

## ジルコン中のフィッション・トラックの等温加熱実験 —熱アニーリング特性に関する試料間比較—

松浦俊輔\*・田上高広\*

### Isothermal annealing experiment of fission-tracks in zircon —Comparison of thermal annealing characteristics between samples—

Syunsuke Matsuura\* and Takahiro Tagami\*

\* 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

#### はじめに

FT 法では閉鎖温度は結晶中の線状損傷である FT の修復 (熱アニーリング) 特性に依存する。ジルコンについてのこの特性は, 室内での加熱実験と天然での超深層ボーリング試料の解析から研究されてきた (Yamada et al., 1995a, b; Tagami et al., 1998)。しかしながら, その産出した地域・年代・化学組成等の違いによって熱アニーリング挙動が変化するかどうかはジルコンについてはあまりよくわかっていない。それを解明すべく本研究では, まず数種類のジルコンについてマッフル炉により加熱実験を行い, FT 長の測定を行った。そして Nisatai Dacite 中のジルコン等の試料についてこれまでに報告されているデータと比較・検討した。

#### 実験

本研究では LMR (Lake Mountain Rhyodacite), KT06 (Koto Rhyolite), FCT94 (Fish Canyon Tuff), NST (Nisatai Dacite), BM4 (Bulk Member Tuff), TRG05・TRG07 (Utaosa Rhyolite from the Teragi Group) の計 7 試料を使用した。また, エッチングの基準は表面トラック径が  $2\ \mu\text{m}$  である。

#### 結果と解釈

本研究での FT 長データを表 1 に示す。また, これまでに報告されている研究データは表 2 に

示す。図 1 には試料ごとのデータをプロットした。

試料間比較により以下の 4 つのことがわかる。

(1) 非アニーリング時に NST・FCT94 の平均トラック長 (c 軸から  $60^\circ$  以上の角度を持つ) が他の 5 試料に比べ有意に長い。

(2) 約  $400^\circ\text{C}$  では NST が BM4 より長い, 約  $500^\circ\text{C}$  においては両者に有意の差は観察されない。これは初期トラック長を反映していると考えられる。

(3) 約  $600^\circ\text{C}$  において, TRG05・BM4 が FCT94・KT06・LMR より短い。

(4) 約  $650^\circ\text{C}$ , 約  $700^\circ\text{C}$  においては TRG05・

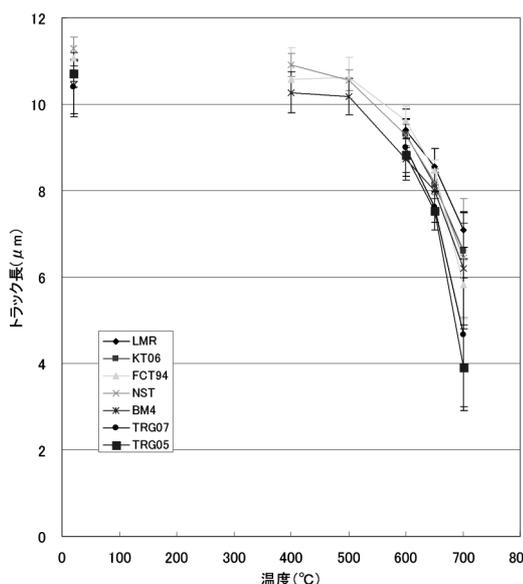


図 1. 試料間比較 (標準誤差は  $2\sigma$ ) .

表 1. FT 長の測定結果.

Sample	t	T	n	N <sub>all</sub>	N <sub>60</sub>	L <sub>all</sub>	L <sub>60</sub>	sd <sub>60</sub>	se <sub>60</sub>	t <sub>e</sub>	r <sub>60</sub>
KT06	-	-	40	53	30	10.94	10.73	0.87	0.16	16	-
	1	598	60	51	31	9.44	9.32	0.91	0.16	23	0.87
	1	649	88	53	30	8.39	8.13	0.82	0.15	24	0.76
	1	698	287	32	18	6.71	6.61	1.38	0.32	24	0.62
FCT94	-	-	61	57	33	11.10	11.06	0.86	0.15	18	-
	1	402	16	14	7	10.83	10.57	0.98	0.37	18	0.96
	1	502	33	20	13	10.60	10.62	0.87	0.24	18	0.96
	1	601	86	46	27	9.61	9.63	0.84	0.16	25	0.87
	1	652	77	38	26	8.44	8.46	0.65	0.13	25	0.76
	1	701	108	11	6	6.38	5.83	0.98	0.40	25	0.53
NST	-	-	103	64	35	11.31	11.29	0.79	0.13	22	-
	1	395	137	50	33	10.86	10.91	0.77	0.13	22	0.96
	1	500	~150	50	29	10.55	10.55	0.63	0.12	22	0.93
	1	599	~200	50	28	9.50	9.29	0.66	0.12	26	0.82
	1	650	~250	50	34	8.25	8.21	0.88	0.15	26	0.73
	1	696	176	14	9	6.24	6.44	2.07	0.69	26	0.57
BM4	-	-	93	25	11	10.49	10.45	1.21	0.37	23	-
	1	398	100	21	11	10.41	10.27	0.79	0.24	23	0.98
	1	499	90	21	12	10.14	10.17	0.72	0.21	23	0.97
	1	598	189	29	11	9.12	8.73	0.79	0.24	28	0.84
	1	649	188	28	12	8.29	8.00	0.74	0.21	28	0.77
	1	698	257	12	5	6.16	6.20	1.48	0.66	28	0.59
	1	749	99	1	0	4.19	-	-	-	28	-
TRG07	-	-	190	21	10	10.57	10.40	0.97	0.31	23	-
	1	598	186	16	8	8.92	9.00	0.93	0.33	28	0.87
	1	651	204	13	8	8.01	7.63	0.52	0.18	28	0.73
	1	699	298	8	3	4.85	4.67	1.53	0.88	28	0.45
	1	750	94	0	0	-	-	-	-	28	-

TRG07 が NST・KT06・LMR より短い.

### まとめ

本研究では, TRG05・TRG07 と NST・KT06・LMR が高温領域において, 異なるアニーリング特性の違いが観察された. これは, 試料間でジルコン FT のアニーリング挙動が異なることを示唆する. アニーリング挙動の原因としては, 一番年代の若い TRG05・TRG07 が特徴的なアニーリング挙動を示したことから, 年代・トラック密度によってアニーリング挙動が変化する可能性

が考えられる. しかし, 現時点では化学組成による影響は否定できない.

逆に, 7 試料のうち一番年代の古い LMR については, そのアニーリング挙動には TRG05・TRG07 以外の試料と比べ有意の差はほとんど観察されない.

また, どの試料もアニーリング温度が高くなるほど標準偏差が大きくなり, FT 長分布の幅が広がった. これはどの試料も同じようなトラック短縮過程をたどることを暗示している.

表2. 以前の研究によるジルコンのF T長データ.

Sample	t	T	n	N <sub>all</sub>	N <sub>60</sub>	L <sub>all</sub>	L <sub>60</sub>	sd <sub>60</sub>	se <sub>60</sub>	t <sub>e</sub>	r <sub>60</sub>
FCT (Hasebe et al., 1994)	–	–		63	43	10.78	10.67	0.73	0.11		–
NST (Yamada et al., 1995b)	–	–		107	65	11.14	11.05	0.65	0.08	22	–
	1	395		53	32	10.85	10.83	0.89	0.16	22	0.98
	1	500		50	35	10.67	10.57	0.73	0.12	22	0.96
	1	599		50	40	9.56	9.47	0.62	0.10	26	0.86
	1	650		50	32	8.55	8.20	0.93	0.16	26	0.74
	1	696		15	9	6.38	6.08	1.57	0.52	26	0.55
BM4 (Hasebe et al., 1994)	–	–		38	28	10.65	10.48	0.72	0.14		–
LMR (AFM) (Yamada et al., 1998)	–	–	250	29	24	10.68	10.71	0.73	0.15		–
	1	600	100	28	18	9.30	9.40	1.00	0.24		0.88
	1	650	100	27	25	8.59	8.55	1.07	0.21		0.80
	1	698	100	52	44	7.06	7.10	1.32	0.20		0.66
NST (AFM) (Yamada et al., 1998)	–	–	80	50	39	10.81	10.79	0.49	0.08		–
	1	599	100	51	37	9.48	9.36	0.78	0.13		0.87
	1	650	100	50	32	7.79	7.78	0.95	0.16		0.72
	1	696	350	30	17	5.63	5.62	2.03	0.49		0.52
TRG05 (AFM) (Yamada et al., 1998)	–	–	200	36	32	10.71	10.71	0.50	0.09		–
	1	600	200	23	20	8.93	8.83	0.90	0.20		0.82
	1	650	200	19	15	7.62	7.53	0.87	0.22		0.70
	1	698	300	16	15	3.91	3.91	1.76	0.45		0.37

## 文献

Hasebe, N., T. Tagami, and S. Nishimura, 1994.  
Towards zircon fission-track  
thermochronology: Reference framework for  
confined track length measurements. Chem.  
Geol. (Isot. Geosci. Sect.), 112, 169–178.

兼岡一郎, 1998, 年代測定概論, 東京大学出版会,  
pp315.

Tagami, T., H. Ito, and S. Nishimura, 1990.  
Thermal annealing characteristics of  
spontaneous fission tracks in zircon. Chem.  
Geol. (Isot. Geosci. Sect.), 80, 159–169.

Tagami, T., R. F. Galbraith, R. Yamada, and G. M.  
Laslett, 1998. Revised Annealing kinetics of  
fission tracks in zircon and geological

- implications. *Advances in Fission-Track Geochronology*, 99-112.
- Yamada, R., T. Tagami, and S. Nishimura, 1995a. Confined fission-track length measurement of zircon: assessment of factors affecting the paleotemperature estimate. *Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sect.)*, 119, 293-306.
- Yamada, R., T. Tagami, S. Nishimura, and H. Ito, 1995b. Annealing kinetics of fission tracks in zircon: an experimental study. *Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sect.)*, 122, 249-258.
- Yamada, R., T. Yosioka, K. Watanabe, T. Tagami, H. Nakamura, T. Hashimoto, and S. Nishimura (1998) Comparison of experimental techniques to increase the number of measurable confined fission tracks in zircon. *Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sect.)*, 149, 99-107.
- 吉岡哲, 1994, ジルコン中のフィッション・トラックにおけるアニーリング特性の試料間比較, 京都大学理学部卒業論文, pp. 53-64.