

## タイ「プミポン水力発電所リハビリテーション事業」

評価報告：2000年3月

現地調査：1998年11月

### 事業要項

借入人：タイ発電公社  
実施機関：タイ発電公社  
交換公文締結：1988年9月  
借款契約調印：1989年9月  
貸付完了：1995年1月  
貸付承諾額：2,425百万円  
貸付実行額：2,324百万円  
調達条件：一般アンタイト  
(コンサルタント部分は部分アンタイト)  
貸付条件：金利2.9%  
：償還期間30年(うち据置10年)

## 参 考

- (1) 通貨単位：バーツ (Baht)
- (2) 為替レート (IFS 年平均市場レート)

年	1989	1990	1991	1992	1993
円 / US\$	137.96	144.79	134.71	126.65	111.20
Baht / US\$	25.82	25.11	25.47	25.39	25.35
CPI(1988年 = 100)	105.357	111.607	117.969	122.768	126.897

1994	1995	1996	1997	1998
102.21	94.06	108.78	120.99	130.9
25.00	25.14	25.49	40.66	41.4
133.371	141.071	149.330	157.701	170.414

- (3) 会計年度：10月1日～9月30日
- (4) 用語説明：
- EGAT：Electricity Generating Authority of Thailand (タイ発電公社)
- MEA：Metropolitan Electricity Authority (首都圏配電公社)
- PEA：Provincial Electricity Authority (地方配電公社)

# 事業地



## 1. 事業概要と主要計画 / 実績比較

### 1.1 事業概要と国際協力銀行分

本事業はプミポン水力発電所の一部老朽化した機器（1・2号機）に対し改修を行い、以て発電設備の信頼性・出力および発電効率の向上、更に設備耐用年数の延長による電源確保を図るものである。

事業内容は1・2号機の改修とコンサルティング・サービスより成る。国際協力銀行(以下、「本行」)借款対象は機器調達および据付費用ならびにコンサルティング費用のうち外貨分全額である。

### 1.2 事業地

事業地はバンコク北西約 400km に位置する、タイ北部ターク県にあるプミポン水力発電所である。

### 1.3 本事業の背景と必要性

本事業が計画された 1980 年代後半からタイは高度成長期に入り電力需要の伸びは旺盛であった。ピーク需要の年増加率は 1987 年 13%、88 年 15%、89 年 15%と急激に伸び、これに対処するために設備出力増強は急務の課題であった。これを受けタイ発電公社 (EGAT) は電源開発計画 (1988 ~ 2001 年) において 2001 年までに最大出力を 14,790MW、年間可能発電電力量を 76,172GWh に拡大することを目標とした。EGAT の発電実績を表 1 に示す。

本事業計画当時のプミポン水力発電所<sup>1</sup>はシーナカリン水力発電所 (540MW) に次ぐ 535MW の設備出力を持つが、7 つの機器のうち第 1 および 2 号機の運転開始が 1964 年と古く、設備・機器類が旧式であり、また、経年劣化により下記のような低効率の操業と高い保守コストの負担を強いられ、早急な改修の必要性に迫られていた。

制御装置：運転制御を全て手動で行っていることによる人為的な操作  
ミスの発生、および起動・停止操作その他運転管理の非効率化

電気設備：機能・効率性の低下および安全性の低下

水車：効率および出力調整機能の低下

その他機器類：発電能力および電力供給の信頼性の低下、並びに現有設備の  
維持管理コストの高騰

---

<sup>1</sup> タイ北部ターク県に位置する、タイ国初の多目的ダムであるプミポンダムを擁する水力発電所。1964 年運転開始。1996 年に 8 号機 (175MW) が完成し、現在の最大出力は 710MW。

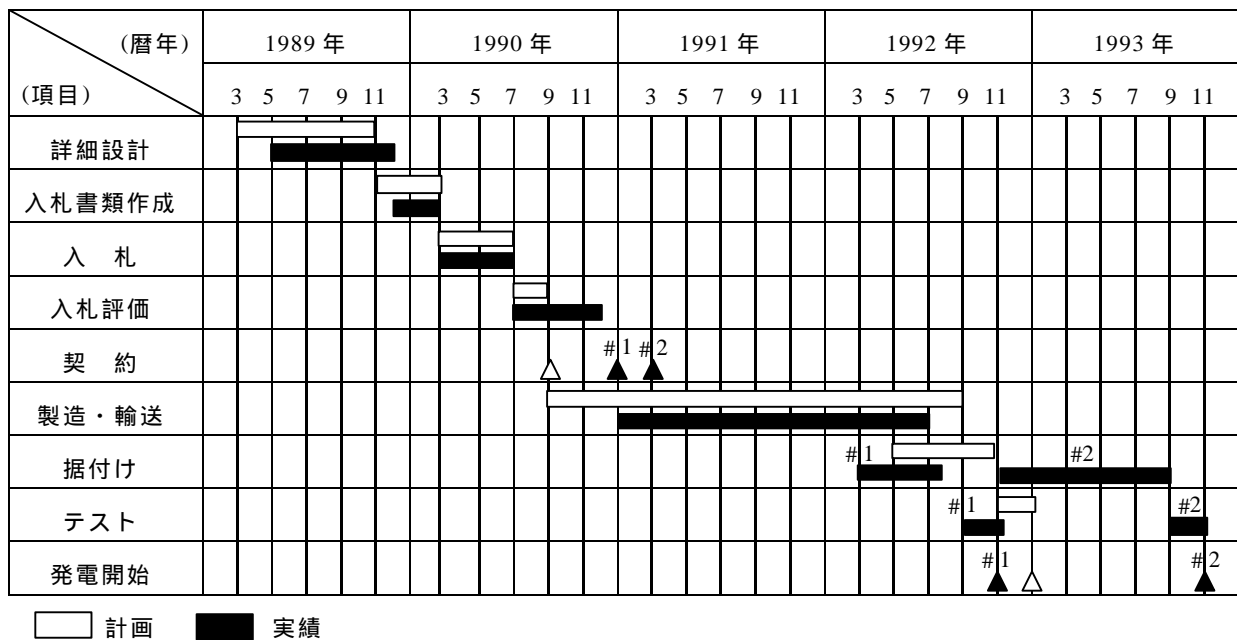
## 1.4 主要計画 / 実績比較

### 1.4.1 事業内容

評価項目	計 画 ( )	実 績 ( )	差 異 ( - )
事業範囲			
1・2号機の改修			
i) 水車	新型ランナー・電気式ガバナーの採用、 ベアリングの取替えなど。	同 左	なし
ii) 発電機	ステーターコイル・フィールドコイル の取替え、静止励磁装置の採用など	同 左	なし
iii) 制御装置等	自動制御装置、ガス遮断器の採用など	同 左	なし
コンサルティング・サービス	詳細設計・入札準備補助、入札評価補 助、施工監理	同 左	なし

### 1.4.2 工期

項 目	計 画	実 績	差 異
・コンサルティング・サービス			
1. 詳細設計	1989. 3 - 1989.10	1992. 5 - 1989.11	完了 1 ヶ月遅れ
2. 入札準備補助	1989.11 - 1990. 2	1989.12 - 1990. 2	計画どおり
3. 入札	1990. 3 - 1990. 6	1990. 2 - 1990. 6	計画どおり
4. 入札評価補助	1990. 7 - 1990. 8	1990. 7 - 1990.11	完了 3 ヶ月遅れ
5. 施工監理	1989. 9 - 1992. 3	1990.12 - 1993.11	完了 18 ヶ月遅れ
・機器調達			
1. 契約締結	1990.9	1990.12 (発電機関係) 1991.2 (水車関係)	完了 3 ヶ月遅れ
2. 調達(設計・製造・輸送)	1990.9 - 1992.8	No.1 1990.12-1992.6 No.2 同上	完了 2 ヶ月早まる
3. 据付	1992.5 - 1992.10	No.1 1992.3- 1992.8 No.2 1992.11 - 1993.9	完了 No.1: 2 ヶ月早まる 完了 No.2: 11 ヶ月遅れ
4. 試運転	1992.11 - 1992.12	No.1 1992.9-1992.10 No.2 1993.9-1993.10	完了 No.1: 2 ヶ月早まる 完了 No.2: 10 ヶ月遅れ
5. 運転開始	1993.1	No.1 1992.11 No.2 1993.11	No.1: 2 ヶ月早まる No.2: 10 ヶ月遅れ



### 1.4.3 事業費

単位：百万円

項目	計 画		実 績		差 額( - )	
	外 貨	内 貨	外 貨	内 貨	外 貨	内 貨
1. 機器コスト(スペアパーツ、据付け監理を含む)	2,281	30	2,154	151	127	+ 121
2. コンサルティング・サービス	73	-	170	50	+ 97	+ 50
3. EGATの管理費	-	120	-	141	-	+ 21
4. 輸入関税	-	359	-	404	-	+ 45
5. 予備費	71	13	-	-	71	13
6. 建中利子	-	102	-	44		58
合 計	2,425	624	2,324	790	101	+ 166

注：1) 本行借款対象は外貨分全額

2) 為替レート：計画時 1パーツ = 5円 実績 1パーツ = 3.95円

**表1 EGAT の発電実績**  
**TOTAL EGAT GENERATION REQUIREMENT**  
**(Moderate Economic Recovery Case)**

Fiscal Year	Peak Generation			Energy Generation			Load Factor %
	MW	Increase		GWh	Increase		
		MW	%		GWh	%	
				<u>Actual</u>			
1987	4,733.90	553.00	13.23	28,193.16	3,413.63	13.78	67.99
1988	5,444.00	710.10	15.00	31,996.94	3,803.78	13.49	67.09
1989	6,232.70	788.70	14.49	36,457.09	4,460.15	13.94	66.77
1990	7,093.70	861.00	13.81	43,188.79	6,731.70	18.46	69.50
1991	8,045.00	951.30	13.41	49,225.03	6,036.24	13.98	69.85
1992	8,876.90	831.90	10.34	56,006.44	6,781.41	13.78	72.02
1993	9,730.00	853.10	9.61	62,179.73	6,173.29	11.02	72.95
1994	10,708.80	978.80	10.06	69,651.14	7,471.41	12.02	74.25
1995	12,267.90	1,559.10	14.56	78,880.37	9,229.23	13.25	73.40
1996	13,310.90	1,043.00	8.50	85,924.13	7,043.76	8.93	73.69
1997	14,506.30	1,195.40	8.98	92,724.66	6,800.53	7.91	72.97
1998	14,179.90	326.40	2.25	92,134.44	590.22	0.64	74.17
<u>Average Growth</u> 1988~1998	-	858.73	10.49	-	5,812.84	11.37	-
				<u>Forecast</u>			
1999	14,499.00	319.10	2.25	93,178.00	1,043.56	1.13	73.36
2000	15,254.00	755.00	5.21	97,858.00	4,680.00	5.02	73.23
2001	16,214.00	960.00	6.29	103,685.00	5,827.00	5.95	73.00
2002	17,308.00	1,094.00	6.75	110,436.00	6,751.00	6.51	72.84
2003	18,399.00	1,091.00	6.30	117,341.00	6,905.00	6.25	72.80
2004	19,611.00	1,212.00	6.59	124,532.00	7,191.00	6.13	72.49
2005	20,818.00	1,207.00	6.15	132,228.00	7,696.00	6.18	72.51
2006	22,168.00	1,350.00	6.48	141,300.00	9,072.00	6.86	72.76
2007	23,728.00	1,560.00	7.04	151,322.00	10,022.00	7.09	72.80
2008	25,450.00	1,722.00	7.26	162,438.00	11,116.00	7.35	72.86
2009	27,232.00	1,782.00	7.00	173,532.00	11,094.00	6.83	72.74
2010	28,912.00	1,680.00	6.17	184,213.00	10,681.00	6.16	72.73
2011	30,587.00	1,675.00	5.79	194,930.00	10,717.00	5.82	72.75
<u>Average Growth</u>							
1982~1986	-	318.44	10.06	-	1,763.91	9.20	-
1987~1991	-	772.82	13.99	-	4,889.10	14.71	-
1992~1996	-	1,053.18	10.60	-	7,339.82	11.79	-
1997~2001	-	680.62	4.02	-	3,552.17	3.83	-
2002~2006	-	1,190.80	6.46	-	7,523.00	6.39	-
2007~2011	-	1,683.80	6.65	-	10,726.00	6.65	-

出所：タイ電力需要予測小委員会 September 1998

## 2 分析と評価

### 2.1 事業実施にかかる評価

#### 2.1.1 事業内容

事業内容は 1・2 号機の発電機器の改修とコンサルティング・サービスより成り、その事業範囲は以下のとおりである。

##### 1、2 号発電機の改修

- i) 水車（新型ランナー・電気式ガバナーの採用、ベアリングの取替え等）
- ii) 発電機（ステーターコイル・フィールドコイルの取替え、静止励磁装置の採用等）
- iii) 制御装置等（自動制御装置・ガス遮断器の採用等）

##### コンサルティング・サービス

- i) 詳細設計・入札準備補助
- ii) EGAT に対する入札評価補助
- iii) 施工監理

国際協力銀行対象分は上記機器の改修とコンサルタント雇用に要する外貨分全額である。実績の事業内容は計画どおり行われ変更はなかった。

#### 2.1.2 工期

コンサルティング・サービスについては、2 ヶ月遅れでスタートしたものの、詳細設計・入札書類の作成は予定工期内に終了した。入札は予定どおり行われたが、入札の評価に時間を要し、機器メーカーとの契約は予定より 3 ヶ月遅れた。尚、コンサルタントの契約期間は当初は 92 年 3 月終了と予定されていたが、2 号機の据付延期およびその後の以下に述べる原因により延長された（18 ヶ月の延長）。

機器の製造・輸送は予定より早いペースで行われた。1 号機の据付は予定より 2 ヶ月早く完了した。2 号機については、固定子のコアの全品取り替え（サイト到着時、全て錆びていた）および Power Supply System のバッテリー液が劣化していたため全て部品を取り替えるなどの手戻りがあったため、完了は 10 ヶ月遅れた。

#### 2.1.3 事業費

当初計画では外貨分 2,425 百万円、内貨分 624 百万円(125 百万パーツ)の資金が必要と見積もられた。実際には、外貨分が 2,324 百万円で予定より 4.2%減、他方、内貨分は 790 百万円（200 百万パーツ）と 26.6%の増加となった。合計で、3,114 百万円、当初見積もり 2.1%微増となった。

項目ごとの対比を行うと、機器コストについては、外貨分は落札価格が予定価格を下回ったが、他方、内貨分のコストはインフレやパーツ購入量の増加などによって増加し、結果的にはほぼ計画どおりであった。コンサルタント費用は全体の工期延長に伴いサービス期間が 18 ヶ月延長されたため、大幅増加となった。



## 2.1.4 実施体制

### (1) 実施機関

本事業の実施機関はタイ発電公社 (EGAT) である。EGAT はタイ全国の発電と送電を一元的に担う国営企業で、EGAT 法に基づき 1969 年既存の 3 発電公社の合併により設立された。従業員 3 万人を超えるタイで最大の国営企業である。EGAT の組織図を図 2 に示す。

1998 年 9 月末現在、EGAT の発電設備出力は 18,176MW、年間可能発電電力量は 107,442GWh に達する。1998 年度 (97 年 10 月～98 年 9 月) には、14,180MW のピーク発電を行い、92,134GWh の電力を生産した (表 1 参照)。発電された電力は回線延長で 23,000km の送電線と 180 ヶ所の変電所を通じて送電された。EGAT の売電先は首都圏配電公社 (MFA) と地方配電公社 (PEA) の 2 つの配電公社で総販売電力量の 98% を占めている。

本事業は EGAT にとって初めての本格的な水力機器の改修工事であったが、EGAT は十分な実施能力を持っていたと判断される。

本事業では、EGAT 本社水力発電・送電線開発担当副総裁がプロジェクト・マネージャーとして総括を行い、実務レベルでは本社水力発電エンジニアリング部の総括・調整のもとに、同部設計・入札課並びに本社水力発電建設部水力機器設置課、水力電気機器設置課およびプミポンダム現場支所等の関連部局が事業を実施した。EGAT の本事業の実施組織を図 3 に示す。繁忙期には 100 人以上の職員が本事業にかかわった。

工事実施形態は次のとおりである。機器の設計、製造、搬入はコンサルタントの作成した仕様書に基づき、外国サプライヤーが請負った。機器の据付はサプライヤーの指導を受け、EGAT 直営部隊が行った。工事監理は EGAT と連携してコンサルタントが担った。

### (2) コンサルタント

本事業では以下を TOR とするコンサルタントが雇用された。

詳細設計、入札準備補助

EGAT に対する入札評価補助

施工監理

本件の緊急性に鑑み、F/S を手掛けた本邦コンサルタントが雇用された。EGAT の PCR によれば、コンサルタントのパフォーマンスは非常に良好 (very satisfactory) であった。

### (3) コントラクター

機器については、発電機関係と水車関係の 2 つの契約に分けられ、国際競争入札の結果、各々欧州のメーカーが落札した。これらのメーカーは 1・2 号機のオリジナル・サプライヤーではなかった。

コントラクターのパフォーマンスについては、2 号機の固定子のコアや Power Supply System のバッテリー液が不良品であったことや、一部規格に合致しない製品を納入した結果実施機関に再納入を命じられる等により工期の遅延を招いた面もあったが、最終的には完成時期で 10 ヶ月遅れで本事業を完成させ、当初想定された以上の最大出力を達成している。また、これら発電機および水車は、事業完成後も順調に稼働していることから、コントラクターのパフォーマンスに著しい問題はなかったと判断される。

图 2 EGAT 組織図

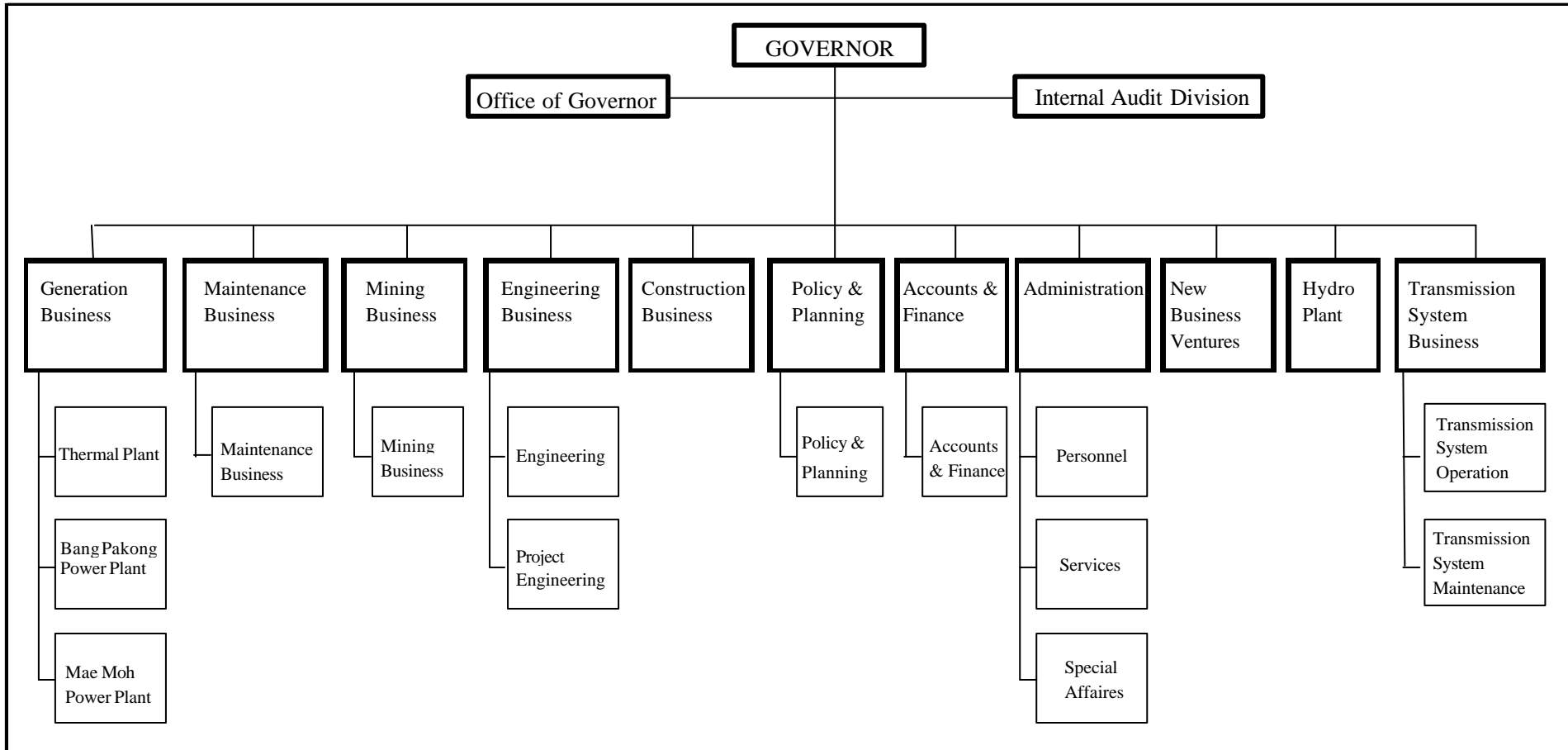
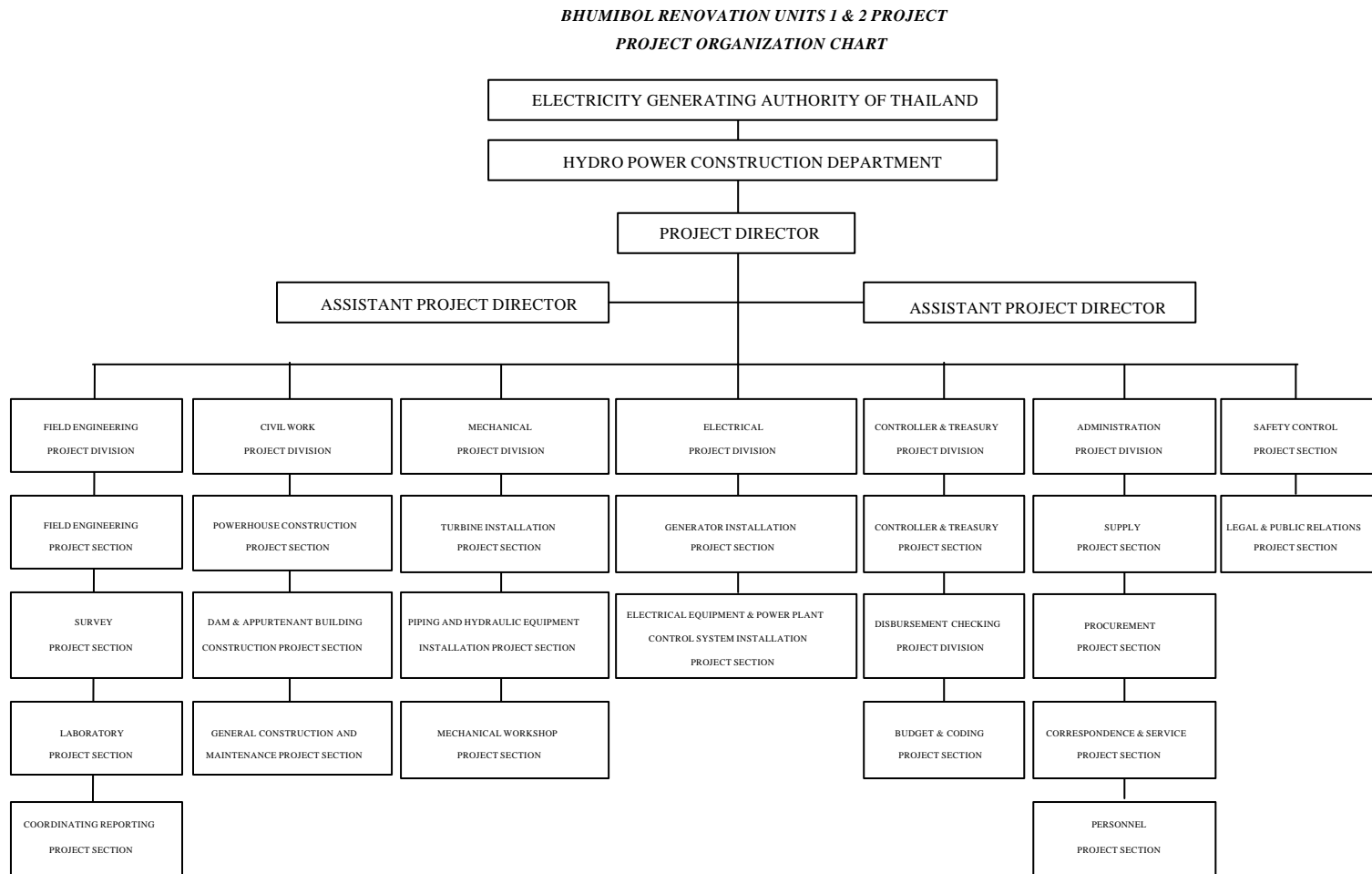


图 3 EGAT 專業實施組織



## 2.2 運営・維持管理にかかる評価

### 2.2.1 運営・維持管理体制

プミポン発電所は、1998年11月末現在641人の職員を擁し、うち現業部門として運転部門に108人、機器保守部門に102人、土木保守部門に181人、事務部門に132人配属されている(図4参照)。

発電所の日常の運転は総数44名の電気技術者が3交代24時間運転を行っている。運転および保守管理とも十分な熟練技術者が配置されており運営・維持管理体制に問題はない。

### 2.2.2 運営・維持管理状況

#### (1) 運用状況

改修後、1号機は1992年11月に、2号機は1993年11月に営業運転を再開した。最大出力は76.3MWに達し、期待された出力75.4MWを上回る好成績をあげている。運転再開後の発電実績は表2のとおりである。1996年度以降は計画時に想定された発電量にほぼ近い実績をあげている。なお、1998年度は例年にない渇水のため、発電実績は低下した。

表2 リハビリ後の1・2号機の発電実績

年度 <sup>1)</sup>	計画 <sup>2)</sup>	発電実績				
		合計	1号機		2号機	
	発電量 (GWh)	発電量 (GWh)	発電量 (GWh)	発電時間(hr)	発電量 (GWh)	発電時間(hr)
1994年度	378.0	46.7	46.7	830.2	-	-
1995年度	377.2	313.9	149.6	2,489.8	164.3	2,540.3
1996年度	376.4	368.5	185.5	3,005.8	183.0	2,862.9
1997年度	375.6	364.2	182.0	2,972.8	182.3	2,961.4
1998年度	374.8	225.3	111.0	1,895.5	114.3	2,061.4

注：1) 会計年度は前年の10月から当該年の9月まで

2) アプライザル時の経済分析における想定発電量。

#### (2) 維持管理状況

日常の保守点検は機器保守部門(職員数102人)、予備品の保管は管理部門のStore Section(職員数20人)が担当している。スペアパーツの保管状況は良好である。予備品の補給は次のようにシステム化されている。ヒューズ、ランプ等の消耗品は品目に応じて20~40%消費した後、運転開始時のストックレベルに上げる。主要部品はその都度補充し、運転開始時のレベルを常時維持している。

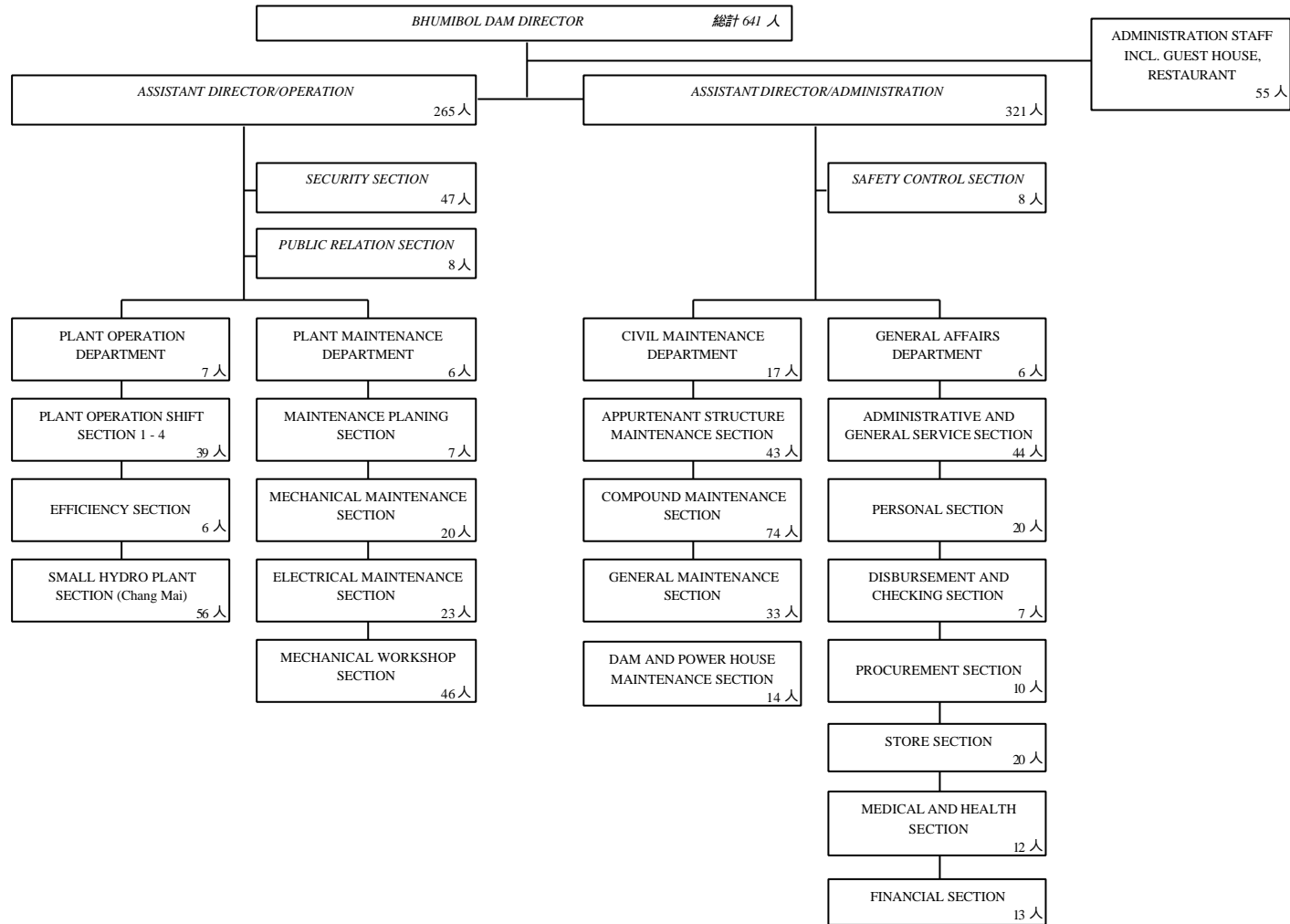
機器の保守点検はマイナー点検(MI)、オーバーホール(MO)および予防的メンテナンス(PM)の3つの方法で定期的に行われている。改修の理由の一つに保守点検コストの高騰があげられていたが、改修後は定期保守点検のインターバルが下記のように大幅に延びたことから、この面でのコスト削減効果は顕著である。

	改修前	改修後
マイナー点検 (MI)	1年ごと	2年ごと
オーバーホール (MO)	5年ごと	8年ごと

予防保守(PM)は日常的に行われている。補修(Corrective Maintenance)記録も整備されている。同記録によると改修後98年12月18日までに1号機で16回、2号機で18回のトラブルが発生した。これらのトラブルはほとんどマイナーなものであり、事故原因に応じた適切な対応が取られている。

図 4 プミポン発電所組織図

BHUMIBOL HYDRO PLANT ORGANIZATION CHART



## 2.3 事業効果

### 2.3.1 経済的インパクト

アプレイザル時に、定量的経済効果として FIRR を算定している。

アプレイザル時の FIRR は 14.4% と算定された。

(前提) 便益： 生産性および発電出力増加に伴う追加的増収益

費用： リハビリ投資および発電出力増加に伴う追加的費用

プロジェクトライフ： 15 年

リハビリ後の発電出力増加は、計画では一機当たり 70.0MW、75.4MW と 5.4MW の出力増を想定していたが、実際は 76.3MW と計画を 17% 上回り、予想以上の改修効果があったことが特筆される。一方、工期がほぼ 1 年遅れたというマイナス要因がある。このため、FIRR 実績は計画に比べほとんど変わらない結果 (14.0%) となった。

### 2.3.2 技術的インパクト

本事業により EGAT の水カリハビリ技術レベルは大いに向上した。この効果はその後の 3 号機から 6 号機の改修事業においてコンサルタントを雇用せずに直営で工事監理を行ったことに反映されている。

### 2.3.3 環境へのインパクト

本事業は、基本的に既存の発電所におけるリハビリテーション事業であり、社会環境および自然環境への負のインパクトは特に見られなかった。



タイ「プミボン水力発電所リハビリ事業」  
1 & 2号機の水圧鉄管（右の2本）