講座

テフラ学 (第 2 回) : テフラ層の同時堆積性について

長 橋 良 隆^{*1, a}・片 岡 香 子^{*2}

キーワード: 鍵層, テフラ層, 噴火様式, 噴火推移, 降下単位, 冷却単位

I. は じ め に

鍵層は、「任意の地域内で、比較的短時間に堆積し、相対的に大きな広がりを持ち、他の地層と比べて特徴のある岩相を示す地層」(地学団体研究会, 1996)のことをいう。鍵層にはテフラ層だけでなく、石灰岩層・石炭層・化石層などもあるが、「テフラ鍵層の場合は、厳密に同時面を示す」とされる。

テフラ鍵層の「同時面」とは、丁寧に言い換えると、短期間で噴火が終息し、拡散したテフラ粒子がほぼ同時に堆積したと認められるテフラ層の基底面のことである。ここでの「短期間」や「ほぼ同時」に決まった時間としての定義はない。あるいはもう少し説明を加えて、地質学的短期間や地質学的にほぼ同時と言われることがある。この「地質学的」の意味は、例えば、ある堆積盆地の埋積にかかる数 10 万年から数 100 万年という時間に比べると、テフラの噴出・拡散・堆積にかかる期間はほんのわずかな時間にすぎないというだけで、火山噴火の期間やテフラ粒子の拡散・堆積にかかる時間を厳密には判断していない。ただし、現在良く知られている広域テフラ層のほとんどは、地質学的にほぼ同時という意味の同時面として実際上なら問題ない。

ここではまず、有珠山 1977 年噴火を例として、噴火様式とその推移、さらに堆積したテフラ層の分布と層序について時刻を追って振り返り、テフラ層の同時面の厳密性について述べる。次に、やや古い地質時代の恵比須峠-福田テフラ層(吉川ほか, 1996; 長橋ほか, 2000)を例に、遠方テフラ層の同時堆積性を地質学的にどのように担保しているか考える。

II. 有珠山 1977 年噴火の様式・推移とテフラ層

北海道の有珠山では、1977 年 8 月 7~14 日にかけて、4 回のサブプリニー式(Us-1977-I・II・III・IV)の軽石噴火と 10 回の小噴火が発生し、これらの噴出総量は 0.083 km³であった(新井田ほか, 1982; 鈴木ほか, 1982)。新井田ほか(1982)は、8 月 7 日 9 時 10 分頃の噴火発生から 14 日までの第 I 期噴火について、噴火推移と噴煙柱の盛衰について時刻を追って記録している。第 I 期噴火の後も噴火は続き(第 II 期噴火)、翌 1978 年の 10 月 27 日の噴火を最後に終了した。ここでは噴出規模の大きい第 I 期噴火の 4 回の軽石噴火について、新井田ほか(1982)に基づいて述べる。

Us-1977-I は 8 月 7 日 9 時 10 分に始まり、噴煙柱は 10 時 30 分に最高高度 12 km にまで到達した。10 時 40 分から噴火の勢いが弱まり、11 時 13 分に噴火は止まった。堆積した軽石層は南東方向に分布軸をもち、火口から南東約 10 km の地点の層厚は 4 cm である。Us-1977-II は 8 月 8 日 15 時 20 分に始まり、噴煙柱は高度約 10 km に到達し、18 時 00 分に止まる。降下・堆積した軽石層は、Us-1977-I と異なり、北西方向に分布主軸をもつが、山麓を離れると北西から北北東方向に変わる。火口から北西約 10 km の地点の層厚は約 2.5 cm である。Us-1977-III は 8 月 8 日 23 時 40 分に始まり、噴煙柱は高度約 10 km に到達し、8 月 9 日の 1 時 55 分に止まる。降下・堆積した軽石層は全体としては北方向に分布軸をもち、火口から約 10 km 北の地点の層厚は約 6 cm である。Us-1977-IV は 8 月 9 日の 11 時 20 分に始まり、噴煙柱は高度約 10 km に到達し、13 時 55 分に

2013 年 7 月 22 日受付。2014 年 1 月 25 日受理。

*1 福島大学共生システム理工学類 〒960-1296 福島市金谷川 1 番地。

*2 新潟大学災害・復興科学研究所 〒950-2181 新潟市五十嵐 2 の町 8050。

*a Corresponding author : nagahashi@sss.fukushima-u.ac.jp

止まる。降下・堆積した軽石層は、Us-1977-Iと同様に、南東方向に分布軸をもち、火口から南東約8kmの地点の層厚は約3cmである。

このようにUs-1977-I・IVの軽石層は南東方向に分布軸をもち、Us-1977-II・IIIの軽石層は北西ないしは北方向に分布軸をもつ。Us-1977-I・IVは晴天下、Us-1977-II・IIIは低気圧の接近に伴って曇りから雨の天候下であった。鈴木ほか(1982)は、第I期噴火による軽石・火山灰の堆積様式と噴火当時の気象条件との対応についても詳しく検討している。

軽石層の層序をみると、有珠山の南東では、Us-1977-I(8月7日)とUs-1977-IV(8月9日)の軽石層が重なる。有珠山の北西や北では、Us-1977-II(8月8日午後)とUs-1977-III(8月8日深夜)の軽石層が重なる。つまり、噴煙柱が断続的に複数回立ち上がり、その時々気象条件によって分布軸が移り変わると、火山にごく近い地域であっても、場所ごとの噴火前の地表面を最初に覆うテフラ層がすべて同時に堆積したとは限らない。

また、Us-1977-I~IVの軽石層は、それぞれの噴火で層相上区別しうる複数の降下単位(fall unit)からなる。これらの降下単位と噴煙柱の盛衰との対応は、目撃証言や気象条件等との対応も含めて検討され、一続きの噴煙柱から複数の降下単位が形成されていることを明らかにした(新井田ほか, 1982)。一方、Us-1977-IとUs-

1977-II噴火の間に発生した4回の小噴火によるテフラ層は、層相上降下単位に区別できない1層からなる。

以上述べた有珠山1977年輕石噴火の例は、テフラ層の同時面を考えるにあたって大きな示唆を与える。すなわち、初生的に堆積した同じ噴火のテフラ層と判断できたとしても、その基底面がどの地点でも「厳密に同時面」を示すとは限らない。あるいは、噴火過程でマグマの化学組成等が変化した場合は、地質学的にほぼ同時に堆積したテフラ層であったとしても、層相がやや異なることや、岩石学的性質が異なることもあるかもしれない。

III. 地質時代のテフラ層から読み解く噴火推移と堆積ユニットとの対応

地質時代のテフラ層では、有珠山1977年噴火の事例のように、噴火推移とテフラ層の形成過程をその場で目撃できない。その場合に、テフラ層の同時堆積性を如何に担保するかは、やはり地質学的に検証することでしか成し得ない。結論から言うと、確度の高い同時堆積性の検討とは、初生的に堆積したテフラ層と認定した場合、給源近傍での噴火様式とその推移が遠方テフラ層にも認められることを明らかにすることである。

ここで例として挙げる恵比須峠-福田テフラ層は、オールドバイサブクロン直上に挟まり、本州中央部に広く分布する広域テフラ層である。このテフラ層については、

図1 恵比須峠-福田テフラ層の噴火様式・推移と堆積ユニットとの対応
Kataoka et al. (2001) を一部修正。

古い定義の第三紀・第四紀境界付近 (1.75 Ma) に挟することもあり、数多くの研究がなされてきた。そのすべてを挙げることはしないが、ここで記述する基になった文献を挙げると、給源方向の推定に関する研究 (藤本ほか, 1989; Yoshikawa *et al.*, 1995), 遠方テフラ層の広域対比に関する研究 (吉川ほか, 1994, 1996; 富田・黒川, 1997), 給源近傍のテフラ層の対比と噴火様式・堆積過程に関する研究 (長橋ほか, 1996, 2000; 長橋, 1998; Kataoka *et al.*, 2001) などがある。

給源近傍のテフラ層から読みとった噴火様式は、水蒸気マグマ噴火 (図 1 の噴火ステージ 1: 茶屋野凝灰岩層 I・II (給源近傍でのテフラ層の名称, 以下同様)) による火砕流と降下火山灰の堆積から始まり、降下軽石 (噴火ステージ 2: 恵比須峠火砕堆積物 unit-A) → 火砕流 (噴火ステージ 3: 恵比須峠火砕堆積物 unit-B1, B2) → 降下軽石 (噴火ステージ 4: 恵比須峠火砕堆積物 unit-C) → 最大規模の火砕流 (噴火ステージ 5: 恵比須峠火砕堆積物 unit-D) の噴出へと推移する (図 1)。水蒸気マグマ噴火による降下火山灰層は、シルトサイズのガラス質火山灰を主体とし、火山豆石を含み、給源の西側の高山盆地では層厚約 1.3 m と厚く (図 2)、東側の大峰地域では層厚約 20 cm と薄い (図 3)。これに続く降

下軽石→火砕流→降下軽石の堆積物は、東側の大峰地域にも認められるものの、多くの地点で水流による堆積構造が発達し、初生的な堆積物と認められるものは少ない。それでも重要なことは、大峰地域においても降下軽石→火砕流→降下軽石に対応すると考えられる堆積物が存在することと、その上位には高山盆地と同様に最大規模の火砕流堆積物が重なることである。降下軽石→火砕流→降下軽石→最大規模の火砕流の噴出が一連であることは、高山盆地において途中の降下軽石層も溶結しており (図 4)、全体として一つの冷却単位 (cooling unit) で

図 2 岐阜県高山盆地の茶屋野凝灰岩層
層厚約 1.3 m, 地形をマントルする降下火山灰層からなり、
最大径 3 cm の火山豆石を含む。

図 3 長野県大峰地域の鷹狩山凝灰岩層 II の最下部
(茶屋野凝灰岩層に相当)
層厚約 20 cm であるが、その一部を拡大している。
火山豆石を含む降下火山灰層からなる。

図 4 岐阜県高山盆地の溶結した恵比須峠火砕堆積物の
降下軽石層
軽石が偏平化しており、上下の火砕流堆積物に挟まれた
一連の冷却単位 (cooling unit) からなる。

図5 恵比須峠-福田テフラ層の遠方降下火山灰部の堆積ユニット

Kataoka *et al.* (2001) を一部修正。

あることなどからも分かる。

一方、遠方テフラ層は、下位より順に、ユニット A1・A2L・A2U・B・C の5つに区分できる(図1, 5)。ユニット A1 は、シルトサイズのガラス質火山灰を主体とし、火山豆石を含む。ユニット A1 は、給源東側の新潟・房総地域と西側の東海・近畿地方の両方向に分布する。ユニット A2L は細粒から極細粒砂サイズのガラス質火山灰からなり、給源東側の新潟・房総地域には分布するが、西側の東海・近畿地方には分布しない。ユニット A2U は、中粒から細粒砂サイズの結晶ガラス質火山灰からなり、黒曜石片を含むことが特徴である。ユニット A2U は、給源東側の新潟・房総地域と西側の東海地方に分布する。ユニット B は、他のユニットが白色であるのに対し、紫灰色を呈することが特徴である。基底部に重鉱物(おもにホルンブレンド)が濃集し、極細粒砂サイズからシルトサイズへと正級化するガラス質火山灰からなる。このユニットは、給源東側の新潟・房総地域と西側の東海・近畿地方の両方向に分布する。ユニット C は礫サイズの軽石を含む再堆積性の火山碎屑堆積物からなり、給源東側の新潟地域と西側の東海・近畿地方に分布する。

ユニット A1~B の降下テフラ層と給源近傍のテフラ層から読みとった噴火様式と噴火推移との対応は次のように説明できる(図1)。ユニット A1 は給源から同心円状の分布を示し、火山豆石を含むシルトサイズの降下火山灰層であることから、水蒸気マグマ噴火に対応する。ユニット A2L は給源東側の新潟・房総地域にのみ分布し、他のユニットと比べて粗粒な降下火山灰層であることから、給源近傍の降下軽石と初期の火砕流の噴出に対

応する。ユニット A2U は同心円状に近い分布を示し、ユニット A2L と同様に他のユニットに比べて粗粒な降下火山灰層である。このユニットに含まれる黒曜石片は、火道や火口周辺の流紋岩もしくは溶結凝灰岩等を破碎したものに由来する可能性がある。以上のことから、ユニット A2U は、最大規模の火砕流噴出直前の降下軽石の噴出に対応する。ユニット B は同心円状の分布を示し、正級化する降下火山灰層であることから、噴火ステージ5における最大規模の火砕流噴出に伴う降下火山灰(co-ignimbrite ash)と考えられる。ユニット B が特徴的な紫灰色を呈するのは、重鉱物が濃集していることと安山岩質の火山ガラスを含むことが関係しているのだろう。ユニット C は、この最大規模の火砕流が堆積した後に再移動・再堆積した火山碎屑堆積物であるが、これについては次回の講座「テフラの再堆積」で述べる。

研究の進展としては、遠方テフラ層のユニット区分が先に確立され、その後、給源近傍のテフラ層から噴火様式とその推移が明らかになった。さらに、遠方テフラ層のユニット区分の細分化が進展し、噴火様式とその推移との対応関係が詳細になった経緯がある。つまり、遠方テフラ層と給源近傍のテフラ層とが対比されたことによって、遠方テフラ層のユニット区分や解釈がさらに精緻になったともいえる。それでも、遠方テフラ層のユニット A1・B については、それぞれの層相と記載岩石学的性質に特徴があり、給源近傍のテフラ層との対比がなされる前であっても、相互の対比が可能であった。また、露頭における産状や層相上の特徴、さらにそれらの側方変化から、給源が不明であっても、初生的に降下・堆積した火山灰層であると判断していたと思われる。給

源近傍のテフラ層との対比を明らかにする利点は、恵比須峠-福田テフラ層の場合、新潟・房総地域にのみ分布するユニットや構成粒子の特徴などを解釈する際に大変重要な情報を与えることである。このような事例は、九州の今市火砕流堆積物とアズキ火山灰層・Ku6C 火山灰層との対比でもすでに明らかにされている(鎌田ほか, 1994)。

IV. ま と め

本論で述べた恵比須峠-福田テフラ層は、遠方テフラ層の堆積ユニットと給源近傍で明らかになった噴火様式とその推移との対応を見事に示している。有珠山 1977 年噴火のように噴火が終息するまでの期間の長さは分からないものの、降下テフラ層のユニットの堆積は一連であり、大きな時間間隙はないことから、地質学的にはほぼ同時面であると認定できる。しかも、給源近傍の山間地、沖積堆積場、半深海堆積場など、異なる堆積環境を結ぶ地質学的同時面といえる。

給源近傍のテフラ層の層相は遠方テフラ層と異なるので、それとの対比は単純には成し得ない。もし給源近傍のテフラ層との対比に成功した場合は、噴火様式やその推移の対応と復元に関する情報を相互に引き出すことができる。給源近傍のテフラ層との対比は、遠方テフラ層間における対比より後になることが多いので、遠方テフラ層から可能な限り噴火様式とその推移に関する情報を引き出す観察と記載を行い、遠方テフラ層間の対比の確度を高めることが望ましい。

引 用 文 献

地学団体研究会 (1996) 新版 地学事典, 1443 p, 平凡社.
藤本純一・吉川周作・水野清秀 (1989) 福田火山灰層の岩相について. 日本第四紀学会講演要旨, no. 19, 58-59.
鎌田浩毅・檀原 徹・山下 透・星住英夫・林田 明・竹村恵二 (1994) 大阪層群アズキ火山灰層および上総層群 Ku6C 火山灰と中部九州の今市火砕流堆積物との対比—猪牟田カルデラ噴出した co-ignimbrite

ash—. 地質学雑誌, 100, 848-866.

Kataoka, K., Nagahashi, Y. and Yoshikawa, S. (2001) An extremely large magnitude eruption close to the Plio-Pleistocene boundary : reconstruction of eruptive style and history of the Ebisutoge-Fukuda tephra, central Japan. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 107, 47-69.

長橋良隆 (1998) 中部日本, 大峰地域の鮮新世火砕流堆積物—層序・記載岩石学的特徴—. 地質学雑誌, 104, 184-198.

長橋良隆・小坂共栄・日比伸子 (1996) 岐阜・長野県に分布する後期鮮新世の大規模火砕流堆積物とその対比—丹生川火砕流堆積物・恵比須峠火砕堆積物とその相当層の例—. 地球科学, 50, 29-42.

長橋良隆・里口保文・吉川周作 (2000) 本州中央部における鮮新—更新世の火砕流堆積物と広域火山灰層との対比および層位噴出年代. 地質学雑誌, 106, 51-69.

新井田清信・鈴木建夫・勝井義雄 (1982) 有珠山 1977 年噴火の推移と降下火砕堆積物. 火山, 27, 97-118.

鈴木建夫・新井田清信・勝井義雄 (1982) 有珠山 1977 年軽石・火山灰の堆積様式. 火山, 27, 119-140.

富田裕子・黒川勝己 (1997) 新潟地域における魚沼層群の辻又川火山灰層と房総半島の火山灰鍵層 Kd38 の対比. 地球科学, 51, 377-381.

吉川周作・立石雅昭・風岡 修 (1994) 大阪層群の福田火山灰層と魚沼層群の辻又川火山灰層の対比. 地質学雑誌, 100, 486-494.

Yoshikawa, S., Fujimoto, J. and Nagahashi, Y. (1995) Lithofacies and petrographic properties of the 1.6 Ma Fukuda volcanic ash bed and its correlatives in the Kinki and Tokai districts, central Japan. Journal of Geosciences, Osaka City University, 38, 153-166.

吉川周作・里口保文・長橋良隆 (1996) 第三紀・第四紀境界層準の広域火山灰層—福田・辻又川・Kd38 火山灰層—. 地質学雑誌, 102, 258-270.

Tephrology (part 2) : Simultaneity of tephra deposition

Yoshitaka Nagahashi^{*1, a} and Kyoko S. Kataoka^{*2}

Keywords : key bed, tephra bed (layer), eruption style, eruption sequence, fall unit, cooling unit

*1 Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University. 1 Kanayagawa, Fukushima, 960-1296, Japan.

*2 Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University. 8050 Ikarashi 2, Nishi-ku, Niigata, 950-2181, Japan.

*a Corresponding author : nagahashi@sss.fukushima-u.ac.jp