北海道東部, 釧路地域における樽前 d 降下火砕堆積物の発見とその意義 Recognition and its significance of Tarumai-d tephra in Kushiro region, eastern Hokkaido, Japan

Abstract

長谷川 健* 花岡正光** 古川竜太***
重野聖之* 七山 太*** 中川光弘****
安藤寿男*

*Takeshi Hasegawa**,
*Masamitsu Hanaoka***,
*Ryuta Furukawa****, *Kiyoyuki Shigeno**,
*Futoshi Nanayama****,
*Mitsuhiro Nakagawa***** and *Hisao Ando**

2012年7月20日受付.

2012年12月13日受理.

* 茨城大学理学部地球環境科学領域
Department of Earth Sciences, College of
Science, Ibaraki University 2-2-1, Bunkyo,
Mito 310-8512, Japan

** 財団法人北海道埋蔵文化財センター
Hokkaido Archaeological Operations Center,
Nishinopporo 685-1, Ebetsu 069-0832, Japan

*** 産業技術総合研究所地質調査総合センター
Geological Survey of Japan, The National In-
stitute of Advanced Industrial Science and
Technology, Central 7, Higashi 1-1-1, Tsuku-
ba, 305-8567, Japan

**** 北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門
Department of Natural History Sciences,
Graduate School of Science, Hokkaido Uni-
versity, N10 W8, Kita-ku, Sapporo 060-0810,
Japan

Corresponding author: T. Hasegawa,
hasegawt@mx.ibaraki.ac.jp

The Ta-d tephra (8.7–9.2 cal. ka) from Tarumai Volcano in south-western Hokkaido has been newly recognized at two archeological sites and in cores taken from a bay in the Kushiro–Nemuro area, eastern Hokkaido, Japan. Identification of the tephra is based on chronological data, stratigraphic relationships (it is overlain by the 2.5 cal. kyr old Ta-c2 tephra), lithofacies, and petrological correlation (modal mineralogy and glass chemistry) with proximal Ta-d tephra deposits. In particular, the relatively high TiO₂ and low K₂O contents of the tephra are distinctive. The Ta-d tephra comprises lower pumiceous and upper scoriaceous parts, and is well preserved in the distal Kushiro region as a 5-cm-thick tephra layer. The Ta-d tephra may be a useful chronostratigraphic marker for the early Holocene in eastern Hokkaido and bordering regions of the Pacific Ocean.

Keywords: Tarumai volcano, pyroclastic fall deposit, Ta-d, Kushiro, glass chemistry, Holocene

はじめに

北海道南西部に位置する樽前火山は、完新世初頭から活動を開始し、現在も噴気をあげる活火山である。歴史時代噴火をはじめとする本火山由来の複数の火砕堆積物は、北海道における完新世の代表的な広域火山灰となっており(例えば、曾屋・佐藤, 1980; 町田・新井, 2003)。上位から樽前 a 降下火砕堆積物(西暦 1739 年: 本論では瀬尾ほか, 1965 に従い Ta-a と略す)、樽前 b 降下火砕堆積物(西暦 1667 年: 瀬尾ほか, 1965 に従い Ta-b と略す)、樽前 c 降下火砕堆積物の c2(約 2.5 cal ka: 瀬尾ほか, 1968 に従い Ta-c2 と略す)そして樽前 d 降下火砕堆積物(Ta-d: 瀬尾ほか, 1968 に従い Ta-d と略す)と称される(Table 1)。

Ta-d は、樽前火山の活動開始に伴って噴出したことから、本火山の噴火史を解明する上で重要な噴出物と言える。ま

た、軽石を主体とする Ta-c2~Ta-a とは異なりスコリアを主体とする特徴があり(曾屋・佐藤, 1980; 瀬尾ほか, 1968; など)、本火山におけるマグマ系の初期状態やその変遷を解明する上でも重要な噴出物と言える。しかしながら、これまで給源東方の限られた地点でしか確認されておらず(町田・新井, 2003)、その詳細な分布域、特に北海道東部における分布限界が不明のままであった(Fig. 1)。今回、我々は北海道東部、釧路地域の遺跡トレンチや掘削試料をもとに、地質学的・岩石学的な検討から Ta-d の遠方相を同定し、その分布域を更新することができたので報告する。これまで公表値がなかった Ta-d の火山ガラスの化学組成についても、今後の火山灰対比における重要なデータとして提示する。

Fig. 1. Dispersal pattern of pyroclastic fall deposits from Tarumai Volcano, based on Machida and Arai (2003). The heavy line is the 10 cm isopach for the Ta-d tephra. Star and square symbols are the locations of sampling sites and cities, respectively. The triangle symbol marks the summit of Tarumai Volcano.

調査地域と研究手法

1. 調査地域

Ta-d の特徴を明確にするために、先行研究(例えば、古川ほか, 2006)で模式地とされる小から沢林道および苦小牧市美沢(美沢 16 遺跡)、安平町大町(大町 2 遺跡)において、岩相記載と岩石学的対比に必要な試料の採取を行った。小から沢林道(北緯 42 度 43 分 16 秒, 東経 141 度 25 分 17 秒)は、樽前山頂火口から北東約 5 km に位置する火口近傍露頭である。美沢 16 遺跡(北緯 42 度 45 分 33 秒, 東経 141 度 41 分 53 秒)は、苦小牧市北部、美沢地区の新千歳空港 B 滑走路端部の南側に位置し(北海道埋蔵文化財センター, 2011)、大町 2 遺跡(北緯 42 度 46 分 13 秒, 東経 141 度 49 分 18 秒)は、安平町(旧早来町)の早来駅北東側大町に位置する(大町 2 遺跡: 北海道埋蔵文化財センター, 2006)。

遠方の釧路地域では、火山灰が良く観察できる遺跡トレッチを調査した。調査地は、釧路市の幣舞(幣舞 2 遺跡: 北緯 42 度 58 分 33 秒, 東経 144 度 23 分 18 秒)および東釧路貝塚(北緯 42 度 59 分 38 秒, 東経 144 度 24 分 38 秒)である(Fig. 1)。両遺跡は旧釧路川河口から 1 ~ 数 km 上流、標高 20 m 前後の段丘上に位置し、縄文早期から続縄文、擦文およびオホーツク文化の遺物が出土する(北海道釧路市埋蔵文化財調査センター, 2005)。これら遠方地域でも、火山灰対比のために必要な記載と試料採取を行った。また、厚岸町の厚岸湾でも火山灰試料を得ることができた。試料は、厚岸湾(周囲約 25 km, 面積約 120 km², 平均水深約 8 m, 最大深約 30 m)に面する潮流口付近(北緯 43 度 2 分 55.8 秒, 東経

144 度 51 分 14.0 秒)で得られた土木試験用掘削コアで、火山灰試料と年代測定用の貝化石試料を採取した(重野ほか, 2013)。

2. 室内分析

模式地で採取した軽石・スコリア試料は、乾燥後に粉碎し、水篩によって班晶鉱物を取り出した後に、鉱物組み合わせおよびその量比(カウント数%)を決定した。火山灰試料は水篩にかけずに乾燥し、異質物質である石質岩片を除いて構成物の量比(カウント数%)を決定した。鉱物や構成物の鑑定には、実体顕微鏡を用い、鑑定可能な鉱物粒が比較的多く含まれる 250~355 μm の範囲の粒子(200 粒以上)を対象とした。また、火山灰試料については、町田・新井(1978)の分類に従ってガラスの形態を記載し、火山ガラスと鉱物の割合による分類は吉川(1976)の三角ダイアグラムに従った。火山ガラスの化学組成については、試料の新鮮な部分を選別し、茨城大学の SEM-EDS システム(JEOLJSM-T330A + OXFORD 社製 INCA X-act)で測定した。各露頭で無作為に得た複数の軽石・スコリア粒子について、1 粒子につき 1 点の分析を行った。分析条件は、加速電圧 15 kv, ビーム径 5 μm, 測定時間 35 秒, カウントレート 7.5 kcps で補正計算にはスタンダードレス法(XPP 定量補正)を用いた。スコリアについては、火山ガラス中に斜長石などの微細な結晶が散在し、ガラス部分のみの測定が困難であったため、プローブ径をやや大きくして(10~50 μm)微細結晶も含めた分析値を得た。SEM-EDS 分析による各元素量の合計は、いずれも 94~100 wt.% の範囲を示したが、本論ではこれらの合計値を 100% に換算した分析値(wt.%)を示す。

Table 1. Summary of eruptive activity from Tarumai Volcano (Nakagawa et al., 2011). Volumes in parentheses for the Ta-d1 and Ta-d2 tephra are not dense rock equivalent (DRE) values. PDC = pyroclastic density current.

Stage	Age	Tephra	(Eruptive style)		Volume DRE, km ³	Note
			Plinian	PDC		
Historic	AD1909				0.02	
	AD1883				0.00001	
	AD1874		Ta-IIIa0	s-fl	0.2	
	AD1867				?	
	AD1804-1817		Ta-IIa0		0.03	
	AD1739	Ta-a	a1~a9	a-fl	1.6	widespread
	AD1667	Ta-b	b0~b9	b-fl	1.1	widespread
Ta-c	ca. 2 cal ka	Ta-c3	c3-fa	?	0.03	
	ca. 2.5 cal ka	Ta-c2	c2-fa	c2-fl	1.4	widespread
	ca. 2.5 cal ka	Ta-c1	c1-fa	c1-fl	0.14	
Ta-d	ca. 9 cal ka	Ta-d	d1-fa	?	0.44 (0.9)	widespread
			d2-fa	d2-fl	0.92 (2.8)	widespread

Ta-d 噴火の特徴と年代

Ta-d は、従来、下部の Ta-d2 と上部の Ta-d1 とに二分されている (例えば、瀬尾ほか, 1968; 曾屋・佐藤, 1980)。最新の研究である古川ほか (2006)、古川・中川 (2010) による Ta-d の層序、岩石学的特徴、噴火史についての記載は以下の通りである。Ta-d は下部の Ta-d2 と上部の Ta-d1 に区分され、Ta-d2 は小規模な火砕流を伴うプリニー式噴火、Ta-d1 はプリニー式噴火による堆積物と考えられる。両者の境界には、土壌層などの、顕著な時間間隙を示す証拠はない。Ta-d2 は赤橙色に変色した軽石 (見かけ密度 400~600 kg/m³) と少量の石質岩片からなる降下軽石である。岩質は、かんらん石含有斜方輝石単斜輝石安山岩である。噴出量は、Fierstein and Nathenson (1992) の方法により、2.8 km³ と見積もられる (Table 1)。上部の Ta-d1 は丸みを帯びたスコリア (見かけ密度 1600~1800 kg/m³) を主体とする降下スコリアである。岩質は、かんらん石斜方輝石単斜輝石安山岩である。噴出量は、Ta-d2 と同様の手法により 0.9 km³ と見積もられる (以上、古川ほか, 2006; 古川・中川, 2010)。

小から沢林道で採取された Ta-d2 の降下火砕物直下の黒色火山灰土および炭化植物片からは、7980 ± 90 yBP および 8170 ± 70 yBP の AMS¹⁴C 年代が得られており、暦年較正すると 8.7~9.2 cal ka の範囲になる (古川ほか, 2006) (Fig. 2)。一方、佐藤 (1971)、五十嵐・藤原 (1982) および梅津 (1987) で示された β 線計数法による ¹⁴C 年代値は、それぞれ、8940 ± 160 yBP, 8,500 ± 160 yBP および 8,250 ± 190 yBP である。これらの年代値は、数百年の幅があり、いずれも古川ほか (2006) よりやや古い値を示すが、これは、測定試料 (炭化植物片) が Ta-d 下位のさまざまな層準から得られているためと考えることができる。

古堅ほか (2006) の岩石学的研究によると、Ta-d2 は班晶量が 5% 程度である。Ta-d2 と Ta-d1 の全岩化学組成は、それぞれ、SiO₂ = 60.0~63.5% と K₂O = 0.7~0.9%、および SiO₂ = 50.0~56.5% と K₂O = 0.2~0.6 wt.% であり、いずれも低カリウム安山岩系列 (Gill, 1981) に分類される。

産 状

1. 模式地

小から沢林道 比高 8 m 以上の露頭に、Ta-d~Ta-a の近傍相が観察できる (Fig. 2)。以下に本研究による記載を記す (Fig. 2 の Kokarasawa)。Ta-d は、比較的発泡の良い軽石からなる Ta-d2 と比較的発泡の悪いスコリアからなる Ta-d1 に区分でき、層厚はそれぞれ、100~130 cm および 53 cm である。Ta-d2 および d1 に含まれる軽石・スコリアの最大粒径 (露頭における最も大きな粒子 5 つの平均粒径) は、それぞれ 30 cm と 18 cm である。Ta-d2 は緑色凝灰岩、泥岩、安山岩溶岩の石質岩片 (最大 87 mm) を含むが、Ta-d1 は石質岩片を含まない。また、Ta-d2 中には層厚 41 cm の、成層した火砕流堆積物 (軽石の最大粒径 20 mm) が挟在する。Ta-d1 は、Ta-d1 由来のスコリア礫を主体とする再堆積物に覆われ、さらに黒色火山灰土を挟んで、Ta-c1~c3, Ta-b, および Ta-a がに被覆される。

苦小牧市美沢 苦小牧市美沢における Ta-d は、淘汰のよい軽石・スコリアからなり、色調の違いから、赤橙色の Ta-d2 と暗灰色の Ta-d1 の二つのユニットに明瞭に区分できる。上位には土壌層を挟んで、Ta-c1 および c2, Ta-b, Ta-a が観察でき、さらに Ta-b と Ta-c2 の間の土壌には、層位・分布的にみて有珠火山由来の Us-b (西暦 1663 年: 佐々木ほか, 1971) と考えられる、白色で細粒砂サイズの火山灰がパッチ状に挟在する。下部の Ta-d2 は、赤橙色の軽石層で、層厚が 65 cm である。含まれる軽石は最大粒径が 5 cm の角礫

Fig. 2. Stratigraphic sections at the sites marked on Fig. 1.

～亜角礫である。軽石は、径1～5 mmのスポンジ状ないしは繊維状の発泡形態が優勢で、全体が赤橙色を呈しているが、粒径が大きいものは内部が明褐色を示す場合もある。灰色の安山岩溶岩および褐色の泥岩からなる石質岩片も、数%であるが層全体にごく普通に認められる。上部のTa-d1は、淘汰の良い暗灰色のスコリア層であり、層厚が10 cmで、含まれるスコリアの最大粒径は2.5 cmである。石質岩片はほとんど認められない。スコリアは暗灰色の亜円～亜角礫で、Ta-d2の軽石よりも班晶量が多い。また、表面における発泡痕(気泡の破断面)の占める割合はTa-d2の軽石よりも明らかに少なく、発泡形態はスポンジ状でその径は1 mm以下である。

安平町大町 ここでは美沢16遺跡(以下、美沢)と類似した層序と岩相が確認できる(Fig. 2)。Ta-dは、淘汰の良い軽石・スコリア層で、厚いローム層と黒色土壌を覆って層厚82 cmで堆積する。下部のTa-d2は層厚79 cmで、美沢のそれよりも全体に赤橙色の軽石の割合が少なく、明褐色の軽石および少量の石質岩片(灰色安山岩や褐色泥岩)からなる。軽石は、最大粒径が3 cmで、その他の特徴は美沢のものと同様である。Ta-d1は、層厚3 cm程度で、スコリアの最大粒径は1.5 cmである。スコリアは、表面の大部分が粘土に覆われ褐色を呈するが、それ以外の特徴は美沢のものと同様である。

2. 遠方地域

釧路市幣舞 ここでは、土壌層を挟んで、上位から北海道駒ヶ岳起源のKo-c2(西暦1694年:佐々木ほか, 1970)およびTa-c2の遠方相と考えられる火山灰が認められ、Ta-c2の下位にこれまで給原不明とされてきた火山灰Aが堆積する。なお、Ko-c2およびTa-c2の同定は、鉍物組成と火山

ガラスの発泡形態(泡壁の厚さや気泡断面の形)を模式地試料と対比し、層位関係も考慮して得られた結果である(北海道釧路市埋蔵文化財調査センター, 1999)。火山灰Aは色調や粒度の違いにより下部のA-2と上部のA-1に区分できる(Fig. 3)。下部のA-2は、層厚4 cmで極細粒砂～粗粒砂サイズの火山灰層である。全体に、結晶を6割程度含む結晶ガラス質火山灰層(吉川, 1976)である。火山ガラスは全体に赤橙色を呈し、指間で容易につぶすことができる。A-1は、極細粒砂～中粒砂サイズの火山灰層である。全体に結晶を5割程度含む結晶ガラス質火山灰層(吉川, 1976)で、層厚2 cmである。火山ガラス、結晶および少量の石質岩片からなり、層中で火山ガラスの占める割合は4～5割程度である。火山ガラスは灰色を呈するものが大部分であるが、褐色のものも少量含まれる。

東釧路貝塚 幣舞に隣接する東釧路貝塚でも同様の層序が観察できる。各層の層厚・粒径も同様であり、繰り返しを避けるためこれらの記載は省略するが、ここでは、幣舞の火山灰Aに相当する層を火山灰A'とする。火山灰A'も、下部のA'-2と上部のA'-1に細分できるが、本研究ではA'-1の試料は得ていない。

厚岸湾 厚岸湾で得られた土木試験用に採取された掘削コアの、標高-30.5 m付近からは、極細粒砂～粗粒砂サイズのガラス結晶質火山灰層(本論では火山灰Bとする)を採取した。火山灰Bが挟在する標高-40.0～-23.5 mは、全体に生物擾乱が著しい灰色の泥質堆積物からなる。今回、連続コアの観察および採取ができなかったため、火山灰B全体の層相は不明であるが、観察した部分は少なくとも層厚1 cm以上で、全体に均質な岩相を示す。火山ガラス、結晶および少量の石質岩片からなり、火山ガラスが7～8割を占めるガ

Fig. 3. Photograph of the trench at the Nusamai archeological site. The inset is a close-up of layers A-1 and A-2. The shovel for scale is ca. 30 cm long.

Table 2. Sample details and AMS ^{14}C dating results for shells sampled 40 cm below layer B in the Akkeshi core. Detailed information about the analytical methods can be found in Shigeno et al. (2013).

Sample name	Altitude (m)	σ 13C(‰)	Conventional ^{14}C age (1 σ , yBP)	Calibrated age (2 σ , cal BP)	Material
H-20-C	-30.9	-6.61 $\pm$ 0.52	8548 $\pm$ 41	9.0–9.3	Shell

ラス質結晶火山灰(吉川, 1976)である。火山ガラスは軽石質とスコリア質のものが混在し、軽石質火山ガラスのほうがより粗粒である。軽石質火山ガラスは、大部分が明褐色を示すが一部赤橙色を呈する。スコリア質火山ガラスは、暗灰色を示す。

火山灰 B の下位(標高-30.9 m)にある貝化石の AMS ^{14}C 年代測定からは、9.0~9.3 cal ka の年代が得られているが、これは海成炭素を用いた値であり、リザーバー効果のため数 100 年程度古めの値と考えるのが妥当と考えられる(重野ほか, 2013) (Fig. 2, Table 2)。

岩石学的特徴

1. 記載岩石学的特徴

模式地の Ta-d 小から沢林道および美沢・大町の両遺跡の 3 地点で採取した Ta-d2 および d1 の本質物質(軽石・スコリア)には、共通して斑晶鉱物に斜長石、単斜輝石、斜方輝石および不透明鉱物が含まれ、試料によっては少量のかんらん石が認められる(Table 3)。斜長石が最も多く、単斜輝石よりも斜方輝石が多い。

Ta-d2 中の本質物質(軽石)は、斑晶量が 3.3~4.3% で、かんらん石がごく微量認められる場合がある。モード組成では、斜長石が 2.3~3.2%、斜方輝石が 0.3~0.6%、単斜輝石が 0.1~0.2%、不透明鉱物が 0.1~0.3% である。一方、Ta-d1 の本質物質(スコリア)は、Ta-d2 よりも斑晶量が多い(11.1~25.1%)。モード組成では、斜長石が 5.1~18.4%、斜方輝石が 2.9~3.9%、単斜輝石が 1.1~2.5%、不透明鉱物が 1.8~2.5% であり、少量(0.2% 以下)のかん

らん石も認められる。

火山灰 A・A' および B 北海道東部の釧路地域で得られた火山灰 A・A' および B(詳しくは A-1, A-2, A'-2, B: 以下同様)は、含まれる結晶の組み合わせが共通して斜長石、単斜輝石、斜方輝石、不透明鉱物であり、場合によっては少量のかんらん石も認められる(Table 3)。

A-2 および A'-2 は、構成物の組み合わせやその量比が類似しており、鉱物で最も多いのは斜長石(38.3~54.0%)、斜方輝石(8.1~9.5%)、単斜輝石(3.4~3.9%)であり、不透明鉱物(1.7~2.6%)も認められる。かんらん石は認められない。火山ガラス片が 31.4~47.1% 含まれる。石質岩片は、灰色の安山岩が多く、褐色の泥岩を含む。火山ガラス片は、軽石型スポンジ状が主体で、繊維状も含む。ガラス片の多くは赤橙色を呈するが、明褐色のものも少量ではあるが普遍的に認められる。なお A-2 および A'-2 に含まれる火山ガラス粒子は、大部分が 355 μm 以上で、比較的粗粒である。

A-1 に含まれる結晶鉱物は、斜長石(33.2%)、斜方輝石(12.9%)、不透明鉱物(4.5%)、単斜輝石(4.0%)、かんらん石(0.5%)である。ごく少量の安山岩質石質岩片と、火山ガラス片(44.9%)が含まれる。火山ガラス片は暗灰色のスコリア質で、発泡形態はスポンジ状を示す。なお、A-1 では大部分の粒子が 355 μm より細粒である。

厚岸湾のコアから得られた火山灰 B には、鉱物として、斜長石(41.1%)、斜方輝石(11.2%)、単斜輝石(3.7%)、不透明鉱物(2.5%)、かんらん石(0.4%)が含まれる。石質岩片(6.2%)は、灰色の安山岩が主体で、褐色泥岩も含まれる。火山ガラス片(41.1%)には、軽石質とスコリア質のものが

Table 3. Modal phenocryst mineralogy of the tephra samples Ta-d1, d2, A, A', and B. Pl = plagioclase; Opx = orthopyroxene; Cpx = clinopyroxene; Opq = opaque minerals; Ol = olivine; GL = volcanic glass. Phenocryst contents of samples from distal areas were not measurable due to the very fine-grained nature of the juvenile material.

Unit	Sampling locality	Object	Phenocryst content of juvenile materials (%)	Modal composition (%)						Ratio of crystals (excluding glass component) (%)				
				Pl	Opx	Cpx	Opq	Ol	GL	Pl	Opx	Cpx	Opq	Ol
Ta-d1	Misawa	scoria	11.1	5.1	2.9	1.1	2.1	tr	88.9	45.5	26.1	9.5	19.0	tr
Ta-d1	Ohmachi	scoria	19.6	10.4	3.9	2.5	2.5	0.2	80.4	53.3	19.7	13.0	13.0	0.9
Ta-d1	Kokarasawa	scoria	25.1	18.4	3.3	1.4	1.8	0.1	74.9	73.5	13.1	5.7	7.2	0.4
Ta-d2	Misawa	pumice	3.5	2.9	0.3	0.1	0.1	tr	96.5	84.3	8.2	4.1	3.4	tr
Ta-d2	Ohmachi	pumice	4.3	3.2	0.6	0.2	0.3	tr	95.7	74.8	13.9	4.0	7.3	tr
Ta-d2	Kokarasawa	pumice	3.3	2.3	0.6	0.2	0.1	-	96.7	70.7	18.4	7.3	3.6	-
A-1	Nusamai	ash	unmeasurable	33.2	12.9	4.0	4.5	0.5	44.9	60.4	23.4	7.2	8.1	0.9
A-2	Nusamai	ash	unmeasurable	38.3	9.5	3.4	1.7	-	47.1	72.4	17.9	6.4	3.2	-
A'-2	Higashikushiro	ash	unmeasurable	54.0	8.1	3.9	2.6	-	31.4	78.8	11.8	5.7	3.8	-
B	Akkeshi Bay	ash	unmeasurable	41.1	11.2	3.7	2.5	0.4	41.1	69.7	19.0	6.3	4.2	0.7

混在する。軽石質のものは大半が明褐色であるが赤橙色を呈する部分がある。発泡形態は軽石型スポンジ状ないしは軽石型繊維状で、スポンジ状が多い。スコリア質のものは暗灰色で、スポンジ状の発泡形態を示す。なお、軽石質な火山ガラス片の大部分は 355 μm 以上であり、一方のスコリア質火山ガラスのほとんどは 355 μm より細粒である。

2. 火山ガラスの化学組成

模式地の 3 地点(小から沢, 美沢, 大町)で得た Ta-d2 および d1 の本質物質の火山ガラスは、 SiO_2 量が 58~67% の化学組成範囲を示す (Table 4)。いずれの地点でも、Ta-d2 の本質物質である軽石はより珪長質な組成 ($\text{SiO}_2 = 62\sim 67\%$) で、Ta-d1 の本質物質であるスコリアはより苦鉄質な組成 ($\text{SiO}_2 = 58\sim 65\%$) を示す。プローブ径を広げて分析したスコリアは、軽石よりも組成範囲のばらつきがやや大きい。軽石 (Ta-d2) もスコリア (Ta-d1) も、主成分元素の組成範囲が 3 地点間でおおむね一致する。また、これらは K_2O のハーカー図上で一連の組成変化トレンドを示す (Fig. 4)。 K_2O 量はいずれも 1.4% 以下である。

北海道東部、釧路地域の火山灰 A・A' および B の火山ガラスは、 SiO_2 量が 59~67% の範囲に収まる。なかでも、A-2、A'-2' および B の軽石質火山ガラスは、 SiO_2 量がいずれも 63~67% で、その他の主成分元素でも組成範囲がそれぞれほぼ一致する。プローブ径を広げて分析した A-1 のスコリア質火山ガラスは、やや組成がばらつくが、A-2 の軽石質火山ガラスよりも明瞭に苦鉄質な組成 ($\text{SiO}_2 = 59\sim 64\%$) を示す。火山灰 A・A' および B の火山ガラスはいずれも、 K_2O 量が 1.2% 以下と低い。これらの測定値をハーカー図に示すと、Ta-d2 および d1 の模式地試料と同様の組成変化トレンド上にプロットされる (Fig. 4)。また北海道東部では、35 ka から現在まで活動する摩周火山の火砕物 (摩周テフラ) が低カリウム組成を示すことで知られているが (例えば、長谷川ほか, 2009)、火山灰 A・A' および B は、これ

Fig. 4. K_2O – SiO_2 variation diagram for volcanic glass from the tephra samples Ta-d1, d2, A, A', and B, as well as data for pyroclastic deposits from Mashu Volcano (Hasegawa et al., 2009). All data are normalized to 100 wt.%.

ら摩周テフラとは K_2O のハーカー図上で明瞭に異なる組成領域を示す (Fig. 4)。

議 論

1. 北海道東部で発見した火山灰層の給源

これまでの記載で述べた通り、北海道東部で得た火山灰 A・A' および B は、層準、年代、層相および岩石学的特徴からみて、Ta-d に対比される可能性が高い。釧路市の遺跡調査で記載された火山灰 A および A' は、いずれも Ta-c2 (2.5~2.7 cal ka) の下位に位置し、また、火山灰 A・A' と岩石学的な特徴が類似する厚岸湾の火山灰 B の下位からは、リザーバー効果を考慮しても、既報の Ta-d の噴出年代と矛

Table 4. Major element chemistry (wt.%) of volcanic glass from the tephra samples Ta-d1, d2, A, A', and B. st. dev. = standard deviation; n = number of analyses. The scoria compositions were analyzed with a defocused electron beam that also analyzes microlites dispersed in the volcanic glass. All data are normalized to 100 wt.%.

Unit	sampling loc.	object		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	n	note
Ta-d1	Misawa	scoria	average	59.78	0.94	17.99	7.18	0.05	1.84	7.65	3.75	0.81	8	Broad beam analysis
			st. dev.	0.92	0.15	1.35	1.18	0.05	0.96	0.69	0.34	0.09		
Ta-d1	Ohmachi	scoria	average	61.50	0.90	17.46	6.67	0.12	1.59	7.12	3.79	0.86	8	Broad beam analysis
			st. dev.	2.07	0.14	1.97	1.77	0.12	1.38	0.85	0.41	0.16		
Ta-d1	Kokarasawa	scoria	average	61.02	0.95	17.48	6.89	0.11	1.66	7.15	3.88	0.85	10	Broad beam analysis
			st. dev.	1.82	0.09	1.63	1.87	0.09	1.11	0.65	0.51	0.18		
Ta-d2	Misawa	pumice	average	64.81	0.74	15.85	6.29	0.19	1.75	5.58	3.74	1.06	20	
			st. dev.	0.47	0.09	0.24	0.35	0.08	0.09	0.21	0.10	0.06		
Ta-d2	Ohmachi	pumice	average	65.02	0.75	15.79	6.06	0.17	1.69	5.66	3.81	1.05	20	
			st. dev.	0.42	0.08	0.33	0.34	0.11	0.13	0.31	0.17	0.07		
Ta-d2	Kokarasawa	pumice	average	64.49	0.78	16.02	6.13	0.14	1.82	5.47	4.09	1.06	26	
			st. dev.	0.80	0.09	0.47	0.60	0.08	0.18	0.55	0.29	0.15		
A-1	Nusamai	scoriaceous glass	average	61.56	1.05	16.27	7.82	0.18	1.73	6.85	3.62	0.91	11	Broad beam analysis
			st. dev.	1.25	0.17	1.31	1.41	0.05	0.97	0.53	0.45	0.12		
A-2	Nusamai	pumiceous glass	average	64.90	0.80	15.89	6.16	0.13	1.71	5.71	3.66	1.04	11	
			st. dev.	0.71	0.08	0.41	0.31	0.08	0.10	0.15	0.27	0.05		
A'-2	Higashikushiro	pumiceous glass	average	65.26	0.84	15.82	6.14	0.18	1.65	5.58	3.45	1.08	10	
			st. dev.	0.71	0.07	0.45	0.24	0.15	0.07	0.21	0.25	0.04		
B	Akkeshi Bay	pumiceous glass	average	64.73	0.73	16.10	5.89	0.17	1.79	5.41	4.18	1.01	15	
			st. dev.	0.64	0.08	0.38	0.34	0.10	0.18	0.43	0.32	0.08		

盾がない 9.0~9.3 cal ka の AMS¹⁴C 年代が得られた。また、下部が軽石質 (A-2, A'-2) で上部がスコリア質 (A-1) という層序は、Ta-d2 と Ta-d1 の関係と良く一致する。ここで、テフラの識別に有効とされる K₂O-TiO₂ 図 (例えば、奥村, 1991; 青木・町田, 2006) を用いて、根釧 (釧路~根室) 地域に分布する約 100 ka 以降の火山灰層と本研究で分析したガラス組成を比較する (Fig. 5)。根釧地域に分布する約 100 ka 以降の火山灰層は、下位から、クッチャロ羽幌 (Kc-Hb : 115~120 ka)、洞爺 (Toya : 112~115 ka)、阿蘇 4 (Aso-4 : 85~90 ka)、支笏第 1 (Spfa-1 : 40~45 ka)、クッチャロ庶路 (Kc-Sr : 35 ka) (ここまで、町田・新井, 2003) と、大雪御鉢平 (Ds-Oh : 32.6 ka)、アトサヌプリテフラ (北海道東部、アトサヌプリ火山由来の火砕物の総称) および摩周テフラ (ここまで、長谷川ほか, 2009)、そして駒ヶ岳 g (Ko-g : 6.5~6.6 ka) (中村・平川, 2004)、Ta-c2、白頭山苦小牧 (B-Tm : 10 世紀)、Ko-c2、Ta-a (ここまで、町田・新井, 2003) である。

まず、模式地で得た Ta-d2 および d1 は、上記、釧路地域の 100 ka 以降のいずれの火山灰ともガラス組成領域が一致しない (Fig. 5)。Ta-c2 および Ta-a (TiO₂ = 0.2~0.5%, K₂O = 2.0~2.5%) よりも高い TiO₂ 量 (0.5~1.3%) と低い K₂O 量 (0.6~1.4%) を示し、樽前火山噴出物の中でも特徴的な化学組成を示す。低いカリウム値で知られる摩周テフラとやや組成領域が接近するが、前章で述べたとおり両者は SiO₂-K₂O 図上で一致しない (Fig. 4)。なお、Ta-d2 および d1 は、斑晶にカリウム含有量の高い鉱物 (角閃石や雲母) を含まないことから、火山ガラス組成と全岩化学組成の K₂O レベルに大きな違いはないと考えられ、低い K₂O 量 (1.4% 以下) を示す本論のガラス組成データは、Ta-d を低カリウム

安山岩系列とした従来の全岩化学組成データ (古堅ほか, 2006) と矛盾しない。3 つの模式地で得られた試料の中では、小から沢林道のものが他よりもやや広い組成領域を示すが、これは、給源火口に最も近い小から沢林道では、他地点よりも多様な層準が見えており、採取試料も多いため、より多様な本質物試料を採取している可能性があるためと考えられる。

一方、火山灰 A・A' および B に含まれる軽石質およびスコリア質火山ガラスも、釧路地域の 100 ka 以降のいずれの火山灰ともガラス組成が一致しない。そして、Ta-d2 の軽石と A-2・A'-2 および火山灰 B 中の軽石質ガラスとが TiO₂ = 0.5~1.0%, K₂O = 0.8~1.4% の範囲内で化学組成が一致し、Ta-d1 のスコリアと A-1 中のスコリア質火山ガラスとが TiO₂ = 0.8~1.3%, K₂O = 0.6~1.2% の範囲内で組成が一致する (Fig. 5, Table 4)。

火山灰 A・A' および B と Ta-d の本質物質は、含まれる鉱物の組み合わせも、斜長石、輝石、不透明鉱物そして少量のかんらん石という点で、良く一致する (Table 3)。一般に降下火砕堆積物は、運搬中の風篩によって、比重および粒度の小さい火山ガラスの割合が大きくなる傾向がある (例えば、町田・新井, 2003)。このような影響を取り除くため鉱物全体を 100% とした時の各鉱物の量比に注目すると、これらの値がおおむね一致することがわかる。即ち、A-2 と A'-2 に含まれる鉱物の量比は、それぞれ、斜長石が 72.4~78.8%、斜方輝石が 11.8~17.9%、単斜輝石が 5.7~6.4%、不透明鉱物が 3.2~3.8%、かんらん石が 0% であり、これらの値は Ta-d2 の軽石中の斑晶鉱物量比の値の範囲内にある。A-1 についても、斜長石が 60.4%、斜方輝石が 23.4%、単斜輝石が 7.2%、不透明鉱物が 8.1%、かんらん

Fig. 5. K_2O - TiO_2 variation diagram for volcanic glass from the tephra samples Ta-d1, d2, A, A', and B, as well as the compositional fields for tephros younger than 100 ka in the Kushiro-Nemuro area. Glass compositions of tephros in the Konsen area were taken from Tokui (1995) (Ko-c2 and Ta-a), Machida and Arai (2003) (Toya, Aso4, Spfa-1, and B-Tm), Furukawa and Nanayama (2006) (Ko-g and Ta-c2), and Hasegawa et al. (2009) (Kc-Hb, Kc-Sr, Ds-Oh, Atosanupuri, and Mashu).

石が 0.9% であり, Ta-d1 のスコリアの斑晶鉱物量比の範囲に収まる。火山ガラス片の形態を見ても, 軽石はスポンジ状ないしは繊維状, スコリアはスポンジ状であり, それぞれ, Ta-d2 の軽石および Ta-d1 のスコリアの示す発泡形態と類似する。火山灰 B については, 完全な試料が得られていないので詳しい議論はできないが, 全体に生物擾乱を受けた堆積物の掘削試料であること(重野ほか, 2013), 軽石とスコリアが混在すること, 鉱物量比が A-1 と A-2 の中間的な値を示すことから, 堆積後あるいはコア採取時に Ta-d1 と d2 が混ざり合ったものである可能性が考えられる。以上をまとめると, 北海道東部で発見した火山灰 A・A' および B は Ta-d に対比可能と結論できる。

2. 北海道東部における Ta-d 発見の意義

これまで北海道東部では, 徳井(1988), 遠藤ほか(1989)が Ta-c2, Ko-c1, Ko-c2 を記載していたが, Ta-d は見出されていなかった。Ta-d は, 従来から東方に分布軸を持つプリニー式噴火の堆積物として認識されていたが(古川ほか, 2006), 今回, 岩石学的な検討も加えて, 北海道東部における遠方相との対比を確定したことから, その分布図を更新した(Fig. 6)。この分布から Fierstein and Nathenson

(1992)の方法で体積を求めると, Ta-d2 は 2.8 km^3 (0.9 km^3 DRE (Dense Rock Equivalent)), Ta-d1 は 0.95 km^3 (0.46 km^3 DRE) となり, 古川・中川(2010)とほぼ同じかわずかに多い。しかしこれまで推定であった遠方部分の分布が実測値に置き換わったことで, 得られた体積の信頼性が高まったといえる。また, これまで北海道東部では, 摩周火山の主カルデラ形成期噴出物 ($7.4 \sim 7.6 \text{ cal ka}$: 長谷川ほか, 2009) のみが完新世前期の指標テフラとして認識されていたが, 今回の発見によって, 本地域に新たに約 9.0 cal ka の時間面が導入されることになる。Ta-d は, 釧路市からさらに東方の厚岸湾でも粗粒砂サイズの火山灰として認められることから, 北海道中～東部さらには北西太平洋の広範囲にわたる完新世初頭の指標テフラとして, 今後の活用が期待される。

また, これまで道東で発見困難であった Ta-d が, 遺跡トレンチで相次いで発見されたことにも意義が見出せる。これらはいずれも遺跡において, 底部でより厚く堆積し, より急斜面で不明瞭となって尖滅するのが確認できる(Fig. 3)。急斜面や標高の高い台地上では, 降下火砕物が堆積しても, 礫支持の堆積構造のために比較的速やかに侵食作用が働くが, 逆に遺跡などに見られるような凹地形では, 降下火砕物が凹地を埋めるように比較的厚く堆積し, その後も比較的短時間で次の堆積物が凹地を覆うと考えられる。このようなプロセスにより, 遺跡ではテフラ層が良く保存される可能性が高い。また, 泥質堆積物が優勢なコア試料の岩相から, Ta-d 降下当時の厚岸湾は静穏なエスチュアリー環境だったことが推測される(重野ほか, 2013)。海に近い低地では, 表層に堆積していた Ta-d がその後の縄文海進で失われる場合が多かったと考えられるが, 厚岸湾では, 波浪による侵食作用が比較的小さかった。このため, 生物擾乱を受けているものの, 厚岸湾では比較的 Ta-d の保存状態がよいと考えられる。

さらに今回, 発泡度の低い緻密なスコリア(見かけ密度 $1600 \sim 1800 \text{ kg/m}^3$) からなる Ta-d1 が, 給源から 200 km 以上離れた地域まで到達し, 下部の Ta-d2 とセットで認められる関係が明らかとなった。同じ樽前火山起源の広域テフラで Ta-d と同程度の噴出量とされる Ta-c 期の噴出物(約 1.5 km^3 DRE)は, 北海道東部において, 軽石質の Ta-c2 のみからなりスコリア質の Ta-c1 は欠如する(Table 1)。Ta-d の噴火では, Ta-d2 のフェーズで一時噴煙柱が不安定となり小規模な火砕流が発生して成層構造をなす堆積物を供給したが, その後の Ta-d1 のフェーズでは再び安定した高い噴煙柱が形成され, これに大きな風速も加わることで, 緻密なスコリアが東遠方にまで飛来できたと考えられる。Ta-d1 のように, SiO_2 量が 60% 以下の緻密なスコリアからなる広域テフラは日本でもあまり例が少なく, この点で Ta-d は特徴的な広域テフラと言える。日本の火山では, 他に日光男体山小川テフラ(Nt-Og: 村本, 1992; 明石・石崎, 2012)などの例が挙げられる。両者はいずれも, より珪長質な軽石層が先行する点で共通しているが, Nt-Og の分布は Ta-d1 ほど広範囲ではない。今後, Ta-d を対象に緻密なスコリアからなるプリニー式噴火堆積物の特徴付けをすることで, 他火山の類似した噴出物についても噴火推移・様式やメカニズム

Fig. 6. Revised isopach maps for the Ta-d1 and Ta-d2 pyroclastic fall deposits, modified after Furukawa and Nakagawa (2010). The tephra thickness distribution is shown in centimeters.

の理解が進む可能性が考えられる。北海道中央部における Ta-d の分布を外挿すると、北海道東部のさらに多くに地点で本層が発見できる可能性があり (Fig. 6), 今後はさらなる地質学的データと岩石学的データを得られることが期待される。樽前火山の最初期の活動である Ta-d 噴火について、その規模、様式、推移をさらに詳しく復元することは、本火山の中長期的な活動評価を行う上でも重要なことである。

謝 辞

遺跡調査にあたっては北海道埋蔵文化財センターと釧路市埋蔵文化財調査センターのご協力を得た。釧路市埋蔵文化財調査センターの石川 朗氏、西 幸隆氏(当時)、松田 猛氏(当時)、釧路市立博物館の加藤春雄氏(当時)、釧路公立大学の岡崎由夫氏(当時)、北海道教育大学釧路校の池田保夫氏(当時)には遺跡調査等でお世話になった。編集委員である首都大学東京の鈴木毅彦氏、査読者である北海道大学の中村有吾氏および匿名査読者によって本論文は大きく改善された。以

上の方々および機関に感謝を申し上げます。

引用文献

- 明石勇気・石崎泰男 (Akashi, Y. and Ishizaki, Y.), 2012, 男体小川テフラ(その1): 男体火山から噴出したデイサイト~玄武岩質降下火砕堆積物の構成物組成と全岩組成. 日本地球惑星科学連合 2012 年大会予稿集 (*Japan Geosci. Union Meet. 2012, Abstr.*), SVC53-P12.
- 青木かおり・町田 洋 (Aoki, K. and Machida, H.), 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 (*Bull. Geol. Surv. Japan*), **57**, 239–258.
- 遠藤邦彦・隅田まり・宇野リベカ (Endo, K., Sumita, M. and Uno, R.), 1989, 北海道東部の完新世後期のテフラ層序と給源火山, 地学雑 (*Jour. Tokyo Geogr. Soc.*), **98**, 506–510.
- Fierstein, J. and Nathenson, M., 1992, Another look at the calculation of fallout tephra volumes. *Bull. Volcanol.*, **54**, 156–167.
- 古堅千絵・富樫泰子・中川光弘・古川竜太 (Furukata, C., Togashi, Y., Nakagawa, M. and Furukawa, R.), 2006, 樽前火山における 9000 年間のマグマ系の変化. 月刊地球 (*Chikyu Monthly*),

- 28, 349–354.
- 古川竜太・中川光弘(Furukawa, R. and Nakagawa, M.), 2010, 樽前火山地質図(*Geological Map of Tarumai Volcano*), 産総研地質調査総合センター(Geol. Surv. Japan, AIST), 7p.
- 古川竜太・中川光弘・古堅千絵・吉本充宏(Furukawa, R., Nakagawa, M., Furukata, C. and Yoshimoto, M.), 2006, 樽前火山先史時代の噴火活動. 月刊地球(*Chikyu Monthly*), **28**, 302–307.
- 古川竜太・七山 太(Furukawa, R. and Nanayama, F.), 2006, 北海道東部太平洋沿岸域における完新世の降下火砕堆積物. 火山(*Bull. Volcanol. Soc. Japan*), **51**, 351–371.
- Gill, J., 1981, What is “Typical calcalkaline Andesite”? *Orogenic Andesites and Plate Tectonics*, Springer-Verlag, 1–12.
- 長谷川 健・岸本博志・中川光弘・伊藤順一・山元孝広(Hasegawa, T., Kishimoto, H., Nakagawa, M., Itoh, J. and Yamamoto, T.), 2009, 北海道東部, 根釧原野および斜里平野における約3万5千～1万2千年前のテフラ層と後屈斜路カルデラ火山の噴火史. 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **115**, 369–390.
- 北海道釧路市埋蔵文化財調査センター(Kushiro City Center of Archaeological Operation), 1999, 釧路市幣舞遺跡調査報告書IV (*Archaeological Report IV of Kushiro Nusamai Site*)*, 254p.
- 北海道釧路市埋蔵文化財調査センター(Kushiro City Center of Archaeological Operation), 2005, 釧路市幣舞2遺跡調査報告書I (*Archaeological Report I of Kushiro Nusamai 2 Site*)*, 150p.
- 北海道埋蔵文化財センター(Hokkaido Archaeological Operations Center), 2006, 早来町大町2遺跡(*Archaeological Reports of Hayakita Ohmachi 2 site*)*, 634p.
- 北海道埋蔵文化財センター(Hokkaido Archaeological Operations Center), 2011, 調査年報(*Archaeological Reports*)*, 23, 76p.
- 五十嵐八枝子・藤原嘉樹(Igarashi, Y. and Fujiwara, Y.), 1982, 苫小牧市高丘における恵庭 a 直上の腐植層の¹⁴C年代—日本の第四紀層の¹⁴C年代(143)—. 地球科学(*Earth Sci. (Chikyu Kagaku)*), **36**, 229–230.
- 町田 洋・新井房夫(Machida, H. and Arai, F.), 1978, 南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ—アカホヤ火山灰. 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **17**, 143–163.
- 町田 洋・新井房夫(Machida, H. and Arai, F.), 2003, 新編 火山灰アトラス—日本列島とその周辺(*Atlas of Tephra in and around Japan*). 東京大学出版会(Univ. Tokyo Press), 336p.
- 村本芳英(Muramoto, Y.), 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. 静岡大学地球科学研究報告(*Geosci. Rep. Shizuoka Univ.*), **18**, 59–91.
- Nakagawa, M., Hiraga, N. and Furukawa, R., 2011, Formation of a zoned magma chamber and its temporal evolution during the historic eruptive activity of Tarumai Volcano, Japan: Petrological implications for a long-term forecast of eruptive activity of an active volcano. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **205**, 1–16.
- 中村有吾・平川一臣(Nakamura, Y. and Hirakawa, K.), 2004, 北海道駒ヶ岳起源の広域テフラ, 駒ヶ岳 g テフラの分布と噴出年代. 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **43**, 189–200.
- 奥村晃史(Okumura, K.), 1991, 北海道地方の第四紀テフラ研究. 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **30**, 379–370.
- 佐々木竜男・片山雅弘・音羽道三・天野洋司(Sasaki, T., Katayama, M., Otowa, M. and Amano, Y.), 1970, 渡島半島の火山灰について. 北海道農業試験場土性調査報告(*Soil Survey Reports of Hokkaido National Agricultural Experiment Station*), **20**, 255–286.
- 佐々木竜男・片山雅弘・富岡悦郎・佐々木清一・矢沢正士・山田 忍・矢野義治・北川芳男(Sasaki, T., Katayama, M., Tomioka, E., Sasaki, S., Yazawa, M., Yamada, S., Yano, Y. and Kitagawa, Y.), 1971, 北海道における腐植質火山灰の編年に関する研究. 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **10**, 117–123.
- 佐藤博之(Satoh, H.), 1971, 樽前火山灰 d 層の¹⁴C年代. 地球科学(*Earth Sci. (Chikyu Kagaku)*), **25**, 185–186.
- 瀬尾春雄・富岡悦郎・片山雅弘(Seo, H., Tomioka, E. and Katayama, M.), 1965, 石狩国南部および胆振国東部(一部)土性調査報告石狩支庁管内(市を含む). 北海道農業試験場土性調査報告(*Soil Survey Reports of Hokkaido National Agricultural Experiment Station*), **15**, 242p.
- 瀬尾春雄・後藤計二・天野洋司・佐々木竜男・富岡悦郎(Seo, H., Goto, K., Amano, Y., Sasaki, T. and Tomioka, E.), 1968, 胆振国土性調査報告. 北海道農業試験場土性調査報告(*Soil Survey Reports of Hokkaido National Agricultural Experiment Station*), **18**, 294p.
- 重野聖之・七山 太・須藤雄介・嵯峨山積・長谷川 健・安藤寿男(Shigeno, K., Nanayama, F., Sudo, Y., Sagayama, T., Hasegawa, T. and Ando, H.), 2013, 北海道東部厚岸沿岸低地の完新世バリアーシステムと海水準変動の復元. 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **119**, 171–189.
- 曾屋龍典・佐藤博之(Soya, T. and Satoh, H.), 1980, 千歳地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1図幅)(*Geology of the Chitose District. Quadrangle Series, 1: 50,000*), 地質調査所(Geol. Surv. Japan), 92p.
- 徳井由美(Tokui, Y.), 1988, 道東地域における樽前 C 火山灰の分布, 日本第四紀学会講演要旨集(*Japan Assoc. Quatern. Res. Abstr.*), **18**, 182–183.
- 徳井由美(Tokui, Y.), 1995, 徳井由美業績集(*Works of Yumi Tokui*), 徳井由美業績集刊行会, 309p.
- 梅津 譲(Umetsu, Y.), 1987, 恵庭 a 降下軽石及び樽前 d 降下軽石の年代に関する資料. 東北地理(*Ann. Tohoku Geogr. Assoc.*), **39**, 141–143.
- 吉川周作(Yoshikawa, S.), 1976, 大阪層群の火山灰について. 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **82**, 497–515.

* English translation from the original written in Japanese

(要 旨)

長谷川 健・花岡正光・古川竜太・重野聖之・七山 太・中川光弘・安藤寿男, 2013, 北海道東部, 釧路地域における樽前 d 降下火砕堆積物の発見とその意義. 地質雑, **119**, 446–456. (Hasegawa, T., Hanaoka, M., Furukawa, R., Shigeno, K., Nanayama, F., Nakagawa, M. and Ando, H., 2013, Relative Recognition and its significance of Tarumai-d tephra in Kushiro region, eastern Hokkaido, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **119**, 446–456.)

北海道南西部, 樽前火山の最初期の降下火砕物である樽前 d 降下火砕堆積物(Ta-d : 8.7 ~ 9.2 cal ka)を, 北海道東部の複数の遺跡および掘削コアから発見した. 対比においては, Ta-c2(2.5 cal ka)に覆われる層位関係や年代に加え, 模式地試料との層相および岩石学的特徴(特に火山ガラス組成の高 TiO_2 と低 K_2O 値)の類似性に注目した. Ta-d は模式地において, 下部の軽石質な Ta-d2 と上部のスコリア質な Ta-d1 からなるが, 釧路地域においても Ta-d1 と d2 セットが厚さ 5 cm で堆積するのが明瞭に確認できる. 今回の発見により, 北海道東部およびその周辺の太平洋沖に, 完新世初期を示す広域テフラが導入されたことになる.