

北海道珊瑚鉱山産銀鉱物

Silver minerals from the Sanru mine, Hokkaido, Japan

菅 木 浅 彦 (Asahiko Sugaki)*
磯 部 清 (Kiyoshi Isobe)**
北 風 嵐 (Arashi Kitakaze)*

Silver minerals from the Sanru mine, which is gold-silver quartz veins of epithermal type, were studied. Veins consist mainly of banding chalcidonic quartz with small amounts of silver minerals, pyrite, chalcopyrite, sphalerite, arsenopyrite, adularia, kaolinite, sericite and carbonates. As silver minerals in the ore from Honpi and Juji-hi, electrum, aguilarite, naumannite, stephanite, pyrargyrite, miargyrite, polybasite and silver bearing tetrahedrite (freibergite) were determined by ore microscope, electron probe microanalyser and X-ray powder camera.

Electrum is closely associated with naumannite or aguilarite and has chemical compositions from 60.7 to 82.5 atomic % Ag (Table 1). Pyrargyrite occurs as small single grain in quartz vein or aggregate with tetrahedrite and chalcopyrite in veinlets along the crack in quartz vein. Pyrargyrite contains small amounts of Se and As (Table 2), and its chemical composition is very close to ideal formula. Stephanite, miargyrite and polybasite are accompanied by pyrargyrite in quartz vein and their chemical compositions (Table 2) are also very close to their ideal formulae. Tetrahedrite is mainly found in the pyrargyrite-chalcopyrite veinlets cutting quartz vein. It has silver contents from 24.8 to 29.7 wt % (Table 4). Aguilarite and naumannite have chemical compositions from $Ag_2Se_{0.46}S_{0.54}to$ $Ag_2Se_{0.71}S_{0.29}$ (Table 5), and from $Ag_2Se_{0.90}S_{0.10}$ to $Ag_2Se_{0.96}S_{0.04}$ (Table 6), respectively.

1. ま え が き

珊瑚鉱山は北海道名寄本線下川駅北方約10km, 上川郡下川町字サンルに位置する (Fig. 1)。鉱床は新第三紀中新世に属する地層中に生成された浅熱水性の金銀鉱脈で、エレクトラム、ナウマン鉱、濃紅銀鉱などの含銀鉱物、黄銅鉱、黄鉄鉱および閃亜鉛鉱などを含む石英脈で、現在合同資源産業 K. K. により含金銀珪酸鉱 (Au: 5~13g/t, Ag: 60~65g/t) として月産約500t 採掘されている。

本鉱山周辺の地質および鉱床に関しては小池 (1936)、福富 (1950)、菅木 (1960)、酒匂他 (1960)、藤原他 (1971) などの調査報告があり、一方、鉱石および鉱石鉱物に関する研究としては福富 (1950) および菅木 (1960) による本産産銀鉱物一般に関する記載、秋葉 (1964) によるナウマン鉱の X 線の研究および北風・菅木 (1971) によるアグイラ鉱およびナウマン鉱の化学組成について

の EPMA による研究があるが、銀石鉱物とくに含銀鉱物についての詳細な研究はいたって少ない。筆者らはこれまで数回に亘り当産山の鉱床を調査し、その産石について研究を行なう機会をえた。その結果金銀鉱物の産状、化学組成、結晶学的資料などを明らかにしたので、以下これらについて報告する。

2. 地質鉱床概略

当地域の地質および鉱床に関しては菅木 (1960)、酒匂他 (1960)、藤原他 (1971) などの調査報告がある。菅木 (1960) によると珊瑚鉱山周辺の地質は流紋岩、安山岩類を伴う新第三紀層と局部的に分布する段丘堆積物の洪積層よりなる。新第三紀層は下部より凝灰岩、角礫凝灰岩を主とするサンル層、流紋岩類、石英安山岩および同質集塊岩に分けられる。サンル層は一般に緑色を呈する角礫凝灰岩、凝灰質礫岩、軽石質凝灰岩およびその上部に位する灰白色凝灰岩、同質角礫凝灰岩、暗色角礫

* 東北大学理学部岩石鉱物鉱床学教室

** 合同資源産業株式会社

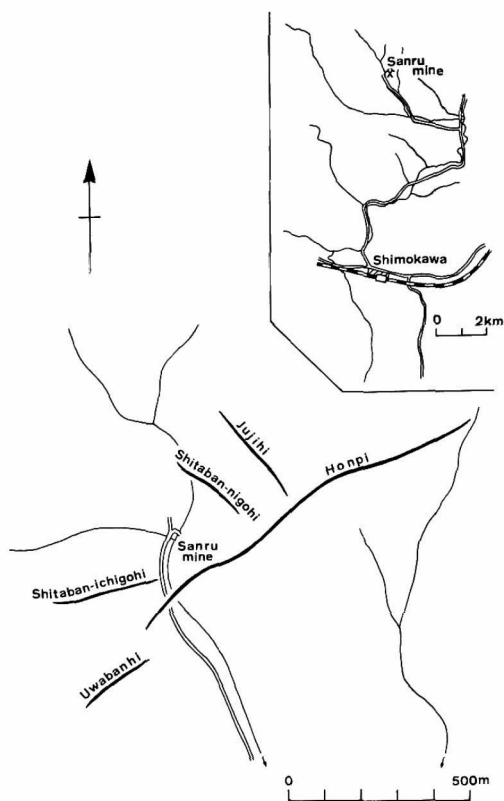


Fig. 1. Distribution of veins in the Sanru mine.

岩，黒色頁岩および縞状砂質頁岩などからなる。

鉱床はサンル層の黒色頁岩，凝灰質砂岩，角礫凝灰岩および角礫岩などを母岩とし，その内部に発達した浅熱水性の鉱脈で，玉髓質石英を主とし，これにエレクトラ

ム，濃紅銀鉱およびナウマン鉱系鉱物などの金銀鉱物の縞状銀黒と黄鉄鉱，白鉄鉱，黄銅鉱，閃亜鉛鉱，硫砒鉄鉱および微量の輝安鉱，辰砂などを伴なう。母岩は広範囲に亘って珩化作用，部分的に粘土化作用を被っている。Fig. 1 に示すように鉱脈としては主要鉱脈の本鍾のほか，上盤鍾，下盤1号鍾，下盤2号鍾および十字鍾などの鉱脈があるが，現在本鍾の一部および十字鍾のみが採掘されている。

本鍾 珊瑚鉱山における最も主要な鉱脈で，走向N50°~90°E，傾斜S45°~60°で，走向延長約1500m，上下深250m，脈幅15~20mに達する。このように鍾幅は著しく大で，鍾内構造も多様で一般にFig. 2AおよびBにみられるような縞状および角礫状構造の発達が著しい。鉱脈は主として縞状玉髓質石英よりなるが，これに半透明無色石英，灰白色ないし乳白色細粒緻密石英，淡紫色石英および暗灰色石英，ときには水長石およびカオリンを伴ない，これらによる累被縞状構造 (Fig. 3, A) が発達し，しばしば晶洞がみられる。またときにはこのような累被縞状石英が角礫化し，それを充填する別種の縞状石英がみられるなど，角礫化と鉱化の繰返しがみられる。脈内にはしばしば珩化黒色頁岩，珩化角礫凝灰岩などの中石や破砕片を含有し，その周囲に石英・黄鉄鉱・銀鉱物 (銀黒) などによる輪鉱状構造を形成する (Fig. 3, B および C)。富鉱部では上記のような縞状構造をなす石英脈の発達が著しく，累被縞状構造や母岩の破片を中心とした輪鉱状構造がみられ，これに黄鉄鉱，エレクトラム，濃紅銀鉱，アグイラ鉱あるいはナウマン鉱よりなる銀黒が発達する。銀黒を構成する鉱物は微細で，鏡下においてもその鉱物の同定は容易でない場合が多い。

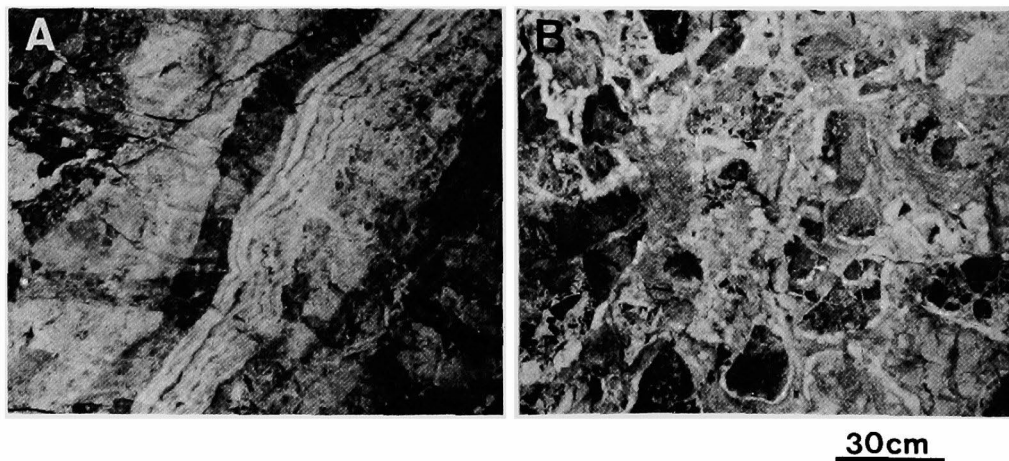


Fig. 2. Photographs of ore veins from the Sanru mine.

A. Crustified banding quartz vein (-30 ml, Honpi). B. Brecciated quartz vein with fragments of black shale and sand stone (0 ml, Honpi).

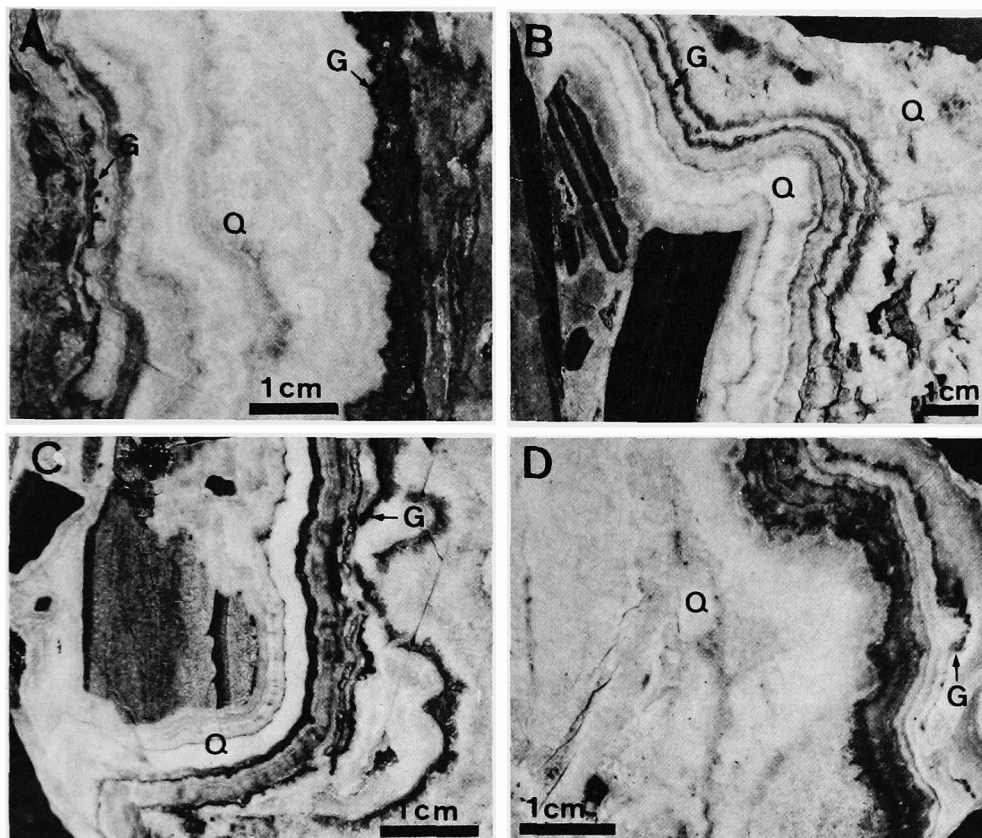


Fig. 3. Photographs of gold-silver ores from the Sanru mine.

G: silver rich band (Ginguro), Q: quartz.

A. Crustified banding chalcedonic quartz with silver rich bands (-180 ml, E2, Honpi).

B and C. Banded chalcedonic quartz with fragments of silicified black shale and sand stone (-150 ml, E2, Honpi).

D. Banded quartz (-180 ml, N8, Juji-hi).

富鉱部での鉱石品位は一般に Au 8~10g/t, Ag 60~70g/t 程度である。本鍾にはほぼ直交する十字鍾系統の細脈が所々で見られる。これは走向 N-S ないし N20°~30°W で、多くは東方に 70°~80° 急斜する石英・黄鉄鉱脈で、しばしば空洞状を呈する。この十字鍾系統の細脈と本鍾との交叉部は概して落合直りの現象を示し、水準坑地並第2採掘場では Au 50g/t, Ag 12,000g/t, -90m 坑漏斗付近では Au 100g/t, Ag 40,000g/t に達する高品位鉱を産した。

十字鍾 本鍾の下盤側北部に存在する。流紋岩あるいは泥質角礫凝灰岩中に発達する。走向 N 0°~35°W, 傾斜 E60°~70°, 走向延長約 280m, 上下深約 100m, 脈幅は最大 2m, 普通 40~80cm の石英質金銀鉱脈で Au 10~15g/t, Ag 100~150g/t 程度の品位を有する。乳白色細粒石英を主とし、半透明の無色石英、暗灰色石

英、一部カオリンおよび氷長石を伴ない、晶洞が発達している。累被縞状構造を呈する (Fig. 3, D) が本鍾ほど顕著でなく、角礫状構造も少ない。銀鉱物 (銀黒) および黄鉄鉱は白色石英中に細縞状をなして産するが、鉱脈中盤際近く分布する傾向がある。

下盤一号鍾 本鍾下盤側西部にあり、暗色の角礫凝灰岩、一部砂質凝灰岩中に胚胎し、走向 N 80°~85°W で南方に 60°~70° に傾斜する。脈幅は普通 30~50cm, 最大 2m, 脈延長約 220m で、-30m 坑および -60m 坑で開発されている。石英質鉱脈で、しばしば母岩の中石をさみ累被縞状構造や晶洞がみられるが、角礫状構造は本鍾ほど著しくない。脈中には石英のほか黄鉄鉱などの硫化鉱物を伴ない、ときに銀黒の縞を有する。富鉱部の平均品位は普通 Au 10g/t, Ag 70g/t 程度である。

3. 産出鉱物

本鉱山から産する鉱物の大部分は石英であるが、これにエレクトラム (electrum), ナウマン鉱 (naumannite), アグイラ鉱 (aguilarite), 濃紅銀鉱 (pyrargyrite), 輝安銀鉱 (miargyrite), 脆安銀鉱 (stephanite), ポリバス鉱 (polybasite), 四面安銅鉱 (tetrahedrite), 輝安鉱, 辰砂, 閃亜鉛鉱, 硫砒鉄鉱, 黄銅鉱, 黄鉄鉱および白鉄鉱などの鉱石鉱物と氷長石, カオリンおよび絹雲母などの粘土鉱物および炭酸塩鉱物などの脈石鉱物とを随伴する。以下これらの産状について簡単に述べる。

石英 微細な玉髄質石英を主とする。無色, 灰色, 灰白色および白色などを呈し, その色の濃淡や粒度の差異によって縞状を呈する。粒度のやや粗い石英もまれではなく, 淡紫色を呈するものもみられるが, このようなものは一般に含金率低く, エレクトラムは普通玉髄質の微細粒石英に伴なう。石英は晶洞中柱状結晶として産し, まれにこの晶洞中に濃紅銀鉱などの銀鉱物や輝安鉱などを伴うが, 銀鉱物の多くは灰白色玉髄質石英に伴なわれて累被縞状を呈するいわゆる銀黒として産する。

エレクトラム 微細粒として玉髄質石英中単体として不規則粒状をなして産するが, ほとんど顕微鏡の大きさで肉眼で認められるものはきわめてまれである。上記石英中単体粒として産するほか銀黒中にもエレクトラムを伴なう。この場合エレクトラムはナウマン鉱, アグイラ鉱などと共存している。きわめてまれには肉眼的なエレクトラムがみられ, たとえば水準坑地並第2採掘場Bのように, 珪化黒色泥岩の角礫を有する淡灰色塊状石英中粉状を呈する微細粒として産した。

ナウマン鉱およびアグイラ鉱 脂状光沢を呈する灰白色玉髄質石英に伴なわれて累被縞状を呈し, 幅数mmないし1cm程度の微粒集合の銀黒縞として産する。銀黒中で両鉱物はしばしばエレクトラムと共生し, 閃亜鉛鉱, 黄銅鉱および黄鉄鉱などを伴なう。鉱脈中珪化母岩の角礫を有する場合にはその周囲を石英, 銀黒および黄鉄鉱などで囲む輪鉱状構造がみられ, この銀黒縞の主要鉱物がナウマン鉱あるいはアグイラ鉱である。

濃紅銀鉱 暗紅色の不規則粒状ないし葉片状をなして石英の粒間または割目に沿って産出するが, ときには石英の晶洞中に1mm程度の六角柱状結晶として産するほか, 1cm大の聚形としてもみられる。濃紅銀鉱はまた累被縞状石英脈中の銀黒中にもみられ, ナウマン鉱, 脆安銀鉱, 輝安銀鉱およびエレクトラムなどの銀鉱物を伴なう。

脆安銀鉱および輝安銀鉱 玉髄質石英脈にともなう銀黒縞中濃紅銀鉱, 四面安銅鉱, 黄銅鉱および黄鉄鉱と

もに不規則形の粒状として産する。肉眼的大きさを有するものは認められない。

ポリバス鉱 玉髄質石英脈の銀黒中にみられ, 濃紅銀鉱, 四面安銅鉱, ナウマン鉱およびエレクトラムなどの銀鉱物に随伴して産する。ときに黄銅鉱および黄鉄鉱も伴うが, 微粒で肉眼的大きさを有するものは認められない。

四面安銅鉱 縞状石英脈中粉状として散在する一方, 石英脈中の割目や晶洞中に約1mm大の四面体結晶としてもみられ, しばしば濃紅銀鉱と共存する。四面安銅鉱はまた縞状石英中の銀黒縞としてもみられ, 銀鉱物, 黄銅鉱, 閃亜鉛鉱および黄鉄鉱などに伴なわれる。

輝安鉱 少量産する。玉髄質石英の亀裂やその晶洞中に長さ1~3mmの針状あるいはその放射状集合としてみられ, ときに辰砂を伴なう。

辰砂 この産出はまれであるが, 上記のように輝安鉱に伴なって, 玉髄質石英の割目や晶洞中に付着する赤色粉状鉱物として産する。

閃亜鉛鉱 縞状石英脈の銀黒中に銀鉱物, 黄銅鉱および黄鉄鉱などに伴って産し, 普通1mm以下の細粒として散在する。ときにエレクトラム, 濃紅銀鉱および硫砒鉄鉱を伴なう。

黄銅鉱 玉髄質石英脈中の銀黒縞に細粒結晶としてみられ, 銀鉱物, 閃亜鉛鉱および黄鉄鉱などを伴なう。黄銅鉱はまた石英脈中の割れ目に濃紅銀鉱および四面安銅鉱とともに産する。この場合0.5~1mm大の不規則な粒状を呈する。

硫砒鉄鉱 少量縞状石英中に黄鉄鉱とともに細粒として散在し, ときに黄銅鉱, 閃亜鉛鉱および銀鉱物などに伴なわれる。

黄鉄鉱 石英脈中に伴なわれるものと粘土中に産するものがある。前者は普通1mm以下の細粒として石英中の割れ目やその晶洞あるいは縞状石英中に散在して産し, ときに数mmないし1cm以下の細脈として縞状の石英を貫ぬく。粘土中のものは石英脈中にみられる斑点状ないし細脈状の白色粘土, 本鍾上盤にみられる黒色粘土に伴なわれるものなどがあり, いずれも微粒ないし粉状である。

白鉄鉱 玉髄質石英中微細粒あるいは繊維状の集合としてみられ, ときに石英を被覆する薄膜として産する。容易に分解し, 粉状の硫酸鉄に変化する。前記の黄鉄鉱中粘土とくに, 白色粘土(カオリン質)にともなうもの一部は白鉄鉱である疑がある。

氷長石 累被縞状石英および銀黒縞にともなう, これらを被って幅1~5mm程度の薄い縞として産する。これはしばしば分解して白色ないし淡灰褐色のカオリン

あるいは絹雲母などの粘土鉱物に変化している。

粘土鉱物 石英脈中のその割目や晶洞をみたして産するものと、上述したように本鍾上盤に沿う断層に伴なわれるものがある。石英中にみられるものは白色ないし灰色粘土でカオリンあるいは白鉄鉱の微粒を伴なう。一方本鍾上盤にみられるものは大部分黒色粘土で多量の黄鉄鉱を含有している。

炭酸塩鉱物 貧鉄部の石英脈中にみられる母岩あるいは中石中に細脈あるいは葉片集合として産し、方解石を

主とする。一般に脈石英中にはあまりみられないが、石英中に炭酸塩鉱物の溶失によって生じたと考えられる葉片状の空隙が生じている。

4. 銀 鉱 物

本鉱山産銀鉱物の産状については上述したが、これらについての顕微鏡観察および EPMA 分析、やや粗粒の 0.5 mm 以上の鉱物については X 線回折を行ない、その

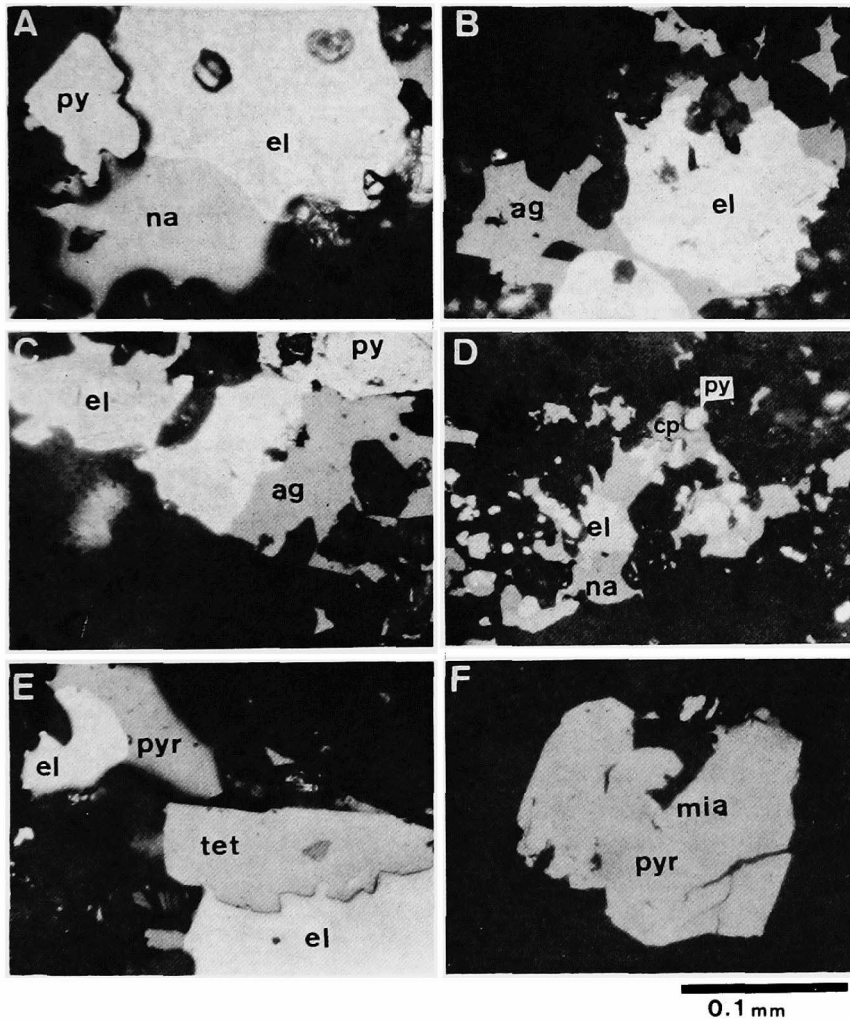


Fig. 4. Microphotographs for ore minerals from the Sanru mine.

ag: agularite, cp: chalcopyrite, el: electrum, mia: miargyrite, na: naumannite, py: pyrite, pyr: pyrrargyrite. tet: tetrahedrite.

- A. Electrum, naumannite and pyrite in quartz from -180 ml, W5, Honpi.
- B. Electrum and agularite from -90 ml, E8, Honpi.
- C. Electrum, agularite and pyrite from -120 ml, N8, Juji-hi.
- D. Electrum, naumannite, pyrite and chalcopyrite from -180 ml, W5, Honpi.
- E. Electrum, pyrrargyrite and tetrahedrite from -120 ml, N8, Juji-hi.
- F. Miargyrite in pyrrargyrite grain from -120 ml, N8, Juji-hi.

Table 1. Analytical data of electrum from the Sanru mine

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
wt %	Ag	61.5	60.4	45.2	49.9	52.6	71.4	58.8	52.3	53.1	50.3	57.2
	Au	38.8	39.2	53.5	49.1	46.6	27.6	41.7	48.2	47.4	49.4	43.0
	Total	100.3	99.6	98.7	99.0	99.2	99.0	100.5	100.5	100.5	99.7	100.2
at %	Ag	74.3	73.8	60.7	65.0	67.3	82.5	72.0	66.5	67.2	65.0	70.8
	Au	25.7	26.2	39.3	35.0	32.7	17.5	28.0	33.5	32.8	35.0	29.2
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
wt %	Ag	48.3	58.3	52.3	53.9	56.4	52.3	57.3	53.6	52.4	51.8	52.7
	Au	50.9	42.6	47.3	45.5	44.3	47.6	42.3	46.7	47.8	48.1	47.9
	Total	99.2	100.9	99.6	99.4	100.7	99.9	99.6	100.3	100.2	99.9	100.6
at %	Ag	63.4	70.5	66.9	68.4	69.9	66.7	71.2	67.7	66.7	66.3	66.8
	Au	36.6	29.5	33.1	31.6	30.1	33.3	28.8	32.3	33.3	33.7	33.2

1,2,3,4: -180 ml, W5, Honpi,
10,11,12,13,14: -90 ml, E8, Honpi,
19,20: -50 ml, N10, Juji-hi,
5,6,7,8,9: -150 ml, E2, Honpi,
15,16,17,18: -120 ml, N8, Juji-hi,
21,22: -90 ml, N8, Juji-hi.

同定や化学組成について検討した。以下その結果について述べる。

エレクトラム 一般に 15 μ 以下の微粒として産する。多くは玉髄質石英集合体中に単独に不規則粒状、紐状としてみられ、しばしばアグイラ鉱などの Ag-Se-S 系鉱物、および濃紅銀鉱と接する。一方黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱あるいは四面安銅鉱とも組合う (Fig. 4, A, B, C および D)。

EPMA により求めたエレクトラムの組成は Table 1 に示すようで、本鍾および十字鍾に産する試料もほぼ同じ化学組成で、大部分 50~60 wt % Ag の範囲にある。

濃紅銀鉱 鉱石顕微鏡下で淡青灰白色を呈し、異方性強く淡い灰白色~暗灰色の干渉色を示す。濃紅色の内部反射を有する。石英脈中の銀黒縞にみられるものは約 50 μ 程度あるいはそれ以下の不規則粒状あるいは石英粒間を充填した多面体を呈し、石英のほか、エレクトラム、脆安銀鉱、輝安銀鉱およびナウマン鉱などと共生する (Fig. 4, E および F)。

EPMA による濃紅銀鉱の分析結果は Table 2, 2~7 欄に示すように、Ag, Sb および S の主要元素のほか少量 Cu, As および Se を含有する。Ag+Cu : Sb+As : S +Se の原子比は 2.98~3.12 : 0.93~1.07 : 2.92~3.00 とその理想比 3 : 1 : 3 にほぼ近い値を呈する。Se の含有量は 0.3~2.7 atomic % の範囲にあり、Se を固溶する濃紅銀鉱である。ギニエカメラによる本鍾 -180m 地並産濃紅銀鉱 (Cu_{0.01}Ag_{2.98})_{2.99}(Sb_{0.99}As_{0.02})_{1.01}(S_{2.84}Se_{0.15})_{2.99} の X 線粉末回折結果を Table 3 に合成物 (Ag₃SbS₃) の資料 (Sugaki *et al.*, 1978) とともに示している。両者は d 値および強度ともよく一致している。この粉末回折結果より求めた格子定数は a=11.0338 (7), c=8.7075 (19) Å で、合成濃紅銀鉱の値, a=11.030

Table 2. Chemical compositions for stephanite, pyrargyrite, miargyrite and polybasite from the Sanru mine

		step 1	pyr 2	pyr 3	pyr 4	pyr 5
wt %	Cu	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1
	Ag	65.7	59.0	59.6	60.6	59.8
	Sb	15.4	22.1	20.4	21.0	21.2
	As	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2
	Se	3.1	2.2	2.5	2.7	2.7
	S	14.6	16.7	16.5	16.1	16.2
Total		99.2	100.4	99.3	100.6	100.2
at %	Cu	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1
	Ag	49.3	42.6	43.5	44.1	43.6
	Sb	10.2	14.2	13.2	13.5	13.7
	As	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2
	Se	3.2	2.2	2.5	2.7	2.7
	S	36.9	40.6	40.5	39.4	39.7
		pyr 6	pyr 7	mia 8	mia 9	poly 10
wt %	Cu	0.2	0.2	0.0	0.0	3.1
	Ag	59.0	59.2	36.5	36.2	70.3
	Sb	22.7	22.3	40.0	40.2	9.6
	As	0.5	0.4	0.9	1.0	0.4
	Se	0.3	0.4	0.5	0.3	1.5
	S	17.4	17.5	21.3	21.1	14.9
Total		100.1	99.9	99.2	98.8	99.8
at %	Cu	0.2	0.1	0.0	0.0	3.8
	Ag	42.4	42.6	25.1	25.0	51.4
	Sb	14.5	14.2	24.3	24.6	6.2
	As	0.5	0.4	0.9	1.0	0.4
	Se	0.3	0.4	0.5	0.3	1.5
	S	42.1	42.3	49.2	49.1	36.6

step: stephanite, pyr: pyrargyrite, mia: miargyrite, poly: polybasite.
1,2,3,4,5: -180 ml, W5, Honpi,
6,7,8,9,10: -120 ml, N8, Juji-hi.

(1), c=8.705(1) Å (Sugaki *et al.*, 1978) に近いが、若干大きい値を有する。

脆安銀鉱 濃紅銀鉱, 四面安銅鉱および黄銅鉱などに

Table 3. X-ray powder diffraction data for pyrrargyrite, $(Cu_{0.01}Ag_{2.48})_{2.99}(Sb_{0.99}As_{0.02})_{2.01}(S_{2.84}, Se_{0.15})_{2.99}$ from the Sanru mine (-180 ml, W5, Honpi)

hkl	Pyrrargyrite (Sanru mine)		Pyrrargyrite (Synthetic)	
	I	d(obs)	I	d(calc)
110	4	5.53	5.52	3 5.52 5.51
012	30	3.963	3.962	35 3.960 3.961
211	80	3.339	3.336	75 3.327 3.335
202	70	3.221	3.218	80 3.217 3.217
300	75	3.185	3.185	75 3.184 3.184
122	100	2.781	2.780	100 2.778 2.779
220	18	2.759	2.759	20 2.757 2.757
113	75	2.568	2.569	90 2.572 2.568
131	70	2.536	2.535	80 2.534 2.535
312	35	2.2635	2.2638	35 2.2635 2.2631
321	35	2.1250	2.1259	25 2.1247 2.1251
042	8	2.0942	2.0943	6 2.0951 2.0937
410	19	2.0850	2.0852	15 2.0850 2.0845
223	11	2.0012	1.9995	8 1.9997 1.9989
024	5	1.9799	1.9810	5 1.9819 1.9804
232	40	1.9580	1.9580	35 1.9576 1.9573
214	35	1.8650	1.8644	50 1.8638 1.8638
330	18	1.8388	1.8390	10 1.8384 1.8383
241	16	1.7684	1.7682	9 1.7672 1.7676
502	30	1.7504	1.7499	30 1.7493 1.7494
413	8	1.6938	1.6935	7 1.6929 1.6929
134	20	1.6823	1.6822	25 1.6814 1.6816
422	25	1.6678	1.6680	15 1.6676 1.6675
404	10	1.6088	1.6090	15 1.6086 1.6086
152	17	1.5971	1.5967	10 1.5961 1.5961
600	11	1.5928	1.5928	15 1.5918 1.5920
125	8	1.5688	1.5687	8 1.5686 1.5682
333	-	-	-	3 1.5527 1.5529
431	8	1.5450	1.5460	5 1.5450 1.5454
520	20	1.5298	1.5301	20 1.5294 1.5296
342	3	1.4770	1.4777	5 1.4773 1.4772
315	8	1.4557	1.4552	8 1.4550 1.4550
006	4	1.4513	1.4513	8 1.4509 1.4509
161	2	1.4373	1.4372	5 1.4365 1.4367
116	10	1.4034	1.4035	10 1.4031 1.4032
244	11	1.3892	1.3899	15 1.3895 1.3894
612	6	1.3815	1.3819	8 1.3817 1.3814
235	7	1.3624	1.3636	3 1.3630 1.3632
523	17	1.3525	1.3536	10 1.3527 1.3531
514	17	1.3477	1.3478	10 1.3474 1.3473
306	3	1.3195	1.3206	4 1.3201 1.3202
621	2	1.3104	1.3100	4 1.3096 1.3096
532	2	1.3033	1.3026	3 1.3022 1.3021
226	3	1.2851	1.2844	4 1.2838 1.2840
434	1	1.2741	1.2739	3 1.2741 1.2735
262	-	-	-	2 1.2674 1.2673
710	5	1.2666	1.2657	10 1.2654 1.2652
425	2	1.2536	1.2536	8 1.2529 1.2532
164	8	1.2115	1.2109	10 1.2104 1.2106
416	7	1.1914	1.1912	10 1.1906 1.1908
452	12	1.1783	1.1778	15 1.1773 1.1774

a=11.0338(7) Å a=11.030(1) Å
c= 8.7075(19) Å c= 8.705(1) Å

伴なわれ、顕微鏡下で褐色味を帯びた灰白色の反射色を示す。反射多色性は弱い、異方性は顕著で暗緑灰色～灰色の干渉色を呈する。約 30 μ 大あるいはそれ以下の不規則多角形の粒状として産し、濃紅銀鉱に伴なわれる場合、その内部に包有される。EPMA による脆安銀鉱

の化学組成は Table 2 の 1 に示すよう、S を置換して少量の Se が含まれ、Ag+Cu : Sb : S+Se は 4.94 : 1.05 : 4.01 となりほぼ理想式を満足させる。

輝安銀鉱 脆安銀鉱と同様濃紅銀鉱に伴なって石英中の銀黒縞にみられ、鉱石顕微鏡下において淡緑色を帯びた白色で、反射多色性強く、白色～淡緑色～淡青白色と変化する。また異方性は灰白色～褐色と変化し、上記濃紅銀鉱などよりも強い。約 20 μ あるいはそれ以下の点滴状あるいは粒状結晶として濃紅銀鉱中に包有され (Fig. 4, F)、石英脈の銀黒縞にみられるが、その産出はまれである。EPMA により求めた輝安銀鉱の化学組成は Table 2 の 8 および 9 のよう、濃紅銀鉱と同様少量 As および Se を固溶する。Ag : Sb+As : S+Se の比は 1.00 : 1.00~1.02 : 1.98~1.99 とその理想式に一致する。

ポリバス鉱 鉱石顕微鏡下で淡青緑色を帯びた灰白色を呈し、反射多色性は弱い。異方性は顕著で、その干渉色は帯黄灰色～褐色と変化する。玉髄質石英の粒状集合中、普通 10 μ 以下、まれに 20 μ 大の不規則多角形粒状としてみられ、濃紅銀鉱と接する。まれにナウマン鉱やアグイラ鉱とも組合う。この鉱物についての EPMA 分析値が Table 2 の 10 欄に示されている。化学組成のみではポリバス鉱かアンチモンピラス鉱かのいずれかを同定することはできないが、Cu 含有量の小さい点からポリバス鉱と推定した。

四面安銅鉱 濃紅銀鉱と同様石英脈中に点在する場合には不規則多角形粒状をなす一方、石英脈の割れ目、あるいは晶洞中に 1mm 程度の四面体結晶として産する。かかる場合普通濃紅銀鉱および黄銅鉱と密接に共生する。銀黒縞中にみられる場合には顕微鏡下で 50~80 μ 大の不規則多角形粒状として、濃紅銀鉱のほか、エレクトラム、黄銅鉱、黄鉄鉱およびナウマン鉱系鉱物に随伴してみられる。ライツ MPV-II 型で測定した本鍾 -180m 地並産の含銀四面安銅鉱、 $(Cu_{5.48}, Ag_{4.46})_{9.94}(Fe_{1.94}, Zn_{0.15})_{2.09}Sb_{4.06}S_{12.90}$ の反射率を Fig. 5 にかかげている。この値は Uytendogaadt and Burke (1971) の示した freibergite の値よりわずかに高い。EPMA による四面安銅鉱の化学分析値を Table 4 に示している。同表に示されているように含銀量が高く、24.8~29.7 wt % の銀を固溶している。一方 As および Se 含有量は小さい。とくに Se 含有量は上述の含銀硫塩鉱物に比し小さい。表中 29.7 wt % の含銀量は対州しげくま鉱山産四面銅鉱の最も銀に富む値 23.8 wt % (Shimada and Hirowatari, 1972) より高いが、高玉鉱山産試料の値 32.0 wt % (山岡・根建, 1978) よりわずかに小さい。分析値は Cu+Ag : Fe+Zn : Sb+As : S+Se の原子比が 9.95~10.12 : 2.03~2.06 : 3.94~4.06 : 12.93~13.02 とその

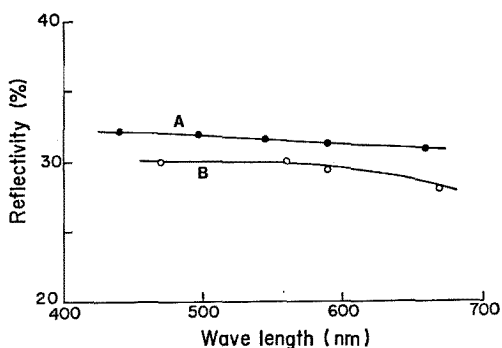


Fig. 5. Reflectivity curves in air for tetrahedrite.

A. Tetrahedrite with composition of $(\text{Cu}_{5.48}, \text{Ag}_{4.46})_{9.94}(\text{Fe}_{1.94}, \text{Zn}_{0.15})_{2.09} \text{Sb}_{4.06} \text{S}_{12.90}$ from the Sanru mine (-180 ml, W5, Honpi).

B. Freibergite after Uyttenbogaadt and Burke (1971).

Table 4. Chemical compositions of tetrahedrite from the Sanru mine

	1	2	3	4	5	
wt %	Cu	19.8	19.0	18.7	15.9	17.2
	Ag	24.8	25.4	25.8	29.7	29.1
	Fe	5.6	5.6	5.8	5.7	5.7
	Zn	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4
	Sb	26.8	26.5	26.6	23.9	24.3
	As	0.0	0.0	0.0	0.9	0.8
	Se	0.0	0.2	0.0	0.1	0.1
	S	22.6	22.2	22.2	22.0	22.1
	Total	100.2	99.5	99.6	98.7	99.7
at %	Cu	19.8	19.2	18.9	16.3	17.5
	Ag	14.6	15.1	15.4	18.0	17.4
	Fe	6.4	6.4	6.7	6.7	6.6
	Zn	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4
	Sb	13.9	14.0	14.0	12.8	12.9
	As	0.0	0.0	0.0	0.8	0.7
	Se	0.0	0.2	0.0	0.1	0.1
	S	44.7	44.6	44.5	44.8	44.5

1, 2, 3: -180 ml, W5, Honpi,
4, 5: -120 ml N8, Juji-hi.

理想式とほぼ一致する。Zn および As の含有量も低く、銀および鉄に富む四面安銅鉱である。25.4 および 28.8 wt % Ag の含有量を有する結晶の X 線粉末回折結果より求めた格子定数はそれぞれ 10.520 (2) および 10.550 (3) Å で、これらの値は Shimada and Hirowatari (1972) および Riley (1974) らが与えた四面銅鉱の含銀量と格子定数との関係を満足させる。

ナウマン鉱およびアグイラ鉱 鉱石顕微鏡下で淡緑色を帯びた灰色を呈し、多色性および異方性はともに弱い。縞状細粒石英中に単独に 10 μ 以下の微細な不規則粒状として産する。ナウマン鉱とアグイラ鉱との 2 種が存

在するが、光学的性質がきわめて類似するため鏡下での両者の識別は難しい。両者はエレクトラムとしばしば組合い (Fig. 4, A, B, C), ときには閃亜鉛鉱, 黄銅鉱および黄鉄鉱などを伴う (Fig. 4, D)。まれに四面安銅鉱および濃紅銀鉱なども接する。一般に 10 μ 以下の微粒結晶あるいはその集合体であるが、ごくまれに 0.5mm 程度の集合体として産する。この両者の化学組成および結晶学的資料については次節で述べる。

酒匂他 (1960) は珊瑚鉱山の主たる含銀鉱物はエレクトラムと輝銀鉱であると報告しているが、EPMA で検討した結果では、本鉱山よりまだ輝銀鉱を見出していない。

5. Ag₂S-Ag₂Se 系鉱物

上記のように EPMA 分析の結果、珊瑚鉱山からナウマン鉱およびアグイラ鉱の 2 種の Ag₂S-Ag₂Se 系鉱物が産出することがわかった。両者はその光学的性質が類似しているため、鏡下での識別は非常に難しい。このため、主として EPMA による分析結果より両者の同定を行なった。ナウマン鉱およびアグイラ鉱とも室温で若干固溶体を形成することが知られている (Petruk *et al.*, 1974, 北風・荻木, 1971) が、その固溶体範囲についてはまだ充分明らかではないので、この点についても検討した。

本鉱山産アグイラ鉱およびナウマン鉱の EPMA 分析結果をそれぞれ Table 5 および 6 に示している。これらの分析値を Ag-Se-S 三角図上に図示すれば Fig. 6 のようである。図中には荻木他 (未発表) の相平衡実験より

Table 5. Analytical data for agularite from the Sanru mine

	1	2	3	4	5	
wt %	Ag	76.9	77.1	76.4	76.3	76.7
	Se	19.4	19.0	19.2	19.6	19.8
	S	3.4	3.5	3.5	3.2	3.3
	Total	99.7	99.6	99.1	99.1	99.8
at %	Ag	67.0	67.1	66.8	67.0	66.8
	Se	23.1	22.6	22.9	23.5	23.5
	S	10.0	10.3	10.3	9.5	9.7
	6	7	8	9	10	
wt %	Ag	76.7	76.9	78.7	79.6	78.2
	Se	18.8	18.7	16.8	12.9	16.7
	S	3.6	3.8	4.9	6.8	4.8
	Total	99.1	99.4	100.4	99.3	99.7
at %	Ag	67.0	66.7	66.6	66.3	66.7
	Se	22.4	22.2	19.4	14.7	19.5
	S	10.6	11.1	14.0	19.0	13.8

1, 2, 3: -150 ml, E2, Honpi,
4, 5, 6, 7: -90 ml, N8, Juji-hi,
8, 9, 10: -120 ml, N8, Juji-hi.

Table 6. The data of chemical analyses for naumannite from the Sanru mine

	1	2	3	4	5
wt %					
Ag	73.7	74.0	73.6	74.0	73.4
Se	25.0	24.9	25.0	25.2	25.7
S	0.8	0.6	1.1	1.2	0.5
Total	99.5	99.5	99.7	100.4	99.6
at %					
Ag	66.7	67.2	66.0	65.8	66.6
Se	30.9	30.9	30.6	30.6	31.9
S	2.4	1.8	3.3	3.6	1.5
	6	7	8	9	10
wt %					
Ag	72.9	74.0	73.9	73.9	73.5
Se	25.4	25.6	25.7	25.0	25.7
S	0.4	0.5	0.4	0.6	0.3
Total	98.7	100.1	100.0	99.5	99.5
at %					
Ag	66.9	66.9	67.0	67.1	66.8
Se	31.9	31.6	31.8	31.0	32.3
S	1.2	1.5	1.2	1.8	0.9

1,2,3,4: -90 ml, E8, Honpi,
5,6,7: -180 ml, W5, Honpi,
8,9,10: -120 ml, N8, Juji-hi.

求めたアグイラ鉱およびナウマン鉱の固溶体範囲も示している。アグイラ鉱の組成は $Ag_{1.99}Se_{0.46}S_{0.56} \sim Ag_{2.00}Se_{0.71}S_{0.29}$ の範囲にある。一方ナウマン鉱は $Ag_{1.97}Se_{0.92}S_{0.11} \sim Ag_{2.01}Se_{0.95}S_{0.04}$ の範囲にあり、純粋なナウマン鉱はみられない。 $Ag_2Se_{0.71}S_{0.29} \sim Ag_2Se_{0.40}S_{1.10}$ の範囲の組成を有するものは現在までのところ見出されていない。

一方、菅木他(未公表)は Ag_2S-Ag_2Se 2成分系の相平衡実験を行ない Fig. 7 に図示するような相平衡図をえている。これによると約 200°C 以上の高温領域において Ag_2S-Ag_2Se 間で体心立方格子 (bcc) を有する連続

固溶体がみられ、これが低温で相転移し、アグイラ鉱-ナウマン鉱間に不混和領域を生じている。この不混和領域はおよそ 31~21 mole % Ag_2S の範囲にある。珊瑚

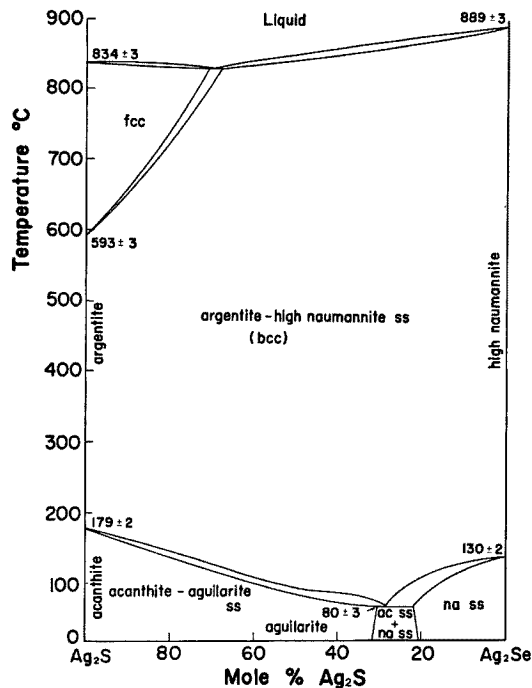


Fig. 7. Phase diagram of Ag_2S-Ag_2Se binary system after Sugaki *et al.* (unpublished). fcc: face centered cubic phase, bcc: body centered cubic phase, ac ss: acanthite solid solution, na ss: naumannite solid solution.

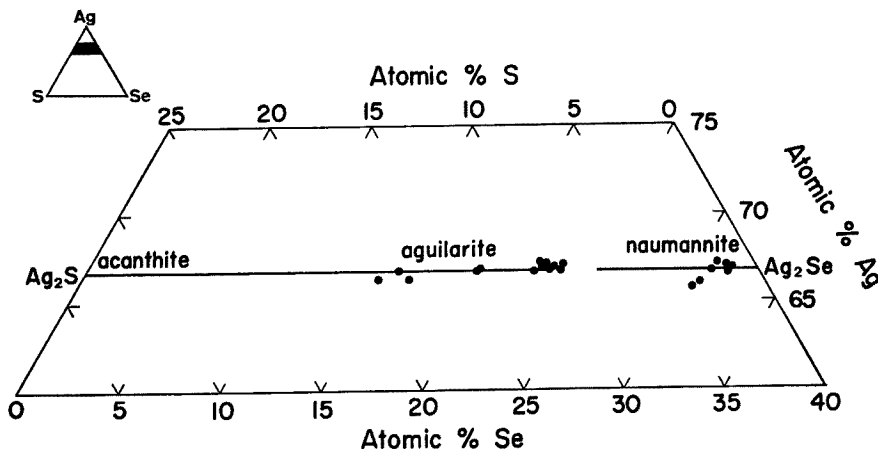


Fig. 6. Composition of agularite and naumannite from the Sanru mine. Solid lines show solid solution ranges for acanthite-agularite solid solution and naumannite as after Sugaki *et al.* (unpublished).

鉱山産アグイラ鉱の最も Se に富む組成は $Ag_{2.00}Se_{0.71}S_{0.29}$ (29 mole % Ag_2S) で、上記相平衡実験でえた値 $Ag_2Se_{0.69}S_{0.31}$ (31 mole % Ag_2S) とほぼ一致する。一方 ナウマン鉱の最も S に富む組成は $Ag_2Se_{0.90}S_{0.10}$ で、相平衡で求められた値 $Ag_2Se_{0.79}S_{0.21}$ より小さいが、固溶体領域内の組成を示している。現在までのところ、珊瑚鉱山産試料中でアグイラ鉱およびナウマン鉱両者が接するものは見い出されていないため、両者の固溶体の端の組成は求められないが、アグイラ鉱の最も Se に富む値は相平衡で求められた固溶体の端の組成と一致し、これがアグイラ鉱固溶体の Se に富む端の組成と推定される。

本鉱山に産する上記のアグイラ鉱およびナウマン鉱は一般に微粒であるが、ごくまれに 0.5 mm 大の集合体として産することもあり、これを用いて X 線粉末回折を行った。実験に供した試料は本鍾 -90 m 地並産のもので、 $Ag_2Se_{0.93}S_{0.07}$ 組成のナウマン鉱である。X 線粉末回折の結果は Table 7 のようで、合成ナウマン鉱および Silver City 産ナウマン鉱 (Petrucek *et al.*, 1974) のそれと比較して示している。強度の弱い回折線を除き、三者はよく一致している。これらの結果から求めた格子定数は $a=4.339(4)$, $b=7.073(8)$, $c=7.757(10)$ Å で、合成ナウマン鉱 (Ag_2Se) の値 $a=4.3377$, $b=7.0679$, $c=7.7657$ Å および Silver City 産の値 $a=4.333$, $b=7.062$, $c=7.764$ Å (Petruk *et al.*, 1974) とよく一致している。

5. まとめ

北海道珊瑚鉱山に産出する銀鉱物について鉱石顕微鏡、EPMA 分析および X 線粉末回折により検討し、エレクトラム、アグイラ鉱、ナウマン鉱、脆安銀鉱、濃紅銀鉱、輝安銀鉱、ポリバス鉱および含銀四面安銅鉱を見出した。

エレクトラムは 60.7~71.4 atomic % Ag の範囲の組成を有し、その組成変化は千才および高玉両鉱山産エムクトラムの組成変化 (山岡・根建, 1978) に比し小さいが、その含銀量は類似している。一方、ナウマン鉱やアグイラ鉱が主要銀鉱物である旭日および大身谷鉱山産のエレクトラムの組成 (87~100 atomic % および 70~100 atomic % Ag, 北風・荻木; 1971) に比し、その含金量は高い。

脆安銀鉱、濃紅銀鉱および輝安銀鉱は少量の As および Se を含む組成である。これらの鉱物の Ag 含有量 (atomic %) を縦軸に、As/(Sb+As) 比 (atomic %) を横軸として図示すれば Fig. 8 のようで、上記三鉱物と

Table 7. The data of X-ray powder diffraction for naumannite, $Ag_2Se_{0.93}S_{0.07}$ from the Sanru mine (-90 ml, E8, Honpi)

hkl	(1)		(2)		(3)		
	I	d(obs) d(calc)	I	d(obs)	I	d(obs)	
002	1	3.91 3.88	-	-	12	3.887	
101	-	-	-	-	4	3.787	
110	-	-	-	-	4	3.698	
020	-	-	-	-	2	3.537	
111	2	3.336 3.338	2	3.29	20	3.339	
102	3	2.887 2.892	3	2.87	35	2.894	
120	3	2.737 2.741	-	-	45	2.740	
112	10	2.670 2.677	10	2.65	90	2.678	
121	10	2.580 2.585	10	2.56	100	2.584	
013	3	2.431 2.428	4	2.42	35	2.432	
031	6	2.245 {2.256}	6	2.23	55	2.2550	
122		{2.238}					40
200	1	2.163 2.169	-	-	8	2.1688	
113	3	2.119 2.119	2	2.10	40	2.1203	
201	3	2.073 {2.088}	4	2.08	50	2.0887	
130		{2.071}					25
032	4	2.007 {2.015}	4	2.00	40	2.0143	
211		{2.004}					35
004	1	1.938 1.939	-	-	7	1.9425	
202	-	-	-	-	4	1.8927	
123	2	1.878 {1.881}	3	1.87	20	1.8814	
014		{1.870}					14
220	-	-	-	-	11	1.8483	
132	1	1.822 {1.830}	1/2	1.81	20	1.8276	
212		{1.829}					9
221	-	-	-	-	9	1.7979	
040	1	1.772 1.768	1/2	1.74	8	1.7674	
114	1	1.711 1.717	1	1.71	8	1.7189	
222	1	1.670 1.669	1/2	1.65	8	1.6695	
213	2	1.620 {1.618}	3	1.61	12	1.6179	
133		{1.617}					12
042	2	1.610 {1.609}	3	1.61	14	1.5952	
230		{1.596}					15
231	1	1.559 1.564	1	1.55	5	1.5066	
142	1	1.505 {1.508}	1/2	1.50	5	1.5043	
223		{1.504}					9
232	-	-	-	-	4	1.4622	
105	-	-	-	-	6	1.4459	
204	-	-	-	-	18	1.4210	
025	2	1.420	3	1.41	14	1.4173	
301							{1.422}
214							{1.417}
310							{1.417}
051	-	-	-	-	9	1.3909	
143	1	1.376	-	-	7	1.3838	
240							{1.371}
125	1	1.348	-	-	8	1.3508	
150							{1.340}
224	-	-	-	-	9	1.3383	
320	-	-	-	-	5	1.3313	
312	-	-	-	-	15	1.3239	
151	1	1.323 1.325	-	-			

(1) Naumannite from the Sanru mine,

(2) Naumannite from Silver City,

(3) Synthetic naumannite.

も Sb に富む組成である。Toulmin (1963) の合成実験によれば濃紅銀鉱-淡紅銀鉱間で連続固溶体をなすとされているが、本鉱山産試料はその固溶体の Sb に富む端成分に近い。Se は上記三鉱物中少量ながら含有されており、高玉および千才鉱山においてアグイラ鉱などの

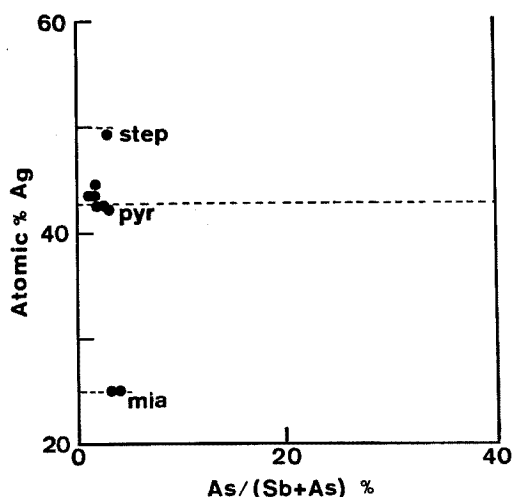


Fig. 8. Relation between silver contents and ratio of As/(Sb+As) for stephanite (step), pyrrargyrite (pyr) and miargyrite (mia).

Table 8. Analytical data for sphalerite and electrum associated with each other

	1	2	3	4	5
Sphalerite					
Cu	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
Fe	4.3	1.4	2.9	0.9	3.5
Zn	61.8	65.1	63.7	65.4	62.8
Mn	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
S	33.0	32.9	32.9	33.0	33.2
Total	99.2	99.7	99.7	99.5	99.7
Electrum					
Cu	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
Fe	3.8	1.2	2.5	0.8	3.0
Zn	46.0	48.5	47.4	48.8	46.5
Mn	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
S	50.1	50.0	49.9	50.2	50.2
Mole % FeS	7.5	2.4	5.1	1.6	6.1
Electrum					
Ag	56.4	60.4	51.8	58.3	52.3
Au	44.3	39.2	48.1	42.6	47.3
Total	100.7	99.6	99.9	100.9	99.6
N _{Ag}	0.699	0.738	0.663	0.705	0.669

1: -120 ml, N8, Juji-hi,
 2: -180 ml, W5, Honpi,
 3: -90 ml, N8, Jiji-hi,
 4,5: -90 ml, E8, Honpi.

Ag₂S-Ag₂Se 系鉱物と共生する含銀硫塩鉱物が Se を含有する (山岡・根建, 1978) のと同様な傾向にある。

四面安銅鉱は 24.8~29.7 wt % の銀を固溶するいわゆるフライベルグ鉱に相当し, As 含有量が小さくほとんど四面安銅鉱の端成分に近い。分析値は四面安銅鉱の一般式 (Cu, Ag)₁₀(Fe, Zn)₂(Sb, As)₄(S, Se)₁₃ をほぼ満足する。黒鉱々床産の四面銅鉱がいずれも Fe に比し Zn 含有量が高いのに比べ, 瑠璃鉱山産のものは Zn に比し Fe 量が多く, Fe/Zn 比が 10 前後の値となっている。含銀量と格子定数の関係は Riley (1974) の示した関係によく一致する。

Ag₂S-Ag₂Se 系鉱物としてナウマン鉱およびアグイラ鉱が見い出されたが, 輝銀鉱は認められない。本邦において両鉱物は中野他 (1970; 北風・荳木, 1971), 申木野 (向山・井沢, 1964; 松隈・由井, 1970), 甲山 (添田, 1968, 1970), 千才 (山岡・根建, 1978), 高玉 (山岡・根建, 1978) および旭日 (北風・荳木, 1971) 諸鉱山など瑠璃鉱山と同様低温性熱水金銀脈鉱床に属する鉱床から見いだされておりこの種の鉱床の特徴となっている。本鉱山産アグイラ鉱はほぼ Ag₂Se_{0.44}So_{0.57}~Ag₂Se_{0.71}So_{0.29} の組成範囲にあり, 後者はアグイラ鉱固溶体の最も Se に富む組成である。またナウマン鉱はほぼ Ag₂Se_{0.90}So_{0.10}~Ag₂Se_{0.96}So_{0.04} の組成を有し, S を含まないナウマン鉱は見い出されていない。

上記した銀鉱物の生成条件について検討するためエレクトラムおよびアグイラ鉱またはナウマン鉱と共生する閃亜鉛鉱を EPMA で分析した。結果を Table 8 に共生するエレクトラムの組成とともに示している。閃亜鉛鉱中の FeS 含有量は 1.6~7.5 mole % の範囲にある。また共生するエレクトラムの組成 (N_{Ag}; atomic fraction of silver) は N_{Ag}=0.67~0.74 であるが, 鉱床全体の N_{Ag}=0.61~0.82 の値となる。輝銀鉱と共生するエレクトラムの N_{Ag}-温度-硫黄フェラシティー (fs₂) の関係は Barton and Toulmin (1964) により求められている。しかしながらアグイラ鉱あるいは S を含むナウマン鉱と共存するエレクトラムの N_{Ag}-温度-fs₂ の関係は知られていない。しかし, Ag₂S-Ag₂Se 系においては硫黄含有量の増加にしたがって fs₂ 値は高くなる¹⁾ので, エレクトラム+アグイラ共生の fs₂ はエレクトラム+輝銀共生の fs₂ 値より低い値となる。したがって後者の共生の N_{Ag}·fs₂ 温度関係がこの系の fs₂ の最大値を示すことになる。また閃亜鉛鉱と黄鉄鉱が共生する場合, 閃亜鉛鉱の FeS 含有量 (N_{FeS}) と温度·fs₂ の関係が Barton and Toulmin (1966) により求められている。瑠璃鉱山においてエレクトラムはアグイラ鉱またはナウマン鉱と共生し, その組成は N_{Ag}=0.61~0.82 である。また閃亜鉛鉱の組成は 1.6~7.5 mole % FeS である。これらの

1) 自然銀+Ag₂S-Ag₂Se 系固溶体 (bcc) 組合せにおいて高 fs₂ 下では, 後者の固溶体は Ag₂S に富むが, 逆に低 fs₂ 下では Ag₂Se に富む固溶体が安定となる。

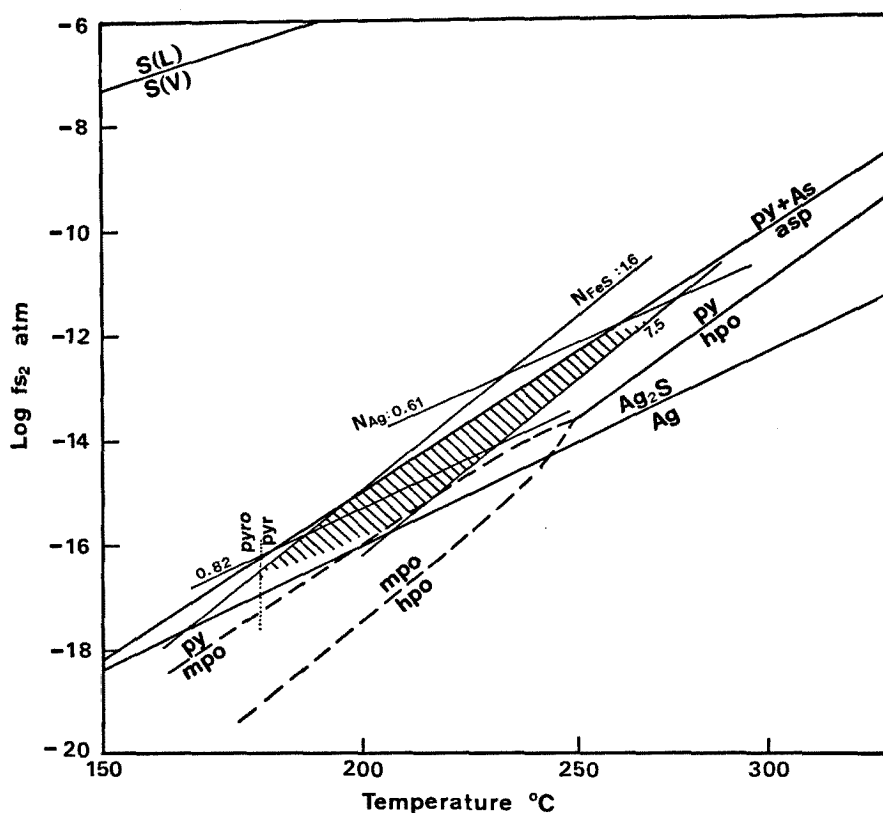


Fig. 9. Range of temperature and sulfur fugacity in ore from the Sanru mine.
 asp: arsenopyrite, hpo: hexagonal pyrrhotite, mpo: monoclinic pyrrhotite,
 py: pyrite, pyr: pyrrargyrite, pyro: pyrostilpnite.
 N_{Ag} : atomic fraction of silver in electrum, N_{FeS} : mole fraction of FeS in
 sphalerite (mole %).

値を温度・log f_{S_2} 図に図示すれば Fig. 9 のようで、図中には磁硫鉄鉱+黄鉄鉱および硫砷鉄鉱+黄鉄鉱+As の温度・ f_{S_2} 関係 (Scott and Barnes, 1971; Barton, 1969) をも示している。鉱脈中にはエレクトラム、アグイラ鉱またはナウマン鉱および濃紅銀鉱¹⁾がみられることを考慮すれば、これらの鉱物が生成する可能範囲として温度: 180~260°C, log f_{S_2} : -17~-11 (図中斜線で示した領域) の生成条件が一応考えられる。なおこの生成条件については今後さらに検討する必要がある。

謝 辞

本研究にあたり種々ご援助いただいた合同資源産業株式会社本社鉱山事業部および珊瑚鉱業所の職員の方々へ厚くお礼申し上げます。

また本研究に要した費用の一部は文部省科学研究費によった。ここに明記し謝意を表する。

引用文献

- 秋葉 力 (1964), 珊瑚鉱山産の naumannite (Ag_2Se). 北海道地下資源調査報告, **32**, 83~84.
 Barton, P.B. (1969), Thermochemical study of the system Fe-As-S. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **33**, 841-857.
 Barton, P.B. and Toulmin, P. (1964), The electrum-tarnish method for the determination of the fugacity of sulfur in laboratory sulfide systems. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **28**, 619-640.
 Barton, P.B. and Toulmin, P. (1966), Phase relations involving sphalerite in the Fe-Zn-S system. *Econ. Geol.*, **61**, 815-849.

1) 濃紅銀鉱は 179°C 以上の高温側で安定で、この温度以下では火閃銀鉱 (pyrostilpnite) が安定となる。

- 福富忠男 (1950), 北海道の金鉱石. 北海道地下資源資料, 第3号, 1-184.
- 藤原哲夫, 庄谷幸夫, 二間瀬冽 (1971), 下川町サンル鉱山の金銀鉱床. 北海道地下資源調査資料, 123号, 1-22.
- 北風 嵐, 荳木浅彦 (1971), Ag-Se-S 系鉱物の EPMA による研究 (要旨). 鉱物学雑誌, 10, 380.
- 小池直治 (1936), 三井瑠璃鉱山の概況. 北海道石炭鉱業会報, 260号, 1-6.
- 松隈寿紀, 由井俊三 (1970), EPMA による金銀鉱物の検討. 日本鉱業会, 昭和45年分科研究資料, J-6, 1-3.
- 向山 広, 井沢英二 (1964), 鹿児島県串木野鉱山の含セレン金銀鉱, とくにナウマン鉱について. 鉱山地質 14, 191-199.
- 中野忠直, 橋口博宜, 蛇目秀雄 (1970), 大身谷鉱山の鉱床および鉱石について. 日本鉱業会, 昭和45年分科研究資料, J-3, 1-4.
- Petruk, W., Owens, D.R., Stewart, J.M. and Murray, E.J. (1974), Observation on acanthite, aguilarite and naumannite. *Can. Mineral.*, 12, 365-369.
- 酒匂純俊, 土居繁雄, 太田昌秀 (1960), 5万分の1サンル地質図幅及説明書. 北海道開発庁.
- Riley, J.F. (1974), The tetrahedrite-freibergite series, with reference to the Mount Isa, Pb-Zn-Ag orebody. *Miner. Deposita*, 9, 117-124.
- Scott, S.D. and Barnes, H.L. (1971), Sphalerite geothermometry and geobarometry. *Econ. Geol.*, 66, 653-669.
- Shimada, N. and Hirowatari, F. (1972), Argentinian-tetrahedrite from the Taishu-Shigekuma mine, Tsushima Island, Japan. *Mineral. J.*, 7, 77-87.
- 添田 晶 (1968), 広島県甲山鉱山金銀鉱石の共生関係 (要旨). 鉱山地質, 18, 58.
- 添田 晶 (1970), 中国地方における2,3の金銀鉱床の鉱石について. 日本鉱業会, 昭和45年分科研究資料, J-2, 1-4.
- 荳木浅彦 (1960), 北海道瑠璃鉱山の地質・鉱床調査報告文. (未公表) 手記.
- Sugaki, A. Shima, H. and Kitakaze, A. (1978), Synthesized silver antimony and silver arsenic sulfosalt minerals. - Synthetic sulfide minerals VIII-. *Sci. Rept. Tohoku Univ., Ser. 3*, 15, 53-65.
- Toulmin, P. (1963), Proustite-pyrargyrite solid solution. *Amer. Mineral.*, 48, 725-736.
- Uytenbogaadt, W. and Burke, E.A.J. (1971), Tables for Microscopic Identification of Ore Minerals. Elsevier Pub. Co., New York.
- 山岡一雄, 根建心具 (1978), 千才・高玉両浅熱水性鉱床産金銀鉱物. 日本の金銀鉱床第2巻, 日本鉱業会, 75-100.