

## ライチュール火力発電所増設事業

評価報告：2001年3月

現地調査：2000年8月

## 1. 事業概要と円借款による協力



## (1) 背景：

当時、事業対象であるカルナタカ州には発電を担当するカルナタカ州電力公社(KPCL: Karnataka Power Corporation Ltd.)と、送電を担当するカルナタカ州電力庁(KSEB: Karnataka State Electricity Board)の2つの電力事業者があった。両者とも州政府所有の機関で、電力省 (Ministry of Power) に監督されており、KPCL が発電所の建設・運営管理を、KSEB が送配電施設の建設・運営管理を担当していた。

カルナタカ州の火力発電所はライチュール火力発電所1,2号機しかなく、1988年3月末における同州の発電設備容量 2,530MW のうち、水力発電所のシェアは 83.4%に達していた。ただし、水力発電所は3年続きの干魃により稼働率が大きく低下していた。同州では1980/81年度から1986/87年度にかけて電力需要が年率9.1%で増大したのに対し、天候により電力供給不安定となる水力発電設備への依存度の高さおよび新規の電源開発がなかったため、1986/87年度には5,176GWhもの電力不足が生じていた。

これに対して、近隣州からの買電や中央政府の発電所から電力供給を受けていたが、それでも需要を満たすことはできなかった。こうした供給不足による電圧低下などを避けるため、電力供給制限が恒常的に行われ、同州の社会経済全般に深刻な影響を与えていた。

## (2) 目的：

本事業は、電力設備の8割を水力に依存しているため電力供給が不安定となっているカルナタカ州において唯一の火力発電所であるライチュール火力発電所に4号機(210MW×1基)を増設し、石炭火力によるベースロードを強化し、電源の多様化、電力供給の安定化を図ろうとするものである。

## (3) 事業範囲：

事業内容は、①210MWの火力発電設備1基の増設(ボイラー：蒸気量680トン/時間、タ

ービン：出力 210MW ・回転数 3000rpm、発電機：出力 277MVA ・周波数 50Hz)、② 関連送配電設備、③上記に関連するコンサルティング・サービスである。なお、円借款対象は、火力発電設備増設、関連送配電設備、コンサルタント費用にかかる外貨金額及び内貨の一部である。

(4) 借入人/実施機関：

インド国大統領／カルナタカ州電力公社 (KPCL: Karnataka Power Corporation Ltd.)

(5) 借款契約概要：

円借款承諾額／実行額	23,142 百万円 / 20,028 百万円
交換公文締結／借款契約調印	1988 年 10 月 / 1988 年 12 月
借款契約条件	金利 2.5%、返済 30 年(うち据置 10 年)、部分アンタイト
貸付完了	1997 年 6 月

## 2. 評価結果

(1) 計画の妥当性：

本事業は、気象条件に左右され不安定な水力発電に偏重（発電設備容量の 83.4%）していたカルナタカ州の電源構成をバランスの取れたものにすべく、ベースロードとなる既存火力発電所を増設するもので、同州の電源の多様化と、電力供給安定化・電力不足緩和に貢献せんとするもので、計画は妥当。

(2) 実施の効率性：

1) 工期

プロジェクトの実施は当初の 3 年半の想定に対して、実際には 6 年を要した。遅延の主な原因として挙げられるのは以下の 2 点である。①発電機据え付け後のテスト運転中に設備異常の際に動作するはずの遮断機が動作しなかったため、発電機が故障、3 ヶ月後に運転を再開したものの石炭処理設備、灰処理設備の工事が遅延、遅れた工事の一部は発電機を停止させて行う必要があるが、カルナタカ州の深刻な電力不足のため、発電機の停止は水力発電所のフル稼働が可能になる雨期にしか行うことができなかった。②スベアパーツの調達で中央電力庁(CEA)からの承認遅延などにより遅れた。

2) 事業費

事業費のうち、外貨はアプレイザル時 16,200 百万円に対し実績は 14,364 百万円と、若干下回っている。一方、内貨の事業費は計画時 1,404 百万ルピーに対し実績が 4,870 百万ルピーと 347%のコスト・オーバーランが発生した。これは上記の工事延長に加え、インド国内でのインフレ発生により、人件費、原材料費等が増加したためである。

(3) 効果（目的達成度）：

1) 安定した電力供給

本事業で増設された 4 号機は、1996 年の商業運転開始直後から、計画時を大幅に越える稼働を達成しており、特段の問題もなく安定した稼働状況を示している。連続運転による機器への負荷が懸念されるが、定期点検は計画通り実施されており特段の問題はない。また、売電収入は平均売電単価がアプレイザル時より高いこともあり（表-2 参照）、アプレイザル時の収入の目標を大きく上回っている。

表-1 4号機的主要指標の達成率 ( ) 内が計画値に対する達成率

指標		1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000 <sup>(6月末まで)</sup>
送電端電力量 (GWh)	実績	1,021 (135%)	1,306 (145%)	1,485 (157%)	1,534 (152%)	809 (-%)
	計画	756	900	945	1,011	1,011
稼働率 (%)	実績	77.73 (135%)	90.42 (198%)	92.89 (163%)	92.57 (152%)	98.76 <sup>*3</sup> (-%)
	計画 <sup>*1</sup>	57.55	45.68	57.10	61.07	61.07
売電販売収入 (百万 Rp)	実績	2,472 (345%)	3,290 (268%)	3,665 (211%)	3,880 (199%)	2,145 (-%)
	計画 <sup>*2</sup>	716	1,227	1,736	1,945	-

\*1 アプレイザル時想定 of 運転時間 ÷ 365 日 ÷ 24 時間を使用し算定。但し、初年度は 10 月運転開始予定であったことから、年度末(3 月末)までの総暦日数(181 日)を使用、2,500 時間(アプレイザル時初年度運転時間) ÷ 181 日 ÷ 24 時間=57.55%。

\*2 アプレイザル時の値を International Financial Statistics の Consumer Price Index を使用して実勢価格に補正。

\*3 6 月末時点での値、同年度中に予定されている定期点検後には 92%程度になる予定。

出典:ライチュール火力発電所資料

表-2 売電単価のアプレイザル時・実績比較

アプレイザル時 (88 年) の想定平均売電価格 : 0.73Rs/kWh=①

	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000
実績平均売電価格*(Rs/kWh)	2.42	2.52	2.47	2.53
同上(88 年価格)**(Rs/kWh)②	1.17	1.20	1.14	1.27
実績・計画比率② ÷ ①	154%	158%	150%	167%

\* 4 号機の各年度の売電収入 ÷ 4 号機の各年度の売電量

\*\* 実績の平均売電価格を International Financial Statistics の CPI を使用して 1988 年価格で算定。

出典:ライチュール火力発電所資料、アプレイザル資料

## 2) カルナタカ州の深刻な電力不足改善と電力供給安定化

カルナタカ州は、電源の多くを水力発電に依存してきたため、乾期には発電量が大幅に減少し、NTPC や他州からの電力供給に依存していた。表-3 は KPCL によってカルナタカ州に供給されている電力の水力・火力の割合を示したものである。火力が年々発電量を増加させているのに対し、水力はモンスーンの発達状況など降雨状況に左右されるため安定して発電することができてない。

1992-1993 年にはその水力発電の依存度は 77%と高かったが、2000-2001 年には 54%となっており、不安定な水力発電への依存度が低くなっている。本発電所の 4 号機はこうした、水力偏重の是正に貢献していることに加え、運転開始以来高い水準で安定的に電力を供給しており、カルナタカ州のベースロード対応に貢献している。

表-3 KPCL の電力供給状況

年度	火力(GWh)	水力(GWh)	合計(GWh)	% 増加率	
				基準年比	前年比
1992-93	2,732 (23%)	9,179 (77%)	11,911	Base	-2.02
1993-94	3,698 (28%)	9,638 (72%)	13,336	11.96	+11.96
1994-95	3,696 (24%)	11,856 (76%)	15,552	30.56	+16.62
1995-96	4,722 (33%)	9,537 (67%)	14,259	19.71	-8.31
1996-97*	5,152 (43%)	6,739 (57%)	11,891	-0.17*	-16.61
1997-98	5,538 (35%)	10,350 (65%)	15,888	33.39	+33.61
1998-99	6,068 (38%)	9,858 (62%)	15,926	33.71	+0.23
1999-00	7,762 (40%)	11,711 (60%)	19,473	63.50	+22.28
2000-01**	9,000 (46%)	10,363 (54%)	19,363	—	—

\* 1996-97 モンスーンが未発達のため

\*\* 2000-2001 は KPCL の計画値

出典：KPCL 資料

ただ、カルナタカ州の電力は依然として不足しており、不足分は州内の民活発電所及び Central Grid を通じて他州から電力供給を受けている状況である（図-1 参照）。こうした電力不足の状況下において、4号機は1995年4月-2000年3月までの間にKPCLの、全発電量のうち9.15%（火力の14.81%）を供給しており、電力不足の改善および安定化に貢献している。

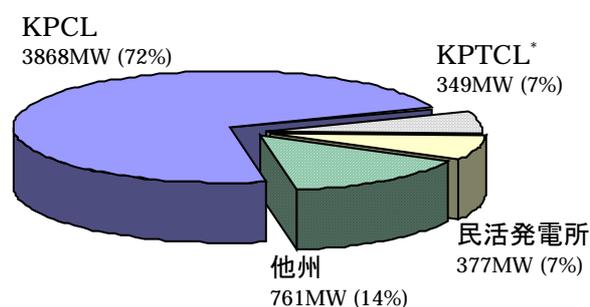


図-1 カルナタカ州の電源構成(KPCL 資料より作成)

\*KPTCL: カルナタカ州送電公社(発電所も所有)

### 3) 財務的内部収益率 (FIRR)

アプレイザル時と同様の仮定に基づいて再計算した FIRR は 15.6%となり、アプレイザル時の 9.9%より高くなった。これは4号機がアプレイザル時の計画値を越える稼働を達成していることに加え、同じ価格年(88年)で比較した場合（表-2 参照）、計画時の想定売電単価 0.76Rs/kWh に対し実績は 1.14~1.27Rs/kWh と、実績値の方がアプレイザル時よりも 55%~73%売電単価が高いことにも起因している。

便 益： 同発電所4号機の売電収入  
 費 用： 初期投資コスト+維持管理費+燃料費  
 プロジェクトライフ： 20年

### (4) インパクト：

#### 1) 環境へのインパクト

発電所では週に一度、排煙・排水のモニタリングを実施しており、周辺大気への影響もプラント内、居住地区、プラント周辺の3カ所に設置されたモニタリング・ステーションで監視している。モニタリングを担当するスタッフは 8 名となっている、これらモニタリングの結果はインドの規制基準および環境基準を満たしており、特段問題は生じていない。

また、発電所から発生する石炭灰(fly ash)は1日 6,000 トンで、そのうち 1,500 トンは Associated Cement Companies (ACC)に無償で提供されセメントへの混和剤として再利用されている。ACC は発電所の敷地内に土地を提供されており、自己資金で建設した処理施設を使用してこれを実施している。そのほかの石炭灰はパイプラインでスラリー輸送され\*、一時的にサイロに貯蔵された後、灰捨場 (ash pond) に投棄されている。灰捨場池はクリシナ川沿いに2カ所確保しており、現在のペースで投棄した場合 13 年間使用できる。現在のところ、灰の投棄による環境問題は生じていないが、発電所では灰捨場への投棄量を減らし、将来的には発電所から発生する石炭灰の 100%再利用を目指している。

現在、発電所では燃料の約 2 割を灰含有量が 3~4%と低い輸入石炭（発熱量 6,600kcal/kg）（27,628kj/kg）に転換するなどの対策をとることにより、灰の産出量を将来的に 20~30%減少させる計画を進めている。また、発電所内には、石炭灰の煉瓦、コンクリート、タイルへの再利用を研究するための研究所が設置されており、従業員への研修も行われている。

\* セメントや石灰粉などの粉体に水分を加え懸濁液としパイプで輸送する方法。

## 2) 雇用機会の増大

現在、同発電所には約 2,155 名が働いており、本事業で増設された 4 号機の運営・維持管理には 118 名が専属職員として従事している。発電所で働いている単純作業員の多くは周辺地区から雇用されている。また、同発電所の居住地区には学校・コミュニティ施設、診療所、寺院などを備えて約 1 万人が居住している他、第二灰捨場建設(借款範囲外)により移転した 300 人余りの居住地区があるが、これらの居住地区や工場への日用品供給などを目的とし、多数の住民が移り住んでおり村落が形成されている。本借款で建設された 4 号機は運営・維持管理を担当する 118 名の直接雇用に加え、周辺地域の村落住民への雇用創出にも相応の寄与をしていると思われる。

## (5) 持続性・自立発展性：

### 1) 運営・維持管理状況

施設の実際の運営・維持管理は KPCL 傘下の、ライチュール火力発電所(RTPC: Raichur Thermal Power Corporation)があたっている。ライチュール火力発電所は、現在 6 基の発電機を 2,155 名の職員が運営管理にあたり、そのうち 784 名が常用雇用、1,371 名が季節雇用者である。なお、96-97 年度には同発電所は財務面の健全性と運転状況の評価され中央電力庁 (CEA) より表彰を受け、168 万ルピーの奨励金を受領するなど優れたパフォーマンスをあげている。

### 2) 石炭の安定供給

燃料である石炭は 4 号機の場合、発電所の北部 550km にあるアンドラ・プラデシュ州のシンガレニ炭田及びマハラシュトラ州の西部炭田より供給されている。両炭田とも埋蔵量は豊富で、将来需要にも対応することができる。発電所で一日に使用される石炭は 16,000~18,000 トンである。使用されている石炭は、インド国内の石炭品質基準では 6 段階中下位 2 ランクに位置づけられる低品質の石炭で、発熱量は約 3,500kcal/kg (14,651kj/kg) と低く、灰含有率も約 42%と高い。

石炭は鉄道によって輸送されているが、輸送の際の質量損失は近年 4.35%から 2.99%

に急激に減少しており、インド国内の平均である 6.0%を大きく下回っている。敷地内には緊急時に備えて 20 日相当の石炭（約 40 万トン）が備蓄してあることもあり、これまでのところ石炭供給には特段の問題は生じていない。

### 3) 実施機関である KPCL の財務状況

KPCL は 1971 年に設立されて以来、4 度の営業赤字を記録しているものの、そのほかの年においては常に黒字を計上しており収益性には特段の問題はない。また、政府からは総資産利益率が 3%を維持できるように補助金が拠出される仕組みになっており、最近では 1996-1997 年、1998-1999 年会計年度において補助金が拠出されている。

表-4 最近 5 年間の KPCL 財務指標

	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999
総収入 (百万 Rp)	7,626.0	9,780.6	9,869.8	12,867.3	13,753.9
総支出 (百万 Rp)	6,290.4	8,517.3	9,945.0	11,360.1	12,403.5
経常利益 (百万 Rp)	1,335.6	1,263.3	▲75.2	1,507.2	1,350.4
売上高経常利益率 (%)	17.5%	12.9%	-0.8%	11.7%	9.8%
総資産 (百万 Rp)	29,125.5	31,390.5	32,642.3	40,893.6	45,480.2
総資産利益率 (%)	4.59%	4.02%	-0.23%	3.69%	2.97%

出典:KPCL 資料

KPCL の財務上の懸念は、長期化する売上債権である。1998-1999 年度における KPCL から KSEB への売電料金は、121.6 億ルピーでそのうち年度内に徴収できたのは約 85% の 102.8 億ルピーであり、当期の売上債権は 18.8 億ルピーとなった。その後政府主導による三角債\*の整理が実施された結果、当期の売上債権は完全に解消され、累積の売上債権も 1998 年度末における 75.2 億ルピーから、1999 年度末には 71.5 億ルピーと減少している。但し、同金額は、同年の KPCL の売電収入 137.5 億ルピーの 52.0%に相当しており、依然として大きな問題となっている。

\* 国営企業・公社などのおきる借金の連鎖現象。業績不振の企業が他の企業への支払いを滞らせ、代金の回収ができない企業がまた別の企業からの借金を返済できなくなるといった悪循環のこと。

KSEB を含むインド各州の SEB (State Electricity Board、州電力庁) は、政治的に低く抑えられた電力料金、非効率的な運営状況などのため財政的に破綻状態にある。世銀支援の下、インドの電力セクターは抜本的な構造改革の途上にあり、改善が期待される。

### 4) カルナタカ州の電力セクター構造改革

これまで KPCL 傘下の発電所及び IPP の発電所で発電された電力は、KSEB に卸売りされた後、KSEB は送配電および末端需要家からの料金徴収を行ってきた。その後、KSEB は解体され、送電部門はカルナタカ州が 100% 出資した送電公社 KPTCL(Karnataka Power Transmission Co Ltd.)に引き継がれることになった (2000 年夏)。

KPTCL の管内は 5 つの地区に分割され、それぞれの地区には地域配電会社である RBC(Regional Business Center)がおかれている。RBC は KPTCL が定めた目標値を満たすべく末端需要家からの電力料金徴収を行っている。RBC は 2000 年末に配電会社として法人化され、2001 年末を目標に民営化する予定になっている。なお、カルナタカ州では RBC が独立採算で運営できるよう、KSEB の負債は全て KPTCL に移転させ、RBC には負債を転換させないことが決まっている。

なお、これまでのところライチュール火力発電所を保有する KPTCL の民営化計画はない。

\* 出所:India, Business Line 19<sup>th</sup> August, 2000

#### 5) 事業の持続性・発展性

ライチュール火力発電所では現在 210MW の出力を持つ発電機が 6 機設置されており、85 年 3 月から稼働している 1 号機を初め各発電機はこれまで大きな問題もなく稼働している。本事業で増設された 4 号機についても運営・維持管理面、燃料供給において問題は見られない。また前述のように環境面においても定期的モニタリングの結果環境基準を超える値はなく、石炭灰の削減計画および再利用計画が進められているなど環境にも配慮していることが伺える。

本発電所及び 4 号機の運営・維持管理においては特段の懸念は見られないものの、KPTCL の財務状況およびカルナタカ州の電力セクターの構造改革については今後ともモニタリングする必要がある。

#### 主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①事業範囲	210MW の火力発電設備 1 基 ボイラー：蒸気量 680t/h タービン：出力 210MW、回転数 3000rpm 発電機：出力 247MVA、周波数 50Hz 関連送配電設備 コンサルティング・サービス	同 左
②工期	1989 年 4 月～1992 年 9 月 (42 ヶ月)	1990 年 11 月～1996 年 11 月 (73 ヶ月)
③事業費		
外 貨	16,200 百万円	14,364 百万円
内 貨	1,404 百万ルピー	4,870 百万ルピー
総事業費	29,956 百万円	32,919 百万円
換算レート	1 ルピー＝9.8 円 (Apr.1988)	1 ルピー＝3.81 円 (1990 年～1998 年の加重平均)