

信越高原地域に分布する第四紀火山の K-Ar 年代と形成史

東京大学地震研究所 金子 隆之
服部鋳業株式会社 清水 智
岡山理科大学蒜山研究所 板谷 徹丸

(平成 2 年 12 月 27 日受理)

要 旨

信越高原は、中部日本北東部に位置する。この地域には数多くの第四紀火山が、第三紀の火山岩を基盤に密に分布し、浅間火山から北へ約 70 Km に渡って南北の火山列をつくる。このような新旧の火山岩が複雑に分布する地域では正確な時代区分を行うことが難しく、個々の火山に至っては、形成史がほとんど解明されていないものも多い。

本論では、K-Ar 年代測定を行った 55 個のサンプルの産地、岩石について記載し、得られた年代値と、現在までに公表されている地質図、層序関係を総合的に検討することによって、各火山の活動年代、形成史を明らかにすることを試みた。

各火山の推定された活動年代は以下の通りである。関田火山：1.7-1.2 Ma, 毛無火山：1.6-1.0 Ma, 斑尾火山：0.7-0.6 Ma, 鳥甲火山：0.9-0.7 Ma, 苗場火山：0.6-0.2 Ma, カヤノ平火山：1.5-0.7 Ma, 高社火山：0.3-0.2 Ma, 焼額火山：1.1-0.8 Ma, 東館火山：0.9 Ma 前後, 志賀火山：0.25-0.05 Ma, 横手火山：0.7 前後, 草津白根火山：0.6-0.0 Ma, 御飯火山：1.1 Ma 前後, 四阿火山：0.9?-0.4 Ma, 烏帽子火山：0.4-0.2 Ma, 浅間火山：0.1-0.0 Ma, 鼻曲火山：1.1-0.7 Ma.

はじめに

信越高原は中部日本北東部に位置し、北部フォッサ・マグナの東縁部に隣接する (Fig. 1(a)). この地域には数多くの第四紀火山が密に分布し、火山フロント上の浅間火山から北の関田火山まで、約 70 Km に渡って南北の火山列をつくる (Fig. 1(b)).

本地域の火山の活動年代については、これまでに、周辺の堆積層との対比を行った飯島 (1962), 魚沼層群との対比を行った五十嵐ほか (1984), 鳥津ほか (1985) などの報告がある。しかし、本地域には、第三紀の火山岩や第四紀火山でも開析が進み火山としての原形を保たない火山から、浅間火山、草津白根火山のように現在でも活発に活動を続ける火山まで存在し、きわめて複雑な地質構造を呈することから、必ずしも正確な時代区分がなされていないのが現状である。特に個々の火山に至っては、形成史がほとんど解明されていないものも多い。最近になって、このような新旧の火山岩が複雑に分布する地域で、K-Ar 年代をもとに火山岩の編年を行う試みがなされ、成果を挙げている (鎌田, 1985; 清水ほか, 1988; など)。

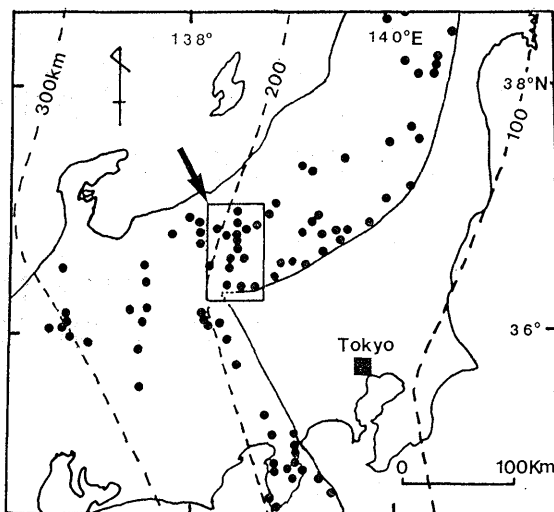


Fig. 1(a). Location of the Shin-etsu highland area. An inset rectangle indicates the region of Fig. 1(b). Solid circle: Quaternary volcano, solid line: volcanic front (Yoshii, 1979), broken line: depth to the Benioff zone of the Pacific plate (Yoshii, 1979).

本地域に分布する第四紀火山の K-Ar 年代の概要及び火山活動の時間的特徴については、すでに報告した (金子ほか, 1989)。ここでは、金子ほか (1989) でふれることのできなかった各火山の活動年代, 形成史についてのまとめを行い, 合わせて K-Ar 年代測定に供した各サンプルの産地・岩石について記述し, 金子ほか (1989) の記述の一部を修正した。得られた 55 個の年代値と, 現在までに公表されている地質図, 層序関係を総合的に検討することによって各火山の活動年代, 形成史を推定した。このとき, 空中写真の判読を行い, 噴出物の上下関係や地形の開析の程度から新旧関係を知る補助とした。

K-Ar 年代測定方法

K-Ar 年代測定にはすべて全岩試料を用いた。試料は, 風化面を避けた新鮮な部分約 100 g を鉄製の乳鉢で粉碎し, 60-80 メッシュサイズに揃えた。その後, 微粉末を取り除くため蒸留水で洗浄し, 乾燥した。磁鉄鉱などの比重の大きい鉱物を除いた (長径が 7~8 mm を越える様な大きな斑晶は含まれていなかったため, 磁鉄鉱以外の斑晶の除去は行わなかった) 後, これを四分法によって 3:1 に分け, 前者を Ar の定量に, 後者をさらに 200 メッシュ以下の粉末にして K の定量に用いた。

K の定量は蛍光分光分析法で行った。分析に際して, HF, HNO₃ を用いて試料約 150 mg を加熱分解し, 後蒸発乾固, HCl 溶液 (0.01N) とした。共存成分の干渉抑制のため, 2000 ppm の Cs を用いた。測定は 2 回以上行い, 平均値を K 量として採用した。毎回の測定において地質調査所標準試料 JB-1 の測定を行ったが, この結果は 1.18±

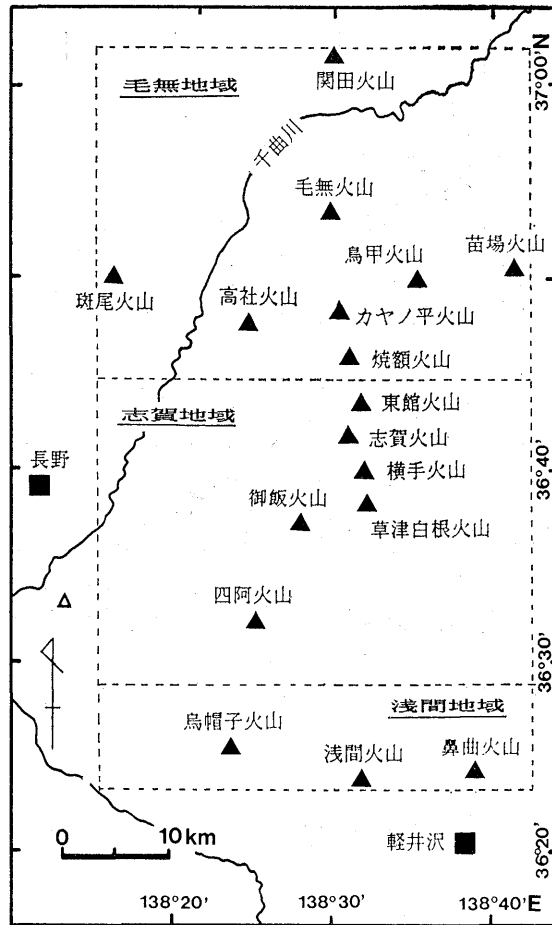


Fig. 1(b). Distribution of the Quaternary volcanoes in the Shin-etsu area. Inset rectangles indicate the region of Kenashi, Shiga and Asama areas, respectively.

0.02 wt% と推奨値 (1.18 wt%, 安藤ほか, 1983) と良い一致を示した。測定値のばらつきの程度は相対誤差で3%以下であるが、年代値の算出の際には5%とした。

^{40}Ar の定量は、 ^{38}Ar をスパイクとする同位体希釈法で行った。測定は多くは岡山理科大学設置の軌道半径 15 cm, 偏向角 130° 扇形磁場の単収束質量分析計 (長尾ほか, 1986) を用い、一部には軌道半径 30 cm, 偏向角 90° 扇形磁場の単収束質量分析計を用いた。年代値の算出には STEIGER and JÄGER (1977) の壊変定数を用いた。年代値の誤差は誤差伝播の法則より算出し、2つ以上の年代の平均値は算術平均とし、平均値の誤差は津久井ほか (1985) で示されている式より求めた。分析装置・方法及び計算方法の詳細は、ITAYA *et al.* (1984), 長尾ほか (1984, 1986) で述べられている。K-Ar 年代測定の結果を Table 1, に示す。誤差は、 1σ の範囲を表した。

Table 1. K-Ar age data. Following constants were used for the calculation of ages (STREIGER and JÄGER, 1977).
 $\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10}/\text{yr}$, $\lambda_\beta = 4.962 \times 10^{-10}/\text{yr}$, $^{40}\text{K}/\text{K} = 1.167 \times 10^{-4}$.

火山名	サンプル名	年代 (Ma)	K (wt%)	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar} \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ STP/g}$	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	K (wt%)	年代 (Ma)	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar} \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ STP/g}$	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$
開田	Om	1.68 ± 0.11	0.75 ± 0.04	4.89 ± 0.21	60.9	1.03 ± 0.05	0.25 ± 0.05	0.88 ± 0.19	91.1
	Nn	1.53 ± 0.08	0.65 ± 0.03	3.85 ± 0.13	61.2	1.16 ± 0.06	0.20 ± 0.02	0.80 ± 0.09	80.9
	(平均)	1.56 ± 0.09		3.94 ± 0.13	60.9	1.19 ± 0.06		0.88 ± 0.13	86.8
	SKT-5	1.16 ± 0.06	0.88 ± 0.04	3.96 ± 0.06	54.3	1.15 ± 0.06	1.14 ± 0.08	5.10 ± 0.22	67.4
毛無	Tv	1.51 ± 0.09	1.20 ± 0.06	7.05 ± 0.23	55.9	0.96 ± 0.05	1.07 ± 0.10	3.88 ± 0.30	78.9
	(平均)	1.58 ± 0.09		7.70 ± 0.15	59.0	0.96 ± 0.05	0.88 ± 0.13	3.29 ± 0.47	89.2
	Ns	1.66 ± 0.14	0.81 ± 0.04	5.23 ± 0.36	78.7	1.46 ± 0.07	0.24 ± 0.06	1.72 ± 0.42	96.6
	Hn	1.89 ± 0.08	0.92 ± 0.05	4.87 ± 0.16	55.7	1.02 ± 0.03	0.05 ± 0.03	0.28 ± 0.14	96.3
栗嶺	(平均)	1.89 ± 0.08		4.95 ± 0.12	50.1	0.05 ± 0.02	(平均)	0.29 ± 0.14	94.8
	Tr	1.65 ± 0.13	0.78 ± 0.04	5.00 ± 0.30	72.5	0.07 ± 0.05	0.07 ± 0.05		
	Tc2	1.61 ± 0.11	0.92 ± 0.05	5.74 ± 0.24	65.0	1.67 ± 0.08	0.65 ± 0.05	4.21 ± 0.25	74.4
	So	1.27 ± 0.08	0.92 ± 0.05	4.52 ± 0.19	61.1	1.54 ± 0.08	0.48 ± 0.07	2.80 ± 0.42	89.2
横手	Sk	1.30 ± 0.08	0.91 ± 0.05	4.57 ± 0.18	60.3	1.43 ± 0.07	0.37 ± 0.03	2.04 ± 0.14	75.5
	Tk	1.29 ± 0.11	1.35 ± 0.07	6.74 ± 0.48	78.5	0.57 ± 0.06	0.57 ± 0.03	1.25 ± 0.11	90.4
	Un	0.92 ± 0.06	1.13 ± 0.06	4.05 ± 0.18	66.9	2.18 ± 0.11	0.55 ± 0.03	4.64 ± 0.13	74.0
	(平均)	1.05 ± 0.07		4.61 ± 0.19	69.3	1.55 ± 0.08	1.10 ± 0.09	6.61 ± 0.45	78.5
華津白根	Kn-12	1.31 ± 0.43	0.52 ± 0.03	2.65 ± 0.95	95.6	0.73 ± 0.04	0.75 ± 0.05	2.11 ± 0.08	77.6
	Kn-05	1.17 ± 0.07	1.39 ± 0.07	6.33 ± 0.18	50.9	2.42 ± 0.12	0.68 ± 0.04	6.42 ± 0.26	49.3
	Kn-22	1.09 ± 0.08	1.25 ± 0.06	5.27 ± 0.27	70.3	1.30 ± 0.07	0.65 ± 0.06	3.29 ± 0.24	60.2
	Kn-09	1.06 ± 0.07	0.91 ± 0.05	3.73 ± 0.16	62.5	1.58 ± 0.08	0.56 ± 0.03	3.45 ± 0.05	50.3
御飯	Oj	1.03 ± 0.11	1.13 ± 0.06	4.52 ± 0.45	84.9	2.13 ± 0.11	0.46 ± 0.02	3.78 ± 0.07	62.3
	(平均)	3.24 ± 0.17	2.46 ± 0.12	30.9 ± 0.4	25.5	0.67 ± 0.03	0.97 ± 0.09	2.51 ± 0.18	88.6
	Tk8-09	3.20 ± 0.17		30.5 ± 0.4	17.9	0.70 ± 0.04	0.36 ± 0.04	0.97 ± 0.11	84.4
	(平均)	3.22 ± 0.12				0.80 ± 0.04	0.35 ± 0.04	1.08 ± 0.12	84.1
四阿	Tk8-08	0.77 ± 0.05	0.49 ± 0.02	1.62 ± 0.04	66.5	0.68 ± 0.03	0.13 ± 0.03	0.33 ± 0.07	95.7
	NEB-4	0.80 ± 0.14	1.01 ± 0.05	3.13 ± 0.54	95.2	0.77 ± 0.04	0.97 ± 0.05	2.89 ± 0.05	57.6
	NEB-11	0.45 ± 0.03	1.48 ± 0.07	2.60 ± 0.06	64.9	0.86 ± 0.05	0.67 ± 0.04	2.55 ± 0.05	61.2
	Tk8-21	0.29 ± 0.02	1.69 ± 0.08	1.87 ± 0.05	67.5				
島帽子	NEB-2	0.27 ± 0.02	1.81 ± 0.09	1.93 ± 0.05	65.4				
	MD-01	0.81 ± 0.12	0.80 ± 0.04	2.52 ± 0.36	89.2				
	MD-04	0.71 ± 0.12	0.71 ± 0.04	1.96 ± 0.30	89.5				
	(平均)	2.79 ± 0.19	1.98 ± 0.10	21.4 ± 1.0	70.2				
霧曲	KAY-01	1.24 ± 0.06	7.35 ± 5.48	97.9					
	KAY-03	1.53 ± 1.14	3.49 ± 0.08	66.7					
	KAY-22	0.67 ± 0.04	1.35 ± 0.07						
	(平均)	0.67 ± 0.04							

各火山の活動年代と形成史

1. 関田火山

関田火山は、信越高原の火山群の最北端に位置する (Fig. 1 (b), Fig. 2). 基盤は関田山地の脊梁を構成する第三紀の堆積層で、関田火山はこの南斜面に重なる。山体は開析され、原形をとどめていない。噴出物は主に安山岩質の火砕岩・溶岩で、野々海川付近を境に、東部に下位の、西部に上位の噴出物が分布する (島津ほか, 1976, 1983, 1985; 伊藤・服部, 1982; 五十嵐ほか, 1984)。

Om: 普通輝石含有紫蘇輝石安山岩溶岩

産地: 千曲川右岸, 小滝の集落の北東約 300 m ($36^{\circ}58'39''\text{N}$, $138^{\circ}33'43''\text{E}$)

岩体: 志久見川火山岩層上部層 (島津ほか, 1976, 1985; 五十嵐ほか, 1984), 野々海川層 (島津ほか, 1983) の溶岩 (東部の山体)

岩石: 青黒灰色緻密な溶岩で, 2~3 mm 大の斜長石が目立つ。斑晶は, 斜長石, 紫蘇輝石, 普通輝石, 磁鉄鉱から成る。石基は, 斜長石, 紫蘇輝石, 単斜輝石, 磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り, ピロタキソティック組織を示す。斑晶, 石基とも新鮮である。

年代: 1.68 ± 0.11 Ma

Nn: 普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地: 野々海川の標高約 500 m ($36^{\circ}59'38''\text{N}$, $138^{\circ}29'27''\text{E}$)

岩体: 野々海川火山岩層 (同上) の溶岩 (東部の山体)

岩石: 青黒色緻密な溶岩で, 2~3 mm 大の斜長石が目立つ。斑晶として, 斜長石, 紫蘇輝石, 普通輝石, 磁鉄鉱を含む。石基は, 斜長石, 単斜輝石, 磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り, ハイアロオフィティック組織を示す。石基がわずかに変質している。

年代: 1.55 ± 0.07 Ma

SKT-5: 普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地: 出川の採石場 ($36^{\circ}58'00''\text{N}$, $138^{\circ}26'25''\text{E}$)

岩体: 桑名川火山岩層 (同上) の溶岩 (西部の山体)

斑晶: 暗緑色緻密な溶岩で, 斑晶はあまり目立たない。板状節理が発達している。斑晶として, 斜長石, 紫蘇輝石, 普通輝石, 磁鉄鉱を含む。石基は, 斜長石, 単斜輝石, 磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り, インターサータル組織を示す。石基のガラスがわずかに変質している。

年代: 1.16 ± 0.06 Ma

これらの年代値から関田火山の主な活動年代は, 約 1.7~1.2 Ma で, 東部の山体が 1.7~1.6 Ma, 西部が約 1.2 Ma に活動したと考えられる。しかし, 年代測定を行ったサンプルの個数が少ないため, 両者の活動の間に, 休止期があったかどうかは不明である。関田火山の噴出物は魚沼層群の中部累層に対比され (島津ほか, 1976, 1983, 1985; 五十嵐ほか, 1984), この中に挟在されるテフラから, 1.87 ± 0.35 Ma, 2.31 ± 0.50 Ma, 1.32 ± 0.17 Ma, 1.34 ± 0.16 Ma のフィッシュントラック年代が得られている (村松, 1983)。本

論の結果はこれらの値と調和的である。

関田火山の東部の山体の噴出物は、毛無火山の基盤になっている (金子ほか, 1989) とされ、年代値とも矛盾はない。しかし、西部の山体は 1.2 Ma と若く、毛無火山と同時代に活動していた可能性が考えられる (2. 毛無火山の項参照)。

2. 毛無火山

毛無火山は、信越高原の火山群の北部に位置する (Fig. 1 (b), Fig. 2)。火山地形原面は一部に残るのみで、全体に開析が進む。基盤は第三紀～第四紀初めの火山岩で、この中には関田火山の噴出物も含まれる。噴出物は、安山岩質の厚い溶岩流を主体とする。形成史は、北部では、無斑晶質安山岩を噴出したステージ I、水尾一大入山の山体をつくったステージ II、毛無山の山体をつくったステージ III の 3 期に分けられる (金子, 1988)。南部には、火山地形原面を残す上位の溶岩が分布する (五十嵐ほか, 1984; 島津ほか, 1985)。

Ty: 普通輝石紫蘇輝石含有無斑晶質安山岩溶岩

産地: 矢垂の集落の北約 800 m (36°56'52"N, 138°26'25"E)

岩体: 坪山溶岩 (ステージ I, 金子, 1988)

岩石: 黒色緻密な溶岩で、板状節理が発達している。斑晶として、斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、紫蘇輝石、単斜輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ピロタキソティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代: 1.58±0.09 Ma

Ms: カンラン石含有紫蘇輝石普通輝石デイサイト溶岩

産地: 水尾山山頂の奥志賀林道の切り割 (36°56'06"N, 138°27'45"E)

岩体: 水尾山山頂溶岩 (ステージ II, 同上)

岩石: 灰黒色緻密な溶岩。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、カンラン石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイプロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代: 1.66±0.14 Ma

Hn: 紫蘇輝石含有普通輝石安山岩溶岩

産地: 本沢の支流 (36°54'34"N, 138°31'00"E)

岩体: 本沢溶岩 (ステージ II, 同上)

岩石: 黒灰色の溶岩で、2~3mm 大の斜長石の斑晶が目立つ。わずかであるが、一部に薄茶色を帯びた変質部が認められる。板状節理が発達している。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ピロタキソティック組織を示す。斑晶、石基の一部がわずかに変質している。

年代: 1.39±0.07 Ma

Tr: 紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩

産地: 日陰沢西岸の林道の切り割 (36°54'05"N, 138°31'00"E)

岩体: 日陰林道溶岩 (ステージ II, 同上)

岩石：黒色緻密な溶岩である。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代： 1.65 ± 0.13 Ma

Tc2：カンラン石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地：日陰沢西岸の崖、標高約 1150 m ($36^{\circ}54'15''N$, $138^{\circ}30'55''E$)

岩体：二ノ沢崖二溶岩 (ステージ III, 同上)

岩石：黒色緻密な溶岩で、細粒の斜長石が目立つ。板状節理が発達している。斑晶として、斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、カンラン石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代： 1.61 ± 0.11 Ma

So：カンラン石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地：巢鷹湖南東の沢 ($36^{\circ}54'42''N$, $138^{\circ}29'49''E$)

岩体：巢鷹湖溶岩 (ステージ III, 同上)

岩石：黒灰色緻密な溶岩で、板状節理が発達している。斑晶として、斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、カンラン石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代： 1.27 ± 0.08 Ma

Sk：カンラン石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地：小毛無山から西方へ伸びる尾根の中腹 ($36^{\circ}54'36''N$, $138^{\circ}27'31''E$)

岩体：スカイライン溶岩 (ステージ III, 同上)

岩石：青灰色緻密な溶岩で、2 mm 大のマフィック鉱物が目立つ。斑晶として、斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、カンラン石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代： 1.30 ± 0.08 Ma

Tk：普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地：滝の沢 ($36^{\circ}55'16''N$, $138^{\circ}28'10''E$)

岩体：滝の沢溶岩 (ステージ III, 同上)

岩石：黒色緻密な溶岩で、2~5 mm 大の斜長石が目立つ。板状節理が発達している。斑晶として、斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。石基の一部がわずかに変質している。

年代： 1.29 ± 0.11 Ma

Un：普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地：上の平を南北に貫く道路の標高約 1400 m の切り割 ($36^{\circ}54'18''N$, $138^{\circ}29'06''$)

E)

岩体：上の平溶岩（ステージ III，同上）

岩石：黒灰色緻密堅牢な溶岩で，板状節理が発達している．斑晶として，斜長石，紫蘇輝石，普通輝石，磁鉄鉱を含む．石基は，斜長石，単斜輝石，磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り，ハイアロオフィティック組織を示す．斑晶，石基とも新鮮である．

年代： 0.99 ± 0.08 Ma

KN-12：普通輝石紫蘇輝石カンラン石安山岩溶岩

産地：城蔵山の南西約 1.5 km の林道 ($36^{\circ}50'35''N$, $138^{\circ}27'58''E$)

岩体：未区分旧期溶岩（島津ほか，1985）

岩石：黒灰色の溶岩で，わずかに発泡する．斑晶はあまり目立たない．斑晶として，斜長石，カンラン石，紫蘇輝石，普通輝石，磁鉄鉱を含む．石基は，斜長石，単斜輝石，磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り，インターサタルに近い組織を示す．斑晶のカンラン石が一部イデイングサイト化している．

年代： 1.31 ± 0.48 Ma

KN-05：カンラン石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地：西麓の馬曲川右岸，標高約 520 m ($36^{\circ}51'10''N$, $138^{\circ}26'02''E$)

岩体：池の沢川火山岩類（五十嵐ほか，1984；島津ほか，1985）

岩石：黒灰色緻密な溶岩．斑晶として，斜長石，紫蘇輝石，普通輝石，カンラン石，磁鉄鉱を含む．石基は，斜長石，単斜輝石，紫蘇輝石，磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成りハイアロオフィティック組織を示す．斑晶，石基とも新鮮である．

年代： 1.17 ± 0.07 Ma

KN-22：普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地：大次郎山の北約 500 m ($36^{\circ}52'53''N$, $138^{\circ}30'51''E$)

岩体：八剣山溶岩（五十嵐ほか，1984；島津ほか，1985）

岩石：黒灰色緻密な溶岩で，斑晶はあまり目立たない．斑晶として，斜長石，紫蘇輝石，普通輝石，磁鉄鉱を含む．石基は，斜長石，紫蘇輝石，磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り，ハイアロオフィティック組織を示す．斑晶，石基とも新鮮である．

年代： 1.09 ± 0.08 Ma

KN-09：普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地：南西麓の樽滝 ($36^{\circ}49'22''N$, $138^{\circ}25'51''E$)

岩体：毛無火山の溶岩（末区分）

岩石：暗緑色緻密な溶岩で，斜長石，マフィック鉱物が比較的良く目立つ．斑晶として，斜長石，紫蘇輝石，普通輝石，磁鉄鉱を含む．石基は，斜長石，紫蘇輝石，磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り，ハイアロオフィティック組織を示す．石基の一部がわずかに変質している．

年代： 1.06 ± 0.07 Ma

0j：カンラン石含有蘇紫輝石普通輝石安山岩溶岩

産地：大次郎山の北西約 1 km の志賀林道の切り割 ($36^{\circ}53'00''N$, $138^{\circ}30'30''E$)

岩体：ステージ III に相当するとされる大次郎溶岩 (金子, 1988)

岩石：青灰色緻密な溶岩で、最大直径 10 cm 程の塩基性包有物をしばしば含む。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、カンラン石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代： 1.03 ± 0.11 Ma

毛無火山は約 1.6 Ma に始まり約 1.0 Ma に終了するまで、50 万年以上に渡って活動した。金子 (1988) によるステージ I, II の噴出物の年代にはほとんど差がなく、1.6~1.5 Ma の期間に、両者は顕著な休止期を置かず活動を行ったと思われる。ステージ II の Hn が 1.39 ± 0.07 Ma と若い年代を示すのは、試料に問題がある可能性 (変質による放射起源 ^{40}Ar の損失?) が考えられる。ステージ III の活動はステージ II と顕著な休止期を置かずに始まり、約 1.0 Ma まで続いたと思われるが、ヒストグラム (Fig. 3) に示されるように、ステージ III の年代値の頻度は、1.4~1.0 Ma に多い。地質学的関係を考慮し層序的な偏りがないよう心掛けてサンプリングを行ったにもかかわらず、このような頻度分布が見られた。このことは、1.4~1.0 Ma の時期にステージ III の活動が最も活発であったことを示すのかもしれない。

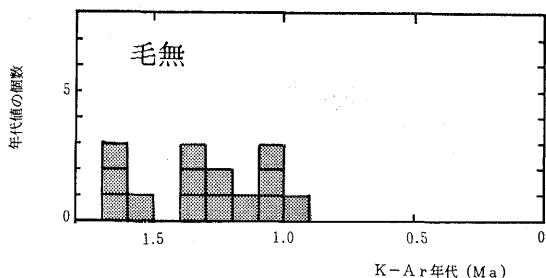


Fig. 3. A histogram of analyzed samples of the Kenashi volcano.

南部の噴出物の年代値はステージ III の活動年代と一致する。このことから、毛無火山の活動は北部で始まり、後に、中~南部に移ったと考えられる。

3. 鳥甲火山

鳥甲火山は苗場火山の西に位置する (Fig. 1 (b), Fig. 2)。山体は、開析が進み、きわめて急峻な地形から成る。基盤は第三紀の火山岩・深成岩類で、鳥甲火山は安山岩~デイサイト質の噴出物から成る。初めに、厚い前倉溶岩・火砕岩、続いて鬼沢・高山沢火砕岩、上ノ原凝灰岩などの多量の火砕流が噴出し、その後、山体の北に布岩山溶岩、南に鳥甲本体溶岩が流出した (鳥津ほか, 1983, 1985; 五十嵐ほか, 1984)。

TKB-09: 普通輝石紫蘇輝石デイサイト溶岩

産地: 屋敷の集落の北約 1.5 km (36°51'27"N, 138°36'18"E)

岩体: 前倉溶岩 (島津ほか, 1983, 1985; 五十嵐ほか, 1984)

岩石: 黒色緻密堅牢な溶岩で, 2~3 mm 大の斜長石が目立つ。美しい柱状節理が発達している。斑晶として, 斜長石, 紫蘇輝石, 普通輝石, 磁鉄鉱を含む。石基は, 斜長石, 紫蘇輝石, 磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り, ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶, 石基とも新鮮である。

年代: 3.22 ± 0.12 Ma

TKB-12: 紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩

産地: 山体北部の釜川左岸の林道 (36°54'03"N, 138°35'21"E)

岩体: 鬼沢・高山沢火砕岩の下位の溶岩 (同上)

岩石: 緑灰色の溶岩で, 1~2 mm 大の針状のマフィック鉱物が目立つ。斑晶として, 斜長石, 普通輝石, 紫蘇輝石, 磁鉄鉱を含む。石基は, 斜長石, 単斜輝石, 紫蘇輝石, 磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り, ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶, 石基とも新鮮である。

年代: 0.85 ± 0.05 Ma

TKB-08: 石英含有普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地: 山体南東部の標高約 1100 m (36°48'52"N, 138°36'21"E)

岩体: 鳥甲本体溶岩の白^{くら}溶岩 (同上)

岩石: 青灰色緻密な溶岩で, 斜長石, マフィック鉱物が比較的目立つ。斑晶として, 斜長石, 紫蘇輝石, 普通輝石, 石英, 磁鉄鉱が含まれる。石基は, 斜長石, 単斜輝石, 紫蘇輝石, 磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り, ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶, 石基とも新鮮である。

年代: 0.77 ± 0.07 Ma

最初期の噴出物とされる前倉溶岩は, 約 3 Ma と鮮新世中期の年代を示す。他の噴出物 (TKB-12, TKB-08) の年代値と 200 万年以上の開きがあることから, 前倉溶岩は基盤に含まれると考えられる。

TKB-12 の年代値から高山沢・鬼沢火砕岩の噴出年代は約 0.8~0.9 Ma 以降, TKB-08 のそれから白^{くら}溶岩は約 0.8~0.7 Ma と推定される。TKB-12 は高山沢・鬼沢火砕岩の直下の溶岩であることから, この年代はほぼ鳥甲火山の活動開始時期を示すと思われる。また, 白^{くら}溶岩は鳥甲本体溶岩の上位の層準とされる (同上) ことから, 鳥甲火山の活動終了時期は 0.7 Ma 頃であろう。

4. 苗場火山

苗場火山は, 信越高原の北東部に位置する成層火山 (Fig. 1(b), Fig. 2) で, 基盤は第三紀~第四紀初めの火山岩である。噴出物は, 安山岩質の厚い溶岩流で, 下部, 中部, 上部, 最上部の 4 期 (もしくは 1~4 期) に分けられる (茅原ほか, 1976; 長谷中, 1976; 島津ほか, 1983, 1985; 五十嵐ほか, 1984)。

NEB-4: 紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩

産地：山体西麓の栃川右岸 (36°50'02"N, 138°37'58"E)

岩体：基盤の溶岩 (島津ほか, 1983, 1985; 五十嵐ほか, 1984)

岩石：黒色緻密な溶岩。割れ目にそってわずかに変質している部分がある。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶のマフィック鉱物がわずかに変質している。

年代：0.80±0.14 Ma

NEB-11：紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩

産地：山体西側の小赤沢の登山道標高約 1830 m (36°50'36"N, 138°40'56"E)

岩体：中部溶岩もしくは上部・最上部溶岩 (同上) の転石

岩石：暗灰色緻密な溶岩で、2~3 mm 大の斜長石が目立つ。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱が含まれる。石基は、斜長石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶が、割れ目にそって変質していることがある。

年代：0.45±0.03 Ma

TKB-21：普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地：中津川対岸の前倉の集落北約 500 m (36°53'28"N, 138°38'01"E)

岩体：前倉溶岩 (同上)

岩石：暗灰緑色緻密な溶岩。板状節理が発達している。斑晶として、斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、磁鉄鉱が含まれる。石基は、斜長石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代：0.29±0.02 Ma

NEB-2：紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩

産地：妙法育成牧場南 (36°56'04"N, 138°36'33"E)

岩体：中部溶岩 (同上)

岩石：黒灰色緻密な溶岩で、1~2 mm 大の斜長石が目立つ。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱が含まれる。石基は、斜長石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代：0.27±0.02 Ma

基盤とされる NEB-4 (分布・年代から鳥甲火山起源の溶岩と思われる) と NEB-11 の 2 つの年代値から苗場火山の活動開始時代は 0.8 Ma 以降、0.4 Ma 以前と考えられる。NEB-2 の年代値から第 2 期の中中部溶岩の噴出は約 0.3 Ma と推定される。活動終了時期は、山体主要部に火口や溶岩流の微地形などが残っていないことから、少なくとも数万年よりは古く、0.3~0.2 Ma 程度と予想される。

TKB-21 は中津川の対岸の鳥甲火山東麓に露出するが、年代は約 0.3 Ma で、鳥甲火山の活動年代 (3. 鳥甲火山の項参照) と大きくかけ離れていることから、鳥甲火山の噴出物

とは思われない。中部溶岩 (NEB-2) と年代がほぼ等しく、鏡下の組織、化学組成もきわめて近いことから、山頂付近から北西へ流出し谷を埋めた中部溶岩が浸食から取り残されたものと思われる。

5. 斑尾火山

斑尾火山は、野尻湖の東に位置する (Fig. 1 (b), Fig. 4) 小型円錐形の火山で、浸食が進み火山地形原面は残っていない。基盤は第三紀～第四紀の堆積岩・火山岩 (縦ヶ崎溶岩層) で、斑尾火山の噴出物は安山岩質の岩石から成る (山田, 1929; 早津, 1985)。山体は、ほぼ全域に分布する斑尾山溶岩層と、その上位に重なる 2 枚の火砕流堆積物から構成される (早津, 1985)。

MD-01: カンラン石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地: 南東斜面中腹, 標高約 1240 m ($36^{\circ}49'46''N$, $138^{\circ}17'09''E$)

岩体: 斑尾山溶岩層 (早津, 1985)

岩石: 黒紫色多孔質な溶岩で、わずかに酸化され赤みを帯びる部分がある。斑晶として、斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、カンラン石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶のマフィック鉱物、石基の一部がわずかに変質している。

年代: 0.81 ± 0.12 Ma

MD-04: 普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地: 山頂付近, 標高約 1340 m ($36^{\circ}50'18''N$, $138^{\circ}16'43''E$)

岩体: 斑尾山溶岩層 (同上)

岩石: 緑灰色の溶岩で、斜長石、マフィック鉱物が比較的目立つ。斑晶として、斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。石基の一部がわずかに変質している。

年代: 0.71 ± 0.12 Ma

年代測定を行ったのは、いずれも斑尾山溶岩層に区分される溶岩である。斑尾溶岩層は火山体の主体をなす (早津, 1985) ことから、得られた年代値は斑尾火山の主要な活動年代を示すと考えられる。斑尾火山に分布するすべての岩石が正帯磁している (早津, 1985) とされることを考慮すると、活動年代は $0.7 \sim 0.6$ Ma 程度と見て良いであろう。

6. カヤノ平火山

カヤノ平火山は信越高原の北部、毛無火山の南に位置する (Fig. 1 (b), Fig. 4)。基盤は第三紀～第四紀初めの火山岩類で、初めにデイサイト質の火砕流が噴出し、カヤノ平の平らなドーム状の山体をつくり、後に、山頂部に高標山が形成された (赤羽, 1979; 五十嵐ほか, 1984; 島津ほか, 1985)。北に隣接する毛無火山の溶岩 (毛無火山の項参照) が火砕流の浸食面を埋めるように重なる (五十嵐ほか, 1984)。

KAY-01: 紫蘇輝石普通輝石デイサイト溶岩

産地: 三沢右岸, 林道の切り割 ($36^{\circ}48'11''N$, $138^{\circ}29'02''E$)

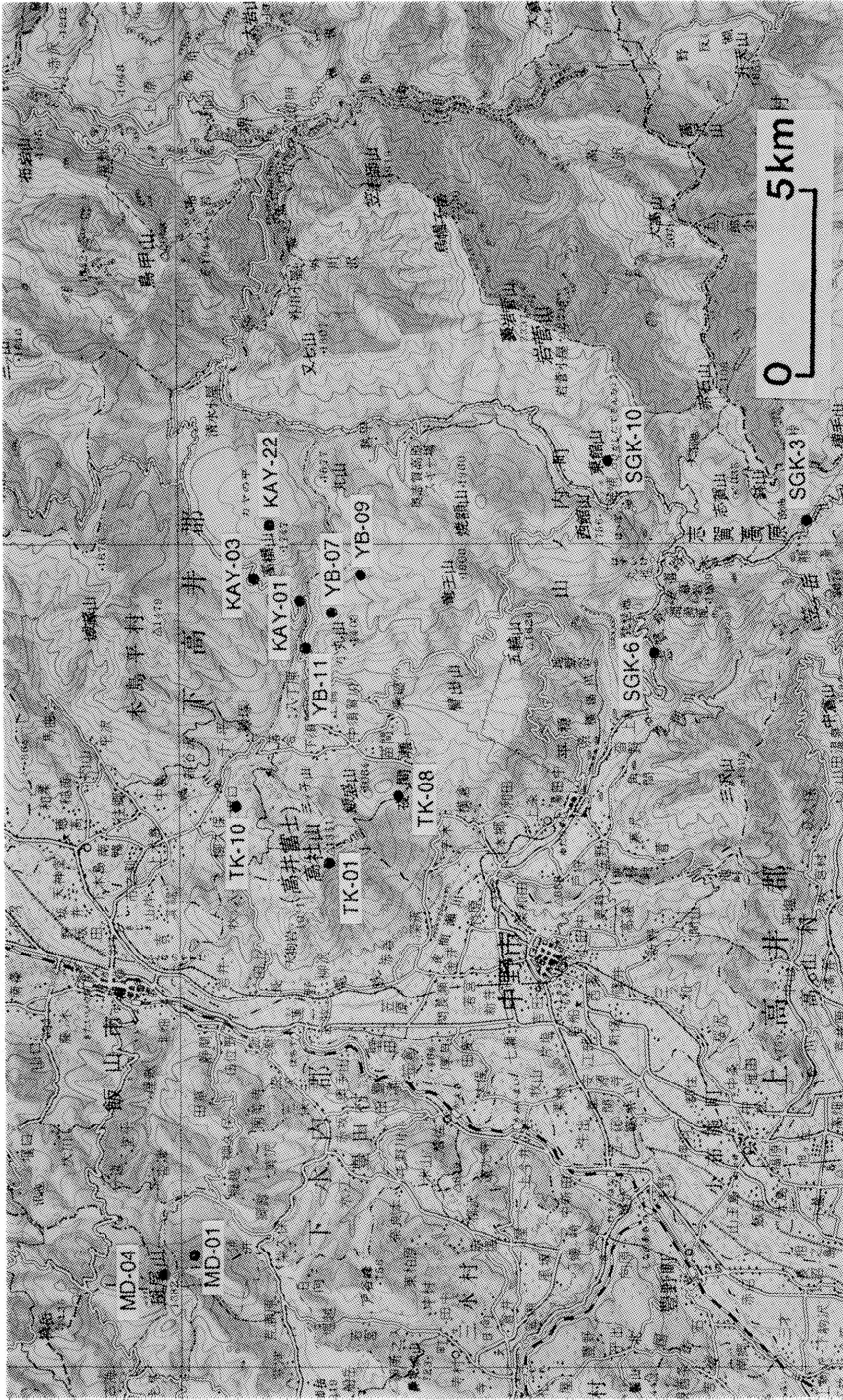


Fig. 4. Locality of analyzed samples of the Madarao, Kayanotaira, Takayashiro, Yakebitai, Shiga and Higashi-tate volcanoes. Topographic map is a part of 1/200000 map sheet "Takada" of Geograph. Serv. Inst.

岩体：基盤の溶岩

岩石：灰白色の溶岩で、1~2mm 大のマフィック鉱物が目立つ。バンディングが見られる。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱が含まれる。石基は、斜長石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどを含み、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基のマフィック鉱物がわずかに変質している。

年代：2.79±0.19 Ma

KAY-03：石英角閃石含有紫蘇輝石普通輝石安山岩火砕流

産地：高標山山頂より北西へ約 1 km (36°48'55"N, 138°29'19"E)

岩体：カヤノ平の火砕流 (赤羽, 1979; 五十嵐ほか, 1984; 島津ほか, 1985)

岩石：カヤノ平の火砕流の本質レンズで、黒灰色で、赤いバンドが 5~6mm 間隔で入っている。本質レンズの最大長径は 30cm 程度。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、角閃石、石英、磁鉄鉱が含まれる。石基は、斜長石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロピリティック組織を示す。一部が帯状に酸化されているが、他は新鮮である。

年代：1.53±1.14 Ma

KAY-22：紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩

産地：高標山山頂付近、標高約 1730 m (36°48'41"N, 138°30'18"E)

岩体：高標山山頂溶岩 (同上)

岩石：黒色緻密な溶岩で、3mm 大の斜長石が目立つ。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱が含まれる。石基は、斜長石、単斜輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代：0.67±0.04 Ma

カヤノ平の火砕流の噴出年代は、KAY-03 の大気混入率が 97.9% と多く、誤差が大きく正確には決まらない。噴出年代の下限は基盤 (KAY-01) の年代から、少なくとも 3 Ma より新しいことが判るが地形面は比較的新鮮で、第三紀の噴出物とは思えない。この火砕流を覆う毛無火山の溶岩 (五十嵐ほか, 1984) の年代値が約 1 Ma であることから、KAY-03 の約 1.5 Ma という年代は、ほぼカヤノ平の火砕流の噴出年代を示すと見なして良いであろう。空中写真による観察から、毛無火山から流下した溶岩流がカヤノ平の山体にぶつかって向きをかえている様子が読み取れる (Fig. 5)。

高標山山頂の溶岩の噴出年代は 0.7~0.6 Ma で、下位の火砕流の年代を若く見積もっても、数 10 万年以上の隔たりがあったと考えられる。

7. 高社火山

高社火山は、飯山市の南東の千曲川右岸に位置する安山岩質の小型円錐形の火山で (Fig. 1(b), Fig. 4)、飯盛山、三ッ子山の側火山 (溶岩円頂丘) をもつ (Fig. 6)。富樫 (1990) によると、高社火山は、第三紀後期~第四紀前期の火山岩を基盤に成長した火山で、活動初期に溶岩流を噴出し、山体中央部を形成した。後に溶岩円頂丘の形成とその破壊による石質の火砕流を山麓に繰り返し噴出した。活動の末期にデイサイト質の軽石を噴出し、溶

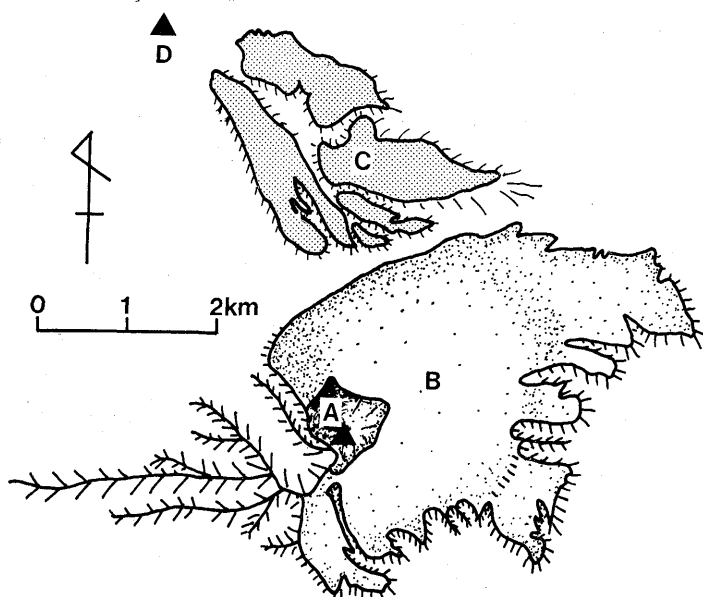


Fig. 5. Geomorphological map of the Kayanotaira volcano. A: Takappyo-yama, B: depositional plane of the Kayanotaira pyroclastic flow, C: a lava from the Kenashi volcano, D: Shirokura-yama (Kenashi volcano).

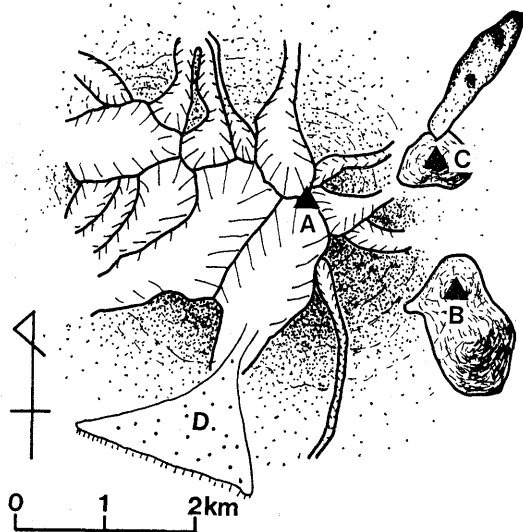


Fig. 6. Geomorphological map of the Takayashiro volcano. A: Takayashiro-yama, B: Iimori-yama, C: Mitsugo-yama, D: debris.

岩円頂丘を生じた。

TK-08: 普通輝石角閃石紫蘇輝石安岩溶岩

産地: 飯盛山の南麓, 標高約 830 m (36°46'41"N, 138°25'28"E)

岩体: 飯盛山の溶岩

岩石: 灰紫色の溶岩で, 5~6 mm 大のマフィック鉱物が目立つ。斑晶として, 斜長石, 紫蘇輝石, 角閃石, 普通輝石, 磁鉄鉱が含まれる。石基は, 斜長石, 紫蘇輝石, 磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り, ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶, 石基とも新鮮である。

年代: 0.25±0.05 Ma

TK-10: カンラン石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地: 高社山北麓, 池の平の北約 1 km (36°49'08"N, 138°25'21"E)

岩体: 高社山の溶岩

岩石: 緑灰白色の溶岩。斑晶として, 斜長石, 紫蘇輝石, 普通輝石, カンラン石, 磁鉄鉱を含む。石基は, 斜長石, 単斜輝石, 磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り, ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶のカンラン石がわずかに変質している。

年代: 0.20±0.02 Ma

TK-01: 普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地: 高社山山頂 (36°47'46"N, 138°24'16"E)

岩体: 高社山の溶岩

岩石: 青灰色の溶岩で, 2~3 mm 大の斜長石, 4~5 mm のマフィック鉱物が目立つ。斑晶として, 斜長石, 紫蘇輝石, 普通輝石, 磁鉄鉱が含まれる。石基は, 斜長石, 単斜輝石, 紫蘇輝石, 磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り, ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶, 石基とも新鮮である。

年代: 0.19±0.03 Ma

年代値から, 高社火山の主要な活動時代は 0.3~0.2 Ma と推定される。高社山と側火山の年代に大きな隔たりがなく, 比較的短期間に相次いで形成されたと考えられる。

高社火山は信濃川中流域に分布する野沢軽石グループの給源で, テフラ層の対比により, その活動時代は斑尾火山の形成後 (5. 斑尾火山の項参照), 飯縄火山の第 II 期の活動前と考えられる (早津・新井, 1981)。飯縄火山の第 II 期の活動は 0.2~0.1 Ma とされ (早津, 1988), 本論で求めた年代はテフラから推定された年代と調和的である。

8. 焼額火山

焼額火山は, 信越高原の南北に連なる火山列のほぼ中央部に位置する (Fig. 1 (b), Fig. 4)。基盤は, 第三紀~第四紀初めの火山岩類である。焼額火山の噴出物は安山岩質の溶岩から成り, 焼額山山頂付近を構成する焼額山火山岩類, 竜王山北斜面を構成する竜王山火山岩類に分けられる (赤羽, 1976, 1979)。

YB-11: カンラン石普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地: 北麓の白沢川左岸, 標高約 1030 m (36°48'11"N, 138°28'02"E)

岩体：^{ひらね}平穩火山岩類（焼額火山の基盤に相当，赤羽，1976，1979）

岩石：黒灰色緻密堅牢な溶岩．板状節理が発達している．斑晶として，斜長石，紫蘇輝石，普通輝石，カンラン石，磁鉄鉱を含む．石基は，斜長石，単斜輝石，紫蘇輝石，磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り，ハイアロオフィティック組織を示す．斑晶，石基とも新鮮である．

年代： 1.14 ± 0.08 Ma

YB-09：カンラン石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地：北斜面中腹，標高約 1540 m ($36^{\circ}47'23''N$ ， $138^{\circ}29'28''E$)

岩体：竜王山火山岩類（同上）

岩石：黒灰色の溶岩．斑晶として，斜長石，紫蘇輝石，普通輝石，カンラン石，磁鉄鉱を含む．石基は，斜長石，単斜輝石，紫蘇輝石，磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り，ハイアロオフィティック組織を示す．斑晶，石基とも新鮮である．

年代： 1.07 ± 0.10 Ma

YB-07：普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地：北斜面中腹，標高約 1320 m ($36^{\circ}47'45''N$ ， $138^{\circ}28'43''E$)

岩体：竜王山火山岩類（同上）

岩石：黒灰色緻密堅牢な溶岩で，1 mm 大の斜長石が目立つ．斑晶として，斜長石，紫蘇輝石，普通輝石，磁鉄鉱を含む．石基は，斜長石，単斜輝石，磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り，ハイアロオフィティック組織を示す．斑晶の輝石，磁鉄鉱周辺の石基がわずかに変質している．

年代： 0.88 ± 0.13 Ma

焼額火山の活動は，YB-11，竜王山火山岩類にあたる YB-09 の年代から，1.1 Ma 頃始まったと考えられる．竜王山の北西部には，約 0.9 Ma を示す溶岩（YB-07）が分布し，竜王山側の山体は 1.1~0.9 Ma にかけて形成されたと推定される．

焼額山火山岩類については分析は行っていないが，焼額山の地形は比較的新鮮で，山頂に稚児池と呼ばれる火口跡とも考えられる池が存在する（赤羽，1976）．このことから，焼額山は竜王山より若く，それより新しい時代まで活動していた可能性も考えられる．

9. 東館火山

東館火山は，志賀火山と焼額火山の間に位置する（Fig. 1(b)，Fig. 4）小火山で，山体は開析され火山地形原面は残っていない．噴出物は，第三紀の火山岩類を基盤に噴出した安山岩質の岩石から成る（飯島，1956，1962；赤羽，1976，1979；五十嵐ほか，1984；島津ほか，1985）．

SGK-10：カンラン石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地：東館山山頂 ($36^{\circ}43'39''N$ ， $138^{\circ}31'30''E$)

岩体：東館火山の溶岩

岩石：黒灰色緻密な溶岩で，2~3 mm 大の斜長石が目立つ．斑晶として，斜長石，紫蘇輝石，普通輝石，カンラン石，磁鉄鉱を含む．石基は，斜長石，単斜輝石，紫蘇輝石，磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り，ハイアロオフィティック組

織を示す。斑晶の斜長石がわずかに変質している。

年代： 0.87 ± 0.05 Ma

東館山山頂の溶岩 (SGK-10) が約 0.9 Ma であることから、この頃には火山活動は終了していたと思われる。基盤である第三紀の変質した火山岩が比較的高い標高 (1800 m 以上) まで分布し、山体は頂部に分布するのみで、噴出量はかなり少ない (0.4 km^3 , 金子ほか, 1989)。このことから、せいぜい数枚の溶岩流を短期間に噴出した火山と見ると、活動開始年代は 1.0 Ma を大きく遡ることはないであろう。

10. 志賀火山

志賀火山は志賀高原一帯を構成する火山 (Fig. 1(b), Fig. 4) で、基盤は第三紀から第四紀初めの深成岩・火山岩類から成る。噴出物は安山岩質の火砕岩・溶岩 (飯島, 1956, 1962; 赤羽, 1976) で、北西の長池・丸池から湯田中にかけて分布する下位の厚い溶岩流 (志賀溶岩) と、その上位の志賀山・鉢山周辺を構成する薄い溶岩流に分けられる (赤羽, 1976; 守屋, 1984)。

SGK-6: 普通輝石紫蘇輝石デイサイト溶岩

産地: 旭山の西方約 1 km の志賀有料道路沿い ($36^{\circ}42'59''\text{N}$, $138^{\circ}28'03''\text{E}$)

岩体: 北西部一帯を構成する下位の溶岩流 (赤羽, 1976; 守屋, 1984)

岩石: 暗紫色の溶岩。斑晶として、斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代： 0.24 ± 0.06 Ma

SGK-3: 石英含有紫蘇輝石普通輝石角閃石安山岩溶岩

産地: 熊ノ湯南東約 1 km ($36^{\circ}40'40''\text{N}$, $138^{\circ}30'23''\text{E}$)

岩体: 鉢山の溶岩流 (赤羽, 1976)

岩石: 黒色緻密な溶岩で、1~2 mm 大の斜長石が目立つ。斑晶として、斜長石、角閃石、普通輝石、紫蘇輝石、石英、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代： 0.07 ± 0.05 Ma

下位の溶岩の噴出年代は $0.3 \sim 0.2$ Ma で、志賀火山の活動開始時期はこの頃と考えられる。鉢山の溶岩の噴出年代は 10 数~数万前で、志賀溶岩の噴出後、10 万年以上の期間を置いて噴出した。空中写真で、鉢山から北へ流出した溶岩流が志賀山の溶岩流に覆われていることが観察され (Fig. 7, 鉢山の溶岩流の弓状のしわに注意)、志賀山は鉢山より上位であることが推定される。

11. 横手火山

横手火山は草津白根火山と志賀火山の間に位置する (Fig. 1(b), Fig. 8)。山体の西側は著しく開析されているが、東側は火山地形原面を残す溶岩流が台地状の地形を構成する。基盤はより古い時代の火山岩類で、横手山の噴出物は安山岩質の溶岩から成る (太田, 1957)。

SGK-2: カンラン石石英含有普通輝石紫蘇輝石デイサイト溶岩

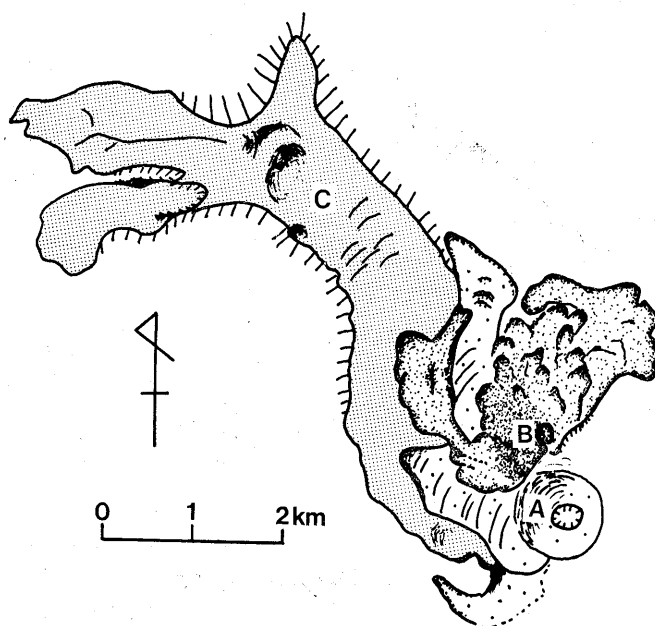


Fig. 7. Geomorphological map of the Shiga volcano. A: Hachi-yama, B: Shiga-yama, C: a lower lava flow.

産地：横手山の山頂南西側 (36°39'52"N, 138°31'32"E)

岩体：横手山の溶岩 (太田, 1957)

岩石：暗青灰色の溶岩で、3mm 大の斜長石、石英が目立つ。斑晶として、斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、石英、カンラン石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代：0.65±0.05 Ma

横手山を構成する溶岩は SGK-2 の年代から、0.7~0.6 Ma に噴出したと考えられる。草津白根火山との関係で、横手火山はその基盤とする説 (太田, 1957; 太田・松野, 1970) と、ほぼ同時期に噴出したとする説 (大橋, 1913; 早川, 1983; 宇都ほか, 1983; 早川・由井, 1989) に見解が分かっている。今回の年代測定結果から、横手火山は草津白根火山最初期の噴出物とされる松尾沢溶岩、太子火砕流 (12. 草津白根火山の項参照) より古く、基盤に相当すると判断される。

12. 草津白根火山

草津白根火山は信越高原の火山列のほぼ中央部に位置する (Fig. 1(b), Fig. 8)。基盤は新第三紀~第四紀初めの火山岩類である (太田, 1957; 太田・松野, 1970)。草津白根火山の初期の噴出物は松尾沢溶岩類、洞口溶岩 (早川, 1983, 宇都ほか, 1983) で、この上位に太子火砕流 (白根浮石流) が噴出し、山麓に厚く堆積した。これ以降、溶岩流を噴出す

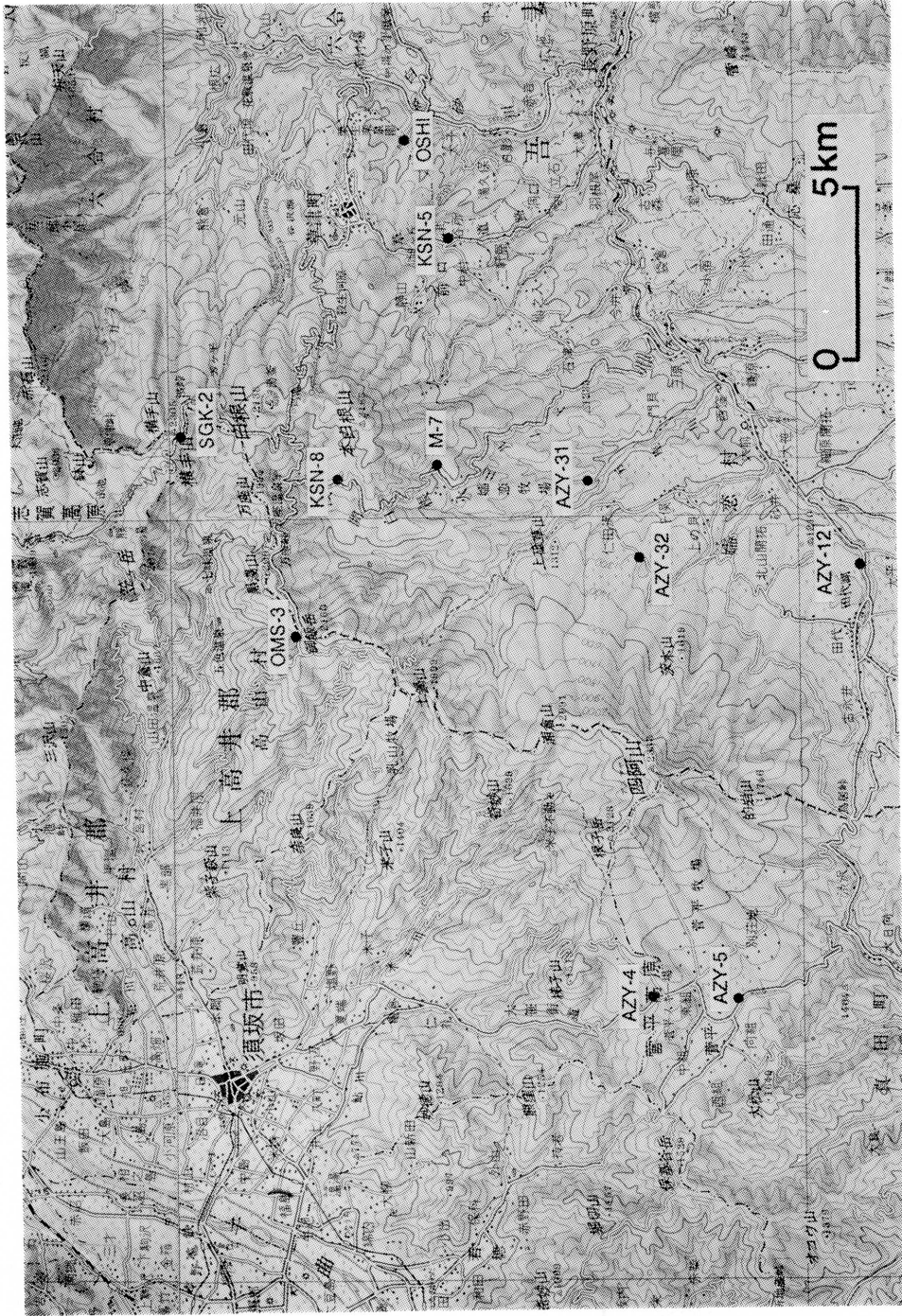


Fig. 8. Locality of analyzed samples of the Yokote, Kusatsu-shirane, Omeshi and Azumaya volcanoes. Topographic map is parts of 1/200000 map sheets "Takada" and "Nagano" of Geograph. Serv. Inst.

る活動が続き、山体の上部を厚く覆った。これらは厚い火山灰に覆われる旧（古・中）期溶岩と、その上位の表面微地形を残す新期溶岩に分けられる（太田，1957；太田・松野，1970；早川，1983；宇都ほか，1983）。山頂の火砕丘は新期溶岩の噴出にともなって成長した（早川，1983）。

M-7：紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩

産地：吾妻鉱山跡 (36°35'52"N, 138°30'53"E)

岩体：松尾沢溶岩（同上）

岩石：黒色緻密な溶岩。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基ともに新鮮である。

年代：0.57±0.06 Ma

OSHI：普通輝石紫蘇輝石デイサイト火砕流

産地：³⁰³⁰ 嬬仙の滝 (36°36'12"N, 138°37'16"E)

岩体：太子火砕流（同上）

岩石：太子火砕流の本質レンズで、暗青灰色で、2~3mm 大の斜長石が目立つ。ホストは緑灰白色を呈する。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。割れ目にそってわずかに変質していることがある。

年代：0.55±0.03 Ma

KSN-8：紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩

産地：本白根沢の北約 500 m (36°37'18"N, 138°30'41"E)

岩体：基盤の溶岩（太田，1957；太田・松野，1970；早川，1983；宇都ほか，1983）

岩石：暗紫灰色緻密な溶岩で、2~3mm 大の斜長石が点在して見える。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、紫蘇輝石、単斜輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶の磁鉄鉱の周辺が一部変質している。

年代：0.48±0.07 Ma

KSN-5：カンラン石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地：谷所の道路の切り割 (36°35'28"N, 138°35'22"E)

岩体：洞口溶岩（同上，太田（1957）は除く）

岩石：黒灰色緻密な溶岩。斑晶として、斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、カンラン石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶のカンラン石がわずかに変質している。

年代：0.37±0.03 Ma

主要な噴出物についてはすでに K-Ar 年代の測定がなされ（宇都，1983），層序関係，形成年代はほぼおさえられている。しかし，この火山最大の噴出物である太子火砕流の噴

出年代が良く分かっていないこと、基盤と初期の噴出物の区別が困難（早川, 1983; 宇都ほか, 1983）で、その関係が明確でないことなど問題が残っている。

最初期の噴出物である松尾沢溶岩類の年代が $0.6\sim 0.5$ Ma (0.54 ± 0.09 Ma, 宇都, 1983) で、この頃草津白根火山の活動が始まったと考えられる。太子火砕流の噴出年代は $0.6\sim 0.5$ Ma の間で、松尾沢溶岩類との間には、測定誤差を越えて認知できるような時間間隔はない。山体南西部の万座川の支流魚沢で太子火砕流の直上に重なる四阿火山起源とされる溶岩 (AZY-31) の年代が 0.56 ± 0.03 Ma (14. 四阿火山の項参照) で、太子火砕流の噴出年代 0.55 ± 0.06 Ma (OSHI) と良く一致する。両者の一致度が良いことから、 $0.6\sim 0.5$ Ma という太子火砕流の噴出年代は、極めて信頼性が高いと思われる。さらに、この噴出年代は、太子火砕流上位の旧期溶岩類の宇都 (1983) による年代が、 $0.5\sim 0.3$ Ma の間に分布するという事とも調和的である。

早川・由井 (1983) によると、太子火砕流の直上に、約 42 cm の褐色火山灰土を挟み、大町 APm テフラが載っているとされる。褐色火山灰土の厚さが薄いことから、太子火砕流と APm テフラの堆積時期に大きな間隙がなかった (早川・由井, 1983) と仮定すると、APm の噴出年代は 0.5 Ma 程度と推定される。

山体の北西部の本白根沢付近は従来、基盤とされてきた (宇都ほか, 1983 など)。しかし、KSN-8 の年代は、太子火砕流の噴出年代と比べて有意に若く、この付近の溶岩も旧期溶岩に属する可能性が高い。

KSN-8 および宇都 (1983) による旧期溶岩類の年代値 ($0.5\sim 0.3$ Ma の間) から、旧期の活動は太子火砕流の堆積後長い期間 (10万年以下?) を置かず始まった可能性が高い。

洞口溶岩は太子火砕流に覆われ、4 箇所に分散して分布する。これらは、洞口溶岩の高い部分が火砕流の上に突き出しているとされている (太田, 1957; 太田・松野, 1970)。宇都 (1983) によって 0.65 ± 0.22 Ma の年代値が得られているが、本論で測定を行った KSN-5 は 0.37 ± 0.03 Ma と太子火砕流より若い年代を示す。KSN-5 を採取した岩体に隣接して、旧期の青葉溶岩 (0.30 Ma ± 0.06 , 宇都, 1983) が分布することから、少なくともこの岩体は、洞口溶岩とは別の青葉溶岩に覆われた旧期溶岩である可能性が高い。

旧期の活動は 0.25 Ma 頃まで続き、 $20\sim 30$ 万年の休止期を挟み (宇都, 1983, 宇都ほか, 1983), 新期溶岩類及び山頂の火砕流の活動が 0.01 Ma 以降に始まった (早川・由井, 1989)。

13. 御飯火山

御飯火山は草津白根火山と四阿火山の間 (Fig. 1(b), Fig. 8) を尾根状に連なる。基盤は第三紀から第四紀初めの火山岩・深成岩類で、御飯火山の噴出物は主に安山岩質の溶岩から成り、初め主に南東に溶岩が流下し、その後、上位に厚い溶岩が噴出した (太田・片田, 1955)。

OMS-3: 普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地: 御飯岳の北側 ($36^{\circ}37'59''N$, $138^{\circ}27'40''E$)

岩体: 高井溶岩 (太田・片田, 1955)

岩石: 青黒色緻密な溶岩で、3mm 大の斜長石目立つ。斑晶として、斜長石、紫蘇輝

石、普通輝石、磁鉄鋳を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、紫蘇輝石、磁鉄鋳及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代： 1.10 ± 0.09 Ma

年代測定をした OMS-3 は、基盤の高井溶岩に相当する溶岩である。しかし、御飯火山は四阿火山より古い（太田・片田，1955）とされることから、1.1 Ma という年代は、御飯火山自身の活動年代を示していると見て良いであろう（14. 四阿火山の項参照）。四阿火山に比べて地形の開析が著しく進み、火山としての原型を失っていることや、高井溶岩が御飯火山の稜線部付近にも分布すること（太田・片田，1955）は、このような推定と調和的である。

14. 四阿火山

四阿火山は、浅間火山と草津白根火山のほぼ中間に位置する（Fig. 1(b), Fig. 8）。円錐形のなだらかな火山地形原面から成る斜面をもち、山頂には北西に開いたカルデラがある。基盤は第三紀～第四紀初めの堆積岩・深成岩・火山岩類で、四阿火山の噴出物は、安山岩質の溶岩・火砕流から成る（太田・片田，1955；中川，1983）。中川（1983）によると、形成史はI期，II期，III期の3期に分けられ、I期とII期の間には浸食間隔があり、厚い風化火山灰層を挟む。III期の噴出物は円錐形の成層火山体をつくり溶岩流の表面地形を明瞭に残す。これは東麓で草津白根火山の太子火砕流を覆う。

AZY-12：カンラン石含有紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩

産地：山体南東側の田代湖の南（ $36^{\circ}28'59''N$ ， $138^{\circ}29'03''E$ ）

岩体：四阿火山の溶岩

岩石：黄灰白色の溶岩。斑晶は目立たない。板状節理が発達している。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、カンラン石、磁鉄鋳を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、紫蘇輝石、磁鉄鋳及び少量のガラスなどから成り、インターサータルに近い組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代： 0.75 ± 0.05 Ma

AZY-4：紫蘇輝石普通輝石デイサイト溶岩

産地：山体西側の菅平（ $36^{\circ}32'19''N$ ， $138^{\circ}20'34''E$ ）

岩体：六方石溶岩（太田・片田，1955）

岩石：斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、磁鉄鋳を含む。石基は、斜長石、紫蘇輝石、磁鉄鋳及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代： 0.68 ± 0.04 Ma

AZY-5：普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地：唐沢ノ滝（ $36^{\circ}31'00''N$ ， $138^{\circ}20'26''E$ ）

岩体：神川溶岩（同上）

岩石：黒色緻密堅牢な溶岩で、わずかであるが光沢がある。2～3 mm 大の斜長石が目立つ。斑晶として、斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、磁鉄鋳を含む。石基は、

斜長石, 単斜輝石, 紫蘇輝石, 磁鉄鋳及び少量のガラスなどから成り, ピロタキソティック組織を示す. 斑晶, 石基とも新鮮である.

年代: 0.65 ± 0.06 Ma

AZY-31: 紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩

産地: 万座川の支流の魚沢 ($36^{\circ}33'25''N$, $138^{\circ}30'40''E$)

岩体: 太子火砕流の上位に重なる溶岩 (中川, 1983)

岩石: 黒灰色緻密な溶岩で, 板状節理が発達している. 斑晶として, 斜長石, 普通輝石, 紫蘇輝石, 磁鉄鋳を含む. 石基は, 斜長石, 単斜輝石, 紫蘇輝石, 磁鉄鋳及び少量のガラスなどから成り, ハイアロオフィティック組織を示す. 斑晶, 石基とも新鮮である.

年代: 0.56 ± 0.03 Ma

AZY-32: 石英含有普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地: 山体東部のバラキ湖付近 ($36^{\circ}32'31''N$, $138^{\circ}29'09''E$)

岩体: 浦倉溶岩 (太田・片田, 1955)

岩石: 灰白色の溶岩でやや発砲している. マフィック鋳物, 密に入った $2 \sim 3$ mm 大の斜長石が目立つ. 不明瞭ではあるが, 板状節理が発達している. 斑晶として, 斜長石, 紫蘇輝石, 普通輝石, 石英, 磁鉄鋳を含む. 石基は, 斜長石, 単斜輝石, 紫蘇輝石, 磁鉄鋳及び少量のガラスなどから成り, ハイアロオフィティック組織を示す. 斑晶, 石基とも新鮮である.

年代: 0.46 ± 0.02 Ma

四阿火山は, 4つの年代値の中で最も古い AZY-12 の年代値から, $0.8 \sim 0.7$ Ma にはすでに活動を開始していたと考えられる. 山体斜面をつくる溶岩流中, 最上位とされる浦倉溶岩 (AZY-32) の年代が, $0.4 \sim 0.5$ Ma であることから, 0.4 Ma までには成層火山体の形成はほぼ終了していたことが推定される. 年代測定を行なったサンプルの数が少なく, 活動の休止期の有無については不明である.

鈴木・早川 (1990) は, 四阿火山西麓の菅平で, 四阿火山起源の降下軽石堆積物 (SgP 1, SgP 2) が, 約 5.5 m の火山灰土を挟んで大町テフラ APm の上位に重なることを報告している. APm の噴出年代を約 0.5 Ma (12. 草津白根の項参照) とすると, 四阿山の降下軽石は, これより新しいことになる. 火山灰土の形成速度が 0.07 mm/年 (早川・由井, 1989) と仮定すると, 挟在される火山灰土が 5.5 m の厚さに達するのに, 8 万年程度要することになる. この数値から, SgP 1, SgP 2 の噴出年代は $0.5 \sim 0.4$ Ma の間と, 最上位の溶岩とほぼ同年代となる. これらの降下軽石は, III 期の活動にともなって噴出されたものであろう.

15. 烏帽子火山

烏帽子火山は, 浅間火山の西に位置し (Fig. 1 (b), Fig. 9), 西部の比較的開析が進んだ烏帽子山の山体と, 東部の火山地形原面をよく残す籠ノ登山を中心とする山体に区別できる. 飯島 (1962) によると, 基盤は主に第三紀の小諸層群で, 形成史は前期と後期に分けられる. 前期の噴出物は山体の下部を形成した. 後期の噴出物は安山岩質の溶岩・火砕岩で,

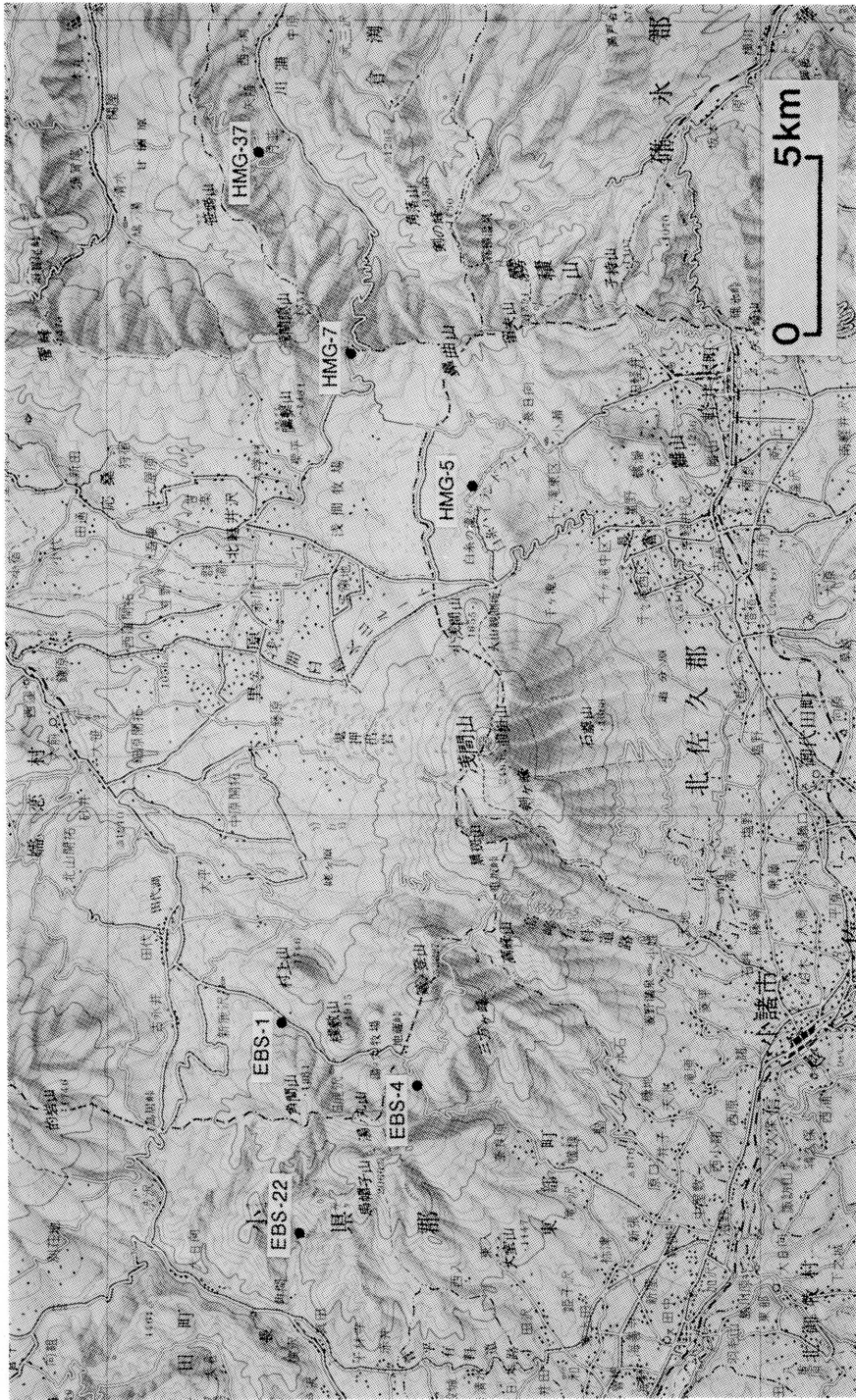


Fig. 9. Locality of analyzed samples of the Eboshi, Asama and Hanamagari volcanoes. Topographic map is a part of 1/200000 map sheet "Nagano" of Geograph. Serv. Inst.

初めに西側に位置する烏帽子山の山体を、後に順に活動域を東に移し、籠ノ登山を中心とする山体をつくった。この山体の東斜面は浅間火山の噴出物に覆われる。

EBS-22: 紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩

産地: 烏帽子山北西の角間川流域, 岩屋観音 (36°26'59"N, 138°22'05"E)

岩体: 前期最初期の噴出物とされる岩屋観音溶岩 (飯島, 1962)

岩石: 黒色緻密な溶岩で, 斑晶は目立たない。斑晶として, 斜長石, 紫蘇輝石, 普通輝石, 磁鉄鉱を含む。石基は, 斜長石, 単斜輝石, 磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り, ハイアロオフィティック組織を示す。石基の空隙に二次鉱物ができている。

年代: 0.97 ± 0.09 Ma

EBS-1: 普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地: 烏帽子山側の山体の鍋蓋山の東斜面 (36°27'19"N, 138°26'10"E)

岩体: 鍋蓋山東側の崖錐中の溶岩片

岩石: 黒色の溶岩で, 比較的多孔質な溶岩。1 mm 大の斜長石が密に分布するように見える。斑晶として, 斜長石, 紫蘇輝石, 普通輝石, 磁鉄鉱を含む。石基は, 斜長石, 単斜輝石, 紫蘇輝石, 磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り, ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶, 石基とも新鮮である。

年代: 0.36 ± 0.04 Ma

EBS-4: 普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩

産地: 湯ノ丸山の南東斜面 (36°25'16"N, 138°24'57"E)

岩体: 烏帽子岳溶岩 (飯島, 1962)

岩石: 黒灰色緻密な溶岩で, 1 mm 大の斜長石が密に入る。斑晶として, 斜長石, 紫蘇輝石, 普通輝石, 磁鉄鉱を含む。石基は, 斜長石, 単斜輝石, 紫蘇輝石, 磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り, ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶, 石基とも新鮮である。

年代: 0.35 ± 0.04 Ma

飯島(1962)が, 前期とした部分の溶岩に相当する EBS-22 の年代は約 1 Ma と, 後述する烏帽子火山の主要部の年代とは大きくかけ離れる。このことから, 前期とされる部分はむしろ基盤と考えた方がよく, 烏帽子火山としては後期に区分されている部分が相当すると判断される。

西部の烏帽子山を中心とする山体の活動年代は, EBS-1, EBS-2 の年代値から 0.4~0.3 Ma と考えられる。東部の籠ノ登山を中心とする山体は, 火山地形原面もより新鮮で, 火口(池の平)や溶岩流の微地形が観察され (Fig. 10), 烏帽子山の山体より新しいことが推定される。地形の新鮮さ及び浅間火山との層序関係を考慮すると, 烏帽子火山の活動終了時期は 0.2~0.1 Ma 程度と思われる。

16. 浅間火山 (高度火山岩類)

浅間火山は信越高原の火山群の南端, 火山フロント上に位置 (Fig. 1(b), Fig. 9) し, 現在でも活発な活動を行っている。基盤は, 西部では烏帽子火山, 東部では, 高度山火山

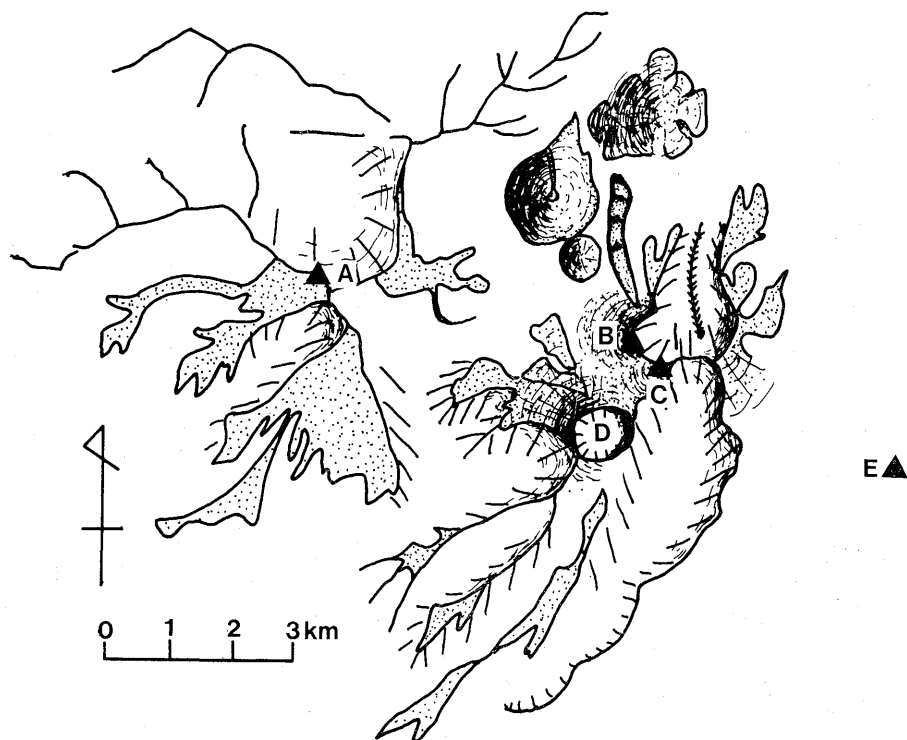


Fig. 10. Geomorphological map of the Eboshi volcano. A: Eboshi-dake, B: Nishi-kagonoto-yama, C: Higashi-kagonoto-yama, D: Ikenodaira, E: Kurofuyama (Asama volcano).

岩類などが構成する第四紀火山体で、浅間火山の噴出物は安山岩質の溶岩・火砕岩から成り、山体は古い黒斑山と新しい前掛山の2つの主要な成層火山体に分けられる (ARAMAKI, 1963; 荒牧, 1968)。

HMG-5: 紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩

産地: 白糸の滝東方 500 m (36°24'26"N, 138°36'10"E)

岩体: 転石. 分布から高度山火山岩類 (同上) に相当すると考えられる.

岩石: 暗緑黒灰色緻密な溶岩で1 mm 大の斜長石が目立つ. 斑晶として, 斜長石, 普通輝石, 紫蘇輝石, 磁鉄鉱を含む. 石基は, 斜長石, 単斜輝石, 紫蘇輝石, 磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り, ハイアロオフィティック組織を示す. 斑晶, 石基とも新鮮である.

年代: 0.13 ± 0.03 Ma

高度山火山岩類 (HMG-5) の年代値と烏帽子火山の活動年代 (15. 烏帽子火山の項参照) から, 黒斑山の活動は, 0.1 Ma 以降に始まったと推定される. 始良 Tn 火山灰との関係から, 黒斑山活動末期に起きた山体崩壊は 0.022 Ma 頃と推定されている (早川・千葉, 1990)。

浅間火山の東に分布する高度山火山岩類 (HMG-5) などから構成されるなだらかな火山

体は、0.1 Ma 頃に活動した若い火山であることが明らかになった。従来これらの火山岩類は、浅間火山とは別の“基盤の火山岩” (ARAMAKI, 1963; 荒牧, 1968) とされてきた。しかし、浅間火山との活動年代の差が最大に見積っても 10 数万年程度と、浅間火山最初の噴出物である可能性もあり、今後、再検討する必要があると思われる。

17. 鼻曲火山

鼻曲火山は、碓氷峠北の一の字山から鼻曲山付近の稜線部 (Fig. 1 (b), Fig. 9) を形成する安山岩質の溶岩・火砕岩から成る火山 (ARAMAKI, 1963) で、第三紀の火山岩を基盤とする (飯島, 1962; ARAMAKI, 1963; 荒牧, 1968; 秋間・上越南部グリーンタフ団研グループ, 1976)。鼻曲山付近に主要な成層火山体があったと考えられる (ARAMAKI, 1963; 荒牧, 1968)。

HMG-37: 紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩

産地: 笹埜山南東部 (36°27'41"N, 138°42'51"E)

岩体: 笹埜山の溶岩

岩石: 黒灰色緻密な溶岩で、2~3 mm の斜長石が目立つ。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶、石基とも新鮮である。

年代: 0.97±0.05 Ma

HMG-7: カンラン石含有紫蘇輝石普通輝石デイサイト溶岩

産地: 駒髪山山頂部 (36°26'18"N, 138°38'38"E)

岩体: 駒髪山の溶岩

岩石: 青黒色緻密な溶岩で、2~3 mm 大の斜長石、4 mm 大のマフィック鉱物が目立つ。板状節理が発達している。斑晶として、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、カンラン石、磁鉄鉱を含む。石基は、斜長石、単斜輝石、紫蘇輝石、磁鉄鉱及び少量のガラスなどから成り、ハイアロオフィティック組織を示す。斑晶のカンラン石の一部がわずかに変質している。

年代: 0.67±0.04 Ma

鼻曲火山は、すでに、K-Ar 法によって大気の混入率が大きい (1.2~1.1 Ma (OZIMA *et al.*, 1968) と報告されている。本論で測定した HMG-7 は、鼻曲山の北 3 km に位置する駒髪山の溶岩であるが、この年代から、鼻曲火山から北に続く稜線では約 0.7 Ma にも活動が存在したことが明かになった。

HMG-37 は鼻曲山の北東約 8 km に位置する笹埜山の溶岩であるが、噴出年代は約 1 Ma と鼻曲火山と同時期の噴出物である。鼻曲火山東部には、笹埜山と似た浸食から取り残されたと考えられる火山地形原面が点在する。この付近では、鼻曲火山と同時代の小規模な火山が複数存在し、鼻曲火山群と呼べるような活動を行っていたのかもしれない。

信越高原地域の火山活動の変遷

信越高原地域の第四紀火山活動史を、Fig. 11 (a), (b) に総括した。本地域の火山群は、

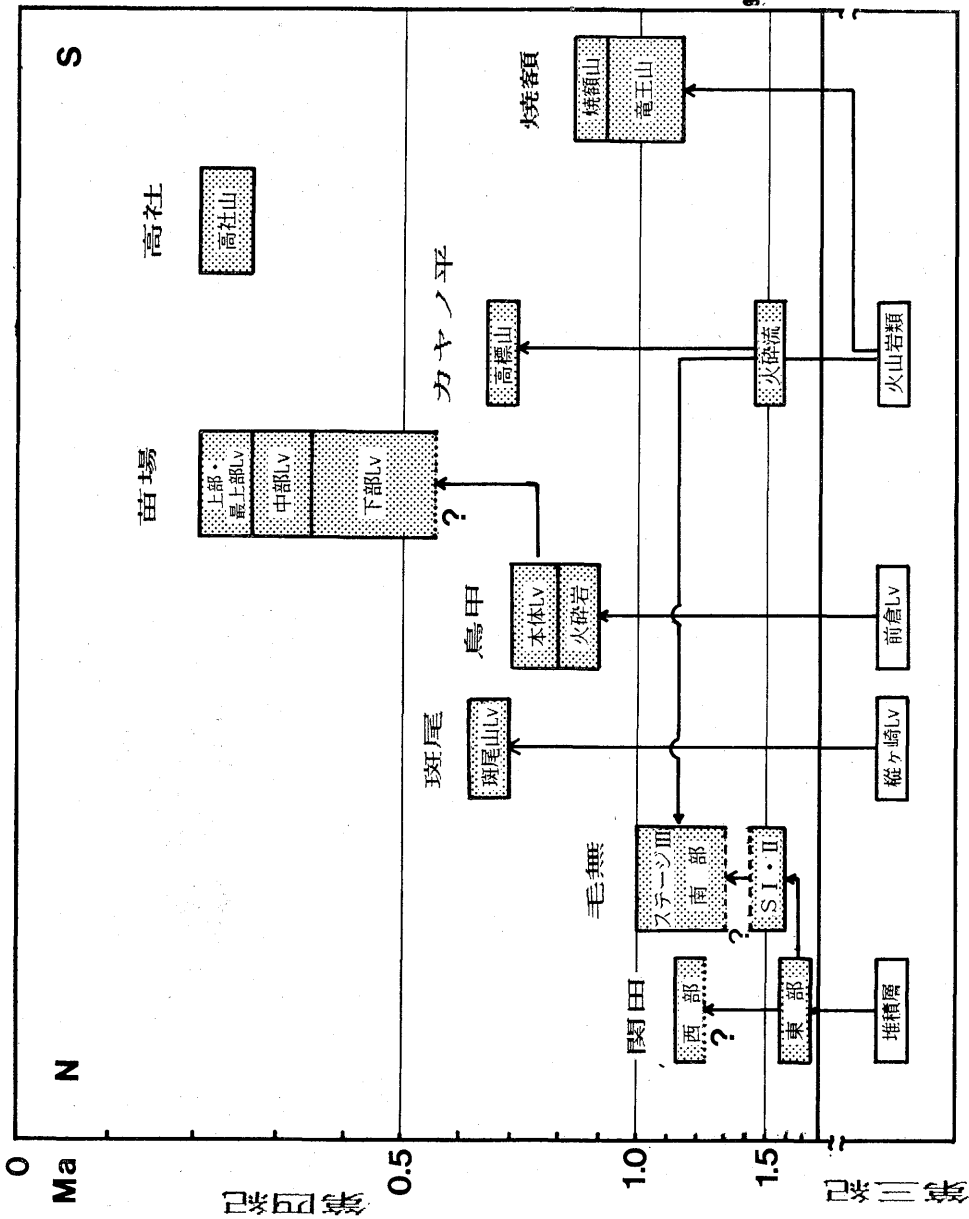


Fig. 11. Duration of the activity and stratigraphic relationship of the volcanoes. (a) Kenashi area. Arrows indicate the conformed relation by stratigraphy. "LV" indicates lava. The following papers should be referred to for details: Sekita V., SHIMAZU *et al.* (1983, 1985), ITO and HATTORI (1982), IGARASHI *et al.* (1984); Kenashi V., KANEKO (1988); Madarao V., YAMADA (1929), HAYATSU (1985); Torikabuto V., SHIMAZU *et al.* (1983, 1985), IGARASHI *et al.* (1984); Naeba V., CHIHARA *et al.* (1976), HASENAGA (1976), SHIMAZU *et al.* (1983, 1985), IGARASHI *et al.* (1984); Kayanotaira V., AKAHANE (1979), IGARASHI *et al.* (1984), SHIMAZU *et al.* (1985); Takayashiro V., TOGASHI (1990); Yakebitai V., AKAHANE (1976, 1979).

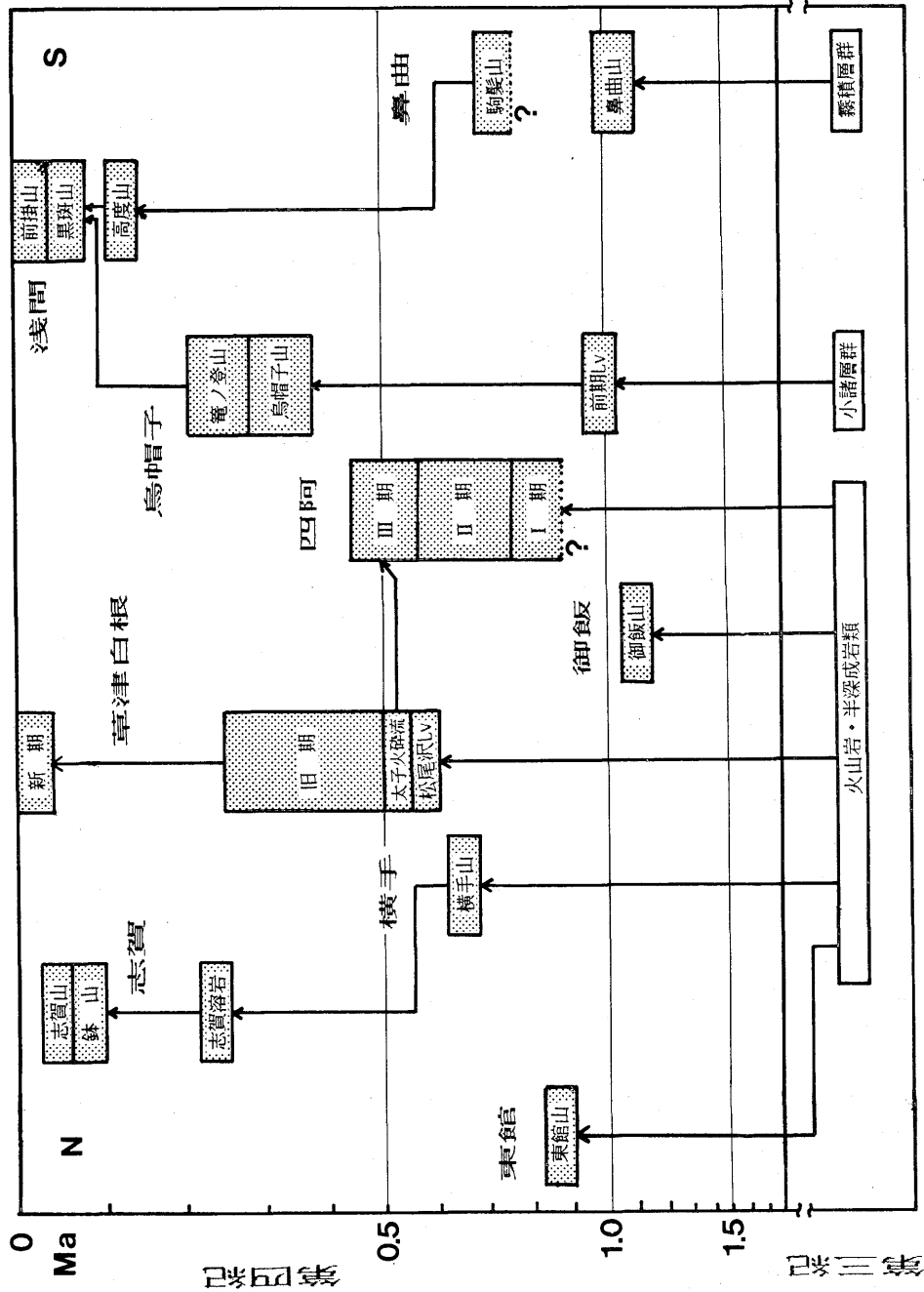


Fig. 11(b). Shiga and Asama areas. The following papers should be referred to for details: Higashi-tate V.; IJIMA (1956, 1962), AKAHANE (1976, 1979), IGARASHI *et al.*, (1984), SHIMAZU *et al.* (1985); Shiga V., IJIMA (1956, 1962), AKAHANE (1976), MORIYA (1984); Yokote V., Ota (1957); Kusatsu-shirane V., Ota (1957); Ota and MATSUNO (1970), HAYAKAWA (1983), Uto *et al.*, (1983); Omeshi V., Ota and KATADA (1955); Azumaya V., Ota and KATADA (1955), NAKAGAWA (1988); Eboshi V., IJIMA (1962); Asama V., ARAMAKI (1963, 1968); Hanamagari V., ARAMAKI (1963, 1968), OZIMA *et al.* (1968), AKIMA JYO-ETSU NANBU GREEN TUFF DANKEN GROUP (1976).

火山フロントからの距離, K_2O 量などから, 毛無地域, 志賀地域, 浅間地域に分けることができる(金子ほか, 1989). 以下では, この3地域に分け, 地域単位での火山活動の変遷を述べ, 本論のまとめとする.

1. 毛無地域 (Fig. 11(a))

この地域では, 火山活動は約 1.7 Ma から始まり約 0.2 Ma まで続いた. この間, 活動は連続的で, 長い休止期は認められない. また, 0.2 Ma より新しい火山活動は見いだされていない.

1.7~1.0 Ma の火山活動は, 関田火山から南に連なる火山列で起きた. 最初に活動を開始したのは, 最北端にある関田火山である. この後, 活動域は南に移り, 毛無火山, カヤノ平火山(火砕流), 焼額火山が10~数10万年ほどの期間を隔てて活動を始めた.

1 Ma 以降の活動は斑尾火山から苗場火山に続く東西の火山列で起きた (Fig. 1(b)). 活動域の系統的な移動は認められない. 烏甲火山, 斑尾火山, カヤノ平火山(高標山)が0.9~0.7 Ma の間に活動し, 0.6 Ma 以降, 苗場火山の活動が始まった. 苗場火山の活動は, 0.3~0.2 Ma 頃終了した. 同じ頃, 高社火山が活動したが, 短期間で活動を終えた. これ以降, 約20万年に渡って, 火山活動は認められない.

2. 志賀地域 (Fig. 11(b))

志賀地域では, 約 1 Ma から火山活動が始まった. 活動が最も活発であったのは, 0.5 Ma 前後である.

1.0~0.7 Ma の間に, 御飯火山, 東館火山などが活動したが, 活動した火山の数, 噴出量は比較的少なかった. 0.6 Ma 前後から, 横手火山, 草津白根火山が活動を開始した. これより, 草津白根火山旧溶岩の活動が終了する 0.3 Ma 前後までが, 活動の最も活発な時期であった. 0.3 Ma 以降, 志賀火山, 草津白根火山新期溶岩などが噴出し, 現在まで断続的に活動は続いている. しかし, 噴出量は低下する傾向にある.

3. 浅間地域 (Fig. 11(b))

志賀地域と同様に約 1 Ma に活動が始まった. 火山活動が活発になったのは, 0.4 Ma 以降である.

1 Ma 前後には, 火山フロント付近の鼻曲火山, 烏帽子火山の基盤をなす火山(前期溶岩)が活動した. これ以降 0.4 Ma に至るまでに, 鼻曲火山の一部(駒髪山), 四阿火山が活動したが, 活動した火山の数, 噴出量は比較的少なかった.

0.4 Ma 以降, 烏帽子火山, 浅間火山など比較的大型の火山が活動を始め, この地域の火山活動が急激に活発になった. 特に, ここ10万年は, 浅間火山が 50 km^3 以上の噴出物を出し, 活動が最も激しい時期となっている.

謝 辞

本研究を進めるにあたって, 荒牧重雄教授には終始ご指導頂いた. 荒牧教授, 早川由紀夫博士は一部の岩石試料を提供して下さいました. 藤井敏嗣教授, 山崎正男名誉教授, 守屋智雄教授, 岩森 光博士, E. LISTANCO 氏には貴重なご意見を頂いた. 長尾敬介博士,

岡田利典氏には年代測定の際お世話になった。松田時彦教授には空中写真を見せて頂いた。以上及び査読者の方々に深く感謝する。

文 献

- 安藤 厚・大森貞子・寺島 滋, 1983, 地質調査所の 10 種の標準岩石試料とその化学組成, 地球化学会講演要旨集, 168-169.
- 赤羽貞幸, 1976, 志賀高原周辺の地質, 信州大教育志賀自然教育施設研究業績, no. 15, 21-30.
- 赤羽貞幸, 1979, 北部フォッサ・マグナ地域における後期新生代の地質構造発達史 (I), 信州大教育志賀自然教育施設研究業績, no. 18, 1-23.
- 秋間・上越南部グリーンタフ団研グループ, 1976, 群馬県の中新世から鮮新世にかけての火山活動, 地球科学, 30, 67-72.
- ARAMAKI, S., 1963, Geology of Asama Volcano. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. II*, 14, 229-443.
- 荒牧重雄, 1968, 浅間火山の地質, 地団研専報, no. 14, 45p.
- 茅原一也・布施 弘, 土屋彰義, 1976, 苗場火山の地質 (続), 火山, 2 集, 22, 90.
- 長谷中利昭, 1976, 苗場火山の地質と岩石, 火山, 2 集, 21, 211.
- 早川由紀夫, 1983, 草津白根火山の地質, 地質雑, 89, 511-525.
- 早川由紀夫・千葉達朗, 1990, 空から見た浅間山と草津白根山の火口, 火山, 2 集, 35, 347-350.
- 早川由紀夫・由井将雄, 1989, 草津白根火山の噴火史, 第四紀研究, 28, 1-17.
- 早津賢二, 1985, 妙高火山群, 344p., 第一法規, 東京.
- 早津賢二, 1988, 妙高火山群, 火山, 2 集, 33, 169-171.
- 早津賢二・新井房夫, 1981, 信濃川中流域におけるテフラ層と段丘形成時代, 地質雑, 87, 791-805.
- 五十嵐聡・高橋尚靖・大橋 克・喜多孝行・島津光夫, 1984, 新潟, 長野県境の津南一志賀地域の鮮新世—更新世の火山岩類, 地質学論集, no. 24, 3-20.
- 飯島南海夫, 1956, 志賀カルデラの地質, 信州大教育研究論集, no. 6, 217-223.
- 飯島南海夫, 1962, フォッサ・マグナ北東部の火山層序学的並びに岩石学的研究 (その 1), 信州大教育紀要, no. 12, 1-48.
- ITAYA, T., K. NAGAO, H. NISHIDA and K. OGATA, 1984, K-Ar age determination of late Pleistocene volcanic rocks. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 90, 899-909.
- 伊藤 誠・服部正志, 1982, 野々海・貝立の地質, 野々海・貝立の自然, 飯水教育会, 9-37.
- 鎌田浩毅, 1985, 熊本県宮原西方の火山岩類の層序と噴出時代—九州北部の火山活動の時代と分布—, 地質雑, 91, 289-303.
- 金子隆之, 1988, 志賀高原北部, 毛無火山の地質と岩石, 地質雑, 94, 75-89.
- 金子隆之, 清水 智, 板谷徹丸, 1989, K-Ar 年代から見た信越高原地域の火山活動, 岩鉱, 87, 211-225.
- 守屋以智雄, 1984, 志賀高原の溶岩流, 日本火山学会編, 空中写真による日本の火山地形, 東大出版会, 東京, 26-27.
- 村松敏雄, 1983, 魚沼層群のフィッシュン・トラック年代, 地団研専報, no. 26, 63-66.
- 長尾敬介・西戸裕嗣・板谷徹丸・緒方惟一, 1984, K-Ar 法による年代測定, 岡山理科大学大森山研究所報告, no. 9, 19-38.
- 長尾敬介・板谷徹丸・緒方惟一, 1986, K-Ar 法による年代測定, 月刊地球, 8, 358-362.
- 中川 涉, 1983, 四阿火山の地質と岩石, 火山, 2 集, 28, 422.
- 大橋良一, 1913, 草津白根火山地質調査報告, 震災予防調査会報告, no. 78, 47p.
- 太田良平・片田正夫, 1955, 5 万分の 1 地質図幅「須坂」および同説明書, 53p., 地質調査所.
- 太田良平, 1957, 5 万分の 1 地質図幅「草津」および同説明書, 75p., 地質調査所.
- 太田良平, 松野久也, 1970, 草津白根火山の再調査, 地調月報, 21, 43-52.
- OZIMA, M., I. KANEOKA, M. KONO, H. KINOSHITA, K. KOBAYASHI, Y. OHNAKA, T. NAGATA and S. ARAMAKI, 1968, Paleomagnetism and K-Ar Ages of Successive Lava Flows (3) —Hanamagari and Kirizumi andesites, Gumma Prefecture, Japan—, *Jour. Geomag. Geoelect.*, 20, 101-105.

- 島津光夫・滝沢松雄・高野正樹, 1976, 新潟地区およびその周辺の新生代火山活動についての最近の知見, 新潟大地鉦研究報告, no. 4, 225-233.
- 島津光夫・五十嵐聡・喜多孝行・門馬直一, 1983, 千曲川および中津川流域の鮮新-更新世火山岩類, 地団研専報, no. 26, 47-56.
- 島津光夫・五十嵐聡・高橋尚靖, 1985, 北部フォッサ・マグナ, 津南-志賀地域の第三系第三紀の地質構造と鮮新-更新世の火山, 新潟大地鉦研究報告, no. 5, 79-90.
- 清水 智・山崎正男・板谷徹丸, 1988, 両白-飛騨地域に分布する鮮新-更新世火山岩の K-Ar 年代, 岡山理科大蒜山研究所報告, no. 14, 1-36.
- STEIGER, R. H. and E. JÄGER, 1977, Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constant in geo- and cosmo-chronology, *Earth. Planet. Sci. Lett.*, **36**, 359-362.
- 鈴木毅彦・早川由紀夫, 1990, 中期更新世に噴出した大町 APm テフラ群の層位と年代, 第四紀研究, **29**, 105-120.
- 富樫茂子, 1990, 長野県高社火山における安山岩質小火山の形成と侵食, 火山, **2** 集, **34**, 350.
- 津久井雅史・西戸裕嗣・長尾敬介, 1985, 蒜山火山群・大山火山の K-Ar 年代, 地質雑, **91**, 279-288.
- 宇都浩三, 1983, 草津白根火山の K-Ar 年代, 火山, **2** 集, **28**, 416-417.
- 宇都浩三・早川由紀夫・荒牧重雄・小坂丈予, 1983, 草津白根火山地質図, 地質調査所.
- 山田節三, 1929, 信濃班尾火山の岩石学的研究, 其一, 其二, 地質雑, **36**, 419-435, 465-478.
- 吉井敏尅, 1979, 日本列島付近の地球物理データのコンパイル(I), 地震研彙報, **54**, 75-117.

K-Ar Ages of the Quaternary volcanoes in the Shin-etsu highland area, central Japan, and their formation history

Takayuki KANEKO¹⁾, Satoshi SHIMIZU²⁾ and Tetsumaru ITAYA³⁾

¹⁾ Earthquake Research Institute, University of Tokyo

²⁾ Hattori Mining Co., Ltd.

³⁾ Hiruzen Research Institute, Okayama University of Science

Seventeen Quaternary volcanoes are distributed in the Shin-etsu highland area situated in the north-eastern part of central Japan. They occur forming a volcanic chain (about 70km) from the Asama volcano in the south to the Sekita volcano in the north, and converging the Tertiary volcanics. In the southern area, geological approaches in field have been unsuccessful both in distinguishing the Quaternary volcanic edifice and the basement volcanics and in revealing their ages of volcanic activity.

This paper presents 55 K-Ar ages of rocks from 17 volcanoes in the Shin-etsu area, with their detailed geologic and petrographic descriptions. Formation histories of the 17 volcanoes in space and time are briefly described based on the combination of age data, geological maps and aerial photographs, and field occurrences of the volcanic rocks.

The durations of individual volcanic activities are as follows: Sekita, 1.6-1.0 Ma; Kenashi, 1.6-1.0 Ma; Madarao, 0.7-0.6 Ma; Torikabuto, 0.9-0.7 Ma; Naeba, 0.6-0.2 Ma; Kayanotaira, 1.5-0.7 Ma; Takayashiro, 0.3-0.2 Ma; Yakebitai, 1.1-0.8 Ma; Higashitate, c. 0.9 Ma; Shiga, 0.25-0.05 Ma; Yokote, c. 0.7 Ma; Kusatsu-Shirane, 0.6-0.0 Ma; Omeshi, c. 1.1 Ma; Azumaya, 0.9?-0.4 Ma; Eboshi, 0.4-0.2 Ma; Asama, 0.1-0.0 Ma; Hanamagari, 1.1-0.7 Ma.