン市に組み込まれた形となっており、そのため、社会・経済発展を目指してアスンシオン市及び周辺10都市が、1978年に合同し、“AMUAM”を組織した。

上記諸都市の他に“AMUAM”を構成するのは、マリアーノ・ルケ・アロンソ市、リンピオ市、ネンビー市、サン・アントニオ市、ビリャ・エリサ市及びピラ・アジェス市であり、また、その議長はアスンシオン市の市長である。

## 2.3 地形・地質

### 地形

アスンシオン市及びその周辺諸都市は、パラグアイ川左岸にある。パラグアイ川がブラジル国の南部に源を発してパラグアイ国中央部を南方へと流れたのち、西方へと曲がる地点で突き出した半島状の地域に位置している。

上記の半島部分は丘陵地帯であり、現在では商業住宅地域として、人口密度が高くなっている。その丘陵の南側あるいは北側をほとんど改修の行われていない河川がパラグアイ川へ注いでいるが、この数は10河川を越えている。

丘陵の尾根（標高150m）からパラグアイ川（標高60m）までの距離は、比較的短いことから、各河川は急峻で河川長は短い。つまり、アスンシオン市は台地上の都市であ

ることから、その道路は起伏に富んだものとなっている。

一方、アスンシオン市の東部を流れる河川は、比較的なだらかな地形上にあり、アスンシオン市東部30kmに位置するイパカライ湖に注いでいる。

## 地 質

アスンシオン市の地質は、沖積層および埋土、赤色砂岩、礫層、そして粗粒玄武岩（貫入或は溢流）により構成されている。模式図として 図2-3 に示した。

基盤は三畳紀ないし白亜紀の赤色砂岩であり、その岩質は大部分軟質な塊状の風成層の砂岩で、一部は河の堆積物である。この砂岩は中粒で赤色、シルル紀の砂岩の垂角礫と、生カンブリア紀の珪岩の円礫を伴うことがある。

層理は一般に認められないが、サン・ロレンソの東の谷では層厚約10cmの葉理を持つ泥岩がほぼ水平に分布しているのが観察される。

新鮮な砂岩は砂分が多く、風化作用をうけると砂分が少なくなり粘土分が増加する。乾燥した風化砂岩は硬くなるが、一方、含水すると軟質となる。よって、土木工学的分野では軟岩に属する。

地下水位は透水性が低いために浅い。

この基盤岩に粗粒玄武岩の貫入が認められる。それはランバレーの丘、タクンブー、および採石が行われているコロソ通り南西端で観察される。粗粒玄武岩の採石はピリャ・アジェスでも実施されており、その骨材の試験値は比重 2.6、吸収率1%以下、ロスアンゼルスすりへり試験値は20%程度でコンクリート骨材としては良好と思われる。

基盤岩を被って沖積物・埋土が分布し、パラグアイ川の両岸には河川堆積物がみとめられる。

## 2.4 人 口

パラグアイ国における人口調査は、表2-3に示す如く今までに4回、1950年、1962年、1972年、1982年に行われている。これによると、パラグアイ国全体の人口は、1962年から1982年の20年間で、182万から304万人へと約1.7倍に増加している。この間の年平均増加率は前半の10年が2.70%、後半の10年が2.55%で若干低下している。また同期間、アスンシオン首都圏（アスンシオン市と周辺10市）の人口は、41万人から80万人へと約2倍に膨らみ、国の増加率を遙かに上まわる早さで人口増加が進んでいる。こ

の結果、国の人口に対する首都圏の人口シェアは、1962年の22.5%から1982年の26.3%に伸び、首都圏への人口集中化が進んでいることを示している。

一方、アスンシオン市自体の人口は、この20年間に29万人から46万人に約1.6倍増加しているが、首都圏に占める割合は、70.5%から57.3%へと大きく後退している。ここで注目すべき点は、アスンシオン市の人口の伸びが、1972年から1982年の10年間、年平均増加率1.6%へと著しく低下しているのに対し、周辺都市のフェルナンド・デ・ラ・モラヤ、ランバレー、マリアノ・ルケ・アロンソ、サン・ロレンソ、ビィリヤ・エリサ等では、この10年間、年平均増加率6%以上の急激な増加傾向を示している点である。これは、人口の都市集中化が進む中で、アスンシオン市自体の人口増加がやや頭打となっているのに対し、アスンシオン市周辺都市のまだ未利用地を豊富に持っている地域で急激に人口増加と都市化が進展していることを示すものである。(図2-4参照)

1982年の人口密度は、国全体で0.074人/ha、首都圏では11人/ha、アスンシオン市では39人/haである。全国の人口における男女比(女性100人に対する男性数)は、1972年98.3だったものが、1982年には100.3と逆転している。一方、首都圏内で見ると、1972年の男女比90.5から、10年後の1982年91.3へと若干縮まったものの、依然として首都圏は女性が多いことを示している。

## 2.5 気象

### 観測所

現在、稼働中の気象観測所としては、1971年以来観測を行っている空港観測所があるのみで当観測所の観測項目は降雨、温度、湿度、風向、風速、大気圧等である。

この他限られた期間であるが、過去においてはサフォニア観測所が1965年から1976年の間また、サン・ロレンソ観測所は1957年から1980年の間の気象観測を行っている。

上記各観測所資料には、降雨記録が含まれているが、降雨記録に関する限りではこの他アルマダ観測所が最長の1929年から1964年まで観測を行っている。

各観測所の位置を図2-5に示す。

### 気象状況

調査対象地域は亜熱帯に属しており、公式には1年4季節に区分されている。

春は9月21日から12月21日まで、夏は12月22日から3月20日まで、秋は3月21

日から6月20日まで、冬は6月21日から9月20日までとなっている。

空港観測所の最近5年間の月平均気温は、17℃から28℃の間で、最高気温は39℃、最低気温は0℃となっている。(図2-6参照)

平均湿度は60%から80%の間にあり、一般的に9月、10月には低湿度を、5月、6月には高湿度を記録している。調査対象地域の入手し得る風速は、季節・風向にかかわらず、平均5km/hr程度であるが、風向に関しては年間を通じて北・東及び南からの風が卓越しており、季節的な特徴は無い。

蒸発散については、サン・ロレンソ観測所で1976年から1980年の間観測されており、これによれば、年間を通じて2.0mm/日から3.5mm/日の蒸発量の間であって、あまり大きな変動はない。(図2-6参照)

調査対象地域の年平均降雨量は約1,400mmで、明確な雨期・乾期のサイクルはないが、6月から9月の間には豪雨は少なく、11月から4月の間に豪雨の発生する事が多い。

(図2-7参照)

降雨原因としては、高温多湿で有名な北部ブラジルのマツグロッソ地方からの暑く、高湿度の空気が流れ込み、南からの冷たく乾いた空気と混じり合うためと考えられる。

さらに、地域的な降雨は暑い季節の積乱雲によって地域的な集中豪雨が発生する。

## 2.6 社会基盤

### 交通

パラグアイ国の交通機関として挙げられるのは、高速道路、鉄道、民間航空、水上輸送機関に大別出来る。国道としては、1号線から12号線まである国道とその支線の総延長は12,634kmでそのうち1,558kmが舗装道路である。これらの道路は主として、アスンシオン市と地方諸都市を結びつけている。例えば、1号線はアスンシオン市とエンカルナシオン市をまた2号線及び7号線はアスンシオン市とプレジデンテ・ストロエスネル市を結びつけている。

また、南アメリカでも最も早く建設されたパラグアイ国の鉄道は、アスンシオン市とエンカルナシオン市を週2回往復し、鉄道敷設延長距離は376kmである。1983年には258,777人と139,450トンの荷物を輸送しており、主要駅としてはアスンシオン市のカルロス・アントニオ・ロベス駅がある。

パラグアイ国の国際空港はアスンシオン首都圏にあるプレジデンテ・ストロエスネル

空港のみであるが、諸外国航空会社としてブラジル航空、ボリビア航空、アルゼンチン航空、チリ航空、スペイン航空及びアメリカのイースタン航空が乗り入れている。

一方、パラグアイ航空ではブラジルあるいはアルゼンチン等の近隣諸国及びヨーロッパ、中央アメリカの国々への路線を持っている。国内航空便としては、ミリタリー・トランスポート航空とナショナル・トランスポート航空があり、アスンシオン市とエンカルナシオン市、ペドロ・ファン・ガバレロ市、コンセプション市、プレジデンテ・ストロエスネル市その他の諸地方都市との間に定期便を就航させている。

パラグアイ川沿岸には、アスンシオン、ビレタ、サン・アントニオ、エンカルナシオン、カサド、ビリャ・エリサ、イタ・ピタ・プンタ、コンセプション等の港がある。パラグアイ国最大の港はアスンシオン港であり、輸出入業務のほとんどを取り扱っているが、これはその業務に必要とされる近代的施設、倉庫等の設備を有するのがこの港に限られている為である。

パラグアイ川及びパラナ川は、パラグアイとその近隣国であるアルゼンチン及びブラジルとの交通手段としても利用されている。

## 通 信

アンテルコ（電信電話公団）がパラグアイ国の通信業務をほぼ独占しているが、その他にはアンテルコの年次許可の下で行われる限られた地域内の通信業務のみである。海外との直接通信は、無線の6回線、電話の75回線、テレックスの107回線を使用して行われている。

パラグアイ国内の電話網は近代的マイクロウェーブ設備あるいは通信衛星と手動操作の組み合わせで行われている。1980年の終りには、45,000回線をもつ9つの自動交換器がアスンシオン市にすでに設置され、国内だけを見ると36の自動交換器による14,000回線が確保されている。

テレックス・システムに関しては、センテックス・システムによる1,300回線が確保されている。加入者は1975年から1982年の間に大きく増えて、198台から657台になったが、まだ回線数の約半分には達していない。

## 上水、下水道業務

下水道業務に関しては、パラグアイ国内にコルボサナとセナサの2つの会社がある。

コルボサナの業務としては、アスンシオン市と4,000人以上の人口を有する自治体についての上・下水道の確保とともにアスンシオン市内の雨水排水事業について責任を持っている。一方、セナサでは人口4,000人以下の村落についての上水道確保を任としている。

アスンシオン市内ではコルボサナは443,700人に80,665の給水口から上水を供給している。上水浄化設備は240,000m<sup>3</sup>/日の容量があり、1984年度には52.3百万m<sup>3</sup>を給水した。

コルボサナの下水道事業はアスンシオン市、エンカルナシオン市、ストロエスネル市、カバレリョ市等主要な都市で行われている。アスンシオン市の下水施設は総計で取付管が745km本管が386kmとなっている。その利用人口は71,059人であり面積は4,737haである。

## 2.7 産 業

パラグアイ国経済は、多くの発展途上国にみられる如く一次あるいは二次産業に依存している。一次産業としては、農業・林業あるいは畜産業があり、国内総生産の26%を占め、一方二次産業としての鉱業、製造業と建設業は近年国内総生産の24%を占めている。特に農業生産と製造業生産は大きなシェアを占めており、それぞれ15%、17%に達している。分野別国内総生産を表2-4に示す。

1980年代の農業生産の高い伸び率に依って、パラグアイ国の食料自給は可能となった。さらに農業部門では経済活動可能人口の40%の人々の労働力を吸収し、輸出品としての原材料ならびに半製品を供給している。

綿及び大豆が最も主要な農作物輸出品で、絶対値としてもそれぞれ1982年度農業生産物総計の14.8%及び21.8%を占めており、パラグアイ国経済に大きく寄与している。

特に、パラグアイ国で生産された綿繊維はその品質が高く価格が低廉であることから評判が良く、1983年には98,416トンの輸出で30,737百万ガラニーをもたらしている。

最近5年間では、パラグアイ国輸出額として常に最高位を占めている。

農業産品として2番目に重要な大豆は、1984年度には481,859トンを生産し、21,928ガラニーをもたらしている。他の輸出農産品としては、タバコ、とうもろこし、さとう

きびがある。

製造業は二次産業の70%を占め、主な製品としては、農産物、家畜、林業の原材料の加工に依存している。1983年度の全製造業生産額のうちでは、繊維製品と畜産加工品がそれぞれ20%と19%を占めている。

上記経済体系とは異なり、アスンシオン首都圏（特にアスンシオン市）では三次産業が集中しており、地域総生産の80%を占めるに至っている。

例えば、保険及び金融活動に於けるアスンシオン市の占める割合は全国合計の60から70%、電力、上・下水事業で50%以上、またレストラン及びホテル等の分野でも40%を占めている。1次産業のこの地域に占める割合は2%以下である。

## 2.8 土地利用

### アスンシオン市の都市構造

アスンシオン市は、中枢部が川のほとりにあり、ここに国および市の行政政府および商業、金融等の高度都市機能が集中している。また、住宅地域や商業地域、工業地域は、幹線道路に沿って市の東方に広がっている。

ここ40年間に、市は徐々にその輪郭を広げ扇状に発展してきた。特に、市の中心より南東に伸びる2本の幹線であるエウセビオ・アジャラ通りとマリスカル・ロベス通りに沿った発展が顕著である。

市の発展を支える都市基盤は、市の中心部より放射状に広がる6本の幹線道路であり、都市の動脈として極めて重要な役割を担っている。市はまた、これに加えて格子状道路をサブストラクチャーとして有している。

これら6本の幹線道路沿いには、住宅地域（高級・中級・低級）、商業地域、倉庫・工業地域と言ったそれぞれ特徴を持った土地利用を形成している。

### 土地利用現況

アスンシオン市およびその周辺10市から成るアスンシオン首都圏は、71,000haであり、この内、24,800haが都市化されており35,000haは農業と牧畜用地になっている。残りの11,200haはしばしばパラグアイ川による浸水に見舞われる低地である。

アスンシオン市およびランバレー市、フェルナンド・デ・ラ・モラ市、ルケ市、ピリャ・エリサ市、サン・ロレンソ市の80%の地域から成る市街化地域の土地利用は、現在、

住居地域41.0%、商業地域 3.1%、工業地域 1.9%、公園緑地 2.7%、公共施設15.5%、未利用地13.4%、道路22.4%である。(図2-8参照)

アスンシオン市は面積11,700haの内、パラグアイ川沿いの一部低地と若干の未利用地を除き大部分が都市化地域となっている。アスンシオン市内の現況の土地利用面積比率は住宅用地45.9%、商業用地 3.6%、工業用地 0.7%、公共施設用地10.8%、公園緑地用地 3.6%、道路用地17.5%、未利用地 6.5%、利用不適地11.4%となっている。

## 2.9 労働力・収入

1982年の統計に依れば、パラグアイ国内での経済活動可能人口は 1,029,680人であり、このうち 820,990人が男で、 208,690人が女であり、この両者ともに12才以上である。総人口に対する就業人口は34%と低く、国民の1/3の人間が経済的に残りの2/3の人々を支えていることとなる。これは、全体的に就業機会が少ないこと、また、年齢構成からみれば12才以下の人口が全人口の1/3を占めていることに依るものである。

表2-5に示す如く、経済活動人口のうち農業従事者が40%以上を占めており、工業人口は12%程度である。全国的には失業率は1983年で 7.1%、1984年で 8.4%に達しており、これは1980年代の経済不況に依る。都市域に於いては、失業率がさらに高くなっており、1983年では 9.7%、1984年では11.9%となっている。

首都圏と他の地域に分けられている労働者の最低賃金は、1985年には2度法律改訂され、2月に10%、また10月には20%引き上げられた。首都圏労働者の日当は、建設関連業では 1,741から 2,000ガラニーとなり、これは首都圏以外の労働者と比較して約15%程高くなっている。

## 2.10 関連開発計画

### 都市開発プロジェクト

現在、アスンシオン市で建設中、あるいは計画中のプロジェクトは表2-6に示してあるが、このうち中央銀行や市役所等の大規模公共公益施設が副都心として、市の扇状の周辺部で実施されている点は注目に値する。

## 雨水排水計画

1967年にアスンシオン市の約 3,400haを対象とした雨水排水施設マスタープランが作成され、これに基づいてコルポサナでは緊急を要する 710haの地域を選定し、B I Dの資金によりフィージビリティ・スタディ及び詳細設計の後、施工を行った。

上記プロジェクトは2段階に分かれており、第1段階では計画規模を10年、対象面積を200haとして、1973年に開始、1976年に完了した。

第2段階では、残り 510haに対して工事が行われ、これは4年の年月を経て、1984年に終了した。この地域に対しては、経済的理由から計画規模を5年としているが、一部では3年となっている。

## 他の関連プロジェクト

アスンシオン首都圏では現在2つのマスタープラン調査を実施中である。1つは「アスンシオン首都圏都市交通調査」であり、1つは「アスンシオン下水道施設マスター・プラン調査」(汚水)である。

### (1) アスンシオン首都圏都市交通調査

この調査は1984年8月にスタートし、1986年9月に終了したが、これはパラグアイ政府の要請により、国際協力事業団(JICA)によって実施されたものである。調査の目的は、目標年次2000年におけるアスンシオン首都圏の都市交通システムのマスタープラン作成で調査対象地域は、アスンシオン市と周辺都市を含む全アスンシオン首都圏(71,000ha)である。

### (2) アスンシオン下水道施設マスター・プラン調査(汚水)

この調査は、1985年3月にスタートし、1987年1月に終了する予定でパラグアイ政府の要請により、イギリスのコンサルタントチームによって実施されている。

調査の目的は、目標年次2010年におけるアスンシオン市とその隣接地区の下水道施設整備マスター・プラン策定とフィージビリティ調査で調査区域は、アスンシオン市全域と周辺の6市にわたる27,800haの範囲である。

## 第3章 雨水排水の現状

### 3.1 雨水排水システム

#### 3.1.1 概 要

本調査の対象面積は41,500haで31流域に分割されるが、その内20流域(34,500ha)は河川を有し残りの11流域(7,000ha)は流域内に河川を有していない。(図3-1参照)河川を有する流域への降雨は・道路面・道路側溝或いは排水管を通して河川に流入しさらにパラグアイ川へ排出されるが河川を有しない流域への降雨は道路面、道路側溝あるいは排水管から直接パラグアイ川へ流出する。

ごく一部の地域を除いて現存する河川及び排水システムの排水能力は非常に小さい。

#### 3.1.2 河 川

3.1.1で述べられている調査対象域内の20河川は河床勾配と流下能力の点より分類すると表3-1に示す如く3グループに分類できる。

第1のグループはアスンシオン市中央の尾根に源を発し、南へ流れパラグアイ川に注ぐものでランバレー川、フェレイラ川を含む7河川ある。これらの河川の流域面積は9,087 haで河川を有する流域の約26%を占めており、流域は大体中流以下の住宅地で占められている。本グループの河川の勾配は急でおおむね1/50～1/100の範囲にある。他の特徴は一般に河積が他のグループより大きく1部地域での例外はあるがおおむね1～2年確率程度の流出量に相当する河積を有している。

第2のグループはアスンシオン市中央部の尾根に源を発し北へ流れパラグアイ川に注ぐ9河川でその流域面積は4,148 haで河川を有する流域の12%を占めている。このグループの特徴は第1のグループより河床勾配がやや緩やかで2・3の例外はあるが大体1/70～1/170の間にある。またもう1つの特徴は河積が第1のグループより小さくおおむね1年確率程度の流出量に見合う流下能力しかない。流域の土地利用は商業地区・高級住宅が多いのが特徴である。

第3のグループは北へ流れてパラグアイ川に注ぐイタイ川と西へ流れてイパカライ湖へ注ぐサン・ロレンソ川、タヤツアペ川、イクア・デュッレ川の4河川で、これらの河川の流域面積は合計21,252 haで河川を有する流域の約62%を占め1河川の流域面積が多いのが目立つ。本グループの特徴は河川勾配の緩い事と河積の小さいことで

ある。平均河川勾配は 1/110～ 1/320の間であり、河積の小さい事とあいまって、流下能力が非常に小さいため毎年数回は氾濫している。これらの河川の土地利用はイタイ川上流部、サン・ロレンソ川上流部が住宅地となっている他は、牧場・農地が主体である。

### 3.1.3 雨水排水施設

調査対象域は雨水排水施設の整備状況からみて、雨水排水施設の整備された地区と整備されていない地区に大別でき、前者は I D B の融資によってコルボサナが雨水排水施設を整備した 710ha である。(図 3-1 参照) この雨水排水施設が整備されている地区は首都であるアスンシオン市にとって最重要地区であり、本市の商業の中心部を形成するセントロ地区となっている。しかし、この排水施設の整備されている面積は上記の 31 流域のうちわずかに 2% を占めるのみであり 図 3-1 に示す如く大部分が未整備の状態である。

セントロ地区の雨水排水施設の整備工事は、2 期に渡って実施された。第 1 期工事は 1973 年～1976 年の 3 年で実施されており、計画規模は 10 年確率で、整備面積は 710 ha のうち 200ha、雨水排水管延長は 9,100m である。また 2 期工事は 1979 年～1984 年の 5 年間で実施されており計画規模は 5 年確率、整備面積は残る 510 ha である。本工事によって敷設された雨水排水管の延長は 14,100m である。

また、上記の 2 期工事の中でラス・メルセデス流域とムブリカオ流域内の局所的な浸水を解消する為に数ヶ所で計画規模 3 年確率で排水施設工事が行われており、それぞれ排水管の敷設延長は約 2,200m、1,700m となっている。

セントロ地区を除くと調査対象域内の比較的大きな排水施設としてはアルティガス及びアピアドレス・デル・チャコ通りに沿った道路側溝やイタイ川の上流域にある水路等であるが、いずれもその流域面積に比べ流下能力は小さく、十分な施設とは言えない。上記以外に調査対象域内では目立つ排水施設は無く、道路が排水施設としての役割りを果たしている。特にかつては水路であったと考えられる谷筋にある道路は地形上水が集まりやすい為、降雨時には大量の雨水が流れ、交通遮断及び家屋浸水の原因となっている。

### 3.2 洪水氾濫被害

既存の洪水氾濫情報はコルボサナ所有の資料と新聞記事から得られるのみである。

本調査では洪水特性を把握する為住民への聞き込み調査により情報を収集した。

収集資料から判断すると、年間洪水被害発生頻度では1983年が最大であり、また一方既往最大洪水は1982年11月に発生している。

本調査では比較的大きな被害を与える洪水を対象としており、道路上を水が流れるために生ずる軽微な被害は調査対象から外した。

#### 被害原因

調査対象地域の流出特性としては丘陵地に降雨強度の大きい雨が短時間に降るため道路及び排水路に一度に流出水が集中することが挙げられる。また、家屋建築、道路舗装等急激な都市の発達により地域内の浸透地域が減少し、流出量の増加を助長している。一方、流出水を排水する為の河川及び水路の多くは一般的に流下能力が不足しており、維持管理も貧弱である。

#### 被害内容

洪水被害内容としては道路上を川へと流下する洪水及び河川氾濫水によって引き起こされる交通渋滞被害及び家屋浸水被害が主であり、農作物被害・その他についてはそれ程大きくない。

#### 被害地域

洪水はアスンシオン首都圏全域で発生しているが、そのうち被害が大きいのはアスンシオン市内及び隣接諸都市のサン・ロレンソ市、フェルナンド・デ・ラ・モラ市、ランバレー市である。しかし、アスンシオン市周辺に位置するその他の諸都市、ビリャ・アジェス市、リンピオ市、マリアノ・アロンソ市、ビリャ・エリサ市、ネンビー市、サン・アントニオ市、に於いては住民が高台に住んで入ることが多く洪水被害は僅少である。

また、アスンシオン市郊外に広がる人口密度が低く資産が少ない地域では、洪水被害はほとんどないものと考えられる。

図3-2に既往最大洪水時の氾濫域及び洪水地点を示す。

### (1) 各流域の被害

図3-3に示す如く調査対象地域内にある31流域のうち洪水被害があるのは22流域であり、そのうち15流域が常習的洪水被害発生流域である。上記15流域内の既往最大出水時の被害は表3-2に示すとおりである。また表3-3には洪水頻度等を考慮した洪水被害程度を各流域で比較しているが、これに依れば、ムブリカオ川流域及びイタイ川流域に於いて最も大きな被害が発生しており、これに続くものとしてはランバレー川流域が挙げられる。

調査対象地域内で既往最大洪水時に発生した被害の総計は以下の通りである。

浸水面積	:	391 ha
浸水家屋数	:	1,800 戸
幹線道路の交通被害	:	64,000 台
生活道路の停滞箇所数	:	450 箇所

### (2) 幹線道路上の交通被害

集中豪雨時には数多くの交通停滞箇所が道路上で発生する。交通停滞箇所の多い道路の中で頻度、交通量の点から特に交通被害の大きいと考えられる地方主要都市と首都中心部を結ぶ6本の幹線道路とこれらを結びつける環状道路は以下の通りである。

- アルテガス通り
- エスパニーニャ通り
- マリスカル・ロペス通り
- エウセビオ・アジャラ通り
- フェルナンド・デ・ラ・モラ通り
- ヘネラル・マキシモ・サントス通り
- マダム・リンチ通り

表3-4に上記の各道路上で発生した既往最大洪水時に於ける車の停滞台数を示す。

### 3.3 組織・制度

#### 3.3.1 現存する組織・制度

パラグアイ国全土をカバーする雨水排水関係の組織としてはコルボサナとセナサの2つがあり、このうちコルボサナはアスンシオン首都圏の雨水排水事業を行なっている。コルボサナの背景・組織・事業目的を以下に述べる。

上下水道公社（コルボサナ）は1954年10月法律244号及び政令9669号により、内務省に所属するがそれ自体の行政・組織・財源を以てする公社として設立された。その本来の目的はアスンシオン市民への上水の供給及び下水道の整備であったが、1958年 法律166号によりアスンシオン首都圏への給水を実施する様、その機能の拡充が計られた。その後1962年3月法律713号により、コルボサナは下水管の建設・維持管理をも行なうこととなった。1966年3月、法律1095号がさらに見直されて、全国の人口4,000人以上の都市を対象に給排水事業を行なうこととなった。

1973年の法律406号及び 政令29697号によって規制されているコルボサナの事業範囲は人口 4,000人以上の全国市や町での上水供給・下水道の雨水排水施設設置・維持・管理となっている。

コルボサナの組織は 図3-4に示すようにそれぞれ機能を持ついくつかの部門に分かれている。このうち雨水排水事業は 図3-5に示す如く下水道部が受け持っている。当部は主としてアスンシオン市内の汚水及び雨水排水システムの維持管理にあたり、部長、6名の専門家、4名の事務員を含む約60名の部員で構成されている。

アスンシオン市中心部で既に実施された 710 ha を対象とした雨水排水事業に関わる I DB ローンの返済のためコルボサナはアスンシオン全市民から彼等の不動産評価額に応じて料金を徴収している。

#### 3.3.2 関連法規・規則

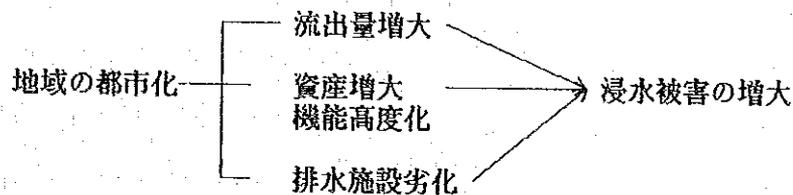
パラグアイ国には日本の河川法のような水管理に関する法規は無く、隣国のアルゼンチンで制定された水管理に関する法律をパラグアイに於ける水管理の基本として使用している。現在パラグアイ独自の水に関する法律の制定が考えられている。

むしろ近年、化学関係、例えば外国の特許薬剤の現地製造等がアスンシオン市を中心に盛んとなり、そうした製薬・化学製品工場等から廃棄物が安易に河川にたれ流し

にされ始めているところから、河川自体の取締り以前に川の水質の維持等を巡って、セナサ等関係諸機関がこれ等に対抗する法規・制度の立案を検討している状況である。

## 第4章 治水計画の基本概念

一般に都市化が進展しつつある地域における浸水被害増大の原因は都市化した流域からの流出とこれを排水する施設能力とのアンバランスにより生じるものであり、これは下記の如く整理される。



浸水被害は必要な雨水排水対策が伴わなければ都市化の発展に伴って増大するがその対策としては以下の方法が挙げられる。

1. 既設排水施設の維持管理及び改修
2. 流出増加抑制及び流出低減
3. 浸水被害を受け易い地域の土地利用規制に関する法体系整備

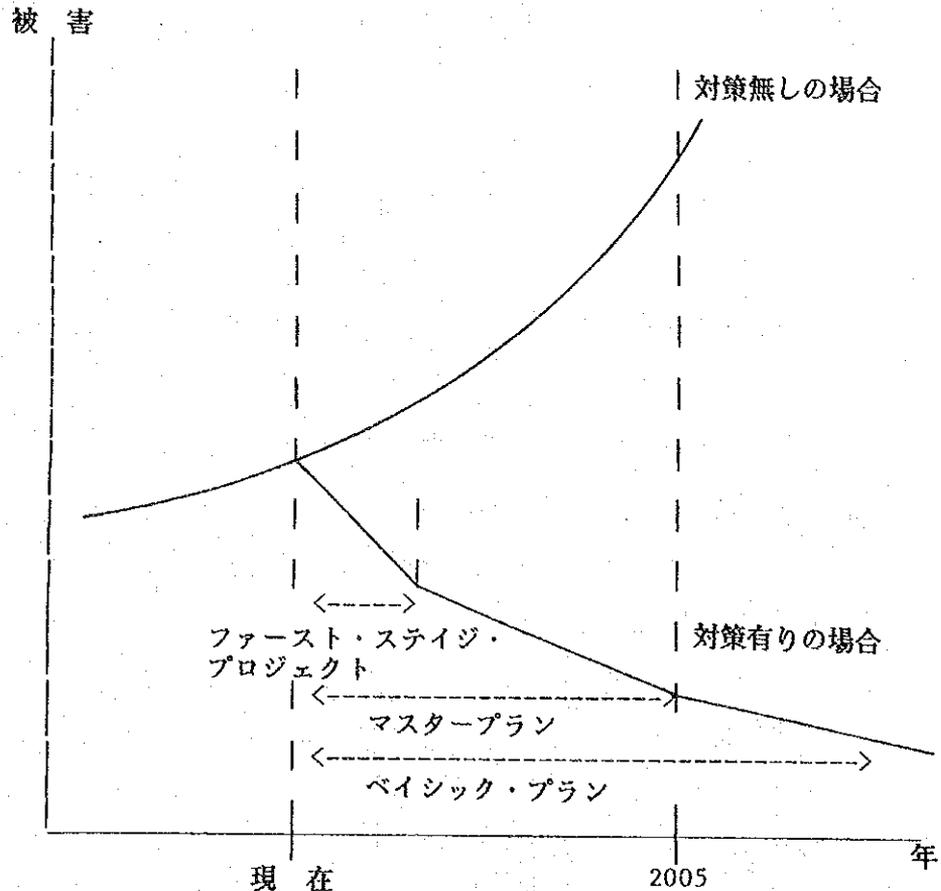
以上の内容を整理して以下に示す。

洪水被害 原因	対 策	
	下流域 (排水域)	上流域 (流出域)
流出増加	排水施設の機能維持 及び改善	流出抑制施設の設置
資産増加	土地利用	—————
排水施設 の劣化	既設排水施設の維持 及び改善	—————

これまで雨水排水施設としては下水管渠の敷設及び河川改修が最も有効なものと考えられてきたが、当該地域のような都市化によって流出が増大している地域においては雨水浸透、雨水貯留など流出場における雨水流出の抑制方法も代替案の対象に組み込み地域に適した効果的な雨水排水システムを策定する必要がある。

このような総合的な雨水排水システムの検討を行うには河川周辺居住者や家屋の持主等の市民の他に都市計画、建築等の関係行政機関の理解と協力が必要になる。又、対策が実行に移される段階では制度的な整備が必要とされる。

本プロジェクトはアスンシオン市及びその周辺の広範囲な地域を対象として実施されるため、プロジェクトの完成には膨大な費用を要求される。従ってプロジェクトの実施は段階的に行われることになろう。プロジェクトの段階的实施により被害の発生と対策による被害の減少の経過を時間的にしめすと下図の如くなる。



ベイシック・プランを実施するには膨大な費用と時間を必要とするため、雨水排水施設整備事業は上の図に示す如く段階的に行うものとする。

この図の中で各段階の計画を次のように定義する。

ベイシック・プラン：この計画は遠い将来を見越した技術的にみて理想的な計画である。

マスター・プラン：この計画は2005年を目標年次とし、ベイシックプランの枠内で考えられるより現実的な計画である。

ファースト・ステージ・プロジェクト：この計画は現在生じている最も深刻な洪水被害を軽減するための計画である。

## 第5章 調査・解析

### 5.1 調査対象域の将来開発

#### 5.1.1 都市計画

雨水流出量は流域内の都市開発の状況によって変化するため、将来の流出量を正確に求めるには、調査区域全部にわたって流域内の将来都市開発に関する詳細なデータを十分調べる必要がある。

将来の都市開発を予測する基本的データは将来の人口増加とこれに伴って変化が予測される土地利用状況であるが、アスンシオン市及び周辺地域のこれら都市計画に関する要因は現在2つの調査結果がある。

1つは「アスンシオン首都圏都市交通調査」であり、もう1つは「アスンシオン下水道整備マスタープラン」（污水）である。（2章の10“関連開発計画”を参照）これらの調査は、その調査目的によって目標年次と調査範囲が次の様に異なっている。前者は目標年次を2000年とし、後者は2010年に定めており、また調査範囲は前者が71,000 ha、後者が27,800 haである。

本調査においては、次の理由で前者の予測した将来人口及び将来土地利用計画を用いるものとした。

- (1) 前者は、本調査の調査対象域のほぼ全域をカバーしているが後者はカバーしていない。
- (2) 本業務の調査段階では将来の土地利用に関して前者は調査が完了しているのに対して、後者は調査がまだ終わっていない。

#### 5.1.2 人口・土地利用

##### 人 口

都市交通調査に於いては、アスンシオン市及び周辺の10市を含む首都圏全域を40区域に分割している。同調査の目標年次2000年の人口は、各区域における人口増加傾向と目標年までに未利用地が居住地として完全に利用された場合の居住許容量を基礎に予測されている。同調査では2000年の人口をこの様に算定して首都圏全体で

1,452,000人、アスンシオン市内で635,000人としている。また、本調査の目標年次で

ある2005年の人口は同調査の1992年から2000年までの人口増加傾向を延長して各区分ごとの2005年の人口を求め、これらを合算すると首都圏では1,647,000人、アスンシオン市内で678,000人に増加するものと考えられる。(図5-1参照)

一方、本調査では、調査範囲を地形的観点から31流域に区分し、それをさらに65区域に細分割している。各流域の1984年と目標年次2005年の人口は先に求めた都市交通調査の区分人口(1984年及び2005年)を各流域内の面積比で配分して計算した。

### 土地利用

アスンシオン市の都市骨格はセントラル地区を要として扇状に拡がる6本の基幹道路と、これらを横に連絡するいくつかの環状道路で構成されている。これらの基幹道路はアスンシオン市の中心地区と周辺都市のランバレー、フェルナンド・デ・ラ・モラ、サン・ロレンソ、ルケ、マリアノ・ルケ・アロンソを結んでおり、これらの道路に沿って商業や住宅や工業の土地利用が形成されている。(図5-2参照)

将来の土地利用状況については、都市交通調査で次の様に述べられている。

現在アスンシオン市の全住宅地の約半分を占めている中密度住宅地域は、2000年までにほぼ全市に及び、さらに隣接するランバレー市やフェルナンド・デ・ラ・モラ市にも拡がってゆくものと考えられる。

サン・ロレンソやネンビー、ルケ、マリアノ・ルケ・アロンソの周辺都市の商業地を囲む様に位置している低密度住宅地域は、徐々にその輪を農地の中へ広げつつある。

大規模公園、軍事施設、空港、他の公共施設がアスンシオン市とルケ市の間に集中しており、またアスンシオン国立大学や国立農業畜産試験場等の大規模施設がサン・ロレンソ市の西方に建設予定されている。

都市交通調査では、前述の市街化地域の将来状況に基づいて土地利用の種別を次の8項目に分類している。すなわち、商業・住宅(高・中・低密度)・工業・公共施設(学校・病院・軍事・その他官公庁)・公園(緑地・運動施設)・農地・未利用地・道路である。

1984年と2000年の流域別土地利用面積は、都市交通調査の土地利用図を用い算定されている。また、2005年の土地利用面積は1984年から2000年にかけての各土地利用項目別の変化率を延長して求めた。流域別将来土地利用面積は表5-1に示す通りである。

### 5.1.3 雨水流出の要因

雨水流出量を求める主要因である流出係数は、その流域における建蔽率（土地にたいする建築屋根面積比）に左右される。建蔽率を本調査の全域にわたって明らかにすることは資料が不十分で困難であるため、本調査ではそれぞれの土地利用種別ごとに代表地区を選びサンプリング調査した。

土地利用各種別の建蔽率は上記方法によって求め、その結果を表5-2に示す。

## 5.2 水文調査

### 5.2.1 降雨解析

ここでは主に当調査対象地域の確率流量算定に必要な確率短時間降雨強度及び降雨波形について検討する。

#### 確率短時間降雨強度

確率短時間雨量算定の資料としては既往雨量観測状況から判断し、次の観測所の総合した資料から選定した。

アルマダ観測所 : 1929~1944

サフォニア観測所 : 1965~1973

サン・ロレンソ観測所 : 1972~1981

確率雨量は1.1、2、3、5、10の各確率年についてガンベル法で求め、さらにこの確率雨量によって降雨強度曲線式を作成した。図5-3にその結果を示した。

#### モデル降雨波形

雨水排水施設の検討に際し、洪水波形が必要になるが、そのもとになる降雨波形は前述の降雨強度曲線をもとに中央集中型で作成した。

図5-4にモデル降雨波形を示す。

### 5.2.2 流出解析

流出解析では後にのべる確率流量算定ケースとの関係からまず適切な流出計算手法を選定し、これにかかわる因子（流出率・到達時間等）の項目について検討する。さらに本プロジェクトで採用される雨水流出抑制のための貯留施設・浸透施設の単位施

設あたりの調節効果についても検討する。

### 流出計算方法

本計画では施設設置による流出量調節効果をもとめる必要から洪水流量としては単に最大流量だけでなく流出波形も必要である。ここでは、いくつかある流出計算手法のうち先述のモデル降雨波形を流出波形に変換するため合理式にもとづく単位図法を採用する。

また貯留施設の調節効果を検討するには貯留関数法を用いる。

### 流出率

屋根、道路、空地、公園等の土地利用形態に対する流出率は通常用いられている値を採用した。

調査対象域の土地利用は商業地域、高密度、中密度、低密度住宅地、公園、公共用地、工業地域、農地、未利用地の各項目に分類できる。

このうち商業地域、住宅地についての流出率はいくつかの現地サンプリング調査により屋根、道路、空地等の項目別流出率に各項目の占める面積割合を乗じて求めた。

また各流域ごとの流出率は各項目の面積割合に基づいて各流出率を以下に示す式で算出する。

$$f = \frac{(A_1 \times f_1) + (A_2 \times f_2) + (A_3 \times f_3) + \dots + (A_8 \times f_8)}{A}$$

ここに

f : 流域の流出率

A : 流域面積

A<sub>1</sub>……A<sub>8</sub> : 流域の各項目別土地利用面積

f<sub>1</sub>……f<sub>8</sub> : 土地利用別流出率

なお調査対象流域は都市開発によって土地利用形態が大幅に変化している。ここでは次の3ケース ①過去の土地利用（1965年時点）、②現在の土地利用（1984年時点）、③将来の土地利用（2005年時点）の土地利用に基づいて各流出量を求め、この結果を表5-3、図5-5に示した。

## 到達時間

到達時間は有効降雨強度によって変化するところから、この変化を考慮した次の式を用いる。

$$T_c = C \times A^{0.22} \times r_e^{-0.35}$$

ここに

$T_c$  : 到達時間 (分)

$A$  : 流域面積 (km<sup>2</sup>)

$r_e$  : 到達時間内有効雨量 (mm/hr)

$C$  : 係数

ここで係数Cは当流域の開発状況から判断し、表5-4に示す値を用いた。

## 貯留施設の効果

種々の貯留施設のうち適切な施設として公共用地貯留と各戸貯留の2種類があげられる。

ここでこの2種の施設についてそれぞれ単位施設あたりの調節効果の検討を行った結果、貯留施設の効果は以下の如くなった。

### (1) 公共用地貯留施設

公共用地貯留施設の1施設当りの貯留効果はピーク流量時の流入洪水波形と流出洪水波形の差で求めることができる。

公園公共用地貯留の1施設当りの最大貯留効果は、確率に関わり無く最大流量1 m<sup>3</sup>/sに対し流出量0.13 m<sup>3</sup>/sで0.87 m<sup>3</sup>/sの低減効果となっている。

### (2) 各戸貯留施設

各戸貯留については各家屋の平均屋根面積を約100 m<sup>2</sup>としてこの屋根に降った水を調節するものとする。この場合、貯留施設の容量一杯を使った調節効果は表5-5に示すように1 m<sup>2</sup>の容量を持つ貯留施設1基に対し0.0012 m<sup>3</sup>/s (流入0.0038 m<sup>3</sup>/s・流出0.0026 m<sup>3</sup>/s)の流量低減となっている。

なおこの調節効果0.0012 m<sup>3</sup>/sを100 m<sup>2</sup>当りの降雨高で表わせれば43 mm/hrとなる。

### 浸透施設の効果

本調査では現地で浸透実験を行い調査対象域の浸透能力について別途調査を行っている。この結果をもとに1単位あたりの浸透施設の効果を次の条件で検討した。

- (1) 浸透施設はトレンチ型を用いる。
- (2) 道路、公園、駐車場等からの雨水は塵芥を含んでいるためこのトレンチは、目づまりによる機能低下を防ぐ意味から屋根に降った雨水を調節するものとする。
- (3) 各家屋に設置するトレンチの長さとしては10m及び20mの2ケースとし、一般的に用いられる巾 0.6m・高さ 0.6mのものとした。

この条件のもとに浸透施設の効果を検討した結果、面積 100㎡の屋根からの雨水は長さ10mのトレンチで調節効果 0.00076㎡/sとなっている。

この調節効果 0.00076㎡/sは 100㎡当りの降雨高に直すと27mm/hrに相当する。同様に長20mのトレンチでは0.0015㎡/s、54mm/hrの調節効果が期待出来る。(表5-5参照)

### 5.2.3 確率流量

前項までの検討結果をもとに、ここで確率年 1.1、2、3、5、10年の各確率流量を求める。

#### 流出抑制施設なしの場合の流出量

流出量は以下の各ケースでもとめた。

ケース1 : 1965年当時の土地利用状況に基づく流出量

ケース2 : 1984年現在の " "

ケース3 : 2005年時点の将来 " "

(ただし雨水排水施設は未整備とする)

ケース4 : 2005年時点の将来土地利用状況に基づく流出量

(ただし雨水排水施設は整備されたものとする)

表5-6に計算結果を示す。

### 流出抑制施設を設置した場合の流出量

流出抑制施設を設置した場合の流出量は2005年の将来流域状況で、排水施設未整備と整備済の2つの状況で計算する。

なお流出抑制施設は次の各ケースを設定して計算を行った。

ケース	抑制施設名	計 算 条 件
ケース-1	施設なし	—
ケース-2	公園、公共用地貯留	各流域面積の2.5 %に相当する面積に設置
ケース-3	“ “	“ 5 % “
ケース-4	各戸貯留	各家屋に貯留量1 m <sup>3</sup> の貯留槽を設置
ケース-5	“	“ 2 m <sup>3</sup> “
ケース-6	浸透施設	“ 長さ10 mのトレンチを設置
ケース-7	“	“ 20 m “

この結果 表5-7、5-8に示すように、流出抑制施設設置により各流域流出量は10%以上低減している。

### 5.3 流出量及び洪水被害の増加

#### 流出量及び資産の増加

5.1.2に於いて述べるように人口増加は居住地域の増加をもたらす、これは5.2.3に於いて述べたように透域の減少とそれに伴う流出量の増加をもたらす。図5-6に示す如く流出率の増加はムブリカオ、イタイ、ランバレー流域等各所で見受けられる。従って、対策が為されない場合には、開発に伴う流出量の増加により当然被害の増加をもたらす。

また、人口増加は未利用地を居住地にして資産の増大も引き起こす。従って洪水被害は被害地域内の資産増加及び被害地域の拡大の相乗効果で増大してゆくものと予想される。図5-7に一例としてムブリカオ川下流に於ける流出量の増加、及び資産の増加を示した。

各流域の開発割合に応じて流出量の増加は1965年から1984年の間に20%~50%の伸びを示しており、1984年から2005年については30%~50%の増加があるものと予想される。

また被害地域内の資産については1984年から2005年の間で各流域の開発割合により大きく異なるものの平均的には約50%の増加が見込まれる。

#### 被害額の変化

洪水被害発生地域内での被害額は家屋・家財及び交通に関する被害額を合計して算出した。各々の流域に於ける洪水被害額は現在と比較して2005年では2倍から5倍に増加するものと予想される。

図5-8は調査対象区域内に於いて1/5000の地図が存在する地域に於ける経済的洪水被害の年変化を推定したものである。

### 5.4 雨水排水施設の選定

#### 5.4.1 基本概念

一般に都市における雨水処理システムには排水システムと流出抑制施設が採用されている。

#### 排水システム

排水システムの概念は流域に降った降雨を安全かつすみやかに対象地域から排出することであり、降雨を集めて河川へ排水する部分と河川に集められた雨水を海又は、本川に排水する部分に分けられる。

#### 流出抑制施設

流出抑制施設の概念は雨水を河川に流出するまえに抑制し、河川への流出量を減じ河川の負担を減じる施設である。

## 5.4.2 排水システム

### 河川

一般に都市に於ける河川の雨水処理対策としてつぎの4種の手段が用いられる。

(1) 河川改修 (2) 放水路 (3) 遊水池 (4) ポンプ排水

この内最も基本的な手段は河川改修で計画対象域内全ての河川に適用可能である。放水路は新規に水路を建設して洪水の全部又は、一部を他の河川又は海へ分派するものである。

遊水池は対象河川の中流部で洪水の一部を一時的に貯留して洪水のピーク流量を減じる事により下流河道の改修規模を押さえることができる。この手法を採用するには中流部の適当なヶ所に必要な面積の用地が確保される事が必要であり、これら3つの手段は地形的要因から当計画地域内で採用可能である。

前記の3手法が河道を通じて自然排水するのに対してポンプ排水は地形的に自然排水出来ないヶ所でポンプを使用して排水するものである。本計画対象域は全ての流域が十分な勾配を有しておりポンプを使用すべき流域はない。

### 排水施設

排水施設は流域内に降った雨水をすみやかに河川へ排水する為の施設で、その方法として暗渠または開渠が採用され、それぞれ利点をもっている。その選択に当っては当該地域の土地利用状況により支配されるが、十分な用地がある場合には開渠の方が安くなることが多い。

## 5.4.3 流出抑制施設

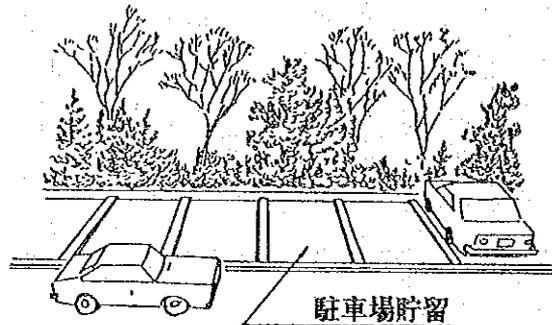
流出抑制施設は、その手法の違いにより貯留施設と浸透施設に大別でき、前者は雨水を発生源又はその周辺で貯留することによって、下流側での流出量を減じようとする方法で、駐車場貯留・棟間貯留・公園貯留・各戸貯留等があり、一方、後者は雨水を浸透させることによって雨水流出量そのものを減少させようとする方法で、浸透トレンチ（浸透柵を含む）や浸透井がある。

各施設の特性を表5-9に示す。

上記した各施設はいずれも流出抑制施設として十分な機能を有しており本調査でも

適用可能であるが、駐車場貯留、棟間貯留、浸透井については以下の理由に依り検討対象から除く。

(1) 駐車場貯留は他の貯留施設に比べると利用できる有効水深が小さいので効率が悪く経済的でない。

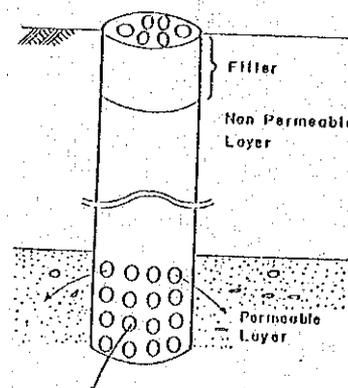


(2) 棟間貯留は計画対象域内にその対象となる様な大規模集合住宅地が現在無く、また将来計画についても明らかでなく現時点で本施設を計画に取り入れることは困難である。

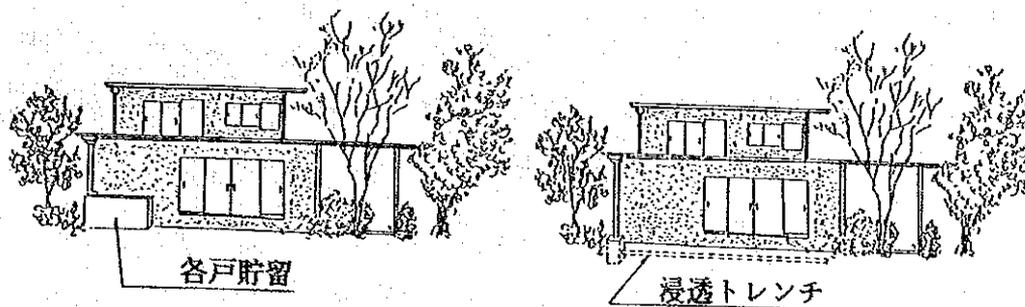
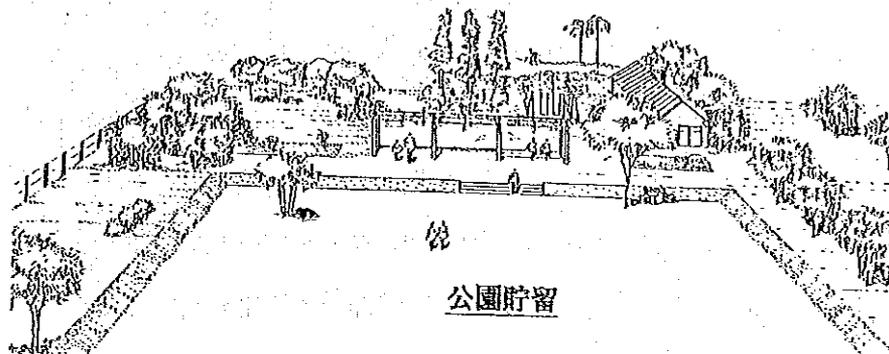


(3) 浸透井は計画対象域内の地質資料が十分でなく本施設による流出抑制効果の評価が困難である。

### 浸透井



従って、本調査では貯留施設として公園貯留、公共施設貯留と各戸貯留、浸透施設として浸透トレンチの4種類を流出抑制施設として考える。尚、公園貯留と公共施設貯留はその適用地は異なるが、機能と構造はほとんど同じである為、本調査では同一施設として取り扱い公共用地貯留とする。



各戸貯留は維持管理に住民協力を必要とし、通常、法律あるいは政令の制定とともに  
行なわれる。

## 第6章 ベイシック・プランの策定

### 6.1 考察及び前提条件

一般に都市化が進むにつれ、雨水の流出量が増加し、又、護るべき資産の増加により、洪水防御対策がより必要になる。しかし一度、洪水防御対策が実施された場合、その地域の土地の利用価値は相当に増加し、河川及び雨水排水施設の近くまで開発利用されるのが通常である。又、一方治水の安全度は民度の向上、地域の開発度、等によって異なり、一般に開発に従って治水の安全度の向上が要求されるものである。一度洪水防御対策が実施された地域の安全度を更に高めるために河川改修及び排水施設を改めて設置することは住民の移転及び土地の確保等が必要となり、その実施が難しくなるのが普通である。この様な状況を踏まえ洪水防御施設の基本的な理念を示すベイシック・プランはパラグアイ国におけるアスンシオン市の重要性を考え政策的に長期的な展望に基づき策定されるべきである。そしてこのベイシック・プランに基づき、現在でも容易に出来るもの、或いは現在でなければ実施仕難い様な事業、例えば河川用地の確保、或いは洪水危険地域の土地利用規制等を実施することが将来の洪水防御対策の達成に非常に重要なことである。

本計画の策定条件は下記の通りである。

1. 雨水排水計画のベイシック・プランの策定は、2005年の都市開発状況に基く流出量及び土地利用を使用する。
2. 洪水防御施設として、排水システムと流出抑制施設の適切な組合わせによって計画する。
3. 雨水排水施設設置対象となる地域は雨水排水問題箇所のみならず計画対象域内の全市街化地域である。
4. 事業実施の為必要な用地、特に河川用地の取得は現在の土地利用状況に基づき取得の可能性を検討する。

### 6.2 計画対象域の選定

ベイシック・プラン及びマスター・プランの調査対象地域はアスンシオン市と隣接する地域としている。

ここで雨水排水システムの設置対象となる計画対象域は調査対象区域の中から将来の都市開発状況・洪水被害状況を考慮して設定する。

具体的には以下に述べる状況に対応する地域を計画対象域として選定する。

1. 従来の洪水被害常習発生地域は、将来流域開発に伴い、雨水排水施設が整備されなければ被害は更に深刻になると考えられることから、この地域については最優先で雨水排水施設を整備する必要がある。
2. また現在洪水被害が軽微な地域においても、大幅な都市開発が予想される地域では当然洪水被害の深刻化が考えられることから急激なテンポで都市化の進む地域についても雨水排水施設整備は必要である。

調査対象域における洪水被害状況および都市化傾向を調査した結果、計画対象域として表6-1、図6-1に示す地域を選定した。

### 6.3 計画規模

計画規模は下記の事項を考慮し、10年確率規模とした。

#### 社会的見地での検討

アスンシオン市での雨水排水計画は欧州開発銀行（IDB）の資金援助によりセントロ地区の710haに於いて実施された例がある。この計画は2期にわけて実施され、それぞれ計画規模は異なっている。このうち第1期は10年確率を採用し、第2期では主に5年確率で実施しており、地域によっては3年確率を採用している。

将来の生活レベル及び土地利用状況を勘案すれば、最大の計画規模を採用すべきである。

#### 財務検討

工事実施主体の財政能力は3～5年確率規模のスケールで実施することでも相当に努力が必要であろう。従って、大き過ぎる計画規模では遠い将来に於いても実現の見通しがなく、非現実的と考えられる。

## 技術検討

大河川での洪水防御計画は大きな規模で実施されるのが通例である。しかし、本プロジェクト対象の河川は河川流域が小さく、排水路と同等とみなしうることから余り大きな計画規模を取る必要がない。

### 6.4 代替案

#### 6.4.1 検討ケース

河川改修のため用地が確保出来る場合、一般的に費用が安く、又、安全であるところから洪水防御は河川改修と排水施設の整備により行なわれてきた。しかし、再三述べる通りアスンシオン市、フェルナンド・デラ・モラ市等都市域で河川改修を含む排水システム整備の為の用地の確保は多数の家屋移転を伴い困難である。従って、このような場合上流域で流出を制御する流出抑制施設を河川改修及び、排水管設置に併用して計画することが考えられる。流出抑制施設は前記する通り種々あるが、維持管理面から分類した場合大別して、政府公共団体で管理できるものと、民間の協力を必要とするものがあり、それぞれ管理面、コスト面で利点を持っている。この様な状況から次の3案を代替案として検討する。

検討ケース	洪水防御施設	維持管理
ケースⅠ	河道改修・排水施設整備	公的管理
ケースⅡ	河道改修・排水施設整備・抑制施設	同上
ケースⅢ	同上	公的管理及び市民協力

なお、上表中、ケースⅡ及びⅢについては計画流量に対して河川と抑制施設の流量分担比を変えて数ケース検討し、最適比を求めた。

#### 6.4.2 代替案の検討

前記各検討ケースについて経済的に最適となる案を求めるため、工事費の積算を行った。また、各流域でプロジェクト実施によって生じる社会的問題発生の要因である用地買収面積、移転家屋数を求めた。

表6-2、6-3に検討の結果を示す。

## 6.5 最適案及び建設費

### 6.5.1 計画策定方針

#### 計画流量

各流域の計画流量を 表 6-4 に示した。

#### 河川改修

通常、河川改修計画は、平面計画・縦断計画・横断計画からなるが本検討で利用できる最も詳細な平面図が縮尺 1 : 5,000 であり、なおかつ計画対象域全域をカバーしていない。このため資料が不十分であるので平面計画は行わない。ベシックプラン策定に当たっては縦・横断計画のみを行う事とする。

#### (1) 縦断計画

縦断勾配は現況勾配を採用するのが経済的・技術的観点から判断して基本となっている。しかし、計画対象域内の殆どの河川の現況勾配は急であるため、流速が速く計画縦断勾配を現況勾配に合わせた場合洗掘のため河道維持が困難となる。従って計画縦断勾配は流速が許容流速以内となる様勾配を緩やかにし、現況河床と計画河床との差は落差工をもって調整する。現況勾配をもって計画勾配とした時の流速が許容流速内である河川は現況勾配を計画勾配とする。

#### (2) 横断計画

対象河川は殆ど急流河川であるので技術的かつ経済的判断から、単断面とする。また総て都市河川であることから、安全上の観点から掘込河道し、余裕高を設ける。バラグァイ川との合流点等縦断形状より掘込河道を採用し難い所では部分的に築堤を採用する。

#### (3) 護岸

ベシック・プラン及びマスター・プランの検討では河川の護岸タイプを選定するため以下の原則を適用した。

掘込河道は大別すると ①護岸を有する河道 と ②素掘河道 に分けられる。

前者は既に市街化され改修のための用地確保が難しい地域に適用され後者は未開発地域で用地確保の容易な地域で採用する。特に用地確保が困難な地域では流下能力

の大きい三面張河道を採用する。

ファースト・ステージ・プロジェクトでの護岸タイプはプロジェクト実施に際しての社会的問題が少なく、経済効果の大きいもので評価した。

(4) 流下能力算定式

流下能力の算定は下記に示すマンニングの等流計算式による。

$$Q = A \times V$$
$$V = \frac{1}{n} \cdot I^{1/2} \cdot R^{2/3}$$
$$R = A / P$$

ここに Q : 流量 (m<sup>3</sup>/sec)  
V : 流速 (m/sec)  
n : 粗度係数  
I : 勾配  
R : 径深 (m)  
A : 断面積 (m<sup>2</sup>)  
P : 潤辺 (m)

(5) 計画規準値

河川改修計画に当たっての許容最大流速・粗度係数・余裕高等計画規準値を表6-5に示した。

排水施設

排水施設計画は下記の条件に基づいて行う。

(1) 計画対象地域

雨水排水施設計画の対象となる区域は市街化区域のみであり、農地や軍隊施設等は排水施設の計画対象域から除く。

(2) 排水施設の流出計算

排水施設の流出量の計算は次の合理式に基づくものとする。

$$Q = \frac{1}{360} \cdot C \cdot I \cdot A$$

- ここに Q : 計画流出量 (m<sup>3</sup>/sec)  
 C : 流出率 (表 5-3 参照)  
 I : 到達時間内の平均降雨強度 (mm/hr)  
 A : 排水面積 (ha)

### (3) 排水施設諸元の算定

排水施設の流量計算は、河川と同様にマンシングの式によるものとする。尚、マンシングの粗度係数 n の値は排水施設がコンクリートパイプ又はコンクリートカルバートであることから n = 0.013 とする。

管内流速は最小 0.8m/sec、最大 5.0m/secとして計画する。

排水管の最小管径は 500mmとし、最大管径は I D B の工事での実績より 2,500mm とする。2,500mm以上の排水管が必要な場合は、ボックス・カルバートで計画する。

### 流出抑制施設

#### (1) 流出抑制施設の組み合わせ及び各施設の分担割合

前述の様に本検討で対象とする流出抑制施設は、公共用地貯留施設、各戸貯留施設及び浸透トレンチの3種類である。

施設の維持管理を考慮して施設の組み合わせとして次の2方法を考える。即ち、① 公的機関により管理出来る方法として公共用地貯留施設と浸透トレンチの組み合わせ  
 ② 住民の協力を期待する方法として公共用地貯留施設と各戸貯留施設の組み合わせである。

また、各流出抑制施設の分担割合は基本的には屋根に降った雨水は浸透トレンチ又は各戸貯留施設で、その他不浸透地の雨水は公共用地貯留施設で制御するという考えに基づき、土地利用の状況から流出抑制施設によって抑制する流出量の50%を公共用地貯留施設で、50%を浸透トレンチ又は各戸貯留施設で制御する。(表 6-7 参照)

## (2) 流出抑制効果の算定

これ等流出抑制施設を適用するに当たっては 5.3 水文検討で、これ等の流出抑制施設を各流域に設置した場合、設置しない場合の流出計算をそれぞれ行っており、これ等の計算結果より各流出抑制施設による流出抑制効果を以下の様に決定する。(表6-8参照)

$$d = \frac{D}{Q_0 - Q_1} = \frac{D}{q}$$

ここに  $d$  = 1 m<sup>3</sup>/secの流出量を抑制する為に必要な流出抑制施設

- 公共施設貯留 (ha/m<sup>3</sup>/s)
- 浸透トレンチ (m/m<sup>3</sup>/s)
- 各戸貯留 (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/s)

$D$  = 流出計算で使用した流出抑制施設

- 公共施設貯留 (ha)
- 浸透トレンチ (m)
- 各戸貯留 (m<sup>3</sup>)

$Q_0$  = 流出抑制施設を設けない場合の流出量 (m<sup>3</sup>/sec)

$Q_1$  = " を設けた場合の流出量 (m<sup>3</sup>/sec)

$q$  = " を設けたことによる流出抑制量

(m<sup>3</sup>/sec)

## 6.5.2 洪水防御システム計画

### 計画システムの選定

最適案の選定は以下の状況を考慮して行った。

- (1) 河川改修において河川用地の取得に問題がない流域では建設費が最も安いケースを最適案とする。
- (2) 河川用地を取得する場合、多数の家屋移転が伴い、社会的に問題のある流域では家屋移転によって社会的問題を生じない範囲で河川用地を取得し、その範囲で河川

を改修する。(図6-2参照)

計画流出量のうち、河川でのみこめない過剰の流出量は流出抑制施設で調整する(ケースⅡ、ケースⅢ)

- (3) 先の ケースⅡと ケースⅢの比較に関しては本計画の実施迄に十分な時間があり、流出抑制施設を導入するための法制度の整備によって民間の協力を得ることが可能であると考えられることから、施設の維持管理の面では ケースⅡとⅢは同等の条件と評価する。従って、建設費の安い方を最適案とする。(表6-9)

洪水防御施設の最適組み合わせは、流域ごとに異なる。ここで建設費だけみた場合、河川、排水路改修による方法がすべての流域で最も有利となっているが、図6-2に示す如く、フェレイラ、ムブリカオ、イタイ、ランバレー等9流域では用地買収、家屋移転がかなりの量になり社会的問題を引き起こすところから、これらの流域については河川、排水路改修に流出抑制施設の組み合わせで洪水防御を行う。(ケースⅡもしくはケースⅢ)。このケースⅡ、Ⅲの比較では流出抑制施設の必要なすべての流域でケースⅢが有利となっている。

この結果、各流域の最適案は以下のようになる。

① 河川、排水路改修のみによる流域

河川を有する流域 (河川、排水路改修)

ハルディー	ネンビー
サラマンカ	サン・ロレンソ
ベリャ・ビスタ	タヤツアペ
トレス・ブエンテス・クエ	セバリョス・クエ
ビリャ・エリサ	パリ・カイ

河川を有しない流域 (排水路改修)

バラデロ	マリスカル・ロベス
セントロ	タブラダ
タクンブー	バレエ・アプア
ビリャ・ユニバーシタリア	

② 河川、排水路改修および流出抑制施設による流域

ハエン	イクア・カリリョ
サンハ・モロティ	サンタ・ロサ
フェレイラ	イタイ
ラス・メルセデス	ランバレー
ムブリカオ	

最適案の概要

ケースⅠに属する流域は河道と排水施設の改修によって行われ、計画流量は全て河道で排水する。一方ケースⅢに属する流域は河道および排水施設と流出抑制施設によって計画流量を調節する。この時の河川及び排水路と流出抑制施設での計画流量配分は下記に示す通りである。

流 域 名	計 画 流 量 (m <sup>3</sup> /s)		
	流域全体	河 道	流出抑制施設
ハ エ ン	70	62	8
サンハ・モロティ	36	30	6
フ ェ レ イ ラ	115	100	15
ラス・メルセデス	56	48	8
ム ブ リ カ オ	320	270	50
イクア・カリリョ	110	85	25
サ ン タ ・ ロ サ	75	64	11
イ タ イ	770	650	120
ラ ン バ レ ー	590	470	120

但し、前記の河道+排水路と流出抑制施設への流量配分は用地取得の可能性をもとに決定した。

この結果、全体計画概要としては、河川改修延長96km排水施設設定面積17,200haとになっている。また流出抑制施設として公共用地 394haが貯水池として利用され、各戸に設置される貯留槽の容量は 172,000m<sup>3</sup>である。

各施設の各流域別の数量を 表 6-10 に示す。

又、この計画の実施のため必要な用地買収面積は 1,056,000㎡であり、その必要川  
巾は 表 6-11、図 6-3 に示す。

### 6.5.3 代表的構造物標準図

計画施設の標準図はつぎの通りである。

#### (1) 河川構造物

計画河道の断面、落差工標準図及び遊水池を 図 6-4、6-5 に示す。

#### (2) 排水施設

排水施設は側溝・流入口・人孔及び排水管又はボックス・カルバート等の施設よ  
り成り、その標準的な構造図を 図 6-6 に示す。

#### (3) 流出抑制施設

最適案で採用される流出抑制施設は、公共用地貯留と各戸貯留でありその標準構  
造図を 図 6-7 に示した。

### 6.5.4 建設費

建設費の積算は相手国官公庁、現地施工業者や生産会社から入手した労賃、材料費、  
供給可能資機材等を検討して行った。

建設に必要な資材はセメント、鉄骨、鉄筋、木材、石材、コンクリート管等でまた、  
機械としてはブルドーザー、バックホー、ダンプ、クレーン等である。このうちほと  
んどの資材は現地調達が可能であるが、鉄骨及び機械は輸入する必要がある。

建設費の積算は1986年8月時点の単価を用い、交換レートはUS\$ 1 = ¥650 = ¥155  
を適用した。

建設費は材料、人夫、建設機械運転費の直接費と準備工、雑工、仮設工、税金、利  
潤等の間接費からなるがこのうち間接費は直接費の30%とした。また補償費は家屋移  
転、用地買収費、技術費及び予備費を含んでいる。

最適案実施に必要な建設費は 表 6-12 に示すように229,000百万ガラニーである。

## 第7章 マスタープランの策定

### 7.1 考察及び前提条件

2005年あるいはそれ以前を完成目標とするマスター・プランはベイシック・プランの趣旨に沿って策定する。

1. 雨水排水施設マスター・プランの目標年次は2005年である。従って当計画は2005年の都市開発状態を基本として策定する。
  - － 流出量は2005年時点土地利用状況におけるものとする。
  - － 土地利用状況は2005年時点の状態で考える。
2. 当計画における雨水排水システムはベイシック・プランと同様雨水排水システムと流出抑制施設の組み合わせで考える。
3. 計画規模は2005年までに技術的、社会的また財政的見地からみて実行可能なものとする。

### 7.2 計画対象域

マスター・プランの計画対象域はベイシック・プランと同様の地域とする。

### 7.3 雨水排水システム計画規模

雨水排水システム計画のような社会基盤整備計画は、灌漑、発電、工業プラント等経済的利益を目指すものとは異り、最終目標とするものは、例えば計画対象地域内の洪水問題をいかに適切に防ぐかと言った社会福祉の向上である。従って、こういった種類の計画に対する規模や実施の可能性は単にIRR等の経済的指標のみに基づいて決定されるべきものではなく、社会的、財政的状況を配慮した総合的評価に基づくべきである。

この様な状況から、以下に述べる諸条件を考慮し、計画規模を3年確率とした。

#### (1) 社会的検討

当流域では既にIDBの資金でアスンシオン市内の710haを対象に雨水排水システム整備が行われたが、その計画規模は前章で述べた通りである。

マスター・プランは限られた財政状態の下で2005年までにはほとんどの計画対象地域に対して可能な限りの洪水被害軽減を図ろうとするものであり、既往計画の規模決定の理念を生かす意味から少なくとも既計画規模の最低値はカバーする必要がある。

本計画では2005年時点の生活レベル、都市状況等を考慮して最低3年確率対象降雨に対して安全な雨水排水容量を確保することが望ましい。

## (2) 財務検討

プロジェクトの公共性に鑑み、雨水排水施設整備は出来るだけ広範にかつ早急に行われる事が望ましいが計画実施に当たっては当然財政的見地からの考慮も必要となる。

アスンシオン市中心部の雨水排水システム実施を機会に、コルボサナは法律 902によってアスンシオン首都圏の不動産評価額の 0.1～ 0.3%を毎年その持主から徴収し、これをIDBへ償還及び新計画への準備金にあてることを許可され財政基盤を保っている。

IDBへの償還分を差し引いた1987年から2005年までの全計画対象地域で雨水排水対策資金は 25,600百万ガラニーで必要建設費の財源として充分といえずこのことから計画規模は出来るだけおさえるのが望ましい。

## 7.4 代替案の検討

### 7.4.1 検討ケース

マスタープランの策定ではまず、技術的妥当性が重要であるが、2005年までに計画完了を確実にするためには財政的問題を克服する事もまた必要となる。このため(1) 排水施設の全面改修、(2) 問題点改修、(3) 幹線道路沿い改修を改修代替案として取り上げる。これら3代替案は次の表に示す如く用いられる施設によってそれぞれ3つに分けられている。

ケースNo.	改修対象	施設	管理方法	備考
ケースⅠ-1	全域改修	A	公的管理	調査対象流域全域に渡って排水システム及び流出抑制施設を計画する。 (図7-1参照)
ケースⅠ-2	〃	B	〃	
ケースⅠ-3	〃	C	公的管理と市民協力	
ケースⅡ-1	問題点改修	A	公的管理	現在頻繁に洪水被害の発生する場所及び将来の都市開発により洪水被害の発生するであろう場所の改修を行う。(図7-2参照)
ケースⅡ-2	〃	B	〃	
ケースⅡ-3	〃	C	公的管理と市民協力	
ケースⅢ-1	幹線道路改修	A	公的管理	アルティガス、エスパルニャ、マリスカル・ロベス、フェルナンド・デ・ラ・モラ、ヘネラル・マキシモ・サントス及びマダム・リンチの幹線道路上の問題箇所改修計画。河川改修は各ケースの必要に応じて計画する。(図7-2参照)
ケースⅢ-2	〃	B	〃	
ケースⅢ-3	〃	C	公的管理と市民協力	

- (注) 1. A は河川改修、排水施設の組み合わせ、B は河川改修、排水施設及び流出抑制施設（浸透トレンチ含む）の組み合わせ。C は河川改修、排水施設及び流出抑制施設（各戸貯留含む）の組み合わせ。
2. 市民協力が必要となるケースは、各戸貯留による場合のみである。
3. ケースⅢの場合、幹線道路のみが対象である為、流出抑制施設の張り付けは実際的には無いが、参考として ケースⅢ-2、Ⅲ-3 を検討した。

#### 7.4.2 代替案の検討結果

最も経済的な施設の組み合わせを求めると各流域について河川改修、排水施設、流出抑制施設の組み合わせによる工事費の積算を行った。

また、同様に社会的問題の要素である用地買収、移転家屋数についても検討を行なった。表7-1、7-2にその結果を示す。

## 7.5 最適案

### 7.5.1 計画策定方針

マスター・プラン策定の方針は計画流量を除いてベシック・プランと基本的に同様である。計画規模は7.3で述べた如く3年確率としたが、その場合の各流域の計画流量は表7-3に示す通りである。

### 7.5.2 洪水防御システム計画

#### 最適案の選定

##### (1) 改修目的

最適案の選定に当っては、財政面からまず検討し併せて社会的、技術的、経済的見地についても検討するが、以下の検討を行なった結果、ケースⅡが最適改修案として選ばれた。

##### 一 財政的考慮

計画遂行の為の財政的配慮は非常に重要である。当計画に準備出来る資金としては、関係諸外国機関の援助を考慮し、また洪水防御を目的とする増税を仮定しても年5,000百万ガラニーから6,000百万ガラニーの範囲である。

一方、毎年必要な建設費は2,000百万ガラニーから20,000百万ガラニーに及んでいる。(表7-4参照)

ここで年率3.5パーセントの金利で全プロジェクト・コストの借り入れが可能であるとし、10年間の据え置き期間の後に20年間で返済するとした場合、表7-4に示す如く検討ケースに依っては相当の額に達する。

これから判断した場合、ケースⅠの実施は現実的に困難である。

##### 一 社会的考慮

雨水排水事業の如き社会基盤整備事業は実際に可能な限りできるだけ広範に実施することが望ましい。従って、ケースⅠ及びケースⅡがこの条件に合致すると思われる。

#### 一 技術的考慮

技術的見地からみた場合、ケースⅠ、Ⅱとも問題はない。ケースⅢに関しては改修が上流部のみで実施されることから、下流に悪影響を及ぼす事は必至である。したがって、ケースⅢは経費の点からは有利であるが、代替案としては、第2義的なものとなる。

#### 一 経済的考慮

計画対象となった26流域について資料の整備状況はそれぞれ程度に差があり、そのため計画実施効果の経済的評価を同一レベルで行う事は困難である。そこで、経済的観点からのプロジェクト評価には、流域としての対照的な特徴を持ちかつ十分な資料がえられるムブリカオ川流域とフェレイラ川流域について行うこととした。

各流域の河川改修と排水施設の組み合わせについての内部収益率（IRR）は、各組み合わせの相対的評価を表わすにすぎないが、以下の通りである。

スタディー・ケース	内部収益率 (%)	
	ムブリカオ	フェレイラ
ケースⅠ	1.2	3.7
ケースⅡ	9.1	11.4
ケースⅢ	11.0	—

注；フェレイラ川流域には幹線道路がないため ケースⅢの内部収益率は計算を行っていない。

結果として内部収益率は ケースⅢ、ケースⅡ、ケースⅠの順になっているが、ケースⅢと ケースⅡに於いては大きな差がなく、かつ、両者ともに経済的見地から実施可能なものである。ケースⅠの場合、莫大な建設費の為に内部収益率は悪く、効率が悪い。

#### (2) 施設の最適組み合わせ

全流域同時に着工することは出来ず、しかも各流域の着工時期の決定もむずかしいことから、全流域を2つのグループに分割し、かつ、洪水被害の大きい流域に優先度を与えることとする。

一 優先度の高い流域

施工優先度の高い流域としては、アピアドーレス・デル・チャコ通り上流のイタイ川流域、ムブリカオ川流域、ランバレー川流域の3流域であり、これらの流域については早期の着工が望まれる。

一 その他の流域

上記3流域を除いて23流域があり、これらの流域では後半にプロジェクトの実施を行なうものとする。

優先度の高い、イタイ、ムブリカオ、ランバレー川流域における最適組み合わせは、妥当な投資額内で早急に計画を遂行する為に、現況洪水流出量を河道改修によって対処し、今後の都市開発に依る流量増加分は流出抑制施設によって対処する。流出抑制施設々置を行政的に見れば、計画への地域住民参加を促す法的整備がなされていないため、流出抑制施設の設置あるいはその維持監理に対しては現在の所、住民参加を期待するのには無理がある。(ケースII-2)

残りの23流域については、河川改修、排水施設整備及び流出抑制施設の適当な組み合わせによって建設費のもっとも少ないものを選択すると、ここでは河川改修と排水施設整備によるものが最適案となった。(ケースII-1)

(これらの流域については、3年確率流量が河川改修と排水施設整備のみによって処理されても、表7-2に示す如く用地確保あるいは家屋移転があまり必要ないため、社会問題とならない。)

### 最適案の概要

最適案は、現在洪水被害が最も深刻な地域と都市の発展に伴って深刻な洪水被害が発生するであろうと考えられる地域を計画対象とする。

ムブリカオ川流域、アピアドーレス・デル・チャコ通りより上流側のイタイ川流域及び、ランバレー川流域の雨水排水は河道改修、排水施設、流出抑制施設の組み合わせで行う。

一方、残りの流域については河道改修と排水施設の組み合わせで対処し、全流出量は排水施設と河道により排水される。

上記3流域についての計画流量に対する排水システムと抑制施設の流量配分は次に示す通りである。

流域名	流出量 (m <sup>3</sup> /s)		
	全流域	河道	抑制施設
ムブリカオ	190	175	15
イタイ	430	380	50
ランバレー	330	285	45

マスタープランの全工事数量は以下の通りである。

#### 河川構造物

河道改修延長	89.4 km
護岸	205,000 m <sup>2</sup>
落差工	185 ヶ所
遊水池	1 ヶ所 (調節容量 350,000 m <sup>3</sup> )
橋	70 橋

#### 排水システム

排水パイプ長 (径1.0mから径2.5m)	18.7 km
ボックス・カルバート長 (2.0m巾×2.0m高から 3.5m巾×2.0m高)	10.6 km
開渠 (3.0m巾×2.0m高から 3.5m巾×2.0m高)	5.3 km

#### 流出抑制施設

公共施設内貯溜	148 ha
浸透トレンチ	561 km

雨水排水システムの配置を 図7-3、表7-5、7-6及び7-7に示す。

ムブリカオ、イタイ、ランバレーの3流域については 表7-4及び7-5に縦横断計画を示す。

### 7.5.3 標準構造図

浸透トレンチを除いて、本計画で必要な構造物及び施設はベイシック・プランのも  
のと同様である。(ベイシック・プランで示した、図6-4～6-7を参照)

また、標準的浸透トレンチを 図7-6に示す。

## 7.6 事業実施計画及び積算

### 7.6.1 事業実施計画

当プロジェクトは、いくつかの小プロジェクトより成り、7.5.2.で述べたように2  
つのグループに分けて実施するものとする。当プロジェクトは2005年为目标年次とな  
っており、ここで、工事としては1986～2005年の20年間で行なわれるものとする。

ここで、20年間の建設期間は 前期10年間の第1段階と 後期10年間の第2段階の  
前後期に分けられる。

#### (1) 1986～1995年間での実施計画

前述した方針に基づき、ムブリカオ川、イタイ川 (アビアドーレス・デル・チャ  
コ通り上流)、ランバレー川各流域で優先的に工事を実施する。

前後期の支出を平滑化するために 前期10年間ではこれらの河川流域についての  
排水システム改修工事を行なうものとし、後期10年で流出抑制施設の設置を行なう  
ものとする。

上記3流域の中でムブリカオ川流域とイタイ川流域の2つがランバレー川流域に  
比較して、洪水被害が大きい事から、ランバレー川流域に対して当2流域を優先さ  
せて改修工事を行うものとする。

#### (2) 1996～2005年間での実施計画

後半10年間では残りの全流域について河川改修及び排水施設を設置する。上記3  
流域については流出増加に対応するため流出抑制施設を設置する。

### 7.6.2 積算

マスター・プラン実施に要する工費はベイシック・プラン策定と同様の考え方で見  
積り、表7-8に示す様に、59,890百万ガラニーとなった。さらに物価上昇に対す  
る予備費を考慮すると、事業費は107,720百万ガラニーとなる。

## 7.7 計画評価

マスター・プランは調査対象流域内の道路上の浸水、居住地区の浸水等、深刻な洪水被害問題を2005年までに解消することを目的に策定した。このマスター・プランにたいする経済分析、財務検討は以下の条件で行う。

- (1) 建設工事費および便益は1986年8月時点の価格で求める。
- (2) 経済評価に適用するプロジェクト・ライフは設置する施設の耐用年数を考慮し50年間とする。

### 7.7.1 経済性の検討

便益計算のために必要な全流域を含む詳しい地図、資料が無いことから計画の経済的妥当性を評価するため、異なる特徴を持つ2つの流域を代表流域として選定した。

#### 便 益

プロジェクト便益はプロジェクト実施前と後の洪水被害の差で求められるが、この洪水被害は貨幣価値で求める必要がある。

被害内容は次の如くである。

- (1) 洪水による道路通行不能なため生じる、車両の迂回、停止、速度低下に伴う運行費の増大、生産活動に従事する人達の労働時間の損失等。
- (2) 一般家屋、家財資産の洪水による被害。
- (3) 舗装等の道路維持費、車両維持費、道路清掃費、衛生状況の低下、美観の低下等による間接被害。

年平均便益は過去29年間の既往降雨記録を基に求めた。その結果、ムブリカオ、フェレイラ流域の便益は3年確率で691百万ガラニー、164百万ガラニーとなった。

#### プロジェクト評価

7.3で述べた如く社会要求あるいは政治的考慮のもとに当プロジェクト規模は3年確率を採用した。計画を経済的観点から評価するため便益と費用を比較して内部収益率を算出した。

ここで、国際金融機関では内部収益率が10%から12%が、経済的妥当性の分岐点と

されている。しかしながら当プロジェクトの様な社会基盤整備事業では多少内部収益率が上記基準に達しない場合でも受け入れられており、ムブリカオ川流域で9.1%また、フェレイラ川流域で11.4%を示す内部収益率は事業実施を十分受け入れ得る値である。

### 7.7.2 事業実施計画の財政的考慮

表7-9に示す如く現在、コルボサナの下水道局の収入はIDBに対する返済を上回っており、従って当収入が最も信頼出来る財政源である。1987年から2005年までの総余剰金は25,602百万ガラニーであり、年平均余剰金は1,347百万ガラニーである。一方、総建設費は107,717百万ガラニーに達しこの年平均は5,669百万ガラニーである。上記余剰金の総てが当プロジェクトに振りむけられたとした場合、年4,322百万ガラニーの不足となり余剰金の約4.2倍となる。ここで、プロジェクト・コストの外貨分が借入金によりまかなわれ、その返済には10年間の据置き期間の後利率年3.5%でその後の20年間支払うとし、さらに内貨分を年15%の利子で借入し10年で返済するとした場合、全支払額は192,699百万ガラニーとなる。一方、償還期間中の余剰金は142,797百万ガラニーであり、49,902百万ガラニーの不足を生じる。

しかしながら、この不足分については中央政府の援助、民間からの借款、あるいは、諸外国からの無償援助等に依って補填することが充分可能であると考えられる。

### 7.7.3 社会経済的影響

当計画の実施は計画対象域のみならず国家全体に好影響をもたらすものと考えられる。これを列挙すれば以下の通りとなる。

- (1) 洪水に依る停滞箇所がある幹線道路は、国際交通道路あるいは国内幹線であり、本プロジェクトの実施により近隣諸国及び周辺諸都市あるいは国際空港への道を確保する事になる。これは必然的に国内及び国外との人物の交流がさかんになって民生の安定に寄与することになる。
- (2) 洪水被害に苦しむ地域における洪水被害の軽減は地域の衛生状態を良くし、ひいては社会福祉を向上させる。
- (3) 多数の技術者、労働者等がプロジェクト実施に雇用されるため、少なくとも工事期間中は雇用機会が増加する。

## 第8章 ファースト・ステージ・プロジェクトの策定

### 8.1 考察および前提条件

ファースト・ステージ・プロジェクトは現在深刻な被害を受けている地域に対し、早急な被害軽減を計るために実施する。マスター・プランの調査結果をもとにファースト・ステージ・プロジェクト策定のための前提条件を以下のように設定した。

#### 計画規模

ファースト・ステージ・プロジェクトは1995年の時点の土地利用状況による3年確率流量を対象とする。

#### 計画対象地域

ファースト・ステージ・プロジェクトの計画対象域は以下に述べる理由からイタイ川流域（アビアドレース・デル・チャコ通り上流）、ムブリカオ川流域の2流域を選定した。（図8-1参照）

- (1) 前に述べたように洪水被害状況からみた場合、最も深刻なものはアスンシオン市中心部と周辺都市を結ぶアルティガス、エスパーニャ、マリスカル・ロベス、アジャラ、フェルナンド・デ・ラ・モラ通りおよびそれとリンクするマダムリンチ等の各幹線道路の交通途絶とイタイ川沿いにみられる広範囲の家屋浸水被害であり、流域単位でみればムブリカオ流域、イタイ流域の被害が特に大きい。（表3-3参照）
- (2) ファースト・ステージ・プロジェクトの実施でイタイ、ムブリカオ流域の洪水被害を軽減することによりまず家屋の浸水被害は非常に少なくなる。また幹線道路の交通遮断についても前述の交通網はほぼ確保される。また周辺都市との交通網についても前述の幹線を迂回路として使用することによりある程度確保しうる。（図8-2参照）

#### 排水施設設置対象地域

排水施設は現在、将来とも深刻な洪水被害が予想される問題箇所に対して設置する。（図8-3参照）

## 適用施設

本プロジェクトに適用する施設は ①河道 ②排水施設 の2つである。

## 8.2 代替案の検討

### 8.2.1 検討ケース

#### 選定条件

代替案のスタディーケース選定について以下の点を考慮する。

#### (1) 河川

一般的には洪水を安全かつすみやかに排水するには費用の面から河川改修が有利であるが、以下に述べるように当計画対象流域の河道状況、地形、土地利用状況等から判断し、ショートカット、遊水池等河川改修に対する他の方法が考えられる地域について可能な限りの組み合わせの代替案を設定する。

- 現況河道流下能力が計画流量に比べ著しく小さい。
- 河川改修によってかなりの家屋移転、用地買収が予想される。
- 地形的条件から判断して、排水路の出口を河川改修区間の下流に設定することが可能である。
- 地形的条件から河川改修に比べ経済的に遊水池もしくはショートカットが可能である。

#### (2) 排水施設

排水路自体の最適ルートは地下埋設物の存在と地形面から一義的に決まるため基本的には代替案はなく、流下能力が著しく小さい河道の計画流量を少なくするために排水路の排水口をより下流へ計画する代替案が設定され得る。

#### 代替案

次ページに示す様に洪水被害状況から判断し、代替案は基本的に 図8-4, 8-5に示す如くムブリカオ川河道で4ヶ所、イタイ川河道で2ヶ所が考えられる。

代替方法は河川改修、ショートカット、放水路、遊水池および宇廻排水路等を含んでいるが、各方法の組み合わせにより計画流量を分担しケースのうち最適なものを選定する。上記以外の河道区間については河道改修で対処する。

流域	区間	代替案	手法	設定理由
ムブリカオ川	ムブリカオ川 7.78 km - 8.07 km	A-1	河川改修	河道の流下能力が小さい (現況 $6 \text{ m}^3/\text{s}$ 計画 $15 \text{ m}^3/\text{s}$ )
		A-2	排水路の迂廻	
	ムブリカオ川 5.18 km - 7.24 km	B-1	河川改修	河道の流下能力が小さい (現況 $30 \sim 115 \text{ m}^3/\text{s}$ 、計画 $60 \sim 130 \text{ m}^3/\text{s}$ )
		B-2	排水路の迂廻	
		B-3	"	
		B-4	"	
	サンマルティン川* 0.83 km - 1.61 km	C-1	河川改修	河道の流下能力が小さい (現況 $14 \text{ m}^3/\text{s}$ 計画 $35 \text{ m}^3/\text{s}$ )
		C-2	排水路の迂廻	
	ムブリカオ川 1.96 km - 2.53 km	D-1	河川改修	河道の蛇行が激しい
		D-2	ショートカット	
イタイ川	マダムリンチ川 0.00 km - 2.61 km	E-1	河川改修	河道の流下能力が小さい (現況 $20 \text{ m}^3/\text{s}$ 計画 $155 \sim 170 \text{ m}^3/\text{s}$ )
		E-2	サンパブロ川への放水路	
		E-3	サンタテレサ川への放水路	
	イタイ川 0.00 km - 3.23 km イタイ川 0.00 km - サンタテレサ川 1.34 km	F-1	河川改修	河道の流下能力が小さい (現況 $20 \sim 100 \text{ m}^3/\text{s}$ 計画 $50 \sim 250 \text{ m}^3/\text{s}$ )
		F-2	遊水池 (1)	
		F-3	" (2)	

\* ; サンマルティン川はムブリカオ川の支川、マダムリンチ川、サンタテレサ川はイタイ川の支川である。

## 8.2.2 代替案の検討

河川と排水施設の計画流量配分は放水路設置あるいは排水ルート等による流域変更で各代替案ごとに異なる。各代替案の基準地点毎の河道設計流量は排水施設分担分を含めて表8-1、図8-6に示す。

上記の設計流量を基に最適案を選定するため各ケースについて概略工事費を算定、またそれに伴う用地買収面積、移転家屋数を求めた。検討結果を表8-2に示す。

## 8.3 最適案

### 8.3.1 計画策定方針

計画流量及び流出抑制施設を除く他の設計基準はベイシック・プラン、マスター・プランと同様である。計画流量は1995年時の土地利用状況に基づき確率規模3年で算定した。ムブリカオ川、イタイ川の両河川の計画流量を表8-3、図8-7に示した。

### 8.3.2 雨水排水システム計画

#### システムの選定

排水システムとこのシステムに対する施設の最適構造を検討した後、本プロジェクトの概要を述べる。

本支川河道の問題箇所に対する代替案として、ムブリカオ川流域で前述のA、B、C、Dイタイ川流域でE、Fのケースを経済的、社会的見地から検討した結果下記の理由により、河道改修が最適となった。

#### (1) 経済的考察

表8-2に示す如く、ムブリカオ川流域でA-1、B-1、C-1、D-1、イタイ川流域でE-1、F-1といずれも河道改修案が他のケースに比べ経済的となっている。

## (2) 社会的考察

A-1、B-1、C-1、D-1、E-1、F-1の実施に伴う用地買収、家屋移転は他のケースと比べ若干多いがそれ程差がないところから、用地買収、家屋移転によって生じる社会的問題についての有利性は大差はない。

(表8-2参照)

上記の検討に基づいて本河川の雨水排水は河道改修、排水施設の設置によって行う。但し、イタイ川についてはマスター・プランに従い、改修による計画対象流域下流の流量増に対処するためアピアドーレス・デル・チャコ通りの下流側に遊水池を1ヵ所設置する。

### 最適施設構造の検討

本プロジェクトで計画される河川、遊水池、排水施設のうち遊水池の形状は用地が容易に取得できる事により護岸施設を設置しない素掘り構造が採用できるので、最適構造は工費の安い素掘り構造が採用できる。河川、排水施設の構造形状について以下で検討する。

#### (1) 河川

河川はベシック・プランおよびマスター・プランで示した通り全改修区間について単断面、掘り込み河道とする。

河道の護岸タイプは ①素掘り、②2面張り、③3面張り の3つのタイプが考えられ、これらの適用に際しては区間毎に工事費、用地買収、家屋移転等を検討して決める。(表8-4参照)

各区間における最適河道構造タイプは表8-5の通りである。

#### (2) 排水施設

排水施設の構造形式は基本的には開渠或いは暗渠である。

一般に開渠の方が暗渠に比べ経済的でまた維持管理がしやすいため開渠を優先させるが、以下の状況では暗渠を適用する。

- 一 開水路設置に十分なスペースがないか、設置した場合道路に十分な巾員が確保出来ない場合。
- 一 上水道、電気、下水管等地下埋設物のため開水路の設置ができない場合。

上記の条件により排水施設の改修及び新設区間の構造タイプは表8-6に示す通りで併せてその採用理由も示す。

### 最適計画緒元

#### (1) 河道計画

河道計画の内容は河道の平面、縦横断計画から成る。

平面計画は用地面積、家屋移転数が出来るだけ少なく、かつ、スムーズな曲線が得られるように、また縦横断計画は6.5.1. “計画策定方針” に述べられている概念により実施する。

縦断計画、横断計画結果は図8-8、8-9、8-10にそれを示す。

河道計画検討結果の概要は次の通りである。(表8-7参照)

	ムブリカオ川	イタイ川	合計
現況河道延長 (支川を含む)	11.0 km	15.6 km	26.6 km
改修河道延長	5.6 km	15.6 km	21.2 km
素掘り河道	0 km	2.7 km	2.7 km
2面張河道	4.0 km	10.4 km	14.4 km
3面張河道	1.6 km	0 km	1.6 km
暗 渠	0.2 km	2.5 km*	2.7 km
遊水池	0 km	1ヶ所 (350,000 m <sup>2</sup> )	1ヶ所 (350,000 m <sup>2</sup> )
土地収用	26,800 m <sup>2</sup>	127,100 m <sup>2</sup>	153,900 m <sup>2</sup>
家屋移転	17戸	60戸	77戸

\* ; マダム・リンチ川の上流部は市役所の監督のもとに現在暗渠水路が設置されておりこの区間については同様の構造物を適用する。

河川の付帯施設として護岸、落差工、橋梁がある。その位置は 図 8-11 に示した。

護岸を設置するのは河岸の浸食を防止する事と河道改修のための用地取得、家屋移転が困難と予想される地域で用地幅を出来るだけ狭く設定する事を目的とする。対象河川の現況勾配は一般に急で流速が大きく河岸の浸食が起きている、計画河道における流速を抑えるためムブリカオ川及びイタイ川では現況河道勾配より緩い計画勾配とし、現況河道とは落差工をもってすりつけるものとする。

対象河川には現在多数の道路橋と鉄道橋 1 橋が架かっている。これらの橋梁のうち河川改修区間にある橋梁はすべて架け替えを行う。

橋梁架け替えの幅員は原則として、現橋梁と同様とする。

付帯施設の検討結果は下記の通りである。

	ムブリカオ川	イタイ川	合計
護岸	38,900 m <sup>2</sup>	58,100 m <sup>2</sup>	97,000 m <sup>2</sup>
底張り	7,800 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	7,800 m <sup>2</sup>
落差工	12 基	27 基	39 基
橋梁	16 橋*	32 橋	48 橋

\* ; 内鉄道橋 1 橋

## (2) 遊水池計画

イタイ川の対象流域は中、上流域であるので、対象流域内の雨水排水施設整備後予想される対象流域下流への流量増を軽減するため、対象流域下流にあるアビアドーレス・デル・チャコ通り下流側に遊水池を設け下流河道に対して施設整備後も現況流出量以上に流量が増加しない様調節する。遊水池諸元は次の通りである。(図 8-11 参照)

容量: 350,000 m<sup>3</sup>

面積: 150,000 m<sup>2</sup>

水深: 2.3 m

### (3) 排水施設計画

最適案に於ける排水施設は、管渠、函渠、開渠及び付帯施設より成り、計画の概要は下記の通りである。

ムブリカオ川流域内の排水施設は14ルートより成り、排水施設の総延長は 9.3 km、排水面積は 910haである。各排水施設の位置及び断面寸法を 図8-12及び表8-8に示す。本流域は都市化の進んだ流域である為開渠の計画できるルートは殆ど無く、大部分の路線を道路下に埋設する計画とした。

イタイ川流域内の排水施設は10ルートより成り、排水施設の総延長は 9.6 km、排水面積 1,570haである。各排水施設の断面寸法を 図8-12及び表8-8に示す。本流域は現在都市化がまだそれ程進んでおらず空地が多い為、開渠での計画が可能な路線が多い。アピアド・レス・デル・チャコ通り沿いに道路と平行した既設排水路があるのでこの区間は、開水路で計画した。暗渠は、上記条件を満たさない場合に計画することとした。

両流域の施設の概要は以下の通りである。

	ムブリカオ川流域	イタイ川流域	合計
管 渠	5.54 km	0.44 km	5.98 km
函 渠	3.59 km	2.64 km	6.23 km
開 渠	0.18 km	6.56 km	6.74 km
合 計	9.31 km	9.64 km	18.95 km
用地買収	800 m <sup>2</sup>	9,100 m <sup>2</sup>	9,900 m <sup>2</sup>

付帯施設としては、人孔、流入口、放流口等がある。人孔は維持管理を考慮し、道路交差点及び直線部に於いては 200m以内に 1個所設置する計画とした。流入口は道路面を流下する雨水を排水施設に取り込める様、集水面積に応じて配置した。又放流口は放流先の河床及び河岸を保護する為に、放流口の上下流各10mに護床工、護岸工を設置する計画とした。両地域の付帯施設の概要を以下に示す。

	ムブリカオ川流域	イタイ川流域	合計
人 孔	92 箇所	32 箇所	124 箇所
集水マス	224 箇所	54 箇所	278 箇所
連続型排水口	1,310 m	2,240 m	3,550 m
排水口	14 箇所	10 箇所	24 箇所

#### 8.4 施設予備設計

ファースト・ステージ・プロジェクトの最適案に於ける構造物は、図8-13に示す如く護岸、落差工、函渠、管渠、橋梁及び付帯施設より成る。その構造は、下記に示す通りである。

##### 護 岸

護岸構造として経済的であること、材料が豊富である事、パラグアイ国で一般的に護岸に使用されていること、などの理由により練石積とする。

護岸天端巾は 0.4m～ 0.5m、表法勾配は 1 : 0.2とし、護岸の全高を 1.5m～ 4.0mとする。基礎根入れは前面脚部の洗掘対策として計画河床より計画流量に応じて 0.4m～ 1.0mとする。

##### 落差工

落差工構造としては護岸と同じ理由で練石積とする。落差工天端巾は0.5mで表法は直とする。落差工高さは河道縦断計画より 0.2m～ 3.7mとなる。基礎根入れは落差工高さに応じて計画河床高より 0.4m～ 1.0mとする。落差工下流には練石積みエプロンを、更にその下流にフトンカゴを設置する。エプロン長さは 2m～11m、厚さは 0.4m～ 1.0mである。

##### 函 渠

函渠構造は施工性、耐久性、信頼性及び材料の入手を考慮してRC構造とする。函渠の最小断面は幅 2.0m高さ 2.0mの一連で、最大断面は幅 4.1m、高さ 3.6mの3連函渠である。構造物の最小部材厚さは 0.3mである。基礎形式は地質調査結

果より地盤条件が良いので直接基礎とする。

### 管 渠

管渠はその断面や土被りを考慮してより大きな強度の期待できる遠心力鉄筋コンクリート管とする。本調査で計画する管渠径は 1.0m～ 2.2mで、土被りは最大 4.5mである。基礎形式は地盤条件が良いので砂基礎とする。

### 橋 梁

桥梁構造としては、暗渠とおなじ理由により RC 構造とする。桥梁幅員は現橋幅員に基づき 4.5m～ 24.0 mとし、支間長は 4.5m～24mである。橋種は支間長に応じ床版橋（支間長10m未満）及びT桁橋（支間長10m以上）とする。基礎形式は地盤条件に応じて直接基礎、杭基礎となる。

### その他

排水施設の付帯施設として人孔、流入口、放流口がある。前表の 2 構造物はレンガと RC のコンビネーションによる構造、他は練石積で計画した。

## 8.5 事業実施計画

### 8.5.1 工事期間

ファースト・ステージ・プロジェクトを実施する適切な工事期間は下記の検討結果を踏まえ、4年間とする。

#### (1) 目標年度による工事期間

マスター・プランで述べた様に、ムブリカオ川、イタイ川、ランバレー川の雨水排水施設（河道および排水路）は1995年迄に完了することとなっている。

本プロジェクトが外国の資金協力で実施される場合ローンの手続き、および建設費業者の選定等に3年間が必要と考えられる。\* 従って本計画の本体工事は1989年末迄建設に着手出来ないであろう。すなわち1995年末工事完了のためには6年間を残すのみであり、この6年間をムブリカオ川、イタイ川、およびランバレー川の工事費で分割すると本プロジェクト（ムブリカオ川及びイタイ川）の工

事期間はほぼ4年間が適当である。

\* ; 本プロジェクトが外国資金協力 (loan) によって実施されるとした場合、F/Sの完了が1987年の初めであることから、さらに下記の手続きおよび期間を必要とする。

借 款 要 請 手 続 き 期 間	12ヵ月
コ ン サ ル タ ン ト 選 定 期 間	6ヵ月
詳 細 設 計 お よ び 入 札 書 類 準 備 期 間	12ヵ月
施 工 準 備 期 間	6ヵ月

## (2) 経済性を考慮した工事期間

工事が早く完了すればする程、洪水被害を軽減することが出来、便益をあげると言う点から考える場合、出来るだけ早く工事を完了することが望ましい。しかし、工事費の点から考えた場合工期が短すぎると工事費は高くなることから、経済的にみて適切な工事期間が必要である。本プロジェクトの適切な工期を経済的に検討するため工期と工事費の関係を求め 図8-14に示した。これによると工事期間が4年が最も経済的である。

## 8.5.2 施工順位

本プロジェクトはいくつかの要素にわけて年次的に又は段階的に実施される。各要素の実施順序は下記の方針に従って検討した。

(表8-9、図8-15参照)

- (1) 投資効果を重視し、一部上流改修等による下流域に対する若干の悪影響は無視し、経済効果の高いものより実施する。
- (2) 上記 (1)とは反対に、上流改修による洪水被害の下流への悪影響が起らない様、下流より工事を実施する。

上記の各要素の実施順序は表8-10、図8-16に示す通りであり上記(2)の実施順序では経済効果が相当低くなる。

現在計画対象域は洪水により年数回の被害を受けており、本プロジェクトの実施は緊急なものである。この点を考慮し、効果の早くでる(1)の方法を採用する。

### 8.5.3 実施計画

工事が1993年を完成年度として1990年初めより4年間で実施される場合、工事量が各年均等であることが望ましい。従って、前述の施工順位に基づき、各年の工事費をこの実施により生ずる便益を含めて検討し、下記の通り決定した。なお、各年の工事の実施により生ずる便益も併記した。図8-17に工事工程表を示す。

工 程		工事費	便 益
初年度* 1990年	アルテガス通り改修 エスパニア通り改修 遊水池設置	2,859	
2年度 1991年	マリスカル・ロベス通り改修 マダム・リンチ道路 排水システム改修	5,271	605
3年度 1992年	ムブリカオ本川改修 アジャラ通り改修	4,774	
4年度 1993年	ムブリカオ支川改修 イタイ支川改修 その他排水路設置	3,293	508
			307

\* ; 初年度は準備期間を含んでいるため工事量が少なくなっている。 (単位 ; 百万ガラニー)

## 8.6 積 算

### 8.6.1 建設費

ファースト・ステージ・プロジェクトに対する積算はマスター・プランで述べた方法と同様におこなった。この工事实施にはセメント、鉄骨、鉄筋、材木、石材、コンクリート管等の建設材料、またブルドーザー、バックホー、ダンプ、クレーン等の建設機械が必要である。必要建設材料は、ほとんど国内産で調達可能であるが、鉄骨及び建設機械は輸入しなければならない。建設費には、直接工事費、間接工事費(直接工事費の30%相当)及び用地取得費、家屋移転補償費、詳細設計および施工監理等のエンジニアリング・サービス費および予備費を含んでいる。

積算は、1986年8月現在の価格でおこない、外貨交換レートは1US\$=650ガラニー