

## 石炭資源とテクトニクス

### Geotectonic approach on coal resources

相原 安津夫

Atsuo AIHARA

#### I. ま え お き

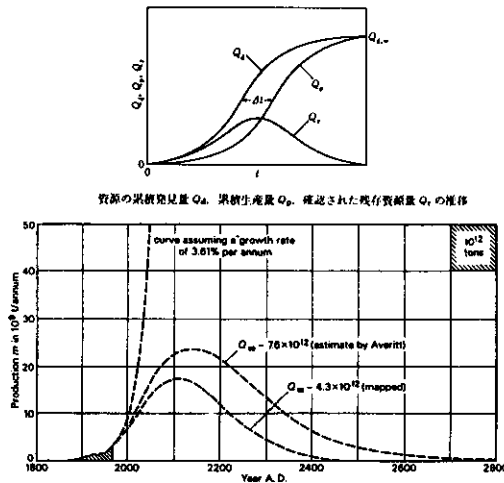
石炭資源と構造地質とがどのように係わっているかを総括する前に、石炭の資源的な再評価と地質学的な認識につき見直してみる。

人類が最も早くから気付き、利用して来たエネルギー地下資源は、地殻表層部の堆積岩中の濃集型有機堆積物の石炭であった。特に、産業革命の動力源から始まり、その後、各国の工業化・近代化の為に有効に利用されて来た。わが国でも、明治以後に急速に欧米諸国と同様の経過で国内資源利用が進められた。然し、20世紀になって石油の利用し易さが解ると、先進工業諸国で流体エネルギー化の指向が進んだ。

わが国では、第二次世界大戦後の経済復興に、残された国内一次資源として石炭が有効に利用

され、一次産業の復興に寄与し高い評価を得た。然し、人件費の増加による生産原価の高騰や、世界的に大型油田が発見されて原油価格が低下したこと、などの事件があったため、経済性が優先し、いわゆるエネルギー革命を招き、石炭の燃料資源としての評価が著しく低下した。然し、石油の大量消費が進む一方、大型油田発見の頻度の低下や度重なる石油ショックがあって、石油・石炭の化石燃料が再生産の効かない有限の天然資源であることの理解が次第に一般化した。

このような社会環境で、化石燃料に依存している人類の文明の繁栄に限界があることを理論的に示唆したのは HUBBERT (1969) である。第 1 図は、全世界究極埋蔵炭量で AVERITT (1967) と HETTWEIS (1979) が算出した値を



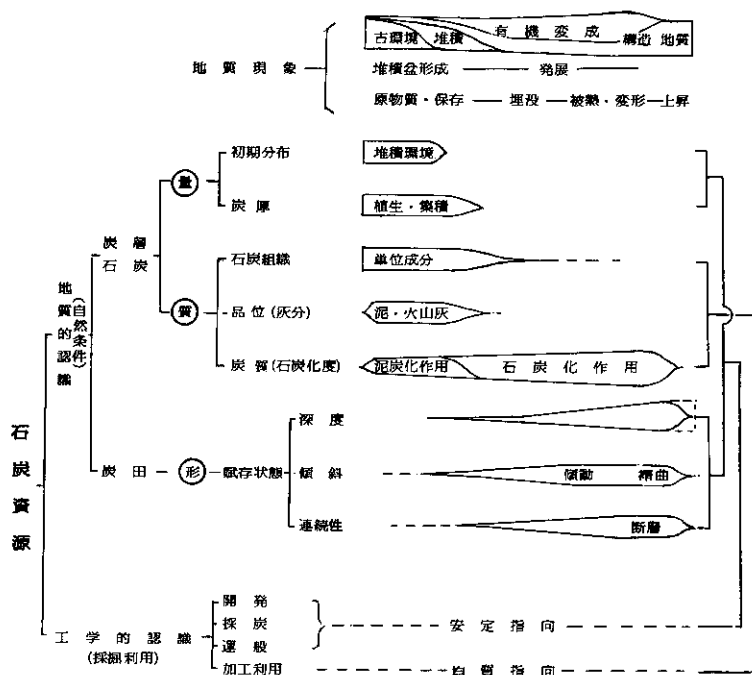
第 1 図 地下資源の有限性を理論的に示す HUBBERT 曲線（上図）と石炭資源の例（HETTWEIS, 1979から引用）

用い、彼の理論による累積発見量と累積生産量の差の確認残存が長期的にどのように変化するか推定して石炭の寿命が、それぞれ西暦2700年、2400年になることを示している。

このようにして、これら化石燃料の資源の寿命が再評価され、改めて、石炭資源の重要性とエネルギー源の分散・多様化の必要性が見直されてきた。

が、どれだけ、どのような状態で賦存しているかの解を出すことが基本的命題で、そこに稼行対象としての資源的評価と、実際の鉱業的活動への石炭地質学の寄与とが可能になる。

この石炭の資源的評価に構造地質学がいかに係わるか、また、資源形成に構造地質現象がどのように反映しているかが、本シンポジウムの主題であって、概念的に第2図の上部に、その



第2図 石炭資源の地質的認識

地下資源としての石炭の評価は、上述のような歴史的変遷を経ており、その間経済感覚の変化に応じてめまぐるしく変化した。そのような社会的変化とは別に、地質学的な知識は増加し、石炭の地球科学的認識は著しく高まった。それらを本論の主題の一つの資源問題的な観点からまとめて示すと第2図のようになる。

第2図が解るように、石炭を資源としての稼行対象と見ると、一義的な地質的課題は対象物の自然条件を把握することであると云える。この対象の理解は「質」、「量」、「形」の三つの面に要約できる。すなわち、どのような質の石炭

程度を示した。図から解るように、小は、採炭切羽に現われた石炭層連続性を阻む断層から、尊い人命を奪うガス突出などの事故の原因となる石炭の層の擾乱、更には、夾炭層堆積盆や堆積物の形成・変成に係わる地球的な問題まで、石炭資源に構造地質学的諸現象が多方面で綿密な関係を持っている。限られた紙数で、それら全てに触れることは不可能に近い。本論では、夾炭層堆積盆形成・発展と石炭の続成・変成との二項目でテクトニクスとの関係をレビューし、ケース・スタディーとして、日本列島の石炭資源(特に第三紀炭)の特異性について触れ最後

に、今後の問題を含めて結論にまとめる。

## II. 石炭堆積盆形成・発展のテクトニクス

### 1. 石炭層堆積の場

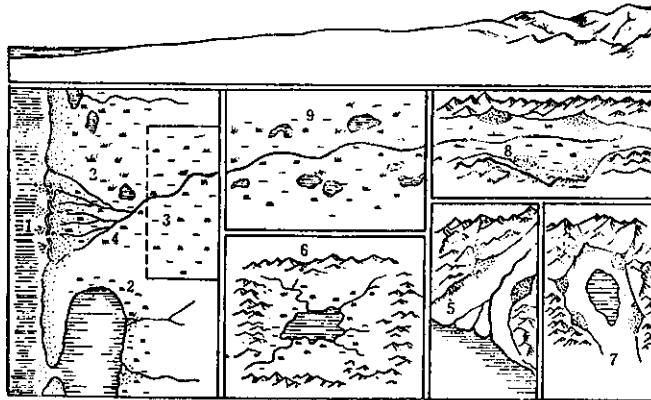
地質時代に石炭の原材料になったと考えられる泥炭が集積したのは、現在の泥炭地と同様の条件が整った場であったろうと類推できる。泥炭の成長速度は、地質時代の気候や大気中の二酸化炭素のガス分圧などの差異があったにせよ、現在同様著しく低かった（数mm~0.0mm/年）であろう。しかも、それすら可能な地域は、緩徐な沈降を続けて水位を保った酸性の還元環境に限られていたと考えられる。

現在の泥炭地の分布域や、炭田の占める地体

(orogen), 並びにそれらの中間で、安定陸棚 (stable shelf) と不安定陸棚 (rabile shelf) とが挙げられる。地形的分類は、地質時代のある一時点における夾炭堆積盆の平面的位置関係に重きを置いている。しかし堆積盆の形成・発

海 浜 型	浅海型	1 浅海型
	海岸型	2 海岸平原型 3 海岸沖積低地型 4 海岸三角洲型 5 海岸山麓型
内 陸 型	内陸型	6 内陸盆地型 7 山間盆地型 8 山間谷地型

第1表 石炭堆積盆の地理的分類



1—浅海型；2—滨海平原型；3—滨海冲积平原型；4—三角洲型；5—滨海山前（山間）平原型；6—内陸盆地型；7—山間盆地型；8—山間谷地型；9—大陸冲积平原型

第3図 石炭堆積盆復元模式図（中国煤田地質学，上冊，1984から引用）

構造から推定される地質時代の夾炭堆積盆形成の場は、地形的には、海浜型 (paralic) か内陸型 (limnic) の淡水ないし半鹹水域であったと考えられる。それらを分類表記 (第1表参照) して、模式的に図示すると第3図のようになる。

構造地質的には、それら堆積盆が形成された地体構造別に、安定地塊 (cratogen) と変動帯

展はもとより、資源としての石炭層の発達・変成・変形までもが、後述のように、また、第2表にまとめられるように、基盤の動きや地殻熱構造などの構造地質的な要因に規制される。従って、石炭資源の形成の場は本来、構造地質的に捉えることが好ましいと考えられる。以下の説明でそれが理解出来るであろう。

造山帯型	変動帯内不安定堆積盆
陸棚型	容動陸棚型
	不安定陸棚堆積盆
	安定陸棚型
	安定陸棚堆積盆
安定大陸型	大陸内陥没性堆積盆

第2表 石炭堆積盆の構造地質的分類

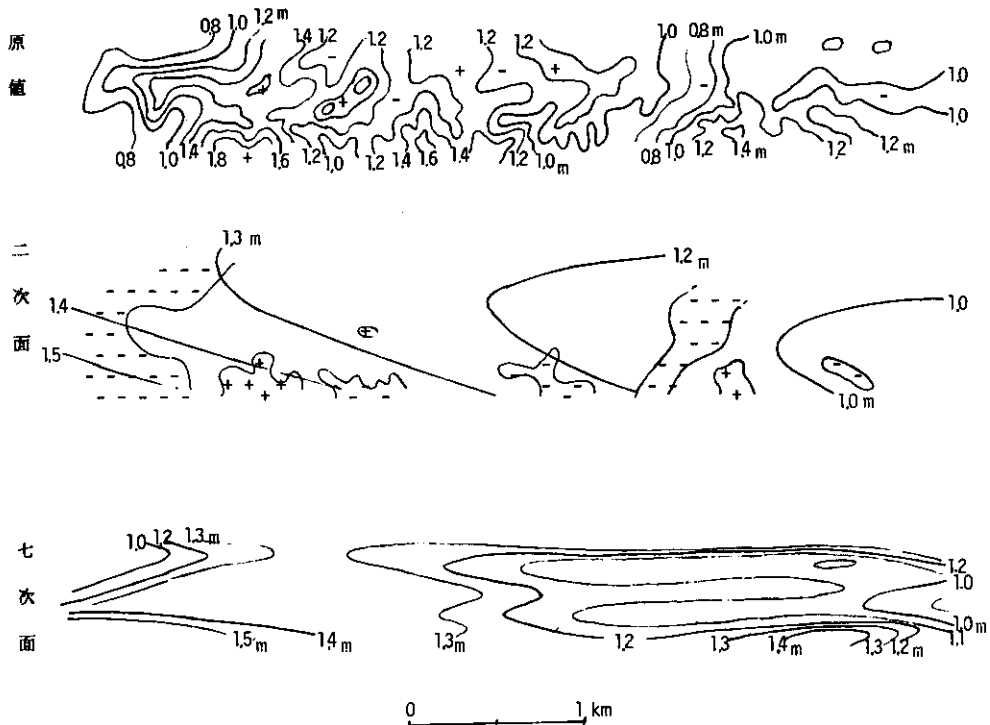
## 2. 石炭層のディメンションの変化

石炭資源の量的評価の一義的要因は、対象炭層の広がり（面積）と厚さとである。石炭層の広がりの中にあっても、実際に稼行の対象になり得るのは、或る程度の石炭層厚が保たれている範囲に限られる。石炭層厚が大であっても、そのなかに石炭が占め比が大でなければ、稼行価値は低下する。

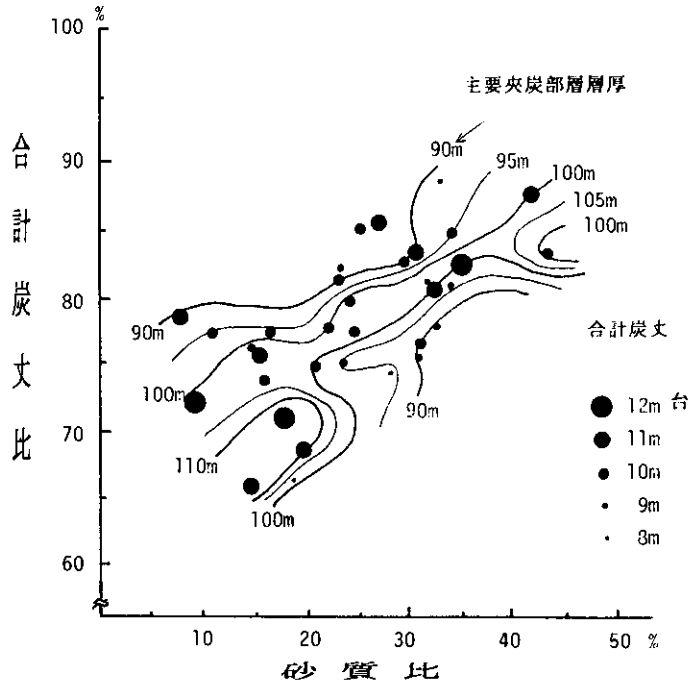
石炭層厚を現場用語で山丈やまたけといい、その中で石炭以外の挟雑物の層（挟みはさまという）の厚さを

除いた石炭だけの合計厚を炭丈すみだけという。前者に対する後者の比を炭丈比といい、その炭層の稼行価値の目安にしている。地質的には、有機物の濃集の程度を大まかに示していると見てよい。詳しい論議をするには、同じ有機物でも、由来した古植物の部位、すなわち、石炭岩石学的組織成分とその構成比が判明していなければならない。

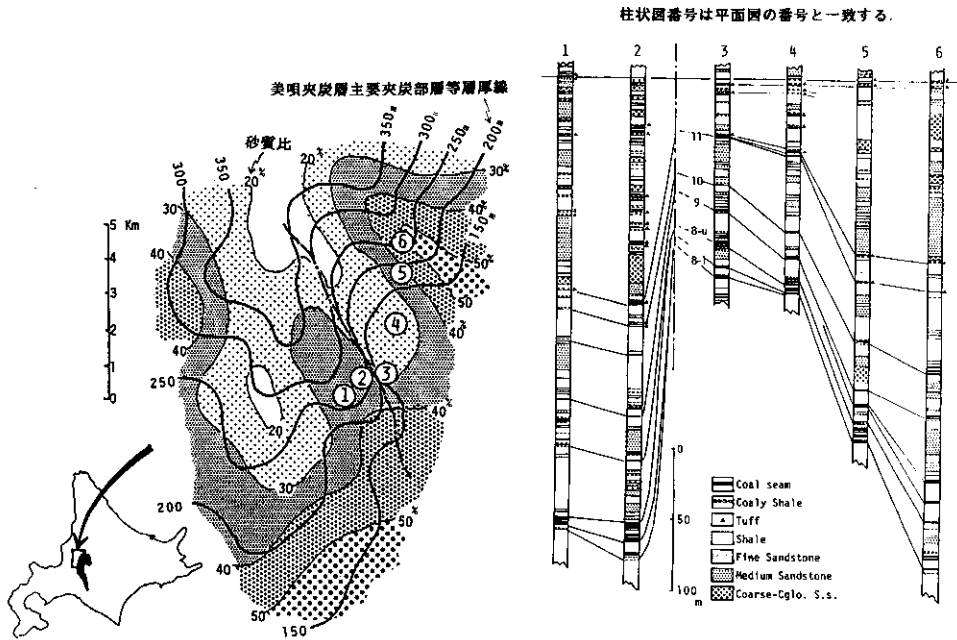
石炭層中の石炭厚の平面的変化は等炭厚線図で、その全体的変化傾向を把握出来る。その傾向を、例えば trend surface analysis などでも掴むことも可能である。第4図は石狩炭田における美唄夾炭層のある炭層での変化である。これでは変化状況は掴めても、その地質的原因は判断できない。然し、この場合は夾炭層中の全炭層の炭丈比と砂質比、および夾炭層厚の変化を見ると、第5図のような相関的变化傾向がある。この夾炭層層厚と砂質比との広域的变化は第6図のような変化傾向がある。これらの事実を総合すると、現在の空知背斜部が堆積時に相



第4図 石狩炭田美唄夾炭層の炭厚変化のトレンド・サーフェス解析例



第5図 石狩炭田北西部の美唄夾炭層の炭層・岩層変化相関図 (相原, 1966)



第6図 石狩炭田北西部の美唄夾炭層岩層地質域変化

対的に沈降が遅れ、構造形成時に隆起が進行し、その経過が石炭層を含む堆積物の量的及び質的变化に影響していることが解る(相原, 1966)。

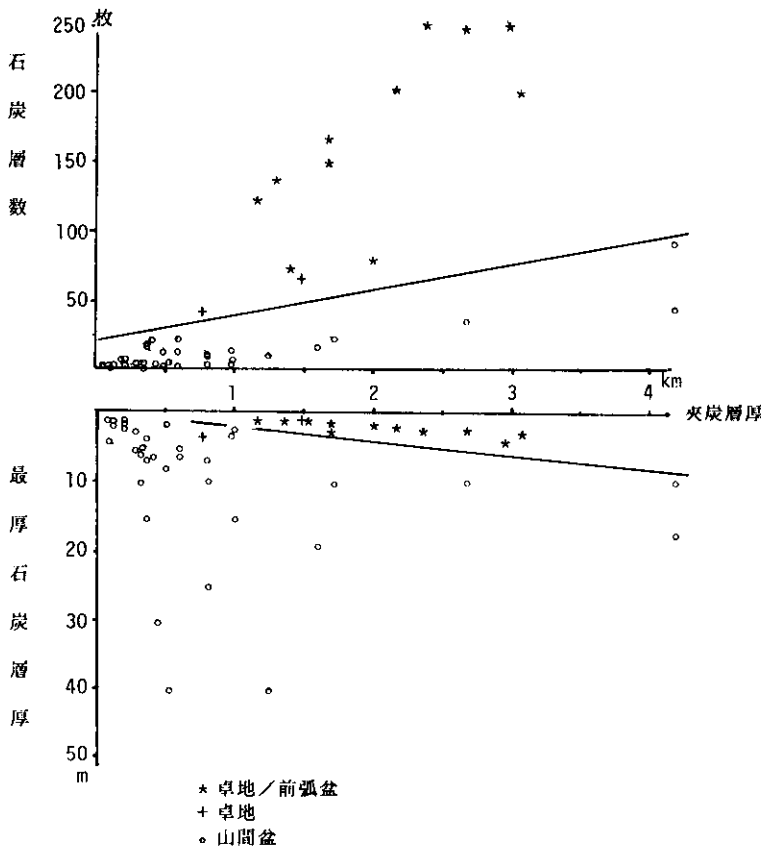
この地域を含めて、広く炭田全域の石炭組織分析を行った柴岡(1955)は、石炭は組織の地域的变化から、石炭組織的に周辺、中心、冠水の三相が分けられ、それが堆積盆の運動と関係があることを見出した。

このようにしてみると、石狩炭田では、炭田形成・発展に関係した構造運動が、資源として

概括的に扱った例(BLESS *et al.* 1981)を第7図に示した。これからも、堆積盆形成に係わった構造的要因が石炭層の変化に影響していたことを理解出来る。

### 3. 石炭層の賦存状態

泥炭の堆積には湿潤・低平な堆積盆が必要であったので、石炭資源は成因的に、層状鉱床をなしている。特に安定地塊やその周辺では、堆積後の沈降も著しくなく、ほぼ水平に、何らの



第7図 ヨーロッパ石炭紀炭層の変化傾向 (BLESS *et al.*, 1981を一部改作)

の石炭層の、量的、質的变化に著しく係わっていたことが解る。質的变化のなかでも、堆積後の続成的変化については、項を改めて述べる。

わが国の石狩炭田の例だけでなく、ヨーロッパの石炭紀の諸炭田の石炭層の厚さの変化を、

変形も受けずに賦存されていることがある。然し、その他の一般的炭田では、沈降・埋没にも、また、上昇にも、構造的変形を蒙っていることが多い。特に、わが国のように、列島全体が変動帯にある場合は、その主要石炭資源の第三紀

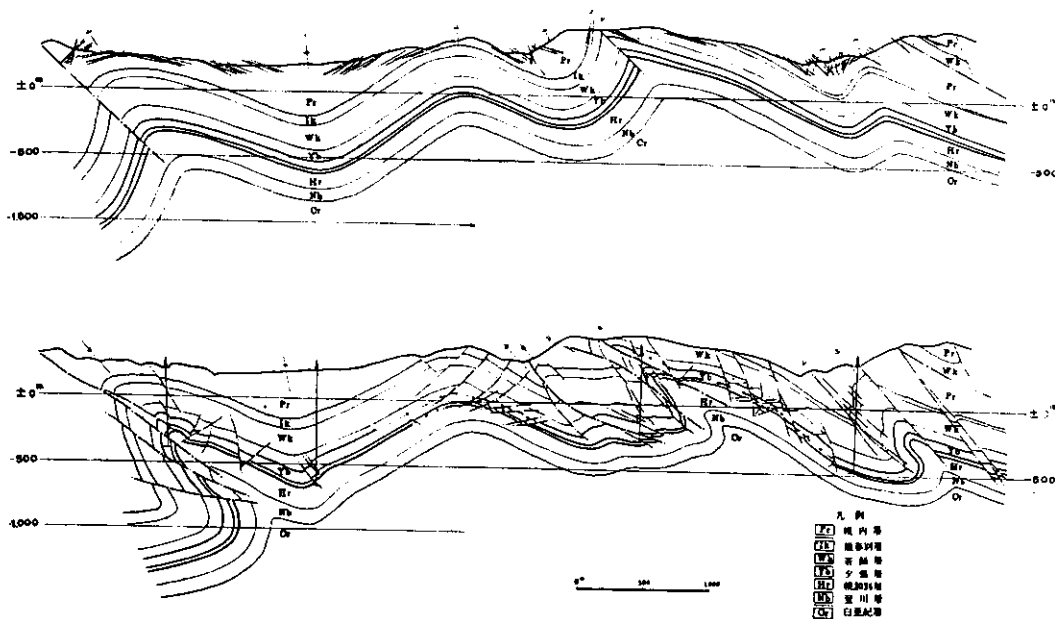
炭田は、幾つかの例外を除き、構造的変形が著しい。

わが国のような変動帯における石炭資源の探査・開発には、石炭層の構造的変形が激しいため、断層・褶曲の解析が恰も石炭地質そのものであるかのような錯覚があった。確かに、複雑な構造を解析し、石炭層の賦存状態を明らかにし、開発に寄与することは重要な貢献である。然し、地質技術者の苦勞が多い複雑な構造であるほど、開発・生産の経費が増しやすく、資源の経済性が低下する傾向があるという皮肉な現象が見られる。こうした矛盾は、石炭資源に限ったことでなく、他の地下資源についても当てはまる学術的関心と経済的評価の相違であるといえよう。

わが国が現在置かれているような経済的背景からすれば、探査の初期段階における構造地質

様な配慮が要求される。

炭田の地表地質調査段階の構造解析には、二等分線法といわれる断面図上の作図法がしばしば用いられる。この手法は、深部への層厚の変化が考慮されていないので、層厚の側方変化が認められる炭田では適用に注意が必要である。このような作図による断面と実際の地質構造相違の程度を、石狩炭田南部の夕張地区の過褶曲地帯における地表精査資料だけによる作図結果と、実際の採掘とボーリング資料による真実の断面との例（下河原，1955）で第8図に示した。これからも解るように、地質構造の複雑な炭田では、地表における精密な地質調査と言えども、その結果がそのままでは、実際の資源開発に対する情報の提供で、この程度の予測に止まるといふことを、謙虚に銘記しなければならない。



第8図 石狩炭田夕張地区の同一断面での地質構造解析度の違い（下河原，1963）

的寄与は資源の開発・生産の経済的価値の高い賦存状況の部分の発見にあると言える。開発が進行した生産段階では、生産の連続性を断つ構造的不連続すなわち、断層・褶曲の予知と、出現時の対策が重視される。更に、鉱山災害に結び付きやすい炭層や岩盤の擾乱についても、同

### III. 石炭資源の質に関するテクトニクスの問題

#### 1. 石炭の質の資源的評価

石炭の性質の評価は、これを利用するそれぞれの立場で、基準が異なるため、一概に構造地

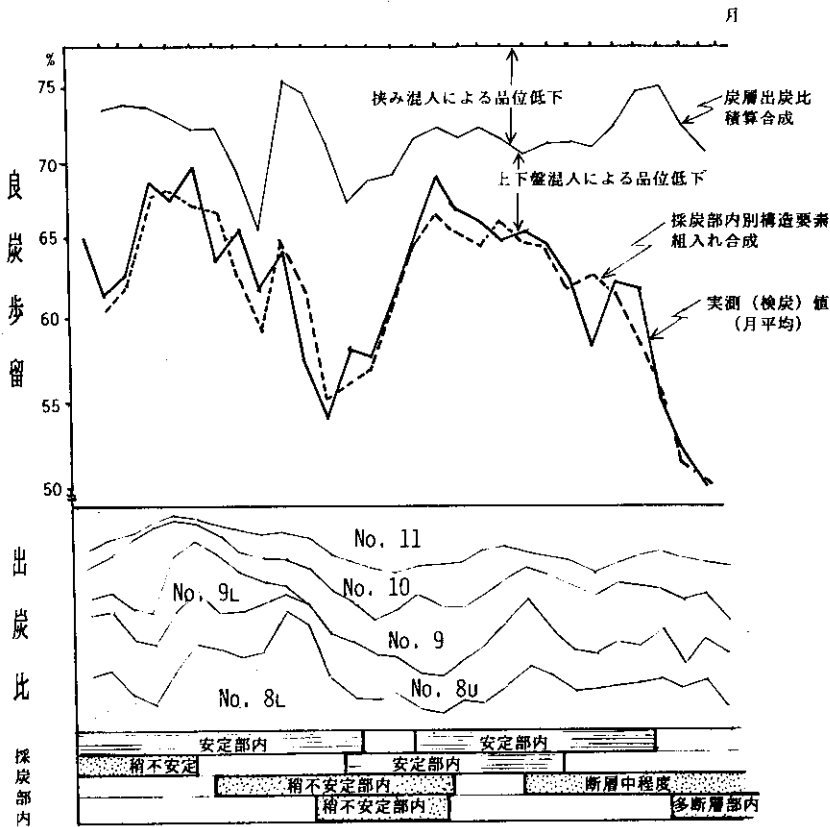
質と関係付けることは困難である。いま、石炭が主に利用されている、エネルギー源と炭素材との両面で、質の問題と構造地質との関係を考察する。

石炭をエネルギー源として利用する場合、主に、発熱量が問題になる。石炭の発熱量は、混入した無機分と、次項で触れる、石炭（純炭）の続成の程度で決まる石炭化度とによって、主に、規制される。石炭中に無機分が混入するのは、採掘対象の石炭層がもともと挟有した挟みと、長壁の切羽の中に微断層が出現したり、上下盤が崩落して混入する岩片が主なものである。これら岩片は、選炭機でかなり除去されるが、切羽から坑外まで経済価値の無い不用品質（ぼた、ずりといわれる）を搬出せねばならないという無駄が生ずる。

切羽の炭壁や選炭機から出た精炭の石炭中には、選炭機でも除去出来ない工業分析の灰分で

示される、微細な無機物が幾らかは混入していて、発熱量を低下させ、石炭の品位（grade）を下げる。この灰分は、古植物に固有のものその他、大部分は泥炭形成時の泥水の流入によるもので、その原因には構造地質的な直接の影響は薄い。

長壁切羽の微断層で出現した岩層の掘削や石炭層上下盤岩層の崩落による岩片の混入で坑口原炭の品位は低下するが、この現象は構造地質的要素が著しく強い。然し、これも、野外地質調査の段階で具体的に推定することは極めて困難で、堆積学的解析と合わせて、微断層出現の可能性と相対的頻度とが推定出来るに止まる。この場合も、予知により対策が可能になるということであって、構造地質的解析によって出炭品位が向上するという性質のものではない。第9図は、ある急傾斜炭坑の長壁式欠口採炭における、各炭層の炭丈比と炭層別出炭比とから推



第9図 石狩炭田美明夾炭層急傾斜長壁採炭の原岩品位と坑内微地質構造との関連性



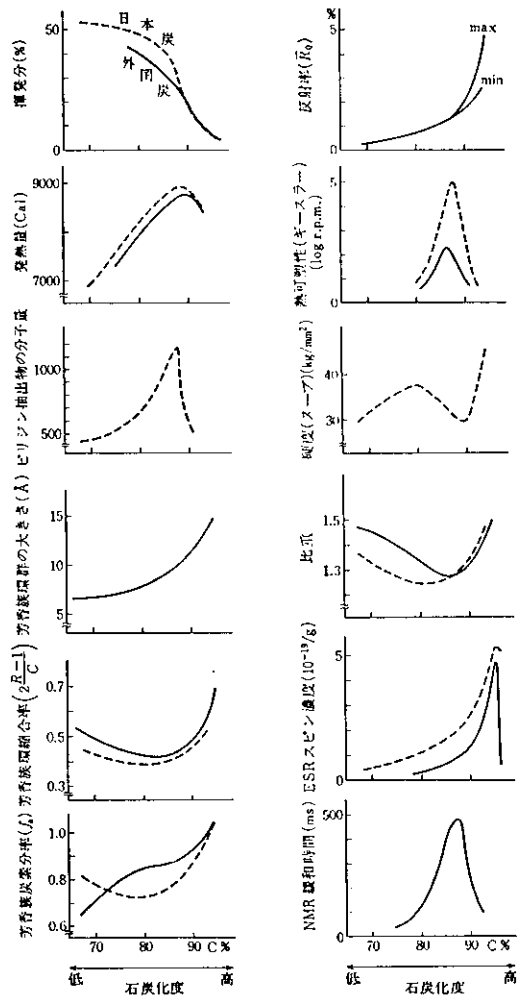
定した出炭原炭灰分と、実際に切羽に現われた微断層を切り込んで混入した岩片のために低下した結果を比較して示したものである。これとでも、採炭方法とか、坑道の展開方法とかの、石炭採掘に係わる工学的要因と関係するので、構造地質学が資源開発に寄与するためには、両者の境界領域を埋める生産現場での実務的対応が必要である。

## 2. 石炭化作用の構造地質的意味

植物の形態が残存する泥炭が埋没し、石炭化作用を受け、次第に変質し、無煙炭に達し、更に石墨化反応を受け最終的に鉱物である石墨にまで変化すると考えられている。其の間、反応が停止した段階で、種々の性質を持った炭質(rank)の石炭資源が形成される。石炭が古植物の種々の部分の macerals の集合体であり、それぞれが独自の石炭化反応を経るので、その構成比と、反応の進行度で、反応生成物の石炭の性質は多様になる。

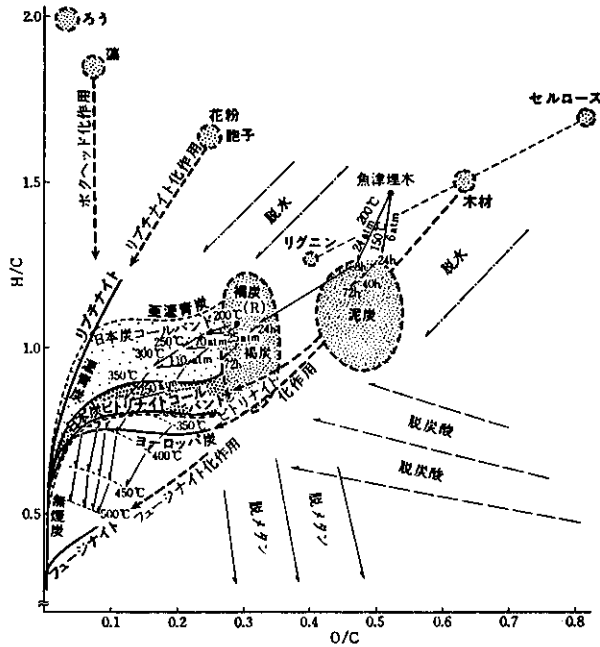
陸植炭はその主成分が材に由来する vitrinite であるので、多くの石炭資源の炭質の変化は、vitrinite の石炭化度ではば規定される。Vitrinite が石炭化反応の進行に従ってC%を増すので、これを一つの指標とし横軸にとり、各種の性質の変化を示すと、第10図のようになる。

石炭化反応を規制する主要因には、反応に係わる温度・圧力・反応時間がある。それら要因が反応にどのように影響したかを、人工石炭化反応実験結果から推定することが可能である。第11図は、幾つかに人工石炭化反応実験結果を要約し元素分析値をH/C : O/C (原子数比)で示す VAN KREVELEN ダイアグラムに表したものである。これから解るように、石炭化反応の初期には、温度の上昇と反応時間の延長は、反応を脱水の方向に進めている。圧力(封圧)の上昇は脱炭酸の方向に作用する。実際には芳香族環数を増し更に複雑な高分子化(重・縮合)反応が進行している。天然の石炭化反応は、これら実験とは比較にならぬ程長い反応時間と、高めの圧力と低めの温度と言った物理的条件下で進行している。石炭化反応の規制要因への構



第10図 石炭の諸性質の石炭化度(vitriniteのC%)による違い(相原, 1979 a)

造地質的影響は、夾炭堆積盆形成・発展における、炭層の埋没・変形経過での被熱履歴に現われていると言える。すなわち、反応温度は、一般的には、その地域の古地温勾配に規制された炭層埋没深度に見合う温度で、その温度に保たれた期間が問題になる。特異な場合として、埋没間における火成岩の貫・選入によるその周辺への付加熱の影響がある。後者は火成活動と関係する構造地質的要因を含むが、前者は地殻熱構造に規制されるので、広義の構造地質的要因



石炭および関連物質の石炭化作用における化学組成を示す H/C:O/C(原子数)図。魚津埋木(塚島, 1960), ライン褐炭(R)(Leibnitzら, 1958)の人工石炭化, および各種石炭化度の日本炭ビトリナイト加熱実験(大沢ら, 1970), などから石炭化における温度, 圧力, 反応時間の化学組成変化におよぼす影響が読みとれる

第11図 H/C : O/C (原子数比) ダイアグラムで示される天然と人工石炭化反応 (相原, 1979 a から引用)

と密接な関係がある。反応温度に達するための深度までの埋没の機構も、構造地質的現象である。夾炭堆積物が反応温度に達した後に構造的変形を蒙ったか、それとも、変形後に被熱したかで、炭田全体の石炭化度のパターンが異なる。

地体構造的に見て、安定した旧地塊では地殻熱流量が低いことが多く、例えばロシア卓地では、上部石炭系炭でも炭質は褐炭の領域(続成段階)に留まっている。逆に、新生代のアルプス造山帯中のわが国の場合では、炭質変化の巾が広く、褐炭から無煙炭まで各種変化に富む、これら構造的影響がわが国の新生代炭の炭質特性をもたらしている事実については後述する。

3. 質的变化と賦存形態変化

前述の様に、ロシア卓地の上部石炭系褐炭は、ほぼ水平に堆積し、殆ど深い埋没もせず高い被熱もせず、全く変形も受けていない。この例からも解るとおり、褐炭や亜瀝青炭といった低石

炭化度炭資源の場合は、概して構造的に安定していることが多い。逆に、低揮発分瀝青炭や無煙炭のような高炭化度炭資源は、しばしば変形を蒙っている。例えば、北米東部の石炭系諸炭田で、安定したイリノイ炭田では高揮発分瀝青炭であるが、東部で褶曲しているペンシルバニア炭田では低揮発分瀝青炭から無煙炭が賦存する。この炭質変化の事実は、従来しばしば、変形をもたらした側圧が石炭化反応を促進させた例に引用されてきた。然し、これは、三疊紀に東部で活発化した火成活動の熱的影響であることが判明している。(DAMBERGER, 1974), 構造形成に関与した側圧が石炭化反応を促進していない最もよい例は、ドイツのルール炭田での等石炭化度線(この場合は等揮発分線)が褶曲と同様に変形している事実(TEICHMÜLLER, 1979)であって、その概況を第12図に示した。

わが国のような変動帯で形成された石炭資源は、夾炭堆積盆形成や堆積過程でも構造運動の

影響を受けており、埋没中の地熱構造も複雑なうえ、その後の上昇過程での変形も著しい。その組合せは最も複雑な部類に入れられる。この様にして、各種地体構造上に形成された夾炭堆積盆が必然的に、ある範囲の性質の石炭資源になる傾向があり、これを第3表にまとめた。

2. 日本炭の石炭岩石学的特性

日本炭の化学的特性は、その石炭岩石学的な性質にも現われており、その特性として、不活性成分に乏しいことが挙げられる。特に、fusinite と micrinite は全くと言えるほど含まれていない。同じ不活性成分でも sclerotinite は肉

地体構造		石炭堆積盆			石炭資源						
		堆積相	堆積物盆地		石炭層				地質構造	石炭化度	
			層厚	形状	分布	枚数	炭厚	変化		炭質	変化
造山帯型	前弧沈降帯	瀬海～沿海	厚	伸長	中	多	薄	多	複雑	低	多
	変動帯内	陸～淡水	薄	小盆～半地溝	狭	少	薄	多		単純～複雑	低
中間型	造山帯側陸棚	沿海	厚	伸長	広	多	厚	中	複雑～単純	高	中
	大陸塊側陸棚	～淡水	～薄	～地溝	～中	～中	～中			低	
剛塊型	安定大陸型	陸水	薄	盆状～半地溝	狭～広	少	中～厚	少	単純	低	少

第3表 炭田の構造地質と諸性質

IV. 日本第三紀特性の構造地質的意味

1. 日本炭の特性

わが国では、数少ない中生代炭田（主に三疊系）を除けば、主要炭田は第三系に偏り、現在稼行の資源もこれに限られる。この第三紀を海外炭と比較すると、幾つかの際立った特徴がある。

まず、化学的特性で、特に瀝青炭段階のものは工業分析の揮発分が高く、元素分析の水素含有比高い。結果的に、熱的性質として、高温乾溜時における流動性が著しく大になる特性を備えている。この特性は、乾溜してコークスを製造するとき、日本炭だけでは発泡による空胞が広がりすぎ、強度の高いコークスにはならない欠点となる。然し、この広い流動温度範囲が軟化・固化温度の異なる各種海外炭を混炭してコークスを造る場合、日本炭は全体を包み込む機能を発揮し、特に、製鉄用コークスの製造には欠かせない。

眼的に葉層理の乏しい“めなし炭”中によく見られるが、その層厚も決して厚いものではない。

これら不活性成分は異常乾燥状態のもとに形成されたものであって、特に、天然木炭の化石である fusinite は、乾燥下の山火事や野火が起きたことを示唆している。逆に、このような不活性成分が殆ど無いことは、泥炭形成時に湿潤環境が保たれ、幾分も乾燥せぬほど速やかに上盤堆積物の被覆が行われたことを意味し、変動帯における夾炭堆積盆形成と堆積の一特性とすることが出来る。

3. 石炭化（続・変成）被熱特性

日本炭の高揮発分・高水素分の化学的特性の原因は、石炭岩石学的特性としての高炭素分・低揮発分の不活性成分が乏しいことにあるかのように見える。然し、陸植炭の主成分である vitrinite で海外炭と比較しても、そのような傾向のあることが判明している（杉村, 1966）。そのことは、同じ材由来の単位成分でも、日本

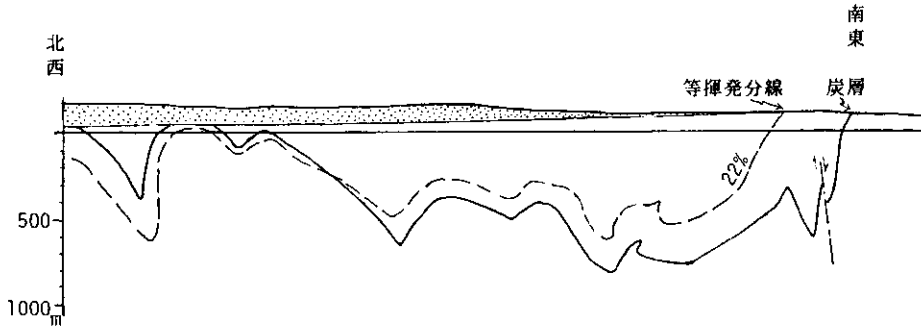
炭の vitrinite が高揮発分・高水素分である原因は、原物質の差にあるのではなく、その埋没後の石炭化反応に何らかの差異があったことによると考えてよい。

石炭化反応が規制する主要因は、反応温度・圧力・反応時間である。それら主要因が反応に及ぼす影響の傾向は、既述の人工石炭化反応実験結果から類推して、自然条件とは全くは同じではないが、ほぼ明らかになっている。天然の石炭化反応で、わが国の第三系炭田と外国炭田との間で差があり、それが vitrinite の化学的な差異をもたらしたとすれば、日本列島第三系炭田内で、反応時間がほぼ等しいが構造的性質

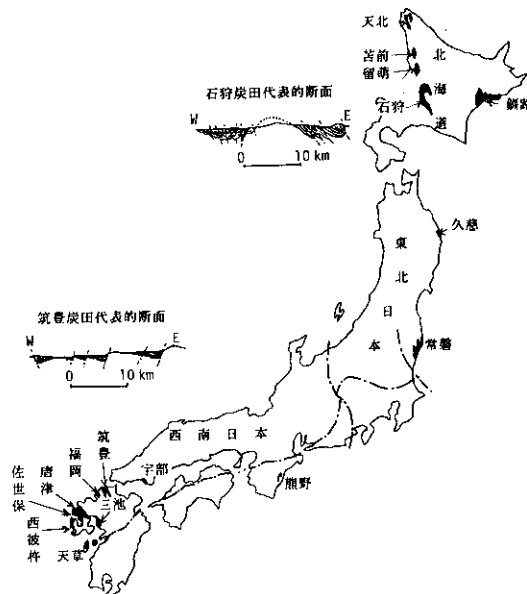
が異なる炭田で、石炭化反応に係わる反応の温度・圧力条件の地質的变化を比較すれば、その影響の差を究明出来るのではないかと予想される。

幸いなことに、日本列島の第三系炭田は、第12図に示すように、東北日本太平洋側と、西南日本内帯（大陸側）という極めて対照的な地体構造上に分布している。いま、前者の代表に石狩炭田を、また、後者の代表に北西九州諸炭田を選び、両者の石炭化反応の進行状況を、炭田形成から被熱の経過で考察してみる。

第13図に示すように、石狩炭田は、堆積盆心が西に移行しつつ厚い堆積物を満たした日高前



第12図 ドイツ、ルール炭田における等石炭化度（等揮発分）線図（TEICHMÜLLER, 1979 を一部改作）

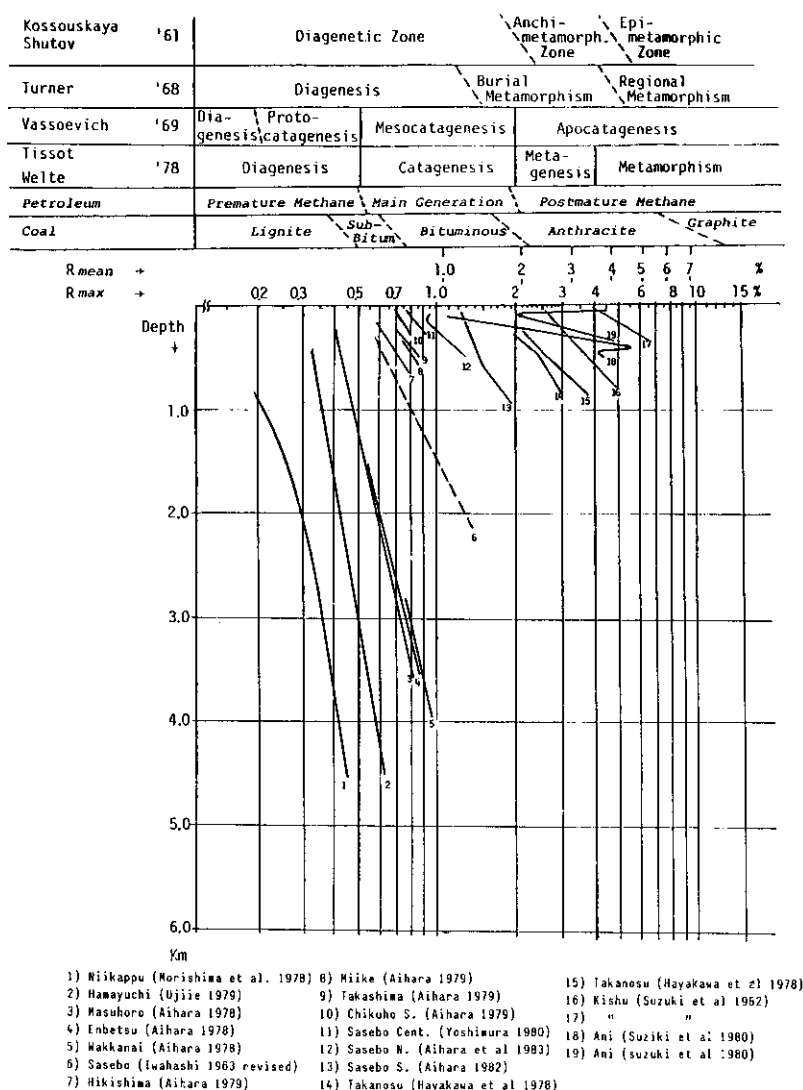


第13図 日本列島炭田分布と主要炭田断面略図

縁沈降帯にあって、東からの側圧を伴う日高造山運動で上昇し、変形を蒙っている。一方北西九州諸炭田には、西南日本弧と琉球弧との会交部内側の展張場で、余り厚くない堆積物が半地溝状の緩やかな構造で分布している。両者における被熱経過を解明する為に、vitriniteの反射率(Ro)の層位的、地域的变化、及び試錐における深度変化を調査した(相原, 1979a, b, 1980, 相原ら, 1980, 1987; AIHARA, 1980a, b, 1985など)。

各種の Ro の変化形態の解析の結果、夾炭及び関連堆積物の堆積・埋没過程における続成作用の進行状態が明らかになった。更に、第14図に示すように、Ro の試錐深度変化に、極めて対照的な Ro 勾配が残されていることが判明し、両者間で Ro を高めた反応温度の深度変化、すなわち、古地温勾配に差のあることを見出せた(相原, AIHARA, 前出)。

第14図から解るように、同一石炭化度(Ro)になるためには、石狩炭田を含む日高前縁沈



第14図 日本列島新生界の vitrinite 反射率 (Ro) の深度変化

降帯では、北西九州諸炭田におけるよりも深かくて静水圧の高い深度まで埋没されなければならなかった。静水圧の等しい或る深度で両者を比較すると、前者ではその深度における古地温が後者よりも低かったため、その石炭化度 (Ro) は、後者よりも低くなる。すなわち、石炭化反応は、前者では相対的に低い温度か高めの圧力条件で、また、後者では相対的に高めの温度か低めの圧力条件で、それぞれ進行したに相違ない。このような差が生じたことは、古地温環境に地域差がなければならなかったことを意味している。

古地温環境の地域差の可能性は、現在の地熱流量の地域差が認められることから、高い確度で推定できる。日本列島周辺の現在の地熱流量の地域的变化は既に地球物理研究者により調査されており、地殻熱構造に関する幾つかのモデルが提出されている (UYEDA, 1972; UYEDA & HORAI, 1964; NAGAO *et al*, 1986; 渡部, 1972; 江原, 1974など)。それらによれば、日本海溝沿いの異常低熱流量域と、フィリッピン海上南海トラフや火山前線内側の光熱流量域とが特徴的である。

現在地表で観測される地殻熱流量は、地質時代を通して地殻深部の熱が伝搬した結果であるので、第三系諸炭田も同様な被熱履歴を持っていると考えてよい。このような観点に立つと、東北日本弧太平洋側に接する石狩炭田では低熱流量域で、低温ないし高圧側での、また、光熱流量域の北西九州諸炭田では、高温ないし低圧側での石炭化反応が、それぞれ進行したとすることが出来る。

東北日本太平洋側と西南日本内帯との諸炭田で対照的被熱履歴を経た石炭化反応が進行したのならば、それらの反応生成物間に何らかの化学的相違があっても当然である。このような観点で諸炭田の vitrinite の元素分析結果を再検討すると第15図のように、前者の分析値は、 $H/C : O/C$  ダイアグラムでやや高 $H/C$ 側に偏っていることが解る。これは、人工石炭化反応での加圧の効果の反応方向に及ぼす影響が、天然の石炭化反応に現われた結果と見てよい。

同じ反応時間内での石炭化反応で、高熱流量域では、埋没深度が浅くても高温側にもたらされるため、石炭分子の側鎖にある低分子の含酸素官能基らは活発に運動・切断し、続成過程の堆積岩中を通して離散し、為に反応生成物は低 $H/C$ 側に偏った。これと対照的に低熱流量域では、同一反応温度に達する為には埋没進度は深くなり、含酸素官能基は石炭分子構造中に残存吸着され、為に高 $H/C$ 側に偏る反応生成物が形成された。

高揮発分瀝青炭を産する石狩炭田では、ガス突出事故が、北西九州の同一石炭化度の諸炭田におけるよりも頻繁に起きていた。これは、高圧下で石炭分子構造中に吸着されつつあった低分子分 (特にメタン) が採掘による急激な減圧で解放された為に放出したため、先の推論を裏付けている。

## V. 結 言

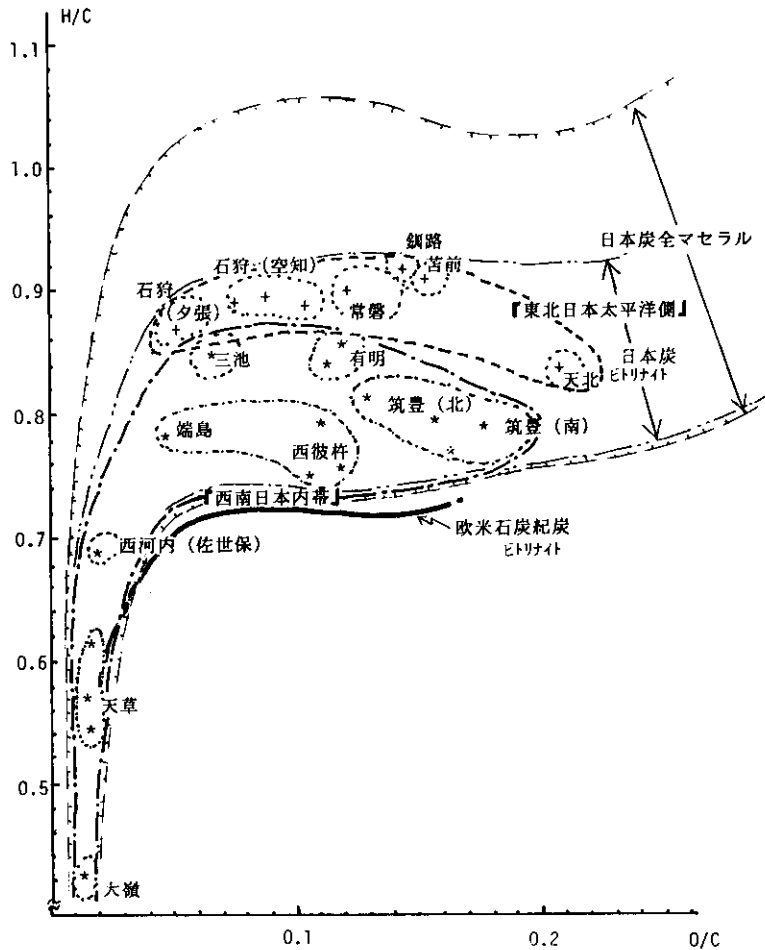
### 1. 石炭資源のテクトニクス的側面

石炭の資源的問題における構造地質的側面に焦点を当てて地質的考察を試みた。結論的に、石炭の資源としての「量」、「質」、「形」の三要素で、古植物起源の有機堆積物の地殻表層部における挙動が構造地質的規制を著しく受けていることを強調出来た。一例として、新生代変動帯に位置するわが国の石炭資源の特性で、構造の側面を炭質が構造形成と熱履歴で地球規模的な地殻熱構造に関与することを挙げた。

石炭資源の評価・開発に対して構造地質的解析・判断が要求される幾つかの課題も示した。また、国内石炭資源の経済的評価が著しく先行するわが国の現状では、その学術的基盤が揺らいでいる現実問題も指摘した。

### 2. 今後の石炭の資源的・地科学的問題

高度の地質的、特に構造地質的解析を要するわが国の石炭資源の経済的評価が低下するのは、それが変動帯にあり、構造的不安定であることに素因がある。このような経済的評価が先行し



第15図 H/C : O/C ダイアグラムに現われた日本炭の特性

続けるならば、石炭資源の探査・評価・開発に構造地質的知識が求められる実務的判断は、経済的採掘に耐え得る資源の発見のみに絞られてしまうであろう。

人類が安全でクリーンなエネルギーを活用できるまでは、今暫らくは化石燃料が利用され続けられるであろう。そして、資源究極埋蔵量と消費量から割り出した寿命は石炭が石油より長く、世界的に再評価されることは確実である。然し、これは、資源保有国の米・中・ソのほか豪・阿両大陸等でのことであり、わが国には当てはまらない。わが国は、より資源消費国の色彩が強くなるが、石炭はエネルギー資源として

だけでなく、地球上で炭素が最も濃集された限られた炭素材資源として利用することを考えるべきであろう。

日本の国内炭資源は、変動帯内にあるための地質構造の複雑さ故に、過去百年の苦難に満ちた開発利用の歴史を経て、且つ、其れに満たない更に苦しい、近い将来にあって、構造複雑な未採掘埋蔵炭量を残して終焉を迎えるであろう。それは、資源保有国で数百年後に起こるはずの現象を、わが国ではわれわれの世代で経験することを意味している。その時代に、構造的に不安定な国土で地質学を行うことは、地球史的経過の生命活動の遺産で非生産性の化石燃料が

現代文明を支えている現実を、地球科学的な認識と体験のうえに強調せねばならぬことに他ならない。

わが国の石炭資源の開発が中止すれば、石炭地質学の必要性も無くなるという誤解と偏見がある。今回は余り触れなかったが、石炭地質学を起点にした有機地質学が今後取り組むべき課題は山積みしている。そのなかには構造地質学と関連の深い問題も多いことを強調しておきたい(例えば、相原ら1987等)。

## 文 献

- 相原安津夫(1966):石狩炭田砂川地区における美唄夾炭層の石炭変化にみられる方向性と相関性に関する鉱山地質的研究. 鉱山地質, 15, 250-260.
- (1979 a):石炭鉱床形成の地球化学. 岩波講座地球科学, 14, 68-81, 岩波書店
- (1979 b):北海道第三系・上部白亜系の有機変成と石油の塾成. 石油技協誌, 44, 124-133.
- (1980):九州内帯新生界有機変成の予察的研究. 九大理研報〔地質〕, 13, 295-305.
- , 中村盛之, 麻生照雄, 峯芒彰吾(1980):石狩炭田における石炭化度変化と有機変成. 鉱山地質, 30, 140-229.
- , 立石勝, 前田純二, 古賀義人, 吉村辰朗, 笠山浩昭, 鮎沢潤, 鶴田勝也, 山田琢哉, 森昭宏(1987):北部九州第三紀炭田続成・埋没被熱の石炭化度調査による解析. 九大理研報〔地質〕15, 103-118.
- , 坂井卓, 靱田学(1987):構造形成における変成・変形情報源としての堆積岩中の個体有機物—九州四万十帯の例—. 日本地質学会94年会講演要旨.
- AIHARA, A. (1980 a): Coalification pattern and organic metamorphism of the Palogene System in the Japanese Islands. *Prof. S. Kanno Mem. Vol. Tsukuba Univ.* 497-501.
- (1980 b): Formation and organic metamorphism of the Paleogene coal deposits in the Japanese Islands. *Ind. Minerale les Techniques*, Juin 307-314.
- (1985): Paleogeothermal influence on organic metamorphism in the Neotectonics of the Japanese Islands. *23rd IASPEI abstr. I*, 311.
- AVERITT, P. (1967): Coal resources of the United States. *Geol. Surv. Bull.*, 1275.
- BLESS, M. J., PAPROTH, E. & WOLF, M. (1981): Interdependence of basin development and coal formation in the west European Carboniferous. *Bull. Centre. Resh. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, 5, 535-553.
- DAMBERGER, H. H. (1974): Coalification pattern of Pennsylvanian basin of the eastern United States. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper*, 135, 53-74.
- 江原幸雄(1974):地殻熱流量からみた北海道及びその周辺地殻上部マントルの熱的性質. 北大理研報, 31, 33-47.
- HETTWEIS, G. B. (1979): World coal resources. *Develop. in Econom. Geology*, 10, pp. 415, Elsevier Sci. Pub. Co.
- HUBBERT, M. K. (1969): Energy resources, in *Resources and Man*, Nat0139' al Acad. Sci., San Francisco, 157-242.
- 松井寛(1962):石狩堆積盆の変遷. 地質雑, 68, 799, 219-233.
- 柴岡道夫(1959):炭層の堆積機構に関する石炭組織学的研究. 北鉱誌, 15, 87-90.
- 下河原寿男(1963):夕張炭田の形成とその地質構造の発展. 石炭地質研究, 5, 244.
- 杉村秀彦, 大沢祥弘, 畑見正男, 佐藤春夫, 本田英昌(1966):組織分析・工業分析・元素分析結果よりみた日本炭, 燃協誌, 45, 199-208.
- TEICHMÜLLER, M. & R. (1979): Diagenesis of coal (coalification), in Lasen & Chilingar (eds.) *Diagenesis in sediments and sedimentary rocks*. 207-246, Elsever Pub. Co.
- 塚島寛(1960):石炭化について. 石炭利用技術会議会議録, A/19, 120-128.
- UYEDA, S. (1974): The crust and upper mantle of the Japanese area. *Earthq. Res. Inst. Tokyo Univ.*
- UYEDA, S. & HORAI, K. (1964): Terrestrial heat flow in Japan. *Jour. Geophys. Res.* 69, 2121-2141.



渡部暉彦 (1972) : 海底地球物理. 東海大出版海洋科学講座

YASUI, M. & WATANBE, T. (1965) : Studies of thermal state of the Earth terrestrial heat flow in Japan sea. *Bull. Earthq. Res Inst. Tokyo Univ.*, 43, 549-569.