

原子間力顕微鏡によるジルコンの α リコイルトラックの観察

早坂 怜*・長谷部徳子*・松木篤*・福間剛士*・田村明弘*

Observation of alpha recoil tracks on zircon by atomic force microscope

Rei Hayasaka*, Noriko Hasebe*, Atsushi Matsuki*,
Takeshi Fukuma* and Akihiro Tamura*

* 金沢大学, Kanazawa University

はじめに

Alpha Recoil Track (ART) 法は放射年代測定法の1つである。ARTは ^{238}U やその娘核種 (^{234}U や ^{230}Th 等) が α 崩壊をする際に生じた運動エネルギーにより、残った原子核がその反動で動き残す損傷のことをいう。ART法はART数が時間に比例することを用い、ART数とウラン・トリウム濃度を測定することで年代値を算出する方法である。ジルコンにおけるART法ではウラン・トリウム濃度により異なるが、おおよそ数百年から数万年前の年代測定が可能になる。ジルコンは火山噴出物中に存在する鉱物であるため、これにより比較的新しい火山噴出物の年代測定が可能になる。また ^{14}C 法などの従来利用されてきた年代測定法と併用することでクロスチェックにも貢献できると期待される。

ARTはFission Track (FT) よりも非常に小さいことから光学顕微鏡での観察が困難であったが、ナノオーダーの高い分解能を持つ原子間力顕微鏡 (AFM) を用いることで観察が可能となった。Ito (2014) ならびに小坂 (2015) ではジルコンのAFM観察を行いFTとは明らかに異なるARTらしきトラックを確認した。早坂 (2016) にて実際にART密度の導出とウラン・トリウム濃度の測定を行い年代値の計算を行ったところ、年代値が若く見積られてしまうという結果となった。ART法の確立には多くの課題が残されている。

これまでの研究

早坂 (2016) では年代値約2万2000～2万5000年 (町田他, 1992) ないし～2万9000年 (Miyairi, 2004) の始良入戸火砕流中のジルコン (ITO) の観察を行った。ITO中の6つのジルコンに対しそれぞれ観察を行った結果、トラック密度は0.001～0.116個/ μm^2 というばらつきのある結果が得られた。ITOのウラン・トリウム濃度に関してはITOから新たに10個のジルコンを選出しLA-ICP-MSにてウラン・トリウム濃度を測定、その平均濃度をITOの持つ濃度とした。ART密度とウラン・トリウム値を利用して年代値を計算したところ、6つの粒子全てで推奨年代値より若くなり、平均で4500年という若い値が得られた。

研究手法

本研究では年代が既知とされている試料中のジルコンを用い、ジルコンにおけるART法確立に向けたAFM観察を行った。試料として早坂(2016)でも用いた年代値約2万2000～2万5000年 (町田他, 1992) ないし～2万9000年 (Miyairi, 2004) の始良入戸火砕流中のジルコン (ITO1-7)と、To-H (年代値約1万3000年 (町田他,1992)) の火砕流堆積物中のジルコン (ToH3) を用いた。試料準備や観察手法は早坂 (2016) の手法を踏襲した。ジルコンをテフロンシートにマウントし

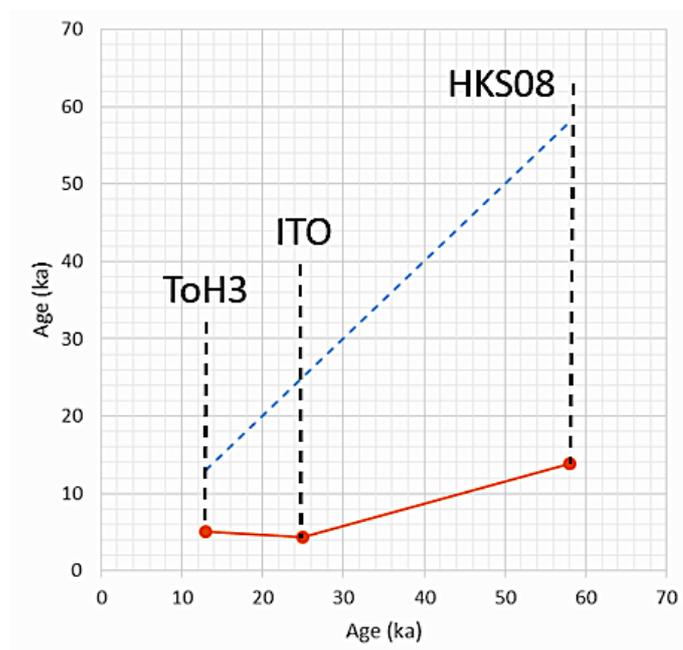


図1. X軸がそれぞれの試料が持つとされる年代値, Y軸が本研究の観察で得られた年代値を示す. 観察で得られたそれぞれの試料の年代を橙色の点でプロットし, 橙線で結んだ. 青点線はX:Y=1:1を示す直線であり比較のために設けた.

研磨と 10時間エッチングを行った. また AFMの測定間隔は $0.016\mu\text{m}$ とし, ARTの認定基準は直径約 $0.5\mu\text{m}$, 深さ約 10nm とした. また本研究ではさらなるエッチングを施すことでARTがどのような挙動を示すかを観察すべく, ITOジルコンに対してはさらに10時間エッチング (計20時間エッチング) を施し観察を行った.

実験と考察

AFM観察 (ITO)

計20時間のエッチングを施したITO6ジルコンにおいてAFM観察を行い, 10時間エッチングと20時間エッチングで共通して計測できた領域のうち約 $150\mu\text{m}^2$ にて比較を行った. 10時間エッチングではARTが42個, ARTより大きなトラックが4個観察されていたのに対し, 20時間エッチングではARTが36個, ART認定基準より大きなトラックが18個観察された. トラックの直径や深さは大きくなる傾向があることが分かり, 大きなトラックの多くは10時間エッチングでARTとして計測したものであった. これらは今回の

エッチングによりトラックが大きくなりARTの基準から外れてしまったためARTではないものとしたが, ART基準やエッチング時間についてはさらなる議論が必要である.

また今回観察した計20時間のエッチングを施したジルコンは測定が難しく, この理由として小坂 (2015) ではゾーニングに起因するエッチング特性のばらつきにより表面に凹凸が生じたことや物性の違いがあることを挙げている.

AFM観察 (ToH3)

新たな試料としてTo-H (年代値約1万3000年 (町田他,1992)) の火砕流堆積物中のジルコン (ToH3) を用いた. 試料採集を行った場所のうち, 給源に最も近い場所から採取したジルコン (ToH3) のAFM観察を行った. その結果, $0.046\text{個}/\mu\text{m}^2$ のARTトラック密度が得られた. ジルコンが少量しか含有されていなかったこともあり, ウラン・トリウム濃度をそれぞれ200ppm, 120ppmと仮定し年代値を計算したところ, 5100年という若い年代値が得られた.

考察

本研究ならびに早坂 (2016) にてART法を用いて導出された年代値は試料の年代値より若くなる傾向があることが分かった。得られた年代値は試料が持つ年代値のおおよそ20-40%程となった。またこれらの結果をグラフにプロットすると、それぞれのサンプルにて得られた年代値が若いながらも比較的直線的に並んでいることが分かる (図1)。

むすび

本研究でのITO, ToH3の観察から導出した年代値は試料の年代値より若くなる傾向があることが分かった。この結果が得られた原因として、ARTサイズ基準や使用した年代式に誤りがあることが考えられる。

本研究では引き続き年代既知のジルコンを新たな試料として用いてAFM観察を行い、同様に年代値が若く見積もられる傾向があるのかを調査する。試料には年代既知の広域テフラであるU-Oki (年代値約1万年 (町田他, 1992)) の火砕流堆積物中のジルコンなどを使用する。またエッチング時間に関して、試料にさらなるエッチングを施しARTがどのような挙動を示すかのAFM観察を行っていく。これらの結果からエッチング時間や年代式、ARTの認定基準を吟味し最適な条件を決

定する。

引用文献

- Ito K. (2014), Improvement and development of dating methods using radiation damage for reconstructing Quaternary volcanic history, D論, 金沢大学
- 小坂明弓, 長谷部徳子, 松木 篤, 伊藤健太郎 (2015), Observation of alpha recoil track in zircons by atomic force microscope; An attempt, フィッション・トラックニュースレター, 28, 13-15
- 早坂怜, 長谷部徳子, 松木篤, 福間剛士, 田村明弘(2016), Observation of zircon from Aira-Ito pyroclastic flow by atomic force microscope, フィッション・トラックニュースレター, 29, 16-19
- 町田洋, 新井房夫(1992), 火山灰アトラス[日本列島とその周辺], 東京大学出版社
- Miyairi Y., Yoshida K., Miyazaki Y., Matsuzaki H. and Kaneoka I. (2004), Improved ^{14}C dating of a tephra layer (AT tephra, Japan) using AMS on selected organic fractions, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B, 223-224, 555-559