

## 富士火山北東斜面で発生した最近 2,000 年間の火砕丘崩壊に伴う火砕流

田島靖久\*・宮地直道\*\*・吉本充宏\*\*\*・阿部徳和\*\*\*\*・千葉達朗\*\*\*\*\*

### Pyroclastic flows originated from the collapse of scoria cones for the last 2,000 years on the north eastern slope of Fuji volcano

Yasuhisa TAJIMA\*, Naomichi MIYAJI\*\*, Mitsuhiro YOSHIMOTO\*\*\*,  
Norikazu ABE\*\*\*\* and Tatsuro CHIBA\*\*\*\*\*

High velocity pyroclastic flows can travel several kilometers from the point of origin in as many minutes. When there is a risk of a pyroclastic flow reaching a residential area, such as occurred in the 1991-1995 Mt. Unzen pyroclastic flow disaster, it is important that the disaster hazard be accurately assessed and that meticulous countermeasures be prepared. The hazard map prepared by the Mt. Fuji commission in 2001 regards pyroclastic flows as having a low frequency of occurrence. We investigated and obtained data on the occurrence frequency and flow distances of past pyroclastic flows around the northeastern part of the volcano in the vicinity of the Takizawa valley with reference to the prevention of future disasters. We identified approximately nine layers of scoria fall deposits that had accumulated since cal AD 140 in this area. On the north east slopes around the Takizawa valley, based on occurrences within the tephra layers, over seven pyroclastic flows were identified as having occurred at cal AD 500-650. In addition, from topographical interpretation and investigation of spatter deposits, it was estimated that between about cal AD 140 and cal AD 650 about eight pyroclastic cones formed on the northeastern slopes in the vicinity of the Yoshidaguchi ascent. Rather than being regarded as occurring at low frequency, pyroclastic flows should be considered as being a relatively common feature of the Fuji volcano. The Takizawa B 1 pyroclastic flow began at an altitude of at least 2,100 m and flowed downslope for about 7 km. The Takizawa B 1 pyroclastic flow had a volume measured at about 2.4 million cubic meters and flowed out in a short period of time. Takizawa B 1 pyroclastic flow occurrence is that it flowed into only one valley; no traces of the flow can be found in other valleys within several hundred meters of the source area. The high density of volcanic fragments and agglutinate blocks in the Takizawa B 2 pyroclastic flow and Takizawa A' pyroclastic flow deposits suggest that they originated from scoria cones and lava flow. Consequently, the mechanism of the pyroclastic flow occurrence was presumed to be the sudden collapse of scoria cones or rampart on unstable slope. We called this type of pyroclastic flow a cone-collapse type. We also measured the repose angle of pyroclastic cones on Fuji volcano as being about 25 to 30 degrees. The pyroclastic deposits originated from the Takizawa B 1 eruption might have had a similar repose angle, and thus their high altitude position meant that subsequent eruptions caused them to quickly accumulate pyroclastic material, develop an unstable angle of repose, and then collapse.

**Key words:** Pyroclastic flow, basalt, frequency, scoria cone collapse, Fuji Volcano

\* 〒102-8539 東京都千代田区麹町 5-4  
日本工営(株)麹町オフィス  
Land Preservation Engineering Dept.,  
NipponKoei Co. Ltd Kojimachi-office 5-4  
Kojimachi, Ciyoda-ku, Tokyo 102-8539 Japan

\*\* 〒060-0005 札幌市中央区北 5 条西 6-2  
日本工営(株)札幌支店  
Sapporo office, NipponKoei Co. Ltd 6-2  
Kita-5-Jo-Nishi Chuo-ku Sapporo-si, Hokkaido,  
060-0005, Japan

\*\*\* 〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40  
日本大学文理学部地球システム科学科  
Department of Geosystem Sciences Collage of

Humanities and Sciences Nihon University.  
3-25-40 Sakurajosui, Setagaya-ku, Tokyo  
156-8550, Japan

\*\*\*\* 〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1  
東京大学地震研究所  
(現北海道大学大学院理学研究院)  
Earthquake Research Institute, University  
of Tokyo. 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo  
113-0032, Japan

\*\*\*\*\* 〒215-0004 神奈川県川崎市麻生区万福寺 1-2-2  
Asia Air Survey Co., Ltd 1-2-2 Manpukuji,  
Aso-ku, Kawasaki-si Kanagawa-ken, 215-0004,  
Japan

1. はじめに

富士火山は、わが国最大の陸上の玄武岩質成層火山で最近1万年間は山頂や山腹から溶岩や降下テフラを繰り返し噴出して成長した(津屋,1971など)。テフラ層序は、町田(1964 a, b), 町田(1977)などにより概要が明らかにされ、その後、多くの研究者によりその高精度化が図られた(泉・他, 1977; 上杉・他, 1979; 上杉・他, 1980; 宮地, 1988; 上杉, 1990など)。さらに、テフラの噴出年代については山元・他(2005)により系統的な検討がなされている。富士火山起源の火砕流は町田(1977)によって大沢火砕流-2,3として初めて報告され、それらは3,000~2,500年前に発生したと考えられている。その後、上杉・他(1987), 上杉・他(1992), 上杉(1998)は北東側斜面で、S-10,S-11,S-15', S-18', S-23-2,S-24-2,S-24-5など複数のテフラ期に火砕流が発生していることを指摘した。小山(1998b)は須走口付近で新たな火砕流、Yamamoto *et al.*, (2005)は西斜面で大沢火砕流-2,3を含む4層の火

砕流(SYP1~4)を見いだすなど、さらに多くの火砕流が発生していることを示唆する結果が出始めている。火砕流は発生仕方、規模により人命や財産に甚大な被害を及ぼすことから、防災対策を進める上で火山毎にその発生実態を把握することが不可欠である。富士火山では2000~2001年に発生した深部低周波地震の発生を受け2001年に富士山ハザードマップ委員会が設置された。委員会ではハザードマップの基礎データ収集のための調査が行われ、その一つとして火砕流の発生実態を把握するための現地調査が行われた。本調査は、北東斜面の約2,200年前の湯船第2スコリアより新しい時代の活動によって発生した火砕流堆積物が対象であった。その結果、上杉・他(1987)等が示したS-24-2テフラ期の火砕流を含め7層以上の火砕流堆積物があることを明らかにし、堆積物の分布・特徴よりこれらの火砕流が火砕丘等の崩壊を起源としたことを報告する。

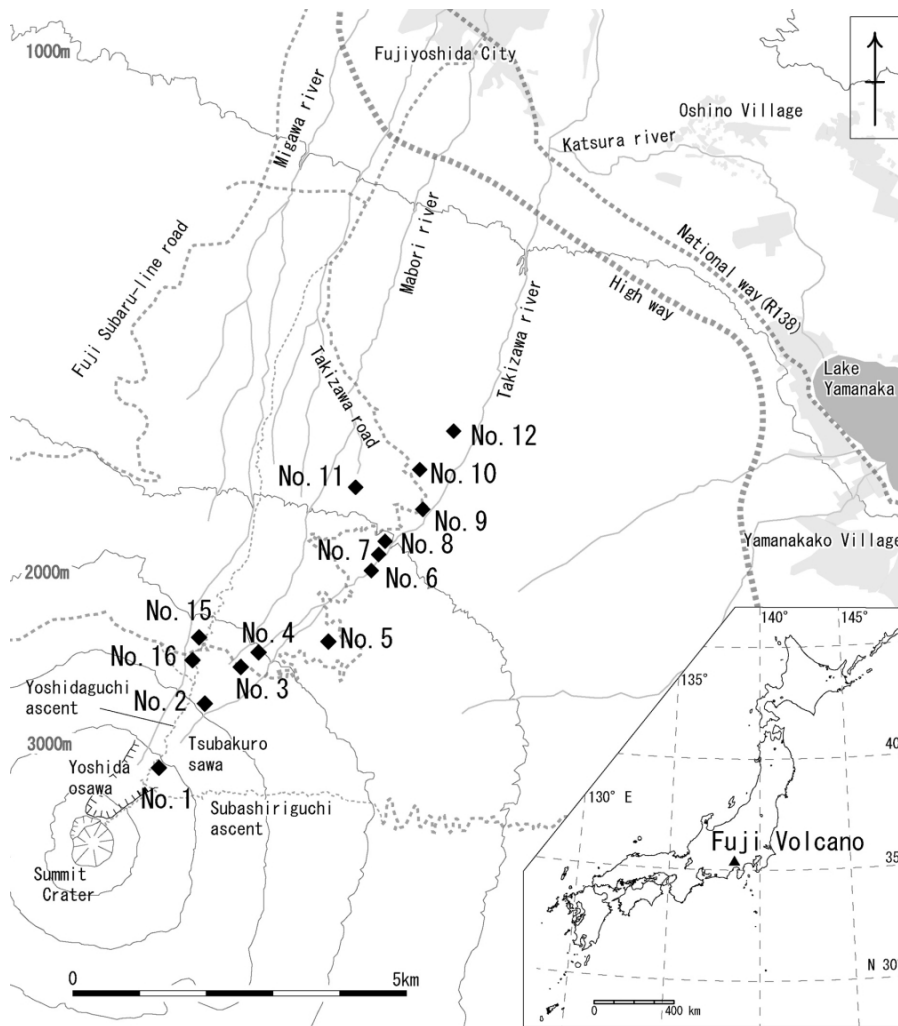


図1 調査地点位置図。  
Fig. 1. Location map of the study area around the north east flank of Fuji volcano.

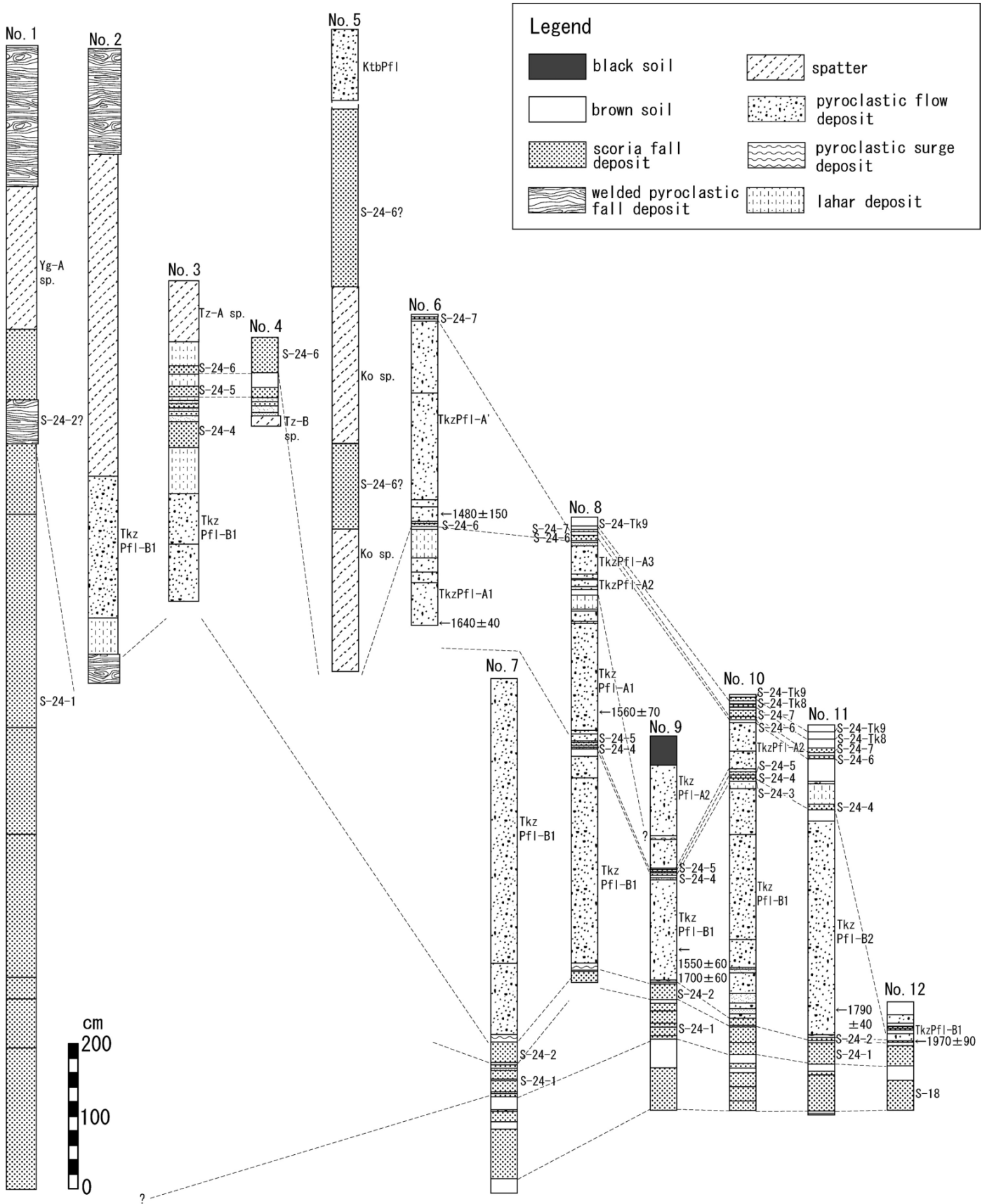


図2 北東斜面における新富士火山約 2000 年間のテフラ各個柱状図。

Fig. 2. Columnar map from the north east flank of Fuji volcano, during the last 2,000 years. Location is shown in Fig. 1.

2. 北東地域のテフラ及び火砕流層序

調査地域は標高約 3,000~1,100 m の吉田登山口-滝沢林道周辺及び北富士演習場内の標高 1,050 m 付近にかけての地域である (地点 1~17, Fig. 1)。層位関係を明らかにするためのテフラについては泉・他 (1977), 上杉・他 (1987), 宮地 (1988) 等と対比した。上杉・他 (1987) 等が示したテフラは風化層の存在によって区切られた中に含まれる火山砕屑物の総称であり (上本・上杉, 1996), 降下火砕物・火砕流・土石流等が同じテフラ期に含まれる場合がある。これに対して, 町田 (1964 a, b), 宮地 (1988) 等は降下火砕物・火砕流・泥流毎に名称を与えており, 単純に層序対比を行うことはできない。このため本論では, 各文献に共通する降下火砕物 (降下スコリア) をテフラ名称として用い, 火砕流・ラハールについては必ずしもテフラと連続した噴火によってもたらされた等の関係が明らかでないため新たに名称を付すこととした。火砕流堆積物とはマグマや高温の岩石がガスとともに重力によって密度流として流下し, 短時間に堆積したものの総称とした。その中で主として砂サイズの粒子によって構成され, 淘汰が良く層厚の薄い堆積物については火砕サージ層, 谷を埋めるように堆積し不淘汰なものについては火砕流層とした。両者に当てはまらない堆積物もみられるが, この堆積物については別途報告する。また, 火砕流の放射性炭素年代値は堆積物中の炭化木片を用い測定された結果である (Table 1)。年代測定結果については,  $\delta^{13}\text{C}$  補正後の  $^{14}\text{C}$  年代を yrs BP と示し, その後に括弧書き中に暦年較正年代 ( $2\sigma$  値) を cal BC もしくは cal AD として示した。また,  $\delta^{13}\text{C}$  補正および暦年較正年代値が示される以前の年代値については yBP ( $\delta^{13}\text{C}$  未補正) と表記し区別した。暦年較正は Talma and Vogel (1993) による。また, 火砕流堆積物の

みかけ密度は, 堆積物に約 30 cm 箱状の穴を掘り, 豊浦標準砂 (乾燥密度 1.524 kg/ $\ell$ ) によって置換し計測した結果である。以下, 下位から順にテフラ層序の説明を行う。

2-1 S-24-1

地点 10 (Fig. 1) の S-18 に対比されると考えられる降下スコリアの上位には, 層厚 6 cm の風化火山灰層, 層厚 2 cm の降下スコリア堆積物, 層厚 4 cm の風化火山灰層を挟み層厚 40 cm の 2 層の降下ユニットからなる降下スコリア堆積物が見られる (Fig. 2)。スコリアの粒径は, 下位ユニットでは下部 0.5~1 cm から上部 1~1.5 cm に変化し, 上位ユニットでは 0.5 cm となる。本層に含まれるスコリアの発泡度はやや低く, スコリアは丸み帯びた角状を呈し, その層相より S-24-1 (上杉・他, 1987) に対比される。なお, 本地域に分布する土丸尾溶岩, 雁穴丸尾溶岩 (津屋, 1968) は S-24-1 の下位に位置する。山元・他 (2005) は, S-24-1 直下の土壌より, cal AD 140 頃の年代値を得ている。S-24-1 の等層厚線図を (Fig. 3) に示す。

2-2 S-24-2

地点 10 (Fig. 1) では, S-24-1 の上位に層厚 1~2 cm 程度の薄い風化火山灰層を挟み降下スコリア堆積物が見られる (Fig. 2)。本層のスコリアは, 平板から長柱状の形状を呈し, ガラスが繊維状に伸びている。その層相, 層位から S-24-2 (上杉・他, 1987; 上杉, 2003) に対比される。

2-3 滝沢 B1 火砕流

滝沢周辺の北東標高約 2,800 m から 1,250 m 付近の滝沢を中心としその近隣の谷沿いには, S-24-2 の上位に侵食などの時間間隙を含まず淘汰が悪く同質のスコリアを主構成物とし, 谷を埋積する火砕流堆積物が見られる (Fig. 2)。本堆積物の上部には赤色酸化が見られ下部には炭化木片が多く含まれる。本堆積物には, 密度の高い本質

表 1  $^{14}\text{C}$  放射性年代測定結果。

Table 1 Results of  $^{14}\text{C}$  dating measurements.

Pyroclastic flow Name	Material	Loc.No. (Fig.1)	Sample (Beta Lab No.)	Measured $^{14}\text{C}$ Age (y.BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional $^{14}\text{C}$ Age (yrsBP)	Calendar Age		
							2 $\sigma$	1 $\sigma$	Intercept age
TkzPfl-B1	wood charcoal	No.12	Beta-160140	2020±90	-28.2	1970±90	BC 190-AD 240	BC 50-AD 120	AD 40
	branch charcoal	No.9	Beta-160141	1700±50	-25.0	1700±50	AD 230-430	AD 260-410	AD 370
	branch charcoal	No.9	Beta-160142	1540±60	-24.2	1550±60	AD 400-640	AD 430-580	AD 530
TkzPfl-B2	wood charcoal	No.11	Beta-170314	1820±40	-26.9	1790±40	AD 130-350	AD 220-260	AD 240
TkzPfl-A1	wood charcoal	No.8	Beta-158786	1580±70	-26.3	1560±70	AD 370-640	AD 420-580	AD 530
	branch charcoal	No.6	Beta-161356	1620±40	-23.7	1640±40	AD 340-530	AD 390-430	AD 410
TkzPfl-A'	branch charcoal	No.6	Beta-169929	1480±150			AD 240-880	AD 420-680	AD 600

国土交通省富士砂防事務所 (2001)

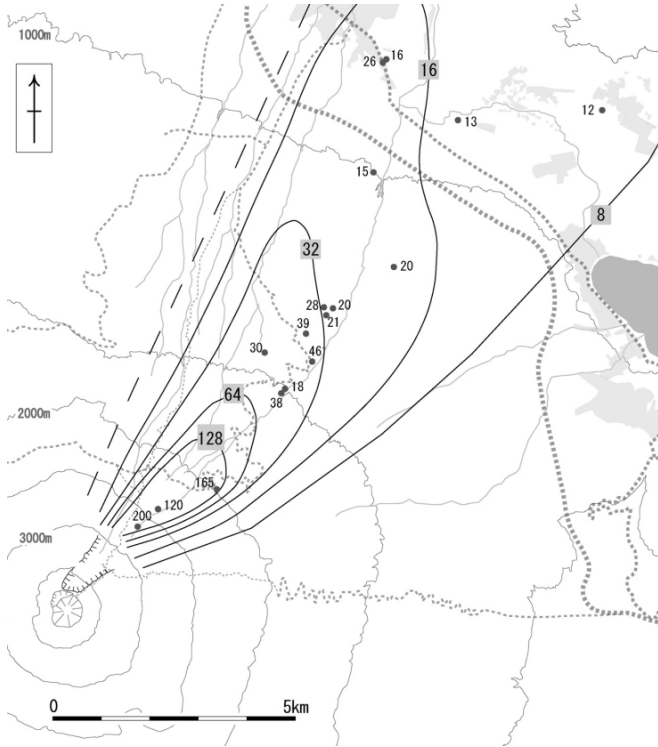


図3 S-24-1 降下火砕物の等層厚線図。図中の数字は cm を表わす。

Fig. 3. Isopach map of the S-24-1 scoria fall deposit. The numerical value by centimeters indicates of thickness.

岩片や鋭利な形状の硬質岩片, 球状のスコリアが見られる。本堆積物は, 上杉・他 (1987) が示す S-24-2 テフラに含まれる火砕流堆積物に対比され, 田島・他 (2002), 瀧・他 (2003) が滝沢 B 火砕流堆積物 (TkzPfl-B) としたものに相当するが, 下記に示すように S-24-2 の上位に異なる層相の火砕流が 2 層見られることより, 本層を滝沢 B 1 火砕流 (TkzPfl-B 1) とする。S-24-2 の降下スコリアと滝沢 B 1 火砕流の間には, 時間間隙を示す風化火山灰などが無い。火砕流堆積物の最下部には細粒の火山砂を主体とし凹凸形状に係わらず層厚がほとんど変化せず, 一定方向に並ぶ炭化木片を含む火砕サージ層が見られる。その上位には, 層厚が最大 4~5 m になる淘汰の悪い火砕流層が見られる (Fig. 2)。滝沢 B 1 火砕流のサージ層から採取した炭化した細枝片より, 1,550±60 yrs BP (Beta-160142; cal AD 400-AD 640), 1,700±50 yrs BP (Beta-160141; cal AD 230-AD 430), 地点 12 で採取した炭化木片より 1,970±90 yrs BP (Beta-160140; cal BC 190-AD 240) の cal AD 40~cal AD 530 の値が得られた (Table 1, Fig. 2)。上杉・他 (1987) は同火砕流堆積物より 1.5~1.9 ka (1,560±80, 1,680±120, 1,730±120, 1,900±100, 1,890±100 yBP) を示す年代を得ており, 山元・他 (2005) も同層位と考えられる堆積物からほぼ同じ範囲の年代測定値を得ている。地点 9 では保存状態が良い細枝の炭化木片から cal AD 530 頃の年代値を得たことより滝沢 B 1 火砕流は cal AD

500 頃に堆積したと考えられる。滝沢 B 1 火砕流の炭化木片の年代値にばらつきが大きい理由として, 滝沢 B 1 火砕流が, 北東斜面の一連の活動の初期に発生した火砕流であったことを考慮すると, 谷底などに存在していた枯木を巻き込んで流下した可能性が考えられる。滝沢 B 1 火砕流もしくは S-24-2 が発生する以前の北東斜面は, 枯木と成長する木が同居する森が育まれるような環境であった可能性が高い。本調査において明らかになった滝沢 B 1 火砕流の分布は, 標高 3,000 m 付近から標高 1,250 m 付近までとなっている (Fig. 4)。滝沢 B 1 火砕流の分布と堆積物の層厚から流下方向に区間割を行い 500 m 毎に平均面積を計測し堆積量を算出した結果, 空隙を含むみかけの堆積量は約  $2.4 \times 10^6 \text{ m}^3$  となった。滝沢 B 1 火砕流の流下距離は 5~7 km 程度であり, 火砕流の流れやすさを示す値 ( $H/L$ : 比高差/流走距離) は  $H/L=0.25 \sim 0.27$  程度となる。この値は雲仙普賢岳で発生した火砕流とほぼ同程度であり ( $H/L=0.21 \sim 0.45$ , 金子・鎌田, 1992), 規模に対する  $H/L$  についても雲仙の火砕流と同程度である。なお, 瀧・他 (2003) は古地磁気測定より滝沢 B 1 火砕流の堆積温度を 500℃ 以上と推定している。滝沢 B 1 火砕流の砂置換による堆積密度計測の結果, そのみかけ密度は  $1.80 \text{ g/cm}^3$  となった。

#### 2-4 滝沢 B 2 火砕流

滝沢林道の西側の間堀川と呼ばれる小谷の上流部の地点 11 (Fig. 1) には, S-24-2 の上位に最大層厚 6 m になる火砕流堆積物が見られる (Fig. 2)。本堆積物は, 最下部の細

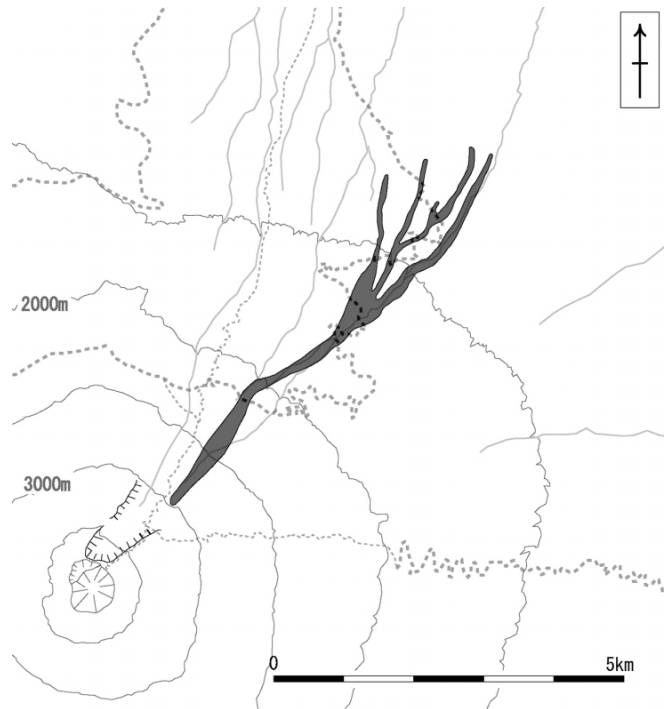


図4 滝沢 B 1 火砕流堆積物の分布。  
Fig. 4. Distribution of the Takizawa B 1 pyroclastic flow deposit.

砂～粗砂からなる層厚 20 cm の火砕サージ層と、その上部の最大層厚が 6～7 m 炭化木片を多く含み細粒子に乏しく粒径 10～30 cm の岩塊粒を含むやや淘汰の悪い火砕流層に分けられる。火砕流層中の本質岩片はやや発泡しているが密度が高いものとやや発泡したスコリアが多く含まれる。また、フローユニットの最上部には、直径 2 m に達する本質岩片と同質のアグルーチネートの岩塊がみられる (Fig. 5)。本層は滝沢 B 1 火砕流と異なりやや発泡の良いスコリアが多く、球状のスコリアが含まれない、滝沢 B 1 火砕流に特徴的に含まれる不定形の斜長石が見られないなど層相が異なることから、滝沢 B 1 火砕流と分け滝沢 B 2 火砕流 (TkzPfl-B2) とした。滝沢 B 1 火砕流と滝沢 B 2 火砕流は、S-24-2 テフラの上位の堆積物であることより同一層準となるが、両者の関係については明らかでない。S-24-2 と滝沢 B 2 火砕流の境界には、風化火山灰がほとんど形成されていない。滝沢 B 2 火砕流に含まれる炭化木片の放射性炭素年代測定の結果、 $1,790 \pm 40$  yrs BP (Beta-170314, cal AD 130-AD 350) の cal AD 240 頃の値を得た (Table 1, Fig. 2)。滝沢 B 2 火砕流の砂置換による堆積物のみかけ密度計測の結果  $1.59 \text{ g/cm}^3$  となった。

#### 2-5 S-24-3・S-24-4・S-24-5

地点 10 (Fig. 1) では、滝沢 B 1 火砕流の上位に層厚数

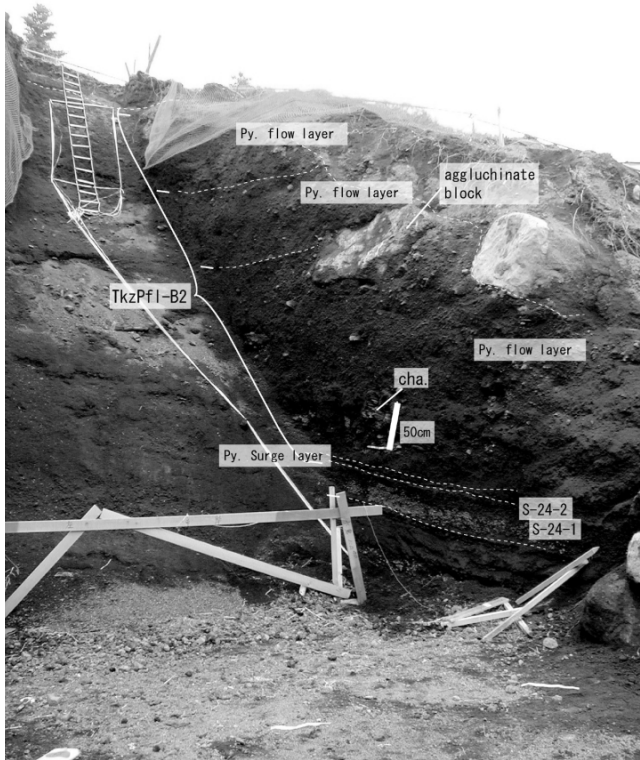


図5 地点 11 での滝沢 B 2 火砕流の堆積構造。

Cha. : 炭化木片

Fig. 5. Depositional structure of Takizawa B2 pyroclastic flow deposit at Loc. 11.

Cha. : Charcoal.

10 cm 程度の不淘汰な多種の岩片から構成されるラハール堆積物を挟み層厚 2 cm の降下スコリア堆積物が見られる (Fig. 2)。本堆積物のスコリアの粒径は 5 mm 以下であり、スコリアの発泡度が高くガラスが繊維状に伸びる。その上位には 2 cm の風化火山灰層を挟み層厚 1～2 cm の降下スコリア堆積物が見られる (Fig. 2)。本堆積物のスコリアの粒径は 5 mm 以下であり、スコリアの発泡度は高くガラスが繊維状に伸びる。その上位には 2 cm の風化火山灰層を挟み降下スコリア堆積物が見られる (Fig. 2)。本堆積物のスコリアの粒径は 1 cm であり角張った形状を呈するものが多い。下位の 2 層の降下スコリア堆積物は層相から、S-24-3, S-24-4 (上杉・他, 1987) に対比される。また、上位の降下スコリア堆積物は S-24-5 (上杉・他, 1987) に対比される。

#### 2-6 滝沢 A 1 火砕流

地点 8 (Fig. 1) では S-24-5 の上位に、層厚 4 cm の風化火山灰層を挟み、層厚が 1.5～2 m の淘汰の悪くほぼ同質の粒子から構成される火砕流堆積物が見られる (Fig. 2)。本火砕流堆積物は、谷部の地点 6～7 の間では層厚が最大 20 m になる。火砕流堆積物の上部には赤色酸化がみられ、下部には炭化木片が多く含まれる。本火砕流堆積物は田島・他 (2002)、瀧・他 (2003) に報告されている滝沢 A 火砕流堆積物の最下部層に当たる。本調査の結果、滝沢 A 火砕流は風化火山灰層に区切られる 3 つの堆積物から構成されていることが明らかとなった。よって田島・他 (2002) の滝沢 A 火砕流の最下部層を滝沢 A 1 火砕流 (TkzPfl-A1) と再定義した。上杉 (1998) は北富士演習場内の赤紫溶岩の上位に S-24-5 テフラ期と思われる火砕流を報告しているが、本地点の火砕流と一致するか不明である。S-24-5 と滝沢 A 1 火砕流の間には風化火山灰層が見られず一連の活動によって形成された堆積物と考えられる。滝沢 A 1 火砕流と滝沢 B 1 火砕流堆積物は同一地点で見られる場合が多いが、滝沢 A 1 火砕流の堆積物には黒色ガラス質で緻密な本質スコリアが含まれるほかに、紡錘状のスコリアおよび赤色の同質のスコリアが含まれることが特徴である。滝沢 A 1 火砕流に含まれる炭化木片 (地点 6, 8) の年代測定の結果、 $1,640 \pm 40$  yrs BP (Beta-161356; cal AD 340-530) の cal AD 400 頃と  $1,560 \pm 70$  yrs BP (Beta-158786; cal AD 370-640) の cal AD 500 頃の年代値が得られた。滝沢 B 1 火砕流と S-24-5 および滝沢 A 1 火砕流の間にはラハールの堆積は見られるが土壌の発達は少なく、数年～数十年程度の短い時間の間に堆積したと考えられる。瀧・他 (2003) は古地磁気測定よりその堆積温度を  $580^\circ\text{C}$  以上としており、滝沢 A 1 火砕流は既存の山体を取り込んだ可能性を指摘した。

#### 2-7 滝沢 A 2 火砕流

地点 8 (Fig. 1) では、滝沢 A 1 火砕流の上位に層厚 8 cm の風化した火山灰層を挟み、谷を埋積し層厚 10 cm～最大数 m になる火砕流堆積物が見られる (Fig. 2)。本火砕流堆積物は、滝沢 A 1 火砕流と異なり赤色の火山弾をほとんど含まず、塊状ガラス質から発泡した黒色の本質岩塊を含

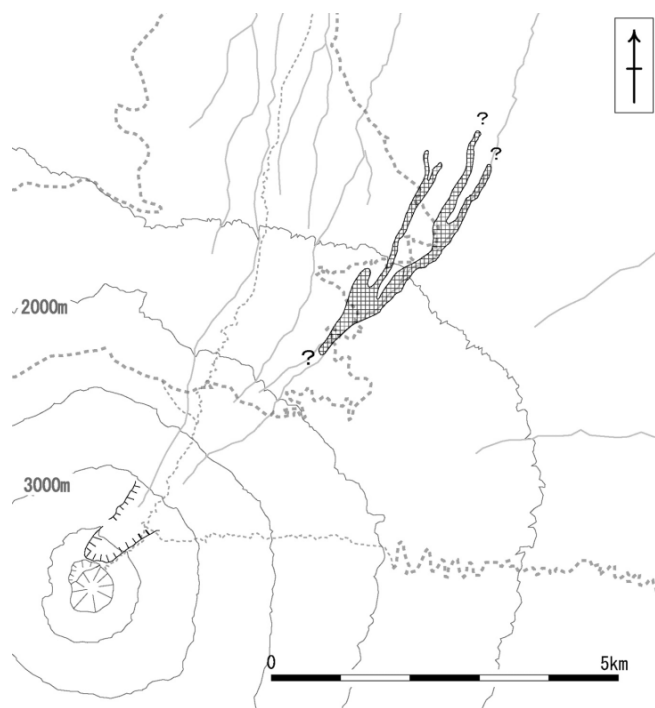


図6 滝沢 A1-A3 火砕流堆積物の分布。

Fig. 6. Distribution of the Takizawa A1-A3 pyroclastic flow deposits.

むことと、滝沢 A1 火砕流との間に風化火山灰層を挟むことより滝沢 A1 火砕流の上位の別の火砕流堆積物と考えられ、本報において滝沢 A2 火砕流 (TkzPfl-A2) と定義する。

#### 2-8 滝沢 A3 火砕流

地点 8 (Fig. 1) では、TkzPfl-A2 の上位に 2 cm の風化火山灰層を挟み層厚 40 cm ~ 数 m の淘汰の悪い火砕流堆積物が見られる (Fig. 2)。本火砕流堆積物の中には、滝沢 A1 火砕流や滝沢 A2 火砕流に見られないカリフラワー状の火山弾が見られこれらの火砕流とは層相が異なり、本報において滝沢 A3 火砕流 (TkzPfl-A3) と定義する。滝沢 A2 火砕流と滝沢 A3 火砕流の間の風化火山灰層の発達には貧弱であり、時間間隙は少ないと考えられる。滝沢 A1 火砕流 ~ 滝沢 A3 火砕流は、発生点は不明であるが標高 1,200 m 付近まで流下していることが確認できた (Fig. 6)。

#### 2-9 S-24-6

地点 8 (Fig. 1) では、滝沢 A3 火砕流の上位に 5 cm 程度の風化火山灰層を挟み層厚 5 cm の降下スコリア堆積物が見られる (Fig. 2)。同堆積物のスコリアの粒径は 1 cm 程度であり、スコリアは発泡度が高くガラスが繊維状に伸びた棘皮状構造を呈することから、S-24-6 (上杉・他, 1987) に対比される。滝沢林道の標高 1,750 m 付近の地点 5 には津屋 (1968) によって中期とされた火砕丘 (小滝橋火砕丘、後述) がある。本地点東側には火砕丘より噴出した降下スコリア堆積物が見られ (Fig. 2)、スコリアの発泡度が良くガラスが繊維状伸びたものが多くみられ S-24-6 に対比さ

れる。

#### 2-10 小滝橋火砕流

地点 5 (Fig. 1) では、S-24-6 の上位に淘汰が悪く同質のスコリアからなる火砕流堆積物が見られる (Fig. 2)。本地域には S-24-6 と同層位と推定される S-24-6 の上位の火砕流堆積物は報告されていないことより、小滝橋火砕流 (KtbPfl) と定義した。KtbPfl はこの小滝橋火砕丘近傍にのみ分布することから小滝橋火砕丘を起源とした極めて小規模な火砕流であると考えられる。

#### 2-11 滝沢 A' 火砕流

標高 1,600 m の地点 6 (Fig. 1) では、S-24-6 の上位に 1 cm 程度の風化層を挟み、谷を埋積し層厚 2.5 ~ 3 m になる淘汰の悪い火砕流の堆積物が見られる (Fig. 2)。火砕流堆積物に含まれるスコリアはほぼ同質のもからなり、火砕流堆積物上部には赤色酸化部も見られる。この火砕流堆積物は、最下部に層厚 3 cm の粒径 0.1 ~ 0.2 cm の砂粒子からなり炭化物を含む火砕サージ層が見られる。その上部に粒径 5 ~ 10 cm の発泡度の悪いスコリアを含み層厚 2.5 m になる不淘汰な火砕流層が見られる。火砕流層中には、径 70 ~ 80 cm 程度のアグルチネートの巨礫が見られる。従来、S-24-6 の上位には火砕流堆積物は記載されておらず、本報において滝沢 A' 火砕流 (TkzPfl-A') と定義する。S-24-6 と滝沢 A' 火砕流の間には火山砂の堆積が見られ多少の時間間隙があったと考えられる。滝沢 A' 火砕流は地点 6 付近でのみ確認されその全体像は明らかではない。滝沢 A' 火砕流下部の火砕サージ層中に見られる針状の炭化木片から 1,480 ± 150 yrs BP (Beta-169929; cal AD 240-880) の cal AD 650 頃の年代値を得た (Table 1, Fig. 2)。滝沢 A' 火砕流の砂置換による堆積密度計測の結果、そのみかけ密度は 1.74 g/cm<sup>3</sup> となった。

#### 2-12 佐藤小屋火砕流

滝沢林道の終点近い標高 2,000 ~ 2,300 m の佐藤小屋付 (地点 15, Fig. 1) 付近から吉田登山口 (地点 16, Fig. 1) にかけて谷を埋積する火砕流堆積物が見られる。火砕流堆積物に含まれるスコリアは各地点ともほぼ同質のものから構成され、上部に赤色酸化も見られる。テフラとの関係は明らかでないが、周辺に広く分布する S-18 が上位に見られず、S-18 より新しい時代の火砕流堆積物と推定される。また、分布域より滝沢 B2 火砕流、滝沢 B1 火砕流、滝沢 A1 火砕流などの堆積物とは異なるものである可能性が高く、本報において佐藤小屋火砕流 (StgPfl) とする。

#### 2-13 S-24-7・S-24-Tk 8

地点 10 (Fig. 1) では、S-24-6 の上位に 1 ~ 2 cm 程度の風化火山灰層を挟み層厚 10 cm の降下スコリア堆積物が見られる (Fig. 2)。同層のスコリアは発泡度が高く角形状を呈すものが多く、その層相より S-24-7 (上杉・他, 1987) に対比される。また同地点では、S-24-7 の上位に 3 cm 程度の風化火山灰層を挟み層厚 2 cm の降下スコリア堆積物が見られる (Fig. 2)。同層のスコリアは発泡度が高く繊維状に伸びる。同層位には山中湖の東において S-24-8 があることが知られているが (上杉・他, 1987)、本降下スコリ

ア堆積物と層相が異なる。層位的にS-24-7の上位に当ることより本降下スコリア堆積物をS-24-Tk8と仮称した。S-24-7の下位には緻密な石質岩片が多く点在する風化火山灰層があり、地点11のやや北側の標高1,400m付近では、直径65cmになる石質岩片(Ballistics)が風化火山灰層中に突き刺さっている様子も観察された。上杉・他(1987)によれば、S-24-7は檜丸尾第2溶岩、鷹丸尾溶岩直下にみられる。

2-14 S-24-Tk 9

地点10 (Fig.1)では、S-24-Tk8の上位に3cmの風化火山灰層を挟み層厚4cmの降下スコリア堆積物が見られる (Fig.2)。同堆積物のスコリアは、粒径が1cm、発泡度が高く、角形状を呈するものが多い。本地域では、S-24-8より上位の降下スコリア堆積物は確認されておらず、本報においてS-24-Tk9と仮称した。

3. 北東斜面の火口の形成

津屋(1968), 上杉(1998), 国土地理院(2003)などに示されている北東斜面の火口の噴出時代を推定するために写真判読および現地調査を行った。吉田口登山道の標高2,350~2,500m付近には、中央部に凹みがあり周囲が高まった火砕丘もしくは列状の火口と推定される地形が複数見られる (Fig.7)。最も低い標高に見られる火砕丘は、津屋(1968), 国土地理院(2003)に示された焼山(津屋,1968; 焼山火砕丘列, Yk sp.)およびその周辺のものである (Fig.7)。焼山は滝沢林道の東標高1,650m付近に半球状の火砕丘を形成している。焼山火砕丘列はS-24-Tk9に覆われ、S-24-5などに覆われない。標高1,800mの小滝橋付近には、小規模な火砕丘 (MPV; 津屋,1968)があり (Fig.7)、この付近にスパター堆積物がみられたことより小滝橋火砕丘 (Ko sp.)とした。小滝橋火砕丘を噴出源とした降下スコリア堆積物は前述の様にS-24-6と推定される (Fig.2)。小滝橋から滝沢に沿い南に上った標高2,100

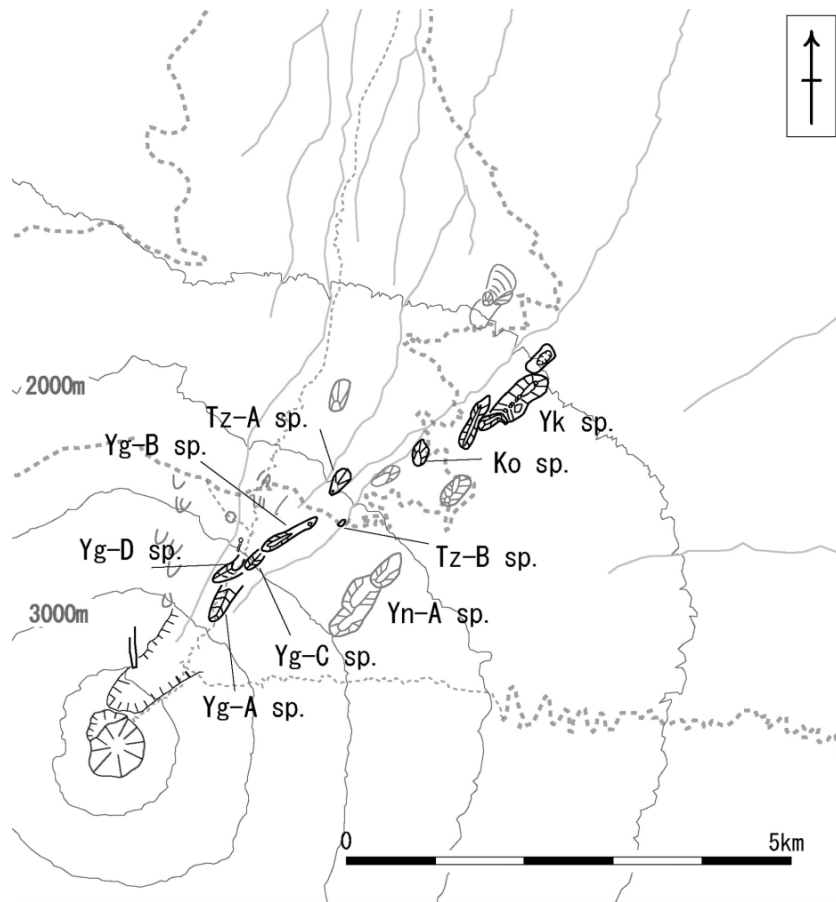


図7 富士山北東斜面における火砕丘及び火砕丘列の分布図。

太線は最近2,000年以内に形成された火砕丘。Yk sp.: 焼山火砕丘列, Ko sp.: Kotakibashi 小滝橋火砕丘, Yg-A sp.: 吉田口-A 火砕丘列, Yg-B sp.: 吉田口-B 火砕丘列, Yg-C sp.: 吉田口-C 火砕丘列, Yg-D sp.: 吉田口-D 火砕丘列, Tz-A sp.: 燕沢-A 火砕丘, Tz-B sp.: 燕沢-B 火砕丘, Yn-A sp.: 吉田滑沢-A 火砕丘列。国土地理院(2003)と本調査結果より作成。

Fig.7. Distribution of scoria cones and ramparts on the northeast slope of Fuji volcano.

Dark lines are scoria cones younger AD. Yk sp.: Yakeyama scoria cones, Ko sp.: Kotakibashi scoria cone, Yg-A sp.: Yoshidaguchi-A scoria cones, Yg-B sp.: Yoshidaguchi-B scoria cones, Yg-C sp.: Yoshidaguchi-C scoria cones, Yg-D sp.: Yoshidaguchi-D scoria cones, Tz-A sp.: Tsubakurosawa-A scoria cone, Tz-B sp.: Tsubakurosawa-B scoria cone, Yn-A sp.: Yoshidanamesawa-A scoria cones. Compiled Geographical Survey Institute (2003) and this study.



m 付近の燕沢の下流地点には、2カ所の火砕丘地形とスパター堆積物が見られたため燕沢 A, B 火砕丘 (Tz-A, B sp.) とした。燕沢 A 火砕丘からの噴出物は地点 3 で S-24-6 の上位に堆積しており、cal AD 500 より新しい時期に形成されたと考えられる。燕沢 B 火砕丘は、S-24-6 の下位に位置し、S-18 が上位にみられないことより、cal AD 500 より新しい時代に形成されたと推定される。燕沢下流部標高 2,150 m 付近には火砕堆積物が見られ (Fig. 7)、これを吉田口 B, C 火砕丘列 (Yg-B, C sp.) とした。吉田口 B, C 火砕丘列については、周辺に広く分布する S-24-1 に覆われておらず、cal AD 140 より新しい時代に噴出したと考えられる。吉田登山口付近の標高 2,300~2,700 m 付近には、国土地理院 (2003) によって 2.2 ka より古いとされた火砕丘 (Spa) の中心部付近に北東-南西方向に直線状の火口が約 1 km 連なる地形が判読でき (Fig. 7)、これらを吉田口 A, D 火砕丘列 (Yg-A, D sp.) と定義した。地点 1, 2 などでは、吉田口 A, D 火砕丘列付近からの噴出物は S-24-2 を覆っている (Fig. 2)。また、滝沢林道より東約 1 km の標高 2,000~2,500 m の間にも 3 つの凹地が連続する地形が判読でき (Fig. 7)、これらを吉田滑沢 A 火砕丘列 (Yn-A sp.) とした。

#### 4. 北東斜面における過去 2,000 年間の活動履歴

##### 4-1 滝沢テフラ群 1 堆積期 (cal AD 140 頃~cal AD 650 頃)

滝沢林道周辺の北東斜面には、S-24-1~S-24-6 の道上位の火砕流堆積物までの間に複数の火砕流堆積物が見られる。これに対し、S-24-7 より上位には火砕流堆積物が見られなくなる。このため S-24-7 の上下で 2 時期に区分できると考え、下位を滝沢テフラ群 1 堆積期、上位を滝沢テフラ群 2 堆積期とした。以下、各時期の活動を示す。

Yu-2 以降は側火山が活動した時期とされる (宮地, 1988)。また、この時期になると上井出扇状地の発達が一気に鈍化し、しばらく停止する (田島・他, 2006)。Yu-2 が噴出した cal BC 300 以降、静穏な時期が続き cal AD 140 頃に S-24-1 の噴出を始まりとした滝沢周辺の活動が始まった。その最初期の噴出物である S-24-1 は標高 2,500~3,000 m 付近の北東斜面から噴出した。その後、cal AD 500 頃には S-24-2 および滝沢 B 1~B 2 火砕流、S-24-3~5 および滝沢 A 1~A 3 火砕流が流出し、吉田口 B 火砕丘列や吉田口 A 火砕丘列、吉田口 D 火砕丘列などの火砕丘列が標高 2,100 m~2,700 m 付近に形成された。また、小滝橋火砕丘のようにやや低い標高部でも活動が始まり、cal AD 650 頃には滝沢 A' 火砕流が発生した。Cal AD 500 頃から cal AD 650 頃までは滝沢 B 1 火砕流、滝沢 B 2 火砕流、滝沢 A 1 火砕流をはじめとした火砕流および降下スコリア堆積物など北東麓を起源とする堆積物が集中する時期であり、S-24-1 を含めこの時期の活動による噴出物群を滝沢テフラ群 1 と呼び、この時期に発生した火砕流を滝沢火砕流群と呼ぶ。檜丸尾第 1 溶岩、吉田大沢溶岩、須走口溶岩 II、須走口溶岩 I、赤玉溶岩 (上杉, 1989, 1998) もこ

の時期に流出した溶岩とされる。この時期には山中湖の西側が火山活動に伴い溶岩流等によって埋積され、湖面が上昇したと考えられている (田場・他, 1999)。S-24-1 直下に土丸尾溶岩、雁穴丸尾溶岩が流出しているが、その噴出年代・位置は不明である。なお、南西斜面を給源とする青沢溶岩 (津屋, 1968) について山元・他 (2005) が直下黒色土壌から cal AD 400~cal AD 600 頃の年代値を得ている。cal AD 140 頃~cal AD 650 頃の時期は富士山の北東-南西方向に卓越した方向での活動が活発であった可能性も考えられる。

##### 4-2 滝沢テフラ群 2 堆積期 (cal AD 650 頃~)

その後北東地域には S-24-7 が堆積し、檜丸尾第 2 溶岩、鷹丸尾溶岩の溶岩流が流下した (上杉, 1998)。上杉 (1990)、小山 (1998 a, b) は檜丸尾第 2 溶岩、鷹丸尾溶岩の噴出年代を延暦十九~二十一年 (AD 800-802 年) としている。焼山火口列を作る火砕丘の上位には S-24-Tk 9 以外の降下スコリア堆積物が見られないことから、焼山火砕丘列は S-24-7 もしくは S-24-Tk 8 に近い時期に活動した可能性が考えられる。このため、AD 800~AD 802 年頃も北東地域で火山活動が生じていたと考えられる。ただし、檜丸尾第 2 溶岩、鷹丸尾溶岩は西小富士付近の割れ目噴火とされ (小山, 1998 a)、北東の滝沢林道周辺以外にも活動が広がっていった時期でもある。この時期になると滝沢林道周辺では上杉 (1998) にも示されているように、火砕流の発生がほとんどみられなくなることより、S-24-7 から S-24-Tk 9 を滝沢テフラ群 2 と呼ぶ。その後北東斜面における活動を示すものとしては永正八年 (1511 年) の「カマ岩燃ル」 (震災予防調査会, 1918; 小山, 1998 a) の記録がある。カマ岩は富士吉田登山口六合目付近とされ (小山, 1998 a)、S-24-1 の噴出源や吉田口 A 火砕丘列が形成されている付近である。これらの記録に対応するような降下スコリア堆積物などは確かめられていないが、北東斜面では 16 世紀まで火山活動が続いていた可能性が考えられる。

北東斜面は、cal BC 300 までの山頂付近を中心とした活動から山腹噴火へ移行する時期に活動が活発化した地域であり、また北西-南東方向の火山活動が活発化する初期の延暦噴火でも活動しており、富士火山の火山活動を検討する上で重要な地域となると考えられる。また、山中湖湖底のタカヒクの形成期 (遠藤・他, 1994) など検討課題も多く残されている。

#### 5. 火砕流の発生機構

滝沢 B 1 火砕流、滝沢 B 2 火砕流、滝沢 A' 火砕流等を構成する本質物質は溶岩に近いようなみかけ密度が高いものが多く含まれ、各々の火砕流堆積物直下のみかけ密度の低い降下スコリアと異なる性質を示す。滝沢 B 2 火砕流、滝沢 A' 火砕流等複数の火砕流堆積物には、本質岩片と同質のアグルーチネート岩塊が含まれる。また、滝沢 B 1 火砕流は、発生源付近では狭い範囲の浅い谷の中を流れる。これは、火砕流が高い噴煙柱からもたらされたものではないことを意味すると考えられる。これらのことより、滝沢 B

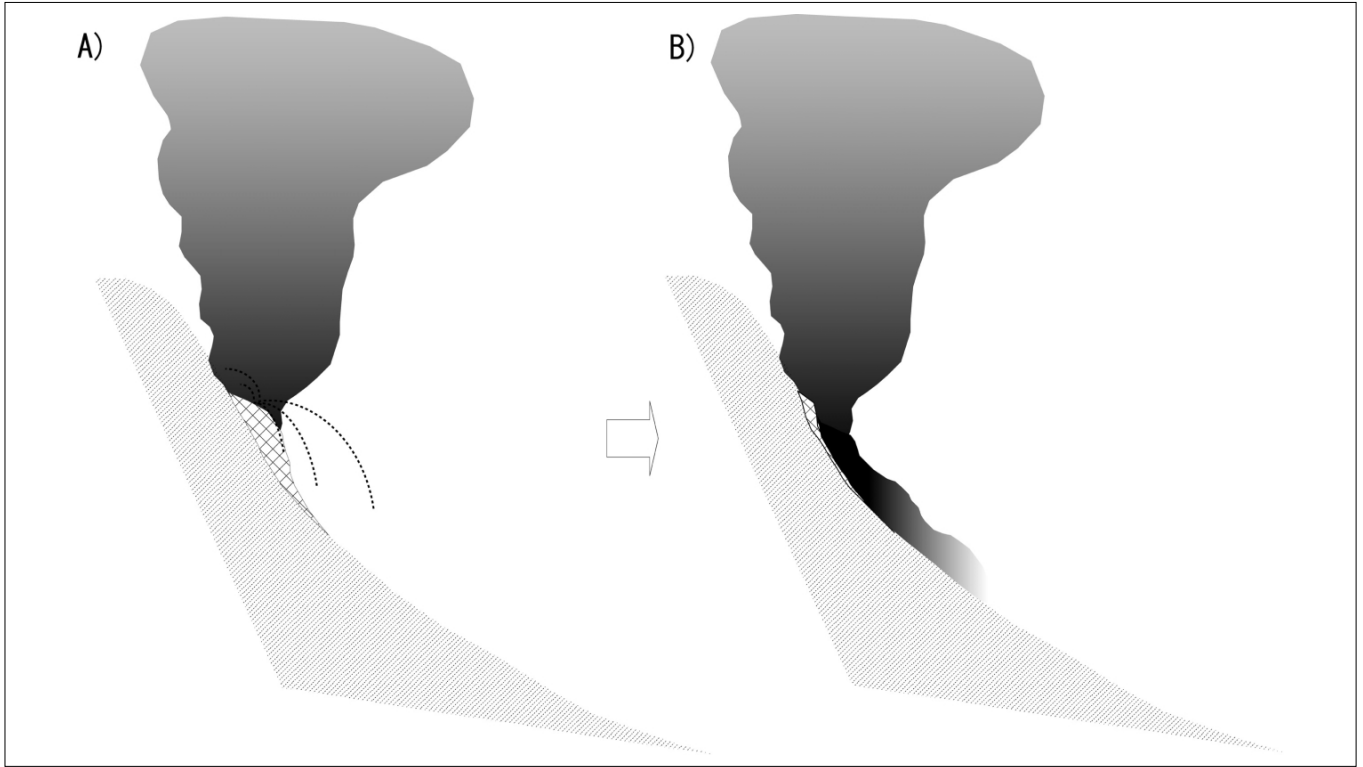


図8 富士火山北東斜面滝沢付近における火砕流の発生 (Tajima *et al.*, 2003 を一部改).

A) 高い標高域で噴火が始まり, 火砕物や溶岩が急斜面上に堆積し火砕丘が成長する. B) 不安定化した火砕丘が崩壊し, 火砕流が発生する.

Fig. 8. Generation of pyroclastic flow at north east flank of Fuji volcano (after Tajima *et al.*, 2003).

A) First the eruption began at high elevation area. Hot material was accumulated on steep slope. Pyroclastic cone and ramparts grew gradually. B) Unstable pyroclastic cone (ramparts) on steep slope collapsed and the pyroclastic flow flowed down.

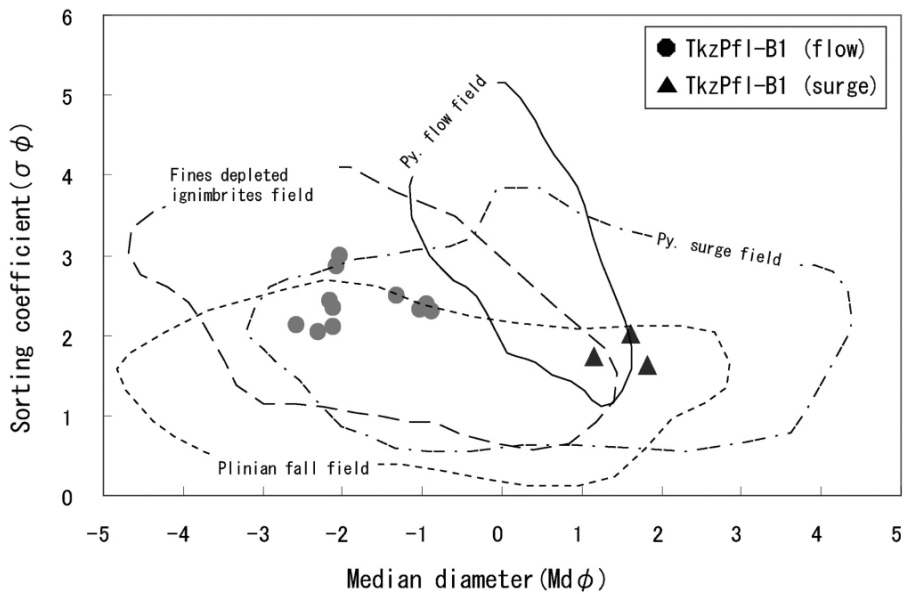


図9 滝沢 B 1 火砕流の  $Md\phi$ - $\sigma\phi$  図 (田島・他, 2002 を一部改).

各領域は Walker (1983) によって示された範囲.

Fig. 9.  $Md\phi$ - $\sigma\phi$  plotted Takizawa B 1 pyroclastic flow (after Tajima *et al.*, 2002).

Each field lines were shown by Walker (1983).

1 火砕流, 滝沢 B 2 火砕流, 滝沢 A' 火砕流は, アグルーチネート, みかけ密度の高い岩石の形成場である火砕丘・溶岩流等を起源として発生した崩壊型の火砕流 (火砕丘崩壊型火砕流) であると考えられる (田島・他, 2002; Tajima *et al.*, 2003; Fig. 8). また, 滝沢 A 1 火砕流堆積物中の本質岩片の熱残留磁化測定の結果, 低温成分が当時の磁北方向に揃うが高温成分は揃わない結果が報告されており (瀧・他, 2003), この結果も崩壊型の火砕流であることと矛盾しない. 滝沢 B 1 火砕流に関しては, 標高 2,100 m 付近の地点 3, 標高 1,500 m 付近の地点 7, 標高 1,340 m 付近の地点 10, 標高 1,250 m 付近の地点 12 等で火砕流層と火砕サージ層の粒度分析を行った. その結果, 火砕流層については, Walker (1983) に示されたイグニブライトと呼ばれる大規模な軽石質の火砕流の堆積物に比べ, 砂サイズ以下の粒子に乏しい結果が得られた (Tajima *et al.*, 2003; Fig. 9). この結果も, 爆発的噴火に比べ細粒分が生産され難い崩壊型モデルと矛盾しない. さらに, 火砕流堆積物には径 1 m に達するような大きな, 岩塊がフローユニットの上方に乗ることも確認されている. このような堆積構造は土石流によく見られる構造であり, 流動性が低く流れの密度が高い現象であったことを意味している. 滝沢 A 2 火砕流, 滝沢 A 3 火砕流, 佐藤小屋火砕流についても, みかけ密度の高いスコリアを含むことから, 火砕丘・溶岩流等の崩壊に伴い発生した火砕流の可能性が高いと考えられる.

火砕丘等の斜面の不安定化による崩壊型の火砕流の発生には, 火砕丘の安定度を知る必要がある. 富士火山の火砕丘の斜面角度の計測結果, 25°~30° の傾斜のものが 70% となり最も多く, 25° 以下のものは 10%, 30° を越えるものは 20% 程度となっている (Fig. 10). このことから火砕丘の安定した安息角は 25°~30° 程度と考えられ, それ以上の傾斜になると不安定度が増し崩壊が発生しやすくなると考えられる. 滝沢 B 1 火砕流の発生源となる標高 2,150 m 付近から標高 3,000 m 付近では, 平均的な斜面勾配は 25°~30° と安息角とほぼ同程度となっている. このためこの付近では, 噴火が始まり新たな火砕物が供給された場合, 急速に斜面が不安定化し, 崩壊型の火砕流が発生すると考えられる. また, 滝沢 B 1 火砕流は  $2.4 \times 10^6 \text{ m}^3$  の火砕物が堆積しており, この量を溜め込む場が必要となる. 吉田大沢, 燕沢など高標高部の比較的大きな凹地地形は火砕物を溜め込み易くする条件の一つと考えられる. なお, 計測した火砕丘において, 35° 以上の斜面勾配のものはほとんどみられなかった. これ以上の斜面で火砕物は安定して堆積できず, 山元・他 (2002), Yamamoto *et al.*, (2005) が示した放出された火砕物が斜面に留まることができずそのまま流れ下るタイプの火砕流が発生すると考えられる. 火砕丘崩壊型の火砕流を発生させ易い場としては, 火砕物を溜め込むことができ不安定化が起しやすいう 30° 前後の勾配の凹状地と考えられる. 富士山ではこのような斜面は標高 1,800 m 以上に多い. また, 吉本・他 (2004) は, 滝沢 A 火砕流の発生機構について, 田島・他 (2002), Tajima

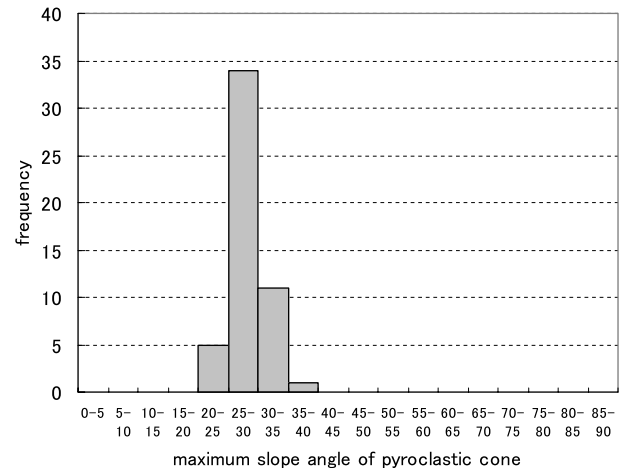


図 10 富士火山における火砕丘の最大斜面勾配.  
Fig. 10. Frequency of maximum slope angle on pyroclastic cones in Fuji Volcano.

*et al.* (2003) が示した滝沢 B 火砕流の発生機構と同じである可能性を示し, その他山体の取り込みの可能性を指摘した.

#### 6. 2000 年以降の火砕流の発生頻度

富士火山で発生する様な火砕流は, 谷沿いに堆積するため, 侵食により堆積物が失われる場合やラハールなどの 2 次堆積物に埋積されて見つからない場合が多い. このため降下火砕物や溶岩流のように正確に数を把握することが難しく発生頻度に関する議論を行うことを困難にしている. 今回調査を行った滝沢周辺地域は新しい時代の噴出物に覆われておらず一定の侵食が進んでおり, 火砕流の発生頻度を把握するのに良好な環境であった. 北東斜面では, 上杉・他 (1987), 上杉・他 (1992), 上杉 (1998) は, 7 時期のテフラ期に火砕流が発生していることを指摘し, 約 2,000 年前より新しい時代では, S-24-2 のテフラ期に火砕流が発生していることと S-24-5 のテフラ期に火砕流が発生した可能性を示す等比較的多く発生している可能性を議論している. 本調査では, 上杉・他 (1987) が示した S-24-2 のテフラ期の火砕流は, 滝沢 B 1 火砕流と滝沢 B 2 火砕流の 2 層に分かれることを示した. また, 上杉 (1998) が指摘した S-24-5 のテフラ期の火砕流について, 降下火砕物との関係を明らかにし滝沢 A 1 火砕流として示した. さらに, 滝沢 A 1 火砕流の上位には, 僅かな時間間隙において滝沢 A 2, A 3 火砕流が 2 層堆積していることも示した. この他, S-24-6 の上位に小滝橋火砕流, S-24-6 の上位に時間間隙を明けて滝沢 A' 火砕流が堆積していることも示した. 滝沢テフラ群 1 の中に含まれる可能性がある佐藤小屋火砕流も確認した. この様に滝沢周辺地域では滝沢テフラ群 1 の活動期に, 北東斜面を起源とする火砕流が 7 回発生している. この時期に形成されたと考えられる北東斜面の火口は 8 カ所見つかっており, そのうち標高 1,800 m 以上のものは 6 カ所ある. これらの活動のうち, 少な

くとも3回の活動において降下スコリアとの間に土壤等が形成されるような証拠がなく火砕流が発生している。それらは、S-24-2と滝沢B1火砕流・滝沢B2火砕流、S-24-5と滝沢A1火砕流、S-24-6と小滝橋火砕流である。これらを考慮すると cal AD 500~cal AD 650 の間に北東斜面の高標高域では火砕丘の形成・溶岩流の流出に伴い、上杉(1998)が議論する以上に高い頻度で火砕流が発生していたと考えられる。また、滝沢B1火砕流と滝沢A1火砕流はほぼ同じ cal AD 500 頃の年代値が得られていることや、滝沢A1~A3火砕流のように僅かな風化火山灰層を挟み複数回火砕流が堆積している事例もある。このため cal AD 500 頃はさらに高い頻度で火砕流が発生していたと考えられる。標高 1,800 m 以上の高標高域で火山活動が活発化した場合、火砕流は高い頻度で発生すると考えられる。最近、北斜面(上杉, 2003; p 52-56)など富士山の多方向から火砕流堆積物が見つかり始めており、発生頻度などの詳細が明らかになる可能性がある。

## 7. まとめ

富士火山では、cal AD 140 頃から cal AD 650 及びそれ以降にかけて、北東斜面の側火口の活動が活発であった。北東斜面における側火口の形成範囲は、吉田登山口の登山道がある5~7合目の尾根付近から滝沢林道側の標高 1,650 m の焼山周辺にかけてを主とし、この付近には複数の火砕丘(火口)が形成された。これらの噴出源からは、S-24-1 から S-24-6 の滝沢テフラ群1が噴出したと考えられ cal AD 650 頃その活動は終息した。その後、S-24-7 から S-24-Tk 9 にかけての滝沢テフラ群2が噴出し、滝沢林道東の標高 1,600 m 付近には焼山が形成された。高標高域でのテフラと火口の関係について未解明の部分も残され、これらの関係をさらに明らかにする必要がある。

北東斜面の活動が活発であった時期に、上杉(1987)等が示した S-24-2 テフラ期に、滝沢B1火砕流、滝沢B2火砕流が発生した。また、S-24-5 テフラの上位では滝沢A1火砕流が発生し、それに続けて滝沢A2火砕流、滝沢A3火砕流が発生した。さらに、S-24-6 の上位の時期に小滝橋火砕流、滝沢A'火砕流が発生した。Cal AD 500~cal AD 650 の間にはこのような火砕流が3つのテフラ期に少なくとも7回程度発生しており、低頻度の現象ではないと考えられる結果を得た。

本地域の火砕流は、本質岩片と同質のアグルーチネートの岩塊がみられることや、ほとんどの本質岩片が溶岩に近いようなみかけ密度が高いものによって構成される。また、発生源付近では、分布範囲が狭く浅い谷の中を流れることなどより、火砕丘・溶岩流等を起源として発生した崩壊型の火砕流であると考えられる。また、滝沢B1火砕流の空隙を含むみかけの堆積量は約  $2.4 \times 10^6 \text{ m}^3$  であり、流下距離は5~7 km 程度である。火砕流の流れやすさを示す H/L は 0.25~0.27 程度である。富士火山で形成される火砕丘の斜面の安息角などより、火砕丘等が崩壊し  $10^6 \text{ m}^3$  クラスの火砕流が発生する場合は  $30^\circ \sim 35^\circ$  の凹地形形状の急斜

面が適していると推定された。

## 謝辞

国土交通省富士砂防事務所、山梨県土木部砂防課には、現地状況等教えていただきお世話になりました。本論を作成するに当たり山梨県環境科学研究所の荒牧重雄氏、東京大学地震研究所の藤井敏嗣氏、都留文科大学名誉教授の上杉陽氏、静岡大学の小山真人氏、(独)産業総合技術研究所の高田亮氏、(財)砂防・地すべり技術センターの安養寺信夫氏、吉田真也氏、国交省国土技術政策総合研究所の伊藤英之氏をはじめ多くの方々との議論を行い有意義な意見をいただいた。また、日本工営(株)の長山孝彦氏、斉藤聡氏、児玉浩氏、工藤唯志氏、北川淳一氏、アジア航測(株)の荒井健一氏、(株)ウェザーニューズの瀧尚子(元日本大学)氏を初めとした多くの方にお世話になった。査読者である日本大学の遠藤邦彦氏、(独)産業総合技術研究所の山元孝広氏には適切な助言をいただき、本論の内容の改善の役立った。以上の方々に感謝申し上げる。

## 引用文献

- 遠藤邦彦・田場 穰・安井真也・坪井哲也・林 武司(1994) 山中湖底で発見された富士山の側火山。日本第四紀学会講演要旨集, **24**, 110-111.
- 富士砂防事務所(2001) 富士山火山砂防基本計画検討業務委託(地質調査編)。
- 国土地理院(2003) 1:50,000 火山土地条件図「富士山」。
- 金子隆之・鎌田圭子(1992) Energy Line/Cone による雲仙火山 1991 年火砕流到達域の検討。火山, **37**, 35-46.
- 小山真人(1998 a) 歴史時代の富士山噴火史の再検討。火山, **43**, 323-347.
- 小山真人(1998 b) 噴火堆積物と古記録からみた延暦一九~二十一年(800~802) 富士山噴火—古代東海道は富士山の北麓を通過していたのか?—。火山, **43**, 349-371.
- 泉 浩二・木越邦彦・上杉 陽・遠藤邦彦・原田昌一・小島泰江・菊原和子(1977) 富士山東麓の沖積世ローム層。第四紀研究, **16**, 84-87.
- 町田 洋(1964 a) 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(1964 b) Tephrochronology による富士火山とその周辺地域の発達史(その2)。地学雑, **73**, 337-350.
- 町田 洋(1977) 火山灰は語る。蒼樹書房, 319 p.
- 宮地直道(1988) 新富士火山の活動史。地学雑, **94**, 433-425.
- 震災予防調査会(1918) 日本噴火志上編。東京印刷株式会社, 236 p.
- 田場 穰・清野裕丈・遠藤邦彦・小森次郎(1999) 音波探査による山中湖西端部の湖底地形。日本大学理学部自然科学研究所研究紀要, **34**, 121-128.
- Tajima Y., Aramaki S., Taki N., Yoshimoto M., Miyaji N., Koyama M., Anyoji N. and Tomida Y. (2003) The pyroclastic flow occurred melting magma mass collapse, 1500 years ago in the Younger Fuji volcano, Japan. *IUGG Abstracts week A*, V 05 b /04 P/D-001 A 505.
- 田島靖久・宮地直道・井上公夫(2006) 新富士火山の噴火活動

- に伴う上井出扇状地の発達史. 第四紀研究, **45**, 281-301.
- 田島靖久・千葉達朗・吉本充宏・宮地直道・小山真人・荒牧重雄・下山利浩・花岡正明・中村一郎・安養寺信夫 (2002) 富士山北東麓滝沢周辺の玄武岩質火砕流堆積物. 地球惑星科学関連学会 2002 合同学会予稿集, V 032-018.
- 瀧 尚子・千葉達朗・田島靖久・宮地直道・遠藤邦彦 (2003) 富士山北東斜面における火砕流堆積物の古地磁気学的検討. 日本大学理学部自然科学研究所研究紀要, **38**, 89-101.
- Talma A. S. and Vogel J. C. (1993) A simplified approach to calibrating  $^{14}\text{C}$  dates. *Radiocarbon*, **35**, 317-322.
- 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. 富士急行, 1-27.
- 上本進二・上杉 陽 (1996) 神奈川県 of テフラ層と遺跡層序-考古学のための Y-no.・S-no. 分層マニュアル-. 関東の四紀, **20**, 3-24.
- 上杉 陽 (1989) 新时期ローム層中に残された突発事象の例. 関東の四紀, **15**, 11-23.
- 上杉 陽 (1990) 富士火山東方地域のテフラ標準柱状図-その 1: S-25~Y-114-. 関東の四紀, **16**, 3-28.
- 上杉 陽 (1998) 富士吉田市史史料編第一巻自然考古. 富士吉田市史編さん委員会, 141-377.
- 上杉 陽 (2003) 地学巡検案内書 富士山. 日本地質学会関東支部, P 117.
- 上杉 陽・堀内 真・宮地直道・古屋隆夫 (1987) 新富士火山最新期のテフラ-その細分と年代-. 第四紀研究, **29**, 59-68.
- 上杉 陽・遠藤邦彦・原田昌一・小島泰江・泉 浩二 (1979) 富士山, 北・東麓の完新世テフラ累層中の斜交関係. 第四紀研究, **17**, 207-214.
- 上杉 陽・米澤 宏・開原志寿恵・中村仁子・重藤伸子・岩井郁乃 (1980) 富士山東麓地域の古期富士テフラ累層. 平塚市博物館「自然と文化」, **3**, 33-46.
- 上杉 陽・米澤 宏・宮地直道・千葉達朗・肥田木守・細田一仁・米澤まどか・由井将雄 (1992) 富士系火山泥流のテフラ層位. 関東の四紀, **17**, 3-33.
- Walker G. P. L. (1983) Ignimbrite types and ignimbrite problems. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **17**, 65-88.
- 山元孝広・高田 亮・石塚吉浩・宮地直道 (2002) 富士火山西~南西斜面で発生した玄武岩質火砕流の特徴とその起源. 地球惑星科学関連学会 2002 合同学会予稿集, V 032-017.
- 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.
- Yamamoto T., Takada A., Ishizuka Y., Miyaji N. and Tajima Y. (2005) Basaltic pyroclastic flows of Fuji volcano, Japan: characteristics of the deposits and their origin. *Bull Volcanol*, **67**, 622-633.
- 吉本充宏・金子隆之・藤井敏嗣・中田節也 (2004) 富士山北東斜面の火砕流堆積物の特徴. 月刊地球, 特集号, 124-130.