4.1.3 ディーゼル発電設備に関する現地踏査

踏査地点は当初16発電所に対し計画されたが、4地点、(Pizarro,Villa Claret,Sipi及びVista Hermosa) は、天候および波浪状況などの自然条件の制約により現地踏査が不可能となり、かわりに1地点 (Nuqui) を追加し最終的に13地点に対し現地踏査を実施した。

各県別の踏査期間は次の通りで、現地踏査の行動実績は表4.1.3に示してある。

No	期　　間	県　名	地点数
1	1月25日～ 2月 6日 (13日間)	Choco	6
2	2月 8日～ 2月11日 (4日間)	Nariño	5
3	2月17日～ 2月20日 (4日間)	Meta	2

表4.1.3 ディーゼル発電所地点現地踏査行動表

Table 4.1.3 Field Investigation Schedule of Diesel Power Plants

Date	Travel	Visit		Members	
		Electric Company	Power plant	ICEL	JICA
1988					
JAN.25	Bogota → Medellin				
26	Medellin → Capurgana	E.Choco	Capurgana	Augusto Sanabria dias	H. Seto
27			Zapzurro		E. Shimomura
28	Capurgana Acandi		Acandi		
29	Acandi → Unguia Turbo		Unguia		
30	Turbo → Medellin				
31	Medellin → Bahia Solano El Valle				
FEB.1			Bahia Solano		
2			Bahia Solano		
3	El Valle → Nuqui		Nuqui		
4	Nuqui → El Valle				
5					
6	El Valle → Bahia Solano → Medellin → Bogota				
7					
8	Bogota → Tumaco	CEDENAR	Termo tumaco	Jairo Gonzalez Morales	H. Seto
9			La Playa, Sala Honda		E. Shimomura
10			Baquerias,Llorente		
11	Tumaco → Bogota				
12					
13					
14					
15					
16					
17	Bogota→Villa Vicencio(VV)→Puerto Lopez →VV	EMSA	Puerto Lopez	Rafael Torres	H. Seto
18			*		E. Shimomura
19			San Juan De Arama		
20	VV → El Calvario → Bogota		*		

LEGEND→AIR
→CAR OR SHIP

※ See Schedule of Hydraulic Power Plant

4.2 資料収集

ICELならびに関連機関より収集した資料の目録を附属資料Ⅲに収集資料リストとして添付してある。これらの収集資料は次に示すような（a）プレF／Sに必要な資料と（b）プレF／Sに関する資料とに分類してある。

(a) プレF／Sに必要な資料

1. ディーゼル及び火力発電所に対するアンケート調査結果
2. 水力発電所に対するアンケート調査結果
3. ICEL管理下にある発電設備台帳及びモニタリングレコード
4. 本調査対象地域における系統別変電設備および送電線の現状と将来整備計画
5. 水力発電所地点の水文、気象観測記録

(b) プレF／Sに関する資料

1. 資源エネルギー省、コロンビア経済企画庁及び国家電力庁（ICEL）が発刊した最新のエネルギー政策に関する刊行物
2. ICELの電力需給の現状ならびに将来需要予測
3. コロンビア共和国の社会、経済情勢に関する統計資料
4. その他本調査に関連ある諸資料

4.3 調査結果の概要

調査対象地点の発電設備の現況は、附属資料－Ⅳの火力、水力およびディーゼル発電設備台帳に収録してある。

4.3.1 火力発電設備

次の３火力発電所、５ユニットがPre－F／Sの調査対象である。

火力発電所	対象ユニット番号	設備容量（kW）
Termopaipa	＃１ユニット	33,000
〃	＃２ユニット	66,000
〃	＃３ユニット	74,000
Termopalenque	＃４ガスタービン発電ユニット	15,000（停止中）
Termobarranca	＃３ユニット	66,000

(1) Telmopaipa

当該発電所は、３台の石炭焚発電設備を有し、近くの都市又は県へ電力供給を行っている。

設置場所は、標高2,500mのPaipa市にあり、冷却水は、Chicamocha川（Sogamosoを経て、Magdalena川へ合流）の河川水を利用しており、下流域には、多くの都市が存在する。

又、本発電所には、115及び230kV変電所があり、需給運用の対象発電所となっている。 全般的に当発電所は運転、制御システムの自動化が少なく、大半を手動で行っている。

特に主要機器であるボイラー、タービンの保護システム関係の自動化が少なく運転員の感に頼って運転しており、危険である。本火力発電所において、ICELが要望している修復或いは改善項目を挙げると表4.3.1の通りである。

表4.3.1　Termopaipaにおける修復改善項目

対象ユニット				修復又は改善項目	理由又は目的
No.	設置年	設備出力 (kW)	現有出力 (kW)		
#Ⅰ	1958	33,000	30,000	① ボイラー予熱器の取替え	老朽化による、効率低下がみられ故障頻度も増えてきた。
				② 電気集塵器の設置	a. 当該設備は設置されていない為、環境への悪影響が発生している。 b. 大気汚染防止規定が制定された。
#Ⅱ	1974	66,000	66,000	③ 空気計装システムから電気計装システムへの変換	a. 監視計器及び自動制御装置が不足或は機能していない。 b. スペアパーツの入手が困難
				④ タービン出力の増加 (66MW) → (74MW)	発電機の出力74MWに対し、タービン出力は66MWである。
#Ⅲ	1982	74,000	74,000	⑤ 灰処理装置の方式変換	管路による圧送方式のためメインテナンスコストが高くなっている
共通問題				⑥ 灰処理問題	灰捨場の容量が十分なく、灰捨て場から隣接河川へ灰が流出する。
				⑦ 冷却池内の水草問題	冷却水量が不足するとともに除草費用費が高額となっている。

(2)　Telmopalenque

この発電設備は7年間も運転されていないのでガスタービン以外の発電機ローター、軸受等にも損傷の恐れがあるので、発電機や関連補機、コントロールパネル等の点検を実施する必要がある。

表4.3.2　Termopalenqueにおける修復改善項目

対象ユニット				修復改善項目	理　由
No.	設置年	設備出力 (kW)	現有出力 (kW)		
#Ⅳ	1972	15,000	0	ガスタービンの部品(軸受、ブレード等) 交換による機能回復	1980年以降運転されていない。

(3) Termobarranca

当該発電所は、3台のガス／油焚と1台のガスタービン発電設備及び115／230kV変電設備を有している。この中、＃3ユニットについては、冷却水系統の不備により設備能力が有効に活用されていない。

又、近くに大規模な油精製所があり、そこからの排出ガスによると考えられるボイラー等屋外に設置されている設備の腐食が多く見られた。

表4.3.3 Termobarranca における修復改善項目

対象ユニット				修復改善項目	理　由
No.	設置年	設備出力 (kW)	現有出力 (kW)		
＃Ⅲ	1978	66,000	40,000	① 冷却水システムの改良（タービン油冷却及び発電機空気冷却器用のシステムをクローズドサイクルにする）	取水設備には、沈砂池がないので、河川水中の不純物が、関連設備に悪影響を与えている。
				② 復水器自動洗浄装置の取付	河川水の濁り度が高く冷却水系統の損耗が著しい
				③ 直流電源供給システムの改善	発電機用遮断器の不動作が発生した。又、無停電電源装置も陳腐化し高い信頼性を確保できない。
				④ 空気式計装システムを電気式計装システムに変換	スペアパーツの入手困難等により、信頼性の高い燃焼及びタービン制御が行えない。
				⑤ イベントレコーダー設置	事故原因の究明に時間がかかる。
共　通　問　題				⑥ 河川の護岸工事	長期的な対策が講じられていない為、河川の侵食問題が発生している。

4.3.2 水力発電設備

調査対象地点62の水力発電所のうち、次に挙げる5地点は貯水池または調整池式発電所であり、設置時期も比較的新しく、流量資料、竣功図等も整備されており、運転維持管理状況も良好である。

表4.3.4　貯水池又は調整池式発電所

Code No.	発電所名	電力会社名	設備容量 (kW)	形　式	設置年
206	Sonson	EADE	3,600	調整池式	1967
235	Rio Negro	ECSA	9,600	〃	1974
245	Mayo－II	CEDENAR	21,000	〃	1969
250	Palmas	ESSA	18,000	〃	1950／60
260	Rio Prado	E.Tolima	51,000	貯水池式	1974

残りの57地点はすべて流れ込み式発電所であり、いくつかの例外はあるが、全般的に設置年も古く、運転停止或いは大幅な出力低下の現象が認められる。又設備容量も一般に小さく、1000kW未満の発電所が25地点（設備容量11,066kW）含まれている。

(1) 水力発電設備の所有者

調査対象地点に挙げられた62地点の水力発電所のすべてがICELグループの所有ではなく、次に挙げる17地点は地方自治体(15地点)及び民間会社(2地点)の所有である。

表4.3.5　地方自治体及び民間企業が所有する水力発電所

Code No.	発電所名	所有者名	設備容量 (kW)	設置年	摘要
208	Urrao	E.P. de Urrao	824	1964	
209	Abejorral	E.P. de Abejorral	724	1960	
215	Salamina	E.P. de Salamina	280	1943	
216	Anserma	E.P. de Anserma	不　明	不　明	調査対象地点より除外
217	Belmonte	E.P. de Pereira	3,760	1941	
218	Dos Quebradas	〃	8,500	1955	
219	Santa Rosa	E.P. de Santa Rosa	450	1927	稼働停止中
220	El Bosque	E.P. de Armenia	2,280	1929	稼働停止中
221	Bayona	E.P. de Calarca	1,008	1952	
222	Campestre	〃	1,120	1956	
223	La Union	〃	1,000	1938	稼働停止中
233	La Vuelta	Mineros del Choco S.A.	2,000	1916	民間所有
236	Choachi	E.P. de Choach	300	1954	
237	Apulo	Cementos diamantes S.A	3,000	1928／47	民間所有 稼働停止中
243	El Calvario	E.P.de el Calvario	20	1984	
244	San Juanito	E.P.de San Juanito	20	1986	
249	Mulato	E.P.de Mocoa	168	1964	稼働停止中

(2) 現有出力と出力低下率

各調査対象地点の現有出力は附属資料Ⅳの発電設備台帳に記載してあるが、一般的な傾向として、定格出力10MW未満で供用年数21年以上の発電所における出力低下率((1－現有出力／定格出力) × 100) は大きい。

項　目	内　容	総設備容量 (MW)	現有出力 (MW)	出力低下率 (%)
定格出力	10MW以上	90.0	84.0	7
	10MW未満	102.2	40.7	60
供用年数	20年未満	83.4	76.6	8
	20年以上	108.8	48.1	56

(3) 各電力会社が示した修復優先順位

複数の調査対象地点を有する各公営電力会社が考えている修復優先順位は次の通りである。Caldas、Risaralda および Quindio の３県については、発電所（10年以上稼働停止）が調査対象地点より除外されただけで、CHEC S.A 自身による修復優先順位は提示されていない。Cundinamarca 県の ECSA についても同様である。

表4.3.6 各公営電力会社が示した修復優先順位

県　別	電力会社	修復優先順位						
		1 位	2 位	3 位	4 位	5 位	6位以下	希望なし
Antioquia	EADE	Sonson	Tamesis	Caracoli	Rio Abajo	Piedras	Rebusca Calera Urrao Abejorral	—
Caldas Risaralda Quindio	CHEC	修復優先順位について意向なし JICA の調査結果に準拠する						Anserma
Cauca	CEDELCA	Inza	Silvia	El Palo	Ovejas	Florida — I	Asnazu Toribio Sajandi Mondomo	—
Cundina-marca	ECSA	修復優先順位について意向なし						—
Huila	E. Huila	Rio Iquira — I	Rio Iquira — II	La Pita	La Viciosa	—	—	Fortale-cillas
Meta	EMSA	El Calvario	San Juanito	—	—	—	—	—
Nariño	CEDENAR	Julio Bravo	Rio Bobo	Mayo-II	Rio Sapuyes	—	—	—
Santander	ESSA	Palmas	Zaragoza	Cascada	Comoda	—	Calichal Servita	—
Tolima	E.Tolima	Pastales	Mirolindo	Lagunilla	Guali	Rio Recio	Ventanas Prado	—

(4) 修復計画に必要な基礎資料の整備状況

a) 地形図

発電所附近の地形図（S＝1／25,000）はIGACより出版された表4.3.7に示す地図を使用する事が出来る。。

詳細な検討に使用できるS＝1／5,000からS＝1／1,000の地形図は現在のところない。

Caldas県のChinchina川流域に関してはCRAMSAにS＝1／10,000の航空写真が準備されているので同水系のSan Cancio、IntermediaおよびMuniicipalの3発電所についてはS＝1／5,000～1／1,000の地形図を図化する事は可能と思われる。

b) 流量資料

流量観測所はコロンビアの全土に設置されHIMATに登録されている。観測記録はHIMATにより1985年まで年表として出版されている。

No. 260 Rio Pradoを除いた61計画地点のうち44水力発電所については38流量観測所の記録を用いて河川流況曲線をつくることができる。

表4.3.8に発電所毎に利用できる流量観測所を示してある。

Table 4.3.7 IGAC's Photogrammetric Maps (S=1/25,000)

Code No.	Power Plant	River	Code Number of IGAC
201	Caracoli	Nus	132-IV-C
202	La Rebusca	San Roque	132-III-B
203	Calera	Q. Malena	133-III-C, 133-III-O
204	Rio Abajo	Negro	147-II-C
205	Piedras	Piedras	
206	Sonson	Sonson	167-IV-C, 167-IV-D
207	Tamesis	Frio	166-III-D
208	Urrao	Urrao	145-II-B, 147-II-A
209	Abejorral	Q. Yeguas	
210	P. Guillermo	Suarez	170-IV-A
211	San Cancio	Chinchina	206-III-D
212	Intermedia	Chinchina	206-III-B
213	Municipal	Chinchina	206-III-D
214	Guacaica	Guacaica	206-I-D, 206-III-B
215	Salamina	Q. Frisolera	187-III-B
		Q. Palo	
216	Anserma	Deleted	
217	Belmonte	Otun	224-II-C, 224-I-D
218	Dos Quebradas	Otun	224-II-C
219	Santa Rosa	San Eugenio	224-II-C
220	El Bosque	Quindio	243-II-C
221	Bayona	Quindio	243-II-A
222	Campestre	Quindio	243-II-A
223	La Union	Quindio	243-II-A
224	Sajandi	Sajandi	364-III-A
225	El Palo	El Palo	321-I-B
226	Mondomo	Mondomo	
227	Silvia	Piendamo	343-I-D
228	Ovejas	Ovejas	320-IV-B, 320-IV-A, 320-III-B
229	Asnazu	Asnazu	320-II-C
230	Inza	Ullucos	343-IV-B
231	Toribio	Isabelilla	321-IV-A
232	Florida-I	Cauca	342-IV-D

(Cont'd)

Code No.	Power Plant	River	Code Number of IGAC
233	La Vuelta	Andagueda	184-IV-B, 185-III-A
234	La Salada	Bogota	245-II-D
235	Rio Negro	Negro	189-III-A
236	Choachi	Choachi	247-I-C
237	Apulo	Bogota	246-I-A
238	La Viciosa	Q. Viciosa	389-II-C
239	La Pita	Mayo	366-IV-A, 367-III-B
240	Fortalecillas	Fortalecillas	323-II-D
241	Rio Iquira-I	Iquira	344-III-A
242	Rio Iquira-II	Iquira	344-II-A
243	El Calvario	Q. Panela	247-IV-A
244	San Juanito	Guajaro	247-II-C
245	Rio Mayo II	Mayo	411-I-A
246	Rio Bobo	Bobo	429-IV-A
247	Rio Sapuyes	Sapuyes	429-III-C
248	Julio Bravo	Pasto	429-II-A
249	Mulato	Mulato	430-IV-B
250	Palmas	Lebrija	109-IV-C
251	Zaragoza	Surata	109-IV-D
252	Cascada	Fonce	135-IV-A
253	Comoda	Lenguaruco	
254	Servita	Servita	121-IV-C
255	Calichal	Servita	136-II-A
256	Guali (Honda)	Guali	207-II-D
257	Rio Recio	Recio	226-I-D
258	Mirolindo	Combeima	244-II-D
259	Pastales	Combeima	244-II-A
260	Prado	Prado	283-I-D
261	Lagunilla	Lagunilla	226-I-A-1
262	Ventanas	Coello	245-III-D-3, 245-III-D

TABLE 4.3.8 AVAILABLE HYDROLOGICAL GAUGING STATIONS

ELECTRIC COMPANY	Power Plant	GAUGING STATION TO BE USEFUL											
		GAUGING STATION		1	SERVICE IN	2 (km2)	3	4	5	6	7	8	9
		NO.	NAME										
EADE	CARACOLI	2308 – 716	CARAMANTA	01	73 – 07	320	×	×	×	×			
	RIO ABAJO	2308 – 709	RIO ABAJORN-4A	18	63 – 03	–	×	×					
	PIEDRAS	2618 – 707	BOCA TOMA PLTA	18	42 – 04	133	×	×					
	SONSON	2618 – 703	SONSON	01	55 – 06	13	×	×					
	TAMESIS	2617 – 701	PTE. CARRETERA	14	64 – 07	88	×	×					
E.BOYACA	P. GUILLERMO		LA COPETONA	CAR									
CHEC	SAN CANCIO	2615 – 023	BOCA TOMA S. CANC	14	82 – 01		×	×					
	INTERMEDIO	2615 – 023	BOCA TOMA S. CANC	14	82 – 01		×	×					
	MUNICIPAL	2615 – 023	BOCA TOMA S. CANC	14	82 – 01		×	×					
	GUACAICA	2615 – 705	BOCA TOMA	14	68 – 07	150	×						
EPP	BELMONTE	2613 – 711	LA BANANERA	01	63 – 11	198	×	×	×	×		×	
	DOS QUEBRADAS	2613 – 711	LA BANANERA										
EP.de Sta Rosa	SANTA ROSA	2613 – 712	LA REINA	01	71 – 06	156	×	×					
EP.de Armenia	EL BOSQUE	2612 – 701	ALAMBRADO CAICE	01	71 – 09	1309	×	×	×	×		×	
EP.de CALARCA	BAYONA	2612 – 701	ALAMBRADO CAICE										
	CAMPESTRE	2612 – 701	ALAMBRADO CAICE										
	LA UNION	2612 – 701	ALAMBRADO CAICE										
CEDELCA	SAJANDI	5201 – 703	FONDALA	01	74 – 06	1846	×	×	×	×		×	
	EL PALO	2604 – 702	BOCATOMA A	01	45 – 08	906	×	×					
	MONDOMO	2602 – 711	TARABITA	01	64 – 09	913	×	×		×			
	SILVIA	2602 – 710	PTE CARRETERA	01	63 – 12	392	×	×					
	OVEJAS	2602 – 728	LOS CAMBULOS	04	81 – 07		×	×					
	INZA	2105 – 704	BOCA TOMA	01	71 – 06	512	×	×					
	FLORIDA – I	2601 – 702	JULUMITO	01	64 – 04	948	×	×	×	×		×	
M. DEL CHOCO	LA VUELTA	1101 – 701	AGUASAL	01	76 – 05	1030	×	×	×	×			
C. DIAMANTE	RIO NEGRO	2306 – 702	COLORADOS	01	52 – 02	3045	×	×	×	×		×	
ECSA	APULO	2120 – 823	TOCAIMA	15	72 – 08	5544	×	×					
E.HUILA	LA VICIOSA	2103 – 701	PTE GARCES	01	64 – 04	969	×	×	×	×		×	
	FORTALECILLAS	2111 – 708	GUAYABO	01	76 – 10	220	×	×	×	×	×	×	×
	RIO IQUILA-I	2108 – 705	BOCA TOMA	01	71 – 07	465	×	×	×	×		×	×
	RIO IQUILA-II	2108 – 705	BOCA TOMA		71 – 07	465	×	×	×	×		×	×
CEDENAR	RIO MAYO-II	5203 – 701	LA CANADA	01	60 – 07	450	×	×	×	×		×	
	JULIO BRAVO	5204 – 701	UNIVERSIDAD	01	70 – 08	177	×	×					
EP.de MOCOA	MULATO	4401 – 701	PIDERA LISAL	01	77 – 10	226	×	×	×	×		×	
ESSA	PALMAS	2319 – 740	ANGOSTURA	01	72 – 08	1865	×	×					
	ZARAGOZA	2319 – 729	CAFE MADRID	01	68 – 12	1284	×	×	×	×		×	
	CASCADA	2402 – 701	SAN GIL	01	55 – 04	1849	×	×	×	×		×	×
E.TOLIMA	GUALI	2301 – 703	PTE LOPEZ	01	71 – 02	1082	×	×					
	RIO RECIO	2125 – 710	LA NUEVA	01	77 – 01	610	×	×	×	×	×	×	
	MIROLINDO	2121 – 726	YULDIMA	01	83 – 06	245	×	×	×	×		×	
	PASTALES	2121 – 723	BOCATOMA	01	83 – 06	12	×	×	×	×		×	×
	LAGUNILLA	2125 – 708	QUINTA COBRA	01	72 – 04	460	×	×					
	VENTANAS	2121 – 707	PAYANDE	01	59 – 08	1580	×	×	×	×		×	×

CODE No. OF OPERATOR
01 = HIMAT
04 = CVC (VALLE DEL CAUCA)
14 = CHEC (CALDAS)
18 = EPM (MEDELLIN)
15 = EEEB (BOGOTA)

1 : Code No.of Operator
2 : Catchment Area
3 : Level
4 : Water Volume
5 : Temperature
6 : Sediment
7 : Physical & Chemical Analysis
8 : Daily Sample of Sediment
9 : Hydraulic Grade

観測資料は日流量が殆どであるが4観測所は月流量しか記録されていない。
次の18発電所については利用出来る流量観測所が見当らない。

表4.3.9　流量資料のない発電所

Code No.	発電所名	県　名	河 川 名
202	La Rebusca	Antioquia	San Roque
203	Calera	Antioquia	Qd. Malena
208	Urrao	Antioquia	Urrao
209	Abejorral	Antioquia	Qd. Las Yeguas
215	Salamina	Caldas	Qd. Frisolera & Qd. Palo
216	Anserma	Caldas	Qd. Cauya
229	Asnazu	Cauca	Asnazu
231	Toribio	Cauca	Isabelilla
234	La Salada	Cundinamarca	Bogota
236	Choachi	Cundinamarca	Palmar
239	La Pita	Huila	Qd. Mayo
243	El Calvario	Meta	Qb. Panelo
244	San Juanito	Meta	Guajaro
246	Rio Bobo	Nariño	Bobo
247	Rio Sapuyes	Nariño	Sapuyes
253	Comoda	Santander	Lenguaruco
254	Servita	Santander	Servita
255	Calichal	Santander	Servita

c) 降雨記録

気象観測所はHIMATの管轄のもとにコロンビア全土にわたって分布、設置されており調査に必要な降雨記録の入手は可能である。

コロンビア全土の等降雨量線図についてはHIMATの作成したものがある。

d) 竣功図

水力発電所の竣功図は次の12地点を除いて長期間に散逸したり、紛失している。

Code No	発　電　所	備　考
201	Caracoli (EADE ; Antioquia)	1部のみあり
206	Sonson (ditto)	
211	San Cancio (CHEC ; Caldas)	
212	Intermedia (ditto)	
213	Municipal (ditto)	
233	La Vuelra (Mineros del Choco S. A. ;Choco)	
237	Apulo (Cemintos Diamantes S. A. ;Cundinamarca)	1部のみあり
239	La Pita (E.Huila S.A. ; Huila)	
241	Rio Iquira − I & II (ditto)	
245	Mayo − II (CEDENAR ; Nariño)	
250	Palmas (ESSA ; Santander)	
260	Rio Prado (E.Tolima ; Tolima)	

e) 流域面積

発電所の取水口地点における流域面積は河川の流況を知るうえで必要であるが資料は保管されていない。

(5) 発電設備の現況

各水力発電所の設備概要については、附属資料Ⅲの収集資料の中の（a）－2水力発電所のアンケート調結果及び附属資料Ⅳの発電設備台帳に収録されているので、ここでは、全般的な調査概要について述べる。

a) 発電機器

発電設備の大半は、供用年数が35年以上を経過し、設備の老朽化と旧型式のためスペヤーパーツの入手難が認められる。設備の老朽化による出力低下あるいは故障率の高い発電機器は、修理作業によって定格出力まで回復させ、かつそれを長期にわたって保証することは極めて困難であり、新しい設備との取替を図るべきである。

発電機器の取替えにあたっては、可能な限り、同機種同出力のユニットとの転換を図り、運転・保守管理の標準化を考える必要がある。特にペルトン型とフランシス型の水車が併置してある所では、適性機種への整合を図るべきである。

b) 水圧管路

長年月にわたる使用に加えて、河川の水質汚染が進行したために損耗による穿孔あるいは亀裂が発生し、発電停止或いはその修理のために発電休止を余儀なくされている地点が見うけられる。

ほとんどの流れ込み式水力発電所において、竣功図面が散逸しているため、正確な落差を知ることが出来ない。

c) 水　槽

全般的にみて、流れ込み式水力発電所の水槽の容量が小さい印象を受ける。

d) 導水路

調整池或いは貯水池式発電所を除いて、ほとんどの水路が開渠である。地形沿いに開削された水路のため、線形、縦断勾配の不良ケ所が多く、加えて形状および寸法も不揃いで良好な疎通能力を保持している導水路は少ない。

法面崩壊や、小規模の地すべりによって、開水路内に土砂が流入する頻度も多く、場所によっては水路自体が崩壊の危険にさらされているところも見うけられる。

e) 沈砂池

全般的に沈砂池容量が小さく、沈砂池内の流速が早いために、沈砂機能が低下しているところが多い。

f) 取水堰および取水口

一部にチロリアン式取水が行なわれているが、全般的に溢流式取水堰による横取水方式が採用されている。

河道整備事業および砂防事業がおくれているために、転石、砂利および土砂の流入量が多く、ほとんどの取水堰で堆砂面がその天端にまで達している。したがって取水口敷高より堆砂面が高くなっているところが多く、排砂門の掃流機能も低下しているので、水路内に土砂が流入し、水車の損耗、破損の大きな要因となっている。

g) 水路工作物に付属するゲート類

制水門、排砂門あるいは排砂バルブはその殆どが手動式で、かつ老朽化、腐食によって開閉機能が著しく阻害されているので、修復は避けられない。

4.3.3 ディーゼル発電設備

(1) 現　状

調査対象地点に挙げられた17地点のディーゼル発電所は全て単独運転を行なっている。

人口1万人以上のTermotumaco及びPuerto Lopezを除く15地点の発電所は、Choco、Meta及びNariño県の僻地に散在する人口5千人以下の市・町・村に設置されている群小発電所であり、アクセスの状態も悪く、燃料費も割高となっている。

これら群小発電所における大部分のディーゼル発電機は、他のプラントから移設されたものであり運転要領書も整備されていない。

又、これらの発電所は各自治体の運用下にあり、1日の運転時間は5時間前後に定められ各自治体で定額料金制を採用している。

従って、連続した電力を必要とする需要家は、自家用小型ディーゼル発電機を設置している。これは、市において相当数見られる。需要家としては、公共レベルでは病院、通信施設等があり、民間レベルでは、小商工業と一般住宅がある。

尚、Termotumaco及びPuerto Lopezでは電力の連続供給を行なっており、電気料金も従量制を採用している。

現在運転停止中の発電設備は、表4.3.10に示すように、Choco県内で6ユニット（708kW)、Meta県で3ユニット（535kW）Nariño県内で5ユニット（2,290kW)、計14ユニット（3,533kW）である。運転停止の主な要因は、表4.3.11に示すように、コスト高或いは料金未納による経済的破綻とディーゼルエンジン及び発電機の予備品手配難による運転休止である。又表4.3.12に示すように停止中の発電設備の中、64％は、供用年数が10年以上も経過しており、修理の頻度も多くなっていると考えられる。

表4.3.10　運転停止中のディーゼル発電設備

県名	発電所名	台数	容量（kW)
Choco	Acandi	1	275
〃	Villa Claret	1	25
〃	Bahia Solano	2	240
〃	Nuqui	1	150
〃	Zapzurro	1	18
Meta	Puerto Lopez	1	240
〃	S.J.de Arama	2	295
Nariño	Termotumaco	1	2,000
〃	Llorente	1	120
〃	Sala Honda	1	60
〃	La Playa	1	75
Nariño	Baquerias	1	35
合　計		14	3,533

表4.3.11　停止の主要因

県　名	台数	容量 (kW)	ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ	発電機	盤	その他	修理又は検討中	経済的破綻	不明
Choco	6	707.5	1	3	1	1	4	1	1
Meta	3	535	3	0	0	2	1	2	0
Narino	5	2,290	3	1	2	2	4	1	0
合計	14	3,532.5	7	4	3	5	9	4	1

表4.3.12　ディーゼル発電設備の供用年数別分類

県名	稼働状況	供用年数 0～4	5～9	10～14	15～	小　計	合　計
Choco	稼働	1	3	0	0	4	
	停止	0	3	1	2	6	10
Meta	稼働	1	0	2	1	4	
	停止	0	1	0	4	5	9
Narino	稼働	4	1	0	4	9	
	停止	0	1	0	2	3	12
合計	稼働	6 (22)	4 (13)	2 (6)	5 (16)	17 (55)	
	停止	0 (0)	5 (16)	1 (3)	8 (26)	14 (45)	31 (100)

( ) 内の数字は百分率を示す。

(2) 将来計画

他の電源と比べディーゼル発電による不安定な電力供給の代替案として、Meta及びNariño県では電力ネットワークへの連系計画及びChoco県では小水力発電所の建設が進められている。

これ等の概略は次に示す通りである。

1) Puerto Lopez～Villa Vicencio間 (Meta県)

送電線 (34.5kV × 1回線) : 1989年完成予定

2) Tumaco～Pasto間 (Nariño県)

送電線 (230kV × 1回線) : 1991年完成予定

3) Bahia Solano (Choco県)

小水力発電所 (2.4MW) : 1990年完成予定

第 5 章　火力発電設備の修復計画

第５章　火力発電設備の修復計画

5.1 修復要望事項に対する解決策

ICELが修復或いは改善を要望している事項について各発電所毎にその解決策を述べる。

5.1.1 Termopaipa

当発電設備の修復又は改善項目の共通課題は＃１及び＃２ユニットの計装システムを空気式から電気式に変換することである。

最重要課題は、＃２ユニットタービン出力を66MWから74MWに増加することと、近い将来、灰捨場の容量が不足するので充分な灰捨場を確保することである。

（修復又は改善項目）	（解　決　策）
① ボイラー空気予熱器の取替え （＃１ユニット）	(1) 型式をチューブラー付一体型、分割型及び回転型を比較検討し、取替後の型式を選定する。 既設支持構造物の強度検討を行う必要がある。
② 電気集塵器の設置 （＃１ユニット）	(1) 既設ボイラー～煙突間には設置スペースがないので、その周辺の諸設備の移設改造等を含め全体配置を検討し、設置する。
③ 空気式計装システムから電気式計装システムへの変換 ＃１ユニット…監視計器及び自動制御装置が不足 ＃２ユニット…ボイラー制御システムが運転開始時から機能しない。	(1) 不足している監視計器及び自動制御装置を既納タービン及びボイラーメーカーと協議の上、タービン及びボイラー本体に取付く検出計器は夫々のメーカーにより設置する。 (2) ＃２ユニットのボイラー自動制御システムが機能しない原因を検討、究明し、修復する。 (3) 計装システムの空気式から電気式への変換には主に、信号発信器の取替え、空気配管系統の改造、制御用電源の追加、信号ケーブルの敷設、更にリレー盤、電源盤及び制御盤が追加新設となるので、空気配管系統の現状、制御用電源の取合、信号ケーブルの敷設スペース、及びリレー盤、電源盤、制御盤の設置スペース、搬入スペース等を検討する。
④ タービン出力の増加 （＃２ユニット,66MW→74MW）	(1) タービン本体及び関連補機（給水加熱器）の改造は既設機器納入メーカーと協議して改造計画を策定する。
⑤ 灰処理装置方式の変換 ＃３ユニット メンテナンスコストが高い	(1) 運転・保守等を考慮して＃１及び＃２ユニットと同一のコンベア方式とする。

（修復又は改善項目）	（解　決　策）
⑥ 灰処理問題 a．既存灰捨場の容量がない。 b．既存灰捨場から隣接河川へ灰が流入する。 c．トラックによる灰捨方の代替案 d．灰の有効活用	(1) 新しく用地を購入する。 (2) 代替案として、発電所の冷却システムを冷却塔を用いたクローズドサイクルとし、冷却池は使用しない様にし、既存の冷却池を灰捨場とする。 (3) 河川の両岸に流出防止用壁を設置する。 (4) 灰捨場内の雨水は場内に濾過槽、沈澱槽を設け、浄化した後、河川に排出する。 (5) 灰の移送方法には、圧力水、真空輸送方式等があるが、比較的メンテナンスコストの安い、ベルトコンベアー方式との比較を行う。 (6) 大量かつ実用的な利用法としては、埋立土地造成、道路用材料等がある。フライアッシュをセメント混和材として利用する方法もあるが、その前に市場調査が必要である。
⑦ 冷却池内に大量に発育する水草の除去	(1) 水草刈取機（船型）を用いて、除草する。 (2) 上記⑥－（2）を採用する事により、この問題は解決できる。

5.1.2 Termopalenque

修復対象となっているのは、1971年に設置され、1972年より運転開始された、屋内型ガスタービン発電設備である。

その設備概要は下記の通りである。

－メーカー ：ウェスチングハウス

－ガスタービン

・モデル ：W－191G

・吸込条件 ：77° F／1361 PSIG

・空気量 ：24,216 ℓ ／sec

・回転数 ：4,912 rpm

－発電機

・モデル ：HG75 ½

・容量 ：19,200 kVA

・回転数 ：900 rpm

・力率 ：0.85

・電圧 ：13,800 V

・周波数 ：60 Hz

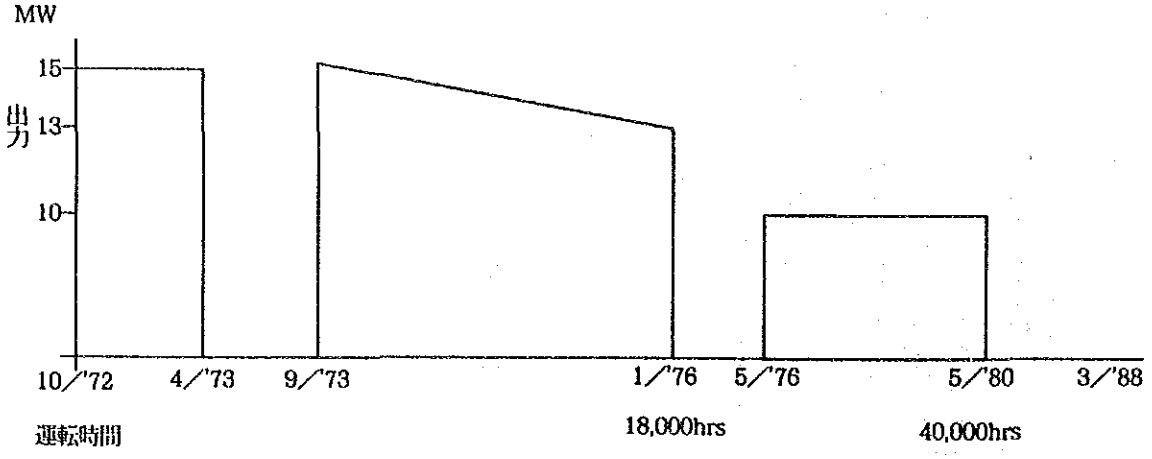
既存ガスタービンについて

ウェスティングハウス／ESSAにより下記の修理を実施したが1980年5月にタービン軸の振動による事故の為運転停止したまま現在に至っている。

(1) 1973年4月～9月：タービンブレードの欠陥を修理

(2) 1976年1月～5月：タービン軸受及びサポートを修理して、修理后10MWの出力で1980年5月迄運転。

運転期間／出力は下記図のとおりである。



当発電所には＃1ユニット～＃5ユニットのガスタービン発電設備があったが＃1及び＃2ユニットは撤去されており、＃3及び＃5ユニットのみが運転されている。

修復対象である＃4ユニットは設置后15年経過しているが、その間、運転したのは7年5ヶ月で1980年5月以后約8年間停止したままである。

＃4ユニットの修復或いは改善に関して検討結果を以下に述べる。

(修復又は改善項目)	(解　決　策)
① ガスタービンの部品（軸受、ブレード等）交換による修復	(1) ICEL／ESSAにて、既設機器メーカーに修復の可能性を検討させる。 （1983年プロポーザルの再検討） (2) 代替案として燃料ガス供給システムおよび防音ハウスはそのままとし、既存の設備を利用して、ハウス内のガスタービン、発電機及び補機等を全て取替える。 (3) 上記(1)および(2)の調査結果を比較検討し、技術及び経済面よりプライオリティ評価を行う。

既設ガスタービンの型式は旧式に属するもので、現在では、同機種も改良が加えられており部分的な交換をしても、修理、交換しなかった部分による不具合が生ずる事も予想される。

したがって、上記解決策（3）で述べたように、代替案との詳細比較検討が勧められる。

5.1.3 Termobarranca

既存発電設備の最重要問題点は、冷却水中の砂が機器を摩耗したり、機器内に滞留したりして、設備効率を低下させていることである。

冷却水はMagdalena川より取水し、川と循環水ポンプステーション間に沈砂池がなく河川から直接スクリーン、ポンプへと導かれている。

上記の問題解決には次のような対応策が考えられる。

(1)　タービン油冷却用及び発電機空気冷却用の冷却水系統を改善する。

(2)　復水器自動洗浄装置を設置する。

(3)　沈砂池を新設する。

その他共通課題として、Termopaipaと同様に空気式計装システムを電気式計装システムに変換する問題が提起されている。

当発電所に於ける修復或いは改善要望に対し、下記の解決策を提案する。

（修復又は改善項目）	（解　決　策）
① 冷却水システムの改善 タービン油冷却器及び発電機空気冷却器用	(1) 一次冷却水系統の復水器冷却水管より分岐した直後にダブルストレーナーを設置し、クローズドサイクルとする。
② 復水器自動洗浄装置の取付け	(1) 復水器水室の一部を改造し、自動切替弁を設置する。弁の開閉操作により復水器内の冷却水を逆流させて洗浄を行う。 (2) 冷却水取水口を改造し、沈砂池を設けることによってどの程度まで冷却水の濁度が改善されるか検討する。
③ 直流電流システムの改善	(1) システム全般と無停電電源の見直しを行い、ユニット又は、コモンシステムの比較検討を行なうと共に予備電源方式を決定し、早い時期に信頼性の高いシステムを確保する。。
④ 空気式計装を電気式計装に変換	(1) 制御システムが機能しない原因を既設制御システム納入メーカーと検討、究明し、修復する。 (2) 計装システムを空気式から電気式への変換には主に、信号発信器の取替え、空気配管系統の改造、制御用電源の追加、信号ケーブルの敷設、更にリレー盤、電源及び制御盤が追加新設となるので、空気配管系統の現状、制御用電源の取合、信号ケーブルの敷設スペース及びリレー盤、電源盤、制御盤の設置及び、搬入スペース等検討する。
⑤ イベントレコーダーの設置	(1) ICELグループ内の火力発電所を有する公営電力会社で記録すべき基本項目を設定し（データの共有化を計る）、最適な装置を購入する。
⑥ 河川の護岸工事	(1) 恒久的な護岸工事を行う。

5.2 修復対象システム及び機器に対する技術的検討

修復或いは改善対象項目に対する解決策に挙げたシステムの改善及び交換機器に関する概略検討結果を示すと次の通りである。。

5.2.1 Termopaipaに於ける修復計画

(1) ボイラー空気予熱器（＃1ユニット）の型式選定

1) 既設はチューブラー1体型であるが表5.2.1に示すように他型式と比較検討の結果回転型が適切と考えられる。

表5.2.1 空気予熱器の比較表

項目 ＼ 型式		チューブラー1体型	チューブラー分割型	回転型
1	熱効率	8	8	10
2	運転・保守の難易性	8	8	10
3	運転・保守の経済性	10	9	8
4	ガス／空気の圧力損失	7	7	10
5	設置スペース	7	5	10
6	既設構造物の改造費	10	3	10
7	据付工事の難易性	8	7	10
8	機器購入費	7	5	10
9	据付工事費	8	6	10
総合評価		73	58	88

評価順位は点数の高い順に、①回転型、②チューブラー1体型、③チューブラー分割型

2) 修復に関する問題点

既存空気予熱器はチューブラー1体型で鉄骨構造物で支持されている。既存空気予熱器の撤去及び新設予熱器の据付、組立て時には支持構造物の一部を取外す必要がある。

その場合鉄骨構造物の強度検討も必要である。

3) 空気予熱器の概略仕様

- 型式　　回転型
- ガス量　　入口214,000kg／hr、　出口235,000kg／hr
- ガス温度　　入口350℃、　出口150℃
- 空気量　　入口204,600kg／hr、　出口183,000kg／hr
- 空気温度　　入口 20℃、出口266℃
- 台数　　1基

(2) 電気集塵器の設置

1) #1ユニットには電気集塵器は設置されていないので、新規に設置することになる。

(i) 既設ボイラーと煙突間が非常に狭く、その周辺には、石炭コンベヤー、ボイラー給水処理装置等#1ユニット、#2ユニット及び#3ユニットの共通設備がある。

新たに集塵器を設置するには図5.2.1に示すように、既設煙突を撤去し、煙突を新設する等の大々的な改造工事が伴う。

(ii) 電気集塵器設置に伴い、押込通風機の押込圧力を増加する必要があるので、押込通風機を新しい仕様のものと交換する必要がある。

(iii) 空気予熱器交換及び電気集塵器設置に伴い、押込通風機～ボイラー～電気集塵器～煙突に接続するダクトを新設、取付る必要がある。

2) 電気集塵器の概略仕様

－ガス量	137,000 Nm^3／hr
－ガス温度	150℃
－粉塵濃度	入口／出口 26.5／0.35 g／m^3
－集塵効率	99.4％
－台数	1基

3) 押込通風機の概略仕様

	最大連続	定格
－風量	56,000Nm^3／hr	70,000Nm^3／hr
現地条件に於ける (27℃／555mmHg) 実風量	84,500m^3／hr	107,000m^3／hr
－押込圧	800mmAq	1,000mmAq
－台数	1 基	

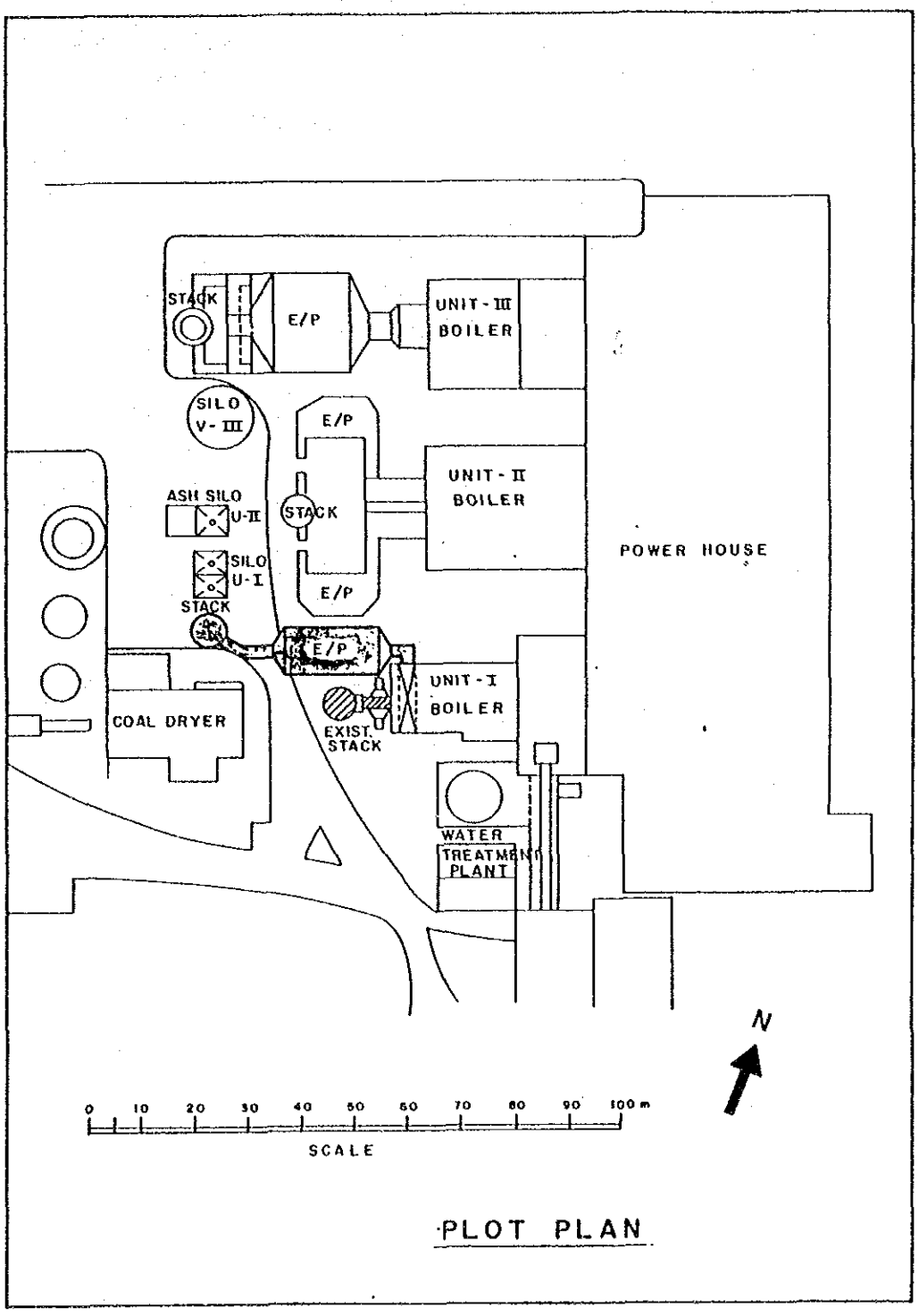


図5.2.1 全体配置図

(Termopaipa)

(3) 計装システムの変換計画（＃１ユニット及び＃２ユニット）

1) 既存空気式計装システムを電気式計装に変換する。（既存資料／仕様は入手されていない。）計装システム変換は5.1.1項で述べた如く、主に信号発信器の取替え、空気配管の改造、電源追加、盤類の追加設置、盤搬入スペース等を検討する。

既存計装品のメーカーは下記の通りである。

＃１ユニット：Bailey－France

＃２ユニット：タービン関係：山武ハネウェル－日本

ボイラー関係：Bailey－USA

2) ＃１ユニットに追加する主な計装項目と検討内容

(i) ボイラー関係

－点火及びバーナー制御

－燃焼装置の制御

－水位制御

－給水制御

－蒸気流量制御

－減温水制御

－炉内圧力検出

－燃焼送風圧力及び風量検出

－ボイラー保護

(ii) タービン関係

－監視装置

－振動計

－偏心計

－メタル温度計

－軸位置計

－軸受温度計

－手動、自動切替制御

(iii) 共通設備

－伝送器の交換

－制御用電源設置

－リレー及び制御盤設置

－既設空気配管の改造

3) ＃２ユニット用燃焼装置の交換

ボイラー燃焼自動制御装置が、運転開始当時から機能しないので、新しいものと交換する。

（既存資料／仕様は入手されていない。）

(4) ＃2ユニットのタービン出力増加に伴う改造計画案

既存発電機・ボイラー関係は、そのままの仕様として、タービン及び給水加熱器を交換することによりタービン出力を66MWから74MWに増加する案である。

本件に関しては、既存タービンメーカーが1987年9月にプロポーザルを提出している。

交換する主な機器の内訳は下記の通りである。

1) タービン本体関係

－タービンローター

－タービンブレード（第1段から第16段）

－ノズルとダイヤフラムの取替え（第1段から第16段）

－ガバナー及び主油ポンプ駆動用軸の延伸

交換部品の取付状況を図5.2.2及び5.2.3に示す。

2) 給水加熱器関係

－No1 低圧給水加熱器一式

－No2 低圧給水加熱器一式

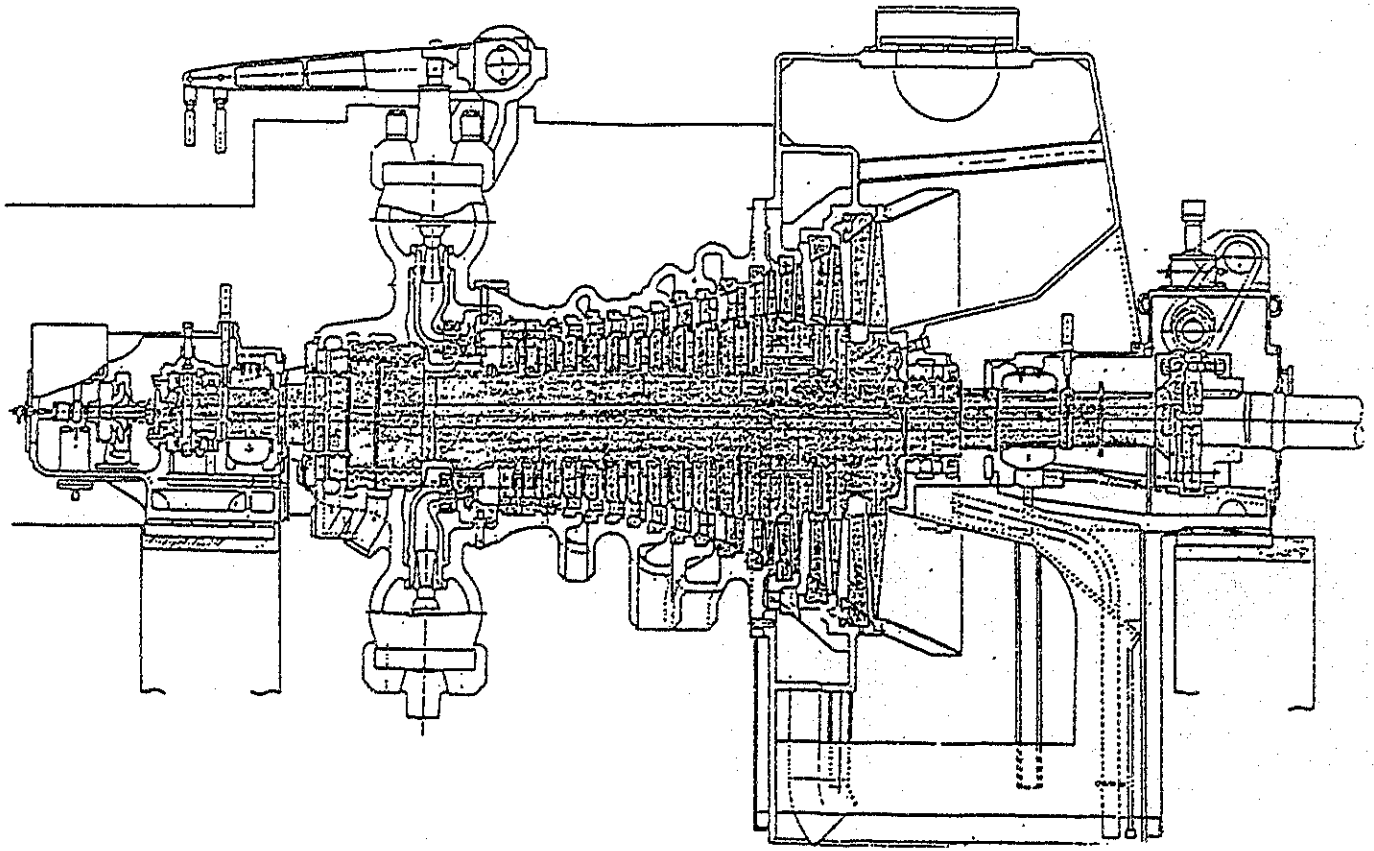
－No4 高圧給水加熱器一式

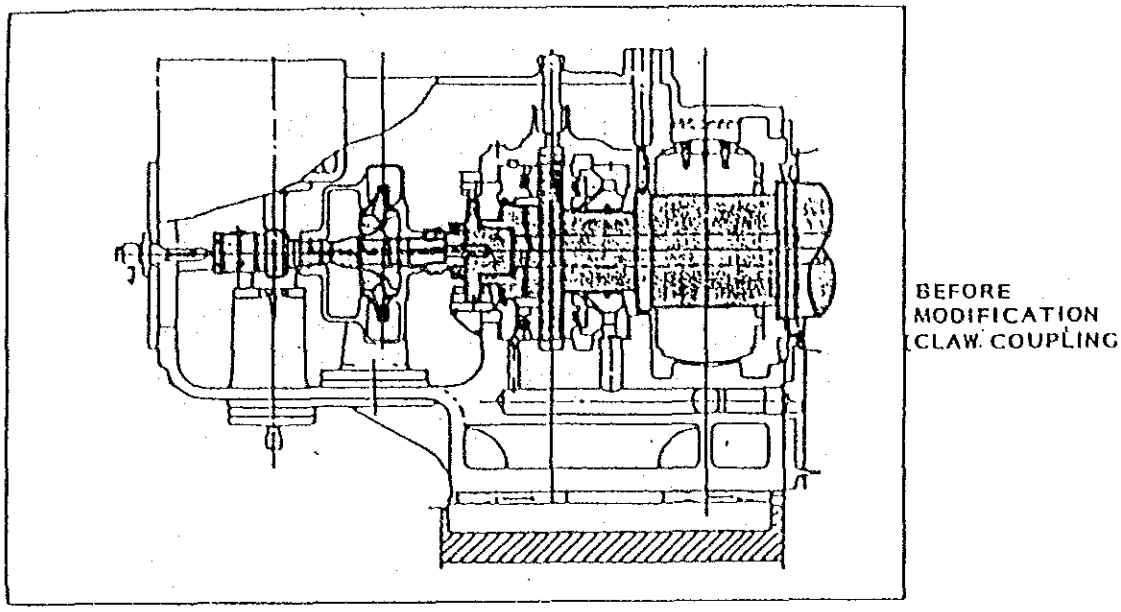
仕様については、図5.2.4（ヒートバランス）、及び表5.2.2（給水加熱器の比較表）に示す。

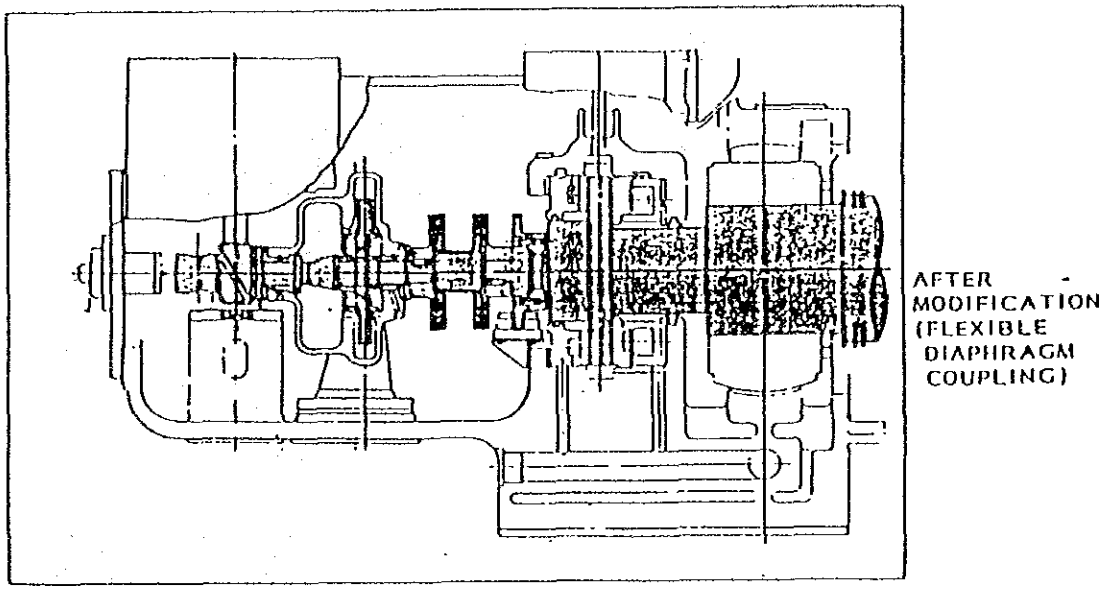
図5.2.2 タービン出力増加の交換範囲説明図

（ ▭ 部分を交換する）

（Termopaipa ＃２ユニット）



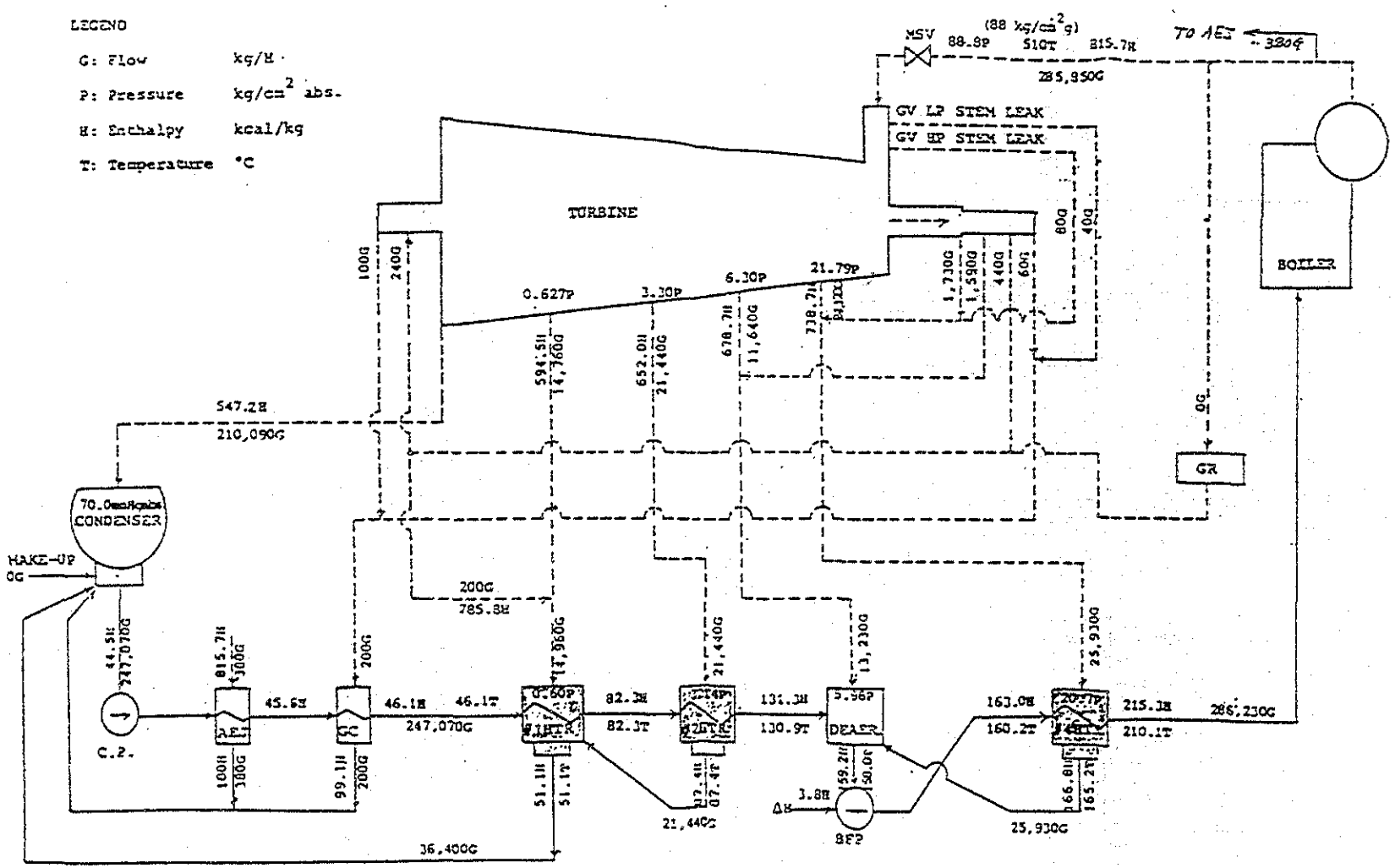




EXCHANGING PART

図5.2.3　軸延伸説明図

(Termopaipa # 2ユニット)



■ 着色部分は交換する給水加熱器を示す。

図5.2.4 ヒートバランス

(Termopaipa #2ユニット)

表5.2.2　給水加熱器の比較表

Comparison Table of Freedwater Heaters

HTR. NO.	Item	Unit	既存仕様 66,000kW	改造后仕様 74,000kW
LP No. 1 Heater	Heating surface area	m^2	240	281
	Number of tubes		U－230	U－265
	Shell I. D.	mm	750	800
	Cannel I. D.	mm	750	800
	Total length	mm	11,800	12,100
LP No. 2 Heater	Heating surface area	m^2	200	221
	Numbdr of tubes		U－230	U－265
	Shell I. D.	mm	750	800
	Cannel I. D.	mm	750	800
	Total length	mm	10,000	9,750
HP No. 4 Heater	Heating surface area	m^2	260	300
	Number of tubes		U－342	U－394
	Shell I. D.	mm	860	1,140
	Cannel I. D.	mm	750	1,030
	Total length	mm	8,920	9,020

(5) ＃3ユニットの灰移送方式の変更

ボイラーから排出されるクリンカー灰の移送方法を既存スラリー方式では、メンテナンスコストが高いのと、部品入手難を解消する為に、既存＃1及び＃2ユニットと同じ方式のベルトコンベヤー方式とする。コンベヤーの配置計画を図5.2.5、5.2.6及び5.2.7に示し、コンベヤーの概略仕様は下記の通りである。

コンベヤー概略仕様

－運搬容量　　5.5t／hr

－コンベヤー全長　　約100m

(6) 冷却塔を用いた冷却システム（クローズドサイクル方式）

既存灰捨場の容量不足を解決する為に、灰捨場の代替案として既存冷却池を新しい灰捨場とする。既存冷却池の代りに冷却塔を設置して、冷却水をクローズドサイクル方式とする。

冷却システム変更により、冷却塔の新設、冷却水取排水系統の変更が必要である。冷却水系統の改造案を図5.2.8、冷却塔の配置計画案を図5.2.9に示す。

冷却方式変更に伴う新設及び交換する機器の概略仕様は下記の通りである。

1) 冷却塔の仕様

－容量　　19,000t／hr

－冷却水温度　　入口38℃　出口30℃

－外気温度　　20～28℃

－台数　　2基

2) 循環水ポンプの概略仕様

冷却系統変更に伴い、既存循環水ポンプの揚程が不足するので、下記仕様のものと取替える必要がある。

	（容量）	×	（揚程）	×（台数）
＃1ユニット用	6,500m³／hr	×	32m	×2台
＃2ユニット用	12,200m³／hr	×	30m	×2台
＃3ユニット用	12,200m³／hr	×	30m	×2台

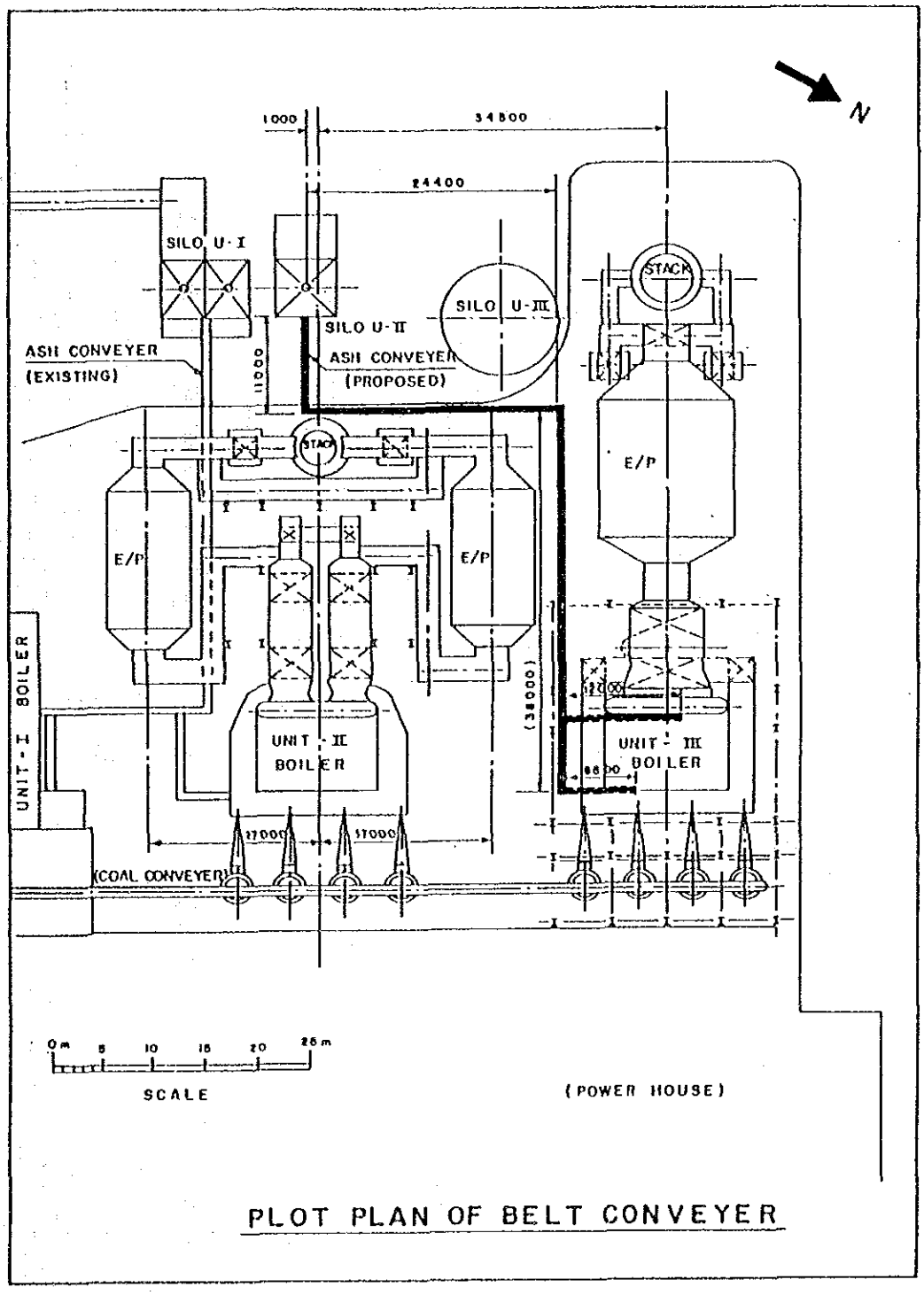


図5.2.5 コンベアー配置図（平面）

(Termopaipa # 3ユニット)

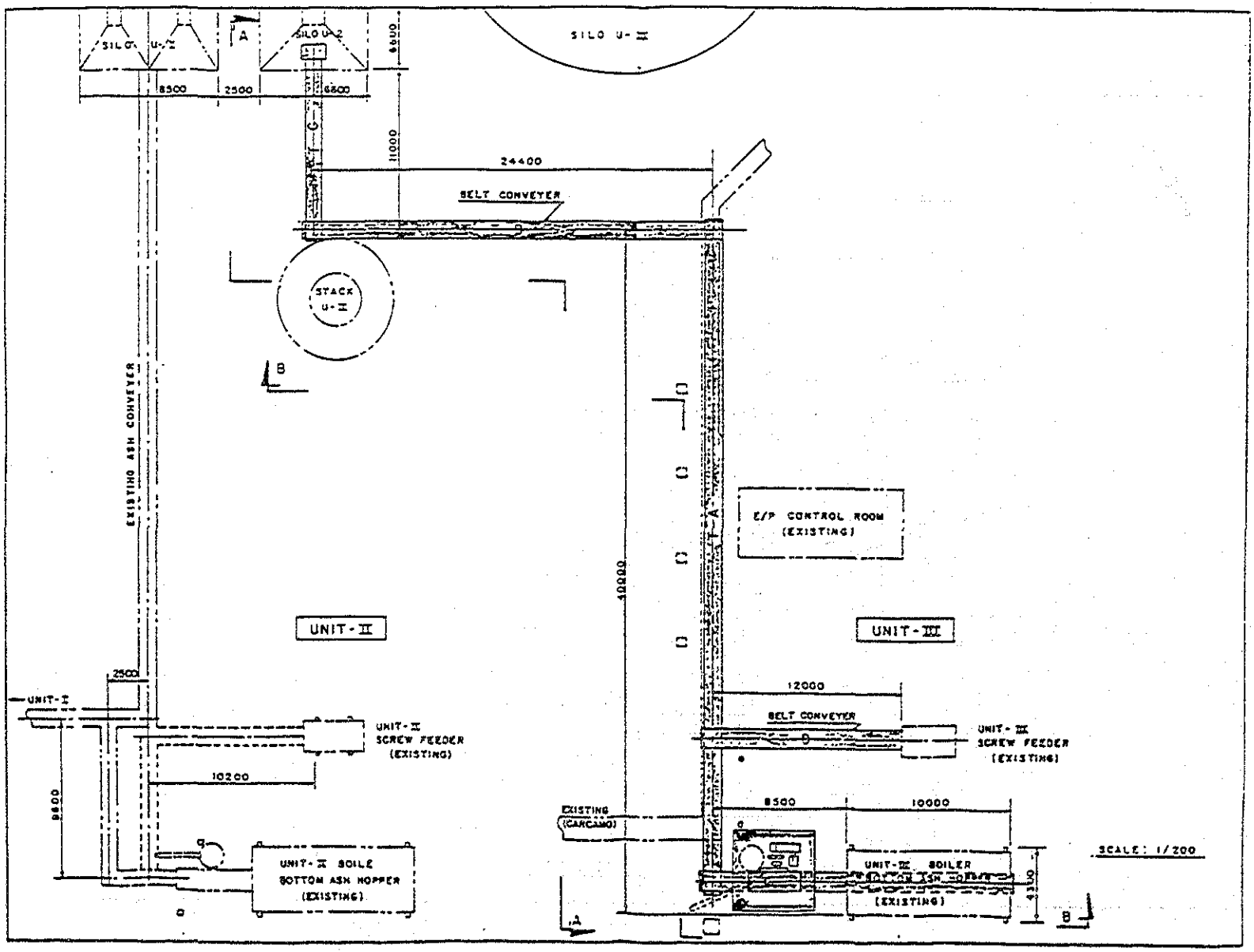


図5.2.6 コンベアー経路図（平面）

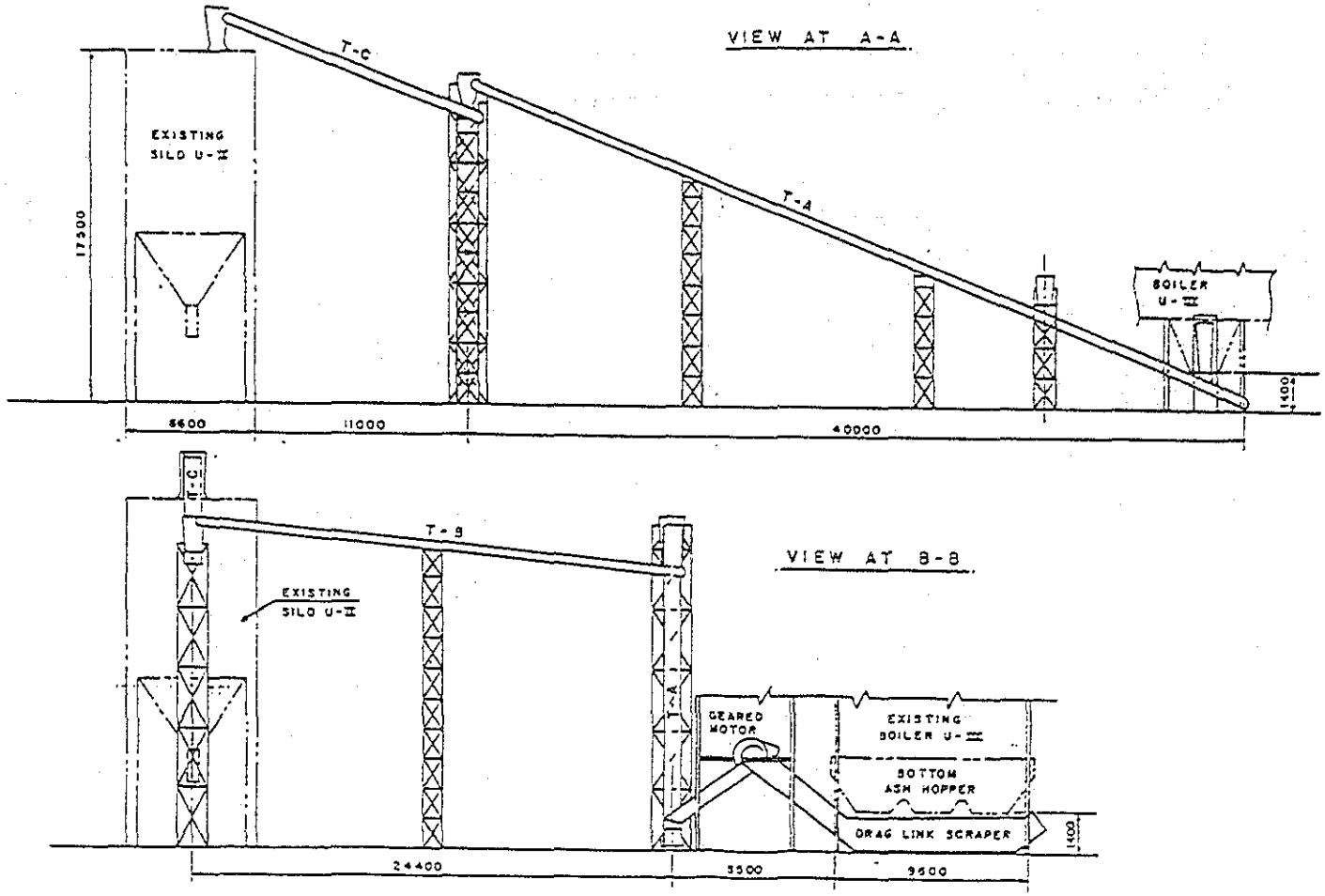


図5.2.7 コンベアー経路図（側面）

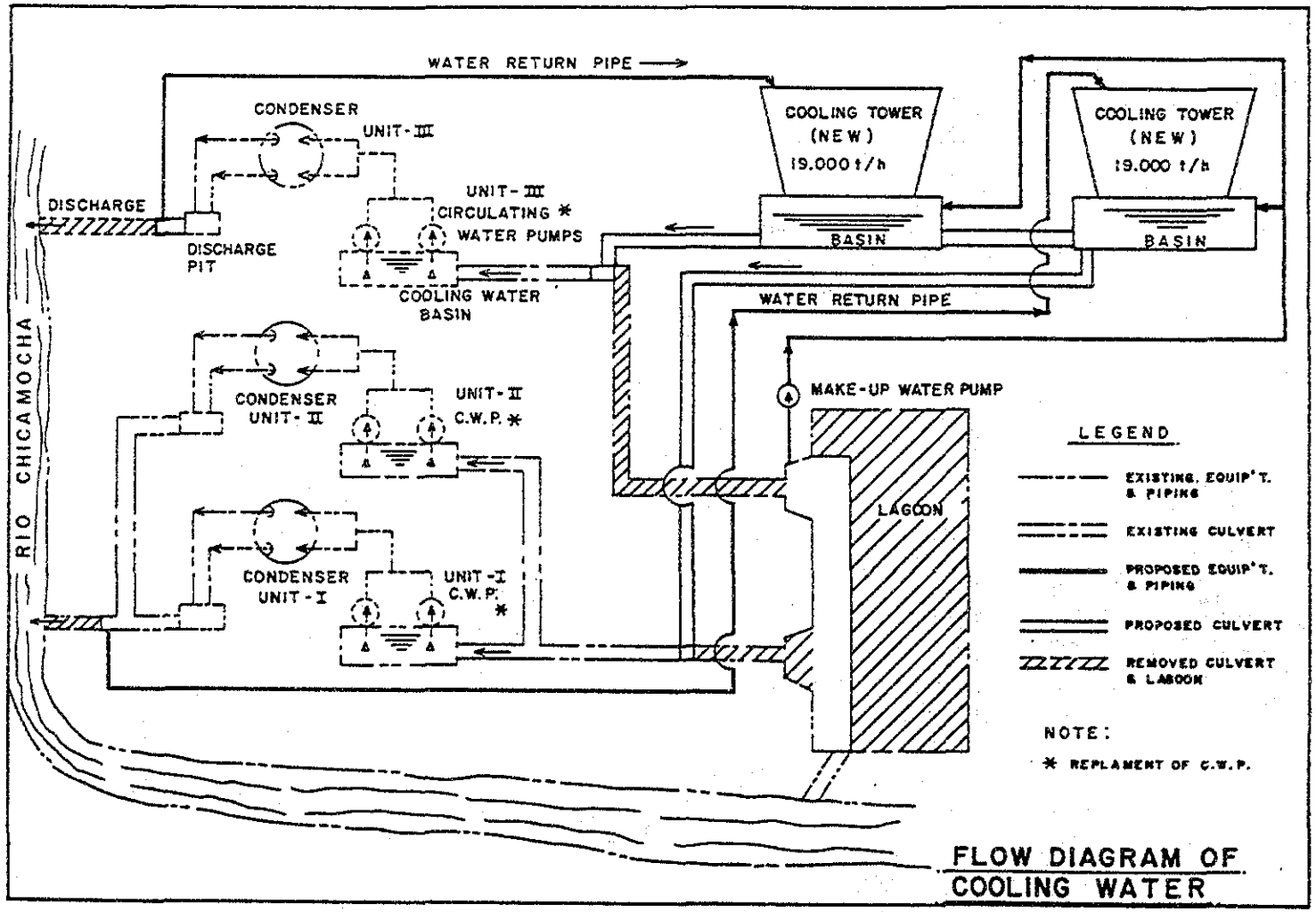


図5.2.8　冷却水系統図

(Termopaipa)

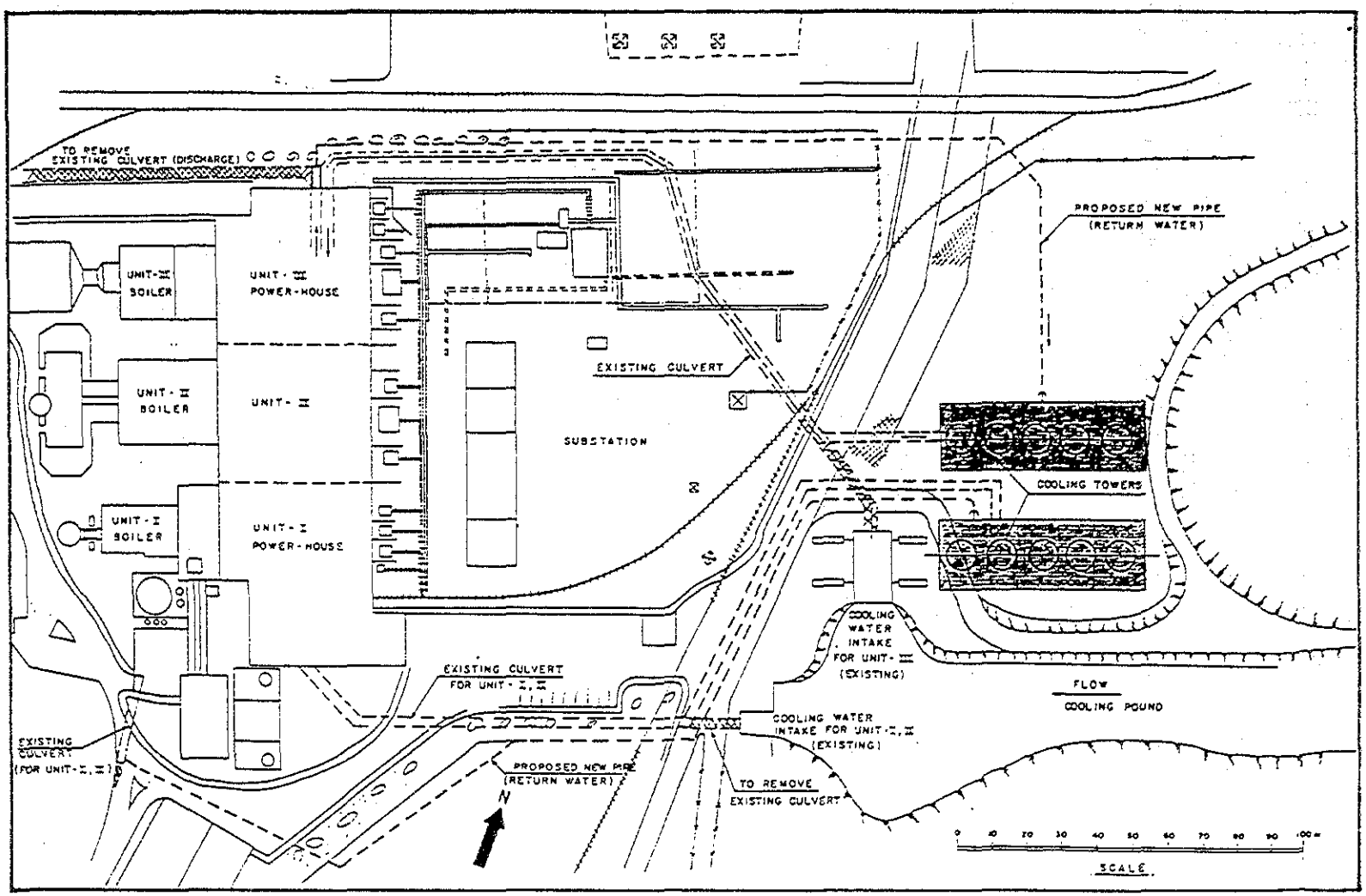


図5.2.9　冷却塔配置図

(Termopaipa)

(7) 石炭灰の有効利用による灰捨量の軽減策

Termopaipa発電所において1日当り約256トンの灰が排出されている。一方既に述べたように既存灰捨場の容量が残り少い為に、石炭灰の有効活用による灰捨量の軽減が模索されている。

火力発電所から排出する灰の利用法については、先進諸国の多くの例がある。しかしながら表5.2.3 (a) に示すようにその利用率は20～55％となっており、その大半は埋立に使われているのが実情である。参考までに石炭灰の利用例のいくつかを表5.2.3 (b) に紹介する。

表5.2.3　石炭灰の利用法

(a) 灰利用状況

	イギリス	フランス	西ドイツ	アメリカ	日本
年度	1977	1977	1976	1976	1983
全発生量	12.336kt	4, 828kt	4, 374kt	61, 900kt	3, 42.kt
利用灰量	5,070	2, 006	2, 413	12, 400	1, 255*1
(利用率)	41.1%	41.5%	55.1%	20.0%	35.8%
利用灰・用途(%)					
セメント混合	0.6	42.7	6.4	5.2	11.0
セメント原料		19.6			8.0
コンクリート用	2.5		12.9	7.3	.5
ブリック		0.3	9.7		
道路用	36.7	23.9	8.2	22.9	8.2
吹付用			11.1	9.8	
コンクリートブロック	11.8				
グラウト用	2.8				
充填用	8.1				
人工軽量骨材	6			1.6	
雪氷制御用				4.5	0.2
クリンカー販売	9.1				
その他	20.4	4.3	51.7	13.1	7.0
埋立		9.2			64.0
処分後利用				22.7	
施設への供与				12.1	
(計)	100%	100%	100%	100%	100%
特記	道路用が多い	セメントに積極利用。道路用にも規格化している。			*1 埋立分(2199)は含まず

(b) 石炭灰利用技術一覧

	利用面	対象灰	内容及び利用量タイプ	
1	セメント混和材	フライアッシュ	実用済　近くセメントJIS規格の変更予定	大量
	生コンクリート用	フライアッシュ	実用済	大量
2	セメント原料	原粉・クリンカアッシュ	粘土代用・実用済	大量
3	コンクリート骨材	粗粉・クリンカアッシュ	砂代用として実用済	大量
	セメント二次製品	フライアッシュ・粗粉	ボード・パネルなど	中
	路盤材	クリンカアッシュ・粗粉	開発中	中
4	人工軽量骨材	粗粉・原粉	技術には成功済	大量
	人工重量骨材	〃　〃	事業化の検討は今後	大量
5	魚礁	原粉	レジン・コンクリート方式を開発中	中
6	特殊肥料	原粉	グリーンアッシュとして実用済	小
	普通肥料	〃	けい酸カリ肥料	中
			(カリ塩を混ぜ熱処理して、<溶性珪酸カリ肥料とする。)	
			開発中	
7	高度利用(断熱材など)	フライアッシュ	実用済	小
8	アルミ原料		外国で研究中	
9	無セメント硬化物	クリンカアッシュ	研究中	
		フライアッシュ		
10	埋立・土地造成		実用済	大量
	農地造成			

5.2.2 Termopalenqueに於ける修復計画

稼働停止中の＃4ユニットガスタービン発電機の修復、改善に関して、ウェスティングハウス社は1983年に次のような修復プロポーザルを提出している。

(1) 納入機器類

1) ガスタービンパッケージ一式

2) 電気品として同期用伝送器、排気温度用変換器
起動用バッテリー、計装品（励磁装置用ダイオード、電磁弁等）

3) 特殊工具
据付保守用及び試験用道工具類

(2) 作業内容

1) 既設ガスタービンの分解、取外し作業と新しいガスタービンの据付指導

2) ガスタービンと発電機との組立作業の指導

3) 発電機や各種補機の点検、部品交換の要否の決定

(3) 指導員派遣期間

電気技師1名と機械技師1名を夫々12週間

(4) 除外項目

修復に必要な特殊工具以外の一般道工具、作業員
（機械工、溶接工、配管工、計装、制御、電気工、一般作業員etc）

既存ガスタービンの分解、点検及び必要部品の交換或いは修理については納入メーカーのブラックボックスに属するものであるので、修復調査は納入メーカーの立会、指導のもとにESSAが実施することが望ましい。

5.2.3 Termobarrancaに於ける修復計画

(1) 冷却水系統の改善

タービン油冷却用及び発電機空気冷却用冷却水系統を図5.2.10に示す如くクローズドサイクルに改造する。

新設機器の概略仕様

－冷却水ヘッドタンク　100m³×1基
（コンクリート製）

－ダブルストレーナー（10″）　1基

－冷却器（横型）　2基
一次冷却水温度（入口／出口）　35℃／40℃
二次冷却水温度（入口／出口）　30℃／25℃

－冷却水量（一次）　300m³／H

(2) 復水器自動洗浄装置の設置

既存復水器水室を改造し、図5.2.11に示す如く、水室仕切板に電動仕切弁を取付ける。復水器洗浄制御の概念図を図5.2.12に示す。

概略仕様は下記のとおりである。

－冷却水量：11,300m³／hr

－冷却水管サイズ：1,000 φ

－設計圧力：3kg／cm²

(3) 計装システムの変換

既存空気計装システムを電気計装に変換する。

（既存計測点リスト、計器リスト、制御系統図等の資料は入手されていない）

主な内容は下記の通りである。

－伝送器の交換

－空気配管の改造

－制御用電源設置

－リレー及び制御盤の設置

－ケーブルの敷設

(4) イベントレコーダーの設置

新設するイベントレコーダーの計測項目は下記が考えられる。。

（既設計装、制御関係資料は上記（3）同様入手されていない。）

1) ボイラー関係

－押込通風機全停

－ドラム水位異常高低

－燃焼不安定

2) タービン関係

－過速度

－スラスト軸受温度高

－軸受油圧低下

－振動異常

3) 発電機関係

－過電流

－振動異常

－界磁喪失

4) 変電関係

－過電流

－地絡事故

－周波数異常

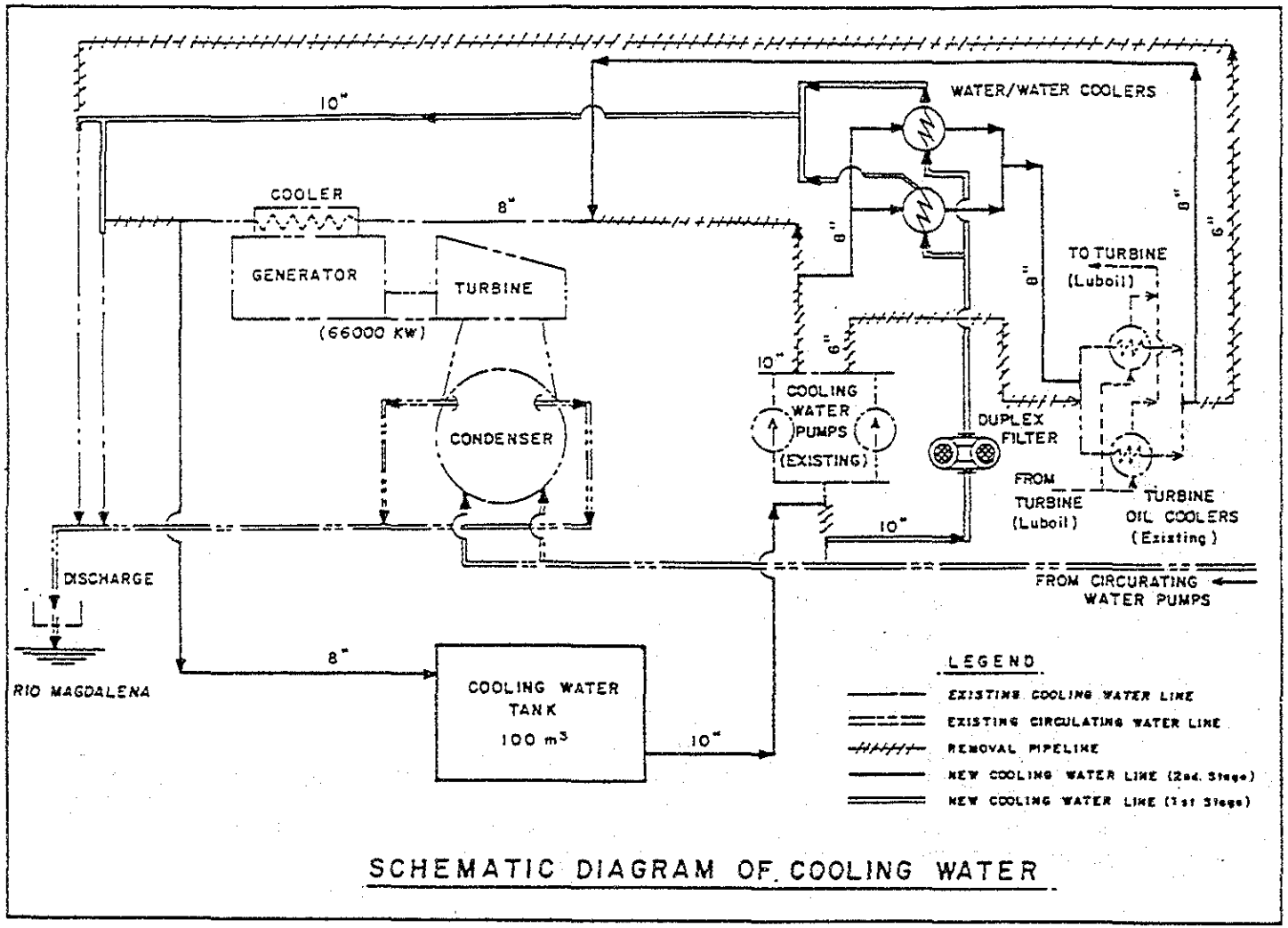
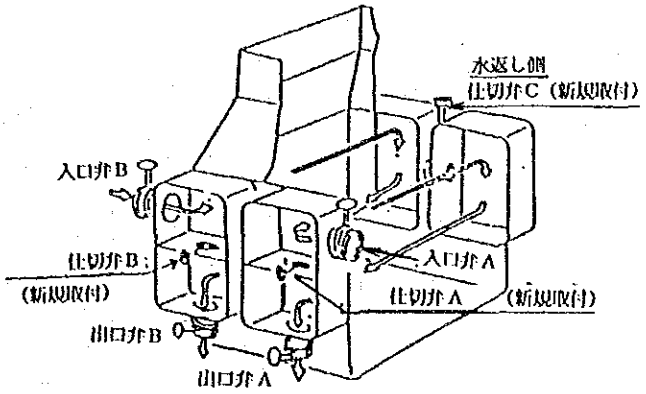


図5.2.10 冷却水系統図

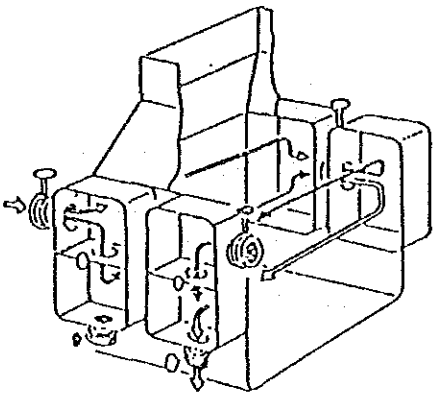
(Termobarranca #3ユニット)

図5.2.11 復水器逆洗弁図（内蔵形）

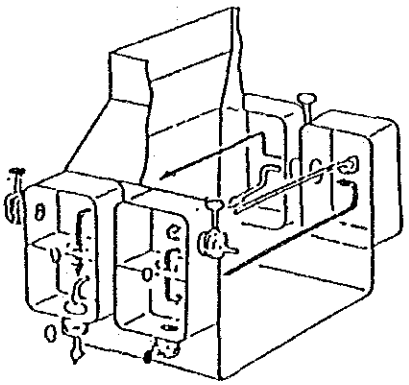
a） 正常運転



b） 逆洗（I）



c） 逆洗（II）



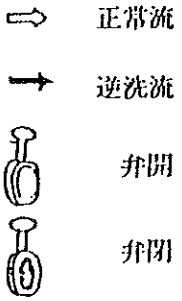
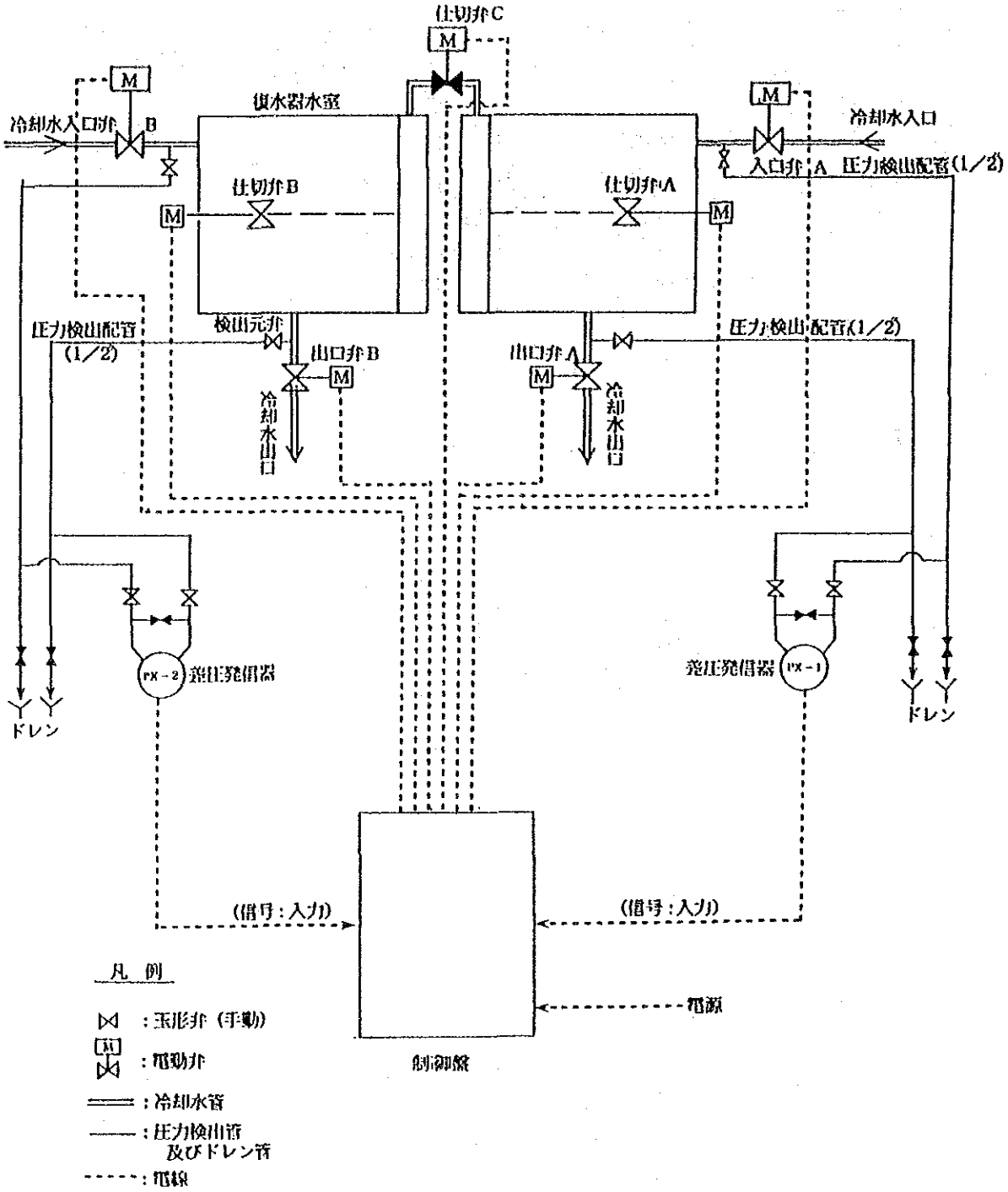


図 5.2.12　復水器洗浄制御系統概念図



5.3 概算修復費

各火力発電所別の概算修復及びkW当りの修復投資額を示すと次の通りである。ただし、Termobarrancaの護岸工事については、土木工事のため積算対象から除外した。

発電設備	概算修復費 (10^6US $)	既存設備容量 (MW)	既存設備容量当りの修復設備額 (US $／kW)
Termopaipa (＃1,2及び3)	18.352	170	108
Termopalenque (＃4)	4.6	15	307
Termobarranca (＃3)	3.072	66	46.5
計	26.023	251	103.7

各修復項目別の概算修復費の内訳を示すと表5.3.1の通りである。

表5.3.1 修復項目別の概算修復費

発電所	対象ユニット	ICELの修復要望事項	概算修復費内訳（単位10^3US $）				
			機器 (FOB)	輸送・保険	据付	土木	小計
Termo-paipa	1	ボイラー空気予熱器の取替	320	24	160	80	584
	1	電気集塵器の設置	2,240	56	400	400	3,096
	1＆2	空気式計装を電気式計装に変換	1,600	16	160	0	1,776
	2	タービン出力の増加	3,840	120	320	40	4,320
	3	灰処理方式の方式変換	400	16	40	40	496
	1,2＆3	冷却方式の転換	6,160	240	640	800	7,840
	1,2＆3	冷却池の水草除去	224	16	0	0	240
Termo-palenque	4	ガスタービンの部品交換による機能修復	4,000	160	400	40	4,600
Termo-barranca	3	冷却システムの改良	240	8	72	40	360
	3	復水器自動洗浄装置の取り付け	320	8	160	0	488
	3	直流電源供給システムの改善	240	8	72	0	320
	3	空気式計装を電気式計装に変換	640	16	160	0	816
	3	イベントレコーダーの設置	800	40	240	8	1,088
合計			21,024	728	2,824	1,448	26,024

5.4 評価分析

5.4.1 Termopaipaの修復項目に対する評価分析

(1) #1ユニットのボイラー空気予熱器の取替

本機器の取替によって次のような効果が期待できるが、#1ユニット（33MW）の供用年数が耐用年数の約2倍にあたる29年を経過していることを考えると修復費584×10³US $（設備容量当り17.7US $／kW）を投じて実施すべきかどうか疑念がある。

（修復効果）

－運転効率の向上による出力増加（約1％の330kW）

－運転維持管理要員の人件費の軽減効果

－燃料費の低減効果

(2) #1ユニットの電気集塵器の設置

環境問題の改善のために、法令によって#1ユニットには電気集塵器の設置が義務付けられている。電気集塵器の設置に伴ない熱効率が低下する（約1％程度）。既述のように、本機器の設置には、煙突を含めて、周辺レイアウトの大幅な改造を伴う。改造費を含めて設置費は約3.1×10⁶US $（設備容量当り93.8US $／kW）に達する。

残存寿命が短い#1ユニットの場合、将来の電力需要および環境問題等を考えると修復・改善よりも新鋭火力発電設備への代替を検討すべきではないかと思われる。

(3) 空気式計装の電気式計装への転換（#1及び#2ユニット）

発電設備の信頼性向上と予備品入手難の解決のために電気式計装への転換を計る。改造費は設備容量の1kW当り約18.4US $となるであろう。

(4) #2ユニットのタービン出力の増加（66MW→74MW）

タービン本体以外に給水加熱器等関連補機の改造を伴なうが、8,000kWの出力増加に対する概算改造費は約4.32×10⁶US $、増加出力1kW当りの改造費は540US $と見積られる。

既に発電機の設備出力は74MWで設置してあるので実現性の高い改造である。

(5) #3ユニットの灰処理装置の方式変換

現在の灰処理装置は管路による圧送方式のため維持費が高くつき、既にベルトコンベヤー方式への変換が検討されている。したがって、ベルトコンベヤー方式に変換した場合の概算改造費（約496×10³US $）を計上してあるが、設備容量（74MW）当り6.7US $／kWの修復費がかかる。

(6) 灰捨場の容量確保

既存の灰捨場の容量は約2年間で満杯になると懸念されており緊急な対策を講ずべき問題である。石炭灰の有効利用による処理量の軽減対策も別途勘案すべきと考えるが、まず十分な灰捨容量の確保が先決である。

#1～#3ユニットの冷却水システムは冷却塔を用いたクローズド・サイクルに変換し、既存の冷却池を灰捨場に転用する方法が実現性の高い解決策と考える。クローズド・サイクルの冷却システムに転換するために要する概算設備費は約7.84×10⁶US $

では、現有出力170MWに対してkW当りの投資額は約46.4US $と予想される。

ただし、上記概算設備費には、既存冷却池内を流下するChicamocha川の河川修復費は含んでいない。

(7) 既存冷却池の水草除去

既に応急的に人力による除去作業が実施されている。除去作業費は約0.07US $／$m^2$であり船型水草刈取機の購入費は0.41US $／$m^2$である。

(6)に述べたように、冷却システムを冷却塔を用いたクローズドサイクル方式に変換し既存の冷却池を灰捨場に転用することになれば本問題は自づと解決する。

尚、第二次現地踏査時（1988年2月26日）、発電所に於いて、既に船型水草刈取機を購入手配済みとの説明あり、従って、本件は解決済みである。

5.4.2 Termopalenque 4号機の修復評価

(1) kW当りの修復コスト

現在停止中の＃4ユニットのガスタービンの部品交換による機能修復費は概算で4.60×10^6US $でありkW当り307US $に相当する。

一般に出力15,000kWのガスタービン発電機本体の新設コストは約336US $／kWと見積られるので、修復した場合と大差ないので、修復により定格出力の長期保証が得られなければ修復効果は期待できない。

(2) 発電原価

火力の発電原価は次式で略算される。

$$I = \frac{C\gamma}{8{,}760L} + \frac{0.86f}{d\eta} \qquad \text{式5.1}$$

ただし　I＝発電原価（US $／kWh）

C＝建設単価（US $／kW）

f＝燃料単価（US $／$10^3$kcal）

d＝熱効率低減係数

η＝設計熱効率（%）

γ＝年経費率（%）

L＝設備利用率（%）

表5.4.1 設備利用率と運転効率の関係

設備利用率（%）	100	90	80	70	60	50	40	30
熱効率低減係数	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92

当発電設備の場合各値を下記として式5・4より発電原価を概算すると次の通りである。

C = 304US $／kW

f = 0.0016US $／$10^3$ kcal （101Col $／M.BTU = 0.4Col $／$10^3$ kcal）

d = 0.92（表5.4.1より）

η = 36％

γ = 17％（火力発電所の場合一般には15～19％である。従って平均値の17％を採用する。）

L = 30 （年間発生電力量は39,000MWhの実績を示しており設備利用率は30％である）

$$I = \frac{304 \times 0.17}{8{,}760 \times 0.3} + \frac{0.86 \times 0.0016}{0.92 \times 0.36}$$

$$= \frac{51.68}{2{,}628} + \frac{0.0013}{0.004}$$

$$= 0.02 + 0.004$$

$$= 0.024$$

故に発電原価は約0.024US $／kWhとなる。

尚本地点は電力需給上から重要であると考えられるので送電損失等系統全体の運用を考慮して修復を検討する必要がある。

5.4.3 Termobarranca #3ユニットの修復項目に対する評価分析

(1) 冷却水システムの改良

タービン油冷却器及び発電機空気冷却器用のシステムをクローズド・サイクルに改良する案は、既にESSAにおいて検討が終っている。

ESSA側の改良案にしたがって改良費を概算すると約360 × 10^3US $と見積られる。既存設備容量66MWに対して1kW当り約5.44US $、現有出力40MWに対して1kW当り8.56US $程度の改良費となる。

(2) 復水器自動洗浄装置の設置

河川水の濁度が高く冷却水系統の損耗が著しいための対策として復水器自動洗浄装

置が望まれている。本装置の設置により次のような効果が期待できる。

(設置効果)

－運転効率向上による出力増加（330～660kW程度）

－燃料費の低減効果

－運転・維持・管理費の軽減効果

設置費は、概算で488×10^3US＄で既存設備容量に対して1kW当り約7.36US＄の設備投資である。

(3) 直流電源システムの改善

本システムの改善によって発電機遮断器が円滑に作動するようになれば維持、修繕費の低減が期待できる。改善費は概算320×10^3US＄、既存設備容量1kW当り約4.88US＄負担である。

(4) 空気式計装を電気式計装へ転換

運転・維持・管理の信頼性向上のため電気式計装への転換を計ることが望ましいし、予備品入手難の解決にもつながる。改造費は概算で816×10^3US＄、既存設備容量に対し1kW当り約12.8US＄である。

(5) イベントレコーダーの設置

イベントレコーダーの設置により事故原因の解析が容易になり運転・維持・管理の信頼性の向上に寄与することになる。そのための設置費用としては概算で1,088×10^3US＄、既存設備容量（66MW）および現有出力（40MW）に対し1kW当りそれぞれ16.48US＄、27.2US＄の設備投資負担を生じる。

5.5 プライオリテイ評価

5.5.1 修復・改善要望項目の優先順位の評価

既に各火力発電所において、調査、検討が進められている修復・改善対象項目は、プライオリテイーの評価対象から除外される。即ち次の3項目である。

- Termopaipa ＃3ユニットの灰処理装置の方式転換
- Termopaipaの既存冷却池の水草除去問題
- Termobarranca ＃3ユニットの冷却水系統の改善

Termopaipaの＃1ユニットは、1958年の設置後29年を経過しており、機器・設備ともに老朽化が進んでおり、又現在の環境規制に適合しない致命的な短所をもっているので、修復或いは改善に費用が嵩む次の項目もプライオリテイーの評価対象から除外できる。

- Termopaipaの＃1ユニットのボイラー空気予熱器の取替

発電設備の修復・改善に直接関係のないTermobarrancaの河川護岸工事も同様に除外できる。

残りの修復・改善対象項目について優先順位の評定項目を次のように設定し、3点評価法を用いて評定を行なった結果を示すと表5.5.1のようになる。

(1) 出力増加への貢献度
(2) 運転・維持・管理の改善性
(3) 修復の緊急性
(4) 修復の難易度

表5.5.1 優先順位の評定

発電所名	対象ユニット及び設備容量(MW)( )は設置年	修復又は改善項目	評価対象項目別評定				
			出力増加への貢献度	運転・維持・管理の改善性	修復の緊急性	修復の難易度	評定点の合計
Termo－paipa	#2 66MW (1974)	空気式計装を電気式計装に転換	1	2	2	1	6
		タービン出力の増加 (66→74MW)	3	1	3	3	10
	#1、#2、#3	石炭灰捨場の容量確保	2	2	3	1	8
Termo－palenque	#4 15MW (1972)	ガスタービンの部品交換による機能修復	3	1	3	1	8
Termo－barranca	#3 74MW (1978)	復水器自動洗浄装置の取付	2	3	2	2	9
		直流電源供給システムの改善	1	2	2	2	7
		空気式計装を電気式計装に転換	1	2	2	1	6
		インベントレコーダー設置	1	2	2	1	6

評定点の高い上位５項目を挙げると次の通りである。

- Termopaipa　　#２ユニットのタービン出力増加
- Termopaipa　　石炭灰捨場の容量確保
- Termopalenque　　#４ユニットガスタービンの部品交換による機能修復
- Termobarranca　　#３ユニットの復水器自動洗浄装置の取付
- Termobarranc　　直流電源供給システムの改善

5.5.2 解決策に対する技術的対応

修復・改善要望項目の解決策に対する技術水準を考慮した場合、次のような分類が可能である。

技術水準－Ⓐ：プレF／S段階で技術的に解決された調査項目

技術水準－Ⓑ：プレF／S段階では全てを解決できないがプレF／Sの助言にもとづいてICELグループで対応可能な調査項目

技術水準－Ⓒ：プレF／Sに引続いて更に詳細な技術的検討を必要とする調査項目

これ等の分類別に修復・改善要請項目を整理すると表5.5.2のように示すことができる。

表5.5.2 解決策に対する技術的対応

発電所名	対象ユニット	修復要望事項	技術的対応		
			Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ
Termopaipa	#1	①ボイラー空気予熱器の取替え	○		
〃	#1	②電気集塵器の設置	○		
〃	#1,#2	③空気式計装を電気式計装に変換		○	
〃	#2	④タービン出力の増加		○	
〃	#3	⑤灰処理装置の方式変換	○		
〃	#1,#2,#3	⑥冷却装置の転換			○
〃	〃	⑦冷却池の水草除去	○		
Termopalenque	#4	①ガスタービンの部品交換による機能修復		○	
Termobarranca	#3	①冷却システムの改良	○		
〃	〃	②復水器自動洗浄装置の取付	○		
〃	〃	③直流電源供給システムの改良	○		
〃	〃	④空気式計装を電気式計装に変換		○	
〃	〃	⑤イベントレコーダー設置	○		
〃	〃	⑥河川の護岸工事		○	

5.5.3 発電設備別プライオリティ評価

以上述べた検討結果にもとづいて、F／S候補発電設備のプライオリテイーを総合的に評価すると次のような順位付けとなる。

第1位 Termopaipa（ただし、＃1ユニットを除く）

第2位 Termopalenque

第3位 Termobarranca

ただしF／Sステージにおける修復計画策定にあたっての技術的な対応はJICA F／S調査団の指導・助言のもとにICEL側で実施されるものとする。

第 6 章　水力発電設備の修復計画

第6章　水力発電設備の修復計画

6.1 調査対象地点の分類選別

62の調査対象地点は4.3.2で述べた如く、貯水池式又は調整池式の発電所5地点と流れ込み式発電所の57地点に分類することができる。

ICELが用意したアンケート調査報告書にもとづいて実施した現地踏査の結果からこれ等の調査対象地点を選別する場合、修復計画に対して次のような分類が考えられる。

グループ Ⅰ：流れ込み式発電所（57地点）

(a)　現状維持の地点

(b)　定格出力まで回復する地点

(c)　定格出力以上に修復が期待される地点

(d)　既に増設が準備されている地点

(e)　計画変更によって増設が期待される地点

グループ Ⅱ：貯水池又は調整池式発電所（5地点）

(a)　現状維持の地点

(b)　既に増設が準備されている地点

(c)　増設による出力増が期待される地点

6.1.1 修復計画の対象から除外される地点

次に挙げる理由により修復計画の対象から除外することが許容される地点は、表6.1.1に挙げる計38地点である。

R－1)　既に修復工事が実施されている地点

R－2)　公営電力会社自身が修復を断念した地点

R－3)　ICELグループに水利権がないために修復が困難な地点

R－4)　修復の対象が放流河川改修の地点

R－5)　既に修復或いは増設計画のF／Sが実施されている地点

R－6)　既存発電設備の運転状況が非常に良好な地点

R－7)　公営電力会社内の優先順位が低い地点

R－8)　現地踏査の結果明らかに修復の必要性が認められない地点

表6.1.1 現状維持の地点と除外要因

コード番号	県名	電力会社名	発電所名	運転状況	除外要因							
					R－1	R－2	R－3	R－4	R－5	R－6	R－7	R－8
202	Antioquia	EADE	La Rebusca	O							×	－
203	〃	〃	La Calera	O							×	－
206	〃	〃	Sonson	O					×	×	－	－
207	〃	〃	Tamesis	O						×	－	－
208	〃	E.P. de Urrao	Urrao	S	×	－	－	－	－	－	×	－
209	〃	E.P. de Abejorral	Abejorral	O							×	－
214	Caldas	CHEC	Guacaica	S	×	－	－	－	－	－	－	－
215	〃	E.P. de Salamina	Salamina	O							×	－
216	〃	E.P. de Anserma	Anserma	S		×	－	－	－	－	×	－
217	Risaralda	EPP	Belmonte	O						×	－	－
218	〃	〃	Dosquebradas	O						×	－	－
220	Quindio	E.P. de Armenia	El Bosque	S					×	－	－	－
224	Cauca	CEDELCA	Sajandi	O						×	×	－
225	〃	〃	El Palo	O						×	－	－
226	〃	〃	Mondomo	O						×	×	－
229	〃	〃	Asnazu	O							×	－
230	〃	〃	Inza	S	×	－	－	－	－	－	－	－
231	〃	〃	Toribio	O							×	－
234	Cundinamarca	ECSA	La Salada	S								×
235	〃	〃	Rio Negro	O				×	－	－	－	－
236	〃	E.P.de Choachi	Choachi	O								×
239	Huila	E. Huila	La Pita	O						×	－	－
240	〃	〃	Fortalecillas	S			×	－	－	－	－	－
243	Meta	E.P. del Calvario	El Calvario	O						×	－	－
244	〃	E.P.de San Juanito	San Juanito	O						×	－	－
245	Nariño	CEDENAR	Rio Mayo－II	O						×	－	－
246	〃	〃	Rio Bobo	S	×	－	－	－	－	－	－	－
247	〃	〃	Rio Sapuyes	O							×	－
249	Putumayo	E.P.de Mocoa	Mulato	S			×	－	－	－	－	－
250	Santander	ESSA	Palmas	O					×	－	－	－
252	〃	〃	Cascada	O					×	－	－	－
253	〃	〃	Comoda	S					×	－	－	－
254	〃	〃	Servita	O							×	－
255	〃	〃	Calichal	O							×	－
257	Tolima	E.Tolima	Rio Recio	O			×	－	－	－	×	－
259	〃	〃	Pastales	S	×	－	－	－	－	－	－	－
260	〃	〃	Rio Prado	O						×	－	－
262	〃	〃	Ventanas	O			×	－	－	－	×	－

R－1～R－8は前項の要因を示す。
運転状況のOは運転中、Sは停止中。

(1) 運転状況が非常に良好な地点

表6.1.1のR－6の運転状況の判別には次の2点を考慮してある。

① 水路工作物が堅牢で維持管理状況が良好なこと

② 発電設備の維持管理状況が良好で定格出力に対して75％以上の現有出力を有していること

表.6.1.1に挙げたR－6地点の運転状況を表6.1.2に示す。

表6.1.2 運転状況が良好な調査対象地点

コード番号	発電所名	県名	定格出力 P_1 (kW)	現有出力 P_e (kW)	P_e/P_1 (%)
206	Sonson	Antioquia	3,600	3,600	100
207	Tamesis	〃	1,508	1,160	77
217	Belmonte	Risaralda	3,760	3,300	88
218	Dos Quebradas	〃	8,500	8,200	96
224	Sajandi	Cauca	2,480	1,640	66
225	El Palo	〃	1,440	1,280	89
226	Mondomo	〃	600	470	78
239	La Pita	Huila	1,420	1,060	75
243	El Calvario	Meta	20	16	80
244	San Juanito	〃	20	20	100
245	Río Mayo－II	Narino	21,000	20,000	95
260	Río Prado	Tolima	51,000	51,000	100

(2) 既にF／Sが実施されている地点

R－8に挙げた5地点については次の様な調査報告書が提出されている。

コード番号	発電所名	県名	調査報告書名	提出者名	提出時期
206	Sonson	Antioquia	Plan Global de Electrificacion Rural	Mejia Villegas S.A	1987－3
220	El Bosque	Quindio	Estudio para la Rehabilitacion de la Central Hidroelectrica el Basque	Univercidad Nacional De Colombia Seccional Manisalez	1988－2
250	Palmas	Santander	未確認	Colconsult Ltda. (Bogota)	1981
252	Cascada	〃	Optimizacion Centrales La Cascada y La Comoda	Consultores Regionales Asociados Ltda.	1980－7
253	Comoda				

6.1.2 周辺に流量観測所がない地点

4.3.2でも述べたように表4.3.7に挙げられた調査対象地点の附近には流量観測所がなく、修復計画に必要な流量資料が入手されていない。

Antioquia県のAbejorral発電所の場合は、放水口のすぐ下流に民間セメント会社（Cemento el Cairo S.A）の自家発電所があるので、当該発電所の取水量がわかれば参考になる。

6.1.3 既に増設が予定されている地点

Antioquia県（EADE）のSonson及びCauca県（CEDELCA）のInza両発電所は将来の増設を考慮した設計が為されている。

1) Sonson（定格出力3,600kW、増設計画出力3,600＋4,000kW）

調整池式発電所で、取水口から調圧水槽までの水路工作物は、将来1基分の増設を見込んで建設されている。水圧管路と発電設備を追加するだけで増設可能の状況にある。本地点には更に3基目の増設を考慮して、調圧水槽にもう1本の水圧鉄管用分岐管を設置してあるが、バルブ室の屋外であり、発電建屋にもスペースがない。

増設が実現しない理由の一つに、渇水期における水不足が挙げられている。

2) INZA（定格出力360kW、増設計画出力360kW）

流れ込み式発電所で取水口から水槽までの水路工作物は増設を見込んで建設されている。発電建屋のスペースも予定してあるので水圧管路と発電設備を追加し、放流口を設ければ増設可能である。しかし、河川の流量は豊富であり増設するならば、360kWの増設では無く、大幅な出力増を期待すべきではないかと思われる。

6.1.4 定格出力まで修復する地点

修復の目的はまず運転停止中あるいは現有出力が定格出力より大幅に低下している発電所について、その要因を分析して定格出力までの回復を計ることである。

以上述べたような分類の過程を経て、定格出力まで修復する対象発電設備として表6.1.3に挙げる24地点を選別することができる。

表6.1.3 定格出力まで修復する地点

コード番号	発電所名	県名	運転状況		P_e/P_1 (%)	河川名
			定格出力 P_1 (kW)	現有出力 P_e (kW)		
201	Caracoli	Antioquia	3,200	2,300	72	Nus
204	Rio Abajo	〃	1,000	600	60	Negro
205	Piedras	〃	458	250	53	Piedras
210	P.Guillermo	Boyaca	1,280	0	0	Suarez
211	San Cancio	Caldas	2,320	1,750	75	Chinchina
212	Intermedia	〃	1,120	900	80	〃
213	Municipal	〃	2,112	1,400	66	〃
219	Santa Rosa	Risaralda	450	139	31	San Eugenio
221	Bayona	Quindio	1,008	159	16	Quindio
222	Campestre	〃	1,120	62	6	〃
223	La Union	〃	1,000	0	0	〃
227	Silvia	Cauca	604	100	17	Piendamo
228	Ovejas	〃	900	650	72	Ovejas
232	Florida − I	〃	2,300	0	0	Cauca
233	La Vuelta	Choco	2,000	500	25	Andagueda
237	Apulo	Cundinamarca	3,000	0	0	Bogota
238	La Viciosa	Huila	225	0	0	Q.Viciosa
241	Rio Iquira − I	〃	4,320	2,230	52	Iquira
242	Rio Iquira − II	〃	2,400	700	29	〃
248	Julio Bravo	Nariño	1,500	0	0	Pasto
251	Zaragoza	Santander	1,560	800	51	Surata
256	Guali	Tolima	1,048	0	0	Guali
258	Mirolindo	〃	3,600	1,000	28	Combeima
261	Lagunilla	〃	452	0	0	Lagunilla

表6.1.3に挙げた修復計画の対象のうち出力回復率（回復出力／定格出力）の高い地点を拾うと次の通りである。

表6.1.4　定格出力までの出力回復率の高い地点

コード番号	発電所名	県　名	回復出力 (kW)	回復率 (%)
210	P.Guillermo	Boyaca	1,000	86
219	Santa Rosa	Risaralda	371	82
222	Campestre	Quindio	938	84
223	La Union	Quindio	840	84
228	Ovejas	Cauca	650	72
232	Florida－I	〃	2,400	104
233	La Vuelta	Choco	1,500	75
237	Apulo	Cundinamarca	2,700	90
238	La Visiosa	Huila	170	76
248	Julio Bravo	Narino	1,800	120
256	Guali	Tolima	1,300	124
261	Lagunilla	〃	470	104

6.1.5 定格出力以上に修復が期待される地点

既存設備の修復を計る場合、次のような条件が満たされれば同じ修復をやるにしても定格出力以上の出力増加が期待できる。

① 河川流況から判断して、現在の計画使用水量の増加が考えられる地点

② 導水路の延長が短かく、僅かの改造費で使用水量及び有効落差の増加が計れる地点

③ 理論出力に較べて発電設備容量が過小な地点

表6.1.3に挙げた定格出力まで修復する地点の中から、定格出力以上に出力増加が期待できる候補地点を選別すると次の通りである。

表6.1.5　定格出力以上の修復が期待出来る地点

コード番号	発電所名	県　名	定格出力 (kW)	増加後出力 (kW)	増加率
212	Intermedia	Caldas	1,120	2,500	2.2
213	Municipal	〃	2,112	3,500	1.7
227	Silvia	Cauca	604	1,700	2.8
233	La Vuelta	Choco	2,000	7,500	3.8
248	Julio Bravo	Nariño	1,500	2,300	1.5
251	Zaragoza	Santander	1,560	3,500	2.2
256	Guali	Tolima	1,048	4,300	4.1
261	Lagunilla	〃	452	4,300	9.5

6.1.6 計画変更によって増設が期待される地点

調査対象地点の中には修復計画の対象からは除外した地点の中から流量資料の整備、解析ならびに落差条件の有効活用を図れば、既設水路のルート変更によって表6.1.6に挙げるような大幅な出力増加が期待できる地点がある。

流量、地形および地質等の基礎資料を整備・分析した上で、その実現性を確認する必要があるが、現地踏査の所見にもとづいて概算推定出力を試算すると次のようになる。

表6.1.6 計画変更によって出力増加が期待される地点

コード番号	発電所名	県　別	着 眼 点	現設備容量 (kW)	推定出力 (kW)
207	Tamesis	Antioquia	落差条件の有効活用と使用水量の増加	1,508	6,000
230	Inza	Cauca	使用水量の増加	360	16,000
246	Rio Bobo	Nariño	既存上流貯水池の利用と落差条件の有効活用	4,368	15,000

6.1.7 調査対象地点のグループ別分類

62の調査対象地点を以上述べた分類方法にしたがって選別すると次のようになる。ただし重複累計のため合計数は、調査対象地点より多くなっている。

グループ Ⅰ：流れ込み式発電所 …… 57

(a) 現状維持の地点 …… 33

(b) 定格出力まで回復する地点 …… 22

(c) 定格出力以上に修復が期待される地点 …… 8

(d) 既に増設が準備されている地点 …… 1

(e) 計画変更によって出力増加が期待される地点 …… 3

グループ Ⅱ：貯水池式又は調整池式発電所 …… 5

(a) 現状維持の地点 …… 5

(b) 既に増設が準備されている地点 …… 1

(c) 増設による出力増加が期待される地点 …… 0

6.2 修復計画

6.2.1 流量資料の解析

(1) 流量資料の評価

収集した流量観測資料の中には機器の故障等による観測の欠測を含んでいたり、観測期間が短くて計画を立てるうえで不充分な資料しかない測水所がある。

これ等については今後次のような対策が必要である。

① 日流量資料の欠測は近傍類似観測所の観測値を利用して補完する。

② 欠測流量及び観測のない期間については流量測定または流出解析等によって補完する。

(2) 河川流況

対象発電所のある河川の流出傾向は一般に冬と夏が渇水期で春と秋が比較的流量の多い豊水となる流出パターンとなっている。

各河川の河状係数は大きくても約100程度で流況は比較的安定している。

100km²当たりの渇水流量は約1m³／sである。

流況曲線は計画地点における取水量の目安をつけるため暫定的に最近の3年間（日または月流量資料）について作成する。

取水口地点における流域面積は、河川状況を知る上で重要な役割をもっているが、ほとんどの調査対象地点で知られていない。したがって、作成した流況曲線の中には1km²当たりの単位流況で示したものがある。

(3) 堆砂量

既存のダムおよび取水堰のほとんどが流域内から流下する転石、砂利および土砂によって堆積し、発電設備の運転ならびに保守に重大な影響を与えている。

流量観測所の水質測定資料から浮遊土砂量のみを推定すると、1年間に1km²当たり約100m³～500m³が予想される。

堆砂問題については、修復計画と併行として流域内に適当な砂防施設を設置することが望まれる。

(4) 水質

河川水の水質は上流域の地質、環境に影響される。調査地点の河川水の水質の特徴は対象観測所のうち水質観測データのある5観測所のデータについてWHOの水質基準値と照合してみると

p.hは6.0～8.0で許容範囲にある。

硬度（CaCO）は20～160で許容範囲にある。

カルシウム、マグネシウム、塩素イオン、硫酸塩は基準値より低く好ましい状態にある。

6.2.2 流量設備利用率

定格出力以上の修復計画をたてる場合、流量設備利用率の目安を70～80％程度になるように最大使用水量を設定する。河川の水利用率は各地点の流況によって異なるが、大体50～80％である。

6.2.3 修復計画の内容

6.1に述べた修復対象地点の選別結果にもとづいて、次の30ケースについて修復計を作成する。

－流れ込み式発電所で定格出力まで修復する計画　22ケース

－流れ込み式発電所で定格出力以上に修復する計画　8ケース

修復計画の概要は表6.2.1に示す通りである。

上記の両ケースにおいて現有出力に対する増加分及び比率は次の通りである。

1）定格出力まで修復　：17MW（150％）（但し、定格出力以上に修復する発電所を除く）

2）定格出力以上に修復：30MW（270％）

　　合　計　　：47MW（420％）

参考のために、表6.2.2（6章、頁6－34）に62箇所の発電所の修復計画の概要を示してある。

表6.2.1 修復計画概要

対象地点別		既設の設備概要				ケーススタディー										
						定格出力まで修復				定格出力以上に修復						
コード番号	発電所名	使用水量 Q_1 (m^3/sec)	落差 H_1 (m)	定格出力 P_1 (kW)	現有出力 Pe(kW)	発電出力 P_2 (kW)	回復出力 $\Delta P_1 = P_2 - P_e$ (kW)	回復率 $\Delta P_1/P_1$ (%)	年間電力量 E_1 (GWH)	使用水量 Q_2 (m^3/sec)	落差 H_1 (m)	発電出力 P_3 (kW)	増加出力 $\Delta P_2 = P_3 - P_e$ (kW)	増加率 $\Delta P_2/P_1$ (%)	年間電力量 E_2 (GWH)	備考
201	Caracoli	5.0	86.0	3,200	2,300	3,300	1,000	31	27							
204	Rio Abajo	2.5	51.0	1,000	600	990	390	39	8							
205	Piedras	1.5	49.0	458	250	570	320	70	5							
210	P.Guillermo	2.6	58.0	1,280	0	1,100	1,100	86	9							
211	San Cancio	5.6	59.8	2,320	1,750	2,600	850	37	16							
212	Intermedia	5.6	59.0	1,120	900	–	–	–	–	5.6	59.0	2,500	1,600	143	16	
213	Municipal	5.6	80.6	2,112	1,400	–	–	–	–	5.6	80.6	3,500	2,100	99	22	
219	Santa Rosa	1.2	55.0	450	139	510	371	82	4							
221	Bayona	2.5	30.0	1,008	159	580	421	42	5							
222	Campestre	2.5	54.0	1,120	62	1,000	938	83	8							
223	La Union	2.5	43.0	1,000	0	840	840	84	7							
227	Silvia	1.5	31.0	604	100	360	260	43	3	7.0	31.0	1,700	1,600	265	12	
228	Ovejas	7.0	24.5	900	650	1,300	650	72	11							
232	Frorida – I	6.5	46.0	2,300	0	2,400	2,400	104	20							
233	La Vuelta	54.0	4.8	2,000	500	2,000	1,500	75	17	200	4.8	7,500	7,000	350	52	
237	Apulo	23.0	15.0	3,000	0	2,700	2,700	90	20							
238	La Viciosa	0.5	45.5	225	0	170	170	76	1							
241	Rio Iquira – I	2.5	192.4	4,320	2,230	3,700	1,470	34	31							
242	〃 – II	2.5	98.4	2,400	700	1,900	1,200	50	16							
248	Julio Bravo	2.0	120.0	1,500	0	1,800	1,800	120	15	2.5	120.0	2,300	2,300	153	19	
251	Zaragoza	6.5	30.0	1,560	800	1,500	700	45	12	15.0	30.0	3,500	2,700	173	23	
256	Guali	12.0	13.9	1,048	0	1,300	1,300	124	11	40.0	13.9	4,300	4,300	410	30	
258	Mirolindo	4.7	97.0	3,600	1,000	3,500	2,500	69	29							
261	Lagunilla	0.5	120.0	452	0	470	470	104	4	2.0	280.0	4,300	4,300	951	36	
計		–	–	38,977	13,540	34,590	23,350	60	279	–	–	29,600	25,900	–	210	

6.3 修復概念設計

6.3.1 水車・発電機の型式選定

(1) 水車の型式

水車の型式はフランシス、ペルトン、クロスフロー、チューブラー及びカプランの5型式とし、図6.3.1に示すグラフから各地点の落差と流量を適用して最適の型式となるように求める。

水車の型式は、運転管理の標準化に加えて部品の交換の便宜や付属品の転用の利点を考えて出来るだけ同一型式で同一容量の水車を選定することにする。水車の台数は定期点検及び信頼性を重視して原則として2台設置することにするが単機容量が1,000kWに満たない小規模なものは1台設置とする。

水車ライナーの材質は利用河川のほとんどが下水流入による汚染が進み、また浮遊土砂を多量に含有していることを考慮して、13クローム鋳鉄等の使用を考える。今後の調査には材質選定の判断資料として水質検査の実施が望まれる。

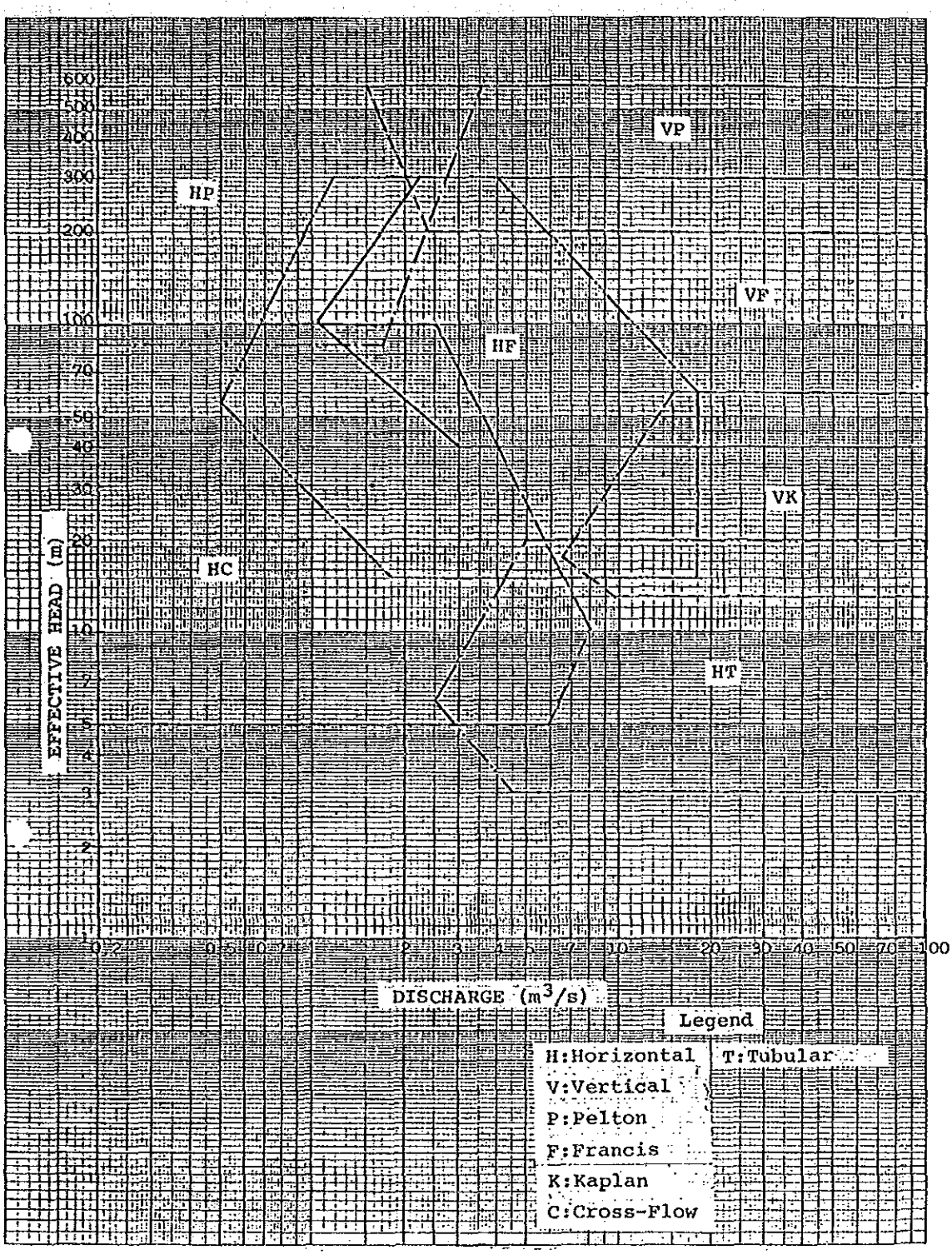


図6.3.1 水車の型式選定表

(2) 発電機の型式

発電機の型式は同期発電機と誘導発電機の二種に大別することが出来るが、力率の調整が可能なことと単独運転が可能なことを考慮して同期発電機型式を採用する。

発電機電圧は発電機容量により次の発電機電圧を基準とする。

発電機容量10MVA未満：4.16kV

発電機容量10MVA以上：13.8kV

発電機の定格容量は次式により求める。

$PG = 9.8 \cdot Q \cdot H \cdot \eta T \cdot \eta G / PF$

ここに、

PG　：発電機定格容量（kVA）

Q　：使用水量（m^3/s）

H　：有効落差（m）

ηT　：水車効率（%）

ηG　：発電機効率（%）　　$\eta T \cdot \eta G = 80\%$（標準的な値）

PF　：力率（%）　　85%

発電機の仕様（特に絶縁）については標高、気温、湿度等各地点毎の立地条件を考慮する必要があるであろう。

6.3.2 修復計画地点別発電設備の概要

修復計画地点毎に選定した発電設備の型式、設備容量、台数等を示すと表6.3.1の通りである。

表6.3.1 修復計画地点毎の発電設備概要

(1) 定格出力まで修復する地点

コード番号	発電所名	総設備容量 P (kW)	台数	水車		発電機定格容量 (kW)
				形式	ユニット出力 (kW)	
201	Caracoli	3,400	2	Cross Flow	1,800	1,700
204	Rio Abajo	1,020	2	〃	540	510
205	Piedras	590	1	〃	620	590
210	P.Guillermo	1,200	2	〃	630	600
211	San Cancio	2,640	2	〃	1,400	1,320
212	Intermedia	2,600	2	〃	1,380	1,300
213	Municipal	3,540	2	〃	1,880	1,770
219	Santa Rosa	520	1	〃	550	520
221	Bayona	600	1	〃	630	600
222	Campestre	1,080	2	〃	570	540
223	La Union	850	1	〃	900	850
227	Silvia	370	1	〃	390	370
228	Ovejas	1,360	2	〃	720	680
232	Florida－I	2,460	2	〃	1,300	1,230
233	La Vuelta	2,040	2	Tubular	1,080	1,020
237	Apulo	2,720	2	〃	1,440	1,360
238	La Viciosa	180	1	Cross Flow	190	180
241	Rio Iquira－I	4,320	3	Pelton	1,532	1,440
242	Rio Iquira－ II	2,400	1	Francis	2,553	2,400
248	Julio Bravo	1,900	2	Francis	1,000	950
251	Zaragoza	1,560	2	Cross Flow	820	780
256	Guali	1,320	2	〃	700	660
258	Mirolindo	3,580	2	Francis	1,900	1,790
261	Lagunilla	480	1	Pelton	500	480

(2) 定格出力以上に修復が期待される地点

コード番号	発電所名	総設備容量 P (kW)	台数	水車 形式	水車 ユニット出力 (kW)	発電機定格容量 (kW)
211	San Cancio	2,640	2	Cross Flow	1,400	1,320
212	Intermedia	2,600	2	〃	1,380	1,300
213	Municipal	3,540	2	〃	1,880	1,770
227	Silvia	1,720	2	〃	910	860
233	La Vuelta	7,540	2	Tubular	4,000	3,770
248	Julio Bravo	2,360	2	Francis	1,250	1,180
251	Zaragoza	3,540	3	Cross Flow	1,250	1,180
256	Guali	4,380	2	Tubular	2,320	2,190
261	Lagunilla	4,400	2	Pelton	2,340	2,200

6.3.3 水路工作物の標準設計

水路工作物の全てが改造、新設される訳ではないが、比較検討の便宜上、水路工作物の構造を2つのグループに分類して、それぞれの標準設計を行ない、構造物の型式および形状寸法の標準化を行なう。

標準設計－A：比較的流量の大きい河川で、川幅の十分ある地点を対象にした取水堰、横取水式方式の設計

標準設計－B：比較的流量の少ない河川で、川幅も比較的せまく転石、流木等の流下が多い地点を対象にしたチロリアン型取水方式の設計

(1) 標準設計－A (図6.3.3.1参照)

(取水ダム)

堰は既存の堰又は取水地点の近くで良好な基盤に設ける。堰の型式はコンクリート重力式とし河川から所定の流量と落差が確保できるようにする。堰にはゲートのない溢流式洪水吐ならびに堰と取水口との間に土砂吐を設ける。

(取水口)

取水口は河川の流れにたいして直角に横取り取水するように設ける。取水口への土砂流入を防ぐため前面に土砂吐を設ける

取水口スクリーン前面での流入速度は堆砂やその他が水路へ流入するのを防ぐために0.3～1.0m／sとする。

(水路)

水路はコンクリート蓋渠とし断面は矩形とする。

(沈砂池)

沈砂池の機能は取水した水に含まれる0.075mm以上の粒子をここで沈澱させるに十分な容量をもつようにする。浮遊土砂の流出機構とその形状、寸法は沈降速度に密接に関係する事から沈砂池での沈降速度を0.3m／sとする。

沈砂池は簡単な構造とし、沈澱した土砂を排除するための土砂吐と計画以上の流量を流す余水吐を設ける。

(水槽)

水槽の容量は水車使用水量の２分間分を一応の目安とする。

(水圧管路)

水圧管路は鋼鉄製とする。鉄管の直径とその厚みは既往の資料を用いて落差と流量を適用することにより寸法を求める。

(2) 標準設計－B (図6.3.3.2参照)

(取水堰)

取水堰は取水地点の地形と流出土砂の状況よりコンクリート重力式としゲートのない洪水吐と一般にチロリアン型といわれている取水設備を設ける。

(取水口)

取水口は堰に設けた取水設備を流下する河水を取水口で減勢しスクリーン前面での流速を0.3m／s～1.0m／sとして取水し水路に導水する。

(水路.沈砂池・水槽・水圧管路)

グループＡに準ずる設計とする。

6.3.4 水路工作物の修復対象

定格出力まで回復する地点の場合、水路工作物の主な修復又は改造箇所は水槽及び水圧管路と水路工作物に付属するゲート類である。定格出力以上に修復する場合には、水路工作物の大部分特に水路の改造が必要になる。

現地踏査時の点検結果にもとづいて、各地点毎に必要な修復・改造ケ所を示すと表6.3.2及び6.3.3のようになる。

表6.3.2 各地点別水路工作物の修復・改造ケ所（定格出力まで回復する場合）

コード番号	発電所名	取水堰	取水口	沈砂池	導水路	水槽	ゲートスクリーン	圧力管	発電建屋	備考
201	Caracoli	○	○	○	×	×	○	×	○	
204	Rio Abajo	○	○	×	×	△	△	×	○	
205	Piedras	○	○	○	○	○	○	○	○	
210	P.Guillermo	×	×	×	×	○	○	○	○	
211	San Cancio	○	△	△	△	△	○	×	○	
219	Santa Rosa	△	△	○	○	○	○	○	○	
221	Bayona	○	○	○	○	○	○	○	○	
222	Campestre	○	△	△	△	△	○	○	○	
223	La Union	○	○	○	○	△	○	○	○	
227	Silvia	×	×	×	×	×	×	×	×	
228	Ovejas	△	○	×	○	×	△	○	○	
232	Florida－I	△	△	△	○	×	○	×	○	
233	La Vuelta	△	○	－	○	－	○	○	○	
237	Apulo	×	×	×	×	×	○	○	○	
238	La Viciosa	○	○	○	○	○	○	○	○	
241	Rio Iquira－I	×	×	×	×	○	△	△	×	
242	Rio Iquira－II	×	×	×	×	×	△	×	×	
248	Julio Bravo	○	○	○	△	○	○	○	○	
251	Zaragoza	○	○	○	△	○	○	△	○	
256	Guali	○	○	△	×	○	○	○	○	
258	Mirolindo	○	×	△	○	○	○	×	○	
261	Lagunilla	○	○	○	○	○	○	○	○	

（備考） ○：修復・改造が必要
△：修復・改造が一部必要
×：修復・改造は不要

表6.3.3 各地点別水路工作物の修復・改造ケ所（定格出力以上に修復する場合）

コード番号	発電所名	取水堰	取水口	沈砂池	導水路	水槽	ゲートスクリーン	圧力管	発電建屋	備考
212	Intermedia	×	×	△	○	×	○	○	○	
213	Municipal	○	○	△	△	△	○	×	○	
227	Silvia	○	○	○	○	○	○	○	○	
233	La Vuelta	○	○	○	○	○	○	○	○	
248	Julio Bravo	○	○	○	○	△	○	○	○	
251	Zaragoza	○	○	○	△	○	○	○	○	
256	Guali	○	○	○	△	○	○	○	○	
261	Lagunilla	○	○	○	○	○	○	○	○	

（備考） ○：修復・改造が必要

△：修復・改造が一部必要

×：修復・改造は不要

6.4 概算修復費の積算

6.4.1 見積り資料

(1) 水車、発電機、補機

水車の型式別に既存の価格を参考にして、概算価格表を作成し、この表を使用して各地点毎の水車及び発電機並びに補機の概算見積り価格を計上する。

クロスフロー水車

表6.4.1はクロスフロー水車の概算価格を既存の価格を参考にして作成したものである。

使用水量、Q（m^3／s）と水車出力（kW）との関係から水車の概算価格がわかるようになっている。

なお、発電機の概算価格は本表の水車の価格には含まれていない。発電機の概算価格は既存の価格を参考にして、発電機1台当りに対し、1kW当り20千円として見積ってある。

また、制御盤及びスイッチギアーの概算価格は既存の価格を参考にして、発電機出力（kW）に対し一定で、発電機1台当り21百万円を計上してある。

フランシス水車

表6.4.2は横軸フランシス水車、発電機、補機、制御盤、スイッチギァーの概算価格を既存の価格を参考にして作成したものである。

使用水量、Q（m^3／s）と落差、H（m）との関係から水車、発電機、他の概算価格がわかるようになっている。

なお、制御盤、スイッチギァーの概算価格は既存の価格を参考にして、発電機出力（kW）に対し一率に発電機1台当り25百万円と概算してある。

その他の水車

上記以外の水車として、カプラン、ペルトン、チューブラがあるが、これらの水車を使用して計画されるものは非常に少ないため、クロスフロー並びにフランシスのような概算価格表は作成していない。

従がって、これらの水車、発電機、補機の概算価格は既存の価格を参考にして算出した。

KW \ Q (㎥/s)	0～1.0	1.1～2.0	2.1～3.0	3.1～4.0	4.1～5.0	5.1～6.0
0 ～ 250	45					
251 ～ 500		75		100		
501 ～ 750		85		115		130
751 ～ 1,000						
1,001 ～ 1,250				130		
1,251 ～ 1,500		100				
1,501 ～ 1,750						

表6.4.1 クロスフロー水車概算価格表

1. 表中の数字はクロスフロー水車の概算価格である。
   (単位：百万円)
2. 発電機及び制御盤の価格は表中に含まず。
   これらの概算価格は別途下記の様に算出すること。
   発電機：２０K¥／kW
   制御盤、スイッチギアー：２１百万円／１ユニット

H(m) \ (㎥/s)	1～2	2.1～4	4.1～6	6.1～8	8.1～10	10.1～12	12.1～14	14.1～16
21～40					T＆G：450 C： 25		T＆G：475 C： 25	
41～60								
61～80			T＆G：300 C： 25	T＆G：400 C： 25				
81～100		T＆G：250 C： 25						
101～120	T＆G：200 C： 25							
121～140			T＆G：350 C： 25					
141～160		T＆G：300 C： 25						
161～180	T＆G：250 C： 25							
181～200								

（備考）

1．表中、T＆Gは水車、発電機、補機。Cは制御盤、スイッチギアー

2．単位は百万円

表6.4.2 横軸フランシス水車、発電機、補機概算価格表

(2) 水圧管路および土建工事費

水圧管路工事費は、材料費、製作費、運搬据付費を含めて、鋼材1kg当り500円（4.0US＄）の概算コストを用いて見積ってある。

土建工事費は、材料費、工事費および諸経費を含めた概算金額で見積ってある。

水圧管路及び土建工事費には、次に示すような現地調査工事費ならびにエンジニアリング費用はふくまれていない。

地形等測量一式（航空測量図化含む）

物理探査

地質調査

水質調査

その他

6.4.2 修復概算工事費

発電機器、水圧鉄管および土建工事に対する修復概算工事費を示すと表6.4.3の通りである。

表6.4.3　修復概算工事費一覧表

Code NO.	Power Plant	Rehabilitated To The Nominal Capacity (M¥)				Prospected More Than Nominal Capacity (M¥)			
		Mechanical & Electrical Equipments	Penstock Works	Civil Works	Total	Mechanical & Electrical Equipments Works	Penstock Works	Civil Works	Total
201	Caracoli	374	0	117	491	–	–	–	–
204	Rio Abajo	241	0	86	327	–	–	–	–
205	Piedras	126	9	70	205	–	–	–	–
210	P.Guillermo	256	20	50	326	–	–	–	–
211	San Cancio	294	0	150	444	–	–	–	–
212	Intermedia	–	–	–	–	294	32	123	449
213	Municipal	–	–	–	–	376	0	172	548
219	Santa Rosa	116	16	88	220	–	–	–	–
221	Bayona	118	14	100	324	–	–	–	–
222	Campestre	264	9	121	394	–	–	–	–
223	La Union	123	10	137	270	–	–	–	–
227	Silvia	155	0	4	159	362	9	186	557
228	Ovejas	360	13	143	516		–	–	–
232	Florida – I	383	0	271	654	–	–	–	–
233	La Vuelta	531	8	220	759	–	31	772	2,398
237	Apulo	641	13	105	759	1,595	–	–	–
238	La Viciosa	70	7	50	127	–	–	–	–
241	Rio Iquira – I	75	10	465	550	–	–	–	–
242	Rio Iquira – II	25	0	7	32	–	–	–	–
248	Julio Bravo	514	28	95	637	–	32	180	716
251	Zaragoza	311	17	225	553	504	29	456	1,041
256	Guali	337	4	179	520	556	7	662	1,503
258	Mirolindo	586	0	395	981	834	–	–	–
261	Lagunilla	137	12	37	186	–	65	59	933

6.5 概略経済分析評価

修復対象発電所の概略経済性の分析評価は出力（kW）および年間発生電力量（kWh）当りの建設コストを指標にして比較してある。

発電端における発電コストは既存設備の残存価格、修復後の運転維持費の算出基準および金利等不確定な要素が多いのでプレF／Sステージの評価指標から除外してある。

建設コストは修復により回復又は増加する出力に対してのkW当りおよび年間発生電力量（kWh）当りについて比較する。

尚年間発生電力量は修復後の発電出力（kW）に対する流量設備利用率を用いて理論発生電力量が計算してある。

6.5.1 定格出力まで回復する地点

定格出力まで回復する22地点の建設コストを表6.5.1に示す。

表6.5.1　定格出力まで回復する地点の建設コスト

コードNo.	発電所名	県　名	定格出力 P_1 (kW)	回復出力 P_r (kW)	建設コスト			
					P_r当り (k¥／kW)	順位	kWh当り (¥／kWh)	順位
201	Caracoli	Antioquia	3,300	1,000	491	12	18	2
204	Rio Abajo	〃	990	390	838	22	40	10
205	Piedras	〃	570	320	641	18	43	11
210	P.Guillermo	Boyaca	1,100	1,100	296	4	36	7
211	San Cancio	Caldas	2,600	850	522	14	27	4
219	Santa Rosa	Risaralda	510	371	593	16	52	20
221	Bayona	Quindio	580	421	551	15	48	16
222	Campestre	〃	1,000	931	420	11	47	15
223	La Union	〃	840	840	321	5	39	9
227	Silvia	Cauca	360	260	612	17	53	21
228	Ovejas	〃	1,300	650	794	21	48	16
232	Florida－I	〃	2,400	2,400	273	2	33	5
233	La Vuelta	Choco	2,000	1,500	506	13	46	14
237	Apulo	Cundinamarca	2,700	2,700	281	3	38	8
238	La Viciosa	Huila	170	170	747	19	90	22
241	Rio Iquira－I	〃	3,700	1,470	374	7	18	2
242	Rio Iquira－II	〃	1,900	1,200	27	1	2	1
248	Julio Bravo	Narino	1,800	1,800	354	6	43	11
251	Zaragoza	Santander	1,500	700	790	20	44	13
256	Guali	Tolima	1,300	1,300	400	10	48	16
258	Mirolindo	〃	3,500	2,500	392	8	34	6
261	Lagunilla	〃	470	470	396	9	48	16

6.5.2 定格出力以上に修復が期待される地点

定格出力以上に修復が期待される８地点の建設コストを表6.5.2に示す。

表6.5.2　定格出力以上の修復が期待される地点の建設コスト

コード No.	発電所名	県　名	定格出力 P_1 (kW)	増加出力 P_r (kW)	建設コスト			
					P_r当り (k¥／kW)	順位	kWh当り (¥／kWh)	順位
212	Intermedia	Caldas	2,500	1,600	281	3	29	3
213	Municipal	〃	3,500	2,100	261	2	25	1
227	Silvia	Cauca	1,700	1,600	348	6	46	6
233	La Vuelta	Choco	7,500	7,000	343	5	46	6
248	Julio Bravo	Nariño	2,300	2,300	311	4	37	4
251	Zaragoza	Santander	3,500	2,700	386	8	45	5
256	Guali	Tolima	4,300	4,300	350	7	49	8
261	Lagunilla	〃	4,300	4,300	217	1	26	2

（備考）

表6.5.1及び6.5.2中コード番号261、Lagunilla発電所は最寄りの変電所までの送電線建設が必要であるがその建設費用は含まれていない。

6.6 プライオリティ評価

6.6.1 特殊事情

プライオリティ評価に当たっては特殊事情として次の3点を考慮する。

(1) 発電設備の所有権がICELに移管されていない地点の除外。

No233 La Vuelta (2,000kW) Choco県 Choco鉱山会社所有

No237 Apulo (3,000kW) Cundinamarca県 民間セメント会社所有

(2) 現在は市町村の所有であるが来年 (1989年) に公営電力会社が設立される予定で、現状では受け皿が明確ではない地点の除外

	No221 Bayona	(1,008kW)
Quindio県内	No222 Campestre	(1,120kW)
	No223 La Union	(1,000kW)

(3) F／S候補地点が特定の県に偏在しないこと。

6.6.2 プライオリティオーダー

概略経済分析、特殊事情、現地調査費及びICELの要望を考慮し、下記11地点を修復F／Sの対象地点とする。

順位	発電所	運転状況※1	修復グレード※2	回復又は増加出力 (kW)	県名
1位	Iquira水系の2発電所				
	Rio Iquira－I	O	①	1,470	Huila
	Rio Iquira－II	O	①	1,200	
2位	Caracoli	O	①	1,000	Antioquia
3位	Chinchina水系の3発電所				
	San Cancio	O	①	850	
	Intermedia	O	②	1,600	Caldas
	Municipal	O	②	2,100	
4位	Lagunilla	S	②	4,300	Tolima
5位	Florida－I	S	①	2,400	Cauca
6位	P.Guillermo	S	①	1,100	Boyaca
7位	Julio Bravo	S	②	2,300	Nariño
8位	Zaragoza	O	②	2,700	Santander

※1 O：稼働中
S：稼働停止中

※2 ① 定格出力迄の回復
② 定格出力以上の修復

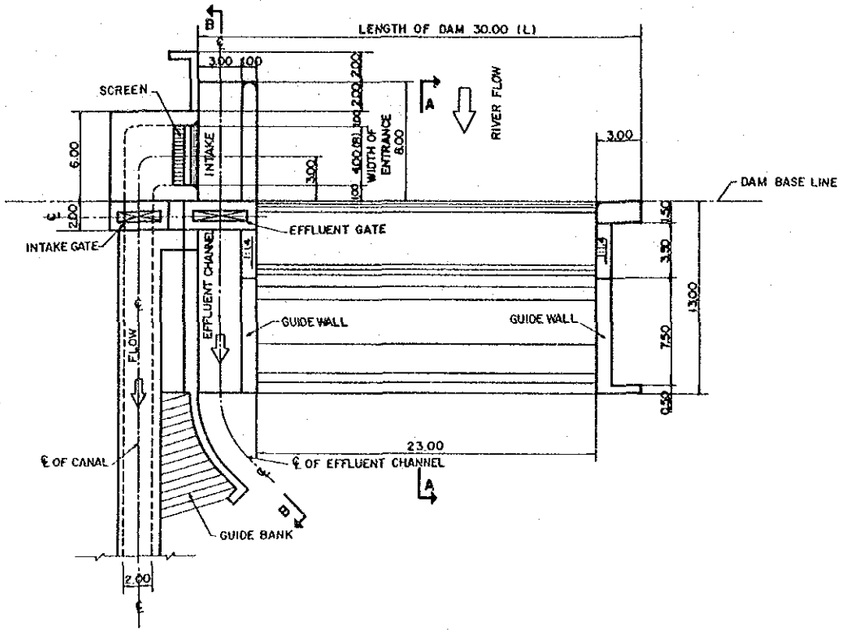
6.7 プロジェクト　フォーメーションの提案

本プレF／Sにおける修復計画の対象地点としては採り上げなかったが、次に挙げる3地点は既存施設による発電計画を変更することによって大幅な出力増加が期待できる。ただしその実現性を確認するためには、地形条件、地質概況および流量観測記録等の基礎資料の整備と集積が必要である。

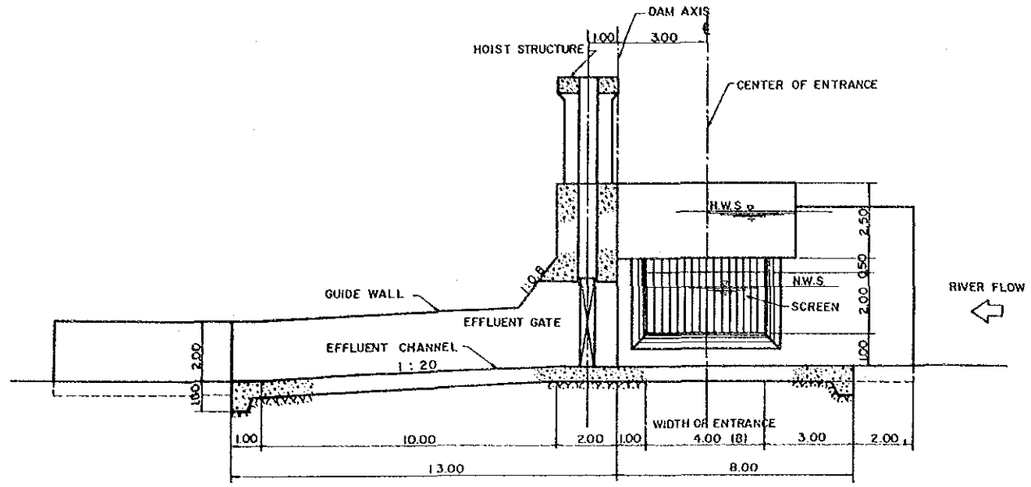
コード番号	発電所	定格出力 (kW)	現有出力 (kW)	期待される定格出力 (kW)	整備すべき基礎資料
207	Tamesis	1,508	1,140	6,000 落差範囲の有効利用による出力増加	① Rio Frio流域の航測図 (S = 1 : 5,000) ② 取水口地点における流量観測記録
230	Inza	360	修理中	16,000 使用水量の増加による出力増加	① 発電所の地形測量図 ② Ullucos川左岸の地質概況
246	Rio Bobo	4,730	修理中	15,000 調整地式発電所への転換による出力増加	① Rio Bobo流域及びRio Opongo合流点付近の航測図 (S = 1 : 5,000) ② 上流貯水池の水位観測および流量観測記録 ③ Rio Bobo左岸の地質概況

La Vuelta発電所（Choco県）は現在その所有権がICELグループに移管されていないので、F／S候補地点より除外されているが本地点は、電力需給面からの必要性および修復効果以外に地域開発の波及効果も期待できる有望な修復プロジェクトと思われる。

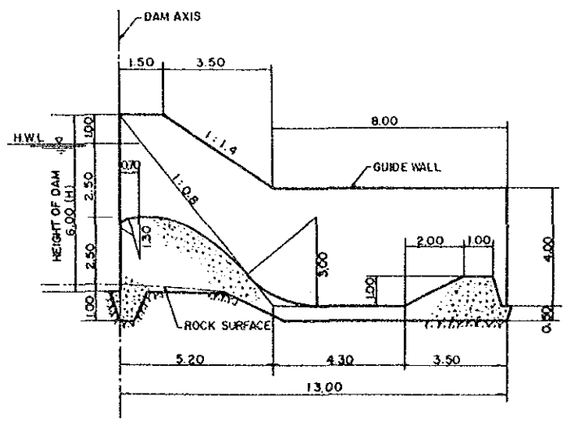
DAM and INTAKE



PLAN (DAM & INTAKE)
S.C. = 1:200



SECTION B-B
S.C = 1:100



SECTION A-A
S.C = 1:100

DIMENSION OF DAM

No.	POWER PLANT	DRAINAGE AREA (km^2)	MEASURED MAXIMUM FLOOD (m^3/sec)	MAIN FEATURES (m)	
				HEIGHT (H)	LENGTH(L)
201	CARACOLI	320	231.8	6	45
204	RIO ABAJO	842	128.2	5	55
211	SAN CANCIO			6	20
213	MUNICIPAL			6	30
221	BAYONA	1,309	193.8	6	30
222	CAMPESTRE	1,309		6	26
223	LA UNION	1,309		6	30
227	SILVIA	392	118.3	10	12
228	OVEJAS		57.6	8	30
232	FLORIDA-I	948	155	6	56
233	LA VUELTA	1,030	655	8	120
248	JULIO BRAVO	177	64.1	5	30
251	ZARAGOZA	1,284	256	12	30
256	GUALI(HONDA)	1,062	1,160	10	45
264	MIROLINDO	246	98	10	35

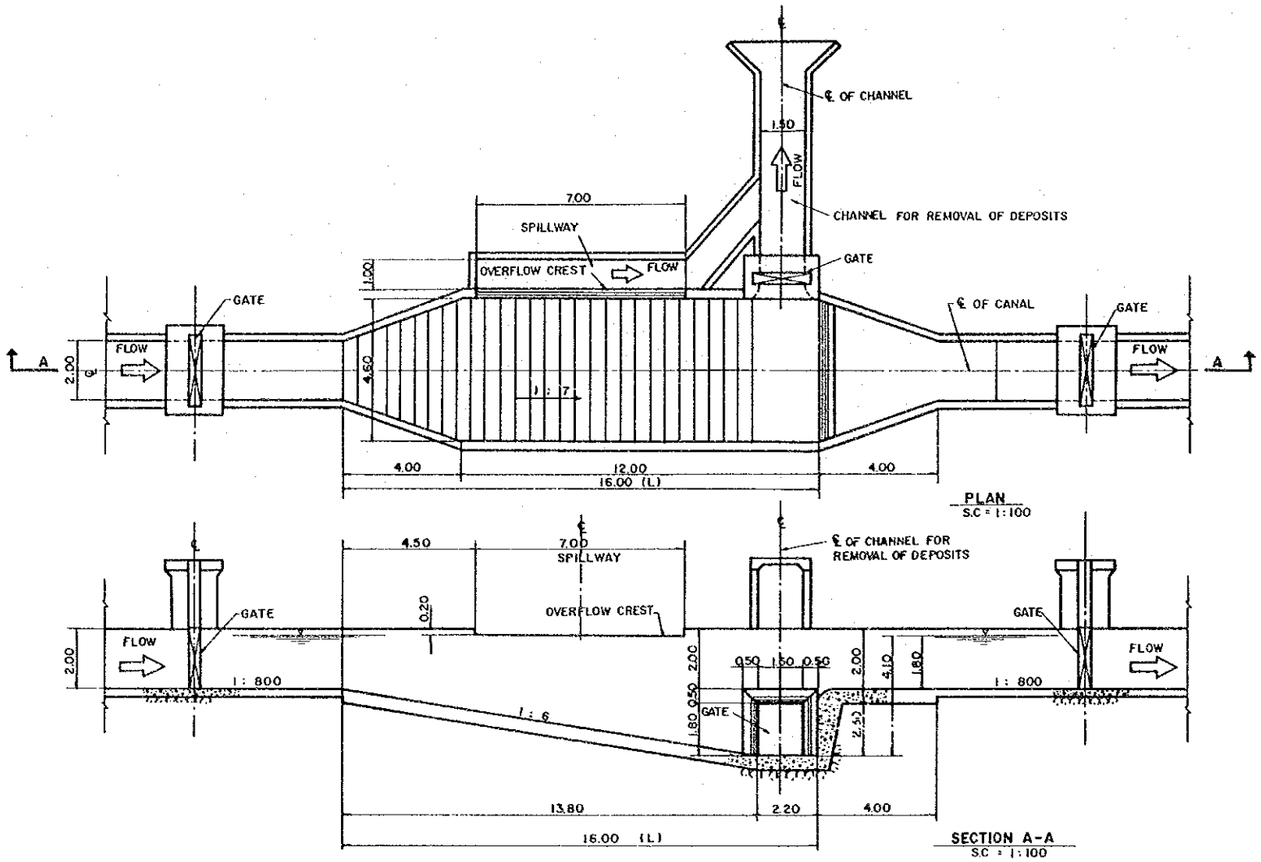
DIMENSION OF INTAKE

No.	POWER PLANT	MAIN FEATURES (m)	
		WIDTH (B)	DEPTH OF WATER (H)
201	CARACOLI	3.00	1.70
204	RIO ABAJO	2.00	1.35
211	SAN CANCIO	4.00	1.80
213	MUNICIPAL	4.00	1.80
221	BAYONA	3.00	1.50
222	CAMPESTRE	2.00	1.35
223	LA UNION	2.50	1.35
227	SILVIA	4.00	1.90
228	OVEJAS	4.00	1.90
232	FLORIDA-I	3.50	1.90
233	LA VUELTA		
248	JULIO BRAVO	2.00	1.35
251	ZARAGOZA	6.00	2.50
256	GUALI (HONDA)	12.00	3.60
264	MIROLINDO	3.00	1.60

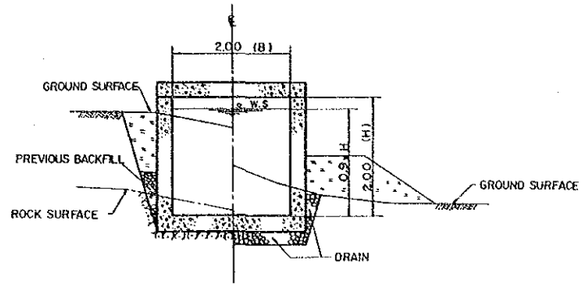
Fig. 6.3.3.1 STANDARD DESIGN (1/2)

図 6.3.3.1 標準設計 (1/2)

DESILTING BASIN



CANAL



TYPICAL SECTION
SC = 1 : 50

DIMENSION OF CANAL

No.	POWER PLANT	MAIN FEATURES (m)		
		LENGTH	DEPTH OF WATER (0.9×H)	WIDTH (B)
211	SAN CANCIO	4,000	1.80	2.00
212	INTERMEDIA		1.80	2.00
213	MUNICIPAL		1.80	2.00
221	BAYONA		1.50	1.70
222	CAMPESTRE		1.35	1.50
223	LA UNION		1.35	1.50
227	SILVIA		1.90	2.10
228	OVEJAS		1.90	2.10
232	FLORIDA-I		1.90	2.10
233	LA VUELTA		—	—
248	JULIO BRAVO	4,800	1.35	1.50
251	ZARAGOZA	1,800	2.50	2.80
256	MIROLINDO		1.60	1.80

DIMENSION OF DESILTING BASIN

No.	POWER PLANT	MAIN FEATURES (m)			MEAN VELOCITY (m/sec)
		LENGTH (L)	WIDTH (B)	MEAN WATER DEPTH (HM)	
201	CARACOLI	14.00	4.50	2.70	0.41
211	SAN CANCIO	16.00	4.60	3.00	0.41
212	INTERMEDIA	16.00	4.60	3.00	0.41
213	MUNICIPAL	16.00	4.60	3.00	0.41
221	BAYONA	14.00	4.00	2.40	0.42
222	CAMPESTRE	12.00	3.00	2.20	0.41
223	LA UNION	12.00	3.10	2.20	0.41
227	SILVIA	16.00	5.00	3.10	0.40
232	FLORIDA-I	16.00	5.40	3.00	0.43
248	JULIO BRAVO	12.00	3.00	2.20	0.41
251	ZARAGOZA	22.00	9.10	4.00	0.41
256	GUALI (HONDA)	28.00	18.50	5.40	0.40
258	MIROLINDO	14.00	4.50	2.50	0.40

HEAD TANK

No.	POWER PLANT	CAPACITY (m)
204	RIO ABAJO	300
210	P. GUILLERMO	300
211	SAN CANCIO	700
213	MUNICIPAL	—
221	BAYONA	540
222	CAMPESTRE	300
223	LA UNION	400
227	SILVIA	900
241	IQUIRA-I	300
248	JULIO BRAVO	300
251	ZARAGOZA	2,000
256	GUALI (HONDA)	5,000
258	MIROLINDO	600

PENSTOCK

No.	POWER PLANT	MAIN FEATURES		MEAN VELOCITY (m/sec)
		LENGTH (m)	SIZE ϕ (m)	
210	P. GUILLERMO	80	1.30	2.00
212	INTERMEDIA	90	1.60	2.80
221	BAYONA	40	1.60	2.00
222	CAMPESTRE	80	1.30	1.90
223	LA UNION	60	1.30	2.10
227	SILVIA	50	1.80	2.80
228	OVEJAS	30	1.60	2.80
233	LA VUELTA	10	2×0.80	4.70
248	JULIO BRAVO	200	1.20	2.20
251	ZARAGOZA	100	2.50	3.10
256	GUALI (HONDA)	30	3.60	3.90

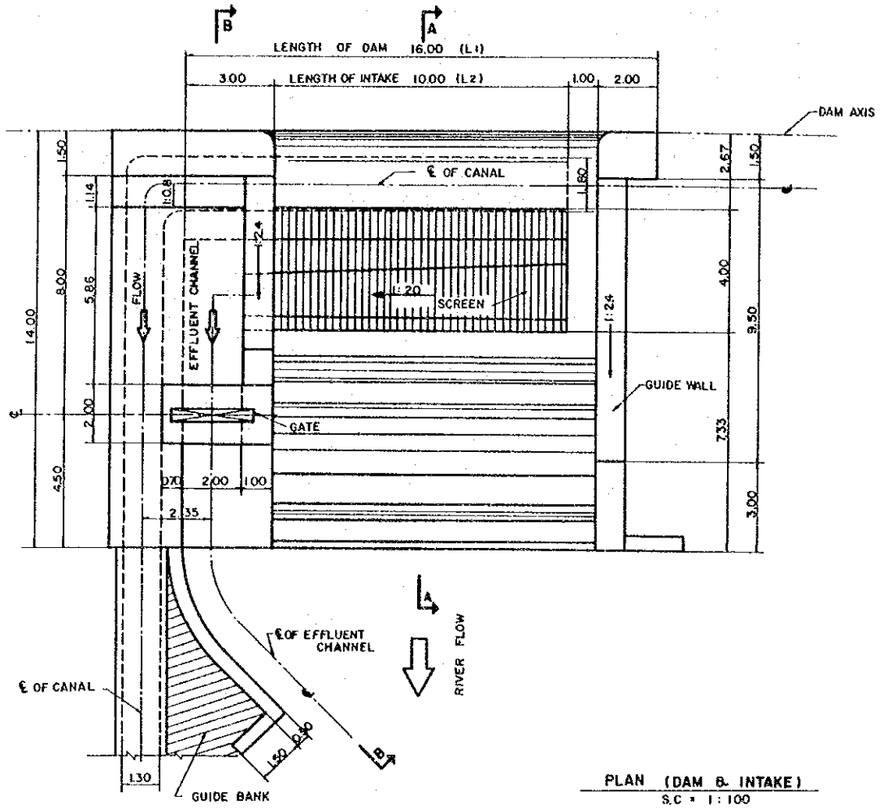
POWER HOUSE

No.	POWER PLANT	DISCHARGE (m^3/sec)	HEAD (m)	PLANT OUTPUT(kw)
201	CARACOLI	5.00	86	3,300
204	RIO ABAJO	2.50	51	990
210	P. GUILLERMO	2.60	58	1,100
211	SAN CANCIO	5.60	59.75	2,400
212	INTERMEDIA	5.60	59.01	2,500
213	MUNICIPAL	5.60	80.57	3,500
221	BAYONA	2.50	30	580
222	CAMPESTRE	2.50	54	1,000
223	LA UNION	2.50	43	840
227	SILVIA	7.00	31	1,700
228	OVEJAS	7.00	24.5	1,300
232	FLORIDA-I	6.50	43	2,400
233	LA VUELTA	200.0	4.8	7,500
237	APULO	23.0	15	2,700
248	JULIO BRAVO	2.0	120	2,300
251	ZARAGOZA	15	30	3,500
256	GUALI (HONDA)	40	13.9	4,300
258	MIROLINDO	4.70	97	3,500

Fig. 6.3.3.1 STANDARD DESIGN (2/2)

図 6.3.3.1 標準設計 (2/2)

DAM and INTAKE



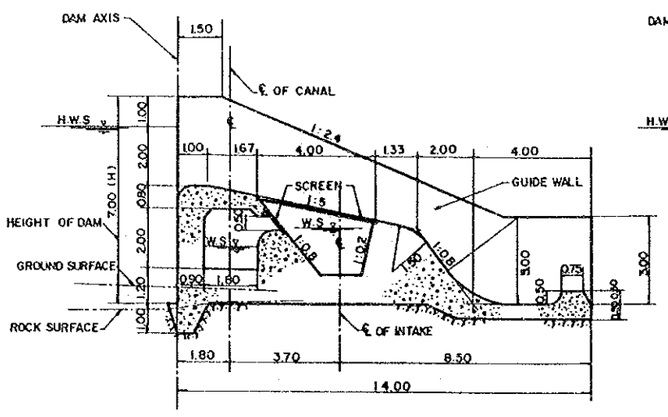
PLAN (DAM & INTAKE)
S.C = 1 : 100

DIMENSION OF DAM

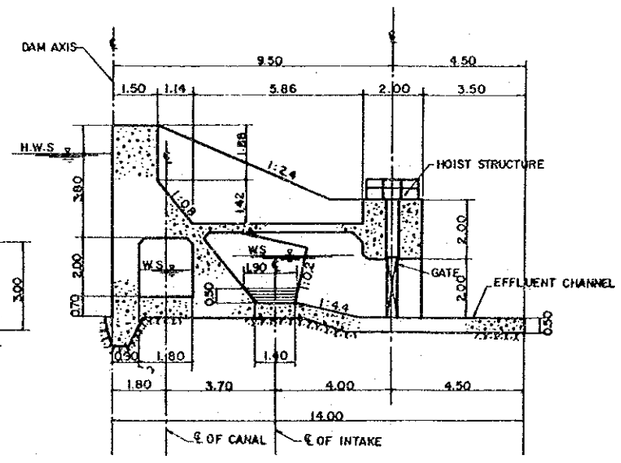
No.	POWER PLANT	DRAINAGE AREA (km^2)	MEASURED MAXIMUM FLOOD (m^3/sec)	MAIN FEATURES (m)	
				HEIGHT (H)	LENGTH (L_1)
205	PIEDRAS	133	59.1	5	20
219	SANTA ROSA	156	175	5	30
238	LA VICIOSA	969	600.4	5	10
261	LAGUNILLA			7	16

DIMENSION OF INTAKE

No.	POWER PLANT	MAIN FEATURES (m)	
		WIDTH (B)	LENGTH (L_2)
205	PIEDRAS	3.5	15
219	SANTA ROSA	2.5	12
238	LA VICIOSA	2.0	12
261	LAGUNILLA	4.0	10



SECTION A-A
SC = 1 : 100

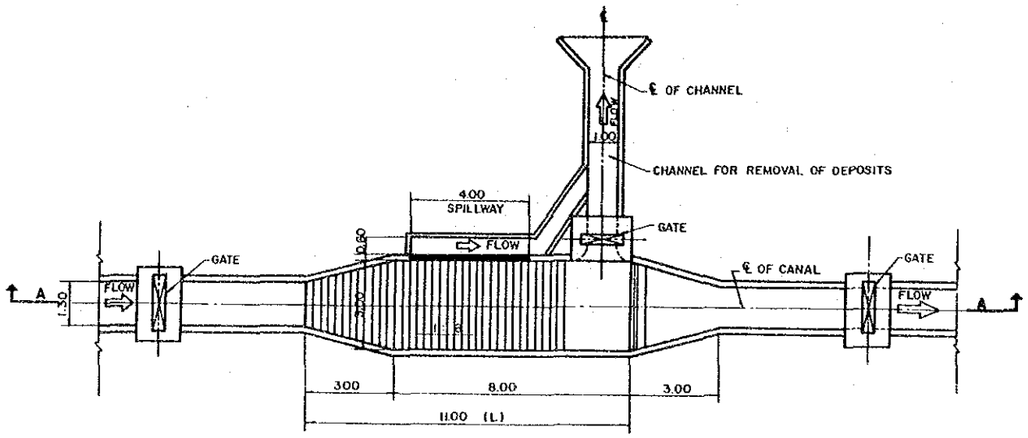


SECTION B-B
SC = 1 : 100

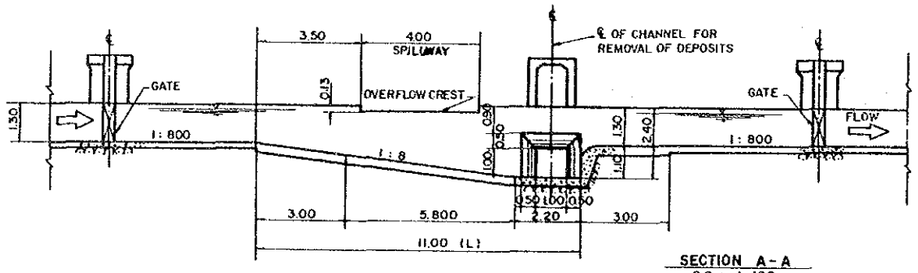
Fig. 6.3.3.2 STANDARD DESIGN (1/2)

図 6.3.3.2 標準設計 (1/2)

DESILTING BASIN

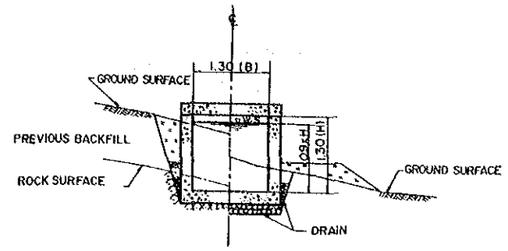


PLAN
S.C = 1:100



SECTION A-A
S.C = 1:100

CANAL



TYPICAL SECTION
S.C : 1:50

DIMENSION OF CANAL

No.	POWER PLANT	MAIN FEATURES (m)		
		LENGTH	DEPTH OF WATER (0.9xH)	WIDTH (B)
205	PIEDRAS	1,500	1.10	1.20
219	SANTA ROSA	4,000	1.00	1.10
238	LA VICIOSA		0.70	0.60
261	LAGUNILLA		1.20	1.30

DIMENSION OF DESILTING BASIN

No.	POWER PLANT	MAIN FEATURES (m)			MEAN VELOCITY (m/sec)
		LENGTH (L)	WIDTH (B)	MEAN WATER DEPTH (M)	
205	PIEDRAS	9.00	2.50	1.70	0.35
219	SANTA ROSA	8.00	2.00	1.50	0.40
238	LA VICIOSA	6.00	1.50	1.10	0.30
261	LAGUNILLA	11.00	3.00	1.80	0.37

PENSTOCK

No.	POWER PLANT	MAIN FEATURES		MEAN VELOCITY (m/sec)
		LENGTH (m)	SIZE ϕ (m)	
205	PIEDRAS	70	1.10	1.60
219	SANTA ROSA	80	1.10	1.30
238	LA VICIOSA	60	0.70	1.30
261	LAGUNILLA	400	1.10	2.10

POWER HOUSE

No.	POWER PLANT	DISCHARGE (m^3/s)	HEAD (m)	PLANT OUTPUT (kw)
205	PIEDRAS	1.50	49	570
219	SANTA ROSA	1.20	55	610
238	LA VICIOSA	0.60	45.5	170
261	LAGUNILLA	2.00	280.0	4,300

HEAD TANK

No.	POWER PLANT	CAPACITY (m)
205	PIEDRAS	200
219	SANTA ROSA	150
238	LA VICIOSA	60
261	LAGUNILLA	240

Fig. 6.3.3.2 STANDARD DESIGN (2/2)

図 6.3.3.2 標準設計 (2/2)

Table 6.2.2 The Summary of the Rehabilitation Plan for 62 Power Plants

CODE NO.	POWER PLANT	PRESENT INFORMATION: DESIGN DISCHARGE (m³/sec)	NET HEAD (m)	INSTALLED CAPACITY (kW) "Po"	TURBINE TYPE NO. OF UNIT	PASSAGE YEAR FROM 1988	AVAILABLE CAPACITY (kW) "Pa"	Pa / Po x 100 (%)	FACTORS TO BE EXCLUDED FROM PRE FEASIBILITY STUDY: R-1) ALREADY UNDER REPAIRING	R-2) DISMISSED BY ELECTRIC COMPANY	R-3) WATER RIGHT IS OUT OF JURISDICTION	R-4) NECESSITY OF DISCHARGE CANAL IMPROVEMENT	R-5) F/S IS EXECUTING BY OTHERS	R-6) UNDER GOOD OPERATING CONDITION	R-7) LOW PRIORITY BY ELECTRIC COMPANY	R-8) BASED ON THE RECONNAISSANCE SURVEY	NO HYDROLOGY GAUGING STATION TO BE AVAILABLE	JUDGMENT OF PRE-F/S	REHABILITATION PLAN TO BE REHABILITATED TO THE NOMINAL CAPACITY: GENERATING SCHEME: DESIGN DISCHARGE (m³/sec)	NET HEAD (m)	PLANT OUTPUT (kW)	ANNUAL GENERATING POWER (GWh)	TURBINE TYPE NO. OF UNIT	SUBJECT OF REHABILITATION: MECHANICAL & ELECTRICL EQUIPMENTS: TURBINE & GENERATOR	CONTROL PANEL	SWITCHGEAR	TRANSFORMER	SUBSTATION	PENSTOCK	CIVIL WORKS: DAM	INTAKE	SETTLING BASIN	CANAL	RESERVOIR	GATE & SCREEN	POWER HOUSE	ESTIMATION COST: MECHANICAL & ELECTRICAL EQUIPMENTS (M¥)	PENSTOCK WORKS (M¥)	CIVIL WORKS (M¥)	TOTAL (M¥)	INDICES: COST PER INSTALLED CAPACITY: CAPACITY (¥/kW)	ENERGY (¥/kWh)	COST PER INCREASED CAPACITY: CAPACITY (¥/kW)	ENERGY (¥/kWh)	COST PER INSTALLED CAPACITY (US$/kW)	COST PER INCREASING CAPACITY (US$/kW)	GENERATING COST (US$/kWh) (See Note)	TO GENERATING: DESIGN DISCHARGE (m³/sec)	NET HEAD (m)	PLANT OUTPUT (kW)
201	CARACOLI	5.0	86.0	3,200	F 1	25-53	2,300	72										YES	5.0	86.0	3,300	27.5	C x 2	○	○	○	○	X	X	○	○	○	X	X	○	○	374	0	117	491	149	18	491	59	1,190	4,000	0.023	—	—	—
202	LA REBUSCA	1.0	90.0	700	P x 2	54-56	470	67							X		X	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
203	CALERA	1.0	20.0	160	P x 2	50	64	40							X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
204	RIO ABAJO	2.5	51.0	1,000	P x 2	41	600	60										YES	2.5	51.0	990	8.2	C x 2	○	○	○	○	X	X	○	○	X	X	△	△	○	241	0	88	327	330	40	838	101	2,640	6,800	0.052	—	—	—
205	PIEDRAS	1.3	49.0	450	F x 2	30-53	250	53										"	1.3	49.0	570	4.7	C x 1	○	○	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	126	9	70	205	360	43	641	77	2,870	5,200	0.056	—	—	—
206	SONSON	1.0	336.0	3,600	P x 1	21	3,600	100					X	X				NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
207	TAMESIS	1.2	167.0	1,508	P x 3	27-48	1,160	77						X				"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
208	URRAO	1.5	70.0	824	F x 2	24	430	52	X						X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
209	ABEJORRAL	1.0	135.0	724	P x 2	28	490	68							X		△	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210	P. GUILLERMO	2.6	58.0	1,280	F x 2	25	0	0										YES	2.6	58.0	1,100	9.2	C x 2	○	○	○	○	X	○	X	X	X	X	○	○	○	236	20	50	326	296	36	296	36	2,370	2,400	0.046	—	—	—
211	SAN CANCIO	5.6	59.75	2,320	F 1	41-59	1,750	75										"	5.6	59.75	2,600	16.2	C x 2	○	○	○	X	X	X	○	△	△	△	△	○	○	294	0	150	444	171	27	522	84	1,360	4,200	0.027	—	—	—
212	INTERMEDIA	5.6	59.01	1,120	P x 1	41	900	80										"	—	—	—	—	—	○	○	○	X	X	○	X	X	△	○	X	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.6	59.01	2,500
213	MUNICIPAL	5.6	80.57	2,112	P x 2	43	1,400	66										"	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	X	○	○	△	△	△	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.6	80.57	3,500
214	GUACAICA	4.0	67.8	1,120	F x 1	59	0	0	X									NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
215	SALAMINA	0.4	85.0	280	P x 1	45	140	50							X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
216	ANSERMA	← UNKNOWN →					0	0		X					X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
217	BELMONTE	6.0	113.0	3,760	P x 2	47	3,300	88						X				"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
218	DOS QUEBRADAS	10.0	113.0	8,500	F x 2	33	8,200	96						X				"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219	SANTA ROSA	1.2	55.0	450	F 1	61	139	31										YES	1.2	55.0	510	4.2	C x 1	○	○	○	X	X	○	△	△	○	○	○	○	○	116	16	88	220	431	52	593	71	3,450	4,800	0.068	—	—	—
220	EL BOSQUE	4.0	90.0	2,280	P x 1	59	0	0					X					NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
221	BAYONA	2.5	30.0	1,008	F x 1	36	159	16										YES	2.5	30.0	580	4.8	C x 1	○	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	118	14	100	232	400	48	551	66	3,200	4,500	0.063	—	—	—
222	CAMPESTRE	2.5	54.0	1,120	F x 1	32	62	6										"	2.5	54.0	1,000	8.3	C x 2	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	○	○	○	264	9	121	394	394	47	420	50	3,150	3,400	0.062	—	—	—
223	LA UNION	2.5	43.0	1,000	F x 1	50	0	0										"	2.5	43.0	840	7.0	C x 1	○	○	○	X	X	○	○	○	○	△	○	○	123	10	137	270	321	39	321	39	2,570	2,600	0.050	—	—	—
224	SAJANDI	3.0	104.0	2,480	F 1	28	1,640	66						X	X			NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
225	EL PALO	6.0	24.5	1,440	F x 2	24	1,280	89						X				"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
226	MONDOMO	2.0	29.0	600	F x 2	30	470	78						X	X			"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
227	SILVIA	1.5	31.0	604	F x 2	28	100	17										YES	1.5	31.0	360	3.0	C x 1	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X	X	155	0	4	159	442	53	612	73	3,530	4,900	0.069	7.0	31.0	1,700
228	OVEJAS	7.0	24.5	900	F x 1	49	650	72										"	7.0	24.5	1,300	10.8	C x 2	○	○	○	○	○	○	△	○	X	○	X	△	○	360	13	143	516	397	48	794	95	3,170	6,400	0.062	—	—	—
229	ASNAZU	1.0	134.0	450	P x 1	56	300	67							X		X	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
230	INZA	0.6	72.0	360	F x 1	17	0	0	X									"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
231	TORIBIO	0.3	13.0	63	UNKNOWN	20	35	55							X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
232	FLORIDA-I	6.5	48.0	2,300	F x 2	32	0	0										YES	6.5	48.0	2,400	20.0	C x 2	○	○	○	○	○	X	△	△	△	X	○	○	383	0	271	654	273	33	273	33	2,180	2,200	0.043	—	—	—
233	LA VUELTA	54.0	4.8	2,000	F x 2	72	5.00	25										"	54.0	4.8	2,000	16.6	T x 2	○	○	○	○	○	○	△	○	—	○	—	○	○	531	8	220	759	380	46	506	61	3,030	4,100	0.059	200.0	4.8	7,500
234	LA SALADA	2.3	15.0	280	F x 1	53	0	0								X	X	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
235	RIO NEGRO	13.0	78.2	9,600	F x 2	14	4,500	47				X						"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
236	CHOACHI	1.0	45.0	300	F x 1	34	19	6								X	X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
237	APULO	23.0	15.0	3,000	TUBULAR 1 x 3	41-60	0	0										YES	23.0	15.0	2,700	20.2	T x 2	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	○	○	641	13	105	759	201	38	281	38	2,240	2,300	0.044	—	—	—
238	LA VICIOSA	0.5	45.5	225	F x 2	38	0	0										"	0.5	45.5	170	1.4	C x 1	○	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	70	7	50	127	747	90	747	90	5,970	6,000	0.117	—	—	—
239	LA PITA	0.75	120.5	1,420	F x 2	13-24	1,060	75						X			X	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
240	FORTALECILLAS	2.0	28.0	408	F x 1	20	0	0			X							"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
241	RIO IQUIRA - I	2.5	192.4	4,320	P x 3	27-37	2,230	52										YES	2.5	192.4	3,700	30.8	P x 3	X	○	X	X	X	△	X	X	X	X	○	△	X	75	10	465	550	149	18	374	45	1,180	3,000	0.023	—	—	—
242	RIO IQUIRA - II	2.5	98.4	2,400	F x 1	34	700	29										"	2.5	98.4	1,900	15.8	F x 1	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	△	X	25	0	7	32	17	2	27	3	130	300	0.003	—	—	—
243	EL CALVARIO	0.04	60.0	20	P x 1	4	16	80						X			X	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
244	SAN JUANITO	0.10	33.0	20	F x 1	2	20	100						X			X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
245	RIO MAYO-II	12.5	218.0	21,000	F x 3	19	20,000	95						X				"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
246	RIO BOBO	1.8	306.0	4,368	P x 3	32	0	0	X								X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
247	RIO SAPUYES	2.0	107.0	1,856	F x 3	32	780	42							X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
248	JULIO BRAVO	2.0	120.0	1,500	P x 3	46	0	0										YES	2.0	120.0	1,800	15.0	F x 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	514	28	95	637	354	43	354	43	2,830	2,900	0.055	2.5	120.0	2,300
249	MULATO	0.5	30.0	168	F x 1	24	0	0			X							NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250	PALMAS	17.0	150.0	16,000	F x 4	28-38	13,000	72					X					"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
251	ZARAGOZA	6.5	30.0	1,560	F x 3	40-57	800	51										YES	6.5	30.0	1,500	12.5	C x 2	○	○	○	○	X	△	○	○	○	△	○	○	○	311	17	225	553	369	44	790	95	2,940	6,400	0.058	15.0	30.0	3,500
252	CASCADA	18.8	24.5	3,350	F x 5	25-49	1,300	39					X					NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
253	COMODA	1.3	89.0	880	F 2 P 2	34-76	0	0					X				X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
254	SERVITA	0.6	159.5	800	F x 2	25	720	90							X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
255	CALICHAL	1.2	26.0	280	F x 2	30	220	79							X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
256	GUALI (HONDA)	12.0	13.9	1,048	F x 3	33-62	0	0										YES	12.0	13.9	1,300	10.8	C x 2	○	○	○	○	X	○	○	○	△	X	○	○	○	337	4	179	520	400	48	400	48	3,200	3,300	0.063	40.0	13.9	4,300
257	RIO RECIO	5.0	100.0	4,000	F x 2	28	1,200	30			X				X			NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
258	MIROLINDO	4.7	97.0	3,600	F x 3	42	1,000	28										YES	4.7	97.0	3,300	29.1	F x 2	○	○	○	○	○	X	○	X	△	○	○	○	○	586	0	395	981	280	34	392	47	2,240	3,200	0.044	—	—	—
259	PASTALES	3.87	30.0	840	F x 1	41	0	0	X									NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
260	PRADO	112.0	56.0	51,000	F x 4	14	51,000	100						X				"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
261	LAGUNILLA	0.5	120.0	452	P x 2	48	0	0										YES	0.5	120.0	470	3.9	P x 1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	137	12	37	186	398	48	396	48	3,160	3,200	0.062	2.0	280.0	4,300
262	VENTANAS	25.3	28.6	6,000	F x 2	30	2,500	42			X				X			NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Symbol X : factor to be excluded

Symbol X : not available
Symbol △ : data are used as reference

Symbol ○ : item to be rehabilitated
Symbol X : item not requiring rehabilitation
Symbol △ : item to be partially rehabilitated

Factors to be excluded from pre feasibility study / Judgment of Pre-F/S / Rehabilitation Plan — To be rehabilitated to the nominal capacity (Generating scheme; Subject of rehabilitation)

(%)	R-1 Already under repairing	R-2 Dismissed by electric company	R-3 Water right is out of jurisdiction	R-4 Necessity of discharge canal improvement	R-5 F/S is executing by others	R-6 Under good operating condition	R-7 Low priority by electric company	R-8 Based on the reconnaissance survey	No hydrology gauging station to be available	Judgment of Pre-F/S	Design discharge (m³/sec)	Net head (m)	Plant output (kW)	Annual generating power (GWh)	Turbine type No. of unit	Turbine & generator	Control panel	Switchgear	Transformer	Substation	Penstock	Dam	Intake	Settling basin	Canal	Reservoir	Gate & screen	Power house
72										YES	5.0	86.0	3,300	27.5	C×2	O	O	O	O	X	X	O	O	O	X	X	O	O
57							X		X	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40							X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60										YES	2.5	51.0	990	8.2	C×2	O	O	O	O	X	X	O	O	X	X	△	△	O
33										"	1.5	490	570	4.7	C×1	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O
00					X	X				NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
77						X				"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	X						X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
58							X		△	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0										YES	2.6	58.0	1,100	9.2	C×2	O	O	O	O	X	O	X	X	X	X	O	O	O
75										"	5.6	59.75	2,600	16.2	C×2	O	O	O	X	X	X	O	△	△	△	△	O	O
10										"	—	—	—	—	—	O	O	O	X	X	O	X	X	△	O	X	O	O
56										"	—	—	—	—	—	O	O	O	O	O	X	O	O	△	△	△	O	O
0	X									NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
00							X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0		X					X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18						X				"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
96						X				"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11										YES	1.2	55.0	510	4.2	C×1	O	O	O	X	X	O	△	△	O	O	O	O	O
0					X					NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6										YES	2.5	30.0	580	4.8	C×1	O	O	O	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O
6										"	2.5	54.0	1,000	8.3	C×2	O	O	O	O	O	O	O	△	△	△	△	O	O
0										"	2.5	43.0	840	7.0	C×1	O	O	O	X	X	O	O	O	O	O	△	O	O
56						X	X			NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39						X				"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
78						X	X			"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7										YES	1.5	31.0	360	3.0	C×1	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X
72										"	7.0	24.5	1,300	10.8	C×2	O	O	O	O	O	O	△	O	X	O	X	△	O
67							X		X	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	X									"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35							X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0										YES	6.5	48.0	2,400	20.0	C×2	O	O	O	O	O	X	△	△	△	O	X	O	O
25										"	54.0	4.8	2,000	16.6	T×2	O	O	O	O	O	O	△	O	—	O	—	O	O
0								X	X	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
47				X						"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6								X	X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0										YES	23.0	15.0	2,700	20.2	T×2	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	O	O
0										"	0.5	45.5	170	1.4	C×1	O	O	O	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O
75						X			X	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0			X							"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
92										YES	2.5	192.4	3,700	30.8	P×3	X	O	X	X	X	△	X	X	X	X	O	△	X
29										"	2.5	98.4	1,900	15.8	F×1	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	△	X
30						X			X	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
00						X			X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
93						X				"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	X								X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12							X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0										YES	2.0	120.0	1,800	15.0	F×2	O	O	O	O	O	O	O	O	O	△	O	O	O
0			X							NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2					X					"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
61										YES	6.5	30.0	1,500	12.5	C×2	O	O	O	O	X	△	O	O	O	△	O	O	O
59					X					NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0					X				X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
00							X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
79							X		X	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0										YES	12.0	13.9	1,300	10.8	C×2	O	O	O	O	X	O	O	O	△	X	O	O	O
50			X				X			NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28										YES	4.7	97.0	3,500	29.1	F×2	O	O	O	O	O	X	O	X	△	O	O	O	O
0	X									NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
00						X				"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0										YES	0.5	120.0	470	3.9	P×1	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
12			X				X			NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Rehabilitation Plan (continued) — To be rehabilitated to the nominal capacity (Estimation cost; Indices) / To be prospected more than nominal capacity (Generating scheme; Estimation cost; Indices)

(%)	Mechanical & electrical equipments (M¥)	Penstock works (M¥)	Civil works (M¥)	Total (M¥)	Cost per installed capacity: Capacity (k¥/kW)	Cost per installed capacity: Energy (¥/kWh)	Cost per increased capacity: Capacity (k¥/kW)	Cost per increased capacity: Energy (¥/kWh)	Cost per installed capacity (US$/kW)	Cost per increasing capacity (US$/kW)	Generating cost (US$/kWh) (See Note)	Design discharge (m³/sec)	Net head (m)	Plant output (kW)	Annual generating power (GWh)	Turbine type & No. of unit	Mechanical & electrical equipments (M¥)	Penstock works (M¥)	Civil works (M¥)	Total (M¥)	Cost per installed capacity: Capacity (k¥/kW)	Cost per installed capacity: Energy (¥/kWh)	Cost per increased capacity: Capacity (k¥/kW)	Cost per increased capacity: Energy (¥/kWh)	Cost per installed capacity (US$/kW)	Cost per increasing capacity (US$/kW)	Generating cost (US$/kWh) (See Note)
72	374	0	117	491	149	18	491	59	1,190	4,000	0.023	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	241	0	86	327	330	40	838	101	2,640	6,800	0.052	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	126	9	70	205	360	43	841	77	2,870	5,200	0.056	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	256	20	50	326	296	36	296	36	2,370	2,400	0.046	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
75	294	0	150	444	171	27	522	84	1,360	4,200	0.027	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.6	39.01	2,500	15.6	C×2	294	32	123	449	180	29	281	45	1,430	2,300	0.028
56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.6	80.57	3,500	21.8	C×2	376	0	172	546	157	25	261	42	1,250	2,100	0.024
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	116	16	88	220	431	52	593	71	3,450	4,800	0.058	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	118	14	100	232	400	48	551	66	3,200	4,800	0.063	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	264	9	121	394	394	47	420	50	3,150	3,400	0.062	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	123	10	137	270	321	39	321	39	2,570	2,600	0.050	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
78	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	155	0	4	159	442	53	612	73	3,530	4,900	0.069	7.0	31.0	1,700	12.0	C×2	362	9	186	557	328	46	348	49	2,620	2,800	0.051
72	360	13	143	516	397	48	794	95	3,170	5,400	0.062	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	383	0	271	654	273	33	273	33	2,180	2,200	0.043	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	531	8	220	759	380	46	506	61	3,030	4,100	0.059	200.0	4.8	7,500	51.8	T×2	1,595	31	772	2,398	320	46	343	50	2,550	2,800	0.050
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	641	13	105	759	281	38	281	38	2,240	2,300	0.044	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	70	7	50	127	747	90	747	90	5,970	6,000	0.117	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
92	75	10	465	550	149	18	374	45	1,180	1,000	0.023	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	25	0	7	32	17	2	27	3	130	300	0.003	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
93	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	514	28	95	637	354	43	354	43	2,830	2,900	0.055	2.5	120.0	2,300	19.1	F×2	504	32	180	716	311	37	311	37	2,490	2,500	0.049
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
61	311	17	225	553	369	44	790	95	2,940	6,400	0.058	15.0	30.0	3,500	23.3	C×3	536	29	456	1,041	297	45	386	58	2,370	3,100	0.046
59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	337	4	179	520	400	48	400	48	3,200	3,300	0.063	40.0	13.9	4,300	30.4	T×2	834	7	662	1,503	350	49	350	49	2,790	2,800	0.055
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	586	0	395	981	280	34	392	47	2,240	3,200	0.044	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	137	12	37	186	396	48	396	48	3,160	3,200	0.062	2.0	280.0	4,300	35.8	P×2	809	65	59	933	217	26	217	26	1,730	1,800	0.034
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Symbol X : factor to be excluded

Symbol X : not available
Symbol △ : data are used as reference

Symbol O : item to be rehabilitated
Symbol X : item not requiring rehabilitation
Symbol △ : item to be partially rehabilitated

(Note)
Generating Cost (US$/kWh) is Calculated,

$$I = \frac{C \cdot r}{8760 \cdot L}$$

I : Generating Cost (US$/kWh)
C : Construction Cost (US$/kW)
r : Annual Expense Rate (12%)
L : Capacity Factor (70%)

第７章　ディーゼル発電設備の修復計画

第7章　ディーゼル発電設備の修復計画

7.1 修復対象地点の選別

17の調査対象地点に対するICELのアンケート調査及び現地踏査の結果から、電力需給バランスにおける修復の必要性と効果を勘案した場合、修復計画の対象地点としては、次に述べる理由によりTermotumaco（設備容量10MW、現有出力7.8MW）のみが候補地点として挙げられる。

(1) ディーゼル発電設備の運転状況

24時間連続運転を行なっているディーゼル発電所は需要家の多いPuerto LopezとTermotumacoの2地点だけである。両発電所における1991年の電力量の需要予測を試みると次のようになる。

	1987年の人口（人）	1987年の電力量（MWh）	一人当たりの年間消費電力量（MWh／人）	平均増加率（%）	1991年の推定電力量（MWh）
Puerto Lopez	11,100	4,394	0.40	31	13,000
Termotumaco	46,000	30,112	0.65	7	40,000

他の群小発電所は、1日当り3～6時間の間欠運転を行なっている。これら群小発電所の中には修理中或いは修理検討中のため運転休止中のものが見受けられるが、これ等は、僻地及びスペヤーパーツの入手難により復旧に時間を要している。従ってスペヤーパーツを入手次第、運転開始になる。

(2) 近い将来におけるピーク電力の予測

ICELのディーゼル発電設備担当部門が作成した報告書の年平均増加率を用いて3年後の1991年における各ディーゼル発電所のピーク電力を求めると、表7.1.1に示すように、ピーク電力の需給バランスが保てないのはTermotumaco発電所だけである。

表7.1.1 Choco,Meta及びNariño3県内における
ディーゼル発電設備の需給バランスの現状と将来予測

Code No.	県 名	発電所名	1987年の 設備容量 (kW)	1987年の 最大電力 (kW)		想定 最大電力 (kW)
301	Choco	Acandi	275	126	(3)	142
302	Choco	Pizarro	120	82	(3)	92
303	Choco	Unguia	150	103	(3)	116
304	Choco	Capurgana	150	50	(3)	56
312	Choco	Villa Claret	25	18	(3)	20
314	Choco	Sipi	80	56	(3)	63
315	Choco	Bahia Solano	240	110	(3)	124
321	Choco	Nuqui	150	83	(3)	93
326	Choco	Zapzurro	18	15	(3)	17
337	Meta	Puerto Lopez	2,220	970	(20)	2,011
339	Meta	S.J. de Arama	525	145	(13)	236
340	Meta	Vista Hermosa	455	380	(3)	428
341	Nariño	Termotumaco	10,000	7,480	(9)	10,559
344	Nariño	Llorente	120	38	(2)	41
345	Nariño	Sala Honda	210	91	(2)	99
350	Nariño	La Playa	75	53	(3)	60
357	Nariño	Baquerias	35	28	(3)	31
	合	計	14,848	–	–	–

( ) 内数字は年平均増加率を示す。

7.2 安定した電力供給のための合理化・標準化

調査対象に挙げられたディーゼル発電設備、特にTermotumacoを除く、残り16の群小ディーゼル発電設備について、より安定した電力供給を行なうためには、運用・維持・管理の面で次のような改善が望ましい。

(1) 運用・維持・管理体制の再編

市町村が運用しているディーゼル発電設備の需要としては、病院・通信設備等の公共施設及び商業用等の24時間連続に電力を必要とする負荷が相当数あり、かつ、それらを含む需要家の中には小容量の自家用発電設備を所有しているものがかなりある。

これ等小規模ディーゼル発電設備については、配置および連系の合理化,安全性の確保ならびに燃料の安定供給と燃費の低減を図って電力の24時間連続供給体制と電力料金の従量制の導入に向けて再編することが望ましい。

(2) 設備および管理の標準化

運用・維持・管理の技術面で次のような標準化を推進する。

－発電機容量・電圧及び保護方式等の標準化
－送配電系統の変圧器容量及び電圧の標準化
－運転および予防保全を含めた維持管理手法の標準化
－定期的な保守、点検の実施
－公共用施設の屋外照明等汎用器具の標準化

7.3 Termotumacoの修復計画

7.3.1 計画概要

本発電所は他の電力系統から独立しているので修復・最適規模化計画に際しては次のような自立電源としての特性を考慮する必要がある。

－地理的要因及び地域特性がもつ運転条件

－高い信頼性と保守の有利性を生かした良質な電力の供給

－需給状況の現状把握と適切な将来予測

－設備の残在寿命の把握

－設備の標準化、他

最近5ケ年（1983から1987）におけるTumaco市の電力事情を下表に示し、電力需要と加入者の推移を図7.3.1に示す。

表7.3.1 Tumaco市の電力事情（1983～1987）

項　目		1983	1984	1985	1986	1987	平均増加率 (%)
最大電力	(kW)	5,300	5,700	6,300	7,200	7,480	9.1
電力量	(GWh)	23	23	27	31	30	7.1
需要家	(戸)	5,114	5,839	6,097	6,290	6,540	4
電気料金	($/kWh)	2.61	3.16	4.04	5.53	8.01	32.4
燃料代	($/gal)	76.1	88	97.5	121.3	175	23.2

既に述べたようにTumaco発電所のピーク電力は、1991年に既存設備容量10MWを超えることが予想される。したがって本計画においては、供用年数が23年を経過している既設の＃3号および＃4号ディーゼル発電機（設備容量2,000kW×2台）の残存寿命があと2年間であるとの想定のもとに3,000kW×2台計6,000kWの増設を考えることとした。

増設のスペースは既存発電所敷地内に十分確保でき、又燃料供給についても既設燃料貯蔵設備がそのまま利用できる。

1991年には、Tumaco－Pasto間の230kV送電線が供用開始予定であるので、修復計画の策定にあたっては、これ等の将来計画を十分考慮する必要がある。。

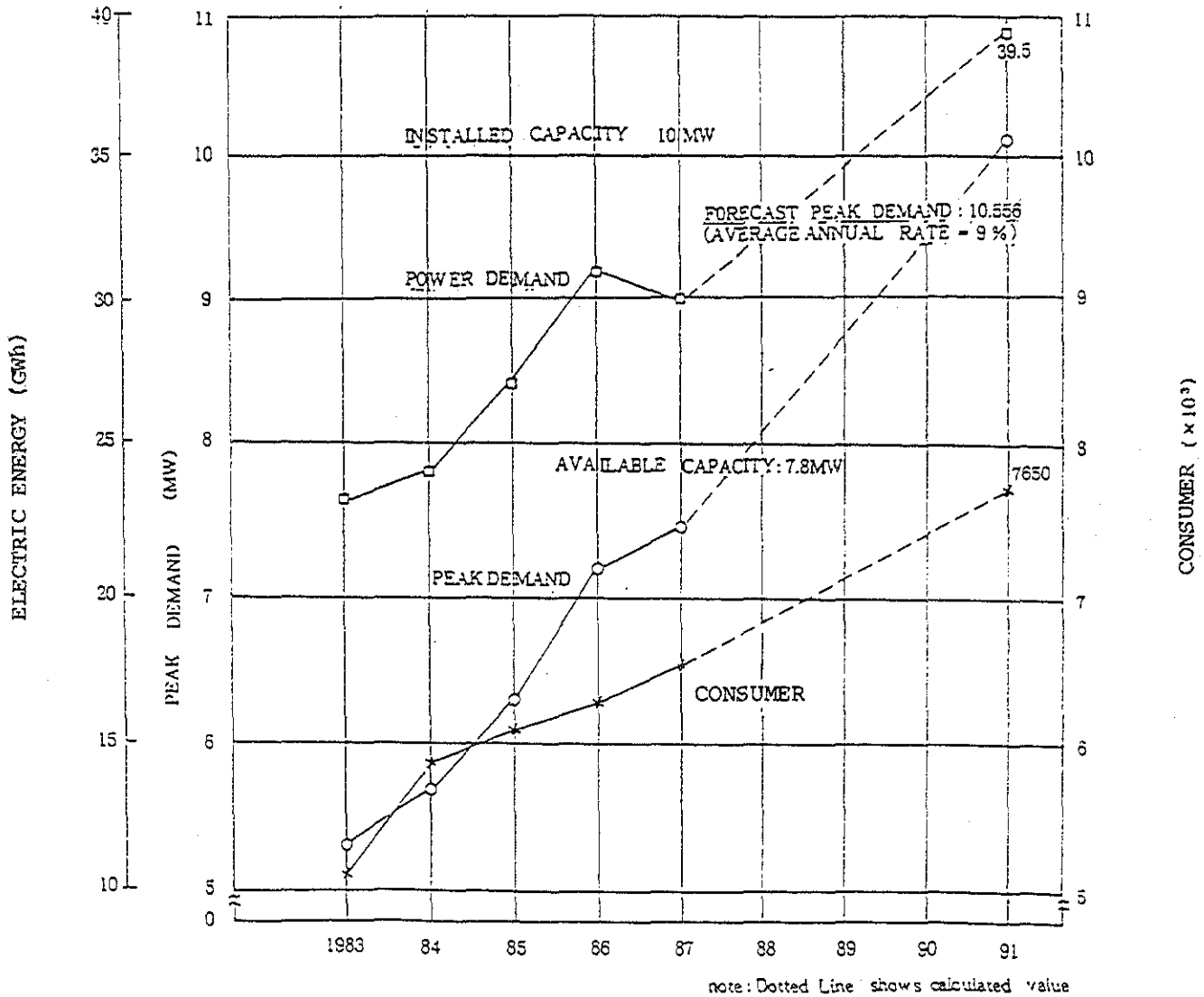


図 7．3．1 TREND OF DEMAND AND CONSUMER IN TUMACO CITY

7.3.2 設備の諸元および基本単線結線図

主要増設設備の諸元を示すと次の通りである。

(1) ディーゼル発電機

－員数		： 2
－定格出力		： 3,000kW
－電圧		： 4,160V
－周波数		： 60Hz
－相数		： 3
－中性点接地方式		： 非接地
－冷却方式		： クローズドタイプ
－燃料		： マリン・ディーゼル

(2) 主変圧器

－員数		： 2
－定格容量		： 4,000kVA
－電圧	一次	： 4.16kV
	二次	： 13.2kV

修復後の基本単線結線図を示すと図7.3.2のようになる

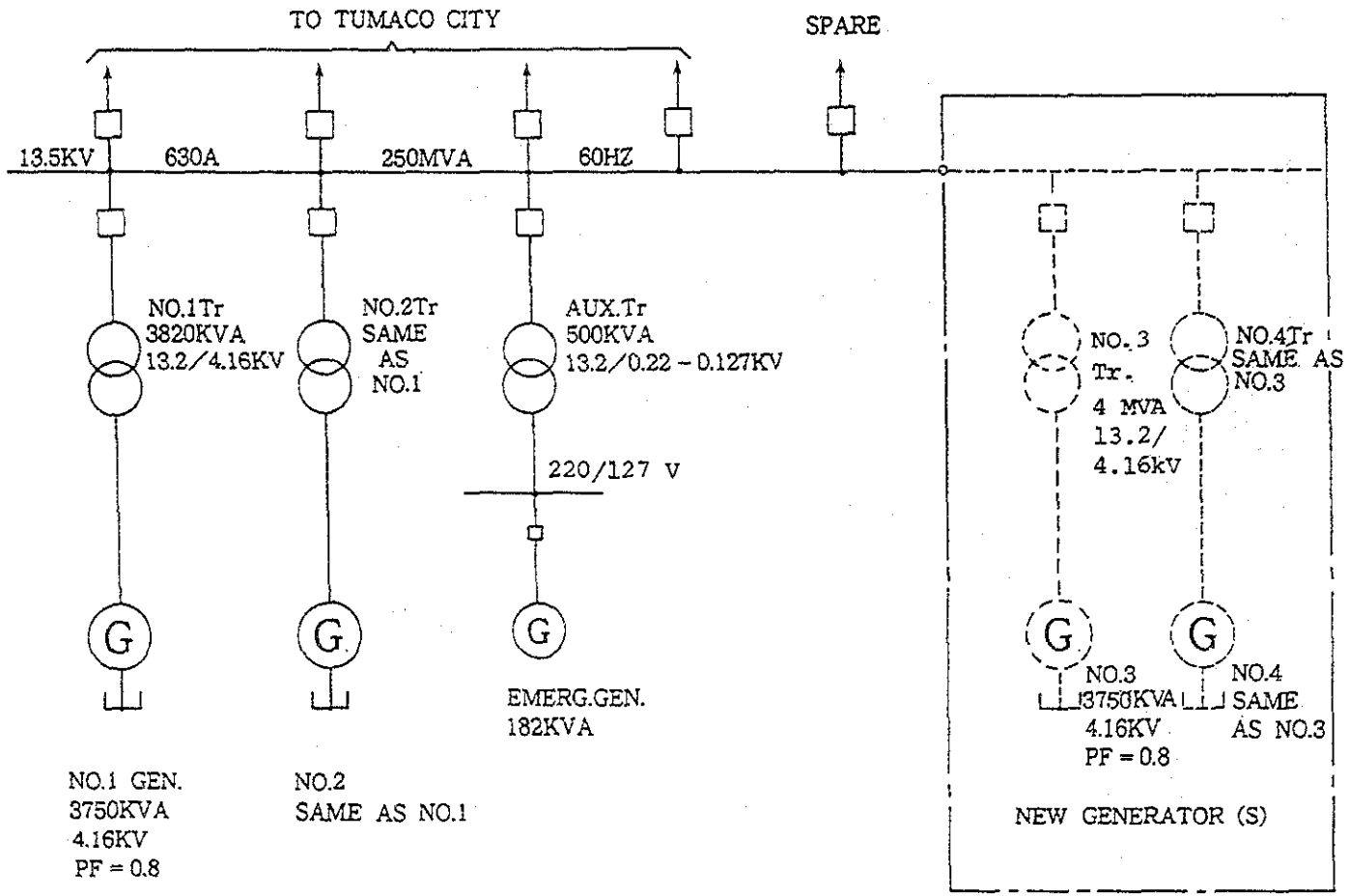


図-7.3.2 KEY SINGLE LINE DIAGRAM (TERMOTUMACO P/P)

7.3.3 概算修復費の積算

概算修復費を外貨と現地貨に分けると以下の通りとなる。

1) 外　貨 ： 3,400（10^3US $）
2) 現地貨 ：　800（10^3US $）
　合　計　4,200（10^3US $）

1) 外貨

この中には主要機器であるディーゼル発電機及び主変圧器の機器代金、輸送・保険、据付・試験、コンサルタンツ・サービス費、及び予備費（10％）が含まれている。但し、トレーニング、予備品は含んでいない。

2) 現地貨

この中には、現地作業である、土木及び建築に係わる費用とコンサルタンツ・サービス費を含む。

7.3.4 概略経済分析評価

修復対象発電所の増設に係わる主な経費である主要機器とその輸送・保険及び据付・試験費等の初期投資に対するkW当りの建設単価は約700US $となる。又、運用・保守等の人件費は、増設設備が既設と同一発電方式であり、現状の人員配置のままで実施可能と考えられる。従って、kWh当りの人件費は低減出来る。

尚、上記は概略分析であり、かつ個別的な建設単価による評価である。従って、F／Sレベルでは、既設設備を含めた系統全体についての総合的な評価を行なう必要があり、その主な要素としては下記があげられる。

1) 設備の年経費
2) 損失電力の経済評価
3) 供給信頼性の経済評価

またF／Sレベルの検討段階では、次のような詳細な検討と調査を行う必要がある。

1) Narino県全体の電力系統計画との整合性
2) Tumaco市の詳細電力事情（需要・配電線等）
3) Termotumaco発電所設備の詳細資料
4) 運用・維持・管理の標準化

第８章　F／Sステージにおける調査計画案

第8章 F／Sステージにおける調査計画案

8.1 調査目的

本調査の目的は、当該発電設備がもつ、電力需要面での必要性、修復の効果ならびに電力需給上の重要性に着目し、現地調査および国内作業を実施の上、技術的・経済的および財務的に最適な修復計画を策定してF／S報告書を作成することである。

8.2 調査範囲

以下に挙げる発電設備の修復計画に関するF／Sである。

① 火力発電設備

- Termopaipa発電所
  (ただし＃1ユニットを除く)　(Boyaca県　定格出力 140MW)

② 水力発電設備

- Caracoli発電所	(Antioquia県	定格出力	3.2MW)
- P.Guillermo発電所	(Boyaca県	〃	1.3MW)
- Chinchina川水系の3発電所 (San Cancio, Intermedia,Municipal)	(Caldas県	〃	5.6MW)
- Florida－I発電所	(Cauca県	〃	2.3MW)
- Iquira川水系の2発電所 (Rio Iquira－I,Rio Iquira－II)	(Huila県	〃	6.7MW)
- Julio Bravo発電所	(Nariño県	〃	1.5MW)
- Zaragoza発電所	(Santander県	〃	1.6MW)
- Lagunilla発電所	(Tolima県	〃	0.5MW)

8.3 Termopaipa火力発電所の調査計画

プレF／Sに引き続いてさらに調査すべき対象は、クローズドサイクル冷却方式への転換のための問題である。

Termopaipaでは、既存の石炭灰捨場の容量不足が問題になっており、＃2ユニットの出力増加（66MW→74MW）が実現されればこの問題は一層深刻化してくる。その打開策として、現在採用されているChicamocha川の河川水による循環式冷却水のシステムを冷却塔設置によるクローズドサイクル冷却方式に転換し、既存の冷却池（580,000m²）を灰捨場用地として転用する計画が有力視されている

しかしながら、クローズドサイクル冷却方式への転換の実現性を確認するには、さらに詳細な技術的検討が必要である。

本調査の目的は、当該発電所の冷却水システムをクローズドサイクル方式に転換する場合の最適化計画を策定することである。

8.3.1 調査項目及び内容

(1) 既調査結果および資料の検討

本調査に関して既調査結果の検討に加えて、次のような資料を収集し検討を行う。

－発電設備の概要と運転実績

－冷却水量の使用記録と水温測定記録

－冷却水システムの仕様明細と設備図面

－冷却水システムの点検・修理記録

－石炭燃料の消費量と石炭灰の発生量

－石炭灰捨コスト

(2) 現地調査

当該発電設備の現状確認ならびに灰捨場候補地点に挙げられた既存冷却用水池の立地条件の確認のために現地調査を実施する。

現地調査中に水文・気象・地形および地質条件等、本計画実施に必要な基礎資料を整備する。

(3) 調査工事計画書、技術及び特記仕様書の作成

本調査に必要な調査工事（地形測量、ボーリング等）の計画立案、ならびに調査工事の技術仕様書及び特記仕様書を作成する。

(4) 代替案の比較・検討

施設計画に関するいくつかの基本計画案を作成し、比較検討の上、実現性の高い最適計画案を選定する。

(5) 最適計画案の設計

最適計画案にもとづく設備設計を行ない、機器およびシステムに関する技術仕様を設定する。設備の製作・組立・据付工程ならびに基礎工事の工程表を作成する。同時に冷却池転用の灰捨場についての概念設計を行う。

(6) 工事費の積算

設備設計および技術仕様にもとづいて工事費を積算し、内外貨別内訳書および年度別支出計画を作成する。併せて冷却池転用の灰捨場についての概算工事費を積算する。

(7) 経済分析評価

クローズドサイクル冷却方式への転換についての経済性の分析評価を行う。

(8) 維持管理マニュアル

クローズドサイクル冷却水施設の安定した運用・維持および管理を図るために、維持管理マニュアルを作成する。