

用水路も計画 16km 中 5km 完成しており、1993 年中に全水路完成する。また、工業団地の西側へ貯水タンクの設置が予定されている。

候補地へ進出が決まれば、この工業用水のゆとり分から、コークス工場必要分の工業用水譲渡は可能である。価格は 1.7Bs/m³ (1993 年 1 月) である。

なお、生活用水は各工場が自社内で工業用水を適当に処理して製造している。

4.1.12 電気、燃料ガス

(1) サント・ドミンゴ

現在、候補地付近は主として放牧地であり、人家もほとんどなければ、工業団地として整備もされていない。

また、付近一带に工業とよべるものは存在しない。

そのため、工場建設時には外部から電力供給を受ける必要がある。エル・ピニャル (El Piñal) の町にあるカデルカ (C.A. de Electricidad de Los Andes - CADELCA) の配電用サブステーションから専用線を引いて受電する必要がある。プラント操業後は電力を買うにしろ、売るにしろ、CADELCA との交渉、契約が必要である。

タチラ州では、天然ガスをほとんど産出していない。そのため、タチラ州一帯は、スリア州で産出される天然ガスと原油から分留した LPG、灯油、重油が基本的な燃料である。そのため、コークス炉から生産される余剰の燃料ガス (COG) を引き取ってくれる用途先が候補地付近には存在しない。

そのまま COG を捨てることも難しいので、工場内に発電所を設け、電力を売却するのが最も簡単な処分方法であろう。

(2) ラ・カニャータ

候補地に隣接して ENELVEN の火力発電所と CORPOVEN の石油精製設備とが存在する。また敷地内をボスカン (Boscan) 原油のパイプラインが走り、石油積出のターミナルもある。いずれも数 km 以内にある。

この ENELVEN の火力発電所の使用燃料は重質油と天然ガスである。CORPOZULIA によると、この火力発電所から専用線で電力を受電し、またコークス炉で副生する

COG 余剰分を燃料として売却することが可能であるという。COG の単位体積当りの発熱量は、天然ガスの約半分であるが、バーナーチップを変更することで、燃焼技術上問題はなく燃焼できる。

(3) プエルト・シデルルヒコの場合

電力、燃料ガス供給ラインには容易にアクセスできる位置にある。

電力は EDELCA の大発電所が近くにあり、ここから専用線を引いて受電可能である。また、天然ガスは SIDOR の製鉄所向けに CORPOVEN によってオリノコ川の対岸から 26 インチと 20 インチの大口径のパイプラインで送られてきている。また、この天然ガスは近くの工場で使用する燃料や蒸気の熱源にも使用されている。

コークス工場で発生する余剰の COG は法律上からも CORPOVEN が引取らざるをえない立場であることが、CORPOVEN の担当者によって認められた。COG は天然ガスに比べ、発熱量が約半分であるものの、水素や一酸化炭素に富むため、鉄鉱石の還元用として理論上は利用可能である。

4.1.13 労働力

1990 年のヴェネズエラ全土の失業率は 9% である。一方、各州の統計によると失業率は表 4-2 のとおりである。

表 4-2 各州の失業率

タチラ州	15.1% (108,990人)
スリア州	12.0% (31,839人)
ポリバル州	14.1% (41,188人)

このように各地方とも、職を求めている労働者は多い。

スリア州では石油、石油化学工業が盛んであり、ポリバル州では製鉄、アルミ精錬業等の重工業がある。またそれぞれの関係産業も立地している。その一方タチラ州は農業

県であり、工業従事者は少ないことが予想される。

またラ・カニャーダは百万都市のマラカイボ市に隣接し、プエルト・シデルルヒコも大都市のシウダー・ガイアナ市のはずれに位置する。定時の通勤バスのような交通手段を用意すれば、従業員のための宿舎、寮などの準備は不要であろう。

これに対してサント・ドミンゴの場合は、工場の比較的近くに従業員のための宿舎を準備する必要がある。

4.1.14 環境

(1) サント・ドミンゴ

候補地はアプレ川の本流にあたるウリバンテ川がアンデスの谷間からロス・ジャノスの平野部に流れ出した氾濫原に位置している。地形はほぼ平坦であり、現状は未利用地あるいは牧草地である。

ウリバンテ川およびその支流のトルベス川(Río Torbes)の開いた谷は西ないし北西に高度を上げ、直線距離で約30km離れたサン・クリストバルに続いている。また候補地付近では直線距離5～6km東側に人口8,000人ほどの集落である、エル・ピニャル(El Piñal)の町がある。

候補地近くのサント・ドミンゴ空港の風向きは、雨期の5～8月(4～10月)は東よりの風が卓越しているが、乾期である残りの季節は西よりの風である。空港の平均気温23-24℃、年間降雨量は2,100～3,500ミリであり、ヴェネズエラの中でも降雨量が最も多い地域である。

現在、候補地はPOT(Plan de Ordinamiento Territorial)で工業用地に指定されていない。そのためあって、候補地近隣に工場といえるものは存在しない。

候補地で用役に使用する水には、ウリバンテ川の水かその伏流水が利用できる。また排水はウリバンテ川に流すことになる。

この川は季節によって流量変化が大きく、雨期には赤濁した泥水になるので、取水の際に汚濁沈降設備等が必要となる。また工場設置の際に洪水からの防策もいる。

候補地に建設する工場はサント・ドミンゴ空港を離発着する航空機の運行に制約を与えてはならない。そのため、コークス消火の際水蒸気が発生することは望ましくなく、また発電量増加のためにも乾式消火が採用される必要がある。煙突そのほかの高い塔の高度制限の可能性もある。また景観にも配慮する必要がある。一方工場からの排水を流すウリバンテ川は、ロス・ジャノスを流れるアプレ川の最上部にあたること

もあって、下流域の漁業や船の運行に支障をきたすことのないように適切な処理が必要である。排ガスについても付近の農業、牧畜業等に影響しないように処理が必要である。

(2) ラ・カニャータ

候補地はマラカイボ湖の東岸に接している。地形は多少起伏はあるものの平坦であり、灌木がまばらに生えた典型的なサバンナ気候の植生を呈している。この土地はヴェネズエラ第2の都市マラカイボ市の南に隣接しており、マラカイボ市の中心部から車で20分程度で到着する。

候補地近くのマラカイボ市は平均気温 28℃、平均年降雨量 600 ミリである。降雨量は 8～10 月が多い。一般的に北東の風が卓越し、その速度は 5～15km / 時間である。

湖の水の色は緑色を呈し、プランクトンの量が多そうに富栄養化しているようにみえるが、溶存酸素は 6～8ppm と高くそれほど汚染されているとは考えにくい。しかし取水の際に、藻類除去のための適当な処理は必要であろう。この水の難点は表面温度で 30℃位と水温の高いことである。したがって、一般冷却水は冷却塔を利用し、補給水としては井戸水を利用することを考える。

マラカイボ湖は汚染が進んでいるといわれており、排水に対して特別排出規制が存在する。しかし現地で購入した湖水の溶存酸素のデータを見る限りでは、有機物による汚染はそうひどくはない。日本の環境基準では A-B 水域程度¹⁾であった。

候補地へコークス炉が設置されれば、それ相当の汚染の負荷が排水、排ガスを通じて地域へ与えられる。そのためマラカイボ規制をクリアーするだけでなく、日本の排出規制をも満足する設備投資を考慮する必要がある。

一方ヴェネズエラでの産業排水排出規制が実行力をもつ 1994 年以降、あるいは現在建設中のマラカイボ市下水道の最終処理施設が運転開始されれば、湖の汚染負荷の減少も予測される。

¹⁾ 日本の環境基準（海域）

A: 最もきれいな水質の水域 溶存酸素 7.5mg/l 以上
B: A 水域につぐ水質の水域 溶存酸素 5.0mg/l 以上

(3) プエルト・シデルルヒコ

候補地の気象データは入手しなかったが、候補地から西へ約 100km 離れたシウダー・ボリバルの年間平均気温 27.5℃、年間降雨量 1,022 ミリである。降雨は雨期の 5-10月に多い。候補地もほぼ同じと考えられる。

候補地からの排水はオリノコ川へ排水する。河川域へ直接排出する一般地域の排水排出基準を守り、また排ガスも排出基準に従う。なお、プエルト・オルダス地区はヴェネズエラの中で煙の排出が最もさかんな地域であるという印象を受けたが、1995年4月以降は排ガス排出規制の猶予期間が終わるので、空気の汚染も次第に減少するものと考えられる。

4.1.15 他の工業

ヴェネズエラは工業立地に多少の地方特性が認められる。各候補地域のそれぞれの特徴は次の通りである。

(1) タチラ州 (サント・ドミンゴ)

タチラ州はヴェネズエラでも工業開発の遅れた地域である。そのため機械組立、整備などの設備関連工業の立地は少なく、メンテナンス体制では他候補地域と比べ劣る。しかし、国内有数の原料炭産地があり、小規模であるがビーハイブ型のコークス炉が存在する。これが他の候補地にはない特徴である。

(2) スリア州 (ラ・カニャーダ)

スリア州一帯は国内で産出する石油の 70% を占める。また石油精製、石油化学、セメント、ビールなどのプラントも存在する。これらプラントのメンテナンスを中心としてマシンショップも多く、かつ熟練した機械工も多い。

(3) ボリバル州 (プエルト・シデルルヒコ)

この地域一帯で工業開発がなされ、大水力発電、製鉄、アルミニウム精錬等、大型の重工業が進出してから 20 年余りとなる。これらのプラントのメンテナンスのため、マシンショップも増え、機械工も増えてきた。

4.2 各候補地の比較表

4.1 での考察をもとに、各々の項目を各候補地ごとに対比し、下表にまとめた。

項 目	サント・ドミンゴ	ラ・カニャーダ	プエルト・シデルルヒコ
1) サイト候補地の名称	なし	Municipio de la Cañada de Urdaneta en la Zona de la Ensenada de Urbanta	Urbanismo Industrial Cana Veral
2) 土地行政	工業地区でない	重工業地区	重工業地区
3) 候補地の現状	自然のまま	区画整理・敷地整備 敷地面積：6,800ha	区画整理・敷地整備 敷地面積：562ha
4) 土地代	土地買収未完 2,500-10,000Bs/ha	土地買収済み 260Bs/sq. m	土地買収済み 597Bs/sq. m
5) 石炭	タチラ炭	グアサレ炭	なし
6) 石炭輸送コスト	383Bs/ton (4.3US\$/ton)	1,485Bs/ton (16.5US\$/ton)	3,813Bs/ton (42.4US\$/ton)
コークス輸送コスト	1,315Bs/ton (14.6US\$/ton)	0	0
7) コークスの搬出方法	プエルト・オルダスカ マラカイボ港	敷地内の港から搬出	工業用団地に計画されている港より搬出
8) コークスの国内市場	なし	なし	アノール製造用、フェロシリコン用コークスの利用可能
9) コークス・オフガス(COG)	自家発電用燃料	火力発電所に燃料として売却	工業用として使用
10) 副製品の国内市場	粗ケル、粗ベンゼン、アンモニアの市場はない。ここでアンモニアは同じ副産物の硫酸と反応させれば肥料として売れる。	粗ケル、粗ベンゼンの市場はない。アンモニアはリア・コンプレックスで引取る可能性がある。硫酸にも一定の市場がある。	粗ケル、粗ベンゼン、アンモニアの市場はない。ここでアンモニアは同じ副産物の硫酸と反応させれば肥料として売れる。
11) 工業用水	近くを流れるウパンテ川の水かその伏流水を利用	井戸水 2.75Bs/m ³	工業用水道 0.125Bs/m ³

	サント・ドミンゴ	ラ・カニャーダ	プエルト・シデルルヒコ
12)電気	8.0Bs/kwh	1.2Bs/kwh	1.2Bs/kwh
燃料ガス	2.0Bs/ℓ (燃料油)	3.5Bs/Nm ³	1.4Bs/Nm ³
13)労働力	量的に確保可能。質についての補償はない。	付近で量、質ともあるレベルまで確保できよう。	付近で量、質ともあるレベルまで確保できよう。
14)環境	付近は農牧業地帯で、自然そのままに近い。サント・ドミンゴ空港に隣接、航空機の飛行障害にならぬよう配慮が必要。	工業用地として確保された土地。典型的なマングラビエ植生の未利用地。	工業用地として確保された土地。区割りはほぼ完了。
15)ほかの工業	原始的なコークス炉、小規模のセメント、陶器工場程度。	近くに石化工場、セメント、ビール工場、石油の採掘、積出施設等多数。	近くに製鉄所、アルミ精錬、フェロシリコン工場や発電所など。
保続設備	期待しにくい。工場内に確保が必要	上記のためのメンテナンスグループの利用可能	上記のためのメンテナンスグループの利用可能

4.3 候補地の選択

候補地の選択にあたり、その基準を設定した。

- 1) 土地行政上、重工業地帯に指定されていること
- 2) COGの使用が可能なこと
- 3) 原料炭および製品コークスの輸送費が安価であり、輸送経路に支障がないこと

上記基準をもとに、スリア州ラ・カニャーダ候補地が最適地と判断された。

第5章 原料調査

第5章 原料調査

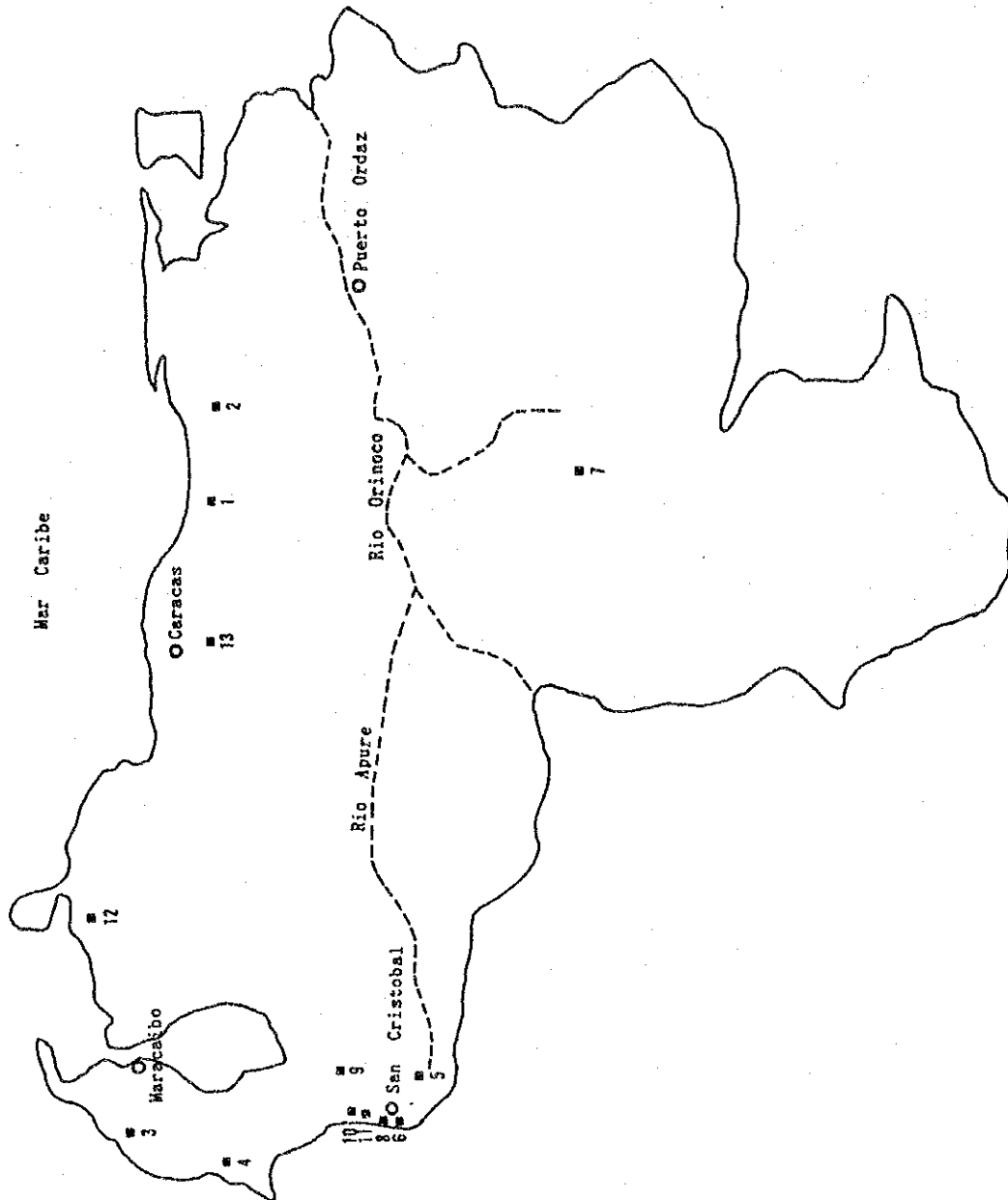
5.1 ヴェネズエラおよびコロンビアの原料炭調査

ヴェネズエラの主要な石炭資源は、スリア、タチラ、アンソアテグイ (Anozoategui)、ファルコン (Falcon)、アラグア (Aragua) の5州に賦存し、総埋蔵炭量は102億1,500万トン（1992年）、確定炭量は5億7,600万トンである。埋蔵炭量の95%はヴェネズエラ西部に位置するスリア、タチラの2州が占めている。石炭の地質年代は新生代第三紀始新世～暁新世に属し、比較的新しい石炭にもかかわらず、炭種としては地質構造運動の影響で歴青炭～亜歴青炭の範疇に入る。

これまでに13の石炭鉱床が確認され、石炭性状も概略的に把握されている。高炉用コークス製造に供給可能な原料炭を賦存する石炭鉱床は、揮発分、ビトリニット反射率等の石炭分析値から予測すれば、タチラ州が高いポテンシャルを有している。

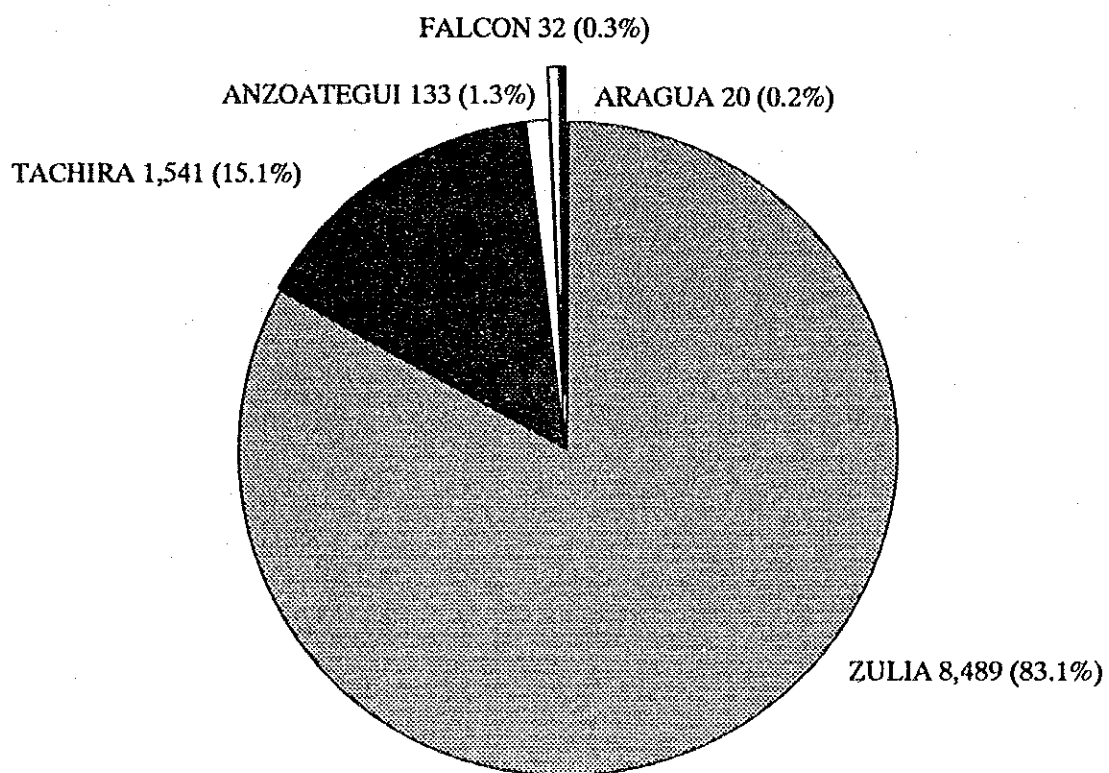
図5-1、図5-2、表5-1は各石炭鉱床の位置、州別埋蔵炭量、各鉱床の炭量と炭質を示す。総括的にヴェネズエラの石炭資源探査は初期の段階であり、今後広域かつ組織的探査活動が展開されれば、石炭埋蔵量並びに石炭性状の確認が飛躍的に高まるものと期待できる。

LOCATION MAP OF COAL DEPOSIT IN VENEZUELA



No.	Deposit	Location		Formation	Geological Age	
		State				
1	File Maestra	Anzoategui		Quebradon		Miocene
2	Mariscal	Anzoategui		Mariscal		Oligocene
3	Guasare	Zulia		Marcelina		Palaoceno
4	Aricumiza	Zulia		Carbonera		Eocene
5	Sant Domingo	Tachira		Carbonera		Eocene ?
6	Las Adjuntas	Tachira		Los Cuervos		Palaoceno
7	Inspeio	Bolivar		?		Miocene ?
8	Hato la Virgen	Tachira		Carbonera		Zocene
	Others	Tachira				
9	Santa Teresa	Merida		Carbonera		Eocene
10	San Pedro	Tachira		Los Cuervos		Palaoceno
11	Lobatera	Tachira		Carbonera		Eocene
12	Pedregal	Falcon		Cerro Pelado		Miocene
13	Taguay	Aragua		Chaguaramas		Miocene
	Total					

図 5-1 ヴェネズエラの石炭鉱床



Note : Total coal reserves are 10,215 million tons

Source : Ministry of Energy and Mine

图 5-2 州別埋藏炭量

表 5-1 各鉱床の炭量と炭質

Source : Ministry of Energy and Mine (October in 1991)

No.	Deposit	Location		Formation	Geological		Reserves(1,000,000t) in 1992			Proximate Analysis		Volatile		Calory		Sulfur %	Maceral Analysis			Ro	Classification
		State			Age		Age	Proven	Probable	Possible	Total	Ash	Volatile (d.a.f)	BTU	BTU		Vitrinite	Exinite	Inertinite		
1	Fila Maestra	Anzoategui	Quebradon		Miocene		5	9	66	80	10.3	43.1	48.0	12,400	2.28	87.4	5.5	0.8	0.53	Bituminous,H-V C	
2	Naricual	Anzoategui	Naricual		Oligocene		30	7	16	53	3.1	54.0	55.7	13,400	2.20	-	-	0.61	Bituminous,H-V B		
3	Guzare	Zulia	Marcelina		Palaeocene		353	2,083	6,053	8,489	3.8	35.8	37.2	14,380	0.58	85.3	0.9	11.4	0.60	Bituminous,H-V B	
4	Aricuisa	Zulia	Carbonera		Eocene		0	0	0	0	9.8	40.7	45.1	11,330	2.60	83.5	4.3	0.2	0.42	Sub-bituminous B	
5	Sant Domingo	Tachira	Carbonera		Eocene?		135	145	22	302	7.0	43.4	46.7	11,880	0.50	86.7	2.7	6.7	0.38	Sub-bituminous B	
6	Las Adjuntas	Tachira	Los Cuervos		Palaeocene		29	61	224	314	4.7	37.3	39.1	14,500	0.61	95.5	0.0	0.1	0.74	Bituminous,H-V A	
7	Impacto	Bolivar	?		Miocene?		0	0	0	0	1.4	47.3	48.0	11,790	0.85	84.6	14.6	0.0	0.35	Sub-bituminous A	
8	Rato la Virgen	Tachira	Carbonera		Eocene						4.6	43.5	45.6	14,670	1.39	95.8	3.3	0.0	0.56	Bituminous,H-V A	
	Others	Tachira					21	86	795	902											
9	Santa Teresa	Merida	Carbonera		Eocene		0	0	0	0	1.9	52.4	53.4	15,000	0.72	75.2	23.7	0.6	0.47	Bituminous,H-V A	
10	San Pedro	Tachira	Los Cuervos		Palaeocene		0	0	0	0	12.8	33.3	38.2	13,090	0.85	93.9	0.0	3.5	0.74	Bituminous,H-V A	
11	Lobatera	Tachira	Carbonera		Eocene		3	14	6	23	7.5	49.8	53.8	11,200	0.86	86.5	8.4	0.6	0.56	Bituminous,H-V C	
12	Pedregal	Falcon	Cerro Pelado		Miocene		0	0	32	32	18.4	37.7	46.2	10,500	3.60	91.7	2.6	0.6	0.66	Bituminous,H-V C	
13	Taguay	Aragua	Chaguaramas		Miocene		0	0	20	20	9.2	41.8	46.0	11,640	2.50	94.8	1.4	0.1	0.55	Bituminous,H-V C	
	Total						576	2,405	7,234	10,215											

Geological Age:Paleocene (Paleocene (Eocene (Oligocene),Neogene (Miocene (Pliocene)

Ro (Vitrinite Maximum Reflectance):One of measuring methods to evaluate coalification.

5.1.1 鉱床の概要

本調査は、ヴェネズエラの国内資源の有効利用を図るべく、1992年 JICA が実施した「タチラ州炭田開発計画調査」の結果に基づき、コークス炉建設計画フィージビリティ・スタディーが目的のため、上記調査報告書に基づき各鉱床の地質状況およびタチラ炭のコークス化性を調査した。

(1) タチラ州

図 5-3 に示したように、タチラ州には FNO(Franja Nor Oriental), SAN(San Felix), LOB(Lobatera), HAT(Hato de la Virgen), LAS(Las Adjuntas) の 5 鉱床がある。その多くは高揮発分原料炭鉱床で、中揮発分原料炭は既存地質資料から判断すると、FNO 鉱床のみである。本調査で入手した地質資料による鉱床の概要を各鉱床について記述する。

なお、調査区域の地質層序および石炭の分類は以下のとおりである。

調査区域の地質層序

地質時代	地層名	層厚	記事
始新世	Carbonera層 (C.B.層)	400m	夾炭層
暁新世～始新世	Mirador層	200m	塊状砂岩
暁新世	Los Cuervos層 (L.C.層)	130m～250m	夾炭層

石炭の分類

低揮発分炭	揮発分14-22%	d. a. f:無水無灰ベース
中揮発分炭	揮発分22-31%	d. a. f:無水無灰ベース
高揮発分炭	揮発分31%以上	d. a. f:無水無灰ベース

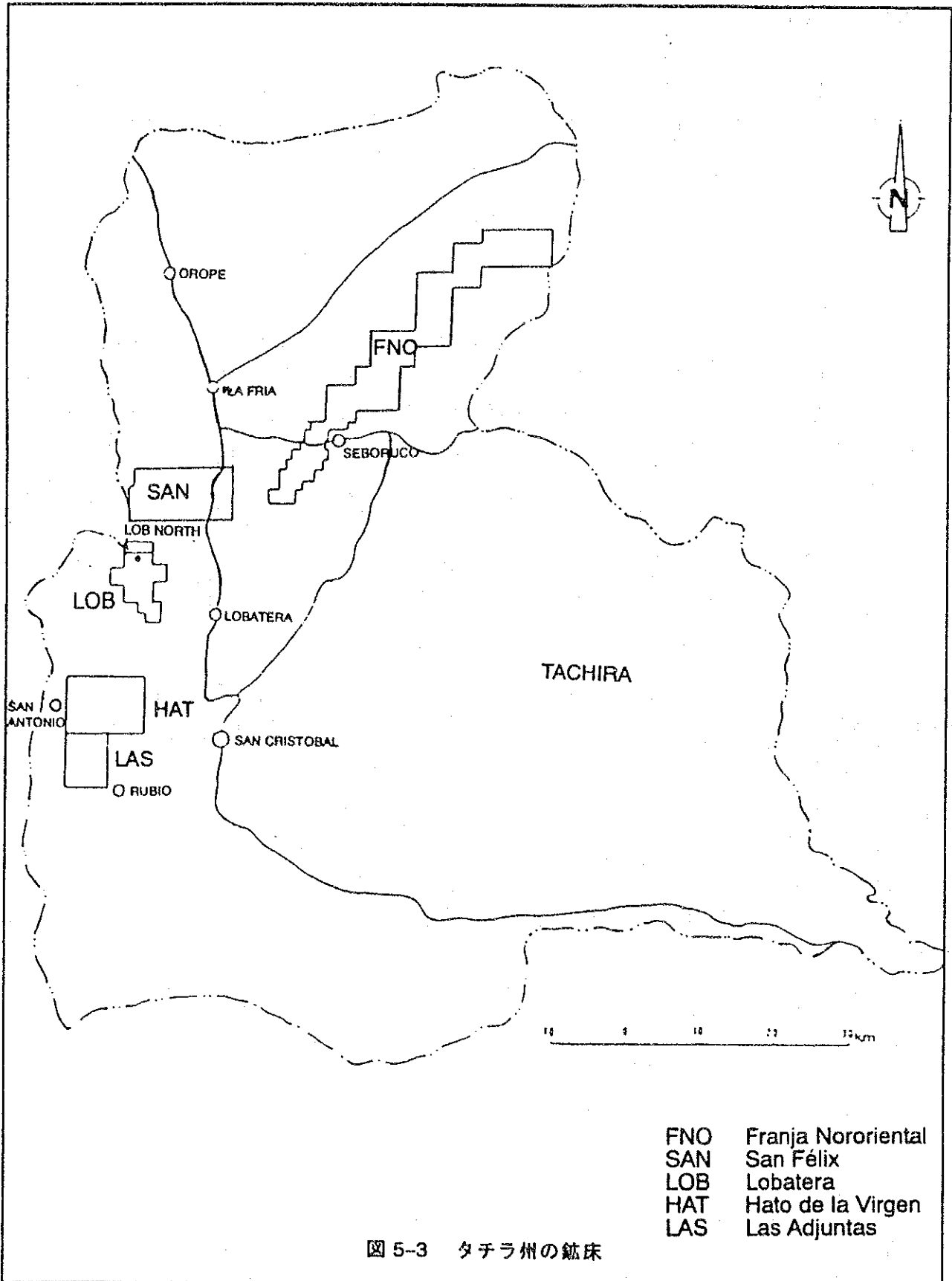


図 5-3 タチラ州の鉱床

1) FNO

タチラ州の北端に位置し、地層走向 (NE-SW) に沿って約 50km、細長く夾炭層が賦存している。南西区域 (Block-1) の走向延長約 1.5km は急傾斜の単斜構造で、中揮発分炭質であることが、これまでの既存探査結果より判明している。JICA の F/S 「タチラ州炭田開発計画調査」では Block-1 の地質確定炭量として約 300 万トンを計上している。

CARBOSUROESTE は 1991 年 10 月から組織的な地質調査を開始し、1993 年 6 月、その調査結果を報告した。当該地域のブロック別地表地質調査結果の要点は以下のとおりである。なお、各ブロックの位置関係を図 5-4 に示す。

Block-1 (600ヘクタール)

断層によって南北 2 区域に分けられる。

北区域は未だ詳細な調査が実施されておらず炭量等は不明である。しかしながら、走向方向の広がり約 1km と狭く、稼行対象炭層の層厚が北方向に薄くなる傾向があり、開発の可能性は低い。

南区域の調査は CARBOSUROESTE が精力的に地表調査を実施している。稼行対象炭層 (L.C. 層: 25 番層、30 番層) は約 1.5km にわたり連続確認され、地層傾斜 50 度～60 度の急傾斜を呈しているが、連続露頭の確認等により地質構造的には安定した区域と想定される。

しかしながら、急傾斜構造のため試錐等による深部探査が困難な区域である。

Block-A (350ヘクタール)

Block-1 の南西部に隣接している。

地層傾斜 50 度～60 度の急傾斜構造を呈している。稼行対象炭層である 25 番層、30 番層の賦存が確認されているが、賦存区域が狭いうえ中央部に Vega de Pato 断層が介入しているため、採掘区域が制限される。

Block-B (1万 1,017ヘクタール)

この区域は北東方向に走る断層群と、急傾斜構造で特徴づけられる。この区域の地質構造を支配する断層は Umuquena 川と Bocono 川間にある Umuquena 断層であり、断層西側区域の地層傾斜は褶曲をとめない垂直一部逆倒傾斜を呈している。

したがって、この区域の地質構造は Umuquena 断層に付随する潜在的な断層の介入、地層の擾乱等が予測され、かなり複雑化しているものと推定される。したがって、坑内掘対象としては極めて悪い条件の区域である。

断層の東側区域は岩盤の露出状況が悪く、層序は不明である。

現状では炭層対比はできない状況にあり、稼行対象炭層の枚数および層別炭量は不明である。

Block-C (5,956 ヘクタール)

地層傾斜 50 度～60 度の急傾斜の単斜構造を呈しており、約 500m 間隔で断層が介入するものと推定されているが、詳細は不明である。

未調査区域 (Block-2)

この区域は、Block-1 および Block-B に隣接し、C.B. 層と L.C. 層の賦存が予想されている。C.B. 層はこれまでのタチラ州における地質調査の結果、石炭化度が低く、原料炭に適しない。

一方、L.C. 層の 25 番層と 30 番層は Block-1 で確認されており、中揮発分原料炭である。しかしながら、両炭層ともその炭層厚は南から北方へ次第に薄化の傾向を示している。(25 番層の北端確認箇所で炭層厚 0.4m、30 番層は 0.6m)

地質構造ははまだ地表調査 (1/5,000 スケール) が実施されておらず不明であるが、航空写真から判読すれば数本の断層の介入が想定される。地層傾斜は Block-1 で 50～60 度の急傾斜、Block-B は垂直 (一部逆倒)、したがってその中間部に位置する Block-2 も急傾斜区域と想定される。

炭質は Block-1 が揮発分 25.8(%、d.a.f.)、Block-B が 40.2(%、d.a.f.) である。したがって、コークス用中揮発分原料炭 (揮発分 31% 未満) の賦存区域はかなり限定されるものと想定される。

したがって、Block-2 区域の経済性を有する石炭層賦存のポテンシャルはない。

FNO はタチラ州において、これまで中揮発分原料炭のソースとして期待されていた鉱床であった。調査の結果、中揮発分原料炭は Block-1 並びに Block-A の L.C. 層中に賦存する炭層に限定され、この 2 ブロックを合わせた確定炭量は約 57 万 8,000 トンである。この炭量は輸出用コークス製造に必要とする中揮発分炭の量としては極端に少ない。地質構造は急傾斜の単斜構造を呈しているため、急傾斜採炭技術が要求される。一方、他のブロックは高揮発分原料炭であり、地質構造は断層によりかなり複雑化しているものと推定され、開発の可能性は低い。

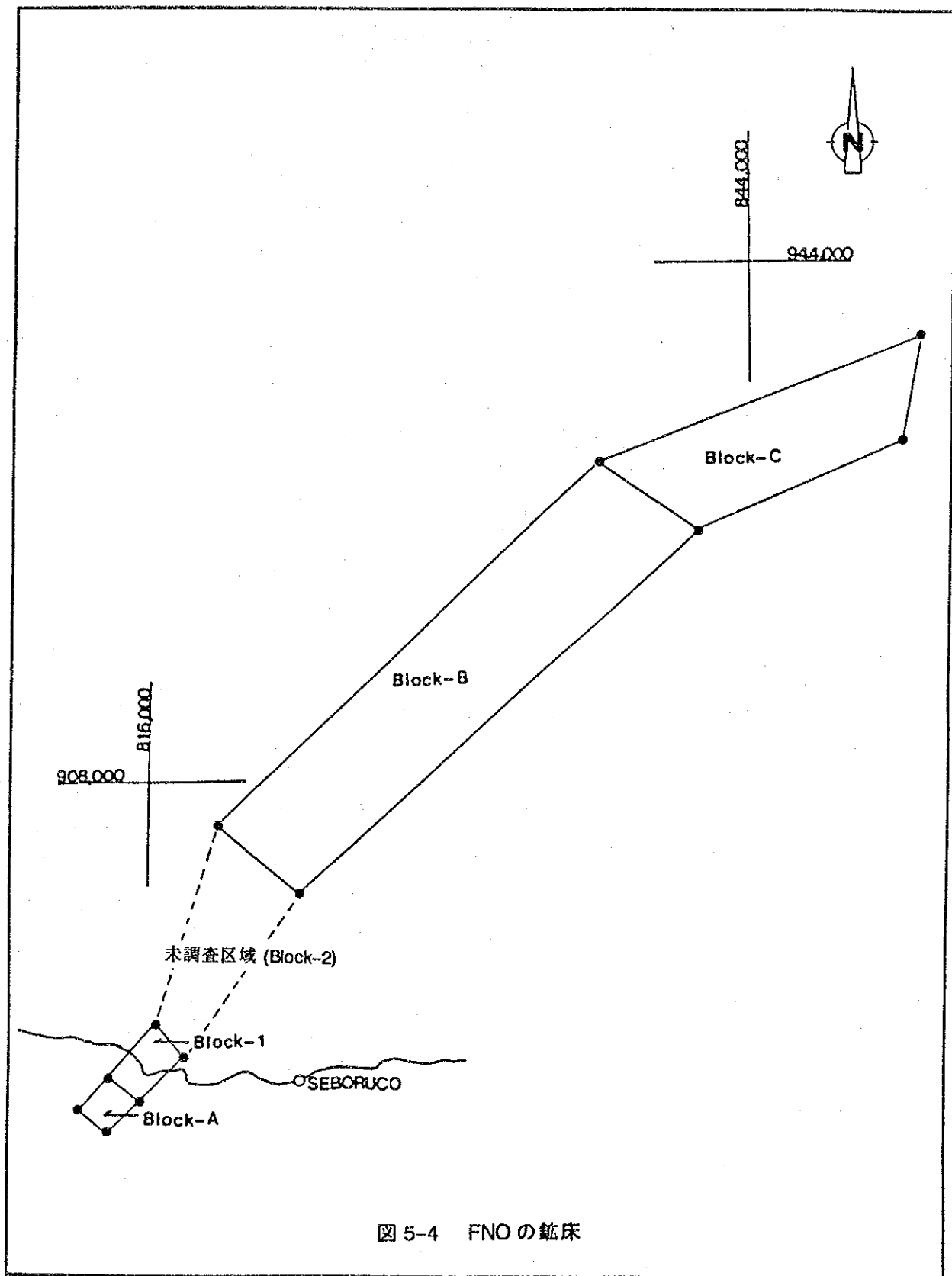


図 5-4 FNO の鉱床

2) SAN

探査は未だ初期の段階であり、炭量・炭質・地質構造等は不明である。

3) LOB

タチラ州で唯一稼働している鉱床である。

1953年から出炭を開始し、1993年までの総出炭量は約291万トンである。

稼行対象炭層の揮発分(52.2%)がかなり高く、硫黄分(1.6%)も比較的高いためコークス用原料炭としては不適である。

4) HAT

クレモネス(Clemones)区域とサン・ファキン(San Joaquin)区域に分かれる。

クレモネス区域

C.B.層を対象とした区域の探査は完了している。

1992年11月から坑道展開中である。採掘対象炭層は高揮発分炭(47%, d.a.f.)でありコークス用原料炭としては不適である。

サン・ファキン区域

1992年までに地表調査、11本の試錐調査、Adit調査等の組織的な地質調査がCARBOSUROESTEにより実施され、L.C.層中に炭層厚0.6m以上の石炭が17枚賦存していることが確認された。地質構造は緩やかな傾斜構造を呈しており、頂部の平坦部は一部露天掘りが可能である。

1993年には中揮発分原料炭の可能性が高い下位炭層の石炭性状を確認するため3本の試錐調査が追加、実施された。その結果、これまでの地質構造並びに炭層対比の解釈を修正し、従来の27, 29, 30番層を25, 29, 30番層とし、3炭層の確定炭量は230万3,330トン、炭質は揮発分30.9%(d. a. f.)の中揮発分炭であることが明らかになった。

この確定炭量のうち、コークス工場へ供給可能な炭量は炭層厚0.8m以上、採掘歩留まり80%(HATのクレモネス区域で採用している'Short Slashes of Advance'採掘法)で試算すると100万7,000トン、年間10万トン体制で約10年間供給可能と現時点でCARBOSUROESTEは判断している。詳細な炭量、炭質等は現在解析中であるため、表5-2の当該区域の埋蔵炭量、炭質は1993年7月時のデータである。

5) LAS

1992年JICAによりF/S「タチラ州炭田開発開発計画調査」が完了している。生産計画は年産40万トン体制で約15年間である。

6) Lobatera North

当該区域は FNO 鉱床に代わる中揮発分の炭量を確保するため、JICA 調査団が第一次現地調査時（1993 年）に地質精査を勧告した区域である。

探査区域は Arenales, Paso Azul, Cazadero 11 の 3 鉱区にまたがる約 322 ヘクタールの区域に賦存する L.C. 層である。

1993 年 11 月から CARBOSUROESTE は、1/5,000 スケールの地表調査を実施した。これまで明らかになった地質状況は下記の通りである。

- ・炭層厚 0.8m 以上の確認された炭層露頭は 14 ヶ所である。
- ・地質構造は南傾斜 10 ～ 20 度の単斜構造である。

なお、現在調査、解析中である。

(2) スリア州（図 5-5 参照）

スリア州のグアサレ鉱区の埋蔵量は、確定炭量 9 億 8,300 万トン、推定炭量 20 億 6,000 万トン、予想炭量 36 億万トンである。Paso Diablo からの年間出炭量は、1993 年 300 万トン、1994 年～1997 年 400 万トンと計画している。

1998 年以降は新たに Socui の生産が計画されており、1998 年以降 1,000 ～ 1,800 万トンの年間生産が見込まれる。

採掘対象炭層は、Marcelina 層（Geological Age: Eocene ～ Paleocene、層厚：550m 土、タチラ州の L.C. 層に対比される。）に賦存する 4 番層が主要稼行炭層であり、稼行丈約 10m の厚層で傾斜は 10 度前後の平層である。現在グアサレ炭は発電所用燃料並びに高炉炊き込み用炭として利用されている。

もしグアサレ炭かコークス用原料炭として使用可能な場合、コークス工場（石炭ヤード）での受入れ平均価格は 20 ～ 22US\$ / トンとのことである。



CARBOZULIA

CUENCA CARBONIFERA DEL GUASARE

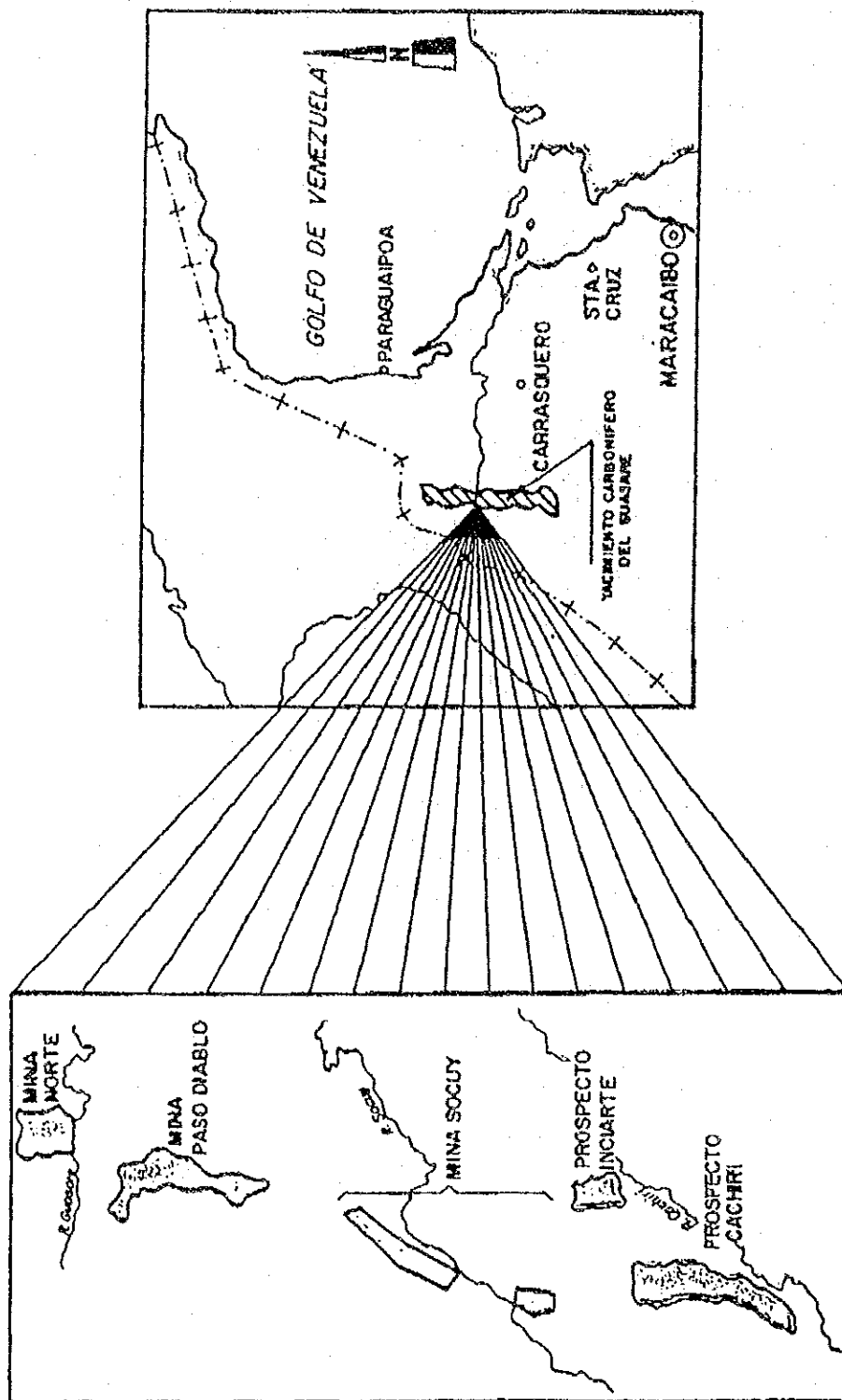


图 5-5 スリア州の鉱床

(3) コロンビア

コロンビアにおける鉱床の現地調査は本調査に含まれておらず、詳細は不明である。以下は CARBOSUROESTE より入手したボヤカ炭およびソチャーソコタ炭の概要である。

1) ボヤカ炭

CARBOSUROESTE から入手したボヤカ炭の概要

会社名 : Industria de Carbones Metalurgicos LTD.

生産量 : 月産1万トン

採掘方法 : 坑内掘

採掘コスト : 12 ~ 16US\$ / トン

輸送コスト : 12US\$ / トン、(Boyaca → Sn.Cristobal 所要時間 : 15 時間)

炭層名		M-1	M-2
炭質	水分 %	0.13	0.15
	灰分(d. b) %	7.41	5.78
	揮発分(d. a. f)%	21.46	31.53
	固定炭素 %	78.36	68.47
	全硫黄 %	0.71	0.80
	発熱量(Btu/Lb)	15,484	15,543
	F. S. I	7.0	8.5

炭量 : 今回配合炭として必要な低揮発分である M-1 層の確定炭量は約 100 万トンである。

2) ソチャーソコタ (Socha-Socota) 炭

1993 年 9 月、CARBOSUROESTE より入手したソチャーソコタ炭の資料は下記のとおりである。

稼行炭層		M-20	M-10	P-20
生産量(トン/年)		18,000	12,000	24,000
採掘コスト(US\$/トン)		23	23	20
量(トン)	確定	250,000	150,000	400,000
	推定	400,000	250,000	600,000
	予想	600,000	350,000	850,000
	計	1,250,000	750,000	1,850,000
炭質	灰分(d. b) %	10	10	10
	揮発分(d. a. f)%	25.6	26.1	34.4
	全硫黄 %	1.0	1.0	1.0
	F. S. I	5~8	5~8	5~8
	全膨張率 %	40	50	120
	平均反射率	1.30	1.34	0.71

配合炭として使用可能な石炭は中揮発分炭である M-20、M-10 の 2 炭層であるが、確定炭量が少なく、採掘コスト（23US\$ / トン）が高いため、今回は参考資料にとどめた。

5.1.2 埋蔵量と炭質

入手した資料を基に各鉱床の埋蔵量および炭質を表 5-2 に示す。表 5-2 の分析値より、現地点において推測されるコークス用原料炭の供給可能量は、コロンビア炭を含め次のとおりである。

鉱床	生産量 (t/year)	確定炭量 (L. C. 層)	炭質 ¹⁾ (Rank of V. M)	期間 (year)
FNO:Block-1	60,000	476,000	M	7.8
Block-A	9,600	101,700	M~H	10.4
LOB北部 探査中				
HAT 探査中	100,000			
LAS	400,000	12,222,500	H	30.6
COLOMBIA(BOYACA, M-1)	120,000 ²⁾	1,000,000	L	8.3
(SOCOTA, M-20, 10)	30,000	400,000	M	13.3

注： 1) Rank of V.M: L - 低揮発分 M - 中揮発分 H - 高揮発分

2) 輸出可能量 5 万トン/年

表 5-2 COAL RESERVES AND QUALITY

Aea	Block	Formation	Seam	Reserves(1000t)				(D. A. F) V. M(%)	T. S	F. S. I	
				Proved	Probable	Possible	Total				
FNO	1 (600ha)	C. B	34	289.6	321.2	414.5	1,025.3	35.5	-	-	
		C. B	40/1	922.4	943.2	761.7	2,627.3	37.2	1.4	-	
		C. B	40/2	523.3	521.5	774.9	1,819.7	35.8	0.7	-	
			subtotal		1,735.3	1,785.9	1,951.1	5,472.3			
		L. C	25	172.9	314.9	244.6	732.4	26.9	1.0	-	
		L. C	30	303.1	340.4	402.3	1,045.8	24.6	0.7	-	
			★subtotal		476.0	655.3	646.9	1,778.2			
		Total		2,211.3	2,441.2	2,598.0	7,250.5				
	A (350ha)	C. B	5 Sample ¹⁾		787.9	2,365.6	3,236.0	6,389.5	37.0	-	8
		L. C	★1 Sample ¹⁾		101.7	303.5	505.8	911.0	31.6	-	6
			Total		889.6	2,669.1	3,741.8	7,300.5			
	B 11017ha	C. B	11 Sample ¹⁾		677.5	1,256.4	811.7	2,745.6	45.8	0.8	2to9
		L. C	★62 Sample ¹⁾		10,576.3	27,216.3	35,778.1	73,570.7	40.2	1.4	0to8.5
			Total		11,253.8	28,472.7	36,589.8	76,316.3			
	C (5956ha)	C. B	2 Sample ¹⁾		482.6	1,420.5	1,805.6	3,708.7	48.6	-	4.5
		L. C	22 Sample ¹⁾		2,989.9	10,122.5	9,515.3	22,627.7	46.7	-	0to5.5
		Total		3,472.5	11,543.0	11,320.9	26,336.4				
SAN			Non exploration area								
LOB	CAZ-12	C. B	40	2,014.1	-	-	2,014.1	52.2	1.6	3	
	North	L. C	(10, 11, 20)	Sampling, Recommended Area							
HAT	Cienones	C. B	20	3,142.1	1,301.0	1,651.0	6,094.1	45.8	5.2	-	
		C. B	24	3,729.1	2,325.6	2,722.4	8,777.1	46.5	1.2	6	
			total		6,871.2	3,626.6	4,373.4	14,871.2			
	San. Joaquin	L. C	10	747.5	1,073.2	1,218.8	3,039.5	34.1	2.5	7	
		L. C	15	2,353.2	3,664.1	3,999.9	10,017.2	34.0	1.4	4	
		L. C	20	1,440.1	1,807.4	1,657.8	4,905.3	32.5	0.9	6	
		L. C	26	163.4	435.5	650.0	1,248.9	30.8	0.6	-	
		L. C	27	276.4	744.7	1,111.5	2,132.6	36.2	0.5	-	
		L. C	28	122.5	326.6	487.5	936.6	33.5	0.5	-	
		L. C	29	52.8	360.8	516.8	930.4	32.3	0.7	7	
		L. C	30	288.6	703.3	934.7	1,926.6	29.2	0.6	5	
	★Total		5,444.5	9,115.6	10,577.0	25,137.1					
LAS	L. C	20	5,214.2	1,740.2	2,429.5	9,383.9	43.1	1.8	6		
	L. C	25	3,385.7	933.5	895.0	5,214.2	42.1	0.6	6		
	L. C	30	3,622.6	641.3	1,150.5	5,414.4	38.6	0.6	5.5		
		★Total		12,222.5	3,315.0	4,475.0	20,012.5				
Gua- sare	Paso Diablo	No 4	983,000	2,060,000	3,600,000	6,643,000	39.0	0.5	6		
Colo mbia	Boyaca	★ M-1	1,000				21.5	0.7	7		

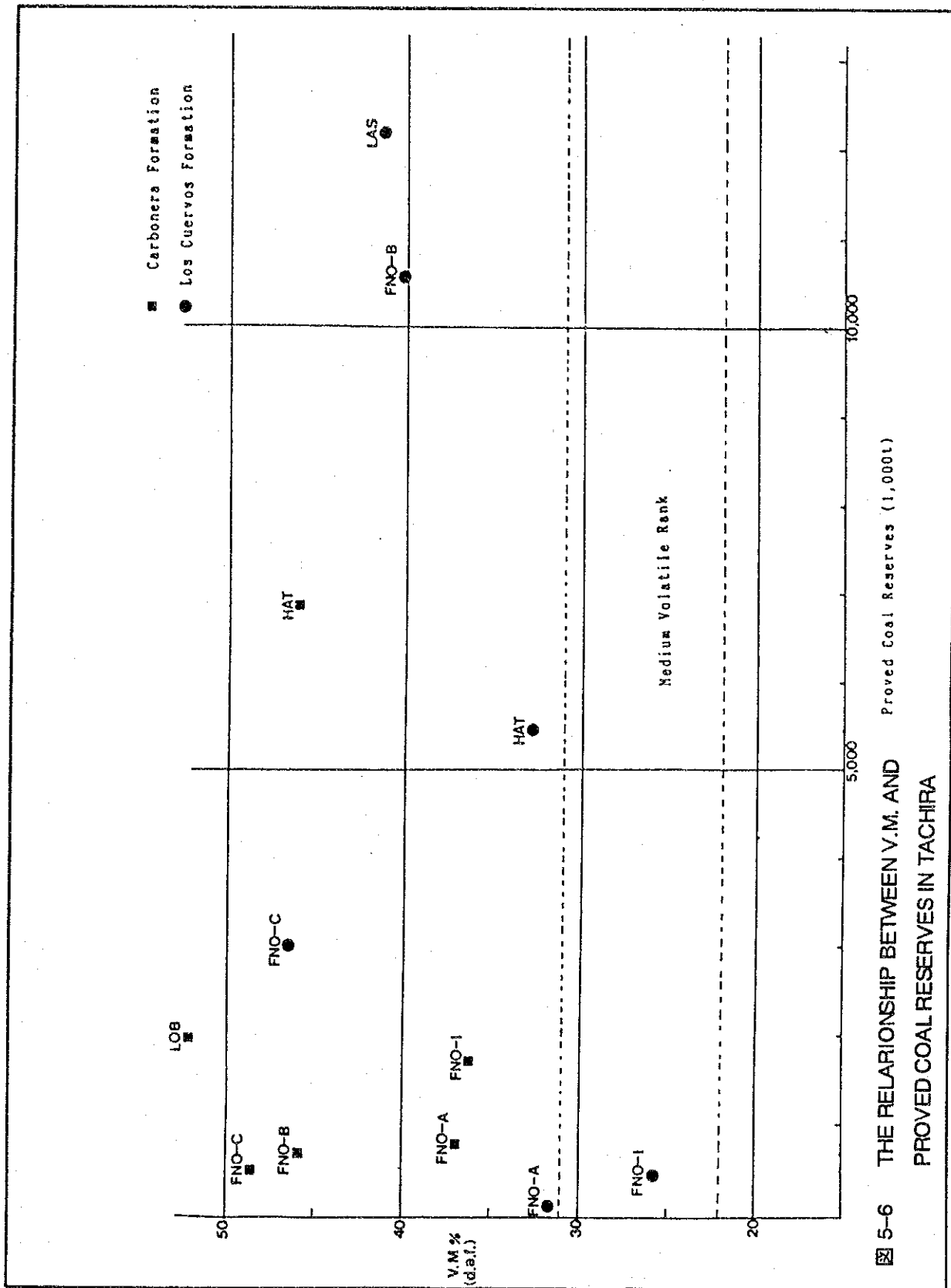
Note: ★ This reserves are available for coking coal resources.

1) シーム No. は未確定、埋蔵量はそれぞれの石炭層確認点から推定されたものである。

5.1.3 タチラ炭の考察

地質資料から各鉱床の確定埋蔵量と揮発分(d.a.f.B)の関係を図5-6にまとめ、石炭化度の方向性を推定するため、25番層と30番層の揮発分とその区域との相関を図5-7に示す。

図5-7に示されるように、タチラ州における石炭の炭化度(石炭化度が進むほど揮発分は低下する)は南域のLAS付近から北方向(FNO区域)にかけて炭化度が進み、FNO区域から北方へは逆に炭化度は低下する。この方向性はタチラ炭の堆積の中心がLOB区域～FNO区域間であったことが推測できる。



5-6 THE RELATIONSHIP BETWEEN V.M. AND
 PROVED COAL RESERVES IN TACHIRA

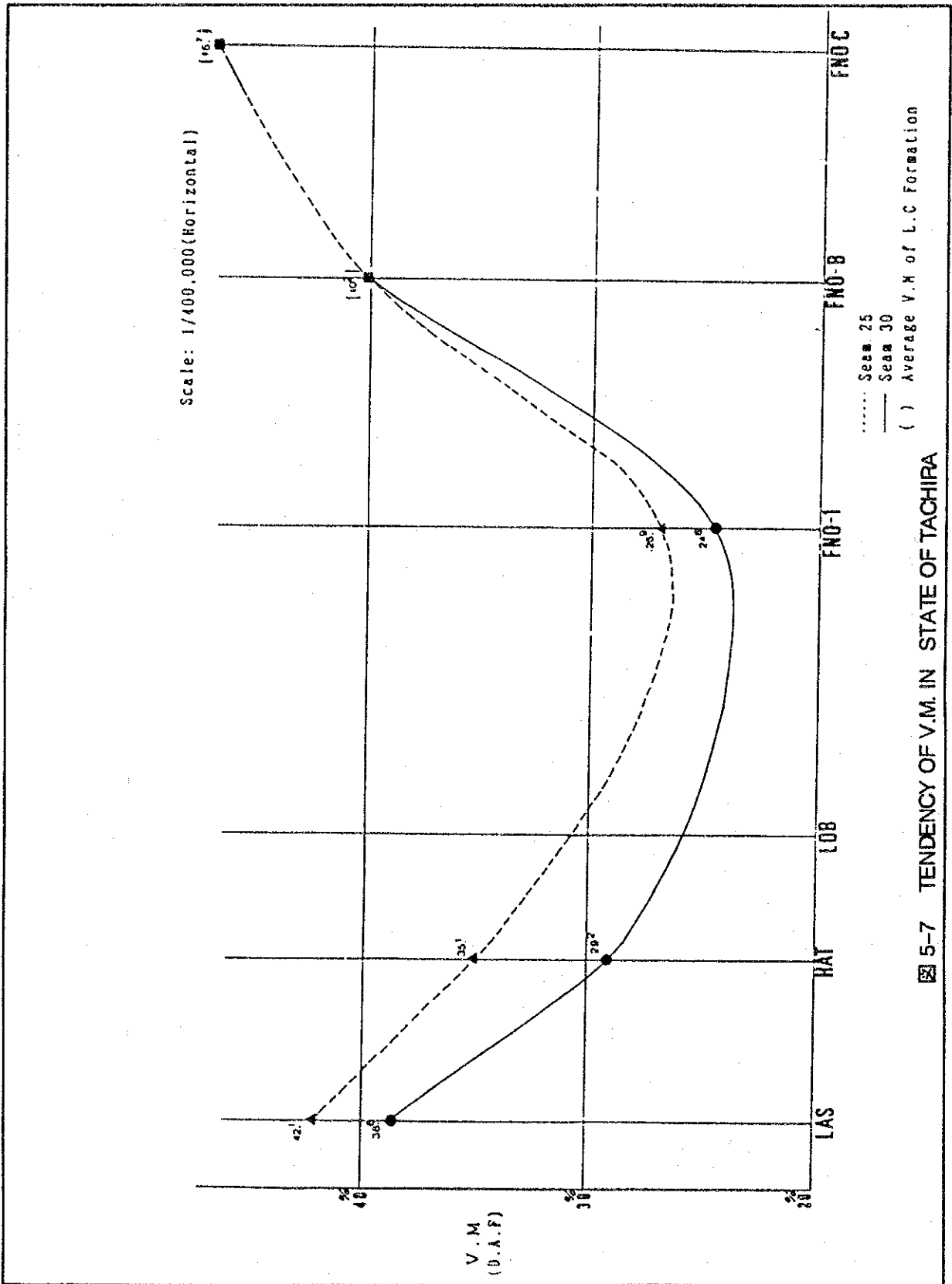


图 5-7 TENDENCY OF V.M. IN STATE OF TACHIRA

5.2 原料試験

5.2.1 サンプル採取

1993年7月および8月、コークス炉建設計画調査団と現地 CARBOSUROESTE メンバーは、各鉱床の代表的な炭層のサンプルを採取した。

サンプリング方法 : タチラ炭のサンプルは試験坑道、Adit¹⁾ およびトレンチ箇所から新鮮炭をチャンネルサンプルとバルクサンプルに分けて採取した。ボヤカ炭は CARBOSUROESTE、グアサレ炭²⁾ は CORPOZULIA から提供された。

荷造りおよび輸送方法 : チャンネルサンプルはビニール袋および布袋で梱包しトランク詰めし、帰国時に団員が持ち帰った。

バルクサンプルは容量を少なくするため現地で8mm以下のサイズに粉砕し、ビニール袋に梱包しドラム缶詰めとし、風化防止のため別便で空輸した。

留意事項 : 採取にあたっては、風化炭の混入を防止するため F.S.I.³⁾ の値が5以上であることを確認後、サンプリングした。

LOB 北部のサンプルは時間の制約上、F.S.I. に関係なく参考試験料としてサンプルを採取した。

タチラ炭の相対的なサンプリング箇所を図5-8に示し、サンプルの概要を表5-3にまとめた。

タチラ炭のサンプリングした炭層の柱状は図5-9のとおりである。

1) Adit 横坑道

2) 1994年1月、再度グアサレ炭のサンプルを現地で採集し、当地シカン研究所で分析した。この分析値による配合机上設計は Annex-1 に詳細を記した。

3) F.S.I (Free Swelling Index - 自由膨張係数)
粘結炭を判定する測定法のひとつである。
風化により粘結性が大幅に低下するため、風化炭判別の簡便法として採用した。

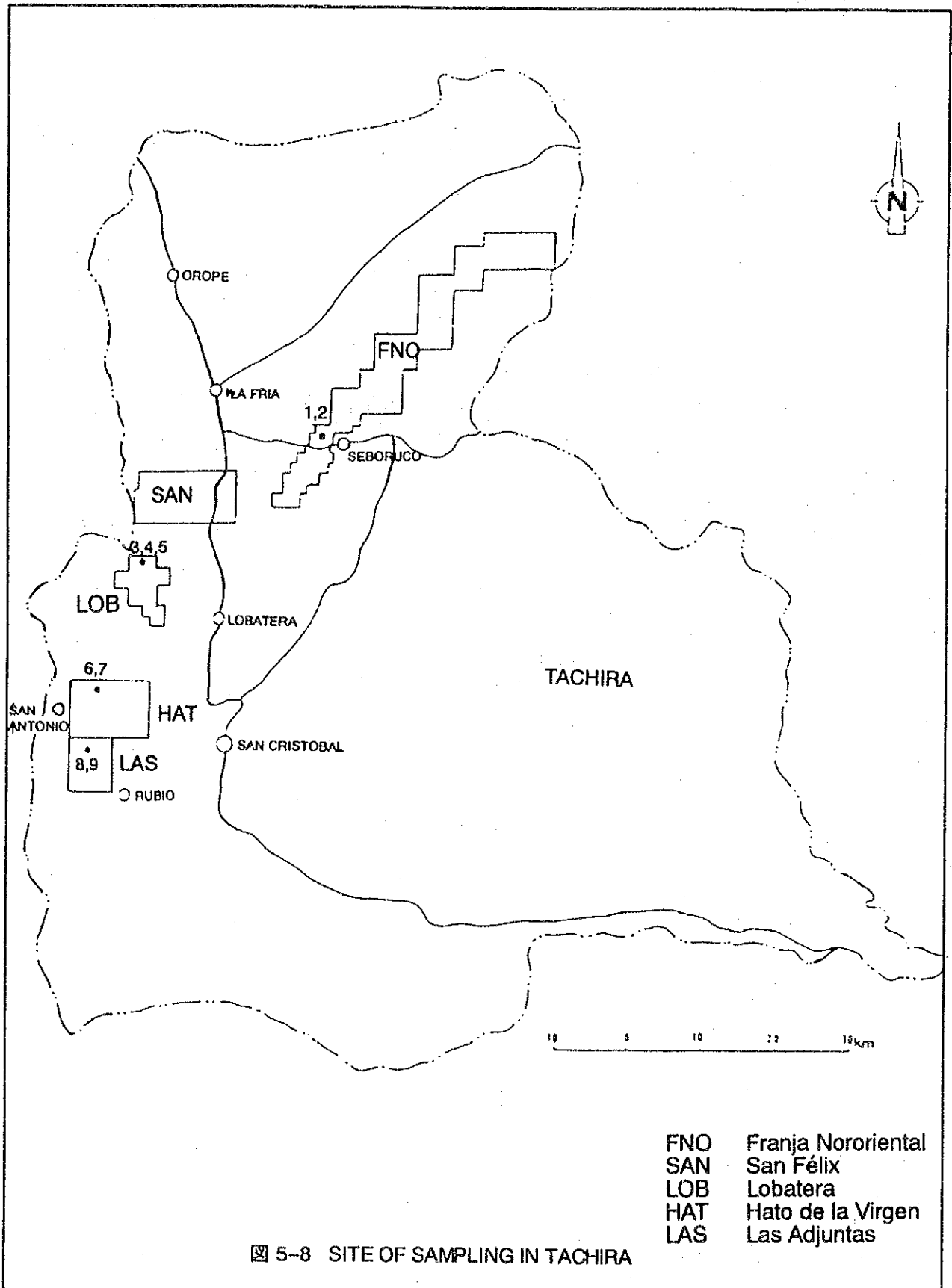


FIG 5-8 SITE OF SAMPLING IN TACHIRA

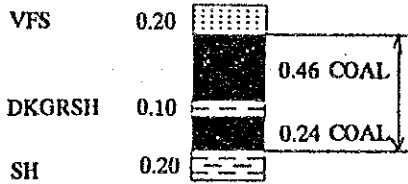
表 5-3 OUTLINE OF THE SAMPLING FOR COKING TEST

No	Coal field	Coal seam	Site of sampling	Sample No. (Study team)	Channel (kg)	Bulk (kg)	Remarks
1	FNO	LC-25 LC-30	ADITS ADITS	93-FNO-LC25 93-FNO-LC30	5 5	1000	
2	SAN		Exploration is early stage. Therefore, this is no sampled.				
3	LOB	LC-10	OUTCROP	93-LOB-LC10	5		
4		LC-11	OUTCROP	93-LOB-LC11	5		
5		LC-20	ADITS	93-LOB-LC20	5		
6	HAT	LC-15/1	ADITS	93-HAT-LC15/1	5		
7		LC-20/1	ADITS	93-HAT-LC20/1	5		
8	LAS	LC-20	ADITS (P11Area)	93-LAS-LC20	5		
9		LC-25	CROSSCUT No. 1, P3Area	93-LAS-LC25	5	500	Blended 1000
		LC-30		93-LAS-LC30	5	500	
10	Guasare (Zulia)	No. 4	Open-pit	93-GUASARE-No4	5		
11	Boyaca (Colombia)	M-1	Underground	93-COLOMBIA-M1	5	400	

LC: Los Cuevos Formation CB: Carbonera Formation

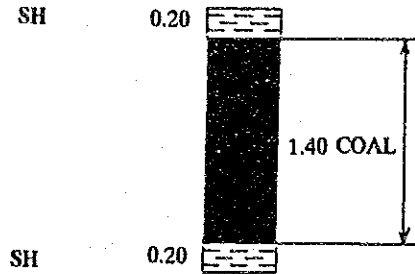
1

FNO 25
SCALE 1/50



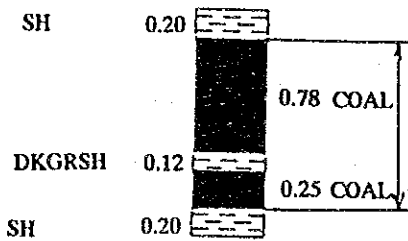
2

FNO 30
SCALE 1/50



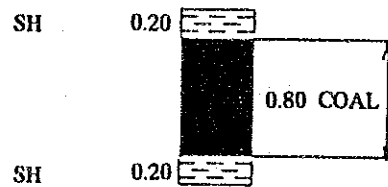
3

LOB 10
SCALE 1/50



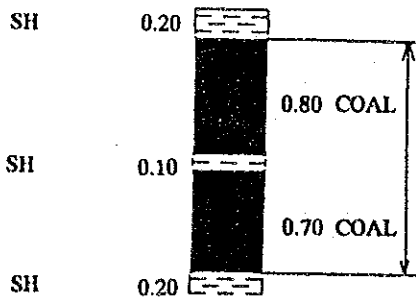
4

LOB 11
SCALE 1/50



5

LOB 20
SCALE 1/50



6

HAT 15/1
SCALE 1/50

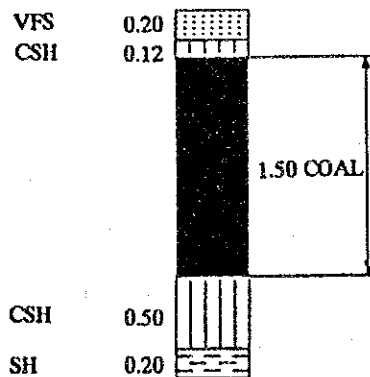
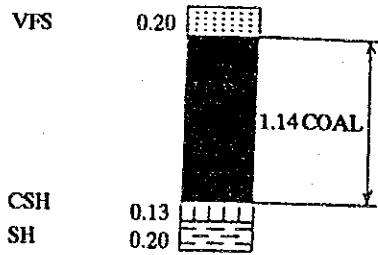


图 5-9 COLUMNAR SECTION OF SAMPLING IN TACHIRA (1/2)

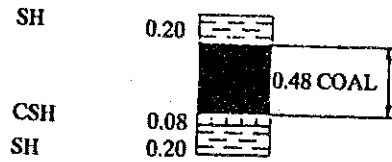
7

HAT 20/1
SCALE 1/50



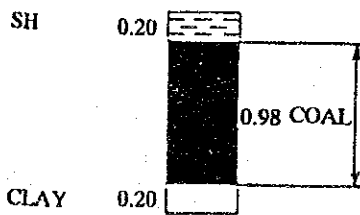
8

LAS 20
SCALE 1/50



9

LAS 25
SCALE 1/50



LAS 30
SCALE 1/50

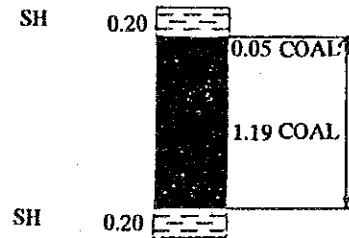


图 5-9 COLUMNAR SECTION OF SAMPLING IN TACHIRA (2/2)

5.2.2 原炭品質

原炭品質を評価するため、チャンネルサンプルを使って原炭の性状分析および浮沈試験を行った。

原炭の性状は、工業分析、発熱量、硫黄分、形態別硫黄およびF.S.I.を測定し、その性状を評価した。分析値および総合評価を表5-4に示す。

浮沈試験は、コークス化試験に提供する石炭の精炭灰分を8%前後に維持するための洗炭比重の選択並びに洗炭の必要性を検討するため実施した。各サンプルの浮沈試験結果は表5-5のとおりである。

FNO-LC-25, LOB-LC-11, HAT-LC-15/1, LC-20/1, LAS-LC-(25+30), Guasare の石炭は、原料灰分が5%未満の低灰分のため洗炭の必要性は少ないが、採掘時における外來ずり混入にともなう品質低下を防止するため、簡易な選別機を設置する必要がある。

FNO-LC-30, LOB-LC-10, LOB-LC-20, LAS-LC-20, Boyaca の石炭は、原料灰分が8%以上あるため、洗炭の必要がある。

今回の浮沈試験は各炭層1サンプルの炭壁試料試験結果であるため、実施面における選炭設備等の設計にあたっては、採掘対象炭層を絞り込み、その炭層比率を加味しながら検討する必要がある。

5.2.3 洗炭

原炭を洗炭し、精炭とした。

精炭の性状分析、粉碎性および粘結性の評価はチャンネルサンプル精炭を使用した。コークス化試験に供する精炭は浮沈試験結果により予測した選別比重でバルクサンプルを選別した。

5.2.4 精炭品質

石炭特性調査は図5-10のフローに準じて実施した。この石炭特性調査は原炭を洗炭した精炭をもって行い、石炭化度、粘結性、および各種成分の含有量を解析することによって、原料炭としての適性を評価するものである。石炭化度は揮発分、カーボン含有量、およびビトリニット(Vitrinite)の平均反射率によって解析される。一方、粘結性はF.S.I.、ギースラー・プラストメータ(Gieseler Plastometer)の最高流動度、ディラトメータ(Dilatometer)の全膨張率によって評価する。さらに灰分、全硫黄および灰分組成を解析することにより、総合的に各石炭を原料炭として評価した。

上記各項目の分析は、試験所で行われた。なお、ここで採用した試験方法は表5-6の試験方法一覧表に示す。

表 5-4 原炭の性状

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (Zulia)	11 (Colombia)
Abbreviation	93-FNO LC25	93-FNO LC30	93-LOB LC10	93-LOB LC11	93-LOB LC20	93-HAT LC15/1	93-HAT LC20/1	93-LAS LC20	93-LAS LC(25+30)	93-Guasare NO.4	93-Boyaca MI
T. Moisture (As received)	1.3	0.7	5.7	4.0	6.8	3.6	4.7	4.2	1.5	3.3	1.1
Proximate Analysis (Air dried basis)											
Moisture %	1.2	0.6	5.4	2.3	3.6	3.1	1.0	1.5	1.3	3.0	1.0
Ash %	2.0	16.0	8.4	2.7	9.7	5.2	2.3	12.8	4.6	2.1	12.3
Volatile Matter %	24.3	21.4	32.4	35.8	32.9	29.1	32.0	40.4	37.1	36.4	19.8
Fixed carbon %	72.5	62.0	53.8	59.2	53.8	62.6	64.7	45.3	57.0	58.5	66.9
Calorific value (Dry ash free)	8,760	8,760	7,980	8,540	8,220	8,340	8,830	8,580	8,620	8,310	8,740
Total sulphur(a. d. b)%	0.96	0.73	0.84	0.70	1.11	0.76	1.35	6.59	0.62	0.42	1.18
Forms of sulphur(d. b.)											
Sulfate sulphur %	0.04	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	0.12	0.33	0.02	0.04	0.05
Pyritic sulphur %	0.35	0.22	0.23	0.04	0.35	0.04	0.48	5.10	0.09	0.03	0.38
Organic sulphur %	0.58	0.50	0.63	0.68	0.77	0.72	0.76	1.26	0.52	0.36	0.76
F. S. I.(d. b.)	8.5	8	2.5	8.5	3.5	5	7.5	4	6	3	8
Clean coal Density of preparation	1.80	1.55	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.45	1.80	1.80	1.80
Yield %	99.1	78.5	92.4	99.5	96.9	99.2	99.0	75.7	98.8	99.0	92.1
Remarks	Medium volatile - coking coal. Ash content of LC- 30 is too high and yield is low.	Medium volatile - coking coal. Sulfur content of LC20 is high. Therefore this seam will be more high horizon. F. S. I. of LC10 and LC20 are low. Therefore they will be weathered coal	High Volatile coking coal. Sulfur content of LC20 is high. Therefore this seam will be more high horizon. F. S. I. of LC10 and LC20 are low. Therefore they will be weathered coal	High volatile coking coal. They are upper hoezion. Therefore lower seam will be possible to be medium volatile coal.	High volatile coking coal. They Sulfur content of LC20 is too high and ash is slightly high.	High volatile coking coal. Sulfur content of LC20 is too high and ash is slightly high.	High volatile coking coal. They Sulfur content of LC20 is too high and ash is slightly high.	High volatile coking coal. Sulfur content of LC20 is too high and ash is slightly high.	High volatile coking coal. Sulfur content of LC20 is too high and ash is slightly high.	Low ash, low sulfur steam coal	Low volatile coking coal. Ash, sulfur contents are slight- ly high.

表 5-5 浮沈試験結果

Sample NO.	Abbreviation	Preparation Density	Weight (%)	Ash (%)	$\Sigma WA / \Sigma W$	Preparation for clean coal, ash cont. less than 8%
1	93-FNO-LC25	-1.80	99.1	1.5	1.5	NO need
		+1.80	0.9	50.5	1.9	
2	93-FNO-LC30	-1.40	59.9	3.1	3.0	1.55
		1.40~1.45	5.8	13.9	4.1	
		1.45~1.50	4.5	22.2	5.2	
		1.50~1.55	8.3	28.5	7.7	
		1.55~1.60	7.1	33.9	9.9	
		+1.60	14.4	56.0	16.5	
3	93-LOB-LC10	-1.80	92.4	5.6	5.6	1.80
		+1.80	7.6	61.2	9.9	
4	93-LOB-LC11	-1.80	99.5	2.4	2.4	NO need
		+1.80	0.5	61.8	2.7	
5	93-LOB-LC20	-1.40	82.4	5.1	5.1	1.80
		1.40~1.60	12.8	20.8	7.2	
		1.60~1.80	1.7	38.2	7.8	
		+1.80	3.1	67.0	9.6	
6	93-HAT-LC15/1	-1.80	99.2	4.4	4.4	NO need
		+1.80	0.8	64.7	4.9	
7	93-HAT-LC20/1	-1.80	99.0	1.8	1.8	NO need
		+1.80	1.0	45.9	2.2	
8	93-LAS-LC20	-1.40	69.6	7.3	7.3	1.45
		1.400~1.425	2.7	15.0	7.6	
		1.425~1.450	3.4	16.0	7.9	
		1.45~1.50	4.6	17.1	8.5	
		1.50~1.60	7.7	20.9	9.6	
		1.60~1.80	7.6	26.7	10.9	
		+1.80	4.4	50.4	12.7	
9	93-LAS-LC(25+30)	-1.80	98.8	3.9	3.9	NO need
		+1.80	1.2	60.6	4.6	
10	93-GUASARE-No4	-1.80	99.0	1.2	1.2	NO need
		+1.80	1.0	75.6	1.9	
11	93-BOYACA-M1	-1.40	80.2	4.3	4.3	1.80
		1.40~1.45	5.0	11.8	4.7	
		1.45~1.50	2.3	17.9	5.1	
		1.50~1.60	2.4	23.8	5.6	
		1.60~1.80	2.2	36.0	6.3	
		+1.80	7.9	75.0	11.7	

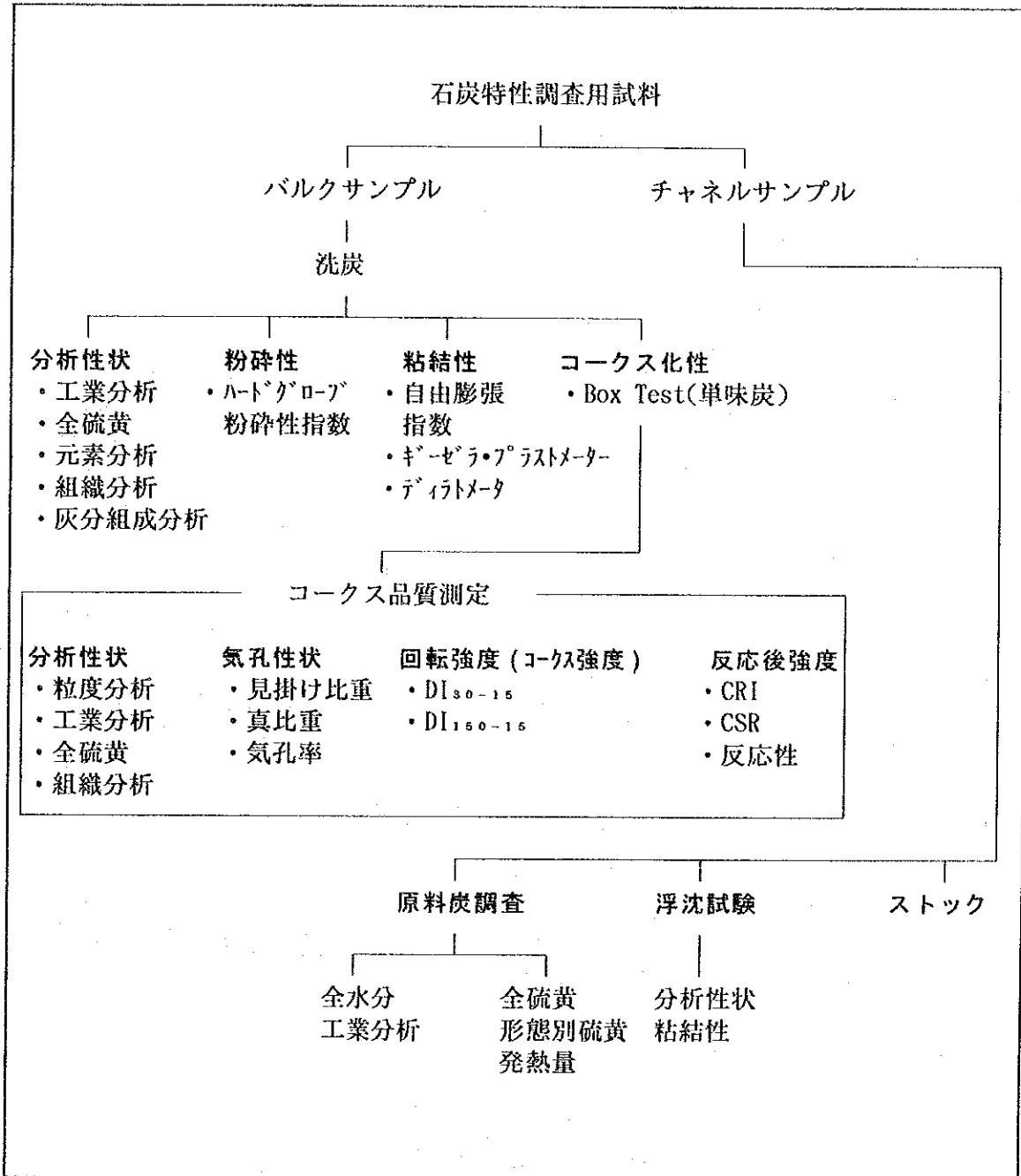


図 5-10 石炭特性調査フロー

表 5-6 試験方法一覧表

規格および文献	測定した項目
石炭類の試験方法 JISM8801-1972	F. S. I.、ギースラー・プラストメータ、ディラトメータ、粉碎性指数、粒度分布
石炭およびコークス類の工業分析方法 JISM8812-1976	恒湿水分、灰分、揮発分、固定炭素
石炭およびコークス類の元素分析方法 JISM8813-1988	炭素、水素、硫黄、窒素、全酸素、灰中硫黄
石炭およびコークス類の発熱量測定方法 JISM8814-1972	発熱量
石炭の微細組織成分および反射率測定方法 JISM8816-1979	石炭の微細組織成分分析、ビトリニット反射率測定
コークス類の試験方法 JISK2151-1977	粒度分布、真比重、見掛比重、気孔率、 $TI_{2.5}$ 、 DI_{30-15} 、 DI_{160-15} 、反応性、灰の溶解性
灰の組成分析 JISM8815	灰の組成分析、 SO_3 はJISM8813-1988で分析
コークスサーキュラー 30, P239(1981)	SCO試験
コークスサーキュラー 23, P 82(1974)	CSR試験
コークスサーキュラー 32, P 55(1983)	コークスの偏光組織分析方法

(1) ヴェネズエラおよびコロンビア炭チャネルサンプルの特性

1) FNO チャネルサンプル炭 (LC-25, LC-30)(表 5-8)

FNO 炭田の石炭化度は、純炭ベースの揮発分 24.29 ~ 24.45(% , d.a.f.)、元素分析の炭素(C)含有量 88.69 ~ 89.07 (% , d.a.f.) およびビトリニットの平均反射率 1.25 ~ 1.28 (% , oil) で中揮発分炭にランクされる。粘結性は、F.S.I. 9、ギースラー・プラストメータの Maximum Fluidity (M.F.) 2.27-2.83(logDDPM)、ディラトメータの Total Dilatation 69 ~ 146(%) で原料炭としての粘結性は十分である。これら石炭化度および粘結性から、FNO 炭田の石炭は中揮発分強粘結炭と判断される。

灰分は、LC-25 が 1.46(% , d.) と非常に低いレベルにあることが特徴的であり、LC-30 においても 7.63(% , d.) で原料炭として低いレベルにある。

硫黄は、LC-25 が 0.71(% , d.)、および LC-30 が 0.63(% , d.) で原料炭として平均的である。

マセラル (Maceral) 組成は、全イナート成分が 41.4 ~ 44.4(% , Vol.) と高い。このため CBI は豪州炭並に高くなっている。

石炭の粉碎性は、H.G.I. 100 ~ 103 で、高く粉碎しやすい石炭でありコークス製造上好都合である。

灰分組成は、 Al_2O_3 が 17 ~ 21% で通常原料炭より低い。

LC-25 と LC-30 を比較すると、石炭化度は揮発分、C 含有量およびビトリニットの平均反射率からして LC-30 の方が高い。他方、酸素含有量は LC-30 が 3.62(% , d.a.f.) と LC-25 の 4.11(% , d.a.f.) より低い。これらのために、粘結性は LC-30 が F.S.I., M.F. および Total Dilatation に見られるように高く、両者に差があり LC-30 が優れている。

以上の結果から、FNO 炭田の石炭は炭層によって粘結性に差があるものの良質の中揮発分強粘結炭と位置づけられる。

2) LOB チャネルサンプル炭 (LC-10, LC-11, LC-20) (表 5-9)

LOB 炭田の石炭化度は、純炭ベースの揮発分 35.83 ~ 37.07(% , d.a.f.)、元素分析の C 含有量 82.20 ~ 84.68(% , d.a.f.) およびビトリニットの平均反射率 0.82 ~ 0.85(% , oil) で高揮発分炭にランクされる。

粘結性は、F.S.I. 3～9、ギースラー・プラストメータのM.F. 0.95～3.16(logDDPM)、ディラトメータの Total Dilatation 0～108(%)で、炭層によって大きく異なっている。

これら石炭化度および粘結性から、LOB 炭田の石炭は高揮発分弱粘結炭と位置づけられる。

灰分は、LC-11が2.31(%、d.)と低いレベルであり、LC-10およびLC-20においても4.55(%、d.) および 7.74(%、d.) で、原料炭として低いレベルにある。

硫黄は、LC-10で0.92(%、d.)、LC-11で0.74(%、d.) および LC-20で1.24(%、d.) であり、炭層により大きく異なり、LC-11が最も低い。

マセラル組成は、全イナー成分が11.8～20.6(%、Vol.)と低い。このためCBIも0.38から0.74と低い値になっている。

石炭の粉碎性は、H.G.I. 59～80で、通常の高揮発分弱粘結炭並である。

各炭層で比較すると、石炭化度はLC-10、11および20で、揮発分、C含有量およびビトリニットの平均反射率に見るように大きな変化はない。しかし、粘結性はLC-11がF.S.I.、M.F. および Total Dilatation に見られるように高く、高揮発分弱粘結炭として最も優れている。他方、LC-10およびLC-20は、硫黄が高く粘結性も低いため、原料炭には適していない。

以上の結果から、LOB 炭田の石炭は、LC-11のみが高揮発分弱粘結炭と位置づけられる。

3) HAT チャネルサンプル炭 (LC-15, LC-20/1)(表 5-10)

HAT 炭田の石炭化度は、純炭ベースの揮発分 31.06～32.32(%、d.a.f.)、元素分析のC含有量 85.09～89.62(%、d.a.f.) およびビトリニットの平均反射率 0.99～1.00(%、oil) で高揮発分炭にランクされる。

粘結性は、F.S.I. 5～9、ギースラー・プラストメータのM.F. 0.00～4.31(logDDPM)、ディラトメータの Total Dilatation 0～310(%)で炭層によって粘結性が大きく異なる。

これら石炭化度および粘結性から、HAT 炭田の石炭は高揮発分準強粘結炭と判断される。しかし LC-15の石炭の粘結性は、F.S.I. では 51/2 を示すものの流動性およ

び膨張は全く示さず非粘結炭である。このように同一炭田で粘結性が異なるのは、元素分析の酸素含有量が LC-15 で 7.61(% , d.a.f.) と LC-20 の 3.22(% , d.a.f.) より著しく高い点から風化によるものと判断される。しかしながら、もし LC-15 炭層で風化を受けていない部分が存在するとしたら、この石炭の粘結性は LC-20 レベル並と推測され、準強粘結炭として評価されるであろう。

灰分は、LC-20 が 1.71(% , d.) と非常に低いレベルにあり、LC-15 においても 4.86(% , d.) と低い。

硫黄は、LC-15 が 0.86(% , d.)、および LC-20 が 1.15(% , d.) で原料炭としては高い。

マセラル組成は、全イナー成分が 23.5~24.5(% , Vol.) とかなり低い。このため CBI は米国中揮発分強粘結炭並に低くなっている。

石炭の粉碎性は、H.G.I. 90 ~ 93 と高く粉碎しやすい石炭である。

以上の結果から、HAT 炭田の石炭は、風化を受けていない LC-20 は硫黄含有量が高いが、粘結性に優れた準強粘結炭と位置づけられる。しかし、LC-15 は風化のため非粘結炭に変化しているため、コークス製造用原料炭としては使用できない。

4) LAS チャネルサンプル炭 (LC-20, LC-(25+30)) (表 5-11)

LAS 炭田の石炭化度は、純炭ベースの揮発分 38.81 ~ 46.70(% , d.a.f.)、元素分析の C 含有量 83.60 ~ 85.52(% , d.a.f.) およびビトリニットの平均反射率 0.69 ~ 0.85(% , oil) で高揮発分炭にランクされる。

粘結性は、F.S.I. 41/2 ~ 7、ギースラー・プラストメータの M.F. 4.14 ~ 4.61(logDDPM)、ディラトメータの Total Dilatation 201 ~ 212(%) で非常に高い。

これら石炭化度および粘結性から、LAS 炭田の石炭は高揮発分弱粘結炭と判断される。

灰分は、LC-20 が 8.24(% , d.) とやや高いが、LC-(25+30) は 4.44(% , d.) と低いレベルにある。

硫黄は、LC-20 が 4.11(% , d.) と著しく高いが、「タチラ州炭田開発計画調査」によ

ると1.39(%、d., 28 サンプルの平均値)であるため、今回は局所的なものと推定される。したがって、LC-20は硫黄の高い炭層ではあるが、ほかの低硫黄炭と配合すれば、使用可能である。

LC-(25+30)は0.81(%、d.)で原料炭としてはやや高いが使用可能である。

マセラル組成は、全イナー成分が10.2～25.2(%、Vol.)と低く、ビトリニット含有量が多い。

粉砕性は、H.G.I. 55～59で、通常の高揮発分弱粘結炭の範囲にある。灰分組成は、LC-(25+30)の P_2O_5 が0.08(%と著しく低い点)が特徴である。

LC-20とLC-(25+30)の炭層で比較すると、LC-(25+30)が揮発分、C含有量およびビトリニットの平均反射率からして、石炭化度は進んでいる。しかし、粘結性では両者に大きな差は認められない。

以上の結果から、LAS炭田のLC-(25+30)の石炭は、良質の高揮発分弱粘結炭と位置づけられる。しかし、LC-20は高い粘結性を有してはいるが、高硫黄のため、原料炭としては使用する場合は低硫黄原料炭との配合が必要である。

5) グアサレ炭 (M4)(表5-12)

グアサレ炭の石炭化度は、純炭ベースの揮発分39.61(%、d.a.f.)、元素分析のC含有量83.08(%、d.a.f.)およびビトリニットの平均反射率0.76(%、oil)で高揮発分炭にランクされる。粘結性は、F.S.I. 2 $\frac{1}{2}$ 、ギースラー・プラストメータのM.F. 0.48(logDDPM)、ディラトメータのTotal Dilatation 0(%で粘結性は著しく低い。これら石炭化度および粘結性から、グアサレ炭は高揮発分非粘結炭と判断される。

灰分は、1.04(%、d.)と非常に低いレベルにあることが特徴的であり、硫黄分においても0.41(%、d.)低い。

石炭の粉砕性は、H.G.I.で50と低く、粉砕しにくい石炭であるが、一般炭としては平均的な硬度を持った石炭である。

以上の結果から、グアサレ炭は低灰分、低硫黄の良質な一般炭と位置づけられる。しかし、原料炭としての利用は低灰分および低硫黄の有利性はあるが、粘結性面から大きく制限されるものと推測される。

なお、1994年1月に採集したサンプルと現地分析によるデータの比較は Annex-1 にて詳細に記述した。

6) ボヤカ炭 (M1)(表 5-13)

ボヤカ炭の石炭化度は、純炭ベースの揮発分 22.03(%、d.a.f.)、元素分析の C 含有量 88.75(%、d.a.f.) およびビトリニットの平均反射率 1.60(%、oil) で低揮発分炭にランクされる。

粘結炭は、F.S.I. 81/2、ギースラー・プラストメータ の M.F. 1.08(logDDPM)、ディラトメータ の Total Dilatation 41(%) で原料炭としての粘結性は平均的である。これら石炭化度および粘結性から、ボヤカ炭は低揮発分強粘結炭と判断される。

灰分は、6.52(%、d.) と低いレベルにある。しかし硫黄は、0.83(%、d.) で高い。

マセラル組成は、全イナー成分が 29.9(%、Vol.) で、低揮発分米国炭並である。

石炭の粉碎性は H.G.I. 99 で、高く粉碎しやすい石炭であり、コークス製造上好都合である。

灰分組成は、Na₂O が 1.04% と若干高いが問題ではない。

以上の結果から、ボヤカ炭は硫黄が高いものの低揮発分強粘結炭と位置づけられる。

7) 各チャンネル炭のコークス製造用原料炭としての評価

チャンネル精炭の特性値を比較検討し(図 5-11) 原料炭としての評価を表 5-7 にまとめた。原料炭として使用できる石炭は、FNO-LC-25, FNO-LC-30, HAT-LC-20/1, LOB-LC-11, LAS-LC-(25+30) およびボヤカ炭である。ただし、HAT-LC-20/1 は硫黄分が高いため、原料炭として使用するときは低硫黄分の石炭と併用することが不可欠である。

項目	試料	FNO		LOB			HAT		LAS		GUA	BOY	備考
		25	30	10	11	20	15/1	20/1	20	25	M4	M1	
石炭化度	揮発分(% d.a.f.)	40											高揮発分炭 中揮発分炭 低揮発分炭
		30											
		20											
石炭化度	C含有量(% d.a.f.)	88											
		86											
		84											
		82											
石炭化度	t _{1/2} 平均反時率(%)	1.6											低揮発分炭 中揮発分炭 高揮発分炭
		1.2											
		0.8											
粘性	F.S.I.	10											
		6											
		2											
粘性	最高流動度(LogDDPM)	4											
		3											
		2											
		1											
粘性	全膨張率(%)	200											
		150											
		100											
		50											

Note: 元素分析のC含有量はマセラル組成および石炭の風化により変化するため、揮発分との関係がやや低くなる。

図 5-11 チャネル炭の特性値比較

表 5-7 チャネル炭のコークス製造用炭としての評価

S. No	Coal field	Seam	原料炭としての特徴	評価
1	FNO	LC25	灰分の低い中揮発分強粘結炭である。	良
2		LC30	灰分および硫黄分の低い中揮発分強粘結炭である。	良
3	LOB	LC10	硫黄分が高く、粘結性が低い。	不
4		LC11	低灰分で、粘結性が高い高揮発分炭。	良
5		LC20	硫黄分が高く、粘結性が低い。	不
6	HAT	LC15/1	粘結性が著しく低い（風化炭）。	不
7		LC20/1	低灰分で、粘結性の高い石炭であるが、硫黄分が1.15(%、d.)と高い。	良
8	LAS	LC20	硫黄分が著しく高い。	不
9		LC25	低灰分で、粘結性の高い高揮発分炭。	良
		LC30		
10	GUA	M4	低灰分、低硫黄分の非粘結炭。	不
11	BOY	M1	低揮発分強粘結炭。	良

表 5-8 PROPERTIES OF FNO (FRANJA NORORIENTAL) CHANNEL CLEAN COAL

Sample	FNO-LC25	FNO-LC30	Sample	FNO-LC25	FNO-LC30
Inherent moisture(%)	1.35	0.98	Vitrinite type (% Vol.)		
Proximate analysis			V11	8.5	5.9
Ash (% d.)	1.46	7.63	V12	37.0	23.4
V.M. (% d.)	24.09	22.44	V13	7.4	19.9
F.C. (% d.)	74.45	69.93	V14	0.0	0.5
V.M. (% d. a. f.)	24.45	24.29	Mean Max. Reflect. (% oil)	1.25	1.28
Total sulfur(% d.)	0.71	0.63	SI	4.77	5.02
Ultimate analysis			CBI	2.57	3.18
C (% d. a. f.)	88.69	89.07	H. G. I.	103	100
H (% d. a. f.)	4.93	5.14	Calorific value (cal/g. d. a. f.)	8704	8721
N (% d. a. f.)	1.55	1.49	ASH fusibility(°C)		
S (% d. a. f.)	0.72	0.68	Softening point	1370	1540
O (% d. a. f.)	4.11	3.62	Melting point	1380	1590
F. S. I.	9	9	Flow point	1390	>1600
Gieseler plastometer			ASH composition (%)		
I. S. Temp. (°C)	428	415	SiO ₂	34.80	67.40
M. F. Temp. (°C)	466	466	Al ₂ O ₃	17.68	20.95
Solid. Temp. (°C)	494	506	Fe ₂ O ₃	43.98	7.30
M. F. (LogDDPM)	2.27	2.83	CaO	0.85	0.35
Dilatometer			MgO	0.27	0.25
I. S. Temp. (°C)	391	384	MnO	0.05	0.02
Max. Cont. Tem. (°C)	438	418	TiO ₂	0.81	1.75
Max. Dilat. Tem. (°C)	499	505	P ₂ O ₅	0.36	0.06
Percentage Cont. (%)	25	28	SO ₃	0.18	0.10
Percentage Dila. (%)	44	118	K ₂ O	0.33	0.72
Total Dilatation(%)	69	146	Na ₂ O	0.35	0.26
Maceral analysis (% Vol.)					
Vitrinite	52.9	49.7			
Exinite	0.0	0.0			
Micrinite	25.7	23.9			
Semi fusinite	17.2	17.6			
Fusinite	3.3	4.5			
Mineral matter	0.9	4.3			
Total inerts	41.4	44.4			

表 5-9 PROPERTIES OF LOB (LOBATERA) CHANNEL CLEAN COAL

Sample	LC10	LC11	LC20	Sample	LC10	LC11	LC20
Inh. moisture(%)	4.50	2.35	3.36	Vitrini. type (%, Vol.)			
Proxi. analysis				V 6	1.5	0.0	0.0
Ash (% d.)	4.55	2.31	7.74	V 7	24.3	6.3	13.8
V.M. (% d.)	34.20	35.88	34.20	V 8	49.2	68.0	69.1
F.C. (% d.)	61.30	61.81	58.06	V 9	0.8	3.9	3.5
V.M. (% d.a.f.)	35.83	36.73	37.07	Mean Maximum Rflectance(%)	0.82	0.85	0.84
T. sulfur(% d.)	0.92	0.74	1.24	SI	2.88	2.92	2.80
Ultima. analysis				CBI	0.74	0.64	0.38
C(% d.a.f.)	83.12	84.68	82.20	H.G. I.	80	79	59
H(% d.a.f.)	4.48	5.57	5.56	Calorific value (cal/g. d.a.f.)	8004	8517	8189
N(% d.a.f.)	1.61	1.72	1.80	Ash fusibility			
S(% d.a.f.)	0.96	0.75	1.34	Soft. point(°C)	1520	1470	1560
O(% d.a.f.)	9.83	7.28	9.10	Melt. point(°C)	1550	1520	1580
F.S.I.	3	9	5	Flow point (°C)	1590	1590	>1600
Gies. plastometer				Ash composition (%)			
I.S. Temp. (°C)	406	406	419	SiO ₂	43.80	46.60	52.70
M.F. Temp. (°C)	442	445	440	Al ₂ O ₃	29.85	27.68	28.34
Sol. Temp. (°C)	463	478	464	Fe ₂ O ₃	21.96	14.17	14.52
M.F. (LogDDPM)	1.56	3.16	0.95	CaO	1.17	3.34	0.35
Dilatometer				MgO	0.63	0.83	0.38
I.S. Temp. (°C)	361	340	356	MnO	0.03	0.31	0.02
Max. Cont. Tem. (°C)	500	415	500	TiO ₂	1.93	1.43	1.75
Max. Dilat. Tem. (°C)	-	478	-	P ₂ O ₅	0.43	0.12	0.17
Percentage Cont. (%)	17	26	33	SO ₃	0.11	1.57	0.03
Percentage Dila. (%)	-17	82	-33	K ₂ O	0.35	1.04	1.08
Total Dilatation(%)	0	108	0	Na ₂ O	0.34	0.50	0.40
Maceral analysis (%, Vol.)							
Vitrinite	75.8	78.2	86.4				
Exinite	1.7	1.4	1.2				
Micrinite	13.2	12.1	5.7				
S-fusinite	5.8	5.0	1.8				
Fusinite	0.9	1.9	0.5				
M. matter	2.6	1.4	4.4				
T. inerts	20.6	18.7	11.8				

表 5-10 PROPERTIES OF HAT (HATO DE LA VIRGEN) CHANNEL CLEAN COAL

Sample	HAT-LC15	HAT-LC20	Sample	HAT-LC15	HAT-LC20
Inherent moisture(%)	3.11	1.47	Vitrinite type (%, Vol.)		
Proximate analysis			V 8	0.0	0.0
Ash (% d.)	4.86	1.71	V 9	45.5	37.2
V.M. (% d.)	29.55	31.77	V10	27.9	35.7
F.C. (% d.)	65.59	66.52	V11	0.0	1.5
V.M. (% d. a. f.)	31.06	32.32	Mean Max. Reflect. (%, Oil)	0.99	1.00
Total sulfur(% d.)	0.86	1.15	SI	3.72	3.75
Ultimate analysis			CBI	0.81	0.78
C (% d. a. f.)	85.09	89.62	H. G. I.	90	93
H (% d. a. f.)	4.77	4.36	Calorific value (cal/g. d. a. f.)	8345	8728
N (% d. a. f.)	1.63	1.63	ASH fusibility(°C)		
S (% d. a. f.)	0.90	1.17	Softening point	>1600	1380
O (% d. a. f.)	7.61	3.22	Melting point	>1600	1400
F. S. I.	5 1/2	9	Flow point	>1600	1420
Gieseler plastometer			ASH composition (%)		
I. S. Temp. (°C)	448	391	SiO ₂	53.60	30.10
M. F. Temp. (°C)	460	452	Al ₂ O ₃	30.96	23.98
Solid. Temp. (°C)	463	491	Fe ₂ O ₃	9.15	38.66
M. F. (LogDDPM)	0.00	4.31	CaO	0.92	1.85
Dilatometer			MgO	0.59	0.50
I. S. Temp. (°C)	381	357	MnO	0.03	0.03
Max. Cont. Tem. (°C)	500	395	TiO ₂	2.03	1.56
Max. Dilat. Tem. (°C)	-	502	P ₂ O ₅	0.69	1.43
Percentage Cont. (%)	26	27	SO ₃	0.06	0.32
Percentage Dila. (%)	-26	283	K ₂ O	0.89	0.44
Total Dilatation(%)	0	310	Na ₂ O	0.41	0.29
Maceral analysis (%, Vol.)					
Vitrinite	73.4	74.4			
Exinite	0.0	0.0			
Micrinite	14.7	15.1			
Semi fusinite	6.4	6.3			
Fusinite	2.7	3.0			
Mineral matter	2.8	1.2			
Total inerts	24.5	23.5			

表 5-11 PROPERTIES OF LAS (LAS ADJUNTAS) CHANNEL CLEAN COAL

Sample	LAS-LC20	LAS-LC (20+30)	Sample	LAS-LC20	LAS-LC (20+30)
Inherent moisture(%)	1.72	1.37	Vitr. type(% Vol.)		
Proximate analysis			V 6	45.5	0.0
Ash (% d.)	8.24	4.44	V 7	32.9	16.5
V.M. (% d.)	42.85	37.09	V 8	0.0	39.9
F.C. (% d.)	48.91	58.47	V 9	0.0	11.0
V.M. (% d. a. f.)	46.70	38.81	V10	0.0	1.4
Total sulfur(% d.)	4.11	0.81	Mean Max. Reflect. (% oil)	0.69	0.85
Ultimate analysis			SI	2.55	3.03
C (% d. a. f.)	83.60	85.52	CBI	0.36	0.94
H (% d. a. f.)	6.36	5.85	H. G. I.	55	59
N (% d. a. f.)	1.86	1.76	Calorific value (cal/g. d. a. f.)	8596	8589
S (% d. a. f.)	4.48	0.85	ASH fusibility(°C)		
O (% d. a. f.)	3.70	6.02	Softening point	1390	1540
F. S. I.	4 1/2	7	Melting point	1400	1580
Gieseler plastometer			Flow point	1410	>1600
I. S. Temp. (°C)	394	396	ASH composition		
M. F. Temp. (°C)	433	444	(%)		
Solid. Temp. (°C)	476	480	SiO ₂	29.60	54.00
M. F. (LogDDPW)	4.61	4.14	Al ₂ O ₃	17.14	29.26
Dilatometer			Fe ₂ O ₃	51.74	10.35
I. S. Temp. (°C)	338	355	CaO	0.59	1.43
Max. Cont. Tem. (°C)	394	402	MgO	0.28	0.90
Max. Dilat. Tem. (°C)	487	496	MnO	0.04	0.03
Percentage Cont. (%)	25	27	TiO ₂	1.35	1.29
Percentage Dila. (%)	187	174	P ₂ O ₆	0.67	0.08
Total Dilatation(%)	212	201	SO ₃	0.04	0.10
Maceral analysis			K ₂ O	0.51	1.05
(% Vol.)			Na ₂ O	0.29	0.46
Vitrinite	78.4	68.8			
Exinite	11.2	3.7			
Micrinite	4.3	14.9			
Semi fusinite	0.5	6.8			
Fusinite	0.0	3.2			
Mineral matter	5.6	2.6			
Total inerts	10.2	25.2			

表 5-12 PROPERTIES OF GUA (GUASARE) CHANNEL CLEAN COAL

Sample	GUA-M4	Sample	GUA-M4		
Inherent moisture(%)	3.44	Vitrinite type(% Vol.)			
Proximate analysis		V 6	5.3		
	Ash (% d.)	V 7	59.5		
	V.M. (% d.)	V 8	11.4		
	F.C. (% d.)	V 9	0.0		
V.M. (% d. a. f.)	39.61	Mean Maximum Reflectance (% oil)	0.76		
Total sulfur(% d.)	0.41	SI	2.79		
Ultimate analysis		CBI	0.67		
	C (% d. a. f.)	83.08	H. G. I.	50	
	H (% d. a. f.)	5.50	Calorific value (cal/g. d. a. f.)	8260	
	N (% d. a. f.)	1.52	Ash fusibility Softening point(°C) Melting point (°C) Flow point (°C)		
	S (% d. a. f.)	0.40			
	O (% d. a. f.)	9.50			
F. S. I.	2 1/2	Ash composition (%)			
Gieseler plastometer			SiO ₂	44.80	
	Initial Softening Temp. (°C)		424	Al ₂ O ₃	27.90
	Maximum Fluidity Temp. (°C)		436	Fe ₂ O ₃	11.95
	Solidification Temp. (°C)		448	CaO	5.50
Maximum Fluidity (LogDDPW)	0.48	MgO	3.82		
Dilatometer		MnO	0.08		
	Initial Softening Temp. (°C)	390	TiO ₂	0.92	
	Maximum Contraction Temp. (°C)	500	P ₂ O ₅	0.23	
	Maximum Dilatation Temp. (°C)	-	SO ₃	2.46	
	Percentage Contraction (%)	47	K ₂ O	0.26	
	Percentage Dilatation (%)	-47	Na ₂ O	1.63	
Total Dilatation (%)	0				
Maceral analysis (% Vol.)					
	Vitrinite	76.2			
	Exinite	3.8			
	Micrinite	11.4			
	Semi fusinite	5.3			
	Fusinite	2.7			
	Mineral matter	0.6			
	Total inerts	18.2			

表 5-13 PROPERTIES OF BOY (BOYACA) CHANNEL CLEAN COAL

Sample	BOY-M1	Sample	BOY-M1		
Inherent moisture(%)	1.20	Vitrinite type(% Vol.)			
Proximate analysis		V13	0.7		
	Ash (% d.)	V14	11.9		
	V.M. (% d.)	V15	14.6		
	F.C. (% d.)	V16	30.5		
V.M. (% d. a. f.)	22.03	Mean Maximum Reflectance (% oil)	1.60		
Total sulfur(% d.)	0.83	SI	7.06		
Ultimate analysis		CBI	3.92		
	C (% d. a. f.)	88.75	H. G. I.	99	
	H (% d. a. f.)	4.90	Calorific value (cal/g. d. a. f.)	8669	
	N (% d. a. f.)	1.88	Ash fusibility		
	S (% d. a. f.)	0.86		Softening point(°C)	1500
	O (% d. a. f.)	3.61		Melting point (°C)	1540
F. S. I.	8 1/2	Flow point (°C)	1590		
Gieseler plastometer		Ash composition (%)			
	Initial Softening Temp. (°C)		448	SiO ₂	61.20
	Maximum Fluidity Temp. (°C)		475	Al ₂ O ₃	24.60
	Solidification Temp. (°C)		494	Fe ₂ O ₃	6.16
Maximum Fluidity (LogDDPM)	1.08		CaO	2.59	
Dilatometer			MgO	0.50	
	Initial Softening Temp. (°C)		414	MnO	0.03
	Maximum Contraction Temp. (°C)		443	TiO ₂	1.53
	Maximum Dilatation Temp. (°C)		499	P ₂ O ₅	0.97
	Percentage Contraction (%)		18	SO ₃	0.98
	Percentage Dilatation (%)		23	K ₂ O	0.73
	Total Dilatation (%)	41	Na ₂ O	1.04	
Maceral analysis (% Vol.)					
	Vitrinite	66.3			
	Exinite	0.0			
	Micrinite	17.0			
	Semi fusinite	11.5			
	Fusinite	1.5			
	Mineral matter	3.7			
	Total inerts	29.9			

(2) バルク・サンプル炭の特性

バルク・サンプル炭の特性調査は、コークス製造試験用石炭として採取した FNO-LC-30、LAS-LC-(25+30) およびボヤカ炭が予想した特性を有した石炭であるかの確認、および配合設計の基礎データとするために実施した。

1) FNO-LC-30 炭 (表 5-14) (表 5-15)

バルク・サンプル炭の粒度分布は、原炭の状態ですでに 8mm 以下に粉砕されているため、通常装入炭並の粒度分布となっている。

工業分析値は、灰分 7.55(%、d.)、揮発分 23.21(%、d.) および固定炭素 69.24(%、d.) で Channel clean coal と大きな差はない。全硫黄は 0.85(%、d.) であった。

粘結性は F.S.I. 9、ギースラー・プラストメータの M.F. 2.96 (logDDPM) およびディラトメータの Total Dilatation 124(%) で Channel clean coal と差はなく、高い粘結性を示している。

マセラル分析から算出される SI および CBI は、5.06 および 2.39 で Channel clean coal と差はない。

単味コークスの特性は表 5-15 に示した。FNO-LC-30 炭からのコークスは、灰分 9.40(%、d.)、CSR 70.0 および DI_{150-16} 85.8 でコークス強度が高く、かつ CSR も高い。CSR が 70 と高いのは、写真および偏光組織分析値にみるように Coarse Mosaic および Fibrous 成分が多いためと判断される。これらの点から FNO-LC-30 炭は優れた中揮発分強粘結炭と位置づけられる。

2) LAS-LC-(25+30) 炭 (表 5-14) (表 5-15)

バルク・サンプル炭の粒度分布は、FNO-LC-30 と同様に原炭の状態ですでに 8mm 以下に粉砕されているため、通常装入炭並の粒度分布となっている。

工業分析値は、灰分 3.94(%、d.)、揮発分 37.91(%、d.) および固定炭素 58.15(%、d.) で Channel Clean Coal と大きな差はない。全硫黄は 0.59(%、d.) であった。

粘結性は F.S.I. 7、ギースラー・プラストメータの M.F. 4.10(logDDPM) およびディラトメータの Total Dilatation 203(%) で Channel Clean Coal と差はなく、高い粘結性を示している。

マセラル分析から算出されるSIおよびCBIは、2.86および0.85でChannel Clean Coalと差はない。

単味コークスの特性は表5-15に示した。LAS-LC-(25+30)炭からのコークスは、灰分5.84(%、d.)および全硫黄0.50(%、d.)で低灰分、低硫黄分のコークスであるが、CSRおよび DI_{150-15} が低い。これらの点から、LAS-LC-(25+30)炭は、粘結性の高い低灰分低硫黄の優れた高揮発分弱粘結炭である。

3) ボヤカ炭(表5-16)(表5-17)

石炭の粒度分布は、FNO-LC-30およびLAS-LC-(25+30)炭と同様に原炭の状態ですでに8mm以下に粉砕されているため、通常装入炭並の粒度分布となっている。

工業分析値は、灰分7.45(%、d.)、揮発分21.37(%、d.)および固定炭素71.18(%、d.)でChannel Clean Coalと大きな差はない。しかし、全硫黄は0.95(%、d.)でChannel Clean Coalの0.83(%、d.)に比較して高くなっている。

粘結性は、F.S.I. 8、ギースラー・プラストメータのM.F.1.04(logDDPM)およびディラトメータのTotal Dilatation 41(%)で、Channel Clean Coalと差はなく、低揮発分炭クラスの石炭として良好な粘結性を有している。

マセラル分析から算出されるSIおよびCBIは、6.91および4.91でChannel clean coalと差はない。

単味コークスの特性は、表5-17に示した。ボヤカ炭からのコークスは、CSRおよび DI_{150-15} が高い。これらの点から、ボヤカ炭は、優れた低揮発分強粘結炭として位置づけられている。

表 5-14 PROPERTIES OF FNO AND LAS BULK CLEAN COAL

Sample	FNO-LC30	LAS-LC25	Sample	FNO-LC30	LAS-LC25		
Inherent moisture(%)	0.98	1.40	Vitr. type(% Vol.)				
Proximate analysis			V	V11: 4.7	V7: 29.9		
	Ash (% d)	7.55	3.94	V	V12:31.3	V8: 39.1	
	V.M. (% d)	23.21	37.91	V	V13:20.3	V9: 2.1	
	F.C. (% d)	69.24	58.15	V	V14: 1.7		
V.M. (% d.a.f.)	25.11	39.46	Mean Max. Reflect. (% Oil)	1.28	0.81		
Total sulfur(% d.)	0.85	0.59	SI	5.06	2.86		
Ultimate analysis			CBI	2.39	0.85		
	C (% d.a.f.)	89.09	84.00	H. G. I.	101	59	
	H (% d.a.f.)	5.04	5.85	Calorific value (cal/g, d.a.f.)	8757	8605	
	N (% d.a.f.)	1.54	1.80	ASH fusibility(°C)			
	S (% d.a.f.)	0.92	0.59		Softening point	1570	1440
	O (% d.a.f.)	3.41	7.76		Melting point	>1600	1560
F.S.I.	9	7	Flow point	>1600	>1600		
Gieseler plastmeter			ASH composition (%)				
	I. S. Temp (°C)	418		400	SiO ₂	66.40	54.10
	M. F. Temp (°C)	464		440	Al ₂ O ₃	21.23	29.00
	Solid. Temp. (°C)	502		480	Fe ₂ O ₃	7.52	10.42
M. F. (LogDDPM)	2.96	4.10		CaO	0.42	1.42	
Dilatometer				MgO	0.27	0.80	
	I. S. Temp (°C)	382		352	MnO	0.02	0.03
	Max. Cont. Tem. (°C)	420		401	TiO ₂	1.73	1.26
	Max. Dilat. Tem (°C)	500		497	P ₂ O ₅	0.07	0.07
	Percentage Cont. (%)	24		28	SO ₃	0.08	0.11
	Percentage Dila. (%)	100	175	K ₂ O	0.72	1.03	
	Total Dilatation(%)	124	203	Na ₂ O	0.28	0.48	
Maceral analysis (% Vol.)			Grain size distri- bution (%)				
	Vitrinite	58.0		71.1	10.0-6.0mm	3.0	4.6
	Exinite	0.4		4.5	6.0-3.0mm	10.0	17.2
	Micrinite	23.6		15.7	3.0-1.2mm	23.2	32.0
	Semi fusinite	10.5		4.8	1.2-0.5mm	25.9	28.4
	Fusinite	3.2		1.7	0.5-0.3mm	13.2	11.4
	Mineral matter	4.3		2.2	-0.3mm	24.7	6.4
	Total inerts	38.1		22.8			

表 5-15 PROPERTIES OF COKE FROM FNO AND LAS BULK CLEAN COAL

Sample	FNO-LC30	LAS-LC25
Grain size distri.		
125-100mm (%)	4.5	11.3
100-75mm (%)	22.9	15.8
75-50mm (%)	57.7	29.3
50-25mm (%)	11.4	32.3
25-15mm (%)	1.0	6.3
-15mm (%)	2.5	5.0
Proximate analysis		
Ash (% d.)	9.40	5.84
V. M. (% d.)	0.50	0.80
F. C. (% d.)	90.10	93.36
T. S. (% d.)	0.71	0.50
Apparent specific gravity (-)	1.12	1.00
True specific gravity (-)	1.96	1.92
Porosity (%)	43	48

Sample	FNO-LC30	LAS-LC25
Anisotropic texture analysis (% Vol.)		
isotropic	6.5	1.8
fine mosaic	4.9	81.3
coarse mosaic	39.1	1.9
fibrous	23.3	1.0
leaflet	0.0	0.0
inert	26.2	14.0
Reactivity(%)	10	11
Coke strength after reaction		
CRI	23.0	33.6
CSR	70.0	41.4
M. S. I.	34.0	39.9
Coke strength		
DI ₃₀₋₁₅	94.9	68.7
DI ₁₅₀₋₁₅	85.8	40.3

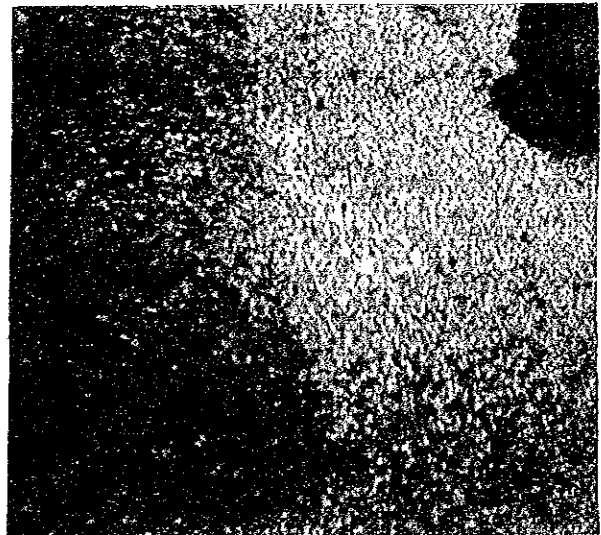
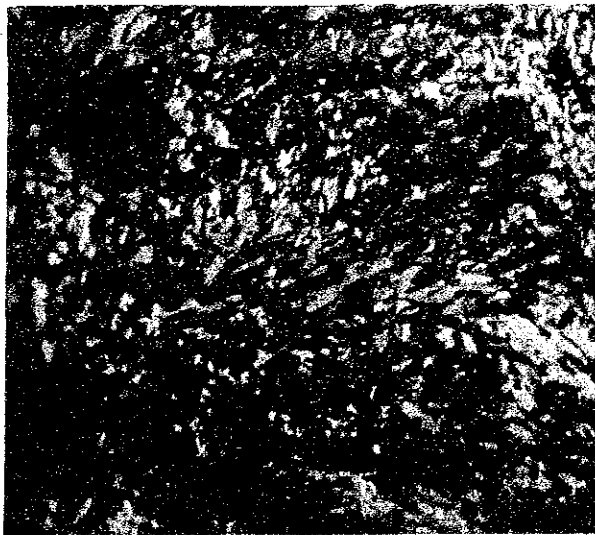


写真 5-1 Coke Structure of FNO-LC30 (x 700) 写真 5-2 Coke Structure of LAS-LC25 (x 700)

表 5-15 PROPERTIES OF COKE FROM FNO AND LAS BULK CLEAN COAL

Sample	FNO LC30	LAS LC25	Sample	FNO LC30	LAS LC25
Grain size distri.			Anisotropic texture analysis (% Vol. %)		
125-100mm	4.5	11.3	isotropic	6.5	1.8
100-75mm	22.9	15.8	fine mosaic	4.9	81.3
75-50mm	57.7	29.3	coarse mosaic	39.1	1.9
50-25mm	11.4	32.3	fibrous	23.3	1.0
25-15mm	1.0	6.3	leaflet	0.0	0.0
15mm	2.5	5.0	inert	26.2	14.0
Proximate analysis			Reactivity(%)		
Ash %d.	9.40	5.81		10	11
V.M. %d.	0.50	0.80	Coke strength after reaction		
F.C. %d.	90.10	93.36	CRI	23.0	33.6
F.S. %d.	0.71	0.50	CSR	70.0	41.4
Apparent specific gravity			M.S.L.	34.0	39.9
	1.12	1.00	Coke strength		
True specific gravity			D1	94.9	68.7
	1.96	1.92	D2	86.8	40.3
Porosity (%)					
	43	48			

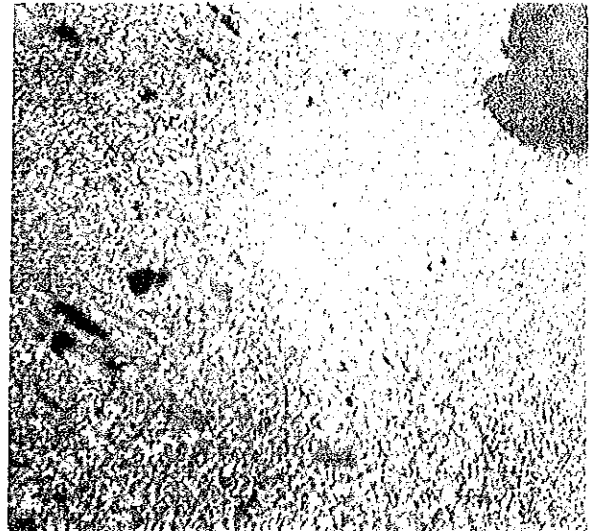
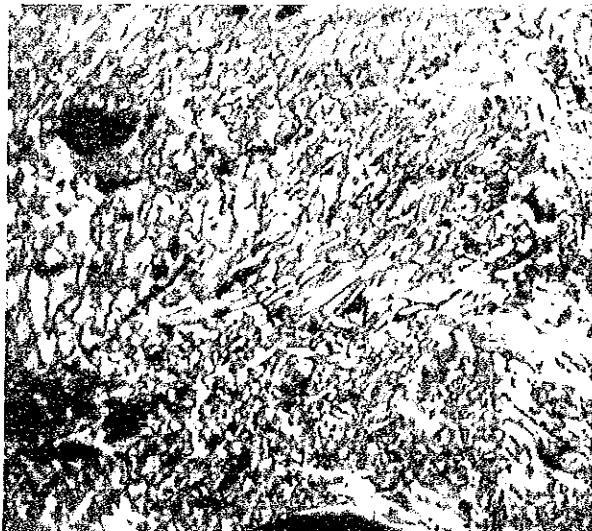


写真 5-1 Coke Structure of FNO-LC30 (x 700) 写真 5-2 Coke Structure of LAS-LC25 (x 700)

表 5-16 PROPERTIES OF BOYACA BULK CLEAN COAL

Sample	BOYACA	Sample	BOYACA
Inherent moisture(%)	1.21	Vitrinite type (% Vol.)	
Proximate analysis		V14	13.2
Ash (% d)	7.45	V15	18.7
V.M. (% d)	21.37	V16	20.6
F.C. (% d)	71.18	V17	7.3
		V18	0.7
V.M. (% d.a.f.)	23.09	Mean Maximum Reflectance (%,oil)	1.59
Total sulfur(%d.)	0.95	SI	6.91
		CBI	4.91
Ultimate analysis		H. G. I.	92
C (% d.a.f.)	89.05	Calorific value (cal/g, d.a.f.)	8734
H (% d.a.f.)	4.88	Ash fusibility	
N (% d.a.f.)	1.87	Softening point(°C)	1430
S (% d.a.f.)	0.90	Melting point (°C)	1530
O (% d.a.f.)	3.30	Flow point (°C)	1580
F.S.I.	8	Ash composition (%)	
Gieseler plastometer		SiO ₂	60.20
Initial Softening Temp. (°C)	449	Al ₂ O ₃	25.09
Maximum Fluidity Temp. (°C)	478	Fe ₂ O ₃	6.09
Solidification Temp. (°C)	497	CaO	2.60
Maximum Fluidity (LogDDPM)	1.04	MgO	0.51
Dilatometer		MnO	0.03
Initial Softening Temp. (°C)	415	TiO ₂	1.57
Maximum Contraction Temp. (°C)	442	P ₂ O ₅	0.96
Maximum Dilatation Temp. (°C)	501	SO ₃	0.95
Percentage Contraction (%)	17	K ₂ O	0.70
Percentage Dilatation (%)	24	Na ₂ O	1.12
Total Dilatation (%)	41	Grain size distribution (%)	
Maceral analysis (% Vol.)		10.0-6.0mm	3.8
Vitrinite	60.5	6.0-3.0mm	12.1
Exinite	0.0	3.0-1.2mm	26.5
Micrinite	22.0	1.2-0.5mm	30.5
Semi fusinite	11.2	0.5-0.3mm	15.8
Fusinite	2.0	-0.3mm	11.3
Mineral matter	4.3		
Total inerts	35.8		

表 5-17 PROPERTIES OF COKE FROM BOYACA BULK CLEAN COAL

Sample	BOYACA	Sample	BOYACA
Grain size distribution		Anisotropic texture analysis (% Vol.)	
125-100mm (%)	7.9	isotropic	3.5
100- 75mm (%)	25.6	fine mosaic	24.0
75- 50mm (%)	43.3	coarse mosaic	11.6
50- 25mm (%)	19.7	fibrous	37.8
25- 15mm (%)	1.0	leaflet	1.1
-15mm (%)	2.5	inert	22.0
Proximate analysis		Reactivity(%)	10
Ash (% d.)	8.80	Coke strength aftre reaction	
V. M. (% d.)	0.46	CRI	21.4
F. C. (% d.)	90.74	CSR	69.9
T. S. (% d.)	0.76	M. S. I.	34.1
Apparent specific gravity(-)	1.07	Coke strength(Drum indx)	
True speific gravity(-)	1.94	DI ₃₀₋₁₅	94.6
Porosity (%)	45	DI ₁₅₀₋₁₅	83.2

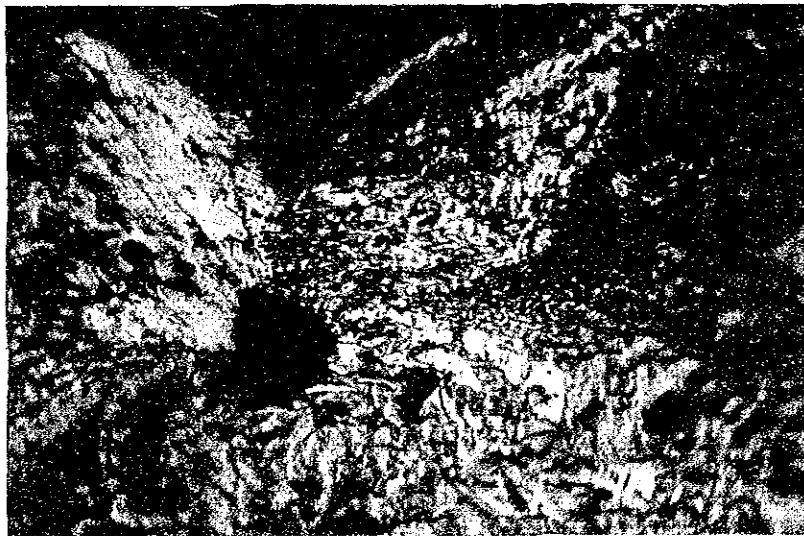


写真 5-3 Coke Structure of Boyaca (x 700)

表 5-17 PROPERTIES OF COKE FROM BOYACA BULK CLEAN COAL

Sample	BOYACA	Sample	BOYACA
Grain size distribution		Anisotropic texture analysis	
125-100mm (%)	7.9	is. (%Vol.%)	
100-75mm (%)	25.6	isotropic	3.5
75-50mm (%)	43.3	Fine mosaic	24.0
50-25mm (%)	19.7	coarse mosaic	11.6
25-15mm (%)	1.0	fibrous	37.8
15mm (%)	2.5	leaflet	1.1
		inert	22.0
Proximate analysis		Reactivity(%)	
Ash (% d)	8.80		10
V.M. (% d)	0.46	Coke strength after reaction	
F.C. (% d)	90.74	CRI	21.4
F.S. (% d)	0.76	CSR	69.9
Apparent specific gravity		M.S.I.	
	1.07		34.1
True specific gravity		Coke strength Drum index	
	1.91	DI ₁₀₀ (%)	94.6
Density (g/cm ³)		DI ₂₀₀ (%)	83.2
	1.5		

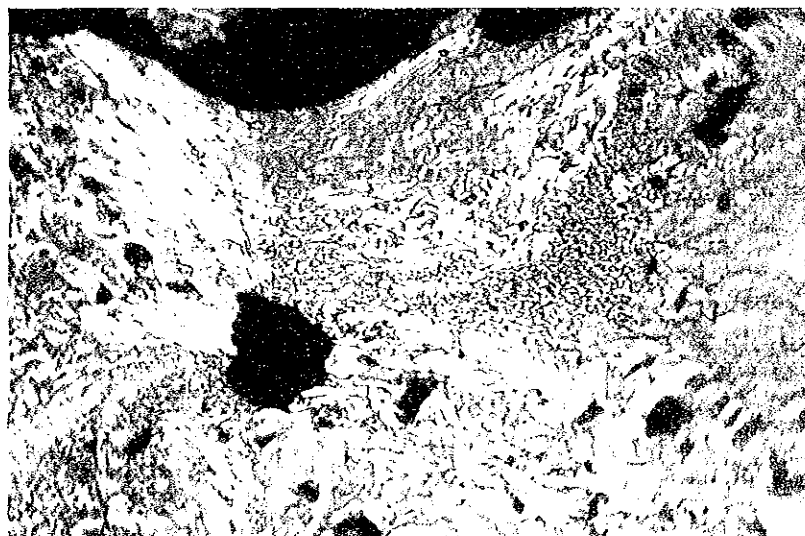


写真 5-3 Coke Structure of Boyaca (x 700)

4) まとめ

コークス製造試験用石炭として採取した FNO-LC-30、LAS-LC-(25+30) およびボヤカ炭のバルクサンプルは、表5-18に示すように期待したとおりの特性を有していた。すなわち、FNO-LC-30 炭は中揮発分強粘結炭、LAS-LC-(25+30) 炭は高揮発分弱粘結炭およびボヤカ炭は低揮発分強粘結炭である。

表 5-18 バルク・サンプル炭のコークス製造用原料炭としての評価

Sample	主な特性値	評価
FNO-LC-30	Ash (% , d.) : 7.55 V. M. (% , d.) : 23.21 Total Sulfur (% , d.) : 0.85 Total Dilatation (%) : 124 Maxim Fluidity (logDDPM) : 2.96 Ro (%) : 1.28 CSR : 70.0	中揮発分強粘結炭
LAS-LC-(25+30)	Ash (% , d.) : 3.94 V. M. (% , d.) : 37.91 Total Sulfur (% , d.) : 0.59 Total Dilatation (%) : 203 Maxim Fluidity (logDDPM) : 4.10 Ro (%) : 0.81 CSR : 41.4	高揮発分弱粘結炭
Boyaca	Ash (% , d.) : 7.45 V. M. (% , d.) : 21.37 Total Sulfur (% , d.) : 0.95 Total Dilatation (%) : 41 Maxim Fluidity (logDDPM) : 1.04 Ro (%) : 1.59 CSR : 69.9	低揮発分強粘結炭

5.2.5 輸入炭の特性

ヴェネズエラおよびコロンビアに産出する石炭は、多くが高揮発分炭であり、低揮発分強粘結炭および中揮発分強粘結炭が少ない。このため高炉用コークスを製造するためには、低揮発分強粘結炭および中揮発分強粘結炭の配合が必要である。

原料炭の選定は、ヴェネズエラに近いこと、および生産した全コークスを輸出することを前提としているため、コークス品質優先から決定した。

原料炭の銘柄は、上記理由から米国産の低揮発分強粘結炭である Pinnacle 炭および中揮発分強粘結炭の Blue Creek 炭 2 銘柄および豪州産の低揮発分強粘結炭である Saraji 炭を採用した。

上記原料炭の分析結果の比較表を図 5-12 に示し、その特性を各原料炭の分析結果をもとに、以下の項で記述した。

1) Pinnacle 炭 (表 5-19) (表 5-20)

Pinnacle 炭の石炭化度は、純炭ベースの揮発分 17.73(%、d.a.f.)、元素分析の C 含有量 88.82(%、d.a.f.) およびビトリニットの平均反射率 1.73(%、oil) で低揮発分炭である。粘結性は、F.S.I. 9、ギースラー・プラストメータの M.F. 0.60(logDDPM) およびディラトメータの Total Dilatation 42(%) で粘結性は十分である。

灰分は、5.61(%、d.) と低いレベルにある。

硫黄は、0.76(%、d.) で原料炭として平均的である。

Pinnacle 炭からのコークス特性は (表 5-20)、灰分 6.01(%、d.)、揮発分 0.81(%、d.) および全硫黄 0.67(%、d.) で灰分が低い点が特徴的である。コークス強度は、 DI_{100-1} 82.5 と高く優れた低揮発分強粘結炭であると位置づけられる。しかし、CSR は 47.0 と低い。これらの点から、Pinnacle 炭は CSR (反応後強度) には寄与しないが、コークスの TI_{20} (機械的強度) 維持に寄与する石炭と判断される。

以上の点から、Pinnacle 炭は、灰分の低い良質の低揮発分強粘結炭である。

2) Blue Creek 炭 (表 5-19) (表 5-20)

Blue Creek 炭の石炭化度は、純炭ベースの揮発分 27.93(%、d.a.f.)、元素分析の C 含有量 88.13(%、d.a.f.) およびビトリニットの平均反射率 1.19(%、oil) で中揮発分炭である。

項目	試料	Imported Coal			備考
		PINNACLE	BLUE CREEK	SARAJI	
度 石 炭 化	揮発分 (% d.a.f.)	●	●	●	高揮発分炭 中揮発分炭 低揮発分炭
	C含有量 (% d.a.f.)		●	●	
	ピトリニット反照率 (%)	●	●	●	
性 粘	F.S.I.	●	●	●	
	最高流動度 (LogDPM)	●	●	●	
	全膨張率 (%)	●	●	●	

注：元素分析のC含有量はマセラル組成および石炭の風化により変化するため、揮発分との関係がやや低くなる。

図 5-12 輸入炭の特性比較

粘結性は、F.S.I. 9、ギースラー・プラストメータの M.F. 3.60(logDDPM) およびディラトメータの Total Dilatation 239(%) で非常に高い粘結性を有している。

灰分は、8.91(%、d.) と低いレベルにある。

硫黄は、0.85(%、d.) で原料炭としては高いレベルにある。

マセラル分析は、ビトリニット含有量が 80.9(%、Vol.) と多い点の特徴であり、このため CBI が 0.63 と低くなっている。

石炭の粉砕性は、H.G.I. 89 と高く、粉砕しやすい石炭である。

灰分組成は、P₂O₅ が 1.22% と若干高い程度で、他の成分は通常の原料炭並である。

単味コークスの特性は表 5-20 に示した。Blue Creek 炭からのコークスの工業分析値は、灰分 11.44(%、d.)、揮発分 0.95(%、d.) および全硫黄 0.75(%、d.) で灰分がやや高い程度であるが問題はない。

これらの点から、Blue Creek 炭は、粘結性の高い中揮発分強粘結炭である。

3) Saraji 炭 (表 5-21) (表 5-22)

Saraji 炭の石炭化度は、純炭ベースの揮発分 20.96(%、d.a.f.)、元素分析の C 含有量 89.18(%、d.a.f.) およびビトリニットの平均反射率 1.55(%、oil) で低揮発分炭である。

粘結性は、F.S.I. 9、ギースラー・プラストメータの M.F. 1.70(logDDPM) およびディラトメータの Total Dilatation 62(%) で低揮発分炭クラスの石炭としては十分である。

灰分は、10.48(%、d.) と高いレベルにある。

硫黄は、0.57(%、d.) で原料炭としては低いレベルにある。

マセラル分析は、ビトリニット含有量が 65.4(%、Vol.) と原料炭として平均的である。

石炭の粉砕性は、H.G.I. 91 と高く、粉砕しやすい石炭である。

単味コークスの特性は表 5-22 に示した。Saraji 炭からのコークスの工業分析値は、灰分 12.14(%、d.)、揮発分 0.72(%、d.) および全硫黄 0.52(%、d.) で灰分が高く、全硫黄が低い。

Saraji 炭は、コークスの CSR を高める良質の低揮発分強粘結炭である。

表 5-19 PROPERTIES OF PINNACLE AND BLUE CREEK(USA) IMPORTED COAL

Sample	Pinnacle	Blue Cr.	Sample	Pinnacle	Blue Cr.		
Inherent moistuer(%)	1.00	1.28	Vit. type(% ,Vol.)				
Proximate analysis			V	V ₁₆ : 1.3	V ₁₀ : 9.7		
	Ash (% ,d)	5.61	8.91	V	V ₁₈ :19.5	V ₁₁ :33.8	
	V. M. (% ,d)	16.74	25.44	V	V ₁₇ :32.5	V ₁₂ :29.8	
	F. C. (% ,d)	77.65	65.65	V	V ₁₈ :11.7	V ₁₃ : 7.3	
V. M. (% ,d.a. f.)	17.73	27.93	Mean Max. Reflect. (% ,oil)	1.73	1.19		
Total sulfur(% ,d.)	0.76	0.85	SI	7.28	4.60		
Ultimate analysis			CBI	5.66	0.63		
	C (% ,d.a. f.)	88.82	88.13	H. G. I.	89	89	
	H (% ,d.a. f.)	4.58	5.41	Calorific value (cal/g ,d.a. f.)	8732	8696	
	N (% ,d.a. f.)	1.22	1.84	ASH fusibility(°C)			
	S (% ,d.a. f.)	0.75	0.88		Softening point	1410	1490
	O (% ,d.a. f.)	4.63	3.74		Melting point	1470	1520
F. S. I.	9	9	Flow point	1550	1570		
Gieseler plastometer			ASH composition (%)				
	I. S. Temp (°C)	475		415	SiO ₂	47.70	46.80
	M. F. Temp (°C)	490		459	Al ₂ O ₃	25.85	28.34
	Solid. Temp. (°C)	500		504	Fe ₂ O ₃	10.07	12.12
M. F. (LogDDPM)	0.60	3.60		CaO	2.72	2.89	
Dilatometer				MgO	1.32	1.36	
	I. S. Temp (°C)	427		382	MnO	0.14	0.06
	Max. Cont. Tem. (°C)	463		415	TiO ₂	1.74	1.56
	Max. Dilat. Tem (°C)	511		426	P ₂ O ₆	0.75	1.22
	Percentage Cont. (%)	20		22	SO ₃	0.64	1.40
	Percentage Dila. (%)	22	217	K ₂ O	1.27	2.25	
	Total Dilatation(%)	42	239	Na ₂ O	0.63	0.84	
Maceral analysis (% ,Vol.)			Grain size distri- bution (%)				
	Vitrinite	65.0		80.6	+6.0mm	14.8	17.7
	Exinite	0.0		1.3	6.0-3.0mm	12.5	16.6
	Micrinite	14.5		7.9	3.0-1.2mm	21.8	21.7
	Semi fusinite	14.3		4.5	1.2-0.5mm	20.7	18.4
	Fusinite	3.0		0.7	0.5-0.3mm	9.6	9.8
	Mineral matter	3.2		5.0	-0.3mm	20.6	15.8
	Total inerts	30.2		16.6			

表 5-20 PROPERTIES OF COKE FROM PINNACLE AND BLUE CREEK (USA) IMPORTED COAL

Sample	Pinnacle	Blue Cr.
Grain size distri.		
125-100mm (%)	4.3	12.3
100- 75mm (%)	15.4	27.2
75- 50mm (%)	48.6	36.4
50- 25mm (%)	26.7	16.8
25- 15mm (%)	1.7	3.4
-15mm (%)	3.3	3.9
Proximate analysis		
Ash (%.d.)	6.01	11.44
V. M. (%.d.)	0.81	0.95
F. C. (%.d.)	93.18	87.61
T. S. (%.d.)	0.67	0.75
Apparent specific gravity (-)	0.96	1.01
True specific grav-ity (-)	1.96	1.99
Porosity (%)	51	49

Sample	Pinnacle	Blue Cr.
Anisotropic texture anaiysis (%.Vol.)		
isotropic	4.4	0.9
fine mosaic	0.0	20.3
coarse mosaic	6.5	57.1
fibrous	49.6	7.7
leaflet	5.9	0.0
inert	33.6	14.0
Reactivity(%)	28	10
Coke strength aftre reaction		
CRI	33.0	32.6
CSR	47.0	59.7
M. S. I.	34.5	35.8
Coke strength		
DI ₃₀₋₁₅	93.8	93.0
DI ₁₅₀₋₁₅	82.5	80.8



写真 5-4 Coke Structure of Pinnacle (× 700)

写真 5-5 Coke Structure of Blue Creek (× 700)

表 5-20 PROPERTIES OF COKE FROM PINNACLE AND BLUE CREEK (USA) IMPORTED COAL.

Sample	Pinnacle	Blue Cr.	Sample	Pinnacle	Blue Cr.
Grain size distri.			Anisotropic texture analysis (% Vol.)		
125-100mm (%)	4.3	12.3	isotropic	4.1	0.9
100-75mm (%)	15.4	27.2	fine mosaic	0.0	20.3
75-50mm (%)	48.6	36.4	coarse mosaic	6.5	57.1
50-25mm (%)	26.7	16.8	fibrous	49.6	7.7
25-15mm (%)	1.7	3.4	leaflet	5.9	0.0
15mm (%)	3.3	3.9	inert	33.6	14.0
Proximate analysis			Reactivity(%)		
Ash (% d.)	6.01	11.44		28	10
V. M. (% d.)	0.81	0.95	Coke strength after reaction		
F. C. (% d.)	93.18	87.61	CRI	33.0	32.6
T. S. (% d.)	0.67	0.75	CSR	17.0	59.7
Apparent specific gravity (g/cm ³)			M. S. I.	31.5	35.8
	0.96	1.01	Coke strength		
True specific gravity (g/cm ³)			DI ₁₀₀₀ (%)	93.8	93.0
	1.96	1.99	DI ₁₅₀₀ (%)	82.5	80.8
Porosity (%)					
	51	49			



写真 5-4 Coke Structure of Pinnacle (× 700)

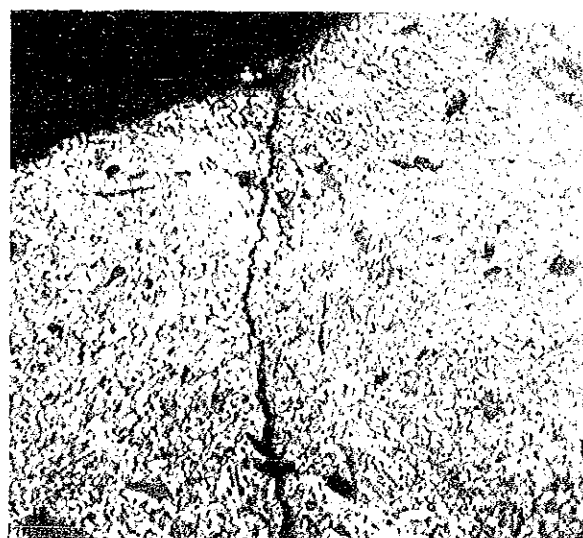


写真 5-5 Coke Structure of Blue Creek (× 700)

表 5-21 PROPERTIES OF SARAJI (AUSTRALIA) IMPORTED COAL

Sample	Saraji	Sample	Saraji	
Inherent moisture(%)	1.38	Vitrinite type (% Vol.)		
Proximate analysis		V ₁₃	3.9	
	Ash (% d)	V ₁₄	23.5	
	V.M. (% d)	V ₁₅	10.5	
	F.C. (% d)	V ₁₆	22.9	
V.M. (% d.a.f.)	20.96	V ₁₇	4.6	
Total sulfur(% d.)	0.57	Mean Maximum Reflectance	1.55	
		(% oil)		
Ultimate analysis		SI	6.93	
	C (% d.a.f.)	89.18	CBI	3.58
	H (% d.a.f.)	4.96	H. G. I.	91
	N (% d.a.f.)	1.90	Calorific value	
	S (% d.a.f.)	0.63	(cal/g, d.a.f.)	8668
	O (% d.a.f.)	3.33	Ash fusibility	
F.S.I.	9	Softening point(°C)	1590	
Gieseler plastometer		Melting point (°C)	>1600	
	Initial Softening Temp. (°C)	452	Flow point (°C)	>1600
	Maximum Fluidity Temp. (°C)	481	Ash composition (%)	
	Solidification Temp. (°C)	503	SiO ₂	59.80
Maximum Fluidity (LogDDPM)	1.70	Al ₂ O ₃	28.22	
Dilatometer		Fe ₂ O ₃	5.34	
	Initial Softening Temp. (°C)	415	CaO	1.10
	Maximum Contraction Temp. (°C)	454	MgO	0.57
	Maximum Dilatation Temp. (°C)	508	MnO	0.07
	Percentage Contraction (%)	20	TiO ₂	1.37
	Percentage Dilatation (%)	42	P ₂ O ₆	0.53
	Total Dilatation (%)	62	SO ₃	0.22
Maceral analysis (% Vol.)		K ₂ O	1.06	
	Vitrinite	65.4	Na ₂ O	0.56
	Exinite	0.0	Grain size distribution (%)	
	Micrinite	17.3	10.0-6.0mm	34.3
	Semi fusinite	9.9	6.0-3.0mm	13.6
	Fusinite	1.6	3.0-1.2mm	23.2
	Mineral matter	5.8	1.2-0.5mm	18.4
	Total inerts	31.3	0.5-0.3mm	5.2
		-0.3mm	5.3	

表 5-22 PROPERTIES OF COKE FROM SARAJI (AUSTRALIA) IMPORTED COAL

Sample	Saraji	Sample	Saraji
Grain size distribution		Anisotropic texture analysis (% Vol.)	
125-100mm (%)	9.9	isotropic	4.7
100-75mm (%)	30.9	fine mosaic	5.6
75-50mm (%)	41.7	coarse mosaic	14.0
50-25mm (%)	14.2	fibrous	46.0
25-15mm (%)	1.1	leaflet	1.2
-15mm (%)	2.2	inert	28.5
Proximate analysis		Reactivity(%)	9
Ash (% d.)	12.14	Coke strength after reaction	
V.M. (% d.)	0.72	CRI	17.2
F.C. (% d.)	87.14	CSR	73.9
T.S. (% d.)	0.52	M.S.I.	33.0
Apparent specific gravity(-)	1.11	Coke strength(Drum index)	
True specific gravity(-)	1.98	DI ₃₀₋₁₅	95.0
Porosity (%)	44	DI ₁₅₀₋₁₅	85.4

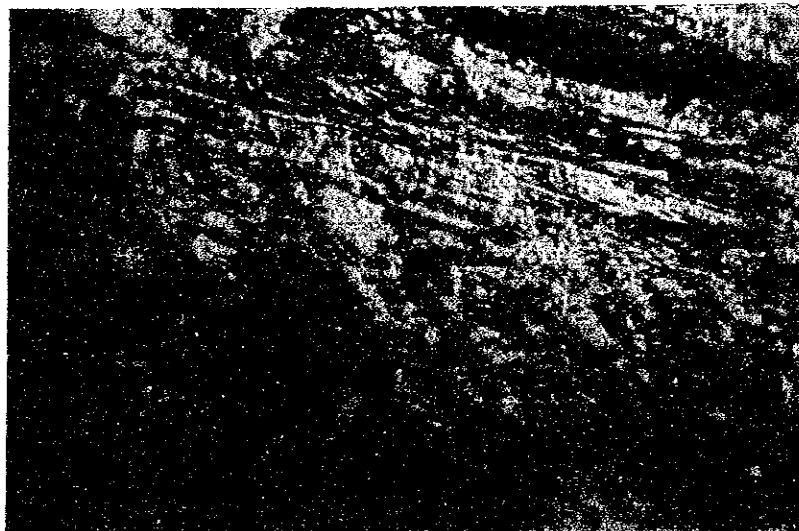


写真 5-6 Coke Structure of Saraji (× 700)

表 5-22 PROPERTIES OF COKE FROM SARAJI (AUSTRALIA) IMPORTED COAL

Sample	Saraji	Sample	Saraji
Grain size distribution		Anisotropic texture analysis	
125-100mm (%)	9.9	is (%)	4.7
100-75mm (%)	30.9	isotropic	4.7
75-50mm (%)	41.7	fine mosaic	5.6
50-25mm (%)	14.2	coarse mosaic	14.0
25-15mm (%)	1.1	fibrous	16.0
15mm (%)	2.2	leaflet	1.2
		inert	28.5
Proximate analysis		Reactivity (%)	
Ash (% d.b.)	12.14		9
V.M. (% d.b.)	0.72	Coke strength after reaction	
F.C. (% d.b.)	87.14	CRI	17.2
T.S. (% d.b.)	0.52	CSR	73.9
Apparent specific gravity	1.11	M.S.L.	33.0
True specific gravity	1.98	Coke strength Drum index	
Density (g/cm ³)	1.1	DI ₁₀₀₀	95.0
		DI ₂₀₀₀	85.1

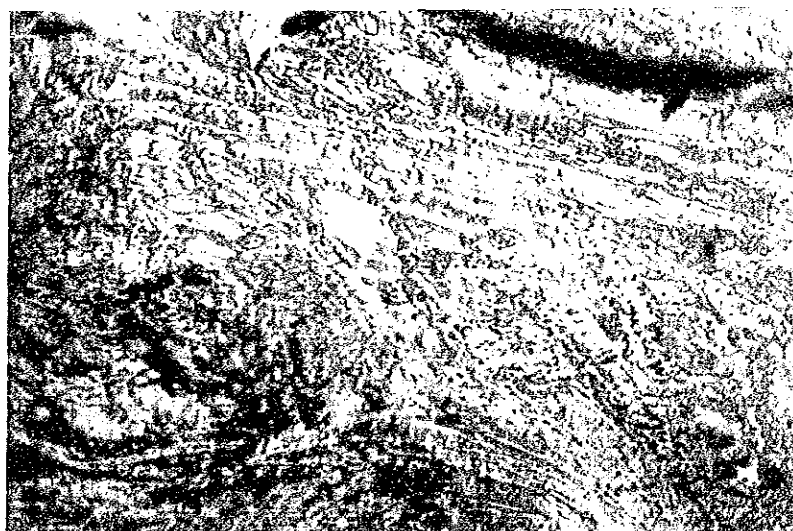


写真 5-6 Coke Structure of Saraji (× 700)

5.3 コークス化試験

5.3.1 コークス製造目標品質

表5-23に示すコークス目標品質は、米国市場で販売可能なコークスの品質である。なお、実際のコークス製造においては、原料炭品質、選炭工程での配合、コークス炉操業等のバラツキを考慮する必要がある。このため原料炭配合条件を検討するためのコークス品質製造目標値は、表5-24に示す値を用いた。

なお、米国市場での特に留意すべき特性値としてCSRがある。CSRとは、高炉内におけるコークスのソリューションロス反応による粉化度合を実験室的に行う試験法である。高炉用コークスとして要求されるCSRは、高炉の大きさあるいは操業条件によって異なるが53から60が要求される。特に最近のPCI操業においては58以上が要求されている。

表 5-23 コークス目標品質

標準品質	
水分 (%)	4 ~ 5
灰分 (% , d.)	10.5(MAX)
揮発分(% , d.)	1.0(MAX)
固定炭素(% , d.)	88.5(MIN)
全硫黄(% , d.)	0.8(MAX)
TI ₂₅	59(MIN)
粉率(25mm以下)(%)	5.0(MAX)
そのほか、留意すべき特性値	
CSR	53 ~ 60
P(% , d.)	0.04
K ₂ O+Na ₂ O(% , d.)	0.2 ~ 0.25
平均粒度(inch)	2

表 5-24 原料炭配合条件検討のためのコークス製造目標値

灰分 (% , d.): 10.3	TI ₂₅ : 61
全硫黄(% , d.): 0.76	CSR : 58

5.3.2 机上による配合条件の検討

(1) 前提条件

机上による配合検討の前提条件は、表5-25に示す出炭量、コークス生産量、不足石炭の補充、およびコークス炉操業の各条件にしたがった。配合炭およびコークス品質の推定は、三井鉱山株式会社独自の方法で行った。

表 5-25 机上による配合検討の前提条件

出炭量	1) FNO : 7万トン・ウェット/年 (13%) 2) LAS : 40万トン・ウェット/年 (77%) 3) Boyaca : 5万トン・ウェット/年 (10%) ()内は出炭比率
目標コークス生産量	1) 100万トン/年 (146.5万トン・ウェット/年) ()内は必要石炭量
不足分の補填	不足する石炭の補填は米国および豪州からの購入炭とする。 1) Blue Creek炭 (中揮発分強粘結炭、FNOクラスの不足を補う) 2) Pinnacle炭 (低揮発分強粘結炭、配合炭の石炭化度77°) 3) Saraji炭 (低揮発分強粘結炭、CSR 不足を補う) ()内は炭質・役割
コークス製造条件	1) コークス炉寸法 : 炉高 6.5m、炉幅 450mm 2) 炉温 : 1,130℃ 3) 稼働率 ¹⁾ : 125%

¹⁾ 設備門数 100 門の炉間で 1 日に 125 本押し出した場合を稼働率 125% とする。

(2) 使用石炭性状

配合設計に使用した石炭は、バルクサンプル炭および輸入炭で表 5-26 に示す特性値を保有する。

表 5-26 コークス品質推定に用いた石炭の性状

銘柄	灰分 (%, d.)	揮発分 (%, d.)	全灰 (%, d.)	全膨張 (%)	流動度 (logD)	SI	CBI	CSR
FNO	7.6	23.2	0.85	124	2.96	5.06	2.39	70
LAS	3.9	37.9	0.59	203	4.10	2.86	0.85	41
Boyaca	7.5	21.4	0.95	41	1.04	6.91	4.91	70
Pinnacle	5.6	16.7	0.76	42	0.60	7.28	5.66	47
Blue Cr.	8.9	25.4	0.85	239	3.60	4.60	0.63	60
Saraji	10.5	18.8	0.57	62	1.70	6.93	3.58	74
Guasare	1.0	39.2	0.41	0	0.48	2.79	0.67	-

(3) 原料炭配合の組合せ

原料炭配合の組合せは、つぎの 4 ケースについて行った。

- 1) ヴェネズエラ炭単独の配合。
- 2) ヴェネズエラおよびコロンビア炭での配合。(2 ケース)
- 3) ヴェネズエラ、コロンビアおよび輸入炭での配合。
- 4) グアサレ炭を使用した配合。

(4) 各配合での装入炭およびコークス品質推定

1) ヴェネズエラ炭単独の配合によるコークス品質推定

ヴェネズエラから産出する中揮発分強粘結炭である FNO 炭および高揮発分弱粘結炭である LAS 炭からの石炭配合で高炉用コークスの製造が可能かどうか検討した。石炭配合割合、装入炭性状およびコークス品質推定値を表 5-27 に示した。

表 5-27 ヴェネズエラ炭単独からのコークス品質推定値

配合炭No.		1	2	3	4	5	6	7
配合割合 %	FNO (Venezuela)	15	20	25	30	35	40	50
	LAS (Venezuela)	85	80	75	70	65	60	50
	Boyaca (Colombia)							
装入炭性状	灰分 (% d.)	4.5	4.7	4.8	5.0	5.2	5.4	5.8
	揮発分 (% d.)	35.7	35.0	34.2	33.5	32.8	32.0	30.6
	全硫黄 (% d.)	0.63	0.64	0.66	0.67	0.68	0.69	0.72
	全膨張 (%)	192	187	183	179	175	171	164
	最高流動度(logDDPM)	3.93	3.87	3.82	3.76	3.70	3.64	3.53
	SI	3.19	3.30	3.41	3.52	3.62	3.74	3.96
	CBI	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.47	1.62
	ΣCSR	46	47	49	50	51	53	56
コークス品質	灰分(% d.)(目標値:10.3)	8.0	8.1	8.1	8.2	8.3	8.4	8.6
	全硫黄(% d.)(目標値:0.76)	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61	0.63
	TI ₂₅ (目標値:61)	58	58	58	59	59	60	60
	CSR (目標値:58)	55	55	56	57	58	59	59

表 5-27 の配合 No.1 は、FNO 炭と LAS 炭の出炭比率での配合炭である。この No.1 配合炭では、灰分 8.0(% d.) および全硫黄 0.56(% d.) で目標品質を達成できるが、コークス強度 (TI₂₅) および CO₂ 反応後強度 (CSR) は 58 および 55 で達成できない。

このため中揮発分強粘結炭である FNO 炭の配合比率を順次 50% まで増加した。しかし、配合炭 No.7 に示すようにコークス強度 (TI₂₅) は 60 と推定され、製造目標値

である 61 には達しない。この原因は、配合炭の揮発分が高く、石炭化度不足によるものと推察される。

2) ヴェネズエラおよびコロンビア炭からのコークス品質推定値

ヴェネズエラから産出する中揮発分強粘結炭である FNO 炭、および高揮発分弱粘結炭である LAS 炭からの石炭配合だけでは、高炉用コークスの品質達成ができないことが推定されたので低揮発分炭ソースのコロンビアのボヤカ炭の使用について検討した。

表 5-28 ヴェネズエラおよびコロンビア炭からのコークス品質推定値

配合炭No.		1	2	3	4	5	6	7
配合割合%	FNO (Venezuela)	13	15	20	25	30	35	40
	LAS (Venezuela)	77	75	70	65	60	55	50
	Boyaca (Colombia)	10	10	10	10	10	10	10
装入炭性状	灰分 (% d.)	4.8	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.7
	揮発分 (% d.)	34.4	34.1	33.3	32.6	31.9	31.1	30.4
	全硫黄 (% d.)	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.72	0.73
	全膨張 (%)	177	175	171	167	163	159	155
	最高流動度(logDDPM)	3.65	3.62	3.57	3.51	3.45	3.40	3.34
	SI	3.55	3.60	3.71	3.82	3.93	4.04	4.15
	CBI	1.46	1.49	1.56	1.64	1.72	1.80	1.87
	ΣCSR	48	49	50	51	53	54	56
コークス品質	灰分(% d.)(目標値:10.3)	8.1	8.1	8.2	8.3	8.4	8.4	8.5
	全硫黄(% d.)(目標値:0.76)	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64
	TI _{2.6} (目標値:61)	59	59	59	60	60	61	61
	CSR (目標値:58)	56	56	57	58	59	59	61
コークス生産量(万トン)		32						11

表 5-28 は、ボヤカ炭を 10% 定率で FNO 炭および LAS 炭の配合比率を変化させたものである。

配合 No.1 は、表 5-25 に示した出炭量比率での配合である。この出炭比率の配合では、コークス生産量は年間 32 万トンとなる。コークス品質はコークス強度 (TI_{2.5}) および CO₂ 反応後強度 (CSR) が 59 および 56 で目標品質には到達しない。

目標コークス品質を満足できると推定される配合比率は、配合炭 No.7 で FNO 炭 40%、LAS 炭 50% およびボヤカ炭 10% である。

表 5-29 は出炭量にかかわらず、任意にボヤカ炭を 15 から 20%、および FNO 炭 40 から 50% 配合した組合せの結果である。このように中揮発分強粘結炭 (FNO 炭) および低揮発分強粘結炭 (ボヤカ炭) を 55% から 70% 配合すると、コークス品質はすべて満足できるものと推定される。この点からヴェネズエラ炭およびコロンビア炭のみからでも良質の低揮発分炭および中揮発分炭を多量に使用することにより、良質の高炉用コークスが製造できると判断される。

表 5-29 ヴェネズエラおよびコロンビア炭からのコークス品質推定値

配合炭No.		1	2	3	4	5
配合割合 %	FNO (Venezuela)	50	45	40	45	40
	LAS (Venezuela)	30	35	40	40	45
	Boyaca (Colombia)	20	20	20	15	15
装入炭性状	灰分 (% d.)	6.5	6.3	6.1	6.1	5.9
	揮発分 (% d.)	27.3	28.0	28.7	28.8	29.6
	全硫黄 (% d.)	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75
	全膨張 (%)	131	135	139	143	147
	最高流動度(logDDPM)	2.92	2.98	3.03	3.13	3.19
	SI	4.77	4.66	4.55	4.46	4.35
	CBI	2.43	2.36	2.28	2.15	2.08
	Σ CSR	61	60	59	59	57
コークス品質	灰分(% d.)(目標値:10.3)	8.8	8.7	8.7	8.7	8.6
	全硫黄(% d.)(目標値:0.76)	0.69	0.68	0.67	0.67	0.65
	TI _{2.5} (目標値:61)	63	63	63	62	62
	CSR (目標値:58)	63	63	62	62	61

3) ヴェネズエラ炭、コロンビア炭および輸入炭からのコークス品質推定

ヴェネズエラおよびコロンビア炭のみからの高炉用コークスの推定生産量は、中揮発分強粘結炭である FNO 炭および低揮発分強粘結炭であるボヤカ炭の出炭量制限から、表 5-28 の配合 No.7 に示したように年産 11 万トン/年程度である。これはコークス炉の適正規模には程遠い。このため目標コークス生産量最大 100 万トンを達成するためには、輸入炭を使用する必要がある。

そこで、1) コークス生産量 100 万トンを達成するための石炭配合条件、2) コークス生産量 100 万トンにとらわれずにコークス品質を確保できる輸入炭の配合限界について検討した。

なお、使用輸入石炭はヴェネズエラに近く、原料炭を多量に産出し、かつ購入可能な米国炭、およびコークスの CO_2 反応後強度 (CSR) を向上させる原料炭として豪州炭を選定した。

その結果を表 5-30 に示した。表 5-30 からコークス生産量 100 万トンを達成するには、配合 No.6 に示すように輸入石炭は 65% 必要になると推定される。この場合のコークス品質は、灰分 8.9(%、d.)、全硫黄 0.66(%、d.)、コークス強度 (TI_{25}) 63 および CO_2 反応後強度 (CSR) 59 と推定される。

さらに輸入炭の配合下限界は、配合 No.3 に示すように輸入炭 40% が必要になる。なお、この場合のコークス生産量は、57 万トン/年と推定される。

他方、豪州炭 (Saraji 炭) の使用は、配合 No.7 に示すように 25% を低揮発分 Pinnacle 炭と置換することにより、 CO_2 反応後強度 (CSR) は、59 から 62 へと 3 ポイント向上させる効果がある。 CO_2 反応後強度を重視する場合は、豪州炭の使用は有効であると推測される。

表 5-30 輸入炭配合限界の検討

配合炭No.		1	2	3	4	5	6	7
配合割合%	FNO (Venezuela)	12	9	8	6	5	5	5
	LAS (Venezuela)	69	54	46	39	31	27	27
	Boyaca (Colombia)	9	7	6	5	4	3	3
	Pinnacle (USA)	4	12	16	20	24	25	
	Blue Creek (USA)	6	18	24	30	36	40	40
	Saraji (Australia)							25
装入炭性状	灰分 (% d.)	5.1	5.6	5.9	6.2	6.5	6.6	7.9
	揮発分 (% d.)	33.1	30.6	29.4	28.2	26.9	26.4	26.9
	全硫黄 (% d.)	0.68	0.71	0.72	0.74	0.75	0.76	0.71
	全膨張 (%)	175	172	170	169	167	168	173
	最高流動度(logDDPM)	3.52	3.27	3.15	3.03	2.90	2.88	3.15
	SI	3.77	4.19	4.40	4.60	4.82	4.84	4.81
	CBI	1.58	1.81	1.93	2.04	2.16	2.16	1.64
	ΣCSR	49	50	51	51	52	52	59
コークス品質	灰分(% d.)(目標値:10.3)	8.2	8.4	8.5	8.7	8.8	8.9	10.4
	全硫黄(% d.)(目標値:0.76)	0.60	0.62	0.63	0.65	0.66	0.66	0.63
	TI ₂₅ (目標値:61)	60	61	62	63	63	63	64
	CSR (目標値:58)	56	57	58	58	58	59	62
コークス生産量(万トン)		37	48	57	69	88	101	101

4) グアサレ炭の使用限界

グアサレ炭は、灰分 1.04(% d.) および全硫黄 0.41(% d.) の低灰分低硫黄分の石炭であるが、揮発分が 39.19(% d.) と高く、粘結性が著しく低い高揮発分非粘結炭である。

通常このような高揮発分非粘結炭は、原料炭として使用するには量制限がある。

今回は、コークス生産量 100 万トン/年の表 5-30 配合 No.6 をベースとし、中揮発分強粘結炭 Blue Creek 炭との置換で検討した。

その結果を表 5-31 に示した。表 5-31 からグアサレ炭の使用量は、コークス強度 (TI_{2.5}) および CO₂ 反応後強度 (CSR) から 5%¹⁾ 程度と推定される。

表 5-31 グアサレ炭の配合限界の検討 (コークス生産量 :100 万トンベース)

配合炭No.		1	2	3	4	5	6	7
配合割合%	FNO (Venezuela)	5	5	5	5	5	5	5
	LAS (Venezuela)	27	27	27	27	27	27	27
	Boyaca (Colombia)	3	3	3	3	3	3	3
	Pinnacle (USA)	25	25	25	25	25	25	25
	Blue Creek (USA)	40	35	30	25	20	15	10
	Guasare (Venezuela)	0	5	10	15	20	25	30
装入炭性状	灰分 (% , d.)	6.6	6.2	5.8	5.4	5.1	4.7	4.3
	揮発分 (% , d.)	26.4	27.1	27.8	28.5	29.1	29.8	30.5
	全硫黄 (% , d.)	0.76	0.74	0.72	0.69	0.67	0.65	0.63
	全膨張 (%)	168	156	144	133	121	109	97
	最高流動度(logDDPM)	2.88	2.72	2.56	2.41	2.25	2.10	1.94
	SI	4.89	4.80	4.71	4.62	4.53	4.44	4.35
	CBI	2.16	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.18
	Σ CSR	52	51	49	47	46	44	42
コークス品質	灰分(% , d.)(目標値:10.3)	8.9	8.6	8.2	7.9	7.5	7.2	6.8
	全硫黄(% , d.)(目標値:0.76)	0.66	0.65	0.63	0.61	0.59	0.57	0.56
	TI _{2.5} (目標値:61)	63	62	62	61	60	59	58
	CSR (目標値:58)	58	58	56	55	54	53	51

¹⁾ 第2次現地調査時(1994年1月)、調査団は再度グアサレ炭のサンプルを採取し、現地のシカシ研究所で分析した。このデータを基に配合設計し、その詳細を Annex-1 に記した。

5.3.3 Box Testによるコークス製造試験

机上による原料炭配合条件の検討結果から、次の点が明らかになった。

- 1) ヴェネズエラ炭単独からでは高炉用コークスとしての品質を得ることは困難である。(FNO炭 50%までの配合割合)
- 2) ヴェネズエラ炭にコロンビア炭を配合することにより、高炉用コークスとしての品質を得ることは可能であるが、現在の出炭量からではコークス生産量が11万トン/年と少ない。
- 3) ヴェネズエラ炭およびコロンビア炭に米国炭を配合することにより、満足な高炉用コークスの製造が可能である。

(1) Box Testの概要

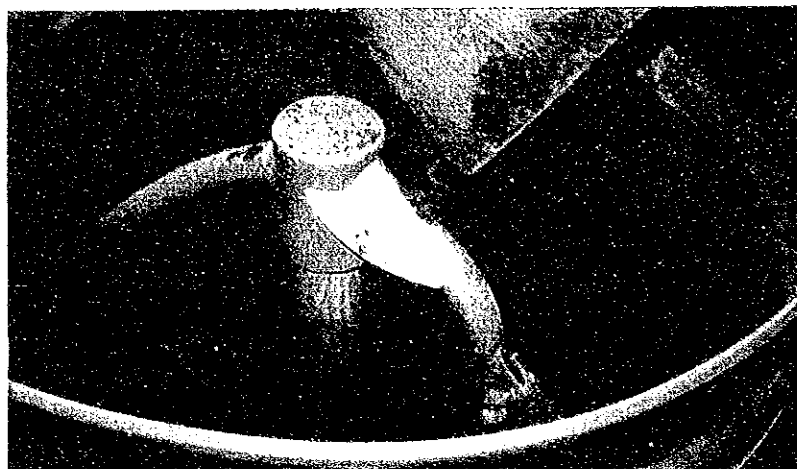
Box Testは、原料炭を3.0mm以下に粉砕し所定の配合比率で混合し、水分10%に調整した配合炭を232mm×232mm×347mmの大きさの亜鉛鉄板製のBoxに装入密度0.8kg/ℓで15kg装入し、このBoxを実操業のコークス炉に装入し、コークス化するものである。

Box Testの実際の主な作業状況を写真5-7および5-8に示した。

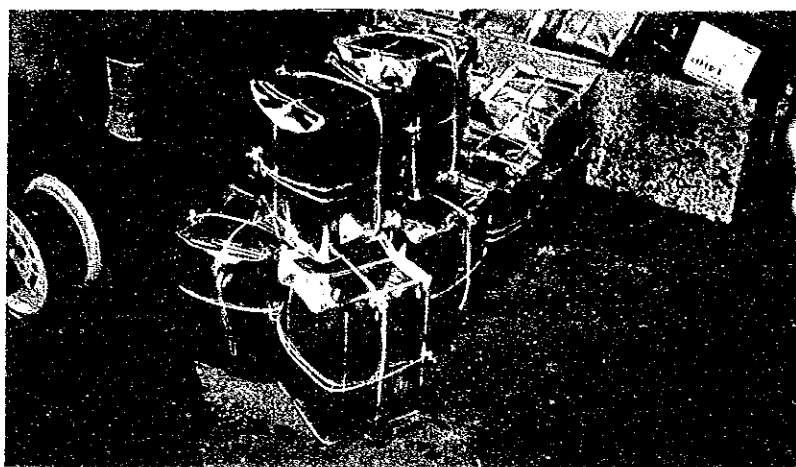
- 写真 5-7-1) : 原料炭配合状況
- 写真 5-7-2) : 配合炭を挿入し梱包されたBox
- 写真 5-7-3) : 実操業コークス炉へのBoxの装入
- 写真 5-8-1) : コークス炉から排出されたBox
- 写真 5-8-2) : コークス化されたBox
- 写真 5-8-3) : Boxから取り出したコークス (FNO炭)

以上のようにして、乾留したコークスを試験所で分析し、高炉用コークスとしての品質を評価した。

1) 原料炭および混合



2) Boxへ配合炭を装入し梱包した状態



3) 実操業炉への Box 装入

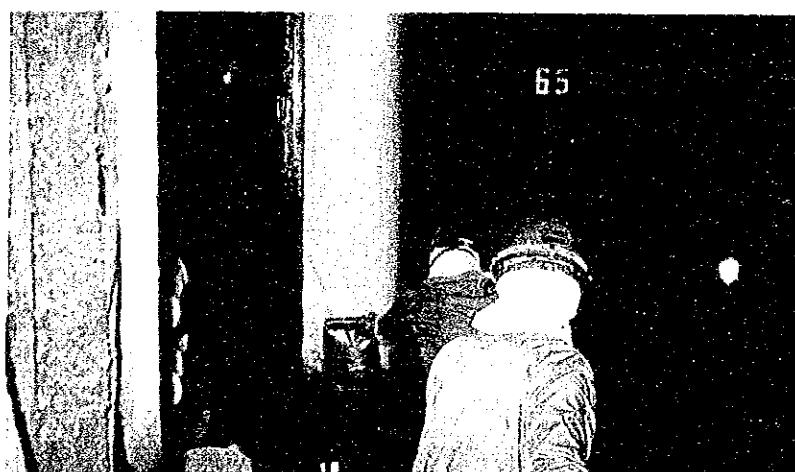


写真 5-7 Box test 作業状況 (1)

1) コークス炉ワーフ上へ排出された Box



2) コークス化された Box



3) Box を解体し取り出したコークス



写真 5-8 コークス化された Box およびコークス

(2) 配合条件

Box Test を実施する配合炭は表 5-32 に示す 5 種類である。

配合炭のそれぞれの特徴は、次のとおりである。

- Box-1 : ヴェネズエラ炭出炭量比率での配合。(表 5-27、配合炭 No.1)
- Box-2 : ヴェネズエラ炭およびコロンビア炭出炭量比率での配合。
(表 5-28、配合炭 No.1)
- Box-3 : ヴェネズエラ炭およびコロンビア炭でコークス品質が満足できると推定される配合。(表 5-28、配合炭 No.7)
- Box-4 : コークス品質を満足できると推定される輸入炭最低使用量での配合。
(表 5-30、配合炭 No.3)
- Box-5 : コークス生産量 100 万トンベースでの配合。(表 5-30、配合炭 No.6)

表 5-32 Box Test の配合条件 (%)

配合炭No.		Box1	Box2	Box3	Box4	Box5
配合割合 %	FNO (Venezuela)	15	13	40	8	5
	LAS (Venezuela)	85	77	50	46	27
	Boyaca (Colombia)		10	10	6	3
	Pinnacle (USA)				16	25
	Blue Creek (USA)				24	40

Box-1 および 2 は、ヴェネズエラおよびコロンビアの出炭比率の配合であり、コークス品質は満足できるものではないことが机上検討で明らかにされたが、実際にコークスを製造したらどのようなコークスになるか確認する必要があるため実施した。

Box-3 は、ヴェネズエラおよびコロンビアの石炭のみから高炉用コークスの製造の可能性を明らかにするために実施した。すなわち、もしヴェネズエラおよびコロンビアの出炭量が増加した場合、高炉用コークス製造の可能性を明らかにしておく必要がある。

Box-4 は、最低限の輸入炭を使用し、しかも高炉用コークスとしての品質確保が可能であるかどうかの検証。

Box-5 は、高炉用コークス 100 万トン/年を製造するための配合である。

(3) Box Test

Box Test は、図 5-13 の配合炭の Box Test によるコークス製造フローに従い実施した。

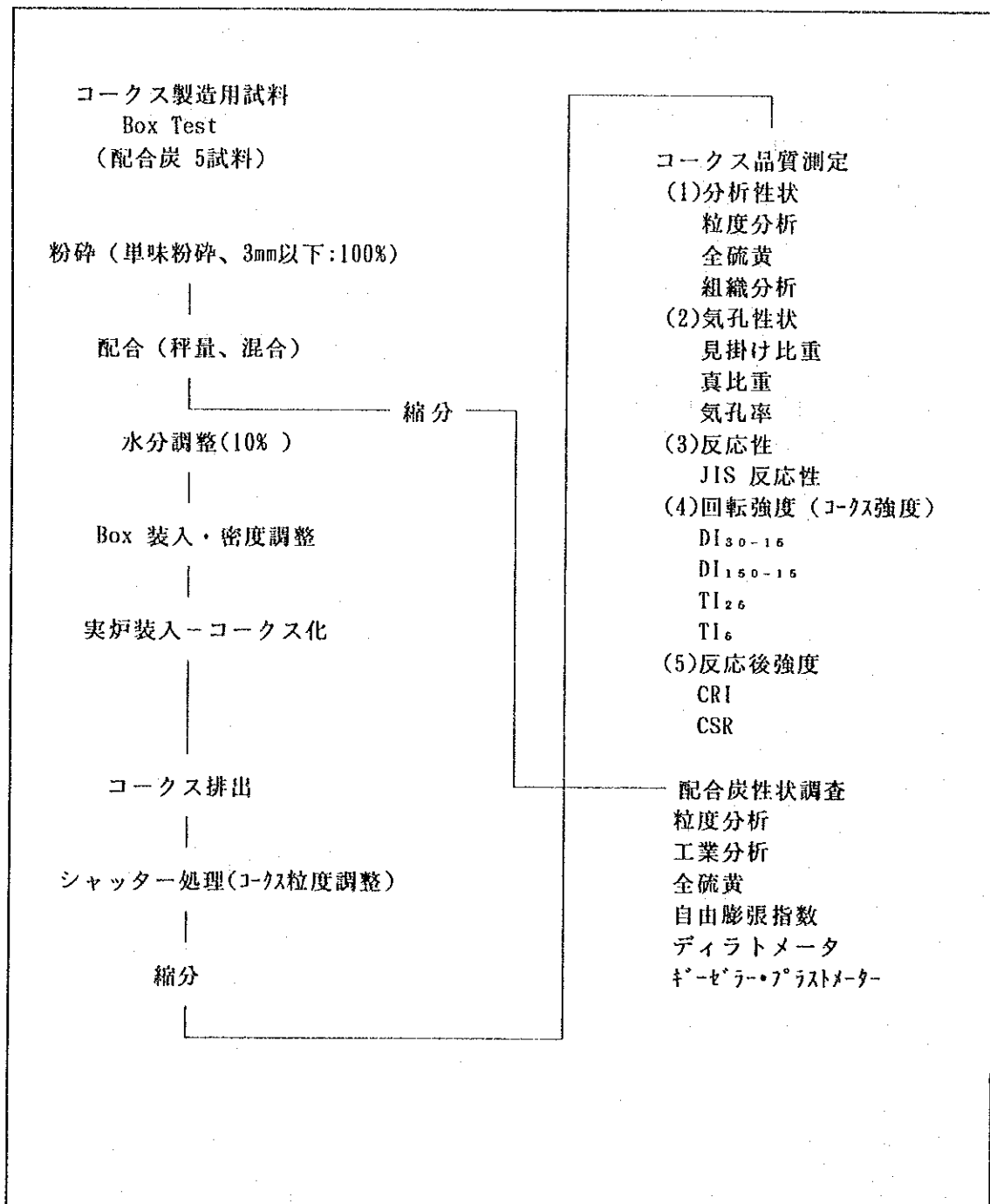


図 5-13 配合炭の Box Test によるコークス製造試験フロー

1) コークス化用 Box の調整

配合炭の調整は、表 5-32 に示す各石炭を 100%, 3mm 以下に粉碎し、所定の配合比率で混合した後、水分 10% に調整する。

調整された配合炭は、亜鉛鉄板製の Box に装入量 15kg を装入密度 0.8kg/ℓ で詰め、鉄線で結束する（写真 5-7-2）。なお、配合炭の Box 量は各々 10 缶とした。

配合調整された配合炭の性状は、表 5-33 に粒度分布、表 5-34 に工業分析、表 5-35 にギースラー・プラストメータおよび表 5-36 にディラトメータを示した。

配合炭の粒度分布は、表 5-33 に示すようにすべてが 3mm 以下である。なお、表 5-33 から表 5-36 の詳細データをもとに、各 Box Test 用配合炭の性状比較を図 5-14 に図示し、検討した。

表 5-33 配合炭の粒度分布

Box No.	Grain Size Distribution (mm, %)				
	+3.0	3.0-1.2	1.2-0.5	0.5-0.3	-0.3
Box-1	0.0	44.4	38.2	8.4	9.0
Box-2	0.0	39.3	39.7	8.0	13.0
Box-3	0.0	37.0	37.0	11.0	15.0
Box-4	0.0	34.4	32.7	11.8	21.0
Box-5	0.0	27.1	31.4	16.5	25.0

表 5-34 PROXIMATE ANALYSIS AND TOTAL SULFUR OF BLENDING COAL

Box No.	Inherent Moisture (%)	Proximate analysis(% d)			Volataile matter (%, d. a. f)	Total (%. d)
		Ash	Volataile matter	Fixed carbon		
Box-1	1.57	4.52	34.98	60.50	36.64	0.63
Box-2	1.46	4.70	34.28	61.02	35.97	0.68
Box-3	1.12	5.73	30.55	63.72	32.41	0.73
Box-4	1.28	5.81	29.85	64.34	31.69	0.70
Box-5	1.34	6.61	26.51	66.88	28.39	0.70

表 5-35 F.S.I. AND GIESELER PLASTOMETER OF BLENDING COAL

Box No.	F. S. I.	Gieseler plastometer			
		Initial softening temp. (°C)	Maximum fluidity temp. (°C)	Solidificast. temperature (°C)	Maximum fluidity (Log DDPM)
Box-1	7	404	444	480	3.66
Box-2	8	406	445	482	3.59
Box-3	6 1/2	412	448	487	3.13
Box-4	8 1/2	410	450	490	3.03
Box-5	8 1/2	417	456	492	2.85

表 5-36 DILATOMETER OF BLENDING COAL

Box No.	Initial softening temp. (°C)	Maximum Contract. temp. (°C)	Maximum Dilatat. temp. (°C)	Percent. Contrac. (%)	Percent. Dilatat. (%)	Total Dilatat. (%)
Box-1	349	410	472	24	78	102
Box-2	355	414	472	21	83	104
Box-3	373	421	481	23	34	57
Box-4	373	420	481	25	59	84
Box-5	382	427	487	22	44	66

図 5-14 に示すように、ヴェネズエラ炭およびコロンビア炭の出炭量比率で配合した Box-1 および Box-2 は、灰分および全イオウが低く高炉用コークス配合炭としては優れているが、最高流動度および全膨張率が高く粘結性過多である。さらにこれら配合炭の最も大きな問題点は、揮発分が 36(%、d.a.f.) 以上と高く石炭化度が不足していることである。石炭化度不足は、生成コークスに亀裂が多発しコークスの機械的強度を低下させる。

ヴェネズエラ炭およびコロンビア炭からの Box-3 は、揮発分 32.4(%、d.a.f.) でかなり低下し、石炭化度は高くなっている。

ヴェネズエラ炭およびコロンビア炭に輸入炭を配合した Box-4 および 5 は、揮発分の低下が大きく石炭化度はかなり高くなっている。また粘結性においても最高流動度 2.85 ~ 3.03(logDDPM) および全膨張率 66 ~ 84% とコークス製造用配合炭としての粘結性は十分保持している。

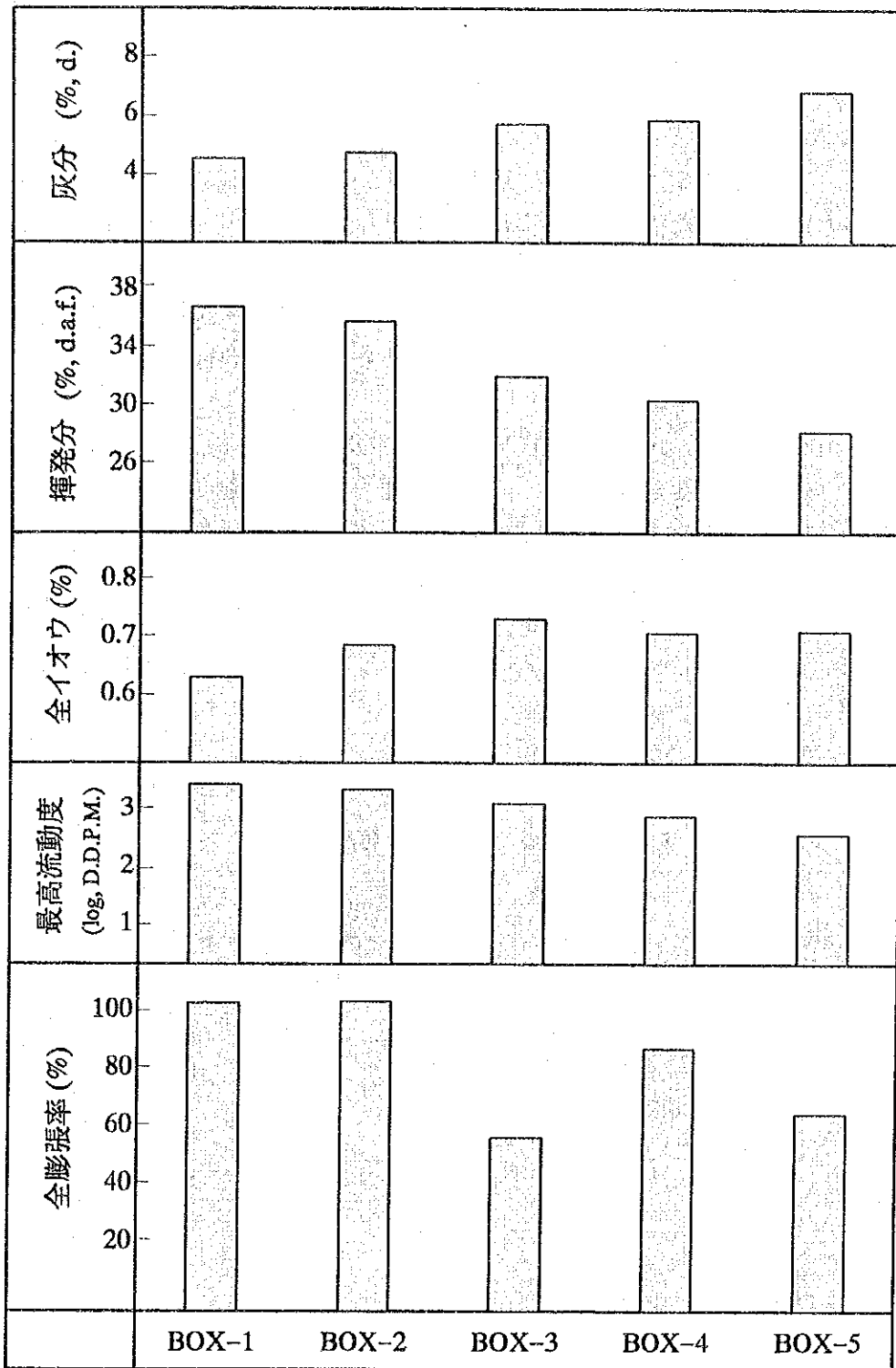


図 5-14 Box Test 用配合炭の性状比較