

ウラン鉱石中の石英の放射線損傷の研究(1) - 照射実験試料とウラン鉱石のCL観察

Radiation effects observed in quartz in uranium ores (1) - CL observation of quartz after He implantation and in uranium ores

堀川 循正[1], 小室 光世[2], 豊田 新[3]

Yoshitada Horikawa[1], Kosei Komuro[2], Shin Toyoda[3]

[1] 筑波大・地球, [2] 筑波大・地球科学, [3] 岡山理大・理・応物

[1] Geoscience, Tsukuba Univ, [2] Geoscience, Tsukuba Univ, [3] Applied Phys., Okayama Univ. Sci.

放射性鉱物と共存する石英をカソードルミネッセンス(CL)で観察すると、放射性鉱物と接する付近に幅数十 μm 程の色調の薄い部分が見られる。その幅が石英中における粒子の理論的飛程と一致することから、黒雲母の多色性ハロと同様、粒子による放射線損傷部(ダメージハロ)と考えられている(Smith and Stensrom, 1965; Owen, 1988)。しかしながら、CL観察で見られるハロは粒子との相互作用に起因するという確証は未だ実験的に得られておらず、また、ハロ発達と線量との間に明確な定量関係は導かれていない。本研究では、石英に対して He^+ イオン照射実験を行い、照射された石英を観察し、ハロ発達と線量の関係を明確にするとともに、天然の石英におけるハロ形成について検討した。

照射実験には3M タンデム加速器(日本原子力研究所・高崎研究所保有)を用い、4MeV および6MeV の He^+ イオンを石英片に照射した。4MeV での実験は、照射線量 $7.47\text{E}-03 \sim 2.17\text{E}-06 \text{ C/cm}^2$ の間で行った。実験後、照射面に生じるハロの幅を測定できるように、石英片を垂直に立てて樹脂に埋め込み、研磨した後CL観察を行った。その結果、 $3.56\text{E}-05 \text{ (C/cm}^2)$ 以上の照射を受けた試料からハロを確認した。ハロ幅はいずれも $14 \sim 15 \mu\text{m}$ 程度で、4MeV の粒子の理論的飛程とほぼ一致する。ここに、CLで見られるものは線損傷であるという確証を得た。ハロは線量に比例してその輝度および鮮明度を増し、色調は石英内部よりも赤色(橙色)が強くなる傾向が認められた。 $3.56\text{E}-05 \text{ C/cm}^2$ の試料ではハロのコントラストが乏しく、識別が困難であった。今回最も線量の低い試料からはハロが確認できなかったことと合わせると、CLでハロが観察されるためのしきい値となる線量は $3.56\text{E}-05 \sim 2.17\text{E}-06 \text{ C/cm}^2$ の間に存在すると考えられる。

天然のCL観察はジンバブエのカニヤンバウラン鉱床および東濃ウラン鉱床(いずれも砂岩型ウラン鉱床に属する)の薄片試料を用いて行った。カニヤンバの石英には、粒子外縁部に、幅 $40 \mu\text{m}$ 程度で外側(石英表面に近い方)はより赤く内側はより白い二重構造のハロが特徴的に見られる。一方、東濃ではパルクのウラン濃度が $0.7\text{wt.}\%$ 以上の鉱石でハロが顕著に認められ、ハロの幅はカニヤンバと同程度であるが、殆どがカニヤンバのものより鮮明度が低く、色も単色(白っぽく色調が薄い)である。以上のように、両鉱石において、娘核種の影響による比較的大きなハロ幅が認められ、鉱床形成時期の相違等による線量の違いが色調等の違いとして認められた。

最近、著者らは線源をいくつかの重要な空間分布パターンにモデル化し、石英中の任意の部分が被る線量の計算を行ったところ、周辺の核種の濃度や壊変期間に加え、空間分布のパターンが大きく影響することがわかった(Horikawa and Komuro, 1999)。例えば、石英表面に接する放射線源が $1 \mu\text{m}$ 立方の微小点源の場合とマトリックスに均質に広がっている場合とでは、石英表面から $1 \mu\text{m}$ の深さにある部分が被るダメージは約5000倍異なる。このモデル計算に基づき、天然の石英が被った線量を計算した。その結果、CL観察可能であるための照射量の範囲は、実験により得られたしきい値と天然の試料から求めたものとで矛盾しないことがわかった。

-謝辞-

本研究の一部は日本原子力研究所の黎明研究により支えられており、関係者の方々に対し深く謝意を表します。

-参考文献-

Horikawa, Y. Komuro, K (1999): Ann. Rep. Tsukuba Univ. 25, 51-56

Owen, M.R. (1988): Geology, 16, 529-532

Smith, J.V. and Stensrom, R.C.(1965): Jour. Geol., 73, 627-635