

シリキット水力発電所 4号機建設事業

評価報告：2002年9月

現地調査：2002年2月

1. 事業の概要と円借款による協力



サイト地図：タイ



サイト写真：第4号発電機の制御盤

(1) 背景

シリキットダム及び水力発電所は、バンコクから北へ約500km、タイ北部、Uttaradit省、Tha Pla地区を流れるNam川に設けられている。1968年から1972年にかけて、主ダム及び鞍型貯水堤が建設された。同時に、タイ発電公社（EGAT）によって水力発電所とその関連設備の建設が行われた。シリキット水力発電所では、125MW×3基が1974年に運転を開始した。発電能力を375MWから500MWに増強するため、発電所に第4区画の建設が行われた。

第7次経済社会開発5ヵ年計画（1992～1996）で強調された国の開発方針において、発電能力増強が重点施策として位置づけられた。電力需要の増加に伴って、特にピーク時対応のための予備機の確保が必要となった。

(2) 目的

増大するタイの電力需要をまかなうため、特にピーク時対応に、シリキット水力発電所に従来タイプの発電設備1基を建設することが目的である。これによって以下の恩恵がもたらされると考えられた。

- (1) 既設の3基（各125MW）に125MWの発電ユニットを1基追加することにより、シリキット発電所のピーク時の出力が500MWになる。
- (2) EGATの発電設備が定期メンテナンスや緊急停止で送電不可能になる場合の、緊急時対応の予備設備ができることになる。

(3) 事業範囲

プロジェクトの範囲は以下の工事であった。

- 事前工事、つまり管理棟及び臨時的なユーティリティー設備の建設
- タービン、発電機、電源開閉所関連の土木工事
- 油圧機器、電気機器、電源開閉所、その他設備の調達・建設
- コンサルティング

- (4) 借入人/実施機関
タイ発電公社 (EGAT)

(5) 借款契約概要

円借款承諾額	4,404 百万円
実行額	2,600 百万円
交換公文締結	1992 年 12 月
借款契約調印	1993 年 1 月
借款契約条件	
金利	年率 3.0%
返済期間 (据置期間)	25 年 (うち据置 7 年)
借款条件	一般アンタイト
貸付完了	1998 年 5 月

2. 評価結果

(1) 計画の妥当性

本事業は、アプレイサル時と期を一にして第 7 次経済社会開発 5 ヵ年計画 (1992～1996) が掲げていた方針の目的に合致した。その方針の目標は、現在の第 8 次経済社会開発 5 ヵ年計画 (1997～2001) に引き継がれている。5 ヵ年計画では、予備電力を発電する能力を増強するための投資、及び発電所の信頼性を確立することの重要性、つまり予備発電設備の確保、発送電システムの改善を強調している。

タイ政府が水力発電に重点を置いている現状を考慮すると、ピーク電力量と予備電力量の観点から、本事業は評価時点で妥当性あるものと考えられる。

(2) 実施の効率性

事業範囲

事業は当初の計画を変更・修正することなく完了した。

工期

事業は計画よりも早く完成し、水力発電 4 号機は計画より 1 ヶ月早く、1995 年 10 月送電網に送電を開始した。

事業費

事業の全体の事業費は、当初計画事業費 5,873 百万円に対して、実績費用は 4,323 百万円であった。実績費用が計画を下回った理由は、入札時の激しい競争により、水力発電用機械設備の調達安価になったためである。

事業範囲、工期、費用の観点から、さらにコンサルタント、工事請負業者、物品供給業者の実績も考慮に入れて、本事業は能率的に遂行された。

(3) 効果(目的達成度)

生産量

1995 年に契約した第 4 号機の発電能力 125MW (定格能力) は、適切な予防保全・定期検査により、評価時点まで維持されている。第 4 号機のピーク時対応能力は維持されている。

注：2001 年に電力供給が 46 時間停止した原因は、油圧システムの動作不良であった。機械のトラブル

ルは機械部品の取り替えで解決した。

表1に示す通り、1996から2001会計年度の間、実績発電量は120から410GWh/年、利用率は11から37%の間で変動している。

1997～2000会計年度の間、発電量及び利用率が比較的低い原因は、経済危機によるものであって、シリキット発電所側の原因ではない。

表1：発電量及び操業指標

会計年度	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
4号機（本事業で建設）								
1) 発電能力（MW）			125	125	125	125	125	125
2) 総発電量（GWh/年）			406.593	147.155	173.731	116.887	233.839	352.048
3) 利用率（%）			37.1	13.4	15.9	10.7	21.3	32.2
4) 停止時間（時間/年）			0	18	0	0.4	4	46
3号機（既設）								
1) 発電能力（MW）	125	125	125	125	125	125	125	125
2) 総発電量（GWh/年）	114.330	422.830	308.770	307.470	195.110	113.400	243.460	380.360
3) 利用率（%）	10.4	38.6	28.2	28.1	17.8	10.4	22.2	34.7
4) 停止時間（時間/年）	0	27	452	0.0	4	0.3	0.1	21
2号機（既設）								
1) 発電能力（MW）	125	125	125	125	125	125	125	125
2) 総発電量（GWh/年）	99.080	457.880	419.820	217.640	190.100	117.730	236.930	391.970
3) 利用率（%）	9.0	41.8	38.3	19.9	17.4	10.8	21.6	35.8
4) 停止時間（時間/年）	0	1	9	0	1	3	1	1
1号機（既設）								
1) 発電能力（MW）	125	125	125	125	125	125	125	125
2) 総発電量（GWh/年）	105.180	446.270	415.840	254.080	159.590	99.800	228.980	356.240
3) 利用率（%）	9.6	40.8	38.0	23.2	14.6	9.1	20.9	32.5
4) 停止時間（時間/年）	0	0	0	0	0	0	0	0
シリキット全発電機								
1) 発電能力（MW）	375	375	500	500	500	500	500	500
2) 総発電量（GWh/年）	318.590	1,326.980	1,551.023	926.345	718.531	447.817	943.209	1,480.618
3) 利用率（%）	9.7	40.4	35.4	21.1	16.4	10.2	21.5	33.8
4) 停止時間（時間/年）	0	28	461	18	5	4	5	68
5) 正味発電量（Gwh/年）	315.064	1,323.479	1,547.039	922.337	714.869	444.389	939.757	1,476.176

出所：タイ発電公社（EGAT）

注：発電能力：定格能力、即ち125MW/Unit

利用率 = 総発電量 ÷ (発電能力 × 24 × 365)

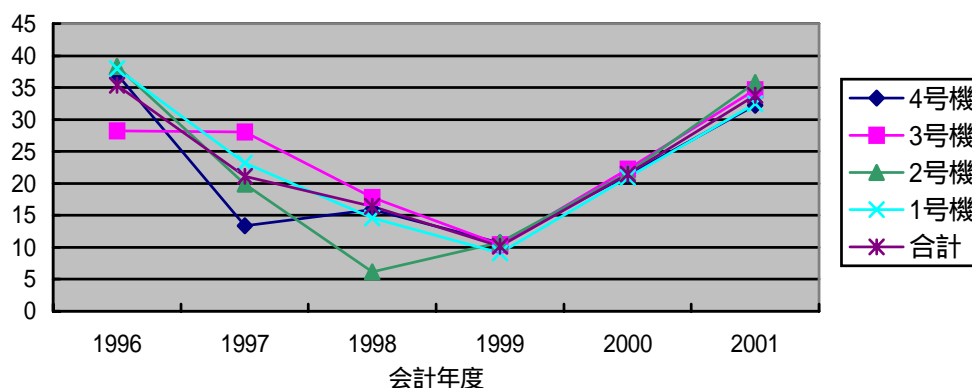
停止時間：トラブルによる停止時間

2001会計年度：1999年10月～2000年9月

シリキット水力発電所の機能

シリキット水力発電所は、バンコクにある負荷配分センターの指示の下で発電業務を行っている。これは唯一の負荷配分センターであり、EGAT によって運営されている。シリキット発電所で発電された電力は、230kv で Phitsnulok サブステーションへ、115kv で Uttaradit サブステーションへ送電される。両サブステーションまでの送電距離は、それぞれ 110km、60km である。4号機の運転は1、2、3号機と同様の方法で運転されており、利用率は図3に示す通り年間を通じてすべて同じパターンを示している。

図3：利用率（%）



出所：タイ発電公社（EGAT）

財務的内部収益率（FIRR）の再計算

事後評価時に EGAT から提供されたデータ/その他の情報に基づいて再計算した FIRR は、アプレイザル時の値 14.3% に対して、11.2% である。

注：アプレイザル時の計算根拠が不明なため、この数値の差異の理由は分析不可能である。

本事業に期待された、発電、予備機としての役割、能率的な運転、は全て実現された。

(4) インパクト

電力供給の信頼性

システム能力/ピーク負荷と定義される予備能力は、電力供給の信頼性を測る上で重要な指標である。予備能力が不足していると、電圧/周波数の変動、時には停電を発生する可能性がある。従って、電力供給を確実にするためには、ある一定の予備能力の機能が非常に重要である。

1991年から2001年の国内全体のピーク負荷、システム能力、予備能力を表2に示す。予備能力の定義は、予備能力=システム能力÷ピーク負荷と定義する。表2の年の実際の予備能力は、電力開発計画（PDP）2001が企画した最低限の必要量として推奨する計画15%、代案20%よりも幾分大きい。PDP2001もまた予備能力を図4のように予測している。

本事業は水力発電で125MWの電力量を追加することにより予備能力の確保に貢献したと考えられる。

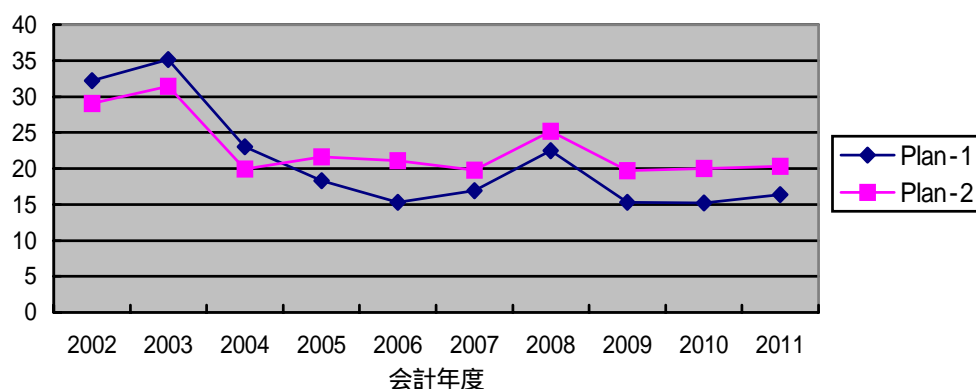
表2：ピーク負荷、システム能力、及び予備能力

会計年度	ピーク負荷 (MW)	システム能力 (MW)	予備能力 (%)
1991	8,045.00	9,629.56	19.70
1992	8,876.90	11,044.56	24.42
1993	9,730.00	12,185.88	25.24
1994	10,708.80	12,956.15	20.99
1995	12,267.90	14,659.15	19.49
1996	13,310.90	15,725.30	18.14
1997	14,506.30	16,966.90	16.96
1998	14,179.90	17,935.30	26.48
1999	13,712.40	19,097.70	39.27
2000	14,918.30	21,074.00	41.26
2001	16,126.40	22,034.80	36.64

出所：タイ発電局（EGAT）

注：予備能力 = (システム能力 ÷ ピーク負荷 - 1.00) × 100

図4：予備能力の予測 (%)



出所：タイ発電公社（EGAT）

注：Plan-1 は PDP2001 が推奨する計画である

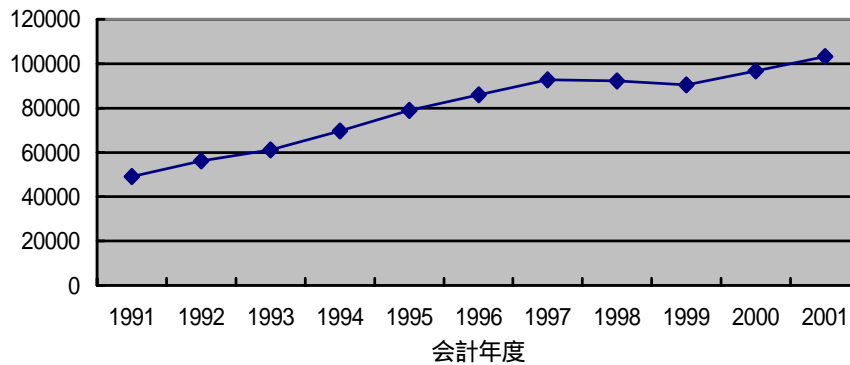
Plan-2 は PDP2001 が作成した代案である

電力需要の増大

2000 会計年度には、経済全体が徐々に回復に向かっており、電力需要は上記予測に近い増大を示している。電力消費の推移を図 5 に示す。2000 会計年度の総発電量は 7% 増加して 96,780.72GWh になり、2000 会計年度の電力需要はピーク時には 14,918.30MW に達した。これは前年に対して 9% の増加になる。2000 会計年度に国全体で建設された発電能力は 17% 増加して 22,269.00MW となった。この内訳は、GAT による発電が 77%、民間の発電業者によるものが 23% である。EGAT 及び民間の発電設備能力は、前年に対してそれぞれ 11% 及び 39% 増加した。電力消費の推移を図 5 に示す。

4号機の定格能力は 125MW で、これは 2000 年時点で、EGAT 自身が建設した全発電能力のわずか 0.7% を占めるにすぎない。しかし、水力発電で発電量を 125MW 増加するという本事業は、電力需要増加に一定の寄与をするものと考えられる。

図 5：電力消費の増加（GWh）



出所：タイ発電局（EGAT）

水力発電の重要性

石油価格の高騰により、タイにおける石油火力発電は 28%減少、ディーゼルオイル発電は 78%減少した。それに代わって、天然ガスと水力発電が増加した。2000 会計年度のエネルギー構成は、天然ガス 37%、褐炭 16%、水力 5%、石油 12%、ディーゼルオイル 0.16%となっている。電力の 30%は民間電力会社から購入された。前年に比べて、天然ガス及び水力発電はそれぞれ、9%及び 54%増加したが、石油、ディーゼルオイル、褐炭による発電はそれぞれ、28%、78%、1%減少した。このことから水力発電の重要性が注目される。

環境及び地域住民への影響

本事業によりシリキット水力発電所の発電機が 1 基増設された。EGAT の本部、シリキット水力発電所のいずれからも、環境及び住民への悪影響は報告されていない。

（5）持続性・自立発展性

維持管理体制

政府組織のタイ発電公社（EGAT）は、シリキット水力発電所の操業と保全に責任を持つ機関である。実際の操業と保全の管理は、シリキットダム事業部が行っており、シリキットダム事業部長の上司は水力発電所を監督する EGAT 副総督である。ダム事業部は総人員143名、その内訳は操業部門45名（エンジニア5名、操業主任9名、作業員31名）、保全部門97名（エンジニア7名、技能工40名、技術者50名）である。

シリキットダム事業部は、操業及び保全業務の管理を操業/保全マニュアルに基づいて行っており、操業/保全作業員に訓練を実施している。

水力発電の性能及び設備の信頼性を維持するために、第 1 号機の操業当初から EGAT の標準に基づいて、以下のスケジュールで大規模な修理と検査が実施されている。

3号機の修理	開始 01/10/2001	完了 31/08/2002
4号機の羽根車取り替え	開始 03/05/2002	完了 07/05/2002
2号機の修理	開始 01/09/2002	完了 30/06/2003
4号機の小規模検査	開始 04/01/2003	完了 18/01/2003
1号機の修理	開始 01/07/2003	完了 30/04/2004
3号機の保証検査	開始 01/08/2004	完了 30/08/2004
2号機の保証検査	開始 01/06/2005	完了 30/06/2005

小規模な予防検査を、2ヶ月毎に運転を 3 時間停止して実施しており、2 本の水導入管内部の検査は毎年実施している。

大小の消耗部品は発電所近くの倉庫に保管しており、近くに事業部自身の保全工場を持っている。

維持管理に係る技術力

EGATは水力発電卓越センター(CEHP)をEGATの内部としては初めて、2000年1月に Bhumibhol 水力発電所に設立した。CEHPの使命は、水力発電副総督が管理する全水力発電所の操業と保全に関する支援である。

CEHPの目的は、水力発電所の操業と保全に関するデータ収集、知識の普及、技術と経験の改善、知識の確立、訓練コースの改善、マンパワーの向上を図ることによってEGATを強化することにある。

センターには、以下の特定の目標が与えられている。

- (1) 1999～2002年の発電を支援するため、水力発電の操業と保全のための人材開発
- (2) 2001年中に、操業と保全の知識/経験の収集と同時に、知識蓄積システムを開発する
- (3) 1999～2001に水力発電技術の国際レベルのインストラクターの技術向上を図ることにより、2002年には水力発電所の操業と保全に関する訓練サービスを提供する
- (4) 電気産業のための情報・技能・知識センター開発プロジェクトの推進、及び地方レベルの訓練ニーズの解析を含めて全システムを2000年中に完成させる
- (5) センター内に研究業務推進のための研究開発組織を設立し、2002年以降の水力発電所の操業と保全の知識を確立する

財政状況

表3に示す通り、EGATの電力販売による収入は1996～1998年の間増加しており、純収益はプラスであった。1999年に純収益は急激に悪化しマイナスに転じた。これは、外国為替取引の損失と、景気後退のため産業界への電力販売の落ち込みによるものである。しかし、2000年には収入の増加によって純収益はプラスに転じた。

表3：財政指標

(単位:百万 Baht)

	1996	1997	1998	1999	2000
収入	108,835	125,376	146,572	134,335	160,992
支出	81,742	112,548	126,262	158,596	140,817
純収益	27,093	12,828	20,310	-24,261	20,175
総資産	295,976	316,060	358,445	396,362	434,411

当初計画と実績の比較

項目	計画	実績
事業範囲 (1) 事前工事 (2) 土木工事 (3) 機器調達 (4) 建設工事 (5) コンサルティング	(1) 事業本格開始前の工事 (2) タービンと発電機用ピット (3) 油圧、電気機器、電源開閉所、その他 (4) 主要設備、その他 (5) エンジニアリング	(1) - 計画と同じ - (2) - 計画と同じ - (3) - 計画と同じ - (4) - 計画と同じ - (5) - 計画と同じ -
工期 (1) 書類提出 (2) 事前工事 (3) 土木工事 (4) 調達と建設 (5) 試運転	1991年12月～1993年3月 1991年7月～1993年6月 1994年1月～1995年11月 1993年4月～1995年9月 1995年8月～1995年11月	1991年2月～1991年10月 1991年7月～1993年6月 1993年3月～1995年7月 1993年4月～1995年7月 1995年6月～1995年10月
事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	4,427 百万円 1,446 百万円 (283 百万 Baht) 5,873 百万円 4,404 百万円 1 Baht = 5.1 円 (1992 年 6 月現在)	3,219 百万円 1,104 百万円 (257 百万 Baht) 4,323 百万円 2,600 百万円 1 Baht = 4.3 円 (1993年6月～1996年3月の平均値)