



Title	層状含銅硫化鉄鉱の鉱物組成
Author(s)	牛沢, 信人; Ushizawa, Nobuto
Citation	北海道大學工學部研究報告, 24, 61-70
Issue Date	1961-02-28
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40669
Type	departmental bulletin paper
File Information	24_61-70.pdf



層状含銅硫化鉄鉱の鉱物組成

牛 沢 信 人
(昭和35年9月6日受理)

Mineral Constituents of the Cupriferous Pyrite Ore

Nobuto USHIZAWA

Abstract

The particularity of ratio of constituent minerals of the cupriferous pyrite deposits in Japan and some consideration on it from floatation separation point of view is stated in this paper.

目 次

1. 緒 言	61
2. 層状含銅硫化鉄の鉱物組成	61
3. 鉄石鉱物	62
4. 鉄石鉱物の組成比にみられる特徴	63
5. 磁硫鉄鉱	65
6. 磁鉄鉱	66
7. 脈石鉱物	67
8. 脈石鉱物組成のX線解析	67
9. 精鉱中における脈石鉱物組成	69
10. 結 論	69

1. 緒 言

本邦の、主だつた層状含銅硫化鉄につき、その鉱物組成上の特徴と、これに対する浮選分離の問題点について、2・3の考察をおこなつたものである。

2. 層状含銅硫化鉄の鉱物組成

本邦の層状含銅硫化鉄床の鉄石については、古くから、その鉱物種の少ないことが特徴として指てきされてきた。しかし、脈石鉱物をもふくめた鉱物種の数においては、他の型の鉄床にくらべて決して少ないとはいえない。

それでもなお、層状含銅硫化鉄は単純であるといわれる理由をあげるならば、つぎのようなことがいわれるであろう。

1. 脈型鉄床の明延、あるいは接触型鉄床の秩父のように、きわめて多種類の鉄石鉱物種

を産する例がない。

2. 2次変質帯に産する鉱物が、極めて少ない。

3. 1鉱山についての、産出精鉱の種類が、すくない。すなわち、層状含銅硫化鉱の多くの鉱山では、銅精鉱、硫化鉄精鉱の2種のみを産出する例が多い。

粗鉱にみられる鉱物を、便ぎ上、鉱石鉱物と脈石鉱物の2種に大別すれば、脈石鉱物類はあきらかに鉱床の変成度が高まるにつれその鉱物種のふえる傾向がみとめられる。これに反して、鉱石鉱物についてはこのような明らかな傾向はみとめられない。

3. 鉱石鉱物

鉱石鉱物において、いかなる場合にも、最多量をしめるのは黄鉄鉱であり、磁硫鉄鉱はごくまれに認められるにすぎない。磁硫鉄鉱は、多くの鉱山に広く産するが、一般に微量であり主要なる層状含銅硫化鉱の産地である三波川変成帯からはずれた、下川、日立、楨峯等の鉱床においてのみ、経済的意義を有するにすぎない。閃亜鉛鉱も、磁硫鉄鉱同様、産出は普遍的でも、微量ないし少量の場合が多く、多少経済性を有するのは田老、日立、峯の沢、下川等であり前3者において、亜鉛精鉱の採取が行なわれている。方鉛鉱は、産出頻度、量ともに磁硫鉄鉱、閃亜鉛鉱にくらべて、さらに格段に少なく、わずかに田老1工場においてのみ、採取されているにすぎない。黄鉄鉱をのぞく、これらの base metal sulphide は、つねに黄銅鉱よりも少ないのが大きい特徴である。

量的に、黄鉄鉱のつぎに位するのが銅鉱である。銅鉱としては、黄銅鉱のほか斑銅鉱、輝銅鉱、四面銅鉱、キューバ鉱、ヴァレリー鉱等を産出する。

しかし、このうち、黄銅鉱が独占的に重要であり、斑銅鉱は佐々連においてのみ経済性を有するほかは白滝、別子、飯盛等三波川変成帯のうちでも高変成度の鉱床に少量産出するにすぎない。他の銅鉱物については、ほとんど経済的意義をみとめない。

2次的銅鉱物も、またきわめて少ない。

酸化鉄鉱物類としては磁鉄鉱を主とし、産出はかなり普遍的であるが、もつとも多い工場でも粗鉱中2%程度をしめるにすぎない。

以上が、層状含銅硫化鉱床の、鉱石鉱物についてのあらましである。

全国で層状含銅硫化鉱床およびこれに類似の鉱床と目されるものはおよそ300を数える。実際に銅、硫化鉄を産出するのは、およそ40カ所で、このうち10数カ所で機械選鉱を行っている。この10数カ所の工場のうち、3カ所で亜鉛を副産し、そのうち1カ所で鉛鉱をも副産する。

銅生産量は、本邦生産のおよそ1/3で、脈型鉱床の1/2のつぎに位し、亜鉛生産は5%をしめす。

硫化鉄鉱については、柵原、河山の両鉱山を除外すれば、本邦生産のおよそ1/4、両者を

加えて 45% になる。

4. 鉱石鉱物の組成比にみられる特徴

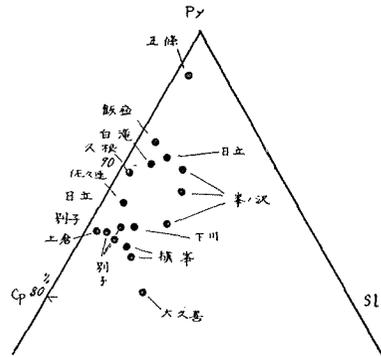
層状含銅硫化鉄鉱床の主要鉱石鉱物としては、黄鉄鉱(十磁硫鉄鉱)、黄銅鉱(十斑銅鉱)ついで閃亜鉛鉱の3者につきるといつてもよい。(以下黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、磁硫鉄鉱等をそれぞれ py, cp, sl, po, 等と略称する。)

これを各選鉱工場の浮選給鉱ないし粗鉱について3角図にプロットしたのが第1図である。

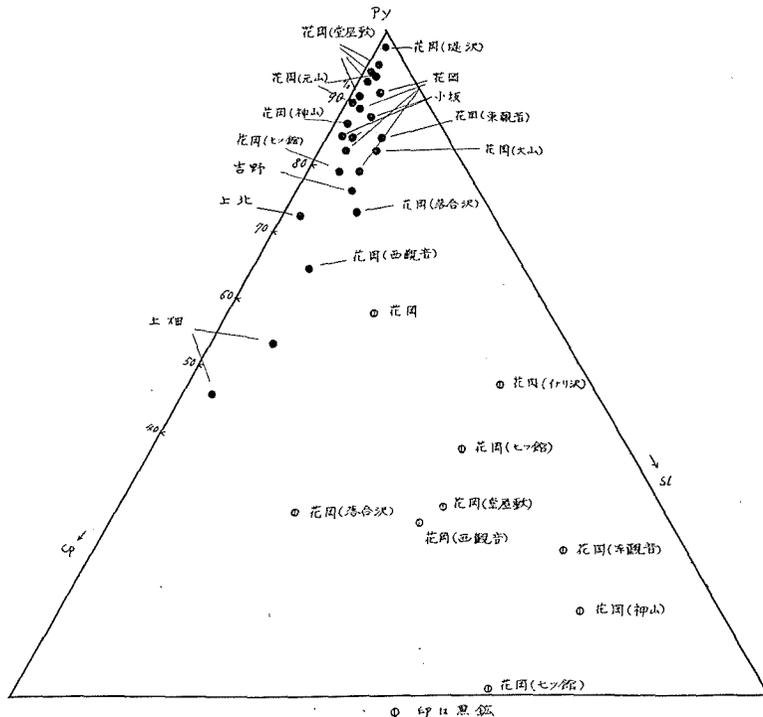
この図において、垂直方向、水平方向の両者は、それぞれ、単体分離率とともに、浮選分離の困難の度合を左右すると考えられる cp/py 比, cp/sl 比をあらわすものと考えてよい。

こころみに、同じ手法で黄鉄型鉄床、脈型鉄床の資料をあらわしたものがそれぞれ第2図、第3図および第4図である。これらの資料を通じて、つぎのような傾向が指てきされる。

1. 層状含銅硫化鉄鉱床のみならず、黄鉄型鉄床、base metal sulphide の脈型鉄床等のすべ



第1図 層状含銅硫化鉄鉱の浮選給鉱または粗鉱中の py-cp-sl 比 (但し Cu はすべて cp によるものとする)



第2図 黄鉄、珪鉄の浮選給鉱、粗鉱の py-cp-sl 比 (Cu はすべて cp に由来するものとして計算)

てを通じ、poを含まないかまたは微量の鉱床にあつては、一般に多くは $cp > sl$ 、時にはほぼ $cp = sl$ に近い傾向をしめす。

これを逆に表現すれば、Pbを含むに至つてはじめて $cp \leq sl$ なる傾向をしめすに至る。

そして cp/py 比が増大する程、 cp/sl 比もまた増大する傾向をしめしている。

2. cp/py 比については、層状含銅硫化鉱と黄鉱の主要なるものは同様の値をしめす傾向がみられる。しかし、黄鉱の一部と、脈型の鉱石は、一般に層状含銅硫化鉱よりも、 cp/py 比が大きい。

3. 含銅硫化鉱においても、また黄鉱、脈型の鉱石においても、 cp/sl 比は極めて大きな値から、ほぼ等量近くにまでわたつている。

もともと sl は、 cp との浮選分離を行わない場合には、そのほとんどすべてが銅精鉱中に混入し、銅精鉱中の銅品位を下げる要因になる。

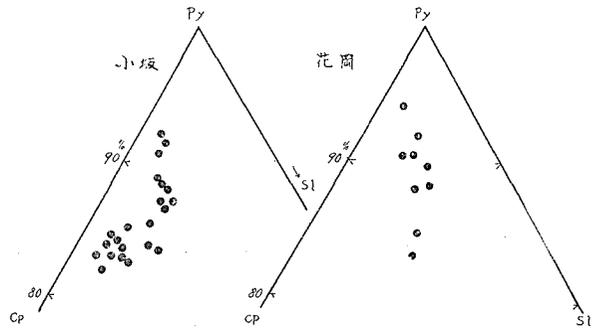
したがつて sl 量が、相対的にふえると、 sl 採取のためにも、また、銅精鉱中銅品位の低下を防ぐためにも、両者の分離は、行なわざるをえなくなる。

日立、峯の沢においては、給鉱中 cp/sl 比がそれぞれ 1/0.3, 1/0.6~0.8, 銅精鉱中銅品位がそれぞれ 18.5%, 20.1%, 銅の採取率(逆算)が、それぞれ 92.9%, 91.1%, 亜鉛の採取率がそれぞれ 39.8%, 50.3% なる値をしめす。

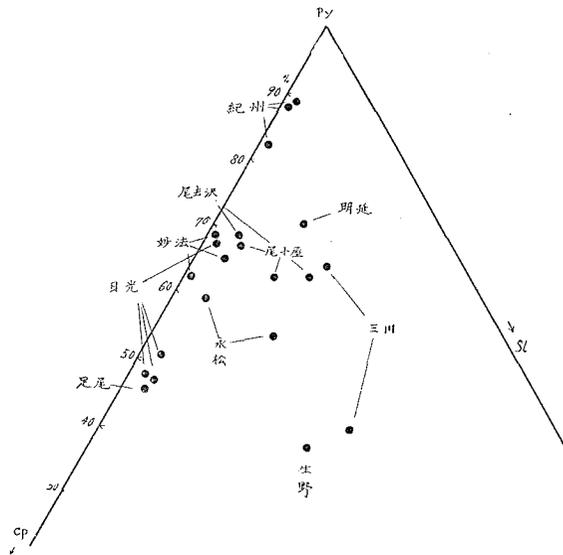
このことは、現実には、銅の採取率を一応の高水準に保つ場合に、亜鉛の採取率は 50%, ないしそれ未満であるというすう勢を示している。

これよりさらに、 sl 量が相対的にふえ、 cp, sl がほぼ等量になると、花岡の黄鉱の例にみられるように、効果的な分離は行なわれがなくなる。

すなわち、このようなケースは、現実には cp, sl 浮選分離の限界を示すものといえよう。



第3図 黄鉱浮選給鉱の $py-cp-sl$ 比 (但し Cu はすべて cp に由来するものとして計算)



第4図 脈型鉱床の $py-cp-sl$ 比

4. cp/py 比についても、前項に類似したことが指てきされる。cp/py 比が小さくなるほど、cp と py の浮選分離は、困難の度を加えるであろうことは、推察できることである。

五条鉱山は、cp/py 比の小さい顕著な例である。この極端な例から、cp/py 比が、両者の浮選分離の困難度にあたる影響を明瞭にうかがい知ることができる。ここでは Cu, S 品位はそれぞれ 0.34%, 21.19%, cp/py 比はおおよそ 1/40 をしめす。Cu 品位は、一般の硫化鉄精鉱ないしはその焼鉱に匹敵するほど低い。

さらに、Cu 精鉱中 Cu 品位は 6.0%, Sp 精鉱、尾鉱中の Cu 品位は、それぞれ 0.27%, 0.1% である。それにもかかわらず、採取率は、71.5% で層状含銅硫化鉄の工場のうちでも格段に低い。

採取率の極端に低いことの主因は、粗鉱中 Cu 品位の低いことにあることはいうまでもない。

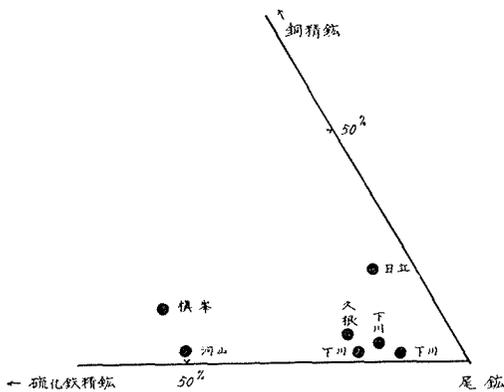
同じく、Cu の低品位鉱でも、Bethlehem Cornwall Corporation, Cornwall, Pennsylvania の例¹⁾では、粗鉱品位 Cu 0.4% (黄銅鉱), S 2~3%, Cu 精鉱中 Cu 品位 24.9%, 尾鉱中 Cu 品位 0.03%, 採取率 92% であるのと比較すればその差はあまりにも大きい。五条の場合、その Cu 精鉱中 Cu 品位, Cu 採取率等からみて cp, py 両者の浮選分離に cp/sl 比の項にのべたと同様な限界を見る。

5. 磁 硫 鉄 鉱

硫化鉱物中、浮選において、もつとも複雑な挙動を示すものは、磁硫鉄鉱であるといえよう。

磁硫鉄鉱は、その硫黄原子率のいかんによつて浮遊性、磁性、静電気性等をことにすることが指てきされている。しかも、同一鉱床にあつても、場所によつてその硫黄原子率はことなるから、作業管理のうえから、鉱体における磁硫鉄鉱の性質と分布状態についての究明は、ゆるがせにできない。

磁硫鉄鉱は、もともと、Sp 精鉱中に採取されることがのぞましい。しかし、実際には Sp



第5図 磁硫鉄鉱の鉱量分布

精鉱—Cu 精鉱—尾鉱中への鉱量分布率(第5図)のしめすように、下川、日立、榎峯等のいずれの工場においても、尾鉱中への分布率が最大で、下川においてこの傾向がもつとも著しい。これらは、黄鉄鉱とは別に、S, Fe の損失になることはいうまでもない。日立、榎峯ではそれぞれ全体の 21%, 12% の po 鉱量が Cu 精鉱中に混入し、Cu 精鉱の品位低下と S, Fe の損失をもたらしている。榎峯では、尾鉱中に入るべき磁硫

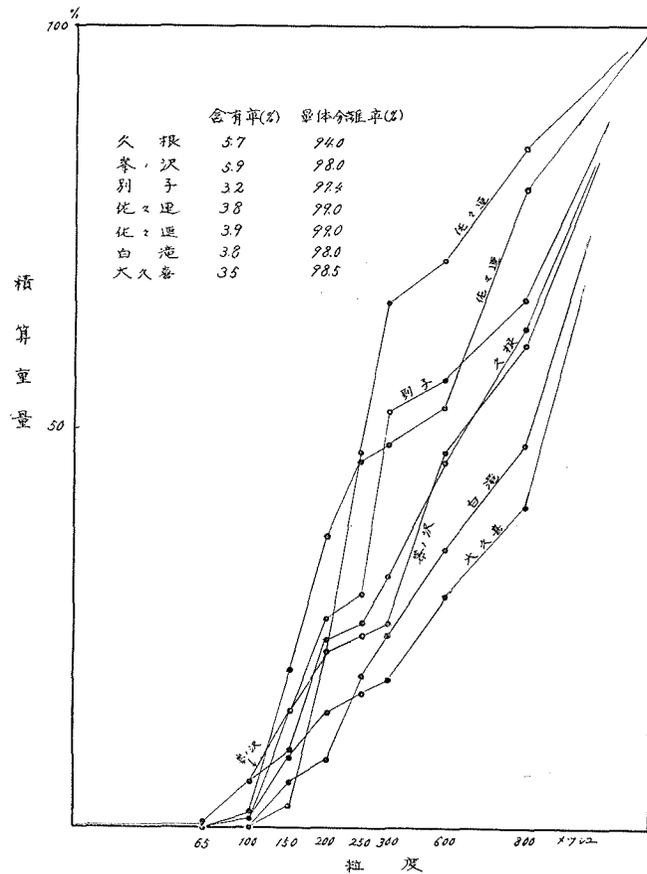
鉄鉱の一部は、サイクロンで粗粒のみが分離された上テーブルで回収がおこなわれ、Sp精鉱に加えられている。それゆえに、浮選分離のみの操作では、第5図の点はいくらか右水平にずれたところに位置するわけである。尾鉱中po粒度に関する分布では、日立では300メッシュ以下に11%，槇峯下川では80%をこえる。

6. 磁 鉄 鉱

酸化鉄鉱物中もつとも重要なものは、磁鉄鉱である。しかし、飯盛におけるように、赤鉄鉱が磁鉄鉱の量をこえる場合もある。諸工場のうちで、久根、峯の沢、別子等で採取されたりまた採取がくわだてられている。磁鉄鉱等の酸化鉄鉱物類は、そのほとんど全量が尾鉱中に濃集する。したがって、たとえば硫化鉱物についての選鉱比が50%であれば、尾鉱中の酸化鉄鉱物の濃度は給鉱中のその倍に上昇する。

尾鉱中における、酸化鉄鉱物の粒度に関しての積算分布率を含有率、単体分離率等とあわせて一括して図示した(第6図)。

図中に示したように単体分離率については、さして問題はない。しかし、比選のたぐいを



第6図 浮選尾鉱中における磁鉄鉱

採用するにしても、もつとも関心がもたれるのは、比較的細粒に分布する鉱量が多いことであろう。

7. 脈石鉱物

ボールミル給鉱の観察によれば、層状含銅硫化鉄鉱床において、脈石鉱物は、高変成の鉱石ほど多種類の鉱物種を含む傾向のあることは既述したところである。すなわち、五条、土倉等最も変成度の低い鉱床においては、脈石は、ほとんど石英、緑泥石、絹雲母等のみよりなる。これらの諸鉱物は、また、すべての層状含銅硫化鉄鉱床において、共通に主構成鉱物種をなすものであることは特記されねばならない。

緑簾石は、下川のような低変成度鉱床から、高変成の鉱床にいたるまで普遍的に含まれる。

黒雲母(緑色雲母も)は久根、峯の沢のような比較的高変成の鉱床にあらわれ、さらに、同じ三波川変成帯にあつても一層高次の変成をしめす白滝、別子、佐々連等において角閃石、石榴石等の出現をみるにいたる。最も変成度の高い(複変成相)日立では、堇青石を含むのを特徴とする。

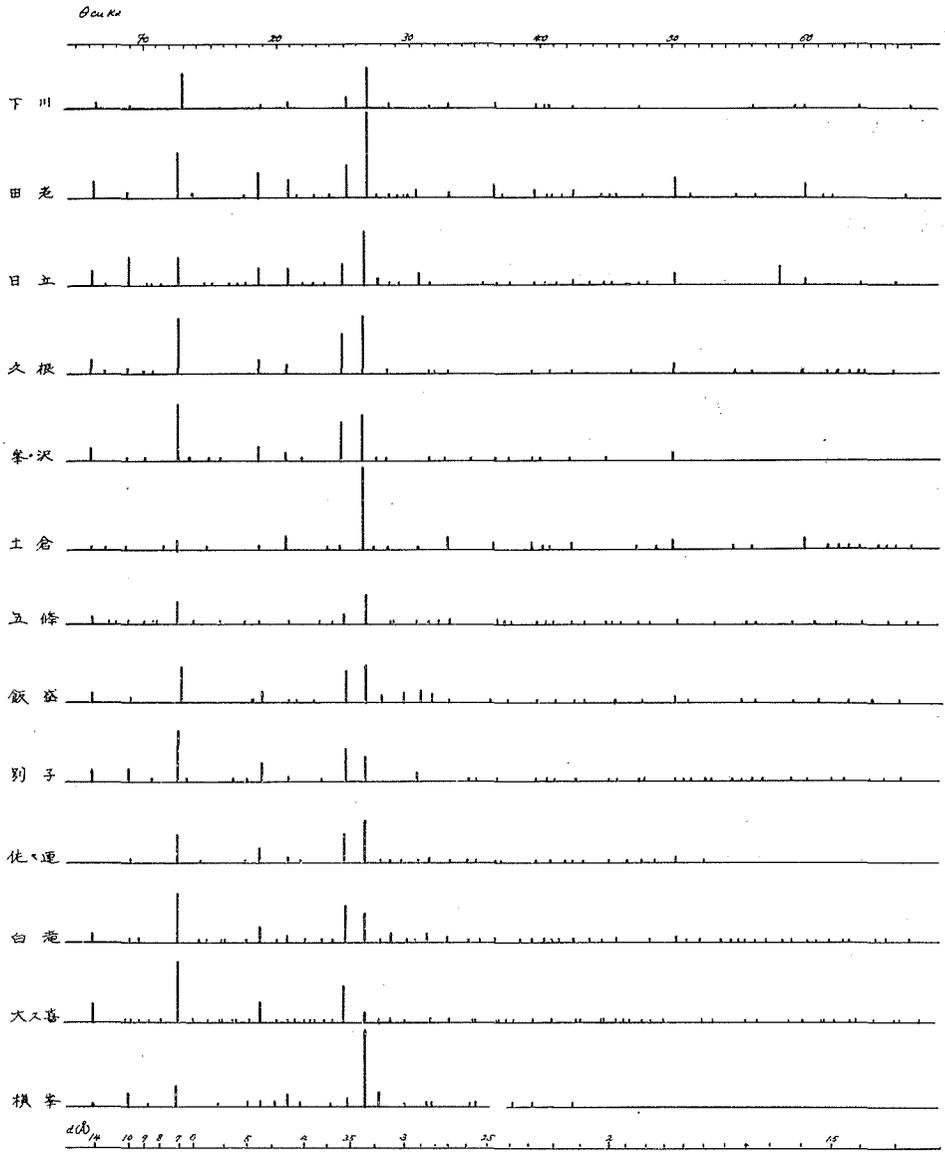
方解石は、ほとんどすべての鉱床に普遍的に産出するが、おおむね微量であり、諸鉱床中ひとり飯盛にのみ、比較的多量にふくまれている(おおよそ粗鉱全体の5~6%)。重晶石は2・3の鉱山で報告されているが、著しいのは日立のみであり、粗鉱中1%に近い値をしめす。石膏硬石膏ともにきわめて稀である。

層状含銅硫化鉄鉱床の粗鉱の脈石組成は、化学的にみた場合、脈型鉱床の場合にくらべると一般にかなり塩基性である。たとえば、酸性の度合をあらわす指標として、かりに $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{FeO}$ をとると、脈型鉱床においてはほぼ4~7の値をしめすのに(緑泥石・石英型脈の粗鉱が、石英型脈のそれよりも塩基性であるとはかぎらない)層状含銅硫化鉄鉱床では、1.2~2.5程度であることが多く、槇峯は、いく分酸性でおよそ3.3峯の沢は、4前後、ひとり土倉のみ著しく酸性で6前後の値を示す。すなわち、含銅硫化鉄鉱床の脈石組成の酸性—塩基性の度合に関しては、たとえば変成相や鉱床区などによる鉱床の分類と何等関連を見出すことができない。

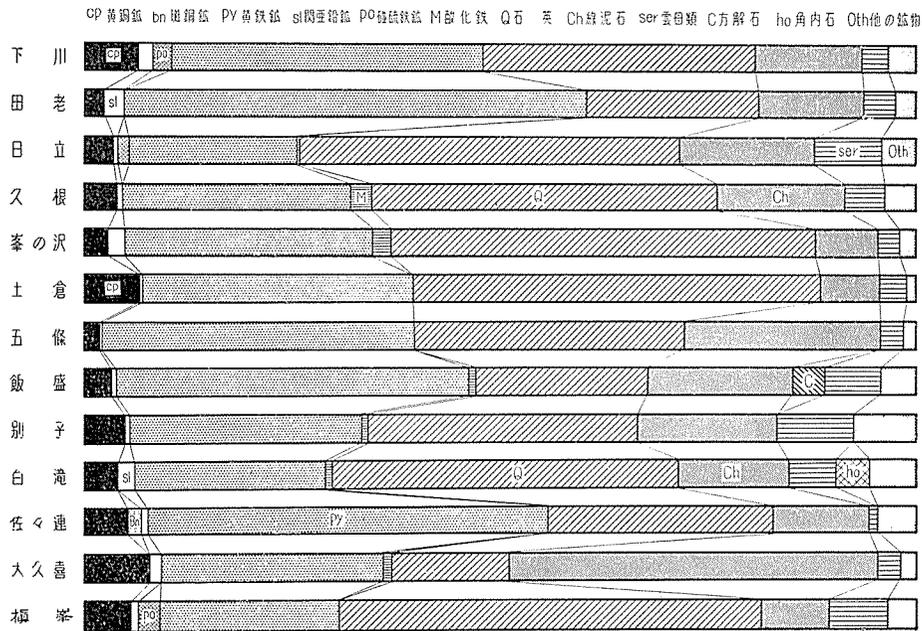
8. 脈石鉱物組成のX線解析

主なる層状含銅硫化鉄の工場の、浮選尾鉱の800 mesh以下の細粒についてX線解析をおこなった(第7図)。

すべての資料において、例外なく石英と緑泥石の特徴線が著しい。ついで、雲母類のそれもすべての試料にみ出すことができる。そのほかみとめられるものに、白滝の角閃石、飯盛の方解石等がある。緑泥石質鉱物では、magnesian chamosite, penninite, chlinochlore等の特徴線に近似するものが多く、特徴線の強度比から、いずれも比較的、苦土に富むものと推定される。化学分析値をもとに、X線資料、顕微鏡資料等を参照して、浮選給鉱の鉱物構成を概念的にあらわしたものが第8図である。



第7図 層状含銅硫化鉍の脈石組成のX線粉末線(Cu-K α 線)



第8図 層状含銅硫化鉄鉱の概念的鉱物構成

9. 精鉱中における脈石鉱物組成

分析値からの計算によると、浮選給鉱(または尾鉱でもおなじ)と、精鉱両者の脈石のしめす化学組成の間に、きわ立つた対照がみられる。

それは、ほとんど例外なく、各種精鉱中では、脈石組成は、給鉱(ないし尾鉱)にくらべて相対的に SiO_2 が減少し、 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{FeO}$ が増加していることである。

この傾向は、層状含銅硫化鉄鉱の工場よりも、むしろ、脈型の鉱床において一層著しい。それはもともと、脈型の鉱床においては、層状含銅硫化鉄鉱におけるよりも一般に一層酸性であるからにほかならない。この傾向は、鉱物学的にみれば、精鉱中では、相対的に石英を減じ(むしろ消失し)、雲母鉱物類、鉄苦土鉱物類が増加していることをしめすにほかならない。なかでも Al_2O_3 と $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{FeO}$ の兩者についてみれば、前者は Sp 精鉱よりも Cu 精鉱中に一層濃集する傾向がつよい(13 例中 10 例)。これは、Cu 精鉱中に雲母鉱物類が濃集する傾向がより強いことをいみするものであろう。以上のことは、脈石鉱物類は、酸性であるほど硫化鉱物類との分離が容易であることを物語るものといえよう。

10. 結 論

層状含銅硫化鉄鉱床の、鉱石鉱物ならびに脈石鉱物の組成比にみられる特徴について論じこれに選鉱学的考察を加えた。

組成上、浮選分離の困難度を左右する要因として、黄銅鉱/黄鉄鉱比、黄銅鉱/閃亜鉛鉱比、

脈石鉱物組成の酸性度等があげられる。

このほかの重要な要因である単体分離率については稿をあらためて論じたい。

文 献

- 1) A. E. Anderson: Froth floatation of chalcopyrite. Mineral Engineering Techniques 1954.