

島根縣鰐淵鉍山別所坑石膏鉍体中に於ける黄鉄鉍の晶相変化に関する研究

砂 川 一 郎*

Résumé

On the Variation of Crystal Habit of Pyrite in "Bessho" Gypsum Deposits, Wanibuti Mine, Shimane Prefecture.

by

Ichirō Sunagawa

1.) As a part of my study on the variation of crystal habit of minerals in ore deposits, I made some observations on pyrite crystals in Bessho gypsum deposits, Wanibuti Mine.

2.) Bessho deposit is a replacement one which shapes like a sweet-potato (about $240 \times 60 \times 50$ m.). Ore minerals are alabaster and fibrous gypsum crystallized in clay, which are macroscopically divided into three types: brown and no greasy feeling, green and greasy feeling, and yellowish white. These differences of clay seem due to the differences of their original rocks. The distribution of them is shown in Fig. 5.

3.) Pyrite crystallizes mainly in clay and rarely in gypsum. The crystals are small but perfect, and their habits are mainly pentagonal-dodecahedral and cubic and rarely octahedral. Predominant faces recognized by two-circle goniometer are:

$a(100)$ $e(210)$ $\delta(430)$ $\lambda(11.9.0)$ $\gamma(650)$ $\sigma(760)$
 $d(110)$ $o(111)$ $n(211)$

and beside them following vicinal faces are determined,

$\Gamma(740)$ (970) $D(540)$ $\pi(870)$ $(10.9.0)$ $\Lambda(11.10.0)$
 Remarks of these faces are always good, and their goniometric data are listed in Table 1. Typical habits in Bessho deposits are shown in Fig. 2.

4.) Pentagonal-dodecahedral faces have an interesting morphological problem. In general cases, especially in vein type deposits,

these faces consist of only $e(210)$ face, but in the present case they are of composite type with two or three faces such as $e(210)$, (650) , $d(110)$ and others. This composite type has been found also in pyrite from some other replacement deposits such as Hanaoka mine (typical deposit of so-called *kuromono* ore), and seems to be characteristic of pyrite in massive replacement deposits.

5.) Pyrite crystals change their habits as their size gets larger, and the sequence of change is regular in most cases. I will show two typical examples of them from Bessho deposit.

Example 1

In yellowish white clay, associated with small crystals of zincblende chalcopyrite and galena.

Crystal habit—

Type 1—cubic, $a(100)$ is large, $e(210)$ is small and rare.

(Fig. 2-1, 2-3)

Type 2—cubo-pentagonal, $a(100)$ and $e(210)$ are equally developed.

(Fig. 2-5)

Type 3—pentagonal-dodecahedral, large $e(210)$ and small $a(100)$.

(Fig. 2-6)

Sifting crystals into five groups from 16 to 150 mesh, and numbering the frequency of appearance of each habit for each mesh and finding its percentage, we obtain Table 2 and Fig. 3. They show that Type 1 decreases as the size gets larger and Type 3 vice versa, and Type 2 is midway between them. That is, crystal habits of pyrite change from cubic to pentagonal-dodecahedral as the size gets larger.

Example 2

In yellowish white clay, with no other ore minerals.

Type 1—cubic, dominant $a(100)$ with small $e(210)$, $o(111)$ faces.

(Fig. 2-1, 2-2)

* 地質部

地質調査所月報第2巻第3号 昭和26年

Type 2—cubo-octahedral, a(100) and o(111) are equally developed. (Fig. 2-10)

Type 3—octahedral, o(111) dominant, and always with middle a(100) and small e(210), (650), d(110) faces. (Fig. 2-11, 2-12)

We obtain Table 3 and Fig. 4. In this case, habit variation is from cubic to octahedral.

These changes are also recognized in other cases here, and their general trend is cubic—octahedral—pentagonal—dodecahedral, as the size gets larger. So far as I studied, these changes and trend are also observed on pyrite from Hanaoka and some other mines, and seem more remarkable in the case of replacement deposits or impregnated pyrite than that of vein type deposits. This fact means that crystal changes its habits as it grows larger, or as time of growth gets longer. But it is not uncertain whether it is due to the property of crystals themselves or to the change of environment such as lowering of temperature or pressure.

6.) Crystal habits of pyrite seem to vary with the differences of mother clay. Habit variations in size which arranged to each sort of clay are shown in Table 4. Habits are illustrated according to their grades of frequency as below, and predominant cases are shown in capital letters, inferior cases are in small letters and in nearly equal cases they are written with capitals in a row.

pentagonal-dodecahedral—P cubic—C
octahedral—O

From Table 4 we take a notice of some remarkable relation between habit and clay as follows:

1. Pyrite in brown clay is almost always cubic, and shows no remarkable change from 14 to 150 mesh.
2. Pentagonal-dodecahedral habit is predominant in green clay and only under 100 or 150 mesh it becomes cubic.
3. Octahedral habit is richer in yellowish white clay than the case of brown and green clay. But in this case, no definite trend is found as to pentagonal-dodecahedral and cubic habit.

On the other hand, the following differences as to the sort of clay are observed:

1. Size of pyrite crystal is small in brown clay, large in green clay, and medium in yellowish white clay.
2. The amount of pyrite is rare in brown and yellowish white clay, and much in green clay.
3. Percentage of gypsum is higher in green than in brown clay, and richest in yellowish white clay.
4. Fibrous gypsum is much in brown clay, alabaster is in green clay.
5. Balls of alabaster are generally large in green clay and small in brown clay.

I think that these differences are due to the sorts of original rock; that is to the amount and the state of existence of each elements in original rocks, and to physical and chemical properties of original rocks themselves. In the concrete, the origin of brown clay is black shale, the one of green clay is green tuff, and the one of yellowish white clay is calcarious patch. Therefore, the differences of width and trend of habit change in sizes of crystal seem due to the differences of original rock. In other words, it will be possible to say that the property of original rock is one of the causes of habit variation.

7.) The horizontal and vertical variation of crystal habit of pyrite in Bessho deposit is illustrated in Fig. 5. Generally, it is cubic in SW part, pentagonal-dodecahedral in NW, and octahedral in the central small part. This trend is roughly coincide with distributions of each clay, but locally it is not. But I think that this local unconcurrence is not due to the differences of grade of mineralization, but to the properties of original rocks.

8.) In conclusion, I think that grades of crystal growth and differences of original rock are the fundamental factors which cause the variation of crystal habit of pyrite in Bessho deposit. Of course, these two do not act separately, but interact in crystallization process at the same time.

November 1950

要 約

鉍床中に於ける鉍物の晶相変化に関する研究の一環として、鰐淵鉍山別所坑の黄鉄鉍について、観察と統計を行った。塊状交代鉍床中の黄鉄鉍については二番目の研究である。

主として結晶形態の記載、結晶の大きさによる晶相変化、粘土の種類による晶相変化、鉱床内に於ける垂直的・水平的な晶相の変化について観察・統計し、一方鉱床中に於ける粘土・石膏・黄鉄鉱等のあり方・分布状態等の地質学的な観察から別所坑の成因について考察した。これら両者の観察から、黄鉄鉱晶相変化の要因に関する考察を行った。

結論として、黄鉄鉱は結晶の生長にともなつて晶相が変化し、その変化の系列、幅等は根本的には母岩の差異に基因するものと思う。しかしそれらの変化がよつて来る物理的・化学的あるいは地質学的な機構については、未だ明らかでなく今後の研究課題である。

1. 序 言

鉱物の結晶の晶相の変化と、産出状態又は結晶の晶出した環境の相違との間の関聯を明らかにして、晶相変化の経路を探り、更にその知識を鉱床探査の一つの手段として用いようというのがこの研究の目的で、その一つとして、島根県簸川郡鰐淵村昭和鉱業鰐淵鉱山別所坑の石膏鉱体中に産する黄鉄鉱の晶相変化について調査した。

塊状鉱床中に産する黄鉄鉱の晶相変化については、既に秋田県花岡鉱山の場合について調査報告した¹⁾。花岡鉱山の研究に於て得られた主な結論は次の様である。

- (i) 晶相は結晶粒の大きさによつて変化し、結晶粒が大きくなるに従つて出現率の増加する順序は大體、五角十二面体——八面体——六面体の順であることを知つた。
- (ii) 晶相が母岩、あるいは母鉱石の種類によつて相違していることに気がついた。
- (iii) 鉱床群の相違によつて晶相の組み合わせ、それぞれの出現の割合が異つてゐることを認めた。
- (iv) 天然蝕像と面の種類、随伴鉱物の種類と晶相の変化、面の性質と産状との関係などについてもいくらかの観察を行い、相関関係を知つた。

塊状の交代鉱床中の黄鉄鉱については、既に花岡鉱山のものについて行つたが、今回の研究の方法もほゞ花岡鉱山の場合と同様である。

この調査に當つて種々御便宜を頂いた鰐淵鉱山職員諸氏、特に今川利郎氏に深謝する。又測角に用いたゴールドシュミット A 型複回測角器は、秋田大学鉱山学部の好意によつて、特に当所に借し出されたものである。記して同学の厚意に深謝する。

2. 鉱床周辺の一般地質及び鉱床略説

鰐淵鉱山は島根県簸川郡鰐淵村にあり、昭和鉱業株式会社経営している。一畑電鉄雲州平田駅から約 10km、

鉱山事務所は同村金平にあり、ここには以前に黒鉄を採掘した鉱床がある。

鉱床附近は、第三紀の黒色頁岩・緑色凝灰岩・褐色頁岩がほゞ N50°~60°W の走向をもち、NE 20~30° の傾斜をもつて累層して発達し、これらを貫いて噴出した安山岩及び流紋岩が分布している。この安山岩周辺の黒色頁岩及び緑色凝灰岩中に、これを交代して数個の石膏鉱床と黒鉄鉱床とが存在している。石膏鉱床で現在稼行されているものは、鰐淵鉱山別所坑及び唐川、後野に存在する 2 鉱床で、同村金山には黒鉄鉱床が存在している。これらは鶺鴒村鶺鴒峠山とを結ぶ、ほゞ NNW の方向に沿つて分布している。

別所坑は黒色頁岩と緑色凝灰岩との境界部を交代してつくられたと考えられる石膏鉱床で、粘土化した母岩中に、玉状の雪花石膏、ローズ状に発達している纖維石膏が主として発達しており、平均 35% 程度である。鉱体の形は長さ約 240 m、深さ 60 m、幅 50 m の NEE に長い芋状で、本坑で最もよく採掘され、下一・上一・中・上一の計 4 本の坑道が掘られている。

粘土は肉眼的には褐色・緑色・黄白色の 3 種にわけられ、第 5 図の様な分布をしており、後に詳述する様に、黄鉄鉱の晶相変化と深い関係をもっている。黄鉄鉱の結晶は、主にこれらの粘土中に鉱染状に存在しているのである。通称玉石膏と云われている塊状の雪花石膏、及びローズ状に発達している纖維石膏も、これら粘土中に埋つて産し、二次的生成物と考えられる板石膏(縦断纖維石膏)は、鉱体周辺の母岩との境界部に最もよく発達している。又玉石膏の初源的な形と考えられる鈣鍾状の 0.5~1.0 cm 大の石膏の小塊も屢々見られ、これはほゞ一定方向に沿つて配列しており、母岩の層理を示しているのではないかと考えられる。雪花石膏中に黄鉄鉱が晶出している場合にも、ほゞこれと同じ方向の配列を示しているのは後述の通りである。

この鉱床は、すぐ近くに黒鉄鉱床が存在しており、それと成因的に関聯のある交代鉱床と考えることが出来るが、その生成過程については今回の様な短時日の現地調査では、詳細に論ずることは出来ない。しかし、筆者は基本的な形として次の様なことを考えており、この考えが後述のいくつかの記述・議論・考察の基礎をなす考えである。²⁾ 即ち後火山活動の結果由来された鉱化剤——これは H₂S、S、H₂O 等のガスの形で与えられたものと考へている。黄鉄鉱中の Fe はこれと一緒にもたらされたものではないと思う。——によつて交代作用を受けた結果、先ず母岩中の Ca がそれと結びついて石膏をつくり、他方遊離した Al₂O₃、MgO、K₂O、SiO₂ 等は粘土をつくり、又母岩中の Fe は黄鉄鉱として晶出する。このよう

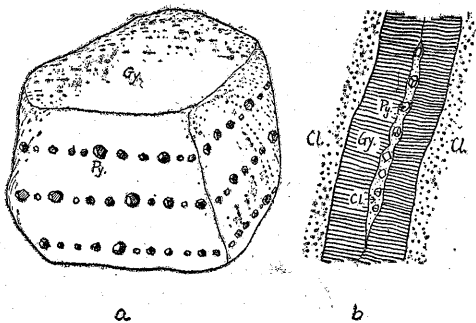
にしてつくられるものゝ種類、量は、この場合には母岩の種類に応じて、換言すれば母岩中の諸元素のあり方、量及び母岩自身の物理的性質等に応じて異つた形をとる。例えば、石膏の種類・品位・粘土の種類の相違、更に黄鉄鉱の量及び本研究の対称であるその晶相の変化などは、いずれも根本的には母岩の相違に帰因するものであると考えている。

- 1) 地質学会総会講演、要旨、地質誌 Vol. 54 No. 636 p 117.
- 2) この報告書の中で述べてある鉄床の成因についての考え方、特に黄鉄鉱の Fe を原岩中の Fe に求める考え方は、既に小出博が最近の論文“脈について”地質雑 Vol. 56 No. 658 p 351. 1950. で議論し提示している。筆者の考えの根本はその論文に負っているものであることを明記しておく。

3. 別所坑産の黄鉄鉱の結晶

黄鉄鉱は、鉄体内に一般的にかなり広く分布している。結晶は 16 乃至 32 mesh 以下のものが普通で、それ以上の大きさのものは稀であり、何れも完全な結晶である。

殆んど全てが粘土中に鉄染状に存在しており、石膏の中には極く稀にしか見られない。雪花石膏中に存在する場合には普通、第 1 図 a の様に一定方向に配列し、結



第 1 図 石膏中の黄鉄鉱の産状 a 雪花石膏中 b 纖維石膏中
Py. 黄鉄鉱 Gy. 石膏 Cl. 粘土

Fig. 1. Occurrence of pyrite in gypsum. a in alabaster. b in fibrous gypsum Py. Pyrite Gy. gypsum. Cl. Clay.

晶は大きく、五角十二面体型であることが多い。この定方向的な配列は、前述した玉石膏への初源的な形と考えられる紡錘状石膏の小塊の配列と近似している。纖維石膏中に黄鉄鉱が存在する場合は第 1 図 b の様に、纖維脈の中心線にそつて、粘土と一緒に存在していることが普通である。粘土中に結晶しているものは、多くは散点的に存在しており、稀には微細な結晶が部分的に密集していることもある。

晶相は六面体及び五角十二面体が一番多く見られ、八面体のものは少ない。

測角に適する結晶 6 個を選んで、複測角した結果認められた主要面は次の様である。(測角した結晶の内訳は、六面体のもの 2 個、五角十二面体のもの 2 個、八面体のもの 1 個、 $a(100)$ と $o(111)$ とが等大に発達しているもの 1 個で、何れも径 2 mm 程度のものである)。

$a(100)$, $e(210)$, $\delta(430)$, $\lambda(11.9.0)$ $\nu(650)$,
 $\sigma(790)$, $d(110)$, $o(111)$, $n(211)$,

この他、微斜面として次のものが認められた。

$r(740)$, (970) , $D(540)$, $\pi(870)$, $(10.9.0)$,
 $\Lambda(11.10.0)$

面の反射は何れも良好である。

{hko} 面の属する晶帯は、微斜面の発達が著しく、これらのうち良好な反射を示す面だけを選んで指数を決定すると上の様になる。これらの面の測角データを第 1 表に、別所坑に見られる代表的な黄鉄鉱の結晶図を第 2 図に一括して示した。

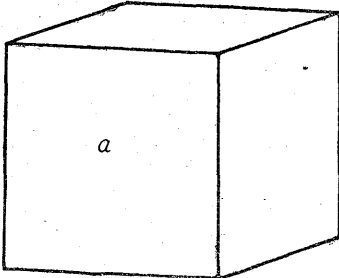
第 1 表 別所坑産黄鉄鉱測角表

Table 1 Angular table for Pyrite from Bessho-ko, Wanibuti Mine

Index	ρ		ϕ		Rem. Size	n
	meas.	calc.	meas.	calc.		
$a(100)$	90°00'	90°00'	90°00'	90°00'	A L	31
$e(210)$	"	"	63°25'	63°26'	A L	46
(430)	"	"	53°00'	53°08'	B S	11
(11.9.0)	"	"	50°44'	50°43'	A M	6
(650)	"	"	50°13'	50°12'	B S	17
(760)	"	"	49°27'	49°24'	A S	11
$d(110)$	"	"	44°55'	45°00'	B M	24
(740)	"	"	60°34'	60°16'	B VS	1
(970)	"	"	52°31'	52°08'	B "	2
(540)	"	"	51°34'	51°21'	A S	3
(870)	"	"	48°57'	48°49'	B "	2
(10.9.0)	"	"	48°03'	48°01'	B M	2
(11.10.0)	"	"	44°48'	44°44'	B S	2
$o(111)$	54°44'	54°44'	45°00'	45°00'	A L	8

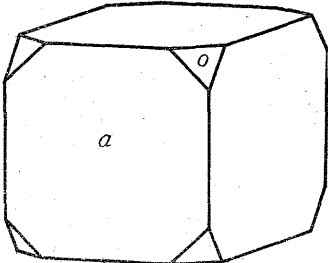
結晶自身について興味深い点は、五角十二面体晶相のものについてである。この形の晶相は、普通——殊に鉄脈型鉄床中に晶出したものでは—— $e(210)$ 一種だけで五角十二面体面 {hko} を形成しているのであるが、別所坑に見られる五角十二面体晶相の {hko} 面は $e(210)$ の他に $\phi(430)$, $\nu(650)$, $d(110)$, $\sigma(760)$, $\lambda(11.9.0)$ 等の諸面で形成されており、普通には $e(210)$ を主としこの他に $\nu(650)$ を必ずもち、更に上記諸面のうち何れか一つをとらない、2 乃至 3 段階に分れている。こうした

面の構成は花岡鉍山産の黄鉄鉍の場合も同様であつた。筆者の調べた範囲内では、鉍脈型の鉍床に産する結晶には、この様な面の構成を示すものを認められないが、塊



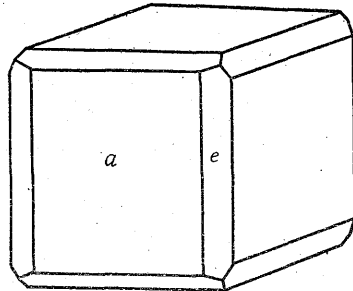
第2図1

状の交代鉍床中のもについては多くの例を知っている。したがつて、この構成型はあるいは塊状の交代鉍床に特有のものではないかとの疑問をもっている。五角十二面体晶相の結晶は、一般に比較的大型で、上の様な構成の五角十二面体面の他に、 $n(211)$, $o(111)$ 等の小面をともなっており、時に $n(211)$ が



第2図2

中位に発達することがある。六面体晶相のものは結晶小で、 $a(100)$ には條線が走っており、八面体式のものは $o(111)$ を主とし、この他に $a(100)$, $d(110)$, $e(210)$, $\nu(650)$ 等の小面を必ずともない、又時に $n(211)$ をもつこともあり、これらの面が $o(111)$ の稜を欠いて発達



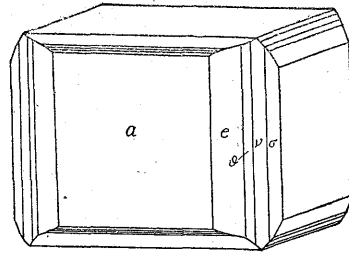
第2図3

している。勿論これら3つの晶相は、互に独立した別個のものではなく、相互に漸移的な移り変りの関係にあるもので、従つてこれらの中間型に属するもの

も存在することは云うまでもない。

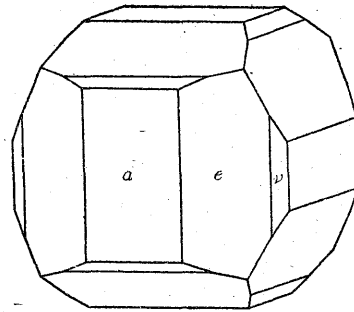
4. 結晶の大きさによる晶相の変化

花岡鉍山産の黄鉄鉍晶相変化について行つた研究の際認められた結晶の大きさと晶相変化との関係が、別所坑の黄鉄鉍の晶相についても同じ様に認められる。即ち花岡鉍山に於て、同一個所に鉍染状に晶出している黄鉄鉍の結晶を、8mesh から 150mesh 迄の間に4乃至7段階に分級して、各 mesh 毎に晶相別の出現率を統計して、結晶の犬きさによる晶相変化の関係を調べて見ると、結



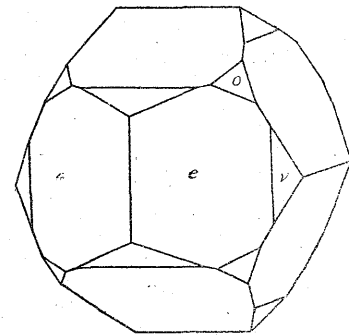
第2図4

例えば、同一標本で結晶粒が小さい方が六面体の出現率が圧倒的に多いが、粒が大きくなる程六面体は少く



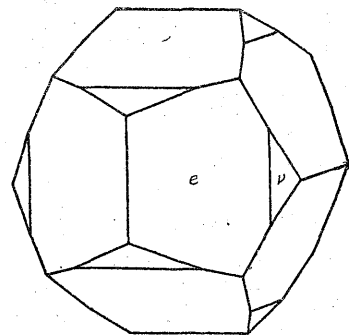
第2図5

なり、五角十二面体の出現率が高くなる。別所坑に於ても、大体これと同様な傾向が見られるが、花岡鉍山の場合程その変化がはつきり見られず、一



第2図6

晶相内の二次的優位面が、上の様な順序に従つてその大きさを变化させている様な場合が多い。しかしその変化



第2図7

の順序は花岡鉍山の場合と同様にはつきり認められる。こうした変化は、筆者の観察した範囲内では、花岡鉍山や別所坑の様な所謂塊状の交代鉍床中に、あるいは凝灰岩・変朽安山岩等に鉍染状に晶出している様な黄鉄鉍の結晶について特に明瞭に見られ、しかもその順序は花岡鉍山の場合と殆んど同じである。これに反して、鉍脈型鉍床に産する黄鉄鉍については、この変化はあまりはつきり認められない。この差はおそらく、晶出機巧

晶は粒の大きさによつてその晶相が変化し、粒が大きくなるに従つて、出現率が増加する強さは五角十二面体一八面体一六面体の順であることがわかつた。

の順序は花岡鉍山の場合と同様にはつきり認められる。こうした変化は、筆者の観察した範囲内では、花岡鉍山や別所坑の様な所謂塊状の交代鉍床中に、あるいは凝灰岩・変朽安山岩等に鉍染状に晶出している様な黄鉄鉍の結晶について特に明瞭に見られ、しかもその順序は花岡鉍山の場合と殆んど同じである。これに反して、鉍脈型鉍床に産する黄鉄鉍については、この変化はあまりはつきり認められない。この差はおそらく、晶出機巧

の順序は花岡鉍山の場合と同様にはつきり認められる。こうした変化は、筆者の観察した範囲内では、花岡鉍山や別所坑の様な所謂塊状の交代鉍床中に、あるいは凝灰岩・変朽安山岩等に鉍染状に晶出している様な黄鉄鉍の結晶について特に明瞭に見られ、しかもその順序は花岡鉍山の場合と殆んど同じである。これに反して、鉍脈型鉍床に産する黄鉄鉍については、この変化はあまりはつきり認められない。この差はおそらく、晶出機巧

の順序は花岡鉍山の場合と同様にはつきり認められる。こうした変化は、筆者の観察した範囲内では、花岡鉍山や別所坑の様な所謂塊状の交代鉍床中に、あるいは凝灰岩・変朽安山岩等に鉍染状に晶出している様な黄鉄鉍の結晶について特に明瞭に見られ、しかもその順序は花岡鉍山の場合と殆んど同じである。これに反して、鉍脈型鉍床に産する黄鉄鉍については、この変化はあまりはつきり認められない。この差はおそらく、晶出機巧

の順序は花岡鉍山の場合と同様にはつきり認められる。こうした変化は、筆者の観察した範囲内では、花岡鉍山や別所坑の様な所謂塊状の交代鉍床中に、あるいは凝灰岩・変朽安山岩等に鉍染状に晶出している様な黄鉄鉍の結晶について特に明瞭に見られ、しかもその順序は花岡鉍山の場合と殆んど同じである。これに反して、鉍脈型鉍床に産する黄鉄鉍については、この変化はあまりはつきり認められない。この差はおそらく、晶出機巧

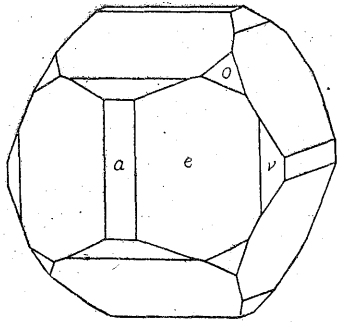
の順序は花岡鉍山の場合と同様にはつきり認められる。こうした変化は、筆者の観察した範囲内では、花岡鉍山や別所坑の様な所謂塊状の交代鉍床中に、あるいは凝灰岩・変朽安山岩等に鉍染状に晶出している様な黄鉄鉍の結晶について特に明瞭に見られ、しかもその順序は花岡鉍山の場合と殆んど同じである。これに反して、鉍脈型鉍床に産する黄鉄鉍については、この変化はあまりはつきり認められない。この差はおそらく、晶出機巧

の順序は花岡鉍山の場合と同様にはつきり認められる。こうした変化は、筆者の観察した範囲内では、花岡鉍山や別所坑の様な所謂塊状の交代鉍床中に、あるいは凝灰岩・変朽安山岩等に鉍染状に晶出している様な黄鉄鉍の結晶について特に明瞭に見られ、しかもその順序は花岡鉍山の場合と殆んど同じである。これに反して、鉍脈型鉍床に産する黄鉄鉍については、この変化はあまりはつきり認められない。この差はおそらく、晶出機巧

の順序は花岡鉍山の場合と同様にはつきり認められる。こうした変化は、筆者の観察した範囲内では、花岡鉍山や別所坑の様な所謂塊状の交代鉍床中に、あるいは凝灰岩・変朽安山岩等に鉍染状に晶出している様な黄鉄鉍の結晶について特に明瞭に見られ、しかもその順序は花岡鉍山の場合と殆んど同じである。これに反して、鉍脈型鉍床に産する黄鉄鉍については、この変化はあまりはつきり認められない。この差はおそらく、晶出機巧

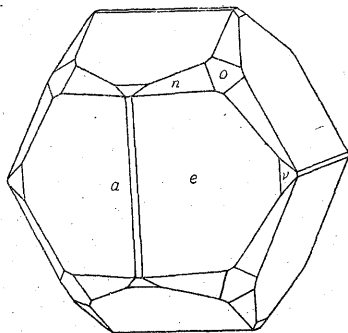
の順序は花岡鉍山の場合と同様にはつきり認められる。こうした変化は、筆者の観察した範囲内では、花岡鉍山や別所坑の様な所謂塊状の交代鉍床中に、あるいは凝灰岩・変朽安山岩等に鉍染状に晶出している様な黄鉄鉍の結晶について特に明瞭に見られ、しかもその順序は花岡鉍山の場合と殆んど同じである。これに反して、鉍脈型鉍床に産する黄鉄鉍については、この変化はあまりはつきり認められない。この差はおそらく、晶出機巧

の順序は花岡鉍山の場合と同様にはつきり認められる。こうした変化は、筆者の観察した範囲内では、花岡鉍山や別所坑の様な所謂塊状の交代鉍床中に、あるいは凝灰岩・変朽安山岩等に鉍染状に晶出している様な黄鉄鉍の結晶について特に明瞭に見られ、しかもその順序は花岡鉍山の場合と殆んど同じである。これに反して、鉍脈型鉍床に産する黄鉄鉍については、この変化はあまりはつきり認められない。この差はおそらく、晶出機巧



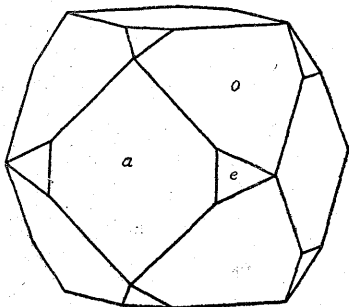
2 図 8

序は、下部帯準から上部にかけて大略六面体——八面体

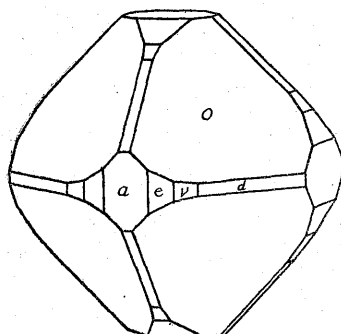


第 2 図 9

別所坑に産する黄鉄鉱の、結晶粒の大きさによる晶相



第 2 図 10



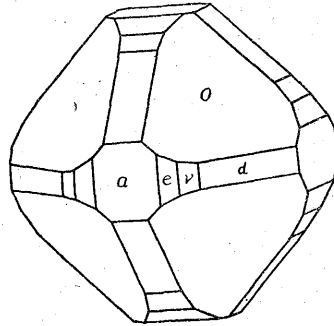
第 2 図 11

の相違によるものであろう。しかし鉄脈型鉄床の場合には、筆者が尾小屋鉄床群について観察したところによると、黄鉄鉱の晶相が鉄床の深さによつて垂直的に変化しており、しかもその変化の順序は、下部帯準から上部にかけて大略六面体——八面体——五角十二面体という変化を示していた。この順序は、前述の変化の順序と一致しており、これら両者の変化関係に、ある一致が存在することは興味深いことである。

変化を知るために行つた統計の例として 2 例を記述して、統計方法・結果を明らかにしておく。

結晶粒の大きさは、16・32・60・100・150mesh の 5 段階に分級した。晶相は、互に漸移的にうつりかわっているが、各例とも大きく 3 種に分類して統計した。

例 1. 別所坑上一坑中段
黄白色の粘土の中に散点的に存在している黄鉄鉱の結晶で、黄



第 2 図 12

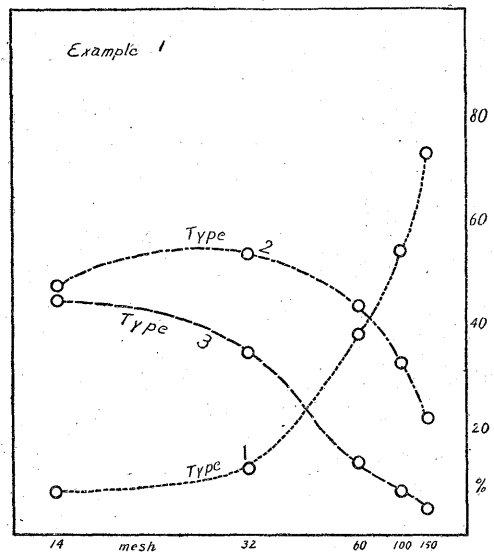
鉄鉱の他に雪花石膏の小球、及び閃亜鉛鉱・黄銅鉱・方鉛鉱等の黒鉄鉱物の小結晶がかなり多量に存在している。雪花石膏の小球中には黄鉄鉱は殆んど晶出していないが、黒鉄々物は粘土中よりも

むしろこの中の方が多い。

標本を破碎、水洗して黄鉄鉱分のみを抽出し、5 段階に分級して各 mesh 毎に晶相別の出現率をとると第 2 表の様になる。この結果を、縦軸に百分率・横軸に mesh をとつたグラフ上に投影し晶相毎に間をむすぶと第 3 図が得られる。黄鉄鉱の晶相は五角十二面体と六面体とで、その間漸移的に変化しており、八面体結晶及び $o(111)$ 面は全く見られない。便宜上晶相を主要面の相違によつて次の 3 つに分けた。

第 2 表 例 1
Table 2 Example 1

HABIT	16mesh	32mesh	60mesh	100mesh	150mesh
Type 1	19' 8	42' 12	214' 38	343' 59	199' 73
Type 2	115' 47.5	189' 53.5	247' 43.5	190' 32.5	59' 22
Type 3	107' 44.5	123' 34.5	104' 18.5	49' 8.5	14' 5
total	241	354	565	582	272



第 3 図 結晶の大きさによる晶相の変化 例 1
Fig. 3 Change of crystal habit in size of crystals. Example 1

Type 1. $a(100)$ を主とする六面体型で $e(210)$ の小面をとともなることもある。

(第 2-1 図, 2-3 図)

Type 2. $a(100), e(210)$ がほぼ等大に発達し, Type I と Type 3 との中間型に当るもの。

(第 2-5 図)

Type 3. $e(210)$ を主面とする五角十二面体型結晶で, $a(210)$ をともなる。

(第 2-6 図)

第 3 図に明らかな様に, 六面体型の Type I は結晶が大きくなるに従って出現率が急激に減少し, 五角十二面体型の Type 3 は逆に増加し, 中間型の Type 2 は丁度両方の中間の傾向を示している。

即ち結晶粒が小さい場合には, 結晶の殆んど大部分が六面体 Type 1 であるが, 結晶が大きくなるにつれて $e(210)$ が発達し, 遂に五角十二面体型である Type 3 の出現率が六面体の Type 1 よりもはるかに高くなる。この様に同一標本内で結晶の大きさに従って, 晶相が明らかに変化している。

例 2, 別所坑下一番坑

黄白色の粘土中に多量に鉍染状に晶出している黄鉄鉱。雪花石膏もあるがこの中には黄鉄鉱は見られない。又黒鉍鉱物は全く存在していない。

結晶は六面体と八面体とがあり, その間は漸移的に変化している。 $e(210)$ 面もともなっているか, これはあまり大きく発達していない。便宜上, 晶相を次の 3 型に大別して統計した。

Type 1. $a(100)$ を主とし, $e(210), o(111)$ の小面をとともなる六面体型。(第 2-1, 2-2 図)

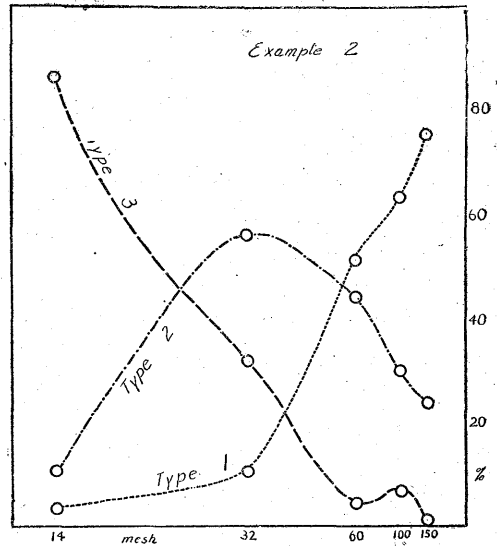
Type 2. $a(210), o(111)$ がほぼ等大に発達しているもので, $e(210)$ が中位に発達していることもある。(第 2-10 図)

Type 3. $o(111)$ を主とする八面体で, $a(100)$ の中位面, $e(210), r(650), d(110)$ 等の小面をとともなっている。(第 2-11, 2-12 図)

例 1 の場合と同様に取扱つて第 3 表及び第 4 図を得る。この場合は, 結晶粒が大きくなるに従って出現率の増加

第 3 表 例 2
Table 3 Example 2

Habit	16mesh	32mesh	60mesh	100mesh	150mesh
	%	%	%	%	%
Type 1	9' 3.5	62' 12	328' 51	379' 63	225' 75
Type 2	28' 10.5	292' 56	286' 44.5	182' 30	72' 24
Type 3	227' 86	169' 32	28' 4.5	41' 7	2' 1
total	264	523	642	602	299



第 4 図 結晶の大きさによる晶相の変化 例 2
Fig. 4 Change of crystal habit in size of crystals. Example 2

する晶相は Type 3 の八面体で, Type 1 の六面体はこれと全く逆の関係を示しており, 中間型の Type 2 は両者のほぼ中間的な傾向を示している。

以上の 2 例は, 大きさによる晶相変化が比較的明瞭に見られる例で, 別所坑の黄鉄鉱が全部これ程はつきりと変化しているものとは限らない。六面体から五角十二面体に, あるいは六面体から八面体という様な変化が生じる大きさの幅が, 上の 2 例の様に狭くなく, 150 mesh から 16 mesh 迄の間に殆んど明らかな晶相変化を示さない様な変化の幅の広いものもある。しかしこの場合でも, 二次的優位面の程度での変化は常に見られるのである。

晶相が結晶の大きさによつてほぼ連続的に且つ一定の系列に従つて変化すること実は, 結晶の生長にともなつて晶相が変化するということを意味している。即ち生長の時間, あるいは鉍化* の程度によつて晶相変化が起ると考えられる。

即ち, ある小範囲の場所で, 一定の母岩が上述の様な鉍化を受けて黄鉄鉱が晶出した場合, 一つの結晶について云えば, Fe と S とが結びついてゆくに従つて (鉍化が進むにつれて) その晶相が, ほぼ一定の系列に従つて変つてゆくということである。例えば, ある場合には, 生長の最初の段階では六面体を示すが, 生長が進むに従つて $e(210)$ 面が発達し, 遂には五角十二面体の晶相とな

* 鉍化の程度と云う言葉は, 漠然として正確でないが, ここで意味しているものは, 母岩中の Fe と既述の様な鉍化剤とが結びついて, 黄鉄鉱をつくつてゆく場合に, それらが結合する化学的な力, 相互の働き合う量, 時間等の程度を総括して表現したものである。

り、又ある場合には六面体から八面体へ、又は六面体から八面体を径て五角十二面体へ変化する。

一方、既述の様な黄鉄鉱の生成過程の当然の帰結として、その晶相は母岩中の Fe の量、あり方等に、換言すれば原岩の種類によつて変化する筈である。更に正確に云えば黄鉄鉱の晶相が大きさによつて変化する変化の幅、あるいは変化の系列は、原岩の種類によつて異つてくる筈である。この点に関する観察は次に詳述する。

5. 粘土の種類による晶相の相違

鉱体内の各地点から採集した標本22個について、上述の様な方法によつて、5段階に分級し各 mesh毎にどの晶相のものが最もよくあらわれているかを観察して、その結果を産状別に分けて一括すると第4表の様になる。本表では、晶相を五角十二面体型 P、六面体型 C、八面体型 O に三大別し、圧倒的に多くあらわれている場合に

第4表 粘土の種類による晶相変化
Table 4 Habit variations according to the sort of mother clay

Sample no.	14	28	60	100	150	clay
24071606	C	C	C	brown clay
24071504	C	C	C	C	C	
24071604	...	Cpo	Cpo	Cpo	Co	
24071505	C	C	C	C	C	
24071605	C	C	C	C	C	
24071506	C	C	C	C	C	
24071501	Pc	PC	Cp	Cp	C	green clay
24071701	...	P	P	P	Cp	
24071609	P	P	Pc	Pc	PCo	
24071608	...	P	P	P	Cp	
24071704	PC	PC	PC	Cp	C	
24071502	...	P	Pc	Pc	PC	
24071610	Pc	CP	Cp	C	Co	
24071702	P	Pc	C	C	C	
24071503	P	P	P	Pco	PC	
24071612	P	Pc	Pc	Co	Co	yellowish white clay
24071613	PC	PC	Cpo	Cpo	Cp	
24071508	Oc	Oc	Oc	Oe	Co	
24071703	CP	Cp	Cp	CP	C	
24071507	Oc	Oc	Co	C	C	
Z-2	COp	COp	COp	COp	CO	gypsum
Z-2	Pe	Pco	PCo	CPo	C	

はそれぞれの大文字で、2乃至3種の晶相がほぼ等量づつあらわれている場合はそれぞれの大文字を併記し、少量のものはそれぞれの小文字をもつてあらわした。この場合の統計の方法は、4.で行つた様な定量的なもので

はなく、定性的に、総合的な観察からその mesh にあらわれる各晶相の大略の出現率の傾向を把握する様な観察の仕方に従つた。例えば、a(100)のみの単形のものとは e(210)のみの単形のものだけがあらわれている様な場合には、簡単に大体の両者の出現する割合を観察して Pc, Cp, あるいは PC の様にあらわす。第2—5図の様な両方の聚形で且つ中間型の様なものが存在する場合、あるいは2次的優位面としてあらわれている様な場合には、その mesh にあらわれる結晶全体をそれぞれの単形に還元して見て、その場合の割合を判断して表現する。偶発的に且つ小面としてあらわれる様な場合には、その面は考慮外においてよい。

既述の様に、別所坑は黒色頁岩と緑色凝灰岩とを交代してつくられた芋状の石膏鉱床と考えられ、その石膏分は母岩中の Ca に由来し、Mg, Al 等は粘土として石膏の周囲に生じ、Fe は黄鉄鉱として晶出したものと考えている。従つて黄鉄鉱は、石膏中に晶出することが稀で、専ら粘土中に散点的に完全な結晶として晶出している。稀には繊維石膏の中心線に沿つて晶出することもあるが、この場合も粘土と一緒に含まれている。又粘土は肉眼的には大体3種類にわけることが出来る。即ち、褐色の脂感の少ないもの、灰緑色の比較的脂感のあるもの、黄白色で甚だしく脂感が強く〜見玉石膏の見まぢがえられるものの3種である。

褐色粘土は鉱体周辺、特に鉱体の SW 方向に広く分布し、黄鉄鉱の晶出は稀で結晶は小さい。又石膏も少なく、且つ主に繊維石膏で、玉石膏も存在するが大塊としては発達していず、一定方向に配列している紡錘状の小塊が多い。灰緑色粘土は主に鉱体の NE 部に広く分布しており、黄鉄鉱の晶出多く、結晶も大である。この中の石膏は玉石膏が主で、その塊も前者に比べて大きい。繊維石膏は前者の場合よりも少なく、石膏全体としての品位もはるかに高い。黄白色粘土は鉱体中心部に小範囲に見られ、石膏はこの部で最も品位が高く且つ玉石膏が主である。黄鉄鉱の晶出は少ないが、結晶粒は大である。

こうした粘土の種類の相違、及びこれにともなつての黄鉄鉱の量・大きさ・石膏の種類・品位の相違が生ずる原因について、筆者は原岩の種類の相違を考えている。即ち主に原岩中にふくまれている諸元素の量・あり方の相違、更に原岩自身の物理的、化学的な諸性質の相違に起因するものと考えている。具体的に云えば、褐色粘土は黒色頁岩に、灰緑色粘土は凝灰岩に、黄白色粘土はそれら間にはさまれた石灰質に富んだバッチに由来するものである。そしてこのことは以下に述べる黄鉄鉱の晶相にも深い関聯が認められるのである。

さて先に述べた方法で統計した結果を、これら3種の粘土及び石膏にわけて一括してみると第4表のようになる。この際、繊維石膏の中心線に沿って粘土と共に晶出している黄鉄鉱は、晶出の場所が僅に異っているだけで、実質的には周囲の粘土と殆んど差がないと考えて取扱った。第4表を眺めて著しく感じられることは次の様な3点である。

(1) 褐色粘土中のものは結晶が大きくなる迄殆んど六面体だけしかあらわれない。即ち14~150meshの間、2次的優位面の変化は見られるが、著しい晶相変化を認めることは出来ない。

(2) 灰緑色粘土中のものは、五角十二面体のものが甚だ多く、100~150 mesh 以下にならないと六面体の方が多くならない。

(3) 黄白色粘土中及び石膏中のものは、他に比べて八面体がかなり多くみられる点が特徴的で、六面体、五角十二面体については特に一定の傾向は見られない。

この様に、黄鉄鉱の晶相は、変化の幅、系列等が粘土の種類によつて異つている。

既述の様に、粘土の種類は原岩の差に基因するものと考えることが出来る。従つて黄鉄鉱の晶相の種類・変化の幅・傾向等の差も原岩の種類に因るものと考えられる。即ち原岩中のFeのあり方、量等の相違あるいは原岩の物理的、化学的状態の相違は原岩中のFeが酸化ガスと結合して黄鉄鉱をつくる場合に、 FeS_2 の分子の結合の仕方・結合力・生長速度等に差を生じ、その結果、晶相が大きさによつて変化する幅・系列、あるいは晶相の種類に差を生ずるものと考えられる。簡単に言えば、原岩の種類は黄鉄鉱の晶相変化を生ずる一因と考えることが出来よう。

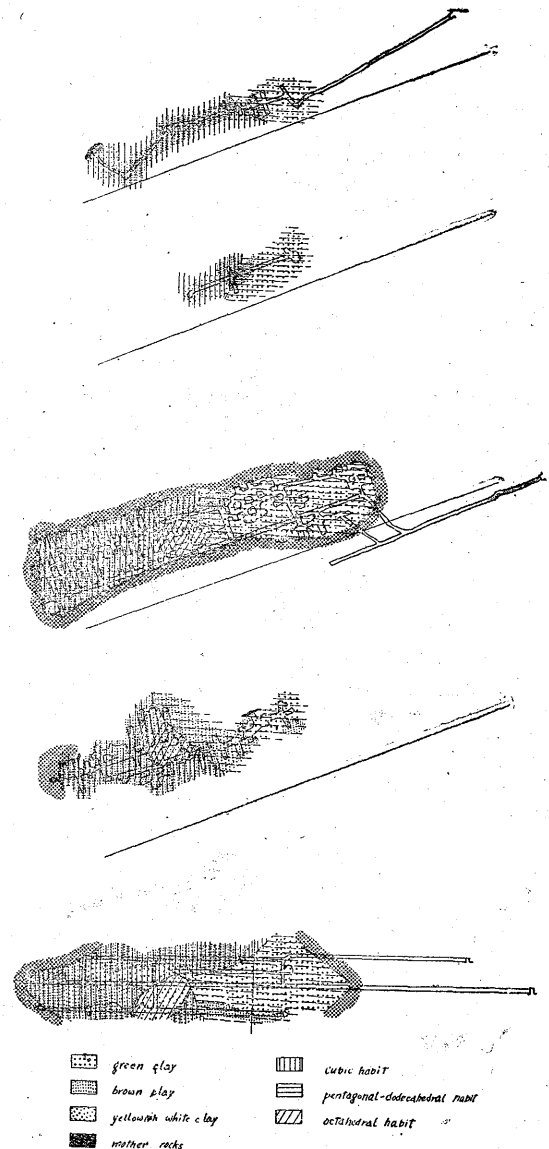
6. 鉱床内に於ける晶相変化

黄鉄鉱の晶相が鉱床内で水平的・垂直的どの様に变化しているかを知るために、晶相は結晶の大きさによつて变化するから、一応28 meshを基準としたものの晶相の種類を、上と同じ方法で各地点毎に記入し、各晶相の限界線を引いてみると、第5図のようになる。第5図はレベル毎の水平的変化を示し、粘土の種類も同時に示してある。垂直的な変化も第5図中に示されている。

第5図からわかる様に、鉱体内に於ける晶相の分布は、大体粘土の種類分布と一致しているが、必ずしも厳密には一致していない。下一番坑で、灰緑色粘土との境界部に近い褐色粘土中の黄鉄鉱が、五角十二面体を示しているなどはこの例外の一つである。

晶相の変化は水平的に見ると大体次の様に変化している。鉱体のSW部では殆んど常に六面体結晶だけで、

NE部に至るにつれて、漸次五角十二面体の要素が加わり、遂には殆んど五角十二面体だけとなる。これらの中間、鉱体のほぼ中心部の小範囲には、八面体の要素が加わっている。こうした水平的変化は、結晶の大きさによる晶相変化の系列と大体一致しているので、一見普通言はれている意味での鉱化の程度に原因する様にも考えられる。しかし、粘土の分布との大略の一致、5.で述べた様な、黄鉄鉱の結晶の大きさが粘土の種類によつて異り、又大きさの分布はSWの方向で小さく、NEの方向で大きいという事実との一致などを考えてみると、むしろ粘



第5図 別所坑礦床中に於ける粘土及び黄鉄礦の晶相別の分布図
上から、上一番坑、上一番坑中段、本坑、下一番坑、各断面図及び綜合断面図
Fig. 5 Distribution of clays and crystal habits of pyrite in Bessho ore body.

種類、即ち原岩の相違という要因の方がより根本的なものであると考えられる。換言すれば、原岩中の Fe のあり方・量・原岩自身の物理的・化学的性質等の差が、黄鉄鉱を晶出させる力、晶出過程・晶出機巧等の差をもたらし、その結果晶相の分布、結晶の大きさの分布等に上の様な関係を生じたのであると考えられるのである。そしてその結果が、上の様に見鉱化の程度の差を考えさせる様な現象となつたのであると思われる。粘土の分布と晶相の分布との部分的な不一致も、むしろ原岩の上の様な諸性質の部分的な差と考えた方がよく思われる。勿論鉱化剤の供給量が一般的に完全に均等であつたとは考えていない。部分的な不均等は当然考えられることであるが、しかしそれにしてもより根本的な要因は、原岩の相違にあるのでないかと考えている。

7. 別所坑に於ける黄鉄鉱晶相変化の原因に関する議論

以上に観察し考察して来たことを要約すると次の2点になる。

(1) 結晶の大きさによる晶相の連続的な変化から、晶相が、結晶の生長とともになつて、即ち一つの結晶個体について云えば鉱化剤と原岩中の Fe が結合して黄鉄鉱を生長させてゆく程度につれて変化するということが考えられる。

(2) 粘土の種類による晶相の相違、鉱床中に於ける晶相の分布等の観察から、晶相が大きさによつて変化する系列、幅等が粘土の種類によつて相違することに着目した。そして他の観察から、粘土の相違は原岩の相違に帰因するものであると考えるので、黄鉄鉱の晶相の変化の幅、系列等の相違は根本的には原岩の相違に帰因するものである。

ここで注意しなければならないことは、前者は一つの結晶に関しての変化であり、後者は結晶全体、あるいは結晶群に関しての変化である点である。又前者が晶相自

身にいつての問題であり、後者は晶相変化の系列、幅についての相違である点である。

この区別は、晶相変化の原因を考えてゆく場合、殊に塊状の交代鉱床中のもの、あるいは従来鉱床と云う言葉で呼ばれている様な産状を示すものについて考えてゆく場合、特に注意してゆかねばならないことである。換言すれば、現実にある晶相は(このことは結晶自身についても云えることであるが)、その背後に生い育つて来た歴史をもっていること、即ち変化あるいは発展をもつていくことに注目しなければならない。それ故に晶相の研究は現実にある晶相だけを問題とするのではなく、その歴史の相違を問題としてゆく必要があると考える。

さてこの研究に於て筆者は、大きさによる晶相変化を解析し、その結果から晶相が結晶の生長とともに変ると考え、次にその変化の系列、幅等を基準として、それらが異つた産状の下に異つた様子をもつことを知り、そこからその変化が根本的には原岩の相違に帰因していると考えた。勿論現実にある晶相は上の二つの重合の結果であることは云うまでもない。ところで、これら2つは何が一番問題であるかという輪かくを漠然とは示してくれるが、これだけでは決して晶相変化の原因を指示するものとは云えない。第1の原因は、結晶自身の性質とも考えられようし、又この様な現象が温度圧力の低下の様な環境の変化に帰因するかも知れない。第2の問題については、それならば一体如何なる機構で如何なる晶相が生れるのか問題となろう。定性的には、凝灰岩の様な比較的黄鉄鉱が生長し易い環境下では、六面体一五角十二面体の変化の幅が狭く、頁岩の様なものなかではそれが広いということは云えよう。しかしそれだけでは問題は解決しない。

これらの晶相変化の原因或は機構をよりはつきりさせるための、物理的・化学的な考察、又地質学的な観察は今後問題としておきたいと思う。(1950,10)

553.574: 550.8 (521.731.75): 622.1

丹波地域の炉材珪石鉱床調査報文(総説)

岩生周一* 安齋俊男* 岡野武雄*

Résumé Brick Silica-stone Deposits in Tanba District, Kyōto and Hyōgo Prefectures.

by
Shūichi Iwao, Toshio Ansai &
Takeo Okano

In Japan, the so-called "Akashiro" silica-stone—an ore which is very particular in appearance, composed of red or green cherty breccia filled up by white vein quartz, very hard and beautiful—has been employed in ceramic industries.

Very many localities of the deposit are known in Japan, among which Tanba district herein reported is the most famous and

* 鉱床部

地質調査所月報第2巻第3号 昭和26年