

## 那須火山群周辺の中期～後期更新世テフラ層序： 川谷降下火砕物の新記載と余笹川・東岩崎岩屑なだれ堆積物の層準

山元 孝広<sup>1,\*</sup>

YAMAMOTO Takahiro (2021) The Middle to Late Pleistocene tephrostratigraphy around the Nasu Volcano Group, NE Japan: new description of the Kawatani Pyroclastic Fall Deposit and the horizon of the Yosasagawa and Higashi-iwazaki Debris Avalanche Deposits. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 72 (5), p. 397-420, 10 figs, 7 tables, 1 appendix.

**Abstract:** The stratigraphy and lithology of the Late to Middle Pleistocene pyroclastic fall deposits (PFDs) and debris avalanche deposits (DADs) distributed in the eastern foothills of the Nasu Volcano Group have been redescribed with new data of major element compositions of glass shards in pyroclastic materials. In Mafune-Kawatani, Nishigo Village, there is un-named dacite pumice lapilli layer immediately above the Nasu-Shirakawa PFDs, which were erupted from Asahidake and Minamigassan Volcanoes of the group during 0.16 to 0.12 Ma; this unit have been newly defined as the Kawatani PFD. Its distribution and glass composition suggest that this fall deposit also originated from the Nasu Volcano Group. The chemical composition of the pumice gravel below the Yosasagawa DAD is consistent with that of the Otawara Pyroclastic Flow Deposit of 0.32 Ma. Therefore, the tephrostratigraphic age of the Yosasagawa DAD is 0.32 to 0.23 Ma. On the other hand, the Higashi-iwazaki DAD, which is defined in this study and thought to originate from the Nasu Volcano Group, has been identified in the lower part of the Mafune PFDs. The tephrostratigraphic age of the Higashi-iwazaki DAD is estimated to be 0.35 to 0.34 Ma.

**Keywords:** Nasu Volcano Group, tephrostratigraphy, Kawatani Pyroclastic Fall, Yosasagawa Debris Avalanche, Higashi-iwazaki Debris Avalanche

### 要 旨

那須火山群の東山麓に分布する後期～中期更新世の降下火砕物、岩屑なだれ堆積物の岩相と層序の再記載を行った。西郷村真船川谷では、16～12万年前に朝日岳・南月山火山から噴出した那須白河降下火砕物群の上位に未記載のデイサイト軽石火山礫が存在し、今回、これを川谷降下火砕物と新称する。その分布と火山ガラスの主成分化学組成は、この火砕物も那須火山群起源であることを示唆している。また、那須火山起源の余笹川岩屑なだれ堆積物直下の軽石を分析し、その火山ガラス主成分化学組成が32万年前の大田原火砕流堆積物と一致することを明らかにした。従って、余笹川岩屑なだれ堆積物のテフラ層序学的年代は32～23万年前である。一方、更に下位の真船降下火砕物群間から、那須火山群起源と考えられる東岩崎岩屑なだれ堆積物(新称)の存在を確認した。この堆積物はApmテフラ群に対比される根元13降下火砕物の下位にあることから、テフラ層序学的年代は35～34万年前とみられる。

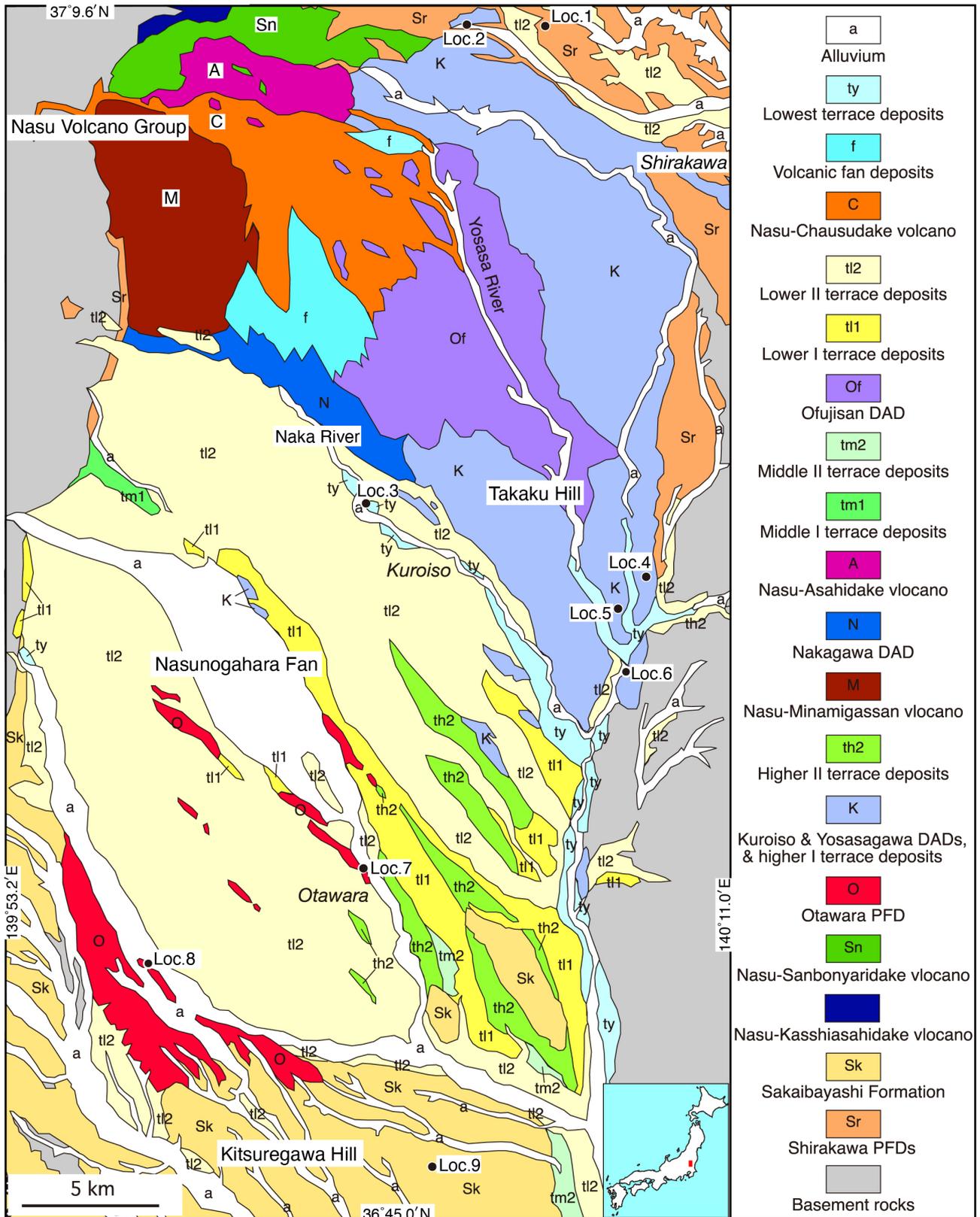
### 1. はじめに

テフラと呼ばれる火砕物は、爆発的噴火により破砕されたマグマが火口から放出され地表に定置したものである。地層として保存されたテフラは過去に起きた爆発的噴火の証拠であるだけでなく、広域に分布するものは地層中の同一時間面を示す鍵層であることから、多くのテフラが記載されてきた(町田・新井, 1992; 2003)。特に列島規模の分布を持つ始良Tnテフラ(AT: 町田・新井, 1976)、大山倉吉テフラ(DKP: 町田・新井, 1979)、阿蘇4テフラ(Aso4: 町田ほか, 1985)、御岳第1テフラ(On-Pm1: 小林ほか, 1967)は後期更新世の時間指標面として重要性が高く、多くの地域でそれらの層準が確認されている。しかしながら、分布が地域的なテフラについての記載は不十分なものもあり、個々の火山の定量的な活動履歴評価や第四紀層の編年のためには、更にテフラの記載を積み重ねていく必要がある。

本報告では、東北日本南部の那須火山群周辺(第1図)に分布する中期～後期更新世テフラの再記載を行う。当

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology)

\* Corresponding author: YAMAMOTO, T., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: t-yamamoto@aist.go.jp



第1図 那須火山群及び那須野が原扇状地周辺の第四紀層地質図。DAD = 岩屑なだれ堆積物。PFD = 火砕流堆積物。山元(2006)による。

Fig. 1 Simplified geologic map of the Quaternary deposits around the Nasu Volcano Group and Nasunogahara Fan. DAD = debris avalanche deposit, PFD = pyroclastic flow deposit. After Yamamoto (2006).

地域のテフラの記載は、鈴木(1992)、山元(1999; 2012; 2013)が報告しており、その大枠は既に明らかにされている。それでも、福島県西郷村の真舟川谷(Loc. 1)には、未記載の後期更新世軽石降下火砕物(本報で川谷降下火砕物と新称)がまだ残されており、層厚分布と火山ガラスの化学組成から、その給源火山を考察する。また、那須火山南東山麓の中期更新世余笹川岩屑なだれ堆積物(山元, 2006)は、その岩相分布や運搬過程が菊地・長谷川(2020)により詳細が明らかにされている。しかし、この堆積物のテフラ層序学的層準については、菊地・長谷川(2020)の記載に不十分な部分があるので、再検討を行い、那須火山起源の新たな岩屑なだれ堆積物を追加する。さらに、東麓に分布する中期～後期更新世の那須白河降下火砕物群(鈴木, 1992)についても、再記載し、その層厚分布を明らかにする。なお、那須火山群周辺のテフラ露頭層序の詳細と火山ガラスの主成分化学組成については、地質調査総合センター研究資料集, no.712 (山元, 2021)として別途公表している。火山ガラスの主成分分析は(株)古澤地質に依頼し、エネルギー分散型X線分光法(EDX)で行われている。

## 2. 地質概略

那須火山群は、栃木県と福島県の境に位置する第四紀の火山群で、南から北へ南月山(M)・茶臼岳(C)・朝日岳(A)・三本槍岳(Sn)・甲子旭岳の順に連なる成層火山の集合体である(第1図; 伴・高岡, 1995; 山元・伴, 1997)。このうち茶臼岳火山だけが有史以来何回かの噴火記録のある活火山である。最も古い甲子旭岳火山は50万年前頃に活動した玄武岩-安山岩の成層火山体で、福島県内に分布の中心がある。この火山は現在著しい開析を受けており、火山の原地形をとどめていない。甲子旭岳火山のすぐ南の栃木・福島県境に位置する三本槍火山は、36～27万年前に活動した成層火山で、玄武岩-安山岩の溶岩・火砕岩からなる前期噴出物と安山岩-デイサイトの厚い溶岩からなる後期噴出物に区分される。三本槍火山はこれよりも新しい噴出物に顕著な不整合で覆われており、新期噴出物を除去すると三本槍火山には南東向きに開いた馬蹄形の大きな火口地形が復元できる。那須火山群東山麓の丘陵地から南の那須野が原にかけて分布する約23万年前の黒磯岩屑なだれ堆積物(第1図のK; 山元, 2013)は、この部分が山体崩壊を起こして発生したのと考えられている。次の朝日岳火山は17～7万年前に活動した安山岩の成層火山で、三本槍火山の崩壊地形を埋めて成長した。その南にある南月山火山も、朝日岳火山とほぼ同時期の21～8万年前に活動した成層火山であるが、朝日岳火山とは独立した山体を形成している。那須火山群で最も新しい茶臼岳火山は約1.9万年前(16 kaの放射性炭素年代を暦年校正した年代)から活動を開始している(山元, 1997)。

那須火山群周辺に分布する中期～後期更新世テフラは、山麓の岩屑なだれ堆積物群(第1図のK, N, Of)・前期更新世の白河火砕流堆積物群(第1図のSr; 吉田・高橋, 1991; 山元, 2006)・前期更新世の境林層(第1図のSk)や高位・中位段丘堆積物(第1図のth1, th2, tm1, tm2)を被覆する土壌化した風成層中に挟まれている。その構成物は朝日岳・南月山火山起源の那須白河降下火砕物群(鈴木, 1992)、大部分が三本槍火山起源とみられる真船降下火砕物群(山元, 1999)が主体を占め、これらの間に北から沼沢火山、燧ヶ岳火山、高原火山、鬼怒沼火山、日光火山群、赤城火山等(第2図)の噴出物やいわゆる広域テフラが挟まれている(山元, 2012; 2013)。各テフラの名称、岩質、年代、引用文献は、第1表に一覧として示している。このうち、テフラ編年上、重要なものは燧ヶ岳田頭降下火砕物(Hu-TG; 鈴木, 1992; 山元, 2012)で、海洋酸素同位体ステージ(MIS)5cの最大海進時直前に降下したことが、福島県浜通りの海成層で確認されている(鈴木, 1999)。また、那珂川沿い(Loc. 3)で黒磯岩屑なだれ堆積物の下位にある大田原火砕流堆積物(Sb-OT; 第1図のO)は高原火山北麓の塩原カルデラ(第2図)から噴出したものである(尾上, 1989)。Sb-OT直下の風成層には黒雲母が特徴的に含まれる大町Apmテフラ群に対比される根本13・14降下火砕物(Nm13, Nm14)があり、MIS9中頃の約32万年前に噴出したと考えられている(鈴木ほか, 2004; Matsu'ura *et al.*, 2014)。更に、Sb-OTに伴う降下火砕物の分布軸は塩原カルデラから北東～北北東に伸び、郡山市周辺から福島市まで追跡されている(笠原ほか, 2017; 山田ほか, 2018)。また、山元(2013)は、山田ほか(2018)の示した主軸沿いの西郷村堀川ダム(Loc. 2)で記載された真船6降下火砕物を、直方輝石の屈折率からSb-OTに対比している。

## 3. 川谷降下火砕物の層序と主成分化学組成

本降下火砕物(KW)は、西郷村真船川谷(Loc. 1)で日光満美穴降下火砕物(Nk-MA; 阿久津, 1957; 山元, 2012)と沼沢芝原降下火砕物(Nm-SB; 鈴木, 1992; 山元, 1999; 2012)の間の土壌化した風成層中に位置する軽石降下火砕物で(第3図, 第4図)、本報告で新称するものである。この露頭の風成層層序は、山元(2016)のLoc. 21柱状図として公表済みであるが、この図では未命名の降下火砕物としてその存在を示していた。鈴木(1992)も、本文中に記載はないものの、川谷周辺の柱状図にはNk-MA・Nm-SB間の層準に未命名の堆積物を示しており、同じものである可能性がある。また、そのテフラ層序から、噴出年代は11～10万年前である。

Loc. 1の本火砕物は、層厚10 cmで、最大径0.4 cmの細礫サイズの軽石火山礫を多く含む結晶質の塊状粗粒火山灰である。火山灰の淘汰は良く、斜長石、単斜輝石、直方輝石、普通角閃石の結晶片に富んでいる。その軽石や

第1表 テフラ一覧. *Bt* = 黒雲母; *Cpx* = 単斜輝石; *Cum* = カミングトン閃石; *Hb* = 普通角閃石; *Opx* = 直方輝石. <sup>a)</sup> 青木ほか (2008); <sup>b)</sup> Matsu'ura *et al.* (2014).

Table 1 List of tephra units in this study. *Bt* = biotite; *Cpx* = clinopyroxene; *Cum* = cummingtonite; *Hb* = hornblende; *Opx* = orthopyroxene. <sup>a)</sup> Aoki *et al.* (2008); <sup>b)</sup> Matsu'ura *et al.* (2014).

Tephra	Name	Age	Rock type	Reference	
Hr-FP	Haruna-Futatsudake-Ikaho	榛名二ツ岳伊香保	1.5 ka	Opx Hb andesite	Arai (1962); Yamamoto (2013)
Nm-NK	Numazawa-Numazawako	沼沢沼沢湖	5.4 ka	Opx Hb dacite	Yamamoto (1995; 2003)
Nt-S	Nantai-Shichihonzakura	男体七本桜	17 ka	Hb-bear Opx Cpx dacite	Akutsu (1955); Yamamoto (2013)
Nt-I	Nantai-Imaichi	男体今市	17 ka	Opx Cpx dacite to andesite	Akutsu (1955); Yamamoto (2013)
As-YP	Asama-Itahana-Yellow	浅間板鼻黄色	17 ka	Opx Cpx dacite	Arai (1962)
Nt-OG	Nantai-Ogawa	男体小川	ca 23 ka	Basaltic andesite	Muramoto (1992); Yamamoto (2013)
As-BP	Asama-Itahana-Brown	浅間板鼻褐色	ca 23 ka	Opx Cpx dacite	Arai (1962)
Ag-KP	Akagi-Kanuma	赤城鹿沼	44 ka <sup>a)</sup>	Hb-bear Opx Cpx dacite	Akutsu (1955); Yamamoto (2013)
Ag-NM1	Akagi-Namekawa 1	赤城行川1	ca 50 ka	Hb Opx Cpx andesite-dacite	Suzuki (1990); Yamamoto (2013)
Nm-MZ	Numazawa-Mizunuma	沼沢水沼	ca 56 ka	Bt Cum Hb dacite	Yamamoto (1995; 2003)
Ns-KR	Nasu-Kuromori	那須黒森	ca 80 ka	Andesite	Suzuki (1992)
Nk-MA	Nikko-Mamiana	日光満美穴	ca 0.10 Ma	Opx Cpx andesite	Akutsu (1957); Yamamoto (2012)
Ns-KW	Nasu-Kawatani	那須川谷	ca 0.11 Ma	Opx Cpx dacite	This study
Nm-SB	Numazawa-Shibahara	沼沢芝原	0.11 Ma	Cum-bear Hb Bt rhyolite	Suzuki (1992); Yamamoto (2003; 2012)
Ns-SR1'	Nasu-Shirakawa 1'	那須白河1'	ca 0.12 Ma	Andesite	This study
Ns-SR1	Nasu-Shirakawa 1	那須白河1	ca 0.12 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Hu-TG	Hiuchigatake-Tagashira	燧ヶ岳田頭	0.129 Ma	Bt Hb Opx Cpx dacite	Suzuki (1992; 1999); Yamamoto (2012)
Ns-SR2	Nasu-Shirakawa 2	那須白河2	ca 0.13 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Ns-SR3	Nasu-Shirakawa 3	那須白河3	ca 0.14 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Ns-SR4	Nasu-Shirakawa 4	那須白河4	ca 0.14 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Tk-Ub	Takahara-Ubasawakita	高原姥沢北	ca 0.15 Ma	Opx Cpx dacite	Suzuki (1992); Yamamoto (2013)
Ns-SR5	Nasu-Shirakawa 5	那須白河5	ca 0.15 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Ns-SR6	Nasu-Shirakawa 6	那須白河6	ca 0.15 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Ns-SR7	Nasu-Shirakawa 7	那須白河7	ca 0.15 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Ag-OrP	Akagi-Origuchihara	赤城折口原	ca 0.15 Ma	Hb-bear Opx Cpx andesite-dacite	Suzuki (1992); Yamamoto (2016)
Ns-SR8	Nasu-Shirakawa 8	那須白河8	ca 0.15 Ma	Andesite-dacite	Suzuki (1992)
Ns-SR9	Nasu-Shirakawa 9	那須白河9	ca 0.15 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Ns-SR10	Nasu-Shirakawa 10	那須白河10	ca 0.16 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Hu-NN	Hiuchigatake-Nanairi	燧ヶ岳七入	0.16-0.17 Ma	Opx Cpx dacite	Watanabe (1989); Yamamoto (1999; 2012)
YG	Yaguchi	矢口	ca 0.20 Ma	Andesite	Suzuki (1993)
Ns-SR11	Nasu-Shirakawa 11	那須白河11	ca 0.20 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Ns-SR12	Nasu-Shirakawa 12	那須白河12	ca 0.20 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Ij-MO	Iji-Moka	飯士真岡	ca 0.22 Ma	Cum-bear Opx Hb dacite	Yamamoto (2007; 2013)
Kn-KD	Kinunuma-Kurodahara	鬼怒沼黒田原	ca 0.23 Ma	Opx Hb dacite	Suzuki (1993); Yamamoto (1999; 2012)
Tk-TM2	Takahara-Tomuroyama 2	高原戸室山2	ca 0.24 Ma	Cum-bear Opx Hb dacite	Yamamoto (1999; 2013)
Sb-OT	Shiobara-Otawara	塩原大田原	0.32 Ma <sup>b)</sup>	Opx Cpx dacite	Suzuki <i>et al.</i> (2004); Yamada <i>et al.</i> (2018)
Nm-13	Nemoto 13	根本13	ca 0.34 Ma	Hb-bear Bt rhyolite	Koike <i>et al.</i> (1985)
MF7	Mafune 7	真船7	0.34-0.36? Ma	Andesite	Yamamoto (1999)
MF9	Mafune 9	真船9	0.34-0.36? Ma	Andesite	Yamamoto (1999)
MF11	Mafune 11	真船11	0.34-0.36? Ma	Andesite-dacite	Yamamoto (1999)
MF12	Mafune 12	真船12	0.34-0.36? Ma	Andesite-dacite	Yamamoto (1999)
MF14	Mafune 14	真船14	0.34-0.36? Ma	Andesite	Yamamoto (1999)
Nm14	Nemoto 14	根本14	ca 0.36 Ma	Hb-bear Bt rhyolite	Koike <i>et al.</i> (1985)
Nm16	Nemoto 16	根本16	ca 0.40 Ma	Hb-bear Bt rhyolite	Koike <i>et al.</i> (1985)

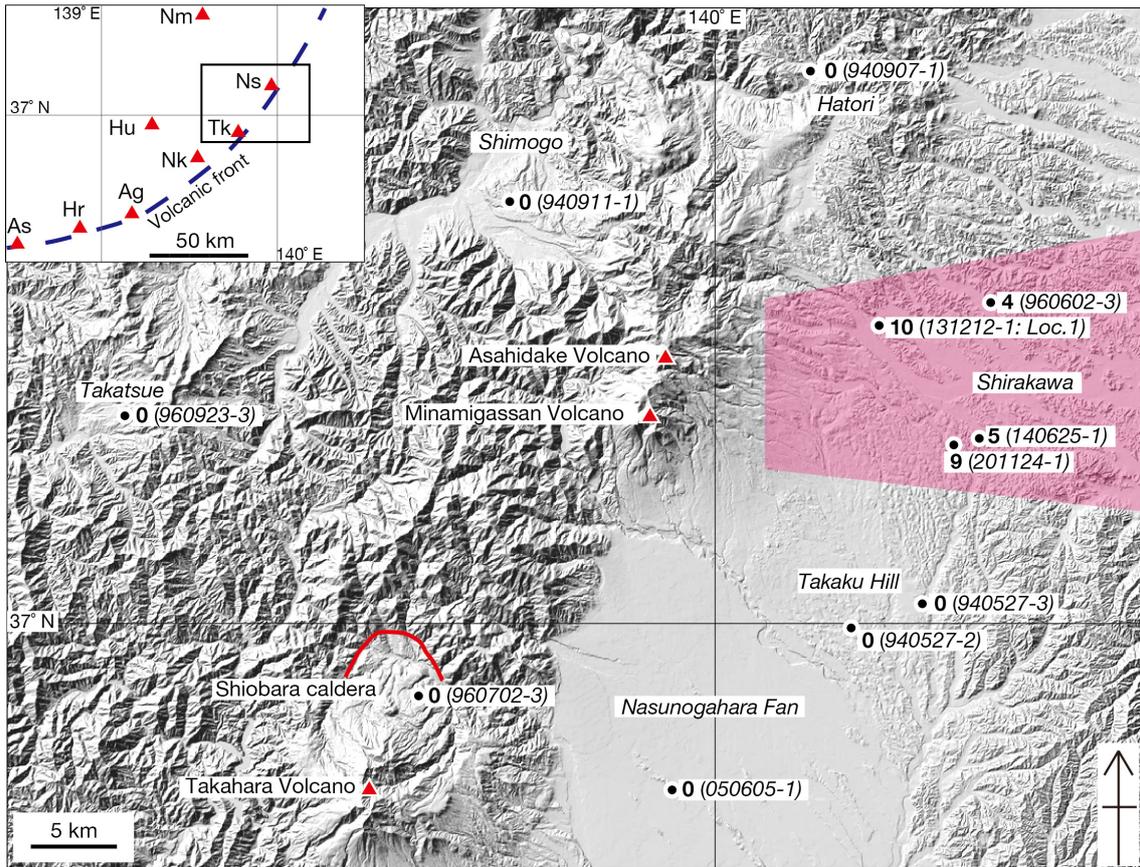
結晶片の粒径の揃った岩相は、同じ露頭の赤城行川1降下火砕物 (Ag-NM1; 鈴木, 1992; 山元, 2012) や赤城折口原降下火砕物 (Ag-OrP; 鈴木, 1992; 山元, 2016) と良く似ている。一方で、その岩相は、更に粗粒でやや淘汰の悪い那須白河降下火砕物群 (次項) とは明らかに異なっている。本火砕物は、周辺の西郷村羽太 (960602-3)、同村黒川 (201124-1) や白河市白坂 (140625-1) でも確認できるが (山元, 2021)、南の栃木県高久丘陵や北西の福島県下郷町の鶴ヶ池岩屑なだれ堆積物、西の南会津町たかつえスキー場の斜面堆積物の風成被覆層中には見つからない (第2図; 山元, 2012; 2013; 2021)。従って、那須火山群東麓の狭い範囲にしか分布していないものと判断できる。

Loc. 1で採取した試料1212-1-5の火山ガラスの主成分化学組成の平均値は、SiO<sub>2</sub> = 77.51 wt%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 11.71 wt%, FeO = 2.00 wt%, MgO = 0.37 wt%, CaO = 1.73 wt%, Na<sub>2</sub>O = 3.11 wt%, K<sub>2</sub>O = 3.08 wt%であった (第2表)。

#### 4. 那須白河降下火砕物群の層序と岩相

真船川谷 (Loc. 1) は、那須白河8降下火砕物よりも上位の同火砕物群が全て観察できる良好な露頭でもある (第3図, 第4図)。この降下火砕物群は安山岩スコリアを主とし、一部で発泡の良い軽石を伴っている。17~8万年前頃に同時に活動していた南月山火山と朝日岳火山 (第1図; 伴・高岡, 1995) のどちらから噴出した降下火

那須火山群周辺の中期～後期更新世テフラ層序 (山元)



第2図 那須火山群周辺の陰影起伏図と川谷降下火砕物の層厚。ボールド体数字は層厚(単位はcm)で、イタリック体数字は山元(2021)の地点番号。ピンク色部分は、この降下火砕物の分布範囲を示す。Ag = 赤城火山, As = 浅間火山, Hr = 榛名火山, Hu = 燧ヶ岳火山, Nk = 日光火山群, Nm = 沼沢火山, Ns = 那須火山群, Tk = 高原火山。背景図は地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp>) からの出力。

Fig. 2 Shaded-relief map around the Nasu Volcano Group and the thickness of the Kawatani Pyroclastic Fall Deposit. Bold numerals are the thickness in cm, and italic ones are the locality # in Yamamoto (2021). The pink area shows the distribution of this fall deposit. Ag = Akagi Volcano, As = Asama Volcano, Hr = Haruna Volcano, Hu = Hiuchigahara Volcano, Nk = Nikko Volcanoes, Nm = Numazawa Volcano, Ns = Nasu Volcanoes, Tk = Takahara Volcano. This topographic image was outputted from GSI Maps (<https://maps.gsi.go.jp>) by the Geospatial Information Authority of Japan.

砕物であるものの(山元, 2012), 本報告で示す層厚分布(第5図)でも噴出地点までは特定出来ていない。以下に、上位から順にその岩相を記載する。

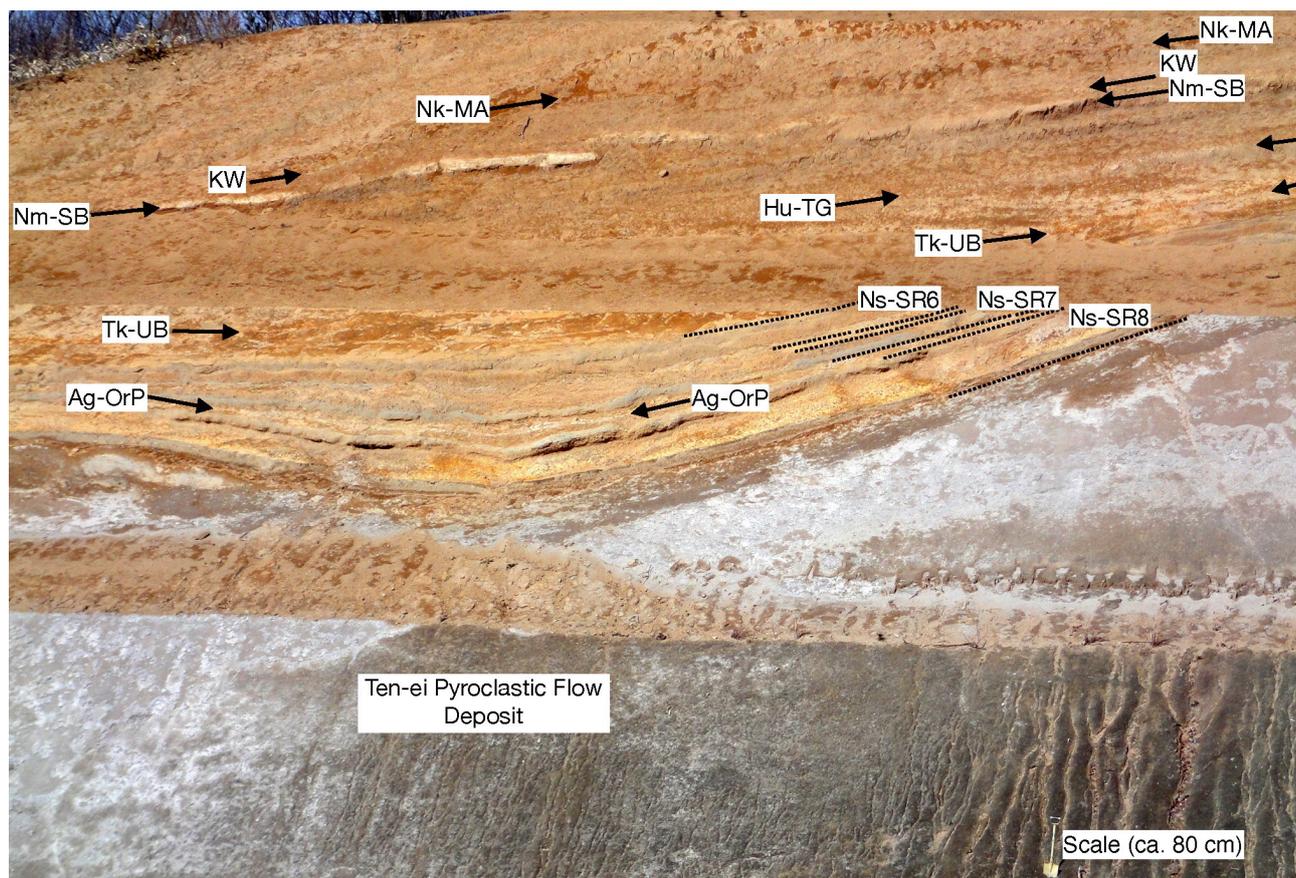
那須白河1'降下火砕物(Ns-SR1')は、本報でLoc. 1を模式地に新称するものである。褐色土壌を挟んでNm-SBの30 cm下位にある、灰色粗粒火山灰基質を持つ暗褐色、発泡不良の細礫サイズのスコリア火山礫で、層厚は12 cmである。鈴木(1992)が北赤田降下火砕物と呼んだ堆積物で、南の那須野が原に向かって層厚・粒径が増すとされていた。しかし、那須野が原の手前の高久丘陵南部では、本火砕物の分布が確認できず、那須野が原の北赤田降下火砕物とは別の堆積物と判断した。その分布は、那須火山群東麓の狭い範囲に限定されている(第5図)。

那須白河1降下火砕物(Ns-SR1; 鈴木, 1992)は、褐色土壌を挟んでHu-TGの20 cm上位にある、橙色～赤褐色

の発泡の良い中礫サイズのスコリア火山礫で、層厚は14 cmである。同じ堆積物は、高久丘陵北部から白河市周辺の各地に広く追跡できる(第5図)。

那須白河2降下火砕物(Ns-SR2; 鈴木, 1992)は、褐色土壌を挟んでHu-TGの32 cm下位にある、暗灰色の発泡不良の中礫サイズのスコリア火山礫混じりの粗粒火山灰で、層厚は7 cmである。その分布は、那須火山群東麓の狭い範囲に限定されている(第5図)。

那須白河3降下火砕物(Ns-SR3; 鈴木, 1992)は、褐色土壌を挟んでNs-SR2の20 cm下位にある、赤褐色で発泡の良い中礫サイズのスコリア火山礫と暗灰色で発泡不良の中礫サイズのスコリア火山礫からなり、層厚は7 cmである。他の地点では、下部に暗灰色スコリア、上部に赤褐色スコリアが多く、逆級化している。その分布は、那須火山群東麓の狭い範囲に限定されている(第5図)。



第3図 天栄火砕流堆積物を覆う風成層。福島県西郷村真船川谷 (Loc. 1)。Ag-OrP = 赤城降口原降下火砕物, KW = 川谷降下火砕物, Hu-TG = 燧ヶ岳田頭降下火砕物, Nk-MA = 日光満美穴降下火砕物, Nm-SB = 沼沢芝原降下火砕物, Ns-SR6 to 8 = 那須白河6 ~ 8降下火砕物, Tk-UB = 高原姥沢北降下火砕物。天栄火砕流は、白河火砕流群(第1図のSr)の一部層である。

Fig. 3 Eolian veneer deposits upon the Ten-ei Pyroclastic Flow Deposit at Mafune-Kawatani, Nishigo Village, Fukushima Prefecture (Loc. 1). Ag-OrP = Akagi-Origuchihara Pyroclastic Fall Deposit, KW = Kawatani Pyroclastic Fall Deposit, Hu-TG = Hiuchigatake-Tagashira Pyroclastic Fall Deposit, Nk-MA = Nikko-Mamiana Pyroclastic Deposit, Nm-SB = Numazawa-Shibahara Pyroclastic Deposit, Ns-SR6 to 8 = Nasu-Shirakawa 6 to 8 Pyroclastic Deposits, Tk-UB = Takahara-Ubasawakita Pyroclastic Deposit. The Ten-ei Pyroclastic Flow is the member of the Shirakawa Pyroclastic Flows (Sr in Fig. 1).

那須白河4降下火砕物(Ns-SR4; 鈴木, 1992)は、褐色土壌を挟んで高原姥沢北降下火砕物(Tk-UB; 鈴木, 1992; 山元, 2013)の7 cm上位に位置している。下部は暗灰色~褐色で発泡不良の中礫サイズのスコリア火山礫、上部は黄色~橙色で発泡の良い中礫サイズの軽石火山礫からなり、両者は漸移する。また、層厚は13 cmである。上部の軽石火山礫はLoc. 1で明瞭であるが、他の地点では、暗灰色~褐色スコリアが卓越している。その分布は、高久丘陵北部から白河市周辺の各地に広く追跡できる(第5図)。

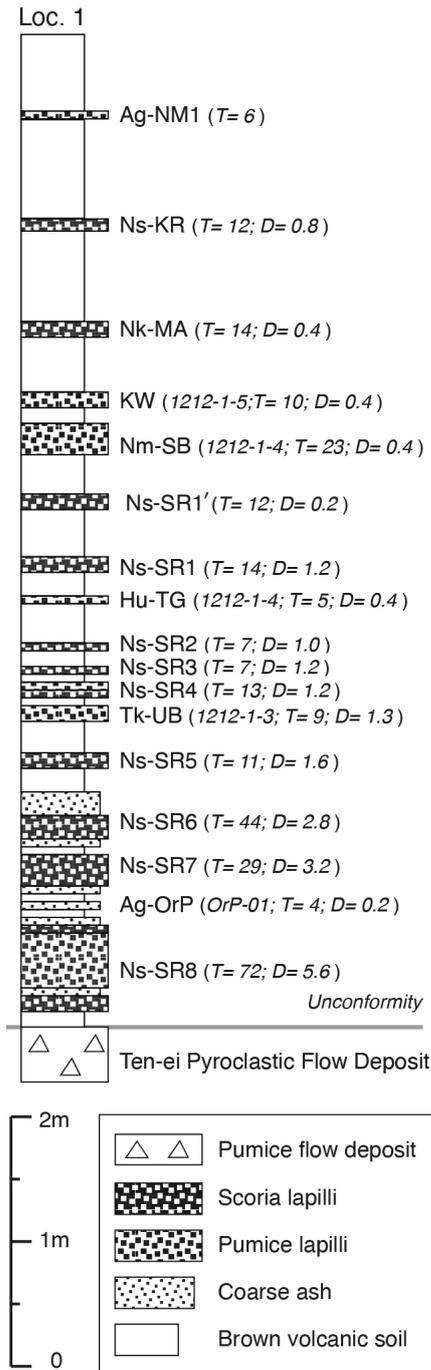
那須白河5降下火砕物(Ns-SR5; 鈴木, 1992)は、褐色土壌を挟んでTk-UBの22 cm下位にある、少量の火山灰基質を伴った赤褐色~暗灰色の中礫サイズのスコリア火山礫からなり、層厚は11 cmである。その分布は、那須火山群東麓の狭い範囲に限定されている(第5図)。

那須白河6降下火砕物(Ns-SR6; 鈴木, 1992)は、褐色

土壌を挟んでNs-SR5の20 cm下位にある、複数のユニットからなる成層したスコリア火山礫~火山灰である。下部は灰色の粗粒火山灰、中部は赤褐色で発泡不良の中礫サイズのスコリア火山礫、上部は暗褐色~赤褐色で細礫サイズのスコリア火山礫の混じった粗粒火山灰からなり、全体の層厚は44 cmである。その分布は、高久丘陵北部から白河市周辺の各地に広く追跡できる(第5図)。

那須白河7降下火砕物(Ns-SR7; 鈴木, 1992)は、褐色土壌を挟んでAg-OrPの4 cm上位にある、複数のユニットからなる成層したスコリア火山礫~火山灰である。下部は灰色の粗粒火山灰、中部は暗灰色で発泡不良の細礫サイズのスコリア火山礫、上部は赤褐色で発泡不良の中礫サイズのスコリア火山礫からなり、全体の層厚は29 cmである。その分布は、高久丘陵北部から白河市周辺の各地に広く追跡できる(第5図)。

那須白河8降下火砕物(Ns-SR8; 鈴木, 1992)は、褐色



第4図 真船川谷 (Loc. 1) における降下火砕物を挟む風成層の柱状図。テフラの名称とその特徴は第1表を参照のこと。1212-1-5, OrP-01などは試料番号。T = テフラ層の厚さで、単位はcm。D = テフラの平均最大粒径で、単位はcm。山元 (2016) による。

Fig. 4 Stratigraphic column of eolian veneer deposits intercalating with pyroclastic fallouts at Mafune-Kawatani (Loc. 1). See Table 1 for the tephra names and its compositions. 1212-1-5, OrP-01, etc. are the sample number. T = thickness of the tephra unit in centimeters. D = averaged maximum diameter of grains of the tephra unit in centimeters. After Yamamoto (2016).

土壌を挟んでAg-OrPの3 cm下位にある、複数のユニットからなる成層した軽石火山礫・スコリア火山礫～火山灰である。最下部は逆級化した暗灰色で発泡の良い中礫サイズのスコリア火山礫、暗灰色の粗粒火山灰を挟んで、中部は黄色の良く発泡した中礫サイズの軽石火山礫、上部は灰色で発泡不良の中礫サイズのスコリア火山礫、最上部は灰色で発泡不良の細礫サイズのスコリア火山礫からなり、全体の層厚は72cmである。鈴木(1992)が記載したように、本降下火砕物はNs-SR群で最も層厚が大きく、かつ軽石が特徴的で、野外での認定が容易い。その分布は、高久丘陵北部から白河市周辺の各地に広く追跡できる(第5図)。

Loc. 1で欠落している那須白河9～12降下火砕物(Ns-SR9～Ns-SR12; 鈴木, 1992)は、白河市から泉崎村にかけての丘陵地で確認できる(山元, 1999; 2012)。Ns-SR9・Ns-SR10は、Ns-SR8と燧ヶ岳七入降下火砕物(Hu-NN; 山元, 1999; 2012)の間に、Ns-SR11・Ns-SR12はHu-NNと鬼怒沼黒田原降下火砕物(Kn-KD; 山元, 1999; 2012)の間に、それぞれ位置している。これらのうち、Ns-SR9は、高久丘陵北部から白河市周辺の各地に広く追跡でき(第5図)、その規模はNs-SR8に次いでいる。これも複数のユニットからなる成層したスコリア火山礫～火山灰を主体とし、分布主軸で基底部に白色軽石火山礫を伴っている。

### 5. 余笹川岩屑なだれ堆積物直下の軽石礫の主成分化学組成

余笹川岩屑なだれ堆積物は、栃木県那須町余笹(Loc. 6)の余笹川左岸を模式地に、河川堆積物を挟んで黒礫岩屑なだれ堆積物の下位にある山体崩壊堆積物を対象に命名されたものである(山元, 2006)。この堆積物は層厚3.5 m前後の塊状で基質支持の凝灰角礫岩で、その基質は結晶片・白色軽石火山礫・木片を含んだ灰色の淘汰不良安山岩質火山灰からなり、破碎して角礫岩化した安山岩の岩塊や未破碎の軽石火山礫凝灰岩の岩塊を包有している。また、堆積物の下位にある河川堆積物にも良く円磨された単斜輝石直方輝石流紋岩の白色軽石礫(IO-101)が大量に含まれている(第6図)。山元(2006)は、試料IO-101の斑晶組合せや火山ガラスの屈折率( $n: 1.502 \sim 1.507$ )、直方輝石の屈折率( $\gamma: 1.715 \sim 1.717$ )から、これを大田原火砕流堆積物(Sb-OT)起源と考えていた。これに対して、菊地・長谷川(2020)は、同じ地点で採取された軽石礫ガラスとSb-OT中の軽石の主成分化学組成を明らかにし、両者は一致しないとしている。しかしながら、菊地・長谷川(2020)の示したSb-OT火山ガラスの化学組成は、山田ほか(2018)の示したSb-OTの分析値と比べ、 $\text{SiO}_2$ 量が多く、FeO量がかなり少ない点で、大きく異なっている。

本報告では、比較のため試料IO-101とSb-OTの本質軽石3試料(KT103, 950605-3, 030426-1)、余笹川岩屑な

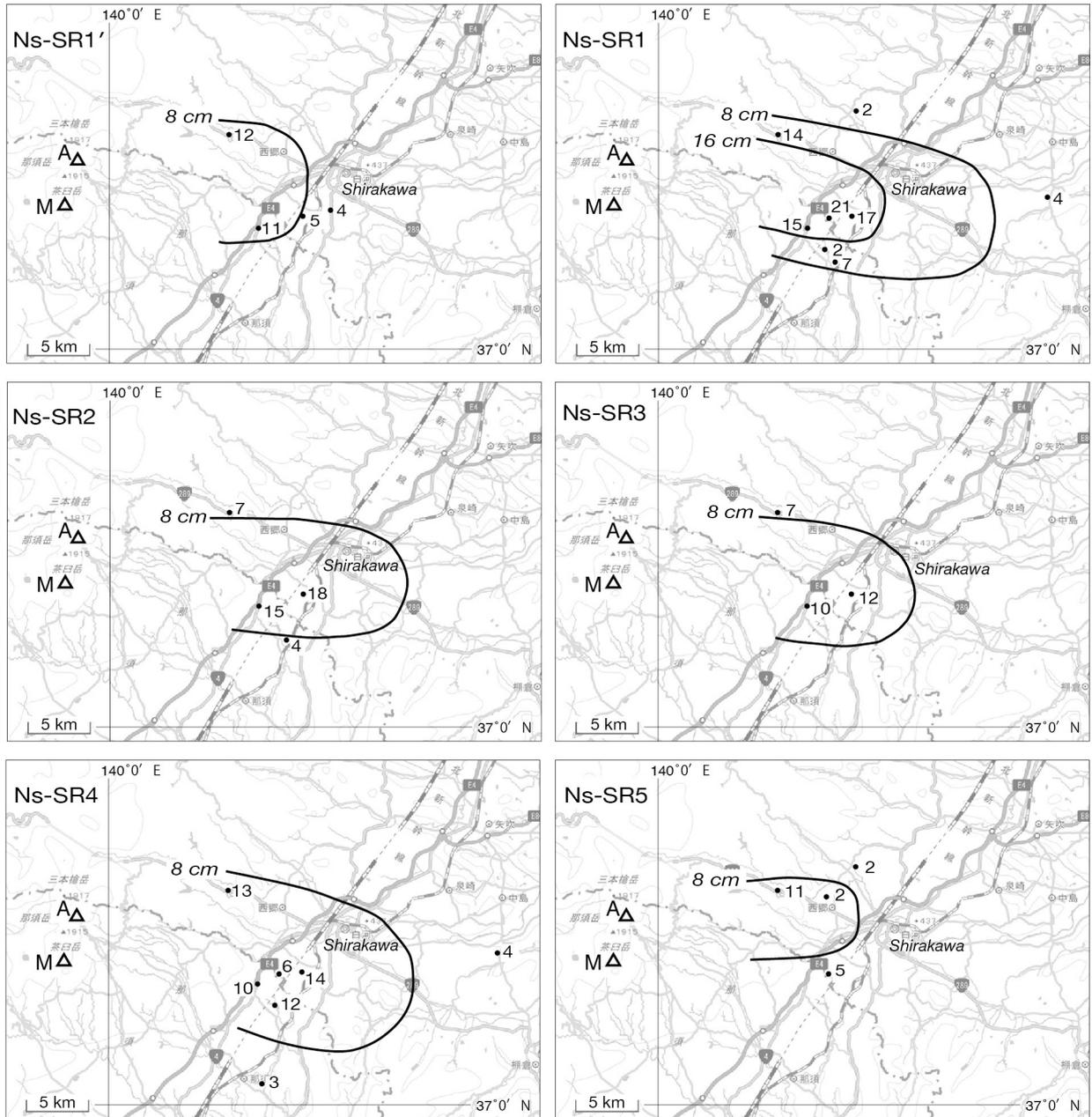
第2表 川谷降下火砕物(試料1212-1-5 : Loc. 1), 火山ガラスのEDXによる主成分分析結果, S.D. = 標準偏差  
 Table 2 Major element contents of volcanic glass shards in the Kawatani Pyroclastic Fall Deposit (1212-1-5 in Loc. 1) by EDX measurements, S.D. = standard deviation.

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Average	S.D.
SiO <sub>2</sub>	74.11	73.78	73.97	72.06	73.48	73.29	72.19	71.78	73.09	72.91	73.26	72.79	70.90	72.60	73.46	72.91	0.88
TiO <sub>2</sub>	0.33	0.40	0.52	0.39	0.36	0.27	0.47	0.37	0.32	0.43	0.60	0.43	0.41	0.48	0.46	0.42	0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.57	10.51	11.78	11.02	11.42	11.75	10.64	10.52	10.62	10.79	11.19	11.25	11.02	11.59	10.67	11.02	0.45
FeO	1.38	1.51	2.24	1.99	2.01	1.69	1.78	1.62	1.56	1.67	2.28	2.15	2.17	2.47	1.69	1.88	0.33
MnO	0.05	0.00	0.10	0.01	0.00	0.00	0.02	0.13	0.06	0.02	0.08	0.11	0.00	0.01	0.09	0.05	0.05
MgO	0.24	0.19	0.48	0.34	0.39	0.36	0.30	0.25	0.22	0.36	0.43	0.37	0.41	0.54	0.34	0.35	0.10
CaO	1.24	1.19	1.94	1.73	1.77	1.71	1.55	1.25	1.33	1.63	1.91	1.83	1.86	2.06	1.49	1.63	0.28
Na <sub>2</sub> O	2.95	3.00	3.07	2.96	3.01	3.21	2.89	2.86	2.80	2.64	2.95	2.93	2.89	2.83	2.86	2.92	0.13
K <sub>2</sub> O	3.15	3.24	2.85	2.85	2.76	2.60	2.86	2.98	3.05	2.93	2.86	2.89	2.74	2.74	2.90	2.89	0.16
Total	94.02	93.82	96.95	93.35	95.20	94.88	92.70	91.76	93.05	93.38	95.56	94.75	92.40	95.32	93.96	94.07	

point No.	Average	S.D.
SiO <sub>2</sub>	77.51	0.88
TiO <sub>2</sub>	0.44	0.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.71	0.36
FeO	2.00	0.33
MnO	0.05	0.05
MgO	0.37	0.10
CaO	1.73	0.28
Na <sub>2</sub> O	3.11	0.12
K <sub>2</sub> O	3.08	0.19
Total	100.00	100.00

那須火山群周辺の中期～後期更新世テフラ層序 (山元)



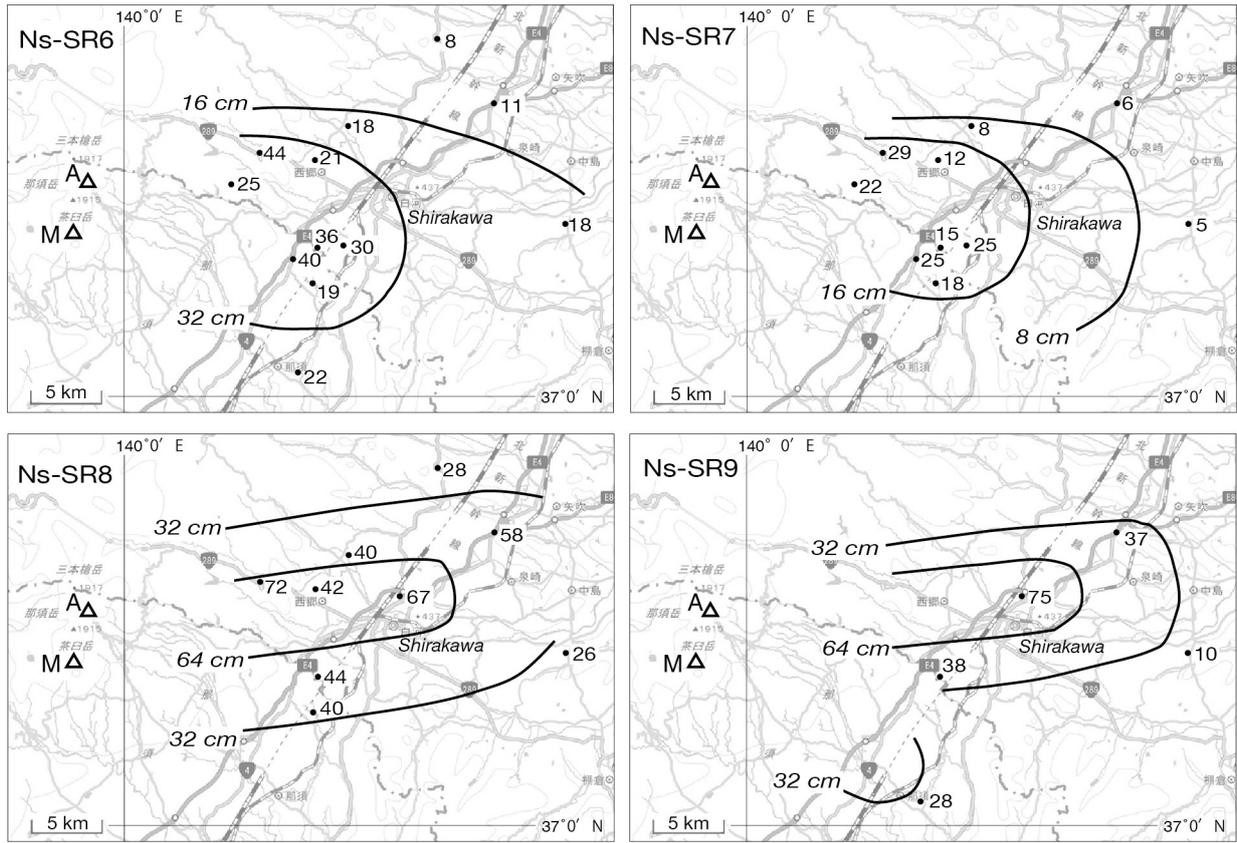
第5図(1/2) 那須白河降下火砕物群(Ns-SRs)の分布. 数字は降下火砕堆積物の層厚で, 単位はcm. 太線は等層厚線. A = 朝日岳火山; M = 南月山火山. 背景図は地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp>) からの出力.

Fig. 5 (1/2) Distribution of the Nasu-Shirakawa Pyroclastic Fall Deposits (Ns-SRs). Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Solid lines are isopachs. A = Asahidake Volcano; M = Minamigassan Volcano. This topographic image was outputted from GSI Maps (<https://maps.gsi.go.jp>) by the Geospatial Information Authority of Japan.

だれ堆積物の下位にある前期更新世芦野火砕流堆積物(As04; 第1図の白河火砕流群の一部層)の火山ガラスの主成分化学組成を分析した. 試料KT103は山元(2006)が大田原火砕流堆積物として火山ガラス・直方輝石の屈折率を測定した矢板市金和崎岩(Loc. 8)の軽石の残り, 山田ほか(2018)のLoc.13とほぼ同じ地点で採取している. また, 試料950605-3は那須塩原市鳥野目河川公園対岸の那珂川左岸(Loc. 3)で, 黒磯岩屑なだれ堆積物に直

接覆られるSb-OTから採取した. 試料030426-1は大田原市城山の蛇尾橋下(Loc. 7)のSb-OTから採取したもので, 位置は菊地・長谷川(2020)のLoc. 9に近い. 試料As04はYamamoto(2011)が全岩化学組成分析を行い, 芦野火砕流であることを確認した軽石の残りである.

Sb-OT, 3試料の火山ガラスの主成分化学組成(第3表, 第4表, 第5表)は,  $\text{SiO}_2 = 76.54 \sim 77.78 \text{ wt\%}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 12.06 \sim 12.57 \text{ wt\%}$ ,  $\text{FeO} = 1.01 \sim 2.00 \text{ wt\%}$ ,  $\text{MgO} = 0.20 \sim 0.38 \text{ wt\%}$ ,



第5図(2/2) 続き.  
Fig. 5 (2/2) Continued.

CaO = 1.72 ~ 2.14 wt%, Na<sub>2</sub>O = 3.36 ~ 3.93 wt%, K<sub>2</sub>O = 2.30 ~ 2.65 wt%の範囲に良くまとまる。また、試料IO-101の火山ガラスの主成分化学組成の平均値は、SiO<sub>2</sub> = 77.36 wt%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 12.09 wt%, FeO = 1.91 wt%, MgO = 0.32 wt%, CaO = 2.03 wt%, Na<sub>2</sub>O = 3.26 wt%, K<sub>2</sub>O = 2.61 wt%であった(第6表)。試料IO-101は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とNa<sub>2</sub>O量がSb-OTよりもやや少ないものの、全体としては組成が類似している。一方、試料As04の火山ガラスの主成分化学組成の平均値は、SiO<sub>2</sub> = 78.73 wt%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 11.79 wt%, FeO = 1.36 wt%, MgO = 0.27 wt%, CaO = 1.75 wt%, Na<sub>2</sub>O = 3.54 wt%, K<sub>2</sub>O = 2.19 wt%で、Sb-OTやIO-101とは大きく異なっている(第7表)。

### 6. 真船降下火砕物群の層序と岩相

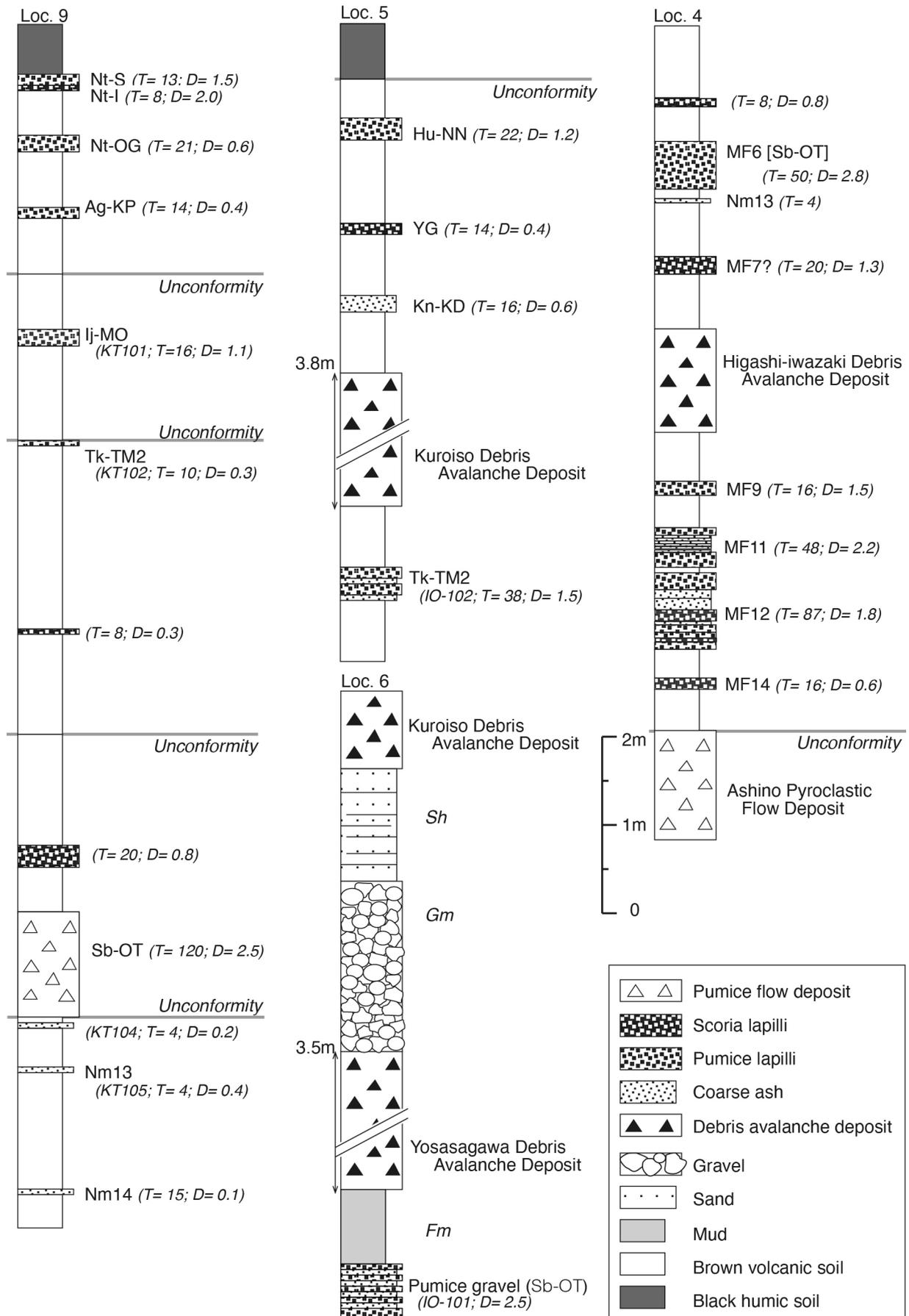
菊地・長谷川(2020)は、栃木県那須町芦野のピレッジ那須ゴルフ場跡地(原著のLoc. 1; 本報告のLoc. 4)で、余笹川岩屑なだれ堆積物の上位に、下位からNS02 ~ NS11の火砕物を記載し、このうちNS04がApmテフラ群に対比されるとした。しかし、彼らの示した露頭柱状図はゴルフ場跡地に点在する離れた露頭を、全てが水平に堆積したとして標高で積み重ね示したもので、実際に連続露頭があるわけではない。ゴルフ場跡地の東には層厚50 m前

(→ p. 407)

第6図 Locs. 4, 5, 6及び9における露頭柱状図。テフラの名称とその特徴は第1表を参照のこと。Fm = 塊状泥; Gm = 岩片支持で塊状の礫; Sh = 平行層理を持つ砂。KT101, IO-101などは試料番号。T = テフラ層の厚さで、単位はcm。D = テフラの平均最大粒径で、単位はcm。芦野火砕流は、白河火砕流群(第1図のSr)の一部層である。Locs. 5, 6及び9柱状図は、山元(2013)による。

Fig. 6. Stratigraphic columns at Locs. 4, 5, 6 and 9. See Table 1 for the tephra names and its compositions. Fm = massive mud; Gm = clast-supported, massive gravel; Sh = horizontal-bedded sand. KT101, IO-101, etc. are the sample number. T = thickness of the tephra unit in centimeters. D = averaged maximum diameter of grains of the tephra unit in centimeters. The Ashino Pyroclastic Flow is the member of the Shirakawa Pyroclastic Flows (Sr in Fig. 1). Columns at Locs. 5, 6 and 9 are taken from Yamamoto (2013).

那須火山群周辺の中期～後期更新世テフラ層序 (山元)



第3表 大田原火砕流堆積物(試料KT103: Loc. 8), 火山ガラスのEDXによる主成分分析結果. S.D. = 標準偏差  
 Table 3 Major element contents of volcanic glass shards in the Otawara Pyroclastic Flow Deposit (KT103 in Loc. 8) by EDX measurements. S.D. = standard deviation.

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Average	S.D.
SiO <sub>2</sub>	72.48	73.61	73.41	74.45	74.10	74.12	73.81	73.83	73.44	73.87	73.65	74.22	73.99	73.28	72.82	73.67	0.53
TiO <sub>2</sub>	0.18	0.25	0.36	0.25	0.23	0.25	0.23	0.33	0.31	0.21	0.30	0.29	0.26	0.29	0.24	0.27	0.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.62	11.79	11.74	11.94	11.84	11.87	11.91	11.97	11.77	11.78	11.77	11.90	11.92	11.91	11.70	11.83	0.10
FeO	1.09	1.37	1.83	1.27	1.67	1.78	1.60	1.79	1.70	1.49	1.65	1.69	1.61	1.89	1.90	1.62	0.23
MnO	0.17	0.17	0.08	0.12	0.00	0.10	0.09	0.18	0.00	0.18	0.10	0.08	0.14	0.11	0.17	0.11	0.06
MgO	0.27	0.23	0.33	0.23	0.22	0.29	0.28	0.20	0.27	0.23	0.23	0.23	0.32	0.19	0.33	0.26	0.05
CaO	2.00	1.93	2.01	1.94	1.90	1.87	1.90	1.94	1.93	1.89	1.92	1.96	1.96	1.92	1.97	1.94	0.04
Na <sub>2</sub> O	3.58	3.36	3.42	3.44	3.47	3.56	3.50	3.45	3.54	3.47	3.47	3.42	3.47	3.48	3.74	3.49	0.09
K <sub>2</sub> O	2.29	2.51	2.33	2.43	2.33	2.35	2.33	2.32	2.38	2.41	2.24	2.21	2.30	2.37	2.26	2.34	0.08
Total	93.68	95.22	95.51	96.07	95.76	96.19	95.65	96.01	95.34	95.53	95.33	96.09	95.97	95.44	95.13	95.53	

point No.	Average															S.D.	
SiO <sub>2</sub>	77.37	77.31	76.86	77.50	77.38	77.06	77.17	76.90	77.03	77.33	77.26	77.24	77.10	76.78	76.55	77.12	0.26
TiO <sub>2</sub>	0.19	0.26	0.38	0.26	0.24	0.26	0.24	0.34	0.33	0.22	0.31	0.30	0.27	0.30	0.25	0.28	0.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.40	12.38	12.29	12.43	12.36	12.34	12.45	12.47	12.35	12.33	12.35	12.38	12.42	12.48	12.30	12.38	0.06
FeO	1.16	1.44	1.92	1.32	1.74	1.85	1.67	1.86	1.78	1.56	1.73	1.76	1.68	1.98	2.00	1.70	0.24
MnO	0.18	0.18	0.08	0.12	0.00	0.10	0.09	0.19	0.00	0.19	0.10	0.08	0.15	0.12	0.18	0.12	0.06
MgO	0.29	0.24	0.35	0.24	0.23	0.30	0.29	0.21	0.28	0.24	0.24	0.33	0.33	0.20	0.35	0.27	0.05
CaO	2.13	2.03	2.10	2.02	1.98	1.94	1.99	2.02	2.02	1.98	2.01	2.04	2.04	2.01	2.07	2.03	0.05
Na <sub>2</sub> O	3.82	3.53	3.58	3.58	3.62	3.70	3.66	3.59	3.71	3.63	3.64	3.56	3.62	3.65	3.93	3.66	0.10
K <sub>2</sub> O	2.44	2.64	2.44	2.53	2.43	2.44	2.44	2.42	2.50	2.52	2.35	2.30	2.40	2.48	2.38	2.45	0.08
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

第4表 大田原火砕流堆積物(試料950605-3: Loc. 3), 火山ガラスのEDXによる主成分分析結果, S.D. = 標準偏差  
 Table 4 Major element contents of volcanic glass shards in the Otawara Pyroclastic Flow Deposit (950605-3 in Loc. 3) by EDX measurements. S.D. = standard deviation.

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Average	S.D.
SiO <sub>2</sub>	73.42	74.62	73.87	73.07	73.66	73.65	74.41	73.80	73.61	73.84	74.27	74.20	73.78	73.32	73.67	73.81	0.42
TiO <sub>2</sub>	0.27	0.16	0.35	0.30	0.29	0.32	0.22	0.26	0.32	0.27	0.37	0.29	0.32	0.24	0.21	0.28	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.85	12.00	11.84	11.70	12.01	11.87	12.06	11.95	11.87	11.84	12.03	11.90	11.76	11.79	11.79	11.88	0.11
FeO	1.31	0.97	1.31	1.12	1.50	1.66	1.37	1.61	1.23	1.00	1.50	1.37	1.33	1.74	1.75	1.38	0.25
MnO	0.12	0.20	0.07	0.07	0.04	0.14	0.06	0.07	0.12	0.08	0.00	0.10	0.16	0.07	0.11	0.09	0.05
MgO	0.30	0.25	0.28	0.30	0.32	0.30	0.27	0.29	0.28	0.26	0.29	0.30	0.29	0.32	0.36	0.29	0.03
CaO	1.97	1.86	1.88	1.92	1.95	2.01	1.92	2.01	1.95	1.81	1.88	1.97	1.97	2.04	2.04	1.95	0.07
Na <sub>2</sub> O	3.33	3.39	3.50	3.39	3.45	3.23	3.38	3.33	3.20	3.31	3.33	3.25	3.27	3.36	3.21	3.33	0.09
K <sub>2</sub> O	2.44	2.55	2.32	2.29	2.30	2.38	2.40	2.31	2.36	2.52	2.38	2.35	2.29	2.29	2.38	2.37	0.08
Total	95.01	96.00	95.42	94.16	95.52	95.56	96.09	95.63	94.94	94.93	96.05	95.73	95.17	95.17	95.52	95.39	

point No.	Average															S.D.	
SiO <sub>2</sub>	77.28	77.73	77.42	77.60	77.11	77.07	77.44	77.17	77.53	77.78	77.32	77.51	77.52	77.04	77.13	77.38	0.24
TiO <sub>2</sub>	0.28	0.17	0.37	0.32	0.30	0.33	0.23	0.27	0.34	0.28	0.39	0.30	0.34	0.25	0.22	0.29	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.47	12.50	12.41	12.43	12.57	12.42	12.55	12.50	12.50	12.47	12.52	12.43	12.36	12.39	12.34	12.46	0.07
FeO	1.38	1.01	1.37	1.19	1.57	1.74	1.43	1.68	1.30	1.05	1.56	1.43	1.40	1.83	1.83	1.45	0.25
MnO	0.13	0.21	0.07	0.07	0.04	0.15	0.06	0.07	0.13	0.08	0.00	0.10	0.17	0.07	0.12	0.10	0.05
MgO	0.32	0.26	0.29	0.32	0.34	0.31	0.28	0.30	0.29	0.27	0.30	0.31	0.30	0.34	0.38	0.31	0.03
CaO	2.07	1.94	1.97	2.04	2.04	2.10	2.00	2.10	2.05	1.91	1.96	2.06	2.07	2.14	2.14	2.04	0.07
Na <sub>2</sub> O	3.50	3.53	3.67	3.60	3.61	3.38	3.52	3.48	3.37	3.49	3.47	3.39	3.44	3.53	3.36	3.49	0.09
K <sub>2</sub> O	2.57	2.66	2.43	2.43	2.41	2.49	2.50	2.42	2.49	2.65	2.48	2.45	2.41	2.41	2.49	2.49	0.08
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

第5表 大田原火砕流堆積物(試料030426-1 : Loc. 7), 火山ガラスのEDXによる主成分分析結果, S.D. = 標準偏差  
 Table 5 Major element contents of volcanic glass shards in the Otawara Pyroclastic Flow Deposit (030426-1 in Loc. 7) by EDX measurements. S.D. = standard deviation.

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Average	S.D.
SiO <sub>2</sub>	72.48	73.16	73.21	73.04	73.24	74.03	72.11	73.15	72.53	72.41	73.47	72.78	72.66	72.13	72.75	72.88	0.52
TiO <sub>2</sub>	0.31	0.30	0.29	0.34	0.15	0.27	0.20	0.30	0.31	0.20	0.30	0.33	0.22	0.27	0.32	0.27	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.46	11.42	11.52	11.46	11.88	11.18	11.49	11.37	11.52	11.69	11.60	11.50	11.54	11.39	11.45	11.50	0.16
FeO	1.64	1.78	1.65	1.72	1.83	1.48	1.73	1.84	1.72	1.64	1.61	1.81	1.63	1.77	1.60	1.70	0.10
MnO	0.04	0.13	0.09	0.14	0.11	0.06	0.13	0.06	0.10	0.07	0.16	0.12	0.02	0.09	0.14	0.10	0.04
MgO	0.30	0.29	0.24	0.23	0.29	0.15	0.19	0.24	0.26	0.30	0.25	0.25	0.19	0.30	0.28	0.25	0.05
CaO	1.77	1.76	1.79	1.71	1.81	1.54	1.77	1.64	1.81	1.73	1.67	1.73	1.76	1.60	1.79	1.73	0.08
Na <sub>2</sub> O	3.35	3.37	3.27	3.38	3.42	3.27	3.39	3.28	3.25	3.29	3.43	3.34	3.28	3.31	3.42	3.34	0.06
K <sub>2</sub> O	2.27	2.31	2.26	2.38	2.36	2.17	2.39	2.37	2.38	2.28	2.39	2.29	2.31	2.39	2.33	2.33	0.06
Total	93.62	94.52	94.32	94.40	95.09	94.15	93.40	94.25	93.88	93.61	94.88	94.15	93.61	93.25	94.08	94.08	
point No.																	
SiO <sub>2</sub>	77.42	77.40	77.62	77.37	77.02	78.63	77.21	77.61	77.26	77.35	77.43	77.30	77.62	77.35	77.33	77.46	0.36
TiO <sub>2</sub>	0.33	0.32	0.31	0.36	0.16	0.29	0.21	0.32	0.33	0.21	0.32	0.35	0.24	0.29	0.34	0.29	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.24	12.08	12.21	12.14	12.49	11.87	12.30	12.06	12.27	12.49	12.23	12.21	12.33	12.21	12.17	12.22	0.16
FeO	1.75	1.88	1.75	1.82	1.92	1.57	1.85	1.95	1.83	1.75	1.70	1.92	1.74	1.90	1.70	1.80	0.11
MnO	0.04	0.14	0.10	0.15	0.12	0.06	0.14	0.06	0.11	0.07	0.17	0.13	0.02	0.10	0.15	0.10	0.04
MgO	0.32	0.31	0.25	0.24	0.30	0.16	0.20	0.25	0.28	0.32	0.26	0.27	0.20	0.32	0.30	0.27	0.05
CaO	1.89	1.86	1.90	1.81	1.90	1.64	1.90	1.74	1.93	1.85	1.76	1.84	1.88	1.72	1.90	1.83	0.08
Na <sub>2</sub> O	3.58	3.57	3.47	3.58	3.60	3.47	3.63	3.48	3.46	3.51	3.62	3.55	3.50	3.55	3.64	3.55	0.06
K <sub>2</sub> O	2.42	2.44	2.40	2.52	2.48	2.30	2.56	2.51	2.54	2.44	2.52	2.43	2.47	2.56	2.48	2.47	0.07
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
Average																	
S.D.																	

第6表 試料IO-101 (Loc. 6), 火山ガラスのEDXによる主成分分析結果, S.D. = 標準偏差  
 Table 6 Major element contents of volcanic glass shards of IO-101 (Loc. 6) by EDX measurements. S.D. = standard deviation.

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Average	S.D.
SiO <sub>2</sub>	73.28	72.50	72.38	72.96	71.00	72.76	72.23	72.47	72.58	72.11	73.13	72.94	72.25	72.53	71.98	72.47	0.55
TiO <sub>2</sub>	0.29	0.36	0.39	0.37	0.33	0.34	0.35	0.25	0.20	0.41	0.31	0.46	0.40	0.37	0.34	0.34	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.35	11.25	11.28	11.35	12.17	11.23	11.22	11.06	11.29	11.27	11.29	11.29	11.40	11.13	11.33	11.33	0.25
FeO	1.99	1.74	1.77	1.87	2.27	1.48	1.87	1.88	1.88	1.64	1.82	1.80	1.63	1.57	1.71	1.79	0.19
MnO	0.00	0.05	0.03	0.01	0.03	0.03	0.01	0.11	0.20	0.15	0.00	0.18	0.04	0.02	0.01	0.06	0.07
MgO	0.26	0.24	0.30	0.29	0.36	0.26	0.32	0.33	0.29	0.33	0.27	0.32	0.31	0.25	0.33	0.30	0.04
CaO	1.79	1.85	1.91	1.88	2.55	1.79	1.84	1.83	1.82	1.92	1.98	1.93	1.81	1.83	1.83	1.90	0.19
Na <sub>2</sub> O	3.09	3.01	3.07	3.19	3.02	3.01	3.07	2.93	3.07	3.05	3.00	3.02	3.10	3.09	3.05	3.05	0.06
K <sub>2</sub> O	2.51	2.49	2.42	2.41	2.28	2.53	2.49	2.57	2.49	2.36	2.35	2.48	2.40	2.41	2.49	2.45	0.08
Total	94.56	93.49	93.55	94.33	94.01	93.43	93.40	93.43	93.72	93.24	94.15	94.42	93.34	93.20	93.07	93.69	

point No.	Average															S.D.	
SiO <sub>2</sub>	77.50	77.55	77.37	77.35	75.52	77.88	77.33	77.57	77.44	77.34	77.67	77.25	77.41	77.82	77.34	77.36	0.54
TiO <sub>2</sub>	0.31	0.39	0.42	0.39	0.35	0.36	0.37	0.27	0.21	0.44	0.33	0.49	0.43	0.40	0.37	0.37	0.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.00	12.03	12.06	12.03	12.95	12.02	12.01	11.84	12.05	12.09	11.99	11.96	12.21	11.94	12.17	12.09	0.25
FeO	2.10	1.86	1.89	1.98	2.41	1.58	2.00	2.01	1.90	1.76	1.93	1.91	1.75	1.68	1.84	1.91	0.19
MnO	0.00	0.05	0.03	0.01	0.03	0.03	0.01	0.12	0.21	0.16	0.00	0.19	0.04	0.02	0.01	0.06	0.07
MgO	0.27	0.26	0.32	0.31	0.38	0.28	0.34	0.35	0.31	0.35	0.29	0.34	0.33	0.27	0.35	0.32	0.04
CaO	1.89	1.98	2.04	1.99	2.71	1.92	1.97	1.96	1.94	2.06	2.10	2.04	1.94	1.96	1.97	2.03	0.20
Na <sub>2</sub> O	3.27	3.22	3.28	3.38	3.21	3.22	3.29	3.14	3.28	3.27	3.19	3.20	3.32	3.32	3.28	3.26	0.06
K <sub>2</sub> O	2.65	2.66	2.59	2.55	2.43	2.71	2.67	2.75	2.66	2.53	2.50	2.63	2.57	2.59	2.68	2.61	0.09
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

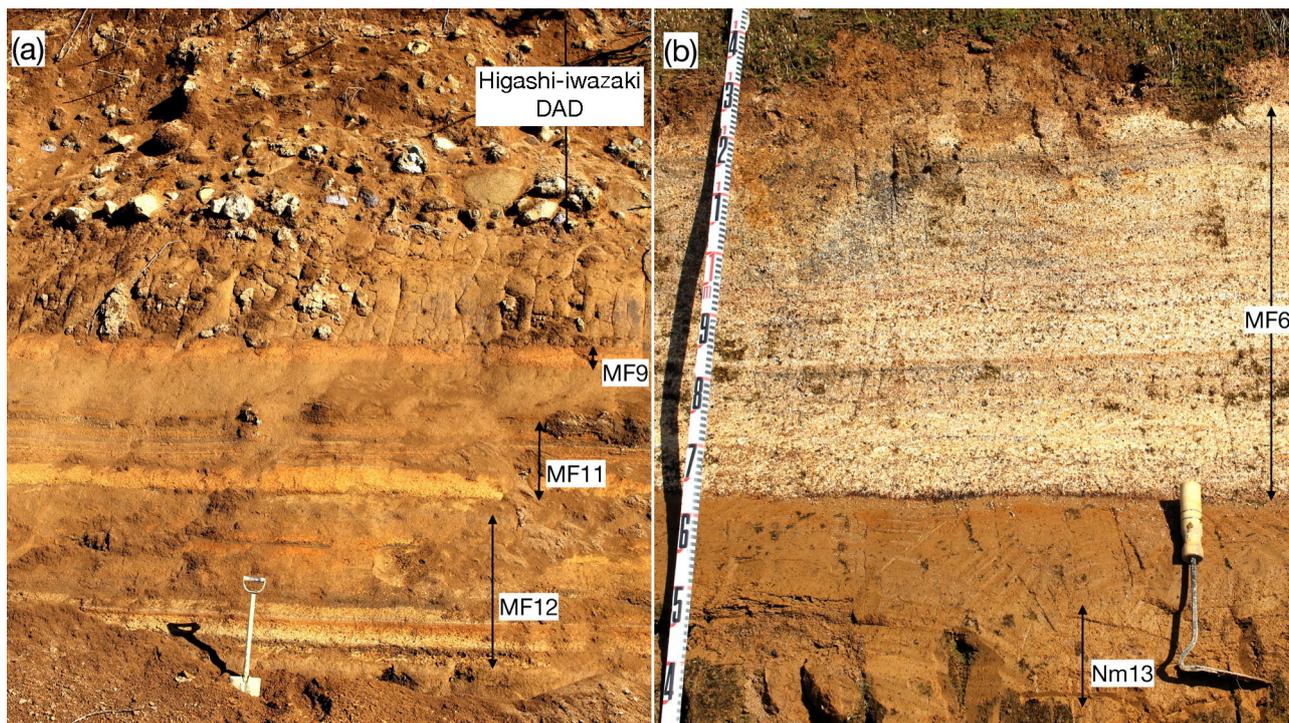
第7表 芦野火砕流堆積物(試料As04: Yamamoto, 2011), 火山ガラスのEDXによる主成分分析結果. S.D. = 標準偏差

Table 7 Major element contents of volcanic glass shards in the Ashino Pyroclastic Flow Deposit (As04: Yamamoto, 2011) by EDX measurements. S.D. = standard deviation.

point.No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Average	S.D.
SiO <sub>2</sub>	74.08	73.63	74.15	76.05	75.32	74.10	73.82	74.24	73.20	74.36	74.37	74.63	73.74	74.05	75.33	74.34	0.74
TiO <sub>2</sub>	0.19	0.34	0.32	0.29	0.16	0.37	0.34	0.35	0.34	0.33	0.31	0.25	0.22	0.19	0.17	0.28	0.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.16	11.09	10.99	11.00	11.30	11.22	10.84	11.42	11.01	11.26	11.26	11.24	10.97	11.16	11.10	11.13	0.15
FeO	1.19	1.27	1.28	1.24	1.23	1.38	1.32	1.16	1.26	1.25	1.29	1.32	1.46	1.31	1.33	1.29	0.07
MnO	0.11	0.07	0.19	0.04	0.03	0.05	0.03	0.13	0.06	0.10	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.07	0.06
MgO	0.23	0.30	0.22	0.20	0.26	0.26	0.27	0.20	0.28	0.32	0.24	0.27	0.24	0.25	0.32	0.26	0.04
CaO	1.65	1.62	1.60	1.67	1.72	1.61	1.66	1.63	1.60	1.73	1.67	1.63	1.62	1.69	1.62	1.65	0.04
Na <sub>2</sub> O	3.38	3.34	3.29	3.35	3.46	3.28	3.30	3.34	3.26	3.33	3.39	3.39	3.34	3.35	3.33	3.34	0.05
K <sub>2</sub> O	2.12	2.02	1.98	2.13	2.09	1.99	2.08	2.03	2.03	2.12	2.11	2.04	2.10	2.05	2.09	2.07	0.05
Total	94.11	93.68	94.02	95.97	95.57	94.26	93.66	94.50	93.04	94.80	94.64	94.77	93.69	94.13	95.42	94.42	

point.No.	Average															S.D.	
SiO <sub>2</sub>	78.72	78.60	78.87	79.24	78.81	78.61	78.82	78.56	78.68	78.44	78.58	78.75	78.71	78.67	78.95	78.73	0.19
TiO <sub>2</sub>	0.20	0.36	0.34	0.30	0.17	0.39	0.36	0.37	0.37	0.35	0.33	0.26	0.23	0.20	0.18	0.29	0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.86	11.84	11.69	11.46	11.82	11.90	11.57	12.08	11.83	11.88	11.90	11.86	11.71	11.86	11.63	11.79	0.15
FeO	1.26	1.36	1.36	1.29	1.29	1.46	1.41	1.23	1.35	1.32	1.36	1.39	1.56	1.39	1.39	1.36	0.08
MnO	0.12	0.07	0.20	0.04	0.03	0.05	0.03	0.14	0.06	0.11	0.00	0.00	0.00	0.08	0.14	0.07	0.06
MgO	0.24	0.32	0.23	0.21	0.27	0.28	0.29	0.21	0.30	0.34	0.25	0.28	0.26	0.27	0.34	0.27	0.04
CaO	1.75	1.73	1.70	1.74	1.80	1.71	1.77	1.72	1.72	1.82	1.76	1.72	1.73	1.80	1.70	1.75	0.04
Na <sub>2</sub> O	3.59	3.57	3.50	3.49	3.62	3.48	3.52	3.53	3.50	3.51	3.58	3.58	3.56	3.56	3.49	3.54	0.04
K <sub>2</sub> O	2.25	2.16	2.11	2.22	2.19	2.11	2.22	2.15	2.18	2.24	2.23	2.15	2.24	2.18	2.19	2.19	0.05
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	



第7図 福島県那須町芦野(Loc. 4)における露頭写真. 真船9・11・12 (MF9, MF11, MF12)降下火砕物とこれらを覆う東岩崎岩屑なだれ堆積物(a). 東岩崎岩屑なだれ堆積物は、塊状で基質支持の安山岩角礫からなる. 真船11・12降下火砕物は成層し、多数の降下ユニットからなる. 真船6 (MF6)降下火砕物と根元13 (Nm13)降下火砕物(b). 真船6降下火砕物は粘土化した軽石火山礫を主体とし、火山灰薄層を挟む. 一方、根元13降下火砕物は、黒雲母を多く含む火山灰である. スコップの長さは約80 cm.

Fig. 7 Outcrop photographs at Ashino, Nasu Town, Tochigi Prefecture (Loc. 4). The Mafune 9, 11 and 12 (MF9, MF11 and MF12) Pyroclastic Fall Deposits and the overlying Higashi-iwazaki Debris Avalanche Deposit (a). The Higashi-iwazaki Debris Avalanche Deposit are massive, matrix-supported andesite breccia. The Mafune 11 and 12 Pyroclastic Fall Deposits are well-stratified and consist of many fall units. The Mafune 6 (MF6) Pyroclastic Fall Deposit and the Nemoto 13 (Nm13) Pyroclastic Fall Deposit (b). The Mafune 6 Pyroclastic Fall Deposit are mainly made up of pumice lapilli altered as clay and intercalated with thin ash layers. the Nemoto 13 Pyroclastic Fall Deposit is ash having abundant biotite. The length of the shovel is about 80 cm.

後の芦野火砕流堆積物の模式露頭(館山城址の急崖)があり、岩屑なだれ堆積物を挟んだ風成層は、侵食された芦野火砕流堆積物の南西向き片斜面をマントル被覆している。そのため彼らの露頭柱状図では、最下位にあるはずの芦野火砕流堆積物が中位のNS06として図示され、上下関係が混乱している。本報告では、改めて同地点のテフラ層序を記載し、菊地・長谷川(2020)の柱状図の間違いを修正する。すなわち、Loc. 4に露出する降下火砕物は、山元(1999)が西郷村堀川ダム(Loc. 2)で記載した黒礫岩屑なだれ堆積物に覆われる真船降下火砕物群の下部に相当している(第6図)。火砕物の粘土化が著しく、一部の黒雲母や鉄鉱を除いて、有色鉱物は分解しているものの、その特徴的な岩相と層序から、対比は容易であった。以下に上位から岩相を示す。

真船6降下火砕物(MF6)は、層厚50 cmの降下火砕物で、粘土化した白色～クリーム色の軽石火山礫を主体とし、灰色～暗灰色石質安山岩火山礫を伴っている。軽

石の最大粒径は2.8 cmである。細礫サイズの軽石火山礫～粗粒火山灰の薄層を多数挟み、成層している(第7図)。この成層した軽石降下火砕物の岩相は、MF6を特徴付けるものである(山元, 1999)。本地点からは有色斑晶鉱物が分離できなかったが、模式地(Loc. 2)のものは直方輝石・単斜輝石を含み、直方輝石の屈折率( $n$ )は、1.715～1.717である(山元, 1999)。前述のように山元(2013)は、MF6をSb-OTに伴う降下火砕物と考えている。また、菊地・長谷川(2020)ではNS05と呼ばれている。MF6の上位約40 cmの位置には、層厚8 cmの粘土化した径8 mm以下の明褐色～暗灰色の火山礫を含む降下火砕物があるが、Loc. 8の真船降下火砕物群には対比可能なものはない。

根元13降下火砕物(Nm13)は、褐色土壌を挟んでMF6の14 cm下位にある、黒雲母の濃集した層厚約10 cmの火山灰である(第7図)。単層境界は不明瞭で、上下の土壌層と混合が進んでいる。黒雲母以外にも石英、普通角閃石、鉄鉱が含まれている。菊地・長谷川(2020)では

NS04と呼ばれ、普通角閃石と磁鉄鉱の化学組成がApmテフラ群と類似することが示されている。喜連川丘陵には、Apmテフラ群に対比される黒雲母に富んだ降下火砕物が3枚存在し(上位から根本13・根本14・根本16；小池ほか, 1985), このうち根本13がSb-OTの直下に位置している(第6図；鈴木ほか, 1998；山元, 2013), NS04をNm13に対比した。

真船7降下火砕物(MF7)は、褐色土壌を挟んでNm13の60 cm下位にある、赤褐色スコリア火山礫からなる層厚20 cmの降下火砕物である。単層境界は不明瞭で、上下の土壌層と混合が進んでいる。スコリアの最大粒径は1.3 cmである。模式地(Loc. 2)ではMF6の下位に外見の良く似た赤褐色スコリアの降下火砕物が2枚あり(MF7, MF8；山元, 1999), このうちの粒径の大きな方のMF7に対比した。

東岩崎岩屑なだれ堆積物(新称)は、褐色土壌を挟んでMF7の40 cm下位にある、基質支持の塊状角礫層である(第6図, 第7図)。最大層厚は150 cmで、最大径30 cmの安山岩角～亜角礫に富む。基質は無淘汰で、多様な径の粒子が混在している。この角礫層は、膨縮しながら芦野火砕流堆積物の片斜面をマントル被覆し、Loc. 4の尾根上にも堆積している。その分布形態は、この角礫層が土石流のように谷沿いを流下・定置したものでないことを意味しており、長距離高速移動地すべりである岩屑なだれ堆積物に特徴的なものである。Loc.2の真船降下火砕物群模式地には本堆積物の分布はなく、現在Loc.4でのみ確認されている。山体の破片である岩塊相は確認できないものの、那須火山群東麓にあり、安山岩角礫から構成されることから本火山群起源であることは確実である。堆積物の大部分は、地表に広く分布する黒磯岩屑なだれ堆積物下に大半が埋没しているものとみられ、縁辺相のみが本地点に露出している。菊地・長谷川(2020)は、本堆積物を黒磯岩屑なだれ堆積物に対比しているが、層準が全く異なるので新たな堆積物として命名する。東岩崎は、Loc.4の東にある那須町大字芦野の字の一つである。

真船9降下火砕物(MF9)は、褐色土壌を挟んで東岩崎岩屑なだれ堆積物の55 cm下位にある、明褐色軽石火山礫からなる層厚16 cmの降下火砕物である。軽石の最大粒径は1.5 cmである。模式地(Loc. 2)での層厚は12 cmで、軽石の最大粒径は3.0 cmとより粗い(山元, 1999)。菊地・長谷川(2020)のNS03・NS11に相当する。

真船11降下火砕物(MF11)は、褐色土壌を挟んでMF9の40 cm下位にある、成層した軽石火山礫～石質安山岩粗粒火山灰からなる層厚48 cmの降下火砕物である(第6図, 第7図)。軽石の最大粒径は2.2 cmである。最上部8 cmは灰色石質安山岩火山礫を伴った桃色軽石火山礫層、その下位には厚さ4 cmで正級化した暗灰色で石質安山岩の細礫サイズ火山礫～粗粒火山灰層、更にその下位には厚さ18 cmの桃色軽石火山礫～石質安山岩粗粒火山灰互

層、最下部には厚さ18 cmの桃色軽石火山礫層からなり、最下部が最も粗粒である。模式地(Loc. 2)での層厚は22 cm、軽石の最大粒径は2.5 cmで、軽石と石質安山岩の成層したその岩相は本地点と共通している(山元, 1999)。菊地・長谷川(2020)のNS02・NS10に相当する。

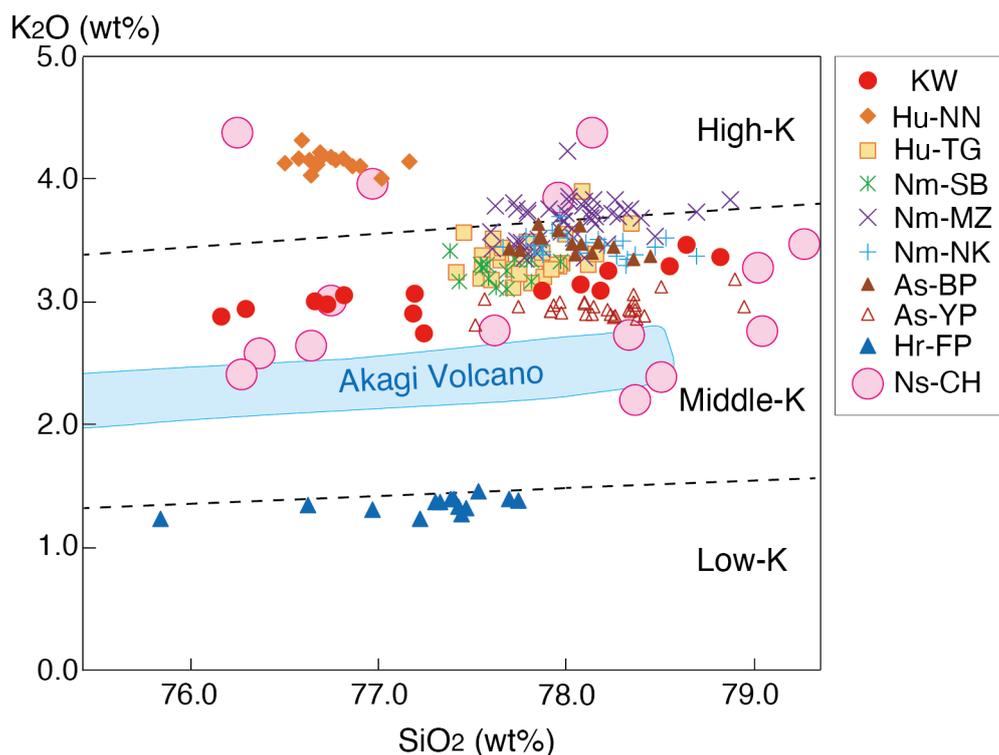
真船12降下火砕物(MF12)も、褐色土壌を挟んでMF11の8 cm下位にある、成層した軽石火山礫～石質安山岩粗粒火山灰からなる層厚87 cmの降下火砕物である(第6図, 第7図)。軽石の最大粒径は1.8 cmである。最上部18 cmは灰色石質安山岩火山礫を伴った桃色～明褐色軽石火山礫層、その下位には厚さ1 cmの暗灰色石質安山岩粗粒火山灰層、更にその下位には厚さ10 cmの桃色軽石火山礫層、厚さ16 cmの褐色～暗褐色石質安山岩粗粒火山灰層、厚さ14 cmの暗灰色石質安山岩粗粒火山灰層、厚さ8 cmの石質安山岩火山礫混じりの桃色軽石火山礫層、厚さ2 cmの褐色粗粒火山灰層、厚さ10 cmの石質安山岩火山礫混じりの桃色～明褐色軽石火山礫層、厚さ1 cmの暗灰色石質安山岩粗粒火山灰層、厚さ7 cmの石質安山岩火山礫混じりの桃色～明褐色軽石火山礫層からなる。模式地(Loc. 2)での層厚は74 cm、軽石の最大粒径は5.0 cmで、軽石と石質安山岩の成層したその岩相は本地点と共通している(山元, 1999)。菊地・長谷川(2020)のNS08とNS09を合わせたものに相当する。

真船14降下火砕物(MF14)は、褐色土壌を挟んでMF12の32 cm下位にある褐色のスコリア火山礫からなる層厚16 cmの降下火砕物である。スコリアの最大粒径は0.6 cmである。一方、模式地(Loc. 2)での層厚は26 cm、スコリアの最大粒径は1.5 cmである(山元, 1999)。菊地・長谷川(2020)のNS07に相当する。

## 7. 考察

### 7.1 川谷降下火砕物の給源火山

Nk-MAとNm-SBの間にある本降下火砕物は、分布が那須火山群の東麓に限られることから(第2図)、同火山群の噴出物である可能性が大きい。ただし、本降下火砕物の火口近傍相は見つかっておらず、その粒径も下位の那須白河降下火砕物群よりも明らかに小さく、遠方の火山由来の可能性もある。そのため、化学組成の特徴からも、給源火山の可能性について検討する。特に、火山ガラスの主成分化学組成は、奥村(1991)、長橋ほか(2000)、青木・町田(2006)など以前からテフラの対比に用いられ、地域毎の特徴が明らかにされている。しかも東北日本弧では噴出物の $K_2O$ 量が、火山フロント沿いで最も低く、背弧側に向かって増加する特徴が顕著である(例えばSakuyama & Nesbitt, 1986；Kimura & Yoshida, 2006)。その傾向は、那須火山群周辺に分布する降下火砕物の火山ガラス組成でも明瞭で、 $K_2O$ 量は榛名火山、赤城火山、浅間火山、沼沢火山、燧ヶ岳火山の順に大きくなる(第8図)。一方、川谷降下火砕物の火山ガラス組成は平



第8図 那須火山群周辺に分布する降下火砕物火山ガラスの $\text{SiO}_2$ - $\text{K}_2\text{O}$ 含有量図. *As-BP* = 浅間板鼻褐色降下火砕物 (SK102: 山元, 2021); *As-YP* = 浅間板鼻黄色降下火砕物 (IM103: 山元, 2021); *Hr-FP* = 榛名二ッ岳伊香保降下火砕物 (*Hr-FP*: 山元, 2018); *Hu-NN* = 燧ヶ岳七入降下火砕物 (*Hu-NN*: 山元, 2021); *Hu-TG* = 燧ヶ岳田頭降下火砕物 (1212-1-3: 山元, 2021); *KW* = 川谷降下火砕物 (1212-1-5: 本報); *Nm-MZ* = 沼沢水沼降下火砕物 (MF102・KR202: 山元, 2021); *Nm-NK* = 沼沢沼沢湖降下火砕物 (*Nm-NK*: 山元, 2021); *Nm-SB* = 沼沢芝原降下火砕物 (1212-1-4: 山元, 2021); *Ns-CH* = 那須茶臼岳火山噴出物の斜長石斑晶中のガラス包有物 (Ban and Yamamoto, 2002). 赤城火山起源の火山ガラス組成域は, 山元 (2016) による.

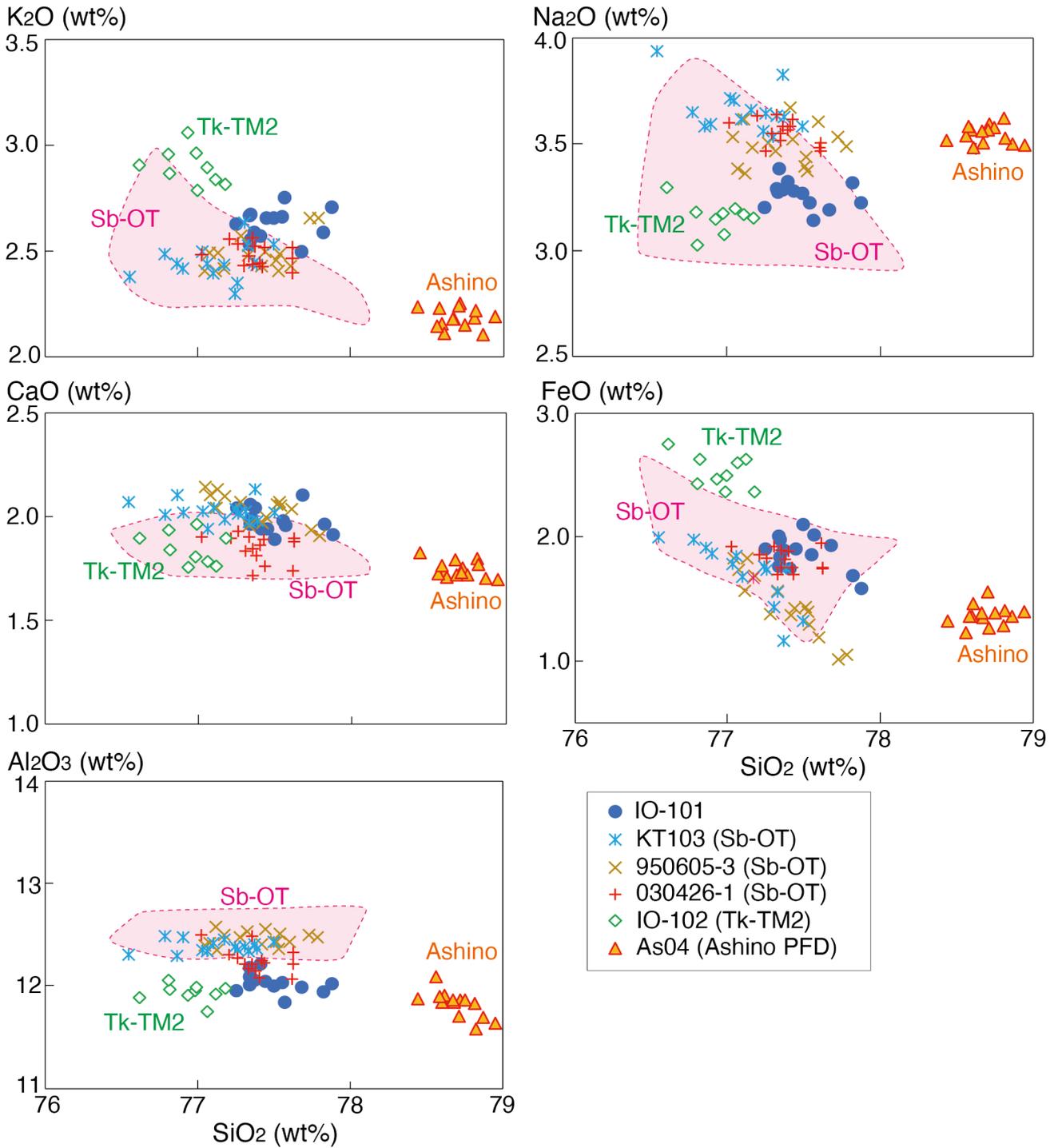
Fig. 8  $\text{SiO}_2$ - $\text{K}_2\text{O}$  variation diagram for the volcanic glass shards in the pyroclastic fall deposits around the Nasu Volcano Group. *As-BP* = Asama-Itahana-Brown Pyroclastic Fall Deposit (SK102: Yamamoto, 2021); *As-YP* = Asama-Itahana-Yellow Pyroclastic Fall Deposit (IM103: Yamamoto, 2021); *Hr-FP* = Haruna-Futatsudake-Ikaho Pyroclastic Fall Deposit (*Hr-FP*: Yamamoto, 2018); *Hu-NN* = Hiuchigatake-Nanairi Pyroclastic Fall Deposit (*Hu-NN*: Yamamoto, 2021); *Hu-TG* = Hiuchigatake-Tagashira Pyroclastic Fall Deposit (1212-1-3: Yamamoto, 2021); *KW* = Kawatani Pyroclastic Fall Deposit (1212-1-5: this study); *Nm-MZ* = Numazawa-Mizunuma Pyroclastic Fall Deposit (MF102 and KR202: Yamamoto, 2021); *Nm-NK* = Numazawa-Numazawako Pyroclastic Fall Deposit (*Nm-NK*: Yamamoto, 2021); *Nm-SB* = Numazawa-Shibahara Pyroclastic Fall Deposit (1212-1-4: Yamamoto, 2021); *Ns-CH* = glass inclusions in plagioclase phenocrysts of the Nasu-Chausudake volcanic products (Ban and Yamamoto, 2002). The field for the volcanic glass of the Akagi volcanic products is taken from Yamamoto (2016).

均値で77.51 wt%の $\text{SiO}_2$ 量, 3.08 wt%の $\text{K}_2\text{O}$ 量を持つ(第2表). 周辺火山起源の火砕物と比較すると, その組成は火山フロント沿いの赤城火山と背弧側の沼沢・燧ヶ岳火山の間にあり, かつ, どちらの領域とも重ならない(第8図). 那須火山群起源の降下火砕物火山ガラスの化学組成はこれまで報告されていないものの, 川谷降下火砕物と活動時期が重なる南月山火山のカルクアルカリ噴出物はやや高めの中K系列安山岩～デイサイトである(伴, 1991). さらに, 噴出時期は異なるものの茶臼岳火山噴出物の斜長石斑晶中のガラス包有物の化学組成 (Ban and Yamamoto, 2002) はやや値が分散するが, その範囲内に川谷降下火砕物の火山ガラスは含まれている(第8図).

従って, 化学組成の特徴からも, 本降下火砕物を那須火山群起源と考えて矛盾は無い. ただし, その分布と化学組成からからは11～10万年前に同時に活動していた南月山火山と朝日岳火山(伴・高岡, 1995)のどちらから噴出したのかまでは判断できていない.

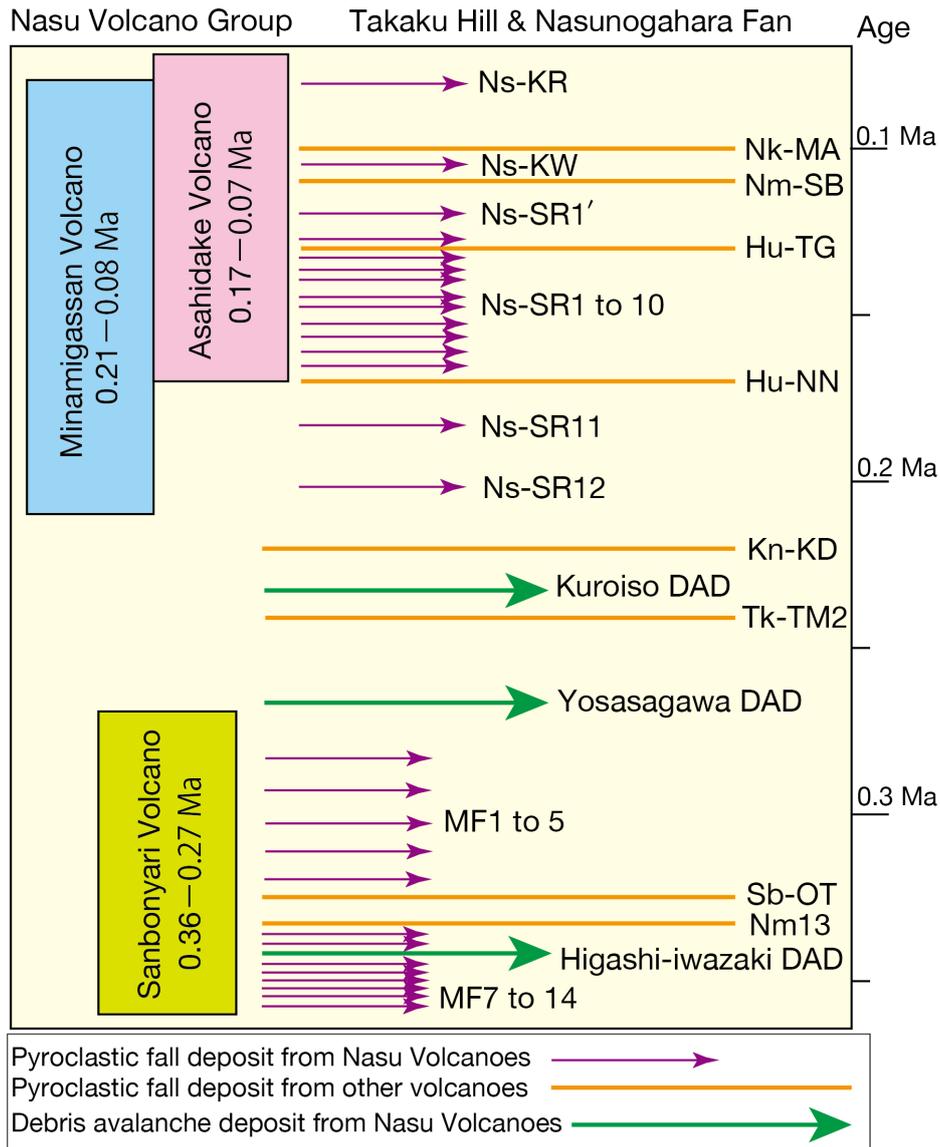
## 7.2 余笹川岩屑なだれ堆積物のテフラ層序学的層準

本岩屑なだれ堆積物を編年する上で鍵となるのは, Loc.6 (第6図)で直下にある河川堆積物中の白色軽石礫 (IO-101)の対比である. 前述のように山元 (2006)は, 試料IO-101の斑晶組合せや火山ガラスの屈折率, 直方輝石の屈折率から, これをSb-OT起源と考えていた. これに



第9図 軽石試料IO-101と大田原・芦野火砕流堆積物火山ガラスのSiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O含有量図. IO-102 (Tk-TM2: 高原戸室山2降下火砕物)の組成は山元(2013)による. また, ピンク色のSb-OT火山ガラス組成域は, 山田ほか(2018)による.

Fig. 9 SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O variation diagram for the volcanic glass shards of IO-101, the Otawara Pyroclastic Flow Deposit and the Ashino Pyroclastic Flow Deposit. Data for IO-102 (Tk-TM2: Takahara-Tomuroyama 2 Pyroclastic Fall Deposit) and the pink field for Sb-OT are taken from Yamamoto (2013) and Yamada *et al.* (2018), respectively.



第10図 那須火山群, 岩屑なだれ堆積物及び指標テフラ層の層序関係. テフラの名称とその特徴は第1表を参照のこと. 那須火山群のK-Ar年代値は, 伴・高岡(1995)による. 山元(2006)を改変.

Fig. 10 Stratigraphic relationship among the Nasu Volcano Group, debris avalanche deposits and key tephra layers. See Table 1 for the tephra names and its compositions. K-Ar ages for the Nasu Volcano Group are from Ban and Takaoka (1995). Modified from Yamamoto (2006).

対して, 菊地・長谷川(2020)は, 同じ地点で採取された軽石礫ガラスとSb-OT中の軽石の主成分化学組成を明らかにし, 両者は一致しないとしていた. ただし, 菊地・長谷川(2020)のSb-OTの分析値は, 山田ほか(2018)のSb-OT分析値とは全く一致しない.

今回のSb-OT本質軽石3試料(KT103, 950605-3, 030426-1)の火山ガラスの主成分分析結果(第3表, 第4表, 第5表)と山田ほか(2018)のSb-OT分析値を比較すると, 両者は良く一致している(第9図). 更に, 試料IO-101の分析値(第6表)は, Sb-OTの3試料と比べNa<sub>2</sub>O量が少ないものの, 山田ほか(2018)のSb-OT分析値でも, Sb-OT上部

でNa<sub>2</sub>O量の減少が認められ, その範囲内に試料IO-101の分析値も含まれている. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>量のずれは, 試料の変質か分析条件の違いによるものかもしれない. また, 比較の対象とした芦野火砕流の試料As04の化学組成は, これら4試料と明瞭に異なっている(第9図). 従って, 試料IO-101をSb-OTに対比した山元(2006)の指摘は間違いではない. 一方で, 試料IO-101と同じ軽石を分析した菊地・長谷川(2020)の分析値(KT01)は, 本報の分析値とほぼ一致している. これに対して, 菊地・長谷川(2020)のSb-OT分析値はFeO量が1.0 wt%以下と山田ほか(2018)や本報告分析値よりもかなり少なく, Sb-OTの試料選定

か化学組成分析に問題があったものとみられる。

余笹川岩屑なだれ堆積物の上位にある黒磯岩屑なだれ堆積物は、層序学的にKn-KDとTk-TM2の間にあることから(第6図)、その発生年代は約23万年前と考えられている(山元, 2013)。今回、余笹川岩屑なだれ堆積物の直下にある白色軽石礫(IO-101)が、山元(2006)が指摘していたように約32万年前のSb-OT由来と確認されたことから、その発生年代は32～23万年前の何時かとなろう(第10図)。

### 7.3 東岩崎岩屑なだれ堆積物のテフラ層序学的層準

菊地・長谷川(2020)がLoc. 4で記載したApmテフラ群に対比されるNS04(本報告のNm13)を挟んだ降下火砕物群は、山元(1999)の真船降下火砕物群の下部(MF6～MF14)である(第6図、第7図)。山元(1999)は、この降下火砕物群をK-Ar年代が0.36～0.27 Maの三本槍火山(伴・高岡, 1995)の活動と関連するものと考えていたが、菊地・長谷川(2020)の対比はこの考えと矛盾しない。そして、既に述べたようにNm13の上位にあるMF6は、Sb-OTに伴う降下火砕物と考えられている(山元, 2013)。

本報では同地点においてMF7～MF9間に、黒磯・余笹川岩屑なだれとは別の堆積物が存在することを明らかにし、東岩崎岩屑なだれ堆積物と新称した。上述の降下火砕物との層序関係から、本岩屑なだれの年代は35～34万年前と絞り込み、三本槍火山の活動中に山体崩壊が発生したものとみられる(第10図)。ただし、その大半は、高久丘陵に広く分布する黒磯岩屑なだれ堆積物下に埋没しているとみられ、分布や体積については不明な点が多い。Loc. 6の余笹川沿いやより下流の那珂川沿いで余笹川岩屑なだれ堆積物と基盤の間に、本堆積物が見つからないことを考えると、黒磯・余笹川岩屑なだれよりも体積規模はかなり小さかったものと予想されよう。

## 8. まとめ

本報では、那須火山群東麓の後期～中期更新世川谷降下火砕物(新称)、那須白河降下火砕物群、真船降下火砕物群の層序と岩相を記載するとともに、複数火砕物の火山ガラス化学組成分析から、テフラの対比を試みた。川谷降下火砕物は11～10万年前の普通角閃石単斜輝石直方輝石デイサイト軽石からなるテフラで、その分布と火山ガラス化学組成から、那須火山群起源と判断された。また、那須火山起源の余笹川岩屑なだれ堆積物が32万年前の大田原火砕流堆積物の上位にあるとした山元(2006)の主張を否定する見解が出されたものの、今回の火山ガラス化学組成による大田原火砕流との対比は従来の考えと矛盾しない。従って、余笹川岩屑なだれ堆積物のテフラ層序学的年代は32～23万年前である。一方、更に下位の真船降下火砕物群間から、那須火山群起源と考えられる東岩崎岩屑なだれ堆積物(新称)の存在を確認した。

この堆積物はApmテフラ群に対比される根元13降下火砕物の下位にあることから、テフラ層序学的年代は35～34万年前とみられる。

**謝辞:** 本報告は、地質調査所での那須火山地質図、産総研での20万分の1「白河」図幅の調査研究で得られた知見に、近年の追加調査の成果を加えたものである。当時の研究責任者の方々には、様々な便宜を図って頂いた。また、茨城大学の長谷川 健さん、アジア航測の菊地瑛彦さんにはLoc. 4のテフラ露頭に関する未公表調査資料を見せて頂いた。査読者、及川輝樹さんの指摘により、本稿は改善された。以上の方々に感謝いたします。

## 文献

- 阿久津 純(1955)宇都宮周辺の関東火山灰層と河岸段丘。宇都宮大学学芸学部研究論集, no. 4, 33–46.
- 阿久津 純(1957)宇都宮付近の関東ローム(火山灰)層。地球科学, **33**, 1–11.
- 青木かおり・町田 洋(2006)日本に分布する第四紀後期広域テフラの主元素組成— K<sub>2</sub>O-TiO<sub>2</sub>図によるテフラの識別。地質調査研究報告, **57**, 239–258.
- 青木かおり・入野智久・大場忠道(2008)鹿島沖海底コアMD01-2421の後期更新世テフラ層序。第四紀研究, **47**, 391–407.
- 新井房夫(1962)関東盆地北西部地域の第四紀編年。群馬大学紀要自然科学編, no. 10, 1–79.
- 伴 雅雄(1991)東北日本弧、那須火山群, 南月山火山の岩石学的モデル。火山, **36**, 255–267.
- 伴 雅雄・高岡宣雄(1995)東北日本弧、那須火山群の形成史。岩鉱, **90**, 195–214.
- Ban, M. and Yamamoto, T. (2002). Petrological study of Nasu-Chausudake Volcano (ca. 16 ka to Present), northeastern Japan. *Bulletin of Volcanology*, **64**, 100–116.
- 笠原天生・鈴木毅彦・河合貴之・今泉俊文(2017)東北地方南部、郡山盆地地下における更新世テフラ層序と堆積物。地学雑誌, **126**, 665–684.
- 菊地瑛彦・長谷川 健(2020)栃木県北部、余笹川岩屑なだれ堆積物の層序・年代と運搬過程。地質学雑誌, **126**, 293–310.
- Kimura, J. I. and Yoshida, T. (2006) Contributions of Slab Fluid, Mantle Wedge and Crust to the Origin of Quaternary Lavas in the NE Japan Arc. *Journal of Petrology*, **47**, 2185–2232.
- 小林国夫・清水英樹・北沢和男・小林武彦(1967)御嶽火山第一浮石層。地質学雑誌, **73**, 291–308.
- 小池一之・岩崎孝明・壇原 徹・百瀬 貢(1985)下野火山灰下部層のフィッシュン・トラック年代とその地史的意義。駒澤地理, **21**, 39–67.
- 町田 洋・新井房夫(1976)広域に分布する火山灰-始良

- Tn火山灰の発見とその意義. 科学, **46**, 339-347,
- 町田 洋・新井房夫(1979) 大山倉吉軽石層-分布の広域性と第四紀編年上の意義. 地学雑誌, **88**, 313-330,
- 町田 洋・新井房夫(1992) 火山灰アトラス. 東京大学出版会, 276p.
- 町田 洋・新井房夫(2003) 新編火山灰アトラス-日本列島とその周辺. 東京大学出版会, 336p.
- 町田 洋・新井房夫・百瀬 貢 (1985) 阿蘇4火山灰-分布の広域性と後期更新世指標層としての意義-. 火山, **30**, 49-70.
- Matsu'ura, T., Furusawa, A., Shimogama, K., Goto, N. and Komatsubara, J. (2014) Late Quaternary tephrostratigraphy and cryptotephrostratigraphy of deep-sea sequences (Chikyu C9001C cores) as tools for marine terrace chronology in NE Japan. *Quaternary Geochronology*, **23**, 63-79.
- 村本芳英(1992) 日光火山群東方地域に分布する中・後期更新世テフラ: 日光火山群の噴火史. 静岡大地球科学研究報告, no. 18, 59-91.
- 長橋良隆・里口保文・吉川周作(2000) 本州中央部における鮮新世-更新世の火砕流堆積物と広域火山灰との対比および層位噴出年代. 地質学雑誌, **106**, 51-69.
- 奥村晃史(1991) 北海道地方の第四紀テフラ研究. 第四紀研究, **30**, 379-390.
- 尾上 亨 (1989) 栃木県塩原産更新世植物化石群による古環境解析. 地質調査所研究報告, no. 269, 1-207.
- Sakuyama, M. and Nesbitt, R. W. (1986) Geochemistry of the Quaternary volcanic rocks of the northeast Japan arc. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **29**, 413-450.
- 鈴木毅彦(1990) テフロクロノロジーからみた赤城火山最近20万年間の噴火史. 地学雑誌, **99**, 182-197.
- 鈴木毅彦(1992) 那須火山のテフロクロノロジー. 火山, **37**, 251-263.
- 鈴木毅彦(1993) 北関東那須野原周辺に分布する指標テフラ層. 地学雑誌, **102**, 73-90.
- 鈴木毅彦(1999) 福島県太平洋岸, 塚原海岸における最終間氷期最盛期の海進海退過程とその時期降下したテフラについて. 地学雑誌, **108**, 216-230.
- 鈴木毅彦・藤原 治・檀原 徹(1998) 関東北部から東北南部に分布する第四紀テフラのフィッシュ・トラック年代. 第四紀研究, **37**, 95-106.
- 鈴木毅彦・藤原 治・檀原 徹(2004) 東北南部, 会津地域周辺における中期更新世テフラの層序と編年. 地学雑誌, **113**, 38-61.
- 渡邊久芳(1989) 尾瀬燧ヶ岳火山の地質. 岩鉱, **84**, 55-69.
- 山田真嵩・河合貴之・西澤文勝・鈴木毅彦(2018) 栃木県北部, 福島県南部に分布する中期更新世火砕流堆積物群の層序. 地質学雑誌, **124**, 837-855.
- 山元孝広(1995) 沼沢火山における火砕流噴火の多様性: 沼沢湖および水沼火砕堆積物の層序. 火山, **40**, 67-81.
- 山元孝広(1997) テフラ層序から見た那須茶臼岳火山の噴火史. 地質学雑誌, **103**, 676-691.
- 山元孝広(1999) 福島-栃木地域に分布する30-10万年前のプリニー式降下火砕物: 沼沢・燧ヶ岳・鬼怒沼・砂子原火山を給源とするテフラ群の層序. 地質調査所月報, **50**, 743-767.
- 山元孝広(2003) 東北日本, 沼沢火山の形成史: 噴出物層序, 噴出年代及びマグマ噴出量の再検討. 地質調査研究報告, **54**, 323-340.
- 山元孝広(2006) 1/20万「白河」図幅地域の第四紀火山: 層序及び放射年代値に関する新知見. 地質調査研究報告, **57**, 17-28.
- 山元孝広(2007) テフラ層序からみた新潟県中期更新世飯士火山の形成史: 関東北部での飯士真岡テフラと MIS7 海面変動の関係. 地質調査研究報告, **58**, 117-132.
- 山元孝広(2012) 福島-栃木地域における過去約30万年間のテフラの再記載と定量化. 地質調査研究報告, **63**, 35-91.
- 山元孝広(2013) 栃木-茨城地域における過去約30万年間のテフラの再記載と定量化. 地質調査研究報告, **64**, 251-304.
- 山元孝広(2016) 赤城火山軽石噴火期のマグマ噴出率と組成の変化. 地質学雑誌, **122**, 109-126.
- 山元孝広(2018) 磐梯火山, 最新期の火山活動. 火山, **63**, 37-48.
- 山元孝広(2021) 那須火山群・高原火山・日光火山群周辺の中期～後期更新世テフラ層序と火山ガラスの主成分化学組成. 地質調査総合センター研究資料集, no. 712. 産総研地質調査総合センター.
- Yamamoto, T. (2011) Origin of the sequential Shirakawa ignimbrite magmas from the Aizu caldera cluster, northeast Japan: Evidence for renewal of magma system involving a crustal hot zone. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **204**, 91-106.
- 山元孝広・伴 雅雄(1997) 那須火山地質図. 地質調査所.
- 吉田英人・高橋正樹(1991) 白河火砕流東部地域の地質. 地質学雑誌, **97**, 231-249.

( 受付: 2021年1月7日; 受理: 2021年6月18日 )

**付録：露頭位置**

- Loc. 1：福島県西郷村川谷, 37.15390°N, 140.10574°E, 山元(2016)のLoc. 21.
- Loc. 2：福島県西郷村堀川ダム, 37.15600°N, 140.07464°E, 山元(1999)のLoc. 28.
- Loc. 3：栃木県那須町筒池, 36.99333°N, 140.03383°E.
- Loc. 4：栃木県那須町東岩崎, 37.10946°N, 140.34662°E.
- Loc. 5：栃木県那須町沼野井, 36.95983°N, 140.13869°E, 山元(2013)のLoc. 23.
- Loc. 6：栃木県大田原市大戸, 36.93637°N, 140.14087°E, 山元(2006)のLoc. 6.
- Loc. 7：栃木県大田原市城山, 36.87042°N, 140.03366°E.
- Loc. 8：栃木県矢板市金和崎岩, 36.83905°N, 139.94462°E, 山元(2006)のLoc. 7.
- Loc. 9：栃木県那珂川町芳井, 36.77284°N, 140.05753°E, 山元(2013)のLoc. 25.

**Appendix: Locations for the outcrops**

- Loc. 1: Kawatani, Nishigo Village, Fukushima Prefecture, 37.15390°N, 140.10574°E, Loc. 21 in Yamamoto (2016).
- Loc. 2: Horikawa Dam, Nishigo Village, Fukushima Prefecture, 37.15600°N, 140.07464°E, Loc. 28 in Yamamoto (1999).
- Loc. 3: Tsutsuike, Nasu Town, Tochigi Prefecture, 36.99333°N, 140.03383°E.
- Loc. 4: Higashi-iwazaki, Nasu Town, Tochigi Prefecture, 37.10946°N, 140.34662°E.
- Loc. 5: Numanoi, Nasu Town, Tochigi Prefecture, 36.95983°N, 140.13869°E, Loc. 23 in Yamamoto (2013).
- Loc. 6: Ooto, Otawara City, Tochigi Prefecture, 36.93637°N, 140.14087°E, Loc. 6 in Yamamoto (2006).
- Loc. 7: Shiroyama, Otawara City, Tochigi Prefecture, 36.87042°N, 140.03366°E.
- Loc. 8: Kanawazaki-iwa, Yaita City, Tochigi Prefecture, 36.83905°N, 139.94462°E, Loc. 7 in Yamamoto (2006).
- Loc. 9: Yoshii, Nakagawa Town, Tochigi Prefecture, 36.77284°N, 140.05753°E, Loc. 25 in Yamamoto (2013).