

長野県阿智村戸沢鉍山選鉍所跡における堆積物

五味 篤*・村松 武**・佐々木 勝***

Antimony-bearing ore and sediments from the Tozawa mine dressing plant site,
Achi Village, Nagano Prefecture
Atsushi Gomi*, Takeshi Muramatsu** and Masaru Sasaki***

*〒279-0042 千葉県浦安市東野3-30-1

**〒395-0034 長野県飯田市追手町2-655 飯田市美術館

***〒395-0244 長野県飯田市山本5992-1 財団法人 野外教育研究財団

戸沢鉍山選鉍所跡と推定される場所から発見された鉍石塊と堆積物(赤色層, 黄色層, 灰色層)の成分を同定した。鉍石は主に石英と, ベルチェ鉍, 輝安鉍, バレンチン鉍のアンチモン鉍物からなる。赤色層は主にアンチモンガラス(三硫化アンチモンと酸化アンチモンの混合物), ベルチェ鉍, 石英, 雲母類からなり, 黄色層は石英, 硫黄, 酸化アンチモン, 灰色層は石英, 黒雲母, 斜長石, 微斜長石, パーミュキュライト, カオリンなどで, 花崗岩の造岩鉍物のうちの, 有色鉍物の多い部分と同定された。赤色層と黄色層は, 鉍石を焙焼した焼鉍から, 比重選鉍で粗酸化アンチモンを回収した残りの尾鉍であると判断される。灰色層は洪水時に堆積した花崗岩の風化生成物であると推定される。

記録によれば硫化アンチモン精鉍(Sb 50~55%)採取のために浮遊選鉍所が建設されたのが1936年であるので, この選鉍所跡は山元で粗酸化アンチモン(Sb約80%)を製造したとされる, 1914~1917年頃のものであると考えられる。

キーワード ベルチェ鉍, 輝安鉍, 完全焙焼法, アンチモンガラス, 比重選鉍

1. はじめに

長野県下伊那郡阿智村戸沢本谷川支流赤ナギ沢(高野谷)の戸沢鉍山(一部に開生, 光明鉍山を含む, 図1)は, 角閃石黒雲母花崗岩(伊奈川花崗岩)中に胚胎する, 走向N10°E, 傾斜ほぼ垂直, 脈幅20~40cm(地質調査所, 1955)あるいは走向N20°E, 傾斜60~80°W, 脈幅1.2m(八木, 1945)のベルチェ鉍-輝安鉍-黄鉄鉍-石英からなる裂隙充填鉍脈群のアンチモン鉍床である(筒井, 1976; 今村, 2002; 図2)。

鉍床は1897年に発見され, 1945年までアンチモン鉍が断続的に採掘された(今村, 2002)。戸沢鉍山では1936年に浮遊選鉍場を設備し, 実収率平均83%でアンチモン精鉍(Sb 50~55%)を産出した。1935年から1945年までの戸沢および開生鉍山からの粗鉍生産量は表1のとおりで, Sb 21%粗鉍合計1,933トンである(地質調査所, 1955)。

2003年の治山工事の際に, 赤ナギ沢左岸の砂礫の中から戸沢鉍山の選鉍所跡と考えられる場所が発見され

表1 戸沢・開生鉍山の1935~1945年の粗鉍生産
(地質調査所, 1955)

年	戸沢鉍山	開生鉍山	合計
1935	—	Sb 25% 162t	Sb 25% 162t
1936	Sb 17% 230t	Sb 25% 147t	Sb 20% 377t
1937	Sb 13% 320t	Sb 25% 294t	Sb 19% 614t
1938	Sb 13% 53t	Sb 25% 470t	Sb 24% 523t
1939	—	Sb 25% 136t	Sb 25% 136t
1940	—	0t	
1941	—	0t	
1942	—	0t	
1943	—	0t	
1944	Sb 15% 57t	Sb 18% 44t	Sb 16% 101t
1945	Sb 15% 11t	Sb 14% 9t	Sb 15% 20t
合計	Sb 15% 671t	Sb 24% 1,262t	Sb 21% 1,933t

た(図3)。ここから成層をなす赤色, 灰色の堆積物と, 木箱に入った黄白色堆積物が見つかったが, これらを構成する物質が不明であったため, 同定作業を実施し, それらの生成過程について考察を行なった。

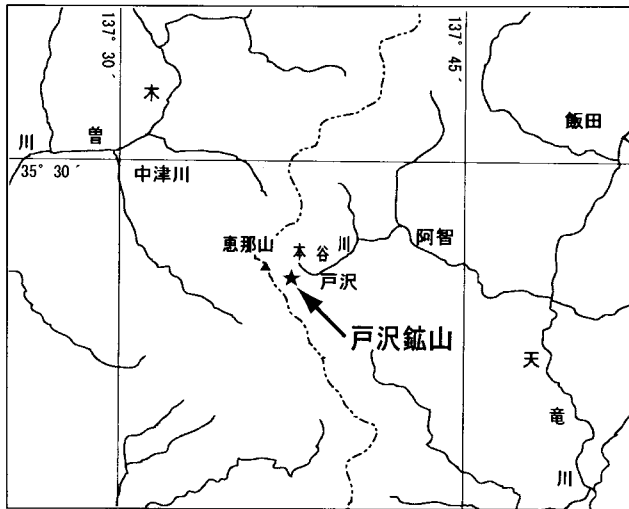


図1 戸沢鉱山位置図

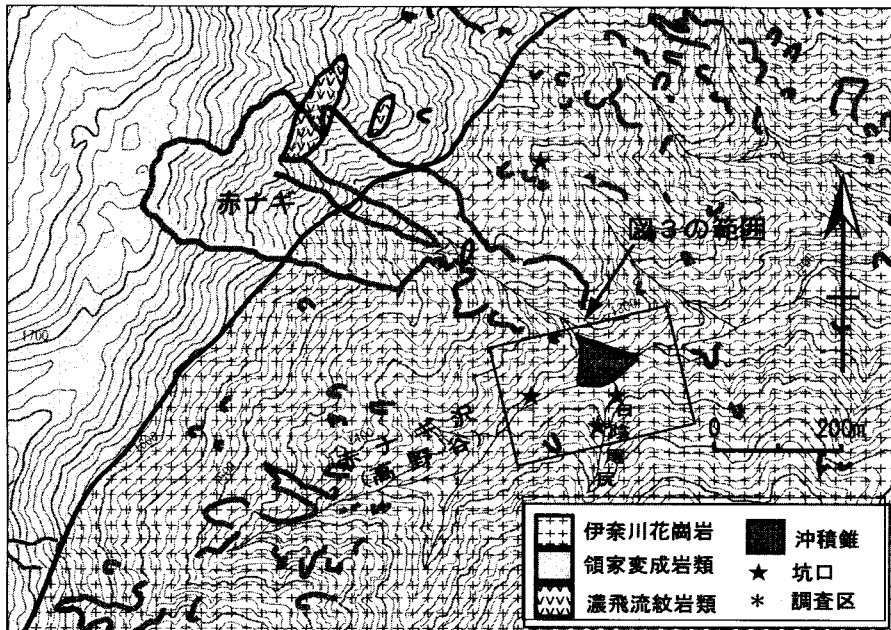


図2 戸沢鉱山周辺地質図

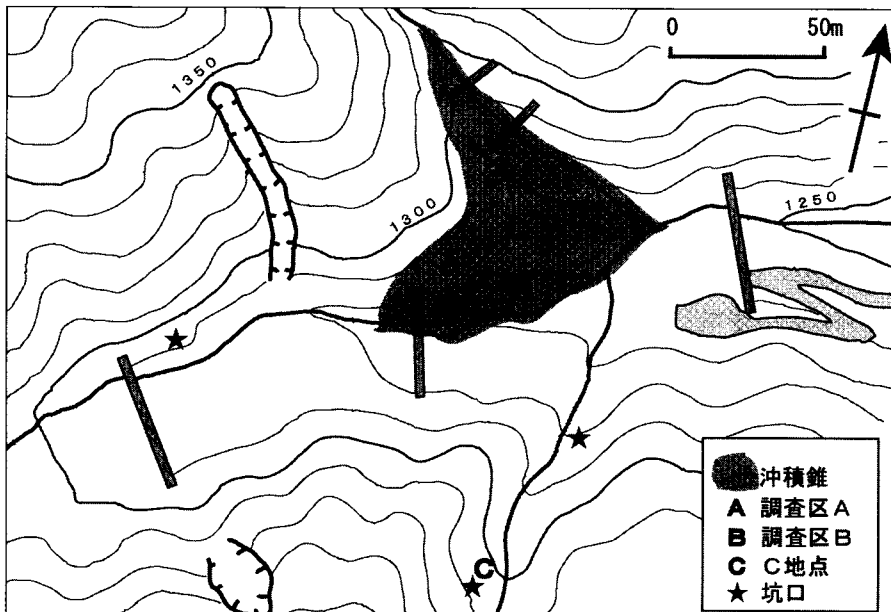


図3 供試料採取位置図

調査区Aからは鉱石、赤色層、灰色層；調査区Bからは黄色層；C地点からは鉱石を採取。

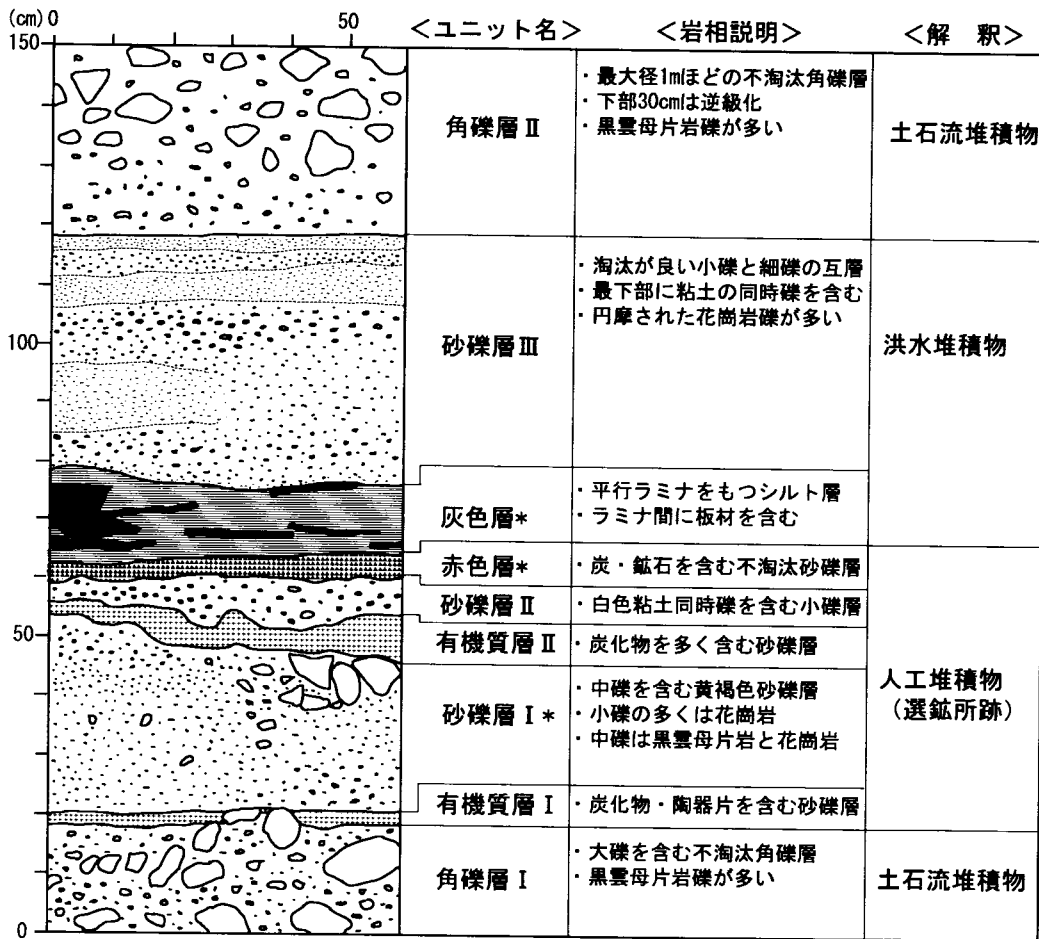


図4 調査区Aにおける堆積物の柱状図とその解釈 *は供試料の産出層準

2. 選鉱所跡の埋積状況と供試料の産状

戸沢鉱山の選鉱所跡と考えられた敷地は、赤ナギ(崩壊地)から運ばれてきた角礫によって5~15mほど埋積され、沖積錐をなしていた。これらの土砂(角礫)をすべて取り除くことは不可能であったため、A、Bの2ヶ所の調査区(図3)を設けて、敷地を含む断面と奥行き1~2mほどの敷地表面を調査した。その結果、A、Bの調査区で推定された選鉱所跡は同一層準であり、土石流堆積物である角礫層I(図4)の上位に形成されていることが分かった。調査区AとBで観察された選鉱所跡の層準は水平距離30mで標高差2mであることから、山間地では比較的平坦な15:1の傾斜地であった。選鉱所跡と推定された人工堆積物は、赤ナギ沢本流の洪水堆積物と赤ナギから運ばれてきた土石流堆積物(角礫層II)に覆われていた(図4; 佐々木ほか, 2004)。

同定した試料は、赤ナギ沢左岸の調査区A(標高1276m)もしくは調査区B(標高1274m)から採取した鉱石、赤色層、黄色層、灰色層の4試料と、赤ナギ

沢支流日陰尾尻のC地点(標高1308m)から採取した鉱石の1試料である(図3)。これらの供試料の産状を以下に記す。

(1) 鉱石

①調査区Aの黄褐色砂礫層(図4の砂礫層I)中に含まれ、直径10cm程度で石英に富み亜角礫状をなす。表面は薄い褐鉄鉱に覆われる。

②日陰尾尻の旧坑の廃石堆積場と推定される中段上(図3のC地点)で採集され、直径20cm程度で石英に富み亜角礫状をなす。

(2) 赤色層

調査区Aの板材を含む灰色層の下位に厚さ2~5cmではほぼ水平に成層する赤色の不淘汰砂礫層(図4の赤色層, 図5)として産出した。直径数mmないし2cm程度の鉱石片を含む部分が認められる。

(3) 黄色層

調査区Bの木箱中に、淘汰の良い赤・黄色の粗粒砂として産出した。供試料の黄色層は赤色の粗粒砂の上位に不規則な境界をなして重なっていた黄色の粗粒砂である(図6)。

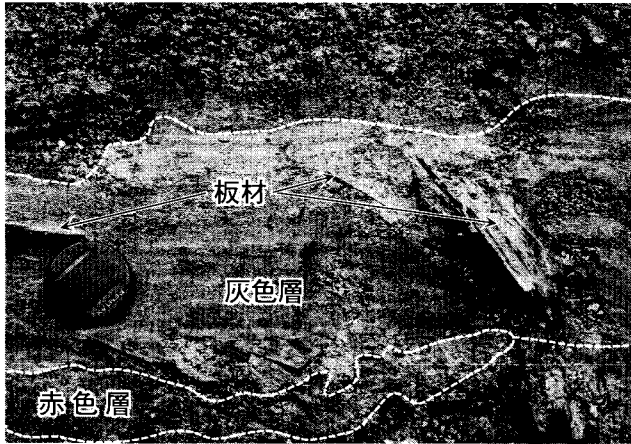


図5 調査区Aにおける赤色層と灰色層の産状

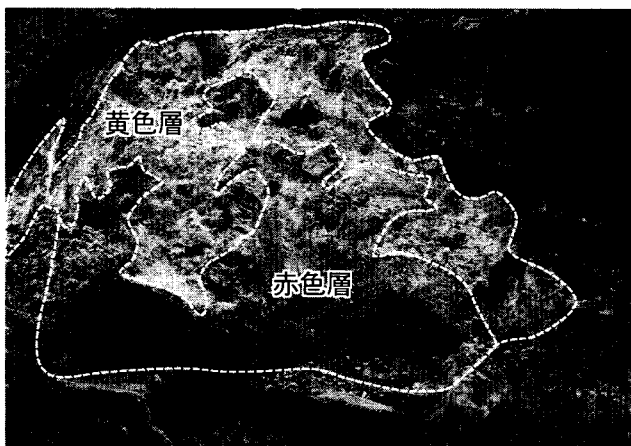


図6 調査区Bにおける赤色層と黄色層の産状

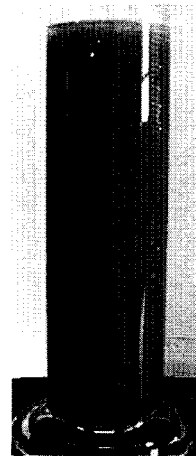


図7 赤色層の水簸分離

(4) 灰色層

調査区Aの赤色層の上位に、建築材とみられる多量の薄板材を含む厚さ10~20cmのシルト層(図4の灰色層, 図5)として産出した。シルト層には厚さ3cm以下で互層するシルトと細粒砂の平行ラミナが発達する。

3. 同定方法

同定は研磨薄片の偏光顕微鏡観察, 粉末X線回折, EDSによる半定量分析によった。

(1) 鉍石については, 岩石切断機で小片を切り出し,

厚さ0.05mm程度の薄片を作成した上で, 研磨面を2μmダイヤモンド研磨剤で鏡面仕上げして研磨薄片を作成し, 偏光顕微鏡で反射光と透過光を観察した。(2)赤色層については, 粘土, 石英, 長石片等が混在していたため, 純水を加えて超音波により解砕し, メスシリンダーで水簸を行って粘土と粗粒のベルチェ鉍, 石英, 微斜長石を除去した(図7)。(2)-①水簸しない赤色層, (2)-②水簸した赤色層, (3)黄色層, (4)灰色層の4試料については, 粉末X線回折(BRUKERaxs製MXP18, X線発生装置18kW, 線源1.54056A(Cu管球),

表2 EDSによる半定量分析結果(理想式はDana, 1944による)

検出元素	FeSb ₂ S ₄	EDS-1	EDS-2	EDS-3	Sb ₂ S ₃	EDS-4	EDS-5	EDS-6	Sb ₂ O ₃	EDS-7	EDS-8
Fe	13.21	13.73	13.72	14.25							
Sb	56.55	55.88	56.10	56.17	71.69	69.83	69.41	69.40	83.54	86.06	87.51
S	30.24	30.40	30.18	29.58	28.31	30.17	30.59	30.60			
O									16.46	13.94	12.49
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
鉍物名	理想式	ベルチェ鉍	ベルチェ鉍	ベルチェ鉍	理想式	輝安鉍	Sb ₂ S ₃	Sb ₂ S ₃	理想式	バレンチン鉍	Sb ₂ O ₃

測定条件：管電圧40kV，管電流150mA，サンプリング幅0.02°，走査速度4°/min.，発散スリット1°，散乱スリット1°，受光スリット0.15mm)を実施して，構成物質を同定した。

(2)－②水簸した赤色層，(3)黄色層の2試料についてはエポキシ樹脂に埋めて研磨薄片を作成し，偏光顕微鏡で反射光と透過光を観察して，組織，共生関係，構成物質または構成鉱物を同定した。

また，これらの試料の構成鉱物または構成物質のうち，12測定点については，EDS付走査型電子顕微鏡(日本電子製JEOL-2140，加速電圧15kV，取り出し角度30°)による半定量分析を実施した。

4. 同定結果

(1) 鉱石

鉱石は多量の石英(SiO₂)と微量の絹雲母(Sericite: KAl₂(Si₃Al)₁₀(OH, F)₂)に，多量のベルチェ鉱(Berthierite: FeSb₂S₄)，少量の輝安鉱(Stibnite: Sb₂S₃)，少量のパレンチン鉱(Valentinite: Sb₂O₃)からなり，微量の黄鉄鉱(Pyrite: FeS₂)，硫砒鉄鉱(Arsenopyrite: FeAsS)を伴い，割れ目に沿って褐鉄鉱(Limonite: Fe₂O₃・nH₂O)，菱鉄鉱(Siderite: FeCO₃)，鉄・アンチモン酸化物(鉱物名未詳)が少量認められる。

ベルチェ鉱は鋼灰色金属光沢を呈し，長さ0.02から最大10mm(伊藤・櫻井，1947)の短針状ないし細柱状自形結晶をなして，石英中に繊維状に認められる。しばしば表面が錆びて青灰色，黄褐色などを示す。鏡下では結晶中に多くの細孔が認められ，反射多色性が強く帯紅灰白色で異方性も強い(図8，9，表2 EDS-1, EDS-2, EDS-3)。輝安鉱は鉛灰色でベルチェ鉱よりも強い金属光沢を呈し，長さ0.3～5mmの細柱状自形結晶をなしてベルチェ鉱に伴い，劈開が著しく，しばしば結晶が放射状に配列するのが認められる。鏡下では反射多色性が強く，異方性も強く青，灰白などを示す(図8，表2 EDS-4)。ベルチェ鉱と輝安鉱の集合部は石英と帯状をなす。伊藤・櫻井(1947)によれば，「長野縣戸澤鑛山のベルチェ鉱は石英脈中に暗灰色を呈する細柱状結晶の不規則なる集合をなして多量に産し長さ1cmに達す」とあり，肉眼観察と一致する。黄鉄鉱はクリーム黄色金属光沢を呈し，径0.1mm程度の12面体自形をなし，輝安鉱に伴う(図8)。硫砒鉄鉱は帯紅白色金属光沢を呈し，長さ0.02～0.1mmの短柱状自形結晶をなして石英中に散在する。鏡下では特徴ある菱形断面が認められ，異方性を示す(図10)。パ

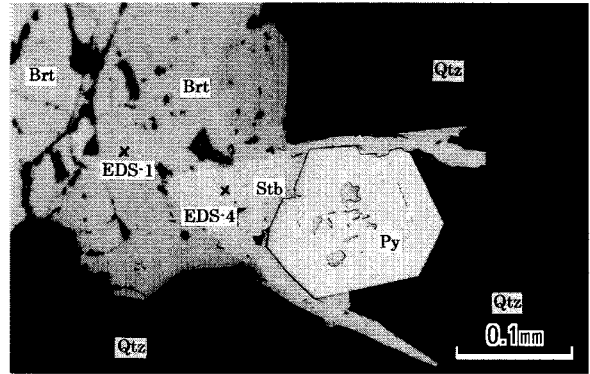


図8 ベルチェ鉱－輝安鉱－黄鉄鉱－石英鉱石顕微鏡写真(反射光)

石英(Qtz)中に自形黄鉄鉱(Py)とベルチェ鉱(Brt)および輝安鉱(Stb)が共生する。×印はEDSによる分析ポイント。

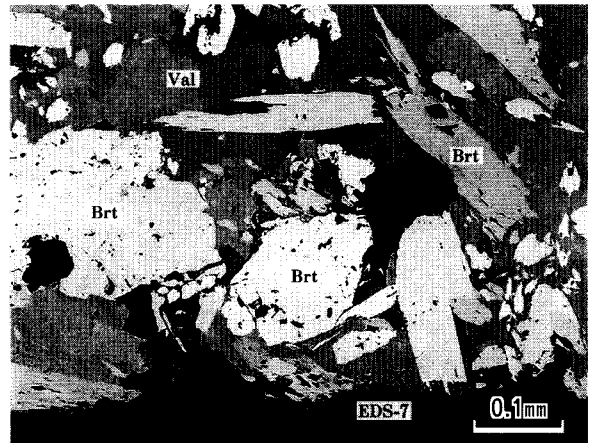


図9 ベルチェ鉱－パレンチン鉱－石英鉱石顕微鏡写真(反射光)

石英(Qtz)中の自形ベルチェ鉱(Brt)結晶間の空隙をパレンチン鉱(Val)が充填する。×印はEDSによる分析ポイント。

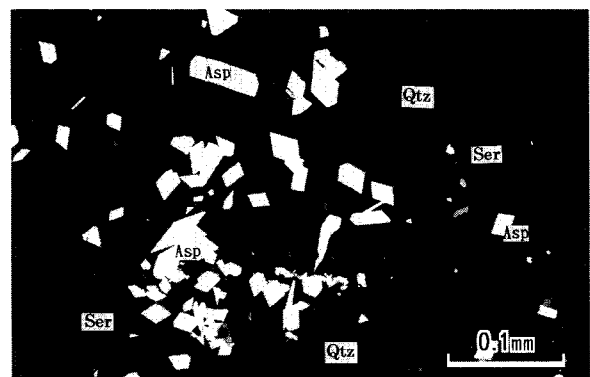


図10 硫砒鉄鉱－絹雲母－石英鉱石顕微鏡写真(反射光)

絹雲母(Ser)を伴う石英中(Qtz)に自形硫砒鉄鉱(Asp)が散在する。

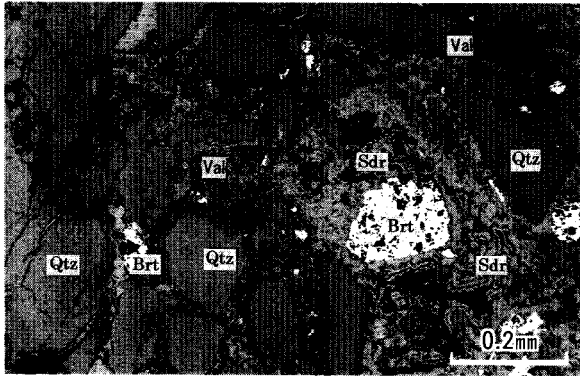


図11 ベルチェ鉱-バレンチン鉱-菱鉄鉱-石英鉱顕微鏡写真(反射光)

石英(Qtz)とベルチェ鉱(Brt)粒子の空隙をバレンチン鉱(Val)と菱鉄鉱(Sdr)が充填する。

レンチン鉱はベルチェ鉱の結晶の間隙を充填する半透明他形集合体として認められ、鏡下では完全な劈開が明瞭で、屈折率が高く、異方性が著しく高い干渉色を示す(図9, 11, 表2 EDS-7)。菱鉄鉱は褐色皮殻状ないしは膠着状にベルチェ鉱の粒子周辺の空隙をバレンチン鉱とともに充填する(図11)。鉄・アンチモン酸化物(鉱物名未詳)は赤朱色硝子光沢粉状ないし粒状で、石英粒間の割目を充填し、また、ベルチェ鉱結晶を交代する。反射光は灰白色亜金属光沢を呈するが、透過光は赤褐色を呈し等方性を示す(図12)。EDS分析値ではFe 28.6%, Sb 46.6%, O 24.8%であり、該当鉱物種がないことから、針鉄鉱(Goethite: FeO(OH))と方安鉱の混合物であることも考えられ、なおも検討を要する。

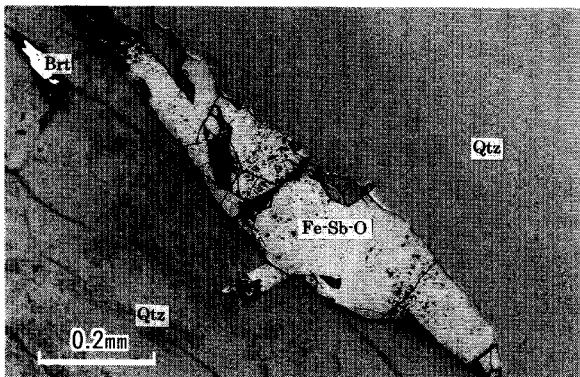


図12 不詳鉄・アンチモン酸化物顕微鏡写真(反射光)

石英(Qtz)中の柱状ベルチェ鉱を交代する鉄・アンチモン酸化物(Fe-Sb-O)。

筒井(1976)はこの他に、方安鉱(Senarmontite: Sb_2O_3)、黄安鉱(Stibiconite: $Sb_3O_8(OH)$)の産出を記載し、紅安鉱(Kermesite: Sb_2S_2O)の産出を示唆し、今村(2002)はさらに鶏冠石(Realgar: AsS)、石黄(Orpiment: As_2S_3)の産出を報じているが、今回は見出さなかった。

(2) 赤色層

本層は多量の石英粒、三酸化アンチモン(Sb_2O_3)、ベルチェ鉱と少量の三硫化アンチモン(Sb_2S_3)、黒雲母(Biotite: $K(Mg,Fe)_3(Al,Fe)Si_3O_{10}(OH,F)_2$)、微斜長石(Microcline: $KAlSi_3O_8$)、木炭、微量の絹雲母からなる。

本層の粉末X線回折結果を付図1、水簸したものを付図2に示す。

本層を特徴付ける赤色物質は三硫化アンチモンで、極微粒赤紫色半透明でベルチェ鉱や微斜長石粒子(径0.02~0.04mm)を厚さ0.005mm以下の皮殻状に被覆し(図13, 14, 表2 EDS-5, EDS-6)、三酸化アンチモンと密に混ざって認められる(図15)ほか、径0.01mm以下の単独微粒子として存在する。三硫化アンチモンは非晶質なので粉末X線回折には明瞭に現れず、EDS半定量分析で判定したが、原子比でSb:S=37:63となりほぼ Sb_2S_3 に近い。三酸化アンチモンは白色半透明で、微細な結晶の雲状集合体からなり、ベルチェ鉱の微粒子(径0.001mm程度)を伴う(図15)。

(3) 黄色層

本層は多量の石英粒、少量の酸化アンチモン(三酸化アンチモン: Sb_2O_3 、四酸化アンチモン: Sb_2O_4)、硫黄(Sulfur: S)、微量のベルチェ鉱、カオリンからなる。

本層の粉末X線回折結果を付図3に示す。

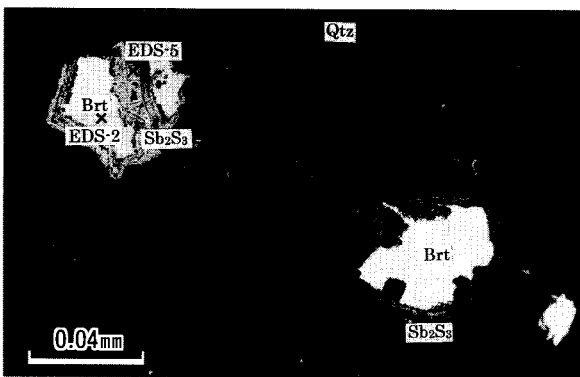


図13 赤色層顕微鏡写真(反射光)

融食されたベルチェ鉱(Brt)粒子の周囲を被覆する三硫化アンチモン(Sb_2S_3)。×印はEDSによる分析ポイント。

酸化アンチモンは三酸化アンチモンを主とし、鏡下では石英の粒子(径0.1~0.5mm)やベルチェ鉱の粒子(径5~15 μ m)の周囲を厚さ0.05mm以下で覆うほか、石英粒を膠着しているのが認められ、一部に少量のカオリンが混ざる。硫黄は極細粒で酸化アンチモンに密に伴い、透過光で黄褐色を示す(図16, 表2 EDS-8).

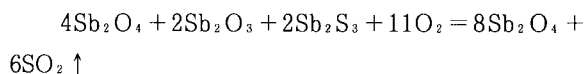
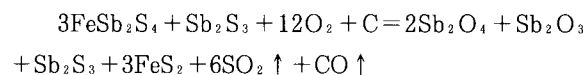
(4) 灰色層

本層は多量の石英, 黒雲母, 斜長石, 微斜長石, パーミュキュライト, チタン鉄鉱, カオリンからなり, 花崗岩の風化物のうちの, 有色鉱物の多い部分と考えられる。本層の粉末X線回折結果を付図4に示す。

5. 考察

戸沢鉱山では1914~1917年頃は現場で「ツボタタラ吹き」によって鉱石を焙焼処理し, 製品は御坂峠を越え中津川経由で大阪に出荷していたといわれ(八木, 1945; 今村, 2002), 日陰尾尻からはコークスと鉱滓が発見されている。このため, ここでは鉱石を500 $^{\circ}$ C以下の低温で酸素を十分に供給して焙焼して四酸化アンチモン(Sb_2O_4)を製造する完全焙焼法が採用されていたものと推定される(吉田, 1978)。

戸沢鉱山の主要鉱石鉱物はベルチェ鉱であり, 他のアンチモン鉱山で普通に産する輝安鉱(Sb_2S_3)はベルチェ鉱($FeSb_2S_4$)よりも少なかったものと考えられる(地質調査所, 1955; 筒井, 1976)。戸沢鉱山産鉱石がベルチェ鉱と輝安鉱が3:1の割合で構成されていたものと仮定すれば, この鉱石が酸素を十分に供給してコークスによって完全焙焼された場合の化学反応は, 次のように推定される。



ベルチェ鉱や輝安鉱が三酸化アンチモン(Sb_2O_3)になる反応は約200 $^{\circ}$ Cで始まり, 400 $^{\circ}$ CでSが全て除かれ, 空気が充分あると370 $^{\circ}$ Cで四酸化アンチモン(Sb_2O_4)が生成し始める。また, 500 $^{\circ}$ Cでは三酸化アンチモンの酸化によっても四酸化アンチモンを生じ始め, 520 $^{\circ}$ Cで盛んになり560 $^{\circ}$ Cでやむ(的場ほか, 1963)。

上記のうち, 非晶質三硫化アンチモン(Sb_2S_3)を含む酸化アンチモン(Sb_2O_3 もしくは Sb_2O_4)の混合物は焙焼中間生成物で, アンチモンガラス(Vitrum antimony)またはアンチモン朱と呼ばれ, 赤茶色を呈し, 赤色層中のアンチモン成分と一致する。したがって, 赤色層は, 鉱石を焙焼してできた焼鉱を粉碎し,

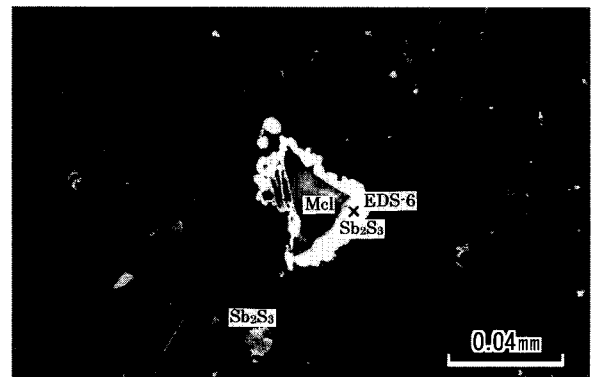


図14 赤色層顕微鏡写真(反射光)

微斜長石(Mcl)粒子の周囲を被覆する三硫化アンチモン(Sb_2S_3)。×印はEDSによる分析ポイント。



図15 赤色層顕微鏡写真(反射光)

三酸化アンチモン(Sb_2O_3)と混在して集合状粒子を形成する三硫化アンチモン(Sb_2S_3)。粒子の内部にはベルチェ鉱(Brt)微粒子が内包される。

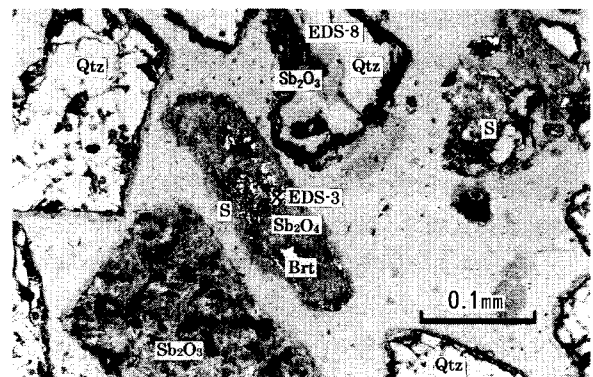


図16 黄色層顕微鏡写真(反射光)

ベルチェ鉱(Brt)微粒子および石英(Qtz)粒子を取り巻く四酸化アンチモン(Sb_2O_4)と三酸化アンチモン(Sb_2O_3)および硫黄(S)微粒子。×印はEDSによる分析ポイント。



図17 茨城県高取鉱山における
箆揚げ作業 (葉賀, 1990)

竹製箆を水中で揺り動かし比重差で重鉱物 (ここではタンゲステン鉱) を淘汰して選別する。



図18 1890年頃の愛媛県市ノ川鉱山における箆揚げによる
アンチモン鉱 (輝安鉱) の比重選鉱 (Bancroft, 1984)

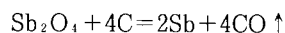
生成したアンチモンガラスと、焼鉱に含まれていた石英、長石、黒雲母、カオリンのような不要鉱物を比重選鉱した尾鉱であると考えられる。すなわち、粉碎した焼鉱を揺り箆のようなものに入れ、水槽に浸して揺り動かして淘汰することによって (葉賀, 1990)、比重の大きなアンチモンガラスを回収し、比重の小さな石英、長石、黒雲母、カオリンを分けて廃棄する作業を行ったものと想像される (図17, 18)。したがって、赤色不淘汰砂礫層は、比重選鉱で回収しきれなかったアンチモンガラスが、石英、長石、黒雲母、カオリンなどと水槽に堆積したものと判断される。

黄色層は非晶質硫化アンチモンを含んでいないので、アンチモンガラスをさらに焙焼したものか、あるいは完全焙焼されて非晶質三硫化アンチモンを含まないような焼鉱を粉碎し、同様に水槽中で淘汰して、石英、長石のような不要鉱物を選鉱した尾鉱であると判断される。硫黄は尾鉱に含まれた硫化鉄から分解して生成したものと推定される。

灰色層は、花崗岩の風化生成物を主体とする懸濁水が選鉱所水槽中へ流れ込み緩やかな流れの中で堆積したものと判断される。建築材と判断される薄板材を多量に挟むことから、洪水によって倒壊した選鉱所建屋の板材がこの中に取り込まれたと推定される。赤色層の直上に灰色層が覆い、その上に洪水堆積物と厚い土石流堆積物が覆っていることから、この選鉱所は活動中もしくは休止直後に洪水によって著しい被害を受け、続けて発生した土石流によって完全に埋積したと

考えられる。

戸沢鉱山選鉱所で製造された粗酸化アンチモン (不純な Sb_2O_4) は、製錬所に運ばれ、さらに木炭やコークスを加えて $700\sim 800^\circ C$ 程度で還元され、次の化学反応によって還元して、金属アンチモンが製錬されたものと考えられる (地質調査所, 1955)。



なお、30トン/日処理の浮遊選鉱所は、1936年に本谷川と黒川の合流点である山王に建設され (地質調査所, 1955; 今村, 2002)、ここでは鉱石を破碎、磨鉱して、浮遊選鉱法によりアンチモン精鉱 (ベルチェ鉱と輝安鉱の濃集物: Sb 50~55%) を採取して京浜方面へ出荷し、山元では焙焼による粗酸化アンチモン (Sb約80%) は製造していなかったものと判断される。したがって、今回発見された選鉱所跡は、粗酸化アンチモンを山元で製造し大阪へ送ったとされる1914~1917年頃のものであると判断される。出荷先は1917年に大阪市此花町春日出町 (現淀川区十八条1-13-50) で操業開始した合名会社山中製錬所のアンチモン製錬所 (<http://www.mikuni-seiren.co.jp/about/j/history.html>) であった可能性がある。

6. まとめ

戸沢鉱山選鉱所跡と考えられる場所から、鉱石塊と堆積物 (赤色層、黄色層、灰色層) の成分を同定した。鉱石は主に石英、ベルチェ鉱、輝安鉱、パレンチン鉱からなり、本邦の他のアンチモン鉱山が輝安鉱を主要

表3 鉱物および物質同定結果表 ◎:多量 ○:中量 △:少量 ・:微量

鉱物名・物質名	英名	鉱石	赤色層	黄色層	灰色層
ベルチェ鉱	Berthierite	◎	◎	○	
輝安鉱	Stibnite	○			
バレンチン鉱	Valentinite	○			
黄鉄鉱	Pyrite	△			
硫砒鉄鉱	Arsenopyrite	△			
菱鉄鉱	Siderite	・			
鉄・アンチモン酸化物	Fe-Sb oxide	・			
三硫化アンチモン	Antimony sulfide		◎		
三酸化アンチモン	Antimony trioxide		◎	△	
四酸化アンチモン	Antimony tetraoxide		○	△	
硫黄	Sulphur			○	
石英	Quartz	◎	◎	◎	◎
斜長石	Plagioclase	△	○	○	○
微斜長石	Microcline	△	△	・	○
黒雲母	Biotite	△	△		◎
絹雲母	Sericite	・	・	・	・
バーミュキュライト	Vermiculite				△
チタン鉄鉱	Ilmenite				・
カオリン	Kaolinite			・	・
木炭	Charcoal		△		

鉱石鉱物としているのに対して、ベルチェ鉱を主要鉱石鉱物とするのが特徴である。

赤色層は主にアンチモンガラス、ベルチェ鉱、石英、雲母類からなり、黄色層は酸化アンチモン、石英、硫黄、灰色層は石英、黒雲母、斜長石、微斜長石、バーミュキュライト、カオリンなどで、周辺地質を構成する角閃石黒雲母花崗岩の造岩鉱物のうち、有色鉱物の多い部分と同定された(表3)。

赤色層と黄色層は、ベルチェ鉱と輝安鉱からなる鉱石をコークスや木炭で焙焼した焼鉱から、水槽中で淘汰によって比重選鉱し、粗酸化アンチモンを回収した残りの尾鉱であると判断される。灰色層は洪水流に含まれていた花崗岩の風化生成物が沈降、堆積したものと推定される。

記録によれば硫化アンチモン精鉱(Sb 50~55%)採取のために浮遊選鉱所が建設されたのが1936年であるので、この選鉱所跡は山元で酸化アンチモン(Sb約80%)を製造したとされる1914~1917年頃のものと考えられる。

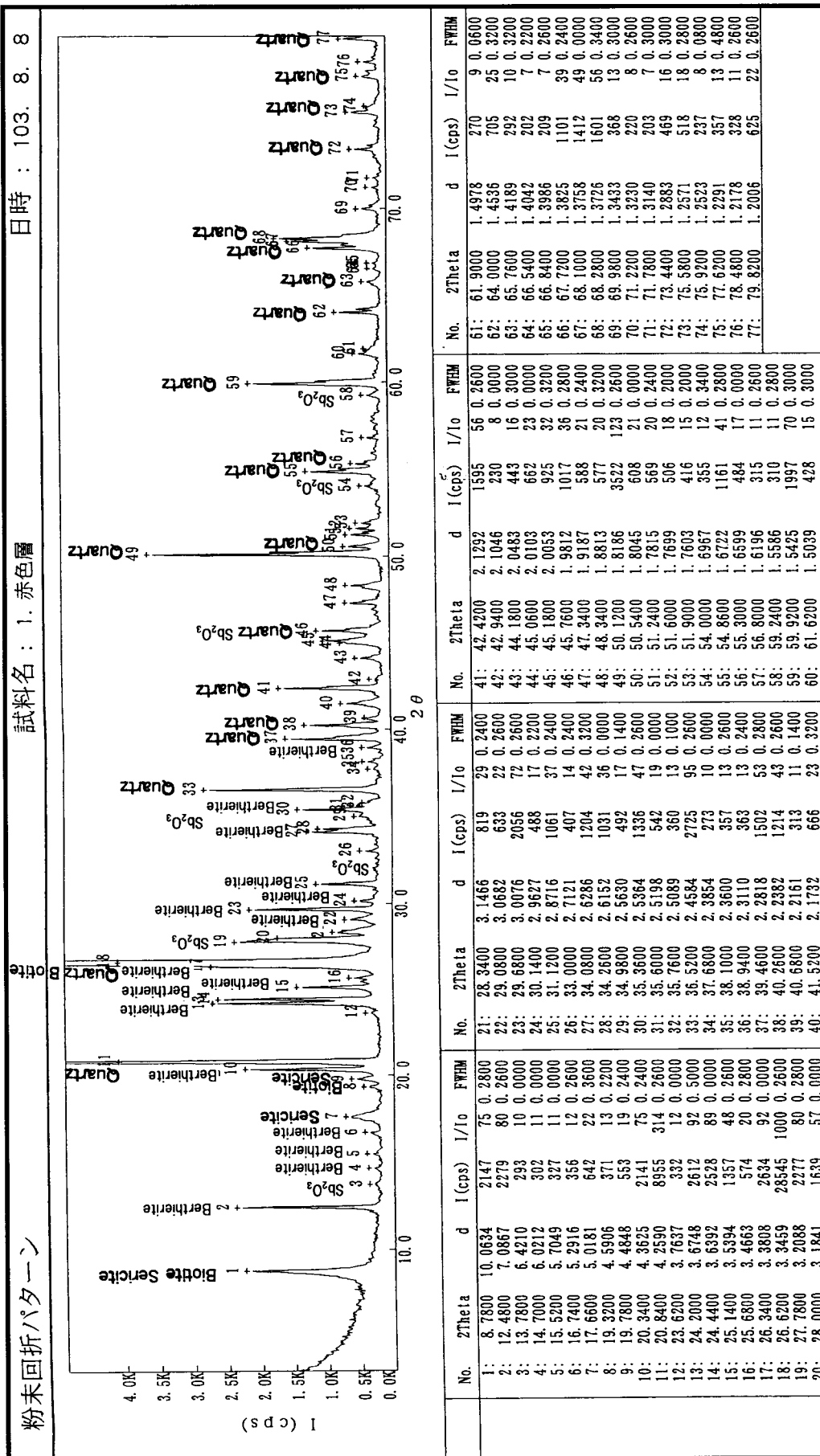
7. 謝辞

本報告の作成にあたり、戸沢鉱山現地を案内頂いた中部森林管理局南信森林管理署阿智森林事務所今村公人森林官、鉱物研究者中平豊氏、研磨薄片を作成しEDS分析をして頂いた三井金属鉱業株式会社総合研究所古田広文研究員に記して謝意を述べる次第である。

引用文献

- Bancroft, P., 1984, Gem and Crystal Treasures. Western Enterprises/Mineralogical Record, Fallbrook, 256-259.
- Bancroft, P., 1988, The Ichinokawa Mine, Japan. The Mineralogical Record, 19, 229-238. The Mineralogical Record Inc.
- 地質調査所, 1955, 日本鉱産誌(BI-a)金・銀その他. 171, 表124-125, 東京地学協会.
- Dana, J. D., 1944, The System of Mineralogy. Volume I. John Wiley & Sons, Inc.
- 葉賀七三男, 1990, 冶金考古学のすすめ, ゆりわけ(淘汰)・こなし(粉成). 金属, 60(10), 78-87.
- 今村理則, 2002, 飯田・下伊那の金属鉱山. 伊那谷自然史論

- 集, 3, 45-68.
- 伊藤貞市・櫻井欽一, 1947, 日本鑛物誌第三版上巻, 中文館書店, 119p.
- 的場幸雄ほか編, 1963, 金属製錬技術ハンドブック, 658-660, 朝倉書店.
- 佐々木勝・村松 武・五味 篤, 2004, 戸沢鉱山アンチモン選鉱所跡調査報告書(仮). 印刷中.
- 筒井 豊, 1976, 下伊那の鉱物. 下伊那地質誌編集委員会編, 「下伊那の地質解説」, 318-321, 下伊那誌編纂会.
- 八木貞助, 1945, 長野縣の地下資源. 信濃毎日新聞社.
- 吉田國夫, 1978, 鉱産物の知識と取引, 495-502, 財団法人通商産業調査会.

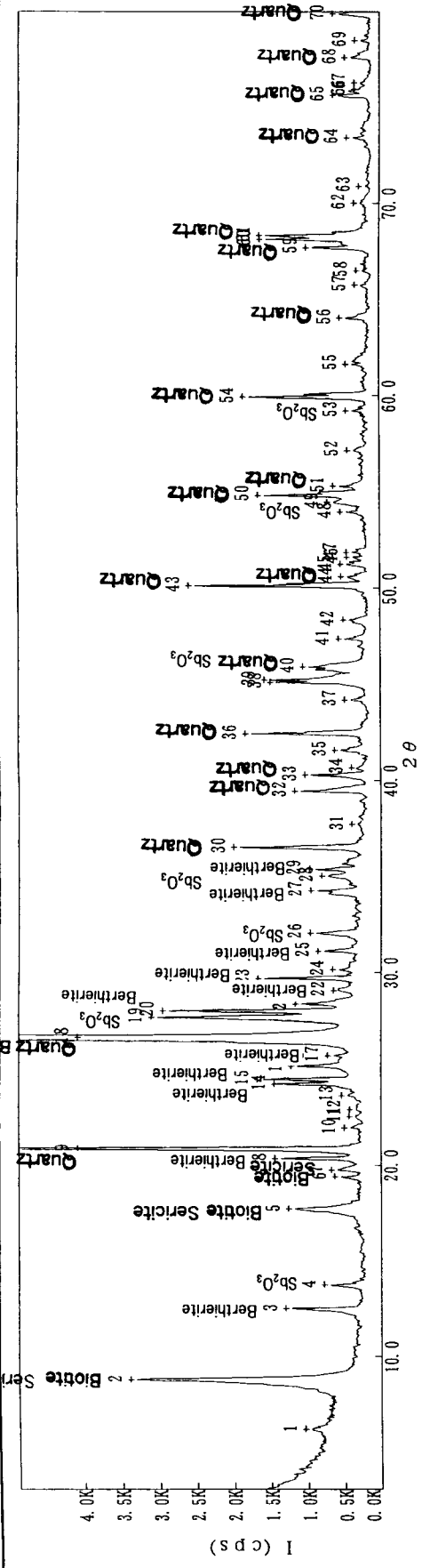


付図 1 赤色層粉末X線回折パターン

粉末回折パターン

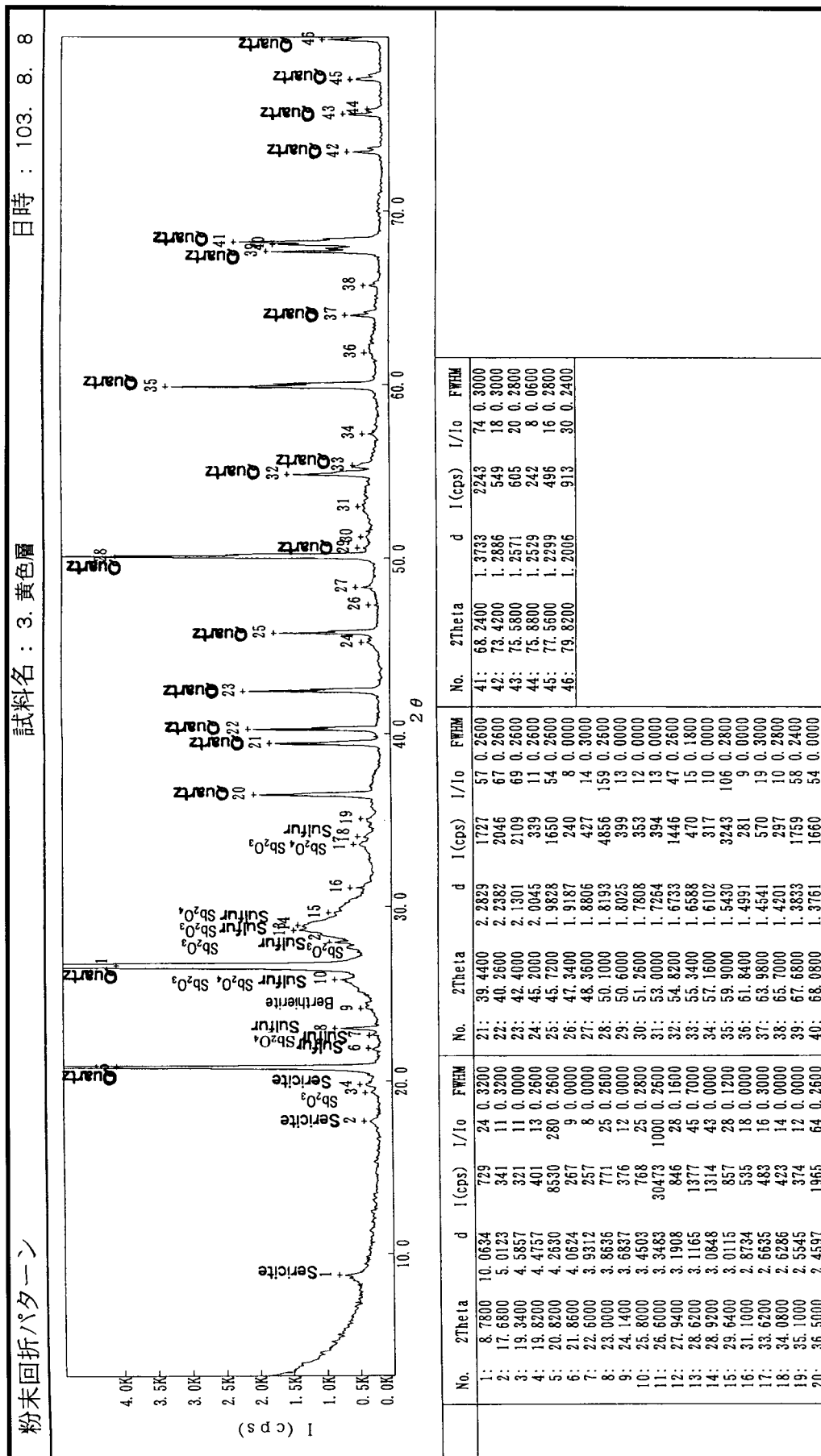
試料名 : 2. 赤色層水ひ

日時 : 103. 8. 8



No.	2Theta	d	I(cps)	I/Io	FWHM	No.	2Theta	d	I(cps)	I/Io	FWHM	No.	2Theta	d	I(cps)	I/Io	FWHM
1:	6.1800	14.2898	949	42	0.0000	21:	28.3400	3.1466	1080	48	0.2000	41:	47.3400	1.9187	485	21	0.2600
2:	8.8000	10.0402	3304	145	0.2800	22:	29.0400	3.0723	560	25	0.0000	42:	48.3400	1.8813	419	18	0.3400
3:	12.5000	7.0757	1217	54	0.2600	23:	29.6800	3.0076	1586	70	0.2400	43:	50.1200	1.8186	2508	110	0.2600
4:	13.7400	6.4396	697	31	0.2800	24:	30.1400	2.9627	578	25	0.2200	44:	50.6000	1.8025	443	20	0.1800
5:	17.7000	5.0068	1171	52	0.3200	25:	31.1200	2.8716	774	34	0.2600	45:	51.2600	1.7808	453	20	0.2400
6:	19.4000	4.5717	545	24	0.2200	26:	32.0600	2.7895	882	39	0.2600	46:	51.6200	1.7692	364	16	0.0000
7:	19.7600	4.4892	593	26	0.2200	27:	34.2600	2.6153	873	38	0.3000	47:	51.8800	1.7610	374	16	0.2000
8:	20.3600	4.3583	1354	60	0.2400	28:	35.0200	2.5602	723	32	0.2000	48:	53.9800	1.6973	450	20	0.2400
9:	20.8600	4.2550	6781	299	0.2600	29:	35.3800	2.5350	890	39	0.2200	49:	54.4800	1.6829	627	28	0.1800
10:	21.9400	4.0478	415	18	0.0000	30:	36.5200	2.4584	1913	84	0.2600	50:	54.8400	1.6727	1562	69	0.2600
11:	22.5400	3.9414	347	15	0.0000	31:	37.7200	2.3829	314	14	0.0000	51:	55.3000	1.6599	549	24	0.1800
12:	23.9200	3.7637	344	15	0.0000	32:	39.4400	2.2829	1088	48	0.2800	52:	57.1600	1.6102	355	16	0.2000
13:	23.6200	3.7892	449	20	0.0000	33:	40.2600	2.2382	948	42	0.2600	53:	59.2200	1.5590	371	16	0.2800
14:	24.2000	3.6748	1364	60	0.0000	34:	40.6600	2.2171	314	14	0.0000	54:	59.9200	1.5425	1761	78	0.2800
15:	24.4400	3.6392	1590	70	0.2600	35:	41.5400	2.1722	541	24	0.3000	55:	61.6400	1.5036	373	16	0.3800
16:	25.1400	3.5394	1138	50	0.2600	36:	42.4000	2.1301	1745	77	0.2600	56:	64.0000	1.4536	453	20	0.3000
17:	25.6800	3.4663	641	28	0.0000	37:	44.1800	2.0483	397	17	0.3000	57:	65.7600	1.4189	246	11	0.3000
18:	26.6400	3.3434	22714	1000	0.2600	38:	45.0800	2.0095	1412	62	0.0000	58:	66.5000	1.4049	224	10	0.0000
19:	27.6600	3.2224	3021	133	0.2000	39:	45.2000	2.0045	1492	66	0.2800	59:	67.7000	1.3829	908	40	0.2400
20:	27.9800	3.1863	2868	126	0.1800	40:	45.9000	1.9755	970	43	0.3400	60:	68.1200	1.3754	1534	68	0.0000

付図2 水鏡赤色層粉末X線回折パターン

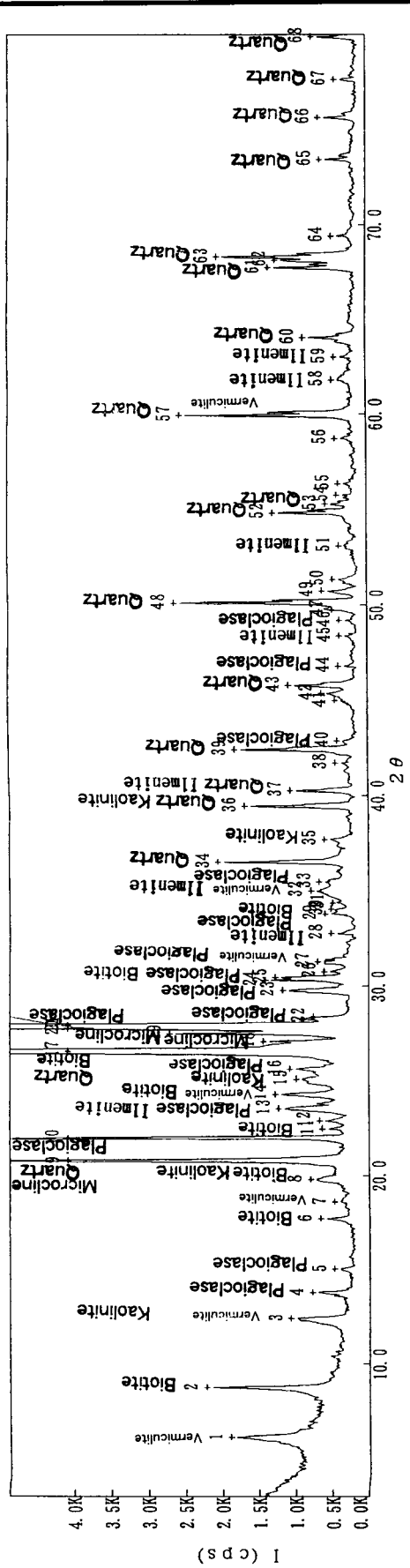


付図3 黄色層粉末X線回折パターン

粉末回折パターン

試料名：4. 灰色層

日時：103. 8. 8



No.	2Theta	d	I(cps)	1/10	FWHM	No.	2Theta	d	I(cps)	1/10	FWHM
1:	6.1200	14.4301	1817	70	0.3000	21:	27.9500	3.1885	9016	347	0.2800
2:	8.7600	10.0858	2141	82	0.2800	22:	28.3800	3.1422	670	26	0.0800
3:	12.4400	7.1094	999	38	0.3200	23:	29.7800	2.9977	1093	42	0.2600
4:	13.8400	6.3931	706	27	0.2800	24:	30.3200	2.9455	1331	51	0.2600
5:	15.0800	5.8703	402	15	0.2400	25:	30.4600	2.9322	1195	46	0.0000
6:	17.7000	5.0098	588	23	0.2800	26:	30.7800	2.9026	522	20	0.0000
7:	18.6000	4.7665	395	15	0.0000	27:	31.2800	2.8573	611	23	0.3000
8:	19.8000	4.4803	720	28	0.3000	28:	32.7800	2.7988	431	17	0.2600
9:	20.8200	4.2630	5190	200	0.2600	29:	33.8000	2.6498	507	19	0.0000
10:	22.0000	4.0370	6882	265	0.2600	30:	34.0600	2.6301	433	17	0.0000
11:	22.4800	3.9518	555	21	0.2000	31:	34.3800	2.6064	407	16	0.0000
12:	22.9000	3.8802	595	23	0.2200	32:	35.0200	2.5602	706	27	0.4400
13:	23.5400	3.7752	1152	44	0.3000	33:	35.4800	2.5280	593	23	0.2400
14:	24.3000	3.6598	1198	46	0.2600	34:	36.5200	2.4584	1967	76	0.2600
15:	25.0800	3.5478	912	35	0.3800	35:	37.7000	2.3841	519	20	0.3000
16:	25.6200	3.4742	999	38	0.2800	36:	39.4400	2.2829	1607	62	0.2600
17:	26.6200	3.3459	26015	1000	0.2600	37:	40.2600	2.2382	982	38	0.2600
18:	27.1000	3.2877	1356	52	0.1000	38:	41.7000	2.1642	362	14	0.2400
19:	27.5200	3.2385	2633	101	0.0000	39:	42.4200	2.1292	1735	67	0.2600
20:	27.7800	3.2088	4193	161	0.0000	40:	42.8600	2.1083	335	13	0.0000
						41:	44.9600	2.0146	360	14	0.1600
						42:	45.3400	1.9986	551	21	0.2400
						43:	45.7600	1.9812	998	38	0.2600
						44:	46.7800	1.9404	313	12	0.2400
						45:	48.3600	1.8806	300	12	0.3000
						46:	49.1800	1.8512	294	11	0.2800
						47:	49.7400	1.8316	394	15	0.0600
						48:	50.1000	1.8193	2552	98	0.2800
						49:	50.7400	1.7978	583	20	0.2600
						50:	51.3400	1.7782	362	15	0.3200
						51:	53.1000	1.7233	298	11	0.0000
						52:	54.8400	1.6599	1205	46	0.2800
						53:	55.3000	1.6473	328	13	0.0000
						54:	55.7600	1.6312	307	12	0.0000
						55:	56.3600	1.6171	347	13	0.3000
						56:	58.7200	1.5425	2470	95	0.2800
						57:	59.9200	1.5000	365	15	0.3000
						58:	62.8000	1.4747	349	13	0.2600
						59:	64.0000	1.4536	775	30	0.3200
						60:	64.0000	1.4536			
						61:	67.7200	1.3825	1244	48	0.2400
						62:	68.1000	1.3758	1151	44	0.0000
						63:	68.2800	1.3726	1957	75	0.3200
						64:	69.4000	1.3531	384	15	0.3000
						65:	73.4200	1.2886	548	21	0.2800
						66:	75.6200	1.2555	571	22	0.3000
						67:	77.6200	1.2291	350	13	0.2600
						68:	79.8600	1.2001	666	26	0.2400

付図4 灰色層粉末X線回折パターン