

ジルコンのアルファリコイルトラック年代測定に向けた取り組み： アメリシウム線源の吟味

中島大輝*・長谷部徳子*・山田記大*・横山明彦*

Towards the zircon alpha recoil track dating :
Test of americium radiation source

Taiki Nakashima*, Noriko Hasebe*, Norihiro Yamada*
and Akihiko Yokoyama*

* 金沢大学, Kanazawa University s

1. はじめに

地球科学において年代値は過去の現象に対し時間軸を与える最も基礎的なデータの一つである。放射壊変を利用した年代測定法のひとつに、アルファ壊変時に親核種が反跳して形成される放射線損傷を利用するアルファリコイルトラック法 (ART法) がある。

早坂ほか (2018) では、ジルコンでART年代測定を行った。しかし、年代既知のジルコンでARTを数え、年代測定を行ったところ、期待される年代よりも若く見積もられた。その原因として、ARTの認定の不正確さによるART数の過小評価やARTの形成過程が不明なため経過時間に比例してARTが増加しているのかどうか分からないことが考えられる。そのことを確認するためには、ジルコンに人工的にARTを発生させ、観察することが必要である。本研究ではARTが時間とともに増加するか確認する最初のステップとして、鉱物に人工的にARTを作る方法を確立することを目的とする。

2. 人工的なARTの発生

ARTを人工的に発生させるためには、アルファ崩壊する重元素を鉱物表面に作用させる必要がある。放射性元素はアルファ壊変を行うものを用い、アルファ壊変によって動いた原子核が鉱物の方へ移動することによって、ARTを形成する。²⁵²Cfを利用した実験 (Hashimoto et al., 1980) では、白雲母に人工的にARTを

発生させることに成功しているが、²⁵²Cfはアルファ壊変だけでなく、自発核分裂するため、スパッタリング現象により周辺を汚染してしまう危険がある。そこで本研究では²⁴¹Amを利用して、同様の実験が可能であるか検証した。線源としては、金沢大学アイソトープ理工研究施設所蔵の3 MBqの線源と、²⁴¹Am溶液から金属板に電着させたものの二つを使用した。その後、線源の上に真空中で照射したい試料をのせ、一定時間放置し、エッチングを行ってARTができているかを確認する。今回は照射試料として、白雲母を用いて観察を行った。白雲母は劈開面を観察することにより、ノイズや研磨の影響を考慮する必要がなく、またエッチングによりARTを大きくできるため、顕微鏡で容易にARTを観察することができる (Gogen and Wagner, 2000)。

3. 実験

白雲母に元から存在するトラックをなくするため、Hashimoto (1980) に基づき、500 °Cで5時間のアニーリングを行った。電着板は952.8 Bq/g の²⁴¹Am溶液から1 ml 採取しイソプロピルアルコールに溶解させ、直径2センチの薄い金属プレートに400Vの電圧を1時間かけて作成した。その後線源の上に白雲母をのせ、真空中で一定時間放置し、エッチングを行った後、顕微鏡で観察した。1 mm四方20カ所観察し、トラックを計数し平均をとった。今

回、真空容器としてハンドポンプを用いた小型デシケータ、ドライポンプを用いた大型デシケータ、ロータリーポンプが接続された炭素蒸着装置の3種類を用いた。

4. 結果と考察

4.1. 電着板のアメリシウムの分布

アルファ線スペクトロメーターで測定したところ、電着板の放射能は4.5 cpsであった。また作成した電着板に均質にアメリシウムが分布しているかイメージングプレートを使用して確認した (図1)。比較的均質に電着できているが、上部は放射能の検出率が悪いことがわかる。これはアメリシウムの電着後、表面を乾燥させる際にアルコールの蒸発速度にムラがあったためだと考えられる。照射を行う際は電着板の下部に白雲母を置くようにした。

4.2. 白雲母のアニーリング

500°Cで6時間を行ったが、エッチングして顕微鏡で観察を行うとトラックが見られる箇所がいくつもあり、うまくアニーリングを行うことができなかったため、温度を650°Cに設定し、6時間アニーリングを行った。しかし、500°Cの場合と変化が見られず、トラックの数が減少している様子も見られなかった。したがって、今回の研究では照射していない白雲母に存在しているトラックの平均値を取り、照射後のトラックの個数と比較することとした。

4.3. アメリシウムの照射とARTの計数

白雲母を1 mm四方で20カ所観察し、ARTを計数し平均をとった (表1,表2)。ARTとして、図2の写真に示されているひし形のトラックを計数した。線源、照射時間、真空容器を変え、

様々なパターンで照射を行ったが、照射時間に比例してトラックが増加しなかった。作成した4.5 cpsの電着板は、付着しているアメリシウム濃度が低いこと、3 MBqの金属板は表面が金やパラジウムで覆われていることもあり、娘核種が空気中へ飛び出しにくくなっているのではないかと考えられる。

5. まとめ

^{241}Am を利用した人工的なART作成のために様々な方法で検討を行ったが、うまくいかなかった。この結果をもとに、より濃度の高い電着板を作成する方法、最適な照射方法、真空条件を考えていく必要がある。Singh et al. (2010)などを参考に計数するARTを認定したが、アニーリングをしても無くならなかったことから、白雲母でのARTの認定についても今後議論する必要があると思われる。

文献

- Gogen and Wagner (2000) Alpha-recoil track dating of Quaternary volcanics. Chemical Geol. Isot. Geosci., 166, 127-137
- Hashimoto et al. (1980) Alpha-recoil track formation on muscovite and measurement of recoil-range using ^{252}Cf -sources. Nucl. Tracks, 4, 263-269
- 早坂ほか (2018) 原子間力顕微鏡を用いたジルコンの α リコイルトラック年代測定。フィッシュントラックニュースレター, 31, 20-22
- Singh et al. (2010) Morphology of heavy ions irradiated mica. Rad. Phy. Chem., 79, 1180-1188

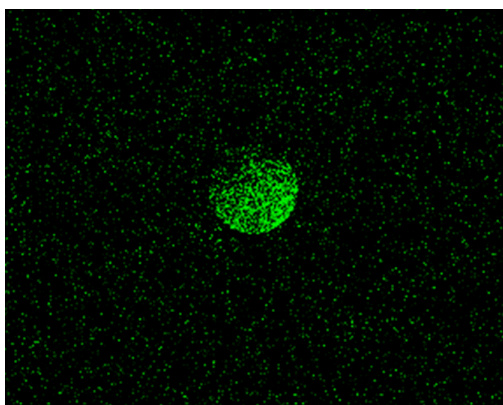


図1. イメージングプレートの結果

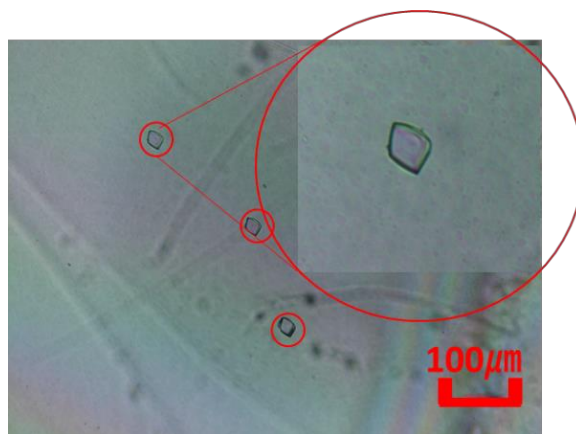


図2. 観察したトラックの外形

表1. ART係数結果（線源から1 mm離して照射）

使用した容器	線源		照射時間	平均(個/mm ²)	標準偏差(個/mm ²)	標準誤差(個/mm ²)
	4.5cps	3MBq				
照射なし				3.3	1.4	0.6
大型デシケータ	○		15時間	3.9	1.4	0.6
		○	19時間	2.7	1.9	0.8
炭素蒸着装置		○	2時間	2.8	1.5	0.6
		○	18時間	2.5	1.3	0.6

表2. ART係数結果（線源に直接置いて照射）

使用した容器	線源		照射時間	平均(個/mm ²)	標準偏差(個/mm ²)	標準誤差(個/mm ²)
	4.5cps	3MBq				
照射なし				3.3	1.4	0.6
真空なし		○	10分	4.4	1.3	0.6
		○	20分	4.5	1.5	0.6
小型デシケータ	○		14時間	7.4	2.4	1.0
	○		4日	3.2	1.3	0.6
大型デシケータ	○		14時間	4.3	2.0	1.0
		○	1時間	3.0	1.4	0.6
炭素蒸着装置		○	1時間	2.9	1.2	0.6
		○	2時間	3.4	1.1	0.4