

原子間力顕微鏡を用いたジルコン中のアルファリコイルトラック観察の試み
小坂明弓*・長谷部徳子*・松木 篤*・伊藤健太郎*

Observation of alpha recoil track in zircons
by atomic force microscope; An attempt

Ayumi Kozaka*, Noriko Hasebe*, Atushi Matsuki* and Kentaro Ito*

* 金沢大学, Kanazawa University

はじめに

アルファリコイルトラック (ART) は²³⁸U や娘核種 (²³⁴Uや²³⁰Th等) が α 壊変した際に残った原子がその反動で動いた際にできる損傷である。ウランやトリウムの崩壊定数は決まっており、決まった速度で時間と共にARTが増加するため、ウランやトリウム濃度とART数を測定することで年代測定が可能であると考えられている (Huang and Walker., 1967)。ウラン濃度の高いジルコンでART法が確立できれば、第四紀試料の年代決定に利用でき、他の手法と合わせるにより得られた年代値のクロスチェックに貢献することができる (図1)。ARTは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:Atomic Force Microscope)を用いて、FTとは明らかに異なる浅い凹みが確認された例がある (Ito, 2014)。そこでこの凹みがARTである可能性について吟味するために、AFMを用いてジルコンでの凹みの観察を行った。

実験

浅い凹みが観察時のノイズではない事を確認するため同試料を用いて違う日にほぼ同じ場所を測定し、AFM観察に再現性があるかどうかを調べた。また、ジルコンに期待

されるウラン・トリウム濃度から、AFMを用いてARTを観察・計測するのに適した試料は数千年から数万年の試料であることから、本研究には5万8千年のTL年代値が報告されている新白山第I期のジルコンを用いて実験を行った。10時間エッチングの後に177面 (1面のサイズは3 μ m \times 3 μ m)、20時間エッチングの後に92面を観察し、凹みの挙動がどう変化するかを調べた。

結果と考察

日をおいて繰り返し観察をしたところ、直

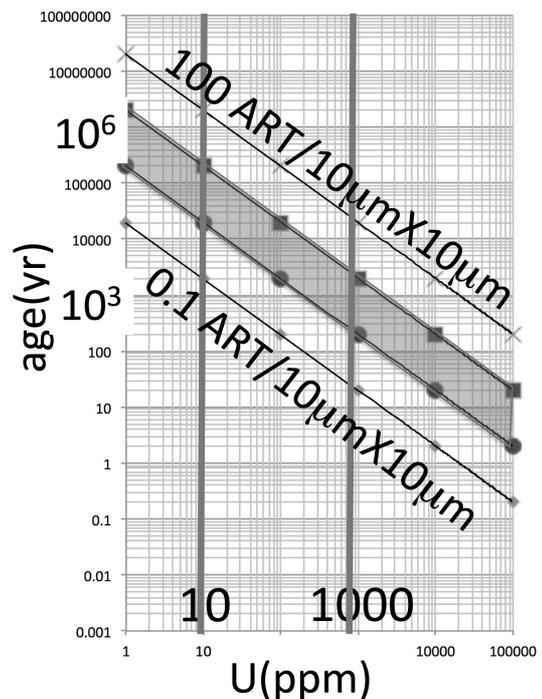


図1. U/Th=0.5の場合のウラン濃度に対するART年代の見積もり

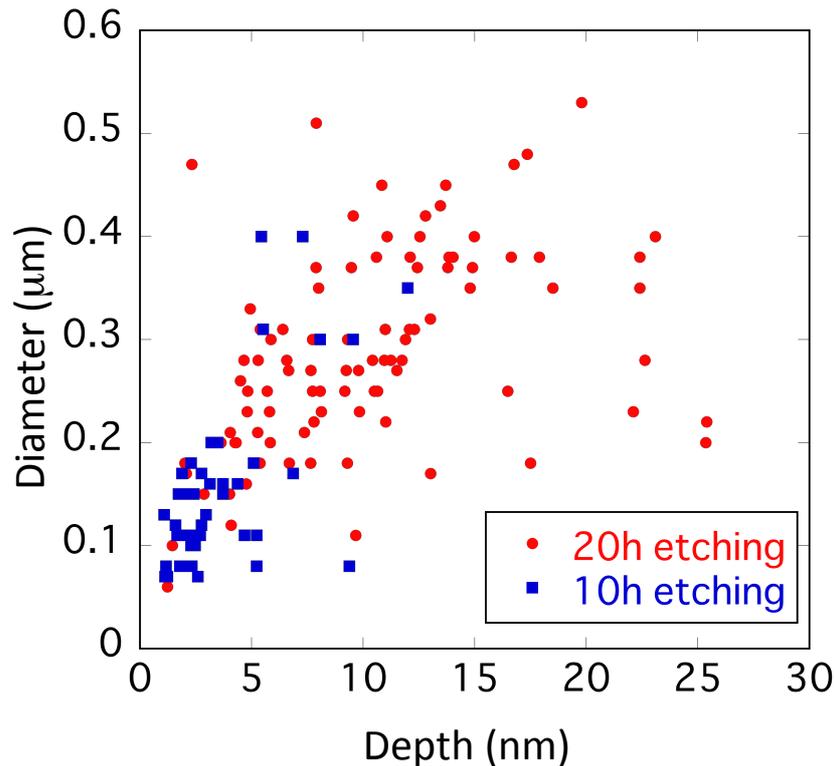


図2. 白山火山から分離したジルコンを段階エッチング（10時間，20時間）を行って観察したARTのサイズ

径約0.2-0.3 μm ，深さ11-13 nmの凹みを安定して観察することができた。よって，これらは測定時のノイズ等ではなく，確実に存在しており，AFM観察には再現性があることが分かった。またこれら凹みが小さいことから解像度が低いととらえられない場合があり，表面構造の取得を最低でも0.016 μm 毎に行う必要がある事もわかった。

新白山第一期の安山岩から分離されたジルコンを段階的に10時間，20時間エッチング後，AFMで観察したところ，ARTと考えられる凹構造は多数観察され，20時間エッチングの後の方が直径・深さとも大きかった。また直径と深さは概ね直線の関係を示した（図2）。段階エッチングの際に共通して測定できた箇所は90面あり，その結果を用いて各エッチング段階の面密度を計算すると，10時間エッチング後に観察された

ART数は99個で面積トラック密度は0.044個/ μm^2 ，20時間エッチング後に観察されたART数は318個で面積トラック密度は0.14個/ μm^2 という結果になった。LA-ICP-MSによりARTを観察したジルコンのウラン及びトリウム濃度を測定したところ，それぞれ220ppm，165ppmであった。20時間エッチングで測定された面積トラック密度とこれらウラン・トリウム濃度を用い，かつARTのサイズは約半径10 nmの球体と仮定して年代を計算したところ，約4000年となった。この年代はTL法で求めた噴火年代（約6万年；Hasebe et al., in press）に比して非常に若く，ARTの認定基準，ARTのサイズの見積もりや，観察表面へのregistration factorの評価法などに問題がある事が示唆された。

また本測定ではARTと認定した凹構造以外に凸状のものが観察された。物性の違い

を測定できる”Phase”モードの結果をみると、凸状のものはジルコン表面に近い性質を示していることから、ジルコン構造物であることが考えられる。凸状のものができ理由として、ARTにアニーリング作用が生じ、再結晶化が起こり結晶構造がもとの $ZrSiO_4$ ではなく ZrO_2 に変化したことで周囲よりも硬くなり、エッチング速度が周りに比べて遅くなったことで凸状のものが生成されたこと等が考えられる。今後、より詳細に吟味を行う必要がある。

引用文献

Huang, and Walker, 1967. Fossil alpha-

particle recoil tracks : a new method of age determination, Science, 155, 1103-1106.

Hasebe, Nakano, Miyamoto, Higashino, Tamura, Arai, and Kim, Multi-geochronological study of Hakusan volcano, central Japan, Island Arc, in press.

Ito, 2014. Improvement and development of dating methods using radiation damage for reconstructing Quaternary volcanic history, 金沢大学博士論文.