

近畿地方北部の中部更新統・福知山層のテフラの対比

加藤 茂弘¹⁾・山下 透²⁾・檀原 徹²⁾

Correlation of the Tephra Layers in the Middle Pleistocene Fukuchiyama Formation in the Northern Kinki District, West Japan

Shigehiro KATO¹⁾, Tohru YAMASHITA²⁾, Tohru DANHARA²⁾

Abstract

Petrographic properties of three tephra layers contained in the upper part of the Fukuchiyama Formation distributing along the Yura River, northern Kinki District, western Japan, were determined for the correlation with the previously known widespread tephra layers or the tephra layers erupted from the Daisen Volcano in the Chugoku District. Grain and heavy mineral compositions, morphology of volcanic glass shards, and refractive indexes of glass shards and orthopyroxene, hornblende and cummingtonite phenocrysts, were analyzed for this purpose. As the results, two of the tephra layers formerly named the Monobe Volcanic Ash Bed, were correlated with the Daisen Okutsu Pumice Bed (DOP) or the hpm1 Pumice Bed (hpm1). The other tephra is a secondary deposit that mainly includes volcanic glass shards and orthopyroxene phenocrysts derived from the Aso-1 tephra (Aso-1). It also contains fewer glass shards and orthopyroxene phenocrysts from the Kakuto tephra (Kkt) and tephra layers erupted from the Daisen Volcano, respectively. From the estimated eruption ages of the DOP, hpm1 and Aso-1 tephra layers, an age of the deposition of the upper part of the Fukuchiyama Formation is considered to be from >270 to around 190 ka.

Key words : Petrographic properties, tephra correlation, Aso-1, Daisen Okutsu Pumice Bed, Fukuchiyama Formation.

はじめに

京都府北部を流下して若狭湾に注ぐ由良川流域には数段の河岸段丘面が分布し、第四紀地殻変動やそれと関連した河川争奪・流路変更を示すものとして、1960年代から注目されてきた(水山, 1961, 1964; 岡田・高橋, 1969)。これらの河岸段丘面は、高位・中位・低位の3つの段丘面に大別されている(栗本・牧本, 1990)。高位段丘面は厚さ80m以上の河成・湖沼成堆積物からなる顕

著な堆積段丘面であり、中位・低位の段丘面は10m未満の砂礫からなる浸食段丘面である(岡田・高橋, 1969)。

これらの段丘面の形成年代は、段丘構成層に挟まれるテフラ(植村, 1988, 1989, 2001; 野村, 1994; 小滝ほか, 2002)、古土壌や段丘面の開析の程度(岡田・高橋, 1969)、細粒堆積物の古地磁気や花粉・植物化石から推定される段丘構成層堆積時の古気候(福間・藤田, 1986; 植村, 2001)などから推定されている。とくに高位段丘面の離水年代について、岡田・高橋(1969)は赤色古土

¹⁾ 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境評価研究部 〒669-1546 三田市弥生が丘6
Division of Natural History, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, 669-1546 Japan
E-mail: katochan@hitohaku.jp

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
Kyoto Fission-Track Co., Ltd.; Ohmiya Minamitajiri-cho 44-4, Kita-ku, Kyoto, 603-8832 Japan

壤や段丘面の開析程度から約10~12万年前の最終間氷期と考えた。福岡・藤田 (1986) は、高位段丘面構成層を福知山 (累) 層と定義し、その堆積年代を約15~20万年前までの中期更新世と推定した。

一方、植村 (1988) は、福知山層上部に挟まれる含カミングトン閃石テフラを最終間氷期以降に降灰した大山松江軽石 (DMP: 町田・新井, 1979) に対比し、岡田・高橋 (1969) の考えを支持した。しかし植村 (2001) は、同一テフラを 190 ± 60 kaのフィッシュン・トラック年代が得られた (木村ほか, 1999) 大山奥津軽石 (DOP: 岡田, 1996) に対比し、低位の高位段丘面の離水年代を深海底酸素同位体ステージ6 (以下ではMIS6) にあたる約16~18万年前であると考えた。さらに小滝ほか (2002) は、同一のテフラを物部火山灰と新称し、DOPとの対比を否定できなかつとも、重鉍物組成と普通角閃石の主成分組成の類似から、 230 ± 70 kaのフィッシュン・トラック年代が得られた (木村ほか, 1999) 大山最下部火山灰 hpm1 軽石 (hpm1: 岡田ほか, 1990) に対比した。

このようにテフラの対比について見解が分かれているため、福知山層の堆積年代は確立されていない。しかしながら上記の研究からは、福知山層最上部に挟まれるテフラが、大山最下部火山灰層のテフラに対比される可能性が高いとみられる。したがって、このテフラ対比を確立することで、福知山層の堆積年代について新知見を得られると考えられる。

近年、古澤・梅田 (2002b) は大山下部・最下部火山灰層のテフラの詳細な岩石記載的研究を行い、カミングトン閃石を含有するテフラが大山下部火山灰層のDMP、大山最下部火山灰層のfpm2, fpm3, gpm, hpm1, hpm2 (岡田ほか, 1990) の、合計6層挟まれることや、これらのテフラ間では重鉍物組成や、斜方輝石・普通角閃石・カミングトン閃石の屈折率に違いがあり、それに基づいて識別できること、の2点を明らかにした。加藤ほか (2004) は、大山火山灰層中の大山別所軽石 (DBP: 岡田, 1996) やDOPなどの詳細な岩石記載的特徴を明らかにし、DOP, hpm2, DBP, 大山蒜山原軽石 (DHP: 町田・新井, 1979) も、同様な指標や斜方輝石の晶癖の違いから識別できることを示した。これらの研究によれば、テフラの詳細な岩石記載的特徴に基づいて、福知山層のテフラと大山最下部火山灰層のテフラとを対比できると考えられる。

本研究では、福知山層上部の露出が良好な京都府綾部市物部町周辺の2地点 (図1) において物部火山灰など3層のテフラの層相と岩石記載的特徴を記載し、これらのテフラと、大山火山起源のテフラや九州地方の諸火山を起源とする中期更新世の広域テフラとの対比について考察する。

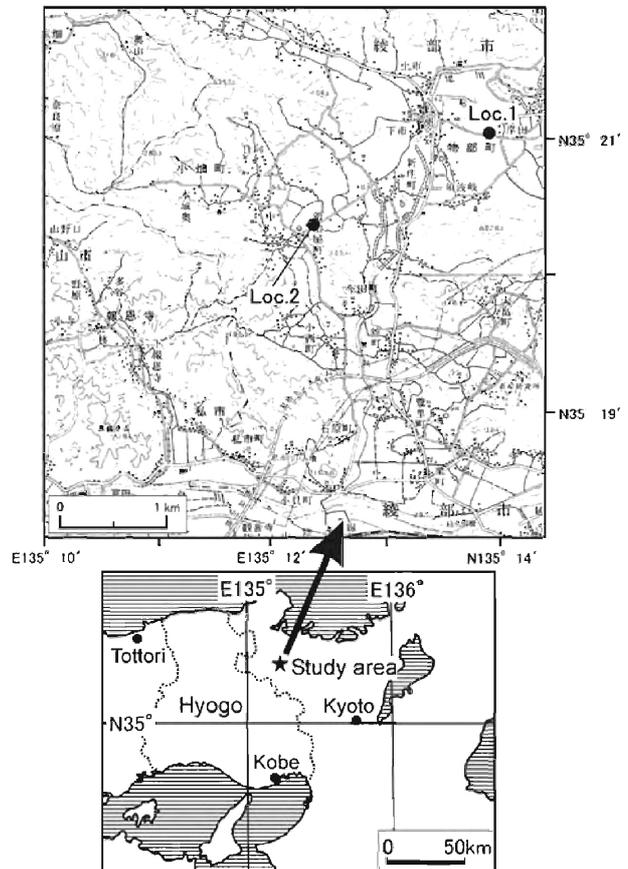


図1 京都府綾部市物部町周辺のテフラ露頭の位置
国土地理院発行2万5千分の1地形図「綾部」・「福知山」を使用。

Fig.1 Localities of outcrops of the tephra layers in the upper part of the Fukuchiyama Formation in and around Monobe Town, Ayabe City, Kyoto Prefecture Using the 1:25,000 scale topographic maps "Ayabe" and "Fukuchiyama" published by Geographical Survey Institute of Japan.

テフラの産状

物部町周辺の2地点において、福知山層中に挟まれるテフラの産状を述べる。

綾部市物部町岸田 (Loc. 1, 図1・2)

Loc. 1は、由良川支流の犀川左岸に分布する高位段丘面上 (標高約70m) に位置する。植村 (2001) がDOPに対比したテフラを記載し、小滝ほか (2002) が物部火山灰 (試料番号MB4-1) を記載した模式露頭と一連の露頭である。ここでは段丘面は人工改変により数mほど低下させられており、地表面から40~50cmまでが植被に覆われる。最下部に厚さ1m以上の灰白色粘土があり、その直上に厚さ20~25cmの粗粒火山灰 (テフラB) が堆積する。テフラBは上半が明褐色、下半が灰白色を呈する。ともに平行・斜交層理が発達し、径1~3mmの白色泥

岩円礫と、径1mm程度の黒雲母、角閃石、長石の結晶が散在する。テフラBの上位には、厚さ20cmの黄褐色～明褐色の火山灰質細砂ないしシルトを挟んで、白灰色泥岩の円礫（最大径10mm未満）が散在し、シルトの薄層が挟まれる厚さ50～60cmの粗粒火山灰（テフラA）が堆積する。テフラAは厚さ25～30cmの2つの堆積ユニットに区別でき、上位のユニットには斜交層理を伴うトラフ状層理が発達する。下位のユニットには径1mm程度の黒雲母、角閃石、長石の結晶が散在し、上半20cmに平行・斜交層理が、下半10cmに平行層理が発達する。テフラAの上位には露頭上限まで、厚さ30cmの黄灰色～白桃色を呈する火山灰質の粘土質シルトが堆積する。

綾部市小畑町鍛冶屋（Loc. 2AおよびLoc. 2B, 図1・2）

Loc. 2は、由良川支流、犀川右岸に分布する高位段丘面上（標高約60m）に位置する。北へ向かう道路に沿って長さ50m以上にわたる露頭で、交差する道路により南半（Loc. 2A）と北半（Loc. 2B）に分断されている。本地点は小滝ほか（2002）が物部火山灰（試料番号OB1-1）を記載した露頭と近接するが、それとは異なる露頭であると推定される。

露頭南半（Loc. 2A, 図2）では、段丘面は小支流に解析されて小尾根状となっている。下位より順に、黒色の木本質泥炭（厚さ30cm+）、暗灰色泥炭（厚さ30cm）、黄白色～桃灰色火山灰（テフラC, 厚さ10cm）、青灰～緑灰色シルト質粘土（厚さ70～80cm）、径1cm未満の垂円礫～垂角礫が散在する灰褐色～黄褐色の粘土質シルト（厚さ150cm）が累重する。最上部は層厚3～5mの黄褐色～褐色の半固結した砂礫からなり、クロボク土に覆われている。

露頭北半（Loc. 2B, 図2）では、人工改変により段丘面は低下させられている。下位より順に、黄灰色砂質粘土（厚さ50cm+）、青灰色粘土（厚さ100～120cm）、植物遺体が散在する暗灰色の泥炭質粘土（厚さ20cm）、黄灰褐色粘土（厚さ10～15cm）、桃灰色火山灰（テフラC, 厚さ10cm）、暗黄灰色粘土質シルト（厚さ110～120cm）、トラフ型斜交層理が発達する褐色の砂礫（厚さ45～60cm）、黄褐色砂質シルト（厚さ50cm）が累重し、最上部は厚さ60cmほどの盛り土である。火山灰には比較的均質な極細粒砂サイズの部分と砂礫が混入する不淘汰な部分が見られ、水流の影響下で堆積したとみられる。

テフラの岩石記載的特徴

Loc. 1において、テフラAは各堆積ユニットを2分した厚さ10～15cmの部分（試料MO1～MO4）から、テフラBは上半と下半の厚さ10cm部分（試料MO5, MO6）から、それぞれ試料を採取した。またテフラCは、Loc.2A

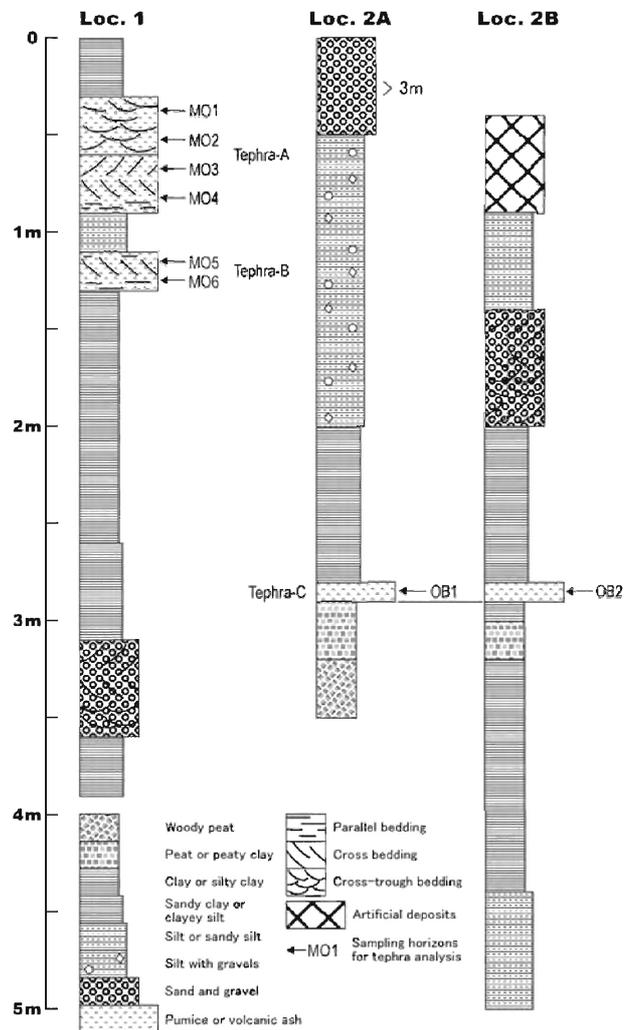


図2 テフラ露頭の地質柱状図
テフラ露頭の位置は図1を参照。

Fig.2 geologic columnar sections of tephra layers
Locations of the sections are shown in Fig. 1.

（試料OB1）とLoc. 2B（試料OB2）から、それぞれ試料を採取した。各試料の採取層準を図2に示す。

岩石記載的特徴は加藤ほか（2004）に従って分析した。全ての試料について粒子組成・重鉱物組成を、テフラCについてはさらに火山ガラスの形状組成を、それぞれ分析した。テフラAの各堆積ユニットの下部（試料MO2, MO4）とテフラB下部（試料MO6）については緑色普通角閃石とカミングトン閃石の屈折率を測定し、Loc. 2のテフラC（試料OB1, OB2）については火山ガラスと斜方輝石の屈折率を測定した。

テフラAとテフラBは、各試料とも類似した岩石記載的特徴を示す（図3・4）。粒子組成は、軽鉱物と岩片が70%以上を、残りを重鉱物が占め、火山ガラスは全く含まれない。重鉱物はテフラAで20～30%、テフラBで5～20%である。いずれも緑色普通角閃石を主とし、10～20%のカミングトン閃石と不透明（鉄）鉱物、少量の黒

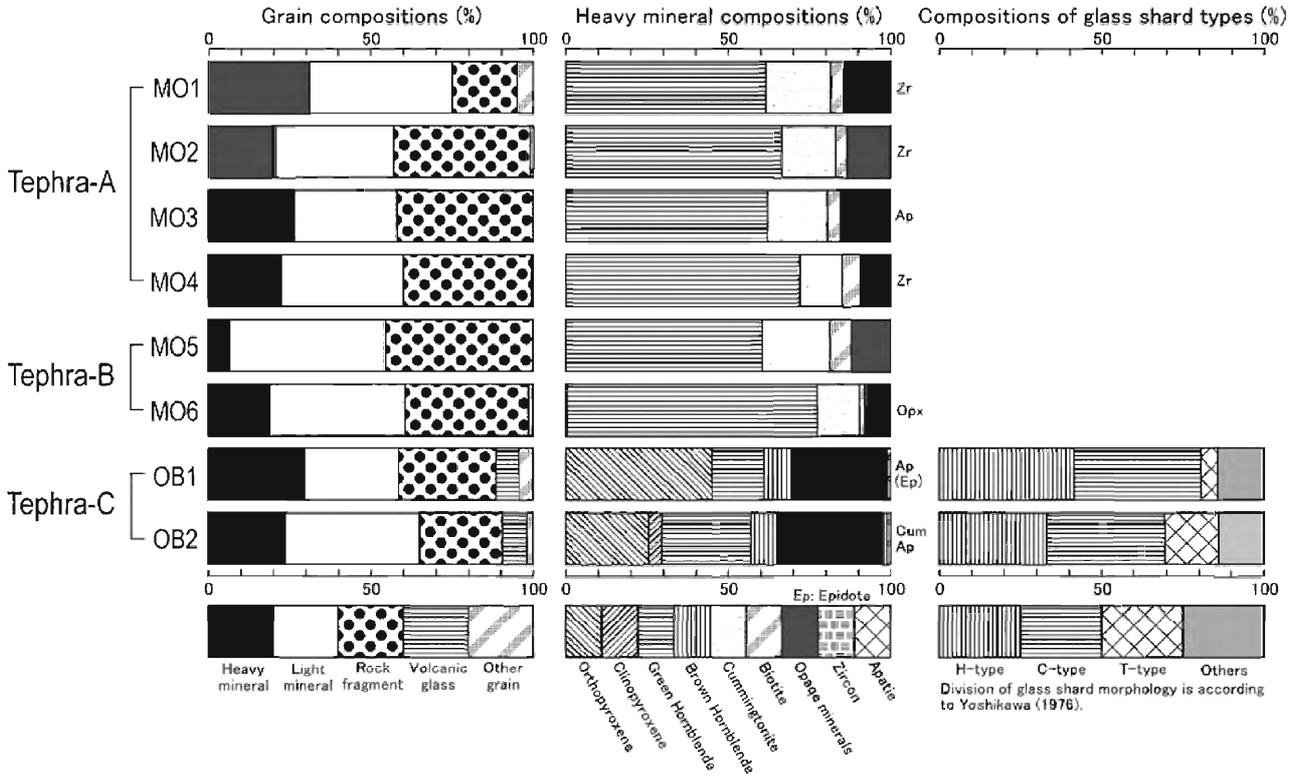


図3 テフラ試料の粒子組成、重鉱物組成、火山ガラスの形状組成
 Fig.3 Grain compositions, compositions of heavy minerals and morphology of volcanic glass shards of the analyzed tephra samples

雲母、極微量の斜方輝石・ジルコン・燐灰石を含む。カミングトン閃石は、各堆積ユニットの下部ほど含有量が少ない傾向がある。緑色普通角閃石は、風化・溶食により両端がギザギザとなったものが多く、屈折率は $n_2=1.667-1.681$ （モードは $n_2=1.673-1.675$ ）の範囲にあり、テフラAの下部ユニットとテフラBに、 $n_2=1.682-1.688$ のより高屈折率の結晶が少量含まれる（図4）。カミングトン閃石の屈折率はいずれも集中が良く $n_2=1.657-1.662$ の範囲にあり、モード $n_2=1.659$ を示す（図4）。

テフラC（試料OB1、OB2）は、ほぼ等量の重鉱物・岩片・軽鉱物と、10%未満の火山ガラス・その他の粒子から構成される（図3）。その他の粒子としては、火山ガラスの風化により生じたと推定される沸石が多い。軽鉱物は斜長石が主で微量の石英を含む。両試料ともに稜が丸くなった高温型石英を極微量含む。重鉱物は、斜方輝石と不透明（鉄）鉱物が主で、少量の緑色と褐色の普通角閃石（緑色種：褐色種の割合は2：1～4：1）と極微量の燐灰石・緑れん石を含む。溶食されて結晶面や稜が丸くなった重鉱物粒子が大部分を占める。火山ガラスは扁平型（Hb型）>Ha型と中間型（Ca型）>Cb型が主である（図3）。

火山ガラスと斜方輝石の屈折率分布は、いずれも頻度

の異なる2つの集団から構成される（図4）。第1集団の火山ガラスは褐色～淡褐色ガラスが大半を占め、屈折率は $n=1.518-1.521$ （モードは $1.519-1.520$ ）でよく集中する。第2集団は外形が磨耗したガラスからなり、第1集団の火山ガラスよりも数は少ない。無色のガラスを主体として淡褐色ガラスを微量含み、屈折率の範囲は $n=1.498-1.505$ 、モードは $n=1.501$ 付近にある。斜方輝石では、第1集団は屈折率 $\gamma=1.711-1.715$ （モードは 1.713 付近）を示し、柱状の自形結晶を少量含む。より低頻度の第2集団は、屈折率の範囲が $\gamma=1.703-1.709$ であり、 $\gamma=1.705$ 付近にモードがある（図4）。第2集団に属する斜方輝石は、溶食されて先端がささくれ立った短柱状や磨耗した破片状の結晶から構成される。

Loc.2においては、テフラC直下の泥炭（3層準）とテフラCの直上・直下の粘土（各5層準）からも試料を採取し、粒子組成や重鉱物組成を確認した。Loc.2Aにおいては、泥炭中には斜長石・石英の軽鉱物が極微量含まれるが、その他の鉱物粒子や火山ガラスは、ほとんど含まれていない。Loc.2Bでは、テフラC直下の粘土中に少量の軽鉱物（斜長石と高温型を含む石英）および重鉱物が含まれる。重鉱物は緑色普通角閃石を主とし、少量の不透明（鉄）鉱物と微量の褐色普通角閃石を伴うが、斜

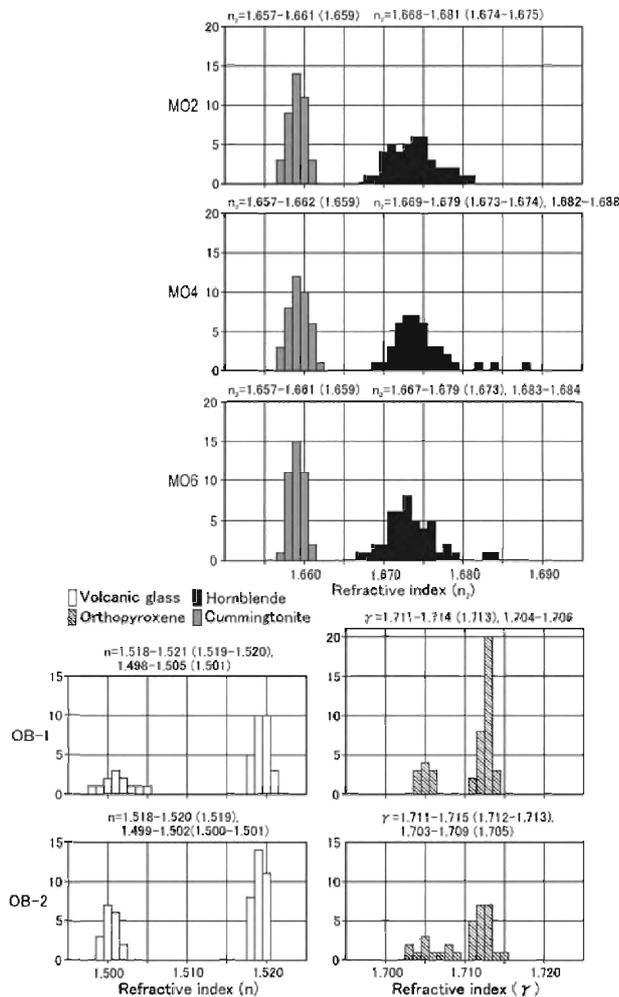


図4 火山ガラス、斜方輝石、緑色普通角閃石、カミングトン閃石の屈折率頻度分布

Fig.4 Distributions of refractive indexes of volcanic glass shards (n) and crystals of orthopyroxene (γ), green hornblende (n_2) and cummingtonite (n_2)

方輝石は全く検出されない。火山ガラスも全く検出されなかった。

考 察

テフラCとテフラA・Bは、段丘面との高度関係からみて近接した層位にあると推定されるが、露頭における両テフラの層序関係は明らかでない。しかし、テフラA・Bが段丘面により近い高度に認められることから、テフラA・Bの下位にテフラCが層位していると考えられる。

Loc. 1におけるテフラAとテフラBを、小滝ほか(2002)は1層のテフラ(物部火山灰)として記載した。両者は水成堆積したテフラであり、それらを隔てる火山灰質細砂～シルトにもテフラB起源の鉱物(普通角閃石やカミングトン閃石、黒雲母など)や軽石粒子が含まれること

から、両テフラ間に大きな時間間隙が存在するとは考えがたい。さらにテフラAとテフラBの層相や岩石記載的特徴が良く一致することから、1層のテフラ(物部火山灰)が水流により数回に分けて運搬・堆積され、テフラ起源の粒子が濃集する2層準(テフラAとテフラB)に分かれた可能性が高いと考えられる。

テフラAとテフラBは、いずれも軽石粒子を含む粗粒～中粒砂サイズの火山灰であり、緑色普通角閃石とカミングトン閃石を主とする重鉱物組成からみて、その給源火山を大山火山と考える(植村, 1988, 1989, 2001; 野村, 1994; 小滝ほか, 2002)のが適切である。両テフラを特徴づける岩石記載の特徴は、重鉱物中に10～20%のカミングトン閃石を含むことである。大山火山灰層のテフラでカミングトン閃石を5%以上含むものは、DOP, hpm1, DMP, および大山上部火山灰層の弥山軽石(MsP: 津久井, 1984)の4層しか知られていない(町田・新井, 1979; 津久井, 1984; 岡田, 1996; 岡田・石賀, 2000; 古澤・梅田, 2002a, b; 加藤ほか, 2004)。MsPは、火山ガラスが残存しており、重鉱物中に30%前後の斜方輝石を含むこと(加藤ほか, 2004など)から、火山ガラスを全く含まず斜方輝石の含有率もわずかなテフラAおよびテフラBには対比できない。

DMP, DOP, hpm1は、重鉱物組成と緑色普通角閃石やカミングトン閃石の屈折率がよく似る(古澤・梅田, 2002b; 加藤ほか, 2004)。テフラAとテフラBでは、少量ではあるが $n_2 > 1.680$ の高屈折率の緑色普通角閃石を含み、カミングトン閃石の屈折率は $n_2 = 1.659-1.660$ に明瞭なピークを示す(図4)。一方、DMPは高屈折率の緑色普通角閃石を含まず、カミングトン閃石の屈折率は $n_2 = 1.657-1.664$ と範囲が大きく、明瞭なピークは認めがたい(古澤・梅田, 2002b)。このためテフラAとテフラBは、DMPには対比できないと考えられる。

DOPとhpm1の岩石記載的特徴は、前者により多くの斜方輝石が認められる点を除くと、酷似している(加藤ほか, 2004)。斜方輝石の含有率が小さいテフラAとテフラBの重鉱物組成は、hpm1のそれと似た特徴を示す(表1)。一方、緑色普通角閃石やカミングトン閃石の屈折率の範囲やモードには、テフラA, テフラB, DOP, hpm1ともに共通の特徴が認められる(表1)。したがって、風化による斜方輝石の含有率の変化が大きい点(岡田, 1996)を考慮すると、テフラAおよびテフラBは、DOPにもhpm1にも対比が可能であると考えられる。さらに詳細な対比は、DOPとhpm1を同一テフラであるとする考え(加藤ほか, 2004)もあり、現時点では判断しがたい。

テフラCは、その層相や岩片の多い粒子組成、外形の磨耗した火山ガラスを含む点、火山ガラスの形状や色調の特徴、および火山ガラス・斜方輝石の屈折率頻度分布

から、2層以上のテフラ起源の粒子が混交した二次的テフラであると考えられる。テフラCの重鉱物組成が斜方輝石と不透明（鉄）鉱物を主とすることから、混交した主要なテフラは、普通角閃石が優占する重鉱物組成を持つ大山火山起源のテフラではない。上述のように、テフラCはDOPないしhpm1に対比可能なテフラA・テフラBの下位で、それらに近接した層位にあると考えられる。

小滝ほか（2002）は、Loc.1近傍で物部火山灰（テフラAおよびテフラBに相当）を記載している。その記載によれば、物部火山灰はテフラC直上のシルトと砂礫の互層中に挟まれていると推察され、テフラCがテフラAおよびテフラBの下位に層位することと矛盾はない。一方、大山火山近傍においてはDOPの下位に斜方輝石角閃石流紋岩質の阿多鳥浜テフラ（Ata-Th：Ui, 1971；町田・新井, 1992）や、両輝石デイサイト質の阿蘇1テフラ（Aso-1：小野ほか, 1977；町田・新井, 1992）が層位する可能性が指摘されている（岡田・石賀, 2000）。したがって、テフラCの主体をなすテフラ粒子の起源テフラは、Ata-ThもしくはAso-1である可能性が高いと予想される。

テフラCの主体をなす火山ガラスは、屈折率の頻度分布（図4）と火山ガラスの形状・色調から、第1集団を

構成するガラスである。第1集団では褐色～淡褐色ガラスが大半を占め、屈折率は $n=1.518-1.521$ （モードは $n=1.519$ 付近）で良く集中する（図4）。こうした特徴はAso-1、とくにAso-1（B）の火山ガラスの特徴（町田・新井, 2003）と良く一致し（表2）、テフラCの主体をなす火山ガラスはAso-1起源であると考えられる。一方、第2集団の火山ガラスは無色の扁平型・中間型を主として淡褐色のガラスを微量含み、屈折率の範囲は $n=1.498-1.505$ （モードは $n=1.501$ 付近）にある。これら低屈折率の火山ガラスは外形が磨耗しており、Aso-1起源の火山ガラスよりも古い降灰年代を持つテフラに由来するものか、より遠地から運搬されて堆積した火山ガラスであると推定される。第2集団に属する磨耗したガラスは、Ata-Thの火山ガラス（ $n=1.498-1.500$ ；町田・新井, 2003）よりも若干高い屈折率を示す。屈折率や形状・色調の類似性からみて（表2）、第2集団に属する火山ガラスは、Aso-1よりも古い広域テフラ、例えば加久藤テフラ（Kkt：町田・新井, 1992）などに由来することが考えられる。

テフラCの斜方輝石では、屈折率 $\gamma=1.711-1.715$ （モードは1.713付近）の第1集団が主体である。Aso-1に含まれる斜方輝石はこれと一致した屈折率を示し（表2）、テ

表1 京都府綾部市物部町における記載テフラおよびそれに対比可能なテフラの岩石記載的特徴

Table1 Petrographic characteristics of the analyzed tephra samples at Monobe Town, Ayabe City, Kyoto Prefecture, and those of correlative tephra layers

Tephra Name	Sample No.	Grain composition (%)							Heavy mineral composition (%)							Opx (γ)	Refractive index (mode)		
		Gl	Rf	Lm	Hm	Ot	Opx	Cpx	Gho	Bho	Cum	Opq	Bt	Zr	Ap		Gho (n_2)	Cum (n_2)	
I. Monobe-cho, Ayabe City, Kyoto Prefecture (Loc. 1 in Fig. 1)																			
Tephra-A, U	MO1	0	25	41	31	3	0	0	62	0	20	14	4	*	0	-	-	-	
	MO2	0	42	36	21	1	0	0	67	0	17	13	4	*	0	-	1.668-1.681 (1.674-1.675)	1.657-1.661 (1.659)	
Tephra-A, L	MO3	0	42	32	26	0	0	0	62	0	19	15	4	0	*	-	-	-	
	MO4	0	40	38	23	*	0	0	72	0	13	9	6	*	0	-	1.669-1.679 (1.673-1.674)	1.657-1.662 (1.659)	
1.682-1.688																			
Tephra-B	MO5	0	46	48	7	0	0	0	61	0	21	12	7	0	0	-	-	-	
	MO6	0	30	54	16	*	1	0	73	0	15	10	2	0	0	-	1.667-1.679 (1.673)	1.657-1.661 (1.659)	
1.683-1.684																			
DOP, U ¹⁾	S14	*	0	55	44	2	16	0	60	0	12	12	*	*	0	1.702-1.706 (1.704)	1.670-1.679 (1.673-1.674)	1.658-1.662 (1.659)	
1.686-1.688																			
DOP, M ¹⁾	S15	0	*	52	46	3	5	0	59	*	8	24	5	0	0	1.702-1.707 (1.704)	1.671-1.679 (1.673), 1.690	1.658-1.662 (1.660)	
DOP, M ¹⁾	S16	0	2	55	43	1	3	0	69	0	6	21	2	0	0	1.702-1.707 (1.705)	1.670-1.679 (1.673), 1.684	1.657-1.662 (1.660)	
DOP, L ¹⁾	S17	0	*	58	38	4	20	0	58	0	7	8	8	0	0	1.702-1.706 (1.704)	1.669-1.681 (1.672-1.673)	1.657-1.662 (1.660)	
1.684-1.686																			
DOP, L ¹⁾	S18	0	0	58	40	3	26	*	55	*	4	11	5	0	0	1.702-1.707 (1.705)	1.669-1.679 (1.674)	1.657-1.662 (1.660)	
1.682-1.684																			
DOP, LL ¹⁾	S19	0	0	66	29	6	12	0	55	0	2	23	9	0	0	1.702-1.707 (1.705)	1.669-1.679 (1.673-1.674)	1.657-1.662 (1.659)	
1.683-1.684																			
hpm1, U ¹⁾	O2	0	0	57	38	6	0	0	75	0	9	13	3	*	0	-	1.669-1.678 (1.672-1.675)	1.658-1.661 (1.659)	
1.681-1.683																			
hpm1, M ¹⁾	O3	0	0	54	46	1	0	0	88	0	9	2	2	0	0	-	1.670-1.679 (1.673), 1.684	1.657-1.661 (1.659)	
hpm1, L ¹⁾	O4	0	2	47	50	2	2	0	84	0	2	12	1	*	0	1.701-1.705 (1.704)	1.671-1.678 (1.673-1.675)	1.657-1.662 (1.659-1.661)	
1.681-1.687																			
DMP ²⁾	Lm > Hm >> Rf, Ot							Gho > Opq >> Cum, Opx > Bt							1.699-1.708 (1.703-1.707)	1.668-1.680 (1.670-1.674)	1.657-1.664 (1.657-1.662)		
(no occurrence of Opx at the lowest part)																			
DMP ³⁾	Gho > cum (Bt, Opx)																	1.670-1.676 (1.673)	1.656-1.664 (1.659)

Gl: volcanic glass shards, Rf: rock fragments, Lm: light minerals, Hm: heavy minerals, Ot: other grains. Opx: orthopyroxene, Cpx: clinopyroxene, Gho: green hornblende, Bho: brown hornblende, Cum: cummingtonite, Opq: opaque minerals, Bt: biotite, Zr: zircon, Ap: apatite, Ep: epidote. Values of compositions are expressed rounding off the fractions to an integral number. * < 1% References are after 1) Katoh et al. (2004), 2) Furusawa and Umeda (2002b), and 3) Machida and Arai (2003).

フラCに含まれる斜方輝石の大半はAso-1起源であるとみられる。より低屈折率 ($\gamma=1.703-1.709$) の斜方輝石は、その屈折率範囲からみて、DOPより下位の大山最下部火山灰層のテフラ (斜方輝石の屈折率範囲が $\gamma=1.700-1.710$ に収まる; 古澤・梅田, 2002a, b; 加藤ほか, 2004) に起源する可能性が高い。Aso-1やKktにほとんど含まれない緑色および褐色の普通角閃石も、大山最下部火山灰層のテフラに由来すると思われる。したがって、テフラCには少量ではあるが、大山最下部火山灰層のテフラに起源する粒子が混交していると考えられる。

以上のことから、物部付近に分布する福知山層上部には、大山火山起源のDOPないしhpm1と、Aso-1を主体としつつも、それにKkt起源の火山ガラスや大山最下部火山灰層のテフラ起源の斜方輝石などが混交した二次堆積のテフラが挟まれていると判断される。Aso-1の噴出年代は約270ka (吉川・井内, 1993; Kuwae *et al.*, 2002) ないし250~270ka (町田・新井, 2003), と推定されている。DOPからは 190 ± 60 kaの、hpm1からは 230 ± 70 kaの、それぞれフィッシュン・トラック年代が得られている (木村ほか, 1999)。一方、テフラC直下の層準からは、Aso-1起源のテフラ粒子は全く検出されなかった。したがって、その下位の堆積物 (福知山層上部) がAso-1降灰以前に堆積し、それより上位の堆積物がAso-1降灰以後で、DOPもしくはhpm1に対比可能なテフラA・テフラB降灰時を含む時代に堆積したことは明らかである。したがって、物部町周辺に分布する福知山層上部の堆積

年代は、約27万年前以前から約19万年前にかけての、MIS 8~MIS 7の時代に渡ると推定される。

おわりに

本報告では、京都市綾部市物部町周辺の福知山層上部に挟まれる3層のテフラについて詳細な岩石記載の特徴を記載し、小滝ほか (2002) の物部火山灰に相当するテフラが大山奥津軽石 (DOP) もしくは大山最下部火山灰 hpm1 軽石 (hpm1) のいずれにも対比可能であること、新たに記載した1層のテフラが、阿蘇1テフラ (Aso-1) を主体とし、それに加久藤テフラ (Kkt) に由来する火山ガラスや、大山最下部火山灰層のテフラに由来する重鉱物粒子が混交した二次堆積テフラであることを明らかにした。これらのテフラ対比から、本地域における福知山層上部の堆積年代は、約27万年前以前から約19万年前に渡ると考えられる。

福知山層に関するこれまでの研究 (福岡・藤田, 1986; 植村, 1988, 1989, 2001; 小滝ほか, 2002など) では、九州地方の火山を起源とする中期更新世の広域テフラは報告されていない。物部火山灰 (小滝ほか, 2002) の直下と推定される層準において、Aso-1を主体とする二次堆積テフラが記載されたことは、物部火山灰とDOPもしくはhpm1との対比や、物部火山灰より下位に挟まれる福知山層のテフラの対比を考える上で重要である。例えば、Aso-1の降灰層準は、福知山層の層相や高位段丘面

表2 京都府綾部市小畑町の記載テフラおよびそれに対比可能なテフラの岩石記載的特徴

Table2 Petrographic characteristics of the analyzed tephra samples at Obata Town, Ayabe City, Kyoto Prefecture, and those of correlative tephra layers

Tephra Name	Sample Grain composition (%)										Heavy mineral composition (%)										Glass shape type				Refractive index (mode)		
	No.	Gl	Rf	Lm	Hm	Ot	Opx	Cpx	Gho	Bho	Cum	Opq	Bt	Zr	Ap	Ep	H	C	T	O	Glass (n)		Opx (γ)	Gho (n_2)			
2. Obata-cho, Ayabe City, Kyoto Prefecture (Loc. 2 in Fig. 1)																											
Tephra-C	OB1	11	4	71	12	2	45	*	16	9	0	30	0	0	*	*	42	38	6	14	1.498-1.505 (1.501)	1.704-1.706	-				
				very few quartz																	brown shards rich	1.518-1.521 (1.519-1.520)	1.711-1.714 (1.713)	-			
	OB2	9	27	47	14	3	26	4	28	8	*	34	*	0	*	0	33	37	16	14	1.499-1.502 (1.500-1.501)	1.703-1.709 (1.705)	-				
				very few quartz																	brown shards rich	1.518-1.520 (1.519)	1.711-1.715 (1.712-1.713)	-			
Aso-1(D) ¹⁾												Opx, Cpx								pm, ob	1.511-1.521	1.710-1.715	-				
Aso-1(C) ¹⁾												Opx, Cpx								pm	1.506-1.512	1.710-1.715	-				
Aso-1(B) ¹⁾												(Opx, Cpx)								pm, ob	1.518-1.522	1.711-1.715	-				
Aso-1(A) ¹⁾												Opx, Cpx								sco-pm	-	1.711-1.715	-				
Aso-1 ²⁾		++					++	+	+								++	+			1.516-1.528 (1.518-1.523)	-	-				
BT-61 ³⁾	100	0	*	*	-	49	9	9	-	-	23	*	0	10	0	48	38	14	*	1.518-1.522 (1.519-1.521)	-	-	-				
Kkt ¹⁾												Opx, Cpx (Gho)								bw (pm)	1.500-1.502	1.718-1.725	-				
BT-70 ³⁾	99	*	1	0	-	9	0	32	-	-	28	31	0	0	0	48	13	3	*	1.500-1.503 (1.501-1.502)	-	-	-				
				no quartz																	few pale brown shards			-			
K1-171 ⁴⁾	98	-	2	*	-	64	18	8	-	-	4	2	0	4	0	77	18	5	0	1.501-1.503 (1.502)	-	-	-				
				no quartz																	few pale brown shards			-			
Ata-Th ¹⁾												Gho, Opx, (Bt)								bw, pm	1.498-1.500	1.714-1.718	1.670-1.674				
BT-58 ³⁾	95	*	4	1	-	11	3	59	-	-	16	10	0	1	0	64	29	7	0	1.497-1.502 (1.500-1.501)	-	-	-				
				very few quartz																				-			

Gl: volcanic glass shards, Rf: rock fragments, Lm: light minerals, Hm: heavy minerals, Ot: other grains, Opx: orthopyroxene, Cpx: clinopyroxene, Gho: green hornblende, Bho: brown hornblende, Cum: cummingtonite, Opq: opaque minerals, Bt: biotite, Zr: zircon, Ap: apatite, Ep: epidote. Glass shard morphology follows Yoshikawa (1976) and is divided into H type, C type, T type and others. Values of compositions are expressed rounding off the fractions to an integral number. * < 1%; ++ abundant, + common, - not identified and unmeasured. References are after 1) Machida and Arai (2003), 2) Yoshikawa and Inouchi (1993), 3) Yoshikawa and Inouchi (1991), and 4) Yoshikawa *et al.* (2000). Glass shard morphology after Machida and Arai (2003) is as follows: pm: pumiceous shards, bw: bubble-wall type shards, sco-pm: scoria pumiceous shards, ob: obsidian glass shards.

との関係からみて、福岡・藤田(1986)が記載したFk-1火山灰より上位に相当する可能性が高く、Fk-1~Fk-3の3層の火山灰が、Aso-1降下以前のテフラであることが示唆される。これは、Fk-1火山灰から 0.4 ± 0.09 Maのフィッシュ・トラック年代が得られていること(石田, 1986)とも整合的である。今後は福岡・藤田(1986)や小滝ほか(2002)が記載した多くのテフラに関して、それぞれの岩石記載の特徴を明らかにし、既知の広域テフラとの対比を検討していくことが必要であろう。

謝 辞

京都大学理学部の岡田篤正教授と竹村恵二教授、仏教文学部の植村善博教授には、福知山層に関していろいろとご教示頂いた。本研究の一部には、平成14・15年度の日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B)、課題番号14380034、代表者:加藤茂弘)を使用した。以上の方々・機関に厚く感謝します。

引用文献

- 福岡敏夫・藤田和夫(1986)福知山盆地の中部更新統。第四紀研究, **24**, 263-281.
- 古澤 明・梅田浩司(2002a)新期大山テフラDNP,DSP,DKPの岩石記載的特徴の再検討。第四紀研究, **41**, 123-129.
- 古澤 明・梅田浩司(2002b)大山最下部および下部火山灰には含まれるテフラの岩石記載的特徴。第四紀研究, **41**, 413-420.
- 石田志朗(1986)5万分の1表層地質図。土地分類基本調査, 福知山・但馬竹田・篠山。京都府, 188p.
- 加藤茂弘・山下 透・檀原 徹(2004)大山テフラの岩石記載的特徴と大山最下部テフラ層中のテフラの対比。第四紀研究, **43**, 435-445.
- 木村純一・岡田昭明・中山勝博・梅田浩司・草野高志・麻原慶憲・館野満美子・檀原 徹(1999)大山および三瓶火山起源テフラのフィッシュ・トラック年代とその火山活動史における意義。第四紀研究, **38**, 145-155.
- 小滝篤夫・古山勝彦・井上陽一(2002)京都北部, 福知山・綾部地域の高位段丘層中の含カミングトン閃石火山灰層と大山最下部火山灰層との対比。地球科学, **56**, 35-48.
- 栗本史雄・牧本 博(1990)福知山地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 97p.
- Kuwae, M., Yoshikawa, S., Inouchi, Y. (2002) A diatom record for the past 400 ka from Lake Biwa in Japan correlates with global paleoclimatic trends. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **183**, 261-274.
- 町田 洋・新井房夫(1979)大山倉吉軽石層—分布の広域性と第四紀編年上の意義。地学雑誌, **88**, 313-330.
- 町田 洋・新井房夫(1992)火山灰アトラス[日本列島とその周辺]。東京大学出版会, 276p.
- 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.
- 水山高幸(1961)造盆地過程の研究—福知山盆地西縁の場合。京都学芸大学紀要, **A18**, 20-35.
- 水山高幸(1964)造盆地過程の研究—綾部盆地の場合。京都学芸大学紀要, **B28**, 19-33.
- 野村亮太郎(1994)水上低地・福知山盆地に分布するテフラと地形学上の問題。兵庫地理, **39**, 62-71.
- 岡田篤正・高橋健一(1969)由良川の大規模な流路変更。地学雑誌, **78**, 19-37.
- 岡田昭明(1996)大山蒜山原軽石(DHP)と大山最下部火山灰hpm2軽石について。島根大学地球資源環境学研究報告, **15**, 53-60.
- 岡田昭明・石賀 敏(2000)大山テフラ。日本地質学会第107年学術大会見学旅行案内書, 81-90.
- 岡田昭明・谷口 恵・木下直美(1990)模式地における大山最下部火山灰層中の強磁性鉱物の熱磁気特性。鳥取大学教育学部研究報告(自然科学), **39**, 143-160.
- 小野晃司・松本征夫・宮久三千年・寺岡易司・神戸信伸(1977)竹田地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 156p.
- 津久井雅志(1984)大山火山の地質。地質学雑誌, **90**, 643-658.
- 植村善博(1988)丹波高地西南部, 三峠断層系の断層変位地形と断層運動。地理学評論, **61A**, 453-468.
- 植村善博(1989)京都北部, 中丹地域の活断層。活断層研究, **6**, 55-63.
- 植村善博(2001)丹波地域の段丘編年と地殻変動。植村善博著「比較変動地形論—プレート境界域の地形と第四紀地殻変動」, 古今書院, 112-129.
- Ui, T. (1971) Genesis of magma and structure of magma chamber of several pyroclastic flows in Japan. *Journal of Faculty Science University Tokyo, Ser. II*, **18**, 53-127.
- 吉川周作(1976)大阪府群の火山灰について。地質学雑誌, **82**, 497-515.
- 吉川周作・井内美郎(1991)琵琶湖高島沖ボーリングコアの火山灰層序。地球科学, **45**, 81-100.
- 吉川周作・井内美郎(1993)琵琶湖高島沖ボーリング火山灰から見た中期更新世~完新世の噴火活動史。地球科学, **47**, 97-109.
- 吉川周作・水野清秀・加藤茂弘・里口保文・宮川ちひろ・衣笠善博・三田村宗樹・中川康一(2000)神戸市東灘1,700mボーリングコアの火山灰層序。第四紀研究, **39**, 505-520.

(2004年8月31日受付)

(2005年10月2日受理)