石炭岩石学の他分野への貢献

高橋 良平*

Recent Development in Coal Petrology and it's Efficient Works in Related Field

Ryōhei TAKAHASHI

まえがき

1850年代までの石炭化学及び石炭地質の分野では石炭は黒色塊状の均質な固体として取扱われていて、三つの組織分からなる不均質なものであると認識されたのはようやく19世紀も終りに近い頃である。これら三組織分の確認は顕微鏡によるものであるが、石炭の薄片が他の無機物の薄片を製作するよりはるかに困難な為に石炭の不均質性を実証するのにかなりの歳月を要したのである。STOPES, THIESSN, WHITEらによる薄片製作法の改良の後をうけて1920年、E. STACH は反射法を確立し、油浸法を開発したが、これがその後の石炭岩石学の大飛躍の原動力となった。1935年にマセラルという概念が不均質な石炭構成成分の最小単位として設定されるにおよび、ようやく石炭岩石学も石炭研究の一分野として体系化されることになったのであるが、石炭岩石学が他分野に盗利用されるようになったのは、ようやく第2次大戦より以降である。勿論、顕微鏡そのものにも幾多の改良が加えられたほか、フォトマルによる反射率測定法の開発、或いは蛍光顕微鏡によるスペクトル分析法の開発などハード面の改良によって石炭化学工業、石油・ガス田開発などへ幅広く応用されるようになったが、1953年 ICCP (International Committee for Coal Petrology) が設立され、用語の統一や分析法の規格化など国際的にソフト面を止揚しつつづけている活動が大きく貢献している事を忘れてはならない。以下では最近の石炭岩石学の進歩と ICCP の活動状況、及び他分野への石炭岩石学の貢献について述べることにする。

I. 新手法の開発と問題点

(1) 反射率測定

石炭の反射率は芳香族炭素成分の富化によって上昇するので、他のパラメーターと同様に石炭化度を判定し、その物理・化学性を判断する恰好の指標とされてきた。反射率は石炭の主成分である Vitrinite — 正確にはその一種である Telocollinite — で測定するように定められているとはいえ石炭片から Vitrinite 分は手で容易に採取されるので、量の少ない露頭からでも試料は手軽に集められ、更に石炭以外の堆積岩中に散在する石炭化植物片でも測定できるので、今日では化学分析等によるパラメーターよりも反射率をパラメーターとして使うことが多くなった。反射率測定法は HOFFMANN & JENKNER により Berek Photometer を用いて開発されたものであり (1932)、2-beam 方式で既知反射率をもつ標準物質の反射輝度と石炭試料の反射輝度をニコルを廻転させて等しくし、この角度の読みから計算により反射率を求める方式であるが、測定試料と標準試料の反射輝度合せが主観的な判断によることや、測定点の大きさが可成り大きい為十分な数の測定点を検鏡面に求められないこと、又測定にかなりの時間がかかり、実用的でないなどのため、今日程多く反射率測定は行われなかった。英国の石炭岩石学の泰斗の一人である C. A. SEYLER は、反射率の上昇は連続的でなく階段状に上ってゆくと主張し (1943)、かなり長い間この説は

* 九州大学理学部地質学教室 Department of Geology, Faculty of Science, Kyushu University

信奉されていたが、これも Berek Photometer による測定を資料としたためであり、十分な数の石炭種を取扱えなかった為であろう。Mc COURTNEY はその後多岐に亘る炭種の反射率を多数測定し、反射率は石炭化度の上昇につれて連続的に上昇する事を示したが、今日ではもはや SEYLER 説を信奉する者はなく、石炭化度と共に反射率は連続的に上昇し、他の石炭化度パラメーターと良い相関を示す事が知られている。勿論このような結論が得られたのは Photomultiplier による one-beam 式が開発され極めて客観的な測定法が確立された為である。測定手順や測定値の補正法等については ICCP の Lexikon その他に詳述してあるので、ここでは省略するが ICCP の方法は米・英・独・日などの工業規格にとり入れられている。但し、この測定法でもなお不十分な点があり ICCP 内に設けられた Working Group では「反射率測定法の標準化」が引続いて検討されている。これは、標準物質として使用されている Messrs Baush & Lomb 社の光学ガラス数種〔油浸、546nm フィルター；反射率(R)=0.3~1.8%〕は比較的短期間で反射率が低下することが明らかになり、之に代る最適なものを決める必要がある為である。Spinel (Ro.546=0.42%), Leucosapphire (同=0.59%), Yttrium aluminium Garnet[YAG] (同=0.92%), Gadolinium Gallium Garnet [3G] (同=1.73%), Diamond (同=5.28%), Silicon Carbide (同=7.5%) 等の物質があげられているが、石炭の反射率分布等を考慮し1~2種の標準物質が決められようとしている。また、反射率には使用する油浸液の屈折率が関与するが屈折率は温度に敏感に左右されるので、標準物質で機器を調整後測定試料を油浸して測定を開始する迄の時間を規定し、温度影響を出来るだけ少なくする規定も策定中である。反射率測定はコークス製造、石炭液化等に広く応用され、特にコークス工業では混炭の指標、コークス強度推定にオン・ラインで使用されている所があるが、之はこの用途に應えるため反射率を自動的に測定しているためである。現在の所、各国、各企業がそれぞれ自動測定装置を開発しているが(註)、ICCP による「反射率自動測定」の規格化が要望され、この為に W・G が設置された。単炭炭の場合には可成り良い結果がえられているが、混炭の場合ではまだ不十分な結果しかえられていないのでその原因を W・G で検討中である。自動測定中には焦点がはけてくるのでこれを防ぐ方法や、マセラル境界部の反射率も記録されてくるので、これを排除する方法等が検討課題であり既に自動測定を実用している日本の積極的参加が要望されている。なお、反射率の資料が次第に集積するにつれ、従来のマセラルを更に細分、或いは改正する必要が生じてきたが、これ等については後でふれることにする。

(2) 蛍光顕微鏡法の開発と石炭岩石学の活性化

石炭中の Liptinite 類が蛍光を発することはかなり以前から知られており、約50年前 SCHOCHARDT が石炭の顕微鏡研究に蛍光を利用して以来、AMMOSOV & ERMAKOVA (1950), JACOB (1952, 1964), STACH (1969) などの研究があるが、蛍光顕微鏡による研究を組織的に行い、多くの知見を集積して今日の蛍光顕微鏡組織学にまで止揚したのは M. TEICHMÜLLER である。現在普及している蛍光顕微鏡の機構や構造等については文献に詳述してあるので省略し、ここでは得られた幾つかの知見について述べることにする。最大の知見は、従来鉱物質と判定されてきた低反射の得在物、或いは黒色充填物が様々に蛍光を発する有機物である事を明らかにした事であろう。之等の新発見成分は Liptinite グループに属する新マセラルと認識され TEICHMÜLLER によって Bituminite, Exsudatinite, Fluorinite と命名された。既に多くの研究者も新マセラルの存在を認識し同一タームを使っているが ICCP では未だこれらを公式用語として認定するまでにいたっていない。然し、この蛍光顕微鏡研究で明らかになった Micrinite と共にこの方法は現在の石炭岩石学に極めて重要な知見を提供し且つ石炭岩石学研究そのものを著しく活性化させたと思われるので、これ等について多少の説明を加えておく必要がある。

蛍光検鏡の場合には、蛍光を発する為にマセラルの形態が普通光下よりもより明瞭に見えるのは勿論であるが、このほか蛍光色、蛍光強度、蛍光スペクトル、励起光照射時間に応じた蛍光変色 (Alteration or

(註) 日本でも新日鉄、三菱化成、住友金属、日本鋼管等でそれぞれ考案し実用化している。

Fading)などを解析し、マセラルの判定、石炭化度判定、石炭特性推定などが可能である。蛍光法は元来、石炭の Liptinite 類を研究対象としてきたが、石炭の主成分をなす Vitrinite にも蛍光を発するものが多いことが判明し、且つこれ等は無蛍光 Vitrinite の性状とかなり異なることが判明したため、炭質のキャラクタリゼーションにも有効な方法となってきた。蛍光マセラルは石炭化度と共に青色から赤色へと変化してゆくので、これ等のスペクトルを分析し、以下のように数量化して蛍光特性のパラメーターとしている。

$I_{546\text{nm}}$ = 546nm フィルターでの蛍光強度 (Uranyl-Glass-Standard を 100 として換算)

λ_{max} = 400~700nm スペクトルで最大強度を示す波長 (λ)

$I\lambda_{\text{max}}$ = λ_{max} の相対蛍光強度

$$Q = \frac{\lambda_{650\text{nm}}(\text{赤}) \text{ 相対強度}}{\lambda_{500\text{nm}}(\text{緑}) \text{ 相対強度}} = \frac{I\lambda_{650\text{nm}}}{I\lambda_{500\text{nm}}}$$

$$Q_{\text{max}} = \frac{I\lambda_{\text{max}}}{I\lambda_{500\text{nm}}}$$

A = 30分照射後の $I_{546\text{nm}}$ の変化

なお、蛍光法は石炭原炭の研究に利用されるばかりでなく加熱時のマセラル挙動を知るためにも用いられている。

さて、Fluorinite は共存する Sporinite, Cutinite よりも蛍光強く、輝褐炭、長焰炭段階では黄〜緑黄、稀に黄〜オレンジ中間色を示す。小粒状、レンズ状、細縞状をなして産し、全石炭中では多くても 1~3 %程度の含有量である。Q値は他の Liptinite マセラルより小さく、 λ_{max} は alteration で短波長側にシフトし 'negative' である。Cutinite とよく共存するが Resin, Wax の光学性とは異なるので植物質脂肪から由来したものといわれている。石炭化の進行に伴う変化についてはまだよくわかっていないが後記する Exsudatinite の生成に関与するものとされている。Bituminite は一般に Fluorinite より含有量多く無定形で、種々の大きさの縞状をなし、又他のマセラルの基地をなすことがある。普通光の油浸では共存の Sporinite, Cutinite より明るい Vitrinite, Desmocollinite(註)よりは低輝度で内部反射がみられる。蛍光強度は高いが照射の始めは暗橙色で次第に褐色味を帯び強い alteration を示す。長焰炭段階の石炭化度のもものでは $\lambda_{\text{max}} = 635\text{nm}$, $Q = 2.6$ であり alteration で λ_{max} は短波長側にシフトする。藻類、動物プランクトンの脂肪酸、バクテリアの脂質など、複合脂質とフミン質物の複雑な化合物と考えられているが、輝褐炭から長焰炭に移る過程で、石油様物質を留出して Meta-bituminite と後記の Micrinite を生じる。

Exsudatinite は石炭化の過程で新生するマセラルであり反射輝度も蛍光性も Liptinite の一種である事を暗示するが、普通光油浸では割れ目、孔隙との区別は誠に困難である。暗、明オレンジ〜黄の蛍光色であり、 λ_{max} は石炭化の上昇に伴い短波長側にシフトし Sporinite とは反対の性質を示す。又 λ_{max} の幅は 40nm に及ぶほど広いのが特徴で輝褐炭段階では $Q = 1.5 \sim 2.4$ (共存の Sporinite の $Q = 1.2 \sim 1.4$) であるが、長焰炭段階に石炭化度が上ると $Q = 1.7$ (Sporinite $Q = 2.7$) となる。更に石炭化度が上昇すると蛍光性は次第に弱くなり Semi-exsudatinite 或いは Meta-exsudatinite となるがこの時には共存の Vitrinite より反射率は高くなっている。ユーゴスラビア Istria の古第三紀炭は硫黄分 10% の強粘結炭であり、Exsudatinite 様物質の含有量の多いのが異常炭質の要因と考えられているが、三池炭でも同様に Meta-exsudatinite がかなり多く含まれているので、これが特異な炭質の一因をなしている可能性がある。

Micrinite は 1963 年の ICCP の Lexikon 出版以来、0.5~1.0 μm 大のものと定められているが、赤外ランプをあてて熱すると消失するので、単に大きさばかりでなく性状の点からも、従来の不活成分

(註) Desmocollinite = 他のマセラルの Groundmass をなす Vitrinite で、単独の Vitrinite より輝度が低い。

Inertinite から区別すべきものである。石炭化過程で Bituminite から新生することは前述したが Resinite, Sporinite, 更には Desmocollinite から新生するらしい事が顕微鏡下の産状から推定される。他の Inertinite と異なる点は揮発分多く、酸化しやすく、温度に鋭敏であることであるが、之等は Liptinite 起源を暗示し、脂質原料が突然脱水素作用をうけて Micrinite が新生されたとする説は最も首肯し易い Micrinite 成因論であろう。

以上のように、蛍光顕微鏡で初めて明らかとなった新生マセラル及び他の蛍光マセラルに関する様々な知見は、石炭化過程ではビチューインが新生してくる第1飛躍点、及びこれらが消失し非粘結・低揮発分炭となる第2飛躍点があることを明らかにして石炭研究に多大のインパクトを与えたばかりでなく、石炭利用面のほか石油・天然ガス鉱床の探査や地熱探査にも応用される道を開き大きな貢献をなしている。

(3) 石炭組織成分及び分類体系の見直し

反射法に基づくヨーロッパの石炭岩石学と薄片法に基づくアメリカのそれとは組織成分の認識を始めとして組織成分の命名などに著しい不一致があり、幾多の混乱をひき起した。しかし、ICCP でヨーロッパ式 (Stopes-Heerlen System) の採用が決定されるにおよび現在では各国とも ICCP の命名、分類標準に従って研究を進めている。もともとこの分類法は、石炭の様々な物理・化学性を明かにするために設けられた起源植物器官の形態による分類・命名であるが、反射率測定法、蛍光顕微鏡法など観察、測定機器の進展によって数多くの知見が加わり、また、物理・化学的知見も集積されて来たので、従来のマセラルを細分、統合、改変する必要が生じてきた。そこで ICCP の中に幾つかの作業部会 (Working Group) をつくり提起された問題を検討中であるが、これ等の新分類、新体系の設定は石炭岩石学そのものにとっては勿論のことその応用面にとっては特に重要である。活動中の幾つかの W・G の検討対象の例を以下に示すと：

- Resinite-Vitrinite 中間体 (リーダー：A. H. V. Smith)
- Saprovitrite (リーダー：K. Kruszevska) (註1)
- Vitrinite-Inertinite 漸移体 (リーダー：R. Marshall)
- Bituminite (リーダー：H. Jacob)
- unfigured Liptinite (リーダー：J. Senftle) (註2)
- Bitumen (リーダー：H. Jacob) (註3)

以上のほかに活動中・休会中の W・G があるが、何れにしても観察・測定機器の飛躍的改良によってマセラルを再検討し、再分類する必要が生じてきた為である事は前述の通りであるが、後記の応用石炭岩石学に対応する為にも、基礎研究と応用研究がうまく調和する方向で今後とも手直しを続けてゆく必要がある。

II. 石炭岩石学の他分野への貢献

-
- (註1) 日本から提案されている Degradinite, Hydrate などと細かに比較検討中である。JIS 規格では Degradinite は Vitrinite の一種とされているが ICCP ではまだ Degradinite の実在すら認めていず Desmocollinite 或いは Saprovitrite と同質との主張がある。筆者はこれを Vitrinite とする考えには反対であり砕屑性の Vitrinite と Liptinite の混合物 (Mixture of Vitrinite and Liptodetrinite) であり、単一植物器官から由来したものでないので Maceral でなく既に bi-maceral の Microlithotype と主張している。
- (註2) amorphinite, lamalginit, telalginit, bituminous groundmass の用語がそれぞれ物理・化学的資料をそえて提案されている。石油・ガス鉱床探査にとって関連の深いタームであるので早急な統一見解の策定が望まれている。
- (註3) Solid Bitumen を対象としており、石炭化過程の中に二次的に生成するマセラルであるので数種の名称が提案されている。このうち Migrabitumen の名称は合意がえられドラフトが配布された。

(1) コークス工業への貢献

石炭岩石学が最も早く導入されたのはコークス工業の分野であり既に半世紀の歴史がある。顕微鏡下で石炭のコークス化過程を直接見ることが出来るのでコークス化の基礎研究に大いに利用されてきたが、現在では更に一步を進め、ニーズに応えるコークス品質を造るための手段として位置づけられるようになった。石炭の組織を大別すると Vitrinite グループ、Liptinite グループ、Inertinite グループとなるが、コークス化過程で溶融しコークスの基本構造を造るものは Vitrinite であり、気腔をつくり孔隙構造を助長するものは Liptinite、溶融せずにコンクリート中の骨材の役をなしコークス強度を増大させているものは Inertinite である。斯様に三成分はコークス化性がそれぞれ異なるので、挿入原炭にこれ等が適当に含まれなければ良いコークスにつくれないのはいう迄もない。従って三成分の含有割合を知ることがコークス製造の基本的問題となる。しかし、同じ Vitrinite でも溶融して不活成分を粘着する力、或いはコークスの気孔率を左右する可塑性は石炭化度によるものであるもので、石炭組織分析を行うばかりでなく石炭化度を求め、可塑性、粘着性を知る必要がある。石炭化度を表わす幾つかのパラメーターのうち最も手軽に且つ正確に測定できるものが反射率であることは前述したが、同一炭でも反射率測定値はほとんど例外なく多数のバラツキを示す。しかし、0.05% 或いは 0.1% きざみで反射率分布を表わし、例えば 0.50~0.59% を V_5 、0.60~0.69% = V_6 、…… などとあらわすと単味炭の反射率は幾つかの V 値に跨がる正規分布を示すのが普通である。ある V 値の濃縮する石炭試料を求め、その粘結力等の測定を予め行って知っておけば、Vitrinite+Liptinite(=Reactive) の含有量及び Inertinite 含有量を求め、且つ反射率分布を求めるとこの二つから生成されるコークス強度が推定されることになる。このコークス強度推定法を最初に開発したのは AMMOV, *et al.* (1957) であり、その後 SCHAPIRO, *et al.* (1961) がこれを進展させてから急激にコークス工業に用いられる様になり、反射率自動測定装置の開発と相俟ってオン・ラインで実作業の中に用いられるようになった。SCHAPIRO 等のコークス強度推定法の詳細については文献にのべられているので此処ではふれないが、約20種の石炭を配合し世界最良のコークスを製造している吾が国のコークス工業にとってはもはや石炭岩石学的方法ではなくてはならぬ手法になっていることを記し、更に独自のコークス強度予測法を開発している一例として宮津等の方法について言及しておこう。

不活成分とされる Semifusinite のなかにはコークス化時に溶融するものがあるので SCHAPIRO 法ではその含有量の半を「活成分」の量に加えている。しかし、Inert の多い Gondwana 炭などでは、この推定法では妥当な予測値がえられていない。Gondwana 炭の Inert には溶融する Sclerotinite が多く含まれる為であるが、北半球炭にも普通に含まれている Micrinite が溶融する事が新たに判明したし、また、活成とした Vitrinite の中にも溶融しにくい Pseudo-Vitrinite がある事が判明してきたので、単に Gondwana 炭ばかりでなく SCHAPIRO 法そのものを手直ししなければならぬようになってきたのである。宮津らは活性・不活性分量を最高流動度 (maximum fluidity) におきかえて両成分判定の不正確さを排除し、反射率と $M \cdot F$ からコークス強度の推定を行ったのである。詳細は宮津らの論文にゆづるが、コークス特性をコークス texture と structure の二つにわけて解析した点にユニークさがある。コークス texture はコークス壁の特性であり、壁に結晶が生ぜず等方性であれば CO_2 との反応性が大きくなるが、結晶が多くできた異方性の多いものは反応性は低くなる。コークス化時に結晶性の壁ができるか否かは石炭化度による事が知られており、普通のコークス化では、挿入単味炭の平均反射率 ($\bar{R}_0$) が 0.8% 以下であれば等方性のコークス壁、 $\bar{R}_0 = 0.9 \sim 1.1\%$ のものからは fine mosaic な結晶パターンをもつ壁、 $\bar{R}_0 = 1.2 \sim 1.4\%$ のものでは coarse mosaic、 $\bar{R}_0 = 1.5 \sim 1.8\%$ のものでは fibrous~leaflet、 $\bar{R}_0 = 1.9\%$ 以上のものからは再び等方性のコークス壁ができる。かように、texture は顕微鏡による R_0 測定から容易に推定することができるのである。一方、コークス structure とはコークス壁と孔の配列状態をいうものであり主としてコークス強度、副次的には CO_2 との反応性を左右するものである。壁の厚さ及び孔隙の大きさ、ならびにそれ等の配列状態は挿入原炭の活成分・不活成分の量比及び前者の粘着力、揮発分発生量

に左右されるが、既述のように反応する Inert 成分量及びその粘着力などについては顕微鏡法では不確実にしか知りえないので、之等の総合値として表現されている最高流動度を測定し強度を推定する方法をとったのである。ギーゼラー・プラストメーターでの測定で、M・F が 60ddpm 以下のものでは炭種は溶融せず単に接しているだけであるが、200ddpm より以上のものでは溶融、融着し強固な構造のものが出来、更に 1000ddpm 以上のものとなるとコークス構造は極めてポーラスになり強度は低下することが知られているので、宮津らは M・F によりストラクチャーを予測する方法をとり入れたのである。現在のコークス特性としては、コークス強度 ($D_{10}^{\frac{1}{2}}$) (註) 92% 以上、coarse mosaic 以上のものが要求されているので R_o では 1.2% 以上、M・F では 200~1000ddpm になるよう数種炭を混炭している (第 1 図)。なお、第 1 図から輸入・混炭すべき炭種が容易に指摘され輸入炭対策に大きな貢献をしている。

第1図 最高流動度 (M. F.) — 反射率 (R_o) ダイアグラム

上昇させると乾留と同様にチャーとガスが生成する結果となり石炭を液化することは容易でない。この液化のプロセスを石炭岩石学的に研究し石炭液化のメカニズムを一層明らかにしようとする研究は今各国で

(2) 石炭液化の基礎研究への貢献

固体高分子である石炭を分解し液体燃料に変換するプロセスが石炭液化であり、直接水素化分解して液体燃料を合成する直接液化法、石炭を数百度で乾留し、えられるタール分から液体燃料を誘導する乾留液化法、石炭をガス化し、一酸化炭素と水素に変換して炭化水素を合成するフィッシャー・トロプシュ (Fischer-Tropsch) 法及びメタノールを経由してガソリンを合成するモービル法等各種の方法がある。わが国でもサンシャイン計画を中心として数種のプロセスを開発中であり、既にパイロットプラントの段階に達しているものもあるようである。何れにしても結合解離エネルギーの小さい共有結合部分を石炭の加熱によって開裂し、これによって生じた不安定な低分子中間体に水素を与えて安定な炭化水素とするメカニズムである。しかし、不安定な中間体に迅速に十分な水素を供与しないと中間体は重合して固体となるとし、

また、分解促進のために温度を急

(註) $D_{10}^{\frac{1}{2}}$ = ドラム・インデックスでドラムを所定の速度で15回転した時にえられる+30mm粒度のコークス量

盛んに行われている、なかんづく米、濠、独、仏で著しい。基本的には種々な条件下で石炭を液化し、その液化残渣を検鏡し原炭組成と比較して液化しやすい成分、液化温度、水素供与量など、液化条件を解明しようとするものである。現在迄の知見では、高揮発分炭を液化すると Vitrinite, Liptinite は反応し、Inert のうち反射率1.5%以下のものは部分的に反応、1.5%以上のものは不反応であるが、液化条件次第では活成分となることもある。Vitrinite は溶融し光学的に等方性の Vitroplast となり、更に温度が上り水素が供与されると Plastosphere をへて液化するが、水素供与量が不十分であれば異方性の Mesophase をつくり終にチャーとなるのは柴岡の示す通りである(第2図)。写真は、オーストラリア Wandoan 炭の水添残渣を検鏡したものであるが、中央には数個のメソフェーズが結合したものがみられるほか、Plastosphere Cenosphere などが認められる。易液化成分、石炭化度、及びこれに応じた液化条件等不明な点が多いので各国研究者が相互にデーターを交換しているが、各国、各研究者が同一生成物に違った名称を与えている可能性があるので、ICCP では新たに W.G. を作り水素化メカニズム

Model for the coal hydrogenation process with hydrogen donor solvent. —, solid; - - -, mesophase; ·····, plastic; — · — ·, liquid and gas.

第2図 溶剤を用いた石炭液化プロセスモデル(柴岡)

第3図 Wandoan 炭液化残渣

(450°C, アントラセン油とナフタレン油, 60分反応, トルエン抽出量40%)

左=オープン・ニコル 右=クロス・ニコル ×250. 油浸

Ps=Plastosphere, Vp=Vetroplast, M=Mesophase, C=Cenosphere

の解明とこれに伴うタームの検討を行うと共に、液化率の予測法を研究し、液化操業にも大きく貢献しようとしている。

(3) 石油及びガス鉱床の探査への貢献

石油及びガス鉱床の探査並びに研究に石炭岩石学的手法が日常的に用いられている事は既に多くの文献で報告されている通りである。いう迄もなく、石油の主な根源物質の一つである *Algae* や *Exinite* は石炭マセラルとしてごく普通に石炭中に含まれている成分であり、これ等が経過する変成プロセス（石炭化過程）は石油生成過程の一部でもあるので熟成しても動かない石炭を研究対象、或いは手段として石油・天然ガスの生成問題を追求し、それらの探査をしようとするのはごく当り前の話である。石油のバース・ラインは $Ro=0.5\%$ 前後、デッド・ラインは $Ro=1.8\%$ であることは既に定説となっているが、石油生成開始段階の $Ro=0.5\%$ 附近では反射率は非常にバラツキ反射率だけで結論を下すのはかなり困難である。しかし、蛍光顕微鏡法が発展し、反射率に代る数種のパラメーターが設定されるようになったので、石油・天然ガスの研究・探査に石炭岩石学的手法が利用される事は既に定着した感がある。既述のように、ICCP の W. G. の中に蛍光分析の規格化を検討している部会があり van GIJZEL が委員長を務めてきたが、1983年米国石油学会の中に新たに同じような W. G. が設定され、van GIJZEL が委員長になったため ICCP の委員長を辞任するという一幕があった。これも上記のように、石炭岩石学が石油・天然ガスの研究及び開発に広く応用されだした結果に他ならない。

(4) その他部門への貢献

地熱開発に石炭反射率を利用できることがわかり、既に地熱開発シンポジウムが開催され特集号も発刊されている。堆積岩中に散在する *Vitrinite* 片の反射率の平面分布を求めると高反射地区がしばりこまれてくることがある。石炭化作用は主として熱的作用によって進行してゆくので高反射率地帯は熱作用の高かった地区として、一先づマークすることができる。火山岩脈による石炭化の上昇はせいぜい岩脈の2～4倍の範囲に止まっているので数百～千 m^2 以上の高反射率地帯はかつて周囲よりも深く埋没して高い地熱をうけたか、或いはその下に半深成～深成岩の進入がありこの為に *telemagmatic coalification* をうけたと推定する事ができる。勿論他の原因による反射率上昇もありうるので地質及び地質構造等の諸資料と共にその原因を求める必要がある。日本やイタリー、ニュージーランドのように火山地帯の地域であれば反射率資料は必ずしも必要でないが、火山活動のない地帯での地熱開発調査では反射率はきわめて貴重な情報を与えることになる。

その他石炭鉱・工業の他部門、例えばブリケット製造、或いは保安問題等についても石炭岩石学は著しい貢献をし、なお今後も貢献しようと努力しているが、本紙に近いそれぞれの専門紙に既に多くの報告があるので、それ等を参照してもらうことにして、ここでは省略することとした。

III. あとがき

石炭岩石学は研究史的にはまだ駆け出しの部類にはいる研究分野である。にもかかわらずというべきか或いはその為というべきかは暫くおくとして、石炭産業華かなりし頃の日本では研究者も多く、世界の研究者との研究交流も盛んであったが、現在では石炭岩石学を専攻する者はきわめて少なく、むしろコークス工業に携る研究者の間で細々と研究が続けられてきた、というのが実情である。然し、反射率測定法、蛍光顕微鏡法の開発によってようやく石炭岩石学を“有機変成岩石学”へと発展させる方向にむかっていることは慶びに堪えない所であって、今後とも基礎研究、応用研究が車の両輪となり益々本研究分野が発展することを祈ってやまない。

主要参考文献

- BARTENSTEIN, H. *et al.* Beitr. (1974) : Inkohlung und Erdöl.-Beiträge der Kohlenpetrologie zur Prospektion auf Erdöl und Erdgas. Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf. 24. 1-184, Krefeld.
- (1979) : Inkohlung und Geothermik, Beziehung zwischen Inkohlung, Illit-Diagenese, Kohlenwasserstoff-Führung und Geothermik. *ibid.* 27. 1-372. Krefeld.
- GIJZEL, P. van (1979) : Manual of the techniques and some geological applications of Fluorescence Microscopy. 12 th Annual Meeting, Dallas, 1979. 1~55.
- JACOB, H. (1952) : Fortschritte auf dem Gebiet der Braunkohlen-Lumineszenz- Mikroskopie. *Bergakademie*. 4, 337-347. Berlin.
- (1964) : Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Lumineszenzmikroskopie fossiler Brennstoff. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.* 12, 569-588, Krefeld.
- Internationales Lexikon für Kohlenpetrologie. 2, Ausgabe und Ergänzung zur 2 Ausgabe. Paris, 1963, 1971.
- 小島鴻次郎・櫻井義久 (1978) : 原料炭評価のための石炭組織自動分析法の開発. 鉄と鋼. 64. 12. 1661-1670.
- Mc CARTNEY, J. T. (1952) : A study of the Seyler theory of coal reflectance. *Econ. Geol.* 47. 202-210.
- MATSUBARA, K., MIYAZU, T., & TAKAHASHI, R. (1983) : Usage of the Gondwana Coal for Metallurgical Coke-Making in Japan. Symp. on Gondwana Coal. Lisbon, 1983-Proceedings and Papers, 161-173, Edited by M. J. LEMOS de SOUSA.
- 鈴木喜夫・船曳佳弘・福山辰夫・宮津 隆 (1981) : 石炭反射率測定の自動化について. コークス・サーキュラー. 30. 4. 246-251.
- 角南好彦・加藤幹郎 (1983) : 石炭組織分析の自動化. コークス・サーキュラー. 32. 2. 136-143.
- SCHAPIRO, N., GRAY, R. J. & EUSNER, G. R. (1961) : Recent developments in coal petrography. *Blast Furnace, Coke Oven and Row Materials Committee. Proc.* 20, 89-112.
- SCHOCKARDT, M. (1936) : Zur Lumineszenz der Steinkohle. *Zeiss Nachr.* 2. 22.
- SHIBAOKA, M. & HENG, S. (1984) : Model for the coal hydrogenation process and its application. *Fuel*. 63. 174-177.
- STACH, E. (1935) : Lehrbuch der Kohlenpetrographie. Berlin, Gebr. Borntraeger, 293 S. m. 173 Abb.
- (1949) : Lehrbuch der Kohlenmikroskopie. Kettwig, Glückauf. G. M. B. H. 285, S. 50 Abb.
- STACH, E. *et al.* ed. (1982) : Stach's Textbook of Coal Petrology. Berlin, Stuttgart, Borntraeger. 535p. 6 pls. 204 figs. 49 tables.
- 高橋良平 (1977) : 二, 三の日本炭の蛍光顕微鏡的特徴. 九大理研報 (地質). 123, 243-247.
- TEICHMÜLLER, M. & WOLF, M. (1977) : Application of fluorescence microscopy in coal petrology and oil exploration. *J. Microsc.* 109, (1). 49-73, Oxford.
- TEICHMÜLLER, M. (1979a) : Beispiel für die Anwendung fluoreszenzmikroskopischer Methoden bei der Erdölprospektion. *C. r. 8. Congr. internat. Strat. Geol. Carbonif.* (1975), 4. 79-89.
- (1979b) : Zur geothermische Geschichte des Oberrhein Grabens.-Zusammenfassung und Auswertung eines Symposiums. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.* 27, 109-120, Krefeld.
- & OTTENJANN, K. (1977) : Art und Diagenese von Liptiniten und Lipoiden. Stoffen in einem Erdölmuttergestein auf Grund fluoreszenzmikroskopischer Untersuchungen. *Erdöl u. Kohle*. 30, 387-398.
- 吉野良雄・土橋幸二・小松義文・西川 孝・野村一雄・石原武彦 (1982) : 石炭組織分析の自動化. コークス・サーキュラー. 31. 4. 238-247.