

## バルーチャン第2発電所改修事業

評価報告：2002年5月

現地調査：2001年9月

### 1. 事業の概要と円借款による協力



サイト地図：バルーチャン



サイト写真：制御室とオペレーター

#### 1.1. 背景

ミャンマーには 833 MW の電力を供給する能力があり、そのうち Electric Power Corporation (EPC) は 636 MW を発電する能力（設備能力）を保有している。

バルーチャン第2発電所（水力式）は、EPC の主要な発電所の1つで2期に分けて建設された。すなわち第1期の工事は1960年3月、1ユニットが28 MW の装置を3ユニット、そして第2期は1974年2月で第1期と同じ数の装置を建設した。

しかしながら、この改修事業が実施されるまで、大規模な検査、修理あるいは部品交換が行われなかった。老化による著しい劣化と疲労が認められ、発電所は故障の危険にさらされているとの結論に達した。このプラントで発電された電力はヤンゴン地区とマングレー地区に送電されている。このようにバルーチャンの第2発電所はミャンマーにおける電気エネルギーの供給に関して重要な役割を演じている。

このような状況において、この発電所の改修事業は、電力の安定供給を確保するもので、ミャンマーにおける産業開発と市民生活に欠くことができないものであるとの結論に達した。

#### 1.2. 目的

老朽あるいは老化のために劣化していたバルーチャン第2発電所の改修作業を行うと同時に、破損と故障による損失を防ぐため、前もって予備の設備と資材を購入すること。すなわち、電気エネルギーを長期的に安定して供給できるようにすることを目的とする。

#### 1.3. 事業範囲

事業範囲は次の通りである。

- 1) 第1期の3ユニット、第2期の3ユニットのオーバーホール
- 2) 第1期の3ユニットの主要部品および消耗品の交換
- 3) 第2期の3ユニットの消耗品および第6発電機の主要部品の交換
- 4) 共通予備部品および工具の購入
- 5) コンサルティングサービス

#### 1.4. 借入人/実施機関

Electric Power Corporation (EPC)

### 1.5. 借款契約概要

円借款承諾額	3,530 百万円
実行額	3,460 百万円
交換公文締結	1987 年 9 月
借款契約調印	1987 年 11 月
借款契約条件	
金利	2.50%
返済期間（うち据置期間）	30 年（10 年）
調達	一般アンタイト
貸付完了	1995 年 5 月

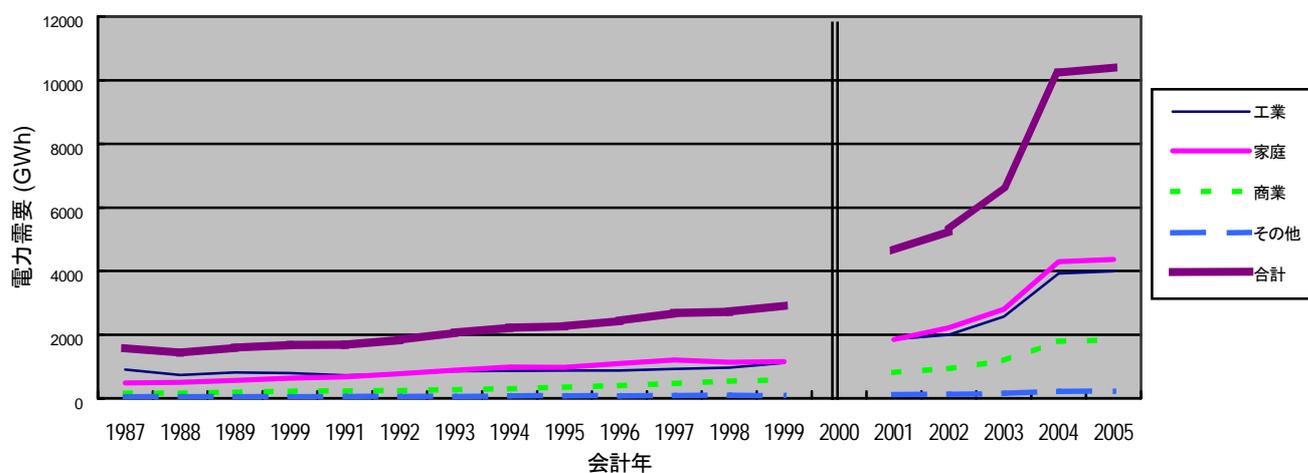
## 2. 評価結果

### 2.1. 計画の妥当性

1980 年代を通して、ミャンマーにおける電気使用の増加は低い水準に留まっていた。公共福祉の改善、産業開発の促進のために政府は電源開発事業に高い優先順位をおいた。第 5 次経済開発 4 ケ年計画（1986～1989）において水力発電所の建設により電力供給を増強することが決定された。

図 1 に示されるように、電力総需要は 1990 年代にほぼ 2 倍、すなわち 1987 年は 1,500 GWh であったものが 1999 年には 3,000 GWh に達した。電力需要の推移はこの事業が適切妥当であったことを示している。

図 1：電力需要の推移



出所：Myanmar Electric Power Enterprise

ミャンマー政府は今なお水力発電に高い優先順位を与えている。表 1 に見るように、水力発電による電力は非常に重要なエネルギー源であり続けている。

この結果、この事業は事後評価の時点において適切であると判断している。

表 1：電力設備能

会計年	単位：MW									
	1985	1990	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
水力発電	226	258	289	291	299	317	327	328	340	360
全体	684	804	807	809	837	982	1033	1042	1055	1196
水力発電%	33	32	36	36	36	32	32	31	32	30

出所：統計年鑑 2000 年版 ミャンマー中央統計機構発行

## 2.2. 実施の効率性

### 2.2.1. 事業範囲

実行した範囲は第 6 ユニット発電機のステーターとフィールドコイル以外、本質的に当初計画の範囲と同じであった。このステーター、フィールドコイルは交換せず予備として保管した。

これらのコイルの交換なしに、第 6 ユニットの発電能力はこの事業により 28 MW(公称能力)まで改善され、事後評価の時点でもそのレベルを維持している。このコイルはすべての 6 つのユニットの共通予備品として保管されている。

### 2.2.2. 工期

6 ユニットそれぞれの改修作業は 4 年遅れで完了した。改修作業の遅れは主として事業実行期間後期における政情不安のためであった。

### 2.2.3. 事業費

外貨部分、内貨部分に関し実際の事業費は予算の範囲内であった。

## 2.3. 効果(目標達成度)

### 2.3.1. 発電能力

改修前は各ユニットの正味発電能力はその定格出力(28 MW)以下で、そのために全定格出力は 168 MW であるにもかかわらずバルーチャン第 2 発電所の正味能力は 142 MW であった。

改修事業は 6 ユニートを各 28 MW に、そして全体の出力を 168 MW まで回復させた(表 2 参照)。改修事業は効果的であったと考えられている。

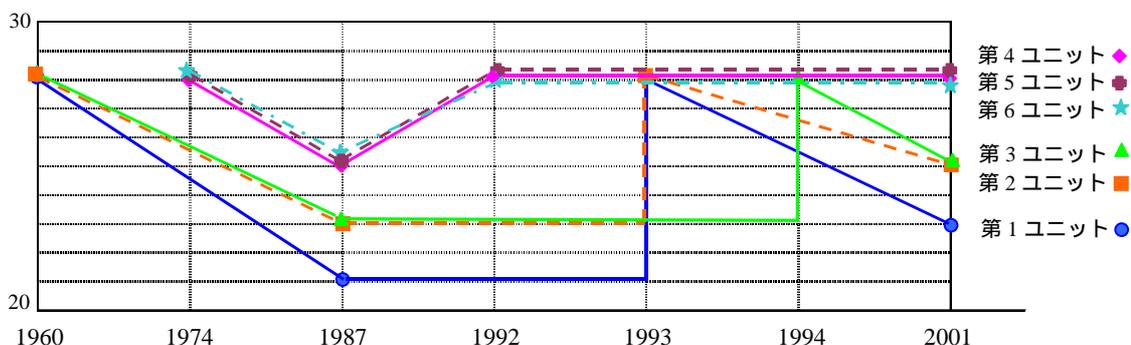
注記：事後評価の時点では、第 1、第 2、第 3 ユニットの正味能力はそれぞれ 23、25、25 MW であった。

表 2：改修前後の発電能力

	単位：MW		
	改修前 1987 年	改修後 テスト年月	2001 年 9 月現在
第 1 ユニット	21	28 1993 年 10 月	23
第 2 ユニット	23	28 1993 年 12 月	25
第 3 ユニット	23	28 1994 年 9 月	25
第 4 ユニット	25	28 1992 年 10 月	28
第 5 ユニット	25	28 1992 年 12 月	28
第 6 ユニット	25	28 1993 年 1 月	28
	142	168	157

出所：バルーチャン第 2 水力発電所

図 2：発電能力推移



出所：バルーチャン第 2 水力発電所

### 2.3.2. 発電電力量

1987～2000 会計年の実際の発電電力量を表 3 に示す。1987～1992 及び 1993～1997 の平均発電量はそれぞれ 920 及び 1,197 GWh であった。改修事業は有効であったと考えられる。

表 3：バルーチャン第 2 発電所の正味発電量

会計年	発電電力量 GWh	発電能力 MW	設備利用率 %
1987	908	142	73.0
1988	828	142	66.6
1989	864	142	69.5
1990	943	142	75.8
1991	1,013	142	81.4
1992	963	145	75.8
1993	1,172	156	85.8
1994	1,190	164	82.8
1995	1,224	168	83.2
1996	1,192	168	81.0
1997	1,205	165	83.4
1998	631	162	44.5
1999	672	161	47.6
2000	1,219	158	88.1

出所：Myanmar Electric Power Enterprise

設備利用率（需要、操業、雨量の如き要素を含む）は、次の式で計算される。

$$\text{設備利用率} = (\text{発電電力量}) / (\text{発電能力} \times 365 \times 24)$$

1998 年、1999 年の設備利用率はひどい干ばつのために非常に低かった。

### 2.3.3. バルーチャン第 2 発電所の機能

1990 年から 1999 年まで、表 4 で示されるように、ピークの需要が電力安定供給能力を上回った。改修事業はこのギャップを埋めるために貴重な貢献をしたと言うことが出来る。この発電所の現在の機能は「電力安定供給基地」である。

表 4：安定電力と負荷のピーク

単位：MW

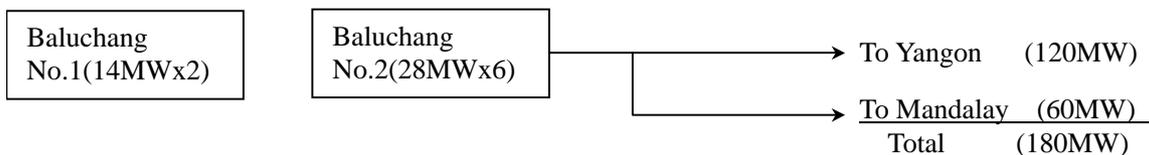
会計年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
安定電力	407	407	383	356	356	384	399	411	609	623	613	622	706
負荷のピーク	359	332	373	407	430	460	483	485	581	680	750	845	897
差引残高	48	75	10	-51	-74	-76	-84	-74	28	-57	-137	-223	-191

出所：Myanmar Electric Power Enterprise

### 2.3.4. 現在の「送電 - 発電」パターン

バルーチャン第 1、第 2 発電所はそれぞれ 28 (14×2) MW、168 (28×6) MW の発電能力を持っている。この内 120 MW の電力がヤンゴンへ、60 MW がマンダレーへ図 3 に示すルートで送電される。この 2 つの発電所における昼・夜の発電パターンは表 5 の通りである。

図 3：バルーチャン第 1、第 2 発電所の送電ルート



出所：バルーチャン第2水力発電所

表5：現在の発電パターン

発電所	発電量	
	昼	夜
バルーチャン第1	25 MW	27 MW
バルーチャン第2	140 MW	153 MW
合計	165 MW	180 MW

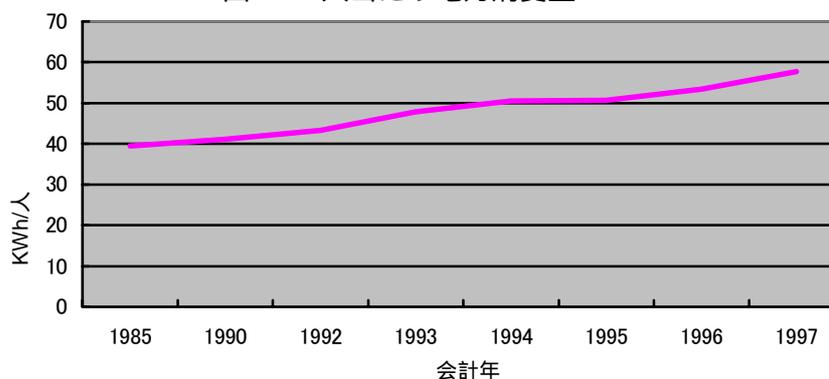
出所：バルーチャン第2水力発電所

## 2.4. インパクト

### 2.4.1. 一人当たり電力消費量

公共の福利厚生への改善は、他のどこの国とも同様ミャンマーにおいても、産業の発展と密接に連結している。このこと（公共の福利厚生への改善）は一人当たり電力消費に比例するもので、図4に見るように電力消費は1985年から1997年までの間にほぼ50%増加した。図1で示した工業、商業、家庭分野での需要の増加もまたこの傾向を反映している。改修事業はこの電力需要増加に寄与した。

図4：1人当たり電力消費量



出所：統計年鑑2000年版 ミャンマー中央統計機構発行

### 2.4.2. その他のインパクト

#### (a) 環境及び地元住民

環境及び地元住民に対する悪影響については今までのところ、Myanmar Electric Power Enterprise 及びバルーチャン第2水力発電所いずれからも報告はない。

## 2.5. 持続性・自立発展性

### 2.5.1. 運営・維持管理体制

中央政府の組織である Myanmar Electric Power Enterprise (MEPE) は、発電所の運営と維持管理に責任を持つ政府機関である。MEPE の監督のもとにバルーチャン第2水力発電所（所長以下262名）がその運営と維持管理を行っている。

### 2.5.2. 設備状況

バルーチャン第2発電所はミャンマーの比較的古い水力発電所の1つで、1960年と1974年に建設された。改修事業によって全6ユニットの発電能力は設計能力28MWまで回復した。しかしながら事後評価の時点では、第1、第2、第3ユニットの発電能力はそれぞれ23、25と

25 MW まで低下していた。MEPE によると、ニードル、ノズル、ランナー・バケットの修理、あるいは更新が計画されていたが、正確なタイミングはまだ決められていなかった。沈泥の蓄積については、MEPE は 2004 年に Paunglang の新規発電所が運転開始されてからのみ、ペンストックを掃除することができるかもしれない。発電能力の低下は、ペンストック内部の沈泥の蓄積とニードル、ノズル、ランナー・バケットの老朽化によるタービンの効率性低下によって引き起された可能性がある。

MEPE がまた、今回の改修計画に含まれていない励起システム、変圧器、スイッチ・ギアなど、現在問題を起こしていない部分の改修についても検討することは望ましいことである。

### 2.5.3. 財務状況

事後評価の時に、MEPE から運営と維持管理 (O&M) のデータが提供されなかったので、発電所の財務状況を評価することは困難である。しかしながら、MEPE は電力省の管轄下で営業する国営の組織である。したがって、運営と維持管理機関の財務状況は事業の持続性にとって重大なことではないかもしれない。

主要計画 / 実績比較

項目	計画	実績
<b>事業範囲</b> (1) オーバーホール (2) 主要部品及び消耗品の交換 (3) 消耗品の交換 (4) 主要部品の交換 (5) 調達	(1) 第1期3ユニット及び 第2期3ユニット (2) 第1期3ユニット (3) 第2期3ユニット (4) 第6発電機 (5) 共通予備品及び工具	(1) 計画に同じ (2) 計画に同じ (3) 計画に同じ (4) 購入したが交換せず保管 (5) 計画に同じ
<b>工期</b> (1) 開始 (2) オーバーホール作業 ・全体 ・第1ユニット ・第2ユニット ・第3ユニット ・第4ユニット ・第5ユニット ・第6ユニット	1987年10月 1981年1月～1985年12月 1989年7月～1990年8月 1989年9月 1989年12月 1990年2月 1990年4月 1990年6月 1990年8月	1987年10月 1981年1月～1991年1月 1992年9月～1994年9月 1993年7月～1993年10月 1993年10月～1993年12月 1994年6月～1994年9月 1992年9月～1992年11月 1992年11月～1992年12月 1992年12月～1993年1月
<b>事業費</b> 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	3,530百万円 106,168千Kyats 5,972百万円 3,530百万円 1 Kyat = 23.0円 (1986年8月現在)	3,460百万円 59,963千Kyats 4,791百万円 3,460百万円 1 Kyat = 22.2円 (1990年平均)