上の関連性もなく、それぞれ別個に存在している。

以上の事柄から考えて、当鉄鉱床は現地生成のものではなく、一旦生成した黒鉄鉱体が、その後或は引続いて起つた dacitic rocks の火成活動によつて破碎され、泥流堆積物の中に含まれて現在地に運ばれてきたものであると考える。

6. 謝 辞

本稿を草するに当り、前阿仁鉱業所長神山貞二からは種々有益な示唆と助力を与えられた。又同所探査係の諸氏からは有益な討論と助言を得た。特に青木啓也には筆者と一緒に野外調査を担当されたので、記して感謝の意を表する。

岩手県仙人産赤鉄鉱の形態並びに格子恒数について

Crystal form and unit cell constant of hematite from
Sennin mine, Iwate Prefecture

加 藤 謙次郎 (Kenjiro Kato)

1. 序 言

天然に産する赤鉄鉱の産出状態は頗る多様で、且つ分布も広いが、容易に面角の測定し得るような良い結晶は極めて稀である。伊太利 Elba 島, Vesuvius 及び Etna 両火山等の熔岩中の空隙にこれを産することは古来有名であり、長崎県五島、北海道恵山等のものもこの類に属する。

岩手県仙人鉄鉱山は古生層石灰岩と花崗岩の接触交代鉄床¹⁾で、その中に赤鉄鉱の自形美晶を産することは古くから知られ、その結晶形態については既に 1899 年に高壮吉氏²⁾の研究がある。筆者は数年来屢々本鉄鉱山を訪れる機会があつたので、その間に集めた本結晶について結晶学的研究を試みた。この結果、形態に於いても、又結晶格子恒数に於いても、文献に見られる他産地産のものに比して、差違のあることを認め、これを仙人産赤鉄鉱の特性の 1 つと見做すべきものと考え、ここにこれを報告する。尚本報告中化学成分については、東北大学岩石鉱物鉄床学教室今野弘君の分析に基ずくものである、ここに謝意を表する。

2. 産出状態及び一般性質

赤鉄鉱は仙人鉄鉱山に於ける主要鉄石であつて、スカルン、石灰岩又は花崗岩体中に、或はそれ等の接触部に、不規則形鉄塊として産し、大部分は極めて微細な鱗片状結晶の塊状集合体で、所謂雲母鉄鉱の類である。スカルン鉄物中の大部分は anthophyllite³⁾ であ

1) 市村 毅：地質，26，428，469，519，1919.

2) 高 壮吉：地質，6，442，1899.

3) Anthophyllite の現出状態は一見 hedenbergite に似て、纖維状結晶の放射状集合体をなす。鏡下に於いては直消光，opt. + を示す。又微細赤鉄鉱を多量に包裹するため、化学分析上から成分を定めることは困難である。但し， $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 7.79$ ， $\text{FeO} = 4.08$ ， $\text{MgO} = 3.34$ を含むことから MgO 分子を多量に含むことが知られる。

ることも本鉱床の特異性の1つであつて、柘榴石、緑簾石等は少なく、又屢々緑泥石を伴なう。鉱石は一般に脆弱であるが、石英の網状脈で膠着され、堅固になっていることも稀ではない。燐の含有量が極めて少ないため、これを原料とした東北電気製鉄和賀川工場の鉄鉄は特級低燐銑として特殊用途に供せられている。磁鉄鉱を僅かに随伴することもあるが、この鉱物は現在迄のところ唯金肌鉱床の1部に発見されるに過ぎない。黄鉄鉱も亦随伴せられるが、その量は場所によつて著しく不同、不均等である。即ち遠平鉱床では極めて僅かで、三角鉱床では点々として広く分布し選鉱に困難な場合さえある。金肌鉱床ではこれよりはるかに多く、かつて硫化鉄として採掘され、硫酸工業の原料となつたこともあつた。

赤鉄鉱の大きな結晶は多く遠平鉱床中に産し、鉱体の空隙中に殆んど常に六角柱状の水晶と共生している。金属光沢を有し、鋼灰色を呈するが、板状結晶の特に大きなものではその縁辺が変色し、屢々美麗な赤紫色を呈する。又 $\{h0\bar{h}l\}$ (菱面体) の面には殆んど常に、柱面となす稜に平行な条線が見られる。薄片では鮮やかな血赤色を呈し、屢々石英の結晶を包裹している。比較的大きな赤鉄鉱の結晶を選び、これを弗化水素で洗つて表面に附着した石英微晶を除去した後、比重を測定したところ、 $G=5.12$ を得た。この数値を Dana's System of Mineralogy 所載の赤鉄鉱の平均の比重 $G=5.26^{1)}$ と比較したところ、次に述ぶるが如く、その値は稍小に過ぐる感がある。尚この試料を用いて化学分析を行つたところ、 Fe_2O_3 98.20 wt%, SiO_2 1.52 計 99.72 の結果を得た。上述の如く薄片の煥鏡結果、赤鉄鉱中には微小な石英包裹が見られるので、この化学分析に現れた SiO_2 は恐らくこの石英に相当するものと解される。

3. 結晶面と晶相

本産地の赤鉄鉱結晶の晶相は2つの型に分けられる。即ち (1) 普通の粒状多面体結晶、(2) 薄い鱗片状結晶である。この両者は同一晶洞中に共生することはなく、生成条件を異にするものと考えられるが、この関係については未だ明かでない。

上記2型の中、前者は一般に小さい結晶の集合体をなし、1個体は大きなものでも径5 mm である。この結晶について、反射測角器で測定した各面の φ 及び ρ 値は第1表の如くで、又そのステレオ投影を第1図-1 に示した。

結晶体は $m(10\bar{1}0)$, $a(11\bar{2}0)$, $r(1101)$, $\mu(0115)$, $T_1(1013)$, $K_2(12\cdot851)$ $K_1(14\cdot772)$, $T_2(9185)$, $n(4223)$ の9種の面の聚形であるが、特に大きく発達した面は m 面と μ 面であつて、結晶外形もこの2種の面の発達如何に支配される。この型に於いては、 a 面の発達頗る悪く、 K_1 , K_2 , T_2 等と共にかろうじて認められる程度である。 μ 面には常に、これと柱面とをなす稜に平行な細い条線が認められるが、測角には支障とならなかつた。この型は単一結晶として存在することは殆んどなく、多くの場合、 $m(10\bar{1}0)$ 面を共有し、これに垂直な面を接合面とする2個の平行連晶をなし、恰も2戸建家屋の如き形状をなしている (第1図-2)。

第2種型は所謂雲母鉄鉱と称せられる微細な鱗片状結晶で、本鉱山の鉱石の大部分である。時に径1乃至1.5 cm 大の結晶として産することもある。多くは遠平鉱床に於いて、赤鉄鉱自体の空洞に見出され、側軸面を空隙の壁に立てて簇生し、六角柱状の石英結晶と

1) Dana's System of Min., 1, 528, 1944.

第 1 表 仙人産赤鉄鉱の ϕ , ρ 値

結 晶 面	測 定 値		計 算 値		Dana 値	測定された面の数
	ϕ	ρ	ϕ	ρ	ρ	
m (10 $\bar{1}$ 0)	0°00'	90°00'	0°00'	90°00'	90°00'	3
T_1 (10 $\bar{1}$ 3)	-0 3	27 48	0 00	27 46.3		1
T_2 (9 $\bar{1}$ 85)	5 30	69 40	5 49.1	69 30.5		1
a (2 $\bar{1}$ 10)	30 00	90 00	30 00	90 00	90 00	2
K_2 (12 $\cdot$ 661)	30 00	86 28	30 00	86 30.8		2
K_1 (14 $\cdot$ 772)	30 00	84 2	30 00	84 8.9		1
n (4223)	30 00	61 17	30 00	61 16	61 13	1
r (1 $\bar{1}$ 01)	60 00	57 40	60 00	57 40	57 36.5	1
μ (1 $\bar{1}$ 05)	60 00	17 33	60 00	17 32	17 30	2
λ_1 (1 $\cdot$ 1 $\cdot$ 0 $\cdot$ 12)	60 00	7 26	60 00	7 30		1
λ (1 $\cdot$ 1 $\cdot$ 0 $\cdot$ 16)	60 00	5 39	60 00	5 30.3	5 38	1

ϕ は m (10 $\bar{1}$ 0) 面を基準とする。 r (1 $\bar{1}$ 01) 面より計算した軸率は
 $a:c=1:1.3682$ Dana による軸率は $a:c=1:1.3652$

共生している。その状態は個々の鱗片状結晶が恰かもスレート瓦を並べた如く、平行に且つ上下整然と重なり合うこともあり、又薔薇花の如き放射円輪状に、所謂 “rosset” 状を呈することも少なくない。連晶は前者とは異なり、連晶としての特有な外形を現わさず、第 1 図-3 の如く (h0 $\bar{1}$ l) 面上に反復する平行連晶条線となつて表はれている。この晶相は、実は {h0 $\bar{1}$ l} と {10 $\bar{1}$ 0} との集形であつて、 l の値が著しく大きい為底面に接近し、条線を持つ極めて緩やかな斜面となり、六角板状の如き観を呈するに至つたものである。尚 (1 $\bar{1}$ 0 $\cdot$ 12) (λ_1), (1 $\bar{1}$ 0 $\cdot$ 16) (λ) 等は明瞭に測定することができた。{2 $\bar{1}$ 10} 面の発達が悪く、光の反射によつて、細き輝やく条線として僅かにその存在が認められるに過ぎない。

上記の結晶面中 (1 $\bar{1}$ 0 $\cdot$ 12), (14 $\cdot$ 772), (12 $\cdot$ 661), (10 $\bar{1}$ 3), (9 $\bar{1}$ 85) の 5 面は諸文献中に記載の見当らないものであつて、それぞれ λ_1 , K_1 , K_2 , T_1 , T_2 の面記号を付することにした。

軸率 r (1 $\bar{1}$ 01) 面の ρ 測定値から軸率を算出したところ、 $a:c=1:1.3682$ となる。本産地の赤鉄鉱ではむしろ μ (1 $\bar{1}$ 05) 面の方が発達もよく、出現数も多い。従つてこの μ 面の ρ から軸率を計算したところ、 $a:c=1:1.3695$ となり、前者と近似している。この両者を平均すると、 $a:c=1:1.3689$ となる。いまこれ等の数値を Dana's System of Mineralogy 所載の赤鉄鉱軸率 1:1.3652 と比較すると、仙人産の方が主軸の長さが稍大きい。これは後述の X 線分析結果からの軸率 $a_0:1/2 c_0$ と一致し、仙人産赤鉄鉱の一性質と考えられる。

4. 仙人産赤鉄鉱の X 線分析

赤鉄鉱の結晶構造については 1925 年 Pauling, L., Hendricks, S. B.¹⁾ 両氏によ

1) Pauling, L. and Hendricks, S. B. : Jour. Am. Chem. Soc., 47, 781, 1925.

第 1 図

- 1 赤鉄鉱結晶ステレオ投影図
- 2 赤鉄鉱連晶
- 3 $\{h0h1\}$ 面上の平行連晶条線
- 4 仙人赤鉄鉱単位格子
 $a = 5.432 \text{ \AA}$
 $\alpha = 55^\circ 06'$

つて研究が行われ、Laue 写真から空間群と格子恒数が求められた。即ち空間群は D_{3d}^6 で、単位格子恒数は $a = 5.42 \text{ \AA}$, $\alpha = 55^\circ 17'$ とされた。その後 1927 年 Harrington, E. A.¹⁾ の研究が発表されたが、上記の値と近似した $a = 5.406 \text{ \AA}$, $\alpha = 55^\circ 17'$ を得ている。

筆者は仙人産赤鉄鉱について X 線分析を行い、格子恒数を算出した。この研究には島津自記 X 線分析装置 GX-1 型を使用し、発生 X 線の波長は $\lambda(\text{CrK}\alpha) = 2.2909 \text{ \AA}$ で、試料には 300 メッシュ以下の粉末を用いた。第 2 図にこの廻折図を示す。これを精細に吟味するに、この中に磁鉄鉱に相当する位置に弱い廻折線が見られ、赤鉄鉱結晶と密接な関係を以て結合しているかの様な印象を受ける、本来磁鉄鉱中に少量の赤鉄鉱を混在するものの X 線廻折図では、両者は比較的顕著で、これを区別することは決して困難でない。然し両者が反対に混在する場合には、両者の識別は極めて困難となる。磁鉄鉱の廻折線中強度の上位 2 者の廻折位置は $\theta(311) = 26^\circ 53'$ 及び $\theta(440) = 50^\circ 26'$ であつて、これ等は赤鉄鉱の $\theta(101) = 27^\circ 07'$ 及び $\theta(103) = 50^\circ 27'$ にそれぞれ重なる。従つて磁鉄鉱の存在を判断するためには、強度の第 3 位以下のものに頼るほかはない。この際磁鉄鉱が微量の場合は強度は更に弱くなり、判断が困難となる。第 2 図中 $2\theta = 45^\circ 10'$ 及び

1) Harrington, E. A. : Am. Jour. Sci., 5, 467, 1927.

第 2 図 仙人鉾山産赤鉄鉱 X 線廻折図 $\lambda(\text{CrK}\alpha) = 2.2909 \text{ \AA}$

66°00' の微細な peak は、磁鉄鉱の (220), (400) と考えられる。仙人産赤鉄鉱は所謂雲母鉄鉱に属し、微細な結晶片も微弱ながら磁性を呈する。若しこの磁性が磁鉄鉱の混在に原因するとしても、この両者を機械的に分離することは困難であろう。又このことが前記 X 線分析に現われる磁鉄鉱に関連を持つものとする、微細な磁鉄鉱の結晶が赤鉄鉱の構造中に密接な関係を保つて融合することを意味するものとして重要視される。即ちこの両者の関係は鏡下に於いては識別し難きも、X 線的 perthitic な関係をなすものと考えられ、成因に関係する重要な意義を持つものと解される。

網面間隔 d の計算 今回の X 線分析では 35°~140° の範囲の 2θ を吟味し、それに現われる 11 個の peak の θ 値を求め、Bragg の関係式から d 値を求めた。この結果は第 2 表の如くである。

網面指数及び格子定数 網面指数 (hkl)、菱面体格子定数 a 、 α 及び網面間隔 d の間には次の関係式がある。

$$\frac{1}{d^2} = \frac{\cos^2 \frac{\alpha}{2}}{a^2 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{3\alpha}{2}} \left[(h^2 + k^2 + l^2) - (1 - \tan^2 \frac{\alpha}{2}) (hk + kl + lh) \right]$$

この d に Bragg の関係式から得られた値を入れ、(hkl) を考慮して、各網面の a と α を求めた。先づ α を求むる為に、平行網面は強度の大きな面で代表することとした。即ち 11 網面中 (112), (101), (102), (202) の 4 網面を採用し、この組合せでできた 6 組の連立方程式から α を等出した。従つて α の値には 6 種の値を得たが、何れも近似しているので、平均値を求め、 $\alpha = 55^\circ 06'$ の結果を得た。

次に、 $\alpha = 55^\circ 06'$ を上記 11 網面の関係式に代入し、 a の値として第 2 表の如き 11 値を得、その平均値として $a = 5.432 \text{ \AA}$ を得た。

新しく求められた仙人産赤鉄鉱の格子定数を Pauling と Hendricks の値 $a = 5.42 \text{ \AA}$ 、 $\alpha = 55^\circ 17'$ 、Harrington の値 $a = 5.406 \text{ \AA}$ 、 $\alpha = 55^\circ 17'$ と比べると近似してはいるが、いくらか大きく、仙人産赤鉄鉱の一性質を示すものと考えられる。

軸率 仙人産赤鉄鉱の菱面体格子は上記の $a = 5.432 \text{ \AA}$ 、 $\alpha = 55^\circ 06'$ で示される。次にこれから、六方格子の恒数を求めて見よう。第 1 図-4 に両者の関係を示す。図に於て

$$\angle QLZ = \frac{\alpha}{2} = 27^\circ 33', \quad LQ = a = 5.432 (\text{\AA})$$

第2表 仙人産赤鉄鉱の θ , d 及び a

h k l	θ	d	dp	I	I_p	a (Å)
(101)	18° 9'	3.677	3.67	5	5	5.4256
(112)	25 8	2.696	2.69	10	10	5.4218
(10 $\bar{1}$)	27 7	2.512	2.51	8	9	5.4297
(102)	31 18	2.204	2.20	3	5	5.4313
(202)	38 30	1.840	1.835	3	7	5.4336
(123)	42 33	1.694	1.685	3	8	5.4285
(233)	45 48	1.598	1.595	1	4	5.4194
(103)	50 27	1.486	1.480	3	7	5.4372
(112)	52 3	1.453	1.445	3	7	5.4400
(234)	60 58	1.310	1.304	1	3	5.4436
(202)	65 34	1.258	1.253	2	2	5.4405

平均 5.432

$$\lambda (\text{CrK}\alpha) = 2.2909 \text{ Å}$$

θ : 廻折角, d : 網面間隔, dp : Pauling の得た網面間隔, I : 仙人産赤鉄鉱の強度, I_p : Pauling の強度, a : 仙人産 hematite の各網面から得た格子恒数。

$$OH = GF = QZ = a \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 5.432 \times \sin 27^\circ 33' = 5.432 \times 0.46253 = 2.5125 (\text{Å})$$

$$a_0 = 2 \cdot OH = 5.025 (\text{Å})$$

球面三角形 ABC に於いて

$$C = 90^\circ, B = 60^\circ, b = \frac{a}{2} = 27^\circ 33'$$

$$\text{公式 } \sin a = \cot B \cdot \tan b = \cot 60^\circ \cdot \tan 27^\circ 33' = 0.30119$$

$$\therefore a = 17^\circ 31.6'$$

球面三角形 A'B'C' に於いて

$$C' = 90^\circ, B' = 30^\circ, a' = 17^\circ 31.6'$$

$$\text{公式 } \cot c' = \cos B' \cdot \cot a' = \cos 30^\circ \cdot \cot 17^\circ 31.6' = 2.7411 (\text{Å})$$

$$\therefore c' = 20^\circ 2.6' (\text{Å})$$

$$OL = 2.5125 \times \cot 20^\circ 2.6' = 6.887 (\text{Å}), c_0 = 2 \cdot OL = 13.774 (\text{Å})$$

$$\text{即ち } a_0 = 5.025 \text{ Å}, c_0 = 13.774, a_0 \div \frac{1}{2} c_0 = 1 : 1.3701$$

この軸率を Dana's System of Mineralogy の値 $a_0 : c_0 = 1 : 1.3654$ と較べると、主軸の長さが稍大きい。この傾向は結晶形態上から面角測定によつて得られた軸率 $a : c = 1 : 1.3682$ と良く一致している。

5. 結 び

- (1) 供試の仙人産赤鉄鉱は接触交代鉱床中の空洞に産する自形結晶である。
- (2) 結晶形態上、晶相に特徴があり、軸率 $a : c = 1 : 1.3689$ は従来の赤鉄鉱の値より

稍大きく、且つ (14·772), (12·661), (10I3), (110·12), (9I85) 等の新結晶面が認められた。

(3) X 線分析の結果、格子恒数は次の如くである。

$$\left. \begin{array}{l} a = 5.432 \text{ \AA} \\ \alpha = 55^\circ 06' \end{array} \right\} \text{(菱面体格子恒数)}$$

$$\left. \begin{array}{l} a_0 = 5.025 \text{ \AA} \\ c_0 = 13.774 \text{ \AA} \end{array} \right\} \text{(六方格子恒数)}$$

$$a_0 : 1/2 c_0 = 1 : 1.3761$$

この軸率は形態上の値と近似し、仙人産赤鉄鉱の一性質と見做される。

(4) X 線廻折線には微弱ながら磁鉄鉱の存在が認められる。鏡下には認め難い微粒晶の磁鉄鉱が赤鉄鉱中に存在するものと考えられ、これが赤鉄鉱の磁性の原因をなすものと見られる。又この両者の共存関係は Entmischung に基因するものであろう。

結晶図作成のための新しい方法の検討

Refinement for the net for drawing of crystal figures

高 野 琴 代 (Kotoyo Takano)*

1. 序 言

筆者は協同者と共にさきに正規の位置の結晶図を正確、簡単に作成するための新しい方法について報告¹⁾したが、その後此の方法について各方面の研究者より数多くの貴重な御教示・御論議を賜わつたので、これらを基にして此の方法についてさらに検討を試みた。その結果、当初は単に計算を省略して作図出来る簡単な方法にすぎないと考えていたのが、作図された結果から見ても従来の Parker などの方法²⁾³⁾に比べてはるかにすぐれた数々の点を見出したので此の方法による具体的な作図例を示してこれらについて簡単に報告する。

2. 史的考察

最初にこのような器械的な結晶図の作成法について歴史的に振り返ってみよう。この種の方法の一例として T. V. Barker の graphical and tabular method が最近 H. E. Buckley の著書¹⁾に用いられているが、此の方法はほぼ右 20° 上 13° のところに視点を置いたもので、いわゆる正規の位置の結晶図に比べかなり尻上りに画かれるので、簡便な図解としてはともかく、永い間の記載伝統を持つ鉱物の記載の為にはその精度と共にあ

* 東大理学部鉱物学教室

- 1) 高野琴代・高野幸雄・伊藤和明：岩鉱，**41**，235～246，1957.
- 2) Parker, R. L. : Kristallzeichnen, **44**～55, 1929.
- 3) 片山信夫：地質，**40**，649～654，1933.
- 4) Buckley, H. E. : Crystal Growth **1**～559, 1951.