

# よい原料炭を求めて

## まえがき

最近私達の目をひきました耳に入ることのうちにわが国のエネルギー資源に関することも少なくない。たとえば石油資源についていえば日本をめぐる大陸棚の石油資源の開発が本腰になって来たこと また中東の産油国が原油の値上げを断行したためわが国にもその影響がおよんで来て 灯油の値上げまで行なわれ 家庭にまでそれを知らされたこと 政治的考慮から沖繩や東支那海等の海域での米国系石油会社の探査が中止されたことなどである。

一方石炭資源についても 国内の炭鉱の閉山はあいつぎとくに常磐炭鉱の閉山は大きなできごとであった。外国炭の輸入はというとその後ますます増大して来たがここ最近 また内外の鉄鋼需要の伸びなやみのため10~15%の粗鋼減産が行なわれ 原料炭の需給にも影響を与えている。

こうした目まぐるしい石炭需給の変遷は 私たちの石炭研究調査の面でも決して無関係ではありえない。原料炭資源の開発においては 国内のものもさることながら 諸外国における良質のものを輸入するという段階から さらに現地における技術援助 資本の協力という形にまですすみつつある。

以上のような現況のうち石炭資源をめぐる明暗の面を以下に要約して 今後もっとも必要な原料炭を探すにはどのようなことが考えられるか またこれに役立たせる研究の一環として 地質学の方面からはどのような関心と実行が必要なのか これらの点にふれてみたい。

## 1. エネルギー源としての石炭

石炭をエネルギー源として使うということは 従来は本命のことであった。しかし過去数十年におけるわが

わが国エネルギー供給割合

昭和	%							
	石炭	亜炭	石油	天然ガス	水力	原子力	薪炭	
1955	30	49	1.6	20	0.4	21	—	8
1964	39	31	0.2	52	0.8	13	—	2
1965	40	27	0.1	58	1.2	11	(0.005)	2
1966	41	26	0.09	60	1.1	10.7	0.07	1.3
1967	42	24	0.05	66	1	7.7	0.1	0.9
1968	43	24	0.07	65	1	8.3	0.07	1.1

石炭に換算したその総額からの割合を出してある  
日本国勢図会1967~1970より編集

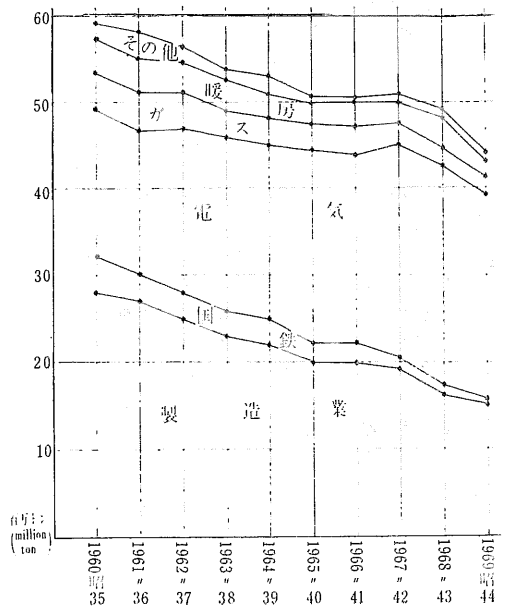
## 石炭研究グループ

国でのエネルギー需給の変遷をみると その内での石油の割合が次第にましやがてそれが首位に立った。いうまでもなく原始社会からこの現代社会に至るまで 太陽熱・薪炭から石炭へ そして石油・天然ガスから核燃料まで エネルギーを求める方途は変化しきつたっている。

好むと好まざどにかかわらず石炭がもつ宿命 それは採掘には人手がかかり また坑内作業というハンディのあること もやすときは固体としての取扱いが不便なことなどの不利がある。しかし他方においてはカロリー当りの単価が安く 国内でも容易に手に入ることなどがある。

最近における国内での一般用炭の売行き不振は 石炭中に含まれる硫黄分が発電用炭として嫌われたことと 国鉄における機関車の使用が減り また家庭における石炭の使用低下などが原因となっている。しかし私たちが暮してゆく社会環境はそれが発展してゆく限りエネルギーの需要が増大することは疑いないが その内容において石炭のしめる割合は 何らかの変革のない限り減る一方であることは否定できない。

しかしごく最近 世界においてはちよっと注目すべき現象が現われて来ている。それは石油会社あるいは鉱



国内需要業種別消費図

山会社が 石炭の鉱区を買いに出ているということである。その真意は何であろうか。的確な見通しは未だつかみがないが 一説によれば石油資源が現在のような採掘のスピードと それを上まわる消費の増大ですすんでゆけば約30~40年で需要と発見とは同額となり さらに消費が上まわってゆくということである。従って米国などにある未だ莫大な石炭資源をまた何らかの形(液化やガス化)で再利用せねばならぬ時期が来るのではないか そのために石炭を確保し研究するという意味であるとする見方 あるいはわが国の世界中における石炭資源への関心度をながめて 後にのべるように将来日本にもうれるという見通しから確保しているのだという見方もある。いずれにせよ 石炭が再びエネルギー源として また異なった形として再登場するかどうか そこに期待と疑問がかけられている。

2. 製鉄原料としての石炭

エネルギー源としての石炭のこの暗い面とはうらはらに 今や製鉄になくはならぬコークス製造のための原料炭は 国内産だけでは全く不足し 海外からの輸入によって補っている。このような切実な現状はこの種の石炭資源がいかにわが国にとって とくに日本の基幹産業である製鉄業にとって必要かということを示しており 石炭利用の明るい面を形造っているといえよう。

こうした 明暗 2 面 がきわ立っているというのが わが国の石炭資源需要の現実の姿である。

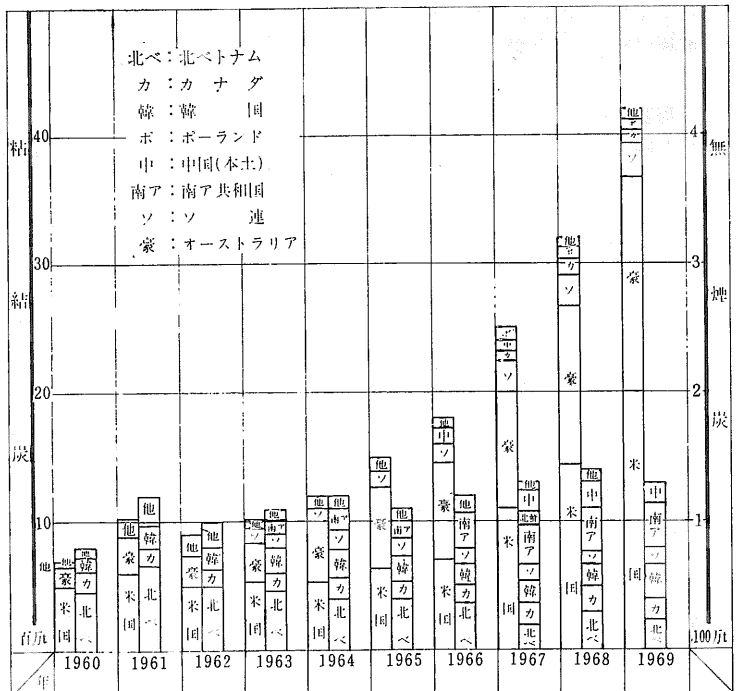
この原料炭(coking coal)ということば はわが国では独特な意味があるが 他国でこれと適合することばはなかなかない。ここでは単独で用いられる(単味)製鉄用炭と それに加える配合用炭をさしている。わが国の製鉄業が発展をとげ ついに年産8,216.5万トン(1968)の粗鋼を生産するようになったため コークスを作るために必要なこの種の石炭は 3,714.7万トンが必要となった。この数年来この需要に対応するため輸入された粘結炭の量の増加をみればいかに拡張されて来たかがよく理解できる。輸入量は今や国内全石炭産額に匹敵するようになってい。石油と同じように 海外依存度が大きくなり 企業としての経済性は一応満足しえても 先方国の情勢の変動がすぐわが身におよぶこ

とは必至である。そのため輸入の安定をえるために価格や数量の長期契約が昨年秋まで著しく多く先方と結ばれたことは容易にうなずけることである。

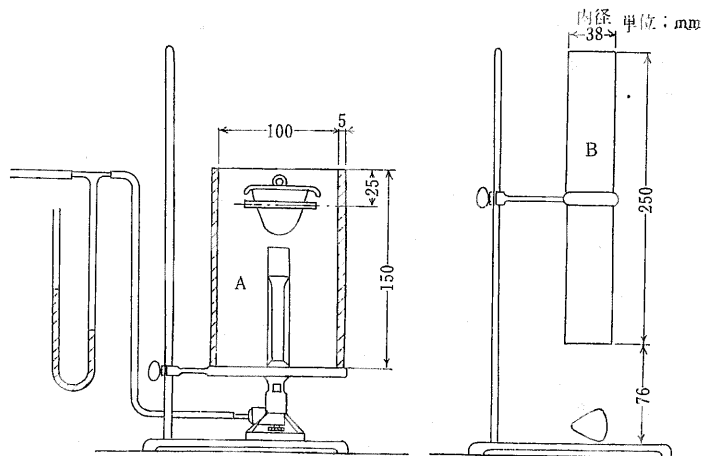
当然国内的にもその対策が技術的政策的に検討されている。技術的には可能と肯定されている直接製鉄法・電力製鉄法・原子力製鉄法等は 使用電力価格の問題 技術的安定性の問題等々で早急には実用化は無理のように見うけられ ここ10年以内は現在の高炉を中心とした製鉄法が 一部の改良をなしつつ大部分行なわれるだろうというのが一般の見方である。それならば当然のことながら それに要する莫大なコークスが必要となることはいうまでもない。

コークス用粘結炭の良否は わたしたちが野外の地質調査で賦存量を確保するだけでは不十分であり 質的検討が求められその研究は微に入り細にわたり研究されつつある。コークスを炉の中で鉄鉱石や石灰石・珪石と共に混ぜ燃焼する時 そのコークスが固すぎても困るしくずれやすくても具合が悪い また熔融する温度にも注文がある。こうしたコークスの性質に一番関連のあるのは いうまでもなくこれを作る原料炭である。従ってこの原料炭の性質をよく調べ 各種の性質をつかみそれがどこにあるのか探ることが 何よりの基礎であるということは明らかである。

粘 結 性 石炭が粘結するということは 石炭を加熱し



わが国輸入炭の変化



ボタン法粘結性試験装置

C. B. I. を知るには A の装置内をあらかじめ所定の温度になるように調節しておき 石炭をルツボにいれ 下からバーナーで2.5分以上加熱し 揮発分の燃焼する炎がでなくなるまで加熱し その後冷却コークス化した試料をとり出し B の観測管を通じて上より見 最大断面積の輪かくを標準輪かくと比較して数値をきめる (JIS M8901)

いものなどいわゆる コークスの壊裂強度がまたコークスには重要な要素の1つとなっている。できたコークスの強度を一定の試験器によってはかる時 値として9.3程度が最もよいとされる(ドラムテスト)。わが国の石炭はこの値が低いいわゆる「腰のよわい」コークスができたため炭素量の多い「腰のつよい」石炭を海外から入れ混炭したいということは この要素の上からもうなずける。

以上のべたコークスの製造に関する粘結度・壊裂強度などは炉中におけるコークスの3つの役目(熱源・還元剤・通気性維持物質)のうちの後2者の役に関連してくるものである。

### 3. 石炭の流動性 (fluidity)

石炭とくに粘結炭をさらに異なった見方から眺めてみると 最近製鉄用コークス製造について わが国の製鉄関係者の間で重視されているものに 石炭の流動性という性質があり この要素はここ5年位まえから急に喧伝されて来たものである。

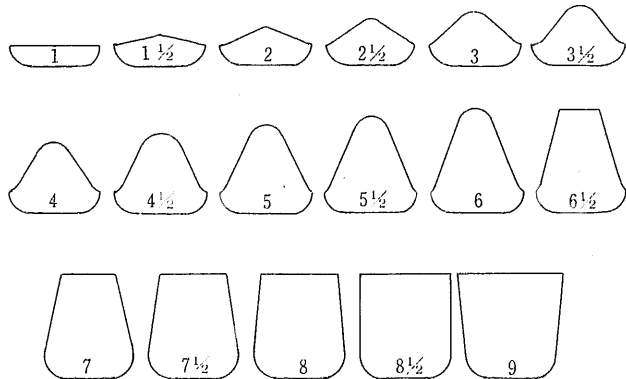
石炭をルツボの中で加熱してゆくと300℃から500℃の間には石炭は溶け流動状となり 500℃をすぎるところより固まり いわゆるコークス化してしまう。その間どの温度からとけはじめるか 一番流動状となるのは何度なのか またとけはじめから ピークとなり固化してしまうまで 石炭の流動はどういう状態のカーブをとるのか、などが機械的に測定できるようになった。

この機械の1つに世界で共通に使われている ギースラ・プラストメーター (Gieseler Plastometer) というのがあり これはとけた試料の中で羽根が回転するようになっており 1分間におけるその羽根の回転数によって流動度をあらわすようになっている。この機械で測定された米国炭の流動度を表で示したが 毎分10,000回転以上のもも多くあるようにみうけられる。しかしふりかえてわが国のものをみるとき さらにその値の多いものがあるのは注目すべきことであろう。

横軸に石炭の加熱温度 縦軸に回転数 ddpm (dial division per minute 1分間のダイヤル表示数)をとると 図のように表示されるのが常であり 他の機器 Audiberi-Aruno dilatometer や Hoffman dilatometer などではかった時のカーブをも示してある。石炭の種類によっては同じ最高流動度を示してもそのカーブの形がことな

てゆくと 溶け粘り膨脹することをいい 普通その程度の表現には 微粘結 弱粘結 粘結 強粘結 などということばが使われている。しかしこれをさらに数量的表現でわけようとするならば 図で示したような装置を用い一定の方法の下に加熱しこの膨脹した形を標準図の型とくらべ数字をもってあらわしている。これをボタン指数 (C. B. I.) といっている。1~9番までであり好適なのは5以上である。この性質をもつ石炭とはいえば 原則的には歴青炭程度の炭化度を示すもので 非常に大きな見方からすれば 発熱量 (d. a. f) 約7,800cal 以上無煙炭をのぞく歴青炭には多かれ少なかれこの性質が賦与されているといえる。しかしこれを細かくみればその程度は種々差があり その原因を解析することこそ高度な研究が必要であるといえよう。

そればかりではない。たとえば粘結性をもつ石炭でも 出来たコークスがこわれやすいものか こわれにく



ボタン指数標準輪かく

重要米 国 炭 の 流 動 度 (fluidity) 一 覧 表

州	炭 鉱	炭 層	最高流動時 温度℃	固 化 温度℃	最高流動度 回 転 数 (ddpm)
Kentucky	Lunch	High Split	447	473	550
	Rockey No. 3	Hazard No. 4	439	476	625
	Single Branch no. 2	Elkhorn No. 1	450	484	2,730
	Borderland No. 1	Williamson	438	473	12,000
Ohio	Waterloo Strip	Lower Kittanning	428	446	1.1
	Sunnyhill No. 9	Middle Kittanning	424	452	41
Pennsylvania	Experimental	Pittsburgh	427-444	477	+15,000
Virginia	Moss no. 3	Jawbone	457	492	1,670
	Jenkinjones	Pocahontas no. 3	473	521	7,500
	Brewster	Raven	436-447	492	+15,000
	Rebecca	Upper Seaboard	460	511	+15,000
	Wise	Norton	424-431	485	+15,000
West Virginia	C. & W. No. 1	Bakerstown	431-465	498	+15,000
	Leatherwood no. 4	Clarion	436-447	481	+15,000
	Bowyer	Big Eagle	443-454	507	+15,000
	Compton No. IA	Pittsbuargh	427-449	482	+15,000
	Burdiss No. 1	Fire Creek	457	504	6,670
	Sewell	D. & M. No. 1	460	501	5,000
	Ceder Grove	No. 1	448	474	10,000
	Ethel No. 2	Chilton	438	477	2,000
	Keystone	Pocahontas no. 3	488	513	25
	Crane Creek No. 6	Pocahontas no. 6	485	520	105
	D. & L.	Bakerstown	479	504	7.6
	Caney Branch	Winifrede	434	474	1,070
	Rader Eagle	Big Eagle	440-455	486	+15,000
	Sterling Sewell	Sewell	436-458	493	+15,000
	Maplewood No. 5	Bakerstown	431-443	494	+15,000
	Roaring Creek No. 6	Lower Kittanning	432-463	500	+15,000
	Blue Ridge No. 4	Pittsburgh	414-453	490	+15,000
	Mary	Upper Freeport	478	493	1.1
	Bergoo No. 3	Sewell	441-463	501	+15,000
	Debby No. 3	Douglas	444-453	507	+15,000

+はこれ以上の回転数も測定できず (USBur. Mine Inv. Report 7394, 1970) ddpm: dial division per minute 1分間の羽根の回転数

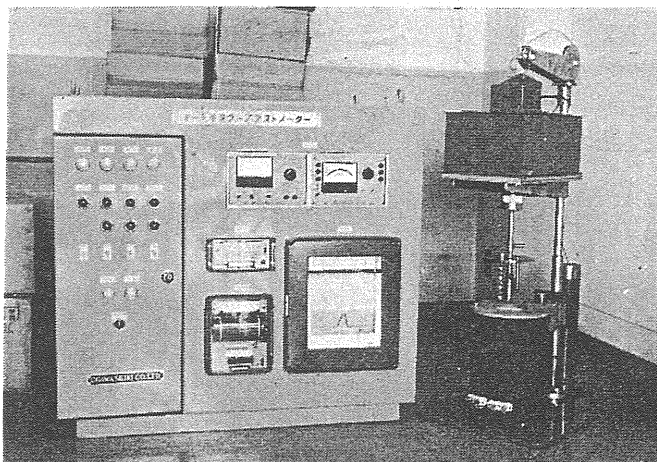
るものがあり とくに日本炭の場合は $T_1 \sim T_4$ の幅が広い。またMの値が40,000 (夕張炭など) ddpm をこえるものもある。この流動性というものがコークスを作る際のよい目安となることが知られて以来 揮発分と流動性の相関関係が注目されまとめられて来た。最近に至っては さらに石炭組織成分中のビトリットの反射率がこの流動度と関連して変化し それをしる手がかりとなることが研究され 図のような成果が発表されている。

これによると中央の斜線部の性質をもった石炭は コークスを作る際に用いられるには最も良く それにするには1種のみでなく2

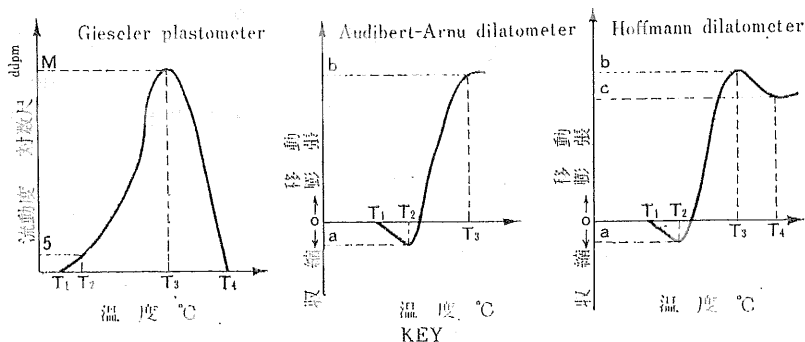
種の混炭で作られるのが普通である。横軸に反射率をとり縦軸に流動度をとると 主要日本炭はII象限の頂きに位置し 粘着力が非常にあるため I, IV象限にある米炭 オーストラリア炭と配合することによって良質のコークスを作ることができる。

わが国の製鉄関係方面では国内炭を使うために 世界のどこにそれと混炭するに適當のものを求めたらよいか たえず調査と研究が行なわれていることはいうまでもない。しかしコークスの性質を決めるのはこれだけではない。他にもドラムテスト・タンブラー試験その他いろいろの方法によって調べられている。

またここであげた石炭組織の反射率 (reflectance) もまた注目すべき要素である。ある時地質調査所へたずねて来られたカナダ燃料省の人が 開口一番 日本炭の反射率を教えてくださいといわれた。きけばカナダでは石炭の級別その他にもこの反射率が非常によく使われているとのことであった。わが国では この値については研究されてはいるが 多くが総括公表されている例は少ない。もちろん前のべたように組織成分の



ギーセラ・プラスメーター装置 (向かって右手は炉左手は測定器) [小川精機K. K. 提供]



- |   |   |                         |
|---|---|-------------------------|
| T <sub>1</sub> : 軟化温度                   | T <sub>1</sub> : 軟化温度                   | T <sub>1</sub> : 軟化温度   |
| T <sub>2</sub> : 溶融温度                   | T <sub>2</sub> : 最高収縮温度                 | T <sub>2</sub> : 最高収縮温度 |
| T <sub>3</sub> : 最高流動温度                 | T <sub>3</sub> : 最高膨脹温度                 | T <sub>3</sub> : 最高膨脹温度 |
| T <sub>4</sub> : 固化温度                   | T <sub>3</sub> ~T <sub>1</sub> : 流動温度範囲 | T <sub>4</sub> : 最終膨脹温度 |
| T <sub>4</sub> ~T <sub>1</sub> : 流動温度範囲 | a: 最高収縮点                                | a: 最高収縮点                |
| M: 最高流動度                                | b: 最高膨脹点                                | b: 最高膨脹点                |
|   | o: 原点                                   | o: 原点                   |

各種測定器による石炭流動性のカーブ

はあまり顕著でないなどのことが知られている。

さらにここにくわしくはふれないが石炭中の硫黄含有量とその分布についても大きな問題である。前にのべた一般炭の売行不振にはもちろんこの点も大いに関連し原料炭についても同じことがいえる。また石炭中の灰分が少ないことも好ましくその他隣含有は好ましくないことであり海外からの原料炭の輸入にさいしてもこれらの点も粘結性・流動性等と共に十分注意されていることである。原料炭について以上のべて来

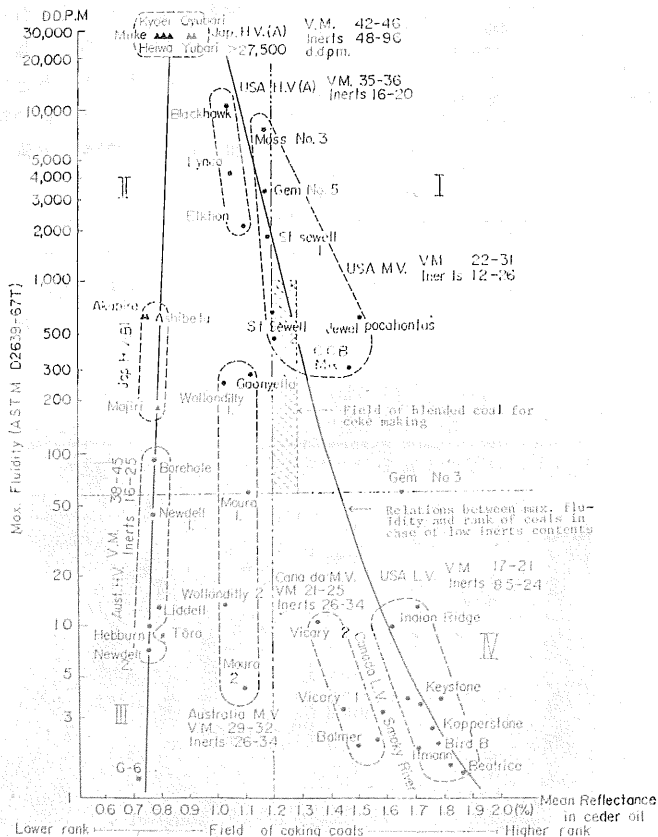
ビトリットの反射率が石炭中のC成分の割合に関連し炭化がすすむにつれて増し両者間に密接な相関のあることが知られてはいる。しかし画一的にいうのはむしろかしく夕張炭などでは両者の関連が顕著であり美肌炭で

たのぞましい性質については石炭が求める方からいえばもっともこれらにあうものがほしいわけである。そこでこうした原料炭は一体どのような所にあるのか自然的な形成条件としてどのようなことが考えられるのかこうしたことについては地質学の方面から貢献できる大きな面であろう。

#### 4. 石炭地質学的見方からの問題点

以上のべて来たことのねらいは原料炭についての最も切実な需要的立場からの問題であった。私達石炭地質学の立場からこれらのことをみるとそこに興味のある問題が多くある。たとえば粘結炭の問題にしても現実的にはその産地が限定され炭層が限定されている。一般的にはわが国では北海道の石狩炭田九州の三池炭田筑豊炭田松島高島佐世保炭田等に知られている。何故こうした限られたところしか産しないのか。粘結性が賦与されている石炭については石炭化学的にはそれを組立てている高分子構造のモデルがわかり縮合芳香族環が種々の形をもって配列しておりとくに粘結炭ではペリコンデンス型の基本構造のあることがわかってはいる。しかしその形ができる自然的背景については地質学的にはあまり深入りはしていない。それは直接的飛やくのむすびつきになる恐れがあるので解答が慎重である。

たとえばわが国で最も代表的な佐世保炭田の粘結炭の成因についての地質学的研究をみ



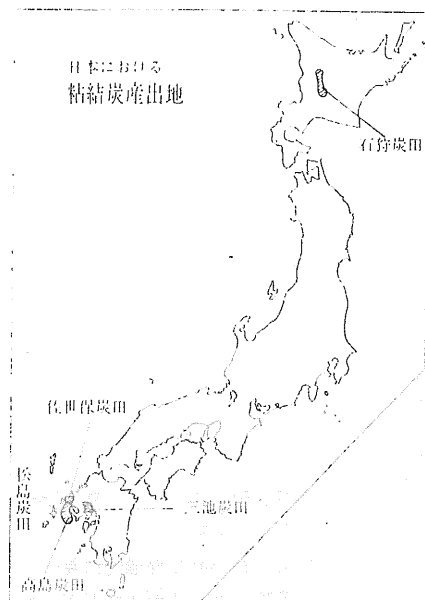
石炭の反射率と流動性との関係図(奥山・宮津・杉村・熊谷 1970 文献5)

わが国主要炭の反射率一覧表

炭田	炭 鉱	C % d. a. f.	反 射 率 %			
			空气中平均	$\sqrt{V_1}$	セダーオイル 中平均	$\sqrt{V_2}$
天北		72.7	6.46	0.072	0.45	0.028
"	筑別	76.8	6.84	0.107	0.53	0.031
釧路	太平洋	77.9	6.97	0.110	0.59	0.029
石狩	鹿島	78.1	7.22	0.117	0.65	0.032
石狩	豊高松	79.8	7.31	0.136	0.72	0.038
"	美唄	81.1	7.68	0.099	0.75	0.037
"	赤平	83.4	7.79	0.103	0.78	0.030
三池	三池	84.5	7.88	0.160	0.80	0.038
石狩	夕張	86.2	8.02	0.156	0.89	0.044
高島	端島	87.2	8.39	0.077	1.03	0.023
大嶺	大嶺	93.2	12.38	0.180	3.29	0.079

(d. a. f. dry ash free 無水無灰基)

文献3 杉村・紫波1967より抜すい



ても 石炭を構成する植物的内容がちがうためという説や 地下浅所の火山岩の餅盤の熱的影響のためとかあるいは 断層作用の影響のため炭化がすすんだとされている。

炭化の変化とその石炭の層序的・堆積学的位置との関連性を綿密に調べることによってある程度解決はできる。

一方流動性の要素にしても 現在の時点においては石炭のスポットの試料あるいは炭鉱のサンプルでこの性質について調べられている。とくに海外からの石炭についてはこの傾向がよい。従ってその石炭がどのような地史的背景をもった地点から産したものか またどの炭層のどこからのものか吟味することはむづかしい。

従って 流動性の賦与された要素を把握するには とられた試料の層序的 堆積的位置を関連してしらべればこの流動性の変化性をよりはっきりできるかもしれない。昭和46年度には 地質調査所石炭課にギーセラ・プラスメーターが備えつけられることになったので 石炭地質研究の一環というこの点も研究してゆく計画である。

たとえばわが国の1炭田をモデルフィールドにとり 褶曲・断層・層序間の関係をよくしらべながら 試料をとりこの機器によって流動性をはかる。もちろんこれと共に炭化度をするための分析も行なうが こうした両方の関連性を前に示したような図にあてはめる。従来のこうした図は非常に大きな範囲—たとえばわが国と外国炭との関連性—しか示されていないので 1つの炭田 1つの地域におけるこの面からみた変化性を把握するという研究も その中からこの性格に関する変化性なり規則性が見出されれば非常に興味あることと思う。

ことにこの法則性もし断層や続成作用との関連づけの上に明らかになったとしたらさらに 未知のサンプルをしらべ このサンプルが産した炭田以外の他の地域に

おいても 流動性の高い あるいは低いものをも探することもできよう。もちろん石炭地質学の1つの分野としてこうした面が研究されるのであって このデータによって当面の石狩炭田の総合的研究の中に新たな一面が加わることは望ましいことである。そして他の面でもすすめている造構造運動の力学的解析の面にも問題提示をあたえることにもなり 実質的に経済上の問題にも貢献することにもなる。

(主執筆者 徳永重元)

文 献

1. BREWER, R. E. & J. E. TRIFF; Measurement of plastic properties of bituminous coals, Indust. Eng. Chem. vol. 11, 1939
2. 奥村泰男・杉村秀彦他; 顕微鏡による原料炭のコークス化性の検討 燃料協会誌 vol. 49, 522, p.736—743
3. 杉村秀彦・紫波正史; 石炭の炭化初期段階に関する研究 (X)—石炭の反射率—燃協誌 vol. 46, 488, p. 911—918
4. 杉村秀彦・本田英昌; 石炭の炭化初期段階に関する研究 (XIII)—石炭の熱性塑性について—燃協誌 vol. 47—500 p. 864—871
5. 杉村秀彦・木村英雄他; 石炭の炭化初期段階に関する研究 (XXI)燃協誌 vol. 48—512, p. 920—927
6. U. S. BUREAU OF MINE; Methods of analyzing and testing coal and coke, Bull. USBM 638, 1967
7. Wu, W. R. K.; Repeatability of Plastometer and dilatometer tests of coal, U. S. Bureau Mine Report Inv. 7394, 1970