本邦産マンガン硼酸塩鉱物

Manganese Borate Minerals from Japan

加 藤 昭 (Akira Kato)*
松 原 聰 (Satoshi Matsubara)*

Abstract

Four manganese borate minerals, jimboite, wiserite, sussexite, and Mineral X of Epprecht et al. (1959) have been found in seventeen bedded manganese ore deposits in Japan.

Their principal mineralogical properties and mineral associations are given to present their diagnostic features and the characteristics of manganese ores comprising them. The manganese borates occur as layers conformable with bedded textures of ores, minute veinlets cutting them, or minor interstitial bodies among associated minerals.

Ore minerals associated with them include rhodochrosite, jacobsite, sonolite (or alleghanyite), alabandite, jacobsite, galaxite, hausmannite, tephroite and gageite, these being characteristic in low silica and higher grade manganese ores.

The occurrences suggest the simultaneous concentration of boron with manganese, these elements being considered to have been released from basic magma after the reaction with sea water.

1. 序

1963年渡辺らにより、栃木県鹿沼市加蘇鉱山産の接触変成を受けた高品位マンガン鉱石中に、神保石 jimboite ($\text{Mn}_3[\text{BO}_3]_2$) が発見されて以来、本邦各地の層状マンガン鉱床産の高品位鉱中から、神保石のほかウィセル石 wiserite ($\text{Mn}_4[(\text{OH}, \text{Cl})_4\text{B}_2\text{O}_5]$) およびサセックス石 sussexite ($\text{Mn}_2[\text{OH}|\text{B}_2\text{O}_4\text{OH}]$) が確認されたほか、1959年 Epprecht らが Swiss, Gonzen 鉱山から発見し、組成未決定のマンガン硼酸塩鉱物として記載した Mineral X に同定される種も発見され、これらの産地は十七箇所に達している。

上記の四種の鉱物は、いずれも二価マンガンイオンを主成分として含むが、共生鉱

* 国立科学博物館地学研究部地学第二研究室

物も亦このイオンを主成分とする酸化物、炭酸塩・不飽和珪酸塩・硫化物などからなり、とくに酸化物はほとんどつねに存在し、化学的に見たこれら硼酸塩鉱物の生成条件の一つとして、二価マンガンイオンが、これと結合して安定相を作ると考えられる酸素酸基のうち、たとえば SiO_4^{4-} に不足した環境が必要ではないかということが示唆される。

一方硼素の根源についても、一部のサセックス石は、低変成地域中のマンガン鉱床に産する層状構造をなす鉱石中に、層と平行した集合体をなして産することから、マンガンの濃集と同時期に硼素の濃集に好都合な条件がととのったと考えられるので、松原ら（1976）によって論ぜられたように、塩基性岩漿と海水との反応に求めることが可能である。

本報文においては、本邦産マンガン硼酸塩鉱物種を紹介したのち、今までに確認された各産地と鉱物共生について述べ、代表的な産状を記載するほか、それらを含む鉱石の外見的特徴についても言及する。また同定上の手段として、とくに有効であるX線粉末廻折値について、神保石、サセックス石、ウィセル石のものを、ほぼ完全な形で採録してある。

論文作成に当り、未公表資料の引用を許可された東京大学名誉教授渡辺武男博士、国立科学博物館館友櫻井欽一博士、日本地学研究会代表益富壽之助博士、および同会藤原卓の各氏に厚く御礼申し上げる。また資料採集に多大の便宜を図られた、発光路鉱山所長大森誠氏、萩平鉱山所長山本甲子恵氏、八宝鉱山所有者川島保次氏に感謝する。また資料蒐集に御協力いただいた、無名会草下英明、同滝沢浩、ノーベル社土屋芳男、国立科学博物館池田重夫、同林（旧姓櫻井）富士子の各位にも心から謝意を表する次第である。

2. 本邦産マンガン硼酸塩鉱物種とそれらの主要鉱物学的諸性質

これに該当する四種について概説する。

1) 神保石 $\text{Jimboite Mn}_3 [\text{BO}_3]_2$

斜方晶系完面像、空間群 Pnmm . $a_0=5.640$, $b_0=8.715$, $c_0=4.637 \text{ \AA}$, $Z=2$. 小藤石 ($\text{Mg}_3[\text{BO}_3]_2$) と同形同構造で、その Mn 置換体当たる。

帯紫褐色ガラス光沢、条痕白色、硬度 $5\frac{1}{2}$ 、比重 4.09 (計算), 3.98 (測定)、劈開 $\{110\}$ に完全、鏡下でほとんど無色、光学的二軸性正、 $(+)2V=35^\circ$, $\gamma > \nu$ 弱、屈折率 $\alpha=1.792$, $\beta=1.794$, $\gamma=1.821$, $\gamma-\alpha=0.029$ 光学的方位 $a=X$, $b=Y$, $c=Z$.*

肉眼的特徴は、今まで確認された三箇所のものから得られたところでは、いずれもヤコブス鉱を含み、園石および菱マンガン鉱を主とする高品位鉱中に、これらより大

* 数値はすべて栃木県鹿沼市加蘇山産のものについて測定。

き目の粒度をなして産し、劈開面が階段状にわれることが多い。石英、バラ輝石、石榴石、ブラウン鉍を含む鉍石中には出現しない。またテフロ石も伴われないようであるが、共生の可能性はあると判断される。

薄片では、園石等に一見類似した聚片双晶と劈開が特徴である。また複屈折は園石等より大きく、また (+)2V が小さい。

X線粉末廻折法による検出は、最強線がハウスマン鉍のそれに近いが、次強四～五本の線が揃えば

確認は可能である。菱マンガン鉍や園石の共存は、余程量が多くならない限り影響を与えない。群馬県利根鉍山東小中鉍床産のX線粉末廻折値を第1表に示す。

2) サセックス石 *Sussexite* $Mn_2[OH|B_2O_4OH]$

斜方晶系、しかし同質異像関係にある単斜相の存在が確実視されている (Moore, 私信)。空間群は未決定であるが、高知県松尾鉍山産のものについて得られた格子恒数 $a_0=12.78$, $b_0=10.69$, $c_0=3.253 \text{ \AA}$, $Z=4$ (松原他, 1976) を用いて、既公表の Epprecht ら (1959) による Swiss, Gonzen 産および松尾産のものの指数配当の結果から導びかれた消滅則は、 $P2_12_12_1$, $Pnn2_1$ または $Pnnm$ の空間群に該当し、竹内ら (1977) によって決定された斜方型の *szaibelyite* (理想式 $Mg_2[OH|B_2O_4OH]$ で、サセックス石の Mg 置換体に当る) について知られる二種のうちの一つ $P2_12_12_1$ (米国 California, Marin County 産, $a_0=12.511$, $b_0=10.393$, $c_0=3.139 \text{ \AA}$, $Z=4$) との対応から、 $P2_12_12_1$ である可能性が大きい。

淡桃色ないし、帯黄桃褐色、せんい状をなし絹糸光沢を有する。条痕白色、硬度3内外。比重3.3 (Franklin Furnace 産, 測定)。劈開はせんい状であるため明確でないが、少なくともc軸 (のびの方向) に平行に一方向存在する。鏡下でわずかに多色性を有し、X=無色、Y=殆んど無色、Z=淡褐桃、直消光、伸長性負、光学的二軸負、屈折率 $\alpha=1.673$, $\beta=1.728$, $\gamma=1.732$, $\gamma-\alpha=0.059$, $(-)2V \sim 20^\circ$, $r > v$ 弱、光学的方位 $c=X$ のみ判明 (以上松尾産)。

肉眼的には、次に述べるウィセル石と識別しがたく、また鉍物共生も共通しているものが多く、事実上区別は困難である。鏡下でも外見はきわめて酷似し、ときに多色性の存在がその手がかりとなる程度である。またX線粉末廻折値も、両者の最強線は

hkl	dobs.	dcalc.	I
011	4.099	4.098	18
101	3.607	3.586	45
121	2.766	2.769	100
130	2.584	2.583	45
201	2.409	2.412	5
211	2.322	2.324	70
002		2.322	5
131	2.255	2.257	25
141	1.856	1.862	5
202	1.793	1.793	45
132	1.725	1.727	35
051	1.632	1.632	5
321	1.618	1.619	20
330	1.579	1.579	35
013	1.524	1.524	10
400	1.411	1.411	30
332	1.307	1.306	15

$$a_0=5.644, b_0=8.713, c_0=4.644 \text{ \AA}$$

Table 1 X-ray powder diffraction pattern of jimboite from the Rito mine, Gumma Prefecture. Cu/Ni radiation. (PHA used)

Table 2 X-ray powder diffraction pattern of sussexite from the Kamiya mine, Tokyo. Cu/Ni radiation (PHA used)

hkl	dobs.	dcalc.	I	hkl	dobs.	dcalc.	I
200	6.411	6.393	100	340	2.263	2.264	10
210	5.487	5.487	5	600	2.131	2.131	15
020	5.349	5.346	12	530	2.078	2.078	10
120	4.940	4.932	3	440	2.052	2.051	18
310	3.959	3.959	20	250	2.026	2.028	8
130	3.435	3.433	18	620	1.979	1.980	10
320	3.333	3.333	35	630	1.829	1.829	12
400	3.195	3.197	3	710	1.800	1.801	15
230		3.113		051	1.789	1.787	20
011	3.112	3.112	25	640	1.666	1.666	5
201	2.901	2.899	5	351	1.650	1.648	8
330	2.733	2.734	40	360		1.644	20b
040	2.673	2.673	20	002	1.638	1.626	
140	2.618	2.616	15	022	1.556	1.556	15
510	2.486	2.487	50	820	1.531	1.531	5
240	2.466	2.466	18	222	1.513	1.512	10
031	2.405	2.402	20				

$$a_0=12.79, b_0=10.69, c_0=3.252\text{\AA}$$

ほとんど一致する。ウィセル石中に少量のサセックス石が混在する場合には検出は出来ない。第2表に東京都神谷鉱山産のX線粉末廻折値を示す。

3) ウィセル石 Wiserite $\text{Mn}_4[(\text{OH}, \text{Cl})_4|\text{B}_2\text{O}_5]$

正方晶系，単純格子。空間群は未決定であるが，粉末廻折値に与えられた指数から見て，特定の消滅則を持たない空間群である可能性が大きい。

色淡黄灰，淡緑灰，淡桃など，絹糸光沢。条痕白色。比重3.73（計算），3.42（測定）。劈開 {100} に完全。硬度約2 $\frac{1}{2}$ 。鏡下で無色。光学的一軸負。屈折率 $\varepsilon=1.70\sim 1.72$ ， $\omega=1.75\sim 1.77$ ， $\omega-\varepsilon=0.05\pm$ 。直消光，伸長性負（Gonzen 産，Epprecht ら（1959）による）。

前項でのべたように，肉眼のおよび光学的特徴は，サセックス石ときわめて類似するため，適当な決定的識別法はない。しかし，サセックス石と比べ，鏡下で波動消光を呈したり，変形したせんい状をなすことはたしかに多いが，つねに観察される性質ではない。

第3表に，群馬県利東鉱山産のもののX線粉末廻折値を示す。

ウィセル石は，1845年 Haidinger により，Swiss, Gonzen にある層状マンガン鉱床中から，含水炭酸マンガンの鉱物として記載された種であるが，1959年 Epprecht の再検討の結果，上記理想式をもった含水硼酸塩鉱物であることが判明し，これと同時に結晶系，格子恒数の決定も行われた。

しかし Gorbov (1973) は，ウィセル石の理想式は，フルオボル石 fluorborite ($\text{Mg}_3[(\text{OH}, \text{F})_3|\text{BO}_3]$ ，六方) のマンガン置換体に相当すべき $\text{Mn}_3[(\text{OH}, \text{Cl})_3|\text{BO}_3]$ が正

Table 3 X-ray powder diffraction pattern of wiserite from the Rito mine, Gumma Prefecture. Cu/Ni radiation. (PHA used)

hkl	dobs.	dcalc.	I	hkl	dobs.	dcalc.	I
100	14.29	14.27	50	700	2.039	2.039	30
110	10.13	10.09	25	441	2.004	2.002	15
210	6.393	6.382	100	640	1.979	1.979	25
220	5.052	5.045	30	720	1.961	1.960	30
300	4.761	4.757	40	621	1.861	1.861	15
310	4.521	4.512	20	551, 711	1.720	1.721	30
320	3.959	3.958	10	641	1.695	1.696	10
400	3.570	3.568	30	830	1.668	1.668	5
410	3.463	3.461	80	750	1.659	1.659	10
330	3.366	3.364	100	002	1.646	1.646	5
420	3.188	3.191	20	731	1.627	1.628	5
500, 430	2.855	2.854	*	840	1.596	1.595	15
510	2.800	2.799	35	212	1.594	1.594	15
221	2.756	2.757	25	910	1.576	1.576	30
301	2.707	2.707	30	741, 811	1.559	1.559	10
520	2.653	2.650	70	760, 920	1.548	1.548	10
440	2.524	2.523	90	901	1.430	1.429	5
530	2.448	2.447	10	10.0.0	1.427	1.427	15
401	2.417	2.419	25	10.2.0	1.399	1.399	10
600	2.378	2.378	20	870	1.343	1.342	5
540	2.229	2.229	15	10.4.0	1.325	1.325	5
630	2.130	2.127	20				

* マンガン鉱の最強線と重複するため、強度測定不可能

$$a_0 = 14.27, c_0 = 3.292 \text{ \AA}$$

しいと主張しているが、その根拠は必ずしも充分とは言えない。しかし Gonzen 産のものについて、計算比重と測定比重の差が大きすぎることも事実である。が、Gladstone-Dale の法則から計算された比重は 3.90 となり、測定比重が小さすぎることはほぼ明らかである。

4) Mineral X

単斜晶系，恐らく単純格子。空間群未決定，格子恒数 $a_0 = 11.57$, $b_0 = 3.4$, $c_0 = 8.20 \text{ \AA}$, $\beta = 109.5^\circ$ (Gonzen 産); $a_0 = 11.6$, $b_0 = 3.40$, $c_0 = 16.4 \text{ \AA}$, $\beta = 110^\circ$ (上菱産)。前者についての主要 X 線粉末廻折値 (Epprecht ら (1959) による): 5.49(10) (200), 3.81(6) (002), 2.94(10) (301), 1.795(10) (104)。

帯紫褐色，ガラス光沢，条痕白色。劈開一方向に完全。鏡下で無色。光学的二軸性負 $(-)$ $2V < 30^\circ$ (上菱)。屈折率 $\alpha = 1.690$, $\beta = 1.710$, $\gamma = 1.760$ (Gonzen)。最大消光角 $\sim 25^\circ$ 。伸長性負 (上菱)。

この鉱物は，Epprecht ら (1959) によって，Gonzen 鉱床から発見され，スペクトル分析結果から，マンガン硼酸塩と判定されたものである。上菱産のものは，Gonzen 産のものが針状であるのにひきかえ，板状である点，また C_0 が二倍になっている

る点など同一視に問題があるものの、X線粉末廻折値はほぼ一致するので、一応これと同定した。

3. マンガン硼酸塩鉱物の本邦における産地

現在までに、X線粉末廻折法にあるいは顕微鏡観察によって同定されたマンガン硼酸塩鉱物の、本邦における産地は次のとおりである。

1) 足尾山地

1. 群馬県勢多郡東村小中利東鉱山東小中坑（神保石、ウィセル石）
2. 同郡黒根村沢入昭和鉱山（ウィセル石）
3. 同県桐生市塩ノ瀬上菱鉱山（サセックス石、ウィセル石、Mineral X）
4. 同市塩ノ瀬山菱鉱山（ウィセル石）
5. 同市茂倉（もぐら）茂倉沢鉱山（ウィセル石）
6. 同市菱町菱鉱山（ウィセル石）
7. 栃木県上都賀郡栗野町与苅（よしゅう）八宝鉱山本坑（ウィセル石）
8. 同町上粕尾発光路（ほっこうじ）鉱山磐梯坑（サセックス石、ウィセル石）
9. 同県鹿沼市上久我加蘇鉱山本坑（神保石（渡辺他，1963）、ウィセル石）

2) 関東山地

10. 東京都西多摩郡奥多摩町簾川（きよかわ）鉱山（サセックス石、ウィセル石）
11. 同郡五日市町神谷神谷鉱山（サセックス石）

3) 丹波高原

12. 福井県三方郡三方町藤井鉱山（神保石、サセックス石、ウィセル石）
13. 京都府北桑田郡京北町新大谷鉱山（ウィセル石）
14. 滋賀県滋賀郡高島町立戸鉱山（ウィセル石）

4) 鈴鹿山脈

15. 滋賀県甲賀郡土山町大河原弥栄鉱山（ウィセル石、サセックス石）

5) 紀伊半島

16. 三重県度会郡度会町栗原鉱山（サセックス石）

6) 四国

17. 高知県香美郡香北町松尾鉱山（サセックス石（松原他，1976））

これらのうち、8. 12. および15においては複数種のマンガン硼酸塩鉱物が、同一標本内に共存している。

4. 本邦におけるマンガン硼酸塩鉱物の共存鉱物

前節で示した各産地におけるマンガン硼酸塩鉱物と結晶粒単位で接している共存鉱物を第4表に示す。これには、二次鉱物および未決定鉱物は含まれない。また異種の

Table 4 The associated minerals with the Japanese manganese borates and their approximate abundance ratio

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.*	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
	Rito	Shiwa	Kamibishi	Yamabishi	Mogurawawa	Hishi	Happo	Hakkoji	Kaso	Kiyakawa	Kamiya	Fuji	Shinshani	Tate	Yaei	Kuribara	Matsuo
	(t)		(s, w)	(X)													
Alabandite	+	+						+									
Galaxite	+	++	+	+					+			+					
Jacobsite	++	++				+	+	+		+					+		++
Hausmannite	+		+		+					+++	+++				++	++	++
Rhodochrosite	+	+++	+++		+++	+++	+++	+++	+	+++	+++	+	+++	+++	+++	+++	+++
Barite		+															
Tephroite								+				+++					
Alleganyite								+++		++							
Sonolite	+++	+++		+++				+++	+++			+++					+++
Gageite																++	
Jimboite	+								+			+					
Sussexite			+					+		+	+	+			+	++	
Wiserite	+	++	+		+	+	+	+	+	+		+	+	+	++		
Mineral X				+													

* The borate-bearing ore from the Happo mine comprises quartz, pyroxmangite and spessartine, but none of them are in direct contact with wiserite.

** Optically anisotropic.

硼酸塩鉱物については、共存鉱物が明らかにことなる場合にのみ分離して記入した。

5. 産出上の特徴

前節に示した各産地における産状を総合すると、各硼酸塩鉱物について次のような産出上の特徴がみとめられる。

1) 神保石

三つの産地における神保石を含む鉱石の外観はかなりよく似ており、共通点が多い。

Explanation of photomicrographs of manganese borate minerals from Japan

Fig. 1 Jimboite from the Rito mine, Gumma Prefecture.

left: One polar. Note the cleavage, trace of twinning and linear arrangement of jimboite(J) grains. The right upper corner is occupied by the aggregate of sonolite and rhodochrosite with a stringer-like texture.

right: Crossed polars.

Fig. 2 Jimboite from the Fujii mine, Fukui Prefecture.

left: One polar. Note the larger grain size of jimboite than the neighbouring tephroite grains.

right: Crossed polars. Well-developed polysynthetic twinning of jimboite.

すなわち、つねに高品位で縞状構造が発達しており、再結晶作用はかなり進んでいる。神保石は、その構造中のある層に濃集して産し、また小規模な細脈として、ヤコブス鉱の縞を切って産する。

共存鉱物中、菱マンガン鉱、ヤコブス鉱、園石、ガラクス石はつねに存在する。神保石は、つねにこれらより粒度が大きく、またアレガニー石系鉱物とはことなった様式の聚片双晶の存在、劈開などから、光学的にはかなりはっきり識別される（第1図左、右；第2図左、右）。

2) サセックス石

縞状高品位鉱中のある層中に濃集して産するもの（例：栗原（第3図左、右））、層の肥大部にとくに濃集するもの（例：弥栄（第4図左、右））、他鉱物の粒間に少量産

Fig. 3 Sussexite from the Kurihara mine, Mie Prefecture.

left: One polar. Random aggregate of sussexite (S) fibers with minor caryopilite-like mineral (C), which is nearly isotropic in thin section.

right: Crossed polars. The difference in grain size of this mineral is not uncommon in the examined ores.

Fig. 4 Sussexite from the Yaei mine, Shiga Prefecture.

left: One polar. Random aggregate of sussexite fibers. The areas with non-fibrous outline are the sections nearly perpendicular to c-axis. The black spots are alabandite.

right: Crossed polars.

Fig. 5 Sussexite from the Hokkoji mine, Tochigi Prefecture.

left: One polar. A small aggregate of sussexite (S) is accompanied by tephroite (T) and rhodochrosite (Rc).

right: Crossed polars.

するもの（例：発光路（第5図左、右））、塊状高品位鉱を切る細脈をなすもの（例：神谷）などがある。

共存鉱物として、菱マンガン鉱あるいは不飽和マンガン珪酸塩鉱物はほとんどつねに存在する。集合は放射状、亜平行、無規則などで、特定の状態をとり易い傾向は明らかでない。

3) ウィセル石

産状は前者に類似するが、縞状鉱のある層中に濃集する場合、サセックス石よりはやや規則性のある放射状集合（例：東小中（第6図左、右））、昭和（第7図左、右）や亜平行マット様集合（例：加蘇（第8図左、右））をなすことが多く、また細脈として発達する場合には、今まで観察された限りにおいては、放射状集合を形成しない。

Fig. 6 Wiserite from the Rito mine, Gumma Prefecture.

left: One polar. Radial or subparallel aggregates of wiserite are contained in sonolite-rhodochrosite ore comprising minor alabandite (black) and galaxite.

right: Crossed polars.

Fig. 7 Wiserite from the Showa mine, Gumma Prefecture.

left: One polar. Radial or subparallel aggregates of wiserite in association with rhodochrosite and aggregate of sonolite and rhodochrosite (left down corner). The dark area consists of an undetermined secondary mineral.

right: Crossed polars.

共存鉱物は、変成度によってかなり異なり高い場合には園石、ヤコブス鉱、ガラクス石など神保石と共通しているが、中程度の場合には菱マンガン鉱が普通となる。なおかなり低変成度と判断される鉱石中に産する場合には、細脈状をなすことが多い。

4) Mineral X

現在までに上菱(第9図左、右)から発見されているだけで、園石を主とし、分解したパイロクロアイト(いわゆるファイトクネヒト鉱)を伴う暗褐色の縞状鉱中のある層に沿って、板状結晶の不規則あるいは放射状の集合をなして産する。一つの標本中でもいちじるしい粒度の差がある。

Fig. 8 Wiserite from the Kaso mine, Tochigi Prefecture.

left: One polar. Matted aggregate of wiserite. Along the boundary of surrounding sonolite-rhodochrosite aggregate, very minute alabandite grains are concentrated.

right: Crossed polars.

Fig. 9 Mineral X from the Kamibishi mine, Gumma Prefecture.

left: One polar. Aggregates of tabular crystals of Mineral X. Note the difference of grain size. The interstitial area consists of aggregate of very fine grained sonolite.

right: Crossed polars.

5) その他

本邦産マンガン硼酸塩鉱物として確認されている神保石、サセックス石、ウィセル石は層状マンガン鉱床産の高品位鉱中に産し、神保石は多くの変成鉱物として、かなり接触変成の程度の高い場合に生成される。サセックス石、ウィセル石の場合も、ある場合には、低変成条件に生成領域をもつ変成鉱物として説明される。

6. 結 語

本邦産マンガン硼酸塩鉱物として確認されている神保石、サセックス石、ウィセル石は層状マンガン鉱床産の高品位鉱中に産し、神保石は多くの変成鉱物として、かなり接触変成の程度の高い場合に生成される。サセックス石、ウィセル石の場合も、ある場合には、低変成条件に生成領域をもつ変成鉱物として説明される。

Fig. 10 An undetermined alteration product of jimboite (X_1) and another undetermined fibrous mineral (X_2) cutting jimboite (J) from the Fujii mine, Fukui Prefecture.

left: One polar. Black spots are hausmannite. The cleavage of jimboite (J) is well developed.

right: Crossed polars.

また、これらは脈鉱物として、既存の組織を切る形で菱マンガン鉱と共に産するので、硼酸塩鉱物の再移動による生成を考えるとすれば、その挙動は炭酸塩のそれと同列に扱いうると見なすことができる。

鏡下の外観は、神保石はアレガニー石系鉱物に、サセックス石、ウィセル石は微粒あるいはうすい薄片の場合菱マンガン鉱に類似するので、よりくわしい観察によっては、その産地が更に増加する可能性があり、とくに高品位鉱のくわしい検討が望まれる。

文 献

- 1) Watanabe, T., A. Kato, T. Matsumoto, and J. Ito : Proc. Japan Acad., **39**, 170-176 (1963)
- 2) Matsubara, S., A. Kato, T. Tiba and Y. Kuwano : Mem. Natn. Sci. Mus., Tokyo, (9), 71-75 (1976)
- 3) 竹内慶夫・山中高光・武田弘 (1977) : 日本結晶学会講演要旨, 2B-9
- 4) Epprecht, W. T., W. T. Schaller and A. C. Vlisidis : Schweiz. Miner. Petro. Mitt., **39**, 85-103 (1959)
- 5) Haidinger, W. : Handbuch der bestimmenden Mineralogie. 8vo, Vienna. 493 (1845)
- 6) Gorbov, A. F. : Trudy Vses. Nauchno-Issled. Proektn. Inst. Galurgii, **64**, 54-56 (1973) (in Russian)

(昭和54年12月22日受理)