

マレーシア

テノンパンギ水力発電所リハビリテーション事業

現地調査：2003年8月

1. 事業の概要と円借款による協力



事業位置図



テノンパンギ水力発電所建家正面

1.1. 背景

テノンパンギ発電所は、マレーシア国サバ州の西海岸地区（コタ・キナバル市を中心に同州全体の発電量の約4割を消費）に電力を供給する基幹発電所として1984年に運転を開始した同州唯一の大型水力発電所であり、州都コタ・キナバル市から南に120kmのテノム市郊外パダス川沿いに位置している。

発電キャパシティは66MW（22MW×3基）で、運転開始時には西海岸地区におけるピーク時電力需要123.1MWの5割強をカバーしていた。しかしながら、88年9月の集中豪雨（月間雨量250.1mmを記録）の際にパダス川で発生した洪水により発電用取水口周辺の施設等（塵芥除け、垂直ゲート等）が損傷し、同水力発電所の運転に支障を来す。これにより、計画外の運転停止による電力供給停止が余儀なくされ、電力の安定供給がなくなかった。このような状況を打破し原状回復すべく、緊急かつ適切なりハビリテーションを実施することが喫緊の課題であった。

1.2. 目的

サバ州において、洪水被害によって損傷を被ったテノンパンギ水力発電所の施設を修復することにより、安定的な電力供給を図り、もって地域の経済成長に寄与する。

1.3. アウトプット

本事業は以下の4つのスコープからなる。

(1) 塵芥制御システム

- 可動式プロテクション・ラックの設置、網場（Trash boom）の設置、除塵スクリーンの再設、砂分離装置の設置等

(2) 土木工事

- 河床保護、アクセス道路保護等

(3) 河川流量予測システム

(4) コンサルティング・サービス

- 入札・契約補助、上記(1)から(3)にかかる施工監理

図1: サバ州電力供給体制(発電所と基幹送電網)とテノンパンギ発電所の位置



同州における 2002 年の最大需要 (Peak Demand) は 447MW (州全体) であり、実施機関であるサバ電力会社 (SESB) の推計によると、今後も 7.9%/年の率 (中位推計) で伸びていくものと予測される。SESB は、これに対応すべく発電施設整備や送電網整備を進めている。発電施設整備については、08 年をターゲット年として、現在石油火力に頼っている体制から天然ガスや石炭 (東部地域) に転換を進めるとともに、将来的にはサラワク州で構想されている大型水力発電開発 (SESCO による BAKUN プロジェクト) から電力供給を受ける体制としていくことを視野に入れている。

送電網整備については、03 年 8 月には東部グリッド (Sandakan-Lahad Datu-Tawan-Semporna) が運開予定。その後 04 年までに北部グリッド (Kudat- Kota Belud-Kota Kinabalu) が完成予定。さらに、10 年までをめどに東西グリッドを連結する (Kota Kinabalu-Liwagu-Sandakan) ことを計画している。なお、前述のサラワク州からの電力供給が実現する場合には、サラワク州から西部グリッドまでの送電網建設が必要となる。

1.4. 借入人／実施機関

マレーシア国／サバ電力庁（SEB：現在はサバ電力会社（SESB））

1.5. 借款契約概要

円借款承諾額／実行額	5億4,300万円／2億9,900万円
交換公文締結／借款契約調印	1992年5月／1992年5月
借款契約条件	金利 3.0% 返済 25年(据置 7年) 一般アンタイト
貸付完了	1999年9月

2. 評価結果

2.1. 妥当性

テノンパンギ発電所は 1984 年の完成以降、サバ州西海岸地区のピーク需要の約 5 割強をカバーしていた。しかし 88 年の洪水により、取水口周辺施設が損傷し、計画外の運転停止が発生していた(電力供給の不安定化)。本リハビリテーション事業は、上記状況に対応するものとして実施された。

審査時においては、サバ州の電力供給拡大計画(1986-2000)において電力の安定供給が述べられており、本事業の目的と一致していた。また評価時においては、サバ州長期計画(Outline Perspective Plan Sabah 1995-2010)の下拠点型経済開発の中心地とされてきたサバ州西海岸地区における経済活動を支えるべく、同地区における電力供給の回復・安定化が述べられており、審査時および評価時ともに本事業の妥当性は高かったと考えられる。

2.2. 効率性

2.2.1 アウトプット

本事業のアウトプットは塵芥制御システム、土木工事、および河川流量予測システムからなる。本事業は二つのパッケージで実施された。パッケージ 1 では可動式プロテクションラック、網場(Trash boom)、除塵スクリーン(再設)等発電用取水機能および発電設備を保護するための施設・設備が整備され、加えて堰・取水口近傍の護岸保護工、河床保護工等土木工事が実施された。パッケージ 2 では流量予測システム(上流に水位計 3カ所)が設置された。アウトプットは当初計画通り実施された。

2.2.2 期間

本事業は当初予定(1994年12月)よりも約3年遅れの98年1月に完成した。完成遅延の理由は、第一にコンサルタント選定の手続きが2年弱延びたことであり、第二に調達・施工プロセスが豪雨や洪水により数カ月遅れたことによる。審査時の資料

によれば、コンサルタント選定の遅延について当時同国政府はコンサルティング・サービスも含めて、ローカル・リソースを活用する方針が固かったことが指摘されている。最終的には、国際基準のコンサルタントが雇用された。

2.2.3 事業費

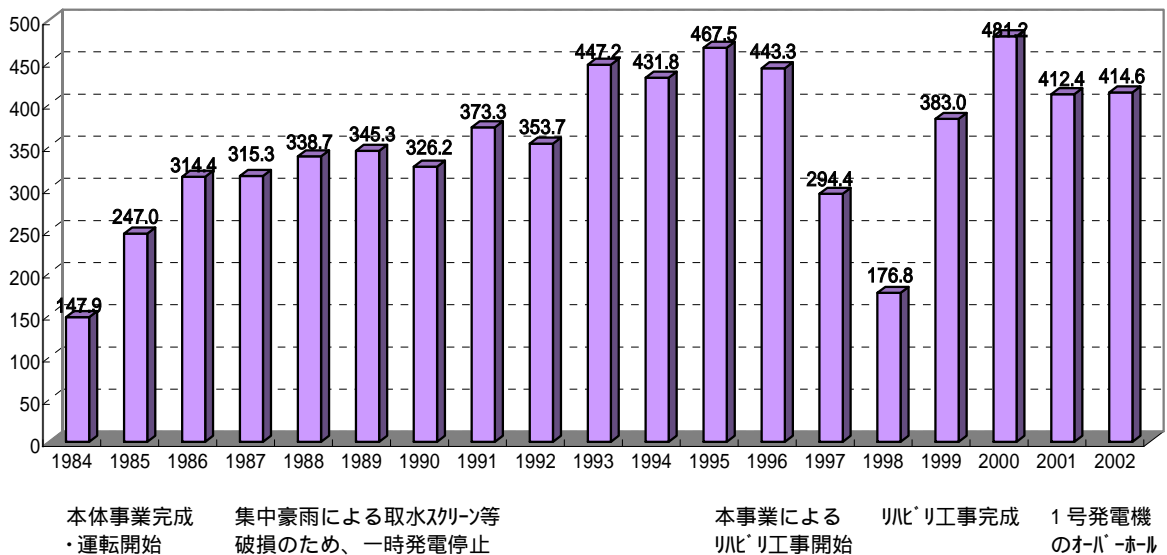
総事業費は当初予定では7億2,500万円であったに対し、競争等による効率的な受注のため実績は4億8,500万円（工事発注額ベース）であった。円借款は当初予定総額（5億4,300万円）の60%程度（2億9,900万円）で貸付完了している。

2.3. 有効性（目的達成度）

(1) 電力の安定供給

図2に、本体事業が完成した1984年から2002年までの発電量を示す。発電所本体は84年に運転開始し、徐々に発電量が伸びていたが、88年の集中豪雨による洪水被害のため、以降92年まで出力調整を余儀なくされた。そのため、同発電所の計画発電量475GWh/年（設備利用率82%相当）を下回る発電実績（88～92年の平均発電量347GWh/年、設備利用率60%）で頭打ちとなっている。その後93年に実施機関が除塵スクリーンの応急処置を施したことにより、その後本事業が開始される95年までの発電量は平均449GWh/年であった。ただし、この応急処置は再度の洪水被害に耐えうる水準になく、恒久的なりハビリ工事（本事業）が、96年から98年にかけて実施された。同期間中は、工事上の都合により発電所の運転が抑制され、同期間中の発電量は平均305GWh/年であった。

図2： テノンパンギ水力発電所の発電量（GWh/年）



データ出所： SESB

工事完成後の99年から02年の発電量は平均423GWh/年であり、テノンパンギ発電所はサバ州全体の発電量約2,700GWh/年(02年実績値)の6分の1から7分の1を担っている。00年には計画発電量475GWh/年を超える481GWh/年を達成した一方で、01年と02年には再び落ち込みがみられるが、これは発電用タービン1号機のオーバーホールによる。同タービンはすでに復帰していることから、03年以降の安定かつ高水準の電力供給が期待される。

(2) FIRRの再計算

審査時の計算方法にならば、本事業の実施・完成により回避される発電停止時間に発生する発電量(本事業によりリカバーされる機会損失)を便益とし(便益発現期間は発電所本体の完成から50年目の2033年まで)、実際の事業費、運営・管理費および実施期間中の運転停止による機会損失を費用として、本リハビリ事業の財務的内部収益率(FIRR)を再計算したところ、審査時の9.4%より若干低めの9.2%と算定された。事業費が大幅に抑制されたため、事業完成の遅れにより便益の発現が若干遅れたものの、審査時と同程度のFIRRが得られている。

2.4. インパクト

(1) 民生の安定および地域経済への貢献

サバ州における域内総生産(GRP)は、1990年代終盤のアジア通貨危機により、99年まで低迷していたが、2000年に入ってから回復し再び成長路線へと移行しつつある(図表3)。本事業完成後のサバ州の経済成長率(99-01)は、平均6.2%(全国平均4.2%)であり、テノンパンギ発電所は州の発電量の約15%を担う基幹発電所として、州の成長、住民の生活(サバ州:約240万人)を下支えしていると考えられる。図表4の同州電力消費量および発電量の推移と合わせてみると、経済回復は電力消費量および発電量の増加傾向をもたらしており、電力供給の安定は州経済の成長を支えるために必要である。

図3: サバ州の産業カテゴリー別域内総生産(百万リギット:1987年価格)

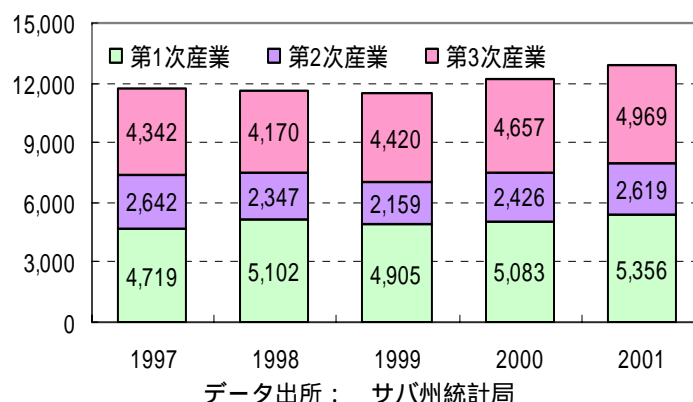
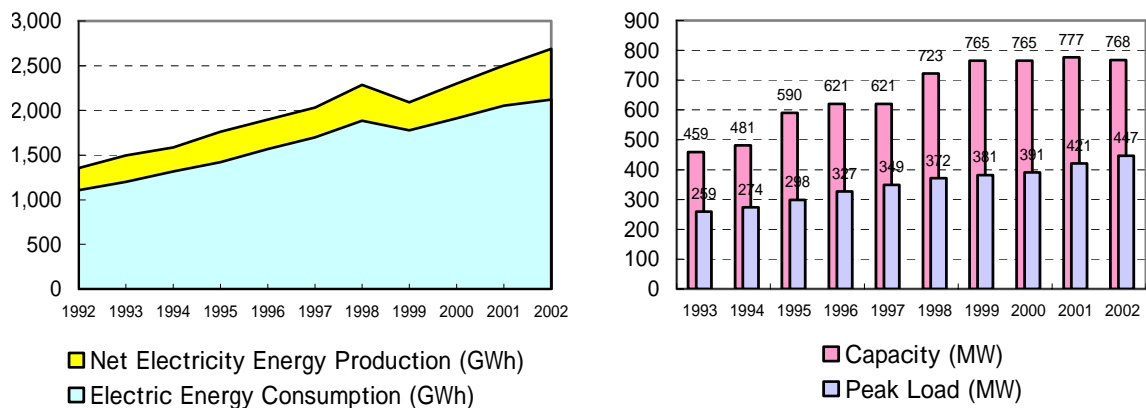


図 4： サバ州における発電/消費量（左：GWh/年）と総発電容量（右：MW）



データ出所： 同上

データ出所： 同上

(2) 環境社会面インパクト

実施機関 SESB によれば、環境面にかかる特段の懸念事項・問題等はみられていない。むしろ、本リハビリ事業によって、発電所用取水口より下流部の河川区間における河岸浸食、河床低下を抑えた正のインパクトが期待される。なお本事業においては、用地取得、住民移転は発生していない。

2.5. 持続性

(1) 体制

テノンパンギ発電所はサバ電力会社（SESB: Sabah Electricity Sdn. Bhd.）により、運転・運営・管理されている。SESB は 1963 年に政府機関のサバ電力庁（SEB: Sabah Electricity Board）として設立され、サバ州内における発電・送電・配電を担ってきたところ、88 年に半島の電力供給システムを司る国家電力会社（TNB: Tenaga Nasional Berhad）の資本参加を受け、サバ電力会社として民営化された経緯を有する。

(2) 技術

同発電所には全部で 76 人の職員が勤務しており、所長によれば人員数に問題はない。また同所長は、事業実施期間中に十分な技術移転を得ることができ、技術水準は十分であると評価している。

(3) 運営・管理

評価時点における同水力発電所のキャパシティは 66MW と当初の能力を保持しており（2000 年頃にタービンの一つにトラブルが生じたものの適宜修繕済み）、発電にかかる諸設備は良好な状態にある。また、本事業で実施・完成された施設・設備のうち、発電用取水口前面の可動式プロテクション・ラック、除塵スクリーン、および河川関連土木施設の状態は良好である。今次調査にて、発電所の運営・管理にかかる財務データは提供されなかったが、上記のとおり完成後の運営状況は良好であり、運営・管理の予算についても特段の問題がないと推測される。しかし一部の資機材（網場、ストレーナー/砂分離装置および流量予測システム）の機能が発揮されていない状況にあ

る。これらの施設の完成後の現況を以下に示す。

- 1) パッケージ 1 で整備された網場は、完成してから数週間後（1998 年）の洪水の際に浮きが流失し、現在はワイヤとウインチが残っているだけである。その後、網場がなくとも発電用取水口に対する被害は生じていないが、SESB は親企業である国家電力会社（TNB：半島で電力を供給する会社）の研究開発部門の支援を仰ぎ修繕等対策案を検討中である。

図 5： 網場（Trashboom）



取水ゲートの手前で流木や大型塵芥をトラップするために取り付けられたトラッシュ・ブーム。完成後に発生した洪水の際に、ワイヤ・ケーブルに取り付けられていた浮きが流され、現在はワイヤとウインチが残るのみ。

- 2) 同じくパッケージ 1 で導入されたタービン冷却装置にかかるストレーナー / 砂分離装置は、完成・引き渡しの数週間後に機能不全となった。現場では、以前用いていた旧システムに置き換えて対応している。

図 6： 砂分離装置



本事業で導入されたが、設置後まもなく機能不全となった砂分離装置

- 3) パッケージ 2 でパダス川の上流域 3 カ所（クマボン、アンシップ、ピア）に整備された水流計測システムは 1999 年頃から機能していない。土砂流入による目詰まりと付帯設備である太陽光パネルの盗難が生じている。SESB は同システムの修繕を断念し、現在、州排水灌漑局との共同で新しい流量予測モニタリング・システムの購入を検討中である。

図 7： 流量予測システム



河川上流部のクマボン地区に設置された水位計測システム。現在は機能停止。右の写真で小屋が二つ見えるが、右奥の小さな小屋が水位計測井、左手道路脇の小屋が太陽光発電を備えた記録小屋。

3. フィードバック事項

3.1. 教訓

- ・ なし。

3.2. 提言

- ・ **事業効果の持続性を確保すべく、適切な機器更新・購入（網場、砂分離装置、および流量予測システム）が必要である。**

本事業により調達された資機材の一部（網場、流量予測システム）が洪水被害や盗難のため予定通りに機能していない状況にある。1988年や98年に経験したような洪水（河川流量 $300\text{m}^3/\text{秒}$ を超える規模）が再来すると、以前と同様に計画外発電停止の事態を招く恐れがあるため、早急に適切な機器修繕・購入を行うことが必要である。

主要計画 / 実績比較

項目	計画	実績
アウトプット <u>塵芥制御</u> 1) 網場 (トラッシュ・ブーム) 2) 可動式プロテクション・ラック 3) 除塵スクリーン再設 4) ストレー / 砂分離装置 5) 水位差検知システム <u>土木施設の修復</u> 1) 側壁前趾・エッジ根固め 2) 蛇かご擁壁 3) アクセス道路斜面保護 <u>流量予測システムの改善</u> 1) 流量予測システム	一 式 " " " " " " " " 一 式 " " " " 一 式	計画通り
<u>コンサルティング・サービス</u>	国際コンサルタント: 20.90 M/M 現地コンサルタント: 25.50 M/M	国際: 21.24 M/M 現地: 25.70 M/M
期間 L/A コンサルタント選定 コンサルティング・サービス 入札書類準備 入札 入札審査および承認 交渉・契約 建設工事 1) 塵芥制御 2) 構造物リハビリテーション 3) 流量予測システムのアップグレード	1992年5月 1993年1月-1993年3月 1993年4月-1993年5月 1993年6月-1993年7月 1993年8月-1993年9月 1993年10月 1994年7月-1994年11月 1994年7月-1994年12月 1994年7月-1994年10月	同左 1995年1月 1995年4月 1996年6月 1996年9月-1998年1月 1996年9月-1998年1月 1996年9月-1997年7月
事業費 外貨 内貨 合計 - うち円借款分 換算レート	4億8,200万円 2億4,300万円 7億2,500万円 5億4,300万円 1 マレシア・リンギット = 46.6 yen (1994年レート)	不明 不明 4億8,500万円 □コントラクト外発注額ベース 2億9,900万円 不明

**Third Party Evaluator's Opinion on
Tenom Pangi Hydroelectric Power Plant Rehabilitation Project**

Tan Sri Datuk Mohamed Khatib Abdul Hamid
Former Ambassador
Chairman
National Heart of Institute

Relevance

In terms of reference, it cannot be denied that the hydroelectric project is indeed very relevant as the supply of electric power is vital to socio-economic development of the state of Sabah, Malaysia.

The damage to the facilities in 1998 was regrettable and entirely attributed to unexpected heavy flooding. However, rehabilitation work was necessary and appropriate.

It is noted that the utmost care has been taken in the conception, planning and execution of the project and the execution of the said project has not resulted in any adverse impact on the population as well as the environment.

From my observation, in the process of the implementation of the project, especially at the construction phase, one of the spillover/ancillary benefits of such a huge project are the inherent contribution to the development of skills in the industry.

Sabah Electricity Sdn Bhd has deemed the project successful in providing reliable and cheapest (cost-effective) provision of power supply and is now conducting a feasibility study with a view to upgrade the power plant capacity.

Efficiency, effectiveness, impacts and sustainability

The efficiency, effectiveness, impact and sustainability of the project depends on the efficiency and professionalism of the Management as well as the full utilization of power generated for the socio-economic activities which contribute to increase in income and well being of the population covered by the project.

Another indicator of the socio-economic impact of this project has been the effective hand-over of the project and the fact that there was adequate local expertise able to facilitate the transfer.

Local involvement is also assumed at the construction stage. Thus a further positive impact on the local community.

From the report, I do not see any cost over run from the implementation of the project. The project has been constructed based on international standards and specifications. Therefore, introducing these high standards into the local construction industry.

By most standards, this project is a success. Most importantly it has directly contributed to the development of the local economy and the improvement of the quality of life for the people.

It is imperative that rural communities have proper, modern utilities that serve as a cost efficient, reliable source of energy.

Cost efficient and reliable production of such energy is essential for the sustainability of local industry and subsequently the improvement of the community's standard of living.

Therefore, this project is a success as it directly contributes to the development of the local economy and the improvement of the quality of life for the people.