

大分県竹田市東部における九重火山の降下火砕堆積物および広域テフラ

Pyroclastic fall deposits from Kuju volcano and widespread tephtras in eastern Takeda City of Oita Prefecture, Japan

榊原正幸^{1,2} 中村千怜¹
遠藤晴美³ 高倉清香³

Masayuki Sakakibara^{1,2}, Chisato Nakamura¹,
Harumi Endo³ and Sayaka Takakura³

¹愛媛大学大学院理工学研究科数理物質科学専攻
¹Department of Mathematics, Physics and Earth Sciences,
Graduate School of Science and Engineering, Ehime
University, 2-5 Bunkyo-cho, Matsuyama 790-8577, Japan
²防災情報研究センター
²Center for Disaster Management Information Research,
Regional disaster management system research division,
3 Bunkyo-cho, Matsuyama 790-8577, Japan
³愛媛大学理学部地球科学科
³Department of Earth Science, Faculty of Sciences, Ehime
University, 2-5 Bunkyo-cho, Matsuyama 790-8577, Japan

Abstract

Four volcanoclastic deposits from an outcrop in the eastern Takeda City, Oita prefecture, southwestern Japan, have been investigated. Based on their mineral abundances, morphology and refractive indices of volcanic glass shards, four tephtras correspond to Kuju Daiichi pumice fall (Kj-P1), Aira-Tn tephra (AT), Kikai-Akahoya volcanic ash (K-Ah) and Middle Danbaru scoria fall (DS) in ascending order.

Key words : Takeda City, volcanoclastic deposits, Kj-P1, AT, K-Ah, DS

はじめに

大分県西部に位置する九重火山は、阿蘇火山から北東約15kmに位置し、九州中部の豊肥火山地域の中でも最も新しい火山活動が記録されている火山の一つである。九重火山の中心部には、急峻な溶岩ドーム群、小成層火山および火砕流台地を主体とする火山群とが集合し、地形的高所である「くじゅう連山」を形成している。九重火山は、およそ20万年前から活動を開始し、現在もその活動を継続している(鎌田ほか, 1998)。

最近では、1995年10月11日夕刻に星生山中腹の硫黄山付近から、257年ぶりに火山灰を噴出しはじめ、これに伴って星生山中腹の通称「硫黄山」と呼ばれる付近にほぼ東西にならんだ火口列が形成された(Sudo et al., 1998)。その後、この中のいくつかは噴火後閉塞したが、現在も高温の水蒸気を噴出している。

九重火山の火山活動は、ステージ1からステージ4まで4つのステージに分けられている(鎌田, 1997)。

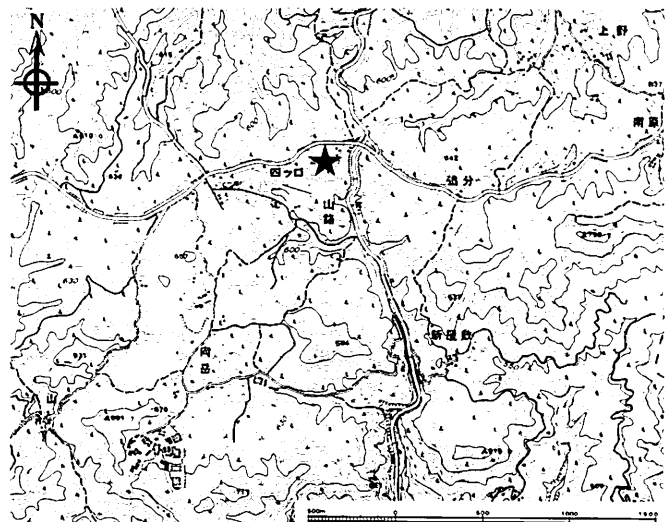


Fig. 1 Locality map of the outcrop in eastern Takeda City, Oita Prefecture. The map is part of the 1:25,000 topographic map "Kuju", published by the Geographical Survey Institute of Japan. ★ : outcrop locality.



Fig. 2 Photographs of the Yotsukuchi outcrop in the Takeda City, Oita Prefecture.

a: photograph of panoramic view of the outcrop, b: a sequence of pyroclastic deposits in the outcrop, c: photograph of fine-grained part of A pumice fall deposit, d: a coarse-grained pumice (about 8 cm in diameter) in A pumice fall deposit, e: C volcanic ash in black soil.



Fig. 3 Columnar section of pyroclastic deposits and soil sequence at the outcrop.

活動は12～14万年前の宮城火砕流堆積物の噴出に始まる。その後、下坂田火砕流堆積物(9～12万年前)、飯田火砕流堆積物(3.5～4万年前)および寒の地獄火砕流堆積物(15,300年前)の大規模火砕流を3回噴出した。このうち、約3.5～4万年前に噴出した飯田火砕流堆積物で飯田高原の火砕流台地を形成した。ステージ3には大船山や平治岳などの溶岩流の流出があった。ステージ4は爆裂型の活動で特徴づけられ、大船山の御池、米窪火口および平治岳の山頂火口などが活動している(小林・池辺, 1985; 太田, 1991; 鎌田, 1991, 1997; 奥野ほか, 1998)。

本研究では、大分県竹田市東部の四ツ口^{よつぐち}における丘陵部を切り取った大露頭の第四系に挟在するテフラの記載岩石学的性質(斑晶鉱物組成、火山ガラスの形状および火山ガラスの屈折率)を明らかにし、それらを既存のデータと比較・検討した。

地質層序

分析試料は、大分県竹田市四ツ口の大露頭(Fig. 1および2a: N33-2' 18", E131-21' 20")から採取した。この大露頭は、この地点に広がる丘陵部の一部を農業用土壌採取によって削り取られて作られたものである。この地点の地質層序をFig. 3に示す。この露頭は、下位から、A降下軽石堆積物が2m以上、

火山灰質褐色土壌(ローム層)が約2.5m、黒褐色土壌(腐植土)が約80cm、B火山灰層に富む褐色土壌が約20cm、火山灰質褐色土壌(ローム層)が約1.3m、黒色土壌(腐植土)が約70cm、C火山灰層が約15cm、10cm程度の黒色土壌(腐植土)を挟んで、D降下スコリア堆積物が約10cm、黒色土壌(腐植土)が約0.7mによって構成される。

テフラの産状

1. A降下軽石堆積物

A降下軽石堆積物は淡黄桃色もしくは帯褐黄色の粗粒な降下軽石堆積物である(Fig. 2c)。軽石は淡黄色～灰白色もしくは淡青灰色を呈し、その長径は最大で10cmに達する(Fig. 2d)。これらの軽石は扁平化しておらず、発泡度は多様である。また、基質の結晶片として、斜方輝石・単斜輝石・斜長石・鉄鉱物を含む。

2. B火山灰層

B火山灰層は火山灰の純層ではなく、黒褐色土壌中に径5mm以下の白色軽石および細粒火山ガラスが上下位の土壌よりも相対的に濃集するように散在している。B火山灰層と上下位の黒褐色層との境界は明瞭でない。

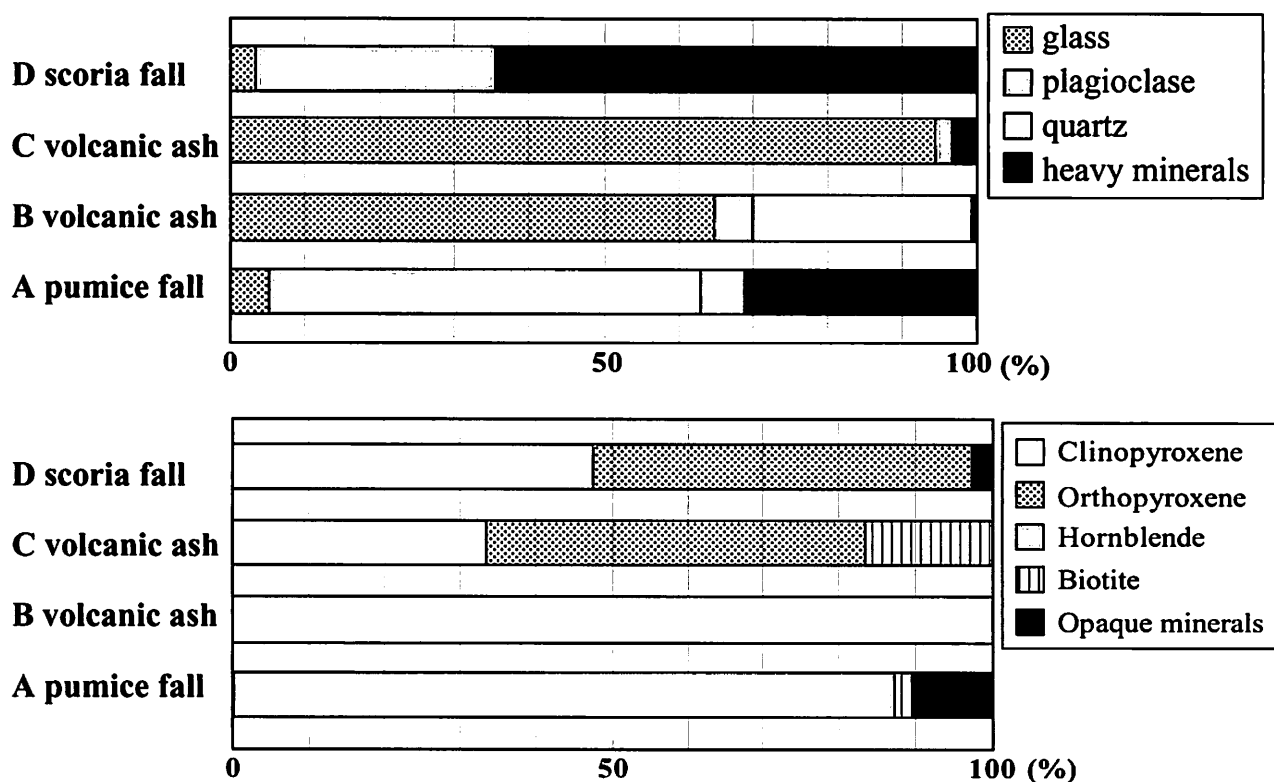


Fig. 4 Mineral compositions of A pumice fall deposit, B volcanic ash, C volcanic ash and D scoria fall deposit from the outcrop.

3. C 火山灰層

C 火山灰層は帯褐色の降下火山灰濃集層からなる。C 火山灰層の上下の黒色土壌との境界は明瞭である (Fig. 2c)。

4. D 降下スコリア堆積物

D 降下スコリア堆積物は、細粒スコリア (最大粒径 2mm)、バブルウォール型ガラスおよび斜長石、単斜輝石ならびに斜方輝石などの斑晶を主とする細粒のスコリア質火山灰である。それはC火山灰層の上位に土壌を挟んで整合的に重なる。D降下スコリア堆積物は植物などの生物擾乱によって乱され、レンズ状の形態を示す。上下位の土壌との境界はC火山灰層ほど明瞭ではない。

分 析 方 法

1. 試料の処理方法

採取した各テフラ試料は、黒雲母を破損しないように、テロン製メッシュ#250を用いて、水流下で篩い分けながら、細粒分を除去した。その後、再度テロ

ン製メッシュを用いて、粒径 1/8 ~ 1/16mm および 1 ~ 1/2mm の粒子を選別した。それらを超音波洗浄によって付着した粘土分を除去し、50℃で約6時間乾燥した。前者の粒度試料 (1/8 ~ 1/16mm) は鉱物・ガラス量比、ガラス片の形態分類および屈折率測定に、後者のそれ (1 ~ 1/2mm) はガラスの発泡状態を観察するのに使用した。

2. 偏光顕微鏡による観察

(1) ガラスおよび斑晶鉱物

洗浄・乾燥した粒径 1/8 ~ 1/16mm の試料を四分法で約 200 粒子選出し、実体顕微鏡および偏光顕微鏡で、斑晶鉱物およびガラスの量比を求めた。この粒度において同定された重鉱物は、斜方輝石・単斜輝石・普通角閃石・黒雲母・不透明鉱物の 5 種類である。

各テフラの火山ガラスの形状は、吉川 (1976) に基づき、1/8 ~ 1/16mm の粒度の火山ガラスを扁平型 (H 型)、中間型 (C 型)、多孔質型 (T 型)、その他 (O 型) に区分して記録した。

(2) 屈折率測定

火山ガラスの屈折率測定には、浸液の温度を直接測定して屈折率を求める温度変化型測定装置“MAIOT”（古澤，1995）を使用した。測定精度は±0.0001程度である。屈折率測定には、1/8～1/16mmのガラス片を使用した。測定個数は30個とした。

分析結果

1. A 降下軽石堆積物

A降下軽石堆積物は粗粒な軽石を主体とするテフラで、基質の火山灰は斜長石に最も富み、次いで重鉱物が卓越する（Fig. 4）。軽鉱物として、石英も少量含む。重鉱物は普通角閃石を主とし、少量の不透明鉱物および黒雲母によって特徴づけられる（Fig. 4）。

火山ガラスの形態は、中間型（Ca, Cb）が最も多く、次いで扁平型（Ha, Hb）が卓越する（Fig. 5）。多孔質型（Ta）のガラスも少量含まれる。粗粒な試料（1～1/2mm）で観察すると、発泡が著しい（Fig. 6a）。また、火山ガラスの色は全体に淡褐色のものが卓越する。火山ガラスの屈折率の値は、1.5005～1.5056の範囲に分散している。分布の最頻値は、1.532～1.5048付近にある（Fig. 7）。

2. B 火山灰層

B火山灰層は火山ガラスを主体とするガラス質テフラで、軽鉱物として斜長石および石英を含む。本露頭のB火山灰層からはほとんど重鉱物は見出されなかった（Fig. 4）。

火山ガラスの形態は、中間型（Ca, Cb）が最も多く、次いで多孔質型（Ta, Tb）および扁平型（Ha, Hb）

が卓越する（Fig. 5）。粗粒な試料（1～1/2mm）で観察すると、ガラス中の発泡は著しく引き伸ばされている（Fig. 6b）。また、火山ガラスの色は無色である。火山ガラスの屈折率の値は、1.475～1.5006の範囲に集中している。分布の最頻値は、1.480～1.4994付近にある（Fig. 7）。

3. C 火山灰層

C火山灰層はガラス量が90%を超えるガラス質テフラで、重鉱物として少量の単斜輝石、斜方輝石および黒雲母を含む。軽鉱物として、斜長石を少量含む（Fig. 4）。

火山ガラスの形態は、扁平型（Ha, Hb）が最も多く、次いで扁平（Ca, Cb）が卓越する（Fig. 5および6c）。また、火山ガラスは褐色のものを含む。火山ガラスの屈折率の値は、1.5018～1.5125の範囲に分散している。分布の最頻値は、1.5099～1.5119付近にある（Fig. 7）。

4. D降下スコリア堆積物

D降下スコリア堆積物は黒色細粒スコリア（最大粒径2mm）によって特徴づけられるスコリア質火山灰である。スコリアは斜長石および単斜輝石などの細粒斑晶を含む。D降下スコリア堆積物中の斑晶は斜長石および重鉱物に富む。重鉱物は単斜輝石および斜方輝石が卓越し、少量の不透明鉱物を含む（Fig. 4）。

火山ガラスの形態は、扁平（Ha, Hb）が最も多く、次いで中間型（Ca, Cb）が卓越する（Fig. 5）。また、火山ガラスは無色～淡褐色を呈する（Fig. 6d）。火山ガラスの屈折率の値は、1.5263～1.5322の範囲を示

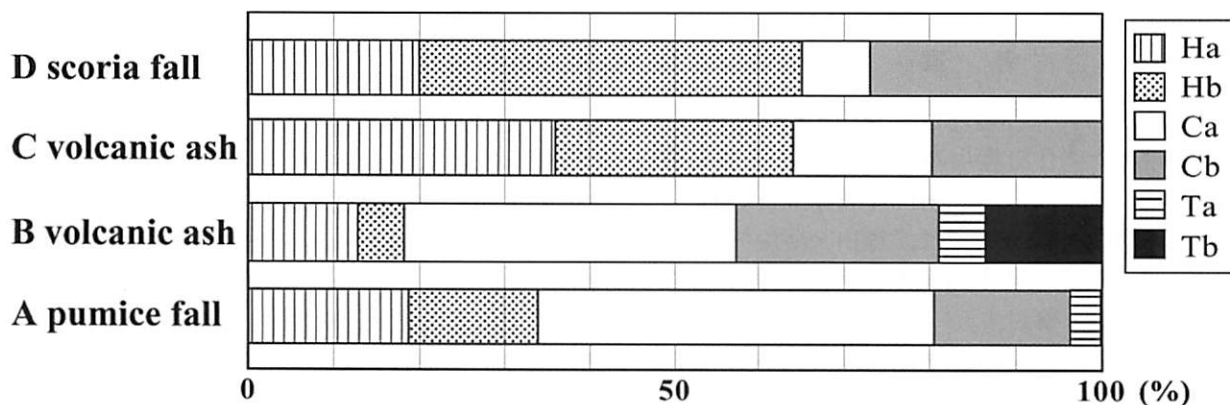


Fig. 5 Photomicrographs of volcanic glass from the tephra. a: A pumice fall deposit, b: B volcanic ash, c: C volcanic ash, and d: D scoria fall deposit. Scale bar is 0.2 mm.

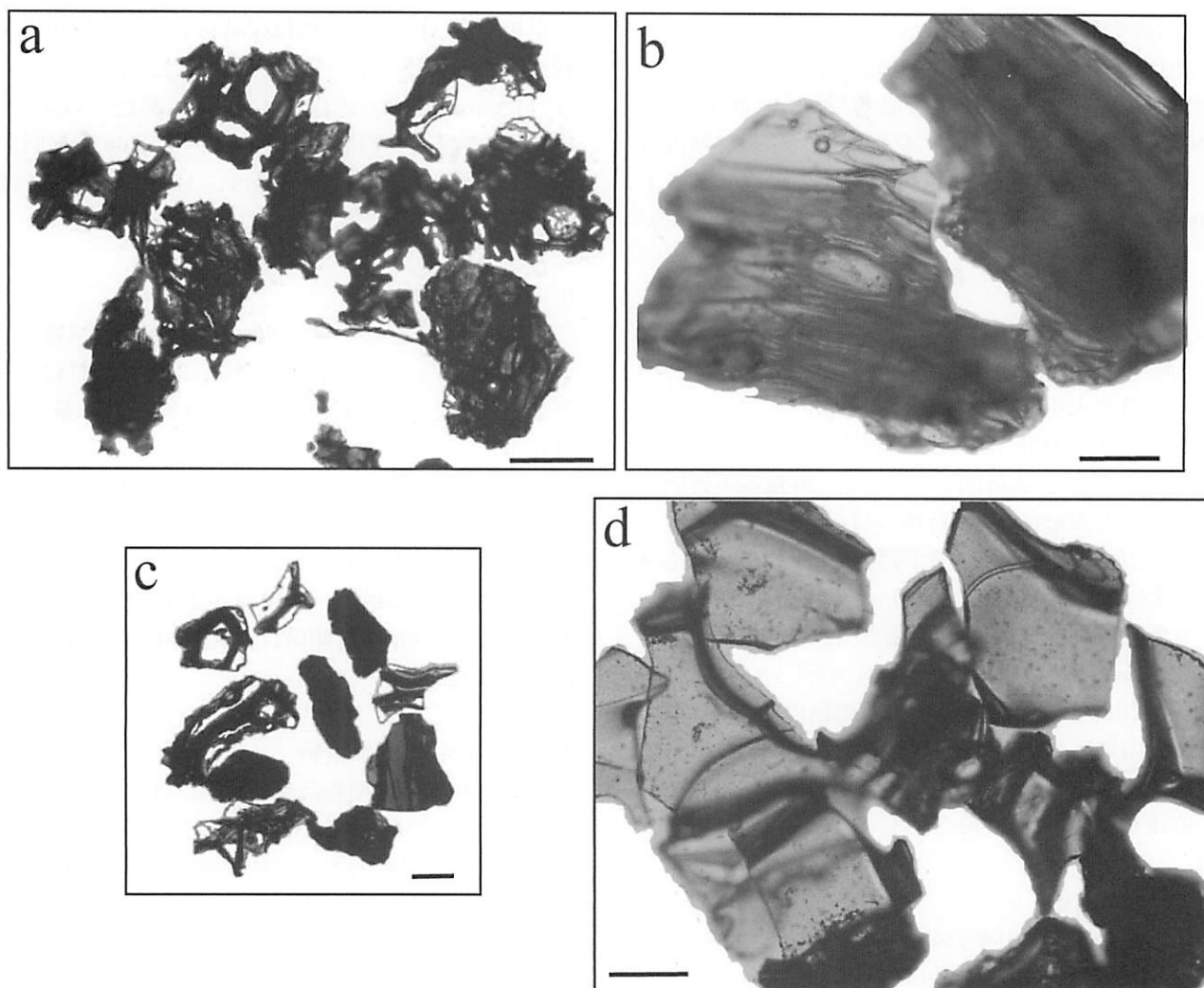


Fig. 6 Glass shapes of each tephra.

a: A pumice fall deposit, b: B volcanic ash, c: C volcanic ash, and d: D scoria fall deposit

す (Fig. 7).

考 察

本露頭におけるテフラ層序は、鎌田・星住 (1996) によって示された久住町境川の露頭柱状図と各層の特徴、各テフラの特徴および相対的な層厚が良く対応している。したがって、以下では、鎌田・星住 (1996) によって示されたテフラと本露頭の各テフラの記載岩石学的特徴を比較・検討する。

最下部のA降下軽石堆積物は、普通角閃石を含む粗粒な軽石によって主に構成されることから、鎌田・星住 (1996) の九重第1降下軽石 (Kj-P1) に対比されると考えられる。A降下軽石堆積物中の火山ガラスの

屈折率の範囲は、町田・新井 (2003) によるKj-P1のそれと良く一致している。Kj-P1は九重火山から噴出した飯田火砕流堆積物に随伴する降下軽石堆積物である。近年、多数の年代値 (30 ~ 79 ka) が出されている (松本ほか, 1970; 大村ほか, 1988; 町田, 1980; 太田, 1991; 奥野ほか, 1998; 鎌田ほか, 1998) が、最近では、飯田火砕流堆積物およびKj-P1の噴出年代は、35 ~ 40 kaという年代が採用されること多い。年代に関しては、次に述べる始良Tnテフラ(AT)との層序的關係も矛盾しない。

B火山灰層は、径3mm以下の極めて発泡の良い白色軽石によって特徴づけられる (Fig. 6b)。また、その火山ガラスの屈折率は1.497 ~ 1.500の範囲に集中

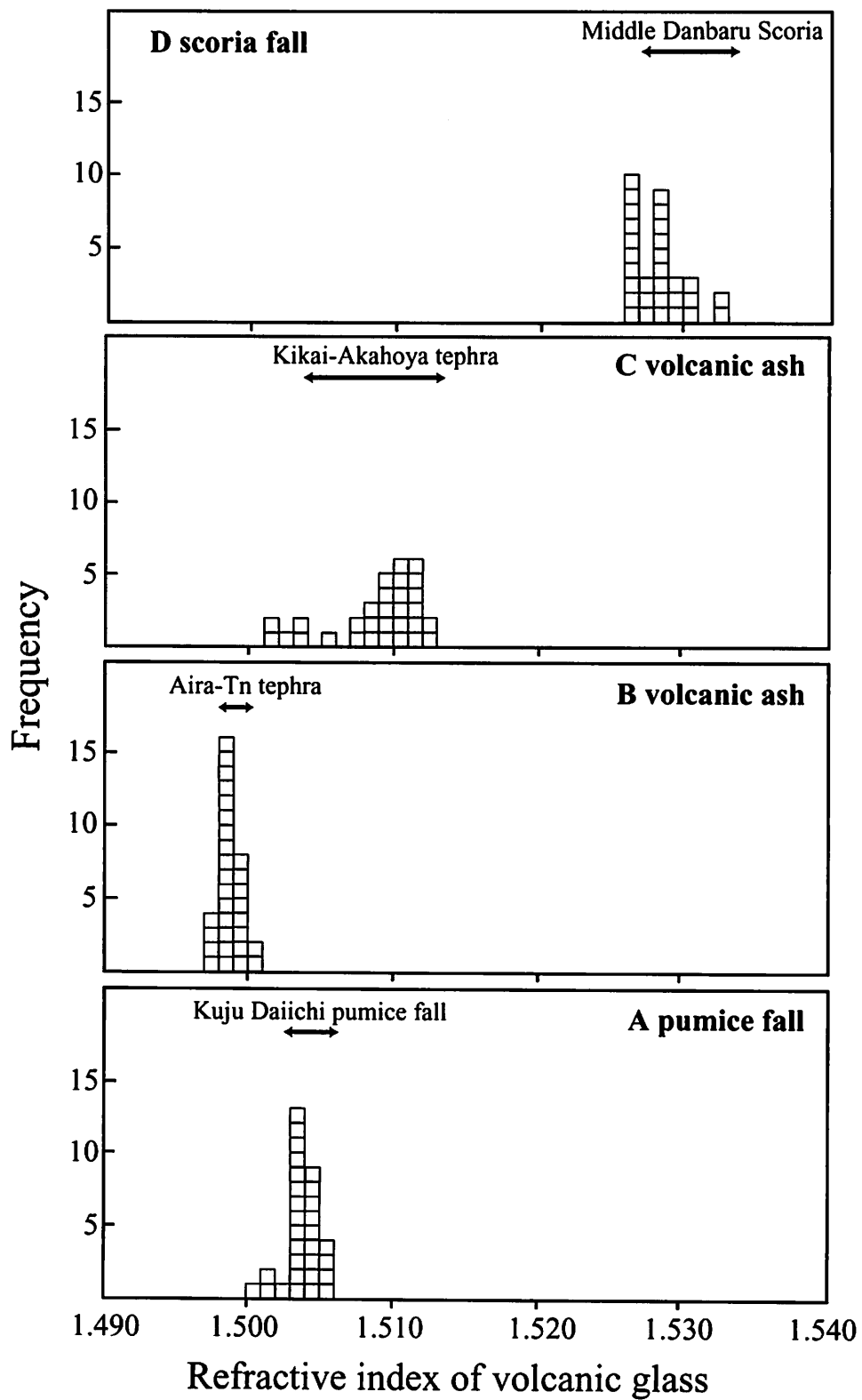


Fig. 7 Histograms of refractive indices of volcanic glass from each tephra. Bar with arrow shows the ranges of reference values of refractive index for each tephra. The data is taken from Furusawa and Umeda (2000), and Machida and Arai (2003).

する (Fig. 7). 一方, 阿蘇・九重周辺の AT は, 発泡の良い白色軽石および細粒のガラスフレークによって特徴づけられ (鎌田, 1997), 屈折率は 1.498 ~ 1.500 に集中する (町田・新井, 2003). したがって, この火山灰は始良 Tn テフラ (AT) (約 24 ka; 鎌田, 1997) であると結論される.

C 火山灰層は淡褐色バブルウォール型火山ガラスによって特徴づけられる. また, 火山ガラスの屈折率は 1.5018 ~ 1.5125 で (Fig. 7), 単斜輝石ならびに斜方輝石を主とする斑晶組み合わせを有する (Fig. 4). 以上の記載岩石学的特徴から判断すると, C 火山灰層は鬼界アカホヤ (K-Ah) テフラ (町田・新井, 2003) であると推定される. ただし, 斑晶として少量の黒雲母を含むという点で異なっている. この黒雲母斑晶の起源は不明である. K-Ah は南九州の鬼界カルデラから噴出した幸屋火砕流の co-ignimbrite ash で, 九州・四国地方から東北日本までを広く覆っている (町田・新井, 2003). 噴出年代は, 福井県水月湖の湖底堆積物のコア試料の年縞計測によって 7280 cal kyr BP と推定されている (福澤, 1995). 一般に, 透明~淡褐色のバブル型ガラスが特徴的であるとされている.

D 降下スコリア堆積物は黒色細粒スコリアによって特徴づけられるスコリア質火山灰で, 斑晶は斜長石, 単斜輝石および斜方輝石を主とする. また, 火山ガラスの屈折率の値は 1.5263 ~ 1.5322 の範囲を示す (Fig. 7). これらの記載岩石学的特徴は, 段原降下スコリア (DS) の中部層のそれ (古澤・梅田, 2000) に類似している. 段原降下スコリア (DS) は九重火山の段原火口から段原溶岩を伴って噴出したテフラで, その噴出年代は約 4,000 年前とされている (鎌田, 1997).

ま と め

本論文では, 大分県竹田市東部の四ツ口の大露頭から採取した 4 層のテフラ (A 降下軽石堆積物, B 火山灰層, C 火山灰層および D 降下スコリア堆積物) を採取し, 記載岩石学的に検討した. その結果, それらは下位から, A 降下軽石堆積物が九重第 1 降下軽石 (Kj-P1) に, B 火山灰層が始良 Tn テフラ (AT) に, C 火山灰層が鬼界アカホヤ (K-Ah) テフラに, そして D 降下スコリア堆積物が中部段原降下スコリア (DS) に対比される.

謝 辞

火山ガラスの屈折率測定の際に, 榑古澤地質所有の温度変化型測定装置“MAIOT”を使用した. 本論

文の作成には, 城前恭子氏のお世話になった. 以上の方々に心から謝意を表する.

文 献

- 福澤仁之, 1995, 天然の「時計」・「環境変動検出計」としての湖沼の年縞堆積物. 第四紀研究, 34, 135 - 149.
- 古澤 明, 1995, 火山ガラスの屈折率測定・形態分類とその統計的な解析. 地質雑, 101, 123 - 133.
- 古澤 明・梅田浩司, 2000, 別府湾コアにおける最近 7000 年間の火山灰層序—ピストンコア中の火山灰と阿蘇, 九重火山のテフラとの対比—. 地質雑, 106, 31-49.
- 鎌田浩毅, 1991, テフラの¹⁴C年代により明らかにされた九重火山の噴火史. 日本火山学会講演予稿集, 1991-No.2, 71.
- 鎌田浩毅, 1997, 宮原地域の地質. 地域地質研究報告書 (5万分の1地質図幅). 地質調査所, 127p.
- 鎌田浩毅・壇原 徹・伊藤順一・星住英夫・川辺禎久, 1998, 九重火山起源の宮城・下坂田・飯田火砕流堆積物のジルコンのフィッショントラック年代. 火山, 43, 69 - 73.
- 鎌田浩毅・星住英夫, 1996, 九重火山起源の降下火山灰と広域テフラ. 第四紀露頭集—日本のテフラ, 299.
- 小林哲夫・池辺浩司, 1985, 九重火山東部の地質 (演旨). 火山, 30, 310.
- 町田 洋, 1980, 岩戸遺跡のテフラ (火山灰). 「大分県岩戸遺跡」—大分県清川村岩戸における後期旧石器文化の研究, 広雅堂書店, 443-453.
- 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.
- 松本徳夫・林 正雄・山崎達雄, 1970, 九重火山飯田軽石流の¹⁴C年代. 地球科学, 24, 190-191.
- 奥野 充・中村俊夫・鎌田浩毅・小野晃司・星住英夫, 1998, 九重火山, 飯田火砕流堆積物の加速器¹⁴C年代. 火山, 43, 75-79.
- 大村明雄・河合貞行・玉生志郎, 1988, ²³⁸U - ²³⁰Th 放射非平衡系による火山噴出物の年代測定. 地調月報, 39, 559-572.
- 太田岳洋, 1991, 九重火山群, 東部及び中部域の形成史. 岩鉱, 86, 243-263.
- Sudo, Y., Ono, H., Hurst, A.W., Tsutsui, T., Mori, T., Nakaboh, M., Matsumoto, Y., Sako, M., Yoshikawa, S., Tanaka, M., Kobayashi, Y., Hashimoto, T., Hoka,

- T., Yamada, T., Masuda, H. and Kikuchi, S., 1998, Seismic activity and ground deformation associated with 1995 phreatic eruption of Kuju Volcano, Kyushu, Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **81**, 245-267.
- 吉川周作, 1976, 大阪層群の火山灰層について. *地質学雑誌*, **82**, 497-515.