

## ビンカシム火力発電所 6号機増設事業

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



サイト地図：カラチ市より東へ50km



ビンカシム火力発電所

#### (1) 背景：

1990年代初頭、カラチ電力供給公社（KESC: Karachi Electric Supply Corporation Ltd.）管内であるカラチ市周辺の最大電力需要は年々増加しており、1989-90年度(1989/7～1990/6)、1990-91年度(1990/7～1991/6)には発電設備容量が最大需要を下回っていた。1991-92年度以降については家庭用および工業用の大幅な需要増により、最大電力需要の増加率が9%以上と予測されていた。これは、家庭用については農村電化および家電製品の普及により、工業用については産業貿易政策に係る規制緩和、為替管理の撤廃、外国からの投資促進などの政策により、工場建設など民間投資の活発化により工業用の電力需要の大幅な増加が見込まれていた。

一方、供給面では、1992-93年度にはビンカシム火力発電所3号機の運転開始が予定されていたものの、老朽化の著しいウエスト・ワーク火力発電所およびKESC管内を供給先とするカラチ原子力発電所の運転停止が見込まれていたため、発電設備容量が横這いとなることから、1993-94年度以降再度供給不足に陥る見込みとなっていた。

こうした電力需要増加と電力供給不足に対応するため、輸入重油による火力発電所を早急に建設する必要があった。

#### (2) 目的：

本事業は、1993-94年度以降に予想されたKESC管内の電力供給不足を解消するために、カラチ市の東方約50kmに位置する既設のビンカシム火力発電所の拡張として、6号機(210MW)を増設し、それに対応して、管内の供給系統を強化するために計画中の環状系統の一部をなす送電線(220KV×2回線、約35km)を増設するものである。

#### (3) 事業範囲：

事業内容はスチームタービン発電機（重油/天然ガスを燃料とする210MW×1機）、コランギ西変電所(220KV変圧器及び遮断器)、ビンカシム発電所～コランギ西変電所までの送電線（220KV、2回線、30km）、コンサルティング・サービス。なお、円借款の対象は外貨金額および内貨の一部である。

(4) 借入人/実施機関：パキスタン・イスラム共和国大統領/カラチ電力供給公社 (KESC: Karachi Electric Supply Corporation Ltd.)

(5) 借入契約概要：

	フェーズ I	フェーズ II *
円借入承諾額/実行額	13,551 百万円 / 12,959 百万円	13,974 百万円 / 12,130 百万円
交換公文締結/ 借入契約調印	1992 年 1 月 / 1992 年 3 月	1994 年 11 月 / 1994 年 11 月
借入契約条件	金利 2.6%、返済 30 年(うち据置 10 年)、部分アンタイド	金利 2.6%、返済 30 年(うち据置 10 年)、部分アンタイド
貸付完了	1999 年 3 月	2001 年 2 月

\* 本事業は、全工期が約 6 年間に亘るもので、フェーズ I として前半 3 年間、フェーズ II として後半 3 年間の資金需要に対応せんとするものである。

## 2. 評価結果

(1) 計画の妥当性：

パキスタンにおける第 7 次 5 ヶ年計画(1988-93 年)における電力セクターの開発目標は、①十分な電力供給、供給制限の解消、地方電化、②国内の石油、石炭、天然ガス、水力発電などの開発促進、③エネルギーの効率的な利用とシステムロスの低減、であった。その具体的な開発政策としては、i) 発電設備容量の増加、ii) 短期的な供給制限緩和のための油/ガス炊き火力発電所の建設、iii) 季節的影響を受けない大規模火力発電所の建設による供給量の確保、iv) 地方電化の促進、v) 民間部門の活用などが挙げられていた。本発電所の建設は、上記の開発目標の①、具体的開発政策の i), ii), iii)に該当するものであった。

また今日パキスタンでは、ガス田およびガス・パイプラインの開発進展、輸入重油の価格高騰、環境への配慮などから、発電所のガス燃料転換が進んでいる。本発電所は短期的な需要を満たすために輸入重油を使用することとなっていたが、将来的なパキスタン国内ガスの開発進展を視野に入れ重油/ガス併用のボイラーを設置し、こうした外部環境の変化への対応体制も整えていた。これらから、本発電所の建設計画は妥当であったといえる。

(2) 実施の効率性：

実施機関が関連データを整備していないため、正確な情報は不明であるが、借入対象部分については、フェーズ I に関して 2 年の貸付実行期限の延長が行われている。実施機関によれば、工期の遅延は、カラチ市全体のゼネスト、税関手続システムの変更に伴う輸入材料・機器の入手の遅延、などが主因である。

(3) 効果（目的達成度）：

1) 安定的な電力供給

表-1 は本事業で増設された 6 号機の主な稼働実績をアプレイザル時の計画値と比較したものであるが、計画を上回る効果が発現している。また、表-2 に示すとおり、同じビンカシム火力発電所の他のユニットと比較した場合も、最高出力・熱効率・利用率が

高く、所内率が低いなど、最も新しい6号機の稼働状況が良いことが分かる。一方、最大出力、総発電量および発電所利用率の実績値が計画値を上回っており、過剰な運転、および定期的な点検が実施されないことによる設備の早期劣化の恐れがあるため、今後留意してゆく必要がある。

表-1 6号機の稼働状況 計画/実績の比較 ( )内は計画値に対する達成率

		1997-98	1998-99	1999-2000
最大出力 (MW)	計画値	210	210	210
	実績値	219 (104%)	213 (101%)	210 (100%)
総発電量 (MWh)	計画値	981,194	1,174,210	1,174,210
	実績値	931,155 (95%)	1,443,015 (123%)	1,467,960 (125%)
発電所利用率* (%)	計画値	63.83%	63.83%	63.83%
	実績値	60.57% (95%)	73.63% (115%)	75.13% (118%)

\* 発電所利用率= 年間発電電力量 ÷ (定格出力 × 365 日 × 24 時間)

表-2 1999-2000 年度のビンカシム火力発電所各ユニット稼働状況

	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機
定格出力 (MW)	210	210	210	210	210	210
最大出力 (MW)	190	180	120	150	190	210
総発電量 (MWh)	702,420	872,495	826,705	905,240	1,336,820	1,467,960
熱効率* (%)	33.81%	35.24%	29.70%	31.08%	35.90%	38.17%
所内率** (%)	6.98%	7.08%	7.90%	7.41%	5.71%	5.85%
発電所利用率 (%)	35.52%	44.07%	41.39%	45.56%	68.52%	75.13%
稼働停止時間 (時間)	299.12	58.58	822.20	1596.50	122.85	72.28

出所: BQTPS (Bin Qasim Thermal Power Station) 資料

\* 熱効率: 送電電力の熱量と使用燃料の熱量の比

\*\* 所内率: 発電端電力量に対する発電所内電力消費量の比率

## 2) 急増する電力需要への対応

図-1は KESC 管内における最大電力需要の伸びと KESC 所有の全発電所の可能出力を比較したものである。最大電力需要が最近 5 年間に 5.14%の伸びを示しているのに対し、KESC の発電所の設備能力は横這いであるうえ、可能出力が設備能力を大きく下回っているため、KESC の発電施設のみでは最大電力需要を満たすことができなくなっていることが分かる。

KESC ではこうした状況を改善するために WAPDA (水利電力開発公社) や IPP の発電所から電力を購入して

おり、これら外部からの電力購入は年々増加する傾向にある (図-2 参照)。

但し、こうした外部からの電力購入にも関わらず、KESC 管内は慢性的な電力不足に陥っており、夏期を中心とした計画停電が行われている (表-3 参照)。

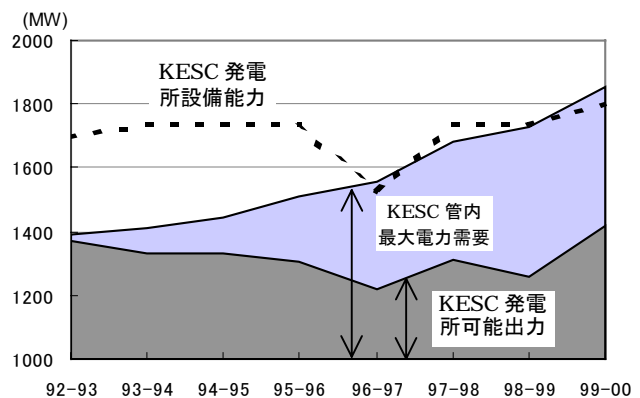


図-1 KESC の常時出力と最大電力需要

こうした状況において、本事業によってビンカシム火力発電所に増設された6号機はベースロードとしての安定稼働を続けており、1998年7月から2000年6月末までの2年間でKESC管内の総供給量のうち13.6%を供給する等、同地域における逼迫した電力需給の改善に貢献している。

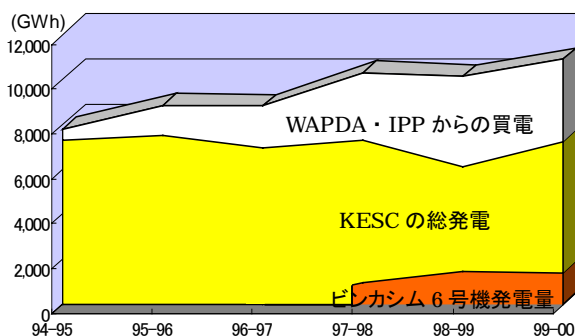


図-2 KESC管内の電力供給状況

表-3 KESC管内の計画停電状況

	1994-95	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
最大供給カット電力 (MW)	286	268	341	300	338	238
供給カット電力量 (MWh)	30,853	53,188	85,934	50,201	101,963	7,307

出所: KESC 資料

### 3) 財務的内部収益率 (FIRR) の再計算

アプレイザル時に、便益を6号機増設による売電収入の増分、費用を資本費用・燃料費・運営維持費として、計算された財務的内部収益率は9.3%であった。一方、実績のデータを使用して同じ項目について再計算した場合、費用の純現在価値(49,631百万Rp)が便益の純現在価値(45,319百万Rp)を上回ることから、FIRRはマイナスとなることが明らかである。

これは、盗電の増加によりシステムロス率が増加したこと、国内における石油価格の上昇にも拘らず電力料金が政治的に低く抑えられていること、などの要因によるものである。

表-4 FIRR算定根拠についてのアプレイザル時・実績の比較

	発電電力量 (GWh)	売電単価 (Rp/kWh)	kWh 当たり燃料価格 (Rp/kWh)	システムロス率(%)
アプレイザル時①	1,174.2	1.89	0.373	21.0
実績値②	1443.0~1468.0	2.33~2.56	1.16~1.85	31.5%~38.6
乖離 ②÷①	1.23~1.25 倍	1.23~1.35 倍	3.11~4.96 倍	1.50~1.84 倍

\* 価格はすべて1997年固定価格表示

### (4) インパクト :

#### 1) 社会へのインパクト

KESC管内における計画停電は一般家庭及び産業部門に及んでおり、カラチ市の産業および民生に相応の影響を与えていたものと思われる。但し、1998-99年に約102.0GWhと最大値を記録した供給カット電力量は、1999-2000年には7.3GWhと大幅に減少している(表-3参照)。これは、WAPDA系統とKESC系統をつなぐ送電線の容量増加やIPPからの電力供給と共に、ビンカシム火力発電所の6号機増設もこうした改善に相応の貢献をしていると考えられる。

## 2) 環境へのインパクト

発電所はカラチ市東方約 50km、アラビア海沿いの民家のない土漠地帯に位置しており、騒音・振動による影響も生じていない。また、発電所で冷却水として使用された温排水は、パイプを通じて 3km 離れた海に排水されているが、海水との温度差はアプレイザル時の想定通り 7 度以下の水準を保っており、海洋への影響について特段の問題はない。当初、排煙のモニタリングは、計測結果がコントロール・ルームのパネルにてリアルタイムで確認できるようになっていたが、1998 年に故障したまま修理されておらず 2001 年 2 月の現地調査時点では稼働していなかった。しかしながら、1999 年に KfW（ドイツ復興金融公庫）が雇用したコンサルタントによる周辺環境調査の際には特段の問題がないことが確認されている。その後も発電所の Planning and Rehabilitation Division が同借款で調達された移動式モニタリング車両を使用して周辺大気の状態を検査しており、特段問題が生じていないことが分かっている。但、実施機関は、排煙のモニタリングシステムの修理を実施する必要があると思われる。

### (5) 持続性・自立発展性：

#### 1) 運営・維持管理体制

パキスタン国内では、水利電力省の監督の下、WAPDA（水利電力開発公社）及び KESC（カラチ電力供給公社）の 2 電力公社が中心となって電力供給を行っている。KESC はカラチ地区及びその周辺部（バルチスタン州の一部）への発電・送電・配電サービスを行っている政府系企業で、株式の約 63%はパキスタン政府が保有している。1999 年 6 月末時点で KESC 従業員数は 12,499 名となっている。

運営・維持管理は KESC の監督の下、ビンカシム火力発電所が行っている。発電所には現在 862 名の職員が在職しており、うち管理職が 122 名、作業員が 740 名となっている。一方、もともと、KESC 本部より承認された職員数は 1,105 名であり、243 名分のポストが空位となっていることになる。これは、アジア開発銀行の指導のもと、KESC の合理化が進められており、本発電所においても 10 年ほど前から新規職員の雇用、退職者の補充を禁止されている為である。なお、生産性を見る指標の 1 つである職員一人当たりの需要家数は、KESC 全体で見た場合 1993 年 6 月末時点で 85 戸であったのが、1999 年 6 月末時点には 116 戸となるなど、かなりの改善が見られる。

将来的には溶接・金属加工などの作業の外部発注化を進めるなどの対策をとり、今後とも職員及び人件費の削減を進める意向をもっている。

#### 2) 運営・維持管理現況

6 号機は稼働開始以来良好に稼働しており、また、現時点で 5 年分に当たる消耗品を保管しているなど現時点では維持管理面において特段の問題はない。しかし、過剰な運転および定期的な点検が行われていないことによる設備の早期劣化の恐れがあるため、今後十分留意してゆく必要がある。

なお、同発電所の 1~4 号機は老朽化に伴い稼働状況が悪化していたが、1 号機は 1999 年 12 月~2000 年 2 月に、2 号機は 2000 年 3 月~7 月にそれぞれオーバーホールを実施しており、表-5 に示したような大きな効果をあげている。また、3、4 号機についても施設の現状検査が終了しており、ボイラー及びタービンのオーバーホールを 2001 年より順次実施する計画となっている。

表-5 1、2号機のオーバーホール(O/H)による効果

	定格出力 (MW)	最大出力 (MW)		O/H 費用 (百万 Rs)	事業便益* (百万 Rs/月)	熱効率 (%)	
		O/H 前	O/H 後			O/H 前	O/H 後
1号機	210	80	190	81.48	59.43	29.5	36.20
2号機	210	140	200	65.49	28.38	34.75	37.50

出所：BQTPS 資料

\* Load Factor80%で稼働した場合の1ヶ月当たりの売電収入増額

## 3) KESC の財務状況

KESC の収益的収支は年々悪化しており、1995-96 年度以降赤字続きとなっている。1998-99 年度の税引前損失は 7,364 百万ルピーの赤字で過去最悪となっている。収益性悪化の原因としては、重油の値上がりを反映していない政策的な売電価格の設定、システムロス率の上昇（盗電の増加）、金融費用負担が高いことなど多くの事項があげられる。

表-6 KESC 損益計算表

(単位：百万ルピー)

	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99
■ 収入						
-売電収入	11578.11	12,383.28	15,988.03	15,796.78	20,726.39	23,284.92
-その他収入	218.69	307.66	351.40	493.64	412.56	496.23
計	11,796.80	12,690.94	16,339.43	16,290.42	21,138.95	23,781.15
■ 支出						
-発電	5481.51	5344.3	7392.59	10980.67	10468.95	9312.09
-買電費用	836.28	1,390.23	1,704.40	3,444.09	7,739.79	11,400.58
-減価償却費	1962.39	1,667.77	2,843.28	1,719.23	2,139.66	2,726.20
-金利	1387.33	1,720.32	1,793.37	2,112.35	3,161.41	3,041.65
-貸倒引当金	*	*	*	1,438.03	1,698.30	1,212.93
-その他	1953.41*	2,379.77*	3,074.66*	3,375.40	2,787.55	3,452.15
計	11,620.92	12,502.39	16,808.30	23,069.77	27,995.66	31,145.60
■ 税引前損益	175.88	188.55	(468.87)	(6,779.35)	(6,856.71)	(7,364.45)

出所：KESC 年報（1995～1999：83<sup>rd</sup>～87<sup>th</sup>）

\* 1993-94 期～1995-96 期のその他は貸倒引当金を含む。

表-7 KESC 貸借対照表

(単位：百万ルピー)

	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999
資 流動資産	6,746.70	8,845.58	11,623.88	12,938.91	16,364.87	19,466.76
固定資産	26,131.08	31,908.07	40,410.92	49,133.81	50,226.58	49,751.03
産 投資及びその他資産	126.50	128.64	199.17	191.16	481.12	392.25
総資産	33,004.28	40,882.29	52,233.97	62,263.88	67,072.57	69,610.04
負 短期負債	6,873.09	12,675.92	17,874.98	30,039.48	41,807.90	29,101.52
固定負債	18,829.81	20,725.40	27,246.33	30,716.94	29,434.93	49,113.44
債 負債合計	25,702.90	33,401.32	45,121.31	60,756.42	71,242.83	78,214.96
資 発行済株式	1,473.12	1,620.43	1,782.47	1,782.47	1,782.47	4,827.59
留保	5,828.21	5,860.49	5,330.18	(275.01)	(5,952.72)	(13,432.51)
本 資本合計	7,301.33	7,480.92	7,112.65	1,507.46	(4,170.25)	(8,604.92)
資本＋負債	33,004.28	40,882.29	52,233.97	62,263.88	67,072.57	69,610.04

出所：KESC 年報（1995～1999：83<sup>rd</sup>～87<sup>th</sup>）

以前より問題とされてきた、売上債権の回転期間も年々悪化しており、最近5年間では5～7ヶ月となっている。1998-99年度における売掛金の内訳を見ると連邦及び州政府とその傘下の公営企業がそのうち16.6%を占めている。また、収益力及び流動性が低いことから、開発投資に十分な内部留保を確保できない状況のため、借入への依存による負債増により金融費用負担率は依然として高い状況にある。

表-8 KESC の主要財務指標の推移

	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999
売上高経常利益率	1.49%	1.49%	-2.87%	-41.62%	-32.44%	-30.97%
総資本経常利益率	0.53%	0.46%	-0.90%	-10.89%	-10.22%	-10.58%
総資本回転率	161.57%	169.64%	229.72%	1080.65%	-506.90%	-276.37%
金融費用負担率	11.76%	13.56%	10.98%	12.97%	14.96%	12.79%
流動比率	98.16%	69.78%	65.03%	43.07%	39.14%	66.89%
自己資本比率	22.12%	18.30%	13.62%	2.42%	-6.22%	-12.36%
売上債権回転期間	4.68 ヶ月	5.51 ヶ月	5.98 ヶ月	7.05 ヶ月	6.49 ヶ月	6.00 ヶ月

出所：KESC の年報をもとに算出

また、KESC 系統の送配電ロス率は 88/89 年度においては 19.77%であったが、その後ほぼ毎年上昇し続けており、98/99 年度において 38.84%となるなど非常に高くなっている。これは、配電サイドにおける盗電(配電線からの盗電及び電力メーター改造)が頻発していることが大きな原因となっている。

実施機関側の推計によれば盗電は送電電力量の 20~25%を占めるともいわれている。盗電による電力損失は会社の利潤に直接影響を与える極めて大きな問題である。KESC では、一部モデル地区における配電線の被覆化や全地域に亘る取締り強化などの対策を実施しているが、現時点では大きな効果は上がっていない。

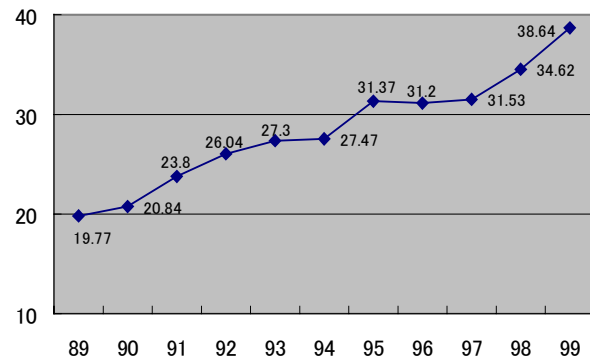


図-3 KESC 系統の送配電ロス率

KESC 管内では WAPDA からの買電量増加と本発電所の稼働開始により、一時計画停電が解消していたが、2000 年 7 月から 11 月にかけて再び 82,148 MWh もの計画停電が発生している。これは、パキスタン石油公社が支払いの滞りがちな KESC に対して、重油代金の前払い当日払いを要求してきたことにより、KESC の資金回転状況が悪化し燃料である重油を十分に購入できなかったことに原因があった。

#### 4) 燃料のガスへの転換

自国通貨の下落および国際石油価格の上昇などによる輸入重油の価格高騰および 1999 年 7 月 1 日に開始された石油・ガスへの 15%の売上税は、発電コストを上昇させ、KESC の経営に負担を強いている。KWh 発電当たりの燃料コストを見た場合、ガスは軽油・重油に比べてより安価であることが分かる (表-9 参照)。

こうした状況を鑑みて、パキスタン政府は年々生産量を増やしつつある国内産天然ガスを電力セクターに優先的に割当ててることを決めている。ビンカシム火力発電所ではガス割当量の増加契約に伴い、現在天然ガス/重油の併用で稼働している 1~6 号機のガス使用量を増やしており、2001 年 2 月において 44%程度の電力をガスで発電している。



表-9 ビンカシムの単位当たり燃料コスト(Paisa/kWh)

	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000
ガス	-	-	1.06	1.31
軽油	1.41	1.52	2.73	3.13
重油(バンカーC)	1.72	1.69	1.35	2.06
平均燃料コスト	1.41	1.52	1.35	2.04

出所：発電所資料

\* 燃料コストはビンカシム力発電所の1～6号機の平均

## 5) 効果の持続可能性

既に述べたように、本事業で増設された6号機の稼働状況は良好である。他のユニットについてもオーバーホール等適切な維持管理が行われていることから発電施設の稼働においては当面は問題ないと思われる。また、発電所の人員削減は、現場に若干の混乱をもたらしてはいるが、技術面・人員の面からは特段の問題はないように見受けられる。環境面を見ると、現時点では特段の問題はなく、今後燃料のガス利用が進む見通しであることから、環境面への負荷はさらに削減されるものと期待される。

但し、KESCは今後の運営・維持管理費用の確保し、安定した電力を供給するためにも、コストを反映した適切な料金体系の構築、盗電の取締り強化、売上債権回収促進、国内ガス利用などの対策をとり、悪化している財務状況を改善させる必要がある。

既述のKESCの財務状況を始めとして、パキスタン電力セクターの公営企業体の経営の健全な持続性については懸念がある。パキスタン政府は、電力セクターの構造改革(政策立案・当該業界の規制・公営企業体の運営という三つの機能の分離、電力市場の自由化、公営企業体の構造改革並びに機構改革の漸進的民営化)への注力を表明している。



主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①事業範囲	発電所 (a) ボイラー 重油/天然ガス (b) タービン発電機 定格出力 210MW  送電線 (a) 区間 本発電所～コランギ西変電所 (b) 回線数 2回線 (c) 互長 30km (d) 電圧 220kV  変電所 (a) 変圧器容量 250MVA (b) 開閉装置 SF <sub>6</sub> ガス封入型、220kV	同左 同左  同左 同左 35km 同左  同左 同左
②工期	発電所:1994年1月～1996年7月 (31ヶ月) 送電線:1994年6月～1996年4月 (24ヶ月)	発電所:1994年2月～1998年4月 (51ヶ月) 送電線:1994年5月～1998年9月 (53ヶ月)
③事業費	外 貨 24,221 百万円 内 貨 3,784.1 百万 Rp 合 計 38,260 百万円 うち円借款分 26,166 百万円 換算レート 1.0Rp= 3.71 円(1994年2月)	n.a. n.a. n.a. 25,089 百万円 n.a.