分岐などの炭層の初成的堆積構造

—新しい石炭地質学—

村 岡 次 郎*

Splitting and Other Primary Sedimentary Structures of the Coal Beds

—Modern coal geology—

Jiro MURAOKA*

Abstract

Recent coal exploration introduces depositional modeling for interpretation and estimation of morphologic or qualitative changes of the coal beds. Depositional modeling is framed by sedimentary facies of the strata in the coal-bearing formations. Sedimentary facies can be determined from their lithofacies and sedimentary structures as explained previously (Muraoka, 1997). Sedimentary structures which should be studied by the geologists, in charge of exploration, are discussed in this paper. Sedimentary structures comprise primary and secondary ones. Splitting of the coal beds, a typical primary sedimentary structure, is discussed at first due to its importance in coal geology such as its sensitive reflection of subsidence of a basin and deposition of clastics in addition to its critical factor in mining. Furthermore the origin of the coal beds can be discussed based on various features of splitting, and the similarity to Recent peat deposits is concluded.

Splitting is attributed to the following origins: 1) Tilting of a coal basin in an orogenic belt, a) One directional tilting, b) Multi-directional tilting, 2) Migration of delta lobes, 3) The balance between subsidence and supply of clastics in an intermontane lacustrine basin, and 4) Splits that rejoin.

Other primary sedimentary structures such as thinning, rolling, fading-out and silicified wood are briefly discussed.

Key words : primary sedimentary structures, splitting, tilting, migration of delta lobe, intermontane lacustrine basin, splits that rejoin

キーワード : 初成的堆積構造, 分岐, 傾動, デルタローブの遷移, 山間湖成堆積盆, レンズ状のはさみによる分岐

I. はじめに

「石炭資源探査技術の動向」(村岡, 1997)に,
次の手法による探査方法を説明した。

・岩相と堆積構造から地層の堆積相を判定する。

・次に堆積モデルを作り古地理を復元する。
・そして炭層の分布, 形態と質の変化を解明する。

地層の堆積構造については多数の教科書
(Fritzand Moore, 1987 など)が, その応用につ

* コスモ資源コンサルタント株式会社

* COSMO Resources Consultant Co., Ltd.

いては Selley (1978) などが出版されている。石炭資源は1世紀以上前から採掘され、現在世界では地下資源としては最大量の約40億t/年以上が採掘されている。しかし夾炭層の堆積学的な研究が本格化したのは1970年代に入ってからと言える。日本の国内では、世界では特異な造山帯の炭田を開発してきたが、ほとんどの炭鉱が終掘し、貴重な地質データが埋没しかかっている。炭層を含む夾炭層の堆積構造については、むろん研究者の対象である広義の堆積構造もあるが、ここでは探査技術者が探査対象とするものに限る。そして日本の炭田を主として世界の炭層堆積盆と比較し、現象とその成因を考察する。従来炭層の成因について多くの議論があったが、最近の熱帯などの泥炭地の研究は地質時代の泥炭層が炭層に変化したことを結論としている。堆積構造の研究はこの結論の妥当なことを示している。

堆積構造には堆積時に形成された初成的なもの、堆積後に形成された後成的なものがある。まず初成的な炭層の分岐 (splitting 逆方向から見れば合層: coalescing) を論じる。

探査技術者は一枚の炭層を、灰分含有率やマセラルなどの炭質を肉眼判定して、同じ炭質の部分毎に区分する。高灰分の部分は堆積傾斜方向に灰分と厚さが増加し、炭質泥岩 (carbonaceous mudstone) さらには泥岩や砂岩に変化する。これらの非石炭部分が薄い間は、はさみ (parting) として石炭部分と同時に採掘され、選炭処理を行なって排除される。厚くなって (炭層と同時に採掘できるはさみから炭層間の地層になると) 炭層は分岐し、採掘の対象になる石炭部分が薄化して経済的に採掘できなくなる。そのため分岐現象は重要な探査対象である。

分岐の成因について堆積モデルを作成して解明すると、水位の変動が原因であり、その水位の変動は堆積盆の傾動とそれを反映した堆積作用、あるいはデルタの堆積作用がもたらしたものと帰結される。他には沈降量と碎屑物供給量が増加したために起きる分岐がある。

分岐以外の炭層の初成的な堆積構造については、現象と成因についての見解を簡単に述べる。この

中で炭層に含まれる珪化木などについて、石炭の成因と関連して考察する。この報告は村岡 (1966), Muraoka and Yamamoto (1992) に、それ以降の研究成果を加えたものである。

II. 造山帯の炭層の分岐

炭層堆積盆をテクトニクスから分類すれば、日本の古第三系炭田はすべてが造山帯内部の堆積盆に属し、世界の採掘対象になっている炭層堆積盆と比較すると、激しい炭層の分岐が見られる。分岐の原因が水位の変動であったことを論証するために、水深と泥炭地の関係について現世の泥炭地の例 (坂口, 1974) が適用される。現世の泥炭地ではヨシやマコモなどの泥炭を作る抽水植物は水深1~2mの程度まで、浮島を作る植物群は水深3~4mまで成育すると報告されている。むろん地質時代の泥炭層と現世の泥炭層は、泥炭を形成する植物群に差があるので厳密には形成水深に差があろう。また坂口は当時調査の進んでいた高緯度帯の泥炭地を主な対象にしている。ところが最近の研究では、現在採掘されている炭層と低緯度帯に形成された泥炭層の類似が指摘されている (村岡, 1997)。低緯度帯にはすげなどの抽水植物が密生したマーシュ (marsh)、小型の樹木の加わったスワンプ (swamp) および樹木に覆われた泥炭地が広大な面積を占めて分布している。これら低緯度帯の泥炭地はほとんど調査されておらず、浮上しているものも多いので泥炭地と水深の関係は未調査と言える。

このように泥炭地と水深の関係には地質時代と現世の相違、ならびに低緯度帯と高緯度帯の相違がある。しかし炭層の分岐の研究には相対的な水深が問題であるので、現世の泥炭地と水深の関係が適用され、表1の関係が成り立つ。碎屑物層が炭層の中に入って炭層が分岐するのは、沈降が進んで泥炭形成には深くなり過ぎたので、泥炭に代わって碎屑物が堆積した。そして水位が急速に浅くなって再び泥炭の成育が可能になったことを示している。

1) 一方向への炭層の分岐 (図1~4, 9-C)

石狩炭田は北側の空知炭田と南側の夕張炭田に

分かれる。空知炭田南端に位置する旧三菱美唄炭鉱（以降は旧を省略する）の炭層群に、典型的な一方向への分岐が認められる。

〈登川層の炭層の分岐（図1～2，9のC）〉

特に顕著な一方向への分岐は，石狩層群最下部の登川層の炭層群に認められる。登川層（図1）は，三菱美唄炭鉱の最南端では層厚150m，最北端では670mが確認されている。断層群による移動を復元すると，地層が厚くなる堆積傾斜方向はNWである。登川層の主要炭層群はNW方向へ激しく分岐している（図2）。SE端では薄い高灰分

または鱗片状高灰分の石炭部分がNW方向へ徐々に厚くなって炭質泥岩などのはさみになり，やがて泥岩に変化して炭層を分岐させる。さらに砂岩を含むと急激に厚くなる。同時に他の石炭部分もはさみに変化し炭層は多数の薄炭層に分岐して消滅する。各炭層ともに，はさみが連続的にNW方向へ厚くなって炭層の分岐をもたらししている。各炭層が一方向へ分岐する現象は，とりもなおさず堆積盆が周縁部を支点として一方向への傾動を続けた結果，泥炭地はNW側のより沈降して水深が大きくなる沖側までは拡大せず，その代わりに碎屑物が水中デルタを形成して堆積したためと結論される。

〈美唄本層の分岐（図3）〉

登川層の上には，約450～800mの厚さで下から湖成の幌加別層，夾炭層の夕張層と若鍋層夾炭部層，汽水成の若鍋層砂岩部層（200m）が堆積し（図1），その上に美唄層が堆積している。幌加別と若鍋両層に比して夕張層の層厚増加率が大き

表1 水深と炭層の分岐との関係。

水深	浅部(岸側)	深部(沖側)
炭層	厚い炭層	分岐して薄炭層群になる
はさみ	薄い炭層泥岩などの高灰分部分	厚くなって碎屑物層になる

図1 三菱美唄炭鉱（石狩炭田北部の空知炭田南端）と大夕張炭鉱（石狩炭田南部の夕張炭田）の石狩層群下部対比図。

図 2 造山帯の一方方向への分岐。
空知炭田南端、三菱美唄炭鉱の登川層の炭層群。

いのは、夾炭層の堆積期間が湖成層などと比較すると長期にわたったため、傾動の量に差が生じたためであろう。

美唄層基底の美唄本層は、三菱美唄炭鉱では登川層の炭層と同様にNW方向へ分岐している。最北端では堆積傾斜方向1.4kmの分岐が、中央部では約7kmの距離で行なわれている（図3）。北

部は登川層の炭層に似た激しい分岐であるに比して、中央部の分岐は緩やかである。この傾動に差が生じた原因は、SW側の峰延三角帯の運動（坂倉，1954）と、下位の厚い堆積物が影響して中央部に沈降の緩やかな入江を形成していたためであろう。

中央部には、造山帯の炭層堆積盆としては稀な

図 3 造山帯の一方方向への分岐が、下位の厚い堆積物や局地的なテクトニクスで変形した例・その 1.

次のような現象が観察された。

・沿岸砂州 (barrier sand bar)

NW 端では、分岐した本層の下部が汽水棲化石を含む淘汰の良い石英質亜角粗粒砂岩層にアバットしている (図 3)。この砂岩層は、沿岸に堆積して波浪や沿岸流の淘汰を受けた沿岸砂州堆積物と判定される。同様な砂層は米国西部の炭層堆積盆に顕著に発達し、夾炭層と海成層の分布を境しているのが知られている (Frazier and Osanik, 1969)。

・洗掘 (washout)

洗掘は後成的な堆積構造であるために別稿に述べ、炭層の成因を示す証拠についてのみ述べる。はさみ I が厚くなって上炭 (採掘対象炭層の上に分布する薄炭層) が分岐した位置で、幅 10 m にわたってはさみ I が洗掘され、本来上位に堆積した凝灰質細粒砂岩に置換されている。上炭はこの

区間では、その直下が洗掘されているにもかかわらず、波うちながらも連続している。この現象は泥炭層は柔軟ではあるが削剥に抵抗する強いマット状の組織を有しその末端は浮上していたことを示す。浮上泥炭地は現世の泥炭地ではゆるぎの田代 (坂口, 1974) と呼ばれている。現世の泥炭地は Sphagnum/Sedge が主体のマーシュやスワンプからなり (Cohen, 1984; Styán and Bustin, 1984), 植物が絡み合ってマット状組織を形成すると報告されている。石炭の成因について定説になっていた、大型の樹木が倒れて累積して石炭化したとの説 (Teichmüller, 1989 など) はマット状組織が考えられないので疑問視される。

・はさみの肥厚部の偏在

北部では、はさみは一方方向へ連続的に厚くならずレンズ状を呈し、最も厚い部分は上位のはさみほど SE 側に移動している。この現象は次に述べ

図 4 造山帯の一方方向への分岐が、下位の厚い堆積物や局地的なテクトニクスで変形した例・その 2。
空白部は無堆積。

る美唄上層の分岐と似ており、次の理由が考えられる。傾動による沈降は沖から徐々に堆積盆周縁へおよんだ。沈降量が大きいと泥炭は発達できずに碎屑物が岸側から埋め立て堆積した。その上に堆積した泥炭層は下位の碎屑物が水位まで堆積していない沖側へもおよび、末端は浮上していた。したがってのはさみはレンズ状になり肥厚部が岸側に偏在する現象が生じた。

以上の現象から美唄本層の堆積状況は以下のように推定される。造山帯の隆起する陸地と、若鍋層を堆積させた汽水湖が接する場所に入江が形成されて泥炭地になった。そのNW端の汽水湖との境界は沿岸流や波浪が形成した砂州であった。北部は傾動が著しいために水深の浅い範囲は狭く、泥炭地入江の末端になった。NW側では沈降量が泥炭生成の限界を超えると、代わりに碎屑物が堆積して炭層に分岐をもたらした。末期になると汽水湖は淡水湖に変わったが、依然沿岸流と波浪が泥炭地の末端を洗掘し、泥炭地の末端では泥炭層

は完全に浮上していた。やがて全域が沈降すると同時に火山灰が降下して泥炭の生成が止み、広く凝灰質砂岩が堆積した。泥炭地の末端部では、浮上している上炭の下有空隙に、本来上位に堆積した凝灰質砂岩が押し込まれて充填された。

〈美唄上層の分岐 (図4)〉

美唄本層の上位には上層と呼ばれる炭層群が堆積している。これらの炭層群はSE端ではすべて合層して一炭層になっている。NW方向に向かうと、はさみが厚くなり炭層は分岐していく。しかしはさみの厚さは連続的にNW方向へ厚くならず肥厚帯がSE端の分岐開始点に偏在している。この肥厚帯は上位ほど偏在位置がSEに向かって移動している。この現象は美唄本層北部のはさみの偏在と類似しているが、むしろ碎屑岩が沿岸流によって岸近くに堆積したためであろう。

上層は高灰分炭の部分と、はさみが多い縞状の炭層が特徴である。ただし直下のはさみの肥厚帯の周囲では合層と低灰分化が見られる。これらの

図 5 造山帯の多方向への分岐・その 1.
大夕張（大夕張炭鉱と南大夕張炭鉱）の夕張層の本層（Main Coal）と下層（Lo. Coal）の分岐。

現象は次の堆積環境を示唆する。上層の堆積時には河川の活動が活発化し、泥炭地には常時酸素や栄養を含む水が碎屑物を伴って流入したために、泥炭の分解が促進されてプランナー型泥炭地を維持し、低灰分石炭になるドーム型泥炭地には転化しなかった。堆積盆周縁では碎屑物が偏在して堆積し、その周囲のみが泥炭発達に良好な環境となった。登川層の炭層群が一方方向へ向かって激しく分岐するのと比較して、美唄層の炭層は基本的には同じ方向へ分岐するが局所的な変化が現われて来る。その原因は下位の厚い堆積物と局地的なテクトニクスの影響を受けた結果であろう。そして洗掘等の傾動の穏やかな堆積盆に特徴的な現象も生じたのであろう。

2) 多方向への炭層の分岐（図1, 5, 9-D）

夕張炭田の大夕張と南大夕張炭鉱では、炭層のはさみが下位のものは北側に、上位の2枚は南側に向かって厚くなる（図5）。これは傾動がシーソーのように交代し、最初は北側が次は南側が沈降した結果と考える。美唄では一方方向への傾動が顕著

であったのに比して、大夕張ではむしろ炭層堆積盆は比較的安定したテクトニクスの下にシーソー型の傾動があり、厚い炭層が薄い夾炭層中に堆積したのであろう。これと全く同じような分岐が高島炭田にも認められる（図6）。18尺層と新5尺層の間の地層はS方向へ急激に薄くなつてはさみと化し、炭層は合層する。上位のゴマ層とバント層の間の地層は逆にN方向へ薄化する。いずれの場合も炭層間の地層の薄化位置を支点にしてシーソーのように傾動方向が逆転したためと考える。

III. 造山帯以外の炭層の分岐

世界の石炭が採掘されている炭層堆積盆は、ほとんどが造山帯に接するクラトン縁辺部（backarc basin）、クラトン内部のレトロアーク堆積盆（ret-roarc basin）、あるいは地溝などの山間堆積盆（intermontane basin）に形成されている。これらの炭層堆積盆にも炭層の分岐が認められ、重要な探査対象になっている。造山帯の炭田でも、傾動が鎮静した場合には、同様な分岐が

図 6 造山帯の多方向への分岐・その 2.
高島炭田 (高島と端島炭鉱), 端島炭層の炭層群の分岐。

認められる場合がある。

1) デルタローブ (Delta lobe) の遷移による炭層の分岐 (図 7, 8, 9-A)

分岐の原因は、造山帯と異なって沈降が極めて緩慢であったために、デルタがプログラデートする際の堆積作用に帰結される。現世のデルタの研究 (Coleman and Prior, 1980) によれば、河川が海や湖などに流入する場所では河川は流れ易い勾配の得られるルートを選択し、水と共に碎屑物を運搬・堆積させてデルタローブを形成する。やがて堆積が進んで河川の勾配が減少すると、河川は新しいルートを選択してそこに新しいローブを形成する。旧ローブは放棄されて泥炭地に変化する (Frazier and Ozanik, 1969)。アパラシア堆積盆 (Horne *et al.*, 1978) ならびに米国西部堆積盆 (Lawrence, 1982) の研究は、いずれも炭層がデルタローブで堆積した事実を明らかにしている。デルタローブに堆積した炭層に特有の分岐を図 7 に示す。これらの炭層はアパラシア堆積盆の中部ペンシルヴァニア統下部のカナワ層中部に含まれる。アパラシア堆積盆は造山帯の NW 側に位

置し、造山帯から流下する河川群が内海沿岸にデルタを形成した堆積環境であった (Donaldson *et al.*, 1985)。この炭層の分岐と合層を検討すると炭層の分岐と合層、すなわちはさみの薄化と肥厚は、水平方向にも垂直方向にも交互に繰り返している (図 9-A)。このように分岐と合層が交互に繰り返す現象は造山帯のシーソー型の傾動と似ているが、アパラシアの場合ははさみが厚くなって碎屑物層になっても 30 m 程度を超えない。さらにその先では再び薄化してレンズ状の断面をなす。このようにレンズ状の碎屑物層が交互に堆積して堆積盆を埋め立てる現象は現世のデルタローブの堆積形態と一致する。したがってこのようなレンズ状の碎屑物層の遷移によって形成された炭層の分岐をデルタローブ遷移型とする。

アパラシア堆積盆の露天採掘では、分岐した薄い炭層でも下位に厚い炭層があれば採掘対象になる。坑内採掘では、普通炭層の厚さ 1.0~0.8 m 以上が採掘可能なので、分岐して薄化した炭層は採掘できない。そのため各炭層の合層部分を探索しなければならない。

図 7 デルタローブの遷移による炭層の分岐・その 1.
米国, アパラシア堆積盆, ウェストヴァージニア州, カナワ層中部の炭層.

図 8 デルタローブの遷移による炭層の分岐・その 2.
カナダ, アルバータ州, アウターフットヒルズ.

同様にデルタローブの遷移による分岐と考えられる, カナダのロッキー山脈アウターフットヒルズに形成された白亜系～第三系の炭層堆積盆の例を図8に示す。これらの炭層群は第三系の基底とされている。炭層部分1の下位のはさみⅡは北方

へ厚くなり, 逆に5と6の間のはさみⅢは南方へ厚くなる。ここでもシーソー型の分岐・合層をしている。図8は堆積走向方向の堆積モデルであり, 非常に規模の大きいデルタローブの遷移の例である。南側には放棄流路 (abandoned distributary

図 9 原因別に分けた炭層分岐の概念図。

channel) 堆積物が認められた。この流路はほぼ堆積傾斜方向へ延びている。

2) 山間堆積盆の炭層の分岐 (図 9-E)

山間堆積盆には造山帯内部と、クラトン内部の地溝に堆積したものとがある。両者は一般に湖成層からなり、地質構造は異なるが炭層の堆積が沈降と周囲からの碎屑物の供給に支配されている点では等しい。ただしクラトンが大規模に撓んで形成された堆積盆 (retroarc basin) は含めない。最近、中国では山間堆積盆の探査・開発が進み、韓・楊 (1980), Li *et al.* (1984), 李 (1988) などの優れた研究が公表されている。

山間堆積盆は、碎屑物供給量と沈降量の差によ

って炭層の堆積形態に差が生じる。

・碎屑物の供給量が乏しいと巨厚炭層 (たとえば、撫順炭田では厚さ 200 m) が堆積し、水深が増加すると炭層に代わってオイルシェールや粘土岩が堆積した。

・碎屑物供給量が多いと、扇状地のモラッセ相が卓越して炭層はその周囲に限って堆積している (NEDO, 1996)。

・適度に碎屑物が供給されると炭層は碎屑物がデルタを形成して堆積した上に発達し、堆積盆の周縁に向かって、ある場合には堆積盆の中心に向かって多数の薄炭層に分岐する (図 9-E)。周縁部では礫岩層が炭層と指交し、分岐した炭層は押し曲げられながらも連続している。中国の阜新炭鉱では巨礫層が炭層と接している (Li *et al.*, 1984)。極めて静穏な環境で堆積した泥炭と、逆に強い水流で堆積した巨礫が共存する環境は次のように考える。

- 泥炭地の末端は直接扇状地に接していた。
- 扇状地には、洪水期に小型の河川によって巨礫を含む碎屑物が供給された。
- その際泥炭層の端は水流で煽られ、隙間に礫が侵入した。巨礫は泥炭層中に捕獲されたが、より細かい砂礫は泥炭層の隙間を通り泥炭層の下に流れ込んだのであろう。

炭層堆積盆の中心に向かって炭層が安定して連続している例もあるが、大型の堆積盆では細かく分岐して泥岩と指交している例が多い。これは、沈降が速いため水深が大きくなった所は泥炭地が発達できなくなり、細粒碎屑物が堆積したためで、傾動によって分岐する例と等しい。

3) レンズ状のはさみによる分岐 (図 9-B)

最初に炭層の分岐について報告したのは、おそらく Raistrick and Marshall (1939) であろう。彼等は英国の炭鉱で、採掘中の炭層の中に突然はさみが入り炭層は急激に分岐するが、やがてはさみはレンズ状に収束する現象 (図 9-B) を “splits that rejoin” と称した。同様な現象は美唄上層の No. 2 層でも認められる (図 4)。この現象は次のように説明される。普通泥炭が堆積する期間は平穏な環境であるが、プラナー型泥炭地では小規模

な洪水の際に一時的な河川が泥炭地の上に流れて川床の泥炭を削剥しつつ碎屑物を堆積させた。その結果、炭層は分岐した。事実ドーム型泥炭に由来すると考えられる厚い低灰分の炭層や、激しい傾動のために分岐した炭層にはこの分岐の例が少ない。河川が碎屑物を多く含まないで流れた場合には、放棄流路堆積物が削剥跡を充填している(図8)。その堆積物は基底に薄い砂岩を含むが、ほとんどが炭質物を含む泥岩からなり、貝介化石が密集しているものがある。

碎屑物が泥炭層中にレンズ状に入ると、以降の圧密と続成作用を経て、はさみの入っている部分の炭層は図9-Bのように異常に厚くなる。この現象は砂岩と石炭との間に著しい圧密の差があったことを現わしている。

IV. その他の炭層の初成的堆積構造

分岐と同様に、炭層の形態に変化を与える初成的堆積構造には次のようなものがある。しかし分岐と比較すると、局地的な現象なので簡単に述べる。

1) 炭層薄化 (thinning, pinching ほか)

炭層には分岐以外にも次の薄化現象がある。

〈堆積盆周縁部の薄化と分岐〉

図2のL. No. 6とL. No. 11, 図5の本層のSE端に炭層の急激な薄化が認められる。堆積盆の末端では沈降量が少なく泥炭地は常に曝気され、酸化と分解が進んで泥炭の堆積が阻害された結果であろう。

〈帯状の薄化帯 (rolling)〉

炭層の薄化が帯状に連続する炭層がある。薄化帯に入ると炭層は急激に薄化するが、それを通過すると元へ戻る。基盤が浅く潜丘として影響した例(江口・庄司, 1955), および炭層の直下に粗粒砂岩層が分布している例(図4の美唄上層および米国のアラバマ州やテネシー州で採掘されているアパラシヤ堆積盆最下位のボカホントス層の炭層)がある。いずれの例でも炭層の堆積時に他の区域よりも沈降しなかったため、過度に曝気されて泥炭の堆積が阻害された、あるいは泥炭の分解が進んだためと考えられる。この粗粒砂岩帯はデ

ルタローブが泥炭地化する直前に、小規模の洪水が発生して自然堤防や流路に堆積させたもの、あるいは沿岸流などによる沿岸砂州に堆積させたものであろう。流路とされる粗粒砂岩帯は一カ所に限らず頻発する傾向があり、河川が平行して流れた跡を示す。

2) 堆積盆周縁の高灰分化 (fading-out)

炭層が堆積盆の周縁に接近する位置では、上述の薄化に加え特定の石炭部分の灰分が増加し、はさみと化す現象がある。この例は図2のL. No. 6とL. No. 11に顕著に認められた。これも曝気による泥炭の分解と周縁の陸地からの泥の混入が激しかったためと考えられる。またL. No. 11のSE側に見られるような砂の流入による分岐がある。これは周縁部に固有の分岐であり山間湖成堆積盆と同様な小規模河川の洪水時の流入であろう。

3) 珪化木と松岩

炭層の特定部分に限って、珪化し年輪の明瞭な珪化木や、松岩と呼ばれる年輪が認められない大塊が含まれることがある。これらは堅硬であるために採掘時に切削の障害となり、また運搬時に高所のベルトから落下して危険を招く。炭層の特定部分に珪酸が集中するのは次のように解釈される。泥炭は植物がマット状に集積したものからなり、地中に埋没されて物理的、生・地化学的な変化(石炭化作用)を受けて石炭に変化する。そのマット状の泥炭の中に、植物の根や幹などの既に固化している大型のものが含まれていると、周囲の泥炭の石炭化作用から取り残されて地下水の通路となり珪酸が沈着する。このことは現世の泥炭地でも埋没した樹木が水の通路になっている例から判断される(坂口, 1974)。もしも炭層の源が大型樹木の集積であれば特殊な樹木のみが石炭化作用から取り残されたことになり、特定の炭層の特定の部分のみに分布することは説明できない。むしろ泥炭流(坂口, 1974: 洪水時に上流の泥炭地が洗掘され泥炭は下流に運搬される)などに伴って倒木が運搬され、下流の泥炭地に捕捉された結果、特定の炭層部分にのみ集中したと考える方が合理的であろう。欧米の炭鉱にはこれと類似したkettle bottomと呼ばれるものがある。珪化した

大型の樹根が炭層の上に直立しており、その下を採掘した際に落下して事故を招く。低緯度帯の泥炭地には大型樹木に覆われているものがある。このような泥炭層が炭層に変化すれば、炭層の上のみ樹根が残存している理由を説明できる。日本の炭田に記載されていないのは、造山帯の急速な沈降・埋没の環境であったため泥炭地が大型の樹木に覆われるほど永続しなかったためであろう。

V. ま と め

炭層の分岐は、初成的堆積構造の中で最も重要な探査対象であり、また地質時代の泥炭層が炭層に変化したことの論拠、ならびに泥炭地の水位と碎屑物供給量の変化の関係を示している。

炭層の分岐は、泥炭の堆積中に水深が増加して泥炭形成の限界を超えると、代わりに碎屑物が水位近くまで堆積し、再び泥炭形成が行なわれたことを示す現象である。水位に関係なく碎屑物の供給が一時的に増加して生じる場合もある。

炭層の分岐は、造山帯では傾動によって起き、傾動が一方の場合と多方向の場合がある。バックアークやレトロアークの大型炭層堆積盆では、デルタロープの遷移が主要な原因である。また一時的な河川流がもたらすレンズ状のはさみによるものもある。山間堆積盆では碎屑物の供給量の増加と水位上昇（沈降）が原因になっている。

他の初成的堆積構造は、泥炭堆積の場の水位と碎屑物の供給が原因になっている。珪化木などは大型の樹幹などが泥炭に混入し、泥炭と軌を一にした石炭化作用を受けなかったため、地下水の通路となって形成されたのであろう。

謝 辞

筆者が1960年代に旧三菱美唄炭鉱に勤務していた際、炭層の変化の原因を解明して探査に役立てようとしたのが堆積構造の研究の発端になった。それには故坂倉勝彦博士、故朱智智介、故関 武夫、故山本栄一、故小倉乙郎、工藤永悦の諸氏にご指導ならびにご協力をいただいた。また故津田禾粒博士、糸魚川淳二博士、小黒譲司、品川洋之助、H. D. Kindの各氏には堆積学の黎明期に指導していただいた。中添 亮博士と山本文博氏には

原稿を検討していただいた。あつく感謝の意を表す。

文 献

- Cohen, A.D. (1984): The Okefenokee Swamp: A lowsulphur end-member of a shoreline-related depositional model for coastal plain coals. *Spec. Publs int. Ass. Sediment*, **7**, 31-240.
- Coleman, J.M. and Prior, B. (1980): *Deltaic sand bodies*. AAPG, Education Course Note Series #15, 71 p.
- Donaldson, A.C. Renton, J.J. and Presley, W. (1985): Pennsylvanian deposystems and paleoclimates of the Appalachians. *Int. J. Coal Geol.*, **5**, 167-193.
- 江口元起・庄司力偉 (1955): 常磐炭田における基盤の形態と炭層の発達状況との関係について. 坂倉勝彦 (1964): 石炭地質学. 技術書院, 415 p.
- Frazier, D.E. and Osanik, A. (1969): Recent peat deposits in Stratigraphy and tectonics of western coals. Weimer, J. (1976): *Geology of Rocky Mountain coal*. Colo. Geol. Survey Resources Ser., **1**, 9-27.
- 韓 德馨・楊 起編 (1980): 中国煤田地質学下册. 煤炭工業出版社, 15 p.
- Fritz, W.J. and Moore, W.J. (1987): *Basics of physical stratigraphy and sedimentology*. John Wiley & Sons, 371 p.
- Horne, J.C., Ferm, J.C., Cruccio, T. and Baganz, B.P. (1978): Depositional models in coal exploration and mine planning in Appalachian/Basin. *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **62**, 2379-2411.
- Lawrence, D.T. (1982): Influence of transgressive-regressive pulses on coal-bearing strata of the Upper Cretaceous Adaville Formation. *Utah Geol. Mineral Survey, Bull.*, **118**, 32-49.
- Li, S., Li, B., Yang, S., Huang, J. and Li, Z. (1984): Sedimentation and tectonic evolution of Late Mesozoic faulted coal basins in north-eastern China. *Spec. Publs int. Ass. Sediment.*, **7**, 387-406.
- 李 思田編 (1988): 断陷盆地分析で煤聚積規律. 地質出版社. 367 p.
- 村岡次郎 (1966): 美唄炭鉱付近の美唄層の炭層堆積について. 鉱山地質学会研究討論会資料, 1-6.
- 村岡次郎 (1997): 石炭資源探査技術の動向—新しい石炭地質学—. 地学雑誌, **106**, 1-9.
- Muraoka, J. and Yamamoto, F. (1992): Splitting of the coal seams. *Abst. 29th Int. Geol. Cong.*, **3**, 826.
- NEDO (1996): *Interim report on second stage-semi-detailed exploration of the central Sarawak coal exploration project*. 12-20.
- Raistrick, A. and Marshall, C.E. (1939): *The*

- nature and origin of coal and coal seams.*
The English Univ. Press, London, 282 p.
- 坂口 豊 (1974): 泥炭地の地学. 東京大学出版会, 329 p.
- 坂倉勝彦 (1954): 石狩炭田の造構造史について (1).
鉱山地質, 4, 170-177; 229-240.
- Selley, R.C. (1978): *Ancient sedimentary environments. Second edition.* Chapman and Hall, London, 287 p.
- Styan, W.B. and Bustin, R. (1984): Sedimentology of Fraser delta peat deposits: A modern analogue for some deltaic coals. *Spec. Publs int. Ass. Sediment.*, 7, 241-271.
- Teichmüller, M. (1989): The genesis of coal from the viewpoint of coal petrology. *Int. J. Coal Geol.*, 12, 1-87.

(1996 年 12 月 27 日受付, 1997 年 4 月 21 日受理)