

東濃地科学センターにおける(U-Th)/He年代測定システムの現状

山田国見*, 花室孝広*, 田上高広**, 山田隆二***, 梅田浩司*

Report of (U-Th)/He dating system in Tono Geoscience Center

Kunimi Yamada*, Takahiro Hanamuro*, Takahiro Tagami**,

Ryuji Yamada*** and Koji Umeda*

* (独) 日本原子力研究開発機構地層処分研究開発部門, Geological Isolation Research and Development Directorate, Japan Atomic Energy Agency.

** 京都大学, Kyoto University

*** (独) 防災科学技術研究所, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention.

はじめに

日本原子力研究開発機構東濃地科学センターでは京都大学, 防災科研とともに(U-Th)/He年代測定システムの構築と地質試料への適用に関する共同研究を行っている。既に年代試料となる鉱物結晶を真空中で加熱してヘリウムを取り出すためのレーザー加熱ガス抽出ラインを導入し, 現在は質量分析計を含めて調整中である。質量分析計の圧力は現在 $\sim 5 \times 10^{-8}$ Pa程度で, 懸案となっていた微小リークの対応が完了している。これにともないHe測定のプロックレベルは従来の約十分の一に改善した。また, 抽出ラインについての改善を進め, 予察的に未知試料からの抽出ガス測定を実施した。一方, U,Thに関しては必要な機材な標準溶液の検討を進めているところである。

(U-Th)/He 法概略

(U-Th)/He法は1990年代に開発の進んだ最も新しい放射年代法のひとつであり, 70° - 130° Cと極めて低い閉鎖温度を有する熱年代計 (Farley, 2002) として, 地質環境の長期安定性を評価する際に重要である (金沢ほか, 2005)。また, 我が国では測定を行っている研究機関がないため, 機構においてこれを実現することはより広い学術分野に寄与することが期待される。実際の測定においては, 希ガスと金属をひとつの質量分析計で同時に測定することは困難であるので, 次のように二回に分けてそれぞれで定量を行う。測定されるのは1~数粒子のアパタイト/ジルコンの結晶である。これに対し, (1) 真空装置内での徐熱によりウラン, トリウムを含む結晶部分を損傷することなくヘリウムだけを拡散放出させて定量し, (2) 真空装置から脱ガス後の試料結晶を全量取り出し, 酸/アルカリで分解して溶液化しウラン・トリウムを定量する, という作業を行う。現在のところ, ヘリウムはVG5400と標準大気を用いた感度法で, ウラン・トリウムはXRFビードサンプラを用いたガラス溶融法で溶液化した試料をICP質量分析計による標準添加法で定量し, 年代を計算する予定である。なお年代方程式は3つの壊変定数を含むため, 初等関数を用いて $t = f(^{238}\text{U}, ^{235}\text{U}, ^{232}\text{Th}, ^4\text{He})$ と表現することができない。

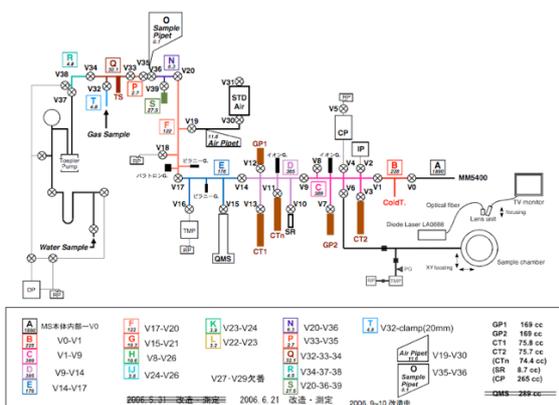


図1. 希ガス質量分析装置構成図

VG5400+ ライン構成

現在の希ガス質量分析計のライン構成を図1に示す。加熱ラインでは、浜松ホトニクス製の連続波半導体レーザー（波長約1 μ m, 出力25W, 合焦径約1mm）と溶融石英ビューポートを用いて試料を真空中で加熱する。抽出したガスは液体窒素温度のチャコールトラップ（CT2; 図1）とNEゲッター（GP2; 図1）で精製して測定する。感度はキャパシタンスマンメータと容量既知のピペットを用いて定量した大気により校正する。

ヘリウム測定

二次電子増倍管が安定しないことなどから感度を校正するに至っていないが、主に抽出系の動作確認を目的に、天然のジルコンからの抽出ヘリウムとブランクの測定を行った。結果を図2に示す。RE-extract とは一度加熱したジルコンを再度加熱—測定のサイクルにかけることでジルコン中のヘリウムを全て抽出したことを確認する行程のことである。ともかくもジルコンのヘリウムが抽出され、それを質量分析計で捉えられたこと、一部奇妙な振る舞いを示すものの、基本的には一度の加熱で全量を抽出できていること、がわかる。今後はブランクの改善、加熱条件の決定、装置の改良（放射温度計や温度制御器の追加）などを行う。

ウラン、トリウム分析関連

ビードサンプラを用いたアルカリ溶融は、マッフル炉を用いた加熱に比べて圧倒的に短い時間で完了する（2～4時間 vs. 十数分）が、(U-Th)/He法で利用するにはるつぼの形状をビードサンプラに合わせるなど、多少のアレンジが必要である。

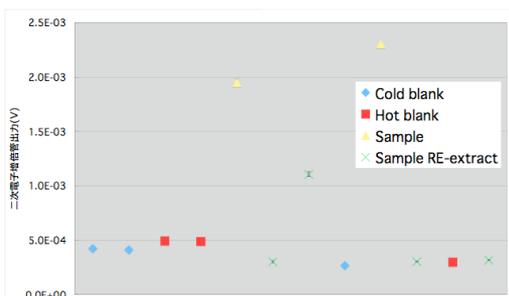


図2. 予察的なヘリウム測定の結果。横軸は測定順を示し、右へ行くほど後の測定である。

ビードサンプラで用いるるつぼの容量は数10 μ l程度である一方、本研究で定量する試料は長辺でも1mm以下の結晶がせいぜい10粒子以下である。従ってこのままでは融剤の量が多すぎてブランクへの影響が懸念される。このため、現在はビードサンプラのメーカー（東京科学）と、るつぼの小型化に関する検討を行っている。図3はその1例である。

測定溶液のウラン、トリウム濃度測定は一般的には同位体希釈法が用いられるが、法的な規制の都合上標準添加法を用いる予定である。絶対検量線法に比べて溶液中のマトリクス成分の影響を受けにくいことが特徴で、イオン交換樹脂を使った元素分離の工程を省略することができる。また、ここで用いる標準溶液の組成についても制限があり、天然の同位体比を持つウランとトリウムのみを含む標準溶液は市販されないとのことである。

文献

Farley, K. A., 2002, (U-Th)/He dating, Techniques, calibration, and applications. Reviews in Mineral and Geochem., 47, 819-843.
 金沢淳・富山真吾・及川輝樹・梅田浩司, 2005, 地質温度計による熱履歴の調査手法について。サイクル機構技報, 26, 1-18.

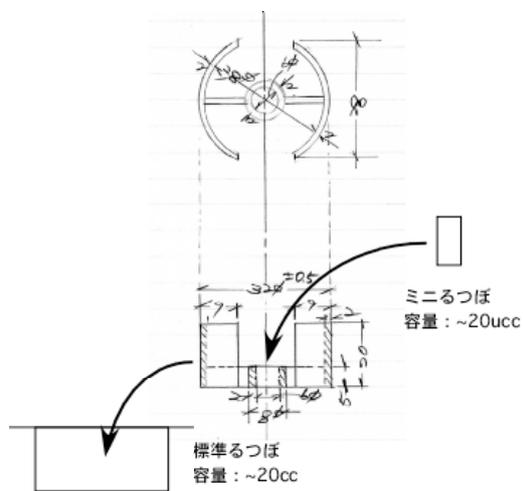


図3. ビードサンプラ用白金小型ルツボのデザイン。

中央は石英ガラス製のるつぼホルダー。