

## 第 10 次電力整備事業

報告日：2002 年 9 月

調査日：2001 年 7/8 月

## 1. 事業の概要と円借款による協力



サイト地図：スリランカ



サイト写真：Matara 変電所

## (1) 背景

スリランカにおける 1987 年の電力需要量は、ピーク時で 570MW であり、総電力需要量は、2248Gwh であった。

本プロジェクトにおける Ceylon Electricity Board (CEB：セイロン電力庁) の主要目的は、良質の電力の安定供給である。CEB は電力需要の増大に対応すべく、送電網を改善し、発電所を増設してきたが、依然として非効率な部分が残っており、これが電力の安定供給の妨げになっていた。しかし、1979 年に電力需要と消費量が増加した際は、配電システム整備を優先したため、送電線網開発が追い付かなかった。その結果、1976 年に 12% だった損失率は、1981 年には 20% に上昇してしまった。上記のような背景から、本プロジェクトの実施は重要であった。

## (2) 目的

電力供給の安定化を達成するため、既存の送電システムと変電所を增強し、CEB の送電網を強化する。

## (3) 事業範囲

- ・ 132kv、4 系統の送電線の新設
  - Puttaram-Anuradhapura 間
  - K.K.S-Chunnaka 間
  - Embilipitiya-Matara 間
  - Ukuwela(In-Out 送電線: 接続の二重回路による供給能力の拡充)
- ・ 既存の導線の再建 ( Kotugoda-Bolawatte 間 )
- ・ 変電所の新設 2 箇所 ( Kankesanthurai と Matara )
- ・ 既存の 6 変電所の增強 ( Ukwela, Kilinichchi, Puttalam, Bolawatte, Kotugoda, Anuradhapura )
- ・ コンサルティング・サービス

本プロジェクトは世界銀行等との協調融資のもと、CEB による第 10 次電力事業として実施された。第 10 次電力事業は 1960 年代に始まった電力事業の一環として、主に世界銀行、アジア開発銀行、JBIC 等の 2 国間援助機関の融資により行われた。第 10 次電力事業は、配電システムと送電線の改善と拡充、CEB への技術援助、料金徴収システムの電子化等を目的としており、世界銀行の担当は配電線整備、変電所、及び関連機器の修繕であった。(世界銀行部分の事業費約 12 億円)

- (4) 借入人/実施機関  
スリランカ民主社会主義共和国(GOSL)/セイロン電力庁 (CEB)

(5) 借款契約概要

円借款承諾額	3,855 百万円
実行額	2,342 百万円
交換公文締結	1990 年 1 月
借款契約調印	1990 年 3 月
借款契約条件	
金利	2.5%
返済(据置)	30 年(うち措置 10 年)
調達方法	一般アンタイト
貸付完了	1999 年 6 月

## 2. 評価結果

### (1) 計画の妥当性

スリランカ政府は、エネルギーを安定的かつ適切な価格で供給することを目指している。この2つの目的を達成するため、セイロン電力庁(CEB)は、毎年国家電源開発計画の中で10年間の将来予測をたてている。

この30年間、電力需要は高まる一方であり、この第10次送電線拡充プロジェクトの着手時の予想を上回っている。高まる電力需要に応えるために送電線網を整備することは、スリランカにとって重要な課題である。このような状況の下、本プロジェクトのほとんどの事業は、直ちにその効力を発揮し、送電網と変電所の信頼性と容量を向上させた。

現在でも、本プロジェクトの事業目的は有効である。現在稼働しているプロジェクトの背景は審査時に計画されたものとほぼ合致している。消費者の需要は増加しており、電力需要は拡大傾向が続いている。

### (2) 実施の効率性

#### 事業範囲

プロジェクト進行中に行った事業範囲と内容の見直しにより、当初の事業計画は以下の様に変更された。

北部地域での内紛継続による以下3事業の完全キャンセル。

- a) Kankesanthurai - Chunnakam 間の 132kV 2 回線送電線の新設 (Jaffna 地域)。
- b) Kankesanthurai 変電所(132kV/33kV, 2x15 MVA)の新設 (Jaffna 地域)。
- c) Kilonochchi 変電所の 2x10 MVA への増強および 33kV ベイの設置 (北部地域)。

事業重複または技術的理由による詳細設計段階での事業変更。

- a) 新規のフィーダーベイ設置による Kotugoda 及び Boloawatta 変電所の増強 第2次電力部門拡充プロジェクト(SESP = アジア開発銀行資金)により建設中のためキャンセル。
- b) Anuradhapura 変電所に於ける 132kV 4 ベイの追加設置 送電線開発計画 2001 - 2010 で変電所を新設するためキャンセル。(融資元等詳細は不明)
- c) Ukuwela 変電所に於ける 33kV ベイ供給の追加 送電線開発計画 2001 - 2010 で変電所を新設するためキャンセル。(融資元等詳細は不明)

## 工期

当初のスケジュールと比べると、実際のプロジェクトの着工、工程共に大幅に遅延した。遅延の主な原因の詳細は、以下の通りである。

### a) 送電線

送電線の建設工程は下記の理由で5年半の遅延となった。

- ・本事業を実施するにあたって適切な実施・管理能力を有する事業者がいなかったため、作業開始（着工）が約4年の遅延となった（1991年3月予定/実際は1995年7月着工）。また、設計承認作業が予期していたよりも時間を要したうえ、2.2.1事業範囲でも述べたように、治安悪化等（事業とは関係のない）周辺事情も影響した。工期に関しては、その初期段階において、請負業者の仕事が非効率であり、その結果、14ヶ月の遅れとなった。しかし本事業の最終段階で、現地主要スタッフの交代、契約業者本社の管理機能の強化、そしてCEBが日常監査を行うことによって作業効率は改善し、更なる遅延を食い止めることができた。この他、設計承認作業にも、かなりの時間を要した。ロット 工期（送電線）の承認の遅延により、建設監督のための74MMの割り当てが不十分となり、結果として115MMを要した。

### b) 変電所

以下の理由により、変電所の建設/増強工事は当初予定よりも4年遅れた。

- ・2.(1) 事業範囲で述べたように、北部地域での内紛などの国内の状況により、実施機関の事業着工まで4年間の遅延が生じた。
- ・1996年少雨による発電用水不足で、長期に渡って深刻な停電が起き、工程の2ヵ月半の遅延へとつながった。工事において電力は欠かせず、この停電は計画に大きな影響を与えた。
- ・Matara 変電所の堤防建設は、予想外の軟質土により長時間を要した。
- ・業者の中国人スタッフとの意思疎通の障害（言語の違いによる）も遅れへとつながった。

## 事業費

事業費は、当初計画4,605百万円に対して実績2,342百万円と、50%近い減少となった。この減少には、理由がいくつか挙げられる。

事業範囲や規模の変更：送電線に関しては、北部の地域紛争が原因でJaffnaの計画が取り消されたことにより、事業費が計画費当初計画を割り込んだ。

また変電所に関しては、以下の事情により、事業費が当初計画を下回った。

- ・北部地域の内紛により、北部地域における変電所の建設が取り消された。
- ・220kVの新変電所の建設が決まり、Anuradhapura 発電所のベイ供給の追加が取り消された。

これらの変更に伴い、(為替レートの影響を受けない)内貨部分を含む事業費全体が計画時より減少した。

## プロジェクト進行の効率性

本プロジェクトに係る工事は(多少の問題点が指摘されるものの)概ね効率的に行われた。請負業者の管理が適切に行われなかったため、土木工事が遅れたことが問題点として挙げられる。これは、現場における人員の配置転換および本社からの適切な指示により解決された。またCEBによって常時監督が行われた。

Lot Iの送電線工事において、いくつかの組織上の問題点がみられた。Lot IIの変電所工事では、現場での通訳の数が限られていたため、中国人スタッフとのコミュニケーションがうまくいかず、技術的問題や工期の遅延が発生した。しかし、英語のできるスタッフを増員することで、この問題は解決された。また断路器を製造するメーカーは、品質の問題から韓国製からス

ペイン製へ変更された。

(3) 効果(目的達成度)

送電線拡充、変電所設立事業の成果は、技術的・経済的指標だけでその効果を包括的に評価することは出来ない。送電網は、送電網全体への電力供給を確実にし、システムの信頼性の向上と損失率の減少を図るために計画、建設されるからである。

電力供給の増加

表 1 : スリランカにおける CEB 販売量・電力供給量の推移、供給 / 需要ギャップ

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
CEB 販売電力量 (GWh)	2,608	2,742	2,916	3,269	3,565	3,829	3,610	4,029	4,521	4,809	5,258
伸び率 (%)	10.8%	5.1%	6.3%	12.1%	9.1%	7.4%	-5.7%	11.6%	12.2%	6.4%	9.3%
電力供給量(GWh)	3,149	3,376	3,540	3,979	4,386	4,800	4,527	5,146	5,683	6,173	6,086
伸び率 (%)	10.2	7.2	4.8	12.4	10.2	9.4	-5.6	13.6	10.4	8.6	-1.4
供給 / 需要ギャップ(供給 - 需要、GWh)	541	634	624	710	821	971	917	1,117	1,162	1,364	828

出典 : CEB (Ceylon Electricity Board)

上記の表が示す通り、需要・供給ともに 1990 年代を通じて急激に増加している ( 深刻な干ばつがあった 1996 年と 2000 年を除く )。需要の増加率は年平均約 8 % に上り、供給の増加率は約 7 % になる。供給増加率より需要増加率のほうが高いが、現在の所電力供給量は順調に伸びており、需要をカバーする事が出来ている。CEB の長期電源拡充計画(2000 - 2014)によれば、予備電力量は 2010 年には 14.8%になると見込まれており、電力不足を回避する為に十分な量といえる。(本プロジェクトのための詳細なデータが入手できなかったため)本プロジェクトの直接的効果を数値で表すことは出来ないが、上記の状況を考慮すると、本プロジェクトはスリランカの電力供給網の改善に貢献できたといえる。

電力供給地域の拡大

表 2 : スリランカにおける需要家数と電化率の推移

(単位 : 千人)

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
CEB 需要家数 (千人)	740	882	1,076	1,266	1,414	1,527	1,691	1,851	2,039	2,259	2,490
伸び率 (%)	26.7	19.2	21.9	17.7	11.6	8.0	10.7	9.5	10.1	10.8	10.2
世帯電化率 (%)	29.0	33.0	35.0	37.0	44.5	45.1	46.8	48.3	52.4	56.6	61.2

出典 : CEB

上記の表 2 の様に、1990 年以降 CEB 需要家数と電化率は順調に増加している。CEB によると、Ukuwela の既存変電所の容量の拡充に伴い、9,000 人の需要家に新たに電力が供給された。また、Puttlam では、約 15,000 人の需要家が本事業により新たに電力の供給を受けている。さらに、本プロジェクトの建設地は、電化率の高い Western load centre の外側に位置している。つまり、本プロジェクトは更なる電化率の向上に間接的に寄与していると言える。

送電線・変電所

a) 損失率

表 3：スリランカにおける全送配電網の損失率

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
損失率 (予測値)(%)	13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
損失率 (実際)(%)	17.2	18.8	19.0	17.8	18.3	18.1	14.5	17.8	18.8	20.87	21.35
送電ロス(%)	3.6	3.9	4.0	3.5	3.8	3.8	3.1	3.7	4.72	4.27	3.89
配電ロス(%)	13.6	14.9	15.0	13.5	14.5	14.3	11.4	14.1	13.18	15.79	16.5

出典：CEB

1.(1)背景が示す通り、スリランカ全体の電力網の損失率は1990年代を通して、悪化しており、現在の損失率は依然として1990年の数値を上回っている。このような状況であるが、本プロジェクトは、スリランカ北部と東部を除く地域に電力の供給を行ったことにより、CEBによる送電と配電ネットワーク全体の改善に寄与したと言える。

またこの表が示す通り、配電時の損失率の増加により、近年送配電網全体の損失率は悪化傾向にある。しかし、本プロジェクトによる新設設備操業開始後(1998年 - 2000年)には、全体的な損失率は増加しているものの、送電損失率は徐々に改善している。これは、本プロジェクトが実施されていなければ、全体的な損失率はもっと悪化し、非効率的な電力供給が続いたであろうことを示している。

b) 変電所

Anuradhapura で 132kV を利用出来るようになったことで、当該地域での電力供給の信頼性が向上した。

表 4：電圧変動

(単位：kW)

変電所	通常電圧	従来 の電圧変動 (1997-1998)	現在 の電圧変動
Bolawatta	132	128-130	132-135 (1999-2000)
Puttalam	132	126-130	130-134 (1999-2000)

出典：CEB

現在(2000年)、システムのピーク時には、Marata 変電所の負荷は 37.4MW、Deniyaya 変電所 (Matara 変電所近郊) が 25.9MW、そして Galle 変電所が 54.1MW である。仮に Matara 変電所がなかったとすると、Galle 変電所の負荷率は 143% となり、Deniyaya 変電所では 122% となる。これらの数値から、本プロジェクトが当該地域の電力供給の安定化につながっていることがわかる。

既存の変電所の容量を拡充することによって、Ukuwela と Puttalam における過負荷のリスクを軽減することができた。下記の表では、それぞれの変電所で本プロジェクトを実施したときと実施しなかったときを比較している。本プロジェクトを実施しなかった場合、変圧器の回路断絶・切断が起これば過負荷の深刻な危険性が生じることがわかる。さらに、負荷を他の変電所に送電する際に頻繁に停電が起これば、電圧が下がることになる。

表5：プロジェクトを実施した場合と実施しなかった場合の変電所の容量の比較

変電所	従来の容量 (MVA)	新規の容量 (MVA)	2000年度の ピーク時負荷 (MW)	増強されなかつ た場合の負荷率 (%)
Ukuwela	2 × 15	2 × 31.5 MVA	40.9	151%

出典：CEB

上記の検証から、スリランカ北部と東部を除いた本事業対象地域で電力供給が増加したことがわかる。事業範囲の変更は、当初予定していた効果を下回ることになったが、損失率の改善、電化率の増加、電力供給の増加は、送電線のネットワークが本事業により改善されたことを示している。それに加えて本プロジェクトは世界銀行・アジア開発銀行等が支援する、スリランカの電力網を開発する長期開発計画の一環として行われた。これらの事業により更なる相乗効果が期待される。

結論として、本事業は、CEB の送電線・変電所拡充計画における電力供給増加に貢献したといえる。

#### 経済的内部収益率の計算 (EIRR)

本事業の性格上 (送電事業自体は収益を直接生まない) EIRR は計算されなかった。

#### (4) インパクト

##### 民生・経済の向上

本プロジェクトの上位目的は、民生向上とスリランカの経済発展にある。本プロジェクトの事業範囲の変更は、効果の度合いに影響を与えたものの、社会福祉の向上などの全般的な目的は十分に達成された。同時に下記の分析が示唆する通り、雇用を創出することによってさらなる目的の達成に寄与したといえる。

(本事業からの) 定量的なデータは入手することができなかったが、本事業により村落地帯の電化が進んだことで産業を立ち上げる機会を作ることが出来、大幅に雇用機会を創出したといえる。

##### 技術移転

本プロジェクトの目的の一つは、CEB の職員が実際の管理を行えるように養成する事であるが、全ての職員が計画・実施・管理に関わったことで技術移転が進展した。

CEB は、今後同様なプロジェクトを実施中・計画中であり (長期送電線拡張計画 2001年 - 2010年) 本プロジェクトの経験が、設計、機材・資材の購入、建設、運営、管理に関わった全ての職員にとって役立つ事が期待される。

##### 現地住民への影響

実際に、1999年に Matara 変電所を建設したことで電力需要は 11%の伸びを示し、現在の負荷率は変圧器容量の 70%になっている。この変電所の設立により約 150000人の需要家が恩恵を受けており、従って当該地域の経済を活性化させているといえるこの一点だけでも、変電所の建設により雇用が創出されたことが十分に示されているといえる。

##### 環境への影響

本計画による環境への悪影響は見受けられない。1989年に JBIC は環境アセスメントを実施し、この結果、本計画は環境法 (the National Environmental Act No. 47, 1980年制定, No.56, 1998年改定) に沿って自然環境に最大限配慮して行われた。新規の送電線と変電所の建設は、環境への影響を極力抑えて実施され、(建設地は自然林を避け、沼地や水田、人工林を採択。) CEB によるその後の環境モニタリングにおいても自然環境への負の効果は確認されていない。

#### (5) 持続性・自立発展性

### 維持管理体制

CEB では、維持管理体制を整えるため組織改革を行い、新たに送電線計画部門と O&M 部門を設置した。送電線計画部門と O&M 部門は、通信機器関連以外の維持管理を担当する。DGMs (O&M サービス)は、送電線計画部門と O&M 部門を所管し、それぞれ 4 地域(Colombo, Kandy, Anuradhapura, Galle)に設置され、各所長を主任技術者が務める。

通信機材、バッテリーバンク、充電装置等の保守点検に関しては、CEB 支部が責任を持って行う。スイッチヤード通信機、ウェードラップ、CVT 等の保守点検に関しては、O&M サービス支部が担当する。

日常業務は、コロンボ付近のメンテナンス・スタッフが責任を持って行う。点検業務内容と将来的な点検の必要性はスタッフに任される。

- a.保守点検の頻度：主要機器は年に一回行う
- b.建設物：変電所：常時  
送電線：3年に一度 必要があれば交換
- c.点検マニュアル・方法論の確立

点検作業に関しては、点検のタイミングと頻度を調整しながら、計画的な日常業務に基づいて行われる。また、補修部品の在庫管理も含めた将来の点検作業も、今後計画的に実施されることになっている。また、Matara 変電所スタッフへのヒアリングによれば、メンテナンスの技術者は全て CEB 内で確保できているということである。この点からも、今後の CEB の自主的維持管理能力が認められる。

### 維持管理に係る技術力

予備部品や補充品を含む全ての必要な機器は揃っている。部品メーカーによるこれまでの経験に基づくアドバイスによって在庫状況は調整されている。

技術力は、コロンボ地域では十分な能力が認められる。しかし他の地域への技術移転を終えるには最低 2 年はかかる。それまでは、コロンボ地域が各地域のメンテナンス作業について監督する。CEB では本事業のみならず他事業によって設置された送電線や変電所をも所有しているため、本事業による技術移転は一層の重要性を有するものとなっている。さらに CEB の O&M 部門は、職場内訓練と現地の養成講座を実施している。海外の技術支援による O&M スタッフの技術レベルの向上が期待される。

### 財務状況

近年まで CEB の財務状態は良好で、機材や人材の維持管理のコストも賄うことが出来ていた。しかし、2000 年、2001 年にスリランカで深刻な旱魃が発生、高まる電力需要に対応するため、高コストの火力発電所を運転せざるを得なかった。その上、政府が電気料金の値上げを制限したため、ディーゼル発電の運営コスト増加分は需要家には転嫁できず、CEB の財政難は深刻なものとなっている。

今日に至るまで、CEB では債務返済を滞りなく行ってきたが、この状況を乗り切るため、CEB では 2001 年 3 月から電力料金の 25%の引き上げを決めた。これは、燃料費率の増加を調整するための燃料調節費である。今後 C E B が電力網の適切な維持管理を行えるだけの財務基盤を維持出来るか、まだ見通しは立っていない。

主要計画 / 実績比較

項目	計画		実績
事業範囲	1.建設工事		
	A 送電線		
	1) 新規送電線の建設	132kV	132 kV
	-Puttalam - Anuradhapura	80km	80km
	-K.K.S. - Chunnakam	9km	キャンセル
-Embilipitiya - Matara	62km	62km	
-Ukuwela	10km	10km	
2) 既存の導線の再建	132 kV		
-Kotugoda - Bolawatte	21km	21km	
B.変電所			
1) 新規変電所の建設			
-Kankesanthurai	132/33 kV, 2x15MVA	キャンセル	
-Matara	132/33 kV, 2x30MVA	132/33 kV, 2x30MVA	
2) 変電所の増設			
-Ukuwela	2 × 15MVA 2 × 31.5MVA	2 × 15MVA 2 × 31.5MVA	
	33 kV ベイ 4 基追加	キャンセル	
-Kilinochchi	132/33 kV 10MVA 追加	キャンセル	
	33 kV ベイ 2 基追加	キャンセル	
-Puttalam	132 kV 交換機追加	132 kV 交換機追加	
-Bolawatte	33 kV ベイ追加	キャンセル	
-Kotugoda	2 × 132 kV 回路遮断器	キャンセル	
	3 × 33kV 回路遮断器	キャンセル	
	14 × 33 kV 断路器	キャンセル	
-Anuradhapura	33kV ^ 1 4 基追加	キャンセル	
2.コンサルティングサービス			
-詳細設計	17M/M	17M/M	
-建設工事現場監督	115 M/M	115M/M	
-合計	132. M/M	132M/M	
工期	コンサルタントの選択 D/D, T/D	1990年3月 1990年3月～1990年12月	1991年5月 1992年4月～1992年9月
	入札・契約	1990年9月～1991年2月	1993年6月～1993年12月 (入札) 1994年2月～1995年6月 (契約)
	送電線の建設 (LOT )	1991年3月～1993年12月	1995年7月～1999年6月
	既存送電線の交換	1993年1月～1993年12月	1995年7月～1999年4月
	変電所の増強 (LOT )	1991年3月～1993年12月	1995年7月～1998年4月
事業費	外貨 内貨	2,960 百万円 1,645 百万円 ( 422 百万ルピー )	2,009 百万円 333 百万円 ( 171 百万ルピー )
	合計	4,605 百万円	2,342 百万円
	うち円借款分	3,855 百万円	2,342 百万円
	換算レート	1Rs = 3.9 円(1989年3月)	1Rs = 1.95 円 (1991～1999年 平均値)