

# 飯綱町高坂に出現した大露頭の地質

明石 陽平<sup>1</sup>・竹下 欣宏<sup>2</sup>

## 要旨

ため池の整備工事にともなって 2020 年に飯綱町高坂地区の南部に出現した大規模露頭（高坂露頭）で地質調査を行い、地質スケッチと地質柱状図を作成し、露出した地層を記録した。さらに、高坂露頭で確認されたテフラ層と先行研究で明らかにされている飯綱町周辺のテフラ層との対比を行った。その結果、飯縄山東麓における地形・地質発達史（大地の成り立ち）に関する新知見が得られたので報告する。

**キーワード：**テフラ層，飯縄火山，先行谷，地殻変動，山岳地域

## 1 はじめに

飯綱町高坂地区の南部，集落から逆谷地湿原へと続く道路沿いの標高 820m 地点において，ため池の改修工事にともない尾根が大規模に削られて幅約 65m，高さ約 18m の露頭（本論では以後高坂露頭と呼ぶ）が出現した。高坂露頭は，飯縄山東麓のつつじが原別荘地から鼻見城山の北側へ南西 - 北東方向に約 10km 続く，幅約 2km の細長い丘陵地の南端部に位置する。この丘陵地では八蛇川や鳥居川など，多くの河川が先行谷を形成しており（竹下，2022），さらに丘陵地の東側の縁に近い鳥居川の河岸において，低位段丘堆積物を切る断層が発見されている（竹下ほか，2020）。これらのことから，この丘陵地は地殻変動を被って形成された背斜状変形ないしは撓曲変形と推定されている（廣内・竹下，2020）。なお，信越地域活構造図（山崎・加藤，1979）にも，この丘陵地に活褶曲の向斜軸が記載されている。このように，高坂露頭は地殻変動によって形成されたと考えられる丘陵の南端部に位置しているため，この露頭の地質層序および地質構造を明らかにすることは，飯縄山東麓の地形・地質発達史（大地の成り立ち）を解明する上で重要な知見をもたらす可能性が高い。

そこで本研究では高坂露頭において地質調査を

実施し，詳細な地質柱状図および地質スケッチを作成した。またこの露頭には多数のテフラ層が確認できたため，それらの記載岩石学的な性質も明らかにし，既知の鍵テフラ層との対比を試みた。その結果，高坂露頭では飯縄火砕流堆積物（早津，1985）とそれより上位の地層が確認され，その中には 9 ～ 10 万年間の時間間隙を含む侵食面が存在することが明らかになったので報告する。さらに予察的ではあるが，高坂露頭の地質と既存の研究成果に基づき，飯縄山東麓の地形・地質発達史についても検討する。

なお本稿は，第一著者（明石）の 2022 年度信州大学教育学部の卒業研究を基に，第二著者（竹下）が 2023 年に補足調査を実施し，不足部分等を補い再構成したものである。

## 2 高坂露頭周辺（飯縄山東麓）の地形・地質概説

高坂露頭は，飯縄山（1,917m）東側の山麓にある標高 980 ～ 750m ほどの丘陵の南端部に位置している（図 1，2）。飯縄山は噴火を繰り返して成長した火山（以後本論では飯縄火山と表記する）で，その形成史については，早津ほか（2003）および早津（2008）に詳しいので，これらに基づいて記述する。飯縄火山は約 34 万年前～約 15

1 長野市立篠ノ井西中学校 〒 388-8011 長野市篠ノ井布施五明 380

2 信州大学学術研究院教育学系 〒 380-8544 長野県長野市西長野 6- 口

万年前にかけて多くの溶岩や火砕流堆積物、降下テフラ層が噴出することで形成された複式成層火山である。約 22 ～ 23 万年前には大規模な山体崩壊が発生し、大量の土砂が東～北東方向へ流れ下り、飯綱町と信濃町の南東部の広い範囲が牟礼岩屑なだれ堆積物によって覆われた。その後、約 19 ～ 17 万年前にかけて活発な噴火活動により飯縄火砕流堆積物が流下し、牟礼岩屑なだれ堆積物の西側を覆うように飯縄火山の山麓部を埋め立て広い裾野が形成された。また同時期に飯縄山溶岩層が噴出し、現在の山体の主要部を形成するとともに、爆発的な噴火も発生し、飯縄 - 古間スコリア層が飯綱町周辺に降り積もった。さらにその後、約 17 ～ 15 万年前に怪無山や高デッキ山などをつくる溶岩ドームが噴出し、現在のような多くのピークをもつ飯縄火山ができ上がった。また、この時期には大規模なプリニー式噴火も発生し、飯

縄 - 西山軽石層や飯縄 - 上樽軽石層がこの火山の北東～東方向に降り積もった。

高坂露頭の北側に連続する丘陵の地質については、長森ほか（2003）および早津（2008）により地質図が作成されている。これらによると、高坂露頭周辺から霊仙寺湖の北東付近までは飯縄火砕流堆積物に覆われるが、その先は牟礼岩屑なだれ堆積物が丘陵を構成している（図 2）。さらに高坂露頭と八蛇川に挟まれた範囲には基盤である猿丸層が露出する。このほか、高坂露頭の西側にある逆谷地湿原では約 10 万年前から現在まで湿地の環境が継続し、厚さ 13m に達する泥炭層（逆谷地層）が堆積している（富樫ほか, 1999）。また、堆積開始時期はわかっていないが、この丘陵の西側にあたる霊仙寺湖や蓑ヶ谷池、猫又池などでは泥炭層や泥層からなる湿地性の堆積物が確認されている（長森・早津, 2003）。

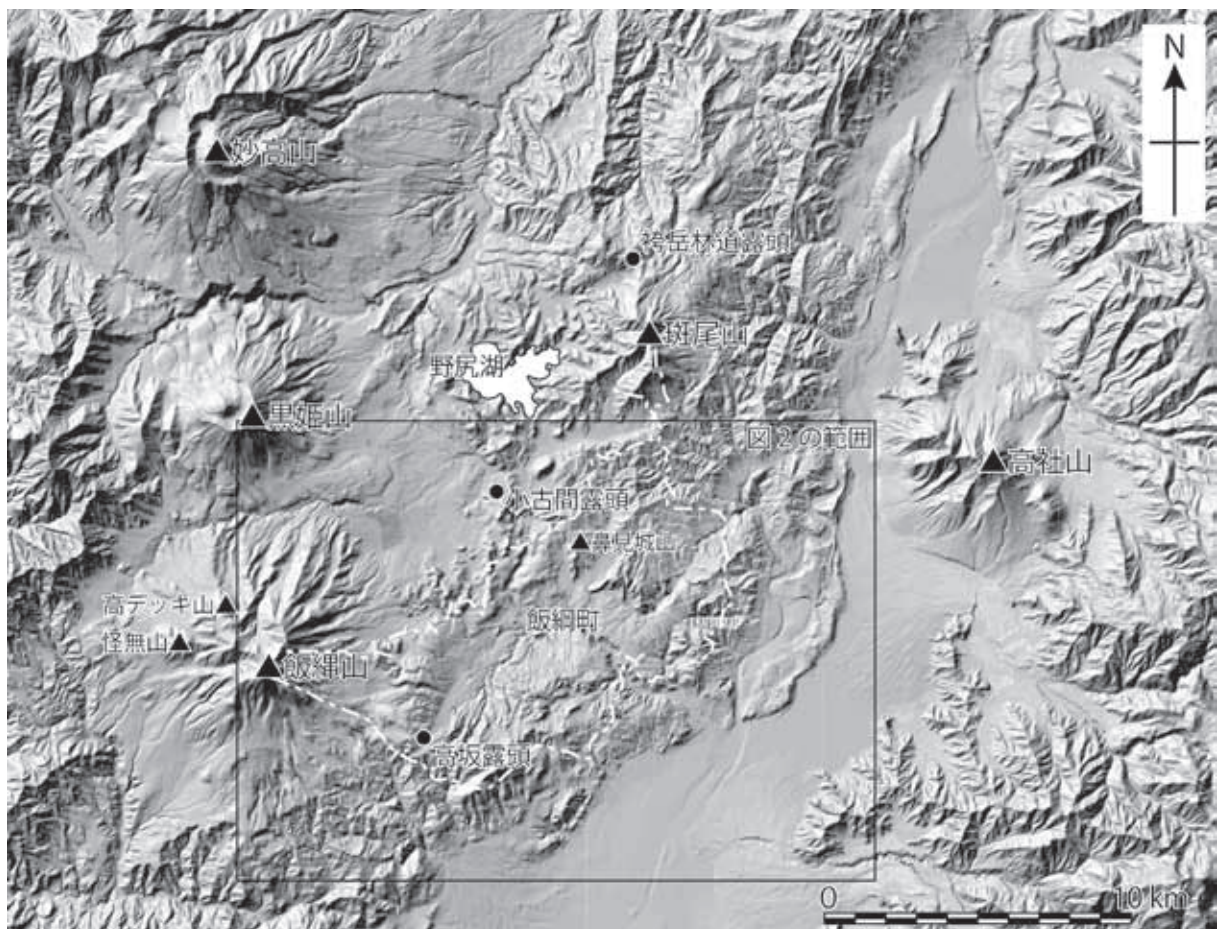


図 1 飯綱町周辺の地形と露頭位置図

小古間露頭と袴岳林道露頭の位置は野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ（2019）による。地形陰影図は地理院地図を使用して作成した。



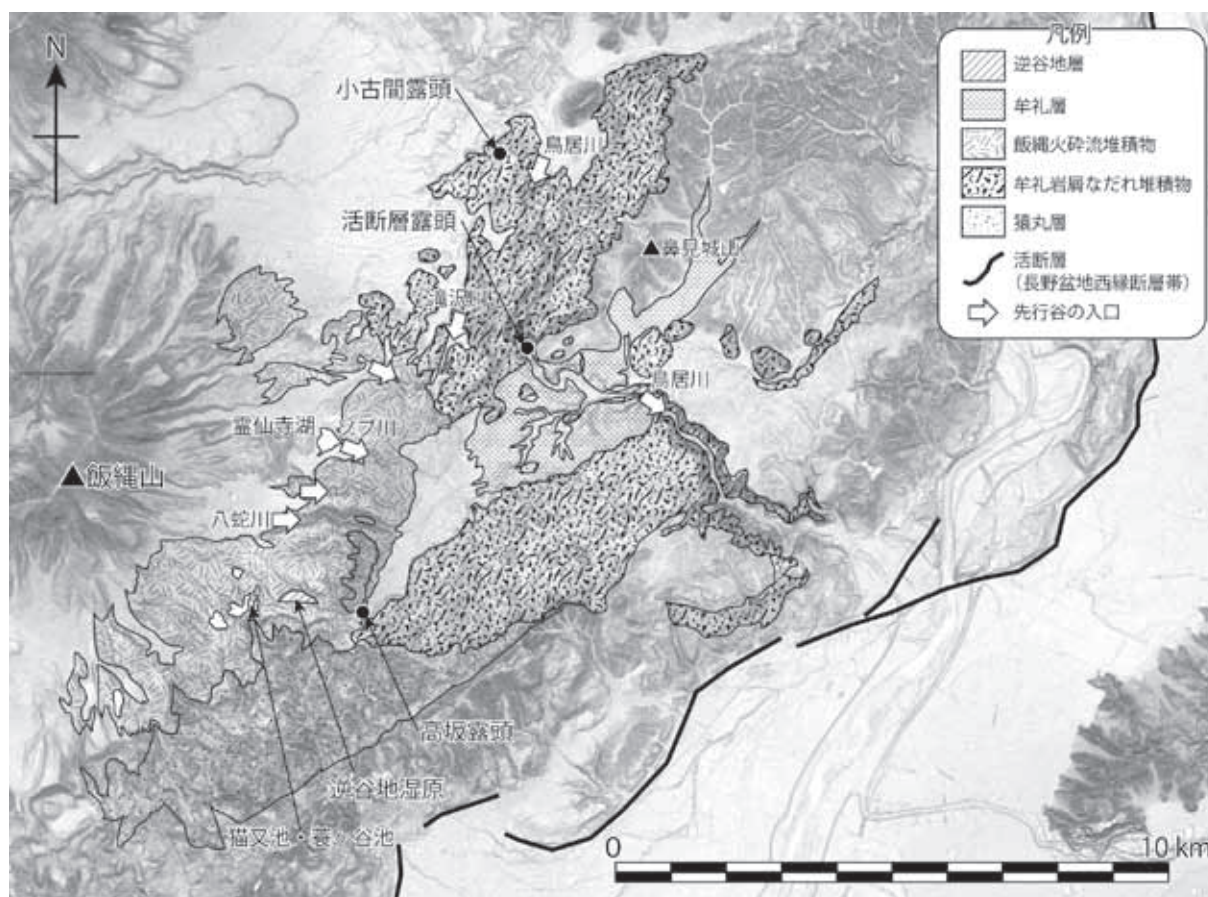


図2 飯縄山東麓の地質概略図

猿丸層、牟礼岩屑なだれ堆積物、飯縄火砕流堆積物、牟礼層、逆谷地層の分布範囲は赤羽ほか（1992）と長森ほか（2003）に、活断層の位置は杉戸ほか（2015）に基づき作図。活断層露頭の位置は竹下ほか（2020）に、小古間露頭の位置は野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ（2019）に基づく。地形陰影図は地理院地図を使用して作成した。

この丘陵の地形的な特徴として、廣内・竹下（2020）や竹下（2022）が指摘しているように八蛇川やソブ川など、丘陵を横断する複数の河川による先行谷が確認できる（図2）。また、丘陵の東端に近い鳥居川右岸では、牟礼岩屑なだれ堆積物とそれを直接覆う低位段丘堆積物を切断する北西側隆起の逆断層が確認されている（竹下ほか，2020）。

### 3 高坂露頭の地質

高坂露頭の位置図、地質スケッチ、地質柱状図を、それぞれ図3, 4, 5に示す。高坂露頭の地質は、層相と侵食面に基づき、3つの層準に区分することができ、下位より順にKSL, KSM, KSUと呼ぶこととする（図4, 5）。KSLは主に安山岩の大～巨礫を多く含む火山灰火山岩塊層からなる。KSMは主に軽石の混じる粗粒火山灰層やスコリ

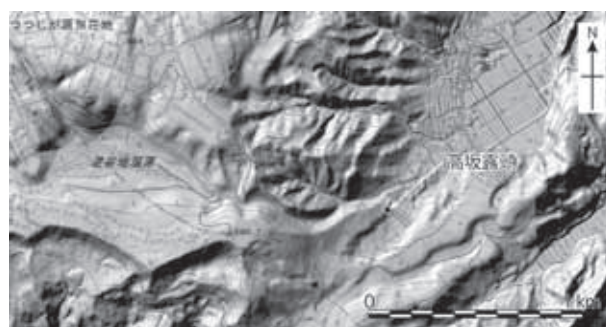


図3 高坂露頭の位置図

基図に用いた地形図は地理院地図を使用して作成した。

ア層からなり、KSLを整合に覆う。KSUはテフラ層をはさむ褐色風化火山灰土（いわゆるローム層）からなり、侵食面をはさんでKSMを覆う（図4）。

また、KSL, KSM, KSUには含まれるテフラ層の砂粒組成を図6と表1に示す。砂粒分析については基本的に野尻湖火山灰グループ（2018）に従い、水洗・乾燥後の試料を60, 100, 200メッ

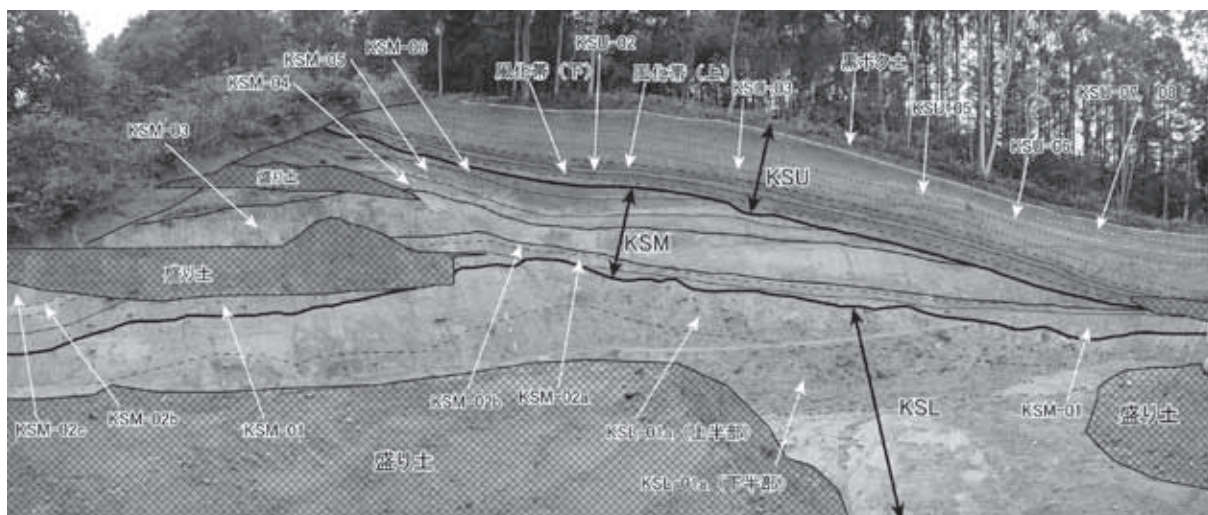


図4 高坂露頭の地質スケッチ  
基図に用いた露頭写真は2020年10月撮影。

シュ (250, 144, 78  $\mu$  m) の篩で区分し, 100 ~ 200 メッシュの粒径の試料を砂粒組成の測定に用いた。砂粒組成は偏光顕微鏡下で250粒以上同定し, 粒子百分率で示した。

### 3-1 KSL

KSL は厚い火山灰火山岩塊層 (KSL-01a) とそれを覆う薄い火山灰層 (KSL-01b) からなる。以下に KSL-01a, 01b の層相と砂粒組成の特徴を記述する。

KSL-01a: 層厚 350cm 以上 (下限不明) の淡灰褐色～暗灰色火山灰火山岩塊層で, 大礫～巨礫サイズの輝石安山岩の角～亜角礫と同質の粗粒火山灰からなる基質支持の堆積物である。安山岩礫には粒径 1mm 程度の斜長石斑晶がとて多く含まれており, わずかに発泡している。基質はサラサラとした手触りでシルト以下の粒子が乏しい。本層の上部約 2m は風化が進んでおり (図 4, 5), 基質部及び安山岩礫表面の厚さ 5 ~ 10cm 程度の部分は淡橙灰色を呈する。また, 下半部に比べ上半部は安山岩礫が少ないが, 上半部には最大で 140cm に達する礫が含まれる。下半部には 10 ~ 40cm の礫が多い。KSL-01a の基質部は, 苦鉄質鉱物として直方 (斜方) 輝石を多く含み, 少量の単斜輝石をとまう (図 6, 表 1)。また, 不透明鉱物 (磁鉄鉱など) をとて多く含む。

KSL-01b: 層厚 3 ~ 8cm の暗灰褐色火山灰層で, KSL-01a 上面の凹凸を覆う (図 7)。細～中粒砂サイズの火山灰層 (層厚 3 ~ 4cm) と細礫まじり粗粒火山灰層 (層厚 2 ~ 3cm) からなる。それぞれの基底部にはシルトサイズの細粒火山灰の薄層 (層厚数 mm 程度) がみられる。薄い地層だが途切れることなく側方に連続する。KSL-01b は, 苦鉄質鉱物として直方 (斜方) 輝石を多く含み, 少量の単斜輝石をとまう (図 6, 表 1)。また, 不透明鉱物 (磁鉄鉱など) を非常に多く含む。

### 3-2 KSM

KSM は 6 枚のテフラ層からなり, 下位より KSM-01, 02・・・06 と呼ぶ。以下にそれらの層相と砂粒組成の特徴を記述する。

KSM-01: 粒径 2 ~ 15cm の安山岩礫と火山灰からなる基質支持の淡灰褐色火山灰火山岩塊層で, 白色軽石がまじる。軽石は粒径数 cm のものが多いが, 最大で 15cm のものも含まれる。基質は風化により粘土化している。KSL のつくるゆるやかな谷状の地形を埋めており, 0 ~ 120cm と層厚の変化が大きい (図 4)。KSM-01 は, 苦鉄質鉱物として多量の直方 (斜方) 輝石と少量の単斜輝石と普通角閃石を含む (図 6, 表 1)。

KSM-02: 本層は下位より淡橙灰色～灰白色粗粒火山灰層 (KSM-02a), 紫灰色火山灰層を基質



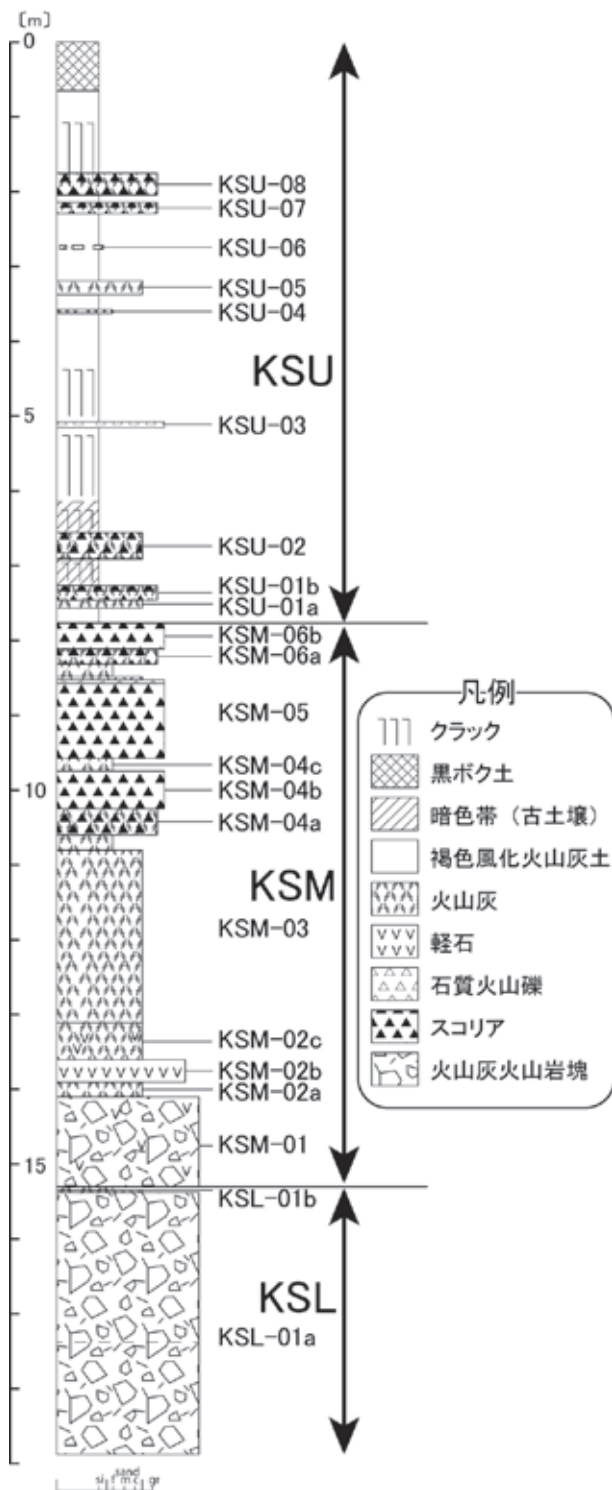


図5 高坂露頭の地質柱状図

とする白色軽石層 (KSM-02b), 白色軽石の混じる灰褐色粗粒火山灰層 (KSM-02c) に区分できるが, それぞれの境界は不明瞭で漸移する. KSM-02a の層厚は 10 ~ 20cm, KSM-02b の層厚は 10 ~ 30cm である. KSM-02c は高坂露頭の南西端付近にしか分布せず (図4), その層厚は最大で 50cm である. KSM-02b は, 主に粒径 1 ~ 3cm

の軽石から構成されるが, 最大で 12cm のものも含まれる. KSM-02c に混じる軽石は粒径数 cm のものが多いが, 最大で 5cm のものも含まれる. KSM-02a, b, c はいずれも苦鉄質鉱物として直方 (斜方) 輝石を多く含み, 少量の単斜輝石と普通角閃石をとみなう (図6, 表1). また, いずれも多量の不透明鉱物 (磁鉄鉱など) を含む.

KSM-03: 層厚 250cm の暗灰色粗粒火山灰層で, 粒径 0.2 ~ 0.5cm の石質火山礫がまじる. 新鮮な部分ではシルト以下の粒子が乏しくサラサラしている. 露頭面では, 新鮮な状態を保っている部分とはごくわずかし確認できず, 大部分が粘土化しており, 淡灰褐橙色を呈する. 最上部 20cm は淡灰~灰白色の細粒火山灰層からなり, 風化により粘土化している. KSM-03 は, 苦鉄質鉱物として直方 (斜方) 輝石を多く含み, 少量の単斜輝石とごくわずかではあるが普通角閃石とかんらん石を含む (図6, 表1).

KSM-04: 本層は下位より主に青灰色の石質火山礫層からなる下部 (KSM-04a), 主に橙色のスコリア層からなる中部 (KSM-04b), スコリアの混じる灰褐色細粒火山灰層からなる上部 (KSM-04c) に区分できるが, それらの境界は明瞭でなく漸移する. 層厚は KSM-04a が 35cm, KSM-04b が 50cm, KSM-04c が 15cm である. KSM-04a は粒径 0.5 ~ 1.5cm の青灰色火山礫と淡灰褐色火山灰の基質からなり, 上部に橙色スコリアがまじる. KSM-04b は粒径 1 ~ 3cm の橙色スコリアからなり, 下部ほど青灰色の石質火山礫が多くまじるが, 基質を欠く. KSM-04c には KSM-04b のスコリアが下位ほど多く混じる. KSM-04a は, 苦鉄質鉱物として直方 (斜方) 輝石を多く含み, 少量の単斜輝石とわずかな普通角閃石をとみなう (図6, 表1). また, 不透明鉱物 (磁鉄鉱など) をとても多く含む. KSM-04b は, 苦鉄質鉱物として直方 (斜方) 輝石を多く含み, 少量の単斜輝石とごくわずかのかんらん石をとみなう. また, 不透明鉱物 (磁鉄鉱など) をとても多く含む.

KSM-05: 本層は層厚 100cm の橙色スコリア

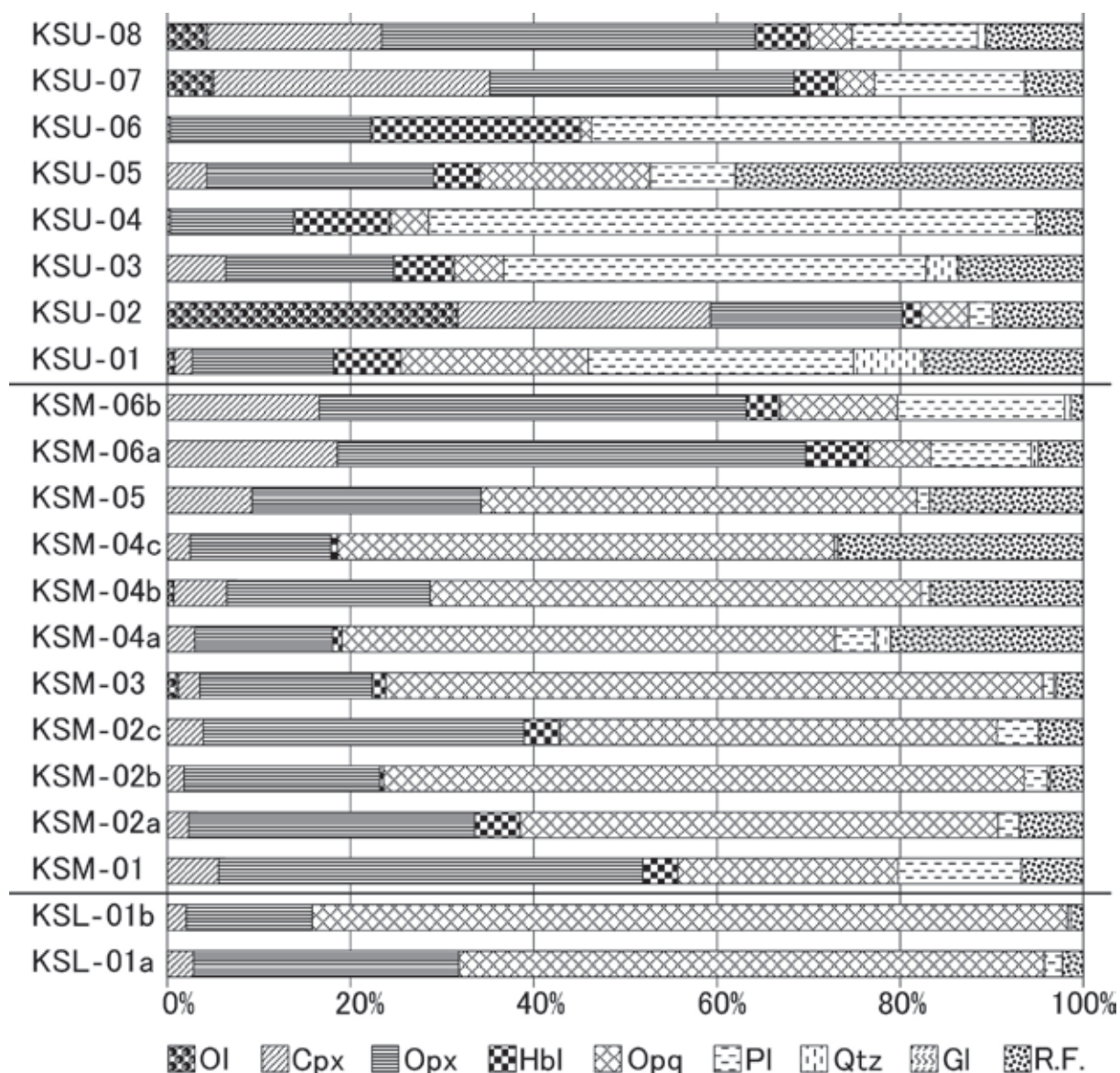


図6 高坂露頭で確認されたテフラ層の砂粒組成（粒子百分率）

OI：かんらん石，Cpx：単斜輝石，Opx：直方（斜方）輝石，Hbl：普通角閃石，Opq：不透明鉱物（磁鉄鉱など），Pl：斜長石，Qtz：石英，Gl：火山ガラス，R.F.：岩片

層とそれを覆う層厚5cmの暗灰色火山礫層と層厚3～4cmの暗灰色粗粒火山灰層からなる。スコリア層は粒径0.5～3cmのスコリアからなり、基質を欠く。また、スコリア層の基底部10cm程度は風化により著しく粘土化しており、灰白色を呈する。KSM-05は、苦鉄質鉱物として直方（斜方）輝石と単斜輝石を多く含み、少量の普通角閃石をとまう（図6、表1）。

KSM-06：本層は下位より橙から橙灰色スコリア層（KSM-06a）と赤灰から橙色スコリア層（KSM-06b）に区分できるが、両者の境界は不明瞭で漸移する。KSM-06aは層厚20cmで、粒径1

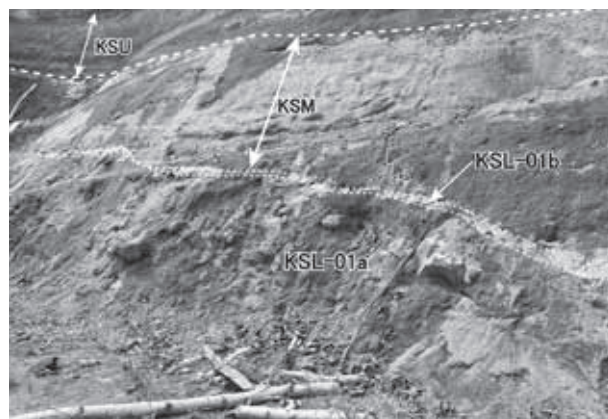


図7 KSL-01aの上面を覆うKSL-01b

KSL-01bは層厚3～8cmの薄い火山灰層であるが、ややでこぼこしたKSL-01aの上面を途切れることなく連続的に覆う。

表 1 高坂露頭で確認されたテフラ層の層相および砂粒組成

名称	層相	層厚	砂粒組成(粒子百分率)									
			Ol	Cpx	Opx	Hbl	Opq	Pl	Qtz	Gl	R.F.	
KSU-08	スコリア散在帯	20cm	4.4	19.0	40.8	5.9	4.7	13.7	0.9	0.0	10.6	
KSU-07	スコリア散在帯	15cm	5.0	30.2	33.2	4.7	4.0	16.4	0.0	0.0	6.4	
KSU-06	軽石質火山灰層	~3cm	0.0	0.3	22.0	22.8	1.2	48.1	0.0	0.3	5.3	
KSU-05	火山灰層	18cm	0.0	4.3	24.8	5.0	18.6	9.3	0.0	0.0	38.0	
KSU-04	火山灰層	~4cm	0.0	0.3	13.5	10.6	4.2	66.3	0.0	0.0	5.1	
KSU-03	石質火山礫層	8cm	0.0	6.4	18.4	6.6	5.4	46.1	3.5	0.0	13.6	
KSU-02	スコリア質火山灰層	30~35cm	31.7	27.6	20.9	2.0	5.2	2.6	0.0	0.0	9.9	
KSU-01	スコリア層	10~20cm	0.8	1.9	15.4	7.3	20.5	29.0	7.7	0.0	17.4	
KSM-06b	スコリア層	35cm	0.0	16.6	46.6	3.7	12.8	18.2	0.7	0.0	1.4	
KSM-06a	スコリア層	20cm	0.0	18.6	51.1	6.8	6.8	11.0	0.8	0.0	4.9	
KSM-05	スコリア層	95cm	0.0	9.2	25.0	0.0	47.6	1.4	0.0	0.0	16.8	
KSM-04c	スコリアまじり火山灰層	15cm	0.0	2.5	15.4	0.7	54.3	0.4	0.0	0.0	26.8	
KSM-04b	スコリア層	50cm	0.7	5.8	22.2	0.0	53.6	1.0	0.0	0.0	16.7	
KSM-04a	石質火山礫まじりスコリア層	35cm	0.0	3.0	15.1	1.0	53.8	4.3	1.7	0.0	21.1	
KSM-03	石質火山礫まじり火山灰層	250cm	1.2	2.4	18.8	1.5	71.8	1.2	0.3	0.0	2.9	
KSM-02c	軽石まじり火山灰層	~50cm	0.0	3.9	35.1	3.9	47.7	4.5	0.0	0.0	4.9	
KSM-02b	軽石層	10~30cm	0.0	1.8	21.4	0.4	70.0	2.5	0.4	0.0	3.6	
KSM-02a	火山灰層	10~20cm	0.0	2.3	31.2	5.0	52.2	2.3	0.0	0.0	7.0	
KSM-01	火山灰火山岩塊層	~120cm	0.0	5.6	46.3	3.8	24.0	13.5	0.0	0.0	6.7	
KSL-01b	火山灰層	3~8cm	0.0	2.1	13.7	0.0	82.5	0.3	0.0	0.0	1.4	
KSL-01a	火山灰火山岩塊層	350cm以上	0.0	2.8	29.0	0.0	63.9	2.0	0.0	0.0	2.3	

Ol: かんらん石, Cpx: 単斜輝石, Opx: 直方(斜方)輝石, Hbl: 普通角閃石, Opq: 不透明鉱物(磁鉄鉱など), Pl: 斜長石, Qtz: 石英, Gl: 火山ガラス, R.F.: 岩片

~2cm のスコリアと暗灰褐色火山灰の基質からなる。KSM-06b は層厚 35cm で、粒径 0.5 ~ 1.5cm のスコリアからなり、基質を欠く。KSM-06a, b は、いずれも苦鉄質鉱物として直方(斜方)輝石と単斜輝石を多く含み、少量の普通角閃石をとまなう(図 6, 表 1)。

### 3-3 KSU

KSU は主に褐色の風火山灰土からなり、その中に 8 枚のテフラ層がはさまれる。また KSU の下部にはクラックの発達する 2 層の風化帯(古土壌)がはさまれ、最上部は黒ボク土に漸移する(図 4)。KSU にはさまれるテフラ層を下位より KSU-01, 02...08 と呼ぶ。以下にそれらの層相と砂粒組成の特徴を記述する。

KSU-01: 本層はよく固結した灰~暗灰色粗粒火山灰層(KSU-01a)と橙色スコリア層(KSU-01b)からなる。KSU-01a の層厚は 3 ~ 10cm, KSU-01b の層厚は 10 ~ 20cm である。KSU-01b は、

黄褐色火山灰を基質とする粒径 0.3 ~ 1.5cm のスコリア層であるが、まれに粒径 4cm に達するスコリアも含まれる。KSU-01b は、苦鉄質鉱物として直方(斜方)輝石と単斜輝石、普通角閃石を含む(図 6, 表 1)。

KSU-02: 層厚 30 ~ 35cm の橙灰~灰褐色スコリア質粗粒火山灰層で、基底部 5cm は粗く、粒径 0.2 ~ 0.5cm のスコリアからなる。本層はクラックが発達する暗赤褐色から暗灰褐色の風化帯(古土壌)にはさまれる(図 4, 5)。KSU-02 は苦鉄質鉱物としてかんらん石、単斜輝石、直方(斜方)輝石を多く含み、少量の普通角閃石をとまなう(図 6, 表 1)。

KSU-03: 層厚 8cm の暗青灰色火山礫層で、粒径 0.2 ~ 0.5cm の石質火山礫からなる。KSU-03 は、苦鉄質鉱物として直方(斜方)輝石と単斜輝石、普通角閃石を含む(図 6, 表 1)。

KSU-04: 灰~灰白色細粒火山灰層で、風化火山灰土中に断片的(ダンゴ状)に追跡できる。



KSU-04 は、苦鉄質鉱物として直方（斜方）輝石と普通角閃石を多く含み、ごくわずかの単斜輝石をとまなう（図 6、表 1）。

KSU-05：層厚 18cm の青灰色粗粒火山灰層である。KSU-05 は、苦鉄質鉱物として直方（斜方）輝石を多く含み、少量の単斜輝石と普通角閃石をとまなう（図 6、表 1）。

KSU-06：黄灰色の軽石質火山灰層で、中粒砂サイズの粒子で構成され淘汰が良く、有色鉱物が目立ちゴマシオ状を呈する。本層は風化火山灰土中に断片的（ダンゴ状）に追跡できる。KSU-06 は、苦鉄質鉱物として普通角閃石と直方（斜方）輝石を多く含み、わずかに単斜輝石をとまなう（図 6、表 1）。普通角閃石は針状で美しい形状をしている。

KSU-07：粒径 0.2 ～ 0.5cm の赤褐色スコリアと暗灰色石質火山礫が褐色風化火山灰土中に散在する。その厚さは 10cm ほどである。KSU-07 は、苦鉄質鉱物として直方（斜方）輝石と単斜輝石を多く含み、少量のかんらん石と普通角閃石をとまなう（図 6、表 1）。

KUS-08：粒径 0.5 ～ 1cm の赤褐色スコリアと暗灰色石質火山礫が褐色風化火山灰土中に散在する。その厚さは 20cm ほどである。KSU-08 は、苦鉄質鉱物として直方（斜方）輝石と単斜輝石を多く含み、少量のかんらん石と普通角閃石をとまなう（図 6、表 1）。

## 4 考察

### 4-1 テフラ層の対比

飯縄火山の噴火史については早津（1985）、早津ほか（2003）、早津（2008）による詳しい研究がある。さらに飯縄火山の周辺では、主に早津・新井（1980）、中村（1981）、野尻湖地質グループ（1994）、早津（2008）、野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ（2019）、湯澤・大月（2019）によりテフラ層の研究がなされ、テフラ層序および各テフラ層の層相や記載岩石学的な性質が明らかにされている。ここでは、高坂露頭で確認され

たテフラ層について、層相と砂粒組成に基づき、上記の研究で明らかにされているテフラ層との対比を試みる。

#### KSL-01a, b

KSL-01a は輝石安山岩の大～巨礫を含む厚い基質支持の堆積物であり、基質部にはシルト以下の細かい粒子が少ないので、火砕流堆積物もしくは火砕流堆積物を母材とする土石流堆積物の可能性が高い。KSL-01b は層厚 3 ～ 8cm の薄い火山灰層であり、KSL-01a とは層相がまったく異なるが、ともによく似た砂粒組成をもつので（図 6、表 1）、同一のイベントで形成された可能性が高い。また、KSL-01b は KSL-01a 上面の小さな凹凸を覆い側方に連続するため（図 7）、流されて堆積したものではなく、大気中から降下して堆積したものと考えられる。これらのことを勘案すると KSL-01a は火砕流の本体、KSL-01b は火砕流から舞い上がった灰雲（ash cloud: Cas and Right, 1987 など）の堆積物である可能性が極めて高い。高坂露頭の周辺で輝石安山岩を本質礫として含む火砕流堆積物は飯縄火砕流堆積物（早津，1985；早津ほか，2003）のみであるため、KSL-01a, b を飯縄火砕流堆積物に対比する。

#### KSM-01 ～ 03

①下位の KSL-01a, b が飯縄火砕流堆積物に対比される。②後述するように上位の KSM-04 ～ 06 が古間スコリア層（早津・早津，1980）に相当する [斑点まじりスコリア]（中村，1981）に対比される（野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ，2019）。③ KSM-01 ～ 03 の砂粒組成が直方（斜方）輝石に富み、少量の単斜輝石と角閃石をとまなう（図 6、表 1）。④ KSM-01 と 02 には白色軽石が含まれる。以上の 4 点を勘案すると単層単位の対比は困難であるが、KSM-01 ～ 03 は、野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ（2019）が信濃町の小古間露頭（図 1）で記載した [灰アッシュ]（中村，1981）の層準（Fu-04 ～ Fu-04-③）に対比されると思われる。

#### KSM-04 ～ 06



飯縄火山の東麓で飯縄火砕流堆積物を一部指交関係で覆う厚いスコリア層として飯縄 - 古間スコリア層（早津・新井，1980 の古間スコリア層）が知られており，このスコリア層は苦鉄質鉱物として直方（斜方）輝石と単斜輝石を常に含み，ときに少量のかんらん石や角閃石を含むとの記述がある（早津，2008）．KSM-04 ～ 06 の層相と層位および砂粒組成の特徴（図 6，表 1）が飯縄 - 古間スコリア層と一致するため，両者は対比される．なお，野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ（2019）が信濃町の小古間露頭（図 1）で記載した「斑点まじりスコリア」（中村，1981）は，層相と砂粒組成に基づき古間スコリア層に対比されている．

#### KSU-02

KSU-02 はスコリア質のテフラであり，苦鉄質鉱物の中でかんらん石をもっとも多く含み，高坂露頭で確認された他のテフラ層とは大きく異なる砂粒組成をもつ（図 6，表 1）．飯縄火山周辺のテフラ層のうち，古間スコリア層よりも上の層準においてスコリア質で，かんらん石を多量に含むテフラ層には，大鹿スコリア層グループの OS-a と OS-f および関スコリア層がある（早津・新井，1980）．これらのうち，大鹿スコリア層グループは，妙高火山起源と推定されるスコリア層（OS-a，f）と，黒姫火山起源と考えられるかんらん石をほとんどもしくはまったく含まないスコリア層（OS-b ～ e，OS-g）がセットになっている（早津・新井，1980）．このため，黒姫火山起源のスコリア層（OS-b ～ e，OS-g）をとともなわずに，妙高火山起源の OS-a もしくは OS-f が高坂露頭に単独で分布するとは考えにくい．一方の関スコリア層は，妙高火山を起源とするスコリア層で 7 枚のユニット（SK-a ～ g）からなり，SK-e をのぞく 6 枚のユニットは苦鉄質鉱物としてかんらん石をもっとも多く含む（早津・新井，1980）．早津（2008）によると，関スコリア層（早津，2008 では妙高 - 関スコリア層と呼んでいる）の層準には顕著な埋没土壌層（関埋没土壌層）が産出するとある．対

する KSU-02 もクラックの発達する明瞭な風化帯（古土壌）には含まれるため（図 4，5），両テフラ層は層相と砂粒組成だけでなく，産出層準の特徴も一致する．

また，野尻湖北東の万坂峠付近において林道工事にともない出現した袴岳林道露頭（図 1）では，チバニアン期後半から後期更新世のテフラ層が連続的に確認され，それらの砂粒組成も報告されている（野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ，2019）．それによると，袴岳林道露頭で確認された多数のテフラ層のうち，苦鉄質鉱物の中でかんらん石をもっとも多く含むものは古海スコリア（野尻湖地質グループ，1994）のみである．KSU-02 と古海スコリアは，かんらん石のほか単斜輝石，直方（斜方）輝石，普通角閃石を含み，両層の鉱物組み合わせが一致する．KSU-02 と古海スコリアはともにスコリア質のテフラ層であり，層相も一致する．前述のように KSU-02 はクラックの発達する明瞭な風化帯には含まれ，同様に袴岳林道露頭の古海スコリアもクラックの発達する暗褐色の風化帯には含まれる（野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ，2019）．以上のように KSU-02 は，袴岳林道露頭で記載された古海スコリアに層相と砂粒組成および風化帯（古土壌）との層序関係が極めてよく似る．

早津・新井（1980）によると関スコリア層の分布の南限は野尻湖から高社山付近とされ，野尻湖火山灰グループ（1994）も古海スコリアは信濃町大久保以南には分布しないとしている．しかし，古間スコリア層よりも上位で，かんらん石を多量に含むという特徴と風化帯（古土壌）をとともなうという層位的な特徴を勘案すれば，KSU-06 は関スコリア層，古海スコリアと同一のテフラ層と考えざるを得ない．

関スコリア層は，6 枚のユニット（SK-a ～ d と SK-f，g）にかんらん石が多量に含まれるため（早津・新井，1980），いずれかのユニットが南南東から南方向の分布軸をもち，飯縄火山の東麓に降灰したとも考えられるが，それは今後の課題である．

## KSU-06

KSU-06 は、中粒砂サイズの粒子からなる軽石質火山灰層でとても淘汰が良いため、遠方の火山から飛来した可能性が高い。KSU は、苦鉄質鉱物を多く含み、野外ではゴマシオ状を呈する。そして苦鉄質鉱物として普通角閃石と直方（斜方）輝石を多く含み、わずかに単斜輝石をとまなう（図 6、表 1）。飯綱町周辺において、上記のような特徴と合致するテフラ層として、御岳奈川テフラ層と大山倉吉テフラ層（町田・新井，1992）が知られている（早津，2008）。これらのうち、御岳奈川テフラ層は KSU-02 に対比される関スコリア層よりも層位が下である（早津・新井，1980）ため、御岳奈川テフラ層と KSU-06 を対比することは層序的に矛盾が生じる。以上のことから KSU-06 を大山倉吉テフラ層に対比する。なお、野尻湖周辺では大山倉吉テフラ層に対比されるゴマシオ状のテフラ層は黄ゴマ（野尻湖地質グループ，1980）と呼ばれる。

## KSU-07, 08

KSU-07, 08 はともに褐色風化火山灰土中にスコリアと石質火山礫が散在するのみで、明瞭な層をなさず、苦鉄質鉱物として直方（斜方）輝石と単斜輝石を多く含み、少量のかんらん石と普通角閃石をとまなう（図 6、表 1）。飯綱町周辺において KSU-06 に対比される大山倉吉テフラ層より層位的に上で、KSU-07, 08 と同様の鉱物組み合わせを持つテフラ層として、関山スコリア層（早津・新井，1980）と中社スコリア層（湯澤・大月，2019）が知られている。両者のうち関山スコリア層は妙高火山から噴出し、飯縄火山の北東麓まで分布する（早津・新井，1980）。ただし、早津（2008）には「分布の南限付近では、上部のスコリア層は消失し、下部の火山灰層のみが認められる」との記述がある。これに対して、中社スコリア層は、飯縄山東麓（飯綱町北郷）では明瞭な層を成さず、赤褐色スコリア粒が散在する（湯澤・大月，2019）。これらのことを勘案すると、KSU-07, 08 は中社スコリア層に対比される可能性が高

い。しかし、中社スコリア層は飯縄火山の南西～西麓において 1 層しか確認されていない（湯澤・大月，2019）ので、KSU-07, 08 のどちらかが中社スコリア層に対比され、もう片方は関山スコリア層に対比される可能性もある。

## 4-2 飯縄火山東麓における高坂露頭の地形・地質発達史上の意義

KSL-01a, b に対比される飯縄火砕流堆積物と KSM-04～06 に対比される飯縄・古間スコリア層は、飯縄火山の第 II 活動期の成層火山期第 2 期（約 19～18 万年前）に飯縄溶岩層と一連の噴火活動により形成されたと考えられている（早津ほか，2003）。したがって、高坂露頭の KSL と KSM は約 19～18 万年前の地層と考えられる。

KSU の下部には含まれる KSU-02 は、前述のように古海スコリアと関スコリア層に対比される。野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ（2019）と早津・新井（1980）によると、古海スコリアと関スコリア層は、10cm 程度の褐色風化火山灰土を挟んで約 8.9 万年前の広域テフラである Aso-4（Sumith et al., 2013）を覆う。KSU の中に侵食面が見られないこと、Aso-4 に対比されるガラス質テフラが KSU 中に見つからないことも勘案すると、KSU は Aso-4（約 8.9 万年前）の降灰より新しい地層と考えるのが妥当であろう。

以上のことから、KSM と KSU の間に見られる侵食面は、約 9～10 万年間におよぶ時間間隙（約 18 万年前～8 万数千年前の期間の地層の欠如）を含んでいると考えられる。この結論は、飯縄火山の東～北東側で広く追跡される約 17 万年前の飯縄・西山軽石層、約 15 万年前の飯縄・上樽軽石層および約 12～14 万年前の大鹿スコリア層グループ（早津，2008）が、高坂露頭で欠如していることと調和的である。なお、飯縄・西山軽石層からは  $180 \pm 80\text{ka}$ （ka は千年を表わす単位）のフィッション・トラック年代値が測定されており（鈴木ほか，1998）、飯縄・上樽軽石層に相当する飯縄上樽テフラ群は、放射年代値と遠隔地



におけるテフラ層序に基づき 150ka より新しく、125ka より古いと推定されている（鈴木，2001）。

KSL と KSM は飯縄火山が火山体を急速に成長させた時期の堆積物であり、褐色風化火山灰土（ローム層や赤土とも呼ばれる）をとみなわない（図 5）。また、KSL は飯縄火砕流堆積物に相当するため、KSL や KSM が堆積した当時（約 19 ～ 18 万年前）、高坂露頭一帯は飯縄火山から連続する緩やかなスロープが広がっていたはずである。これに対し、KSU は褐色風化火山灰土を主体とする（図 5）。褐色風化火山灰土は、植物に覆われた安定した高台（段丘面や丘陵地）に時間をかけて積もってできる地層と考えられている（山野井，2015；竹下，2022 など）。したがって、高坂露頭周辺は、Aso-4（約 8.9 万年前）より少し新しい時代には、飯縄火山から連続するスロープ状の地形から丘陵状の地形に変化していたと考えられる。また、高坂露頭の西側、丘陵の南端付近にある逆谷地湿原では、約 10 万年前に湿原が誕生して以降、現在まで泥炭層（逆谷地層）が堆積し続けている（図 2；富樫ほか，1999）。これらのことは、飯縄火山東麓において山麓部のスロープを隆起させ丘陵状の地形に変化させる地殻変動（背斜状変形ないしは撓曲変形）は、少なくとも 10 万年前ごろには始まっていたことを示唆している。そして、丘陵の東端に近い鳥居川右岸では、低位段丘堆積物を切断する逆断層が確認されている（図 1；竹下ほか，2020）ため、この地殻変動は現在も継続中である可能性が高い。

## 5 まとめ

飯綱町高坂地区のため池整備工事にともない出現した大規模露頭（高坂露頭）の地質スケッチおよび地質柱状図を作成するとともに、テフラ層の砂粒組成を明らかにした。

高坂露頭の地質を層相および侵食面に基づき、下位より KSL，KSM，KSU に区分した。

KSL を構成する KSL-01a，b を飯縄火砕流堆積物に、KSM 中の KSM-04 ～ 06 を飯縄 - 古間スコ

リア層（＝ [斑点まじりスコリア]）にそれぞれ対比した。

KSU は主に褐色風化火山灰土（いわゆるローム層）からなり、8 層のテフラ層をはさむ。

KSU 中の KSU-02 を妙高 - 関スコリア層（＝古海スコリア）に、KSU-06 を大山倉吉テフラ層（＝ [黄ゴマ]）にそれぞれ対比した。また、KSU-07，08 のどちらかが中社スコリア層に対比される可能性が高い。

テフラ層の対比に基づく、KSM と KSU の間には 9 ～ 10 万年間の時間間隙が存在することが明らかになった。

高坂露頭の地質記載とテフラ層の対比および既存の研究成果に基づき、飯縄火山東麓における地殻変動は、10 万年前ごろに開始し、現在まで継続している可能性を示唆した。

## 謝辞

高坂露頭の地質調査にあたり、地権者様に立ち入りの許可をいただくとともに、高坂地区区長の笠井輝雄さん（令和 4 年度）、清水信一さん（令和 5 年度）、いづな歴史ふれあい館の富樫 均館長にお世話になった。花岡邦明さん、富樫 均さん、田辺智隆さんには調査に同行いただき、テフラ層の対比などについて議論いただいた。また、信州大学教育学部の学生諸氏には野外調査、室内作業を手伝っていただくとともに、時には励ましの言葉をいただいた。ここに記してお礼申し上げます。

## 引用文献

- Cas R.A.F. and Wright J.W. (1987) Volcanic Successions —Modern and Ancient—. Allen & Unwin. 528p.
- 早津賢二 (1985) 妙高火山群—その地質と活動史—. 第一法規出版，344p.
- 早津賢二 (2008) 妙高火山群—多世代火山のライフヒストリー—. 実業公報社，424p.
- 早津賢二・新井房夫 (1980) 妙高火山群テフラ

- 地域の第四紀テフラ層—指標テフラ層の記載および火山活動との関係—。地質学雑誌, 86, 243-263.
- 早津賢二・古川竜太・長森英明 (2003) 戸隠地域の地質, 第5章 第四紀火山. 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, 49-73.
- 廣内大助・竹下欣宏 (2020) 新たに見いだされた飯綱—黒姫地域の活断層. 日本活断層学会 2020 年度秋季学術大会及びシンポジウム講演要旨集, 24-25.
- 廣内大助・竹下欣宏・富樫 均・近藤洋一・花岡邦明・関めぐみ (2021) 中部山岳域における防災力の強化に向けた自然災害研究: 長野県北部, 信濃町と飯綱町で新たに発見された活断層. 信州大学山岳科学研究拠点 2020 年度報告要旨集, 18-24.
- 加藤碩一・山崎晴雄 (1979) 信越地域活構造図. 構造図 5, 地質調査所.
- 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラス—日本列島とその周辺—. 東京大学出版会, 276p.
- 中村由克 (1981) 野尻湖周辺のローム層—その層序と供給源について. 日本第四紀学会講演要旨集, 11, 84-85.
- 長森英明・古川竜太・早津賢二 (2003) 戸隠地域の地質. 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, 109p.
- 長森英明・早津賢二 (2003) 戸隠地域の地質, 第6章 中期更新世 - 完新世の堆積物. 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, 74-85.
- 野尻湖地質グループ (1980) 野尻湖発掘地とその周辺の地質 (1976-1978). 地質学論集, 19, 1-31.
- 野尻湖地質グループ (1994) 下部神山ローム層の層序—野尻湖発掘地とその周辺の地質—その9—. 野尻湖博物館研究報告, 2, 43-50.
- 野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ (2019) 長野県野尻湖周辺に分布する信濃町ローム層のテフラ層序・層相と砂粒組成. 野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告, 27, 15-25.
- Smith, V.C., Staff, R.A., Blockley, S.P.E., Bronk Ramsey, C., Nakagawa, T., Mark, D.F., Takemura, K., Danhara, T., Suigetsu 2006 Project Members, 2013. Identification and correlation of visible tephras in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. Quat. Sci. Rev. 67,121-137.
- 鈴木毅彦 (2001) 海洋酸素同位体ステージ 5-6 境界に降下した飯縄上樽テフラ群とその編年学的意義. 第四紀研究, 40, 29-41
- 鈴木毅彦・藤原 治・檀原 徹 (1998) 関東・中部地方に分布する第四紀テフラのフィッシュ・トラック年代. 地質学雑誌, 107, 348-367.
- 竹下欣宏 (2022) 火山灰層とローム層から見た飯綱町周辺の大地の生い立ち. いいづな歴史ふれあい館紀要—飯綱町の自然・歴史・文化—, 9, 25-39.
- 竹下欣宏・近藤洋一・花岡邦明・富樫 均・宮下忠・関めぐみ・中川知津子・廣内大助・野尻湖地質グループ (2020) 長野県北部, 信濃町と飯綱町で新たに発見された活断層露頭. 日本活断層学会 2020 年度秋季学術大会及びシンポジウム講演要旨集, 22-23.
- 富樫 均・酒井潤一・公文富士夫・小林舞子 (1999) 飯綱火山南東麓の逆谷地泥炭層. 長野県環境保全研究所紀要, 2, 33-41.
- 山野井 徹 (2015) 日本の土 地質学が明かす黒土と縄文文化. 築地書館, 249p.
- 湯澤 樹・大月義徳 (2019) 飯縄山西麓における中期更新世以降のテフラ層序. 季刊地理, 70, 185-198.