

やさしい地質学

～石炭の話①～

徳永重元

まえがき

やさしい地質学・地下資源の話も今回からは石炭にうつることになりました。石炭といえば私たちはどうしても最近起こった痛ましい炭鉱災害のことを思い出さずにはいられません。こうしたことはなぜ防げないのかと世間ではよくいわれましたし、石炭資源の開発にたずさわっている私たちにとっても、これは決して無関心事ではありません。これに対する技術的対策もさることながら、石炭や炭田ガス・坑内水などの成因とそれらのある方を知ることはまた別の面からその対策に役立つと思われまふ。また国の産業の原動力の1つである石炭資源の実態をつかむということは、国のエネルギー政策に基礎資料の1部を与えることになり、石炭企業の中では経営・採炭・保安の問題を考えるのに役立つ。わが国の

ような国内エネルギー対策の中で、石炭資源の見通しを立てるのにも使われます。ここでは地質学を足場として石炭資源のこゝろを見てゆこうというのですから、内容を石炭そのものの実態と石炭資源の今日の姿を画いていこうと思います。

石炭がわが国産業のエネルギー供給の中で占める割合というものは、昭和37年(1962)科学技術庁産業構造調査会が示したものでは第1表のようになります。その供給構成の中では国内エネルギー資源として石炭が第1位をしめ、国内資源の確保という点からみてもその重要性がわかります。次に石炭資源をただ数字の上ばかりでおわす、実体をみることにしましょう。

第1表 わが国エネルギー供給の割合

37年度(1962)	
品目	構成比 %
水力	20.2
原子力	0
石炭	33.3
国内炭	(26.9)
輸入炭	(6.4)
亜炭	0.3
石油	42.6
国産原油	(0.7)
輸入原油	(36.4)
製品輸入	(5.5)
LPG	0.1
天然ガス	1.2
油田ガス	(1.0)
炭田ガス	(0.2)
薪炭	3.2
薪	(1.8)
木炭	(0.5)
計	100

第2表 古生代から新生代までの植物界のちがい

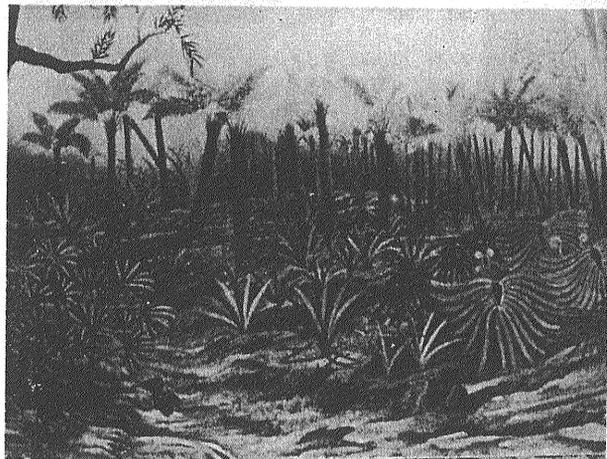
地質時代	植物群 (おもなもののみ)
古生代 一畳一石炭紀	羊歯状種子植物類 <i>Glossopteris</i> ヒカゲノカズラ類 <i>Lepidodendron, Sigillaria</i> 楔葉類 <i>Sphenophyllum</i> その他 トウサゲ類 <i>Calamites</i> 羊歯類 <i>Pecopteris</i>
中生代 三畳紀—ジュラ紀	トウサゲ類 <i>Equisetites</i> 羊歯類 <i>Todites, Cladophlebis</i> 裸子植物類 <i>Nilssonia, Otozamites</i> イチョウ類 <i>Ginkgoites, Baiera</i> 蕁果類 <i>Araucarites</i>
新生代 古第三紀—新第三紀	羊歯類 <i>Onoclea, Osmunda</i> <i>Salvinia</i> 徳果類 <i>Sequoia, Taxodium</i> <i>Glyptostrobus</i> イチョウ類 <i>Ginkgo</i> 榊子葉類 <i>Sabal</i> その他 蕁果類多数

1. 石炭の成因

石炭がどうしてできたかということは実にむずかしい問題とされています。今日石炭地質学・石炭化学その他の分野が大いに発展し多くの新しい事実がわかりましたけれども、石炭のもつ複雑性のためすべてがわかったとは言えません。一般的にいえば、石炭は地質時代生育していた植物が水中に堆積し埋れ、その後の地殻変動によって炭化してできたものとなります。この炭化の過程はとくに多くの複雑な要因がくみ合っているのです。それらを明らかにするのは容易ではありません。そこでその要因を調べてみることにしましょう。

石炭となった植物体

石炭の原材料が大半植物からなっていることはまず認め



第1図 中生代三畳紀植物相 (インド・サーニ研究所資料)



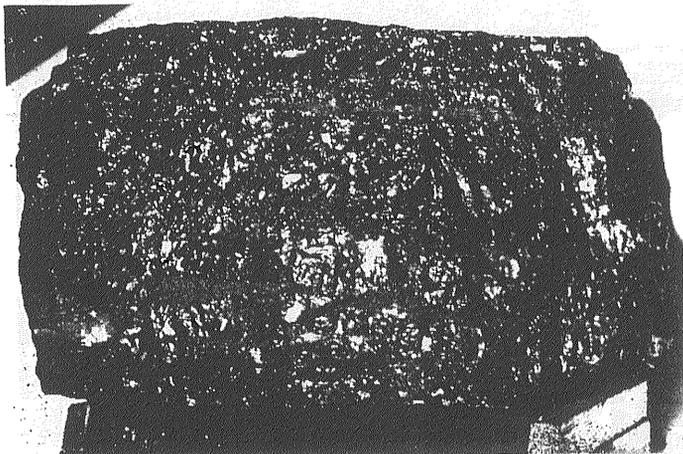
第2図 中生代ジュラ紀植物相 (インド・サーニ研究所資料)



第3図 中生代白亜紀植物相 (インド・サーニ研究所資料)

られています。その証拠としては炭層の上盤に植物化石が多く着いていること、石炭をうすく磨き薄片とし顕微鏡下で見ますと多くの植物体が入っていること、石炭を酸やアルカリで溶かすと中から花粉や胞子の化石がたくさん出てくることなど、具体的に示されています。今日私たちが見る石炭は一見して黒色ですがよく見るとその質は違います。その違いの原因の1つとして原材料である植物の差異によるという見方もあります。たとえば古生代の炭田からは鱗木 (*Lepidodendron*) や封印木 (*Sigillaria*) をはじめとして *Calamites* *Sphenophyllum*, *Neuropteris* *Glossopteris* など有名な植物化石が多く出ます。中生代の炭田からは羊歯類 *Ginkgo* (イチョウ) 松柏類など、新生代の炭田からは松柏類とともに多くの潤葉樹の化石が出ます。したがってこうした長い地質時代を通じてながめたときには、たしかに植物には差があるといえます。

また一方植物体のことになった部分が堆積をした場合はたとえばある石炭は材部、他のものは表皮というような構成をするものもあります。わが国の褐炭などによくみかける「木質亜炭」といわれるものもその1例です。写真で示した「眼紋炭」は石炭の表面に眼玉のような模様



第5図 瀝青炭の外観 (石狩炭田三菱美唄炭鉱産)



第4図 新生代第三紀中新鮮新世植物相 (インド・サーニ研究所資料)

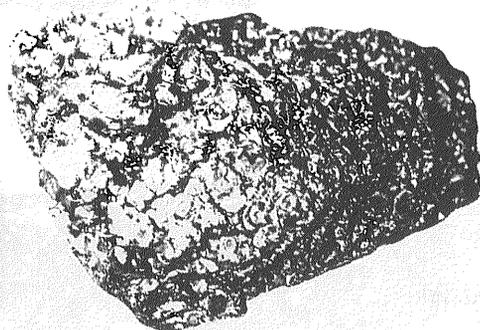
があり、昔は蕨類からできているものだといわれたことがありましたが、その産出状態と組織をしらべた結果、断層作用に伴って生じたことがわかりました。その他わが国の炭田からは特殊な外観を示す石炭が知られています。写真で示した「めなし炭」は石炭面が非常になめらかで介殻状の破口をもち塊状なのでそう名付けられています。内容はドリット (後出) を主とする非常に細かい基質がおもなものです。

わが国の炭田の1部に生ずる粘結炭の成因についても原植物との関連が深いのではないかとということがいわれましたが、その結論は下されていません。

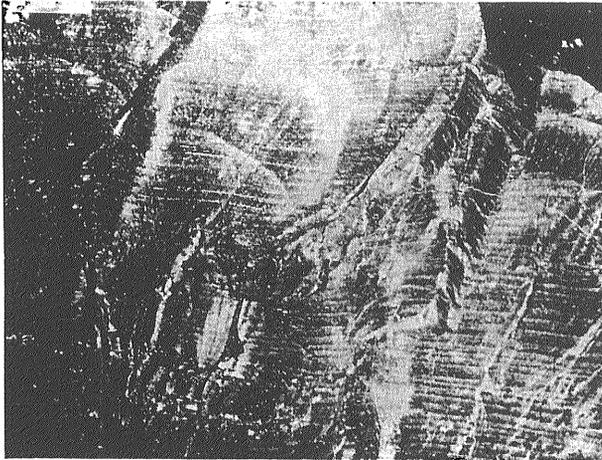
炭質の変化と原植物との関連は、要するに大きな時代的な差のある場合はあるかもしれませんが、決して大きな要因ではなからうというのが現在の知識です。

堆積物の変化

こうした原植物が石炭となるまでには、その変化の遅速、程度の違いはあるにせよ、泥炭化作用と石炭化作用としてまとめられている2つの過程を経ると考えられています。植物質が堆積し、埋没してゆく場合まず水面下においては化学的変化をうけ、植物の成分であるセルロース・リグニン・樹脂類その他が変化し、腐植質等が形成される。その際堆積条件の差異、たと



第6図 眼紋炭の外観 (石狩炭田朝日炭鉱産)



第7図 メナン炭表面の外観(天北炭)表面に介殻状の破面をもっている
(中柳晴夫氏提供)

えば深すぎても適当でなく 浅すぎれば空中において酸化がすすみ分解してしまうということになります。そしてもちろん堆積してゆく量が分解消失してゆく量をこすことが必要です。そして結論的には水面すれすれの状態が泥炭化作用に好都合であり、また温暖のていども著しく高い場合は分解がすすみ、これも好適ではないと考えられます。現在地球上を見ても泥炭地の大発達地がだいたい南・北緯 40° 以上に多いというのもこれを裏付ける 1 例でしょう。

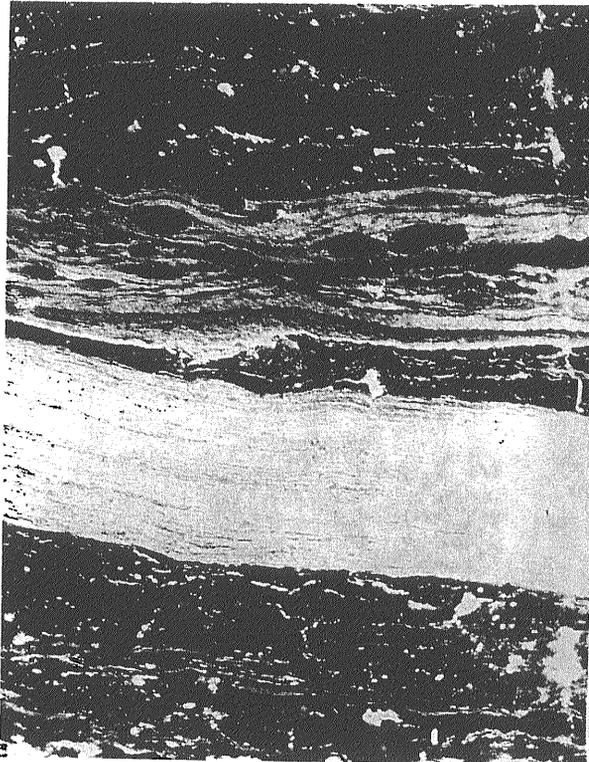
炭化がすすむと

一次的な泥炭化作用のあとにそれらが堆積物となって埋没し、上位の堆積層の圧力や地殻の変動などをうけ、石炭化がすすんでゆきます。この石炭化作用の要因についても種々議論のある所なので、最近の研究成果のいくつかを見ましょう。これらの研究では石炭化学の方面の最近の発達によって石炭の構造式、実験的研究から 200°C をこえるような温度をうけていないのではないかと、いう考えもあります。石炭中に現在見ることのできる花粉・胞子化石などが、原形のままだに残っていることなども、これを裏書するものといえましょう。しかし火成岩が入りこんだり、極度の褶曲作用をうけた所、たとえば天草や大嶺の諸炭田では無煙炭化しており例外です。

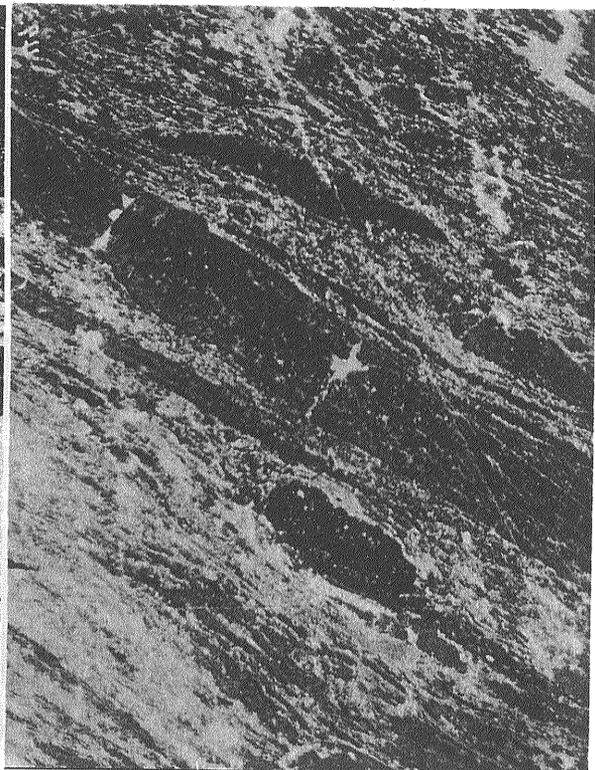
その他の要因として考えられることは圧力ですが、わが国の石炭が諸外国のものと比較して炭化がすすんでいるということも、炭田における褶曲運動の影響を重視する考えもあります。また炭層のうける荷重圧によって炭化がすすむという考えは、ヒルツ(Hilts)の法則として知られており、褶曲のあまりない炭田では下層の炭の揮発分が減少するという傾向がみられ、わが国でも石狩炭田をはじめ、山形県の最上炭田などでみごとに見ることができます。英国の炭田その他でこの法則が立てられて以来、荷重と炭質の関連性が強調されたこともありました。したがってその炭田の条件によって圧と温度

第8図 石炭と褐炭の薄片

1. 褐炭の薄片(最上炭田平沢炭鉱)×75



2. 石炭の薄片(留萌炭田古河雨竜炭鉱)×75



第3表 国際石炭組織命名委員会 (I.C.C.P.) により決められたマセラルおよびマセラルグループ

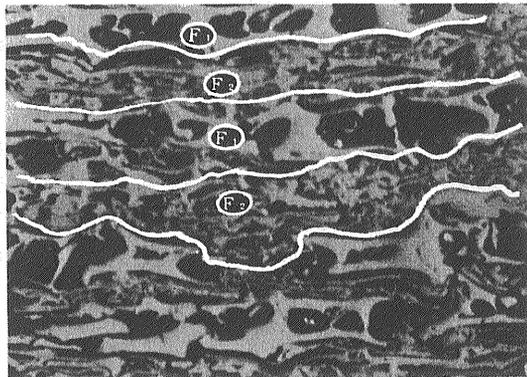
マセラル (Maceral)	マセラルグループ (Maceral group)	略号	記 事
コリニット (Collinite) テリニット (Telinite)	ビトリニット (Vitrinite)	Vt	植物の木質部由来のもの
スポリニット (Sporinite) クチニット (Cutinite) アルギニット (Alginite) レジニット (Resinite)	エクジニット (Exinite) または リプティニット (Liptinite)	E	
ミクリニット (Micrinite) スクレロチニット (Sclerotinite) フジニット (Fusinite) セミフジニット (Semifusinite)	イナティニット (Inertinite)	I	兩核類似物だが影が丸い 菌核 木炭質に似る ビトリニットとフジニットとの中間

の要因の重要さは変わると考えられますが わが国では地殻運動に伴う横圧力と地圧が重視されているといえましょう。

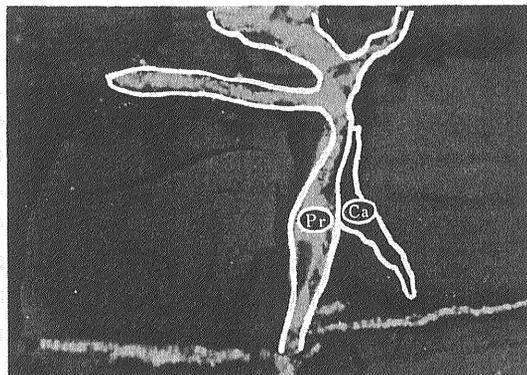
炭質をしらべる

石炭の質をしらべるということは 石炭を燃料および燃料以外に用いることに役立ちます もし石炭を燃料に使用する場合を考えてみますと 発熱量と灰分の量それに他の好ましくない鉱物があるかどうか調べればよいわけです。 国の産業の原動力である石炭は これを人間

第9図 日本炭の代表



1. フジニット F₁: 細胞組織の明りょうなフジニット F₂: 細胞孔が圧縮されたフジニット (常磐炭田黒田炭鉱下層×250油浸)



3. ビトリニット Ca: カルサイト(2次的) Pv: バイライト(2次的) (常磐炭田常磐概抗下層×250油浸)

第4表A 日本炭の石炭組織分類表

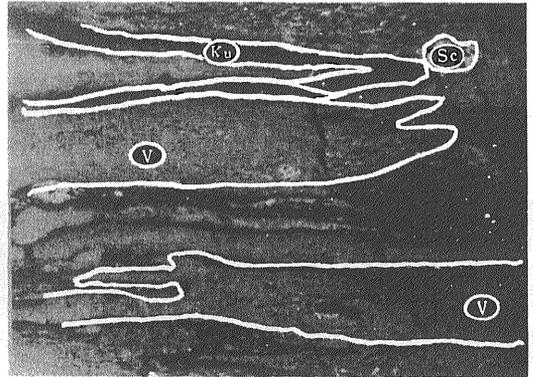
石炭組織成分 (Microlithotype)	マセラル (Maceral)	
	基質 (Ground-mass)	主成分 (Main component)
ビトリニット (Vitrinite)	ビトリニット (Vitrinite)	
クラリット (Clarite)	ビトリニット (Vitrinite)	クチニット (Cutinite)
ドリット (Durite)	エクジニットドリット (Exinite durite)	エクジニット (Exinite)
	イナティニットドリット (Inertinite durite)	イナティニット (Inertinite)
	ミネラルドリット (Mineral durite)	鉱物質 (Mineral)
フジニット (Fusite)	フジニット (Fusinite) セミフジニット (Semifusinite)	

分類	炭質区分	発熱量 (補正無水無灰基) Kcal/kg	燃料比	粘結性	備 考
無煙炭 (A)	A ₁	—	4.0以上	非粘結	火山岩の作用で生じたセン石
	A ₂				
亜煙炭 (B, C)	B ₁	8,400以上、8,400未満	1.5以上	強粘結	
	B ₂		1.5未満	弱粘結	
	C		1.0以上	粘 結	
亜煙炭 (D, E)	D	7,800以上、8,100未満		弱粘結	
	E		7,300以上、7,800未満	非粘結	
褐 炭 (F)	F ₁	6,800以上、7,300未満		非粘結	
	F ₂		5,800以上、6,800未満		

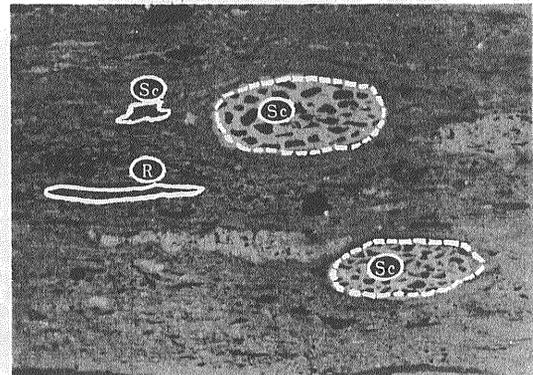
注: 発熱量・補正無水無灰基 = $\frac{\text{発熱量}}{100 - \text{灰分補正率} \times \text{灰分} - \text{水分}} \times 100$
灰分補正率は配炭会社の資料による

第4表B 工業分析値による日本炭の分類基準 (1954 通産省石炭局編 JISM1002)

にたとえてみれば食物に当ります その人が効果的に炭



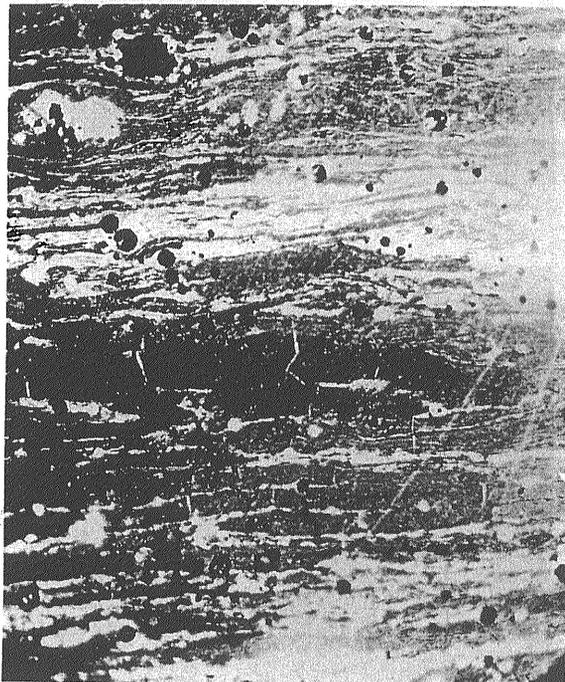
2. クラリット Ku: クチニット鋸歯状構造を呈している Scl: スクレロチニット V: ビトリニット (常磐炭田三和炭鉱下層×250油浸)



4. ドリット (エクジニット・ドリット) Sc: スクレロチニット Sp: スポリニット R: レジニット (常磐炭田木戸炭鉱下層×250油浸)

養をとりエネルギーを生かすには その性質を分析しカロリーばかりでなく 別の角度からも考えてみなければなりません。石炭の質を別の角度からながめる分野の1つに石炭組織学があります。石炭を薄く磨き薄片とする場合と 表面を磨き反射光でその面を顕微鏡で観察するのと2通りの方法がありますが 後者の方法が普通使われています。写真で示した幾つかの石炭組織は こうした研究の結果定めたもので 岩石と造岩鉱物との関係のように これらの組織が集って石炭を構成していることとなります。第4表はその組織の見方の基準を示したもので 第5表は日本炭について定められたものです。外国における石炭組織分類基準をそのまま日本炭に使うことができないという理由は 外国炭の分類がおもに古生代の石炭の観察にもとづいているためでもあり1956年以来石炭組織研究会が研究をつづけて来た結果 日本炭の特長としてはイナートニツト中にミクリニツトとフジニツトが非常に少ないこと 大きなスポリニツトがみられないこと 基質の明瞭さが不均一であることなどが明らかにされています。こうした組織成分の割合を各試料ごとに計算し その石炭組織成分の化学的性質をあてはめてみますと自らその石炭の用途が決ってくるわけです。

石炭をこうした面からとらえる以外 従来から盛んに行なわれている無機化学分析があります。これには工業分析と元素分析がありますが 工業分析は手近に行なえるためであって わが国でも石炭分類の一基準になって



第10図 石炭中に散在する硫化鉄粒(薄片) (常磐炭田 中郷炭)



第11図
含ゲルマニウム炭と
含ウラン炭産地

います。一般にいう褐炭 瀝青炭 無煙炭などの分類名称は 私たちは直観的に外観をもとにしていうことが多いのですが しかし業界などで使うことになるとやはりJ I S規格によるものが 必要で 第3表

のように決っています。

世界各国ではそれぞれ国内的規準がちがっていますが 以前インド炭の例(地質ニュース127号)で示しましたように 同じ瀝青炭と表現してあっても その炭質は多少異なるという点に注意して下さい。

工業分析値から見ますと 同じ発熱量をもつ石炭でも 米国炭はわが国のに比べ揮発分が少いことが知られています。したがって工業分析値からその石炭の産地や地質時代も判明することもあります。的確というわけにもいきません。この点元素分析になりますと その扱い方によっては石炭利用の基礎になります。石炭の元素組成のうちC・H・Oの3元素が最も重要であって 炭素を基準として水素または酸素との比をH/C O/C(ともに原子数の比)で表現すると 日本炭の分析試料からある幅をもった“コールバンド”が表現でき これによる分類を行なった例もあります。

石炭中の有用鉱物

石炭は前にのべたようにC・H・Oの元素から大部分なっているのですが その他微量成分としてもかなり有用な鉱物が含まれています。たとえば 硫黄 ゲルマニウム ウランなどが注目されているものです。

石炭の薄片や研磨面を顕微鏡下で見ますと 鉱物としては おもに粘土鉱物でそれに硫化鉱物が入ることがあり 後者が多いときは石炭乾溜の副産物として硫黄を採集でき 三池方面では実用化したこともあります。しかし用途の面からいえば 燐や硫黄が少ない方が 製鉄用その他の原料としてはよいわけで 炭鉱側としては炭質の面でこれらの成分の増減には大へん気を配っています。石炭中に含まれるゲルマニウムについては 4~5年前ずいぶん関心がよせられました。ゲルマニウムが非常に高価なものであり とくに軽電機関係では重要資材なの

で国産ができないかと希望をもたれました。

これまでの調査では 地質時代の若い褐炭中に多く含まれていることがわかってきましたので 全国的に調査研究が行なわれました その結果比較的多く含まれているとわかった山形県の最上炭田では 炭層の上盤際と下盤際に濃集しており 10.8~125 p.p.m. (1 p.p.m. は全体の100万分の1)を示す所もありました。しかし一般的にいて褐炭中に2~10 p.p.m. 含まれているのが普通ようです その存在状態については循環水にとけたゲルマニウムが炭層に吸着されたのたろうという考えが出されています。

最近とくに注目されるウランについても石炭中に含まれていることが知られています 米国では含ウラン炭の記載は珍しいことではありませんが わが国では4~5年前 宮城県伊具郡の大内炭鉱で石炭中に放射能強度の強い部分が発見されて以来 ウランの存在が明らかになり 現在までに新潟県新発田市赤谷炭鉱や 岐阜県瑞浪市付近の炭層中の一部に含まれていることが知られています またその他の含ウラン地域の砂岩の中に夾在する炭片にもウランの含まれていることが多く 人形峠でも2.3~3.3% (U₃O₈) という値が出ています。

石炭の中にウランがどういふ形で入っているのかという事は目下研究中ですが その鉱物が大きい場合コフィン石などが主となり 非常に微細の場合は石炭の基質に吸着された形なので 未だ的確には同定されていません。しかし大内炭鉱の例をみても 酸化ウランにして0.2%赤谷炭では0.032~0.14%のものが発見されています。これらの成因については 一次的に堆積の際水中より吸着されたものか あるいは二次的に炭層形成後循環水よりもたらされたものか まだ明確な結論は下されていません。

このように石炭とそれともなう有用鉱物についてそのあらましを述べましたが まだ石炭の物理的性質その他いろいろ研究の面があります とくに最近のように石炭の有効利用という面からみますと 石炭の水力採炭や地下ガス化などには石炭の物理・化学的性質の研究が大いに役立つものと考えられます。

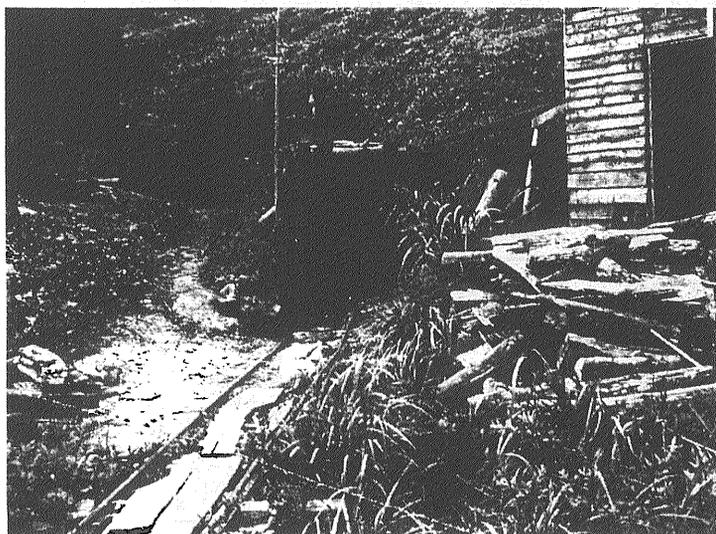
いずれにせよ石炭がその価値をじゅうぶんに利用されるには本質を理解することが大切です。

今回は石炭がどのような環境で堆積したか また層として形成される条件などについてふれてみましょう 炭層の成因や炭田の形成を考えることは 石炭資源を探すのに重要な手掛りとなりますから。

(この稿は北海道工業試験場 柴岡道夫氏・石炭総合研究所 中柳靖夫氏・資源技術試験所 木村英雄・地質調査所 青柳信義・佐々木実・河野進也各技官の談話と参考資料を元にして徳永が編集した) (筆者は燃料部石炭課長)

参 考 文 献

1. 地質調査所 1955:ゲルマニウム資源について
地質調査所報告 特別号(C)
2. 地質調査所編 1959:日本鉱産誌 A
3. 地質調査所編 1960:日本鉱産誌 V-a
4. 科学技術庁 1954:産業構造調査会エネルギー部会報告
5. 村田 富二郎 1964:石炭化学 勁草書房
6. 中柳 靖夫 1962-3:石炭の組織と生成 北海道鉱山学会誌 18-3 4 19-2
7. 石炭組織研究会 1957:日本炭の石炭組織成分分類
燃料協会誌 36-365
8. 天然ガス鉱業会 1964:天然ガス 7-2
9. 徳永 重元 1958:本邦炭の花粉学的特徴 燃料協会誌
37-376



第12図 ウランを含む石炭がでる赤谷炭鉱(新潟県)



第13図 ウランを含む石炭層(宮城県大内炭鉱)