

放射光蛍光X線法による単一流体包有物の化学分析 -熱水鉱床研究への応用-

林謙一郎・増川恭子
筑波大学大学院生命環境科学研究科

鉱床生成に関与した熱水溶液の化学組成の情報は、鉱液の起源とその進化、重金属の溶存状態や運搬機構、鉱液から鉱石鉱物の沈殿機構などを議論する際には基礎的な資料として重要である。従来、鉱液の組成は流体包有物の塩濃度を測定することにより推定されてきたが、主成分として NaCl 以外の塩を含む場合などには誤差が大きくなる等の問題がある。近年微小部分分析技術の発展により、単一流体包有物の組成分析値が報告されるようになった。とりわけ LA-ICP-MS 法による、単一流体包有物を破壊しての分析では、重金属を含む微量成分の濃度変化を含め、鉱液の組成が鉱化作用の進行とともに大きく変化していることが示されている。単一流体包有物を非破壊で分析できれば、破壊法に比べてはるかに応用範囲が広がると思われる。ここでは高エネルギー加速器研究機構、放射光実験施設の BL-4A で行った放射光蛍光 X 線法による単一流体包有物の化学分析について報告する。

深熱水性鉱脈型タングステン鉱床の生成に関与した熱水

茨城県高取鉱床産石英試料中の単一流体包有物の重金属の定量分析を放射光蛍光 X 線法で行い、得られた重金属濃度から鉱床を形成した熱水系の変遷について議論した。初期流体からは 1,300-3,700 ppm W、4,100-6,200 ppm Fe、1,000-1,800 ppm Mn、1,500-3,000 ppm Cu および 1,800-2,900 ppm Zn 等重金属が高濃度で検出されたが、中期ステージでは初期ステージと比較して急激に濃度が下がり、後期・末期ステージでは重金属濃度は検出限界以下 (<50 ppm) となった。以上の結果は、高取鉱床を形成した鉱化流体は、S-type マグマに由来するマグマ水であることを示唆し、鉱化作用の進行とともに、鉱物の晶出や周囲の母岩との反応を経て組成を変えていったと考えられる。放射光蛍光 X 線法による流体包有物中のタングステンの定量分析には、当初経験的に導かれた補正係数を用いていた。定量分析の精度をより向上させるために、タングステン濃度既知の人工流体包有物を合成し、蛍光 X 線強度-タングステン濃度-流体包有物の石英表面からの深度の 3 者の関係を得る検量線を作成した。検量線によるタングステン濃度は、経験的に導かれた補正係数を使用しての定量分析値と一致する。

重金属の気/液分配に関する熱水実験

H₂O-NaCl 系で Cu および Zn の気/液分配実験を行った。ここで Cu は揮発性を有するメタル、一方 Zn は揮発性の低いメタルであると考え、両者の気/液分配係数を比較することにより、特定のメタルが気相として移動している可能性を検討した。マグマ近傍の高温熱水系で起こる物理化学的過程を再現するために、650°C までの高温条件で、共存する気相および液相中へのメタルの分配を求めた。通常のパッチ法によって気相および液相を高温状態で個別にサンプリングする事はこの温度領域では実験的に困難である。従って、気相と液相の共存下で流体包有物を合成し、流体包有物中に取り込まれた溶液を分析することにより共存する液相および気相の組成を求めた。流体包有物の分析は放射光蛍光 X 線法によって単一流体包有物中に取り込まれた気相および液相中の Cu および Zn 濃度を定量分析することにより求めた。その結果、硫黄が存在すると Cu の分配係数が 1.0 を越えることが明らかとなった。斑岩型鉱床に伴われる気相および液相包有は、ここで報告した銅の気/液分配係数物の分析から得られる値とほぼ一致し (log KD = ~1)、天然の現象を始めて実験的に再現することに成功した。この結果は、銅は硫黄と安定な錯体を形成して気相中に選択的に分配するためであると解釈することができる。硫黄との親和性が弱い亜鉛は塩化物錯体として溶存するので液相中に留まる事を示唆している。