

アパタイトのフィッション・トラック年代閉鎖温度の異方性

渡辺公一郎(九大工)・本多照幸・野毛勇二(武蔵工大原研)

1. はじめに

放射年代の閉鎖温度が方法や鉱物の種類に応じて異なることを利用して、これまでに多くの地質岩体の熱履歴についての研究が行われてきた。このような手法は岩体の上昇による冷却などの単調な熱履歴を知るのに適応できるが、複雑な熱履歴の解析には十分とはいえない。従来手法に加え、鉱物のフィッション・トラック年代の閉鎖温度の異方性を利用することにより、地質時代における岩石のさらに詳しい熱履歴解析を行うことが可能と考えられる。この方法は、同一種の鉱物でも結晶学的な方位に応じてフィッション・トラックの熱安定性に大きな差があることを利用するものである。特に100℃付近の低温の熱履歴を解析するために、アパタイトのフィッション・トラックの閉鎖温度の異方性を利用する方法を予察的に検討した。

2. 実験

フィッション・トラックの熱特性を検討するために、塩素/フッ素比の低いDurangoアパタイトを用いた。これは熱特性を左右するハロゲン比が一般的に産する火成岩起源のアパタイト組成に近いことによる。また径10mmを越える大型でしかも包有物の少ない結晶が入手可能で、フィッション・トラック計数のS/N比も高い。ウラン濃度も比較的均質である。この結晶を柱面に平行に約2mm厚に低速カッターでスライスした。これらの試料片をPID装置を付けたシリコニット小型電気炉を用いて275、295、330、365、380(℃)で各1時間、250、300(℃)で各24時間の加熱を行った。これらの試料片を硝酸(7%、25℃)で40秒エッチング後、表面のトラックが消滅するまでダイヤモンドペースト(3μm、1μm)を用いて研磨した。このようにして得られた内部面(4π面)を同じく硝酸でエッチングした。出現したフィッション・トラックを光学顕微鏡(Nikon Bio-photo 対物ドライ x100)、高品位CCTVカメラを用いて画像上で方位ごとに計数した。フィッション・トラックの伏角が約45度より大きいものは計数より除外した。

今回のアニーリング実験では自発フィッション・トラックを用いている。既報のフィッション・トラックのアニーリング実験では、試料を高温で加熱し、熱中性子照射をして出現した誘発フィッション・トラックが用いられてきた。しかし生成したばかりのフィッション・トラックのアニーリング特性を実験的に求めても、地質時代の熱履歴の検討を行うには必ずしも適当ではない。実際、誘発フィッション・トラックが生成直後に、室温でもアニーリングを起こすことが知られている。また自発フィッション・トラックの場合は通常、既にα壊変による結晶構造の損傷が進んだ状態でアニーリングを行う。それに対し、誘発フィッション・トラックの場合は高温加熱することにより、これらの損傷が消失した状態でアニーリング実験を行うことになる。これらの点を考慮すると自発フィッション・トラックの熱特性を実験的に求めたものが、岩体の熱履歴解析により有用と思われる。

3. 結果および考察

実験の結果、トラックの方位によりフィッション・トラックの熱特性に明瞭な差があることが

示された。実験結果の一部は、野毛ほか (1991) にも示している。計数面への投影角がC軸から30度までのトラック (C軸平行トラック) と、C軸から60~90度のトラック (C軸直交トラック) に分けて、各々のアニーリング条件でのトラックの残存率Rを検討した。Rはアニーリングを行っていないコントロール試料の自発フィッション・トラック密度に対する、アニーリング後のトラック密度の割合を示す。アニーリング温度とRとの関係より、Rに対する活性化エネルギーを求めた (Fig. 1)。C軸平行トラックのRに対してほぼ一定の活性化エネルギー (1.9eV) を必要

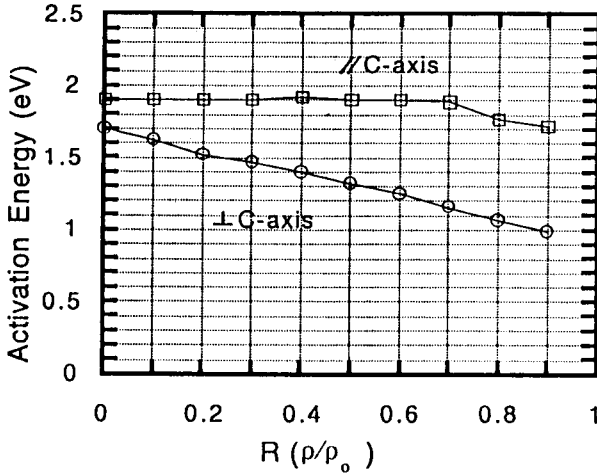


Fig. 1 Activation energy required to anneal fission tracks in Durango apatite versus track surviving rate (R).

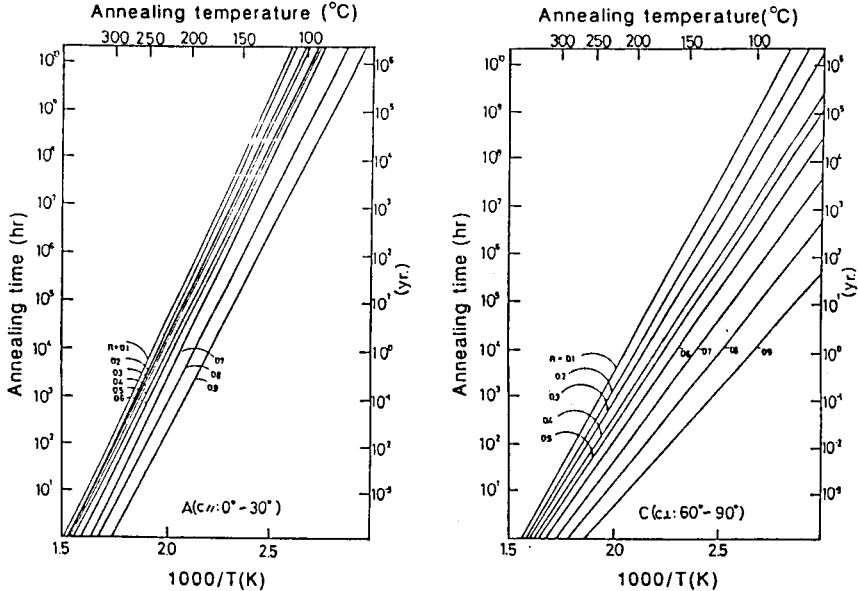


Fig. 2 Stability of fission tracks in Durango apatite at different temperatures extrapolated to geologic time.

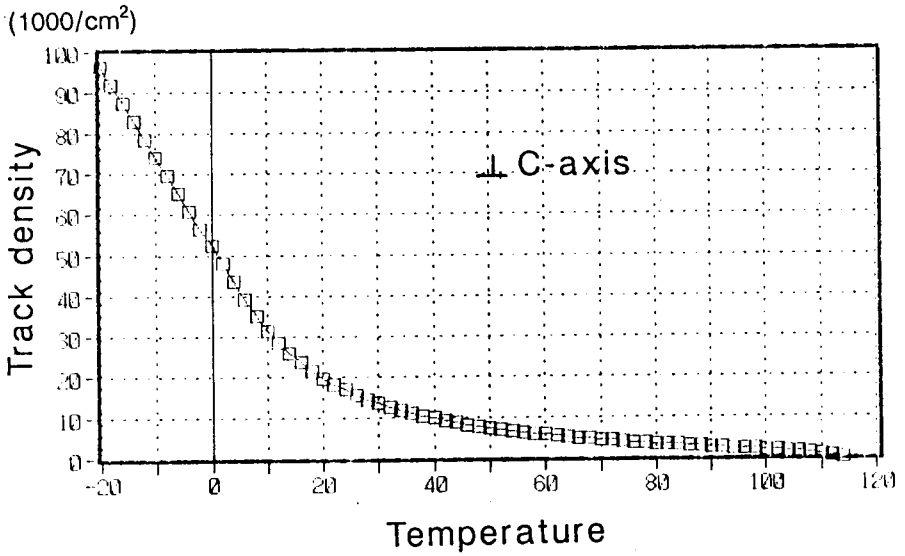
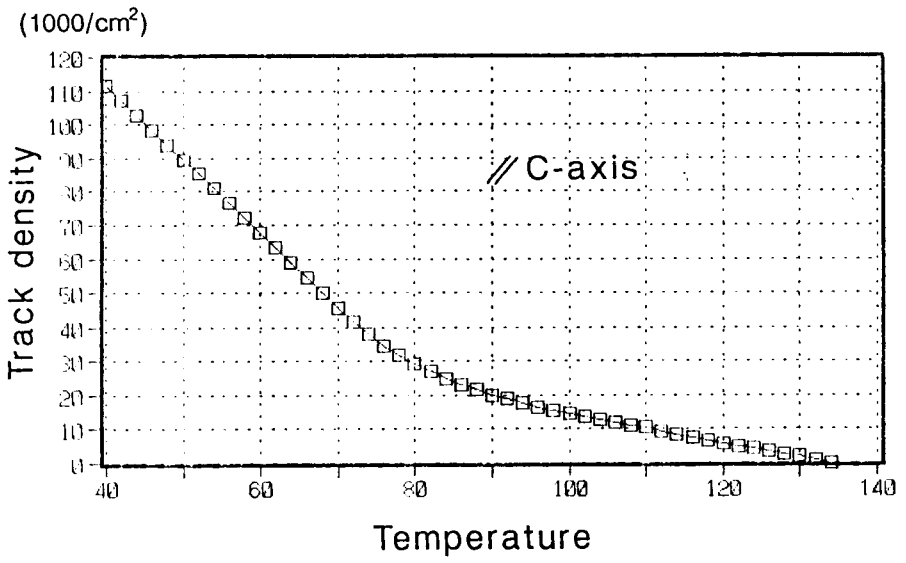


Fig. 3 Fission track accumulation curve due to stepwise cooling by 2°C over intervals of 0.2 Ma.

とするのに対し、C軸直交トラックの場合Rが小さくなるにつれて1.0から1.7eVへと増している。Fig. 2は2種類の方位のトラックの計数結果をアレニウスプロット（アニーリング温度-時間の関係を示す）したものである。およそ100万年までアニーリング時間を外挿している。

以上のことからトラックの結晶学的な方位によって、トラックが消失するための活性化エネルギーや熱特性に有意の差が認められる。冷却速度を10°C/Maとして2度ごとの段階冷却によるトラックの増加率をHaack (1977) に基づき計算するとFig. 3のようになる。予察的な実験のため十分な精度では議論できないが、C軸トラック（C軸より30度以内）では100°C前後、C軸直交トラック（C軸より60度~90度）では60°C以下の閉鎖温度が推定される。今回の検討結果より、従来困難と考えられていた100°C以下の温度領域の各種岩体の熱履歴解析に、トラック方位を識別したアパタイトのフィッション・トラック年代測定が有効であることが示された。今後、厳密なアニーリング実験を行うことにより、各冷却速度に応じたトラック方位ごとの閉鎖温度を求めることが期待される。またアパタイト中のハロゲン（フッ素、塩素、OH）比やウラン、トリウムなどの α 壊変による結晶構造の損傷量によって、どの程度トラック方位に応じた閉鎖温度が影響を受けるかについても検討が必要である。

文 献

Haack, U. (1977) The closing temperature for fission track retention in minerals.

Am. J. Sci., Vol. 277, 451-464.

野毛勇二、渡辺公一郎、野崎徹也、本多照幸 (1991) Durango Apatite のFTに関するアニーリング特性。フィッション・トラックニュースレター, No. 4, 10-17.