

K-Ar年代測定に基づく両白山地の鮮新 —更新世火山活動の時空分布

棚瀬 充史*・及川 輝樹**・二ノ宮 淳****・
林 信太郎****・梅田 浩司****

(2006年7月4日受付, 2007年1月18日受理)

Temporal-spatial variations of Plio-Pleistocene volcanic activity in the Ryohaku
Mountains, central Japan: evidences from K-Ar ages.

Atsushi TANASE*, Teruki OIKAWA**, Atsushi NINOMIYA****,
Shintaro HAYASHI**** and Koji UMEDA****

Temporal and spatial variations in Plio-Pleistocene volcanism in the Ryohaku Mountains, central Japan, have been investigated by newly obtained K-Ar ages on 38 groundmass samples separated from volcanic rocks. The obtained groundmass ages show small variations and errors and are relatively younger than K-Ar ages from bulk rocks reported by previous studies indicating lesser effect of excess argon from phenocrysts. Based on the newly obtained ages and volcano stratigraphic data, we identify activity periods of 1.0–0.8 Ma for Kyogatake Volcano, 0.8–0.7 Ma for Hoonji Volcano, 1.0–0.8 Ma for Toritatelyama Volcano, 0.8 Ma for Akasagiyama Volcano, 3.1–2.9 Ma and 2.5 Ma for Gankyoji-Sannomine Volcano, 1.5 Ma for Choshigamine Volcano, 0.3 Ma for Bishamon Volcano, and 1.2 to 1.1 Ma for Eboshi-Washigatake Volcano. The volcanoes in the Ryohaku Mountains form two volcanic rows of the Kuzuryu and Hakusan Volcanic Chains which have ESE-WNW and N-S alignments, respectively. Early volcanic activity occurred intermittently from 3.6 Ma to 1.5 Ma, and the volcanoes near the junction of the two volcanic chains were active. The volcanic activity in the ESE-WNW trending Kuzuryu Volcanic Chain was restricted in the age range from 1.2 Ma to 0.7 Ma with migration from Eboshi-Washigatake Volcano (ESE end) to Hoonji Volcano (WNW end). The N-S trending Hakusan Volcanic Chain was active from 0.4 Ma to the present.

Key words: Ryohaku Mountains, Kuzuryu Volcanic Chain, Hakusan Volcanic Chain, K-Ar age

1. はじめに

島弧の火山活動はプレートの沈み込みによって引き起こされているため、その時空間分布を明らかにすることはプレートの沈み込みがどのようにマグマ発生にか

わっているかの制約条件となりきわめて重要である(例えば, Kimura *et al.*, 2005, Shimizu and Itaya, 1993; 宇都, 1995). 中部日本の地下には、沈み込んだ太平洋プレートの上にフィリピン海プレートが沈み込み、スラブが地下

* 〒110-0008 東京都台東区池之端2-9-7
住鉦コンサルタント(株)
Sumiko Consultants Co. LTD., 2-9-7, Ikenohata, Taito-ku, Tokyo 110-0008, Japan.

** 〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7
(独)産業技術総合研究所地質情報研究部門
Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, AIST, central 7, Higashi 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan

*** 現在: 〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺 959-31
(独)日本原子力研究開発機構
Present address: Japan Atomic Energy Agency, 959-31, Jorinji, Izumi, Toki-shi, Gifu 509-5102, Japan.

**** 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町1-1
秋田大学教育文化学部
Faculty of Education and Human Studies, Akita University, 1-1, Tegata-Gakuencho, Akita-shi, Akita 010-8502, Japan

***** 〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺 959-31
(独)日本原子力研究開発機構
Japan Atomic Energy Agency, 959-31, Jorinji, Izumi, Toki-shi, Gifu 509-5102, Japan.

Corresponding author: Atsushi Tanase
e-mail: tanase.atsushi@sumicon.co.jp

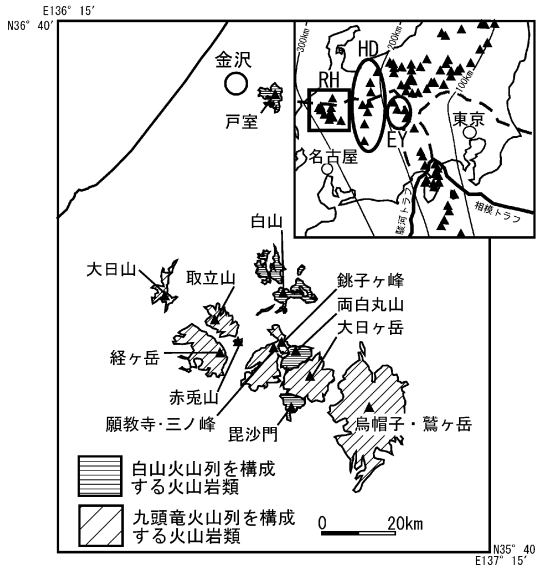


Fig. 1. 1) Distribution of Quaternary volcanoes in central Japan. 2) Distribution of Late Pliocene to Quaternary volcanoes in the Ryohaku Mountains.

図 1 1) 中央日本の第四紀の分布. 第四紀火山の位置は, 第四紀火山カタログ委員会 (1999) に基づく. 沈みこんだフィリピン海プレートの非震性スラブの先端位置 (灰色破線) および太平洋プレート (細線) の等深線図は, 中島・長谷川 (2006), Ishida (1992) に基づく. RH: 両白山地の火山, HD: 飛騨山脈の火山, EY: ハヶ岳周辺の火山, 2) 両白山地における後期鮮新世-第四紀火山の位置と火山岩類の分布. 火山岩類の分布は, 本研究および鹿野・他 (1999), 脇田・他 (1992), 山田・他 (1990) に基づく.

で2重になって存在している (例えば, 山岡・西原, 1997). マントルウェッジ中の地震波速度構造 (Honda and Nakanishi, 2003; Matsubara *et al.*, 2005; 中島・長谷川, 2006) も東北弧 (例えば, Nakajima *et al.*, 2001) と異なる構造を示し, 中部日本は東北弧と異なる過程でマグマが生産されている可能性がある. そのためか, この地域の火山の分布は背弧側に幅広く複雑である (Iwamori, 2000).

特に福井県, 岐阜県, 石川県にまたがる両白山地においては, 方向の異なる2つの火山列, 西南西-東北東に配列する九頭竜火山列とほぼ南北に配列する白山火山列が存在する (図1). それら火山の活動時期は K-Ar 年代測定値に基づいて約 0.9~0.6 Ma を境に九頭竜火山列の火山活動が停止し白山火山列に火山活動の場が移ったと

考えられていた (清水・他, 1988; Shimizu and Itaya, 1993). Shimizu and Itaya (1993) は, より前弧側の飛騨山脈の諸火山 (乗鞍火山列) の活動時期もあわせた考察から, この火山活動の場の変化はこれら火山列下に沈み込んでいるフィリピン海, 太平洋プレートの相互干渉によって作られたと推定した.

一方, Shimizu and Itaya (1993) の研究以降, 地震計ネットワークの充実や解析手法の向上により中部日本の地下に沈み込んだプレートの形状が詳しくわかってきた (例えば, Honda and Nakanishi, 2003; 中島・長谷川, 2006; 山岡・西原, 1997; Yoshimoto *et al.*, 2004). それにより, Shimizu and Itaya (1993) がモデルを構築した段階では不明であったフィリピン海スラブの非震性部分の形状や, マントルウェッジ中の地震波速度異常の構造が明らかになってきた. そのため, 新たなスラブ沈み込みモデルに基づく火山活動とプレートとの関係が議論できるようになりつつある.

Shimizu and Itaya (1993) のモデルの基となった K-Ar 年代測定値は測定試料の層位が明確でない. さらに, 年代測定の対象は火山岩の磁性鉱物のみ取り除いた全岩試料を対象としたものである (清水・他, 1988). 火山岩の斑晶はマグマ起源の過剰な ^{40}Ar をもつものが存在し, それを除去せずに若い火山岩の K-Ar 年代を測定した場合, 実際より古い年代値が得られることがある (例えば, 板谷・長尾, 1988; 高岡, 1989). そのため, 新たに火山活動とプレート運動との関係の再検討を行う前に, 各火山の活動時期の再検討を行う必要がある.

我々は, 両白山地に分布する経ヶ岳, 取立山, 赤兎山, 願教寺山・三ノ峰, 銚子ヶ峰, 毘沙門, 烏帽子・鷲ヶ岳の各火山について, 概査的な地質調査に基づく火山層序の再検討を行った. その層序に基づき, 各火山の火山岩について過剰 ^{40}Ar の影響を取り除くため石基を対象とした K-Ar 放射年代測定を行った. 本論は, これら火山の火山層序と年代測定結果について報告し, 既報の年代値を吟味したうえで, 両白山地における後期鮮新-更新世の火山活動の時空変遷についてとりまとめる.

2. 火山層序と年代学研究の研究史

両白山地には, 九頭竜火山列をなす大日山, 経ヶ岳, 取立山, 赤兎山, 願教寺山・三ノ峰, 銚子ヶ峰, 大日ヶ岳, 烏帽子・鷲ヶ岳の諸火山と, 白山火山列をなす戸室, 白山, 両白丸山, 毘沙門の諸火山が分布する (図1). なお, 両白山地に属する火山の区分, 名称は様々なものが提案されているが, 本論では新称の赤兎山火山を除き第四紀火山カタログ委員会 (1999) の区分と名称に従う.

両白山地の火山の火山層序学的な研究は, 白山火山

(例えば、長岡・他、1986; 山崎・他、1968) や大日ヶ岳火山(坂田・他、1992) の2火山を除き、火山岩の分布のみ示したものや山体の一部を取り扱ったもののみで充分とはいえない。特に九頭竜火山列における諸火山は比較的山体の規模が大きいにもかかわらず、尾崎・他(1987) が大日山火山、岩崎(1980) が経ヶ岳火山、池田・他(1987) が取立山火山、速水・他(1986) が願教寺山・三ノ峰火山について部分的な層序学的研究を行っているにすぎない。

両白山地の火山の放射年代測定は、東野・他(1984) によって白山火山と大日ヶ岳火山について全岩試料を対象とした K-Ar 年代測定が行われたのを初めとし、清水・他(1988) により両白山地の各火山について 33 試料の全岩 K-Ar 年代測定が行われた。しかし、前述のように過剰 ^{40}Ar の問題から全岩 K-Ar 年代測定を若い火山岩について用いるのは問題がある。その後、過剰 ^{40}Ar の影響を避けるため、火山岩の石基試料についての K-Ar 年代測定が大日ヶ岳火山(酒寄・他、1996)、戸室火山(酒寄・他、2002)、白山火山(北原・他、2000; 酒寄・他、1999) などにおいて行われている。しかし、両白山地全体の火成活動の時空分布を明らかにするには充分な量とはいえない。

3. 火山地質層序と年代測定試料

今回、年代測定の対象とした経ヶ岳、赤兎山、願教寺山・三ノ峰、銚子ヶ峰、毘沙門、烏帽子・鷲ヶ岳の各火山については地質調査に基づく層序を編み(図 2, 3, 4, 5)、年代測定試料の層序学的位置を明らかにした上で、年代測定を行った。取立山に関しては一部の地域を除いて充分な層序学的検討が行えなかったため、火山岩の分布範囲のみ図 2 に示す。

以下、各火山の火山層序の概略と試料採集位置を述べる。試料採集地点の緯度経度や簡単な記載岩石学的特徴は付録に示す。

3-1 経ヶ岳火山

経ヶ岳火山は、経ヶ岳、法恩寺山周辺の福井県大野市および勝山市の東部から福井・石川県境にかけて分布する安山岩質の火山岩類からなる火山をいう。池田・他(1987) は、隣接する取立山火山と経ヶ岳火山は間を流れる滝波川たきなみがわの侵食によって分断されたもので、かつては一連の成層火山を形成したと考えた。その一方、第四紀火山カタログ委員会(1999) では両火山を別の火山として取り扱っている。本論も、滝波川を挟んで基底部の比高差が約 350 m もあること、滝波川に面した経ヶ岳火山の下部溶岩が細粒で斑晶に乏しい単斜輝石斜方輝石安山岩ないしカンラン石含有単斜輝石斜方輝石安山岩からなる

のに対し、対岸の取立山火山の下部溶岩は粗粒の斜長石に富む単斜輝石安山岩からなることなどから、第四紀火山カタログ委員会の意見を踏襲し、両火山を別の火山として扱う。

経ヶ岳火山は、さらに狭義の経ヶ岳火山と法恩寺山火山に二分される(第四紀火山カタログ委員会、1999)。本論でも、火山地形の保存の程度が法恩寺山火山のほうがやや新鮮であること、活動年代がやや異なることから経ヶ岳火山(広義)を細分し、狭義の経ヶ岳火山と法恩寺山火山に分けて述べる。

経ヶ岳火山(狭義)と法恩寺山火山を合わせた広義の経ヶ岳火山の体積は、侵食により失われた部分を考慮すると、約 18 km^3 である。

火山地質図を図 2 に示した。それぞれの火山層序の概略を以下に述べる。

3-1-1 経ヶ岳火山(狭義)

狭義の経ヶ岳火山は、滝波川南側の大野市東部の経ヶ岳(標高 1625.2 m) を最高点とし分布する成層火山である(図 2)。本火山の基盤岩は、ジュラ紀～白亜紀手取層群、白亜紀面谷流紋岩類および第三紀火山岩類(糸生累層)からなる(鹿野・他、1999)。浸食による山体の開析がすすみ、火山体の原形の大部分は失われている。特に、山体の南西側には大規模な崩壊地形や、6.7～5.0 ka に発生した塚原野岩屑なだれ堆積物(三村、2001; 大八木、1996) が広く山麓部に分布している。また、北西部の暮見川下流には、経ヶ岳火山を構成する溶岩の角礫を主とする堆積物(暮見川岩屑なだれ堆積物)が分布している。

基盤の分布高度は東側で高く西側で低く、火山岩類の分布・構造も全体に経ヶ岳山頂付近から西方へ傾いている(図 2) ことから、噴出中心は山体の東よりにあったと考えられる。

本火山は、基底部に湖成堆積層を伴う経ヶ岳下部火山岩類(最大層厚約 480 m) とその上位の六呂師高原火砕流堆積物(最大層厚約 200 m) および経ヶ岳山頂火山岩類(層厚約 200 m 以上) からなる(図 2, 5)。

経ヶ岳下部火山岩類は、経ヶ岳からその北西方の法恩寺山地域にかけて広く分布する。カンラン石をしばしば含有する斜方輝石単斜輝石安山岩—玄武岩質安山岩溶岩と同質の火砕岩から主に構成されるが、小規模なスコリア堆積物や薄い水成層も伴われる。経ヶ岳南西方の保月山周辺や経ヶ岳山頂東側斜面には厚い安山岩質火砕岩が発達する。

六呂師高原火砕流堆積物は、経ヶ岳下部火山岩類を覆う block and ash flow 堆積物で、経ヶ岳の南西斜面から山麓にかけて分布する。本堆積物を構成する本質ブロックは、斑状組織の著しい単斜輝石斜方輝石安山岩からなる。

経ヶ岳山頂火山岩類は、変質した斜方輝石単斜輝石安山岩溶岩および同質火砕岩からなり、おもに山頂付近から南方の湯谷山にかけて分布する。地形的に最上位に位置するため、経ヶ岳火山を構成する火山岩類の最上位の地質ユニットと考えられるが、六呂師高原火砕流堆積物との関係は明らかではない。

これら火山岩類は、分布形態から、経ヶ岳山頂付近を給源とし主に南西方へ流下したと推定される。年代測定試料として経ヶ岳下部火山岩類から6地点 (KYO-1, KYO-2, KYO-3, KYO-4, KYO-6, KYO-7)、六呂師高原火砕流堆積物から1地点 (KYO-5) の計7地点において試料を採取した (図2)。経ヶ岳山頂火山岩類は変質が著しく、年代測定に適する試料が得られなかった。

3-1-2 法恩寺山火山

経ヶ岳の北西約2kmに位置する法恩寺山 (標高1356.7m) を最高点とする火山で、九頭竜火山列の中では比較的火山原面が保存されている。経ヶ岳下部火山岩類を覆い、下位の法恩寺山下部溶岩類 (最大層厚約140m) と上位の法恩寺山上部溶岩類 (層厚約160m以上) からなる火山である (図2, 5)。法恩寺山下部溶岩類はカンラン石含有斜方輝石単斜輝石玄武岩質安山岩溶岩、法恩寺山上部溶岩類は単斜輝石角閃石斜方輝石安山岩溶岩および安山岩質火砕岩からなる。法恩寺山山頂西斜面には上部溶岩を貫く赤色酸化した角礫岩がみられ、それは上部溶岩を供給した火道角礫岩と考えられる。いずれも、分布形態から法恩寺山山頂付近から西方ないし北西方へ流下したと推定される。

年代測定試料は、法恩寺山下部溶岩類から3地点 (HOJ-2, HOJ-3, HOJ-4)、法恩寺山上部溶岩類から1地点 (HOJ-1) の計4地点において採取した (図2)。

3-2 取立山火山

九頭竜川支流滝波川の北側、取立山 (標高1307.2m) から大長山 (標高1671.4m) にかけての福井・石川県境周辺に分布する火山岩類によって構成される火山 (図2) である。この火山の基盤岩はジュラ紀～白亜紀手取層群や白亜紀面谷流紋岩類からなる (鹿野・他, 1999)。北東斜面に火山原面の一部が残されているものの、その他の地域は開析された地形をなし火山地形は不明瞭である。取立山周辺の火山岩については池田・他 (1987) の報告があるが、火山全体の火山岩の分布や火山層序に関する研究はない。

取立山、大長山地域とも溶岩と火砕岩からなる成層火山体の一部と考えられるが、礫層や火砕流堆積物も挟まれる。取立山周辺と大長山周辺の間地域は地質調査を行っていないため、両地域の層序的な関係は不明である。そのため、取立山地域と大長山地域を分けて記載す

る。なお、本論では、この火山を構成する火山岩類を一括して取立山火山岩類と称する。

取立山地域は、下位より層厚約220mの斑状の斜方輝石単斜輝石安山岩溶岩、礫層を挟在する層厚約200mの単斜輝石斜方輝石安山岩溶岩および火砕岩、層厚約160mのカンラン石含有角閃石単斜輝石斜方輝石安山岩溶岩に分けられる。大長山地域は、下位より層厚約100mの単斜輝石斜方輝石安山岩溶岩、層厚約150mの単斜輝石斜方輝石角閃石安山岩溶岩、層厚約100mのカンラン石斜方輝石単斜輝石安山岩質スコリア流堆積物、層厚200m以上の単斜輝石斜方輝石安山岩溶岩からなる。侵食部分を復元した取立山から大長山にかけての火山体の体積は約10km³と見積もられる。

年代測定試料は、取立山地域において下位の斑状の斜方輝石単斜輝石安山岩溶岩から2地点 (TTY-2, TTY-3)、取立山地域の中位の単斜輝石斜方輝石安山岩溶岩において1地点 (TTY-1)、大長山地域において下位の単斜輝石斜方輝石角閃石安山岩溶岩から1地点 (OCH-2)、火砕流 (スコリア流) 堆積物から1地点 (OCH-1)、上位の単斜輝石斜方輝石安山岩溶岩から1地点 (OCH-3) の計6地点から採取した (図2)。

3-3 赤兎山火山

大長山の南方、赤兎山 (標高1628.7m) 周辺の標高1450～1560m以上に独立して分布する火山を赤兎山火山とよぶ (図2, 5)。本火山の基盤は、白亜紀面谷流紋岩類からなる (鹿野・他, 1999) が、山体の北側と西側では新第三紀火山岩類を覆う。本火山を構成する火山岩類は周囲の取立山火山や経ヶ岳火山を構成する火山岩類と独立した分布を示し、隣接する大長山地域の取立山火山下部の溶岩とは基底部の標高や斑晶組み合わせ・量などの記載岩石学的特徴が異なること、後述する年代が隣接する火山よりやや若いことなどからこれら火山とは別の火山と考え区分した。

本火山は、単一の地質ユニットで構成され、それは斜方輝石単斜輝石安山岩および同質火砕岩 (赤兎山溶岩類) からなる。火山岩の層厚は約130m以上で、現存する火山体の体積は約0.02km³である。

年代測定試料は、赤兎山溶岩類の1地点 (AKU-1) から採取した (図2)。

3-4 願教寺・三ノ峰火山

打波川、石徹白川と庄川支流尾上郷川上流別山谷に囲まれた、福井・岐阜県境の稜線にある三ノ峰 (標高2128m)、銚子ヶ峰 (標高1810.4m)、願教寺山 (標高1690.9m)、薙刀山 (標高1647.2m)、野伏ヶ岳 (標高1674.3m) に至る山稜に分布する火山をさす。本火山の基盤岩は、ジュラ紀～白亜紀手取層群、白亜紀面谷流紋岩類および

古第三紀打波川火砕流堆積物からなる。また、この火山は銚子ヶ峰火山と両白丸山火山に覆われる(鹿野・他, 1999; 脇田・他, 1992)。東側の石徹白川側がやや緩やかな斜面を呈するのに対し、西側の打波川側斜面は深く浸食されて急峻な地形を呈する。また、願教寺山北西斜面、野伏ヶ岳東方、1609m ピーク南西斜面などには大規模な崩壊地形が発達している。願教寺・三ノ峰火山は、これらの浸食や崩壊による地形の開析が著しく、火山地形そのものはほとんど残されていない。

この火山を構成する火山岩類の分布は、大きく願教寺山周辺と三ノ峰周辺に分かれて分布する(図3)。願教寺山周辺のみ速水・他(1986)によって層序が編まれている。

願教寺山周辺では、緩く東～南東に傾斜する火砕岩層を挟む岩相的に異なる8層の溶岩から構成される。これらは、願教寺山西方付近を中心とする成層火山体の東半部を構成していたと考えられる。速水・他(1986)に基づく、願教寺山周辺の層序は以下のとおりである。下位より木ノ勢谷溶岩(カンラン石・角閃石含有斜方輝石単斜輝石安山岩, 最大層厚約280m)、願教寺谷溶岩(カンラン石含有角閃石斜方輝石単斜輝石安山岩, 最大層厚270m)、牛ヶ谷溶岩(角閃石斜方輝石単斜輝石安山岩, 最大層厚約150m)、三ノ又谷溶岩(カンラン石含有斜方輝石単斜輝石安山岩, 最大層厚約150m)、小白山谷溶岩(カンラン石含有斜方輝石単斜輝石安山岩, 最大層厚約150m)、石徹白川溶岩(カンラン石含有斜方輝石単斜輝石安山岩, 最大層厚約240m)、願教寺山溶岩A・B(黒雲母含有斜方輝石単斜輝石角閃石安山岩, 最大層厚約200m以上)である(図3, 5)。

三ノ峰周辺に分布する火山岩類は、下位から銚子ヶ峰下部溶岩(斜方輝石単斜輝石安山岩, 最大層厚約200m)、三ノ峰下部溶岩(単斜輝石斜方輝石角閃石安山岩, 層厚最大100m)、三ノ峰上部溶岩(角閃石斜方輝石単斜輝石安山岩, 最大層厚200m以上)に分けられる(図3, 5)。

浸食により失われた部分を復元した願教寺・三ノ峰火山の体積は、約20km³と推定される。

年代測定試料は、木ノ勢谷溶岩から1地点(GKJ-1)、三ノ又谷溶岩から1地点(GKJ-2)、小白山谷溶岩から1地点(GKJ-3)、銚子ヶ峰下部溶岩から1地点(CHO-1)、三ノ峰下部溶岩から1地点(SNM-1)、三ノ峰上部溶岩から1地点(SNM-2)、の計6地点から採取した(図3)。

3-5 銚子ヶ峰火山

三ノ峰南方に位置し、丸山(標高1786m)から願教寺山(標高1690m)に延びる稜線上にそびえる銚子ヶ峰(標高1810.4m)を中心とし分布する。本火山は、願教寺・三ノ峰火山の上に乗る(図3)。火山地形として、銚子ヶ峰を中心とする溶岩円頂丘状の地形が残されている。

本火山は、最大層厚約200m以上、体積約1.7km³の単斜輝石斜方輝石角閃石安山岩(銚子ヶ峰上部溶岩)からなる(図3, 5)。

年代測定試料として、銚子ヶ峰上部溶岩の1地点(CHO-2)から試料を採取した(図3)。

3-6 毘沙門火山

大日ヶ岳の南方、岐阜県郡上市白鳥町西方の毘沙門岳(標高1385m)を中心にそびえる火山である(図3)。この火山の北部は大日ヶ岳火山噴出物(坂田・他, 1992)を覆い、東、西、南部は後期白亜紀の白鳥流紋岩(棚瀬・他, 2005)を基盤とする。その境界は標高約1000~1100mである。

基盤岩や安山岩質の亜角～亜円礫を含む凝灰角礫～火山角礫岩層ないし凝灰質砂岩、泥岩層からなる下谷層を境に、下位の矢谷川溶岩、いとしろスキー場溶岩と上位の白山スキー場火砕流堆積物、1112m ピーク溶岩および毘沙門岳山頂溶岩に区分される(図3, 5)。白山スキー場火砕流堆積物は、block and ash flow 堆積物である。毘沙門岳山頂溶岩は block and ash flow 堆積物を伴う。また、山頂北部の斜面には岩屑なだれ堆積物が分布する。本火山の溶岩は単斜輝石斜方輝石安山岩からなるが、山頂溶岩には斑晶にしばしば角閃石を含む。火山体の総体積は約3km³である。

年代測定試料として、いとしろスキー場溶岩から1地点(BSM-1)、矢谷川溶岩から1地点(BSM-3)、毘沙門岳山頂溶岩から1地点(BSM-2)の計3地点から試料を採取した(図3)。

3-7 烏帽子・鷲ヶ岳火山

岐阜県西北部の郡上市(旧八幡町, 大和町, 白鳥町)と高山市(旧清見村, 荘川村)境界にまたがる、南北約33km, 東西約18kmの複成火山である(図4)。基盤は、飛騨帯花崗岩類、外縁帯古生層、美濃帯中生層や白亜紀後期の濃飛流紋岩、白鳥流紋岩などによって構成される(鹿野・他, 1999; 棚瀬・他, 2005; 脇田・他, 1992; 山田・他, 1990)。基盤の分布高度は、南部の郡上市八幡町で標高約500m、西部の郡上市白鳥町で約600m、東部の郡上市明宝で約700~800m、北部の高山市(旧荘川村)で約900~1000mと、基盤の分布高度は北ほど高く、全体に南に傾斜している。火山体の中央部は、烏帽子岳(標高1625m)、鷲ヶ岳(標高1671m)、白尾山(標高1612m)、見当山(標高1352m)などの山々が連なる。火山体中央を南北に流れる一色川によって、火山体が東側の烏帽子岳山体と西側の鷲ヶ岳山体の2つに大きく分断されている。また、放射状の谷地形が火山体全域にわたり発達し開析されている。特に、火山体の北部および南部は、庄川水系や長良川水系の諸河川により著しく浸食

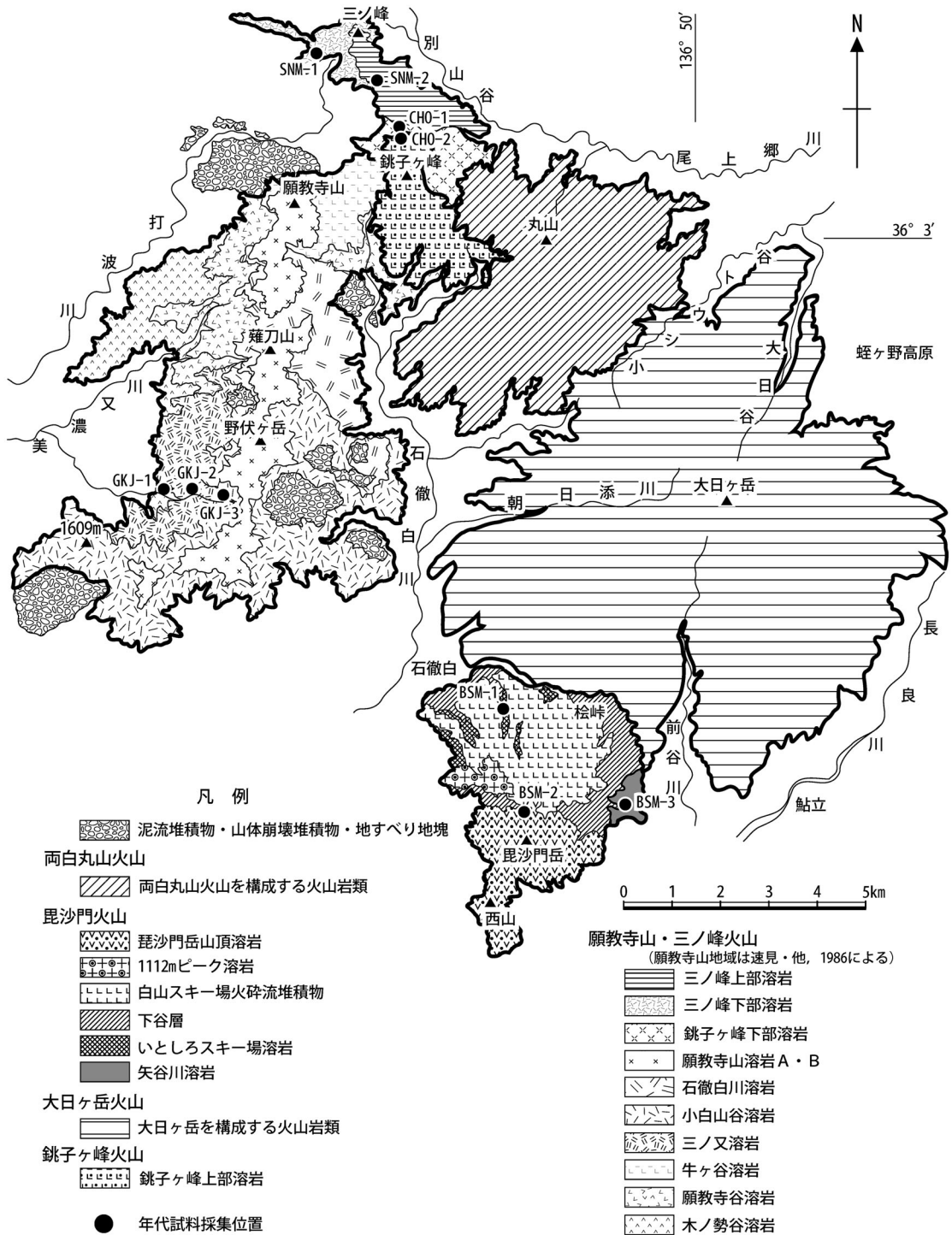


Fig. 3. Geologic map of the Gankyoji-Sannomine volcano, Choshigamine volcano and Bishamon volcano.

図3 願教寺・三ノ峰火山, 銚子ヶ峰火山, 毘沙門火山の地質図. 隣接する両白丸山火山, 大日ヶ岳火山を構成する火山岩類の分布も示す.

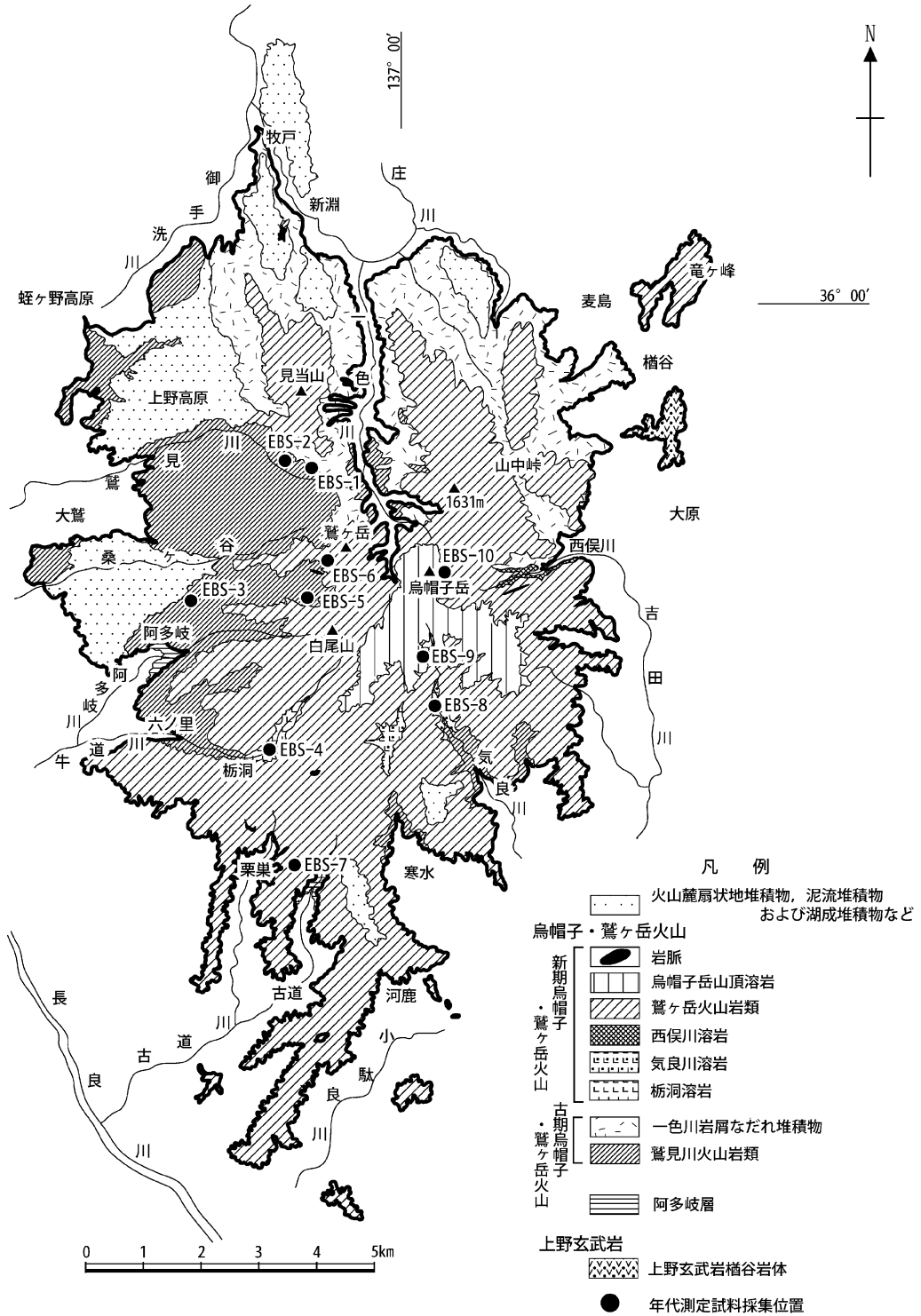


Fig. 4. Geologic map of the Eboshi-Washigatake volcano.

図 4 鳥帽子・鷺ヶ岳火山の地質図。隣接する上野玄武岩櫛谷岩体（中野・他，2000）の分布も示す。

され、火山地形は不明瞭である。しかし、見当山北斜面や烏帽子岳北西 1631 m ピーク北東斜面には、火山原面と考えられる平滑な斜面もみられる。また、山体西側の山麓には、大きな火山麓扇状地地形が発達している。

本火山は火砕流堆積物や岩屑なだれ堆積物を伴い、溶岩主体の成層火山からなる他の九頭竜火山列の鮮新世～第四紀火山と噴火様式を異にしている。

烏帽子・鷲ヶ岳火山を構成する火山岩類は、大規模な山体崩壊堆積物（一色川岩屑なだれ堆積物）および火山活動の休止期を示す水底堆積物を境に、大きく古期烏帽子・鷲ヶ岳火山と新期烏帽子・鷲ヶ岳火山に分けられる（図 4, 5）。古期火山を構成する火山岩類は、おもに山体の北部から西部にかけて分布し、角閃石斑晶に富む安山岩を主体とする。これに対し、新期火山を構成する火山岩類は、山体の南部から東部を占めて分布し、古期の火山岩類に比べ角閃石斑晶に乏しい特徴をもつ。

古期烏帽子・鷲ヶ岳火山を構成する火山岩類や碎屑岩類は、おもに火山体の北部から西部にかけて分布し、湖成堆積物の阿多岐層（Matsuo, 1968）を覆い、下位より鷲見川火山岩類、一色川岩屑なだれ堆積物に分けられる。阿多岐層は、西部の阿多岐川や南部の古道川流域に分布する珪藻土、シルト層、砂泥互層、礫層からなる堆積物で、本層中の珪藻土から鮮新世末の植物化石が報告されている（Matsuo, 1968）。

鷲見川火山岩類は、鷲ヶ岳山頂北西方の鷲見川から南西方の六ノ里にかけて分布し、安山岩溶岩および同質の火砕流堆積物からなる。阿多岐川や鷲見川流域では、径数 cm から数十 cm の安山岩片のほかに、数～数百 m 以上の溶岩や火砕岩ブロックを含む火砕流堆積物を主体とする。いずれも、しばしばカンラン石を含有する単斜輝石斜方輝石角閃石安山岩からなり、多量の角閃石斑晶を含む。

一色川岩屑なだれ堆積物は一色川流域とその東方の庄川流域にかけて分布し、鷲見川火山岩類を覆う不淘汰の角礫やジグソークラックの発達した溶岩・火砕岩ブロックからなる碎屑物である。級化層理の発達する砂礫層や軽石凝灰岩を挟む事もある。最大層厚は 200 m 程度であるが、層厚の側方変化が大きい。含まれる安山岩礫、ブロックはすべて鷲見川火山岩類起源の安山岩溶岩（単斜輝石斜方輝石角閃石安山岩）である。

新期烏帽子・鷲ヶ岳火山を構成する火山岩類は、おもに火山体の南半部に広く分布し、下位より栃洞溶岩、気良川溶岩、西俣川溶岩、鷲ヶ岳火山岩類、烏帽子岳山頂溶岩からなる。また、これらを覆う土石流堆積物、泥流堆積物、火山麓扇状地堆積物がおもに火山体内や山麓部に分布する。

栃洞溶岩、気良川溶岩、西俣川溶岩は新期烏帽子・鷲ヶ岳火山の下部を構成する。谷部に散在して露出することから各溶岩層の相互関係は不明である。単斜輝石斜方輝石安山岩ないし角閃石単斜輝石斜方輝石安山岩溶岩からなり、板状節理が発達する。層厚は数十 m、最大 100 m 程度と考えられる。

鷲ヶ岳火山岩類は、鷲ヶ岳山頂およびその南方の白尾山を中心に、火山体の南半部にかけて広く分布する安山岩溶岩および同質の火砕流堆積物である。北部の見当山や烏帽子岳北方の 1631 m ピーク付近にも分布する。また、烏帽子岳北東方の竜ヶ峰火山岩類（清水・他, 1988）も本堆積物に相当する。鷲ヶ岳から一色川流域にかけては、下位の鷲見川火山岩類や一色川岩屑なだれ堆積物を覆うが、南部では、直接基盤岩類を覆う。鷲ヶ岳から白尾山にかけての 1400 m 以上の標高部では溶岩からなり、これらは溶岩円頂丘と考えられる。溶岩はカンラン石単斜輝石斜方輝石角閃石安山岩からなり、全体に輝石斑晶に富む。火砕流堆積物はこれら安山岩片を含む block and ash flow 堆積物からなるが、南部の郡上市八幡町付近では泥流堆積物に移化する。本堆積物の層厚は約 200 m であるが最大 300 m に達する。

烏帽子岳山頂溶岩は、烏帽子岳山頂からその南東方および南西方の稜線にかけて分布する。層厚は烏帽子岳山頂付近で約 300 m。カンラン石を含む斜方輝石単斜輝石安山岩とその自破砕溶岩および同質の block and ash flow 堆積物からなる。

本火山は浸食によりかなりの体積が失われている。浸食部分を復元した火山体の総体積は約 66 km³ である。

年代測定試料は、鷲見川火山岩類の 3 地点（EBS-2, EBS-3, EBS-5）、一色川岩屑なだれ堆積物中の溶岩ブロックから 1 地点（EBS-1）、栃洞溶岩の 1 地点（EBS-4）、気良川溶岩の 1 地点（EBS-8）、鷲ヶ岳火山岩類の 1 地点（EBS-6）、新期烏帽子・鷲ヶ岳火山の岩脈の 1 地点（EBS-7）、烏帽子岳山頂溶岩の 2 地点（EBS-9, EBS-10）の計 10 地点から採取した（図 4）。

4. K-Ar 年代測定

K-Ar 年代測定は、九頭竜火山列に属する経ヶ岳火山: 7 試料、法恩寺山火山: 4 試料、取立山火山: 6 試料、赤兎山火山: 1 試料、願教寺山・三ノ峰火山: 6 試料、銚子ヶ峰火山: 1 試料、烏帽子岳火山: 10 試料、白山火山列に属する毘沙門火山: 3 試料の計 38 試料に対して行った（図 2, 3, 4）。これら、測定試料はすべて顕微鏡下で変質鉱物などの認められない新鮮な火山岩である（付録 A-1）。

試料は、粉碎し 60～80 メッシュサイズの粒子にそろえた後、永久磁石およびアイソダイナミックセパレー

ターを使用し強磁性鉱物と斑晶鉱物を取り除いたものを年代測定に使用した。カリウムとアルゴン同位体比の定量は、(株)蒜山地質年代学研究所に依頼し、測定方法および年代の算出については長尾・他(1984)や Itaya *et al.* (1991) に従った。カリウムの定量は、2,000 ppm の Cs を緩衝剤とした炎光光度法によりおこなった。アルゴン同位体比の定量は ^{38}Ar をスパイクとする同位体希釈法を用いた。年代値の算出には、壊変定数 $\lambda_{\beta} = 4.962 \times 10^{-10} / \text{yr}$, $\lambda_{\epsilon} = 0.581 \times 10^{-10} / \text{yr}$, および $^{40}\text{K} / \text{K} = 0.0001167$ (Steiger and Jäger, 1977) を用いた。測定は、いずれの試料ともアルゴン同位体比の定量を 2 回おこなっている。それを基に求められた年代値を、津久井・他(1985)の方法に従って平均年代値およびその誤差 ($\pm 1\sigma$) を求めている (表 1)。

5. K-Ar 年代測定結果とそれに基づく各火山の活動時期

5-1 年代測定結果

年代測定結果を表 1 に示す。今回の測定では、経ヶ岳火山の 2 試料 (KYO-1, 6) において大気アルゴン混入率が 95% を越えたほかは、概ね 90% 以下であった。したがって、KYO-1, 6 の年代値についてはやや精度が悪いものの、他の試料は年代値の誤差も概ね 10% 以下である。また、いずれも新鮮な試料について分析を行っているため、風化・変質による ^{40}Ar の散逸は考えられない。年代値とそれが得られた試料の層序的關係を図 5 に示す。今回得られた年代値は火山ごとにおおむね集中し、いずれの年代値も誤差を考慮すると層位と矛盾しない。よって、得られた年代値は各火山岩の形成年代を示すと考えられる。

次に、対象地域の既知の年代値と今回得られた年代値の關係を図 6 に示す。既知の清水・他(1988), Shimizu and Itaya (1993) の全岩 K-Ar 年代値と比べると、今回の結果は特に若い年代を示す試料でより若い値が得られている傾向が認められる。また、一つの火山の中での年代値のばらつきは今回得られた値のほうが小さい (図 6)。前述のように、火山岩に普遍的に含まれる斜長石斑晶などにはマグマ起源の過剰な ^{40}Ar が含まれており、若い火山岩の全岩 K-Ar 年代測定は真の形成年代を示さない事が指摘されている (例えば、板谷・長尾, 1988; 高岡, 1989)。一般に両白地域の火山岩は粗粒な斜長石斑晶を多く含む。本研究では斑晶を取り除いた石基を対象として年代値を得ている事から、清水・他(1988)などとの年代値の差は斑晶に含まれる過剰 ^{40}Ar の影響による可能性が高い。つまり今回得られた値のほうが真の火山岩の噴出年代値と判断される。本論では、特にことわりが

ない限り、これら石基を対象とした K-Ar 年代値を基に各火山の活動時期を整理する。

5-2 各火山の活動時期

5-2-1 経ヶ岳火山および法恩寺山火山

狭義の経ヶ岳火山から得られた年代値は、経ヶ岳下部火山岩類で、大気アルゴン混入率の高い 2 点 (KYO-1, 6) の試料を除く誤差の小さい試料が $0.94 \pm 0.04 \sim 0.83 \pm 0.03 \text{ Ma}$ (KYO-2, 3, 4, 7), 六呂師高原火砕流堆積物で $0.83 \pm 0.02 \text{ Ma}$ (KYO-5) を示す (表 1, 図 5, 6)。最下部の経ヶ岳下部火山岩類の年代値は、誤差の大きな KYO-1, 6 も含めて約 $0.98 \sim 0.80 \text{ Ma}$ 間に集中する。このユニット内には顕著な侵食面や礫層などは存在せず大きな活動の休止期を示す証拠はない。そのため、経ヶ岳下部火山岩類は著しい休止期を挟んで長期間にわたって形成されたとは考えられない。よってその形成年代は、年代値の集中する約 $0.98 \sim 0.80 \text{ Ma}$ と考えられる。その上位の六呂師高原火砕流堆積物の年代は約 0.8 Ma の値を示す。山頂火山岩類の年代は不明であるが、この火山岩類中および下位の地質ユニット間にも大きな活動の休止期を示す証拠はない。よって、経ヶ岳火山は年代値の集中する $1.0 \sim 0.8 \text{ Ma}$ 前後に形成されたと考えられる。

一方、法恩寺山火山から得られた年代値は、法恩寺山下部溶岩類で $0.81 \pm 0.03 \sim 0.78 \pm 0.04 \text{ Ma}$ (HOJ-2, 3, 4), 法恩寺山上部溶岩類で $0.72 \pm 0.02 \text{ Ma}$ (HOJ-1) である (表 1, 図 5, 6)。年代値と層位からは、法恩寺山火山は経ヶ岳火山が形成された後の約 $0.8 \sim 0.7 \text{ Ma}$ にかけて活動した火山であると考えられる。

5-2-2 取立山火山

今回採集した試料による年代値として、取立山地域で $0.87 \pm 0.03 \sim 0.84 \pm 0.04 \text{ Ma}$ (TTY-1, 2, 3), 大長山地域で $0.95 \pm 0.02 \sim 0.86 \pm 0.05 \text{ Ma}$ (OCH-1, 2, 3) が得られた (表 1, 図 5, 6)。これら値は各地域における最下部の地質ユニットの年代値を含む。つまり取立山火山では火山の活動の開始は経ヶ岳火山とほぼ同時期の約 1.0 Ma であるが、東部の大長山地域のほうが西部の取立山地域より早期に活動が始まったと考えられる。放射年代値からこの火山の活動年代は約 $1.0 \sim 0.8 \text{ Ma}$ と考えられる。

5-2-3 赤兎山火山

赤兎山火山からは $0.78 \pm 0.07 \text{ Ma}$ (AKU-1) の値が得られた (表 1, 図 5, 6)。赤兎山火山は同質の溶岩、火砕岩で構成される小規模な火山である事から、この年代値が赤兎山火山の活動年代を示すと考えられる。この年代値は、取立山火山や狭義の経ヶ岳火山より法恩寺山火山の活動年代に近い値を示す。

5-2-4 願教寺・三ノ峰火山

願教寺山地域から $2.98 \pm 0.11 \sim 2.92 \pm 0.07 \text{ Ma}$ (GKJ-1,

表 1 K-Ar 年代測定結果

Table 1. K-Ar ages of samples determined by this study.

| 火山名 | サンプル名 | ユニット名 | 岩石名 | Potassium (wt%) | Rad. 40Ar (10 ⁸ ccSTP/g) | K-Ar age (Ma) | K-Ar age Average (Ma) | Non Rad. Ar (%) |
|----------|--------|----------------------|------------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------|
| 経ヶ岳 | KYO-1 | 経ヶ岳下部火山岩類 | opx-cpx andesite | 1.529±0.031 | 6.8±2.8 | 1.15±0.47 | 1.02±0.35 | 96.3 |
| | | | | | 5.3±2.7 | 0.89±0.45 | | 97.0 |
| 経ヶ岳 | KYO-2 | 経ヶ岳下部火山岩類 | cpx-opx andesite | 2.028±0.041 | 7.15±0.33 | 0.91±0.05 | 0.90±0.03 | 70.4 |
| | | | | | 6.99±0.30 | 0.89±0.04 | | 69.2 |
| 経ヶ岳 | KYO-3 | 経ヶ岳下部火山岩類 | cpx-opx andesite | 2.666±0.053 | 9.03±0.23 | 0.87±0.03 | 0.88±0.02 | 53.2 |
| | | | | | 9.11±0.23 | 0.88±0.03 | | 52.0 |
| 経ヶ岳 | KYO-4 | 経ヶ岳下部火山岩類 | cpx-opx andesite | 2.126±0.043 | 7.70±0.43 | 0.93±0.06 | 0.94±0.04 | 76.1 |
| | | | | | 7.85±0.44 | 0.95±0.06 | | 75.8 |
| 経ヶ岳 | KYO-5 | 六呂師高原火砕流堆積物 | cpx-opx andesite | 2.093±0.042 | 6.67±0.37 | 0.82±0.05 | 0.83±0.04 | 75.5 |
| | | | | | 6.77±0.37 | 0.83±0.05 | | 75.6 |
| 経ヶ岳 | KYO-6 | 経ヶ岳下部火山岩類 | ol-cpx-opx andesite | 1.158±0.023 | 4.80±1.50 | 1.07±0.35 | 0.98±0.26 | 95.3 |
| | | | | | 3.90±1.50 | 0.88±0.33 | | 95.9 |
| 経ヶ岳 | KYO-7 | 経ヶ岳下部火山岩類 | opx-cpx andesite | 1.288±0.026 | 4.17±0.22 | 0.83±0.05 | 0.83±0.04 | 74.4 |
| | | | | | 4.15±0.24 | 0.83±0.05 | | 74.0 |
| 法恩寺山 | HOJ-1 | 法恩寺山上部溶岩 | cpx-ho-opx andesite | 2.413±0.048 | 6.67±0.26 | 0.71±0.03 | 0.72±0.02 | 66.8 |
| | | | | | 6.75±0.26 | 0.72±0.03 | | 67.2 |
| 法恩寺山 | HOJ-2 | 法恩寺山下部溶岩 | ol-opx-cpx andesite | 1.661±0.033 | 4.97±0.40 | 0.77±0.06 | 0.79±0.05 | 82.5 |
| | | | | | 5.23±0.40 | 0.81±0.06 | | 81.8 |
| 法恩寺山 | HOJ-3 | 法恩寺山下部溶岩 | cpx-opx andesite | 1.674±0.033 | 5.00±0.35 | 0.77±0.06 | 0.78±0.04 | 79.8 |
| | | | | | 5.13±0.34 | 0.79±0.06 | | 79.1 |
| 法恩寺山 | HOJ-4 | 法恩寺山下部溶岩 | cpx-opx andesite | 1.605±0.032 | 4.97±0.21 | 0.80±0.04 | 0.81±0.03 | 66.0 |
| | | | | | 5.11±0.18 | 0.82±0.03 | | 63.0 |
| 取立山 | TTY-1 | 取立山火山岩類 (取立山) | cpx-opx andesite | 2.253±0.045 | 7.64±0.26 | 0.87±0.04 | 0.87±0.03 | 62.5 |
| | | | | | 7.54±0.25 | 0.86±0.03 | | 62.5 |
| 取立山 | TTY-2 | 取立山火山岩類 (取立山) | opx-cpx andesite | 1.646±0.033 | 5.41±0.43 | 0.85±0.07 | 0.86±0.05 | 82.4 |
| | | | | | 5.58±0.41 | 0.87±0.07 | | 81.3 |
| 取立山 | TTY-3 | 取立山火山岩類 (取立山) | opx-cpx andesite | 1.742±0.035 | 5.72±0.37 | 0.85±0.06 | 0.84±0.04 | 79.3 |
| | | | | | 5.63±0.41 | 0.83±0.06 | | 81.2 |
| 取立山 | OCH-1 | 取立山火山岩類 (大長山) | ol-opx-cpx andesite | 1.641±0.033 | 5.75±0.42 | 0.90±0.07 | 0.88±0.05 | 81.0 |
| | | | | | 5.45±0.40 | 0.86±0.07 | | 81.1 |
| 取立山 | OCH-2 | 取立山火山岩類 (大長山) | opx-cpx-ho andesite | 2.052±0.041 | 7.56±0.19 | 0.95±0.03 | 0.95±0.02 | 51.1 |
| | | | | | 7.48±0.19 | 0.94±0.03 | | 52.8 |
| 取立山 | OCH-3 | 取立山火山岩類 (大長山) | cpx-opx andesite | 2.525±0.051 | 9.12±0.17 | 0.93±0.03 | 0.94±0.02 | 40.5 |
| | | | | | 9.25±0.18 | 0.94±0.03 | | 38.8 |
| 赤兎山 | AKU-1 | 赤兎山溶岩類 | cpx-opx andesite | 2.316±0.046 | 6.83±0.91 | 0.76±0.10 | 0.78±0.07 | 88.8 |
| | | | | | 7.18±0.91 | 0.80±0.10 | | 88.5 |
| 願教寺山・三ノ峰 | GKJ-1 | 木ノ勢谷溶岩 | cpx-opx andesite | 2.349±0.047 | 27.43±0.65 | 3.01±0.09 | 2.98±0.07 | 50.1 |
| | | | | | 26.80±0.65 | 2.94±0.09 | | 51.9 |
| 願教寺山・三ノ峰 | GKJ-2 | 三ノ又谷溶岩 | ho-cpx-opx andesite | 2.271±0.045 | 25.70±0.69 | 2.91±0.10 | 2.92±0.07 | 53.9 |
| | | | | | 25.78±0.66 | 2.92±0.10 | | 53.4 |
| 願教寺山・三ノ峰 | GKJ-3 | 小白川谷溶岩 | cpx-opx andesite | 2.315±0.046 | 27.10±1.20 | 3.01±0.15 | 2.98±0.11 | 71.4 |
| | | | | | 26.50±1.30 | 2.95±0.16 | | 72.8 |
| 願教寺山・三ノ峰 | SNM-1 | 三ノ峰下部溶岩 | cpx-opx-ho andesite | 2.518±0.050 | 28.14±0.65 | 2.88±0.09 | 2.90±0.07 | 49.2 |
| | | | | | 28.57±0.64 | 2.92±0.09 | | 48.6 |
| 願教寺山・三ノ峰 | SNM-2 | 三ノ峰上部溶岩 | ho-opx-cpx andesite | 2.077±0.042 | 19.59±0.48 | 2.43±0.08 | 2.45±0.06 | 51.6 |
| | | | | | 19.89±0.56 | 2.47±0.09 | | 51.6 |
| 願教寺山・三ノ峰 | CHO-1 | 銚子ヶ峰下部溶岩 | opx-cpx andesite | 1.906±0.038 | 21.76±0.46 | 2.94±0.09 | 2.95±0.06 | 41.7 |
| | | | | | 21.93±0.41 | 2.96±0.08 | | 40.3 |
| 銚子ヶ峰 | CHO-2 | 銚子ヶ峰上部溶岩 | cpx-opx-ho andesite | 1.688±0.034 | 9.67±0.21 | 1.48±0.04 | 1.48±0.03 | 46.4 |
| | | | | | 9.64±0.22 | 1.47±0.04 | | 46.6 |
| 毘沙門 | BSM-1 | いとしろスキー場溶岩 | cpx-opx andesite | 1.613±0.032 | 1.79±0.18 | 0.29±0.03 | 0.29±0.03 | 85.0 |
| | | | | | 1.82±0.36 | 0.29±0.06 | | 92.5 |
| 毘沙門 | BSM-2 | 毘沙門岳山頂溶岩 | cpx-opx andesite | 1.166±0.023 | 1.33±0.19 | 0.29±0.04 | 0.30±0.03 | 89.4 |
| | | | | | 1.42±0.19 | 0.31±0.04 | | 88.3 |
| 毘沙門 | BSM-3 | 矢谷川溶岩 | cpx-opx andesite | 1.569±0.031 | 1.65±0.25 | 0.27±0.04 | 0.28±0.03 | 90.4 |
| | | | | | 1.71±0.23 | 0.28±0.04 | | 89.6 |
| 烏帽子・鷲ヶ岳 | EBS-1 | 古期烏帽子・鷲ヶ岳火山一色川岩屑流堆積物 | cpx-opx-ho andesite | 1.740±0.035 | 8.26±0.36 | 1.22±0.06 | 1.21±0.04 | 67.3 |
| | | | | | 8.01±0.29 | 1.19±0.05 | | 65.1 |
| 烏帽子・鷲ヶ岳 | EBS-2 | 古期烏帽子・鷲ヶ岳火山鷲見川火山岩類 | cpx-opx-ho andesite | 1.518±0.030 | 6.55±0.40 | 1.11±0.07 | 1.17±0.08 | 77.5 |
| | | | | | 7.23±0.38 | 1.23±0.07 | | 74.8 |
| 烏帽子・鷲ヶ岳 | EBS-3 | 古期烏帽子・鷲ヶ岳火山鷲見川火山岩類 | ol-cpx-ho-opx andesite | 1.851±0.037 | 8.13±0.29 | 1.13±0.05 | 1.15±0.04 | 64.5 |
| | | | | | 8.33±0.22 | 1.16±0.04 | | 53.1 |
| 烏帽子・鷲ヶ岳 | EBS-4 | 新期烏帽子・鷲ヶ岳火山榎洞溶岩 | cpx-opx andesite | 2.087±0.042 | 9.66±0.23 | 1.19±0.04 | 1.19±0.03 | 47.7 |
| | | | | | 9.58±0.23 | 1.18±0.04 | | 50.4 |
| 烏帽子・鷲ヶ岳 | EBS-5 | 古期烏帽子岳火山鷲見川火山岩類 | ol-cpx-opx-ho andesite | 1.994±0.040 | 9.38±0.22 | 1.21±0.04 | 1.21±0.03 | 49.2 |
| | | | | | 9.38±0.21 | 1.21±0.04 | | 47.1 |
| 烏帽子・鷲ヶ岳 | EBS-6 | 新期烏帽子・鷲ヶ岳火山鷲ヶ岳火山岩類 | ol-cpx-opx-ho andesite | 1.750±0.035 | 7.77±0.09 | 1.14±0.04 | 1.15±0.03 | 51.7 |
| | | | | | 7.79±0.17 | 1.15±0.03 | | 46.1 |
| 烏帽子・鷲ヶ岳 | EBS-7 | 新期烏帽子・鷲ヶ岳火山岩脈 | ol-cpx-opx andesite | 2.236±0.045 | 10.20±0.24 | 1.18±0.04 | 1.20±0.03 | 49.7 |
| | | | | | 10.53±0.23 | 1.21±0.04 | | 46.6 |
| 烏帽子・鷲ヶ岳 | EBS-8 | 新期烏帽子・鷲ヶ岳火山気良川溶岩 | ho-cpx-opx andesite | 2.131±0.043 | 8.97±0.61 | 1.08±0.08 | 1.07±0.06 | 79.9 |
| | | | | | 8.64±0.59 | 1.05±0.08 | | 80.0 |
| 烏帽子・鷲ヶ岳 | EBS-9 | 新期烏帽子・鷲ヶ岳火山烏帽子岳山頂溶岩 | ol-opx-cpx andesite | 2.091±0.042 | 9.43±0.38 | 1.16±0.05 | 1.14±0.04 | 67.9 |
| | | | | | 9.12±0.40 | 1.12±0.05 | | 69.6 |
| 烏帽子・鷲ヶ岳 | EBS-10 | 新期烏帽子・鷲ヶ岳火山烏帽子岳山頂溶岩 | cpx-opx andesite | 1.829±0.037 | 8.01±0.48 | 1.13±0.07 | 1.11±0.06 | 77.2 |
| | | | | | 7.65±0.47 | 1.08±0.07 | | 77.4 |

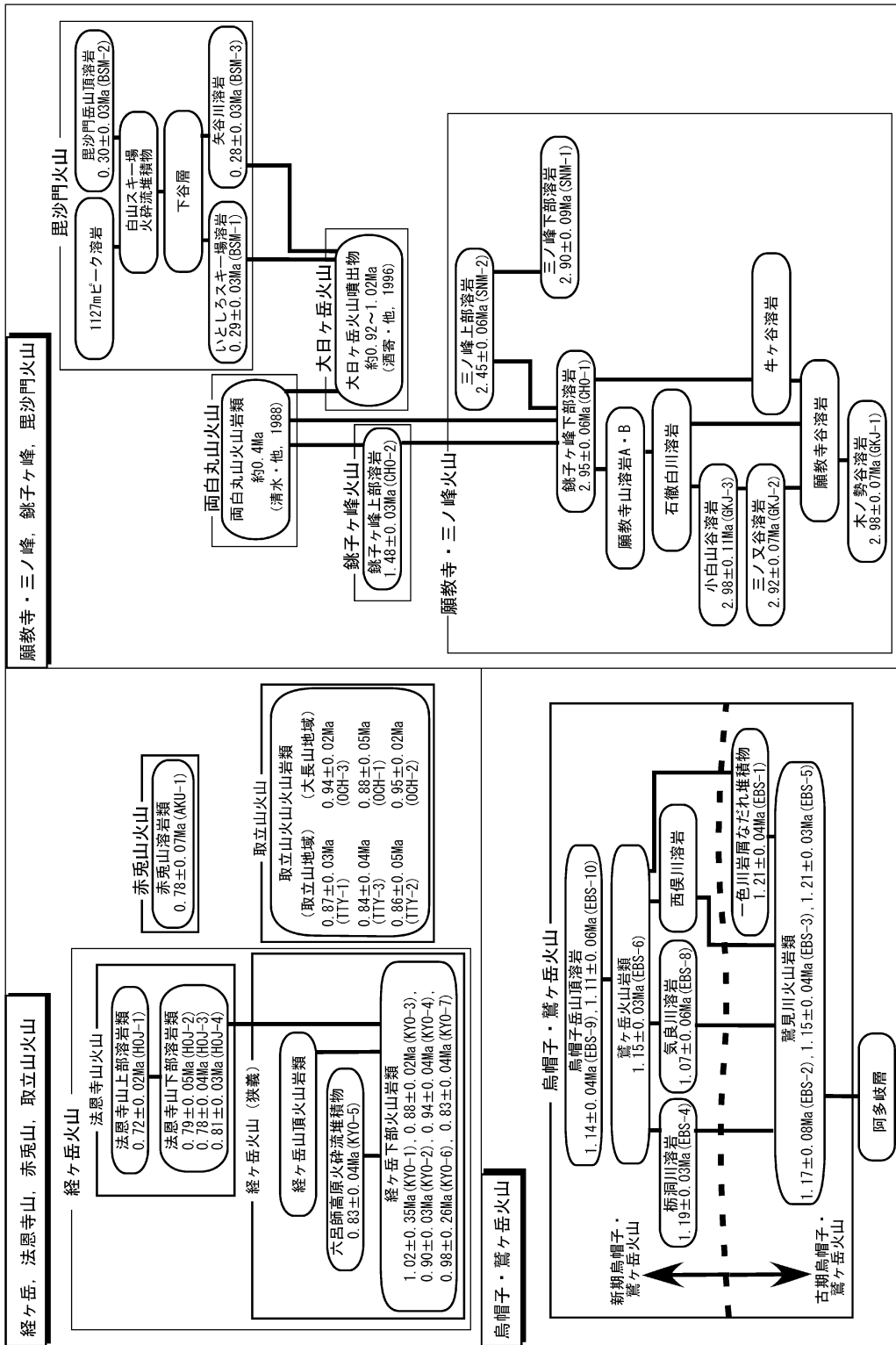


Fig. 5. Stratigraphic relationship of the volcanoes in the Ryohaku Mountains.
 図5 両白山地における火山の層序関係図。本研究によって得られたK-Ar年代測定値もあわせて示す。

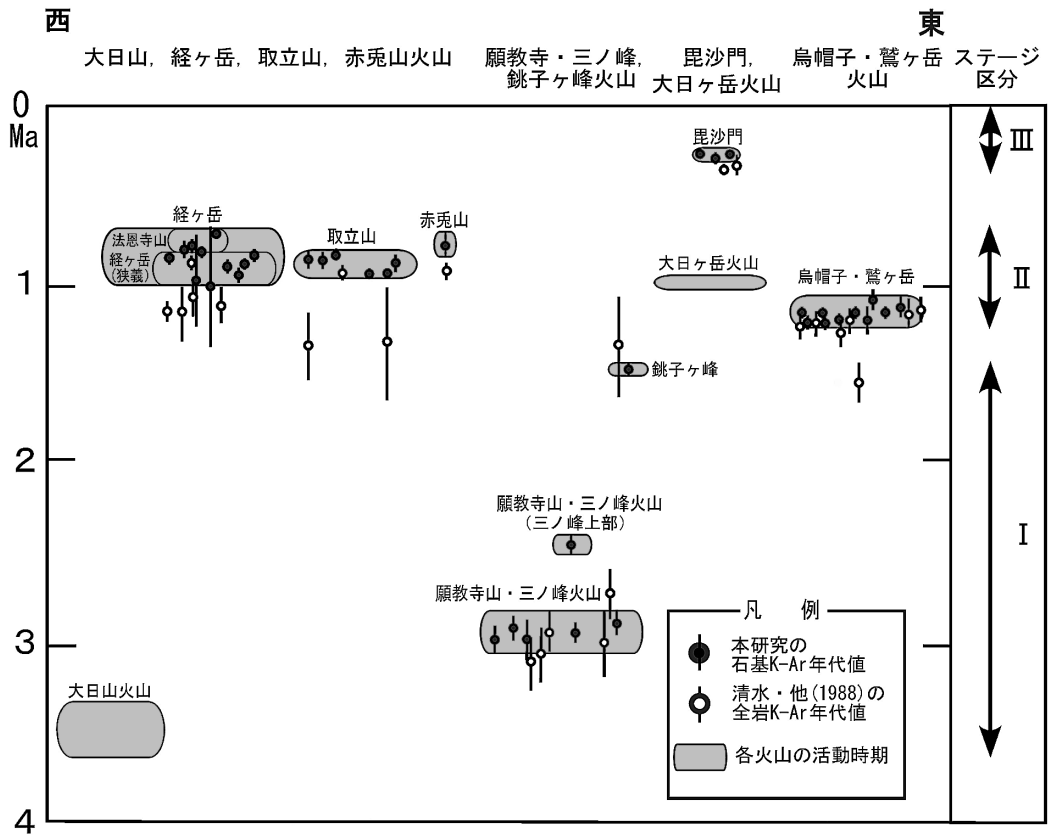


Fig. 6. Comparison of the K-Ar age of this study with Shimizu *et al.* (1988).

図 6 本研究と清水・他 (1988) の K-Ar 年代値の比較。九頭竜火山列の各火山の活動時期とステージ区分もあわせて示す。大日山火山, 大日ヶ岳火山は, それぞれ清水・他 (1988), 酒寄・他 (1996) の年代範囲を示す。

2, 3), 三ノ峰地域では三ノ峰下部溶岩から 2.90 ± 0.07 Ma (SNM-1), 三ノ峰上部溶岩から 2.45 ± 0.06 Ma (SNM-2) の値が得られた (表 1, 図 5, 6)。また, 銚子ヶ峰下部溶岩からは 2.95 ± 0.06 Ma (CHO-1) の年代値が得られた。活動年代の一致から, 銚子ヶ峰下部溶岩は願教寺・三ノ峰火山に属することが明らかになった。三ノ峰上部溶岩を除くすべての年代値は約 $3.1 \sim 2.9$ Ma に集中する (表 1, 図 5, 6)。年代値と層位から願教寺・三ノ峰火山は約 $3.1 \sim 2.9$ Ma に主に形成されたと考えられる。三ノ峰上部溶岩は, これらより $0.5 \sim 0.4$ Ma 程度若い約 2.5 Ma に形成された。この溶岩は願教寺・三ノ峰火山の末期かその形成後に生じた火山活動の産物と考えられる。

5-2-5 銚子ヶ峰火山

この火山を構成する銚子ヶ峰上部溶岩から 1.48 ± 0.03 Ma (CHO-2) の値が得られた (表 1, 図 5, 6)。約 1.5 Ma に銚子ヶ峰において小規模な安山岩質の火山活動が生じたことが明らかになった。

下位の願教寺・三ノ峰火山の活動年代は約 $3.1 \sim 2.9$ Ma および 2.5 Ma であり, 銚子ヶ峰火山の活動年代と約 1 Ma 以上の開きがあることから, それぞれは別の火山と考えられる。

5-2-6 毘沙門火山

最下部の矢谷川溶岩 (0.28 ± 0.03 Ma: BSM-3), いとしろスキー場溶岩 (0.29 ± 0.03 Ma: BSM-1) と最上部の毘沙門岳山頂溶岩 (0.30 ± 0.03 Ma: BSM-2) から得られた年代値はすべて約 0.3 Ma に集中する (表 1, 図 5, 6)。誤差を考慮にいれても, 約 0.3 Ma 前後 ($0.32 \sim 0.27$ Ma) に数万年程度の短い期間で形成された火山であることが明らかになった (表 1, 図 5, 6)。

5-2-7 烏帽子・鷲ヶ岳火山

古期烏帽子岳・鷲ヶ岳火山から $1.21 \pm 0.03 \sim 1.15 \pm 0.04$ Ma (EBS-1, 2, 3, 5), 新期烏帽子・鷲ヶ岳火山で $1.19 \pm 0.03 \sim 1.07 \pm 0.06$ Ma (EBS-4, 6, 7, 8, 9, 10) の値を得た (表 1, 図 5, 6)。最下部の鷲見川火山岩類の 3 つの

年代値, 1.17 ± 0.08 , 1.15 ± 0.04 , 1.21 ± 0.03 (EBS-2, 3, 5) と最上部の烏帽子岳山頂溶岩の2つの年代値 1.14 ± 0.04 , 1.11 ± 0.06 Ma (EBS-9, 10) から, この火山は, $1.2 \sim 1.1$ Ma にかけて形成された火山であると考えられる。

なお, この火山に隣接する上野玄武岩櫛谷岩体 (図4) は同位体希釈法 K-Ar 年代測定法によって 1.36 ± 0.08 Ma の年代値が得られている (中野・他, 2000)。中野・他 (2000) は, 清水・他 (1988) の烏帽子・鷲ヶ岳火山の活動年代と櫛谷岩体の年代値から両者の活動時期は重なると考えた。しかし, 本研究の烏帽子・鷲ヶ岳火山の活動年代に基づく, 櫛谷岩体の活動は烏帽子・鷲ヶ岳火山の活動開始のおよそ 20 万年前であり, 両者の活動時期は重ならない。

6. 両白山地における鮮新—更新世火山の時空分布

本研究で K-Ar 年代測定を行った以外の両白山地の火山で, 石基 K-Ar 年代値に基づいて火山活動の時期が明らかになっている火山は以下のものがある。大日ヶ岳火山は約 $1.02 \sim 0.94$ Ma に活動 (酒寄・他, 1996), 戸室火山は $0.42 \pm 0.02 \sim 0.37 \pm 0.04$ Ma に活動 (酒寄・他, 2002), 白山火山は古期白山が約 10 万年前 (酒寄・他, 1999), 新期白山が約 4 万年前以降 (北原・他, 2000) に活動。大日ヶ岳火山, 戸室火山, 古期白山からは東野・他 (1984), 清水・他 (1988), Shimizu and Itaya (1993) によって全岩 K-Ar 年代値も得られているが, 前述のように若い火山岩については斑晶を取り除いた石基試料を対象とした年代測定を行なうほうがより望ましいことから (例えば, 板谷・長尾, 1988; 高岡, 1989; 宇都・石塚, 1999), これら火山の活動年代は, 石基 K-Ar 年代測定に基づくものを採用する。

しかし, 次にあげるいくつかの火山からは, 全岩を対象とした K-Ar 年代値しか得られていない。大日山火山およびその周辺の火山岩 (谷峠火山岩類, 火打谷火山岩類; 尾崎・他, 1987) の形成時期は, 全岩 K-Ar 年代値に基づいてそれぞれ約 $3.6 \sim 3.3$ Ma と約 5 Ma と考えられている (清水・他, 1988)。一般に, 古い火山岩に対しては過剰⁴⁰Ar の影響が少ない (例えば, 宇都・石塚, 1999) ことから, この火山の活動年代として全岩 K-Ar 年代値に基づくものを採用する。また, 白山火山列を構成する両白丸山火山と白山火山の加賀室火山 (長岡・他, 1986) からも, 東野・他 (1984), 清水・他 (1988), Shimizu and Itaya (1993) によって, それぞれ約 0.4 Ma と約 $0.4 \sim 0.3$ Ma という全岩 K-Ar 年代値のみしか得られていない。

そのため, 白山火山の加賀室火山と両白丸山火山の活動期間は他の火山のものに比べ不確実性が高く正確な活動年代の特定は今後の課題である。しかし本論では, 不確

実性は残るもの, これら既研究の年代値を基に現時点で明らかになった両白山地の火成活動をまとめる。

以上の活動年代と今回新たになった各火山の活動年代に基づき, 著しく古い活動年代 (約 5 Ma) を示す谷峠および火打谷火山岩類の活動年代を除いた, 後期鮮新世以降 (約 3.4 Ma 以降) の火山活動の時期をまとめた (図7)。その結果, 両白山地の後期鮮新世以降の火山活動は, 火山活動の時空分布の特徴から次の3つのステージに区分できる。

I 期 ($3.6 \sim 1.5$ Ma)。大日山火山, 願教寺・三ノ峰, 銚子ヶ峰火山が活動した。これら火山は互いに数十万年以上の休止期を挟み散発的に活動した。このステージは, 火山活動の休止期に基づき次の4つのサブ・ステージにさらに分けられる。I a 期 ($3.6 \sim 3.3$ Ma): 大日山火山の活動, I b 期 ($3.1 \sim 2.9$ Ma): 願教寺・三ノ峰火山の活動, I c 期 (2.5 Ma): 願教寺・三ノ峰火山三ノ峰上部溶岩の活動, I d 期 (1.5 Ma): 銚子ヶ峰火山の活動。

I a 期の活動は, 九頭竜火山列の西端部で起きたが, I b 期以降 (3.1 Ma 以降) は, 白山火山列と九頭竜火山列の交差部においてのみ火山活動が認められ, いずれも安山岩質の火山活動である。I c と I d 期の活動は特に小規模な活動で, それぞれの火山体の体積は数 km^3 以下である。

II 期 ($1.2 \sim 0.7$ Ma)。烏帽子・鷲ヶ岳火山, 大日ヶ岳火山, 取立山火山, 赤兎山火山, 経ヶ岳火山が活動し, 東部の烏帽子・鷲ヶ岳火山から西部の法恩寺山火山に至る西北西-東南東の明瞭な火山列, いわゆる九頭竜火山列が出現した。活動年代は, 東部の烏帽子・鷲ヶ岳火山が最も早く ($1.2 \sim 1.1$ Ma), ついでその西隣の大日ヶ岳 ($1.02 \sim 0.94$ Ma), 赤兎山火山 (0.8 Ma), 取立山火山 ($1.0 \sim 0.8$ Ma), 経ヶ岳火山 (狭義の経ヶ岳火山: $1.0 \sim 0.8$ Ma, 法恩寺山火山: $0.8 \sim 0.7$ Ma) と東から西へ順に若くなる傾向がある。つまりこの時期, 九頭竜火山列において東から西への火山活動場の移動があった。これら II 期の火山の活動期間はそれぞれ長くても $10 \sim 20$ 万年程度である。東部の烏帽子・鷲ヶ岳火山は体積が 66 km^3 にもおよぶ大規模な安山岩質の成層火山であり, その山体は火砕岩を主体とする。その他の火山は体積 20 km^3 程度の中規模の安山岩質の成層火山である。また, 古期烏帽子・鷲ヶ岳火山や法恩寺山上部溶岩を除けば, 斑晶中に角閃石がほとんど含まれないという特徴を示す。

III 期 ($0.4 \sim 0$ Ma)。両白丸山火山, 白山火山, 戸室火山, 毘沙門火山が活動し, 南-北に配列する白山火山列が形成された。清水・他 (1988), Shimizu and Itaya (1993) は, 戸室火山の最も古い全岩 K-Ar 年代値 0.6 Ma を根拠に白山火山列の活動開始時期を約 0.6 Ma とした。しか

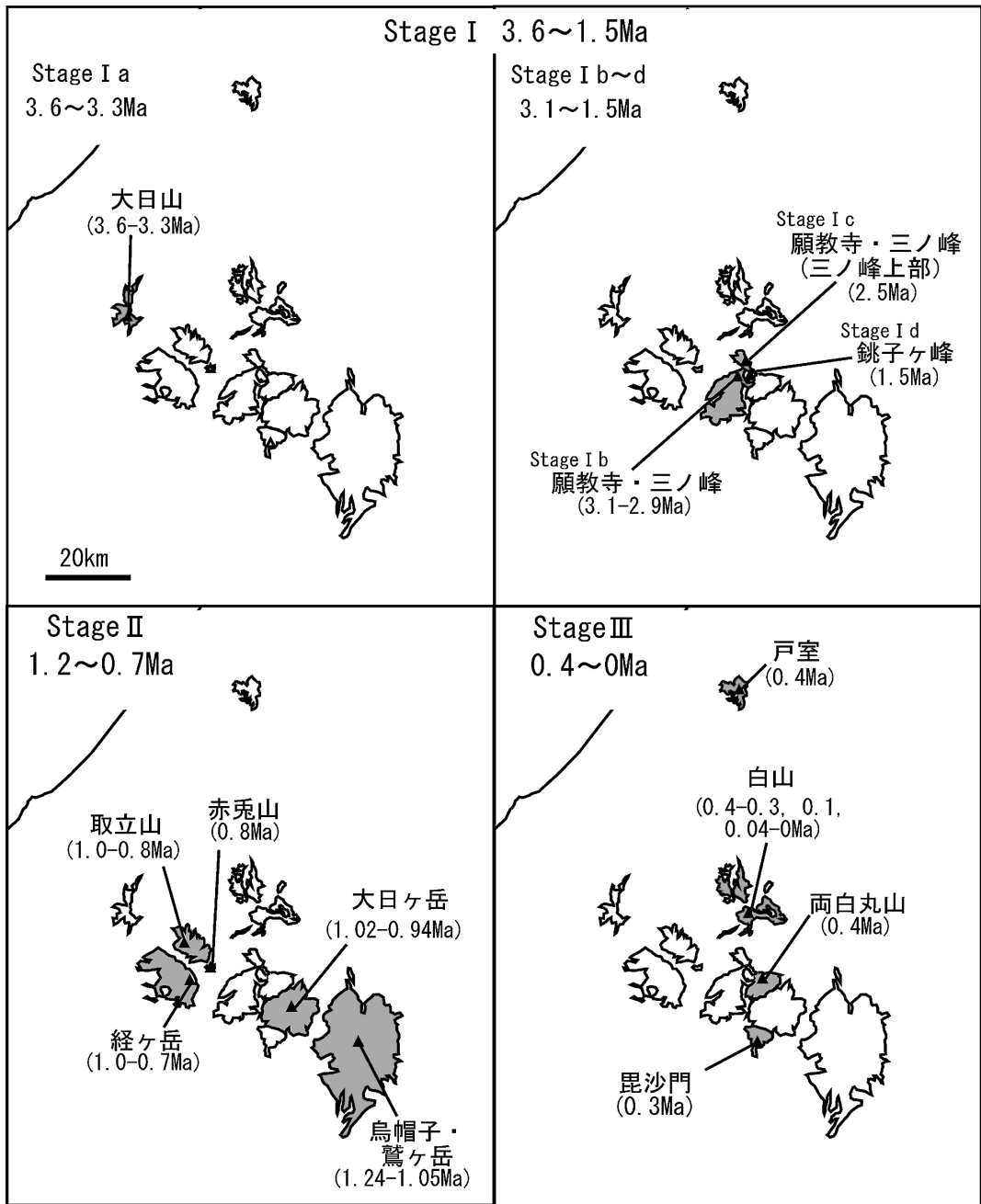


Fig. 7. Spatial variation of volcanic activity after Late Pliocene in the Ryohaku Mountains.

図 7 後期鮮新世以降の両白山地における火山活動の時空変遷

し、酒寄・他 (2002) は、系統的な石基 K-Ar 年代値を基に戸室火山の活動期間は約 0.4 Ma に限定される事を明らかにし、白山火山列の活動開始時期がより若くなる可能性を指摘した。戸室火山以外の白山火山列を構成する火山からは、全岩・石基 K-Ar 年代値のいずれでも 0.4 Ma より若い年代が得られている。そこで、前述のように両白丸山や白山火山の加賀室火山の活動時期には不確実性が残るもの、現時点では白山火山列の活動開始時期を約 0.4 Ma と考える。

既研究と本研究の年代測定結果を基に白山火山列の各火山の活動期間を整理すると以下ようになる。

戸室火山の活動が約 0.4 Ma (酒寄・他, 2002)、両白丸山火山は約 0.4 Ma (清水・他, 1988)、毘沙門火山が約 0.3 Ma に形成された。白山火山は加賀室、古白山、新白山火山から構成される (長岡・他, 1986)。約 0.4~0.3 Ma に加賀室火山が活動し、約 0.1Ma に古白山火山が、それ以降は新白山火山が活動している (東野・他, 1984; 北原・他, 2000; 酒寄・他, 1999)。いずれも、しばしば角閃石を含む安山岩~デイサイト質の溶岩ドームや成層火山を形成する火山活動である。

これらステージ区分は、既研究の清水・他 (1988) や Shimizu and Itaya (1993) のものと異なる。特に異なる点は、次の 2 点である。清水・他 (1988) や Shimizu and Itaya (1993) は、九頭竜火山列の活動は西北西-東南東方向の火山列の形成が約 5 Ma から始まり、2.7~1.5 Ma の休止期を挟んで 0.9 Ma まで続いたとした。しかし、I 期 (3.6~1.5 Ma) の活動は、最初に九頭竜火山列の西端での 3.6~3.3 Ma の大日山火山の活動 (I a) 以降は、150 万年もの間 (I b~I d)、白山火山列と九頭竜火山列の交差部という限定された地域においてのみ断続的に火山活動が起きており、顕著な火山列を形成しなかった。九頭竜火山列を構成する諸火山のほとんどは、II 期 (1.2~0.7 Ma) において形成されている。そのため、顕著な西北西-東南東方向の火山列の出現は、II 期の火山活動によってつくられたと考えられる。

清水・他 (1988) や Shimizu and Itaya (1993) は、西北西-東南東方向の火山列 (九頭竜火山列) から南-北方向の火山列 (白山火山列) への切り替わりは、0.9~0.6 Ma 間に起きたと考えた。しかし、今回の結果から西北西-東南東方向の九頭竜火山列の活動停止は 0.7 Ma 頃であったことが明らかになった。

なお、II から III 期にかけては、火山列の方向のみならず火山岩の化学組成も次のように大きく変化している。

II 期の諸火山を構成する火山岩はカルクアルカリ岩系列とソレライト質岩系の境界付近からソレライト質岩系の特徴を示すが、III 期の諸火山を構成する火山岩は典型的

なカルクアルカリ岩系列の組成を示す (尾崎, 1987; 山崎正男教授退官記念事業会, 1988)。さらに、III 期 (0.4 Ma 以降) には、毘沙門火山、両白丸山火山において、それ以前の活動では知られていなかった、アダカイト質の火山岩の噴出があった (堀江・藤巻, 1999; Ujike *et al.*, 1999)。

7. 他地域の中中部日本の火山活動の時期との比較

両白山地と同じように、フィリピン海スラブと太平洋スラブが互いに地下で二重になっている地域で起きている火山活動として飛騨山脈の諸火山 (乗鞍火山列) と塩嶺火山岩類 (牧本・他, 1996) や八ヶ岳火山岩類 (河内, 1974, 1977) からなる八ヶ岳周辺の火山があげられる (図 1)。これら地域の火山活動の時期については、河内 (1998)、秋元・他 (2002)、及川 (2003)、Oikawa and Nishiki (2005)、及川・他 (2004, 2005)、西来・他 (2005) などの研究がある。これらの研究に基づき、3 Ma 以降のそれぞれの地域における火山活動をまとめた (図 8)。それに

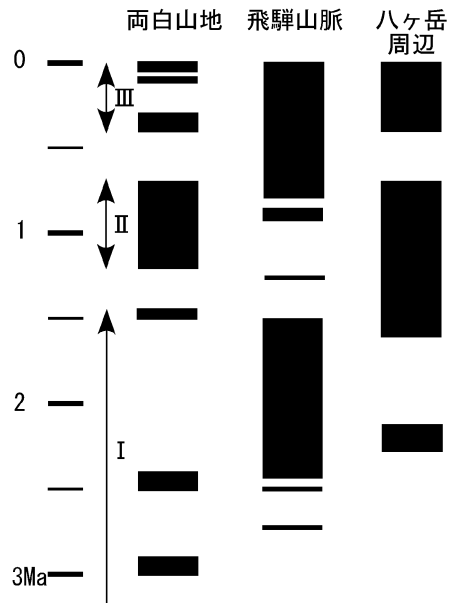


Fig. 8. Summary of volcanic activity in the Ryohaku Mountains, the Hida Mountains and the Yatsugatake and its surrounding areas.

図 8 両白山地、飛騨山脈、八ヶ岳周辺の諸火山の活動時期。黒塗り部分が活動期。両白山地のステージ区分もあわせて示す。両白山地は本研究、飛騨山脈は及川 (2003)、八ヶ岳周辺は河内 (1997)、秋元・他 (2002)、及川・他 (2004, 2005)、Oikawa and Nishiki (2005)、西来・他 (2005) などのまとめ、研究に基づく。

基づくと、約 1.5 Ma 以降、両白山地と八ヶ岳周辺の火山活動は、ほぼ同調して起きている傾向が認められる。また、西北西—東南東方向の火山列が顕著になった 1.2~0.7 Ma (Ⅱ期) の火山活動は、飛騨山脈の火山活動が低調で八ヶ岳周辺の火山活動が活発な時期に起きている。

Shimizu and Itaya (1993) は、0.9 Ma までの両白山地における西南西—東南東方向の火山活動はフィリピン海プレートの沈み込みに起因したものであると考えた。その一方、2.7 Ma 以前の飛騨山脈では、フィリピン海スラブによって太平洋プレートの沈み込みに起因したマグマの上昇が妨げられ火成活動が起きなかったと考えた。さらに、2.7 Ma 以降に飛騨山脈で突然火成活動が始まったと考え、その原因を、フィリピン海プレートの運動方向の変化によって山脈下に存在していたフィリピン海スラブが移動して無くなり、太平洋スラブの沈み込みに起因したマグマが上昇できるようになったためとした。また、0.9 Ma 以降における南北方向の火山列の形成は、両地域下のフィリピン海スラブが移動して無くなったため、太平洋スラブに起因するマグマが上昇できるようになったためと考えた。しかし、石沢 (1982)、原山・他 (2000)、中野・他 (2002) は前期鮮新世や中新世にも飛騨山脈において活発な火成活動があった事を明らかにしている。さらに中島・長谷川 (2006) の地震波トモグラフィーの結果によると両白山地、飛騨山脈の下の大部分に非震性のフィリピン海スラブが存在する。そのため Shimizu and Itaya (1993) のモデルに基づく火成活動の時空分布変化の説明は難しい。

山岡・西原 (1997) は、火山分布と非震性のフィリピン海スラブの形状から、フィリピン海プレートの沈み込みに起因したマグマの発生や太平洋プレートの沈み込みに起因したマグマの上昇がフィリピン海スラブにより妨げられることなどによって中部日本の火山分布が決定されている可能性を指摘した。最近の地震波トモグラフィーの研究によると、八ヶ岳火山西部、飛騨山脈南部の焼岳火山付近、両白山地の白山火山付近下まで非震性のフィリピン海スラブが地下 150~200 km まで存在し、それらスラブ上面から両地域の火山の下まで地震波低速度域が延びている (Hirahara *et al.*, 1989; Honda and Nakanishi, 2003; 中島・長谷川, 2006)。また、両白山地および飛騨山脈下のマントルウェッジの S 波の異方性 (スプリッティング) 解析によると、速い S 波振動方向が南北である (Ando *et al.*, 1983; Hiramatsu and Ando, 1996; Hiramatsu *et al.*, 1998; 堀・他, 2006)。堀・他 (2006) は、この異方性をフィリピン海プレートの沈み込みにともなうマントルウェッジ中のコーナーフローによるものと考えた。また、中部地方の火山活動は太平洋スラブとフィリピン海

スラブ起源両方の流体の影響を強くうけたものであるという岩石学的な研究もある (中村・他, 2006)。これらの結果は、両白山地および飛騨山脈の火成活動はフィリピン海スラブの沈み込みに直接関係するマグマの生産ないし流体が強く関与した火成活動であることを示唆する。一方、Iwamori (2000) は、モデル計算に基づく検討により、両白山地を含む中部日本の火成活動が背弧側に広がっている理由を、プレートが二重になって沈み込んでいる事が原因でマントルウェッジの温度が他地域より低く、その結果背弧側までマントル深部に水が持ち込まれ、より背弧側でマグマが発生したと考えた。フィリピン海スラブが直下に存在しない両白山地や飛騨山脈の北部および上信越地域にかけての火山はスラブが二重になった部分の周辺で背弧側に広がっている部分にあたる (図 1)。そのため、その地域の火成活動は Iwamori (2000) のモデルで説明できる。いずれにしても、両白山地、飛騨山脈、八ヶ岳周辺の火山活動は、フィリピン海プレートの沈み込みに直接ないし強く影響をうけた火山活動の可能性が高い。

両白山地、飛騨山脈の火成活動がフィリピン海プレートの沈み込みに強く支配されているとすると、それら地域の南端はフィリピン海プレートの沈み込みによって形成された火山フロントと解釈できる。木村・吉田 (1995) は飛騨山脈の火山岩の化学組成変化から飛騨山脈 (乗鞍火山列) 南端が火山フロントと解釈できることを指摘した。そうであるとすると、1.2~0.7 Ma の両白山地における西北西—東南東の火山列の出現は火山フロントの顕在化と考えられる。同じくフィリピン海プレートの沈み込みに起因した九州北部と西南日本弧西部を横断する火山フロントの顕在化はおよそ 1.5 Ma であり (Kamata, 1998)、中国地方におけるアダカイト質火山による明瞭な火山フロントの出現も 1.7 Ma (Kimura *et al.*, 2005) とこれらの時期はほぼ一致する。九州から中国地方西部にかけて火山フロントの顕在化は、約 2 Ma においてフィリピン海プレートの沈み込みの方向が変化したためと考えられている (Kamata and Kodama, 1999)。Kimura *et al.* (2005) は、中国地方の火山活動の時空分布および火山岩の化学組成の検討から、約 4 Ma 以降にフィリピン海プレートの西進速度が増大したことを述べた。この変化の開始時期は九頭竜火山列の火山活動の開始時期とほぼ一致している。これらの事象は両白山地の火山活動はフィリピン海プレートの運動に強く影響をうけていることを示唆する。

しかし、一旦プレートが定常的に沈み込むようになれば火山フロント付近において、定常的に火成活動が起こると考えられるが、両白山地の西北西—東南東火山列の

形成は、それ以前にもそれ以後にも起こっていない。また、同じ火山フロント上に位置する飛騨山脈の火山活動の休止期に九頭竜火山列の主体が形成されたことも説明が困難である。そのため、両白山地の西北西-東南東火山列は、時期の一致からフィリピン海プレートの運動方向の変化や沈み込み速度に影響をうけ形成された可能性が高いが、それのみでは説明がつかない。

今後、これら中部日本の時空変化の原因を明らかにするために、より分解能の良い地下構造の解明やマグマ成因論に踏み込んだ岩石学的検討やテクトニクスとの関連などを考慮した火山活動史の研究が必要であろう。

8. ま と め

1. 石基を対象とした K-Ar 年代測定に基づき、両白山地に分布する以下の火山の活動年代を明らかにした。経ヶ岳火山: 1.0~0.7 Ma (狭義の経ヶ岳火山: 1.0~0.8 Ma, 法恩寺山火山: 0.8~0.7 Ma), 取立山火山: 1.0~0.8 Ma, 赤兎山火山: 0.8 Ma, 願教寺・三ノ峰火山: 3.1~2.9 Ma および 2.5 Ma, 銚子ヶ峰火山: 1.5 Ma, 毘沙門火山: 0.3 Ma, 烏帽子・鷲ヶ岳火山: 1.2~1.1 Ma.
2. 既知の年代学的研究とあわせて後期鮮新世以降の両白山地の火山活動をまとめると、以下の I~III 期にわけられる。I 期 (3.6~1.5 Ma) には散発的に火山活動があった。また、I 期は、大日山火山 (3.6~3.3 Ma) が活動した I a, 願教寺・三ノ峰火山 (3.1~2.9 Ma) が活動した I b, 願教寺・三ノ峰火山三ノ峰上部溶岩 (2.5 Ma) が活動した I c, 銚子ヶ峰火山 (1.5 Ma) が活動した I d の 4 つの時期に細分される。II 期 (1.2~0.7 Ma) には、烏帽子・鷲ヶ岳火山, 大日ヶ岳火山, 取立山火山, 赤兎山火山, 経ヶ岳火山が活動した。II 期の火山活動は東から西に火山活動の場が移動し、東端の烏帽子・鷲ヶ岳火山の活動 (1.2~1.1 Ma) にはじまり、西端の経ヶ岳火山の活動 (1.0~0.7 Ma) に終わる火山活動で西北西-東南東方向の火山列が形成された。III 期 (0.4~0 Ma) には、両白丸山火山, 白山火山, 戸室火山, 毘沙門火山が活動した。顕著な南北方向の火山列が形成された。
3. 西北西-東南東方向の火山列 (九頭竜火山列) の形成は、約 1.2~0.7 Ma (II 期) の短い期間である。また、その後の南北方向の火山列 (白山火山列) への火山活動場の変化は約 0.7~0.4 Ma の間に起こった。
4. 1.5 Ma 以降の両白山地における火山活動は、八ヶ岳火山周辺の火山活動と同調して起きる傾向がみとめられ、約 1.5~0.8 Ma の飛騨山脈の火山活動が低調な時に両地域において活発な火成活動が起きている。

謝 辞

年代測定用試料採取および地質調査にあたっては、住鉦コンサルタント (株) の鴨志田毅氏, 福島県鏡石中学校の根本靖彦氏, 東北大学大学院 (当時) の堀江太一郎博士にお世話になった。また、(株) 嶺山地質年代学研究所には K-Ar 年代測定を行うにあたってお世話になった。島根大学総合理工学部木村純一博士と匿名の査読者, 担当編集委員の山形大学理学部伴雅雄博士には論文の改善にあたって有益な指摘をいただいた。ここに記して感謝いたします。

引用文献

- 秋元孝敏・古田俊夫・河内晋平 (2002) ハヶ岳火山列の古地磁気. 火山, **47**, 435-448.
- Ando, M., Ishikawa, Y. and Yamazaki, F. (1983) Shear wave polarization anisotropy in the upper mantle beneath central Honshu, Japan. *J. Geophys. Res.*, **88**, 5850-5864.
- 第四紀火山カタログ委員会 (1999) 日本の第四紀火山カタログ. 日本火山学会, CD-ROM.
- 速水清旨・山崎正男・東野外志男 (1986) 願教寺火山の地質. 石川県白山自然保護センター研究報告, no. 13, 1-10.
- 原山 智・高橋 浩・中野 俊・苅谷愛彦・駒沢正夫 (2000) 立山地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 218p.
- 東野外志男・長尾敬介・板谷徹丸・坂田章吉・山崎正男 (1984) 白山火山及び大日ヶ岳火山の K-Ar 年代. 石川県白山自然保護センター研究報告, no. 10, 23-29.
- Hirahara, K., Ikami, A., Ishida, M. and Mikumo, T. (1989) Three-dimensional P-wave velocity structure beneath Central Japan: low-velocity bodies in wedge portion of upper mantle above high-velocity subducting plates. *Tectonophysics*, **163**, 63-73.
- Hiramatsu, Y. and Ando, M. (1996) Seismic anisotropy near source region in subduction zones around Japan. *Phys. Earth Planet. Inter.*, **95**, 237-250.
- Hiramatsu, Y., Ando, M., Tsukuda, T. and Ooida, T. (1998) Three-dimensional image of the anisotropic bodies beneath central Honshu, Japan. *Geophys. J. Int.*, **135**, 801-816.
- Honda, S. and Nakanishi, I. (2003) Seismic tomography of the uppermost mantle beneath southwestern Japan: Seismological constraints on modeling subduction and magmatism for the Philippine Sea slab. *Earth Planets Space*, **55**, 443-462.
- 堀修一郎・中島淳一・長谷川 昭 (2006) 中部日本における S 波スプリットング. 地球惑星連合 2006 年大会予稿集, S118-P010.
- 堀江太一郎・藤巻宏和 (1999) 両白山地・白山火山列に産する火山岩類の岩石学的特徴とその水平変化. 地球惑星科学関連学会合同大会 1999 年予稿集, Vb-008.
- 池田 享・東野外志男・山崎正男 (1987) 取立山周辺の第四紀火山岩類の地質. 石川県白山自然保護センター研究報告, no. 14, 1-11.

- Ishida, M. (1992) Geometry and relative motion of the Philippine Sea Plate and Pacific Plate beneath the Kanto-Tokai district, Japan. *J. Geophys. Res.*, **97**, 489–513.
- 板谷徹丸・長尾敬介 (1988) 100 万年より若い火山岩の K-Ar 年代測定. 地質学論集, no. 29, 143–161.
- Itaya, T., Nagao, K., Inoue, K., Honjo, Y., Okada, T. and Ogata, A. (1991) Argon isotope analysis by a newly developed mass spectrometric system for K-Ar dating. *Mineral. J.*, **15**, 203–221.
- Iwamori, H. (2000) Deep subduction of H₂O and deflection of volcanic chain towards backarc near triple junction due to lower temperature. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **181**, 41–46.
- 岩崎悦夫 (1980) 北陸経ヶ岳の岩石. 火山, **25**, 288–288.
- 石沢一吉 (1982) 北アルプス鹿島槍ヶ岳—烏帽子岳付近の火成岩類の地質. 地質学雑誌, **88**, 215–230.
- Kamata, H. (1998) Quaternary volcanic front at the junction of the South-west Japan Arc and the Ryukyu Arc. *J. Asian Earth Sciences*, **16**, 67–75.
- Kamata, H. and Kodama, K. (1999) Volcanic history and tectonics of the Southwest Japan arc. *Island Arc*, **8**, 393–403.
- 鹿野和彦・原山 智・山本博文・竹内 誠・宇都浩三・駒沢正夫・広島俊夫・須藤定久 (1999) 20 万分の 1 地質図「金沢」. 地質調査所.
- 河内晋平 (1974) 蓼科山地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 119p.
- 河内晋平 (1977) ハヶ岳地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 92p, 地質調査所.
- 河内晋平 (1997) ハヶ岳およびその周辺の火山岩と軽井沢町八風山溶岩の K-Ar 年代. 信州大学教育学部紀要, no. 93, 149–160.
- 木村純一・吉田武義 (1995) 乗鞍火山列下のマグマ供給系. 月刊地球, **18**, 97–103.
- Kimura J., Stern R. J. and Yoshida T. (2005) Subduction re-initiation of the Philippine Sea Plate and magmatic responses in SW Japan during Neogene time. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **117**, 969–986.
- 北原哲郎・堀伸三郎・小川義厚・前川秀和・石田孝司 (2000) 新白山火山の層序区分—年代測定結果による検討—. 火山学会予稿集, no. 2, 153–153.
- 牧本 博・高木秀雄・宮地良典・中野 俊・加藤碩一・吉岡敏和 (1996) 高遠地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 114p, 地質調査所.
- Matsubara, M., Hayashi, H., Obara, K. and Kasahara K. (2005) Low-velocity oceanic crust at the top of the Philippine Sea and Pacific plates beneath the Kanto region, central Japan, imaged by seismic tomography. *J. Geophys. Res.*, **110**, B12304, doi: 10.1029/2005JB003673.
- Matsuo, H. (1968) A study on the Neogene plants in the Inner Side of Central Japan, II: On the Minoshirotori flora (Pliocene) of the palaeovolcano-lake deposits. *Ann. Sci. Kanazawa.*, **5**, 29–77.
- 三村弘二 (2001) 福井県経ヶ岳火山南西麓の覆瓦構造をもつ塚原野岩屑なだれ堆積物と 14C 年代. 地質調査研究報告, **52**, 303–307.
- 長尾敬介・西村裕嗣・板谷徹丸・緒方惟一 (1984) K-Ar 法による年代測定. 岡山理科大学蒜山研究所研究報告, no. 9, 19–038.
- 長岡正利・清水 智・山崎正男 (1986) 白山火山の地質と形成史. 石川県白山自然保護センター研究報告, no. 12, 9–24.
- 中村仁美・岩森 光・木村純一 (2006) Geochemical variation of volcanic rocks in Central Japan with the double subducting plates. 地球惑星連合 2006 年大会予稿集, G149–003.
- 中野 俊・宇都浩三・内海 茂 (2000) 上野玄武岩類および地藏峠火山岩類の K-Ar 年代と化学組成の時間変化. 火山, **45**, 87–105.
- 中野 俊・竹内 誠・吉川敏之・長森英明・荻谷愛彦・奥村晃史・田口雄作 (2002) 白馬岳地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 105p.
- Nakajima, J., Matsuzawa, T., Hasegawa, A. and Zhao, D. (2001) Three-dimensional structure of Vp, Vs, and Vp/Vs beneath northeastern Japan: implications for arc magmatism and fluids. *J. Geophys. Res.*, **106**, 21843–21857.
- 中島淳一・長谷川 昭 (2006) 中部日本の三次元地震波速度構造—マントルウエッジ上昇流と島弧マグマ活動—. 地球惑星連合大会 2006 年大会予稿集, S118–010.
- 西来邦章・高橋 康・松本哲一・宇都浩三 (2005) 北ハヶ岳火山の活動年代—新时期 / 古期区分の再検討について—. 日本地質学会 112 年大会演旨, 285–285.
- 及川輝樹 (2003) 飛騨山脈の隆起と火成活動の時空的関連. 第四紀研究, **42**, 141–156.
- Oikawa, T. and Nishiki, K. (2005) K-Ar ages for lavas from the Kirigamine Volcano, central Japan. *Bull. Volcan. Soc. Japan.*, **50**, 143–148.
- 及川輝樹・西来邦章・名取克裕 (2004) 諏訪湖周辺の塩嶺火山岩類の年代. 一塩嶺層における火成活動 (その 2)—. 火山学会 2004 年秋季大会予稿集, 156–156.
- 及川輝樹・西来邦章・名取克裕 (2005) ハヶ岳—塩嶺地域の火山活動年代—塩嶺火山岩類の活動年代を中心に—. 日本地質学会 112 年大会演旨, 154–154.
- 大八木規夫 (1996) 福井県大野盆地南東部周辺地域の大規模崩壊・地すべり地形と堆積物について. 深田地質研究所報告, no. 10, 29p.
- 尾崎裕司 (1987) 両白山地第三紀鮮新世—第四紀火山の岩石学的研究. 日本火山学会講演予稿集, no. 2, 90–90.
- 尾崎裕司・和田政宏・東野外志男・山崎正男 (1987) 大日山地域の鮮新世火山岩類の地質. 石川県白山自然保護センター研究報告, **14**, 13–23.
- 坂田章吉・東野外志男・山崎正男 (1992) 大日ヶ岳火山の地質と岩石. 石川県白山自然保護センター研究報告, no. 19, 1–20.
- 酒寄淳史・飯田雅裕・森田健一・山口達弘 (1996) 天狗・大日ヶ岳火山の地質と K-Ar 年代. 三鈹学会講演要旨集, **1996**, 79–79.
- 酒寄淳史・東野外志男・梅田浩司・棚瀬充史・林信太郎 (1999) 古白山火山の溶岩の K-Ar 年代. 石川県白山自然保護センター研究報告, no. 26, 7–11.
- 酒寄淳史・林信太郎・梅田浩司 (2002) 石川県, 戸室火山の K-Ar 年代. 火山学会予稿集, no. 2, 43–43.

清水 智・山崎正男・板谷徹丸 (1988) 両白-飛驒地域に分布する鮮新-更新世火山岩の K-Ar 年代. 岡山理科大学大森山研究所研究報告, no. 14, 1-36.

Shimizu, S. and Itaya, T. (1993) Plio-Pleistocene arc-volcanism controlled by two overlapping subducted plates, central Japan. *Tectonophysics*, **225**, 139-154.

Steiger, R. H. and Jäger, E. (1977) Subcommittee on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **36**, 359-362.

高岡宣雄 (1989) 百万年より若い火山岩の K-Ar 年代測定における問題点. 質量分析, **37**, 343-351.

棚瀬充史・笠原芳雄・原山 智・小井土由光 (2005) 濃飛流紋岩周辺地域の後期白亜紀~古第三紀火山岩類. 地団研専報, no. 53, 159-172.

津久井雅志・西戸裕嗣・長尾敬介 (1985) 蒜山火山群. 大山火山の K-Ar 年代. 地質学雑誌, **91**, 279-288.

宇都浩三 (1995) 火山と年代測定: K-Ar, 40Ar/39Ar 年代測定の現状と将来. 火山, **40**, S27-S46.

宇都浩三・石塚 治 (1999) K-Ar, 40Ar/39Ar 法による第三紀火山岩の年代測定の現状と将来. 石油技術協会誌, **64**, 63-71.

Ujike, O., Tanaka, R., and Watanabe, K. (1999) Petrology of adakitic rocks from Quaternary Bishamon-dake volcano, central Japan. *J. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **94**, 315-328.

脇田浩二・原山 智・鹿野和彦・三村弘二・山本博文・坂本 亨・広島俊夫・駒沢正夫 (1992) 20 万分の 1 地質図「岐阜」. 地質調査所.

山田直利・脇田浩二・広島俊夫・駒沢正夫 (1990) 20 万分の 1 地質図「飯田」(第 2 版). 地質調査所.

山岡耕春・西原真仁 (1997) 中部地方の火山活動と沈み込んだフィリピン海プレートの形状. 火山, **42**, S131-S138.

山崎正男・中西信弘・松原幹夫 (1968) 白山火山の形成史. 火山, **13**, 32-43.

山崎正男教授退官記念事業会 (1988) 北陸地方における新生代火山岩類の組成. 北陸地方の新生代火山及び火山岩, 山崎正男教授退官記念事業会編, 18-27.

Yoshimoto, K., Fujisawa, H., Okada, T., Umino, N., Hasegawa, A., Obara, K., Shiomi, K., Tsukahara, H., Okamoto, S., Kawanaka, T., Sato, H., Nishimura, T., Sato, H. and Ohtake, M., (2004) Moho and Philippine Sea plate structure beneath central Honshu Island, Japan, from teleseismic receiver functions. *Earth Planets Space*, **56**, 1271-1277.

(編集担当 伴 雅雄)

付 録

A-1. 年代測定試料の試料採集位置と記載岩石学的特徴. 緯度経度は日本測地系に基づく.

A-1-1. 経ヶ岳火山・法恩寺山火山

KYO-1: 経ヶ岳下部火山岩類 (経ヶ岳火山)

位置: 滝波川左岸の支沢中流 (法恩寺山北東 1300 m), 標高 970 m. 北緯 36°03'58" 東経 136°36'47"

岩石: 斜方輝石単斜輝石安山岩. 斑状組織を呈する厚さ 10 m 以上の溶岩流. 斑晶鉱物の容量比は, 斜長石 > 単斜輝石 > 斜方輝石 > 不透明鉱物. 石基はインターサータル組織. 単斜輝石, 斜長石からなる集合斑晶を含む.

KYO-2: 経ヶ岳下部火山岩類 (経ヶ岳火山)

位置: 法恩寺山南西方約 1600 m の弁ヶ滝, 標高 800 m. 北緯 36°03'12" 東経 136°35'03"

岩石: 単斜輝石斜方輝石安山岩. 板状節理の発達する溶岩で, 斑状組織を有する. 斑晶鉱物容量比は, 斜長石 > 斜方輝石 > 不透明鉱物 > 単斜輝石. 石基はピロクシティック組織.

KYO-3: 経ヶ岳下部火山岩類 (経ヶ岳火山)

位置: 勝山市暮見川支流林道 (暮見トンネル東方), 標高 330 m. 北緯 36°04'57" 東経 136°32'22"

岩石: 単斜輝石斜方輝石安山岩. 塊状溶岩で斑状組織を有する. 斑晶鉱物容量比は, 斜長石 > 斜方輝石 > 単斜輝石 > 不透明鉱物. 石基はインターグラニューラー組織.

KYO-4: 経ヶ岳下部火山岩類 (経ヶ岳火山)

位置: 保月山山頂東斜面, 標高 1340 m. 北緯 36°02'07" 東経 136°36'15"

岩石: 単斜輝石斜方輝石安山岩. 火砕岩中の本質岩塊で斑状組織を有する. 斑晶鉱物容量比は, 斜長石 > 斜方輝石 > 単斜輝石 > 不透明鉱物. 石基はインターグラニューラー組織. 単斜輝石-不透明鉱物からなる集合斑晶を包有する.

KYO-5: 六呂師高原火砕流堆積物 (経ヶ岳火山)

位置: 保月山南約 1800 m の唐谷川右岸林道, 標高 800 m. 北緯 36°01'11" 東経 136°36'03"

岩石: 単斜輝石斜方輝石安山岩. 火砕流堆積物中の本質ブロック. 斑状組織を有する. 斑晶鉱物容量比は, 斜長石 > 斜方輝石 > 単斜輝石 > 不透明鉱物. 石基はインターサータル組織.

KYO-6: 経ヶ岳下部火山岩類 (経ヶ岳火山)

位置: 女神川上流, 標高 690 m. 北緯 36°02'42" 東経 136°35'56"

岩石: カンラン石単斜輝石斜方輝石安山岩. 白亜紀面谷流紋岩の直上に載る経ヶ岳基底溶岩. 斑状組織を有する. 斑晶鉱物容量比は, 斜長石 > 斜方輝石 > 単斜輝石 > カンラン石. 石基はインターサータル組織. 斜長石-単斜輝石-斜方輝石からなる集合斑晶を含む.

KYO-7: 経ヶ岳下部火山岩類 (経ヶ岳火山)

位置: 勝山市平泉町小矢谷 (弁財天川支流), 標高 340 m. 北緯 36°01'09" 東経 136°32'58"

岩石: 斜方輝石単斜輝石安山岩. 斑状組織を有する

塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は、斜長石>単斜輝石>斜方輝石>不透明鉱物。石基はインターサータル組織。

HOJ-1: 法恩寺山上部溶岩 (法恩寺山火山)

位置: 法恩寺山山頂付近, 標高 1350 m. 北緯 36°03'37" 東経 136°36'00"

岩石: 単斜輝石角閃石斜方輝石安山岩。暗灰色の緻密な溶岩で斑晶量は 14% と乏しい。斑晶鉱物容量比は、斜長石>斜方輝石>角閃石>不透明鉱物>単斜輝石。石基はピロタキシティック組織。

HOJ-2: 法恩寺山下部溶岩 (法恩寺山火山)

位置: 暮見川上流の市道沿い, 標高 660 m. 北緯 36°04'45" 東経 136°34'03"

岩石: カンラン石斜方輝石単斜輝石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は、斜長石>単斜輝石>斜方輝石>不透明鉱物>カンラン石。石基はインターグラニューラー組織。斜方輝石, 単斜輝石, 斜長石ないし単斜輝石, 斜長石, 不透明鉱物からなる集合斑晶を包有する。

HOJ-3: 法恩寺山下部溶岩 (法恩寺山火山)

位置: 滝波川中流左岸沢の木ノ根橋林道沿い, 標高 630 m. 北緯 36°05'32" 東経 136°34'21"

岩石: 単斜輝石斜方輝石安山岩。法恩寺山下部溶岩の基底溶岩で斑状組織を有する。斑晶鉱物容量比は、斜長石>斜方輝石>単斜輝石=不透明鉱物。石基はインターグラニューラー組織。斜長石, 単斜輝石, 斜方輝石, 不透明鉱物からなる集合斑晶を含む。

HOJ-4: 法恩寺山下部溶岩 (法恩寺山火山)

位置: 勝山市スキージャムスキー場北方の暮見川最上部, 標高 920 m. 北緯 36°04'17" 東経 136°35'11"

岩石: 単斜輝石斜方輝石安山岩。斑状組織を有する緻密な塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は、斜長石>斜方輝石>単斜輝石>不透明鉱物。石基はインターグラニューラー組織。斜長石, 単斜輝石, 斜方輝石からなる集合斑晶を含む。

A-1-2. 取立山火山

TTY-1: 取立山火山岩類 (取立山地域; 池田ほか, 1987 の GY に相当)

位置: 勝山市谷峠南東 300 m, 標高 910 m. 北緯 36°07'43" 東経 136°35'26"

岩石: 単斜輝石斜方輝石安山岩。斑晶量は 7% 以下と乏しくて乏しい塊状緻密な溶岩。斑晶鉱物容量比は、斜長石>斜方輝石>不透明鉱物>単斜輝石。石基はピロタキシティック組織。

TTY-2: 取立山火山岩類 (取立山地域; 池田ほか, 1987 の KT-3 に相当)

位置: 取立山北西滝谷上流大滝, 標高 900 m. 北緯 36°06'29" 東経 136°36'16"

岩石: 斜方輝石単斜輝石安山岩。板状節理の発達する斑状組織を有する溶岩。斑晶鉱物容量比は、斜長石>不透明鉱物>斜方輝石>単斜輝石。石基はインタクラニューラー組織。

TTY-3: 取立山火山岩類 (取立山地域; 池田ほか, 1987 の ID-4 に相当)

位置: 滝波川支流の板谷上流, 取立山南斜面, 標高 1020 m. 北緯 36°06'02" 東経 136°36'37"

岩石: 斜方輝石単斜輝石安山岩。板状節理の発達する斑状組織を有する溶岩。特に斜長石の大型斑晶が発達する。斑晶鉱物容量比は、斜長石>不透明鉱物>斜方輝石>単斜輝石。石基はピロタキシティック組織。

OCH-1: 取立山火山岩類 (大長山地域)

位置: 大長山南尾根, 標高 1610 m. 北緯 36°05'03" 東経 136°39'20"

岩石: カンラン石斜方輝石単斜輝石安山岩。火砕流堆積物中の本質ブロック。斑晶鉱物容量比は、斜長石>単斜輝石>斜方輝石>不透明鉱物。石基はインターグラニューラー組織。斜方輝石および単斜輝石の集合斑晶を含む。

OCH-2: 取立山火山岩類 (大長山地域)

位置: 大長山南尾根, 標高 1480 m. 北緯 36°04'15" 東経 136°39'35"

岩石: 単斜輝石斜方輝石角閃石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は、斜長石>角閃石>斜方輝石>不透明鉱物>単斜輝石。石基はピロタキシティック組織。

OCH-3: 取立山火山岩類 (大長山地域)

位置: 大長山山頂, 標高 1671 m. 北緯 36°05'10" 東経 136°39'17"

岩石: 単斜輝石斜方輝石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は、斜長石>斜方輝石>不透明鉱物>単斜輝石。石基はピロタキシティック組織。

A-1-3. 赤兎山火山

AKU-1: 赤兎山溶岩類

位置: 赤兎山西斜面, 標高 1470 m. 北緯 36°03'57" 東経 136°39'32"

岩石: 単斜輝石斜方輝石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は、斜長石>斜方輝石>単斜輝石=不透明鉱物。石基はインターサータル組織。単斜輝石, 斜長石, 不透明鉱物からなる集合斑晶を含む。

A-1-4. 願教寺・三ノ峰火山

GKJ-1: 木ノ勢谷溶岩

位置: 打波川支流美濃又川の三ノ又谷上流, 標高 960 m. 北緯 36°00'04" 東経 136°42'51"

岩石: 単斜輝石斜方輝石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は、斜長石>斜方輝石>単斜輝

石>不透明鉱物。石基はインターグラニューラー組織。斜長石，斜方輝石，単斜輝石，不透明鉱物からなる集合斑晶を含む。

GKJ-2: 三ノ又谷溶岩

位置: 打波川支流美濃又川の三ノ又谷上流，標高 1180 m。北緯 36°00'04" 東経 136°43'13"

岩石: 角閃石単斜輝石斜方輝石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は，斜長石>斜方輝石>単斜輝石>不透明鉱物>角閃石。石基はインターグラニューラー組織。斜長石，単斜輝石からなる集合斑晶を含む。

GKJ-3: 小白山谷溶岩

位置: 打波川支流美濃又川の三ノ又谷上流橋立峠西，標高 1320 m。北緯 35°59'58" 東経 136°43'37"

岩石: 単斜輝石斜方輝石安山岩。斑状組織を有する板状節理の発達する溶岩。斑晶鉱物容量比は，斜長石>斜方輝石>単斜輝石>不透明鉱物。石基はインターサータル組織。単斜輝石の集合斑晶を含む。

CHO-1: 銚子ヶ峰下部溶岩

位置: 銚子ヶ峰から一ノ峰にかけての稜線，標高 1720 m。北緯 36°04'07" 東経 136°46'02"

岩石: 斜方輝石単斜輝石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は，斜長石>単斜輝石>斜方輝石>不透明鉱物。石基はインターグラニューラー組織。単斜輝石，斜長石，斜方輝石からなる集合斑晶を含む。

SNM-1: 三ノ峰下部溶岩

位置: 三ノ峰避難小屋西方尾根 標高 1780 m。北緯 36°04'53" 東経 136°44'53"

岩石: 単斜輝石斜方輝石角閃石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は，斜長石>角閃石>斜方輝石>不透明鉱物>単斜輝石。石基はインターグラニューラー組織。斜長石，単斜輝石，不透明鉱物からなる集合斑晶を含む。

SNM-2: 三ノ峰上部溶岩

位置: 二ノ峰山頂西側直下，標高 1950 m。北緯 36°04'37" 東経 136°46'02"

岩石: 角閃石斜方輝石単斜輝石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は，斜長石>>単斜輝石>斜方輝石>不透明鉱物>角閃石。石基はインターグラニューラー組織。斜長石，単斜輝石，斜方輝石，角閃石，不透明鉱物からなる集合斑晶を含む。

A-1-5: 銚子ヶ峰火山

CHO-2: 銚子ヶ峰上部溶岩

位置: 銚子ヶ峰から一ノ峰にかけての稜線鞍部付近，標高 1720 m。北緯 36°03'57" 東経 136°46'03"

岩石: 単斜輝石斜方輝石角閃石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は，斜長石>角閃石>斜

方輝石>単斜輝石>不透明鉱物。石基はインターサータル組織。角閃石，斜長石，斜方輝石，単斜輝石からなる集合斑晶を含む。

A-1-6: 毘沙門火山

BSM-1: いとしろスキー場溶岩

位置: 郡上市白鳥町石徹白境川支沢(毘沙門岳北方 2.8 km) 標高 800 m。北緯 35°57'41" 東経 136°47'26"

岩石: 単斜輝石斜方輝石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は，斜長石>斜方輝石>単斜輝石>不透明鉱物。石基はインターグラニューラー組織。斜方輝石，斜長石からなる集合斑晶を含む。

BSM-2: 毘沙門岳山頂溶岩

位置: 郡上市白鳥町石徹白境川支沢(毘沙門岳北方 2.8 km) 標高 800 m。北緯 35°56'33" 東経 136°47'43"

岩石: 単斜輝石斜方輝石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は，斜長石>斜方輝石>単斜輝石>不透明鉱物。石基はインターグラニューラー組織。斜方輝石，斜長石からなる集合斑晶を含む。

BMS-3: 矢谷川溶岩

位置: 郡上市白鳥町前谷矢谷川上流(毘沙門岳東方 2.2 km) 標高 830 m。北緯 35°56'32" 東経 136°49'07"

岩石: 単斜輝石斜方輝石安山岩。斑晶に富む斑状組織を有する溶岩。斑晶鉱物容量比は，斜長石>斜方輝石>単斜輝石>不透明鉱物。石基はインターグラニューラー組織。

A-1-7: 烏帽子・鷲ヶ岳火山

EBS-1: 一色川岩屑なだれ堆積物中の溶岩ブロック(古期烏帽子・鷲ヶ岳火山)

位置: 郡上市高鷲田代東，鷲ヶ岳北方 2.3 km 鷲見川上流，標高 1120 m。北緯 35°57'23" 東経 136°57'53"

岩石: 単斜輝石斜方輝石角閃石安山岩。岩屑流堆積物中の斑状組織を有する溶岩ブロック。斑晶鉱物容量比は，斜長石>角閃石>斜方輝石>不透明鉱物>単斜輝石。石基はハイアロオフィテック組織。

EBS-2: 鷲見川火山岩類の溶岩(古期烏帽子・鷲ヶ岳火山)

位置: 郡上市高鷲田代東，鷲ヶ岳北西方 3.1 km 鷲見川上流，標高 1020 m。北緯 35°57'37" 東経 136°57'15"

岩石: 単斜輝石斜方輝石角閃石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は，斜長石>角閃石>斜方輝石>不透明鉱物>単斜輝石。石基はインターサータル組織。

EBS-3: 鷲見川火山岩類の溶岩(古期烏帽子・鷲ヶ岳火山)

位置: 郡上市白鳥町阿多岐北東 阿多岐川中流，標高 800 m。北緯 35°55'28" 東経 136°55'37"

岩石: カンラン石単斜輝石角閃石斜方輝石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は，斜長石>斜方輝石>角閃石>不透明鉱物>単斜輝石>カンラン石

＞アパタイト、石基はインターグラニューラー組織、斜長石、斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物からなる集合斑晶を含む。

EBS-4: 栃洞溶岩（新期烏帽子・鷲ヶ岳火山）

位置：郡上市白鳥町六ノ里栃洞、牛道川上流、標高 760 m、北緯 35°53'08" 東経 136°57'04"

岩石：単斜輝石斜方輝石安山岩。板状節理の発達する斑状組織を有する溶岩。斑晶鉱物容量比は、斜長石＞斜方輝石＞単斜輝石＞不透明鉱物＞アパタイト。石基はインターグラニューラー組織、斜長石、斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物からなる集合斑晶を含む。

EBS-5: 鷲見川火山岩類の溶岩（古期烏帽子・鷲ヶ岳火山）

位置：郡上市白鳥町阿多岐東方の阿多岐川林道、標高 1340 m、北緯 35°55'32" 東経 136°57'49"

岩石：カンラン石単斜輝石斜方輝石角閃石安山岩。斑状組織を有する溶岩（火砕流堆積物中の本質ブロック）。斑晶鉱物容量比は、斜長石＞角閃石＞斜方輝石＞単斜輝石＞不透明鉱物＞カンラン石。石基はインターサータル組織、斜長石、斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物からなる集合斑晶を含む。

EBS-6: 鷲ヶ岳火山岩類の溶岩（新期烏帽子・鷲ヶ岳火山）

位置：郡上市白鳥町阿多岐北東方、阿多岐川上流（鷲ヶ岳南西 600 m）、標高 1350 m、北緯 35°56'00" 東経 136°58'10"

岩石：カンラン石単斜輝石斜方輝石角閃石安山岩。斑状組織を有する塊状溶岩。斑晶鉱物容量比は、斜長石＞角閃石＞斜方輝石＞不透明鉱物＞単斜輝石。石基はインターグラニューラー組織、斜長石、斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物からなる集合斑晶を包有する。砂岩の外來岩片を含む。

EBS-7: 安山岩岩脈（新期烏帽子・鷲ヶ岳火山）

位置：郡上市大和町上栗巣母袋スキー場東、標高 1500

m、北緯 35°51'21" 東経 136°57'33"

岩石：カンラン石単斜輝石斜方輝石安山岩。斑状組織を有する塊状岩脈。鷲ヶ岳火山岩類の火砕流堆積物を貫く。斑晶鉱物容量比は、斜長石＞斜方輝石＞単斜輝石＞不透明鉱物。石基はインターサータル組織、斜長石、斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物からなる集合斑晶を包有する。

EBS-8: 気良川溶岩（新期烏帽子・鷲ヶ岳火山）

位置：郡上市明宝気良川上流、標高 800 m、北緯 35°53'53" 東経 137°00'11"

岩石：角閃石単斜輝石斜方輝石安山岩。斑状組織を有する溶岩。斑晶鉱物容量比は、斜長石＞斜方輝石＞単斜輝石＞不透明鉱物＞角閃石。石基はハイアロオフィティック組織。斜長石のみおよび斜長石、斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物からなる集合斑晶を含む。

EBS-9: 烏帽子岳山頂溶岩（新期烏帽子・鷲ヶ岳火山）

位置：郡上市明宝気良川上流、標高 1020 m、北緯 35°54'31" 東経 137°00'01"

岩石：カンラン石斜方輝石単斜輝石安山岩。斑晶に富む斑状組織を有する溶岩。斑晶鉱物容量比は、斜長石＞単斜輝石＝斜方輝石＞不透明鉱物＞アパタイト。石基はインターグラニューラー組織、斜長石、単斜輝石、斜方輝石、不透明鉱物からなる集合斑晶を包有する。砂岩の岩片を含む。

EBS-10: 烏帽子岳山頂溶岩（新期烏帽子・鷲ヶ岳火山）

位置：烏帽子岳東斜面、標高 1440 m、北緯 35°55'53" 東経 137°00'22"

岩石：単斜輝石斜方輝石安山岩。斑状組織を有する溶岩。斑晶鉱物容量比は、斜長石＞斜方輝石＞不透明鉱物＞単斜輝石。石基はインターグラニューラー組織、斜長石、単斜輝石、斜方輝石からなる集合斑晶を包有する。