論文・報告

石炭の炭質からみた石炭の石油根源岩能力について

鈴木祐一郎*・藤井 敬三**

(Received April 14, 1995; accepted November 29, 1995)

Source rock potentials of coal based on coal properties

Yuichiro Suzuki and Keizo Fujii

Abstract: Recent interests for source rocks of oil are focused on the source rock potential of coal. On the van Krevelen diagram, coals which were collected from coal mines in Japan (Fig. 1) show higher H/C atomic ratio than that of the Type III (vitrinite) evolution path (Fig. 2). However petrographic compositions of main coal seam at the Taiheiyo Coal Mine show that they consist of more than 90% of vitrinite and a few percent of exinite and inertinite each (Fig. 3). Degradinite, which is a maceral of vitrinite group and used only in Japan, varies from 10 to 60% in content (Fig. 4) and has good correlation with H/C and O/C atomic ratios (Fig. 5, 6). This relation is also recognized at the Ikeshima Coal Mine (Fig. 7, 8). H/C and O/C ratios of pure degradinite are estimated from regression equations among the degradinite contents, H/C and O/C ratios within the Taiheiyo and Ikeshima coals. Estimations of the pure degradinite are plotted on the Type II kerogen evolution path (Fig. 9). Japanese Tertiary coals are rich in exinite group on the assumption that degradinite is included in exinite group.

Based on ultimate analysis data for Cenozoic, Mesozoic and Paleozoic coals from Japan, China, Indonesia, Australia and USA, they are plotted several independent areas on the van Krevelen diagram (Fig. 10). Cenozoic coals from Japan, China and Indonesia suggest high H/C ratios than Mesozoic and Paleozoic coals of China and Australia. From the view point of oil generation, it is inferred that the Tertiary coals have higher potential than Mesozoic ones. Actually the geologic age of major oil fields where their source rocks are assumed to coal is limited to the Tertiary period.

1. はじめに

石油の根源物質と考えられているケロジェンは、その化学的組成の差および熟成度の変化に伴う化学組成の変化の経路の違いから、タイプI、タイプII、タイプIIIに区分される (Tissot *et al.*, 1974)。これらのタイプ区分の基となったのは、van Krevelen (1961) が石炭のマセラルの化学的性質の差を説明するために用いた、元素

分析によって得られる炭素、水素、酸素の元素組成比を、炭素1原子に対する水素原子および酸素原子の割合を示すグラフ上での、熟成の変化に伴うケロジェンの組成変化の経路の差である。各ケロジェンタイプの起源は、タイプIが淡水性藻類、タイプIIが海成プランクトン、タイプIIIが陸上の高等植物であると Tissot *et al.* (1974) は考察している。タイプIIIの典型としては、石炭が想定され、その石油発生能力は低く、ガス指向のケロジェンとされていた。

一方、世界的にデルタ環境で形成されたと見られる油ガス田が多く発見されている。デルタ環境は石炭形成にとっても重要な堆積の場であり、インドネシアのマハカムデルタや南部スマトラ堆積盆などの地層中に多くの夾

* 地質調査所燃料資源部 Fuel Resources Department, Geological Survey of Japan

** 静岡大学教育学部 Faculty of Education, Shizuoka University

炭層を含む堆積盆で巨大油ガス田が発見されている。これらの堆積盆では、石油根源岩として石炭の可能性が考えられている (Thompson *et al.*, 1994)。近年、石炭起源の石油に対し注目が集まっており、Raw and Rice (1993) や Scott and Fleet (1994) による論集も出版されている。

我が国でも、常磐沖や南勇払の夾炭層を含む堆積盆で油ガス田が発見されている。南勇払では石狩層群直下の白亜系花崗岩類中に多量の石油・ガスが胚胎しており (石油資源開発札幌鉱業所勇払研究グループほか, 1992), その根源岩として石狩層群中の石炭の可能性が考えられている。

本論文では、石狩炭田をはじめとする我が国の代表的な炭田から採取した石炭について行った炭質分析結果を中心に、諸外国の石炭の炭質分析結果も踏まえ、石炭の石油発生能力について考察する。

2. 分析試料および分析方法

2.1 分析試料

石炭試料を採取した炭鉱の位置を図1に示す。また、採取した石炭試料の炭田、地層および地質時代、炭層名を表1に示す。夾炭層から年代決定に有効な微化石が得られないため、各炭田の夾炭層の時代は、その上位に分布する海成層の微化石年代に基づいた推定や、夾在される凝灰岩のフィッシュントラック年代に基づいている場合が多い。石狩炭田内の炭層の対比については、根本・佐川 (1985) によって示されている。

今回の研究においては、地層中における石炭の炭質特性が大きな意味を持っている。このため、選炭などの工程を経た商品炭を用いるのではなく、直接炭鉱で石炭試料を採取する必要がある。分析に供した石炭試料は、日本国内の炭鉱において直接坑内から採取した石炭試料である。また、石炭は種々の性質の異なる部分から構成されているが、石炭のどの部分がより石油根源岩として高い能力を持っているかを明らかにすることが重要である。今回は、複数の性質の異なる石炭試料を得るために、1つの炭層内から複数個の試料を採取した。各炭層からの試料の採取方法は、次のとおりである。

図1 石炭試料を採取した炭鉱の位置図。地図上の数字は表1の数字に対応している。

表1 各炭鉱での石炭採取地点の地層名、地質時代、炭層名および平均反射率

位置 番号	炭 鉱 名	炭 田 名	地 層 名	地質時代	炭 層 名	平均反射 率 (Ro)
1	雄別炭鉱	釧路炭田	浦幌層群春採層	始新世後期	本層	0.62
2	太平洋炭鉱	釧路炭田	浦幌層群雄別層	始新世後期	本層	0.48
3	芦別炭鉱	石狩炭田	石狩層群芦別層	始新世中期	3 番層, 4 番層	0.61
4	赤平炭鉱	石狩炭田	石狩層群美唄層	始新世中期	8 番層, 11 番層	0.77
5	幌内炭鉱	石狩炭田	石狩層群幾春別層	始新世中期	1 番層	0.63
6	南大夕張炭鉱	石狩炭田	石狩層群夕張層	始新世中期	本層	0.93
7	三池炭鉱	三池炭田	万田層群勝上層	始新世後期	第2上層	0.72
8	池島炭鉱	崎戸・松島炭田	松島層群崎戸層	漸新世前期	18尺層	0.78
9	高島炭鉱	高島炭田	高島層群端島層	始新世中期	磐砥層	0.75

雄別炭鉱では、炭層である本層から、肉眼的に炭質の異なる2個の石炭試料を採取した。

太平洋炭鉱では、厚さ280cmの春採本層より、5cm間隔で58個の石炭試料を連続柱状で採取した。

芦別炭鉱では、露天鉱に現れている炭層の3番層および4番層から各1試料の合計2個の試料を採取した。芦別層の炭層は、芦別炭鉱の主要夾炭層である美唄層の石炭に比べ、石炭の石炭化度、つまり熟成度はかなり低い。

赤平炭鉱では、美唄層中の挟在する炭層の8番層から1個、11番層から1個の合計2個の石炭試料を採取した。

幌内炭鉱では、炭層である1番層（厚さ118cm）より、5cmの間隔で23個の試料を採取した。本論文では言及していないコークス化性試験方法の1つである、ギーセラブラストメータを用いた石炭のコークス化性試験を行い、その結果に基づき、炭質の異なる2個の試料について分析を行った。

南大夕張炭鉱からは、炭層である本層から10個の試料を採取し、その中から炭質の異なる2個の試料を選び出し分析を行った。

三池炭鉱からは、炭層の第2上層（厚さ272cm）より、約20cmの間隔で10個の試料を採取した。

池島炭鉱では、厚さ160cmの18尺炭層より、5cmの間隔で32個の連続柱状試料を採取した。

高島炭鉱では、厚さ190cmの磐砥層より、5cmずつに分けて試料の採取を行った。得られた38個の連続柱状石炭試料について、後述する石炭組織分析を行い、その結果に基づき性質の異なる11個の試料を選びだし、分析を行った。

2.2 分析方法

今回石炭の炭質分析に用いた方法は、工業分析、元素分析、発熱量測定、石炭組織分析である。工業分析は、JIS M 8812 (1984) によって定義されており、水分、灰分、揮発分、固定炭素が求められる。元素分析は、石炭

の主要な構成元素である炭素、水素、酸素、窒素、硫黄の重量比を求める分析である。分析方法は、JIS M 8813 (1984) で定義されている。発熱量の測定は、JIS M 8814 (1984) によって定義されている。工業分析、元素分析、発熱量測定などの JIS で定められている分析法は、ASTM とほぼ等しく、国際的に統一された分析方法である。

石炭組織分析の方法は、JIS M 8816 (1992) によって定義されている。石炭を顕微鏡下で落射光により観察したときに、色調、光沢、形態の異なる種々の部分が認識される。これらの各部分は石炭組織成分（マセラル）とよばれ、石炭組織成分は ICCP (1971) や Stach *et al.* (1982) などによって、3つの石炭組織成分群（マセラルグループ）に区分される。すなわちビトリナイトグループ、エグジナイトグループ（別名リプチナイトグループ）、イナーチナイトグループに区分される。さらに各グループは、いくつかのマセラルに細分される。今回の分析で用いた区分は、JIS に従ったものである。各マセラルの同定は、Stach *et al.* (1982) や Bustin *et al.* (1985) のテキストブックとの比較などによって行った。

今回は、これらの分析法をすべての石炭試料に対して行ってはいない。それぞれの課題に応じて、必要な分析を行った。

3. 結果および考察

3.1 元素分析

各石炭試料の元素分析の結果を、O/C 原子数比、H/C 原子数比を軸にとった、いわゆる van Krevelen 図上に示したのが図2である。図の中に示されている線は、Tissot *et al.* (1974) が示した、タイプI、タイプII、タイプIIIの各ケロジェンの熟成経路である。石炭の大部分が、ビトリナイトグループより構成されている場合が多く、石炭はタイプIIIケロジェンを代表するものと見られている (Tissot *et al.*, 1974)。しかし、図2に示され

図2 日本の石炭の元素分析結果を van Krevelen 図上に表示。

た日本の石炭の場合、タイプIIとタイプIIIの中間に分布している。一部の試料では、タイプIIに近い位置にプロットされる。

各ケロジェンタイプと石炭組織との対応関係は、タイプIIIケロジェンがビトリナイトグループに、タイプIIケロジェンがエグジナイトグループに、タイプIケロジェンはエグジナイトグループの中のアルジナイトに対応するとされる (Tissot *et al.*, 1974)。このほかに、図中には示されていないが、van Krevelen 図上でタイプIIIよりさらに水素に乏しい位置に、石油およびガスの発生能力に乏しいと考えられているタイプIVケロジェンの存在が Harwood (1977) によって提唱されている。タイプIVケロジェンはマセラルグループのイナーチナイトグループに対応すると考えられている。

図2から明らかなように、分析した日本の石炭は、タイプIIIケロジェンにあたるビトリナイトグループとタイプIIケロジェンにあたるエグジナイトグループが混合して構成されていると考えられ、これが石炭組織に反映していることが期待される。また、図2で太平洋炭鉱の分析値はほぼ直線的な分布を示している。太平洋炭鉱では炭層の厚さは約3mであり、釧路炭田の地質から炭層の上には1,000m以上の層厚をもつ地層が堆積していたと考えられている (加藤ほか, 1990)。このことから、炭層中で、炭層上部と炭層下部の間での埋没深度の差による熱履歴の違いはほとんど存在しないとみなすことが

でき、炭層内での熟成度は同一と判断できる。図2上で太平洋炭鉱の分析値のほぼ直線的な分布は、この直線が等熟成度線を示しているとみることができる。それぞれの試料のこの線上での位置は、タイプIIケロジェンであるエグジナイトグループと、タイプIIIケロジェンであるビトリナイトグループの混合の割合を示すと考えることができる。

従来の論文では、等熟成度線を等ビトリナイト反射率 (R_o) 線に置き換えて表現されているが、藤井・鈴木 (1993) で明らかにされたように、ビトリナイト反射率 (R_o) は炭質の影響を受け変化するので、等ビトリナイト反射率線を等熟成度線とすることはできない。等熟成度線と等ビトリナイト反射率線は斜交関係にある。

3.2 石炭組織分析

元素分析の結果から、分析試料の石炭にはかなり多量のエグジナイトグループの存在が期待される。太平洋炭鉱の56試料について石炭組織分析を行った結果が、図3である。結果から明らかなように、すべての試料でビトリナイトグループが90%以上となっており。イナーチナイトグループおよびエグジナイトグループの割合は、それぞれ5%以下である。5%程度の変化で、図2で示された変化を起こすためには、エグジナイトグループの元素組成がビトリナイトグループと大きく異ならないなければならない。しかし、H/Cについてみた場合、図2から明らかなように、エグジナイトグループに相当するタイプIIケロジェンのH/Cの値は、ビトリナイトグループに相当するタイプIIIケロジェンの2倍程度であり、数%のエグジナイトグループの変化で、図2で見られるH/Cの大きな変化を説明するのは困難である。O/Cの場合、タイプIIとタイプIIIの間での差は、H/Cに比べさらに小さい。このことから、エグジナイトグループの含有量だけで、元素分析における変化を説明するのは難しいことが明らかである。元素分析における変化の原因が、90%を占めるビトリナイトグループにあると考えるのが自然であろう。

JIS M 8816 (1992) によって定義されている石炭のマセラル区分は、ICCP (International Committee for Coal Petrology) によって国際的に認められているマセラル区分に準拠しているが、JISではICCPの区分に存在しないデグラディナイトを、マセラルの1つとして認めている。デグラディナイトは過去にICCPへ提案されたこともあったが、現在国際的には単独マセラルとして認知されておらず (中柳, 1992)、他のマセラルとして取り扱われていることが多いと思われる。デグラディナイトは、我が国の石炭に多く見られ、2 μ 程度以下の暗灰色の基質をなし、エグジナイトの微小破片を多く含む

図3 太平洋炭鉱における石炭組織の炭層内での垂直変化

ことが特徴である。外国のビトリナイトはほとんどエクジナイトの微小破片を含まないので、デグラディナイトに比べ明るい色調を示す。現在、デグラディナイトを、ビトリナイトの起源である植物の木質部が微細に崩壊したものの集合体から形成されたマセラルとの考えから、ビトリナイトグループに属させている。

図4に、太平洋炭鉱の主炭層である春採本層炭におけるデグラディナイト含有量の炭層内での垂直変化を示す。デグラディナイト含有量は10～60%の間で変化している。また、デグラディナイト含有量とH/C原子比およびO/C原子比との関係を図5および図6にそれぞれ示す。いずれも良好な相関関係を認めることができる。同様に、池島炭鉱の炭層におけるデグラディナイト含有量とH/C原子比およびO/C原子比との関係を図7および図8にそれぞれ示す。この場合、全体の傾向から大きくはずれる2試料の分析値を除外している。太平洋炭鉱

と同様に、良好な相関関係を認めることができる。

このことから、日本炭の元素分析値がvan Krevelen図上でタイプⅡとタイプⅢの中間に位置する原因として、石炭中のデグラディナイトの寄与が大きいたことが明かである。

4. デグラディナイトの性質とその起源

デグラディナイトが100%の試料は、実際には存在しないが、図5および図6に示される関係から太平洋炭鉱の試料に関する一次回帰式を求め、デグラディナイトのH/C原子比およびO/C原子比を推測することが可能である。一次回帰式は、次のとおりである。

$$H/C = 0.481 \times \text{DEG}/100 + 0.841 \quad (r = 0.964)$$

$$O/C = -0.035 \times \text{DEG}/100 + 0.159 \quad (r = 0.8)$$

DEG：デグラディナイト含有量(%)

r：相関係数

図4 太平洋炭鉱での炭層内でのデグラディナイト含有量の垂直変化

図6 太平洋炭鉱でのデグラディナイト含有量とO/C原子比との関係

図5 太平洋炭鉱でのデグラディナイト含有量とH/C原子比との関係

この式からデグラディナイトが100%の場合のH/C原子比とO/C原子比を求めると、 $H/C=1.322$ 、 $O/C=0.124$ の値が得られる。

図7 池島炭鉱でのデグラディナイト含有量とH/C原子比との関係

同様に、池島炭鉱の試料に対してデグラディナイトが100%の場合のH/C原子比とO/C原子比を求めると、 $H/C=1.067$ 、 $O/C=0.024$ の値が得られる。この値をvan Krevelen図上で示したのが図9である。図9から明らかにように、デグラディナイトの化学的性質はエグ

図8 池島炭鉱でのデグラディナイト含有量と O/C 原子比との関係

図9 太平洋炭鉱および池島炭鉱でデグラディナイト含有量と H/C 原子比および O/C 原子比との関係から推定される純粋のデグラディナイトの元素組成

ジナイトグループの性質を示しており、デグラディナイトをタイプIIケロジェンにあたるエグジナイトグループ

に属させるのが、石炭の石油発生能力を考える上で重要である。

石炭の顕微鏡下での観察結果もこの考えを支持している。デグラディナイトは、落射蛍光下での観察で、スポリナイトなどのエグジナイトグループのマセラルのほかに、数 μ 以下の2次蛍光を発する微小片が多く認められる。それらの基質とみなされる部分からも弱い2次蛍光を発する。落射蛍光下で2次蛍光を発するのはエグジナイトグループのマセラルの特徴であり、デグラディナイトがエグジナイトグループに属するとする考えを支持している。

次に、デグラディナイトがどのような原物質から、どのような環境下で形成されたのかについて検討する。デグラディナイト含有量の水平的な変化については、藤井ほか(1979)が太平洋炭鉱での炭層の水平方向での石炭組織組成分布の解析により、デグラディナイトが炭層の層厚の変化と調和的に、堆積盆の中心へ向かい増加することを明らかにしている。これはデグラディナイトが堆積盆の中央付近により多く存在している植物に由来することを示唆している。一般に、石炭の堆積する場としては湿原が考えられているが、湿原の中央はより水位が高く、水草類などの草本類が主に繁茂しており、樹木の生育は水位が高いため困難である。また、水位が高いため有機物は空中に比較して酸化され難く、より分解されやすい物質も保存される可能性が大きいと考えられる。以上を総合すると、デグラディナイトの起源としては、水草などの草本類の可能性が大きく、樹木に比較してより水素に富み分解されやすい草本類が、水位が高いため酸化分解反応を免れたのであろう。

近年、石炭堆積の場として熱帯地方のデルタ地帯などでみられるビートドームが注目されており、現世のビートドームと炭田との堆積環境の比較などの研究が行われている(McCabe, 1987; Cobb and Cecil, 1993)。今後、ビートドームの形成とデグラディナイトの成因などについての検討が必要である。

従来、デグラディナイトは日本炭に特有なものと考えられてきた。しかし、筆者らは中国の代表的な第三紀炭田である撫順炭田石炭の組織分析で、デグラディナイトと判断されるマセラルを多く観察している。また、インドネシアの石炭においても多くのデグラディナイト様のマセラルが認められた。インドネシアの南カリマンタン州の始新世の石炭の解析を行った Moore and Ferm (1992) が示した図版や、Mukhopadhyay and Hatcher (1993) が示したテキサスの始新世ウィルコックス層群中の石炭の組織写真には、デグラディナイトに似たマセラルがみられる。これらの中で、そのマセラルは

リプトデトリナイトとして取り扱われている。

現在までのところ、中・古生代の石炭ではデグラディナイトのようなマセラルは確認されていない。デグラディナイトは第三紀の石炭に特有なマセラルである可能性があり、このことが欧米の古生代の石炭・二畳系炭田を中心に確立された ICCP による石炭組織区分が、第三紀の石炭に特有なマセラルであるデグラディナイトのようなマセラルに、対応できなかったとみることができる。

5. 石炭の石油発生能力

日本の石炭がタイプⅡケロジェンの要素を多く含んでおり、その原因が石炭マセラルの1つであるデグラディナイトに起因することが今までの議論で明らかにされた。今回分析した石炭の場合、多いものでは60%のデグラディナイトが含まれており、デグラディナイトをエグジナイトグループと考えれば、日本の高デグラディナイト含有石炭の石油発生能力は高いと判断してよい。

世界に分布する石炭に関して、その石油発生の可能性を van Krevelen 図を用いて考察する。我が国に輸入されている石炭は、選炭工程で物理的・化学的処理が行われている場合も多く、また長時間地表で貯炭されたため酸化している場合も多い。現地で炭層から採取された試

料で、採取後それほど酸化していない試料の分析値である必要がある。図10で示した値は、筆者らまたは石炭技術研究所および新エネルギー・産業技術総合開発機構が現地で試料採取し、日本で分析した前述の条件を満たす値である（未公表試料）。

中国の第三紀炭田およびインドネシアの炭田の大部分の値はタイプⅡとタイプⅢの中間に位置する。これらの炭田の石炭で、デグラディナイトに類似のマセラルが観察されることと一致している。中国の中生代の石炭はタイプⅢ付近のものが大部分で、一部には Harwood (1977) が提唱したタイプⅣに近いものもある。この結果は、これらの石炭がエグジナイトに乏しく、一部の石炭は多量のイナートナイトを含んでいることと一致する。いわゆるゴンドワナ大陸の石炭と呼ばれるオーストラリアの古生代の石炭は、一部例外を除きほぼタイプⅢに近い。一方、アメリカの古生代の石炭は熟成度が進行しているが、タイプⅡとタイプⅢの中間型である。これらの石炭はペンシルバニアおよびイリノイの炭田の石炭で、日本の石狩炭田の石炭と類似の石炭特性を有している。しかし、これらの中にデグラディナイトと類似のマセラルは認められていない。

図10のもう1つの特徴として、第三紀の石炭と中国の中生代の石炭およびオーストラリアの古生代の石炭が、その分布領域がほとんど重ならないことがあげられる。図1に示したように、分析した日本炭はすべて第三紀に堆積したもので、図2に示された日本炭の領域も、図10の第三紀の石炭の領域とほぼ一致する。デグラディナイトを除いたビトリナイトグループが大部分を占める試料でも、タイプⅢの線より少しタイプⅡによった位置にプロットされる。

この説明として、ビトリナイトそのものの性質が変化したと考えられる。石炭の起源物質となった植物の生体を構成している物質の化学的性質が、第三紀になってから、より水素原子の多い化合物を多く含む方へ変化したと推測できる。植物が死滅し、地中に埋没した後に被る作用からケロジェンタイプの違いを形成するのは困難である。すべての地質時代を通して埋没後に起きる作用は、圧密作用および熟成作用であり、これは中生代でも第三紀でも不変である。それゆえ、石炭の原材料である植物自体の変化が原因とするのが最も受け入れやすい考えである。植物の群集組成が変化したのか、あるいはある種類の植物それ自体が大きく変化したのかは明らかでない。しかし、中生代の白亜紀後半から第三紀にかけて、地球上の植物相が裸子植物から被子植物へ大きく変化したのは、よく知られていることである。

世界中でタイプⅢケロジェンつまり石炭起源とされて

図10 諸外国の石炭の元素分析結果を van Krevelen 図上で表示。

C：第三紀，M：中生代，P：古生代

いる大油田が、第三紀に集中していることが知られている (Macgregor, 1994)。この原因がこれまで述べてきた理由による可能性は大きい。もしそうであれば、石炭起源の石油探鉱では、第三紀の炭田で油田の発見の可能性が高いとすることが可能である。石炭は著しい有機物の集合体であり、石油根源岩評価で用いられる有機炭素量と同じ意味を持つ元素分析の炭素の値は、60~80%の範囲を示す。これは、厚さ1 mの炭層は、有機炭素量1%の泥岩層の厚さ60 m以上に相当するとみなすことが可能なのである。

6. まとめと今後の課題

日本の古第三紀炭田を対象とし、1つの炭層から連続的に複数個の石炭試料を採取し、その炭質分析を行った。その結果に基づいて、石炭をケロジェンタイプの観点から検討し、石炭の石油生成能力について検討を行った。

van Krevelen 図上での解析から、日本の石炭はケロジェンタイプIIとタイプIIIの中間に位置し、タイプIIに相当するエグジナイトグループが、多く含まれていることが予想された。しかし、石炭組織分析ではビトリナイトグループが90%以上を占め、エグジナイトグループは5%以下であった。そこで、わが国独特のマセラルであるデグラディナイトに注目し、デグラディナイト含有率とH/C原子比およびO/C原子比との関係を検討した。両者はよい相関関係を示し、その一時帰帰式から推定された100%デグラディナイトの原子組成は、タイプIIにあたることが明らかにされた。つまり、デグラディナイトはエグジナイトグループに含めることが妥当と認められた。この結果から、我が国の石炭はタイプIIに相当する成分を多いもので60%以上も含んでおり、石油根源岩としての石油発生能力は高いと判断された。

中国の第三紀および中生代の石炭、オーストラリアの古生代の石炭など、海外の石炭について既存の信頼性の高い分析値を、van Krevelen 図上へプロットし検討した。第三紀の石炭の場合、ほとんどの試料がタイプIIの成分を含んでおり、中生代の石炭などと領域が重ならない。この原因として、中生代と新生代という時代の違いにより、石炭の原物質である植物それ自体に差があったためであると推論した。地質時代での植物相の変遷が石炭の炭質に大きな影響を与えており、これが石炭の石油発生能力が第三紀に大きくなり、石炭が根源岩の油田が第三紀に集中している原因と考えられる。

今回の研究では、石炭をケロジェンタイプの観点から石油発生能力を検討したが、石油発生能力を評価する場合、石油の移動に関しても検討が必要である。石炭中で

発生した石油がどのようにして1次移動するかは、油田形成の観点からの重要な課題である。石炭は石油との親和性が高く、泥岩に比べ移動が困難である可能性があり今後の問題点である。

謝 辞

石炭試料採取にあたっては、三井鉱山株式会社、三菱鉱業セメント株式会社 (現;三菱マテリアル)、住友石炭鉱業株式会社、太平洋炭鉱株式会社、松島興産株式会社、北炭幌内炭鉱株式会社の方々に便宜を図っていただいた。ここに厚くお礼申し上げます。また、顕微鏡分析用試料を作成していただいた元地質調査所後藤 進氏に対してお礼申し上げます。常日頃らご討論、ご助言いただいている九州大学相原名誉教授、石炭技術研究所岡田清史博士に対し厚く感謝いたします。

文 献

- Bustin, R. M., A. R. Cameron, D. A. Grieve and W. D. Kalkreuth, 1985: *Coal Petrology; Its Principles, Methods and Applications*. Geol. Assoc. Canada, Short Course Notes 3, 1-273.
- Cobb, J. C. and Cecil, C. B. (eds.), 1993: Modern and ancient coal-forming environments. GSA Special Paper, No. 286, 1-198.
- 藤井敬三・鈴木祐一郎, 1993: ビトリナイト反射率とスポリナイト蛍光性に関する問題点について. 石技誌, 58, 220-224.
- 藤井敬三・佐々木実・後藤 進・曾我部正敏, 1979: 太平洋炭鉱における炭質の側方変化と炭層の層厚変化との関係について. 地調月報, 30, 589-607.
- Harwood, R. J., 1977: Oil and gas generation by laboratory pyrolysis, *AAPG Bull.*, 61, 2082-2102.
- International Committee for Coal Petrology, 1971: *International Handbook of Coal Petrology, Suppl. to 2nd ed.*, CNRS, Paris.
- 加藤 誠・勝井義雄・北川芳男・松井 愈 (代表編集), 1990: 日本の地質1「北海道地方」, 1-337, 共立出版.
- van Krevelen, D. W., 1961: *Coal*, 1-514, Elsevier, Amsterdam.
- Macgregor, D. S., 1994: Coal-bearing strata as source rocks - a global overview. In Scott, A. C. and Fleet, A. J., eds: *Coal and Coal-Bearing Strata as Oil-Prone Source Rocks?*, Geol. Soc. Special Pub., No. 77, 107-116.
- McCabe, P. J., 1987: Facies studies of coal and coal-bearing strata. In Scott, A. C., ed.: *Coal and Coal-Bearing Strata: Recent Advances*, Geol. Soc. Special Pub., No. 32, 51-66.
- Moore T. A. and J. C. Ferm, 1992: Composition and grain size of Eocene coal bed in southeastern Kalimantan, Indonesia. *Inter. Jour. Coal Geol.*, 21,

- 1-30.
- Mukhopadhyay, P. K. and Hatcher, P. G., 1993 : Composition of coal. In Law, B. E. and Rice, D. D., eds : *Hydrocarbon from Coal*, AAPG Studies in Geol, No. 38, 79-118.
- 中柳靖夫, 1992 : Degradinite 採用の経緯. 応用石炭組織研究会論文集, **12**, 28-29.
- 根本隆文・佐川 昭, 1985 : 石狩炭田炭層対比図について. 地調月報, **36**, 415-426.
- Stach, E., M. Mackowsky, M. Teichmüller, G. H. Tylor, D. Chandra and R. Teichmüller, 1982 : *Coal Petrology*. 1-525, Gebruder Borntraeger, Berlin.
- Row, B. E. and Rice, D. D., 1993 : *Hydrocarbons from Coal*. AAPG Studies in Geology, No. 38, 1-394.
- Scott, A. C. and Fleet, A. J., 1994 : *Coal and Coal-Bearing Strata as Oil-Prone Source Rocks?*. Geol. Soc. Special Pub., No. 77, 1-208.
- 石油資源開発札幌鉱業所勇払研究グループ・岡村 聡・加藤孝幸・柴田 賢・雁沢好博・内海 茂, 1992 : 北海道苫小牧市東部における坑井から採取された白亜紀花崗岩類. 地質雑, **98**, 547-550.
- Thompson, C., Cooper, B. S. and Barnard, P. C., 1994 : Some examples and possible explanations for oil generation from coals and coaly sequences. Geol. Soc. Special Pub., No. 77, 119-137.
- Tissot, B. P., Durand, B., Espitalié, J. and Combaz, A., 1974 : Influence of the nature and diagenesis of organic matter in the formation of petroleum. *AAPG Bull.*, **58**, 499-506.