

十勝岳北西麓で新たに発見された4,700年前の火砕流堆積物と
十勝岳の完新世の活動の再検討

藤原伸也***・石塚吉浩***・山崎俊嗣***・中川光弘*

(2009年4月3日受付, 2009年10月13日受理)

Newly Found 4.7 ka Pyroclastic Flow Deposits on the Northwestern
Foot of Tokachi-dake Volcano, Central Hokkaido, Japan and
Reexamination of the Eruptive Activity During HoloceneShinya FUJIWARA***, Yoshihiro ISHIZUKA***, Toshitsugu YAMAZAKI***
and Mitsuhiro NAKAGAWA*

Tokachi-dake volcano restarted eruptive activity at the Ground crater in middle Holocene after long dormancy of nearly 10 ky. The activity at the crater (Stage 1) was the most explosive and voluminous one in the volcano during Holocene. We newly found a pyroclastic flow deposit beneath already recognized pyroclastic flow deposit (Gfl-1: Ground Crater pyroclastic flow deposit 1) of the Stage-I, intercalated with lahar deposits and thin soils. The deposit is composed of gravel-sized blackish blocks, pumices, banded pumices and altered blocks with yellowish to reddish brown colored fine sand matrix. Progressive thermal demagnetization experiments for the blackish blocks and the pumices show that the direction of the remnant magnetization of the deposits is close to that of the geocentric axial dipole and did not change up to blocking temperature of about 580°C, indicating that these blocks and pumices are essential magmatic materials. Thus, the deposit can be considered as pyroclastic flow one. However, this is characterized not only by the heterogeneous distribution of these essential materials in the deposit but also by heterogeneous matrix. These features and abundant accidental altered blocks suggest that generation of the pyroclastic flow might be related with sector collapse of the volcanic edifice. This is consistent with the topographic feature of the Ground crater. The petrography and the whole-rock chemical compositions of these essential materials are similar to those of the Stage I. This suggests that the newly found pyroclastic flow must be related to the initial eruptive activity of the Stage I. New ¹⁴C ages for the deposit are in 4.7 ka, indicating that the activity of the Stage I began much earlier than previously recognized age (3.3 ka). Finding of the pyroclastic flow deposit, named as Gfl-0, suggests that the Stage I had continued and been derived from the same magma system for more than 1400 years. However, considering a long interval between Gfl-0 and Gfl-1, the Stage I might be divided into two sub-stages, Stage I-0 and Stage I-1.

Key words: Tokachi-dake volcano, pyroclastic flow, sector collapse, thermal demagnetization experiments

1. はじめに

十勝岳火山群は、北海道中央部のNE-SW方向に延びる大雪-十勝火山列の南西部に位置する。火山群の活動

は古期、中期および新期に区分されており(石川・ほか, 1971)、新期の中でも完新世の活動は、十勝岳の北西斜面で認められている(Fig. 1)。そこでは少なくとも、3,300

* 〒060-0818 札幌市北区北10条西8丁目
北海道大学大学院理学研究院地球惑星システム科学分野
Department of Earth and Planetary System Sciences,
Graduate School of Science, Hokkaido University,
N10 W8 Kita-ku, Sapporo 060-0810, Japan.

** 現所属, 〒183-0057 東京都府中市晴見町2-24-1 国際航業株式会社
Present address, Kokusai Kogyo Co., 2-24-1, Harumi-

chou, Fuchu 183-0057, Japan.

*** 〒305-8567 つくば市東1丁目1-1 つくば中央第7
産業技術総合研究所地質情報研究部門
Institute of Geology and Geoinformation, Geological
Survey of Japan, AIST, Central 7, Higashi 1-1-1,
Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan.

Corresponding author: Mitsuhiro Nakagawa
e-mail: mnakagawa@mail.sci.hokudai.ac.jp

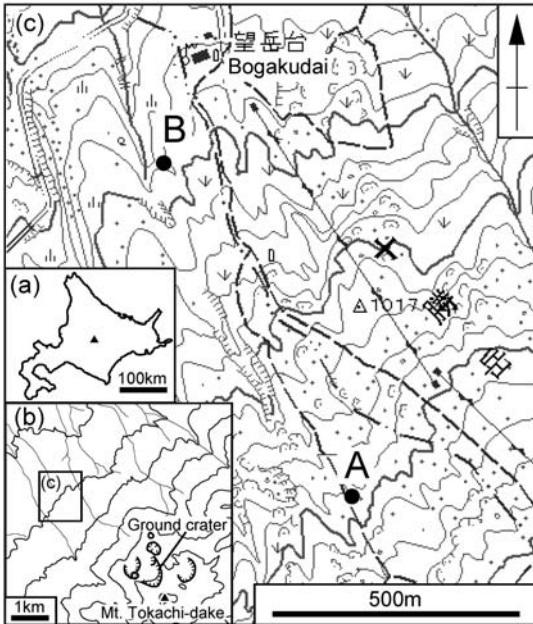


Fig. 1. (a) Index maps of Tokachi-dake Volcano. (b) Map showing the area studied in this paper. Location of Ground Crater is also shown. (c) The localities (A and B) where pyroclastic flow deposits derived from the Ground Crater have been found. The topographic map (1: 25,000) by the Geographical Survey Institute is used.

年前から噴出中心を移動させながら現在まで活動を続けており、爆発的噴火と溶岩流出を繰り返している(藤原・他, 2007; 石川・他, 1971; 勝井・他, 1963). 藤原・他(2007)は3,300年前以降の活動を4つのステージに区分した。この中で、最初期のグラウンド火口形成期のステージでは最も大規模かつ爆発的な噴火が発生したことが明らかになった。しかし最近、我々は本火山北西麓において、3,300年前よりも古い火砕流堆積物を新たに見出した。その結果、最初期のグラウンド火口の活動期間や活動様式について再検討の必要性が生じた。本報では、その火砕流堆積物の特徴および放射年代について報告し、最初期のグラウンド火口形成期の再定義を行う。

2. グラウンド火口形成期の概要と問題点

十勝岳火山群では山麓部にテフラを堆積させるような規模の噴火のない、比較的静穏な時期が1万年以上続いた後に、約3,300年前から活動期に入った(藤原・他, 2007)。この活動期では十勝岳の北北西～北西斜面に複数の火口を形成し、爆発的噴火と溶岩流出を繰り返している。そして給源火口、噴出物の岩石学的差異、そして

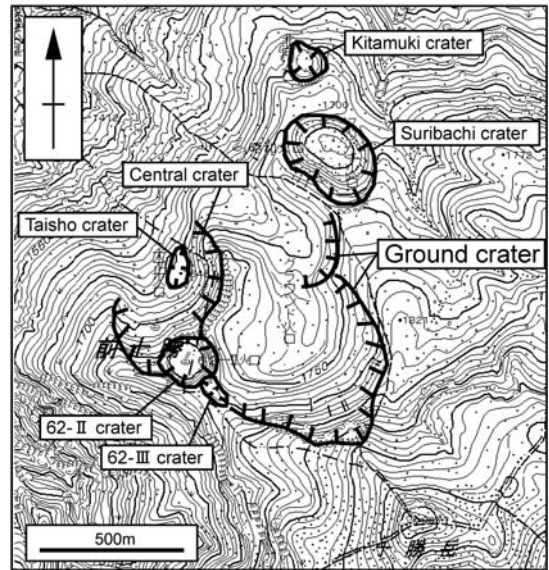


Fig. 2. Location of craters formed on the northwestern flank of Tokachi-dake during Holocene.

数百年程度以上の時間間隙の有無により、4つの活動期に区分された。その中で最初期のグラウンド火口形成期(Stage I)は約3,300年前から始まった。まず爆発的噴火により噴煙柱が上昇し、まもなく火砕流が複数回発生した。またその火砕流に前後して大規模な泥流も複数回発生したことが認められている。さらにこれらの爆発的噴火の後、側噴火により溶岩が流出した。この溶岩流の噴出年代は得られていないが、その岩石学的特徴が、それに先行した爆発的噴火の噴出物と同じであることからStage Iの活動と考えられた。なお、層序関係から、この溶岩流の噴出は少なくとも1000年前よりも古いことは明らかになっている(藤原・他, 2007)。

現在のグラウンド火口は地形的にみて、長径約600mの火口と、その北部の長径約200mの2つの火口が接合しており、いずれも北西側に開口した形状を持っている(Fig. 2)。このことからグラウンド火口では少なくとも2回の噴火活動に区分される可能性があるが、その詳細は明らかではなかった。一方で、十勝岳東麓では上記の3,300年前からの活動期に対比されるテフラ(Tk-2)の下位に、10cm程度の黒色土壌層を挟んで水蒸気噴火に由来すると考えられた黄白色の火山灰の薄層(厚さ約5cm)が認められていた(Tk-1)。しかしながら、その給源・年代および噴火様式など不明であり(藤原・ほか, 2007)、グラウンド火口の形状も考慮すると、グラウンド火口形成期(Stage I)については更なる検討が必要である。

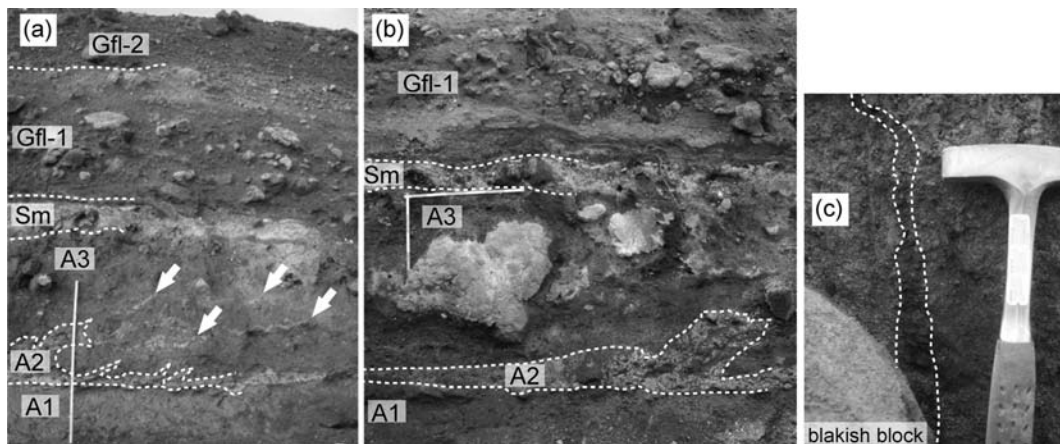


Fig. 3. Photos of the locality A. (a) The whole sequence can be observed at site A. We newly found unknown deposit beneath Sm (Shirogane mud flow deposit) which can be divided into three layers, A1, A2 and A3 in ascending order. Note the captured deformed fragments of A2 in A3 (arrows) and the irregular boundary between A2 and A3. There are little blocks in the A3 at this site. (b) Photo of another site about 10 m south of locality A. A lot of blocks are concentrated in A3. Abbreviations: Gfl-1, Ground Crater pyroclastic flow 1; Gfl-2, Ground Crater pyroclastic flow 2. (c) The degassed pipe structure (dashed lines) observed at site B.

3. 堆積物の層序と岩相

今回本火山北西麓の地点 A, B (Fig. 1) で、グラウンド火口形成期噴出物の下位に、新たに未知の火砕堆積物を見出した。地点 A (標高 1,045 m), 地点 B (標高 930 m) で、上位から藤原・他 (2007) によるグラウンド火口火砕流堆積物 2 (Gfl-2), その直下にグラウンド火口火砕流堆積物 1 (Gfl-1; 3,300 calyBP), その下位に薄い土壌を介して白金泥流堆積物 (Sm), さらにこれらの下位に薄い土壌層を介して存在する堆積物が認められた。Sm より下位に存在する堆積物を、その上位から順に A3, A2, A1 層とする (Figs. 3, 4)。以下では A 地点を中心に、これらの記載を行う。

A3 層は層厚 80–150 cm, 砂質の基質支持で淘汰は悪く、多種類の火山岩塊及び火山礫を含み、明瞭な成層構造や級化構造は認められない。基質は全体に黄褐色～黄白色を呈するが、最上部のみ赤褐色を呈する。基質の実体顕微鏡観察では、上位及び下位いずれも、構成岩片の種類とその量比はほぼ変わらず、珪化岩片 (約 50 vol%) > 灰色～黒色緻密安山岩片 > 灰色～黒褐色発泡ブロック > 結晶片 > 赤色変質岩片であった。ただし、下位に見られる珪化岩片は明白色を呈するのに対し、上位のそれらは一部、黄褐色～赤褐色を呈している。また、下位の基質構成岩片は黄白色の、上位のそれらには黄褐色～赤褐色の細粒物 (6φ 以下) が付着している。珪化岩片、灰色～黒色緻密安山岩片、赤色変質岩片は円磨されている

が、灰色～黒褐色の発泡した岩片には円磨されたもののほか、不定形のものも多数見られる。

一方、火山岩塊及び火山礫は、露頭での見かけ体積順に、スコリア質黒色岩塊 (70% 以上) > 軽石 > 変質岩片 > 縞状軽石である。スコリア質黒色岩塊 (以下、黒色岩塊) は最大径 100 cm でやや発泡し、表面は一部赤褐色～黄褐色に変質するが、中身は光沢のある黒色を呈す。カリフラワー状に粗く発泡した表面を持つ黒色岩塊も存在する。軽石は最大径 20 cm で白色～黄白色を呈し、発泡は良い。縞状軽石は黒色岩塊と軽石が不均質に混合した産状を示す。これら黒色岩塊や軽石は基質の灰色～黒褐色発泡岩片と類似しており、特に大型の黒色岩塊周辺には岩塊から吹き抜けパイプ構造が発達する。したがってこれらは高温の本質物質の可能性が高い (Fig. 3c)。しかしながら、黒色岩塊、軽石および縞状軽石は基質内に均質に分布せず、水平幅で数 m のクラスターを作って分布している場合が多い。逆に、これらがほとんど含まれない部分も存在する (Fig. 3a, b)。変質岩片は様々な程度に変質した安山岩質岩片であり、最大径は 30 cm である。表面は赤色～白色を呈し発泡が悪く、円磨された形状を示す。本層からは稀に炭化木片が産する。

A2 層は A3 層の直下に土壌等を介さず存在し、著しく変質した灰白色シルト質の基質支持で淘汰はわるく、最大径 5 cm の黒灰色～白色変質岩片を含む。層厚は 2–20 cm である。上位の A3 層とは凹凸状に接しており、断

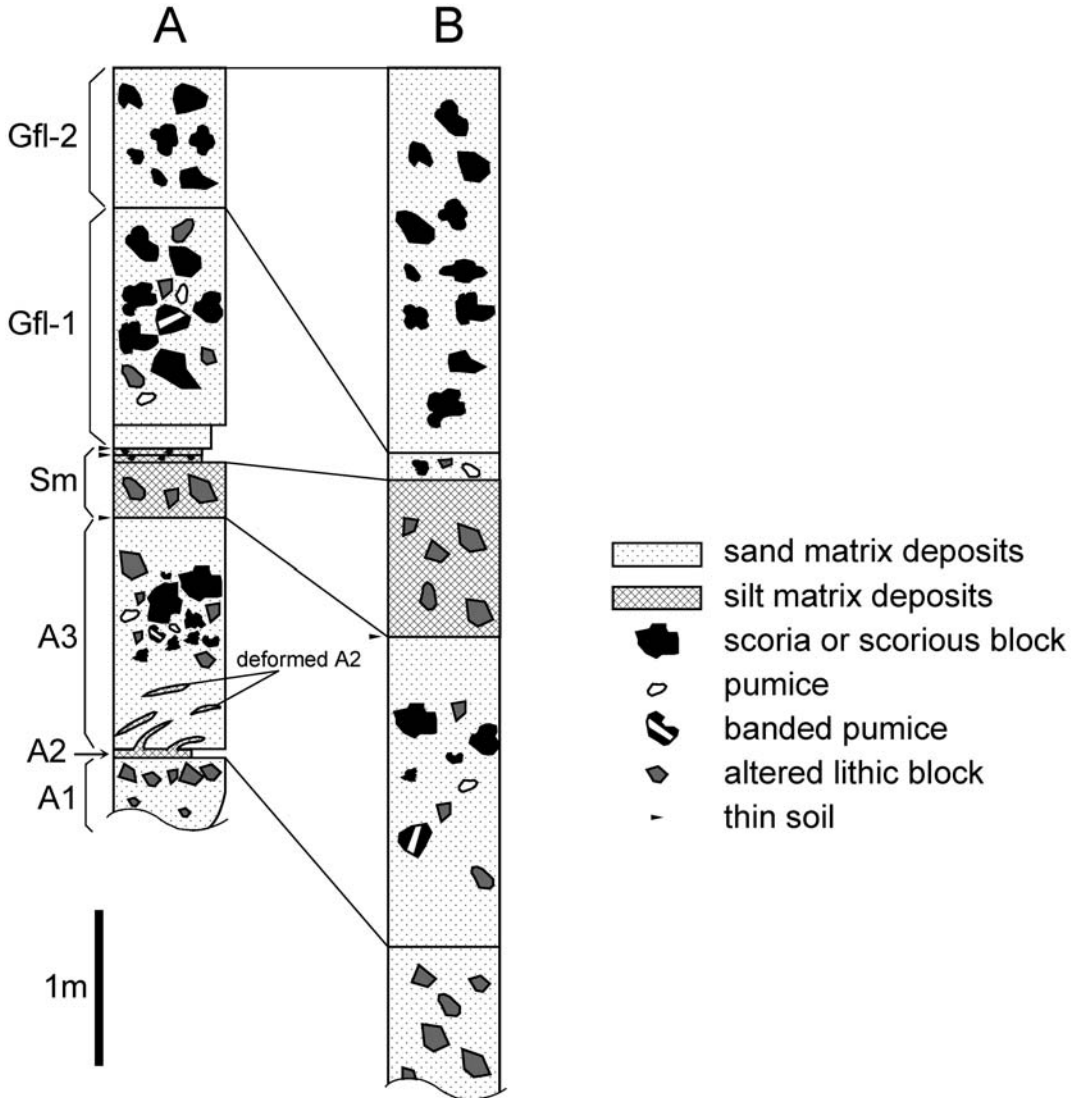


Fig. 4. Correlative columns of locality A and B.

片的に A3 層に取り込まれる部分がある (Fig. 3a).

A1 層は A2 層の直下に土壌等を介さず存在し、やや固結した黄褐色～黄白色砂質の基質支持で淘汰が悪く、黒灰色～灰色の発泡が悪い変質岩片 (最大径 20 cm) を含む。層厚は 60 cm 以上である。変質岩片は円磨され、上部 30 cm で変質岩片の量比が増し、逆級化構造を示す。

4. 岩石記載と全岩化学組成

本質物質と考えられる、A3 層に含まれる黒色岩塊および軽石の鏡下観察及び主成分全岩化学組成分析を行った。全岩化学組成は、肉眼で均質な黒色岩塊および軽石を選び、1 個のサンプルについて 1 つの粉末試料を用意

した。これらの各粉末を 1:2 の割合で希釈したガラスビードを作成し、北海道大学理学部スペクトリス社製蛍光 X 線分析装置で測定した。

鏡下では、黒色岩塊、軽石ともに、斑晶鉱物は、量比の大きいものから順に斜長石、単斜輝石、斜方輝石、Fe-Ti 酸化物である。黒色岩塊には 1 vol. % 程度の細粒なカンラン石斑晶が認められる。総斑晶量は黒色岩塊が約 30 vol. %, 軽石が約 25 vol. % である。斜長石斑晶は自形～半自形で長径は最大で 3.8 mm である。累帯構造が普通に見られ、結晶内部には汚濁帯や蜂の巣構造を有するものが多い。斜方輝石斑晶は自形～他形で長径は最大で 1.5 mm である。他形の斜方輝石に単斜輝石の反応

縁が生じている場合もある。単斜輝石斑晶は自形～他形で長径は最大で 1.6 mm である。弱い累帯構造が認められるものも存在する。Fe-Ti 酸化物のほとんどは他形であり、長径は最大で 0.8 mm である。カンラン石斑晶は自形～他形で、長径は最大で 0.5 mm である。石基組織は黒色岩塊が隠微晶質と hyalopilitic の縞状構造を有し、一方、軽石は無色のガラス質～hyalopilitic である。

黒色岩塊は $\text{SiO}_2 = 53.7\text{--}55.9 \text{ wt. \%}$ である一方、軽石は $\text{SiO}_2 = 57.4\text{--}59 \text{ wt. \%}$ である (Table 1)。代表的な元素のハーカー図では、A3 層に含まれる黒色岩塊と軽石はグラウンド火口形成期 (Stage I) の全岩化学組成域とほぼ一致しており、それ以外の活動期 (Stage II-IV) とは明瞭に区別できる (Fig. 5)。

5. 古地磁気測定

A3 層に含まれる黒色岩塊および軽石に対して、段階熱消磁実験を行った。露頭から磁気コンパスを用いてハンドサンプリングによって計 5 つの定方位試料 (長径 20–30 cm 程度) を取り出し、これらを実験室に持ち帰り各試料から直径 25 mm、高さ 22 mm の円筒形試料片を複数個切り出した。これらの試料片を、Magnetic Measurements 社製熱消磁装置と 2G 社製超伝導磁力計を用いて残留磁化を測定した。測定は磁気シールドを施した産業技術総合研究所の実験室で行い、まず自然残留磁化 (NRM) を測定し、その後 100–300°C まで 100°C 刻み、300–650°C まで 50°C 刻みで段階熱消磁を行った。これらの結果に対して、Zijderveld 図から残留磁化成分の直線性と安定性

Table 1. Whole-rock chemical compositions of rocks in A3 layer. s: scoriaous block, p: pumice.

Sample	Type	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Total
Gs-12-81-2	s	52.97	1.10	17.91	10.10	0.18	4.34	8.65	2.75	1.40	0.16	99.56
Gs-12-81-7	p	58.12	0.87	17.18	7.96	0.15	3.29	6.64	2.89	2.16	0.14	99.39
Gs-12-81-8	p	56.11	0.96	17.15	9.10	0.17	3.61	6.64	2.75	2.02	0.15	98.65
Gs-12-81-9	p	57.55	0.95	17.56	8.40	0.16	3.56	6.94	2.81	2.21	0.15	100.30
Gs-12-81-A	s	54.30	1.07	16.83	9.50	0.17	3.89	7.77	2.76	1.76	0.14	98.19
Gs-12-81-B	s	53.13	1.09	17.68	9.83	0.18	4.23	8.56	2.73	1.45	0.16	99.03
Gs-12-81-C	s	53.27	1.08	17.45	9.65	0.18	4.15	8.38	2.74	1.52	0.16	98.57
Gs-12-81-D	s	53.65	1.05	17.32	9.54	0.18	4.09	8.19	2.75	1.60	0.16	98.51
Gs-12-81-E	s	53.77	1.07	17.34	9.80	0.18	3.99	7.69	2.72	1.67	0.16	98.39

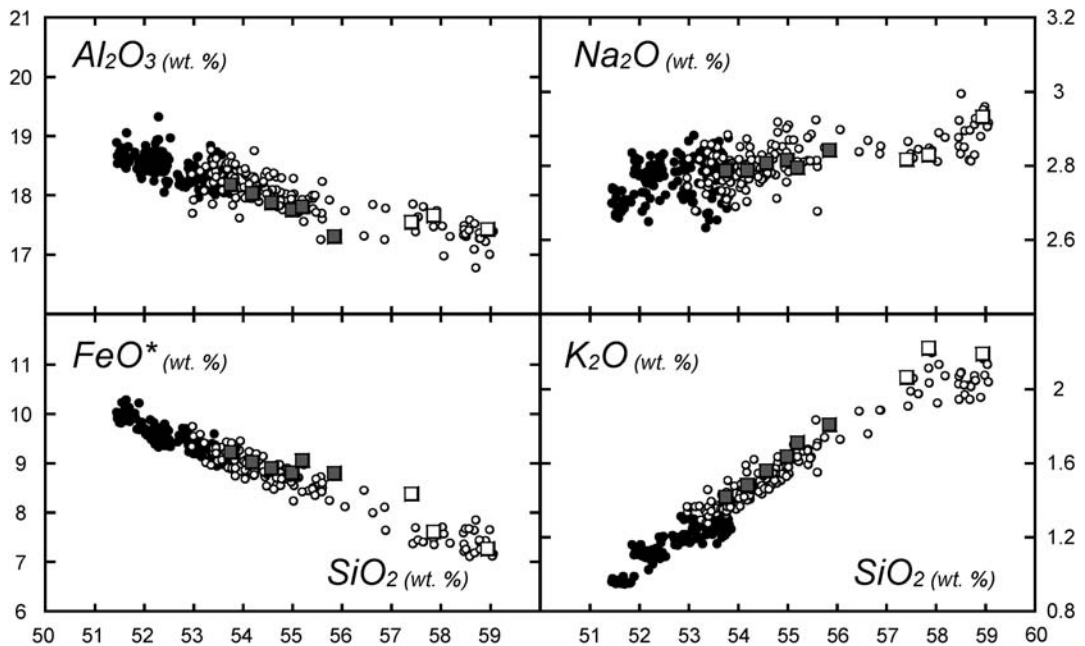


Fig. 5. Whole-rock chemical compositions of scoriaous blocks (solid square) and pumices (open square) in A3 layer. Small open and solid circles show the products erupted in Stage I and II-IV (Fujiwara *et al.*, 2007), respectively.

を判定し、主成分解析を行った (Kirschvink, 1980).

段階熱消磁実験の結果、すべての試料において Zijderveld 図上で原点に向かう安定な磁化成分が認められた。最大角分散 (MAD) が 15° 以下の温度幅を磁化成分として採用したとき、全 11 スペシメン中、4 つのスペシメンから 2 成分が認められ、その他のスペシメンは 1 成分であった。2 成分認められたスペシメンのうち、低温側の成分を低温成分、高温側の成分を高温成分とする。1 成分のスペシメンはすべて 650°C まで磁化成分が得られているので高温成分と考える (Table 2)。Fig. 6 に代表的なサンプルの Zijderveld 図とすべての試料片についての低温成分、高温成分の残留磁化成分を等面積投影図に表した。また十勝岳周辺の緯度から求めた地心双極子磁場 (偏角 0° 、伏角 64.6°) をあわせて図示した。この結果、低温成分は分布の磁化成分の集中が悪く安定した方向を示さない。一方、高温成分は北方向、下向きによい磁化成分の集中が見られ、その平均方向は偏角 26.8° 、伏角 69.8° ($\alpha_{95}=10$) となり、地心双極子磁場と近い値を示した。低温成分については、Fig. 6 のスペシメン E3 の消磁曲線に見られるように、低温成分側 (RT- 200°C) では磁化強度の減衰が比較的急な傾向にある。加えて、低温成分の磁化方向の集中が悪いことは、ここで考えた低温成分は安定した磁化成分ではなく、二次的に獲得された粘性残留磁化 (VRM) である可能性が高いと考えられる。一方、高温成分についての上記の結果は今回測定したサンプルが定置した時点で、キュリー点 (580°C) 以上の高温をを保っていたことを示唆している。

Table 2. Characteristic directions obtained from progressive thermal demagnetization. The average directions of each sample are also shown.

Sample	Specimen	Low-T comp.				High-T comp.			
		Interval ($^\circ\text{C}$)	Dec ($^\circ$)	Inc ($^\circ$)	MAD	Interval ($^\circ\text{C}$)	Dec ($^\circ$)	Inc ($^\circ$)	MAD
A	A2					300-650	48.4	76.5	4.6
	A3	RT-200	97.1	0.0	12.1	300-650	63.2	63.4	10.7
B	B2					RT-650	62.5	70.8	3.4
	B3	RT-300	-102.2	58.4	4.5	350-650	60.8	72.9	5.6
C	C1					100-650	4.5	61.0	1.8
	C2	RT-200	-140.8	62.2	6.6	300-650	84.5	75.8	8.4
	C3					RT-650	-8.3	61.2	3.8
D	D1					100-650	4.4	71.5	8.9
	D2					100-650	13.6	62.5	3.5
E	E1					300-650	-0.7	61.2	12.5
	E3	RT-200	-51.7	12.9	10.4	300-650	16.4	61.5	7.3

6. ^{14}C 年代測定

地点 A において、A3 層中に含まれる炭化木片、および A3 層直上の土壤中に含まれる炭化物の ^{14}C 年代測定を行った。測定は加速器分析研究所 (IAA) に依頼し、加速器質量分析法 (AMS) を用いて測定した。試料は前処理として酸-アルカリ-酸洗浄を行った。 ^{14}C 年代は Libby の半減 (5568 年) を用いて算出し、試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値を用いて同位体分別効果を補正した。測定誤差は 2σ である。測定結果の暦年較正には、Intcal04.04c (Reimer *et al.*, 2004) のデータに基づく OxCal ver.3.10 (Ramsey, 1995, 2001) を使用した。測定結果を Table 3 に示す。

A3 層中に含まれていた炭化木片は、直径 5 cm 長さ 17 cm で全体に炭化して産出した。この ^{14}C 年代は、 $4,180 \pm 30$ yBP (IAAA-71106) であった。また、A3 層を覆う土壌層は 0.5 cm 厚をもち、細粒 (1 mm 以下) の炭化物が含まれる。この炭化物の ^{14}C 年代は、 $3,440 \pm 40$ yBP (IAAA-51450) を示した。これら 2 点の年代値は層序関係と調和的である。A3 層中に含まれる炭化木片 ($4,180 \pm 30$ yBP) の較正暦年は、 $4,840 \sim 4,610$ cal. yBP (2σ) に相当し、A3 層は 4,700 年前頃の噴火堆積物と考えられる。

7. 考 察

7-1 A1~A3 層の定置機構と噴火推移

A1~A3 層はいずれも数 cm 以上の礫とそれを取り囲むシルト~砂サイズの基質からなる基質支持の構造をもち、また層厚も一定しない。このことから重力流堆積物と判断できる。

A3 層には以下に示す、高温状態で堆積したと推定される 4 点の証拠が見出される。すなわち、(1) 基質の色調が上部ほど赤色を帯びる、(2) 新鮮かつ発泡した火山岩塊が認められる、(3) 炭化した木片が含まれる (4) 新鮮な岩片の周囲に吹き抜けパイプ構造が認められる。(1) は、高い温度をもつ堆積物が定置後に表層に近い上部から高温酸化によって赤色化したことを示唆する。(2) は高温のマグマ物質 (本質物) が噴出したことを示唆する。また、(3) は本層が常温よりも高い温度で堆積したことを示す。(4) の吹き抜けパイプは熱泥流 (hot lahar) のような比較的低温の堆積物でも認められること

Table 3. Results of AMS ^{14}C dating for charcoals of Tokachi-dake Volcano.

Unit	Sample No. (Lab No.*)	Locality**	Method	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional ^{14}C age	Calender age (2σ)
Soil above	TOC37	43°26'21"N.,					BC 1890-1660 (3840-3610 cal yBP)
Ground crater -0 pyroclastic flow deposits	(IAAA-51450)	142°39'12"E.	AMS	charcoal	-24.2	3440±40	BC 1650-1640 (3600-3590 cal yBP)
Ground crater -0 pyroclastic flow deposits	Tok-81	43°26'21"N.,					BC 2890-2830 (4840-4780 cal yBP)
	(IAAA-71106)	142°39'12"E.	AMS	charcoal	-23.9	4180±30	BC 2820-2660 (4770-4610 cal yBP)

*IAAA- analyzed by Institute of Accelerator Analysis Ltd. ** International Terrestrial Reference Frame.

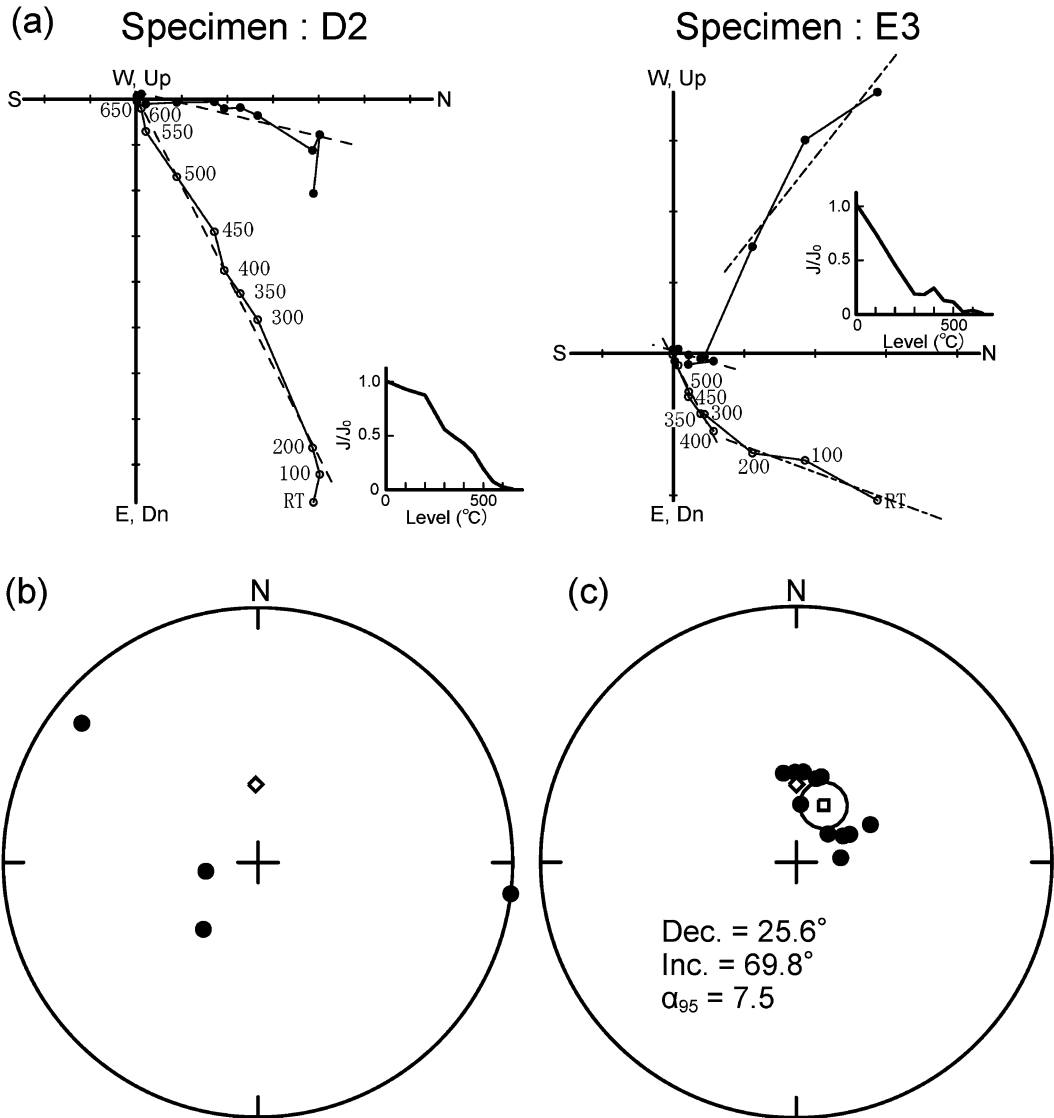


Fig. 6. (a) Orthogonal plot of typical progressive thermal demagnetization data. Solid and open circles show horizontal projection and north-south vertical projections, respectively. Broken lines and chain lines mean the characteristic lower and higher temperature directions, respectively. Variations of normalized intensity are also shown. (b) and (c) show equal-area projection of characteristic directions of lower and higher temperature components, respectively. Open square and oval show the mean direction and 95% confidence limit, respectively. The diamond shows the geocentric axial dipole direction (Dec. = 0°, Inc. = 64.6°) around Tokachi-dake volcano.

はあるが、本堆積物では本質物と考えられる岩片の周囲に認められることから、堆積時の高温状態を示唆していると考えられる。さらに、A3層中の黒色岩塊および軽石の段階熱消磁の結果、北向きに良い磁化方向の集中度が見られることは、A3層がこれらの岩石の持つキュリー温度よりも高温の状態で定置したことを示している。A

3層の黒色岩塊および軽石に含まれる磁性鉱物はすべて、組成分析から磁鉄鉱であることから、本堆積物の定置温度は磁鉄鉱のキュリー温度、580°Cよりも高温であったと考えられる。以上のことから、A3層中の黒色岩塊、軽石、縞状軽石は本質物質と断定でき、A3層は火砕流堆積物と考えることができる。

しかし、(a) A3 層の基質はやや不均質であり、下位の A2 層を取り込んでいる、(b) 本質物質の分布が均質でない、という特徴があり、通常の火砕流の層相とは違っている。(a) のような堆積構造は、A3 層が流下する際に基底部に働く剪断応力によって下位の A2 層を引きはがし、A2 層が A3 層と完全に混じりあう前に運動が停止した結果と考えられよう。(b) のような本質物質の不均質性は、既存山体や火道物質の一部、または流走中に取り込んだ地表の岩片が多く、本質噴出物が十分均質に混じらなかったためかもしれない。このような特徴は山体崩壊に伴う岩屑なだれ堆積物が有する特徴(宝田, 1991; Ui *et al.*, 2000) に類似する。しかしながら、A3 層は火山岩塊及び火山礫の 70% 以上が本質物質である黒色岩塊と軽石であり、基質にも本質物質(灰色～黒褐色の発泡した岩片)が含まれる。このことから、A3 層は岩屑なだれによる堆積物と考えるより、火砕流堆積物、すなわち「火砕物による重力流。通常高温であり、ガスと粒子の混合物かなる」堆積物(Neuendorf *et al.*, 2005) と記述するのが、現段階では妥当と考える。

一方、A1 層や A2 層にはマグマ物質と考えられる新鮮な岩片や基質物質は存在せず、様々な程度に変質した岩片から構成される。これらは、高温で堆積したことを示す証拠は認められない。したがってこれらの堆積物は、常温かまたはそれに近い温度で堆積したラハール堆積物と推定される。

上記のことから A1～A3 層をもたらし続けた一連の噴火では、まずラハールが発生し、その後に火砕流を伴う本格的なマグマ噴火に推移したと考えられる。そのラハールの発生時には、水蒸気噴火を伴った可能性がある。A3 層は異質岩片に富み、堆積構造として岩屑なだれに類似した特徴も有すること、さらにグラウンド火口は北西側に開口した馬蹄形を呈し(Fig. 2) 山体崩壊を示唆することから、A3 層を噴出したマグマ噴火では山体崩壊を伴った可能性が高い。

7-2 A3 層発見とグラウンド火口形成期の再定義

本報告で得た A3 層中の炭化木片が較正暦年で、4,840～4,610 cal. yBP (2 σ) を示し、約 4,700 年前の噴出物と考えられる。A3 層上位に当たるグラウンド火口を形成した際のグラウンド火口火砕流堆積物 1 (Gfl-1) から採取した複数の炭化木片は、較正暦年で約 3,300 cal. yBP の年代値が得られている(藤原・他, 2007)。以上から、A3 層は Gfl-1 発生から少なくとも 1,400 年古いと考えられる。したがって A1～A3 層をもたらし続けた噴火は、グラウンド火口形成期(Stage I) とは別の活動として区別すべきかもしれない。

しかしながら、A3 層の本質物質は黒色岩塊と軽石、お

よびそれらが不均質に混合した縞状軽石からなり、この特徴は Gfl-1 の特徴(藤原・他, 2007) と類似している。さらに斑晶鉱物組合せ及び全岩化学組成は、Gfl-1 を含めたグラウンド火口形成期(Stage I) の噴出物の組成とほぼ一致している。十勝岳の過去 3,300 年間の噴火では、各活動期の噴出物は固有の全岩化学組成等の岩石学的特徴を有し、それぞれは区別できることが明らかになっている(藤原・他, 2007)。このことから、A1～A3 層をもたらし続けた噴火は、Stage I の最初期の噴火と考えるのが妥当である。よって我々は A3 層を新たにグラウンド火口火砕流堆積物 0 (Gfl-0) と命名する。Gfl-0 の体積は露頭が限られるため正確な見積もりは困難であるが、層厚や分布を考えると Gfl-1 及び Gfl-2 よりは小規模である可能性が高く、 10^{-2} km³ 程度とするのが妥当であろう。

Gfl-0 が噴出中心の位置と岩石学的な観点から Stage I に区分できるとは言い、Gfl-0 と Gfl-1 との 1,400 年間の噴火間隙は、Stage I 以後の活動期間の間隙(数 100 年～1,000 年) よりも長い。そこで、この時間間隙も考慮して Stage I を細分することとし、4,700 年前の Gfl-0 の噴出を中心とする活動を Stage I-0、3,300 年前を中心とする活動を Stage I-1 と命名する。

藤原・他(2007) は十勝岳東山麓で、グラウンド火口火砕流堆積物 1 (Gfl-1) に対比されるテフラ(Tk-2)の下位に Tk-1 テフラを見出した。そのテフラは、径 3 mm 以下の岩片と遊離単斜輝石結晶と黄白色粘土質細粒物からなり、本質物は認められず水蒸気噴火の堆積物と考えられる。その噴火年代は Tk-1 との間の風化火山灰層の厚さから約 4,200～4,400 yBP と推定していた(藤原・他, 2007)。層序および推定年代値から、Tk-1 は Stage I-0 に対比できる可能性がある(Fig. 7)。前述したように、火砕流 Gfl-0 の噴出に先行してラハールが発生しているが、Tk-1 を噴出した水蒸気噴火がこのラハール発生と関連していたのかもしれない。

本研究の結果、十勝岳の完新世の噴火は長い休止期の後、約 4,700 年前から現在まで続く噴火活動期が開始したことが明らかになった。グラウンド火口を形成した活動である Stage I は、本研究により 3 つの時期に区分でき、まず Gfl-0 が発生した約 4,700 年前、Gfl-1 および Gfl-2 が発生した 3,300 年前、そしてグラウンド火口溶岩を流出した時期である。このうち 4,700 年前と 3,300 年前の噴火が特に爆発的であり、それぞれで山体崩壊を伴っていると考えられる。現在、地形的にはグラウンド火口は 2 つの火口が接合した形状をしており(Fig. 2)、このことは爆発的噴火の時期が 2 回あったことと調和的である。すなわち地形的に判断して、4,700 年前の噴火により南側が、そして 3300 年前の噴火では北側の火口が

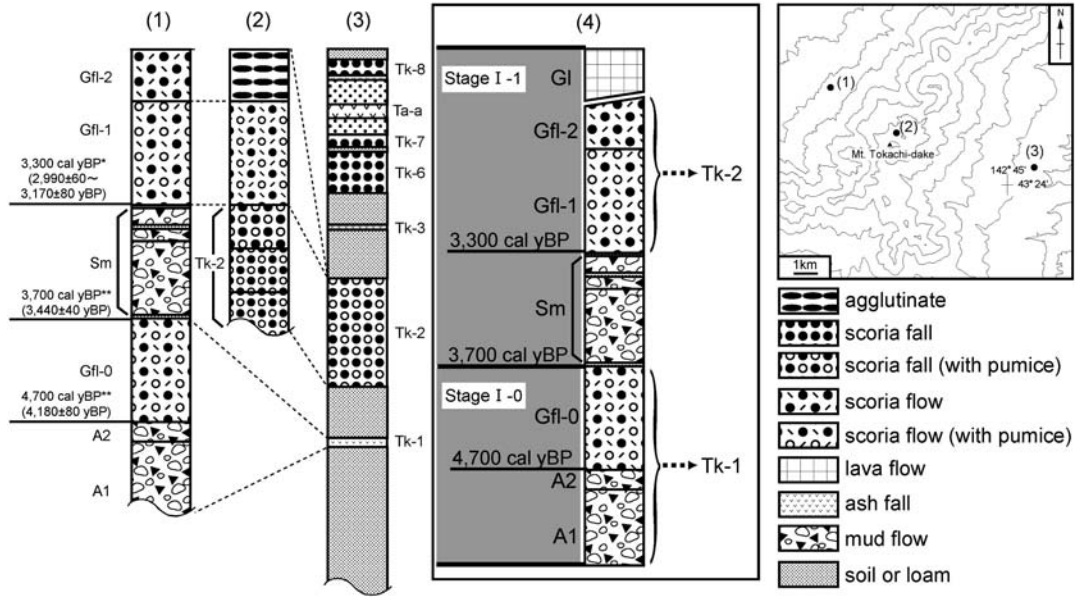


Fig. 7. Schematic columns showing the correlation between (1) northwestern foot (column (1)), near the Ground crater (column (2)) and eastern foot (column (3)). Revised sequence of eruptive deposits of the Stage I is summarized as column (4). * Fujiwara *et al.* (2007); ** this study.

形成されたと考えられる。

8. ま と め

十勝岳火山の北西麓において新たな火砕流を見出し、グラウンド火口堆積物0 (Gfl-0) と命名した。堆積物には高温で位置した産状が認められ、残留磁化方位の測定により堆積時に580℃以上の温度を保持していたことがわかった。さらにこの火砕流は本質物以外に異質岩片に富んでおり、噴火では山体崩壊を伴った。本質物はグラウンド火口形成期噴出物と共通した岩石学的特徴を有しており、層序、年代値(約4,700年前)からグラウンド火口形成期(Stage I)の最初期の噴出物と考えられる。その結果、Stage Iは藤原・他(2007)で考えたより長期に及ぶ活動期であり、2回の火砕噴火の後に溶岩流出を行ったことが明らかとなった。

謝 辞

北海道大学の吉本充宏氏には現地へ同行していただき、議論していただいた。火山編集者の三浦大助氏、査読者の宮緑育夫氏と鎌田桂子氏により本稿は大きく改善された。薄片作成および全岩組成分析では野村秀彦氏、中村晃輔氏および松本亜希子氏にお世話になった。本研究の一部は産業技術総合研究所の火山地質図作成の一環として行われた。また北海道受託研究「北海道の火山に

関する研究」の研究費も使用した。これらの方々および諸機関に深く感謝いたします。

引用文献

荒牧重雄・小野晃司(1996) 火砕流。地学辞典, 平凡社, 229 p.
 藤原伸也・中川光弘・長谷川撰夫・小松大祐(2007) 北海道中央部, 十勝岳火山の最近3,300年間の噴火史。火山, 52, 253-271.
 勝井義雄・高橋俊正・土居繁雄(1963) 5万分の1地質図幅「十勝岳」および説明書。北海道開発庁, 47p.
 石川俊夫・横山 泉・勝井義雄・笠原 稔(1971) 十勝岳, 火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策。北海道防災会議, 136p.
 Kirschvink, J.L. (1980) The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.*, 62, 699-719.
 Neuendorf, K.K.E., Mehl, J.P. Jr. and Jackson, A.J. (2005) *Glossary of Geology, Fifth Edition*. American Geological Institute, 779p.
 Raimer P.J. *et al.* (2004) IntCal04 Terrestrial radiocarbon age calibration, 26-0 ka BP. *Radiocarbon*, 46, 1029-1058.
 Ramsey, B.C. (1995) Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: the OxCal program. *Radiocarbon*, 37, 425-430.
 Ramsey, B.C. (2001) Development of the radiocarbon program OxCal. *Radiocarbon*, 43, 355-363.
 宝田晋治(1991) 岩屑流の流動・堆積機構一田代岳火山

起源の岩瀬川岩屑流の研究. 火山, **18**, 153-168.
Ui, T., Takarada, S. and Yoshimoto, M. (2000) Debris
avalanche. In *Encyclopedia of Volcanoes* (Sigurdsson, H.,

Houghton, B., McNutt, S.R., Rymer, H. and Stix, J.
eds.), 617-626, Academic Press, San Diego.

(編集担当 三浦大助)