

#### 11.1.4 発電機器の標準仕様

発電機器として、水車・発電機の使用を次の様に定めた。

##### (1) 水車・発電機の台数

水車・発電機の補修、点検が交互に行なえること並びに発電機器の停止による損益を軽減することから水車・発電機は2台を設置することとした。

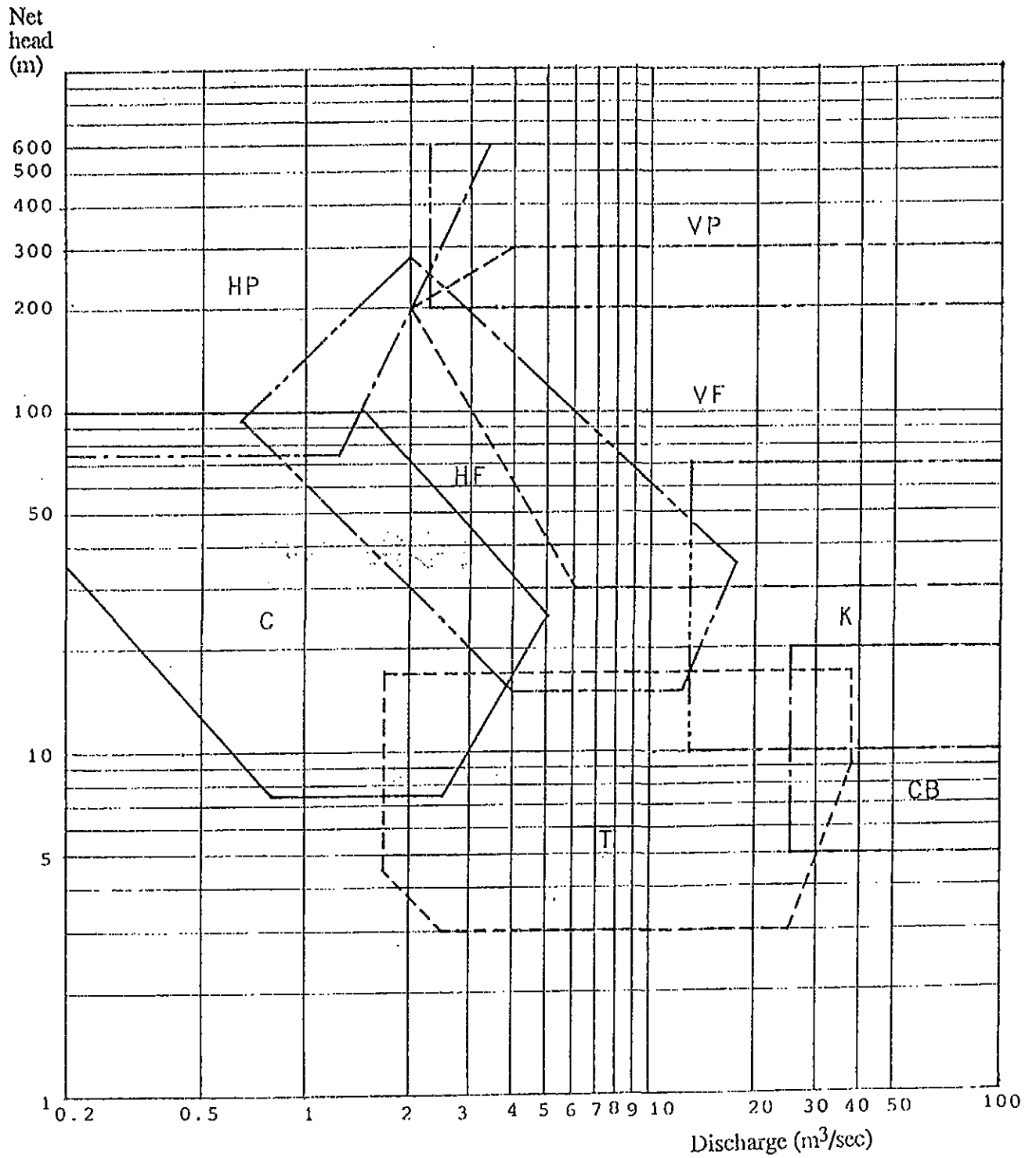
##### (2) 水車の仕様

###### 1) 機種

計画地点の有効落差および流量が決定されれば、図-11.2から水車の機種が選定される。

修復発電計画の最適案に対する機種の選定は次の通りとなる。

代替案	修復発電計画		機種の選定
	水車1台当りの流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	有効落差 ( $\text{m}$ )	
ALT-1	5.0	82.9	横軸フランシス



KEY

- H = horizontal shaft type
- V = vertical shaft type
- P = Pelton turbine
- F = Francis turbine
- K = Kaplan turbine
- C = cross flow turbine
- T = tubular turbine
- CB = conduit type bulb turbine

(Source: Enterprise Bureau, Gunma Prefectural Government)

Fig. 11.2 Turbine Type Selection Table

2) 出力

水車1台当りの出力は修復発電計画の最適案に対して次の通りとなる。

代替案	修復発電計画		水車の予想効率 $\eta_e$	水車の出力 $P_T$ (kW)
	水車1台当りの流量 $Q$ (m <sup>3</sup> /s)	有効落差 $H_e$ (m)		
ALT-1	5.0	82.9	0.879	3.600

水車の出力(kW)は次の式で計算される。

$$P_T = 9.8 \times Q \times H_e \times \eta_T \text{ (kW)}$$

3) 回転数

水車の回転数は次の順序により定める。

フランス水車の場合、比速度 $N_s$ の限界は次式で示される。

$$N_s \leq \frac{20,000}{H_e + 20} + 30 \text{ (m-kW)} \text{..... ①}$$

ここで、

$H_e$  : 有効落差 (m)

また、水車の回転数 $N$ は次式で示される。

$$N = N_s \times \frac{H_e^{3/4}}{P^{2/3}} \text{ (rpm)} \text{..... ②}$$

ここで、

$N_s$  : 比速度 (m-kW), ①式で求めた値

$H_e$  : 有効落差 (m)

$P$  : 水車の出力 (kW)

さらに、発電機の動機速度 $N$ は次式で示される。

$$N = \frac{120f}{\text{Pole}} = \frac{120 \times 60}{\text{Pole}} = \frac{7200}{\text{Pole}} \text{ (rpm)} \text{..... ③}$$

ここで、

$f$  : 周波数

$\text{Pole}$  : 極数

③で求めるNは、②式で求めたNの値より低くて、それに最も近い値になるような極数を選ぶ。

③で求めたNの値を②式に代入して比速度 $N_s$ を決定する。

修復発電計画の最適案に対し、計算結果を示すと下表の通りとなる。

代替案	有効落差 $H_e$ (m)	水車の出力 $P$ (kW)	極数 Pole	比速度 $N_s$ (m-kW)	回転数 (rpm)
ALT-1	82.9	3,600	6	288	1,200

### (3) 発電機の仕様

#### 1) 冷却方式

発電機の冷却は、屋内より大気中の空気を吸い込み屋内へ直接排気する方式とする。

#### 2) 定格電圧

REH-1は、既設の主変圧器の電圧に合わせて、発電機の定格電圧は2.3kVとする。

尚、ALT-1及びALT-2では、主変圧器を新品に取り替えるので、発電機の定格電圧は標準化を図り、4.16kVとする。

#### 3) 力率

大容量の発電機は、電力系統への無効電力供給の効果を考慮して力率を0.8～0.85とするが、小容量の発電機はその必要性が少ないので、経済性を重視して力率を0.9とする。

#### 4) 極数

発電機の極数は水車の回転数を決める際に、決定されているので、前述の水車の仕様を参照する。

5) 発電機の容量

発電機1台当りの容量は修復発電計画の最適案に対して次の通りとなる。

代替案	修復発電計画		水車の 予想 効率 $\eta_T$	発電機 の予想 効率 $\eta_G$	発電機 の容量 PG (kW)	力率	発電機 の容量 (kVA)
	水車1台当りの 容量 Q ( $m^3/s$ )	有効落差 $H_e$ (m)					
ALT-1	5.0	82.9	0.879	0.95	3,350	0.9	3,800

発電機の容量(kW)は次の式で計算される。

$$PG = 9.8 \times Q \times H_e \times \eta_T \times \eta_G \quad (\text{kW})$$

11.1.5 電気装置の標準仕様

発電機に附属した電気装置並びに変電所の電気設備に対して次の様に機器の仕様を定めた。

(1) 励磁装置

発電機の励磁方式は保守点検の簡便さを重視して、ブラシレス励磁方式とする。

(2) 設置方式

発電機の地絡電流の値を小さくおさえて発電機の保護をするために高抵抗接地の一種である変圧器接地方式とする。

(3) スイッチギア

発電機回路にはスイッチギアとして次の電気品を収納する

- シャ断器
- 避雷器
- 計測用変流器, 変圧器
- 励磁用変圧器
- 所内用変圧器
- 低圧分電盤

(4) 直流装置

発電機の励磁回路への初期励磁並びに制御盤への直流電流供給のために、充電器と鉛バッテリーを設置する。

(5) 制御・保護リレー盤

水車・発電機のスタート、停止、及び発電機しゃ断器の同期投入並びに速度調整等に必要な装置は全て、水車・発電機制御盤に設置されており、一人の運転員にて操作が可能である。

また、発電機の保護リレー盤には発電機回路の保護に必要なリレーが設置されていて、事故の発生により動作することで水車・発電機の停止と同時にブザーとフリッカーで運転員に知らせるものとする。

(6) 変電所

既存の変電所機器としては、44kV屋外変電所及び13.2kVスイッチギアを備えている。

発電機器の修復により容量不足となる変電所機器を新品に取り替える。

これらの機器使用は表-11.2の通りである。

表-11.2 変電所機器の仕様

項 目	代 替 案		
	REH-1	ALT-1	ALT-2
1. 13.2kVスイッチギア	既存を使用する。	全 左	全 左
2. 44kV変電所			
(1) 主変圧器	既存を使用する。	新品に取り替える。	全 左
1) 台 数	1相×3	3相×2	3相×2
2) 型 式	ONAN	ONAN	ONAN
3) 電 圧 (kV)	2.3/44	4.16/44	4.16/44
4) 容 量 (kVA)	667×3	3,800	5,700
5) 結 線	△/△	△/△	△/△
(2) しゃ断器	既存を使用する。	全 左	全 左
(3) 断 路 器	"	全 左	全 左
(4) 変 流 器	既存を使用する。	新品に取り替える	全 左
1) 変 流 比	100-50/5A	150/5A	200/5A
(5) 変 圧 器	既存を使用する。	全 左	全 左
(6) 避 雷 器	"	"	"

## (7) 送電線・配電線

既存の44kV送電線並びに13.2kV配電線に関しては、本調査の段階に於いては、これらの設備の修復あるいは新設に要する費用は考慮していない。

## 11.2 施工計画

### 11.2.1 工事施工条件の検討

既設発電所は発電機2台 3,200kWが稼動中である。工事施工期間は発電機の運転を中止するが運転停止期間中のCaracoli部落及びその他近傍への送電は可能にする。

発電用水に関わる利水は特にない。

水圧管路の施工に必要な用地は確保されるものとする。

### 11.2.2 準備工事

#### (1) 締切り、水替え

取水設備の施工に先だって転流工を行う。現河流は流路を左岸側に転流し右岸側を締切る。締切りは上砂による盛土とその表面を流水の浸蝕から保護する蛇籠、土俵等を用いて行う。右岸側の締切った中では取水口、上砂吐、水槽と取水堰の一部を施工する。右岸側の施工後、築造された土砂吐を利用して河流を右岸側の切替えてから残りの左岸側を締切り、取水堰の残部を完成させる。河流処理対象流量は工期1年として低いコンクリートダムでもあり年1～3回の確率流量を採用すると80 m<sup>3</sup>/s となる。

### 11.2.3 工事用アクセス道路工事

工事用アクセス道路はCaracoli～ダムサイト、発電所～水圧管路（明り部）の2つ道路が考えられる。前者は旧軌道を利用し、後者は既設水圧管路にほぼ平行に設ける。

### 11.2.4 工事用仮設備

主な工事用仮設備には次のものがある。

1. 掘削設備
2. コンクリート設備
3. 索道設備

(1) 掘削設備

主要な掘削場所は取水設備と水圧管路でありそのうち岩掘削の工事量が多いのは取水設備である。岩掘削はシンカ（空気正気量 2.0 m<sup>3</sup>/min, 重量14kg）2台、コンプレッサ機（可搬式5m/min, 吐出圧力7 kg/cm, 重量1ton）1台を組合わせる。

(3) コンクリート設備

コンクリートは 0.5mミキサー2台を用いて打設する。骨材瓶（砂, 砂利）とセメント倉庫は取水口と発電所付近に設ける。

コンクリート用及び粗石コンクリート用の玉石と骨材は取水口と発電所付近の段丘堆積物から入手可能である。セメント及び鉄筋はMedellinから入手することになる。

11.2.5 工事工程

工事工程は表-11.3に示す。

11.2.5 工事工程



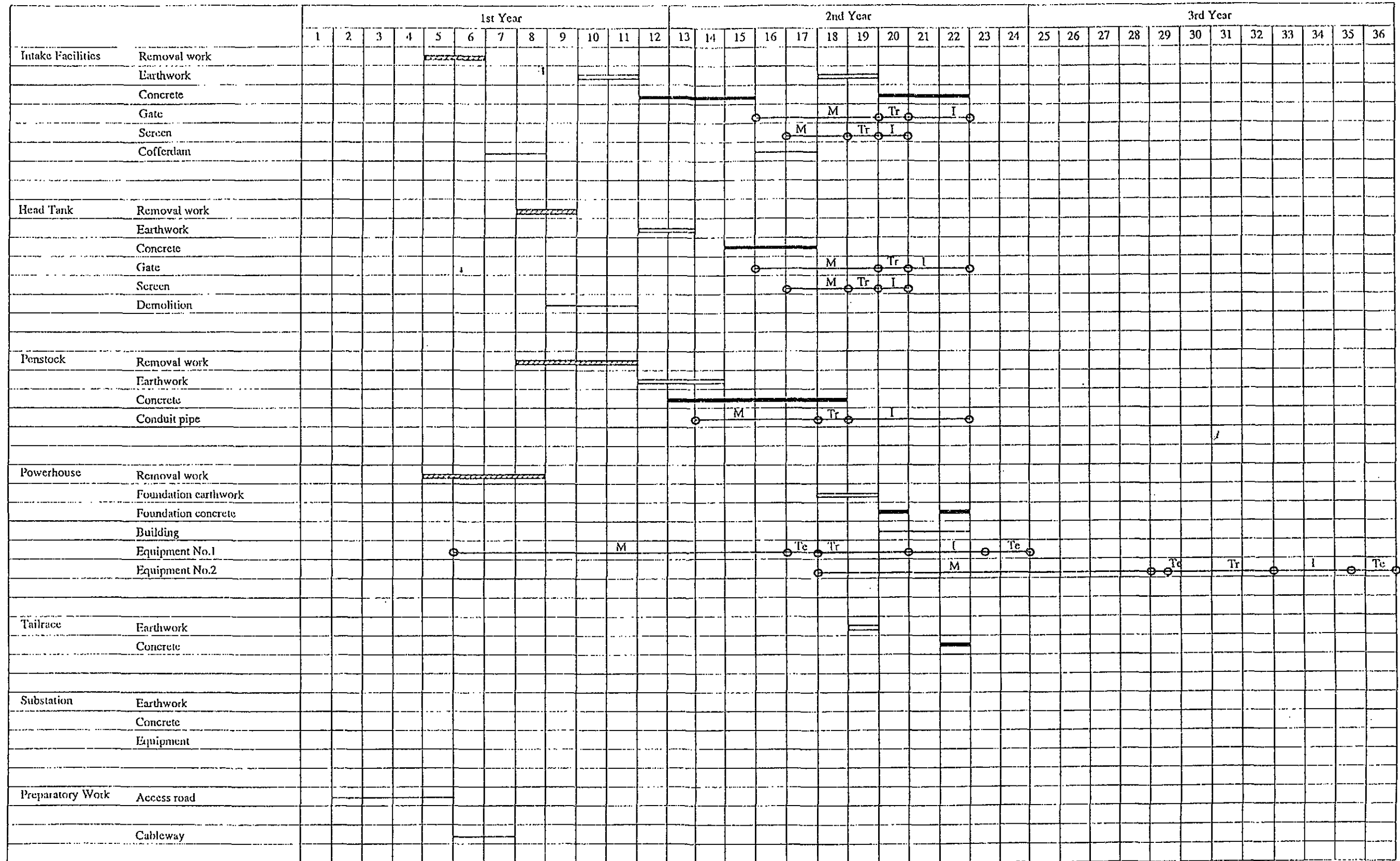
Table 11.3 Caracoli Hydroelectric Power Plant Rehabilitation Plan Work Schedule

Item	1989			1990			1991			1992			1993			1994			1995			1996		
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
Study for rehabilitation plan	█			█			█			█			█			█			█			█		
Examination of rehabilitation plan	█			█			█			█			█			█			█			█		
Main civil structures design and drawing up of documents	█			█			█			█			█			█			█			█		
Tender and award	█			█			█			█			█			█			█			█		
Negotiations and conclusion of contract	█			█			█			█			█			█			█			█		
Negotiating period for financing	█			█			█			█			█			█			█			█		
Ordering	█			█			█			█			█			█			█			█		
Construction work	█			█			█			█			█			█			█			█		
Compilation of discharge observation data	█			█			█			█			█			█			█			█		

Note) The details of the construction period are in Table 11.4.



Table 11.4 Construction Period



Note: M = Manufacturing, Te = Testing, Tr = Transportation, I = Installation



### 11.3 工 事 費

#### 11.3.1 積算基本条件

##### (1) 積算方針

##### (a) 積算工事費の構成

プロジェクトに関する概略工事費は以下の項目で構成されている。

##### 土木工事費

直接工事費+予備費+技術管理

##### 機器工事費

F O B + 海上輸送費 (含輸送保険) + 陸上輸送費 (含輸送保険)

+ 各種関税 + 据付費 + 試験費 + 予備費 + 技術管理費

##### (b) 土木工事費の算定

— 直接工事費は、各種工事数量×単価で表される。

— 各種工事数量は、添付DWG. No. CA-C-01～No. CA-C-05を基に積算した。

— 単価には、直接仮設費(A. I. U)をコロンビアで通常採用されている30%を考慮した。

— 予備費および技術管理費としては、ISA が通常水力プロジェクトに適用している直接工事費に対する下記比率で算定した。

予 備 費            直接工事費×15%

技術管理費        (直接工事費+予備費) ×10%

##### (c) 機器の工事費の算定

機器工事費はISA が通常水力プロジェクトに適用している。FOB 及び直接工事費に対する下記比率で算定した。

— F. O. B		100.0%	
— 海上輸送費	P. O. B の	10.0%	
— 海上輸送保険	"	2.0%	
— TAXES	}	3.15 × 1.105	
— LAW 68		F. O. B の22.3%	2.0 × 1.105
— LAW 50			8.0 × 1.105
— PROEXPO			5.0 × 1.105
— ADDED VALUE TAX	F. O. B の	13.4%    上記計の10%	



--- 陸上輸送及保険費	F. O. B の 6.0%
--- 据付費	F. O. B の 10.0%
--- TEST, CONNECTION	F. O. B の 6.0%
直接工事費 (上記計)	F. O. B の 169.7%
予備費	F. O. B の 17.0% 直接工事費の 10%
技術管理費	F. O. B の 14.9% 直接工事費 + 予備費 8%

(d) 工種の分類

Caracoli 水力発電所の工事費積算は下記工種分類により行った。

取水ダム及取水口；土工事，既設コンクリート研り，コンクリート，  
玉石コンクリート，鉄筋，ゲート，スクリーン，蛇籠  
水 槽；土工事，既設コンクリート研り，コンクリート，鉄筋  
ゲート，スクリーン，法面保護  
水圧鉄管；土工事，コンクリート，鉄筋，管工事  
発電所；土工事，コンクリート，鉄筋，建物，（新設及び改造）  
既設コンクリート

変電所；土工事，コンクリート，鉄筋

また、発電設備については以下の通り分類した。

水車および付属機器

発電機および付属機器

水車・発電機制御盤

発電機用スイッチギア

所内変圧器，分電盤，バッテリー，充電器

主変圧器，他

(e) 積算年次

積算年次は、ICELとの打合せの結果、1989年9月時点で積算した。

(2) 土木工事単価

1989年9月時点の単価としてEADBにより準備された単価（前出 5.4）を使用した。

尚、この単価には工事中仮設のキャンプ，電源，通信施設等の費用を含む。

(3) 機器の F. O. Bのコスト

日本国内メーカー2社の見積りを取りその最低価格の90%を F. O. Bコストとした。

11.3.2 土木工事費内訳

A L T-1 に対する土木工事費の内訳は次紙の通りである。



No.	Description	Unit	Quantity	Rate	Estimated Amount	Remarks
Caracoli Q = 10 m <sup>3</sup> /s (ALT-1)						
1. Diversion Weir & Intake						
1.1	Earthwork	m <sup>3</sup>	500	2,400	1,200,000	
1.2	Concrete Work	"	1,100	26,300	28,930,000	
1.3	Reinforcing Bar	ton	20	354,000	7,080,000	
1.4	Gate	"	4	1,682,000	6,728,000	
1.5	Screen	"	25	1,682,000	4,205,000	
1.6	Hoist	"	3	1,682,000	5,046,000	
1.7	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	-	13,000	-	
	Sub Total	-	-	-	53,189,000	
2. Head Tank						
2.1	Earthwork	m <sup>3</sup>	50	2,400	120,000	
2.2	Concrete Work	"	200	26,300	5,260,000	
2.3	Reinforcing Bar	ton	16	254,000	5,664,000	
2.4	Gate	ton	2.5	1,682,000	4,205,000	
2.5	Screen	ton	2.7	1,682,000	4,541,400	
2.6	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	170	13,000	2,210,000	
	Sub Total				22,000,400	
3. Penstock						
3.1	Earthwork	m <sup>3</sup>	900	2,400	2,160,000	
3.2	Concrete Work	"	2,200	26,300	57,860,000	
3.3	Reinforcing Bar	ton	65	254,000	23,010,000	
3.4	Penstock	ton	520	1,000,000	520,000,000	
	Sub Total				603,030,000	

No.	Description	Unit	Quantity	Rate	Estimated Amount	Remarks
<b>4. Foundation of Equip.</b>						
4.1	Excavation	m <sup>3</sup>	200	2,400	480,000	
4.2	Concrete	"	300	26,300	7,890,000	
4.3	Reinforcing Bar	ton	24	354,000	8,496,000	
4.4	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	40	13,000	520,000	
	Sub Total	-	-	-	17,386,000	
<b>5. Powerhouse</b>						
5.1	Building	m <sup>3</sup>	50	50,000	2,500,000	
5.2	Excavation	m <sup>3</sup>	-	-	-	
5.3	Concrete	m <sup>3</sup>	-	-	-	
5.4	Reinforcing Bar	ton	-	-	-	
5.5	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	-	-	-	
	Sub Total	-	-	-	2,500,000	
<b>6. Temporary Facilities</b>						
6.1	Construction Access Road	L.S			15,000,000	
6.2	Cableway	L.S			4,000,000	
6.3	Sub Total				19,000,000	
7.	Grand Total				717,105,400	

### 11.3.3 発電機器予算内訳

ALT-1に対する発電機器の予算内訳は下記の通りである。

No.	Description	FOB Cost ( 百万円 )
1	Water Turbine and Auxiliary Equipment	161.6
2	Generator and Auxiliary Equipment	81.6
3	Turbine and Generator Control Panel	13.6
4	Switchgear for Generator	10.2
5	Battery and Charger	2.2
6	Main Transformer	15.2
	Total	284.4

### 11.3.4 年度別工事費

全体工事費及び工事工程表に基づき年度別工事費を算定すると次表の通りである。

表 Caracoli 年度別土建工事費の概算  
(金額単位10<sup>6</sup>ペソ)

比較代替案 年度 項目	現状復旧案		出力増加案			
	R E H - 1		A L T - 1		A L T - 2	
	1年度	2年度	1年度	2年度	1年度	2年度
取水堰及取水口工事	6.6	46.6	6.6	46.6	6.6	46.6
水槽工事	2.3	19.7	2.3	19.7	2.3	19.7
水圧管路工事	—	33.0	0.7	602.3	1.0	843.9
機器基礎工事	—	5.8	—	17.4	—	21.0
発電所建屋工事	—	—	—	2.5	—	2.5
仮設備	19.0	—	19.0	—	19.0	—
その他雑工事	—	—	—	—	—	—
① 計	27.9	105.1	28.6	688.5	28.9	933.7
② Contingency ①×0.15	4.2	15.8	4.3	103.3	4.3	140
③ Eng. Fee (①+②)×0.10	3.2	12.1	3.3	79.2	3.3	107.4
④ 総計①+②+③	35.3	133.0	36.2	871.0	36.5	1181.2
発電ロスによる損失	68.0	99.5	68.0	99.5	68.0	99.5
総計 ④+⑤	103.3	232.5	104.2	970.5	104.5	1280.7

## 第12章 結論及び助言

プレ・フィージビリティ調査（1987年11月から1988年6月までの8ヶ月間）に引続いて実施したCaracoli水力発電所の修復計画に関するフィージビリティ調査（1988年11月から1990年3月までの17ヶ月間）に対するJICA調査団の結論をまとめると以下の通りである。

### 12.1 最も実現性の高い設備計画

現水路の損傷と発電機器の機能低下により最大出力 2,300kWで運転しているCaracoli水力発電所の修復計画において、技術的ならびに経済的な見地から最も実現性の高い修復の計画概要を示すと次の通りである。

Table 12.1 Summary of Post-rehabilitation Optimum Generating Facilities  
(ALT - 1)

Item		Unit	Content
(1) Generation plan requirements	Max. available discharge	Q	m <sup>3</sup> /s
	Standard net head	H	m
	Theoretical output		kW
	Max. output	P	kW
	No. of generating equipment		
	Annual potential generated energy	E <sub>1</sub>	GWh
	Plant utilization factor		%
(2) Civil structure length) specification	Diversion weir	Type Dimensions	m
	Sand flush gate	Type No. of gates Dimensions	m
	Intake	Type Dimensions	m
	Intake gate	Type No. of gates Dimensions	m
	Desilting basin	Type Dimensions	m
	Sand trap gate	Type No. of gates Dimensions	m
	Conduction channel	Type Length Dimensions	m m
	Head tank	Type Dimensions	m
	Head tank gate	Type Dimensions	m
	Penstock	Shape No. of penstocks Diameter Pipe thickness	m mm

Table 12.1 Summary of Post-rehabilitation Optimum Generating Facilities  
(cont'd)

	Item		Unit	Content
(3) Generating equipment specifications	Powerhouse	Shape Dimensions	m	Exposed type, RC structure 23.75 (width), 13.30 (depth) 7.0 (height)
	Tailrace	Shape Dimensions	m	Rectangular 2.00 (width), 2.50 (height)
	Turbine	Type No. of turbines		H.F 2
	Revolution	Output rpm	kW	3,600 1,200
	Generator	Type No. of generators		Synchronous 2
		Output No. of poles	kVA	3,800 6
		Revolution	rpm	1,200
(4) Rehabilitation work cost	Main transformer	Type No. of transformer		ONAN 3 phase x 2 sets
		Voltage	kV	4.16/44
		Capacity	kVA	3,800
	Generating equipment	Foreign currency portion	US\$	2,900
		Local currency portion	US\$	1,200
	Civil and building work cost	Foreign currency portion	US\$	0
		Local currency portion	US\$	2,900
	Project cost		US\$	7,000
	Construction cost	per kW	US\$/kW	1,050
		per kWh	mills/kWh	123

## 12.2 経済指標

現実性を評価する一般的な指標として電力連系公社 (ISA) が1987年6月に発刊した評価基準 (General Criteria Vol-I) にkW当りの建設コストと kWh当りの平均発電コストが挙げられている。これ等の経済指数についての検討結果は9章に述べた通りであるが、表-12.1に挙げた最適修復計画案のケースについて、指標を抜粋して示すと次の通りである。

kW当りの建設コスト……………146.3 円/kW  
年間供給電力量の平均発電コスト…………… 1.7 円/kWh

## 12.3 運転・維持・管理用のマニュアル

維持管理マニュアルは、電力供給の安定確保に万全を期すとともに、施設された設備を常に正常状態に保守するための規則であり、本来各電力会社ごとに独自の運営方針に沿って定められるべきものである。

本Caracoli水力発電所の場合、修復により水車、発電機および主変圧器等の発電機器設備はすべて新品に取替えられるので機器納入メーカーからそれぞれの仕様に適合した運転・維持・管理用のマニュアルが提示される。

したがって本報告書では主要土木構造物および発電機器設備の保守点検のための汎用管理マニュアルを主報告書の附属資料に収録した。

## 12.4 修復計画に関連する技術的助言

本Caracoli水力発電所の修復計画が実現化し、フィージビリティ調査段階から基本設計ならびに詳細設計の段階に移行していく過程の中で、留意しておくべき事項を参考として記述する。

### (1) 流域内の地形・地質・植生等の調査

出来れば、航空写真から縮尺1/10,000~1/5,000の地形図を図化し、流域内の地形・地質・植生等の特性把握のための現況調査を実施しておくことが望ましい。取水口地点ならびにCaramanta測水所地点の流域面積も確認する。



(2) 河川流況に関する確認作業

流量観測データの入手先であるHIMAT所管のCaramanta測水所で使用しているRating curveを実測によって確認しておくことが望ましい。併せて定期的な堆砂および水質検査を継続的に実施し、河川の堆砂および水質特性を確認する。

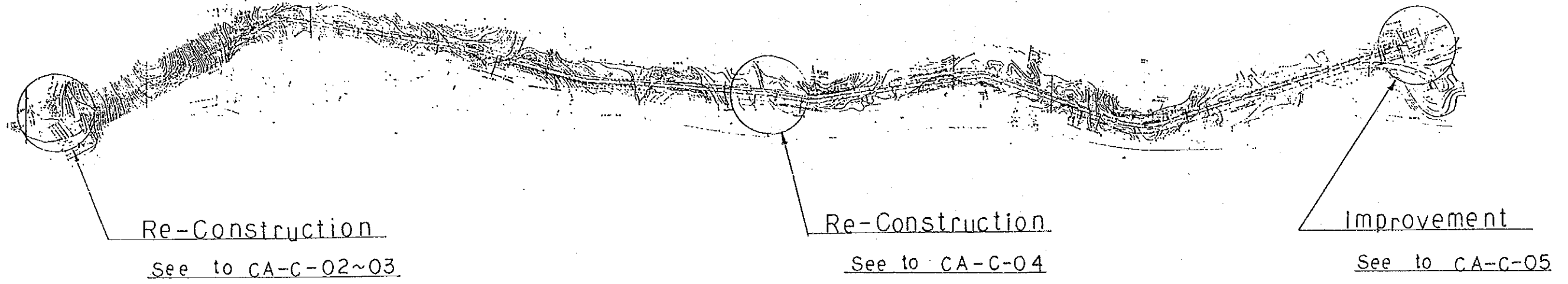
(3) 水路の保護対策

取水堰より掃流土砂が水路に流入しないように河川の堆砂特性を把握し、除去を具体的に立案する。

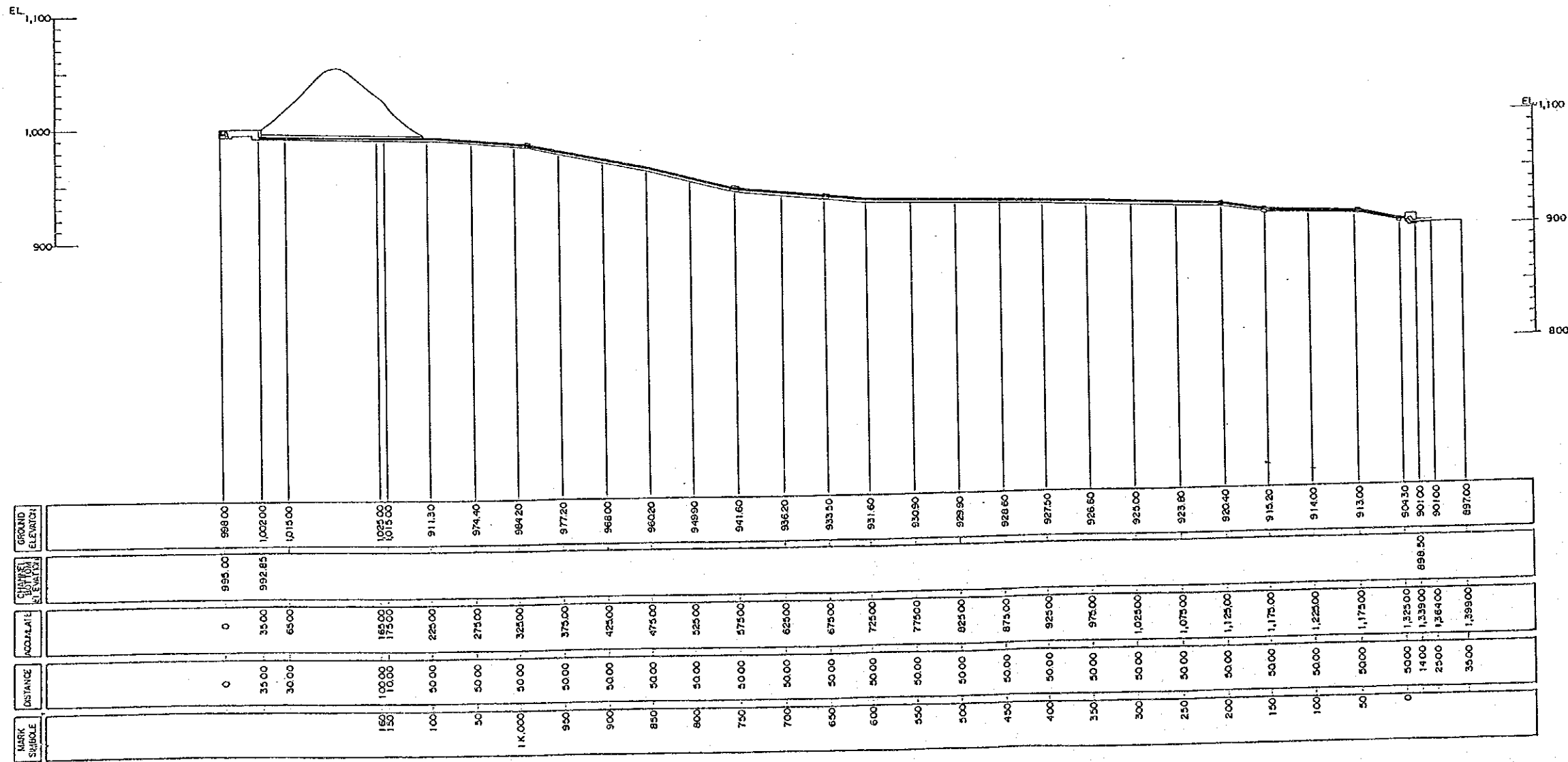
## 圖 面 集

Title	Drawing No.
General Plan and Section	CA-C-01
Plan of Diversion Weir, Intake and Head Tank	CA-C-02
Diversion Weir Profile and Sections	CA-C-03
Penstock, Sections	CA-C-04
Powerhouse, Plan and Sections	CA-C-05
Duration curves	CA-H-01
Geological Plan and Profile	CA-G-01
One Line Diagram	CA-B-01



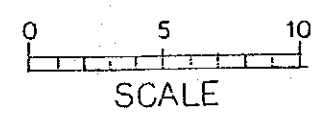
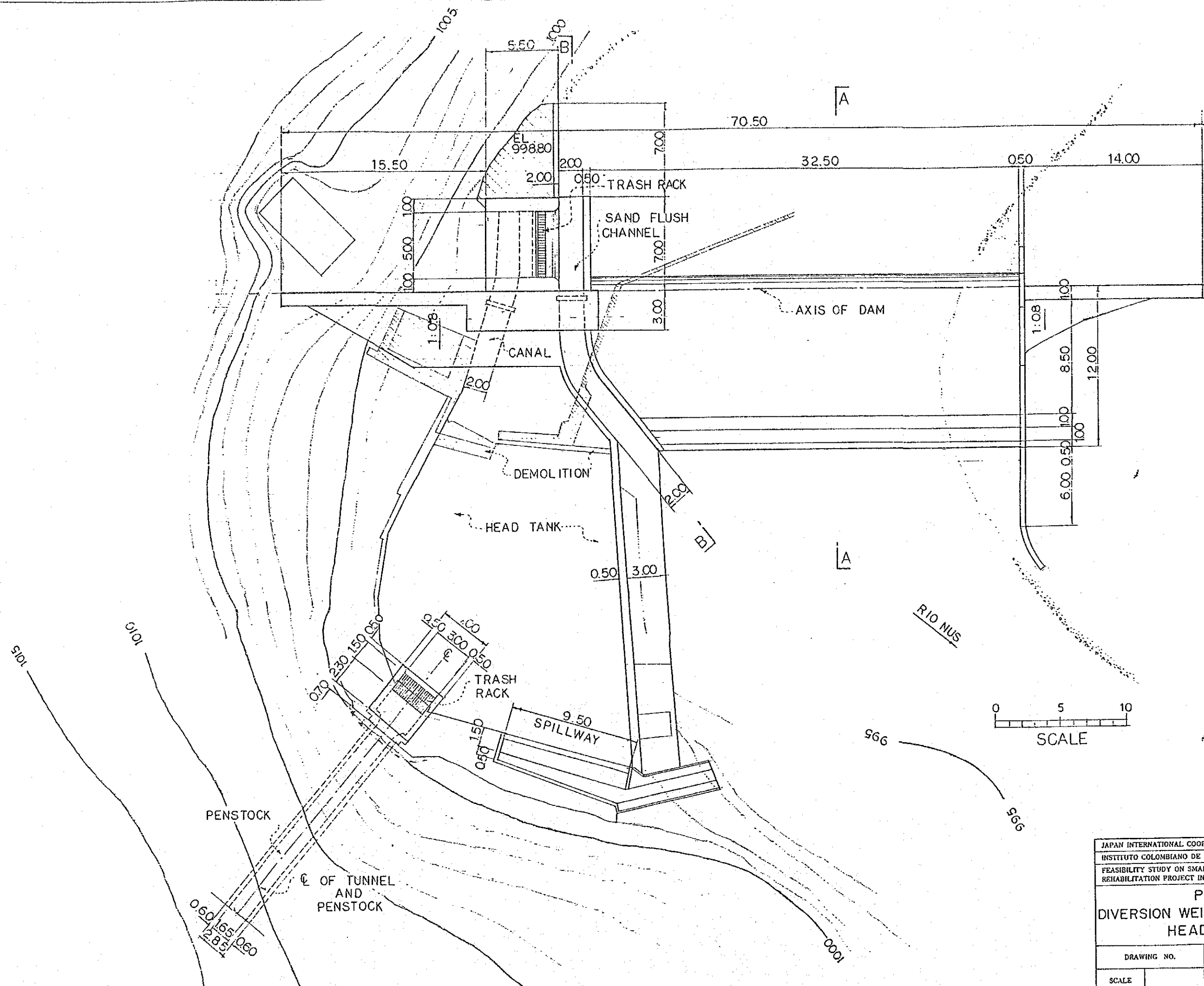


PLAN



PROFILE

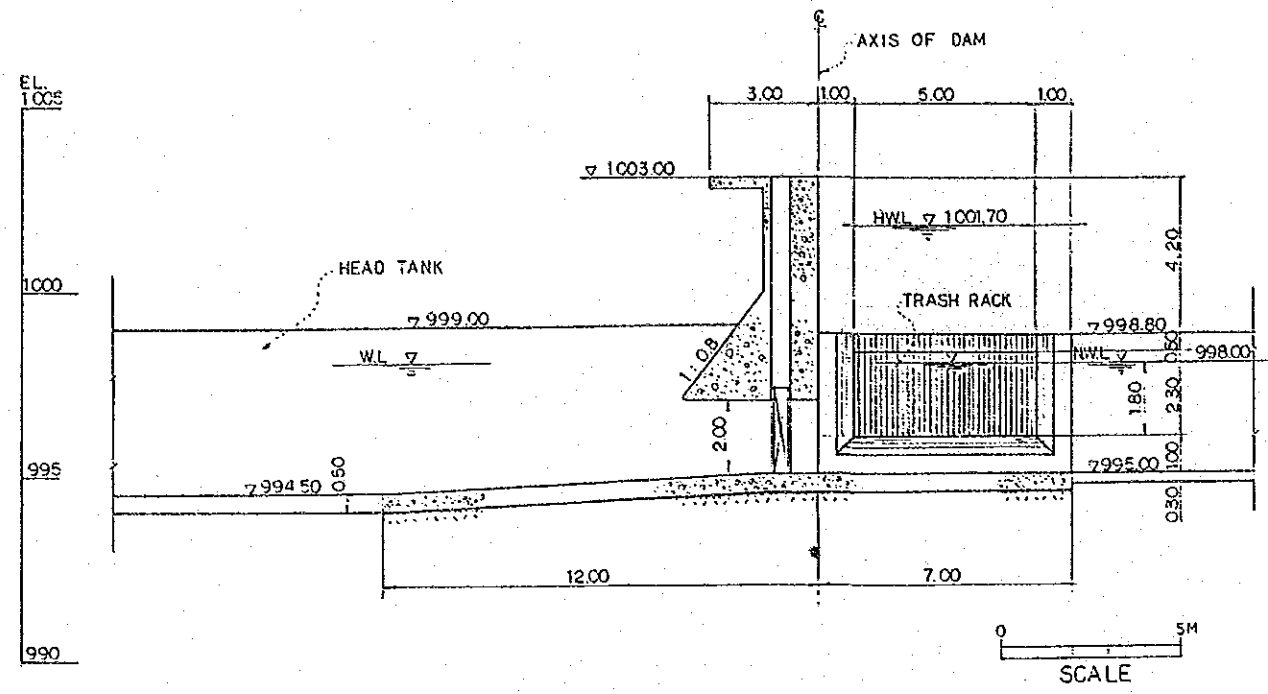
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)	
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)	
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA	
<b>GENERAL PLAN AND SECTION</b>	
DRAWING NO.	CA-C-01
SCALE	DATE



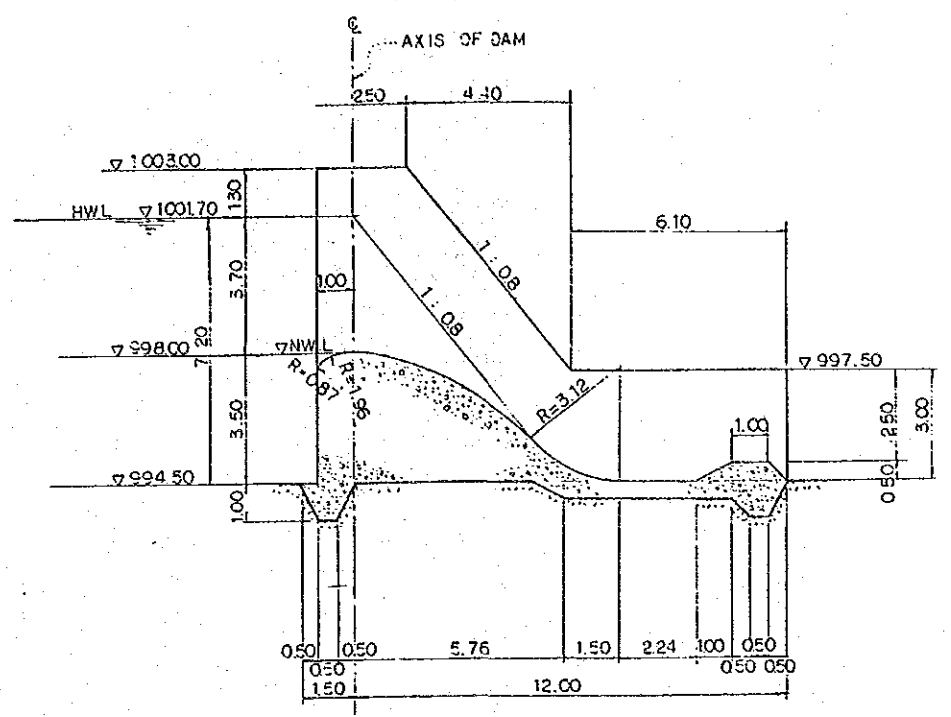
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)  
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)  
 FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS  
 REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA

**PLAN of  
 DIVERSION WEIR, INTAKE AND  
 HEAD TANK**

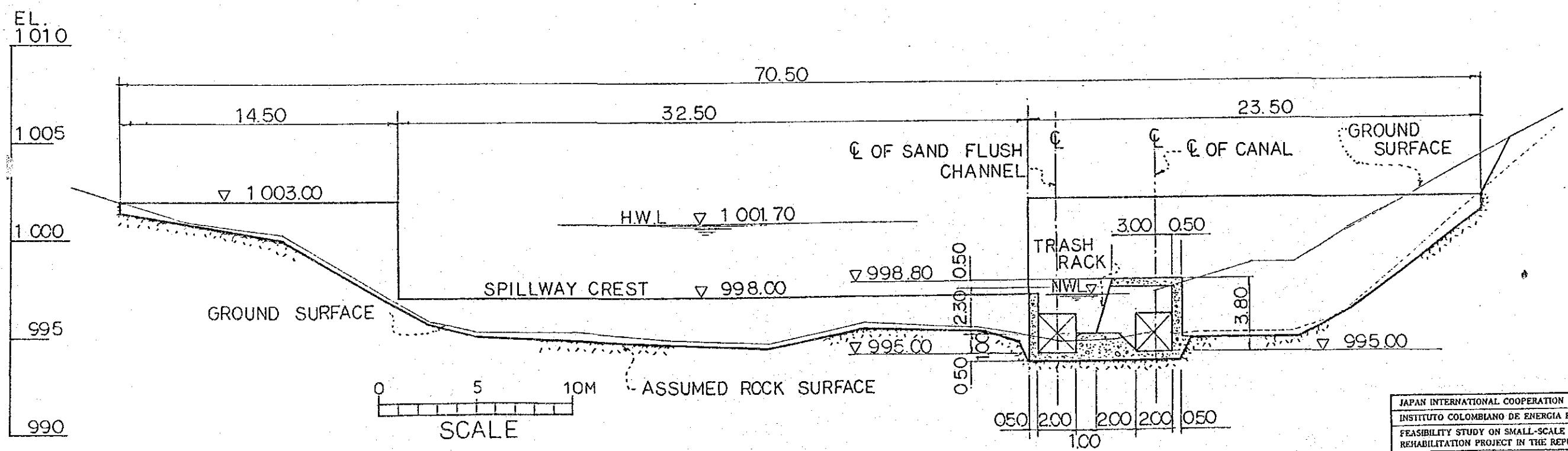
DRAWING NO.		CA-C-02	
SCALE		DATE	



SECTION B - B

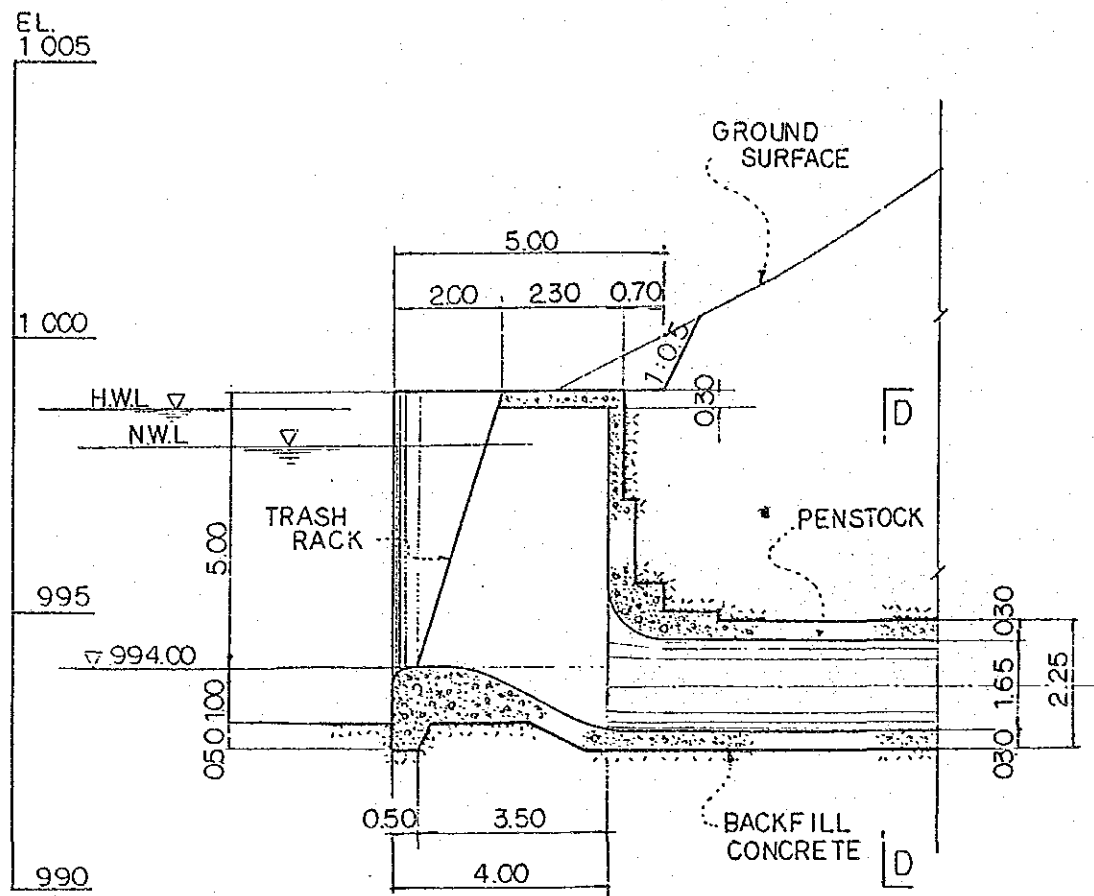


SECTION A - A

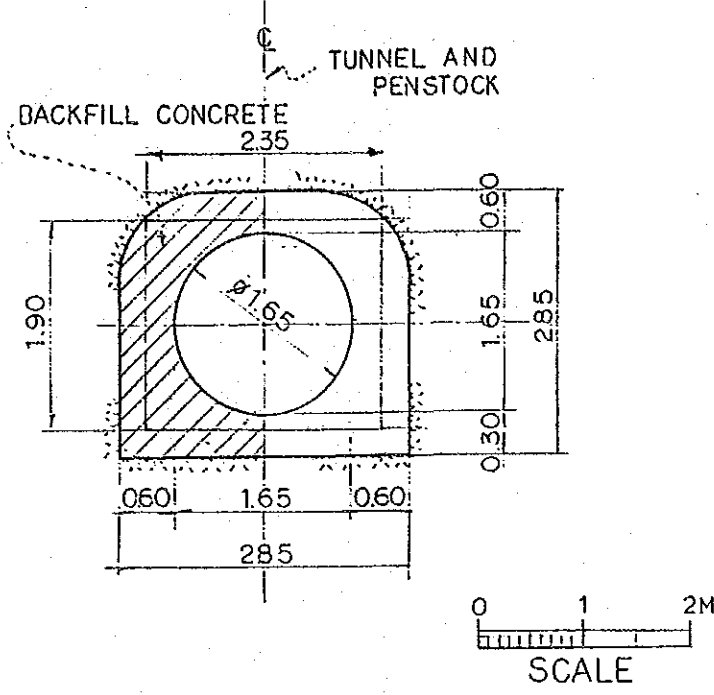


PROFILE

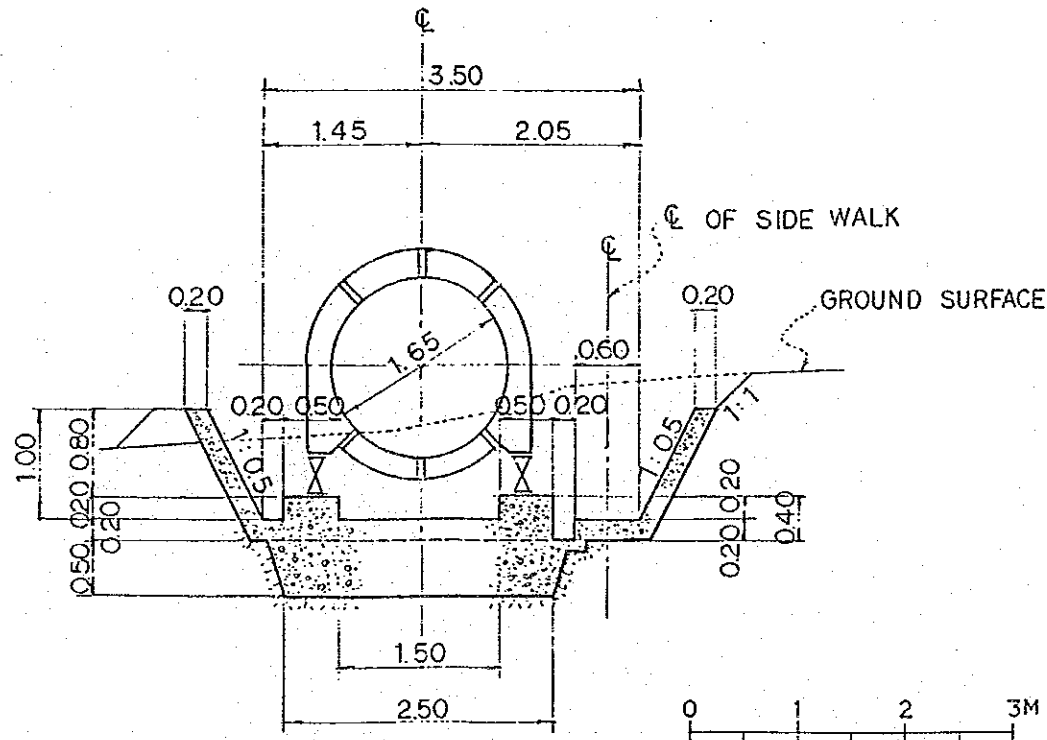
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICE)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
<b>DIVERSION WEIR PROFILE AND SECTIONS</b>			
DRAWING NO.		CA - C - 03	
SCALE		DATE	



SECTION C-C

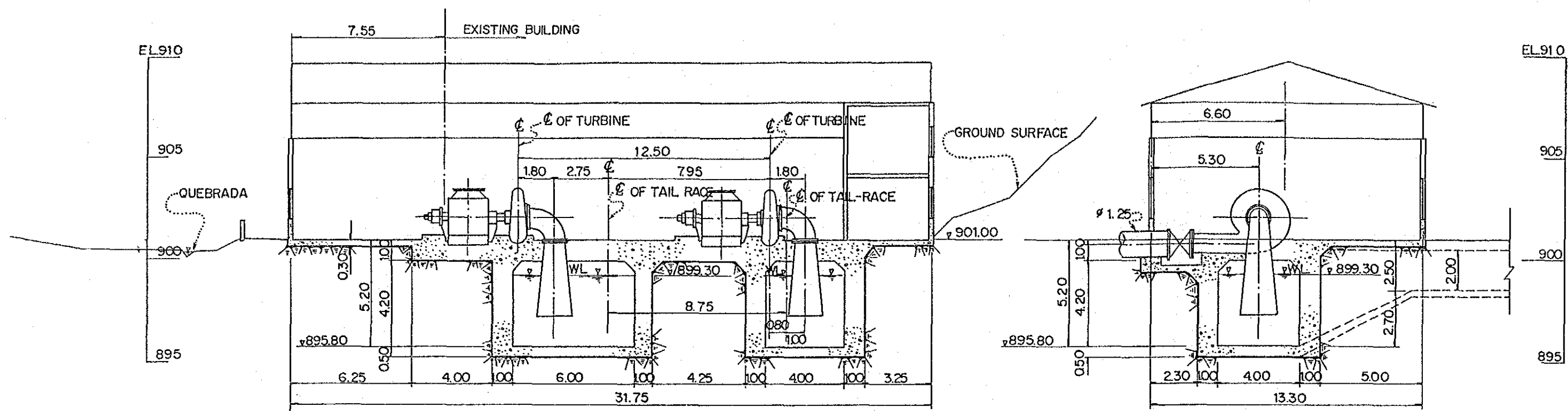


SECTION D-D

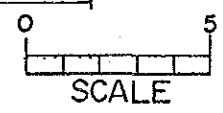


TYPICAL SECTION

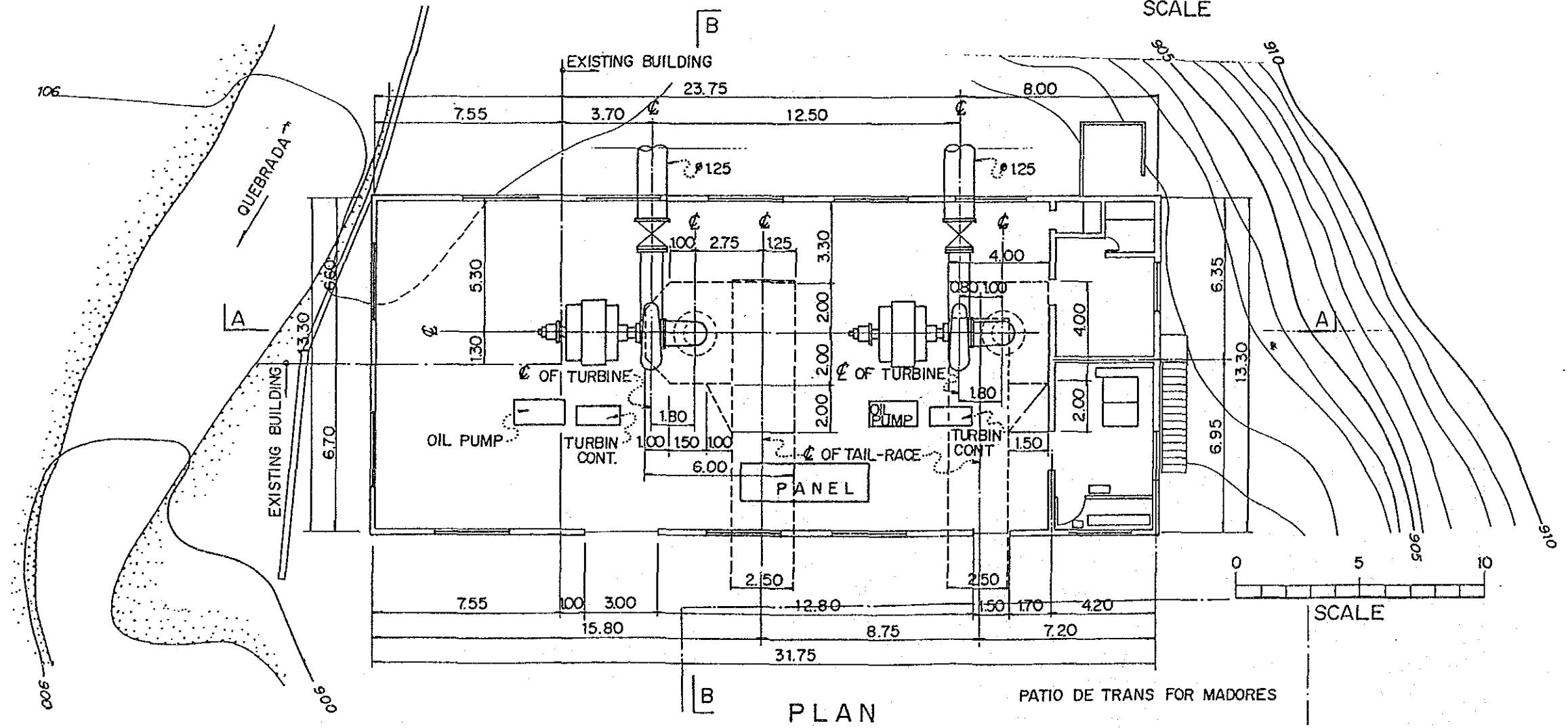
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS			
REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
<b>PENSTOCK SECTIONS</b>			
DRAWING NO.		CA-C-04	
SCALE		DATE	



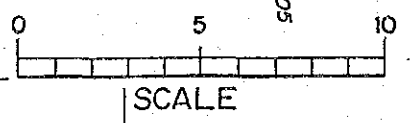
SECTION A - A



SECTION B - B



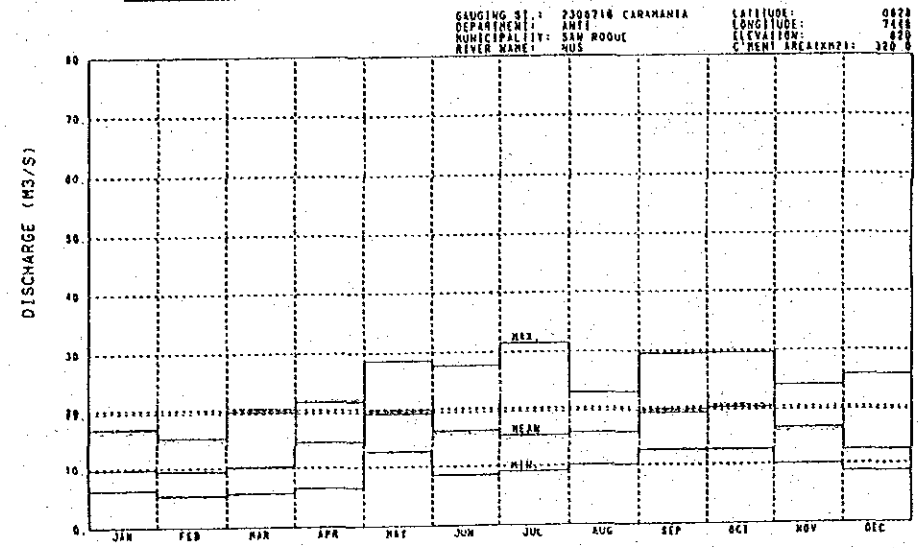
PLAN



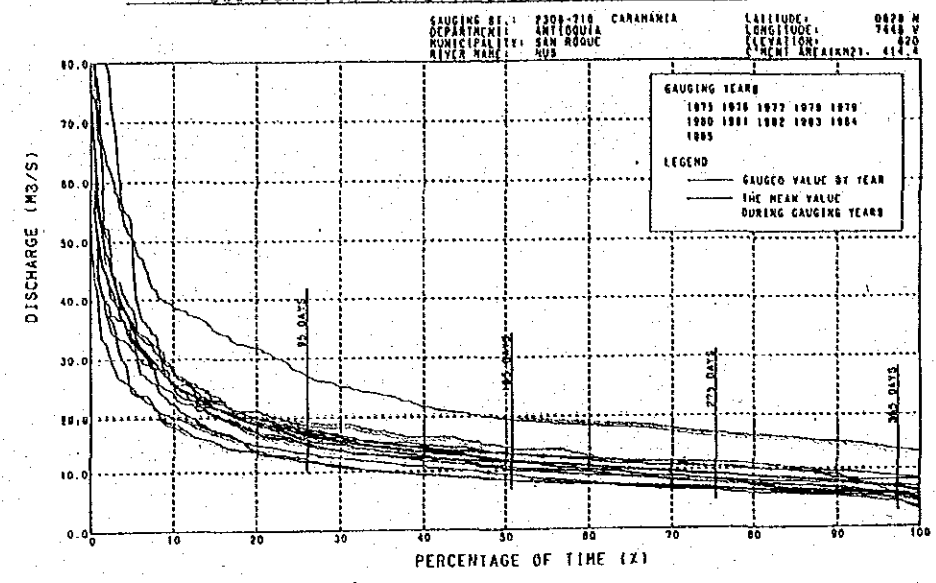
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
<b>POWER HOUSE PLAN AND SECTIONS</b>			
DRAWING NO.		CA - C - 05	
SCALE		DATE	



(1) MONTHLY MEAN VALUE OF DAILY AVERAGE FLOW AT G.S. SITE



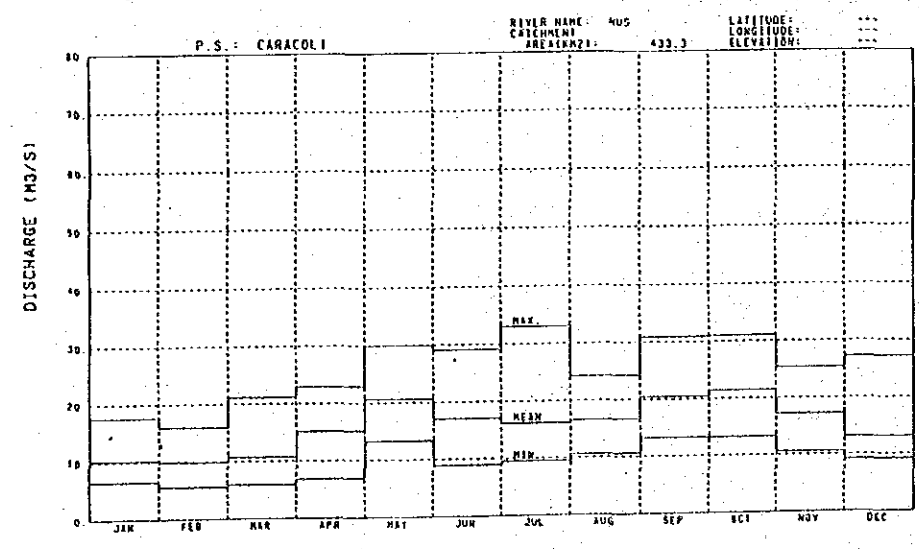
(3) FLOW DURATION CURVE AT GAUGING STATION SITE



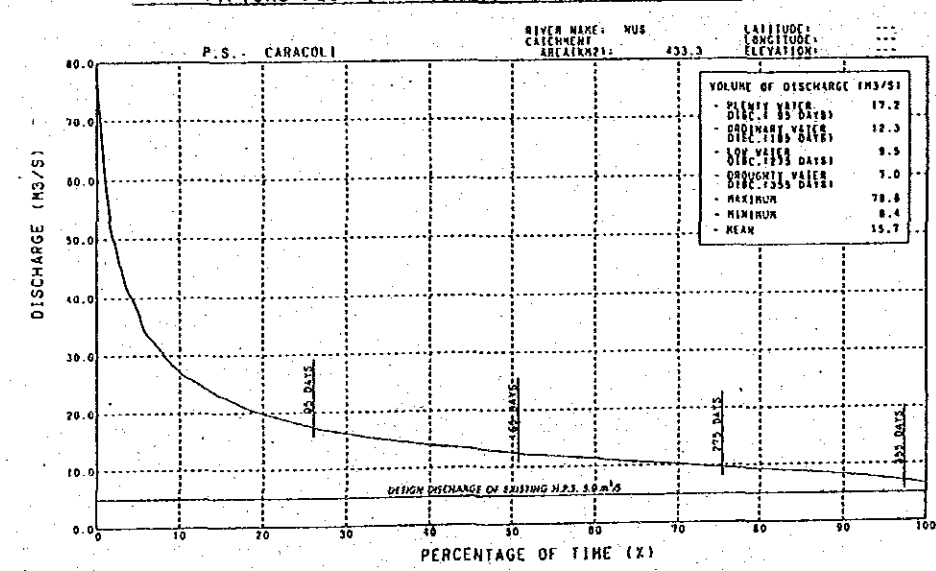
Data of Hydrological Gauging Station

No. of Station	2308-716
Name of Station	Caramanta
River	Nus
Management	HIMAT
Installation Year - Month	1973 07
Coordinates (Deg. - Min.)	
Latitude	0628
Longitude	7443
Above Sea Level s.n.m. (m)	820
Long River (km)	43
Catchment Area (km <sup>2</sup> )	320.0
Water Shed (m)	1370
Observation Period	1975 - 1985

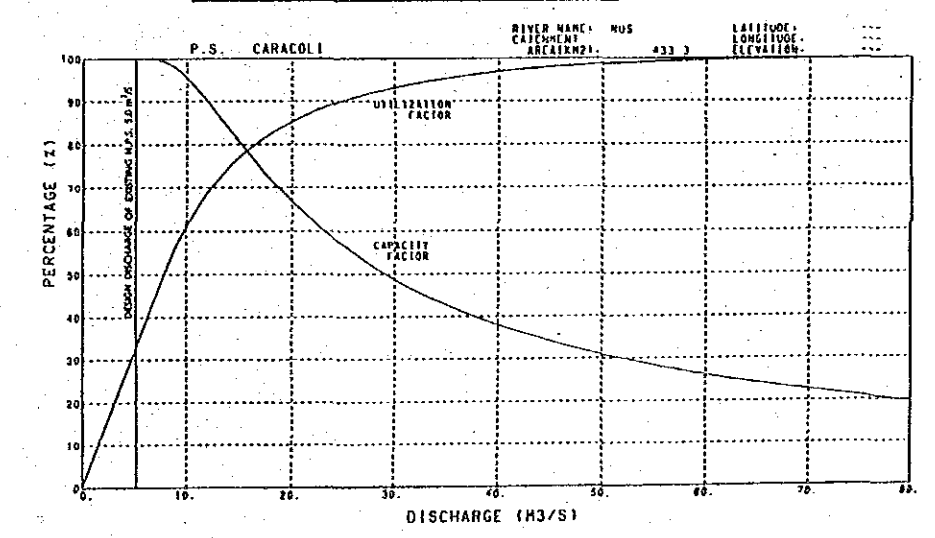
(2) MONTHLY MEAN VALUE OF DAILY AVERAGE FLOW AT INTAKE SITE



(4) TYPICAL FLOW DURATION CURVE AT INTAKE SITE



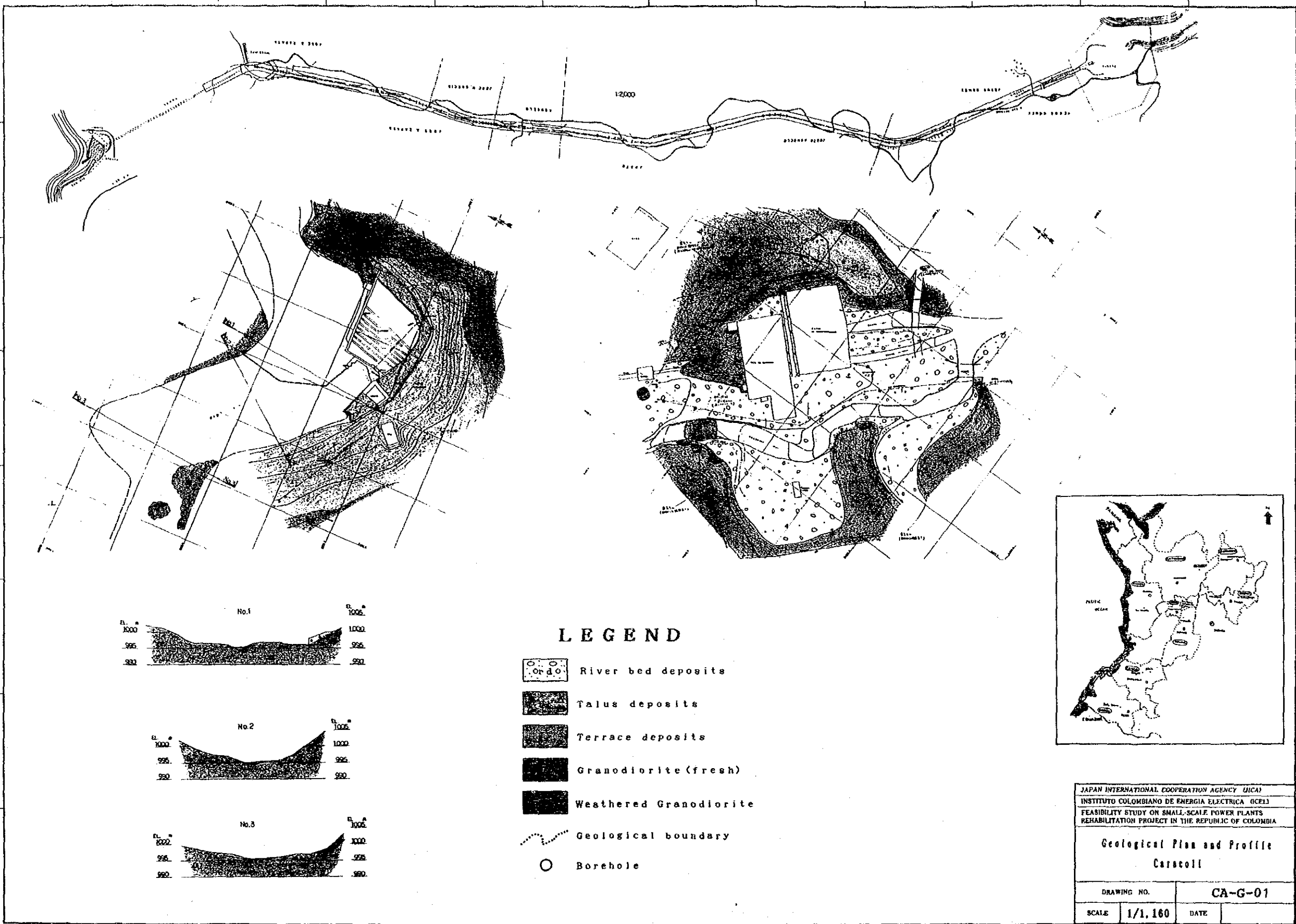
(5) UTILIZATION & CAPACITY FACTOR










JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)  
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)  
 FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS  
 REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA

DURATION CURVES

DRAWING NO.	CA-H-01
SCALE	DATE



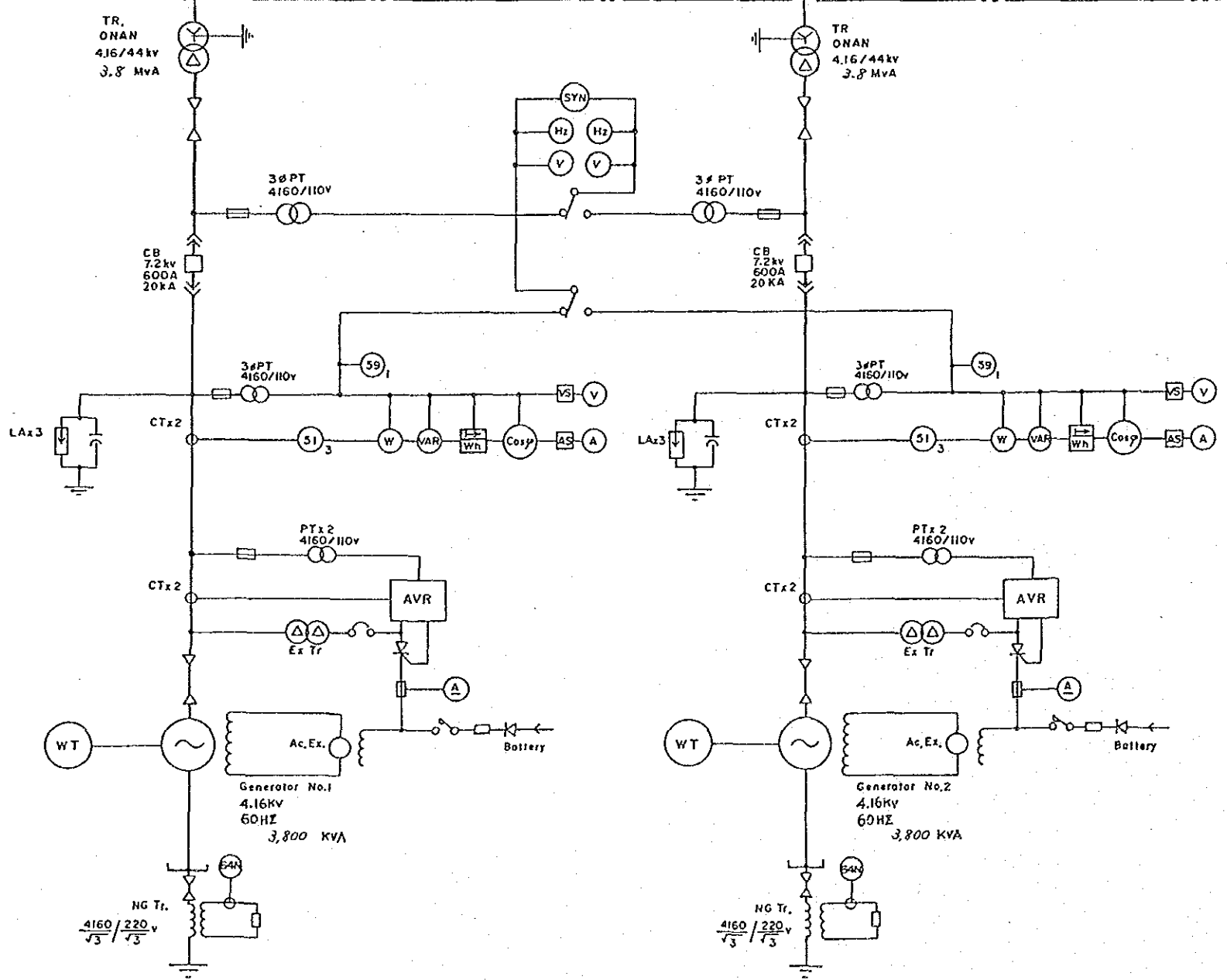
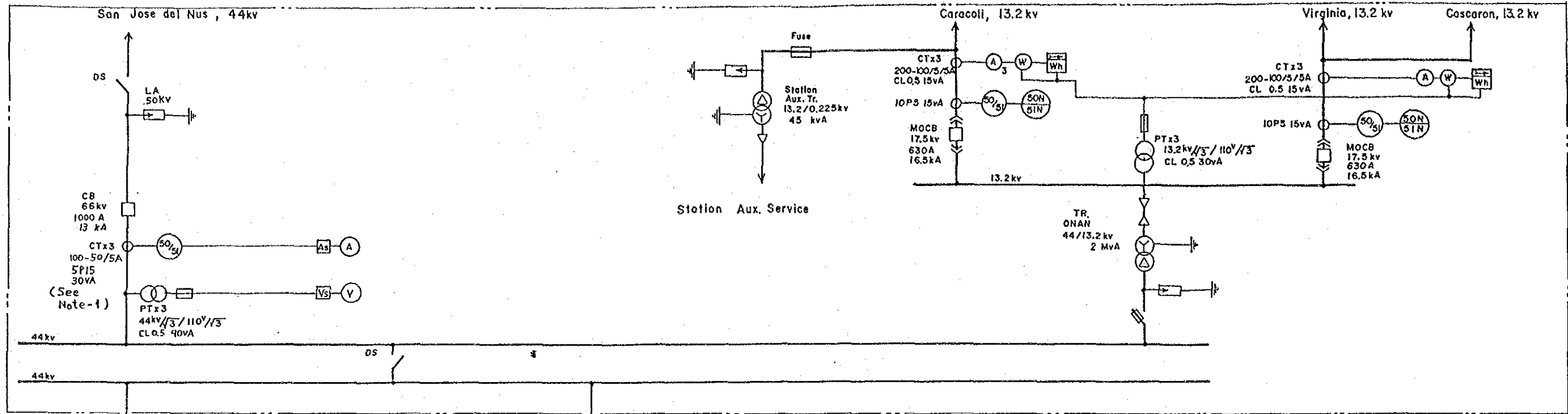
**LEGEND**

-  River bed deposits
-  Talus deposits
-  Terrace deposits
-  Granodiorite (fresh)
-  Weathered Granodiorite
-  Geological boundary
-  Borehole

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)  
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICE)  
 FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS  
 REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA

**Geological Plan and Profile  
 Caracoli**

DRAWING NO.	CA-G-01
SCALE	1/1,160
DATE	



(Legend)

Existing equipments  
(Remaining as it is)

(Note)

- Existing CT shall be replaced to new one for ALT-2.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS			
REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
ONE LINE DIAGRAM			
DRAWING NO.		CA-E-01	
SCALE	—	DATE	

8



## 附 屬 資 料

1. Facility Register for the Existing Power Plant
2. Survey Record

Facility Register for the Existing Power Plant

Power Plant	Caracoli
Electric Power Company	EADE
Location	Caracoli, Antioquia
River	Nus
Generating Method	Run-of-River
Year Installed	1935/1963
Years in Service	1935/1963
Installed Capacity	3,200 kW
Available Capacity	3,200 kW

Civil

Item	Data
1. Dam	
1) Type	<i>Concrete , overflow</i>
2) Height (m)	<i>2.0</i>
3) Crest length (m)	<i>45.0</i>
4) Height of overflowing crest (m)	<i>no data available</i>
5) Width of overflowing crest (m)	<i>45.0</i>
6) Depth of overflowing crest (m)	<i>0.08</i>
2. Intake Gate	
1) Type	<i>sluice</i>
2) Number of gates	<i>2</i>
3) Dimensions (W x H)(m)	<i>2.0 x 6.0</i>
3. Intake	
1) Intake sill height (m)	<i>no data available</i>
2) Number of intake	<i>1</i>
3) Dimensions (W x H)(m)	<i>4.0 x 6.0</i>
4. Desilting Basin	
1) Dimensions (W x L x H)(m)	<i>25.0 x 30.0 x 9.0</i>
5. Sand Trap Gate	
1) Type	<i>sluice</i>
2) Number of gates	<i>2</i>
3) Dimensions (W x H)(m)	<i>1.0 x 3.0</i>
6. Headrace	
1) Type	<i>no data available</i>
2) Dimensions (W x H)(m)	<i>1</i>
3) Length (m)	<i>1</i>

---

Civil

---

Item	Data
7. Reservoir Tank	
1) Dimensions (W x L x H)(m)	N/A
8. Forebay	
1) Dimensions (W x H)(m)	3
9. Penstock	
1) Number of lines	1
2) Penstock diameter (d)(m)	1.4
3) Penstock length (L)(m)	1200
10. Tailrace	
1) Dimensions (W x H)(m)	2.3 x 0.8 2.4 x 1.1

---



Equipment		
Item	Data	
	#1	#2
1. Water Turbine		
1) Manufacturer's name	S. Morgan Smith Co.	Escher Wyss
2) Year manufactured	1935	1963
3) Type	Pelton	Francis
4) Output (kW)	2,500 HP	2,500 HP
5) Revolution (rpm)	327	1,200
6) Ancillary equipment		
a) Type of governor	Oil	Oil
b) Inlet valve		
- Type	Gate	Gate
- Diameter (mm)	1,100	750
2. Generator and Exciter		
1) Manufacturer's name	Westinghouse	Schorch
2) Year manufactured		
3) Type	Synchro.	Synchro.
4) Capacity (kVA)	2,000	2,000
5) Power factor (%)	80	80
6) Voltage (V)	2,300	2,300
7) Frequency (Hz)	60	60
8) Revolution (rpm)	327	1,200
9) Method of neutral earthing	Direct	Direct
10) Type of exciter	<i>no data available</i>	

Equipment

Item	Data			
3. Transformer				
1) Manufacturer's name	Westinghouse	Schorch		
2) Year manufactured	1961			
3) Type	Outdoor ONAN	Outdoor ONAN	Outdoor ONAN	
4) Capacity (kVA)	667x3	2,000	2,000	
5) Primary voltage (kV)	2.3	2.3	13.2	
6) Secondary voltage (kV)	23	44	44	
7) Number of unit	3	1	1	
8) Vector-group symbol	D/Y	D/Y	D/Y	
9) Impedance (%)	<i>no data available</i>			
10) Purpose for use	Step-up	Step-up	Step-up	
4. Circuit Breaker				
	44 kv	13.2kv <sup>d</sup>	2.3kv	
1) Manufacturer's name	<i>no data available</i>			
2) Year manufactured	<i>≠</i>			
3) Type	M. Oil	M. Oil		
4) Voltage (kV)	66	17.5	13.8	17.5
5) Rated current (A)	1,000	630	630	800
6) Rupturing capacity (kA)	13	16.5	14.6	16
			Gen. income	
7) Purpose for use	<i>transmission line</i>	<i>transmission line</i>	<i>Gen. income</i>	

Equipment		
Item	Data	
5. Transmission Line	44kV	13.2kV
1) Destination	San Jose del Nus	Garacoli, etc
2) Length (m)	<i>no data available</i>	
3) Voltage (kV)	44	13.2
4) Number of circuit	1	3
5) Number of pylons	<i>no data available</i>	
6) Size of conductors	3/0	2/0
7) Materials of conductors	ACSR	ACSR
6. Battery		
1) Manufacturer's name	Exide	
2) Year manufactured	<i>no data available</i>	
3) Capacity (AH/HR)		
4) DC voltage (V)	10 x 12V	
5) Type	Lead acid	
7. Battery Charger		
1) Manufacturer's name	Nite Jungneh	
2) Year manufactured	1979	
3) Capacity	5.4 kVA (input)	3.12 kW (output)
4) Incoming voltage (V)	AC 3 x 208 V	DC 125 V
8. Overhead Grane		
1) Weight (ton)	7.5	
2) Method of operation	Motor	
3) Span (m)	<i>no data available</i>	

Survey Records

Caracoli Hydroelectric Power Plant

Date of Survey : 6 ~ 10 Feb. 1988

---

I. RECORDS BY VISUAL INSPECTION AND HEARING SURVEY

Unit No.: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
 Type of Turbine: Pelton

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	Cover	1) no objection up to max. 1.5 MW
	Bucket	1) Abrasion is existing same as spare one (See photo -1)
	Shaft	1) moved ← <u>shaft</u> → (0.5cm)
	Bearing	1) No objection, but temperature alarm is not provided.
	Governor control	2) no objection ( using Turbine Oil 68)
	1) Belt	
	2) Speeder	
	3) Speed regulation system	3) manual operation
	4) Installation of load limiter	4) not provided
	5) Accuracy of governor speed regulation	5) The variation of frequency does not occur while this generator is interconnected with 44KV line (EPM's system).  But, this generator cannot regulate the variation of frequency which is caused by the load variation of 13.2KV line, while it is supplying the energy to the 13.2KV line and not interconnected with 44KV line.

Therefore, this generator is stopped while 44kv line is not energized due to the accidents and so on, because it is impossible to supply the stable power to 13.2 kv lines.

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results	
Pelton Turbine	Oil pressure equipment	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) no objection</li> <li>2) turbine shaft driven (by belt)</li> </ol>	
	Inlet valve	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) manual (4 men are necessary)</li> <li>2) water is flown a little</li> <li>3) N/A</li> </ol>	
	Nozzle and Needle	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Existence of oil leakage</li> <li>2) Application of oil pressure pumping system</li> <li>1) Operation method</li> <li>2) Locking condition</li> <li>3) Smoothness of pressurized oil operation</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) can't inspected</li> <li>2) no objection</li> </ol>
	Deflector	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Existence of corrosion</li> <li>2) Presence of water leakage from nozzle pipe when needle is closed</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) no objection (manual operation)</li> </ol>
	Jet Brake	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Smoothness of control</li> <li>1) Smoothness of control</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) not provided</li> </ol>

Unit No. /

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Rotor	1) Discoloration of winding surface due to heat 2) Existence of erosion for core 3) Fitness of between rotor and shaft	1) } No objection, because rotor was repaired at the same time when stator was burnt 5 years ago. 2) } 3) }
Stator winding	1) Frequency of burning trouble or repair 2) Reduction of insulation resistance 3) Rust and erosion of core	1) Winding was changed new one 5 years ago due to short circuit. 2) Winding was changed to high grade insulation 5 years ago. 3) No objection
Bearings	1) Occurrence of deformation on metal surface 2) Lack of oil lubrication 3) Occurrence of temperature rise	1) No objection 2) ditto 3) ditto (it has not been over 45°C max.
Exciter	1) Exchange frequency of brushes worn out 2) Sufficient stock of spare brush	1) per 4 months due to deformation of rotor surface. 2) Sufficient
Voltage regulator	1) Operation method of voltage regulator 2) Response of voltage detection for load variation.	1) Manual (at synchronizing), Auto. (at normal) 2) The voltage of 44KV line is not able to regulate by this generator because this unit capacity is very small.

Generator for Pelton

Unit No.: 2  
 Type of Turbine: Francis

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Francis Turbine	Casing 1) Existence of corrosion 2) Wear in thickness 3) Presence of vibration	1) <i>abrasion is existing by sand</i> 2) <i>ditto</i> 3) <i>no objection</i>
	Runner 1) Existence of corrosion 2) Occurrence of porosity by sand pitting	1) <i>1 Abrasion is existing by sand,</i> 2) <i>therefore vanes are changed per 5 years</i>
	Shaft 1) Shaking of shaft axis	1) <i>no objection</i>
	Bearing 1) Oil shortage on bearing surface 2) Lack of oil viscosity	1) <i>ditto</i> 2) <i>ditto</i>
	Governor control 1) Control by belt-driven type 2) Speed detection device 3) Speed regulation system 4) Installation of load limiter 5) Accuracy of governor speed regulation	1) <i>belt</i> 2) <i>speeder</i> 3) <i>control panel</i> 4) <i>not provided</i> 5) <i>no objection</i>



Generators Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Francis Turbine	<p>Oil pressure equipment</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Existence of oil leakage</li> <li>2) Application of oil pressure pumping system</li> </ol> <p>Inlet valve</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Operation method</li> <li>2) Locking condition</li> <li>3) Smoothness of pressurized oil operation</li> </ol> <p>Guide vanes</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Smoothness of control</li> <li>2) Presence of water leakage from casing when guide vanes are closed</li> <li>3) Break frequency of shear pins</li> </ol> <p>Sealing device:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Sufficiency of water sealing for shaft</li> <li>2) Sufficiency of packing for shaft seal</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) no objection</li> <li>2) shaft driven</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) manual</li> <li>2) no objection</li> <li>3) N/A</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) no objection</li> <li>2) Runner is rotating even if guide vane are closed due to abrasion.</li> <li>3) not provided</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) N/A</li> <li>2) packing (Cordon Grafitado) is changed new one per 4 months.</li> </ol>

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Rotor	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Discoloration of winding surface due to heat</li> <li>2) Existence of erosion for core</li> <li>3) Fitness of between rotor and shaft</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) no objection</li> <li>2) ditto</li> <li>3) ditto</li> </ol>
Stator winding	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Frequency of burning trouble or repair</li> <li>2) Reduction of insulation resistance</li> <li>3) Rust and erosion of core</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) ditto</li> <li>2) no objection (heat resistant paint is used)</li> <li>3) No objection</li> </ol>
Bearing	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Occurrence of deformation on metal surface</li> <li>2) Lack of oil lubrication</li> <li>3) Occurrence of temperature rise</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) No objection</li> <li>2) ditto</li> <li>3) ditto (it has not been over 50°C max.)</li> </ol>
Exciter	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Exchange frequency of brushes worn out</li> <li>2) Sufficient stock of spare brush</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) per 1 year</li> <li>2) Sufficient</li> </ol>
Voltage regulator	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Operation method of voltage regulator</li> <li>2) Response of voltage detection for load variation</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Manual (at synchronizing), Auto (at normal)</li> <li>2) The voltage of 44KV line is not able to regulate by this generator because this unit capacity is very small.</li> </ol>

Generator for Francis

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Insulation level	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Sufficiency of insulation level</li> <li>2) Unification of insulation level</li> <li>3) Reduction of insulation resistance</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Sufficient (15 kV)</li> <li>2) Unified by 15 kV</li> <li>3) no objection</li> </ol>
Accessibility and Safety	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Accessibility to high voltage devices</li> <li>2) Sufficiency of protection for high voltage cable terminals</li> <li>3) Method and reliability of operation for synchronizing circuit breaker</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) no objection</li> <li>2) ditto</li> <li>3) not necessary for synchronizing devices in 13.2 kV circuit breakers.</li> </ol>

13.2 kV Indoor Switchgear

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Transformer	1) Presence of over load operation	1) none
Circuit breaker	1) Situation of trip for outgoing feeder breaker in case of accident on transmission line 2) Fitness of maintenance in case of oil circuit breaker	1) Good 2) Maintenance is easy due to min. oil circuit breaker. Maintenance is done per 6 months.
Line switch	1) Operation method 2) Reliability of operation	1) manual 2) no objection
Insulator	1) Presence of damage and dusts	1) ditto
Structural steel	1) Occurrence of erosion due to rust 2) Presence of injury	1) ditto 2) ditto
Line protection	1) Existence of adequate protection relays to connect to RED	1) Only 50/51 relay is provided for 44 kv line therefore another protection relay is not needed in this present.

Outdoor Equipment

II. ACTUAL GENERATED ENERGY AND OPERATION TIME

Unit No.: 1  
 Installed Capacity of Generator: 1600 KVA  
 Type of Turbine: PELTON

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL TOTAL	NOTES
1983	MWH	803	646	495	---	---	---	---	156	817	932	859	4708	(1), (2)
	OPR. TIME	730	656	524	---	---	---	---	128	641	690	661	4032	
1984	MWH	899	915	825	941	800	904	819	848	812	890	690	10350	(1)
	OPR. TIME	708	667	671	683	660	704	653	674	668	703	699	8134	
1985	MWH	951	850	873	828	814	867	803	803	909	891	955	10376	
	OPR. TIME	735	649	704	678	690	713	708	658	709	686	704	8325	
1986	MWH	1021	867	783	866	883	924	858	831	744	848	881	10408	
	OPR. TIME	716	650	623	702	695	724	672	663	630	594	709	8197	
1987	MWH	896	796	635	786	809	838	840	817	852	1742	900	10598	
	OPR. TIME	723	643	494	689	661	696	699	679	662	696	717	7977	
1988	MWH	679	802	819	873	1154	522	861	812	874	639	905	10631	
	OPR. TIME	529	585	709	696	701	701	711	661	702	692	733	8145	

Unit No.: 2

Installed Capacity of Generator: 1600 KVA

Type of Turbine: FRANCIS

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL TOTAL	NOTES
1983	MWH	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	(1), (2), (3)
	OPR. TIME	730	658	524	---	---	---	---	641	690	661	3904		
1984	MWH	---	153,3	847,3	227,7	514,5	688,8	724,6	697,1	785,1	830	707,5	5874,7	(1)
	OPR. TIME	708	125	584	219	438	652	690	659	673	706	568	6659	
1985	MWH	849,1	768	845,6	630,9	770,2	834,7	907,2	698,5	813,7	743,8	738,1	9492,5	
	OPR. TIME	679	646	736	609	634	702	690	651	709	692	702	8156	
1986	MWH	501,8	827,2	889,6	856,4	880,6	764,9	865,2	508,7	787,9	871,7	724,8	9169,5	
	OPR. TIME	448	657	692	702	714	621	721	449	682	694	609	7609	
1987	MWH	772,4	746,4	546,2	871,4	829,4	822	725,7	753,3	723,2	240,7	685,5	8515,7	
	OPR. TIME	643	648	460	691	697	687	620	675	709	215	617	7374	
1988	MWH	852,1	325,9	---	482,3	775,7	764,2	417,1	752,2	781,5	800,1	856,1	7654,9	(3)
	OPR. TIME	712	263	---	540	717	698	458	649	681	693	734	6866	

Notes.

- (1) Until January 1984, the measuring equipment didn't exist for each unit, only common.  
The informations which appear for the unit 1 belong to both units.
- (2) During period between April and August of 1983 the power plant didn't operate.
- (3) On September 1983 and on March 1988 the unit 2 didn't work.

III. REPAIR RECORDS

No.	Study Item	Results
	<p>The past records concerning the following items shall be obtained to evaluate reliability of generating facilities.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Repaired locations and method for repairing</li> <li>2) Causes for damage/defect</li> <li>3) Duration of repairing and power supply stoppage</li> <li>4) Repaired by:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) staff in Power Plant</li> <li>b) manufacturer</li> <li>c) other</li> </ol> </li> <li>5) Repair cost</li> <li>6) Operation life after the completion of repairing work</li> </ol>	<p>1) Minor repairs are done in this power plant, but major repairs are done in the factory or EADE's repair shop in Medellin.</p>
5)		<p><u>Pelton</u>: 9 years ago, it was \$25 millions, including:          - Rewinding          - Reconstruction of the turbine  <u>Francis</u>: 5 years ago, it was \$12 millions including:          - Reconstruction of seal and change of the turbine</p>

It is necessary to do works of repair:  
 Pelton: Each 2 years  
 Francis: Each 5 years



IV. SITUATION OF STOCK SPARE PARTS

No.	Study Item	Results																				
	<p>Data on the situation of stock spare parts shall be obtained to evaluate maintainability of generating facilities.</p>	<p>The following major spare parts are stocked.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="470 840 502 896">No</th> <th data-bbox="470 504 502 840">Description</th> <th data-bbox="470 336 502 504">Q'ty</th> <th data-bbox="470 123 502 336">Location</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="518 840 550 896">1</td> <td data-bbox="518 504 598 840">Runner for Pelton (See photo - 1)</td> <td data-bbox="518 336 550 504">1 piece</td> <td data-bbox="518 123 550 336">Caracoli</td> </tr> <tr> <td data-bbox="630 840 662 896">2</td> <td data-bbox="630 504 662 840">Deflector for Pelton</td> <td data-bbox="630 336 662 504">1 piece</td> <td data-bbox="630 123 662 336">Caracoli</td> </tr> <tr> <td data-bbox="742 840 774 896">3</td> <td data-bbox="742 504 821 840">Runner for Francis (See photo - 2)</td> <td data-bbox="742 336 774 504">1 piece</td> <td data-bbox="742 123 821 336">EADE'S repair shop (Mede 11:m)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="885 840 917 896">4</td> <td data-bbox="885 504 917 840">Brush for generator</td> <td data-bbox="885 336 917 504">1 lot</td> <td data-bbox="885 123 917 336">Caracoli</td> </tr> </tbody> </table>	No	Description	Q'ty	Location	1	Runner for Pelton (See photo - 1)	1 piece	Caracoli	2	Deflector for Pelton	1 piece	Caracoli	3	Runner for Francis (See photo - 2)	1 piece	EADE'S repair shop (Mede 11:m)	4	Brush for generator	1 lot	Caracoli
No	Description	Q'ty	Location																			
1	Runner for Pelton (See photo - 1)	1 piece	Caracoli																			
2	Deflector for Pelton	1 piece	Caracoli																			
3	Runner for Francis (See photo - 2)	1 piece	EADE'S repair shop (Mede 11:m)																			
4	Brush for generator	1 lot	Caracoli																			

V. EADE'S INTENTION FOR REHABILITATION

No.	Study Item	Results
	Mark with ✓ in pertinent columns.	
	- Inlet valve .....	✓
	- Turbine, governor, auxiliary equipment .....	✓
	- Generator, exciter .....	✓
	- Control panel .....	✓
	- Switchgear .....	✓
	- Transformer .....	✓
	- Substation equipment (Circuit breaker, Isolator, etc.) .....	✓
	- Transmission tower, conductor and insulator .....	✓
	- Power House .....	✓
	- Penstock .....	✓
		Leaving as it is
		Repair work
		Replacement
		Notes
		1
		2
		3
		4
		5
		6
		7
		8

Doesn't change the flow which enters to the machine  
Use deflectors or lead away jet.



Photographic Records

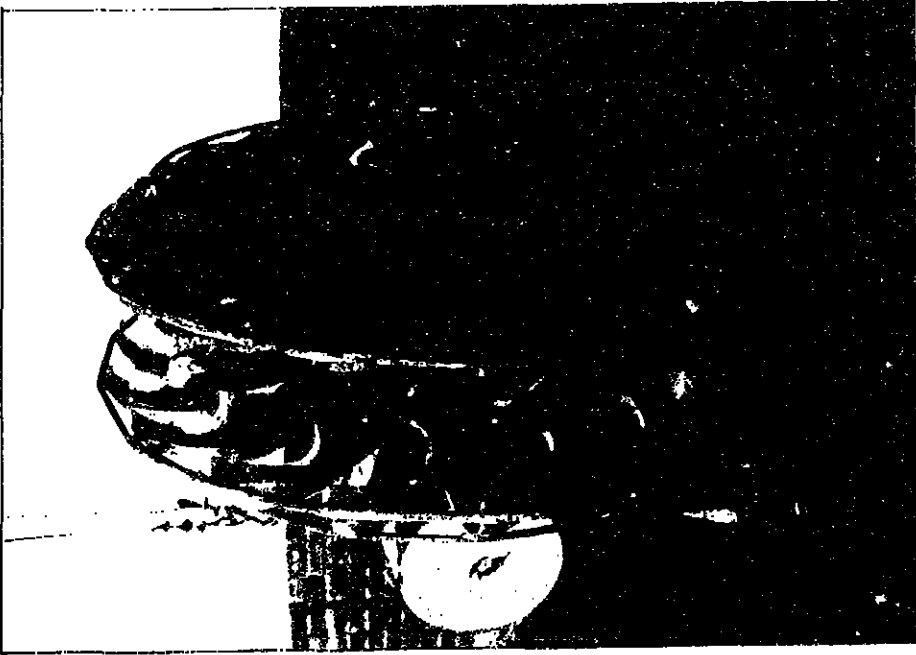


Photo 1 (Spur inlet)

Actual using buckets are reconstructed with welding  
Same as spur one.



Photo 2 (Spur Runner for Francis)

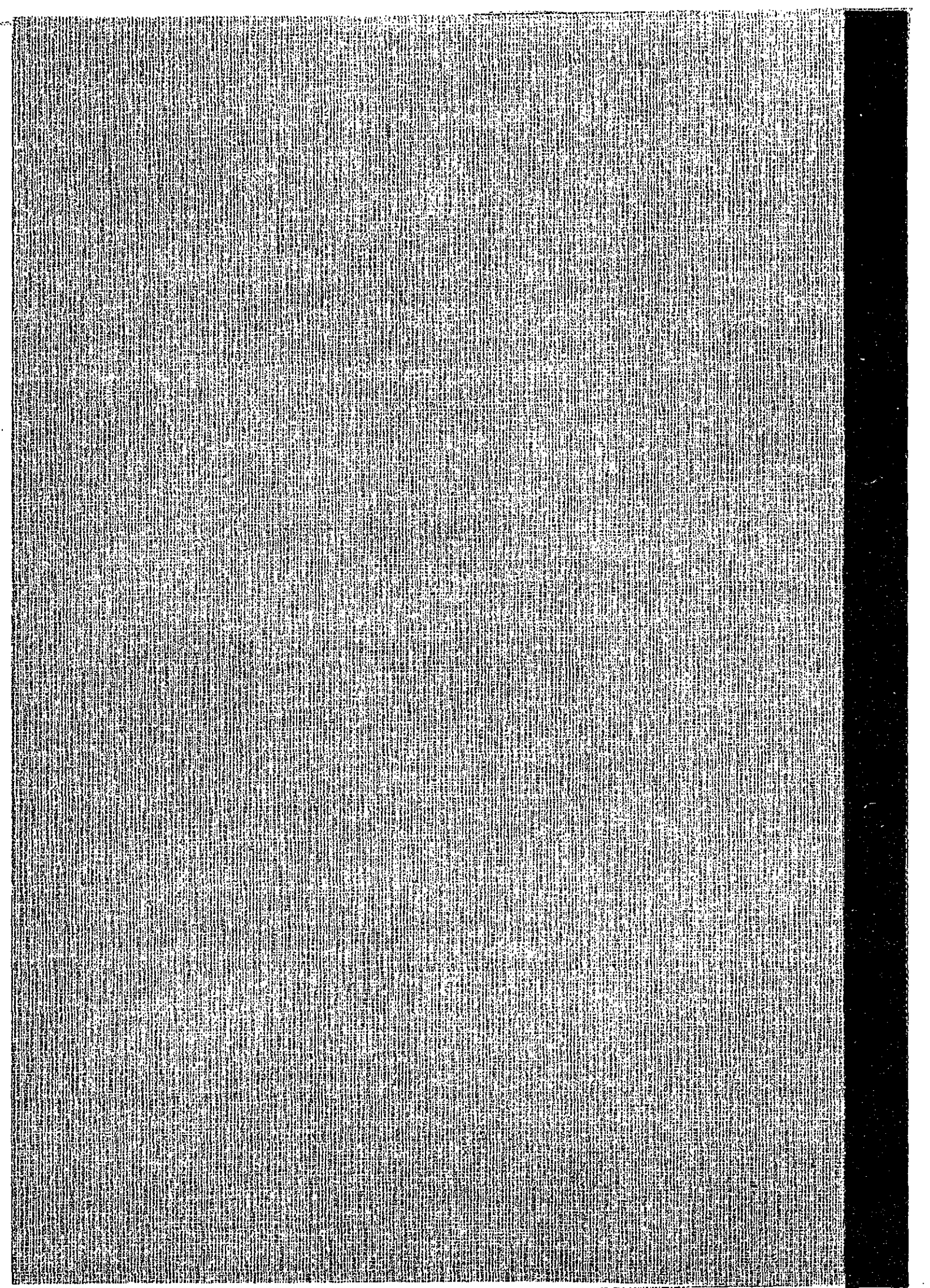
Actual as existing.



Notes

1. The valve didn't seal completely ; the water leak existed.
2. The turbine Pelton has been reconstructed with welding,  
by wear and tear.  
The turbine Francis has been replaced completely.  
The governor of both units has been adjusted but repair didn't  
realize properly for the request.  
The auxiliary equipment has been changed. (leaving as it is.)  
*not*
3. The generator of Pelton Unit has been rewinded with  
F Class insulation.  
The generator of Francis Unit had only preventive  
maintenance.  
The exciter has been rectified to the collector.
4. On the control panel, some measuring apparatus are replaced.
5. It was burned.
6. Only to level of preventive maintenance
7. It has been completed.
8. Preventive maintenance







コロンビア共和国  
小規模発電設備修復計画  
フェージビリティ調査

SAN CANCIO, INTERMEDIA, MUNICIPAL

水力発電所

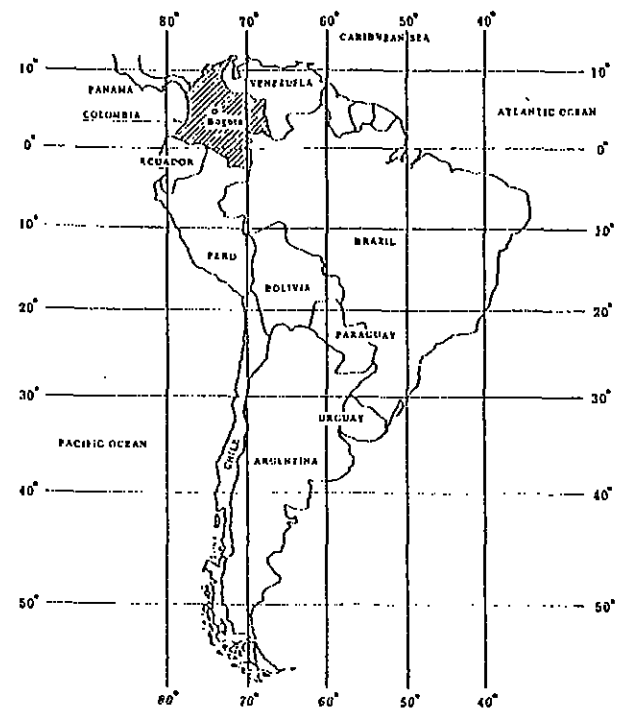
平成2年3月

国際協力事業団

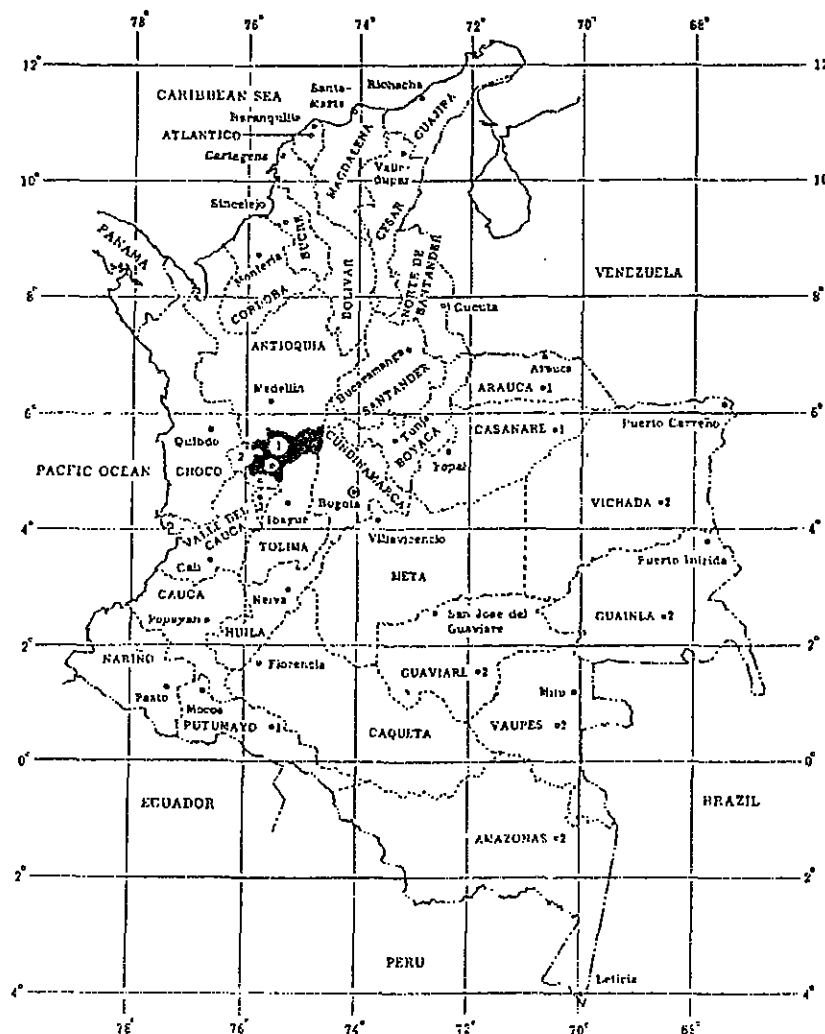


MAP OF SOUTH AMERICA

NEW WORLD ATLAS  
JINBOUNSA CO., LTD.  
(1933)



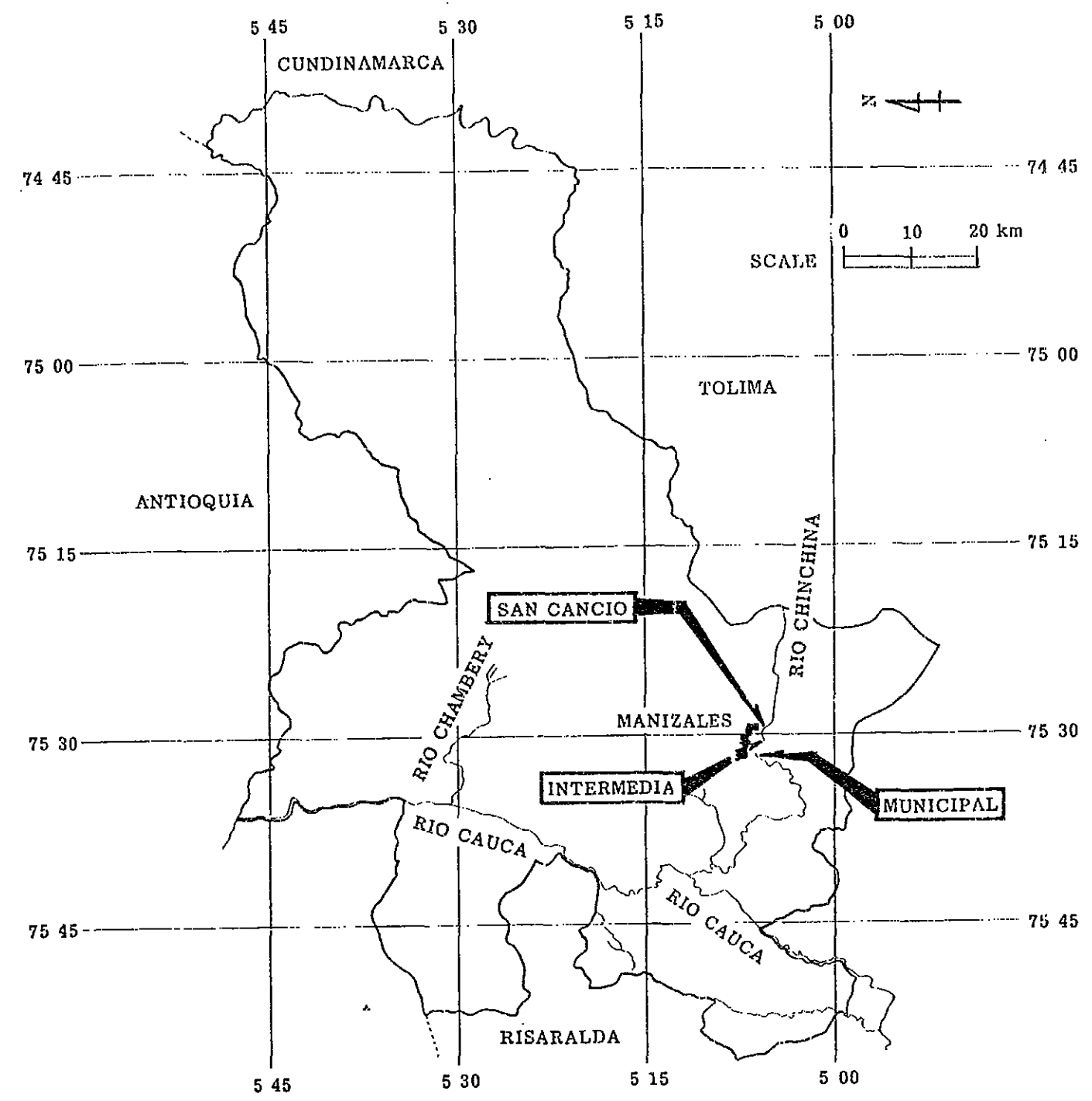
POLITICAL DIVISION IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA



SCALE 0 250 500 km

- LEGEND**
- Border
  - - - Limit of Department
  - ⊙ Capital
  - Capital of Department
  - 1 Intendency
  - 2 Commissary

- NOTES**
- No. Department (Capital)
- 1 CALDAS (Manizales)
  - 2 RISARALDA (Pereira)
  - 3 QUINDIO (Armenia)



調査地域の位置図

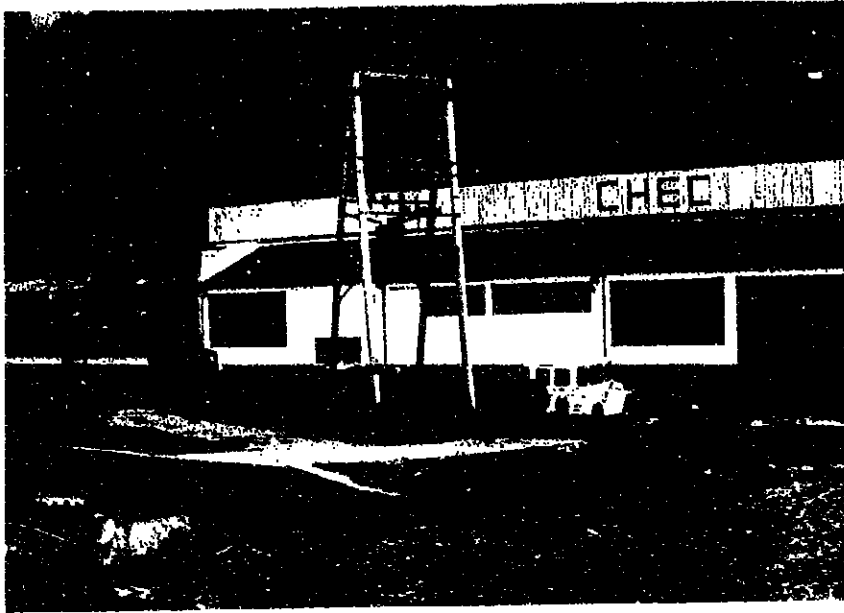
San Cancio Hydroelectric Power Plant



Cl. I n o h i n a m i t a g a R i v e r



堰水塔



発電所建物



フランス水車おまひ発電機

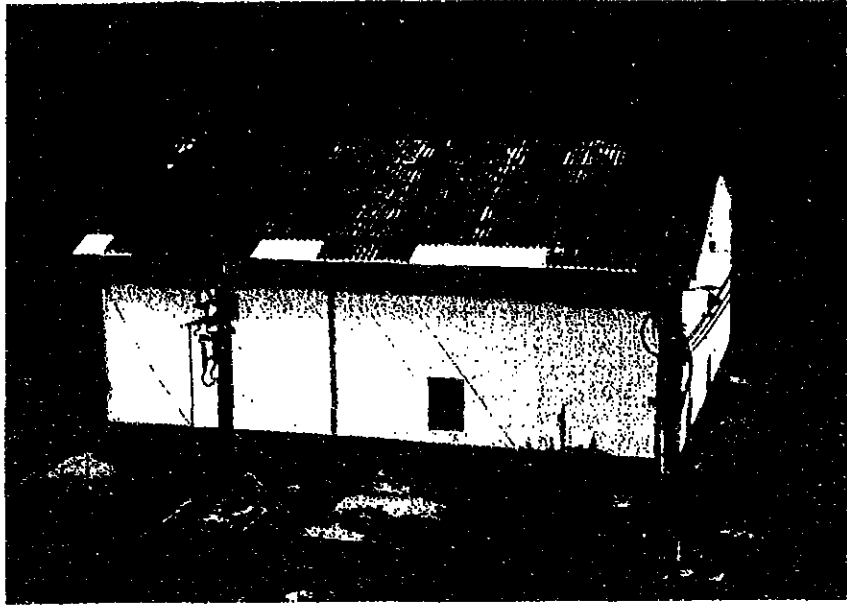


ヘルナン水車おまひ発電機

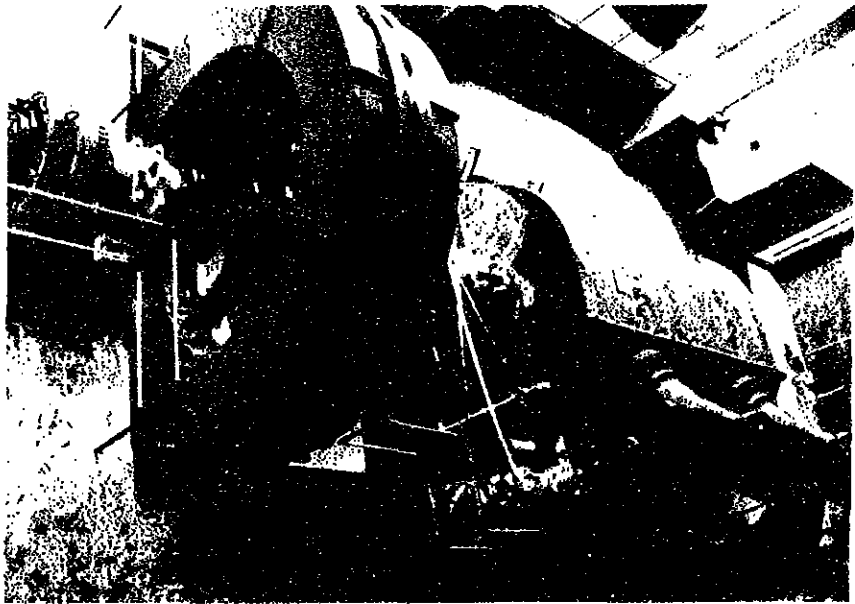
Intermedia Hydroelectric Power Plant



導水路



発電所建物



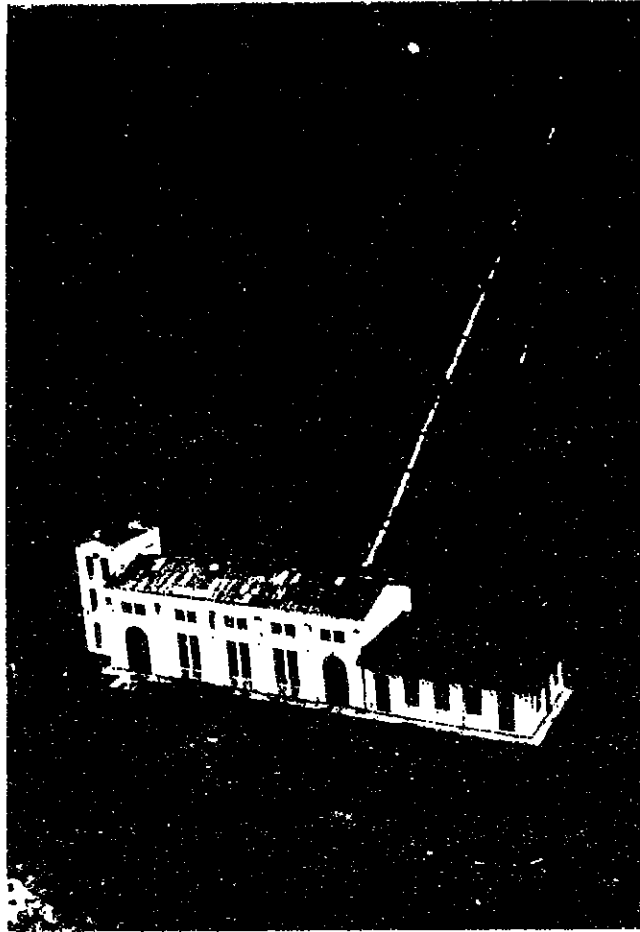
ベルトン水車および発電機

Municipal Hydroelectric Power Plant



游水影





発電所建物および水圧管路



ペルトン水車



# 目 次

	PAGE
調査地域の位置図 写 真	
第1章 序 文 .....	1-1
第2章 調査結果の要約 .....	2-1
第3章 調査計画 .....	3-1
3.1 調査団の編成 .....	3-1
3.2 調査項目と調査工程 .....	3-2
3.3 現地調査工事の内容 .....	3-5
第4章 調査地点の現況 .....	4-1
4.1 電力セクターの電力事情 .....	4-1
4.2 既設発電所の運転実績 .....	4-6
4.3 発電設備・施設の概況 .....	4-8
第5章 基礎資料の収集 .....	5-1
5.1 地形図 .....	5-1
5.2 地質調査資料 .....	5-2
5.3 水文・気象資料 .....	5-3
5.4 その他関連資料 .....	5-4
第6章 地形・地質概況 .....	6-1
6.1 計画地点周辺の地形 .....	6-1
6.2 San Cancio地点の地質 .....	6-1
6.3 Intermedia地点の地質 .....	6-3
6.4 Municipal 地点の地質 .....	6-6

第7章 水文解析	7-1
7.1 計画地域の一般気象	7-1
7.2 流量解析	7-4
7.3 洪水流出解析	7-12
7.4 流出土砂量解析	7-17
7.5 水質解析	7-22
第8章 発電計画	8-1
8.1 比較案の検討	8-2
8.2 発電出力	8-8
8.3 年間可能発電電力量	8-10
第9章 修復計画	9-1
9.1 修復計画案の策定	9-1
9.2 修復工事費の積算	9-4
9.3 経済指標の比較	9-7
第10章 財務分析	10-1
10.1 分析の前提条件	10-1
10.2 収益性の比較	10-4
10.3 財務計画	10-4
第11章 基本設計	11-1
11.1 施設計画	11-1
11.1.1 工作物の設計基準	11-1
11.1.2 主要構造物の改修設計	11-1
11.1.3 ゲート・バルブ類の仕様と諸元	11-10
11.1.4 発電機器の標準仕様	11-14
11.1.5 電気装置の標準仕様	11-18

11.2	施工計画	11-20
11.2.1	工事施工条件の検討	11-20
11.2.2	準備工事（締切水替等）	11-20
11.2.3	工事用アクセス道路工事	11-20
11.2.4	工事用仮設備	11-21
11.2.5	工事工程表	11-21
11.3	工事費	11-26
11.3.1	積算基本条件	11-26
11.3.2	土木工事費内訳	11-28
11.3.3	発電機器予算内訳	11-35
11.3.4	年度別工事費	11-36
11.3.5	発電停止による売電ロス	11-39
第12章	結論及び助言	12-1
12.1	最も現実性の高い設備計画	12-1
12.2	経済指標	12-8
12.3	運転・維持・管理用のマニュアル	12-8
12.4	修復計画に関連する技術的助言	12-8

図面集  
 附属資料

## 第 1 章 序 文

本調査報告書は、1987年11月から1988年6月までの8ヶ月にわたって実施されたブレ・フィージビリティ調査に引き続いて行われた San Cancio, Intermedia, Municipal 流れ込み式水力発電所（定格出力5,552 MW）の修復計画に関するフィージビリティ調査の結果をとりまとめたものである。

今回のフィージビリティ調査は、1988年7月にコロンビア電力庁（ICEL, Instituto Colombiano de Energia Electrica）と日本国の国際協力事業団（JICA, Japan International Cooperation Agency）との間で合意・署名された SCOPE OF WORK に基づいて実施されている。その調査期間は1988年11月から1990年3月までの17ヶ月間である。

修復計画の調査対象に挙げられた ICEL 所管の小規模水力発電所62地点の中から、本 San Cancio, Intermedia, Municipal 流れ込み式水力発電所がフィージビリティ調査の候補に選ばれた主な理由に、

- ① 地形や河川流量等に関する基礎資料が比較的よく整備されていたこと。
- ② 環境破壊のインパクトが小さく、又他の既得水利権との競合がないこと。
- ③ 水路の線形や形状など設計面での不備はあるものの、既設の導水路の維持管理が良好であったこと。
- ④ 理論出力から計算した発電出力と既設発電設備容量との間にギャップがあり、適正な発電規模となっていないこと。

等が挙げられる。

本フィージビリティ調査の結果、最適な修復計画として、JICA 調査団が提案している San Cancio, Intermedia, Municipal 流れ込み式水力発電所の修復後における発電規模は、最大出力 9.4MW, 年間可能発電電力量73.0GWh, 流量設備利用率88%である。

## 第2章 調査結果の要約

これらの発電所は、Caldas 県の Chinchina 川に上流側から San Cancio (定格出力 2,320kW)、Intermedia (定格出力 1,120kW) 及び Municipal (定格出力 2,112 kW) と並ぶ一連の流れ込み式水力発電所で、CHEC 電力会社が所管している。

それぞれの発電所の1989年2月における現在の最大出力と1988年における年間発電電力量の記録を示すと次の通りである。

発電所名	発電機器の製造年	1989年2月現在 最大出力 (kW)	出力低下率 (%)	1988年の年間 発電電力量 (MWh)
San Cancio	# 1 1929	750	▲23	6,175
	# 2 1947	1000	▲26	
Intermedia	1947	900	▲20	3,279
Municipal	1945	1400	▲34	5,448

### (1) 発電所施設の現況と問題点

San Cancio 発電所の放水路は Intermedia 発電所の導水路と直結しているため、両発電所の最大使用水量は同じく  $Q = 5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  である。

Municipal 発電所では、Intermedia 発電所の放流量 ( $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ) に加えて、San Cancio 発電所の取水口地点より下流部の残流域流量を取水できる施設を有しているが、公式の最大使用水量は、San Cancio 及び Intermedia 両発電と同じ  $5.6 \text{ m}^3$  として記録されている。

導水路の延長は San Cancio 発電所から順次にそれぞれ約 2,400m、約 3,100m そして約 2,400m となっている。いずれも開水路で形状及び寸法が不揃いの所や、線形的にも良好といえない部分もあるが、一般的に良好な維持管理状態におかれている。

これら水路の通過域が凝灰岩地帯であるため、雨天時に法面崩壊や小規模な地滑り発生のため、水路内に土砂が流入する箇所がある。なお、Intermedia 発電所の水路は素掘りのままの状態であるためコンクリート水路への変更が望ましい。

発電機器の製造年は古く、供用年数も43年から61年の長きにわたっている。San Cancio 発電所では、1929年製造のペルトン型発電機器 (定格出力 1,120kW) と1947年製造の横軸フランス型発電機器 (定格出力 1,200kW) の2ユニットが同

ユニットが同じ発電所建屋の中に併存している。Intermedia 発電所には1935年製造のペルトン型発電機器（定格出力 1,120kW）1ユニットが、Municipal 発電所には1935年製造のペルトン型発電機器（定格出力 1,056kW）2ユニットがそれぞれ据付けられている。

Intermedia 及びMunicipal の両発電所においては、理論的に計算される発電出力と既設設備容量との間に大きなギャップがある。何れも過少設備容量となっている。

## (2) 修復計画の比較代替案

San Cancio 発電所の取水口地点における河川流況曲線（図2.1 参照）から判るように、計画使用水量  $Q = 5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  の値は流れ込み式水力発電所としては比較的大きな設計流量である。即ち、年間を通じて保証できる日数は55%相当で、流量設備利用率で示すと88%に相当する使用水量である。したがって、最大使用水量に関する比較検討の余地は残されていないと考えて良いので、修復計画のねらいを次の2点に絞り込んで検討してある。

### ① 理論的に計算される発電出力と既設設備容量との間にあるギャップを解消する。

	Q ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	H (m)	発電出力 P (kW)	既設設備 容量 $P_0$ (kW)	$P - P_0$ (kW)
San Cancio	5.6	53.8	2,400	2,320	-80
Intermedia	5.6	56.8	2,500	1,120	1,380
Municipal	5.6	79.6	3,600	2,112	1,488
計			8,500	5,552	2,948

### ② 運転、点検、保守及び管理の標準化並びにスペアパーツの互換性等の利点を考慮し、同機種、同出力の発電機器の配備を行う。



San Cancio  
Intermedia 水力発電所取水口地点の流況曲線図

TYPICAL FLOW DURATION CURVE AT INTAKE SITE

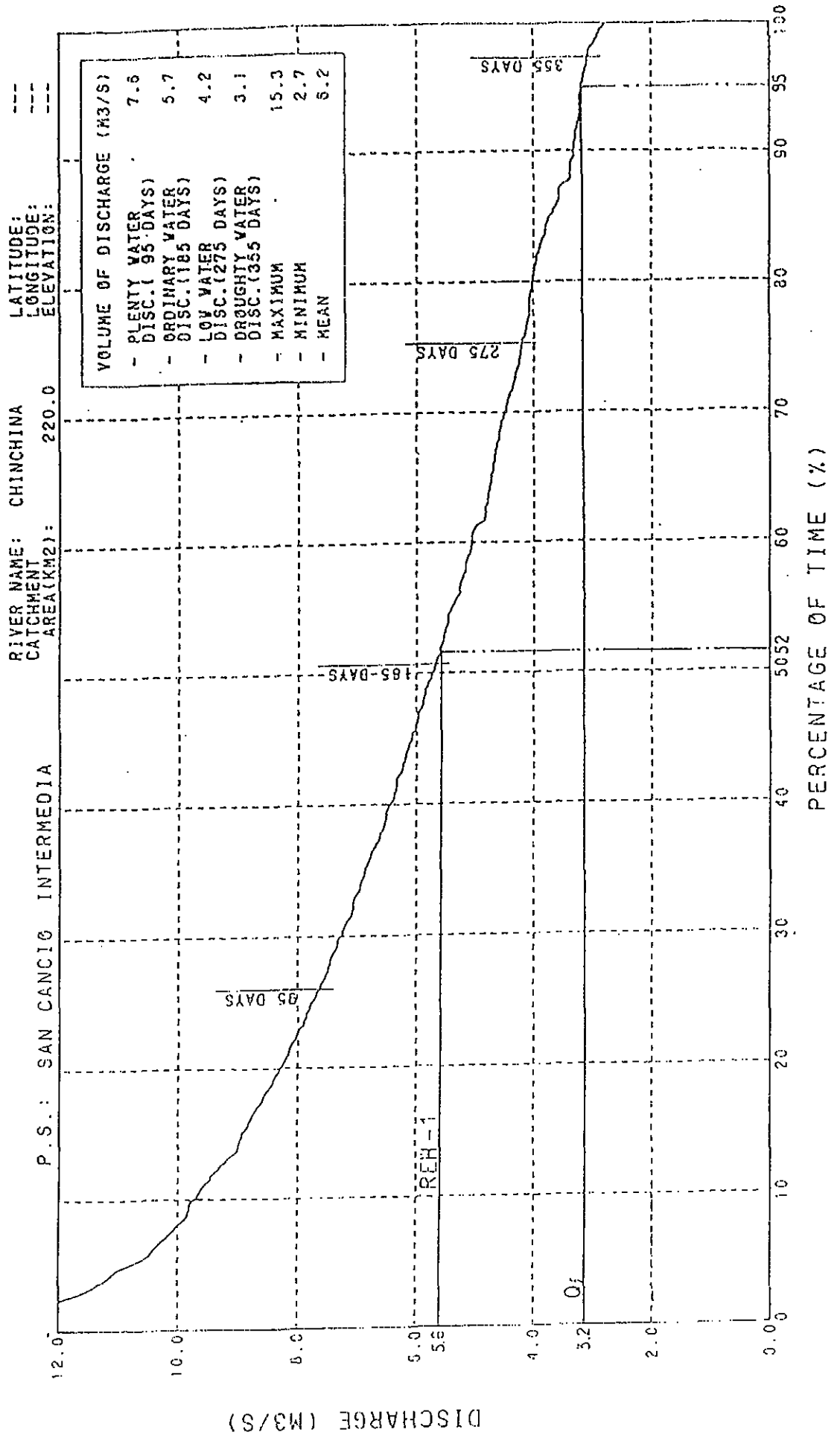
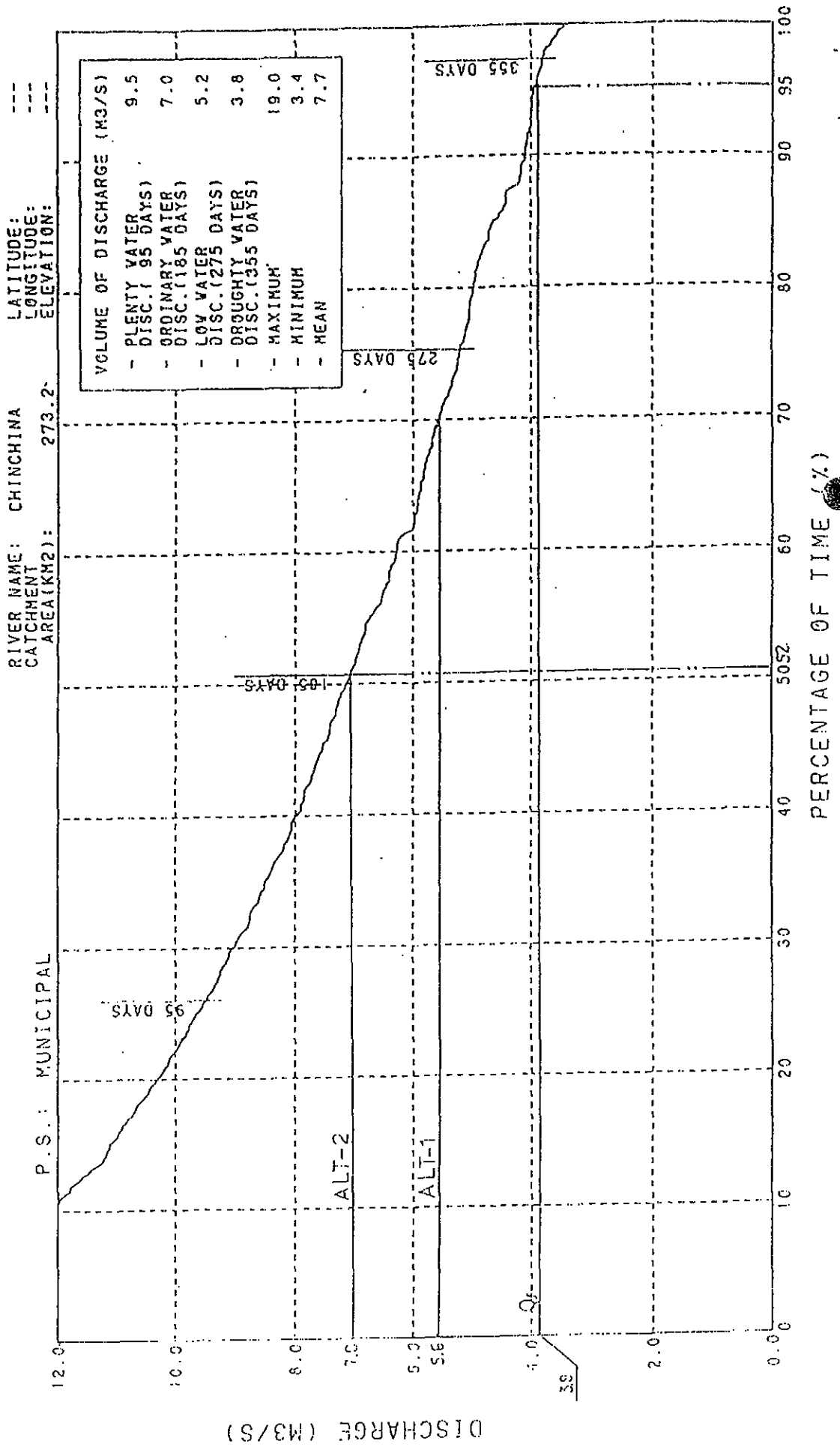


图-2.1 Municipal 水力発電所取水口地点の流況曲線図

TYPICAL FLOW DURATION CURVE AT INTAKE SITE



修復計画に関する比較代替案を表-2.1 に示してあるが、具体的な比較の対象としては、最下流に位置するMunicipal 発電所における残留流域からの取水の可否に絞り込まれる。

表-2.1 San Cancio, Intermedia及びMunicipal 水力発電所の修復計画案

項目		地点別		Municipal	
		San Cancio	Intermedia	ALT-1	ALT-2
使用水量Q (m <sup>3</sup> /s)		5.6	5.6	5.6	7.0 (残流域取水 1.4)
最大出力P (kW)		2,400	2,500	3,600	4,500
流量設備利用率 (%)		88	88	94.5	88
修復 ・ 改造 計 画	取水堰	改造し、排砂門域いは排砂設備を設ける。	なし	現状維持	永久構造物に改造する。
	取水口	常時 5.6 m <sup>3</sup> /s を取水可能な施設に設計変更する。	現状維持	現状維持	部分的改修
	沈砂地	部分的改修	部分的改修 (水槽と一体)	部分的改修	部分的改修
	水路	蓋取付工を除いて現状維持。	コンクリート水路に全面的改造。	蓋取付工を除いて現状維持。	通水能力を確保出来るよう嵩上及び蓋取付。
	水槽	改造により調整容量を増加する。	部分的改修	適正規模に改造する。	適正規模に改造する。
	水圧管路	現状維持	現状維持	現状維持	
	発電機器	新品取替	新品取替	新品取替	
発電所建屋		部分的な補修を行って、既設建屋及び天井クレーンを利用する。ただし、発電機器の基礎部分のみは改造する。			

(3) 最適案の選択

San Cancio, Intermedia及びMunicipal の夫々の発電所について修復計画に関する検討結果が表-2.2 に示してあるが、これ等の3つ流れ込み式水力発電所の修復計画はパッケージとして考慮されねばならない。

表-2.2 の検討結果から判るように、Municipal 発電所で残流域流量  $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$  を追加取水するALT-2 案について、一連のフィージビリティ段階の基本設計を行いその内容は第11章に収録してある。



表-2.2 San Cancio Intermedia Municipal 水力発電所修復計画案の比較

代替案	① 既設発電設備諸元					② 修復発電計画							③ 回復又は増加電力	
	⑩ 最大 使用水量 Q <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> /s)	⑪ 有効 落差 H <sub>0</sub> (m)	⑫ 定格 出力 P <sub>0</sub> (kW)	⑬ 現有設備能力		⑳ 最大 使用水量 Q <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /s)	㉑ 基準 有効落差 H <sub>1</sub> (m)	㉒ 理論出力 = 9.8 × ㉑ × ㉒ (kW)	㉓ 合成 効率 η	㉔ 出力 = ㉒ × ㉓ (kW)	㉕ 年間可能発電電力量 E <sub>1</sub> (GWh)	㉖ 流量設備 利用率 ε (%)	㉗ 出力 = ㉔ - ㉒ ΔP (kW)	㉘ 年間可能発電電力量 ㉒ - ㉓ ΔE (GWh)
				⑭ 出力 P <sub>e</sub> (kW)	⑮ 発電電力量 E <sub>e</sub> (GWh)									
San Cancio	5.6	53.8	2,320	1,750	8.44	5.6	53.8	2,952	0.830	2,400	18.5	88	650	10.1
Intermedia	5.6	56.8	1,120	900	3.33	5.6	56.8	3,117	0.830	2,500	19.7	88	1,600	16.4
Municipal (ALP-1)	5.6	79.6	2,112	1,400	5.94	5.6	79.6	4,368	0.830	3,600	29.9	94.5	2,200	24.0
Municipal (ALP-2)						7.0	79.6	5,460	0.835	4,500	34.8	88	3,100	28.9
Total	—	—	5,552	4,050	17.71	—	—	10,437	—	8,500	68.1	—	4,450	50.4
						—	—	11,529	—	9,400	73.0	—	5,350	55.5

代替案	④ 修復工事費 (百万円)					⑤ kW当り建設コスト (千円/kW)		⑥ 年間発電端経費の合計 (百万円)					⑦ kWh当り平均発電コスト (円/kWh)		⑧ 便益 C/B	⑨ 優先 順位
	⑩ 発電機器費			④ 土 建 工事費 C <sub>2</sub>	⑤ ⑬ + ⑭ C	⑥ ⑮ ΔP当りコスト = ⑤ / ⑮ C/ΔP	⑥ ⑯ P <sub>1</sub> 当りコスト = ⑤ / ⑯ C/P <sub>1</sub>	⑥ ⑰ 運転維持 管理費 AOM	⑥ 建設費の元利償還額 (25年平均)			⑥ ⑱ ⑰ + ⑱	⑦ ⑲ E <sub>1</sub> 当り = ⑦ / ⑲ × 0.95	⑦ ⑳ ΔE当り = ⑦ / ⑳ × 0.95		
	⑪ 外 貨分 C <sub>1f</sub>	⑫ 現 地貨分 C <sub>1g</sub>	⑬ ⑪ + ⑫ C <sub>1</sub>						⑥ ㉑ 2.610 × ⑪	⑥ ㉒ 2.016 × (⑫ + ⑬)	⑥ ㉓ ⑬ + ⑭					
								⑥ ㉔ 25	⑥ ㉕ 25	⑥ ㉖ ⑱ + ⑲						
San Cancio	264.7	106.1	370.8	87.5	458.3	705.1	191.0	1.3	27.6	15.6	43.2	44.5	2.5	4.6	1.40	4
Intermedia	264.7	106.1	370.8	146.6	517.4	323.4	207.0	1.4	27.6	20.4	48.0	49.4	2.6	3.2	1.37	3
Municipal (ALP-1)	322.3	129.2	451.5	72.0	523.5	238.0	145.4	2.0	33.6	16.2	49.8	51.8	1.8	2.3	0.89	2
Municipal (ALP-2)	342.2	137.3	479.5	106.0	585.5	188.8	130.1	2.5	35.7	19.6	55.3	57.8	1.7	2.1	0.86	1
Total	851.7	341.4	1,193.1	306.1	1,499.2	336.9	176.3	4.8	88.9	52.2	141.1	145.9	2.3	3.2	—	—
	871.6	349.5	1,221.1	340.1	1,561.2	291.8	166.1	5.3	91.0	55.6	146.6	151.9	2.2	2.9	—	—

(補考) ①: 既設発電設備の諸元はブレF/S報告書の設備台帳を参照のこと。

⑦: 発電コスト =  $\frac{\text{年間平均発電端経費の合計}}{\text{年間平均供給電力量}}$

⑧: C/Bは財務分析によって算定された費用便益比の値である。

⑮: E<sub>e</sub>は1984年から1988年の5年間の平均運転実績に準拠。

⑲: ηはタービン及び発電機の合成効率。

⑲: E<sub>i</sub>(Energia Media)

⑳:  $\epsilon = \frac{\text{水車が利用する年間総使用水量 (m}^3/\text{s} \cdot \text{hr)}}{Q_1 \times 365 \times 24} \times 100$  (%)

㉑: 年間AOMはkW当りUS\$4相当額

㉒: 金利は次のような条件で元金均等償還方式で計算してある。  
外貨ポーション: 年利10%, 4年据置, 25年間返済  
現地貨ポーション: 年利21%, 1年据置, 8年間返済



## 第 3 章 調査計画

### 3.1 調査団の編成

#### 3.1.1 JICA F/S 調査団

JICA F/S 調査団は、プレ・F/S に従事した団長・団員全員に水力発電計画（土木）、水力発電計画（機械）、水文、地質及び経済の専門家を補強して下記のメンバーで構成された。

区 分	担当分野	氏 名
団 長	総 括	小野 匡美
団 員	水力発電計画（土木）	遠山武權夫
	水 文	野 仲 進
	水力発電計画（土木）	川 崎 義 雄
	水力発電設備（機械）	高 橋 彰
	水力発電設備（電気）	玉 井 昌 幸
	地 質	内 瀬 戸 信 彦
	地 質	井 上 隆
	経 済	上 田 正 明

#### 3.1.2 ICEL のカウンターパートエンジニア

JICA F/S 調査団のカウンターパートとして本調査に従事した ICEL のエンジニアは次の通りである。

Juvenal Peñaloza Rosas	Ing. Civil	Jefe Div. de Centrales
Jairo E. Gonzalez Morales	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales
Mario Gutierrez Ospina	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales
Rafael Torres Mariño	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales
Rafael Gomez Florez	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales
Jorge E. Hurlado Muñoz	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales

#### 3.1.3 CHEC の支援スタッフ

本調査の現地踏査、資料収集ならびに技術協議に際して次に挙げる CHEC の技術スタッフの協力、支援を得た。

Alberto Naranjo A.	Director of Miel Project
Hernando Duque Vargas	Manager of Small Plants
Jorge H. Garcia C.	Member of Miel Project
Claudia M. Agudelo	Member of Miel Project



### 3.2 調査項目と調査工程

本調査は、1988年7月に JICA 及び ICEL との間で合意・署名された Scope of Work に基づいて自1988年11月～至1990年3月の17ヶ月間にわたって実施された。

#### 3.2.1 調査項目

上記 Scope of Work に挙げられた F / S のための調査項目を示すと次の通りである。

- (1) 既存資料の検討分析
- (2) 現地踏査
- (3) 現地調査工事
  - (1) 地形測量
  - (2) 航測図化（必要と認められた場合）
  - (3) 地質調査
  - (4) 資料収集
- (4) 電力事情調査
- (5) 最適計画案の選定
- (6) フィージビリティ段階の設計
- (7) 構造安定解析
- (8) 施工方法の検討
- (9) 工事費算定
- (10) 経済・財務分析
- (11) 維持管理マニュアル

#### 3.2.2 調査工程

Scope of Work に示された全体調査工程表は、表-3.1 の通りである。

San Cancio, Intermedia, Municipal 水力発電所の現地調査は表-3.2 に示される通り2回にわたり実施された。

1回目の現地踏査に於いては、既存施設（主として発電設備）の現況調査並びに資料収集が水力発電計画（電気）の担当技師1名により実施された。

また、2回目の現地調査に於いては地質の担当技師が主体となり、水力発電計画（土木）の担当技師1名の計2名により地質調査を中心に資料収集が行われた。

表-3.1 調査工程表

作業項目	年		1989												1990			
	1988	1989	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
プロジェクト月	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
1. 既存資料の検討・分析	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■													
2. 現地踏査	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■													
3. (1) 作業計画	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■													
(2) 作業準備																		
(3) 地形測量																		
(4) 航測図化																		
(5) 地質調査																		
(6) 資料収集																		
4. 電力事情調査																		
5. 最速計画案の選定																		
6. ファージビリティ・グレード設計																		
7. 構造安定解析																		
8. 施工計画																		
9. 工事費積算																		
10. 経済・財務分析																		
11. 維持・管理マニュアル																		
報告書																		
1. インセンション・レポート	△																	
2. プログレス・レポート																		
3. インテリム・レポート																		
4. ドラフト・ファイナル・レポート																		
5. ファイナル・レポート																		

凡例： ■■■■■ JICA現地作業, ■■■■■ JICA現地作業, ■■■■■ JICA国内作業, △ 報告書提出

表-3.2 現地調査のスケジュール

1回目の現地踏査			メンバー	
月・日	行程	調査内容	ICEL	JICA
2. 13	Bogota → Manizales	CHECにて打合せ		
2. 14		同上		
2. 15		San Cancio, Intermedia, Municipal 発電所の現地調査	J. Gonzalez	玉井昌幸
2. 16	Manizales → Bogota	CHECにて打合せ		
2回目の現地踏査			メンバー	
月・日	行程	調査内容	ICEL	JICA
6. 21	Bogota → Manizales	CHECにて打合せ		
6. 22		San Cancio, Intermedia, Municipal 発電所の現地調査	J. Gonzalez	遠山武羅夫 内瀬戸信彦
6. 23		CHECにて打合せ		
6. 24	Manizales → Bogota	同上		

### 3.3 現地調査工事の内容

現地踏査の結果にもとづいて、JICA F/S調査団が ICEL のカウンターパートスタッフと協議の上計画した現地調査工事の内容は次に挙げる地形測量とボーリング調査で、航測図化作業は含まない。

#### 現地作業実施計画

発電所名	地形測量	地質調査	水文調査
San Cancio	Fig-3.1 に示される範囲を縮尺1:200、等高線2mピッチで図化する。 水路の横断(25m毎)、縦断を図化する。 Fig-3.1 のBで示される位置に、ベンチマークを設置する。	Fig-3.1 のBHで示される位置にてボーリング調査を実施する。	河川の取水口または測水所で浮游物と化学分析を少なくとも毎日一回実施する。
Intermedia	Fig-3.2 に示される範囲を縮尺1:200、等高線2mピッチで図化する。 水路の横断(50m毎)、縦断を図化する。 Fig-3.2 のBで示される位置に、ベンチマークを設置する。	Fig-3.2 のBHで示される位置にてボーリング調査を実施する。	
Municipal	Fig-3.3 に示される範囲を縮尺1:200、等高線2mピッチで図化する。 水路の横断(50m毎)、横断を図化する。 水圧鉄管路の横断(25m毎)、縦断を図化する。 Fig-3.3 のBで示される位置に、ベンチマークを設置する。	Fig-3.2 のBHで示される位置にてボーリング調査を実施する。	

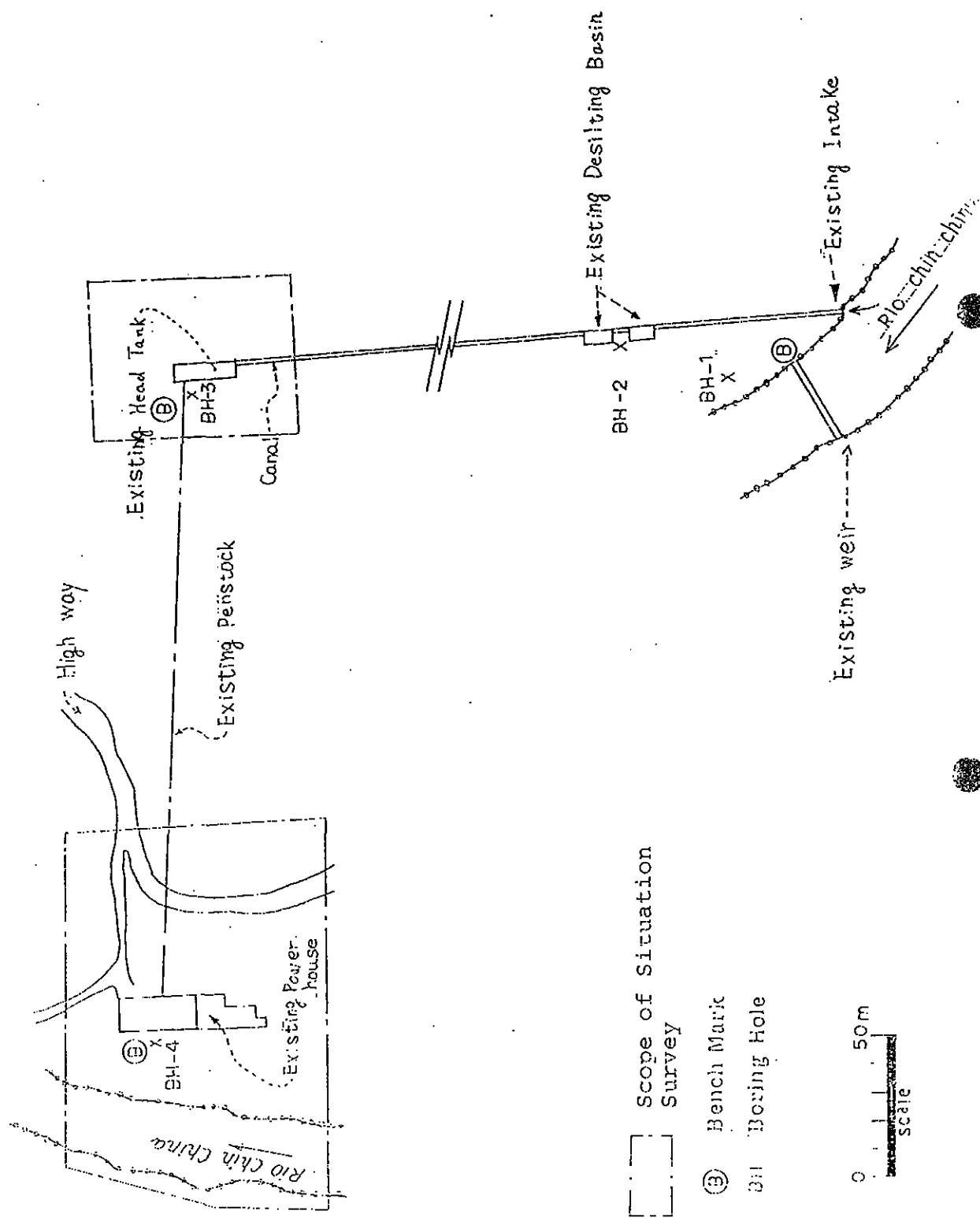


Fig. 3.1

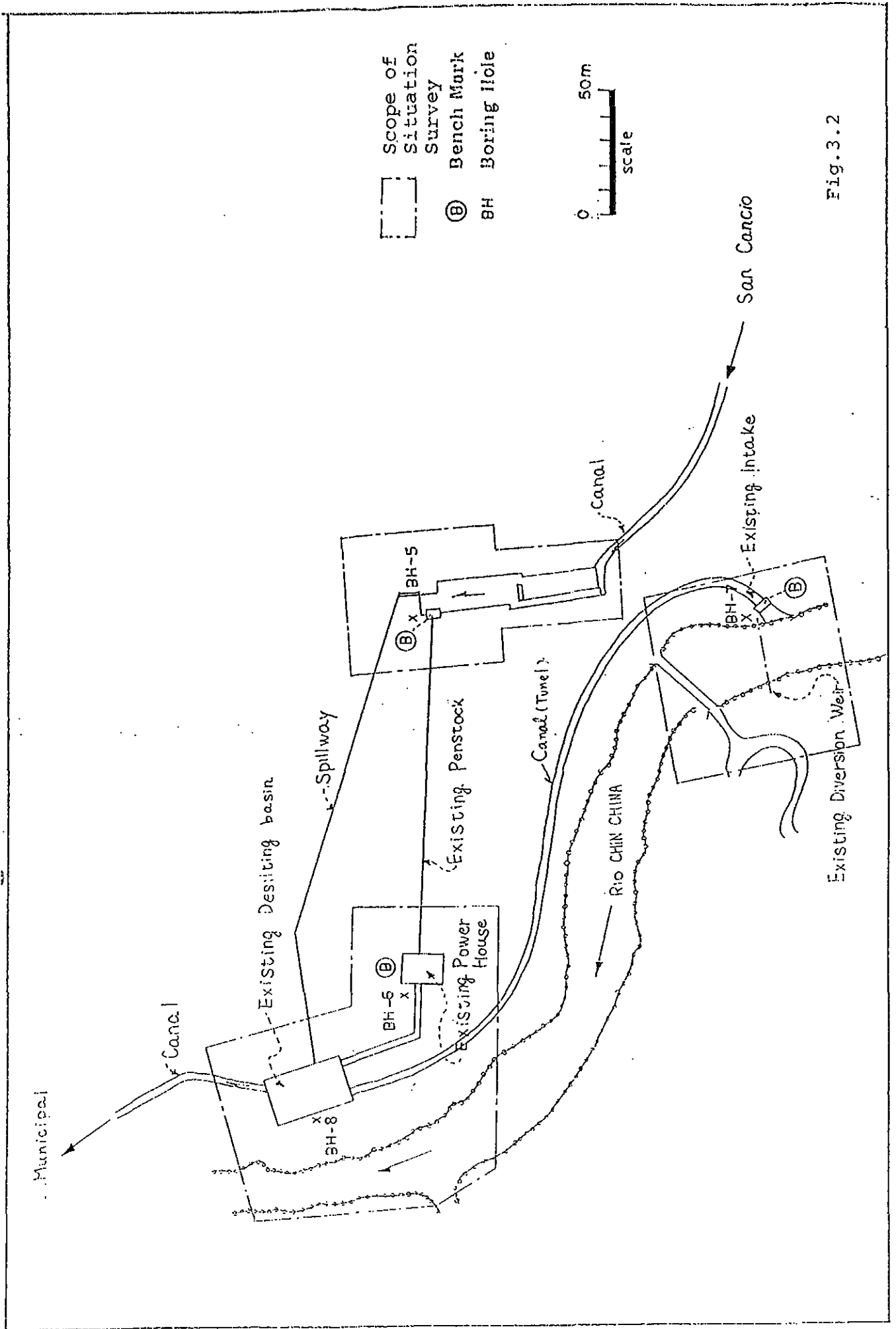
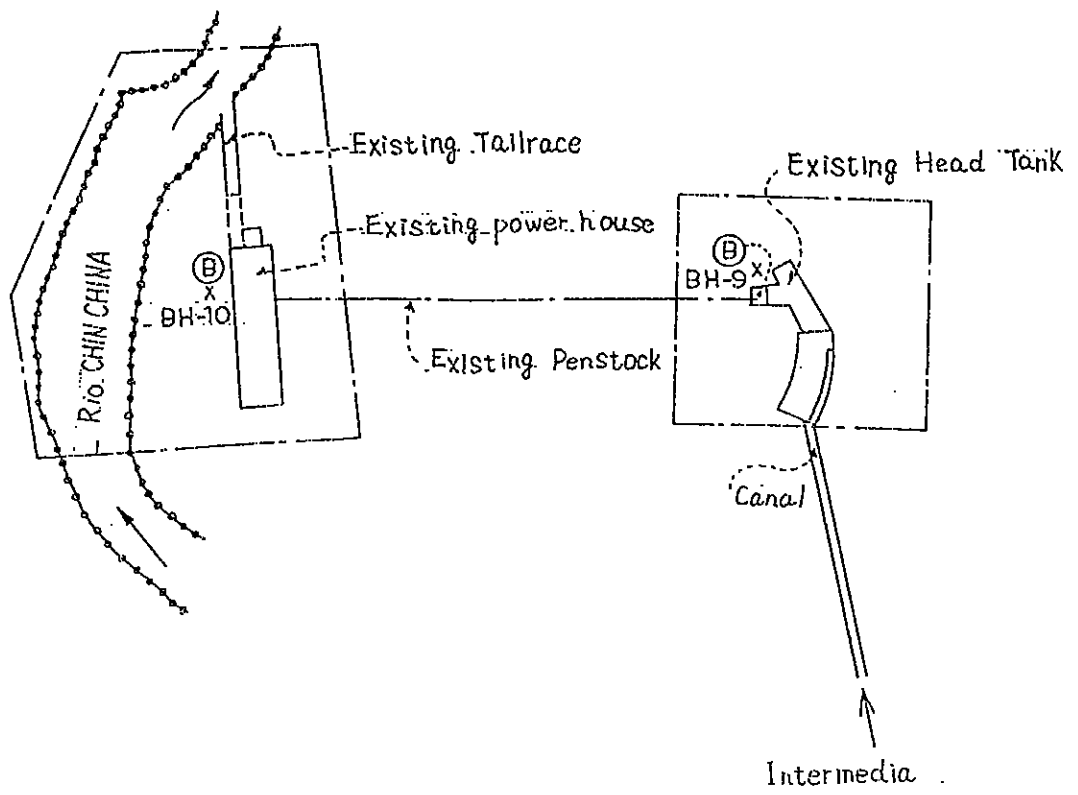


Fig.3.2



Scope of Situation  
 Survey

Ⓟ Bench Mark  
 BH Boring Hole

0 50 m  
  
 scale

Fig. 3.3

## 第4章 調査地点の現況

### 4.1 電力セクターの電力事情

当該公営電力会社の電力事情を電力需給バランス及び電力設備等に分類すると以下に示す通りである。

#### 4.1.1 電力需給の現状

近年5ヶ年（1983年から1987年）における電力需給バランスは、表-4.1に示す通りであり、1987年における需給バランスは、最大電力 325MWに対し、設備容量が 197MW（約61%）また、電力量は需要の1348GWhに対し、541GWh（約40%）を供給し、残り60%の電力量（約 1160GWh）は買電に依存している。

一方、電力需要構成別では、1987年においては住宅用32%、商業用 5%、工業用12%及びその他51%となっており住宅用需要が高く、商業用が低い割合となっている。

尚、1983年から1987年における需要電力量の年平均増加率は 7.4%で、発電電力量のそれは-2.4%と低下し、買電に依存する割合が大幅に増えている状況にある。

表-4.1 電力需給の現状（1983年～1987年）

項 目						※
	1983	1984	1985	1986	1987	年平均 増加率 (%)
需 要						
1. 最大電力 (MW)	279	275	294	301	325	3.9
2. 電 力 量 (GWh)						
1) 住宅用	294	345	379	410	438	10.5
2) 商業用	47	55	60	65	71	10.9
3) 工業用	140	162	164	163	167	4.5
4) その他	534	570	606	618	672	5.9
合 計	1015	1132	1209	1256	1348	7.4
供 給						
1. 設 備 容 量 (MW)	197	197	197	197	197	0
2. 発 電 電 力 量 (GWh)	597	698	601	476	541	-2.4
3. 損 失 (GWh)	231	242	271	306	353	11.2

(出典：INFORME ESTADÍSTICO: RESUMEN 1983-1987)

※ 年平均増加率は、次の通り計算した。

(例、最大電力 3.9%の場合)

$$279 \times (1 + X)^4 = 325$$

$$X = 0.039 \text{ (3.9\%)}$$



#### 4.1.2 電力設備の現況

##### (1) 発電設備

総発電設備容量は表-4.2の通りで、発電方式は全て水力発電である。

表-4.2 発電設備の状況(1983年~1987年)

(単位: MW)

項 目	1983	1984	1985	1986	1987	年平均 増加率 (%)
総発電設備容量						
1. 火力発電	0	0	0	0	0	0
2. 水力発電	197	197	197	197	197	0
3. その他	0	0	0	0	0	0
合 計	197	197	197	197	197	0

(出典: INFORME ESTADISTICO : RESUMEN 1983-1987)

一方、F/S対象発電所の現状を示すと表-4.3に示す通りである。

表-4.3 F/S対象発電所の状況(1983年~1988年)

項 目	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1. San Cancio 発電所						
1) 設備容量 (kW)	2,320	2,320	2,320	2,320	2,320	2,320
2) 発電電力量 (MWh)	8,781	9,202	9,447	9,912	7,481	6,175
3) 設備利用率 (%)	43	45	46	49	37	30
2. Intermedia 発電所						
1) 設備容量 (kW)	1,120	1,120	1,120	1,120	1,120	1,120
2) 発電電力量 (MWh)	3,110	5,661	4,366	0	3,334	3,279
3) 設備利用率 (%)	32	58	45	0	34	33
3. Municipal 発電所						
1) 設備容量 (kW)	2,112	2,112	2,112	2,112	2,112	2,112
2) 発電電力量 (MWh)	6,921	6,793	6,073	6,542	4,825	5,448
3) 設備利用率 (%)	37	37	33	35	26	29

(出典: CHECより収集した資料)

(2) 送変電設備

送変電設備の現状は、最大 115kV送電線を有している。尚、対象発電所の送電電圧は次の通りである。

San Cancio	発電所	……	4.16kV
Intermedia	”	……	4.16kV
Municipal	”	……	13.2kV

4.1.3 発電原価と電気料金

近年5ヶ年(1983から1987年)における発電原価と電気料金の推移は表4.4に示す通りである。

一方、1988年1月から6月におけるF/S対象発電所の実績は表4.5に示す通りである。

表-4.4 発電原価と電気料金

項 目	1983	1984	1985	1986	1987	年平均 増加率 (%)
発電原価 (Col\$/kWh)	2.42	2.67	3.73	4.31	6.03	25.6
電気料金(平均) : (Col\$/kWh)						
1. 住宅用	2.41	2.47	3.22	4.15	5.36	22.1
2. 商業用	5.02	5.10	6.57	8.54	11.24	22.3
3. 工業用	4.10	4.15	5.47	7.12	9.32	22.8
4. 公共用	3.18	3.27	4.47	5.82	7.50	23.9
5. 全体平均値	2.54	2.61	3.39	4.41	5.70	22.4
加入者の構成(件)						
1. 住宅用	134739	146362	154140	162799	176910	7.0
2. 商業用	9151	9546	9982	10280	11474	5.8
3. 工業用	307	320	341	353	405	7.2
4. その他	2089	2445	1586	1674	1821	-3.4
5. 合計	146286	158673	166049	175106	190610	6.8
電気の普及						
1. 全体(千戸)	1141	1158	1176	1193	1118	-0.5
2. 加入者(千戸)	610	663	698	737	801	7.0
3. 電化率(%)	54	57	59	62	72	7.5

(出典: INFORME ESTADISTICO: RESUMEN 1983-1987)

表-4.5 F/S対象発電所の実績

		1988					
No	項目 単位	1月	2月	3月	4月	5月	6月
<b>I San Cancio 発電所</b>							
1	電力量 (MWh)						
1)	Gross	274.0	332.0	477.0	551.0	614.0	746.0
2)	net	272.9	331.1	475.6	549.4	612.6	744.7
2	電気料金 (Col\$/kWh)	7.95	8.06	8.26	8.39	8.56	8.63
3	収入 (x1000 Col\$)	2,169	2,668	3,929	4,609	5,244	6,427
4	支出 (x1000 Col\$)						
1)	運用	1,796	1,839	1,593	1,743	1,743	1,743
2)	保守	2,726	652	781	717	717	717
3)	計	4,522	2,491	2,374	2,460	2,460	2,460
5	収支 (x1000 Col\$)	-2,353	177	1,555	2,149	2,784	3,967
<b>II Intermedia 発電所</b>							
1	電力量 (MWh)						
1)	Gross	398.0	90.0	2.0	373.0	411.0	267.0
2)	net	398.5	90.0	2.3	373.4	410.6	266.9
2	電気料金 (Col\$/kWh)	7.95	8.06	8.26	8.39	8.56	8.63
3	収入 (x1000 Col\$)	3,168	725	19	3,133	3,515	2,303
4	支出 (x1000 Col\$)						
1)	運用	1,702	1,582	2,062	1,782	1,782	1,782
2)	保守	1,063	349	454	402	402	402
3)	計	2,765	1,931	2,516	2,184	2,184	2,184
5	収支 (x1000 Col\$)	403	-1,206	-2,497	949	1,331	119
<b>III Municipal 発電所</b>							
1	電力量 (MWh)						
1)	Gross	754.0	606.0	482.0	451.0	485.0	439.0
2)	net	754.4	606.4	482.4	450.5	485.0	439.1
2	電気料金 (Col\$/kWh)	7.95	8.06	8.26	8.39	8.56	8.63
3	収入 (x1000 Col\$)	5,997	4,888	3,985	3,780	4,151	3,789
4	支出 (x1000 Col\$)						
1)	運用	3,333	2,576	2,830	2,913	2,913	2,913
2)	保守	1,364	323	323	323	323	323
3)	計	4,697	2,899	3,153	3,236	3,236	3,236
5	収支 (x1000 Col\$)	1,300	1,989	832	544	915	553

#### 4.1.4 電力需要の予測

表-4.1 に示される電力需給の現状をもとに、1995年までの電力需給バランスを予測した結果は図-4.1 に示される通りとなる。

予測にあたって、電力量の年平均増加率は次の通りとした。

- 1) 需要電力量の年平均増加率は 7.4%
- 2) 発電電力量の年平均増加率は - 2.4%
- 3) 電力損失の年平均増加率は11.2%
- 4) 買電電力量は次式で計算する。

$$\text{買電電力量} = (\text{需要電力量} + \text{電力損失}) - \text{発電電力量}$$

(計算例)

1995年に於ける需要電力量は次の様に計算される。

$$1348 \times (1 + 0.074)^8 = 2386 \text{ (GWh)}$$

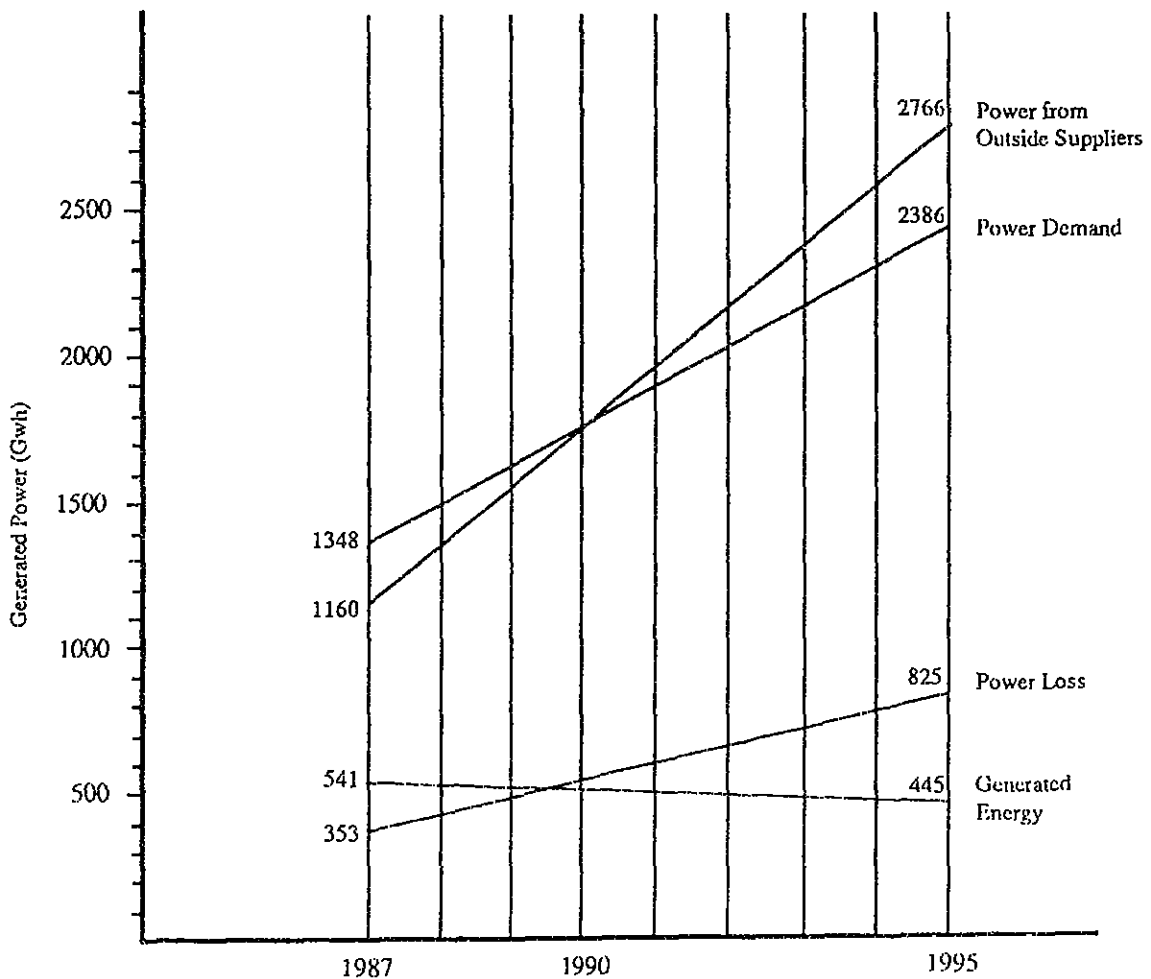


Fig. 4.1 Projected Power Supply and Demand

## 4.2 既設発電所の運転実績

### 4.2.1 発生電力量

San Cancio 発電所の1983年から1988年までの6年間に於ける発生電力量の記録は表-4.6 に示される通りである。

この6年間に於いて、長期間にわたる運転停止は無い。

この6年間の設備利用率の平均値は42%であり、水車の効率が低下しているためと思われる。

Intermedia 発電所の1983年から1988年までの6年間に於ける発生電力量の記録は表-4.7 に示される通りである。

この6年間に於いて、1983年の1月から6月までの6ヶ月間、1984年11月、1985年12月から1987年3月までの16ヶ月間、1988年12月は運転停止をした。

1986年を除く5年間の設備利用率の平均値は40%であり、水車の効率が低下しているためと思われる。

Municipal 発電所の1983年から1988年までの6年間に於ける発生電力量の記録は表-4.8 に示される通りである。

この6年間に於いて、長期間にわたる運転停止は無い。

この6年間の設備利用率の平均値は33%であり、水車の効率が低下しているためと思われる。

表-4.6 発生電力量の記録 ( San Cancio )

年	銘板出力 (MW)	発生電力量 (MWh)	設備利用率 (%)
1983	2.32	8,781	43
1984	"	9,202	45
1985	"	9,447	46
1986	"	9,912	49
1987	"	7,481	37
1988	"	6,175	30

(備考)

1. 発生電力量 (MWh) はGross を示す。
2. 設備利用率 (%) =  $\frac{\text{発生電力量 (MWh)}}{8760 \times \text{銘板出力 (MW)}} \times 100$

表-4.7 発生電力量の記録 ( Intermedia )

年	銘板出力 (MW)	発生電力量 (MWh)	設備利用率 (%)
1983	1.12	3,110	32
1984	"	5,661	58
1985	"	4,366	45
1986	"	0	0
1987	"	3,334	34
1988	"	3,279	33

(備考)

1. 発生電力量 (MWh) はGross を示す。
2. 設備利用率 (%) =  $\frac{\text{発生電力量 (MWh)}}{8760 \times \text{銘板出力 (MW)}} \times 100$

表-4.8 発生電力量の記録 ( Municipal )

年	銘板出力 (MW)	発生電力量 (MWh)	設備利用率 (%)
1983	2.112	6,921	37
1984	"	6,793	37
1985	"	6,073	33
1986	"	6,542	35
1987	"	4,825	26
1988	"	5,448	29

(備考)

1. 発生電力量 (MWh) はGross を示す。
2. 設備利用率 (%) =  $\frac{\text{発生電力量 (MWh)}}{8760 \times \text{銘板出力 (MW)}} \times 100$

#### 4.3 発電設備・施設の概況

##### 4.3.1 発電設備の概況

(1) San Cancio 発電所の発電設備の使用状態を概略記述すると次の通りである。

##### (a) 発電機器

水車の製造年はフランスが1947年でペルトンが1929年であり、それぞれ43年、61年が経過している。

老朽化した機器なので最近6年間の設備利用率の平均は42%である。

発電機器の主な欠陥は表-4.9 に示される通りである。

表-4.9 発電機器の主な欠陥

機 器	No 1 ユニット (ペルトン水車)	No 2 ユニット (フランス水車)
水 車	1) バケツは砂による摩耗が生じている。 2) ノズルとニードルは砂による摩耗が生じている。	1) キャビテーションによりランナーが少し侵食されている。
調 速 機	1) 信頼出来るシステムではない。	1) 同 左
発 電 機	1) 巻線の絶縁抵抗の値が低下している。 2) 軸受は2年毎に修理している。 3) 手動式電圧調整器なので、常に運転員が電圧を調整しなければならない。	1) 同 左 2) “ 3) “
水車・発電機 制 御 盤	1) 計測器及び保護リレーの精度が悪い。	1) 同 左

(b) 変電所

本発電所は、発電機電圧4.16kVで直接配電線に接続されているために変電設備は設置されていない。

(c) 配電線

本発電所よりMarmato 変電所へ4.16kV、1回線の配電線が有る。

CHEC は将来配電線の電圧を13.2kVにする計画をしている。

(2) Intermedia 発電所の発電設備の使用状態を概略記述すると次の通りである。

(a) 発電機器

ペルトン水車の製造年は1947年で43年が経過している。

老朽化した機器なので最近5年間の設備利用率の平均は40%である。

発電機器の主な欠陥は表-4.10に示される通りである。

表-4.10 発電機器の主な欠陥

機 器	主 な 欠 陥
水 車	1) バケットは砂による摩耗が生じている。 2) ノズルとニードルは砂による摩耗が生じている。
調 速 機	1) 信頼出来るシステムではない。
発 電 機	1) 巻線の絶縁抵抗の値が低下している。 2) 手動式電圧調整器なので、常に運転員が電圧を調整しなければならない。
水車・発電機 制 御 盤	1) 計測器及び保護リレーの精度が悪い。

(b) 変電所

本発電所は、発電機電圧4.16kVで直接配電線に接続されているために変電所は設置されていない。



(c) 配電線

本発電所よりMarmalo 変電所へ4.16kV、1回線の配電線が有る。  
CHEC は将来配電線の電圧を13.2kVにする計画をしている。

(3) Municipal 発電所の発電設備の使用状態を概略記述すると次の通りである。

(a) 発電機器

2台のペルトン水車の製造年は1945年で45年が経過している。  
老朽化した機器なので最近6年間の設備利用率の平均は33%である。  
発電機器の主な欠陥は表-4.11に示される通りである。

表-4.11 発電機器の主な欠陥

機 器	№1 ユニット	№2 ユニット
水 車	1) バケットは砂による摩 耗が生じている。  2) ノズルとニードルは砂 による摩耗が生じてい る。	1) 同 左  2) 同 左
調 速 機	1) 调速機は取り外されて いる。したがって周波数 調整が出来ない。	1) 同 左
発 電 機	1) 巻線の絶縁抵抗の値が 低下している。 2) 軸受は2年毎に修理し ている。 3) 手動式電圧調整器なの で、常に運転員が電圧を 調整しなければならない。	1) 同 左 2) “ 3) “
水車・発電機 制 御 盤	1) 計測器及び保護リレー の精度が悪い。	1) 同 左

(b) 変電所

本発電所に隣接した場所に13.2kV屋外変電所が設置されている。  
変電所機器はこれといった欠陥は無い。

(c) 配電線

本発電所よりMarmato 変電所へ13.2kV, 2回線の配電線が有る。  
配電線はこれといった欠陥は無い。

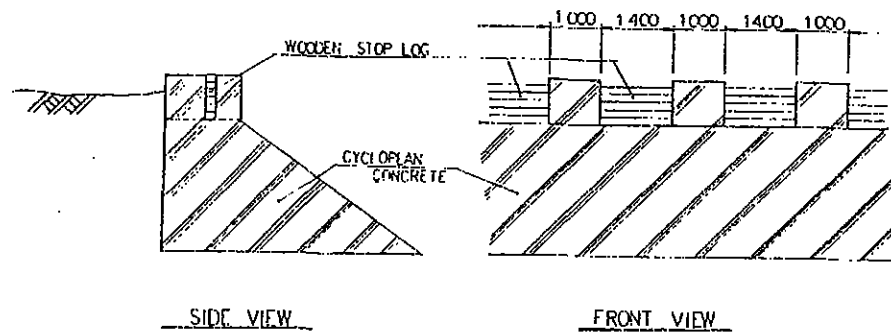
4.3.2 土木設備の概況

San Cancio, Intermedia及びMunicipal 3 発電所の土木設備の現況は以下の通りである。

(1) San Cancio 発電所の土木設備概況

(a) 取水設備

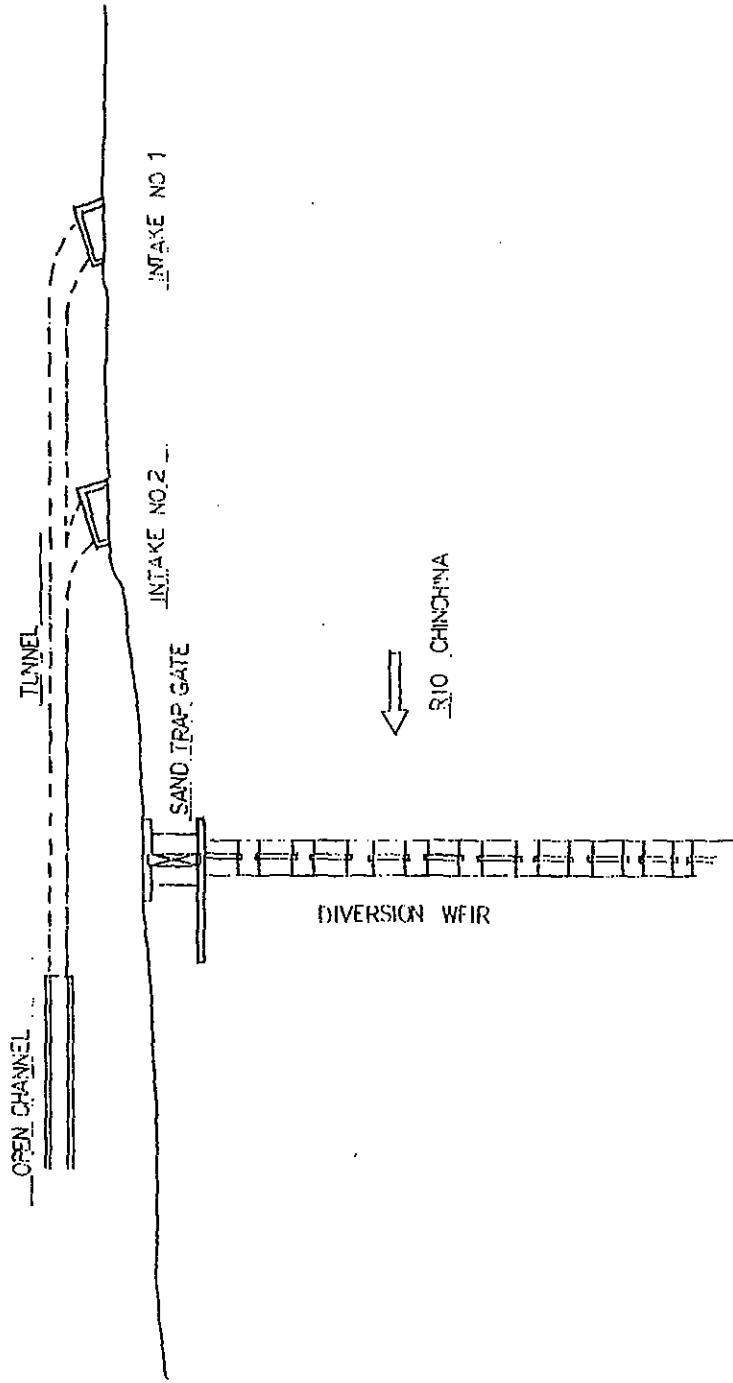
堤長17.7m, 高さ約 4.0mの取水堰は重力式玉石混りコンクリート製であり頂部は木製である。



玉石コンクリート部は劣化しており堤体前面には堤体天端付近迄堆砂している。

土砂吐きもあり、巾 1.8m高さ約 2.0mのゲートは機能しているが土砂吐巾が小さく十分な能力を保有していない。

取水口は取水堰上流10m, 30mの右岸側に2ヶ所あり、素掘りのトンネルで導水路へ繋っている。



(b) 沈砂池

沈砂池は取水口下流 200mにあるNa 1と水槽上流 150mにあるNa 2の2ヶ所である。

Na 1 沈砂池は巾 9.9m, 長さ20m, 深さ 2.0mの水槽が直列に2槽並んでおり槽内の堆砂を交互に排砂し発電停止を避ける様設置されているが2槽同時に機能する構造にはなっておらず1槽のみでは沈砂能力が十分ではない。水槽自体は堅牢であるがコンクリート表面は一部劣化が認められる。

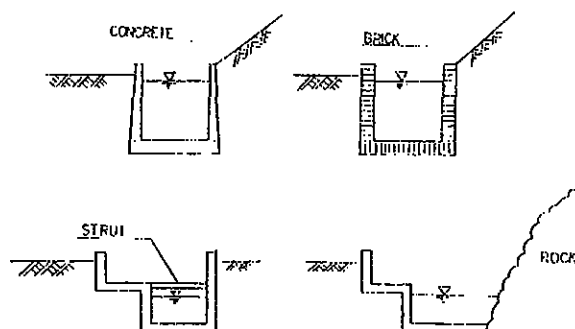
ゲートは土砂吐用(巾1.10m×高 1.0m)及び制水用(巾 2.0~2.7 高 1.5m)が設置されているがすべて老朽化し機能を失っている。

Na 2 水槽は、設計意図の把み難い構造をしておりコンクリートは劣化しゲートも老朽化している。現地踏査時槽内には堆砂が大層に見られた。

Na 1, Na 2 水槽共排砂機能は不十分と思われる。

(c) 導水路

延長 2.3kmの導水路はすべて開渠で縦断、横断共形状変化が多い。横断形状は下記4断面に大別される。



水路は全断面が開渠である為崩壊土砂や草木類の水路内への流れ込みが多く水路の流下能力を低減すると共に水質を悪化させる原因にもなっている。

水路途中に数ヶ所の余水吐ゲートがあるが戸当りは殆んど老朽化している。

(d) 水槽

水槽は、巾 4.8m, 長さ27.0mと縦に長い形状で平均深さは約 5.5mである。

水槽内の構造は複雑で設計意図の把み難い形状であると共に有効貯水量は使用水量の約60秒相当と小さい。

(e) 水圧管路

水圧管路は、径1.24m、長さL = 231mの良好な状態であり補修の必要はない。

(f) 発電所建屋

発電所建屋は、巾12.5m、長さ40.0m、高さ7.0mのRC構造で堅牢な建物であり、屋内には2台の発電機器および付属設備が据え付けられている。

(g) 放水路

放水路は Intermedia の導水路につながっており、一部コンクリートの劣化はみられるが堅牢である。

(2) Intermedia 発電所の土木設備概況

(a) 取水設備

San Cancio発電所の放水路が Intermedia 発電所の導水路に直結されていることから取水設備としては特に無い。

(b) 導水路

導水路はほぼ全区間素掘りであり、一部パンアメンカンハイウエー近接部115m区間は2.0m×2.5mのRC BOXである。

パンアメリカンハイウエー付近は土砂崩れが多発する為、法面に盲排水が施されていたが現地調査時は1988年末に発生した大規模法面崩壊によりRC BOX部全域が崩壊土砂で埋められていた。

素掘り水路の為、土砂や草木の混入が多く水路の流下能力は低減すると共に水質を悪化させる原因ともなっている。

(c) 水槽

水槽は、堅牢な巾7.9m、長さ29.95m、平均深4.5mの沈砂池と巾7.9m、長28.97m、平均深4.5mの水槽が直列に配置されている。

水槽のみでは貯水容量は不足するが沈砂池と合せた容量を考慮すれば充分である。

(d) 水圧管路

水圧管路は、径1.24m、長さL = 154mの良好な状態であり補修の必要はない。

(e) 発電所建屋

発電所建屋は、巾12.4m、長さ16.4m、高さ8.75mのRC構造で堅牢な建物であり、屋内には1台の発電機器および付属設備が据付けられている。

(f) 放水路

RC製の堅牢な放水路はMunicipal発電所の導水路に繋がっている。

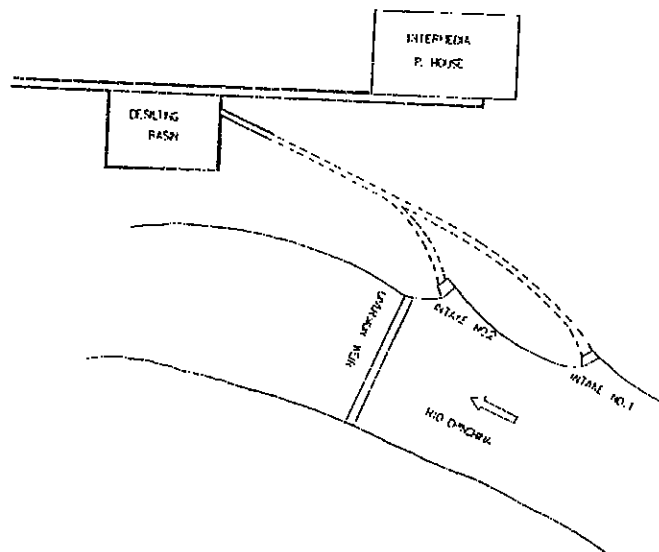
(3) Municipal 発電所の現況

(a) 取水設備

Intermedia 発電所の放水路がMunicipal発電所の導水路に直結されているが、残流域取水の為に延長25.0m高さ2.0mの堅牢なRC取水堰がある。土砂吐設備が小さく、堤頂高さ迄堆砂している。

取水堰上流の右岸側には2ヶ所の取水口があり、No.1取水口は巾5.40m高2.80m、No.2取水口は巾2.30m高1.70mであり夫々スクリーン、ゲートが設けられている。スクリーンは堅牢であるが、ゲートは老朽化している。

取水口から沈砂池迄は素掘りのトンネルであり、沈砂池下流でMunicipalからの放水と合流する。



(b) 沈砂池

沈砂池は、intermedia 発電所の下流約 200m の右岸側に設置されている。

沈砂池の寸法は、巾15.0m長27.0m平均深さ 4.2mである。

一部コンクリートの劣化とゲートの老朽化は見られるが、少量の残流域取水に対しては容量も充分である。

(c) 導水路

延長 2.4kmの水路は全区間開渠で巾は2.15m～ 2.5m、深さはほぼ全域 1.7mである。

全区間開渠である為、水路周辺土砂の崩壊による土砂の流入が多く流下能力は低減すると共に、水質を悪化させている原因ともなっている。

(d) 水 槽

地形上の制約がある為か複雑な形状をしており、有効貯水容量は約25秒分と非常に小さい。

地形による制約の中で可能な限り水槽容量を増大し、目標容量に近付けるべく大改造が必要である。

(e) 水圧管路

水圧管路は、径1.52m延長、長さL = 158mの鉄管路であり管路は良好な状態で補修の必要はない。

(f) 発電所建屋

発電所建屋は、巾12.0m長さ55.0m高さ8.75mのRC構造で堅牢である。又充分スペースのある発電所であり修復は不要である。





## 第5章 基礎資料の収集

1987年11月から1988年7月まで実施されたプレF/S調査に続いて、1988年11月に開始されたF/S調査を通じて収集された地形・地質、水文気象その他、関連ある資料類を列挙して示すと次の通りである。

### 5.1 地形図

San Cancio, Intermedia及びMunicipal 発電所は、Cauca 河水系の支流 Chinchina 川に設置されており、Manizales市南方に位置し最上流に San Cancio 以下、下流にIntermedia, Municipal 両発電所がある。

地形図に関する収集資料は、IGAC が発行している1/25,000～1/250,000 の地図、GRAMSA 発行の1/2000の地形図と本地点の調査の為に CHEC が実測した既設構造物測量図の3種類がある。

#### (1) IGAC 発行の地形図

縮尺	図面番号	適用
1:250,000	—	CALDAS県全体図
1:25,000	205-IV-A, C	} 発電所及び流域をカバー
	206-III-B, D	
	206-IV-A, C	
	224-II-A, C	
	225-II-B, D	
	225-II-A, B, C, D	

#### (2) GRAMSA 発行地形図

縮尺	図面番号	適用
1/2,000	15	Intermedia発電所及Municipal水路
"	16	Intermedia水路
"	20	Municipal水路
"	21	Intermedia水路
"	22	San Cancio発電所及水路
"	23	San Cancio水路及取水堰
"	27B	Municipal発電所

(3) CHEC により実測された構造物図

(a) San Cancio 発電所

縮 尺	図面内容
1/200	取水堰の平断面図
1/200	No. 1, No. 2 沈砂池の平断面図
	水槽, 平断面図
H:1/2500 V:1/500	} 水路縦断面図

(b) Intermedia 発電所

縮 尺	図面内容
1/200	取水堰及び水槽の平断面図
H:1/2500 V:1/500	} 水路縦断面図

(c) Municipal 発電所

縮 尺	図面内容
1/200	取水堰の平断面図
1/200	沈砂池
1/200	水槽平断面図
H:1/2500 V:1/500	} 水路縦断面図

5.2 地質調査資料

本調査のために収集した地質に関する既存資料は次の通りである。

- 本地点周辺の航空写真
- Mapa Geologico de Colombia, 1988 INGEOMINAS

### 5.3 水文気象資料

本調査の実施に当って調査用は、HIMAT の気象資料を収集した。

本 F/S 計画に直接関連ある Chinchina 川の流量観測は San Cancio 水力発電所の取水口地点より上流の CHEC 測水所 (Bocatoma) で実施されている。

収集した雨量観測記録及び流量観測記録を整理して列挙すると次の通りである。

表--5.3 水文気象に関する収集資料リスト

#### (1) 雨量観測記録

測候所 No	名称	管理者	位置 緯度	位置 経度	標高 (m)	観測記録 自 至
2615004	Sub Marumalo	HIMAT	0504	7531	2072	1974~'87
2615006	Arauca	"	0507	7542	890	1970~'87
2615016	Esperanza	"	0501	7521	3240	1970~'87
2613017	Potreros	"	0454	7533	2140	1970~'87

#### (2) 流量観測記録

測水所 No	河川名 名称	管理者	設立年月	位置 緯度	位置 経度	標高 (m)	流域 面積	観測記録 自 至
							(km <sup>2</sup> )	
6-939	Bocatoma Chinchina	CHEC	1979-12	-	-	-	-	1979~'87

#### (3) 水質観測記録

水質測定結果は、入手出来なかった。

#### (4) 堆砂観測記録

砂の観測記録

Primer Desarenador  
Segundo "  
Tanque De Carga

1989年4月28日の資料を入手した。

#### 5.4 その他関連資料

##### 5.4.1 建設物価に関する資料

コロンビア国内における土建工事関連の建設物価に関しては、CAMACOL (Camara Colombiano De La Construccion) が1ヶ月に1回発行している。Cardas県の“Catalogo De Precios De Materiales De Construccion”がある。しかしながら、同発行物はコロンビア全県で発行されている訳でなく、他のF/S対象地点との整合性を考慮して、本調査に使用する建設工事単価はCHECの社内資料を採用した。(表-5.2 参照)

##### 5.4.2 電力事情に関する資料

(1) CHECの電力事情を知る目的で次の資料を収集した。

1) CHECの電力系統図

(2) San Cancio, Intermedia, Municipal 発電所について次の資料を収集した。

1) 単結結線図

2) 運転・維持要員

3) 残存価値

Table-5.2 UNIT PRICE LIST  
表-5.2 建設工事単価表

	UNIT	EADÉ	CHEC	CEDELCA		E. CHOCO	CEDENAR	ESSA	ELECTROLIMA
				SILVIA	OVEJAS				
		NOV./88	FEB./89	JUN./89	JUN./89	MAR./89	JUN./89	APR./89	MAY/89
1. EARTH WORK (EARTH)	p/m <sup>3</sup>	2,400	2,925	700	800	2,950	990	2,500	1,100
2. EARTH WORK (ROCK)	p/m <sup>3</sup>		3,965				1,900		2,800
3. CONCRETE WORK (MASS CON.)	p/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	24,000	-	-	-
4. CONCRETE WORK (STRUCTURAL)	p/m <sup>3</sup>	26,300	27,625	34,000	40,000	26,800	20,500	15,600	17,900
5. REINFORCING BAR	p/t	354,000	454,000	350,000	360,000	447,500	300,000	320,000	215,000
6. GAZE	p/t	1,682,000	500,000	1,310,000	1,420,000	1,100,000	1,100,000	1,100,000	480,000
7. SCREEN	p/t	1,682,000	5,000,000	804,195	874,125	1,000,000	1,000,000	1,000,000	650,000
8. PENSTOCK	p/t	1,000,000	1,000,000	1,250,000	1,250,000	-	815,000	1,260,000	420,000
9. POWER HOUSE (REPAIR)	p/m <sup>2</sup>	-	10,000	-	-	-	-	-	-
10. POWER HOUSE (NEW CONST.)	p/m <sup>2</sup>	-	40,000	47,000	55,000	50,000	50,000	50,000	50,000
11. CYCLOPEAN CONCRETE	p/m <sup>3</sup>	-	14,000	17,000	20,000	-	-	8,000	9,000
12. DEMOLITION CONCRETE	p/m <sup>3</sup>	13,000	14,000	17,000	20,000	-	-	8,000	9,000
13. STEEL PIPE	p/t	-	-	-	1,250,000	-	-	-	-
14. GABION	p/m <sup>3</sup>	-	-	3,800	-	-	-	-	-
15. TURNED EXCAVATION	p/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	19,600
16. TUNNEL CONCRETE	p/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	25,000



## 第6章 地形・地質概況

### 6.1 計画地点周辺の地形

Chinchina 川はその源を Nevado del Ruiz 火山の北麓に発し、蛇行しながら Caldas 県の県都 Manizales 市付近まで西北西方へ流下し、Manizales 市から Chinchina 市までは南西方へ流下し、Chinchina 市付近で再び流路を変え以後北西方へ流下して Cauca 川に合流する。計画地点は Chinchina 川の上流域に位置し、周辺の地形は山腹斜面の所々に旧期土石流堆積物の堆積面に相当する緩斜面がみられるが比較的急峻な U 字谷である。

### 6.2 San Cancio 地点の地質

#### 6.2.1 地質概況

基盤岩は緑色片岩、安山岩溶岩、安山岩質礫岩（旧期土石流堆積物）等よりなり、これらを段丘堆積物、崖錐堆積物、現河床堆積物が部分的に被覆している。（図-6.1 参照）

計画地点周辺の地質層序は表-6.1 に示す通りである。

表-6.1 計画地点周辺の地質層序

時 代	模式柱状	地 層 名	備 考
第 四 紀		現河床堆積物	
		崖錐堆積物	
		段丘堆積物	
新第三紀		安山岩溶岩	
		安山岩質礫岩	
古 生 代		片 岩	

取水堰付近で測定できる緑色片岩の片理面は  $N18^{\circ} - 33^{\circ} W35^{\circ} \sim 52^{\circ} E$  を示す。ただし、全体的にはかなり複雑に褶曲しているものと推定される。

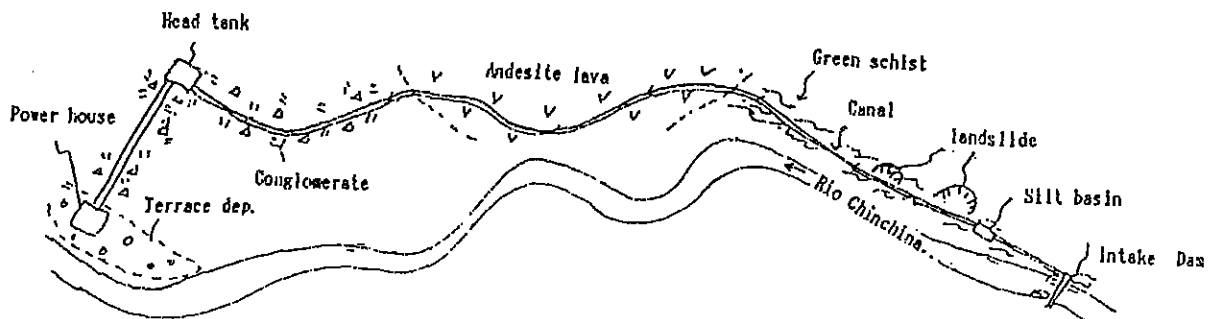


図-6.1 San Cancio地点の地質概況図



### 6.2.2 構造物の基礎の地質

発電所および各種構造物の基礎の地質状況は以下に述べるとおりである。

#### (1) 取水堰および沈砂池

取水堰および沈砂池付近では緑色片岩を基盤とし、段丘堆積物および崖錐堆積物がこれを覆って分布する。段丘堆積物の厚さは4 m程度である。現河床堆積物の厚さはChinchina川の規模と左右岸河床部に基盤が露頭していることから考えて3 m程度未満と推定される。ピット調査によれば沈砂池は着岩していない。

#### (2) 水路

水路は全般に緑色片岩、安山岩溶岩および安山岩質礫岩を基礎としているが、沈砂池付近では崖錐堆積物を基礎としている。

#### (3) 水槽および水圧管路

水槽および水圧管路は安山岩質礫岩（旧期土石流堆積物）を基礎としている。安山岩質礫岩は洶太の悪い礫（最大 $\phi 50 \times 20$  cm）を多量に含み、表層1.3 m程度はルーズであるが、深部は締まり良好である。

#### (4) 発電所

発電所付近では、安山岩質礫岩（旧期土石流堆積物）の上に段丘堆積物が分布する。ピット調査によれば発電所の建屋は段丘堆積物を基礎としており、着岩していない。段丘堆積物は $\phi 20$  cm程度の安山岩の円礫を含みマトリックスはルーズな細粒砂、シルトおよび粘土よりなる。

### 6.2.3 地質工学的評価と問題点

- 1) 計画地点の基盤岩を構成する片岩、安山岩溶岩、安山岩質礫岩は、新鮮なものはいずれも堅硬緻密であり、高さ10 m程度のコンクリートダムおよび各種当該構造物の基礎として十分な耐荷性および遮水性を有している。
- 2) 段丘堆積物はそのマトリックスが砂およびシルトからなり、ややルーズではあるが、沈砂池程度の構造物の基礎としては利用可能である。

- 3) 崖錐堆積物は全般にルーズであり、変形性を考慮すると重要構造物の基礎としては不適である。
- 4) 沈砂池付近から下流 400m の区間では数ヶ所の小規模な地じりがみられ、一部水路を変形させている。これらは片岩分布域に位置し、地じり地には崖錐堆積物が分布している。

小規模発電プロジェクトサイトとして地形地質的な致命的欠陥はない。ただし、片岩分布地域の水路沿いに数ヶ所の地じりが認められる。これらの地じりに対する対策が必要である。このうち、沈砂池直下流の地じりにより、水路が変形したため、2本の水抜きボーリングが実施されている。

#### 6.2.4 コンクリート用骨材の分布

骨材としては現河床堆積物が候補としてあげられる。現河床堆積物は礫、砂、シルトからなり、礫は礫径 5～30cm の安山岩を主体とし少量の緑色片岩及び砂岩の礫を含んでいる。

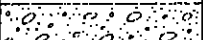

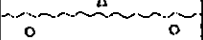
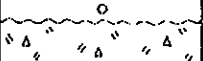
### 6.3 Intermedia 地点の地質

#### 6.3.1 地質概況

基盤岩は安山岩質礫岩（旧期土石流堆積物）よりなり、これを段丘堆積物、崖錐堆積物、現河床堆積物が部分的に被覆している（図-6.2 参照）。安山岩質礫岩中に局所的には薄いシルト層が挟在する。安山岩質礫岩は新鮮なものは良く固結しており 100m 近い絶壁をなす程度に良好であるが、変質したものはマトリックスが粘土質となり崩壊を起こし易い。

計画地点周辺の地質層序は表-6.2 に示す通りである。

表-6.2 計画地点周辺の地質層序

時代	模式柱状	地 層 名	備 考
第四紀		現河床堆積物	
		崖錐堆積物	
		段丘堆積物	
新第三紀		安山岩質礫岩	

特に大規模な断層は認められない。安山岩質礫岩は無層理塊状で層理で不明であるが、中に挟在されるシルト層はほとんど水平に近い分布を示している。

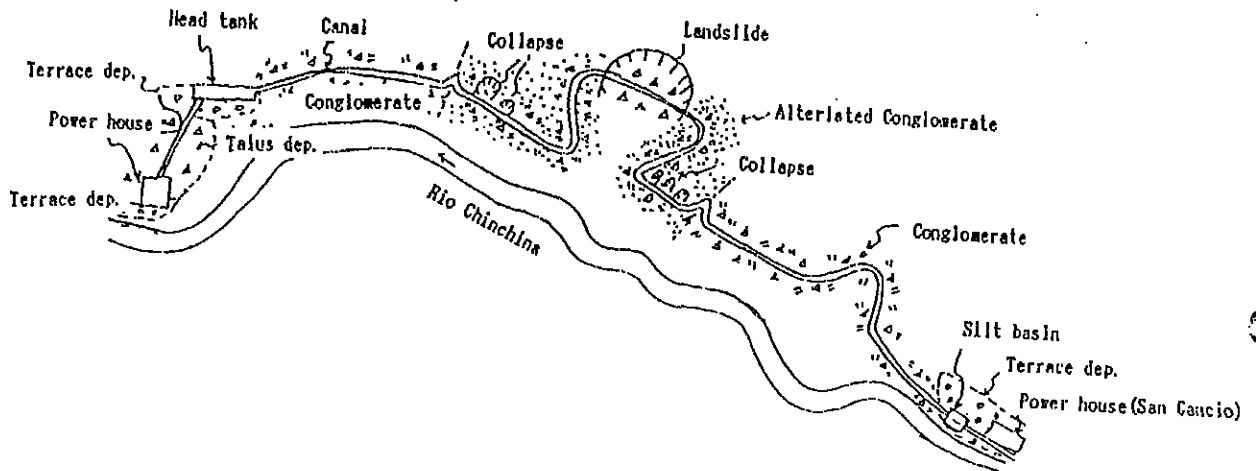


図-6.2 Intermedia地点の地質概況図

### 6.3.2 構造物の基礎の地質

発電所および各種構造物の基礎の地質状況は以下に述べるとおりである。

#### 1) 導水路

水路沿いの地質は安山岩質礫岩（旧期土石流堆積物）よりなり、中間部に  
変質した安山岩質礫岩が分布する他は良好な安山岩質礫岩よりなる。変質し  
た安山岩質礫岩の分布域では崩壊が多数発生している。

#### 2) 水槽

水槽の付近では安山岩質礫岩（旧期土石流堆積物）の上に段丘堆積物が分  
布している。水槽は少量の礫を含む砂層よりなる段丘堆積物を基礎としてい  
る。

### 3) 水圧管路および発電所

水圧管路は高位段丘堆積物および安山岩質礫岩（旧期土石流堆積物）を基礎としており、発電所建屋は緑色片岩の礫を含む崖錐堆積物を基礎としている。

## 6.3.3 地質工学的評価と問題点

1) 計画地点の基盤岩を構成する安山岩質礫岩は、新鮮なものは堅硬緻密であり、高さ10m程度のコンクリートダムおよび各種当該構造物の基礎として十分な耐荷性および遮水性を有している。しかしながら変質した部分はマトリックスが粘土化しており、変形性を考慮すると重要構造物の基礎としては不適である。

2) 段丘堆積物はそのマトリックスが砂およびシルトからなり、ややルーズではあるが、沈砂池程度の構造物の基礎としては利用可能である。

3) 崖錐堆積物は全般にルーズであり、変形性を考慮すると重要構造物の基礎としては不適である。

4) 変質した安山岩質礫岩の分布域では崩壊が多発している。ただし、変質した安山岩質礫岩の分布域は水路の中間部分に限られている。

水路中間部は崩壊が多発しており、地形地質条件から今後も同区間においては崩壊発生が予想されることから水路に蓋をする必要がある。

## 6.3.4 コンクリート用骨材の分布

骨材としては現河床堆積物が候補としてあげられる。現河床堆積物は礫、砂、シルトからなり、礫は礫径5～30cmの安山岩を主体とし少量の緑色片岩及び砂岩の礫を含んでいる。

## 6.4 Municipal 地点の地質

### 6.4.1 地質概況

基盤岩は緑色片岩、砂岩、安山岩質礫岩（旧期土石流堆積物）等よりなり、これらを段丘堆積物、崖錐堆積物、現河床堆積物が部分的に被覆している。

（図-6.3 参照）

計画地点周辺の地質層序は表-6.3 に示す通りである。

表-6.3 計画地点周辺の地質層序

時代	模式柱状	地層名	備考
第四紀		現河床堆積物	
		崖錐堆積物	
		段丘堆積物	
新第三紀		安山岩質礫岩	
古生代		砂岩	
		片岩	

特に大規模な断層は観察されない。緑色片岩の片理面は水路の一部でN30°W70°～80°Eを示しているが、全体的にはかなり複雑に褶曲しているものと推定される。また、緑色片岩と砂岩の関係は不明である。

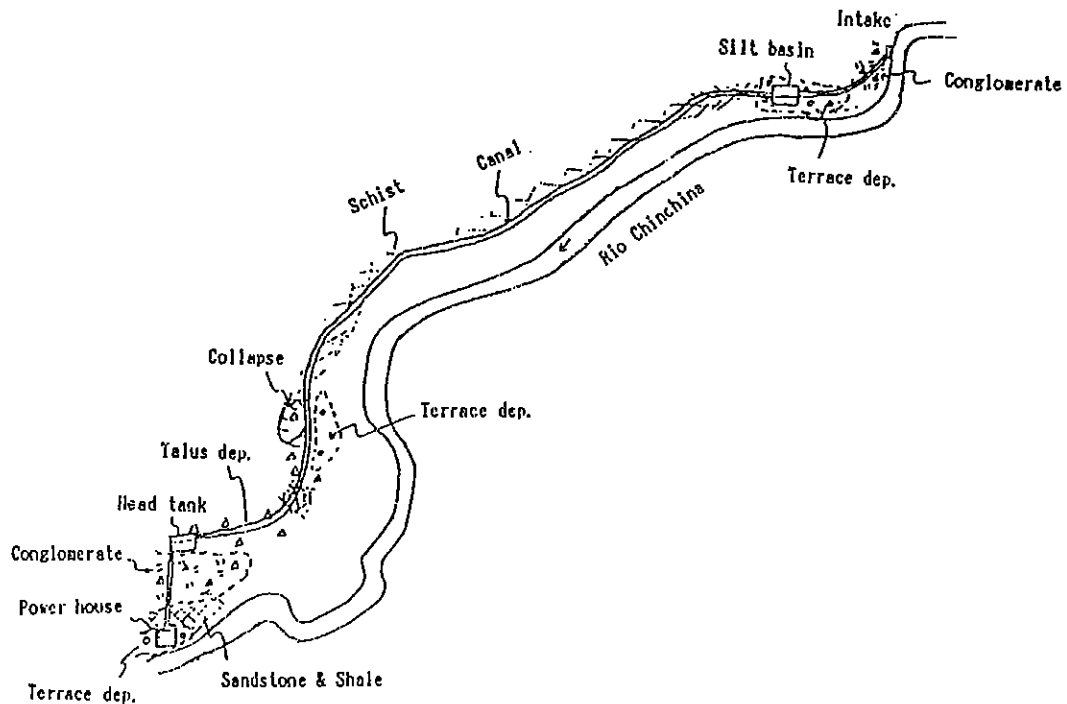


図-6.3 Municipal 地点の地質概況図

#### 6.4.2 構造物の基礎の地質

発電所および各種構造物の基礎の地質状況は以下に述べるとおりである。

##### 1) 沈砂池

沈砂池は段丘堆積物の分布域に位置する。周辺の露頭状況から着岩している可能性があるが、ピット調査によれば地表下1 mまでは締まりの良い段丘堆積物よりなる。段丘堆積物中には花崗岩の腐り礫を含んでいる。

##### 2) 水路

水路の下流部 150 mの区間の地質は崩積土および崖錐堆積物が主体であるが他の区間はほとんど基盤岩（緑色片岩と砂岩）に着岩している。

##### 3) 水槽

ピット調査によると水槽はN値3～5程度の粘性土を基礎としている。

##### 4) 水圧管路および発電所

水圧管路は安山岩質礫岩（旧期土石流堆積物）を基礎としており、発電所は段丘堆積物を基礎としている。

#### 6.4.3 地質工学的評価と問題点

1) 計画地点の基盤岩を構成する片岩、砂岩、安山岩質礫岩は、新鮮なものはいずれも堅硬緻密であり、各種当該構造物の基礎として十分な耐荷性および遮水性を有している。

2) 段丘堆積物はそのマトリックスが砂およびシルトからなり、締まり良好であり、沈砂池程度の構造物の基礎としては利用可能である。

3) 崖錐堆積物は全般にルーズであり、変形性を考慮すると重要構造物の基礎としては不適である。

4) 水路の下流部分約 150 mの区間では崩積土および崖錐堆積物の分布が多く、1989年5月に崩壊し水路が埋まった箇所が1ヶ所ある。

水路沿いに崩壊が1ヶ所認められる。この部分については斜面の安定化と水路蓋の施工が必要である。

#### 6.4.4 コンクリート用骨材の分布

骨材としては現河床堆積物が候補としてあげられる。現河床堆積物は礫、砂、シルトからなり、礫は礫径5～30cmの安山岩を主体とし少量の緑色片岩及び砂岩の礫を含んでいる。

## 第7章 水文解析

San Cancio, Intermedia及びMunicipalの一連の水力発電所の流域内に分布する既存の雨量及び流量観測所の位置を示すと図-7.1の通りである。

### 7.1 計画地域の一般気象

Caldas 県はコロンビア国の北西に有り、北緯  $4^{\circ}49'$  ~ 北緯  $5^{\circ}46'$  に在って赤道付近に位置している。

県内全域に中央アンデス山脈が走り、西側は Cauca 川、東側は Magdalena 川にはさまれている。

県の約  $1/3$  が低地部で熱帯性気候であり高温、多湿、多雨地域となっている。標高が高くなるにつれ温帯性気候から寒帯性気候にと変位する。

気温は低地部で  $20^{\circ}\text{C}$  前後であり  $1800\sim 2800\text{m}$  の高さで  $12^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$  前後である。県都の Manizales は標高約  $2500\text{m}$  程度の高さにあり気温は  $18^{\circ}\text{C}$  前後である。

雨量は、低地部及山岳地帯の中腹部で  $2000\sim 3000\text{mm}/\text{年}$  程度であり、山脈の高地部では  $1000\sim 1500\text{mm}/\text{年}$  と比較的少ない。

計画地点を流れる Chinchina 川は中央アンデス山脈に源を発し、西側斜面を西に流下し Cauca 川に合流するまで流路延長約  $57\text{km}$  の河川である。

計画地点は県都 Manizales の南方に位置し標高約  $1850\text{m}$  の高さに在る。

計画地域の気候は、温帯性気候に近く気温は  $20^{\circ}\text{C}$  前後であり、雨量は約  $2000\text{mm}/\text{年}$  程度である。雨の多い年と少ない年があるが、雨期と乾期とが比較的是っきりとしている。(図-7.2 参照)



Observation Item	Gauging Station		Latitude	Longitude
	No	Name		
Discharge	----	Bocatoma	----	----
Precipitation	2615-004	Sub Maramato	0504	7531
	2615-006	Arauca	0507	7542
	2615-016	Esperanza	0501	7521
	2613-017	Potreros	0454	7533

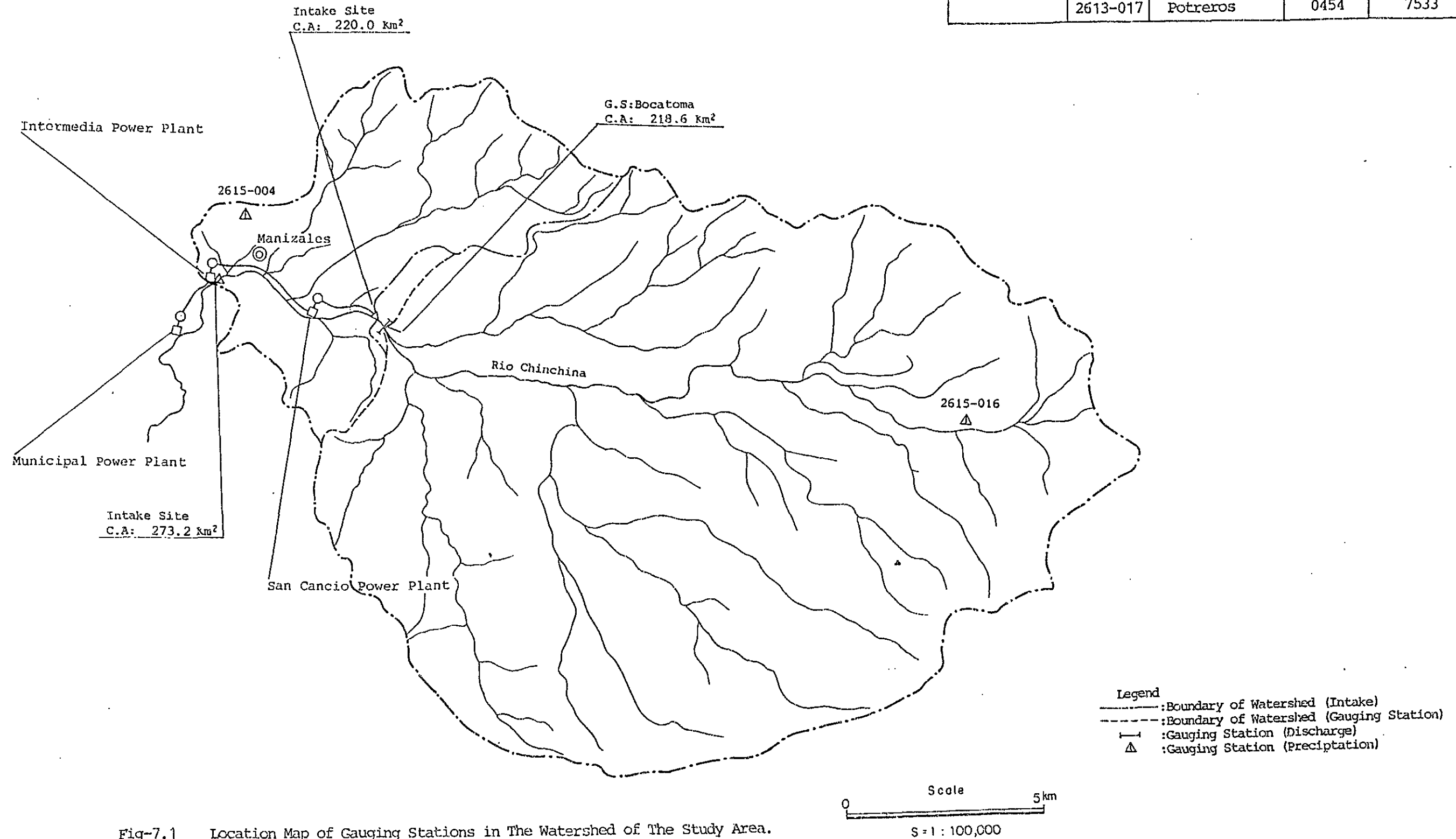


Fig-7.1 Location Map of Gauging Stations in The Watershed of The Study Area.



測候所 No.2615-004 Sub Maramato  
 北緯 5° 04′ 西経 75° 31′ 標高 2,072m  
 平均年間雨量 2,175.6mm

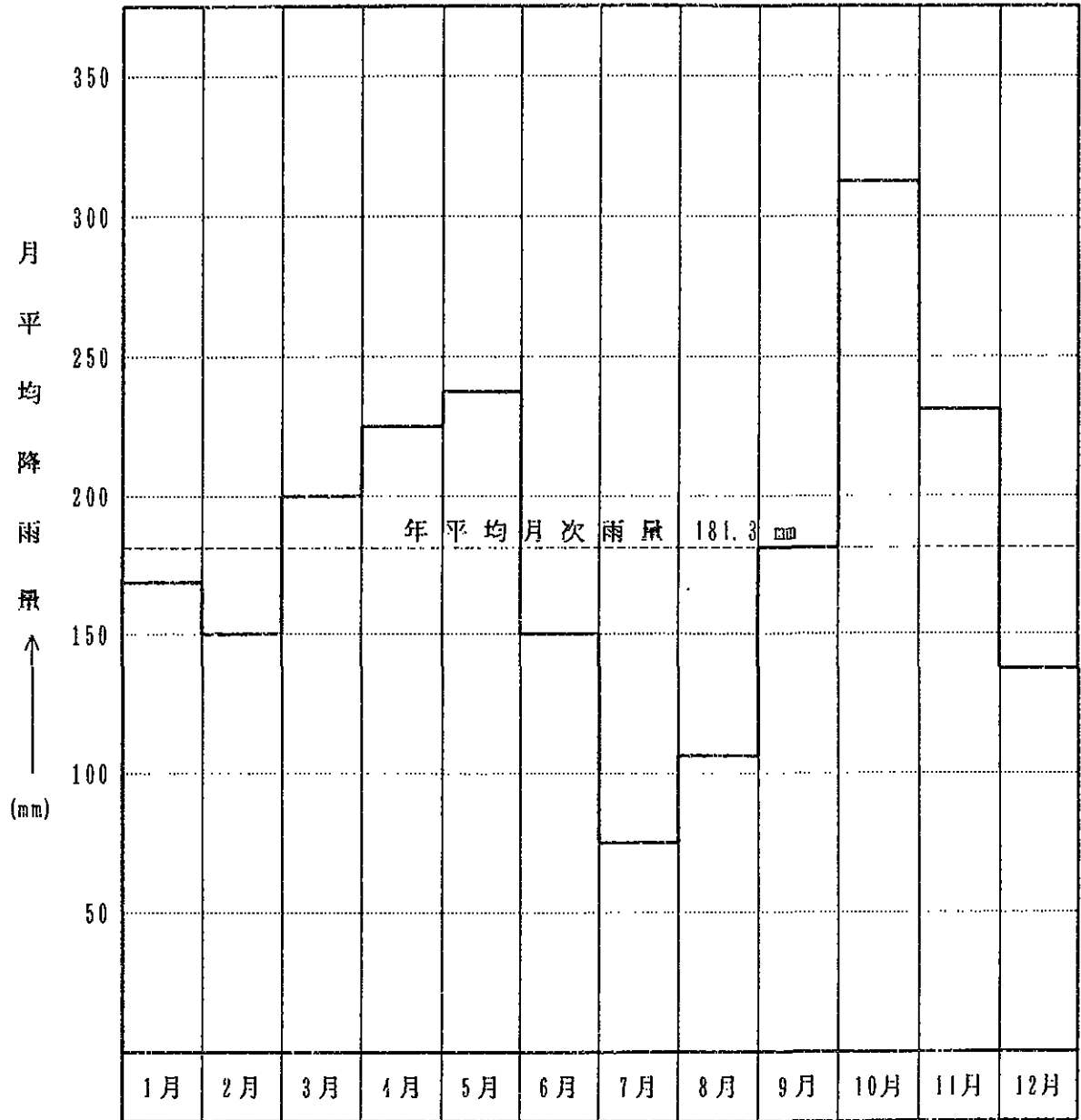


図-7.2 計画地域の月平均降雨量 (1974~1987)

## 7.2 流量解析

本計画地点の流量ならびに流況曲線は、San Cancio 発電所の取水口地点より約 600m 上流にある Bocaloma 測水所の 9 年間にわたる観測記録（自 1979 年 至 1987 年）を整理し、そのうちで有効な 7 年間の資料をもとに解析してある。（図面 SC-H-01 及び IN-H-01 参照）

### 7.2.1 流量観測記録の照合

Bocaloma 測水所は 1979 年 12 月の設立で、調査団が入手できた観測記録は 1979 年から 1988 年の 9 年間分である。これら入手記録の中には、表-7.1 に示すような欠測月日があり完全な年間観測記録は 1981 年、1983 年、1985 年～1987 年の 5 年分である。特に次に挙げる年次は長期にわたる欠測月があるので年間を通じての観測資料としては適用されない。

長期にわたる欠測期間 1984 年 1 月

表-7.1 入手した流量観測記録の欠測月日

1980 年	12 月 18 日
1982 年	5 月 22, 23 日
(但し、欠測日が非常に少ない事から補整して使用した。)	

### 7.2.2 測水所の流域面積に対する照合

Bocaloma 測水所については、流域面積の記録が欠落していたので IGAC 発行の縮尺 10 万分の 1 の地形図を用いて JICA 調査団が計測した。

本測水所の位置に対する緯度、経度及び測水所の流域面積は次の通りである。

#### Bocaloma 測水所の位置及流域面積

緯 度	0502
経 度	7529
流域面積	218.6 km <sup>2</sup>

### 7.2.3 代表的な流況曲線の形式

河川の流況曲線は同一地点であっても年によってバラツキを生じるものである。したがってある地点の代表的な流況曲線を作成するにあたっては、次に挙げるような色々な方法が提案されている。

#### (a) バラレル法

1年 365日間の毎日の平均流量を大きい順に並べて各年の流況曲線を描き、それらの平均をとる方法。

#### (b) 標準年法

各年の流況曲線を描き、その中で平均的であると思われる年の流況曲線を選んで、これを標準年流況曲線とする方法。

#### (c) シリーズ法

1日平均流量を15年にわたって大きさの順に並べて、1年の曲線のように横軸だけ修正する方法。

#### (d) 曲線そう入法

流量要覧から長年間（少なくとも最近10箇年間またはそれ以上）にわたる滔水量、低水量、平水量、豊水量の平均値を算出し、これをプロットし、それらを適当な曲線で結んで流況曲線とする方法。

本調査では最も汎用化されている (a)パラレル法を用いて測水所地点の代表的な流況曲線を作成している。流況曲線の作成に当っては、欠測日のある観測年を除外してある。又、これら流況曲線は横軸に日数を%で表わし、縦軸に日平均流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) を示した。

### 7.2.4 Bucaloma 測水所地点の流量及び流況曲線

San Cancio 水力発電所の取水口地点より上流約 0.6kmにある Bucaloma 測水所の流量を欠測日のない7年間の資料を用い整理して示すと、表-7.2 の通りである。

表-7.2 の月別平均流量の算定に当っては、その月の観測日数が10日未満の場合は計算から除外してある。月別平均流量をグラフで示した図面SC-II-01の

(1) から分るように豊水期間のと渇水期間の区別は比較的是っきりとしている。4月～6月及び10月～12月の6ヶ月間が豊水期間で、7月～9月及び1月～3月の6ヶ月間が渇水期間に相当すると思われる。

平行法を用いて1980～1987年（1984年は除く）の7年間流況曲線から求めた代表的な流況曲線から図面SC-II-01の(3)に示してある。これ等流況曲線の豊水量、平水量、低水量および渇水量を数値で示すと表-7.3の通りである。

表-7.4にはBocatoma測水所で1979～1987年の9年間に記録された最大流量を示した。

Table-7.2 MONTHLY FLOW TABLE OF DAILY AVERAGE FLOW AT G.S. SITE

GAUGING ST.: 6-939 BOCA TOMA  
RIVER NAME: CHINCHINA

(UNIT: M3/S)

GAUGING YEAR	TYPE	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL TOTAL
1979	MAX.	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	16.0
	MEAN	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	9.7
	MIN.	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	6.9
1980	MAX.	11.6	13.2	7.2	9.9	12.0	14.2	5.4	7.5	8.6	10.3	8.0	9.6	14.2
	MEAN	7.6	8.2	5.2	5.7	6.9	7.0	3.9	3.0	3.2	5.4	5.0	5.4	5.5
	MIN.	5.1	6.1	4.3	4.4	4.9	4.9	2.8	2.4	2.3	3.0	3.2	3.2	2.3
1981	MAX.	7.7	7.3	6.0	12.6	13.9	12.3	9.1	7.3	10.0	11.0	10.1	5.9	13.9
	MEAN	3.2	3.5	3.6	5.0	9.4	7.9	5.4	3.8	4.3	6.3	5.9	4.0	5.2
	MIN.	2.3	2.7	2.4	2.5	6.9	6.1	3.2	3.1	3.0	3.2	3.9	3.0	2.3
1982	MAX.	13.0	8.8	9.3	9.7	12.1	7.5	4.2	3.8	5.3	6.6	6.5	7.9	13.0
	MEAN	5.3	4.7	4.8	6.9	7.7	5.4	3.6	3.3	3.7	4.6	4.9	4.6	5.0
	MIN.	2.5	2.6	2.2	3.9	2.2	3.4	3.1	3.0	3.0	3.5	3.7	3.5	2.2
1983	MAX.	4.9	4.3	7.8	9.4	9.2	6.6	6.6	3.7	6.2	10.7	6.4	10.7	10.7
	MEAN	3.3	3.1	4.5	6.1	5.4	4.1	3.5	3.2	3.3	4.2	4.8	5.9	4.3
	MIN.	2.7	2.7	2.7	4.1	3.6	3.0	2.7	2.7	2.7	2.7	3.2	3.8	2.7
1984	MAX.	(1)	5.4	8.1	9.6	13.0	9.4	7.5	10.7	9.6	21.3	17.3	20.0	21.3
	MEAN	(1)	3.6	3.8	5.0	7.7	6.5	3.9	4.3	5.5	10.1	10.7	9.9	6.5
	MIN.	(1)	3.1	2.7	3.1	3.7	4.6	2.7	2.9	2.8	5.9	6.8	7.3	2.7
1985	MAX.	21.3	13.8	19.4	19.9	16.0	16.6	8.4	16.0	12.6	23.2	16.7	14.9	23.2
	MEAN	10.6	7.3	9.1	10.3	10.0	7.2	5.9	7.6	8.6	11.0	10.6	8.5	8.9
	MIN.	7.1	6.2	6.1	6.0	6.3	5.6	5.1	5.2	5.5	7.4	6.1	6.4	5.1
1986	MAX.	14.5	9.5	13.6	16.6	14.2	17.2	13.2	6.5	11.7	11.7	11.7	7.3	19.5
	MEAN	8.5	9.1	8.1	10.7	9.3	10.5	7.6	4.3	5.2	10.6	8.8	3.8	8.0
	MIN.	6.2	6.3	7.2	7.2	7.8	7.6	5.6	2.7	2.3	4.3	2.5	2.1	2.1
1987	MAX.	8.7	7.3	9.0	11.7	11.7	9.0	9.6	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7
	MEAN	3.7	3.3	4.1	4.6	5.0	5.6	4.3	4.2	4.5	10.2	10.9	8.4	6.1
	MIN.	2.7	2.3	2.3	2.7	6.2	2.3	2.5	2.7	2.6	2.3	8.9	6.1	2.3
TOTAL	MAX.	21.3	19.5	19.4	19.9	16.0	17.2	13.2	16.0	12.6	23.2	17.3	20.0	23.2
	MEAN	6.0	5.4	5.4	6.8	8.2	6.8	4.8	4.2	4.8	7.8	7.7	6.7	6.2
	MIN.	2.3	2.3	2.2	2.5	2.2	2.3	2.5	2.4	2.3	2.3	2.5	2.1	2.1

NOTE) (1) ALL DATA MISSING

Table-7.3 FLOW DURATION TABLE AT GAUGING STATION SITE

GAUGING ST.: 6-939 BOCA TOMA  
RIVER NAME: CHINCHINA (UNIT: M3/S)

GAUGING YEAR	MAX. (1ST DAY)	PLEVITY (95 DAY)	ORDINARY (185 DAY)	LOW (275 DAY)	DROUGHTY (355 DAY)	MIN. (LAST DAY)	MEAN
1980	14.2	6.7	5.2	3.8	2.5	2.3	5.5
1981	13.9	6.5	4.4	3.2	2.5	2.3	5.2
1982	13.0	5.9	4.3	3.6	2.9	2.2	4.9
1983	10.7	5.1	3.7	3.1	2.7	2.7	4.3
1985	23.2	10.2	8.1	6.6	5.4	5.1	8.9
1986	19.5	9.8	8.1	6.1	2.7	2.1	8.0
1987	11.7	8.7	5.6	2.7	2.7	2.3	6.1
MEAN	15.2	7.6	5.6	4.2	3.1	2.7	6.1



Table-7.4 MONTHLY ABSOLUTE MAXIMUM FLOW TABLE AT G.S. SITE

GAUGING YEAR	GAUGING ST.: 6-939 BOCATOMA RIVER NAME: CHINCHINA (UNIT: M <sup>3</sup> /S)												
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL TOTAL
1979	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	20.8	20.8
1980	20.8	20.8	9.2	20.8	17.7	20.8	6.7	8.7	12.5	12.6	16.3	20.5	20.8
1981	11.4	15.3	9.2	20.8	20.8	19.2	9.2	12.6	13.8	20.8	20.8	9.2	20.8
1982	20.8	9.2	19.2	19.2	19.2	8.1	4.8	3.7	5.3	8.5	6.5	7.9	20.8
1983	4.9	4.3	7.8	9.4	9.2	5.9	5.6	3.7	6.2	7.0	5.4	10.7	10.7
1984	(1)	5.3	5.3	5.7	13.0	9.4	7.5	6.4	9.6	24.0	24.0	24.0	24.0
1985	24.0	23.5	24.0	23.5	23.5	20.1	11.4	20.1	16.6	24.0	23.5	23.5	24.0
1986	24.0	23.5	23.5	20.1	20.1	24.0	13.1	10.4	(1)	(1)	(1)	9.5	24.0
1987	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7
TOTAL	24.0	23.5	24.0	23.5	23.5	24.0	13.1	20.1	16.6	24.0	24.0	24.0	24.0

NOTE) (1) DATA MISSING

## 7.2.5 取水口地点における流量及び流況曲線

### (1) San Cancio 及び Intermedia の両発電所

Intermedia 水力発電所における取水は、San Cancio 水力発電所の放水路と Intermedia 水力発電所の導水路が直結されていることから、San Cancio 水力発電所の放水量が Intermedia の使用水量となる。したがって、取水口地点における流量及び流況曲線は、San Cancio 水力発電所の取水口地点における流況曲線と同じである。

San Cancio 発電所の取水口地点の流域面積は公式に認定された数値がなかったため、調査団が測定した値 220km<sup>2</sup>を採用している。したがって San Cancio 発電所の取水口地点と CEC の Bocatoma 測水所との流域面積の比率は  $220/218.6 \approx 1.01$  に設定した。

取水口地点における流量および流況曲線は、図面 SA 及び IN-II-01 にまとめて示してあるが、平均的な月別日平均流量ならびに豊水量、平水量、低水量および濁水量の代表値を示すと次の通りである。

表-7.5 San Cancio 及び Intermedia 両発電所の取水口地点における代表的な流量

#### 1) 月別平均流量

項目 \ 月別	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
平均最大流量 (m <sup>3</sup> /s)	10.6	9.1	9.1	10.7	10.1	10.6	7.6	7.6	8.6	11.0	10.7	10.0	9.7
日平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	6.1	5.1	5.4	6.8	8.2	6.8	4.8	4.2	4.8	7.8	7.7	6.7	6.2
平均最小流量 (m <sup>3</sup> /s)	3.2	3.1	3.6	4.6	5.4	4.1	3.5	3.0	3.5	4.2	4.8	3.8	4.3

#### 2) 流況曲線の代表的流量

豊水量 (95日流量)	平水量 (185日流量)	低水量 (275日流量)	濁水量 (355日流量)
7.6 m <sup>3</sup> /s	5.7 m <sup>3</sup> /s	4.2 m <sup>3</sup> /s	3.1 m <sup>3</sup> /s

取水口地点における代表的な流況曲線に対してある使用水量の河水利用率（実際に取水し使用できる流量の合計量と取水口地点に流入する河川流量の総量との比率）ならびに流量設備利用率（使用水量に対して年間を通じて実際に取水可能な流量の総量と年間を通じて使用水量を確保できるとした場合の水の総量の比率）をグラフ化して図面 SA 及びIN-H-01の (5) に示してある。

(2) Municipal 発電所

Municipal 発電所における取水は、Intermedia発電所の放水量と残流域からの取水量の合計である。

したがって、Municipal 発電所の流況曲線は、No.2 取水口地点（図-7.1 参照）の流域の流量で与えられる。

No.2 取水口地点の流域面積は公式に認定された数値がなかったので調査団が測定した値273.2km<sup>2</sup>を使用している。したがって、Municipal 発電所の取水口地点とSan Cancio発電所のBocatoma測水所との流域面積の比率は  $273.2/218.6 \approx 1.25$  に設定してある。

流域面積比で換算された取水口地点における流量および流況曲線は、図面 MU-H-01 にまとめて示してあるが、No.2 取水地点で取水を行わない場合は、San Cancio発電所における流量及び流況曲線と同じである。（図面SC-H-01 参照）

Municipal 発電所取水口地点における平均的な月別日平均流量ならびに豊水量、平水量、低水量および渇水量の代表値を示すと次の通りである。

表-7.6 Municipal 発電所No.2 取水口地点における代表的な流量

1) 月別平均流量

項目 \ 月別	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
平均最大流量 (m <sup>3</sup> /s)	13.3	11.4	11.4	13.4	12.5	13.1	9.5	9.5	10.7	13.7	13.6	12.3	12.1
日平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	7.5	6.75	6.75	8.5	10.2	8.5	6.0	5.2	6.0	9.8	9.6	8.4	7.7
平均最小流量 (m <sup>3</sup> /s)	4.0	3.9	4.4	5.7	6.8	5.1	4.2	4.8	4.0	5.3	6.0	4.7	5.4

## 2) 流況曲線の代表的流量

豊水量 (95日流量)	平水量 (185日流量)	低水量 (275日流量)	濁水量 (355日流量)
7.6 m <sup>3</sup> /s	5.7 m <sup>3</sup> /s	4.2 m <sup>3</sup> /s	3.1 m <sup>3</sup> /s

取水口地点における代表的な流況曲線に対してある使用水量の河水利用率（実際に取水し使用できる流量の合計量と取水口地点に流入する河川流量の総量との比率）ならびに流量設備利用率（使用水量に対して年間を通じて実際に取水可能な流量の総量と年間を通じて使用水量を確保できるとした場合の水の総量の比率）をグラフ化して図面MU-II-01の(5)に示してある。

### 7.3 洪水流出解析

洪水流量は、現在の施設と修復部分の安全性を確保する上から重要である。設計洪水流量は、測水所 Bocatoma と Montevideo の記録を統計処理し集水面積比で換算することにより求めた。

#### 7.3.1 洪水頻度

##### (1) Bocatoma 測水所の資料

確率洪水流量を求めるため、流量資料より年最大流量をまとめ表-7.7に示す。

表-7.7 年最大洪水流量

観測年	年最大流量 (m <sup>3</sup> /sec)
1979	20.8
1980	20.8
1981	20.8
1982	20.8
1983	10.7
1984	24.0
1985	24.0
1986	24.0
1987	11.7

測水資料は9年分で比較的短い小標本である。確率洪水流量を求めるには幾通りかの方法があるが、ここでは次の3方法について検討した。

1. 対数正規分布法
2. 順序確率法
3. ガンベル法

順序確率法とガンベル法については、トーマスプロットとヘインズプロットの2通りについて検討する。

極値確率紙を用いて年最大流量を横軸に、計算した超過確率の百分率を縦軸にプロットし、これを図-7.3, 7.4に示す。図に示す確率曲線より再現期間のうち主要年についての確率洪水流量を表-7.8に示す。

表-7.8 確率洪水流量

方法	再現期間 (年)							
	5	10	20	50	100	200	500	1000
対数正規分布法 ( $m^3/s$ )	24	28	31	35	37	40	43	61
順序確率法 トーマスプロット ( $m^3/s$ )	26	31	35	41	46	50	56	61
ヘインズプロット ( $m^3/s$ )	25	28	32	36	39	43	47	50
ガンベル法 トーマスプロット ( $m^3/s$ )	25	29	33	37	41	44	49	53
ヘインズプロット ( $m^3/s$ )	24	27	30	34	37	40	43	46

(2) Bocatoma Montevideo (6-901) 測水所の資料

CHECで解析した結果を次の式に示す。

$$Q = 123.1 - 62.04 L [-L (1 - 1/T)] \quad \text{Gumbel 法}$$

$$Q = 75.319 + 84.706 L \cdot T \quad \text{近似式}$$

ここに

Q : 確率洪水流量 ( $m^3/s$ )

T : 確率年

L : 自然対数

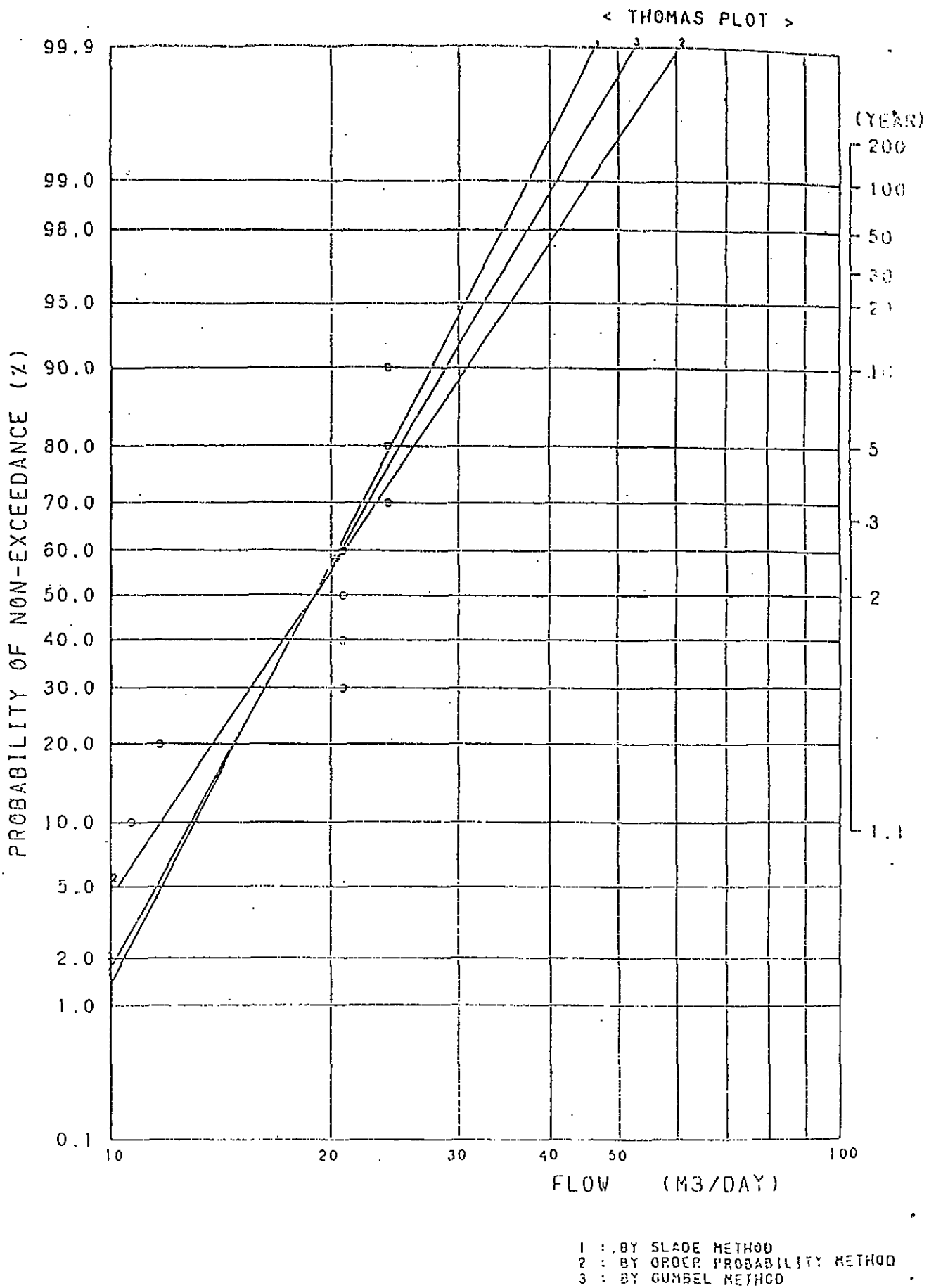


Fig. 7.3 Probability Curve (Thomas Plot)

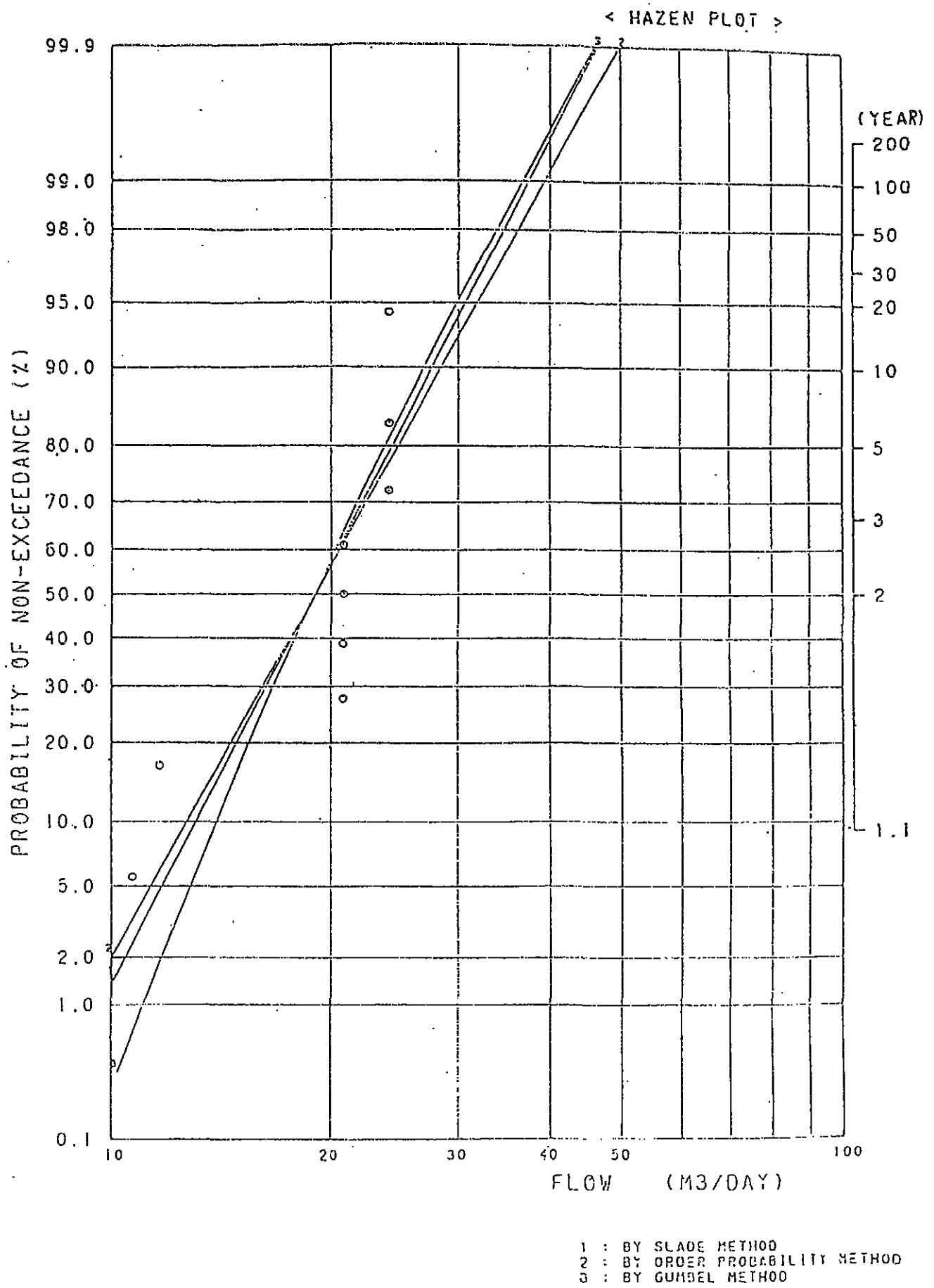


Fig. 7.4 Probability Curve (Hazen Plot)

### 7.3.2 設計洪水流量

設計洪水流量は、\* “Generalized design criteria for water-control structures” を参考にして本構造物に適用される再現期間50～100年の範囲から100年確率洪水流量を採用する。取水口地点における設計洪水流量 $Q$ は集水面積比で換算することにより求めた。

	$Q$ (Bocaloma) $m^3/s$	$Q$ (Montevideo) $m^3/s$
San Cancio	$46 \times 1.04 = 48$	$465 \times 220.0 / 461 = 222$
Imtermedia	$46 \times 1.24 = 57$	$465 \times 228.8 / 461 = 230$
Municipal	$46 \times 1.26 = 58$	$465 \times 273.2 / 461 = 276$

以上の計算より各地点の設計洪水流量は次の値を採用した。

San Cancio	$Q = 230 m^3/s$
Imtermedia	$Q = 230 m^3/s$
Municipal	$Q = 280 m^3/s$

集水面積 (km) 当りの比流量は  $q = 1.01 m^3/s$  となる。この値は比流量～集水面積の関係を示す図-7.5 のクリーガ曲線で  $C = 7$  となる。

\* APPLIED HYDROLOGY Editor Ven Te Chow

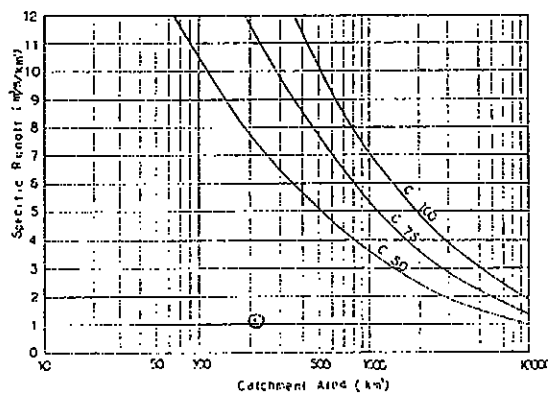


図-7.5 クリーガ曲線での洪水流量