

## トレンチ調査から見た富士火山北-西山腹におけるスコリア丘の噴火年代と全岩化学組成

石塚吉浩<sup>1</sup>・高田 亮<sup>2</sup>・鈴木雄介<sup>3</sup>・小林 淳<sup>4</sup>・中野 俊<sup>1</sup>

Yoshihiro Ishizuka, Akira Takada, Yusuke Suzuki, Makoto Kobayashi, and Shun Nakano (2007) Eruption ages and whole-rock chemistries of scoria cones on the northern to western slope of Fuji Volcano based on trenching surveys. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 57(11/12), p.357 - 376, 5 figs, 3 tables, 4 plates.

**Abstract:** Eighteen unknown-aged scoria cones on the northern to western slope of Fuji Volcano were trenched to determine their stratigraphic positions. We recognized three key tephra layers derived from large-scale eruptions of Fuji Volcano from 1,400 B.C. to 300 B.C. and detected two widespread tephra layers of the Kikai-Akahoya at 5,300 B.C. and Amagi-Kawagodaira at 1,400 B.C. within volcanic ash soil layers. Based on the detected levels of the widespread tephra layers and thickness of volcanic ash soil layers, the eruption ages of the scoria cones could be estimated as follows. 1) Three (Nagayama, Futatsuyama, and Sawarayama) cones formed from 8,300 B.C. to 6,000 B.C. 2) Five (Yumiizuka, Nishiken, Hokusei-okuniwa, Maruyama, and Toyazuka) cones were constructed from 5,300 B.C. to 2,600 B.C. 3) Five (Hachiken'yama, Nishi-kosukemaru, Kosukemaru, Tomine, Usuyama, and Hokusei-usuyama) cones formed from 2,300 B.C. to 1,800 B.C. 4) Four (Hokusei-yumiizuka, Higashiken, Shikanokashira, and Katabutayama) cones were erupted from 1,600 B.C. to 1,300 B.C. The petrographic features and chemical compositions of the products from the scoria cones conform with those from contemporaneous lava flows. During the last 10,000 years, the K<sub>2</sub>O content and FeO\*/MgO ratio of the products from the northern to western flank eruptions decreased during 2,300 B.C. to 1,800 B.C.

**Keywords:** Fuji Volcano, scoria cone, eruption age, trenching survey, tephra, whole-rock chemistry

### 要 旨

富士火山北-西山腹に位置する18個の噴火年代未詳スコリア丘でトレンチ調査を実施した。トレンチ断面で、テフラ層序と火山灰土壌の厚さから、スコリア丘の噴火年代を見積もると、1) 8,300 B.C. から6,000 B.C. にサワラ山、ニッ山、永山が、2) 5,300 B.C. から2,600 B.C. に弓射塚、西剣、北西奥庭、丸山、罎塚が、3) 2,300 B.C. から1,800 B.C. に八軒山、西幸助丸、幸助丸、戸嶺、白山が、4) 1,600 B.C. から1,300 B.C. に北西弓射塚、東剣、鹿の頭、片蓋山が形成されたことが明らかとなった。これらスコリア丘の噴出物は、同時期に流下した溶岩流の岩質、全岩化学組成の特徴と同様の時間変化傾向を示す。最近1万年間をみると、北-西山腹の側噴火堆積物は2,300 B.C. から1,800 B.C. にK<sub>2</sub>O量、FeO\*/MgOが減少している。

### 1. はじめに

富士火山には多数の側火山が北西-南東方向に形成

されている。その時空分布は19世紀末から調査され(平林, 1899; 石原, 1928), 今日では津屋(1938, 1944, 1968, 1971)による一連の研究や宮地(1988)が広く受け入れられている。このうち津屋(1944)は、側火山として噴出しているスコリア丘を60と数え、それらの空間分布を初めて定量的に示した。この中で、スコリア丘の形成時期は地形から推定することは困難だが、富士火山本体の噴出物を介せば相対的に決定できると述べ、一部のスコリア丘を3つに時代区分する試みを行った。その後、富士火山地質図(津屋, 1968)の中で、全てのスコリア丘を新、中、旧のいずれかに区分している。町田(1964)や宮地(1988)は、山腹スコリア丘起源のテフラを見だし、山頂噴火起源のテフラや広域テフラとの層序関係、放射性炭素年代値から、それらの一部について噴火年代を明らかにした。

産総研地質調査総合センターでは、発行から40年が過ぎようとしている富士火山地質図を改訂するため1999年から調査を行っている。その過程で山元ほか(2005)は、暦年校正した放射性炭素年代値を富士山全域から報告し、スコリア丘については1,500 B.C.以降

<sup>1</sup>地質情報研究部門(Institute of Geology and Geoinformation, GSJ).

<sup>2</sup>地質調査情報センター(Geoinformation Center, GSJ).

<sup>3</sup>アジア航測(株)(Asia Air Survey Co., Ltd., Kawasaki, Kanagawa, 215-0004, Japan).

<sup>4</sup>(株)ダイヤコンサルタント(Dia Consultants Co., Ltd., Yoshino-cho 2-272-3, Kita-ku, Saitama 331-8638, Japan).

の噴火年代をほぼ明らかにした。しかし1,500 B.C.以前に形成されたスコリア丘は、自然露頭に乏しいことから噴火年代は未詳のまま残されたものが多い。

本報では、これら側火山として噴出しているスコリア丘の噴火年代を知る目的で、これらの山頂部でトレンチ調査を行った。高田ほか(2004)で述べたように、スコリア丘山頂部は浸食に強く、流れによる堆積物の到達しにくい場所にあることから、スコリア丘形成後の堆積物は良好に保存されていると考えられる。この手法では、放射性炭素年代値から直接噴火年代を決めるのではなく、テフラによる相対層序で噴火年代を推定することになる。

トレンチ結果の概要は、既に高田ほか(2004)、鈴木ほか(2004)で述べた。本報では、これらで示した噴火年代の根拠となったトレンチ層序の詳細と、本質噴出物の岩石学的特徴を記載することに重点をおく。なお本報で北-西山腹の結果について述べ、南-南東山腹については別途高田・小林(2007, 本特集号)で報告する。本報では最後に、北-西山腹の最近1万年間の側噴火噴出物を時代順に整理し、全岩化学組成との関係について述べる。

## 2. 富士火山北-西山腹の地質概説

富士火山は国内最大の複成火山であり、その大きさは東西35 km、南北40 kmにわたる。火山体は地形的に単一の主成層火山体と、その斜面上に分布する複数の側火山(スコリア丘)から構成されており、主成層火山体の伸張と側火山の配列は北西-南東方向をむく。噴出物は玄武岩が大部分を占める。

富士火山の活動期区分については議論が多いが、本報では北-西山腹の噴出物について最も良く整理されている津屋(1968, 1971)の区分に従う。津屋の区分では、富士火山は古富士火山と新富士火山に大別され、更に新富士火山は旧期、中期、新期に細分される。山元ほか(2005)の暦年校正した年代値に基づくと、新富士火山旧期は15,000~6,000 B.C.頃、静穏期を挟んで中期は3,600~1,700 B.C.頃、新期は1,500 B.C.頃以降の活動となる。津屋(1968)の地質図で示されたように、富士火山の北-西山腹は新富士火山旧期から新期の噴出物が分布し、旧期と中期の噴出物に乏しい山体の北-東側とは異なった特徴をもつ。また、北-西山腹に分布する側火山は、標高1,200~3,500 m付近に31個以上が認められ(第1図)、全てスコリア丘(ないしスパター丘)である。このうち、新期の1,500 B.C.頃以降に形成されたものは、歴史記録や放射性炭素年代値から、噴火年代がほぼ明らかになっている(第1表; 小山, 1998; 山元ほか, 2005; 高田ほか, 2007)。

北-西山腹で噴火年代未詳として残ったスコリア丘

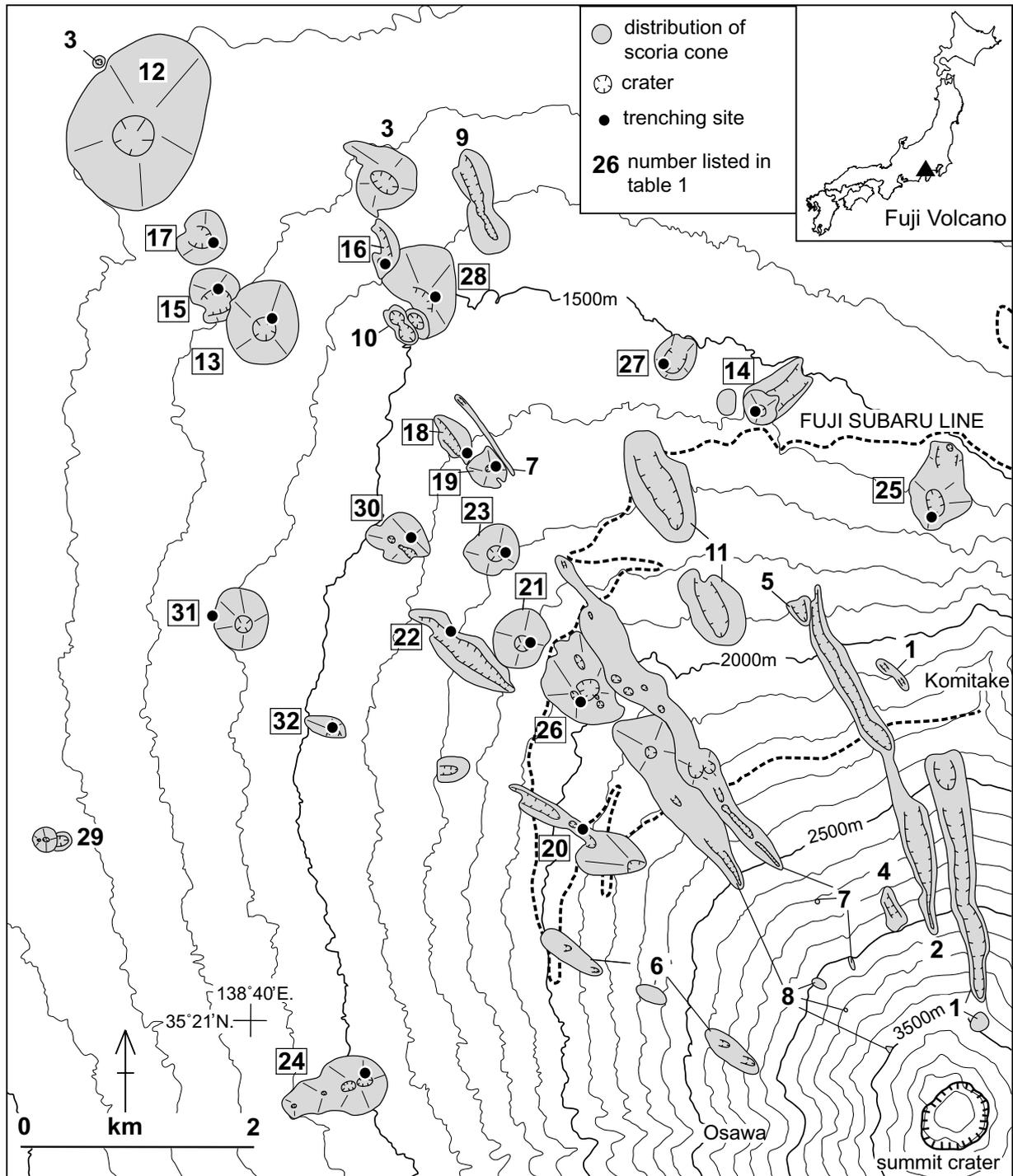
は、西側から時計回りに、<sup>とやづか</sup>罫塚(第1図及び第1表の24、以下同様)、永山(32)、ニッ山(31)、<sup>とみね</sup>戸嶺(20)、<sup>こうすけ</sup>幸助丸(22)、サワラ山(30)、幸助丸(21)、北西奥庭(26、新称)、<sup>はちけん</sup>八軒山(23)、北西白山(18、新称)、白山(19)、<sup>かしの</sup>片蓋山(13)、<sup>かしの</sup>鹿の頭(15)、<sup>つがね</sup>梅尾山(17)、北西弓射塚(16、新称)、<sup>かしの</sup>弓射塚(28)、西剣(27)、東剣(14)、丸山(25)である。これらの名称は津屋(1968,1971)と宮地(1988)に従っているが、名称がつけられていない場合に限って新称した。

## 3. トレンチ調査と分析手法

スコリア丘の山頂部は車両でのアクセスができないため、トレンチは人力で行った。そのため掘削深度は4.6 mが限界であった。それでも厚い降下火砕物を堆積させた大室山に隣接する梅尾山を除き、深度1.6~4 mの掘削で赤褐色の火山弾などからなるスコリア丘本体に到達できた。トレンチ断面の柱状図を第2図にまとめる。

今回のトレンチ断面では、富士火山の北-西山腹の主要テフラである湯船第二スコリア(Yu-2; 300 B.C.頃)、大室スコリア(Om; 1,300 B.C.頃)、大沢スコリア(Os; 1,400 B.C.頃; 以上、町田, 1964; 宮地, 1988; 山元ほか, 2005)を、層序、層相、層厚、最大粒径から確認した。これらは、スコリアの色調や発泡度、岩片量といった層相に特徴があり、識別が容易である。Yu-2は発泡の良い赤褐色スコリアを主体とし岩片量に乏しい。Omは様々な程度に発泡した黒色スコリアからなり、粒径の異なる数枚のフォールユニットを持つ。Osは発泡の悪い黒色スコリアと多量の黄白色変質岩片や赤褐色緻密岩片をもつ。

本報では更に、OmないしOs下位の火山灰土壌(火山噴出物起源の物質を多く含む土壌)の中から広域テフラを確認した。富士山麓では、天城カワゴ平テフラ(Kg; 1,400 B.C.頃; 嶋田, 2000; 山元ほか, 2005)と鬼界アカホヤテフラ(K-Ah; 5,300 B.C.頃; 町田・新井, 1978; 福沢, 1995)が、火山灰土壌の中に認められることが従来から知られている(宮地, 1988; 宮地ほか, 2001)。本報では、これらの降灰層準を小林・高田(2003)の手法で決定した。すなわち、OmないしOs下位の火山灰土壌を10 cm毎に採取し、実験室で粒径を250~120メッシュに揃え、含まれる火山ガラスの形態分類と屈折率測定からKg, K-Ahを確認した後、火山ガラスの量比を計測することで降灰層準を決めた。火山ガラスの形態と屈折率は、Kgが主に軽石型で $n=1.499\sim 1.503$ 、K-Ahはバブル型で $n=1.509\sim 1.512$ をもち、両者の識別は容易である。このうちKgは、OmないしOs直下に淡黄白色の薄層として野外で認識できることが多く、実体鏡下でも1~5割が軽石型火山ガラ



第1図 富士火山の北-西山腹に分布するスコリア丘の位置. トレンチしたスコリア丘は実線で囲んだ番号(第1表参照)で示す. 等高線の間隔は100 m.

Fig. 1 Distribution of scoria cones on the northern to western slope of Fuji Volcano. Trenched scoria cones in this study are with the numbers (see Table 1) surrounded solid squares. Contour interval is 100 m.

スで占められることから, 降灰層準は容易に決定できる. 一方, K-Ahは野外で認識することが難しく, 粒径を揃えた後の実体鏡下でも1,000粒子中に数個以下の火山ガラスを認めることができるに過ぎない. 極少量の火山ガラスは2次的に堆積した可能性があることから,

上下の火山灰土壤に含まれる火山ガラスの量比より多い極大値を示す場合に限って, K-Ahの降灰層準とした. 極大値を示す場合の量比は, 南-南東山麓を含めて経験的に1,000粒子中に1個以上の火山ガラスを含む. 第2図にはバブル型火山ガラスの1,000粒子中の量

第1表 富士火山北 - 西山腹に分布する側噴火の一覧.

Table 1 Summary of flank eruptions on the northern to western slope of Fuji Volcano.

No.	Flank eruption	Trenching survey	Eruption age <sup>1)</sup>		Location <sup>2)</sup>		Dimension <sup>3)</sup>		Mafic phenocryst assemblage	Whole-rock FeO*/MgO <sup>4)</sup>
			Historical document/Radiometric carbon age (2σ)	Inferred age by the thickness of volcanic ash soil layer	θ (°)	d (km)	Wco (km)	Hco (km)		
1	Kenmarubi-2 剣丸尾第二	-	A.D.1033? / A.D.1010-1180	-	344-11	0.8-4.0	n.d.	n.d.	ol>cpx	1.9
2	Kenmarubi-1 剣丸尾第一	-	A.D.937?	-	10	3.2-4.7	n.d.	n.d.	ol	2.1-2.2
3	Jogan 貞観	-	A.D.864-866	-	30-44	7.9-13.2	n.d.	n.d.	ol,cpx	2.1
4	Onagare 大流	-	A.D.690-900	-	17	3.5-4.5?	n.d.	n.d.	ol>cpx>opx	1.8
5	Garan ガラン	-	n.d.	-	17	4.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
6	Yakeno-Nishimarubi 焼野-西丸尾	-	A.D.650-890	-	68-78	1.8-3.8	n.d.	n.d.	not detected	2.1
7	Oniwa-Okuniwa-2 御庭奥庭第二	-	A.D.620-880	-	38	1.5-7.6	n.d.	n.d.	ol	1.7-2.0
8	Oniwa-Okuniwa-1 御庭奥庭第一	-	A.D.660-860	-	42	0.8-4.3	n.d.	n.d.	ol,cpx	2.0-2.1
9	Tenjin'yama-Igatonoyama 天神山-伊賀殿山	-	A.D.690-960	-	29	8.6-9.3	n.d.	n.d.	cpx>ol>opx	2.1
10	Hakudairyuo-Koriike 白大竜王-氷池	-	A.D.410-770	-	35	8.4	n.d.	n.d.	ol>cpx>opx	2.1-2.2
11	Ohirayama-Sajikiyama 大平山-棧敷山	-	n.d.	1000 B.C.	26	4.7-6.6	n.d.	n.d.	cpx	1.9
12	Omuroyama 大室山	-	1390-1120 B.C.	-	40	11.1	1.58	0.30	ol,cpx	1.8-1.9
13	Katabutayama 片蓋山	○	n.d.	1300 B.C.	42	9.1	0.75	0.16	ol>cpx	1.8
14	Higashiken 東剣	○	n.d.	1500 B.C.	15	6.3	0.30	0.07	ol>cpx	1.8
15	Shikanokashira 鹿の頭	○	n.d.	1500 B.C.	43	9.5	0.50	0.07	ol,cpx	2.1
16	Hokusei-yumiizuka 北西弓射塚	○	n.d.	1600 B.C.	36	8.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
17	Tsugaoyama 梶尾山	○	n.d.	n.d.	41	10.0	0.48	0.06	n.d.	n.d.
18	Hokusei-usuyama 北西白山	○	n.d.	1800 B.C.	37	7.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
19	Usuyama 白山	○	n.d.	1800 B.C.	36	6.9	0.30	0.07	ol>cpx	1.8
20	Tomine 戸嶺	○	n.d.	1900 B.C.	45	3.5-4.9	0.63	0.20	ol>cpx	1.8
21	Kosukemaru 幸助丸	○	n.d.	2000 B.C.	43	5.5	0.55	0.15	ol>cpx	1.6
22	Nishi-kosukemaru 西幸助丸	○	n.d.	2300 B.C.	47	5.3-6.4	n.d.	n.d.	ol	1.9
23	Hachiken'yama 八軒山	○	n.d.	2300 B.C.	40	6.3	0.43	0.07	ol	1.8
24	Toyazuka 塙塚	○	n.d.	2600 B.C.	87	5.1-5.7	0.55	0.15	ol	2.0
25	Maruyama 丸山	○	n.d.	2700 B.C.	1	5.3-5.8	0.55	0.10	ol	2.4
26	Hokusei-okuniwa 北西奥庭	○	n.d.	3200 B.C.	42	4.7-5.2	0.83	0.20	ol	1.8
27	Nishiken 西剣	○	n.d.	4200 B.C.	21	7.0	0.43	0.07	ol	2.2
28	Yomiizuka 弓射塚	○	n.d.	< 5300 B.C.	34	8.5	0.83	0.20	ol,cpx	2.8
29	Inusuzumiyama 犬涼み山	-	6020-5840 B.C.	-	73	8.3	0.20	0.03	ol>cpx>opx	1.9
30	Sawarayama サワラ山	○	n.d.	6000 B.C.	45	7.0	0.50	0.14	ol	2.6
31	Futatsuyama ニッ山	○	n.d.	7400 B.C.	58	7.5	0.55	0.12	ol	2.5-2.9
32	Nagayama 永山	○	n.d.	8300 B.C.	59	6.3	0.40	0.11	ol	2.7

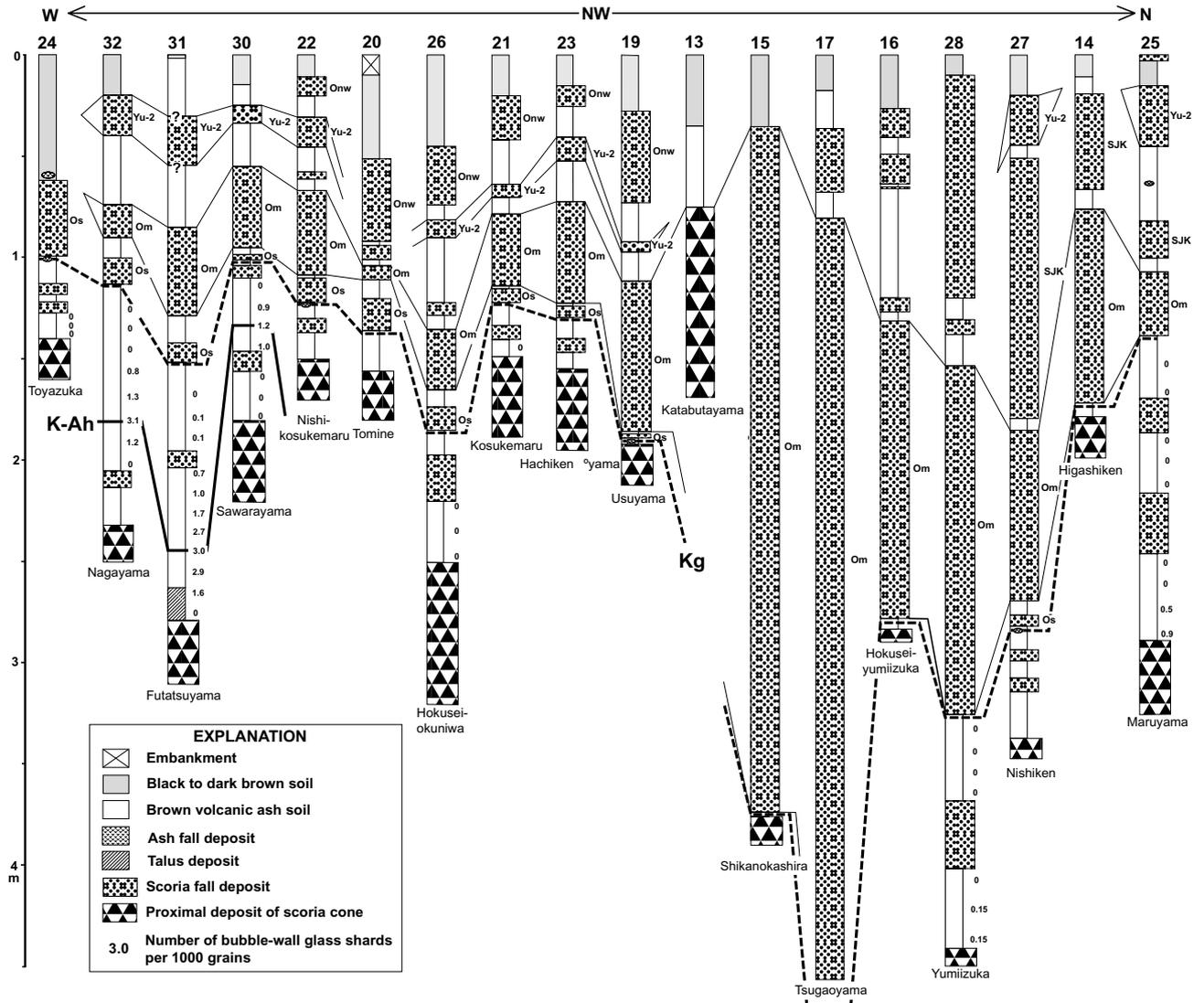
1) 噴火年代は古文書 (小山, 1998), 放射性炭素年代値 (山元ほか, 2005; 高田ほか, 2007), 火山灰土壌の厚さからの推定値 (本研究) を用いた. 2) 位置は津屋 (1944, 1971) を改訂. θ, 山頂火口から反時計回りの角度. d, 山頂火口底からスコリア丘頂部までの距離. 3) Wood (1980) の定義に従う. 4) 全岩化学組成は 100% 再計算値. 代表的な全岩化学組成を第3表に示す. - = 未調査, n.d. = 未測定, ol = かんらん石, cpx = 単斜輝石, opx = 斜方輝石.

1) Eruption ages were determined by historical documents (Koyama, 1998), radiometric carbon ages (Yamamoto *et al.*, 2005; Takada *et al.*, 2007), and thickness of volcanic ash soil layers (this study). 2) Locations revised Tsuya (1944, 1971). θ, Anti-clockwise from the summit crater. D, Distance between the top of scoria cone and the bottom of the summit crater. 3) Dimensions are defined by Wood (1980). 4) Whole-rock chemistries are shown as total to be 100 wt. %. Representative whole-rock chemistries are listed in Table 3. - = not surveyed, n.d. = not determined, ol = olivine, cpx = clinopyroxene, opx = orthopyroxene.

比 (%) も示した. 屈折率は温度変化型屈折率測定装置 (古澤地質調査所製 MAIOT) で測定した.

スコリア丘本体の噴出物は, 鏡下観察を行うとともに

全岩組成を測定した. 第2表に斑晶量比を示す. 全岩組成の分析は, 産業技術総合研究所地質調査総合センターの蛍光X線分析装置 (Philips 社製 PW1404 型) を用い,



第2図 トレンチ断面の柱状図。太線と波線は鬼界アカホヤテフラ (K-Ah) と天城カワゴ平テフラ (Kg) の検出層準をそれぞれ示す。K-Ah由来の火山ガラス量も示す。Os=大沢スコリア, Om=大室スコリア, Yu-2=湯船第二スコリア, SJK=棧敷山スコリア, Onw=御庭奥庭スコリア。

Fig. 2 Stratigraphic columns of the trenching sections for the scoria cones on the northern to western slope of Fuji Volcano. Bold and dotted lines indicate the detected levels of the Kikai-Akahoya (K-Ah) and Amagi-Kawagodaira (Kg) tephras within the volcanic ash soil layers, respectively. Contents of volcanic glass shards from the K-Ah tephra are also shown. Os=Osawa scoria, Om=Omuro scoria, Yu-2=Yufune 2 scoria, SJK=Sajikiyama scoria, Onw=Oniwa-Okuniwa scoria.

950 °Cで2時間灼熱した後、1:10に希釈したガラスピード法で行った。測定にはRh管球を用い、測定手法はTogashi (1989)に従った。分析結果を第3表に示す。

#### 4. 噴火年代の概略

本報のトレンチ断面で確認したOm (1,300 B.C.頃)及びK-Ah降灰層準 (5,300 B.C.頃)の関係から、スコリア丘の噴火年代は、5,300 B.C.以前と5,300~1,300 B.C.に大きく区分できる。1)5,300 B.C.以前に形成したスコリア丘には、サワラ山、ニッ山、永山がある。一方、5,300~1,300 B.C.に形成したスコリア丘は、Om

ないしOsからスコリア丘本体の間に挟まれる火山灰土壌の厚さから、2-1)前半(弓射塚、西剣、北西奥庭、丸山、塀塚)、2-2)中盤(八軒山、戸嶺、西幸助丸、幸助丸、臼山、北西白山)、2-3)後半(北西弓射塚、鹿の頭、梅尾山、東剣、方蓋山)の3つに分けることができる。

これらスコリア丘の噴火年代は、津屋(1968, 1971)や宮地(1988)の層序区分を大きく変えるものではない。しかし、K-Ahの降灰以前と以降で見ると、従来の見解とは次の点で異なっている。1)サワラ山は新富士火山中期(津屋, 1968)とされたが、5,300 B.C.より古い。2)永山は、新富士火山旧期(津屋, 1968)ないし4.5~3 ka(宮地, 1988)に形成されたと見解が

第2表 富士火山北 - 西山腹の側噴火噴出物のモード組成.

Table 2 Representative modal compositions of the products from flank eruptions on the northern to western slope of Fuji Volcano.

No.	Flank eruption	Sample	Material	Sampling site		pl (ho) vol. %	pl (cl)	pl (du)	ol	cpx	opx	gm	vesicle	
				Lat.	Long.									
1	Kenmarubi-2	剣丸尾第二	020730-5	bomb	35°22'13"	138°44'00"	3.5	0.6	0.2	1.1	0.1	-	94.5	22.1
2	Kenmarubi-1	剣丸尾第一	020731-13-1	agglutinate	35°22'50"	138°43'41"	2.7	13.5	1.4	0.5	-	-	81.9	23.5
3	Jogan	貞観	T011011-1	lava	35°28'49"	138°41'54"	-	24.5	1.0	0.6	0.8	-	73.2	0.7
4	Onagare	大流	020731-12	agglutinate	35°22'40"	138°43'32"	8.7	0.8	1.3	0.8	0.3	tr.	88.0	46.7
6	Yakeno-Nishimarubi	焼野-西丸尾	020731-30B	bomb	35°22'02"	138°42'37"	-	0.3	-	-	-	-	99.7	61.4
7	Oniwa-Okuniwa-2	御庭奥庭第二	020731-10	bomb	35°22'29"	138°43'16"	5.7	0.5	-	0.2	-	-	93.6	43.1
8	Oniwa-Okuniwa-1	御庭奥庭第一	T1011015-3	agglutinate	35°22'55"	138°42'33"	2.3	1.2	-	0.3	0.1	-	96.1	10.4
9	Tenjin'yama-Igatonoyama	天神山-伊賀殿山	T011012-8	lava	35°26'25"	138°41'12"	2.0	16.6	3.9	1.4	2.3	0.6	73.3	10.4
10	Hakudairyuo-Koriike	白大竜王-氷池	T031130-01	agglutinate	35°25'28"	138°40'36"	0.4	0.9	16.7	1.2	0.2	tr.	80.6	6.9
11	Obirayama-Sajikiyama	大平山-棧敷山	T011016-4	lava	35°25'39"	138°41'48"	0.3	0.5	-	-	0.2	-	99.0	10.0
12	Omuroyama	大室山	T011204-3	lava	35°26'23"	138°38'10"	0.1	0.8	1.1	tr.	0.1	-	97.9	19.3
13	Katabutayama	片蓋山	T1031103-2	agglutinate	35°25'30"	138°39'54"	-	2.3	14.4	1.6	0.2	-	81.6	8.0
14	Higashiken	東剣	T1031106-2	bomb	35°25'05"	138°42'41"	2.9	15.9	1.7	2.4	1.1	-	75.9	56.4
15	Shikanokashira	鹿の頭	T031126-1	bomb	35°25'38"	138°39'36"	-	23.3	2.2	0.7	0.5	-	73.4	39.8
19	Usuyama	白山	T1031101-2	bomb	35°24'48"	138°41'12"	0.6	4.3	14.6	1.8	0.5	-	78.1	35.0
20	Tomine	戸嶺	T031128-04	bomb	35°23'06"	138°41'42"	6.8	9.9	-	1.3	0.5	-	81.6	49.3
21	Kosukemaru	幸助丸	T1031106-3	bomb	35°23'56"	138°41'23"	1.0	3.3	7.3	1.4	tr.	-	87.0	34.3
22	Nishi-kosukemaru	西幸助丸	T1031102-2-1	agglutinate	35°24'02"	138°40'55"	5.1	8.0	0.8	2.7	-	-	83.4	9.6
23	Hachiyen'yama	八軒山	T1031101-1	bomb	35°24'24"	138°41'15"	3.9	4.7	-	0.9	-	-	90.5	65.2
24	Toyazuka	塙塚	T1031030-1	volcanic block	35°21'57"	138°40'27"	6.3	3.5	11.2	3.8	-	-	75.1	3.8
25	Maruyama	丸山	T1031106-1	bomb	35°24'35"	138°43'42"	6.5	5.8	-	1.6	-	-	86.0	38.1
26	Hokusei-okuniwa	北西奥庭	T031127-1	bomb	35°23'41"	138°41'41"	3.3	12.7	-	1.9	-	-	82.1	48.3
27	Nishiken	西剣	T1031103-1	bomb	35°25'14"	138°42'13"	12.9	2.5	-	3.3	-	-	81.2	37.0
28	Yumiizuka	弓射塚	T03112801-1	bomb	35°25'34"	138°40'51"	12.8	5.3	-	0.4	0.6	-	81.0	60.0
29	Inusuzumiyama	犬涼み山	I011016-2-1	bomb	35°23'03"	138°38'36"	15.0	3.8	-	3.1	1.3	0.2	76.7	56.1
30	Sawarayama	サワラ山	T1031031-2	bomb	35°24'28"	138°40'43"	13.9	2.2	0.1	0.5	-	-	83.2	42.0
31	Futatsuyama	ニッ山	I020829-4	bomb	35°24'06"	138°39'34"	14.4	3.6	0.9	0.6	-	-	80.6	35.9
32	Nagayama	永山	T1031031-1	bomb	35°23'34"	138°40'16"	3.2	0.9	-	0.8	-	-	95.1	61.9

試料採取位置は世界測地系、モード組成は2,000ポイント測定。pl (ho)=蜂の巣状組織をもつ斜長石、pl (cl)=清楚な斜長石、pl (du)=汚濁帯をもつ斜長石、ol=かんらん石、cpx=単斜輝石、opx=斜方輝石、gm=石基、- =未検出、tr.=0.1 vol.%未満。

Sampling sites are shown by the International Terrestrial Reference Frame. Modal compositions were counted 2,000 points. pl (ho)=honeycomb plagioclase, pl (cl)=clear plagioclase, pl (du)=dusty plagioclase, ol=olivine, cpx=clinopyroxene, opx=orthopyroxene, gm=groundmass, - =not detected, tr.=<0.1 vol. %.

異なっていたが、5,300 B.C.より古い。3) 丸山、塙塚は新富士火山旧期(津屋, 1968)とされたが、5,300 B.C.より若い。

以下、トレンチ結果を記載する。このうち、大室山周辺にある弓射塚、北西弓射塚、鹿の頭、梅尾山、片蓋山のトレンチは、大室山との層序関係を議論した鈴木ほか(2007, 本特集号)で詳しく述べることから、本報では概要にとどめる。

## 5. 5,300 B.C.以前

### 5.1 サワラ山スコリア丘

#### 5.1.1 地形と層序

サワラ山は、北西山腹の標高1,630 m付近に位置し、火口を挟み北東側と南西側で非対象の地形を持つスコリア丘である。南西側のスコリア丘の方が小さい。火

口地形は明瞭でない。Wood (1980) による記述では、Wco (基底直径, km) =0.50, Hco (高さ, km) =0.14, Wcr (火口直径, km) =0.05となる。

トレンチはサワラ山山頂の標高1,630 m三角点付近で行い、深度220 cmを掘削した(図版1a)。トレンチ断面では、上位からYu-2, Om, Os, Kg, 給源不明スコリア層, K-Ah, 給源不明スコリア層, スコリア丘本体を構成するサワラ山降下火砕堆積物が認められた(第2図の30)。Yu-2は層厚約10 cm、火山灰土壌と混ざって上下の境界はやや不明瞭である。20 cm厚の火山灰土壌を挟んで、Omは層厚40 cm、最大粒径2.8 cmをもつ。その下位のOsは層厚約5 cm、最大粒径2.5 cmでレンズ状に分布する。Kgは、Os直下の火山灰土壌中から26%の軽石型ガラス(屈折率平均=1.501)が検出できた。そのすぐ下位にある給源不明スコリア層は、層厚約2 cmでレンズ状に分布する。K-Ahは、Osから30

第3表 富士火山北-西山腹の側噴火噴出物の代表的な全岩化学組成.

Table 3 Representative whole-rock chemistries of the products from flank eruptions on the northern to western slope of Fuji Volcano.

No.	Flank eruption	Sample	SiO <sub>2</sub> wt.%	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Total	LOI	FeO*/MgO
1	Kenmarubi-2	020730-5	50.70	1.31	17.32	11.61	0.16	5.42	9.81	2.78	0.70	0.26	100.06	-0.22	1.93
2	Kenmarubi-1	020731-13-1	50.71	1.31	18.44	11.15	0.15	4.70	10.20	2.84	0.70	0.25	100.44	-0.30	2.13
3	Jogan	T011011-1	50.41	1.44	16.89	11.89	0.16	5.14	9.69	2.69	0.78	0.30	99.39	n.d.	2.08
4	Onagare	020731-12	50.36	1.27	17.52	11.25	0.15	5.69	10.12	2.72	0.63	0.24	99.95	-0.25	1.78
6	Yakeno-Nishimarubi	020731-30B	50.35	1.55	16.59	12.86	0.18	5.49	9.71	2.53	0.78	0.31	100.36	-0.40	2.11
7	Oniwa-Okuniwa-2	020731-10	50.14	1.38	17.24	12.21	0.17	5.45	10.09	2.60	0.71	0.28	100.27	-0.60	2.01
8	Oniwa-Okuniwa-1	TI011015-3	50.54	1.34	17.25	12.03	0.17	5.50	10.09	2.56	0.69	0.27	100.43	-0.19	1.97
9	Tenjin'yama-Igatonoyama	T011012-8	50.38	1.43	17.36	11.79	0.16	5.03	9.99	2.79	0.78	0.31	100.00	n.d.	2.11
10	Hakudairyuo-Koriike	T031130-01	50.39	1.50	16.65	12.54	0.17	5.50	9.86	2.65	0.78	0.31	100.36	-0.31	2.05
11	Obirayama-Sajikiyama	T011016-4	50.86	1.06	16.96	11.24	0.17	5.40	10.01	2.64	0.60	0.19	99.11	n.d.	1.87
12	Omuroyama	T011204-3	50.89	1.25	17.11	11.74	0.17	5.57	9.77	2.70	0.67	0.26	100.11	n.d.	1.90
13	Katabutayama	TI031103-2	49.74	1.27	17.36	11.64	0.16	5.83	10.02	2.68	0.65	0.26	99.62	0.11	1.80
14	Higashiken	TI031106-2	49.80	1.41	17.32	12.20	0.17	6.19	9.77	2.23	0.60	0.26	99.93	1.15	1.77
15	Shikanokashira	T031126-1	49.22	1.42	19.07	12.07	0.17	5.22	9.05	2.49	0.54	0.30	99.53	2.16	2.08
19	Usuyama	TI031101-2	49.82	1.29	17.00	11.86	0.17	5.93	10.17	2.67	0.57	0.25	99.72	0.48	1.80
20	Tomine	T031128-04	49.92	1.18	17.97	10.98	0.16	5.38	10.38	2.63	0.55	0.23	99.37	0.14	1.84
21	Kosukemaru	TI031106-3	49.53	1.08	17.42	11.72	0.16	6.37	10.53	2.44	0.46	0.17	99.88	0.33	1.64
22	Nishi-kosukemaru	TI031102-2-1	50.47	1.24	18.21	10.97	0.17	5.30	10.17	2.47	0.53	0.25	99.77	0.65	1.86
23	Hachiyen'yama	TI031101-1	50.13	1.23	17.76	11.34	0.16	5.67	10.28	2.63	0.60	0.25	100.05	-0.14	1.80
24	Toyazuka	TI031030-1	51.22	1.45	17.34	11.58	0.16	5.35	9.80	2.85	0.78	0.32	100.85	0.03	1.95
25	Maruyama	TI031106-1	50.39	1.64	17.12	12.20	0.17	4.55	9.61	2.77	0.85	0.35	99.65	0.04	2.41
26	Hokusei-okuniwa	T031127-1	50.80	1.18	18.06	10.92	0.16	5.39	10.50	2.70	0.61	0.25	100.57	-0.26	1.82
27	Nishiken	TI031103-1	50.50	1.66	16.71	12.82	0.18	5.34	9.49	2.44	0.85	0.37	100.35	0.28	2.16
28	Yumiizuka	T03112801-1	48.31	1.69	20.05	12.94	0.17	4.20	9.69	2.28	0.48	0.30	100.11	3.23	2.77
29	Inusuzumiyama	I011016-2-1	49.97	1.59	16.90	12.48	0.17	5.84	9.55	2.62	0.77	0.32	100.19	1.40	1.92
30	Sawarayama	TI031031-2	49.48	1.63	18.67	12.09	0.16	4.17	10.07	2.87	0.73	0.35	100.21	0.91	2.61
31	Futatsuyama	I020829-4	50.09	1.57	17.80	11.48	0.16	4.20	10.06	2.97	0.84	0.34	99.50	0.03	2.46
32	Nagayama	TI031031-1	49.85	1.90	16.41	13.95	0.19	4.74	9.00	2.83	0.81	0.37	100.06	0.54	2.65

測定はガラビード法を用いて地質調査総合センターのXRF分析装置(Philips PW-1404)で行った。灼熱減量(LOI)は950度で2時間灼熱させて求めた。\* = 全鉄量, n.d. = 未測定。

Major elements were analyzed on fused glass discs using a Philips PW-1404 XRF spectrometer at GSJ. Loss on ignition (LOI) was determined by heating a separate aliquot of rock powder at 950°C for 2 hours. \* = Total Fe as FeO, n.d. = not determined.

～40 cm下位の火山灰土壌中に1.3%のバブル型ガラス(屈折率平均=1.510)が認められたことから降灰層準とした。ただし、その上下10 cmの火山灰土壌中にも0.9%のバブル型ガラスが含まれており、明瞭な降灰層準とはいえない。K-Ah下位の給源不明スコリア層は、層厚5 cm、最大粒径2.0 cmで、発泡の極めて良い赤褐色スコリアからなる。サワラ山降下火砕堆積物は、表層から180 cm以深に、層厚40 cm以上で認められた。Osからサワラ山降下火砕堆積物まで、給源不明スコリア層を除き、73 cm厚の褐色火山灰土壌を挟んでいる。

### 5.1.2 層相と岩石

サワラ山降下火砕堆積物は、良く発泡した火山弾とスコリアからなる(図版1b)。火山弾は径23 cm以下で、牛糞状及び紡錘状の外形をもつ場合がある。表面は赤褐色、内部は黒色を示すことが多い。堆積物は非溶結で、グラニュールから粗粒砂サイズの火山礫及び

火山灰からなる基質支持となっており淘汰は良くない。

火山弾は、斜長石斑晶に富むかんらん石玄武岩である(図版1c)。斜長石斑晶(16 vol.%)は大型(径<8 mm)で、微細の黒色ガラスを伴う蜂の巣状組織を持つことが多い(第2表)。まれにかんらん石を包有する。かんらん石斑晶は径0.45 mm以下と小型で量比に乏しい(0.5 vol.%)。全岩組成は、SiO<sub>2</sub>=50.0 wt.%, K<sub>2</sub>O=0.74 wt.%, FeO\*/MgO=2.6をもつ(第3表)。

## 5.2 ニッ山スコリア丘

### 5.2.1 地形と層序

ニッ山スコリア丘は、北西山腹標高1,490 m付近に位置し、Wco=0.55, Hco=0.12, Wcr=0.15をもつ。裾野に小規模な浸食が認められる。

トレンチはニッ山裾野の標高1,380 mで、深度310 cmの掘削を行った(第2図の31)。この地点は、スコリア丘の傾斜角変更点付近にあたり、比較的平坦な地形

面をつくる。トレンチは、小規模なガリーに認められた自然露頭を掘り増して行った。トレンチ断面では、上位からYu-2 (層厚約25 cm), Om (層厚43 cm, 最大粒径4.0 cm), Os (層厚10 cm), Kg, 給源不明スコリア層, K-Ah, 崖錐堆積物, ニッ山降下火砕堆積物が認められた。このうちYu-2は火山灰土壌との境界が不明瞭である。KgはOs直下に57%が検出できた。給源不明スコリア層は層厚8 cm, 最大粒径1.2 cmをもつ。Kgとの間に約30 cmの火山灰土壌を挟むことから、Kgのすぐ下位に認められた前出の給源不明スコリア層とは別のスコリア層と推定される。K-Ahは、Osから88~98 cm下位の火山灰土壌中に3.0%のバブル型ガラスの濃集が検出でき、降灰層準とした。Osから104 cm下位に、やや円磨されたスコリア質火山礫からなる崖錐堆積物が認められる。ニッ山降下火砕堆積物は、深度278 cm以深に層厚32 cm以上で認められた。Osからニッ山降下火砕堆積物まで、給源不明スコリア層と崖錐堆積物を除いて、96 cm厚の褐色火山灰土壌を挟む。

### 5.2.2 層相と岩石

ニッ山降下火砕堆積物は、径50 cm以下の良く発泡した赤褐色の火山弾とスコリアからなる。火山弾は量比に富み(19 vol.%) 粒径の大きい(径<5 mm)斜長石と、極少量(0.6 vol.%)で小型のかんらん石(径<0.9 mm)を斑晶に持つ。斜長石斑晶は微細な黒色ガラスを伴う蜂の巣状組織をもつことが多い。全岩組成は $\text{SiO}_2=50.9 \text{ wt.}\%$ ,  $\text{K}_2\text{O}=0.86 \text{ wt.}\%$ ,  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=2.5$ である。

## 5.3 永山スコリア丘

### 5.3.1 地形と層序

永山スコリア丘は北西山腹標高1,580 m付近に位置する。スコリア丘の南半分が欠落しており、現存する部分は $\text{Wco}=0.40$ ,  $\text{Hco}=0.11$ をもつ。火口地形は不明瞭である。

トレンチは深度250 cmを永山山頂で行った。トレンチ断面では、上位からYu-2 (層厚20 cm, 最大粒径4.3 cm), Om (層厚16 cm, 最大粒径1.6 cm), Os (層厚13 cm, 最大粒径3.2 cm), Kg, K-Ah, 給源不明スコリア層, 永山降下火砕堆積物が認められた(第2図の32)。KgはOs直下に65%認められた。K-Ahは、Osから60~70 cm下位の火山灰土壌中に2.1%のバブル型ガラスの濃集が検出でき、降灰層準とした。その下位の給源不明スコリア層は層厚8 cm, 最大粒径1.2 cmで、発泡の良い赤褐色スコリアからなり、レンズ状に分布する。永山降下火砕堆積物は、深度232 cm以深に層厚18 cm以上で産出した。Osから給源不明スコリア層を除いて、111 cm厚の褐色火山灰土壌をもつ。

### 5.3.2 層相と岩石

永山降下火砕堆積物は、最大径23 cmの良く発泡した火山弾及びスコリアからなる。火山弾は、やや粒径の大

きい斜長石(径<4 mm)と小型のかんらん石(径<0.5 mm)を斑晶に持つ。斜長石斑晶は単独で存在し、微細の黒色ガラスを伴う蜂の巣状組織をもつことが多い。量比は4 vol.%をもつ。かんらん石斑晶の一部は骸晶状及び樹枝状組織をもつ。量比は0.8 vol.%と乏しい。全岩組成は $\text{SiO}_2=50.5 \text{ wt.}\%$ ,  $\text{K}_2\text{O}=0.82 \text{ wt.}\%$ ,  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=2.7$ である。

## 6. 5,300~1,300 B.C.の前半

### 6.1 弓射塚スコリア丘

弓射塚スコリア丘は北西山腹標高1,560 m付近に位置する。南西半分が欠落しており、現存する部分は $\text{Wco}=0.83$ ,  $\text{Hco}=0.20$ である。トレンチ断面は鈴木ほか(2007, 本特集号)で記載されている。トレンチ断面では、氷池・白大竜王スコリア(A.D. 600頃; 宮地, 1988; 高田ほか, 2007), Om, Kg, 給源不明スコリア層(35 cm厚), 弓射塚降下火砕堆積物が認められている(第2図の28)。Kgは、Om直下に野外で確認でき、実体鏡下では96%が検出できている。Omから給源不明スコリア層を除き、弓射塚降下火砕堆積物まで厚さ83 cmの火山灰土壌を挟む。この火山灰土壌の中では、弓射塚降下火砕堆積物の直上10 cmで、平均屈折率1.511のバブル型ガラスが認められた。しかしその量比は0.15%と極めて乏しい。したがって、火山灰土壌中にK-Ahの降灰層準はないと判断した。

弓射塚降下火砕堆積物は、赤褐色の火山弾、スコリア質火山礫及び少量の火山灰からなる。火山弾はやや粒径の大きい斜長石(18 vol.%, 径<3.2 mm)と少量で小型の単斜輝石(0.6 vol.%, 径<0.5 mm)及びかんらん石(0.4 vol.%, 径<0.3 mm)を斑晶に持つ。斜長石斑晶は蜂の巣状組織をもつことが多い。全岩組成は $\text{SiO}_2=48.9 \text{ wt.}\%$ ,  $\text{K}_2\text{O}=0.48 \text{ wt.}\%$ ,  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=2.77$ である。 $\text{SiO}_2$ 量に乏しいが、 $\text{FeO}^*/\text{MgO}$ が高い。

### 6.2 西剣スコリア丘

#### 6.2.1 地形と層序

西剣スコリア丘は北北西山腹の標高1,580 m付近に位置し、 $\text{Wco}=0.43$ ,  $\text{Hco}=0.07$ ,  $\text{Wcr}=0.17$ をもつ小型のスコリア丘である。北東方向に開口している。

トレンチは深度350 cmを山頂で行った。トレンチ断面では、上位からYu-2 (層厚約20 cm, 最大粒径3.0 cm), 大平・棧敷山スコリア(層厚130 cm), Om (層厚130 cm, 最大粒径2.5 cm), Kg, 2枚の給源不明スコリア層, 西剣降下火砕堆積物が認められた(第2図の27)。このうちYu-2は火山灰土壌と混じり、上下の境界が不明瞭である。Yu-2とOmの間に認められる様々な程度に発泡した黒色-赤褐色スコリアは、層序、層厚から大平・棧敷山スコリア(高田ほか, 2007)に対比

できる。大平・棧敷山スコリアは、100 cmを越える厚さで堆積しているが、Omのように粒径の違いによるフォールユニットは認められない。大平・棧敷山スコリアの下位には、火山灰土壌を2~3 cm厚挟んでOmが認められる。KgはOs直下に野外で認められ、実体鏡下では318%が検出できた。2枚の給源不明スコリア層は、どちらも発泡の良い赤褐色スコリアからなり、上位が6 cm厚、下位が7 cm厚をもつ。西剣降下火砕堆積物は、深度340 cm以深に層厚10 cm以上で産出した。Omから西剣降下火砕堆積物まで給源不明スコリア層を除いて、43 cm厚の褐色火山灰土壌をもつ。K-Ahの降灰層準を決定するための、火山灰土壌の連続採取は行わなかった。

### 6.2.2 層相と岩石

西剣降下火砕堆積物は、最大径13 cmの良く発泡した赤褐色火山弾及びスコリアからなる。堆積物全体は、径2~3 mmのグラニュールサイズの火山礫からなる基質支持となっている。火山弾は斜長石(15 vol.%, 径<1.9 mm)とかんらん石(3.3 vol.%, 径<1.0 mm)を斑晶に持つ。斜長石斑晶の中心部は微細の黒色ガラスを伴う蜂の巣状組織になっていることが多い。かんらん石斑晶は自形が多い。全岩組成はSiO<sub>2</sub>=50.1 wt.%, K<sub>2</sub>O=0.82 wt.%, FeO\*/MgO=2.2をもつ。

## 6.3 北西奥庭スコリア丘

### 6.3.1 地形と層序

北西奥庭スコリア丘は北西山腹標高2,017 m付近に位置する。3方向を新しい噴出物に埋積されているが、現存する部分でWco=0.83, Hco=0.2, Wcr=0.17をもつことから、北-西山腹では大型のスコリア丘といえる。北西-南東方向に配列しない2つ以上の火口地形が認められることから、北西奥庭スコリア丘は複数回の噴火で形成された可能性がある。

トレンチは深度380 cmを山頂で行った。トレンチ断面では、上位から御庭奥庭スコリア, Yu-2(層厚9 cm), S-18スコリア, Om(層厚30 cm), Os(層厚12 cm), Kg, 給源不明スコリア層, 北西奥庭降下火砕堆積物が認められた(第2図の26)。このうち、最上位のスコリアは、層厚29 cmをもち、層序と層厚から近接する割れ目火口から噴出した御庭奥庭スコリア(A.D. 700頃; 高田ほか, 2007)に対比できる。また、Yu-2とOmの間に認められたスコリアは、発泡が良く赤褐色を呈し層厚6 cmをもつ。層序、層相と層厚から、山頂噴火由来のS-18スコリア(770 B.C.頃; 山元ほか, 2005)に対比できる。KgはOs直下に427%が検出できた。給源不明スコリア層は、層厚が厚く(23 cm厚)、最大粒径が大きく(径6 cm)、かつスコリアの表面や気泡内壁が再溶解していることから、近隣の側火口から飛来したことは間違いない。北西奥庭降下火砕堆積物は、

深度273 cm以深に層厚23 cm以上で産出した。Osから北西奥庭降下火砕堆積物まで、給源不明スコリア層を除いて、65 cm厚の褐色火山灰土壌をもつ。この火山灰土壌中にK-Ahは検出できなかった。

### 6.3.2 層相と岩石

北西奥庭降下火砕堆積物は、良く発泡した赤褐色火山弾及びスコリアからなる。火山弾は斜長石(16 vol.%, 径<2.0 mm)とかんらん石(1.9 vol.%, 径<1.0 mm)を斑晶に持つ。斜長石斑晶は清澄なものが多く、蜂の巣状組織をもつものを伴う。かんらん石斑晶は自形が多い。全岩組成はSiO<sub>2</sub>=51.1 wt.%, K<sub>2</sub>O=0.61 wt.%, FeO\*/MgO=1.8である。

## 6.4 丸山スコリア丘

### 6.4.1 地形と層序

丸山スコリア丘は北山腹標高1,700 m付近に位置し、北北東に連なる2つ以上のスコリア丘(ないしスパター丘)から構成されている。南側が最も大きく、Wco=0.55, Hco=0.10, Wcr=0.25をもつ。裾野はわずかに浸食を受けている。北側は地形的にスパター丘の可能性はあるが、噴出物は確認していない。

トレンチは深度325 cmを丸山山頂で行った(図版2a)。トレンチ断面では、上位からYu-2(層厚30 cm, 最大粒径3.5 cm), 大平・棧敷山スコリア(層厚18 cm), Om(層厚31 cm, 最大粒径2.3 cm), Kg, 2枚の給源不明スコリア層, 丸山降下火砕堆積物が認められた(第2図の25)。KgはOmから2 cm下位に野外で薄層として認識でき、実体鏡下では43.5%含む。2枚の給源不明スコリア層は、どちらも発泡の良い赤褐色スコリアからなり、上位が17 cm厚、下位が30 cm厚をもつ。丸山降下火砕堆積物は、深度288 cm以深に層厚38 cm以上で産出した。Omから丸山降下火砕堆積物の間には、給源不明スコリア層を除いて、100 cm厚の褐色火山灰土壌を挟む。この火山灰土壌の中で、丸山降下火砕堆積物から10 cm上位と20 cm上位には、どちらも平均屈折率1.511のバブル型火山ガラスが認められた。しかし、その量比はどちらも0.9%と乏しく、量比が極大値をとることはない。このため火山灰土壌中にK-Ahの降灰層準はないと判断した。

### 6.4.2 層相と岩石

丸山降下火砕堆積物は、最大径18 cmの良く発泡した赤褐色・黒色火山弾及びスコリアからなる(図版2b)。グラニュールサイズ・粗粒砂サイズの火山礫と火山灰が基質支持している。火山弾は、径3 mm以下の斜長石(12 vol.%)と径1.4 mm以下のかんらん石(1.6 vol.%)を斑晶にもつ(図版2c)。斜長石斑晶は清澄なものと蜂の巣状組織をもつものが混じる。かんらん石斑晶の一部は樹枝状組織をもつ。全岩組成はSiO<sub>2</sub>=50.2 wt.%, K<sub>2</sub>O=0.86 wt.%, FeO\*/MgO=2.4である。

## 6.5 罫塚スコリア丘

### 6.5.1 地形と層序

罫塚スコリア丘は西山腹標高1,600 m付近に位置し、東西に連なる2つ以上のスコリア丘（ないしスパター丘）からなる。東側が大きく、 $W_{co}=0.55$ ,  $H_{co}=0.15$ ,  $W_{cr}=0.13$ をもつ。裾野には小規模な浸食が認められる。西側は地形的にスパター丘の可能性があるが、噴出物は確認していない。

トレンチは、東側のスコリア丘山頂で深度160 cmを掘削した（図版3a）。トレンチ断面では、上位からOs（層厚37 cm；最大粒径2.5 cm）、Kg、2枚の給源不明スコリア層、罫塚火砕堆積物が認められた（第2図の24）。Kgは、Osの3 cm下位に野外で確認でき、実体鏡下で428%を検出できた。2枚の給源不明スコリア層はレンズ状に分布し、どちらも数cm厚を持つ赤褐色スコリアからなる。罫塚火砕堆積物は、140 cm以深に層厚20 cm以上で認められた。Osから罫塚火砕堆積物の間には、給源不明スコリア層を除いて、40 cm厚の褐色火山灰土壌を挟む。この火山灰土壌中にはKg降灰層準を除いて、バブル型火山ガラス（屈折率=1.510-1.511）を含むことがあるが、0.2%以下と乏しいため、K-Ahの降灰層準はないと判断した。

### 6.5.2 層相と岩石

罫塚火砕堆積物は、最大粒径32 cmの火山岩塊、火山礫及び火山灰からなる。火山岩塊及び粒径の大きい火山礫は、垂角礫・角礫が占め、黒灰色（一部赤褐色）をなし、発泡が悪い（図版3b）。堆積物はグラニュールから粗粒砂サイズの火山礫と火山灰の基質支持となっており淘汰は悪い。成層構造は認められない。

火山岩塊は斜長石斑晶の量比に富む（21 vol.%）かんらん石玄武岩である（図版3c）。斜長石斑晶は径6 mmを持つものも認められるが、多くは径2 mm程である。清澄なものに加えて、蜂の巣状組織や汚濁帯をもつものが混在している。かんらん石斑晶（3.8 vol.%）は径1.5 mm以下で多くは自形である。斜長石と集斑晶をなす場合がある。全岩組成は $SiO_2=51.4$  wt.%,  $K_2O=0.78$  wt.%,  $FeO^*/MgO=1.95$ である。

### 6.5.3 噴出物の解釈

罫塚スコリア丘の山頂部で認められたような発泡の悪い角礫は、スコリア丘形成時の本質物質として放出する場合がある。ドイツのRothenbergスコリア丘の山頂火口周辺は、大部分が発泡の悪い角礫から構成されている（Houghton and Schmincke, 1989）。これら角礫は、火道に溜り脱ガスしたマグマが噴火末期に火口縁辺に放出されたことに由来すると解釈されている。罫塚山頂のトレンチで認められた発泡の悪い角礫は、周辺に給源となる火口地形が認められないこと、Rothenbergスコリア丘の産状に類似することから、罫塚スコリア丘を形成した際の本質噴出物と考えられる。

## 7. 5,300~1,300 B.C.の中盤

### 7.1 八軒山スコリア丘

#### 7.1.1 地形と層序

八軒山スコリア丘は北西山腹標高1,740 m付近に位置し、 $W_{co}=0.43$ ,  $H_{co}=0.07$ ,  $W_{cr}=0.17$ をもつ小型のスコリア丘である。北西方向にわずかに開口している。

トレンチは深度200 cmを山頂で行った。トレンチ断面では、上位から御庭奥庭スコリア（層厚10 cm, 最大粒径2.5 cm）、Yu-2（層厚12 cm, 最大粒径3.0 cm）、Om（層厚55 cm）、Os（層厚5 cm, 最大粒径2.5 cm）、Kg、給源不明スコリア層（層厚7 cm）、八軒山降下火砕堆積物が認められた（第2図の23）。このうち最上位のスコリアは、八軒山山頂から0.5 km東側の割れ目火口から飛来した御庭奥庭スコリアに対比できる。KgはOs直下に淡黄色火山灰の薄層として野外で認められる。八軒山降下火砕堆積物は、深度160 cm以深に層厚40 cm以上で産出した。Osから八軒山降下火砕堆積物まで、給源不明スコリア層を除いて、21 cm厚の褐色火山灰土壌をもつ。K-Ahの降灰層準決定のための、火山灰土壌の連続採取は行わなかった。

#### 7.1.2 層相と岩石

八軒山降下火砕堆積物は、良く発泡した黒色火山弾及び赤褐色スコリアからなる。堆積物全体は、粗粒砂-グラニュールサイズの火山礫及び火山灰からなる基質支持となっている。火山弾は、比較的小型の斜長石（9 vol.%, 径<1.5 mm）と少量のかんらん石（0.9 vol.%, 径<0.8 mm）を斑晶に持つ。斜長石斑晶の一部は蜂の巣状組織をもつ。津屋（1968, 1971）は、八軒山西側に分布する斜方輝石単斜輝石かんらん石玄武岩溶岩流の給源を八軒山スコリア丘としたが、八軒山スコリア丘の噴出物に輝石斑晶は含まれない。全岩組成は $SiO_2=50.7$  wt.%,  $K_2O=0.61$  wt.%,  $FeO^*/MgO=1.8$ をもつ。

### 7.2 西幸助丸スコリア丘

#### 7.2.1 地形と層序

西幸助丸スコリア丘は、北西山腹標高1,600 m ~ 1,820 mに位置する。北西-南東方向に延びた割れ目噴火によって形成された。

トレンチは標高1,680 mで、深度170 cmを行った。トレンチ断面では、上位から御庭奥庭スコリア（層厚8 cm）、Yu-2（層厚16 cm）、Om（層厚40 cm）、Os（層厚5 cm, 最大粒径2.2 cm）、Kg、給源不明スコリア層（層厚6 cm）、西幸助丸降下火砕堆積物が認められた（第2図の22）。KgはOs直下に淡黄色火山灰の薄層として野外で認められる。西幸助丸降下火砕堆積物は、深度150 cm以深に層厚20 cm以上で産出した。Osから西幸助丸降下火砕堆積物まで、給源不明スコリア層を除いて、22

cm厚の褐色火山灰土壌をもつ。K-Ahの降灰層準決定のための、火山灰土壌の連続採取は行わなかった。

#### 7.2.2 層相と岩石

西幸助丸降下火砕堆積物は、最大径21 cmの良く発泡した赤褐色の火山弾、スコリア及び緻密な火山岩塊と火山礫からなる。緻密な火山岩塊と火山礫は、赤褐色と黒色部分が不均質に混じり、溶結火砕岩が破碎されたものである。堆積物全体は、粗粒砂-グラニューールサイズの火山礫及び火山灰からなる基質支持となっている。火山弾及び火山岩塊は、斜長石(14 vol.%)とかんらん石(2.7 vol.%)を斑晶にもつ。斜長石斑晶(径<2.5 mm)は清澄なものと同様の巣状組織をもつものが混在し、汚濁帯をもつものを少量伴う。かんらん石斑晶(径<1.1 mm)の一部は骸晶状組織をもつ。全岩組成は $\text{SiO}_2=51.2$  wt.%,  $\text{K}_2\text{O}=0.54$  wt.%,  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=1.9$ である。

### 7.3 幸助丸スコリア丘

#### 7.3.1 地形と層序

幸助丸スコリア丘は北西山腹標高1,894 mに位置し、 $W_{co}=0.55$ ,  $H_{co}=0.15$ ,  $W_{cr}=0.13$ をもつ。スコリア丘の保存状態は良い。

トレンチは山頂で深度194 cmを行った。トレンチ断面では、上位から御庭奥庭スコリア(層厚10 cm), Yu-2(層厚7 cm), Om(層厚35 cm), Os(層厚7 cm), Kg, 給源不明スコリア層(層厚7 cm), 幸助丸降下火砕堆積物が認められた(第2図の21)。このうち、KgはOs直下に108 %を確認できた。幸助丸降下火砕堆積物は、深度148 cm以深に層厚40 cm以上で産出した。Osから幸助丸降下火砕堆積物まで、給源不明スコリア層を除いて、19 cm厚の褐色火山灰土壌をもつ。この火山灰土壌の中にK-Ahは検出できなかった。

#### 7.3.2 層相と岩石

幸助丸降下火砕堆積物は、最大径17 cmの良く発泡した赤褐色の火山弾、スコリアからなる。これらはグラニューールサイズ以下の火山礫及び火山灰からなる基質支持で淘汰は悪い。火山弾は斜長石(11 vol.%, 径<2.0 mm)とかんらん石(1.4 vol.%, 径<1.1 mm)、極少量の単斜輝石(<0.1 vol.%, 径<0.4 mm)を斑晶にもつ。斜長石斑晶は多くが汚濁帯をもつ。かんらん石斑晶は自形が多く、大部分がイデイングス石に変質している。全岩組成は $\text{SiO}_2=50.2$  wt.%,  $\text{K}_2\text{O}=0.47$  wt.%,  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=1.6$ と、 $\text{K}_2\text{O}$ 量が乏しく、 $\text{FeO}^*/\text{MgO}$ が低い。

### 7.4 戸嶺スコリア丘

#### 7.4.1 地形と層序

戸嶺スコリア丘は北西山腹標高1,900~2,297 mに位置する。北西-南東方向に延びた割れ目噴火で形成さ

れ、北西側が堤防状、南東側は円錐状の地形をもつ。南東側の円錐状スコリア丘は、3方向を新しい噴出物に埋積され、原地形は不明瞭である。それでも現存する部分で $W_{co}=0.63$ ,  $H_{co}=0.2$ をもち、北-西山腹では大型のスコリア丘といえる。

トレンチは北西側のスコリア丘の頂部にあたる標高2,080 mで、深度200 cmを掘削した。トレンチ断面では、上位から御庭奥庭スコリア, Yu-2(層厚7 cm), Om(層厚7 cm), Os(層厚16 cm), 戸嶺降下火砕堆積物が認められた(第2図の20)。戸嶺降下火砕堆積物は、深度156 cm以深に層厚44 cm以上で産出した。Osから戸嶺降下火砕堆積物まで、20 cm厚の褐色火山灰土壌を挟む。K-Ahの降灰層準決定のための、火山灰土壌の連続採取は行わなかった。

#### 7.4.2 層相と岩石

戸嶺降下火砕堆積物は良く発泡した赤褐色火山弾及びスコリアからなる。火山弾は斜長石(17 vol.%, 径<2.8 mm), かんらん石(1.3 vol.%, 径<1.2 mm)と少量の単斜輝石(0.5 vol.%, 径<1.7 mm)を斑晶にもつ。斜長石斑晶は清澄なものと同様の巣状組織をもつものを伴う。単斜輝石斑晶は斜長石とかんらん石とで集斑晶をつくることが多い。全岩組成は $\text{SiO}_2=50.8$  wt.%,  $\text{K}_2\text{O}=0.56$  wt.%,  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=1.8$ である。

### 7.5 白山スコリア丘

#### 7.5.1 地形と層序

白山スコリア丘は北西山腹標高1,683 mに位置する。3方向を新しい噴出物に埋積され、原地形はやや不明瞭である。現存する部分で $W_{co}=0.3$ ,  $H_{co}=0.07$ ,  $W_{cr}=0.08$ をもつ。

トレンチは山頂で深度210 cmを掘削した(図版4a)。トレンチ断面では、上位から御庭奥庭スコリア(層厚41 cm), Yu-2(層厚5 cm), Om(層厚73 cm), Os(層厚2 cm以下), 白山降下火砕堆積物が認められた(第2図の19)。このうち御庭奥庭スコリアの基底から上位2 cmで採取した炭化木片(長さ5 cm)から、A.D. 790~660(2 $\sigma$ )が得られている(高田ほか, 2007)。Yu-2からOm間には15 cm厚の火山灰土壌を挟む。KgはOs直下に1 cm厚の薄層として野外で確認できる。白山降下火砕堆積物は、深度183 cm以深に層厚27 cm以上で産出した。Osから白山降下火砕堆積物まで、13 cm厚の褐色火山灰土壌を挟む。

#### 7.5.2 層相と岩石

白山降下火砕堆積物は、最大粒径13 cmの良く発泡した赤褐色火山弾及びスコリアからなる(図版4b)。火山弾は斑晶に富み、斑晶として斜長石(20 vol.%, 径<2.5 mm), かんらん石(1.8 vol.%, 径<1.1 mm)及び単斜輝石(0.5 vol.%, 径<1.3 mm)を持つ(図版4c)。斜長石斑晶は汚濁帯をもつものが多く、蜂の巣状組織

をもつものを伴う。汚濁帯をもつものには単斜輝石を包有することがある。かんらん石斑晶は自形が多く、大部分がイディングス石に変質している。単斜輝石斑晶は集斑晶をつくり、丸みを帯びた外形をもつものが多い。全岩組成は $\text{SiO}_2=50.6$  wt.%,  $\text{K}_2\text{O}=0.58$  wt.%,  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=1.8$ である。

## 7.6 北西白山スコリア丘

北西白山スコリア丘は、白山スコリア丘に隣接する北西山腹標高1,550 m付近に位置する。北西-南東方向に伸びた割れ目噴火により形成された。火口列が白山スコリア丘の火口とは異なる向きにあることから、白山スコリア丘と区別して記載する。地形判読では白山スコリア丘を覆う。トレンチは標高1,610 m付近で行った。そこではOm, Kg, 15 cm厚の褐色火山灰土壌を挟んで、赤褐色を呈する北西白山スコリア丘本体の降下火砕堆積物が認められた。スコリア丘本体の噴出物は採取していない。

## 8. 5,300~1,300B.C.の後半

### 8.1 北西弓射塚スコリア丘

北西弓射塚スコリア丘は、弓射塚スコリア丘に隣接する北西山腹標高1,380 m付近に位置する。西半分が欠落している。トレンチは山頂で深度290 cmを掘削した。層序は鈴木ほか(2007, 本特集号)で記載している。トレンチ断面では、Om(層厚147 cm)の下位に5 cmの褐色火山灰土壌を挟み、スコリア丘本体の降下火砕堆積物が認められている(第2図の16)。KgはOm直下に155%が確認できている。スコリア丘本体の噴出物は採取していない。

### 8.2 東剣スコリア丘

#### 8.2.1 地形と層序

東剣スコリア丘は北山腹標高1,635 mに位置する。 $W_{co}=0.3$ ,  $H_{co}=0.07$ ,  $W_{cr}=0.1$ をもつ。

トレンチは山頂で深度198 cmを掘削した。トレンチ断面では、上位からYu-2, 大平・棧敷山スコリア(層厚47 cm), Om(層厚96 cm), Os(層厚2 cm以下), 東剣降下火砕堆積物が認められた(第2図の14)。Yu-2は火山灰土壌と混じり、上下の境界が不明瞭である。KgはOs直下に46%を確認した。東剣降下火砕堆積物は、深度178 cm以深に層厚20 cm以上で産出した。Osから東剣降下火砕堆積物までの間に4 cm厚の褐色火山灰土壌を挟む。

#### 8.2.2 層相と岩石

東剣降下火砕堆積物は、最大粒径17 cmの良く発泡した赤褐色火山弾及びスコリアからなる。火山弾は斑晶に富み、斜長石(21 vol.%, 径<2.1 mm)、かんらん

石(2.4 vol.%, 径<0.6 mm)及び単斜輝石(1.1 vol.%, 径<1.3 mm)を斑晶に持つ。斜長石斑晶は清澄なもの、蜂の巣状組織、汚濁帯をもつものが混在している。かんらん石斑晶の一部は樹枝状組織を持つ。単斜輝石斑晶は微少な斜長石を包有することが多い。全岩組成は $\text{SiO}_2=50.5$  wt.%,  $\text{K}_2\text{O}=0.61$  wt.%,  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=1.8$ である。

### 8.3 鹿の頭スコリア丘

鹿の頭スコリア丘は北西山腹標高1,350 m付近に位置し、 $W_{co}=0.5$ ,  $H_{co}=0.07$ ,  $W_{cr}=0.2$ をもち、西側に開口している。トレンチは山頂で深度390 cmを掘削した。層序は鈴木ほか(2007, 本特集号)で記載している。トレンチ断面では、Om(層厚339 cm)の下位に、2 cm厚の褐色火山灰土壌を挟んで、スコリア丘本体の降下火砕堆積物が認められている(第2図の15)。スコリア丘本体の噴出物は、量比に富む斜長石(25 vol.%, 径<2.8 mm)と少量のかんらん石(0.7 vol.%, 径<0.5 mm)、単斜輝石(0.5 vol.%, 径<1.0 mm)を斑晶にもつ。斜長石斑晶は清澄なもの汚濁帯をもつものが混じる。かんらん石斑晶の一部は樹枝状組織をもつ。単斜輝石斑晶は斜長石と集斑晶をつくることが多い。全岩組成は $\text{SiO}_2=50.1$  wt.%,  $\text{K}_2\text{O}=0.55$  wt.%,  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=2.1$ である。

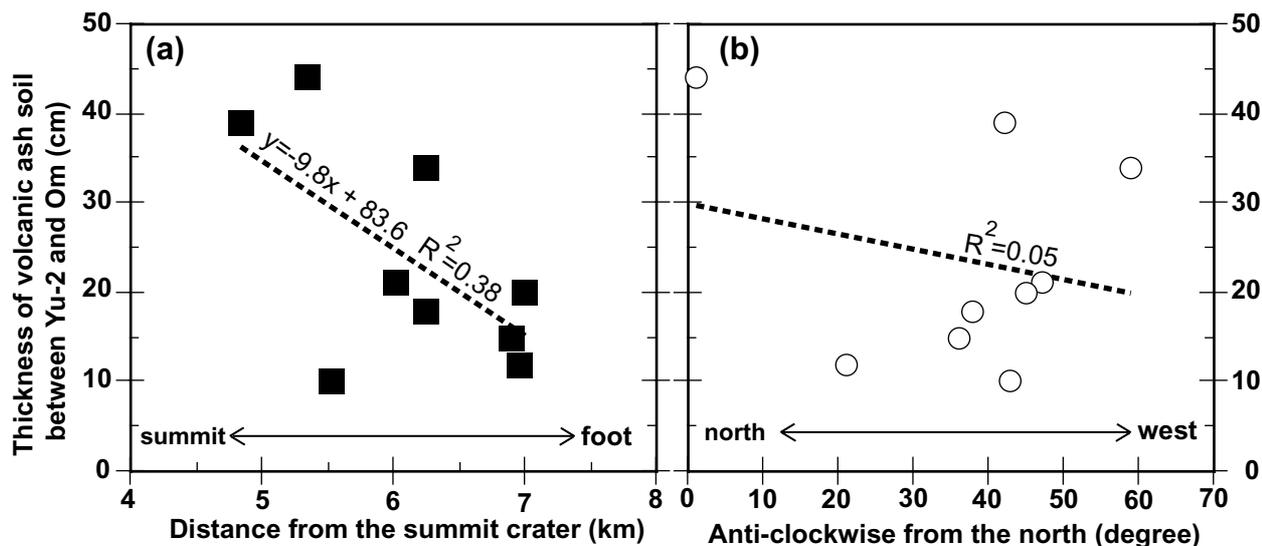
### 8.4 片蓋山スコリア丘

片蓋山スコリア丘は北西山腹標高1,468 mに位置し、 $W_{co}=0.75$ ,  $H_{co}=0.16$ ,  $W_{cr}=0.2$ をもつ。トレンチは山頂で深度170 cmを掘削した。層序は鈴木ほか(2007, 本特集号)で記載している。トレンチ断面では主要テフラは見つからず、片蓋山降下火砕堆積物が地表から70 cm下位に層厚95 cm以上で認められている(第2図の13)。スコリア丘本体の噴出物は、斑晶として斜長石(17 vol.%, 径<2.0 mm)とかんらん石(1.6 vol.%, 径<0.7 mm)をもち、極少量の単斜輝石(0.2 vol.%, 径<0.5 mm)を伴う。斜長石斑晶は汚濁帯をもつものが多い。かんらん石斑晶の多くは樹枝状組織を持つ。単斜輝石斑晶は集斑晶をなす。全岩組成は $\text{SiO}_2=50.5$  wt.%,  $\text{K}_2\text{O}=0.66$  wt.%,  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=1.8$ である。

## 9. 噴火年代の見積もり

### 9.1 火山灰土壌の堆積環境

これまで述べてきたように、トレンチ断面では1,300 B.C.頃の大室スコリア(Om), 1,400 B.C.頃の大沢スコリア(Os), 5,300 B.C.頃の鬼界アカホヤテフラ(K-Ah)といった噴火年代の明らかなテフラが見つかっている。これらとスコリア丘本体の堆積物との間には、数~111 cmの火山灰土壌を挟む。スコリア丘本体の堆



第3図 火山灰土壌の厚さ(湯船第二スコリア-大室スコリア間)と山頂火口からの距離(a)及び方位(b). 回帰直線と決定係数( $R^2$ )も示す. 火山灰土壌の厚さと山頂火口からの距離には相関がある.

Fig. 3 Diagrams of the thickness of volcanic ash soil between Yufune-2 scoria (Yu-2) and Omuro scoria (Om) versus the distance from the summit crater (a), and the degree of anti-clockwise from the north (b). The regression lines and coefficients of determination ( $R^2$ ) are also shown. Note that there is the correlation between the thickness of volcanic ash soil and the distance from the summit crater.

積物中には、炭化木片等といった直接年代が決まる試料が産出することはない。このためスコリア丘の噴火年代を推定するには、噴火年代が明らかになっているテフラから、どのくらいの火山灰土壌を挟むかがひとつの指標となる。従来、火山灰土壌の成因については以下の考えがある(鈴木, 1995など)。1) 近傍火山からの断続的小規模噴火による堆積物。2) 風化した下位の火山噴出物。3) 裸地から運ばれる風成粒子による堆積物。火山灰土壌はこれら3者が混合して徐々に堆積したと考えるのが適当であるが、富士山山腹のような活動的火山地域では、特に山頂噴火を含めた近傍火口からの小規模な噴火堆積物が火山灰土壌の形成に大きな影響をもつと考えられる。また、富士山のような高標高な火山の山頂部は裸地であり、この地域から飛来する風成粒子堆積物も、火山灰土壌の厚さに影響するであろう。したがって、火山灰土壌の厚さを用いた噴火年代の推定には、火山灰土壌の堆積速度が類似する時代毎、地域毎に分けて考える必要がある。実際、箱根火山の西麓では火山灰土壌の堆積速度が、時代に加え地域に大きく依存することが明らかになっている(小林・小山, 1996)。本報では火山灰土壌の形成を、まず時代の異なるK-Ahの降灰以前と以後に分け、次にK-Ahの降灰以後は地域に分けて考察した。

## 9.2 5,300 B.C.以前のスコリア丘の噴火年代

K-Ahの降灰以前に形成されたサワラ山、ニッ山、永山のスコリア丘は、互いに2 km以内の距離にある。このことから、火山灰土壌の堆積速度は互いに類似して

いたと考えられる。そこで以下の手法を用いて、スコリア丘の噴火年代を推定した。1) OsとK-Ah降灰層準に挟まれる火山灰土壌の厚さを各トレンチ断面で求める。2) OsとK-Ahの噴火年代は既知であることから、OsとK-Ah降灰層準間の火山灰土壌の堆積速度が求まる。3) 求めた堆積速度がOsからスコリア丘本体まで一定と仮定し(外挿法をとることになる)、Osからスコリア丘本体までの火山灰土壌の厚さから噴火年代を推定する。まずOsからK-Ah降灰層準に挟まれる火山灰土壌の厚さは、サワラ山、ニッ山、永山でそれぞれ30~40 cm, 88~98 cm, 60~70 cm厚をもつ。火山灰土壌の堆積速度はサワラ山で8~10 cm/ka, ニッ山で23~25 cm/ka, 永山で15~18 cm/kaとなり、平均堆積速度は16 cm/kaと見積もることができる。サワラ山、ニッ山、永山は、それぞれOsからスコリア丘本体までに、73 cm厚, 96 cm厚, 111 cm厚の火山灰土壌を挟むことから、見積もった平均堆積速度を用いると、サワラ山、ニッ山、永山の形成時期は、それぞれ6,000 B.C.頃, 7,400 B.C.頃, 8,300 B.C.頃となる。

このうち、ニッ山スコリア丘については、ニッ山を給源とした溶岩流が西山麓に広く分布している(津屋, 1968)。その層序は、溶岩流の分布から猪之頭溶岩流の上位にあたるのは間違いない。山元ほか(2007)は、猪之頭溶岩流直下の炭化木片から9,260~9,140 B.C. ( $2\sigma$ )の放射性炭素年代値を報告している。すなわち、ニッ山スコリア丘は、K-Ah降灰の5,300 B.C.頃から猪之頭溶岩流流下の9,200 B.C.頃の間形成したと考えられる。この年代値は、前述した火山灰土壌から見積もっ

た二ツ山スコリア丘の噴火年代7,400 B.C.頃と矛盾しない。このことから、本報で用いた噴火年代の推定方法は妥当と考えられる。

### 9.3 5,300 B.C.以降のスコリア丘の噴火年代

K-Ah降灰からOsまでの富士火山は、山麓に堆積したテフラ層序や火山体から得られた放射性炭素年代値から、現在の主成層火山体を成長させた時期と考えられている(宮地, 1988; 山元ほか, 2005)。この時期は、既にトレンチ結果でも述べたようにスコリア丘を形成する山腹噴火も起こしている。すなわち、山頂火口からの断続的な噴火活動に加え、山腹噴火も起こっていた時期といえる。このような噴火様式は、新富士火山の噴火史全体で見ると、やや山頂噴火の規模が大きいものの、Om (1,300 B.C.頃) からYu-2 (300 B.C.頃)の間の噴火様式に類似している。そこで本報では、OmからYu-2の間に挟まれる火山灰土壌の厚さから求めた火山灰土壌の堆積速度を用い、各スコリア丘の噴火年代を推定した。

まず、OmからYu-2の間の火山灰土壌の厚さを、山頂火口からの距離と方位で検討してみた(第3図)。これは、火山の山頂付近及び風下側では、山頂で起こった小規模噴火堆積物や、裸地から飛来した風成粒子が厚く堆積すると考えられるためである。今回検討したOmからYu-2間の火山灰土壌の厚さは、OmないしYu-2と火山灰土壌との境界が不明瞭だった場合は除いている。第3図aに示すように、OmからYu-2間の火山灰土壌の厚さは、ややばらついているものの、山頂火口へ近づくほど厚くなる傾向が認められる。決定係数( $R^2$ )は0.38であり、両者には負の相関があると言える。一方、火山灰土壌の厚さを山頂からの方位で見ると(第3図b)、OmからYu-2間の火山灰土壌の厚さと山頂からの方位の間には相関があるとはいえない。決定係数( $R^2$ )は0.05である。すなわち、富士山の北-西山腹では、山頂からの小規模な噴火堆積物や裸地から飛来する風成粒子は、山頂側ほど厚く堆積したが、山頂からの方位には左右されない環境にあったと考えることができる。第3図aに示した関係からは、OmからYu-2に挟まれる火山灰土壌の堆積速度が、山頂から5 km離れると約35 cm/ka、6 kmで約25 cm/ka、7 kmで約15 cm/kaだったと見積もることができる。7 kmより遠方の堆積速度は、OmからYu-2間の火山灰土壌の厚さデータはない。このため本報では7 kmと同じ約15 cm/kaと考えた。このような関係を用いれば、OmないしOsとスコリア丘本体に挟まれる火山灰土壌の厚さ(t, cm)と山頂からの距離(d, km)から、スコリア丘の噴火年代を以下のように見積もることができる。弓射塚7,200 B.C.頃(t=83, d=8.5)、西剣4,200 B.C.頃(t=43, d=7.0)、北西奥庭3,200 B.C.頃(t=65, d=4.8)、丸山

2,700 B.C.頃(t=44, d=5.4)、罌塚2,600 B.C.頃(t=40, d=5.1)、八軒山2,300 B.C.頃(t=21, d=6.3)、西幸助丸2,300 B.C.頃(t=22, d=6.0)、幸助丸2,000 B.C.頃(t=19, d=5.5)、戸嶺1,900 B.C.頃(t=20, d=4.1)、白山1,800 B.C.頃(t=13, d=6.9)、北西白山1,800 B.C.頃(t=15, d=7.1)、北西弓射塚1,600 B.C.頃(t=5, d=8.9)、東剣1,500 B.C.頃(t=4, d=6.3)、鹿の頭1,500 B.C.頃(t=2, d=9.5)、片蓋山1,300 B.C.頃(t=0)。

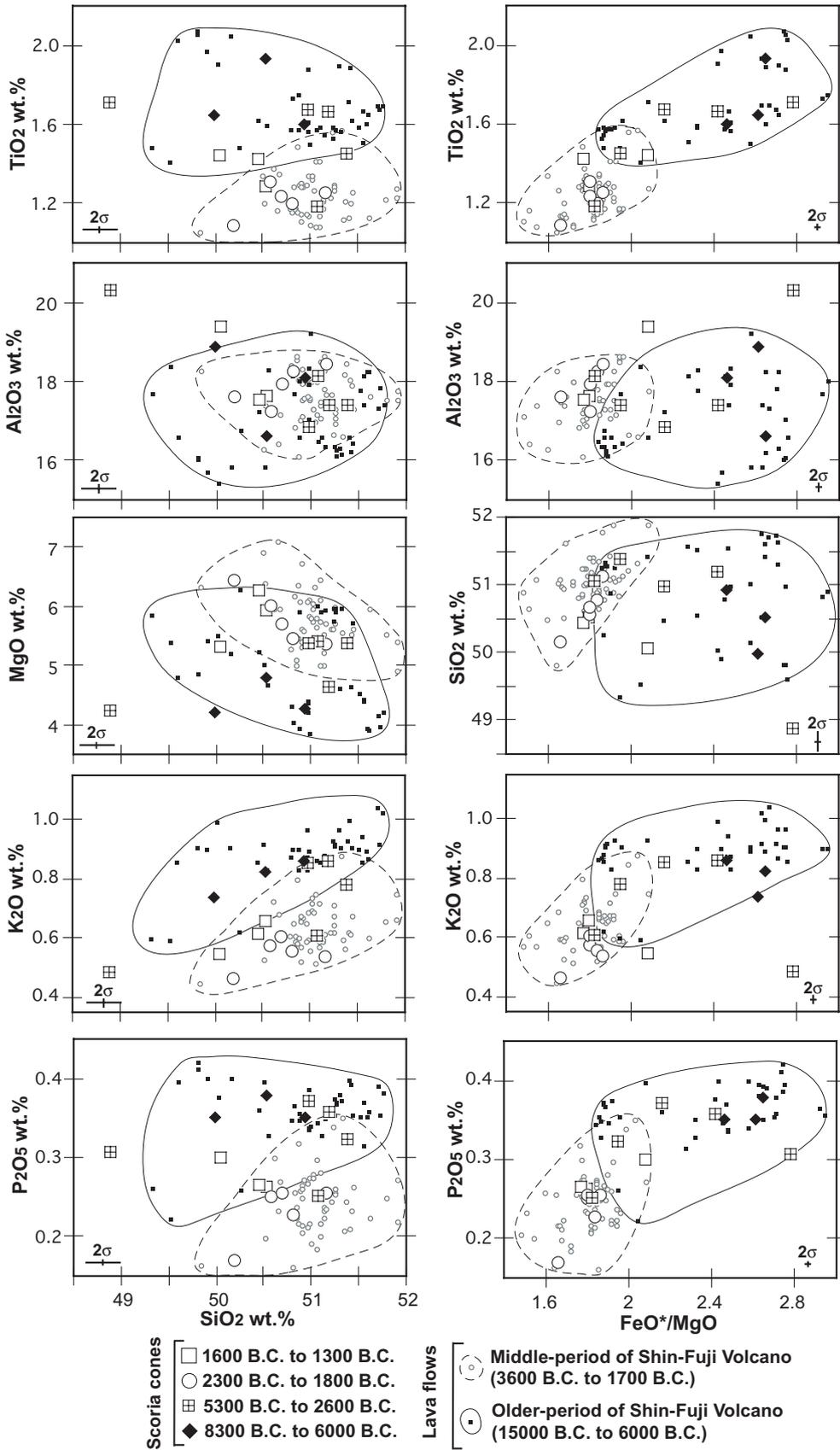
これら見積もった噴火年代のうち、弓射塚スコリア丘の年代値(7,200 B.C.頃)はK-Ah(5,300 B.C.頃)との層序関係に矛盾がある。この理由として、弓射塚スコリア丘では、形成後の火山灰土壌の堆積速度が裸地の広がりや近傍の小規模な噴火により、局所的に高かったのかもしれない。弓射塚スコリア丘のトレンチ断面には、K-Ahの火山ガラスが極めて少量認められることから考えると、K-Ah降灰からそれ程時間を経過せずに弓射塚スコリア丘は形成されたと推定できる。

富士火山の北-西山腹には、新富士火山中期に流下した溶岩流が複数枚認められ、それらの一部は山腹噴火起源とされている(津屋, 1968, 1971)。山腹噴火起源とされる新富士火山中期の溶岩流からは、西山麓の標高1,050 m付近で2,300 B.C.頃、標高1,220 m付近で1,500 B.C.頃の放射性炭素年代値が得られている(山元ほか, 2005; 産総研, 未公表資料)。これらの溶岩流の給源は現時点で未解明であるが、得られた年代値は、本報で見積もったスコリア丘の噴火年代と調和しているように思える。

以上見積もったスコリア丘の噴火年代は、OmからYu-2間に挟まれる火山灰土壌の厚さを基に求めており、おおまかな年代値と考えるべきであろう。それでも、5,300 B.C.以降に形成したスコリア丘を大きく時代区分すれば、以下のようにまとめることができる。1) 5,300~2,600 B.C.に形成：弓射塚、西剣、北西奥庭、丸山、罌塚。2) 2,300~1,800 B.C.に形成：八軒山、西幸助丸、幸助丸、戸嶺、白山、北西白山。3) 1,600~1,300 B.C.に形成：北西弓射塚、東剣、鹿の頭、片蓋山。

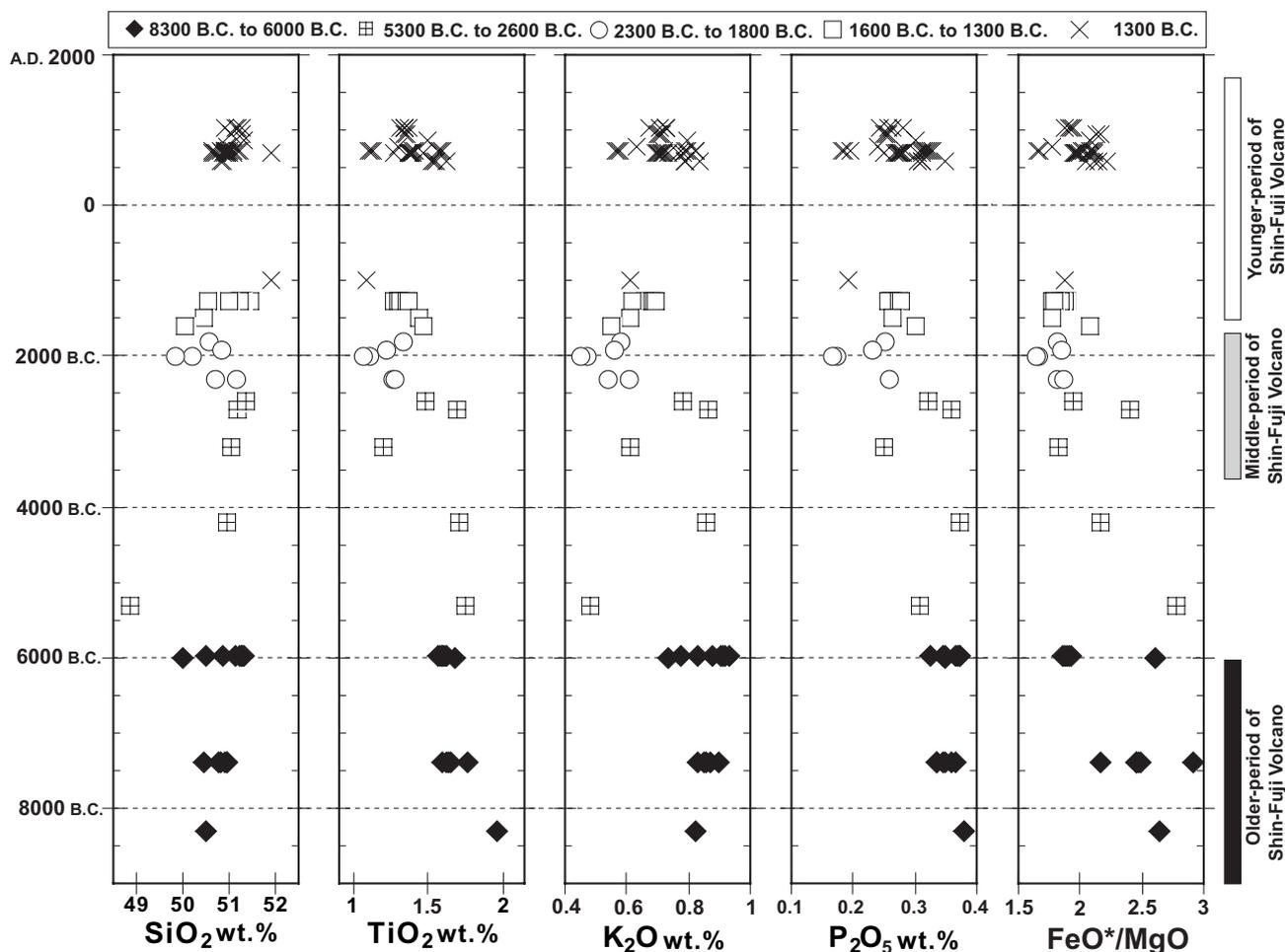
## 10. 全岩化学組成の時間変化

今回のトレンチで得たスコリア丘本体の噴出物は、 $\text{SiO}_2=48.9\sim 51.4$  (wt.%, 以下同)の玄武岩組成をもつ。第4図には $\text{SiO}_2$ 量と $\text{FeO}^*/\text{MgO}$ を横軸にとった各元素の変化図を示す。噴出物は $\text{TiO}_2=1.10\sim 1.93$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3=16.6\sim 20.3$ 、 $\text{MgO}=4.21\sim 6.45$ 、 $\text{K}_2\text{O}=0.47\sim 0.86$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5=0.17\sim 0.38$ 、 $\text{FeO}^*/\text{MgO}=1.6\sim 2.8$ をもち、 $\text{SiO}_2$ 量が増加すると $\text{MgO}$ 量は減少し $\text{K}_2\text{O}$ 量、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 量は増加する傾向にあるが、ばらつきが大きい。また $\text{FeO}^*/\text{MgO}$ が増加すると $\text{TiO}_2$ 量、 $\text{K}_2\text{O}$ 量、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 量が増加する傾向をもつ。この結果は富樫ほか(1991)、高橋



第4図 スコリア丘の噴出物の全岩化学組成変化図。誤差は $2\sigma$ 。

Fig. 4 Variation diagrams of whole-rock chemistries of the products from the scoria cones on the northern to western slope of Fuji Volcano. Error bars ( $2\sigma$ ) are also shown.



第5図 最近1万年間の富士火山北 - 西山腹噴火の全岩化学組成時間変化. 新富士旧期, 中期, 新期の年代値は山元ほか (2005) に従う.

Fig. 5 Temporal variations of whole-rock chemistries of the products from the flank eruptions on the northern to western slope of Fuji Volcano during the last 10,000 years. The ages of the older, middle and younger periods of Shin-Fuji Volcano are after Yamamoto *et al.* (2005).

ほか (1991), 高橋ほか (2003) と同様である.

推定した噴火年代毎に見ると, 噴出物の岩質, 全岩組成の特徴はそれぞれの期間毎で共通性がみられる. すなわち, 既に述べたように記載岩石学的には, 8,300~6,000 B.C.のものは, 2,300~1,800 B.C.及び1,600~1,300 B.C.に比べて, 斜長石斑晶の粒径が大きく蜂の巣状組織をもつものが卓越することで特徴づけられる. 全岩組成では, 8,300~6,000 B.C.のスコリア丘は, 2,300~1,800 B.C.及び1,600~1,300 B.C.のものに比べ, 同じSiO<sub>2</sub>量で比較すると, TiO<sub>2</sub>量, K<sub>2</sub>O量, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>量, FeO\*/MgOが高い. これは新富士火山旧期(15,000~6,000 B.C.)の溶岩流が中期(3,600~1,700 B.C.)のそれに比べ, 斜長石斑晶の最大粒径が大きくかつ蜂の巣状組織をもつものが卓越し, TiO<sub>2</sub>量, K<sub>2</sub>O量, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>量, FeO\*/MgOが高いと報告されている従来の結果(富樫ほか, 1991; 高橋ほか, 1991; 宮地ほか, 2001; 山元ほか, 2007)と同様である.

全岩組成を噴火年代毎に詳細にみると, 類似した変

化傾向をみてとれる. K<sub>2</sub>O量では, 8,300~6,000 B.C.で高い0.74~0.86, 2,300~1,800 B.C.で低い0.47~0.61, 1,600~1,300 B.C.で0.55~0.66をもち, SiO<sub>2</sub>量が増加するとK<sub>2</sub>O量はばらつかずに, ほぼ単調に増加する傾向をもつ. TiO<sub>2</sub>量とP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>量では, SiO<sub>2</sub>量の増加とともに増加する傾向ないしほぼ一定である.

第4図には, スコリア丘の噴出物と周辺溶岩流を比較をするため, 新たに富士火山北 - 西山腹の全域から採取した新富士火山の旧期と中期とされる溶岩流(津屋, 1968) 95試料も同一実験条件下で分析しプロットした. それらの組成範囲を実線及び波線で示している. 8,300~6,000 B.C.と見積もったスコリア丘の組成は, いずれの元素を見ても, 新富士火山旧期溶岩流の組成範囲内に入る. また, 2,300~1,800 B.C.及び1,600~1,300 B.C.と見積もったスコリア丘の組成は, 新富士火山中期溶岩流の組成範囲内にほぼ入ってくる.

一方, 時間的に中間にあたる5,300~2,600 B.C.と見積もったスコリア丘の組成は, ばらつきが大きい. そ

してTiO<sub>2</sub>量, K<sub>2</sub>O量, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>量, FeO\*/MgOをみると, 新富士火山旧期と中期溶岩流の両方の組成範囲にほぼ入っている。すなわち, 5,300~2,600 B.C.のスコリア丘は, その前後に形成されたものと比べて, 中間の値を持っていることになる。5,300~2,600 B.C.の富士火山は, 富士黒土層の形成に見られるように噴火活動が低調で, 噴火様式も規模の大きい溶岩流の流出から主成層火山体の形成に変化した時期にあたる(山元ほか, 2005)。5,300~2,600 B.C.の噴出物が, その前後の噴出物と比較して, 間の値を示すことは, 噴火様式の変化とともに, マグマの化学組成が漸移的に時間変化したことを示唆するのかもしれない。

本報では最後に, 富士火山北-西山腹で起こった最近1万年間について, 側噴火噴出物の全岩組成の時間変化を検討した(第5図)。噴火年代値は, 本報のトレンチ結果に加え, 古文書(小山, 1998)と暦年校正された放射性炭素年代値(第1表; 山元ほか, 2005; 高田ほか, 2007)を用いている。図から分かるように, 北-西山腹の側噴火噴出物のSiO<sub>2</sub>量に大きな時間変化は認められない。一方, TiO<sub>2</sub>量, K<sub>2</sub>O量, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>量, FeO\*/MgOは時間とともに共通した増減傾向があるようにみえる。すなわち, K<sub>2</sub>O量は8,300~6,000 B.C.が0.61~0.93と高く, 2,300~1,800 B.C.で0.45~0.61と最も低くなり, その後A.D.1,000頃の剣丸尾第二まで0.55~0.84と再び高くなっていく。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>量は同様の時間変化傾向が認められる。TiO<sub>2</sub>量はやや不鮮明だが同様の時間変化傾向があるようにみえる。また, FeO\*/MgOは8,300~6,000 B.C.で1.9~2.9と高く, 2,300~1,800 B.C.で1.6~1.9と低くなり, その後A.D.1,000頃までに1.7~2.2と再び分化していく。すなわち最近1万年間では, 2,300~1,800 B.C.でK<sub>2</sub>O量, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>量, FeO\*/MgOが低くなっている。このことは, 富士山全域から年代値の明らかな溶岩流の組成を含めて今後検証する必要があるだろう。従来, 富士火山で認められていたマグマ化学組成の時間変化は, マントル組成の違いで説明された古富士火山と新富士火山という数万年間で議論され(富樫ほか, 1991; 高橋ほか, 1991; 富樫・高橋, 2007), 最近1万年間の組成変化はそれほど明瞭ではなかった。今後, 本報で明らかにしたスコリア丘の噴火年代を含めて富士火山全域の噴火史を整理し, 解像度をあげたマグマ化学組成の時間変化の解明が望まれる。

## 11. まとめ

富士山北-西山腹に分布する噴火年代未詳のスコリア丘でトレンチ調査を実施し, 次のことを明らかにした。

1) テフラ層序と火山灰土壌の厚さを用いてスコリア丘の噴火年代を見積もると, 8,300~6,000 B.C.にサワラ山, ニッ山, 永山が, 5,300~2,600 B.C.に弓射塚,

西剣, 北西奥庭, 丸山, 罌塚が, 2,300~1,800 B.C.に八軒山, 西幸助丸, 幸助丸, 戸嶺, 白山が, 1,600~1,300 B.C.に北西弓射塚, 東剣, 鹿の頭, 片蓋山が形成された。

2) 推定した噴火年代毎に見ると, スコリア丘の噴出物は岩質, 全岩組成の特徴がそれぞれの期間毎で共通している。これらは同時期に流下した溶岩流の岩質, 全岩化学組成の特徴と同様の時間変化傾向を示す。

3) 最近1万年間に起こった北-西山腹の側噴火噴出物を時系列で整理すると, SiO<sub>2</sub>量に大きな変化はないが, 2,300~1,800 B.C.にK<sub>2</sub>O量, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>量, FeO\*/MgOが低くなっている。

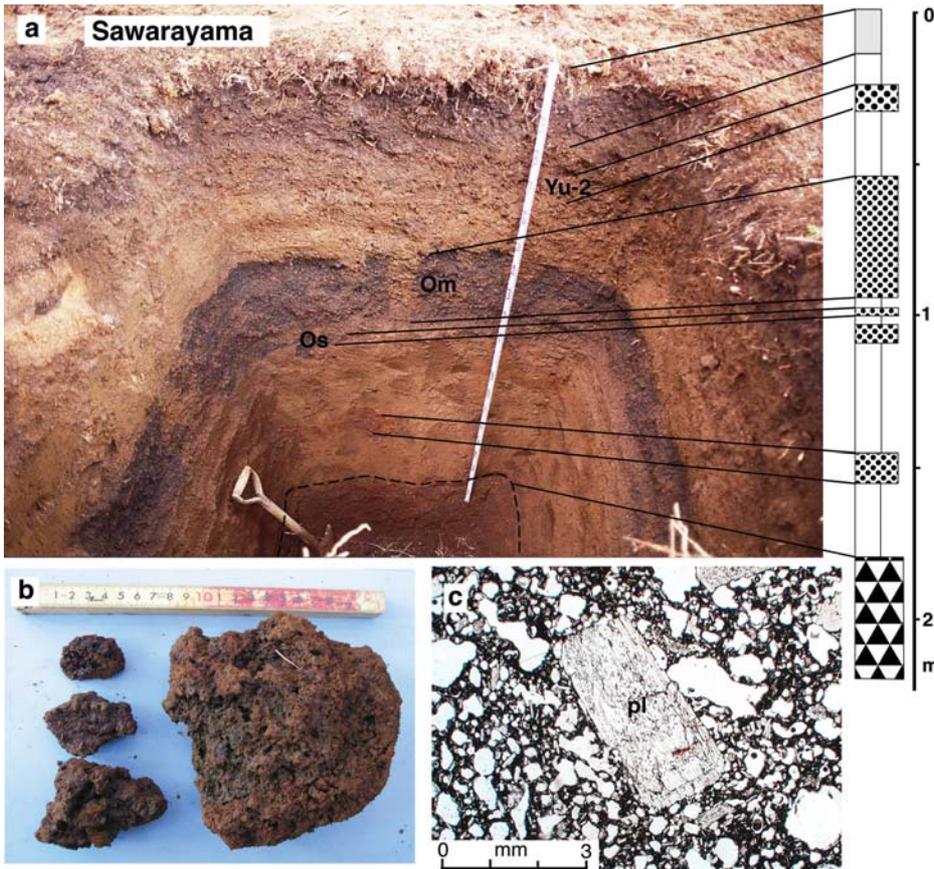
**謝辞:** 産業技術総合研究所の山元孝広さん, 富樫茂子さんからは適切なご助言を日頃から頂いている。XRF測定では同所小笠原正継さん, 御子柴真澄さんにお世話になった。トレンチ掘削では山本義人さん, アジア航測の千葉達朗さんにご協力頂いた。匿名査読者からの建設的なご指摘で本稿は改善された。本研究に科学技術振興調整費の一部を使用した。以上の方々に感謝致します。

## 文 献

- 福沢仁之(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.
- 平林 武(1899)富士及愛鷹火山地質調査報文。震災予防調査会報告, **24**, 3-74.
- Houghton, B.F. and Schmincke, H.U. (1989) Rothenberg scoria cone, East Eifel: A complex strombolian and phreato-magmatic volcano. *Bull. Volcanol.*, **52**, 28-48.
- 石原初太郎(1928)富士の地理と地質。富士の研究, 5, 浅間神社編, 古今書院, 406p.
- 小林 淳・小山真人(1996)箱根火山西麓~南麓地域のテフラ層序と火山噴火史。地学雑誌, **105**, 431-447.
- 小林 淳・高田 亮(2003)富士火山南斜面に分布するスコリア丘及び溶岩流の噴出時期。地球惑星科学関連学会2003年合同大会。
- 小山真人(1998)歴史時代の富士山噴火史の再検討。火山, **43**, 323-347.
- 町田 洋(1964)Tephrochronologyによる富士火山とその周辺地域の発達史。地学雑誌, **73**, 293-308, 337-350.
- 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.
- 宮地直道(1988)新富士火山の活動史。地質学雑誌, **94**,

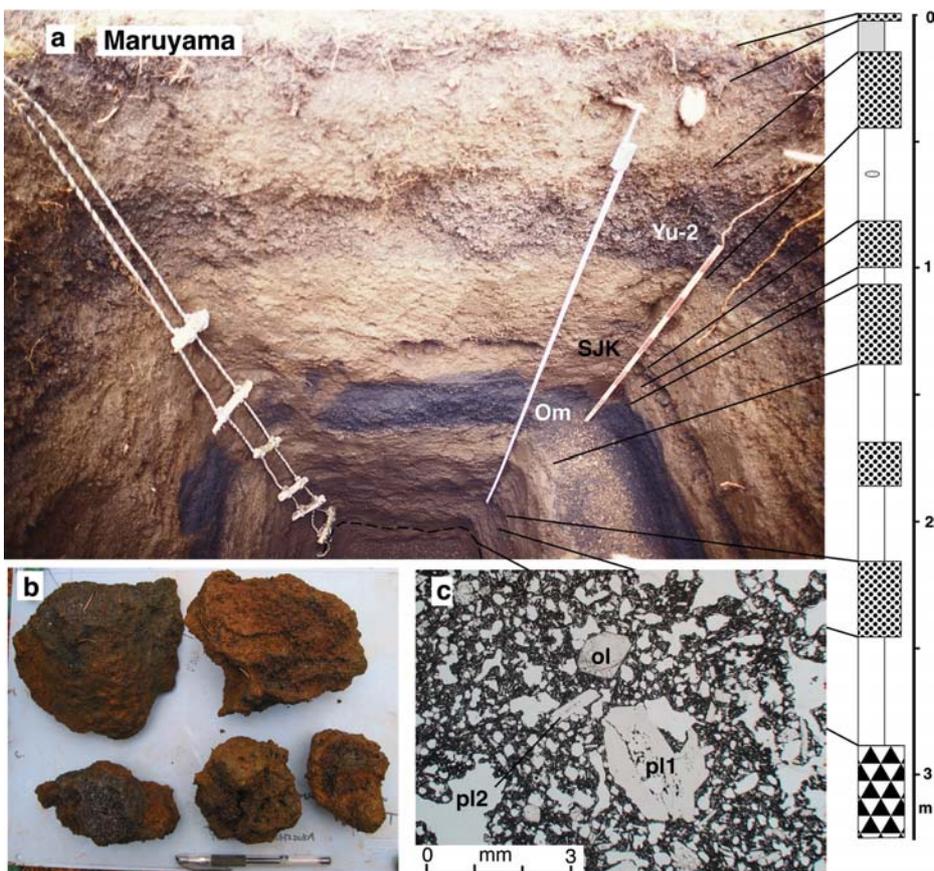
- 433-452.
- 宮地直道・遠藤邦彦・富樫茂子・田島靖久・小森次郎・橋川貴史・千葉達朗・鶴川元雄(2001) 富士山広見観測井のボーリングコアの層序と岩石化学的特徴. 防災科学技術研究所研究報告, **61**, 31-47.
- 嶋田 繁(2000) 伊豆半島, 天城カワゴ平火山の噴火と縄文時代後～晩期の古環境. 第四紀研究, **39**, 151-164.
- 鈴木毅彦(1995) いわゆる火山灰土(ローム)の成因に関する一考察 中部-関東に分布する火山灰土の層厚分布. 火山, **40**, 167-176.
- 鈴木雄介・高田 亮・石塚吉浩・小山真人(2004) トレンチ調査による新期富士火山北西山腹の噴火史. 月刊地球, 号外**48**, 118-123.
- 鈴木雄介・高田 亮・石塚吉浩・小林 淳(2007) 新期富士火山北西山腹に分布するスコリア丘の噴火史の再検討. 地調研報, **57**, 377-385.
- 高田 亮・小林 淳(2007) 富士火山南山腹のスコリア丘トレンチ調査による山腹噴火履歴. 地調研報, **57**, 329-356.
- 高田 亮・石塚吉浩・中野 俊・小林 淳・鈴木雄介・荒井健一・千葉達朗(2004) 富士火山の噴火様式の進化(予報). 月刊地球, 号外**48**, 108-117.
- 高田 亮・石塚吉浩・中野 俊・山元孝広・小林 淳・鈴木雄介(2007) 噴火割れ目が語る富士火山の特徴と進化. 富士火山, 荒牧重雄・藤井敏嗣・中田節也・宮地直道編集, 山梨県環境科学研究所, 183-202.
- 高橋正樹・長谷川有希絵・津久井雅志・根本靖彦(1991) 富士火山におけるマグマ供給系の進化: 全岩化学組成の視点から. 火山, **36**, 281-296.
- 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) 富士火山噴出物の全岩化学組成 分析データ847個の総括. 日大文理学部研究紀要, no.**38**, 117-166.
- Togashi, S. (1989) XRF Analytical Report 1/89, Determination of major elements in igneous rocks using Sc/Mo dual anode tube. *GSJ open-file report*, 35p.
- 富樫茂子・高橋正樹(2007) 富士山のマグマの化学組成と岩石学的特徴: マグマの実態への制約条件. 富士火山, 荒牧重雄・藤井敏嗣・中田節也・宮地直道編集, 山梨県環境科学研究所, 219-231.
- 富樫茂子・宮地直道・山崎晴雄(1991) 新富士火山初期の大きなソレライト質マグマだまりにおける結晶分化. 火山, **36**, 269-280.
- 津屋弘達(1938) 富士火山の地質学的並びに岩石学的研究(II), 2. 青木ヶ原熔岩の分布と噴出中心. 地震研究所彙報, **16**, 638-657.
- 津屋弘達(1944) 富士火山の地質学的並びに岩石学的研究(IV), 4. 寄生火山の構造及び分布. 地震研究所彙報, **21**, 376-393.
- 津屋弘達(1968) 富士火山地質図(5万分の1), 富士火山の地質(英文説明書). 地質調査所, 23p.
- 津屋弘達(1971) 富士火山の地形・地質, 富士山 富士山総合学術調査報告書. 富士急行, 127p.
- Wood, C. A. (1980) Morphometric evolution of cinder cones. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **7**, 387-413.
- 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.
- 山元孝広・石塚吉浩・高田 亮(2007) 富士火山南西麓の地表および地下地質: 噴出物の新層序と化学組成変化. 富士火山, 荒牧重雄・藤井敏嗣・中田節也・宮地直道編集, 山梨県環境科学研究所, 97-118.

(受付: 2006年9月19日; 受理: 2006年12月28日)



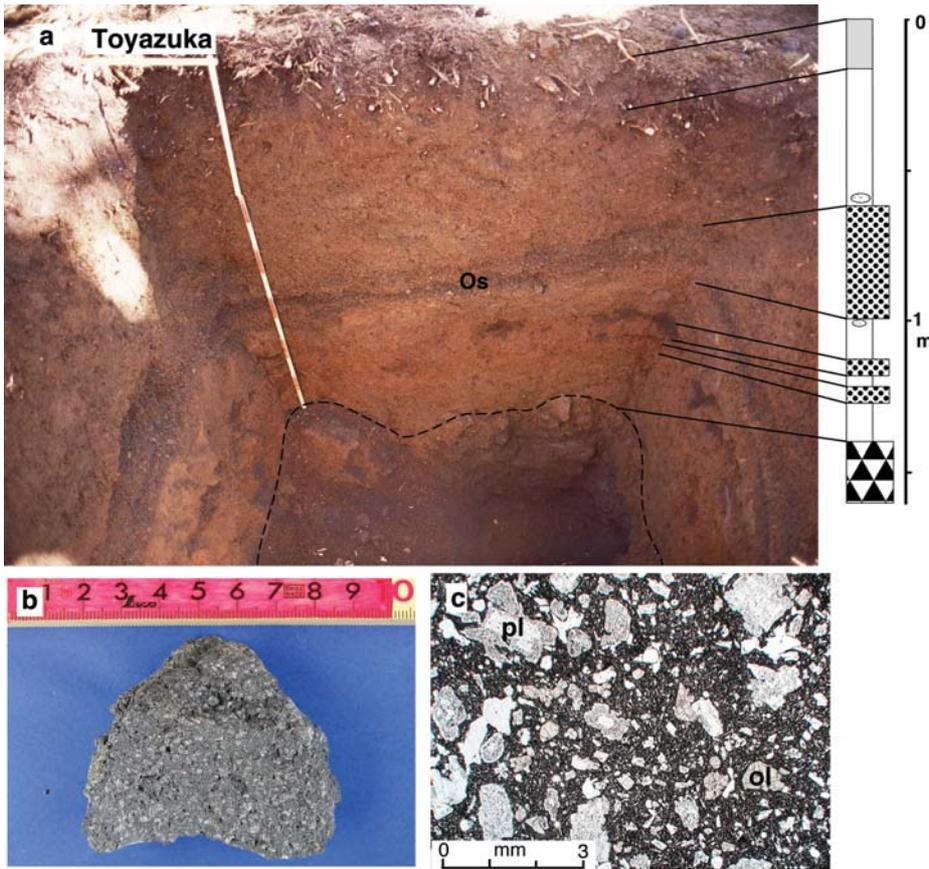
図版1 (a) サワラ山スコリア丘トレンチの写真と柱状図. 凡例は第2図と同じ. (b) トレンチ底から採取した赤褐色牛糞状火山弾とスコリア. (c) 鏡下写真(透過). 蜂の巣状組織をもつ斜長石斑晶(pl).

Plate 1 (a) Photograph and column section of the Sawarayama scoria cone. Symbols are the same as Figure 2. (b) Cow-dung reddish bombs and scoriae sampled from the bottom of the section. (c) Thin section under plane polarized light. Honeycomb plagioclase phenocryst (pl) is shown.



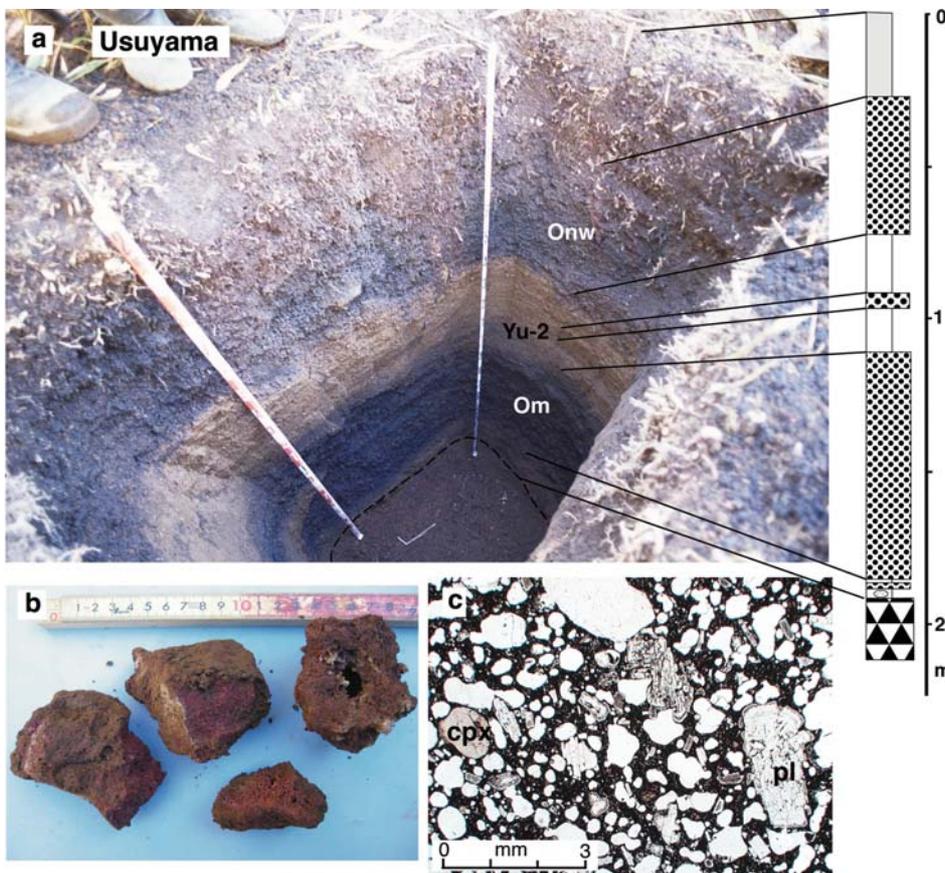
図版2 (a) 丸山スコリア丘トレンチの写真と柱状図. 凡例は第2図と同じ. (b) トレンチ底から採取した赤褐色-黒色火山弾. ペンの長さは13.5 cm. (c) 鏡下写真(透過). 蜂の巣状組織をもつ斜長石斑晶(pl1), 清楚な斜長石斑晶(pl2), 自形のかんらん石(ol).

Plate 2 (a) Photograph and column section of the Maruyama scoria cone. Symbols are the same as Figure 2. (b) Reddish to black bombs sampled from the bottom of the section. Pen is 13.5 cm long. (c) Thin section under plane polarized light. Honeycomb plagioclase (pl1), and clear plagioclase (pl2), and euhedral olivine (ol) phenocryst are shown.



図版3 (a) 壻塚スコリア丘トレンチの写真と柱状図. 凡例は第2図と同じ. (b) トレンチ底から採取した発泡の悪い火山岩塊. (c) 鏡下写真(透過). 汚濁帯をもつ斜長石斑晶(pl)と半自形のかんらん石斑晶(ol).

Plate 3 (a) Photograph and column section of the Toyazuka scoria cone. Symbols are the same as Figure 2. (b) Less vesiculated volcanic block sampled from the bottom of the section. (c) Thin section under plane polarized light. Dusty plagioclase (pl) and subhedral olivine (ol) phenocrysts are shown.



図版4 (a) 白山スコリア丘トレンチの写真と柱状図. 凡例は第2図と同じ. (b) トレンチ底から採取した赤褐色火山弾とスコリア. (c) 鏡下写真(透過). 汚濁帯をもつ斜長石斑晶(pl)と半自形の単斜輝石斑晶(cpx).

Plate 4 (a) Photograph and column section of the Usuyama scoria cone. Symbols are the same as Figure 2. (b) Reddish bombs and scoriae sampled from the bottom of the section. (c) Thin section under plane polarized light. Dusty plagioclase (pl) and subhedral clinopyroxene (cpx) phenocrysts are shown.