資 料

青森県上北平野に分布する白ベタテフラ (WP) の ジルコン・フィッシュン・トラック年代

桑 原 拓 一 郎*

I. は じ め に

青森県東部に位置する上北平野 (図 1-A) には、海成段丘が発達するとともに、風上 (西側) に位置する八甲田や十和田といった第四紀火山を起源とする多数のテフラが海成段丘上に被覆している。したがって上北平野では、これらテフラとの層位関係に基づいた海成段丘の形成史に関する研究が進んだ (東北地方第四紀研究グループ, 1969; 宮内, 1985; 桑原, 2004)。その過程で、高位のものから順に、平野北部で見られる袋町面、平野北部と、南部のいづれの地域でも見られる七^{ふくろまち}百^{しちひゃく}面、天^{てん}狗^ぐ岱^{たい}面、そして高^{たか}館^{かた}面と呼ばれる 4 段の海成段丘が認められた (桑原, 2004)。そして、これらの中で最低位の高館面が酸素同位体比ステージ 5e (122 ka : Bassinot *et al.*, 1994) に対比された (桑原, 2004)。

図 1 東北日本北端部の地形の概要 (A) ならびにサンプリング地点 (B) (北緯 40°49'48", 東経 141°15'55") を含む地形図 (数値地図 25,000 青森)

Fig. 1 Index map showing topographical setting of the northern end of the Northeast Japan (A) and ten meters interval topographical contour-map (the GSI Digital Map, 1 : 25,000 scale, Aomori district) showing the sampling site (B) (40°49'48"N, 141°15'55"E)

上北平野では、海成段丘の具体的な形成時期を知る上で、それを被覆するテフラの年代値を利用できる。海成段丘を被覆する主要なテフラとして下位より、平野北部に分布する袋町 1~13 テフラ (桑原, 2004; 桑原ほか, 2007)、平野南部で確認された TE1 テフラ (八甲田 2 期火砕流堆積物 : 岩崎, 1983; 町田・新井, 2003)、平野のほぼ全域で見られる白ベタテフラ (通称 WP : 東北地方第四紀研究グループ, 1969; 岩崎, 1983; 町田・新井, 2003) とオレンジテフラ (通称 OrP : 東北地方第四紀研究グループ, 1969; 岩崎, 1983)、広域テフラの洞爺テフラ (町田ほか, 1987) と阿蘇 4 テフラ (町田ほか, 1985) などがある (桑原, 2004)。袋町 1~13 テフラは袋町面のみの、TE1 テフラは七百面以上の、白ベタ・オレンジテフラは天狗岱面以上の、そして洞爺・阿蘇 4 テフラはすべての海成段丘を被覆する (桑原, 2004)。これらの中でも独立した年代値を持つテフラは、袋町 3・6 テフラ (760~1,060 ka, 1,080~1,260 ka : 桑原, 2007)、TE1 テフラ (400 ka : 工藤ほか, 2004)、そして洞爺・阿蘇 4 テフラ (112~115 ka, 85~90 ka : 町田・新井, 2003) に限られる。上北平野に分布する海成段丘の形成年代、とくに天狗岱面のそれを詳細に議論するためには、被覆テフラの放射年代測定が不足している。

そこで、白ベタテフラに対して、ジルコン結晶を用いたフィッシュン・トラック (FT) 法による年代測定を試みた。本テフラの放射年代値は、これまで測定されることはなかった。具体的な測定は、(株) 京都フィッシュン・トラックへ依頼し、第四紀テフラに対する標準的な手順 (檀原, 1995; Danhara *et al.*, 2003) に準拠して、ゼータ較正による外部ディテクター法 (ED2) で行った。

II. 試料採取地点と測定試料

2006 年 11 月 29 日受付。2007 年 7 月 14 日受理。

* 産業技術総合研究所深部地質環境研究センター (現所属 : 同研究所地質情報研究部門) 〒305-8567 つくば市東 1-1-1 中央第 7。E-mail : t-kuwabara@aist.go.jp

年代測定用試料は、上北平野北部の上北郡東北町水喰^{みずはみ}で採取した(図1-B)。ここでは、降下テフラとロームとの全層厚5m以上の互層が露出し、下位より白ベタ、オレンジ、そして洞爺の3枚のテフラが見られた(図2)。

年代測定用試料とした白ベタテフラは、段丘構成物の上位に層厚40~45cmのローム層を挟んで認められた降下軽石層である(図2)。層厚は155cmである。おもに粘土化した橙色軽石より構成される。未発泡な石質岩片は少ない。岩石記載的特徴は、斜方輝石(屈折率 $\gamma=1.705-1.716$)を多量に含むほか、単斜輝石も少量認められた(表1)。

オレンジテフラは、白ベタテフラの上位に層厚90cm程度のローム層を挟んで認められた降下軽石層である(図2)。層厚は43cmである。おもに平均粒径1~2mm

の橙色の軽石より構成される。分級はよい。岩石記載的特徴は、角閃石(屈折率 $n_2=1.673-1.682$)を多量に含むほか、斜方輝石と単斜輝石も少量認められた(表1)。今回、軽石型の火山ガラス(屈折率 $n=1.501-1.506$)も確認できた(表1)。

洞爺テフラは、オレンジテフラの上位に層厚90cm程度のローム層を挟んで認められた降下火山灰層である(図2)。層厚は数cm~5cmである。おもに橙色~黄色のシルトサイズの細粒火山灰より構成される。岩石記載的特徴は、軽石型と泡壁型を含む火山ガラス(屈折率 $n=1.494-1.498$)を多量に含む(表1)。

以上の各テフラの特徴は、既存の報告(岩崎, 1983; 町田・新井, 2003; 桑原, 2004)と矛盾しない。本研究では、白ベタテフラの下部より年代測定用試料を採取した。

III. 試 料 処 理

年代測定用試料は、ジルコン結晶の含有量が少なかったため、7.0kgの試料を前処理して、140粒子のジルコン結晶を抽出した。エッチングは、水酸化カリウムと水酸化ナトリウム各1モル共融液を用い、225℃で47時間にわたって行った。熱中性子照射は日本原子力研究所JRR-4原子炉の気送管を用い、総熱中性子線量の測定には標準ガラスNIST-SRM612にDAPディテクターを密着させて行った。

IV. 測 定 結 果

測定は、結晶表面に融食が見られる磨耗結晶を除外して行った。その結果、45粒子のジルコン結晶から、本年代測定試料のFT法による年代値として、 0.28 ± 0.05 (1 σ) Maが得られた(表2)。測定対象とした全粒子のFT粒子年代データは χ^2 検定(有意水準: 5%)に合格したことから、全測定粒子を同一年代集団に属するものとみなして、年代値を算出した。年代算出の際のゼータ値は、 $\zeta=350 \pm 3$ (Danbara *et al.*, 2003)である。

図2 サンプルング地点における地質柱状図

Fig.2 Geologic columnar section at the sampling site

表1 サンプルング地点で見られた各テフラの岩石記載的特徴

Table 1 Petrographic characteristic of tephras appearing at the sampling site

Tephra	Mineral composition		Refractive index		
	Heavy mineral	Glass	Glass (n)	Opx (γ)	Ho (n_2)
Toya	Vitric	Pm, Bw	1.494-1.498		
Orange	Ho, (Opx, Cpx)	Pm	1.501-1.506		1.673-1.682
Shirobeta	Opx, (Cpx)			1.705-1.716	

Cpx; clinopyroxene, Opx; orthopyroxene, Ho; hornblende, Pm; pumice-type, and Bw; bubble-wall type.

表 2 ジルコン・フィッション・トラック年代の測定結果

Table 2 The result of fission-track age determination of zircon crystals

Tephra	No. of crystals	Spontaneous ρ_s (cm^{-2})	N_s	Induced ρ_i (cm^{-2})	N_i	Dosimeter ρ_d (cm^{-2})	N_d	$P(\chi^2)$	r	U (ppm)	Age ($\pm 1\sigma$) (Ma)	Etch time (h)
Shirobeta	45	3.17 $\times 10^4$	29	1.00 $\times 10^7$	9167	24.940 $\times 10^4$	4489	52	0.294	330	0.28 ± 0.05	47

ρ and N are the density and the total number of fission tracks counted, respectively. The analysis was made by the external detector method (ED2, external surface). Ages were calculated using a dosimeter glass NIST-SRM612 and age calibration factor $\zeta = 350 \pm 3$ (Danbara *et al.*, 2003). $P(\chi^2)$ is the probability of obtaining the χ^2 value for ν degrees of freedom (where ν = number of crystals - 1). r is the correlation coefficient between ρ_s and ρ_i . U is uranium content. The sample was irradiated using the pneumatic tube of JRR-4 reactor unit of Japan Atomic Energy Research Institute.

V. 考 察

今回はじめて得られた白ベタテフラの FT 法による年代測定値 (230~330 ka) は、本テフラの下位にある袋町 3・袋町 6・TE1 テフラの各年代および上位にある洞爺・阿蘇 4 テフラの各年代とは調和的である (図 3)。袋町 3・6 テフラの年代値については、含まれるジルコン結晶の FT 年代測定によって、 0.91 ± 0.15 (1 σ) Ma, 1.17 ± 0.09 (1 σ) Ma がそれぞれ得られた (桑原, 2007)。TE1 テフラの年代値については、対比された八甲田第 2 期火砕流堆積物 (町田・新井, 2003) の年代値が、熱ルミネッセンス (TL) 法, カリウム-アルゴン (K-Ar) 法, および FT 法による年代値の比較から 400 ka と推定された (工藤ほか, 2004)。洞爺・阿蘇 4 テフラの年代値については、放射年代値と各地における層位から 112~115 ka, 85~90 ka とそれぞれ推定された (町田・新井, 2003)。また、白ベタテフラの噴出年代は、ローム層の堆積速度を一定と仮定して、すぐ下位の TE1 テフラとすぐ上位にある洞爺テフラの年代を両テフラ間のローム層中の層位へと内挿すると、約 270 ka と算出される (工藤ほか, 2004)。この値は、今回得た同テフラの FT 年代の中央値 (280 ka) と近似する。

今回得た白ベタテフラの FT 年代値は、高館面の時代観とも調和する (図 3)。高館面については、(1) 段丘面の発達がいよこと、(2) 海進を示唆する厚い内湾性の谷埋堆積物が存在すること、そして (3) 段丘面を被覆するローム層の最下部に洞爺テフラと阿蘇 4 テフラという最終間氷期頃の時間指標テフラが介在すること、などが知られている (東北地方第四紀研究グループ, 1969; 宮内, 1985; 桑原, 2004)。このような観察事実に基づいて、高館面形成期として最終間氷期最盛期すなわち酸素同位体比ステージ 5e (122 ka : Bassinot *et al.*, 1994) が考えら

*1 Stratigraphy; Machida and Arai (2003).

*2 Marine oxygen-isotope stage correlation; Kuwabara (2001, 2004).

*3 Stratigraphy; Kudo *et al.* (2004).

*4 FT dating; this paper.

*5 Composite age of TL, K-Ar, and FT dating results for the Hakkoda 2nd-stage PFL deposit correlated with the TE 1 tephra; Kudo *et al.* (2004).

*6 FT dating; Kuwabara (2007).

図 3 上北平野における年代既知テフラと海成段丘の編年のまとめ

Fig. 3 Chronological summary of the dated tephra and marine terraces in the Kamikita Plain

れた (東北地方第四紀研究グループ, 1969; 宮内, 1985; 桑原, 2004)。この高館面の年代観と今回得た FT 年代値との間には矛盾はない。

ところで、白ベタテフラの噴出に先立って形成された天狗岱面については、酸素同位体比ステージ 5e より 1 つ前の間氷期である酸素同位体比ステージ 7 (186~242 ka : Bassinot *et al.*, 1994) に対比される可能性が示されている (Kuwabara, 2001; 桑原, 2004) (図 3)。この

対比案は、高館面との比高関係やとくに高館面より1段高い海成段丘であることを重視したものであり、広域テフラの層序との関係や放射年代測定といった具体的根拠に欠けるものであった。しかし、白ベタテフラのFT年代値の若い方の年代は、天狗岱面の年代を酸素同位体比ステージ7の古い年代とすると、両者の年代観に矛盾はなくなる。今回得たFT年代値は、以上のような天狗岱面と酸素同位体比ステージ7との対比を支持しているのかもしれない。

謝辞 本研究を進めるにあたり、(株)京都フィッシュン・トラックの檀原 徹氏には、随時、コメントをいただいた。彼の協力に感謝します。

引 用 文 献

- Bassinot, F.C., Labeyrie, L.D., Vincent, E., Quidelleur, X., Shackleton, N.J. and Lancelot, Y. (1994) The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. *Earth and Planetary Science Letters*, 126, 91-108.
- 檀原 徹 (1995) 第四紀テフラの高精度フィッシュン・トラック (FT) 年代測定—ジルコンとガラスを用いた測定法の確立に向けて—。 *第四紀研究*, 34, 221-237.
- Danhara, T., Iwano, H., Yoshioka, T. and Tsuruta, T. (2003) Zeta calibration values for fission track dating with a diallyl phthalate detector. *The Journal of the Geological Society of Japan*, 109, 665-668.
- 岩崎孝明 (1983) 青森県東部の火山灰。 *駒沢大学大学院地理学研究*, 13, 33-39.
- 工藤 崇・宝田晋治・佐々木 実 (2004) 東北日本、北八甲田火山群の地質と火山発達史。 *地質学雑誌*, 110, 271-289.
- Kuwabara, T. (2001) Quaternary tectonic movement deduced from marine terraces and Noheji Formation in the Kamikita Plain, Shimokita Peninsula, Northeast Japan. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, 36, 17-28.
- 桑原拓一郎 (2004) 青森県東部上北平野における海成段丘構成物の層序と相対的海面変化。 *地質学雑誌*, 110, 93-102.
- 桑原拓一郎 (2007) 青森県上北平野北部に分布する袋町3テフラと袋町6テフラのジルコン・フィッシュン・トラック年代測定。 *地質調査研究報告*, 58, 49-52.
- 桑原拓一郎・檀原 徹・山下 透 (2007) 青森県、上北平野北部に分布する袋町1~9テフラの記載岩石学的特徴。 *第四紀研究*, 46, 63-66.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編 火山灰アトラス〔日本列島とその周辺〕。 336 p, 東京大学出版会。
- 町田 洋・新井房夫・宮内崇裕・奥村晃史 (1987) 北日本を広くおお洞爺火山灰。 *第四紀研究*, 26, 129-145.
- 町田 洋・新井房夫・百瀬 貢 (1985) 阿蘇4火山灰—分布の広域性と後期更新世指標層としての意義—。 *火山*, 30, 49-70.
- 宮内崇裕 (1985) 上北平野の段丘と第四紀地殻変動。 *地理学評論*, 58A, 492-515.
- 東北地方第四紀研究グループ (1969) 東北地方における第四紀海水準変化。 *地団研専報*, 15, 37-83.

Kuwabara, T.: Fission-track Dating of the Middle-Pleistocene Shirobeta Tephra (WP) in the Kamikita Plain, Northeast Japan.