

渡辺公一郎（九大・工） 御手洗志郎（九大・理） 本多照幸（武蔵工大・原研）

鉱物中のフィッション・トラックは、その鉱物が受けた熱履歴に応じて収縮し、収縮の割合は加熱された温度と時間の関数で表わされる。地質時代における熱履歴の解析に用いることのできる定量的なデータはたいへん限られているので、フィッション・トラックの収縮率は貴重な情報を提供する。

フィッション・トラックのレンジを正確に効果的に計測するために、両端が確認されるトラック、すなわち結晶内部に存在する confined fission tracks (CFT) をエッチングし検出する必要がある。Lal et al. (1968) は結晶に生じた割れ目やへき開面、あるいは結晶外部面に端を持つ自発核分裂トラックを通じてエッチング剤を結晶内部に導き、それらと交わるCFTを検出した。前者はTINCLE (Track IN CLeavage)、後者はTINT (Track IN Track) と呼ばれた。しかし、

このようなCFTの検出条件には限界がある。すなわちTINCLEは常に存在するとは限らず、またトラック密度が小さい場合 ($\rho_s < 10^5 \text{ cm}^{-2}$)、TINTが検出される確率は非常に少ない。今回用いた方法は、加速した重イオンを鉱物試料の検出面に垂直に照射し、照射による損傷部をエッチングにより拡大し、さらにそれらと交わるCFTをエッチングして検出するものである。この方法では重イオントラックはコリメートされているので、CFTの観察をあまり妨害することはない (Fig.1)。さらに重イオントラックの密度を目的に応じて変えることもできる。この方法によれば、自発トラック密度の小さい鮮新-更新世の火山岩試料にも適用できる可能性があり、若い時代の地熱鉱床や浅熱水金鉱床の熱履歴の検討もできるかもしれない。

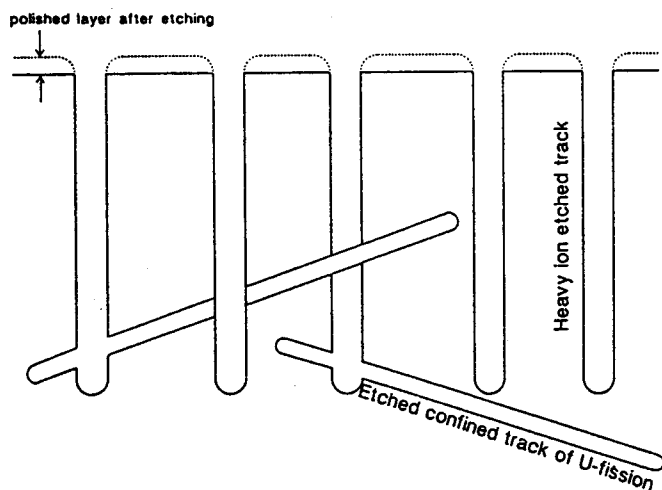


Fig.1 Detection method for confined tracks of U-fission using heavy ion irradiation

(1) 加速器による照射実験

重イオン照射のために九州大学理学部のタンデム加速器 (10MV) を利用し、負イオン源としてNiを用いた。まず、Ce (セシウム) イオンでニッケルスパッターコーンを叩き、Niイオンをスパッターする。スパッターされた原子はコーンの表面に付着したセシウム層を通過するとき負イオンとなり飛び出す。これらの負イオンをまず200KVに初段加速 (V_0) し、タンデムへ導入する。次に、タンデム中央部の高電圧ターミナル (Max:11 MV) まで前段加速 (V_1) し、カーボンフォイルを通過させる。このとき負イオンは電子をはぎ取られ、陽イオン (価数: n) に変わる。今回は+9価のイオンを用いたのでビームのエネルギーは次式より80.2MeVであった。

$$E = e [V_0 + (1 + n) V_1]$$

このようにして加速したNiイオンビームの密度を $10^8 \sim 10^9 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 程度にしておき、電磁石デフレクターでビームを振ることにより0.2秒間鉱物試料に照射した。用いた試料は、Durango Apatite (27.8Ma) の柱面スライスと、テフロンシートにマウントした渡神岳火山岩類 (3Ma) のジルコン粒子で、ウランの自発核分裂トラック密度はそれぞれ $1 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$ と $7 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ 程度である。アパタイトについては照射前に研磨を行い、ジルコンの方は結晶外部面を用いた。

(2) エッチング実験

Niイオンを照射した試料を、アパタイトは25°Cの7% HNO_3 、ジルコンは230°Cの $\text{NaOH} + \text{KOH}$ 共融液で段階的にエッチングした。観察条件を良くするため、最終的に、表面を僅かに研磨した。アパタイトの場合、60秒エッチングした重イオントラックの長さは、およそ15ミクロン、最大幅1.7ミクロンであり、これ以上エッチングしてもトラック長はほとんど変化しない。Fig.2はジルコン中の重イオントラックの段階エッチングによる長さとおよそ最大幅の変化を示したものである。約30時間でほぼプラトーに達しているのがわかる。30時間エッチング後のトラックの長さはおよそ8ミクロン、最大幅は0.5ミクロンである。アパタイト試料では数十個のCFTが容易に

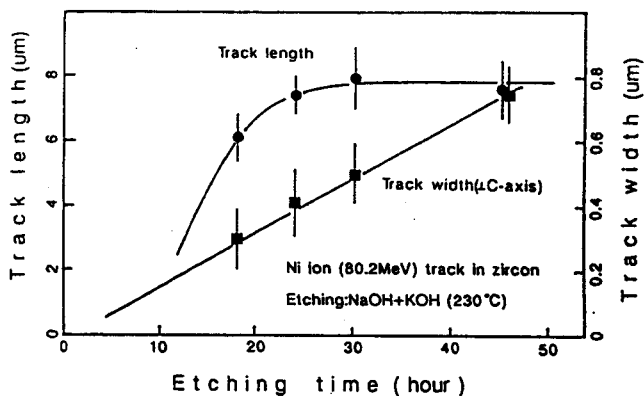


Fig.2 Etching characteristics of Ni-ion tracks in zircon crystal.

検出された。これらの中には検出面に平行に近いCFTも多く含まれていた。

(3) CFT長の補正

精密なconfined track lengthを測定するためには、それらの実際のエッチング時間とバルクエッチングの異方性による補正が必要である。まず、エッチャントを導入する重イオントラックとCFTの位置関係によりCFTの幅は異なる。幅が大きい程、バルクエッチングにより実際の潜在CFTの長さに加えられる長さ（ Δ ：片端について）は大きくなる。水平（エッチング面に平行）あるいは水平に近いCFTについて、エッチングの異方性がない場合は、両端の各々の幅（ w_1, w_2 ）を記載し、それらを足して2で割った長さを、測定値より差し引く。

エッチングの異方性がある場合は、c-軸とそれに直交する方向で、バルクエッチング速度の比が r とすると、エッチングされたCFTの端はFig.3のようになるので、次式で補正できる

$$\Delta = 0.5 \cdot w \left[\frac{(\sin^2 \theta + r^2 \cos^2 \theta)}{(\cos^2 \theta + r^2 \sin^2 \theta)} \right]^{1/2}$$

今回の実験により検出したDurango apatite中の自発核分裂のconfined tracksの長さを測定した結果、平均長は 14.4 ± 0.9 ミクロンであった。さらに上述した方法で長さを補正した結果、平均長は 0.8 ミクロン短くなり、 13.6 ± 0.9 ミクロンであった。

文献

- D. Lal, A.V. Muralli, R.S. Rajan, A.S. Tamhane, J.C. Lorin and P. Pellas (1968) Techniques for proper revelation and viewing of etch-tracks in meteoritic and terrestrial minerals. Earth Planet. Sci. Lett. 5, 111-119.

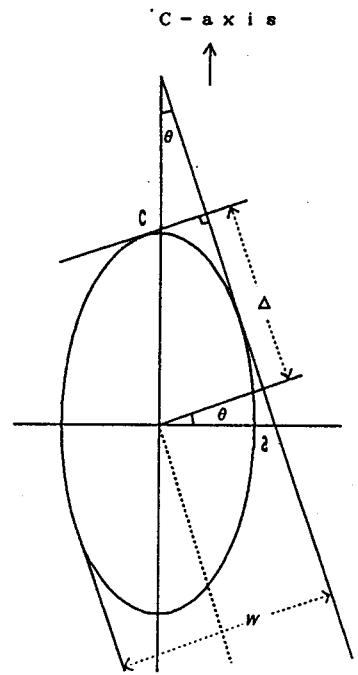


Fig.3 Length correction for horizontal confined tracks due to anisotropy of bulk etching.