

# 放射光蛍光 X 線を用いた流体包有物中の銅および亜鉛の定量分析

## Quantitative analysis of Cu and Zn in fluid inclusions using synchrotron radiation X-ray fluorescence

# 永関 浩樹[1]; 林 謙一郎[2]

# Hiroki Nagaseki[1]; Ken-ichiro Hayashi[2]

[1] 東北大・理・地球物質科学; [2] 筑波大・生命環境

[1] Dept. of Mineral. petrol. and Economic Geol., Tohoku Univ.; [2] Graduate School of Life and Environmental Sci., Univ. Tsukuba

流体包有物とは、普通数十～数百 $\mu\text{m}$ の、周囲の熱水が結晶成長に伴い結晶内部に捕獲されたものである。重金属の濃度など流体包有物が持つ様々な情報を用いて、鉱床が形成する場における金属元素の運搬・鉱化流体の冷却・鉱物の沈澱などの過程を解明することが可能となる。単一流体包有物の分析手法は、バルク分析に比べて時間的および空間的に高い解像度の鉱化モデルの構築に寄与するものである。近年、放射光蛍光 X 線(SXRF)により $\mu\text{m}$ スケールでの分析が可能になっており、単一流体包有物の定性分析の例が数多く存在している。一方で SXRF を定量分析に用いるため、定量性の向上を図る多くの試みがなされているが、誤差が非常に大きいのが現状である。本研究では、流体包有物の定量分析において最も重要な問題の一つである、包有物の形状の評価を通じて流体包有物の定量分析を行った。

本研究では、既知の組成の流体包有物を得るため、人工流体包有物法を採用した。流体包有物の合成は Bodnar and Sterner (1987)に基づいて行った。天然石英を 4 mm  $\times$  4 mm  $\times$  2-3 cm のサイズに切断し 400  $^{\circ}\text{C}$  で加熱した後室温の超純水に浸して石英に亀裂を生じさせた。それと銅および亜鉛を 100-10000ppm 含む溶液及び石英粉(石英の再結晶を促進)を金カプセルに封入した。カプセルは高温高压オートクレーブに入れた後、500  $^{\circ}\text{C}$   $\cdot$  100MPa で数日間保った。その後、取り出した石英柱を切断し両面を研磨して厚さ約 0.3 mm の研磨片を作成し、それに含まれる人工流体包有物を分析に用いた。本研究における分析は全て高エネルギー加速器研究機構放射光研究施設(つくば市)のビームライン BL-4A で行った。BL-4A のビームサイズは約 5  $\mu\text{m}$   $\times$  5  $\mu\text{m}$  である。

分析により、蛍光 X 線スペクトルおよび銅・亜鉛の平面分布図が得られた。包有物を含む領域から得られた信号強度の積分値と、1 点の分析により得られた X 線スペクトルから算出した “relative intensity” (X 線照射時間や流体包有物の大きさを用いて補正した分析値)の両者について相関係数を比較すると、後者の方が大きいことから、後者の方が重金属濃度をよく反映していることを示していると考えられる。前者は、流体包有物の端を決定することが困難であることが誤差の原因になっていると思われる。入射 X 線が流体包有物を通過する際、溶存するイオンから一次的な蛍光 X 線が放射される。この一次的な X 線が溶存イオンに作用して二次的な X 線を発することが予想されるが、本研究結果は、その効果は “relative intensity” にほとんど影響を与えないことを示している。“relative intensity” をプロットすることにより、銅・亜鉛の濃度を “relative intensity” および流体包有物の試料表面からの深さをを用いて求めるための式の比例定数が求められた。この式は、X 線質量吸収係数から期待される値にほぼ一致している。また、銅および亜鉛の検量線の傾きの比は、蛍光 X 線の発生効率を示す係数 “fluorescence cross-section” の比とほぼ一致した。このことは少なくとも銅および亜鉛に原子番号の近い元素の濃度について、本研究を外挿することにより推定することが可能であることを示している。