

## 第四紀地質体の精密数値年代測定 —(U-Th)/He 法—

自然科学研究所 板谷徹丸

株式会社蒜山地質年代学研究所

Keywords: 地質学, 年代学, 岩石学, 自然防災, (U-Th)/He 法

### 1. 背景と目的

ラザフォードが100年前に放射壊変反応を利用した年代測定法を提唱した時, ウランの壊変に伴う $\alpha$ 粒子 (He) がウラン鉱物に蓄積すると考えた. その後ウラン鉱物のHe量を測定したが予想される量より遙かに少量であり, 地質年代測定には使われなかった. HeはHに次いで軽い元素で保持能力がなかったことから楽々と鉱物から飛散したことが理由である.

最近, この手法の弱点は逆に若い地質体や山脈の最近数キロメートルの隆起などの検討に利用されるようになってきた. 我々はこの手法を同位体を測定しないで微小部の組成分析のみから年代測定する方法を確立する.

### 2. 原理

$^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  は $\alpha$ と $\beta$ 崩壊を繰り返しながらPbに壊変していく. その過程でHe原子はそれぞれ8, 7, 6個誕生する. その関係から右上の式が得られる. それをウランやトリウム同位体比を利用し, 最終的にHe, U, Th, 年代 (t) の関係式 (右下) が得られる. ここには一切同位体が入っていないので測定に供する試料の全He, U, Th量を測定するだけで年代が求まる.

$$\begin{aligned} {}^4\text{He} &= 8^{206}\text{Pb} + 7^{207}\text{Pb} + 6^{208}\text{Pb} \\ &= 8^{238}\text{U} \{ \exp(\lambda_{238} t) - 1 \} \\ &\quad + 7^{235}\text{U} \{ \exp(\lambda_{235} t) - 1 \} \\ &\quad + 6^{232}\text{Th} \{ \exp(\lambda_{232} t) - 1 \} \end{aligned}$$

$${}^{238}\text{U} / {}^{235}\text{U} = 137.88$$

$$\begin{aligned} {}^4\text{He} &= [8 \cdot 137.88 \{ \exp(\lambda_{238} t) - 1 \} \\ &\quad + 7 \{ \exp(\lambda_{235} t) - 1 \}] \text{U} / 138.88 \\ &\quad + 6\text{Th} \{ \exp(\lambda_{232} t) - 1 \} \end{aligned}$$

### 3. 測定法

Heは希ガス質量分析計を用いて測定する. UとThはその量が比較的多いときはEMPで測定が可能である. この方法は非破壊で測定できるのでまずはUとThを測定してからHe測定する. UとThが極微量の場合はICPMSで測定する. この方法は破壊的なので先にHeを測定した後で同じ試料を用いてICPMSによるUとThを測定する. 得られた測定値を式に代入し年代を計算する.

### 4. 測定対象鉱物

ジルコン, アパタイト, チタナイト, その他含Uおよび含Th鉱物.

### 5. 問題点

$^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ の $\alpha$ 崩壊で生じるHeは化学反応しないガス体である. 鉱物の表面から内部にかけての数ミクロン間に存在する $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ 由来のHeは保存されないため鉱物の表面処理が重要となる. その点でレーザー微小部加熱希ガス質量分析計とEMPを用いた手法が今後の先端的な年代測定に利用されるだろう.

### 6. 応用例

Reiners(2002)はICPMSと希ガス質量分析計を用い普通の方法で年代測定している. ジルコンやアパタイトの(U, Th)/He系の閉止温度は非常に低い. 特にアパタイトの閉止温度は70°C程度である. これは低温条件下での地質事象である山岳の最近の隆起などの検討に利用できると期待される.