

# マンガン 鉱物と 鉱石

③

広 渡 文 利

## (13) その他の珪酸塩鉱物

その他 わが国で重要な珪酸塩鉱物として つぎのよう  
なものがある。 マンガン斧石 ペンヴィス石 ネオ  
トス石 イネサイト等。 また特殊な鉱物として 吉村  
石 マンガン電気石 マンガンバズル石 マンガン紅柱  
石(ピリジン) Ardennite Sursassite Astrophyllite  
Trimerite Lavenite Jeffersonite 等がある。

## イネス石 (Inesite)

化学成分は  $\text{Ca}_2\text{Mn}_7\text{Si}_{10}\text{O}_{28}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  とされてい  
るが 吉村・桃井は 金属原子と水の間に相関々係があ  
ることから  $(\text{Ca, Mn, Fe, Mg, Pb})_{10-2x}\text{Si}_{10}\text{O}_{30-2x}(\text{OH})_{2x} \cdot$   
 $6\text{H}_2\text{O}$  としている。 かつて 本鉱物は「マンガン石灰  
沸石」と呼ばれていた。 肉眼では 淡紅色 濃紅色の  
針状 放射状 束状の結晶で 日光にあると 灰褐色に  
変色する性質がある。 本邦における産状には 2種類  
がある。 1つは 第三紀の火山岩類を切る含金銀石英  
脈に伴うもので 他の1つは 古生層中のマンガン鉱石を  
切る細脈として産するものである。 前者の例として 最  
初に発見されたのは 1930年で 加藤武夫によって 静  
岡県蓮台寺鉱山(河津鉱山)から報告されている。 その  
後 北海道轟鉱山 佐渡高千鉱山および秋田県院内鉱山  
から報告されている。 一方 後者の例として 1960年  
吉村豊文 桃井齋によって 高知県香長鉱山から報告さ  
れたが その後の産出を聞かない。

## マンガン斧石 (Manganaxinite=Manganooan axinitl)

化学成分は  $\text{Ca}_2(\text{Fe, Mn})\text{B} \cdot \text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{15}(\text{OH})$  である。

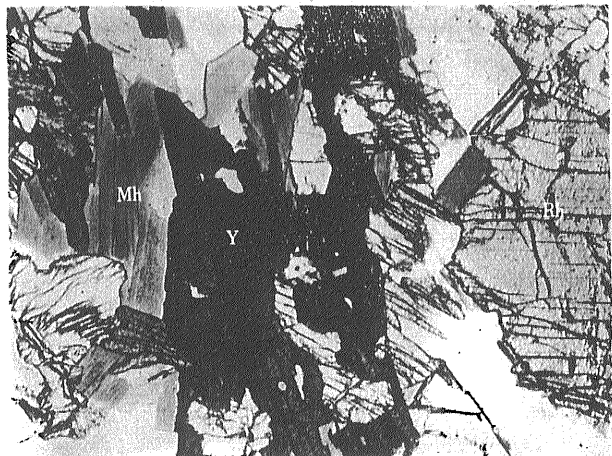
硼素を含むのが特長で  $\text{B}_2\text{O}_3$  として 5~6%である。

本鉱物は 肉眼では 色が多種多様である。 すなわち  
灰色 黒灰色 紫色 黄褐色 橙色 緑黄色 青緑色等  
である。 本鉱物は いわゆるスカルン鉱物であるが  
マンガン鉱床にも割合に産出することが知られている。

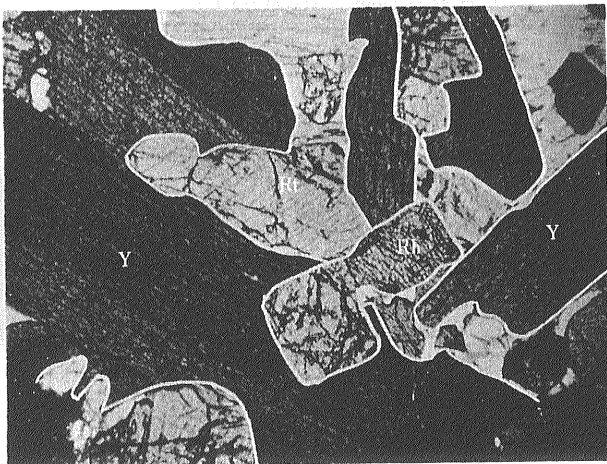
読んで字のごとく 結晶は斧状の結晶面を示す場合が  
多いが マンガン鉱床に産出するものは 結晶形は認め  
られない。 本邦で最初に記載されたのは 1893年で  
菊地安によって 大分県尾平鉱山から報告されている。  
これは スカルン鉱物で Fe 成分の多い種類のもので  
ある。 マンガン斧石として最初に記載されたものは  
1950年で 吉村豊文 安部善信によって 高知県並生・  
穴内鉱山から報告されている。 その後 高知県国見山  
柿の又 大丈鉱山 愛媛県報国 大洲 三宝 南山鉱山  
宮崎県秋元鉱山 栃木県寄栗 石裂鉱山 京都府向山鉱  
山 徳島県二軒屋 白龍鉱山および群馬県万場鉱山等か  
ら発見されている。 1923年に Jacob によって  
Tinzenite として報告された鉱物は 硼素の見落して  
Manganooan axinite である。

## ペンヴィス石(Penwithite) ネオトス石(Neotocite)

ペンヴィス石は 1878年に Collins J. H が West  
Cornwall の Penwith 地方から発見し命名した鉱物で  
ある。 一方 ネオトス石は 1849年に Nordenskiöld  
が スウェーデンの Gestrikland から発見した鉱物で  
Stratopeite, Wittingite 等と呼ばれたものと同義語で  
ある。 ペンヴィス石もネオトス石も いずれも 含水  
マンガン珪酸塩で 非晶質である。 わが国では ペン



吉村石の顕微鏡写真 Y:吉村石 Rh:バラ輝石  
Mh:マンガンノヒライト



吉村石の顕微鏡写真 Y:吉村石  
Rh:バラ輝石 Rt:リヒター石

ヴィス石の名前の方が広く用いられているが、ネオトス石の方が Priority があるように思われる。いずれどちらかに統一すべきであろう。

肉眼では黄褐色から黒褐色のものまでである。また時には赤褐色で、ビール瓶の硝子の破片に全く似たものがある。破面は貝殻状断口を示し、ガラスより柔かい。鏡下では淡黄色～淡褐色で、一般に複屈折は見られないが、ベメント石、菱マンガン鉱、テフロ石等の微晶片が残る場合がある。産状に2通りがある。1つはテフロ石、バラ輝石、アレガニー石等珪酸塩鉱物に変質して生成されたもので、他の1つはマンガン鉱石を切る細脈として産出するものである。

化学成分は  $MnSiO_3 \cdot nH_2O$  とされているが、非晶質であるので、成分に相当の幅があると思われる。本邦で最初に報告されたのは1924年で、加藤武夫によって静岡県蓮台寺鉱山から報告されている。その後各地のマンガン鉱床から知られている。

### 吉村石 (Yoshimuraite)

化学成分は  $(Ba, Sr)_2(Ti, Fe), (Mn, Fe)_2(SiO_4)_2(SiO_4)_2[(P, S)O_4](OH)$  である。Ba, Sr を含む複雑な鉱物である。1959年に岩手県野田玉川鉱山から発見され、吉村豊文教授に因んで新鉱物として報告されたものである。肉眼では茶褐色の板状の結晶で、金雲母に類似する。大きい結晶では1cmに達するものがある。鏡下では黄褐色から橙褐色まで変化し、多色性、光学的分散が著しい。本鉱物はバラ輝石、アルカリ長石、リヒター石、石英等と共生する。その後筆者と磯野清によって愛知県田口鉱山から発見され記載されている。

## VI 炭酸塩鉱物

炭酸塩鉱物は、つぎの4つのグループに分けられる。

- ① 方解石型 (Calcite structure type)
- ② 苦灰石型 (Dolomite structure type)
- ③ 霏石型 (Aragonite structure type)
- ④ いずれにも属さない型

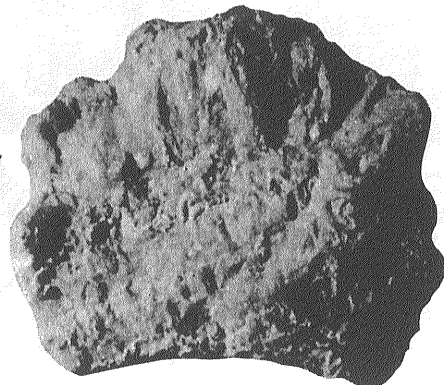
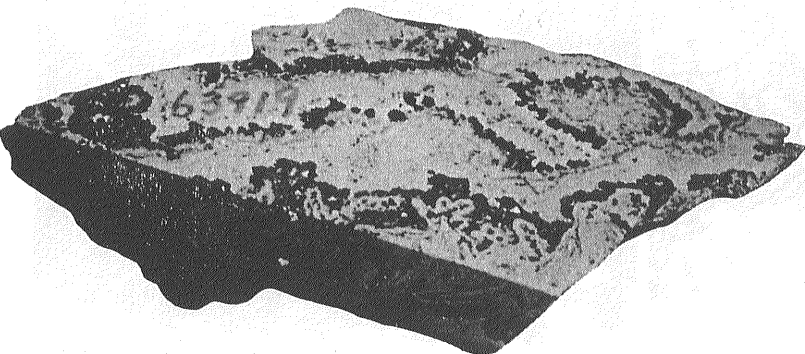
これらの中で Mn を主成分、あるいは副成分とするものは、方解石型では菱マンガン鉱、マンガン方解石、マンガン菱鉄鉱、石灰菱マンガン鉱などが知られている。苦灰石型に属するものではクツナホライト (Kutnahorite)、マンガン苦灰石、マンガンアンケル石などがある。一方、霏石型に属するマンガン鉱物は、まだ発見されていない。また人工では  $MnBa(CO_3)_2$  が知られている。その他、含水炭酸塩鉱物として Loseyite がある。菱マンガン鉱は Mn を主成分とする唯一の炭酸塩鉱物であるが、マンガン方解石、マンガン菱鉄鉱は、いずれも Mn を少量 (MnO 4~6%) 含む方解石および菱鉄鉱の変種であり、石灰菱マンガン鉱は CaO を数%含む菱マンガン鉱の変種である。

Kutnahorite は苦灰石 (ドロマイト) の  $CaMg(CO_3)_2$  の Mg を Mn で置きかえたものに相当し、アンケル石と共にドロマイト型に属する。つまりマンガン苦灰石、マンガンアンケル石は、いずれも Mn を少量 (Mn 3~6%) 含む苦灰石、アンケル石の変種である。以下菱マンガン鉱、クツナホライト、マンガン方解石について説明する。

### 菱マンガン鉱 (Rhodochrosite)

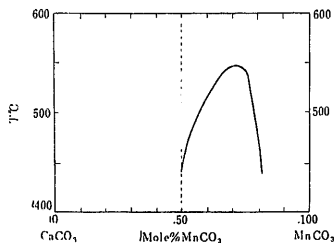
化学成分は  $MnCO_3$ 。少量の Ca, Fe, Mg を含む。肉眼では色は一般に紅色～淡紅色といわれるが、結晶粒の大きさによって一様でない。粗粒のものは灰白色、淡紅色、濃紅色、紫紅色、血紅色のものまであり、時には菱形の結晶を示す。細粒のものは灰白色、淡紅色、黄褐色、淡青色で、肉眼では結晶粒は見られない。

わが国では産状に2通りある。1つは第三紀中新世の生成といわれる鉱脈型鉱床に見られるものであり、他の1つは古生層、中生層、変成岩中に胚胎する層状の鉱床に産出するものである。前者は一般に前述の粗粒の菱マンガン鉱の場合が多く、縞状、輪状、放射状を呈する。つねに閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄鉄鉱などを伴うほか、少量の黄銅鉱、四面銅鉱、金、銀、輝安鉱、辰砂、重晶石、石膏などを伴う場合がある。



閃亜鉛鉱・方鉛鉱(黒色部)を伴う菱マンガン鉱(白色部)(輪状鉱)

縞状菱マンガン鉱



第 1 図 CaCO<sub>3</sub>-MnCO<sub>3</sub> 系 (1957. Goldsmith, Graf による)

この種の菱マンガン  
 鉱は わが国では一般  
 に高品位で Mn 41~  
 44% CaO+FeO 2~  
 5% である。時には  
 FeO, CaO が著しく高  
 い場合があるが これ  
 は MnCO<sub>3</sub>-FeCO<sub>3</sub> 系  
 MnCO<sub>3</sub>-CaCO<sub>3</sub> 系の  
 固溶関係か 機械的混

合によるものか いずれにしても鉱石の選鉱上 重要な  
 問題である。 MnCO<sub>3</sub>-CaCO<sub>3</sub> 系の固溶関係について  
 は 1957年に Goldsmith, Graf が実験したところによ  
 ると 550°C 以上では 両者は完全な連続固溶体をな  
 すが 450°C では 50~80% MnCO<sub>3</sub> の間は 不連続で  
 あるということを報告している (第 1 図参照)。 一  
 方 天然では Frondel, Bauer(1955年)が New Jersey  
 の Franklin から産出する CaCO<sub>3</sub>-MnCO<sub>3</sub> 系の鉱物を  
 研究した結果 40~75% MnCO<sub>3</sub> の間に不連続な間隙  
 があることを報告している。 なお MnCO<sub>3</sub>-FeCO<sub>3</sub>  
 系については いまだ検討されていないが 鉱石の利用  
 および鉱床の成因を考える上において 興味ある問題が  
 含まれている。

つぎに 後者の菱マンガン鉱は 前述の細粒のものに  
 相当する。 後述の鉱石の項で説明するが「炭マン」の  
 主成分鉱物をなすものである。 この種の菱マンガン鉱  
 は種々のマンガン鉱物(珪酸塩鉱物 酸化物など)と共生  
 するため 見かけ上 種々の色を呈するが 一般に淡紅  
 色 淡白色である。 肉眼では 個々の結晶粒は認めら  
 れないが 微粒の結晶の集合である。 しかしながら  
 この種の鉱床の母岩が花崗岩類による熱変成作用をうけ  
 た地域では 再結晶作用をおこし 結晶が粗粒になり  
 肉眼でも個々の鉱物粒を見分けることができる。

この種の菱マンガン鉱は わが国のマンガン鉱床の中  
 でも もっとも重要なマンガン鉱物の 1 つであり もっ  
 とも普遍的に産出する鉱物でもある。 すなわち すで  
 に説明してきた酸化鉱物 珪酸塩鉱物 含水珪酸塩鉱物  
 硫化鉱物などのほとんどのマンガン鉱物と共生するの  
 である。 ただ 一般に細粒であるために 個々の詳細な  
 鉱物学的な検討は行なわれてないのが現状である。

### マンガン方解石(Manganalcite)

化学成分は (Ca, Mn)CO<sub>3</sub>。 方解石CaCO<sub>3</sub>の Caの一  
 部を Mn おきかえたものである。 本鉱物は マン  
 ガン鉱石にはならないが マンガン鉱石中の不純物 お

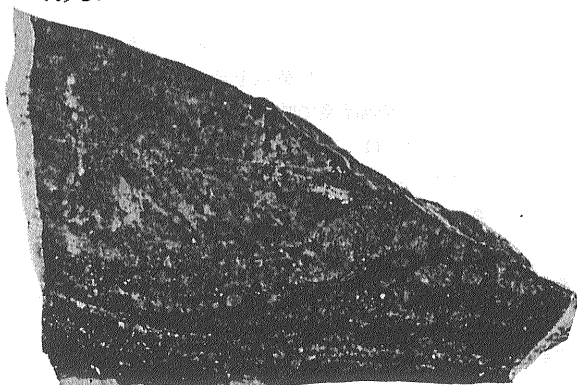
よび鉱床の成因を考える上には重要な鉱物と思われる。  
 すなわち 古生層 中生層 変成岩中に胚胎するマンガ  
 ン鉱床では 後期の細脈として しばしばマンガン鉱石  
 を貫き 種々のマンガン鉱物 および脈石を伴う。 た  
 とえば ベメント石 ガノヒル石 ピロックスマンガン  
 石 ペンヴィス鉱 パイロクロイット 石英 重晶石  
 緑泥石 辰砂などがあげられる。 一方 新第三紀中新  
 世といわれる鉱脈型菱マンガン鉱床では 一般に金 銀  
 に富む鉱脈に多産し 菱マンガン鉱のほかにも 菱鉄鉱  
 輝安鉱 方鉛鉱 辰砂 重晶石 石英などを伴うよう  
 である。

本鉱物は いずれも白色~淡紅色のきれいな鉱物で  
 ふつう CaO 49~52% MnO 2~5% である。

### クツナホライト (Kutnahorite)

化学成分は CaMn(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> である。 本鉱物は初め  
 1901年に Bukowsky によって チェコスロバキヤの  
 Kutnahora 産の炭酸塩鉱物に対して提唱されたが 詳  
 細な鉱物学的検討が欠けていたため 認められず むし  
 ろマンガンドロマイトという名称で呼ばれていたよう  
 である。 その後 1955年に Frondel, Bauer によつて  
 N・J の Franklin と Sterling Hill から Kutnahora  
 産のもの全く同一の鉱物が発見され 詳細な鉱物学的  
 検討を加えた結果 Kutnahorite の存在を認めた。 す  
 なわち Kutnahorite は ドロマイトと同じ結晶構造で  
 CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> の Mg を Mn で置きかえたものであると  
 して Manganese dolomite とも呼んでいる。

本鉱物の産状は フランクリナイト (Zn, Mn)Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>  
 を切る細脈として産し その色は淡紅色である。 屈折  
 率 複屈折率 比重は 菱マンガン鉱より 一般に低い。  
 今日まで産出されな鉱物で わが国でもいまだ報告され  
 ていない。 しかしながら 詳細に検討すれば発見され  
 る可能性はあるであろう。 チェコスロバキヤ New  
 Jersey 産のものは いずれも MnO 23~28% CaO  
 25~28% CO<sub>2</sub> 41~42% であり 比重は 3.05~3.12  
 である。



バラ輝石中に斑点状(黒色部)に存在するアラバンド鉱

第 1 表 炭酸塩鉱物・硫化鉱物・オルフラム酸鉱物

鉱物名	Mineral name	化学成分	Mn(%)		結晶系	比重	硬 度
菱マンガン鉱	Rhodochrosite	MnCO <sub>3</sub>	46~47	CO <sub>2</sub> 38.3	六方	3.70	3.5~4.0
マンガン方解石	Mangancalcite	(Mn,Ca)CO <sub>3</sub>	4~6	42~43	六方	2.9~3.2	3.0
マンガン菱鉄鉱	Mangansiderite	(Mn,Fe)CO <sub>3</sub>	4~6	38~40	六方	3.70	3.5~4.5
石灰菱マンガン鉱	Ca-Rhodochrosite	(Ca,Mn)CO <sub>3</sub>	28~36	38~39	六方	3.5~3.7	3.0
クツナホライト	Kutnahorite	MnCa(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	17~21	CO <sub>2</sub> 41~42	六方	3.05~3.12	3.0
マンガン苦灰石	Mangandolomite	(Ca,Fe,Mn)CO <sub>3</sub>	25~28	CO <sub>2</sub> 46~47	六方	3.5~4.1	3.0
マンガンアンケル石	Manganankerite	(Mn,Ca)Mg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3~5	CO <sub>2</sub> 43~44	六方	3.0	3.0
(ロスエイト)	Loseyite	(Mn,Zn) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	26~27	CO <sub>2</sub> 12~13	単斜	3.3~3.4	3.0
アラバンド鉱 (内マンガン鉱)	Alabandite	MnS	63.1	S 36.9	等軸	4.0±	3.5~4.0
ハウエル鉱	Hauerite	MnS <sub>2</sub>	46.1	53.9	等軸	3.46	4.0
マンガン重石	Hübnerite	MnWO <sub>4</sub>	16~17	WO <sub>4</sub> 77	単斜	7.12	4.0~4.5
鉄マンガン重石	Wolframite	(Mn,Fe)WO <sub>4</sub>	6~14	WO <sub>4</sub> 75	単斜	7.25	4.0~4.5

鉱床から産出することが知られている。たとえば群馬県 栃木県 山口県 宮崎県等である。

本鉱物は 理論的には Mn 63% S 37% で高品位であるが S が高いので問題のある鉱物である。

### ハウエル鉱 (Hauerite)

化学成分は MnS<sub>2</sub>。1864年に Haidinger によって命名された鉱物である。

本鉱物は 非常に産出まれな鉱物で石膏 硫黄などと共存して産出する。色は赤褐色から黒褐色で 劈開にそって赤色の内部反射が見られる。結晶の表面は

黒色の被膜によっておおわれることが多い。わが国ではいまだ産出しない。

## VII 硫化鉱物

Mn を主成分 または副成分とする硫化鉱物は 非常に少ない。今日まで知られているものは アラバンド鉱 (MnS) とハウエル鉱 (MnS<sub>2</sub>) である。

### アラバンド鉱 (Alabandite)

化学成分は MnS である。本鉱物は 硫マンガン鉱 閃マンガン鉱とも呼ばれる。1832年に Beudant によって命名された鉱物である。MnS には 人工的に α, β, γ-MnS があるが 天然のものは α-MnS である。本鉱物は 肉眼では黒色亜金属光沢を示し ハウスマン鉱 およびブラウン鉱に類似する。これらを簡単に識別するには 条痕を見ればよい。すなわち ハウスマン鉱は 茶褐色 ブラウン鉱は 黒色 アラバンド鉱は 緑灰色を呈する。また 塩酸をかければ容易に H<sub>2</sub>S のにおいを発する。

わが国では産状に 2 通りある。1 つは古期堆積岩中に 胚胎するマンガン鉱床の中で 花崗岩類による熱変成作用を受けた地域に産出する。他の 1 つは 第三紀中新世の菱マンガン鉱を主とする鉱脈型鉱床中に産出する場合である。前者の場合は 鉱石中に黒色の斑点状または縞状に産出し 肉眼でも容易に識別できる。鏡下では 茶褐色 黄緑色 褐黄色を示し 半透明で 劈開が見られる。等軸晶系で時には緑マンガン鉱に類似する。後者の場合は 菱マンガン鉱と縞状の互層をなして産出するが 一般に珍しい。北海道稲倉石鉱山ではかつて多産した由であるが 今日ではほとんど産出しない。本邦で最初に発見されたのは 1935年で 原田準平によって報告されているが これは後者の例である。

前者の例としては 1938年に 吉村豊文によって 加蘇鉱山から報告されている。今日では各地のマンガン

## VIII オルフラム酸鉱物

オルフラム酸鉱物の中で Mn を主成分とする鉱物には マンガン重石 (Hübnerite) と 鉄マンガン重石 (Wolframite) が知られている。これらはいずれも Wolframite group に属し MnWO<sub>4</sub>-FeWO<sub>4</sub> で表わされる。つまり MnWO<sub>4</sub> がマンガン重石であり FeWO<sub>4</sub> が鉄重石である。鉄マンガン重石はその中間の鉱物である。

### マンガン重石 (Hübnerite) —

### 鉄マンガン重石 (Wolframite)

化学成分は マンガン重石では MnWO<sub>4</sub> で示されるが 少量の Fe を含む。FeO 0~4.8%までをマンガン重石と呼び FeO 4.8~18.9%を含むものを 鉄マンガン重石と呼んでいる。マンガン重石は 1865年に Riotte によって命名され 鉄マンガン重石は 1747年に Wallerius によって命名された鉱物である。肉眼では 黒色板状の結晶をなすのが特長である。条痕色は マンガン重石では 黄褐色から赤褐色であるが 鉄が増えるにつれて 褐黒色から黒褐色に変化し 鉄重石では 黒色になる。鏡下では マンガン重石は赤褐色半透明であるが 鉄マンガン重石は 褐色 橙色 赤褐色半透明である。とくにマンガン重石は ピロファン石に類似するので注意を要する。

マンガン鉱床に産出する場合は 一般にマンガン重石で 花崗岩類による熱変成作用を受けた地域のマンガン鉱床に産出する。一般に少量で しかも細粒であるので 肉眼で認めることは困難である。わが国で最初に発見されたのは 栃木県西沢鉱山で 1908年に発表され

第 2 表 各種 マンガン 鉱物

	Mineral name	化 学 成 分		Mineral name	化 学 成 分	
ハロゲン 化物	Scacchite	MnCl <sub>2</sub>	燐 酸	Landesite	Fe <sub>5</sub> Mn <sub>20</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>10</sub> ·27H <sub>2</sub> O(?)	
	Kempite	Mn <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> Cl		Stewartite	Mn phosphate	
	Chlormanganokalite	K <sub>2</sub> MnCl <sub>4</sub>		Salmonsite	Mn, Fe phosphate	
硼 酸 塩 鉱 物	Pinakiolite	Mg <sub>5</sub> Mn <sub>7</sub> Mn <sub>6</sub> B <sub>4</sub> O <sub>10</sub>	塩 鉱 物	Triplite	(Mn, Fe <sup>2+</sup> )(PO <sub>4</sub> )·F	
	Zimboite	Mn <sub>3</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		Triploidite	(Mn <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> )(PO <sub>4</sub> )·(OH)	
	Sussexite	(Mn, Zn)(BO <sub>3</sub> )(OH)		Wolfeite	(Fe <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> ) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> )(OH)	
	Roweite	(Mn, Mg, Zn)Ca(BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>		Sarcopside	(Fe, Mn, Ca)(PO <sub>4</sub> )Fe(?)	
	Seamanite	Mn <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> )(BO <sub>3</sub> )·3H <sub>2</sub> O		Frondeite	Mn <sup>2+</sup> Fe <sup>2+</sup> (PO <sub>4</sub> )(OH) <sub>2</sub>	
	Magnesiumsussexite	(Mg, Mn)(BO <sub>3</sub> )(OH)		Childrenite	(Fe <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> )Al(PO <sub>4</sub> )(OH) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	
				Eosphorite	(Mn <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> )Al(PO <sub>4</sub> )(OH) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	
硫 酸 塩 鉱 物	Manganlangbeinite	K <sub>2</sub> Mn <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	砒 酸 塩 鉱 物	Berzeliite	(Mg, Mn) <sub>2</sub> (Ca, Na) <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	
	Szmkite	MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O		Manganberzeliite	(Mn, Mn) <sub>2</sub> (Ca, Na) <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	
	Illesite	MnSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O		Caryinite	(Ca, Pb, Na) <sub>2</sub> (Mn, Mg) <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (?)	
	Mallardite	MnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O		Chlorophoenicite	(Zn, Mn) <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	
	Apjohnite	Mn <sup>2+</sup> Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·22H <sub>2</sub> O		Synadelphite	(Mn, Mg, Ca, Pb) <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> )(OH) <sub>2</sub>	
	Mooreite	(Mg, Mn, Zn) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )(OH) <sub>11</sub> ·4H <sub>2</sub> O		Allacite	Mn <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	
	Torreyite	(Mg, Mn, Zn) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )(OH) <sub>12</sub> ·4H <sub>2</sub> O		Linkite	Mn <sub>2</sub> <sup>2+</sup> Mn <sup>2+</sup> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	
燐 酸 塩 鉱 物	Lithiophilite	Li, Mn(PO <sub>4</sub> )	砒 酸 塩 鉱 物	Argencolite	Mn <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	
	Varulite	(Na, Ca)Mn(PO <sub>4</sub> )		Arseojopite	Mn basic arsenate	
	Natrophilite	Na, Mn(PO <sub>4</sub> )		Sarkinite	Mn <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> )(OH)	
	Ferri-Sicklerite	(Li, Fe <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> )(PO <sub>4</sub> )		Hemafibrite	Mn <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> )(OH) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	
	Sicklerite	(Li, Mn <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> )(PO <sub>4</sub> )		Akrochordite	Mg, Mn <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O(?)	
	Alluandite	(Na, Fe <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> )(PO <sub>4</sub> )		Armangite	Mn <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	
	Mangan-Alluandite	(Na, Mn <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> )(PO <sub>4</sub> )		Trigonite	Mn, Pb, H(AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	
	Heterosite	(Fe <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> )(PO <sub>4</sub> )		Magnussonite	(Mn, Mg, Cu) <sub>2</sub> OH <sub>2</sub> Cl(AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	
	Arrojadite	Na <sub>2</sub> (Fe <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> ) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>		バナジ ン 酸 塩 鉱 物	Santafeite	Na <sub>2</sub> O·2MnO <sub>2</sub> ·6(Mn, Ca, Sr)O· 3(V, As) <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ·8H <sub>2</sub> O
	Graftonite	(Fe, Mn, Ca) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>			Pyrobelonite	MnPb(VO <sub>4</sub> )(OH)
Hureanite	Mn <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O		Gamagarite	Ba <sub>2</sub> (Fe, Mn) <sub>2</sub> V <sub>2</sub> O <sub>11</sub> (OH) <sub>2</sub>		
Bermanite	(Mn, Mg) <sub>2</sub> (Mn, Fe) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>10</sub> ·15H <sub>2</sub> O		Brackebuschite	Pb, Mn, Fe(VO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O		
Roscherite	(Ca, Mn, Fe) <sub>2</sub> Al(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH)·2H <sub>2</sub> O	アン チ モ ン 酸 塩 鉱 物	Catoptrite	Mn, Al antimonate silicate		
Mn-Lipscombite	(Fe, Mn)Fe <sup>2+</sup> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>		Melanosibian	(Mn, Fe) <sub>2</sub> (SbO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		
Reddingite	(Mn, Fe) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O		Samsonite	Ag, MnSb <sub>2</sub> S <sub>6</sub>		
Phosphoferrite	(Fe, Mn) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O					

れる。神保石 マロカイトを除いてはすでに説明したのでここではこの2鉱物について説明する。

マロカイト (Marokite)

化学成分は CaMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>。本鉱物は1963年にモロッコの Tachgagalt から発見され Gandefroy, Jouravsky, Permingeat らによって命名された新鉱物である。結晶系は斜方晶系で比重は 4.63。肉眼では黒色の不透明鉱物で暗赤色の内部反射を示す。条痕は赤褐色である。光学性は2軸性 2V(-) 20~25° で多色性は強い。反射鏡下では反射色は褐色を帯びた灰色でハウスマン鉱よりわずかに暗い。またブラウン鉱よりは暗く褐色である。反射多色性は黄灰色から灰褐色で異方性は顕著である。産状は方解石 重晶石の脈石中に産出しハウスマン鉱 ブラウン鉱と共生する。その他 Crednerite (CuMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)ポリアン鉱を伴う由である。

神保石 (Jimboite)

化学成分は Mn<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> である。小藤石 (kotoite) Mg<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> の Mg を Mn でおきかえた鉱物である。本鉱物は1963年 渡辺武男 加藤昭他2名によって 栃木県加蘇鉱山から発見された新鉱物である。結晶系は斜方晶系で比重は3.98である。肉眼では淡紫褐色でガラス光沢を示す。鏡下ではほとんど無色で一

見テフロ石に類似するが光軸角が小さいことと(110)の劈開が顕著に見られることが両者を識別する鍵である。光学性は二軸性正で 2V(+)<sup>35</sup>° である。産状は加蘇鉱山の18番坑内で縞状の炭マン鉱石中に産出する。ヤコブス鉱 ガラクス石からなる縞状鉱石を切る細脈として見られ菱マンガン鉱 テフロ石 アレガニー石 アラバンド鉱などと共生する。

以上で重要なマンガン鉱物について説明を終るが最初に述べたように VIII—XIII については 鉱物名と化学成分のみを 第2表に示す。

IX 最近発表された新鉱物

Mn を主成分とする鉱物で最近発見された新鉱物につきのようなものがある。ヨシムラ石 ソノ石 大和石 神保石 マロカイト エンスタイトなどがあげら

X マンガン 鉱石

第3表 二酸化マンガン鉱・金属マンガン鉱の用途と消費量

二酸化マンガン鉱							
用途 年度	乾電池用		亜鉛製錬用		写真材料	輸出	消費量計 合
	消費量	製品	消費量	製品			
昭和38年	7,800t	523万個	2,600t	200,000t	2,600t	3,900t	16,900
昭和39年	8,200t	624万個	2,700t	210,000t	2,800t	3,600t	17,300

金属マンガン鉱					
用途 年度	製鉄用	製鋼用	合金鉄用		消費量計 合
			フェロマンガ用	シリコマンガ用	
昭和38年	18,700t	13,500t	456,100t	189,800t	678,100
昭和39年	21,200t	12,800t	508,600t	174,800t	717,400

さて 今までいろいろのマンガン鉱物について説明してきたが 以下 マンガン鉱石について解説することにする。マンガン鉱石というのは 前にも述べたように各種のマンガン鉱物が 数種類またはそれ以上 集まってできたものである。したがって その鉱物の組み合わせによって 当然種々のマンガン鉱石が生ずるわけである。そこで これらの鉱石に対して 便宜上 “鉱石名” を与える必要が生じてくる。今日 もっとも普通に用いられている呼び方には 2通りある。その1つは 鉱石の用途によって分類する方法であり 他の1つは 鉱山の現場で 鉱山技術家や坑夫間で用いる分類である。前者は 鉱石を取引する際の名称で いわば商品名である。後者は 鉱石を構成する鉱物組成を考えた名称で 普通に用いられる鉱石名である。

以下 おのおのについて説明する。

### 用途上から見た鉱石の名称

マンガン鉱石を用途上から見れば 2つに分けられる。すなわち 二酸化マンガン鉱と金属マンガン鉱である。

#### i. 二酸化マンガン鉱

これは 含有する二酸化マンガン分(MnO<sub>2</sub>%)の含有量によって取引される鉱石である。つまり後述の金属マンガン鉱とは 価格の建値が別系統で 二酸化マンガン鉱として取引する方が はるかに有利な鉱石である。

(たとえば 二酸化マンガン鉱で MnO<sub>2</sub> 80% のものは トン当たり約37,500円であるが これを金属マンガン鉱として取引すれば、Mn 51%となり トン当たり18,900円にしかならないのである)

さて二酸化マンガン鉱の用途は 乾電池 亜鉛製錬 化学薬品 写真材料 ガラス工業 および窯業など多方面に利用されるが もっとも重要な用途は乾電池用である。ふつう MnO<sub>2</sub> 70%以上のものは 乾電池用に供されるが その電気化学的特性が重要な性質である。

その特性というのは たとえば 構成鉱物の種類 結晶度 起電力 放電容量などである。ふつう 鉱物組成 から言えば エンスタータイト(横須賀石)がもっと良く ついでパーネス鉱がよいと言われている。二酸化マンガン鉱は 肉眼的には 黒色から黒褐色で塊状 土状<sup>iv</sup> ぶどう状 放射状 腎臓状など種々様々である。またこれらを構成するマンガン<sup>v</sup>鉱物は すでに説明した各種の二酸化<sup>vi</sup>鉱物および含水酸化鉱物からなる。たとえば つぎのような鉱物の混合物である。クリプトメレーン<sup>vii</sup> 鉱

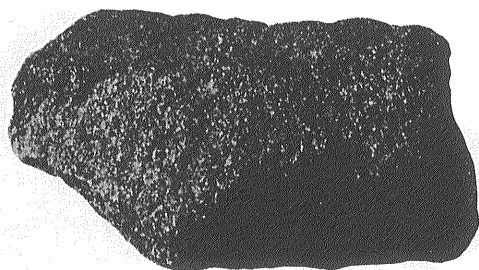
イロルース<sup>viii</sup> 鉱 エンスタータイト(横須賀石) 水マンガン<sup>ix</sup> 鉱 ラムズデル<sup>x</sup> 鉱 パーネス<sup>xi</sup> 鉱 轟石<sup>xii</sup> などである。しかしながら これらの鉱物の種類を肉眼で決定することは非常に困難で X線粉末試験化学分析 示差熱分析などの検討が必要である。

#### ii. 金属マンガン鉱

これは 含有するマンガン分(Mn%)の含有量によって取引される鉱石である。つまり 二酸化マンガン<sup>xiii</sup> 鉱以外の鉱石は すべて金属マンガン<sup>xiv</sup> 鉱として売買されるわけである。なお 後述する炭マン<sup>xv</sup> 珪マン<sup>xvi</sup> などは用途上の分類でいえば 金属マンガン<sup>xvii</sup> 鉱である。また 鉱物学的には 二酸化マンガン<sup>xviii</sup> 鉱であっても 二酸化マンガン<sup>xix</sup> 鉱としての規格(化学成分 電気化学的特性など)にあてはまらないものは したがって 金属マンガン<sup>xx</sup> 鉱として取引されるのである。したがって 金属マンガン<sup>xxi</sup> 鉱として取引される鉱石は 非常に多種類にわたるのである。ところで 金属マンガン<sup>xxii</sup> 鉱の用途は その大部分(約90%)は 合金鉄<sup>xxiii</sup> 製鉄<sup>xxiv</sup> 製鋼用<sup>xxv</sup> に使用される。その他1部は 溶接棒<sup>xxvi</sup> 電解金属マンガン<sup>xxvii</sup> 電解二酸化マンガン<sup>xxviii</sup> などの製造に用いられている。第3表に 最近の二酸化マンガン<sup>xxix</sup> 鉱 金属マンガン<sup>xxx</sup> 鉱の用途と消費量を示す。

### 鉱石の鉱物組成から見た名称

一般に鉱石に名称を与える場合 鉱石を構成する鉱物の種類によって命名するのが もっとも望ましい方法である。しかしながら 後述のように マンガン<sup>xxxi</sup> 鉱石を構成する鉱物は 1種類とか2種類からなる場合は少なく大いなる場合は 数種類かそれ以上からなっている。したがって その構成鉱物を 鉱山現場で簡単に しかも早急に決定することは 仲々容易ではない。そこで現場でもっとも便利な方法は 肉眼的な外観によって 鉱石名を与えることである。その場合 あくまで平易



キビマン (きみまん)

で客観的な名称が望まれるのである。

以下に説明する鉱石名の大部分は九州大学吉村豊文教授によって命名されたものであるが、鉱山の現場ではすでに普遍的に使用されているのでこれにしたがって記述することにする。ふつう、鉱山の現場で用いられる名称は、二酸化、金属、炭マン、珪マンの4通りである。

i. 二酸化

これは、前述の二酸化マンガン鉱とほぼ同じ意味と考えてさしつかえない。

ii. 金属

これは、二酸化に類似するが  $MnO_2\%$  が比較的少なく  $Mn\%$  の方がむしろ多い鉱石である。つまり二酸化の中で  $MnO_2\%$  の低い鉱石で  $Mn\%$  で取引きしたほうが有利な鉱石である。この種の鉱石は、一般に黒色で緻密塊状、高品位に見えるので注意を要する。

iii. 炭マン

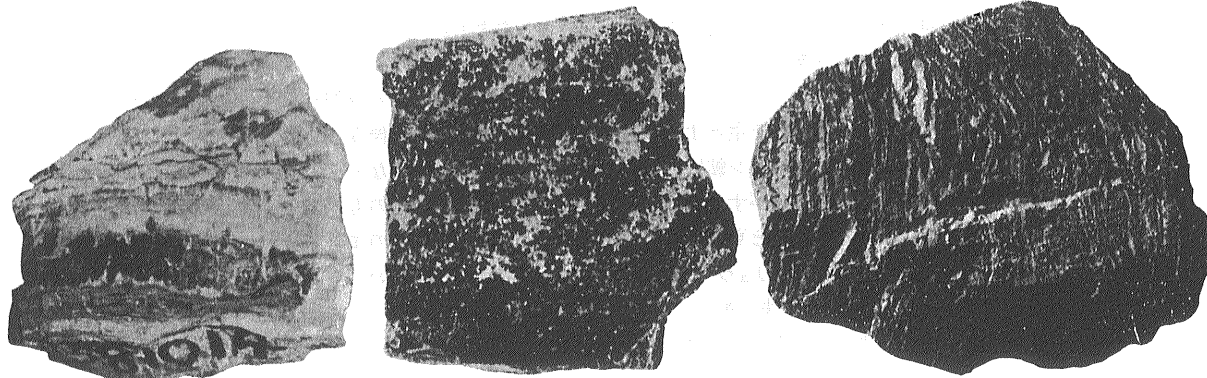
かつては二酸化以外の鉱石はすべて「炭マン」として一括して呼称していた。すなわち後述の珪マンおよび金属なども広義の「炭マン」に属していたわけである。ところで今日用いられている炭マンは、主として菱マンガン鉱を主成分とする鉱石に対して用いられているが、わが国の場合には大きく2種類に分けられ

る。1つは第三紀中新世の鉱脈型の鉱床に見られるもので、紅色～濃紅色の菱マンガン鉱を主とするものである。他の1つは古生層、中生層中に胚胎する層状鉱床に産出する鉱石で、菱マンガン鉱を主成分とするが無色～淡紅色で細粒である。前者に比べて種々の鉱石からなり、きわめて複雑な鉱石である。前者は菱マンガン鉱を主とし、一般に縞状、輪状、同心円状、放射状などの集合体で、少量の閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱などの硫化鉱物を伴う。なお金・銀鉱も少量含まれる。一方、後者は菱マンガン鉱のほか各種のマンガン鉱物を伴うため、種々の鉱石名で呼ばれている。以下、それぞれの鉱石について説明する。

a. きびマン (あるいはきみまん) 本鉱石は新鮮な場合は白色の鉱石である。酸化作用が著しく数時間で褐色から黒褐色に変色する。構成する鉱物はパイロクロイット ( $Mn(OH)_2$ ) を主成分とし、菱マンガン鉱、テフロ石などと共生する。品位は最高で  $Mn$  50~55%、 $SiO_2$  5~6%である。本鉱石が多量に産出するのは、岩手県野田玉川鉱山、および愛知県田口鉱山等である。

b. チョコレート鉱 (chocolate ore) 肉眼ではチョコレート色の緻密な鉱石である。一般に鉱床の富鉱部に見られ、大小の塊状をなして産出する。また低品位の炭マン中に、ノジュールとして産出する場合がある。本鉱石の鉱物組成は、ハウスマン鉱、緑マンガン鉱、ブラウン鉱、テフロ石、アレガニー石、含水珪酸マンガン鉱、および少量の重晶石である。本鉱石は品位は最高に近く、 $Mn$  48~55%、 $SiO_2$  8~10%である。なお、一見チョコレート鉱に類似するもので、その色がやや赤味を帯び、やや柔らかい鉱石があるが、これは微粒の菱マンガン鉱からなり、品位が低いので注意を要する。

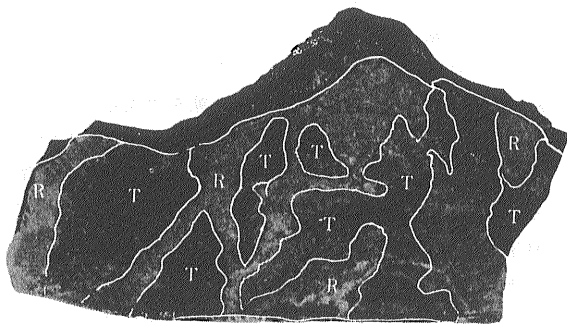
c. 栗色炭マン、縞状炭マン 肉眼では、チョコレ



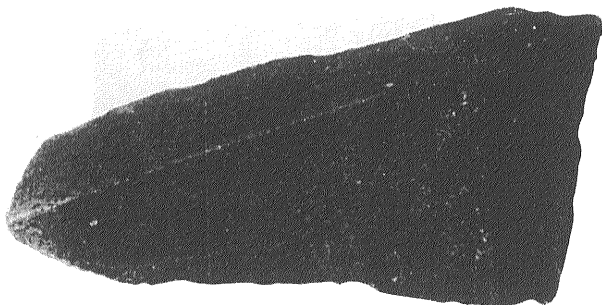
炭マン中にノジュール状に存在するチョコレート鉱(黒色部)

粗粒のハウスマン鉱(黒色部)と菱マンガン鉱(白色部)

縞状ブラウン鉱



バラキを伴うテフロ石 T:テフロ石 R:バラキ



マンゴノヒライト(黒色絹状部)を伴うテフロ石

ト色より 栗色に近い鉱石である。構成鉱物としては 微粒のハウスマン鉱 ブラウン鉱 アレガニー石などが 種々の割合で混入する。チョコレート鉱に比べ ハウスマン鉱や ブラウン鉱の割合が量的に少ない場合は 色が淡色になり 品位も低くなる。またハウスマン鉱 ブラウン鉱が縞状になれば 縞状炭マンと呼ばれる。品位は Mn42~45%で SiO<sub>2</sub>10~17%である。チョコレート鉱の分布する地域に産出し チョコレート鉱よりは多産する。

**d. アツキ炭マン 灰色炭マン** 微粒の菱マンガン鉱を主とする緻密な鉱石である。その他 少量のテフロ石 アレガニー石 バラ輝石 マンバンざくろ石などを伴う。これらの鉱物の含有する量比によって その色が 紅色 灰色 灰緑色 褐色 赤紫色などの鉱石になる。品位は Mn 38~42% SiO<sub>2</sub> 15~22%である。

**e. 白炭マン 黒炭マン** 一見石灰岩に似て貧鉱のように見えるが 微粒の菱マンガン鉱からなり 時にはマンバンざくろ石を伴う。とくに黒鉛質物により汚染された鉱石を黒炭マンと呼んでいる。品位は Mn 30~32% SiO<sub>2</sub> 25~30%である。

**f. その他の鉱石名** 以上 炭マンと呼ばれる鉱石は 大体上述のような鉱石名に限られるが その他鉱山あるいは業者によっては 次のような鉱石名が使用されている。「テツ」「リュウマン」「テツマン」「ブラウン」「トラマン」などである。

「テツ」というのは 硫化マンガン鉱を主とする鉱石で 黒色緻密の重い鉱石である。ブラウン鉱に類似するが ハンマーでたたけば 硫黄の臭いがするので識別できる。また条痕色が灰緑色を示すことも有力な識別法である。鉱山によっては これを「リュウマン」と呼ぶところがあるが「テツ」と同じ意味である。

「テツマン」というのは 主として粗粒のハウスマン

鉱からなり 一見磁鉄鉱に類似する黒色の重い鉱石である。構成鉱物は ハウスマン鉱 テフロ石 菱マンガン鉱 ガラクス石 アレガニー石などからなる。品位は最高に近く Mn 52~60% SiO<sub>2</sub> 3~6%で 野田玉川鉱山 滋賀県五百井鉱山に多産するが その他の鉱山にはあまり産出しない。

「ブラウン」というのは 黒色亜金属光沢を示す重い鉱石である。一般に細粒緻密で硬い。構成鉱物は 微粒のブラウン鉱 ベメント石 バラ輝石 紅れん石 雲母 石英などを伴う。一般に珪マン鉱床の富鉄部に塊状をなして産する場合と 変成岩中に縞状をなして産出する場合がある。品位は Mn 48~53% SiO<sub>2</sub> 15~20%である。岩手県大野地域 岐阜県根尾地域 大分県佐伯地域 長崎県村松地域に産する。

「トラマン」というのは 黒色のブラウン鉱と灰白色のチャートが数cmの厚さで互層する鉱石で 白・黒の模様が虎の縞模様 に似ていることから その名がある。白色のチャート部を選別すれば 高品位の鉱石となるが 現在では選鉱ができないので出鉱されていない。

#### iv. 珪 マ ン

一般に バラ輝石 テフロ石 マンバンざくろ石 ベメント石 ブラウン鉱などからなる鉱石である。構成鉱物からわかるように マンガン分比して珪酸分の高い鉱石である。これらの鉱物の組合わせにより 次のような鉱石に分けられる。

**a) バラキ** バラ輝石を主とする鉱石で 一般にマンバンざくろ石を伴う。時にはアラバンド鉱 ピロファン石 テフロ石などを伴う場合がある。色は淡紅色のものから濃紅色のものまであり また結晶粒も粗粒のものから細粒のものまでである。一般に粗粒で 濃紅色のものが品位がよい。品位は Mn 28~35% SiO<sub>2</sub> 35~40% である。花崗岩類の接触熱変成作用を受けた地域に含まれるマンガン鉱床に多産する。



第 4 表 マンガン鉱石と構成鉱物

鉱石名		構成鉱物	品位(%)		
			Mn	SiO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
二酸化		クリプトメレーン鉱 パイロルース鉱 エンステイト 水マンガン鉱 轟石	MnO <sub>2</sub> 75~85	—	—
金 属		サイロメレーン鉱 水マンガン鉱 轟石 グロータイト ブラウン鉱	45~55	—	—
炭	炭 マン	菱マンガン鉱 アラバンド鉱 閃亜鉛鉱	32~40	—	31~38
	キ ビ マン	菱マンガン鉱 パイロクロイット テフロ石	50~55	5~6	5~8
	チョコレート鉱	ハウスマン鉱 菱マンガン鉱 緑マンガン鉱 ブラウン鉱 テフロ石 アレガニー石 含水珪酸マンガン鉱	48~55	8~10	5~10
	栗色炭マン しま状炭マン	菱マンガン鉱 ハウスマン鉱 ブラウン鉱 アレガニー石	42~45	10~17	8~25
	アズキ炭マン 灰色炭マン	菱マンガン鉱 テフロ石 アレガニー石 パラ輝石 マンガンざくろ石	38~42	15~22	10~28
	白炭 黒炭マン	菱マンガン鉱 マンガンざくろ石	30~32	25~30	7~10
	「テ ツ」	アラバンド鉱 菱マンガン鉱	45~50	—	—
	「テ ツ マン」	ハウスマン鉱 テフロ石 菱マンガン鉱 ガラクス石 アレガニー石	52~60	3~6	—
	「ブ ラ ウ ン」	ブラウン鉱 ベメント石 パラ輝石 紅れん石 石英	48~58	15~20	—
	「ト ラ マ ン」	ブラウン鉱 石英	15~20	45~58	—
珪 マ ン	パ ラ キ	パラ輝石 マンガンざくろ石 アラバンド鉱 パイロファン石 テフロ石	28~35	35~40	—
	テ フ ロ	テフロ石 パラ輝石 マンガンざくろ石	38~42	25~28	—
	かつおぶし鉱	ベメント石 ブラウン鉱 ペンヴィイス鉱 菱マンガン鉱 パラ輝石 石英	25~32	25~30	H <sub>2</sub> O 10~15

石英からなる鉱石でその色が「かつおぶし」に似ていることからその名がある。きわめて微粒のあめ色~褐色を呈する半透明の鉱石で 貝殻状断口を呈する。一見褐色のチャートに類似するが 注意すれば見分けられる。品位は Mn 25~32% SiO<sub>2</sub> 25~30% H<sub>2</sub>O 10~15% である。ベメント石を主とするので H<sub>2</sub>O が多量に含まれる。高知県穴内熊本市の俣(八代)岐阜県鶴巻鉱山などに多産する。

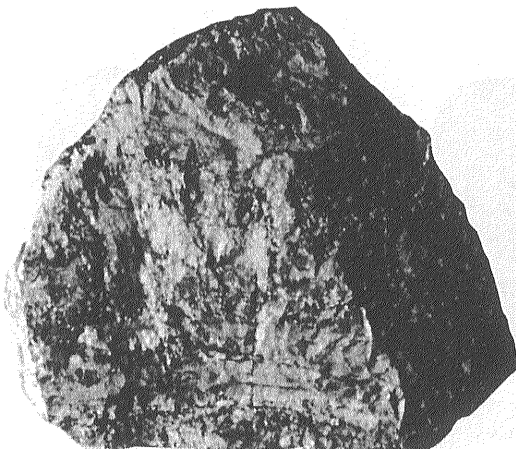
d) 珪質炭マン

これは 淡紅色微粒の菱マンガン鉱とチャートとの機械的混合物である。一見 低品位のパラキに類似するが本質的には別の鉱石である。

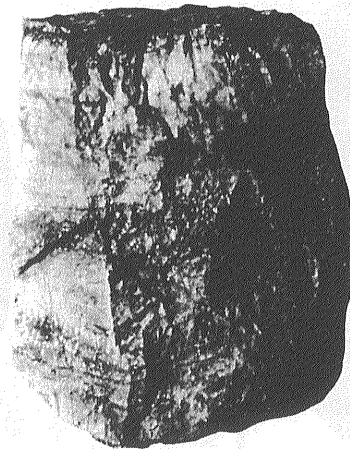
また 品位が Mn 22~30% SiO<sub>2</sub> 35~45% で パラキの成分と大差ないので 肉眼ではパラキと見誤ることがある。注意を要する鉱石である。この種の鉱石に対して「珪質炭マン」と呼ぶことにしている。鏡下では 微粒の菱マンガン鉱と微粒の石英の集合よりなる。したがって 菱マンガン鉱に比べて石英の量が増えれば珪酸が高くなり Mn 分が低くなる。また 逆であれば Mn 分が高く 珪酸が低くなるわけである。

b) テフロ石 テフロ石を主とする鉱石で 一般に 灰緑色~青緑色の油ぎった光沢をなす。微粒のものから粗粒のものまであるが品位はあまり変わらない。テフロ石を主とするが パラ輝石 マンバンざくろ石などを伴う。テフロ石のみからなる鉱石は 品位は高いがパラ輝石 マンバンざくろ石などが増えると品位は低くなる。一般に Mn 38~42% SiO<sub>2</sub> 25~28% である。その分布は パラキの分布と同じようである。

c) かつおぶし鉱 ベメント石 ブラウン鉱ペンヴィイス石などを主とし 少量の菱マンガン鉱 パラ輝石



かつおぶし鉱(ベメント石を主とする)



珪質炭マン(やや縮状)

以上 マンガン鉱石の名称と鉱物組成の概要を述べたが それらの結果を一括して示すと第4表のとおりである。

(筆者は鉱床部)