

# 茨城縣諏訪鑛山産の數種の含テルル鑛物について

竹内常彦\* 島田 衛\*\* 南部松夫\*\*\*

Some Tellurium-Bearing Minerals from Suwa Mine, Ibaragi Prefecture. By  
Tsunehiko TAKEUCHI, Mamoru SHIMADA and Matsuo NAMBU

Suwa Mine is situated about 4 km south of Hitachi Mine which is one of the mines famous for the deposit of copper in Japan. The deposits of this mine which belong to the banded cupriferous pyrite deposit have developed, in general, concordantly with the major structures of mother rock composed of green schist.

The ores in this mine consist mainly of pyrite with a small quantity of chalcopyrite. Veinlets and lenses of quartz often occur in the gangue rock and near both walls of the pyritic ore.

Recently some tellurium-bearing minerals was found in quartz veinlets at 250 m level of No. 1 Maiyama ore body. The ores at this level consist of quartz, epidote, chlorite, pyrite, chalcopyrite, tellurobismuthite, altaite and tellurium-bearing galena with a small quantity of petzite, sylvanite, sphalerite and galena.

The order of succession of these minerals are as follows :

- (1) Gangue mineral
- (2) Sulphide mineral
- (3) Tellurium mineral
- (4) Native gold

In this report above-mentioned tellurium minerals are studied by means of microscopic, spectrographic and X-ray examinations and of chemical analysis.

(Received June 4, 1957)

## 1. 緒 言

諏訪鑛山は日本鑛業株式會社日立鑛山の南方約 4 km の茨城縣多賀郡諏訪に位置し、目下日立鑛山の支山として、硫化鐵鑛および銅鑛を對象に稼行されている。鑛床は前山、永盛の 2 者よりなり、何れも低變成度の綠色岩類中に胚胎する層狀（含銅）硫化鐵鑛床である。

昭和 29 年 4 月、坑外にてズリ鑛車より、テルル鑛物と思われる銀白色の板狀結晶を隨伴する高品位の自然金石英鑛が見出され、出所が探査された結果、この鑛石は第 1 前山鑛體 250m 4 番切羽より搬出されたことが判明した。含テルル鑛物石英脈は 10~15 g/t の金を含有し、本鑛床の他の部分の合金が 0.3 g/t 程度に過ぎないのに比し、遙かに高品位であつて、鑛床學的にも興味ある事實であるが、現在までのところこの切羽以外にテルル鑛物の産出は認められていない。

筆者等は本鑛床の含テルル鑛物を顯微鏡、化學分析、X 線粉末法の諸方法でしらべ、鑛物組成を明かにしたので、結果の概略を報告する。

## 2. 鑛石の産狀

鑛床の母岩である綠色片岩の片理面の一般走向は N 35~50 E で 40~75 SE の傾斜を示し、一部には小褶曲やうねりが認められる。鑛體は片理面に沿つたり、これを切つたりしているが、大局的には片理面に平行に胚胎している。母岩の線構造は顯著に發達し鑛體の落しの方向は線構造とほぼ一致する<sup>1)~4)</sup>。

選鑛製鍊研究所報告 第 266 號

\* 東北大學理學部岩石鑛物鑛床學教室 選鑛製鍊研究所兼務

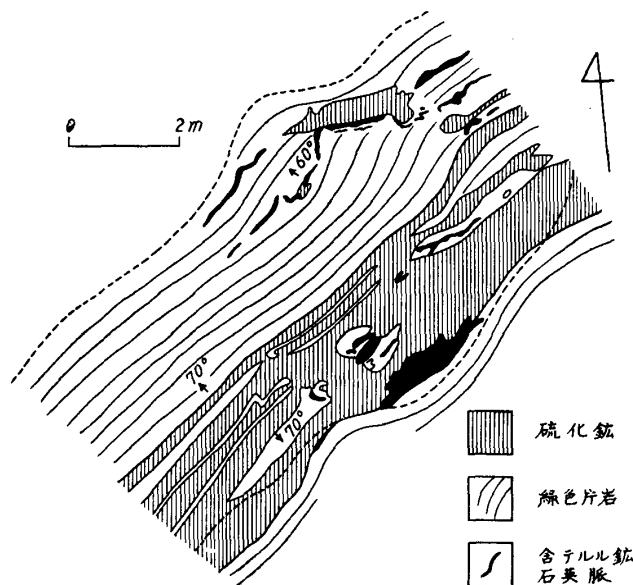
\*\* 日本鑛業株式會社 比島出張所

\*\*\* 東北大學選鑛製鍊研究所

- 1) 神山貞二, 杉山隆二, 今井直哉, 米林 滋, 加納 博, 茅原一也, 佐藤信男, 笹倉健一郎: 地質, 57 (1951), 270.
- 2) 杉山隆二: 新潟大理研究報告, 第 2 集, 3 (1955), 1.
- 3) 杉山隆二: 鑛山地質, 5 (1955), 162.
- 4) 加納 博: 秋田大地下資源開發研究報告, 17 (1957), 1.

鑛石は緻密な黄鐵鑛の集合よりなり部分的に黄銅鑛を伴ない所謂層状含銅硫化鐵鑛床に普通に見られる鑛石である。鑛脈の兩盤や中石にはしばしば不規則脈状ないしレンズ状の石英を伴っている。この種の石英脈は一般に無毛であるが稀に少量の黄鐵鑛, 黄銅鑛を含むことがあり, かつしばしば片理を切つて發達し, 鑛床形成の末期の鑛化によるものと推定される。

問題のテルル鑛物の唯一の産地である第一前山鑛體 250 m 4 番切羽の天盤のスケッチは第1圖



第1圖 含テルル鑛石石英脈坑内天盤地質圖  
(日立鑛山探査課原圖)

の如くである。硫化鉍體 (0.1% Cu, 48.00% S) は小褶曲によつて逆傾斜を示しており, 1部のは下盤側に大きく入り込みを見せている。石英脈の中は數 cm より數 10 cm 程度のものでテルル鑛物を含む點をのぞけば他の部分の硫化鉍體および石英脈と同格で顯著な相違點を認めることは出来ない。

石英およびテルル鑛物以外の脈構成鑛物は方解石, 綠泥石, 綠簾石, 黄鐵鑛, 閃亜鉛鑛, 方鉛鑛, 自然金である。

脈に接する綠色片岩は粗粒安山岩質の組織を示し, 輝石類はすべて角閃石, 綠泥石に變じ, 綠簾石化, 珪化, 方解石化も顯著で, この部分には通常硫化鉍物, テルル鑛物が點々と鑛染している。

### 3. テルル鑛物

本鑛床の含テルル鑛物は tellurobismuthite, アルタイ鑛, 含テルル方鉛鑛, シルバニヤ鑛, ペッツ鑛の5者である。

Tellurobismuthite ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ) は tetradymite ( $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$ ), guenlingite ( $\text{Bi}_4\text{TeS}_3$ ), joseite ( $\text{Bi}_3\text{TeS}$ ), wehrlite ( $\text{Bi}_3\text{Te}?$ ) と共に tetradymite 族鑛物に屬している。この族の鑛物のうち本邦での産出が明瞭なのは tellurobismuthite のみであつて, 大谷鑛山の外 2, 3ヶ所の産地が擧げられている。

大谷鑛山のテルル鑛物は近藤信興<sup>5)</sup> が採取した試料を南英一<sup>6)</sup> が定性分析を行い tetradymite と推定し, 續いて渡邊萬次郎<sup>7)</sup> の反射顯微鏡による研究, および八木次男<sup>8)</sup> の定量分析が行われた。八木次男の分析結果がほぼ純粹な  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  であつたにも拘らず, この鑛物を tellurobismuthite とせず “Sulphur-poor tetradymite” として記載されたのは, 當時は硫黄を缺くか又は極めて硫黄に乏しい tetradymite の變種を tellurobismuthite と呼ぶ見解が行われ, tellurobismuthite が tetradymite と共に獨立の鑛物として認められたのは 1940年 C. Frondel<sup>9)</sup> の研究以來のことであることに歸因するのである。従つて大谷鑛山の tetradymite 族鑛物は tellurobismuthite とすべきであつて, Dana<sup>10)</sup> 7版でも tellurobismuthite として採用している。

アルタイ鑛 (Altaite,  $\text{PbTe}$ ) は兵庫縣竹野鑛山より産するとされているが, 尙多少の疑問が

5) 近藤信興: 地質, 37 (1916), 74.

6) 南英一: 地質, 37 (1916), 73.

7) 渡邊萬次郎: 岩鑛, 6 (1917), 201.

8) 八木次男: 岩鑛, 6 (1917), 224.

9) Frondel, C.: Am. J. Sci., 238 (1940), 88.

10) Palache, C., H. Berman and C. Frondel: Dana's System of Mineralogy, 7ed. Vol. 1 (1944), 160.

あるようである<sup>11),12)</sup>。

最近札幌市小別澤鑛山のアルタイ鑛について石橋正夫<sup>13)</sup>のくわしい顯微鏡觀察が行われた。テルルを含む方鉛鑛の本邦での産出はいまだ聞かない。シルバニヤ鑛 (Sylvanite,  $\text{Au Ag Te}_4$ )は北海道手稻鑛山<sup>14)</sup>, 同小別澤鑛山<sup>13)</sup>, 静岡縣須崎鑛山<sup>14)</sup>より産出する。ペッツ鑛 (Petzite,  $\text{Ag}_3\text{AuTe}$ )は岩手縣野尻鑛山<sup>15)</sup>よりシルバニヤ鑛と共に産することが報告されているが兩者共再検討が必要とされている<sup>16)</sup>。最近に至つてペッツ鑛は石橋正夫<sup>13)</sup>によつて前記小別澤鑛山より見出された。

#### a) Tellurobismuthite<sup>17)</sup>

##### (i) 産状及び共生關係

Tellurobismuthite は銀白色に輝く 1~3 mm 大のものが多く、底面に平行な劈開が著しく發達して容易に爪先で薄葉として剥離することができる。肉眼的には黄銅鐵と共に黄鐵鑛の外縁部に分布し、しかも方解石の劈開面に沿い或は石英、方解石の割目や粒間を埋めている場合が多い。しかし鏡下に觀察すると tellurobismuthite はアルタイ鑛と入り亂れて共生し、しばしば含テルル方鉛鑛を、稀にペッツ鑛、シルバニヤ鑛を伴つている。(寫眞 1—1,5)

##### (ii) 鏡下の性質

琢磨良好で、研磨硬度は相接するアルタイ鑛とはほぼ同程度、方鉛鑛よりやゝ軟かい。反射光は赤味を帯びた白色、反射多色性は弱い、異方性はやゝ顯著で、灰色~黄灰色に變化する。

腐蝕試験は  $\text{HNO}_3$  で發泡して黒變、 $\text{HCl}$  では多少變彩、 $\text{FeCl}_3$  では灰黒色に變じ、 $\text{KOH}$ ,  $\text{HgCl}_2$  では殆んど犯されない。これらの性質は從來知られている tellurobismuthite の性質とほぼ一致する。しかし tetradymite 族鑛物の鏡下の性質は互に類似し、鏡下の同一視野で直接比較できる場合を除いては、相互の差異を求めることは甚だ困難であるとされている。

##### (iii) X線粉末寫眞

鑛石を 1 mm 程度に粉碎し、双眼顯微鏡によつてテルル鑛物を集め、これをカナダバルサムで固結して研磨し、反射顯微鏡で tellurobismuthite を精選した。このX線粉末法によるデータを寫眞 2 および第 1 表に示した。面間距離、比較濃度は大谷鑛山の tellurobismuthite とよく一致する。なお比較のために Colorado 州 Whitehorn 産<sup>19)</sup>の tellurobismuthite の廻折線データを併記する。

##### (iv) 化學分析

化學分析のために充分な tellurobismuthite を選別することが出来なかつたので、止むを得ず若干のアルタイ鑛その他の鑛物を含むものを分析した。結果は第 2 表に示す。いま得られた Bi は總て  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  の状態にあるものとし、残余の Te で  $\text{PbTe}$  を作り、次に S で  $\text{PbS}$  を作ると三者のモル比は 69.92%, 27.45%, 2.63% となる。この結果は分析試料を鏡下で吟味した鑛物組成、および Rosiwal 法で求めた重量比とほぼ調和する。尙この試料をX線粉末法で吟味して、後述の如くアルタイ鑛の廻折線を認めることが出来た。

日立鑛山製鍊部電鍊課研究係で行われた分光分析結果を第 3 表に掲げる。最も強く認められるのは Pb, Bi, Te の 3 者でこれらは tellurobismuthite, アルタイ鑛の主成分をなすものである。

11) 伊藤貞一、櫻井欽一：日本鑛物誌，3 版，上卷 (1947)，54。

12) 向山 廣：地質，55 (1949)，140。

13) 石橋正夫：鑛物學雜誌，2 (1956)，447。

14) 伊藤貞一、櫻井欽一：日本鑛物誌，3 版，上卷 (1947)，115。

15) 金原信泰：20 萬分 1 地質圖釜石圖幅説明書 (1903)，37。

16) Watanabe, M.: Sci. Rep. Tohoku Univ. 3rd Ser. 4 (1952)，45。

17) Tetradymite, tellurobismuthite の和名については多少の混亂がある。前者の和名として南英一<sup>6)</sup>はテルル化蒼鉛鑛、渡邊萬次郎<sup>7)</sup>、石橋正夫<sup>13)</sup>等はテルル蒼鉛鑛を採用しているが、日本鑛物誌三版では tellurobismuthite をテルル蒼鉛鑛と呼び、又最近日本鑛物學會では<sup>18)</sup> tetradymite group にテルル蒼鉛鑛族の和名を與えている。本文で和名を用いないのはかかる理由による。

18) 鑛物學雜誌，2 (1955)，320。

19) Harcourt, G. A.: Am. Min., 27 (1942)，600。

Al, Si, Mg, Ca, Fe は主に母岩の影響と思われる, また Ag はペッツ鑛, シルバニヤ鑛に含まれるものと思われる.

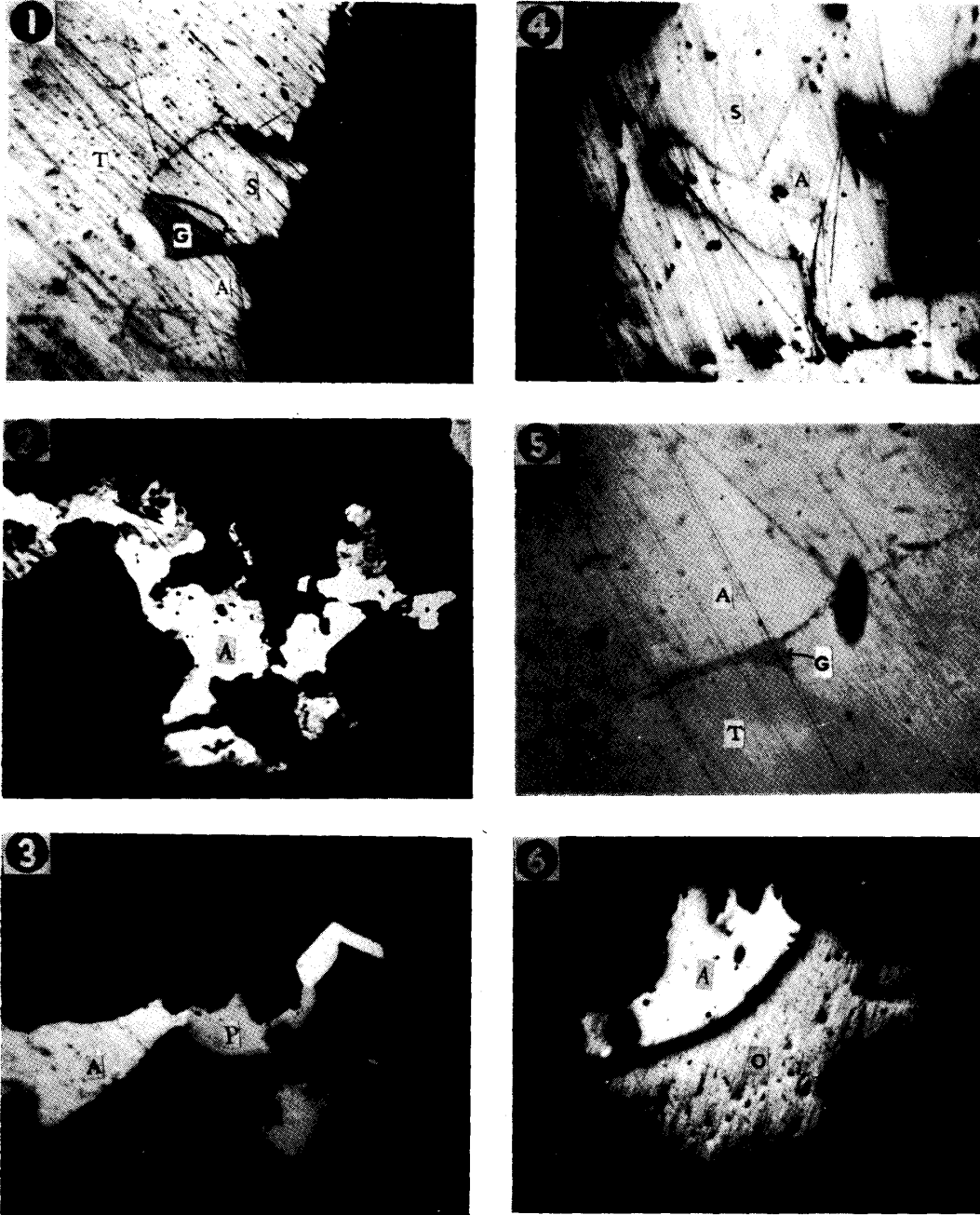
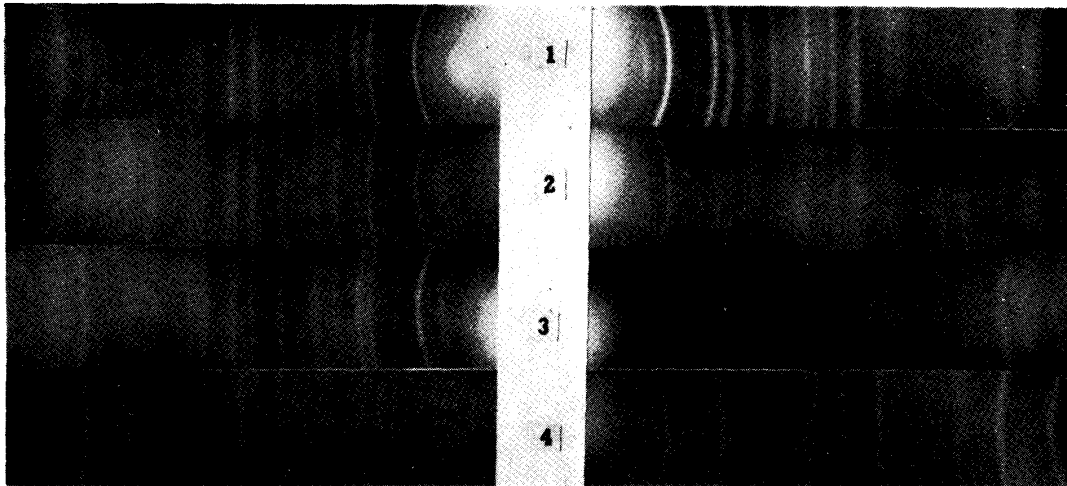


写真1 テルル鑛物の顯微鏡寫眞, ×140

T : Tellurobismuthite	A : アルタイ鑛
S : シルバニヤ鑛	P : ペッツ鑛
G : 含テルル方鉛鑛	O : 自然金



寫眞2 Tellurobismuthite とアルタイ鑛のX線粉末寫眞

- 1: 大谷鑛山産 tellurobismuthite
- 2: 諏訪鑛山産 tellurobismuthite
- 3: 諏訪鑛山産 tellurobismuthite とアルタイ鑛の混合鑛
- 4: Organ Mts. 産アルタイ鑛

第1表 Tellurobismuthite のX線粉末廻折線

Whitehorn, Colorado <sup>19)</sup>		諏 訪 鑛 山		大 谷 鑛 山	
<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>
		4.13	m	4.17	s
		3.80	v	3.82	vw
		3.50	w	3.50	w
3.20	10.0	3.16	vs	3.17	vs
		3.03	vw	3.01	vw
2.50	0.2	2.57	w	2.55	w
2.37	8.0	2.36	s	2.36	s
2.19	8.0	2.19	m	2.18	m
2.02	2.0	1.95	m	1.98	w(d)
1.81	4.0	1.81	s	1.81	m
1.70	1.0	1.70	w	1.69	w
1.61	4.0	1.60	m	1.61	m
1.56	0.2				
1.485	4.0	1.47	s	1.48	m
1.410	0.3	1.40	m	1.41	w
1.395	3.0	1.39	w	1.40	m
1.340	1.0	1.34	w	1.34	vw
1.298	2.0	1.28	m	1.29	m
1.265	0.5	1.27	w	1.27	w

第2表 Tellurobismuthite を主とする鑛石の化學分析

	Wt. %	Atm. rat.	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	PbTe	PbS
Bi	35.95	502	502		
Te	43.70	1000	753	247	
Pb	19.76	279		247	24(8)
S	0.26	24			24
合計	99.67				

第3表 テルル鑛石の分光分析

最も強く認められるもの	Pb, Bi, Te
強く認められるもの	Al, Ag, Si
相當強く認められるもの	Mg, Fe, Cu
稍強く認められるもの	Ca, Mn
弱く認められるもの	Au, Sn, Se
存在しないもの	Sb, Pt, Co, Ni, Os, Ir, Pd, Cd, Zn, Hg, As

b) アルタイ鑛

(i) 産状及び共生關係

アルタイ鑛は tellurobismuthite と密に共生し、文象、擬共晶狀、相互境界等の組織をなして

いる。(寫眞 1—1) またしばしば含テルル方鉛鑛, ペッツ鑛, シルバニヤ鑛の微粒を包有している。(寫眞 1—2) 多くの場合 0.1 mm 内外の大きさであるが時に 1 mm 以上に細長く伸長することがある。

### (ii) 鏡下の性質

琢磨良好で, 硬度は方鉛鑛より低く, tellurobismuthite に近いがやゝ低い。純白色であるが tellurobismuthite と接する場合やゝ青味を帯び, 方鉛鑛の灰白色, tellurobismuthite の帯赤白色とよく對應し, 三者の反射色による識別は容易である。

### (iii) X線粉末寫眞

第2表に示された化學分析によつてこの試料には約 27 モル% のアルタイ鑛が含まれることが判明したので, このX線粉末寫眞を撮影した結果は寫眞 2 および第4表の如くであつて, 明瞭にアルタイ鑛の廻折線の存在を認めることができた。

第4表 諏訪鑛山のアルタイ鑛と tellurobismuthite の混合鑛の X線廻折線

d(Å)	I	摘 要
4.14	m	T
3.81	vw	T
3.50	w	T
3.26	m	A
3.15	vs	T
3.20	vw	T
2.58	w	T
2.36	s	T
2.30	m	A
2.20	m	T
1.95	m	T
1.88	vw	A
1.81	s	T
1.70	w	T
1.60	m	T, A
1.44	s	T, A
1.40	m	T
1.39	w	T
1.33	m(d)	T, A
1.28	m	T
1.27	w	T
1.08	w	A
1.01	m(d)	A

T: Tellurobismuthite の廻折線

A: アルタイ鑛の廻折線

### d) シルバニヤ鑛

シルバニヤ鑛は通常 0.1~0.01mm であるが稀に 0.3 mm 程度に達し, 主として tellurobismuthite, アルタイ鑛中に包有されている。(寫眞 1—3, 4) 琢磨良好で, 反射能は高いが tellurobismuthite, アルタイ鑛よりやゝ低く, 硬度は反つて兩者より高い。灰色を帯びたクリーム色を示し, 黄銅鑛に類似するが反射色は遙かに淡く, かつ軟かいことで區別される。反射多色性, 異方性共に強い。標準試薬では犯されないが HNO<sub>3</sub> には1分内外で特有の腐蝕像を示す。

### e) ペッツ鑛

ペッツ鑛は稀にアルタイ鑛中に長柱状(幅 0.05 mm, 長さ 0.08 mm 程度)又は不規則粒状をなして産する。(寫眞 1—3) 琢磨良好。硬さはアルタイ鑛とほゞ同じである。淡い紫灰色で, 含テルル方鉛鑛に似ているが, これより遙かに淡色である。反射多色性は認め得ないが, 微弱な異方性がある。微粒のため周囲の鑛物に妨げられて腐蝕試験は實施し得ない。

## 4. 鑛物の共生關係

上述の5種のテルル鑛物とその他の鑛石鑛物, 脈石鑛物を含めた鑛石構成鑛物の晶出順序を肉

20) Uytendogaardt, W: Tables for Microscopic Identification of Ore Minerals. (1951), 76.

### c) 含テルル方鉛鑛

アルタイ鑛および tellurobismuthite 中にしばしば 0.05~0.5 mm 大の含テルル方鉛鑛が含有されている。

(寫眞 1—1, 2, 5) 反射光は獨特な紫灰色をなし, 前記2種のテルル鑛物および稀に接する方鉛鑛の何れよりも遙かに暗い。研磨面上には方鉛鑛に見られると同様な劈開線に配列する三角形の引掻像が稀に認められる。反射多色性はないが, 微弱な異方性を示すものもある。HNO<sub>3</sub> で黒變, HCl, FeCl<sub>3</sub> で多少變彩し, KCN, KOH, HgCl<sub>2</sub> では犯されない。以上の性質は反射色が方鉛鑛と異なる以外は總て方鉛鑛に酷似している。方鉛鑛にテルルが含まれると反射色が紫黑色を帯びる<sup>20)</sup>ことは既に知られたところで, 本鑛床産のものよりもテルルの存在を定性的に検出し, このことを確めることが出来た。また他方アルタイ鑛と含テルル方鉛鑛の著明な産地である New Mexico, Organ Mts. の試料を櫻井欽一所藏のものについて檢鏡する機會を得たが鏡下の性質および共生關係は諏訪鑛床のものと同様である。

眼および顯微鏡下の觀察に基いて推定すると第2圖の如くである。すなわち 0.5 cm 内外の石英集合體が部分的に 0.3~1 cm の方解石を伴つて最早期に品出し、この場合一部の方解石が石英を交代し、方解石の品出が石英より後期まで續いたことを示している。この品出に續いて 0.01~0.005 cm 程度の細粒の石英と方解石の密雜體が 0.1~0.5 cm 大の綠簾石、綠泥石を伴つて前記早期品出の大形石英、方解石を脈狀に交代し又は貫き、しかも綠泥石が最も遅れて品出を完了したことが窺える。

黄鐵鑛と黄銅鑛は脈石の總てを貫いて品出してゐる。後者は前者の鑛粒間隙、割目を充填し、後者には閃亜鉛鑛、方鉛鑛の 0.01 mm 内外の粒子を包有している。

Tellurobismuthiteのあるものは黄銅鑛の末期品出物とほゞ同時に品出したことを思わせる相互境界組織を示しているが大部分のものは黄銅鑛を脈狀に貫いている。又 tellurobismuthite はアルタイ鑛、含テルル方鉛鑛、シルバニヤ鑛、ベツツ鑛と密接に關係してこれらとほゞ同時の品出物と推定されることは前述の通りである。

自然金は 0.5~2 mm 大で單獨或いは多少のテルル鑛物、黄銅鑛を伴つて方解石の劈開及び石英、方解石の割目を満し、鑛化作用の最末期の品出にかゝるものと推定される。(寫眞 1—6)

これまで述べた共生關係から明かな様に含テルル石英脈は石英、方解石が先ず品出し、綠簾石、綠泥石の品出がこれに續き、然る後に黄鐵鑛、黄銅鑛、閃亜鉛鑛、方鉛鑛が品出し、その後でテルル鑛物が續き、最後に自然金が品出したものである。かゝる品出順序は第3圖の如く中心部の黄鐵鑛から外部に向つて黄鐵鑛→黄銅鑛→テルル鑛物→自然金といふ肉眼的にしばしば認められる配列状態からも支持されるであろう。

### 5. 總括

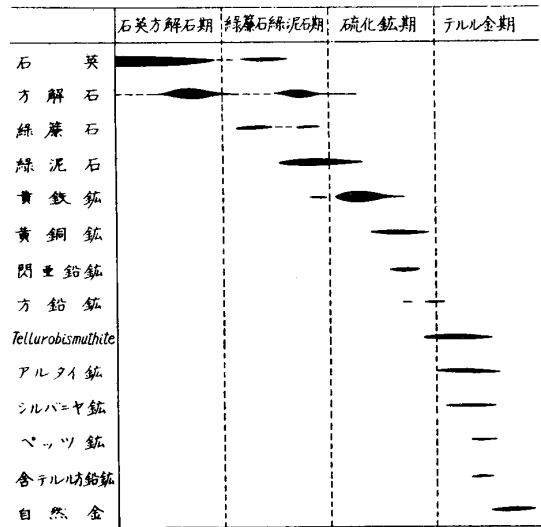
(1) 諏訪鑛床は綠色片岩の片理面にはほゞ平行する層狀(含銅)硫化鐵鑛床であるが、この鑛體の殆んど全般に亘つて不規則な小脈狀ないしレンズ狀をなす石英を伴つてゐる。この石英脈は一般に無毛であるが時に硫化鑛物を含み、鑛化作用の末期を代表するものと考えられる。

(2) 諏訪鑛床でテルル鑛物を産するものは第一前山鑛床 250 m 4 番切羽の石英脈に限られる。この部分には肉眼的な自然金が含まれ、合金は他の部分より遙かに高い。

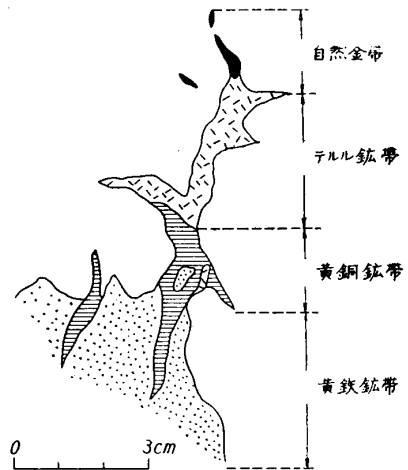
(3) 含テルル鑛物は tellurobismuthite, アルタイ鑛, 含テルル方鉛鑛, シルバニヤ鑛, ベツツ鑛の 5 者である。前 2 者は X 線的に確められた。

(4) テルル鑛物を含む鑛石のテルル鑛物以外の構成鑛物は石英, 方解石, 綠簾石, 綠泥石, 黄鐵鑛, 黄銅鑛, 閃亜鉛鑛, 方鉛鑛で、品出順序は脈石→硫化鑛物→含テルル鑛物→自然金である。

本研究終了後本鑛山のテルル鑛物のうち tellurobismuthite は既に櫻井欽一博士によつて決定済であることを同博士の私信で知つた。こゝに敬意を表する。また同博士よりは比較試料を頂き、日立鑛山探査課、同電鑛課分析係よりは貴重な資料を提供して頂いた。選鑛製鑛研究所岡田廣吉、鈴木勝の兩理學士よりは實驗上で多大の援助を得た。以上の方々には厚く御禮申し上げる。



第2圖 含テルル金鑛石の品出順序



第3圖 含テルル鑛石の帶狀分布