

石英の放射線損傷解析によるウラン鉱床のナチュラルアナログ研究

Analysis of radiation effects in quartz from some uranium deposits: a natural analogue study

小室 光世[1], 豊田 新[2], 磯部 博志[3], 柳瀬 信之[4], 堀川 循正[5], 浅井 貴之[6]

Kosei Komuro[1], Shin Toyoda[2], Hiroshi Isobe[3], Nonuyuki Yanase[4], Yoshitada Horikawa[5], Takayuki Asai[6]

[1] 筑波大・地球科学, [2] 岡山理大・理・応物, [3] 熊大・理・地球科学, [4] 原研・陸域研, [5] 筑波大・地球, [6] 岡山理大・理・応用物理

[1] Geoscience, Tsukuba Univ, [2] Applied Phys., Okayama Univ. Sci., [3] Dept. Earth. Sci., Fac. Sci., Kumamoto Univ, [4] Terres. Res. G., JAERI, [5] Geoscience, Tuskuba Univ, [6] Applied Phys. Okayama Univ. Sci.

1. はじめに

ウラン鉱床を用いたナチュラルアナログ研究における重要な課題の一つとして、ウラン鉱床が生成した後現在に至るまでの過程での様々な地質イベントや緩慢な地質現象の影響下で、放射性核種がどのような挙動をするのかについて解明することがあげられよう。ウラン鉱床の地質環境セッティングや遭遇した地質イベントと放射性核種の移行挙動の関係について、多くの事例に関するデータを蓄積することは重要である。しかしながら、放射平衡の解析以外の通常の分析手法では放射性核種の移行、特に、過去のある時期において存在し現在溶脱除去されてしまったものを分析することができないので、こういった移行挙動の具体像の把握は困難であった。放射性核種は周囲の岩石に放射線損傷を与えるため、岩石中の放射線損傷の化石を解読することができれば、放射性元素に係わる溶脱除去の把握、解析に有効である。本発表では、大陸地殻中に普遍的に存在する石英を対象としたCL（カソードルミネッセンス）観察、ESR（電子スピン共鳴）測定による放射線損傷の解析の現状について紹介し、ウラン鉱床での研究例について報告する。

2. CL観察

ウラン鉱石のCL観察では、ウラン鉱物と接する石英の外縁部において、20~30 μm 程度の色調の異なる部分（ハ口）が認められる。ハ口の色は、赤茶色の石英では赤橙色が多く、紫灰色の石英では青灰色である。ハ口には、色が異なる帯状構造が見出される場合もある。ハ口は、その幅がウラン系列核種の固体中の粒子の理論的飛程と近似することから、線による放射線損傷と考えられている。

3M タンデム加速器を用いて He イオンを照射した人工石英試料を観察したところ、4MeV の He イオンを $7.47\text{E}-03\text{ C/cm}^2$ 照射した条件下では照射面より 15 μm 程度のハ口が認められ、粒子の理論的飛程と一致する。このことは、CL観察において認められるハ口が線による放射線損傷によることを確認している。ある照射量以下ではハ口の識別は困難であるものの、それ以上においてハ口が認められ照射量と比例してハ口の輝度および鮮明度が増す。ウラン鉱石のウラン鉱物の分布は多様なため、照射実験結果を直接適用できない。ウラン鉱物の分布様式をモデル化し、核種の濃度や壊変期間とあわせて照射量を計算した結果、通常のウラン鉱石におけるハ口形成のしきい値は照射実験結果と調和的であった。

いくつかのウラン鉱石、特にウラン 2 次鉱物を含む鉱石の CL 観察を E P M A による元素濃度マッピングと併せて行ったところ、ウラン鉱物が接していないのにハ口がある場所およびウラン鉱物が接するのにハ口がない場所が認められる。これらの産状は、過去のある時期までウランが石英に接して存在したが何らかのプロセスで溶脱除去したことや、最近鉱石が破碎され鉱石中で石英やウラン鉱物の再移動が起こったことを示しており、鉱石中での過去の核種の挙動解析に有効である。

3. ESR測定

ESR 年代測定は、測定に用いる ESR 信号（常磁性格子欠陥）の寿命が 1000 万年程度で蓄積線量が高いと信号が飽和するため、これまで年代測定が第四紀に限られてきた。しかし、最近、熱的に安定で高い被曝線量でも応答性のよい石英中の熱処理後の E1' 中心の生成と消滅の性質が明らかにされ、ウラン鉱床の形成過程など高い被曝線量の古い時代の研究が可能となった。ウラン鉱床の鉱石のウラン濃度と石英中の ESR 信号のアイソクロンより、鉱床形成年代を求めることができる。オーストラリア、クングラのウラン鉱床においては、1 次鉱床と 2 次鉱床とで傾きの異なるアイソクロンが観測された。

He イオンの照射実験を行った試料の生成した E1' 中心の加熱に対する応答は、電子線照射によって生成した信号と大きく異なっている。ウラン鉱床の石英に見られる ESR 信号の加熱に対する応答は後者に近く、ウラン鉱石の石英では主に線、線によって生成する信号を観察しているものと考えられる。これらのことは、ESR 測定では、線、線によって生成した放射線損傷の定量が可能であり、CL 観察同様、鉱石中での過去の核種の挙動解析、特に定量化に有効である。

謝辞：本研究の一部は日本原子力研究所の黎明研究による研究費を用いて行われた。