

## 3.2 流量観測と結果

### 3.2.1 目的、条件及び方法

#### (1) 目的

流量観測は全洪水域の調査道路沿いに行った。その目的は 2つあり、

- 1) イバレ、マモレ、ティハムチ川と洪水域の各断面の評価曲線（水位－流量公式）を求めること。
- 2) 流下方向、流速、河道の水深及び調査道路や洪水域での溢水断面等、流況を理解すること。

評価曲線は、この調査で次のような目的のために用いた。

- 1) イバレ川、マモレ川の水位を流量に変換、
- 2) 流量と降雨データから流出係数を決定
- 3) 調査道路に流れ込む洪水の様々な特徴を把握

#### (2) 測定位置

##### 1) 流量観測

流量観測は調査道路沿い（トリニダ～ファティマ）の約 30 kmで実施した。

この区間を、イバレ、マモレ、ティハムチ川及び洪水地区 I～V の計 8区分した。これらを表 3.2-1 に示す。

表 3.2 - 1 洪水解析対象区間：

Section Name	Extent or Place	Approximate Distance (km)	Hydraulic-Topographic Condition
Flood Area I	Trinidad - Ibare	7.8	pampas; backswamp of Mamore and flood area of Ibare
Ibare River	Pto. Almacén	0.1	river channel of Ibare
Flood Area II	Ibare - Mamore	3.9	forest; natural dike of Mamore and flood area of Mamore
Mamore River	Pto. Varador /1	0.4	river channel of Mamore
Flood Area III	Mamore - Sta. No. B-4	3.7	forest; natural dike of Mamore and flood area of Mamore
Flood Area IV	Sta. No. B-4 - Tijamuchi	10.6	pampas; backswamp of Mamore and flood area of Tijamuchi
Tijamuchi River	Pto. Tijamuchi	0.1	river channel of Tijamuchi
Flood Area V	Tijamuchi - Fatima	22.5	pampas; backswamp of Mamore and flood area of Tijamuchi

Note: Refer to Figs.3-2-land3-2-2.

/1 Pto. Varador was selected as a flow discharge measurement site because it has a more stable river channel and an easier approach compared to Pto. Ganadero and the other sites.

河川についての観測は、プエルトアルマセン、プエルトバラドール、プエルトティハムチで行ない、洪水域では排水管設置箇所と道路溢水場所で行った。

2) 水位観測

3河川については水位計を設置し、流量観測とほぼ同時に水位観測も実施した。(表 3.2-2 参照)

洪水域は最寄の観測所の値を用いた。

(3) 観測期間

流量観測は 1985年11月19日より 1986年 3月13日間に 3河川について 8回、5洪水地区で 3回実施した。(表 3.2-3 参照)

表 3.2 - 2 水位計設置場所

River Name	Site	Height of "0" Point EL (m)	Characteristics of Gauging Poles		
			Number of Pole	Reading Range (m)	Condition
Ibare River	Pto. Almacen (left bank)	144.82	No. 1	0 - 4	existing
			No. 2	4 - 5	newly installed
			No. 3	5 - 7	-do-
			No. 4	7 - 9	-do-
			No. 5	9 - 11	-do-
Mamore River	Pto. Ganadero (right bank)	144.79	No. 1	0 - 6	existing
			No. 2	6 - 8	newly installed
			No. 3	8 - 10	-do-
			No. 4	10 - 12	-do-
Mamore River	Pto. Varador /1 (right bank)	144.79	No. 1	9 - 12	newly installed
Tijamuchi River	Pto. Tijamuchi (right bank)	146.21	No. 1	0 - 3	newly installed
			No. 2	3 - 5	-do-
			No. 3	5 - 6	-do-
			No. 4	6 - 9	-do-

/1 This water stage gauging pole is newly installed because the original poles at Pto. Ganadero were washed away early in the rainy season.

(4) 観測方法

1) 使用ボートと停止方法

使用ボートは船外エンジン付、巾 4m、長さ 15 m のフェリーボートを用いた。河川での船の固定は両岸に張り渡したロープによる方法（イバレ、ティハムチ川）とエンジンを使用する方法（マモレ川）で行なった。

また、洪水域はモーターボートを竿で静止させた。

2) 観測の間隔及び方法

区分	間隔 (m)	測定方法
イバレ、ティハムチ川	5	ロープにマークされた目盛
マモレ川	30 ~ 50	光波距離計
洪水域	約 50	テープ

3) 水深及び流速の測定

垂鉛おもりで水深を測定した。3河川に対してプライス式流速計で水深 20 % 及び 80 % の所を観測した。また洪水域は流速が遅いので浮きを投げ込み水面流速を観測した。

### 3.2.2 観測結果

高水位時における流水方向及び流量の観測結果は図 3.2-1 及び図 3.2-2

表 3.2-3 (1) 流量解析結果一覧表

a. Ibare River ; I

$$Q = 9.5 (H - 145.3)^2 ; r = 0.983$$

Water Stage		Discharge Q (m <sup>3</sup> /s)	Date
H	EL (m)		
	146.72	40	Jan. 7, 1986
	146.80	76	Dec. 3, 1985
	147.47	80	Nov. 19, 1985
	147.80	55	Jan. 14, 1986
	149.11	118	Jan. 20, 1986
	150.75	234	Feb. 6, 1986
	151.63	347	Feb. 12, 1986
	153.82	799	Mar. 10, 1986

b. Mamore River ; M

$$Q = 71 (H - 142.7)^2 ; r = 0.985$$

Water Stage		Discharge Q (m <sup>3</sup> /s)	Date
H	EL (m)		
	146.71	1,130	Dec. 13, 1985
	149.06	2,550	Nov. 21, 1985
	149.20	2,640	Jan. 7, 1986
	150.28	4,830	Jan. 15, 1986
	151.31	5,390	Jan. 21, 1986
	151.84	6,070	Feb. 5, 1986
	152.76	7,630	Feb. 13, 1986
	154.02	8,240	Mar. 10, 1986

c. Tijamuchi River ; T

$$Q = 3.2 (H - 141.5)^2 ; r = 0.982$$

Water Stage		Discharge Q (m <sup>3</sup> /s)	Date
H	EL (m)		
	144.41	33	Dec. 12, 1985
	145.52	55	Nov. 25, 1985
	146.67	92	Jan. 6, 1986
	146.94	99	Jan. 13, 1986
	147.68	109	Jan. 22, 1986
	150.16	184	Feb. 4, 1986
	152.49	373	Mar. 3, 1986
	152.73	478	Mar. 11, 1986

d. Flood Area I (Trinidad - Ibare) ; F(I)

$$Q = 11 (H - 151.0)^2 ; r = 0.996$$

Water Stage		Discharge Q (m <sup>3</sup> /s)	Date
H	EL (m)		
	151.63	4	Feb. 12, 1986
	153.78	74	Mar. 8, 1986
	153.82	90	Mar. 13, 1986

### 3.2.2.1 評価曲線

3河川及び5洪水域の流量観測の結果(表3.2-3)より最小自乗法を用いて、図3.2-3に示すように求められた。これらの相関係数は0.982~0.999と比較的高い値を示している。

表 3.2-3 (2) 流量解析結果一覧表

e. Flood Area II (Ibare - Mamore) ; F(II)  
 $Q = 20 (H - 152.8)^2$  ;  $r = 0.999$

Water Stage		Discharge Q (m <sup>3</sup> /s)	Date
H	EL (m)		
152.76		0	Feb. 13, 1986
153.93		45	Mar. 5, 1986
153.97		50	Mar. 13, 1986

f. Flood Area III (Mamore - Sta. No. B-4) ; F(III)  
 In case of  $H < 152.0m$ ,  $Q = 0$   
 In case of  $H > 152.0m$ ,  $Q = 3.0 (H - 133.7)^2$  ;  $r = 0.999$

Water Stage		Discharge Q (m <sup>3</sup> /s)	Date
H	EL (m)		
133.70		0	
153.98		1,210	Mar. 7, 1986
154.00		1,290	Mar. 11, 1986

g. Flood Area IV (Sta. No. B-4 - Tijamuchi) ; F(IV)  
 $Q = 26 (H - 150.2)^2$  ;  $r = 0.999$

Water Stage		Discharge Q (m <sup>3</sup> /s)	Date
H	EL (m)		
150.16		0	Feb. 4, 1986
152.68		160	Mar. 7, 1986
152.73		175	Mar. 11, 1986

h. Flood Area V (Tijamuchi - Fatima) ; F(V)  
 $Q = 35 (H - 149.6)^2$  ;  $r = 0.999$

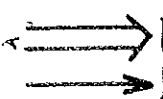
Water Stage		Discharge Q (m <sup>3</sup> /s)	Date
H	EL (m)		
150.16		10	Feb. 4, 1986
152.65		310	Mar. 6, 1986
152.72		345	Mar. 12, 1986

Note: (1) Hs of I and F(I) mean the water stage at Pto. Almacen.

(2) Hs of M, F(II) and F(III) mean the water stage at Pto. Varador.

(3) Hs of T, F(IV) and F(V) mean the water stage at Pto. Tijamuchi.

Legenda



Volumen de agua cruzando el camino existente ( $m^3/s$ )



Velocidad de corriente de agua en el canal (m/s)



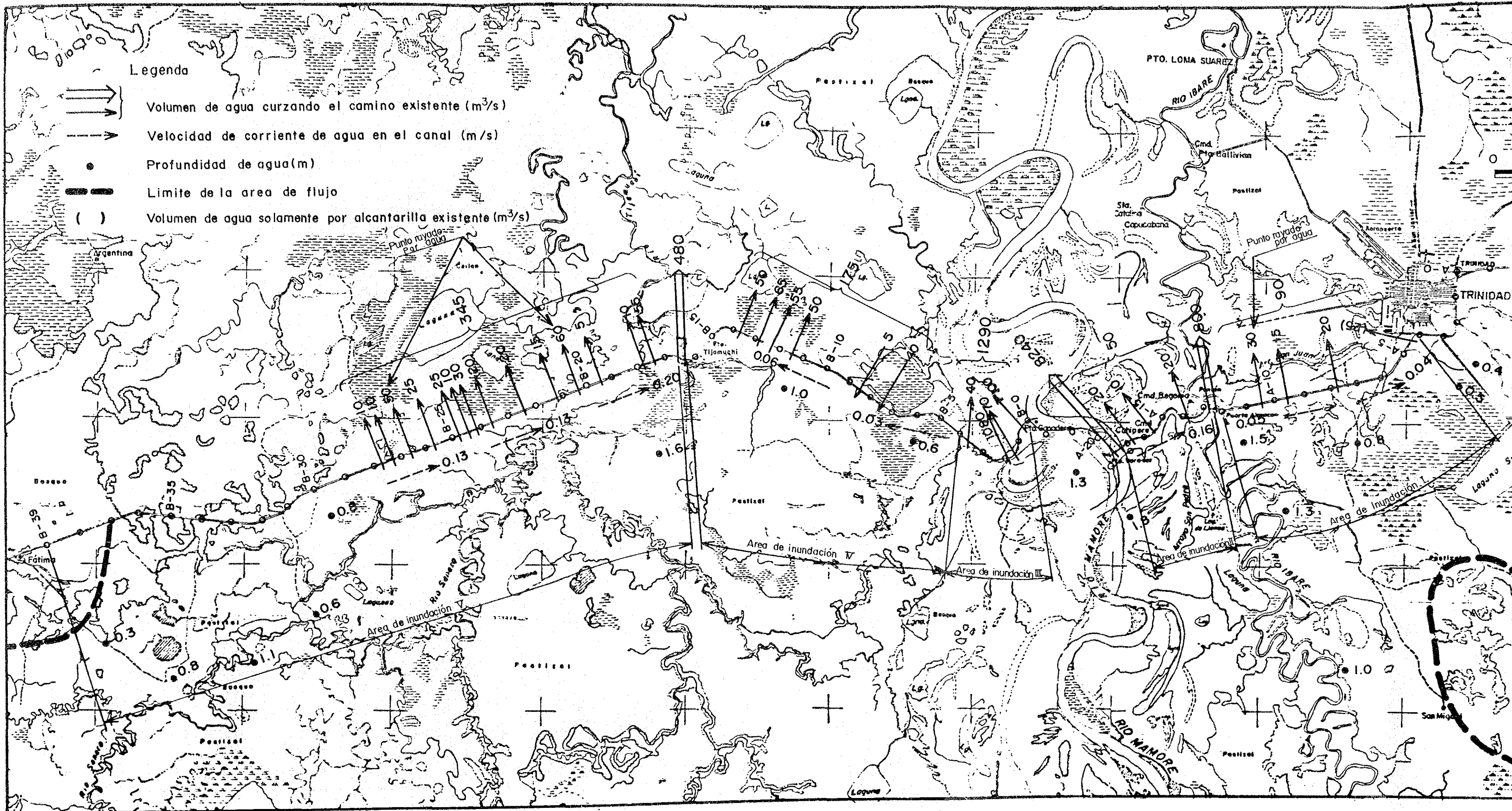
Profundidad de agua (m)



Limite de la area de flujo



Volumen de agua solamente por alcantarilla existente ( $m^3/s$ )





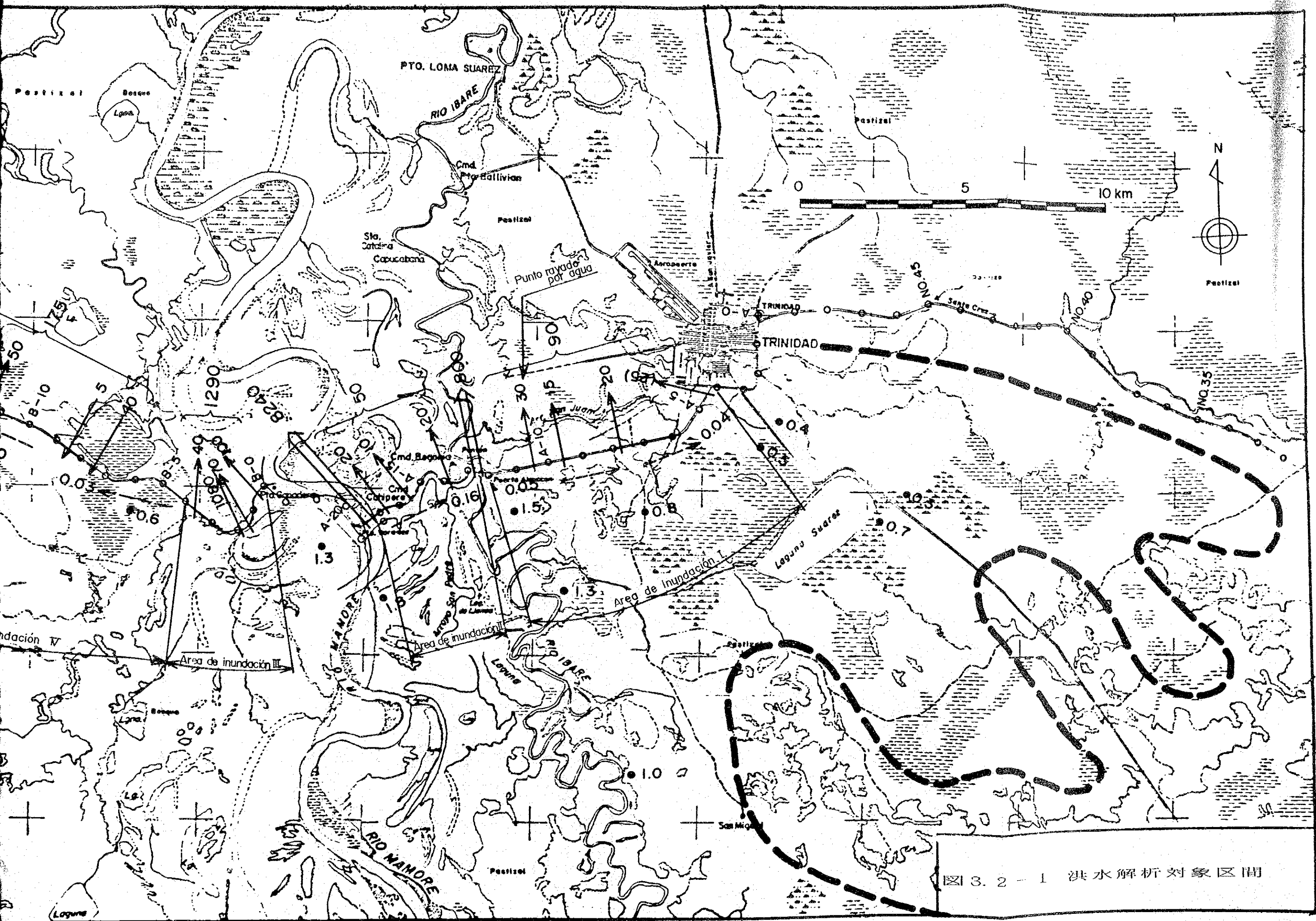


图 3.2-1 洪水解析对象区間

EL (m)

170

160

150

140

130

Legenda

- Cota de camino existente
- - - Cota de terreno natural
- ▽ Nivel maxima de agua observada en los dias de 10 a 13 de Marzo, 1986  
( $\Delta H$  = Diferencia de nivel de agua entre lado de arriba y abajo de el camino)
- ⇒ Valumen agua eruzando el camino existente ( $m^3/s$ )
- ▽ Nivel maxima de agua supenido
- ( ) Volumen de agua solamente por akantarilla existente ( $m^3/s$ )

Fátima

Camino nacional No. 3 (a San Borja)

Area de inundación V

Area de inundación IV

Area de inundación III

Area de inundación II

Area de inundación I

Tijamuchi River (Pto. Tijamuchi)  
Marcacion de nivel maxima de agua 153.6

Mamore River (Pto. Ganadero)  
Marcacion de nivel maxima de agua 153.8

Mamore River (Pto. Varador)  
Marcacion de nivel maxima de agua 154.5

Ibare River (Pto. Almacen)  
Marcacion de nivel maxima de agua 154.7

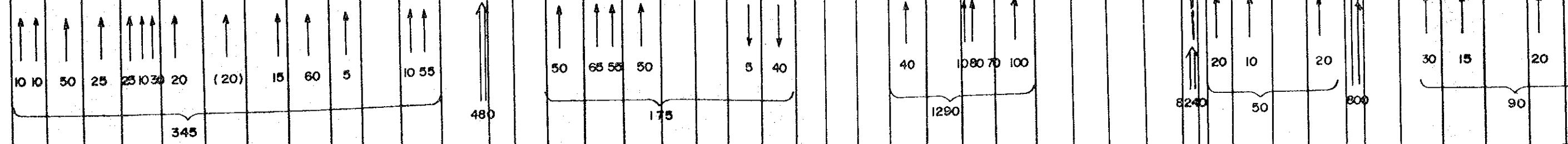
Marcacion de nivel maxima de agua  
154.3  
153.66  
 $\Delta H = 0.45$   
 $\emptyset 1.6m \times 4$   
 $\emptyset 2.4m \times 2$

153.26  
 $\Delta H = 0.24$   
 $\emptyset 1.7m \times 4$   
 $\emptyset 2.0m \times 6$   
152.85  
 $\Delta H = 0.30$   
 $\emptyset 1.5m \times 1$   
 $\emptyset 2.0m \times 8$

152.73  
152.78  
 $\Delta H = 0.13$   
 $\emptyset 0.9m \times 2$   
 $\emptyset 1.6m \times 2$   
152.85  
 $\Delta H = 0.07$   
 $\emptyset 1.9m \times 2$   
152.91  
 $\Delta H = -0.26$   
 $\emptyset 0.9m \times 2$   
153.04  
 $\Delta H = -0.40$   
153.51

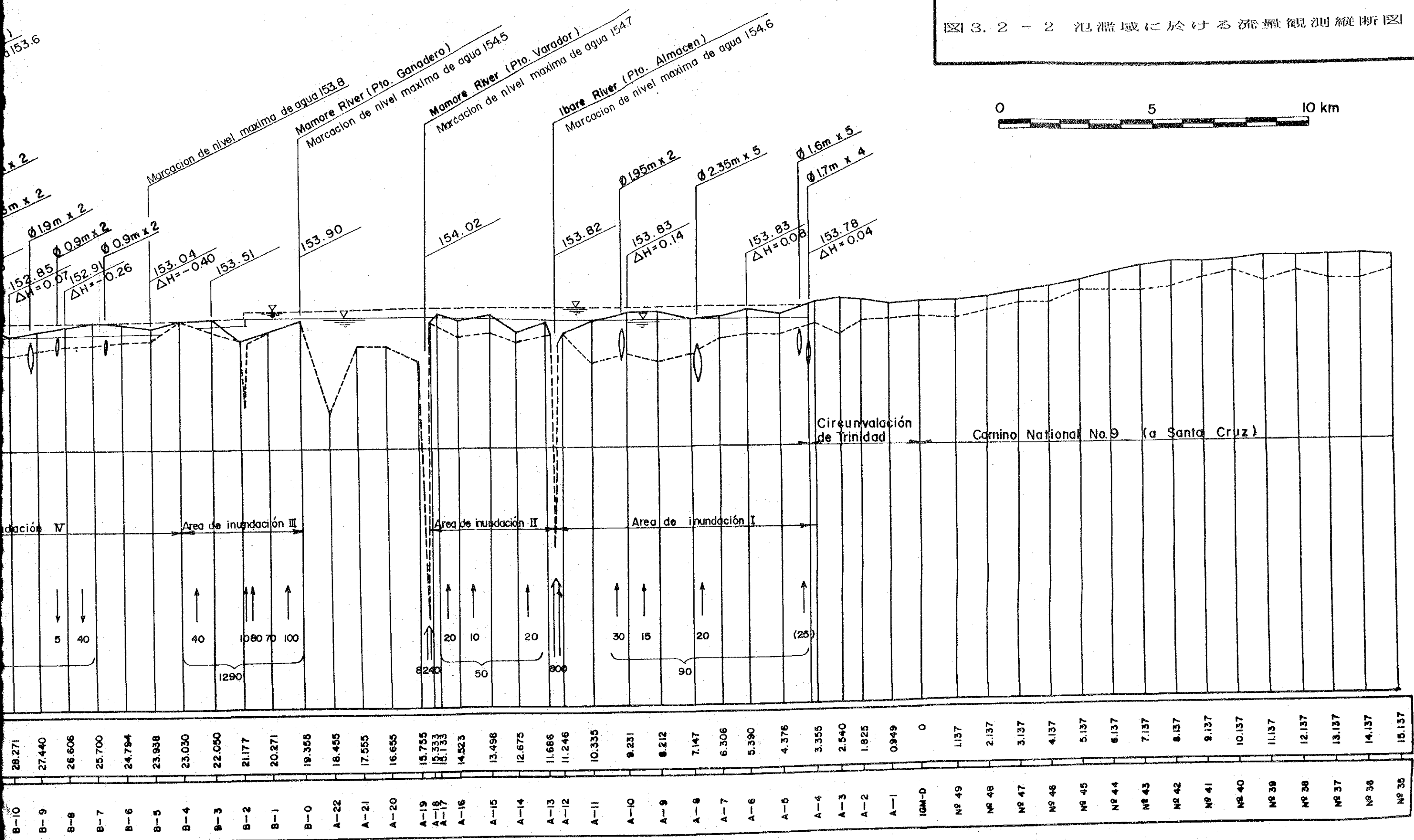
153.90

154.02  
153.82  
153.83  
 $\Delta H = 0.14$



Estacion No	Distancia (Km)
B-39	56.225
B-38	55.252
B-37	54.421
B-36	53.326
B-35	52.391
B-34	51.471
B-33	50.491
B-32	49.498
B-31	48.456
B-30	47.409
B-29	46.365
B-28	45.312
B-27	44.483
B-26	43.540
B-25	42.516
B-24	41.626
B-23	40.592
B-22	39.558
B-21	38.501
B-20	37.454
B-19	36.571
B-18	35.645
B-17	34.663
B-16	33.636
B-15	32.730
B-14	31.918
B-13	30.995
B-12	30.051
B-11	29.128
B-10	28.271
B-9	27.440
B-8	26.606
B-7	25.700
B-6	24.794
B-5	23.938
B-4	23.050
B-3	22.050
B-2	21.177
B-1	20.271
B-0	19.356
A-22	18.455
A-21	17.555
A-20	16.655
A-19	15.755
A-18	15.333
A-17	15.133
A-16	14.523
A-15	13.498
A-14	12.675
A-13	11.686
A-12	11.246
A-11	10.335
A-10	9.231
A-9	8.212
A-8	7.147
A-7	6.306

図 3.2 - 2 氾濫域に於ける流量観測縦断面図





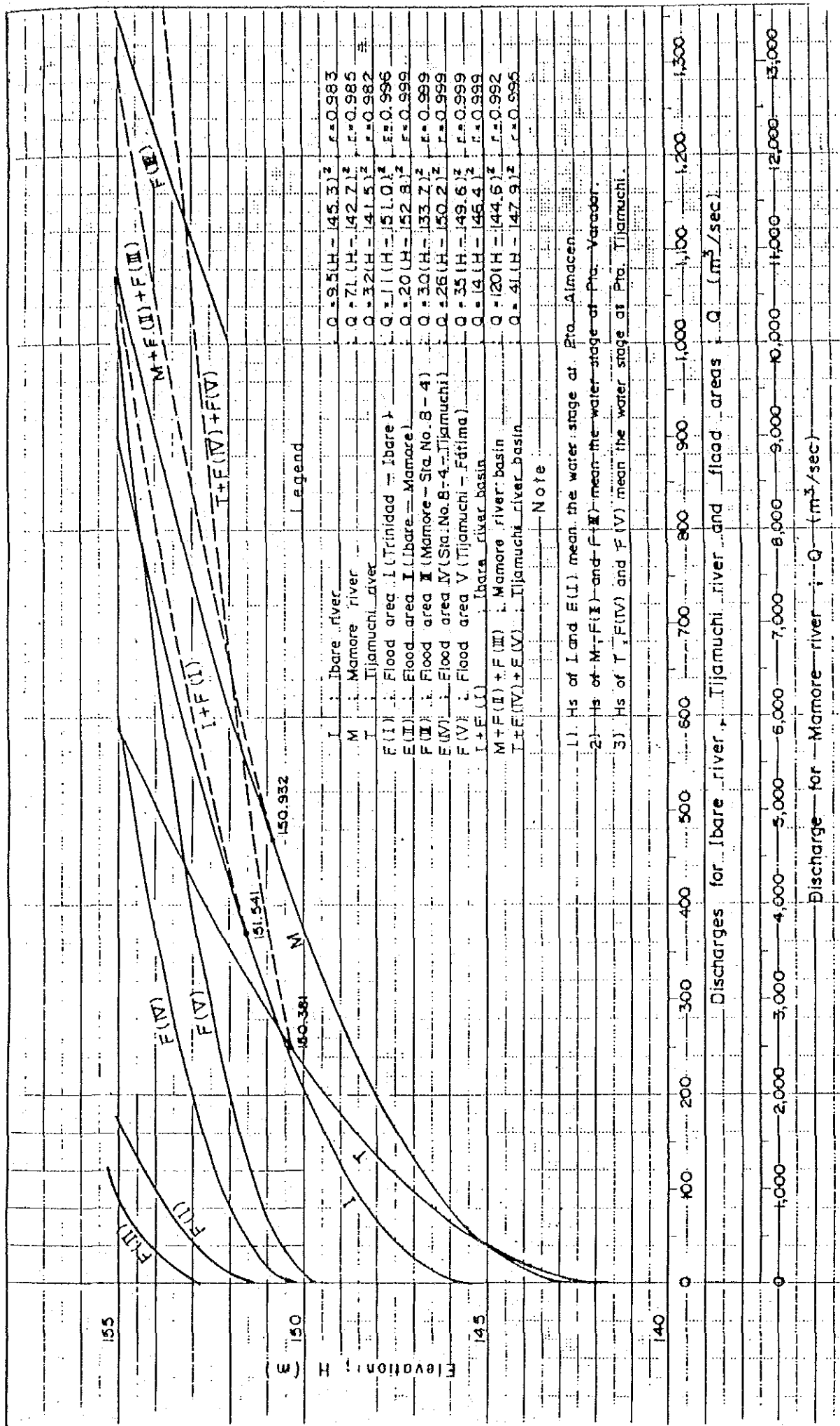


圖 3.2-3 水位・流量曲線圖

### 3.2.2.2 河川流況

#### (1) 水位及び流量

3河川に於ける 1985年11月より 1986年 5月までの雨季の水位変動は図 3.2-4 に示す。

イバレ、マモレ、ティハムチ川の 1986年 4月 9日に観測された最高水位は各々 154.08 m、154.25 m、152.83mで最近 8年間で最低であり、水位上昇の遅れという特徴があった。

イバレ、マモレ、ティハムチ川水位は各々 153.0m、153.5m及び 152.0mで堤防いっぱいとなり、その流量を計算すると、各々 560 $\text{m}^3/\text{s}$ 、8,300 $\text{m}^3/\text{s}$ 及び 350 $\text{m}^3/\text{s}$ であった。最大流量はイバレ、マモレ及びティハムチ川で各々 799 $\text{m}^3/\text{s}$ 、8,240 $\text{m}^3/\text{s}$ 及び 478 $\text{m}^3/\text{s}$ と観測された。

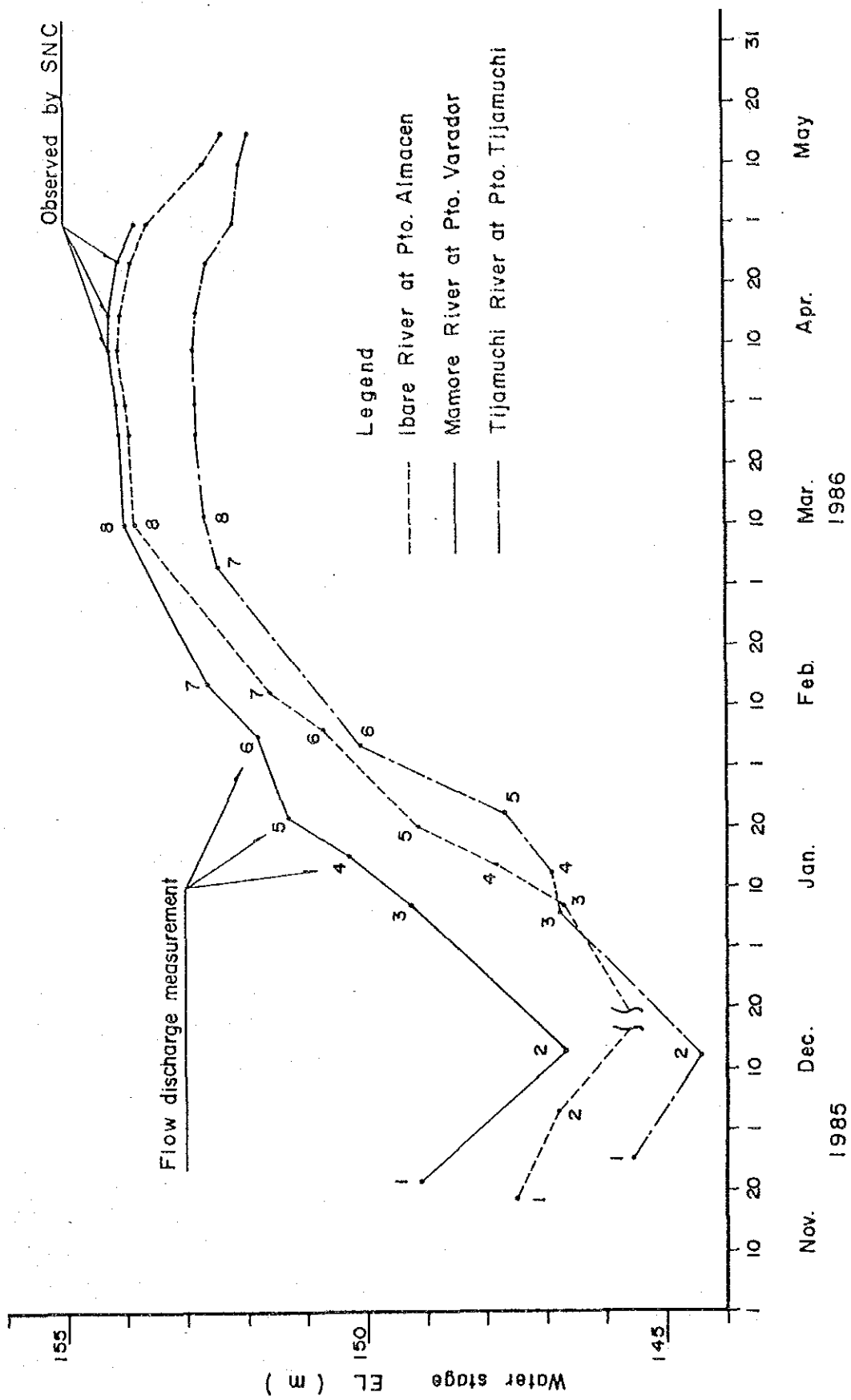


図 3.2-4 雨季の水位 (1985~1986)

(2) 流速及び粗度係数

流速は以下の様に観測された。

河川名	最大流速 (m/s)	平均流速 (m/s)
イバレ川	0.3 ~ 0.8	0.2 ~ 0.5
マモレ川	0.9 ~ 2.0	0.8 ~ 1.5
ティハムチ川	0.4 ~ 0.8	0.3 ~ 0.5

粗度係数は Manning 公式を用いて以下のように算出した。

河川名	水位	粗度係数
イバレ	低	0.084
	高	0.051
マモレ	低	0.023
	高	
ティハムチ	低	0.077
	高	0.052

(3) 流木、浸食及び堆積

イバレ川及びティハムチ川では、流木、浸食及び堆積は見受けられなかった。マモレ川は高水位時期に多くの流木が観測された。また雨季後河岸凹部は浸食され、凸部はシルト砂や砂質シルトの堆積が見とめられた。堤防浸食は 40 m ~ 50m 測定された。

3.2.2.3 洪水状況及び洪水域

1986年 3月上旬、道路に沿って上流側で観測された。最高水位を次表にまとめる。マモレ川の水は両側に溢れ出ようとするが、イバレ川の洪水水位は事実上同じであった。また左岸側は自然堤防によってシャ断され、ティハムチ川に流入する水は道路沿いの水路を通じて入ってくる少量であった。ティハムチ洪水域の右岸側水位勾配は 1:34,600、左岸側水位勾配は 1:12,000 であり、水は両側からティハムチ川に流れ込んでいる。



Point	Water Stage EL (m)	Flow Direc- tion	Dis- tance (km)	Gradient	Flow Velocity/1 (m/s)
Trinidad	153.78	up	7.7	1/190,000	approx. 0.05
Ibare	153.82	up	3.6	1/18,000	0.16
Mamore (Pto. Varador)	154.02	down	(river channel of Mamore)		
Mamore (Pto. Ganadero)	153.90	/2 down	3.6	flat	-
	(153.51)	/3			
Sta. No. B-4 (	(153.04)	down	10.6	1/34,000	approx. 0.05
Tijamuchi	152.73	up	11.6	1/12,000	approx. 0.15
Sta. No. B-28	153.66				

/1 Observed in canals upstream along the Project  
- Road.

/2 Caused by the two channels connecting the  
- downstream crescent lake to the upstream one  
at the vicinity of Sta. No. B-4 (refer to  
Flood Area III in 3.2.2.4).

/3 Discontinued by a high land in Mamore's left  
- natural dike.

(2) パンパに於ける流速及び水深

河川水路の近く以外では、パンパ内での流速は非常に小さく、観測不可能であった。水深はピーク時でも 0.5m から 1.5m 程度である。

3.2.2.4 道路の越流状況

次に示す観測結果は高水位を示した時の 8つの流量データに基づき、各地域ごとにまとめたものである。

(1) 洪水域Ⅰ (トリニダーイバレ)

この地区には 3ヶ所の越流を起している場所があり、流出量は既設のパイプを流れている流量を含めて、90 m<sup>3</sup>/s になっている。この区間での越流をおこしてNる場所の幅、水深、流速等についてはそれぞれ、30～200m、0.1～0.3m として、0.5～0.8m/s となっている。

(2) 洪水域Ⅱ (イバレ-マモレ)

この地区では 3ヶ所の越流場所があり、流出量は 50 m<sup>3</sup>/s となっている。越流場所での幅、水深、流速はそれぞれ 300～750m、0.3～0.7 m 及び 0.1m/s である。越流状態はⅠの区間に比べて比較のおだやかであり、道路沿線の上下流に於ける水位差もかなり小さくなっている。

(3) 洪水域Ⅲ (マモレ-No.12+600)

この地区には 4つの越流場所があり、マモレ川、プエルトガナデーロと No.11区間の 1.8km にわたって越流を起している。

越流量は 1,290m<sup>3</sup>/s となっている。流出量のほとんどは上流の三日月湖から道路で分断した下流側の湖に 2つの水路で流れ込んでいる。

(4) 洪水域Ⅳ (No.12+600-ファティマ)

No.12+600 地点からティハムチ川までとティハムチ川からファティマまでの区間に於いて 6ヶ所と 14ヶ所の越流区域がみられ、それぞれの流出量は 175m<sup>3</sup>/s と 345m<sup>3</sup>/s となっている。この地区での越流状態はⅠのケースによく似てはいるが、Ⅰのケースの方が幾分危険な状態にあると言える。

マモレ川の左岸側の自然堤防近くの道路上流側で逆越流をおこしているのがみられた。これは、マモレ川から道路に沿って設置されている水路を通して水がこの地区に流れ込んだためである。

また、No.27+600 及び No.33+600 の二つの越流区域では越流による洗掘がおきている。

### 3.3 採石場のボーリング調査

計画地域付近では、使用可能な建設用石材を見つけることは難しく、トリニダ東部の採石場は、豊富かつ良質な石材があるが、輸送距離が、170km（トリニダ～セロ・テコ）及び200km（トリニダ～セロ・グランデ）と大変遠い。サンボルハ側に近い採石場は、量に限りがあり、品質もトリニダ側の石材に比べ良くない。しかし、舗装に使用する石材は、できるだけ計画地域に近いサンボルハ側で得るべきであり、適当な石材を調査するために図3.3-1（石山No. 1～No. 3）に示す3ヶ所についてボーリング調査を実施した。

石材の調査結果及び試験結果を表3.3-1に示す。

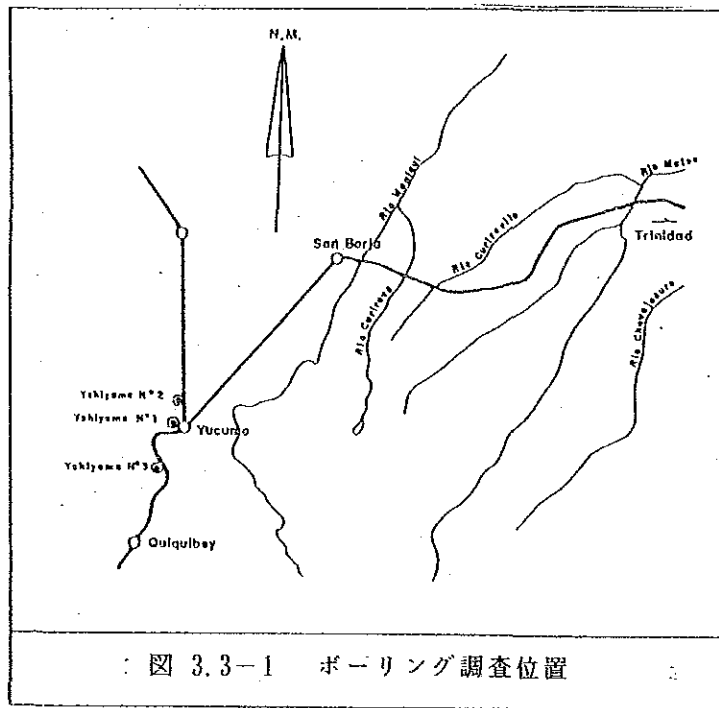


表 3.3-1 コア・テストの結果

Place	Specific Gravity	Absorption	Los Angeles Abrasion	Estimated Amount of deposit
Yshiyama N° 1	2.485	3.1%	97%	1.300.000 up m3
Yshiyama N° 2	2.424	10.5	69	-
Yshiyama N° 3	2.476	4.5	47	300.000 up

石山No. 1は、砂岩であるが大変もろく、石山No. 2は、砂岩と泥岩の互層から成り、泥岩は水に浸すと溶ける。石山No. 3は、赤茶けた砂岩及び固結度の低い乳白色の砂岩から成っている。

ボーリング調査及び試験結果より石山No. 3だけが舗装の材料として使用可能であると判断した。

### 3.4 土の調査と試験

#### 3.4.1 土の性格

計画道路沿いの土の条件を知り、盛土及び路床材としての特性を決めるために土の採取及び土質試験を実施した。

土の採取は、計画道路に沿って 10 km 毎に行い、既設道路の中心から 10 ~ 20m 離れた位置に於いて、0.5 ~ 1.5m の深さより採取した。

試験方法は "AASHTO Specifications" に基づいて行った。試験結果は、表 3.4-1 に示す。

表 3.4-1 調整地域における土砂の試験結果

Distance from Trinidad	AASHTO	Gs	Passing 200 (%)	Limits LL	PL	Compaction Y max.	T99	CBR T193
km	Class. **							
2 + 300	A-7-6 (17)		97.7	53.8	24.5			
* 6 + 0	A-7-6 (15)	2.774	98.5	48.8	27.7	1.663	20.0	2.4
* Mmore(RiverSand)	A-3 (0)	2.630	3.7	-	NP	1.582	12.8	9.6
10 + 800	A-7-5 (20)		99.0	66.5	33.9			
22 + 400	A-7-6 (15)		99.8	51.4	23.4			
34 + 100	A-7-6 (14)		97.2	49.9	20.5			
42 + 800	A-7-5 (14)		98.8	48.2	20.2			
52 + 800	A-6 (10)		82.8	39.9	13.9			
63 + 400	A-4 (4)		56.7	23.7	2.7			
72 + 900	A-4 (5)		59.1	19.2	NP			
82 + 800	A-4 (7)		69.5	23.9	3.5			
90 + 800	A-4 (8)		97.2	26.3	6.5			
101 + 800	A-6 (10)		97.3	36.2	15.0			
118 + 800	A-4 (8)		96.7	33.6	10.3			
143 + 0	A-4 (8)	2.680	96.0	33.1	10.4			
153 + 0	A-6 (10)	2.703	99.0	39.4	13.7			
163 + 0	A-4 (8)	2.680	98.0	32.3	8.1			
174 + 0	A-6 (11)	3.731	98.0	38.8	16.3			
* 176 + 0	A-6 (10)	2.734	87.2	39.7	24.6	1.730	16.1	5.6
183 + 0	A-4 (8)	2.680	97.0	30.2	8.3			
193 + 0	A-4 (8)	2.680	88.0	32.5	10.4			
205 + 0	A-6 (9)	2.691	88.0	33.9	11.1			
216 + 0	A-4 (6)	2.648	65.0	19.8	NP			
* 222 + 0	A-4 (1)	2.672	42.2	13.1	NP	1.700	10.9	15.4
223 + 0	A-4 (5)	2.648	62.0	19.3	NP			
* 230 + 0	A-6 (12)	2.732	95.1	38.9	19.1	1.740	15.6	2.2
* Yucumo (278) (Rivesand)	A-3 (0)	2.666	13.3	-	NP	1.640	8.4	7.2

\* : six typical samples

\*\* : group Index in ( )

\*\*\* : CBR values indicated are those corresponding to T-99(100%) dens

Note: Distance is along the existing road.

### 3.4.2 砂利及び岩石

砂利や岩石の一般特性及び上・下路盤や表層材としての適否を決定する目的で材料試験を行った。

試料は、下記に示す 4ヶ所より採取した。

1. セロ・チコ ……採石後の石材
2. カリボ川 ……川床の石材
3. 石山No 1 ……山の頂上付近の岩石
4. オロモモ ……地表の礫

試験方法は、“AASHTO Specifications” にもとづいて行われ、その結果を表 3.4-2 に示す。

表 3.4-2 砂利及び岩の試験結果

Source	Specific Gravity	Absorption	Abrasion	CBR
Cerro Chico	2,790	.	47	82
Caripo River	2,721	3.5	64	63
Ysiyama No 1 *	-	3.9	74	-
Oromomo **				
(Quartzitic)	-	1.2	30	-
(Sandy)	-	3.4	87	-
(Core test)				
Ysiyama No 1	2,485	3.1	97	-
Ysiyama No 2	2,424	10.5	69	-
Ysiyama No 3	2,476	4.5	47	-

\* Boulder from surface

\*\* Cobbles were divided into two quite different kinds.  
CBR Test could not carried out due to lack of sample.

### 3.4.3 土の安定処理

#### (1) 目的

石材の採取場は、計画道路から大変遠く、その運搬コストは、極端に高くなる。この石材を少なくするため、調査地域の材料（土）を安定させることによって強い上・下層路盤ができるかどうかの調査を行った。

材料試験は、これを決定するために行った。

#### (2) 安定処理添加材

安定処理材としては、ボリビアで容易に入手できる、セメント、消石灰及びカットバックアスファルトを使用した。カットバックアスファルトは、ブラジルから輸入したストレートアスファルトとボリビア産の工業ナフサを混合して用いた。

#### (3) 土の試料

試料は、表 3.4-1 に示される 6つの標準試料からマモレ川の砂を除く代表的な 5タイプを選び試験を行った。

#### (4) 試験方法

セメント安定処理は、5タイプの資料について実施し、試料に 4%のセメントを添加して最適含水比を求めるために突き固め試験を行った。

一軸圧縮試験は、日本のアスファルト舗装要綱にもとづいて、4%～20%の異なるセメントを添加して実施した。

石灰安定処理は、計画道路の 230km地点の試料について実施し、突き固め試験は、セメント安定処理と同じく、4%の消石灰を添加して行った。一軸圧縮試験は、日本のアスファルト舗装要綱にもとづき 6%、8%及び 10%の消石灰を添加して実施した。

アスファルト安定処理は、計画道路の 230km地点の試料について実施した。この試験は、日本アスファルト舗装要綱及び簡易舗装要綱にある、マーシャル安定試験にもとづいて実施した。

#### (5) 試験結果

突き固めの試験結果及び一軸圧縮試験結果を各々、表 3.4-3、表 3.4-4 に示す。マーシャル安定試験は、8%、10%及び12%の割合でカットバックアスファルトを添加した供試体を準備したが、60℃の水に供試体を浸し、養生している間に崩れてしまい、結果を得ることができなかった。

表 3.4-3 突き固め試験結果

Sample	$\gamma_d$ W	Cement treated (4%)		Lime treated (4%)	
		$\gamma_d$ max	Wopt	$\gamma_d$ max	Wopt
222 km		1.718	14.2	-	-
176 km		1.730	16.4	-	-
6 km		1.640	18.0	-	-
230 km		1.740	15.4	1.710	18.0
Mamore *		1.620	12.0	-	-

\*At a 6% cement annexing rate

表 3.4-4 一軸圧縮試験結果 (kq/cm<sup>2</sup>)

Percentage	Sample				
	km 222	km 176	km 6	km 230	Mamore
Cement treated					
4%	4.99	8.76	6.41	4.73	1.26
6%	7.09	11.06	8.13	10.59	3.27
8%	12.74	14.46	13.04	14.49	6.02
10%	15.30	16.72	16.72	21.61	7.17
20%	-	-	-	35.53	33.45
Lime treated					
4%	-	-	-	4.32	-
6%	-	-	-	5.83	-
8%	-	-	-	6.22	-
10%	-	-	-	5.79	-



## 第4章 基礎調査



## 第 4 章 基礎調査

### 4.1 交通需要予測

#### 4.1.1 交通需要予測の方法

交通需要予測の方法は、図 4.1-1 に示すとおり、現在交通量と他交通手段からの転換交通量を基本とし、それ等を各種の社会・経済指標の伸び率を用い、将来の交通需要を推計した。

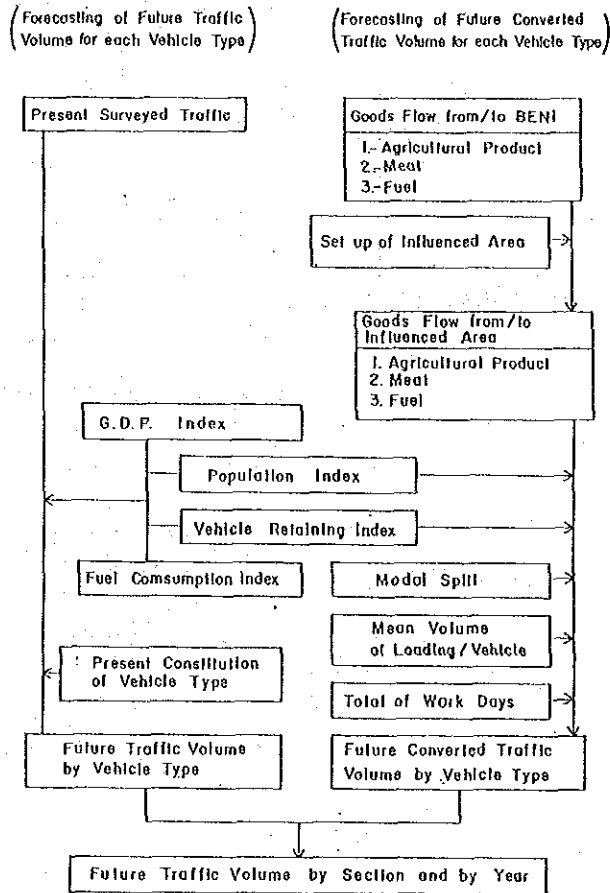


図 4.1-1 交通量推計フロー

将来交通量は、下記の 4 区間に分け推計した。

- 1) トリニダ～パラドール間
- 2) パラドール～ガナデーロ間（フェリー区間）
- 3) ガナデーロ～サンイグナシオ間
- 4) サンイグナシオ～サンボルハ間

又、推計の基礎年次は1984年とし、開業初年次を1992年とし、以降 5年おきに2011年までの交通量を推計した。

#### 4.1.2 現在交通量にもとづく将来交通量の推計

検討対象区間の1984年における車種別実測交通量は、表 4.1-1 に示すとおりである。

表 4.1-1 実測交通量 (1984年)

単位：台/日

SECTION	TOTAL	Vehicle Size			
		Large	Middle	Small	Other
Trinidad-Pto. Varador	372	113	12	141	106
Pto. Ganadero-San Ignacio	52	7	5	23	17
San Ignacio-San Borja	53	7	7	20	19

SOURCE: SERVICIO NACIONAL DE CAMINOS

これ等の区間別交通量を、ベニの粗生産、沿道主要都市人口、自動車保有台数、及び燃料消費量の各伸び率の平均値 6.95 %/年を用い、将来交通量を推計した。

ベニの粗生産の伸びは表 2.2-6 に示すとおりであり、その他の指標は表 4.1-2 ~ 表 4.1-4 に示すとおりである。

その推計結果は表 4.1-14 に示すとおりである。

表 4.1-2 人口とその増加率

CITY	Population, 1983	Annual Growth Rate (1976 - 1983)	INDEX
			1983/1976
Trinidad	36,524	3.53 %	1.247
San Borja	7,299	6.00	1.420
San Ignacio	3,814	2.50	1.210
Average	(47,637)	3.83	1.268

表 4.1-3 自動車保有台数とその増加率 (ベニ州)

Volume (1983)	Annual Growth Rate (1980-1983)	Index	
		1983/1980	1983/ 1976
6,778 veh.	10.07 %	1,302	4.260

表 4.1-4 ガソリン消費量とその増加率 (ベニ州)

CONSUMPTION (1983)	ANUAL GROWTH RATE (1980-1983)	INDEX	
		1983/1980	1983/1976
11,053.6m <sup>3</sup>	6.84 %	1.205	3.361

4.1.3 転換交通量の推計

4.1.3.1 ベニを中心とした物流 O.D.

現在航空機、又は舟により輸送されている物資、又将来トリニダ〜ラ・パス間の道路が完成する事により、ベニ州から出荷できる物資の各々の量及び流動方向を、農産物、肉、石油製品に分け推計した。

(1) 農産物

2.2.3.2 農産品の生産と消費から図 4.1-2 に示す需給バランスと物流方向が想定される。

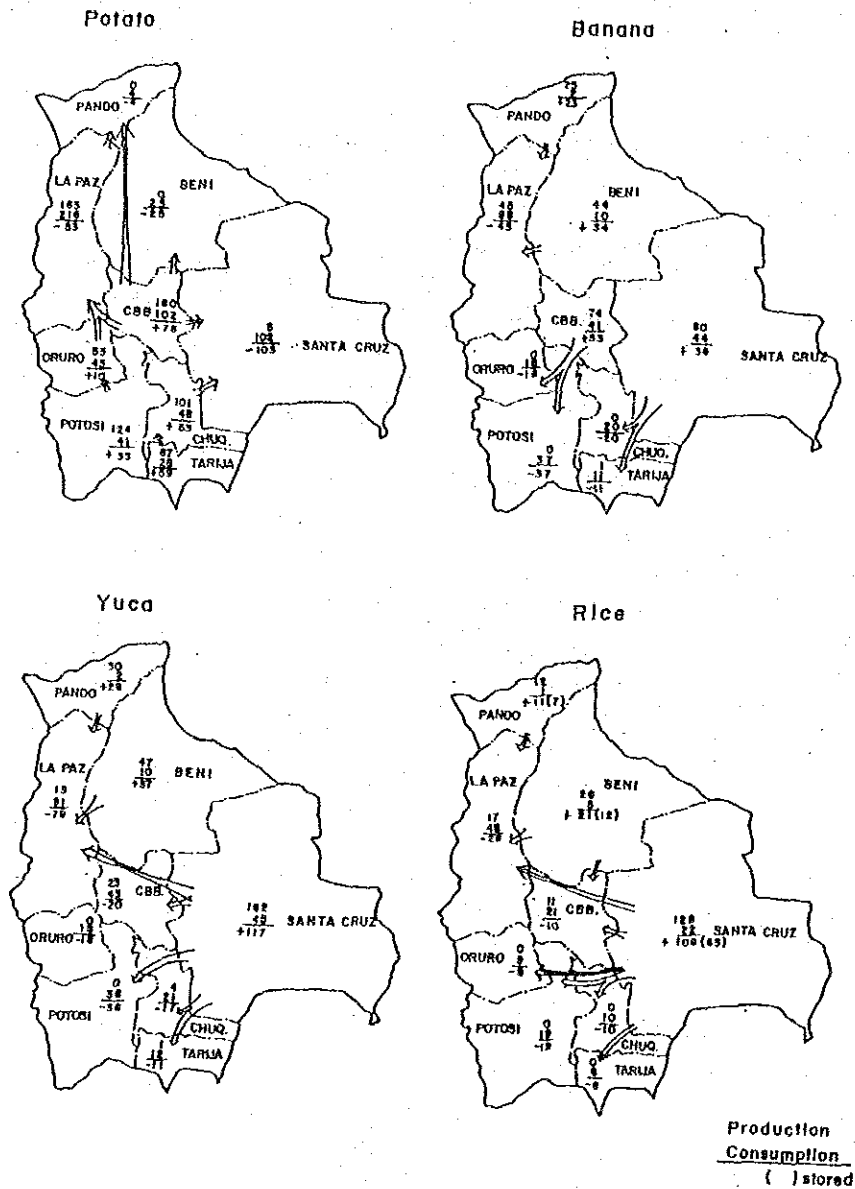


図 4.1-2 主要農産物の流れと需給バランス

(2) 牛肉

1) ラパス消費分

ラパスの牛肉の消費量は、肉委員会により推計されている。  
その値を表 4.1-5 に示す。

表 4.1-5 ラパス市における牛肉消費量推移

単位：ton/year

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Consumption	16,271	18,175	19,715	19,538	19,763	20,546	21,330	22,113	22,897	23,680
Index	1,000	1.117	1.212	1.201	1.215	1.263	1.311	1.359	1.407	1.455
	0.711	0.793	0.861	0.853	0.863	0.897	0.932	0.966	1.000	1.034

SOURCE: H. I. C. T. COMMITTEE OF MEAT.

上記ラパスの消費のうちベニの割合は、ベニが1976年～1980年の間安定した出荷を行っていた時の値 65.2 %を用いた。

2) COMIBOL 消費分

COMIBOL の従業員数は将来20,000人とし、34kg/月/人の牛肉が従業員に支給されるものと想定した。

(3) 石油製品

2.3.2.1 (2)燃料の消費に示す量がベニへ移入されるものと想定した。

(4) まとめ

上記(1)～(3)の考え方にに基づき、推計基準年次1984年のベニを中心とした物資流動 O. D. を推計した結果を表 4.1-6 に示す。

表 4.1-6 ベニ州における物資の流動

単位：ton/year

Origin \ Destination	Beni	La Paz	Cochabamba
	Beni		* 1) 104,049
La Paz	* 2) 17,351		
Cochabamba	* 3) 40,690		

\* 1)

Meat	21,049
Banana	34,000
Yuca	37,000
Rice	12,000
<b>TOTAL</b>	<b>104,049</b>

\* 2) ( Air transport)

Wheat 17,351

\* 3) ( Water Transport)

Potato	25,000
Oil	15,690
<b>TOTAL</b>	<b>40,690</b>

#### 4.1.3.2 プロジェクト道路影響圏からの物資流動

ベニから出荷される物資量のうちプロジェクト道路影響圏から出荷される量を、その影響圏の面積、人口、牛の飼育頭数の各々ベニに対する割合を用い推計した。

その推計の手順は図 4.1-3 に示すとおりである。

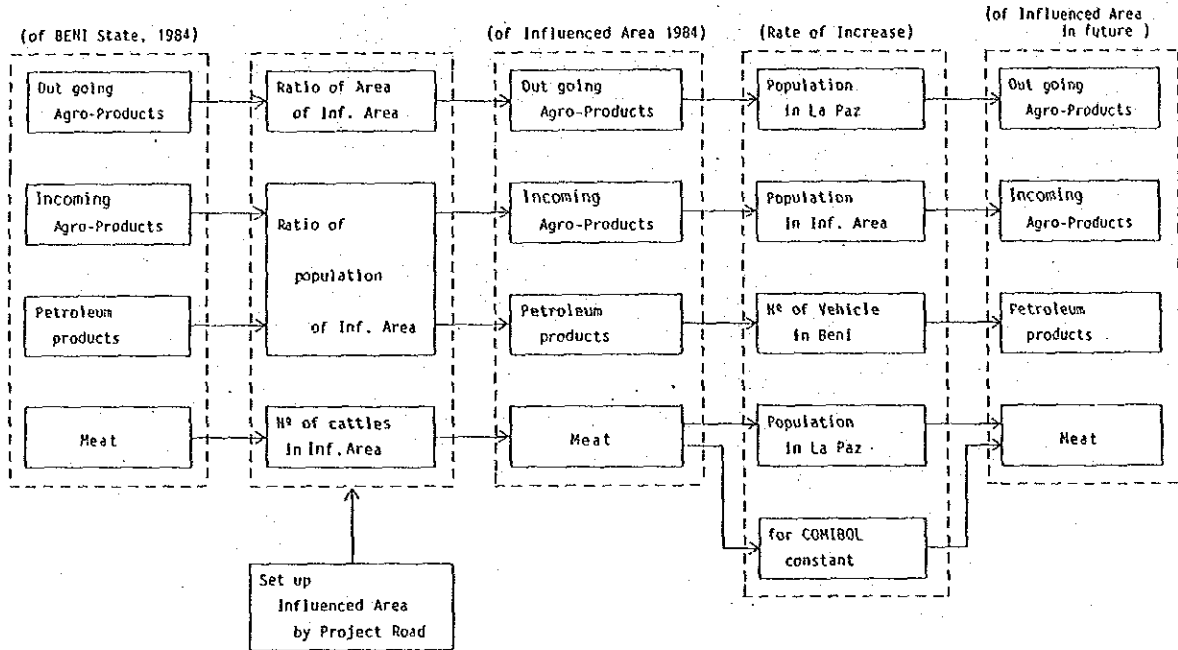


図 4.1-3 道路影響圏における物資流動の推計方法

プロジェクト道路の影響圏を図 4.1-4、表 4.1-7 のD 覧のように設定した。

プロジェクト道路の影響圏の面積、人口のベニに対する割合は図 4.1-7 B・G 覧、牛のそれは表 4.1-8 に示す通りである。これに基づき物資の流動を発着点別に推計し表 4.1-9 にまとめ又その方向を想定し図 4.1-5 に示す、プロジェクト道路上の物流量を推計した。



表 4.1-7 計画道路の影響圏

Province	B	A	INFLUENCED AREA		F	G
	Area <sub>2</sub> (km <sup>2</sup> )	B/A (%)	(%)	AxD (%)	Population (1984)	D x F (1984)
Cercado	12,276	5.8	100	5.8	58,627	58,627
Ballivian	40,444	18.9	30	5.7	34,309	10,293
Yacuma	34,386	16.1	20	3.2	21,643	4,328
Moxos	33,616	15.7	30	4.7	20,715	6,214
Mamore	18,706	8.8	50	4.4	12,875	6,438
Marban	15,120	7.1	30	2.1	15,960	4,788
Itenez	36,576	17.1	50	8.6	19,626	9,813
Vaca Diez	22,434	10.5	0	0	58,386	0
TOTAL (BENI)	213,564	100.0	---	34.5	242,143	100,501

100,501/242,143=41.5%

表 4.1-8 ベニ州における牛の頭数 (1984)

Province	Head	Proportion (%)
Cercado	464,227	16.8 %
Ballivian	534,455	19.3
Yacuma	498,235	18.0
Moxos	325,428	11.8
Mamore	303,862	11.0
Marban	291,973	10.6
Itenez	282,593	10.2
Vaca Diez	64,147	2.3
TOTAL	2,764,900	100.0

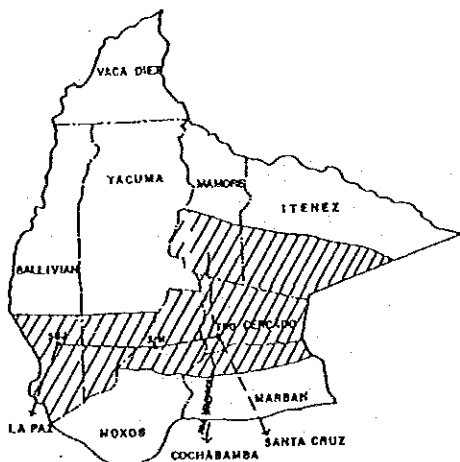


図 4.1-4 計画道路影響圏図

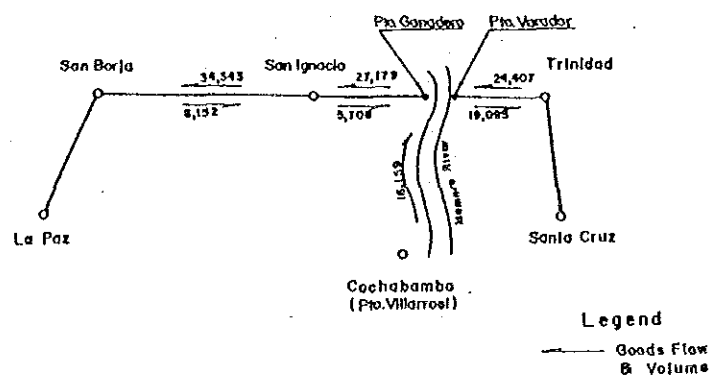


図 4.1-5 物資流れ図

単位: ton/year

表 4.1-9 計画道路沿いの物資流動

Unit: Ton/year

Articles	To La Paz			To Comibol			To La Paz			From La Paz			From Cochabamba					
	Heat			Heat			Product			Wheat			Potato			Petro Products		
Goods flow from/to Beni	14,929			8,160			81,000			17,151			25,000			15,690		
Key cities in influential Area	TQQ	SIU	SRJ	TQQ	SIU	SRJ	TQQ	SIU	SRJ	TQQ	SIU	SRJ	TQQ	SIU	SRJ	TQQ	SIU	SRJ
Divisional Ratio of Beni	0.3058	0.0714	—	0.3058	0.0714	—	0.209	0.079	—	0.329	0.0256	—	0.329	0.0256	0.0425	0.329	0.0256	0.0425
Goods Flow from/to Influential area	4,565	1,066	—	2,495	583	—	17,347	6,557	—	3,708	444	—	8,223	640	1,063	5,162	402	687

#### 4.1.3.3 物流の将来予測

##### (1) 移出農産物及び牛肉

移出農産物及び牛肉はラパスの人口の伸びに比例してその量が増加するものと考えた。ラパスの人口の伸びは表 4.1-11に示すとおりである。

##### (2) 移入農産物

移入農産物はプロジェクト道路影響圏の人口の伸 と共にその量は増加するのと考えた。ベニの将来人口及びそれから推計されるプロジェクト道路影響圏の人口の伸びは表 4.1-2 表 4.1-11に示すとおりである。

##### (3) 石油製品

石油製品の伸びは、ベニの自動車保有台数の伸びを用いた。

##### (4) COMIBOL への肉の移出

毎年 8,160t の一定量とした。

以上区間別に基準年次1984年、1992年以降5年毎に2011年まで推計した物流量は表 4.1-12に示すとおりである。

表 4.1-10 ベニ州の人口推移 (2000-2025)

単位：人

Province	Year 2000	Year 2010	Year 2025
Cercado	98,721.-	136,324.-	221,216.-
Vaca Díez	99,493.-	137,390.-	222,946.-
Ballivián	57,387.-	79,246.-	128,595.-
Yacuma	35,887.-	49,557.-	80,417.-
Moxos	34,424.-	47,537.-	77,139.-
Marbán	26,499.-	36,593.-	59,379.-
Mamoré	21,337.-	29,465.-	47,813.-
Iténez	32,677.-	45,123.-	73,222.-
TOTAL	406,625.-	561,235.-	910,727.-

SOURCE: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA.

表 4.1-11 人口推計と伸び率指標

	Population of La Paz		Population of Influenced Zone		Vehicle No in Beni	
	No	Index	No	Index	No	Index
1984	1,969,261	1.00	90,208	1.00	8,295	1.00
1992	2,413,959	1.23	120,695	1.34	17,903	2.16
1996	2,620,127	1.33	135,939	1.51	22,173	2.67
2001	2,902,772	1.47	156,941	1.74	27,511	3.32
2006	3,215,907	1.63	185,734	2.06	32,849	3.76
2011	3,542,408	1.80	217,435	2.41	38,187	4.60

表 4.1-12 計画道路の将来物資流動

Unit: ton/year

	Section Articles	Section			
		S.R.J.	S.I.H.	Pto.Gt	Pto.V
1984	Meat	← 8,709	← 7,060	← 7,060	← 7,060
	Agro-Products	← 23,904	← 17,347	← 17,347	← 17,347
	Wheat	→ 6,152	→ 5,708	→ 5,708	→ 5,708
	Potato	← 1,063	← 1,703	0	→ 8,225
	Petro-Products	← 667	← 1,069	0	→ 5,162
1992	Meat	10,004	8,110	8,110	8,110
	Agro-Products	29,402	21,337	21,337	21,337
	Wheat	8,244	7,648	7,648	7,648
	Potato	11,424	2,282	0	11,022
	Petro-Products	1,067	1,710	0	8,259
1996	Meat	10,567	8,566	8,566	8,566
	Agro-Products	31,793	23,072	23,072	23,072
	Wheat	9,290	8,619	8,619	8,619
	Potato	1,605	2,527	0	12,42
	Petro-Products	1,474	2,362	0	8,259
2001	Meat	11,356	9,206	9,206	9,206
	Agro-Products	35,159	25,500	25,500	25,500
	Wheat	10,704	9,932	9,932	9,932
	Potato	1,850	2,963	0	14,312
	Petro-Products	1,808	2,897	0	13,989
2006	Meat	12,257	9,936	9,936	9,936
	Agro-Products	38,961	28,276	28,276	28,276
	Wheat	12,673	11,758	11,758	11,758
	Potato	2,190	3,508	0	16,944
	Petro-Products	2,148	3,442	0	16,622
2011	Meat	13,214	10,712	10,712	10,712
	Agro-Products	43,027	31,225	31,225	31,225
	Wheat	14,826	13,756	13,756	13,756
	Potato	2,562	4,104	0	19,822
	Petro-Products	2,481	3,977	0	19,203

S.R.J.: SAN BORJA

S.I.H.: SAN IGNACIO

Pto. G: PUERTO GANADERO (West Bank of Hamore River)

Pto. V: PUERTO VARADOR (East Bank of Hamore River)

T.D.D.: TRINIDAD

← : DIRECTION OF GOODS FLOW.

#### 4.1.3.4 交通量への変換

物流量を交通量へ変換する式は下記のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{トラック交通量 (台/日)} &= \text{物資流動量 (ton/年)} \\ &\times \text{転換率 (\%)} \\ &\times 1/\text{トラック平均載荷量 (ton/台)} \\ &\times 1/\text{稼働日数 (365日)} \end{aligned}$$

##### (1) 転換率

ベニ～ラパス間の空輸から自動車輸送への転換は、ボリビアの分担率の事例 (図 4.1-6) から97%とした。

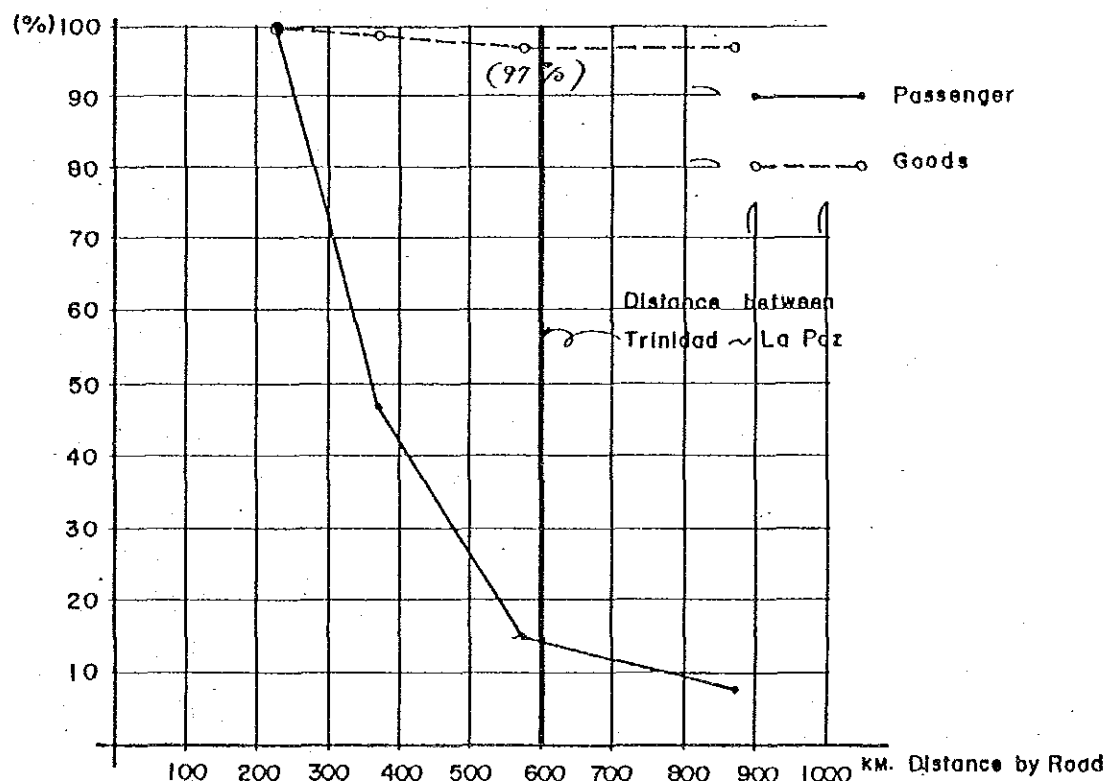


図 4.1-6 ラパス～ベニ間で陸上輸送を利用する割合

ベニ～コチャバンバ間の水運は、将来共変化せず、パラドール、ガナデーロで陸揚げされた物資の二次輸送手段は 100%トラック利用とした。

##### (2) トラック平均載荷量

農産物のトラック平均載荷量はボリビアの載荷量の事例 (表 4.1-13) から、ベニ発 2.59t/台、ベニ着 1.17t/台とした。

表 4.1-13 ポリビアのトラック載荷量

	No. of trucks	Weight of cargo	Av. Weight
From LPB	149,029	174,434 (ton)	1.17 ton/veh.
To LPB	133,883	346,341	2.59 ton/veh.
TOTAL	282,912	520,775	1.84 ton/veh.

SOURCE: POLICIA NACIONAL

牛肉の輸送は 10t積の冷凍車を用い、載荷率は 100%とした。

石油製品の輸送は 6t 積のタンクローリを用い平均載荷量を 4t /台とした。

(3) 稼働日数

稼働日数は 365日とした。

4.1.4 将来交通量

4.1.2 現在交通量にもとづく将来交通量の推計及び 4.1.3 転換交通量の推計から算出されたプロジェクト道路の区間別車種別の将来交通量は表 4.1-14に示すとおりである。

表 4.1-14 計画道路上の将来交通量推計

Unit: Vehicle/day

Section Type of Vehicle Year	San Borja - San Ignacio						San Ignacio - Pto. Ganadero						Pto. Ganadero - Pto. Yarador						Pto. Yarador - Trinidad									
	III					IV	III					IV	III					IV	III					IV				
	I	II	III1	III2	Total		I	II	III1	III2	Total		I	II	III1	III2	Total		I	II	III1	III2	Total					
1984	20	7	7	-	7	19	53	23	5	7	-	7	17	52	23	5	7	-	7	17	52	14	12	113	-	113	106	372
1992	34	12	12	56	68	33	147	39	9	12	47	59	29	136	35	9	12	42	54	29	131	242	21	194	60	254	182	699
1996	45	19	19	59	78	43	185	52	11	16	52	68	38	169	52	11	16	47	63	38	164	316	27	254	69	323	238	904
2001	63	24	24	70	94	60	241	72	16	22	59	81	53	222	72	16	22	53	75	53	216	443	38	355	79	434	333	1,248
2006	88	31	31	78	109	84	312	101	22	31	67	98	75	296	101	22	31	60	91	75	289	521	53	498	90	588	467	1,729
2011	123	43	43	88	131	117	414	142	31	43	76	119	85	397	142	31	43	68	111	105	389	670	74	697	103	800	654	2,398

I : Small Class

II : Medium Class

III1 : Large Class - Truck and Bus (Base on present traffic)

III2 : Large Class - Truck and Bus (Converted traffic)

IV : Others

## 4.2 路線選定と比較路線

### 4.2.1 路線選定

当調査道路の機能・性格は都市間交通や通過交通のような比較的長いトリップの交通を受ける主要幹線道路であるとともに沿道住民が利用する生活道路でもある。また、本計画道路の建設により、周辺地域の開発を促進させる開発道路の役割も担うものである。そのため計画道路は多くの機能・性格を持つ道路と言える。

トリニダ〜サンボルハ間には既に1968〜1978年に施工された道路が存在している。この道路は盛土高が低く、路面処理されていない泥道であり、また排水のための横断管も少ないため、雨季には道路が冠水したり、水がオーバーフローしたり、また路面が軟弱なため車が立ち往生してしまう区間も存在する。

調査対象道路の周辺の地形・地勢・土地利用現況等を見た時、そこにはおおきな特色を有する地域は無い。路線選定は調査対象道路がマクロ的にほぼ最短距離で2点間を結んでいるため既設道路のルート以外に、比較検討すべき代替路線を考える必要性はなかった。

但し既設道路の細部を見ると、目標とする道路基準に対し、平面線形の改良を要する数箇所を確認した。この区間については、改めて路線選定を行った。

### 4.2.2 森林 (Bosque) と草原 (Pampa) に道路を建設する場合の比較路線検討

対象道路の非冠水域は、森林と草原が複雑に入りくんだ地勢となっている。ほぼ水平に近い地域の中で周辺より 0.3~0.5 m 高い標高の所が森林をなしている。

従って路線選定を進めていく過程で、ミクロ的には、森林と草原どちらを通る方が有利か比較を行なった。

ファティマ〜サンイグナシオ区間についてケーススタディして比較検討した結果、経済的にはほとんど差が生じなかったが、下記に示す定性的理由から草原の中を通過するのが、良いとの結論を得た。

工事比較は下記の表に示す。

	下層路盤まで建設	完成まで建設
草原	7,128,000 \$ (178 \$/m)	14,823,000 \$ (371 \$/m)
森林	7,703,000 \$ (205 \$/m)	14,936,000 \$ (397 \$/m)

・定性的には

- 道路建設及び維持管理の上から、通風、日照、の良い草原は森林に比べ非常に有利になる。
- 森林内での道路敷内の二次森林の早い生育は維持の難しさを増す。
- 森林の場合伐開による自然の現況変更が大きい。
- 森林の中での狩猟生活者が、相当居る事から、これを重要視すべきである。

#### 4.3 水文及び水理解析

##### 4.3.1 降雨及び蒸発の解析

###### 4.3.1.1 基本データ

降雨データは、AASANA 及び SENAMHI により19の観測所に於て調査されたものであり、流出量解析用のシュミレーションモデルにインプットデータとして使用した。表 4.3-1、4.3-2 参照。

データの記録された期間は、1950年より1984年までの35年間にわたっているが、相当量のデータが不足している。

毎日の蒸発量に関するデータもトリニダ、サンタクルス、コチャパンバ、及びスクレの観測所で調査され、そのデータは上記のデータとともに流出量解析に用いられている。図 4.3-1、4.3-2 参照。

###### 4.3.1.2 不足データの補足

観測所で調べられたデータの中にもかなり不足しているものがあり、このデータの不足分を補う手段として相関係数を使用した解析法が用いられた。月ごとの降雨量によるデータから相関係数を求めた結果、きわめて直線的な相関係数が得られ、上記の不足しているデータを補うには、十分であることがわかった。

しかしながら、この有効な方法にもかかわらず、不足データを補うことができたのは1982年までであり、1983年から1984年については、データがないため事実上想定は不可能であった。



表 4.3-1 調査に使用された降雨データー場所とその諸数値

Name of Station	Administration Office	District	LOCATION			Recording Period* From 1950 to 1984 (years)
			Latitude	Longitude	Altitude (EL. m)	
Trinidad	AASANA	Beni	14°51'	64°57'	157	35
San Ignacio	AASANA	Beni	14°55'	65°36'	160	35
San Borja	AASANA	Beni	14°52'	66°52'	193	33
San Javier	AASANA	Santa Cruz	16°10'	62°19'	533	33
P. Villaroel	SENAMHI	Cochabamba	16°45'	64°45'	325	5
T. Santos	SENAMHI	Cochabamba	16°50'	65°02'	330	28
G. Saavedra	SENAMHI	Santa Cruz	17°14'	63°10'	320	23
Montero	SENAMHI	Santa Cruz	17°20'	63°23'	317	13
Santa Cruz	AASANA	Santa Cruz	17°45'	63°10'	413	35
Totora	SENAMHI	Cochabamba	17°43'	65°09'	2,906	33
Cochabamba	AASANA	Cochabamba	17°27'	66°06'	2,548	35
Mairana	SENAMHI	Santa Cruz	18°07'	63°57'	1,300	20
Mizque	SENAMHI	Cochabamba	17°57'	65°21'	2,020	25
Oruro	AASANA	Oruro	17°58'	67°05'	3,701	33
Aiquile	SENAMHI	Cochabamba	18°13'	65°11'	2,250	21
Vallegrande	SENAMHI	Santa Cruz	18°29'	64°06'	2,030	7
V. Serrano	SENAMHI	Chuquisaca	19°07'	64°19'	2,108	24
Sucre	AASANA	Chuquisaca	19°03'	65°13'	2,903	33
Camiri	AASANA	Santa Cruz	20°00'	63°31'	810	33

表 4.3-2 調査に使用された蒸発データー場所とその諸数値

Name of Station	Administration Office	District	LOCATION			Recording Year
			Latitude	Longitude	Altitude (EL. m)	
Trinidad	SENAMHI	Beni	14°51'	64°57'	157	1979
Santa Cruz	SENAMHI	Santa Cruz	17°45'	63°10'	413	1974-1984
Cochabamba	SENAMHI	Cochabamba	17°27'	66°06'	2,548	1974 & 1975-1984
Sucre	SENAMHI	Chuquisaca	19°03'	65°13'	2,903	1974-1983

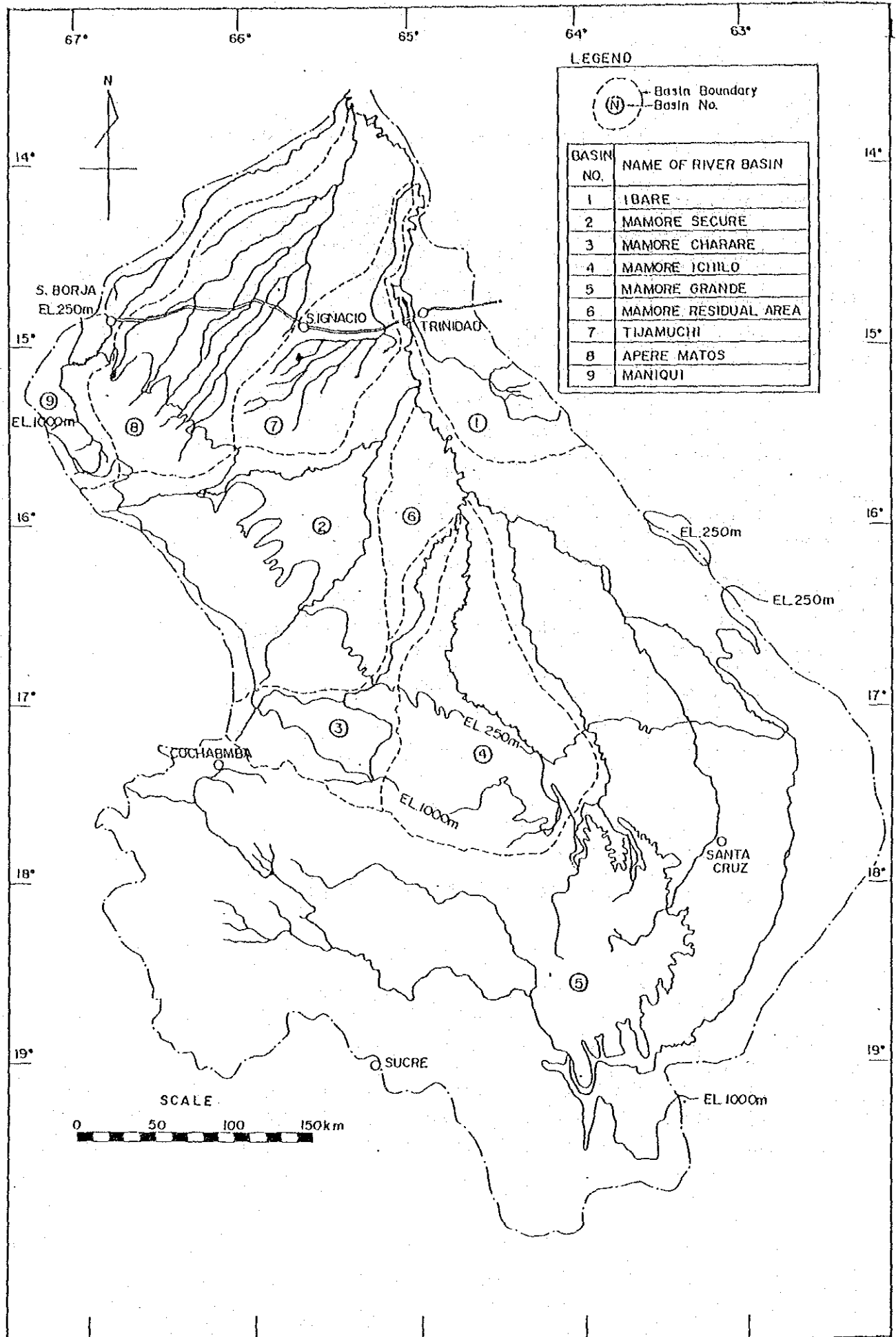
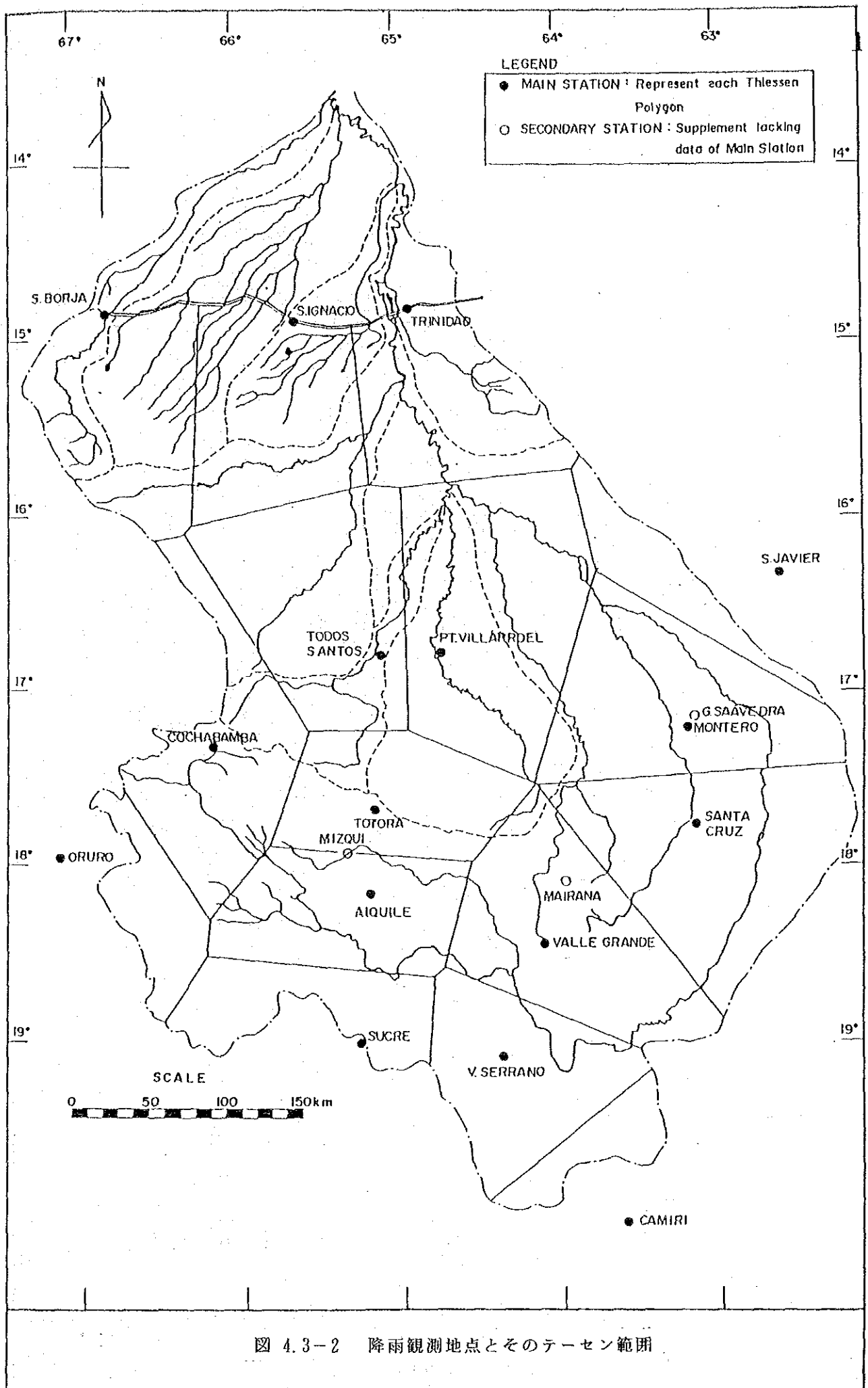


図 4.3-1 調査地域の河川とその流域



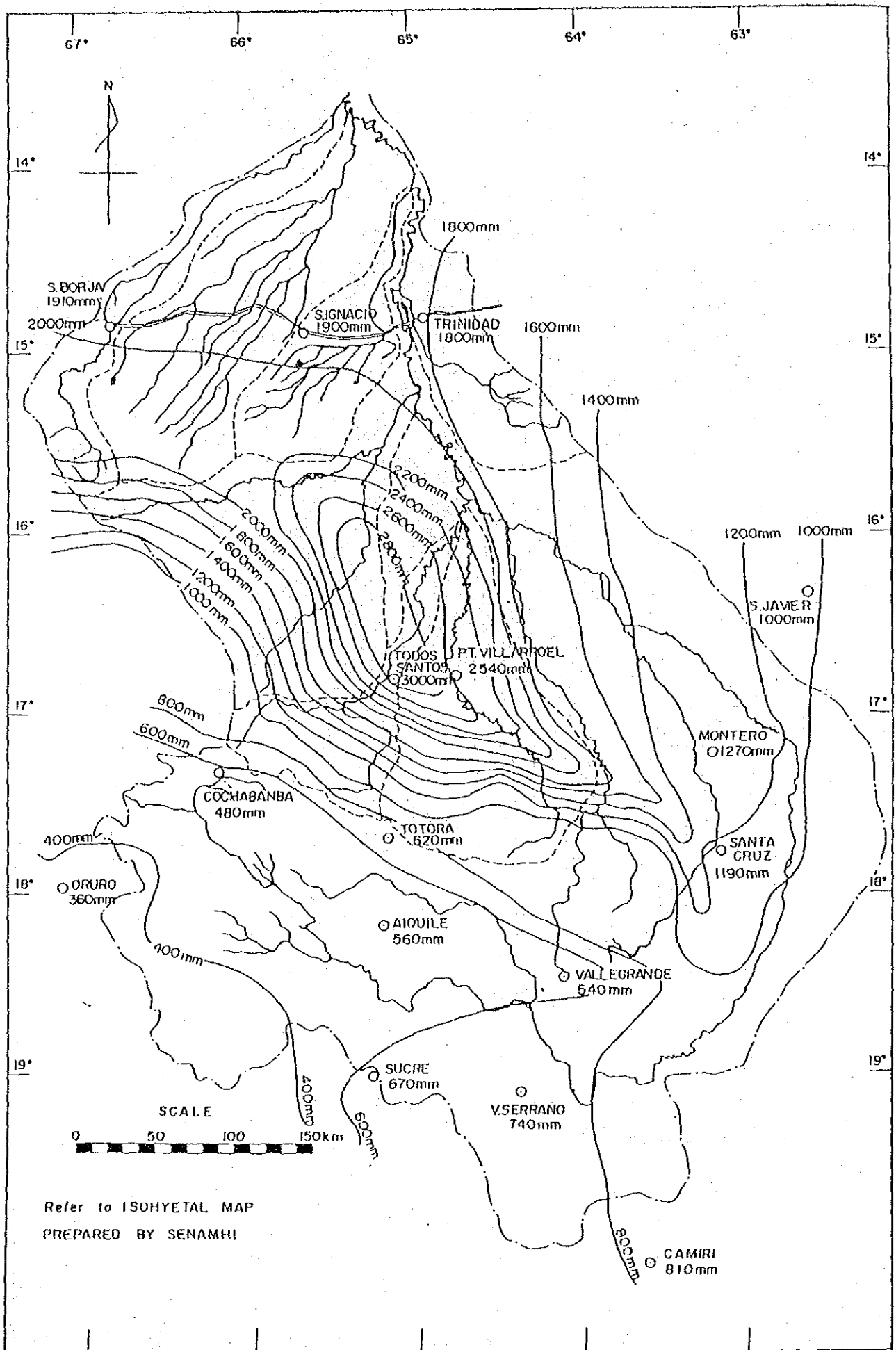


图 4.3-3 等雨量线图  
(1950-1982)

#### 4.3.1.3 降雨量の地域的分布解析

図 4.3-3 に示すように、年降雨量は、地域によりかなりのバラつきがみられ、その差は 400mmから3000mmの範囲におよんでいる。地域的にはマモレ川の中流域で当該調査区域の20%の降雨量、上流域で40%の降雨量となっている。

#### 4.3.1.4 流域ごとの年平均降雨量の計算

各流域の年平均降雨量の計算は Thessen分割により16の観測所におけるデータから計算で求め、残りの3つの観測点については前述の相関係数により想定で求めた。

表 4.3-3 ~表 4.3-4 参照

##### (1) 月別の降雨量の分布

月別の流域降雨量が1950年から1982年の32年間の平均を用いて求められた。結果は表 4.3-4 に示す通りである。表から明らかなように乾季は 5月から10月までであり、雨季は 1月から 4月までと10月から12月までである。又、この時期には年降雨量の75%の量が集中することがわかった。

表 4.3-3 テーセン係数

Station	IBARE RIVER BASIN		MAMORE RIVER BASIN		TIJAMUCHI RIVER BASIN		WHOLE			
	Area of Thiessen Polygon (km <sup>2</sup> )	Coefficient of Thiessen	Area of Thiessen Polygon (km <sup>2</sup> )	Coefficient of Thiessen	Area of Thiessen Polygon (km <sup>2</sup> )	Coefficient of Thiessen	Area of Thiessen Polygon (km <sup>2</sup> )	Coefficient of Thiessen		
Trinidad	6,720	1.00	4,290	0.03	640	0.10	11,040	0.06		
San Ignacio			5,835	0.04			5,620	0.90	11,455	0.06
San Borja			2,555	0.02					2,555	0.01
San Javier			4,520	0.03					4,760	0.03
Montero			16,365	0.10					16,365	0.09
Santa Cruz			17,470	0.10					17,470	0.10
Todos Santos			16,110	0.09					16,110	0.09
P. Villaroel			20,575	0.12					20,945	0.11
Vallegrande			15,370	0.09					15,370	0.09
V. Serrano			11,735	0.07					11,735	0.07
Camili			3,640	0.02					3,640	0.02
Sucre			7,515	0.05					7,515	0.04
Totora			10,350	0.06					10,350	0.06
Mizqui			11,110	0.07					11,110	0.06
Cochabamba			13,695	0.08					13,695	0.08
Oruro			5,295	0.03					5,295	0.03
Total	6,720	1.00	166,430	1.00	6,260	1.00	179,410	1.00		

表 4.3-4 月別・季節別、降雨量 (1980~1982)

Month/Season	IBARE RIVER BASIN		MAMORE RIVER BASIN		TIJAMUCHI RIVER BASIN		WHOLE BASIN	
	Monthly/Seasonal Rainfall (mm)	Ratio to Annual Rainfall (%)	Monthly/Seasonal Rainfall (mm)	Ratio to Annual Rainfall (%)	Monthly/Seasonal Rainfall (mm)	Ratio to Annual Rainfall (%)	Monthly/Seasonal Rainfall (mm)	Ratio to Annual Rainfall (%)
Jan.	322.	17.5	215.	16.5	307.	16.2	219.	16.5
Feb.	278.	15.1	187.	14.4	292.	15.4	192.	14.4
Mar.	214.	11.6	152.	11.7	254.	13.4	156.	11.8
Apr.	135.	7.3	100.	7.7	136.	7.2	102.	7.7
May	90.	4.9	61.	4.7	93.	4.9	63.	4.7
Jun.	62.	3.3	49.	3.8	73.	3.8	50.	3.8
Jul.	44.	2.4	35.	2.7	39.	2.1	35.	2.6
Aug.	43.	2.3	38.	2.9	54.	2.8	38.	2.9
Sep.	87.	4.7	51.	4.0	70.	3.7	53.	4.0
Oct.	133.	7.2	106.	8.2	154.	8.1	108.	8.1
Nov.	189.	10.2	127.	9.8	172.	9.0	130.	9.8
Dec.	248.	13.4	179.	13.8	256.	13.5	182.	13.7
Dry Season	459.	24.9	340.	26.2	483.	25.4	347.	26.1
Rainy Season	1185.	75.1	959.	73.8	1417.	74.6	981.	73.9
Annual	1844.	100.0	1299.	100.0	1900.	100.0	1328.	100.0

Note: Dry Season is May to October; Rainy Seasons are January to April and November to December.

(2) 年別の降雨量の分布

表 4.3-5 に流域の1951年から1982年までのデータから得られた年別降雨量を示す。

- 1) 同様に水文年は 10 月に始まり翌年の 9月に終る。調査区域全域の年平均降雨量は1951年から1982年までの水文年についてほぼ 1330 mmになっている。この期間に年平均降雨量の最大のものが1982年にみられ、調査区域での降雨量は 1830 mmになっている。

(3) 想定年降雨量

想定年降雨量は、ガンベル法により計算を行なったが、1951年から1982年までの期間に得られた 32 の観測所からのデータが使用された。

この計算の結果は表 4.3-6 及び図 4.3-4 から図 4.3-7 に示されているが、1951年以来の最大降雨量を示した1982年の水文年には 100年という確率年が採用されることとなった。

表 4.3-5 平均的降雨量

Hydrological Year	(Unit: mm/year)			
	Ibare River Basin	Mamore River Basin	Tijamuchi River Basin	Whole River Basin
1951	1923.	1235.	2004.	1270.
1952	1867.	1267.	1890.	1300.
1953	1643.	1196.	1642.	1223.
1954	1833.	1363.	1966.	1390.
1955	1432.	1264.	1492.	1281.
1956	2051.	1496.	2260.	1537.
1957	2149.	1287.	2000.	1328.
1958	2172.	1285.	1908.	1329.
1959	2130.	1442.	2278.	1480.
1960	1607.	1214.	1491.	1236.
1961	1387.	1076.	1484.	1099.
1962	2047.	1206.	1787.	1248.
1963	1525.	1221.	1407.	1235.
1964	2076.	1364.	2174.	1404.
1965	1720.	1306.	1810.	1328.
1966	2090.	1370.	1697.	1405.
1967	1701.	1223.	1441.	1245.
1968	1563.	1085.	1726.	1112.
1969	1826.	956.	1876.	994.
1970	1631.	1121.	1773.	1154.
1971	1668.	1113.	1584.	1144.
1972	1407.	1238.	1820.	1254.
1973	1701.	1156.	1840.	1181.
1974	1716.	1274.	1901.	1295.
1975	1959.	1462.	2077.	1491.
1976	2036.	1280.	2204.	1317.
1977	1815.	1576.	1989.	1600.
1978	1739.	1314.	2000.	1338.
1979	1782.	1459.	1820.	1475.
1980	1830.	1356.	2106.	1382.
1981	2188.	1495.	2071.	1512.
1982	2259.	1802.	2789.	1834.
AVERAGE	1827.	1297.	1885.	1326.

表 4.3-6 計畫道路上流部降雨確率

Return Period (year)	Ibare River Basin (mm/year)	Mamore River Basin (mm/year)	Tijamuchi River Basin (mm/year)	Whole River Basin (mm/year)
2	1,780	1,270	1,840	1,300
5	2,000	1,420	2,090	1,450
10	2,140	1,510	2,260	1,540
20	2,280	1,610	2,430	1,630
30	2,360	1,660	2,520	1,690
50	2,460	1,730	2,640	1,760
100	2,590	1,820	2,800	1,850



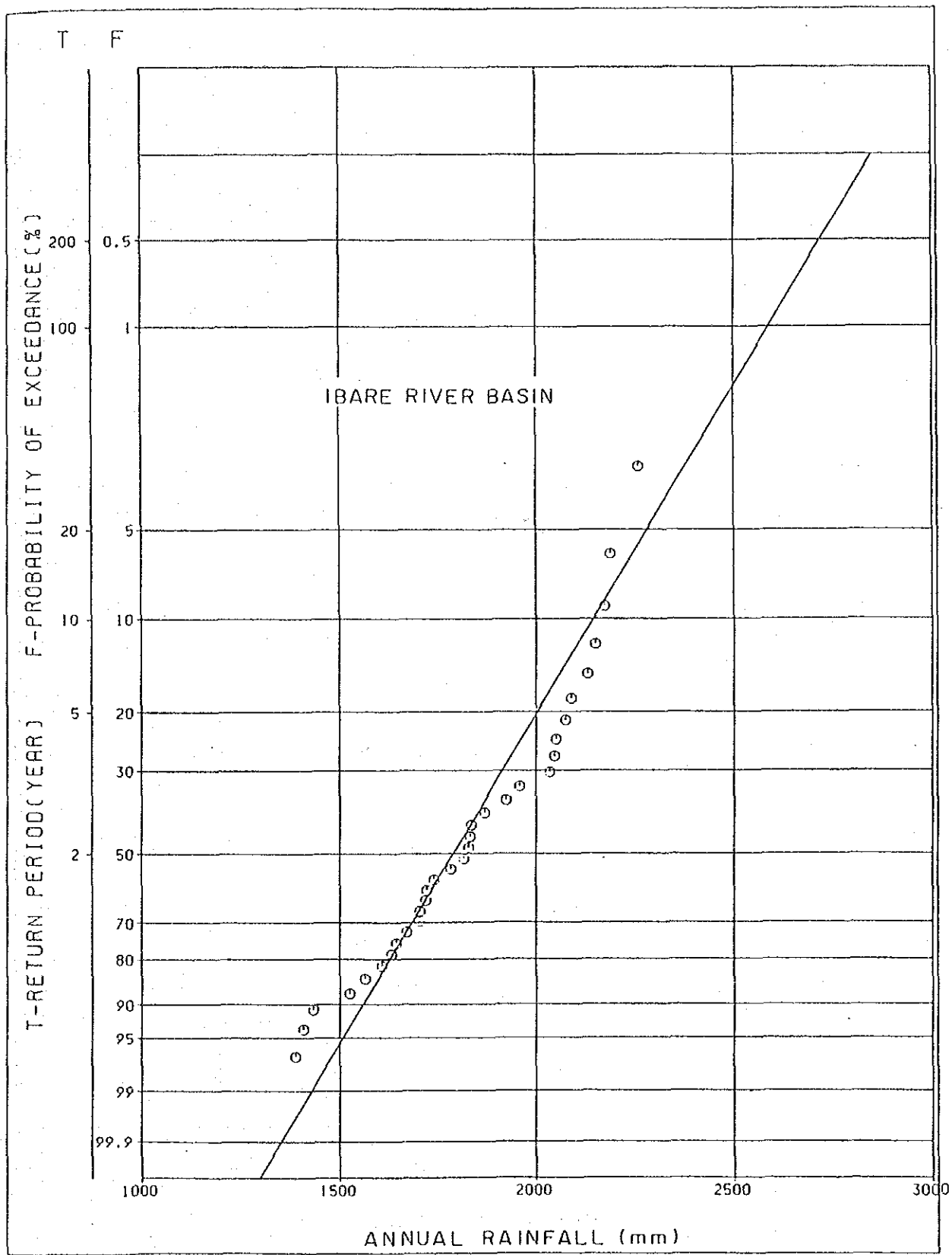


図 4.3-4 イバレ川における降雨確率

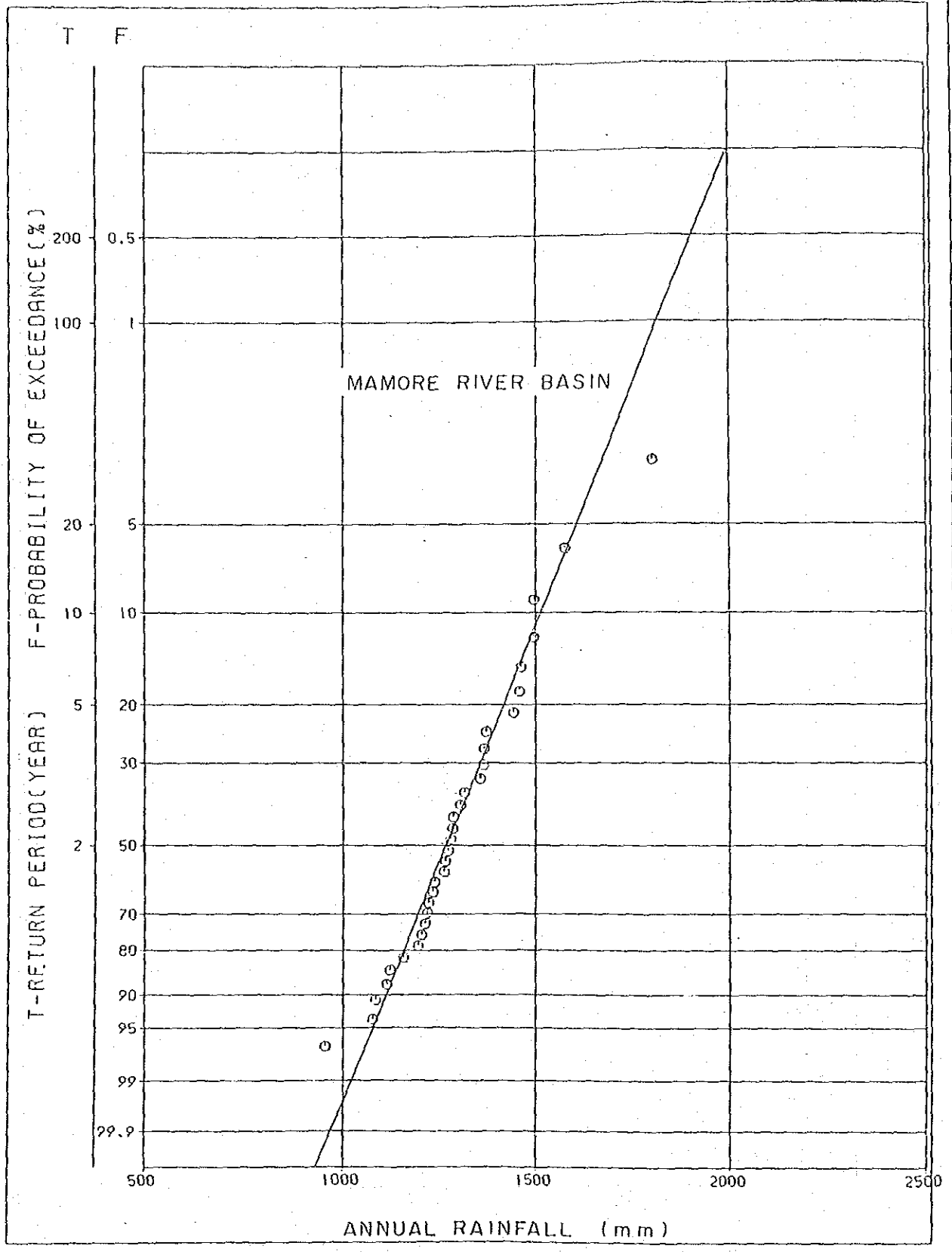


図 4.3-5 マモレ川における降雨確率

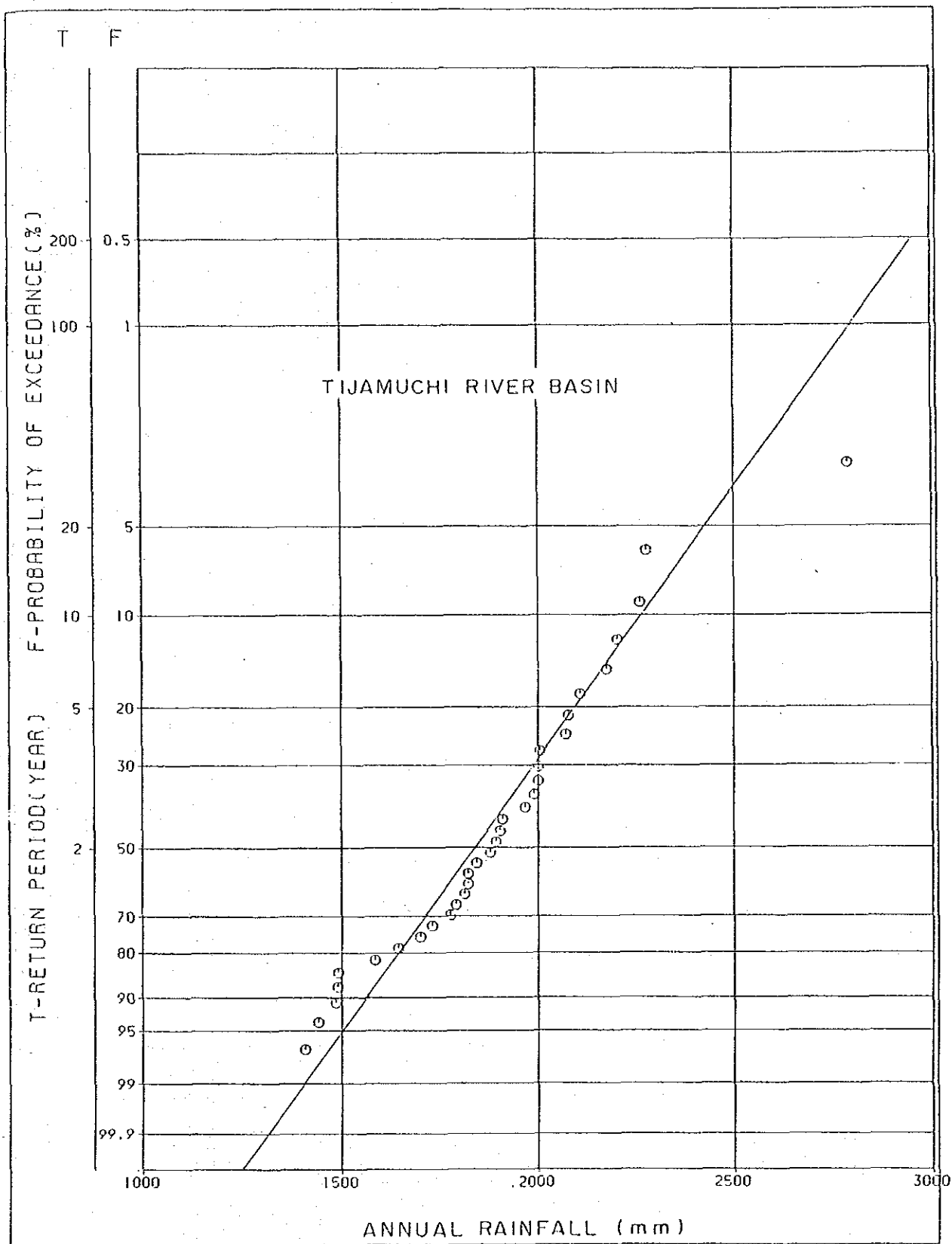


図 4.3-6 ティハムチ川における降雨確率

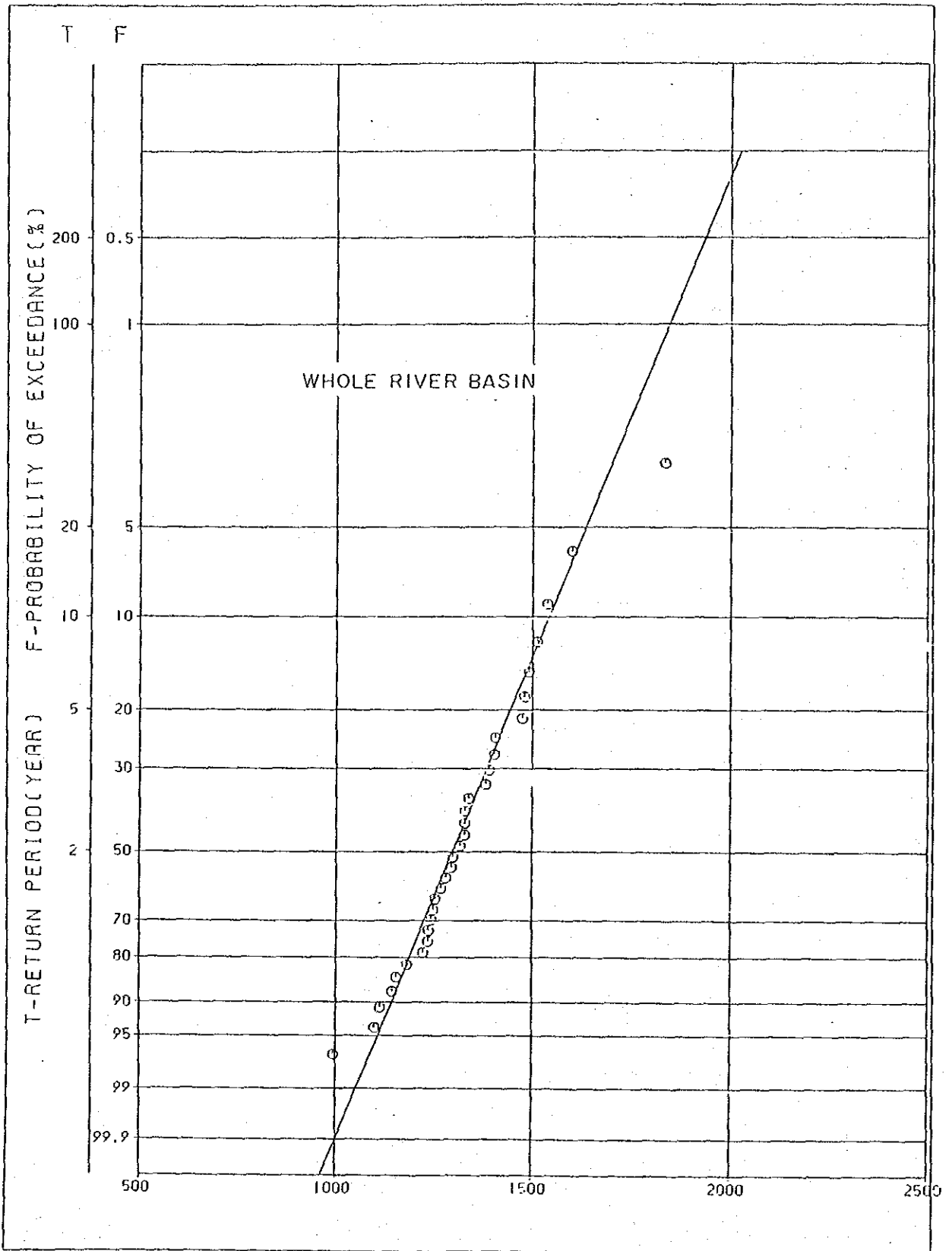


図 4.3-7 全河川における降雨確率

#### 4.3.2 洪水地域に於ける水の挙動解析

##### 4.3.2.1 洪水地域の水理

解析を行った範囲はトリニダから計画道路上流のファティマに至る区間である。この地域は雨季における貯水量が比較的管理されており、水路や特定の越流区域、またパイプカルバート等によりコントロールされている。

この地域では雨季に計画道路の上流と下流で 50 cm もの水位差が生じ、したがって既設の道路が洪水地域の水の制御に大きな影響を与えている。

##### 4.3.2.2 洪水及び流出条件

###### (1) 洪水となる過程

洪水となる過程を川の断面から判断すると、パンパの中の三ヶ月湖や、自然堤防によりできた湿地帯がまず浸水をおこし、しだいにそのまわりに広がってゆき、大きな洪水地域をつくっていく。

図 2.1-4 参照

イバレ、マモレ及びティハムチ川は、水位がまわりの自然堤防高に達するまでは、互いに独立した状態にあるが、その後しだいに結合されて大きな洪水域となっていく。

#### 4.3.3 洪水地域の流出量の解析

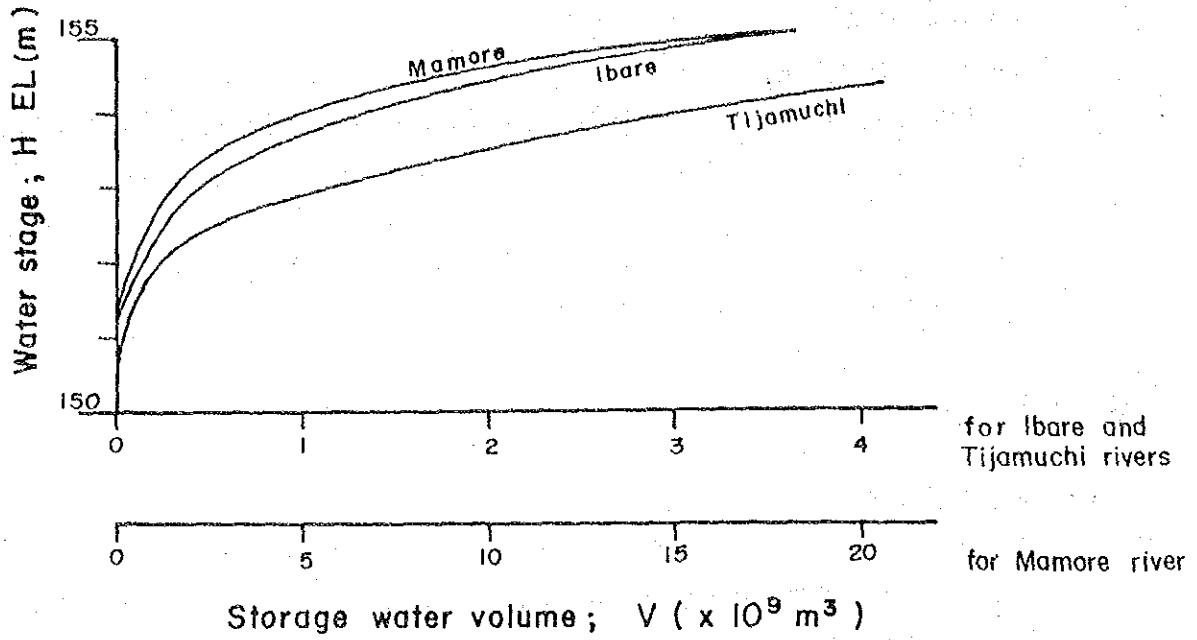
##### 4.3.3.1 基本データ

当調査地域に於ける水位に関するデータはプエルトカナデーロとプエルトアルマセンで得られたが、記録された期間が 5 年以下であり、計画道路区域の計画洪水量の規定が困難であるため、長期の流出量算定用の解析が行なわれた。条件として、以下のデータが用いられた。

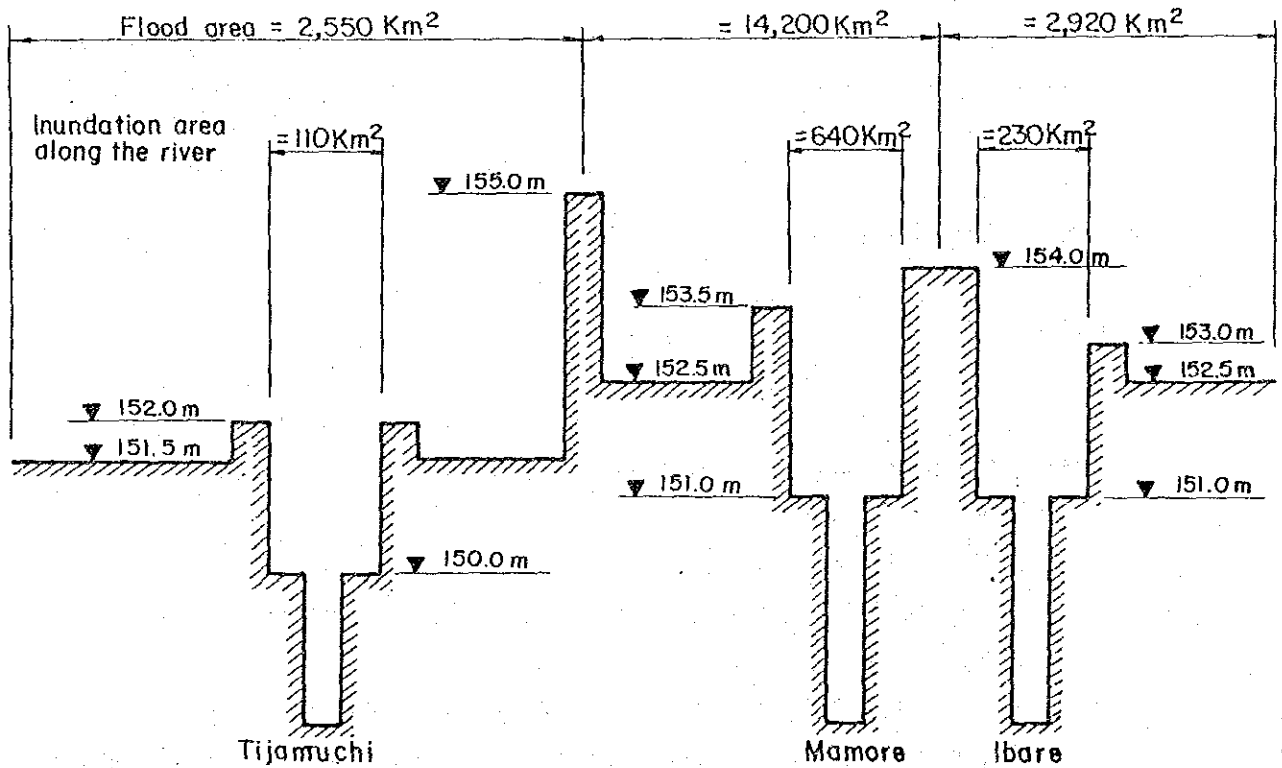
- 降雨量及び蒸発量は当該計画道路の上流のものを採用する。
- 水位については、プエルトカナデーロとプエルトアルマセンのものを水位流量曲線とてらし合せて用いるものとする。
- 年最大流出量はグアヤラメリンとアングストデルバラのものを使用する。
- 洪水域の制御効果についてはイバレ川、マモレ川、ティハムチ川の水位及び貯留量の関係曲線を使用する。

(表 4.3-7 及び 図 4.3-9 参照)

Note: The water stages of Pto. Almacen, Pto. Varador and Pto. Tijamuchi represent the Ibare, Mamore and Tijamuchi River, respectively.



a. H - V Curves of Flood Areas



b. Cross Section of the Flood Area along the Project Road

図 4.3-8 洪水域における水理解析モデル

#### 4.3.3.2 水位データの検証

プエルトガナデーロとプエルトアルマセンの水位記録については幾分信頼性に乏しく、これを検証する必要がある。したがって、上記の記録に対しては基準点の検証を行ない、前者ではベンチマーク RN-53に対し 153.76 m、後者ではBK-5に対し 153.57 mを採用した。これらの値は DGHB の提示した値より幾分低いオーダーとなっている。

一方、イバレ及びマモレ川の年間最大水位を検証することにより、以下の結論が得られた。

- 1) プエルトガナデーロの水位記録は、1983年を除き洪水時の流出量計算の為に解析に使用できる。
- 2) プエルトアルマセンのデータに対しては、エラーがあり、洪水流出量の解析には使用できない。

#### 4.3.3.3 解析モデル

解析モデルが流域の流出量を想定するためのタンクモデルとして、さらに洪水域から流れ出す洪水調節モデルとして採用された。

##### (1) 連続タンクモデル

本設計工区の排水面積は 180,000km<sup>2</sup>にもおよび、非常に広い上に洪水流出量は、地表面流のみならず地下水としても流れているため、これを解析するためには連続タンクモデルとして解く方法が最も適切な方法だと考えられる。連続タンクモデルに於て、排水域タンクの両側面及び底の浸透用間隙として図 4.3-10に模式図を表わす。

このモデルは降雨量が連続的に地中に浸透し、それぞれのレベルで流下していることを示している。

図 4.3-10

表 4.3-7 調査で使用した水位計の調査結果

Name of Station	Admini- stration Office	River Basin and Catch- ment Area	LOCATION			Recording Year
			Latitude	Longitude	Altitude (EL. m)	
Pt. Gana- dero	DGHB	Mamore 166,400km <sup>2</sup>	14°46'	65°01'	154	1980-1983
Pt. Almacén	DGHB	Ibare 6,720km <sup>2</sup>	14°50'	64°58'	154	1978-1979 & 1981-1982
Guayara- meru	Brasil	Mamore 651,600km <sup>2</sup>	10°48'	65°24'	120	1971-1982
Angosto Del Bala	ENDE	Beni 66,677km <sup>2</sup>	14°30'	67°34'	284	1968-1973 & 1976-1983

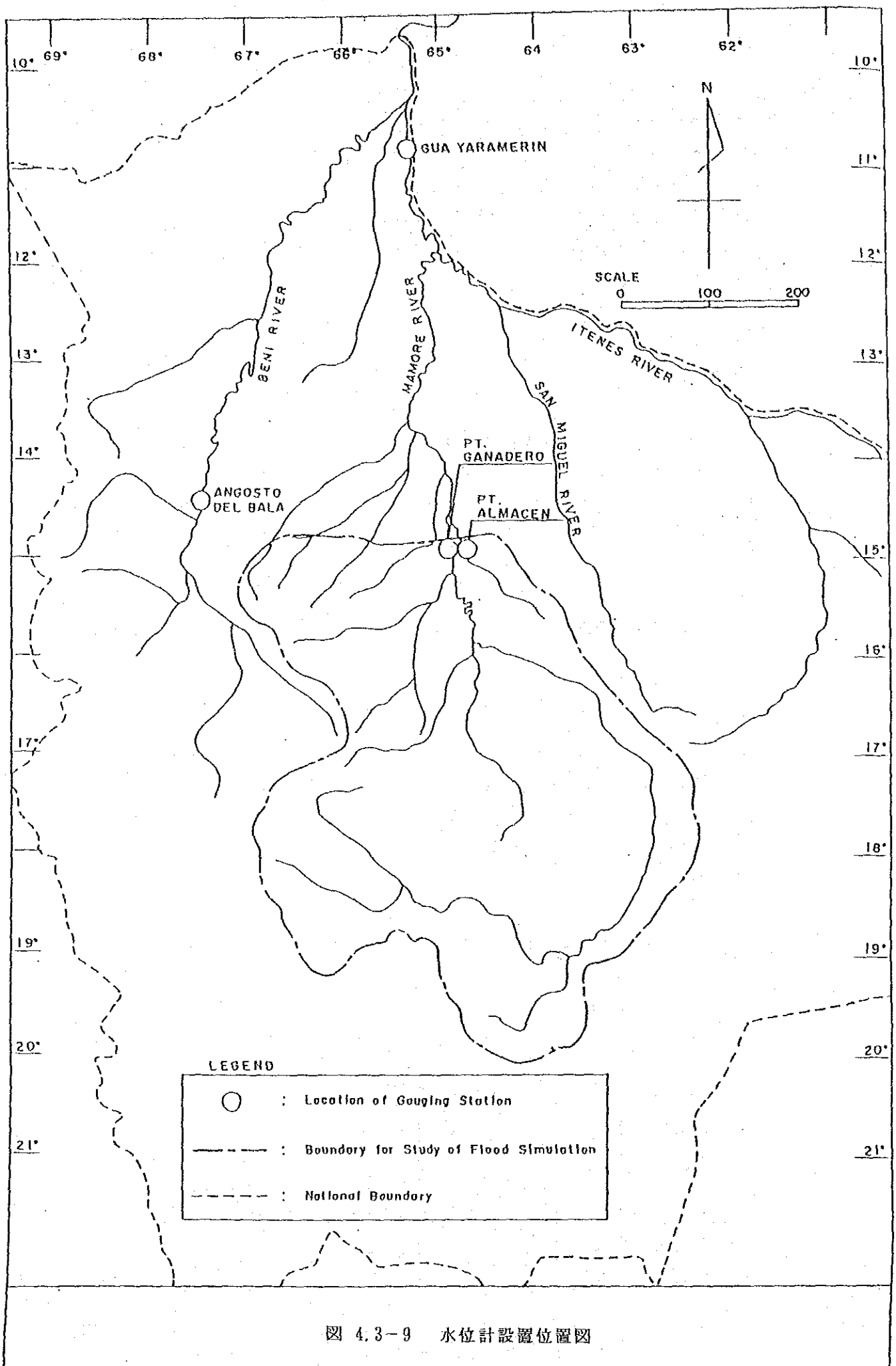


图 4.3-9 水位計設置位置図



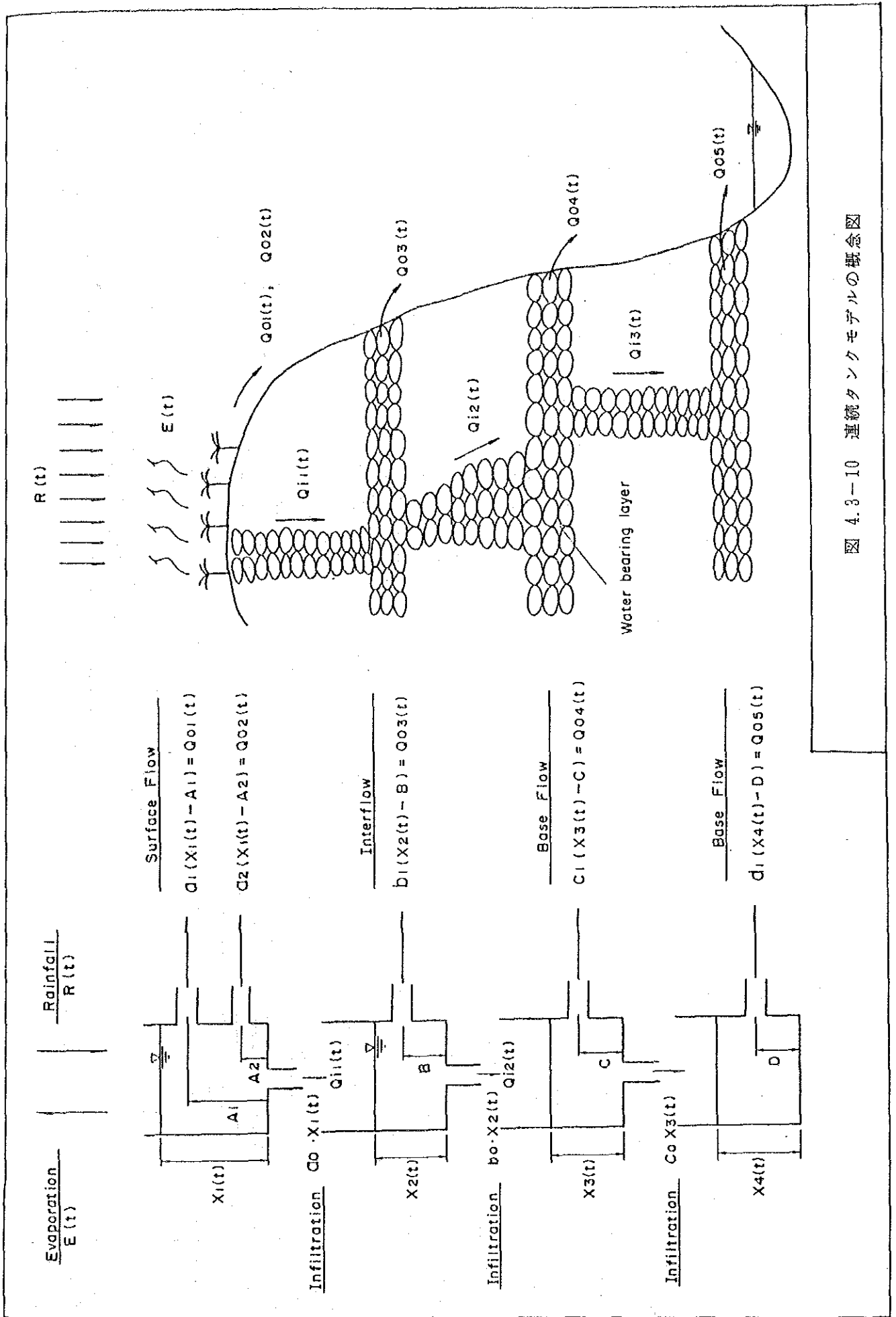


図 4.3-10 連続タンクモデルの概念図

各河川流域に想定された連続タンクモデルは逐次計算によって求めなければならない要素があり、このためのフローチャートが図 4.3-11に示されている。また、各要素についての詳細は次に示す通りである。

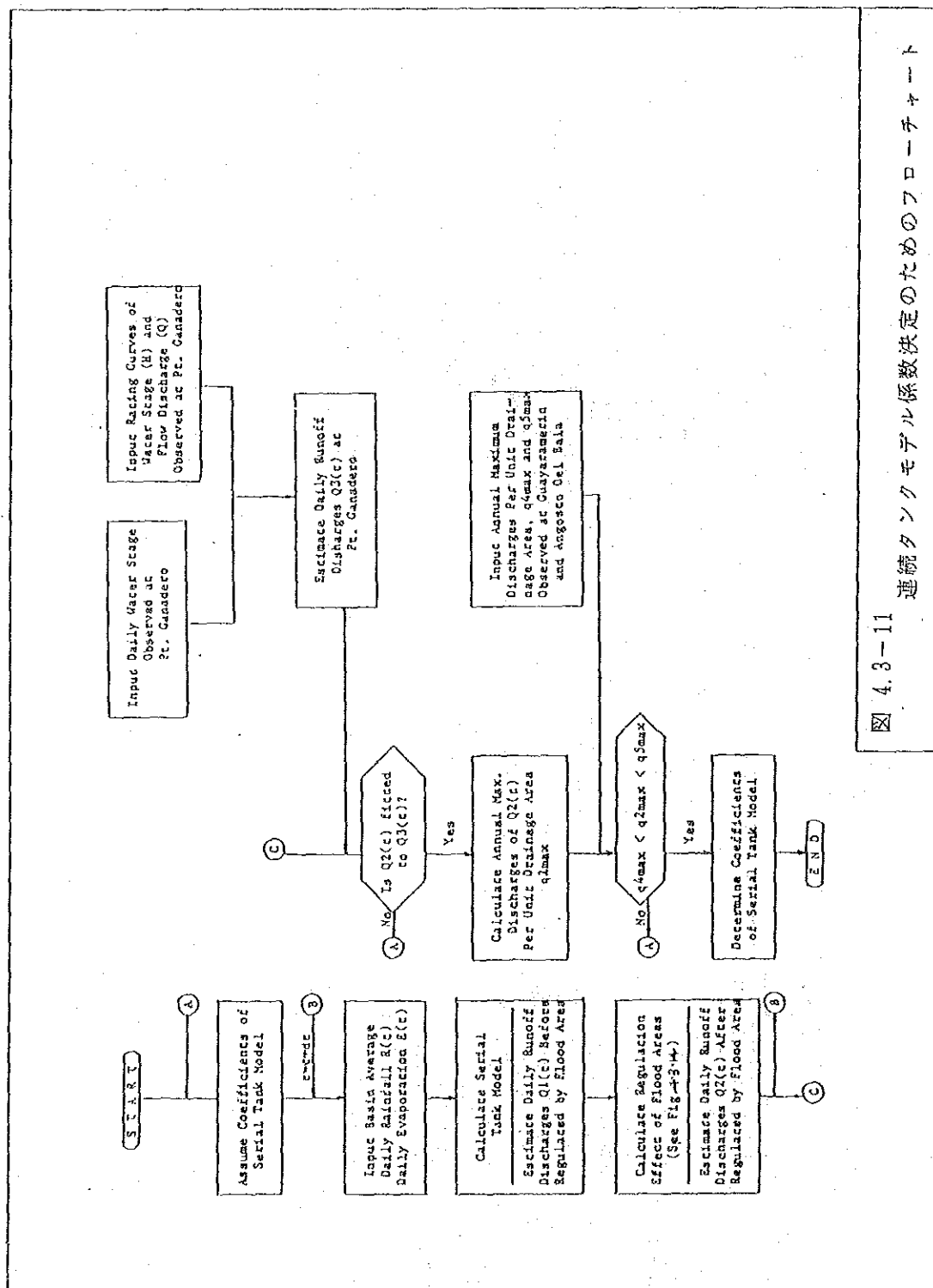


図 4.3-11 連続タンクモデル係数決定のためのフローチャート

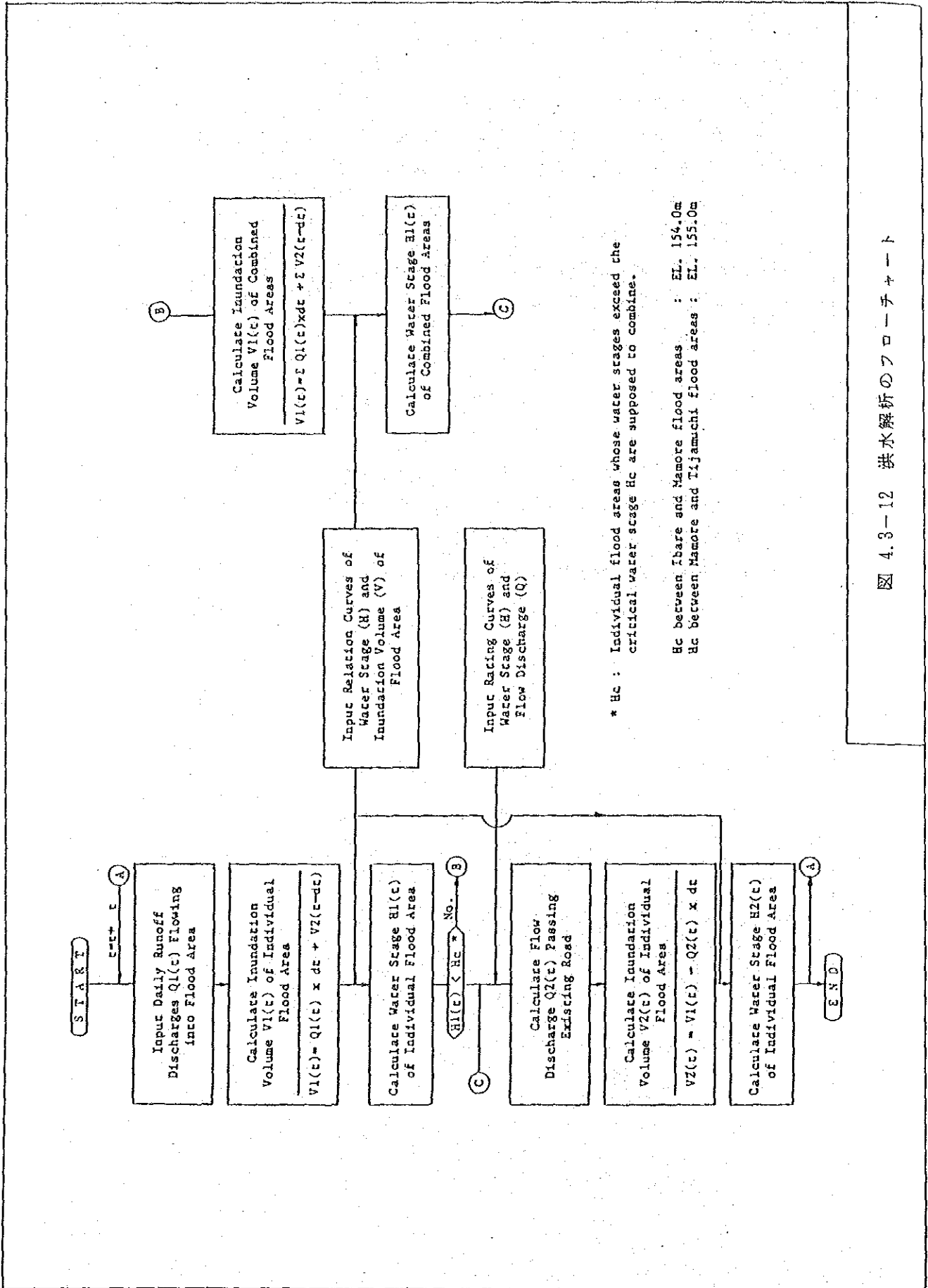
(2) 洪水制御モデル

4.3.2 に示したように、計画道路のすぐ上流区域は貯水池としての機能を有している。連続タンクモデルとして計算された流入量はこの洪水域に貯留され、川を通し、あるいは道路を越流して排水されるものとする。

イバレ川、マモレ川及びティハムチ川の流域はそれぞれ独立したものと考え、周辺の自然堤防と同じ高さになるまで貯留されるものとする。また、水位が堤防の高さを越えた場合には、イバレ、マモレ、及びティハムチ川が、各々連結されたものとする。

図 4.3-12 に示したように、洪水制御の過程の概要は次のようになる。

- 1) 流入水は洪水地域に貯留され、その貯留量は流入量に比例して増加していく。
- 2) 洪水地域の水位は貯水池各々の水位-貯留量曲線より求められる。この関係曲線は図 4.3-8 に示す通りである。
- 3) 洪水地域からの流出量は水位に比例した値として求められる。



\* Hc : Individual flood areas whose water stages exceed the critical water stage Hc are supposed to combine.

Hc between Ibare and Mamore flood areas : EL. 154.0m  
 Hc between Mamore and Tjiamuchi flood areas : EL. 155.0m

図 4.3-12 洪水解析のフローチャート

#### 4.3.3.4 パラメーターの決定

マモレ川流域の連続タンクモデルのパラメーターは逐次計算によって決定され、また、流量図はプエルトガナデーロで測定された毎日の水位から計算された。

逐次計算は1981年と1982年の降雨量と、水位記録の得られたものを利用して行なわれた。

図 4.3-15に示すようにプエルトガナデーロの解析によるものと記録によるハイドログラフにかなりの一致がみられた。

一方、イバレ及びティハムチ川流域については解析による計算結果を検証するデータがないため、逐次計算は実施していない。このため、マルチプライヤー係数が採用された。

上記のパラメーターを使用した解析シミュレーションにより、プエルトティハムチの最大水位が EL. 153.54mと計算された。この値は過去の最大水位に一致しており、我々の測量によって検証されていることから、上記のパラメーターは信頼できるものと考えられる。

(図 4.3-13を参照)

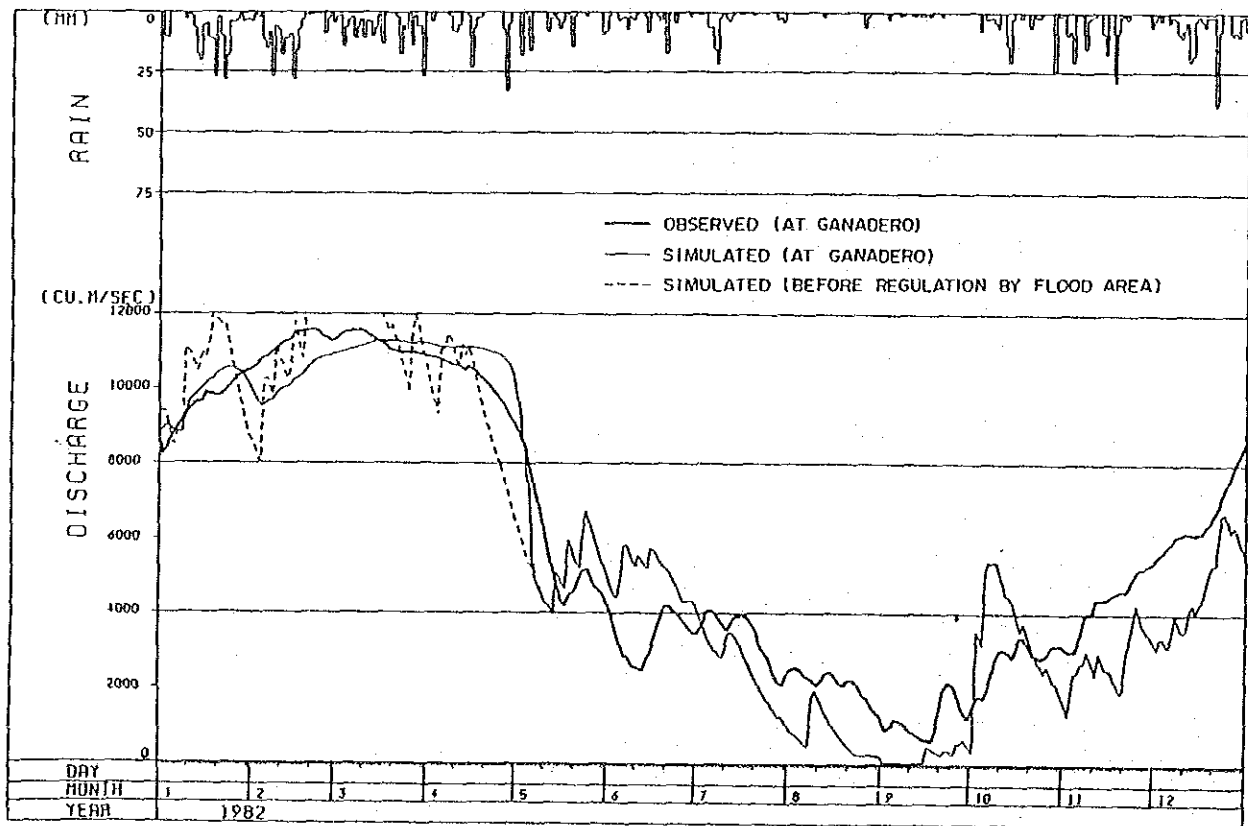
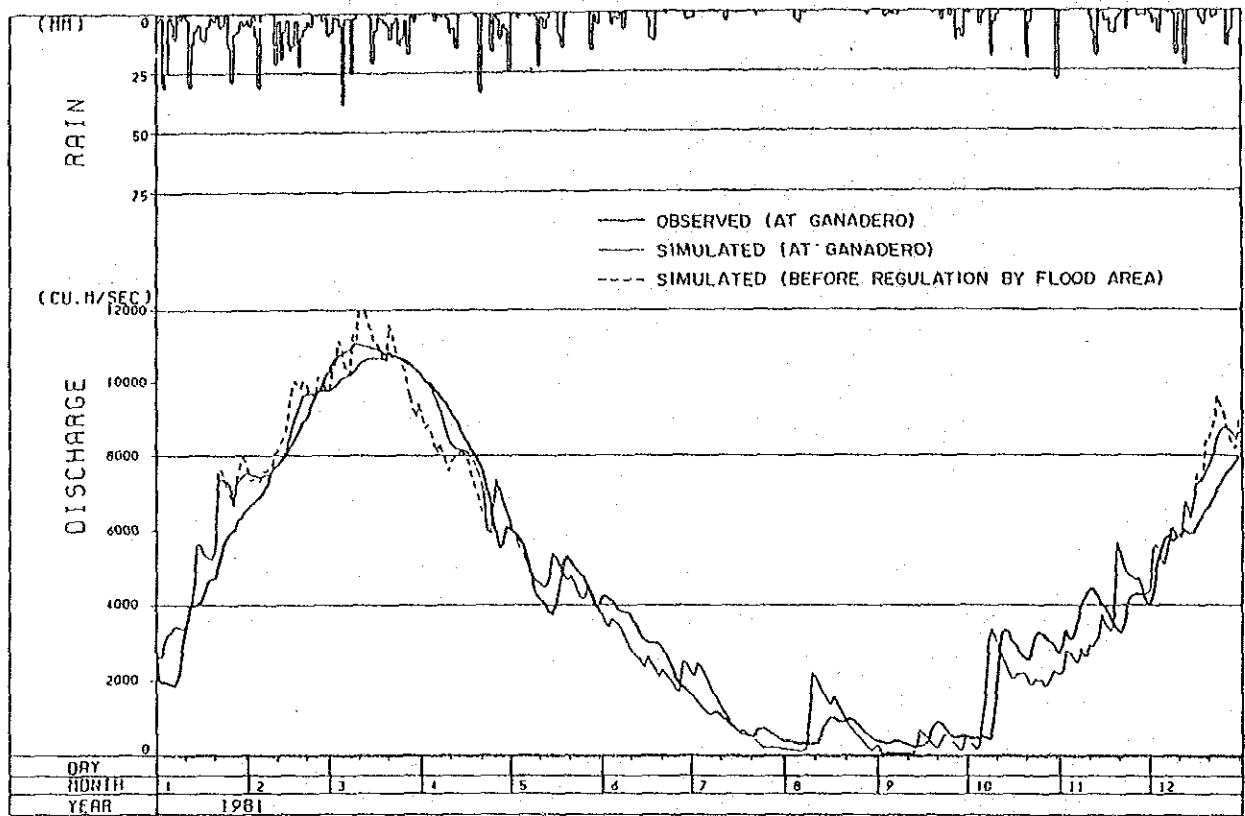


図 4.3-13 カナデーロ地点、流出量の観測結果と解析結果

#### 4.3.3.5 年最大流出量及び水位の解析

1951年から1982年までの水文年から流出量と水位に関する解析が、まとめられ、最大流出量及び水位は表 4.3-8 から 4.3-10に示す通りである。この解析からうかがえる洪水特性は以下の通りである。

イバレ、マモレ及びティハムチ川に対し、年最大流出量あるいは最大水位は、1951年から1982年の間に於いて1982年のものが最大であった。しかしながら、イバレ川流域の洪水記録から1984年の洪水が1982年のものより大きかったという事実には注意すべきである。

解析の結果ティハムチ川の洪水区域は他の洪水域と十分に結合されていないという事がわかった。つまり、ティハムチ川の水位はイバレ川や、マモレ川の水位よりかなり低いということである。

一方、イバレ川とティハムチ川の流出量はマモレ川の流出量よりかなり小さく、最大流出量に対してもマモレ川の最大流出量より 10 %ほど低い値となっている。

#### 4.3.4 水理的基準の決定

##### 4.3.4.1 トリニダとサンイグナシオ間の断面

###### (1) 排水計画

トリニダ及びサンイグナシオ間のサンイグナシオより 50 kmについては、計画道路は比較的地盤の高い所を通過しており、川及び浸水域を横断している所は少ない。したがって、大規模な排水施設は必要ないと思われる。

一方、トリニダ側の 40 km区間では計画道路はマモレ川、イバレ川及びティハムチ川と交差しているが、調査によると、計画道路の上流は現在の所、それ程大きな洪水被害はないと思われる。

表 4.3-8 計画道路上流側の洪水地域における最大流出量

Hydrological Year	Ibare River Basin			Mamore River Basin			Tijamuchi River Basin		
	Maximum Discharge		Maximum Regulated Volume (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Maximum Discharge		Maximum Regulated Volume (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Maximum Discharge		Maximum Regulated Volume (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
	Before (m <sup>3</sup> /s)	After (m <sup>3</sup> /s)		Before (m <sup>3</sup> /s)	After (m <sup>3</sup> /s)		Before (m <sup>3</sup> /s)	After (m <sup>3</sup> /s)	
1951	1312.	811.	321.	9438.	9094.	576.	1148.	761.	357.
1952	1202.	762.	254.	10882.	9734.	887.	2252.	1221.	961.
1953	979.	660.	147.	8193.	7633.	142.	1232.	804.	404.
1954	1210.	764.	258.	10026.	9422.	664.	1204.	781.	379.
1955	852.	614.	113.	10431.	9552.	737.	1219.	768.	366.
1956	1204.	909.	526.	14235.	11106.	4420.	1704.	1097.	760.
1957	1525.	809.	317.	9341.	8739.	477.	1489.	910.	527.
1958	780.	595.	103.	9159.	8291.	346.	1141.	699.	296.
1959	1249.	833.	358.	12450.	10498.	1593.	1839.	962.	590.
1960	700.	524.	78.	8646.	7895.	224.	1249.	683.	283.
1961	807.	526.	79.	8253.	7840.	207.	1173.	672.	274.
1962	2519.	811.	320.	10158.	9515.	706.	1863.	1022.	659.
1963	749.	609.	109.	10368.	9733.	886.	1149.	669.	271.
1964	1349.	795.	299.	11015.	10192.	1255.	2548.	1217.	954.
1965	1366.	814.	324.	9805.	8657.	454.	1156.	701.	298.
1966	1013.	635.	128.	8062.	7717.	168.	1375.	848.	454.
1967	823.	632.	126.	7143.	7143.	0.	805.	633.	242.
1968	1107.	700.	182.	10666.	9834.	969.	1769.	891.	506.
1969	1018.	601.	105.	7626.	7373.	58.	1193.	727.	319.
1970	877.	653.	141.	7060.	7060.	0.	783.	472.	145.
1971	1100.	739.	227.	8648.	7873.	217.	1329.	809.	409.
1972	893.	549.	87.	8343.	7801.	195.	1345.	803.	403.
1973	921.	681.	166.	7683.	7391.	64.	1250.	759.	355.
1974	921.	872.	434.	12559.	10813.	2429.	1528.	966.	594.
1975	1168.	686.	170.	10080.	9554.	739.	1796.	960.	587.
1976	852.	788.	290.	11584.	10335.	1367.	1657.	1077.	733.
1977	1289.	857.	405.	13317.	10691.	2030.	1323.	754.	350.
1978	1201.	734.	221.	9891.	9502.	695.	1399.	881.	494.
1979	1223.	916.	555.	15327.	11165.	4925.	1033.	728.	320.
1980	1337.	811.	321.	10344.	9532.	720.	1774.	1152.	834.
1981	1271.	855.	402.	12465.	10679.	1992.	1430.	944.	568.
1982	1541.	930.	608.	13699.	11277.	5868.	2709.	1297.	1171.
AVERAGE	1136.	734.	255.	10216.	9176.	1125.	1464.	865.	496.



表 4.3-9 計画道路を横断する最大流量

Hydrological Year	Ibare River Basin			Mamore River Basin			Tijamuchi River Basin		
	River Channel	Road Overflow F(1)	Total	River Channel	Road Overflow F(2)	Total	River Channel	Road Overflow F(4)	Total
1951	714.	97.	811.	7953.	12.	8065.	377.	120.	8285.
1952	678.	83.	762.	8502.	39.	8541.	453.	265.	8806.
1953	603.	57.	660.	6591.	0.	6591.	385.	133.	5174.
1954	680.	84.	764.	8226.	24.	8250.	380.	126.	4976.
1955	569.	46.	614.	8342.	30.	8372.	378.	122.	4500.
1956	783.	126.	909.	9685.	157.	9842.	434.	225.	10067.
1957	712.	96.	809.	7611.	4.	7615.	403.	165.	7780.
1958	554.	41.	595.	7200.	0.	7200.	365.	102.	4662.
1959	729.	103.	833.	9167.	88.	9255.	412.	182.	9437.
1960	498.	26.	524.	6834.	0.	6834.	362.	97.	4637.
1961	499.	26.	525.	6783.	0.	6783.	360.	94.	4677.
1962	714.	97.	811.	8309.	28.	8337.	422.	201.	8538.
1963	564.	44.	609.	8501.	39.	8540.	359.	93.	4633.
1964	702.	92.	795.	8902.	66.	8968.	452.	264.	9232.
1965	716.	98.	814.	7537.	2.	7539.	465.	102.	8641.
1966	584.	51.	635.	6669.	0.	6669.	392.	146.	8135.
1967	582.	50.	632.	7143.	0.	7143.	352.	83.	7226.
1968	633.	67.	700.	8589.	44.	8633.	400.	160.	8793.
1969	558.	43.	601.	6351.	0.	6351.	370.	110.	4461.
1970	598.	55.	653.	7060.	0.	7060.	316.	39.	3509.
1971	662.	77.	739.	6813.	0.	6813.	385.	135.	6948.
1972	517.	31.	549.	6747.	0.	6747.	384.	133.	5081.
1973	619.	62.	681.	6368.	0.	6368.	376.	119.	4487.
1974	757.	115.	872.	9437.	112.	9549.	412.	183.	9731.
1975	623.	65.	688.	8343.	30.	8373.	411.	181.	8554.
1976	697.	90.	788.	9026.	76.	9102.	430.	218.	9320.
1977	747.	110.	857.	9332.	102.	9434.	375.	118.	9552.
1978	658.	76.	734.	8297.	28.	8325.	398.	156.	8481.
1979	788.	128.	916.	9736.	143.	9879.	370.	110.	10049.
1980	714.	97.	811.	8323.	29.	8352.	442.	242.	8594.
1981	745.	110.	855.	9322.	102.	9424.	409.	176.	9600.
1982	798.	132.	930.	9830.	153.	9983.	464.	290.	10273.
AVERAGE	656.	77.	734.	8047.	40.	8087.	393.	153.	8240.

Note: F(1); The section from Trinidad to Ibare River.  
 F(2); The section from Ibare River to Mamore River.  
 F(3); The section from Mamore River to Sta. No. B-4.  
 F(4); The section from Sta. No. B-4 to Tijamuchi River.  
 F(5); The section from Tijamuchi River to Sta. No. 28.

表 4.3-10 計画道路沿における最大水位

Hydrolo- gical Year	(Unit: EL. m)		
	Ibare River Basin	Mamore River Basin	Tijamuchi River Basin
1951	153.97	153.27	152.35
1952	153.75	153.64	153.39
1953	153.27	152.34	152.46
1954	153.76	153.46	152.40
1955	153.04	153.54	152.37
1956	154.38	154.38	153.14
1957	153.96	153.05	152.72
1958	152.93	152.77	152.18
1959	154.06	154.06	152.84
1960	152.54	152.51	152.13
1961	152.55	152.47	152.10
1962	153.97	153.52	152.98
1963	153.01	153.64	152.09
1964	153.90	153.90	153.38
1965	153.98	153.00	152.18
1966	153.14	152.39	152.57
1967	153.13	152.73	151.98
1968	153.46	153.70	152.68
1969	152.97	152.16	152.25
1970	153.24	152.67	151.43
1971	153.65	152.50	152.48
1972	152.68	152.45	152.46
1973	153.37	152.17	152.34
1974	154.23	154.23	152.85
1975	153.40	153.54	152.84
1976	153.87	153.97	153.10
1977	154.16	154.16	152.33
1978	153.62	153.51	152.65
1979	154.41	154.41	152.26
1980	153.97	153.53	153.25
1981	154.16	154.16	152.80
1982	154.47	154.47	153.54
AVERAGE	153.59	153.32	152.58

以上の点から、最適な排水計画を行なう為いくつかの案が提案された。すなわち、川の最適幅、あるいは最適規模の排水施設が設置されなければならない。

検討条件として以下のものが設定された。すなわち、計画道路の建設後、その上流域でのピーク水位及び洪水日が、1951年から1982年までの水文年の流出量に対しその範囲内に納まらなければならない。

このように、最大計画流出量及び水位は、1982年の洪水時のものにはほぼ等しく、これは10年確率に等しいということが証明された。というのは、この時の洪水が、上記の期間で最大のものであったからである。

この目標確率年は計画道路の設備及び耐久性に対し適切であると判断された。

## (2) 排水施設の選択

排水計画に対する6つの案が表4.3-11に示されている。その内容及び選択理由は、次に示すものである。1から3案は、マモレ川の管理幅を決定するものである。すなわち4.5に示したマモレ川のフェリー施設に対する比較検討と関連してフェリー営業の為のマモレ川の幅の決定である。

計画案1では現況の状態としてマモレ川のみ開かれたものであり、計画案2では、マモレ川と洪水地区Ⅲが開かれ、さらに計画案3では、マモレ川と洪水地区ⅡとⅢが開かれている。

これらの案すべてに対しイバレ川及びティハムチ川両方共に現況状態のままとして開かれている。というのはこれらの川には橋がかけられ、洪水域Ⅰ、Ⅳ及びⅤは現況の道路を盛土して閉鎖されるからである。

3)に示すマモレ川のオープン幅に関する1~3の中で最適案である3に加え選択案4から6が当計画道路に設置される排水施設として提案されている。

したがって、洪水域Ⅰ、Ⅳ及びⅤの範囲に排水施設が設置されることが、想定されている。排水施設の数を選択案4から6について表4.3-11に示されている。また排水施設的能力については、図4.3-14に示す式で計算されている。

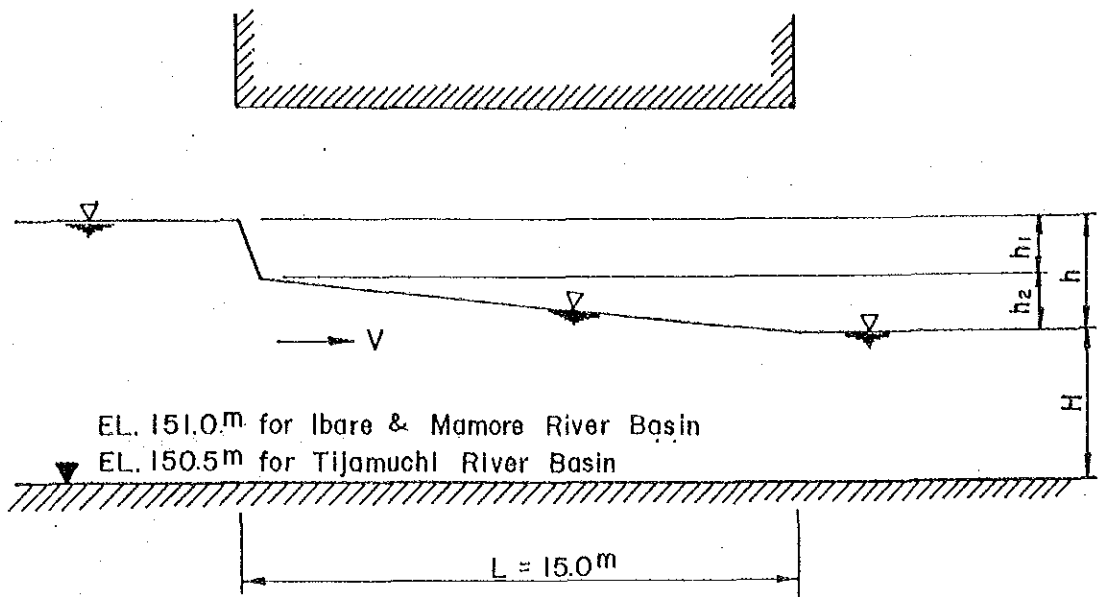
表 4.3-11 代替案の比較結果 (1982年洪水時)

Study Case	C o n d i t i o n s										Calculation Results (continued below)					
	Ibare River Basin			Mamote River Basin			Tijamuchi River Basin				Maximum of Total for the Three River Basins			Total		
	Flood Area I	Flood Area II	Flood Area III	Mamote River	Flood Area III	Flood Area IV	Tijamuchi River	Flood Area IV	Flood Area V	Peak Water Stage /1	Peak Discharge /2	Peak Flood Depth /3	Peak Storage Water Volume /3	Peak Flood Depth	Peak Storage Water Volume	Maximum Flood Days
Existing Condition	F(I)	F(II)	F(III)	M	F(IV)	T	F(V)	T	F(V)	EL (m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	(m)	(10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	(day)
Alternatives:																
Plan 1	open	open	open	open	open	open	open	open	open	154.47	13,410	1.77	7.65	1.77	7.65	164
Plan 2	closed	closed	closed	open	closed	closed	closed	open	closed	154.76	11,680	2.07	16.68	2.07	16.68	259
Plan 3	closed	closed	open	open	open	open	open	open	closed	154.50	12,510	2.07	11.01	2.07	11.01	259
Plan 4	open	open	open	open	open	open	open	open	open	154.48	12,530	2.07	10.76	2.07	10.76	259
Plan 5	15 pipes	open	open	open	7/4	open	open	open	50 pipes	154.48	13,370	1.78	8.02	1.78	8.02	168
Plan 6	25 pipes	open	open	open	7/4	open	open	open	70 pipes	154.47	13,420	1.77	7.80	1.77	7.80	164
Plan 6	40 pipes	open	open	open	7/4	open	open	open	100 pipes	154.46	13,450	1.76	7.58	1.76	7.58	163

Peak Water Stage /1	Calculation Results (continued from above)										Flood Days								
	Peak Discharge /2					Peak Flood Depth /3					Peak Storage Water Volume /3		Flood Days						
	EL (m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	(day)	(m)	(10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	(day)	(10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	(day)	(10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	(day)	(day)						
I	M	T	F(I)	I	F(II)	M	F(III)	F(IV)	T	F(V)	T	F(V)	I	M	T	I			
154.47	154.47	153.54	130	800	60	9,830	1,300	290	460	540	1.73	1.73	1.77	0.61	5.87	1.17	135	141	164
154.76	154.76	154.13	-	850	-	10,320	-	-	510	-	1.88	1.88	2.07	1.07	11.77	3.84	155	172	259
154.50	154.50	154.13	-	810	-	9,890	1,300	-	510	-	1.75	1.75	2.07	0.66	6.51	3.84	139	146	259
154.49	154.49	154.13	-	800	60	9,860	1,300	-	510	-	1.74	1.74	2.07	0.64	6.28	3.84	138	144	259
154.48	154.48	153.55	100	800	60	9,850	1,300	7/4	470	790	1.74	1.74	1.78	0.62	6.15	1.25	135	142	168
154.47	154.47	153.53	120	800	50	9,850	1,300	7/4	460	840	1.74	1.74	1.77	0.62	6.02	1.16	134	141	164
154.46	154.46	153.50	170	800	50	9,830	1,290	7/4	460	850	1.73	1.73	1.76	0.60	5.89	1.09	131	141	163

/1 At the upstream side of the Project Road  
 /2 Through the Project Road  
 /3 On the average in the Flood Area  
 /4 Included in F(V)



where,

- B : breadth (3m)
- N : roughness coefficient (0.04)
- V : flow velocity (m/s)
- Q : flow discharge (m<sup>3</sup>/s)

(1) entrance loss :  $h_1$

$$h_1 = 0.4 \times \frac{V^2}{2g}$$

(2) friction loss :  $h_2$

$$h_2 = \left\{ \frac{N \times V}{\left( \frac{H \times B}{2H + B} \right)^{2/3}} \right\}^2 \times L \dots \text{from Manning's formula}$$

(3) total loss :  $h$

$$h = h_1 + h_2$$

$$= \left\{ \frac{0.4}{2g} + \frac{N^2 \times L}{\left( \frac{H \times B}{2H + B} \right)^{4/3}} \right\} \times V^2$$

consequently,

$$V = \sqrt{\frac{h}{\frac{0.4}{2g} + \frac{N^2 \times L}{\left( \frac{H \times B}{2H + B} \right)^{4/3}}}}$$

$$Q = V \times B \times \left( H + \frac{h_2}{2} \right)$$

図 4.3-14 配水施設の許容通水量

### (3) 比較検討の結果

1951年から1982年までの32の洪水記録の中で、1982年の洪水について比較検討の結果が表4.3-11にまとめられている。

まず第1に、ティハムチ川流域を除いたマモレ及びイバレ川流域について比較検討がなされた。

マモレ川のオープン幅を決定するために提案された1から3の案の中で、1案のピーク水位は（マモレとイバレ川のみオープンとされているが）現況よりおよそ30cm程度高く、また、洪水日数は20から30日程度長くなっている。したがって、この案は計画道路の上流区域への影響が大きいため、適切でないと判断された。

比較案2では、マモレ及びイバレ川に加え洪水区域Ⅲがオープンとされている。ピーク水位は現況のものより3cm程度高く、また、洪水日数は5日間長いという結論となっている。このことから、洪水域Ⅲをオープンとすることは計画道路の上流の洪水面積を小さくすることに対して有効である。

さらに、この場所はマモレ川河道の変遷からみればオープンとすることが必要である。しかしながら、2案は洪水を現況通りにおさえることでは不十分である。

3案については、洪水域Ⅱが計画案2とともにオープンとされている。この案では、ピーク水位が現況より2cm高く、また洪水日数も3日程長くなっている。このように計画道路上流側の洪水条件は洪水地域Ⅱをオープンとすることにより、それ程改善はされない。

結論としては、3案は1～3までの選択案の中でマモレ川をオープンとすることに対し最も適切な案である。

3案そのものは洪水条件そのものを現況状態と同じレベルまで緩和することはできないが、次の理由より洪水域Ⅰの範囲に排水施設を設置することが、計画されている。

- もし排水施設が8kmにわたる洪水域Ⅰに設置されなければトリニダ側の水位が前述の水理計算より得られたものより高くなる。
- 現在でも直径2m弱の15本の排水用パイプが設置されているが、雨季には道路上を水がオーバーフローしている。

4 から 6 の案では多種の規模の排水施設が洪水域 I に想定されているが、5 案と 6 案のみが洪水状態を維持することができる。したがって 5 案が経済的に最適案だとして勧められる。

第 2 として、ティハムチ川流域については、1~3 案に対しティハムチ川がオープンとされ、洪水域 IV と V が現況の道路を上げることによってクローズされている。ここではピーク水位が 0.6 m 高く、洪水日数も 100 日程長くなっている。したがって洪水域 IV と V において、洪水条件を現況の範囲内におさめるためには排水施設を設ける必要がある。以上の結果より 4~6 案の中では 5 案が最も経済的なプランとして選ばれている。

(2) 設計高水位

設計高水位 V 10 から 20 年確率及び今までに経験した規模の洪水に対し設定された。図 4.3-15 から 4.3-17 に洪水区域の越流確率を示す。超過確率に基づき、数種類の確率年に対する水位が想定され、表 4.3-12 にまとめられている。この表から 10 から 20 年確率のものを抜粋すると、次の表のようになる。

(Existing Road Condition)		
Return Period	Water Stage in Flood Areas of Ibare and Mamore	Water Stage in Flood Area of Tijamuchi
20-year	EL. 154.8 m	EL. 153.6 m
10-year	EL. 154.4 m	EL. 153.3 m

過去の水位の実績から、設計高水位は洪水域全域について、EL=154.8m という値が提示されたが、これは現況の道路条件に対するイバレ及びマモレ川の 20 年確率に相当し、次の条件から設計高水位として十分であると判断された。

- 1) EL=154.8m はティハムチ川の洪水域の 20 年確率における水位より高い値となっているが、イバレ及びマモレの洪水域のみならず、ティハムチの洪水域にも採用している。

ティハムチの洪水域と他の地域の水位差は現況の自然水路によるものであり、その差は明確には現われないし、永久のものではない。したがって通常の高水位の設定がイバレ、マモレ及びティハムチに適用された。

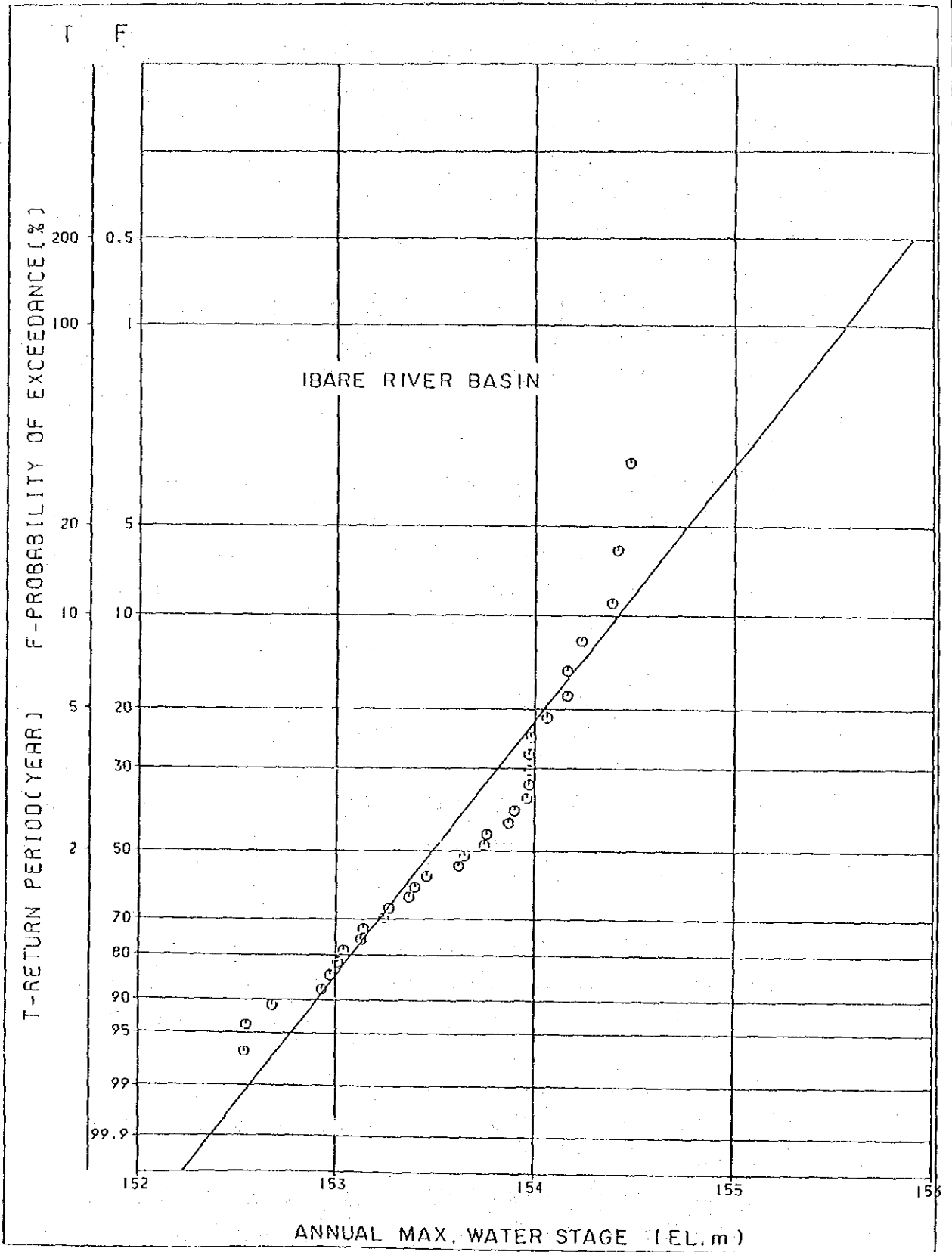


図 4.3-15 イバレ川年間最高水位確率



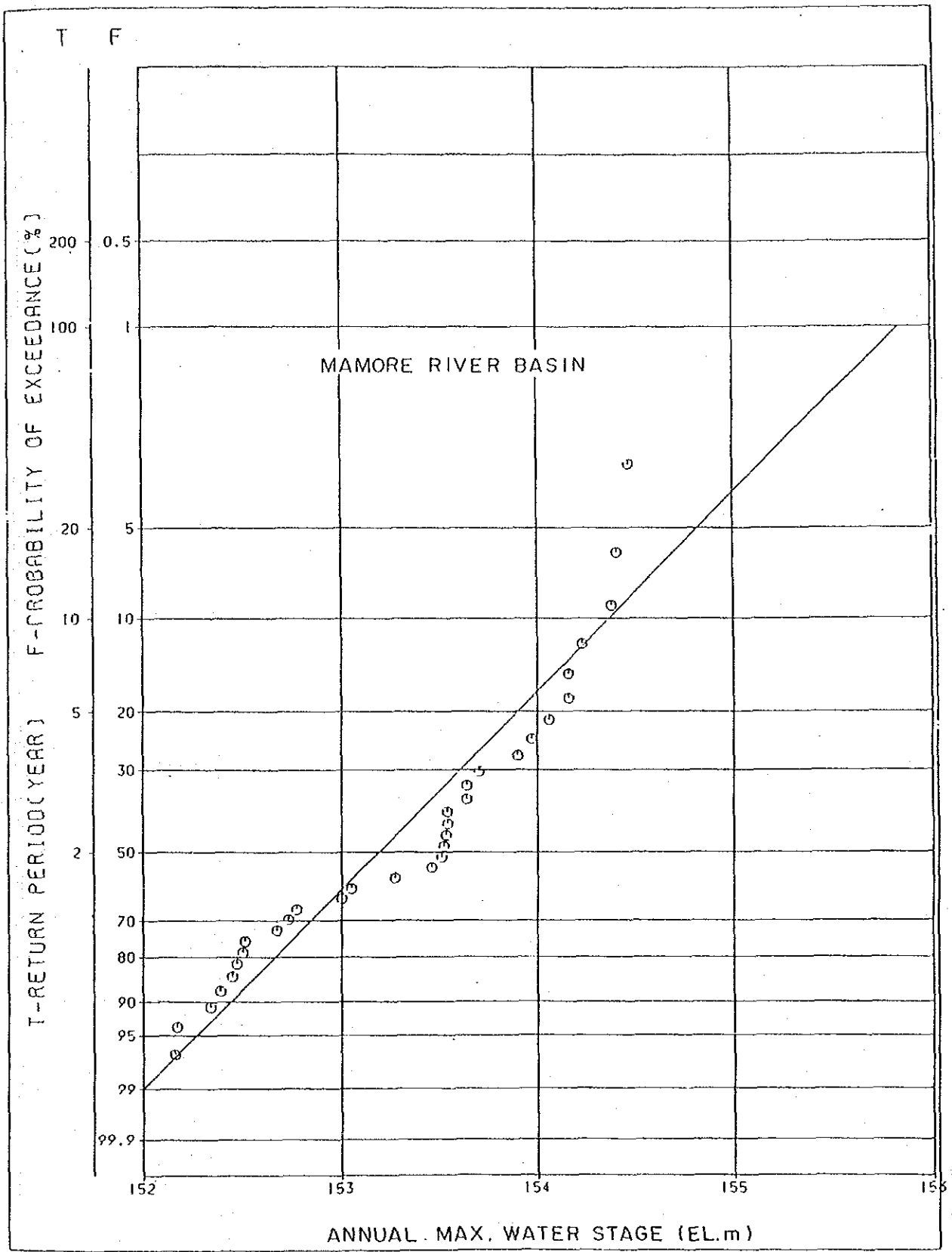


図 4.3-16 マモレ川年間最高水位確率

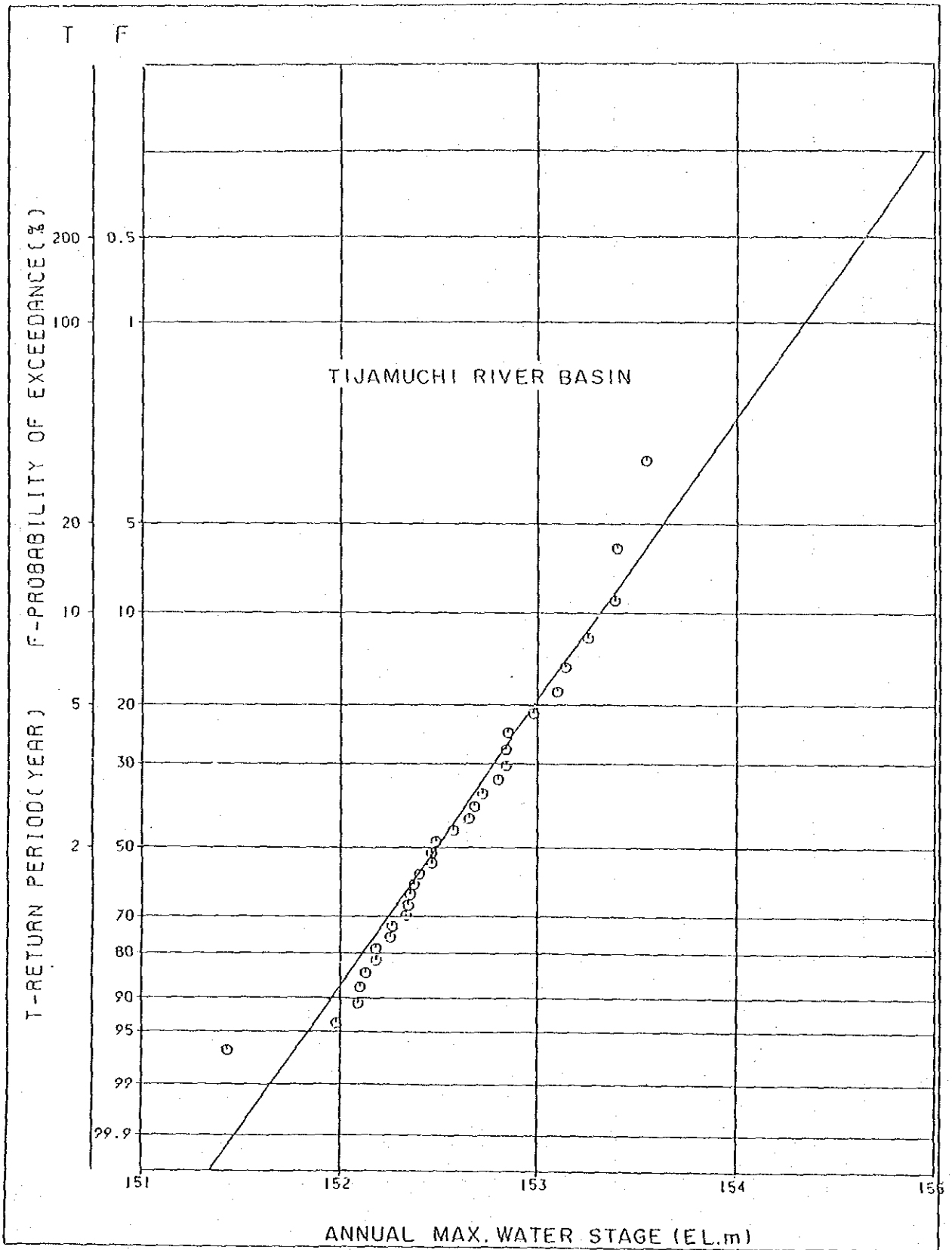


図 4.3-17 ティハムチ川年間最高水位確率

2) 上記の  $El=154.8m$  という高水位は現況の道路条件のみを前定として決めた20年確率に一致するものである。

20年確率に相当する降雨が記録されなかった為、最適な排水施設を設置するための解析ができなかったが、次のことを考えれば十分採用し得る値だと言える。

表 4.3-12 洪水域・水位予想

(Unit: EL. m)

Return Period (year)	Water Stage		
	Ibare River Basin	Mamore River Basin	Tijamuchi River Basin
2	153.5	153.2	152.5
5	154.0	153.9	153.0
10	154.4	154.4	153.3
20	154.8	154.8	153.6
30	155.1*	155.1	155.1*
50	155.4*	155.4	155.4*
100	155.8*	155.8	155.8*

\* Assumed same water stages as those of Mamore river basin considering all flood areas are united.

表 4.3-13 アペレ川、マトス川、マニキ川における最高解析のパラメーター

Items of Parameter	Symbol*	Apere-Matos River Basin (7,120 km <sup>2</sup> )	Maniqui River Basin (3,140 km <sup>2</sup> )
<b>A. Multiplier</b>			
1. 1st Tank			
- Runoff Hole (upper)	a1	0.068	0.102
- Runoff Hole (lower)	a2	0.044	0.066
- Infiltration Hole	a0	0.010	0.066
2. 2nd Tank			
- Runoff Hole	b1	0.010	0.015
- Infiltration Hole	b0	0.010	0.015
3. 3rd Tank			
- Runoff Hole	c1	0.002	0.004
- Infiltration Hole	c0	0.002	0.004
4. 4th Tank			
- Runoff Hole	d	0.0002	0.0002
<b>B. Height of Runoff Hole (mm)</b>			
1. 1st Tank			
- Upper	A1	30	30
- Lower	A2	10	10
2. 2nd Tank	B	10	10
3. 3rd Tank	C	10	10
4. 4th Tank	D	0	0
<b>C. Initial Storage Height (mm)**</b>			
1. 1st Tank	X1	0	0
2. 2nd Tank	X2	0	0
3. 3rd Tank	X3	0	0
4. 4th Tank	X4	165	165

\* See Fig.4-3-12

\*\* Assumed every October 1st when the basin storage is at minimum.

#### 4.3.4.2 サンイグナシオ～サンボルハの間の断面

##### (1) 排水計画

###### 1) 設計流出量

設計流出量はアペレーマトス及びマニキ川の計画道路が河川を横断している場所で設定された。

流出量は次の大まかな想定により連続タンクモデルで設定された。

- － タンクモデルのすべての要素は、浸透孔を除き、表 4.3-22に示したが、ティハムチ川でのタンクモデルで使用した式と同じである。
- － アペレーマトス及びマニキ流域の降雨量及び蒸散量は、ティハムチ川のものと同じであると考えられる。
- － アペレーマトスの洪水制御効果はティハムチ川洪水域のものとはほぼ同じであると想定された。したがって、アペレーマトスの洪水域へ流入するピーク流量は、そのうちの 60 %が流出される。

上記の仮定に基づき、考えられるいくつかの確率年における洪水流出量が計算されたが排水施設を決定するための流出量としてトリニダとサンイグナシオ間に採用された値、すなわち 10 年確率が採用された。

設計流出量としては次の値を採用する

- アペレーマトス川流域 1410m<sup>3</sup>/s
- マニキ川流域 850m<sup>3</sup>/s

2) 必要な排水施設

排水計画の基本概念としては、10 年確率の洪水量を河川で流出させ、さらに新しく設置した各流域での排水設備と兼ね合せて排水することである。

河川水路としては次に示す仮定のもとに計算され表 4.3-14にまとめられている。

- 10 年確率の高水位が、ティハムチ川の 20 年確率に一致する1984年の洪水位より 0.3m下となるように、計画道路のすぐ上流部の高水位を設定した。
- アペレ、クベレネ及びマニキ川の粗度係数を 0.05 とし、他の川についてはイバレ、ティハムチ川に関連して 0.06 とした。

表 4.3-14 サンイグナシオ～サンボルハ間許容流量

River Name	Roughness Coefficient N	Longitudinal Gradient I	High Water Level /1 EL (m)	Flow Area A (m <sup>2</sup> )	Wet Perimeter S (m)	Hydraulic Radius R (m)	Flow Velocity V (m/s)	Flow Capacity Q (m <sup>3</sup> /s)	Design Discharge /1 QD (m <sup>3</sup> /s)
Apere-Matos River Basin:									1,410
- Apere River	0.050	1/5,000	160.2	490	82	5.98	0.93	457 )	
- Coverene River	0.050	1/5,000	160.3	252	58	4.34	0.75	190 )	
- Mururita River	0.060	1/3,500	160.3	36	18	2.00	0.45	16 )	
- Museruna River	0.060	1/3,500	161.6	66	25	2.64	0.54	36 )	Total
- Chevejecure River	0.060	1/3,500	163.0	47	20	2.35	0.50	23 )	809
- Matos River	0.060	1/3,500	171.5	85	36	2.36	0.50	42 )	
- Curirabita River	0.060	1/3,000	187.9	38	20	1.90	0.47	18 )	
- Curiraba River	0.060	1/3,000	189.3	57	29	1.97	0.48	27 )	
Maniqui River	0.050	1/2,500	193.2	687	126	5.45	1.24	852	850

/1 Corresponding to 10-year return period flood.

マニキ川流域の河川水路はそれ自体で設計流出量を排水することが可能である。したがって、ここでは排水施設は不要である。一方、アペレーマニキ河流域は地形の影響のためサンイグナシオとムルリータ川の間を流す設計流量に対し、 $600 \text{ m}^3/\text{s}$  あまりの排水能力が不足している。

以上の結果、排水施設を決める設計基準はつぎのものとする。

— 設計流量	$600 \text{ m}^3/\text{s}$
— 計画道路上流の水位	EL. 160.3 m
— 計画道路の上下流の水位差	0.15 m

## 2) 設計高水位

サンイグナシオ～サンボルハ間の河川水路の計画水位は、計画道路及び橋の高さを決定する根拠となる。この値として、トリニダ～サンイグナシオ間の20年確率を採用するものとする。

## 4.4 排水施設としての橋梁とコルゲートパイプの比較

### 4.4.1 概要

道路を横切って流下させなければならない水量は、4.3の水理解析から求めた。マモレ川の最大流下容量と橋を架ける主要8河川は4.3に示されている。(表4.3-11と表4.3-14を参照)

必要流下量と川の流下能力は異なるので道路に排水を設け流下させなければならない。

コルゲートパイプ、ボックスカルバートそして橋のような排水施設で排水容量の不足を補う。

地形的に橋が適当な場合、または、流下量が大きい場合のいずれか一方に該当する場合は無条件で橋を採用した。

ここでは、必要流下量がそれほど大きくないことからコルゲートパイプとコンクリート橋について実施した。この章での検討目的は、必要流下量をより経済的に流せる排水施設を決定することである。

### 4.4.2 地域条件

この章での検討は各々地域条件が異なるのでプロジェクト道路の4区域について

実施した。

4.3 で述べた水理解析の結果を基に地域条件の概要を以下の表 4.4-1 に示す。

表 4.4-1 流下区域特性\*

Sub Section	Trinidad-Ibare	Mamore-Tijamuchi	Tijamuchi-Fátima	San Ignacio-Museruna
Required discharge volume Q m <sup>3</sup> /s	120	840		600
		280	560	
Expected max. water level WL m	154.5	153.5		160.3
** Water depth WD.m	2.9	1.9	2.5	1.0
Water head difference h m	0.01	0.1		0.15

\* Corresponding to 10-Year return period

\*\* Average water depth at the places where some drainage facilities may be constructed

#### 4.4.3 構造の比較

##### (1) コルゲートメタルカルバート

- 1) 比較検討には、ボリビア国で最も多く利用されているコルゲートパイプで行う。
- 2) コルゲートパイプの直径は、下式で決定する。

$$\text{水深 } WD < 0.9 \times (\text{パイプの直径})$$

上式から、各道路区域におけるパイプの直径を計算すると下記のようなになる。

トリニダ～イバ川  $d = 3.5 \text{ m}$

マモレ川～ティハムチ川  $d = 2.5 \text{ m}$

ティハムチ川～ファテマ  $d = 3.0 \text{ m}$

サンイグナシオ～ムセルナ川  $d = 1.5 \text{ m}$

- 3) たとえコルゲートパイプを足して、流下容量を増やしても 1箇所当りのパイプは施工性を考慮して、4~5 本以上は設置しない。



(2) コンクリート橋

1) 1箇所の流下量を  $300\text{m}^3/\text{s}$  以下と仮定すると、橋は下記の 2形式が考えられる。

- 鉄筋コンクリート単純 T桁橋  
(以下 RC 橋という)
- プレストレスコンクリート単純合成 1桁橋  
(以下 PC 橋という)

2) 橋の支間長はボリビア国における標準支間長による桁の組合せで決定した。

3) 橋の桁下空間は計画水位 (20 年確率) から  $1\text{m}$  以上とした。

(3) コンクリートボックスカルバート

鉄筋コンクリートボックスカルバート (以下 RC ボックスという) は、本プロジェクト地域では不利であることからここでの検討から除いた。

RC ボックスと RC 橋について、水の単位当たり流下量の使用コンクリート体積を概算してみると、前者が  $5\text{m}^3$  なのに対し、後者は  $3\text{m}^3$  となる。

#### 4.4.4 結論

各形式ごとに流下量と建設費の計算結果を図 4.4-1 ~ 図 4.4-4 に示す。

各区域における排水形式の決定概要は以下に示す。

1) トリニダ〜イバレ川間

(コルゲートパイプ) < ( $Q=15\text{m}^3/\text{s}$ ) < (RC 橋)

(RC 橋) < ( $Q=19\text{m}^3/\text{s}$ ) < (PC 橋)

2) マモレ川〜ティハムチ川間

(コルゲートパイプ) < ( $Q=52\text{m}^3/\text{s}$ ) < (PC 橋)

3) ティハムチ川〜ファテマ間

(コルゲートパイプ) < ( $Q=60\text{m}^3/\text{s}$ ) < PC 橋

4) サンイグナシオ〜ムセルナ川間

(コルゲートパイプ)

この結果に基づいて、各道路区域の排水施設の概略設計を 5.2-2 で実施した。

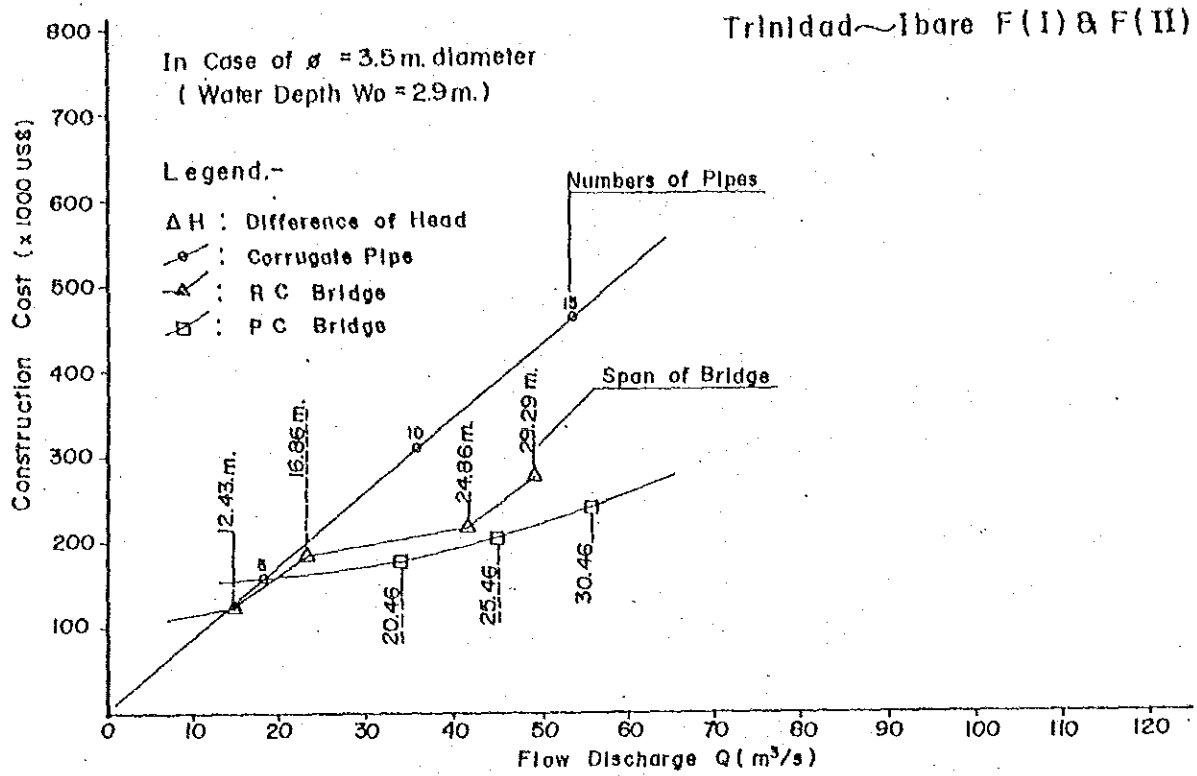


図 4.4-1 流下容量と建設費 - 1 (水深 = 2.9 m)

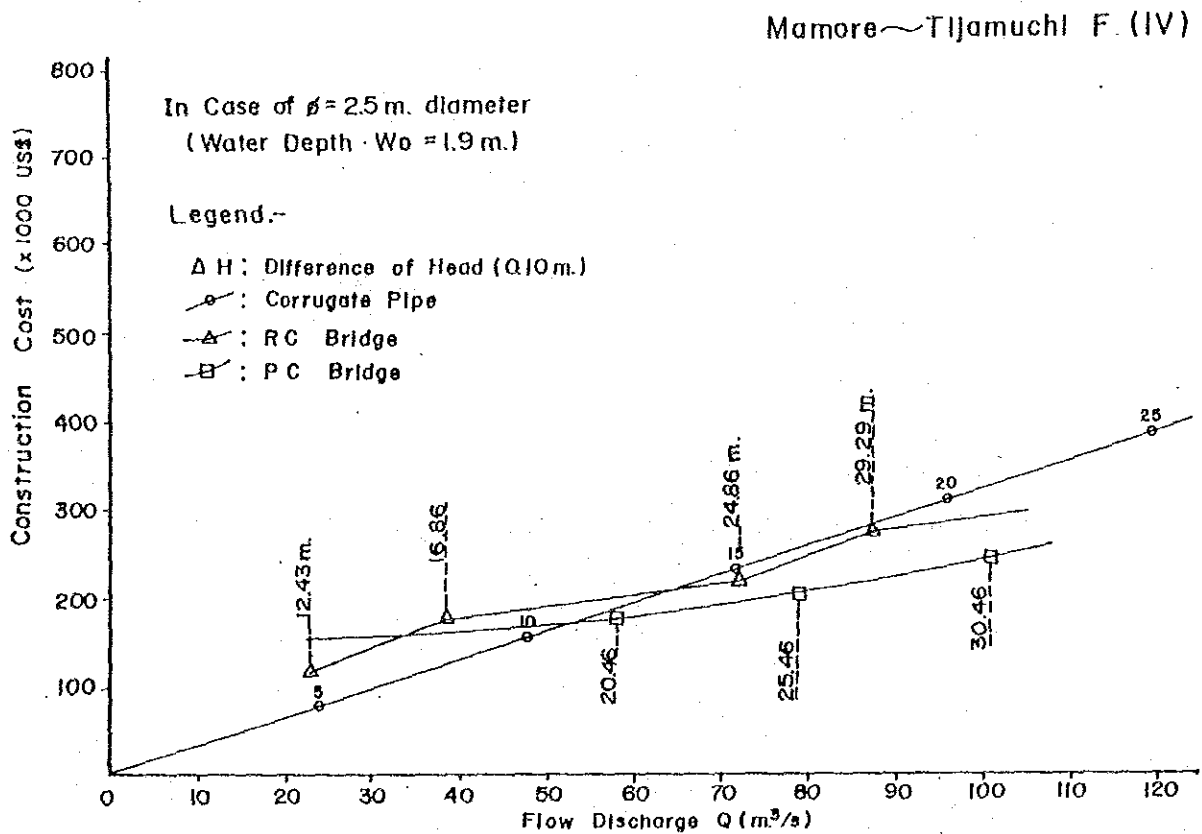


図 4.4-2 流下容量と建設費 - 2 (水深 = 1.9 m)

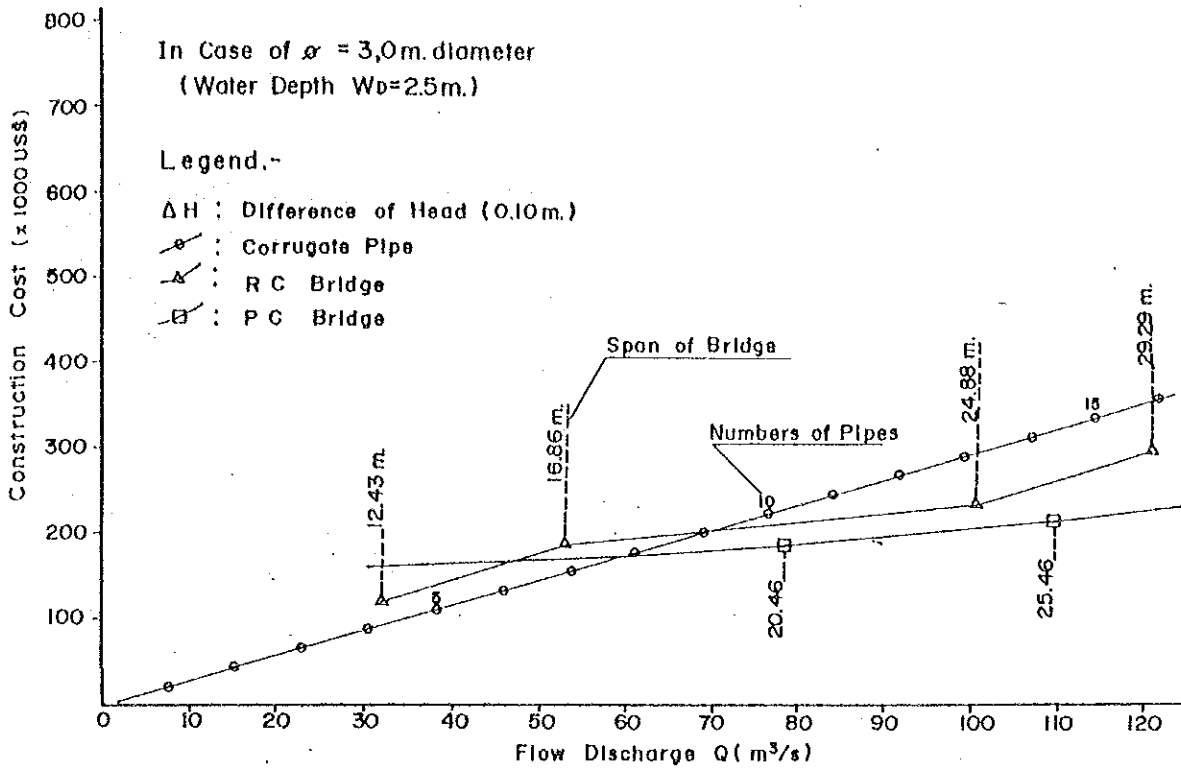


図 4.4-3 流下容量と建設費-3 (水深 = 2.5 m)

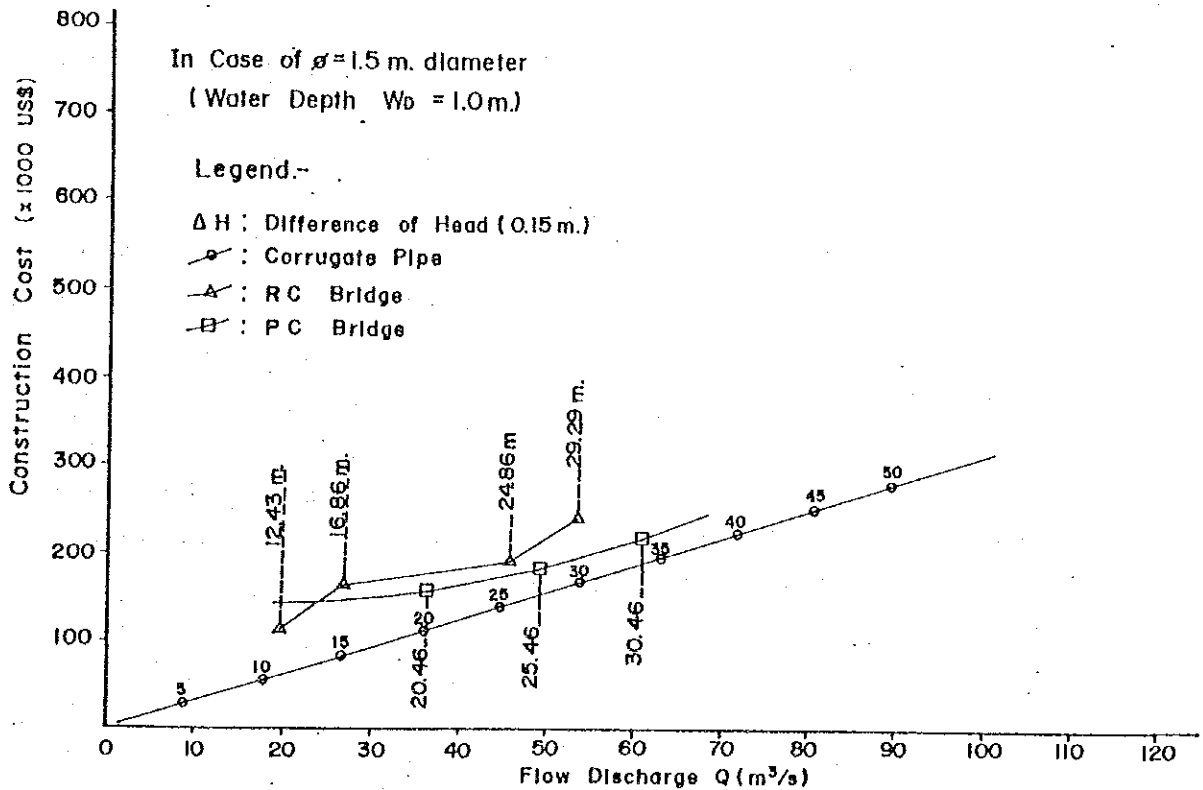


図 4.4-4 流下容量と建設費-4 (水深 = 1.0 m)

#### 4.5 マモレ川フェリー施設の比較検討

##### 4.5.1 マモレ川の現状

現在マモレ川（プエルトバナドール付近）は乾季で川巾約 420m～450mで、河床位置は現地盤下 15 m～20 mである。またプエルトバナドールの現地盤高約 154.0mである。

1986年 3月の流量観測調査の結果、流速は約 2m/sec（表面最大流速）、その時の流量は 8240 m<sup>3</sup>/secであった。

この川の右岸にプエルトバナドールと左岸にプエルトガナデーロの 2つの港がある。両港間の距離は約 3.5km有り、この間を民間フェリーボートが片道約40分をかけて、自動車、旅客、物資、等の輸送を行なっている。

マモレ川は一見静かな大河のように思われるが、毎日その姿を変えている。我々は 2～3 週間間にプエルトガナデーロの岸壁が少なくとも、5m以上、川の流れの力によって削り取られた事を確認している。川の周辺には河道が大きく変化するため、大小多数の三ヶ月湖が存在している。

雨季には現地盤より約 0.7～0.8 m水位が上り、乾季になると水深が約 5～6 mとなり、その水位差は 10 mを越える。

ボリビア国地理院（IGM）で得た航空写真及び今回の調査で撮影した航空写真とを総合すると、27年間の、マモレ川の河道変化を知ることが出来た。（図 2.1-5 参照）

この図からマモレ川は 27年間で 4.0～5.0 kmの中で移動している事が理解出来る。また、コルデベニでのヒアリングの結果、河川敷には 1550年以前のインカ時代の遺跡が数多く存在していたが、河道の移動により、現在図 2.1-5 に示す 2箇所だけ残っていると言うことである。

以上述べたように、航空写真による河動状況、三ヶ月湖点在範囲、測量で求めた自然堤防位置および遺跡からマモレ川の 27年間及び約 400年間の河道移動範囲は図 2.1-5 に示す範囲内であろうと推定出来る。

#### 4.5.2 比較案の策定

フェリーサービス計画の基本方針は以下に示す。

- ・ 護岸工、水制工及び橋梁等の計画は莫大な建設費を要するので考慮しない。
- ・ マモレ川を将来交通量が満足に渡河出来る事
- ・ 常時（雨季、乾季）通行可能である事
- ・ 経済性に優れている事

上記基本方針を満足させ、現況フェリー状況、現地調査等を勘案し 3案作成した。

(図 4.5-1 ~ 3参照)

— Assumed Critical Extension of River Meandering

note: As of 1985

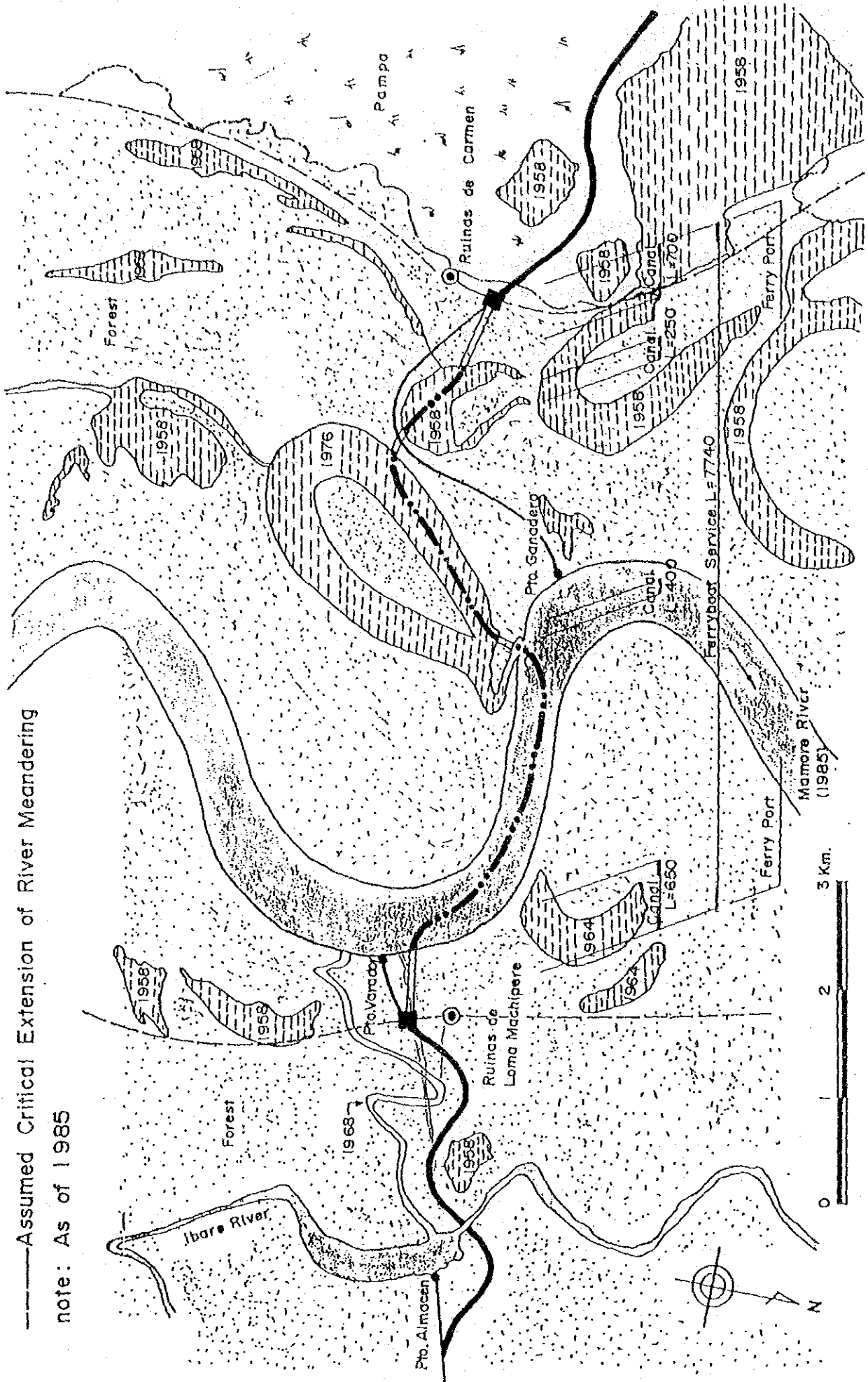


図 4.5-1 フェリー航路計画 (比較案-1)

——Extension of River Meandering

note: As of 1985

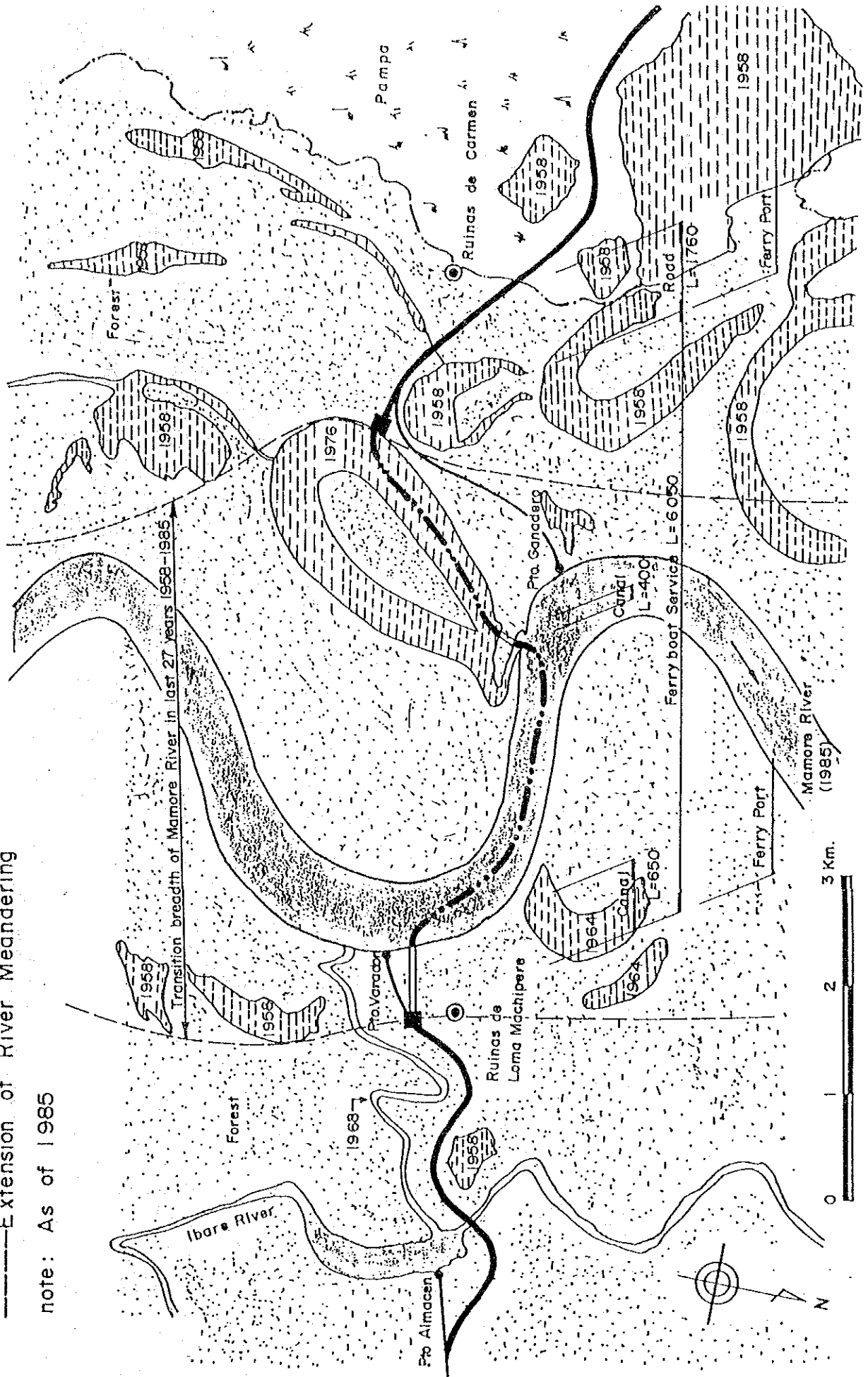


图 4.5-2 フェリ-航路計画 (比較案-2)

--- Extension of River Meandering

note: As of 1985

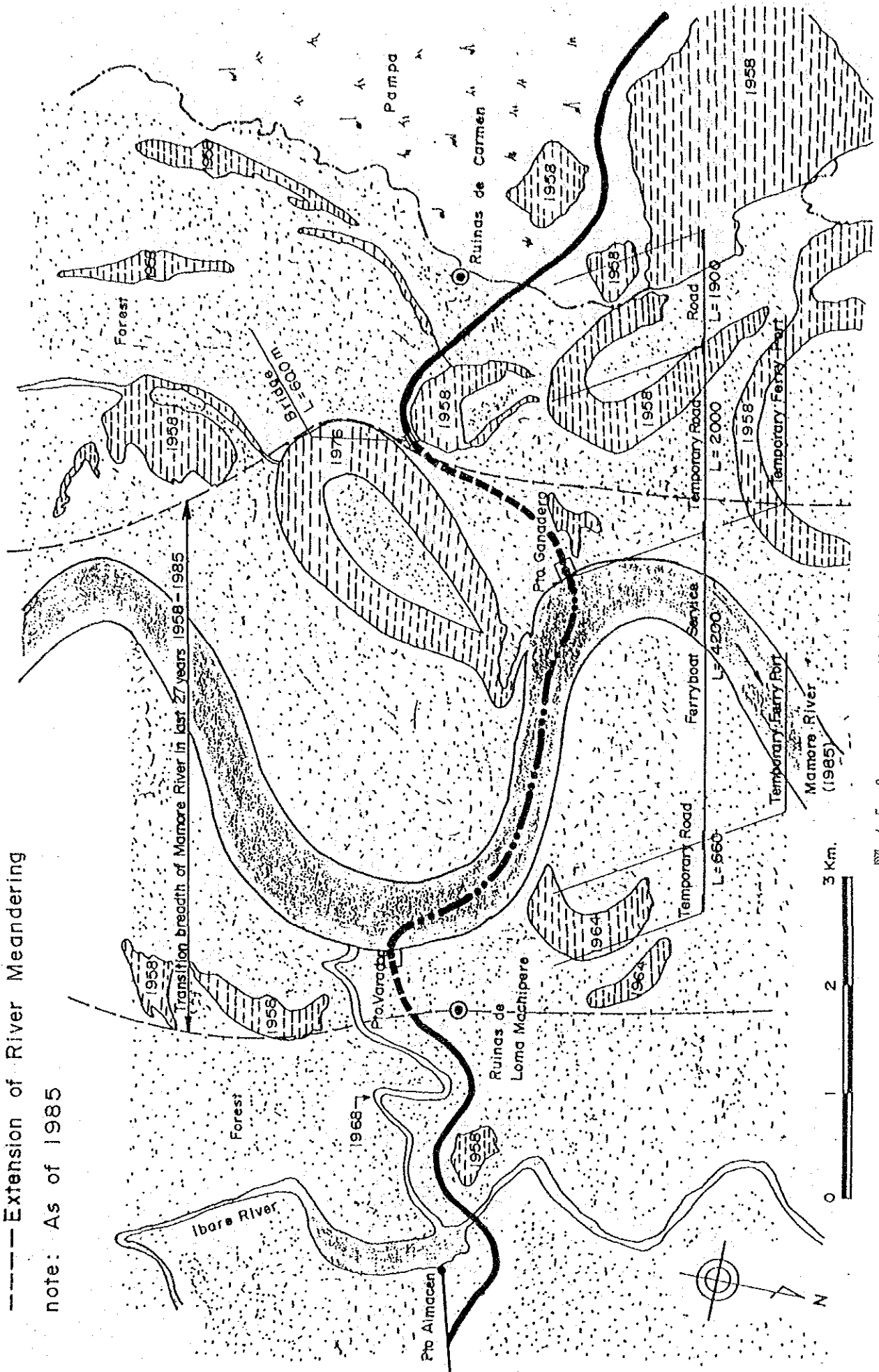


図 4.5-3 フェリー航路計画 (比較案-3)



### 4.5.3 フェリーボートの検討

#### ・ 渡河交通量

1方向時間当り交通量は次式で求め、各年度の交通量は図 4.5-4 に示すようになる。

$$1\text{方向時間当り交通量} = \text{日交通量} \times \frac{1}{2} \times 0.10$$

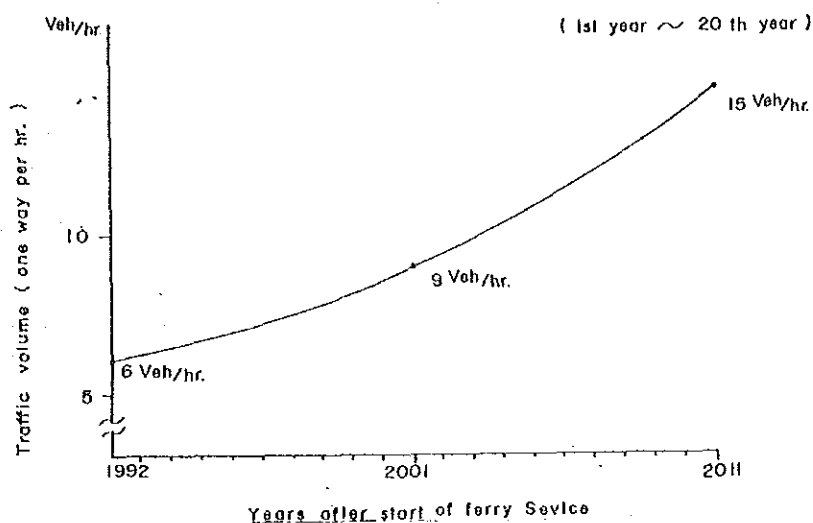


図 4.5-4 マモレ河を渡る自動車交通量 (一方向)

#### ・ フェリーボートの積載及び寸法

フェリーボートの大きさは大型、小型の 2 案に対して検討する。フェリーボートの寸法及び積載台数は表 4.2-1 に示す。

表 4.5-1 フェリーボートの寸法及び積載台数

	小型フェリーボート	大型フェリーボート
幅	5.0m	9.0m
長さ	28.0m	30.0m
吃水	0.7m	0.92m
大型車両積載台数	2台	4台
延べ平均積載台数	3台	6台

#### ・ フェリーボート必要台数

表 4.5-2 渡河時間当り輸送能力

		第 1 案	第 2 案	第 3 案
片道輸送時間	小型 F.B.	44分	36分	28分
	大型 F.B.	47分	39分	31分
時間当り	小型 F.B.	2.05台/hr	2.50台/hr	3.21台/hr
片道輸送能力	大型 F.B.	3.83台/hr	4.62台/hr	5.81台/hr

表 4.5-3 フェリーボート必要台数

		Alternative-1		Alternative-2		Alternative-3	
		Capacity of Transportation	Year	Capacity of Transportation	Year	Capacity of transportation	Year
Small Class Type	1 Vessel	2.1 Veh/hr		2.5 Veh/hr		3.2 Veh/hr	
	2 Vessels	4.1 Veh/hr		5.0 Veh/hr		6.4 Veh/hr	Till 1992 year
	3 Vessels	6.2 Veh/hr	Till 1992 year	7.5 Veh/hr	Till 1997 year	9.6 Veh/hr	Till 2002 year
	4 Vessels	8.2 Veh/hr	Till 1999 year	10.0 Veh/hr	Till 2003 Year	12.8 Veh/hr	Till 2008 year
	5 Vessels	10.3 Veh/hr	Till 2004 year	12.5 Veh/hr	Till 2007 year	16.1 Veh/hr	over 2011 year
	6 Vessels	12.7 Veh/hr	Till 2008 year	15.0 Veh/hr	Till 2011 year	19.3 Veh/hr	over 2011 year
Large Class Type	1 Vessel	3.8 Veh/hr		4.6 Veh/hr		5.8 Veh/hr	
	2 Vessels	7.7 Veh/hr	Till 1997 year	9.2 Veh/hr	Till 2001 year	11.6 Veh/hr	Till 2006 year
	3 Vessels	11.5 Veh/hr	Till 2004 year	13.9 Veh/hr	Till 2009 year	17.4 Veh/hr	over 2011 year
	4 Vessels	15.3 Veh/hr	Till 2011 year	18.5 Veh/hr	over 2011 year	23.2 Veh/hr	over 2011 year
	5 Vessels	19.1 Veh/hr	over 2011 year	23.3 Veh/hr	over 2011 year	29.1 Veh/hr	over 2011 year
	6 Vessels	23.0 Veh/hr	over 2011 year	27.7 Veh/hr	over 2011 year	34.9 Veh/hr	over 2011 year

4.5.4 運河及びフェリー施設の形状

(1) 運河の形状

第1案、第2案で必要とされる運河の形状は乾季(L.W.L)において、フェリーボートがすれ違えられる幅であり、深さは咆水深さに余裕深さ1.0mを見込で決定した。

表 4.5-4 運河の寸法

	Small Class Type Ferry Boat	Large class Type Ferry Boat
Width of river bed	12.0 <sup>m</sup>	21.0 <sup>m</sup>
Depth of excavation	11.2 <sup>m</sup>	11.4 <sup>m</sup>
Grade of slope	1:3.0	1:3.0
Excavation cross section	259.8 m <sup>2</sup>	370.2 m <sup>2</sup>

(2) フェリーターミナルの形状 (第1案、第2案)

スロープの幅 : 小型フェリーボート用 W = 7.0 m

大型フェリーボート用 W = 9.0 m

スロープの勾配 : i = 20%

スロープの舗装 : コンクリート舗装

スロープの法面 : 法勾配は 1 : 2.0

法面保護工はブロック砕工 (レンガ張)

(3) 仮設フェリーターミナルの形状

第3案で必要とされる仮設フェリーターミナルは川がたえず移動するため、フェリーターミナルも移動させなくてはならない。そのため、維持修繕用のブルドーザーシャベルを設置する。

スロープの幅 :  $W = 9.0 \text{ m}$

スロープの勾配 :  $i = 20\%$

スロープの舗装 : 鋼製覆工板 (ロードマット)

スロープの法面 : 1 : 1.0 無処理

(4) 道路断面 (第2案、第3案)

道路幅員は兩岸共に 11 m として検討を進める。

舗装は第1期として下層路盤までとする。

盛土高は常時通行可能な HWL より 60 cm 高く計画する。

法面勾配は 1 : 2.0 で計画

(5) 仮設道路 (第3案)

仮設道路は現地盤上に幅員 7m、厚さ 10 cm で毎年雨季あけに砂利を敷く。

(6) (1)~(5)の形状図は Appendix 4 参照

4.5.5 数量及び概算工事費・維持管理費

表 4.5-5 数量総括表

		Unit	Alternative-1	Alternative-2	Alternative-3
Navigation distance of F.D		m	7,740	6,050	4,200
Construction length of canal		m	2,000	1,050	0
Ferry port		Pl.	2	2	0
Temporary ferry port		Pl.	0	0	2
Total length of road construction		m	0	1,760	1,900
Total length of temporary road construction		m	0	0	2,000
Required No. of F.B	Small class type F.B	ves.	5	4	3
	Large class type F.B	ves.	3	2	2
Total navigation distance of F.B per day	Small class type F.B	km	433.44	330.00	235.20
	Large class type F.B	km	216.72	169.40	117.60
Maintenance office		hs.	2	2	2
Dredger		ves.	1	1	0
Maintenance staff	Small class type F.B	pers.	14	12	12
Operator	Large class type F.B	pers.	11	11	10
Track-type loader (100 HP)		unit	0	0	2
Operation and maintenance gravel stock (per year)		m <sup>3</sup>	0	0	1,400
Bridge		m	0	0	60
Fuel Consumption of Ferry Boat	Small class type F.B	l	137,570	107,532	74,650
	Large class type F.B	l	149,251	116,662	89,989

Note: Required number of ferry boats, navigation distance, and O/M are considered for the period of 10 years.

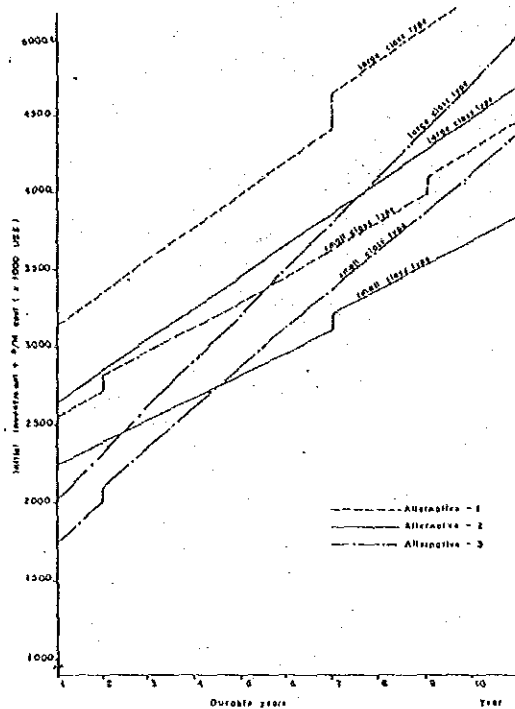


図 4.5-5 フェリーボートのタイプ比較

4.5.6 結論

表 4.5-6 フェリーサービスの比較

Alternative	Class of F.B	Economy		Merit	Demerit
		(1) Cost of Construction and Facility (10 years)	(2) Maintenance Cost for 10 years (3) Total		
1	Small Class F.B	(1) 2,732,000 \$	(2) 1,713,000 \$ (3) 4,445,000	Stable navigation of F.B is available. Locational degree of safety of terminal is high. Operation and maintenance of terminal is easy.	Economically inferior. Navigation time (crossing river) is short.
	Large Class F.B	(1) 3,358,000 \$	(2) 2,108,000 \$ (3) 5,466,000 \$		
2	Small Class F.B	(1) 2,330,000 \$	(2) 1,503,000 \$ (3) 3,833,000 \$	Stable navigation of F.B is available. Operation and maintenance of terminal is easy. Most economical (Small Class F.B).	
	Large Class F.B	(1) 2,635,000 \$	(2) 2,042,000 \$ (3) 4,677,000 \$		
3	Small Class F.B	(1) 1,842,000 \$	(2) 2,625,000 \$ (3) 4,467,000 \$	Navigation time (crossing river) is short.	Temporal road will be inundate during rainy season. Normal traffic is impossible. Degree of safety of terminal is low and stable navigation is not available. Operation and maintenance of terminal is difficult.
	Large Class F.B	(1) 2,016,000 \$	(2) 2,969,000 \$ (3) 4,985,000 \$		

評価：一年を通して利用でき、経済的で永続的な航行が可能であり、そして維持管理が容易である第2案（小型F.B.）を最も推奨する。

#### 4.6 碎石の資源

##### 4.6.1 石材に必要な品質

舗装に使用される石材は“AASHTO Designation M-147”に示される以下の条件を満足すべきである。

- ・ ロスアンゼルス試験によるすりへりは、50%以下でなければならない。
- ・ 石材は、繰返えず、乾燥、湿潤や凍結融解によって破壊されてはならない。
- ・ 表 4.6-1 に示される粒径を、上・下層路盤及び表層に適用する。

表 4.6-1 混合材の配合 (AASHTO)

Sieve designation		Mass percent passing					
Standard	Alternate	Grading A	Grading B	Grading C	Grading D	Grading E	Grading F
mm							
50	2 in	100	...	...	...	...	...
25.0	1 in	...	75-95	100	100	100	100
9.5	3/8 in	30-65	40-75	50-85	60-100	...	...
4.75	Nº 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100
2.00	Nº 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100
0.425	Nº 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
0.075	Nº 200	2-8	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

日本のアスファルト舗装要綱による石材の標準的な品質を表 4.6-2 に示す

表 4.6-2 砕石の材質 (日本アスファルト舗装要綱)

Characterist	Surface	Base	Subbase
Specific gravity	>2.45	-	-
Absorption (%)	<3.0	-	-
Abrasion (L.A.) (%)	<30	<50	-
C B R	-	>80	>20
Max. size (mm)	-	<40	<50
Plasticity Index (<4 mm fraction)	-	<4	<6

#### 4.6.2 砕石の資源

計画道路の付近には、石材がまったく存在しない。採石場は、トリニダ及びサンボルハから大変遠い所にある。この調査で調べた採石候補地を以下に示す。

サンボルハ側 (採石候補地 3ヶ所)

##### (1) リオカリボ (カリボ川)

リオカリボは、ユクモから国道 2号線沿いに 6km北上した所に位置し、砂利は、リオカリボの河床及び左岸側にある。

河床にある砂利は、国道 2号線建設のために使用され、その量は少ない。

左岸側の砂利は、表土が 2mと厚くその量は、500,000m<sup>3</sup>以上ある。ここの砂利は、主に貝がらや泥岩まじりの砂岩から成り、そのすりへり量や吸水量が高く、必要条件を完全に満足するものではない。しかし、この砂利は、ユクモ〜ルネラパッケイ間の下層路盤材として使用された実績がある。

##### (2) 石山 NO 1 ~ NO 3

今回、調査された石山 NO 1 ~ NO 3 の位置は、図 3.3-1 に示す。

石山 NO 1 のロスアンゼルス試験の結果、地表面で採取した砂岩は、75%、ボーリングコアの砂岩は、97%の値を示し、材質としては、非常に低く、下層路盤材としては、使用不可能である。

石山 NO 2 は、地表面に於いて石材が採取されたが、ボーリング結果からは、弱い泥岩が採取され、下層路盤材としては、ほど遠い材質であった。

石山 NO 3 は、多くの風化岩を含む砂岩から成り、その色は、赤茶色、灰色及び乳白色の種類があるが、使用可能な材料としては、上層部にある赤茶色の岩石だけである。その量は、概ね 300,000m<sup>3</sup>である。

(3) リオキキベイ

この採石場は、ユクモから国道 3号線に沿って南に 32 km行った所にある。砂利は河床にあり、その殆んどが砂岩から成る、この川砂利は、国道 2号線のコンクリート構造物に使用された。この時の調査報告書によると、リオキキベイ産の石材の材質は、上・下層路盤材としては、適合するが、表層材としては、不適合である。表 4.6-2 に表層材の必要条件を示す。

リオキキベイの使用可能な砂利は、70,000 ~ 80,000 m<sup>3</sup>と少なく、舗装材としてではなく、その実績からコンクリート構造物の砕石として使用すべきであろう。

トリニダ側 (採石候補地 3ヶ所)

(1) セロチコ

セロチコは、トリニダより 170km離れた国道 9号線 (トリニダ~サンクルーズ間) 沿いにある。この採石場は、国道 9号線のトリニダ~サンレモン間の道路を改良するために新しく開拓された。その材質は堅い砂岩から成り、すりへり量が高いが、CBR 値も高く、上・下層路盤材としては、十分な材質であるが、残量が少ない。またこの丘の裏側には、同じような材質を持つ丘があり、その量は、限りがない。

(2) セログランデ

ここは、セロチコより南方に位置し、トリニダから 200kmの所にある。この材質は、花こう岩であり、舗装材の必要条件を十分満足するものである。その量も限りがない。

(3) プェルト・ビジャロエル

この川砂利は、1977年のトリニダ空港建設の際、表層及び上・下層路盤材として使用された。イビビガルサ川 (マモレ川の支流) の川岸から産出される石材は高品質の砂岩であるが、トリニダ~プェルト・ビジャロエル間は 230kmもあり、船及びダンプトラックによって運ばなければならない。トリニダ~プェルト・ビジャロエル間の船による運搬時間は、乾期で 8~10日、雨期で 4~5日もかかり、その費用も高い。

#### 4.6.3 各採石場に於ける材質と数量

表 4.6-3 に各採石場の利用可能な材質と概算数量を示す。

これらは、現場資料及び 3.4.2 で述べた試験結果より得たものである。

表 4.6-3 砕石の材質と概算数量

Candidate site	Stone	State	Deposit available	Abra-sion	Absorp-tion	Distance to TDD or SRJ
			$\times 10^3 m^3$	%	%	km
San Borja side:						
Rio Caripo	sandstone group	river gravel	500	64	3.5	64
Yshiyama N° 3	sandstone	rock	300	47	4.5	-
Rio Quiquibey	sandstone group	river gravel	80	40	2.5	-
Trinidad side:						
Cerro Chico	sandstone	rock	unlimited	47	-	82
Cerro Grande	granite	rock	unlimited	25	0.8	-
Pto. Villarroel	sandstone group	gravel	-	27	0.9	-

#### 4.6.4 補足情報

下記の 2つの情報は、この調査の最終段階で得られたものである。

##### (1) オロモモの石材

先に述べた採石場に加えて、サンイグナシオ（トリニダから概設道路沿いに 80 kmの所）から 130km離れた国道 10 号線（計画路線、サンイグナシオ～コチャパンバ間）の近くに位置する。その石材の材質を試験するため約 50 kgのサンプルが集められた。

サンプルの全てが、砂岩であるが、試験の結果、約半分は、圧力を受けると砕ける軟岩であり、残りは十分に硬く安定している。（表 3.4-2 参照）

オロモモの石材は、運搬路がないため、計画道路の第一段階建設では、使用することができない。

##### (2) セロサンホルへの石材

道路建設に十分使用できる採石候補地が SNCによって見つけられた。

サンホルへと呼ばれる採石場は、セロチコの南方約 12 kmの位置にある。この採石場は、セロチコよりわずかに遠いが、使用可能な石材は、材質、量ともに舗装材料として満足するものである。ロサンゼルスすりへり試験の結果は、25%を示し、この値は、サンホルへの石材が、上層路盤ばかりでなく、表層にも使用可能であることを示している。

次章に説明された費用分析は、サンホルへを使用すると仮定して行った。



4.6.5 材料のコストと建設現場

表 4.6-4 に材料、材料費と採石場からトリニダ又はサンボルハまでの運搬費用を示す。この表から明らかなように、サン・ホルヘ（トリニダ側）とカリポ川（サンボルハ側）からの材料が最も経済的である。したがって、下層路盤材としては、サン・ホルヘとカリポ川を使用すべきであり、上層路盤と表層の材料は、その品質、特性からサン・ホルヘの砕石を使用すべきである。

図 4.6-1 にサン・ホルヘとカリポ川の材料を使用した下層路盤の費用比較を示す。

表 4.6-4 トリニダ又はサンボルに於ける材料費（砕石）

Candidate Quarry	Price at Quarry	Transport Cost	Price at TDD or SRJ	Remarks
San Borja side:	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	
Rio Caripo	6.2	12.1	18.3	
Yshiyama № 3	8.1	14.5	22.6	
Rio Quiquibey	7.7	17.3	25.0	
Trinidad side:				
Cerro San Jorge	7.0	37.4	44.4	
Cerro Grande	7.0	39.6	46.6	
Pto. Villarroel	5.0	62.8*	67.8*	

\* price upto and at Pto. Almacen

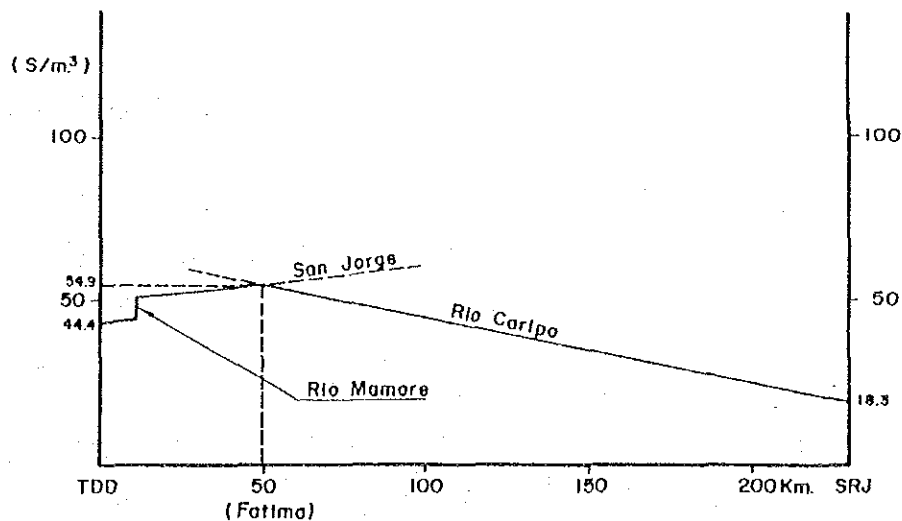


図 4.6-1 建設現場に於ける材料費（運搬 1 m<sup>3</sup> 当り）

図 4.6-1 の結果から、この計画道路に於ける最も経済的な下層路盤の建設方法としては、トリニダから 50 km (ファティマ) 間にサン・ホルへの砕石を使用し、ファティマからサンボルハ間にカリボ川の砕石を使用すべきである。

#### 4.7 安定処理土採用による舗装の解析

##### 4.7.1 安定処理土の物理的特性

###### (1) 計画道路の路床材

計画道路沿の標準土における試験結果は、表 3.4-1 のとおりである。また、6つの代表的な試料におけるフルイ分け試験結果及び安定処理される土の望ましい粒径範囲 (アスファルト舗装要綱による) を図 4.7-1 に示す。この図より計画道路沿の土は、望ましい土粒径の範囲外である。このような土の安定処理は、けして実用的かつ経済的ではない。しかし、下層路盤に利用できる石材は、建設地から非常に遠いため、この石材の費用と土を安定処理した場合の費用を詳細に比較すべきである。

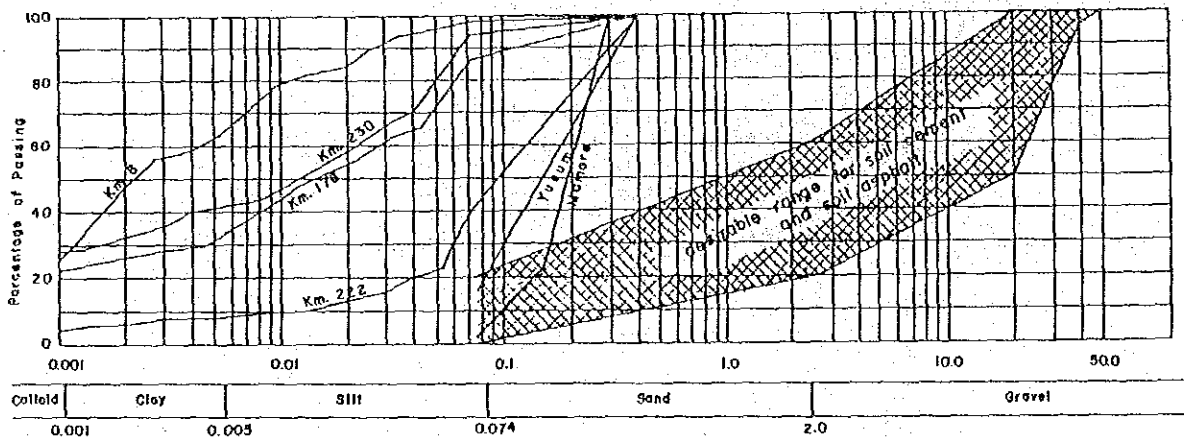


図 4.7-1 標準土のフルイ分け試験結果及び望ましい粒度分布

###### (2) 安定処理土の特性

安定処理試験方法及びその結果は、3.4.3 に述べたとおりである。ここでは、試験結果についての評釈を以下に述べる。

###### 1) ソイルセメント (セメント安定処理)

図 4.7-2 に示すように、ソイルセメントは、セメントを増加するごとに強くなっている。しかしながら土が貧粒径のため、ソイルセメントとしては非常に弱い結果となっている。この土は、一軸圧縮強度 30 kg/cm<sup>2</sup>を得るため 20%のセメント量を必要とする。

通常、20%のセメント量を添加すると、収縮クラックが発生する。したがって、上述のことや経済性を考慮し、4~8%の低いセメント量を使うべきである。

2) ソイルライム (石灰安定処理)

ソイルライムは、消石灰の量を増すと強くなるが、ある点を越えると弱くなる。最大一軸圧縮強度を得たのは、8%の消石灰を加えた時の 6.22 kg/cm<sup>2</sup>であった。

3) ソイルアスファルト (アスファルト安定処理)

ソイルアスファルトは、水に侵して試験準備をしている間に崩れ、結果を得ることが出来なかった。このことからソイルアスファルトを下層路盤に使用する可能性は低い。

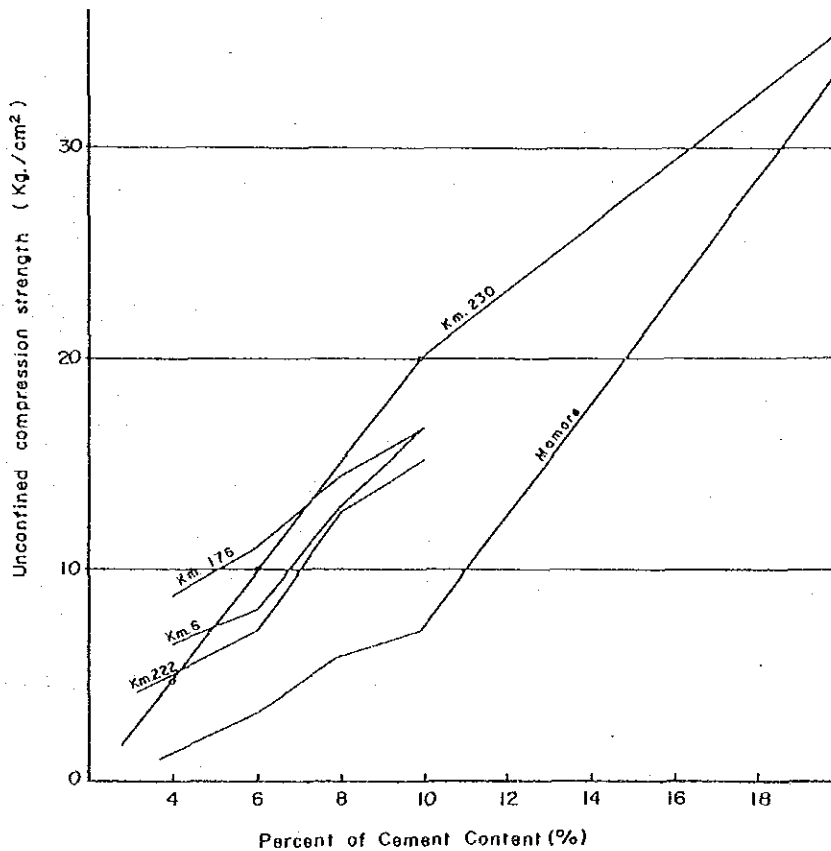


図 4.7-2 セメント量と一軸圧縮強度との関係

(3) 下層路盤に適する安定処理材料

土を安定させるための必要条件（日本のアスファルト舗装要綱による）を表 4.7-1 に示す。

表 4.7-1 安定処理材料の品質

Material	Unconfined strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Marshal test (kg)
Base course		
Cement treated	30 up (7 days curing)	
Lime treated	10 up (10 days curing)	
Asphalt treated		350 up (mixed with heat) 250 up (mixed in normal temperature)
Subbase course		
Cement treated	10 up (7 days curing)	
Lime treated	7 up (10 days curing)	

表 4.7-1 の値を適用し、計画道路にあった安定処理材の適正を以下に述べる。

1) ソイルセメント（セメント安定処理）

上層路盤に適用する 30 kg/cm<sup>2</sup>の一軸圧縮強を得るためには、高い割合のセメント量を必要とするが、セメント量が多くなると収縮やクラックが発生する。したがって、8%の低いセメント量で下層路盤材としての一軸圧縮強度10kg/cm<sup>2</sup>を得るのが適当であろう。

2) ソイルライム（石灰安定処理）

ソイルライムは、最大一軸圧縮強度が低く、安定処理材に適当でない。

3) ソイルアスファルト

ソイルアスファルトは、水に浸した場合、崩れるため安定処理材として適当でない。

上に述べたように、ソイルセメントだけが下層路盤材として適当である。

## 4.7.2 建設コストの比較

### 4.7.2.1 ソイルセメント及び石材を下層路盤とした場合の厚さ。

日本のアスファルト舗装要綱で規定する各材料等価換算係数“A”を表4.7-2に示す。等価換算係数“A”は、“AASHTO Interim Guide”の“SN”と同じ意味をもっている。

表4.7-2より、ソイルセメントとカリボ川の砂利の等価換算係数(A=0.25)は同じである。したがって、これらの下層路盤の材料を比較する場合、同じ厚さと仮定することができる。

表 4.7-2 等価換算係数 A

Material	A
Surface course	
Asphalt concrete (mixed with heat)	1.00
Base course	
Asphalt stabilized (mixed with heat; >350 kg/cm <sup>2</sup> )	0.80
Asphalt stabilized ( >250 kg/cm <sup>2</sup> )	0.55
Cement stabilized ( > 30 kg/cm <sup>2</sup> )	0.55
Crushed stone (C B R > 80)	0.35
Subbase course	
Gravel (C B R > 30)	0.25
Gravel (30 > CBR > 20)	0.20
Cement stabilized ( >10 kg/cm <sup>2</sup> )	0.25

#### 4.7.2.2 下層路盤の費用比較

下層路盤厚を 20 cmとした場合のコストの比較を図 4.7-3 に示す

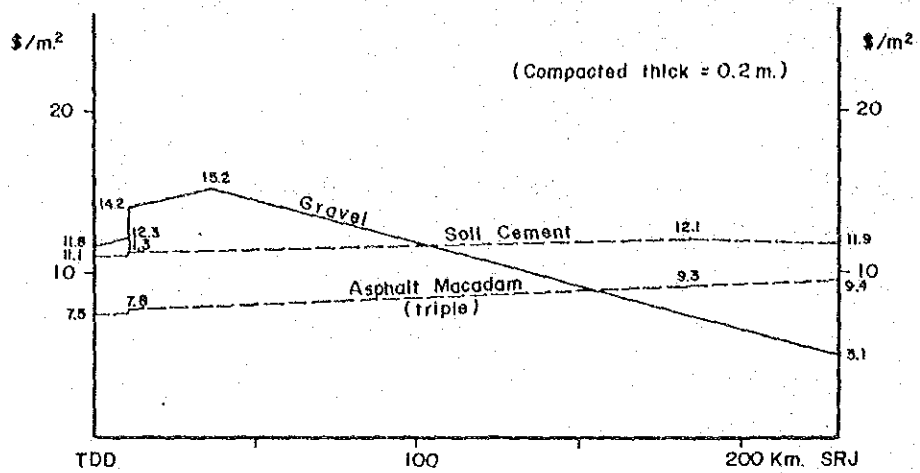


図 4.7-3 砕石及びソイルセメントによる下層路盤の建設費と  
アスファルトマカダム舗装の建設費

工費比較では、砕石の下層路盤とソイルセメントの下層路盤に表層を加えた工費を比較すべきである。ソイルセメントの下層路盤にアスファルトマカダム舗装を加えた工費を図 4.7-4 に示す。

#### 4.7.3 結論

計画道路沿いの安定処理した材料（土）は、貧粒度のために、舗装材としての十分な強さを持っていない。しかし、8%以上のセメントを加えたソイルセメントは、下層路盤として使用可能であろう。

費用分析の結果、建設計画を段階ごとに進めるならば、ソイメセメントの下層路盤は、砂利の下層路盤以上に費用がかかることは、明白である。

したがって、この調査に於いては、砂利を下層路盤に使用することを推せんする。

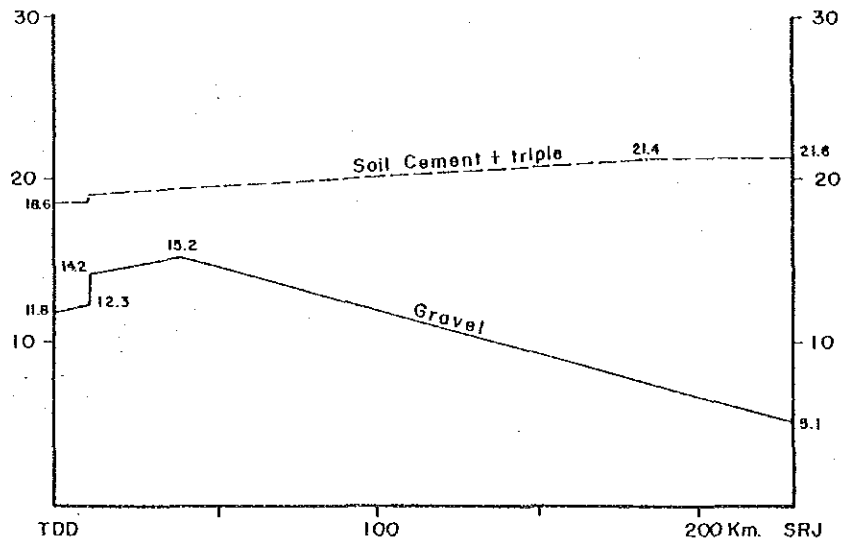


図 4.7-4 碎石の下層路盤とソイルセメントを使用した  
アスファルトマカダム舗装の建設費比較

