

粒子線励起X線分析法 (PIXE) による甲府花崗岩体の流体包有物分析

Quantitative PIXE analysis of trace elements in fluid inclusions from the Kofu granite body.

黒澤 正紀 [1]; 筑波大学高エネルギーイオンビーム分析グループ 黒澤 正紀 [2]

Masanori Kurosawa[1]; Kurosawa Masanori High Energy Ion beam Analysis Group[2]

[1] 筑波大・地球科学; [2] -

[1] Inst. Geosci., Univ. Tsukuba; [2] -

花崗岩体の結晶分化によって生じる熱水流体は、金属鉱床・変質帯・周辺深部地下水組成の形成に大きな役割を果たしている。この花崗岩起源流体は、岩体内部の移動過程で、沸騰・鉱物晶出・天水の混合・岩石-水反応などにより組成が変化するので、地質現象での流体の役割を理解するには組成変化の追跡が必要となる。また、この移動流体は、脈岩や既存鉱物中に流体包有物として捕獲されることが多く、さらに捕獲流体は、その後の地殻応力による包有物の破壊で外部に漏出し、天水による希釈を経て深部地下水にも影響する。そのため、花崗岩体に含まれる流体包有物組成の解明が、花崗岩に関連した鉱床形成や深部地下水組成の研究に欠かせない。我々のグループでは、花崗岩起源流体の組成の解明と花崗岩体での放射性廃棄物地下処分に対する深部地下水の影響を検討する目的で、粒子線励起X線分析法 (PIXE) による流体包有物元素組成の定量分析をこれまで進めてきた。今回、甲府花崗岩体の石英に含まれる流体包有物の分析により、流体の移動過程での組成変化と甲府花崗岩体の過去の熱水系に関する結果が得られたので報告する。

試料には、山梨県甲府市北方の甲府花崗岩体を構成する御岳昇仙峡型花崗岩のペグマタイト・晶洞・熱水石英脈および金属鉱山付近の熱水石英脈の石英を用いた。これらは、花崗岩体固結で生じた一連の熱水活動により形成されたものである。花崗岩自体は固結後に通過した全ての流体を包有物として含むので、流体の形成ステージや条件を区別するため、脈岩や晶洞を試料とした。花崗岩・ペグマタイト・晶洞の石英は、均質化温度 200-400 °C・塩濃度 10-15wt.% NaCl の 2 相流体包有物を含み、殆どの包有物は均質化温度 300-400 °C・塩濃度 5-10wt.% を示す。石英脈試料は均質化温度 150-480 °C と幅があり、多くは塩濃度 5-10wt.% の 2 相流体包有物であるが、標高 1200m 前後の石英脈には塩濃度 30-38wt.% NaCl・均質化温度 350-450 °C で、岩塩を含む高塩濃度流体包有物が多数認められた。これらの流体包有物を、筑波大学加速器センターのタンデム加速器による 1.92 MeV の陽子線を用いて分析した。今回の測定条件では、流体包有物中の Cl を ± 45% 以下、Ca を ± 29%、Mn を ± 25%、Fe、Cu、Zn、Ge、Br、Rb、Sr を約 ± 20% の誤差で定量できる。検出限界は、1 μ C のビーム照射量の時に、Cl で 2300 wt. ppm、原子番号 25 ~ 38 の元素で 15-40 ppm である。この検出限界は照射量の増大と共に低下するので、低元素濃度の包有物の分析では長時間のビーム照射を行った。

分析の結果、晶洞とペグマタイトの包有物には約 8 wt% の Cl, 2-6 wt% の K, Ca, 1000-3000 wt. ppm の Fe, Ba, 200-500 ppm の Mn, Zn, Pb, Cu, Br, Ge, 数十 ppm の Rb, Sr が含まれていた。この濃度は花崗岩固結直後に放出された流体の組成を示すと考えられる。低濃度の石英脈の 2 相流体包有物も同様な濃度を示す。一方、岩塩を含む高塩濃度流体包有物には約 17 wt% の Cl, 2-3 wt% の K, Ca, 2000-10000 ppm の Fe, Mn, Zn, 200-700 ppm の Pb, Cu, Br, Sr, Ba, Rb, 20-30ppm の Ge が含まれていた。特に金属鉱山付近では濃度がやや高めである。岩塩を含む高塩濃度の流体は、固結直後に放出された流体が割れ目に沿って岩体上方へ移動した際の減圧沸騰で生じたと考えられる。高い金属元素濃度も沸騰の際の水蒸気-塩水間の元素分配で生じた可能性が高い。実際、Ge 以外の各元素濃度は、塩濃度と正の相関があり、Cl と Br, Br と Fe、Fe と Mn, Pb と Zn の濃度は強い正の相関を示す。これらの傾向は、沸騰の際の水蒸気-塩水間の元素分配の実験結果と調和的である。

今回の結果から、甲府花崗岩体の固結後の熱水系を推定すると以下のようなようになる。花崗岩固結直後に生じた熱水は塩濃度 10 % 程度で金属元素濃度も 200-500 ppm 程度であったが、冷却亀裂など岩体の割れ目に沿って断熱的に上昇した流体の一部は減圧沸騰し、塩濃度 30 % 以上の高金属濃度流体を形成した。割れ目に沿って地表から天水も流入したが、混合の程度が低い熱水流体は岩体の周囲に金属鉱床を形成した。今後、地殻応力による流体包有物の破壊と流体漏出・地表水との混合などを検討しながら、花崗岩体に放射性廃棄物を埋設する際にどのような場所が適切かを考える指標の一つにしたいと考えている。