

箱根町宮城野林道沿いにおける 箱根火山明神ヶ岳溶岩グループの一記載

西澤文勝・山下浩之

Fumikatsu Nishizawa and Hiroyuki Yamashita: Exposure information of eruptive products for Myojin-ga-take Lava Group located on the Miyagino Forest Road, northwest side of the Hakone Caldera, central Japan

緒言

箱根火山は中期更新世から活動を開始した複合火山であり、開析された複数の成層火山体で構成される。複数の小規模な陥没カルデラの集合体と考えられる南北約 12 km、東西約 8 km のカルデラ地形を有し、その爆発的噴火史は、箱根火山東方の大磯丘陵をはじめとする堆積域におけるテフラ層序学的研究の蓄積により、少なくとも過去 40 万年間におよぶことが明らかにされてきた(町田ほか, 1974; 上杉, 1976; 町田・新井, 1980; 関東第四紀研究会, 1987 など)。また、山体を構成する地質体の区分と層序については、岩石学的アプローチにより詳細化が進められている(長井・高橋, 2007, 2008; 山下ほか, 2008 など)。一方、それらの火山噴出物の層序関係すなわち遠方で構築されたテフラ層序と箱根火山の山体を構成する火山噴出物との地層対比や層位関係については明らかにされていない点が多い。箱根火山の山体形成史論は、岩石学的アプローチによる研究により細分化され、時間解像度についても精度の向上したモデルに刷新されたものの、より詳細な山体形成史の編年には山体における露頭情報・地質記載の蓄積による東方地域との地域間対比が必要である。

カルデラ北東部に位置する箱根町宮城野地区は、北西を明神ヶ岳に東を明星ヶ岳に囲まれ、南を早川に限られる。同地区の県行造林地では、明星ヶ岳山麓の南斜面標高約 750 m を横切るように実施された林道開設工事に伴い、山体を構成する火山噴出物の露出の良い人工露頭が出現した。本稿では、2021 年時に確認された露頭における溶岩および噴火堆積物について地質記載を行い、溶岩については全岩化学組成に基づく同定と噴出時期の特定を試みた。

材料と方法

地形地質概説

小林(2008)によると、同地域には形成年代の古い順に、

碓氷峠面(標高 600 m 付近)、宮城野 I 面、宮城野 II 面、宮城野 III 面(それぞれ標高 500 m 付近)が分布する。本稿で記載する 2 地点の露頭は、いずれも上記の平坦面の分布域より標高の高い山麓斜面であり、宮城野地区の明神ヶ岳南斜面および明星ヶ岳の南西斜面の標高 750 m 付近に位置する(図 1 A, B)。日本地質学会国立公園地質リーフレット編集委員会(2007)の地質図によると、露頭の出現した地域には、明星ヶ岳火山体および明神ヶ岳火山体を構成する溶岩グループとその下位にみられる 1 つの溶岩グループの露出が見込まれる(図 1 B)。それらはそれぞれ下位から、狩川溶岩グループ、明星ヶ岳火山体; 明星ヶ岳下部溶岩グループ(Mo1)・明星ヶ岳中部溶岩グループ(Mo2)、明神ヶ岳火山体; 板屋窪溶岩グループ(Mj1)・明神ヶ岳溶岩グループ(Mj2)・明神ヶ岳南東溶岩グループ(Mj3)・明神ヶ岳山頂溶岩グループ(Mj4)である。いずれもそれぞれに侵食の進んだ成層火山体を構成する地質体であり(長井・高橋, 2008)、露頭の位置する斜面は上記の成層火山体が開析された地形である。そのため、ここでは関係する火山体を構成する地質体に限って、箱根火山の山体形成史におけるそれらの活動期とともにその概要を示す。図 2 にそれらの地質体の層位関係を示す。

狩川溶岩グループ

狩川溶岩グループは、長井・高橋(2008)が火打石岳火山体(長井・高橋, 2007)を再定義したものであり、Kuno(1938)の OS₁のうち北東部に分布するものの大部分に相当する。また、OS₂(Kuno, 1938)の一部を含む。その分布は、箱根火山北部で広く、駿河小山から足柄峠にかけての稜線の東側、矢倉沢から火打石岳にかけての狩川沿い、矢倉沢峠～碓氷峠におよぶ。そのほか、宮城野～塔ノ沢にかけてのカルデラ壁下部にも分布する(長井・高橋, 2008)。その岩相は玄武岩～玄武岩質安山岩の凝灰角礫岩及び火山角礫岩と薄い溶岩、降下スコリア

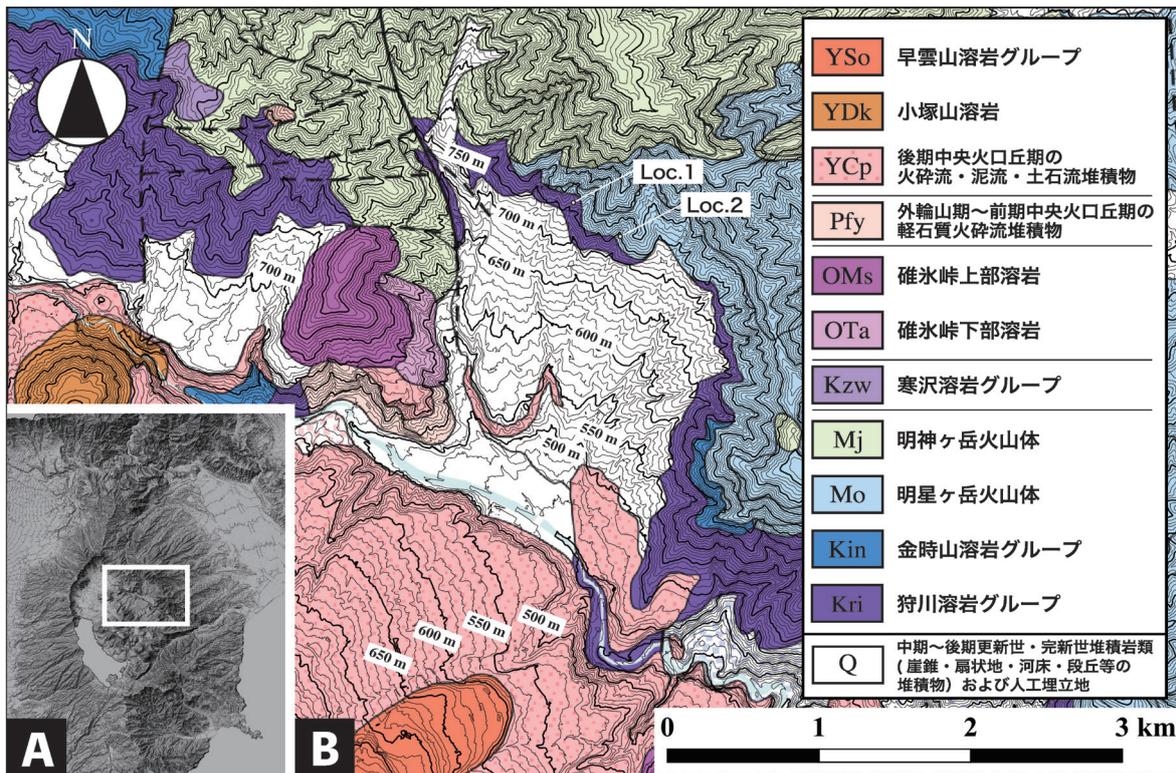


図1. 調査地域図および露頭地点. 日本地質学会国立公園地質リーフレット編集委員会 (2007) の地質図をもとに作成.
Fig.1 Index map of the Miyagino Forest Road at Loc. 1 and Loc. 2. Based on the geological map compiled by the Geological Society of Japan Geological Leaflet eds. (2007).

層の互層からなる (長井・高橋, 2008)。塔ノ沢において、畑宿溶岩グループを覆う (長井・高橋, 2008)。テフラ層との層位関係については、駿河小山で TII-9 (TE-5) テフラ (上杉, 1976; 町田・新井, 2003) とされる火山灰層を覆うほか (狩野ほか, 1988)、矢倉沢の狩川沿いにおいて、大磯丘陵の柄沢ローム層中の KR-28 テフラ (上杉, 1976) に対比されるガラス質火山灰層が挟在する (上杉ほか, 1985)。同溶岩グループの形成時期は箱根火山の形成時期 Stage 1 の初期陸上火山活動期の形成期に相当し (長井・高橋, 2008)、上述のテフラ層との層位関係から 0.5 ~ 0.35 Ma 頃に活動したとみられる。

明星ヶ岳火山体

明星ヶ岳火山体は、OS₂ (Kuno, 1938) の一部に相当する。明星ヶ岳から塔ノ峰にかけてのカルデラ縁の稜線と東側の山腹に分布する。下部は厚い安山岩質溶岩を主体とし、中部は安山岩～玄武岩質の溶岩と凝灰角礫岩・火山角礫岩の互層からなる。上部は薄い玄武岩～安山岩質溶岩と凝灰角礫岩・火山角礫岩の互層を主体とする。下位の狩川溶岩グループや金時山溶岩グループ、狩野溶岩グループの一部を覆う (長井・高橋, 2008)。その形成時期は箱根火山の形成時期 Stage 2 (0.35 ~ 0.27 Ma) の複数の玄武岩質成層火山体の形成期に相当し、下部が白糸川溶岩グループと対比可能な安山岩で構成されていることから約 0.3 Ma と見積もられている (長井・高橋, 2008)。

明神ヶ岳火山体

明神ヶ岳火山体は OS₂ (Kuno, 1938) の一部に相当する。下位から、板屋窪溶岩グループ、明神ヶ岳溶岩グループ、明神ヶ岳南東溶岩グループ、明神ヶ岳山頂溶岩グループの4つの地質体からなる侵食の進んだ成層火山であり、箱根火山の北東部において、金時山火山体と明星ヶ岳火山体に刻まれた谷に分布する (長井・高橋, 2008)。主として、玄武岩～安山岩質の薄い溶岩と凝灰角礫岩・火山角礫岩・降下スコリア層の互層からなる。板屋窪溶岩グループを除く上記3つの溶岩グループについては、長井・高橋 (2008) による具体的な記載はないものの、同文献の図1に示される地質図上の表記から、それぞれ以下のように定義される。明神ヶ岳溶岩グループは安山岩～玄武岩質成層火山体、明神ヶ岳南東溶岩グループは安山岩質成層火山体、明神ヶ岳山頂溶岩グループは玄武岩質成層火山体からなる (長井・高橋, 2008)。板屋窪溶岩グループは、長井・高橋 (2008) により初めて定義された地質体で、明神ヶ岳溶岩グループと明神ヶ岳南東溶岩グループに挟在する斑晶に乏しい安山岩～デイサイト質溶岩および粗粒降下スコリア層で構成される。下位の溶岩グループとの層位関係は、侵食間隙を挟み金時山火山体および明星ヶ岳火山体を覆うとされる (長井・高橋, 2008)。同火山体の形成時期は箱根火山の形成時期 Stage 3 (0.27 ~ 0.23 Ma) の成層火山群・独立単成火山群の形成期に相当する (長井・高橋, 2008)。

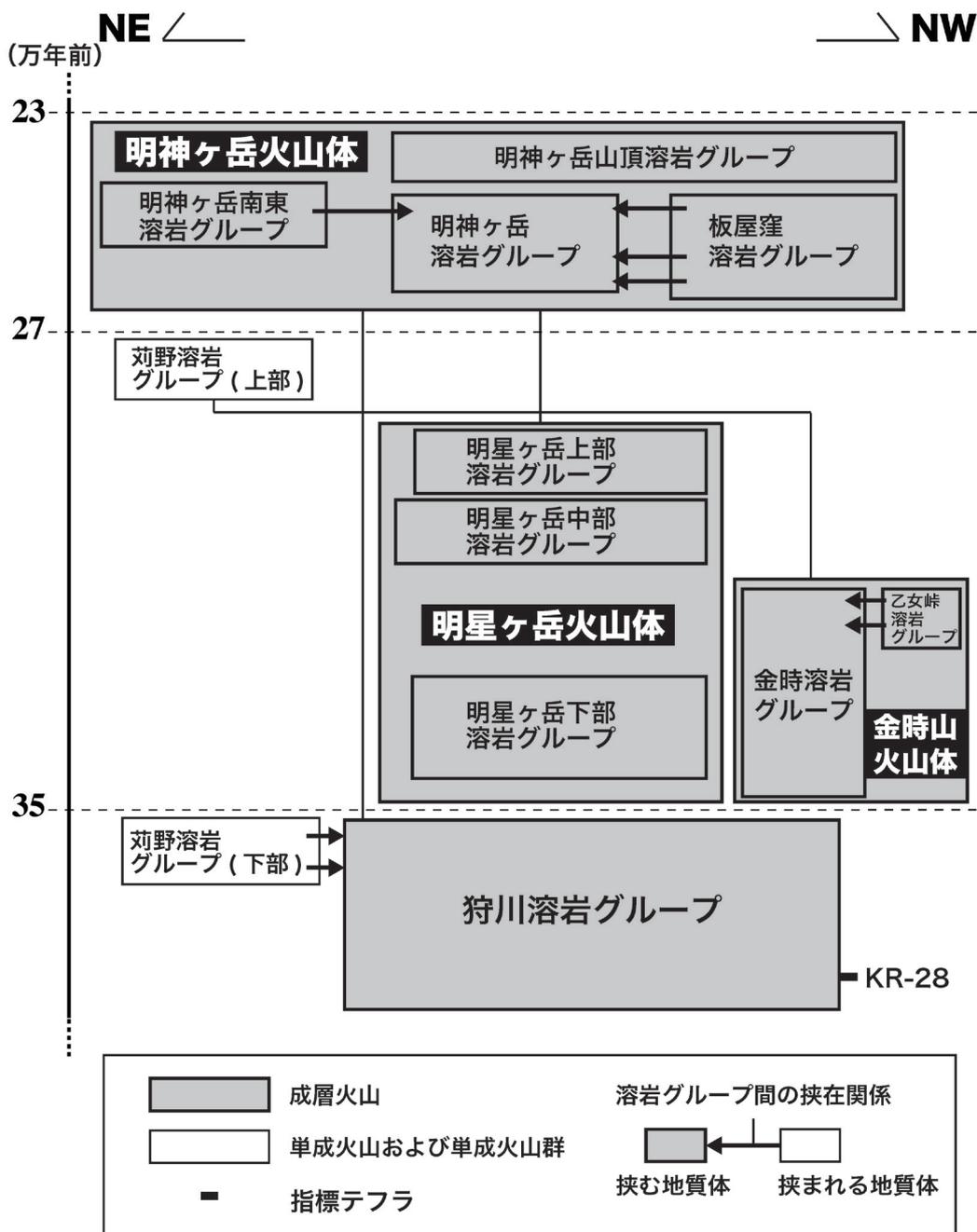


図2. 調査地域に分布する箱根火山噴出物の層位関係と活動時期. 長井・高橋 (2008) の図2をもとに作成.

Fig.2. Block diagram of the Hakone volcanic ejecta distributed around the research area. Based on Figure 2 from Nagai & Takahashi (2008).

分析手法

各露頭について、溶岩および噴火堆積物を記載し、柱状図を作成した(図3A, B)。降下火砕堆積物については、層厚、色調、堆積構造、構成物、平均最大粒径(層に含まれるより大きな軽石・石質岩片5つの長径の平均)などの記載をもとにユニット区分を行った。なお、記載に用いる降下火砕堆積物の名称については、本稿において対比・同定が完了していないことから、混乱を避けるた

め各露頭における仮称を用いる。

全岩化学組成分析は、当館設置の蛍光X線分析装置((株)リガク PrimusII)を用いて検量線法にて実施した。全岩化学組成分析を行った元素は、主要元素(SiO₂、TiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、MnO、MgO、CaO、Na₂O、K₂O、P₂O₅の10元素)と、微量元素(Ba、Co、Cr、Cu、Nb、Ni、Pb、Rb、Sr、V、Y、Zn、Zrの13元素)である。各元素の分析条件についてはRigaku (2013)による。岩

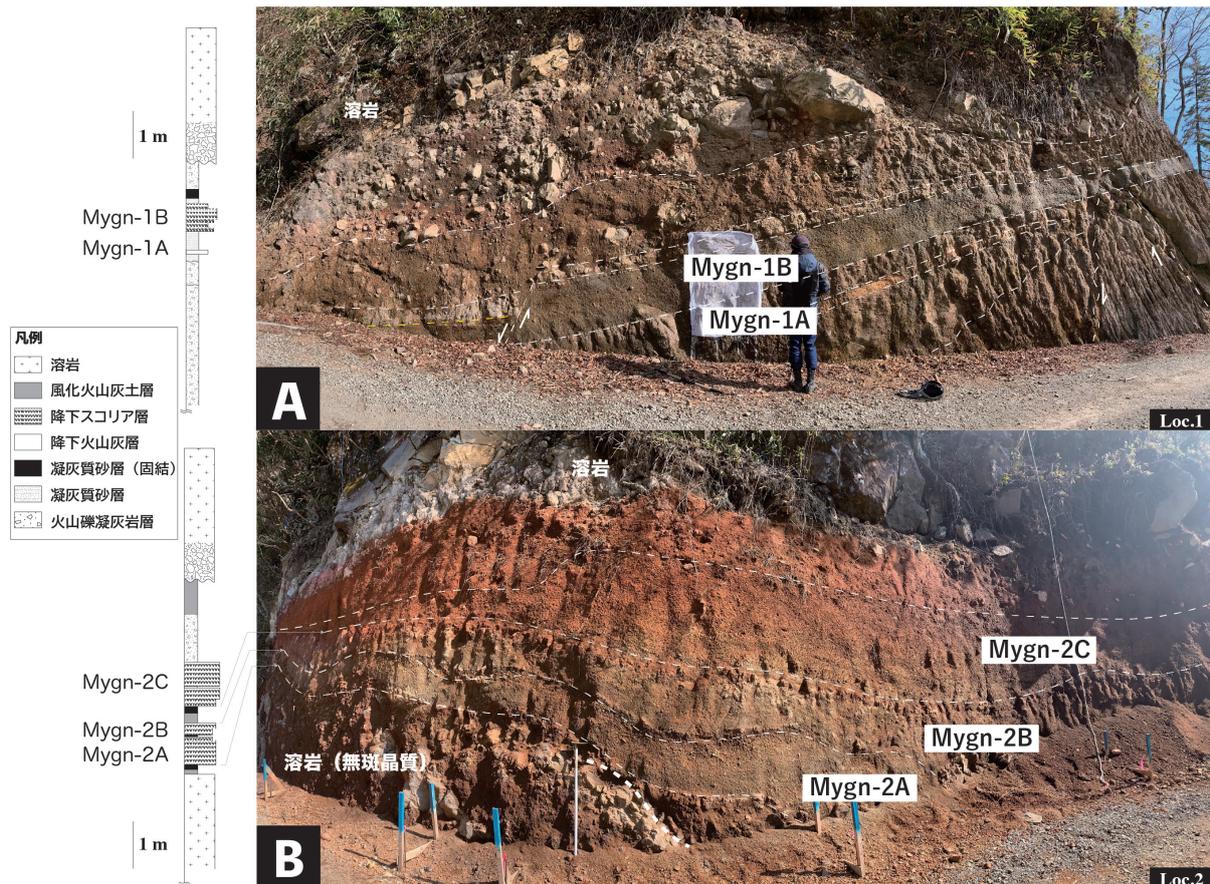


図 3. 宮城野林道沿いの記載露頭における柱状図および解釈スケッチ。

Fig. 3. Columnar Sections and interpretive sketches of each outcrop along the Miyagino Forest Road.

石試料の粉末化については、まず割り出して洗浄したのち、恒温器で乾燥させ、タングステンカーバイト製乳鉢で 2 mm 程度の粒径に粗割した。続いて、蒸留水を用いて超音波洗浄を行い、95 °C で一晩以上乾燥後、メノウ乳鉢で粉碎し、粉末試料とした。作成した粉末試料は、850 °C で加熱し強熱減量し、揮発性元素（主には水分）を算出した後、同じ試料にてガラスビードを作製した。なお、主成分化学組成の比較においては、全鉄を FeO^* として表し、10 成分の合計を 100 % に再計算した値を用いる。この部分の溶岩の同定のための分析値の比較には、長井・高橋（2007）、山下ほか（2008）および山下・西澤（2026）による本調査地周辺に分布する溶岩の分析値を用いた。

結果

ここでは露頭記載の結果を述べる。各露頭の柱状図、スケッチおよび代表的な露頭写真をそれぞれ図 3、図 4 に示す。また、全岩化学組成分析の結果を表 1 に示す。

露頭 1 (Loc. 1; 図 1B)

本露頭は、35°16'09.9"N 139°03'06.0"E の地点（標高

760 m）に出現した（図 1B）。ここでは、露頭最上部の溶岩とそれに直接覆われる火山礫凝灰岩層の直下の凝灰質砂層中に挟在する 2 枚の降下火山灰堆積物を認定した（図 4A, B）。露頭最下部は、淘汰の悪い褐色の火山礫凝灰岩層が露出する（図 3A; 4B）。層厚は最大 2 m 以上で下限は確認できない。この火山礫凝灰岩層は平均粒径 2 mm の火山礫を主体とし、弱い成層構造をなす基質支持の堆積物である。構成する岩片は、火山礫サイズの石質岩片を主体とし、最大粒径 15 cm の火山岩塊を含む。また、著しく風化した黄白色から灰褐色の軽石および、赤色から青灰色のスコリア火山礫を含む。同層の上部 30 cm には、降下火山灰層（Mygn-1A）（図 4B）が挟在する。Mygn-1A は層厚最大 10 cm の橙色の降下火山灰層であり、著しく風化が進み粘土化している。層厚は一定ではなく、露頭正面右手に向かって側方方向に薄化せん滅する。さらに、この火山礫凝灰岩層の上位には、これを直接覆うように発泡の悪いスコリア火山礫からなる降下スコリア堆積物（Mygn-1B）（図 3A; 4A）が認められた。Mygn-1B は層厚 58 cm で粒径およびスコリア火山礫の色から 6 つのユニットに分かれる（図 4A）。最下部のユニット 1 は、層厚 7 cm で、平均最大粒径は 2.1 cm である。粒径 5 ~ 10 mm 程度の火山礫サイズの灰色～青灰色スコ

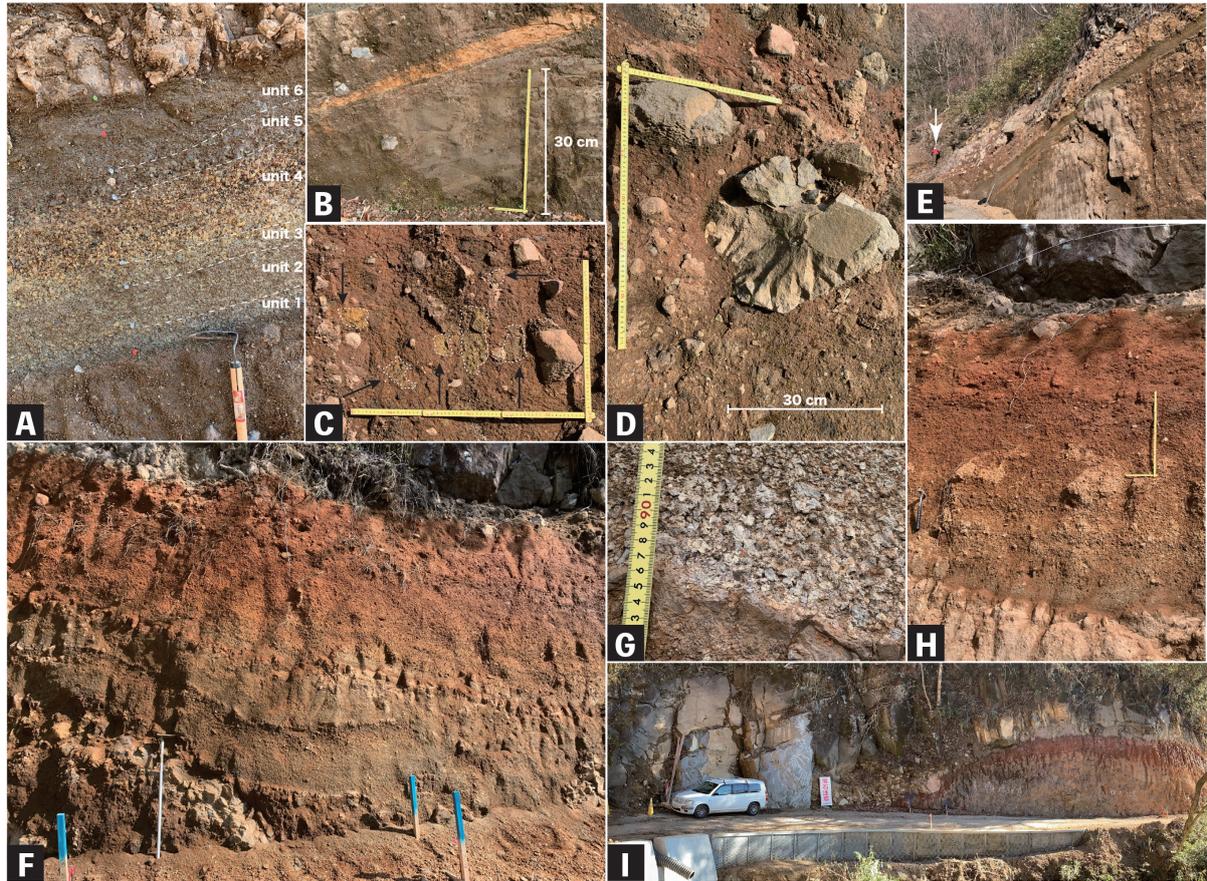


図 4. 各記載露頭における溶岩および火砕堆積物の露頭写真。

Fig.4. Photographs of lava and pyroclastic deposits at each listed outcrop. A: Overview of lava and pyroclastic deposits at Loc. 1. B: Lower part of the outcrop at Loc. 1 showing Mygn-1A; the orange-coloured layer corresponds to Mygn-1A. C: Lapilli tuff overlying secondary deposits of Mygn-1B; arrows indicate weathered yellow accessory lithic clasts. D: Jointed blocks within the lapilli tuff. E: Sampling site of KPM-NL 43839 at Loc. 1. F: Overview of lava and pyroclastic deposits at Loc. 2. G: Lithofacies of Mygn-2A. H: Upper part of Loc. 2 showing Mygn-2C. I: Lava overlying the tephra sequence at Loc. 2.

リアを主体とする。下位の火山礫凝灰岩層とは明瞭な境界で接する。その上位のユニット2は、層厚11cmでスコリア礫の平均最大粒径は1.1cmである。粒径5mmの火山礫サイズの灰色～青灰色スコリアを主体とし、黄色のスコリアも含まれる。下位のユニット1に比べて細粒である。ユニット3は、層厚7cmで、平均最大粒径は1.7cmである。ユニット4は本層中で最も厚く、層厚16cmで、平均最大粒径は4.3cmである。平均粒径は5~10mmであり、淡黄色～黄色のスコリアを主体とする。また、ユニット4中には、他のユニットにはない特徴として、5cm未満の角礫～垂角礫状の斜長石斑晶の目立つ溶岩片が含まれる。その上位のユニット5は、層厚7cmで、平均最大粒径は2.3cmである。平均粒径10mmの火山礫サイズの灰色～青灰色スコリアを主体とする。最上位のユニット6は、層厚10cm、平均最大粒径1.9cmである。平均粒径3mmの火山礫サイズの灰色～青灰色スコリアを主体とする。ユニット6の上位は、層厚10cmの淘汰の悪い凝灰質砂層に覆われる。この凝灰質砂層は、火山灰サイズから火山礫サイズの Mygn-

1Bと同質のスコリアで構成されることから Mygn-1Bの二次堆積物とみられる。なお、本露頭における Mygn-1Bは箱根町立箱根ジオミュージアムにより地層はぎ取り標本(資料番号: HGMS-124)として採取された。

Mygn-1Bの二次堆積物を直接覆って、極めて淘汰の悪い火山礫凝灰岩層が認められた。本層は、淘汰の悪い火山岩塊サイズの石質岩片を多数含み、同質の火山灰を基質とする基質支持の堆積物である(図3A; 4C, D)。層厚は2mで、全体として無層理で上方粗粒化を示す。火山岩塊は長径が20~30cmの角礫状の石質岩片を主体とし、最大で1mのものを含む。また、それらの中には、高温で定置したことを示す放射状に配列した冷却節理の発達するジョイント・ブロック(山岸, 1998)の特徴を示すものが多く存在する(図4D)。また、類質岩片として長径が最大で12cmの著しく風化した黄色の石質岩片を含む(図4C)。本層は、この黄色に風化した石質岩片の存在から、全てが均質の岩石からなる堆積物とは言えないものの、定置時に高温状態を示す特徴をもつ本質岩片の存在と基質の高温酸化が認められることから、本稿

表 1. 全岩化学組成分析結果

Table 1. Results of whole-rock chemical composition analysis

	下位溶岩 : Loc.2 の露頭下部						上位溶岩 : Loc.1, Loc.2 の露頭上部		
	KPM-NL 43822	KPM-NL 43823	KPM-NL 43824	KPM-NL 43825	KPM-NL 43826	KPM-NL 43827	KPM-NL 43828	KPM-NL 43829	KPM-NL 43839
主要元素 (wt. %)									
SiO ₂	62.22	61.88	62.39	62.02	62.31	62.02	54.25	54.06	54.09
TiO ₂	0.85	0.84	0.84	0.85	0.87	0.86	0.80	0.79	0.81
Al ₂ O ₃	16.28	16.24	16.31	16.21	16.47	16.23	19.52	19.64	19.74
Fe ₂ O ₃	7.70	7.78	7.51	8.01	7.73	7.96	9.31	9.37	9.24
MnO	0.15	0.18	0.17	0.16	0.14	0.17	0.18	0.18	0.17
MgO	1.75	1.95	1.70	1.73	1.55	1.81	3.00	3.09	3.07
CaO	5.66	5.76	5.65	5.71	5.60	5.66	9.59	9.57	9.53
Na ₂ O	4.43	4.42	4.46	4.35	4.40	4.35	2.98	2.90	2.88
K ₂ O	0.76	0.76	0.77	0.76	0.76	0.75	0.31	0.32	0.38
P ₂ O ₅	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.08	0.08	0.10
L.O.I.	1.06	0.68	1.28	1.26	1.17	0.72	-0.13	0.07	0.06
FeO/MgO	3.97	3.58	3.98	4.17	4.49	3.96	2.80	2.73	2.71
微量元素 (ppm)									
Ba	226	257	274	258	247	250	140	149	142
Co	27	28	27	29	26	27	35	35	35
Cr	n.d.	n.d.	0.4	n.d.	2.4	n.d.	8.0	7.6	11
Cu	25	37	30	42	47	21	97	30	102
Nb	1.8	2.2	2.2	2.2	3.0	2.6	1.4	0.9	1.0
Ni	1.8	1.6	1.3	n.d.	n.d.	1.6	2.8	2.5	3.8
Pb	3.4	4.4	2.9	3.7	3.8	3.8	3.7	1.7	2.4
Rb	10	9.2	10	10	9.1	10	2.9	2.6	3.1
Sr	318	316	321	313	321	315	279	280	316
V	103	101	100	106	103	107	220	226	243
Y	34	32	35	27	36	30	19	18	18
Zn	91	91	95	92	90	88	74	73	73
Zr	77	76	79	75	77	76	39	40	42

では block-and-ash flow deposits (Cas & Write, 1987) と判断した。

本露頭の最上位には、層厚 2 m 以上 (上限は確認できない) の溶岩流が認められた (図 3A; 4E)。本溶岩は長径 1 ~ 2 mm 大の斜長石斑晶に富む玄武岩質安山岩である。斜長石斑晶は最大で長径 1.5 cm に達する。輝石斑晶は 3 mm 大である。連続性を確認し、露頭正面に向かって左側の地点 (図 4E の白色の矢印) で、全岩化学組成分析用の試料 (KPM-NL 43839) を採取した。KPM-NL 43839 の主要元素化学組成は、SiO₂ = 54.09 wt.%, TiO₂ = 0.81 wt.%, Al₂O₃ = 19.74 wt.%, Fe₂O₃ = 9.24 wt.%, MnO = 0.17 wt.%, MgO = 3.07 wt.%, CaO = 9.53 wt.%, Na₂O = 2.88 wt.%, K₂O = 0.38 wt.%, P₂O₅ = 0.10 wt.% であった (表 1)。

露頭 2 (Loc. 2; 図 1B)

本露頭は、35°16'03.4"N 139°03'16.5"E の地点 (標高 747 m) に出現した (図 1B)。ここでは、露頭最下部と最上部の 2 枚の溶岩流に挟まれた 3 枚の降下火砕堆積物を認定した (図 3B; 4F, G, H)。最下部の溶岩は、灰白色を呈する無斑晶質のデイサイトであり、板状節理が発達する。その層厚は、露頭では 1 m 程度であるものの、斜面下方に追跡でき、少なくとも 10 m を超える。全岩化

学組成分析用の試料 (KPM-NL 43822 ~ KPM-NL 43827) は、図 4I の右方、道路に近い地点で 4 点 (KPM-NL 43822 ~ KPM-NL 43825)、道路より 5 m 標高を下げた地点にて 2 点 (KPM-NL 43826 ~ KPM-NL 43827) を採取した。それらの主要元素化学組成は、SiO₂ = 61.88 ~ 62.39 wt.%, TiO₂ = 0.84 ~ 0.87 wt.%, Al₂O₃ = 16.21 ~ 16.47 wt.%, Fe₂O₃ = 7.51 ~ 8.01 wt.%, MnO = 0.14 ~ 0.18 wt.%, MgO = 1.55 ~ 1.95 wt.%, CaO = 5.60 ~ 5.76 wt.%, Na₂O = 4.35 ~ 4.46 wt.%, K₂O = 0.75 ~ 0.77 wt.%, P₂O₅ = 0.19 wt.% であった (表 1)。この溶岩は、層厚 40 cm の淘汰の悪い風化火山灰土に被覆される (図 3B; 4F)。風化火山灰土は、シルトから極粗粒砂サイズの基質からなり、火山礫サイズのやや円磨された石質岩片を多く含む。その上部 10 cm は固結した細粒砂から中粒砂サイズの凝灰質砂からなる。これより上位に見られる、3 枚の降下火砕堆積物について、下位からそれぞれ下記に述べる。

Mygn-2A テフラ (仮称)

露頭最下部の無斑晶質溶岩を覆う風化火山灰土直上の降下スコリア堆積物である (図 3B; 4F, G)。全体層厚 60 cm で 3 つのユニットに分かれる。最下部のユニットは、層厚 36 cm でスコリア礫の平均最大粒径は 3.6 cm である (図 4G)。粒径 5 mm 程度の火山礫サイズの灰色 ~ 黄色

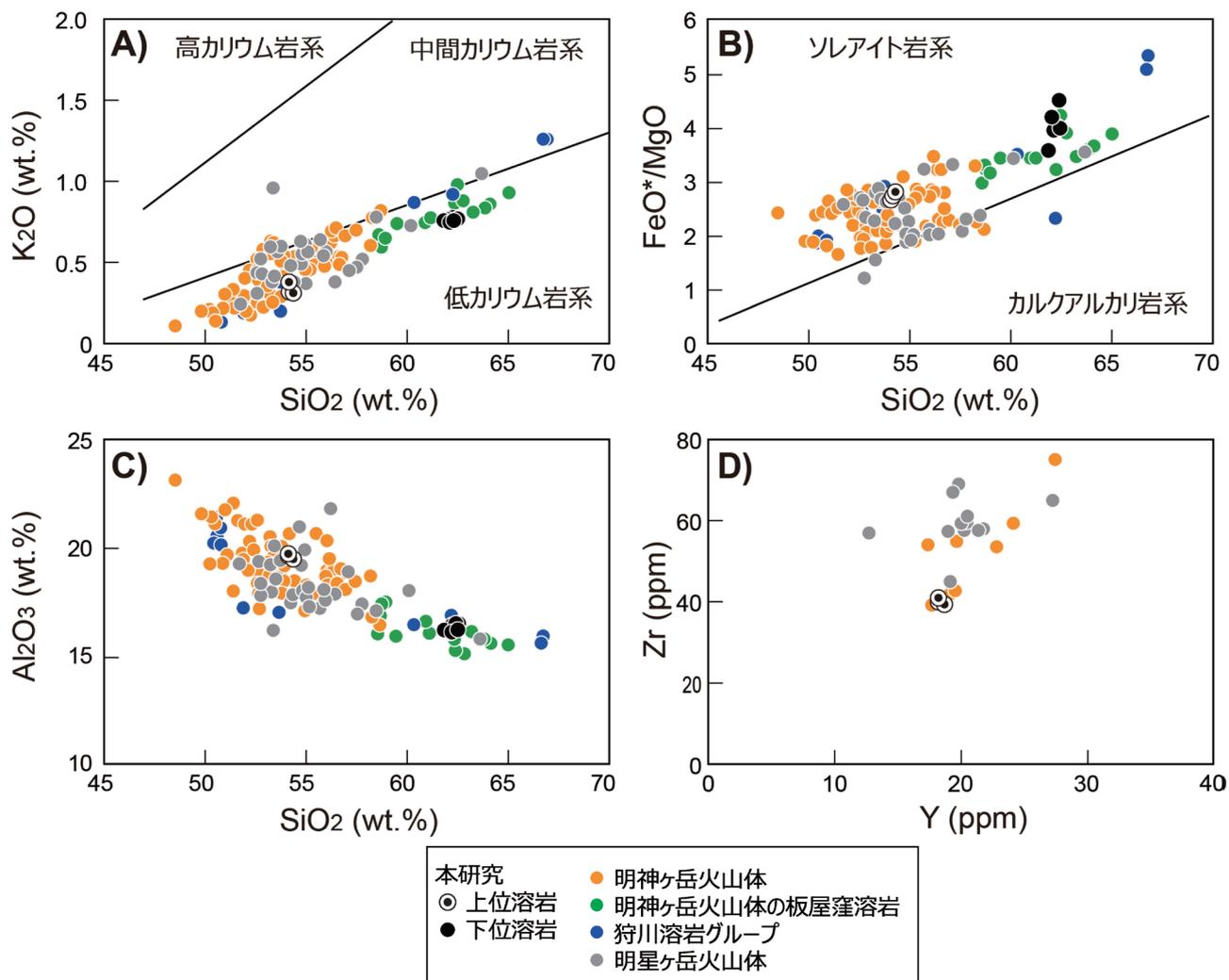


図 5. 調査地周辺に分布する溶岩類の全岩化学組成の比較. A: SiO₂-K₂O 図. 高カリウム岩系, 中間カリウム岩系, 低カリウム岩系の境界は Gill (1981) を引用. B: SiO₂-FeO*/MgO 図. ソレイト岩系とカルクアルカリ岩系の境界は Miyashiro (1974) を引用. C: SiO₂-Al₂O₃ 図. D: Y-Zr 図. 明神ヶ岳火山体および明星ヶ岳火山体のうち, SiO₂ 含有量が 50 ~ 55 wt.% のデータを比較した. 使用したデータは, A), B), C) が長井・高橋 (2007) および山下ほか (2008), D) が山下・西澤 (2026) を用いた.

Fig. 5. Comparative whole-rock chemical composition of targeted lavas distributed around the study area. A: SiO₂-K₂O diagram. The boundary between high-K, intermediate-K and low-K rock systems is based on Gill (1981). B: SiO₂-FeO*/MgO diagram. The boundary between tholeiitic and calc-alkaline rock systems is based on Miyashiro (1974). C: SiO₂-Al₂O₃ diagram. D: Y-Zr diagram. Data from the Myojin-ga-take and Myojo-ga-take volcanic edifices with SiO₂ contents of 50-55 wt.% were compared. Data used for A), B) and C) are from Nagai & Takahashi (2007) and Yamashita *et al.* (2008), and for D) is from Yamashita & Nishizawa (2026).

スコリアを主体とする。1 cm 未満の赤色のスコリアを含む。中部のユニットは、層厚 16 cm でスコリア礫の平均最大粒径は 3.6 cm である。下部のユニットに比べ、最大 5 cm の垂角礫~角礫の石質岩片を多く含む。また、主体となるスコリア礫の粒径は 1.5 cm 大の火山礫サイズのものが主体となる。上部のユニットの層厚は 8 cm であり、平均最大粒径は 2 cm である。粒径 5 mm 大のスコリアを主体とし、最大で長径 2 cm の石質岩片を含む。

Mygn-2B テフラ (仮称)

下位の Mygn-2A テフラとの間に、層厚 2 cm の固結した風化火山灰土を介し、これを直接覆って堆積する降下

火砕堆積物である (図 3B; 4F)。全体の層厚は 25 cm であり、軽石火山礫の粒径から 2 つのユニットに区分できる。下部は層厚 15 cm でスコリア礫の平均最大粒径は 1.5 cm である。粒径 5 mm 程度の火山礫サイズの青灰色スコリアを主体とする。上部は層厚 10 cm でスコリア礫の平均最大粒径は 3.4 cm である。粒径 1 cm 程度の火山礫サイズの黄色スコリアを主体とする。上部ユニットは、中粒砂~極粗粒砂サイズの基質からなる淘汰の悪い凝灰質砂層により、明瞭な侵食面をもって覆われる。この凝灰質砂層の層厚は 30 ~ 50 cm であり、斜交層理が発達する。また、直下の両ユニットに含まれるスコリア礫と同質の円磨されたスコリア火山礫を多く含むことから、この凝

灰質砂層は Mygn-2B テフラの再堆積物とみられる。

Mygn-2C テフラ（仮称）

下位の Mygn-2B テフラとの間に、層厚 10～15 cm の固結した風化火山灰土を介し、これを直接覆って堆積する降下火砕堆積物である（図 3B; 4F, H）。全体の層厚は 91 cm であり、4つのユニットに区分される。最下部は層厚 15 cm でスコリア礫の平均最大粒径は 1.5 cm である。粒径 5 mm 程度の火山礫サイズの青灰色～黄色スコリアを主体とする。石質岩片はほとんど含まれない。ユニット 2 は、層厚 23 cm でスコリア礫の平均最大粒径は 4.6 cm である。粒径 10 mm 程度のスコリア礫を主体とする。最大で長径 10 cm に達する火山岩塊サイズのスコリア礫が含まれる。全ユニットの中では石質岩片を多く含む点の特徴である。石質岩片は長径が 5 cm 未満の亜角礫～角礫状の溶岩からなる。ユニット 3 は層厚 2 cm の中粒砂サイズの粒子からなる火山灰層であり、粒径 2 mm 程度の火山灰サイズの黄褐色スコリアが散在する。ユニット 4 の層厚は最大 50 cm であり、スコリア礫の平均最大粒径は 4.6 cm である。3 mm 大の火山礫サイズのスコリアを主体とする。ユニット 4 は、露頭正面に向かって左側では、層厚約 60 cm の淘汰の悪い火山礫凝灰岩により侵食されている。

最上位の溶岩流は、層厚 6 m の安山岩で下部の 70 cm はクリンカーが発達する。露頭正面に向かって左側の地点（図 4I）で、全岩化学組成分析用の試料（KPM-NL 43828, KPM-NL 43829）を採取した。それらの主要元素化学組成は、 $\text{SiO}_2 = 54.06 \sim 54.25 \text{ wt.}\%$ 、 $\text{TiO}_2 = 0.79 \sim 0.80 \text{ wt.}\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 = 19.52 \sim 19.64 \text{ wt.}\%$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 9.31 \sim 9.37 \text{ wt.}\%$ 、 $\text{MnO} = 0.18 \text{ wt.}\%$ 、 $\text{MgO} = 3.00 \sim 3.09 \text{ wt.}\%$ 、 $\text{CaO} = 9.57 \sim 9.59 \text{ wt.}\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O} = 2.90 \sim 2.98 \text{ wt.}\%$ 、 $\text{K}_2\text{O} = 0.31 \sim 0.32 \text{ wt.}\%$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5 = 0.08 \text{ wt.}\%$ であった（表 1）。

考 察

全岩化学組成に基づく溶岩の同定

得られた試料の全岩化学組成について、主要元素組成および微量元素組成をそれぞれ明神ヶ岳火山体および明星ヶ岳火山体の既知試料のデータと比較する（図 5）。主要元素化学組成については、 SiO_2 に対して K_2O 、 FeO^*/MgO 、 Al_2O_3 の含有量を比較する（図 5A, B, C）。微量元素組成については、Y に対して Zr の含有量を比較する（図 5D）。

板屋窪溶岩グループを除く明神ヶ岳火山体の溶岩の主要元素組成は、 SiO_2 の含有量がおおよそ 48 wt.% ～ 59 wt.% であり、玄武岩から安山岩の組成を示す（図 5A, B）。一方、同じく明神ヶ岳火山体に属するものの、板屋窪溶岩グループはそれらに比べて SiO_2 の含有量が 59 wt.% ～ 65 wt.% と高い値を示し、安山岩からデイサイトの組成をもつ。他方、明星ヶ岳火山体の溶岩は、 SiO_2 が 52 wt.% ～ 64 wt.% と幅広い組成をもつ。ただし、 SiO_2 の含有量が高い 2 つの試料を除けば、その大半は玄武岩質安山岩から安山岩の組成範囲に

収まる（図 5A, B）。 K_2O の含有量は、両火山体の試料についていずれも低く、低カリウム岩系に区分される。

図 5A, B より露頭 2 の最下位に位置する溶岩（以下、下位溶岩とする）の各酸化物の重量パーセントの値は、明神ヶ岳火山体の板屋窪溶岩グループの組成範囲に重なる。明星ヶ岳火山体の溶岩のうち SiO_2 の含有量が高い 2 つの試料とは、 $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ および $\text{SiO}_2 - \text{FeO}^*/\text{MgO}$ （図 5A, B）で識別可能である。明星ヶ岳火山体の 2 試料の FeO^*/MgO は、3.5～3.6 を示すが、下位溶岩のそれらは 3.58～4.49 であり、 $\text{FeO}^*/\text{MgO} = 3.6 \sim 4.1$ を示す板屋窪溶岩グループと同様に高い値を示す（図 5B）。また、 K_2O の含有量では、下位溶岩と板屋窪溶岩グループは、明星ヶ岳火山体の溶岩の SiO_2 の含有量が高い 2 つの試料より低い値を示す（図 5A）。これらのことから、下位溶岩は板屋窪溶岩グループの溶岩であると考えられる。

一方、露頭 1 および露頭 2 の露頭最上部に露出した溶岩の試料すなわち、KPM-NL 43839 および KPM-NL 43828・KPM-NL 43829 の主要元素組成は互いによく一致する（表 1, 図 5）。このことから、2 つの露頭でそれぞれ最上部に確認された溶岩は同一であると考えられる（以下、上位溶岩とする）。また、その主要元素組成は、明星ヶ岳火山体および明神ヶ岳火山体の溶岩の既知試料の示す組成範囲に重なる。このため、上位溶岩は明星ヶ岳火山体および明神ヶ岳火山体のいずれにも該当する可能性があり、主要元素組成のみの比較では識別はできない。ここで、両者の火山体からえられた微量成分元素組成のうち Y-Zr を比較すると、明星ヶ岳火山体の溶岩の方がより高い Zr の含有量を示すことがわかる（図 5D）。上位溶岩はより Zr の含有量が低い傾向にある明神ヶ岳火山体の溶岩の特徴に一致するため、明神ヶ岳火山体に属する溶岩である可能性が高い。また、このことは明星ヶ岳火山体が板屋窪溶岩の下位に位置する（長井・高橋, 2008）という層位関係とも整合的である（図 2）。

各露頭のテフラの噴出時期

露頭 1 では、露頭最上部を明神ヶ岳火山体の溶岩に覆われるものの、テフラ層より下位に年代指標となる溶岩を確認できない。このため、Mygn-1A および Mygn-1B は、少なくとも Stage 3（0.23 Ma）以前の噴出物であることが言える。

露頭 2 においては、露頭最上部と最下部の 2 枚の溶岩がいずれも明神ヶ岳火山体の溶岩であることから、両者に挟まれる Mygn-2A、Mygn-2B および Mygn-2C も同じく明神ヶ岳溶岩グループの活動期（Stage 3）に噴出したものである。その噴出時期は、大磯丘陵で構築されたテフラ層序から、下庭ローム期から藤沢ローム期初期にあたり（長井・高橋, 2008）、町田ほか（1974）の T-C テフラ累層から T-Du テフラ垂累層の噴出期に相当する。3 枚のテフラはおおよそ 27～23 万年前の明神ヶ岳火山体の成層火山体の形成に伴って発生した爆発的噴火により噴出したものであると考えられる。

謝 辞

露頭情報を提供いただいた箱根ジオミュージアムの小笹直人氏、調査に同行いただいた防災科学技術研究所の長井雅史氏、箱根ジオパーク専門員の笠間友博氏、工事中の立ち入りについて便宜を図っていただいた株式会社勝俣組の方々に感謝申し上げます。本研究は日本学術振興会科研費 JP24K16213 の助成を受けた。

引用文献

- Cas, R. A. F. & J. V. Wright., 1988. Volcanic Successions Modern and Ancient: A geological approach to processes, products and successions. xviii + 528 pp. Allen & Unwin, London, Boston, Sydney, Wellington.
- Gill, J. B., 1981. Orogenic Andesites and Plate Tectonics (Minerals, Rocks and Mountains). xiv +390 pp. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- 袴田和夫・杉山茂夫・今永 勇・萬年一剛・大木靖衛, 2005. 箱根火山の K-Ar 年代. 火山, **50**(5): 285–299.
- 狩野謙一・梁野 誠・上杉 陽・伊藤谷生, 1988. 足柄地域北西部における中期更新以降の断層活動—プレート活動力学境界表層部での変形過程の例—. 静岡大学地球科学研究報告, (14): 57–83.
- 関東第四紀研究会, 1987. 大磯丘陵の層序と構造. 関東の四紀, (13): 3–46.
- 小林 淳, 2008. 箱根火山中央火口丘群の噴火史とカルデラ内の地形発達史—噴火活動と密接な関連を有する地形—. 神奈川県立博物館調査研究報告 (自然科学), (13): 43–60.
- Kuno, H., 1938. Geologic map of Hakone Volcano and the adjacent areas. 長井雅史・高橋正樹, 2007. 箱根火山外輪山噴出物の全岩化学組成. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, (42) : 71–95.
- 長井雅史・高橋正樹, 2008. 箱根火山の地質と形成史. 神奈川県立博物館調査研究報告 (自然科学), (13): 25–42.
- 日本地質学会国立公園地質リーフレット編集委員会, 2007. 1. 箱根火山. 日本地質学会.
- 町田 洋・新井房夫, 1980. 南関東と近畿の中部更新統の対比と編年. 第四紀研究, **19**: 233–261.
- 町田 洋・新井房夫・村田明美・袴田和夫, 1974. 南関東における第四紀中期のテフラの対比とそれに基づく編年. 地学雑誌, **83**(5): 302–338.
- Miyashiro, A., 1974. Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *American Journal of Science*, **274**(4): 321–355.
- Rigaku, 2013. Silicate Rock Analysis by Fusion Method. Rigaku Application note XRF 5018, 1–4.
- 上杉 陽, 1976. 大磯丘陵のテフラ. 関東の四紀, (3): 28–38.
- 上杉 陽・伊藤谷生・歌田 実・梁野 誠・澤田臣啓, 1985. 大磯丘陵雑色～古怒田間に露出した衝上断層. 関東の四紀, (11): 3–15.
- 山岸宏光, 1998. 火山岩の形態 (1)—ジョイント・ブロック—. 地球科学, **53**: 244–245.
- 山下浩之・笠間友博・神奈川県立生命の星・地球博物館ボランティア, 2008. 箱根火山の噴出物および基盤岩類の全岩化学組成データベース. 神奈川県立博物館調査研究報告 (自然科学), (13) : 211–218.
- 山下浩之・西澤文勝, 2026. 箱根火山由来の火山岩類の全岩化学組成. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), (55): 1–8.

西澤文勝・山下浩之：神奈川県立生命の星・地球博物館
(受領 2025 年 10 月 23 日；受理 2026 年 2 月 4 日)