

論文の内容の要旨

論文題目 Re-Os 放射壊変系による別子型塊状硫化物鉱床の生成年代決定と
成因の解明

氏名 野崎 達生

我々が暮らしている日本列島は、主に過去 4 億年以降に形成された付加体から構成されており、付加体中には様々なタイプの鉱床が胚胎している。例えば、酸化環境で生成する Mn 酸化物鉱床はジュラ紀付加体である秩父帯や美濃・丹波帯に、Fe-Mn 酸化物鉱床は白亜紀以降の付加体である四万十帯や秩父帯に多く分布している。一方、還元環境で生成する別子型 Cu 硫化物鉱床は、変成帯である三波川帯に集中的に分布している傾向がある。したがって、日本列島付加体中には酸化/還元という対照的な環境下で生成する鉱床の分布に明瞭な規則性が存在しており、これらの鉱床の生成年代を明らかにすることができれば、古海洋の酸化・還元環境変遷史が解読できると期待される。

従来、鉱床の生成年代は母岩に含まれる珪酸塩鉱物の放射年代や、鉱床近傍の岩石に含まれる有孔虫や放散虫などの化石年代によって求められてきた。Mn, Fe-Mn 酸化物鉱床の生成年代は従来法により求められるが、三波川変成作用を被っている別子型硫化物鉱床の生成年代を従来法によって求めることは不可能である。そこで、近年注目されているのが Re-Os 放射壊変系を利用した年代決定法である。Re, Os はともに親鉄・親銅元素であるため、硫化物に濃集する性質を有する。したがって、Re-Os 法は硫化物試料から鉱床の生成年代を直接決定できる唯一の方法であると考えられている。

本研究では、(i) 三波川帯に分布する代表的な別子型鉱床の生成年代を Re-Os 法によって硫化物試料から直接求めること、(ii) Re-Os 年代や全岩化学組成に基づき、100 年以上の長きにわたって議論が行われている別子型鉱床の成因・堆積環境を明らかにすること、(iii) 日本列島付加体中に胚胎している鉱床の生成年代分布から、古海洋の酸化・還元変遷史を解読すること、(iv) Re-Os 年代により明らかになった成因に基づき、別子型鉱床の資源探査指針を提案することを主な目的とした。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 別子型鉱床の鉱石試料の微量元素組成は Cu および Zn に富んでおり、Pb に乏しい。別子型鉱床と現世の海底熱水鉱床を比較すると、別子型鉱床は Co に富んでいる特徴がある。背弧・前弧の海底熱水鉱床は、別子型鉱床と比較して Cu や Zn だけでなく Pb, As, Ag, Au などに富む多金属型鉱床であり、別子型鉱床と組成が大きく異なる。微量元素組成が最も類似しているのは中央海嶺の海底熱水鉱床であり、別子

型鉍床の生成場は中央海嶺であることが示唆される。

- (2) 別子型鉍床の Re 濃度は 2.54 - 370 ppb, Os 濃度は 166 - 1190 ppt と幅広い範囲を示し, Os に比べて Re が濃集している。別子型鉍床の Re, Os 同位体比は, $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ が 42.0 - 12160, $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ が 0.43 - 31.2 と幅広い範囲を有する。様々な硫化物鉍床と比較した場合, 別子型鉍床の Re-Os 同位体比のバリエーションは大きく, Re-Os 法による年代決定に適している。
- (3) Re-Os アイソクロンにより求められた別子型鉍床の生成年代および $(^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os})_i$ は, 別子鉍床が 147 - 159 Ma, $(^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os})_i = 0.59 - 0.66$, 佐々連鉍床が 175 ± 10 Ma, $(^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os})_i$ は 0.36 ± 0.15 , 高越鉍床が 154 - 193 Ma, $(^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os})_i = 0.12 - 0.24$, 飯盛鉍床が 152.6 ± 2.9 Ma, $(^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os})_i$ は 0.36 ± 0.27 , 金石鉍床が 140 ± 19 Ma, $(^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os})_i = 0.21 \pm 0.41$ であり, 飯盛鉍床のアイソクロンが最も良好な直線性を示す。別子型鉍床のこれらの堆積年代は三波川変成作用のピーク年代よりも明らかに古く, 直線性の良好なアイソクロンがほとんどの鉍床について得られたことから, Re-Os 法による年代決定は変成帯においても有効である。
- (4) 四国地方三波川帯の構造史を考慮すると, 別子型鉍床が海底で生成してから大陸地殻に付加するまでの duration time は 55 - 10 My である。当時の太平洋プレートのユーラシアプレートに対する相対速度は 10 cm/yr なので, 三波川帯に分布する別子型鉍床の堆積場は大陸地殻から 1000 - 5500 km 離れた半遠洋域～遠洋域である。したがって, 酸化的な環境では溶解してしまう硫化物鉍床の保存機構として, 陸源碎屑物の被覆以外の機構を考える必要がある。
- (5) 三波川帯の別子型鉍床は, 古海洋の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比が negative excursion を示すジュラ紀後期に多く生成している。このことは, ジュラ紀後期における中央海嶺の火成活動が活発であり, 低い $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比を持つ熱水フラックスが多かったことを意味する。海底の火成活動が活発なジュラ紀後期の地球は, 現在よりも大気 CO_2 濃度が高く温暖な気候であったと考えられる。その結果, 氷床が発達せず, 極域における冷たくて重い海水の沈み込みが起こりにくくなり, 海洋大循環が停滞していた可能性が高い。したがって, ジュラ紀後期の海洋は成層化され, 底層は貧酸素/還元的な環境になっていたと考えられる。遠洋域～半遠洋域の中央海嶺で生成した三波川帯の別子型鉍床は, 活発な海底火成活動に伴う海洋底層のグローバルな貧酸素化/還元化によって, 溶解されずに保存されたという新たな鉍床の生成モデルを提案する。
- (6) 三波川帯に分布する別子型鉍床の生成年代は, ジュラ紀中期～白亜紀初期の大気 CO_2 濃度が高い時期に相当する。一方, 秩父帯や美濃・丹波帯の緑色岩を伴う Mn, Fe-Mn 酸化物鉍床は石炭紀～ペルム紀後期や白亜紀初期以降に多く生成しており, 大気 CO_2 濃度が低い時期と一致する。また, 黒色泥岩を伴う Mn 炭酸塩鉍床はトリアス紀やジュラ紀中期に多く, 大気 CO_2 濃度が高い時期に生成している。したがって, 石炭紀や白亜紀初期以降の海洋は酸化的な環境であり, トリアス期やジュラ紀

中期～後期の海洋は還元的な環境であったと考えられる。

- (7) 鉱床の生成場として縁海域の中央海嶺を想定した場合、新たな別子型鉱床の探査に有望な地域は、海嶺沈み込み現象が起こった地質帯の緑色岩/緑色片岩近傍である。また、鉱床の生成場として遠洋域の中央海嶺を想定した場合、三波川帯に分布する別子型鉱床が生成したジュラ紀後期と同年代の地質帯や、Mn 炭酸塩鉱床が多く生成しているトリアス紀やジュラ紀後期の地質帯が有望である。日本列島と同時代の付加体は北米大陸や南米大陸にも分布していることから、環太平洋地域に探査範囲を広げることが望ましい。