

第四紀地質体の精密数値年代測定 —K-Ar 感度法—

自然科学研究所 板谷徹丸

(株) 蒜山地質年代学研究所

Keywords: 地質学, 年代学, 岩石学, 自然防災, K-Ar 感度法

1. 背景と目的

^{40}K の壊変により生じた ^{40}Ar を実際の鉱物から見いだしたのはAldrich and Nier (1948)であった。その後K-Ar年代測定の基礎的問題が研究され、1950年代中頃には実用化された(Wasserburg and Hayden, 1955)。1960年代の中頃には完新世の火山岩類にも適用されその有効性が議論された(Evernden and Curtis, 1965)。K-Ar年代測定法は放射起源 ^{40}Ar の算出に初期アルゴン同位体比を大気値($^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}=295.5$)を仮定する”伝統的”手法であった。その仮定が成り立たない場合、得られる年代は意味を持たないことになる(Dalrymple, 1969)。実際に不一致年代が多く見られ、このことから様々な問題も提起されてきて、新たな解析方法を考案する必要性が生じている(板谷・岡田, 1995)。

同位体比異常を持った試料の放射起源 ^{40}Ar 測定の画期的な方法としてK-Ar感度法が提案されてきた。今回はその原理などを紹介する。

2. 原理と測定法

天然に存在するカリウムには ^{39}K , ^{40}K , ^{41}K の3つの同位体があり、そのうち ^{40}K が半減期12.5億年の放射性同位元素である。 ^{40}K の88.8%が β 壊変により ^{40}Ca 、残り11.2%が電子捕獲により ^{40}Ar にかわる。それぞれの壊変定数を $\lambda_{\beta}=4.963\times 10^{-10}/\text{y}$ 、 $\lambda_{\text{e}}=0.581\times 10^{-10}/\text{y}$ とし、自然界における ^{40}K 存在比 $^{40}\text{K}/\text{K}=0.0001167$ を用いて第四紀年代算出式は以下の近似式が得られる。

$$t(\text{Ma})=0.258[{}^{40}\text{Ar}^{\text{R}}]/[\text{K}] \quad \text{ここで } [{}^{40}\text{Ar}^{\text{R}}] (\text{ccSTP/g}) = \{ ({}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar})_{\text{X}} - ({}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar})_{\text{P}} \} \cdot [{}^{36}\text{Ar}^{\text{X}}]$$

$$\text{さらに } ({}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar})_{\text{P}} = 16510 ({}^{38}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar})_{\text{X}}^2 - 3026 ({}^{38}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar})_{\text{X}} + 283.9$$

K (wt. %)は原子吸光計などを用いて定量分析する。アルゴンは希ガス質量分析計を用いて感度法で測定する。まず、リファレンスとなる ^{36}Ar の強度を測定する。その時の強度 $I_{36\text{A}}$ (A)と標準ガス中の ^{36}Ar の絶対量 A_{n} (ccSTP)から質量分析計の感度 $S_{36\text{A}}$ (A/ccSTP)を次式を使って見積る。

$S_{36\text{A}} (\text{A/ccSTP}) = I_{36\text{A}} (\text{A}) / A_{\text{n}} (\text{ccSTP})$ 。次に、試料から抽出したアルゴンガスの同位体比($^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$, $^{38}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$)とリファレンスとした ^{36}Ar の強度 $I_{36\text{X}}$ (A)を測定する。 ^{36}Ar の絶対量 $[{}^{36}\text{Ar}^{\text{X}}]$ (ccSTP/g)は次式で得られる。 $[{}^{36}\text{Ar}^{\text{X}}] (\text{ccSTP/g}) = I_{36\text{X}} (\text{A}) / S_{36\text{A}} (\text{A/ccSTP}) / W (\text{g})$ ここで、Wは試料の重量である。

3. 測定対象岩石・鉱物

火山岩(玄武岩, 安山岩, 流紋岩等)及び含カリウム鉱物

4. 問題点

同位体比異常をもつ火山岩のK-Ar年代測定では質量分別補正する必要がある。この場合誤差が大きくなる。これを克服するには三つのアルゴン(^{36}Ar , ^{38}Ar , ^{40}Ar)を同時に検出するトリプルコレクターを採用したアルゴン質量分析計の開発が待たれる。

5. 応用例

日本のように火山岩類の分布が多い場合個々の火山岩をK-Ar感度法で精密年代測定することで第四紀地質体の精密数値年代解析が可能となる。トリプルコレクターを採用したアルゴン質量分析計によるK-Ar感度法は数千年前の火山岩類を5%程度の誤差で測定可能であり画期的な方法である。