本邦産鉱物雑記(9)

砂川 一郎*

Large Crystal of Enargite from Kaize, Japan

By

Ichiro SUNAGAWA

(Résumé)

Rare large crystals of Enargite are newly found from Kaize, Nagano Pref., Japan. Their mineralogical notes are reported.

Maximum size of crystals is 45 mm in caxe, and average is 15~20 mm. New data of Two-circle goniometric mearsurments (Table 1, 2, 3,), chemical analysis (Table 4), spectro chemical analysis (Table 5) and X-ray powder examinations are reported.

I 序 言

硫砒銅鉱はわが国ではその産出の少ない割に、よく研究されている鉱物であり、報告も既に10指に余っている。この鉱物は多くの場合塊状あるいは微小結晶の集合体であるが、その晶洞等にしばしば美しい結晶として晶出している。結晶は面の種類に富んでおり、わが国で現在までに報告されているものだけでも22面にのぼっている。しかし、美しく完全な結晶が多い割には、結晶は一般に小型で、精々2~3mmで、最大1cmを超えるものはほとんど見られない。これを銅鉱石として採掘している金瓜石鉱山でも手稲鉱山でも、結晶は精々1cmを最大としている。わが国だけでなく世界全体としてみても、大きな結晶はほとんど見られないらしく、Dana: A System of Mineralogy 6 Ed. にも“Crystal usually small”と書かれている。

最近、偶然の機会に、長野縣南佐久郡海瀬村余地に、新しく硫砒銅鉱を主鉱石とする鉱床が発見され、そこに産するこの鉱物の結晶が、稀に見る巨大なものでかつ美しい完全な結晶であることを知った。同鉱床は現在、南佐久郡小海村新井辰郎他2氏の所有になるもので、幸にして同氏の好意によつて鉱床を調査し、多数の標本を手に入れることができたので、それについて鉱物学的な研究を行った結果が以下に記載するものである。

報告に際し、標本入手に並々ならぬ便宜を頂いた新井辰郎氏およびその産出を知る動機となり、かつ最大の結晶を貸与された太平鉱業地質課の諸氏に深甚な謝意を呈

したい。また東京通産局藤谷久七技官、地質調査所松原秀樹技官にも調査上負うところが多く、深謝する次第である。

II 産 状

硫砒銅鉱の産する鉱床は、余地から約1km東に入つた芝目谷の1105m高地近くにある露頭で、数ヶ所に試掘されたあとがある。古生層の珪岩中に、厚さ約3m、巾8m、延長15m以上の規模の黄鉄鉱を主とした鉱化帯がある。その黄鉄鉱鉱化帯中に、レンズないし不規則状に結晶質硫砒銅鉱を主とした帯が数層発達している。この層はしばしば晶洞をもち(最大のものは0.5m×1m×3mにおよぶ)、晶洞内部に向つて鉄黒色の平均1.5~2cm大の扁平柱状の硫砒銅鉱結晶が壁に直角に群晶しており、その様は誠に壯観である。さらにしばしば黄鉄鉱中に、黄鉄鉱の微小結晶の集合によつて空隙を充填された。2~3cm大の紫黒色および鉄黒色の結晶の intergrowth が発達していることもある。いずれにしてもこの鉱物が結晶としてあらわれている場合、平均の大きさは1.5cmを超え、筆者の見た単晶として最大のものでは、C軸方向に4cmに達している(寫真I参照、この標本は太平鉱業の好意による)。intergrowth しているものでは、4cm大のものも決して珍らしくはなく、おそらく硫砒銅鉱結晶としては、本邦においてはもちろん、今まで見られなかつた最大のものであろうし、世界的に見ても稀に見る標本であろう。ただ、結晶がやや脆弱のうらみはあるが、結晶が完全であることと、次に述べるように晶面の種類にも甚だ富んでいる点でも稀に見るものである。

結晶は、鉄黒色のものと帯紅紫黒色のものと2種類あ

* 地質調査所地質部
地学雑誌 Vol. 62 No. 1 (1957) 1953.

り、いずれも金属光沢を有っている。一般的にいえば、晶洞中に晶出しているものは前者で、intergrowth しているものに後者が多いが、intergrowth しているものが必ず後者であるとは限らないようである。おそらくこの後者は銹色によるものであろう。

III 結 晶 形 態

測角に適する標本 10 個について Goldschmidt A 型複円測角器により測角した結果認められた面は、第 1 表の如く 30 種に上る。測角データーは第 2 表にのせた。

第 2 表にのせた測角データーのうちから、頻度が高く反射も良好な $m(110)$, $h(120)$, (013) , $o(111)$ の 4 面について、軸率の計算を行つた結果は、第 3 表の如くである。この表には、上の他に頻度の高い $s(011)$, $k(101)$, $n(102)$ の測定値より算出した値についても参考のため並記してある。

第 1 表 Crystal faces recognized on Enargite from Kaize, Nagano Japan

Dominant faces

$a(100)$, $m(110)$, $h(120)$, $d(210)$
 $x'(230)^*$, $r(310)$, $(940)^*$, $(290)^*$
 $c(001)$, $(013)^*$, $k(101)$, $n(102)$,
 $s(011)$,
 $o(111)$, $\alpha(121)$, $p(112)$, $(113)^*$

Less common faces

$(530)^*$, $(10.9.0)^*$, $(10.11.0)^*$,
 $\lambda(103)$,
 $(122)^*$, $(124)^*$, $(126)^*$, $(128)^*$,
 $(137)^*$, $(236)^*$, $(445)^*$, $(554)^*$,
 $(8.5.13)^*$

* New determined faces

第 2 表 Goniometric Data of Enargite from Kaize, Japan.

Forms.	P		φ		Rem.	Size	No. of Xst.	No. of Faces
	meas.	calc.	meas.	calc.				
Dominant forms								
a(100)	90° 00'	90° 00'	90° 00'	90° 00'	B	V, L	10	20
r(310)	"	"	73° 59'	73° 42'	C	S	3	3
(940)**	"	"	68° 49'	68° 49'	C	S	2	3
d(210)	"	"	67° 02'	66° 28'	C	S	6	10
m(110)	"	"	48° 59'	48° 56'	B	M	10	40
x'(230)**	"	"	37° 50'	37° 27'	C	M	3	4
h(120)	"	"	29° 51'	29° 51'	C	M	9	21
(290)**	"	"	26° 55'	27° 23'	C	M	1	2
c(001)	0° 00'	0° 01'	—	—	B	L	9	9
s(011)**	39° 37'	39° 37'	0° 01'	0° 00'	C	S	9	10
(013)**	15° 29'	15° 22'	0° 06'	0° 00'	B	M	9	9
k(101)	43° 41'	43° 32'	89° 56'	90° 00'	C	S	6	9
n(102)	25° 35'	25° 24'	90° 00'	90° 00'	C	S	6	7
o(111)	51° 35'	51° 34'	48° 51'	48° 56'	B	M	7	10
p(112)	32° 16'	32° 07'	49° 03'	"	C	S	3	3
(113)**	23°	22° 43'	48.5°	"	max.	S	1	2
α(121)	62° 16'	62° 16'	29° 55'	29° 51'	C	S	2	3
less common forms								
(530)*	90° 00'	90° 00'	62° 01'	62° 30'	C	S	1	1
(10.9.0)*	"	"	51° 10'	51° 58'	C	S	1	1
(10.11.0)*	"	"	46° 58'	46° 13'	B	S	1	1
λ(103)	15.5°	17° 29'	90°	90° 00'	max.	V, S	1	1
(554)**	18.5°	57° 40'	49° 10'	48° 56'	"	"	1	1
(445)*	45°	45° 08'	49°	"	"	"	1	1
(122)*	43°	43° 32'	30.5°	29° 54'	"	S	1	1
(124)*	26°	26° 26'	30°	"	"	V, S	1	1
(126)**	17° 50'	17° 37'	30.5°	"	"	M	1	4
(128)*	14° 05'	13° 24'	27°	"	C	S	1	1
(236)*	29°	27° 29'	38°	37° 27'	max.	V, S	1	1
(8.5.13)**	21° 18'	21° 00'	34° 15'	34° 34'	C	S	1	1
(137)*	19° 08'	20° 43'	18° 11'	19° 02'	C	S	1	1

** new determined forms

* uncertain new forms

第3表 Morphological Elements of Enargite from Kaize, Japan

Forms	Rem.	No. of Xst.	No. of Faces	a_o	c_o (q_o)	P_o
$m(110)$	B	10	40	0.8697		
$h(120)$	C	9	21	0.8714		
(618)	B	9	9		0.8310	
$s(011)$	C	9	10		0.8277	
$k(101)$	C	6	9			0.9551
$n(102)$	C	6	7			0.9576
$o(111)$	B	7	10	0.8739	0.8299	0.9494
average of 4 dominant faces				0.8717	0.8304	0.9494
total average				0.8717	0.8295	0.9540
Dana 7th Ed.				0.8713	0.8277	0.9500

cf. 4 dominant faces are m , h , (013), and o .

柱面のうち最も頻度の高いのは $a(100)$, $m(110)$, $h(120)$ および $d(210)$ である。 a は常に最も大きく発達しており、晶相の主体面をなしている。反射は比較的良好で、[001] の方向にいくらか、[010] の方向にかすかに条線の発達が見られる。 m は常にあらわれるが、一般に k と比べてはるかに小であるが時に中位の発達を示すこともある。反射はやや良好。条線は見られない。 h もほとんど常にあらわれ、たいてい中位の発達を示し、 a とともに晶相の主体面を構成する。反射は良好ではない。条線は[001] の方向に僅に見られるが、 a の場合ほど著しくはなく、多くの場合ほとんど条線は認められない。 d は m よりも小、反射も余り良好ではなく、条線も見られないが、10ヶ中6ヶの結晶に認められた。この他 $x'(230)$, $r(310)$, (940) 等はいずれも小面で出現頻度も上記諸面ほど高くはないが、それでも10ヶ中3ヶに認められる。 x' のみ時に中位に発達していることもある。反射は x' , r は比較的良好で、(940) はあまり良好ではない。また、稀に微小面としてあらわれるものとして (530), (10.9.0), (10.11.0), (290) 等があり、このうち (290) は中位の発達を示しているが、結晶1ヶにしか認めることができなかった。一般に硫砒銅鉱の柱面は、条線の発達が著しいのが特徴であるが、この産地のものでは、上述のようにそれほど著しい条線の発達は見られない。

底面 $c(001)$ はほとんど常に大きく発達し、 a , h とともに晶相の主体面をなしている。結晶の頭は多くの場合、主として c によつて構成されており、他の卓面・錐面をともなっていない場合が多い。反射は比較的良好で、多くの場合 (013) との階段状発達により [100] の方向に深い条線が走っている。また結晶によつては c 面の部分が凹面となつている場合もある。その状態は一

見多数の細い結晶が平行連晶して1つの結晶をつくりあげ、その中心部のみ充填しつくさないで、1部のみが空洞として残っているような感じである。そしてその空洞として残っている部分の残り方は、結晶の上下両端によつて著しく異り、異極像的である。すなわち一方は1つのまとまつた空洞であり、他方は細かい象形文字状の多くの空洞によつてでき上っている感じである。このような硫砒銅鉱の形態的異極性については、既に数人の人の論議している所である。

庇面は、 $s(011)$, (013), $k(101)$, $n(102)$, λ (103) の5面が認められた。このうち λ 以外はしばしばあらわれる面である。 s および (013) はほとんどの結晶にもあらわれ、時に c と同程度の発達を示すが、多くは c よりも小で、中ないし小位の発達である。 s と (013) とは、全体としては、(013) の方が大きい、個々の場合に必ずしもそうであるとは限らない。これらは、しばしば c と階段状繰り返えし発達をなし、 c 面上に条線をつくる。反射はいずれもやや良好の程度である。 $k(101)$, $n(102)$ の如き庇面は上記【 okl 】に比べて、出現頻度は低い。いずれも細長い小面としてあらわれるが、時に中位に発達することもある。 k と n との発達程度は場合によつて異なる。反射は余り良好ではないが特に条線が発達していることはない。 λ は結晶1ヶにしか認められなかつたが、中位に発達しており、sical face ではなく独立した面であると考えられる。反射は不良である。

錐面は $o(111)$, $\alpha(121)$, $p(112)$, (113) の発達が良好であり、その他に第1表のような多数の面が認められる。いずれも小位発達であるが、独立した面としてあらわれている。頻度の高いのは o , α , p の三面で、他は結晶10ヶ中にそれぞれ1回しかあらわれていない。こ

の3面は反射は比較的良好であるが、他の面は発達が小であるため、よい反射を示さないが、面は平滑で条線等の発達は見られない。

第1表中 dominant faces のうち (113), (126) は結晶1ヶにしか認められなかつたが、割合に大きな面として発達しているものであり、(126) は反射が (125) ~ (127) までの範囲に涉つており、それを代表したものの (113) は1結晶中に2面認められるもので、いずれも独立面と考えられる。less common faces 中でも、(554), (8.5.13) 等の如く比較的大きく発達しているものもあるが、その多くは微小面である。

これら多数の面のうちその大半のものが新面で (表中 * 印の面)、出現頻度、面の発達程度等から、新面としてはつきり決定できるものは次の如くである。

x' (230), (013), (940), (290)

(113), (126), (554), (8.5.13)

これらの面の組み合わせは多種であるが、晶相としての種類は少ない。

柱面の発達の仕方および庇・底・錐面の発達の仕方によつて晶相を次のように細分できる。

(1) a の発達が甚だ大きな扁平柱状の結晶で、頭は c を主とし、この他に僅に $\{ohl\}$ の庇面をともなうものである。多くの場合頭は c のみよりなつている。(第1図)

(2) (1) の他に庇面および錐面をともなうもの。庇面および錐面はその発達の程度と種類に種々の場合がある。(第2, 3, 4 図)

(3) 柱面は (1), (2) と同様であるが、頭は c の発達が小さく、庇および錐面がよく発達している。庇および錐面は発達が不規則で、多くは1象限に属する面のみ発達

し、他象限のものは小さいか、あるいは全くあらわれなくなる。そのため全体として直刀状を呈している。(第5図)
(4) 一見 m あるいは h が発達し、 a が衰退したためと思われるような菱柱状の結晶もあるが、これはそのためではなくて、1対の m あるいは h が偏倚発達をした結果のものである。(第6図)

これらの晶相のうち量的には (1) と (2) が最も多く (3) は少ない。また (4) は非常に稀である。(1), (2) は通常大型の結晶に多く、(3) の晶相を示すものはほとんど小型の結晶か、あるいは c が凹面を形成している場合にその周囲を形成している小結晶である場合に多い。

IV 化学成分

鉄黒色と帯紅紫黒色の両方の単晶を破砕し、双眼顕微鏡下で、黄鉄鉱等の僅に含まれる包有物を除去し、できるだけ純粋な部分だけをとり出した試料について、地質調査所化学課磯野技官による定量分析を行つた結果が第4表に示したものである。この結果は、硫砒銅鉱の理論式 Cu_3AsS_4 と非常によく一致している。硫砒銅鉱は一般に Sb が As を置換して6%位まで入り、一般式として $\text{Cu}_3 \cdot (\text{As} \cdot \text{Sb}) \cdot \text{S}_4$ であらわされ、またしばしば1%前後の Fe が入っているのが普通である。Sb についていえば、この標本のように Sb% の低いものは比較的稀な例に属する。Fe についても同様である。また鉄黒色と帯紅紫黒色との2つの資料の間には大きな差異は認められない。

同一試料について化学課高橋技官により半定量分光分析を行つた結果は、第5表に示したものである。有量な存在として Ag, Al, Mg, Pb, Si, Ge, Mn, Zn, Fe 等の minor elements が検出されている。このうち Si, Al,

第4表 Chemical Composition of Enargite from Kaize village, Japan

Specimen	S%	As%	Sb%	Cu%	Fe%	Total
iron black	32.30	18.66	0.48	48.25	0.00	99.69
violet black	32.52	18.84	0.36	47.60	0.30	99.62
Cu_3AsS_4	32.56	19.02		48.82		100.00

Analyst: Isono, Geological Survey of Japan

第5表 Minor Elements in Enargite Crystal from Kaize village, Japan

Specimen	Ag	Au	Al	Co	Cr	Mg	Mn	Ca	Pb	Sn	Ti	V	Ge	Sp	Si	Zn	Fe	Ni
iron black	3	0	3	0	0	2	1~0	1~0	2	0	0	0	1	5	4	2	1	0
violet black	3	0	3	1	0	2	1	1~0	3	0	0	0	1	5	5	2	5	0

Excepting Cu and As, 6: Very strong 5: Strong 4: Not so strong 3: Medium
2: Weak 1: Very weak 0: None

Spectrographic analyst: K. Takahashi, Geological Survey of Japan

Fig. 1 Enargite from Kaize

Fig. 2 Enargite from Kaize

Fig. 3 Enargite from Kaize

Fig. 4 Enargite from Kaize

Fig. 5 Enargite from Kaize

Fig. 6 Enargite from Kaize

Plate 1 Largest Crystal of Enargite from Kaize

Plate 2 Enargite Crystals from Kaize

Mg 等はおそらく他の鉱物の形で不純物として入っているものであろう。Ag, Pb, Ge, Zn などは格子を置換して入っている可能性が大きい。鉄黒色のものと、帯紅紫黒色のものとの間に著しい差が認められるものは Fe と Si だけで、これらは黄鉄鉱および石英の形で包有物として入っているものに、帰因しているのであろう。この他に Pb, Co において両者に差が認められる。この差の持つ意味については明らかでない。

V X 線 粉 末 写 真

化学分析・分光分析に用いた同一の資料について、鉱床部大津技官により X線粉末写真の撮影を行った結果、両者の回折線は完全に Enargite と一致し、また両者の間に全く相違は認められなかつた。したがって紫黒色のものがルズン銅鉱である可能性は全くなく、色の相違は主に銹色によるものであることが明らかにされたわけである。

交換および寄贈雑誌・圖書(2)

西日本史学: 第 12 号,
石油技術協会誌: 第 17 巻第 5 号, 6,
同会員名簿: 昭和 27 年 11 月 1 日現在
石油及び可燃性天然ガス資源開発法並びに同法解説
(石油技術協会)
東北研究: 第 2 巻第 1 号, 2, 3, 4, 5, 6,
平尾合カルスト: 第 1 集第 1 編, 2, 3, (浜田清吉君
寄贈)
海のグラフ: 第 37 号, 38,
*地学会誌甲部: 第 1 輯第 3 巻, 第 2 輯第 2 巻
*東京地学協会報告: 第 14 年 第 8~9 号, 12, 第 15 年
第 1 号, 2, 第 17 年 第 2 号, 3, 第 18 年 第 3 号,
(* 貴志敏雄君寄贈)
香川県立農科大学学術報告: 第 4 巻第 1 号,
鉱山地質: 第 2 巻第 5 号, 6,
科学研究所報告: 第 28 輯第 3 号, 4,
地質調査所報告: 第 150 号, 151, 152, 特別号(B),
同出版物目録: 明治 13 年~昭和 27 年
第 17 回国際地理学関係図書目録
早稲田大学理工学部紀要: 第 16 号,
昭和 26 年度に於ける国際交換業務報告
海と空のグラフ: 第 39 号
地学研究: 第 6 巻第 1 号,
地質調査所要覽: 1952,
東京工業大学燃料科学研究所要覽: 1951,
秋田大学地下資源開発研究所報告: 第 8 号
海と空: 第 30 巻第 1~2 号,
1
100.000 東京都及近郊地質図
鹿児島県地理学会記要: 第 3 号
地理調査所時報: 第 15 集
五島列島~九十九島~平戸島学術調査書(総論): 19
52 (山階芳正君寄贈)
自然と社会: 第 10 号
京都大学防災研究所紀要: 第 3 巻第 1~2 号

九州大学理学部紀要: 第 3 巻第 3 号, 4,
静岡大学文理学部研究報告: 自然科学第 3 号, 人文科
学第 3 号
石膏: 第 5 号, 6
気象研究所論文研究報告: 第 3 巻第 1 号
Soc. Geogr. Fenniae, No. 72, 75,
Acad. Colombiana, Vol. VIII, No. 32,
Soc. Serbe Geogr. Bulletin. Vol. 32, No. 1,
Soc. Serbe Geogr. Editions Speciales. Fsc. 29, 30,
Soc. Geogr. Colombia, Vol. X, No. 1,
Acta Geographica, No. 17,
Soc. Cientifica Argentina, ToMo. CLIII, 6, ToMo
CLIV, 1, 2, 3, 4,
Soc. Geogr. Lisboa, Vol. 70, No. 4~6, 7~9,
Geographical Review, Vol. XL II, No. 4, Vol. XL
III, No. 1,
Soc. Geogr. Paris, 1952. No. 7, 8, 9, 10, 11,
Bull. Univ. California, Vol. 6, No. 3, Vol. 5, 1943
~1950 Vol. 8, No. 4, Vol. 15, No. 3, 4, Vol.
20, No. 2, 3, 4, Vol. 21, No. 1, 2,
Mcgraw-hill Books, 1952,
Anais. Acad. Brasileira Ciencias, Vol. 23, No. 2,
Vol. 24, No. 2, 3,
Supuesta Captura Del Rio Fenix, (Buenos Aires)
Un Relevamiento Geografico De America, (Bue-
nos Aires)
Senckenberziana, Bd. 33, Nr. 1/2
Natur und Volk, Bd. 82, Hft. 7, 8, 9,
Indonesian Jour. for. Natur. Soc. ILMU ALAM,
Vol. 108, No. 3, 4,
Novi Libri, Vol. 14, No. 1~2,
Scandinavian Literature, No. 13,
Memorias y Revista, ToMo. 57, No. 1~2,
U.S.N.M. Bulletin, No. 200,
Asia Manual Geografica, A-H, 1-0,
Soc. Geogr. Colombia, Vol. X, No. 3,
Geoloski Vjesnik, SV. II-IV,
Mina hundar i Asien, (Sven Hedin)
Fresh Water Fish and Fishing, Vol. 9,
Economic Geography, Vol. 29, No. 1,
Bureau Am. Ethnology. Bulletin. No. 146, 147, 1
48, 149,