

## グリンタフ地域における熱水性酸化鉄鉱物の産状について

大津秀夫\* 原田久光\*\*

On the Modes of Occurrence of Hydrothermal Iron Oxide Minerals  
in "Green Tuff" Region

by

Hideo Otsu &amp; Hisamitsu Harada

## Abstract

Modes of occurrence of hydrothermal iron oxide minerals in the base metal sulfide deposits of the "Green Tuff" region are reported. The iron oxide minerals are mainly hematite, often magnetite, and rarely goethite.

Modes of occurrence of these minerals are classified by their paragenesis into five types. The first type is in the paragenetic assemblage of magnetite-siderite-pyrite-chlorite-pyrrhotite-chalcopyrite which is thought to have deposited in the main stage of sulfide mineralization. In this assemblage, magnetite shows an unique kind of fibrous forms. The second type is in chalcopyrite-pyrite-magnetite-siderite? assemblage, in which magnetite occurs as crystals of granular, columnar and irregular shapes. The third is in the paragenetic assemblage of quartz-magnetite-pyrite-chlorite, in which magnetite has cubic, granular or irregular shape. The fourth is in the paragenetic assemblage of quartz-magnetite-hematite-pyrite-chlorite-siderite-goethite, in which magnetite shows mainly acicular or platy form pseudomorphous after goethite or hematite and sometimes granular or columnar form. The fifth is in the paragenetic assemblage of quartz-hematite-chlorite-pyrite-siderite-goethite, in which hematite occurs as aggregates of acicular or platy crystals and goethite as aggregates of acicular or irregular crystals. Magnetite of the fourth type is originated from the ferric oxide and hydro-oxide minerals of this type. The last three types are the products in the stage of later quartz crystallization.

Mechanisms and conditions of forming such iron oxide minerals are also discussed briefly from the modes of occurrence.

## 要 旨

グリンタフ地域に群在する熱水性卑金属硫化物鉱床、特に鉱脈に、しばしば産出する酸化鉄鉱物の産状について、総括的に述べたものである。この種の酸化鉄鉱物は赤鉄鉱および磁鉄鉱を主とするものであるが、まれには針鉄鉱としても産出する。これらの酸化鉄鉱物は他の鉱物、特に鉄を主成分とする硫化物、炭酸塩および珪酸塩鉱物と密接に共生するものである。ここでは、酸化鉄鉱物の産状を、これらの共生鉱物の組合せに基づいて記載

し、考察した。

## 1. 序 言

日本のいわゆるグリンタフ地域に存在する熱水性卑金属硫化物鉱床、特に鉱脈には、赤鉄鉱や磁鉄鉱等の酸化鉄鉱物を随伴する例がしばしばみだされている。赤鉄鉱はこれらの鉱床の大多数に、多かれ少なかれ認められるもので、その産出にはかなりの普遍性があり、したがってその研究もかなり古くから行なわれている。特に、これらの鉱床における赤鉄鉱の産出の意義を最初に指摘した加藤武夫 (1923)、大森鉱山における赤鉄鉱の産状を記載し、さらに赤鉄鉱・磁鉄鉱の生成条件に関する室内

\* 鉱床部

\*\* 元所員

合成実験を行なった久原幹雄 (1925, 1926) らの研究が古典的に著名である。その後も尾去沢鉱山産“ナルミ”鉱中の赤鉄鉱を堀純郎 (1940) が記載したのを初め、その産状に関する記載例は枚挙に暇がない。一方磁鉄鉱の方は、これらの鉱床が従来単純な浅熱水性のものと考えられており、また磁鉄鉱はいわゆる高温鉱物の1つであるとみなされていたので、磁鉄鉱がこの種の鉱床に産出するとは考えられず、また実際に発見されてもいなかった。ところが第二次大戦後、1950年に至つて、この種の鉱床に属する北海道の今金鉱山において、高島彰 (1950 a) により少量の磁鉄鉱が発見され、興味ある話題を提供するに至つた。その後、同種の鉱床と考えられていた秋田県立又鉱山に磁鉄鉱が多産する事実が発見され (竹内常彦・菅木浅彦, 1957a), これらの研究を契機としていわゆるグリンタフ地域の金属鉱石の研究が飛躍的に発

展し、それに伴つて磁鉄鉱の産出例が続々と知られるようになった。ただしいまのところではまだ、磁鉄鉱の産出は赤鉄鉱の普遍性に比肩しうるものではない。

これらの酸化鉄鉱物、特に磁鉄鉱は、一般的にいつてあまり濃集しては産出せず、また非常に細粒をなして他の鉱物と密接に共生するものであり、さらにはあまり経済的な価値を有するものではないので、詳細な総括的研究はまだ行なわれていない。しかし熱水性卑金属硫化物鉱床を作り上げた一連の鉱化作用を理解するには、その過程の中で生成した酸化鉄鉱物の詳細な知識が大きな手がかりを与えるものと考えられる。また、鉄資源として重要なこれらの酸化鉄鉱物の気成鉱床および水成鉱層における産出を比較検討し、統一的に理解するためには、それらの間の橋渡しとして、熱水期におけるこれらの酸化鉄鉱物の詳細な知識が大いに役立つであろう。筆者ら

第1表 グリンタフ地域に

鉱山名	位置	地質および
豊羽	北海道札幌市豊平町定山溪	新第三系中新統中部層 (訓縫層) に属すると思われる緑色凝灰岩岩・頁岩・礫岩を伴う。さらに流紋岩・石英安山岩・玄武岩が岩・変朽安山岩・黒色頁岩中の鉱脈で、その数は20を超える。
大江	〃 余市郡仁木町然別	玢岩とこれを貫く石英閃緑岩を基盤にして、これらを広く、礫岩の第三系中新統中～下部層が被覆している。鉱床は緑色凝灰岩類脈である。
今金	〃 瀬棚郡東瀬棚村・今金町	角閃花崗岩を基盤とし、これを覆つて、新第三系中新統の安山岩が安山岩中、一部花崗岩中に存在する。
山館	秋田県北秋田郡大館市山館	新第三系中新統の凝灰岩・頁岩を主とし、花崗閃緑岩がこれを貫く緑岩中の鉱脈。
立又	〃 西館村谷地	新第三系中新統中～下部の緑色凝灰岩・変朽安山岩を主とし、これ岩等が貫く。緑色凝灰岩・変朽安山岩中の平行鉱脈群。
明又	〃 西館村	立又鉱山と同様。変朽安山岩中の鉱脈で、立又鉱山の南方に隣接
竜神	山形県最上郡最上町向町	花崗岩を基盤とし、これを覆つて中新統中～下部の安山岩・変朽中の鉱脈。
羽前	〃 志茂	新第三系中～下部の緑色凝灰岩・安山岩・変朽安山岩中に鉱脈が英・磁鉄鉱・赤鉄鉱細脈が知られている。
大泉	〃 東田川郡大泉村大鳥	新第三系中新統中部層 (台島層) に属すると思われる変朽安山岩を安山岩・石英安山岩・流紋岩が貫く。主として変朽安山岩中の脈。
長井	〃 長井市	花崗岩を基盤とし、中新統の凝灰岩類が分布する。中新統中の鉱
三川	新潟県東蒲原郡三川村	花崗岩および古生層を基盤とし、中新統中部層に属すると思われ広く分布する。中新統中の銅・鉛・亜鉛脈。

はいわゆるグリンタフ地域の金属鉱床および鉱石に接する機会を多く得、またその中に酸化鉄鉱物の産出する例を多く知った。また筆者らのうちの1人は熱水性環境の下での種々の鉄鉱物の生成条件について理論的な考察を行なった(大津秀夫, 1960)。この機会に、このような熱水性環境において生成した酸化鉄鉱物の実際の産状について、筆者らの観察結果を中心として報告する次第である。

赤鉄鉱および磁鉄鉱は、かつては接触鉄床と考えられ、最近になつて熱水性過程が重視されるに至つた秩父・赤谷等の塊状鉄床にも産出することが知られているがこれらはスカルン鉱物に伴なつて産出する特殊なものである。ここでは参照するに止めた。またある種の赤鉄鉱は褐鉄鉱等とともに、硫化物鉄床の酸化帯にも産出するが、このような明らかに風化作用による生成物は除

おける熱水性磁鉄鉱の産地

外した。すなわち本報告で取り扱う酸化鉄鉱物は主として熱水性鉱脈中に初生的に産出し、または熱水性過程の中で二次的に変化して生じたものに限る。これらの酸化鉄鉱物は赤鉄鉱と磁鉄鉱を主とするが、まれには針鉄鉱である場合がある。

熱水性酸化鉄鉱物の鉱物学的性質の詳細については、ここではほとんど触れないが、これらの中には他の産状、例えば接触鉄床や火成岩中のものに較べて、若干異なつた鉱物学的性質を有するものがあり、特に含水の問題は多くの興味ある点を含んでいる。これらの鉱物学的性質の詳細は別に報告する予定である。

鉱床部高島彰部長・関根良弘・大町北一郎両技官から多くの有益な御教示を頂いた。ここに厚く御礼申上げる。

び	鉄	床	鉄	石	磁鉄鉱の産出地 (参考文献)
および変朽安山岩を主とし、砂			閃亜鉛鉱・方鉛鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱・輝銀	閃亜鉛鉱・方鉛鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱・輝銀	播磨鍾の一部 (藤原哲夫・斎藤昌之, 1958)
これらを貫く。鉄床は緑色凝灰			鉄・自然銀・濃紅銀鉄・菱マンガン鉄・赤	鉄・自然銀・濃紅銀鉄・菱マンガン鉄・赤	
・安山岩質緑色凝灰岩・頁岩等			鉄・磁鉄鉱・方解石・石英・緑泥石	鉄・磁鉄鉱・方解石・石英・緑泥石	千才鍾の一部 (浦島幸世, 1960)
を貫く硫化物・炭酸マンガン鉄					
が広く分布する。10以上の鉄脈			黄銅鉄・黄鉄鉄・方鉛鉄・閃亜鉛鉄・赤鉄	黄銅鉄・黄鉄鉄・方鉛鉄・閃亜鉛鉄・赤鉄	東部地区の14, 15号脈 (高島彰, 1950a)
			鉄・磁鉄鉄・菱マンガン鉄・石英・緑泥石	鉄・磁鉄鉄・菱マンガン鉄・石英・緑泥石	
く。鉄床は中新統、一部花崗閃			黄銅鉄・黄鉄鉄・閃亜鉛鉄・輝銅鉄・輝蒼	黄銅鉄・黄鉄鉄・閃亜鉛鉄・輝銅鉄・輝蒼	本 鍾 (榑原忠政, 1957)
			鉛鉄・磁鉄鉄・石英・緑泥石	鉛鉄・磁鉄鉄・石英・緑泥石	
らを花崗閃緑岩・流紋岩・安山			黄銅鉄・黄鉄鉄・閃亜鉛鉄・方鉛鉄・磁硫	黄銅鉄・黄鉄鉄・閃亜鉛鉄・方鉛鉄・磁硫	横間歩鍾の下部 (竹内常彦・菅木浅彦, 1957a)
			鉄鉄・菱マンガン鉄・菱鉄鉄・磁鉄鉄・石	鉄鉄・菱マンガン鉄・菱鉄鉄・磁鉄鉄・石	
する。			英・緑泥石	英・緑泥石	
			黄銅鉄・黄鉄鉄・磁硫鉄鉄・菱鉄鉄・磁鉄	黄銅鉄・黄鉄鉄・磁硫鉄鉄・菱鉄鉄・磁鉄	獅子沢鉄床の下部 (竹内常彦・菅木浅彦, 1957b)
			鉄・石英・緑泥石	鉄・石英・緑泥石	
安山岩が広く分布する。安山岩			黄銅鉄・黄鉄鉄・磁鉄鉄・磁硫鉄鉄・石英	黄銅鉄・黄鉄鉄・磁鉄鉄・磁硫鉄鉄・石英	黒竜鍾 (本報)
			・緑泥石	・緑泥石	
多数存在する。その他、別に石			黄銅鉄・黄鉄鉄・閃亜鉛鉄・石英・緑泥石	黄銅鉄・黄鉄鉄・閃亜鉛鉄・石英・緑泥石	硫化物脈とは別、大横川上流地区 (鈴木光郎, 1959)
・緑色凝灰岩を主とし、これら			閃亜鉛鉄・方鉛鉄・黄銅鉄・黄鉄鉄・赤鉄	閃亜鉛鉄・方鉛鉄・黄銅鉄・黄鉄鉄・赤鉄	大床鉄床 (高橋清・大津秀夫・伊藤司郎, 1962)
鉛・亜鉛・銅・炭酸マンガン鉄			鉄・磁鉄鉄・菱マンガン鉄・菱鉄鉄・輝蒼	鉄・磁鉄鉄・菱マンガン鉄・菱鉄鉄・輝蒼	
			鉛鉄・石英・緑泥石	鉛鉄・石英・緑泥石	
脈			黄銅鉄・黄鉄鉄・赤鉄鉄・磁鉄鉄・石英	黄銅鉄・黄鉄鉄・赤鉄鉄・磁鉄鉄・石英	(本報)
る緑色凝灰岩・変朽安山岩等が			黄銅鉄・黄鉄鉄・方鉛鉄・閃亜鉛鉄・自然	黄銅鉄・黄鉄鉄・方鉛鉄・閃亜鉛鉄・自然	普遍的 (K. Nagasawa, 1961)
			金・輝銀鉄・雜銀鉄・赤鉄鉄・磁鉄鉄・菱	金・輝銀鉄・雜銀鉄・赤鉄鉄・磁鉄鉄・菱	
			鉄鉄・石英・緑泥石	鉄鉄・石英・緑泥石	

2. 産地

グリントフ地域において、熱水性磁鉄鉱の産出はかなり多く知られるようになったとはいっても、まだその数は限られている。現在までに知られている産地の概要を第1表に表記した。

一方赤鉄鉱の産出は非常に普遍的であるため、その産地を網羅して示すことはできないが、特に多量に産出する鉱床および本報告で取り扱った鉱床について、その概略を第2表に示した。

これらの磁鉄鉱・赤鉄鉱を産出する鉱床の中には、いわゆる銅・緑泥石型の鉱脈に属するものが多く、特に赤鉄鉱を多産する型のものに著しい。またあとで述べるように、磁鉄鉱を産出する鉱床の中には、鉛・亜鉛鉱と菱マンガン鉱が複合した型のもが多く、著しい特徴となっている。

する。もちろん、今後鉱石に関する観察・研究が進んで、さらに多くの共生関係が知られるようになれば、下記の種類を補足し、あるいは細分化する必要が生ずる可能性を有するものであることは論をまたない。

- (1) 磁鉄鉱—菱鉄鉱—黄鉄鉱—緑泥石—磁硫鉄鉱—黄銅鉱
- (2) 黄銅鉱—黄鉄鉱—磁鉄鉱—菱鉄鉱?
- (3) 石英—磁鉄鉱—黄鉄鉱—緑泥石
- (4) 石英—磁鉄鉱—赤鉄鉱—黄鉄鉱—緑泥石—菱鉄鉱—針鉄鉱
- (5) 石英—赤鉄鉱—緑泥石—黄鉄鉱—菱鉄鉱—針鉄鉱

これらの各項における鉱物の順序は、それぞれの典型的なものにおける相対量の順序にほぼ一致し、多いものから少ないものへ列記した。また各項の末尾の方に記した1.2の鉱物は、実際には認められない場合もある。また

第2表 グリントフ地域における

鉱山名	位置	地質
尾去沢	秋田県鹿角郡尾去沢町	中新統の緑色凝灰岩・珪質黒色頁岩と、これら貫く変朽安からなる。鉱床は主として珪質黒色頁岩中の銅鉄脈、鉛・亜鉛石・赤鉄鉱質の“ナルミ”鉱を産出する。
不老倉	〃 大湯町不老倉	中新統中～下部の凝灰岩・頁岩およびこれら貫く安山岩。
阿仁	〃 北秋田郡阿仁町	中新統中～下部の砂岩・頁岩・礫岩・凝灰岩・変朽安山岩等等からなる。これらの中の銅鉄脈で8鉱床群あり、この中に(二十四孝)。
宮田又	〃 仙北郡協和村宮田又	中新統中部層に属すると思われる黒色頁岩・緑色凝灰岩と、中新統中の銅鉄脈。
国見	宮城県玉造郡鳴子町	中新統中～下部の緑色凝灰角礫岩と、これ貫く流紋岩から
金城	山形県寒河江市幸生	中新統中～下部の黒色頁岩・緑色凝灰角礫岩からなり、鉱床
大森	島根県邇摩郡大森町銀山	中新統の砂岩・頁岩・緑色凝灰岩および安山岩類からなる。

3. 共生関係による分類

熱水性酸化鉄鉱物は、その他の鉱物、特に鉄を主成分として含む硫化物、炭酸塩および珪酸塩鉱物等と密接に相伴なつて産出するものであり、したがって、これらの鉱物組合せに基づいて、それらを分類することができる。このような分類は酸化鉄鉱物の産状にも直接の関係を有するものであるため、これに基づく分類結果を、産状の詳細を述べるに先立ち、まずここに列記することに

(5)においては、石英・赤鉄鉱および緑泥石の量的順序は、変化しうるものである。

4. 産状

グリントフ地域の金属鉱床に産出する熱水性酸化鉄鉱物の産状を、前記の鉱物組合せの別に従つて、順次述べることにする。

- 4.1 磁鉄鉱—菱鉄鉱—黄鉄鉱—緑泥石—磁硫鉄鉱—黄銅鉱

この鉱物組合せを持つた鉱石は、いまのところでは、秋田県立又および明又鉱山においてのみ知られているが、グリントフ地域以外では、兵庫県明延鉱山においても、この種の鉱石を産出するようである (Y. Sekine, 1959)。立又および明又鉱山においては、黄鉄鉱・黄銅鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・磁硫鉄鉱からなり、まれにはキューバ鉱・バレリー鉱・輝砒鉛鉱・黄錫鉱を含み、また黄銅鉱中に典型的な閃亜鉛鉱星状骸晶が認められている硫化物主要鉱化期の硫化鉄石 (竹内常彦・荻木茂彦, 1957 a; 1957 b; 関根良弘・大津秀夫・郷原範造・吉田善亮, 1957) 中に、径数 mm~数m の、外観上は均質・緻密なレンズ状または不規則形の黒色鉄塊が産出する。この黒色鉄塊は著しい磁性を有し、磁鉄鉱のみからなるような外観を呈するものであるが、鏡下で観察すれば、常に多量の菱鉄鉱<sup>註1)</sup>を混え、しばしば少量の黄鉄鉱・緑泥石・磁

立又および明又鉱山産磁鉄鉱のうち、この種の鉱物組合せを示すものは、主として繊維状の形態を有する点できわめて特徴的である。ただし、八面体またはそれに近い粒状を呈するものも、少量ながら認められる。黒色鉄塊の中心部では、塊状の菱鉄鉱を基地として、その中に繊維状の磁鉄鉱が束状に密集合している (図版 1)。黒色鉄塊中に早期晶出の硫化鉱物 (黄鉄鉱・磁硫鉄鉱・黄銅鉱等) が含有される場合には、これらの硫化鉱物を取り巻いて、まず菱鉄鉱のみが晶出し、次いで繊維状磁鉄鉱および菱鉄鉱の密接な共生体が生成している。これに反し、黒色鉄塊の周辺部では、菱鉄鉱はこの繊維状磁鉄鉱を交代し、明瞭な繊維状または短冊状の外形を有する微小結晶の集合となる (図版 2)。これらの事実からみて、菱鉄鉱は繊維状磁鉄鉱とほぼ同時に晶出したものであるが、その晶出は磁鉄鉱の晶出よりやや早期に始まり、や

熱水性赤鉄鉱の代表的産地

び 鉱 床	鉱 石
山岩・輝石安山岩・斜長流紋岩・石英安山岩等鉛鉱脈、金・銀鉱脈で、特に金・銀鉱脈には緑	黄銅鉱・斑銅鉱・黄鉄鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・自然金・赤鉄鉱・菱鉄鉱・石英・緑泥石
流紋岩からなる。鉱床はこれらを一貫銅鉱脈。	黄銅鉱・黄鉄鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・赤鉄鉱・石英・緑泥石
よびこれらに侵入した粗粒玄武岩・花崗閃緑岩金・緑泥石・赤鉄鉱質の鉱石を産するものがある	黄銅鉱・黄鉄鉱・斑銅鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・自然金・赤鉄鉱・石英・重晶石・緑泥石
これらを一貫流紋岩・花崗閃緑岩等からなる。	黄銅鉱・黄鉄鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・赤鉄鉱・輝砒鉛鉱・石英・緑泥石・重晶石
なり、鉱床は、これらの中の銅鉱脈。	黄銅鉱・黄鉄鉱・斑銅鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・赤鉄鉱・石英・緑泥石
はこれらの中の銅鉱脈。高旭鉱山の支山。	黄銅鉱・黄鉄鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・赤鉄鉱・石英・緑泥石・菱鉄鉱
これらの中の銀・銅鉱脈。	黄銅鉱・黄鉄鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・輝銀鉱・自然銀・赤鉄鉱・菱鉄鉱・石英・緑泥石

硫鉄鉱・黄銅鉱、まれには閃亜鉛鉱を含むものである。この種の黒色鉄塊は時には濃集して多量に産出し、特に立又鉱山においては、稼行の対象として考慮され、調査されたことがある (竹田英夫, 1959)。

注 1) 光学的性質および分離濃集試料の粉末X線回折実験の結果から同定されたもので、これらの結果および弱酸溶出物の部分分析の結果から、Ca・Mg・Mn等の陽イオンは非常に少なく、純粋なFeCO<sub>3</sub>に近い組成を有するものと推定される。

や晩期にまで及んだものと考えられる。このような黒色鉄塊の外縁は、さらに緑泥石、膠状沈殿組織を有する微粒黄鉄鉱・閃亜鉛鉱を経て、輪鉱状構造を形成しながら黄鉄鉱・磁硫鉄鉱・黄銅鉱を主とする硫化鉄石に移化する場合がある (図版 3)。

個々の磁鉄鉱繊維状微小結晶は緻密な場合が多いが、時には長柱状、短柱状または粒状の超微細結晶の集合でこのような集合体の輪廓として繊維状を呈するものがある (図版 4)。

粒状の磁鉄鉱は繊維状磁鉄鉱の束状集合の間隙にある菱鉄鉱中に散在し、あるいは菱鉄鉱中で集合するが、粒状結晶の一部が伸長して、繊維状のものへ移行する場合もある(図版5)。また繊維状結晶の一部には、肥大して粒状結晶に近い形態を有するものもある(図版3の右端部)。

以上のような繊維状磁鉄鉱は、形態としてはきわめて特異なもので、いまのところでは、立又および明又鉱山以外ではまだ認められていない。この形態は両鉱山でしばしば産出することが知られている繊維状緑簾石または緑泥石後の仮像として考えられたことがあるが、筆者らの観察によれば、これらの残存物が磁鉄鉱結晶中に全く認められず、また、これらの両者の形態・粒度が磁鉄鉱のそれと必ずしも一致しないところから、繊維状磁鉄鉱をこれらの鉱物後の仮像と考えるのは困難である。上記のような観察結果からは、この種の磁鉄鉱の繊維状形態は特異なものではあるが初生的なものと考えた方が妥当のようである。

黄鉄鉱・磁硫鉄鉱・黄銅鉱等の硫化鉱物は、主として繊維状磁鉄鉱の束状集合体の間隙に取り込まれて交代され、あるいは逆に細脈状をなしてそれを切断する。また時には、前述のように、微粒の黄鉄鉱が、緑泥石・菱鉄鉱等とともに、膠状沈殿を思わせる輪状構造を形成することがある(図版3)。明延鉱山産の磁鉄鉱にも、ある種の膠状沈殿組織が認められている(Y. Sekine, 1959)。

この種の磁鉄鉱には石英および赤鉄鉱の共生が認められていない。このことは他の鉱物組合せのものと比較して、非常に興味ある特徴であり、その意義は筆者の1人により、理論的に考察されたところである(大津秀夫, 1960)。

この種の磁鉄鉱は光学性、磁性、化学組成等の鉱物学的性質の面では、接触鉱床産のものとは全く同等で、その詳細については別に報告する予定である。

以上のような産状の観察から、この種の共生集合体は、一連の熱水性鉱化作用のうちでも大部分の硫化物が生成した硫化物主要鉱化期において形成されたもので、物理・化学的条件の局部的または一時的変化により、鉱液中の鉄分の大部分が、硫化物としてではなく、酸化物および炭酸塩の形で沈殿し生成したものと考えられる。

#### 4.2 黄銅鉱—黄鉄鉱—磁鉄鉱—菱鉄鉱?

この鉱物組合せは秋田県立又・明又・山館鉱山、山形県大泉・竜神鉱山等で認められている。

これらの鉱床の硫化鉱石、特に黄銅鉱中には、粒状、短柱状または不規則形の微小磁鉄鉱が散在し、あるいは硫化鉱石を交代して不規則形の磁鉄鉱が産出する(図版

6および7)。黄銅鉱中に散在する粒状磁鉄鉱には、黄銅鉱の集片双晶面に沿って生成・配列し、美麗な文象状構造を形成する場合がある(図版8)。

4.1 で述べたような磁鉄鉱および菱鉄鉱を主とする共生集合体、または4.3および4.4に示すような石英を主とする共生集合体に直接する硫化鉱物中に、この種の磁鉄鉱がしばしば認められ、これらの場合に、磁鉄鉱結晶の周囲に少量の菱鉄鉱と思われる炭酸塩鉱物を伴うことがある。

この種の磁鉄鉱は接触鉱床産のものと同等の光学的性質を有するものであるが、黄銅鉱中で文象状配列をなす磁鉄鉱結晶の純粋試料の分析結果からは、この種の磁鉄鉱は理論値よりやや三価鉄の多いものであることが判明している。この詳細は別に報告する。

以上のように、この種の磁鉄鉱は、硫化鉱物中に取り込まれたものと、硫化鉱物を交代して生じたものの2種類があると考えられ、特に後者は、他の型の鉱物組合せ中の磁鉄鉱の形成に関連して生成したものが多いようである。

#### 4.3 石英—磁鉄鉱—黄鉄鉱—緑泥石

いまのところでは、これは山形県竜神鉱山においてのみ認められている。

竜神鉱山では、黄鉄鉱や黄銅鉱を主とし、少量の閃亜鉛鉱・磁硫鉄鉱等を含む硫化物主要鉱化期の生成物を貫く晩期石英中に、粒状または不規則形の磁鉄鉱が産出し時には濃集して、黒色鉱塊となつてレンズ状をなして硫化鉱物を切断している。この黒色鉱塊は著しい磁性を有するが、鏡下では常に多量の石英を混え、磁鉄鉱は石英中で粒状または不規則形の微小結晶の集合として産出するものである。石英中に存在する粒状磁鉄鉱はほぼ六面体<sup>注2)</sup>の外形を有し(図版9)、粒径1mmに達して、双眼顕微鏡下で結晶面を認めることができる場合があるが普通はこれより遥かに細粒である。鏡下ではこの六面体磁鉄鉱結晶は、非常に微細な柱状、粒状または蠕虫状結晶のスケルトン状集合で、集合体の外形として六面体を呈するものである(図版10)。したがって、この六面体外形の内部には、磁鉄鉱のほか、相当量の石英・緑泥石、時には硫化鉱物を含んでいる。またこれらの磁鉄鉱集合体は、しばしば、磁鉄鉱の微細脈で縦横に連結されている(図版11)。

この種の磁鉄鉱は、時には、晩期石英中の硫化鉱物、

注2) 普通の磁鉄鉱結晶は八面体の面を主とするものが多いが、Lothringenのある種の化学沈殿岩中の磁鉄鉱では、六面体の面が優勢であるとされている(P. Ramdohr: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen, Akademie-Verlag, Berlin, 1950)。

主として黄銅鉱を 4.2 で示したように交代し、さらに石英中へ連続して晶出していることがある (図版 12)。

磁鉄鉱の濃集部には、不規則な形の未詳鉱物を多量に含むことがある (図版 13)。この鉱物は研磨片上で暗灰色で、磁鉄鉱より遥かに低い反射能(脈石鉱物程度)を有するにすぎず、また暗緑色の内部反射を明瞭に示し、ほぼ等方性であるが、時には僅かに異方性を示す部分がある。さわめて変質(酸化?)しやすく、長時間放置した研磨片の表面、粉末または薄片では暗褐色となる。これらの性質を考慮すれば、この鉱物は  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 、白色沈殿を酸化する時に生ずる緑色生成物や、いわゆる green rust (J. D. Bernal, D. R. Dasgupta, A. L. Mackay, 1959) あるいはこれらの類似物である可能性がある。したがってこの鉱物は水溶液からの磁鉄鉱の低温合成に関連して、非常に興味深い鉱物であるが、何分にも変質しやすいため、その鉱物学的性質の詳細を明らかにするには至っていない。

この種の磁鉄鉱はX線粉末回折実験の結果では、いずれもまさしく磁鉄鉱そのものであるが、他の鉱物学的性質に関しては、接触鉱床産のような普通の磁鉄鉱とは著しく異なつたものがある。例えば、竜神鉱山産のある種の磁鉄鉱はかなり高い反射能を有し、反射光によりほぼ白色で、水溶液から沈殿により低温合成した磁鉄鉱またはマグヘマイトに類似する。たゞしマグヘマイトとは異なり、全く不透明で時には僅かに異方性を示し、条痕は黒色である。磁性についても普通の磁鉄鉱とは著しく異なっている。純粋分離試料の化学分析の結果では、磁鉄鉱の理論値より著しく三価鉄に富み、二価鉄に乏しく、また少量ながら水分を含有するものである。

この種の磁鉄鉱は赤鉄鉱とほとんど共生しない。また磁硫鉄鉱とも直接には共生しないが、この磁鉄鉱より早期に生じた硫化物主要鉱化期の黄鉄鉱中には、磁硫鉄鉱の微小結晶が包有されていることがある。

以上のように、この種の磁鉄鉱は、生成時期の点で、4.4 および 4.5 で述べるような鉱物組合せのものと同じく、これらと近縁関係にあると考えられる。

#### 4.4 石英—磁鉄鉱—赤鉄鉱—黄鉄鉱—緑泥石—菱鉄鉱—針鉄鉱

この鉱物組合せは比較的多くの鉱床で認められている。グリンタフ地域の金属鉱床で熱水性磁鉄鉱が初めて発見された例として有名な北海道今金鉱山の磁鉄鉱もこれに属するものである(高島 彰, 1950 a)。また藤原哲夫・斎藤昌之(1958)により研究された豊羽鉱山、および長沢敬之助(1961)により研究された三川鉱山の例もこれに属するものであるが、最も典型的な例は山形県大

泉鉱山産のものである。

この種の共生集合体は前記の 4.3 と同じく、硫化鉱物の大部分が生成された硫化物主要鉱化期のあとで晶出した晚期石英中に存在するものであるが、4.3 とは異なり、磁鉄鉱は主として微細な針状または板状を呈し、赤鉄鉱と密接に共生する。

この種の針状または板状磁鉄鉱は晚期石英中に分散しあるいは互いに集合して束状、放射状、球顆状等を呈する。これらの集合体がさらに集つて、石英中に、膠状沈殿を思わせる綿状構造を形成する場合もある。これらの産状は 4.5 で述べる針状または板状赤鉄鉱の産状と全く一致するものである。

磁鉄鉱はこのように針状または板状を呈するほかに、粒状または短柱状の形態を有することがある。これらは針状または板状磁鉄鉱と混在し、あるいは針状または板状磁鉄鉱の集合体に接する別の部位に、あるいは単独に集合する(図版 14)。

針状または板状磁鉄鉱は、赤鉄鉱後の假像と考えられている。たしかに、板状磁鉄鉱は赤鉄鉱の板状初生結晶より変わったものであることには異論を挟む余地はなく、この現象は他の型の鉱床でもしばしば認められているところである(T. M. Broderick, 1919; G. Gilbert, 1925; J. W. Gruner, 1926; P. Ramdohr, 1926; F. N. Guild, 1934; 高島彰, 1950 b; 宮沢俊弥, 1954 等)。一方、赤鉄鉱が細長い針状結晶として初生的に生成したと考えるのは、従来知られている赤鉄鉱の晶癖から見てかなり困難である。筆者らの観察によれば、針状磁鉄鉱の内部には、針鉄鉱様鉱物を不規則に含む場合があり(図版 15)、また大泉鉱山では晚期石英中に針状磁鉄鉱と産状・形態を全く同じくする、結晶度の良い針鉄鉱<sup>注3)</sup>の針状結晶が産出している(図版 16)。これらの点から、針状磁鉄鉱の少なくとも一部は、比較的結晶度の良い針鉄鉱の針状結晶に由来すると考えた方が妥当ようである。すなわち、針状磁鉄鉱の少なくとも一部は、針状針鉄鉱初生結晶から直接、またはそれが脱水して生じた針状赤鉄鉱から変化して生成したものであろう。藤原哲夫・斎藤昌之(1958)もまた、豊羽鉱山において、針状磁鉄鉱と共生する水赤鉄鉱の存在を指摘している。

針状または板状磁鉄鉱には、中心部に赤鉄鉱を残存している場合が多い(図版 17)。しかしこれとは逆に、中心部に磁鉄鉱が存在し、周辺や先端に赤鉄鉱が認められる場合もしばしばある(図版 18)。これについては、赤

注3) 光学的には閃亜鉛鉱程度の低い反射能を有し、内部反射および透過光により褐色を呈し、異方性が著しい。分離濃集試料の粉末X線回折の結果から、針鉄鉱と同定された。

鉄鉱の内部から磁鉄鉱化が起こつたと考えられたこともあるが、筆者らの観察の結果からは、F. N. Guild(1934)が指摘したように、一度磁鉄鉱化した針状または板状結晶が、ふたたび外側から赤鉄鉱化したと考える方が妥当のようである。

針状磁鉄鉱には、また、赤鉄鉱あるいは針鉄鉱と非常に密雑して産出し、これらの生成がほぼ同時であつたことを示すような場合がある(図版19)。

一方、粒状または短柱状磁鉄鉱は、明らかに初生的なもので、このような初生磁鉄鉱が晶出する付近の赤鉄鉱は概して磁鉄鉱化している(図版14)。

針状初生結晶は磁鉄鉱または赤鉄鉱に変わるほかに、時には黄鉄鉱、まれには菱鉄鉱と推定される炭酸塩鉱物にも変化する。また黄鉄鉱が赤鉄鉱または針鉄鉱を交代する時に、黄鉄鉱に接する部分のみが磁鉄鉱化することがある(図版20)。これは硫化鉱物の生成時における硫黄分による還元作用を示すものと考えられる。一方、針状の磁鉄鉱や赤鉄鉱が黄鉄鉱・黄銅鉱・閃亜鉛鉱等の硫化鉱物を交代している場合もある(図版21)。

この種の磁鉄鉱および赤鉄鉱が磁硫鉄鉱と直接共生する例はまだ発見されていないが、これらの酸化鉄鉱物より早期の硫化物主要鉱化期における生成物には、しばしば磁硫鉄鉱が認められている。

この種の磁鉄鉱の鉱物学的性質は、それが赤鉄鉱または針鉄鉱とあまりにも密接に共生しているため、充分には明らかではない。しかし光学的性質および粉末X線回折実験の結果からは、普通の磁鉄鉱とほぼ一致するものである。一方、赤鉄鉱は、接触鉱床や火成岩中のものと比較して、かなり反射能が低いという特徴をもっている。

以上のような産状からみて、針鉄鉱や赤鉄鉱の針状または板状初生結晶の生成、それらの磁鉄鉱または赤鉄鉱への変化、および初生磁鉄鉱の生成を含む酸化鉄鉱物形成の種々相は、それぞれ全く時期を異にした異質の鉱化作用によるものではなく、晩期石英晶出期における若干の条件変化に基づくものであると考えられる。

#### 4.5 石英—赤鉄鉱—緑泥石—黄鉄鉱—菱鉄鉱—

##### 針鉄鉱

この種の鉱物組合せは、いわゆるグリーンタフ地域に存在するほとんどすべての金属鉱床に認められるといつても過言ではないほどに普遍的なものである。これもやはり、前二者と同様、硫化物主要鉱化期のあとで形成された晩期石英晶出期の生成物である。

この種の赤鉄鉱は針状または板状結晶として、主として石英または緑泥石とともに産出する。板状赤鉄鉱は径0.1~5mm、厚さ0.01~0.3mm程度の多角形、時には明

らかに六角形の板状を呈するもので、いわゆる鏡鉄鉱あるいは雲母鉄鉱である(図版22)。一方、針状赤鉄鉱は一般に板状のものより細粒で、長さ1mm以下、幅0.05mm以下の微細な針状を呈するものである。板状赤鉄鉱を底面に垂直またはそれに近い角度で切つた断面(薄片または研磨片)では、見掛け上、針状を呈し、もともと針状である赤鉄鉱との区別が困難な場合が多い。しかし研磨片において、石英中に存在する板状赤鉄鉱では、研磨片内部からの反射により、板状の形態を識別しうる場合がある。またもともと針状のものでは、断面によつてはきわめて小さい点状の切り口が認められることがある。しかし確実に識別するには、やはり鉱物を取り出して平面上に配列させてみる必要がある。この場合、板状のものは底面上に偏向するため、板状であることが明瞭になる(図版22)が、針状のものは自ら針状である。板状のものは分散し、または互いに平行して集合する。針状のものは分散して産出するほか、互いに集合して球顆状・放射状・束状・魚卵状・ぶどう房状・被殻状等を呈する。これらのほかに、全く不規則な形の赤鉄鉱もまれには認められる。針状または不規則形赤鉄鉱には、4.4で述べたように、針鉄鉱の脱水によつて、生じたものとあると考えられ、事実、針鉄鉱の存在がしばしば認められる。

この種の赤鉄鉱の産状にはかなりの多様性があるが、これらを括めれば概略以下に示すようになる。

##### (I) 多量の石英に伴なうもの

(a) 石英中に分散し、または球顆状・放射状・束状等をなして集合するもの。針状または板状、時には針鉄鉱(図版23・24)。

(b) 石英中で、特定の石英粒を縁取り、または石英の破片を膠結するもの。針状のものが多(図版25・26)。

(c) 石英中の緑泥石を縁取るもの。針状または板状(図版27)。

(d) 石英中で超微細結晶が球状に集合し、または硫化物や石英を核にして魚卵状・被殻状等をなし、全体として肉眼的に赤色のレンガ状を呈するもの。針状または不規則形、時には針鉄鉱(図版28・29)。

##### (II) 多量の緑泥石に伴なうもの。

(a) 緑泥石の片状結晶にほぼ平行して分散するもの。板状(図版30)。

(b) 緑泥石(および石英)と縞状に累積し、輪鉱を形成するもの。針状または板状(図版31)。

##### (III) ほぼ単独で産出するもの。

(a) 板状結晶の集合——雲母鉄鉱

(b) 微細結晶が赤色粘土状に集合するもの。針状または板状。



これらの赤鉄鉱は、(I)の場合はもちろん、(II)および(III)の場合でも、必ず少量ながら石英を伴ない、その石英中に(I)の型の赤鉄鉱が生成している。また4.4で述べた針状および板状結晶は、上記の(I)に相当するものが多い。

緑泥石は、純粋試料の化学分析の結果から(Fe<sup>2+</sup>2.4-3.0 Mg 0.9-1.8 Al 0.8-1.2 Fe<sup>3+</sup>0.4-0.9) (Si 2.8-3.0 Al 1.0-1.2)O<sub>10</sub>(OH)<sub>8</sub>程度の組成を有するもので、多少のFe<sup>3+</sup>を含む chamosite, aphrosiderite ないし brunsvigite に相当し、緑泥石の中でも比較的鉄分に富むものと考えられる。これは中村威(1960)の見解と良く一致するものである。

石英中の赤鉄鉱は、晩期石英中に含有され、あるいはそれに接する硫化物主要鉱化期の生成物である黄鉄鉱・黄銅鉱・閃亜鉛鉱等の硫化鉱物を交代する。また、晩期石英晶出期に産出したと考えられる微粒の黄鉄鉱・硫砒銅鉱等に交代されることがある(図版32)。また、晩期石英中であつて膠状沈殿組織を持つような黄鉄鉱中に針状の赤鉄鉱が認められることもある(図版33)。一方、この種の赤鉄鉱には、磁硫鉄鉱が直接共生することはなく、また、それより早期の硫化物主要鉱化期の生成物にも、磁硫鉄鉱が発見された例はほとんどない。

この種の赤鉄鉱の近くには、菱鉄鉱(注4)が針状・犬歯状または板状結晶の集合として産出する機会が多い。赤鉄鉱と菱鉄鉱との間には直接の関係が認められないこともあるが、時には赤鉄鉱の晶出している付近の緑泥石のみが選択的に菱鉄鉱化している場合があり、そのほか赤鉄鉱針状結晶が菱鉄鉱化し(図版34)、あるいは赤鉄鉱針状結晶内部に少量の菱鉄鉱が認められる場合(図版35)等がある。また石英中に含まれる球状あるいは魚卵状菱鉄鉱中に、赤鉄鉱の微細な針状結晶が分散し、または束状に集合して生成していることもある(図版36)。

以上に述べてきたように、この種の赤鉄鉱は晩期石英晶出期における生成物で、その産状は、同時期における酸化鉄鉱物の産状の基本となるものである。この時期の晶出物には、以上に挙げたほかに、自然金・輝銀鉱・濃紅銀鉱・雑銀鉱等の金銀鉱物が含まれることがあり、尾去沢鉱山(ナルミ鉱)・阿仁鉱山(二十四孝)・豊羽鉱山等が著名である。しかし、晩期石英中で、酸化鉄鉱物と金銀鉱物とは必ずしも常に相伴するわけではなく、ほとんど全くこれを含まない場合も少なくない。

注4) 光学的性質および粉末X線回折の結果から同定されたものであるが、産地によつては屈折率および回折図形に若干の変動があり、多少の成分変化があると推定される。

この種の赤鉄鉱は4.4で指摘したように、普通の赤鉄鉱と比較して、かなり反射能が低い特徴を有し、特に針状および不規則形のものについて著しい。この原因についてはまず含水および2価鉄の含有の問題が想起されるのであるが、必ずしもこれらの赤鉄鉱のすべてが水分や2価鉄を含有するわけではなく、特に、2、3の板状赤鉄鉱について行なつた分析結果では、いずれの場合も、1%以上の水分および2価鉄を検出することはできなかった。このことはさらに詳細な検討を要する問題である。

## 5. 生成環境および生成機構

グリンタフ地域に産する熱水性酸化鉄鉱物の生成時期は、その産状からみて、硫化物主要鉱化期および晩期石英晶出期に、2大別することができる。前者は硫化物主要鉱化期における局部的または一時的な条件変化によつて、鉱液中の鉄分が、硫化物としてではなく、主として酸化物および炭酸塩の形で沈殿したもので、この場合、酸化物としては、磁鉄鉱のみが生成されている。これは筆者らの1人により理論的に考察された鉱物組合せの実例の1つに相当し(大津秀夫, 1960)、熱水性条件領域の上限またはそれを越えるような高温・高圧の下で形成されたと推定される。この推定は実際の産状からも矛盾するものではない。

一方、晩期石英に伴う酸化鉄鉱物としては、主として、赤鉄鉱または磁鉄鉱またはこれらの両者の3通りの場合がある。この時期の生成物には、膠状沈殿物として生成したと考えられるものが多く、これは、水溶液からコロイドとして沈殿し、さらに老化によつて結晶化したことを示している。晩期石英晶出期において、前記のような3通りの酸化鉄鉱物相のうちのいずれが実際に生成するかは、生成時およびそれに引続く短い期間内の環境に支配されると推定されるが、これらの中で、赤鉄鉱および磁鉄鉱の両者を含む4.4に相当する鉱物組合せは、筆者らの1人により理論的に考察された実例の他の1つに相当するもので(大津秀夫, 1960)、かなり低温(浅熱水性温度領域)で形成されたと推定される。この推定も、実際の産状および赤鉄鉱-針鉄鉱の安定関係(F. G. Smith, D. J. Kidd, 1949)からみて妥当なところであろう。この時期の他の鉱物組合せも、これと大差のない条件の下で形成され、わずかな条件変化、特に酸化・還元程度の若干の相違により、鉱物相を異にしたと考えられる。

この場合の鉱物相の変化には、磁鉄鉱の存否が最も重要である。非常に普遍的で最も普通に見られるような赤鉄鉱のみの場合に比較して、磁鉄鉱を含む場合は、より

還元性の環境にあり、また、赤鉄鉱から磁鉄鉱への変化が起こっている場合には、少なくとも一時的には環境がより還元性に変化したと考えられる。このような還元性環境を作り出した還元剤の実際を知ることは、非常に興味深いと同時にまたきわめて困難な問題でもある。藤原哲夫および斎藤昌之(1958)は、豊羽鉱山の鉱石の観察から、炭酸塩鉱物、特に晩期の菱マンガン鉱晶出時において、その時の鉱液中に含まれる過剰の  $H_2$  または  $CO_2$  に伴う  $CO$  等の影響で、この還元が起きるとし、その他にも、炭酸塩鉱物の晶出がこの還元が大いに関与していると考えている研究者は、かなり多いようである。たしかに磁鉄鉱を産出する場合には、後でも述べるように、それ以後の時期における菱マンガン鉱の晶出がしばしば認められ、1つの大きな特徴となつている。しかし筆者らの観察によれば、菱マンガン鉱は晩期石英とは一応不連続的に隔絶したその後の時期において晶出したもので、しばしば別の鉱脈として生成しており、一方、赤鉄鉱から磁鉄鉱への還元は、晩期石英晶出期内で起こつたもので、したがって、この還元と菱マンガン鉱の晶出とは時期的に直接には関係していないと考えざるを得ない。晩期石英晶出期での炭酸塩鉱物(菱鉄鉱)の晶出も

また、必ずしも直接の関係を有するものではなく、菱鉄鉱が特に密接に赤鉄鉱と共生している場合でも、必ずしもこの還元は起こっていない(大森・金城・尾去沢鉱山等)。筆者らの1人の計算によつても、この場合、平衡状態では  $CO$  はほとんど存在し得ない(大津秀夫, 1960)。硫化鉱物の形成、すなわち硫黄分( $H_2S$ 等)がこの還元に関与したと考えられる場合(図版20)があるが、これも炭酸塩鉱物の場合と同様に、常に起きるわけではない。以上のように、現在のところではまだ特定の物質を還元剤として指定することはできない。しいていえばこの還元作用は鉱液と共存する気相中の  $H_2$  の分圧に支配されたもので、この時の還元剤は、鉱物として、必ずしも現存していないと考えられる。

一方、酸化鉄鉱物を含む共生鉱物の組合せ全般を通じて、磁鉄鉱の存否は鉱化作用の性質にかなり根本的な相違があることを示すものようである。グリンタフ地域の金属鉱床のうち、硫化物主要鉱化期に磁硫鉄鉱の産出があるもの、この時期の黄銅鉱中に閃亜鉛鉱の星状骸晶があるもの、およびこの時期に  $Pb \cdot Zn \cdot Cu$  等の卑金属の硫化鉱物の優勢な鉱化作用があり、また晩期石英のさらに後で菱マンガン鉱の晶出が認められるもの( $Pb \cdot$

第3表 グリンタフ地域における特殊な金属鉱床の一覧表

	I	II	III	IV
北海道	豊羽 稲倉石 大江 今金 八重 上国 今井石崎	伊奈牛(浦島, 1953) 大江(浦島, 1960)	伊奈牛(大町, 1958)	豊羽(藤原・斎藤, 1958)(4) 大江(浦島, 1960)(?) 今金(高島, 1950a)(4)
青森	舟打 尾太	尾太(高橋・砂川・大津, 1961)		
秋田	太良 立又	大葛(榑原・篠原, 1961) 山館(榑原, 1957) 太良(田代・菅木, 1956) 立又(竹内・菅木, 1957a) 明又(竹内・菅木, 1957b)	太良(田代・菅木, 1956) 立又(竹内・菅木, 1957a) 明又(竹内・菅木, 1957b)	山館(榑原, 1957)(2.4) 立又(竹内・菅木, 1957a)(1.2.4) 明又(竹内・菅木, 1957b)(1.2)
山形	大泉 森	竜神(本報) 大泉(高橋・田母神・大津・ 浜野, 1958)	大泉(高橋, その他, 1958)	竜神(本報)(2.3) 羽前(鈴木, 1959)(4?) 大泉(高橋, その他, 1958)(2.4) 長井(本報)(4) 三川(長沢, 1961)(4)
新潟				

I :  $Pb \cdot Zn \cdot Cu \cdot Mn$  型鉱床  
 II : 磁硫鉄鉱を産出する鉱床  
 III : 黄銅鉱中の閃亜鉛鉱星状骸晶が認められる鉱床  
 IV : 磁鉄鉱を産出する鉱床、末尾の(数字)は鉱物組合せの型を示す。  
 鉱山名後の( )は各項目の発見者および年代を示す。

Zn・Cu・Mn型)を第3表に表示した。すでに衆知のように磁鉄鉱の産出はかなり高温で還元性の環境を示すものであり、また閃亜鉛鉱星状骸晶の存在は非常に高い生成温度を示唆するものである(苮木茂彦・田代忠一・林高朗, 1956)。また Pb・Zn・Cu・Mn 型の鉱床は地域的な偏在および硫化鉱物中の微量元素の挙動(高橋清・田母神司郎・大津秀夫・浜野一彦, 1959)等に関して特徴的な性格を有する。したがって第3表に表示した鉱床は、グリーンタフ地域にごく普通に見られるものと比較して、著しい特殊性を有するものと考えられることができる。これらの鉱床と磁鉄鉱を産出することが知られている鉱床とを比較すると、磁鉄鉱を産出する鉱床の約半には磁鉄鉱の産出、あるいは閃亜鉛鉱星状骸晶が認められ、また約半数は Pb・Zn・Cu・Mn 型に属するものであることが判明する。これらの鉱床の鉱石の研究がまだ充分ではない点を考慮すればこれらの頻度は非常に高いといえる。逆に、磁鉄鉱を産出せず、酸化鉄鉱物としては赤鉄鉱のみを産出する鉱床では、いまのところ伊奈牛鉱山の1例を除いて、磁鉄鉱や閃亜鉛鉱星状骸晶が認められていない。また赤鉄鉱を多産し、磁鉄鉱を産出しない鉱床で、Pb・Zn・Cu・Mn 型に属するものは知られておらず、この場合の晩期の炭酸塩鉱物は、方解石を主とするものである。

鉱化作用の各段階において、磁鉄鉱が産出するかどうか、あるいはまた鉄分が酸化物としてではなく硫化物としてのみ産出するか否か、さらにはその硫化物が黄鉄鉱であるか磁鉄鉱であるかは、生成時における温度・圧力・鉱液の性質等の非常に多くの物理・化学的要素により規定されると考えられるので簡単に割り切ることはできないが、上述したところからみれば、磁鉄鉱を産出する鉱床の多くは、それが晩期石英に伴なうものであつても、鉱化作用の初期の段階において、赤鉄鉱のみの場合よりも、かなり高温で還元性の環境にあつたと考えられる。すなわち、晩期において磁鉄鉱を産出する鉱化作用の多くは、すでに初めから、磁鉄鉱を産出しえないものとは異なつており、またさらに、磁鉄鉱を晶出した後においても、それを晶出しなかつた場合とは異なる性格を有するものであると推定される。菱マンガン鉱晶出の本質はまだ明らかでないが、Pb・Zn・Cu・Mn 型の特殊性は、地球化学的にみた場合、非常に興味深い問題を含んでいる。

以上に述べてきたところから明らかなように、グリーンタフ地域の金属鉱床に産出する酸化鉄鉱物は、非常に高温・高圧の気成環境に類似した条件下で生成したのから、常温・常圧に近く、水成沈殿環境に類似した条件下

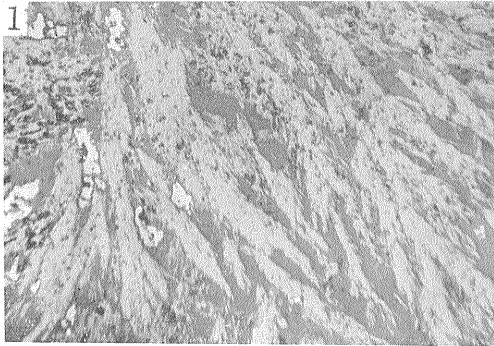
で生成したものまで、各種の段階のものがあり、それぞれにおいて、鉱物組合せや産状を変えているといえる。すなわち、熱水性の酸化鉄鉱物は、産状に関して気成酸化鉄鉱物および水成沈殿酸化鉄鉱物の中間的な性格を有するもので、それらの間を連結するものとして興味深いものである。

(昭和34年11月~12月, 35年2月調査)

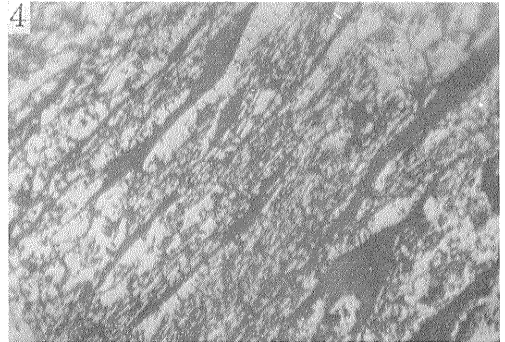
## 文 献

- 1) Bernal, J. D., Dasgupta, D. R. & Kackay, A. L. : The oxides and hydroxides of iron and their structural interrelationships, Clay Min. Bull., Vol. 4, No. 21, p. 15~30, 1959
- 2) Broderick, T. M. : Some of the relations of magnetite and hematite, Econ. Geol., Vol. 14, p. 353, 1919
- 3) 藤原哲夫・斉藤昌之 : 豊羽鉱山における赤鉄鉱および磁鉄鉱の産状について, 岩石鉱物鉱床学会誌, Vol. 42, p. 15~22, 1958
- 4) Gilbert, G. : Some magnetite-hematite relations, Econ. Geol., Vol. 20, p. 587~596, 1925
- 5) Gruner, J. W. : Magnetite-martite-hematite, Econ. Geol., Vol. 21, p. 375~393, 1926
- 6) Guild, F. N. : Microscopic relations of magnetite, hematite, pyrite and chalcopyrite, Econ. Geol., Vol. 29, p. 107~120, 1934
- 7) 堀 純郎 : 尾去沢鉱山における“ナルミ”鉄(金鉄)について, 地質学雑誌, Vol. 47, p. 183~187, 1940
- 8) Kato, T. : Specularite characteristic of veins at shallow depths, Econ. Geol., Vol. 18, p. 695~696, 1923
- 9) Kuhara, M. : Experiments on the hydrothermal precipitation of magnetite and hematite, Jap. Jour. Geol. Geogr., Vol. 4, p. 1~32, 1925
- 10) 久原幹雄 : 大森鉱山地質および鉱床概論, 地質学雑誌, Vol. 33, p. 159~175, 211~232, 257~272, 1926
- 11) 宮沢俊弥 : 秩父鉱山における赤鉄鉱および磁鉄鉱の産状について, 鉱山地質, Vol. 4, p. 139~146, 1954
- 12) Nagasawa, K. : Mineralization at the Mikawa

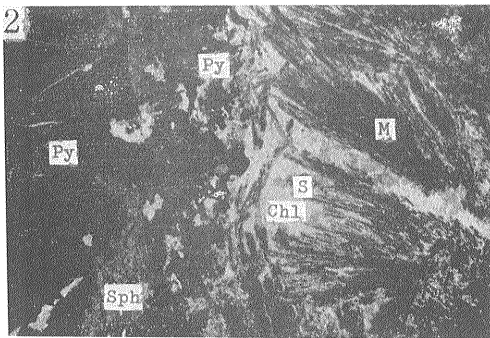
- mine, northeastern Japan, Jour. Earth Sci., Nagoya Univ., Vol. 9, p. 129~172, 1961
- 13) 中村 威: 足尾鉾山産緑泥石について, 鉱物学雑誌, Vol. 4, p. 383~397, 1960
- 14) 大町北一郎: 北海道北見国伊奈牛鉾山3号坑鉾床と鉾石鉾物の共生関係について, 鉾山地質, Vol. 8, p. 18~32, 1958
- 15) 大津秀夫: 熱水性環境における鉄鉾物の生成に関する熱力学的研究, 地質調査所月報, Vol. 11, p. 555~575, 1960
- 16) Ramdohr, P.: Beobachtungen an Magnetit, Ilmenit, Eisenglanz und Überlegungen über das System  $\text{FeO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2$ , Neu. Jb. Min., Vol. 54, Beil.-Bd. Abt. A, p. 320~379, 1926
- 17) 榑原忠政: 秋田県山館鉾山の鉾物共生について, 鉾山地質, Vol. 7, p. 288, 1957
- 18) 榑原忠政・篠原邦彦: 秋田県大葛鉾山の地質と鉾床, とくに見立鍾の金・銅・蒼鉛鉾について, 鉾山地質, Vol. 11, p. 423~432, 1961
- 19) Sekine, Y.: Über das Vorkommen von Magnetiten in den subvulkanisch-hydrothermalen Cu-Pb-Zn-Sn-W-Erzgängen der Grube Akenobe, Japan, Neu. Jb. Min., Abh., Vol. 93, p. 220~239, 1959
- 20) 関根良弘・大津秀夫・郷原範造・吉田善亮: 秋田県立又鉾山における錫鉾物の産出について, 鉾山地質, Vol. 7, p. 288, 1957
- 21) Smith, F. G. & Kidd, D. J.: Hematite-goethite relations in neutral and alkaline solutions under pressure, Am. Min., Vol. 34, p. 403~412, 1949
- 22) 苜木浅彦・田代忠一・林高朗: 黄銅鉾中の閃亜鉛鉾骸晶について, 岩石鉾物鉾床学会誌, Vol. 40, p. 12~21, 1956
- 23) 鈴木光郎: 山形県大横川上流地域の磁鉄鉾々脉について, 3学会共催講演会講演, 1959
- 24) 高畠 彰: 北海道後志国今金鉾山銅・鉛・亜鉛鉾床調査報告, 地質調査所月報, Vol. 1, p. 199~204, 1950 a
- 25) 高畠 彰: 接触鉾床中に見られる赤鉄鉾の磁鉄鉾化, 地質学雑誌, Vol. 56, 1950 b
- 26) 高橋清・伊藤(田母神)司郎・大津秀夫・浜野一彦: 東北日本内帯鉾床区における硫化鉾物中の微量元素に関する地球化学的研究(第2報), 鉾山地質, Vol. 9, p. 32, 1959
- 27) 高橋清・砂川一郎・大津秀夫: 青森県尾太鉾山の硫化鉾物中の微量成分について, 地質調査所報告, No. 189, 1961
- 28) 高橋清・大津秀夫・伊藤司郎: 山形県大泉鉾山硫化鉾物中の微量成分について, 地質調査所月報, Vol. 13, p. 29~42, 1962
- 29) 竹田英夫: 立又鉾山, 未利用鉄資源, 第7輯, p. 113~120, 1959
- 30) 竹内常彦・苜木浅彦: 秋田県立又鉾山産鉾石の共生関係について, 鉾山地質, Vol. 7, p. 76, 1957 a
- 31) 竹内常彦・苜木浅彦: 秋田県明又鉾山産鉾石の鉾物共生について, 鉾山地質, Vol. 7, p. 288, 1957 b
- 32) 田代忠一・苜木浅彦: 秋田県太良鉾山産鉾石の離溶共生について, 岩石鉾物鉾床学会誌, Vol. 40, p. 223~230, 1956
- 33) 浦島幸世: 伊奈牛鉾山の磁硫鉄鉾, 北海道産鉾物雑記(5), 北海道地質要報, Vol. 24, p. 32, 1953
- 34) 浦島幸世: 北海道大江鉾山の鉾石, とくに磁鉄鉾と磁硫鉄鉾の産出について, 3学会共催講演会講演, 1960



図版 1 菱鉄鉱 (暗灰) 中の纖維状磁鉄鉱 (淡灰), 白: 黄鉄鉱, 反射,  $\times 20$ , 立又鉱山



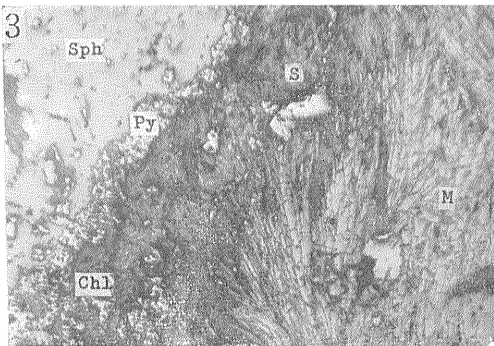
図版 4 纖維状磁鉄鉱 (淡灰) の微細構造, 暗灰: 菱鉄鉱, 反射 (油浸),  $\times 700$ , 明又鉱山



図版 2 纖維状磁鉄鉱 (M) を交代する菱鉄鉱 (S), Py: 黄鉄鉱, Sph: 閃亜鉛鉱, Chl: 緑泥石, 透過,  $\times 50$ , 立又鉱山



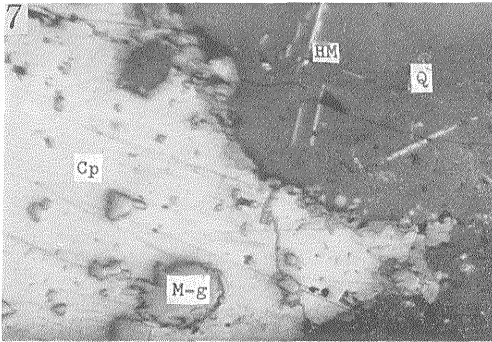
図版 5 纖維状および粒状磁鉄鉱の漸移関係, 淡灰: 磁鉄鉱, 暗灰: 菱鉄鉱, 白: 黄鉄鉱, 反射,  $\times 70$ , 立又鉱山



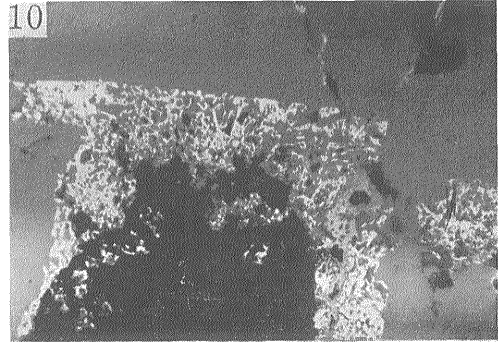
図版 3 磁鉄鉱 (M), 菱鉄鉱 (S), 緑泥石 (Chl), 黄鉄鉱 (Py), 閃亜鉛鉱 (Sph) の果帯配列, 右下方が中心部, 反射,  $\times 70$ , 立又鉱山



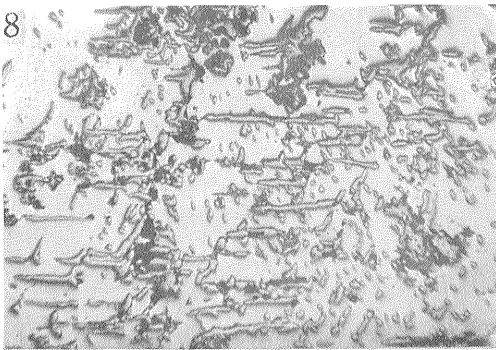
図版 6 硫化鉱物を交代する磁鉄鉱, 白: 黄鉄鉱, 淡灰: 黄銅鉱, 暗灰: 磁鉄鉱, 黒: 緑泥石, 反射,  $\times 70$ , 立又鉱山



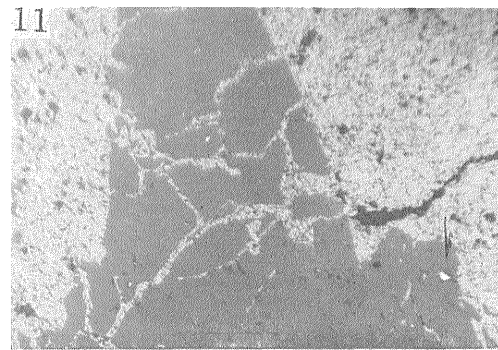
図版 7 黄銅鉱 (Cp) 中の粒状磁鉄鉱 (M-g), Q: 石英, HM: 針状赤鉄鉱および磁鉄鉱, 反射,  $\times 70$ , 立又鉱山



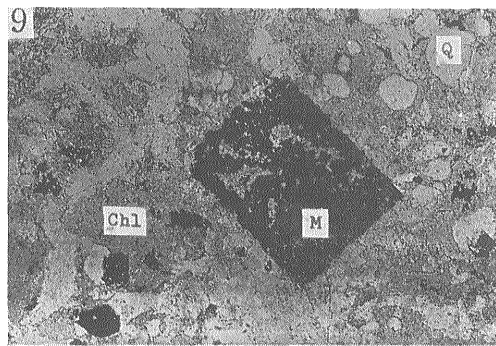
図版 10 石英 (暗灰) 中の磁鉄鉱六面体結晶 (白) のスケルトン状微細構造, 淡灰: 黄銅鉱, 黒: 緑泥石, 反射,  $\times 70$ , 竜神鉱山



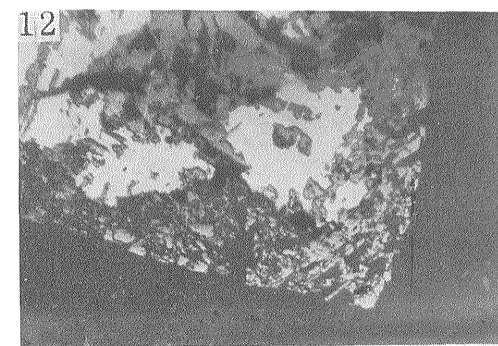
図版 8 黄銅鉱 (白) 中の磁鉄鉱 (灰) の文象状配列, 反射,  $\times 25$ , 大泉鉱山



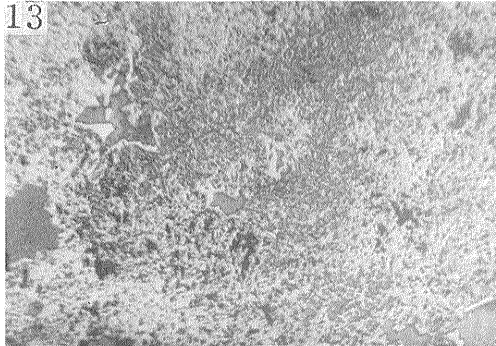
図版 11 石英 (暗灰) 中での磁鉄鉱結晶 (淡灰) の連結, 反射,  $\times 70$ , 竜神鉱山



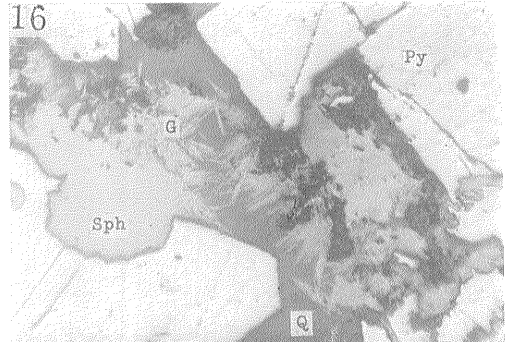
図版 9 石英 (Q) および緑泥石 (Ch) 中の磁鉄鉱六面体結晶 (M), 透過,  $\times 40$ , 竜神鉱山



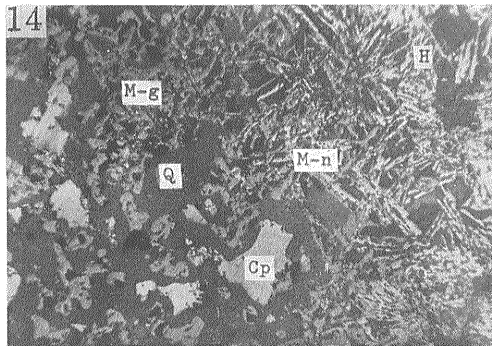
図版 12 黄銅鉱 (白) および石英 (暗灰) 中の磁鉄鉱 (淡灰), 黒: 緑泥石, 反射,  $\times 100$ , 竜神鉱山



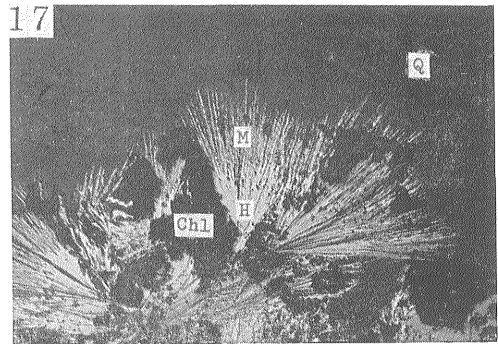
図版 13 磁鉄鉱 (白) 中の未詳鉱物 (灰), 反射,  $\times 70$ , 竜神鉱山



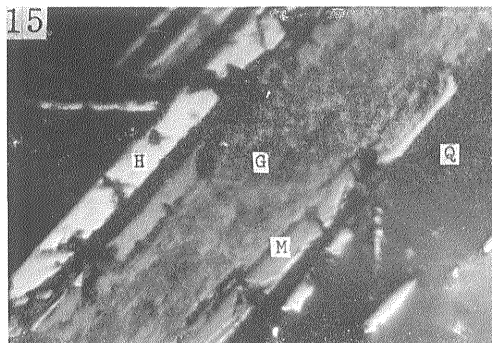
図版 16 石英 (Q) 中の針鉄鉱 (G) の針状結晶, Py: 黄鉄鉱, Sph, 閃亜鉛鉱, 反射,  $\times 50$ , 大泉鉱山



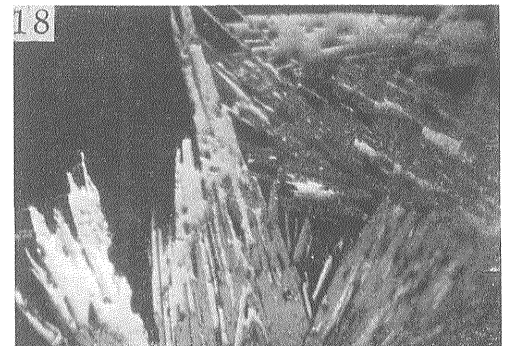
図版 14 石英 (Q) 中の粒状磁鉄鉱 (M-g), 針状磁鉄鉱 (M-n), 針状赤鉄鉱 (H), Cp: 黄銅鉱, 反射,  $\times 70$ , 大泉鉱山



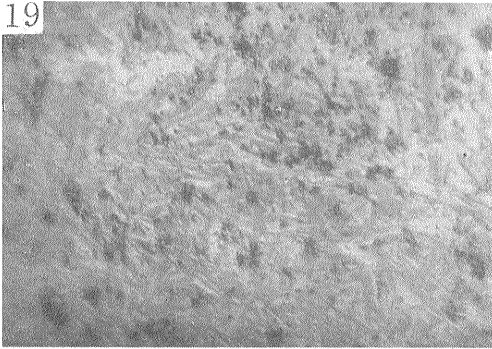
図版 17 針状赤鉄鉱 (H) の磁鉄鉱 (M) 化, Q: 石英, Chl: 緑泥石, 反射,  $\times 70$ , 大泉鉱山



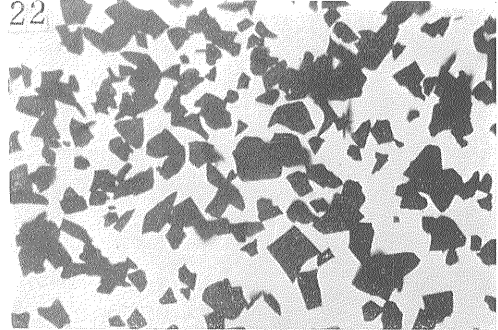
図版 15 針状磁鉄鉱 (M) 中の針鉄鉱様鉱物 (G), H: 赤鉄鉱, Q: 石英, 反射 (油浸),  $\times 700$ , 大泉鉱山



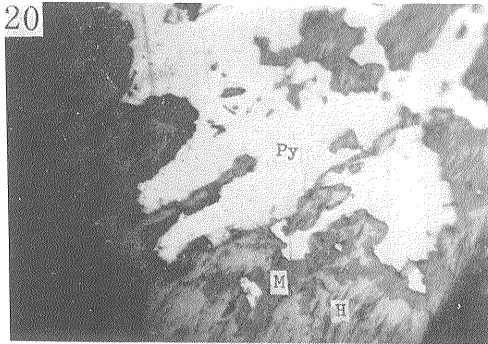
図版 18 針状磁鉄鉱 (灰) の赤鉄鉱 (白) 化, 黒: 石英, 反射 (油浸),  $\times 300$ , 大泉鉱山



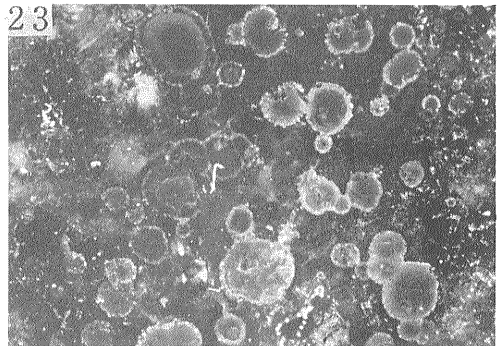
図版 19 赤鉄鉱あるいは針鉄鉱（淡灰）と密雑する針状磁鉄鉱（暗灰），反射（油浸），× 700，大泉鉱山



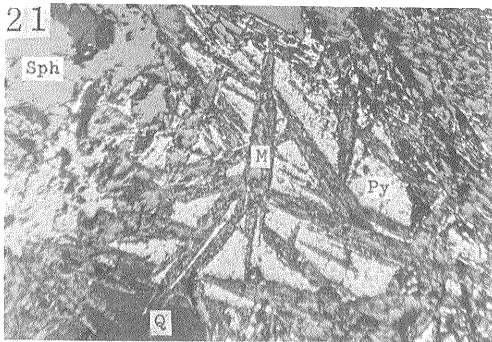
図版 22 底面上に偏向させた板状赤鉄鉱の分離試料，透過，× 10，金城鉱山



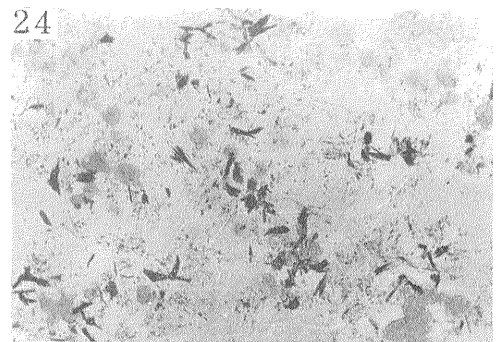
図版 20 赤鉄鉱（H）を交代する黄鉄鉱（Py）の周辺に生じた磁鉄鉱（M），反射（油浸），× 500，大泉鉱山



図版 23 石英中の球顆状赤鉄鉱—針鉄鉱集合体，反射，× 10，大泉鉱山



図版 21 黄鉄鉱（Py）を交代する針状磁鉄鉱（M），Sph：閃亜鉛鉱，Q：石英，反射，× 70，大泉鉱山

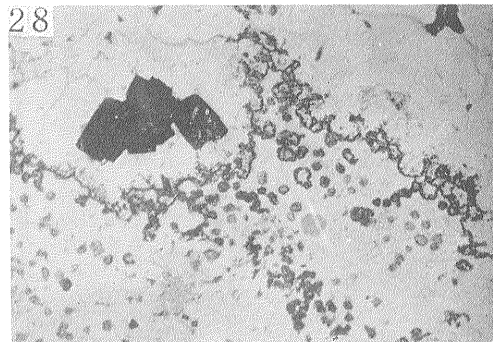


図版 24 石英（白）中に分散する板状および針状赤鉄鉱（黒），灰：緑泥石，透過，× 20，尾去沢鉱山

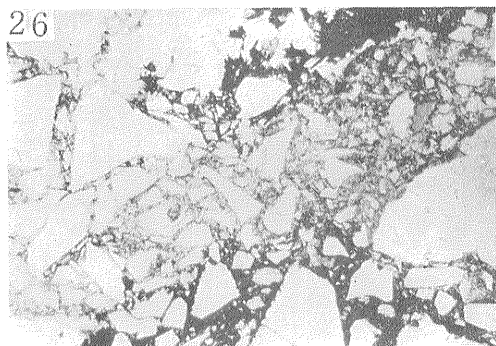




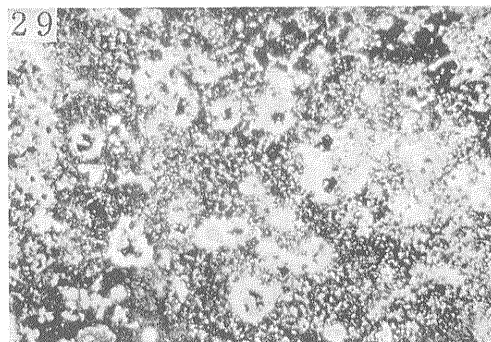
図版 25 石英結晶(白)を縁取る針状赤鉄鉱(黒), 透過,  $\times 20$ , 不老倉鉱山



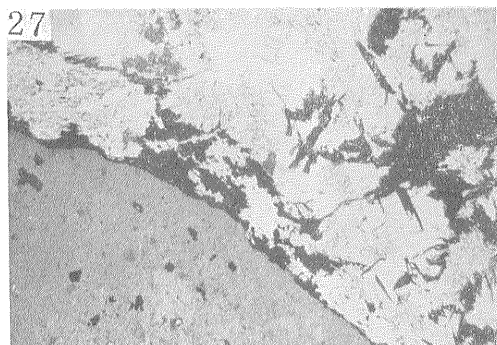
図版 28 石英(白)中で被殻状または球状をなす赤鉄鉱・針鉄鉱集合体(黒~灰), 多角形黒色結晶は黄鉄鉱, 透過,  $\times 30$ , 豊羽鉱山



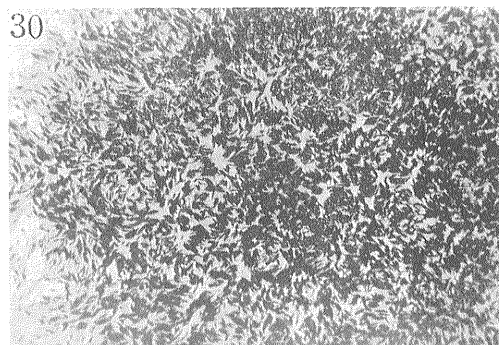
図版 26 石英(白)の破片を膠結する赤鉄鉱(黒), 透過,  $\times 20$ , 不老倉鉱山



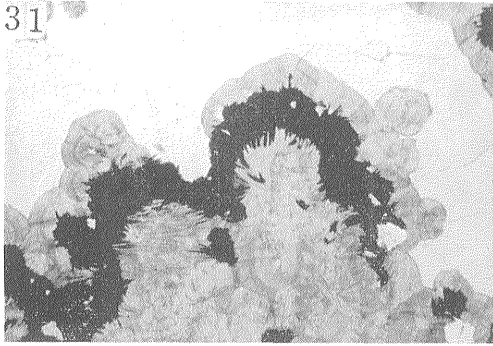
図版 29 石英(白)および硫化鉱物(黒)を核とする魚卵状集合, 基地の黒色細粒結晶が赤鉄鉱および針鉄鉱, 透過,  $\times 30$ , 横田鉱山



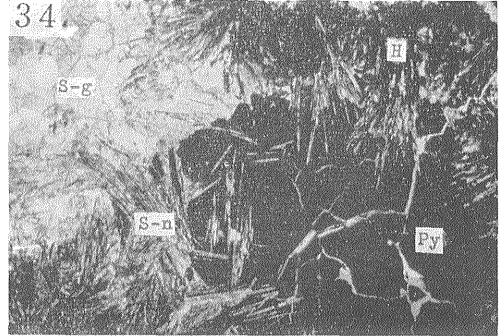
図版 27 石英(白)中の緑泥石(灰)を縁取る赤鉄鉱(黒), 透過,  $\times 20$ , 宮田又鉱山



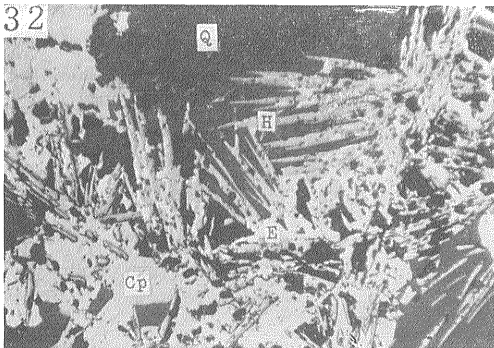
図版 30 緑泥石(灰)中に分散する板状赤鉄鉱(黒), 透過,  $\times 20$ , 国見鉱山



図版 31 緑泥石(灰)と板状赤鉄鉱(黒)の縞状配列, 白:石英, 透過, ×15. 国見鉱山



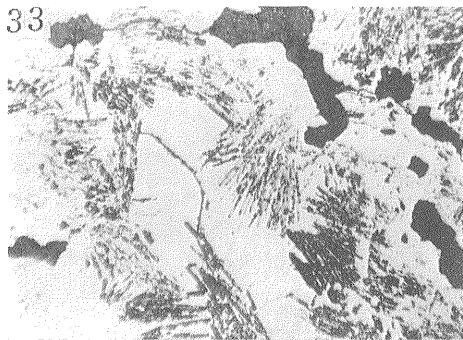
図版 34 針状赤鉄鉱(H)を交代した針状菱鉄鉱(S-n), Py:黄鉄鉱, S-g:粒状菱鉄鉱, 透過, ×30, 金城鉱山



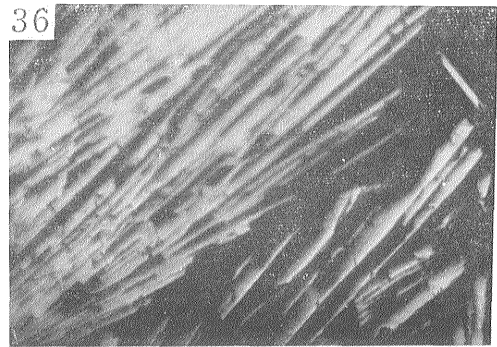
図版 32 赤鉄鉱(H)を交代する硫砒銅鉱(E), Cp:黄銅鉱, Q:石英, 反射, ×70, 宮田又鉱山



図版 35 針状赤鉄鉱結晶(黒)内の菱鉄鉱(白), 基地の白色部は石英, 淡灰色部(左下)は緑泥石, 透過, ×70, 金城鉱山



図版 33 膠状沈殿黄鉄鉱(白)中の針状赤鉄鉱(灰), :石英, 反射 ×70, 宮田又鉱山



図版 36 菱鉄鉱(黒)中の微細針状赤鉄鉱(白), 反射(油浸), ×700, 大泉鉱山