

宮崎県児湯郡西米良村天包山のアンチモン鉱床に関する研究

A study of the antimony-ore deposit at Mt. Amatsutsumi,
Nishimera-mura, Koyu-gun, Miyazaki Prefecture, Japan

上 野 禎 一 千々和 豊 棟 上 俊 二

Teiichi UENO

Yutaka CHIZIWA

Shunji TOJO

福岡教育大学 地学教室

岩 野 庄市朗 榊 昌 宏

Shoichiro IWANO

Masahiro SAKAKI

福岡石の会

(平成23年9月30日受理)

Abstract

Fujimoto (1999a) found the antimony-ore remains on the northern slope of Mt. Amatsutsumi, Nishimera-mura, Koyu-gun, Miyazaki Prefecture. In 2002 and 2003 we surveyed the area, took some ore samples and investigated them by microscope, X-ray diffraction and electron microprobe analysis. Main ore minerals are stibnite, pyrite and sphalerite. In a druse there exists a red colored transparent little mineral with diamond luster on stibnite crystal. It is identified as pyrostilpnite (Ag_3SbS_3) by ore microscope and electron microprobe analysis. The other druse mineral of a light-yellow radial crystal, associated with stibnite, is found to be valentinite by the X-ray diffraction analysis. By ore microscope we found two silver minerals coexistent with stibnite; polybasite and miargyrite, which have the composition of $(\text{Cu}, \text{Ag}, \text{Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ and $(\text{Ag}, \text{Cu}, \text{Fe})\text{SbS}_2$, respectively. Judging from the presence of only pyrite as for the Fe-S system mineral and the low iron content (1.5 atomic %) in sphalerite, it is considered that this antimony ore deposit would have been formed by the ore solution of a high sulfur fugacity. The salinity of fluid inclusions in quartz is very high up to 18.5 wt.% and the homogenization temperature ranges from 154 to 223 °C.

I. はじめに

木下(1961)により九州地方のアンチモン鉱床は、(1) 外帯および天草の単純輝安鉱脈、(2) 外帯花崗岩と因果関係を有し、アンチモン硫塩鉱物を伴う鉱床、(3) 火山岩中の浅熱水性アンチモン金銀鉱脈、(4) 内帯花崗岩地域の単純輝安鉱脈の4つに分類されているが、今回研究を行った天包山周辺のアンチモン鉱床は、この分類中、(1)に属する。すなわち、宮崎県の中中部、児湯郡西米良村村所の付近で、四万十層群の砂岩・頁岩層を母岩とし、石英斑岩ないし花崗斑岩に伴われる輝安鉱石英脈が鉱体をなしているという典型的なものである。明治・大正時代にアンチモン鉱山として知られていた天包鉱山というのは、天包山の南斜面に位置しており、鉱石は輝安鉱・黄鉄鉱・硫砒鉄鉱からなっていると報告されている(木下, 1961)。

今回、我々が調査研究を行ったのは、藤本（1999a）により報告された天包山北斜面にあるアンチモン鉱床跡である。輝安鉱及びその随伴鉱物に関して、藤本（1999b）、仙波（2000）、山中・藤本（2001）、平松他（2001）により報告されている。今回、我々は四度現地調査を行い、小規模な坑口及び坑道を発見、付近に残されていた貯鉱を採取した。それらの鉱石試料及び母岩の堆積岩、関連火成岩の石英斑岩等を、顕微鏡、X線回折、EPMA 等で調べた結果に基づいて、それらの記載を行うと共に鉱化作用についての考察を行うことにする。

II. 位置・交通

天包山は、宮崎県児湯郡西米良村村所の北東方約4kmの地点に位置している。標高は、1189m程であるが、等高線が密でかなり急峻な地形をなしている。福岡方面から現地に行くには、九州自動車道を利用し、熊本県の人吉ICから国道219号線を西進すると、2時間程で村所に到達できる。村所からは、鉾山谷古川線、花街道等のスーパー林道を通り、30分程で天包山の5合目あたりまで行け、そこより徒歩30分程で北斜面の鉾床跡へ到達できる。現地の標高は、約970m程であるが、猿、鹿、雉、猪、兎、イタチ等の九州に原生する動物達としばしば出会うことができる。

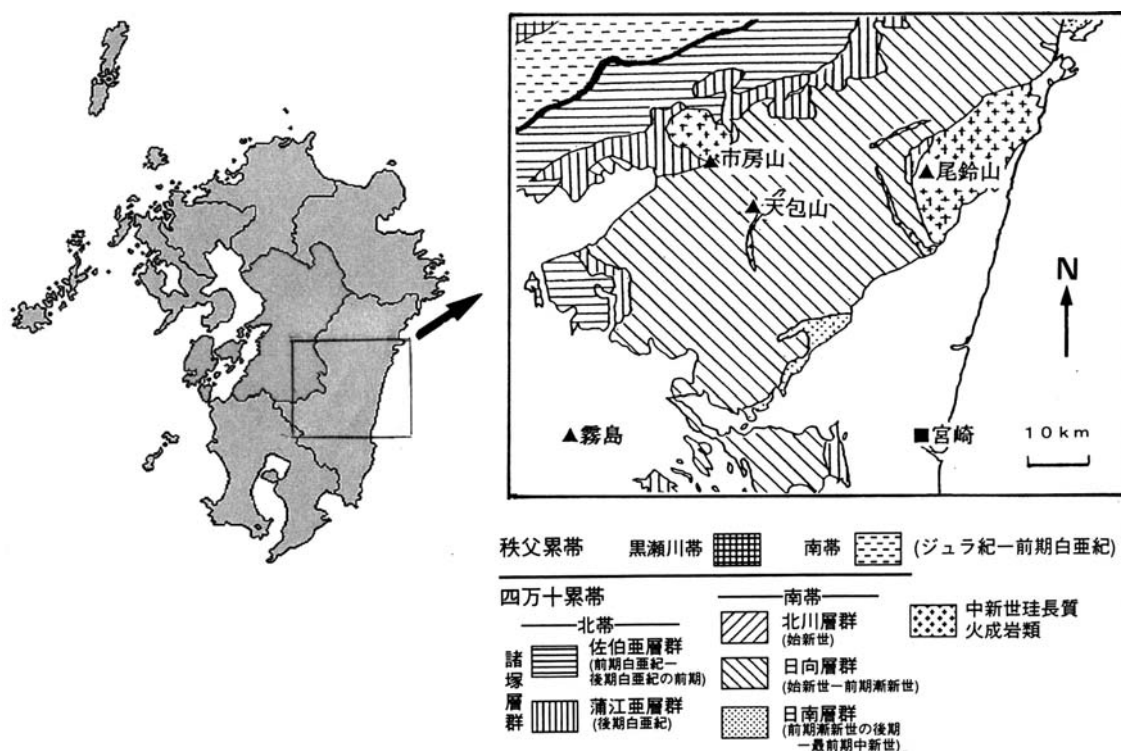


Fig. 1 . Geological map around Mt. Amatsutsumi. (after Saito *et al.*, 1996)

III. 地形・地質

本地域は九州山地の中央部に位置し、九州の中でも最も山深い地域の一つである。天包山の北西10km程のところの熊本県との県境に、標高1722mの市房山が聳えている (Fig. 1)。

北部は中期ジュラ紀～前期白亜紀の堆積岩コンプレックスからなる秩父累帯南帯，中部は白亜紀付加体の諸塚層群からなる四万十累帯北帯，南部は第三紀付加体の日向層群からなる四万十累帯南帯に大きく区分される（齊藤他，1996）。天包山は，四万十累帯北帯との境界部に近い四万十累帯南帯部に位置しており，天包山の北西部には西南日本外帯の中新世深成岩類の一員である市房山花崗閃緑岩の岩株状岩体が分布している（Fig. 1）。本岩体の放射年代は，黒雲母のK-Ar年代として， 14 ± 1 Ma（Miller *et al.*, 1962）と，ジ

ルコンのフィッシュ・トラック年代として、 12.0 ± 0.9 Ma (Miyachi, 1985), が報告されている。この岩体の火成活動に関連して形成されたと考えられている中低温型アンチモン鉱床の一つとして、本研究地域の天包山北斜面のアンチモン鉱床は位置付けられている。天包山をほぼ南北方向に貫いて中新世珪長質火成岩類が存在しているが、これは石英斑岩からなる岩脈であり、アンチモン鉱化作用の関連火成岩と考えられている。石英斑岩は、長石の巨晶（ $2\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ 程度）を含むのが特徴的であるが、風化を著しく受けており新鮮な試料は得難い。偏光顕微鏡下では大量の絹雲母と緑泥石が観察され、絹雲母化作用及び緑泥石化作用等の熱水変質鉱化作用を被っていると考えられる。斜長石とアルカリ長石との境界部では、ミルメカイト構造が多く見られる。有色鉱物としては黒雲母や角閃石があったと思われるが、ほとんど変質作用及び風化作用を受けて褐鉄鉱、緑泥石等に変化している。

IV. 鉱床

鉱床母岩は、四万十累帯南帯日向層群に属する黒色～灰白色スレートで、それに石英脈が貫入し、多量の輝安鉱を生成している。関連火成岩は日向層群に貫入している石英斑岩と思われるが、野外で両者の接触部が確認されなかったため、直接の運鉱岩かどうかは不明である。天包山北斜面の標高約970mの地点に坑口が2つ残されている。1つは土砂に埋もれていて調査不能だが、もう1つは坑口・坑道がはっきり残されている。坑口の岩石は、灰白色スレートからなるが、珪質でありかなり堅硬である。スレートの走向は $N40^\circ W$ で、傾斜は $40^\circ NE$ である。坑口の幅は1m程、高さ70cm程で人間1人がやっと入れる大きさである。坑道は $N80^\circ W$ 方向にのびており、12m程で終わっている。石英脈をひ押ししたものと思われるが、内部の高さは1m程で、幅は90cm程である。坑口付近に貯鉱が残されていたが、それらは石英脈中の輝安鉱を主体としており、母岩の黒色スレート中には鉱染状に黄鉄鉱が見られる。

V. 鉱石鉱物各論

1. 輝安鉱 Stibnite Sb_2S_3

本鉱床の鉱石鉱物中、最も多い鉱物で、石英脈中に最長で2cm程の自形結晶の集合体として大量に生じている。晶洞中には水晶と共に最長1cm程の長柱状の複雑な晶相を示す結晶が成長しており、特有な湾曲結晶も多く見られる。本鉱床産の輝安鉱の肉眼観察による特徴については、藤本(1999b)に記載がある。反射顕微鏡下では、塊状の集合体及び葉片状の長柱状結晶集合体として観察され、しばしば集片双晶をしている。弱い反射多色性があり、青白色から暗褐灰色まで変化する。反射異方性は強く暗青白色から暗緑灰色まで変化する。Table 1にEPMAによる分析値を示すが、不純物をほとんど含まず、化学組成は Sb_2S_3 である。鏡下ではしばしば輝安銀銅鉱、輝安銀鉱、火閃銀鉱等の銀鉱物と共生しているのが観察され、他に黄鉄鉱及び閃亜鉛鉱を伴う。輝安鉱の周辺部及び割れ目に沿って二次的に生じたと思われるアンチモンの酸化

Table 1. Chemical compositions of some minerals

Minerals	Weight %							Atomic %						
	Cu	Fe	Zn	Ag	Sb	S	Total	Cu	Fe	Zn	Ag	Sb	S	
stibnite	0.0	0.0	0.0	0.0	71.3	28.2	99.5	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	60.0	
“	0.0	0.1	0.0	0.0	71.5	28.3	99.9	0.0	0.1	0.0	0.0	39.9	60.0	
polybasite	26.4	4.5	3.1	15.3	27.4	23.6	100.3	25.2	4.9	2.9	8.6	13.7	44.7	
“	27.5	3.8	4.6	13.7	27.1	24.0	100.7	25.9	4.1	4.2	7.6	13.3	44.8	
“	28.2	3.4	4.4	13.5	27.4	23.9	100.8	26.6	3.7	4.0	7.5	13.5	44.7	
“	25.5	3.1	3.9	17.1	27.0	23.5	100.1	24.6	3.4	3.7	9.7	13.6	45.0	
“	25.5	3.0	3.5	17.2	27.9	23.6	100.7	24.6	3.3	3.3	9.7	14.0	45.1	
miargyrite	1.0	0.1	0.0	35.4	41.5	21.8	99.8	1.2	0.1	0.0	24.0	24.9	49.8	
“	1.3	0.1	0.1	35.5	41.7	22.3	101.0	1.5	0.1	0.1	23.7	24.6	50.0	
“	1.3	0.2	0.0	34.7	41.7	22.0	99.9	1.5	0.3	0.0	23.4	24.9	49.9	
“	0.9	0.0	0.0	35.9	41.0	21.9	99.7	1.0	0.0	0.0	24.4	24.6	50.0	
“	0.6	0.0	0.1	36.0	42.2	22.2	101.1	0.7	0.0	0.1	24.1	25.1	50.0	
“	0.7	0.0	0.2	36.5	40.9	21.9	100.2	0.8	0.0	0.2	24.7	24.5	49.8	
pyrostilpnite	0.3	0.0	0.1	59.1	22.4	17.7	99.6	0.4	0.0	0.1	42.5	14.2	42.8	
“	0.1	0.0	0.0	59.1	22.4	17.5	99.1	0.1	0.0	0.0	42.8	14.4	42.7	
sphalerite	0.1	1.7	65.8	0.0	0.0	33.3	100.9	0.1	1.5	48.4	0.0	0.0	50.0	
“	0.3	1.3	65.3	0.0	0.1	32.8	99.8	0.2	1.1	48.7	0.0	0.1	49.9	
“	0.4	1.5	65.5	0.0	0.2	33.1	100.7	0.3	1.3	48.4	0.0	0.1	49.9	

stibnite; Sb_2S_3 ; polybasite; $(Cu, Ag, Fe, Zn)_{12}Sb_4S_{13}$; miargyrite; $(Ag, Cu, Fe, Zn)SbS_2$; pyrostilpnite; $(Ag, Cu, Zn)_3SbS_3$; sphalerite; $(Zn, Fe, Cu, Sb)_8S$

鉱物であるアンチモン華及び黄アンチモン華等が見られる。

2. 火閃銀鉱 Pyrostilpnite Ag_3SbS_3

晶洞中に水晶と輝安鉱が多数結晶成長しているが、輝安鉱の長柱状結晶の表面に、しばしば最大 $300\mu\text{m}$ 程度のヒアシンス赤色の薄板状結晶が成長している (Fig. 2 A)。山中・藤本 (2001) により、色・結晶形態・光沢及びX線ガンドルフィカメラによる実験結果より火閃銀鉱と報告された結晶と同一であると思われる。松原 (2001) は、走査型電子顕微鏡によるSEM像を報告し、結晶形態からも、この鉱物を火閃銀鉱と断定している。今回、X線回折データを取るに十分な試料の量が得られなかったが、火閃銀鉱と思われる赤い結晶が付着している輝安鉱を樹脂で固めて、ダイヤモンドペーストで研磨後、反射顕微鏡で観察してみた。反射多色性があり、青灰色から青白色まで変化する。反射異方性も強く、灰色から青灰色まで変化する。Table 1 に EPMA による分析値を示す。Cu と Zn をわずかに含むが、火閃銀鉱の定比組成を満足している。同質異像の関係にある濃紅銀鉱 (Ag_3SbS_3) は、淡紅銀鉱 (Ag_3AsS_3) と固溶体を形成するが、今回の分析では、As はまったく検出されなかった。晶洞中の輝安鉱の結晶表面から結晶成長しているのが、濃紅銀鉱から相転移したものではなく、比較的低温 (200°C 以下) の熱水溶液から、初生的に輝安鉱の表面に火閃銀鉱として晶出したものと考えられる。尚、低温型の火閃銀鉱と高温型の濃紅銀鉱の相転移温度は、Hall (1966, 1968) により 1 気圧では 192°C と報告されている。

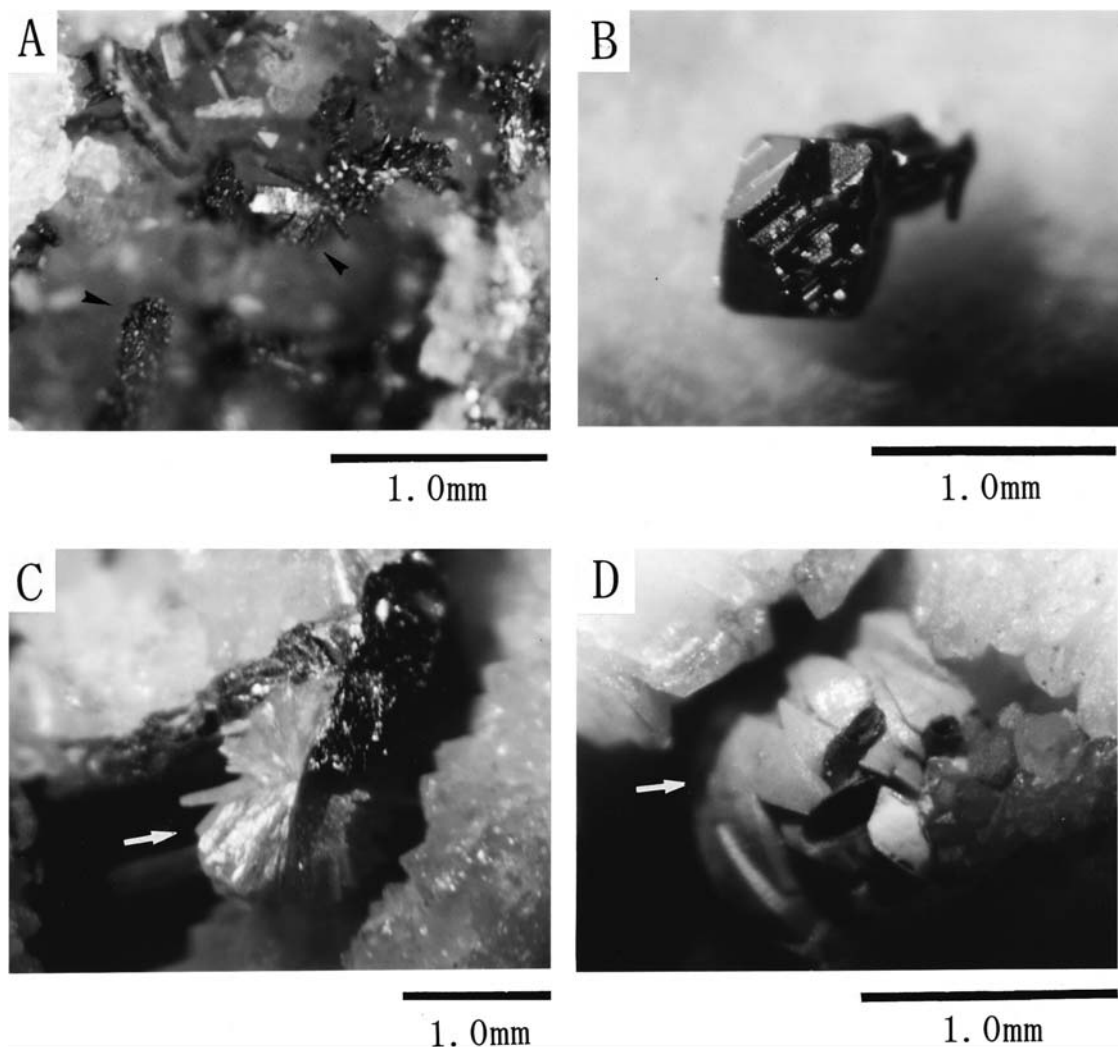


Fig. 2. Optical micrographs of pyrostilpnite (A), miargyrite (B), valentinite (C) and stibiconite (D).

3. 輝安銀鉱 Miargyrite AgSbS_2

肉眼的には極めてまれであるが、径1 mm 程の多面体自形結晶を見出すことができた。黒金剛灰色で金属光沢のある結晶である (Fig. 2 B)。鏡下では、輝安鉱中に輝安銅銀鉱と共生して生じている。反射多色性が強く、青白色から青灰色まで変化する (Fig. 3 A)。反射異方性も強く、青灰色から暗緑灰色まで変化する (Fig. 3 B)。Table 1 に EPMA による分析値を示す。Cu を 1 ~ 2 at.% 程, Fe と Zn を極微量含むが, As は含まず、輝安銀鉱の定比組成を満足している。閃亜鉛鉱とも共生している。

4. 輝安銅銀鉱 Polybasite $(\text{Ag}, \text{Cu})_{16}\text{Sb}_2\text{S}_{11}$

肉眼的には確認されなかったが、鏡下でしばしば輝安鉱と共生して生じているのが観察される。弱い反射多色性があり、褐灰色から暗ピンク色まで変化する (Fig. 3 A)。弱い反射異方性もあり、暗褐色から暗緑灰色まで変化する (Fig. 3 B)。しばしば輝安銀鉱を伴っている。Table 1 に EPMA による分析値を示す。Fe を 3 ~ 5 at.% 程, Zn を 3 ~ 4 at.% 程含む。ピアースイトと固溶体をもつ鉱物であるが, As はまったく含まないので、含鉄亜鉛輝安銅銀鉱と分類される。

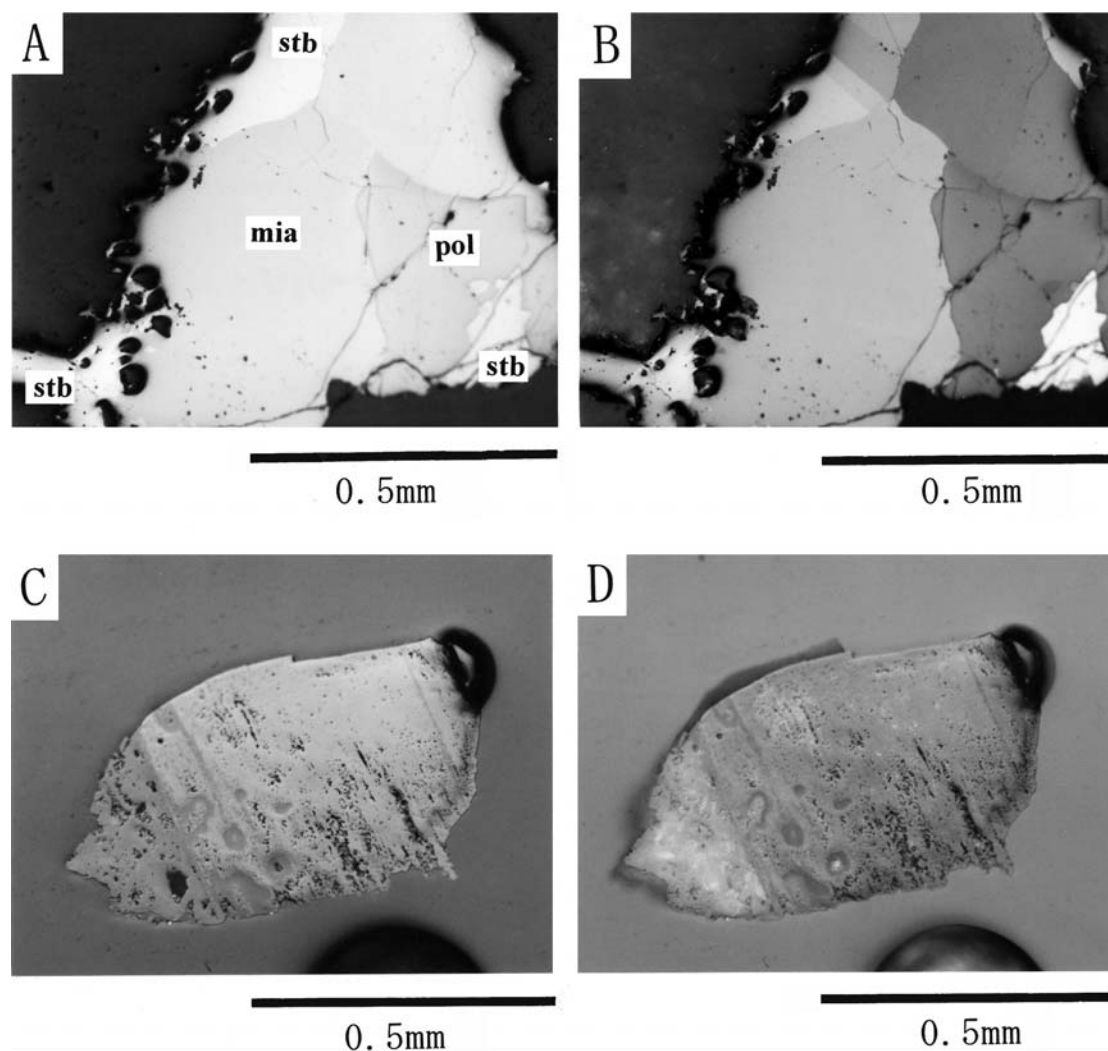


Fig. 3. Photomicrographs of polished sections under reflected light.

(A) and (B): assemblages of miargyrite (mia), polybasite (pol) and stibnite (stb) in one polar and crossed polars, respectively
(C) and (D): tripuhyite in one polar and crossed polars, respectively

5. 閃亜鉛鉱 Sphalerite ZnS

輝安鉱と共生して生じているが、しばしば粒径 1 mm 程の赤黒色結晶として晶洞中に生じていることがある。反射光下では灰色であるが、内部反射は強く、赤、黄色等を呈する。輝安銀鉱の結晶の中に生じている場合もある。結晶周辺部と割れ目に沿って、二次生成鉱物と思われる銅藍が生じているが、本鉱床の鉱石中には、黄銅鉱、輝銅鉱、斑銅鉱等の銅鉱物が見られないので、二次生成銅鉱物の銅の起源は、輝安銅銀鉱、輝安銀鉱、火閃銀鉱等の銀鉱物中の銅と思われる。Table 1 に EPMA による分析値を示す。Fe の含有量は 1.1~1.5 at.% と低く、Cu と Sb を極微量含むが、Mn, Cd, Ag はまったく含まない。Fe の含有量が低いことから、硫黄フガシティーの高い鉱液から形成されたと考えられる。

6. 黄鉄鉱 Pyrite FeS₂

本鉱床の鉱石鉱物中、輝安鉱に次いで多い硫化鉱物で、輝安鉱に較べ母岩の黒色スレート中に鉱染状に生成している。自形をなしているが、粒径は 50 μ m 程度の小さな結晶がほとんどである。輝安鉱とは共生関係にある。Fe-S 系の鉱物としては、黄鉄鉱のみで磁硫鉄鉱が見られないので、本鉱床を形成した鉱液の硫黄フガシティーは高いと考えられる。

7. アンチモン華 Valentinite Sb₂O₃

輝安鉱が酸化されて生じた鉱物と思われるが、晶洞中に黄白色の透明感のある柱状~短冊状結晶の放射状集合体（大きさ 1 mm 程度）が形成されている（Fig. 2 C）。輝安鉱の結晶粒界や割れ目に沿ってもこの鉱物は、二次的に結晶化しており、反射光下では灰色で赤~黄色の弱い内部反射が見られる。EPMA で分析すると、Sb の強い特性 X 線を検出し、Ca 等の他の元素による特性 X 線は検出できない。同質異像の関係にある方安鉱の可能性もあるので、X 線粉末回折計で調べたところアンチモン華のデータと一致した。

Table 2. X-ray powder-diffraction data for stibiconite, Sb₃O₆(OH)

1			2		
d(Å)	I	hkl	d _{obs} (Å)	d _{calc} (Å)	I
5.93	90	111	5.988	5.942	30
3.09	70	311	3.112	3.103	44
2.96	100	222	2.982	2.971	100
2.57	40	400	2.577	2.573	40
2.36	10	331	2.366	2.361	8
1.98	30	511	1.9851	1.9807	19
1.81	80	440	1.8212	1.8194	59
1.74	30	531	1.7315	1.7397	20
1.57	20	533	1.5702	1.5695	8
1.55	60	622	1.5524	1.5516	31
1.48	30	444	1.4834	1.4855	10
1.44	30	711	1.4407	1.4412	9
1.34	30	731	1.3402	1.3399	10
1.28	20	800	1.2873	1.2865	5
a (Å)	Cubic: 10.27			Cubic: 10.292(4)	

1, JCPDS Card No. 10-388 (Vitaliano & Mason, 1952); 2, This study (from Amatsutsumiyama)

8. 黄アンチモン華 Stibiconite SbSb₂O₆(OH)

輝安鉱や石英の表面に粉状に付着しており、しばしば晶洞中に小さな黄桃の様な房状に結晶集合体を形成している場合もある（Fig. 2 D）。色は黄色~黄褐色で土状光沢を呈している。EPMA による分析はできなかったが、Table 2 に示す様に X 線粉末データは、JCPDS カードの Vitaliano & Mason (1952) のデータと良く一致しており、格子定数 a = 10.292 Å を得ている。輝安鉱の酸化により形成された二次生成鉱物と思われる。

Table 3. X-ray powder-diffraction data for tripuhyite, FeSb_2O_6

1			2		3		
d(Å)	I	hkl	d(Å)	I	d _{obs} (Å)	d _{calc} (Å)	I
4.225	20	101					
3.280	100	110	3.29	100	3.280	3.286	100
2.560	90	103	2.56	60	2.560	2.573	95
2.320	40	200	2.33	10	2.319	2.323	15
2.240	20	113	2.24	10	2.240	2.251	15
2.080	10	210					
1.720	90	213	1.722	50	1.721	1.724	85
1.640	50	220	1.646	30	1.643	1.643	30
1.520	30	006					
1.470	40	310	1.472	5	1.468	1.469	15
1.390	20	116	1.390	15	1.399	1.398	15
1.380	30	303	1.382	15	1.388	1.385	35
tetragonal			tetragonal		tetragonal		
a(Å)	4.63					4.647(5)	
c(Å)	9.14					9.27(1)	

1; JCPDS Card No. 7-349, Mason & Vitaliano(1953), from El Antimonio, Sonora, Mexico

2; Ito & Hori(1978), from Kinka mine, Gifu Pref., Japan

3; This study (from Amatsutsumiyama)

9. トリプヒ石 Tripuhyite FeSb_2O_6

晶洞中に粒径500 μm 程の硬いオレンジ色の鉱物がしばしば見られる。樹脂で固めてダイヤモンドペーストで研磨し、反射顕微鏡で観察したところ灰色を呈し、強い内部反射（オレンジ色～黄色）を示した（Fig. 3 C, D）。EPMA による定性分析では、Fe と Sb の強い特性X線を検出した。Table 3 に示す様にX線粉末データは、JCPDS カードの Mason & Vitaliano (1953) のデータに較べると、3 本程回折線の数が少ないが、伊藤・堀（1978）のトリプヒ石のデータと良くあっており、格子定数 $a = 10.292 \text{ \AA}$, $c = 9.27 \text{ \AA}$ を得ている。

この他本地域からは、山中・藤本（2001）により自然銀、濃紅銀鉱、方安鉱、鋭錐石、及び平松他（2001）により紅安鉱、濃紅銀鉱、方安鉱様鉱物、金緑石様鉱物等の存在の可能性が報告されているが、今回の研究では確認されなかった。

VI. 石英中の流体包有物

野外における試料採取時の状況並びに石英脈の産状から、輝安鉱を大量に伴う石英脈を形成した鉱液は、本鉱床と成因的に関連性があるものと考えられる。そこで石英中の流体包有物からその生成条件の一部を読み取るために、自形石英結晶中の流体包有物について、マイクロサモメトリー測定を行なった。

流体包有物のホスト結晶である石英は、自形結晶として脈の壁面に対しほぼ垂直に成長している。個々の鉱物粒子は、概して成長の初期段階（壁面に近い部分）では内部に微細な包有物を大量に含んでいるため肉眼でも白濁して見えるほどだが、柱状結晶の先端にいくに従い、ほぼ完全に透明な結晶となる。包有物の産状は、笹田（1988）の判定基準を参考にすると、概ね単結晶中に三次元的にランダムに分布している包有物であり、部分的には（成長帯と見なすことができそうな）結晶面に平行な面状の配列をしており、また白濁部に近い所ではネットワーク状に分布している等、幾通りかの違いがあるものの、総じて初生包有物または擬二次包有物である。流体包有物の大きさは概して小さく、測定には透明度の高い部分に含まれている10 μm よりも大きな包有物を用いた。

室温の下では包有物内は気・液 2 相に分離しており、また娘鉱物などの非流体相は見られなかった。融点測定結果から、全て水に富む流体である事は明らかで、その NaCl 相当塩濃度（Potter *et al.*, 1978）は、5.40～18.5 wt.%の範囲をもち、10 wt.%前後のものが多い。さらに均質化温度を測定した結果は154～223 $^{\circ}\text{C}$ の範囲をもち、190 $^{\circ}\text{C}$ 前後のものが多い。石英脈生成時の圧力は不明であるが、濃紅銀鉱はなく火閃銀鉱が見られることから、鉱脈生成の温度条件範囲は、鉱液を保存していると考えられている流体包有物の均質化温度範囲と近いものであると考えられる。

VII. まとめ

本地域のアンチモン鉱床は、四万十層群に属する黒色～灰色スレート中に貫入した石英斑岩よりもたらされた石英鉱脈による鉱化作用によって形成されたと考えられる。鉱石鉱物は、主に輝安鉱からなるが黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、銅藍も見られ、輝安銅銀鉱、輝安銀鉱、火閃銀鉱等の銀鉱物も生じているのが特徴である。他に二次的に生成したと思われるアンチモンの酸化鉱物であるアンチモン華、黄アンチモン華、トリプヒ石等も見られる。閃亜鉛鉱中の Fe 含有量が1.5 at.%程度と少ないので、鉱液の FeS 活動度は低く、S₂の活動度が高いために磁硫鉄鉱は生じず硫化鉄はすべて黄鉄鉱になっている。黄銅鉱、斑銅鉱、キューバ鉱、輝銅鉱といった銅鉱物が見られないので、鉱液中の Cu の活動度は低く、二次的に閃亜鉛鉱に付随して生じている銅藍の Cu の起源は、輝安銅銀鉱等の銀鉱物に由来していると考えられる。鉱石鉱物を伴う石英中の流体包有物のもつ NaCl 相当塩濃度は、5.40～18.5 wt.%の範囲をもち、均質化温度は154～223 °Cという範囲となっている。銀鉱物中への As の含有はほとんどなく、硫砒鉄鉱が見られる天包山南斜面の天包山鉱床とは、鉱液の性質がやや異なるようである。

謝 辞 本研究を遂行するにあたり、福岡教育大学藏源一郎名誉教授並びに鈴木清一教授には、高出力回転対陰極X線粉末回折装置並びにエネルギー分散型 EPMA の使用に関して大変便宜を図って頂き、又検鏡試料及び EPMA 分析試料の作製に関しては、元福岡教育大学高須岩夫文部科学技官に大変お世話になった。記して感謝の意を表したい。

引 用 文 献

- 藤本雅太郎 (1999a) : 宮崎県西米良村天包山の輝安鉱産地と日比野アンチモン鉱山探訪記. *福岡石の会会報* 1999, 41-50.
- 藤本雅太郎 (1999b) : 輝安鉱観察もうひとつの楽しみ. *福岡石の会会報* 1999, 51-53.
- Hall, H. T. (1966) : The System Ag-Sb-S, Ag-As-S, and Ag-Bi-S : Phase Relations and Mineralogical Significance. Ph. D. dissertation, Brown University.
- Hall, H. T. (1968) : Synthesis of two new silver sulfosalts. *Econ. Geol.* 63, 289-291.
- 平松和夫, 仙波垂水, 伊達博行 (2001) : 宮崎県西米良村天包山北斜面の紅安鉱. *福岡石の会会報* 2001, 53-56.
- 伊藤洋輔, 堀秀道 (1978) : 岐阜県白川町金加鉱山産トリプヒ石 tripuhyite, その日本最初の産出について. *地学研究*, 29, 283-291.
- 木下亀城 (1961) : *日本地方鉱床誌* 9 卷, 九州地方. 朝倉書店, 695p.
- Mason, B. & Vitaliano, C. J. (1953) : The mineralogy of the antimony oxides and antimonates. *Mineral. Mag.*, 30, 100-112.
- 松原聰 (2001) : 火閃銀鉱 (電子顕微鏡写真). 鉱物情報 (鉱物情報編集部編), No. 128, 1.
- Miller, J. A., Shibata, K. and Kawachi, Y. (1962) : Potassium-argon ages of granitic rocks from the Outer Zone of Kyushu, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 13, 712-714.
- Miyachi, M. (1985) : Fission track ages of some granitic rocks in the Outer Zone of Kyushu, Japan. *Jour. Min. Petr. Econ. Geol.*, 80, 406-409.
- Potter, II, R. W., Clynnne, M. A. and Brown, D. L. (1978) : Freezing point depression of aqueous sodium chloride solutions. *Econ. Geol.*, 73, 284-285.
- 斎藤眞, 木村克己, 内藤一樹, 酒井彰 (1996) : 椎葉村地域の地質. 139p. 地域地質研究報告 5 万分の 1 地質図幅, 鹿児島 (15) 第51号, 地質調査所
- 笹田政克 (1988) : 流体包有物マイクロサメトリーの基礎 —地熱篇— (1) 地熱エネルギー, 13, 295-311.
- 仙波垂水 (2000) : 平成12年度夏期宿泊採集会報告. *福岡石の会会報* 2000, 6-8.
- Vitaliano, C. J. & Mason, B. (1952) : Stibiconite and cervanite. *Am. Mineral.*, 37, 982-999.
- 山中勉, 藤本雅太郎 (2001) : 宮崎県西米良村天包山北斜面からの火閃銀鉱. *福岡石の会会報* 2001, 50-52.