

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

F T法では閉鎖温度は結晶中の線状損傷であるF T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・F T密度・化学組成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のが現状である。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、F T長の測定を行った。そして仁左平デイサイト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 (湖東流紋岩), FCT94 (Fish Canyon Tuff), NST (仁左平デイサイト), BM4 (Bulk Member Tuff), TRG05・TRG07 (照来層群歌長流紋岩) 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長が2 μ mである。

結果と解釈

本研究でのF T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F T長データをプロット

した。

試料間比較により以下の5つのことがわかる。

(1) 非アニーリング時に NST・FCT94 の平均F T長(c軸から60°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°CではNSTがBM4より長い、約500°C以上においては両者に有意の差は観察されない。これは初期F T長を反映した結果と考えられる。

(3) 約600°Cにおいて、TRG05・BM4がFCT94・KT06・LMRより短い。

(4) 約650°C、約700°CにおいてはTRG05・TRG07がNST・KT06・LMRより短い。

(5) 一方、照射してF T密度を増やしたTRG07は高温においてNST・FCT94と似たF T挙動を示す。

まとめ

本研究では、TRG05・TRG07(非照射)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F Tのアニーリング挙動が異なることを示している。その原因としては、一番年代の若いTRG05・TRG07(非照射)が特徴的なアニーリング挙動を示したことから、年代・F T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。一方、自発F Tを消さないまま照射してKT06程度にF T密度を増やしたTRG07試料で

表1 FT長の測定結果

Sample	t	T	n	N _{all}	N ₆₀	L _{all}	L ₆₀	sd ₆₀	se ₆₀	t _e	r ₆₀
KT06	-	-	40	53	30	10.94	10.79	0.78	0.14	16	-
	1	598	60	51	31	9.44	9.25	0.85	0.15	23	0.86
	1	649	88	53	30	8.39	8.14	0.78	0.14	24	0.75
	1	698	287	32	18	6.71	6.65	1.26	0.30	24	0.62
FCT94	-	-	61	57	33	11.10	11.06	0.83	0.15	18	-
	1	402	16	14	7	10.83	10.67	0.89	0.33	18	0.96
	1	502	33	20	13	10.60	10.61	0.81	0.23	18	0.96
	1	601	86	46	27	9.61	9.60	0.79	0.15	25	0.87
	1	652	77	38	26	8.44	8.37	0.59	0.12	25	0.76
NST	-	-	103	64	35	11.31	11.21	0.68	0.12	22	-
	1	395	137	50	33	10.86	10.87	0.69	0.12	22	0.97
	1	500	~150	50	29	10.55	10.54	0.63	0.12	22	0.94
	1	599	~200	50	28	9.50	9.38	0.56	0.11	26	0.84
	1	650	~250	50	34	8.25	8.11	0.78	0.13	26	0.72
BM4	-	-	245	51	24	10.53	10.47	0.92	0.19	23	-
	1	398	100	21	11	10.41	10.30	0.73	0.22	23	0.98
	1	499	130	26	14	10.15	10.23	0.71	0.19	23	0.98
	1	598	298	42	17	9.07	8.94	0.63	0.15	28	0.85
	1	649	291	35	15	8.24	7.95	0.65	0.17	28	0.76
	1	698	462	22	10	6.29	6.14	1.16	0.37	28	0.59
TRG07	-	-	190	21	10	10.57	10.50	0.89	0.28	23	-
	1	598	186	16	8	8.92	8.86	0.95	0.34	28	0.84
	1	651	204	13	8	8.01	7.79	0.61	0.22	28	0.74
	1	699	298	8	3	4.85	4.62	1.16	0.67	28	0.44
TRG07 (AFM)	-	-	~200	19	17	10.60	10.59	0.68	0.17	23	-
	1	598	186	18	12	8.91	8.77	0.61	0.17	28	0.83
	1	651	176	18	14	7.89	7.87	0.63	0.17	28	0.74
	1	699	256	6	6	4.82	4.82	1.01	0.41	28	0.46
TRG07 (照射)	-	-	92	52	30	10.64	10.55	0.60	0.11	23	-
	1	598	77	52	36	9.12	9.01	0.67	0.11	28	0.85
	1	649	~110	51	26	8.19	8.12	0.63	0.12	28	0.77
TRG07 (照射)	1	698	~120	8	3	5.63	5.71	0.79	0.45	28	0.54

t = annealing duration (hr); T = annealing temperature (°C); n = number of grains in each mount; N_{all} = number of measured tracks for all crystallographic direction; N₆₀ = number of measured tracks for >60° to c-axis; L_{all} = mean length for all crystallographic direction (μm); L₆₀ = mean length with standard error for >60° to c-axis (μm); sd₆₀ = standard deviation for the length distribution of tracks for >60° to c-axis (μm); se = standard error of L₆₀ for >60° to c-axis (μm); t_e = etching duration(hr); r = normalized value of L by L_s (spontaneous tracks).

は、高温において KT06 等と似た FT 挙動を示す。これは α ダメージが FT 挙動に影響しないことを示している。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 FT 短縮の過程をたどることを示している。

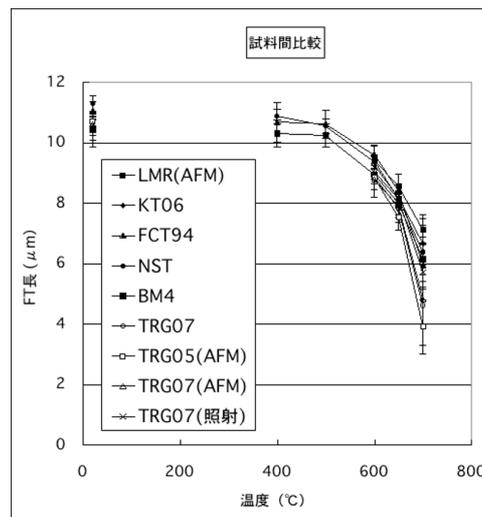


図1 本研究で用いた7試料と、LMR・TRG05の2つのデータをグラフ化した。標準誤差は±2σ。

表2 以前の研究による FT 長

Sample	t	T	n	N _{all}	N ₆₀	L _{all}	L ₆₀	sd ₆₀	se ₆₀	t _e	r ₆₀
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	

t = annealing duration (hr); T = annealing temperature (°C); n = number of grains in each mount; N_{all} = number of measured tracks for all crystallographic direction; N₆₀ = number of measured tracks for >60° to c-axis; L_{all} = mean length for all crystallographic direction (μm); L₆₀ = mean length with standard error for >60° to c-axis (μm); sd₆₀ = standard deviation for the length distribution of tracks for >60° to c-axis (μm); se = standard error of L₆₀ for >60° to c-axis (μm); t_e = etching duration(hr); r = normalized value of L by L_s (spontaneous tracks).

謝辞

本研究の試料は吉岡哲氏に提供していただいた。

参考文献

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. Yoshioka, 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.