

霧島火山群, 最近 3 万年間のテフラ模式露頭の提案

田島 靖久*

(2014 年 7 月 26 日受付, 2014 年 10 月 27 日受理)

Proposed Type Localities for Tephra Layers Erupted from the Kirishima Volcanic Group
over the Past 30,000 Years

Yasuhisa TAJIMA*

The Kirishima volcanic group is located in southern Kyushu and is comprised of more than 20 volcanic edifices. The Kirishima volcanic group has produced many tephra layers and lava flows over the past 30,000 years, but few type localities have been established. Unfortunately, one type locality for tephra layers from Kirishima volcanic group, described by Imura (1996) in Kamamuta settlement, was destroyed by road construction. An alternative tephra locality near the destroyed one was found in the Kamamuta, and it is proposed a new type locality in this letter. Additionally, it is described type localities of Kirishima tephra layers dating from 20,000 to 7,300 cal BP that were generated from the western Kirishima volcanic group, including Koshikidake, Karakunidake and Ebinokogen in the Daio settlement.

Key words: Kirishima volcanic group, type locality, tephra, Kamamuta, Daio

1. はじめに

火山噴火史を編年するには、露頭の地質情報とその基礎データとなることは言うまでもない。しかし、論文に記載される露頭は、多くの場合、議論に必要な柱状図に限られ、露頭画像として情報が残されることは少ない。柱状図による記録は、色調、厚み、粒径のわずかな変化や全体の中での位置関係など短い記載では表現が難しい情報が抜け落ち、他の研究者が同じ露頭を検証することが困難となる場合がある。この情報の脱落を減らすためには露頭を画像として示すことが現実的かつ有効な方法と考えられる。筆者らは、野外調査に基づく霧島火山群の噴火史編年を行っており(田島・他, 2013; 2014)、対象地域のテフラや溶岩の模式地となる露頭を画像として示している。しかし、複数の火山地域を繋ぐ露頭や既に報告されている露頭については、柱状図に示すにとどめ露頭画像は掲載しなかった。今後、霧島火山群の研究やその自然科学的な普及を行うためには画像としての露頭情報が必要になると考えられ、最近 3 万年間のテフラの模式露頭を 2 箇所提案しその意義について議論する。

2. 霧島火山群のテフラ模式露頭

2-1 高原町蒲牟田

霧島火山東山麓の高原町蒲牟田 (Fig. 1) には、霧島火山群からのテフラの模式地があった(井村, 1996; 1999)。しかし、この露頭は道路拡幅工事によって削剥消滅したため、霧島火山群のテフラ層序の再現・検討に支障が出て来た。そこで、田島・他 (2013) が No. 1 として示した地点(北緯 31 度 54 分 16.25 秒, 東経 130 度 59 分 19.8 秒, Fig. 2 の Loc. K) を模式露頭とし提案し、以下に詳しく記載する。本地点は、高原町蒲牟田宇都の台地北端の崖に位置し、井村 (1999) が示した露頭 (Fig. 2 の点線丸) から約 100 m 東にある。なお、高崎川の北側や湯之元の南側にあるほぼ同じ高度面の台地は、入戸火砕流堆積物(荒牧, 1969)によって形成されている(沢村・松井, 1957; 木野・太田, 1976)。また、標高 223.4 m の三角点に代表される宇都の台地は、入戸火砕流堆積物から構成されている(産業技術総合研究所地質調査総合センター(編), 2014)。

本露頭の基底には、基質がガラス質火山灰からなる軽

* 〒461-0005 愛知県名古屋市中区東桜 2-17-14
日本工営株式会社 名古屋支店
Nippon Koei Co., Ltd. Nagoya Branch, 2-17-14, Higashi-sakura, Higashi-ku, Nagoya-shi, Aichi 461-0005, Japan.

Corresponding author: Yasuhisa Tajima
e-mail: tajima-ys@n-koei.jp

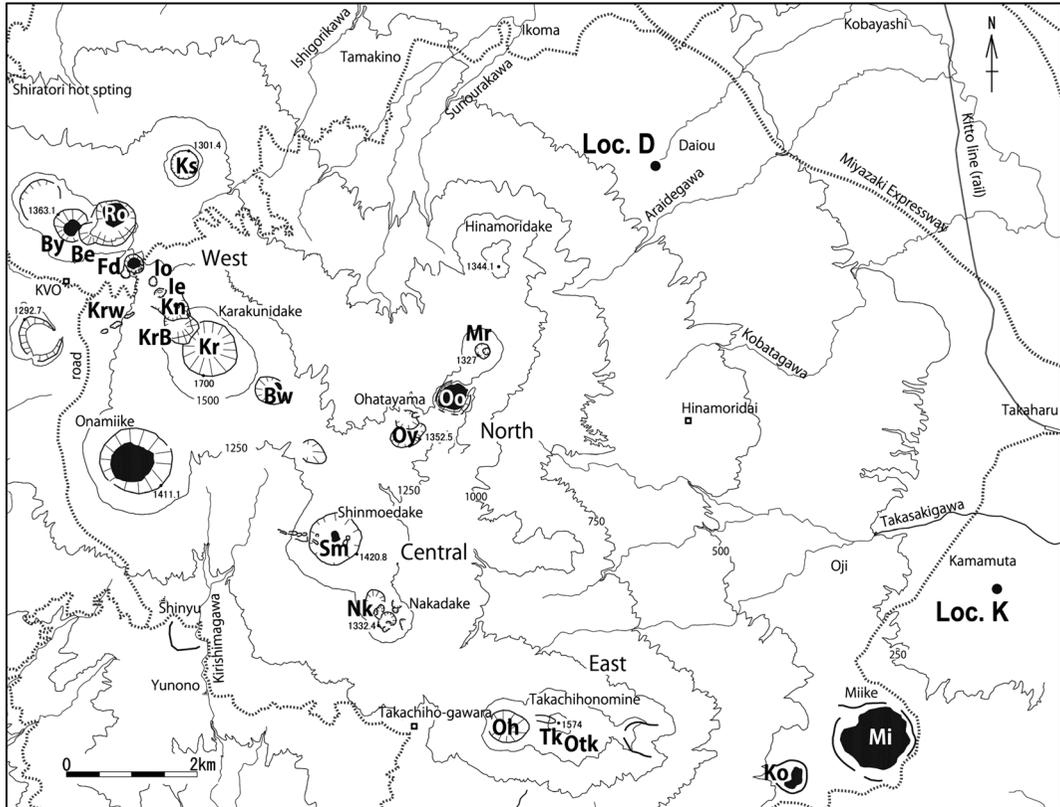


Fig. 1. Location map around the Kirishima volcanic group. Be: Byakushiike east crater, By: Byakushiike crater, Bw: Biwaike crater, Fd: Fudoike crater, Ie: Ioyama east crater, Io: Ioyama crater, Kn: Karakunidake north crater, Ko: Koike crater, Kr: Karakunidake crater, KrB: Karakunidake B crater, Krw: Karakunidake west craters, Ks: Koshikidake crater, Mi: Miike crater, Mr: Maruokayama crater, Nk: Nakadake craters, Oh: Ohachi crater, Oo: Ohataike crater, Otk: Old Takachiho center, Oy: Ohatayama craters, Ro: Rokkannonmiike crater, Sm: Shinmoedake craters, Tk: Takachihonimine center. KVO: Kirishima Volcano Observatory.

石を含む不淘汰な堆積物が認められる。軽石には斑晶鉱物として輝石や斜長石が含まれており、入戸火砕流堆積物中の軽石(町田・新井, 2003)に対比される。ただし、本地点では、堆積物中に流理構造が見られ、入戸火砕流堆積物の2次堆積物と考えられる。入戸火砕流の2次堆積物の上位には黄土色～暗色の火山灰質土(層厚 80 cm)が堆積しており、火山灰質土の上位には直径 0.5~1 cm のスコリアと火山岩の岩片が点在した層準(層厚 50 cm)が確認できる(Fig. 3c)。このスコリアは、井村・小林(2001)に記載されており、後述の甌岳テフラに対比されると考えられる。スコリアの点在層準の上位には、火山灰質土(層厚 10 cm)中に直径 0.5~1.0 cm の軽石層が確認できる(宇都テフラ, Ut: 新称)。火山灰質土中に見られるこれらスコリアや軽石の粒径はほぼ揃っており、火砕物が点在する層が同じ層準に連続して堆積している

ため降下堆積物と判断できる。Ut の上位にはやや暗色～褐色の火山灰質土(層厚 15 cm)を挟み、韓国岳・小林テフラ(Kr-Kb)が見られる(成瀬, 1966; 遠藤・小林ルーム研究グループ, 1969; 井ノ上, 1988; 井村・小林, 2001; 田島・他, 2013)。Kr-Kb は、白色～淡い橙色の軽石を含む降下軽石層(層厚 55 cm)、火山灰層(層厚 15 cm)、降下軽石層(層厚 20 cm)、火山灰層(層厚 35 cm)からなり(Fig. 3c)、軽石層には直径 3~4 cm の軽石が含まれる。

Kr-Kb の上位は、暗色～黒色土(層厚 115 cm)が発達し、その上位に直径 0.2~0.5 cm の鋭角に接する面で囲まれた火山礫と 0.5~1.0 cm の軽石を含み、火山灰中に腐植物を含む火山灰層(層厚 15 cm)が見られる(中平テフラ, Nd: 新称)。Nd の上位には明瞭な黒色土(層厚 10 cm)を挟み、暗灰色の火山灰層(層厚 60 cm)が見られる(環野 B テフラ, TmB: 田島・他, 2013)。本火山灰層中

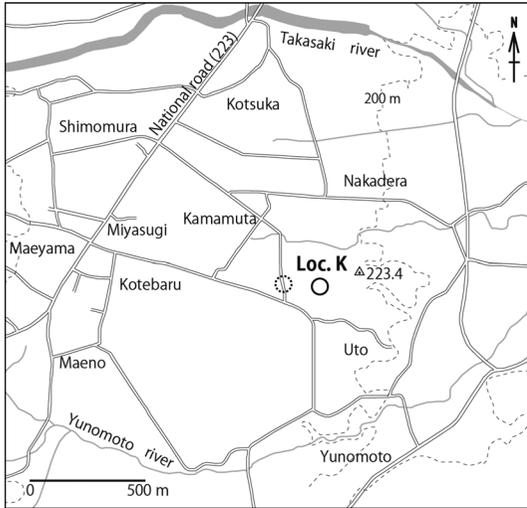


Fig. 2. A detailed site map for Loc. K outcrop in Kamamuta. A site shown by dashed circle was described by Imura (1996, 1999). This map based on Geospatial Information Authority of Japan maps.

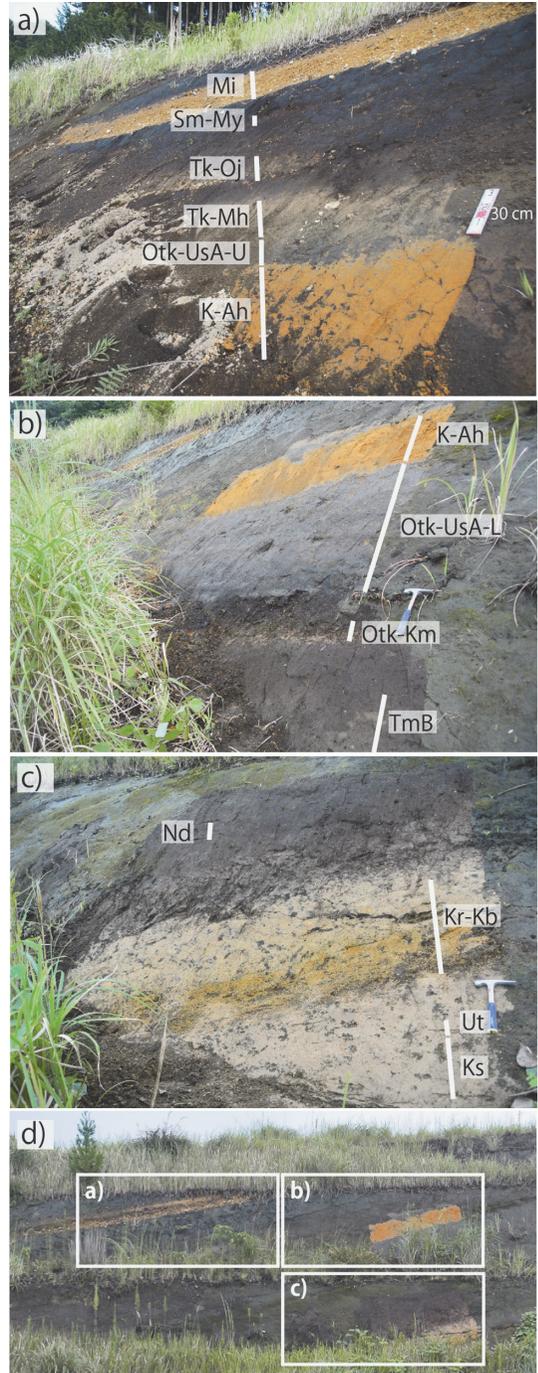


Fig. 3. Photograph of tephra layers from Kirishima volcanic group at Loc K in Fig. 2. a) Tephra layers among K-Ah and Mi. b) Tephra layers among TmB and K-Ah. c) Tephra layers among Ks and Nd. d) Overall of Kamamuta outcrop. Ks: Koshikidake tephra, Ut: Uto tephra, Kr-Kb: Karakunidake-Kobayashi tephra, Nd: Nakadera tephra, TmB: Tamakino B tephra, Otk-Km: Old Takachiho-Kamamuta tephra, Otk-Ua-L: Old Takachiho-Ushinosune lower tephra, K-Ah: Kikai-Akahoya tephra from Kikai caldera, Otk-Ua-U: Old-Takachiho Ushinosune upper tephra, Tk-Mh: Takachiho-nomine-Mochiharu tephra, Tk-Oj: Takachihonomine-Oji tephra, Sm-My: Shinmoedake-Maeyama tephra, Mi: Miike tephra, Tephra names shown by Inoue (1988), Imura (1996), Imura and Kobayashi (2001) and Tajima *et al.* (2013).

には0.2~0.3 cmの火山岩礫が含まれており，その中間やや上には桜島薩摩テフラ (Sz-S (P14); 森脇, 1994, 小林, 1986) が挟在する (Fig. 3b).

TmBの上位に暗色の黒色土 (層厚 10~20 cm) を挟み，古高千穂-蒲牟田テフラ (Otk-Km; 井ノ上, 1988; 井村,

1994, 1996; 井村・小林, 2001; 田島・他, 2013) が見られる (Fig. 3b). Otk-Kmは，降下火山灰層 (層厚 1 cm)，降下スコリア層 (層厚 15 cm) からなる。Otk-Kmの上位には黒色土 (層厚 20 cm) を挟み，灰青色の粗粒火山灰層の古高千穂-牛のすねテフラ (Otk-Ua: 遠藤・小林ローム

研究グループ, 1969; 井ノ上, 1988; 井村, 1994, 1996; 井村・小林, 2001; 田島・他, 2013) が見られる。Otk-UsA には, 鬼界-アカホヤテフラ (K-Ah: 町田・新井, 1978) が挟まれており, K-Ah を境に下部層 (L) と上部層 (U) に分けられる (Fig. 3b)。本地点では, Otk-UsA-L (層厚 138 cm), K-Ah (層厚 70 cm), Otk-UsA-U (層厚 16 cm) となっている。Otk-UsA-U の上面は風化しており, その上位に灰青色降下火山灰層 (層厚 28 cm) の高千穂峰-望原テフラ (Tk-Mh: 井ノ上, 1988; 井村, 1996; 井村・小林, 2001; 田島・他, 2013) が見られ (Fig. 3a), Tk-Mh の最下部にはスコリアが点在している。Tk-Mh の上位には黒色土 (層厚 20 cm) を挟み, 高千穂峰-皇子テフラ (Tk-Oj: 井ノ上, 1988; 井村, 1996; 井村・小林, 2001; 田島・他, 2013) が認められる (Fig. 3a)。Tk-Oj は降下スコリア層 (層厚 10 cm), 降下火山灰層 (層厚 11 cm), 降下スコリア層 (層厚 5 cm), 降下火山灰層 (層厚 10 cm) から構成される。

Tk-Oj の上位には, 黒色土 (層厚 60 cm) を挟み, 降下軽石層 (層厚 14 cm) の新燃岳-前山テフラ (Sm-My: 井ノ上, 1988; 井村, 1996; 井村・小林, 2001; 田島・他, 2013) が見られる (Fig. 3a)。本地点の Sm-My は, 黒色土中に直径 0.3~1 cm の軽石が密集した状態で確認でき, 軽石は風化して淡いオレンジ色を呈する。Sm-My の上位には黒色土 (層厚 42 cm) を挟み, 御池テフラ (Mi: 桑野・他, 1959; 井ノ上, 1988; 井村, 1996; 井村・小林, 2001; 奥野, 2002) が見られる (Fig. 3a)。Mi は, 火山灰層 (層厚 2 cm), 降下軽石層 (層厚 5 cm), 降下軽石層 (層厚 60 cm) からなる。なお, 本地点では, Mi より上位のテフラは削剥されている。

2-2 小林市大王

霧島火山群では, 全体の噴火活動の理解ができる東麓の模式露頭 (Loc. K) に加えて, えびの高原周辺の火山からのテフラ層序を把握できる模式露頭が必要である。これに適した露頭が, 夷守岳の北裾野にある小林市大王の小さな谷の中に工事で出現した露頭である (北緯 31 度 57 分 47 秒, 東経 130 度 56 分 01 秒, Fig. 4 の Loc. D)。本露頭では, Kr-Kb の下位層準から古高千穂-牛のすねテフラまでが見られる (Fig. 5)。谷底には, 不淘汰であり直径 20~50 cm 大の多種の類質円礫を含む夷守岳が起源と考えられるラハール堆積物が露出する。ラハール堆積物の上位には茶色の火山灰質土が見られ, その上位に灰青色の粗粒火山灰からなる降下火山灰層 (層厚 7 cm) が見られる。降下火山灰層の上位には, 茶色の火山灰質土 (層厚 20 cm) を挟み, 降下軽石層 (層厚 19 cm), 軽石及び岩片を含む降下火山灰層 (層厚 18 cm) が見られる。これらの間には土壌は形成されておらず, 連続して堆積

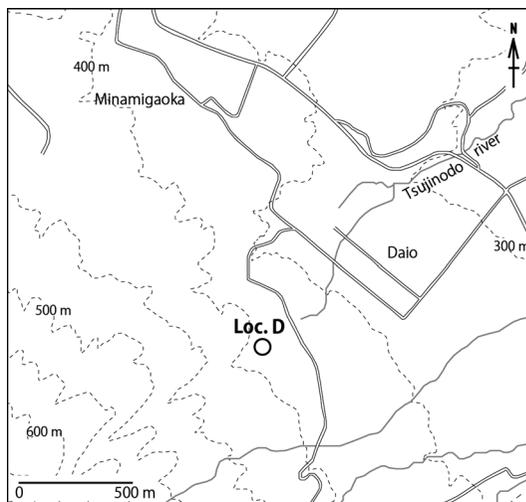


Fig. 4. A detailed site map for Loc. D outcrop in Daio. This map based on GSI map.

したと考えられることから, 辻之堂テフラ (Tj) と新称する。ただし, 上部の降下火山灰層中には軽石と岩片が混在しており, 基質火山灰の風化の進行が著しく 2 次的な移動の影響を受けている可能性がある。Tj の上位に火山灰質土 (層厚 3 cm) を挟み, 降下スコリア層 (層厚 15 cm), 降下火山灰層 (層厚 5 cm), 降下スコリア層 (層厚 12 cm), 降下火山灰層 (層厚 30 cm) が見られる。降下スコリア層中のスコリアはやや赤みがかった茶色をしており, 上下位に見られる他の降下軽石層と明瞭に識別できる。本層は, Imura (1992) によって韓国岳スコリアと呼ばれたものであるが, 田島・小林 (2011) によって甌岳に向かい層厚が増し, 甌岳近傍では層厚 10 m 以上となることが確認された。このため本層を甌岳テフラ (Ks) と再定義する (Fig. 5)。Ks の詳細と甌岳形成については, 別途報告する予定である。

Ks の上位には黄土色の火山灰質土 (層厚 30 cm), 黒色土 (層厚 15 cm) を挟み, うぐいす色の降下火山灰層 (層厚 5 cm) が見られる (大王 B テフラ, DiB: 新称)。DiB の上位には黒色土 (層厚 4 cm) を挟み, うぐいす色の降下火山灰層 (層厚 4 cm), 降下軽石層 (層厚 5 cm) が認められる (大王 A テフラ, DiA: 新称)。DiA の上位には Kr-Kb が見られるが, 両者の間に黒色~火山灰質土 (層厚 1.5 cm) が形成されているため, Kr-Kb とは別のテフラとして記載した (Fig. 6)。

DiA と火山灰質土の上位に, 全層厚が約 3 m になる Kr-Kb が見られる (Fig. 5)。以下に記載する Kr-Kb のユニット区分では Kr-を省略する。本地点では, Kr-Kb の最下部に火山灰主体のユニットが認められ, このユニッ

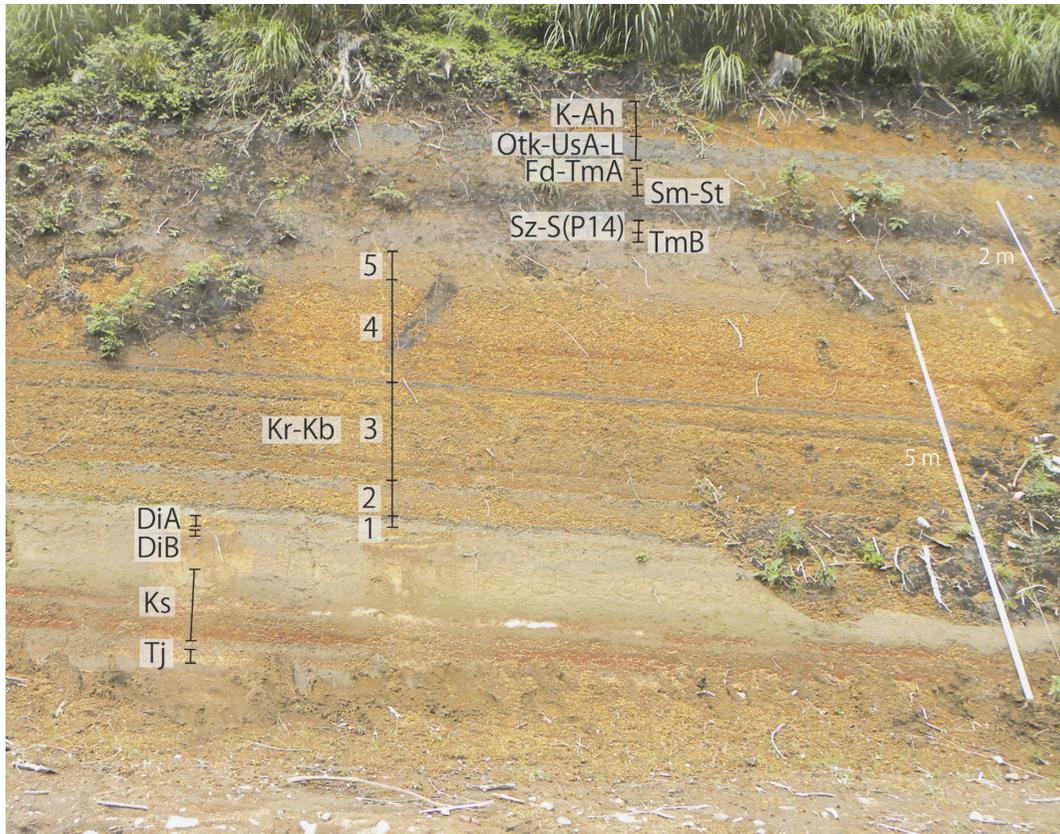


Fig. 5. Photograph of tephra layers from Kirishima volcanic group at Loc. D in Fig. 4. Tj: Tsujinodo tephra, Ks: Koshikidake tephra, DiB: Daio B tephra, DiA: Daio A tephra, Kr-Kb: Karakunidake-Kobayashi tephra, TmB: Tamakino B tephra, Sz-S (P14): Sakurajima-Satsuma tephra from Sakurajima volcano, Sm-St: Shinmoedake-Setao tephra, Fd-TmA: Fudoike-Tamakino A tephra, Otk-UsA-L: Old Takachiho-Ushinosune lower tephra, K-Ah: Kikai-Akahoya tephra from Kikai Caldera.

トを Kb1 とした (Fig. 6). Kb1 は、下位より粗粒火山灰の降下火山灰層 (層厚 5 cm, Kb1a), 僅かに風化した火山灰 (層厚 1 cm) を挟み、礫混じりの降下火山灰層 (層厚 2 cm, Kb1b), 直径 3~5 mm の礫混じり粗粒火山灰からなる火山灰層 (層厚 7 cm, Kb1c) に分けられる。Kr-Kb1 の上位には、より上位層に比べ火山礫が少ないユニットが見られ、このユニットを Kb2 とした (Fig. 6). Kb2 は、下位より淘汰の良い降下軽石層 (層厚 23 cm, Kb2a), 黒色を呈し火山灰と軽石が混在しやや不淘汰な火砕物層 (層厚 14 cm, Kb2b), うぐいす色を呈しラミナが認められる火山灰層 (層厚 1~2 cm, Kb2c) に分けられる。Kb2b は層厚変化が認められ、火砕物密度流堆積物の可能性が考えられる。Kb2c はラミナがあり層厚の変化が認められる。Kb2b と Kb2c には塑性変形の痕跡が認められ、堆積物が固まる前に上位層が堆積したと推定される。Kb2

の上位には緻密な岩片の含有量が高くなるユニットが見られ、このユニットを Kb3 とした (Fig. 6). Kb3 は、下位より淘汰の良い降下軽石層 (層厚 18 cm, Kb3a), 火山灰層 (層厚 0.2 cm, Kb3b), 淘汰の良い降下軽石層 (層厚 70 cm, Kb3c), 火山礫層 (層厚 3 cm, Kb3d), 淘汰の良い降下軽石層 (層厚 2 cm, Kb3e), 火山灰層 (層厚 0.5 cm, Kb3f), 淘汰の良い降下軽石層 (層厚 18 cm, Kb3g), 火山灰層 (層厚 3 cm, Kb3h) に分けられる。これらの降下層及び火山灰層の間に浸食の痕跡は認められない。Kb3 の上位には、下位に赤色、上位に橙色の軽石を含む降下軽石層が 2 回繰り返すユニットが認められ、この層を含むユニットを Kb4 とした (Fig. 6). Kb4 は、下位より細粒の火山灰層 (層厚 1 cm, Kb4a), 淘汰の良い降下軽石層 (層厚 10 cm, Kb4b), 火山灰層 (層厚 0.5 cm, Kb4c), 淘汰の良い降下軽石層 (層厚 35 cm, Kb4d), 淘汰の良い降下軽石層 (層

厚 94 cm, Kb4e) に分けられる。Kb4d, Kb4e は、下部に赤色軽石, 上部にオレンジ色軽石のサイクルを繰り返す。Kb4 内には浸食の痕跡は認められない。Kb4 の上位には、火山灰からなる降下火山灰層 (層厚 15 cm) が認められ、このユニットを Kb5 とした (Fig. 6)。

Kr-Kb の上位には、火山灰質土 (層厚 45 cm), 黒色土 (層厚 30 cm) を挟み、土壌混じりの火山灰層 (層厚 25 cm) が見られる (Fig. 5)。その上位には白色の火山灰層 (層厚 26 cm) が見られる。本層中には発泡の良い軽石と石質火山灰が混在しており、軽石は Sz-S (P14) 起源であ

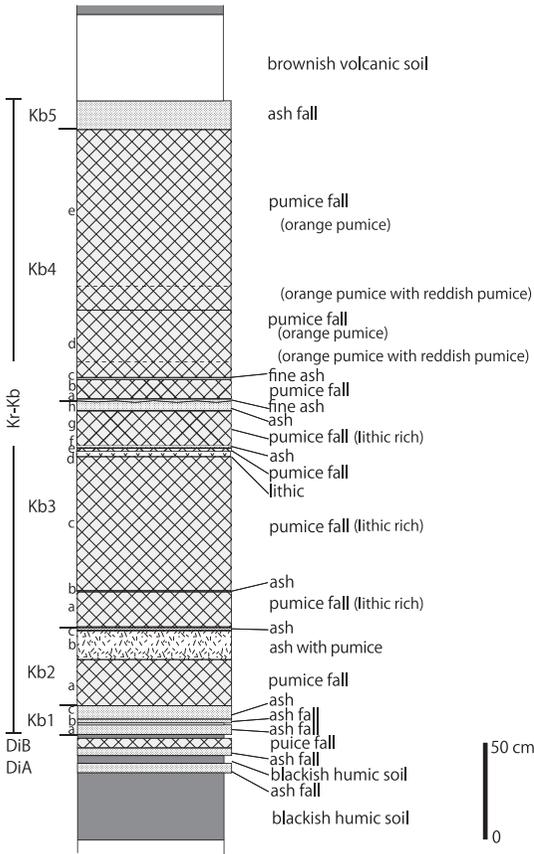
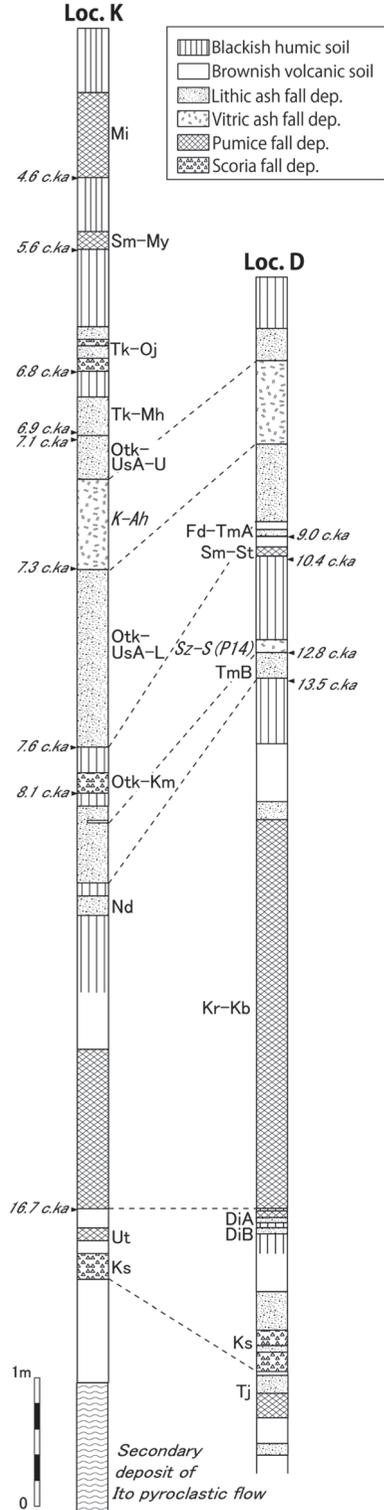


Fig. 6. Schematic columnar section of Karakunidake Kobayshi tephra (Kr-Kb) at Loc. D. The photograph is shown in Fig. 5.

Fig. 7. Two columnar sections originated by Tajima *et al.* (2013) at Loc. K and Loc. D. Ages (c.ka) in italics were reported by Imura and Kobayashi (1991), Okuno (2002) and Tajima *et al.* (2014). Tephra names are shown in Fig. 3 and Fig. 5 captions. Names in italics are tephra from other volcanoes.



り、石質火山灰は霧島火山起源である(田島・他, 2013). 土壌混じりの火山灰層は、環野 B テフラ (TmB) に対比される(田島・他, 2013). TmB の上位には、黒色土(層厚 65 cm) を挟み新燃岳-瀬田尾テフラ (Sm-St) の降下軽石層(層厚 7 cm) が認められる(田島・他, 2013). Sm-St の上位は風化した火山灰質土(層厚 8 cm) が見られ、その上位に不動池-環野 A テフラ (Fd-TmA) の降下火山灰層(層厚 5 cm) が見られる(田島・他, 2013; 2014). Fd-TmA の上位には、火山灰質土(層厚 6 cm) を挟み、Otk-UsA-L (層厚 60 cm) が認められる(田島・他, 2013). Otk-UsA-L の上位には、K-Ah (層厚 65 cm), Otk-UsA-U (層厚 25 cm) があり、これらのテフラは地表の黒色土に覆われる。

3. 模式露頭の重要性について

ここでは、記述した2つの模式露頭の火山学的意義について議論する。蒲牟田の露頭については、井村(1996, 1999)によって記載された模式露頭が消失した以上、代換え地点が必要となる。Loc. K は、井村(1996, 1999)が記載したテフラが連続して確認でき、かつ Otk-Km より下位層準のテフラが確認できる。また、Ut や Nd はこれまで未記載のテフラであり、それらの記録を残す点でも重要と言える。Loc. D については、Kr-Kb の良好な断面を観察できる点で重要である。Kr-Kb は、厚い降下軽石層の間に薄い火山灰層が挟まれることで特徴付けられ(井ノ上, 1988)、その間には火砕流堆積物も挟まれる(Iamura, 1992)。しかし、Kr-Kb の詳細な噴火推移については十分に理解されておらず、本地点ではユニット毎の噴出物の構成物種の変化が確認でき重要な露頭になると考えられる。今後、Loc. D での浸食痕や構成粒子の変化を手がかりにし、Kr-Kb の噴火推移が明らかにされることが期待される。また、本露頭では Sm-St と Fd-TmA の関係を直接確認できる点、Ks 下位の Tj や Kr-Kb 下位の DiB、DiA を新たに記載した点でも重要である。

次に、田島・他(2013)が示した柱状図と Fig. 3, Fig. 5 の関係を示し、露頭画像の掲載の重要性について議論する。なお、田島・他(2013)を元にして、新記載のテフラを含めた柱状図を Fig. 7 に示す。Fig. 7 からは、層位、層厚、粒子種の情報を読み取ることができ、給源、年代値の情報が入ることによって、噴火史を理解することができる。しかし、Fig. 7 からテフラの連続性や厚さ変化、層の傾き、色調やその濃淡、粒径やその変化、2次的に乱された状況の情報を読み取ることができない。さらに、露頭画像がない場合、柱状図を作成するための記載情報が露頭のどの部分から取得したかわからない。これらのことが、異なる研究者による同じ露頭における柱状図な

どの記載の再現性を難しくさせる一因になると考えられる。このようなリスクを減らすために、重要な露頭については、日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会(1996)や上杉(2003)のように露頭画像とともに検証可能な情報を示すことが必要となる。

霧島火山群では最近3万年間に20を超える火山が広範囲に形成されており、これらから多数の噴出物が産出された。本論では、多くの噴出物を連続的に観察できる一部の露頭について画像を示し模式地として提案した。しかし、霧島火山群の全ての噴出物を網羅するためにはさらに複数の模式地が必要となる。また、溶岩についても各々に模式地を設定する必要がある。なお、霧島火山群では、公表された論文を元に露頭画像を含むデータベースを構築することと、重要な露頭を保存し永続的に観察できる状態にしておくことが望まれる。

4. ま と め

霧島火山群の東麓の蒲牟田周辺における模式露頭は工事によって失われたが、その近くにはほぼ同等の露頭 Loc. K が出現した。本地点では、入戸火砕流堆積物~Otk-Km 間の噴出物が確認でき、新たな模式露頭として提案する。大王周辺の模式露頭 Loc. D では、Kr-Kb の良好な断面を観察できる。また、Sm-St と Fd-TmA の層位関係も確認でき、霧島火山群のテフラ層序を解明する上で重要な露頭となる。

謝 辞

本稿をまとめるにあたって、鹿児島大学の小林哲夫氏と福岡大学の奥野 充氏との議論が重要であった。また、査読者の筒井正明氏、大野希一氏、編集担当の吉本充宏氏には適切なコメントを頂き、本稿は改善された。第四紀学会には図の転載の許可をいただいた。ここに御礼申し上げます。

引用文献

- 荒牧重雄(1969)鹿児島県国分地域の地質と火砕流堆積物。地質雑, 75, 425-442.
 遠藤 尚・小林ローム研究グループ(1969)火山灰層による霧島熔岩類の編年(試論)。霧島山総合調査報告書, 宮崎県, 13-30.
 Imura, R. (1992) Eruptive history of the Kirishima volcano during the past 22,000 years. *Geogr. Rep. Tokyo metropol. Univ.*, 27, 73-91.
 井村隆介(1994)霧島火山の地質。震研彙報, 69, 189-209.
 井村隆介(1996)霧島火山東麓にみられる霧島火山最近7,000年間のテフラ。日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会編「第四紀露頭集—日本のテフラ」, 日本第四

- 紀学会, 305.
- 井村隆介 (1999) 霧島火山. 高橋正樹・小林哲夫編「フィールドガイド 日本の火山⑤ 九州の火山」: 85-103, 築地書店.
- 井村隆介・小林哲夫 (2001) 霧島火山地質図 (5 万分の 1). 火山地質図 11, 地質調査所.
- 井ノ上幸造 (1988) 霧島火山群高千穂複合火山の噴火活動史. 岩鉱, **83**, 26-41.
- 木野義人・太田良平 (1976) 野尻地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 45 p.
- 小林哲夫 (1986) 桜島火山の形成史と火砕流. 火山噴火に伴う乾燥粉体流 (火砕流等) の特質と災害 (文部省科学研究費自然災害特別研究報告書, 代表者: 荒牧重雄), 137-163.
- 桑野幸夫・郷原保真・松井 健 (1959) 大隅半島の地質 (予報). 資源研究所彙報, **49**, 59-82.
- 町田 洋・新井房夫 (1978) 南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ-アカホヤ火山灰. 第四紀研究, **17**, 143-163.
- 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, 336 p.
- 森脇 広 (1994) 桜島テフラ層序・分布と細粒火山灰層の層位一. 鹿児島湾周辺における第四紀後期の細粒火山灰層に関する古環境学的研究 (平成 4・5 年度科学研究費補助金 (一般研究 C) 研究成果報告書, 研究代表者: 森脇 広), 1-20.
- 成瀬 洋 (1966) 霧島火山東方の第四紀 Tephra. 資源研彙報, **66**, 15-33.
- 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会 (1996) **第四紀露頭集-日本のテフラ**. 日本第四紀学会, 352 p.
- 奥野 充 (2002) 南九州に分布する最近約 3 万年間のテフラの年代学的研究. 第四紀研究, **41**, 225-236.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2014) 20 万分の 1 日本シームレス地質図 2014 年 1 月 14 日版. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 沢村孝之助・松井和典 (1957) 5 万分の 1 地質図「霧島山」及び解説書. 地質調査所, 58 p.
- 田島靖久・小林哲夫 (2011) 霧島火山群における甑岳の火山活動について. 地球惑星学連合 2011 年大会予稿集, 2011, SVC048-07.
- 田島靖久・林 信太郎・安田 敦・伊藤英之 (2013) テフラ層序による霧島火山, 新燃岳の噴火活動史. 第四紀研究, **52**, 151-171.
- 田島靖久・松尾雄一・庄司達弥・小林哲夫 (2014) 霧島火山, えびの高原周辺における最近 15,000 年間の活動史. 火山, **59**, 55-75.
- 上杉 陽 (2003) **地学見学案内書 富士山**. 日本地質学会 関東支部, 117 p.

(編集担当 吉本充宏)