

# 白山の弥陀ヶ原から発見されたアルカリ岩質テフラ

東 野 外志男 石川県白山自然保護センター  
辻 森 樹 岡山理科大学自然科学研究所\*  
板 谷 徹 丸 岡山理科大学自然科学研究所

## AN ALKALINE TEPHRA FOUND AT MIDAGAHARA, MT. HAKUSAN

Toshio HIGASHINO, *Hakusan Nature Conservation Center, Ishikawa*

Tatsuki TSUJIMORI\* and Tetsumaru ITAYA, *Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science*

### はしがき

白山山頂部周辺で、これまで20近いテフラ層が確認されている（遠藤，1985；高柳・守屋，1991；辻ほか，1998）。それらのほとんどは白山火山起源と考えられているが、広域テフラも含まれる。白山山頂部で確認されている広域テフラの代表が鬼界アカホヤテフラ（K-Ah）で、白山山頂部の弥陀ヶ原や南竜ヶ馬場、室堂平、清浄ヶ原など広範囲の地域で確認されている（遠藤，1985；東野，未公表）。また、山頂北北西の楽々新道沿いなどでみられる褐色ローム層の上部からは、始良Tnテフラ（AT）も発見されている（遠藤，1985）。これら以外にも、白山火山を起源としないテフラが存在することが示唆されている（遠藤，1985；辻ほか，1998）が、確認されていない。今回、遠藤（1985）のHm-2とされているテフラの構成鉱物等を調べた結果、それらはアルカリ岩質で、鬱陵島を起源とする可能性が高いと判断されたので、以下に報告する。

### 産 状

今回報告するテフラは、弥陀ヶ原の数カ所で確認されている（遠藤，1985；東野，未公表）。図1に分析を行った試料の採取位置を示す。採取場所では、4層のテフラが確認される（図2）。遠藤（1985）の名称に従うと、それらは下位からHm-1，Hm-2，Hm-3，Hm-4（弥陀ヶ原火山灰）である。Hm-1が灰色粗粒火山灰で、最大径約7mmの安山岩質の火山

礫を含み、層厚は25mmである。Hm-2は褐色の極めて細粒な火山灰で、層厚は5mmである。Hm-3は灰白色粗粒火山灰で層厚は7mmである。Hm-4は淡褐色の火山灰で、最大10mmの安山岩質の火山礫を含み、この採取位置では、このテフラ層の下部をみている。今回分析したテフラは、下位から2層目のHm-2である。

Hm-2及び上下に位置するテフラを挟む泥炭層の放射性炭素年代がこれまで測定されている（遠藤，

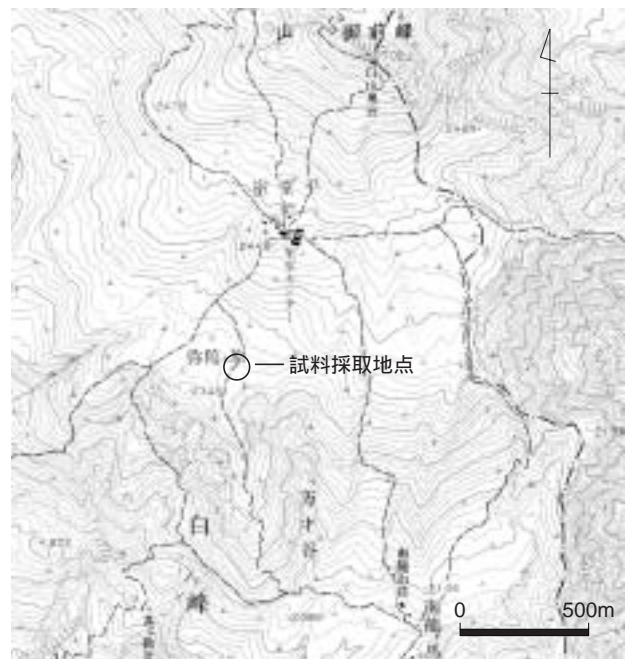


図1 試料採取位置図

国土地理院発行2万5千分の1地形図「白山」を使用

\* 現所属：Department of Geological & Environmental Sciences, Stanford University

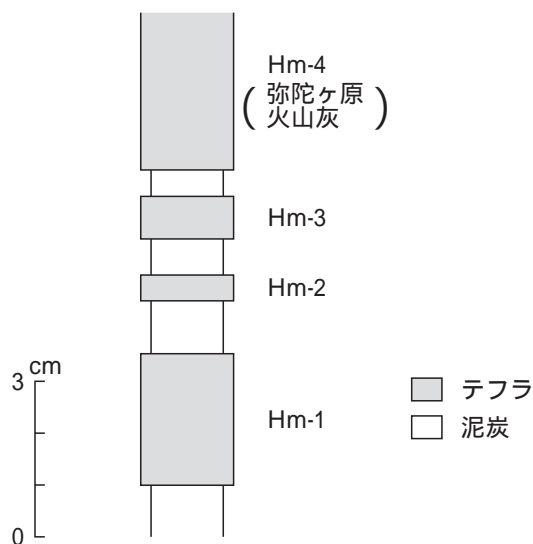


図2 試料採集地のテフラ層の柱状図

Hm-1, Hm-2などのテフラの名称は,遠藤(1985)による。

1985; 辻ほか, 1998; 表1)。遠藤(1985)によって得られた年代値で, 弥陀ヶ原のHm-1の下位の泥炭(泥炭層基底部)(表1の, 以下同じ)及びHm-1とHm-2の間の泥炭( )と, 小桜平の泥炭層基底部(Hm-4の下位)( )にくいちがいがある。遠藤(1985)は弥陀ヶ原で採集されたHm-1とHm-2の間の泥炭( )やHm-1の下位の泥炭( )は火山灰質で年代値が若返っている可能性があり, 一方, 小桜平のHm-4の下位の泥炭層基底部のもの( )は良質で地表からの深度も大きいことなどから信頼性が高いとし, 泥炭層基底部の年代を $10,960 \pm 390$ 年BP, Hm-4の降下年代を $9,170 \pm 170$ 年BPと $10,960 \pm 390$ 年PBの間, およそ1万年前頃と推定し

た。この年代値を採用すると, Hm-2は1万年前より古いことになる。一方, 辻ほか(1998)は, 弥陀ヶ原から採取したHm-1直下とHm-4直下から採取した泥炭の放射性炭素同位体年代をAMSで測定した結果, 前者について $8,520 \pm 70$ 年BP, 後者について $7,700 \pm 70$ 年BPの年代値を得ている( )。これらをもとにすると, 該当のHm-2テフラの年代は $8,520$ 年BPと $7,700$ 年BPとの間になり, 上述の遠藤(1985)が考えていたより若くなる。

### 岩石記載学的特徴

該当のテフラ(Hm-2)について, 鉱物組成, 火山ガラスの形態分類・屈折率, アルカリ長石の屈折率・化学組成を測定した。鉱物組成と火山ガラスの形態分類・屈折率, アルカリ長石の屈折率の測定は(株)京都フッション・トラックが行った。屈折率測定は温度変化型屈折率測定装置(RIMS)を用いて行われた(Danhara et al., 1992; 壇原, 1993)。アルカリ長石の化学分析は岡山理科大学の波長分散型電子プローブマイクロアナライザー(日本電子JXA-8900R)を使用して行われた。測定条件は加速電圧が15kV, 照射電流が12nA, ビーム径が約 $5 \mu\text{m}$ , 分析時間はピークとバックグラウンドがそれぞれ15秒と10秒である。

鉱物組成と重鉱物組成の測定は,  $1/8 - 1/16\text{mm}$ の粒子を封入剤( $\text{Nd} = 1.54$ )で固められた薄片をもとに行われた。構成物は火山ガラス・軽鉱物・重鉱物・岩片・その他の5項目について, 無作為に選ばれた200個の粒子を計数して求められた(表2)。重鉱物の量比はポイント・カウンターをもちいて無作

表1 Hm-2の上位・下位の泥炭で得られた放射性炭素年代測定値(遠藤, 1985; 辻・東野・清水, 1998)

NO	層準と試料	地点	測定法	$^{14}\text{C}$ 年代 (years BP)	測定機関番号	文献
	Hm-4直下の泥炭	弥陀ヶ原	AMS	$7,700 \pm 70$	Beta-111808	辻・東野・清水(1998)
	Hm-1直下の泥炭	弥陀ヶ原	AMS	$8,520 \pm 70$	Beta-111807	辻・東野・清水(1998)
	Hm-6(K-Ah)直下の泥炭	弥陀ヶ原	線	$6,670 \pm 160$	Gak-11169	遠藤(1985)
	Hm-1とHm-2の間の泥炭	弥陀ヶ原	線	$6,830 \pm 840$	GaK-11917	遠藤(1985)
	Hm-1の下位の泥炭(泥炭層基底部)	弥陀ヶ原	線	$6,950 \pm 170$	GaK-11748	遠藤(1985)
	Hm-6(K-Ah)直下の泥炭	小桜平	線	$6,760 \pm 150$	Gak-11922	遠藤(1985)
	Hm-4の12cm上位泥炭	小桜平	線	$7,810 \pm 170$	GaK-11914	遠藤(1985)
	Hm-4直上の泥炭	小桜平	線	$8,050 \pm 170$	GaK-11167	遠藤(1985)
	Hm-4直上の泥炭	小桜平	線	$9,170 \pm 170$	GaK-11918	遠藤(1985)
	泥炭層基底部(Hm-4の下位)	小桜平	線	$10,960 \pm 390$	GaK-11916	遠藤(1985)

Hm-1, Hm-2などはテフラの名称で, 遠藤(1985)による。弥陀ヶ原は白山山頂の南南西約1.2kmに位置する(図1)。小桜平は白山山頂の北北西約5.3kmに位置する。

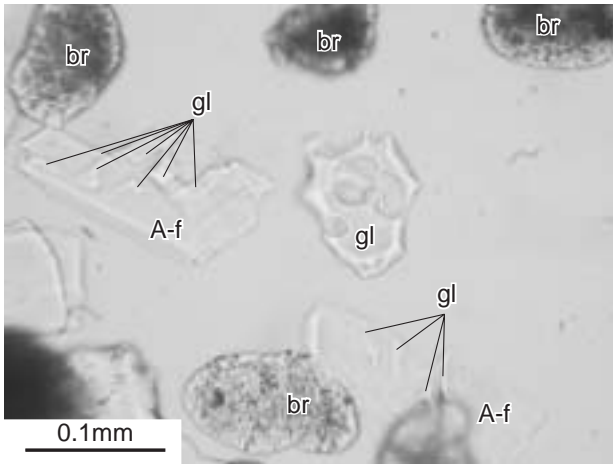


写真1 Hm-2の顕微鏡写真

A-f: アルカリ長石, gl: 火山ガラス, br: 黄褐色風化粒子

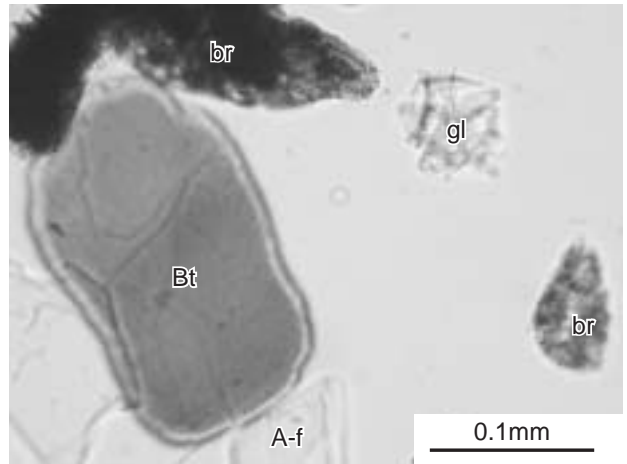


写真2 Hm-2の顕微鏡写真

A-f: アルカリ長石, Bt: 黒雲母, gl: 火山ガラス, br: 黄褐色風化粒子

表2 鉱物組成と重鉱物組成

全岩組成

	火山ガラス	軽鉱物	重鉱物	その他	合計	備考
測定個数	10	87	4	108	200	火山ガラス; 軽石型が主 軽鉱物; アルカリ長石が 主、斜長石は微量。 その他: 黄褐色風化粒子
割合(%)	0.5	43.5	2.0	54.0	100.0	

重鉱物組成

	斜方輝石	単斜輝石	緑色角閃石	黒雲母	不透明鉱物	ジルコン	合計
測定個数	6	29	71	63	10	1	180
割合(%)	3.3	16.1	39.4	35.0	5.6	0.6	100.0

鉱物組成は1薄片中の各粒子を無作為に200個まで計数し、各鉱物の数と量比(百分率)で示した。重鉱物組成は、ポイント・カウンターを用いて無作為に180個体を計数して、その数と量比(百分率)で示した。測定は㈱京都フッジョン・トラックによる。

表3 火山ガラスの形態と量比(百分率)

形態	扁平型		中間型		多孔質型		不規則型	合計	色つきガラス
	Ha	Hb	Ca	Cb	Ta	Tb	It		
測定個数	-	4	21	4	1	9	1	40	+
割合(%)	0.0	10.0	52.5	10.0	2.5	22.5	2.5	100.0	

形態は吉川(1976)に準拠し扁平型: H (Ha, Hb), 中間型: C (Ca, Cb), 多孔質型: T (Ta, Tb) に分類し、これらの形態に属さないものを不規則型 (It) として一括して示した。測定は㈱京都フッジョン・トラックによる。

為に180粒子を計数して求められた(表2)。火山ガラスについては、40粒子についてその形態が分類された(表3)。

構成粒子の54%が黄褐色の風化粒子で、火山ガラスの変質物である可能性がある。軽鉱物は44%でアルカリ長石を主とし、斜長石は微量である。アルカリ長石は鏡下で澄んでいる(写真1・2)。重鉱物は

少なく全体の2%で、多いものより角閃石、黒雲母、単斜輝石、不透明鉱物、斜方輝石、ジルコンである。重鉱物における割合は角閃石、黒雲母、単斜輝石がそれぞれ39%、35%、16%である。角閃石は緑色で、消光位で黒緑色を呈することから、ケルースタイトである可能性がある。アルカリ長石の屈折率( $n_1$ )は、火山ガラスの付着したものの(写真1)について

測定された。測定値は1.522 - 1.527の範囲で、最頻値は1.523である。アルカリ長石の化学分析は、無作為に選んだ粒子について行われた。得られた化学組成(図3, 付表1)は,  $An = 0.7 - 4.8\text{mole } \%$ ,  $Ab = 35 - 62\text{mole } \%$ ,  $Or = 38 - 64\text{mole } \%$ である。化学組成と鏡下で澄んでいることから、このアルカリ長石をサニディンと判断できる(黒田・諏訪, 1983)。

火山ガラスは軽石型が主で、通常無色で色が付いているものもある。吉川(1976)の形態分類に準拠すると、扁平型ガラス(Ha, Hb)と多孔質型ガラス(Ta, Tb)の中間型のうち、曲線状の突起が比較的多いCa型が最も多く約50%である(表3, 写真1・2)。不規則型は吉川(1976)の分類に属さないものである。火山ガラスの屈折率は、1個(1.5004)を除いて1.5190 - 1.5260の範囲で、最頻値は1.520 - 1.521である(図4)。

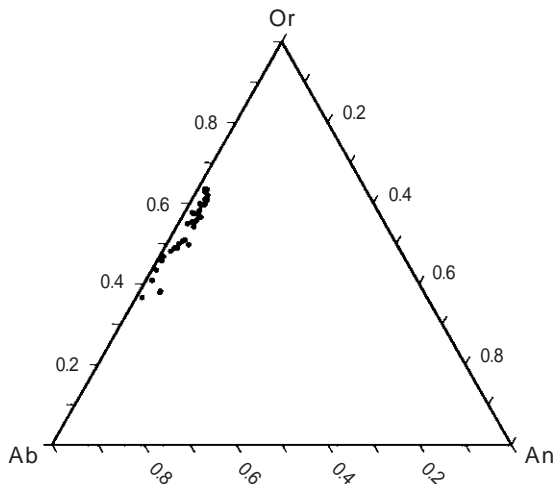


図3 An-Ab-Or三角図におけるアルカリ長石の化学組成

### 供給源

当該テフラ(Hm-2)の構成物は、黄褐色風化粒子を除くと大半が軽鉱物でアルカリ長石を主体とする。主要な重鉱物は角閃石、黒雲母、単斜輝石で、斜方輝石は含まれるが量は少ない。白山火山の溶岩や火山岩塊はほとんどが安山岩である(長岡, 1972; 長岡ほか, 1990)。斜長石と角閃石、斜方輝石が主要な構成鉱物で、単斜輝石の量は少なく、黒雲母の産出は稀で、アルカリ長石は産出しない(長岡, 1972)。白山山頂部周辺のテフラについては、遠藤(1985)によって重鉱物が記載されており、白山火山起源のテフラに含まれる重鉱物は通常多い方から斜方輝石、角閃石、普通輝石である。これらことから、アルカリ長石を主体とし角閃石と黒雲母、単斜輝石が主要な重鉱物である当該テフラが白山火山起源とすることは困難である。

アルカリ長石を主体とするテフラは、日本列島やその周辺地域では産出は非常にまれである。アルカリ長石を主体とするテフラで知られているのは、韓国鬱陵島と朝鮮半島北部の白頭山を起源とするアルカリ岩質テフラで、他に起源は不明であるが日本海のボーリングコアにも存在する(町田・新井, 1992・2003)。

町田・新井(1992, 2003)によると、白頭山起源として知られる7つのテフラのうち、白頭山苦小牧テフラ(B-Tm)をはじめとする時代の新しい4つのテフラは噴出年代が10世紀頃ないしはそれ以後であり、また、それらより古い3つのテフラのうち下位の2つは始良Tnテフラ(AT, 約24,000~25,000年前(放射性炭素年代, 以下同じ))より古く、年代的にみて該当のHm-2をそれらに対比できない。残りのテフラ(白頭山ウラジオ沖テフラ)は年代が

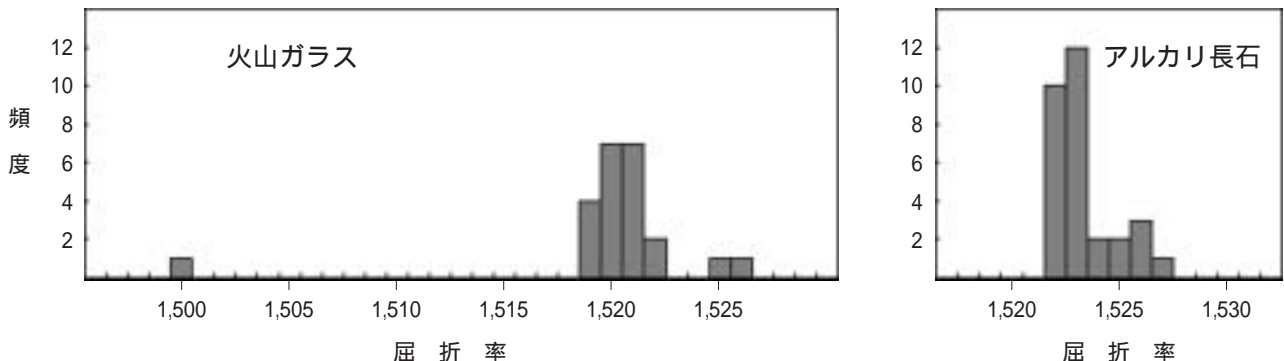


図4 火山ガラスと火山ガラスの付着したアルカリ長石の屈折率のヒストグラム  
測定は東京都フィッション・トラックによる。

ATより新しい以外は特定されていないが、主要鉱物は黒雲母・ホルンブレンド・単斜輝石・アルカリ長石でHm-2と似ている。しかしながら、火山ガラスの屈折率は1.507 - 1.518（モードが1.510 - 1.515）で、Hm-2より明らかに低いことや、白頭山を起源とするテフラは日本海の北部から東北地方北部・北海道南部に分布し、中部地方でこれまで確認されていないことから、Hm-2が白頭山ウラジオ沖テフラに対応するとは考えにくい。

町田ほか（1984）によると、鬱陵島にはATとK-Ah（約6,300年前）との間に3層のテフラ（上位からU-2, U-3, U-4）が確認されている。日本列島や日本海で確認されたテフラで、鬱陵島を起源とするテフラを代表するのが鬱陵隠岐テフラ（U-Oki）である。U-Okiは近畿地方や東海地方、日本海南部などで発見されており、白山の近傍では福井県三方町の鳥浜貝塚で確認されている（鳥浜貝塚研究グループ, 1979；新井ほか, 1981；町田ほか, 1984）。新井ほか（1981）や町田ほか（1984）によると、U-Okiの主要鉱物はアルカリ長石、黒雲母、角閃石で、単斜輝石は含まれることはほとんどない。角閃石はアルカリ角閃石の一種（ケルスート閃石？）と推定されている。火山ガラスは軽石型が主である。屈折率については、アルカリ長石の $n_D$ が1.521 - 1.525で、火山ガラスが1.514 - 1.525である。これらの鉱物構成やアルカリ長石・火山ガラスの屈折率などの岩石記載学的特徴は、単斜輝石がほとんど含まれないことを除くと、Hm-2に非常に似ている。単斜輝石については、U-Okiにはほとんど含まれないとされているが、新井ほか（1981）では鳥浜貝塚のものには少量含有するとされている（ただし、町田ほか（1984）には同じ鳥浜貝塚には単斜輝石は含まれないと記されている）。また、鬱陵島のU-2, U-3, U-4には、単斜輝石は主要重鉱物として記載されている（町田ほか, 1984）。U-Okiの年代について、町田ほか（1981）や新井ほか（1981）は約9,300年BP、辻ほか（2000）は約9,600年BPとみなしている。Hm-2の年代は上述したように遠藤（1985）と辻ほか（1998）で必ずしも一致しているわけではなく、AMS法による辻ほか（1998）をもとにすると、Hm-2の年代は8,520 ~ 7,700年BPになり、上記のU-Okiの年代値とは有意の差がある。

日本列島や日本海で鬱陵島を起源とするテフラは以前はU-Okiの1つと考えられていた（新井ほか, 1981；町田ほか, 1984）が、その後の研究により鬱

陵島を起源とする可能性のあるテフラが少なくとも2枚あることが示唆もしくは確認されている（横山・西田, 1987；吉川・井内, 1991；沢田ほか, 1997；堂満ほか, 2002）。鬱陵島でATとK-Ahの間にあるテフラのなかで最上位に位置するU-2が、その分布状況や大容積テフラであること及びK-Ah直下にあるという層位的位置などから、U-Okiに対比される有力候補とされているが、岩石記載学的特徴をもとに特定したものではない（町田・新井, 1984）。また、一般に鬱陵島起源のテフラは互いにきわめて似た岩石記載学的特性を有し区別しにくい（町田・新井, 2003）こともあり、近畿地方の鬱陵島起源と考えられている2枚のテフラの下位のものがU-Okiに対応する可能性（那須, 1994）や、従来のU-Okiが2つに区別される可能性（堂満ほか, 2002）なども示唆されている。

これらのことは、Hm-2の年代と従来のU-Okiの年代に上述したような違いがあるとしても、Hm-2がU-Okiを含めて鬱陵島起源のテフラに対比される可能性を否定するものではない。上述したHm-2とU-Okiとの岩石記載学的特徴の類似性や日本列島周辺における鬱陵島起源のテフラの分布状況などは、Hm-2が鬱陵島を起源とする可能性が高いことを示すものと考えられる。ただし、Hm-2が鬱陵島起源としても、沢田ほか（1997）によって鬱陵島のU-4に対比可能とされている島根県大田市のテフラ（波根軽石）はアルカリ長石のOr成分が64 ~ 71mole %で、当該テフラのアルカリ長石とは明らかに異なり、これらに対比される可能性は低い。

U-Okiをはじめとして鬱陵島起源のテフラは、日本列島やその周辺地域における重要な広域テフラであるが、それらの区分は必ずしも明らかになっているわけではない。今後は、鬱陵島を起源とするテフラについて、岩石学的特徴や噴出年代、分布などについて詳細な調査を行い、その層位的な位置などについて再検討が望まれる。また、Hm-2については、年代測定や火山ガラスの組成分析などを進め、鬱陵島起源のテフラとの対比をより確実にする必要がある。

## 摘 要

遠藤（1985）がHm-2とされたテフラの岩石記載学的特徴を調べ、その供給源について考察した。このテフラの主要構成物はアルカリ長石で、ほかに火山ガラスや重鉱物などを含む。火山ガラスは軽石型

である。主要な重鉱物は角閃石、黒雲母、単斜輝石である。年代的には積極的な支持は得られないが、これらの構成物や火山ガラスとアルカリ長石の屈折率は、Hm-2が鬱陵島を起源とする可能性が高いことを示す。

## 謝 辞

(株)京都大学フィッション・トラックの壇原徹氏と首都大学東京の田村糸子氏には、草稿を読んでご意見頂いた。お礼申し上げます。

## 文 献

- 新井房夫・大場忠道・北里 洋・堀部純男・町田 洋(1981) 後期第四紀における日本海の高環境 - テフロクロノロジー, 有孔中群集解析, 酸素同位体法による - . 第四紀研究, 20, 209 - 230 .
- 遠藤邦彦(1985) 白山火山地域の火山灰と泥炭層の形成過程 . 白山高山帯自然史調査報告書, 11 - 30, 石川県白山自然保護センター .
- 壇原 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, 149 - 158, 東京大学出版会 .
- 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.
- 堂満華子・椎原美紀・鳥井真之・塚脇真二・尾田太良(2002) 日本海南部KT96-17 P-2コアの火山灰層序 - 大山草谷原軽石層 (KsP) の噴出年代 - . 地質学雑誌, 108, 545 - 556 .
- 黒田吉益・諏訪兼位(1983) 偏光顕微鏡と岩石鉱物[第2版]. 共立出版, 343pp .
- 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, 276pp .
- 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, 336pp .
- 町田 洋・新井房夫・李 炳嵩・森脇 広・古田俊夫(1984) 韓国鬱陵島火山のテフラ . 地学雑誌, 93, 1 - 14 .
- 長岡正利(1972) 白山火山の地質およびその岩石学的研究 . 金沢大学理学部修士論文 (MS) .
- 長岡正利・東野外志男・岩田次男(1990) 白山火山の全岩組成 . 石川県白山自然保護センター研究報告, 17, 1 - 11 .
- 沢田順弘・中村唯史・榎田禎久・Sun Yoon・徳岡隆夫(1997) 島根県大田市の掘削コアから発見された鬱陵島の完新世初期火山活動由来の漂着軽石 . 第四紀研究, 36, 1 - 16 .
- 高柳一男・守屋以智雄(1991) 白山火山の火山灰層 . 白山火山噴火活動調査報告書, 75 - 92, 石川県白山自然保護センター .
- 鳥浜貝塚研究グループ(1979) 鳥浜貝塚 . 福井県教育委員会, 219pp .
- 辻 誠一郎・東野外志男・清水登美子(1998) 白山地域の完新世層序と植生史 . 平成9年度生態系多様性地域調査(白山地区) 報告書, 101 - 112, 岐阜県・石川県 .
- 辻 誠一郎・奥野 充・福島大輔(2000) テフラの放射性炭素年代 . 日本先史時代の<sup>14</sup>C年代, 日本第四紀学会編, 41 - 58 .
- 横山卓雄・壇原 徹・山下 透(1986) 温度変化型屈折率測定装置による火山ガラスの屈折率測定 . 第四紀研究, 25, 41 - 46 .
- 横山卓雄・西田史朗(1987) 琵琶湖深層試錐中の火山ガラスのEDX分析による火山灰の同定と対比 . 地質学雑誌, 93, 275 - 286 .
- 吉川周作(1976) 大阪層群中の火山灰層について . 地質学雑誌, 82, 479 - 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 .

付表1 Hm-2中のアルカリ長石の化学分析値

Point NO	9	10	18	19	21	27	30	39	40	41	42	51	57
SiO <sub>2</sub>	66.18	64.66	65.05	65.99	66.61	65.84	66.00	65.08	65.33	64.92	65.54	64.79	65.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.89	18.46	19.08	19.01	19.41	18.48	18.21	18.11	19.09	18.69	18.65	18.69	19.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0.15	0.09	0.20	0.12	0.14	0.20	0.15	0.15	0.19	0.18	0.10	0.24	0.16
CaO	0.39	0.33	0.77	0.35	0.96	0.28	0.19	0.61	0.53	0.39	0.41	0.64	0.80
Na <sub>2</sub> O	3.92	4.69	4.40	5.88	5.04	3.87	6.24	4.02	4.19	4.04	3.88	3.96	4.32
K <sub>2</sub> O	9.41	10.09	9.59	8.58	8.40	10.63	8.16	10.29	10.03	10.86	10.81	9.72	9.43
Total	98.94	98.32	99.09	99.93	100.55	99.30	98.95	98.26	99.36	99.08	99.40	98.04	98.82
Atomic Ratios (O = 8)													
Si	3.006	2.983	2.969	2.978	2.978	3.003	3.003	3.001	2.975	2.979	2.992	2.985	2.973
Al	1.011	1.004	1.026	1.011	1.023	0.993	0.977	0.984	1.025	1.011	1.003	1.015	1.026
Fe <sup>3+</sup>	0.005	0.003	0.007	0.004	0.005	0.007	0.005	0.005	0.007	0.006	0.004	0.008	0.006
Ca	0.019	0.016	0.038	0.017	0.046	0.014	0.009	0.030	0.026	0.019	0.020	0.032	0.039
Na	0.345	0.420	0.389	0.514	0.437	0.342	0.551	0.359	0.370	0.359	0.343	0.354	0.383
K	0.545	0.594	0.558	0.494	0.479	0.618	0.474	0.605	0.583	0.636	0.629	0.571	0.550
Total	4.931	5.020	4.988	5.019	4.967	4.977	5.018	4.986	4.985	5.010	4.991	4.966	4.977
An	2.1	1.6	3.8	1.7	4.8	1.4	0.9	3.0	2.6	1.9	2.0	3.3	4.0
Ab	38.0	40.7	39.5	50.2	45.4	35.1	53.3	36.1	37.8	35.4	34.6	37.0	39.4
Or	60.0	57.7	56.7	48.2	49.8	63.5	45.8	60.8	59.6	62.7	63.4	59.7	56.6
Point NO	58	59	60	67	68	69	70	76	77	78	87	96	105
SiO <sub>2</sub>	66.42	65.33	65.51	64.91	66.16	65.68	66.58	66.25	66.45	65.98	64.95	65.66	65.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.75	19.13	19.06	19.14	19.44	18.82	18.98	18.79	18.62	18.45	18.98	18.75	18.53
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0.11	0.15	0.13	0.16	0.23	0.10	0.11	0.16	0.13	0.15	0.21	0.10	0.13
CaO	0.28	0.56	0.73	0.91	0.91	0.56	0.52	0.14	0.18	0.26	0.65	0.60	0.66
Na <sub>2</sub> O	6.77	4.75	4.63	6.57	6.46	5.55	5.31	5.89	6.50	7.39	4.09	4.64	4.56
K <sub>2</sub> O	7.27	9.60	9.06	6.68	6.45	8.55	8.51	8.00	7.71	6.65	10.35	9.37	9.25
Total	99.60	99.52	99.12	98.37	99.65	99.26	100.01	99.22	99.60	98.87	99.23	99.12	98.32
Atomic Ratios (O = 8)													
Si	2.992	2.970	2.979	2.960	2.969	2.982	2.993	2.997	2.997	2.992	2.970	2.990	2.992
Al	0.995	1.025	1.022	1.029	1.028	1.007	1.006	1.002	0.990	0.986	1.023	1.006	1.002
Fe <sup>3+</sup>	0.004	0.005	0.004	0.006	0.008	0.004	0.004	0.005	0.004	0.005	0.007	0.003	0.005
Ca	0.013	0.027	0.036	0.044	0.044	0.027	0.025	0.007	0.009	0.012	0.032	0.029	0.032
Na	0.591	0.419	0.408	0.581	0.562	0.489	0.463	0.517	0.568	0.650	0.363	0.410	0.406
K	0.418	0.557	0.526	0.389	0.369	0.495	0.488	0.462	0.444	0.385	0.604	0.544	0.542
Total	5.013	5.003	4.975	5.008	4.979	5.004	4.978	4.989	5.012	5.030	4.998	4.982	4.978
An	1.3	2.7	3.7	4.4	4.5	2.7	2.6	0.7	0.9	1.2	3.2	3.0	3.3
Ab	57.8	41.8	42.1	57.3	57.6	48.3	47.4	52.5	55.7	62.1	36.3	41.7	41.4
Or	40.9	55.5	54.2	38.3	37.9	49.0	50.0	46.9	43.5	36.7	60.5	55.4	55.3
Point NO	106	109	118	122	123	134	136	137	145	159	164	165	166
SiO <sub>2</sub>	64.86	65.09	65.63	65.19	65.20	64.86	65.70	65.85	65.83	65.16	65.31	64.80	65.21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.95	19.05	18.43	18.87	19.14	18.35	19.10	18.62	18.22	19.06	18.86	19.00	18.22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0.17	0.19	0.14	0.18	0.12	0.14	0.18	0.10	0.19	0.21	0.11	0.11	0.10
CaO	0.65	0.60	0.43	0.55	0.62	0.66	0.70	0.41	0.37	0.72	0.63	0.67	0.57
Na <sub>2</sub> O	3.95	4.48	5.59	4.10	4.53	4.11	4.67	4.56	4.63	4.43	5.34	5.07	4.01
K <sub>2</sub> O	10.23	10.21	8.48	10.50	9.96	10.43	9.70	9.83	8.98	9.55	8.89	8.59	10.72
Total	98.80	99.62	98.70	99.38	99.57	98.55	100.06	99.37	98.23	99.12	99.14	98.24	98.83
Atomic Ratios (O = 8)													
Si	2.974	2.966	2.995	2.977	2.967	2.988	2.972	2.996	3.014	2.972	2.975	2.972	2.997
Al	1.024	1.023	0.991	1.016	1.027	0.996	1.018	0.998	0.983	1.025	1.013	1.027	0.987
Fe <sup>3+</sup>	0.006	0.006	0.005	0.006	0.004	0.005	0.006	0.004	0.007	0.007	0.004	0.004	0.004
Ca	0.032	0.029	0.021	0.027	0.030	0.033	0.034	0.020	0.018	0.035	0.031	0.033	0.028
Na	0.351	0.396	0.495	0.363	0.400	0.367	0.410	0.402	0.411	0.392	0.472	0.451	0.357
K	0.598	0.593	0.494	0.612	0.578	0.613	0.560	0.570	0.525	0.556	0.517	0.503	0.628
Total	4.986	5.014	5.001	5.000	5.006	5.002	5.000	4.990	4.958	4.986	5.011	4.989	5.001
An	3.2	2.9	2.1	2.7	3.0	3.2	3.4	2.0	1.9	3.6	3.0	3.3	2.8
Ab	35.8	38.9	49.0	36.3	39.6	36.2	40.8	40.5	43.1	39.9	46.3	45.7	35.2
Or	61.0	58.3	48.9	61.1	57.3	60.5	55.8	57.5	55.0	56.6	50.7	51.0	62.0

\* Fe as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>