

段階エッチング実験を利用した自発トラック密度の観察
伊藤健太郎*・長谷部徳子**

Observation of spontaneous fission-track density
using stepwise etching
Kentaro Ito* and Noriko Hasebe**

* 金沢大学大学院自然科学研究科, Grad. school of Natural Sci. and Tec., Kanazawa Univ.

** 金沢大学自然計測応用研究センター, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa Univ.

はじめに

世界には多くの広域テフラが分布しており、その中に含まれる火山ガラスは噴火様式やマグマの化学組成などに対応して形態・色・屈折率などに特徴を示し、テフラの同定に役立つ(町田・新井, 1992)。このテフラの年代決定には火山ガラスを利用したフィッション・トラック(以下FT)年代測定法が利用されてきた(Westgate, 1989; Walter, 1989)。しかし、火山ガラスは常温下でトラックが小さくなるという性質がある。そのため、観察面に交差するトラック数の減少を引き起こし、結果として平面観察で行われていた従来のFT年代は

真の年代よりも若くなる。その補正方法として代表的なものがIsothermal plateau (ITP)-FT法である(Westgate, 1989 など)。しかし、この方法は補正に長時間(30~90日間)必要なことや熱中性子照射による放射性物質を取り扱うため、決して使い勝手が良いと言うわけではない。そこで観察面を交差するトラック数を計測するのではなく、単位体積当たりのトラック密度を段階エッチング実験によって求めることを試みた(伊藤, 長谷部, 2006)。その際に, bulk etching 速度を見積もる必要がある。本研究ではレーザー顕微鏡を使って、トラックの形を観察し、その形を用いて bulk

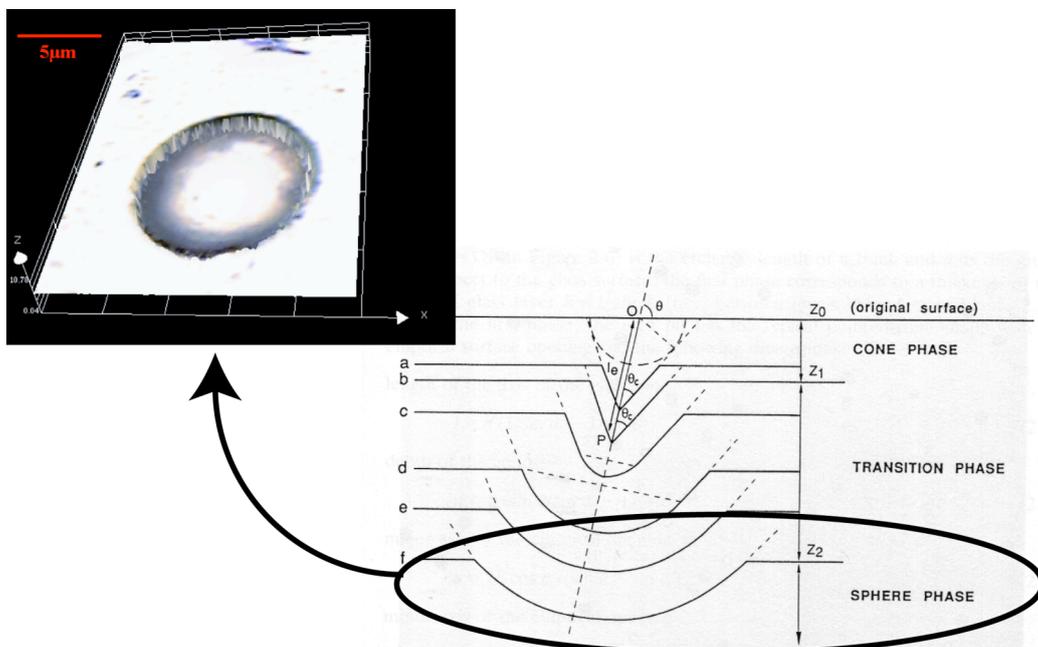


図1. レーザー顕微鏡で観察したトラックの写真(左上)とWagner and Van den Haute (1992)によるトラック発達モデル(右下)。

etching 速度を見積もり、単位体積当たりのトラック密度を再計算したので報告する。

レーザー顕微鏡によるトラックの観察と結果

段階エッチングを行なった黒曜石の FT がどういった形状をしているかを見るために、電力中央研究所の伊藤久敏氏の協力によりレーザー顕微鏡を使って観察を行なった。このレーザー顕微鏡は KEYENCE 社の VK-8500 で、分解能が $0.01 \mu\text{m}$ である。測定にはなるべく観察面に対し、垂直にウランの核分裂片が入射したと思われるもの（きれいな正円状のもの）を選び、その長径と短径を測定した。

段階エッチングは 12% HF と 24% HF の 2 種類で行ない、それぞれ 90 秒、15 秒をエッチング時間の単位として合計 13 回行なった。エッチングを繰り返して行なったため、最終的なトラックの直径は $12\text{-}22 \mu\text{m}$ となった。また、どのトラックも直径に対して、深さが浅く ($3\text{-}8 \mu\text{m}$) 球体の部分のような形状を示した (図 1)。

トラックの形状発達との比較と新しいエッチングモデル

Wagner and Van den Haute (1992) に示されているようにガラスのトラックの形状発達には 1. cone phase; 2. transition phase; 3. sphere phase の 3 つの段階があると考えられている (図 1 右下)。今回、レーザー顕微鏡で確認したトラックの形から観察トラックは 3 つ目の sphere phase に相当すると考えられる。よって、この sphere phase でのエッチングモデルを考え、単位体積当たりのトラック密度を求めた。ただし、このとき、cone phase や transition phase は限りなく短い時間のエッチングで通りすぎてしまい、sphere phase の状態のままでエッチングが進むと仮定した。

新しく考案したエッチングモデルを図 2 に示す。このとき、 k 回目の半径を R_k 、 $k+1$ 回目の半径を R_{k+1} 、 d はトラックの深さ、 L はある点からトラックの淵までの距離、 V_g を bulk etching 速度とすると

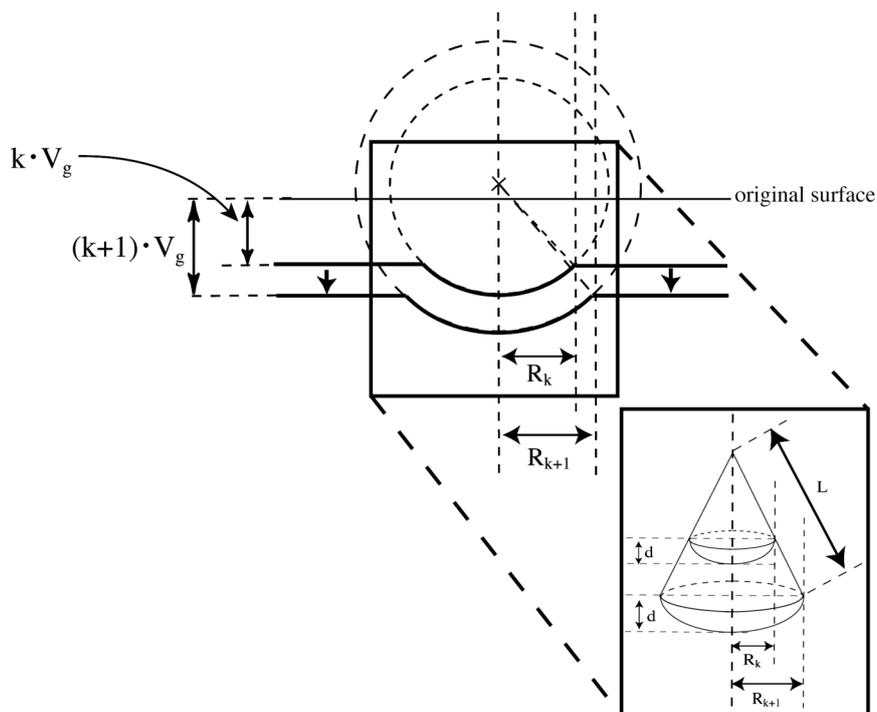


図 2. 計算に利用したエッチングモデル

$$R_k = \sqrt{d(2L-d)} \quad \dots (1)$$

$$R_{k+1} = \sqrt{d\{2(L+V_g)-d\}} \quad \dots (2)$$

と書ける。(1), (2) 式の両辺を二乗し, (2) 式中に (1) 式を代入し, V_g を解くと

$$V_g = \frac{(R_{k+1}^2 - R_k^2)}{2d} \quad \dots (3)$$

となる。

この V_g を用いて, 単位体積当たりのトラック密度を求めた。その結果と LA-ICP-MS から求めた密度を比較したものが図3である。この結果を見ると, 24% HF でエッチングしたものはウラン濃度及び照射時間から見積もった計算値とほぼ一致しているが, 12% HF でエッチングしたものは大きく外れている。濃度により, エッチングのされ方に違いがあるのかもしれないが, 原因は不明である。しかし, 24% HF はよく合っているため, エッチングモデルがある程度正しいということを示唆していると考えられる。

現状の問題点と今後の予定

黒曜石の自発トラックを観察したが, 自発トラックかどうかの判断が非常に難しい。また, トラック数が少ないことも問題である。したがって, 自然下における自発トラックがどういった形をしているのかを知るために, 誘導トラックに熱処理を施して強制的にトラックを縮小したものを観察することや, 火山ガラスで観察できるトラック数を増やす試みなどを行おうと考えている。

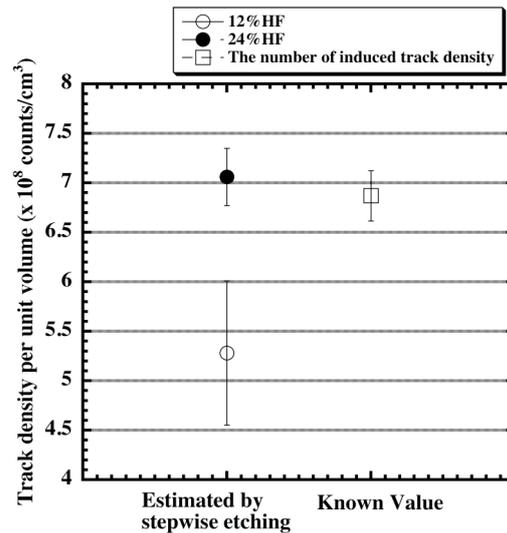


図3. 段階エッチング実験から推定した密度と既知の密度を比較した図

謝辞

今回の実験では電力中央研究所の伊藤久敏氏にご協力いただいた。この場を借りて, 厚く御礼申し上げます。

文献

- 伊藤健太郎, 長谷部徳子, 2006, フィッショントラックニュースレター, 19, 71-73.
- 町田洋, 新井房夫, 1992, 新編火山灰アトラス.
- Walter, R. C., 1989, Quaternary International, vol. 1, 35-46.
- Wagner, G. and Van den Haute, P., 1992, Fission-Track Dating. Elsevier, ISBN 0-7923-1624-X
- Westgate, J. A., 1989, Earth Planet. Sci. Lett., 95, 226-234.