

パキスタン回教共和国
豆炭生産計画事前調査報告書

1988年1月

国際協力事業団

鉦計工

J R

88 - 8

IRY

パキスタン回教共和国
豆炭生産計画事前調査報告書

JICA LIBRARY



1065714[6]

17730

1988年1月

国際協力事業団





S/W 署名



ミニッツ署名

目 次

I. 事前調査の概要	1
1. 要請の背景及び事前調査団派遣の経緯	1
2. 事前調査団派遣の目的	1
3. 調査団員名及び担当業務	1
4. 調査日程	1
5. 主な面談者	2
6. 調査、協議の内容	2
(1) パキスタン側の要請内容の確認	2
(2) PMDCとの協議内容及び結果	2
II. エネルギー利用の現状と政策	4
1. 石 油	4
2. 電 力	4
3. 天然ガス	4
4. 石 炭	4
5. エネルギー対策	5
(1) 石油消費と国家支出	5
(2) 石炭政策	5
III. ラクラ炭田の現状	7
IV. 豆炭生産計画及びその重要性	8
V. 石炭ブリケット生産技術の概要	23
1. 成型炭生産の現状	23
(1) 成型炭の製造技術と生産量	23
(2) 石炭ブリケットの性質	23
2. 製造技術の開発状況	26
(1) M/S Sanderson and Porter, Inc., U. S. A.	26
(2) United Engineering and Construction Inc. U. S. A.	29
(3) Fuel Research Centre, Pakistan Council for Scientific and Industrial Research (PCSIR)	33

(4) Pakistan Mineralogy Development Corporation	33
3. 今後の検討課題	33
VI. 石炭ブリケットの開発計画	37
1. 石炭ブリケット開発の基本的な考え方	37
2. 石炭をベースとしたブリケット開発	37
(1) ブリケット原料	37
1) 石炭原料	37
2) 脱硫・結合剤	38
3) バイオマス原料	40
(2) 石炭ブリケットの造粒法	41
(3) ブリケット燃料の用途	41
(4) ブリケットの輸送方法	41
(5) 燃焼器の供給	42
3. ブリケットの製造プロセス	42
(1) Lakhra 炭の成型特性	42
(2) 石炭・バガスブリケットの製造プロセス	42
4. ブリケットの特性	45
(1) 強度、耐湿及び耐水性	45
(2) 燃焼特性	45
5. ブリケットの燃焼技術	47
(1) 燃焼器の開発状況	47
(2) 用途別ブリケットの燃焼法	47
(3) 専用燃焼器の開発の必要性	47
VII. 石炭ブリケットプラントの計画	49
1. Feasibility Study の実施	49
2. プラントの立地	49
3. 原料の確保とブリケットの供給	49
4. ブリケットの生産量	50
5. ブリケットの価格と経済性	50
VIII. 付属資料	

1. 事前調査の概要

1. 要請の背景及び事前調査団派遣の経緯

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伸びており、1993年には輸入エネルギーは石油換算で16百万トンにもなると見込まれている。それに伴って多大の外貨流失が予想され、その防止対策としてパ国政府は、第6次エネルギー5カ年計画(1983-1987)の中で自国に産出する石炭を発電、工業用燃料、家庭用燃料として使用することを検討するよう推奨している。その一環としてパ国政府は南部地域の都市部、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無煙成型炭を生産するべく、そのための計画策定及び検討を開始した。

このような背景のもと、パ国政府は客年6月、本件プロジェクトの開発調査に関する技術協力を日本国政府に要請越した。

日本国政府は上記要請を受け客年11月予備審査団を派遣し、パ側の要請内容、及びその背景につき確認調査を実施した。本件事前調査は上記の予備調査の結果を受け実施したものである。

2. 事前調査団派遣の目的

- (1) 実施細則 (Scope of Work) に関する協議及び調印
- (2) 要請内容の確認
- (3) 関連情報の収集

3. 調査団員名及び担当業務

山田正仁(団長・総括)	JICA 鉱工業計画課
野口輝年(技術協力行政)	資源エネルギー庁 石炭部・炭業課
丸山敏彦(豆炭製造技術)	北海道立工業試験場 化学技術部長
十郎正義(業務調整)	JICA 工業調査課

4. 調査日程

11月30日から12月9日まで10日間

12/1: イスラマバード着 (JL471/PK300)

JICA事務所及び大使館訪問、日程等につき打ち合わせ

12/2～7

：パキスタン鉱業開発公社，経済開発省，計画省，石油天然資源省及びその他関係
機関の表敬訪問。S/W協議及び署名

12/8：イスラマバート発（PK301/JL472）

5. 主な面談者

(1) 日本大使館 小林大使

近藤書記官

(2) JICA事務所 谷川所長

立石所員

(3) Pakistan Mineral Development Corporation

Mr. Viqar Rustam Bakhshi (Chairman)

Mr. Khawaja Asifullah (Director)

Mr. Abdul Sattar Memon (Chief Geologist)

Mr. K.A. Siddiqui (Chief Planning)

(4) Ministry of Petroleum and Natural Resources

Mr. Abdul Hameed (Joint Secretary)

Mr. Sajid Hassan (Deputy Secretary)

(5) Economic Affairs Department

Mr. Akhtar Iqbal (Deputy Secretary)

6. 調査、協議の内容

本件調査団は、パキスタン回教共和国鉱業開発公社（Pakistan Mineral Development Corporation）、石油天然資源省、経済省を訪問し、本件要請にかかる内容の確認、日本側対処案の説明、S/Wおよび、本格調査の実施手続等につき協議を行った。調査結果および協議内容の概要を以下の通り報告する。

(1) パキスタン側の要請内容の確認

PMDCの要請内容は、1986年11月に派遣したコンタクト・ミッションに対して表明された内容と相違がなくパキスタン国の南部、ラクラ炭田に賦存する褐炭を利用して成型炭を生産する計画に関する企業化可能性調査の実施の協力要請であることを確認した。

(2) PMDCとの協議内容及び結果

1) S/Wの内容については、ほぼ、日本側が準備した原案どおりでパキスタン側は了解したが、各項目についての詳細な調査手法および調査手順については、一々、双方確

認のうえ、(協議議事録) M / M に記録を残した。

- 2) Undertaking of the Government of Pakistan の部分については、担当窓口機関である経済省 (Economic Affairs Department) との協議の結果、同機関がパキスタン国内の諸機関に対し調整することを確認した。
- 3) 特に、プラント設計に関する調査項目については、パ側より、詳細設計の実施が、今後、本プロジェクトを実施に移すための国内手続きを円滑に進めるのに不可欠であるむねの説明があり、今回の調査において、ぜひとも詳細設計を実施してもらいたいという要望があったが、調査団長から、JICA の開発調査の実施制度上、詳細設計をおこなうことは困難であることをパ側に説明したうえで本件要請があったむねを日本政府に伝えることを約束した M / M に記録した。
- 4) 本件調査は、成型炭に関する F / S であるが、パ側より燃焼器具についての技術的考察なりとも含めてもらいたいむねの発言があり、それについては、S / W には特に言及せずに、M / M の中で確認した。
- 5) 12月7日、上記の協議を経て、PMDC 総裁、V.R. Bakhshi、石油天然資源省次官補 Sajid Hassan と調査団長の間で、日本側原案どおりの S / W および PMDC との協議内容の Minutes of Meeting に署名を行った。

II. エネルギー利用の現状と政策

1. 石油

パキスタン国内における石油の確認埋蔵量は、1986年7月1日現在、139百万バレルと推定されている(表1参照)。国内の生産量は1985/86年14百万バレルに過ぎず、消費量7百万トンの約30%を満たすに過ぎない(表2)。しかし、生産量の推移を考察すると、1985/86年の生産量は1980/81のその約4倍に達しており、驚異的な伸びを示しており、このことはパキスタン政府が石油危機以降いかに国内天然資源の開発及び有効利用を促進しているかを如実に示している。

2. 電力

発電能力の面でも近年急速な傾向を示しており、タルベラダム等を含めた水力発電プロジェクトが現行第6次5ヶ年計画で実施中である。1985/86年の総発電能力は6,298メガワット(MW)で、その内訳は水力発電2,898MW火力発電3,263MW、原子力発電137MWとなっている(表3)。

パキスタン最大の発電・電力供給機関はWAPDA(Water and Power Development Authority)で、5,024MWであるが、一方、カラチ市はこれとは別の制度体系となっているKESC(Karachi Electric Supply Corporation)が発電・供給を行っており、発電能力は1,138MWである。ほかにパキスタン原子力委員会(PAEC)管轄のKANUPP(Karachi Nuclear Power Plant)発電所137MWがある(表4)。

3. 天然ガス

パキスタン国における埋蔵量は、1986年7月1日現在、16兆CFTと推定されている(表5)。国内の生産量1985/86年は 355×10^3 MMCF Tであり、その大部分はスイとマリ両炭田から産出されている(表6)。分野ごとのガス消費量について分析すると、第1位は電力で、次に化学肥料、一般産業、家庭用、商業用、セメントの順位で消費されており、それぞれのシェアは30.6%、29.5%、22.2%、12.6%、2.9%、2.2%である(表7,図1)。ガス価格は最近6ヶ年間で2~3倍の価格に上昇しており、1986年5月1日現在、家庭用のものは18.00~27.00ルピー/ 10^3 CFTである。

4. 石炭

石炭の埋蔵量は、確認、推定、予想別にそれぞれ102百万トン、217百万トン、189百万トンであり、合計508百万トン(この他に埋蔵量として763百万トン、1,178百万トンの試算もある。)と見積られている(表8)。国内の生産量は約220百万トンで、主要産出炭田

はラクラ、メーカーウォル・ソールト・レンジ両炭田である(表9)。石炭の利用は最近焼成用れんがに限られており、全生産量の97%にも達している。また、外国からの輸入量は1985/86年度85万トンであり、主にパキスタン・スチール製造社によって輸入され、カラチで冶金用に使用されている(表10)。

5. エネルギー対策

(1) 石油消費と国家支出

パキスタン国は、現在、重大なエネルギー危機に直面しており、そのことは経済の全ての分野の活動を阻害している。国内の石油の生産は限られているため、大部分を輸入に依存せざるを得ない状況にある。このことはパキスタンの外貨の流出を引き起こしており、投資計画と経済成長を抑制している。同国のエネルギー需要は政府が予想したよりも早い速度で増加している。長期の需要予測によれば、1987/88年度27.0MTOEから2002/3年度69.48MTOE(高い予想の場合)に増加する。一方、国内の供給は1987/88年度17.93MTOEで、2002/3年度には55.30MTOEと予想されている。それぞれの年度における需要と供給のギャップは9.17MTOEと14.18MTOEである。このことは、外貨の流出が今後15年間で約1.5倍になることを示しており、国家財政を圧迫することは必然と予想される。

(2) 石炭政策

1983年7月にスタートした第6次5ヶ年計画(1983/84~1987/88年度)は、国民の国民による国民のための開発をキャッチフレーズに現行の煩雑な諸規制を緩和して民間の開発投資を促し、その活動を利用するとともに、その開発の利益が国民全体に行きわたるような配慮がはらわれている。

すなわち、工業、農業、建設などすべての経済活動において政府と民間の協力が強調されており、とりわけ、工業、農業の分野は民間の活動にゆだねられ、エネルギー開発、高速道路などについても、民間の積極的な参加が求められている。政府は民間が投資しきれない大規模なプロジェクトや不確定な分野に対して自ら投資するほか、経済活動遂行に必要な人材の育成、新技術の開発等により民間の活動を支援する。

また、国民の生活の向上のために、すべての分野にわたって公共サービスの充実を図り、例えば、電化率の拡大、農村道路の建設などを通じて、特に開発の遅れた地方の農村の発展を促進すること等が図られている。

第5次5ヶ年計画と第6次5ヶ年計画を部門別に比較すると、第6次5ヶ年計画においては、エネルギー部門、社会部門、農業部門の伸びが大きく、ここに重点がおかれていることがわかる。エネルギー部門の中でも埋蔵量が豊富であり、地方農村部の地域振興にも役立つ石炭の開発は高い優先位が付けられている。

なお、今後のエネルギー政策については、1988 / 89年度から始まる第7次5ヶ年計画をパキスタン政府から入手することが必要である。

Ⅲ. ラクラ炭田の現状

1. ラクラ炭は亜炭または褐炭であり、高灰分かつ高硫黄分の石炭であり、自然発火し易い。
なお、JICA派遣専門家の分析によるとラクラ炭の性質は下記のとおりである。

(1) 工業分析

水分	8.2 ~ 11.40 %
灰分	21.2 ~ 25.1 %
揮発分	34.7 ~ 35.0 %
固定炭素	31.9 ~ 33.6 %
全硫黄分	6.28 ~ 7.65 %

(2) 元素分析

炭素	65.2 %
水素	5.2 %
酸素	18.0 %
窒素	1.1 %
硫黄	7.65 %

2. パキスタン国の石炭の埋蔵量は、主要7炭田で508百万トンである。この中でもラクラ炭田が一番大きな炭田であり、全体の約47% (240百万トン)を占めている。
3. 現在、同国で生産している炭田は13あって、生産量は約220万トンである。その中でも一番生産量が多いラクラ炭田は全体の約25% (約54.4万トン)を占めている。

Ⅳ. 豆炭生産計画及びその重要性

1. パキスタン国のエネルギー需要は、同国の農業・工業の発展に伴い急速に伸びており、第6次5ヶ年計画の最終年度である1987/88年度の需要は27.0百万トン(石油換算)と予想され、国内の供給能力は17.93百万トンであることから、その需給差9.17百万トンは第7次5ヶ年計画期間中さらに拡大し、1992/93年度は16百万トンになると予想される。この需給差を輸入で補うとすれば、多大の外貨の流出を招くことになる。この外貨の流出を防止するため、同国政府は第6次5ヶ年計画で国内に多量に賦存する石炭を発電用、工業用及び家庭用燃料として使用することを推奨している。

このような背景を踏まえ、同国政府が計画している豆炭生産計画は、現在、天然ガス供給網から外れた、特に南部地域の都市部及び地方で大量に使用されている高価な輸入灯油の代替物として、国産石炭を加工して無煙豆炭を使用させたいというものである。

本計画は、輸入灯油の代わりに豆炭を使用させることによって大量の外貨の流出を防止し、かつ、開発が遅れている地方の地域振興に役立たせることを目的としており、第6次5ヶ年計画中最上位に位置付けられている。

2. 現在、パキスタン鉱業開発公社(略称「PMDC」)が考えている豆炭生産計画の概要は以下のとおりである。

- (1) 生産規模は最終的には年間30万トンを考えている。なお、この規模は灯油使用量の25～30%に相当する量である。
- (2) 豆炭製造プラントの設置場所は石炭の埋蔵量が豊富に存在するラクラ炭田を考えており、副原料についてはラクラ炭田及びその周辺で生産される石灰石、バガス、綿花等を考えている。
- (3) 豆炭生産製造者が誰になるか未定であるが、本調査ではこれを確認する必要がある。
- (4) 豆炭のマーケティング地域は、当面、同国の南部地域のガス供給網から外れた都市部及び地方であり、その需要は家庭用燃料、特に現在使用されている灯油の代替燃料として期待されている。

しかし、将来は同国の北部地域にまでも市場を拓げることを考えていることから、暖房用燃料としての用途も考慮に入れて本調査を行うべきである。

OIL RESERVES AS ON 1ST JULY, 1986

UNIT : MILLION U. S. BARRELS

NAME OF FIELDS	DISCOVERED BY (ORGANIZATION)	LOCATION	YEAR OF DISCOVERY	ORIGINAL RECOVERABLE RESERVES	CUMULATIVE PRODUCTION	REMAINING RESERVES
KHAUR	(POL)	PUNJAB	1915	4.163	4.16	-
DHULLIAN	(POL)	PUNJAB	1936	41.299	41.29	-
JOYAMAIR	(POL)	PUNJAB	1943	5.577	5.57	-
BALKASSAR	(POL)	PUNJAB	1945	-	31.30	0.44
MEYAL	(POL)	PUNJAB	1968	46.623	27.78	18.84
TOOT	(OGDC)	PUNJAB	1968	29.779	8.56	21.21
DJODAK	(OGDC)	PUNJAB	1976	34.000	-	34.00
ADIH	(PPL)	PUNJAB	1978	11.609	1.41	10.19
FINKASSAR	(OGDC)	PUNJAB	1981	N.A	0.02	N.A
DAKHINI	(OGDC)	PUNJAB	1983	6.187	-	6.18
DHURNAL	(OXY)	PUNJAB	1984	26.000	7.12	18.88
KHASKHELI	(UTP)	SIND	1981	5.216	5.56	•
LAGHARI	(UTP)	SIND	1983	6.645	5.76	0.88
TANDOALAM	(OGDC)	SIND	1984	8.700	2.59	6.19
DHABI	(UTP)	SIND	1984	4.410	0.42	3.98
TAJEDI	(OGDC)	SIND	1984	0.300	-	0.30

表 1.

NARI	(UTP)	SIND	1985	7,600	-	7,600
MAZARI	(UTP)	SIND	1985	8,600	-	8,600
SOUTH MAZARI	(UTP)	SIND	1985	1,750	-	1,750
SONRO	(UTP)	SIND	1985	N.A	-	N.A
TURK	(UTP)	SIND	1985	0,300	-	0,300
GHOTANA	(OGDC)	SIND	1986	N.A	-	N.A
TOTAL				248,758	141,600	139,370

* Production has exceeded the Original Reserves.

Source : DGPC (Technical Wing)

FIELD - WISE PRODUCTION OF CROUDE OIL IN PAKISTAN

UNIT : US BARELS

FIELDS	1980-81	1981-82	1982-83	1983-84	1984-85	1985-86	A.C.G.R. (%)	
							1980-81 TO 1985-86	1985-86
KIAUR (POL)	3,948	2,889	2,518	2,554	2,991	3,508	-2.34	
DHULLIAN (POL)	104,104	81,555	38,128	9,450	8,620	14,552	-32.53	
JOYAMIR (POL)	180,280	159,978	110,175	85,053	86,590	97,342	-11.60	
BALKASSAR (POL)	233,543	220,186	202,446	191,887	187,967	162,623	-6.98	
MEYAL (POL)	2,270,898	2,573,408	2,118,229	1,849,202	1,395,364	1,253,973	-11.06	
ADHI (PPL)	122,159	114,102	143,824	171,763	398,633	408,803	27.33	
TOOT (OGDC)	639,214	550,789	791,670	823,347	925,085	761,759	3.57	
FIMKASSAR (OGDC)	0	0	0	2,446	9,772	8,963	-100.00	
TANDOALAM (OGDC)	0	0	0	0	994,810	1,603,088	-100.00	
KHASKHELI (UTP)	0	261,604	1,331,081	1,365,892	1,161,414	1,472,461	-100.00	
LEGHARI (UTP)	0	0	0	350,415	2,188,353	3,224,196	-100.00	
DHADI (UTP)	0	0	0	0	0	425,823	-100.00	
DHURNAL (OXY)	0	0	0	31,505	2,165,717	4,900,905	-100.00	
TOTAL	3,554,146	3,964,511	4,738,071	4,883,514	9,525,316	14,347,996	32.19	
A.G.R. (%)	.00	11.55	19.51	3.07	95.05	50.63		

Source : OIL PRODUCING COMPANIES

TABLE 4.01

INSTALLED CAPACITY OF ELECTRICITY GENERATION

UNIT : MW

PLANTS/STATIONS	LOCATION	1980-81	1881-82	1982-83	1983-84	1984-85	1985-86
A. HYDEL (WAPDA)							
WARSAK	24 K. M. From Peshawar	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00
DARGAI	47 K. M. From Mardan	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
MALAKAND	6 K. M. From Dargal	19.60	19.60	19.60	19.60	19.60	19.60
RASUL	42 K. M. From Jhelum	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
SHADIWAL	13 K. M. From Gujrat	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50
CHICHOKIMALIAN	45 M. M. From Lahore	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20
MANDIPUR	15 K. M. From Gujranwala	13.80	13.80	13.80	13.80	13.80	13.80
KURRAM GARIH	10 K. M. From Bannu	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
RENALA	113 K. M. From Lahore	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
MANGLA	31 K. M. From Jhelum	600.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
TRBELA	81 K. M. From Lawarancepur	700.00	700.00	800.00	1400.00	1750.00	1750.00
CHITRAL	-	-	-	-	-	1.00	1.00
SUB - TOTAL		1847.20	1947.20	2547.20	2549.20	2898.20	2898.20
B. THERMAL (WAPDA)							
G. T. P. (Gas)	Shahdra	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.50
S. P. S. (Steam)	Faisalabad	132.00	132.00	132.00	132.00	132.00	132.00
G. T. P. S. (Gas)	Faisalabad	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
O. T. P. S. (Steam Diesel)	Faisalabad	15.40	15.40	7.60	7.60	7.60	7.60
N. G. P. S. (Steam Gas)	Multan	265.70	265.70	265.70	265.70	265.70	265.70
T. P. S. (Steam)	Gudda	439.00	439.00	439.00	439.00	439.60	1089.00

PLANTS/STATIONS	LOGATION	1980-81	1881-82	1982-83	1983-84	1984-85	1985-86
T. P. S. (Steam)	Sukkar	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
N. G. P. S. (Steam Gas)	Hyderabad	43.70	43.70	43.70	43.70	43.70	43.70
G. T. P. S. (Gas)	Koiti	30.00	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00
T.P.S. (Steam Gas)	Quetta	57.95	57.95	57.25	59.25	59.25	94.60
MESCO	Multan	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
REPCO	Rawalpindi	9.08	9.08	9.10	9.08	9.08	7.28
SUB - TOTAL		1447.83	1447.83	1441.35	1441.93	1441.93	2125.38
KESCO							
West Wharf Steam Station	-	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00
Thermal Power Station	Korangi	392.00	382.00	382.00	382.00	382.00	382.00
Dual Fuel Station	-	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Gas Turbine	Korangi	80.00	80.00	80.00	80.00	100.00	100.00
Gas Turbine (Site)	-	100.00	100.00	100.00	100.00	125.00	125.00
Thermal Power Generation	Pipri	-	-	-	210.00	420.00	420.00
SUB - TOTAL		673.00	673.00	673.00	883.00	1138.00	1138.00
THERMAL TOTAL		2120.83	2120.83	2114.35	2324.93	2579.93	3263.38
KANUPP		137.00	137.00	137.00	137.00	137.00	137.00
TOTAL (A + B)		4105.03	4205.03	4798.55	5010.13	5615.13	6298.58

Note : Figures as in last month of the ending year (financial).
Source : ELECTRIC COMPANIES

GENERATION OF ELECTRICITY BY AGENCIES

UNIT : GWH/TOE

AGENCIES	1980-81	1981-82	1982-83	1983-84	1984-85	1985-86	A.C.G.R. (%) 1980-81 TO 1985-86
WAPDA	13,049	14,623	16,469	17,994	18,129	20,577	9.54
	3,105,662	3,480,274	3,919,622	4,282,572	4,314,702	4,897,326	
KESC	2,764	2,788	3,000	3,555	4,528	4,582	10.64
	657,832	663,544	714,000	846,090	1,077,664	1,090,516	
MESCO	78	76	0	0	0	0	-100.00
	18,564	18,088	0	0	0	0	
REPCO	21	18	0	0	0	0	-100.00
	4,998	4,284	0	0	0	0	
KANUPP	150	183	228	324	346	479	26.14
	35,700	43,554	54,264	77,112	82,348	114,002	
TOTAL	16,062	17,688	19,697	21,873	23,003	25,638	9.80
	3,822,756	4,209,744	4,687,886	5,205,774	5,474,714	6,101,844	
A. G. R. (%)	100	10.12	11.26	11.05	5.17	11.46	

(MESCO & REPCO Merged in WAPDA from 1982-83)
Source : ELECTRIC COMPANIES

NATURAL GAS RESERVES AS ON 1ST JULY, 1986

UNIT : Trillion Cft

NAME OF FIELDS	DISCOVERED BY (ORGANIZATION)	LOCATION	YEAR OF DISCOVERY	ORIGINAL RECOVERABLE RESERVES	CUMULATIVE PRODUCTION	REMAINING RESERVES
SUI	(PPL)	BALUCHISTAN	1952	8.624	3.670	4.954
ZIN	(PPL)	BALUCHISTAN	1954	0.100	-	0.100
UCH	(PPL)	BALUCHISTAN	1955	2.550	-	2.550
PIRKOH	(OGDC)	BALUCHISTAN	1977	1.906	0.039	1.867
LOTI	(OGDC)	BALUCHISTAN	1985	N.A	-	N.A
JANDRAN	(OGDC)	BALUCHISTAN	1975	0.198	-	0.198
KHAIKPUR	(PPL)	SIND	1956	1.000	-	1.000
MARI	(ESSO)	SIND	1957	4.034	0.581	3.453
KANDKOT	(PPL)	SIND	1959	0.407	-	0.407
MAZARANI	(PPL)	SIND	1959	0.091	-	0.091
SARI/HUNDI	(OGDC)	SIND	1965/71	0.079	0.029	0.050
KOTHAR	(OGDC)	SIND	1973	0.024	-	0.024
KHASKHELI (ASSOCIATED)	(UTP)	SIND	1981	0.002	-	0.002
LAGHARI (ASSOCIATED)	(UTP)	SIND	1983	0.001	-	0.001
NARI	(UTP)	SIND	1984	0.019	-	0.019
DHABI	(UTP)	SIND	1984	0.026	-	0.026
GOLARCHI	(UTP)	SIND	1984	0.040	-	0.040

NAME OF FIELDS	DISCOVERED BY (ORGANIZATION)	LOCATION	YEAR OF DISCOVERY	ORIGINAL RECOVERABLE RESERVES	CUMULATIVE PRODUCTION	REMAINING RESERVES
BUKHARI	(UTP)	SIND	1985	N.A	-	N.A
JARO	(UTP)	SIND	1986	N.A	-	N.A
MATLI	(UTP)	SIND	1986	N.A	-	N.A
DHULLIAN (ASSOCIATED)	(POL)	PUNJAB	1935	0.199	0.199	-
MEYAL (ASSOCIATED)	(POL)	PUNJAB	1968	0.431	0.160	0.271
TOOT (ASSOCIATED)	(OGDC)	PUNJAB	1968	0.074	0.009	0.065
RODHO	(ODGC)	PUNJAB	1974	0.025	-	0.025
DHODAK (ASSOCIATED)	(OGDC)	PUNJAB	1976	0.700	-	0.700
ADHI (ASSOCIATED)	(PPL)	PUNJAB	1978	N.A	-	N.A
DAKIINI (ASSOCIATED)	(OGDC)	PUNJAB	1983	0.118	-	0.118
DIJURNAL (ASSOCIATED)	(OXY)	PUNJAB	1984	0.126	0.019	0.107
PUNJPIR	(OGDC)	PUNJAB	1985	N.A	-	N.A
NANDPUR	(OGDC)	PUNJAB	1985	N.A	-	N.A
TOTAL				20.774	4.706	16.068

N.A : Not Available
Sources : DGPC (Technical Wing)

FIELD-WISE PRODUCTION OF NATURAL GAS IN PAKISTAN

FIELDS	UNIT	1980-81	1981-82	1982-83	1983-84	1984-85	1985-86	A.C.G.R. (%) 1980-81 TO 1985-86
SUI	MMCFIT	247,652	260,064	262,248	263,104	263,479	255,666	74
	TOE	5,522,640	5,799,427	5,848,130	5,867,219	5,875,582	5,701,352	
MARI	MMCFIT	34,971	45,633	63,896	65,297	66,576	77,410	17.22
	TOE	601,501	784,888	1,099,011	1,123,108	1,145,107	1,331,452	
SARI/HUNDI	MMCFIT	3,179	2,501	1,856	701	0	0	-
	TOE	64,534	52024	38,605	14,581	0	0	
PIRKOHI	MMCFIT	0	0	0	2,006	14,567	22,278	-
	TOE	0	0	0	41,725	302,994	463,382	
TOTAL	MMCFIT	285,802	308,198	328,000	331,108	344,622	355,354	4.45
	TOE	6,188,675	6,636,339	6,985,746	7,046,633	7,323,683	7,496,186	
A. C. R. (%)		.00	7.84	6.43	.95	4.08	3.11	

Source : GAS PRODUCING COMPANIES

GAS CONSUMPTION BY SECTOR

SECTOR	UNIT	1980-81	1981-82	1982-83	1983-84	1984-85	1985-86	A.C.G.R. (%) 1980-81 TO 1985-86
DOMESTIC	MMCF	17,738	24,037	28,357	32,246	37,372	42,512	19.10
	TOE	415,079	562,266	663,554	754,556	874,505	994,781	
COMMERCIAL	MMCF	7,540	8,337	8,905	9,122	9,838	9,923	5.65
	TOE	176,435	195,086	208,377	213,455	230,209	232,198	
CEMENT	MMCF	26,085	26,319	21,222	10,305	8,300	7,283	-22.52
	TOE	610,393	615,865	496,595	241,137	194,220	170,422	
FERTILIZER	MMCF	65,920	77,273	97,308	98,335	100,083	99,788	8.65
	TOE	1,325,703	1,808,188	1,874,676	1,896,228	1,929,171	1,929,863	
POWER	MMCF	84,743	82,087	74,295	77,927	88,906	103,262	4.03
	TOE	1,959,072	1,830,540	1,738,503	1,823,491	2,051,428	2,147,543	
GEN. INDUSTRY	MMCF	62,748	67,471	70,522	73,159	74,629	74,852	3.59
	TOE	1,468,313	1,578,821	1,650,215	1,711,921	1,746,319	1,751,537	
TOTAL	MMCF	264,774	285,524	300,609	301,094	319,128	337,620	4.98
	TOE	5,954,995	6,590,766	6,631,920	6,640,788	7,025,852	7,226,344	3.95
A.G.R. (%)		.00	7.84	5.28	0.16	5.99	5.79	

Source : GAS DISTRIBUTION COMPANIES

表 7

GAS CONSUMPTION BY SECTOR (Unit: thousand MMCFT)

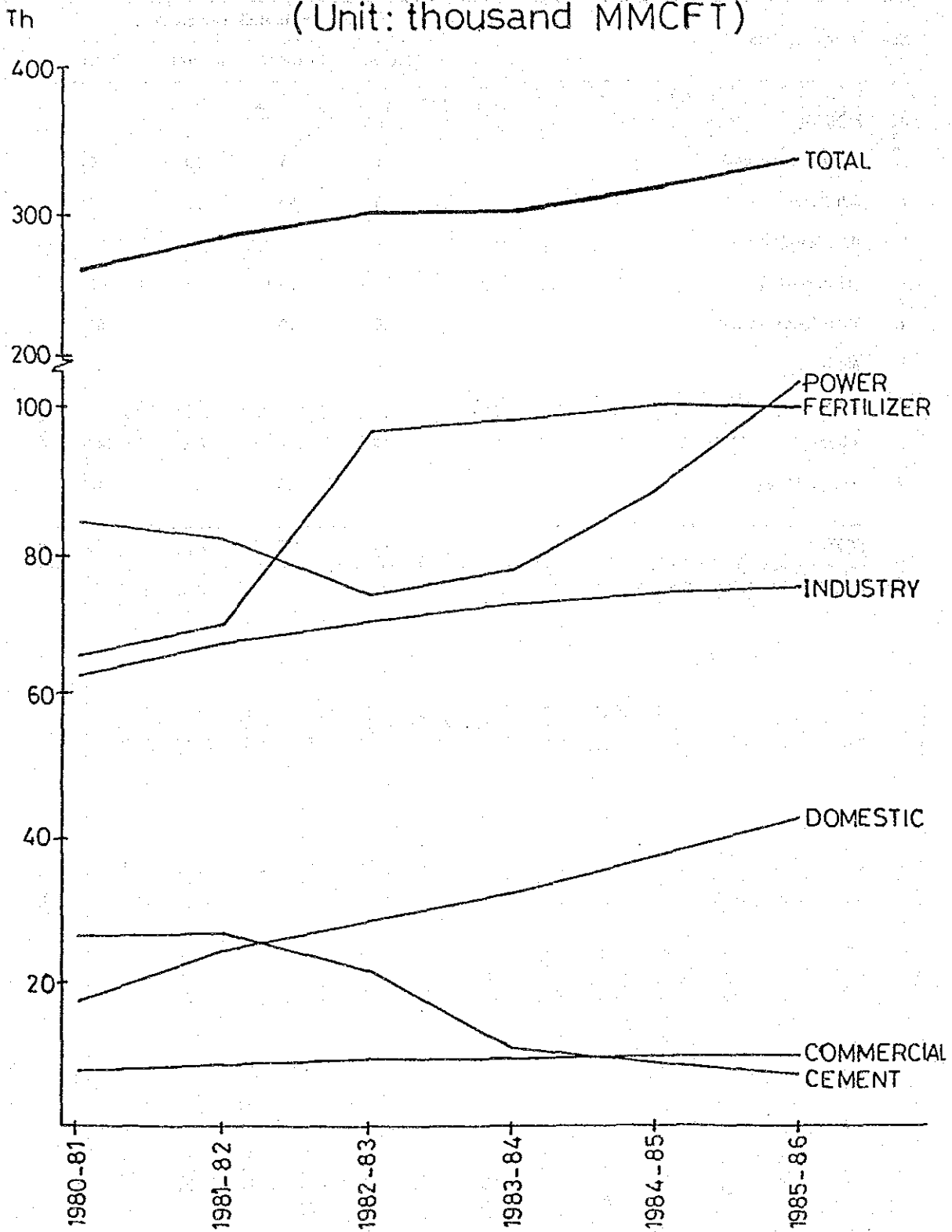


表 8.

COAL RESERVES IN PAKISTAN

Name of the Coal Field	Reserves in Million Metric Tons			
	Proved	Indicated	Inferred	Total
A. PUNJAB				
1. Makerwal/Gullakhel	1	5	10	16
2. Salt Range	6	60	20	86
B. BALUCHISTAN				
1. Sor-Range-Degarh	12	33	—	45
2. khost-Harnai-Sharigh	10	50	—	60
3. Muchi	6	15	—	21
C. SIND				
1. Lakhra	62	44	134	240
2. Jhimpr-Meting	5	10	25	40
TOTAL	102	217	189	508

Source : Geological Survey of Pakistan

FIELD - WISE PRODUCTION OF COAL IN PAKISTAN

FIELDS	UNIT	1980-81	1981-82	1982-83	1983-84	1984-85	1985-86	A.C.G.R. (%)
		1980-81 TO 1985-86						
SOR-RANGE	M. Ton TOE	155,606 69,618	165,834 74,194	157,255 70,356	193,605 86,619	207,010 92,616	172,222 77,052	2.05
DEGARI	M. Ton TOE	105,550 47,223	92,762 41,502	68,118 30,476	116,621 52,176	147,459 65,973	183,241 81,982	11.66
SHARICHI	M. Ton TOE	36,814 16,471	35,483 15,875	32,837 14,691	43,765 19,580	59,026 26,408	42,213 18,886	2.77
SINJIDI	M. Ton TOE	172,147 77,019	138,894 62,141	139,084 62,226	179,943 80,506	204,180 91,350	207,344 90,529	3.29
MUCHI	M. Ton TOE	76,761 34,343	70,004 31,320	65,473 29,293	91,017 40,721	92,580 41,420	65,297 29,214	-3.18
JIARNAI	M. Ton TOE	11,925 5,335	11,328 5,068	13,498 6,039	18,459 8,259	42,614 19,066	60,268 26,964	38.27
DUKI	M. Ton TOE	114,016 51,011	223,591 100,035	198,426 88,776	201,688 90,235	218,697 97,845	224,908 100,624	14.55
PIR ISMAIL ZIARAT	M. Ton TOE	135,254 60,513	65,409 29,264	89,838 40,194	84,702 37,896	163,082 72,963	201,645 90,216	8.31
ANEKUM	M. Ton TOE	16,125 7,214	56,592 25,319	16,611 7,432	36,809 16,468	34,279 15,336	16,880 7,552	.92
MAKERWAL SALT RANGE	M. Ton TOE	426,249 190,704	533,556 238,713	449,932 201,300	473,452 211,822	471,223 210,825	425,572 190,401	-.03
LAKIIRA	M. Ton TOE	236,089 105,626	287,620 128,681	309,890 138,645	366,011 163,753	533,462 238,671	543,975 243,374	18.17
JHUMPIR	M. Ton TOE	35,025 15,670	28,103 12,573	25,432 11,378	31,119 13,923	30,321 13,566	26,874 12,023	-5.16
MAKERWAL/KOHIAT	M. Ton TOE	55,261 24,769	41,112 18,394	42,274 18,913	31,707 14,186	33,805 15,124	36,168 16,182	-8.16
TOTAL	M. Ton TOE	1,576,922 705,515	1,750,288 783,079	1,608,668 719,718	1,868,898 836,145	2,237,738 1,001,164	2,201,607 984,999	6.90
A. G. R. (%)	.00	10.99	-8.09	16.18	19.74	-1.61		

表 9.

IMPORT OF COAL

PERIOD UNIT	1980-81	1981-82	1982-83	1983-84	1984-85*	1985-86	A.C.R. (%) 1980-81 TO 1985-86
M. TON	311,508	539,655	520,077	491,079	715,578	852,318	22.30
TOJ:	204,941	355,039	342,159	323,081	470,779	560,740	
A. G. R. (%)		73.24	-3.63	-5.58	45.72	19.11	

* Federal Bureau of Statistics
 Note: Metallurgical Coal only.

Source: PAKISTAN STEEL MILLS CORPORATION

V. 石炭ブリケット生産技術の概要

1. 成型炭生産の現状¹⁾⁴⁾

「バ」国における成型炭の製造は、1942年にインドのAssam から移設された設備により Quetta で開始し、以後 PMDC の管理下で生産していた。この主目的は 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。その製造法の概略及び生産量の年次の推移は以下のごとくである。

(1) 成型炭の製造技術と生産量

成型炭の製造は従来から最も量産性の高い成型法として知られているブリケットティング法によるものである。原料の石炭はホッパーからバケットコンベヤーにより粉碎及び混合工程を経て、スチームクッカーにて加熱蒸気で熱処理される。次に加熱された粉碎炭は卵形のポケットを刻み込んだ2つのロール間部に供給され、そこで連続的に加圧成型される。製品の石炭ブリケットはチェーンコンベヤーとシュートによりトラックに荷積みされる。

1960年以前には石炭ブリケットのバインダーとしてビチューメンを使用していた。しかしその後のビチューメンの高騰に伴い、このプロセスでは経済性を失なったことから、許容できるレベルまでにコストを低減させる方法として、石炭を直接加熱蒸気で熱処理して石炭自身に含まれるタール分を加圧成型時にバインダとして作用させるプロセスを採用していた。また、ブリケットプラントはスモークボイラーから発生する250PSIの蒸気を動力源としてスチームエンジンにより駆動していた。

本プラントの生産規模は50,000～60,000トン/年といわれたが、後述するように、石炭ブリケットの性質上の欠点からくる市場の狭さからこれまでにフルスケールで生産されたことはなかった。しかし生産量の点では、現在でもPMDCの適切な管理を得ることによって50トン/日の生産は可能であるとしている。

最近の生産実績の推移を表11に、また1981～1982年における本プラントによる製造コストは表12に示した。同プラントには30名の労務者があり、賃金は919ルピー/人・日でこれは総経費と思われる。

(2) 石炭ブリケットの性質

現在、PMDCの管理下で生産されている石炭ブリケット及び試作検討中の石炭ブリケットの例を図2に、またそれらの分析値については表13に示した。図2中のサンプル②のようなブリケットは民間企業によって生産されているようであるが、その詳細は本事前調査では確認できなかった。

表13の分析値からみて注目されることは、いずれのブリケット及び成型炭も全硫黄分が少なく、しかも硫黄酸化物発生の原因となる燃焼性硫黄分が予期していたより少ないことである。このことは硫黄分の少ない石炭を原料として使用し、しかも脱硫剤を配合している

表 11.

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

表 12.

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	

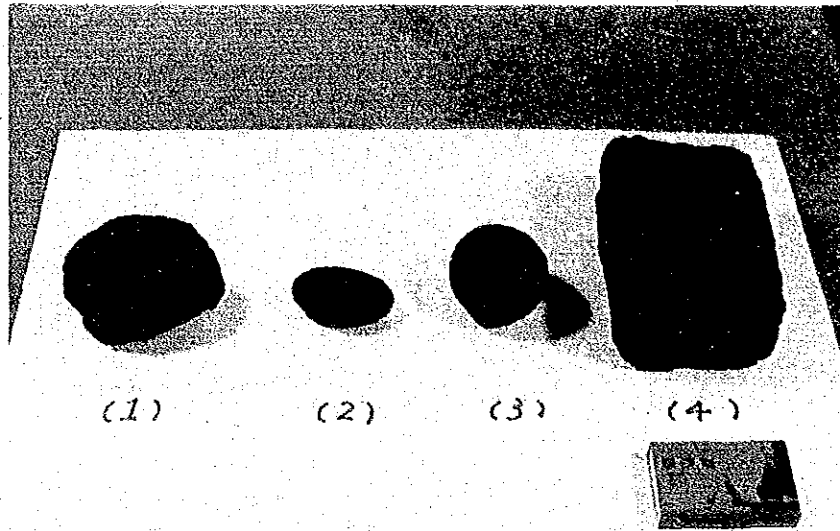


図2. パキスタン国における石炭ブリケット

石炭ブリケットの重量：(1) 約 100 g (2) 約 15 g
 (3) 約 40 g (4) 約 300 g

表 13. 石炭ブリケットの分析値

	ブリケット(1)		ブリケット(2)		成型炭(3)		成型炭(4)	
水分(%)	2.5		11.5		4.8		4.3	
灰分(%)	36.1	(d. f) 37.0	28.9	(d. f) 32.7	14.1	(d. f) 19.8	18.9	(d. f) 19.8
揮発分(%)	34.8	35.7	33.5	37.8	34.3	38.4	36.7	38.4
固定炭素(%)	26.6	27.3	26.1	29.5	46.8	49.2	40.1	41.8
発熱量(kcal/kg)	4,620	4,740	3,710	4,190	5,780	6,070	4,590	4,800
全硫黄(%)	1.07	1.10	1.92	2.17	1.24	1.30	1.21	1.26
不燃焼性硫黄(%)	0.78	0.80	1.60	1.81	1.14	1.20	0.80	0.84
燃焼性硫黄(%)	0.29	0.30	0.32	0.36	0.10	0.10	0.41	0.42

(試料はU.S.AIDで入手, 道工試分析)

ことによるものと考えられる。したがって、本プロジェクトの対象としている Lakhra 炭は後述するように高硫黄分の石炭であることから、本調査において如何にして Lakhra 炭を使用して同程度の燃焼性硫黄分を有する石炭ブリケットを製造できるプロセスを提案できるかが、今後のプロジェクトを進めるうえでの一つの大きなポイントとなる。

2. 製造技術の開発状況

同国において前述のごとく既に石炭ブリケット製造の歴史があり、実用にも供されてきた。しかし、これは山岳地帯における軍隊用燃料を目的としたもので、単に取扱い易さの点のみに着目して成型したものにすぎない。このため、石炭ブリケットは、ばい煙、硫黄酸化物の発生、灰分量などの点で、塊状の切込み炭と同様に多くの欠点を有し、従って安い価格であってもそのままの石炭ブリケットの性質では都市などの人口密集地帯等で使用するには大きな制約を受けていた。このようなことから、石炭ブリケットの性質あるいは製造工程などの改善を目的としてこれまでに種々の検討がなされてきた。

(1) M/S Sanderson and Porter, Inc, U.S.A.¹⁾²⁾

PMDCは無煙石炭ブリケットを灯油の代替用家庭燃料として普及し、その際の製造プロセスを経済性の高いものにするを目的として開発研究を当該社に委託した。本研究では1976年に表14に示すような Lakhra 炭, Sharigh 炭のそれぞれ2炭種による無煙石炭ブリケット製造のベンチスケールテストを行ない次のような結果を得ている。

- 1) テストに供した切込み炭 (ROM: Run of mine coal) はいずれも非常に高い硫黄分を含み、また比重液 (1.60) 分離浮遊物において5%以上とその値は高い。これに対して灰分の場合は比重液分離による効果は大きく、しかもその際の精炭歩留りもほどよい値が得られたとしている。
- 2) 表15は1.60比重液分離の精炭について、その硫黄分に対して100, 150, 200%当量の消石灰あるいは石灰岩を添加して得られたペレットの破壊強度である。消石灰を添加したペレットの強度では、一つのケースを除いてすべて1,000 PSI以上の値を示した。また、精炭を炭化処理し、原炭の約50%に脱揮発分した炭化炭を用い、これに硫黄分の100%当量の石灰岩を添加したペレットでは、炭化処理しないものに比較してかなりの強度の低下が見られた。なお、750 PSI (約50 kgf) の値を通常のハンドリング及び輸送に必要な強度の目安としている。
- 3) 表16は上述のペレットについて燃焼テストを行い、その際に燃焼灰に固定される硫黄分から脱硫効果を検討した結果である。灰中の硫黄固定率は脱硫剤の添加量によって異なるが、大部分のケースにおいて消石灰を添加した系において脱硫効果はより大きい。特に Lakhra 炭の場合、200%当量の消石灰を添加したときに、WMI炭では101.5%、HIM炭では98.78%の硫黄固定率を示した。

表14 Lakhra and Sharigh coal

Lakhra coal

	ROM coal		Its 160 float	
	WMI	HIM	WMI	HIM
Sulphur content (%)	5.51~12.15	4.68~17.96	5.88	5.65
Ash content (%)	15.6 ~26.1	11.6 ~30.2	12.7	20.4

Sharigh coal

	ROM coal		Its 160 float	
	SMS	STS	SMS	STS
Sulphur content (%)	6.82 ~ 7.0	8.12~ 8.52	8.35	5.56
Ash content (%)	35.0 ~ 36.5	23.9 ~25.2	13.0	7.6

表15 石炭・石灰系タブレットの強度

Coal	Present level of lime or lime-stone	Crush strength in PSI for hydration lime addition	Crush strength in PSI for lime-stone addition
Lakhra coal WMI	100	1740	1090
	150	600	960
	200	1130	630
HM-3	100	1400	1350
	150	1210	1210
	200	1300	1210
Sharigh STS	100	1040	720
	150	1060	920
	200	1300	870
Sharigh SMS	100	1620	1740
	150	1570	1210
	200	1690	1880

表16 石炭・石灰系タブレットにおける脱硫効果

Coal	Lime-stone/ lime additions %age	Sulphur retention %age	
		Calcium Hydroxide	Calcium carbonate
MMI	100	48.06	53.27
	150	71.40	77.41
	200	101.50	85.26
HIM-3	100	36.96	41.10
	150	69.28	68.18
	200	98.78	84.36
STS	100	51.59	33.15
	150	71.63	46.56
	200	80.00	53.71
SIS	100	51.69	43.28
	150	70.37	46.15
	200	69.08	46.06

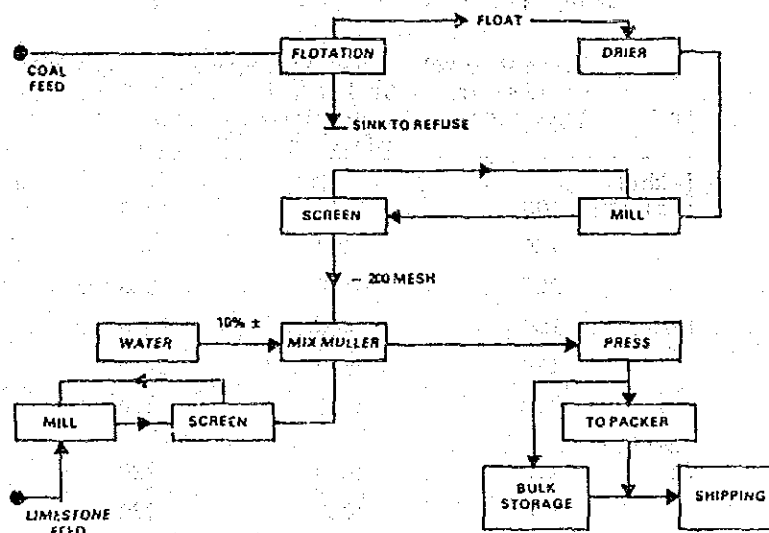


図3. 石炭ブリケットのフローシート

- 4) 以上のように消石灰・石灰岩の添加による脱硫効果は認められるが、それらの添加による灰分の増加量がきわめて大きい。例えば、Sharigh 炭の精炭 (SMS: 硫黄分 8.35%) の場合、硫黄分が燃焼中にすべて硫酸塩に変わるのに要する石灰岩の量、すなわち、精炭 100 重量部に対して 100% 当量 ($8.35\% \times 3.1 = 25.9 \text{ wt}\cdot\%$) を添加した。灰分は 13.0 wt% から 40 wt% に大きく増加した。これは精炭を使用したケースであるため、切込み炭の場合はさらに灰分が増加することになる。したがって、本プロジェクトの検討では、図 3 のように石炭ブリケットの製造において原炭処理法としてフローテーションプロセスを提案している。
- 5) 石炭ブリケットの製造において炭化工程を有しない本プロセスを用いた 10 万トン/年プラントの建設費は表 17 に示すように、1,025,000 US ドルプラス 8,841,000 ルピーと試算している。また、本プロセスによるオペレーションコストは、石灰岩 100% 及び 200% 当量を添加した場合に、それぞれ 453 ルピー/t、及び 398 ルピー/t と試算された。
- 6) 石炭ブリケットの試算については、その後の物価の高騰により現在でも有効とは言えないが、発熱量 10,000 BTU の無煙石炭ブリケットが 1,000 ルピー/t の価格で販売されるならば、灯油と競合できるとしている。ちなみに、百万 BTU 当りの価格は石炭ブリケットでは 46.64 ルピー、灯油では 86.63 ルピーである。

(2) United Engineers and Constructions Inc. U.S.A.¹⁾³⁾

1982年11月 USA ID は同社に依頼して石炭供給量 100 トン/日のプラントの概念設計と経済分析を試みた。本プロセスでは石炭ブリケットは石炭を炭化する前にバインダーを使用せずに製造ができること、また、炭化時に回収されるタール及び油を内燃機関の燃料として使用し、プラントを駆動できることを前提としている。

プロセスは粉碎・乾燥・石灰混合・ブリケットィング・炭化・冷却の工程から成るが、炭化工程で生成するタール・油から得られる 150 HP の動力プラントの動力源として使用でき、また、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であろうとしている。

プラント建設費は 2,130,000 US ドル (50% の外貨を含む) であり、詳細は表 18 のとおりである。

石炭ブリケットの製造コストは表 19 に示すように、炭化処理を伴う無煙ブリケットでは 832 ルピー/t、炭化処理しないブリケットでは 529 ルピー/t と、前者は後者より試算価格は約 57% 高くなっている。しかし、これらのブリケットは 100 万 BTU 当り 33.30~38.15 ルピーに相当し、表 20 に示すように、価格的に対抗し得る燃料は天然ガスのみである。また、表 21 はパキスタン国における 1981~92 年にかけての各燃料の価格を表示したものである。

表17 石炭ブリケット製造プラントの建設費(10万トン/年)

Description	Foreign exchange (US\$)	Pak currency
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:-	825,000	76,50,000
Engineering and contingency	200,000	11,91,000
	<u>1025,000</u>	<u>88,41,000</u>

表18 石炭ブリケット製造プラントの建設費

Equipment	Capacities	Installed cost in US\$.
- Condenser/Scrubber	2MBTU	50,000
- Drier	5TPH	100,000
- Crusher	5TPH	45,000
- Roll Mill	1.5 TPH	60,000
- Vibrating Screen	1.5 TPH	54,000
- Carbonization Kiln	5TPH	450,000
- Pug Mill	5TPH	60,000
- Briquetting Press	5TPH	45,000
- Engine Generator	-	50,000
- Conveying system	5TPH	130,000
Total:-		<u>11,14,000</u>

INVESTMENT COST

- Installed equipment	11,14,000
- Site preparation	1,50,000
- Buildings	2,50,000
- Engineering and contingency (40%)	<u>6,16,000</u>
Total:-	<u>US\$. 21,30,000</u>

表19 石炭ブリケットの製造コスト

	Briquetting and coking (Rs./tonne)	Briquetting (Rs./tonne)
- Coal for briquetting	240.00	240.00
- Lime @Rs.80/- per tonne	8.00	8.00
- Labour and overheads	37.00	25.00
- Maintenance	20.00	10.00
- Loan repayment on 20 years interest @12%	103.00	73.00
Total cost	<u>408.00</u>	<u>356.00</u>
- Profits 25%	102.00	89.00
- Sale price FOB per tonne of coal feed	510.00	445.00
- Briquettes price FOB per tonne	772.00	469.00
- Transportation cost Rs.1.20 per tonne/mile, 50 miles average distance	60.00	60.00
- Average price within 100 miles	<u>832.00</u>	<u>529.00</u>

(年間330日稼動, IUS\$=17Rs : 1987年12月現在)

表20 燃料の単位熱量当りの価格

	Rs. per million BTU
- Briquettes price (delivered)	38.52
- Range (delivered)	36.11 to 40.93
- Firewood price	53.37
- Range	38.67 to 77.67
- Kerosene oil	81.88
- Natural gas	15.55

表21 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

(3) Fuel Research Centre, Pakistan Council for Scientific and Industrial Research (PCSIR)¹⁾

同センターも長年石炭ブリケット化に取り組んできた。最近ではUSAIDの援助で米国より新しい実験室設備を整備中である。同センターのこれまでの検討の結果は以下のとおりである。

- 1) 石炭ブリケットを製造する際に脱硫剤として当量の石灰を添加した場合、燃焼性硫黄の50%が灰中に固定されるが、しかしそれ以上の石灰量であっても脱硫率を高めるうえでの効果はあまり望めない。
- 2) 成型圧が 1,280 kg/cm² のとき、十分に強固で、耐水性のある成型炭が得られる。
- 3) 試作した成型炭は特別にデザインされたコンロを用いて無臭、無煙で燃焼できている。
- 4) 石炭を炭化して成型するとコストは50%程度高くなるため、石炭-石灰の組み合わせによる成型法が有利としている。

(4) Pakistan Mineralogy Development Corporation (PMDC)

本事前調査における「パ」国のカウンターパートであるPMDCは前述の石炭ブリケットの生産プラントを自からの管理下におくとともに、石炭マーケットの15%と最大の炭田を有し、現在進めている石炭ブリケットのプロジェクトの主担当部門である。しかし、PMDCにおいては石炭ブリケットを直接的に開発する機能を有しておらず、その下部組織であるMineral Testing Laboratoryにおいて石炭分析のため1名のスタッフを配置しているにすぎない。

同ラボは1952年に設立されたが、現在の年間予算は25万ルピーと少なく、また実験施設、分析機器類とも整備されていないため、かなりの数の分析項目について外部に依頼している。これに要する費用は年間60万ルピーで、この不足分については民間から補助を受けている。

3. 今後の検討課題

以上のようなパキスタン国における石炭ブリケットの開発状況からみて今後検討を要する課題は、以下のとおりである。

- (1) 石炭ブリケットの用途及び需要量の設定
 - ・石油代替燃料の可能性からみた検討
- (2) 石炭ブリケットに要求される燃料特性の設定
 - ・用途別に次のような燃焼特性及び性状からの検討。特に燃焼特性として、①ばい煙・硫黄酸化物の発生性、②発熱量・灰分量など。性状としては、①強度・耐湿性・耐水性、②形状・寸法など。

- (3) 石炭をベースとするブリケット燃料の原料特性についての把握
 - 石炭原料の炭質とその成型特性
 - 副原料としてのカルシウムの物質及びバイオマスの脱硫、バインダー特性、及びそれらの複合による燃焼特性の検討
- (4) ブリケット燃料の製造法の設定
 - 無煙ブリケット化のための炭化工程の必要性
 - 原炭の脱灰を目的とした選炭工程の必要性
 - 量産性・コスト面からみた製造技術（低圧・高圧成型）の検討
 - 通常の貯蔵・ハンドリングにおいて必要とする強度・性状の評価
 - 多目的用途の燃料開発の必要性
- (5) ブリケット燃料の燃焼特性の評価
 - ばい煙・硫黄酸化物発生量とそれらのレベルについての検討
 - 着火性・燃焼性・燃焼量のコントロールなどの特性についての把握
- (6) ブリケット燃料の燃焼法の設定と専用燃焼器の試作
 - 従来のストーブによる燃焼法の検討
 - 炊事・暖房用小型ストーブのデザイン・試作
 - 試作ストーブによる燃焼テストとその評価
- (7) ブリケット燃料の輸送方法の検討
 - 用途別燃料の荷姿及び供給方法についての検討
- (8) 専用燃焼器の開発とその供給法
 - 家庭燃料（炊事・暖房）用小型ストーブの供給の必要性についての予備的検討
- (9) ブリケット生産プラントの建設費、製造コストの試算
 - ブリケット燃料別、生産規模別の試算

なお、これらの検討事項に関連して、別紙の内容による質問事項をPMDC側に提出し、回答を依頼した。

Questionnaires

Related to the 1st stage :

1 Classification of energy use by respective sectors

- 1) Use for domestic heating in urban and rural areas.
 - 2) Use for domestic cooking in urban and rural areas.
 - 3) Use for small industries (brick, tobacco, other agricultural products etc.)
- Information on trend of energy consumption by each the above sector.
 - Political activities for dissemination of coal as an alternative for kerosene and fire wood. In particular, as for fire wood, activities with view to regulation of deforestation. If done so, information on the problem having faced through the above activities.
 - Information on the reasons why it is still difficult for coal briquettes produced so far to be acceptable as an alternative fuel in respective sectors.
 - Present utilization and its possibility of biomass (various agricultural and wood waste etc.) as alternative fuels.
 - Qualities required by respective sectors for dissemination of briquettes with coal base, as follows:
 - 1) Smoke and sulphur-oxides emission
 - 2) Heat values
 - 3) Ignitability, combustibility, combustion rate control
 - 4) Easiness of ash disposal (low ash content and no clinkering in combustion)
 - 5) Easiness of handling (shape, size and strength so bearable as little dust in stock and handling)
 - 6) Bearability to stock out doors and at an atmosphere of high humidity.

Note: Based on the qualities required in the above, at the 1st stage preliminary investigation will be carried out on the production possibility of briquettes used Lakhra coal.

- Estimation of reasonable price for the consumer in respective sectors, considering from the above qualities, production process and distribution cost.
- Possibility of a wider acceptance by supply of improved briquettes and its combustors.

- Margin comparison in present distribution system between present coal briquettes and other existing fuel such as lumpy coal, kerosene and fire wood.

Related to the 2nd stage :

In F/S, the survey will be carried out on the following properties of coal sampled on-spot for briquetting test.

1) Proximate, ultimate analysis, heat value, 2) Microscopic observation on, and analysis of, inorganic sulphur matter in terms of washability 3) Grindability (H.G.I) and briquetability, etc.

- Review of and survey on qualities, supplies and price of binder and desulphuration materials such as lime stone, slaked lime, cement etc.
- Review of and survey on qualities, supplies and collection cost of agricultural biomass such as bagasse, beet pulp, rice husk etc, for combination to coal briquettes.
- Information on the detailed production process of coal briquettes developed so far and produced now in Pakistan.
- Information on qualities and combustion characteristics, of coal briquettes produced now, in particular with view to suppression of smoke and sulphur oxides emissions.
- Review of combustors for coal briquettes used now by respective sectors
- Review of coal briquettes production and combustion method, which PMDC (Pakistan side) intends to recommend in F/S.

VI. 石炭ブリケットの開発計画

1. 石炭ブリケット開発の基本的な考え方

本調査における検討事項は前述のごとくであるが、これらの事項のうち、本プロジェクトを進めるうえで重要なポイントとなる事項については、次のような基本的な考え方に立って本調査を進めることをPMDCとの間で確認した。

- (1) 炭化工程の必要性：ブリケット製造プロセスにおいて、ばい煙発生源となる石炭揮発分を低減させるための炭化工程については検討を行わず、新しくバイオマスその他の原料の複合化などにより、脱硫効果を高めるとともにばい煙発生の抑制について検討する。
- (2) 選炭工程の必要性：切込み原炭の脱灰を主目的とした選炭については、「パ」国側より強い要望があり、Lakhra 炭を対象として選炭テストを行ない、選炭コスト、及び精炭を原料とするブリケットの特性からその工程の必要性を検討する。
- (3) ブリケット専用燃焼器について：本調査における Scope of Work の協議の際に、ブリケットの特性及び「パ」国の地方部における条件にマッチしたストーブのデザイン及び仕様書も含めることを要望された。この点についてブリケット燃料を普及するうえで重要な課題であるため、具体的に鉄板製の炊事及び暖房用小型ストーブを試作して燃焼テストを行なうなど、S/W 2-4の項目で含めて対応する。

なお、Feasibility Studyに必要な石炭及び副原料の試料については、下記の量を目途として現地で採取し、国内における各試験に供することとする。

1) 石炭試料：8トン

- ・切込み炭6トン：選炭テスト及び精炭を使用したブリケット製造テスト用
- ・切込み炭2トン：バイオコール製造テスト用

2) 脱硫・結合剤原料：2トン

- ・石灰石：1トン、消石灰：500 kg、セメント：500 kg

3) バイオマス原料：2トン

- ・バガス：1トン、その他のバイオマス：1トン

合 計 : 12トン

2. 石炭をベースとしたブリケット開発

前述の基本的な考え方に立って、同様にPMDCとの間で確認された石炭をベースとするブリケット燃料の開発体系図は表22のごとくである。

(1) ブリケット原料

1) 石炭原料

「パ」国における石炭は炭質区分でリグナイトあるいは亜瀝青炭に属するが、一般に

低品位で石炭の生焚きの場合、次のような欠点を有している。

- (i) 硫黄分が多いことから、燃焼時に硫酸化物を多量に発生する。
- (ii) 圧分が多いことからフライアッシュを含めた燃査が多量に発生する。
- (iii) 揮発分が多いことから、燃焼時にばい煙が発生しやすい。

また同様に塊状石炭の場合、①非常に破碎しやすいため、ハンドリングに不便であり、②貯蔵時などにおいて自然発火しやすい性質を有する。したがって、ブリケット燃料化にあたっては、当然のことながら、このような性質を十分に考慮して他の原料を配合することなどが必要である。特にブリケット製造プロセスを検討するのにあたっては、これらの石炭は固有水分以下まで乾燥させると反応性が高まることから、自然発火、炭じん爆発を防止するため、できるだけ強制的に乾燥する工程は避けることが望ましい。

しかしながら、このようなことが欠点とされる性質もブリケット燃料化の際に利点として生かすことも可能である。すなわち、破碎あるいは粉碎しやすい性質は、成型のしやすさに通じ、得られるブリケットの強度は高く、また原料調整の際の粉砕コストも安い。したがって、石炭ブリケットの場合、原料の粒径が小さければ小さい程、ばい煙発生抑制に効果があることから、その点で有利であり、さらにこれらの石炭は低石炭化度で反応性が高いことから、燃焼性の高いブリケットの製造が期待できよう。このことは着火時からばい煙の発生量が少なく、早い燃焼の立ち上りを要求される炊事用燃料にとって重要な性質であり、しかも未然損失の点で優れていることを意味する。

本プロジェクトの対象としている Lakhra 炭について、この度、PMDCで入手した塊状石炭（図4）の分析値と、従来からある分析値を表23に示した。Lakhra 切込み炭の全硫黄は前述のブリケットと比較してきわめて多く含まれ、燃焼性硫黄では10倍以上の量である。したがって、本調査においては、表21の石炭原料で示すように、炭質特性上から、①切込み炭の高硫黄分石炭、②選炭により得られる低灰分の精炭（Washed coal）③低硫黄分切込炭の3つのタイプの石炭が検討の対象となろう。精炭についての検討については、PMDCより強く要望されていることであり、また、低硫黄分石炭を使用する可能性については、JICA専門家によって提案されている⁸⁾。当然のことながら、石炭原料の選択にあたっては、それぞれ原料単独か、あるいは混炭によるかは、ブリケットに要求される品質、及び経済性などの面から検討する必要がある。

2) 脱硫・結合剤

脱硫剤としては、石灰岩と、それを原料とする消石灰、生石灰、さらには結合剤としても期待できるセメントなどがある。本プロジェクトで検討の対象として考えている石灰岩は Lakhra 炭鉱地帯に賦存するものであるが、今回、PMDCで入手した石灰岩（図4）について分析した結果は、以下のとおりである。

CaO: 54.16%, Ig.Loss: 43.88%, 水分: 0.01%, CaCO₃含有率: 96.67%

表22 石炭をベースとしたブリケット開発の体系図*

石炭原料	造粒方法(I)	用途(II)	輸送方法(III)	燃焼器の供給(IV)
1.高硫黄分石炭	(A) 低圧法 高圧法 (A) + (B) (A) + (C) または	(1)家庭炊事用 (2)家庭暖房用 (3)小規模工場 事業所用 その他	(1)バラ積み (2)包装 (袋詰・ コンテナ)	(1)既存ストーブ：燃焼法の普及 (2)既存ストーブの改良 (3)専用ストーブの開発・普及
2.低灰分石炭(精炭)				
3.低硫黄分石炭				
脱硫結合剤	(A) + (B) + (C)			
1.石灰岩	(B)			
2.消石灰				
3.セメント・その他				
バイオマス原料	** 原料配合： 石炭 60-75wt. % バイオマス (25-40wt. %)			
1.農業廃棄物	(C)			
2.木質廃材・その他				

* 本調査範囲：(I), (III), (IV)項及び(IV)項に関する予備的検討も含める。

表23 Lakhra 炭の分析値

	Lakhra 炭* (塊状切込み炭)		Lakhra 炭(2) (SIND)
水分(%)	29.5	(d. f)	9.09 ~ 20.85
圧分(%)	13.1	18.6	18.11 ~ 43.17
揮発分(%)	29.9	42.4	17.49 ~ 43.14
固定炭素(%)	27.7	39.0	10.35 ~ 36.74
発熱量(kcal/kg)	4,150	5,890	3,160 ~ 5,840
全硫黄(%)	3.66	5.19	4.1 ~ 8.9
不燃性硫黄(%)	0.46	0.65	
燃焼性硫黄(%)	3.20	4.54	

* PMDCで入手，道工試分析

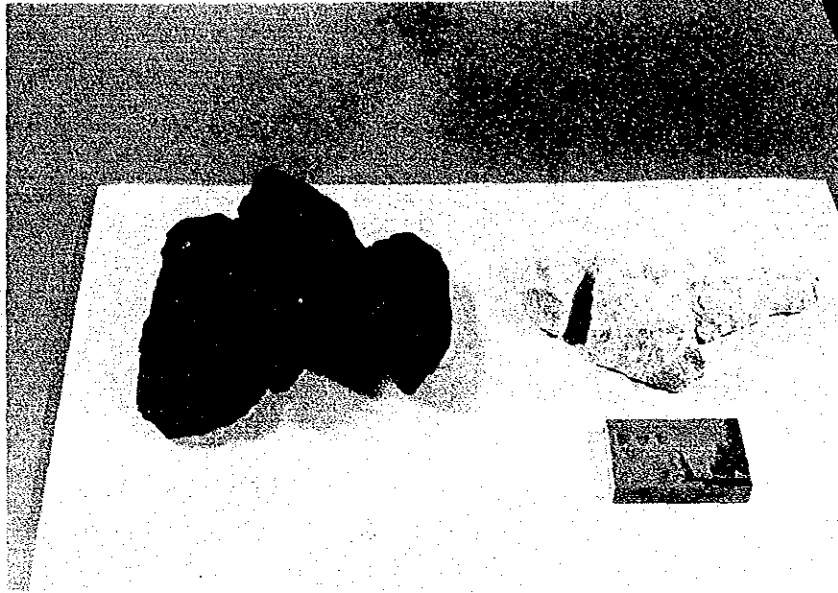


図4. Lakhra 炭及び石灰岩
左：塊状石炭 右：石灰岩

CaO成分が55%以上あれば、良質な石灰岩とされているが、したがって、Lakhra 炭鉱地帯にある石灰岩はそれに近いものと考えられる。

このような石灰岩 (CaCO_3) を微粉碎して脱硫剤として使用する場合、その効果の点で消石灰 (CaCO_3) に比較して小さいという問題がある。このため、本調査においては各脱硫剤の効果を評価し、場合によっては石灰岩を原料とする生石灰 (CaO) あるいは消石灰を簡易な焼成炉により生産供給することも検討することが必要であろう。また、製糖工場において副生するモラセスについて、生石灰あるいは消石灰の組み合わせによる結合、脱硫剤としての効果についても検討を要しよう。

3) バイオマス原料

石炭をベースとしたブリケットを高圧造粒法により製造する際に樹皮・のこ屑などの木質廃材を配合した場合、木質粉はバインダーとして作用し、種々の燃焼特性も付与される⁵⁾⁶⁾。同様に農業廃棄物であるバガス・ビートパルプ・モミガラなどもバインダーとしてのレオロジー的性質を有する。

パキスタン国は砂糖きび・麦・米などを多量に生産する農業国であり、今後のブリケット燃料のマーケットと考えられている地域周辺においても約20の砂糖工場が稼働していると言われる。したがって、これらの工場から排出されるバガスはブリケット用バイオマス原料としての利用が期待できる⁷⁾。

バガスの分析値としてザンビアで入手したものの例について表24に示した。

表24 バガスの分析値⁷⁾

付着水分(%)	水分(%)	灰分(%)	揮発分(%)	固定炭素(%)	全硫黄(%)	発熱量(kcal/kg)
22.0	5.7	2.4	80.5	11.4	0.06	4,310

バガスは通常ののこ屑・樹皮などの木質原料と同様な分析値を示し、特に全硫黄が0.06%と少ない。

今後の本調査においては、バガスを主体としたバイオマス原料の排出量・利用状況及び集荷可能量などの把握、さらにはブリケット燃料の農業用エネルギー源としての需要との関連で、バイオマス原料の輸送法についても検討する必要がある。

(2) 石炭ブリケットの造粒法

粉体原料の量産性の高い造粒法として低圧及び高圧ブリケットィング法がある。前者は従来からの豆炭・成型炭など、バインダーを使用して製造する方法であり、後者は2～5 t/cmの線圧でブリケットを製造するロールプレス法である。現在、北海道において高圧ロールプレス法により、石炭・木質複合固型燃料(バイオコール)、及びオイルコークス粉を原料とするブリケット燃料が生産されている。

パキスタン国において、表21のような原料を用いてブリケット燃料を製造する場合、原料それぞれの成型特性、ブリケットに要求される性質、設備費及び製造コストなどの面から低圧法あるいは高圧法の採用を検討する必要がある。これまでのロールプレスによる造粒法の実績から言って、原料(A)+(B)の系では低圧法、また、原料(A)+(B)及び(A)+(B)+(C)の系では高圧法が適用できるものと考えられる。

(3) ブリケット燃料の用途

ブリケットの用途によっては原料の組み合わせ、あるいは造粒法の採用にも関係するため、本調査においては主体となる用途に対する需要について市場調査より把握し、そのための製造プロセスを検討する必要がある。なお、「バ」国における本ブリケットの需要は、そのマーケットの地域から言って、家庭燃料、特に炊事用燃料の灯油打替用としての用途を期待している。

(4) ブリケット輸送方法

ブリケット輸送の際の荷姿は用途によってバラ積み及び袋詰・コンテナなどの包装に大別されよう。前者の場合は当然のことながら、野外ストックの長期間可能な耐水性を有することが望ましい。したがって、ブリケットの性状、及び用途別需要の形態に合せた荷姿の輸送方法についても検討しておく必要がある。その中でも灯油代替用として期待の大きい炊事用燃料の用途については、耐水性と云うことよりはむしろ燃焼特性に重点を置いて検討する必要があるだろう。

(5) 燃焼器の供給

ブリケット燃料の普及のためには、燃焼器を合せて供給することがきわめて重要である。本調査においては炊事・暖房用小型ストーブのデザイン・試作とそのストーブによる燃焼テストを行ない、これらの小型ストーブの供給の可能性について予備的に検討する必要がある。

3. ブリケットの製造プロセス

(1) Lakhra 炭の成型特性

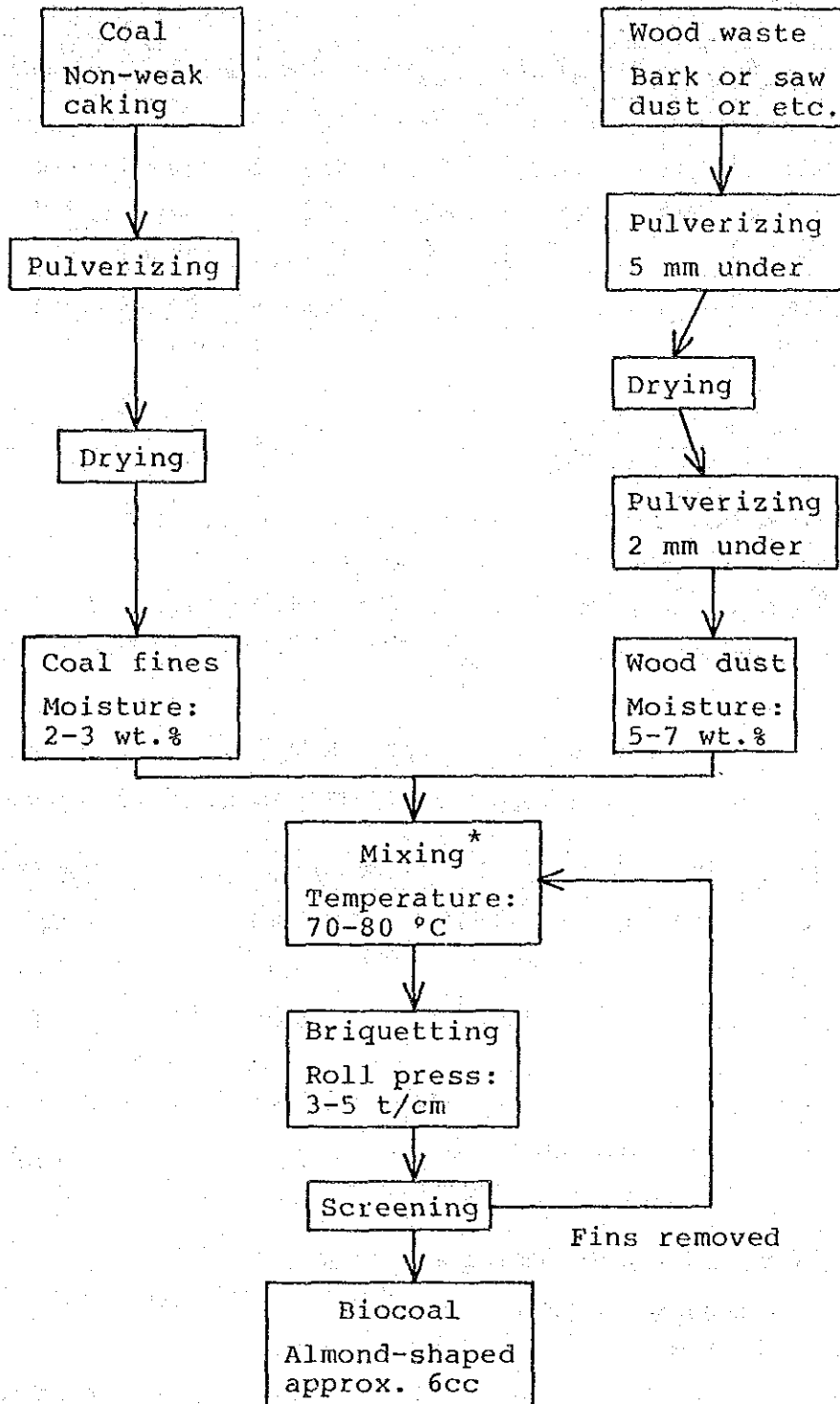
Lakhra 炭の原料としてブリケット燃料を製造する際の基礎的な検討方法としてタブレット成型試験を実施した。試験に供した石炭、バガス及び石灰岩は表22、図4にそれぞれ示したものである。タブレット試験片の寸法は25φ×2～3mmで、成型試験は室温、圧力2.4t/cm²、保持時間10sec.の条件下で行なった。その結果は表25に示すとおりである。タブレットの破壊強度はバガス無添加の石炭・石灰系ではそれ程大きくはないが、バガス添加系ではきわめて大きな値を示す。また、バガス配合量の増加とともに強度が大きくなり、明らかにバガスの結合剤としての効果は見られる。しかし、タブレット試験片は無加熱下で成型されたものであり、これらの値からLakhra 炭はきわめて成型しやすい石炭に属すると判断される。なお、表26に参考値として、80℃加熱下で成型した他の石炭によるタブレットについても示した。

以上のようなタブレット成型試験結果は実用規模のロールプレスによる試験結果とは深い相関にあり、したがって、Lakhra 炭とバガスの配合比が70：30程度の場合、後述するバイオコールの製造法により十分に実用に耐え得る石炭・バガスブリケットの製造は可能と判断される。

(2) 石炭・バガスブリケットの製造プロセス

図6は現在北海道において生産されているバイオコールの製造プロセスの概略図である。このプロセスでは、原料の水分調整及び成型性を高めるため、原料粉の乾燥及び混合時に70～80℃に加熱される。Lakhra 炭の場合は、このプロセスでバイオコールの製造は可能であることは勿論であるが、非常に成型性が良いことから、石炭及びバガス原料の強制乾燥及び原料混合時に加熱することなしに、バイオコールの製造が期待できる。これらのことは、省エネルギーの立場からは勿論のこと、先に指摘したプロセス上の自然発火あるいは炭じん爆発を防止するうえで重要な点である。したがって、本調査においては、この成型特性を生かした製造プロセスを重点的に検討する必要がある。

Fig. 5. Outline of Biocoal Production Flow-Sheet



* Coal fines : 75 wt.% , Wood dust : 25 wt.%

表25 タブレット成型試験結果

ラクラ炭 ⁽¹⁾	配 合 比				スプリング バック(%)	破 壊 強度(kgf)	混合物 ⁽⁶⁾ 水分(%)	タブレット ⁽⁷⁾ 水分(%)
	バガス ⁽²⁾	消石灰 ⁽³⁾	石灰岩 ⁽⁴⁾	セメント ⁽⁵⁾				
100		5			24.5	27	28.1	7.3
100		10			20.9	40	26.8	7.7
100		10		10	15.2	44	24.5	7.1
100			10	5	19.1	48	25.7	5.9
80	20	10			29.8	290	22.5	6.5
70	30	10			34.5	390	20.3	6.2
60	40	10			33.1	580	18.2	6.1
70	30		10		38.5	490	20.3	5.1

(1) 水分：29.5%，粒径：1mm以下

(2) 水分：5.7%，粒径：2mm以下

(3) 試薬1級

(4) 水分：0.01%，粒径：43μm

(5) 早強セメント

(6) タブレット化前の原料水分(%)

(7) 13日間室温放置後のタブレット水分(%)

表26 タブレット成型試験結果例^{5) 7)}

(成型温度80°C, 圧力2.4 t/cm²)

配 合 比	密 度	スプリングバック	破 壊 強 度
(石炭 ¹⁾ : バガス ²⁾)	(g/cm ³)	(%)	(kgf)
90 : 10	1.47	13.6	71
80 : 20	1.39	18.0	106
70 : 30	1.38	18.9	132
(石炭 ³⁾ : 木粉)			
75 : 25	1.10	24.3	127

1) 石炭, 2) バガスはいずれもサンビア産

3) 石炭は砂川産(北海道)

4. ブリケットの特性

(1) 強度、耐湿及び耐水性

現在北海道において生産されているバイオコークス及びオイルコークスを原料とするブリケット燃料の破壊強度は、それぞれ 12kgf 以上及び 80 kgf 以上で品質管理されており、この程度の強度はパキスタンにおいても確保される必要がある。Lakhra 炭を原料とするブリケットの場合、石炭・石灰系についてはさらに原料配合などの検討によって強度を向上させる必要があるが、石炭・バガス・石灰系についてはタブレットテストにおける原料配合、例えば石炭 70 wt・%、バガス 30 wt・% の混合系で十分に 120 kgf 以上の強度を期待できよう。

耐湿性については、石炭・バガスブリケット及び石炭ブリケットの場合も高湿度雰囲気での貯蔵であってもそれ程の問題はないと考えられるが、耐水性はバイオコークスの場合、石炭ブリケットに比較して劣る。このため、バイオコークスに耐水性を付与したい場合にはパラフィンコーティングもその一つの方法である。石炭ブリケットの場合、水中に放置しても形状保持できる程度の耐水性を付与できると考えられるが、多孔質な性質によって吸水して品質を大きく低下させることから、貯蔵にあたっては水との接触は避けることが望ましいことは言うまでもない。

特に炊事用燃料のような場合、小口需要のため、耐水性よりはむしろ燃焼特性、取扱いの利便性などに重点を置いたユーザーに対する供給・貯蔵方法も検討する必要がある。

(2) 燃焼特性

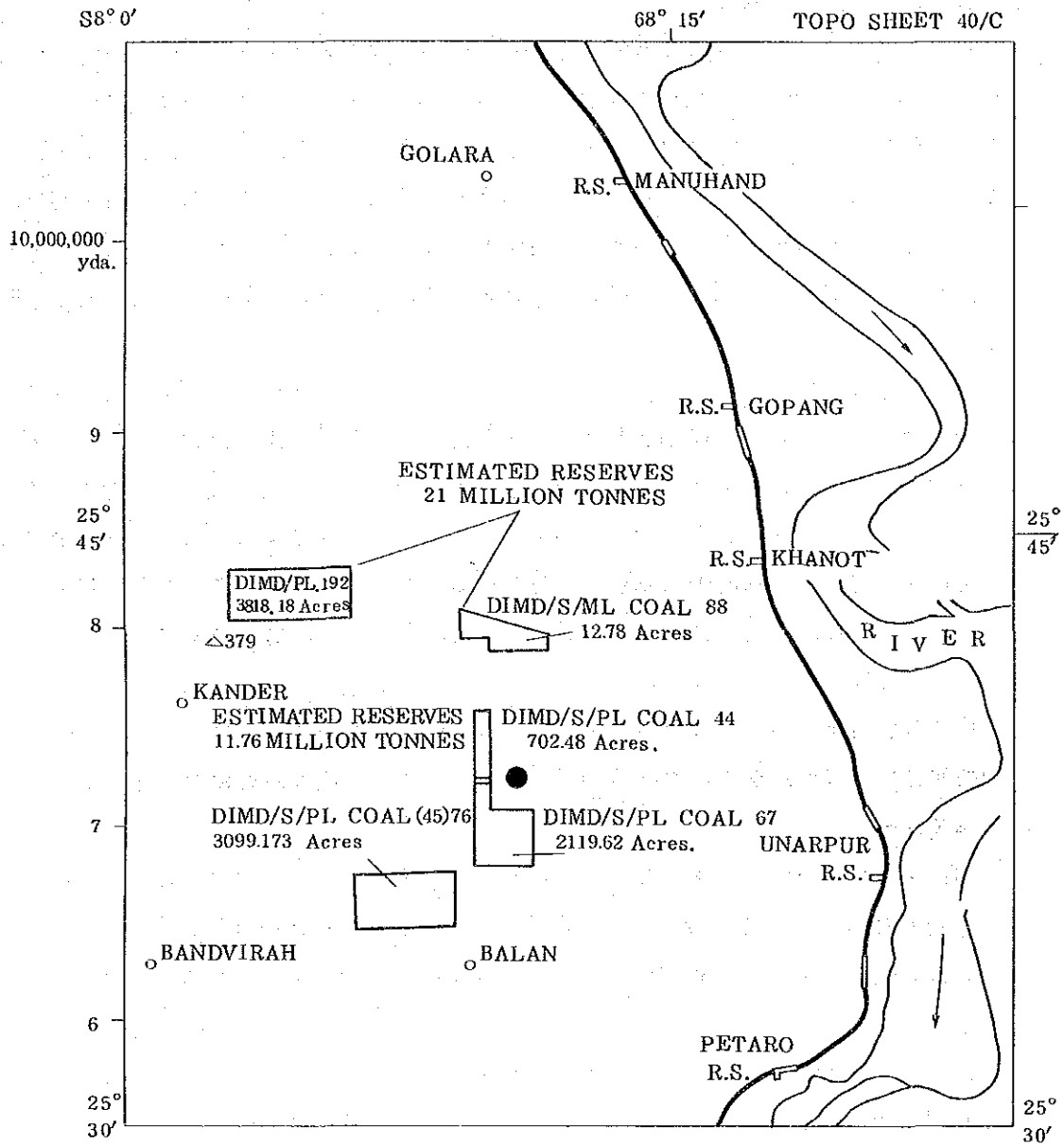
石炭・バガスブリケットの燃焼特性は石炭・木質ブリケットのバイオコークスとは本質的に相違しないことから、塊状石炭と比較して次のような特性を有しよう。

- 1) ばい煙発生量がきわめて少なく、また脱硫剤の添加によって硫黄酸化物の発生量も大きく低減される。
- 2) 着火性、燃焼性及び燃焼量の調節性に優れる。
- 3) 燃焼時にグリンカーが生成しにくいことから灰の取り扱いがしやすい。
- 4) 形状・寸法が一樣で、ハンドリング中のダスト発生量も少ない。

石炭ブリケットについては、バイオコークスほどの燃焼特性を有しないものの、塊状石炭と比較して種々の特性を付与することが期待できよう。

本プロジェクトにおけるブリケット燃料にとって重要な燃料特性であるばい煙及び硫黄酸化物の発生性については、あらかじめ目標とするレベルを設定しておく必要がある。例えば、ばい煙発生量については、0.2 以下の濃度（文献 5 の Figure 6, 7 を参照のこと）定常燃焼において肉眼で黒煙がほとんど見えない状態）になるようにブリケットの製造及びその燃焼法を採用する。また、硫黄酸化物発生量については、ブリケット中の燃焼性硫

図6. 南部ラクラ炭田のロケーションマップ⁹⁾



● 提案されているプラントサイト

黄分（無水ベース）に着目して、第1ステップとしては、その値が少なくとも1.0%前後、さらに最終的に0.5%以下にする必要がある。

5. ブリケットの燃焼技術

(1) 燃焼器の開発状況

現在「パ」国で生産されている石炭ブリケットの燃焼器として、一種の投込み式と言われるストーブが使用されており、このタイプのもは最も単純な燃焼機構である。このストーブの場合、着火剤として使われる薪により形成される火床の上に高揮発分を有する石炭ブリケットを充填して、主として一次空気により燃焼させる。このため、多量のばい煙を発生しやすいと言う大きな欠点がある。

それ故に、「パ」国においても無煙石炭ブリケットの開発と同時に、ブリケット用コンロの開発についても検討してきている。これまでの結果では、特別にデザインされたコンロを用いて石炭ブリケットを無臭、無煙で燃焼できたとしているが、その後の開発状況については、本事前調査では確認できなかった。

(2) 用途別ブリケットの燃焼法

本調査において目標とする石炭をベースとしたブリケットは、無煙の状態でも燃焼できる高揮発分を有する燃料であり、一般的にいう低揮発分の無煙ブリケットとは燃焼特性を大きく異にしている。前者は薪のようなロングフレイムの燃料であり、後者は木炭 コークスのようなショートフレイムの燃料である。すなわち、前者の場合、特にバイオコールでは塊状の石炭とは異なって、2次空気を主体とした燃焼方式によって熱効率よく、より無煙に近い状態で燃焼させ得る。

したがって、ロングフレイムの燃料はショートフレイムのものに比較して多目的な用途に適しておることから、本調査においては、Lakhra 炭を原料とするブリケットの燃焼特性を把握し、家庭用燃料、例えば炊事あるいは暖房用として、目的用途に合せた燃焼方法を検討しておく必要がある。

(3) 専用燃焼器の開発の必要性

石炭ブリケットを石油代替用として普及するためには、それと合わせて燃焼器の供給が必要であり、さらに燃焼器の改良が進むと、またブリケット需要の増大を促すことになる。このことにより、開発の遅れている地域に対して労働集約型石炭産業と同時に新しく燃焼器関連産業を振興させるような、社会経済的効果が期待される。この意味において、ブリケットの特性、消費者の生活様式にマッチさせた専用燃焼器の開発はきわめて重要である。

燃焼器の製造技術については、現在、北海道において生産されている簡易な鉄製の小型ストーブの加工技術で対応が可能である。今後、わが国は石炭ブリケットの生産技術の開発と合わせての専用ストーブの開発についても技術協力していくことが重要と考えられる。

したがって、本調査においては家庭用ストーブの試作及び燃焼テストを行ない、今後のストーブ開発のための予備的検討を行う必要がある。

Ⅶ. 石炭ブリケットプラントの計画

1. Feasibility Study の実施

現在の「パ」国における深刻なエネルギー危機及び石油輸入による多大の外貨が流出している状況では、エネルギー供給ベースの多様化及び拡大はきわめて重要な課題である。したがって、同国では石炭ブリケットプロジェクトも全体エネルギー開発計画の一つとして提案されている。今後、これに関して実施する Feasibility Study では、リグナイトを原料とした無煙ブリケットの製造について、技術的・経済的評価及び市場性、さらにはブリケットの灯油代替燃料としての評価を行なうことを目的としている。

2. プラントの立地

石炭ブリケットプロジェクトに関する技術的・経済的評価が確認された場合に、生産プラントは PMDC の保有する炭鉱に近い Lakhra に立地したいとしている。ブリケットの生産にはこれら炭鉱からの石炭を利用し、市場については、天然ガスの供給域から外れた地域、当面同国南部地域を対象と考えている。なお、現在、提案されているプラントサイトは図6における地点である。¹⁾⁸⁾

3. 原料の確保及びブリケットの供給

ブリケットの主原料である石炭については、PMDC 保有の炭鉱から 1992 年までに年間 35 万トン（ただし、1988 年までには 20 万トン）供給できるとしている。また、石炭価格は炭鉱が計画されている地点に近いことから、輸送コストもあまりかからず、200～250 Rs/トンで供給し得るとしている。

しかし、市場で要求されるブリケットの特性によっては、炭質上その全量が使用できるとは限らず、炭層の良質部分の石炭を使用するか、あるいは切込み炭の選炭が必要であり、したがって、この分についてのコストアップも検討しておく必要がある。

バイオマス原料については、当初、PMDC では使用することは考えておらず、これらの原料調査については本調査で行ない、この際、バイオマス原料の確保についてはブリケット製品の市場への輸送（トラック・鉄道など）と関連させて検討する必要がある。

石炭系原料については前述のラクラ炭田地帯に賦存するものを利用する計画である。量的には問題はないと考えられるが、供給を受ける石灰原料は消石灰あるいは石灰岩であるかについては本調査でそれらの価格とともに確認する必要がある。なお、これまでの F/S における石灰（消石灰あるいは石灰岩かは不明）の価格は 8.00 Rs/トンとしている。

ブリケット製品の市場への供給については、一つの方法としてトラック及び鉄道によって消費センターを通して行なう予定であるが、この点については製品の荷姿とともにブリケッ

トの用途別に検討する必要がある。

4. ブリケットの生産量

現在、「パ」国の地方及び都市部において多量の灯油が家庭燃料として消費されており、年々その量は増大している。1985年度における灯油の使用量及び輸入量は、それぞれ約80万トン及び50万トンで、輸入灯油に支払う外貨は125百万ドルに達している。このような家庭用エネルギー事情にあって、ブリケットの生産量については最終的に年間30万トンを見込み、灯油使用量の25%～35%をこれにより代替することを目標としている。

しかし、ブリケットの需要量は用途に合せた特性を有すブリケット及び燃焼器を経済的に供給し得るかによって大きく影響を受けることから、本調査においては、これらの点を考慮して検討した市場性から、将来における年産30万トン規模への拡張計画の可能性を含めて、経済的な生産規模を設定する必要がある。

5. ブリケットの価格と経済性

ブリケットが現存の燃料と競合していくためには、その価格は、例えば都市部で使用されている薪の価格と同等か、それ以下でなければならない。その価格については、U.S.AIDコンサルタントは、最初の段階では百万BTU当り45.00Rsを超えてはならないが、ブリケットが無煙で燃焼でき、家庭燃料として炊事における熱効率を高めれば、市場価格もさらに高まるだろうとしている。

薪及びブリケットの経済性について検討した例では、薪の場合、6人家族の家庭で6ヶ月間に要する費用は熱量から換算して540Rsであるのに対して、ブリケットの場合、300～420Rsとなり、100～240Rs少ないとしている。また、この数値は同様に熱量から換算して灯油の50%弱に相当する。これではいずれの燃料も燃焼における熱効率が同じとして求めたもので、正確な経済性比較とは言えない。

このため、既存のストーブあるいは試作ストーブによるテストにより熱効率を測定して、ブリケットの経済性、特に灯油との比較で検討する必要がある。

参 考 文 献

- 1) パキスタン回教共和国鉱工業プロジェクト選定確認調査報告書 昭和63年3月
国際協力事業団
- 2) Feasibility Studies for Collieries, Sanderson & Porters, Inc. U.S.A. 1976.
- 3) Report of Team Visit to Pakistan, 1982, United Engineers & Constructor Inc.
- 4) KH, ASIFULLAH, Pakistan Experience in Coal Briquettes Production, PMDC.
- 5) T. MARUYAMA, et al., Briquetting and Combustion Characteristics of Coal-Wood Composite Fuel (Bio-Coal), 4th International Symposium on Agglomeration, Toronto, Canada, June 1985.
- 6) T. MARUYAMA, et al., Combustion Characteristics of Biocoal, International Symposium on Coal Combustion, Beijing, China, September 1987.
- 7) ザンビア共和国豆炭生産計画事前調査報告書 昭和60年2月 国際協力事業団
- 8) パキスタン国における低質石炭改良技術専門家派遣報告書 国際協力事業団
- 9) Feasibility Study for Production of Smokelless Coal Briquettes, PMDC.

