

# 大分県日田市大山層下部および上部火砕流堆積物の フィッション・トラック年代

長谷 義隆<sup>1</sup>・檀原 徹<sup>2</sup>・岩野 英樹<sup>2</sup>・北林 栄一<sup>3</sup>・行時 志郎<sup>4</sup>

- (1 天草市立御所浦白亜紀資料館 〒866-0313 熊本県天草市御所浦町御所浦4310-5)  
(2 株式会社京都フィッション・トラック 〒603-8832 京都市北区大宮南田尻町44-4)  
(3 〒879-4403 大分県玖珠郡玖珠町帆足281-2)  
(4 日田市立博物館 〒877-0003 大分県日田市上城内町2-6)

## The fission track ages of the lower and upper pyroclastic flow deposits of the Oyama Formation in Hita City, Oita Prefecture

Yoshitaka Hase<sup>1</sup>, Tohru Danhara<sup>2</sup>, Hideki Iwano<sup>2</sup>, Eiichi Kitabayashi<sup>3</sup> and Shiro Yukitoki<sup>4</sup>

- (1 Goshoura Cretaceous Museum, 4310-5 Goshoura, Goshoura Town, Amakusa City, Kumamoto 866-0313, Japan )  
(2 Kyoto Fission-Track Co. Ltd., 44-4 Minamitajiri-cho, Omiya Kita-ku, Kyoto 603-8832, Japan )  
(3 281-2, Hoashi, Kusu Town, Kusu-gun, Oita Prefecture 879-4403, Japan)  
(4 Hita City Museum, 2-6 Kamijonai Town, Hita City, Oita 877-0003 )

### Abstract

The Oyama Formation is distributed through part of Oyama Town of Hita City, Oita Prefecture. The formation is mainly composed of tuffaceous mudstone and diatomaceous siltstone, and stratifies the lower and the upper pyroclastic flow deposits. The upper pyroclastic flow deposit of the Oyama Formation is indicated as having a fission track age of  $0.36 \pm 0.09$  Ma. The lower pyroclastic flow deposit of the Oyama Formation was indicated at  $0.77 \pm 0.24$  Ma as the fission track age by Iwauchi and Hase (1989), but is reindicated by the LA-ICP-MS-FT age at  $0.5 \pm 0.2$  Ma. Also the U-Pb age of the lower pyroclastic flow deposit is indicated at  $1.26 \pm 0.03$  Ma.

キーワード：大山層，火砕流堆積物，フィッション・トラック年代

### はじめに

大分県日田市大山町は日田盆地の南部に接し、筑後川上流部にあたる流域の山間地である。筑後川の支流として、赤石川、吾々路川があり、筑後川の上流には松原ダムや下笠ダム、赤石川の上流には大山ダムが建設されている(図1)。大山地域には標高350～650mの火山岩類からなる山々があり、筑後川およびその支流の赤石川や吾々路川沿いには湖成層(大山層)が分布する(図2)。

2014年7月、日田市立博物館が子供たちを対象にした夏休み地質探検教室を大山町で開いた折、同行していた筆者らの一人北林は吾々路川河床の露頭に偶蹄

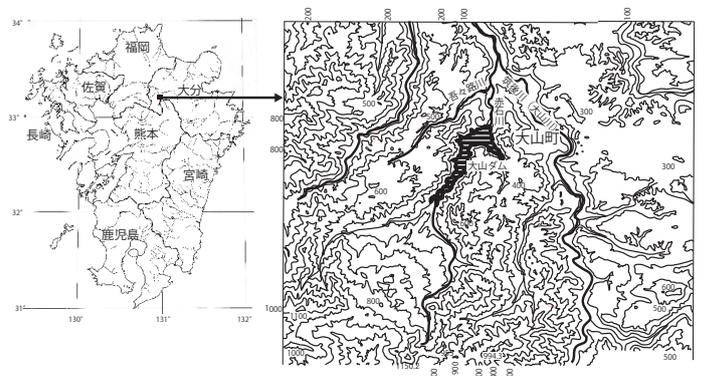


図1 大分県日田市大山地域



表1 大分県日田郡大山町層序 (小田, 1978)

地質時代		火山活動	地層名	岩石名		
新 生 代	第四紀	完新世	沖積層	砂礫粘土		
			上部更新世	山陰系	後阿蘇段丘礫層	砂礫粘土
		阿蘇熔結凝灰岩			両輝石安山岩質 角閃石両輝石安山岩質	
		前阿蘇段丘礫層			砂礫粘土	
		耶馬溪熔結凝灰岩			両輝石角閃石安山岩質	
		下部更新世		豊肥系	万年山熔岩	五馬熔岩 両輝石斜長流紋岩
					万年山熔岩	黒雲母斜長流紋岩
				日向神熔岩	日向神熔岩	両輝石角閃石安山岩
					筑紫熔岩	第3熔岩 角閃石輝石安山岩 第2熔岩 両輝石安山岩 第1熔岩 両輝石角閃石安山岩
		第三紀	瀬戸内系	貫見熔岩	両輝石安山岩	
	松原熔岩			斜方輝石安山岩		
	大山層 (第三紀層)			軽石凝灰岩、シルト		

表2 大山地域の層序 (岩内・長谷, 1989)

		OYAMA AREA
Holocene		alluvium
		debris-slide deposits
Late Middle Pleistocene		Aso pyroclastic flow deposit
		Oyama Formation
Early Pleistocene		Yabakei pyroclastic flow deposit
		Shakadake volcanics Gozendake lava
Pliocene	Late	Shimozuru lava (hornblende andesite)

0.24Ma が得られ、耶馬溪火砕流堆積物の年代 (約 1Ma) より若い、すなわち層序的に耶馬溪火砕流堆積物が下位に、大山層が上位であることがより明確になった (表 2)。

大山層上部火砕流堆積物の FT 年代

1) 試料

日田市立博物館による「大山層足跡化石調査事業」に関連して得られた大山層上部火砕流堆積物の FT 年代測定結果を報告する。測定試料は大山町を流れる筑後川の支流、吾々路川中流部に露出する大山層上部火砕流堆積物 (図 3, 試料番号 161128-3) である。

今回、大山層上部火砕流堆積物 (試料番号 161128-3) を対象に、LA-ICP-MS-FT 法 (レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析法を用いた FT 法) によって年代測定を行った (表 3)。FT 法では、これまでジルコン結晶のウラン濃度を測定するために原子炉で熱中性子照射を行ってきた (原子炉法による FT 法と呼ぶ)。しかし我が国では、2011 年 3 月の東日本大震災以降、すべての研究用原子炉が停止されたため、原子炉を用いた FT 年代測定が困難となった。それに代わるものとして LA-ICP 質量分析装置を利用して FT 年代測定を行うとともに、同一結晶でウラン鉛 (U-Pb) 年代も平行して測定 (ダブル年代測定) し、試料ジルコン結晶の年代情報を複合的に得ることが出来るようになった (檀原・岩野, 2013)。今回の測定に用いた手法では前述のように、FT 年代算出に必要なウラン濃度測定を岩野ほか (2012) に準拠した LA-ICP-MS 法によった。

表3 測定条件一覧表 (東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設のLA-ICP-MSシステム)

試料名: 161128-3	
1	レーザーアブレーションシステム
製造元	サイバーレーザー株式会社
製品名	IFRIT
レーザー種類	Type-C Ti:S femtosecond laser
パルス幅	230 fs
波長	260 nm (THG)
出力	30%
ビーム径	15 μm
周波数	10 Hz
照射時間	20 s
ガルバノ光学系	4 spots × 50 cycles (200 shots)
キャリアガス (He)	0.60 L min <sup>-1</sup>
2	ICP 質量分析計
製造元	ニューインストルメンツ社 (Nu Instruments)
製品名	Nu Plasma II
ICP-MS 種類	マルチコレクター型
RF パワー	1300 W
キャリアガス (Ar)	0.88 L min <sup>-1</sup>
ThO <sup>+</sup> /Th 酸化物生成率	<1%
データ取得方法	Time-resolved analysis
データ取得時間	~30 s (~15 s gas blank, ~15 s ablation)
測定同位体	<sup>202</sup> Hg, <sup>204</sup> Pb, <sup>206</sup> Pb, <sup>207</sup> Pb, <sup>208</sup> Pb, <sup>232</sup> Th, <sup>238</sup> U
滞留時間	1 s for all
3	スタンダード試料
1 次スタンダード (U-Pb)	Nancy 91500 <sup>*1</sup>
2 次スタンダード (U-Pb)	OD-3 <sup>*2, 3, 4</sup>
3 次スタンダード (U-Pb)	Fish Canyon Tuff <sup>*5</sup> , Buluk Member Tuff <sup>*5</sup> のどちらか

\*1, Wiedenbeck et al. (1995); \*2, Iwano et al. (2012); \*3, Iwano et al. (2013); \*4, Lukács et al. (2015); \*5, Danhara and Iwano (2013)

2) 測定結果

試料から抽出されたジルコン結晶は 3000 個 / 0.30kg と豊富で、かつ見かけ上均質な桃色の自形結晶から構成され、良好な測定条件を備えていると判断された。

粒子 FT 年代が  $\chi^2$  検定に合格することで、全体として単一年代集団に属すとみなすことができる。粒子毎の年代を表 4 に、その分布を図 4 に示す。結果として全測定粒子の加重平均値  $0.36 \pm 0.09\text{Ma}$  が FT 年代値となる。大山層上部火砕流堆積物の測定結果は表 5 にまとめられる。

#### 大山層下部火砕流堆積物の FT 年代の再測定と U-Pb 年代測定

大山層下部火砕流堆積物 (図 3 の OT-003) については岩内・長谷(1989)によりその FT 年代は  $0.77 \pm 0.24\text{Ma}$  と報告されていた。したがって、今回大山層上部火砕流堆積物の年代が求められたことにより、大山層の形成についての年代的な理解が確立したと考えられた。しかし、FT 年代測定はその手法の改善により測定年によって異なる手法での測定結果が示されていることで、年代値のみによる単純な比較は行えない。そのため、従前の手法によって得られていた大山層下部火砕流堆積物の年代については、改善されてきた今日の新しい手法での再測定が必要になる。岩内・長谷 (1989) で示された大山層下部火砕流堆積物について LA-ICP-MS 法による FT 年代の再測定および U-Pb 年代測定が行われた。

##### 1) 試料

測定試料は岩内・長谷 (1989) の大山層下部火砕流堆積物 (図 3, 試料番号 OT-003: 採取地は日田市大山町綿打) で、測定値  $0.77 \pm 0.24\text{Ma}$  を示した試料の残部であり、それを使用して FT および U-Pb ダブル年代測定を実施した。試料中のジルコンは細粒なものが多く、結果として 1989 年当時より測定条件が低下したことは否めなかった。

##### 2) LA-ICP-MS-FT 年代測定結果

測定結果としては、測定した粒子 28 個のうち、ゼロ・トラック粒子は 75% に及ぶため (表 6, 図 5), 粒子データの統計的な検討は効果を発揮できない。加えて併行して実施された U-Pb 粒子年代データからは、測定ジルコンの大部分は外来結晶の可能性が示唆された。それでも全測定粒子 28 個の粒子 FT データが  $\chi^2$  検定に合格することからすべてリセットしたものとみなされる。28 粒子の加重平均値  $0.5 \pm 0.2\text{Ma}$  をもって年代値とした (表 7)。この値の誤差は大きく、かつ自発 FT 総数が 7 本で有効数字は一桁である。しかし、後述する U-Pb 粒子年代で、デイスコードトながら

表 4 大山層上部火砕流堆積物中のジルコン粒子毎の FT 年代値

Sample Name : 上部火砕流堆積物 LA-ICP-MS-FT age(Ma)		
Grain Number	Grain age	Error 1 $\sigma$
no.1	0.69	0.69
no.2	1.23	0.88
no.3	0.63	0.63
no.4	1.01	0.72
no.5	0.00	#DIV/0!
no.6	0.00	#DIV/0!
no.7	0.00	#DIV/0!
no.8	0.97	0.97
no.9	0.00	#DIV/0!
no.10	0.00	#DIV/0!
no.11	0.59	0.59
no.12	0.00	#DIV/0!
no.13	0.98	0.70
no.14	0.63	0.63
no.15	0.00	#DIV/0!
no.16	1.94	1.95
no.17	0.00	#DIV/0!
no.18	0.00	#DIV/0!
no.19	1.34	1.34
no.20	0.00	#DIV/0!
no.21	0.00	#DIV/0!
no.22	0.00	#DIV/0!
no.23	0.91	0.91
no.24	0.00	#DIV/0!
no.25	0.00	#DIV/0!
no.26	0.00	#DIV/0!
no.27	0.00	#DIV/0!
no.28	0.00	#DIV/0!
no.29	0.00	#DIV/0!
no.30	0.87	0.62
Weighted mean	0.36	$\pm$ 0.09

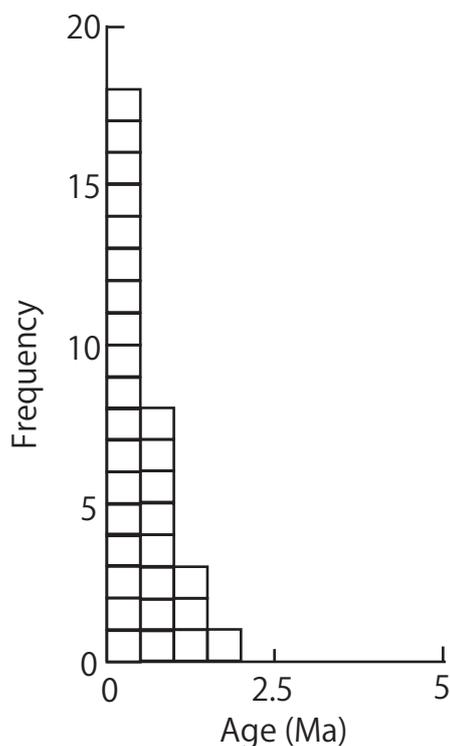


図 4 ジルコン粒子年代値の分布

表5 大山層上部火砕流堆積物のFT年代測定結果

試料名	(1)	(2)	結晶数 (個)	自発核分裂飛跡		U総計数		(3),(4)		Zeta 値 ( $\text{cm}^2 \cdot \text{yr}^{-1}$ )	相関 係数 r	(5)	(6)	(7), (8), (9)
	測定 鉱物	測定 方法		$\rho_s$ ( $\text{cm}^{-2}$ )	$N_s$	$\rho_u$ ( $\text{cm}^{-2}$ )	$N_u$	Uスタンダード計数 $\rho_{ustd}$ ( $\times 10^{11} \text{cm}^{-2}$ )	$N_{ustd}$					
大山層上部火砕流 堆積物 (161128-3)	Zr	Ext.S	30	$1.772 \times 10^4$	16	$3.658 \times 10^{11}$	330,334,555	1.735	1,225,889	$42.8 \pm 3.3$	0.001	51	160	$0.36 \pm 0.09$

- (1) 測定鉱物 Zr:ジルコン (6)  $\text{Pr}(\chi^2)$ :  $\chi^2$ 値の自由度 (n-1) の  $\chi^2$  分布における上側確率 (Galbraith,1981)  
 (2) 測定方法: LA-ICP-MS-FT (内部面: IntS, 外部面: Ext.S) (7) 年代値:  $T=(1/\lambda_D) \cdot \ln[1 + \lambda_D \cdot \varepsilon \cdot (\rho_s/\rho_u) \cdot \rho_{ustd}]$  (Int.Sは  $\rho_s \times 1/2$ )  
 (3)  $^{238}\text{U}$  濃度, U-Pb 年代測定用標準試料: 91500(Zr), Durango(Ap) (8) 誤差:  $\sigma_T = T \times [1/\sum N_s + 1/\sum N_u + 1/\sum N_{ustd} + (\sigma_\varepsilon/\varepsilon)^2]^{1/2}$   
 (4) レーザービーム径:  $15 \mu\text{m} \times 4$  点 (Galvano) (9)  $^{238}\text{U}$  の全壊変定数:  $\lambda_D = 1.55125 \times 10^{-10} \text{yr}^{-1}$   
 (5) r:  $\rho_s$  と  $\rho_u$  の相関係数

表6 大山層下部火砕流堆積物のジルコン粒子毎のFTおよびU-Pb年代値

Sample Name : 下部火砕流堆積物 (OT-003)		FT age(Ma)		U-Pb age(Ma)			
Spot Number	Grain Number	Grain age	Error 1 $\sigma$	$^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$	Error 2 $\sigma$	$^{235}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}$	Error 2 $\sigma$
no.1	no.2	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.47	$\pm$ 0.03	1.88	$\pm$ 0.22
no.2	no.11	1.54	$\pm$ 1.54	1.37	$\pm$ 0.03	1.48	$\pm$ 0.18
no.3	no.13	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.62	$\pm$ 0.04	4.51	$\pm$ 0.38
no.4	no.16	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.50	$\pm$ 0.03	1.77	$\pm$ 0.22
no.5	no.19	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.45	$\pm$ 0.04	2.18	$\pm$ 0.27
no.6	no.20	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.44	$\pm$ 0.04	1.27	$\pm$ 0.19
no.7	no.21	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.42	$\pm$ 0.03	2.05	$\pm$ 0.25
no.8	no.22	1.73	$\pm$ 1.74	1.35	$\pm$ 0.03	1.85	$\pm$ 0.19
no.9	no.23	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.22	$\pm$ 0.03	1.29	$\pm$ 0.21
no.10	no.24	1.14	$\pm$ 1.14	1.41	$\pm$ 0.02	1.26	$\pm$ 0.12
no.11	no.25	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.30	$\pm$ 0.03	1.46	$\pm$ 0.21
no.12	no.26	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.17	$\pm$ 0.03	1.50	$\pm$ 0.21
no.13	no.27	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.69	$\pm$ 0.04	1.55	$\pm$ 0.21
no.14	no.28	0.00	$\pm$ #DIV/0!	0.61	$\pm$ 0.02	1.26	$\pm$ 0.19
no.15	no.30	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.58	$\pm$ 0.04	2.43	$\pm$ 0.30
no.16	no.31	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.45	$\pm$ 0.04	3.44	$\pm$ 0.31
no.17	no.32	2.71	$\pm$ 2.71	1.43	$\pm$ 0.03	1.56	$\pm$ 0.17
no.18	no.33	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.29	$\pm$ 0.03	1.66	$\pm$ 0.18
no.19	no.34	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.49	$\pm$ 0.04	1.54	$\pm$ 0.21
no.20	no.35	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.35	$\pm$ 0.03	2.04	$\pm$ 0.22
no.21	no.36	3.21	$\pm$ 3.22	1.50	$\pm$ 0.03	1.21	$\pm$ 0.16
no.22	no.37	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.42	$\pm$ 0.04	1.36	$\pm$ 0.20
no.23	no.38	2.55	$\pm$ 2.55	1.33	$\pm$ 0.03	1.56	$\pm$ 0.21
no.24	no.39	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.39	$\pm$ 0.03	1.45	$\pm$ 0.19
no.25	no.40	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.41	$\pm$ 0.03	1.49	$\pm$ 0.17
no.26	no.41	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.30	$\pm$ 0.04	1.41	$\pm$ 0.24
no.27	no.42	0.00	$\pm$ #DIV/0!	1.24	$\pm$ 0.03	1.75	$\pm$ 0.22
no.28	no.43	1.55	$\pm$ 1.55	1.46	$\pm$ 0.03	1.98	$\pm$ 0.21

表7 大山層下部火砕流堆積物の再測定によるFT年代

試料名	(1)	(2)	結晶数 (個)	自発核分裂飛跡		U総計数		(3),(4)		Zeta 値 ( $\text{cm}^2 \cdot \text{yr}^{-1}$ )	相関 係数 r	(5)	(6)	(7), (8), (9)	
	測定 鉱物	測定 方法		$\rho_s$ ( $\text{cm}^{-2}$ )	$N_s$	$\rho_u$ ( $\text{cm}^{-2}$ )	$N_u$	Uスタンダード計数 $\rho_{ustd}$ ( $\times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ )	$N_{ustd}$						$\chi^2$ 検定 Pr( $\chi^2$ )
大山層下部火砕流 堆積物 (OT-003) (再測定)	Zr	Ext.S	28	$9.94 \times 10^3$	7	$1.64 \times 10^{12}$	1,097,662,069	1.513	14,547,219	$49.3 \pm 2.4$	0.602	68	80.4	$0.5 \pm 0.2$	$1.29 \pm 0.02$ (参考)

- (1) 測定鉱物 Zr:ジルコン (6)  $\text{Pr}(\chi^2)$ :  $\chi^2$ 値の自由度 (n-1) の  $\chi^2$  分布における上側確率 (Galbraith,1981)  
 (2) 測定方法: LA-ICP-MS-FT (内部面: IntS, 外部面: Ext.S) (7) 年代値:  $T=(1/\lambda_D) \cdot \ln[1 + \lambda_D \cdot \varepsilon \cdot (\rho_s/\rho_u) \cdot \rho_{ustd}]$  (Int.Sは  $\rho_s \times 1/2$ )  
 (3)  $^{238}\text{U}$  濃度, U-Pb 年代測定用標準試料: 91500(Zr), Durango(Ap) (8) 誤差:  $\sigma_T = T \times [1/\sum N_s + 1/\sum N_u + 1/\sum N_{ustd} + (\sigma_\varepsilon/\varepsilon)^2]^{1/2}$   
 (4) レーザービーム径:  $15 \mu\text{m} \times 4$  点 (Galvano) (9)  $^{238}\text{U}$  の全壊変定数:  $\lambda_D = 1.55125 \times 10^{-10} \text{yr}^{-1}$   
 (5) r:  $\rho_s$  と  $\rho_u$  の相関係数

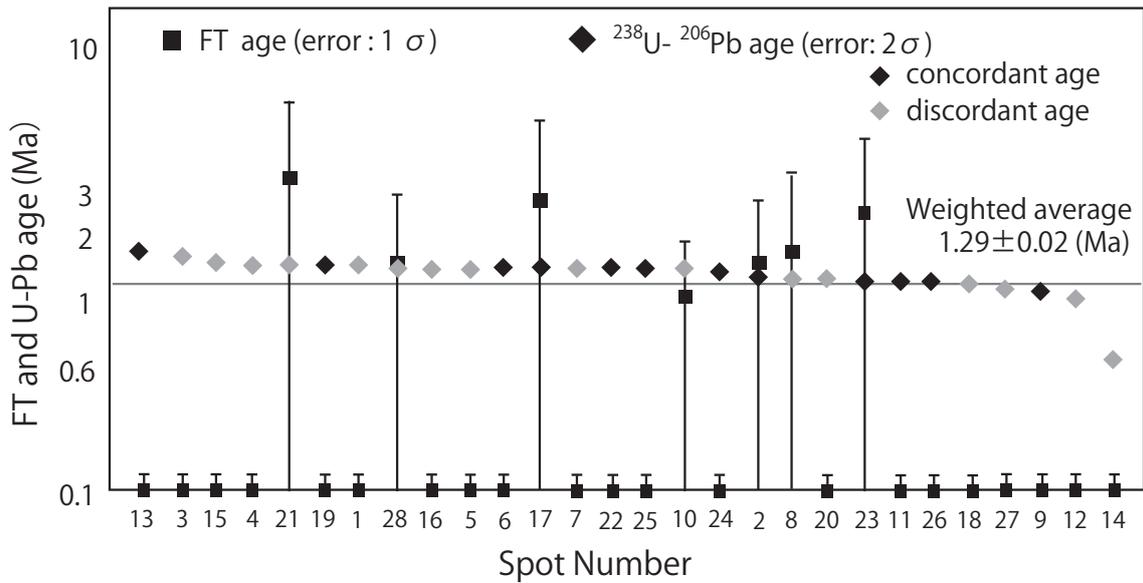


図5 大山層下部火砕流堆積物のジルコン粒子毎のFTおよびU-Pb年代値の分布

$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代が  $0.61 \pm 0.02\text{Ma}$  を示す No.28 粒子 (表6, 図5の Spot no.14) を含む事実が見いだされた. この値はFT値と誤差内で一致するため, 本試料は  $0.6 \pm \alpha$  の生成年代 (=噴出年代) をもつ可能性がある. なお, この値は従前のFT年代値  $0.77 \pm 0.24\text{Ma}$  と誤差内で一致する.

### 3) U-Pb年代測定結果

測定結果として, コンコダント粒子比率は40%と低いが,  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代は大部分が1.22-1.69Ma間に収まる. しかし, 併行して得られたFT年代と比較すると明瞭に古い値を示す. この事実から測定ジルコン粒子の大部分は噴出年代を示すのではなく, 結晶生成年代の古い外来結晶と考えられる. ただし, 上記のようにNo.28 (Spot no. 14) 結晶のみは0.61Ma (表6, 図5) と若い  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代を示し,  $0.6\text{Ma} \pm$  程度の若い年代をもつ“本質結晶”が微量含まれている可能性を示唆する. 結論としてU-Pb年代データからは本試料の積極的な年代情報は得られなかったが, FT年代を解釈する上で, 参考情報が提供されたと評価できる. すなわち, マグマ生成後のジルコン結晶の晶出は約130万年前で, その火砕流としての噴出は70~60万年前との解釈が可能である.

### 過去30年間におけるFT法の改良の歴史

今回の測定結果に基づく大山層下部火砕流堆積物の噴出年代が得られたことから, 約30年前に測定され

た岩内・長谷(1989)の測定値との関わりを考察するには, この間に起きたFT法の技術的, 方法論的な大きな改良の歴史を知る必要がある. FT年代測定の原理は, 鉱物中に含まれる放射性元素の崩壊に伴うトラックを計数することで鉱物の年代を知ることであるが, これまでトラックの把握技術や計数の信頼性についての改良への努力が行われてきた. その内容についての大事なポイントは以下の3点である. 最初にゼータ較正法の採用, 次に $^{238}\text{U}$ の壊変定数の決定などの理論的基盤が確定したこと, 最後に $^{238}\text{U}$ 濃度定量方法が原子炉からLA-ICP-MS装置の利用へと変わり, U-Pb年代測定も併用(double dating)できるようになったことである. それぞれについて簡単に説明する. ゼータ較正法とは, 年代標準試料を基準とした相対測定法のこと, Hurford(1990a,b)により国際地質学連合の年代小委員会から全世界に向けて勧告されたものである. そのため, 1990年以降は, ゼータ較正を行わないFT年代値は, 査読論文として公表できないことになった. したがって, 岩内・長谷(1989)の測定値は, ゼータ較正以前の値のため, 規格外という扱いになる.

このゼータ較正法の導入によりFT法は熟年代学の応用分野で飛躍的な発展を遂げたが, 1990~2000年代にかけて理論面で主に3つの画期的な進歩があった. 1つ目は, 原子炉での熱中性子線量の正確な定量であり, 2つ目は異なる鉱物やディテクターでのFTの検出効率の仕組みが分かるようになって, 再エッチ法や

外部ディテクター法といった測定手法を用いても、統一的な年代算出式で年代値が導出されるようになったことである。3つ目は長年異なる値を支持する2派によって分かれていたが、 $^{238}\text{U}$ の壊変定数が新たに測定され、年代算定式の理論的整備によって、壊変定数の一本化が広く受け入れられることになったことである。

FT年代測定の理論的基盤が確立した結果、原子炉法からLA-ICP-MS法への移行の準備が整った。そこで国際的にも原子炉を必要としないFT法の開発が急ピッチで進められ、そんな中で我が国では2011年3月の東日本大震災が発生し、LA-ICP-MS-FT法が一気に実現化された。

以上のようにこの30年間はFT法の再構築の期間といってもよく、本論のようにそれ以前の測定値と再構築後の手法による測定値を比較することにより、従前の測定結果が「規格外」ということであっても、原理的には意味のある値であり、改めて下部火砕流堆積物のFT年代値としての位置付けが明確になったと言える。

#### おわりに

大分県大山層中の上部と下部の火砕流堆積物について新たな手法によるFT年代が測られた。その結果、上部火砕流堆積物については $0.36\pm 0.09\text{Ma}$ が得られ、また、下部火砕流堆積物については $0.5\pm 0.2\text{Ma}$ が得られた。特に下部火砕流堆積物については今回、 $0.77\pm 0.24\text{Ma}$ という値が示されていた従前の測定試料についての再測定が行われ、取り扱われた手法の違いによる測定値についての検証が行われて、結果として誤差範囲で重複したことにより、測定手法の改良過程におけるFT年代値の位置付けがなされたと考えられる。

#### 引用文献

檀原 徹・岩野英樹 (2013) : 独立したFT年代測定の確立—LA-ICPMS-FT法に向けてのここ10年間の歩み—。月刊地球 / 号外 No. 62, 111-116.

Danhara, T. and Iwano, H. (2013) : A review of the present state of absolute calibration for zircon fission track geochronometry using the external detector method. *Island Arc*, **22**, 264-279.

長谷義隆・岩内明子 (1985) : 中・北部九州後期新生代の植生と古環境—その1 阿蘇野地域—。地質学雑誌, **91**, 753-770.

長谷義隆・岩内明子 (1990) : 大分県玖珠盆地北部の上部新生界—その1 層序—。熊本大学教養部紀

要, 自然科学編, **25**, 87-112.

長谷義隆・岩内明子 (1992) : 中部九州の湖成層を含む上部新生界の対比—熊本・大分地域—。熊本大学教養部紀要, 自然科学編, **27**, 69-95.

日田市立博物館 (2018) : 大山層足跡化石発掘調査報告書。日田市立博物館, 65p.

Hurfurd, A. J. (1990a) : Standardization of fission track dating calibration: Recommendation by the Fission Track Working Group of the I. U. G. S. Subcommittee of Geochronology. *Chem. Geol.*, **80**, 171-178.

Hurfurd, A. J. (1990b) : International Union of Geological Sciences Subcommittee on Geochronology recommendation for the standardization of fission track dating calibration and data reporting. *Nucl. Tracks Radiat. Meas.* **17**, 233-236.

岩内明子・長谷義隆 (1986) : 中・北部九州後期新生代の植生と古環境—その2 安心院—院内地域(上部鮮新統)—。地質学雑誌, **92**, 591-598.

岩内明子・長谷義隆 (1987) : 中・北部九州後期新生代の植生と古環境—その3 玖珠盆地南部(下部・中部更新統)—。地質学雑誌, **93**, 469-489.

岩内明子・長谷義隆 (1989) : 中・北部九州後期新生代の植生と古環境—その4 大山・杖立地域(下部更新統)—。地質学雑誌, **95**, 1, 63-75.

岩野英樹・折橋裕二・檀原 徹・平田岳史・小笠原正継 (2012) : 同一ジルコン結晶を用いたフィッション・トラックとU-Pbダブル年代測定法の評価—島根県川本花崗閃緑岩の均質ジルコンを用いて—。地質学雑誌, **118**, 365-375.

岩野英樹・檀原 徹・坂田周平・平田岳史 (2013) : LA-ICP-MS法によるウラン定量と第四紀ジルコン年代測定。日本地質学会第120回学術大会(東北大学), R22-P-14.

Lukacs, R., Harangi, S., Backmann, O., Guillong, M., Danisik, M., Buret, Y., von Quadt, A., Dunkl, I., Fodor, L., Sliwinski, J., Soos, I., Szepesi, J. (2015): Zircon geochronology and geochemistry to constrain the youngest eruption events and magma evolution of the Mid-Miocene ignimbrite flare-up in the Pannonian Basin, eastern central Europe. *Contrib. Mineral. Petrol.* **170**, 52.

松本徭夫・宮地貞憲・宮地六美・西田民雄 (1972) : 大分県玖珠川流域の火山地質。九州大学教養部地学研究報告, **17**, 2-24.

小田 実 (1978) : 大分県日田郡大山町の地質。昭和

52 年度国内留学研究報告書, 49p.

首藤次男 (1953): 豊州累層群の地史学的研究 (I).

地質学雑誌, **59**, 225-240.

Wiedenbeck, M., Alle, P., Corfu, F. et al. (1995): Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, Trace element and REE analyses. *Geostandards News letter*. **19**, 1-23.

(2019 年 2 月 1 日受理)