

## 八葦鉱山産灰重石とその鉱化作用

菅木浅彦\*・北風 嵐\*\*・小松隆一\*\*\*

Scheelite from the Yaguki mine and its mineralization.

By Asahiko SUGAKI\*, Arashi KITAKAZE\*\* and Ryuichi KOMATSU\*\*\*

**Abstract:** Tungsten deposits of the Yaguki mine occur as layered, lenticular, massive and amoebic forms in intensely altered clinopyroxene and garnet skarns along the contact with the limestone at hanging wall. The skarns were hydrothermally altered to aggregates of actinolite, epidote, quartz, prehnite, chlorite, sericite, calcite, scheelite. Scheelite occurs as disseminated grains, veinlets and networks in the alteration zone. Under the microscope, it is euhedral to subhedral, and is 0.15 to 2.0 mm in size. This mineral is intimately associated with epidote, quartz and, sometimes, prehnite. Scheelite also occurs with chlorite, sericite and calcite which were crystallized at later stage than that of scheelite.

Ore minerals such as magnetite, pyrrhotite, chalcopyrite, pyrite, sphalerite, bismuthinite and native bismuth appear occasionally with scheelite in the altered skarn. Veinlets of quartz with scheelite sometimes penetrate into magnetite, meanwhile scheelite is surrounded by the sulfide minerals, and cut by veinlets of them.

Temperature and sulfur fugacity of sulfide mineralization obtained from data of ore mineral assemblages and iron contents of sphalerite are 240° to 290°C and  $10^{-14}$  to  $10^{-12}$  atm., respectively.

Molybdenum content of scheelite is less than 10.1 mol%  $\text{CaMoO}_4$ , commonly less than 3.0 mol%  $\text{CaMoO}_4$ . Zonal structure is usually found in scheelite crystals in term of Mo contents. The central part of the crystal has relatively higher Mo contents than those of outer portion. Crystals are often rimmed with pure scheelite, and sometimes cut by its veinlet.

### 1. ま え が き

八葦鉱山は福島県いわき市四倉町の北部、阿武隈山地東縁部にあり、常磐線四倉駅の北西方約11 kmに位置する。鉱床は粘板岩・石灰岩を主とする古生層とこれに貫入した白亜紀花崗岩との境界部に近く、とくに石灰岩を交代したスカルン鉱床で、銅、鉄およびタングステンの鉱石を産する。当鉱山は発見以来主として銅、鉄を稼行対象とし、古くから本邦の代表的銅・鉄スカルン鉱床(WATANABE, 1922a; 平山, 1959; 西脇ほか, 1960)であったが、1978年の鉱量の枯渇および品位低下などにより銅・鉄鉱体の採掘を終了した。しかし、銅・鉄鉱床の開発中、石灰岩直下の熱水変質を受けた単斜輝石スカルン帯中に灰重石の鉱染が認められ、その探査が続けられて

きた。その結果1968年第一銅・鉄鉱体深部坑道で本邦のスカルン鉱床としては稀にみる高品位のタングステン鉱体(小川・志田, 1975)が発見され、銅・鉄鉱体採掘終了後はこれを主たる稼行対象としていたが、タングステン市況の低迷により、1987年その採掘を縮小し、現在に至っている。

本鉱山周辺の地質、鉱床についてはWATANABE (1922a), 平山(1959), 西脇(1959), 西脇ほか(1960), 岩生・松井(1962), 関(1962), YANAGISAWA (1967)および正路ほか(1975)などの研究がある。一方スカルン鉱物および鉱石鉱物についてはWATANABE (1922b)によるバビントン石の記載, SHIMAZAKI (1969)によるスカルン鉱物の記載, 竹内・南部(1953)によるキューパ鉱の産状, 鞠子(1965)および村松・南部(1975)による磁硫鉄鉱の研究などがあり、またタングステン鉱床やその鉱石については小川・志田(1975)による深部タングステン鉱床の記載, 村松・南部(1982)の流体包有物の研究などがある。しかし、タングステン鉱石とくに灰重石自身については宮沢ほか(1975), 正路(1976), 北風ほか(1983); 小松ほか(1984)などの簡単な報告書があるのみでいたって少ない。筆者らはこれまで数回にわたり当鉱山のタングステン鉱床を調査し、灰重石の産状、鉱物共生、化学組

1988年4月25日受付, 同年7月21日受理

\* 仙台市花壇4-30-503 (30-503, Kadan 3 chome, Sendai 980, Japan).

\*\* 東北大学理学部岩石鉱物鉱床学教室 (Institute of Mineralogy, Petrology and Economic Geology, Faculty of Science, Tohoku University, Sendai 980, Japan).

\*\*\* 三菱鉱業セメント(株)(Mitsubishi Mining Cement Co., Ltd.).

Keywords: Yaguki mine (八葦鉱山), Scheelite, Mineralization of scheelite, Skarn mineral, Hydrothermal alteration.

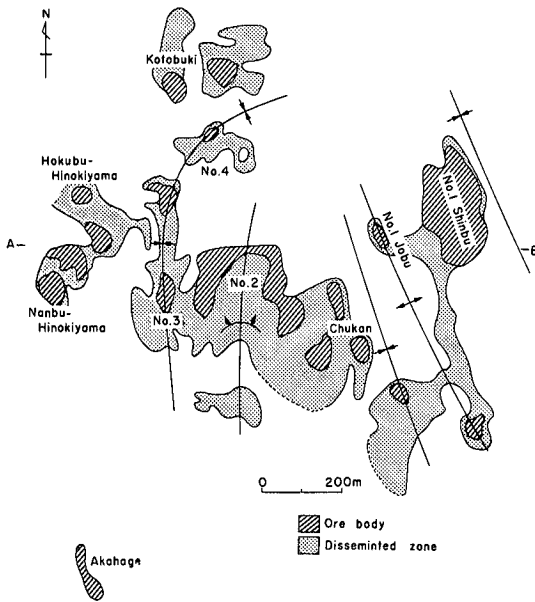


Fig. 1 Distribution of scheelite ore bodies in the Yaguki mine. Projected to horizontal plane.

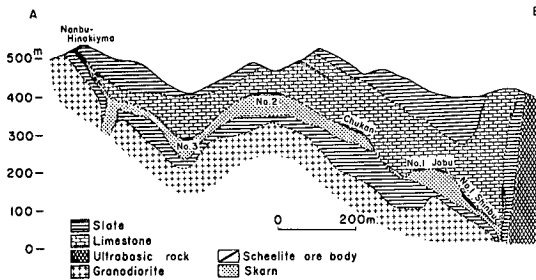


Fig. 2 Geological cross section along A-B line in Fig. 1.

成、熱水変質およびタングステン鉱化作用などについて研究を行う機会を得た。以下これまで得られた研究結果について報告する。

## 2. 灰重石の産状

八茎鉱山のタングステン鉱床は Fig. 1 にみられるように、第 1 鉱体深部および上部鉱体、第 2 鉱体、第 3 鉱体および南・北部桧山鉱体を主とし、これに第 4 鉱体、赤禿鉱体および寿鉱体などの小鉱体や鉱体が散在している。これらのタングステン鉱体は Fig. 2 に示すように、主としてスカルンと上盤の石灰岩との境界部のスカルン帯中に発達しているが、局部的に上盤石灰岩中の鉱染帯や花崗閃緑岩中の細脈、網状、鉱染状としてみられることがある。

八茎鉱山においては下盤の粘板岩より、単斜輝石・珧長石帯、緑簾石帯、ザクロ石帯および単斜輝石帯の各スカルン帯、その上部の緑簾石・緑泥石・絹雲母・珧化の熱水変質帯を経て上盤石灰岩に至る带状配列がみられ、鉄鉱石はザクロ石スカルン帯中に、銅鉱石はザクロ石スカルンあるいは単斜輝石スカルン帯の下部に塊状および鉱染状をなして産する。タングステン鉱石は主として上部の単斜輝石スカルン(主体)およびザクロ石スカルン(一部)中、上盤石灰岩との境界部付近の熱水変質帯にみられ、その鉱石鉱物である灰重石は緑簾石、緑泥石、絹雲母、石英および方解石を伴い、鉱染状、細紐状あるいは細脈状として産する(小川・志田, 1975; 宮沢ほか, 1975; 正路, 1976; 小松ほか, 1984)。タングステン鉱体は普通厚さ 1~3 m 程度のレンズ状あるいはアレーバ状で、全体として層状を呈する。この鉱体の周辺には Fig. 1 のように低品位の灰重石鉱染体が分布している。八茎鉱山の主要なタングステン鉱体である第 1 鉱体深部および上部、中間鉱体、第 2 鉱体、第 3 鉱体、南部桧山および赤禿鉱体についてタングステン鉱石の産状を述べれば次のようである。

### 第 1 鉱体深部

第 1 鉱体深部タングステン鉱体は 60~180 m 地並付近で発達する当鉱山のタングステン鉱体中最大のもので、鉱体は主として単斜輝石スカルン、一部ザクロ石スカルンの熱水変質帯にあり、上盤石灰岩との境界付近に発達する。単斜輝石スカルンの熱水変質帯は下部より緑簾石・石英・灰重石帯(幅 0.4~0.5 m); 緑簾石・石英・灰重石・方解石帯(0.9~1.2 m); 緑泥石・石英・灰重石・方解石帯(0.4~0.7 m)の順に配列し、最下盤の熱水変質帯中には単斜輝石がなお残留している。鉱石鉱物の灰重石は熱水変質帯中に主として鉱染状ときに細脈状として産する(Fig. 3)。緑簾石は熱水変質帯中比較的下部に、緑泥石および方解石は上部に生成され、石英および灰重石は変質帯全体にわたってみられる。一方ザクロ石スカルンの熱水変質帯は下部より緑簾石・灰重石帯(0.1~0.2 m); 石英・緑簾石・絹雲母・灰重石・方解石帯(0.7~1.2 m); 緑泥石・灰重石・方解石帯(0.0~0.5 m)の順に配列し、そのうちザクロ石スカルンに接する最下部熱水変質帯にはザクロ石がなお残留している。またザクロ石スカルン中にはしばしば灰重石を伴う石英細脈がみられる。単斜輝石スカルン帯に近い上盤の石灰岩中にとくに鉱染状の灰重石が絹雲母を伴って産出することがある。

灰重石は顕微鏡下で普通 0.1~2.0 mm、ときに 5.0 mm 大の自形~半自形結晶として、緑簾石および石英と密接に組合い(Fig. 4-A)、ときに残留単斜輝石および珧

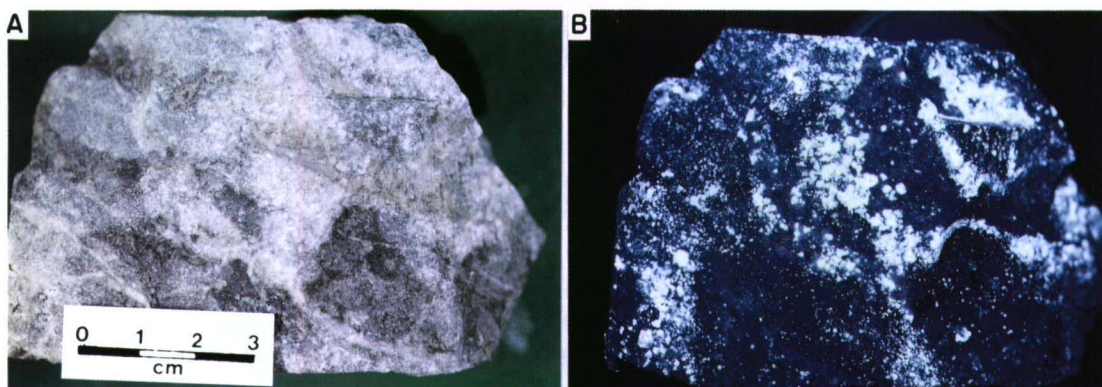


Fig. 3 Photographs of scheelite ore from No. 1 Shinbu ore body. A: Under day light, B: Under ultraviolet light.

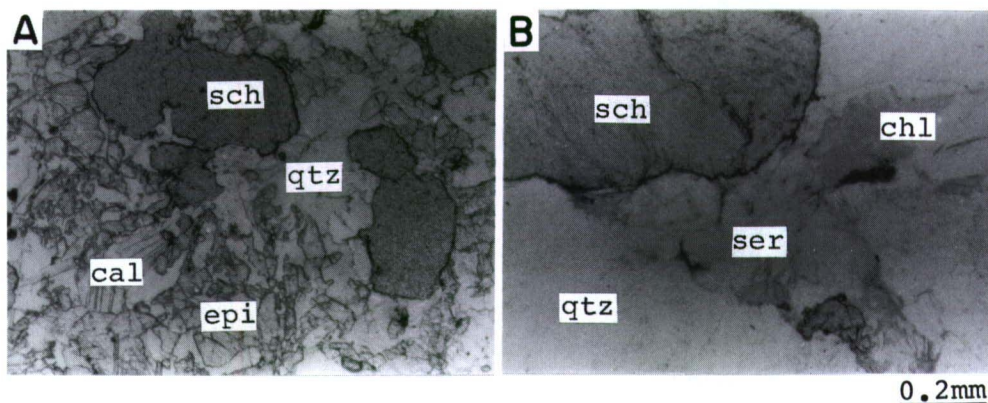


Fig. 4 Photomicrographs of scheelite from No. 1 Shinbu ore body. A: Scheelite (sch) associated with epidote (epi), quartz (qtz) and calcite (cal). B: Scheelite (sch) with quartz (qtz), sericite (ser) and chlorite (chl).

簾石の結晶粒間にみられる。またまれにアルカリ長石および透緑閃石(actinolite)に伴われて産する。灰重石および石英の粒間を絹雲母、緑泥石および方解石が埋め(Fig. 4-B), しばしばこれらの鉱物が灰重石を交代している。また灰重石はときに黄鉄鉱、自然蒼鉛、閃亜鉛鉱および黄銅鉱などの硫化鉱物と共存し、硫化鉱物によって取り囲まれる一方、その細脈で切られている。

#### 第1鉱体上部

第1鉱体上部の230 m地並付近などにみられる灰重石鉱体である。第1鉱体深部で観察されたような明瞭な熱水変質の帯状配列はみられないが、不明瞭ながら下部よりザクロ石スカルン帯、単斜輝石スカルン帯および熱水変質による緑簾石・灰重石・石英・方解石帯などがみられる。灰重石は上盤石灰岩との境界付近の熱水変質帯に産し、鏡下で主として緑簾石および石英と密接に組合い、少量の透緑閃石、緑泥石、絹雲母、方解石、ときに残晶の単斜輝石などを伴う。またごく少量の黄銅鉱、閃

亜鉛鉱、黄鉄鉱、輝蒼鉛鉱および自然蒼鉛などの鉱石鉱物を随伴することがある。灰重石はときに塊状のザクロ石スカルンを貫ぬく幅5 mm内外の石英細脈中にもみられる。この場合灰重石が細脈中で再結晶\*1したザクロ石と組合うことがある。

#### 第2鉱体

第1鉱体の西方の背斜部に胚胎する第2鉱体は主として上盤石灰岩に接する単斜輝石スカルンの熱水変質帯中にみられる鉱体で、灰重石は厚さ1~2 m程度の変質帯中に鉱染状あるいは細紐状として産する。熱水変質した単斜輝石スカルン帯の下部にはときにザクロ石スカルン帯を伴い、前者中にザクロ石スカルンの角礫がみられる場合がある。灰重石は鏡下で0.1~0.5 mm大の半自形結晶を呈し、主として緑簾石および石英と密接に組合い、ときにアルカリ長石、透緑閃石、緑泥石、方解石および

\*1 細脈に面するスカルンザクロ石が熱水により脈内部へ結晶成長している。

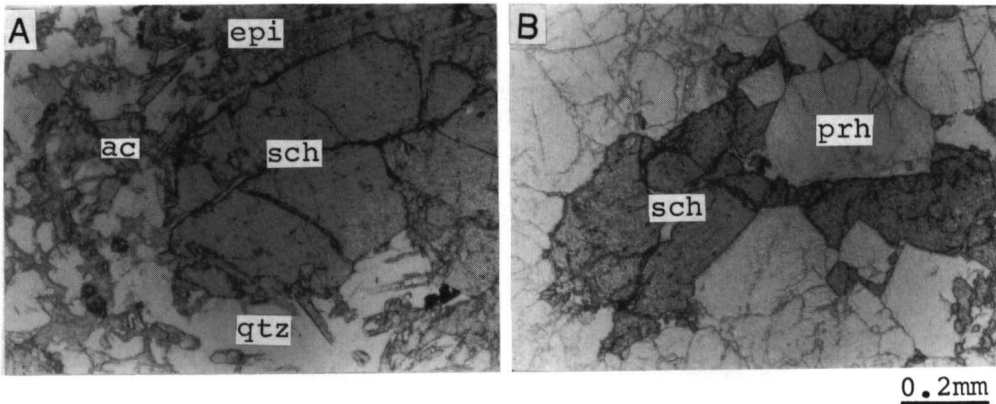


Fig. 5 Photomicrographs of scheelite from the Nanbu-Hinokiyama ore body. A: Scheelite (sch) assembled with epidote (epi), actinolite (ac) and quartz (qtz). B: Scheelite (sch) with prehnite (prh).

残晶の単斜輝石などを伴う。

#### 中間鉱体

上記した第1鉱体と第2鉱体の中間部にみられる鉱体 (Figs. 1, 2) である。上記両鉱体と同様、上盤石灰岩に接する単斜輝石スカルの熱水変質部にみられる鉱体で、灰重石の鉱化作用は石灰岩との境界部に限られ、幅数 cm~10 cm 程度の鉱染帯を呈する。その鉱化の程度は上記両鉱体に比し劣勢である。単斜輝石スカルは厚さ 40~170 cm で、ときにその下盤に未変質ザクロ石スカルを伴う。また単斜輝石スカル中には鉱染状ないし小塊状を呈する黄銅鉱、磁硫鉄鉱、輝蒼鉛鉱および閃亜鉛鉱などの鉱石鉱物(硫化鉱物)がみられるほか、ときにバ빙トン石 (babingtonite) を随伴する (300 m 地並)。灰重石は下記熱水変質帯中に鉱染状、紐状として産し、鏡下で 0.1~1 mm 大の自形~半自形結晶として組合い、少量の緑泥石、透緑閃石、方解石および残晶単斜輝石を伴い、ときに黄鉄鉱、黄銅鉱、輝蒼鉛鉱などを随伴する。

#### 第3鉱体

第2鉱体の西側方に存在する向斜軸に沿う鉱体で、上盤石灰岩に接する単斜輝石スカルの熱水変質帯に胚胎する。緑簾石化作用を受けた変質帯中に灰重石の鉱染がみられ、ときに鉱染状、斑点状および塊状を呈する磁硫鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、輝蒼鉛鉱および自然蒼鉛などの鉱石鉱物を随伴する。また単斜輝石スカルの下盤にはザクロ石スカルがみられる場合がある。まれにザクロ石スカル中にも灰重石が鉱染している。灰重石は鏡下で 0.1~2 mm 大の自形ないし半自形を呈し、緑簾石および石英と密接に共生し、少量の透緑閃石および緑泥石を伴う。

#### 松山鉱体

南・北2鉱体がある。そのうち主要鉱体は南部鉱体で、490~500 m 地並で開発されている。上盤石灰岩に接する単斜輝石スカル、その下盤のザクロ石スカルの熱水変質帯中にみられる鉱体で、その変質帯は下盤未変質単斜輝石スカル帯、緑簾石・石英・灰重石帯、石英・緑簾石・灰重石帯および上盤石灰岩のような帯状配列や、未変質ザクロ石スカル帯、緑簾石・ザクロ石・灰重石帯、緑簾石・石英・灰重石帯、葡萄石・灰重石帯および上盤石灰岩のような帯状配列をする。この変質帯には緑簾石のほか多量の葡萄石を伴う特徴がある。灰重石は熱水変質帯中鉱染状、細紐状ないし細脈として産し、ザクロ石スカル中の石英細脈に伴われることもある。そのうち鉱染状の灰重石は鏡下で数 mm 大の自形ないし半自形結晶として、緑簾石および残晶単斜輝石の結晶集合の粒間に石英と密接に組合って産し (Fig. 5-A)、ときに透緑閃石を伴う。また葡萄石・灰重石帯にみられる灰重石は 0.1~2 mm 大の自形ないし半自形結晶として葡萄石と密接に組合う (Fig. 5-B)。

#### 寿鉱体

南部松山鉱体の北東方(第4鉱体の北方)にみられる小鉱体で、上盤石灰岩に接する単斜輝石スカルの熱水変質帯中に産する。熱水変質帯は残留単斜輝石、緑簾石、石英、方解石および灰重石などよりなり、ときに少量の黄銅鉱、磁硫鉄鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱および輝蒼鉛鉱を伴う。灰重石は変質帯中に鉱染状、細紐状あるいは細脈状を呈し、鏡下で自形ないし半自形結晶として緑簾石および石英と密雑に組合い、ときにチタン石、透緑閃石および緑泥石を随伴する。また Fig. 6 にみられるように灰重石はときにザクロ石スカルを貫ぬく幅 1~5 mm

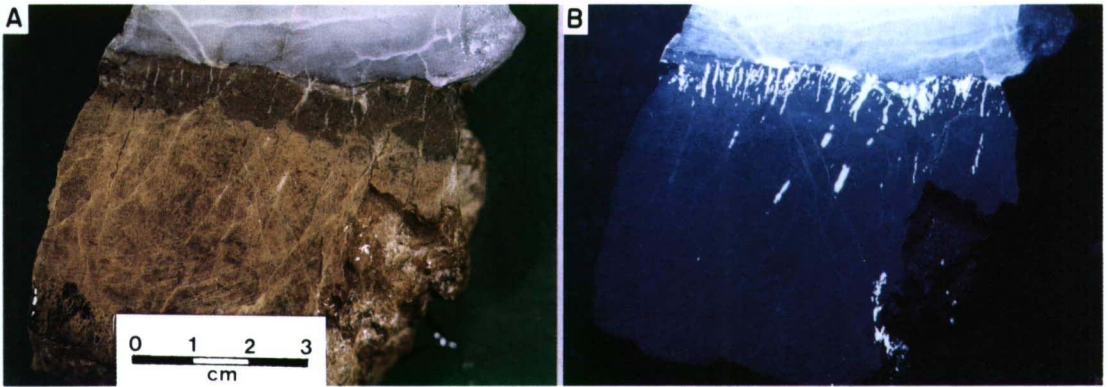


Fig. 6 Scheelite ore with an alteration band in garnet skarn. A: Under day light. Altered band (dark brown) and quartz-scheelite veinlets (white) in garnet skarn (brown). The upper part is limestone (grayish white). B: Under ultraviolet light.

Table 1 Chemical compositions of clinopyroxene from the Yaguki mine analyzed by EPMA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Weight %																	
SiO <sub>2</sub>	48.3	48.6	48.7	48.9	48.3	48.5	47.8	47.5	47.1	47.5	48.3	47.9	48.5	48.1	47.7	46.5	48.7
TiO <sub>2</sub>	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0
FeO	23.5	24.2	23.8	23.4	24.3	25.6	26.4	25.6	26.2	27.0	24.1	25.6	24.4	25.9	26.4	27.2	25.6
MnO	1.7	1.7	1.7	1.4	3.7	2.4	2.1	3.9	4.5	3.1	5.3	3.1	1.9	1.3	1.2	2.9	3.0
MgO	3.7	3.4	3.1	2.8	1.7	1.9	1.1	0.5	0.1	0.3	0.7	0.8	2.8	2.8	2.0	0.8	0.9
CaO	22.4	21.5	22.5	22.2	22.2	22.2	21.9	21.9	21.7	21.8	22.2	22.3	21.7	22.2	22.1	21.8	21.6
Total	99.7	99.6	99.8	98.7	100.3	100.5	99.2	99.5	99.6	99.7	101.2	100.6	99.4	100.3	99.6	99.2	99.8
Atomic ratio (total oxygens=12)																	
Si	3.94	3.97	3.95	4.02	3.95	3.92	3.92	3.96	3.94	3.95	3.95	3.93	3.97	3.92	3.94	3.92	4.01
Ti	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.10	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00
Fe	1.51	1.53	1.62	1.61	1.65	1.73	1.81	1.78	1.83	1.88	1.64	1.75	1.67	1.76	1.82	1.77	1.76
Mn	0.11	0.11	0.12	0.10	0.25	0.17	0.15	0.28	0.32	0.22	0.30	0.21	0.13	0.09	0.09	0.19	0.21
Mg	0.43	0.39	0.37	0.36	0.20	0.23	0.13	0.05	0.01	0.04	0.08	0.10	0.35	0.34	0.24	0.09	0.11
Ca	1.96	1.91	1.95	1.94	1.93	1.93	1.92	1.96	1.94	1.96	1.95	1.97	1.90	1.95	1.97	1.96	1.95
Atomic ratio of Me/(Fe+Mg+Mn) (%)																	
Fe	73.9	75.4	76.9	78.0	78.4	81.5	86.6	84.2	84.7	87.8	81.2	85.6	77.7	80.5	84.7	86.3	84.8
Mg	20.8	19.1	17.6	17.3	19.6	10.7	6.5	2.8	0.7	1.9	4.0	4.7	16.1	15.4	11.3	4.3	5.1
Mn	5.3	5.5	5.5	4.7	12.0	7.8	6.8	13.0	14.6	10.3	14.8	10.3	6.2	4.1	4.0	9.4	10.1

1-4: No.1 Shinbu ore body (130ml,W-350), 5-7: No.1 Jobu ore body (200ml,W-80),  
8-12: Nanbu-Hinokiyama ore body (490ml), 13-15: Akahage ore body (440ml),  
16-17: Kotobuki ore body (230ml).

の石英細脈にもみられる。

**赤禿鉱体**

単斜輝石スカルンおよびザクロ石スカルンの熱水変質帯中の鉱体で、灰重石は鉱染状、細紐状ないし細脈状を呈し、緑簾石、石英および方解石のほか、少量の黄銅鉱、磁鉄硫鉱、閃亜鉛鉱、輝蒼鉛鉱などを随伴する。また灰重石は本鉱床にみられる花崗閃緑岩中の幅1~3cm程度の細脈、網状あるいは鉱染状としてみられ、輝水鉛鉱、緑簾石および黄銅鉱などと共存する。

**3. 熱水変質作用によるスカルン鉱物の組成変化**

主要スカルン鉱物、単斜輝石およびザクロ石のEPMA分析の結果を示せば Tables 1 および 2 のようであ

る。これによれば、本鉱床のスカルン化作用で生じた初生の単斜輝石は灰鉄輝石に近い75~90 mol% CaFeSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>、1~20 mol% CaMgSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub> および 3~15 mol% CaMnSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub> の組成を有し(Fig. 7-A)、一方ザクロ石は灰鉄ザクロ石に近い88.0~94.6 mol% Ca<sub>3</sub>Fe<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>、0.0~6.3 mol% Ca<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>、0.2~3.7 mol% Mg<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>、2.6~7.6 mol% Fe<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub> および 0.3~2.0 mol% Mn<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub> の組成である(Table 2)。これらのスカルン鉱物は灰重石を伴う熱水変質作用を受けて分解し、透緑閃石、緑簾石、緑泥石、絹雲母および方解石などの集合に変化しているが、変質帯中になお分解せず残留しているものも少なくない。灰重石と共存する残晶の単斜輝石は結晶粒界やへき開に沿って透緑閃石やときに緑泥石により交代さ

Table 2 Analytical data of garnets from the Yaguki mine obtained by EPMA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Weight %																		
SiO <sub>2</sub>	34.9	34.3	34.5	33.7	34.1	35.2	34.2	34.0	34.6	34.5	33.6	35.2	35.0	34.8	34.4	34.1	34.7	
TiO <sub>2</sub>	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.1	0.8	0.0	0.9	0.5	0.3	0.9	0.9	0.7	2.0	0.6	2.5	2.3	1.8	2.4	0.5	1.1	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27.8	29.7	31.0	29.4	30.2	30.7	29.5	29.6	30.0	27.9	30.2	27.8	28.1	28.6	27.5	30.2	29.7	
FeO	3.2	2.9	1.8	3.1	2.5	2.7	2.0	2.7	2.0	2.8	2.3	1.0	1.7	1.7	1.9	1.4	1.1	
MnO	0.5	0.6	0.6	0.9	0.8	0.6	0.7	0.4	0.5	0.6	0.6	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	
MgO	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.8	0.7	0.9	0.5	0.7	0.6	
CaO	30.6	31.1	31.5	31.2	31.4	30.1	31.7	31.9	31.8	31.0	31.5	32.2	32.1	31.5	31.9	32.0	32.5	
Total	99.2	99.6	99.6	99.1	99.8	99.8	99.2	99.5	99.8	98.9	99.8	99.6	100.0	99.4	98.8	99.3	99.8	
Atomic ratio (total oxygens=12)																		
Si	2.97	2.94	2.96	2.92	2.92	2.99	2.93	2.92	2.96	2.95	2.89	2.96	2.94	2.95	2.93	2.92	2.94	
Ti	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	
Al	0.21	0.09	0.00	0.09	0.05	0.03	0.09	0.09	0.08	0.20	0.06	0.25	0.26	0.18	0.24	0.05	0.11	
Fe <sup>3+</sup>	1.79	1.92	2.00	1.91	1.95	1.97	1.91	1.91	1.92	1.80	1.94	1.76	1.78	1.82	1.76	1.95	1.89	
Fe <sup>2+</sup>	0.23	0.20	0.14	0.22	0.19	0.20	0.14	0.20	0.14	0.20	0.17	0.07	0.12	0.12	0.14	0.10	0.08	
Mn	0.03	0.05	0.04	0.06	0.06	0.04	0.05	0.03	0.04	0.04	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	
Mg	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.10	0.09	0.11	0.07	0.09	0.07	
Ca	2.79	2.86	2.89	2.87	2.89	2.76	2.92	2.90	2.86	2.89	2.90	2.85	2.86	2.81	2.94	2.85		
Mole %																		
And	89.3	91.3	94.1	90.4	91.7	91.8	93.1	92.6	93.8	90.0	93.0	87.8	88.8	91.1	88.0	93.1	94.6	
Gro	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	6.3	4.1	0.9	4.9	0.0	0.1	
Pyr	0.2	0.3	0.3	0.6	0.7	0.7	0.5	0.2	0.5	0.5	0.2	3.4	2.9	3.7	2.3	3.0	2.4	
Alm	7.6	6.5	4.3	7.0	5.8	6.3	4.6	6.3	4.6	6.7	5.3	2.3	4.0	4.0	4.6	3.3	2.6	
Spe	1.7	1.5	1.3	2.0	1.8	1.3	1.8	1.0	1.2	1.5	1.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.5	0.3	

1-3: No.1 Shinbu ore body (80ml, W600), 4-5: No.1 Shinbu ore body (130ml, W-350),  
6-7: No.1 Jobu ore body (180ml, W-350), 8-9: No.1 Jobu ore body (200ml, W-80),  
10-11: Chukan ore body (280ml), 12-14: Nanbu-Hinokiyama ore body (490ml),  
15-17: Kotobuki ore body (230ml).

Table 3 Chemical compositions of hydrothermally altered clinopyroxenes in comparison with original clinopyroxenes in unaltered skarn

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Weight %																
SiO <sub>2</sub>	48.6	48.9	49.3	47.8	47.9	48.0	47.5	47.5	46.9	48.7	48.7	46.5	55.0	51.0	49.8	51.2
TiO <sub>2</sub>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FeO	24.2	23.4	20.3	22.8	24.4	24.2	25.6	27.0	21.8	23.2	25.6	27.2	1.7	13.7	14.8	15.7
MnO	1.7	1.4	3.3	3.3	2.5	3.2	3.9	3.1	5.1	4.2	3.0	2.9	0.0	3.8	2.3	4.7
MgO	3.4	2.8	3.8	2.7	2.1	1.6	0.5	0.3	1.7	1.5	0.9	0.8	18.2	8.4	8.9	6.3
CaO	21.5	22.2	22.8	22.6	22.2	21.9	21.9	21.8	22.0	22.0	21.6	21.8	24.8	22.1	23.6	23.0
Total	99.6	98.7	99.7	99.4	99.3	99.0	99.5	99.7	99.3	99.0	99.8	99.2	99.7	99.1	99.5	100.9
Atomic ratio (total oxygens=12)																
Si	3.97	4.02	3.97	3.93	3.95	3.97	3.96	3.95	4.00	4.00	4.01	3.92	4.00	4.00	3.92	4.01
Ti	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Al	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	1.53	1.61	1.37	1.56	1.68	1.68	1.78	1.88	1.50	1.60	1.76	1.77	0.11	0.90	0.98	1.03
Mn	0.11	0.10	0.23	0.23	0.17	0.22	0.28	0.22	0.35	0.29	0.21	0.19	0.00	0.26	0.15	0.31
Mg	0.39	0.36	0.46	0.34	0.26	0.20	0.05	0.04	0.21	0.18	0.11	0.09	1.95	0.99	1.04	0.74
Ca	1.91	1.94	1.97	1.99	1.96	1.95	1.96	1.96	1.94	1.96	1.95	1.96	1.95	1.96	1.99	1.93
Atomic ratio of Me/(Fe+Mg+Mn) (%)																
Fe	75.4	78.0	66.5	73.4	79.6	80.0	84.2	87.8	72.7	77.2	84.8	86.3	5.1	42.1	45.1	49.6
Mg	19.1	17.3	22.5	25.9	12.3	9.4	2.8	1.9	10.1	8.8	5.1	4.3	94.9	46.0	47.9	35.5
Mn	5.5	4.7	11.0	10.7	8.3	10.6	13.0	10.3	17.2	14.0	10.1	9.4	0.0	11.9	7.0	14.9

1-2: in clinopyroxene skarn; 3-6: in alteration zone (No.1 Shinbu ore body, 130ml, W-350)  
7-8: in clinopyroxene skarn; 9-10: in alteration zone (Nanbu-Hinokiyama, 490ml)  
11-12: in clinopyroxene skarn; 13-16: in alteration zone (Kotobuki ore body, 230ml)

れているが、この残晶単斜輝石は Table 3 に示されるように、程度の差こそあれ初生のものより、一般的に透輝石(CaMgSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>)成分を増す方向にその組成を変化している。その変化の状態を示せば Fig. 7-B のようで、とくに寿坑230 m 地並産試料では組成の変化が著しく MgO 分に富む。島根県都茂鉱山丸山鉱床(菅木ほか、

1981)では石英・灰重石を伴う熱水溶液の作用で、単斜輝石の灰鉄輝石化がみられたが、八尾鉱山ではその逆の反応が生じている。

ザクロ石スカルンも熱水変質を受け、ザクロ石の組成を変化すると思われるが、残晶ザクロ石のほとんどがこの変質作用によって生じた緑簾石、緑泥石、石英などと

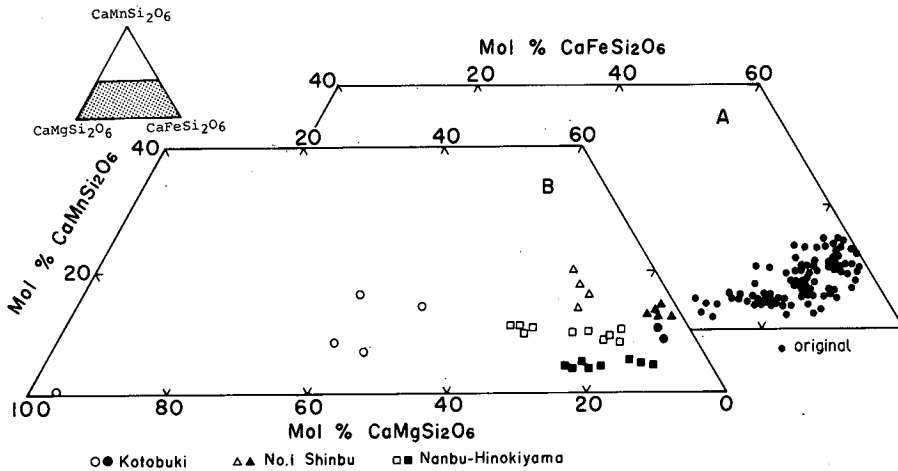


Fig. 7 Composition of clinopyroxenes in the ternary system of  $\text{CaMnSi}_2\text{O}_6$ - $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ . A: Clinopyroxenes in clinopyroxene skarn. B: Hydrothermally altered (open marks) and original (solid marks) clinopyroxenes.

Table 4 Chemical compositions of recrystallized garnet in quartz scheelite vein and primary garnet in unaltered skarn

	1	2	3	4	5	6	7
Weight %							
SiO <sub>2</sub>	37.1	36.6	35.8	35.9	35.2	35.3	35.3
TiO <sub>2</sub>	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.2	0.2	0.5	4.4	3.6	6.3	3.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30.3	29.7	30.5	24.9	26.0	21.9	26.6
FeO	0.0	0.0	0.2	1.9	1.7	2.0	1.3
MnO	0.3	0.3	0.6	1.7	1.8	1.6	2.5
MgO	0.6	0.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
CaO	31.9	32.2	30.6	30.8	31.6	31.7	30.8
Total	100.5	99.7	98.7	99.6	99.9	99.8	99.7
Atomic ratio (total oxygens=12)							
Si	3.04	3.03	3.04	2.99	2.96	2.95	2.97
Ti	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.02	0.02	0.05	0.43	0.36	0.62	0.32
Fe <sup>3+</sup>	1.97	1.96	1.95	1.57	1.64	1.38	1.68
Fe <sup>2+</sup>	0.00	0.00	0.00	0.14	0.11	0.15	0.09
Mn	0.02	0.02	0.04	0.12	0.12	0.12	0.18
Mg	0.07	0.08	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.85	2.88	2.87	2.75	2.85	2.84	2.78
Mole %							
And	97.1	96.8	94.1	78.3	82.1	68.8	84.1
Gro	0.0	0.0	0.0	13.1	9.9	22.3	6.6
Spe	0.7	0.6	1.4	4.0	4.1	3.9	6.0
Alm	0.0	0.0	0.4	4.5	3.8	4.9	3.1
Pyr	2.3	2.5	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0

1-3: in garnet skarn, 4-7: in quartz-scheelite vein

密雑に組合うため分析し難い。一方ザクロ石スカルンが灰重石を伴う石英細脈にて貫ぬかれる現象が第1鉱体深部および上部鉱床、南部桧山鉱床などでしばしばみられる。この場合、石英細脈に接するザクロ石はときに熱水作用で複屈折を呈する結晶として再結晶し、石英および灰重石と組合う。Fig. 6 (寿坑230 m 地産試料No. 82071308)は上盤石灰岩に接する緑簾石・単斜輝石・石英・灰重石変質部とザクロ石スカルンを貫ぬく石英・灰重石細脈を示している。ザクロ石スカルン中、石英・灰

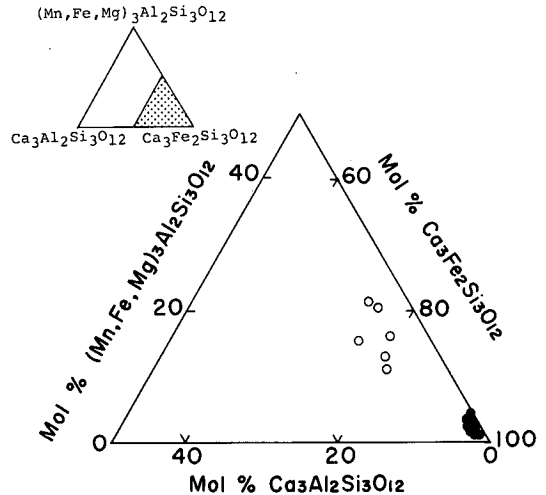


Fig. 8 Compositions of recrystallized garnet (open) in quartz-scheelite vein and original garnet (solid) shown in the  $(\text{Mn, Fe, Mg})_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ - $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ - $\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$  diagram.

重石細脈に沿って再結晶したザクロ石のEPMA分析値がTable 4に示されている。初生のスカルン中のザクロ石がほぼ純粋な灰鉄ザクロ石であるに比し、上記の再結晶ザクロ石の組成はMnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>およびFeO分を増加する方向に変化している(Fig. 8)。

単斜輝石やザクロ石にみられる上記の現象は熱水溶液によってAl, MgあるいはMn成分の供給が行われたことを物語っている。しかし、これらの残晶も引続く熱水変質によりやがてすべて分解し、緑簾石、石英、葡萄石、緑泥石、絹雲母、方解石および灰重石などの集合に変化している。この場合にも熱水からのAlの添加が、

Table 5 Analytical data of epidote associated with scheelite in hydrothermal alteration zone

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Weight %														
SiO <sub>2</sub>	37.1	37.4	37.3	38.1	39.1	37.7	37.2	34.4	37.7	36.3	37.8	37.2	36.8	35.2
TiO <sub>2</sub>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.2	25.6	24.4	29.5	26.7	25.1	22.0	28.9	24.1	22.2	28.6	25.1	22.3	20.8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.2	11.4	13.1	4.8	8.8	11.7	16.0	11.7	13.0	15.5	7.3	11.3	15.7	17.9
MnO	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.3	0.2	0.5	0.5
MgO	0.1	0.1	0.0	0.3	0.2	0.4	0.0	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
CaO	23.1	22.7	22.4	23.6	22.9	22.6	22.6	22.4	22.2	22.4	23.8	23.0	22.5	23.1
H <sub>2</sub> O	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.9	1.8	1.8	1.9
Total	98.8	99.2	99.4	98.4	99.9	99.6	99.9	99.6	99.2	98.5	99.8	98.7	99.7	99.5
Atomic ratio (total oxygens=12)														
Si	2.91	2.94	2.96	2.90	2.99	2.96	2.98	2.77	2.98	2.94	2.90	2.93	2.95	2.89
Ti	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Al	2.42	2.37	2.27	2.64	2.40	2.35	2.08	2.67	2.24	2.12	2.57	2.33	2.11	2.02
Fe	0.60	0.67	0.78	0.28	0.51	0.68	0.97	0.69	0.77	0.95	0.42	0.67	0.95	1.11
Mn	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04
Mg	0.01	0.01	0.00	0.04	0.03	0.05	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
Ca	1.94	1.90	1.90	1.93	1.89	1.89	1.96	1.88	1.89	1.94	1.95	1.94	1.94	2.04
Atomic ratio of Fe/(Fe+Al) %														
	19.9	22.1	25.4	9.6	17.4	22.8	31.7	20.5	23.9	30.8	14.1	22.4	30.9	35.5

1-3: in epidote skarn (180ml, W-360), 4-7: No.1 Shinbu ore body (130ml, W-600),  
8-10: Kotobuki ore body (230ml), 11-14: Nanbu-Hinokiyama ore body (490ml)

Si, W および Mo などの供給とともに重要な役割を演じたものと考えられる。

上記スカルの熱水変質帯に生じた緑簾石の EPMA 分析値が Table 5 に示されている。また同表には八基鉱山でザクロ石スカルン帯の下盤にみられる粘板岩起源の緑簾石スカルン帯に産する緑簾石の分析値が参考までに掲げられている。これらの分析結果によれば、下盤緑簾石スカルン帯の緑簾石が 19~26 at% (Fe/Fe+Al) の限られた組成範囲 (Fig. 9-D) であるのに対し、熱水変質帯のそれは 9~36 at% (Fe/Fe+Al) の広い範囲を占めている (Fig. 9-A~C)。

#### 4. 灰重石の化学組成

八基鉱山産灰重石をミネラライトで照射すれば、普通青色ないし白色の蛍光を発するが、中には黄色味を帯びるものもあり、かかる部分は Mo を固溶していると推察される (HSU and GALLI, 1973; SHOJI and SASAKI, 1978; 菅木ほか, 1981; 北風ほか, 1983)。また鏡下で単一結晶であっても、カソードルミネッセンス像の観察では Mo 固溶濃度の差による累帯構造が一般にみられる。この場合青色の蛍光を発するものが灰重石結晶の周縁部を縁取り、ときに細脈として結晶内部に侵入し、貫ぬいている。

灰重石の Mo 固溶量を知るため、各鉱体より産する灰重石について EPMA 分析を行った。この場合標準試料として合成灰重石およびポウエル鉱を用い、組成は BENCE and ALBEE 法により求められた。青色の蛍光を呈

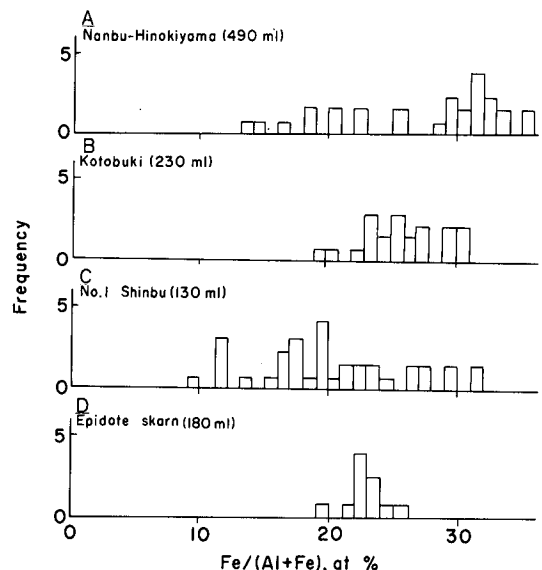


Fig. 9 Fe/(Fe+Al) ratio corresponding to pistacite mole of epidotes in hydrothermal alteration zone and epidote skarn.

するものは 0.5 mol% CaMoO<sub>4</sub> 以下の組成で、ほとんど純粋の灰重石である。なお黄色味の蛍光を発するものは最大 10.1 mol% のポウエル鉱成分を固溶している。累帯構造の組成変化を知るため、第 1 鉱体深部鉱床産灰重石を約 10 μm 間隔で分析し、Fig. 10 に示すような結果を得た。Mo 濃度は分析点ごとに变化するが、概して結晶中央部に Mo 分 (ポウエル鉱組成) のやや多い部分がみられ

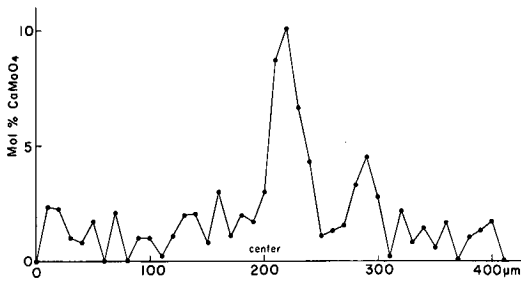


Fig. 10 Compositional zoning of a scheelite crystal from the No. 1 Shinbu ore body.

る。第1鉱体深部鉱床より採集した灰重石試料の分析値が Fig. 11-A に示されている。組成範囲は0.0~10.1 mol%CaMoO<sub>4</sub>であるが、その大部分が3.0 mol% CaMoO<sub>4</sub>以下で、単斜輝石スカルン変質帯中のものは大部分0.0~3.0 mol%CaMoO<sub>4</sub>、一部7~10 mol% CaMoO<sub>4</sub>、一方ザクロ石スカルン変質帯中のそれは0.0~4.1、一部5~6 mol%CaMoO<sub>4</sub>で大差ない。

第1鉱体上部鉱床(230 m 地並)より採集した単斜輝石変質帯中の灰重石の組成分布は Fig. 11-B のようで、0.0~4.5 mol%CaMoO<sub>4</sub>の範囲にある。また第1鉱体と第2鉱体の中間部の中間鉱床の単斜輝石変質帯中のものは0.2~3.1 mol%CaMoO<sub>4</sub>の範囲にあり、第2鉱体単斜輝石変質帯のものもこれとほぼ同様な組成(0.0~3.3 mol%CaMoO<sub>4</sub>)を有している。

南部松山鉱床から産する灰重石には単斜輝石スカルン変質帯中のものと、ザクロ石スカルン変質帯中のものがある。前者のボウエル鉱固容量は0.0~4.0 mol%、大部分1.0~2.5 mol%の範囲にあり、一方後者のそれは3.0~7.0 mol%で前者より若干大きい(Fig. 11-C)。第1鉱体深部および上部鉱床産灰重石よりやや Mo 濃度が高い傾向がある。また赤禿鉱体石英脈産灰重石の組成は大部分0.0~4.0 mol%CaMoO<sub>4</sub>である(Fig. 11-D)。

## 5. 灰重石鉱化作用

八茎鉱山のタングステン鉱床は主として単斜輝石スカルン、一部ザクロ石スカルンの熱水変質帯中にみられる鉱染状、斑点状、細紐状および細脈状の灰重石を含む鉱石よりなり、全体として層状、帯状、アレーバ状、レンズ状および塊状などを呈する。またこの鉱化作用は局部的に上盤石灰岩あるいは関係火成岩の花崗閃緑岩にも及んでおり、そのうち前者ではスカルンと接する上盤石灰岩の熱水変質帯中に灰重石が鉱染状に層状をなして発達し、また後者の花崗閃緑岩中には石英・灰重石細脈ないし網状脈および灰重石の鉱染帯がみられる。しかしタン

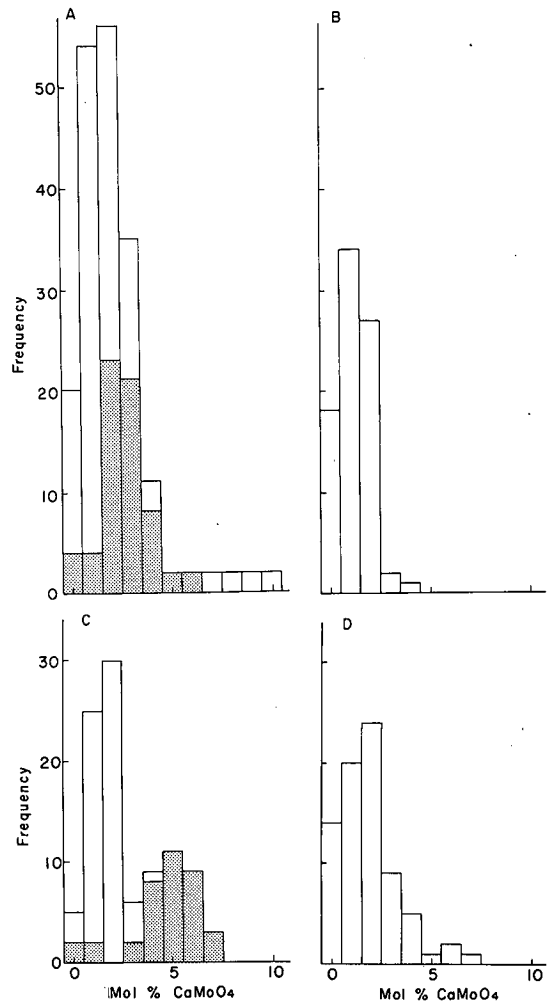


Fig. 11 Compositional histograms of scheelites in altered clinopyroxene skarn from principal ore bodies of the Yaguki mine. Dotted areas show compositions of scheelite in altered garnet skarn. A: No. 1 Shinbu ore body, B: No. 1 Jobu ore body, C: Nanbu-Hinokiyama ore body, D: Akahage ore body.

グステン鉱床の主体は上記したスカルンの熱水変質帯中のものであり、この熱水作用で灰重石が生じている。スカルンは熱水変質で透緑閃石、緑簾石、石英、葡萄石、緑泥石、絹雲母および方解石などの集合体に変化し、これに灰重石、ときに黄鉄鉱および少量の磁鉄鉱、黄銅鉱、磁硫鉄鉱、閃亜鉛鉱、輝蒼鉛鉱および自然蒼鉛などの鉱石鉱物を伴う。灰重石は緑簾石、葡萄石、絹雲母、緑泥石および方解石などを伴って上記熱水変質帯中に産するが、鏡下では普通石英、ときに緑簾石および葡萄石と密接に組合い、しばしば相伴って残晶単斜輝石の粒間を充たし、一部これを交代している。石英がときに灰重

石を交代することがある。絹雲母、緑泥石および方解石の熱水変質鉱物は緑簾石、灰重石、石英まれに葡萄石の粒間を充填し、これらを交代している。磁鉄鉱、磁硫鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱および黄鉄鉱などの鉱石鉱物を伴う場合、磁鉄鉱が石英・灰重石の細脈で切られる一方、上記の硫化鉱物が逆に灰重石結晶をとり囲み、ときにこれを細脈として貫ぬいている。これらの鉱石鉱物が八茎鉱山の鉄および銅鉱床のそれらと同一期の晶出物であるか否かは明らかでない。しかし、もし同一期のものとすれば、灰重石の晶出は鞠子(1965)、小川・志田(1975)、宮沢ほか(1975)の研究で指摘されたように、鉄鉱床の磁鉄鉱より後期で、銅鉱床の磁硫鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱などよりやや早期ということになる。

すでに述べたように、灰重石を伴うスカルンの熱水変質帯は一般にスカルン帯の上部、上盤石灰岩との境界付近厚さ数 m 以内に限定されている。スカルン帯の上部(上盤側)には当鉱山の場合普通単斜輝石スカルンが存在するため、上記熱水変質を受けた原岩は単斜輝石スカルンである。したがって灰重石鉱床の大部分が単斜輝石スカルンの熱水変質帯中にみられることになる。しかし、単斜輝石スカルン帯の厚さが薄いか、あるいはこれを欠きザクロ石スカルンが石灰岩に接するような場合にはこの熱水変質帯はザクロ石スカルン中にみられ、これに灰重石を伴う。ザクロ石および単斜輝石スカルンの生成後上昇してきた熱水溶液は上盤石灰岩にはばまれてその下盤側に滞留し、そこにある単斜輝石(局部的にはザクロ石)スカルンと十分反応して透緑閃石、緑簾石、石英、灰重石、葡萄石、緑泥石、絹雲母および方解石などの鉱物を晶出する。この場合灰重石は透緑閃石あるいは緑簾石\*2よりやや後期で、石英および葡萄石とはほぼ同時に晶出し、その後緑泥石、絹雲母および方解石などが生じている。石英の晶出は灰重石晶出後まで続く。熱水変質帯には少量の磁硫鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱および黄鉄鉱などの硫化鉱物が産するが、これらは灰重石鉱化後に晶出している。本鉱床におけるスカルンの熱水変質は、上記より理解されるように、上昇熱水よりの Al, Mg, Si および K の供給によって特徴づけられ、緑簾石、葡萄石、緑泥石および絹雲母などの含アルミナ珪酸塩鉱物を生じている。W, Mo, Cu, Bi, Zn などの金属元素もこの熱水により同時にもたらされ、上記のような鉱石鉱物を生成したことはいうまでもないが、灰重石の晶出は石英、緑簾石および葡萄石などの生成と密接に関係している。スカルンと変質作用を起した熱水溶液は上盤石灰岩とは反

\*2 灰重石の一部は緑簾石を交代し、若干これより遅れて晶出しているが、その多くはほぼ同時期に晶出している。

応しにくいと考えられ、上記の熱水変質作用は一般に石灰岩中には及んでいない。恐らく両者が化学的に反応しにくいと思われる。しかし、石灰岩が泥岩質、あるいは炭質物や有機物を有するなどの不純石灰岩あるいはこれらの縞状石灰岩の場合や、小褶曲や細裂罅を有する場合などでは、ときに熱水変質作用を蒙り、灰重石、石英、絹雲母などを生じている。

熱水変質帯中にはときに閃亜鉛鉱-黄鉄鉱組合せや輝蒼鉛鉱-自然蒼鉛組合せがみられ、その閃亜鉛鉱中の FeS 濃度は 17.5~20.8 mol% である。これらデータおよび上記両鉱物組合せの温度・硫黄 fugacity-関係より熱水変質帯の硫化鉱物生成の条件を推定すれば、温度 240°~290°C、硫黄 fugacity  $10^{-14}$ ~ $10^{-12}$  atm. となる。松村・南部(1982)が測定したタングステン鉱化作用で生じた緑簾石、灰重石および石英中の流体包有物均質化温度(圧力補正せず)はそれぞれ 230°~330°C(平均 290°C)、220°~330°C(270°C) および 220°~340°C(265°C) で、上記の硫化鉱物の生成温度範囲と類似した値となっている。

## 6. ま と め

本研究の結果を要約すれば次のようである。

(1) 八茎鉱山のタングステン鉱床は主として上盤石灰岩と接する単斜輝石スカルン、一部ザクロ石スカルンの熱水変質帯にみられ、層状、レンズ状、アメーバ状あるいは塊状を呈する。

(2) スカルンの熱水変質帯は透緑閃石、緑簾石、葡萄石、緑泥石、絹雲母、アルカリ長石、石英、方解石および灰重石などの集合よりなる。これらは単斜輝石およびザクロ石スカルン生成後上昇してきた熱水溶液が単斜輝石(大部分)あるいはザクロ石(一部分)と反応した結果生じたものと考えられる。

(3) 未変質スカルン帯に近い熱水変質帯の下部ではなお単斜輝石あるいはザクロ石が残留鉱物としてみられる。しかしこれらの残晶も引続く熱水反応によりやがてすべて分解し、変質帯の中央部ないし上部では存在せず、緑簾石、石英、葡萄石、緑泥石、絹雲母、方解石および灰重石などの集合に変化している。これらの現象は熱水溶液より Al, Si, Mg, Mn および W などの供給が行われたことを示している。

(4) 灰重石は熱水変質帯中に鉱染状、細紐状あるいは細脈ないし網状として産する。鏡下では普通 0.1~2.0 mm、ときに 5.0 mm 大の自形ないし半自形結晶として石英、緑簾石ときに葡萄石と密接に組合う。灰重石はまたしばしば絹雲母、緑泥石および方解石を伴い、これら

によってその粒間をうめられ、一部交代されている。

(5) 灰重石の多くは青色ないし白色の蛍光を発するが、なかには黄色味を帯びるものもある。灰重石の Mo 固溶量は、青色の蛍光を発するもの場合、0.5 mol%  $\text{CaMoO}_4$  以下で、ほとんど純粋な灰重石であるが、黄色味の蛍光を発するものは最大10.1 mol%のポウエル鉱成分を固溶している。Mo 固溶濃度の差による累帯構造が一般にみられ、普通結晶の中央部にやや Mo 分の多いものがみられる。

(6) 第1鉱体深部鉱床産灰重石の組成範囲は0.0~10.1 mol%  $\text{CaMoO}_4$  でその大部分が3.0 mol%  $\text{CaMoO}_4$  以下であり、また第1鉱体上部、中間鉱体および第2鉱体産灰重石の組成もそれぞれ0.0~4.5, 0.2~3.1および0.0~3.3 mol%  $\text{CaMoO}_4$  の範囲にある。一方松山鉱体南部鉱床ザクロ石スカルン変質帯産灰重石は3.0~7.0 mol%の組成を有し、他に比し平均的にやや高い Mo 固溶量を示している。

(7) 灰重石鉱化作用は上記熱水変質作用の比較的早い時期に、緑簾石、石英および葡萄石に伴われて行われ、灰重石はこれらとほぼ同時期の晶出であり、緑泥石、絹雲母および方解石は灰重石より後期の産物である。

(8) 熱水変質帯中にとくに部分的に磁鉄鉱、磁硫鉄鉱、黄銅鉱、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、輝蒼鉛鉱および自然蒼鉛などの鉱石鉱物が生じている。この場合磁鉄鉱は石英・灰重石細脈により切られる。一方、硫化鉱物は灰重石の結晶をとり囲み、ときにその細脈が灰重石を貫ぬいている。上記の鉱石鉱物が八釜鉱山の鉄および銅鉱床のそれと同一期の晶出であるか否かは明らかでないが、もし同一期とすれば、灰重石の晶出は鉄鉱床の磁鉄鉱より後期で、銅鉱床の磁硫鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱などよりやや早期ということになる。

(9) 閃亜鉛鉱-黄鉄鉱組合せ、輝蒼鉛鉱-自然蒼鉛組合せおよび閃亜鉛鉱の FeS 濃度などの資料から熱水変質帯の硫化鉱物生成の条件を推定すれば温度240~290°C、硫黄 fugacity  $10^{-14}$ ~ $10^{-12}$  atm. となる。松村・南部(1982)が測定した緑簾石、灰重石および石英中の流体包有物均質化温度はそれぞれ230~330°C, 220~330°C, および220~340°Cで、上記の硫化鉱物の生成温度とほぼ類似した範囲にある。

謝辞：本研究にあたり八釜鉱山株式会社重信安人元社長には種々御便宜を賜り、また同社元探査担当野納敏展氏には試料採取および鉱床調査にご協力いただいた。ここに厚くお礼申し上げる。

なお、本研究に要した費用の一部は文部省科学研究費補助金によった、ここに明記して謝意を表する。

## 文 献

- 平山 昭(1959)：八釜鉱山の地質鉱床について。鉱山地質，9, 352~359。
- Hsu, L. C. and Galli, P. E. (1973): Origin of the scheelite-powellite series minerals. *Econ. Geol.*, 68, 681~196。
- 岩生周一・松井 寛(1962)：5万分の1地質図幅「平・川前」。地調，119p。
- 北風 嵐・菅木浅彦・野納敏展(1983)：福島県八釜鉱山産 scheelite について(要旨)。岩鉱，78, 134。
- 小松隆一・菅木浅彦・北風 嵐(1984)：福島県八釜鉱山におけるタングステン鉱化作用(要旨)。岩鉱，79, 174。
- 鞠子 正(1965)：八釜鉱山第1鉱体について—とくに磁硫鉄鉱の化学組成。鉱山地質，15, 261~272。
- 宮沢俊弥・志田彰夫・円城寺守・宮田初穂(1975)：八釜鉱山におけるタングステン鉱化作用について(要旨)。鉱山地質，25, 43~44。
- 村松容一・南部松夫(1975)：福島県八釜鉱山における磁硫鉄鉱の鉱化について。竹内常彦退官記念論集，151~162。
- 村松容一・南部松夫(1982)：八釜鉱山タングステン鉱床中の流体包有物に関する研究。鉱山地質，32, 107~116。
- 西脇三樹雄(1959)：八釜鉱山の総合探査。日鉱誌，75, 606~608。
- 西脇三樹雄他地質関係者(1960)：八釜鉱山の探査およびその成果について。鉱山地質，10, 329~337。
- 小川敬三・志田彰夫(1975)：八釜鉱山の深部タングステン鉱床について。鉱山地質，25, 109~122。
- 関陽太郎(1962)：福島県八釜鉱山付近の結晶片岩。岩鉱，48, 11~18。
- SHIMAZAKI, H. (1969): Pyrometamorphic copper and iron ore deposits of the Yaguki mine, Fukushima Prefecture, Japan. *Jour. Faculty of Sci., Univ. of Tokyo, Sec. 11*, 17, 317~350。
- 正路徹也(1976)：福島県八釜鉱山のタングステン鉱石を伴うスカルンについて(要旨)。鉱山地質，26, 44。
- SHOJI, T. and SASAKI, N. (1978): Fluorescent color and X-ray powder data of synthesized scheelite-powellite series as guides to determine its composition. *Min. Geol.*, 28, 397~404。
- 正路徹也・志田彰夫・長 久・松岡 孝(1975)：福島県八釜付近の地質構造—火成岩の貫入位置と鉱体の位置との関係。鉱山地質，25, 1~10。
- 菅木浅彦・添田 晶・島 敏史・北風 嵐・広瀬文利・鞠子 正・竹野節夫(1981)：都茂鉱山の鉱床および鉱石鉱物とくに丸山鉱床を中心として。鉱山地質特別号，8, 89~144。
- 竹内常彦・南部松夫(1953)：釜石・野田玉川・八釜鉱山産キューバ鉱について(含キューバ鉱石の研究Ⅲ)，東北大選研彙報，9, 31~36。
- YANAGISAWA, I. (1967): Geology and paleontology of the Takurayama, Yaguki area, Yotsukura-cho, Fukushima Prefecture. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, Ser. 2, 39, 63~112。
- WATANABE, M. (1922a): Geologic structure of the ore deposits of the Yakuki and Ono mine. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, 1, 51~62。
- WATANABE, M. (1922b): On the babingtonite from the contact metamorphic deposits of the Yakuki mine, Province Iwaki, Japan. *Am. Jour. Sci.*, 159~164。