

パキスタン回教共和国  
鉦工業プロジェクト選定確認  
調査報告書

昭和62年3月

国際協力事業団

鉦計画

J/R

87-59



パキスタン回教共和国  
鉦工業プロジェクト選定確認  
調査報告書

JICA LIBRARY



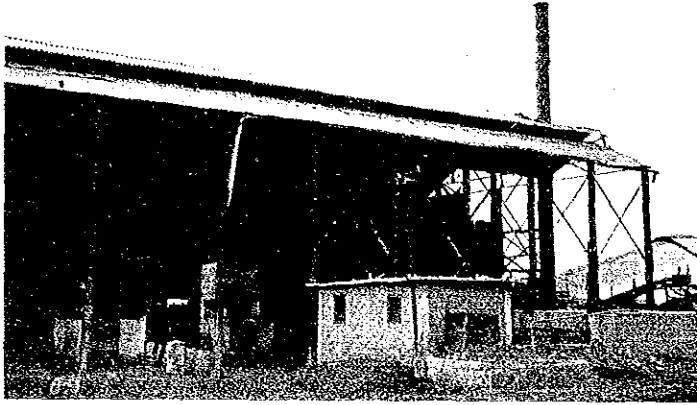
1061080[6]

昭和 62 年 3 月

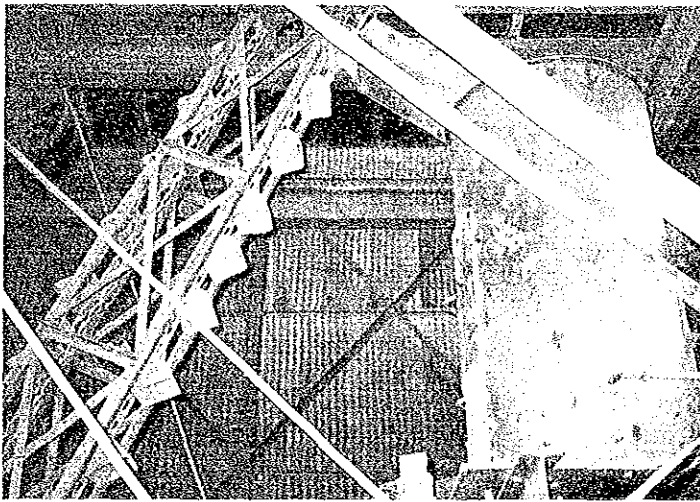
国際協力事業団

国際協力事業団

受入 月日	'87. 5. 25	117
登録 No.	16470	66
		MPP



豆炭プラント全景

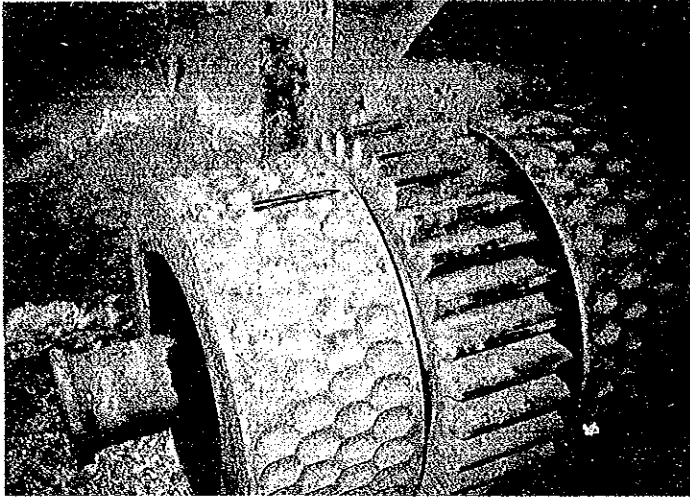


ロールプレス前のホッパー

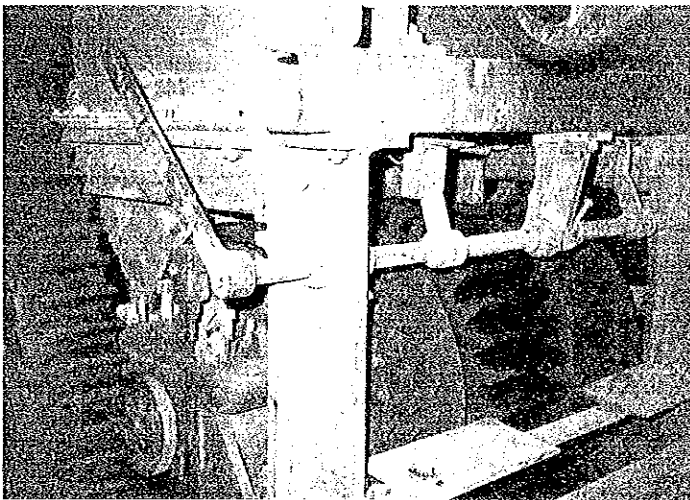


ホッパー

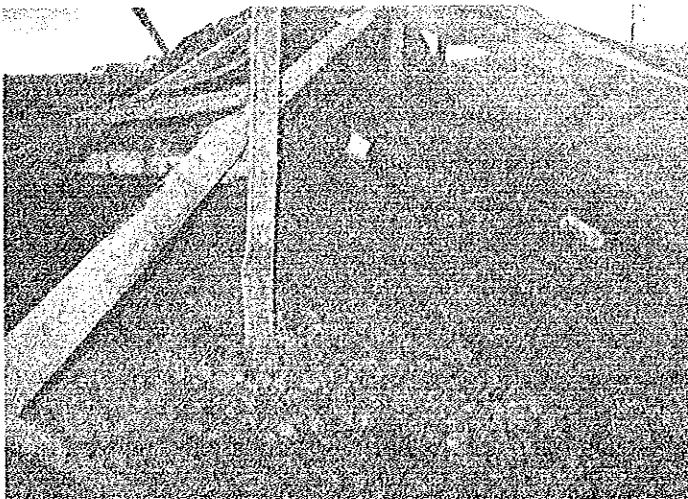




ロール プレス



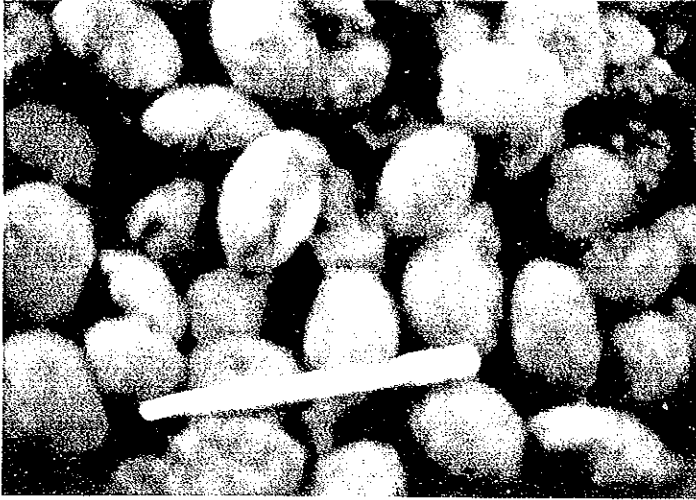
ロール プレス



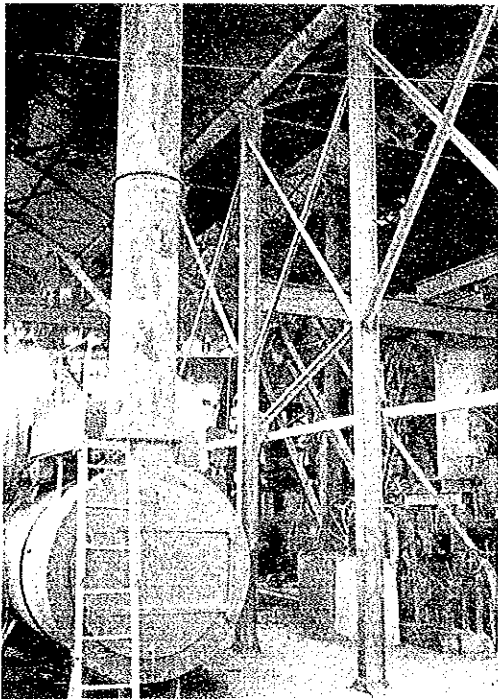
製品ストック



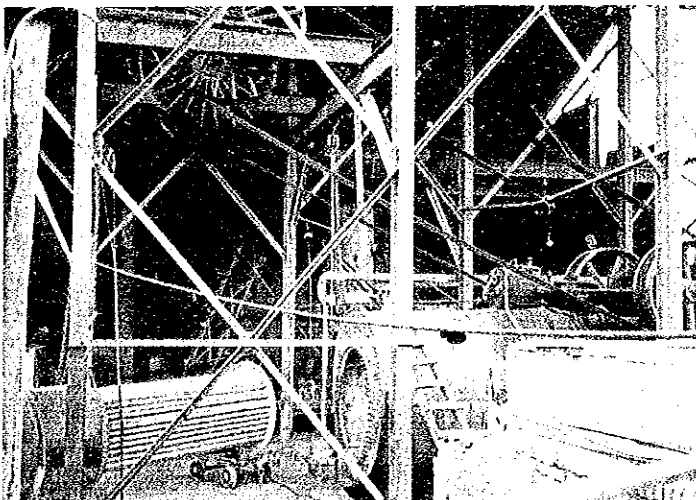




製品豆炭



スモーク ボイラー



スモーク ボイラー



# 目 次

I	調査団の概要	1
II	総合所見	3
III	パキスタン国の経済概況	5
IV	パキスタン国の鉱工業事情	7
1	鉱工業開発概況	7
2	シリカ・サンド	7
3	クローマイト	10
4	岩塩	12
5	チャイナ・クレイ	14
V	パキスタン国のエネルギー事情と成型炭プロジェクト	17
1	エネルギー概況	17
2	石炭事情	19
3	ラクラ炭田の現状と今後の生産利用計画	21
4	成型炭プロジェクト	25
4-1	要請背景とその狙い	25
4-2	成型炭のこれまでの生産実績、現在設備、市場	25
4-3	無煙成型炭に関するこれまでの検討	29
4-3-1	M/S Sanderson Porter Inc. U.S.A.	29
4-3-2	United Engineers & Constructions Inc. U.S.A.	31
4-3-3	Fuel Research Centre, Pakistan Council for Scientific & Industrial Research (PCSIR)	36
4-3-4	私企業	36
4-3-5	United Nations High Commission for Refugees	36
4-3-6	U.S.A.I.D.	37
4-4	「パ」国政府の現時点での計画概要	37
4-5	我が国に対する調査要請内容	40
4-6	本プロジェクトの見通し、問題点	40
VI	参考文献	45
VII	別添資料（成型炭プロジェクト要請書）	47



# I. 調査団の概要

## 1. 調査団名

パキスタン鉱工業プロジェクト選定確認調査団

## 2. 調査目的

鉱工業関係開発計画調査を効率的に実施するため、既に要請がありながら内容の不明確なプロジェクト及び今後我が国に正式要請の可能性のあるプロジェクトにつき、それらの背景及び経済開発における位置づけ等を調査し、優良かつ調査実施の可能性が高いプロジェクトの選定・確認を行うことを目的とする。

## 3. 調査団の構成

団 長	山田 正仁	国際協力事業団鉱工業計画調査部鉱工業計画課長
団 員	阪本 泰男	通産省通商政策局経済協力部経済協力課課長補佐
〃	鈴木 尉元	通産省地質調査所主任研究官
〃	植松 卓史	国際協力事業団国際協力総合研修所国際協力専門員
〃	浜崎 文彦	国際協力事業団鉱工業計画調査部鉱工業計画課

## 4. 調査期間

自 昭和61年11月27日  
至 昭和61年12月 6日

## 5. 調査日程

日順	月 日	曜日	行 程	調 査 内 容
1	11. 27	木	東京 → カラチ	移 動
2	28	金	→ イスラマバード	〃
3	29	土		JICA事務所、大使館と打合せ
4	30	日		大使館表敬、計画・開発省、経済省、天然資源省、P M D C※訪問
5	12. 1	月		水力・電力省、USAID訪問
6	2	火	イスラマバード → カラチ	生産省訪問後カラチに移動
7	3	水	カラチ → イスラマバード	ラクラ炭田現地調査
8	4	木		経済省、JICA事務所、大使館に報告
9	5	金	イスラマバード → カラチ	移 動
10	6	土	→ 東京	〃

※ P M D C … Pakistan Mineral Development Corporation

(パキスタン鉱業開発公社)

6. 主要面会先

(1) 日本大使館

小林 二郎	公使
狩俣 茂雄	一等書記官
近藤 賢二	”

(2) JICA事務所

和田 欽二郎	事務所長
立石 勝	事務所員

(3) 計画・開発省

Mr. Izhar-ul-Haq	Deputy Managing Director, Enerplan
Mr. I. A. Rizwoni	Energy Specialist (Coal)
Mr. Tajammul Hussain	Chief (Industries, Minerals & Commerce)

(4) 経済省

Mr. Mohommad Faheem	Deputy Secretary
---------------------	------------------

(5) 天然資源省

Mr. Abdul Hameed	Joint Secretary
Mr. Zaheer Ahmed	Deputy Secretary
Mr. M. A. Wahid	Section Officer

(6) パキスタン鉱業開発公社 (P M D C)

Mr. S. N. A. Gardezi	Chairman
Mr. Khawaja Asifullah	Director (Technical)
Mr. K. A. Siddiqi	Chief (Planning & Development)
Mr. Sattar Memon	Chief Geologist

(7) 水力・電力省

Mr. M. Akram Khan	Additional Secretary
-------------------	----------------------

(8) U S A I D / Pakistan

Mr. James Bever	Chief, Energy Planning & Conservation Div, Office of Energy & Environment
Mr. Asrarullah	Program Specialist, Office of Energy & Environment

(9) 生産省

Mr. A. Ghafoor Mirza	Joint Secretary
----------------------	-----------------

## II. 総合所見

1. パキスタン財政・経済省、計画・開発省は、エネルギー問題を最重要政策課題として位置づけている。これは、エネルギーが産業の発展と生活の向上にとって必要不可欠なものとなっているからである。しかし、反面、灯油の輸入を抑えて外貨の節約も行わねばならないという問題も生じている。その結果、大統領の特命により国内エネルギーの開発が推進されているが、中心となっているのは、国内炭の開発・利用、水力・火力発電所の建設であり、その事情は、戦後の日本のそれに似ている。エネルギー対策については、両省の他、石油・天然資源省、水力・電力省等を通じて意思統一が図られているが、この点は米国政府の援助機関である USAIDも評価しているところである。
2. 具体的な案件としては、パキスタン鉱業開発公社の無煙成型炭開発プロジェクトが、財政・経済省、計画・開発省、石油・天然資源省共通の政策課題となっている。この成型炭は、競合するものが灯油ということで明確であり、既に、ベンチスケールでの試作試験を実施しており、また、成型炭の流通経路や販売形態についても現実的なイメージがあるなど、プランとしての熟度は高いものと考えられる。更に、前述の USAIDによる国内エネルギー利用状況調査報告など分析に有用と考えられる資料も比較的多い。
3. 他のプロジェクトとしては、シリカ・サンド、クロマイト、チャイナ・クレイなどが鉱業案件として、また、超低水位水力発電（インダス川）が電力案件として話題に上ったが、今回の調査では、それぞれが重要な案件である点の説明はあったものの、熟度の高さを理解させるだけの具体的な説明が不足していた。
4. 以上、プランの重要性、熟度、政府内の意思統一などの点から、成型炭開発プロジェクトに対する技術協力は、我が国にとっても望ましいものと考えられるので、今後速やかに開発調査を実施する必要があると考える。





### III. パキスタン国の経済概況

パキスタンはオイルショックを契機とする国際環境の悪化、アフガン問題など種々の困難な問題をかかえながらも国際援助に支えられて比較的順調な経済運営を続けている。

前ブット政権時代1970-77年のGDP平均成長率は3.7%と低迷気味にあったが、77年にハック政権に代って以降は、1978-82年の5次5ヶ年計画時の実績平均成長率が7.5%と過去7年間の成長率を大幅に上回っている。

特に、世界経済全体が不況下にあった1980-83年にも平均6.7%の成長率を達成したことは高く評価できる。

一人当りのGNPも1986年は390ドルと推計されており、南アジア諸国の中で最も高い水準となっている。

パキスタンの主な産業は農業であり、経済全体に占める割合はGDPにおいて25%、就労人口において50%を占めている。

綿花、小麦、米などが主な生産物である。

農業部門はこの8年間に平均4%の成長率を記録し、実質上の食料自給体制を確立するのみならず輸出能力を待つまでに至っている。

工業生産はGDPにおいて18%、就労人口において14~15%を占めている。織物工業、食品加工業が中心であるが、最近では石油精製、鉄鋼業などが成長産業となっている。1972年には民間部門が総固定資本形成の約90%を占めていたが、72年の産業国有化により、77年には20%にまで低下した。しかし、現政権が公共部門重視から民間部門重視に政策転換を行ったため、83年には民間部門が総固定資本形成の53%を占めるようになった。具体的には、1970年代後半から政府が民間部門を活性化するような工業政策を推進し、特に工業投資に先導的役割を与えた結果、過去3年間の民間投資は年率22.1%増加した。

ディレギュレーション、手続の簡素化などの政策により工業部門はこの8年間で年平均9.5%の成長を示しており、ある程度良好な成果を収めている。

しかしながら、工業部門が初期の段階にあるため、高品質の製品の生産が十分でなく製品輸出を防げている。また、政府の保護政策の下、外国の機械・技術を急速に導入したため、道路、水・電力などの産業基盤インフラの整備が遅れているばかりでなく、産業界間の有機的リンクが欠如しており、基盤産業の育成が課題となっている。

貿易動向をみると輸出入比が1:2となっており恒常的な輸入超過国となっている。1985/86年の貿易動向は輸出は352億84百万ルピー（前年度比29.3%増）輸入は666億76百万ルピー（前年度比7.4%増）である。

国際収支は、貿易及びサービス収支は恒常的な赤字を続け、海外移民・出稼ぎ者の送

金という移転項目の黒字によって赤字の一部が補われるといった典型的な非産油発展途上国のパターンを示している。外貨準備高はかなり減少しており、84年6月末の16億1百万ドルから86年6月末には7億52百万ドルと半減した。

現在、第6次5ヶ年計画に基づいて開発政策を遂行しているが、最初の2年間は資金不足から、全体として9%の遅れを生じており、主に電力、かんがい設備、食料倉庫建設、教育、保健部門に投資不足をきたしている。

第6次5ヶ年計画における鉱工業部門の役割を以下で概説することとする。

第6次5ヶ年計画の計画対象期間は83年～87年であり、その間のGDPの年間成長率は6.5%と計画している。

6次5ヶ年計画における鉱工業部門の政策は、

- ①国民総生産に占める工業部門のシェアを増加させる。
- ②高付加価値産業の拡大を図る。
- ③工業部門間のリンケージを強める。例えば、農業分野をベースとする産業と鉱工業分野をベースとする産業のリンケージを強める。
- ④工業の特性に応じ、地域的拡大を図る。
- ⑤製品の品質管理や標準化などを進め、輸出指向型産業を育成するに要約できる。

これらの政策を進め、

- ①工業設備投資をGNPの3.2%から4.4%に増加させる。
- ②総投資に占める民間投資のシェアを40%から62%に増加させる。
- ③民間設備投資をGNP比1.3%から3%に増加させるといった指標を達成することを目的としている。

現在、6次5ヶ年計画を遂行しているところであり、計画がどの程度実行され、どの程度初期の効果・目的を達成したかを評価することは難しいが、基本的には6次5ヶ年計画の方向で経済開発が行われていると言えよう。

## IV. パキスタン国の鉱工業事情

### 1. 鉱工業開発概況

パキスタン国における代表的鉱産物としては、天然ガスと石灰石があげられるが、いずれも国内需要を満たすにとどまっている。わずかにクローム鉱が、輸出用鉱物として知られているに過ぎない。その他の鉱産資源としては、石灰石・石膏・ドロマイト・耐火粘土・岩塩・シリカサンドなど知られている。このうち石灰石は、国内のセメント需要の増加にともなって、年間 360トンの産出で際立っている。また、パキスタン製鉄所の完成にともなって、ドロマイト・耐火粘土・ボーキサイトの生産量も、漸次増加の傾向になっている。

近年、新たに鉄鉱床と銅鉱床が発見されその開発が急がれている。とくにバルチスタン州北部のセンダックの銅鉱脈は、含有率 0.3~ 0.5%、確認埋蔵量 7,000万トンと発表され、注目されている。

今回のパキスタン国関係者との協議においては、シリカサンド・クローマイト・岩塩・チャイナクレイが、今後の開発要望鉱種としてとりあげられた。以下に、それらの鉱床の概要と、用途などについて記す。

### 2. シリカ・サンド

砂や礫から分別されて形成される。用途は、研磨材・ガラス・化学・冶金・耐火材原料として用いられる。

パキスタン国では、現在輸入に依存している良質ガラスを、washing や gradingなどのプロセス改良によって、自国製造を期待している。また将来は、光通信用のガラス製造も考えたいと述べていた。

鉱床としては、以下のものが知られている。(第IV-1図)

#### デラ・イスマイル・カーン地区 (第IV-1図中の4)

ゴリ・タン・ナラ鉱床 多分ジュラ紀と思われる頁岩・砂岩層中に胚胎、厚さ5フィート、半マイルにわたる。

シェイク・ブディン鉱床 ジュラ紀のダッタ層中に胚胎している。シェイク・ブディン背斜部に露出

マラ・ケル鉱床 ジュラ紀のダッタ層 150- 400フィートの一部に胚胎される。

鉱床は厚さ20-30フィートで数マイルにわたる。

ハイデラバード地区 (第IV-1図の5)

ジャンシャヒ鉱床 始新世の地層中に胚胎される。3ヶ所に優良鉱床が発見されており、それぞれ良質のもの2万、5千、4万トン、並質のもの5万、2万、10万トンが確認されている。

タナ・シャー・ベグ鉱床 漸新世の地層中に胚胎され、埋蔵量30万トン。

ウント・パラシ鉱床 始新世の地層中に胚胎、15-30フィートの厚さで、かなりの拡がりがある。埋蔵量 300万トン

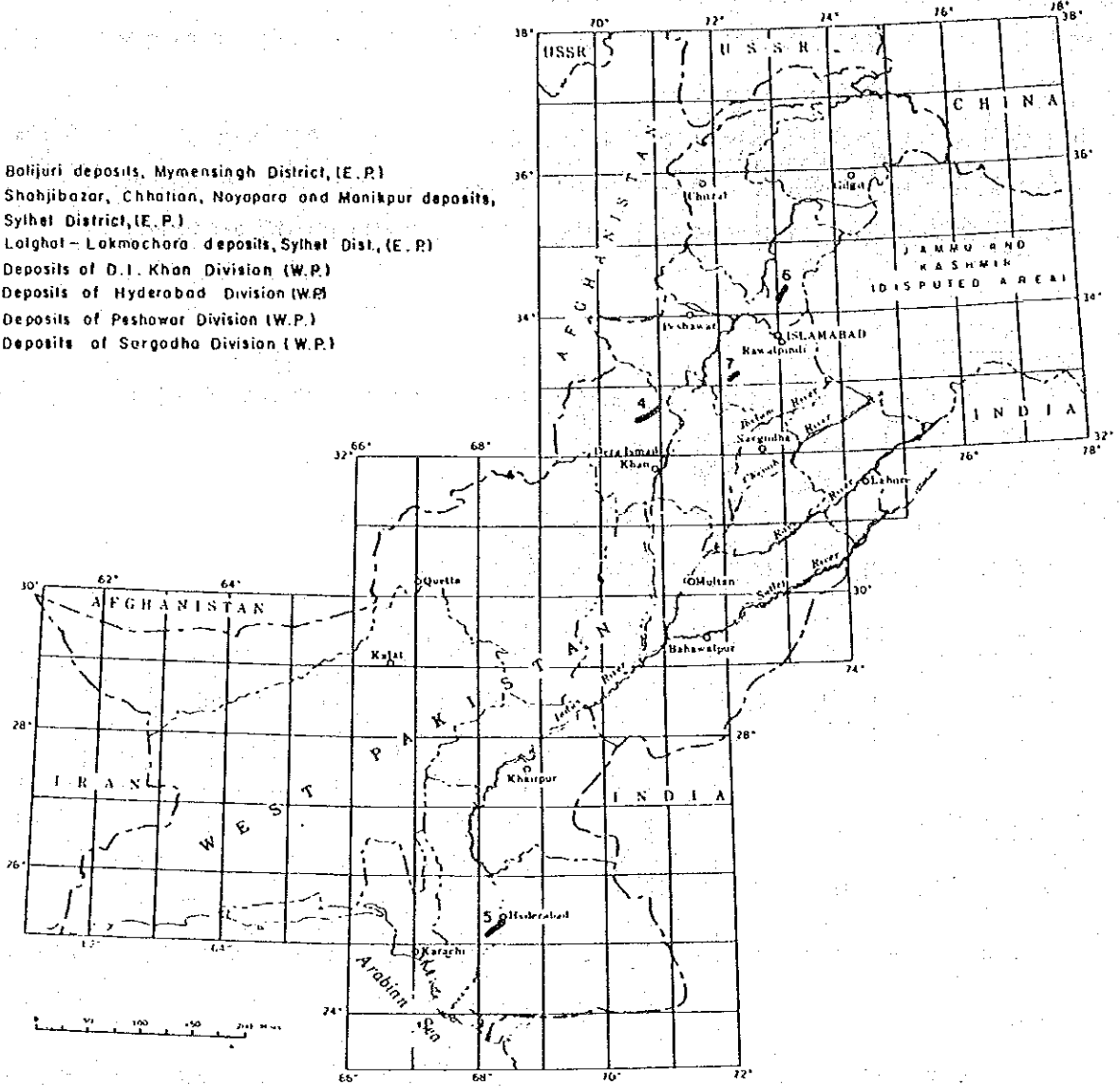
ペシャワール地区 (第IV-1図の6)

マンダ・カクチャ鉱床 純シリカ・サンドは、厚さ 334フィート、鉄汚染されたシリカ・サンドは 103フィートあり、可採深度を 100フィートとすると1億 550万トンの埋蔵量。

サルゴダ鉱床 ジュラ紀のダッタ層中に胚胎。かなり広く分布するものと信じられている。

第IV-1図 シリカ・サンド鉱床の分布図

1. Batihuri deposits, Mymensingh District, (E.P.)
2. Shohjibazar, Chhatian, Noyapara and Manikpur deposits, Sylhet District, (E.P.)
3. Lolghat-Lakmochora deposits, Sylhet Dist., (E.P.)
4. Deposits of D.I. Khan Division (W.P.)
5. Deposits of Hyderabad Division (W.P.)
6. Deposits of Peshowar Division (W.P.)
7. Deposits of Serghodha Division (W.P.)



### 3. クロームナイト

超塩基性岩中に鉍脈や不規則鉍体として産出する。

用途としては、非溶解性のクロームれんが、炉の内張、クローム鋼（切断用具）、兵器、ジェット・ロケット等に用いられる。

今回の協議においては、ceramic 用を期待しているとのことだったので、クロームれんが、炉の内張用のものを期待しているものと思われる。

パキスタン国の鉍床としては、次のようなものが知られている（第W-2図）

#### カラート地区

ブナップ鉍床（第W-2図の1）始新世に貫入した蛇紋岩中の岩脈状鉍床。厚さ30フィート延長60フィート、埋蔵量 6,550トン

ラヨ谷鉍床（第IV-2図の2）埋蔵量1万トン

#### ペシャワール地区

ハリーチャンド鉍床（第IV-2図の3）埋蔵量1万 2,000- 4,000トン

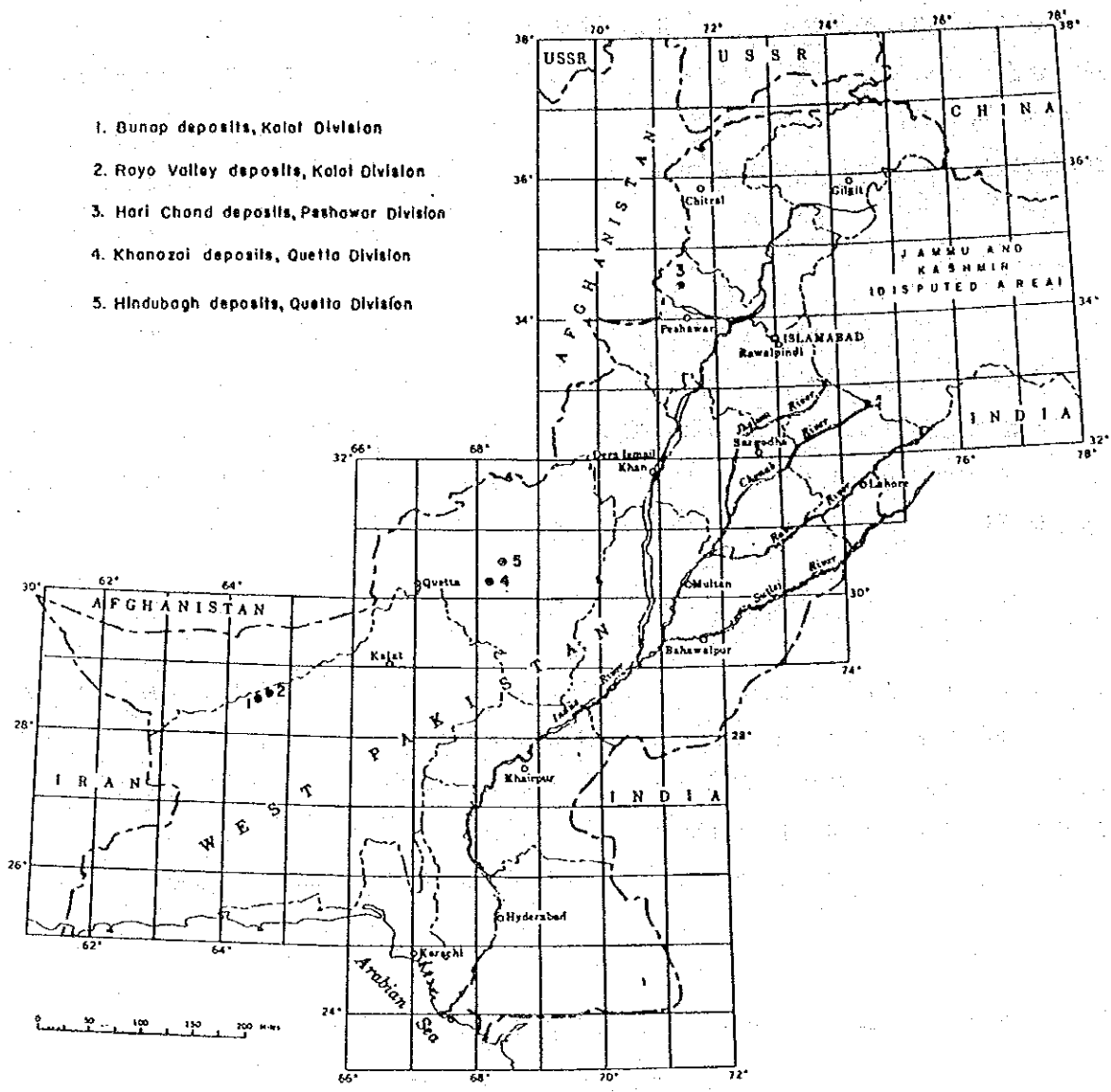
#### クェッタ地区

ナサイ鉍床 5万トンをすでに生産

カノザイ鉍床（第IV-2図の5）高品質のもの1万トン、並質のもの5,000トンの埋蔵量。

なお、埋蔵量は600万トンが見込まれ、近年他にも新しい鉍床が発見されたとの情報が、協議の席でもたらされた。

第IV-2図 クロームイト鉱床の分布図



#### 4. 岩塩

岩塩は、家庭用、ソーダ工業用、粘薬用に用いられる。ナトリウムの炭酸塩あるいはナトリウム灰は、ガラスやせっけん製造に、ナトリウムの重炭酸塩は薬品製造と家庭用に、ナトリウムのシアン化物は金抽出のシアン化過程に用いられる。

今回の協議においては、パキスタン国においては、天然ガスを利用した化学工業を考えている、と述べられた。

この国の岩塩鉱床には、次のものが知られている（第IV-3図）。

##### ベシャワール地区

ジャッタ（第IV-3図の1）・バハドール・ケル（第IV-3図の3）・カラク（第IV-3図の2）に重要な鉱床。

下部始新統のシェカン層中に胚胎する。2,000平方マイル以上に分布。バハドール・ケルでは350フィート以上、ジャッタとカラクでは100フィート以上あるが、正確な厚さは不明。

##### サルゴダ・ラワールピンジ地区

ケウラ鉱床（第IV-3図の6）　　パンジャブ岩塩系（ソルト・レンジ層）中に産する。3,500万トンの埋蔵量。さらに4,700万トンの埋蔵量が見こまれる。

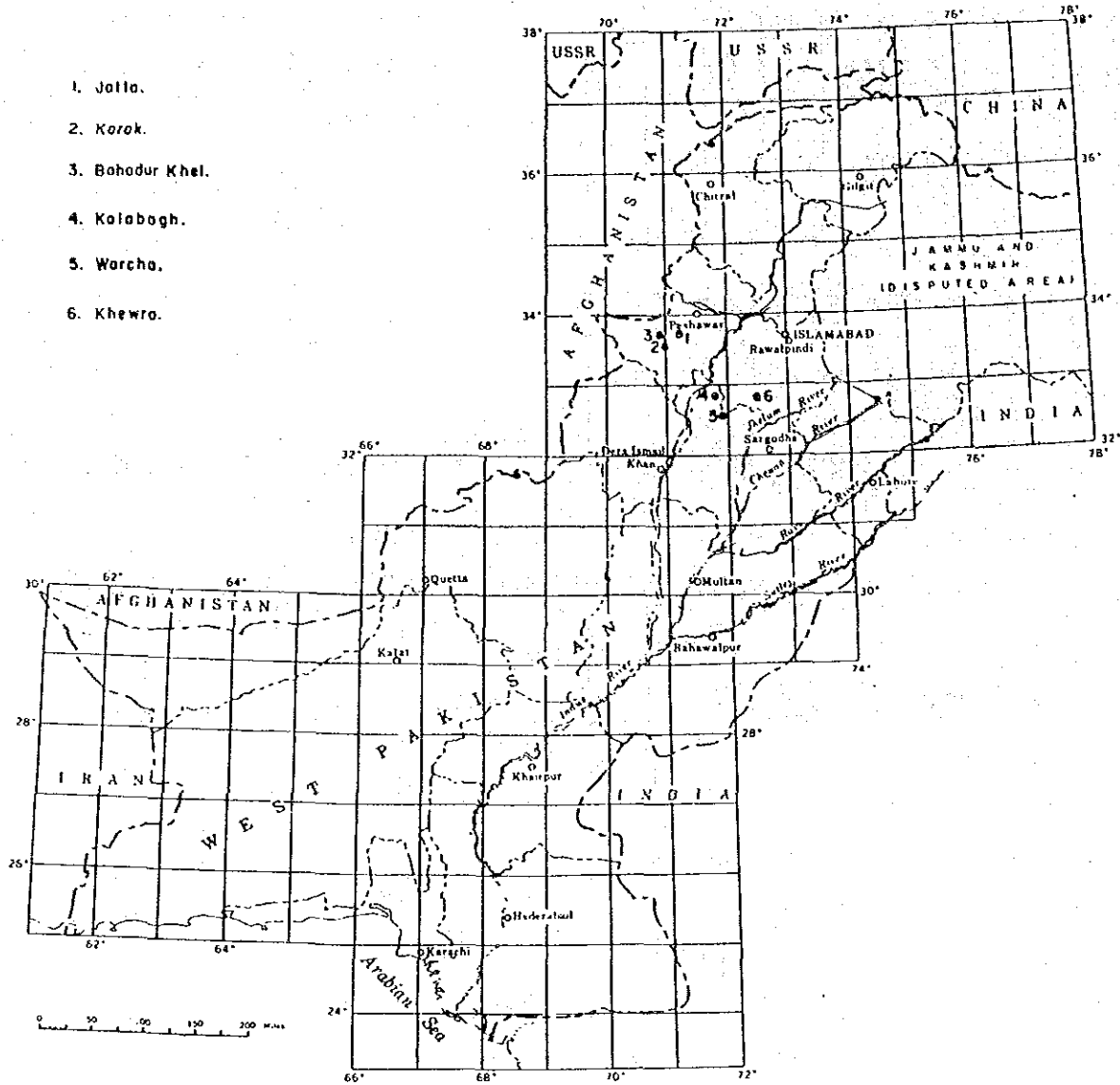
ワルチャ鉱床（第IV-3図の5）　　パンジャブ系からの産出。厚さ50フィート、50万トンの確定埋蔵量、推定埋蔵量は195万トン。

カラバグ鉱床（第IV-3図の4）　　最大40フィートの厚さ、埋蔵量は100万トン。

以上の他に、海岸で大量の塩生産が行なわれている。



第IV-3図 岩塩鉱床の分布図



## 5. チャイナ・クレイ

陶磁器の原料となるチャイナ・クレイについては、要望種目としてあげられただけで、具体的な話しはなかったが、並・高級陶磁器を輸入に依存しているパキスタン国では、自国製品を期待しているものと考えられる。

チャイナ・クレイの産地としては、以下の地域が知られている（第IV-4図）

### ハイデラバード地区

ナガール・パーカー半島カオリン鉱床 レンズ状で、厚さ数インチ～約10フィート、15万トンの埋蔵量

### ペシャワール地区

アール・カオリン鉱床（第IV-4図の8）火成岩・変成岩中の長石の変質による鉱床。可採深度を10フィートとすると、6万5千トンの埋蔵量

シャー・デリ・カオリン鉱床（第IV-4図の10）石英閃緑岩中の長石の変質による鉱床、レンズ状岩体、250万トン（ショート）の埋蔵量

第IV-4図 チャイナ・クレイの分布図

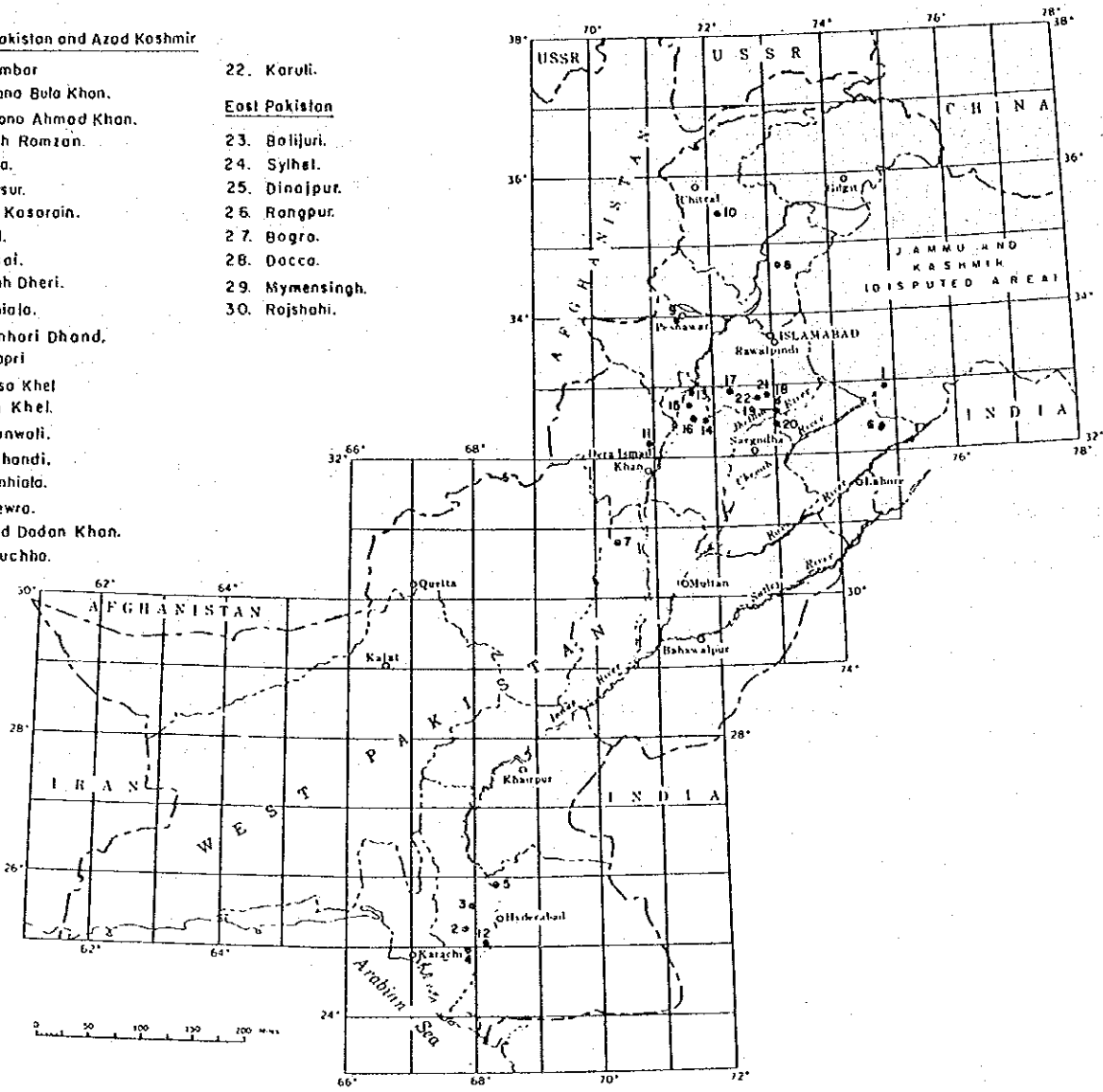
West Pakistan and Azad Kashmir

1. Bhimbar
2. Thano Bala Khon.
3. Thano Ahmad Khan.
4. Goth Romzan.
5. Hala.
6. Porsur.
7. Kot Kosorain.
8. Ahl.
9. Basai.
10. Shah Dheri.
11. Poniola.
12. Sonhori Dhand.
13. Chapri
14. Muso Khel
15. Isa Khel.
16. Mianwali.
17. Sidhandi.
18. Manhiala.
19. Khewra.
20. Pind Dadan Khan.
21. Rotuchha.

22. Karuli.

East Pakistan

23. Bolijuri.
24. Sylhet.
25. Dinajpur.
26. Rangpur.
27. Bogra.
28. Dacca.
29. Mymensingh.
30. Rojshahi.





## V. パキスタン国の エネルギー事情と成型炭プロジェクト

### 1. エネルギー概況

パキスタン国のエネルギー消費量は、83/84年時点で、石油換算（TOE）で約1,600万トンである。しかし、農村部においては薪炭および牛糞などの非商業的エネルギーの自家消費量が大きく、これらを考慮すると、国内総エネルギー消費量は約2,300万トンに達するものと推定される。年次を追って見てみると、70年代初頭から80年代初頭にかけて、国内商業エネルギー消費量は2倍強に拡大し、年率8.7%の伸び率を示している。このうちほぼ3分の1を工業が消費してもっとも大きなシェアを占め、次いで運輸、電力、家庭用需要の順になる。

87/88年度においては、このエネルギーのうち42%を石油、35%を天然ガス、17%を水力発電、5%を石炭がしめる予定である。83/85年度のエネルギー供給割合（第V-1表）と比較すると、石油の消費割合が増し、水力発電及び石炭の割合が減少していることがわかる。なお、原子力及びLPGは約1%をしめるにすぎない。

パキスタン国のエネルギー自給率は、現在約67%で、33%を輸入によっているが、これはすべて石油によるものである。パキスタン国の石油自給率は約10%で、この割合は、過去10年間あまり大きく変化していない。

第V-1表 エネルギー供給割合（1,000トン原油換算）

	1983	1984	1985
石炭	862 (5.52)	1,218 (7.39)	1,270 (7.37)
石油	5,888 (37.75)	6,436 (39.08)	6,862 (39.82)
天然ガス	6,054 (38.82)	5,630 (34.18)	5,560 (32.26)
水力発電	2,701 (17.31)	3,046 (18.49)	3,378 (19.60)
原子力	90	65 (0.39)	80 (0.46)
L P G	(0.58)	72 (0.43)	80 (0.46)

括弧内はパーセント

第V-2表 石炭生産表

National Coal Production (100万トン)

1979/80	1,569
1980/81	1,577
1981/82	1,750
1982/83	1,609
1983/84	1,870

Public Sector Coal Production (100万トン)

1979/80	0.254
1980/81	0.207
1981/82	0.204
1982/83	0.172
1983/84	0.220
1984/85	0.257

## 2. 石炭事情

石炭は、現在エネルギー供給量の5%強を占めるにすぎないが、かつて天然ガス発見以前、また水力発電のあまりすすんでいなかった50年代には、エネルギー供給量の約3分の1をしめていた。

石炭の国内推定埋蔵量は5億8千万トンであるが、そのほぼ半分が、シンド州ラクラを中心とする総面積155平方キロの地域に存在しているといわれている（第V-1図）。なお、近年発見されたラクラ炭田南方のソング・タッタ炭田は、この中に含まれていないものと思われる。

現在の年生産量は、約190万トンであるが、そのうち46%がバルチスタン州、31%がパンジャブ州からのものである。現在採炭が行われている主な炭田は、バルチスタン州のデガーリーとハルナイ、パンジャブ州のマカルワールとソルト・レンジ、シンド州のラクラ、ジンピールの諸炭田である（第V-1図）。

石炭産業は、その採炭量の約85%を民間資本の所有する鉱区から、残りの15%を政府系のパキスタン鉱産物開発公社（Pakistan Mineral Development Corporation, 通称PMD C）の所有する鉱区からのものである（第V-2表）。

なお、バルチスタン州およびパンジャブ州の炭鉱は、いずれも急勾配の山岳地にあり、採掘技術上と運搬コストから見て開発に問題がある。このため、石炭の大きな開発の可能性は、シンド州ラクラ炭田に限られる。今回の協議においても、ラクラ炭田の活はしばしば登場し、パキスタン国において、ラクラ炭田がいかに期待されているかがわかった。

現在の石炭の用途は、95%がレンガ焼成用に、残りは家庭用と火力発電用である。パキスタン国においては、石油に支払われる外貨の節約および国内森林資源保全のために、ラクラ炭田の開発、とくにラクラ炭による豆炭製造に大きな期待をかけている。

なお、パキスタン国の石炭の大部分は褐炭ないし亜瀝青炭で非粘結質、灰分と硫黄分が多い。また砕けやすく、すぐに燃えつきてしまう欠点をもっている。

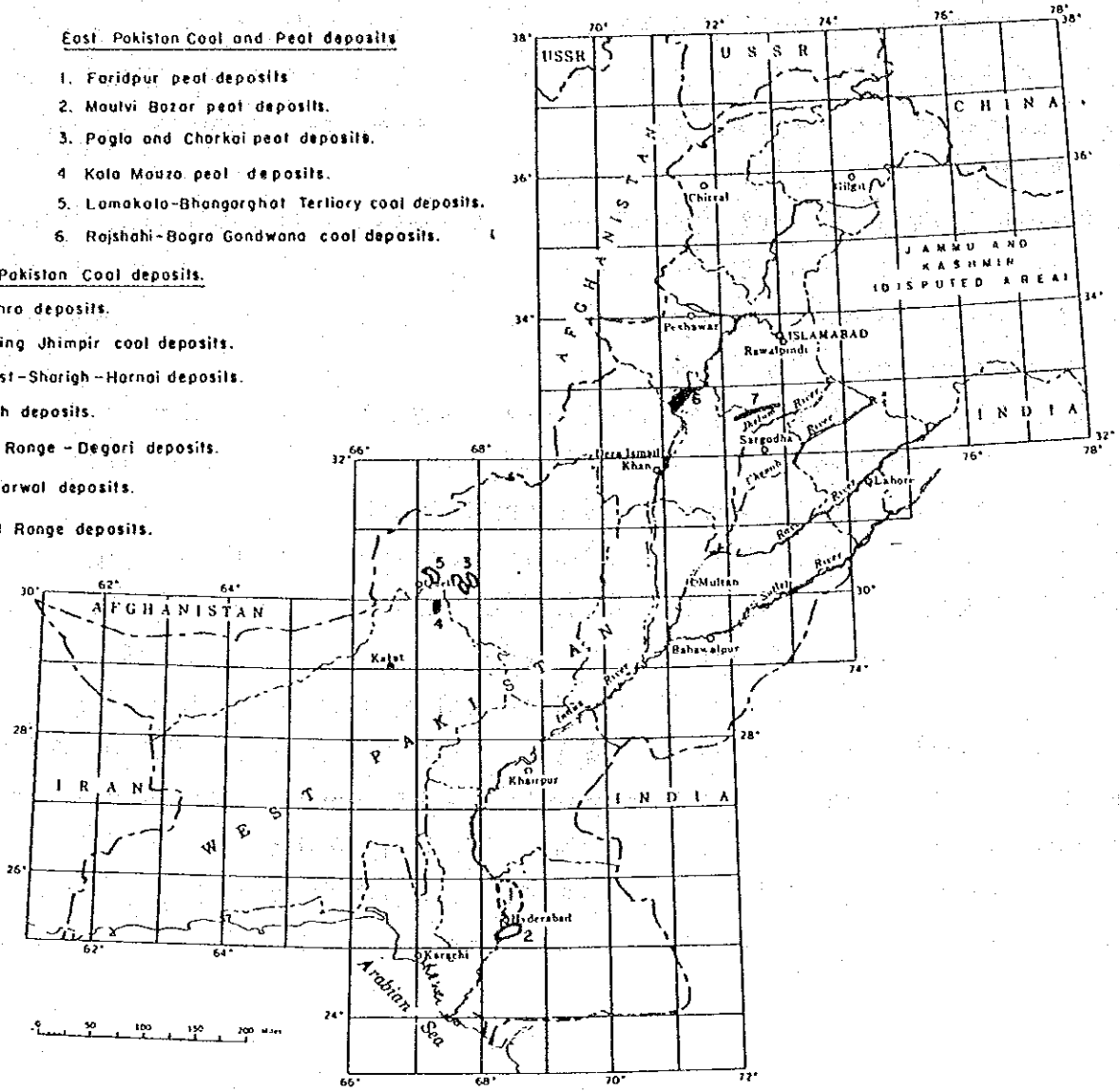
第V-1図 石炭鉱床の分布図

East Pakistan Cool and Peat deposits

1. Faridpur peat deposits.
2. Moulvi Bazar peat deposits.
3. Pajla and Chorkai peat deposits.
4. Kala Mouzo peat deposits.
5. Lamakoto-Bhangorghat Tertiary coal deposits.
6. Rajshahi-Bogra Gondwana coal deposits.

West Pakistan Cool deposits.

1. Lakhro deposits.
2. Meting Jhimpir cool deposits.
3. Khost-Sharigh-Harnai deposits.
4. Moch deposits.
5. Sor Range - Degori deposits.
6. Mokalwal deposits.
7. Soll Range deposits.





### 3. ラクラ炭田の現状と今後の生産利用計画

ラクラ炭田は、200平方キロメートルの地域に拡がり、確定埋蔵量 6,000万トン、推定埋蔵量 2億 3,800万トンが見込まれている。炭丈は最大 2.5メートル、最小 0.5メートルで、平均 1.5メートルである。可採深度は25— 175メートルに及んでいる。

ラクラ炭は、暁新世のラニコット層下部のバラ層中に胚胎されている（第V—3表）。発熱量は 6,000カロリー以下の褐炭ないし亜瀝青炭である（第V—4表）。全硫黄分は 5%台にも及び、灰分も20%以上に達する。

ラクラ炭田は、ガスの噴出がなく、また地下水もない。炭層も水平に近いので採炭条件はよい。ただし、一部に炭層上盤に団結していない砂層があり、そこを採掘すると、砂層に含まれる石炭が発火し、採掘できない個所がある。

採掘はつるはしによっている。他の炭田の石炭が、トンあたり山元で 500～ 600ルピーであるのに対して 200ルピーであるのは、ラクラ炭田の採掘条件のよさによるものである（協議の席の口述による）。

第 V - 3 表 ラクラー炭田付近の層序表

地層名	年代	層厚	岩相
沖積層			未固結層・河成・風成の砂岩・ シルト岩・粘土岩・石灰岩・ 礫岩を含まむ
Laki層 Laki石灰岩 Meting頁岩 Meting石灰岩 Sonhari	始新世	125 m	石灰岩・粘土・砂岩・泥灰岩・ イト粘土・基底にレンズ状石灰
Lakhra層 Ranikot層上部	晚新世 Montian Landinian	100 m	化石に富む石灰岩・砂岩・粘土岩ある いは頁岩
Bara層 Ranikot層下部	晚新世 Domian Montian	9 m	砂岩・頁岩あるいは粘土岩・石灰岩・大 型化石を欠く。

第 V - 4 表 ラクラ炭の分析結果

	U S A I D	P M D C	M . A M I N ( 鉱業権者 )
水分 ( 原試料 )	37.3	16.3 - 30.3	12.9 - 33.5
水分 ( 乾燥 )	9.2	4.6 - 14	12.3 - 23.3
灰 分	24.1	11.4 - 39.3	5.3 - 43.3
揮 発 分	35.0	21.9 - 39.8	37.3 - 5.83
全 硫 黄	5.51	3.41 - 5.99	1.9 - 5.83
発 熱 量 ( Kcal / Kg )	4,930		4,620 - 5,970

第 V - 5 表 日本の石炭分類表 ( 徳永, 1967 による )

炭質	類		発熱量 ( 補正無水無灰 基 ) Kcal / Kg	燃 料 比	粘 結 性
	質	区 分			
無煙炭 ( A )	A <sub>1</sub>		—	4.0 以上	非粘結
	A <sub>2</sub>		—	—	—
瀝青炭 ( B, C )	B <sub>1</sub>		8,400 以上	1.5 以上	強粘結
	B <sub>2</sub>		—	1.5 未満	—
	C		8,100 以上 8,400 未満	—	粘 結
亜瀝青炭 ( D, E )	D		7,800 以上 8,100 未満	—	弱粘結
	E		7,300 以上 7,800 未満	—	非粘結
褐炭 ( F )	F <sub>1</sub>		6,800 以上 7,300 未満	—	—
	F <sub>2</sub>		5,800 以上 6,800 未満	—	非粘結

anthracite

bituminous coal

subbituminous coal

lignite

## 4. 成型炭プロジェクト

### 4-1 要請背景とその狙い

「パ」国のエネルギー需要は同国の農、工業の発展に伴い急速にのびており、第6次5ヶ年計画中の第一次産業エネルギーは国産エネルギー18.2百万トン（石油換算）に対し22.6百万トン（石油換算）であって、この需給差7.8MTOEは第7次計画によって更に拡大し、1992～3年には百万トン（石油換算）にもなると予想される。この需給差を輸入で補うとすれば、第6次計画の間で既に22億USドルに達し、多大の外資の流出を招く。この外資の流出を防止する対策として「パ」政府の第6次エネルギー5ヶ年計画では石炭を発電、工業燃料、家庭燃料に使用することの検討を推奨している。

現在「パ」国の石炭の可採量は5億トンとみられているが、この数値はかなり内輸なものであって、更に調査を進めれば2倍位、1,173百万トンになる可能性があり、これは石油換算526百万トンに相当する。

このような背景を踏まえ「パ」国政府が計画している成型炭計画は目下天然ガスの供給ネットワークから外れた、特に南部地域の都市部及び地方で大量に家庭用燃料として使用されている高価な輸入ケロシンの代替として国産石炭を加工して作った成型炭を使用させたいというものである。ケロシン使用状況を表-1, 2に示す。

従って本計画の狙いとしては成型炭の使用によって外貨流出を防止すると同時に、開発が遅れている地域に対して、労働集約型石炭産業を振興することにより、社会経済的好影響を与えることを期待している。

本案件は第6次5ヶ年開発計画及び国家エネルギー開発政策中最上位に位置づけられた、大統領特命案件である。

### 4-2 成型炭のこれまでの生産実験、現在設備、市場<sup>1)</sup>

「パ」国における成型炭の製造は1,942年にインドのASSAMから「パ」国のQUETTAに設備が移設された時から始まる。以後本設備はPMDCの管理下で生産を続けて来た。この目的はQUETTA及び周辺の山岳地帯に駐留する警備隊に対する暖房用燃料供給にあった。

プラント規模は50,000～60,000<sup>1)</sup>/年といわれたが、市場の狭さからこれまでフルスケールで生産されたことはなかった。然しPMDCの適切な管理を得て現在でも50<sup>1)</sup>/日の生産を行うことができる。

最少の生産実績を表-4-3に示す。

表-4-1

## CONSUMPTION OF KEROSENE OIL

<u>Year</u>	<u>Quantity (Tonnes)</u>
1978-79	693,645
1979-80	637,311
1980-81	528,652
1981-82	553,496
1982-83	604,114
1983-84	690,036
1984-85	759,555

表-4-2

## IMPORT OF KEROSENE OIL.

<u>Year</u>	<u>Quantity (Tonnes)</u>	<u>Value (Million US\$)</u>
1978-79	535,502	82.00
1979-80	519,902	161.00
1980-81	377,410	155.00
1981-82	352,420	124.00
1982-83	390,039	124.00
1983-84	411,199	111.00
1984-85	488,956	125.00

表-4-3

## PRODUCTION OF BRIQUETTES

<u>Year</u>	<u>Production (Tonnes)</u>
1974-75	14,889
1975-76	13,305
1976-77	10,015
1977-78	9,605
1978-79	14,390
1979-80	10,000
1980-81	9,626
1981-82	10,015
1982-83	10,000
1983-84	8,737
1984-85	4,985

またこの生産工程は次の通りである。

即ち原料としては炭坑から出た屑炭を使い、これをホッパーからバケットコンベアーによりクラッシャーに入れ粉碎する。粉碎された石炭は別のバケットコンベアーでスチームクッカーに移され加熱蒸気で熱せられた後、プレスローラー上部にあるホッパーに移される。プレスローラーは隣合った二つのドラムからなり、ドラム表面には対象の位置に凹みが設けられ、加熱された粉碎炭は回転するローラーの向い合った凹みの中で加圧されて長円型の豆炭となる。できあがった豆炭はチェーンコンベアーとシュートによりトラックに荷積される。本プロセスの写真を写真1～9に示す。

1,960年以前にはこの豆炭成型に際しピチューメンがバインダーとして用いられたが、その後ピチューメン価格の高騰に伴い、石炭を直接加熱蒸気で熱して石炭自身の中に含まれているタールをバインダーとして用いることにより強固な豆炭を得ることができるようになった。

本設備の動力としてはスモークチューブボイラーを使用して、250PSIの蒸気を発生させ、この蒸気でスチームエンジンを動かしてコンベアー類、クラッシャー、ロールプレス等を駆動している。

1981～1982年における本プラントの製造コストを表4-4に示す。同プラント30名の労務者がおり、彼らの賃金は919ルピー／人・日でこれはオーバーヘッドを含むと思われる。

表 - 4 - 4

QUETTA Briquetting Plant Economics

	<u>Rs./Ton Briquettes</u>	
Coal for briquetting		336.31
Coal for boiler		13.78
Coal feeding		3.70
Salaries and wages		18.38
Oil and lubes		1.27
Electricity (lighting)		0.30
Depreciation		0.47
Repair and maintenance		0.18
Insurance		<u>1.70</u>
Total direct cost		376.09
Branch office expense allocation		4.43
Admin. cost		6.46
Interest expense		<u>2.96</u>
Total manufacturing cost		389.94
Sales revenue		479.00
Coal purchase	250 Rs./Ton	
Coal mined	300 Rs./Ton	122.62 Transp. Cost
Cost of product	389.94	
Coal cost	<u>336.31</u>	
Manufacturing cost	53.63 RS./Ton	



#### 4-3 無煙成型炭に関するこれまでの検討<sup>1)</sup>

「パ」国の石炭には次のような特徴がある。

即ち

- ・非常にもろく、取扱いが不便である。
- ・自然発火しやすい。
- ・硫黄分が多く、燃焼に際して硫黄酸化物を発生する。
- ・灰分が多く、燃焼に際してフライアッシュを生ずる。
- ・揮発物が多く、燃焼に際して不快臭、煙を発生する。

同国に於いては前途の如く既に豆炭製造の歴史があり、実用化されて来たが、これは山岳地帯に於ける軍隊用であり、硫黄、灰分、揮発物に対する考慮はなされず、ただ取扱い易さの点のみに着目して成型したにすぎないので、硫黄、灰分、揮発分は何らの処理をされておらず、従ってそのまま都市などの人口密集地等で使用するには問題がある。

これらの点を解決すべく既に種々の検討がなされて来た。

##### 4-3-1 M/S Sanderson and Porter, LUC. U.S.A.<sup>2)</sup>

同社はU.S.A.I.Dの援助でP.M.D.Cのために1976年にラクラ炭、サリー炭による無煙成型炭製造のベンチスケールテストを行い次のような結果を得ている。

- (I) 成型に際しラクラ炭に対して、含有硫黄分の化学量論的に当量の石灰を加えると含有された硫黄分の約半分が燃焼後灰分の中に固定される。
- (II) この際得られた成型炭の圧壊強度は1,740PSIで一般的に必要な強度750PSI以上が得られる。
- (III) 最初に原料炭を培焼し、含有する揮発分の約50%取り除いたものを上と同様100%量の石灰と混ぜて成型した豆炭は培焼しなかつたものに比較して極めて圧壊強度が落ちた。
- (IV) 当量の石灰を加えて成型した豆炭は燃焼後灰分が未添加の場合の12.70%から23.20%に増加した。
- (V) 本プロセスを用いた10万トン/年プラントの建設費は1,025,000 u s ドルプラス8,841,000ルピーである。(表-4-5)

(VI) 本プロセスを用いた成型炭の製造コストは 453ルピー/トンである。

表-4-5 10万トン/年豆炭製造設備建設費

<u>Description</u>	<u>Foreign exchange (US\$)</u>	<u>Pak currency</u>
1. Floatation	250,000	25,00,000
2. Driers and conveyors	-	5,00,000
3. Mill and screening plant	200,000	2,00,000
4. Lime-stone mill and Screen	150,000	1,50,000
5. Mix Muller	100,000	2,00,000
6. Press and Conveyors	100,000	5,00,000
7. Packer	25,000	1,00,000
8. Site preparation etc.	-	15,00,000
9. Buildings	-	10,00,000
Total:-	<u>825,000</u>	<u>76,50,000</u>
Engineering and contingency	<u>200,000</u>	<u>11,91,000</u>
	<u>1,025,000</u>	<u>88,41,000</u>

4-3-2 United Engineers and Constructions Inc. U.S.A. 3)

1982年USAIDは同社を使って石炭供給量 100トン/日のプラントを使った概念設計と経済分析を試みた。プロセスは粉碎、乾燥、石灰混和、プレス、培焼、冷却の工程から成り、培焼の排ガスは冷却してタールと油を除かれたあと、内燃機関の燃料として用いられ、これから得られる 150HPの動力がプラントの動力源に使用された。又この内燃機関の排ガスは石炭を15%湿分まで乾燥するのに利用できるとしている。

プラント建設費は 2,130,000USドル (50%の外貨を含む) であり、成型炭の製造コストは 832ルピー/トンである。これは 100万BTU当り 33.30~38.15 ルピーに相当し価格的にこれに対抗し得る燃料は天然ガスしかない。表4-6~10このプロセスのフローシートを次に示す。

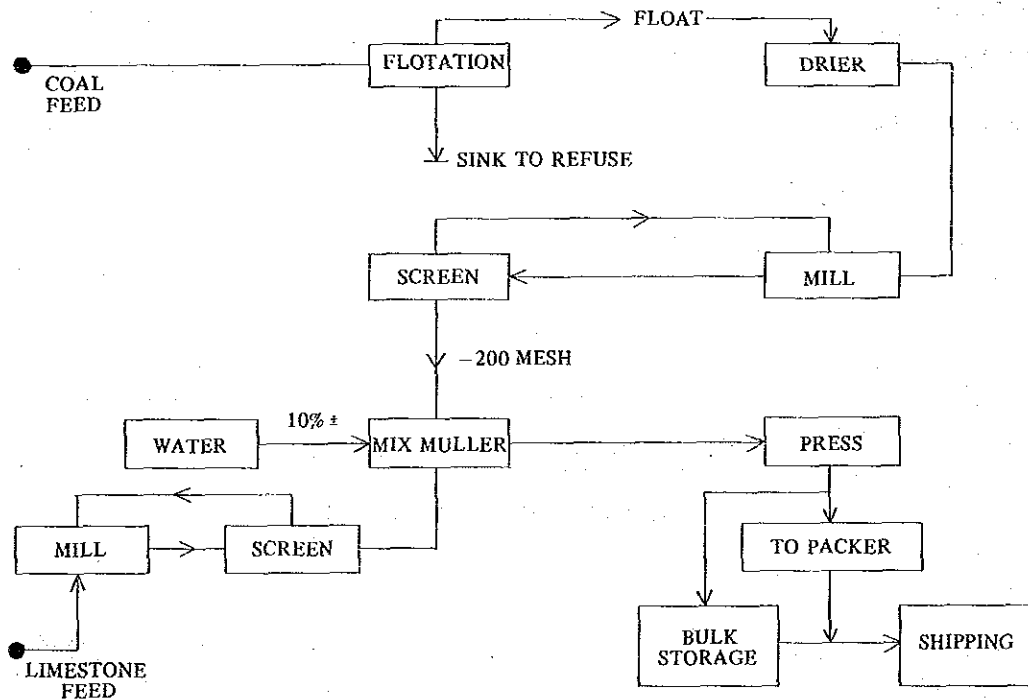


表 4 - 6

## ESTIMATED INSTALLED PLANT EQUIPMENT COSTS

<u>Equipment</u>	<u>Capacity</u>	<u>Installed Cost</u>
Condenser/Scrubber	2 M Btu	50,000
Drier	5 TPH	100,000
Crusher	5 TPH	45,000
Roll Mill (2)	4/1.5 TPH	60,000
Vibr. screens (3)	5/4/1.5 TPH	54,000
Carbonization Kiln	5 TPH	450,000
Cooler	5 TPH	60,000
Pug Mill	5 TPH	45,000
Briquetting Press	5 TPH	70,000
Engine Generator		50,000
Conveying System	5 TPH	130,000
Total Installed Equipment		<u>\$1,114,000</u>

表 - 4 - 7

BRIQUETTING PLANT INVESTMENT COST66 TPD BRIQUETTE PRODUCTION

	<u>US. \$</u>
Installed Equipment	1,114,000
Site Preparation	150,000
Buildings	<u>250,000</u>
	1,514,000
Engineering and Contingency (40%)	<u>616,000</u>
Total Investment Cost	<u>2,130,000</u>

表-4-8  
BRIQUETTE COST

(66 TPD Briquette Production)

	Briquetting and Coking RS/Tonne Coal Feed	Variability Z	Briquet- ting Alone Rs/Tonne Coal Feed
Coal for briquetting (at Rs. per tonne)	240	10	240
Lime at Rs. 80 per tonne	8	10	8
Labor & overhead, 4 shifts 30 men at Rs. 919 per month	37	20	25
Maintenance cost at 5% of plant equipment cost	20	20	10
Loan Repayment, 20 years, 12%	<u>103</u>	10	<u>73</u>
Total Cost to Manufacture	408		356
Profit, 25%	<u>102</u>		<u>89</u>
Sales Price F.O.B. Plant	510 per tonne coal feed		445
Briquette Price F.O.B. Plant	772 per tonne briquettes		469
Transportation cost at Rs. 1.2/ per tonne mile, 50 miles average distance	<u>60</u>		<u>60</u>
Average Price Within 100 Mi. Radius	832		529

Note: 1 US\$ = 12 Rs.

Plant operation 330 days per year

表 - 4 - 9

## SUMMARY OF FUEL PRICES

<u>Fuel</u>	<u>Unit</u>	<u>Price Rs.</u>	<u>Rs/ MMBtu</u>	<u>Calorific Value</u>	<u>Year</u>
Natural Gas	1,000 cu. ft.	14	15.55	900 Btu/Scu. ft.	81
Kerosene	Liter	2.75	81.88	163,200 Btu/Imp. Cal	82
Charcoal	Tonne	2000	69.9	13,000 Btu/lb	81
Firewood	Tonne	500	41.46	5,470 Btu/lb	81
Firewood urban	40 kg	30	47.76	7,650 Btu/lb	82
Firewood rural	40 kg		38.67	6,300 Btu/lb	82
※ Firewood	40 kg	21.67	58.00	4,250 Btu/lb	82
Baluchistan					
NWFP	40 kg	29.00	77.67	4,250 Btu/lb	82
Punjab	40 kg	25.17	67.33	4,250 Btu/lb	82
Sind	40 kg	16.00	42.50	4,250 Btu/lb	82
LPG	Bottle	23.00	43.04	18,500 Btu/lb	82
Coal Degari	Tonne	350	16.04	9,900 Btu/lb	82
SOR Range	Tonne	500	25.49	8,900 Btu/lb	82
Sharigh	Tonne	500	21.81	10,400 Btu/lb	82
Makerwal	Tonne	350	14.84	10,700 Btu/lb	82
Lakhra	Tonne	200	12.36	7,400 Btu/lb	82
Sharigh	Tonne	300	13.09	10,400 Btu/lb	82

※ Firewood regional prices from an AID ad hoc survey of fuel wood prices at random sites

表 - 4 - 1 0  
PRICE COMPARISON

	<u>Rs/MM-Btu</u>
Briquette Price (Delivered)	38.52
Range (Delivered)	36.11-40.93
Firewood Price	53.37
Range	38.67-77.67
Kerosene	81.88
Natural Gas	15.55
Coal	12.30-25.50

#### 4-3-3 Fuel Research Centre, Pakistan Council for Scientific and Industrial Research(PCSIR)

同センターも長年石灰成型化に取り組んで来た。

最近ではUSAIDの援助で米国より新しい実験室設備を購入中である。同センターのこれまでの検討の結果は以下の通りである。

- (I) 化学量論的に当量の石灰を加えて成型すると含有される硫黄の50%が成分中に固定される。
- (II) それ以上石灰を加えても硫黄の固定にはあまり役立たない。
- (III) 1,280kg/cm<sup>2</sup> で成型すると十分に強固な、耐水性ある成型炭が得られる。
- (IV) 得られた成型炭は特別にデザインされたコンロを用いて、無臭、無煙で燃焼できる。
- (V) 石炭を培焼して成型するとコストは50%位高くつくので石炭-石灰の組合せによる成型の方が有利である。

#### 4-3-4 私企業

成型炭産業の中で何らかの役割を果すべき燃料関係業者（炭鉱経営者、薪、木炭、石炭などの卸売、小売業者、他産業の代表者など）の間で本件につき討論が行われて来た。彼等は本件に強い関心を示し、もし商業的に成り立つことが確信できれば本事業に参加したいと述べている。彼等は商業的採算性の確認の必要性、天然ガス、ケロシンなど他の燃料の価格、入手についての政府の政策が本市場の開発に重要であることなどを主張している。ほとんどの産業人は成型炭は天然ガス網から外れた中小町、村、或いは現在補助金を受けているケロシンの代替として都市、及びその周辺で競争力があり、直接薪を集められる地方や、天然ガスのある都市ではむずかしいと信じられている。

#### 4-3-5 United Nations High Commission Refugees (UNHCR)

現在「パ」国にはアフガニスタンからの難民が2百万人流れこんで居り、彼等に対する燃料の供給が大きな問題となっている。UNHCRはこれら難民37万世帯に対して20ℓ/月のケロシンの支給を行って居り、このケロシンの50%は主として中近東産油国からの供与、残り50%が自らの資金による調達となっている。このケロシンの代りに成型炭を用いると非常な外貨の節約、コスト削減になる。UNHCRとNational Logistics Cell（アフガン難民問題に関する「パ」政府の機関）はこの比較的固定された、かなりの量の市場に対して成型炭を供給する用意がある。



#### 4-3-6 USAID

前途のSanderson and Porter, United Engineers の検討もUSAIDの援助で行われたが、USAIDはこの他にも積極的に本件に関する検討を進め特に1986年には成型炭産業を商業的に成立させるための環境の調査、多くの私企業をいかにこれに参入させるかの調査を行った。これらは次の大きな3つの領域の調査から成る。

- (I) 現在市場の評価
- (II) 政府政策と制度上の問題
- (III) 事業実施計画の策定

これらの調査の報告書は1986年12月15日に完成予定であり、出来次第JICAにも提供するとのことである。

#### 4-4 「パ」国政府の現時点での計画概要

##### (1) 管掌部門

###### (a) 主担当部門

Pakistan Mineral Development Cooperation (PMD C)

###### (b) 関連中央官庁

Ministry of Petroleum and Natural Resources

###### (c) 関連部門

###### (I) Enerplan (Ministry of Planning and Development)

Enerplanは本件に関し「パ」政府内のcoordination、市場型成に関する政府の政策立案、法制化に対する助言等の協力を行う

###### (II) Appropriate Technology Development Organization (ATDO), Ministry of Science and Technology

ATDOは地方のローカルコンディションやニーズに適した小規模商業技術の開発に対して、実演、展示、文書の配布等を通じて住民に接触する。地方毎に事務所を置き、500名のスタッフを有し、これまでに木炭や、薪を使う効率よい炊飯用コンロを開発して来た。このコンロを地方及び都市部の住民に移動展示を行って紹介する計画を持っている。

##### (2) プロジェクト開始日

計画の承認と資金調達後

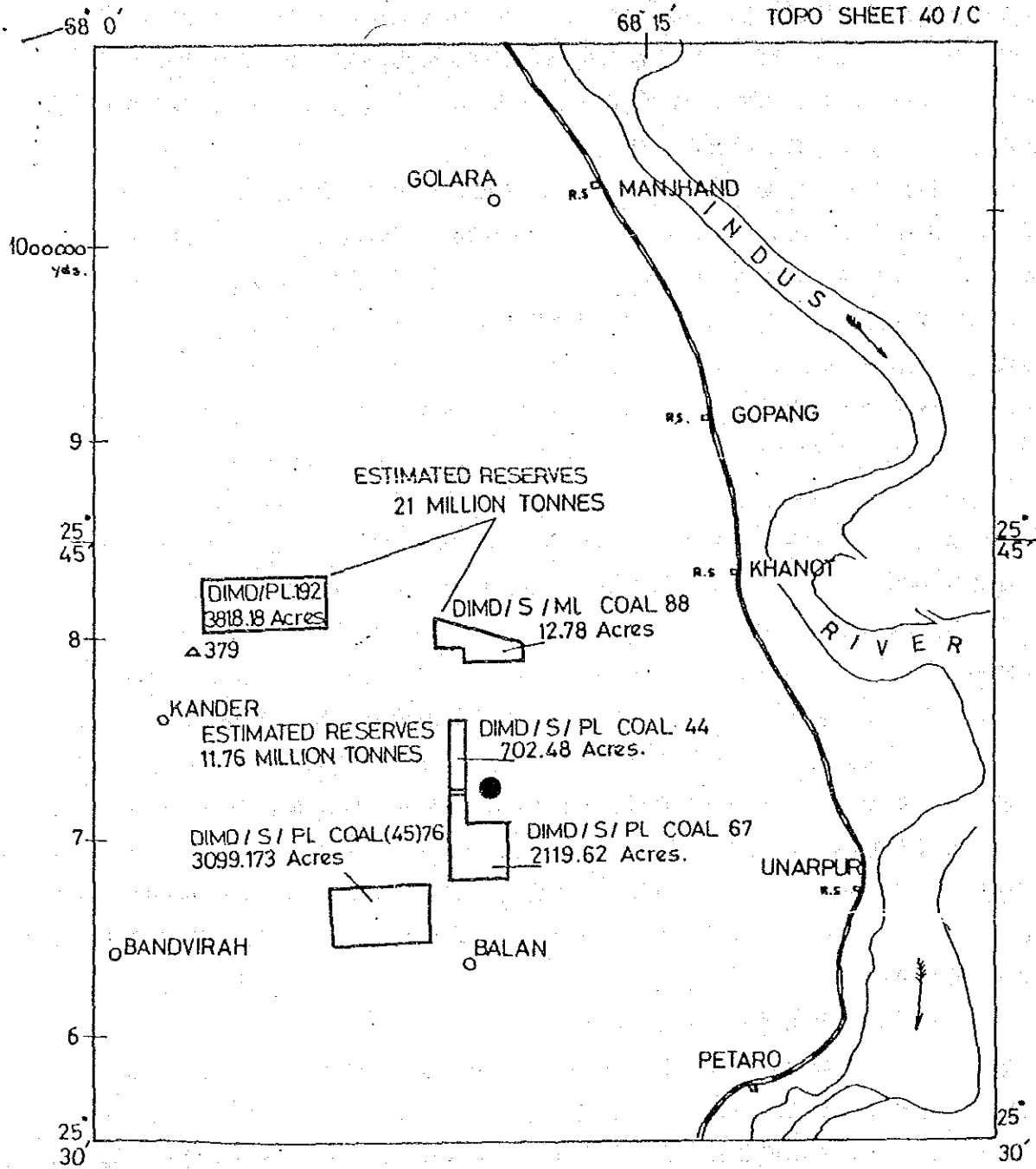
##### (3) プロジェクト完了日

プロジェクト開始より12ヶ月後

#### (4) 計画の概要

「パ」国の深刻なエネルギー危機に対し、国産石炭を利用した成型炭を使用することで輸入ケロシンの使用を削減し、外貨流出を防止しようとする。ケロシンの使用、輸入は1985年度で各々約80万トン、50万トンであり125百万ドルに相当する。このケロシンのほとんどは天然ガスの流通域から外れた地域の家庭用燃料に使用される。従って当面对象地域を同国南部地域とし、南部ラクラ炭田にP M D Cが保有する炭坑からの石炭を利用し、プラントは同炭坑内に設置し、製品はトラック及び鉄道で消費地に輸送する。

プラント設置計画場所の図を図-4-1に示す。



LOCATION MAP SHOWING MINING LEASES BEING DEVELOPED / TO BE DEVELOPED FOR COAL BRIQUETTING AND PROPOSED SITE OF THE BRIQUETTING PLANT

● PROPOSED PLANT SITE

#### 4-5 我が国に対する調査要請内容

- (I) 石炭品質及び成型化に関するすべての入手可能なデータのレビュー
- (II) フローシート開発と経済的プロセスの選択を目的としたパイロットプラントスケールによる洗炭、成型試験
- (III) 市場調査と消費者嗜好調査
- (IV) 技術データを付したプラント設計と規模の設定
- (V) サイトプレパレーションコストを含む立地場所の検討
- (VI) プラントレイアウト
- (VII) 運転必需品と輸入品の定性、定量的算定
- (VIII) 土木工事設計
- (IX) 建設費及び運転費
- (X) 財務・経済分析

#### 4-6 本プロジェクトの見通し、問題点

最近途上国における成型炭プロジェクトの例が多く見られるが、「パ」国の場合その多くとは事情の違った点が見られる。

即ち

- (I) その石炭源が大きく、よく知られ、ある程度開発も進んでいること
  - (II) 既に成型炭製造に45年位の歴史を持っていること
  - (III) 限定されたマーケットで製品を試験し、評価する機関も既に持っていること
- などである。

そして本件を大統領特命事項として関係各省が非常な熱意をもって取扱っている空気は今回のミッションを通じ痛切に感じられた。また本成型炭プロジェクトの意義は次のように考えられる。

- (I) 破碎された未利用屑炭を利用できる。
- (II) もろく、扱いにくい褐炭を扱いやすい型に成型できる。
- (III) 自然発火しやすい石炭を安定化できる。
- (IV) 含有される高硫黄分を適当な添加物（例えば石灰）を成型前の粉炭に加えることによって残留配分の中に固定して環境衛生問題を防止できる。
- (V) 培焼することにより比較的煙の少ない成型炭が得られる。
- (VI) 消費者の嗜好に合せた型、大きさに成型できる。

今後検討を要する事項を幾つか列挙すれば次の如くである。

#### (I) 使用目的、パターン

今回の成型炭の目的市場が一般家庭であることは明確であるが、その場合使用主目的が暖房用か、厨房用かで考え方が違ってこよう。

厨房用の場合は使用は主として屋外で、また使用方法は間欠的であり、一回の使用時間は短い。

これに対し暖房用は屋外で使用し、長期連続使用である。

従って厨房用の場合はあまり通風を問題とせず、豆炭用の成型炭を日本の昔のコンロ状のもので燃焼する方式が考えられる。一方暖房の場合はベンチレーションの方法を考え、成型方法も長時間連続向けに練炭型式が考えられる。「パ」政府が現在想定している南部地域ではほとんど暖房は必要としないとの声もあるが、今回調査した政府関係者ははっきり暖房用も言及しており、この辺の確認が必要となろう。

#### (II) 輸送・流通問題

現在の計画ではラクラ炭田よりトラック、鉄道で製品を輸送することが考えられている。カラチからラクラに向う道路はよく整備されていて、路面状況も良いようであるが、やや狭い上に現在でも大型トラックの往還が多いように見受けられる。流通に関しては現在P M D Cが用いている塩、或いは現存するケロシンの流通系路を使う案が考えられるか、U S A I Dよりの情報では仏のMichelin社がタイヤの流通末路を利用する案を検討中とのことである。

#### (III) 他機関との関係整理

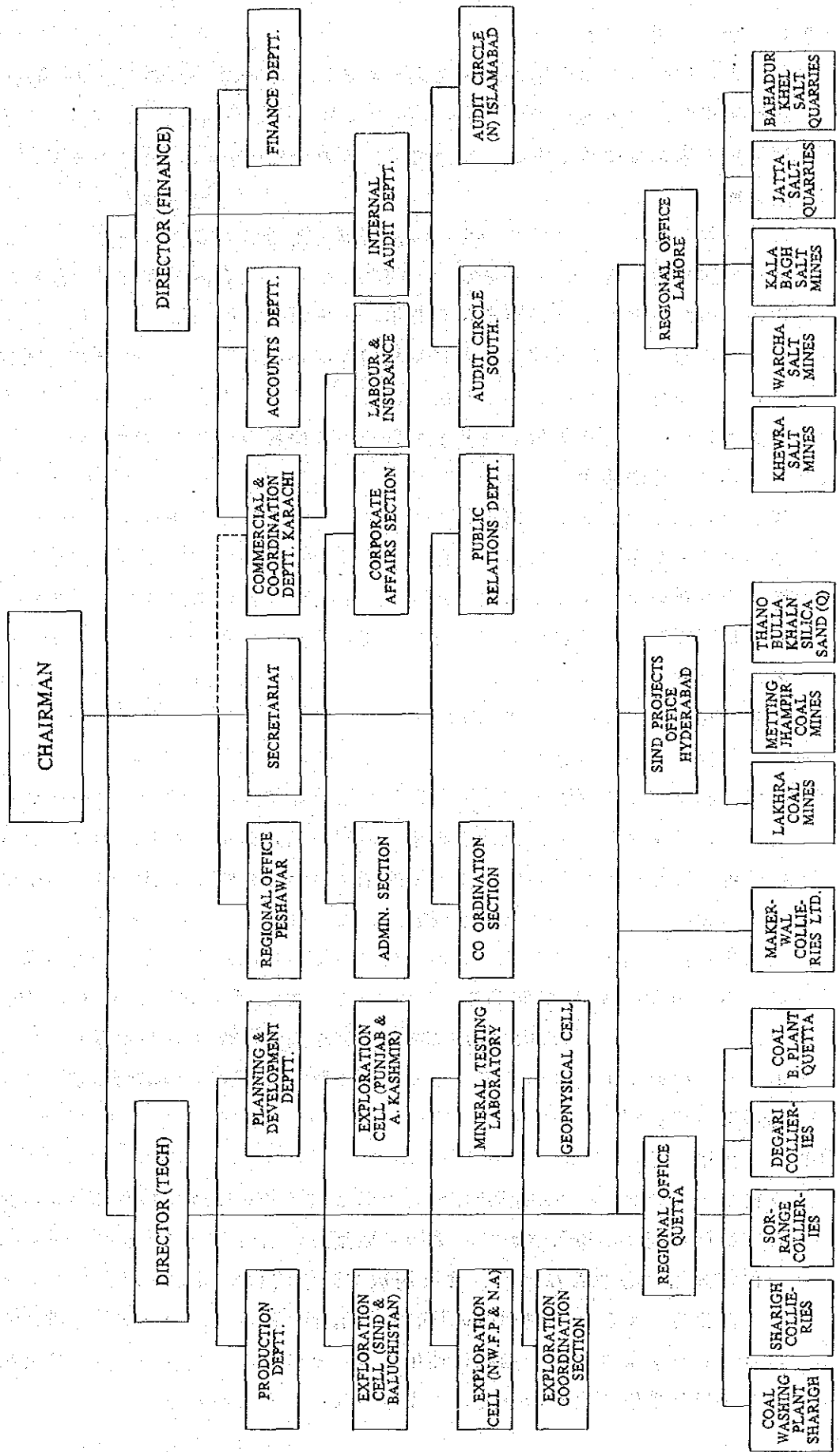
今回の我々のカウンターパートであるP M D Cは「パ」国の石炭マーケットの15%と最大の炭田を有しているが、この他に多数の私企業が存在し、前途のように成型炭事業に強い関心を示している。従って成型炭事業化に際してはこれら私企業の動向、それらの関係も考慮してゆくべき問題と考えられる。

また先進援助国ではU S A I Dがこれに積極的に関心を示し、既述の通りP M D C、P C S I R等に対して援助を行っている。更にパンジャブ州はオーストラリア、P M D CはフランスのSOPREMINES社に調査を期待したが許可が得られなかった模様である。今後のJ I C Aの調査に当たってもこれら他先進国の援助の動向に注意を払う必要がある。

#### (IV) 価格

価格は現在のケロシン利用者に魅力のあるものでなければならないが、ケロシンには現在補助金制度が導入されているので成型炭の場合もコストによっては何らかの政府の保護政策が必要となろう。また厨房で断続的に使用した場合ケロシンは容易に点火、消化を行えるが、成型炭の場合には消化、再点火という過程は考えられず熱量的にはケロシンよりはやや過剰に使用することは避けられない。従って価格も単なるカロリー当り単価の比較のみではすまされないこともあろう。

表 - 4 - 1 1



MAN-POWER STATISTICS PMDC

1.	<u>OFFICERS</u>		
	a. Technical	88	
	b. Non-technical	76	164
2.	<u>SUPERVISORS</u>		
	a. Technical	65	
	b. Non-technical	18	83
3.	REGULAR STAFF/SKILLED WORKERS.		<u>4,828</u>
4.	PIECE RATED/CASUAL LABOUR		<u>3,864</u>
		Total	<u>8,939</u>





## VI 参考文献

- 1) Proceedings of the First Pakistan National Coal Conference  
Feb. 22-26, 1986
- 2) Feasibility Studies for Collieries Sanderson & Porters,  
Inc. U. S. A 1976
- 3) Report of Team Visit to Pakistan, 1982 United Engineers  
& Constructors Inc.
- 4) The Coal Industry in Pakistan Requirements for Growth  
Feb. 4, 1985 USAID
- 5) Energy Year Book 1985  
Ministry & Petroleum and Natural Resources
- 6) Pakistan Prospects for Technical Co-operation in the  
Industrial Sector UNIDO
- 7) Ahmad, Z(compil)(1969) Directory of Mineral  
Deposit of Pakistan. Rec. Geol. Surv.  
Pakistan. no. 15 , pt. 3. p. 1-220



## VII 別添資料

成型炭プロジェクト要請書



PROFORMA FOR SUBMISSION OF PROPOSALS  
FOR SURVEY/INVESTIGATIONS TO THE  
PLANNING COMMISSION.

1. NAME OF THE SCHEME: DETAILED TECHNO-ECONOMIC  
FEASIBILITY STUDY FOR PRODUCTION  
OF 3,00,000 TONNES OF SMOKELESS  
FUEL/BRIQUETTES FROM LIGHTER  
(LAKHRA) COAL.
2. ADMINISTRATIVE AUTHORITY:
- (a) Sponsoring Authority. Pakistan Mineral Development  
Corporation
- (b) Central Ministry concerned. Ministry of Petroleum and  
Natural Resources.
3. DATE OF COMMENCEMENT: After the approval of the  
scheme and release of funds.
4. DATE OF COMPLETION: 12 months from the date of  
commencement.
5. TOTAL COST(in million Rs.):-
- | Local | Foreign | Total |
|-------|---------|-------|
| 0.200 | 2.800   | 3.00  |
6. GENERAL DESCRIPTION OF THE SCHEME:-

The national energy requirements are anticipated to increase at a fast pace in perspective to cater for industrial and agricultural growth during the sixth plan period. The demand for primary commercial energy during 6th Plan period is projected at 26 MTOE as against the estimated indigenous production of 18.2 MTOE. The gap between supply and demand will further widen during the 7th Plan period when the total commercial energy requirements are estimated at 38.00 MTOE. Thus during 6th Plan period there will be a deficit of 7.80 million tonnes of which could reach 16 million toe by 1992-93. If the gap is bridged with imports during the sixth Plan period it would cost about US \$ 2.20 billion causing severe drain on foreign exchange resources of the country. The major objective of the energy sector is to ensure sufficient energy supply for the achievement of the planned economic growth and to keep energy imports within sustainable proportions to save foreign exchange.

Cont'd.....

In order to achieve these objectives the Government has laid emphasis on balanced development and optimum utilization of all indigenous resources including coal. The International Energy Development Corporation whose services were commissioned by the Government of Pakistan to prepare 6th Five Year Energy Plan have recommended that due attention should be devoted to the development of coal resources for power generation, process heat and house-hold use.

The total available reserves in the areas presently in operation have been tentatively estimated at over 500 million tonnes. These estimates are however conservative as the coal bearing formations extend over a very large area in Sind, Baluchistan and NWFP which have not been explored and evaluated so far. It is estimated that the total reserves in the known coal fields if properly evaluated through drilling would be twice as much as the current estimates. In addition a new coal field has been discovered in Sind where the initial geological investigations have indicated the presence of 500 million tonnes of coal. Another 170 million tonnes are reported to occur in two coal fields of Baluchistan which have not yet been subjected to detailed geological investigations. The total reserves are therefore of the order of 1173 million tonnes which are equivalent to 526.56 million tonnes of oil in terms of calorific value.

#### 7. LAKHRA COAL:

The size of both proven and indicated reserves (500 million tonnes) is large enough to support the proposed short term and long term demands for coal in the country. Nearly half of the available reserves exist at Lakhra, district Dadu, Sind which is by far the largest known coal field covering an area of nearly 480 Sq. Kilometers. The total reserves in an area of abt. 200 Sq. Kilometers explored so far are of the order of 240 million tonnes.

#### 8. QUALITY OF LAKHRA COAL:

The coal found at Lakhra is lignitic, dark brown to dull black in colour. It is friable in nature and contains irregularly distributed flakes and films of

Cont'd.....

resin, pyrite, marcasite. Gypsum veins are also associated at places. The moisture content varies from 5.5 to 14.6% calorific value ranges from 3500 to 5860 Kcal/Kg. and average sulphur content is 6%. The ratio of inorganic to organic sulphur is 66 to 34. The analytical data of Lakhra coal is attached at annexure-I.

The coal is high in ash and sulphur content. The burning as such will result in pollution of air with sulphur oxides, nitric oxides and fly ash. It is the main constraints on commercial utilization of these extensive deposits. Considering the limited utilization of Lakhra coal as compared with the magnitude of the deposits PMDC commissioned the services of M/s. Sanderson and Porter Inc. USA in 1976 to conduct feasibility studies on the coal to determine its various uses. The studies conducted on semi-pilot plant, scale indicated that :-

1. The Lakhra coals can serve as a fuel to a thermal power generating plant. These may be burnt with the addition of lime stone to neutralize the sulphur content of the fuel. The slag may be a candidate material for feed to cement kiln by adjusting  $Fe_2O_3 / CaO + MgO$  ratio.
2. The economic parameters justify further investigations of the feasibility of carburizing Lakhra coal to remove fixed gas and tar liquids. The char can be fired directly from carburizer in cyclone burners or in fluid bed furnace.
3. Lakhra coal can be formed into briquettes with lime stone or lime to produce a hard briquettes which on combustion will report the sulphur to ash.
4. The briquettes with clean burning properties can be made from washed Lakhra coal with 20% ash content. Costs appear to be in range to permit market development for industrial and domestic fuel.

Cont'd.....

5. Lakhra coal can be washed to reduce pyritic sulphur and ash.

The report on washability and agglomeration is attached as annexure-II and III.

9. Purpose and Scope:

It is proposed to conduct comprehensive studies of the potential for coal substitution in the industrial sector as well as to examine the feasibility of process heat installations of all industrial units with a view to determining their suitability for coal uses. One of the objectives is to develop low cost smokeless briquettes to substitute 0.26 million Tpc of kerosene oil if compared in respect of heat equivalent. With proper marketing this product can be distributable widely for domestic uses and could ease pressure on kerosene oil and fuel wood supplies.

Under this scheme it is proposed to conduct the following detailed techno-economic feasibility studies on pilot plant scale:-

- (i) Desulphurization of coal and development of an economic process for its utilization in power plants and cement industries.
- (ii) Production of 300,000 tonnes of smokeless briquettes from Lakhra coal for domestic uses.
- (iii) Investigations of the feasibility of carburizing Lakhra coal to remove fixed gas and tar liquids.

Scope of work:

- (i) Review and evaluation of reports available on Lakhra coal and production of smokeless fuel.
- (ii) Desulphurization studies on pilot plant scale and preparation of flow diagram.
- (iii) Pilot plant scale tests with a view to evolving an economic process for commercial utilization of Lakhra coal in power plants and cement industries.

Cont'd.....

9



- (iv) Studies on pilot plant scale for production of 300,000 tonnes of smokeless briquettes from Lakhra coal with or without binding material.
- (v) Studies on pilot plant scale to determine the washing characteristics of Lakhra coal and preparation of flow diagram.
- (vi) Evaluation of the results of the above studies and preparation of detailed feasibility report indicating economic size of the plants, estimated capital investment, operating costs, market feasibility and other techno-economic parameters.

**10. MANNER OF IMPLEMENTATION  
AND SOURCE OF FINANCING:**

Since the research facilities are not available locally it will be necessary to commission the services of an specialized foreign agency preferably under foreign technical assistance programme. A coal expert from the foreign agency to be selected for this purpose will visit Pakistan to undertake the following jobs:-

- i) To review and evaluate the data available on coal and the studies carried out so far.
- ii) To collect requisite data for feasibility study.
- iii) To collect representative samples of coal for pilot plant tests in foreign country.
- iv) Raw material resource analysis.

In case the services are made available under foreign technical assistance programme, the foreign exchange cost will be financed by the donor country otherwise the entire cost including foreign exchange component will be met through A.D.P. allocations.

**11. JUSTIFICATION OF THE SCHEME:**

(i) The scheme is aimed at improving the quality of coal to make it suitable for use in power plants and cement factories which are at present based on natural gas. If the techno-economic feasibility is established it will be possible to substitute natural gas which can be used in petro-chemical

Cont'd.....

industries. The use of coal in industries and power plants will release pressure on the demands for natural gas and furnace oil.

(ii) The desulphurized coal will provide the substitute in the southern region where there are large reserves of coal and where the demand for natural gas is large.

12. FINANCIAL JUSTIFICATION:

By investing a relatively small amount it will be possible to determine the use of sizeable deposits of coal in the country. The smokeless fuel will substitute nearly 0.26 million TOE of kerosine oil resulting in considerable saving of foreign exchange. With the use of coal in cement industries and power plants it will be possible to conserve natural gas for high value uses.

13. ECONOMIC ADVANTAGES:

The increased utilization of coal will provide an impetus to the development and expansion of the coal mining industry which is labour intensive. It will therefore provide employment opportunities to a large number of people in the under-developed areas of the country.

Repercussions of the scheme:

As at Sr. No.10,11 and 12.

Estimated Cost(in million Rs.)

<u>Local</u>	<u>Foreign</u>	<u>Total</u>
0.20	2.80	3.00

(Details attached at annexure-I).

ANNEXURE-1.

DETAILS OF EXPENDITURE.

( Rs. in thousand )

	<u>Local</u>	<u>Foreign</u>	<u>T o t a l</u>
1. Collection of data and review of the available report.	10.00	300.00	310.00
2. Collection of coal samples, packing and shipment.	30.00	-	30.00
3. Laboratory and pilot plant tests in foreign research institute- Consultancy charges.	-	2500.00	2500.00
4. Administrative and supervision charges.	100.00	-	100.00
5. Miscellaneous exp.	60.00	-	60.00
<b>Total:-</b>	<b>200.00</b>	<b>2800.00</b>	<b>3000.00</b>

DEASHING & DESULFURIZATIONINTRODUCTION

Coal is a very heterogeneous material. It is composed of a mixture of combustible metamorphosed plant remains, sedimentary rock, and various minerals. These coal components are generally evident at a coal face as a banding or layering effect and in some cases as a mineral filling of fractures. During mining, these components are broken up and mixed. The purpose of coal cleaning or preparation is to unmix the raw coal to produce a product for utilization and a reject for disposal. Coal cleaning is frequently directed at the lowering of ash and/or the lowering of sulfur, which is a major detriment in Pakistan coals. In some cases, coal cleaning is also undertaken to improve coking properties.

Coal preparation techniques exploit some difference in physical or chemical properties between the various coal components to effect a separation. The properties which are exploited in conventional coal preparation are specific gravity, surface chemistry, and friability. Specific gravity is the primary coal property which is exploited by common separation equipment such as dense medium vessels, dense medium cyclones, water only cyclones, wet concentrating tables and jigs. Because specific gravity concentration is commonly used in coal preparation, extensive laboratory specific gravity separations were performed on the Sharigh and Lakhra coals. These tests were done in the manner of a washability study in which a coal sample was exposed to successively higher specific gravity solutions. The float material was analysed at each step and the sink material passed on to the next higher specific gravity solution. The float and sink were both analysed after separation at the highest gravity used in the test.

The property of surface chemistry is utilized for separation with various types of flotation equipment. Flotation was not evaluated as a separation technique for the Sharigh and Lakhra coals because it is the least commonly used of the conventional systems and the costs involved to grind and clean the entire run-of-mine coal is considered prohibitive. There are two basic problems involved in the

P/2.....

use of flotation as a separation mechanism; pyrite cannot be removed except under highly controlled laboratory conditions and a very fine (generally minus 28 mesh) size coal is required as feed. In modern practice, only the naturally occurring fines are ever considered for treatment by flotation and then only for washing and clarification purposes. The general use of flotation for sulfur removal is not considered commercially practical because of the grinding requirements.

#### METHODS, PROCEDURES AND EQUIPMENT

##### Washability

The coal (after grinding and screening as required) was placed in a container holding an organic liquid of 1.25 specific gravity, mixed with the fluid and allowed to stand until the separation was complete. The sink was passed on to a second container holding an organic liquid with a specific gravity of 1.30 and the float was collected and stored. This cycle was continued through liquids with gravities of 1.40, 1.50, and 1.60. After the separation at gravity 1.60, both the float and sink were collected.

All of the coal samples (5 floats and 1 sink for each test coal) were placed in an air sweep drying oven set at 15°C above ambient temperature. After drying, the samples were crushed in a jaw crusher (this step was omitted for the finer mesh sizes) and pulverized to minus 60 mesh for analysis.

#### RESULTS AND DISCUSSION

##### Washability

The primary dependent criteria of coal separation based on specific gravity are the amount of yield, and the ash and sulfur content of the yield. A general rule is that for a given single-pass gravity separation, the reduction of ash and sulfur content results in a reduction in yield. However, for a given coal, one type of gravity process may be much more efficient than another, especially at low separation gravities. This fact illustrates the importance of determining the washability characteristics of the coal to be separated. However, it must be realized that the sink-float information gathered in a laboratory

P/3.....

washability study cannot be completely duplicated by commercial gravity separation equipment. The failure in duplication may range from slight when cleaning plus 48 mesh coal in heavy media cyclones, to intermediate when cleaning a full size range in a jig, to great when cleaning minus 48 mesh in hydrocyclones or on concentration tables.

Figures 1 through 25 display the results of extensive washability studies on the Lakhra and Sharigh coals. Each figure contains four curves labeled either A, B, C, or D. Curve A is the cumulative float (or yield) ash versus the percent yield. This curve can be used either to determine the amount of ash at a given yield or vice versa. Curve B is the cumulative float sulfur versus percent yield and can be utilized in a similar manner to Curve A. Curve C is the specific gravity of separation versus the percent yield and denotes the percent float for a separation at a given gravity. Curve D is a plot of the percent of the raw coal which is within  $\pm 0.10$  specific gravity of the gravity of separation (near gravity material).

The amount of near gravity material at the gravity of separation is very important in designing a preparation facility because this parameter indicates the difficulty of separation at a given gravity. For example, less than seven percent of near gravity material at the gravity of separation indicates a simple separation. In such a case it is not necessary to utilize a process which provides a sharp separation (such as heavy media) and all water processing may be indicated. Most all water processes, where applicable, are generally less expensive than heavy media processes in terms of cost per ton of coal processed. A general rule which may be applied is that when dealing with conditions where there is seven percent or less near gravity material, straight water processes (jigs or tables) are indicated, if water processing can provide a sufficiently low ash and sulfur content in the yield and if the yield is satisfactory. This arbitrary limit of seven percent near gravity material is sometimes increased to ten percent or in rare cases stretched even higher, but the seven percent limit is consistent with prudent engineering practice.

P/4.....

- 4 -

A second consideration in the use of all water processing is the desired gravity of separation. Generally all water processes begin to fail below a gravity in the range of 1.90 to 1.55 and if a lower gravity of separation is required, heavy media is again indicated.

When heavy media is utilized, consideration should be given to the possibility of reprocessing the middling or sink portion of the feed coal. Reprocessing the middlings may be especially attractive if the first gravity of separation was very low, causing a low yield. In such a case, the middlings can be reprocessed at a higher gravity to produce a second fuel product of a lower grade, but quite suitable for certain purposes. Such practice is common and assures a very high recovery.

The following table titled "Potential for All Water Processing" is a summation of the project effects of all water processing on the test coals. In a few cases a realistic projection was not possible and these tests are not included in the table. In general, if the yield, ash, and sulfur values on the table are acceptable for a given coal sample, then all water processing should be considered providing that the gravity of separation is above (in the instance of Pakistan coals) 1.65. If the ash or sulfur values found on the table are too high or if the gravity is below 1.65, then heavy media processing may be indicated. A more detailed evaluation of the results of this washability study indicate the permissible parameters of the cleaning process. The necessary information is included in this report to allow a selection of the goals and limitations of the proposed plant to make the desired separations.

#### RECOMMENDATIONS AND CONCLUSIONS

##### Washability

A discussion of the results of the washability study is included in the section titled "Results and Discussion." Sufficient specific data is presented to define the limits of ash and sulfur as a function of yield for the washability of Sharigh and Lakhra coals. Once the selection is made for recovery, then the permissible sulfur and ash can be determined as well as the difficulty of separation.

Potential for All Water Processing\*  
(Seven Percent Near Gravity Material)

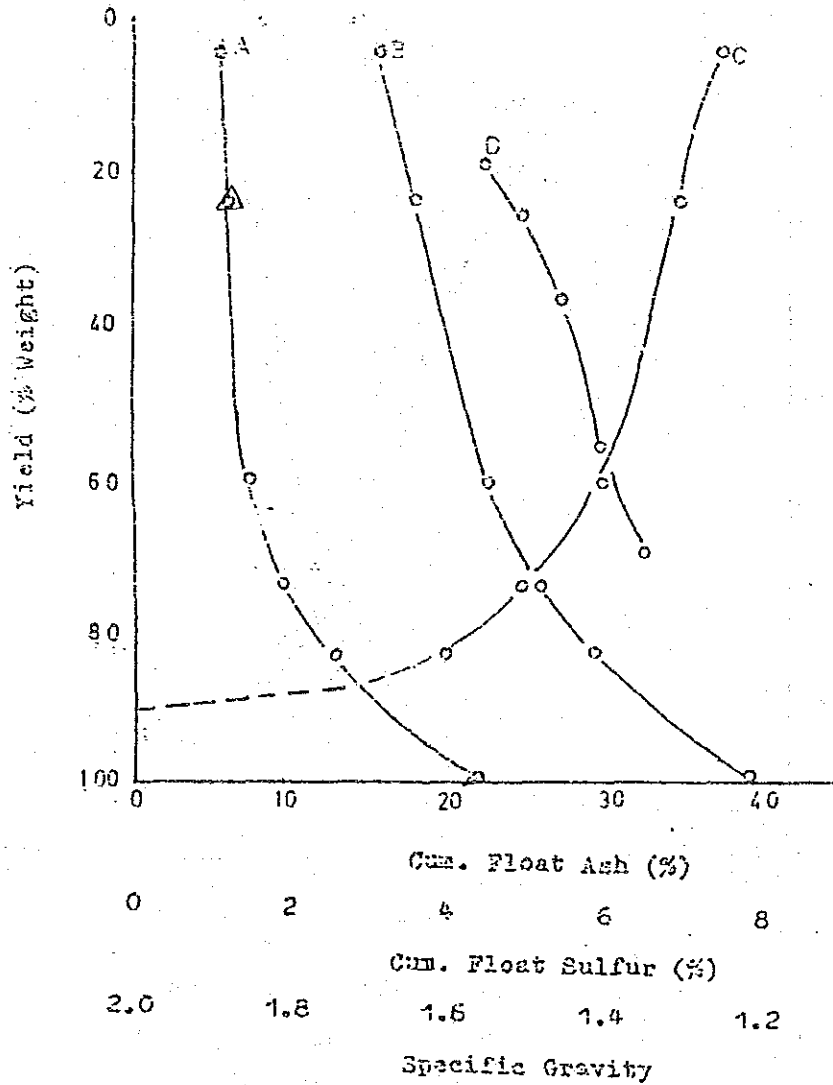
Coal Sample	Tyler Mesh size	Separation Gravity	Percent Yield	Percent Ash	Percent Sulfur
Lakora WMI	Combined	1.63	84	13.1	5.9
Lakora HIM3	Combined	1.71	93	14.8	8.7
Lakora WMI	+3	1.69	86	15.4	6.1
Lakora WMI	3 x 14	1.64	87	11.7	6.1
Lakora WMI	14x 28	1.91	93	17.6	7.0
Lakora WMI	28x 48	1.58	72	11.9	5.6
Lakora WMI	48x 100	1.63	64	10.8	5.4
Lakora HIM3	+3	1.58	94	20.0	5.6
Lakora HIM3	3 x 14	1.62	91	20.0	5.7
Lakora HIM3	14x 28	1.82	96	25.3	5.8
Lakora HIM3	28x 48	1.58	76	19.1	5.2

\* Note: Estimates of results for sizes finer than approximately 48 mesh should be regarded as extremely general.



BAKERA WASH COMBINED TOTALS OF SIZED FRACTIONS

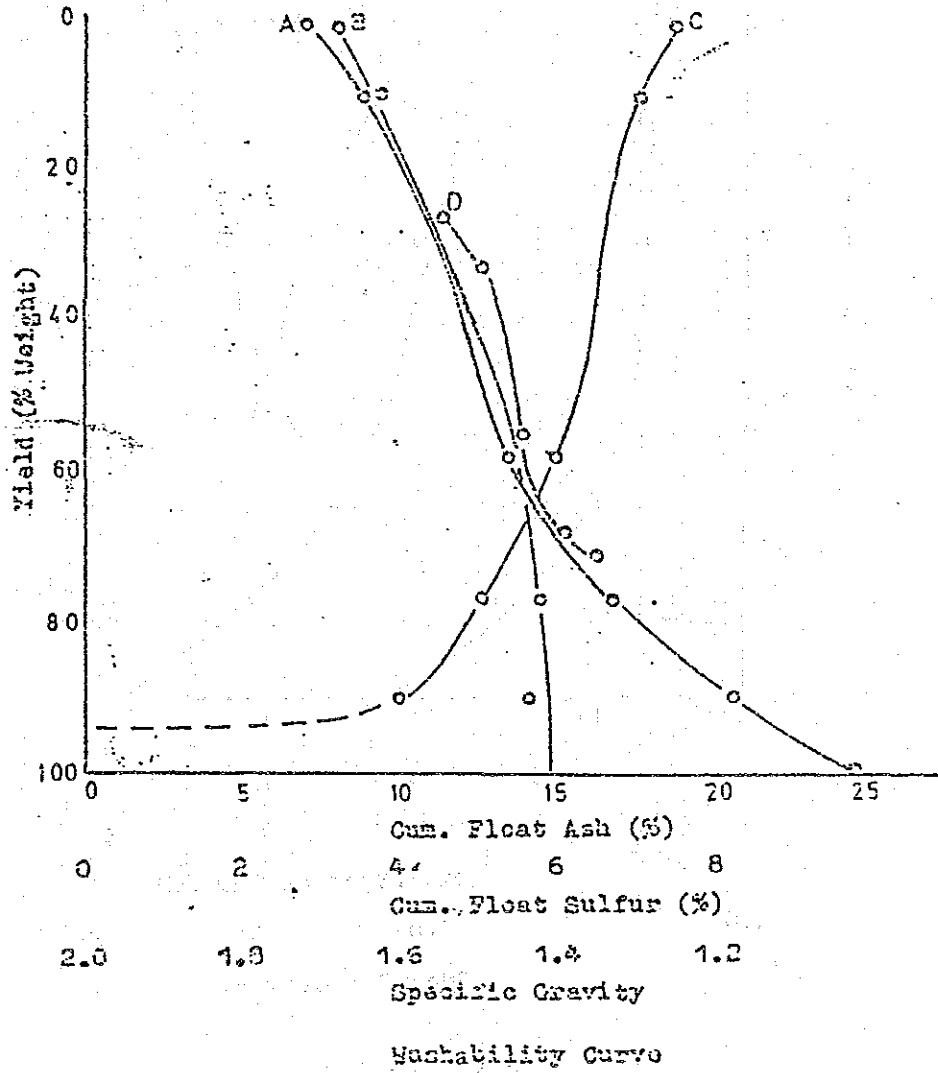
- A. Cum. Float Ash vrs. Yield
- B. Cum. Float Sulfur vrs. Yield
- C. Specific Gravity vrs. Yield
- D. ± 0.10 Near Gravity Material



Washability Curve

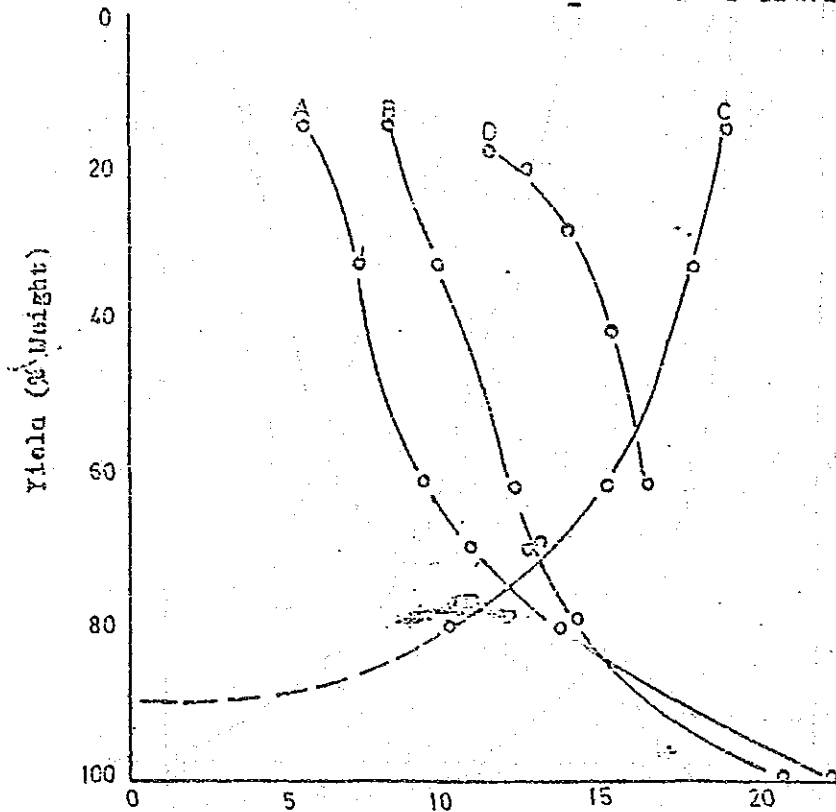
LAKHNA HINE COMBINED TOTALS OF SEED FRACTIONS

- A. Cum. Float Ash vs. Yield
- B. Cum. Float Sulfur vs. Yield
- C. Specific Gravity vs. Yield
- D. 0.10 Near Gravity Material



LATERA WMI +3 MESH TYLER

- A. Cum. Float Ash Vrs. Yield
- B. Cum. Float Sulfur Vrs. Yield
- C. Specific Gravity Vrs. Yield
- D.  $\pm 0.10$ -Near Gravity Material

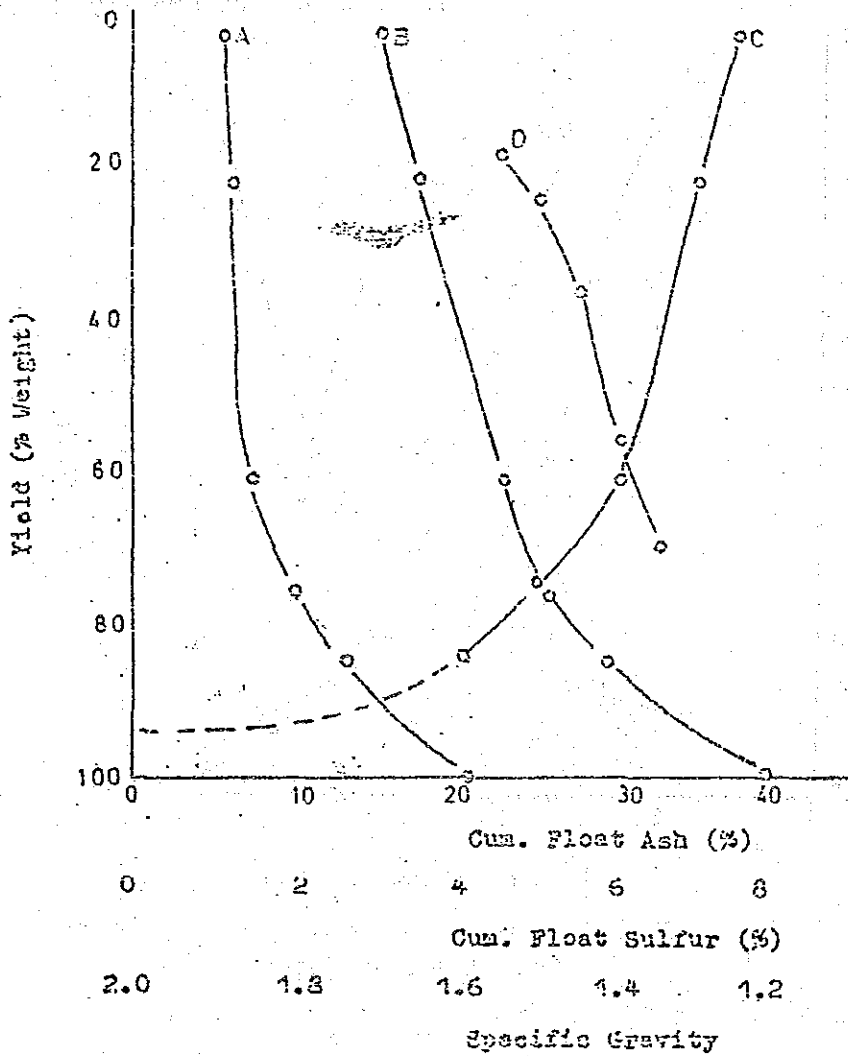


	0	2	4	6	8
Cum. Float Ash (%)					
Cum. Float Sulfur (%)					
Specific Gravity	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2

Stability Curve

LABORATORY DATA SHEET

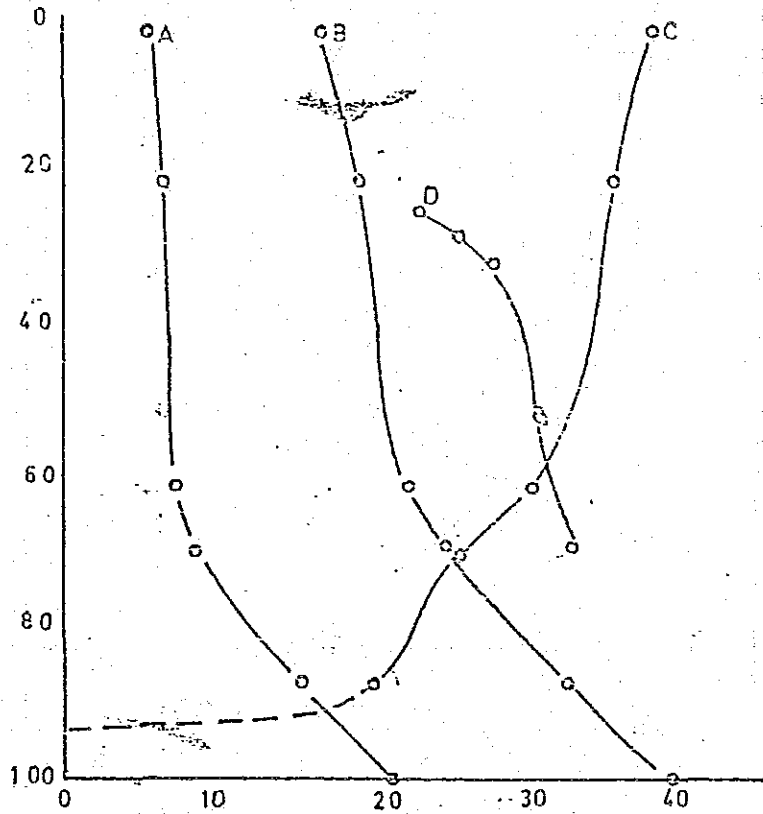
- A. Cum. Float Ash vrs. Yield
- B. Cum. Float Sulfur vrs. Yield
- C. Specific Gravity vrs. Yield
- D. ± 0.10 Near Gravity Material



Washability Curve

LAFRA WHI 64228 MESH FINDER

- A. Cum. Float Ash vs. Yield
- B. Cum. Float Sulfur vs. Yield
- C. Specific Gravity vs. Yield
- D. ± 0.10 Near Gravity Material



Cum. Float Ash (%)

0      2      4      6      8

Cum. Float Sulfur (%)

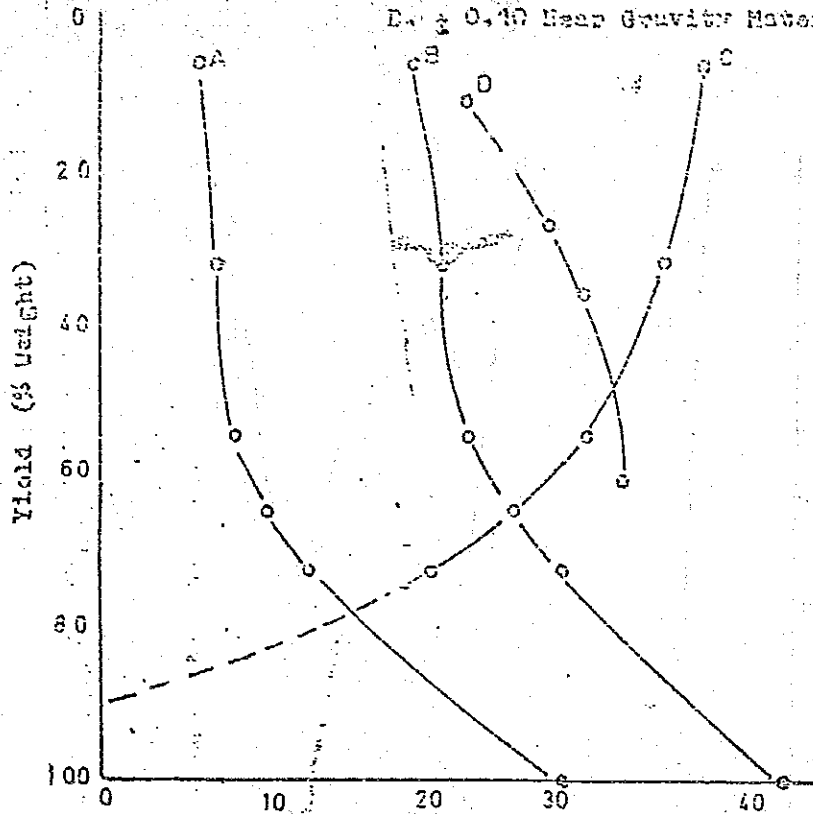
2.0      1.8      1.6      1.4      1.2

Specific Gravity

Washability Curve

WASHABILITY CURVE

- A. Cum. Float Ash vs. Yield
- B. Cum. Float Sulfur vs. Yield
- C. Specific Gravity vs. Yield
- D. 0.10 Mesh Gravity Material



Cum. Float Ash (%)

4      5      8

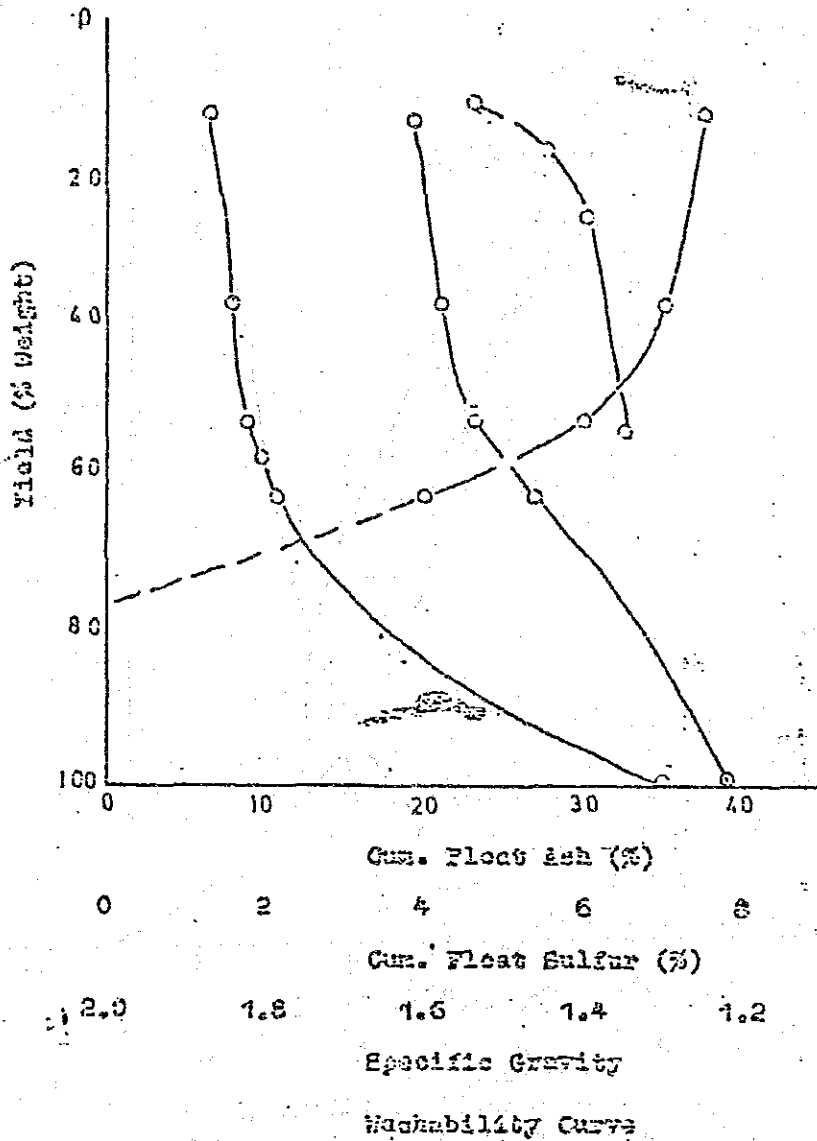
Cum. Float Sulfur (%)

1.6      1.4      1.2

Specific Gravity

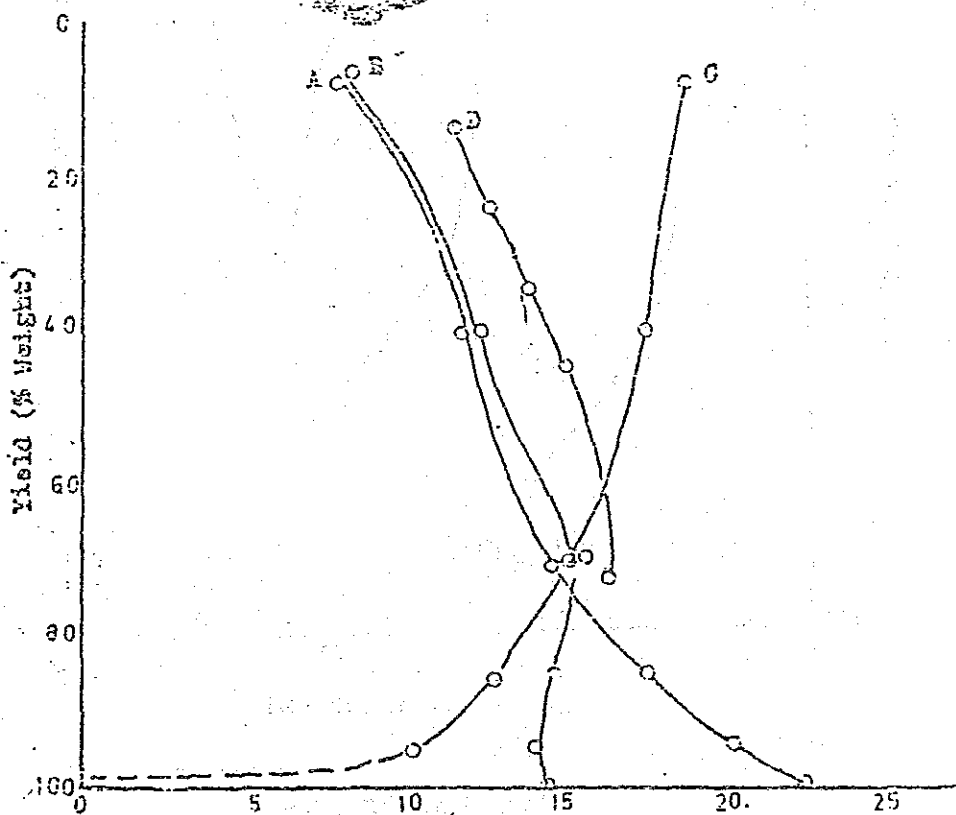
Washability Curve

- A. Cum. Float Ash vs. Yield
- B. Cum. Float Sulfur vs. Yield
- C. Specific Gravity vs. Yield
- D.  $\pm 0.10$  Heavy Gravity Material



BATHFA HENS #3 HEAR TIDERS

- A. Cum. Float Ash vs. Yield
- B. Cum. Float Sulfur vs. Yield
- C. Specific Gravity vs. Yield
- D. ± 0.10 Near Gravity Material

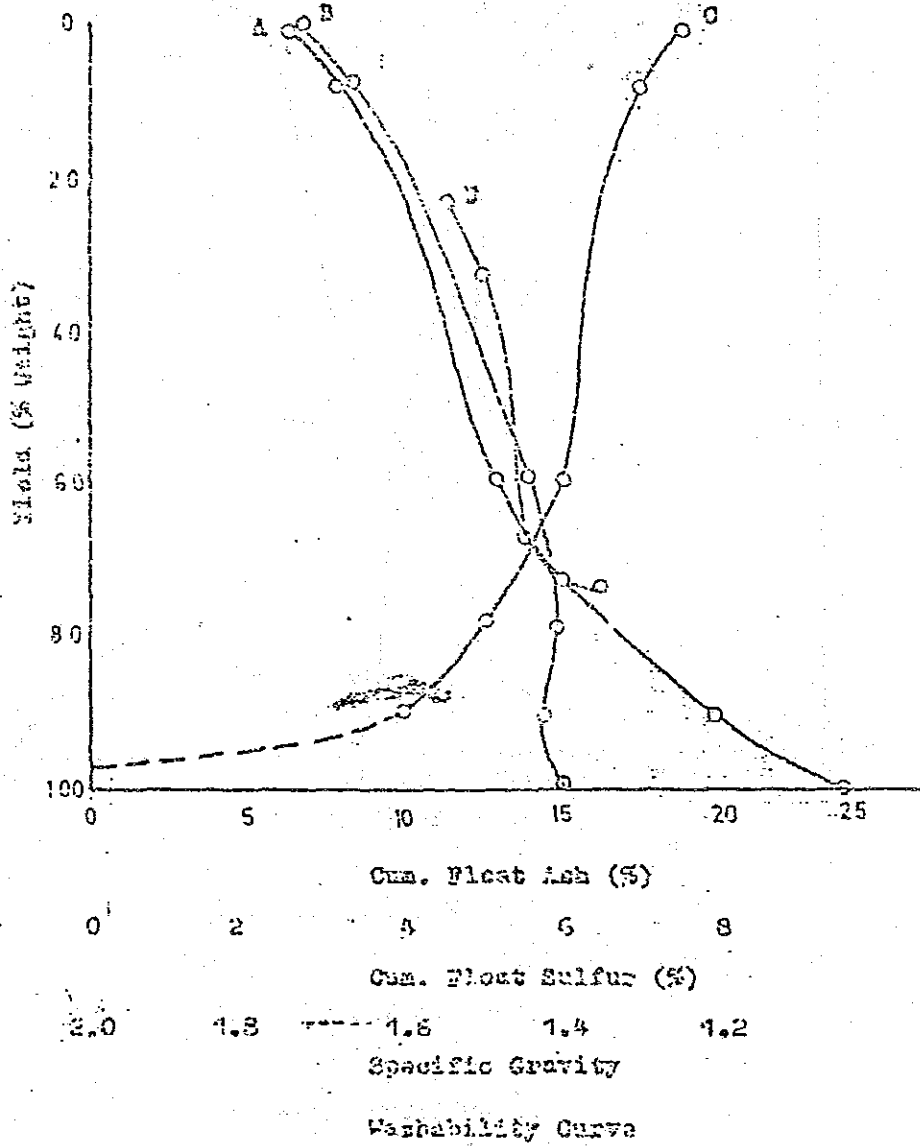


	2	4	6	8
Cum. Float Ash (%)				
Cum. Float Sulfur (%)	2.0	1.8	1.5	1.2
Specific Gravity				



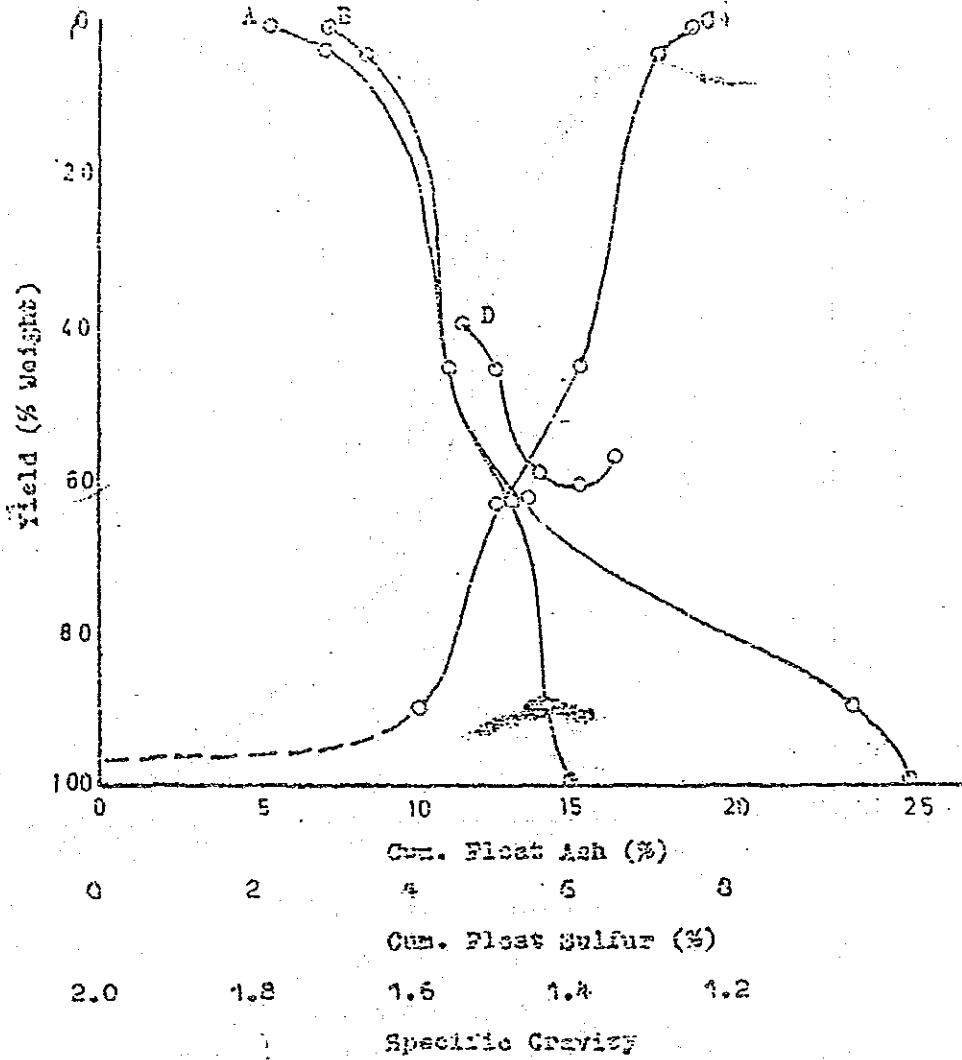
LAMBDA HUND DATA WASHABILITY CURVE

- A. Cum. Float Ash vs. Yield
- B. Cum. Float Sulfur vs. Yield
- C. Specific Gravity vs. Yield
- D. = 0.10 Near Gravity Material



LAFORGE HUNGARY GRAVE MINER CYLINDER

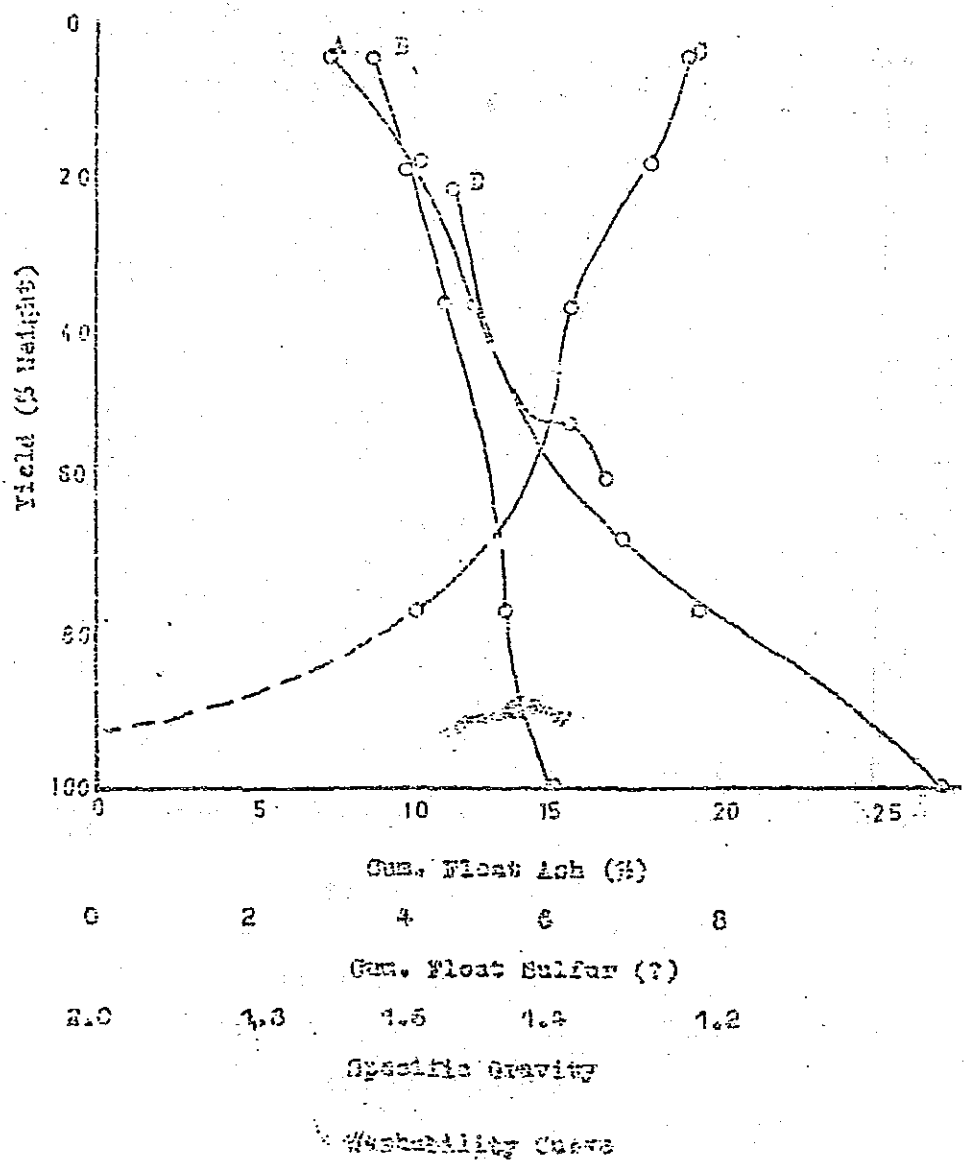
- A. Cum. Float Ash vs. Yield
- B. Cum. Float Sulfur vs. Yield
- C. Specific Gravity vs. Yield
- D. + 0.10 Spec. Gravity Material



Washability Curve

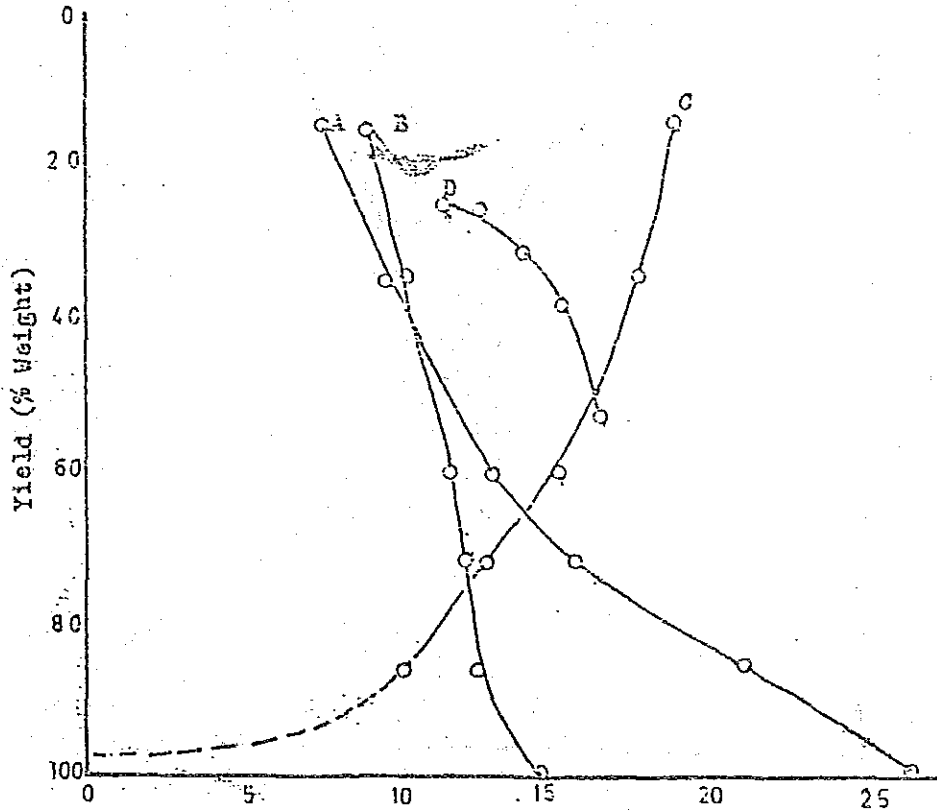
LANTHA NEWB DUXPS RESEARCH

- A. Gum. Float Ash- $\gamma$  vs. Yield
- B. Gum. Float Sulfur  $\gamma$  vs. Yield
- C. Specific Gravity  $\gamma$  vs. Yield
- D.  $\gamma$  G. 10 Near Gravity Horizontal



LATHRA HIN 3 48X100 MESH TYLER

- A. Cum. Float Ash vs. Yield
- B. Cum. Float Sulfur vs. Yield
- C. Specific Gravity vs. Yield
- D. ± 0.70 Near Gravity Material



		Cum. Float Ash (?)				
		0	2	4	6	8
		Cum. Float Sulfur (%)				
		2.0	1.3	1.6	1.4	1.2
		Specific Gravity				
		Washability Curve				

FINELY GROUND SAMPLES  
Lakhra Coal Sample HIM3 (1.60 Float)

	I			II			III					
	+100 Mesh	-100 Mesh	+200 Mesh	-200 Mesh	+325 Mesh	-325 Mesh	+100 Mesh	-100 Mesh	+200 Mesh	-200 Mesh	+325 Mesh	-325 Mesh
Ash	= 20.8	23.6	19.4	24.5	20.1	25.0						
Total S	= 5.42	6.32	5.27	6.45	5.43	6.50						
Sulfate S	= 0.23	0.13	0.26	0.27	0.27	0.28						
Pyritic S	= 2.51	3.21	2.29	3.56	2.51	3.50						
Total Inorganic S	= 2.74	3.52	2.55	3.83	2.78	3.73						
Organic S	= 2.68	2.80	2.72	2.62	2.65	2.72						

Note: Samples - I, II, III were ground so that 80% passed the 100, 200 and 325 mesh screens respectively.

Description	Specific Gravity	Weight Grams	Weight Percent	Ash Percent	Sulfur Percent	Cumulative		
						Weight Percent	Ash Percent	Sulfur Percent
WHI Lakhru	1.25 Ft.	184	4.5	5.3	3.15	4.5	5.3	3.15
	1.25-1.30 Ft.	778	19.2	6.0	3.72	23.7	5.9	5.61
	1.30-1.40 Ft.	1491	36.8	8.4	5.13	60.5	7.4	4.53
	1.40-1.50 Ft.	545	13.5	17.9	7.85	74.0	9.3	5.13
	1.50-1.60 Ft. 1.60 sink	369 683	9.1 16.9	40.1 63.2	11.93 17.47	83.1 100.0	12.7 21.2	5.88 7.84
HIM3 Lakhru	1.25 Ft.	52	1.8	7.1	3.24	1.8	7.1	3.24
	1.25-1.30 Ft.	253	8.9	9.2	3.77	10.7	8.8	3.68
	1.30-1.40 Ft.	1343	47.3	14.5	5.88	58.0	13.5	5.47
	1.40-1.50 Ft.	526	18.5	26.9	6.79	76.5	16.7	5.79
	1.50-1.60 Ft. 1.60 sink	370 294	13.1 10.4	41.7 61.4	4.81 8.75	89.6 100.0	20.4 24.6	5.65 5.97

Description	Specific Gravity	Weight Grams	Weight Percent	Ash Percent	Sulfur Percent	Cumulative		Cumulative	
						Weight Percent	Sulfur Percent	Ash Percent	Sulfur Percent
WMI Iakhra +3 Mesh	1.25 Ft.	17	14.0	5.5	3.23	14.0	5.5	3.23	3.23
	1.25-1.50 Ft.	22	18.0	7.4	4.39	32.0	6.6	3.83	3.83
	1.30-1.40 Ft.	36	29.5	11.6	5.92	61.5	9.0	4.86	4.86
	1.40-1.50 Ft.	10	8.2	22.8	7.33	79.7	10.6	5.15	5.15
	1.50-1.60 Ft. 1.60 Sink	12 25	9.8 20.5	33.5 55.3	8.01 18.84	100.0	22.0	8.23	8.23
WMI Iakhra 3x14 Mesh	1.25 Ft.	126	3.9	5.0	2.97	3.9	5.0	2.97	2.97
	1.25-1.30 Ft.	595	18.6	5.7	3.59	22.5	5.6	3.48	3.48
	1.30-1.40 Ft.	1240	38.7	8.3	5.14	61.2	7.3	4.53	4.53
	1.40-1.50 Ft.	472	14.8	18.0	7.87	76.0	9.4	5.18	5.18
	1.50-1.60 Ft. 1.60 Sink	272 497	8.5 15.5	39.8 62.1	11.92 18.30	100.0	20.1	7.79	7.79
WMI Iakhra 14x28 Mesh	1.25 Ft.	8	2.1	5.5	3.28	2.1	5.5	3.28	3.28
	1.25-1.30 Ft.	73	19.0	6.3	3.85	21.1	6.2	3.79	3.79
	1.30-1.40 Ft.	152	39.6	7.7	4.72	60.7	7.2	4.40	4.40
	1.40-1.50 Ft.	36	9.4	14.8	7.57	70.1	8.2	4.82	4.82
	1.50-1.60 Ft. 1.60 Sink	65 50	16.9 13.0	43.7 60.4	12.99 16.92	100.0	15.1	6.41	6.41
WMI Iakhra 28x48 Mesh	1.25 Ft.	11	6.7	5.5	3.79	6.7	5.5	3.79	3.79
	1.25-1.30 Ft.	43	26.1	7.1	4.22	32.8	6.8	4.13	4.13
	1.30-1.40 Ft.	37	22.4	9.0	4.97	55.2	7.7	4.47	4.47
	1.40-1.50 Ft.	17	10.3	18.7	7.99	65.5	9.4	5.03	5.03
	1.50-1.60 Ft. 1.60 Sink	12 45	7.3 27.2	38.4 66.3	11.32 15.96	100.0	12.3	5.65	5.65
WMI Iakhra 48x100 Mesh	1.25 Ft.	22	12.5	6.3	3.79	12.5	6.3	3.79	3.79
	1.25-1.30 Ft.	45	25.4	8.4	4.42	37.9	7.7	4.21	4.21
	1.30-1.40 Ft.	26	14.7	11.3	5.63	52.6	8.7	4.61	4.61
	1.40-1.50 Ft.	10	5.6	18.6	8.08	58.2	9.7	4.94	4.94
	1.50-1.60 Ft. 1.60 Sink	8 66	4.5 37.3	34.5 74.9	10.60 12.16	100.0	11.4	5.35	5.35

Description	Specific Gravity	Weight Grams	Weight Percent	Ash Percent	Sulfur Percent	Cumulative	
						Weight Percent	Ash Percent
HIM3	1.25 Ft.	8	7.7	7.7	3.22	7.7	3.22
Lakhra	1.25-1.30 Ft.	34	32.7	12.5	5.19	40.4	4.81
+3 Mesh	1.30-1.40 Ft.	32	30.7	18.0	7.69	71.1	6.06
	1.40-1.50 Ft.	14	13.5	31.8	4.82	84.6	5.86
	1.50-1.60 Ft.	10	9.6	45.0	3.20	94.2	5.59
	1.60 Sink	6	5.8	60.0	8.34	100.0	5.75
HIM3	1.25 Ft.	11	0.5	6.2	2.66	0.5	2.66
Lakhra	1.25-1.30 Ft.	159	7.5	8.0	3.36	8.0	3.32
3x14 Mesh	1.30-1.40 Ft.	1157	51.0	13.7	5.98	59.0	5.62
	1.40-1.50 Ft.	435	19.2	27.5	7.02	78.0	5.98
	1.50-1.60 Ft.	267	11.8	40.7	4.31	90.0	5.75
	1.60 Sink	226	10.0	62.8	8.63	100.0	6.03
HIM3	1.25 Ft.	3	1.3	5.1	2.78	1.3	2.78
Lakhra	1.25-1.30 Ft.	7	2.9	7.7	3.57	4.2	3.33
14x28 Mesh	1.30-1.40 Ft.	98	41.2	11.2	4.43	45.4	4.33
	1.40-1.50 Ft.	42	17.6	18.9	7.43	63.0	5.19
	1.50-1.60 Ft.	63	26.5	42.6	6.61	89.5	5.61
	1.60 Sink	25	10.5	55.8	8.62	100.0	5.93
HIM3	1.25 Ft.	2	4.7	7.2	3.43	4.7	3.43
Lakhra	1.25-1.30 Ft.	6	14.0	11.1	4.18	18.7	3.99
28x48 Mesh	1.30-1.40 Ft.	8	18.6	13.6	4.77	37.3	4.38
	1.40-1.50 Ft.	13	30.2	22.4	6.08	67.5	5.14
	1.50-1.60 Ft.	4	9.3	36.4	5.60	76.8	5.20
	1.60 Sink	10	23.2	53.3	7.86	100.0	5.81
HIM3	1.25 Ft.	28	14.9	7.4	3.51	14.9	3.51
Lakhra	1.25-1.30 Ft.	37	19.7	11.4	4.29	34.6	3.95
48x100 Mesh	1.30-1.40 Ft.	48	25.5	16.9	5.47	60.1	4.60
	1.40-1.50 Ft.	22	11.7	29.5	5.67	71.8	4.77
	1.50-1.60 Ft.	26	13.8	49.2	6.11	85.6	4.99
	1.60 Sink	27	14.4	58.3	10.30	100.0	5.75



## BRICQUETTING FOR SMOKELESS FUEL

### Agglomeration

A final coal preparation system which was evaluated involved both conventional and unconventional aspects. The purpose of this system was to produce a sweet-smelling, smokeless, briquetted fuel. Briquetting of coal is a well developed process involving crushing the coal, mixing it with a binder and pressing it into briquettes. However, simple briquetting alone will not reduce smoke and odor emissions. In order to reduce emissions, the sulfur content of the coal was lowered by gravity separation and lime was added before briquetting to retain the remaining sulfur.

The primary purpose of this study is to reduce the ash and sulfur content of the Lakhra and Sharigh coals enough to produce a high grade fuel such as would be required for power plant, commercial and metallurgical applications. However, some attention was given to the possibility of using these coals as an organic chemical feedstock. This work involved both devolatilization studies using a fluidized bed and liquifaction studies in a Parr pressure vessel. Successful devolatilization would produce a char which could be briquetted to produce an acceptable fuel. Liquif-cation is a conversion process which also has a good potential for producing an acceptable fuel.

### Bricquetting and Smokeless Fuel

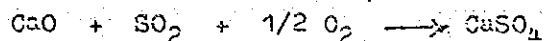
The possibility of producing a sweet (eg. non-acid) smelling, smokeless and easily briquetted fuel from two samples of Lakhra coal (WMI and HIM-3) and two samples of Sharigh coal (STS and SMS) was examined. It was found by mixing either lime or calcium carbonate with each of the coals that the desired product could be obtained. A 100 percent stoichiometric addition of lime based on the sulfur content of the Lakhra coals and 200 percent stoichiometric addition of lime based on the sulfur content of the Sharigh coals was found to be the optimum mix proportions.

A partial devalatilization of each of the coals was also carried out in order to determine the potential of each of these coals for organic chemical feedstocks with the resultant residue being used in the production of a sweat (eg. non-acid) smelling, smokeless and easily briquetted fuel. It was found that all four samples could

Cont'd.....

be partially devolatilized to 50 percent of the original or less volatile matter and the resultant residue briquetted into the desired fuel. The same mix proportions of 100 percent stoichiometric for the Lakhra and 200 percent for the Sharigh was used. The resultant pellets were considerably weaker in strength than the non-devolatilized coals but still acceptable as an article of commerce.

**BRIQUETTING** - In order to determine what addition of lime or limestone might produce the desired sweet-smelling, easily briquetted fuel, stoichiometric calculations were performed using the sulfur content of the 1.60 float fraction of each coal as the basis for computation. The following reaction is assumed;



Sulfur values are given below;

	Lakhra Coal		Sharigh Coal
	Sulfur % @ 1.60 float		
WMI	5.88	STS	5.56
HIM3	5.65	SMS	8.35

Due to the high sulfur and ash content of these coals, it was determined that additions of hydrated lime ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) and limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) should be kept to a minimum as increased ash content directly results from such additions. As an example, adding limestone to Sharigh coal (SMS, 8.35% sulfur) in double the quantity theoretically needed to convert all the sulfur to sulfates, i.e. 200% stoichiometric, results in an ash increase of at least 540 pounds per ton, affecting an increase from 13% ash to nearly 40%. It should be pointed out that SMS coal at 8.35% sulfur is the highest sulfur coal of these tested and therefore requires the most limestone. This example represents the maximum amount of limestone actually added for this testing program.

Since the coals to be tested were all high in ash (see table below), it was determined that a specific gravity separation at 1.60 would yield much lower ash values

	Lakhra Coal		Sharigh Coal
	Ash content % as received		
WMI	21.1	STS	22.5
HIM3	24.6	SMS	33.6

Cont'd....

at reasonable recovery rates (See Washability Section).  
Ash values were reduced as shown below:

Lakhra Coal		Sharigh Coal	
Ash content % 1.60 float			
WMI	12.7	STS	7.6
HIM3	20.4	SM3	13.0

Experience has shown that 100% stoichiometric additions of sulfur sorbents seldom follow the theoretical postulates and that most coals, depending on firing conditions, sulfur breakdown and other parameters, often require twice or more of the theoretical quantity of lime or limestone to achieve the desired level of sulfur capture. For these reasons, stoichiometric levels of addition for both lime and limestone of 100, 150 and 200% were chosen for the initial study using a press and die to make individual pellets. The desired proportions of coal and either limestone or lime were mixed, placed in the die, and pressure applied to form the pellet.

In order to determine how strong the compacted pellets were and as a guideline in selecting optimum lime or limestone contents for full size briquettes, compressive crush strengths were determined for one pellet from each mixture using a universal testing machine.

The table below gives the results of this test:

Coal	Percent Stoichiometric Level	Crush Strength in FSI for Hydrated Lime (Ca(OH) <sub>2</sub> ) Additive	Crush Strength in PSI for Limestone (CaCO <sub>3</sub> ) Additive
Lakhra WMI	100	1740	1090
	150	600	960
	200	1130	630
HIM3	100	1400	1350
	150	1210	1210
	200	1300	1210

Calcium hydroxide additions as shown in the table resulted in pellet strengths exceeding 1000 psi in every case but one. A crush strength of 750 psi generally indicates sufficient strength to be handled and transported normally without excessive breakage or dusting.

Cont'd.....

Odor emission tests were performed by placing crushed pellets of the twenty-four coal mixtures on a nichrome screen one at a time and igniting the coal with a fisher burner. Even though two people participated in the test, no smell of sulfur dioxide was specifically noted for any of the twenty-four mixtures. A volatile matter odor was discerned for all coals, however, and was noticeably stronger in the Sharigh coals. A sweet smell, characteristic of heated lime was noticed to varying degrees for all of the mixtures. As a rule, the Lakhra pellets were harder to ignite, as were those of increasing lime or limestone content, although all pellets ignited. When untreated coals were burned, a sulfurous odor was discerned. The subjective nature of such a test does not accurately allow for the degree of odor or quantity of sulfur dioxide released upon combustion. To better determine to what degree a "sweet smelling" fuel could be produced, a test was devised in which sulfur analysis were performed on the pellets before, and the ash after, the carbon was burned off in a furnace. Using this approach, the percent of sulfur retained and that which indirectly evolved (probably as sulfur dioxide) can be accurately determined.

After combustion, the ash residues were carefully weighed, then analysed for sulfur content. By comparing the weight of sulfur in the unburned pellet with the weight of sulfur in the ash, the percentage of sulfur retained in the ash can be determined.

Sulfur retention values for coals are given in the table below;

Coal	Stoichiometric Addition %	Sulfur Retention	
		Calcium Hydroxide	Calcium Carbonate
WMI	100	48.06	53.27
	150	71.40	77.41
	200	101.50	85.26
HIM3	100	36.96	41.10
	150	69.28	63.18
	200	98.78	84.36

As can be seen from the table, in nearly every case, the percent sulfur retained varies as the amount of sulfur sorbent added. In the case of the Lakhra coals, all or nearly all of the sulfur present was retained in the ash when 200% stoichiometric calcium hydroxide was added, 101.5%

Cont'd.....

for WMI and 96.76% for HIM3. In most cases calcium hydroxide was more effective in retaining sulfur. Exceptions are noted with lower stoichiometric levels of addition in the Lakhra coals where calcium carbonate was slightly more reactive.

Ash percentages were also determined during the pellet combustion tests and are given below;

Coal	Stoichiometric Addition %	Percent Ash	
		Calcium Hydroxide	Calcium Carbonate
WMI	0	12.70	12.70
	100	25.20	25.05
	150	28.26	28.21
	200	33.66	30.65
HIM3	0	20.40	20.40
	100	29.11	28.94
	150	34.98	33.69
	200	39.72	36.55

As can be seen from the table, the percentage of ash increases as the amount of sorbent added increases. Also, calcium carbonate, in almost every case produced less residue than calcium hydroxide at the same stoichiometric level of addition.

The primary consideration in attempting to produce briquettes from treated mixtures of the four coals examined was strength. It was determined from the compressive strength data gathered on the pellets that the 100% stoichiometric calcium hydroxide mixtures would give the best results for the Lakhra coals while 200% stoichiometric calcium hydroxide mixtures were chosen for the Sharigh coals. The production of briquettes from all stoichiometric mixtures was precluded by the insufficient quantity of sample available.

For the briquetting tests, additional samples of each coal in larger (15-20 pound) quantities were obtained as before by riffing, crushing, washing at 1.50 gravity in perchlorethylene, drying and pulverizing. Preparation of the briquetting mixtures, however, required the use of a muller type mixer. This type of mixer gives complete, thorough mixing by a grinding, smearing and spatulating action.

Cont'd.....

Nearly all of the briquettes produced exhibited cracking along the midline. This occurs as a moisture release subsequent to briquetting and if more sample were available could most likely be eliminated by varying water content, roll speed, and pressure, release parameters. The briquettes produced appear to have good structural integrity and moderate strength. Samples of briquettes produced are available for inspection. It was noted during the briquetting runs that the slightly coarser Sharigh coals (which were troublesome on the hand pellet press) actually made briquettes more readily than the Lakhra coals.

The special steel drums containing the four coals were opened and the entire contents of each (approximately 40 pounds) were riffled through a sample splitting device until approximately two pound samples of each coal were obtained. A coating of fine white precipitate was noted on the coal particles as the Lakhra coal containers were opened; in addition, some rusting of the Lakhra containers was noted. The containers of Sharigh coal appeared normal. The relatively high moisture content of the Lakhra samples was apparently the cause of the oxidation. Moisture values for the four coals are reported below:

Lakhra Coal		Sharigh Coal	
WMI	26.08	STS	3.93
HIM3	27.50	SMS	3.20

Following riffling, the samples were crushed in a jaw crusher (top size 1/2 inch) then in a roll crusher (top size 1/4 inch) before being placed in a drying oven at 110°F overnight.

The roll crushed, oven dried samples were separated at 1.60 using perchlorethylene as the heavy media. The float fraction for each coal was then dried and pulverized to approximately minus 200 mesh U.S.S. (United State Sieve). During Pulverization, it was noted that the Sharigh coals produced a coarser product than the Lakhra coals, were considerably harder to grind and left a slight woody fiber residue in the pulverizer (as if a wooden matchstick had fallen into the sample). However, no such contamination had been observed.

Cont'd.....

While crushing the two pound sample of Sharigh middle seam coal, a sulfur ball measuring about 1 inch in diameter was encountered when it jammed the roll crusher. It was removed from the sample. Upon crushing the SMS coal a distinct odor of hydrogen sulfide was noted. The odor seemed strongest when coarser fractions of the coal were crushed and much less noticeable during pulverization.

During the preparation of the Lakhra coals it was noted that (although the coals seemed dry to the touch and, in a 1/4 inch by zero size were pourable and dusting) when pulverized they released water causing mild caking of the product. Care was taken with these coals that complete water removal was achieved. This was done by drying the samples for 24 hours at 115°F.

Reagent grades of calcium hydroxide and calcium carbonate were used in treating the coals to reduce the possibility of interference or decreased reactivity caused by impurities. Ten gram mixtures of pulverized coal and sulfur sorbent (calcium carbonate or hydroxide) were prepared, six mixes for each coal, a total of 24 mixes. An analytical balance accurate to 0.0001 gram was used to assure accuracy and mixing was performed using an automatic mortar and pestle. Each sample was mixed for 20 minutes to insure even distribution of the lime or limestone and the coal. Then, five one gram portions of each mixture were placed in a die and hand pressed into a pellet using a hydroaulic pellet press (Figure 5, Chapter 7). Forming loads of one ton, maintained for approximately thirty seconds, were used on mixtures of Lakhra coals while Sharigh coals required a load of approximately 1.6 ton to produce a "good" pellet. The size of the pellets produced were about 1/2 inch in diameter (surface area 0.204 in<sup>2</sup>) as indicated in figure 6, Chapter 7. Forming pressure for the Lakhra coal pellets was approximately 9800 psi; for the Sharigh, 15,630 psi.

The addition of some quantity of water is generally needed to produce a good strong briquette. For these small pellets, however, it was found that a dry mixture gave better results. The Lakhra coals formed pellets quite readily, were easy to remove from the die and smooth textured. The Sharigh coals, however, in addition to requiring the higher forming pressure mentioned earlier,

Cont'd....

were very difficult to press from the die and had a more coarse texture. This is, perhaps, a result of the larger particle size of the Sharigh coals caused by the difference in hardness and grindability mentioned previously.

One of the five pellets for each of the twenty-four mixtures was analysed for sulfur content using a LECO sulfur analyzer and another placed in an electric ruffle furnace at 1850°F for approximately one hour. Each pellet was carefully weighed and then placed on a nichrome wire screen over a platinum bowl to catch any ash particles which might fall through the screen. An oxidizing atmosphere was maintained in the furnace by circulating air to insure complete carbon burnoff. The Lakhra pellets burned evenly and produced a hard fired ash pellet. Although without structural strength, these pellets produced no fine ash and could be picked cleanly off the screen without breakage or dusting. The Sharigh pellets, however, burned violently for the first few moments after being placed in the hot furnace. The rapid escape of volatiles from these coals was in some cases violent enough to lift the pellet completely off the screen requiring additional tests to insure that all the ash remained on the screen or in the bowl. In contrast to the Lakhra coal pellets, the fired pellets of the STS coal were extremely powdery and friable. The bloated shape of one fired pellet (100% stoichiometric limestone SMS) indicated very well the effect of rapid volatile matter release. For the SMS coal, calcium hydroxide was more effective in dampening the swelling effect.

In the briquetting tests, calcium hydroxide was first dry mixed for fifteen minutes with the coal, then water was added and mixing continued for an additional twenty minutes. The quantity of water necessary was determined by adding small quantities of water and mixing until the desired consistency (determined by squeezing the mixture in the hand) was achieved. Variations in the rate of feed and the roll speed of the briquetting machine (pictured in Figure 7, Chapter 7, and Figure 1, this chapter) were then made in order to produce good briquettes. Briquettes produced are illustrated as Figures 2 through 5).



ANALYSIS OF LAMIER COAL

on Power Plant.

	As Received/ Moist Sample.	Air dried	Moisture Free.	Moisture and Ash Free.
Moisture	28.19	10.40	-	-
Ash.	14.19	17.70	19.76	-
Volatile matter.	28.72	35.83	40.00	49.88
Gross calorific value BTU/lb	7351	9184	10,250	12,770
Fuel heating value BTU/lb.	6737	8661	9,822	12,240
Fixed Carbon.	20.90	36.07	40.24	50.12

PROXIMATE ANALYSIS:

ULTIMATE ANALYSIS:

Carbon.	40.47	50.49	56.35	70.23
Hydrogen.	3.26	4.07	4.54	5.60
Sulphur	3.75	4.68	5.22	6.50
Nitrogen + Oxygen.	10.14	12.66	14.13	18.31

Bulk density of coal 56.56 Lbs per cu. ft.  
Specific gravity of coal. 0.9556 Lbs per cubic inch.

ASH ANALYSIS:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mg <sup>O</sup>	CaO	SO <sub>3</sub>	The rest.
%	%	%	%	%	%	%
31.20	25.48	24.91	7.0	1.0	6.96	1.45

Specific gravity of ash ---- 0.1149 lb per square inch.

PERCENT SULFUR RETENTION, LIME AND CRUSH STRENGTH ON  
FIRED SAMPLES OF LIME COAL.

<u>Coal</u>	<u>% Stoichiometric addition</u>		<u>% Sulfur Retention</u>		<u>% Lsh</u>		<u>Crush Strength psi</u>	
	<u>Lime</u>	<u>Limestone</u>	<u>Lime</u>	<u>Limestone</u>	<u>Lime</u>	<u>Limestone</u>	<u>Lime</u>	<u>Limestone</u>
VH1	100	100	48.06	53.27	23.20	23.03	1740	1050
	150	150	71.40	77.41	28.26	28.21	600	960
	200	200	101.5	85.26	33.66	30.65	1130	630
H1M3	100	100	36.96	41.10	29.11	28.94	1400	1350
	150	150	69.28	68.18	34.98	33.69	1210	1210
	200	200	96.73	84.36	39.72	36.55	1300	1210

FURNITURE OF ASH:

According to U.S. No. 1015

Conditions Reducing.

Initial deformation.	1490
Softening spherical	1922
Softening hemi-spherical	2264
Fluid.	2310

Conditions Oxidizing.

	1580
	2102
	2480
	2534

Air Dried.

SULPHUR.

Moisture and Ash Free.

Total Sulphur. %	Sulphate %	Pyritic Sulphur %	Ash Sulphur. %	Combustible Sulphur %	Organic Sulphur. %	Total Sulphur. %	Pyritic Sulphur %	Organic Sulphur. %
3.75	0.40	2.04	0.25	3.50	1.31	6.50	3.53	2.28

Ref: JICA Report on Laktra  
coal Mining and Power  
Station Project.

LAKTRA COAL

PROXIMATE ANALYSIS

West Open Pit.

<u>Seam</u>	<u>No.5</u>	<u>No.3</u>	<u>No.2</u>	<u>No.1</u>	<u>Average.</u>
Thickness (m)	0.96	1.20	1.53	2.91	1.65
S.G.	1.546	1.544	1.543	1.572	1.566
I.M. (%)	8.8	8.2	8.6	7.9	8.2
Ash (%)	23.8	25.2	24.5	25.7	25.1
V.M. (%)	33.8	36.1	35.2	34.5	34.8
F.C. (%)	33.6	30.5	31.7	31.9	31.9
T.S. (%)	7.33	6.68	6.53	8.14	7.51
Cal. Val. (KCal/kg)	4,713	4,561	4,566	4,579	4,592

East Open Pit.

<u>Seam.</u>	<u>No.3</u>	<u>No.2&amp;1</u>	<u>Average</u>
Thickness (m)	2.13	2.61	2.37
S.G.	1.447	1.526	1.491
I.M. (%)	12.3	10.7	11.4
Ash (%)	17.1	24.2	21.1
V.M. (%)	35.5	34.0	34.7
F.C. (%)	35.0	31.1	32.8
T.S. (%)	5.87	5.59	6.28
Cal. Val. (KCal/kg)	5,090	4,563	4,794

Underground Mine.

<u>Seam</u>	<u>No.3</u>	<u>No.1</u>	<u>Average.</u>
Thickness (m)	1.07	1.71	1.66
S.G.	1.435	1.538	1.530
I.M. (%)	10.0	9.0	9.1
Ash (%)	13.7	23.1	22.3
V.M. (%)	36.6	34.9	35.0
F.C. (%)	39.7	33.0	33.6
T.S. (%)	6.64	7.74	7.65
Cal. Val. (KCal/kg)	5,217	4,632	4,730

ULTIMATE ANALYSIS & OTHER QUALITY

	Open Pit		Underground No.1.	Whole Area (5 : 3: 2)
	West.	East.		
Non-Combus. S%	0.51	0.47	0.47	0.54
Combustion S%	7.21	5.17	6.93	6.54
Inorganic S%				
Sulfate S%	1.25	0.62	0.81	0.97
Pyrite S%	4.31	3.26	3.29	3.79
Organic S%	2.16	2.39	3.31	2.46
H.C.I.	72	73	69	72
Ultimate Analysis:				
C %	63.5	52.0	65.3	65.2
H %	5.1	5.3	5.4	5.2
O %	18.9	16.7	17.8	18.0
N %	1.1	1.2	1.1	1.1
S %	11.4	8.8	10.4	10.5
Ash Fusion Temp.				
Deformation C°	1315	1315	1300	1310
Hemisphere °C	1380	1370	1390	1380
Flow °C	1410	1400	1410	1410
Ash Composition				
SiO <sub>2</sub> %	31.40	33.79	34.31	32.70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	18.52	22.48	20.89	20.18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	32.44	25.34	29.81	30.23
CaO %	4.74	4.53	4.11	4.55
MgO %	2.33	2.62	1.66	2.28
Na <sub>2</sub> O %	1.34	1.19	0.75	1.18
K <sub>2</sub> O %	0.63	0.61	0.59	0.62
SO <sub>2</sub> %	6.42	5.30	5.65	6.23
Ash Resistivity:				
100°C 10 <sup>13</sup> ohm-cm	4.5	1.2	1.4	2.9
130°C 10 <sup>13</sup> ohm-cm	5.0	1.9	2.1	3.5
160°C 10 <sup>13</sup> ohm-cm	3.3	1.5	1.9	2.5
Specific Gravity	1.56	1.49	1.54	1.54

ANALYSES OF LAKOTA COALS

1940

Lab. and No.	Location and bed	Proximate analysis (Percent)			Ultimate analysis (Percent)						BTU per lb.	Other			
		Moisture	Volat- ile matter	Fixed carbon	Ash	H	C	N	O	S					
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	
USBM H-51788	North face Lillian Colliery	IR 31.8	30.0	29.2	9.0	6.8	42.1	0.8	38.0	3.3	7,530	Non-caking. Ash fuses at 2520°-2680° F.			
		IF -	45.9	42.9	13.2	4.8	61.7	1.1	14.3	4.9	11,050				
		IAF -	50.6	49.4	-	5.5	71.1	1.3	16.4	5.7	12,730				
USBM	Northwest entry Lillian Colliery	IR 31.8	30.8	30.0	7.4	6.8	43.0	0.8	38.4	3.6	7,660	Non-caking; ash fuses at 2620°-2750° F.			
H-45314	Lillian Colliery bed	IF -	45.1	44.1	10.8	4.9	63.1	1.2	14.7	5.3	11,230				
		IAF -	50.6	49.4	-	5.4	70.7	1.3	16.6	6.0	12,590				
USBM	Lillian Colliery	IR 35.4	25.3	20.7	14.6	6.4	28.8	0.6	47.8	1.8	4,630	Ash initial defor- mation temperature 2910° F.			
H-33049	100 ft W. of pump shaft	IF -	41.8	34.0	24.2	3.4	47.4	1.0	21.1	2.9	7,640				
		IAF -	55.1	44.9	-	4.4	62.5	1.3	28.0	3.8	10,080				
USBM	Drill hole L16 Lillian bed	IR 35.7	28.0	25.8	10.5	7.0	38.7	0.7	39.3	3.8	7,010	Non-caking. Ash fuses at 2000° - 2260° F.			
H-51789		IF -	43.5	40.1	16.4	4.7	60.3	1.1	11.5	6.0	10,910				
		IAF -	52.0	48.0	-	5.7	72.1	1.3	13.8	7.1	13,040				
USBM	Khan Coal Mine (north- ern part of coal field)	IR 27.7	26.2	22.7	23.4	5.6	33.3	0.6	30.6	6.5	6,040	Ash initial defor- mation temperature 2100° F.			
J-37993		IF -	36.3	31.4	32.3	3.6	46.1	0.8	8.2	9.0	8,360				
		IAF -	53.6	46.4	-	5.3	68.1	1.2	12.1	13.3	12,350				
USBM	Lud's Coal Co. (about 2 mi. south of Lillian Mine)	IR 24.3	29.5	26.3	19.9	5.7	38.7	0.7	29.4	5.6	7,020	Ash initial defor- mation temperature 2060° F.			
J-37989		IF -	38.9	34.8	26.3	3.9	51.1	1.0	10.3	7.4	9,280				
		IAF -	52.9	47.1	-	5.3	69.4	1.3	13.9	10.1	12,500				
USBM	Habitat Coal Co. (central part of coal field)	IR 31.0	29.2	26.4	13.4	6.3	38.8	0.8	36.3	4.4	6,900	Ash initial defor- mation temperature 1940° F.			
J-37987		IF -	42.4	38.1	19.5	4.2	56.2	1.1	12.6	6.4	10,000				
		IAF -	52.6	47.4	-	5.2	69.8	1.4	15.6	8.0	12,410				

Cont'd.....

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
DRILL														
D-37990		Baluchistan	A.R.	30.0	27.7	26.8	15.5	6.2	38.4	0.8	35.9	3.2	6,770	ash initial defor-
		Coel Co.	MP	-	39.6	38.3	22.1	4.1	54.8	1.1	13.4	4.5	9,670	mation temperature
		(south-	M.F.	-	50.8	49.2	-	5.3	70.3	1.4	17.2	5.8	12,410	2080°F.
		central part												
		of field,												
GRIP		Drill hole	A.D.	6.5	37.3	38.8	17.4	-	-	-	-	4.6	-	-
1162(4)		11 Lailian	MP	-	39.9	41.5	18.6	-	-	-	-	4.9	-	-
		bed	M.F.	-	49.0	51.0	-	-	-	-	-	6.0	-	-
GRIP		Drill hole	A.D.	7.4	42.8	39.8	10.0	-	-	-	-	3.2	-	-
1162(1)		13 Lailian	MP	-	46.2	43.0	10.8	-	-	-	-	3.5	-	-
		bed	M.F.	-	51.8	48.2	-	-	-	-	-	3.9	-	-
GRIP		Drill hole	A.D.	7.2	39.1	35.1	18.6	-	-	-	-	5.8	-	-
1162(2)		11 7-ft bed	MP	-	42.0	37.9	20.1	-	-	-	-	6.3	-	-
		at 398-ft	M.F.	-	52.7	47.3	-	-	-	-	-	7.8	-	-
		depth												
GRIP		Drill hole	A.D.	5.5	42.8	38.2	13.5	-	-	-	-	4.9	-	-
1162(3)		13 3-ft bed	MP	-	45.3	40.4	14.3	-	-	-	-	5.2	-	-
		at 452-ft	M.F.	-	52.8	47.2	-	-	-	-	-	6.0	-	-
		depth												
GRIP		Drill hole	A.D.	8.8	36.7	29.5	25.0	-	-	-	-	2.1	-	-
1162(5)		14 Lailian	MP	-	40.3	32.3	27.4	-	-	-	-	2.3	-	-
		bed	M.F.	-	55.5	44.5	-	-	-	-	-	3.2	-	-
GRIP		Boring 125	A.D.	9.3	40.9	34.7	15.1	5.1	53.1	1.0	18.2	7.5	9,610	Sp.Gr. 1.57
11-601325		Lailian	MP	-	45.1	38.3	16.6	4.5	58.5	1.1	11.0	8.3	10,630	ash fuses at
		bed	M.F.	-	54.0	46.0	-	5.3	70.2	1.3	13.3	9.9	12,740	2280° - 239

1. U.S.M.M. analysis by the U.S. Bureau of Mines, Pittsburgh, Pennsylvania.

2. G.S.P. analysis by the Geological Survey of Pakistan, Quetta.

Notes: A.D., air dried; R., as received (moist) sample; MP, moisture free; M.F., moisture and ash free.

Analyses of coal samples of the explored area,  
Lakura coal field

Lab. Ref.	Location and seam	Volatile Matters%	Fixed Carbon %	Ash%	Total Sulphur %	Sulphate Sulphur %	Combustible Sulphur %	Pyritic Sulphur %	Organic Sulphur %	Ash Sulphur %
20050	PS 1, unloweri	43.0	32.5	24.5	7.2	0.22	5.8	2.5	4.5	1.2
20051	PS 1, Lailian	38.9	32.6	28.5	6.8	0.26	6.1	1.4	5.1	0.4
20052	PS 1, kat.	45.3	34.6	22.1	9.8	0.31	8.7	3.6	5.9	0.7
20053	PS 2, Lailian	44.0	38.2	17.8	5.9	0.3	5.0	1.4	4.2	0.6
20054	PS 7, Lailian	48.0	32.3	19.7	8.3	0.33	7.6	1.1	6.9	0.3
20055	PS 10, Lailian	48.5	34.2	17.3	7.4	0.23	7.4	0.3	7.3	0.4
20055	PS 18, Lailian	49.8	34.7	15.5	8.1	0.18	6.9	1.3	5.9	0.3
20057	PS 15, No. 1	47.8	31.2	21.0	8.1	0.31	6.8	2.1	5.7	1.0
20058	PS 19, No. 2	45.3	34.7	20.0	7.3	1.4	5.5	3.6	2.3	1.4
20059	PS 19, Dhanwari	39.8	37.1	23.1	8.5	0.37	7.8	3.2	4.9	0.3
20060	PS 19, Lailian	29.4	23.8	46.8	12.2	0.32	11.6	5.3	6.6	0.3
20061	PS 20, No. 2	33.6	24.6	41.8	6.5	0.18	6.2	1.0	5.3	0.1
20062	PS 20, Dhanwari	47.6	37.9	14.5	7.0	0.19	6.1	2.9	3.9	0.7
20063	PS 20, Lailian	51.8	22.8	25.4	11.8	0.29	11.2	3.7	7.8	0.3
20064	PS 21, Lailian	44.1	33.9	22.0	9.2	0.34	8.3	3.8	5.1	0.5
20065	PS 23, Dhanwari	42.5	32.8	24.7	7.6	0.31	6.9	2.0	5.3	0.3
20066	PS 23, No. 2	43.1	40.0	16.9	7.8	0.5	7.0	0.5	6.8	0.3
20067	PS 24, Lailian	39.2	32.2	27.6	11.7	0.7	10.7	3.2	7.8	0.3
20068	PS 24, Dhanwari	43.2	35.4	21.4	6.9	0.26	6.4	1.6	5.1	0.2
20069	(upper part) PS 24, Dhanwari	41.3	36.4	22.3	5.9	0.26	5.4	1.4	4.2	0.2
20070	(Lower part) PS 24, Lailian	42.5	34.3	23.2	6.7	0.25	6.0	1.2	5.2	0.4
20168	PS 5, Lailian	-	-	-	3.6	0.3	3.2	1.1	2.5	0.4
20169	PS 6, Lailian	-	-	-	16.2	1.7	15.9	4.1	12.1	0.3
20170	PS 8, Lailian	-	-	-	8.3	0.9	8.2	4.2	4.6	0.6
20171	PS 5, Lailian	-	-	-	3.6	0.4	2.9	1.2	2.4	0.7
20172	PS 14, Lailian	-	-	-	3.8	0.4	3.4	1.5	2.3	0.4

Analysis by MDC Central Mineral Testing Laboratory, Rawalpindi.

Basis: Air dried.



Ash analysis of coal samples of the explored area, Lakhra coal field

Lab. Ref. No.	Ash of coal samples with Lab. Ref. No.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO%	MgO%	SO <sub>2</sub> %	rest of the Elements %
20050 A	20050	24.0	25.2	17.9	15.2	3.5	13.1	1.9
20051 A	20051	21.1	42.1	25.0	4.9	2.6	3.5	0.5
20052 A	20052	31.4	28.3	23.1	7.2	3.1	6.4	0.7
20053 A	20053	32.9	29.9	18.6	7.2	3.8	6.9	4.2
20054 A	20054	27.7	32.6	23.1	6.2	2.5	3.7	1.2
20055 A	20055	27.7	23.5	32.2	7.5	3.5	4.4	0.2
20056 A	20056	38.7	27.3	21.5	5.2	2.9	4.2	2.8
20057 A	20057	36.1	30.1	11.4	6.4	4.1	9.1	1.7
20058 A	20058	26.9	16.3	15.4	17.5	3.4	18.8	1.7
20059 A	20059	35.5	29.4	20.7	6.2	3.3	3.2	1.7
20060 A	20060	28.0	40.9	23.8	3.4	1.9	1.6	0.4
20061 A	20061	21.4	40.2	31.4	3.3	2.1	0.7	0.9
20062 A	20062	37.6	20.2	15.4	8.6	2.2	8.9	7.1
20063 A	20063	34.2	32.7	23.4	4.4	2.4	2.0	0.9
20064 A	20064	31.7	34.2	14.9	6.0	4.6	5.1	3.2
20065 A	20065	39.9	29.1	18.0	4.3	3.1	3.4	2.2
20066 A	20066	40.9	30.0	18.1	6.4	2.5	3.8	2.3
20067 A	20067	37.6	24.0	22.1	4.3	2.0	2.3	1.0
20068 A	20068	24.5	33.4	30.7	6.7	2.0	2.0	0.7
20069 A	20069	25.7	33.8	30.4	6.2	1.9	1.8	0.2
20070 A	20070	34.5	26.1	21.8	10.3	2.4	4.0	0.9

analysis by IMDC Central Mineral Testing Laboratory, Rawalpindi









JICA