

富士火山，箱荒沢坑で発見された白色火山灰層の起源

安田 敦*・金子隆之*・藤井敏嗣*

(2006年11月6日受付, 2007年3月13日受理)

Origin of a White Pumiceous Ash Layer in the Hakoarezawa Tunnel, Fuji Volcano, Japan

Atsushi YASUDA*, Takayuki KANEKO* and Toshitsugu FUJII*

Tsuya (1962) described a white pumiceous ash layer in the Hakoarezawa tunnel located at the southwest flank of Mt. Fuji, and ascribed it to an acidic magma activity of the older Fuji Volcano. We found a thin-section labeled "Hakoaresawa pumice lens 1,960 m" in rock-samples left by the late Professor Hiromichi Tsuya, and analyzed it by electron microprobe. The white pumice is composed largely of flakes of colorless glass together with a few fragmented plagioclase micro-phenocrysts coated by the glass and free crystals of orthopyroxene. Chemical composition of the glass ($\text{SiO}_2=78.1$, $\text{Al}_2\text{O}_3=12.2$, $\text{CaO}=1.1$, $\text{Na}_2\text{O}=3.7$, $\text{K}_2\text{O}=3.3$ (wt%)) is identical to that of Aira-Tn (AT) ash, a widespread volcanic deposit erupted from Aira caldera about 26,000 years ago. Composition of the plagioclase is also similar to that in AT ash. Considering some other similarities between the white pumice and AT ash such as their refractive indexes of glass, we conclude that the white pumice is AT ash, and not a product of the older Fuji volcano.

Key words: Fuji Volcano, Hakoaresawa, white pumice, AT ash

1. はじめに

箱荒沢坑は、富士山に掘削された唯一の大規模な横坑で、富士山南西山腹の箱荒沢谷の標高1,045 mを起点とし山体中心方向にほぼ水平で長さは2,020 mに達する。Tsuya (1962) および津屋 (1971) は、坑道奥の古富士噴出物である火山砕屑物層中の薄い白色火山灰層を記載し、この白色火山灰を新富士火山1707年宝永噴火の際に噴出した白色火山灰と同類のものとし、古富士火山においても珪長質に富む特異な噴火があったと考えた。一方、町田・他 (1971) および町田・新井 (1976) は、この津屋によって報告された白色火山灰を、富士東麓から丹沢山地一帯に広く分布する始良 Tn 火山灰 (AT 火山灰) であると考えた。この推定についての具体的な根拠は示されていないものの、おそらく、白色火山灰中に含まれる火山ガラスについて Tsuya (1962) が報告した形態や屈折率が AT 火山灰に含まれる火山ガラスと一致することや、白色火山灰を含む砂礫層の近傍で採取された木炭片の放射性炭素年代が AT 火山灰の年代に近いことから、判断したものと思われる。

我々は、津屋弘達が残した膨大な富士山関連の資料 (岩石試料、薄片、フィールドノート、地質図幅など) を整理・分類する過程で、Tsuya (1962) および津屋 (1971) が記載した箱荒沢坑の白色火山灰の岩石薄片を発見した。幸いにも岩石薄片は火山ガラス部分が良好な状態で保存されていた。この白色火山灰の起源は、富士火山のマグマシステムとその発達過程・形成史を解明する上できわめて重要と思われる。そこで、この薄片試料の化学組成分析から、白色火山灰の由来の検討をおこなった。

なお、富士火山の時代区分についてはいくつかの提案 (例えば、町田 (1964)、宮地 (1988)、津屋 (1968)、上杉・他 (1983)) がなされてが、本論では津屋 (1968) の時代区分にしたがって、「古富士 (Older Fuji)」、「新富士旧期」、「Younger Fuji」等の用語を用いる。

2. 箱荒沢坑

箱荒沢坑は、1959年から1961年にかけて、富士総合開発株式会社が富士山南西部の水源開発を目的として掘削した試掘坑である。主坑道は富士山南西斜面中腹の通

* 〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1
東京大学地震研究所
Earthquake Research Institute, Univ. Tokyo, Yayoi
1-1-1, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0032, Japan.

Corresponding author: Atsushi Yasuda
e-mail: yasuda@eri.u-tokyo.ac.jp

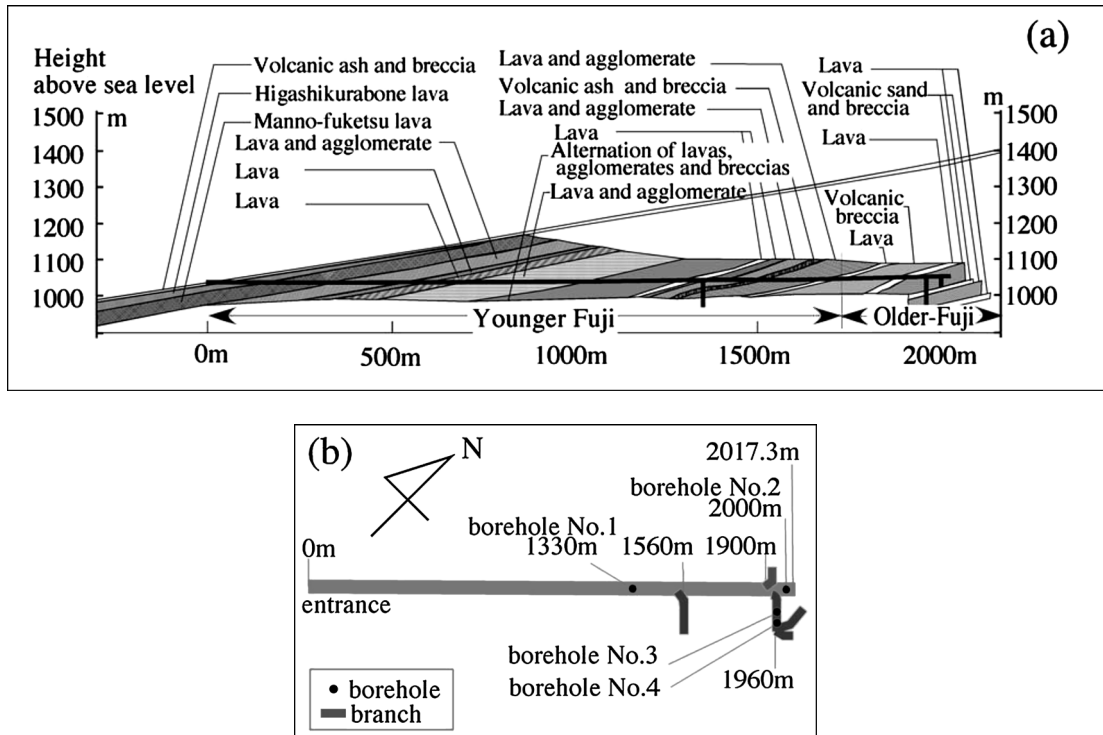


Fig. 1. (a) Geological vertical section along the Hakoarezawa tunnel, modified after Tsuya(1962), (b) plane map of the Hakoarezawa tunnel, based on Tsuya's fieldnote labeled "No. 15".

称「檜塚」と呼ばれる側火山の西南西約1,500mの標高1,045m地点（緯度35度18分45秒，経度138度40分28秒）を入口とし，北東方向にほぼ水平上向き（勾配1:300）で全長2,020m，約2m×2mの断面を持つ（Fig. 1）。途中，1,330m地点では深さ85m鉛直方向の試錐，1,560m地点では水平南東方向に横坑（長さ不明），1,900m地点では水平北西方向に奥行き55mの横坑，1,960m地点からは水平南東方向に奥行き177.6mの横坑，2,000m地点では鉛直方向の試錐（深さ不明）が行なわれている。さらに，1,960m地点からの横坑では，途中2カ所で深さ115mと40mの鉛直方向の試錐が行なわれるとともに，最深部ではそれぞれ32mと180.6mの水平方向の2つの分岐坑が掘削されている。

Tsuya (1962) と津屋 (1971) によると，2回の箱荒沢坑調査が1962年の春に行われた。この記述に基づいて白色火山灰の採取された場所について簡単に紹介する。

主坑入口から330m奥までは，新富士旧期溶岩である東倉骨溶岩（白塚溶岩）や万野風穴溶岩など地表で観察される幾つかの溶岩流と対比可能な溶岩層が観察される。その後1,740mまでは1mmから数mmの比較的大きな斜長石斑晶を伴う新富士旧期の岩石の特徴を持った何層

もの溶岩層や凝灰角礫岩層が続く。一方，1,740mから最奥部までは，あまり大きな斑晶は含まず石基鉱物として多量のかんらん石を含み結晶間のガラスに乏しいという，古富士火山の噴出物の特徴を持つ火山泥流や火砕流堆積物を伴う凝灰角礫岩層や溶岩層が変わる。新富士火山の噴出物と古富士火山の噴出物との間には赤い土壌層が挟まるが，薄い層であり大きな時間間隙を示すものではない。古富士火山の噴出物は，1,740mから1,880mまでは凝灰角礫岩層，その後厚さ約10mの普通輝石紫蘇輝石橄欖石玄武岩の溶岩層が続き，1,920mから奥は再び凝灰角礫岩層が変わる。この凝灰角礫岩層の大部分は玄武岩質の角礫や火山砂の堆積物から成り，固く締まってはいない。また，1,960m地点からの横坑で掘られた試錐から，数枚の薄い溶岩層を挟むことが明らかにされている。

白色火山灰層が見つかったのは主坑の凝灰角礫岩層部分の1,940m以奥部分で，玄武岩の砂質凝灰岩にはさまれた厚さ2~3cmの薄い層（場所によってレンズ状にやや厚く堆積した層）として観察される（津屋，1971，写真6-c）。津屋（1971）では，この白色火山灰層を「多少の玄武岩，輝石，橄欖石などの微粒がまじるほか無色透明

の天然ガラスの微細な破片のみ」と記載している。一方、Tsuya (1962) では、橄欖石についての記載が無く、玄武岩質の微小岩片や角張った斜長石断片と輝石断片が白色火山灰に混じるが火山ガラスに包有されたものは無い、と記述されている。なお、この白色火山灰層を含む凝灰角礫岩層から南東に伸びた横坑は、主坑と同様の玄武岩質の角礫や火山砂・火山灰が幾重にも重なった凝灰角礫岩層中にあり、その終端付近の2つの分岐坑が掘削された地点からは、玄武岩質の火砕流堆積物中から完全に炭化した木炭片が発見された。この炭化木片の放射性炭素年代を測定した結果、 $21,200 \pm 950$ 年 (Gak-225) という値が報告されている (Tsuya, 1962)。

なお、上記の横坑については、Tsuya (1962) では、1,940m から分岐と書かれているが、津屋 (1971) では、1,960m 地点と記載されている。津屋フィールドノート No. 15 (津屋未発表資料) には横坑の入り口が緩やかな曲線を描いて図示されており (Fig. 1 (b)), 分岐点の位置は 1,940m だが横坑本体部分の延長が本坑と交わる位置が 1,960m なのかもしれない。また、この横坑の途中で掘られた鉛直の試錐について Tsuya (1962) では主坑からの分岐点より 115m 地点で深さ 100m 程度と記述しているが、津屋 (1971) では分岐点からの距離についての記載はなく、試錐の深さが 115m と書かれているのみである。津屋フィールドノートには、borehole No. 3 に対して「Boring - 115m」と書かれており、対応する岩石試料に添えられたメモにも「タテ坑-115m」と書かれているので、115m という数字は津屋 (1971) のように試錐の深さと思われる。

この箱荒沢坑は 1982 年に東京大学地震研究所に寄贈され、現在は、地震計や傾斜計などの観測機器が坑道の入口付近に設置されている。津屋のフィールドノート No. 15 (津屋未発表資料) に書かれた入坑時のメモに「入口から約 50m はコンクリート巻き、それより奥は所々松丸太の土留めあり。他は掘ったままで、亀裂多き溶岩部は崩れやすくあぶない。」と記述されているように、坑内部は崩落の危険が高く、また、観測ノイズを軽減する目的で観測機器設置場所より少し奥にコンクリートの壁が作られており、現在ではそれより奥への立ち入りはできない状態になっている。

3. 分析試料

3-1 由来

津屋弘達は東京大学地震研究所に在職していた 1934 年から退官後に勤めた富士急博物館時代の 1973 年までの 40 年にわたって富士山の岩石学的研究に取り組んできた。津屋が書き残した富士山関係のフィールドノ

ト、スケッチブック、地質図幅など多くの資料は、津屋の死後、遺族から地震研究所に寄贈された。また、収集した膨大な岩石試料や薄片試料は、彼の死後、富士急博物館に長く保存されてきたが、平成 13 年の「富士火山の総合研究」(平成 13-15 年科学技術振興調整費、代表、藤井敏嗣) を期に東京大学地震研究所で整理を行うことになった。現在、これらは「津屋資料」と名付けられ整理や分析が行われており、その詳細については別途報告する予定である。

箱荒沢坑関係としては、フィールドノートや写真の他に岩石片 39 個と岩石試料の薄片 166 枚が現存する。その薄片の 1 枚に「No. 50. pumice lens 1,960m」というラベルが貼られており、白色火山灰がマウントされていた。残念ながら、対応する原岩試料はまったく残されておらず、この岩石薄片が唯一の現存試料である。

津屋の残した記録類の中にはこの薄片について特別な記述はないが、ラベルの記載からこの試料は津屋 (1971) および Tsuya (1962) に記述されている箱荒沢坑 1,940m 地点付近の白色火山灰層に由来するものと考えられる。ただし、津屋 (1971) の写真 6-d, Tsuya (1962) の Fig. 8-e に示された顕微鏡写真と同一の視野が得られないことから、これらの掲載写真に用いられた薄片とは異なる試料である。津屋 (1971) の写真 6-d には 1,945m, Tsuya (1962) の Fig. 8-e には 1,940m という坑道内の採取位置の注釈が付記されているが、両者は同一の薄片試料を撮影したものである。一方、今回分析した薄片には採取場所が 1,960m と記載されているので、津屋 (1971) および Tsuya (1962) に用いられた試料よりも坑道の若干奥で採取されたものであろう。津屋は白色火山灰層の分布範囲について厳密な記述をしていないが、Tsuya (1971) で坑道内の堆積物の傾斜角を水平から約 10 度と見積もっていることと坑道自体の傾斜が 1:300 であることを合わせると、15m 程度はなれた地点で同一の火山灰層が観察されたとしてもおかしくはない。加えて、津屋 (1971) の写真 6-c を見ると、白色火山灰層はきれいなマントルベディングではなく若干乱れた形で堆積しており、降灰時には幾分起伏に富む地表面に降り積もったものと思われる。このことも、白色火山灰層が坑道内のある程度広い範囲で観察されたと考えることと矛盾しない。

3-2 記載

分析薄片の顕微鏡写真 (オープンニコル、倍率×100) を Fig. 2 に示す。視野の大部分を無色透明の bubble wall 型のガラスが占め、その多くは平板状で鋭利な角をもつ。その大きさは最大のものは長径 500 μm 程度であるが、大部分は 200 μm 程度である。薄片内には他にわずかな量の褐色のガラスや斜長石、斜方輝石が観察でき

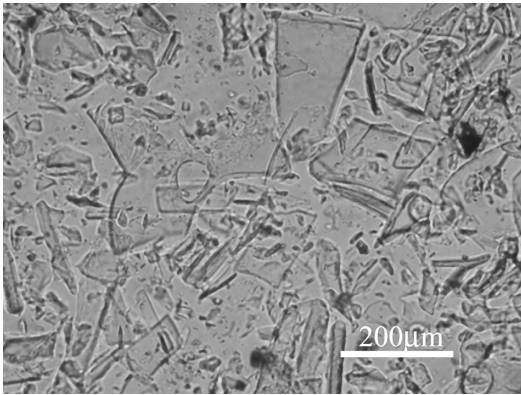


Fig. 2. Microphotograph of the volcanic glass shards (No.50 WP).

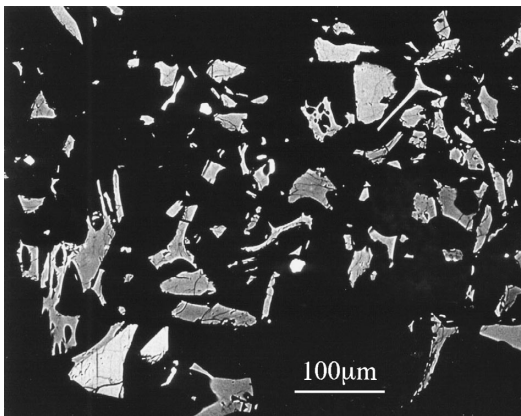


Fig. 3. Back-scattered electron image of the specimen (No.50'WP). Dark grey grains are flakes of volcanic glass. Two light grey grains at the left bottom corner are plagioclase. Small white grains are orthopyroxene.

る。この観察結果は、津屋 (1971) および Tsuya (1962) に記載されている白色火山灰の記載とほぼ一致している。

3-3 処理

この薄片は、火山ガラスをカナダバルサムで煮固めた後、薄片として整形・研磨されており、顕微鏡観察用として上面はカバーガラスで覆われていた。そこで、薄片の半分を現状のまま保存し、残り半分のカバーガラスを外し、試料部分全体をアセトンで洗うことによってカナダバルサムの基質部分を溶解させて火山ガラスや鉱物部分を分離させた。この分離物を集め、スライドガラスの上に広げてからエポキシ系接着剤で固め、それを研磨して、電子線マイクロプローブ分析 (EPMA) 用の試料を作成した。この作業の過程で大きな火山ガラス片の大部

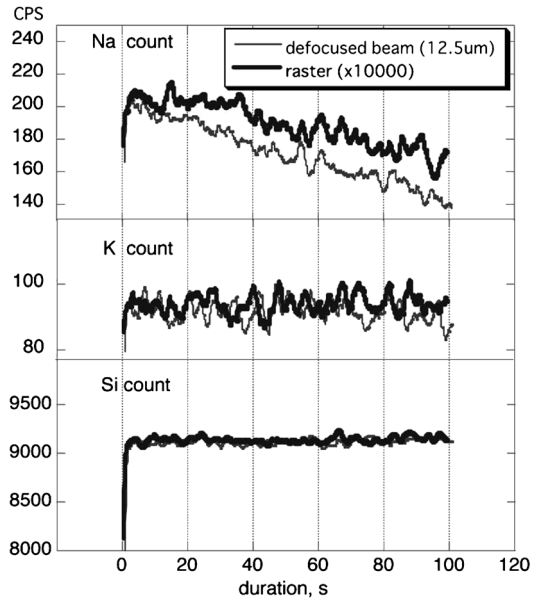


Fig. 4. Count-rates of alkali elements and silica with time.

分が碎けてしまい、EPMA 用試料の火山ガラスサイズは、最初のものより小さいものが多くなっている。なお、本稿では以後この試料を No. 50'WP と記載する。

3-4 組成分析方法

Fig. 3 に No. 50'WP の反射電子線像を示す。暗い灰色部分が無色透明火山ガラスで、やや薄い灰色片で周囲にガラス部分を付けているものは斜長石である。分析試料には、 $10\mu\text{m}$ 程度の明るい微小結晶として斜方輝石が観察されるが、これは完全な遊離結晶で透明火山ガラスとの関係は不明であるため、定量分析は行なわなかった。

EPMA による分析は、Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K の9元素について、日本電子製 JXA-8800R を用いて加速電圧 15 kV, 照射電流 12 nA で測定し、ZAF 法で定量計算をおこなった。カウント時間は、ピーク位置で 10 秒、バックグラウンド位置 2 カ所それぞれ 5 秒である。ピーク角度は、同一試料上の定量分析点とは異なる場所で予めピークサーチを行ない決定し、分析シーケンス中ではピークサーチは行なっていない。分析時のアルカリの減少を防ぐために、電子線の照射方法は、通常の分析でよく用いられる defocus 照射ではなく、視野 10,000 倍下でのラスタ照射でおこなった。この分析条件下でのビームダメージによる分析元素のカウント数の変化の様子を Fig. 4 に示す。今回の定量分析において、1 点の測定に要する時間は電子ビーム照射開始から終了まで、途中の分光結晶の移動時間も含めてちょうど 60 秒である。ビームダメージによってカウントが変動しやすいア

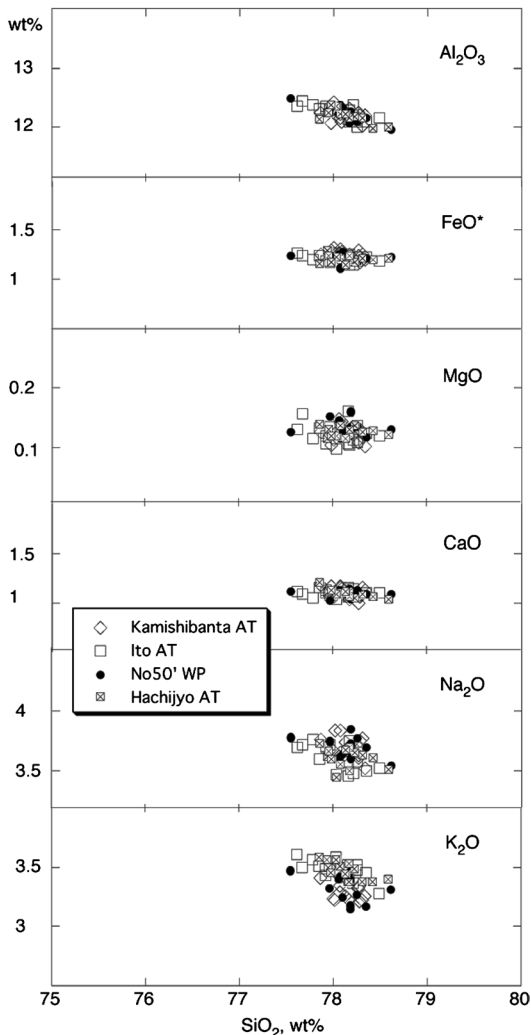


Fig. 5. Comparison of glass compositions (normalized to 100wt%) of the Hakoarezawa white pumice with AT ash.

ルカリ元素 (Na, K) は分析の最初に測定するように設定しており, ビーム照射開始から 30 秒後にはこれらの計測は終了している. Fig. 4 から明らかなように, アルカリ元素の測定時間中には, ビームダメージによる顕著なカウントの増減は観察されない. また, アルカリ元素の減少に起因して起きる SiO₂ の増加も見られない.

ガラス組成の比較のため, 鹿児島県国分市春山原で採取した入戸火砕流上部の新鮮な火山ガラス (Ito AT), 静岡県御殿場市上柴怒田の露頭から採取した AT 火山灰とされる火山ガラス試料 (Kamishibanta AT), 八丈島東山の石積灯台下の露頭から採取した AT 火山灰とされる火山ガラス試料 (Hachijyo AT) の定量分析も同じ分析条件

Table 1. Chemical composition of volcanic glasses.

	No50'WP (13) 1σ		Ito AT (17) 1σ		Kamishibanta AT (16) 1σ		Hachijyo AT (13) 1σ	
SiO ₂	78.14	0.24	78.06	0.24	78.13	0.14	78.14	0.21
TiO ₂	0.13	0.04	0.12	0.04	0.12	0.03	0.12	0.03
Al ₂ O ₃	12.22	0.14	12.25	0.12	12.20	0.10	12.19	0.11
FeO*	1.21	0.04	1.21	0.04	1.25	0.04	1.21	0.04
MnO	0.04	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02
MgO	0.13	0.01	0.12	0.02	0.12	0.01	0.13	0.01
CaO	1.11	0.04	1.10	0.04	1.12	0.05	1.11	0.05
Na ₂ O	3.69	0.09	3.62	0.11	3.69	0.09	3.60	0.08
K ₂ O	3.32	0.11	3.48	0.08	3.31	0.09	3.47	0.08
Total	100.00		100.00		100.00		100.00	
(Total)	95.70	1.10	97.66	0.64	95.26	1.26	95.40	0.34

FeO* = total iron

でおこなった. また, 少量ながら分析試料中にはガラスに被われている斜長石片が存在したので, その組成の分析もおこなった.

4. 分析結果

試料が水和しているためか, 火山ガラスの分析では, total 値が 95-98 wt% 程度と低かった. そこで, 分析結果を 100 wt% に再計算した酸化物重量として Table 1 と Fig. 5 に示す. Table 1 の試料名の下 () 内の数字は分析点数で, それらの測定値のばらつきを標準偏差 (1σ) の形で与えてある.

K₂O を除けば, No. 50'WP と他の AT 火山灰のガラスの組成の一致はきわめて良い. No. 50'WP の K₂O は, Ito AT や Hachijyo AT と比べると, 1σ を少し超える程度低い値を示す. 一方, No. 50'WP と Kamishibanta AT とで比較すると, K₂O はほぼ等しい値をとる. K₂O が低いものは, おそらく堆積環境の違いによって, K が移動するような変質を受けたのではなかろうか. いずれにせよ, 組成差は大きくないので, 火山ガラスの組成から判断する限り, No. 50'WP は AT 火山灰と同一であると考えることができる.

次に透明ガラスと共存する斜長石片の組成について縦軸に K₂O, 横軸に An 値 (Ca/(Na+Ca)×100) として表したものを Fig. 6 に示す. Ito AT は組成巾が大きいものの一つのトレンドをなし, No. 50'WP, Kamishibanta AT, Hachijyo AT はこのトレンドにきれいに重なる. Ito AT は, 給源から近距離であるため, 火山ガラスを纏った斜長石片として比較的大きな (数百 μm) ものから数十 μm 以下の微小なものまで様々な大きさの斜長石片が存在する. これに対し, No. 50'WP, Kamishibanta AT, Hachijyo AT に含まれる斜長石片はいずれも数十 μm 以下の微小なものばかりである. Ito AT の斜長石片の組成は火山ガラスとの境界面から少し離れた結晶内部ではやや大きな An 値が測定されており, Ito AT の組成巾が大きいのは, 斜長石内部の組成不均質の影響を受けたた

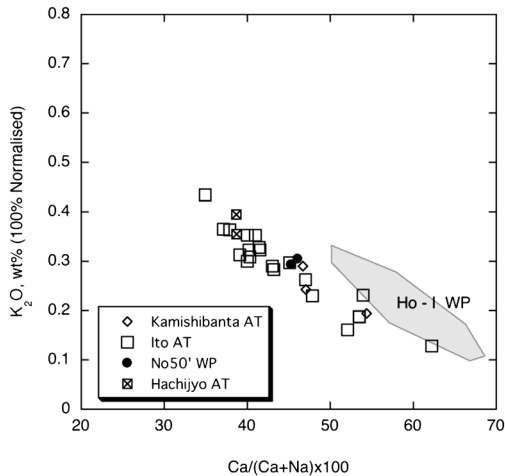


Fig. 6. Composition of plagioclase enveloped in volcanic glass. The shaded part shows the compositional range of plagioclase of microphenocryst contained in the white pumice of the Hoei eruption of Younger Fuji volcano (Iida, unpublished data).

めと考えられる。

比較のため、富士火山1707年宝永噴火で噴出した白色火山灰に含まれる斜長石の組成をFig. 6に重ねる(Ho-I WP)と、AT火山灰の斜長石とは異なる分布をなしている。したがって、斜長石組成から見ても、No. 50' WPはAT火山灰である可能性が高い。

5. 議 論

5-1 白色火山灰はAT火山灰か

火山灰の対比・同定に際しては、できるだけ多くのデータから判定することが必要とされており(町田・新井, 2003), AT火山灰と対比を行う場合には、斜方輝石の屈折率や組成も使われることが多い。だが、箱荒沢の試料の場合、分析試料片の中には火山ガラスを纏った斜方輝石が存在しなかったことや、遊離結晶は白色火山灰層を挟む玄武岩質凝灰角礫岩層から混入した結晶である可能性を否定できないことから、斜方輝石での組成の対比は行わなかった。

それでは、箱荒沢坑道の白色火山灰がAT火山灰であることを示唆するデータは、他にどのようなものがあるだろうか。Tsuya (1962) および津屋 (1971) は、この箱荒沢の白色火山灰の屈折率(n)として $n=1.500$ という値を報告している。火山ガラスの屈折率はガラスの水和の程度で変化することが知られており、測定したサンプル個数や水和の程度が記述されていないため不確定性は残

るものの、報告された値は、AT火山灰の火山ガラスの値、 $n=1.498-1.501$ (町田・新井, 2003), とよく合致している。さらに、薄片で観察された前述の火山ガラスの特徴は、町田・新井(1976)に示されたAT火山灰中の火山ガラスのbubble wall型の形状とほぼ同じであり、特に、AT火山灰の給源からの距離がほぼ同じである箱根峠で採取された試料(町田・新井, 1976; 図2(a))とは大きさの点でも似通っている。火山灰層の厚さは堆積面が乱れているため正確な厚さはわからないが、数cm程度であるとすれば(津屋, 1971), 近隣の地域で観察されるAT火山灰の厚さ(例えば上柴怒田の露頭で約5cm)と調和的である。また、白色火山灰層の近くの火砕流堆積物と思われる火山砕屑物の中から見つかった炭化木片の放射性炭素年代が、木越によって β 線量測定法で $21,200 \pm 950$ 年と決定されたことが、Tsuya (1962)で報告されている。この値は、木越によって日本各地に分布するAT火山灰の上下の地層中の有機物を用いて決定されたAT火山灰噴出年代2.1-2.2万年前(木越, 1972)とよく一致している。この年代値については、加速器質量分析法や酸素同位体法による年代値に暦年補正を加えた最近の研究によるATの噴出年代、26-29ka(町田・新井, 2003), とは若干隔たっているが、同一研究室で同一測定方法を用いて求められた多くのAT火山灰の噴出年代と箱荒沢の試料年代が良く一致しているので、箱荒沢坑道の白色火山灰がAT火山灰であることを支持するものである。ただし、以下の理由から、得られた年代値が白色火山灰層の年代を直接示しているわけではないことに注意しなくてはならない。まず、(1)炭化木片を含む凝灰角礫岩層はレンズ状の白色火山灰層をはさんで堆積しており、一回の火砕流によって堆積したのではなく、主坑の深さ1,920mから最深部の2,017mまでの広い範囲を岩相が同質ということでTsuya (1962)が細分せずの一つにまとめて記述しているものであること、さらに、(2)炭化木片の採取地点は主坑の白色火山灰層から水平距離で百数十m離れている横坑奥であり、白色火山灰層との上下関係もTsuya (1962) および津屋 (1971)には示されていないこと、という2つの理由である。しかしながら、後述するようにこの箱荒沢における古富士末期の堆積速度が1万年間に200m程度であることを受け入れるならば、炭化木片生成年代と白色火山灰降下の年代との差は数千年以内と思われる。この時期に富士山周辺にはAT火山灰と同じ組成をもった広域火山灰は知られておらず(町田・新井, 2003), 炭化木片の年代値と白色火山灰層の堆積年代との可能な差を考慮しても、箱荒沢坑道の白色火山灰がAT火山灰であると考えられる。

以上のように、これまで発表されていたデータだけで

は、白色火山灰層を AT 火山灰である結論するには必ずしも十分ではなかったが、今回新たに得られた火山ガラスと斜長石の組成分析結果を併せて総合的に判断することにより、箱荒沢坑道 1,940–1,960 m で見つかった白色火山灰層は AT 火山灰であると結論した。結果的に、町田ら(町田・他, 1971; 町田・新井, 1976)の推定は正しかったことになる。

5-2 白色火山灰が AT 火山灰と同定されたことの意義

本論で白色火山灰が AT 火山灰と同定されたことの意義は 2 つある。一つは、古富士火山のマグマシステムを理解する上で鍵となる白色火山灰層の起源を明らかにしたこと、もう一つは、古富士火山の火山活動と山体形成についての制約を与えたことである。

Tsuya (1962) と津屋 (1971) は、この箱荒沢の白色火山灰を、1707 年宝永噴火の際に噴出したデイサイト質軽石と同様のものとみなした。新富士火山と同様に、古富士火山の活動の中でも酸性の軽石灰砂を噴出する事象があったと考え、富士火山の特異性を示す一つの重要な産物と位置づけた。すなわち、遠方まで火山灰を飛ばして関東ローム層の形成に寄与したように、富士火山が玄武岩火山としては稀な激しい爆発的噴火を起こす要因として、箱荒沢の白色火山灰をもたらしたような酸性マグマの何らかの関与を考えた。しかしながら、今回、箱荒沢坑で見つかった白色火山灰が AT と同定されたことによって、古富士火山の活動において新富士火山のようなデイサイト～流紋岩質のマグマを噴出する火山活動があったという証拠はなくなった。ただし、古富士火山のスコリアを用いた最近のガラス包有物の研究(金子・他, 2004)からは、 $\text{SiO}_2 = 53\text{--}56 \text{ wt}\%$ の玄武岩質安山岩まで分化した小マグマ溜まりが火山体の深部に継続的に存在したことが示唆されており、富士火山が爆発的噴火を起こすことの背後に玄武岩マグマ以外のマグマが関与したという津屋の考えは、今なお有効であると思われる。

古富士火山の活動は、主に泥流堆積物中の火山岩塊や山麓のテフラを用いて研究されてきた(例えば、高橋・他, 2003; 富樫・他, 1997; 山元・他, 2005)。最近では、山腹でのボーリング調査によって、古富士火山に由来すると思われる溶岩流試料が幾つも得られており、溶岩流を出す火山活動も少なからずあったことが明らかになりつつあるが、噴出年代については十分に制約を与えられていない(例えば、宮地・他, 1998; 宮地・他, 2001; 安田・他, 2004)。こうした状況の中で、富士山周辺のあちこちで観察される AT 火山灰は古富士火山末期の噴出物の等時間面を与える存在としてきわめて重要な存在である。最近では、富士山北東の山中湖畔で行なわれたボーリングコアから見いだされており(吉本・他, 2004)、ま

た、富士山西麓の広見で行なわれたボーリングコアからも AT 火山灰と思われる火山灰層があったことが報告されている(宮地・他, 2001)。今回、箱荒沢坑で古富士期の溶岩流(1,890–1,920 m)が AT 火山灰降下後の古富士火山の末期の活動と特定できたことは、古富士火山の活動解明の一つの重要な手がかりとなるであろう。東側山麓で得られた同じ時期のテフラと化学組成の面から比較検討することによって、爆発的噴火と非爆発的噴火という異なる噴火様式で同じ時代に活動したマグマについて、マグマの組成や分化の場についての情報を得ることができる可能性がある。

山体形成についてはどのような制約を与えられるだろうか。山元・他(2005)によれば新富士火山の旧期溶岩は 17 ka まで遡れる。これを古富士と新富士の境界の年代と考えることとすると、箱荒沢坑では新富士・古富士境界が 1,740 m 地点に存在するので、古富士火山では AT 火山灰の降下から約 1 万年間で箱荒沢主坑の長さおよそ 200 m 分の堆積物が現存することになる。これは堆積層の傾斜を考慮して厚さに直すと約 30 m の厚さとなる。一方、箱荒沢坑の 1,740 m よりも浅い部分はすべて新富士火山の噴出物であるから、同様の計算をして、約 1 万 7 千年間に約 300 m の厚さの堆積があったことになる。両者を比較すると、AT 火山灰降下以降の古富士火山の堆積量は新富士火山の約 1/10、堆積率 (m/年) で見ると約 1/5 にすぎないことになる。

この数字は、必ずしも AT 火山灰降下より後の時代の古富士火山の活動が低調で噴出率が低かったことをただちに意味するものではない。富士山南西方向に堆積した古富士泥流堆積物のうち、富士宮市の本村山地区や田貫湖周辺のもの、堆積の状況から AT 火山灰の降下よりも後に堆積したと考えられているし(Yamazaki, 1992)、富士山の南西山麓にあたる富士宮市潤井川沿いで得られた古富士泥流中の炭化木片の年代から $17,700 \pm 300$, $18,500 \pm 300$, $19,000 \pm 500 \text{ y.B.P.}$ などの値が得られていること(津屋, 1971)は、古富士末期には崩壊が活発であったことを示唆していると思われる。この時期には、山体が十分に成長し急峻な斜面が形成される一方で、堆積物の固結度は低く崩れやすかったのであろうか。一方で、爆発的噴火が卓越し噴出物が遠方にまで堆積したため、噴出量に対する近傍への堆積量の割合が相対的に少なかった可能性や、古富士火山末期に火山活動が不活発になった可能性を否定するものではなく、活動の形態や消長についてはさらに別な検討材料を加える必要がある。

6. ま と め

富士火山箱荒沢坑の白色火山灰の火山ガラス組成と斜

長石組成を分析した結果、AT火山灰の値と一致した。屈折率や形態等の情報と併せると、Tsuya (1962) および津屋 (1971) が記載した箱荒沢坑の白色火山灰は高い可能性でAT火山灰であると考えられる。

謝 辞

富士急博物館には貴重な資料を提供していただきました。EPMAによる試料分析においては、東京大学火山噴火予知研究推進センター技術補佐員の玄蕃教代氏に標準試料分析を手伝っていただきました。飯田晃子氏からは宝永噴火サイト質噴出物中の斜長石の未発表分析データを提供していただきました。記して感謝いたします。査読者である宮地直道氏と一名の匿名査読者、および編集担当の佐藤博明氏の助言は、本稿の改訂に非常に有益でした。本研究の一部に科学技術振興調整費を使用しました。

引用文献

- 金子隆之・安田 敦・吉本充宏・嶋野岳人・藤井敏嗣・中田節也 (2004) 富士火山のマグマの特質とマグマ供給系—テフラ層の分析による検討—。富士火山の総合的研究, 月刊地球, 号外 **48**, 146–152.
- 木越邦彦, 福岡孝昭・横山勝三 (1972) 始良カルデラ妻屋火砕流の¹⁴C年代。火山, **17**, 1–8.
- 町田 洋 (1964) Tephrochronologyによる富士火山とその周辺地域の発達史 (その1)。地学雑, **73**, 293–308.
- 町田 洋・鈴木正男・宮崎明子 (1971) 南関東の立川, 武蔵野ロームにおける先土器時代遺跡包有層の編年。第四紀研究, **10**, 290–305.
- 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 (2003) 新編 火山灰アトラス。東京大学出版会, 336p.
- 宮地直道 (1988) 新富士火山の活動史。地質雑, **94**, 433–452.
- 宮地直道・安井真也・角田明郷・富樫茂子・遠藤邦彦・鶴川元雄 (1998) 富士山吉原観測井のボーリングコアの層序と岩石学的特徴。防災科学技術研究所研究報告, **58**, 105–120.
- 宮地直道・遠藤邦彦・富樫茂子・田島靖久・小森次郎・橋川貴史・千葉達朗・鶴川元雄 (2001) 富士山広見観測井のボーリングコアの層序と岩石化学的特徴。防災科学技術研究所研究報告, **61**, 31–47.
- 高橋正樹・小見波正修・根本靖彦・長谷川有希絵・永井匡・田中英正・西 直人・安井真也 (2003) 富士山噴出物の全岩化学組成—分析データ 847 個の総括—。日大文理自然科学研紀要, **38**, 117–166.
- 富樫茂子・宮地直道・安井真也・角田明郷・朝倉伸行・遠藤邦彦・鶴川元雄 (1997) 古富士火山末期から新富士火山にわたるマグマの組成変化—富士吉原火山活動観測施設のボーリングコアの岩石化学的性質。火山, **42**, 409–421.
- Tsuya, H. (1962) Geological and petrological studies of Volcano Fuji (VI), 6. Geology of the Volcano as Observed in Some Borings on its Flanks. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **40**, 787–804.
- 津屋弘達 (1968) 富士山地質図 (5 万分の 1) 富士火山の地質 (英文概説)。地質調査所。
- 津屋弘達 (1971) 富士山の地形・地質。富士山: 富士山総合学術調査報告書, 1–127, 富士急行。
- 上杉 陽・米澤 宏・千葉達郎・宮地直道・森 慎一 (1983) テフラからみた関東平野。最終氷期以降の関東平野, *Urban KUBOTA*, **21**, 2–17.
- 山元孝広・高田 亮・石塚吉浩・中野 俊 (2005) 放射性炭素年代測定による富士火山噴出物の再編年。火山, **50**, 53–70.
- Yamazaki, H. (1992) Tectonics of a plate collision along the northern margin of Izu peninsula, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **43**, 603–657.
- 安田 敦・金子隆之・吉本充宏・嶋野岳人・中田節也・藤井敏嗣 (2004) 溶岩流試料に基づくマグマの成因の検討。富士火山の総合的研究, 月刊地球, 号外 **48**, 139–145.
- 吉本充宏・金子隆之・嶋野岳人・安田 敦・中田節也・藤井敏嗣 (2004) 掘削試料から見た富士山の火山体形成史。富士火山の総合的研究, 月刊地球, 号外 **48**, 89–94.

(編集担当 佐藤博明)