

十和田火山先カルデラ期噴出物に挟まれる洞爺火山灰

工藤 崇^{1,*}

Takashi Kudo (2018) The Toya Ash interbedded with the eruptive deposits during the pre-caldera stage of Towada volcano, Northeast Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 69 (1), p. 31-36, 5 figs, 2 tables.

Abstract: A vitric fine ash layer was found at four sites of the proximal eruptive deposits during the pre-caldera stage of Towada volcano. Results of mineral composition and refractive index analyses of tephra samples show that the vitric ash layer is correlated to the Toya Ash. Stratigraphic relations of the Toya Ash and the eruptive deposits from Towada volcano indicate that Towada volcano had been erupting before and after fallout of the Toya Ash and had erupted more frequently in the pre-caldera stage than previously thought.

Keywords: Towada volcano, pre-caldera stage, Toya Ash, stratigraphy, eruptive history, Pleistocene, Northeast Japan

要 旨

十和田火山の給源付近に分布する先カルデラ期噴出物中において、細粒ガラス質火山灰層の挟在を4箇所を確認した。この火山灰層について、鉱物組成分析及び火山ガラス・斜方輝石の屈折率測定を行なった結果、この火山灰層は洞爺火山灰に対比された。洞爺火山灰と十和田火山噴出物の層序関係から、十和田火山が洞爺火山灰の降下前後及び降下時に同時に噴火活動を行っていたこと、先カルデラ期においてこれまで考えられていたよりも頻繁に噴火を起こしていたことが判明した。

1. はじめに

十和田火山は、東北日本弧北部に位置し、直径約11 kmのカルデラを有する活火山である(第1図)。十和田火山の噴火活動史は、Hayakawa (1985)、松山・大池(1986)、中川ほか(1986)などにより明らかにされてきた。それらによれば、十和田火山の活動は、先カルデラ期(220～61 ka)、カルデラ形成期(61～15.5 ka)、後カルデラ期(15.5 ka～現在)の3つの活動期に区分される。なお、ここでの各活動期の年代は、Horiuchi *et al.* (2007)、工藤(2016)、Ito *et al.* (2017)による。このうち、先カルデラ期については、給源近傍の堆積物層序に不明な点が多く残されており、給源遠方のテフラ層序との対比も十分には行われていないため、詳細な噴火活動史は未解明なままとなっている(工藤, 2016)。

給源近傍における先カルデラ期噴出物のうち、十和田

カルデラ北東壁付近に分布する青樫山火砕物・溶岩(宝田・村岡, 2004; 第1図)は、洞爺カルデラ起源の洞爺火山灰(Toya: 町田ほか, 1987)を挟むと報告されている(Hayakawa, 1985; 早川, 1993)。Toyaの堆積年代は、海洋コアの酸素同位体層序より、106 ka (Matsu'ura *et al.*, 2014)と比較的精度良く見積もられている。したがって、Toyaの認定と対比は、先カルデラ期噴出物の詳細な層序の構築・編年のために重要と言える。しかしながら、Hayakawa (1985)と早川(1993)は、先カルデラ期噴出物中におけるToyaの認定・対比に関して、その根拠となる定量的データを一切示していない。

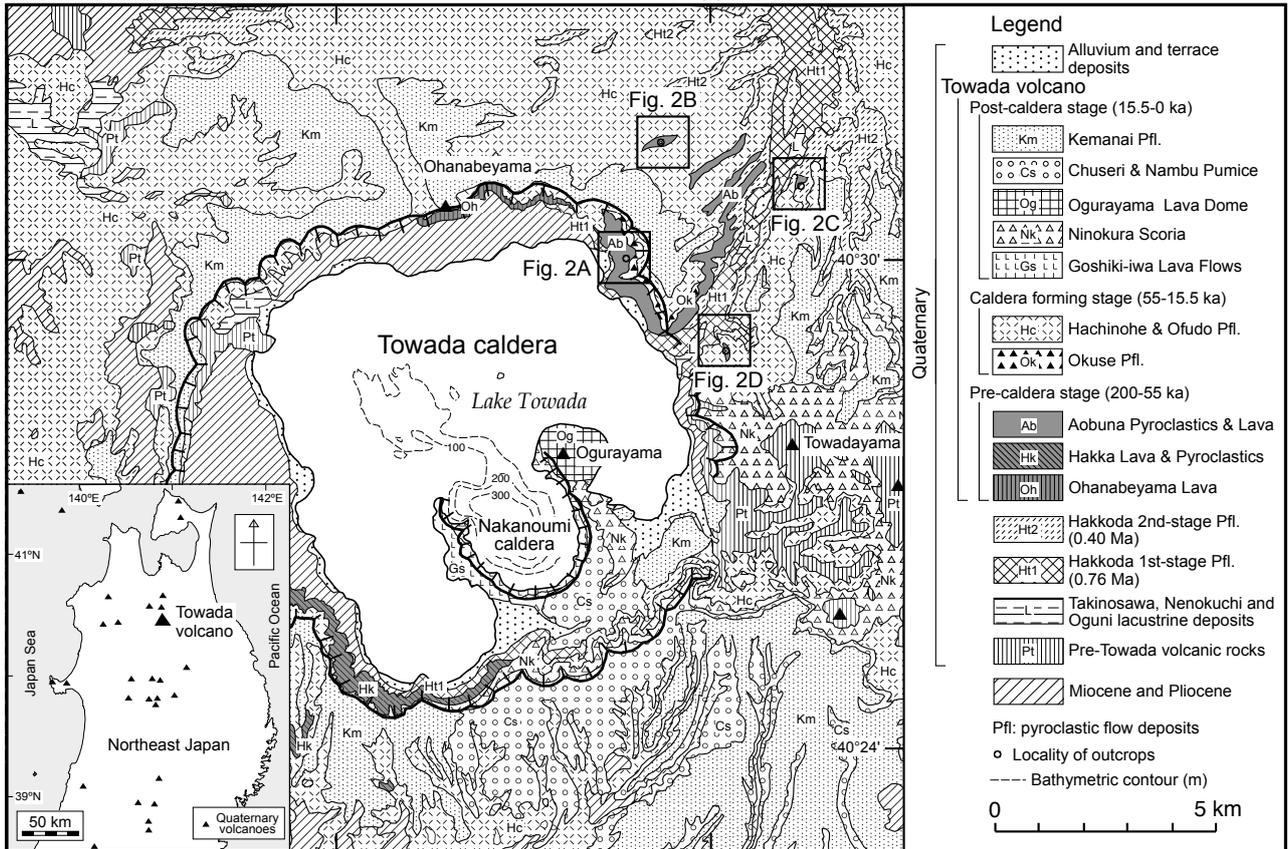
筆者は、十和田火山先カルデラ期の詳細な噴火活動史の構築を目指して、2013年度より詳細な調査・研究を進めている。その調査・研究の過程で、Hayakawa (1985)と早川(1993)がToyaと認定したガラス質細粒火山灰層を複数地点で確認した。この火山灰層について、鉱物組成分析、火山ガラス・斜方輝石の屈折率測定を行なった結果、この火山灰層を定量的データに基づいてToyaに対比することができたので、ここに報告する。

2. 地質記載

十和田火山先カルデラ期噴出物のうち、青樫山火砕物・溶岩中において、洞爺火山灰と見られるガラス質細粒火山灰層を4箇所を確認した(第2図及び第3図)。青樫山火砕物・溶岩は、主に降下火砕堆積物と火砕流堆積物で構成され、数枚の溶岩流を伴う。青樫山火砕物・溶岩は、八甲田カルデラ起源の八甲田第1期火砕流堆積物(村

¹産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門(AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

*Corresponding author: T. Kudo, Central 7, Higashi 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan, Email: kudo-taka@aist.go.jp



第1図 十和田火山の位置図及び地質図。地質図は、Hayakawa (1985)、村岡・高倉(1988)をコンパイル及び一部改変した。
 Fig. 1 Location map and geological map of Towada volcano, compiled and partly modified from Hayakawa (1985) and Muraoka and Takakura (1988).

岡・高倉, 1988; 村岡・長谷, 1990)を覆い、カルデラ形成期最初の噴出物である奥瀬火砕流堆積物(大池・中川, 1979; Hayakawa, 1985)に覆われる。以下に、各地点における地質記載を行う。

地点1では層厚15 m以上、地点2では層厚12 m以上、地点3では層厚5 m以上、地点4では層厚12 m以上の主に火砕物とロームからなる互層が認められる(第3図)。火砕物は降下火砕堆積物を主体とし、地点1と地点2では火砕流堆積物も認められる(第3図)。これらの露頭の下部において、Hayakawa (1985)と早川(1993)がToyaに対比したガラス質細粒火山灰層が認められる(第3図)。このガラス質細粒火山灰は、塊状無層理で淡黄白色を呈する(第4図)。層厚は10~22 cmで、地点4で最大となる。地点1, 2, 3では、ローム層を覆い、十和田火山先カルデラ期の火山灰・降下軽石火山礫堆積物に覆われる。一方、地点4では、十和田火山先カルデラ期の降下スコリア火山礫堆積物に上下を直に挟まれる。また、ガラス質細粒火山灰層の上部8 cmの部分では、長径1 cm以下のスコリアを少量交える。

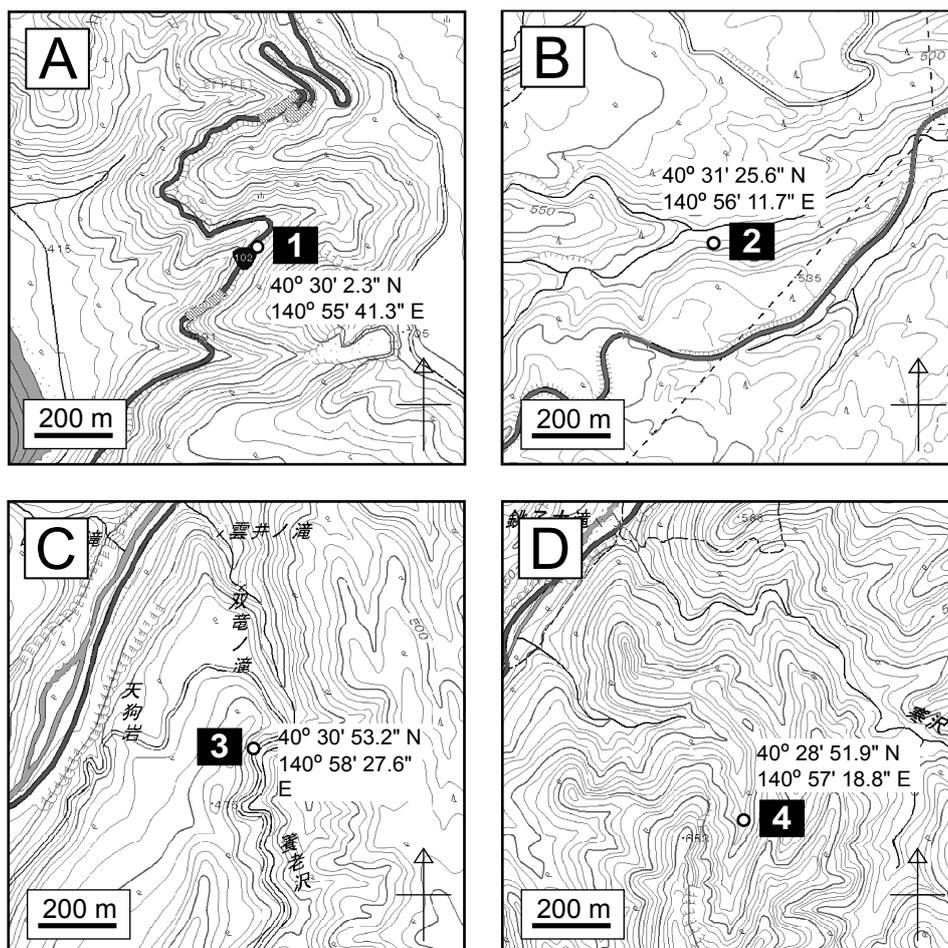
ガラス質細粒火山灰の下位には、地点1~4において、

層厚65~110 cmに達する顕著な降下軽石火山礫堆積物が共通して認められる(第3図)。この降下軽石火山礫堆積物は、長径5 cm以下の灰色軽石、灰色濃淡の縞状軽石、高温酸化したピンク色の軽石及び石質岩片からなる。軽石は変質して黄褐色を呈することもある。いずれのタイプの軽石も発泡度は低く、斑晶質で、斜長石、斜方輝石、単斜輝石、かんらん石、鉄鉱の斑晶を含む。

ガラス質細粒火山灰の上位には、地点1, 2, 3において火山灰と降下軽石火山礫層の互層が共通して認められる(第3図)。一方、地点4では、ガラス質細粒火山灰は降下スコリア火山礫堆積物に直に挟まれる(第3図)。この降下スコリア火山礫堆積物は、黒色の発泡の悪いスコリア火山礫と石質岩片から構成され、スコリア火山礫は斜長石、斜方輝石、単斜輝石、鉄鉱の斑晶を含む。この降下スコリア火山礫堆積物に相当するテフラは、地点1~3では確認できない。

3. 分析手法

地点1と地点4からガラス質細粒火山灰層の試料を採取し(第3図)、テフラ分析を行った。テフラ分析は、株



第2図 露頭の位置図。それぞれの区域の位置を第1図に示す。基図は国土地理院発行の2万5千分の1地形図を使用。

Fig. 2 Locality of outcrops. Location of each area is shown in Fig. 1. Base maps are 1:25,000 topographic maps published by the Geospatial Information Authority of Japan.

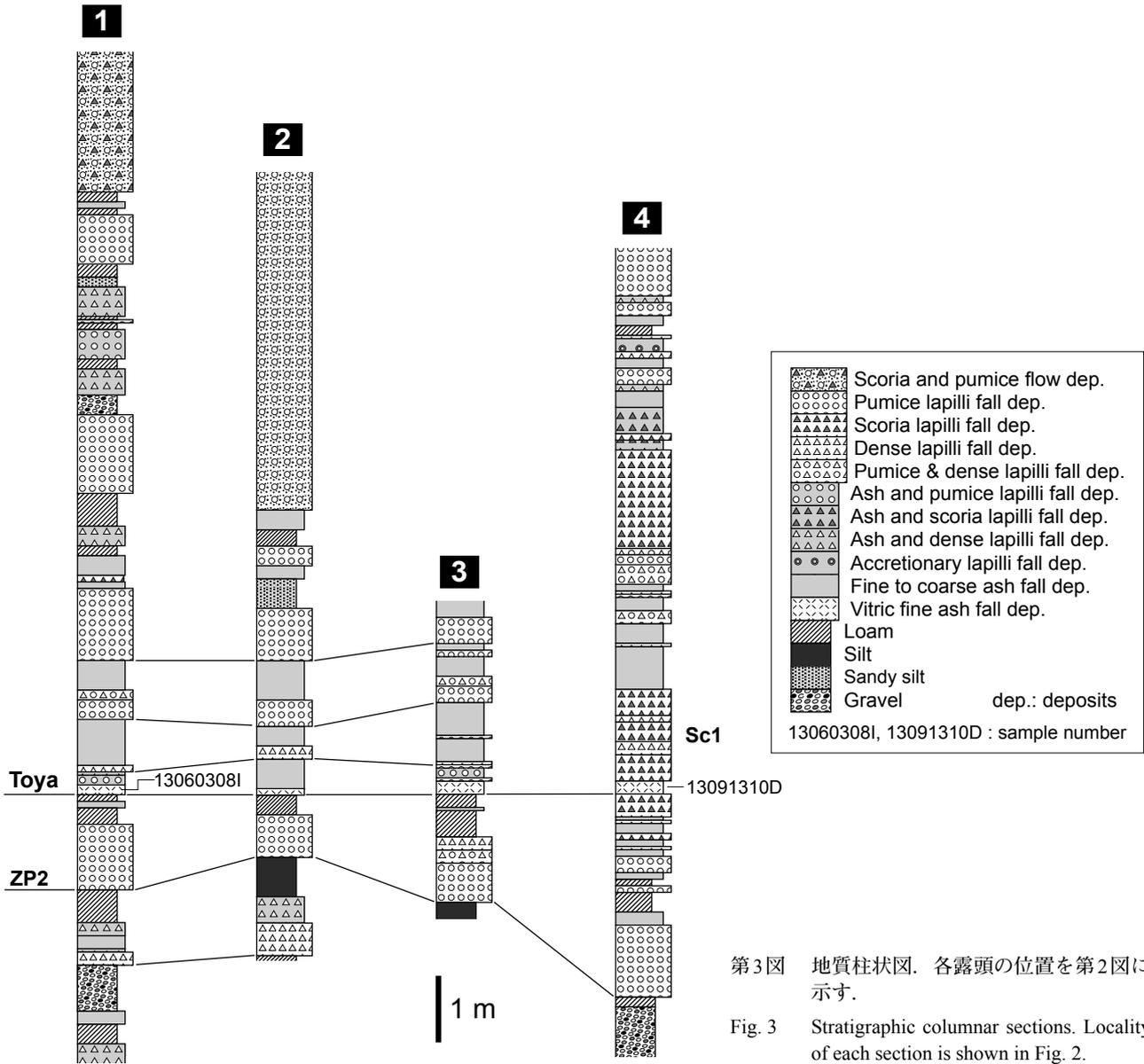
式会社 京都フィッション・トラックに依頼した。試料の処理方法は、以下の通りである。

超音波洗浄器を用いて極細粒物を懸濁させ、上澄み液の濁りがなくなるまで水を替えながら取り除いた。使い捨てメッシュ(60, 120, 250メッシュ)を用いて水中で篩い分け、各フラクションの試料を乾燥・回収した。120–250メッシュ(1/8–1/16 mm)の試料の一部を光硬化剤(屈折率1.54)を用いてスライドガラス上に封入し、偏光顕微鏡下でこの薄片を観察し、全鉱物組合せモード分析(火山ガラス, 軽鉱物, 重鉱物, 岩片, その他を対象)と重鉱物組合せモード分析(かんらん石, 斜方輝石, 単斜輝石, 角閃石, 黒雲母, アパタイト, ジルコン, 不透明鉱物を対象)を行った。また、温度変化型屈折率測定装置(RIMS: 檀原, 1991; Danhara *et al.*, 1992)を用い、火山ガラスと斜方輝石について屈折率測定を行った。これらの分析方法のより詳しい説明は、山下ほか(2007)に記載されている。

4. 分析結果とテフラの対比

モード分析の結果を第1表に、屈折率測定の結果を第2表と第5図に示す。いずれの試料も、斜長石, 石英, 斜方輝石, 単斜輝石, 普通角閃石, 不透明鉱物を含む(第1表)。火山ガラス屈折率の最頻値は、両試料ともに1.496–1.497の範囲にある(第2表及び第5図)。斜方輝石については、屈折率1.703–1.728付近のものに加え、屈折率1.757–1.760のユーライト組成のものを伴うことで特徴づけられる(第5図)。以上の記載岩石学的特徴は、これまでに報告されているToyaの特徴(町田ほか, 1987; 町田・新井, 2003)と極めて良く一致する。特に、北東北地域においては、ユーライト組成の斜方輝石を含む第四紀後半のテフラはToyaしか知られていない(町田・新井, 2003)。以上のことから、今回確認されたガラス質細粒火山灰層は、Toyaに対比されると結論できる。

引き続き、地点1～4で認められるToyaの上下層準のテフラについて、対比の検討を行う。十和田火山東麓の



第3図 地質柱状図. 各露頭の位置を第2図に示す.
 Fig. 3 Stratigraphic columnar sections. Locality of each section is shown in Fig. 2.



第4図 洞爺火山灰の産状を示す露頭写真(地点1; 第2図).
 Fig. 4 Field occurrence of the Toya Ash (location 1; Fig. 2).

上北平野においては、Toya付近のテフラ層序はほぼ確立している(大池・中川, 1979; 中川ほか, 1986; 松山・大池, 1986). それによれば、ローム層を挟んで、Toyaの1つ下位にZP2, 上位にSc1がある。これらのテフラは十和田火山起源と考えられている(中川ほか, 1986; 松山・大池, 1986; 工藤, 2005). ZP2は、粘土化した降下軽石火山礫堆積物であり、斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石, かんらん石, 鉄鉱の斑晶を含む(工藤, 2005). Sc1は、2つのユニットからなり、下位の降下スコリア火山礫堆積物と上位の膠結した降下火山灰・火山礫堆積物で構成され(工藤・小林, 2013), 斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石, 鉄鉱の斑晶を含む(工藤, 2005). 層準, 岩相及び斑晶鉱物組み合わせの一致から、Toyaの下位にある降下軽石火山礫堆積物はZP2, Toyaの上位にある降下スコリア火山礫堆積物はSc1に対比される可能性がある(第3図).

十和田火山先カルデラ期噴出物に挟まれる洞爺火山灰（工藤）

第1表 テフラ試料の記載岩石学的特徴.

Table 1 Petrographical features of tephra samples.

Sample no.	Occurrence	Locality*	Grain composition (%)							Heavy mineral composition (%)					Light mineral assemblage	
			Gl	Lm	Hm	Lf	Ot	Total	n	Opx	Cpx	Hbl	Opq	Total		n
13060308I	Fine ash	1	94	3	0.5	2.5	0	100	200	40	14.3	8.6	37.1	100	35	Pl, Qtz
13091310D	Fine ash	4	92	4	0.5	3	0.5	100	200	36.8	10.5	5.3	47.4	100	19	Pl, Qtz

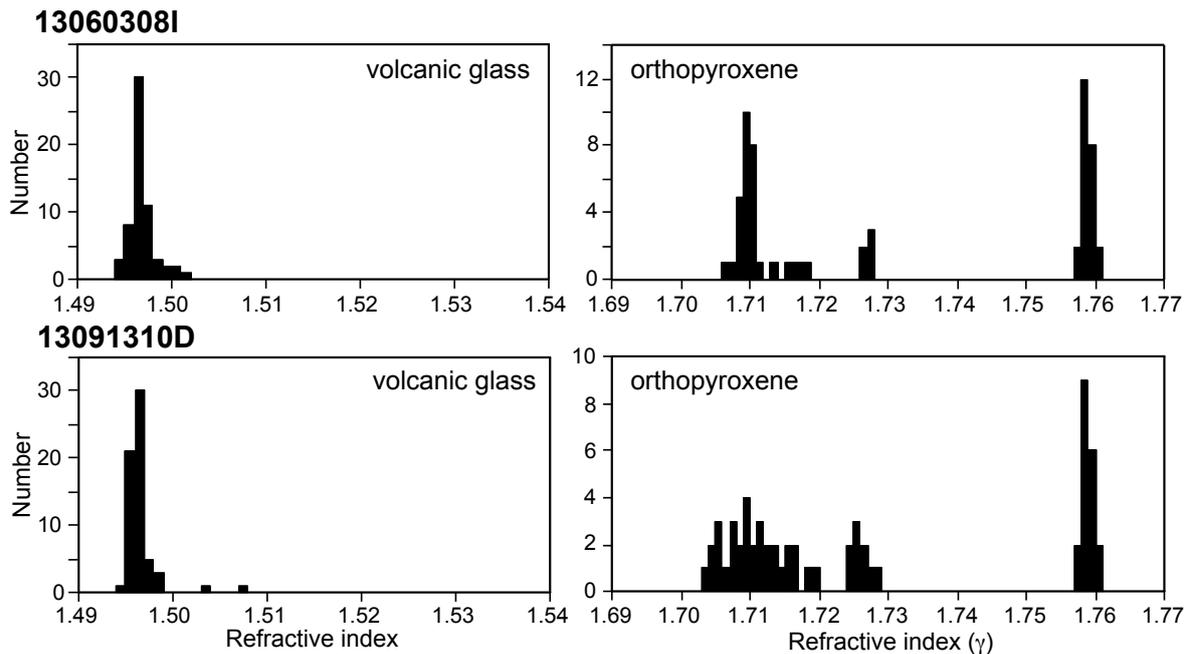
*See Fig. 2. Abbreviations: Gl, volcanic glass; Lm, light minerals; Hm, heavy minerals; Lf, lithic fragments; Ot, other grains; Pl, plagioclase; Qtz, quartz; Opx, orthopyroxene; Cpx, clinopyroxene; Hbl, hornblende; Opq, opaque minerals; n, number of grains.

第2表 火山ガラスと斜方輝石の屈折率.

Table 2 Refractive index of volcanic glass and orthopyroxene.

Sample no.	Occurrence	Locality*	Refractive index range volcanic glass (mode)		Refractive index range opx, γ (mode)	
				n		n
13060308I	Fine ash	1	1.495-1.502 (1.496-1.497)	60	1.707-1.712 (1.710)	26
					1.714-1.719	5
					1.726-1.728 (1.727)	5
					1.757-1.760 (1.759)	24
13091310D	Fine ash	4	1.495-1.499 (1.496)	60	1.703-1.719 (1.710)	32
					1.724-1.728 (1.726)	9
					1.757-1.760 (1.759)	19

*See Fig. 2.



第5図 テフラ試料に含まれる火山ガラス及び斜方輝石の屈折率ヒストグラム.

Fig. 5 Refractive index histograms of volcanic glass and orthopyroxene from tephra samples.

なお、その他のテフラ層については、遠方テフラとの対応は今のところ不明である。

5. 洞爺火山灰降下前後における十和田火山の火山活動

今回、十和田火山先カルデラ期噴出物中にToyaの存在

を確認し、106 kaの同時面を入れることができた。以下に、Toya降下前後における十和田火山の噴火活動について、若干の考察を行う。

地点1～4におけるテフラ層序は、Toya降下前後に十和田火山の断続的な噴火活動が起っていたことを示す。地点4では、Toyaは十和田火山起源の降下スコリア堆積

物に直に上下を挟まれ、Toyaの上部はスコリア火山礫を交える。地点1～3でも、十和田火山起源のテフラがToyaを直に覆っている。以上のことは、Toyaの降下時期を挟んで十和田火山が噴火活動を行っていたこと、さらに、Toya降下時期の後半には十和田火山起源のスコリア火山礫も同時に降下堆積したことを示す。なお、地点4においてToyaを挟む降下スコリア火山礫堆積物は、地点1～3では認められない。この要因としては、噴火時の風向きの影響により、降下スコリア火山礫堆積物が最も南寄りの地点4にしか堆積しなかった可能性が考えられる。

給源遠方の上北平野において、Toya前後のテフラ層序は下から順にZP2, Toya, Sc1であり、各テフラ層の間にはローム層を挟む(工藤, 2005; 工藤・小林, 2013)。一方、給源近傍においては、ZP2とToyaの間に別のテフラが存在する(第3図)。また、地点4ではToyaが降下スコリア火山礫堆積物(一部がSc1に対比されるとみられる)に直に挟まれ、その上位にもローム層を挟まず厚さ7mにわたってテフラが累重する(第3図)。地点1～3でも、十和田火山起源のテフラがToyaを直に覆っている。このことは、給源遠方においてローム層が堆積していた時期にも、給源付近では噴火活動が断続的に起こっていたこと、比較的規模の大きな噴出物だけが遠方まで達したことを示す。つまり、十和田火山は、先カルデラ期のToya降下前後において、これまで考えられていたよりも頻繁に噴火を起こしていたと判断される。

謝辞：本報告で公表した記載岩石学的データは、原子力規制庁からの受託研究において実施した「平成26年度 火山影響評価に係る技術的知見の整備」により得られたものである。本研究を行うにあたり、産総研の山元孝広氏には諸般にわたってお世話になった。査読者の宝田晋治氏、編集担当の石塚 治氏には、本稿の査読・編集にあたってお世話になった。関係各位に深く感謝申し上げる。

文 献

- 檀原 徹(1991) RIMSによる屈折率測定とその応用. 地球, **13**, 193–200.
- Danhara, T., Yamashita, T., Iwano, H. and Kasuya, M. (1992) An improved system for measuring refractive index using the thermal immersion method. *Quaternary International*, **13/14**, 89–91.
- Hayakawa, Y. (1985) Pyroclastic geology of Towada volcano. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **60**, 507–592.
- 早川由紀夫(1993) 火山の地質巡検案内2：十和田湖. 群馬大学教育学部紀要 自然科学編, **41**, 53–78.
- Horiuchi, K., Sonoda, S., Matsuzaki, H. and Ohyama, M. (2007) Radiocarbon analysis of tree rings from a 15.5-cal kyr BP pyroclastically buried forest: a pilot study. *Radiocarbon*, **49**, 1123–1132.
- Ito, K., Tamura, T., Kudo, T. and Tsukamoto, S. (2017) Optically stimulated luminescence dating of Late Pleistocene tephric loess intercalated with Towada tephra layers in northeastern Japan. *Quaternary International*, **456**, 154–162.
- 工藤 崇(2005) 十和田地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅). 産総研地質調査総合センター, 79p.
- 工藤 崇(2016) 十和田火山, 先カルデラ期溶岩のK–Ar年代. 地質調査研究報告, **67**, 209–215.
- 工藤 崇・小林 淳(2013) 十和田火山, 先カルデラ期～カルデラ形成期テフラの放射年代測定. 地質調査研究報告, **64**, 305–311.
- 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]. 東京大学出版会, 336p.
- 町田 洋・新井房夫・宮内崇裕・奥村晃史(1987) 北日本を広くおおむ洞爺火山灰. 第四紀研究, **26**, 129–145.
- 松山 力・大池昭二(1986) 十和田火山噴出物と火山活動. 十和田科学博物館, no.4, 1–64.
- Matsu'ura, T., Furusawa, A., Shimogama, K., Goto, N. and Komatsubara, J. (2014) Late Quaternary tephrostratigraphy and cryptotephrostratigraphy of deep-sea sequences (Chikyu C9001C cores) as tools for marine terrace chronology in NE Japan. *Quaternary Geochronology*, **23**, 63–79.
- 村岡洋文・長谷紘和(1990) 黒石地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 124p.
- 村岡洋文・高倉伸一(1988) 10万分の1 八甲田地熱地域地質図説明書. 特殊地質図 no.21-4, 地質調査所, 27p.
- 中川久夫・松山 力・大池昭二(1986) 十和田火山噴出物の分布と性状. 東北農政局計画部, 48p.
- 大池昭二・中川久夫(1979) 三戸地域広域農業開発基本調査「地形並びに表層地質調査報告書」. 東北農政局計画部, 103p.
- 宝田晋治・村岡洋文(2004) 八甲田山地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 86p.
- 山下 透・檀原 徹・岩野英樹・星 博幸・川上 裕・角井朝昭・新正裕尚・和田穰隆(2007) 紀伊半島北部の室生火砕流堆積物と周辺に分布する凝灰岩の対比およびそれらの給源：軽鉱物屈折率を用いたモード分析によるアプローチ. 地質雑, **113**, 340–352.

(受 付：2017年7月4日； 受 理：2017年12月14日)