

第2章 結論および勧告

2-1 結論

2-1-1 総論

1979～1980年の2年度にわたって実施されたフイージビリテイ調査の結果、パキスタン回教共和国 Lakhra の炭田開発および同炭田の褐炭を利用する石炭火力発電所の開発計画について、以下の結論が得られた。

- (1) 1979年5月～12月にかけて実施された地質調査の結果、範囲 2.6 km^2 の Lakhra 炭田中の PMDC 鉱区より、露天採掘および坑内採掘を合わせ、山元の湿炭ベースで $35,602,000 \text{ t}$ 、同じく気乾ベースで $29,538,000 \text{ t}$ の褐炭（硫黄分約6%）採掘の可能性が確認された。
- (2) 上記の褐炭は、発熱量 $4,613 \text{ kcal/kg}$ （気乾ベース）で、発電用燃料として利用すると、利用率70%のもとにおいて熱効率37%、設備出力300MWの火力発電所の開発が可能である。
- (3) プロジェクトの工事前準備期間は、パキスタン当局の強い要請に基づき24ヶ月となり、1983年4月建設開始、1987年1月本格的出炭、同年3月発電所の営業運転がそれぞれ可能となる。
- (4) 概算工事費は、建設利息を含まない裸工事費で、1980年6月の価格条件で、炭鉱および鉄道施設が2,146百万Rs（1Rs = 22円）、火力発電所が4,877百万Rs、合計7,023百万Rsと見積もられ、このうち外貨部分が3,918百万Rs、内貨部分が3,105百万Rsである。

しかしながら、今後の物価上昇を仮に外貨部分について年率7%、内貨部分について年率9%と想定すると、上記の裸工事費は外貨部分5,333百万Rs内貨分4,625百万Rs、合計9,958百万Rsに増大する。

- (5) このプロジェクトの場合には、炭鉱および鉄道施設の建設および運転保守に要する費用が、即火力発電所の燃料費に転化することとなるが、もしこのプロジェクトをサービス同等の重油火力発電所（所内消費率の相違のため相当出力292.6MWとなる）と比較すると、“便益・費用比率”（B/C）は以下のとおりとなる。

a) 割引率10%とした場合

	B/C
○ 重油価格の年平均上昇率が4.5%のとき：	1
○ 重油価格の年平均上昇率が8.0%のとき：	1.62

b) 割引率13%とした場合

o 重油価格の年平均上昇率が4.95%のとき: 1

o 重油価格の年平均上昇率が8.0%のとき: 1.45

1974年以降現在まで、石油輸出国機構(OPEC)の基準原油価格が年平均1.7%(\$購買力の相対的低下を考慮しても、実質12%以上)で高騰を続け、今後の動向も予断を許さないことを考えると、このプロジェクトの経済的有利性が上記の数字によって証明される。

さらに、このプロジェクトの実施によって、パキスタンでもつばら発電用燃料として使用されている天然ガスが年間約530百万 m^3 (設備利用率70%とした場合)節約でき、これを付加価値の高いガス化学工業用の原料にあてることができる。

(6) 前述の物価上昇で見込んだ建設費を、外貨部分については金利8.75%、返済期間25年間、内貨部分については金利12.5%、返済期間20年間という条件で調達すると、建設利息を含めた総工事費は、炭鉱および鉄道施設が3,360百万Rs、火力発電所が8,648百万Rs、計12,008百万Rsとなる。(うち外貨部分5,333百万Rs、内貨部分6,675百万Rs)。この総工事費に基づいて、火力発電所が運転開始する1987/88年時点の石炭供給原価および電力供給原価は次の通りとなる。

a) 石炭供給原価

気乾ベース 983.0 Rs/t
(0.50 Rs/kWh)

b) 電力供給原価

送電端 1.44 Rs/kWh

(エスカレーションを考えない場合、1980年6月現在

0.93 Rs/kWh)

ちなみに、熱効率37%の重油火力発電所の燃料費は1980年時点において0.54 Rs/kWhである。将来、仮りに重油価格が年率8%の緩やかな上昇を示したと仮定しても1987/88年時点には0.93 Rs/kWhに達し、Lakhra炭のkWh当りの燃料費の約2倍となる。

以上の諸点、並びに、炭鉱開発に伴なう雇用機会の増大、収入の地域還元などを考慮すれば、このプロジェクトは極めてファイジブルなものであり、早急実現することが望ましい。

2-1-2 地質調査

(1) 要 約

昭和54年5月19日より同年12月5日まで、Hyderabad北方約40 kmにあるPMD C鉱区(約5.2 km²)のうち西側区域(約2.6 km²)を対象として地質・試すい・測量の各現地調査が実施され、ついで国内では炭層対比、地質層序の決定、地質構造の検討、試料分析、各種図面の作成、炭量計算などが行なわれ、採鉱調査のための基礎資料が準備された。その結果、気乾ベースの発熱量3,500 kcal/kg以上で埋蔵炭量約7,97.8万t、実収炭量約5,36.6万tの褐炭が賦存することが判明した。

(2) 調査の概要

昭和54年5月19日より12月5日にあたり、団長以下13名よりなる調査団が現地へ派遣され、地質・試すい・測量の各調査を実施した。

現地到着後各種の準備作業を行ない、6月27日より3台の試すい機による掘さくを開始し、掘さく総数50本、延掘さく長5,203.06mの試すいを11月22日に完了した。1孔当り平均掘さく深度は104.06m、最小深度71.5m、最大深度143.25mであった。

掘さくにあたり、石灰岩層についてはトリコンビットによるノンコアリング、きょう炭層はNQビットによるワイヤライン工法を用いコア採取を行なった。コアは現地でロッキングして地層柱状図を作成し、これに基づき断面図、炭柱図を画き、炭層対比・地質構造などの現地検討を行なった。一方石炭、岩石の試料を採取して、工業分析、一軸圧縮試験などの室内実験用とした。

測量では、試すい個所の座標・標高のチェックを行うと共に、一部地形図の不備な個所の補測を実施した。

調査団は帰国後、国内において次の様な作業を行なった。

地質では、地層柱状図、炭層柱状図、断面図を整理・作成し、炭層対比・地質層序の決定・地質構造の検討などを行った。

炭層試料については、工業分析・元素分析・発熱量・比重・硫黄分・灰の熔融点・灰の組成・ハードグロブ指数を測定すると共に浮沈試験ならびに自然発火性試験を行なった。岩石試料については比重・超音波伝ば速度・一軸圧縮試験・引張試験・吸水率・有効間げき率・安定性損失量・ポアソン比を測定した。

これらの資料を電算機によりデータ処理し、炭層等深線図・等品位線図など各種の等値線図を作成し、炭量計算の対象範囲を決定した上で、埋蔵炭量および実収炭量を算出した。

測量については、補測した資料を使用して地形図を修正作成した。

(3) 調査結果

1) 一般地質

上述の調査結果に基づき地質層序を決定した。調査区域は上部よりLaki層群、Ranikot層群の2層群からなり、Laki層群はLaki石灰岩層とLaki基底ラテライト層に、Ranikot層群は上部Ranikot層と下部Ranikot層に再分される。含化石層および炭層を基準として上部Ranikot層は上部含化石層に、下部Ranikot層は上部含炭層・下部含化石層・下部含炭層に区分した。上部および下部含化石層は砂岩主・シルト岩従の互層で粘土岩・けつ岩をはさむ。貝化石を多産し、シルト岩には砂岩やりょう鉄鉱の団塊を含むのが特徴である。上部含炭層は5層の炭層群をきょう在し、砂岩・シルト岩・粘土岩の互層で、特に炭層上下ばんにはシルト岩・粘土岩・けつ岩が多く、調査区域で最も重要なか行炭層を含む地層である。下部含炭層は3層の炭層群をきょう在する砂岩・シルト岩・粘土岩の互層であるが、炭層は薄く、経済的には重要でない。なお、調査区域西縁近くと北縁には無炭区域が存在する。Ranikot層群の上部には、赤色に変色した岩層がほぼ全域に賦存していて特異な外観を呈している。

岩石試験の結果では、各試験値はかなりのばらつきがみられるが、一軸圧縮強度を例にとると、石灰岩は $12.25 \sim 95.73 \text{ kg/cm}^2$ 、砂岩は $5.2 \sim 323.0 \text{ kg/cm}^2$ 、シルト岩・粘土岩は $9.2 \sim 312.6 \text{ kg/cm}^2$ となっている。ある種の砂岩、特に従来シリカ岩と呼ばれていたものは、極めて軟弱かつルーズで、試すいにおいてもほとんどコアとして採取できず、坑内採掘を行なう場合には保安上、採掘上共に大きな問題となる。

2) 地質構造

調査区域は、大局的にはLakhra炭田を支配するLakhra背斜の西翼を占める。しかし地層傾斜が緩く東翼は調査範囲外であったので、背斜軸の存在は明らかでない。地層・炭層は2度前後の傾斜で緩いうねりを示す。

調査区域南縁中央部に3本の断層がある。西側の断層はほぼ北西に走り、東落ちで、東側の断層は、南北から北西に転ずるものと途中から分岐して北東に走るものと2本あり、何れも西落ちである。3本の断層とも北に行くにつれ落差を減ずるちょうがい正断層である。これらの断層および前述の無炭区域により、調査区域は西部・中部・東部の3ブロックに分けられる。

3) 応用地質

a) 炭層

上部含炭層には、下部よりNo.1～No.5の5炭層群が含まれ、下部含炭

層には上部よりL 1～L 3の3炭層群が含まれる。各炭層群はさらに1～数枚の炭層よりなる。上部含炭層のNo 1層は0.2～7.0 mの厚さがあり、無炭区域を除く調査区域全域に賦存する。No 2層は0.1～8.0 mの厚さがあり、No 1層と同様の分布を示すが、東部へ移行するにつれNo 1層と合併する状態となる。No 3層は0.05～4.0 mの厚さがあり、No 1・No 2層とはほぼ同様に発達している。以上3層が主要な炭層である。

No 4層はこん跡～2.0 m、No 5層はこん跡～1.2 mの厚さを有するが、いずれも局部的にか行可能な厚さを示すにすぎず、東方に向い薄化し、時にせん滅する。

下部含炭層のL 1、L 2、L 3層は、炭層としてまとまっておらず、連続性も確認していないので炭量として計上していない。

b) 炭 質

調査区域の各炭層はかつ炭にランクし、まれに亜歴青炭のランクに入るものもある。地山状態での石炭は3.0%程度の水分を有するが(PMDCレポート)、空気中で水分を失って碎け易くなる。炭層は黄鉄鉱粒子や石こう脈をかなり含むが、砂、粘土がパイプ状、レンズ状あるいは分散状態で含まれていることが多い。また容易に自然発火する。

気乾ベースで、水分5.5～14.6%、発熱量3,500～5,860 kcal/kg、全硫黄3.3～18.1%である。無機硫黄と有機硫黄の比率は66%:34%で無機硫黄が多い。元素分析(無水・無灰ベース)では、炭素58.5%～72.4%、水素4.5～5.8%、酸素1.44～22.3%、窒素0.9～1.4%、硫黄2.4～16.7%である。灰の熔融温度は変形1,250～1,425℃、熔融1,300～1,450℃、溶流1,350～1,450℃である。ハードグロブ指数は5.9～8.8を示す。灰の組成の主なものとしては、SiO₂ 8.0～44.42%、Al₂O₃ 9.49～28.8%、Fe₂O₃ 17.30～70.76%、SO₃ 1.93～17.47%で、ばらつきが大きい。

以上を通観して、個々の分析値のばらつきは大きい、電力用炭としては十分通用する石炭である、といえる。

可選性試験では、比重1.8で選別すれば灰分約19.7%のものが約12.0%、硫黄分では約6.84%のものが約4.2%とそれぞれ品位が向上する、と予想される。

c) 炭 量

はく土比から見て露天掘に適する区域は露天掘炭量、坑内掘に適する区域は坑内掘炭量を試算した。か行だけは、露天掘では0.5 m以上、発

熱量が気乾ベースで3,500 kcal/kg以下のものは除外した。坑内掘では0.75 m以上を対象とし、同じく3,500 kcal/kg以下のものは除外した。比重は露天掘では1.5を、坑内掘では1.45を採用した。安全率および実収率の仮定では露天掘で90%および80%、坑内掘では70%および65%とした。

露天掘では被覆岩量：理論埋蔵量比が1：1.5まで、坑内掘ではか行だけ0.75 mまでを対象として、露天掘対象埋蔵量約6,550万t、実収炭量約4,716万t、坑内掘対象埋蔵量約1,428万t、実収炭量約650万t、合計埋蔵炭量約7,978万t、実収炭量約5,366万tである。

2-1-3 採鉱調査

(1) 要約

Lakhra炭田開発の結果、地質調査を実施した約2.6 km²の対象区域より1984年以降出炭が開始され、1987年には気乾ベースで964,000 tに達し、以後2015年までJamshoroに建設される出力300 MW 1基の石炭火力発電所に所要の石炭を供給することが可能である。

(2) 計画の概要

地質調査、現地調査および国内設計に基づいて作成した計画の概要は次のとおりである。

調査区域を3ブロックに分け、中部には坑内掘炭鉱、西部と東部には露天掘炭鉱の3炭鉱を計画した。出炭規模は平均30年で坑内掘炭鉱が年精炭出炭22万t、露天掘炭鉱は95万t、合計117万tで、その平均出炭品位は3,827 kcal/kg、硫黄分は5.9%である。露天掘のはく土比は平均1：1.1である。補助部門として坑外に事務所・工場等を計画した。また原炭品位の向上と硫黄分の減少のため、坑外に容量400 t/hの手選による選炭工場を計画した。発電所の位置が炭鉱から約6.5 km離れたJamshoro地点にあるため、石炭は一部鉄道を新設して鉄道輸送する計画とした。従業員はKhanotに居住する予定なので、この通勤にも鉄道が利用される。就業人員はフル出炭時には合計1,824人、30年平均1,689人となり、生産能率は2.3 t/人・方で計画した。開発のスケジュールはパキスタン政府当局の強い要請もあって、1983年から建設が開始され、1986年には初期出炭602,000 tが可能となる。全起業費は鉄道建設を含め概算25億2,200万Rsとなる。また営業費は発電所渡し炭価で平均381 Rs/tとなる。

(3) 採鉦計画

1) 採掘区域および出炭規模

地質調査が行われた約26haの対象区域を西部、東部および中部の3ブロックに区分し採掘計画を立案した。この3ブロックは断層またはしゅう曲によって分けられる。

中部ブロックはNo.1炭層とNo.3炭層の2枚が対象となる。このうち主力炭層であるNo.1炭層は賦存深度が8.5m～12.3mと深く、また可採炭層も2枚で少ない。このためはく土比は1:1.5以上となり、露天掘の対象から外し、坑内掘りで計画した。西部ブロックは可採対象炭層が5枚で、採掘深度も3.3m～8.5mと東部に比して浅く、はく土比も1:8.6と少いので、これを出炭の主力露天掘炭鉦として計画した。東部ブロックは対象炭層が3枚で、賦存深度は西部に比して4.5m～9.1mと深い。西部ブロックとの両ブロックの組合わせで、はく土比最大1:1.1を目標に露天掘炭鉦として計画した。

地質調査報告書では、中部ブロックの実収炭量は気乾ベースで約65.0万tと推定されており、これを発電所のライフ30年として年産出炭2.0万tの出炭規模として計画した。また、西部ブロックでも実収炭量は約15.0万tと推定されており、これをベースにライフ30年として年産出炭規模は5.0万tとして計画した。東部ブロックははく土比が1:1.8と高く、経済的な炭量とは言えないが、西部ブロックとの組合わせで、はく土比を1:1.1以下にするよう計画して、東部からの出炭規模は年産3.0万tとした。全山の出炭規模は気乾ベースで年産10.0万t、発電所渡しベースで約12.0万tとした。

2) 坑内採掘

開坑方式は傾斜1.2度、長さ46.2mの岩石斜坑によるものとし、入気および出炭、人員、材料用斜坑と排気用斜坑の2本の斜坑が掘さくされる。入気斜坑各口は中部ブロックのほぼ中央、X軸2152.590E、Y軸900685Nにあり、約5.0m離れて両側に排気斜坑口が設けられる。

斜坑は坑底でNo.1炭層に達し、坑底から2本の立入坑道を経て2本の中央沿層坑道を南北に掘さくし、これを主要坑道とした。主要坑道は有効断面11.2m²で、主要運搬・通気坑道として利用される。この坑道から2本の片ばん坑道を掘さくし採炭用長壁切羽が設けられる。

鉦区は自然発火対策として11ブロックに分けられ、各ブロックは採掘終了後、密閉される。また主要坑道の両翼およびブロック間には約10.0mの

保安炭柱が設けられる。

掘進方式は発破、サイドティッピングローダおよびコンベンショナルなローダが使用され、支保には主要坑道ではアーチわく、片ばん坑道では金ばり木脚の三つわくが使用される。掘進速度は最大 2.7 m/日 で計画した。

採炭方式には後退式長壁法が適用され、切羽長は 120 m とした。採炭法は給ばらし、発破、人力すくい込み方法とし、切羽支保には水圧鉄柱・カッペが使用される。切羽運搬機にはダブルチェーンコンベヤが使用される。また自然発火防止と実収率向上のために片ばん坑道を排気坑道として再使用する。従って片ばん坑道の切羽側にはフライアッシュによる充てんが行われる。採炭は2方採炭、1方準備として行いものとし、フル出炭時は2切羽からの出炭は 800 t/日 で計画され、人員は 129 人/切羽/日 である。採炭切羽能率は平均 $3.1\text{ t/人}\cdot\text{方}$ として計画された。

運搬は炭車方式とし、 1.0 t および 8 t のバッテリー機関車が石炭、ずり、材料の搬出入に使用される。斜坑口には 200 kW の巻上機が設置される。

排水ポンプは夏季の雨期対策用として坑底ポンプ $55\text{ kW}\times 180\text{ m}\times 1.4\text{ m}$ が設置される。その他散水用ポンプも設置される。

坑内における全圧気消費量 $90\text{ m}^3/\text{分}$ に供給するため、坑外に $240\text{ kW}\times 2$ 台および $75\text{ kW}\times 1$ 台の空気圧縮機が設置される。

通気は中央式通気方式が適用され、主要扇風機は吸出し式で排気斜坑々口に容量 $5,000\text{ m}^3\times 200\text{ mm WG}\times 300\text{ kW}$ が設置される。

坑内採掘のための開発スケジュールとして坑口準備3ヶ月、斜坑掘進8ヶ月、主要坑道8ヶ月、片ばんおよび切羽準備8ヶ月、合計約2年間の準備期間が必要である。最初の出炭は1986年になる。

3) 露天掘採掘

露天掘採掘方式は西部、東部の両ブロックに適用される。はく土方法は両ブロックとも電動ショベルとダンプトラック使用のベンチカット方式を採用するものとし、累層採掘、早期出炭、技術力などを考慮してこの方法が選択された。ピットの形状は多段ベンチカットであり、地ばんの強度などから、ベンチ高さは 14.0 m 、傾斜は 45 度、最大ベンチ巾は 60 m とした。ピット内運搬路は最大傾斜 8 度、道路幅 14 m で設計された。また炭層賦存深度が深いために最上炭層に達するには3～4段のベンチが必要である。

被覆岩のさく孔・発破には、東部および西部鉱とも電動ドリル（孔径 $9\frac{7}{8}$ 〃）を2台配置し、2方/日のさく孔を行う。土じょう処理、ベンチ整理用に両鉱とも各3台のブルドーザを配置した。発破用爆薬にはANFO

が使用される。さく孔間隔は $7\text{ m} \times 8\text{ m}$ 、さく孔速度は 2.35 m/時 、装薬量は $\text{ANFO} \times 0.44\text{ kg/地山m}^3$ で設計された。

被覆岩積込みにはバケット容量 1.5 m^3 の電動ショベルが各鉱とも2台ずつ配置され、またベンチ整理用として、ブルドーザがショベル1台につき1台配備される。電動ショベルの機械稼働率は75%として設計した。

被覆岩の運搬には 120 t トラックが各鉱に9台ずつ配置された。実車トラックの速度はピット内の速度 1.3 km/時 、昇り傾斜路 10 km/時 、ならされた平坦地の速度 30 km/時 として設計された。電動ショベルとトラックのコンビネーションは電算機によるシミュレーションを行なって設計した。

合ばん処理用のさく孔には油圧ロータリードリル(孔径 80 mm) が使用された。また積込み、運搬にはブルドーザ、ホイールローダ、スクレーパおよび 46 t トラックが設備された。当作業は果層採炭と前後して行なわれる。発破された合ばんはトラックで採掘跡に運搬され、排出されるが、この処理にはブルドーザとスクレーパが使用される。ブルドーザはハイウォール側から採掘跡ピットへの合ばんのかき落とし、および露出された炭層表面の清掃に使用され、スクレーパは合ばんの積込み運搬または炭層表面の清掃にも使用される。

採炭用の発破は原則として行わない。採炭作業は合ばん処理と前後して行なわれるが、炭層はブルドーザのリップで破碎される。また炭層が硬い場合には部分的な発破も行われる。石炭積込みには容量 6.0 m^3 の油圧エクスカベータが設備され、運搬には 46 t トラックが使用される。

ピットサービスおよび道路維持にはロードグレーダ、ブルドーザ、クラッシャー、水タンク、トラッククレーンなどの重機類が配備される。

雨期対策用の排水ポンプ $22\text{ kW} \times 30\text{ m} \times 2\text{ m}^3/\text{分} \times 2$ 台が各鉱に配備される。

地表が岩石砂漠のために、直接の公害問題はないと考えられるが、採掘跡のリクラメーションとして、必要最小限の採掘跡の地ならしのため、整地用として容量 5.6 m^3 のホイールローダ $\times 1$ 台、 2.4 m^3 のスクレーパ、ブルドーザ $\times 2$ 台、 46 t ダンプトラック $\times 1$ 台ずつ各鉱に配置した。

出炭計画は地質安全率80%、採掘実収率90%をベースとして、ピットの大きさは幅 4.0 m 、長さ $300 \sim 1000\text{ m}$ で設計した。30年間に両鉱で合計 $2,901$ 万 $3,500\text{ t}$ の精炭を出炭するために、3億 $3,011$ 万 $2,900$ 地山 m^3 のはく土が行なわれ、平均はく土比は $1:1.1$ となる。なおはく土比は西部鉱では $1:9.5$ 、東部鉱では $1:1.42$ となる。

開発スケジュールは1983年にははく土の準備およびはく土作業が開始

される。はく土量は両鉱合計で1983年には500万 m^3 、1984年には778万 m^3 、1985年および1986年には895万8,000 m^3 、1987年以降では約1,000万 m^3 に達する。計画出炭規模に達するのは1988年以降になる。

また定常出炭時のはく土量は西部鉱では約530万 m^3 、東部鉱では550～560万 m^3 に達する。

はく土開始は西部鉱では試すい孔JT16、JT7、JT9およびPS19を結ぶ線をほぼ初期はく土位置として、これより西方へ向ってベンチカットを進める。初期はく土開始地点はJT16付近とした。起業期間中、すなわち1983年～1985年までのはく土量は合計1,193万8,000 m^3 に達する。

東部鉱は東西方向が貧弱なため限定されて南北に細長いため、JT50付近より東西方向のベンチカットストライプで初期はく土を開始し、北方に向かって一定のハイウォール角およびベンチ幅で採掘を進める。起業期間中3年間のはく土量は979万9,900 m^3 に達する。

両鉱とも定常出炭規模に達するのは1988年である。

4) 坑外設備

坑外設備は、露天掘、坑内掘による鉱害の被害を受けない西部ブロックと中部ブロックの間の貧炭区域を選択して集約設置した。即ち中心部には坑事務所、圧縮機室、巻上機室、繰り込み場、安全灯室、主変電所、機械・電気修理工場ならびに資材倉庫等を設置する。このブロックの西側には本部事務所および重機修理工場等を設け、南側鉄道基地付近に選炭工場と非常用貯炭場を設けた。

炭鉱から発電所までの石炭輸送とコロニー予定地のkhanot間の人員輸送には鉄道が利用されるが、資機械の輸送には道路と鉄道が利用される。

工業用水および生活用水は、Indus河の表流水を浄化して使用する。

整地工事は建築用地として周辺用地を含め約210,000 m^2 、軌道および構内外道路4.3km×1.1m幅の470,000 m^2 、合計680,000 m^2 が計画されている。その他の土木工事としては、主変電所の基礎、貯油タンク、構内立入禁止さく、火薬庫築堤および汚水処理そう等の建設が含まれる。道路は構内ダンプトラック道路として6km×14m幅、その他道路は3.3km×7.5mとして設計された。

建築工事は、生産関係分は主変電所、自家発電所、圧縮機室、繰り込み場、安全灯室、主巻上機室、扇風機室等で建築総面積約2,700 m^2 、主要構造は

鉄筋コンクリートまたはレンガ構造とし平屋建である。事務所関係は本部事務所、露天掘事務所、坑事務所、分析室で建築延面積は $4,140\text{ m}^2$ である。主要構造は鉄筋コンクリートまたはレンガ構造とし、本部事務所のみ2階建で他は平屋である。修理工場には重機・車両工場、坑内関係の機械・電気修理工場等があり、建築延面積は約 $12,200\text{ m}^2$ とし鉄骨、鉄筋コンクリート等の構造ですべて平屋建とする。このほか火薬庫、火薬取扱所が建築される。

給排水設備としては水源からKhanot沈砂池($240\text{ m}^3 \times 2$)へ取水ポンプ($293\text{ m}^3/\text{min} \times 90\text{ m} \times 36\text{ kW} \times 2$ 台)で導水され、これよりKhanot浄水場を経由してKhanot居住区へ、また鉱業所浄水場を経由して鉱業所配水池へそれぞれ送水される。鉱業所配水池への送水ポンプは $0.75\text{ m}^3/\text{min} \times 180\text{ m} \times 37\text{ kW} \times 1$ 台、居住区配水池への送水ポンプは $2.18\text{ m}^3/\text{min} \times 30\text{ m} \times 10\text{ kW} \times 2$ 台である。使用パイプはそれぞれ 150 mm 、 250 mm である。各配水池からは更に配水ポンプを用いて給水される。排水設備としては簡易浄化そうを設置する。

電源設備としてWAPDAより 33 kV で受電した電力を各部内へ適当な電圧で配電するために、受電用主変電所を設置する。全負荷設備容量は約 $7,000\text{ kW}$ で、このうち 33 kV で配電される露天掘部内を除き、 3.3 kV で配電される負荷は $3,480\text{ kW}$ と想定されるので、設置さるべき変圧器容量は $4,000\text{ kVA}$ となる。また停電時に保安設備に給電するため 500 kVA 3.3 kV 3相ディーゼル発電機2台を設置した自家発電所を設ける。また、全山の通信設備として自家用電話が設備される。

その他の設備として、試すい機2台、車両、電算機、病院が計画されている。

5) 選炭工場

選炭原炭のうち 50 mm 以上の原炭は手選処理により灰分 7.5% のずり分が全原炭中から 4% 除去され、各採掘区域から産出される精炭品位は、発電所渡して水分 25.0% 、灰分 19.7% 、揮発分 27.8% 、全硫黄 5.9% 、発熱量 $3,840\text{ kcal/kg}$ で歩どまりは 96% となる。また気乾ベースでは水分 9.3% 、発熱量 $4,640\text{ kcal/kg}$ 、灰の融点は $1,300^\circ\text{C}$ 以上、ハードグロブ指数は約 70 で、電力用炭として十分な値を示している。灰の電気抵抗は 130°C において最高許容値 $1 \times 10^{13}\ \Omega\text{-cm}$ を若干上回った 3.5×10^{13} を示し集じん設計に考慮を要する。

選炭工場は年間操業 300 日、 $16\text{ h}/\text{日}$ および操業率 80% で処理能力を原炭 $400\text{ t}/\text{h}$ で設計した。選炭の主要プロセスは手選により 50 mm 以

上の廢石を除去する方法で、主要設備は次のとおりである。

原炭受入れおよび貯炭設備として100 t ダンプホッパと1,500 t 原炭ビンがあり、ここで300 mmの大塊が除去される。坑内からの原炭はチップラ經由ベルトコンベヤで原炭ビンに入り、これからコンベヤで網目サイズ50 mmの原炭スクリーンに送られ、50 mmアンダは3.84 t/hで精炭サイロへ、50 mmオーバは4.0 t/hのピッキングベルトへ送られる。廢石はベルトコンベヤで廢石ビンに入り 廢石捨場へトラック輸送される。石炭はシングルロールクラッシャで粉砕され精炭サイロへ給炭される。

精炭貯炭および払出設備は2,000 t×2基の精炭サイロ、20,000 tの非常用貯炭設備、貯炭回収設備、110 tの貨車積みホッパおよび貨車計量装置である。

建築物中原炭ホッパ、原炭ビンおよび精炭サイロは鉄筋コンクリート、廢石ビン、貨車積ホッパは鉄骨構造とし、手選室電気室等は鉄骨製の上屋とする。

電気設備の電動機全出力は約460 kWである。また電源は主変電所から3 KV 3相で受電する。

屋外貯炭の自然発火対策としては、貯炭期間は1週間以内、貯炭高さは3 m以内とし転圧法を採用する。転圧は1段毎にブルドーザまたは荷積みトラックで完全転圧を行ない、1段の高さは40～50 cmとし、この方法を繰り返して積み上げる。

6) 鉄道輸送

当鉱業所より発電所へ供給される石炭の量は年間120万 tであり、1日当りの輸送量は4,000 tになる。また発電所の位置が鉱業所から6.45 kmの距離にあるJamshoroであるため、鉄道による輸送計画が立案された。すなわち、石炭輸送には鉱業所の選炭工場からKhanotまで約27.5 km間にパキスタン国鉄と同一ゲージの鉄道を新設してKhanot～Jamshoro間を結ぶパキスタン国鉄の既設線と接続せしめ、さらに発電所附近に5 kmの引込み線を新設し、全線6.45 kmの鉄道輸送が計画された。なお新線の設備は線路の建設、機関車および貨車の購入を含め一切鉱業所側で行なうが、その運営はすべて国鉄側に移管するものとする。

石炭は選炭工場の精炭サイロから振動フィダにより3.5 t貨車に積み込まれる。列車は自重84 t、82.5 kW モータ2台とう載のディーゼルエレクトリック機関車によりけん引され、1列車24両編成とし1列車当りの輸送量は840 tとする。なお鉱山と発電所間の往復所要時間は約202分である。

輸送には2列車が使用され、全運行回数は1日5往復とする。

全人員のKhanot～鉞山間の輸送には1日4往復が計画され、その他資機の輸送は主として道路が使用され、鉄道輸送は深夜の空時間帯を利用する。

7) 開発スケジュール

詳細ボーリング、地ばん調査、地形測量および一部の道路補修などは本計画の開始以前に行なう必要がある。全計画の実行は1983年の4月から開始される。鉄道建設は1983年4月から開始され、1986年の6月に完成する。坑外施設中主要変電所および重機修理工場が1983年4月から建設されて1983年末までに完竣し、その他の設備も1985年末には完成の予定である。選炭機は1983年10月から設計が開始され、試運転も含めて1985年中には完成の予定である。坑内展開は露天掘の出炭計画とにらみ合わせて1983年10月から坑口準備を始め、1985年には1切羽の採炭切羽が完成し、さらに1986年には第2切羽が完成する。露天掘は1983年の初頭には始発点の準備が始められ、本格的な掘土は同年4月から開始される。フル出炭は1988年1月からとなる。

8) 人員計画

人員計画は日本を含めた世界の炭鉞における現状と、PMD C所属炭鉞の現状のほか、1976年PMD Cより提出されたLakhra炭鉞計画を参考に計画した。

坑内掘炭鉞は、フル操業時には職員47人、鉞員615人計662人で出炭がキープされる。このうち採炭夫は129人である。露天掘鉞は東西両炭鉞合わせてフル操業時には職員50人、鉞員360人、計410人が就業する。管理部門としてフル操業時には職員111人、鉞員518人、計629人で計画された。選炭工場には職員10人、鉞員113人、計123人が就業する。鉞業所合計では最大職員218人、鉞員1,606人、計1,824人で、30年平均では1,689人となる。

組織計画は日本における炭鉞の例とPMD C所属の炭鉞の組織をもとに策定した。パキスタンの炭鉞にはない部門として、保安監督室、訓練室、システム室が新設された。

生産能率は1人1方当り平均坑内1.3 t、露天掘7.8 t、全鉞能率では2.3 tとして計画した。

9) 起業工事費概算

1980年6月現在価格をベースにした炭鉞開発の概算工事費は、直接工事費15億5,500万Rs、間接工事費5億9,100万Rs、建設期間中利

子3億7,600万Rs、合計25億2,200万Rsである。直接工事費は炭
鉞開発計12億9,000万Rs、鉄道建設1億9,100万Rsおよびこれらの
計の5%に当る予備費として7,400万Rsである。間接工事費には輸入資
機材に対する40%の関税相当分の4億5,200万Rs、直接工事費の5%
のエンジニアリングフィー7,700万Rsおよび直接工事費の4%の管理費
6,200万Rsが計上された。総合計は外貨分12億4,500万Rs、内貨分
12億7,700万Rsに分類される。但しエスカレーションは考慮されてい
ない。

生産設備には整地、道路建設、生産用建築物、機械電気設備、炭鉞開発用
資機材、据え付け費および起業工事のための機械の維持費、電力代等が含ま
れる。補助施設には事務所およびそれに附随する施設が含まれる。サービス
施設の中には起業工事のための人件費が含まれる。鉄道建設費には軌道建設
費、機関車等の購入費および石炭の積降し設備が含まれる。

これを部門別に分類すると、全工事費中露天掘採掘のための工事費が全起
業(予備費を除く、関税を含む)の中で67%を占め最大となる。次いで鉄
道建設工事の12%である。

10) 営業費

営業費は30年平均で炭鉞35.9Rs/t、石炭輸送2.6Rs/t、起業期間
中の炭代分△4Rs/t、合計38.1Rs/tとなる。このうち償却費は設備費
の残存価格10%を考慮し、これを30年間で均等に償却したものである。
利子は内貨分12.5%、外貨分は8.75%で、内貨は据置期間なし5年返済、
外貨は5年据置5年返済で計算した。この方法および減耗費計算は、PMD
CのP.C-1 Formに基づいて計算したものである。

人件費はPMD Cレポート作製年度の給与等を参考にし、これにエスカレ
ーション率を乗じて単価を決定し算出した。

電力費は想定使用電力量とWAPDAの供給規定から年度別に料金を求め
た。平均配電単価は49Ps/kWhとなる。

機器更新費は使用設備の買替えおよび更新の費用で、例えばトラックは8
年毎に更新するものとし、起業費的性格を有するが営業費に計上した。

物品費はタイヤ、火薬、坑木、油脂、燃料油、ケーブル等の購入費である。

維持費は機械のパーツ、機電設備および建物の維持費である。機械の維持
費は設備投資の10%以内が計上されている。管理費は外注費、本部管理費、
旅費その他で、3Rs/tを計上した。

炭 鉱 開 発 計 画 概 算 工 事 費

(単 位 : 百 万 R s)

項 目	種 別	工 事 費		計
		外 貨	内 貨	
生 産 設 備		1,022	221	1,243
補 助 施 設		3	20	23
サ ー ビ ス ・ 福 利 施 設		—	24	24
炭 鉱 開 発 費 計		1,025	265	1,290
鉄 道 設 備		106	85	191
予 備 費		56	18	74
鉄 道 建 設 費 計		162	103	265
直 接 工 事 費 計		1,187	368	1,555
関 税		—	452	452
エ ン ジ ニ ヤ リ ン グ ・ フ ィ ー		58	19	77
管 理 費		—	62	62
間 接 工 事 費 計		58	533	591
合 計		1,245	901	2,146
建 設 中 利 子	{ 外 貨 部 分 内 貨 部 分	—	188 188	376
総 合 計		1,245	1,277	2,522

1980年6月価格ベース

輸送費・関税その他各種租税を含む
エスカレーションを含まず。

部門別概算工事費(含む関税・含まず予備費)

(単 位 : 百 万 R s)

部 門	外 貨	内 貨	計	%
坑 内 採 掘	85	49	134	7
露 天 採 掘	803	493	1,296	67
坑 外 施 設	71	80	151	8
選 炭 設 備	66	52	118	6
小 計	1,025	674	1,699	88
鉄 道 設 備	106	128	234	12
合 計	1,131	802	1,933	100

1980年6月価格ベース

エスカレーションを含まず

操 業 明 細 書

(単 位 : Rs / 精 炭 t)

コ ス ト	外 貨	内 貨	計
鉞 員 給 与	—	9	9
職 員 給 与	—	3	3
電 力 費	—	5	5
機 器 更 新 費	4 6	2 0	6 6
物 品 費	4 5	9 1	1 3 6
維 持 費	2 8	1 4	4 2
管 理 費 他	—	3	3
小 計	1 1 9	1 4 5	2 6 4
償 却 費	—	3 2	3 2
減 耗 費 子	—	2 7	2 7
利 子	—	3 6	3 6
炭 鉞 計	1 1 9	2 4 0	3 5 9
石 炭 輸 送 費	2	1 5	1 7
償 却 費	—	3	3
減 耗 費 子	—	2	2
利 子	—	4	4
鉄 道 計	2	2 4	2 6
控 除	—	△ 4	△ 4
総 計	1 2 1	2 6 0	3 8 1
坑 内 掘	8	2 1	2 9
露 天 掘	1 0 8	1 1 1	2 1 9
選 炭 機	1	6	7
坑 外 施 設	2	7	9
合 計	1 1 9	1 4 5	2 6 4

1 9 8 0 年 6 月 価 格 ベー ス

エ ス カ レー シ ョ ン を 含 ま ず

2-1-4 発電調査

(1) 要約

Lakhra 石炭火力発電所建設計画は、炭鉱開発のスタデーによるかつ炭の年間出炭量のうち 1,119 千 t を使用し、出力 300 MW 1 基を Jamshoro 地点に建設し、1987 年 3 月運開することは技術面からフィージブルであり、経済面など総合的に判断して、パイアブルである。

(2) 電力需要想定と電力開発計画

1) 電力需要想定

過去の電力需要実績を背景として、将来の長期予測を行なうにあたって、JICA 調査団は、2 通りの方法を採用した。すなわち、その一つは積み上げ法で、過去の需要実績と将来の人口増加、電化の予想等に基づいて想定を行うものである。もう一つはマクロ手法であって、電力需要の実績統計モデルと、国民総生産モデルとを使用して想定を行なうと共に、これにより前者の積み上げ法により得た結果を補完することを目的としている。以上の手法で得た年間消費電力量予測から年間最大需要電力の予測を行なうにあたって、次の 2 つの仮定を立てた。

a) 送配電総合損失率については次の値を適用した。

年月	1981年6月	1984年6月	1990年6月
損失率	3.1%	2.7%	2.5%

b) 年間負荷率については次式により予想した。

$$Alf = 62.96 - 0.558x$$

Alf: 年間負荷率

x: 1980 年 6 月末を零とした年数

従って、以上の消費電力量、送配電損失率、年間負荷率をもとに 1980 年～1990 年を対象とした最大需要電力の想定値および WAPDA によって行われた予想値は次の通りである。

Calender year	By Analytical Method (A) (MW)	By WAPDA (B) (MW)	(B)/(A)
1980	2,443	2,421	0.991
1985	3,808	3,841	1.009
1990	5,842	5,775	0.989
Growth Rate (%/year)			
1980～85	9.3	9.7	
1985～90	8.9	8.5	

上記に示す通り、両者の最大需要量がほとんど同一であるので WAPDA に

よる想定値を採用する。

1984年7月にKES C系統がWAPDA系統に統合される計画である。KES C系統の送電端最大電力は789 MW～1,353 MW(1984年～1990年)、年平均伸び率9.4%と想定されており、KES C系統統合後のWAPDA全系統の送電端最大電力は4,183 MW～6,920 MW(1984年～1990年)、年平均伸び率は8.8%となる。

2) 電力開発計画

WAPDA系統の既設発電設備容量は1980年7月現在2,685 MWで、そのうち水力発電設備は1,567 MWで約60%を占め、火力発電設備は1,118 MWで約40%を占めている。しかしながら全有効設備容量は、発電設備の老朽化などにより約5%減少し2,553 MW程度である。

WAPDAの電力系統は地理的に4つのPower marketから成っており、供給力の約60%を占める水力電源は北部のNorthern Power marketに片寄って存在し、残りの40%の火力電源は、他の3 Power marketに存在するという電源分布の地理的特徴がある。また水力供給力は河川流量の季節的変化だけでなく、水資源をかんがい優先的に使用するためかんがい用水の運用に大きく影響を受け、季節的出力変化が激しい特徴がある。

4つのPower marketは現在132 kV送電線と一部220 kV送電線により連系されているが将来KES Cの系統を含めて220 kV送電線と500 kV送電線により連系されることになっている。これらの送電網の強化により北部と南部間の電力の相互融通がより効果的に行われるようになるであろう。

WAPDAの電源開発計画によれば1980年代には水力電源としてTarbela, ManglaならびにWarsak発電所の増容量計画が合計設備容量3,010 MW予定されている。また火力電源の開発としてLakhra石炭火力発電所300 MWの建設を含め合計設備容量2,475 MWが計画されている。

WAPDA電力系統の可能発電出力、最大需要ならびに最大ユニット容量から需給バランスを考察すると次のとおりである。

豊水期(9月)における予備力率は30%～60%、渇水期(5月)のそれは1987年～88年を除き7～9%であり、1985年までの渇水期においては供給力が最大需要を下まわる。

系統の発電設備容量は、最大需要に比較してかなり大きいのが、渇水期には深刻な電力不足が予想される。一方、系統内の最大ユニット容量が最大需要に対する割合は6%～8%であり、2大ユニットの停止を考慮した場合、最大需要の15%以上の予備力が必要であろう。

(3) 電力系統

1) Lakhra 石炭火力発電所の送電方法

新設 Lakhra 石炭火力発電所で発電した電力の送電電圧として 132 kV および 220 kV が考えられるが送電設備建設費の経済比較において有利である 132 kV で、隣接する 550 kV Jamshoro 変電所へ送電することが望ましい。

2) 系統解析

Lakhra 石炭火力発電所 300 MW が運開する 1987 年の渇水期のせん頭負荷時を検討時点として WAPDA 系統の潮流、安定度について検討を行った。

a) 電力潮流

500 kV 送電線の潮流はパキスタン中心地域にある Multan, Guddu の火力発電所から南部や北部に向かって流れるが、潮流は比較的に軽いため、各 500 kV 変電所の 500 kV 母線電圧が上昇する傾向になる。Jamshoro 500 kW 変電所の 220/132 kV 変圧器および 500 kV Jamshoro Grid Station を連系する 132 kV 送電線の容量は Hyderabad 地区の全需要を供給できるようにすべきであろう。

b) 安定度

過渡安定度計算結果より 500 kV 送電線 Dadu - Jamshoro 間の Jamshoro 至近端において 3 相地絡事故が発生した場合には、電力系統は不安定となり、機能しえなくなるであろう。

しかし、500 kV 送電線を 2 回線とした場合、500 kV 送電線の 1 回線に事故が発生しても系統は安定である。

(4) 石炭火力発電所の立地地点

石炭火力発電所の立地地点の選定のため、立地条件をもとに、Jamshoro, Khanot ならびに Lakhra 候補地点につき検討を行った。検討の結果、Jamshoro 地点が物理的条件、復水器冷却水取水の可能性、燃料および資機材の輸送、送電線の必要性、概算工事費等の総合比較の結果最も有望と判断された。

Jamshoro, Khanot, Lakhra の 3 地点の概況は次の通りである。

1) Jamshoro 地点

Jamshoro 地点の最大の利点は復水器冷却用水を Indus 河から年間を通じて取水可能であること、更に 500 kV Jamshoro 変電所に隣近して石炭火力発電所を建設すれば送電線の建設が必要でないことである。その他、補助燃料の 1 つとして使用する天然ガスのパイプラインがこの地点から 3.5 km のところにあり、容易に延長できること、建設および保守に必要な資機材の輸送には鉄道、道路を利用して容易に搬入できることである。また、教育施設、病院、官

公庁機関等、日常生活を維持する生活環境もほぼ整っている。概算工事費の比較においても他の地点より低廉である。

この地点の不利条件としては、Lakhra 炭鉱から約 3.0 km 離れているため石炭輸送距離が最も長く、輸送費が一番かさむこと。また、高硫黄分のかつ炭燃焼により硫黄酸化物による大気汚染が地域住民におよぼす影響が懸念されるので特別の配慮が必要となろう。

2) Khanot 地点

Khanot 地点の欠点は、復水器冷却用水取水地点の選定が Indus 河流心の変化のため困難であり、年間を通して大量の冷却水の確保が不可能である。従って復水器冷却方式はクーリングタワーを採用しなければならず、それは建設費の増大と、プラントの熱効率を低下させる。更に、既設 Lakhra 132 kV 変電所の送電線容量不足のため、石炭火力発電所から 500 kV Jamshoro 変電所まで延長約 3.5 km、220 kV、2 回線の新設送電線が必要である。概算工事費の比較においても Jamshoro 地点より割高になる。その他、この地点は Lakhra 炭鉱から約 1.8 km 離れているので石炭の輸送は新設される道路を利用してトラック輸送されるので運搬費がかさむ。また、この地点は生活環境がほとんど整備されていないので早期にコロニーを建設して生活環境を整える必要がある。

この地点の好条件としては、アクセス、資機材の輸送については、Karachi 市から鉄道および道路を利用できること、また、付近にはほとんど住民がいないので大気汚染に対する配慮は必要はないであろう。

3) Lakhra 地点

Lakhra 地点の不利条件として、復水器冷却水の確保に関しては Khanot 地点と同様であるが、さらに Lakhra まで約 1.5 km、高さ約 1.40 m の揚水が必要となる。送電線の新設についても Khanot 同様 500 kV Jamshoro 変電所まで延長約 4.8 km、220 kV、2 回線が必要である。また、概算工事費についても一番高いものとなる。その他、アクセス、資機材の輸送については、Khanot までは Khanot 地点と同様であるが、更に Lakhra まで新設される道路を利用しなければならない。

生活環境についても Khanot 地点同様整っていないので、早期にコロニーを建設し、整備する必要がある。

この地点の最大の長所は Lakhra 炭鉱が隣接していることから石炭輸送については、直接トラックで運搬できるので輸送費が一番低廉である。また、この地点は不毛の台地で殆んど住民がいないので、大気汚染について特に配慮する必要はないであろう。

(5) 発電所規模およびユニット規模

Lakhra 石炭火力発電所の規模は、石炭の年間出炭規模により決定される。炭鉱開発のスタデーによる石炭の年間出炭量は百万トベース（気乾ベース）で30年間継続すると予定されている。石炭火力発電所の年間稼働率および熱効率の条件を考慮し、上記の年間出炭量で300MWの発電が可能であるので発電所規模は300MWとする。

ユニット規模については、150MW 2基案および300MW 1基案が考えられるが下記理由により300MW 1基案を採用する。

- 1) 300MW 1基案と150MW 2基案とについてCapital Costを比較すると約10% 300MW 1基案が安価である。又、Operating Costの比較においても熱効率の向上により石炭消費量が減少、その他の費用についても300MW 1基案が有利である。300MW 1基案はいわゆるスケールメリットが期待でき、経済的に有利である。
- 2) Lakhra 石炭火力発電所が営業運転開始前にWAPDAの電力系統にTarbelaの406MW 5基、Midcounty 400MWのプラントが運転されていることを考慮すると、300MWのユニットは系統に対し、大きすぎることはない。

(6) 石炭火力発電所の設備概要

- 1) 位置 Jamshoro, District Dadu, Hyderabad Division,
Sind Province

2) 敷地面積

発電所敷地面積 397,000 m^2 (増設敷地を含み灰捨て場を除く)

コロニー敷地面積 378,000 m^2 (増設敷地を含む)

計 775,000 m^2

- 3) 建築面積 19,540 m^2

- 4) 設備容量 300 MW \times 1 unit

5) 設備概要

a) ボイラ

型式 単胴、自然循環、屋外型（バーナ、コールドパンカは屋根付）

蒸発量 980 t/h (最大連続定格)

蒸気条件 17.3 kg/cm² \times 541 °C (過熱器出口にて)

3.6 kg/cm² \times 541 °C (再熱器出口にて)

燃料 石炭

b) タービン	
型式	タンデムコンパウンド2車室2分流排気再生復水式
定格出力	300,000 kW
蒸気条件	16.9kg/cm ² × 538℃ (主さい止弁前)
回転数	3,000 rpm
抽気段数	7
抽気圧力	700mm Hg
c) 発電機	
型式	横軸、回転界磁、全閉水素冷却、防爆型
定格容量	33,000 kVA (水素圧力3.2kg/cm ² にて)
力率	0.85 (遅れ)
電圧	1.8 kV
電流	11,323 A
d) 主変圧器	
型式	3相送油風冷式屋外型
定格容量	33,000 kVA
一次電圧	1.8 kV
二次電圧	132 kV ± 10%

(7) 石炭火力発電所の工事工程

実施設計に必要な調査業務、実施設計、入札書類作成、入札、契約締結等の工事着手前の諸スケジュールを約24ヶ月と推定した。その後コントラクターにより実施される機器の設計製作、輸送、土木建築工事、機器の据え付け、試運転等を含む施工工程は、Lakhta 炭鉱の年間出炭計画を考慮しながら想定した。その結果、石炭火力発電所の施工工程は約47ヶ月とした。

以上の所要期間を考慮すると、石炭火力発電所の営業運転開始時期は1987年3月である。

(8) 概算工事費

1980年6月現在の価格をベースに石炭火力発電所開発計画の工事費を算出した。また予備費を土木、建築工事、機器代および据え付け費の5%、管理費を直接工事費の4%、エンジニアリングフィーを直接工事費の5%、建設中利子を外貨分年8.75%、内貨分年12.5%とすると工事費は62億2,500万Rsと見積られる。その内訳は外貨分26億7,300万Rs、内貨分35億5,200万Rsである。但し、インフレーションによる価格騰貴は考慮していない。

石炭火力発電所開発計画概算工事費

(単位：百万Rs)

項目	種別	工 事 費		
		外 貨	内 貨	合 計
機 器 代		1,727	—	1,727
土 木 工 事		295	300	595
建 築 工 事		144	266	410
F G D プ ラ ン ト		109	84	193
据 え 付 け 費		130	415	545
小 計		2,405	1,065	3,470
予 備 費		121	53	174
直 接 工 事 費		2,526	1,118	3,644
関 税		—	905	905
エ ン ジ ニ ア リ ン グ フ ィ ー		147	35	182
管 理 費		—	146	146
間 接 工 事 費		147	1,086	1,233
小 計		2,673	2,204	4,877
建 設 中 利 子	{ 外貨部分 内貨部分	—	620 728	1,348
合 計		2,673	3,552	6,225

(9) 環境問題に対する配慮

1) 大気汚染対策

石炭火力発電所で使用するかつ炭を燃焼して大気汚染に影響を与えるものは主として、ばいじんと硫黄酸化物である。

a) ばいじん対策

かつ炭の灰分は約24%と比較的高く、かつ炭を燃焼して生成する灰の約80%が粒径の小さいフライアッシュとして大気中に飛散し、大気汚染に影響を与える。その防止対策として高効率の電気集じん器を設置しフライアッシュを捕集する。なお、灰の見かけ電気抵抗率が高いので、EP容量の増加(20%)、低電圧においても効果的なコロナ放電電流を得る放電極の選定、追打力の強化により集じん率を維持する。

b) ばい煙対策

パキスタン回教共和国においては、人の健康を保護し、生活環境を保全す

る上で維持されることが望ましい環境基準が設定されていない。しかしながら、排ガス中の硫黄分が約7%と比較的高い数値であり、排ガス中の硫黄酸化物の濃度が高くなると予想される。その対策として経済面を考慮し、排ガスの半量を脱硫装置（石灰石こう法）にて処理し、アメリカの環境規準（U S Federal) 0.14 PPM以下の硫黄酸化物濃度を維持することとした。

2) 排水対策

石炭火力発電所から排出される性状により、油分離、沈澱、ろ過、ならびに中和処理を行うので環境への影響はない。

a) 生活排水

トイレットから排水は浄化槽へ導き、浄化し、また湯わかし場からの排水をろ過沈澱処理後放流する。

b) 装置からの排水

水処理装置および化学分析室からの排水は、廃液中和槽へ導き中和処理を行い放流する。電気集じん器、空気予熱器、煙突の洗浄水ならびにボイラ化学洗浄の排水は不定期であるので仮設ポンドで中和処理を行った後灰捨場へ放水する。貯炭場回りの排水は沈でろ過処理後放流する。

c) 油脂分を含む排水

ブルドーザ車庫ならびに各機器からのドレン等油脂分を含む排水は油分離後放流する。

2-1-5 実 施 工 程

資金手当に必要な交渉も含め、実施設計に必要な調査業務、実施設計、入札書類作成、入札、契約締結等のための所要期間は、パキスタン当局の強い要請により、24ヶ月と設定された。その後、コソトラクターにより実施される機材、機器等の設計製作、輸送、土木建築工事、機器据え付け、試運転を含む施工工程は、火力発電所の場合で47ヶ月、鉄道施設の場合で39ヶ月である。火力発電所の営業運転開始は1987年3月と予定され、鉄道施設の完成は1986年6月末の予定である。炭鉱施設も1985年に完成する。

Lakhra プロジェクト実施工程

項 目	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
・炭鉱施設： 出 炭	┌──┐	┌──┐	┌──┐	┌──┐	┌──┐	┌──┐	┌──┐
・鉄道施設：	┌──┐	┌──┐	┌──┐	┌──┐	┌──┐	┌──┐	┌──┐
・火力発電所： 試運転、運用	┌──┐	┌──┐	┌──┐	┌──┐	┌──┐	┌──┐	┌──┐

2-1-6 概算工事費

予備費を、土木工事、建築工事、機械代および据え付け費の5%、管理費とエンジニアリング・フィーを、それぞれ直接工事費の4%および5%として、1980年6月現在の価格ベースで算定すると、裸工事費は、炭鉱および鉄道施設が21億4,600万Rs、火力発電所が48億7,700万Rs、合計70億2,300万Rs（うち、外貨部分39億1,800万Rs、内貨部分31億500万Rsと見積られる。しかしながら、実際の資金手当は今後の物価上昇を考慮したもので行なわなければならない。

将来の建設物価について、世界銀行が行なった長期予測を参考とし、また、1970年より現在までの日本、米国、西独、フランス等の物価上昇実績、将来の景気沈静傾向等を考慮すると、外貨部分については年率7%程度、内貨部分については年率9%程度の物価上昇率を想定するのが適当と考えられる。

上記の物価上昇率を基に、投入年次価格による裸工事費を試算すると、炭鉱および鉄道施設は28億7,000万Rs、火力発電所は70億8,800万Rs、合計99億5,800万Rs（うち、外貨部分53億3,300万Rs、内貨部分46億2,500万Rs）に増大する。この工事費を、外貨部分については金利8.75%、内貨部分については金利12.5%の条件で調達すると、総工事費は、プロジェクト全体で120億800万Rs（うち、外貨部分53億3,300万Rs、内貨部分66億7,500万Rs）となる。

Lakhra プロジェクト概算工事費

(単位：百万Rs)

項 目	火 力 発 電 所	炭 鉱 ・ 鉄 道 施 設	合 計
1980年6月価格			
外貨部分	2,673	1,245	3,918
内貨部分	2,204	901	3,105
合計	4,877	2,146	7,023

項 目	火 力 発 電 所	炭 鉱・鉄 道 施 設	合 計
<u>投入年次価格</u>			
外貨部分	3,722	1,611	5,333
内貨部分	3,366	1,259	4,625
合計	7,088	2,870	9,958
<u>総工事費(含、建設利息)</u>			
外貨部分	3,722 (4,216)	1,611 (1,848)	5,333 (6,064)
内貨部分	4,926 (4,432)	1,749 (1,512)	6,675 (5,944)
合計	8,648	3,360	12,008

()外貨部分の建中利子を外貨に算入した場合。

2-1-7 経 済 評 価

パキスタンの国内エネルギー資源は水力と天然ガスがその大部分を占めており、現在、火力発電所は専ら天然ガスを燃料としているが、国の方針として、天然ガスは、その賦存をできるだけ長期にわたって確保するとともに、その使用については、単に一次エネルギーとして燃焼させるよりは、付加価値の高いガス化学工業（肥料工業等）用の原料として利用することに重点を移行させるものとしている。一方、現在の開発計画が進展すると、1987年頃には、WAPDAの火力発電所群による天然ガス消費量は、平均設備利用率を40%とすると、約26億 m^3 に達する。これは現在の天然ガス年間生産量の半分以上に相当する。従って、近い将来に、国内天然ガスの生産量が発電用の燃料需要量を完全には満し得なくなる時代が到来するものと考えられる。この場合、発電所の使用燃料価格は、代替燃料の価格、即ち重油価格となる。従って、Lakhra石炭火力発電所は、その代替発電所として、重油火力発電所との比較において、経済性を評価されなければならない。

経済評価の方法としては、物価上昇を見込んだLakhraプロジェクトの総費用（発電所、炭鉱および鉄道施設の全体の建設費および耐用年数全期間にわたる運転維持費）と代替重油火力発電所の総費用を、それぞれ、資金投入初年度（1981年）の初頭に現在価値換算し、両者を対比することによって“便益・費用比率”（B/C）を求め、これによって経済性を判定することとする。

今、発電所の設備利用率を50ないし70%とすると、分析の結果、次の結論が得られる。

- a) 重油火力発電所は、将来の重油価格上昇率が、割引率10%の場合には4.5～5.5%以下の線に、また割引率が13%の場合には、4.9～6.1%以下の線に抑えられない限り、Lakhra石炭火力発電計画に対抗することはできない。このよ