

東北日本における大山倉吉テフラと山陰 1 テフラの降下層準

山元孝広^{1,*}

Takahiro Yamamoto (2017) Stratigraphic positions of the Daisen-Kurayoshi and San-in 1 tephra fallouts in NE Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 68 (5), p. 223–235, 5 figs., 2 tables, 6 appendices.

Abstract: The Daisen-Kurayoshi tephra (DKP) is one of significant wide-spreading fallouts along the Japanese islands during the Late Pleistocene time. However, its stratigraphic position had not been fixed in NE Japan, because there was a conflict among previous studies. In this paper, I have analyzed major compositions of volcanic glasses within tephra layers, which were correlated with DKP in NE Japan, and compared dataset from the SG06 varve core (Smith *et al.*, *Quaternary Science Reviews*, vol. 67, p. 121–137, 2013). New results have revealed that the San-in 1 tephra (SAN1) immediately above the Numazawa-Mizunuma tephra (Nm-MZ) was mistaken as DKP around Mt. Bandai. The revised tephrostratigraphy in this region consists of DKP, Nm-MZ and SAN1 in ascending order.

Keywords: Daisen-Kurayoshi tephra, San-in 1 tephra, Numazawa-Mizunuma tephra, major composition, SG06

要 旨

大山倉吉テフラ (DKP) は、日本列島を広く覆う後期更新世の重要な指標テフラである。しかし、文献に記載されたDKPの降下層準は、特に東北日本と他地域とで年代的なずれがあることが指摘されていた。本研究では、東北日本南部地域でDKPに対比されていたテフラ層の火山ガラスの主成分組成を分析し、水月湖の年縞コアSG06から報告されている火山灰データとの比較を新たに行った。その結果、磐梯山周辺で沼沢水沼テフラ (Nm-MZ) の直上にあるDKPに対比されていたテフラは、山陰1テフラ (SAN1) を誤認したものであることが明らかになった。すなわち、修正されたテフラ層序は、下位からDKP, Nm-MZ, SAN1の順になる。

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碎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

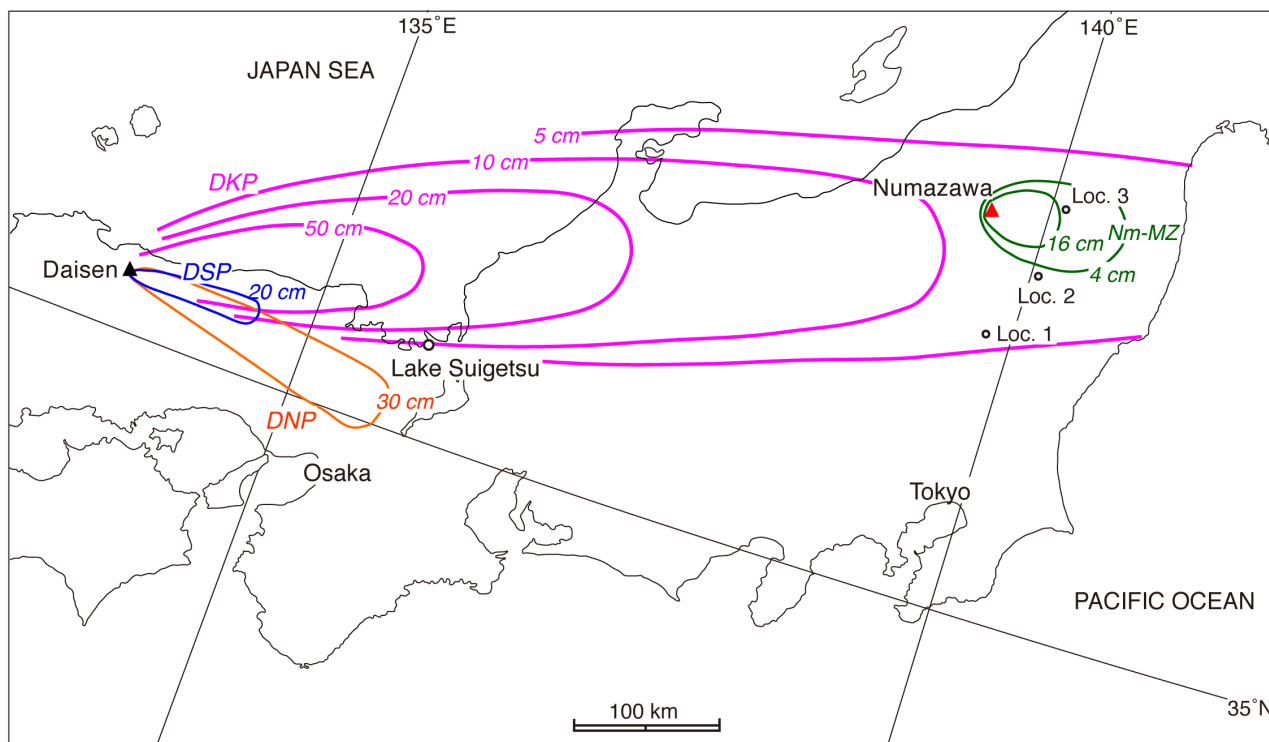
蘇4テフラ (Aso-4: 町田ほか, 1985)、御岳第1テフラ (On-Pm1: 小林ほか, 1967) は後期更新世の時間指標面として重要性が高く、多くの地域でそれらの層準が確認されている。しかしながら、給源から分布の離れた縁辺部では、風成層中におけるテフラの保存状況が悪い場所が多く、その認定に問題があるものもある。例えば、東北日本南部におけるDKPは沼沢火山や磐梯火山噴出物との層序関係で決まる層準と他地域での層準に年代的なずれがあり、従来の研究のどこかにDKPの対比か層序関係の認定で間違いがあるものと指摘されていた (山元, 2003)。この問題は長らく放置されてきたが、近年になり福井県水月湖 (第1図) の年縞コアからDKPを含むテフラ群の火山ガラス化学組成が記載され (Smith *et al.*, 2013; 長橋ほか, 2016)、他地域でのDKP類似テフラの対比の検証が可能となった。その結果、東北日本南部でこれまでにDKPとされたものの一部は、より上位の山陰1テフラ (SAN1; 池原ほか, 2004) に対比されることが明らかになったので報告する。

2. 大山倉吉テフラ (DKP)

DKPは、鳥取県西部の大山火山から約6万年前に噴出したプリニー式噴火による降下火砕物からなる。大山火山の最近25万年間の噴火履歴では、最大規模の噴出物である (山元, 2017)。大山山麓から山陰海岸を経て、北陸、

¹ 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: T. Yamamoto, Central 7, Higashi 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan, Email: t-yamamoto@aist.go.jp



第1図 大山倉吉テフラ(DKP)と沼沢水沼テフラ(Nm-MZ)の分布。

DKPとNm-MZの等層厚線図は町田・新井(2003)と山元(2003)による。また、大山関金テフラ(DSP)と大山生竹テフラ(DNP)の等層厚線図は山元(2017)による。Loc. 1 = 36.71872°N, 139.75150°E; Loc. 2 = 37.15600°N, 140.07464°E; Loc. 3 = 37.59271°N, 140.10170°E。

Fig. 1 Distributions of the Daisen-Kurayoshi (DKP) and Numazawa-Mizunuma (Nm-MZ) tephtras.

Isopachs of DKP and Nm-MZ are taken from Machida and Arai (2003) and Yamamoto (2003), respectively. Isopachs of Daisen-Sekigane (DSP) and Daisen-Namatake (DNP) tephtras are taken from Yamamoto (2017). Loc. 1 = 36.71872°N, 139.75150°E; Loc. 2 = 37.15600°N, 140.07464°E; Loc. 3 = 37.59271°N, 140.10170°E.

信州，北関東の各地で分布が確認されており(第1図)，第四紀編年上重要な意義をもつものとして注目されてきた(町田・新井，1979；竹本，1991)。本テフラは，普通角閃石に富み斜方輝石を伴うデイサイト質火砕物からなるが，陸上堆積物では大山火山近傍の試料も含め軽石粒子の粘土化が著しく，主に以下の斑晶鉱物の特徴により対比されてきた(町田・新井，1979)。すなわち，斜方輝石は(100)面の良く発達した清澄な短冊状をなし，屈折率 γ は1.702～1.708であること，普通角閃石の屈折率 n_2 は1.673～1.680であることで，他のテフラと区別されてきている。また，ボーリングコアから採取された保存状態の良いDKP火山ガラスの屈折率 n は，1.500～1.516とレンジが広い(丸山・齋藤，2014)。

火山ガラスの主成分については，大山東山麓のDKP斜長石斑晶中のガラス質包有物(古澤，2008)や長野県高野層中のDKP火山灰(長橋ほか，2007)の測定値が公表されている。これらの値は，水月湖の年縞コア中の火山灰SG06-4281 (Smith *et al.*, 2013)と一致しており，両者は対

比されることが明らかになった(長橋ほか，2016)。DKPの下位には，記載岩石学的特徴のよく似た大山関金テフラ(DSP)や大山生竹テフラ(DNP)が存在する(第1図)，これらは火山ガラスの主成分組成からDKPとは識別可能である(古澤，2008)。

3. 山陰1テフラ (SAN1)

SAN1は，DKPに近い層準にある普通角閃石に富み斜方輝石・黒雲母を僅かに伴うデイサイト質の降下火砕物である。本テフラは，日本海中部の多数のピストンコア試料においてATとAso-4の間に見つかる約5万年前の結晶質の火山灰を対象に定義されている(池原ほか，2004)。火山ガラスの組成は，MgやTi含有量が高く，La/Y比が大きいアダカイト的な性質を持つことから山陰の火山起源のテフラと考えられていた(吉川，1990)。しかし，その組成は大山火山や三瓶火山の5万年前頃のテフラ群と一致しているわけではなく(池原ほか，2004)，SAN1の

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 = 斜方輝石; bear = 含有. a): Smith *et al.* (2013); b): 青木ほか(2008); c): 長橋ほか(2016).

Table 1 List of tephra units in this study.

Bt = biotite; Cpx = clinopyroxene; Cum = cummingtonite; Hb = hornblende; Opx = orthopyroxene; bear = bearing. a): Smith *et al.* (2013); b): Aoki *et al.* (2008); c): Nagahashi *et al.* (2016).

Tephra	Name	Age	Rock type	Reference	
Hr-FP	Haruna-Futatsudake-Ikaho	榛名二ツ岳伊香保	1.5 ka	Opx Hb dacite	Arai (1962)
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)
Nt-I	Nantai-Imaichi	男体今市	17 ka	Opx Cpx dacite	Akutsu (1955)
As-YP	Asama-Itahana-Yellow	浅間板鼻黄色	17 ka	Hb-bear Opx Cpx dacite	Arai (1962)
Nt-KU1	Nantai-Kutsukake 1	男体沓掛1	ca 19 ka	Basalt	Suzuki (1993)
Nt-KU4	Nantai-Kutsukake 4	男体沓掛4	ca 22 ka	Basalt	Suzuki (1993)
Nt-OG	Nantai-Ogawa	男体小川	ca 23 ka	Basalt	Suzuki (1993)
AT	Aira-Tn	始良Tn	30 ka ^{a)}	Opx Cpx rhyolite	Machida & Arai (1976)
Ns-Os4	Nasu-Oshima 4	那須大島4	ca 40 ka	Andesite	Suzuki (1992)
Bn-Ob1	Bandai-Obandai 1	磐梯大磐梯1	ca 40 ka	Andesite	Yamamoto & Suto (1996)
Bn-OB2	Bandai-Obandai 2	磐梯大磐梯2	ca 44 ka	Andesite	Yamamoto & Suto (1996)
Ag-KP	Akagi-Kanuma	赤城鹿沼	44 ka ^{b)}	Hb-bear Opx Cpx dacite	Akutsu (1955)
Bn-HP1	Bandai-Hayama 1	磐梯葉山1	46 ka	Opx Cpx dacite	Yamamoto & Suto (1996)
Bn-Kb1	Bandai-Kobandai 1	磐梯小磐梯1	ca 50 ka	Andesite	Yamamoto & Suto (1996)
Ag-NM1	Akagi-Namekawa 1	赤城行川1	ca 50 ka	Hb Opx Cpx dacite	Suzuki (1990)
Ag-NM2	Akagi-Namekawa 2	赤城行川2	ca 54 ka	Hb Opx Cpx dacite	Suzuki (1990)
SAN1	San-in 1	山陰1	54 ka ^{c)}	Bt-Opx-bearing Hb dacite	Ikehara <i>et al.</i> (2004)
Nm-MZ	Numazawa-Mizunuma	沼沢水沼	ca 56 ka	Bt Cum Hb dacite	Yamamoto (1995, 2003)
DKP	Daisen-Kurayoshi	大山倉吉	60 ka ^{c)}	Bt-bear Opx Hb dacite	Machida & Arai (1979)
Bn-Kb2	Bandai-kobandai 2	磐梯小磐梯2	ca 60 ka	Andesite	Yamamoto & Suto (1996)
Ag-MzP2	Akagi-Mizunuma 2	赤城水沼2	ca 70 ka	Hb Opx Cpx dacite	Suzuki (1990)
Nk-HG	Nikko-Higashiakata	日光東赤田	ca 90 ka	Opx Cpx andesite	Suzuki (1993)
Aso-4	Aso 4	阿蘇4	89 ka	Opx Cpx Hb dacite	Machida <i>et al.</i> (1985)
On-Pm1	Ontake-1	御岳第1	96 ka ^{b)}	Opx-bear Bt Hb dacite	Kobayashi <i>et al.</i> (1967)
Ag-MzP6	Akagi-Mizunuma 6	赤城水沼6	ca 100 ka	Hb Opx dacite	Suzuki (1990)
Bn-Mn	Bandai-Mineyama	磐梯見祢山	ca 250 ka	Andesite	Yamamoto & Suto (1996)

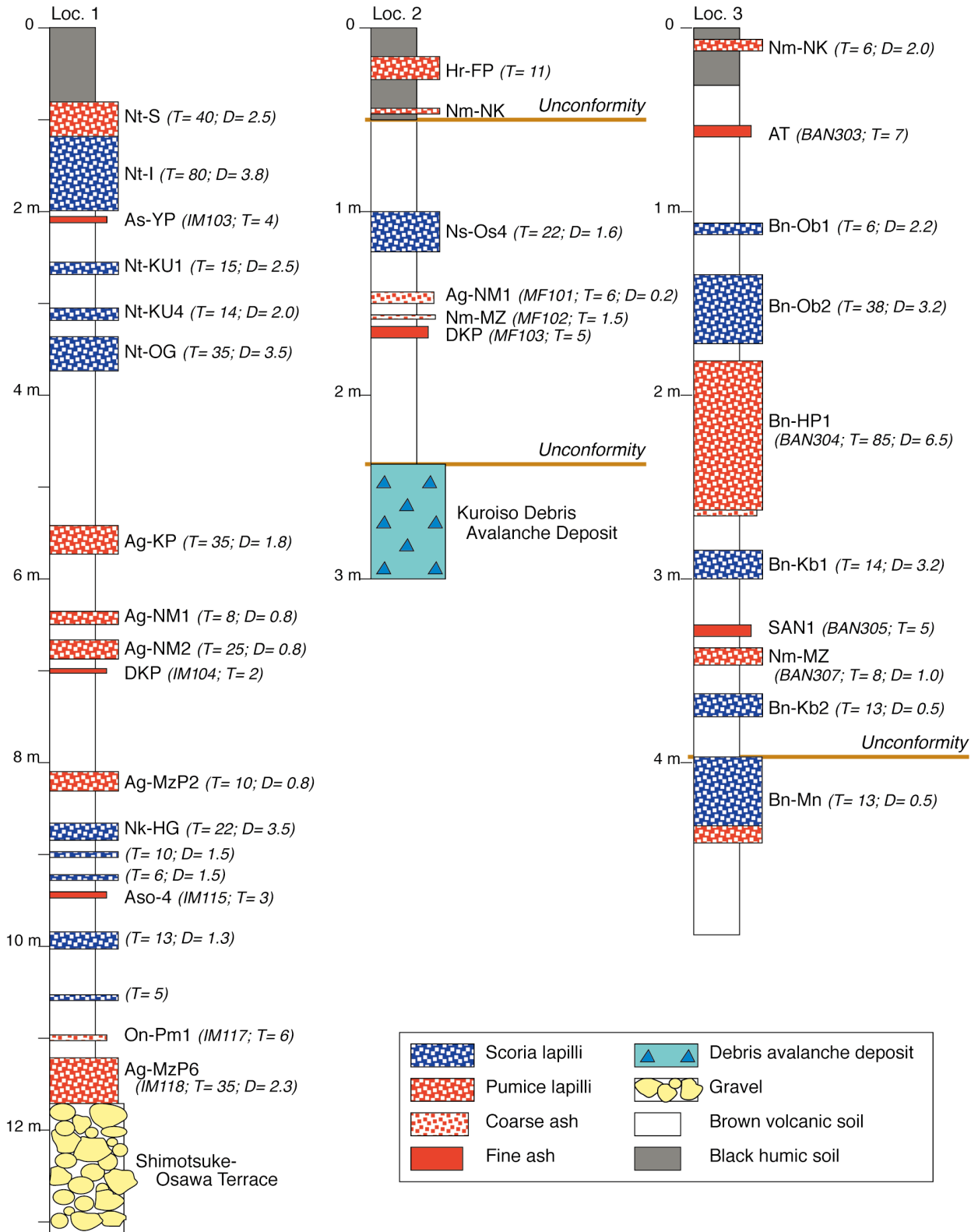
給源は未だ特定されてはいない。水月湖の年縞コアでは、DKP相当層の上位にある火山灰SG06-4141 (Smith *et al.*, 2013) と主成分が一致しており、SAN1 と対比されることが明らかになった(長橋ほか, 2016)。

4. 東北日本南部のDKP対比テフラ

DKP分布主軸の風下に位置する東北日本南部からはDKPに対比可能なテフラが各地で記載されている(第1図)。このうち山元(1999)の今市(Loc. 1)と真船(Loc. 2)、山元・須藤(1996)の赤埴林道(Loc. 3)で確認されたDKP対比テフラの産状を以下に記述する。各テフラの名称と引用文献は、第1表にまとめている。

4.1 今市(Loc. 1)

栃木県日光市今市周辺の鬼怒川右岸には、MIS5d期に離水した河岸段丘が広がっている(山元, 2006)。本露頭[山元(1999)のLoc. 50]は、この段丘にある大室ダム建設時の掘削法面で、河川流路堆積物を覆う厚さ12 mの風成層が観察できた(第2図)。ただし、現在、法面は被覆され水没している。風成層中には日光火山群起源のテフラ(Nt-S, Nt-I, Nt-KU群, Nt-OG, Nk-HG)と赤城火山起源のテフラ(Ag-KP, Ag-NM1, Ag-NM3, Ag-MzP6)が多数確認できた。周辺地域のテフラ層序を明らかにした鈴木(1993)は、Ag-NM2の直下にDKPに対比されるテフラ層があることを明らかにしており、本露頭でも同層準にその存在が確認できた。このテフラ(IM104)は最大層厚2 cmの黄色細粒火山灰のレンズで、鏡下では斜長石・



第2図 Loc. 1・2・3における降下火砕物を挟む風成層の柱状図。

テフラの名称は第1表を参照のこと。T=テフラ層の層厚(単位はcm)。D=粒子の平均最大粒径(単位はcm)。山元(1999)と山元・須藤(1996)を一部改変。

Fig. 2 Stratigraphic columns of eolian deposits including pyroclastic fall deposits at Locs. 1, 2 and 3. See Table 1 for the tephra names. T = thickness of the tephra unit in centimeters. D = average maximum diameter of grains of the tephra unit in centimeters. Modified from Yamamoto (1999) and Yamamoto and Suto (1996).

第2表 テフラの特徴.

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 = 斜方輝石; Qz = 石英; [] = 微量成分. A = 山元・須藤(1996); B = 山元(1999); C = 吉川ほか(2010); D = 本研究. Loc X = 37.57698°N, 140.10006°E; Loc Y = 36.60955°N, 139.73396°E.

Table 2 Characteristics of tephra units.

Bt = biotite; Cpx = clinopyroxene; Cum = cummingtonite; Hb = hornblende; Opx = orthopyroxene; Qz = quartz; [] = minor component. A = Yamamoto and Suto (1996); B = Yamamoto (1999); C = Yoshikawa *et al.* (2010); D = this study. Loc. X = 37.57698°N, 140.10006°E; Loc. Y = 36.60955°N, 139.73396°E.

Unit	Sample	Loc.	Mineral composition	Refractive index mode				Ref.
				Glass (n)	Opx (γ)	Hb (n2)	Cum (n2)	
As-YP	IM103	1	Opx > Cpx, [Hb]	1.501-1.503 (100%)	1.705-1.709 (90%)			C
AT	BAN303	3	bubble-wall glass only	1.498-1.501 (100%)				A
Bn-HP1	BAN108	X	Opx > Cpx, [Hb]	1.506-1.508 (80%)	1.714-1.717 (80%)			A
Ag-NM1	MF101	2	Opx > Hb, Cpx, [Ol]; [Qz]	1.503-1.507 (50%) 1.498-1.502 (20%)	1.703-1.707 (60%)	1.679-1.684 (70%)		D
Ag-NM1	KN109	Y	Opx > Cpx, Hb; Qz	1.512-1.515 (50%) 1.503-1.507 (30%) 1.496-1.499 (20%)	1.702-1.710 (90%)	1.678-1.685 (90%)		C
Ag-NM2	KN108	Y	Opx > Cpx, [Hb]	1.506-1.509 (90%)	1.705-1.712 (90%)	[1.673-1.677 (50%)] [1.680-1.688 (30%)]		C
SAN1	BAN305	3	Hb > Opx > Bt	1.503-1.509 (60%) 1.499-1.502 (40%)	1.702-1.705 (80%)	1.675-1.684 (100%)		A
Nm-MZ	BAN107	X	Hb > Cum, Bt, [Opx]; Qz	1.499-1.500 (80%)	[1.703-1.716 (100%)]	1.669-1.672 (70%)	1.657-1.660 (60%)	A
DKP	IM104	1	Hb > Opx, [Bt, Ol]	1.499, 1.506	1.702-1.706 (90%)	1.679-1.683 (80%)		C
Aso-4	IM115	1	Opx, Hb > Cpx	1.505-1.509 (100%)	1.698-1.702 (70%)	1.689-1.694 (60%)		B
On-Pm1	IM117	1	Hb > Bt, [Opx, Cpx]; Qz	1.499-1.502 (100%)	[1.708-1.711 (70%)]	1.678-1.692 (90%)		B
Ag-MzP6	IM118	1	Opx > Hb	1.502, 1.511	1.706-1.709 (70%)	1.677-1.681 (40%)		B

普通角閃石・斜方輝石を含み、ほとんどの火山ガラスは風化により粘土化している。斑晶鉱物の特徴は概ねDKPと一致しており(第2表), 山元(1999)ではDKPとして記載している。この露頭からは、他に広域テフラのAso-4(IM115)とOn-Pm1(IM117)が確認できた。IM117は普通角閃石と黒雲母を含む流紋岩質の粗粒火山灰からなり、山元(1999)ではNm-SBとして記載したものの、火山ガラスの主成分分析でOn-Pm1を誤認していたことが明らかになった(第3図; 第A2表)。

4.2 真船(Loc. 2)

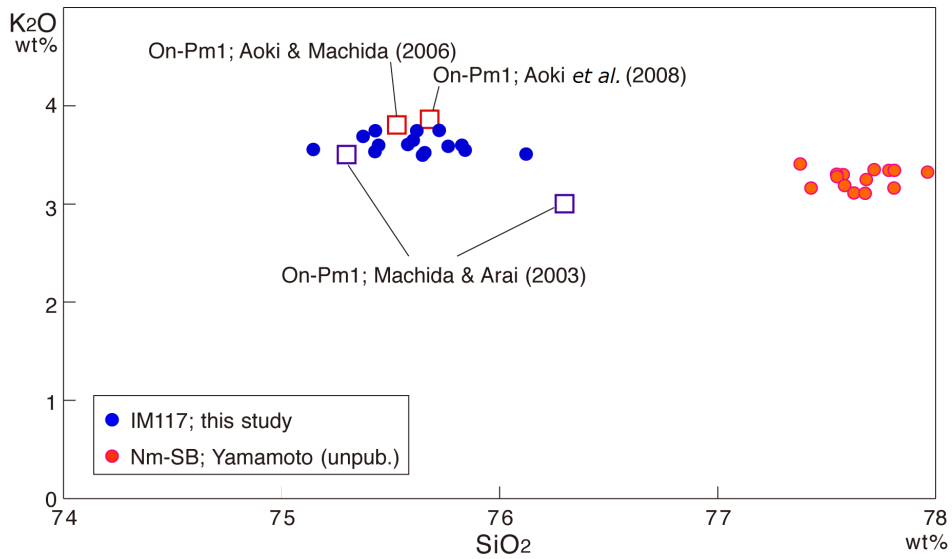
福島県西郷村真船[山元(1999)のLoc. 28]の堀川ダム建設時に出現した露頭で、現在はダム本体下に埋没している。露頭の中位には約23万年前に発生した那須火山起源の黒礫岩屑なだれ堆積物があり、山元(1999)では岩屑なだれ堆積物よりも下位の降下火砕物群のみを記載している。第2図に示した柱状図は露頭最上部の下刻された岩屑なだれ堆積物を覆う風成層で、地形的には流れ山間の窪地に堆積したものである。中央部には那須火山起源のスコリア質テフラ(Ns-Os4)があり、その下位から3枚のデイサイト質のテフラ層が確認できた。このうち上位の層厚6cmの粗粒火山灰(MF101)は、斜方輝石・単斜輝石・普通角閃石を含み、鉱物の屈折率の特徴はAg-NM1

と一致している(第2表)。下位の層厚5cmの黄色細粒火山灰(MF103)は、普通角閃石・斜方輝石を含むことからDKPに対比され、間の最大層厚1.5cmの軽石粒子を含む粗粒火山灰のレンズ(MF102)は層序関係からAg-NM2に対比されると露頭観察時には考えていた。ただし、今回の鏡下の観察でMF102には石英・普通角閃石・黒雲母が特徴的に含まれることが明らかになり、これをAg-NM2に対比することには無理がある。

4.3 赤埴林道(Loc. 3)

福島県猪苗代町の磐梯山南東山腹を走る赤埴林道沿いの露頭[山元・須藤(1996)のLoc. 3]で、磐梯火山起源のテフラ群(Bn-Ob群, Bn-HP1, Bn-Kb群)に挟まれてDKP対比テフラ(BAN305)と沼沢水沼テフラ(Nm-MZ; BAN307)が確認できる(第2図・第4図)。本露頭における両テフラの存在は、千葉ほか(1994)や鈴木ほか(1995)から既に記載されていた。

BAN305は最大層厚5cmの黄色細粒火山灰のレンズとして下位のNm-MZ由来火砕物を多く含む褐色火山灰土中に挟まれている。Loc. 3は山腹の露頭であり、上部斜面からの碎屑物の供給が多い場所に位置している。鏡下では軽石型の無色透明火山ガラス片を伴う結晶質火山灰で、斜長石・普通角閃石・斜方輝石・鉄鉱・黒雲母



第3図 IM114火山ガラスのK₂O-SiO₂図.

□は御岳第1テフラ (On-Pm1) の分析値の平均で, 町田・新井(2003), 青木・町田(2006), 青木ほか(2008)による.

Fig. 3 K₂O versus SiO₂ for volcanic glass shards in IM114.

Squares are mean values for the Ontake-1 tephra (On-Pm1) from Machida and Arai (2003), Aoki and Machida (2006) and Aoki *et al.* (2008).



第4図 赤埴林道沿いに露出するBAN307とBAN305 (Loc. 3).

BAN307は細礫サイズの軽石を含む粗粒火山灰からなる. BAN305は連続性の悪い黄色細粒火山灰のレンズからなり, 火砕物を多く含む褐色火山灰土に挟まれている.

Fig. 4 Close-up of BAN307 and BAN305 at the Akahani Forrest Road (Loc. 3).

BAN307 consists of coarse ash containing pumice granules. BAN305 is a discontinuous lens of yellow fine ash within brown volcanic soil including abundant pyroclastic materials from BAN307.

の順で多く含まれている。普通角閃石と斜方輝石の屈折率はDKPのそれらと良く一致しており(第2表)、従来研究の対比に問題はないものと判断していた(山元・須藤, 1996)。一方、火山ガラスの屈折率はバイモーダルな分布を示すが、DKPとは異なる低屈折率ガラスは直下のNm-MZが混入したものと考えていた(山元・須藤, 1996)。

5. 火山ガラスの主成分分析

火山ガラスの主成分分析は株式会社 古澤地質に依頼し、エネルギー分散型X線マイクロアナライザー(EDX)を用いて測定された。EDX測定手法は及川ほか(2005)に準じており、4 μm 四方の範囲を約150 nmのビーム径にて走査させている。測定対象は、Loc. 1のIM104, Loc. 2のMF102とMF103, Loc. 3のBAN305とBAN307である。火山ガラスの分析結果は、総量を100%に再計算したSiO₂量で、MF102は77.6 ~ 78.2 wt%, MF103は73.6 ~ 74.8 wt%, BAN307は77.9 ~ 78.5 wt%に比較的良くまとまっている(第5図)。これに対してIM104とBAN305の火山ガラスは異なる領域に測定値が分かれるので、風成層中で複数のテフラが混合しているものと考えられる。測定結果の詳細は付録を参照されたい。

6. 主成分によるテフラの対比

前述のように、水月湖年縞コア中の火山灰SG06-4281 (Smith *et al.*, 2013)がDKPに対比される(長橋ほか, 2016)。MF103火山ガラスは、いずれの成分でもSG06-4281との一致が良く、これがDKPに対比できることに問題はない(第5図)。古澤(2008)はDKP火山ガラスのSiO₂量は74 ~ 76 wt%, 下位のDSP火山ガラスのSiO₂量は70 ~ 76 wt%, DNP火山ガラスのSiO₂量は72 ~ 75 wt%で、DKPとDSP・DNPとは識別可能であることを示している。MF103火山ガラスのSiO₂量範囲はDKPに近く、DNS・DNP程には広く分散していない。DNS・DNPの等層厚線分布(第1図)からみても、MF103が地理的に両テフラに対比されることはありそうにない。風化の著しいIM104も僅かに残った火山ガラスの中にはSG06-4281と一致するものが含まれることから、これもDKPに対比可能であろう。IM104に混入するSiO₂量が77.7 wt%以上の火山ガラスは後述するNm-MZに組成が比較的類似している。

BAN307がNm-MZであることは、構成物の特徴(第2表)や層厚分布(第1図)から確実である(山元, 2003)。MF102は、DKPに対比されるMF103とAg-NM1に対されるMF101の間にあることからAg-NM2と当初は考えていた。しかし、その主成分組成はSiO₂量が若干低くずれるものの、BAN307と良く重なっておりNm-MZに対比される。またAg-NM2とは組成が大きく異なっており(山元,

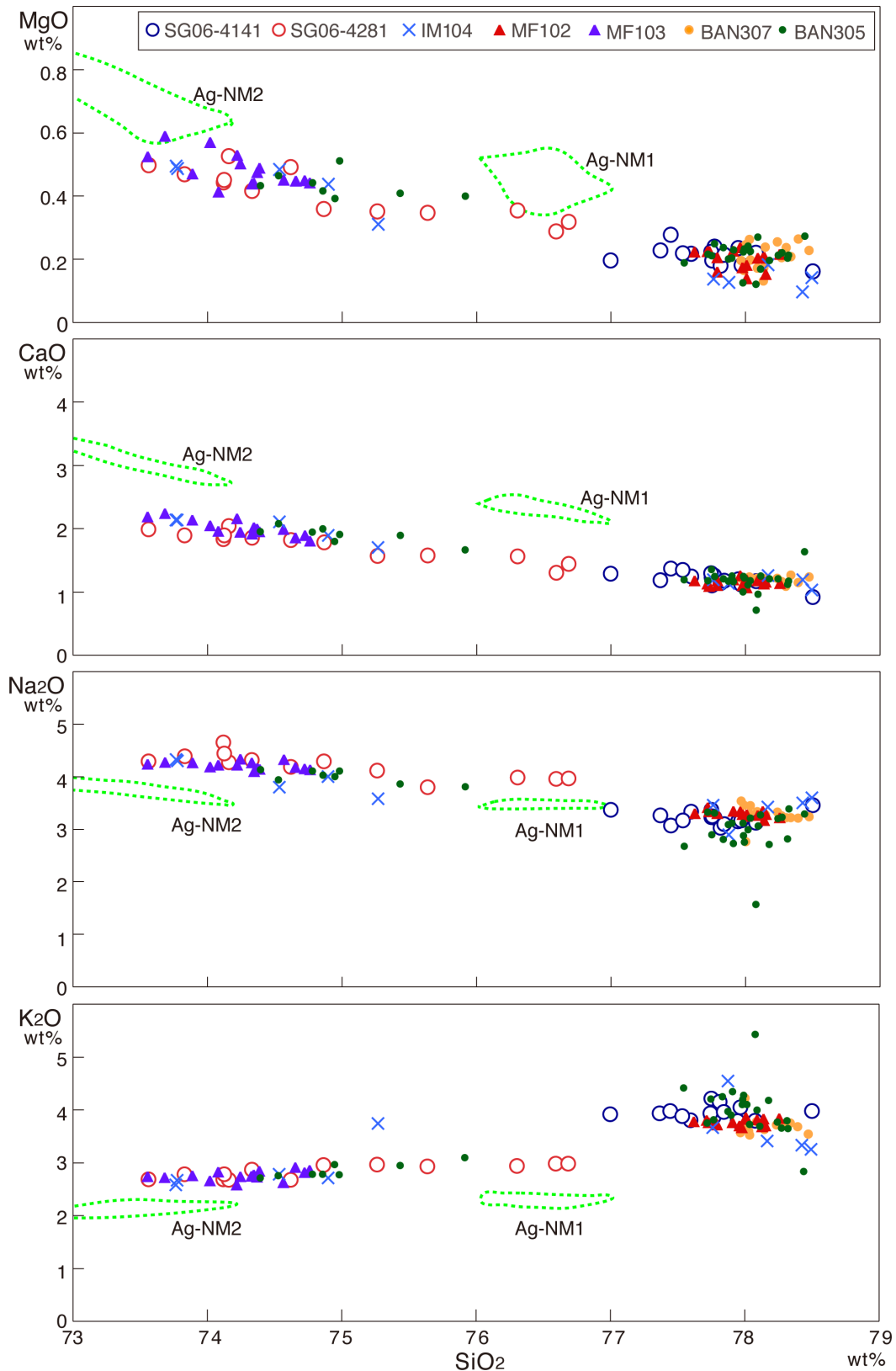
2016)、この対比は成立し得ない(第5図)。

BAN305はこれまでDKPに対比されてきたテフラではあるものの(千葉ほか, 1994; 鈴木ほか, 1995; 山元・須藤, 1996)、真船(Loc. 2)の層序からDKPはNm-MZの下位にあることが確実となり、従来の対比を修正する必要がある。BAN305は火砕物を多く含む火山灰土中にレンズ状に挟まれていることや(第4図)、構成物の特徴(第2表)から、これは複数のテフラの混合物である可能性が指摘されていた(山元・須藤, 1996)。実際に主成分の特徴からも、下位のDKPとNm-MZからの火山ガラスの混入が指摘できよう(第5図)。BAN305の残りの火山ガラスはNm-MZよりもK₂Oに富み、Na₂Oに乏しい特徴がある。ただし、他の主成分ではNm-MZとの区別は難しい。DKPの直上にあり、このような主成分の特徴を持つテフラには、新潟沖の日本海中部に広く分布するSAN1がある。第5図にはSAN1に対比される水月湖年縞コアの火山灰SG06-4141 (Smith *et al.*, 2013)も表示している。一方で、周辺地域でDKPの直上にある赤城起源テフラ(Ag-NM1とAg-NM2)の主成分組成(山元, 2016)の火山ガラスは、BAN305とは大きく異なっており、これらの遠方相である可能性は全くない。SAN1に対比可能なテフラの存在が東北日本の陸域で発見されたのはこれが初めてであるが、BAN305と同様に、DKPと記載されたテフラの中には他でもSAN1が誤認されている可能性があるろう。

7. テフラの年代

年縞によるSG06モデル年代によると、DKPは59,570 \pm 2,769 yBP, SAN1は54,389 \pm 814 yBPとされている(長橋ほか, 2016)。一方、山元・長谷部(2014)は沼沢火山水沼噴火で形成された堰止め湖の埋没化石樹木から48,180 \pm 580 yBPの補正放射性炭素年代値を報告している。この試料は放射性炭素年代測定の限界に近いものの、測定では標準現代炭素に対する試料炭素の¹⁴C濃度の割合でバックグランドよりも有意に高いシグナルが得られた確度の高いものである。また、この年代は既存プログラムの較正可能レンジよりも古く暦年代は与えられないものの、較正可能限界付近の年代では、暦年較正年代が放射性炭素年代よりも5千年前後古くなる傾向があるので、沼沢火山水沼噴火の実年代は5万年前よりも更に若干遡るものと推定されている(山元・長谷部, 2014)。今回の火山ガラス主成分分析により修正した下位からDKP, Nm-MZ, SAN1の順になる層序関係は、SG06モデル年代と山元・長谷部(2014)のNm-MZの年代を整合させるものであり、かつて山元(2003)が指摘したDKPの対比における矛盾を解消している。

謝辞：本研究は、これまでの地質図幅の調査研究で得られた成果を基としている。歴代の地質図幅研究の責任



第5図 火山ガラスのMgO, CaO, Na₂O, K₂O-SiO₂図.
 SG06-4141・SG06-4281 = Smith *et al.* (2013) ; Ag-NM1・Ag-NM2 = 山元 (2016) .

Fig. 5 MgO, CaO, Na₂O and K₂O versus SiO₂ for volcanic glass shards.
 SG06-4141 and SG06-4281 = Smith *et al.* (2013); Ag-NM1 and Ag-NM2 = Yamamoto (2016).

者の方々には、様々な便宜を図って頂いた。また、査読者の水野清秀さん、編集担当の工藤 崇さんの御指摘は、原稿の修正に有益であった。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成段丘. 宇都宮大学学芸学部研究論集, **4**, 33-46.
- 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_2O - TiO_2 図によるテフラの識別. 地調研報, **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.
- 千葉茂樹・木村純一・佐藤美穂子・富塚玲子(1994) 福島県磐梯火山のテフラローム層序と火山活動史. 地球科学, **48**, 223-240.
- 古澤 明(2008) ガラス包有物の主成分分析によるテフラ識別の試み: 大山テフラDKP, DSP, DNPの識別を例として. 地質雑, **114**, 618-631.
- 池原 研・吉川清志・Chun, J.-H. (2004) 日本海中部大和海盆から採取された酸素同位体ステージ3に噴出した3枚の火山灰. 第四紀研究, **43**, 201-212.
- 吉川清志(1990) ICP発光分析を用いたテフラの同定法とその応用. 地学雑, **99**, 743-758.
- 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. 地質雑, **73**, 291-308.
- 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, **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.
- 丸山 正・齋藤 勝(2014) 富山県南砺市法林寺地区のボーリングコアにおける火山ガラスを含む大山倉吉テフラ(DKP)の認定とその北陸地域の活断層の活動性評価における意義. 地調研報, **65**, 1-9.
- 長橋良隆・佐藤孝子・竹下欣宏・田原敬治・公文富士夫(2007) 長野県, 高野層ボーリングコア(YKN-2004)に挟在する広域テフラ層の層序と編年. 第四紀研究, **46**, 305-325.
- 長橋良隆・深谷桃子・木村純一・常 青・佐川拓也・中川 毅・池原 研・KR15-10乗船研究者一同・SG06プロジェクトメンバー一同(2016) 大山倉吉テフラと山陰1テフラの層序と年代: 若狭湾沖堆積物コアと水月湖SG06コアによる検討. 日本地質学会第123年学術大会講演要旨, 154.
- 及川輝樹・古澤 明・高橋 康(2005) 中部日本, 小諸層群における鮮新世広域テフラ; 大杭層中のU-1火砕流堆積物とZnp-大田テフラとの対比. 地質雑, **111**, 308-311.
- Smith, V.C., Staff, R.A., Blockley, S.P.E., Bronk Ramsey, C., Nakagawa, T., Mark, D.F., Takemura, K. and Danhara, T. (2013) Identification and correlation of visible tephra in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. *Quaternary Science Reviews*, **67**, 121-137.
- 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, **99**, 60-75.
- 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, **102**, 73-90.
- 鈴木毅彦・木村純一・早田 勉・千葉茂樹・小荒井 衛・新井房夫・吉永秀一郎・高田将志(1995) 磐梯火山周辺に分布する広域テフラ. 地学雑, **104**, 551-560.
- 竹本弘幸(1991) 大山倉吉軽石層とこれにまつわる諸問題. 駒澤地理, **27**, 131-150.
- 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(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. 地調月報, **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. 地調研報, **54**, 323-340.
- 山元孝広(2006) 宇都宮市宝積寺段丘を貫くUT05コアの層序記載と鬼怒川の堆積侵食履歴. 地調研報, **57**, 217-228.
- 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. 地質雑, **122**, 109-126.
- 山元孝広(2017) 大山火山噴火履歴の再検討. 地調研報, **68**, 1-16.
- 山元孝広・須藤 茂(1996) テフラ層序からみた磐梯火山の噴火活動史. 地調月報, **47**, 335-359.
- 山元孝広・長谷部忠夫(2014) 福島県只見町叶津の埋没化石林の放射性炭素年代: 沼沢火山水沼噴火年代の

再検討. 地質雑, 120, 1-9.

(受 付 : 2016年12月5日 ; 受 理 : 2017年5月23日)

吉川敏之・山元孝広・中江 訓(2010) 宇都宮地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 79p.

(早期公開 : 2017年9月4日)

東北日本における大山倉吉テフラと山陰1テフラの降下層準（山元）

付録

Appendices

第A1表 IM104 (DKP) 中の火山ガラスのEDXによる主成分分析結果.

Ave. = 平均; S.D. = 標準偏差

Table A1 Major element contents of volcanic glass shards in IM104 (DKP) by EDX measurements.

Ave. = average; S.D. = standard deviation.

IM104 (DKP)													
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ave.	S.D.	
SiO ₂	69.46	70.34	68.67	68.63	72.83	73.32	68.20	73.40	71.90	73.89	SiO ₂	71.06	2.24
TiO ₂	0.17	0.27	0.25	0.20	0.07	0.10	0.29	0.18	0.25	0.27	TiO ₂	0.21	0.08
Al ₂ O ₃	13.51	12.87	13.55	13.12	11.21	11.41	13.38	11.51	10.97	11.60	Al ₂ O ₃	12.31	1.06
FeO	1.46	1.26	1.61	1.30	1.29	1.03	1.55	1.17	1.01	0.87	FeO	1.26	0.24
MnO	0.05	0.00	0.14	0.11	0.08	0.05	0.17	0.17	0.13	0.01	MnO	0.09	0.06
MgO	0.45	0.29	0.46	0.40	0.17	0.09	0.45	0.13	0.13	0.12	MgO	0.27	0.16
CaO	1.96	1.59	1.99	1.73	1.17	1.11	1.97	1.12	0.94	1.07	CaO	1.47	0.42
Na ₂ O	3.54	3.34	4.02	3.66	3.18	3.27	3.97	3.26	3.29	2.74	Na ₂ O	3.43	0.38
K ₂ O	2.59	3.49	2.40	2.48	3.17	3.11	2.46	3.45	2.98	4.31	K ₂ O	3.04	0.60
Total	93.19	93.45	93.09	91.63	93.17	93.49	92.44	94.39	91.60	94.88		93.13	

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ave.	S.D.	
SiO ₂	74.54	75.27	73.77	74.90	78.17	78.43	73.78	77.76	78.49	77.88	SiO ₂	76.30	2.01
TiO ₂	0.18	0.29	0.27	0.22	0.08	0.11	0.31	0.19	0.27	0.28	TiO ₂	0.22	0.08
Al ₂ O ₃	14.50	13.77	14.56	14.32	12.03	12.20	14.47	12.19	11.98	12.23	Al ₂ O ₃	13.23	1.18
FeO	1.57	1.35	1.73	1.42	1.38	1.10	1.68	1.24	1.10	0.92	FeO	1.35	0.26
MnO	0.05	0.00	0.15	0.12	0.09	0.05	0.18	0.18	0.14	0.01	MnO	0.10	0.07
MgO	0.48	0.31	0.49	0.44	0.18	0.10	0.49	0.14	0.14	0.13	MgO	0.29	0.17
CaO	2.10	1.70	2.14	1.89	1.26	1.19	2.13	1.19	1.03	1.13	CaO	1.57	0.46
Na ₂ O	3.80	3.57	4.32	3.99	3.41	3.50	4.29	3.45	3.59	2.89	Na ₂ O	3.68	0.43
K ₂ O	2.78	3.73	2.58	2.71	3.40	3.33	2.66	3.66	3.25	4.54	K ₂ O	3.26	0.62
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	

第A2表 IM117 (On-Pm1) 中の火山ガラスのEDXによる主成分分析結果.

Ave. = 平均; S.D. = 標準偏差

Table A2 Major element contents of volcanic glass shards in IM117 (On-Pm1) by EDX measurements.

Ave. = average; S.D. = standard deviation.

IM117 (On-Pm1)																		
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	
SiO ₂	71.03	71.72	73.37	72.78	72.23	72.52	72.33	72.28	71.93	71.13	71.10	70.92	71.31	71.35	70.39	SiO ₂	71.76	0.82
TiO ₂	0.09	0.19	0.13	0.11	0.16	0.12	0.27	0.08	0.14	0.24	0.19	0.15	0.13	0.25	0.18	TiO ₂	0.16	0.06
Al ₂ O ₃	12.76	13.62	13.49	12.99	13.31	13.18	13.36	13.21	13.06	13.12	13.16	13.17	13.10	13.14	12.86	Al ₂ O ₃	13.17	0.22
FeO	1.00	0.92	1.15	1.10	1.03	0.93	0.92	1.02	1.02	0.85	1.06	0.98	0.89	0.88	0.93	FeO	0.98	0.09
MnO	0.03	0.08	0.09	0.19	0.00	0.26	0.00	0.07	0.16	0.17	0.13	0.10	0.04	0.17	0.14	MnO	0.11	0.07
MgO	0.14	0.20	0.17	0.27	0.20	0.18	0.21	0.19	0.21	0.21	0.18	0.17	0.17	0.17	0.13	MgO	0.19	0.03
CaO	1.38	1.60	1.49	1.51	1.55	1.49	1.52	1.52	1.62	1.56	1.59	1.47	1.57	1.56	1.54	CaO	1.53	0.06
Na ₂ O	3.61	3.72	3.71	3.58	3.63	3.50	3.64	3.61	3.53	3.61	3.52	3.54	3.56	3.65	3.35	Na ₂ O	3.58	0.09
K ₂ O	3.27	3.39	3.39	3.45	3.36	3.59	3.45	3.42	3.47	3.39	3.33	3.52	3.53	3.49	3.29	K ₂ O	3.42	0.09
Total	93.31	95.44	96.99	95.98	95.47	95.77	95.70	95.40	95.14	94.28	94.26	94.02	94.30	94.66	92.81		94.90	

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	
SiO ₂	76.12	75.15	75.65	75.83	75.66	75.72	75.58	75.77	75.60	75.45	75.43	75.43	75.62	75.38	75.84	SiO ₂	75.61	0.23
TiO ₂	0.10	0.20	0.13	0.11	0.17	0.13	0.28	0.08	0.15	0.25	0.20	0.16	0.14	0.26	0.19	TiO ₂	0.17	0.06
Al ₂ O ₃	13.67	14.27	13.91	13.53	13.94	13.76	13.96	13.85	13.73	13.92	13.96	14.01	13.89	13.88	13.86	Al ₂ O ₃	13.88	0.17
FeO	1.07	0.96	1.19	1.15	1.08	0.97	0.96	1.07	1.07	0.90	1.12	1.04	0.94	0.93	1.00	FeO	1.03	0.09
MnO	0.03	0.08	0.09	0.20	0.00	0.27	0.00	0.07	0.17	0.18	0.14	0.11	0.04	0.18	0.15	MnO	0.11	0.08
MgO	0.15	0.21	0.18	0.28	0.21	0.19	0.22	0.20	0.22	0.22	0.19	0.18	0.18	0.18	0.14	MgO	0.20	0.03
CaO	1.48	1.68	1.54	1.57	1.62	1.56	1.59	1.59	1.70	1.65	1.69	1.56	1.66	1.65	1.66	CaO	1.61	0.06
Na ₂ O	3.87	3.90	3.83	3.73	3.80	3.65	3.80	3.78	3.71	3.83	3.73	3.77	3.78	3.86	3.61	Na ₂ O	3.78	0.08
K ₂ O	3.50	3.55	3.50	3.59	3.52	3.75	3.61	3.58	3.65	3.60	3.53	3.74	3.74	3.69	3.54	K ₂ O	3.61	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A3表 MF102 (Nm-MZ) 中の火山ガラスのEDXによる主成分分析結果.
Ave.=平均; S.D.=標準偏差

Table A3 Major element contents of volcanic glass shards in MF102 (Nm-MZ) by EDX measurements.
Ave. = average; S.D. = standard deviation.

MF102 (Nm-MZ)																		
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	
SiO ₂	72.89	72.06	72.55	72.83	72.83	72.31	73.27	72.92	73.23	71.92	72.12	72.92	72.93	73.11	72.56	SiO ₂	72.70	0.43
TiO ₂	0.23	0.29	0.23	0.16	0.19	0.18	0.06	0.10	0.20	0.08	0.16	0.21	0.22	0.15	0.16	TiO ₂	0.17	0.06
Al ₂ O ₃	11.84	11.52	11.59	11.76	11.77	11.63	11.70	11.45	11.90	11.39	11.61	11.83	11.62	11.61	11.49	Al ₂ O ₃	11.65	0.15
FeO	0.81	0.84	0.71	0.74	0.81	0.78	0.87	0.72	0.93	0.87	0.73	0.90	0.73	0.86	0.88	FeO	0.81	0.07
MnO	0.16	0.15	0.11	0.01	0.10	0.22	0.00	0.17	0.09	0.13	0.03	0.08	0.00	0.17	0.05	MnO	0.10	0.07
MgO	0.15	0.19	0.21	0.13	0.21	0.16	0.19	0.20	0.21	0.19	0.14	0.21	0.19	0.17	0.22	MgO	0.18	0.03
CaO	1.03	1.09	1.11	1.11	1.05	1.02	1.11	1.05	1.11	1.03	1.06	1.02	1.10	1.00	1.17	CaO	1.07	0.05
Na ₂ O	3.09	3.05	3.11	3.06	3.19	3.04	3.13	3.00	3.11	2.91	3.02	3.12	3.04	3.04	3.10	Na ₂ O	3.07	0.07
K ₂ O	3.50	3.44	3.50	3.56	3.56	3.39	3.45	3.57	3.56	3.52	3.41	3.52	3.56	3.61	3.44	K ₂ O	3.51	0.07
Total	93.70	92.63	93.12	93.36	93.71	92.73	93.78	93.18	94.34	92.04	92.28	93.81	93.39	93.72	93.07		93.26	
MF102 (Nm-MZ)																		
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	
SiO ₂	77.79	77.79	77.91	78.01	77.72	77.98	78.13	78.26	77.62	78.14	78.15	77.73	78.09	78.01	77.96	SiO ₂	77.95	0.19
TiO ₂	0.25	0.31	0.25	0.17	0.20	0.19	0.06	0.11	0.21	0.09	0.17	0.22	0.24	0.16	0.17	TiO ₂	0.19	0.07
Al ₂ O ₃	12.64	12.44	12.45	12.60	12.56	12.54	12.48	12.29	12.61	12.38	12.58	12.61	12.44	12.39	12.35	Al ₂ O ₃	12.49	0.11
FeO	0.86	0.91	0.76	0.79	0.86	0.84	0.93	0.77	0.99	0.95	0.79	0.96	0.78	0.92	0.95	FeO	0.87	0.08
MnO	0.17	0.16	0.12	0.01	0.11	0.24	0.00	0.18	0.10	0.14	0.03	0.09	0.00	0.18	0.05	MnO	0.11	0.07
MgO	0.16	0.21	0.23	0.14	0.22	0.17	0.20	0.21	0.22	0.21	0.15	0.22	0.20	0.18	0.24	MgO	0.20	0.03
CaO	1.10	1.18	1.19	1.19	1.12	1.10	1.18	1.13	1.18	1.12	1.15	1.09	1.18	1.07	1.26	CaO	1.15	0.05
Na ₂ O	3.30	3.29	3.34	3.28	3.40	3.28	3.34	3.22	3.30	3.16	3.27	3.33	3.26	3.24	3.33	Na ₂ O	3.29	0.06
K ₂ O	3.74	3.71	3.76	3.81	3.80	3.66	3.68	3.83	3.77	3.82	3.70	3.75	3.81	3.85	3.70	K ₂ O	3.76	0.06
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A4表 MF103 (DKP) 中の火山ガラスのEDXによる主成分分析結果.
Ave.=平均; S.D.=標準偏差

Table A4 Major element contents of volcanic glass shards in MF103 (DKP) by EDX measurements.
Ave. = average; S.D. = standard deviation.

MF103 (DKP)																		
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	
SiO ₂	70.14	71.12	69.55	69.24	68.95	69.98	69.92	68.91	70.17	68.68	69.47	69.19	69.35	68.84	68.87	SiO ₂	69.49	0.67
TiO ₂	0.19	0.20	0.21	0.18	0.28	0.23	0.27	0.25	0.31	0.34	0.18	0.35	0.17	0.27	0.29	TiO ₂	0.25	0.06
Al ₂ O ₃	13.41	13.80	13.37	13.46	13.45	13.28	13.64	13.73	13.54	13.62	13.52	13.65	13.45	13.59	13.30	Al ₂ O ₃	13.52	0.15
FeO	1.31	1.56	1.40	1.48	1.36	1.38	1.58	1.42	1.43	1.59	1.48	1.39	1.22	1.50	1.44	FeO	1.44	0.10
MnO	0.09	0.00	0.00	0.09	0.00	0.08	0.09	0.04	0.00	0.11	0.07	0.05	0.01	0.01	0.10	MnO	0.05	0.04
MgO	0.42	0.48	0.42	0.41	0.44	0.42	0.39	0.55	0.46	0.49	0.41	0.44	0.41	0.53	0.49	MgO	0.45	0.05
CaO	1.74	1.86	1.85	1.88	1.85	1.77	1.85	2.09	1.84	2.04	1.79	2.00	1.67	1.90	2.00	CaO	1.88	0.12
Na ₂ O	3.92	4.15	4.03	3.81	3.85	3.88	3.98	3.99	3.90	3.95	3.98	3.99	3.83	3.89	3.91	Na ₂ O	3.94	0.09
K ₂ O	2.73	2.62	2.44	2.58	2.53	2.63	2.66	2.54	2.68	2.55	2.56	2.58	2.65	2.47	2.39	K ₂ O	2.57	0.09
Total	93.95	95.79	93.27	93.13	92.71	93.65	94.38	93.52	94.33	93.37	93.46	93.64	92.76	93.00	92.79		93.58	
MF103 (DKP)																		
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	
SiO ₂	74.66	74.25	74.57	74.35	74.37	74.73	74.08	73.68	74.39	73.56	74.33	73.89	74.76	74.02	74.22	SiO ₂	74.26	0.36
TiO ₂	0.20	0.21	0.23	0.19	0.30	0.25	0.29	0.27	0.33	0.36	0.19	0.37	0.18	0.29	0.31	TiO ₂	0.27	0.06
Al ₂ O ₃	14.27	14.41	14.33	14.45	14.51	14.18	14.45	14.68	14.35	14.59	14.47	14.58	14.50	14.61	14.33	Al ₂ O ₃	14.45	0.14
FeO	1.39	1.63	1.50	1.59	1.47	1.47	1.67	1.52	1.52	1.70	1.58	1.48	1.32	1.61	1.55	FeO	1.53	0.10
MnO	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.09	0.10	0.04	0.00	0.12	0.07	0.05	0.01	0.01	0.11	MnO	0.05	0.05
MgO	0.45	0.50	0.45	0.44	0.47	0.45	0.41	0.59	0.49	0.52	0.44	0.47	0.44	0.57	0.53	MgO	0.48	0.05
CaO	1.85	1.94	1.98	2.02	2.00	1.89	1.96	2.23	1.95	2.18	1.92	2.14	1.80	2.04	2.16	CaO	2.00	0.13
Na ₂ O	4.17	4.33	4.32	4.09	4.15	4.14	4.22	4.27	4.13	4.23	4.26	4.26	4.13	4.18	4.21	Na ₂ O	4.21	0.07
K ₂ O	2.91	2.74	2.62	2.77	2.73	2.81	2.82	2.72	2.84	2.73	2.74	2.76	2.86	2.66	2.58	K ₂ O	2.75	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	

