

氏名（本籍） Weiwei Chao （中華人民共和国）

学位の種類 博士（理学）

学位記番号 博 甲 第 9688 号

学位授与年月日 令和 2 年 9 月 25 日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当

審査研究科 生命環境科学研究科

学位論文題目

The Study of Two Stage Gold Mineralization in the Xiong'ershan Goldfield, Central China
(中国Xiong'ershan金鉱地帯における2段階金鉱化作用に関する研究)

主査 筑波大学准教授 博士（理学） 丸岡 照幸

副査 筑波大学教授 理学博士 荒川 洋二

副査 筑波大学教授 博士（理学） 角替 敏昭

副査 筑波大学准教授 博士（理学） 黒澤 正紀

論 文 の 要 旨

審査対象論文において著者は、北中国地塊に存在するXiong'ershan金鉱地帯にあるLuanling、Tantouという二つの金鉱床に着目し、その鉱物学的・地球化学的研究を進め、その形成メカニズムを議論している。Xiong'ershan地域は、北中国地塊・南中国地塊の衝突で生じた縫合帯に存在するQinlin-Dabie造山帯に接している。Luanling、Tantou間の距離は3km程度と近接しているにもかかわらず、異なる特徴を持つ鉱床を形成している。特に、Luanling鉱床は石英脈に重晶石[BaSO₄]を伴い、Tantouを含めた周辺の鉱床とは特異に異なっていることが示されている。このことはこの鉱床が他と異なる地質学的セッティングに伴って生成されたことを意味する。鉱物組成、微量元素組成などを通じて、これらの異なる特徴を持つ鉱床を比較し、それぞれの生成場の特徴を捉えることを目的として研究を進めた。第一章において著者は、Xiong'ershan金鉱地帯の地質概要を記述し、Luanling、Tantouという金鉱床の研究上の位置づけを示している。また、第二章、第三章で使用される手法が示されている。

第二章において著者は、Luanling鉱床に鉱物学的・地球化学的手法を適用し、その生成過程を議論した。石英脈には鉱石鉱物として、黄鉄鉱[FeS₂]、輝水鉛鉱[MoS₂]、方鉛鉱[PbS]、閃亜鉛鉱[(Zn, Fe)S]、ファマチナ鉱[Cu₃SbS₄]、テルル化鉱物が含まれていた。金は自然金もしくは含金銀テルル化鉱物として、黄鉄鉱中に他形包有物として、もしくは方鉛鉱、ヘッス鉱[Ag₂Te]、閃亜鉛鉱、ファマチナ鉱の粒間や鉱物内の割れ目に存在していた。脈石鉱物として、石英、カリ長石、重晶石、金紅石、石灰石を含む。脈石鉱物・鉱石鉱物の生成順序をもとに鉱脈の生成過程をステージI~IVの4段階に分けた。重晶石-黄鉄鉱（もしくは方鉛鉱）の硫黄同位体比をもとに、それらの存在するステージI、IIIの平衡温度をそれぞれ300-380°C、240-320°Cと決めることができた。ステージIIIに存在する硫化鉱物・テルル化鉱物の組み合わせと硫黄同位体平衡温度をもとに硫黄フガシティー、テルルフガシティーを決めることができた。この結果と重晶石・黄鉄鉱の共存関係を考慮すると鉱石鉱物が酸化的な環境下で結晶化したことを示している。輝水鉛鉱にRe-Os年代測定法を適用し、163 ± 0.87 Maという年代が得た。He-Ar同位体をもとにした議論では、マントル流体を起源とする成分の存在を示した。地殻物質とマントル由来物質の混合で同

位体比が説明される。

第三章において著者は、Tantou金鉱床に鉱物学的・地球化学的手法を適用し、その生成過程を議論した。鉱脈に存在する鉱石鉱物は黄鉄鉱を主体とし、方鉛鉱、輝銀鉱[Ag₂S]を含む。微小な黄銅鉱[CuFeS₂]、斑銅鉱[Cu₅FeS₄]、閃亜鉛鉱、ヘッス鉱[Ag₂Te]、自然金も含まれている。金は黄鉄鉱の微量成分としても含まれていた。脈石鉱物としては、石英、カリ長石、緑簾石、石灰石が含まれている。脈石鉱物・鉱石鉱物の生成順序をもとに鉱脈の生成過程をステージI~IVの4段階に分けることができた。鉱石鉱物は主にステージII、IIIで生成された。黄鉄鉱にRb-Sr年代測定法を適用し、124.2 ± 3.1 Maの年代を得ている。初生⁸⁷Sr/⁸⁶Sr比は0.71124 ± 0.00010と得られたが、これだけからではSrのソースを明確に区別することはできなかった。

第四章において著者は第二章・第三章での議論をもとに、それぞれの鉱床の形成過程を論じている。Qinlin-Dabie造山帯に産する中生代火成岩類の形成年代は、125-130 Maにピークを持つ、Tantou鉱床を含めた多くの金鉱床は、この範囲の年代を示している。これに関連する火成岩類は、A-type花崗岩と呼ばれるものに分類される。このタイプは引張場により生成された花崗岩であることが示されている。この時期に起きたと考えられる北中国地塊におけるリソスフェアの薄化を反映している。一方で、163 Maの年代を示すLuanling鉱床には、深部物質の寄与率が高く、南北中国地塊間衝突に伴い充分厚みのある（薄化前の）状態で起きた部分熔融に関連していると結論づけた。

審 査 の 要 旨

中国は近年金産出量を増やし、現在では世界一位の金産出国となっている。その中でも河南省Xiong'ershan金鉱地帯は重要な役割を担っている。このような金鉱床の形成過程を議論することは、今後の金鉱床探索の指針となるため極めて重要である。著者は綿密な鉱物記載とそれをもとにした地球化学研究から金を含む鉱脈をもたらした流体の供給メカニズムに関する非常に重要な知見を得た。Tantou鉱床はこの地域で見いだされる多数の鉱床と同様の過程で同時期に生成されたことを確認した。一方で、著者は、Tantou鉱床と距離的に非常に近い（3km程度）Luanling鉱床に関して、この地域の多くの鉱床とは脈石鉱物・鉱石鉱物ともに異なる組成を持ち、さらに年代値の比較から生成年代に4000万年もの開きを持つことを示した。また、Luanling金鉱床の生成にはマントル起源物質に由来する流体が関与することを示し、鉱床形成過程が周辺鉱床と大きく異なることも示した。Luanling金鉱床は近年見いだされた新しい鉱床であるが、Xiong'ershan金鉱地帯に同様に生成された鉱床が存在する可能性も示唆する。このような研究成果は非常に高く評価でき、資源地質学の今後の研究に大いに貢献することが期待される。

令和2年7月30日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。