

兵庫県北西部・鉢伏山周辺地域の第四紀後期テフラ層序 —大山火山起源のテフラを中心として—

加藤 茂弘¹⁾・大森 繁雄²⁾・松田 高明^{3)†}・山下 透⁴⁾・
檀原 徹⁴⁾・先山 徹^{1)*}・半田 久美子¹⁾・佐藤 裕司^{1)*}・
古谷 裕^{1)*}・小林 文夫^{1)*}

Late Quaternary Tephrostratigraphy around Mt. Hachibuse in Northwestern Hyogo Prefecture, with Special Reference to Tephra Layers from Daisen Volcano

Shigehiro KATO¹⁾, Shigeo OHMORI²⁾, Takaaki MATSUDA^{3)†}, Tohru YAMASHITA⁴⁾,
Tohru DANHARA⁴⁾, Tohru SAKIYAMA^{1)*}, Kumiko HANDA¹⁾, Hiroshi SATO^{1)*},
Hiroshi FURUTANI^{1)*}, and Fumio KOBAYASHI^{1)*}

Abstract

Late Quaternary tephrostratigraphy was studied at 10 localities around Mt. Hachibuse in the northwestern part of Hyogo Prefecture. Stratigraphic and lithological descriptions at these localities, and petrological analyses were carried out for 21 Pleistocene to Holocene tephra layers. Based on these data, we have identified several previously known marker tephra layers from volcanoes in Kyushu and Daisen Volcano in the San-in District. They are the Kikai-Akahoya Ash (K-Ah), Aira-Tanzawa Ash (AT), Daisen Sekigane Pumice (DSP), Daisen Namatake Pumice (DNP), and Ata Ash (Ata), in descending stratigraphic order. Immediately above the AT tephra, there are two air-fall tephra layers derived from Daisen Volcano. These tephra layers can be correlated with the Daisen Higashi-Daisen Pumice (DHg) and the Daisen Sasaganaru Ash (DSs). Below the DSP, we found two pumice layers containing small amounts of cummingtonite phenocrysts. They are probably identical with the Daisen Okutsu Pumice (DOP) and/or the hpm2 tephra layer in the lowermost part of the Daisen Volcanic Ash Group.

Key words : tephra, Late Quaternary, correlation, Daisen Volcano, Mt. Hachibuse, Hyogo Prefecture.

はじめに

中国地方北部に位置する大山火山では、その近傍において多数のテフラが知られ、その層序が明らかにされてきた（佐治ほか、1975；町田・新井、1979；津久井、1984；岡田ほか、1990など）。これら大山火山起源のテ

フラのいくつかは、広域に分布することが指摘されている。例えば、町田・新井（1979）は、大山倉吉軽石（DKP）、大山関金軽石（DSP）、大山生竹軽石（DNP）が、近畿地方北部以東まで広く分布することを示した。兵庫県東部の氷上低地や篠山盆地（野村・田中、1986、1992；野村、1994）においては、大山弥山軽石（DMs：町田・

¹⁾ 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境評価研究部 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Division of Natural History, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, 669-1546 Japan

²⁾ 姫路工業大学理学部 Faculty of Science, Himeji Institute of Technology; Shosha, Himeji, 671-0022 Japan

³⁾ 熊本大学理学部地球科学科 Department of Earth Sciences, Kumamoto University. †故人 deceased

⁴⁾ 株式会社 京都フィッション・トラック Kyoto Fission-Track Co. Ltd; Minamitajiri 44-4, Ohmiya, Kita, Kyoto, 603-8832 Japan

*兼任：姫路工業大学自然・環境科学研究所 〒669-1546 三田市弥生が丘6丁目 Institute of Natural and Environmental Sciences, HIT; Yayoigaoka 6, Sanda, 669-1546 Japan

新井, 1979) に対比されるテフラが見い出され, DMs が近畿地方に分布することが示唆された. さらに, 琵琶湖湖底や福井県・三方低地からは, 大山笹ヶ平火山灰 (DSs: 津久井, 1984) や大山東大山軽石 (DHg: 津久井, 1984) に対比されるテフラが発見されている (町田ほか, 1991; 吉川・井内, 1991; 竹村ほか, 1994など). 近年では, 大山火山起源のテフラと九州地方の火山や中国地方北西部の三瓶火山を給源とする広域テフラとの層位関係も明らかにされ (津久井・棚山, 1981; 荒井, 1984など), 近畿・北陸地方における年代指標層として, 大山火山起源のテフラの重要性は高まりつつある.

兵庫県北西部 (図1) は, 近畿地方とその周辺地域に分布する主要テフラの大半が記載された琵琶湖や三方低地と大山火山との中間に位置し, 九州地方の火山起源の広域テフラに加えて, 大山火山起源のテフラが分布することが期待できる地域である. 本地域には, 鉢伏山, 氷ノ山, 扇ノ山などの火山が分布し, 山地斜面には大規模な崩壊・地滑り地形が数多くみられる. これらの火山斜面には湿原も数多く発達し, その中には鉢伏山北東の大沼湿原のように, 起源が少なくとも後期更新世までさかのぼる古い湿原も知られている (Miyoshi and Yano, 1986). したがって, 本地域におけるテフラ層序を明らかにすることで, 崩壊・地滑り地形の形成史を解明したり, 湿原堆積物の分析から古環境変遷史を明らかにしようとする研究に, 年代学的な枠組みを提供できると考えられる.

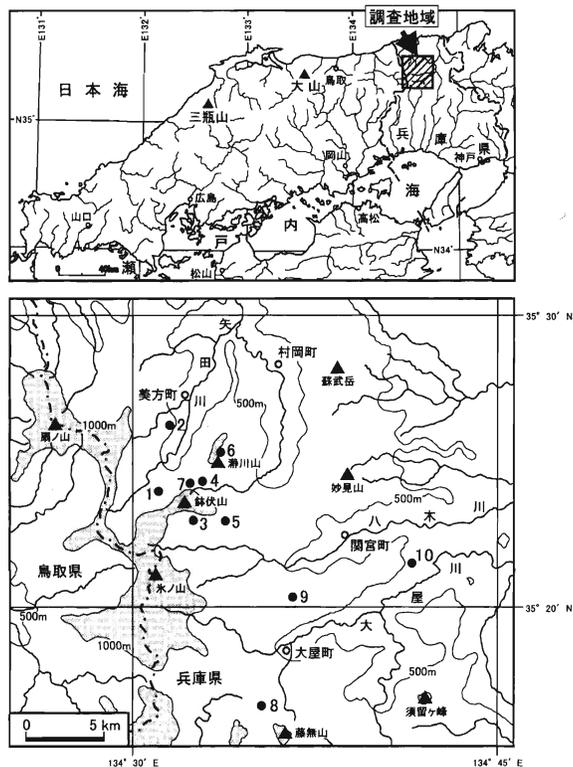


図1 調査地域と記載した第四紀テフラ露頭の位置

ところが, 当地域は山地が大半を占め, テフラが保存されやすい丘陵や河岸段丘などの比較的平坦な地形の発達が悪いことから, これまでにテフラ層序の研究がなされていない. こうした山地域にあって, 鉢伏山周辺地域 (図1) には後期鮮新世~中期更新世に噴出した溶岩流台地 (Furuyama et al., 1993; 先山ほか, 1995) が残存し, 第四紀のテフラが保存されやすい平坦面や窪地を提供している. これらの溶岩流台地周辺には地滑り・崩壊地が多数分布し, 地滑りブロック背後の凹地や崩壊土砂の平坦な堆積面は, 溶岩流台地上の平坦面や窪地と並び, テフラの保存に好適な場所となっている. したがって, 本地域に九州の火山起源の広域テフラや大山火山起源のテフラが保存されている可能性は高いと予想される.

本研究では, 上記のような地点を中心にテフラの調査を行い, そこで発見された多くのテフラの産状と層位, および岩石記載の特徴を記載する. そして, これらのテフラと九州起源の広域テフラおよび大山火山起源のテフラとの対比を検討し, 鉢伏山周辺地域におけるテフラ層序を明らかにする.

テフラの記載

1. テフラの産状と層位

鉢伏山周辺の10地点 (図1) におけるテフラ柱状図を図2に示す. 以下では, 各テフラの産状と層位などを記載する.

Loc.1 (美方町備) は, 備火山から約87万年前に噴出した溶岩 (先山ほか, 1995)の堆積面上に位置する. ここでは, 備火山から噴出したスコリアを整合に覆う褐色火山灰土に黄色風化軽石 (T-1) が挟在する. T-1は粒径1~5mmの淘汰の良い軽石と岩片から構成され, 径1mm以下の黒雲母と普通角閃石の結晶が散在する. T-1の上位には赤色土が発達し, その上位に不整合に堆積する黄褐色火山灰土の下部に, 灰黄褐色の中粒~細粒火山灰 (T-2) が挟在する. 表層はクロボク土である.

Loc.2 (美方町貫田) では地滑りの滑落崖を覆う崖錐堆積物上に暗褐色火山灰土 (埋没土) が整合に堆積し, さらに埋没土を不整合に覆って黄褐色火山灰土とクロボク土が累重する. 黄褐色火山灰土の下部には黄褐色細粒火山灰 (T-3) が挟在し, クロボク土の下限から10~20cm上位には明褐色細粒火山灰 (T-4) がパッチ状に挟在する.

Loc.3 (関宮町鉢伏高原スキー場) は, 鉢伏山南面に広がる大規模な地滑り地内に位置する. ここでは, 垂角礫~垂円礫, 砂, 泥炭質のシルト~粘土, シルト, および軽石・スコリアの二次堆積物からなる互層の中部に, 黄褐色の中粒~細粒火山灰 (T-5) と灰褐色細粒軽石 (T-

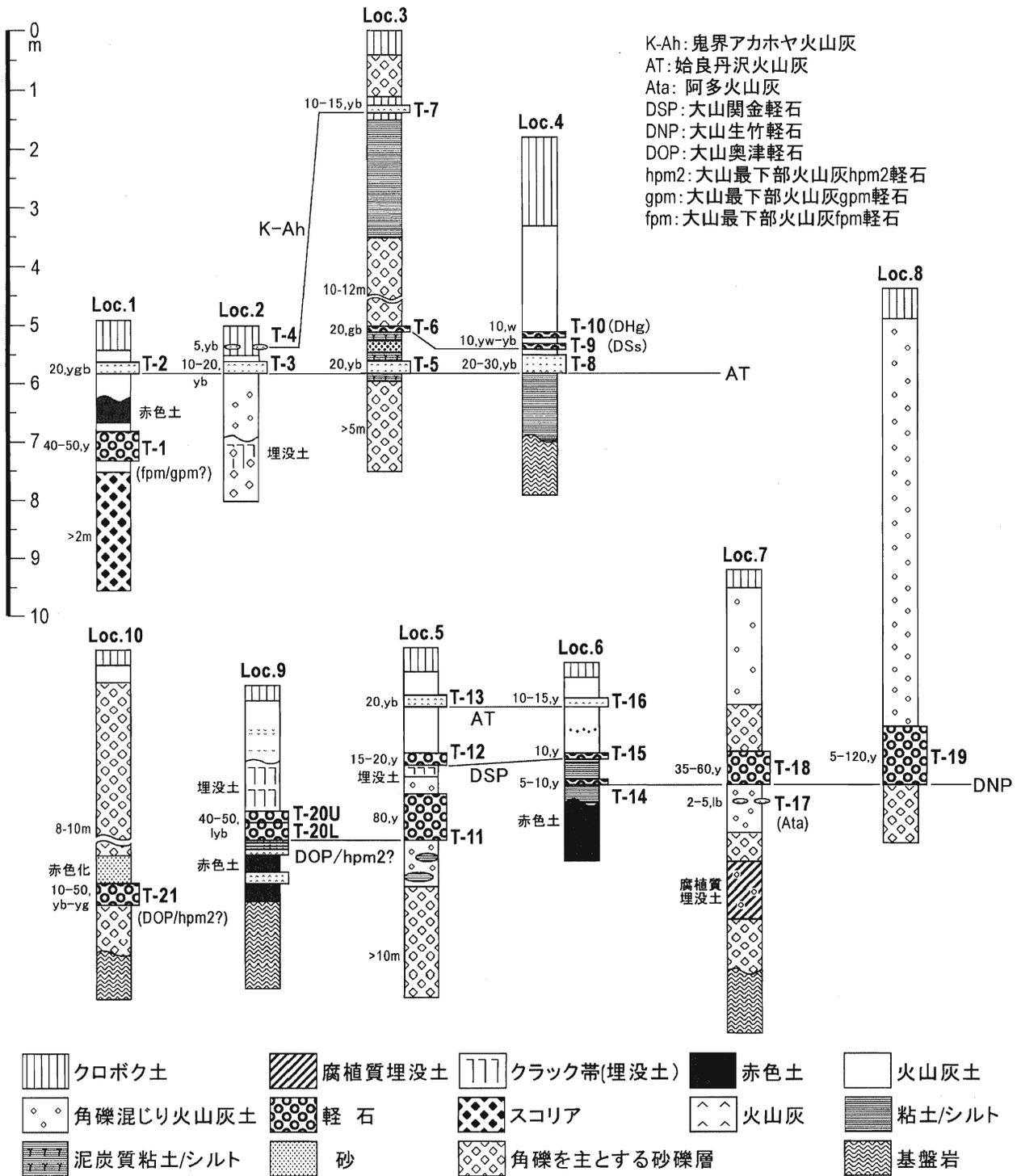


図2 調査地点におけるテフラ柱状図

露頭の位置は図1を参照。柱状図左には、記載テフラの層厚(単位はcm)と色調(y:黄色, yb:黄褐色, yg:黄灰色, ygb:黄灰褐色, gb:灰褐色, lb:明褐色, lyb:明黄褐色, w:白色, yw:黄白色)を記した。

6) が、下位より順に挟在する。T-6は粒径1mm以下の淘汰の良い未風化軽石と岩片から構成され、同粒径の黒雲母結晶が少量散在する。互層の上位には亜角礫～亜円礫が挟在するクロボク土が累重し、クロボク土の下限から約10cm上位に黄褐色細粒火山灰(T-7)が挟在する。

Loc.4(村岡町八チ北高原)は、地滑りブロックの緩

斜面上に位置する。ここでは、表層のクロボク土直下の黄褐色火山灰土に、黄褐色の中粒～細粒火山灰(T-8)、黄白色～黄褐色の細粒軽石(T-9)、白色細粒軽石(T-10)が、下位より順に挟在する。T-9とT-10は、いずれも粒径1mm以下の淘汰の良い未風化軽石と岩片から構成され、同粒径の黒雲母結晶が少量散在する。

Loc.5 (関宮町別宮) では、厚さ10m以上の崩壊堆積物を整合に覆い、粘土のレンズを挟む角礫混じり火山灰土の中部に、黄色風化軽石 (T-11) が挟在する。T-11は粒径1~10mmの軽石と岩片から構成され、径1~2mmの普通角閃石と黒雲母の結晶が散在する。T-11は層厚が80cmと厚く、分析用試料はその下部から採取した。火山灰土の最上部はクラックが発達する褐色の埋没土となっている。さらに上位には黄褐色火山灰土が累重し、火山灰土の最下部に黄色風化軽石 (T-12) が、上部に黄褐色の中粒~細粒火山灰 (T-13) が、それぞれ挟在する。T-12はT-11より細粒で、淘汰が良い粒径1~5mmの軽石と岩片から構成され、径1mm前後の普通角閃石と黒雲母の結晶が散在する。

Loc.6 (村岡町澗川山) は、澗川山の山頂部に広がる溶岩流台地上に位置する。ここでは、赤色土を不整合に覆う粘土に黄褐色風化軽石 (T-14) がパッチ状に挟在する。T-14は粒径1~4mmの軽石と岩片から構成され、径1~2mmの普通角閃石と黒雲母の結晶が散在する。粘土の上位には黄褐色火山灰土とクロボク土が累重し、火山灰土の最下部に黄色風化軽石 (T-15) が、上部に黄色細粒火山灰 (T-16) が、それぞれ挟在する。T-15はT-14より細粒で、粒径1~3mmの軽石と岩片から構成され、径1mm程度の普通角閃石と黒雲母の結晶が散在する。

Loc.7 (美方町八チ北スキー場) は、鉢伏山から北東にのびる山稜の頂部に位置する。ここでは、角礫の上位に、角礫混じりの腐植質埋没土、角礫、明褐色細粒火山灰 (T-17) が挟在する角礫混じり火山灰土が累重する。火山灰土の上限は緩い谷状をなし、その窪みを埋めるように黄色風化軽石 (T-18) が堆積する。T-18は粒径2~10mmの軽石を主として構成され、径1~3mmの普通角閃石や黒雲母の結晶が散在する。

Loc.8 (大屋町大屋スキー場) では、崩壊堆積物の上位に黄褐色火山灰土とクロボク土が累重し、火山灰土の最下部に径2~3mmの普通角閃石と黒雲母の結晶が散在する黄色風化軽石 (T-19) が挟在する。T-19は粒径2~5mmの軽石と岩片から構成され、径10mmを超える軽石や岩片も含まれる。

Loc.9 (関宮町杉ヶ沢高原) は、溶岩流の台地上に位置する。ここでは、赤色土の直上に4層の風化・変質した細粒火山灰と1層の明黄褐色風化軽石 (T-20) が累重する。T-20は粒径2~5mmの軽石と岩片から構成され、径2~3mmの普通角閃石と黒雲母の結晶が散在する。T-20は粗粒な下半部 (厚さ20~30cm) と細粒な上半部 (厚さ10~20cm) に細分でき、下半部からの試料をT-20L、上半部からの試料をT-20Uとして採取した。T-20の上位にはクラックが発達した褐色火山灰土 (埋没土) が堆積し、さらに上位を黄褐色火山灰土が不整合に覆う。

Loc.10 (大屋町樽見北西) では、地滑りの滑落崖を覆

う崖錐堆積物の下部に、黄褐色~黄灰色の細粒風化軽石 (T-21) が挟在する。T-21は、不整合面から1mほど上位に位置し、固結した赤褐色~褐色の砂・シルト・粘土の互層に覆われる。軽石の粒径は1mm前後で淘汰が良く、径1~2mmの斜長石結晶を多量に含み、少量の黒雲母と普通角閃石の結晶 (径1mm前後) が散在する。

2. テフラの岩石記載的特徴

T-1~T-21のテフラ試料について、粒径1/8~1/16mmの粒子をスライドガラス上にバルサムで封入し、カバーガラスで覆って分析用プレパラートを作成した。これを偏光顕微鏡下で観察し、構成粒子の種類と量比を200個の粒子を同定・計数して求めた。重鉱物の種類と量比は、未風化の火山ガラス片を主体とするテフラはプレパラート中に出現した全ての重鉱物粒子を、その他のテフラは200個の重鉱物粒子を、それぞれ同定・計数して求めた。さらに、テフラの同定・対比に有効な鉱物の特徴 (結晶形や連晶、集斑晶など) を記載した。

火山ガラスは200粒子の形態分類を行い、その量比を求めた。火山ガラスの形態は吉川 (1976) に基づき、扁平型、中間型、多孔質型、その他の4種類に区分した。その他の火山ガラスとして、平らで厚みのあるブロック状ガラスと、鉱物片に付着した鉱物付着型ガラスが認められた。また、淡褐色~淡暗灰色を呈する色付ガラスや、ガラス表面に凸型の網目模様が入り亀甲状を呈する平板状ガラス (以下では亀の甲ガラスとよぶ) が、微量認められた。これら色付ガラスと亀の甲ガラスは、その出現の有無を記録した。

火山ガラスと重鉱物 (斜方輝石、緑色普通角閃石、カミングトン閃石) については、それらの屈折率を測定した。屈折率は、火山ガラスは30個以上、斜方輝石・普通角閃石・カミングトン閃石は20ないし30個以上の粒子を対象に、温度変化型屈折率測定装置 (RIMS86) を用いて、檀原 (1993) および鎌田ほか (1994) の方法に従って測定した。

以上の分析結果は、図4~図10にまとめて示した。

考 察

本稿で記載したテフラは、粒度や層厚からみて、九州地方の火山起源の広域テフラ、ないしは大山火山起源のテフラとの対比を考えるのが妥当とみられる。そこで以下では、記載テフラ間の対比とともに、九州地方の諸火山および大山火山起源のテフラとの対比を検討し、調査地域における第四紀テフラ層序の概要をまとめる。なお、対比に際して参照となる大山火山東麓における模式テフラ柱状図と各テフラの岩石記載的特徴を、図3に示しておいた。

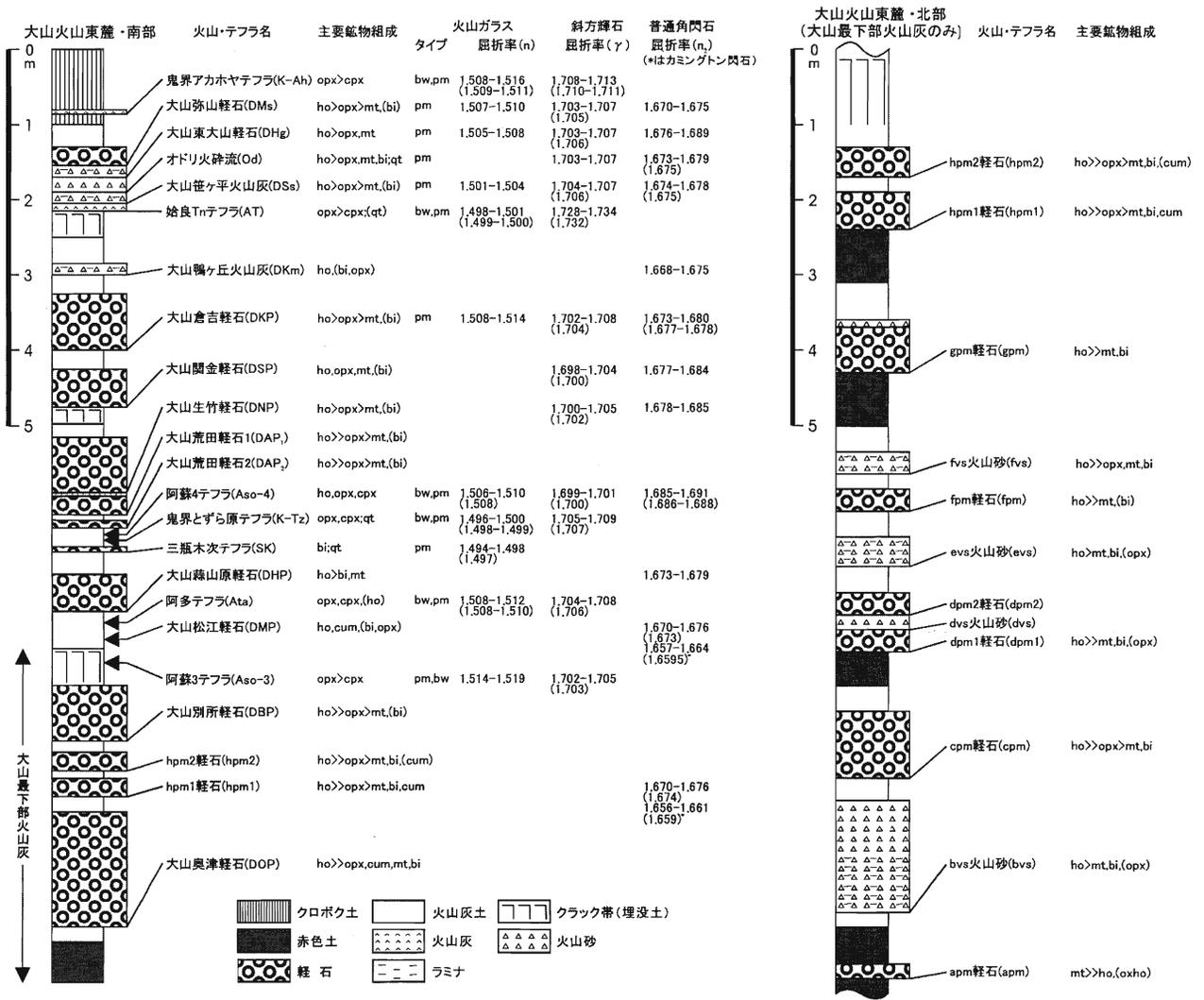


図3 大山火山東麓における模式テフラ層序と各テフラの岩石記載的特徴

テフラ層序は、佐治ほか (1975), 町田・新井 (1979), 荒井 (1984), 津久井 (1984), 岡田・谷本 (1986), 岡田ほか (1990), 岡田 (1996) に基づく。テフラ名とその略称は、オドリ火砕流 (Od) は町田・新井 (1979) に、大山荒田軽石1 (DAP₁) と大山荒田軽石2 (DAP₂)、および大山別所軽石 (DBP) より下位のテフラは岡田 (1996) に、阿蘇3テフラ (Aso-3) から上位のテフラは町田・新井 (1992) に準拠した。矢印で示した広域テフラのうち、阿蘇4テフラ (Aso-4) と鬼界葛原テフラ (K-Tz) は三瓶木次テフラ (SK) と大山生竹軽石 (DNP) の間に位置し (町田・新井, 1992), 大山松江軽石 (DMP) は大山蒜山原軽石 (DHP) の下位、約12~13万年前の最終間氷期極相期に堆積した海成層の直上に位置する (町田・新井, 1979)。しかし、阿多テフラ (Ata) や Aso-3 と、SK, DHP, および DMP との層位関係は不明である。

hpm1軽石の普通角閃石・カミングトン閃石の屈折率と Aso-3 以上のテフラの岩石記載的特徴は町田・新井 (1979, 1992) に、DBP 以下のテフラの主要鉱物組成は岡田ほか (1990), 岡田 (1996) に基づいた。大山奥津軽石 (DOP), hpm1軽石, hpm2軽石の主要鉱物組成は層準により若干異なり (岡田, 1996), 本図ではそれらの平均的な組成を示した。鉱物組成の opx は斜方輝石, cpx は単斜輝石, ho は普通角閃石, oxho は酸化角閃石, cum はカミングトン閃石, mt は磁性鉱物, bi は黒雲母, qt は石英。火山ガラスのタイプは、町田・新井 (1992) に基づき bw (バブル・ウォール型) と pm (軽石型) に分けて示した。屈折率の () 内はモード。

1. 九州地方の火山起源の広域テフラ

中粒~細粒の火山灰から構成され、九州地方の火山起源と推定される広域テフラには、T-2~T-5, T-7, T-8, T-13, T-16, T-17の9試料がある。このうちT-2, T-3, T-5, T-8, T-13, T-16の6試料は、いずれもクロボク土直下の火山灰土もしくはそれと同層準と推定される地層に挟在する中粒~細粒の黄(褐)色火山灰で、層相と

層位が一致することから、同一のテフラないしテフラ降灰層準を示すと考えられる。このテフラは他の多くの記載テフラとの層位関係が明らかで、記載テフラ間の相互対比や、記載テフラと九州地方の火山あるいは大山火山を給源とするテフラとの対比を行う際に、重要な鍵層となる。したがってまず、これら6試料について検討する。

T-2・T-5・T-8の3試料は、構成粒子の90%以上を火

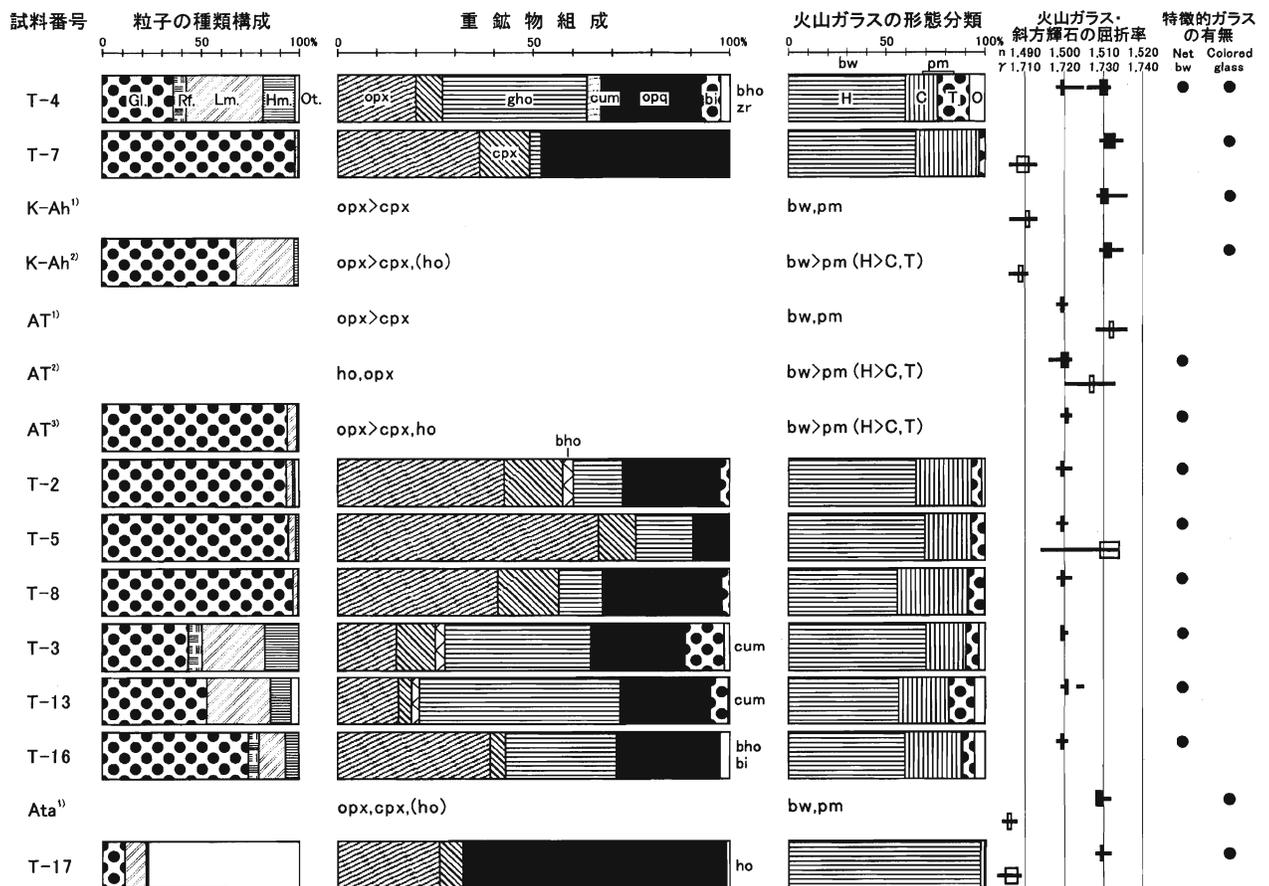


図4 記載テフラとそれに対比される可能性のあるテフラの岩石記載的特徴 (1)

テフラ試料の番号と層位は図2に示す。対比される可能性のあるテフラの略称は図3を参照。記載テフラ以外の岩石記載的特徴は、1)町田・新井(1992)、2)檀原(1991)、3)竹村・檀原(1991)、4)町田・新井(1979)、5)岡田ほか(1990)、6)岡田(1996)に従った。粒子の種類は、Gl:火山ガラス、Rf:岩片、Lm:軽鉱物、Hm:重鉱物、Ot:風化二次鉱物などのその他の粒子。重鉱物組成は、opx:斜方輝石、cpx:単斜輝石、ho:普通角閃石、gho:緑色普通角閃石、bho:褐色普通角閃石、cum:カミングトン閃石、opq:不透明鉱物、mt:磁性鉱物、bi:黒雲母、ap:燐灰石、zr:ジルコン。火山ガラスの形態は吉川(1976)に従い、H:扁平型、C:中間型、T:多孔質型、O:その他の火山ガラスに区分した。bwとpmは町田・新井(1992)によるバブル・ウォール型と軽石型で、それぞれ扁平型と中間型・多孔質型に相当する。屈折率は行の上から順に、火山ガラス(n)、斜方輝石(γ)、普通角閃石とカミングトン閃石(n_2)の値を表し、モード値を太枠で示した。また、ガラス表面に凸型の網目があり亀甲状を呈する平板状ガラス(亀の甲ガラス)と、淡褐色~淡暗灰色の色付ガラスの有無を示した。

山ガラスが占める。いずれも無色透明の扁平型・中間型ガラスを主とし、亀の甲ガラスを極微量含む。火山ガラスの屈折率は、モードがすべて1.499-1.500で良く一致する(図4・図8)。重鉱物はいずれも斜方輝石が主で、単斜輝石・緑色普通角閃石・不透明鉱物をともなう。T-5では、斜方輝石の屈折率は $\gamma=1.714-1.734$ (モードは1.729-1.734)で、高屈折率の斜方輝石が多く含まれる。このようなT-2・T-5・T-8の岩石記載的特徴は、始良Tn火山灰(AT:町田・新井, 1976)の特徴(図4)と良く一致し、これらはいずれも純層もしくはそれに近いATであると考えられる。

T-3・T-13・T-16では、火山ガラスの割合が43.5~74%と減少し、鉱物の割合が増える。重鉱物として、緑色普通角閃石が増加し、黒雲母・褐色普通角閃石・カミング

トン閃石がより多く含まれる。火山ガラスは無色透明の扁平型・中間型ガラスが主で、極微量の亀の甲ガラスを含み、多孔質型・鉱物付着型ガラスが1~2割混じる。扁平型・中間型ガラスの屈折率は、T-3で $n=1.499-1.501$ (1.499-1.500)、T-13で $n=1.499-1.501$ (1.500-1.501)、T-16で $n=1.498-1.501$ (1.499-1.500)であり、ATの火山ガラスの屈折率 $n=1.498-1.501$ (1.499-1.500)(町田・新井, 1992)と良く一致する。一方、多孔質型・鉱物付着型ガラスは、T-13で屈折率 $n=1.503-1.505$ を示し、T-6やT-9、T-10の火山ガラスと類似した値を示す(図4・図8)。こうした特徴から、T-3・T-13・T-16はAT降灰層準を示すものの、ATに上位のT-6やT-9、T-10に由来する重鉱物や火山ガラスが混交している堆積物であると考える。

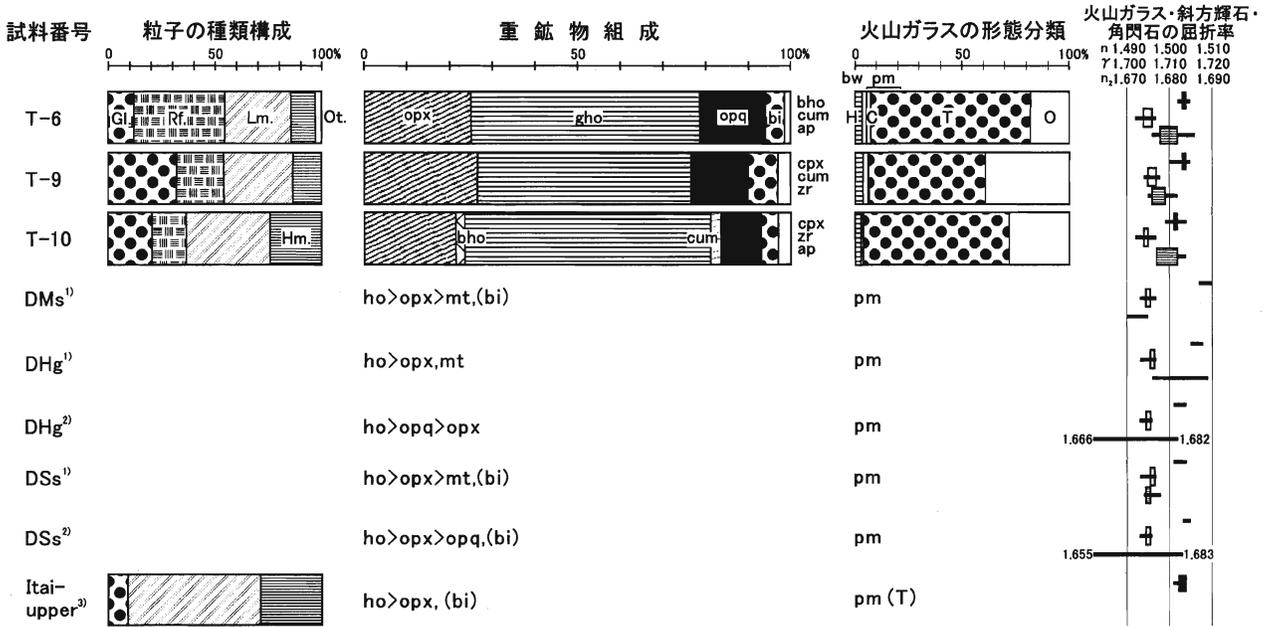


図5 記載テフラとそれに対比される可能性のあるテフラの岩石記載的特徴 (2)

各項目の凡例は図4を、対比される可能性のあるテフラの略称は図3を参照。Itai-upperは板井上位火山灰(竹村・檀原, 1991)の略称で、DSsに対比されている。

次に、完新世に形成されたクロボク土の最下部に挟在するT-4とT-7の2試料について検討する。T-7では構成粒子の98%を火山ガラスが占める。火山ガラスは無色透明の扁平型・中間型が主で、淡褐色～暗灰色の色付ガラスが少量混じる。重鉱物は不透明鉱物・斜方輝石・単斜輝石を主とし、微量の緑色普通角閃石を含む。火山ガラスの屈折率は $n=1.510-1.515$ (1.510-1.513), 斜方輝石の屈折率は $\gamma=1.706-1.713$ (1.708-1.711) である。一

方、クロボク土中に挟在し、扁平型火山ガラスが多く、淡褐色の色付ガラスを含む広域テフラとして、鬼界アカホヤテフラ(K-Ah:町田・新井, 1978)が知られている。K-Ahは、斜方輝石・単斜輝石・不透明鉱物を主要な重鉱物とし、火山ガラスの屈折率は $n=1.508-1.516$ とレンジが広く、斜方輝石の屈折率 γ は1.710-1.711にモードをもつ(図4;町田・新井, 1992)。このようにT-7の層位と岩石記載的特徴がK-Ahのそれと良く一致

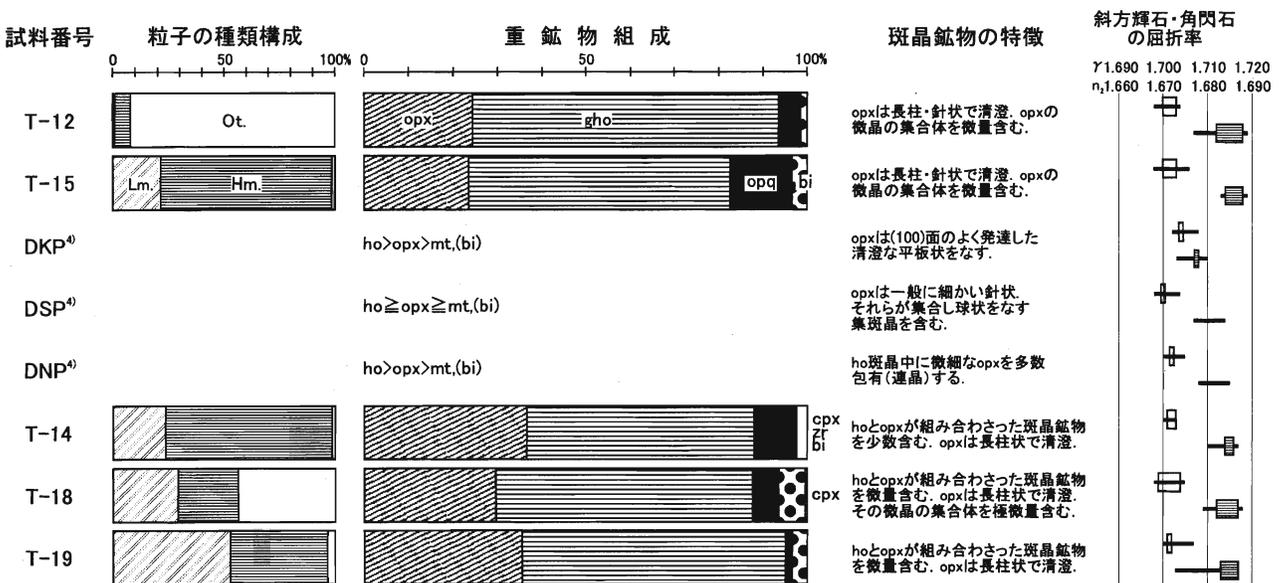


図6 記載テフラとそれに対比される可能性のあるテフラの岩石記載的特徴 (3)

各項目の凡例は図4を、対比される可能性のあるテフラの略称は図3を参照。

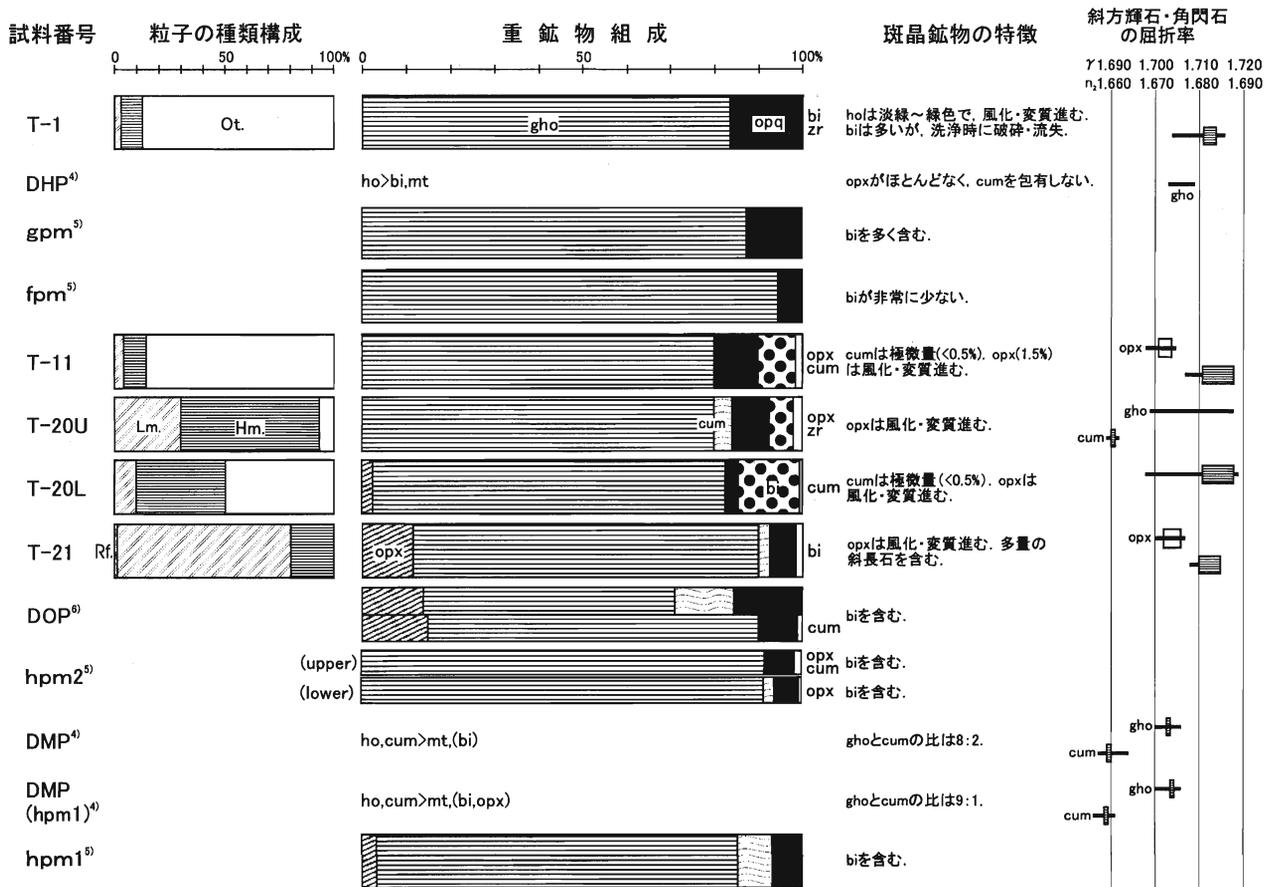


図7 記載テフラとそれに対比される可能性のあるテフラの岩石記載的特徴 (4)

各項目の凡例は図4を、対比される可能性のあるテフラの略称は図3を参照。DOPは層準によりカミングトン閃石の量比が異なるため、岡田 (1996) のデータから、その量が最大・最小となる層準を選び重鉱物組成を示した。なお、DMP(hpm1)とhpm1は同一露頭の同一テフラの分析結果であり、町田・新井 (1979) はhpm1をDMPに対比しているが、岡田 (1996) は両者を異なるテフラであるとしている。

することから、両者は対比できると考える。

T-4では構成粒子の36%を火山ガラスが占めるが、T-7に比べて重鉱物が多く、その組成も緑色普通角閃石が主で、黒雲母・カミングトン閃石・褐色普通角閃石をとまう。このような重鉱物組成は、T-6やT-9、T-10など下位のテフラの重鉱物組成と似ている。火山ガラスも形態が豊富で、亀の甲ガラスや淡褐色の色付ガラスをも含む。火山ガラスの屈折率は形態ごとに異なるが、優占する扁平型ガラスでn=1.498-1.501とn=1.506-1.512であり、K-AhおよびATの火山ガラスの値と一致する (図4・図8)。以上の点とT-4がクロボク土中に褐色の層をなすことから、T-4はK-Ah降灰層準を示すものの、ATや下位のテフラから火山ガラスや鉱物が多く混入していると考えられる。

最後にT-17について検討する。T-17は、火山灰土の最下部に挟在するという層位 (図2) からみて、K-AhやATよりもはるかに下位に位置するテフラである。T-17の下位に発達する顕著な埋没土は、大山火山東麓におけるテフラ層序 (図3) との対応からみて、約12~13万年

前の最終間氷期極相期に形成された可能性が考えられる。したがって、T-17は最終間氷期極相期以降、AT降下までに降灰したテフラと推定される。T-17は、重鉱物として不透明鉱物と斜方輝石が多く、少量の単斜輝石と微量の普通角閃石をとまう (図4)。火山ガラスは無色透明の扁平型で、淡褐色~暗灰色の色付ガラスが微量含まれる。火山ガラスの屈折率はn=1.508-1.512 (1.509-1.510)、斜方輝石の屈折率は γ =1.703-1.709 (1.705-1.708) である (図4・図8)。最終間氷期極相期からAT降下期までに近畿地方とその周辺に降下した火山ガラスを主体とするテフラには、阿蘇3テフラ (Aso-3: 町田・新井, 1992)、阿多テフラ (Ata: 町田・新井, 1983)、三瓶木次テフラ (SK: 松井・井上, 1971)、阿蘇4テフラ (Aso-4: 町田ほか, 1985)、鬼界葛原テフラ (K-Tz: 町田・新井, 1983) が知られている (町田・新井, 1992)。これらのテフラのうち、T-17と一致する岩石記載的特徴を持つものはAta以外にはなく (図4・図8)、両者は対比できると考える。

2. 大山火山起源のテフラ

T-1, T-6, T-9~T-12, T-14, T-15, T-18, T-19, T-20U, T-20L, T-21の13試料は、いずれも軽石を主体に構成され、重鉱物として普通角閃石と黒雲母を含むことから、調査地域に最も近い大山火山を給源とするテフラであると予想される。

これらの中でT-6・T-9・T-10は、いずれもAT直上に位置し、AT降下直後に噴出した大山火山起源のテフラと推定される。大山火山東麓では、AT上位に降下テフラとしてDSs, DHg, DMsが分布し(図3)、いずれも東方へ連続する可能性が指摘されている(町田・新井, 1992; 野村・田中, 1986; 野村ほか, 1995など)。これらの中でDSsとT-9はともにAT直上に位置し、火山ガラス・斜方輝石・普通角閃石の屈折率が良く一致する(図5・図9)。T-9直上に堆積するT-10は、火山ガラスの屈折率が、町田・新井(1992)により記載されたDHg

やDMsの値とは異なる。しかし、関宮町・杉ヶ沢遺跡(Loc.9の近傍)で発見され、檀原(1991)によりDHgに対比されたテフラの火山ガラスの屈折率とは良く一致する(図5)。また、T-10の斜方輝石と普通角閃石の屈折率はDHgの値と類似し、DMsの値とは異なる(図5)。さらに大山火山東麓でDSsとDHgは広くセットとして追跡でき(図3)、これはT-9とT-10のセットと対応している。以上の点からみて、T-9とT-10は、それぞれDSsとDHgに対比できると考える。

一方、T-6の岩石記載的特徴は、T-9・T-10のいずれとも類似する(図5・図9)。しかし、火山ガラスの屈折率がT-9の値とより良く一致し、T-10の値とは異なることから、T-6はT-9およびDSsに対比できると考える。

次に、T-12・T-15の2試料は、いずれもAT降灰層準(T-13・T-16)よりも下位に位置する(図2)。これらは重鉱物組成が互いに良く似ており、斜方輝石・普通角閃石の屈折率も、モードが $\gamma=1.700-1.703$ と $n_2=1.682-1.688$ の範囲にあって良く一致する(図6・図10)。さらに、どちらも長柱状・針状の清澄な斜方輝石に加え、その微斑晶の集合体をわずかに含むことから、T-12とT-15は同一のテフラであるとみられる。一方、T-12・T-15の岩石記載的特徴は、普通角閃石の屈折率がやや大きい方に偏してはいるが、町田・新井(1979)により記載されたDSPの特徴(図6)と良く一致し、また層位も一致することから、両者はともにDSPに対比できると考える。

T-14・T-18・T-19の3試料は、軽石を主体にして構成されるテフラの中で最も多くの斜方輝石(29.5~36.5%)を含む(図6)。斜方輝石はいずれも長柱状で清澄な結晶が多く、斜方輝石と普通角閃石が組み合わさった連晶を微量含む。斜方輝石と普通角閃石の屈折率は、レンジに違いがあるものの、モードが $\gamma=1.699-1.704$ と $n_2=1.682-1.687$ の範囲内にあり、ほぼ一致する(図6・図10)。これらの点から、T-14・T-18・T-19は同一のテフラであるとみられる。

T-14は、DSPに対比されたT-15の下位に位置する。大山火山近傍では、DSPの下位にDNPが存在する。DNPは、重鉱物として斜方輝石を30~40%含む(津久井, 1984)、斜方輝石と普通角閃石の組み合わせられた連晶を含むことで特徴づけられ、斜方輝石と普通角閃石の屈折率は、それぞれ $\gamma=1.700-1.705$ と $n_2=1.678-1.685$ である(町田・新井, 1992)。T-14・T-18・T-19の岩石記載的特徴はこれらDNPの特徴と良く一致し(図6)、いずれもDNPに対比できると考える。

最後に、T-1, T-11, T-20U, T-20L, T-21の5試料について検討する。T-1は、約87万年前に噴出した溶岩を覆い、赤色土より下位に位置する。大山火山東麓では、赤色土はhpm1軽石(岡田ほか, 1990)あるいは大山奥津軽石(DOP: 岡田, 1996)より下位に発達する(図

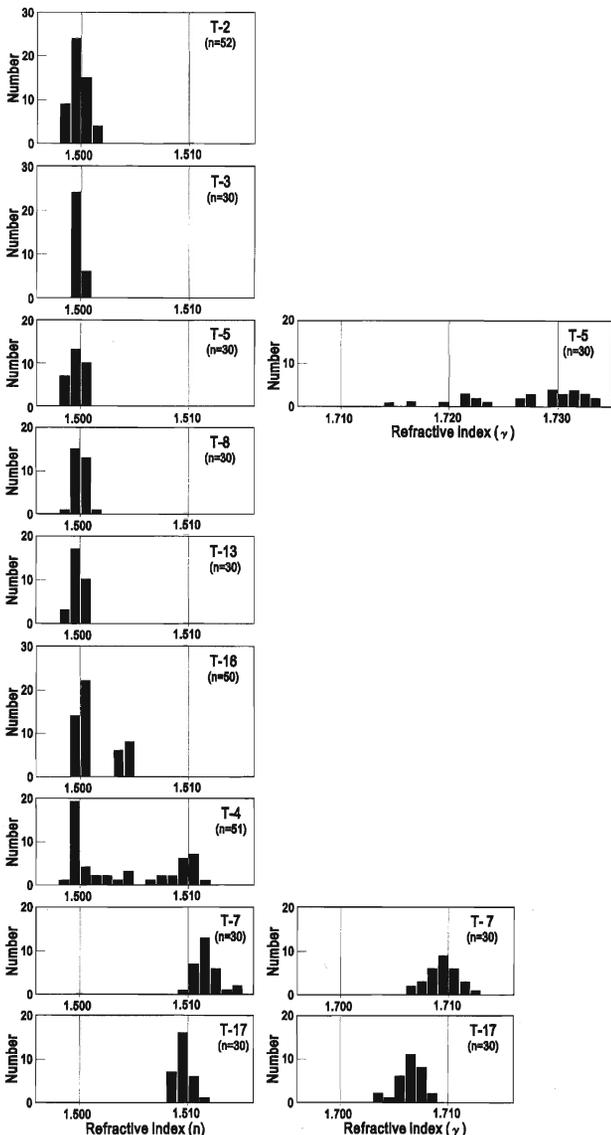


図8 記載テフラの屈折率頻度分布
記載テフラの番号と層準は図2を参照。

8). したがって、T-1は、約87万年前以降、最終間氷期極相期より前に噴出したテフラである。T-1の重鉱物組成は、緑色普通角閃石が主で斜方輝石を全く含まず、少量の不透明鉱物と黒雲母、極微量のジルコンをとともなう(図6)。大山火山東麓では、斜方輝石を全く、ないしほとんど含まないテフラとして、大山蒜山原軽石(DHP: 町田・新井, 1979)と、大山最下部火山灰のfpm軽石・gpm軽石(佐治ほか, 1975; 岡田ほか, 1990)の3つが知られている(図8)。このうちDHPは最終間氷期極相期以降に降下し(町田・新井, 1979)、普通角閃石の屈折率がT-1と異なる(図6)ため、T-1には対比されない。したがって、既知の大山火山起源のテフラでは、T-1はfpmかgpmのいずれかに対比できると推定される。

次にT-11とT-20U・T-20Lは、埋没土より下位に挟在する類似した岩相を示す軽石層で、ともに重鉱物として80%の緑色普通角閃石を含み、斜方輝石が3%以下と少ない(図6)。T-20Uは4%のカミングトン閃石を含むが、T-11やT-20Lでは、含まれるカミングトン閃石は0.5%以下である。普通角閃石の屈折率は、T-11で $n_2=1.677-1.687$ (1.681-1.687)、T-20Lで $n_2=1.668-1.689$ (1.681-1.688)、T-20Uで $n_2=1.669-1.688$ (分散)であり、T-11とT-20Lではモードが良く一致する(図6・図7)。このように、T-11とT-20Lは岩石記載の特徴が良く似ており、両者は対比できると考える¹⁾。

赤色風化が進んだ砂・シルト・粘土の互層に覆われるT-21も、2%程度のカミングトン閃石を含む。しかし、T-21は12%の斜方輝石を含み、軽鉱物として斜長石が著しく多く、斜方輝石や普通角閃石の屈折率がT-11やT-20U・T-20Lの値と若干異なるなど(図6・図7)、岩石記載の特徴がT-11やT-20U・T-20Lとは異なる。このためT-21は、T-11やT-20U・T-20Lとは異なるテフラであると考えられる。

カミングトン閃石を含む重鉱物組成を有し、最終間氷期極相期以前に噴出した大山火山起源のテフラとして、大山松江軽石(DMP: 町田・新井, 1979)が良く知られている。この他にも、大山最下部火山灰のhpm1軽石とhpm2軽石(佐治ほか, 1975; 岡田ほか, 1990)、お

よびDOPが、微量～少量のカミングトン閃石を含む(岡田, 1996)。このうちDMPとhpm1は、普通角閃石の屈折率がT-11・T-20U・T-20L・T-21の値と明らかに異なる(図6)。したがって、T-11・T-20U・T-20L・T-21はDMPやhpm1に対比されず、残されたDOPとhpm2の2つのテフラが、これら3つのテフラの対比候補として有力であると考えられる。

以上に述べた記載テフラ間の対比と層序、および九州地方の広域テフラや大山火山起源のテフラとの対比を整理し、調査地域における第四紀テフラ層序を図11に示した。ただし、T-1, T-11(T-20L), T-20U, T-21の間の層位関係は、露頭で直接わかっていない。そこで図11では、これらのテフラと赤色土や埋没土との層位関係に基づいて、下位よりT-1, T-11(T-20L), T-20U, T-21の順であると考え、4者の層位関係を示した。

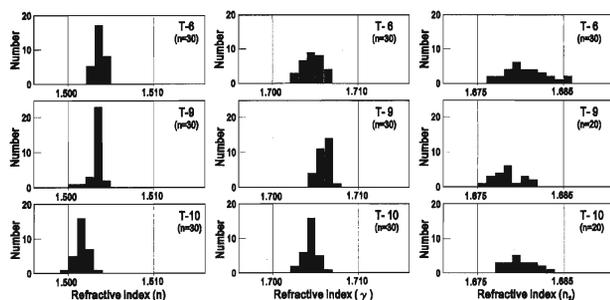


図9 記載テフラの屈折率頻度分布(続き)
記載テフラの番号と層準は図2を参照。

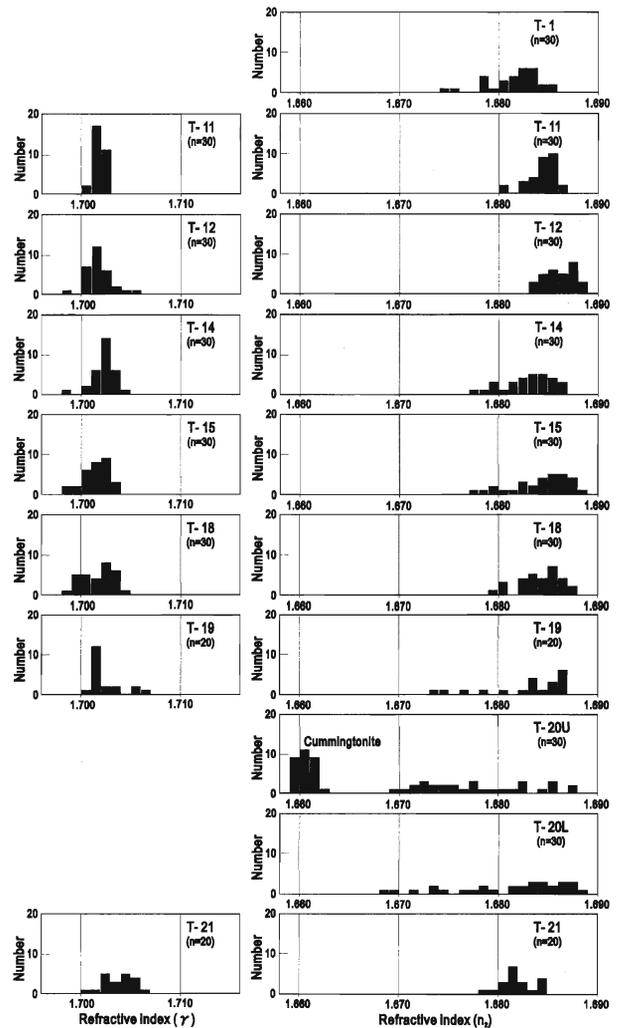


図10 記載テフラの屈折率頻度分布(続き)
記載テフラの番号と層準は図2を参照。

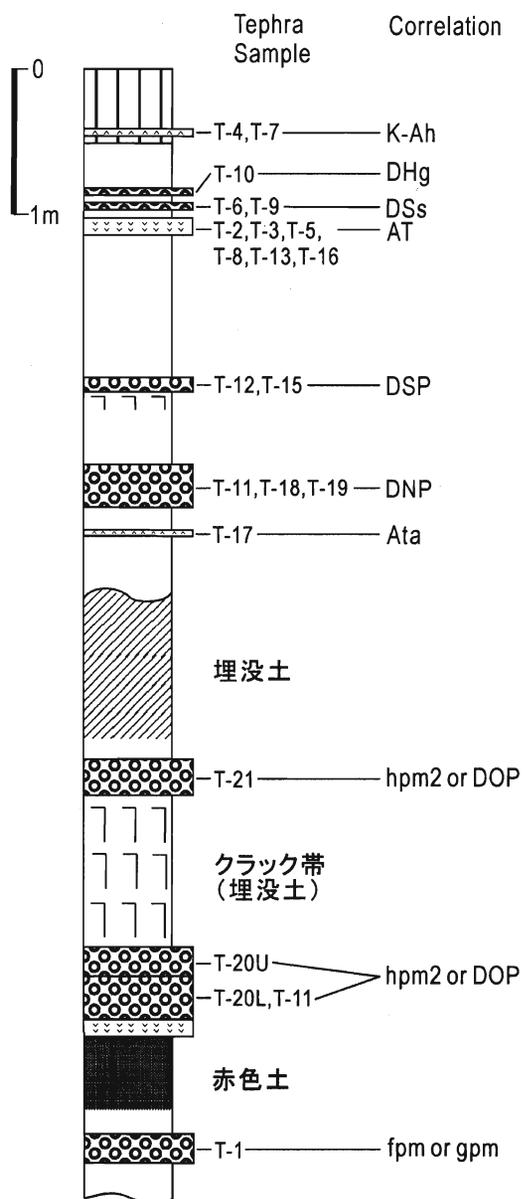


図11 兵庫県北西部・鉢伏山周辺地域における第四紀テフラの模式柱状図

柱状図の凡例は図3に同じ。K-Ah: 鬼界アカホヤテフラ, DHg: 大山東大山軽石, DSs: 大山笹ヶ平火山灰, AT: 始良Tnテフラ, DSP: 大山関金軽石, DNP: 大山生竹軽石, Ata: 阿多テフラ, hpm2: 大山最下部火山灰hpm2軽石, DOP: 大山奥津軽石, fpm: 大山最下部火山灰fpm軽石, gpm: 大山最下部火山灰gpm軽石。

ま と め

兵庫県北西部の鉢伏山周辺地域に位置する10地点で、第四紀テフラの岩相と層序を記載し、21層のテフラの岩石記載的特徴を明らかにした。そして、岩相や岩石記載的特徴、および層序関係に基づき、これら記載テフラ間の対比と、九州地方の火山を給源とする広域テフラや大山火山起源のテフラとの対比を検討し、調査地域におけるテフラ層序を確立することを試みた。

その結果、調査地域においては最終間氷期極相期以降のテフラとして、上位より順に、鬼界アカホヤテフラ (K-Ah)、大山東大山軽石 (DHg)、大山笹ヶ平火山灰 (DSs)、始良Tnテフラ (AT)、大山関金軽石 (DSP)、大山生竹軽石 (DNP)、阿多テフラ (Ata) が見出された。さらに中期更新世に噴出したとみられる大山火山起源のテフラが3層確認された。このうち2層はいずれも微量のカミングトン閃石を含み、大山最下部火山灰のhpm2軽石か大山奥津軽石 (DOP) のいずれかに対比される可能性が高い。残り1層のテフラは斜方輝石を全く含まず、大山最下部火山灰のfpm軽石もしくはgpm軽石に対比できると考えられた。

注

1) Loc.9においてT-20UとT-20Lは、粒度の異なる降下ユニットとして識別できた。一方、Loc.5ではT-11を採取した軽石層に明瞭な粒度の違いはなく、試料をその下部のみから採取した。このため、T-20Uに相当する降下ユニットがLoc.9にも分布しているが、粒度に差がなく、それを識別できなかった可能性がある。今後は、Loc.9において軽石層の中・上部からも試料を採取し、Loc.5でみられた降下ユニットによる岩石記載的特徴の違いが認められるかどうかを検討する必要がある。

引用文献

荒川 宏 (1984) 大山火山北西部における火山麓扇状地の形成。地理学評論, 57A, 831-855.
 檀原 徹 (1991) 杉ヶ沢遺跡第13・14地点における土壤中火山灰抽出分析。兵庫県文化財調査報告第95冊「杉ヶ沢遺跡」, 兵庫県教育委員会, 87-96.
 檀原 徹 (1993) 温度変化型屈折率測定法。日本第四紀学会編「第四紀試料分析法2: 研究対象別分析法」, 東京大学出版会, 149-158.
 Furuyama, K., Nagao, K., Mitsui, S. and Kasatani, K. (1993) K-Ar ages of Late Neogene mono-genetic volcanoes in the east San-in district, Southwest Japan. *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, 47, 519-532.
 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—猪牟田カルデラから噴出したco-ignimbrite ash—. 地質雑, 100, 848-866.
 町田 洋・新井房夫 (1976) 広域に分布する火山灰—始良Tn火山灰の発見とその意義。科学, 46, 339-347.
 町田 洋・新井房夫 (1978) 南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ—アカホヤ火山灰。第四紀研究, 17, 143-163.
 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, 81, 313-330.
 町田 洋・新井房夫 (1983) 鬼界カルデラ起源の新広域テフラと九州における更新世後期大火砕流の噴出年代。火山, 28, 206.

- 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・百瀬 貢 (1985) 阿蘇4火山灰一分布の広域性と後期更新世示標層としての意義一. 火山, **30**, 49-70.
- 町田 洋・新井房夫・横山卓雄 (1991) 琵琶湖200mコアにおける指標テフラ層の再検討. 第四紀研究, **30**, 439-442.
- 松井整司・井上多津男 (1971) 三瓶火山の噴出物と層序. 地球科学, **25**, 147-163.
- Miyoshi, N. and Yano, N. (1986) Late Pleistocene and Holocene vegetational history of the Ohnuma moor in the Chugoku Mountains, western Japan. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **46**, 355-376.
- 野村亮太郎 (1994) 氷上低地・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.
- 野村亮太郎・田中眞吾 (1986) 兵庫県東部の山間低地に発見された大山起源の火山灰層. 第四紀研究, **24**, 301-307.
- 野村亮太郎・田中眞吾 (1992) 兵庫県東部に降下した後期更新世以降のテフラ. 神戸大教養部紀要, **50**, 1-16.
- 野村亮太郎・田中眞吾・柏谷健二・相馬秀廣・小倉博之・川崎輝雄 (1995) 岡山県北部, 細池湿原のテフラについて. 第四紀研究, **34**, 1-8.
- 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. 島根大地球資源環境学研報, **15**, 53-60.
- 岡田昭明・谷本慎一 (1986) 大山下部火山灰から新たに発見された2枚の降下軽石層について. 鳥取大教育学部研報 (自然科学), **35**(1-2), 33-42.
- 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. 鳥取大教育学部研報 (自然科学), **39**(2), 143-160.
- 佐治孝弑・田崎和江・赤木三郎・麻田 斉 (1975) 大山火山降下堆積物の層序とその特徴. 地球科学, **29**, 199-210.
- 先山 徹・松田高明・森永速男・後藤 篤・加藤茂弘 (1995) 兵庫県北部の鮮新世～更新世火山岩類-K-Ar年代・古地磁気・主化学組成一. 人と自然, no. 6, 149-170.
- 竹村恵二・檀原 徹 (1991) 板井寺ヶ谷遺跡の火山灰および土壌の分析. 多紀郡西紀町板井寺ヶ谷遺跡-旧石器時代の調査一, 近畿自動車道舞鶴線関係埋蔵文化財調査報告書XIV-1 (自然科学編), 兵庫県教育委員会, 1-9.
- 竹村恵二・北川浩之・林田 明・安田喜憲 (1994) 三方湖・水月湖・黒田低地の堆積物の層相と年代-三方低地の最終間氷期以降の堆積環境一. 地学雑, **103**, 233-242.
- 津久井雅志 (1984) 大山火山の地質. 地質雑, **90**, 643-658.
- 津久井雅志・棚山雅則 (1981) 大山山麓における三瓶山起源の降下軽石層の発見とその意義. 地質雑, **87**, 559-562.
- 吉川周作 (1976) 大阪層群の火山灰層について. 地質雑, **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.

(2001年2月22日受付)

(2001年8月3日受理)