

アバタイトのF T年代測定における

基礎的諸特性の検討

○藤田賢太郎, 野崎徹也, 本多照幸(武蔵工大・原研)

渡辺公一郎(九大・工)

I はじめに

近年、フィッション・トラック年代測定において、apatiteを用いた研究が多くなされつつある。しかしながらapatiteのフィッション・トラック年代測定における基礎的諸特性については十分な検討がなされているとは言い難い。そこで本研究では、自発核分裂トラックに関する基礎的諸特性として、トラック幅の段階エッチング特性、トラック数の段階エッチング特性、最適エッチング時間及びプラトー領域で新たに出現したトラックの長さについて検討を行うことを目的とした。更に、標準年代試料からZeta値(ζ)を求めその値と利用原子炉との関係並びにNBS既照射標準ガラス962aから得られたB値について検討を行ったので併せて報告する。

II 実験

1. エッチング特性

鉱物分離したアバタイト結晶を190°Cのホットプレート上で1cm²平方のアクリル板(厚さ0.8mm)に25粒子埋め込み、7% HNO₃, 25°Cの条件でエッチングした後、薄片自動研磨機(ビューラー製)により全てのトラックが消失するところまで研磨(300rpm 1micron-10min., 0.25micron-2min.)を施した。同様のエッチング特性用試料を5つ作製した。次に7% HNO₃, 25°Cの条件で10, 15, 20, 30, 40, 50, 70secと段階エッチングを行いそれぞれのエッチング段階において写真を撮った(×400 DRY)。写真よりそれぞれの時間でのトラック数、及びノギスを使用し一つのトラックの径を測定した。また最終エッチング(70sec)後、プラトー領域で新たに出現したトラックについては光学顕微鏡(NIKON BIOPHOT ×1000 DRY)下で投影されたトラックの長さ(屈折率 1.67)を各々測微装置を用いて計測することによりトラックの全長を算出した。

2. Zeta値(ζ)及びB値、 λf の検討

① 中性子照射試料

上記と同様の方法により、2種類の照射用試料を作製した。一つは標準年代試料として用いたFish Canyon Tuff(FCT)から分離したapatiteであり、もう一つは福岡市北部に産する北崎花こう閃緑岩から得られたapatiteである。前者は25粒子埋め込んだアクリル板を5枚、後者は3枚用意した。

② エッチング

apatiteのエッチングは中性子照射前に7% HNO₃, 25°Cで40sec間の条件で行った。一方、外部ディテクターとして使用したmicaについては照射後、46% HF, 25°Cで40分間の条件でエッチングを施した。

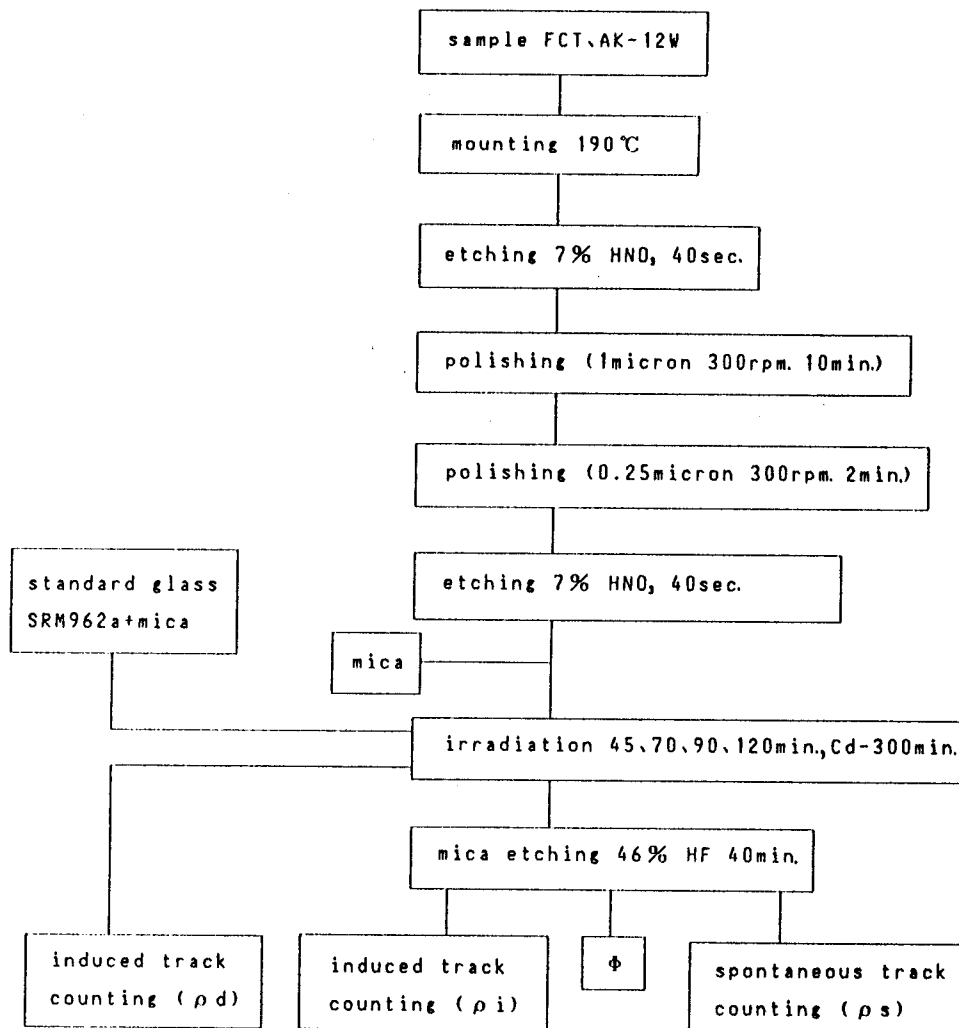
③ 中性子照射

中性子照射は標準年代試料を標準ガラスと共にmicaを付け武蔵工大炉(TRIGA II型, 100kW)の照射溝で照射時間(t_i)を45, 70, 90, 120分と変えて行った。更に厚さ1mmのカドミウム(Cd)で覆って300分照射についても行った。

④ トラック計測

エッチング後、光学顕微鏡(NIKON BIOPHOT ×1000 DRY)にセットした高品位CCDカメラ(NIKON HQ-1000M)からモニターテレビに画像を取り出し、トラックの数を計測した。

以上の埋め込み以降の実験手順をフローチャートとして第1図に示す。



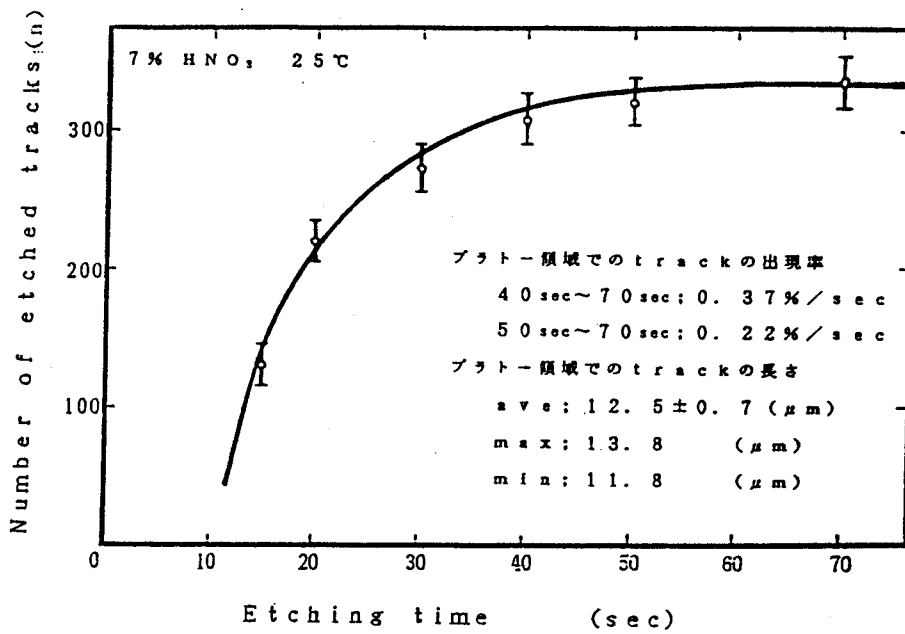
第1図. apatite試料における埋め込み以降の実験手順

III 結果及び考察

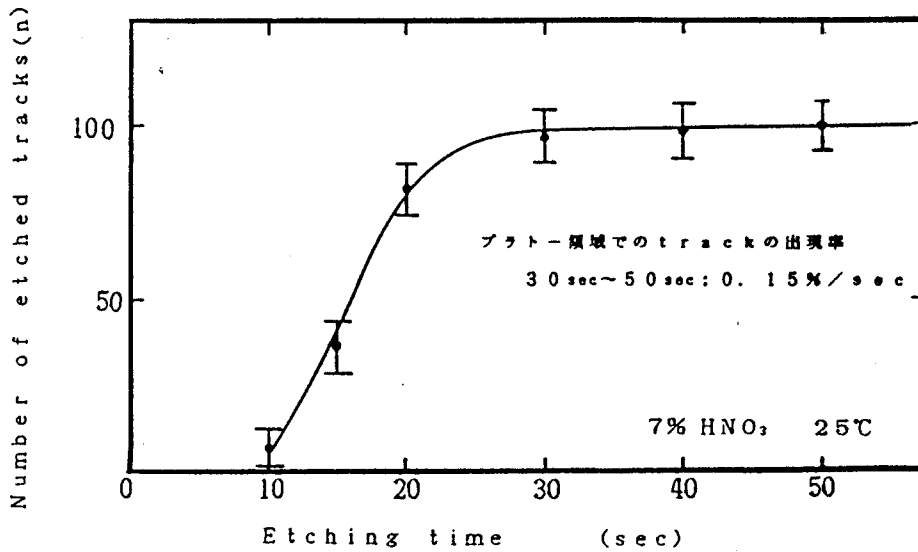
1. トラック数、及びトラック長のエッチング特性

標準年代試料(Fish Canyon Tuff, FCT)と北崎花こう閃緑岩(AK-12W)のエッチング特性を各々Fig. 2、Fig. 3に示す。FCTは40~50秒でプラトー領域に到達する。又プラトー領域でのtrackの出現率は40~70秒で0.37%/sec、50~70秒で0.22%/secであった。新たに出現したトラックの長さは平均で $12.5 \pm 0.7 \mu\text{m}$ 、最大で $13.8 \mu\text{m}$ 、最小で $11.8 \mu\text{m}$ であった。apatiteのinternal surfaceでのトラックの長さの平均は $10.5 \mu\text{m}$ とReimerほか(1970)に報告されておりそれに比べると長いことがわかる。方向性は絶対数が少ないが測定したものについてはランダムであった。

AK-12WはFCTに比べプラトー領域に到達するのが早く、30~35秒で達した。AK-12WがFCTに比べてエッチングされやすいのは、表1、2の誘発トラック密度(ρ_i)からもわかるように、AK-12Wはウラン含有量がFCTに比べて多く、しかもジルコン年代で76Maと言われており、FCTの27.7Maに比べ古く、 α 反跳によって結晶構造が破壊されるためエッチングされやすいものと思われる。又FCTは火山岩であるのに対して、AK-12Wは深成岩であり、その成因の違いによる影響も考えられる。



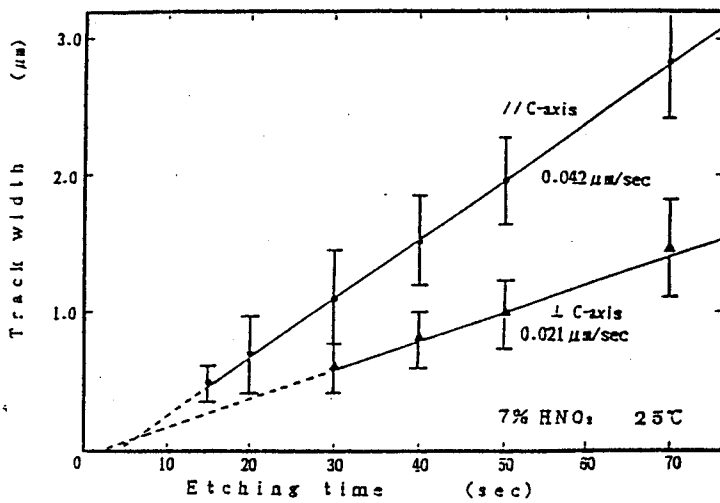
第2図 Fish Canyon Tuffの段階エッチングにおけるトラック数



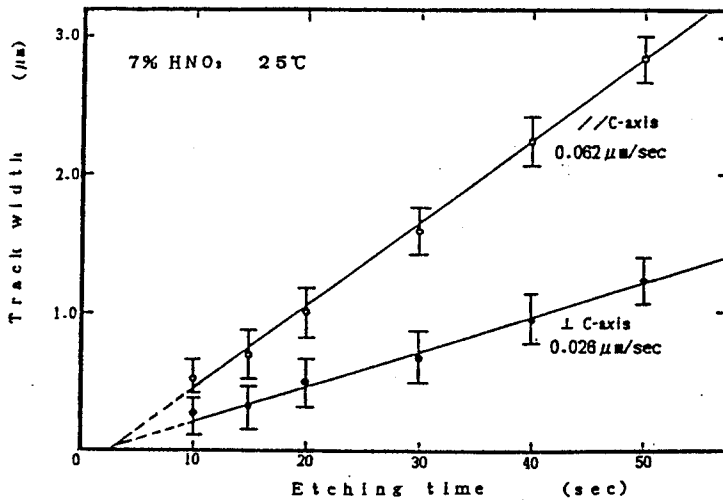
第3図 北崎花こう閃緑岩(AK-12W)の段階エッチングにおけるトラック数

2. トラック幅のエッチング特性

FCTとAK-12Wについてのトラックの径のエッチング速度を各々Fig.3及びFig.4に示す。FCTについては//C-axisで0.0042 μm/sec、⊥C-axisで0.0021 μm/secであった。AK-12Wについては//C-axisで0.0062 μm/sec、⊥C-axisで0.0021 μm/secであった。プラトー領域(FCTで40~50秒、AK-12Wで30~35秒)におけるトラック径の大きさをFig.3並びにFig.4から読み取ると//C-axisで共に1.5~2.0 μmであった。最適エッチング時間をトラックの径より考えるとapatiteに関しては、1.5~2.0 μm程度が目安になると思われる。



第4図 Fish Canyon Tuffの段階エッチングにおけるトラック幅



第5図 北崎花こう閃緑岩(AK-12W)の段階エッチングにおけるトラック幅

3. 標準年代試料(FCT)より求めたZeta値(ζb)

FCTの年代を27.7Ma、幾何学的要素を0.52としてζbを求めた結果を表1に示す。ζbは345±6という値が得られた。しかしここで求めた²³⁵Uの核分裂トラックの生成には熱中性子に加えて、熱外中性子と速中性子が寄与している。従って熱中性子だけから生成するフィシオントラック密度(ρd, ρi)は次式による補正式より求めることができる。

$$\rho d \cdot th = \rho d - 2.04 \rho cd$$

(本多、雁沢、野崎 1987, ρiについても同様)

上式より求めたρd・th並びにρi・thと、それらの値を用いて計算したζb・thについて表3に示す。熱外中性子及び速中性子のトラック密度を補正したζb・thは342±7で、補正前と比べるとその差は誤差の範囲内であった。このことから武蔵工大炉の照射溝を利用する限りは、熱外中性子及び速中性子の影響を無視しても差し支えないものと思われる。またZeta値は個人の値でありしかも実験を行う際の個人のコンディション、設備等によって異なると思われる。従って、未知試料の年代測定を行う際には、標準年代試料よりその都度Zeta値を求め年代を算出することが望ましい。

表1. 標準年代試料(Fish Canyon Tuff)より求めた ζb 値
(ρs :自発トラック密度 $n.cm^{-2}$, ρl :誘発トラック密度 $n.cm^{-2}$,
 ρd :標準ガラストラック密度 $n.cm^{-2}$, $T_{sla}:27.7ha$)

Irr. time (sec)	ρs ($\times 10^4$)	Σs	ρl ($\times 10^4$)	Σl	ρd ($\times 10^4$)	Σd	ζb
2700	21.9	(617)	37.5	(1054)	26.6	(5968)	342
4200	20.1	(517)	48.9	(1286)	36.9	(7380)	354
5400	18.7	(776)	59.3	(2487)	50.6	(8431)	338
7200	20.8	(428)	89.3	(1837)	66.3	(13254)	346
mean $\pm 1\sigma$							345 ± 6
Cd-cover 18000			$\rho l \cdot cd$		$\rho d \cdot cd$		
			10.3 (302)		7.1 (2397)		

表2. 福岡市北部に産する北崎花こう閃緑岩(AK-12W)についての自発トラック密度及び誘発トラック密度
(ρs :自発トラック密度 $n.cm^{-2}$, ρl :誘発トラック密度 $n.cm^{-2}$)

Irr. time (sec)	ρs ($\times 10^4$)	Σs	ρl ($\times 10^4$)	Σl
2700	141.8	(3544)	136.0	(2231)
4200	141.8	(3544)	208.6	(3048)
5400	141.8	(3544)	266.7	(2146)

表3. 熱外, 速中性子によるトラック密度を補正した $\zeta b \cdot th$ 値
(ρs :自発トラック密度 $n.cm^{-2}$, ρl :誘発トラック密度 $n.cm^{-2}$,
 ρd :標準ガラストラック密度 $n.cm^{-2}$)

Irr. time (sec)	ρs ($\times 10^4$)	$\rho l \cdot th$ ($\times 10^4$)	$\rho d \cdot th$ ($\times 10^4$)	$\zeta b \cdot th$
2700	21.9	34.4	24.5	341
4200	20.1	44.1	33.5	350
5400	18.7	53.6	46.2	331
7200	20.8	80.9	60.5	344
mean $\pm 1\sigma$				342 ± 7
Cd-cover 18000		$\rho l \cdot cd$	$\rho d \cdot cd$	
		10.3	7.1	

4. NBSより与えられたフルエンスにより求めたB値

NBSより与えられたフルエンスから求めた既照射ガラス962aのB値を表4に示す。B値はモニターをAuにした場合 5.78×10^9 、Cuの場合 5.31×10^9 という値が得られた。この結果と $\zeta b \cdot th$ 値より λf を算出した結果、Auをモニターにした場合 $7.07 \times 10^{-17} a^{-1}$ 、Cuの場合 $6.50 \times 10^{-17} a^{-1}$ であった。

表4. NBSで与えられたフルエンスから求めた既照射ガラス962aのB値の決定

code	monitor	ϕ ($\times 10^{14} n \cdot cm^{-2}$)	$\rho d (\times 10^4)$ muscovite	B ($\times 10^9$) muscovite
3104	Au	4.75 \pm 0.05	8.37(2311)	5.68
	Cu	4.37 \pm 0.09	8.37(2311)	5.22
4068	Au	4.75 \pm 0.05	8.09(2233)	5.87
	Cu	4.37 \pm 0.09	8.09(2233)	5.40

Irradiation position RT-4 (Cd ratio Au:10.2, Cu:65)

IV 今後の予定

1. エッチング特性を調べるにあたって、各エッチング時間におけるトラック数、径、長さ、並びに方位について、詳細に検討する。

2. 中性子フルエンスの絶対測定を行い、それを基にしたZeta値(ζa)を求め、更にB値や λf について検討を加える。