

三重県多気地域に産するシュードタキライトのジルコン(U-Th)/He年代測定
山田国見*・花室孝広*・田上高広**・島田耕史*・高木秀雄***・梅田浩司*

(U-Th)/He dating of a pseudotachylyte collected from
the Taki area, Mie pref.

Kunimi Yamada*, Takahiro Hanamuro*, Takahiro Tagami**, Koji Shimada*,
Hideo Takagi*** and Koji Umeda*

****日本原子力研究開発機構, Japan Atomic Energy Agency.

****京都大学, Kyoto University

****早稲田大学, Waseda University

はじめに

日本原子力研究開発機構東濃地科学センターでは、地質環境の長期的な安定性に関する調査技術の一環として、我が国初のウラン・トリウム・ヘリウム ((U-Th)/He) 年代法の測定システムを構築している(山田, 2006ほか)。本研究では、年代未知の地質試料に対する応用例としてシュードタキライトの年代測定を行い、これに成功したので報告する。

断層起源シュードタキライトは主に地殻浅部で断層に沿って生じる脈状岩石であり、過去の断層活動により発生した摩擦熱で溶融・固結したものと考えられている。したがって、その生成時期や温度(最高到達温度および環境温度、すなわち断層摩擦発熱による温度上昇幅)・圧力といった生成条件の推定は、断層の活動時期や頻度、断層の強度や破壊(発震)のエネルギー等、地質学や防災上の課題を考える上で重要である。これに対して、放射年代測定法は、堆積速度や侵食速度、断層の活動周期といった仮定をおかずにシュードタキライトそのものから直接その生成時期を明らかにしうる点で非常に強力な手法である。例えばフィッション・トラック(FT)法では短時間加熱実験によりシュードタキライトの生成条件で確実に年代がリセットされることが明らかになったり(Murakami et al., 2006)、実際に天然のシュードタキライトから分離したジルコンの年代測定にも成功する(Murakami and Tagami, 2004)などさまざまな研究が行われている。

FT法と同じくジルコンを用いる放射年代測定法である(U-Th)/He法は、Zeitler et al. (1987)の再解釈以降90年代に開発が進められ、その特徴である非常に低い閉鎖温度(約180°C)故にさまざまな地質学的冷却過程の研究に用いられてい

る(例えばReiners et al., 2004)。現在のところ、年代測定には自形で十分な大きさの結晶が必要であり、当然ながらこれはシュードタキライトを含む断層近傍試料に対して極めて厳しい選別条件となるため、年代はまだ公表されていない。しかし、FT法と併用することで、シュードタキライトの生成温度条件の上限と下限を直接的に決定できる可能性がある。

地質

三重県多気町のシュードタキライトは中央構造線(MTL)沿いで初めて見つかったものであり、最大で幅約5cmに達する厚いシュードタキライトである(図1、2)。角閃石-緑色片岩相条件でマイロナイト化した畑井トータル岩の冷却の過程での脆性変形領域で融解・急冷によって形成され、その後さらに破碎の影響を重複して受けている(Shimada et al., 2001)。年代の比較を行うため、シュードタキライトから約10cm離れた原岩も採取した。ジルコンはそれぞれ約1000粒、約1500粒が分離された。同じ試料を用いてFT年代も測定されている(Takagi et al., 2009)。シュードタキライトからはアパタイトは分離されなかったのでジルコンのみを対象とした。

手法

ヘリウムの脱ガスは白金packetとレーザー加熱により約1300°Cで行い、脱ガスの完了は1350°Cで再脱ガスを行って確認した。定量はVG5400希ガス質量分析計による感度法で行った。溶液化はメタほう酸リチウムを用いたアルカリ溶融法で行い、加熱はXRFビードサンブラによる高周波加熱法を用いた。ウラン・トリウム定量はSII製SPQ9000 ICP四重極質量分析計を用いて、マト

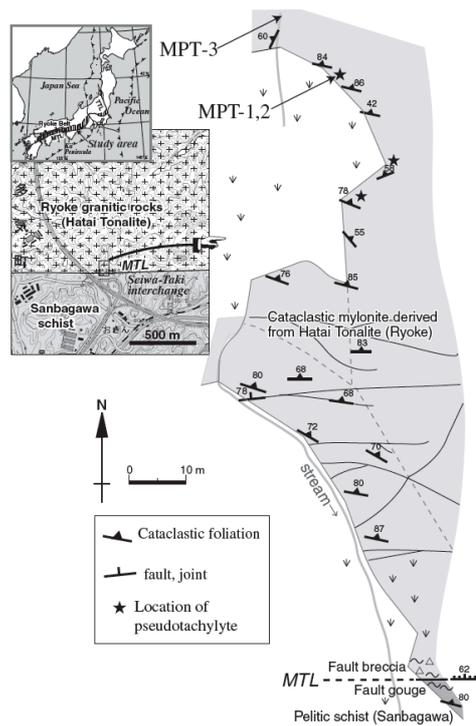


図1 試料採取地の模式図。本報告で用いたシュードタキライトはMPT-1で採取された。Takagi et al. (2009)より一部改変。

リクスマッチングを行った内標準検量線法で行った。本システムでの7回の年代標準試料(FC3Z)分析の結果は 29.6 ± 3.7 Ma (1SD)であった。

詳細についてはYamada et al. (2009) 参照。

結果

分析結果を表1に示す。ジルコン(U-Th)/He年代はシュードタキライトで 60.3 ± 2.7 Ma、原岩で 55.5 ± 4.5 Ma (いずれも1SE)で、誤差の範囲で一致した。一般的な溶融時のシュードタキライトの最高到達温度は 1000°C 以上と高温だがその持

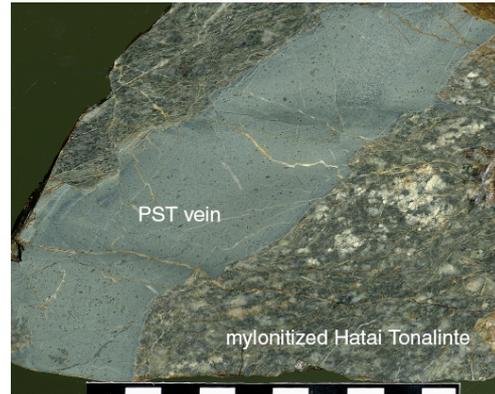


図2 本報告で用いたシュードタキライト (MPT-1) の研磨試料写真。両側のカタクレサイト化した畑井トナル岩マイロナイトに注入している。スケールは全長10 cm。

続時間は数秒であり、熱影響の範囲は約1cm以下に限られる (Murakami and Tagami, 2004)。原岩はシュードタキライトから10cm程度離れているのでこの年代はシュードタキライト生成時の熱によるリセットではなく広域的な冷却年代と考えられる。従って、これと一致するシュードタキライトの年代もシュードタキライト生成時の熱影響を受けているとは考えられず、生成後のシュードタキライトを含む広域的な冷却年代と考えられる。

一方、Takagi et al. (2009) によればそれぞれのFT年代は 60.0 ± 3.5 Maと 70.2 ± 2.7 Ma (いずれも1SE)であり、t検定により95%の信頼区間で両者は一致しない。トラック長の短縮も観察されない。Murakami et al. (2006) によれば一般的なシュードタキライトの溶融温度でジルコンFTは完全にリセットされると考えられること、Shimada et al. (2001) によりこのシュードタキライトも十分な温度上昇が推定されることから、ここでは原岩のジルコンFTによる冷却年代が約70Ma、最後のシュードタキライト生成が約

表1 ジルコン(U-Th)/He年代

Sample	Length 1 (μm)	Length 2 (μm)	Width 1 (μm)	Width 2 (μm)	Mass (μg)	U (ppm)	Th (ppm)	^4He (ncm^3/mg)	RE (%)	Ft	Age (Ma)		
											Raw	Corrected	1SE
MPT-1 (PST)													
PT0616-4	124	64	74	78	2.4	164	80	983	0.61	0.70	44.3	63.0	
PT080331-1	112	56	78	58	1.7	162	69	837	0	0.67	38.7	57.6	
											Average	60.3	2.7
MPT-2 (protolith)													
#080312-1	120	64	64	62	1.6	117	269	768	0.9	0.66	35.0	52.8	
#080312-2	136	64	72	66	2.1	462	143	2667	0.2	0.69	44.3	64.3	
#080312-3	128	68	68	64	1.9	276	141	1265	0.7	0.68	33.6	49.6	
											Average	55.5	4.5

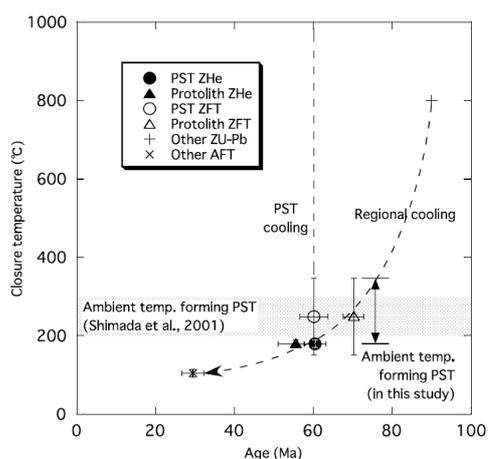


図3 本報告で用いた年代-閉鎖温度図。(U-Th)/He年代は従来推定されていた地域的な冷却史とおおむね矛盾しない。また、閉鎖温度の異なるフィッシュオン・トラック年代と一致する年代が得られたことは、シュードタキライトが生成後速やかに冷却したことを示し、トラック長の短縮が見られなことを整合的である。

60Maであると考えられる。

以上のことから、シュードタキライト生成時の環境温度は、少なくともジルコン(U-Th)/He法の閉鎖温度以上ジルコンFT法の部分アニーリング領域の上限以下と考えられる。Reiners et al. (2004) と Yamada et al. (2007) によればこれは例えば約180-350°Cに相当する(図3)。この温度は、このシュードタキライトの鉱物学的な観察から生成時の環境温度を200-300°Cと推定したShimada et al. (2001)の結果と良く一致する。

まとめ

三重県のMTL沿いで見つかったシュードタキライトとその原岩について(U-Th)/He年代測定を行い、これが可能であることを示した。同じ試料のFT年代を考慮すると、シュードタキライト生成時の環境温度は約180-350°Cと推定される。これは鉱物学的に推定された環境温度と良く一致する。

参考文献

Murakami, M., and T. Tagami (2004), Dating pseudotachylyte of the Nojima fault using the zircon fission-track method, *Geophys.*

Res. Lett., 31, L12604, doi: 10.1029/2004GL020211.

Murakami, M., R. Yamada, and T. Tagami (2006), Short-term annealing characteristics of spontaneous fission tracks in zircon: A qualitative description, *Chem. Geol.*, 227(3-4), 214-222, doi: 10.1016/j.chemgeo.2005.10.002.

Reiners, P.W., T.L. Spell, S. Nicolescu, and A. Zanetti (2004), Zircon (U-Th)/He thermochronometry: He diffusion and comparisons with $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 68(8), 1857-1887, doi:10.1016/j.gca.2003.10.021

Shimada, K., Y. Kobari, T. Okamoto, H. Takagi, and Y. Saka (2001), Pseudotachylyte veins associated with granitic cataclasite along the Median Tectonic Line, eastern Kii Peninsula, Southwest Japan, *J. Geol. Soc. Japan*, 107(2), 117-128.

Takagi, H., K. Shimada, H. Iwano, and T. Danhara (2009), The oldest record of brittle deformation along the Median Tectonic Line determined by fission-track zircon age for pseudotachylyte in the Taki area, Mie Prefecture, *J. Geol. Soc. Japan*, under review.

山田国見 (2007)、東濃地科学センターにおける(U-Th)/He年代測定システムの現状、*FTNL20*, 61-62.

Yamada, K., T. Hanamuro, T. Tagami, K. Shimada, H. Takagi, R. Yamada, and K. Umeda (2009), The first (U-Th)/He dating of a pseudotachylyte collected from the Median Tectonic Line, southwest Japan, *Tectonophysics*, in submission.

Yamada, R., M. Murakami, and T. Tagami (2007), Statistical modelling of annealing kinetics of fission tracks in zircon; Reassessment of laboratory experiments, *Chem. Geol.*, 236(1-2), 75-91, doi: 10.1016/j.chemgeo.2006.09.002.