

丹波山地のマンガン鉱床

日下部 吉彦 (京大工学部資源工学教室)

まえがき

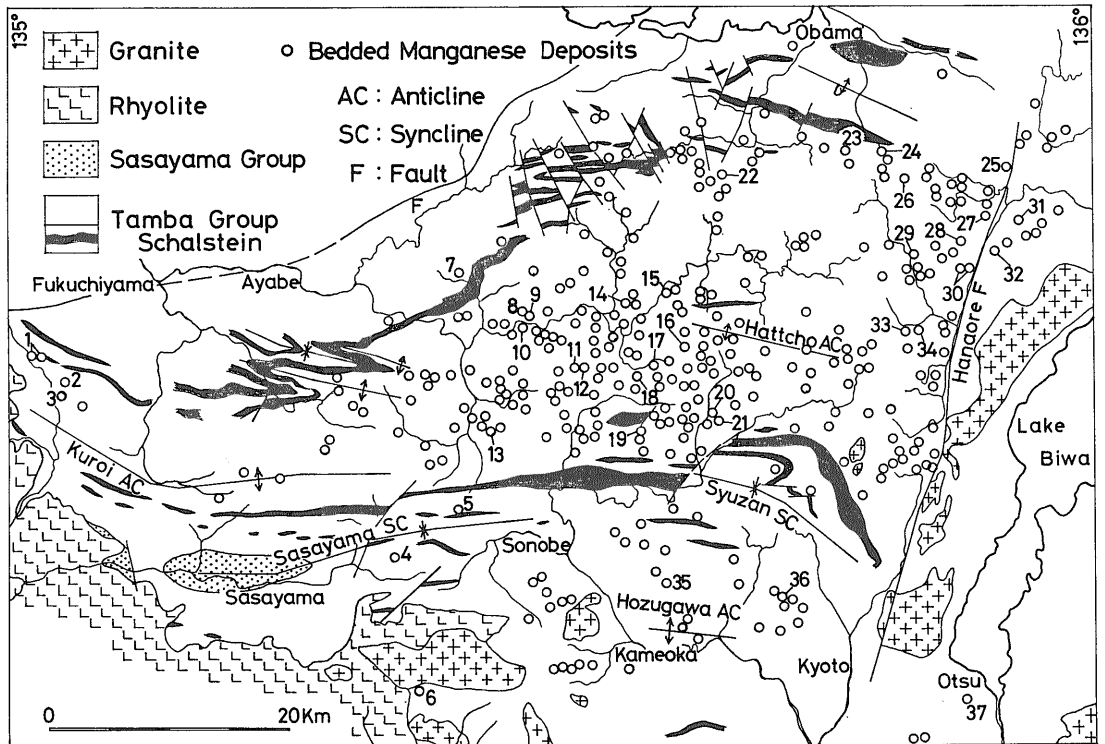
丹波山地とは その呼称からは範囲を丹波の国に限るのが妥当であろうが ここでは若狭 近江 山城などの隣接地域もその範囲内に含めて取扱うことにする。

丹波山地の古生層中には多数のマンガン鉱床が胚胎しており 今までに開発稼行された鉱床の総数は300近くに達する。これらの鉱床からは優良なマンガン鉱を産出したが とくにこの地域からの二酸化マンガン鉱は電池性能が優れていたために 丹波マンガンとして有名になり ヨーロッパなどにも輸出されて その名は海外にまで知られていた。

筆者がマンガン鉱床に親しみはじめた昭和35年頃には出鉱の大部分が金属マンガンと称せられる炭酸・珪酸マンガン鉱で占められていたが 丹波山地の各所で採掘が

行なわれていた。昭和40年代の前半から埋蔵鉱量の枯渇とともに丹波のマンガン鉱業は次第に衰退し 現在では僅かに2 3の鉱床が稼行されているだけで 往時の面影はもはや何処にも見当たらない。今後新鉱床が発見される可能性も少なく 資源としての価値は失われてしまったが これらのマンガン鉱床は 非~弱変成古生層中の層状鉱床であるために 研究対象としての価値は少なくない。

丹波山地のマンガン鉱床についてはすでに吉村豊文による総括的な報告 国内鉄鋼原料調査の報告などがあるほか 最近では日本地方鉱床誌近畿地方における詳細な記載がある。本稿では主として筆者の知見に基づいて産状 鉱床の母岩 鉱床の特徴などについて述べてみたい。



第1図 丹波山地のマンガン鉱床分布図 1:宝珠 2:幸世 3:伊佐口 4:福住 5:吉富 6:豊能 7:城ヶ谷 8:奥山 9:由利山 10:向山栗谷 11:弥谷 12:玉岩 13:小屋の谷 14:丸鬼谷 15:荒倉 16:深見 17:日の本 18:道興谷 19:生畑 20:新大谷 21:源大谷 22:横谷 23:中畑 24:百里 25:熊川 26:熊畑 27:第二主有谷 28:主有谷 29:平良 30:天岩 31:御宮前 32:大野 33:宮の町 34:第二町居 35:原 36:吉兆 37:別保・焼野

丹波地帯の古生層

丹波地帯という名称は松下進（1950）によつて提唱された。普通 丹波地帯といえは舞鶴地帯 領家地帯および花折断層によつて囲まれた地域を指すことが多い。丹波山地はこの丹波地帯の中央主部を占めている。

丹波地帯古生界の研究は1960年代になつて著しく進展した。これは坂口重雄や丹波地帯研究グループの精力的な調査に負うところが頗る大きく 坂口重雄（1961）は丹波地帯の古生層を丹波層群と命名した。これまでに明らかにされた丹波層群の層序・構造はあらまし次のようである。

丹波層群は主として泥質岩 砂岩 チャートおよびシヤールスタイン（塩基性溶岩および火山砕屑岩）などからなり シヤールスタイン中 ときには泥質岩中には石灰岩の小レンズ状岩体が含まれている。これらの石灰岩レンズからは紡錘虫 さんごなどの化石が産出する。これらの化石は二疊紀の前期から中期の範囲のものであり 含化石層群の地質時代は二疊紀前期から中期にわたるものと考えられる。含化石層群の上位には砂岩の優勢な地層が発達し 下位には泥質岩およびチャートからなる地層が続く。化石による直接的な証拠はないが前者は上部二疊系 後者は下部二疊系～上部石炭系と推測されている。丹波層群を上・中・下部の3累層に区分した場合 下部累層は厚いチャート層と泥質岩 中部累層はシヤールスタインの発達 上部累層は砂岩が優勢なことによつてそれぞれ特徴づけられ 京北町周山の東方に見られるシヤールスタインが中部累層の下限と考えられている。

地質構造は東西性の軸をもつ褶曲構造が基礎をなしている。主要な褶曲構造としては 東部では北から八丁背斜（複背斜） 周山向斜（複向斜） 保津川背斜 桜井向斜 西部では黒井背斜 篠山向斜が知られている。

最近 若狭南部（名田庄村久坂）や京都西北山地（京北町細野）などの従来古生層と考えられていたチャートや石灰岩からの三疊紀コノドント産出の報告が相次いで行なわれ 三疊系はかなり広範囲にわたる分布が予測されるようになってきた。しかし野外における丹波層群と三疊系との識別は容易ではなく 目下のところ両者の区別はチャートなどから抽出されたコノドントのみに頼らざるを得ぬ状態であるため これら三疊系の分布が地質図上に明示されるに到るまでには未だ時日を要するようである。

マンガン鉱床

1. マンガン鉱床の分布と規模

鉱床は吉富（シヤールスタイン中） 幸世・豊能（泥質岩中）などごく少数のものを除いてほとんどが中・下部累層中のチャート層中に胚胎している。とくに下部累層中に多数の鉱床が存在し 第1図に示すように八丁複背斜部に密集している。

鉱床の規模は一般に小さく、その走向延長あるいは傾斜延長が100mを超えるものはごく僅かで 鍾幅も普通 数10cm から数m程度である。しかも その全体が採掘の対象となり得るような鉱床は極めて少ない。採掘の対象となる鉱体 すなわち富鉱体がいくつか連なつて鉱床を形成している場合が多いために この富鉱体を捕捉する技術の巧拙がマンガン鉱山の経営を左右する要因となる。

富鉱体の形態は 大体において 偏平な楕円体と考えられるが 現実には 褶曲と断層とによつて複雑な形態を呈する場合が少なくない。楕円の長軸の方向は 普通 鉱床の走向方向あるいは傾斜方向とは一致しない。

楕円の長軸の方向が鉱床の走向方向に近いが 傾斜方向に近いかは各鉱床によつて異なる。この長軸の長さが20～30mに達するものは 一応 大きな鉱床とみなされるが 50mを超えるものは僅かしかない。過去の実績から見ても埋蔵鉱量10,000トン以上の鉱床は僅かである。産出量からみた主要な鉱床としては宝珠 福住 向山栗谷 三平檜原 奥山 小屋の谷 弥谷 玉岩 道奥谷 源大谷 新大谷 中畑 百里 熊川 御宮前 主有谷 第二町居 別保 などが挙げられる。

2. 鉱床と母岩との関係

鉱床は層状あるいはレンズ状をなし そのほとんどがチャート層中であつて母岩の層理と整合的に胚胎している。鉱床の上・下盤にはそれぞれ特徴のある岩石が伴われ 各鉱床に共通した次のような層序が認められる。

すなわち 上位から下位に向つて

縞状チャート	
泥質岩（かつぎ）	数cm～数10cm
マンガン鉱床	0.3～3m
塊状珪質岩（親盤）	1～数m
縞状チャート	

の順序である。

鉱床は一般に 母岩の褶曲に同調して変形する。褶曲の結果 鉱床が折りたたまれて富鉱部が形成されたり 下盤の塊状珪質岩が見掛上の上盤になっている場合がある。かなり著しい変形を示す一例に宮の町鉱床がある。

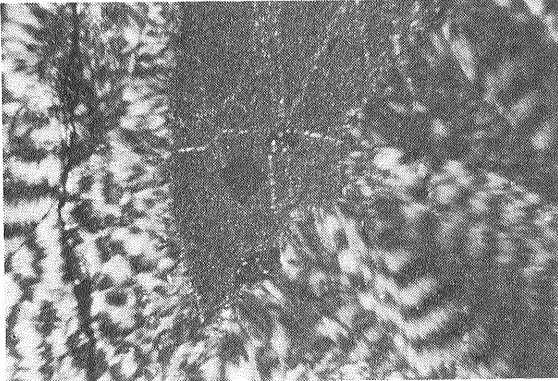
3. 鉱床上盤の岩石

鉱床に接する上盤の岩石は鉱山現場ではかつぎと呼ばれ 普通は泥質岩であるが ときには炭酸塩岩のことがある。上盤の泥質岩のなかには道奥谷 生畑などで見られるように菱マンガン鉱あるいは菱鉄鉱の球顆を含むものがある。炭酸塩岩は苦灰石を主成分鉱物とする灰色緻密な苦灰質岩石で 九鬼谷および横谷に見られる。

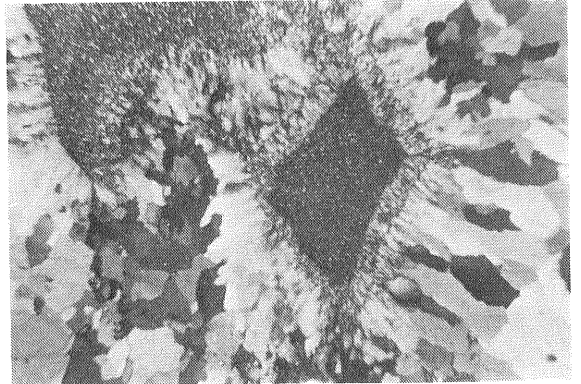
これと同種の岩石はチャートと互層して産出し 美山町東部地域の八丁背斜の中軸部に 多数の露頭が認められる。

4. 鉱床下盤の岩石

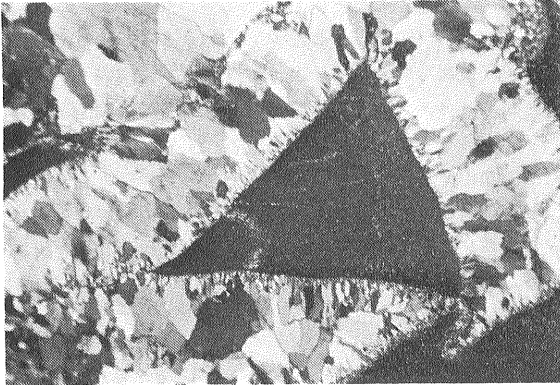
鉱床の下盤には塊状無層理の珪質岩が存在し 一般にはこれを塊状珪岩あるいは塊状チャートなどと呼び 鉱



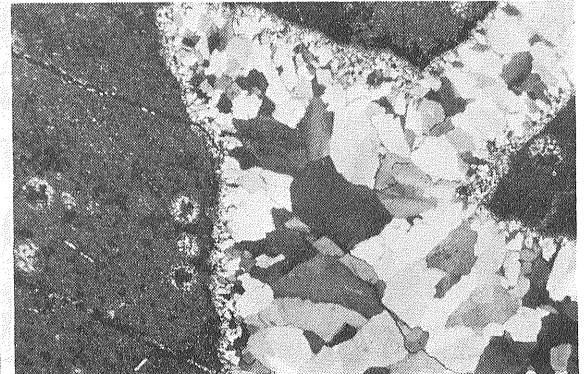
第2図 深見鉱床産塊状珪質岩 クロスニコル 48倍 チャート質角礫と玉髄質石英 写真中央部の菱形は苦灰石の結晶



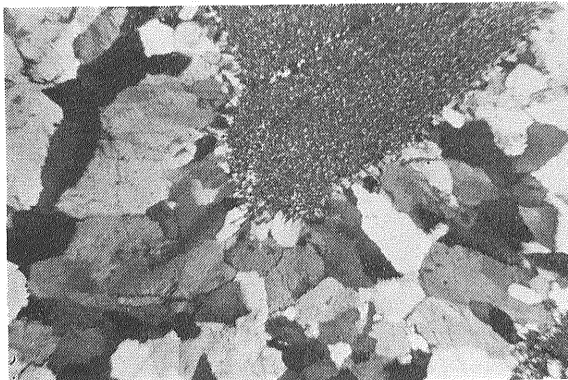
第3図 玉岩鉱床産塊状珪質岩 クロスニコル 23倍 チャート質角礫の周囲には玉髄質石英が認められる



第4図 道奥谷鉱床産塊状珪質岩 クロスニコル 23倍 チャート質角礫の部分には炭質物が含まれている



第5図 第二主有谷鉱床産塊状珪質岩 クロスニコル 23倍 角礫部に放散虫化石が認められる



第6図 玉岩鉱床産塊状珪質岩 クロスニコル 23倍 黒白珪石とも称すべき外觀を呈する



第7図 兵庫県多紀郡篠山町 日鉄畑鉱山産赤白珪石 クロスニコル 23倍

山現場ではこれを親盤 親石などと称して探査の指標としている。この塊状の珪質岩は潜晶質石英からなるチャート質角礫の部分とその間を充填する脈石英質の石英の部分とからなり 赤白・青白珪石と云われている炉材珪石(第7図)と類似の組織を示すものが多い。

チャート質角礫は一般に 暗灰～黒色であるが 暗赤色を呈するものもあり 放散虫化石(第5図)や苦灰石の菱形の結晶(第2図)が認められる場合がある。角礫の部分に放散虫化石が認められる例は益富寿之助(1940)によっても報告されている。暗赤色を呈する角礫中には赤白珪石と同様に微粒の赤鉄鉱が含まれており 黄鉄鉱が認められることもある。黒色の角礫には炭質物が含まれている(第4図)。

5. マンガン 鉱石中の放散虫化石

わが国の古生層中に胚胎する層状マンガン鉱床の鉱石中に放散虫化石が認められることは周知の事実である。

丹波山地のマンガン鉱床からも放散虫化石はかなり普遍的に産出する。放散虫化石は城ヶ谷(第8図) 向

山栗谷 弥谷 玉岩 道奥谷 生畑(第9図) 第二町居その他の各鉱床産の炭酸マンガン鉱石中に見いだされるが 化石の大多数は放散虫の外殻だけでその内部は石英あるいは菱マンガン鉱で充填され 内殻が認められるものは極めて少ない。珪質炭酸マンガン鉱には潜晶質石英を主とする部分と 微粒の菱マンガン鉱からなる部分とによる縞状構造を呈するものが多いが 潜晶質石英の部分にしばしば放散虫化石が認められる。

6. マンガン 鉱物および 鉱石

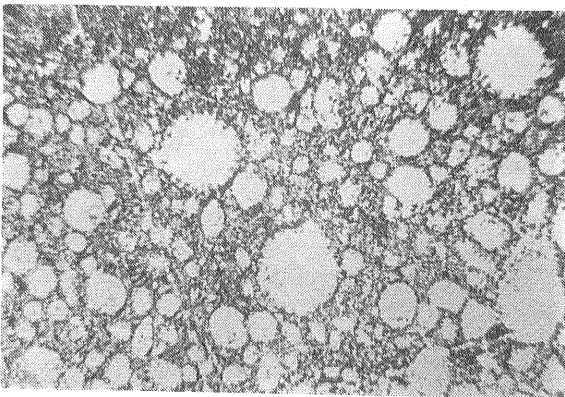
第1図に示した地域のマンガン鉱床からは次のようなマンガン鉱物の産出が知られている。

〔酸化 鉱物〕

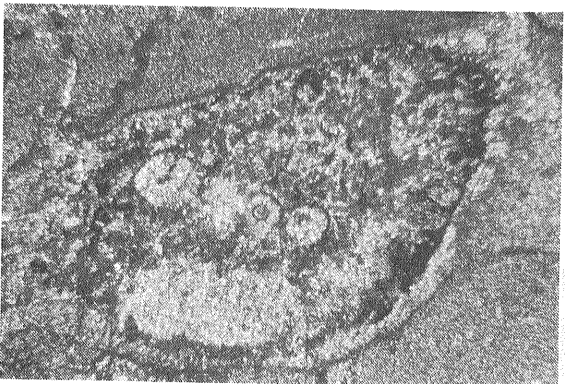
緑マンガン鉱(中畑 荒倉 日の本 道奥谷 生畑 第二町居など) ハウスマン鉱(源大谷 新大谷 天岩など) ヤコブス鉱¹⁸⁾(平良) ブラウン鉱(天岩 第二町居など) 水マンガン鉱¹¹⁾(日の本) パイロクロアイト¹⁹⁾(平良) クリプトメレーン(向山栗谷など) パイロルーサイト(榎谷 原など) 横須賀石¹⁶⁾(平良)

〔珪酸塩 鉱物〕

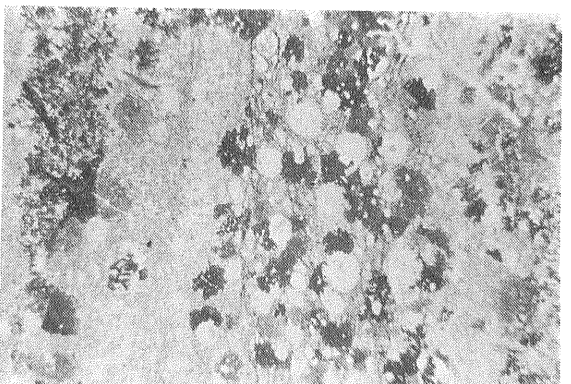
バラ輝石²⁴⁾(玉岩 地堂など) パイロツクスマンガン石¹⁶⁾(玉岩 吉兆) マンガンざくろ石(玉岩 大野など) ヘルバイト⁷⁾(焼野) テフロ石²⁴⁾(向山栗谷など) アレガニー石²⁴⁾(向山栗谷 玉岩) ソノライト²⁴⁾(向山栗谷) マンガン斧石¹³⁾(玉岩) カーホライト²⁶⁾(福住) ガノヒル石²⁴⁾(熊畑 向山栗谷 玉岩) マンガン緑泥石²⁴⁾(熊畑 玉岩) ベメント石²⁴⁾(天岩 第二町居 玉岩 福住など) ペンヴィス石¹⁸⁾(平良) ネオトサイト²⁴⁾(玉岩)



第8図 城ヶ谷鉱床産珪質炭マン中の放散虫化石 単ニコル 25倍 暗灰ないし黒色の部分は潜晶質石英と微粒の菱マンガン鉱からなり 白色部は微粒の石英からなる。



第9図 生畑鉱床産縞状炭マン中の放散虫化石 単ニコル 48倍 鉱石中の菱マンガン鉱球顆に含まれている放散虫化石で 内殻の認められるものがある。殻の内部は菱マンガン鉱によって置換され 球顆の周囲も微粒の菱マンガン鉱からなる。



第10図 由利山鉱床産縞状珪質炭マン中の放散虫化石 単ニコル 23倍 白色の円または楕円形が放散虫化石で その内部は微粒の石英で充填されている。黒ないし灰色は菱マンガン鉱 白ないし灰白色部は潜晶質石英からなる部分である。

〔炭酸塩 鉱物〕

菱マンガン鉱（普遍的に産出）

鉱石は菱マンガン鉱を主成分とする炭酸マンガン鉱（炭マン） パラ輝石およびテフロ石を主成分とする珪酸マンガン鉱および各鉱床の露頭部付近に見られる炭マンから変化した二次生の二酸化マンガン鉱などであるが量的に主位を占めるのは炭マンである。

炭マンにはチョコレート鉱・栗色炭マン（緑マンガングル）および微粒のハウスマン鉱を含み富鉄部より産出）灰色炭マン（テフロ石 パラ輝石などを伴うことがある）珪質炭マン（菱マンガン鉱と潜晶質石英とからなる）などがあり 縞状構造を呈するものが多い（第11・12図）。また 顕微鏡下では菱マンガン鉱球顆による球顆状構造がしばしば認められる。伊佐口からは径1mm程度の菱マンガン鉱球顆の集合した球顆状炭酸マンガン鉱を産出したことがある（第13・14図）。

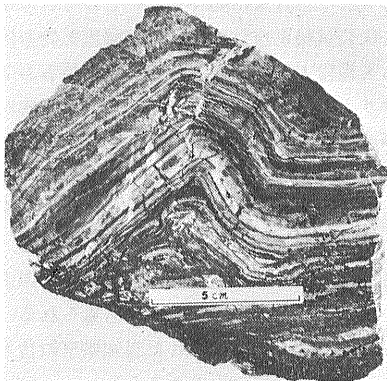
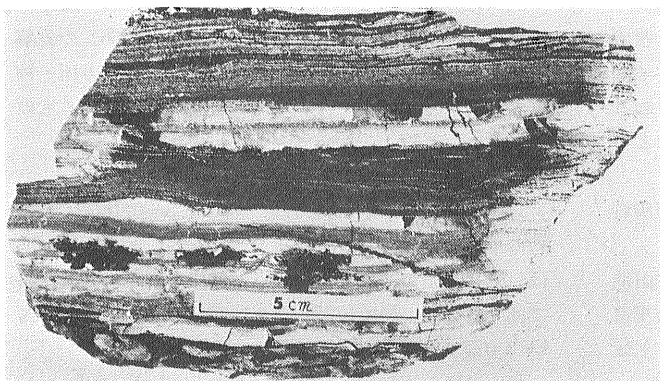
クリプトメレーン パイロラーサイト エンステアイト

トなどの二酸化マンガン鉱物の混合物からなる二酸化マンガン鉱は乾電池用鉱石としてその電池性能が優れているために 価格は炭マンに比べて頗る高く したがって天水などによる酸化作用が進んだ鉱床ほど経済的な価値があったわけである。

丹波山地の苦灰岩

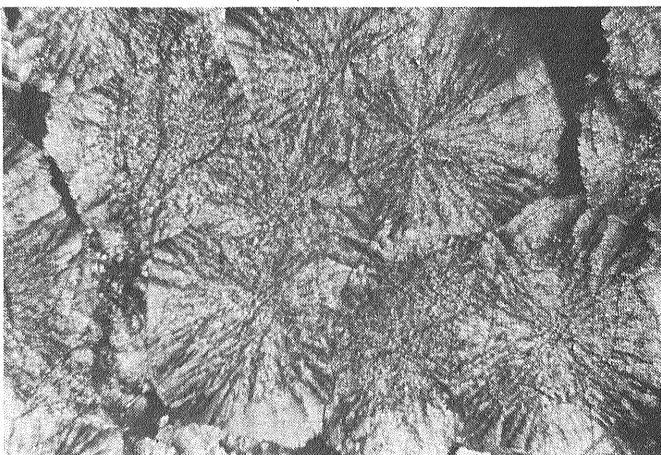
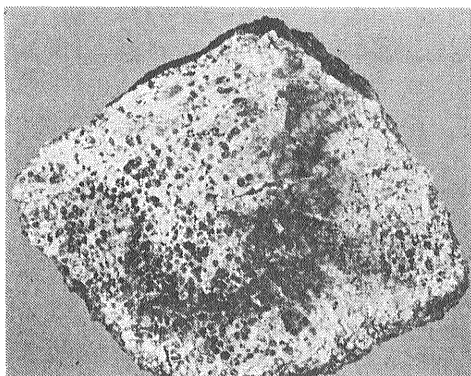
八丁背斜の中軸部に多数見られる苦灰岩は灰ないし暗灰色で緻密な外観を呈し チャート層中にその層理にほぼ整合的に存在している。その走向および傾斜延長はきわめて短い。厚さ数cmから10数cm程度の苦灰岩がチャートと互層して縞状を呈する場合が多いが（15図）チャートが礫状あるいは団塊状をなして苦灰岩中に含まれていたり 苦灰岩とチャートとの境界面が波状を呈することもある。

この種の苦灰岩は 顕微鏡下では30~120ミクロンの苦灰石結晶による糖状組織を示し 結晶のほとんどが自形を呈する（16図）。これらの菱面体結晶の間隙は潜晶



第11図 第二町居 鉱床産 縞状 炭マン
白色部は潜晶質石英 灰ないし黒色部は菱マンガン鉱からなり 後者には微細な球顆状構造が発達している。

第12図 向山栗谷 鉱床産 縞状 珪質炭マン
白色部は主として潜晶質石英から 灰ないし黒色部は菱マンガン鉱からなる。

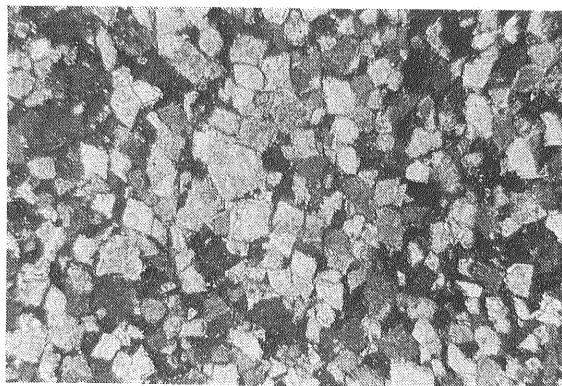


第13図 伊佐口 鉱床産 いばまん 球顆状構造を示す炭酸マンガン鉱で 現場ではいばまんと呼ばれた。写真に示した実物のサイズは 約3.5×3.5cmである。

第14図 伊佐口 鉱床産 いばまん中の菱マンガン鉱球顆 クロスニコル 23倍



第15図 京都府北桑田郡美山町又林における苦灰岩露頭



第16図 美山町又林産 苦灰岩 クロスニコル 約63倍
苦灰石結晶による輻状組織を示す

質あるいは微細粒の石英や泥質物によって埋められている。鏡下で明瞭に識別されるのは苦灰石 石英および方解石である。石英は細脈および苦灰石結晶間の間隙をみたす潜晶質ないし微細粒石英として存在し 方解石は一般に細脈として含まれている場合が多い。苦灰岩中の MgO 含有量は約15%ないしはそれ以下である。

苦灰岩試料を塩酸処理して炭酸塩鉱物を除去した残渣からX線粉末回折法によって石英 長石およびイライトカオリナイト クロライトなどの粘土鉱物が検出される。酸不溶解残渣の量は試料によって多少異なるが およそ30%程度である。

苦灰岩と互層するチャート中には鏡下で多数の苦灰石菱面体結晶および放散虫化石が認められる。

丹波山地の苦灰岩と同種のもは岐阜県山県郡北山地区や奈良県吉野郡川上村地内でも見られる。平田茂留(1958)によって報告された高知県下の含ドロマイト珪岩もこれらと類似のものであろう。

これらの苦灰岩とドロマイト鉱石との化学組成における相違の一例を17図に示す。17図は丹波山地の苦灰岩岐阜県北山地区の苦灰岩およびドロマイト鉱石についてそれらの主成分鉱物である苦灰石中の Mn と Fe の含有量の関係を示したものである。

北山地区のドロマイト鉱石は舟伏山(石灰岩)層中のものであり 苦灰岩は 河田茂磨(1960・1966)の見解に従えば舟伏山層と同時異相であるところの 万所・神崎両層のチャート層中にチャートと互層して産するものである。

丹波山地の苦灰岩試料では Mn 1.3~0.16% 20試料の平均は0.419%。Fe 5.7~0.45% 20試料の平均は 2.086% である。マンガン鉱床上盤の苦灰岩試料では 九鬼谷 Mn 1.7% Fe 1.0%。横谷 Mn 3.9% Fe 3.0%で Mn の含有量が著しく多い。

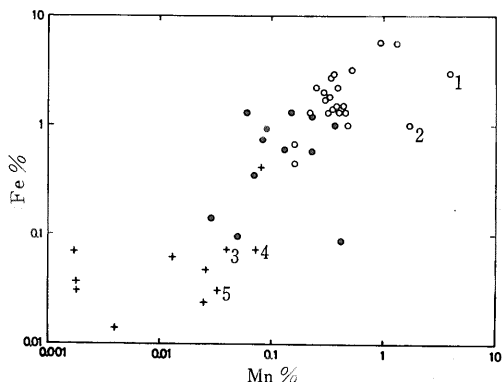
北山地区の苦灰岩試料では Mn 0.42~0.029% 12試料の平均は0.15%。Fe 1.3~0.088% 12試料の平均は0.694%である。

一方 ドロマイト鉱石の場合は Mn 0.08~0.0006% 13試料の平均は0.023%。Fe 0.41~0.014% 13試料の平均は0.071%である。

以上のようにチャートと互層する苦灰岩と石灰岩層中のドロマイトの間には Mn Fe の含有量にかなり顕著な相違が認められ 多数のマンガン鉱床が存在する丹波山地からの苦灰岩試料が他に比較して高い値を示している。

結 び

丹波層群中のマンガン鉱床はそのほとんどがチャート層中であって 母岩の層理と整合的に胚胎し とくに下部累層中に集中的に存在している。 鉱床の上・下盤に



第17図 苦灰石中の Mn・Fe 含有量関係図
○ ● : チャート中の苦灰岩 白丸は丹波山地産 黒丸は岐阜県山県郡北山
1 は横谷鉱床産 2 は九鬼谷鉱床産
+ : 石灰岩層中のドロマイト鉱石
3 は大分県大臼谷産 4 および 5 は伊吹山産 他は北山地区産のものである

はそれぞれ特徴のある岩石が存在し 鉱床付近には各鉱床に共通した層序が認められる。量的に主位を占める炭マンには縞状構造を呈するものが多く また菱マンガン鉱の球顆によって示される 球顆構造もしばしば見いだされる。炭マンの縞状構造は鉱床の母岩であるチャートの層理に調和的である場合が多い。炭マン中には放散虫化石が認められる。これらの化石の大部分は石英あるいは菱マンガン鉱によって置換されているがかなり普遍的に見いだされる。以上のように丹波層群中のマンガン鉱床は 同生鉱床としての特徴をよく示している。

丹波地帯の東部および南部には花崗岩類の貫入岩体が見られるが これらの酸性岩類の活動は鉱床に各種のマンガン珪酸塩鉱物を生ぜしめ 鉱物組成の変化と複雑化をもたらした。

わが国の古期岩層中の層状マンガン鉱床は同生説の立場からは海底噴気堆積型鉱床と考えられている。

古生代末に秩父地帯の海底に噴出した玄武岩質溶岩および火山砕屑岩（シャルスタイン）に伴う鉱床としては鳥羽（三重県）竜神（和歌山県）非生・穴内（高知県）鶴巻（岐阜県）などの大型鉱床が知られているが 丹波地帯ではシャルスタインに伴う鉱床としては見るべきものがなく しかも大多数の鉱床はそれ以下の層準に胚胎している。

同生説を支持する一人として 層状マンガン鉱床の成因をいっそう具体的にする必要を感じてはいるもの それにはまだ明確でない点も多く 容易なことではない。

丹波地帯の鉱床については問題点の一つは鉱床下盤の塊状珪質岩にあると思う。これらにはシャルスタインを下盤として発達する炉材珪石と類似の組織を示すものが多いため 炉材珪石に関する研究の成果は頗る重要である。岩生周一（1962・1976）は炉材珪石中のチャート質角礫はコロイド状含鉄シリカの脱水に伴う収縮亀裂によって生じたと説明している。一方 堀井正雄（1976）は若狭珪石鉱床の研究から 角礫化の原因は SAWKINS のいう Chemical Brecciation [コンクリートの膨張破壊の原因となる cement-aggregate reaction をヒントに SAWKINS が提唱した化学的角礫生成機構。詳細は文献17) または3) を参照されたい] によって説明可能と述べている。いずれにしても今後に検討されるべき重要な問題でありそれがマンガン鉱床成因論の発展に大きな役割を果すことは間違いない。

経済的価値は失っても 研究の対象としてはまだまだ値打の尽きない丹波のマンガン鉱床である。

参 考 文 献

- 1) 藤貫正 (1973) : 炭酸塩岩石中の微量成分 鉱山地質 23 4 295~306
- 2) 平田茂留 (1958) : 四国中部の秩父系の一部にみられる含ドロマイト珪岩の分布について 地学研究 10 4 154~155
- 3) 堀井正雄 (1976) : 珪質岩 炭酸塩岩 緑色岩の地質現象について 石灰石 159 508~520
- 4) 井本伸広 (1966) : 丹波帯中央部のマンガン鉱床 京都教育大学紀要B 29 19~32
- 5) 岩生周一 (1962) : 丹波地域炉材珪石の地質 鉱山地質 12 56 334~345
- 6) 岩生周一 (1976) : 赤白珪石鉱床の生成に要した年数の推定 鉱山地質 26 135 1~10
- 7) 加藤昭・井本伸広・松尾源一郎 (1961) : 滋賀県甲賀郡三雲鉱山産ヘルバイト 地学研究 12 4 159~160
- 8) 日下部吉彦・大屋峻 (1969) : 丹波山地の苦灰岩について 水曜会誌 16 10 715~718
- 9) 日下部吉彦 (1970) : 丹波山地の層状マンガン鉱床における塊状の珪質岩について 水曜会誌 17 1 25~28
- 10) 日下部吉彦 (1974) : 丹波地帯の層状マンガン鉱床 日本鉱業会昭和49年度合同秋季大会分科研究会資料 A-4 1~4
- 11) 益富寿之助 (1939) : 丹波日の本鉱山のマンガン鉱床と緑マンガン鉱および水マンガン鉱について 我等の鉱物 8 9 348~354
- 12) 益富寿之助 (1940) : 滋賀県久間多賀マンガン鉱床調査報告 我等の鉱物 9 9 288~296
- 13) 益富寿之助・高岡公昭 (1962) : 京都府玉岩鉱山産マンガン斧石の結晶 地学研究 13 1 15~16
- 14) 岡本秀樹・近藤未知男他 (1972) : 京都府北桑田郡美山町東部地域の地質 水曜会誌 17 7 319~323
- 15) 八田正治・日下部吉彦 (1976) : 同上 その2 水曜会誌 18 7 (印刷中)
- 16) 桜井欽一 (1960) : 地学研究 11 4 188~196
- 17) F. J. SAWKINS (1969) : Chemical Brecciation an Unrecognized Mechanism for Breccia Formation? Economic Geology 64 613~617.
- 18) 清水照夫・松尾源一郎 (1965) : 滋賀県平良鉱山のマンガン鉱物について 地学研究桜井特集号 95~100
- 19) 瀧本清・石垣参策 (1966) : 丹波山地の層状マンガン鉱床 水曜会誌 15 10 475~478
- 20) 瀧本清他 (1966) : 丹波山地の層状マンガン鉱床中の放散虫化石について 水曜会誌 16 1 11~14
- 21) 瀧本清編 (1973) : 日本地方鉱床誌近畿地方 39~47 176~220
- 22) 通商産業省 (1963~1968) : 国内鉄鋼原料調査 第1~6報
- 23) 吉村豊文 (1952) : 日本のマンガン鉱床
- 24) 吉村豊文 (1967) : 日本のマンガン鉱床補遺 前編 九州大学理学部研究報告 9 特別号1
- 25) 吉村豊文 (1969) : 同上 後編 9 特別号2
- 26) 吉村豊文・青木義和 (1966) : 兵庫県福住鉱山産 carpholite 鉱物学雑誌 8 1 43~48