

浅熱水性金鉱床形成につながるマグマ起源流体の解明 - 日本における斑岩型鉱床の蓋然性 - Magmatic fluid leading to epithermal gold deposits; probability of porphyry copper deposits in Japan

村上 浩康^{1*}Hiroyasu Murakami^{1*}¹ 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門¹ Institute for Geo-Resources and Environment, AIST

浅熱水性金鉱床は、深部(2-5km)マグマの貫入(斑岩型鉱床の形成)に伴う地表浅部(1km内外)の熱水系に発達するモデルが提唱されている。しかし、その鉱化流体の実態は未だ議論の最中にある。浅熱水性金鉱床には、硫砒銅鉱やルソン銅鉱の出現で特徴づけられる高硫化型と、氷長石や方解石で特徴づけられる低硫化型とがあるが、この違いが生じる要因もよく解っていない。

本論では、浅熱水性金鉱床である鹿児島県の菱刈鉱床(低硫化型)、赤石・春日鉱床(高硫化型)及び熱水性鉱床である愛知県の振草セリサイト鉱床を対象として、LA-ICPMSにより石英などに包有される鉱化流体の化学組成を実証し、浅熱水性金鉱床と斑岩型鉱床との化学的・空間的血縁関係について論じる。

菱刈鉱床産石英、氷長石中の流体包有物(n=225, 200~250, 0.1~0.8 wt%, NaCl相当濃度)を分析した。平均金含有量は、脈形成初期の“マグマ起源熱水”で最も高く(Au:2.9 μg/g)、極めて高い金濃度(>10 μg/g)を示す流体も多く認められる。脈形成末期の金濃度は減少する(Au:0.22 μg/g)。硫黄濃度は初期で200 μg/g以下、末期で200~400 μg/gを示す。Cu及びAs濃度は初期、末期ともにそれぞれ10-20 μg/g及び30 μg/g前後を示す。Sb濃度は初期(100 μg/g)に比べ末期で250 μg/gと増加し、天水循環による酸化的環境が末期に卓越していたことを示唆する。流体包有物の温度・塩濃度組成から形成深度は0.3~0.4kmと推定される。

赤石・春日鉱床産含金珪化岩の石英中に認められる流体包有物(n=151, 220~270, 0.5~4.8 wt%, NaCl相当濃度)を分析した。平均金含有量は、赤石はAu:6.5 μg/g(n=22)、春日でAu:2.8 μg/g(n=55)を示す。硫黄濃度は赤石で10,000 μg/g、春日で6,200 μg/gと菱刈鉱床に比べて一桁高い。As濃度は赤石で54 μg/g、春日で384 μg/gの値を示す。Cu濃度は15 μg/g(赤石)、43 μg/g(春日)である。Sb濃度は両鉱床とも100~200 μg/gであった。黄鉄鉱を含む流体包有物では、金や銅濃度が特に高い(平均Au:25 μg/g, Cu:590 μg/g; 赤石)。推定形成深度は0.5km前後である。

振草セリサイト鉱床産の石英中の流体包有物のうち、鉱床下部に産する気相包有物(n=32, >330, 5 wt%, NaCl相当濃度)では、平均でAu:1.8 μg/g, S:18,000 μg/g, Cu:596 μg/g, As:101 μg/g, Sb:56 μg/gを示す。セリサイトの水素同位体比などから、この流体は金、硫黄、銅に富むマグマ起源流体と考えられる。形成深度は1.0~1.2kmと推定される。

これらの結果から、浅熱水性金鉱床の鉱化流体における主な元素濃度はAu:1.5 μg/g~6.5 μg/g, As:数十 μg/g, Sb:数百 μg/g, Cu:数十 μg/gと考えられる。極めて高い金濃度(>10 μg/g)を持つ流体包有物は、熱水中で既に晶出した金の微粒子を含むと推定され、金濃度の高い流体包有物には黄鉄鉱なども伴われることから、鉱石鉱物の沈殿ステージの流体を捕獲したと考えられる。

硫黄濃度は高硫化型で数千 μg/gを示すのに対し、低硫化型では数百 μg/g以下であり、浅熱水性金鉱床における硫黄分圧の違いを反映している。斑岩銅鉱床における気相の元素濃度と比較すると、金濃度は同程度であるが、銅濃度が二~三桁低く、硫黄濃度は低硫化型金鉱床で極めて低い。これらの特徴は、深部マグマから派生した沸騰流体により、1) 斑岩型鉱床が形成され、2) 気相が浅部へ上昇する過程で硫化鉱物を形成しながら(e.g., 斑岩銅鉱床におけるD脈: 石英-黄鉄鉱-セリサイト脈)、3) 金がチオ錯体として浅部に運搬されることを示唆する。このプロセスの1及び2で流体中の銅及び硫黄濃度が消費される。つまり、地表から深部マグマまでの距離が比較的近い場合は高硫化型、遠い場合は低硫化型の金鉱床が形成されたと推測される。一方、斑岩型鉱床の形成深度が浅い(平均2.1km)鉱床は金と銅に富み、深い(平均3.7km)鉱床では銅とモリブデンに富む。この違いは、「揮発性で流動性を持ち、硫黄に富む気相が金を地表浅部に運搬する」ことを裏付けており、深成の斑岩型鉱床ではそれが促進されている。言い換えれば、地表近くで金鉱床があるという事実は、深部で銅鉱床が形成されている可能性があることを示している。これらの考察から、“斑岩型鉱床の形成深度の違いによって浅熱水性金鉱床のタイプに違いが生じる”というパラダイムを提案する。これは、環太平洋地域に属する日本でも、とりわけ低硫化型金鉱床下部にも、斑岩型鉱床が深部(地表下2~3km以上)に賦存する可能性があることを意味する。

キーワード: 浅熱水性金鉱床, 斑岩銅鉱床, 鉱化流体, 流体包有物

Keywords: Epithermal gold deposit, Porphyry copper deposit, Magmatic fluid, LA-ICPMS, Fluid inclusion