

学 位 論 文 題 名

Genetical significance of structures and textures of ZnS minerals to Pb - Zn ores from the Shinano Vein, Toyoha mine, Hokkaido, Japan.

(豊羽鉱山信濃鍾産鉛・亜鉛鉱石の ZnS 鉱物の組織・構造の意義)

学位論文内容の要旨

豊羽鉱床は、新第三紀中新世の玄武岩質～安山岩質火山岩類及び堆積岩中に胚胎する、本邦を代表する鉱脈鉱床である。特に信濃鍾は、特徴的な縞状構造を示す鉛・亜鉛鉱脈であり、従来知られていた Ag-Pb-Zn に加え Cu-Sn-In 鉱化作用が認められる。

鉱脈の産状及び鉱石の鏡下観察から信濃鍾の鉱化作用は 7 期 (I ~ VII) に区分され、銅－錫－インジウム鉱石は III 期に、特徴的な縞状構造を示す鉛・亜鉛鉱石は IV 及び VI 期にそれぞれ認められる。これら各鉱化期の鉱脈は巨視的には同一裂か中に認められるが、III 期と IV 期の間では、他の期の関係に比べ脈内で比較的大規模な交叉関係を示す。一方、IV 期以降の鉱脈は同一裂か中に鉱脈の外側から内側に対称的に認められることが多い。流体包有物の均質化温度及び stannite-sphalerite 地質温度計より求めた推定温度は、I 期から III 期にかけて上昇し、IV 期で急激に減少する傾向を示し、鉱物組み合わせや坑内での産状を考慮すると、III 期と IV 期の間で鉱化作用の性質が大きく変化したものと考えられる。IV 期と VI 期に産出する鉛・亜鉛鉱石中に認められる特徴的な縞状構造は主に、(1) galena (and/or pyrite) と ZnS 鉱物 (sphalerite and/or wurtzite) の繰り返し沈殿によるもの、(2) ZnS 鉱物の結晶成長組織変化によるもの、(3) 化学組成変化に対応する色彩変化等に原因しており、(1) ~ (3) は相互に密接に関係しながら、全体として縞状構造を呈する鉱石となっている。赤系の色を示す ZnS 鉱物は Cu, Sb, Pb, Cd 等の元素を 1 wt.% 以下含み、画像解析の結果では、色彩は主に Sb (and/or Cd) 含有量に関係している。赤色閃亜鉛鉱中では化学組成は Cu:Sb=3:1 を示し、

結晶構造を考慮するとCu, Sbはstibiolumonite組成として閃亜鉛鉱結晶中に含まれている可能性が高い。

ZnS鉱物は顕微鏡下で様々な結晶成長組織を示し、それら成長組織は大きく、結晶の集合形態(First order)とその内部組織(Second order)に分類される。First order組織は、基本組織として(1)dendritic, (2)spherulitic, (3)colloform, (4)idiomorphic bandの各組織に分類される。一般に一連の沈殿過程において、(1)→(4)に至る連続的な組織変化が認められる。実際には、この一連の変化の繰り返し、又は途中から始まる組織変化の繰り返しで特徴づけられる。

Second order組織は、(1)と(2)ではfeathery, (3)ではfeathery→fibrous, (4)ではtabular→parallel intergrowth→sector zoned→isotropicの変化が認められる。ここでfeatheryからtabularまでは光学的にwurtziteのみからなる。Parallel intergrowthの部分では光学的異方性結晶(wurtzite)と、光学的等方性結晶(sphalerite)が共存し、本組織を経て、ZnS鉱物は最終的にsphaleriteのみの晶出へと変化する。化学熱力学及び結晶成長論的な考察から、本縞状鉱石中に認められるwurtziteは、溶存亜鉛量のかなり高い溶液から準安定相として沈殿したものと考えられる。一方、自形のsphaleriteは、しばしば融食されており、低過飽和度溶液からその熱水溶液と平衡に近い条件下で形成されたものと考えられる。

Galenaの成長組織は一连の沈殿過程において、dendritic→elongated→grained→banded組織と変化する。Galena結晶の粒度解析及びZnS鉱物との結晶境界の観察は、一连の沈殿過程におけるgalenaの相対結晶成長速度(ZnS鉱物に対する)の増加を示唆し、galenaの結晶成長は共存するZnS鉱物のそれにも規制されていた可能性がある。

結晶成長組織等の検討から、信濃鍾に認められる鉛・亜鉛縞状鉱石は、鉱石鉱物の急速な沈殿による鉱化溶液の高過飽和度から低過飽和度溶液への連続的な変化過程で形成されたものと考えられる。一方、本鉱石中では、上述の結晶成長組織の繰り返しが観察され、これは、鉱化溶液の鉱床形成場への供給が断続的に起こっていたことを示唆する。結晶成長組織および鉱物組み合わせは、本鉱石の沈殿が、比較的高温の、天水起源の水との混合による希釈の様な鉱化溶液の急速な物理化学条件の変化に原因していた事を示唆する。この様な過程で、特徴的な縞状構造を示す鉱石が形成されたものと考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 由 井 俊 三

副 査 教 授 針 谷 宥

副 査 助 教 授 松 枝 大 治

学 位 論 文 題 名

Genetical significance of structures and textures of ZnS
minerals to Pb-Zn ores from the Shinano vein,
Toyoha mine, Hokkaido, Japan.

(豊羽鉱山信濃鍾産鉛・亜鉛鉱石の ZnS 鉱物の組織・構造の意義)

特定の元素が濃集している地質体である鉱床の研究において、その元素がどのようなメカニズムで移動し、固定されるかは第一義的に重要である。鉱床のうち有用物質が経済的に採取可能な状態で濃集しているものは鉱山として開発される。札幌市南区にある豊羽鉱脈鉱床は、近年錫、インジウム、タングステン、ガリウム、ビスマス、コバルト、ニッケルなどの稀少金属も発見されてが、量的には、我が国第一級の銀-鉛-亜鉛鉱山である。

本論文は豊羽鉱山で1986年に発見され、現在開発中の信濃鍾について、坑内における詳細な産状の観察と、採取した試料について、申請者自身の開発したミクロンオーダーでの色調の変化および包有鉱物の形と分布を解析する画像解析プログラムによる解析を含む各種の室内実験結果と総合して、鉱物の生成すなわち、元素の固定プロセスについて考察したものである。

鉱脈鉱床は、まず鉱液の通路となる割れ目の生成・熱水の供給と、そこでの鉱物の晶出という過程の繰り返しによって形成される。最大幅30メートルを越える豊羽鉱山信濃鍾の鉱化作用は、この過程を解析することによって7期に区分される。このう

ち、本論文の主な研究対象となった第4期の脈は、おもに閃亜鉛鉱、繊維亜鉛鉱(ともに ZnS)と方鉛鉱よりなり、特徴的な縞状構造を示し、また鉱山にとって重要な銀を含んでいる。

生成環境の解析にとって、その生成環境の変化を反映する性状の異なる縞よりなる縞状構造の研究が重要である。本論文の縞状構造は肉眼的には、幅数 mm 程度の、褐色の濃淡の縞の集合よりなっている。申請者は光学顕微鏡・X線回折装置・EPMAを駆使してこの縞を研究し、それが主として ZnS 鉱物の種類・組織・含有少量成分および共存鉱物を反映していることを明らかにした。

それぞれの縞において、生成の早期から晩期にかけて、 ZnS 鉱物の種類は繊維亜鉛鉱から閃亜鉛鉱に変わり、鉱物の外形とその集合状態は樹枝状から自形累帯組織に向かって変化し、 Cu 、 Sb 、 Cd 等の含有少量成分は1重量%程度から0.1%以下に減少する。共存する方鉛鉱の組織もこれに対応する変化を示している。これらの変化はいずれも過飽和度の高い溶液からの晶出と、それによる過飽和度の低下を反映するものである。一部には一旦生成した鉱物の溶解したとみなされる状況が観察され、不飽和にまで鉱液の濃度の低下したことを示している。

このような変化が繰り返して起こる条件としては、間欠的な鉱液の供給と停滞、環境の変化による過飽和状態、急激な鉱物の晶出による過飽和度の低下が必要であるが、申請者は鉱物中の流体包有物の均質化温度測定結果、硫化鉱物の組み合わせから推定される生成温度等を考え併せて、酸化的な地表水のの影響を想定している。

申請者が本鉱山から新たに見出したアンチモンと磁硫鉄鉱の組み合わせはやや高温で還元的な鉱液を示すもので、上記の推定と整合的である。また方鉛鉱からミクロンサイズの微粒子として発見された $\text{Diaphorite Pb}_2\text{Ag}_3\text{Sb}_3\text{S}_8$ は、鉱山にとって経済的にも重要な銀の存在状態として、いわゆる含銀方鉛鉱の本質に迫るものである。

本論文は豊羽鉱山の鉱石、とくにその縞状組織を研究し、それが過飽和度の低下の反映であることを示し、そのメカニズムとして温度の低下と化学環境の変化を推定し、さらに研究の過程で、鉱山にとって重要な銀のかかなりの部分の存在状態を明らかにしたもので、学位論文に値するものと認められる。