

中国大嶺口銀—鉛—亜鉛鉱床の古熱泉成鉱の特徴

金 福 喜*

Special quality of Da-Ling-Kou silver-lead-zinc deposit from the mesothermal ancient hot springs

Jin Fuxi

In this paper, the author reports on his systematic study of the Da-Ling-Kou silver-lead-zinc deposits; the results of the study indicate that their source is ancient, Mesothermal hot springs. Moreover, the author points out that this mineralization developed on the Cenozoic continental facies from the siliceous, intermediate-acid waters of the volcanic zone of the southeast China coast, west Pacific metallogenic belt. The abundance of Ag, Pb, and Zn and these metals' leachability--as well as the enveloped fractures in the volcanics--were the favourable mineralization factors. The features of breccia system, spatial zoning of base and precious metal elements, and stages of silver mineralization showed that the ore deposition resulted from the periodic activities of the ancient hot springs.

緒言

中国浙江省天台县大嶺口銀、鉛、亜鉛鉱床は環太平洋西沿岸鉱床生成帯中国東南区に位置する、中—新生代陸上火山—マグマ帯貴金属鉱床である。今まで、本鉱床の生成について様々な論断もあったが、すべての論断はあまり適切ではなかった。それで、鉱床の生成条件を調べ、濃集規律を発見し、さらに鉱床の成因を明らかにするために、著者は、1988年と1989年の二度にわたり大嶺口鉱床を全面的に調査し、総合的に研究した。

* 教養部

I. 区域地質概略

1. 区域地質構造バック

本鉱区は、環太平洋鉱床形成帯にあり、中一新生代陸上火山—マグマ活動が非常に活発な上張—大地林断層帯と天台火山陥落盆地とが交叉するところである。陳国達教授のディーワー学説による東南ディーワー区浙江福建広東ディーワー系福州地壚である。区域は、ディーワー構造層の陳蔡群地層の上に、ディーワー構造層の中生代燕山期火山岩系によって覆われる。褶曲が発育せず、断裂を特徴とし、走向により南、北東二組に分けられる北東二組と分けられる。地域における岩石微量元素分析によると、Pb、Zn、Agの存在度は、地殻における存在度よりも数倍乃至数十倍高い。

2. 鉱区地質条件

鉱区地層は磨石山組、朝川組と塘上組火山岩からなる。塘上組 (K_2t) は英安—流紋質凝灰岩を主とし、朝川組 (K_1c) は流紋質火砕岩を主とし、磨石山組 (J_3m) は流紋質火砕岩、熔結凝灰岩、沈火砕岩を主とする。噴火周期の前期から後期かけて、ナトリウム質からカリウム質の方へ変化する、周知のとおり Na_2O よりも K_2O の方が高い時、Pb Zn 鉱床の形成に有利である。岩石微量元素分析により地殻における存在度よりも鉱区火岩の Zn、Cu、Ag などの存在度の方が低い。

鉱区は断裂しか発育せず、南北方向断裂を主とし、次は北東方向断裂もある。それらはみんな深断裂から派生したものと認められる。

貫入岩は燕山期晚期中—塩基性から酸性までの岩脈（体）であり、流紋斑岩→中塩基性岩→石英斑岩からなり、磨石山組と朝川組地層に不整合的に貫入したが、鉱床形成時代よりも貫入時代の方が早いと認められている。

II. 鉱床地質特徴

1. 鉱体特徴

本鉱床は、大小20個鉱体からなり、珪化された火山岩、流紋斑岩の角礫化破碎帯の中に産出される、概ね南北走向、傾斜の強い鉱体と傾斜の緩やかな鉱体からなる。鉱体の規模は、傾斜の強い方が比較的に大きい、たとえば、1号鉱体の長さは750メートル、深さは620メートルに達し、鉱床の貯蔵量の70%を占める。

2. 角礫化系統特徴

鉱体の走向に垂直な水平横断面の上には、母岩から鉱体まで、母岩→半破裂角礫→破裂

鉍体走向に沿って、水平面には横断面と似ている角礫化系統が現れ、いくつかの漏斗が並んで发育する。角礫化系統は三度角礫化が複合し重なる特徴を持つ。母岩角礫、前期鉍石角礫が鉍石鉍物と脈石鉍物及び碎屑に膠着する。

鉱石類型は、角礫状鉱石を主とし、さらに爆発角礫状鉱石、震砕角礫状鉱石に分けられ、その間で過渡類型と複合類型になっている。分散状鉱石、带状鉱石も見つかっている。

母岩が強く熱水交代し、交代作用の種類も多いが、特に普通的な珪化交代と泥化交代を主としている。泥化交代の範囲は広く、面状分布をする。珪化交代の範囲は比較的狭く帯状分布をする。そして、鉱体の上部と頂部の珪化交代作用がもっとも強い。

— 299 —

ころは中間地帯+200m標高付近にあるが、Agの最高品位は北端0m標高付近にある

2. 時間的な規律

鉱床の形成は著しい段階性をもち、①黄鉄雲英岩化段階では、鉱化がなく、交代作用しかない、②多金属硫化物段階では、鉱化作用が発生し始める、③石英-硫化物段階では、Ag鉱化が最高に達し、④炭酸塩-硫化物段階では、鉱化作用が弱い、⑤螢石-石英段階では、鉱化がなく、晩期になっている。

3. 銀の存在状態

爆発角礫状鉱石のAg品位は一番高い、震砕角礫状鉱石のAg品位は低い。98%ぐらいのAgは、銀硫化物、銀アンチモン硫化物として存在する。常に包有物のように方鉛鉱の中で析出される。方鉛鉱などの鉱物解理の中でもよく見える。いままで、十三種類の銀鉱物を明らかにした。

AgはSb、As、Mnなどの元素との間で、相関係数が大きい。菱マンガン鉱は銀鉱化の標識とすることができる。富鉄閃亜鉛鉱と共存している方鉛鉱の中に銀鉱物をもっとも多い。

IV. 鉱床の成因

1. 形成時代

磨石山組と朝川組地層にしか鉱化がない。塘上組地層には鉱化がないし、交代されていない。岩石のK-Ar同位体年齢及び鉱石のPb同位体年齢決定によって、鉱床形成時代は早白堊紀晩期と推定される。

2. 物質源

区域における岩石の中のAg、Znなどの金属元素の存在度が高い。そして、分離抽出実験によると、凝灰岩の中からAgが活化運搬されることを明らかにした^{**}。したがってAgなど金属元素の大部分は磨石山組と朝川組火山岩から出ると考えられる。

マントルと地殻のPb同位体組成を比べてみると、鉱床のPb同位体組成は中生代火山岩と同じように地殻マントル混合型に属する。硫黄同位体組成は典型的な塔形分布の特徴をもっており、変化範囲も狭い。 $\delta^{34}\text{S}$ 値はほとんど0.60~0.23%の間に挟まれるが、少数の鉱物（閃亜鉛鉱と重晶石）の $\delta^{34}\text{S}$ 値は比較的に大きい値を持つ。それゆえ硫黄は、上部マントルの来源を主とするほかに、地殻の来源もあると考えられる。炭素同

位体 $\delta^{13}\text{C}$ 値によると、炭素は下部地殻から来源するものである。石英、菱マンガン鉱、重晶石などの鉱物の酸素同位体 $\delta^{18}\text{O}$ と水素同位体 δD によると、前期の熱水はマグマ水と天水の混合するものであり、鉱化期の熱水は天水を主とし、晩期はほとんど天水である。

3. 鉱液の物理化学的な条件

石英、閃亜鉛鉱の鉱物包有物及び方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱の硫黄同位体交換により温度は、鉱床が中—低温下で生成したことを示す。その温度は $120^{\circ}\text{C} \sim 340^{\circ}\text{C}$ の間にあり、大部分は 250°C ぐらいである。

鉱物包有物は、比較的少なく、微小で、気相成分に富む。 $\text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 体系の CO_2 濃度と圧力の関係によって、鉱床を形成する時の圧力は $1.1 \times 10^6 \sim 3.7 \times 10^7 \text{ Pa}$ の間にある。その差が大きいのは、鉱化中に圧力解放作用が発生するからである。計算の結果、熱水沸騰温度は約 330°C 、塩度は約 $5 \text{ wt}\%$ 、熱水蒸気圧は $1.4 \times 10^6 \text{ Pa}$ である、鉱床形成深度は 1.5 Km を越えないものと思われる。

4. 鉱床生成プロセス

上昇しているマグマ熱水は降下している天水と混合して、循環し、火山岩の中から金属元素を分離抽出して、最初の鉱液になる。そして、熱水が降圧沸騰することによって鉱化に有利する方向へ変化する。熱水が沸騰過程を辿った特徴は次のとおりである。①石英の鉱物沸騰包有物、②鉱物包有物が CO_2 などの気相に富む、③鉱体上部母岩の典型的な酸性交代、④縦断面での沸騰鉱化分帯特徴。断層に沿って上昇する熱水及び鉱液は、母岩と交代するし、断層の中に詰まって、上部母岩の断層空間がなくなると、飽和しすぎた蒸気圧によって、上部母岩で爆発がおこる。圧力の突然に解放するため、減圧沸騰がおこるそうすると、①電位、 PH 値が著しい変化する、②電解質解離度の降下によって塩素イオンの濃度が小さくなる、③酸素化環境から還元環境の方へ変化して、硫黄イオン濃度が大きくなる、④気相成分が冷却されて、低温酸性熱水になり、酸性交代作用が発生すると、 PH 値が変化する。実験によって、貧硫黄、中等の塩素イオン濃度、酸素化性、酸性熱水 Ag が $[\text{AuCl}_2]^-$ と $[\text{AgCl}_2]^-$ 錯イオンとして運搬される。鉱床の特徴によると、主な沸騰面は標高 0 m のところにある。

前期の鉱化作用によって、母岩の断層と割り目空間が狭くなって、下部の圧力が段々高まると、二回目の爆発が起こる。このように、周期的に沸騰、爆発→鉱化という現象が発生し、少なくとも三つの周期がある。

結論

本研究の主な結論は次のとおりである。

1. 環太平洋沿岸の中—新生代陸上火山—マグマ活動帯での火山（碎）岩角礫化帯は、鉱床形成の有利な条件である。
2. 鉱床の主な金属元素の分布は、深部から上部まで、 $Cu \rightarrow Pb$ 、 $Zn \rightarrow Ag$ 、 $Au \rightarrow Au$ のような変化規律があり、特に Ag を主とする。
3. 時間的に、 Ag 鉱化は段階性を持つ。これは、角礫化の周期性と対応している。
4. 鉱床の成因類型は、古熱泉型貴金属鉱床に属する。

主な参考文献

- ** Li PeiLan, A Research on the Emplacement Processee of Diwa Type Au-Bearing Ag-Pb-Zn Deposit, Geotectonica et Metallogenia, Vol.14, No.3, P.229-238, Sept 1990

(平成4年11月17日受理)