

## 飛騨山脈中央部, 上廊下~雲ノ平周辺の 第四紀火山岩類の K-Ar 年代

及川輝樹\*・原山 智\*\*・梅田浩司\*\*\*

(2002年2月4日受付, 2003年5月25日受理)

### K-Ar Ages of Quaternary Volcanic Products from Kaminorouka-Kumonotaira Area, Central Hida Mountain Range, Central Japan

Teruki OIKAWA\*, Satoru HARAYAMA\*\* and Koji UMEDA\*\*\*

Quaternary volcanic products erupted from five volcanoes located in the central part of the Hida Mountain Range. These are the Kaminorouka Volcanic Rocks, the Warimodake Andesite, and eruptives from Iwagokekotani, Kumonotaira, and Washibaiké volcanoes. We have determined the K-Ar ages for five lava samples collected from above volcanoes except for Washibaiké Volcano. The K-Ar ages are measured for separated groundmass from the lavas. Based on the newly obtained ages, previously reported seven radiometric ages, and volcanostratigraphic data, we identify activity periods of each centers. These are: ca. 0.9 Ma for Iwagokekotani Volcano, 0.4–0.2 Ma for the Kaminorouka Volcanic Rocks, 0.3–0.1 Ma for Kumonotaira Volcano, ca. 0.3 Ma for Warimodake andesite, and 0.12–0.01 Ma for Washibaiké Volcano, most of which are in the late early Pleistocene to the late Pleistocene.

#### 1. はじめに

飛騨山脈(北アルプス)中央部の雲ノ平周辺には, 乗鞍火山列に属する噴出量が数 km<sup>3</sup> 程度の小規模な第四紀火山噴出物が分布する (Fig. 1). これらの火山噴出物

は, 中野 (1989), 原山・他 (1991) によって<sup>かみのろうか</sup>上廊下火山岩類, 雲ノ平火山, ワリモ岳安山岩, <sup>わしばいけ</sup>鷲羽池火山と区分され, 層序および記載岩石学的特徴が明らかにされている。これらの活動年代については, 清水・他 (1988) や原山・他 (1991) によって報告された放射年代のデータが7点あるが, 個々の火山の活動期間を確定するにはいたっていない。

近年, 乗鞍火山列(帯)の年代学的研究(御岳火山: Kioka *et al.*, 1998; Matsumoto and Kobayashi, 1995; 乗鞍火山: 中野・宇都, 1995; 焼岳火山群: 及川・紀岡, 2000; 立山火山: 松本・他, 1991; 中野・他, 1998; 白馬大池火山: 及川・他, 2001 など)が行われるようになり, 個々の第四紀火山の活動期がかなりの精度で明らかになってきた。この乗鞍火山列の南北配列は, 飛騨山脈の主軸とほぼ一致している。飛騨山脈は, 第四紀における隆起活動の活発な地域であり, 山脈の成因は従来から火成活動との関係が指摘されてきた(池田, 1990; 山岡, 1996)。原山 (1994) や及川 (2003) らは, 飛騨山脈の隆起の時期と火成活動の同時性について議論している。このように, 乗鞍火山列の火山の活動期を明らかにすることは, 個々の火山の山体成長史を明らかにするのみでなく, 山脈隆起と火成活動の因果関係を探る上でも重要である。今回, 雲ノ平周辺の5つの火山岩類について K-Ar 年代

\* 〒390-8621 松本市旭 3-1-1  
信州大学大学院工学系研究科  
Graduate School of Science and Technology,  
Shinshu University, 3-1-1 Asahi, Matsumoto 390-8621, Japan.

現所属: 〒509-5102 土岐市泉町定林寺 959-31  
核燃料サイクル開発機構東濃地科学センター  
Present: Tono Geoscience Center, Japan Nuclear  
Cycle Development Institute, 959-31, Jorinji, Izumi,  
Tokishi, Gifu 509-5102, Japan.

\*\* 〒390-8621 松本市旭 3-1-1  
信州大学理学部地質科学科  
Department of Geology, Faculty of Science,  
Shinshu University, 3-1-1 Asahi, Matsumoto 390-8621, Japan.

\*\*\* 〒509-5102 土岐市泉町定林寺 959-31  
核燃料サイクル開発機構東濃地科学センター  
Tono Geoscience Center, Japan Nuclear Cycle  
Development Institute, 959-31, Jorinji, Izumi,  
Tokishi, Gifu 509-5102, Japan.  
Corresponding author: Teruki Oikawa  
e-mail: oikawa.teruki@jnc.go.jp

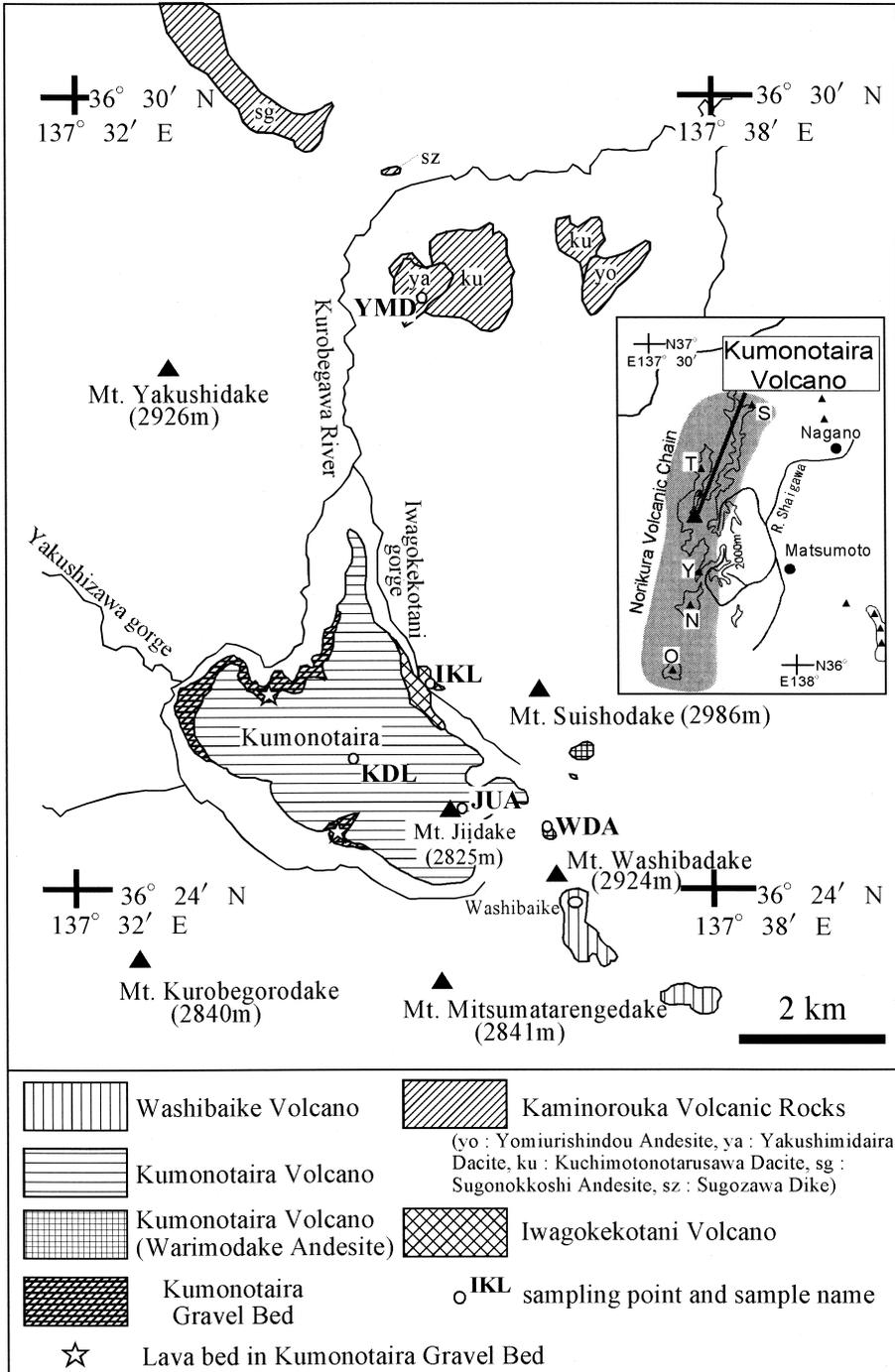


Fig. 1. Simplified Geological map of Quaternary volcanic products and gravel deposits in the Kaminorouka-Kumonotaira area. Map simplified and modified after Harayama *et al.* (1991) and Harayama *et al.* (2000). Sampling localities for K-Ar dating and sample names are also shown. S: Shirouma-Oike Volcano, T: Tateyama Volcano, Y: Yakedake Volcano Group, N: Norikura Volcano and O: Ontake Volcano.



出中心の一つとしてスゴ沢岩脈をあげている。薬師平デイサイトと読売新道安山岩は、口元ノタル沢デイサイトを直接覆う。読売新道安山岩からは  $0.19 \pm 0.01$  Ma, スゴ乗越岩脈からは  $0.36 \pm 0.03$  Ma の年代値が石基部分の K-Ar 年代測定によって得られている (原山・他, 1991)。また、スゴ乗越安山岩からは石基部分の K-Ar 年代測定によって  $0.27 \pm 0.01$  Ma (原山・他, 1991),  $0.22 \sim 0.20$  Ma (中野・他, 1998) の値が得られている。

今回、上廊下火山岩類の最終活動時期を求める目的で、赤牛岳北西薬師見平東尾根上 (標高 2,130 m) において採集した薬師見平デイサイト (YMD) について新たに K-Ar 年代測定を行った。

#### 雲ノ平火山

雲ノ平火山は、黒部川と岩苔小谷<sup>いわごけ ことたに</sup>に囲まれた雲ノ平と祖父岳<sup>じい</sup>を中心とする火山である。この火山は、雲ノ平礫層 (中野, 1989; 原山・他, 1991) を境に新旧の火山に分けられる。旧期火山は玄武岩質の岩苔小谷溶岩類 (中野, 1989) からなり、この溶岩は全岩 K-Ar 年代測定により  $0.93 \pm 0.06$  Ma という値が得られている (清水・他, 1988)。新期火山は安山岩からデイサイト組成の雲ノ平溶岩、下部祖父岳アグルチネート、祖父岳溶岩、上部祖父岳アグルチネートからなる (中野, 1989)。アグルチネートの存在から祖父岳周辺に新期火山の噴出中心の一つがあったと推定されている (中野, 1989; 原山・他, 1991)。

雲ノ平礫層の下部には奥飛驒火砕流堆積物 (原山, 1990) が挟在する (中野, 1989)。奥飛驒火砕流堆積物の年代は、含まれる黒雲母の K-Ar 年代が  $0.4 \pm 0.2$  Ma (原山, 1990)、ジルコン FT 年代が  $0.3 \pm 0.05$  Ma (檀原・岩野, 1998) である。この火砕流堆積物は、中期更新世の指標テフラ大町 Apm テフラ群 (中谷, 1972; 鈴木・早川, 1990) と対比されている (原山, 1990)。このテフラ群の年代値はジルコン FT 法で  $0.38 \pm 0.04 \sim 0.31 \pm 0.06$  Ma の年代を示す (鈴木・他, 1998; 檀原・岩野, 1998)。雲ノ平礫層の上部には、奥飛驒火砕流堆積物とは別の火砕流堆積物 (スコリア流堆積物) と溶岩を挟在している。中野 (1989) は、これら火砕流堆積物や溶岩を境に下部の花崗岩や手取層群の砂岩・泥岩の礫を主体とし、安山岩礫をまったく含まない礫層から、上部の安山岩礫混じりの礫層へ礫組成が変化する事を報告している。この礫層に挟まれる溶岩は、清水・他 (1988) により  $0.31 \pm 0.2$  Ma という全岩 K-Ar 年代が得られている。雲ノ平礫層の上部と下部を分ける溶岩の年代値を考慮に入ると、奥飛驒火砕流堆積物の年代は約  $0.3 \sim 0.4$  Ma と考えられる。

今回、雲ノ平火山の活動期間を確定することを目的と

して岩苔小谷溶岩類 (IKL)、祖父岳上部アグルチネート (JUA)、雲ノ平溶岩 (KDL) について K-Ar 年代測定を行った。岩苔小谷溶岩類は岩苔小谷右岸標高 2,250 m で、祖父岳上部アグルチネートは祖父岳山頂北標高 2,820 m で、雲ノ平溶岩は雲ノ平南東標高 2,590 m において採取した。

#### ワリモ岳安山岩

鷲羽岳北方に点々と分布する安山岩類はワリモ岳安山岩と名づけられている (原山・他, 1991)。噴出中心は、水晶小屋付近の岩脈である可能性が高い (中野, 1989; 原山・他, 1991)。

今回、ワリモ岳山頂北標高 2,880 m のワリモ岳安山岩 (WDA) について K-Ar 年代測定を行った。

#### 鷲羽池火山

鷲羽岳南東、鷲羽池を噴出中心とする火山は鷲羽池火山と名づけられている (中野, 1989; 原山・他, 1991)。下位よりデイサイト～安山岩質複合溶岩流の赤沢溶岩、安山岩質の鷲羽池溶岩、安山岩質の鷲羽池スコリアおよび爆発角礫層に区分されている (中野, 1989)。赤沢溶岩から全岩 K-Ar 年代  $0.12 \pm 0.01$  Ma が得られている (清水・他, 1988)。

今回この火山の産物の年代測定は、行っていない。

### 3. 測定方法と結果

年代測定は、前述の層序・地質図に従って採集した 5 つの溶岩の石基について行った。それらは、上廊下火山岩類から 1 つ (薬師見平デイサイト: YMD)、雲ノ平火山から 3 つ (岩苔小谷溶岩類: IKL; 祖父岳上部アグルチネート: JUA; 雲ノ平溶岩: KDL)、ワリモ岳安山岩から 1 つ (ワリモ岳安山岩: WDA) の総計 5 つである。各試料の採集地点岩石と簡単な記載岩石学的特徴は、Fig. 1 と Appendix 1 に示す。顕微鏡下の観察によると、薬師見平デイサイト、ワリモ岳安山岩、祖父岳上部アグルチネート、雲ノ平溶岩の黒雲母ないしホルンブレンドが一部オバサイト化していることを除き各試料とも石基、斑晶はともに新鮮である。年代測定は石基部分のみ使用し、試料の分離調製および測定は、隼山年代学研究所に依頼した。一連の分析手順は、長尾・他 (1984)、Itaya *et al.* (1991) に従った。アルゴンの測定は、 $^{38}\text{Ar}$  濃縮スパイクを用いた同位体希釈法でそれぞれ 2 回ずつ測定している。カリウムの定量には、2,000 ppm のセシウムをイオン化制御剤として用いた炎光光度法を用いた。年代の算出に必要なカリウムの改変定数は Steiger and Jäger (1977) の改変定数を使用した。2 回の測定を行ったものは、津久井・他 (1985) の式に従って平均値  $T$  と誤差  $\Delta T$  を見積もった。

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

Volcano	Geological unit	Sample name	Potassium (wt.%)	Rad. argon 40 (10 <sup>-8</sup> ccSTP/g)	K-Ar age (Ma)	Average age (Ma)	Non Rad. Ar(%)
Kaminorouka Volcanic Rocks	Yakushimi Dacite	YMD	3.396±0.068	3.06±0.28	0.23±0.02	<b>0.22±0.02</b>	84.1
				2.79±0.23	0.21±0.02		82.5
Kumonotaira Volcano	Kumonotaira Lava	KDL	1.980±0.040	0.75±0.26	0.10±0.03	<b>0.10±0.03</b>	95.6
				0.68±0.27	0.09±0.04		96.0
	Jiidake Upper Agglutinate	JUA	1.492±0.030	0.91±0.19	0.16±0.03	<b>0.16±0.02</b>	91.9
Warimodake Andesite	WDA	2.093±0.042	0.87±0.18	0.15±0.03	92.8		
Iwagokekotani Volcano	Iwagokekotani Lava	IKL	1.834±0.037	2.31±0.16	0.29±0.02	<b>0.29±0.02</b>	78.4
				2.30±0.16	0.28±0.02		78.9
				6.76±0.44	0.95±0.07	<b>0.93±0.06</b>	79.4
				6.39±0.45	0.90±0.07		80.1

Ages are measured for separated groundmass fractions from lavas. Errors are given as 1σ uncertainty levels. Average ages are calculated using formula proposed by Tsukui *et al.* (1985).

測定結果は、Table 1 のようになる。試料の大気アルゴン混入率は、KDL が 95.6, 96.0%, JUA が 91.9, 92.8% であるのを除き 90% 未満である。また二回の繰り返し測定で得られた年代値はいずれも誤差範囲で一致した。それぞれの年代値の平均は、薬師見平デイサイト (YMD) で  $0.22 \pm 0.02$  Ma, 岩苔小谷溶岩類 (IKL) で  $0.93 \pm 0.06$  Ma, ワリモ岳安山岩 (WDA) で  $0.29 \pm 0.02$  Ma, 祖父岳上部アグルチネート (JUA) で  $0.16 \pm 0.02$  Ma, 雲ノ平溶岩 (KDL) で  $0.10 \pm 0.03$  Ma である (Table 1 and Fig. 2)。

それぞれの試料の石基は、顕微鏡下で風化・変質が認められないことからアルゴンの散逸などの影響は考えられない。また既知の層序、年代とも矛盾しない。従ってこれら年代値は、それぞれの溶岩の噴出年代を示していると考えられる。

#### 4. K-Ar 年代に基づく各火山の活動年代

今回、新鮮な岩石の石基部分から比較的精度の良い年代値が得られた。年代値は既知の層序 (中野, 1989; 原山・他, 1991) や年代値 (清水・他, 1988; 原山・他, 1991) とも整合的である (Fig. 2)。そこで、これらの年代値と既知の年代値を整理し、各火山の活動年代を述べる。

旧期雲ノ平火山の岩苔小谷溶岩類で今回得られた年代値は、清水・他 (1988) の年代値とも約 0.9 Ma の年代を示す。岩苔小谷溶岩は複数の溶岩と火砕岩からなるが、それらの間には著しい時間的間隙を示す証拠 (著しい浸食面、厚い土壌など) が認められない (中野, 1989)。

よって、岩苔小谷溶岩は、約 0.9 Ma に噴出したとみてよい。侵食部分を復元した時の旧期火山の体積は、約 0.7 km<sup>3</sup> になる (中野, 1989; 原山・他, 1991)。一方、新期雲ノ平火山の雲ノ平溶岩 (KDL:  $0.10 \pm 0.03$  Ma) と祖父岳上部アグルチネート (JUA:  $0.16 \pm 0.02$  Ma) は、共に雲ノ平火山の最上部の地質ユニットである。また、この火山の下位には雲ノ平礫層とそれに挟まれる安山岩質溶岩 ( $0.31 \pm 0.03$  Ma: 清水・他, 1988) が存在する (Fig. 2)。これらから雲ノ平火山の活動は、約 0.3 Ma よりも新しく、約 0.1 Ma には停止したと考えられる。既知の年代値と今回得られた年代値に基づく、中野 (1989) や原山・他 (1991) が一括した雲ノ平火山には、約 0.9 Ma と 0.3 Ma 以降の活動時の間におよそ 60 万年におよぶ休止期が存在する。そこで、本論では雲ノ平礫層の下位の岩苔小谷火山と上位の雲ノ平火山に再区分する (Figs. 1 and 2)。新たに定義した雲ノ平、岩苔小谷火山は、それぞれ原山・他 (1991) の新期、旧期雲ノ平火山に相当する。

ワリモ岳安山岩は、単一のユニットで構成されているため、WDA の年代値の約 0.3 Ma にワリモ岳安山岩が形成されたと考えられる。ワリモ岳安山岩の形成時期には、この火山岩のすぐ西方で雲ノ平礫層の堆積があった (後述)。この礫層中に挟まる雲ノ平火山に属する安山岩質溶岩 (中野, 1989) は、清水・他 (1988) により  $0.31 \pm 0.03$  Ma の K-Ar 年代値が得られている (Fig. 2)。この安山岩質溶岩とワリモ岳安山岩は、記載岩石学的特徴 (中野, 1989; 原山・他, 1991) が異なる。しかし、形成年代がほぼ等しいこと、両者が隣接した場所に存在し周囲に

他に同時代の火山岩が存在しないことから同一火山の産物である可能性が高い。よってワリモ岳安山岩を雲ノ平火山に含める。なお、雲ノ平火山を構成するユニットの内、雲ノ平礫層に挟まれる溶岩とその上位のユニット(祖父岳下部アグルチネート, 祖父岳溶岩)の間には礫層が挟まるが、その他のユニット間に礫層は挟まらず、また著しい時間的間隙を示すその他の証拠(著しい浸食面, 厚い土壌など)も認められない(中野, 1989)。こうした事実から、礫層に挟まれる溶岩とそれより上位のユニットの間には、火山活動の休止期が存在した可能性がある。つまり、雲ノ平火山の活動期が、約0.3 Maの雲ノ平礫層に挟まれる安山岩質溶岩とワリモ岳安山岩の形成と、約0.2~0.1 Ma以降の雲ノ平溶岩, 祖父岳溶岩などの形成に細分される可能性がある。雲ノ平火山の活動時期のさらなる細分化は、今後の課題である。ワリモ岳安山岩を含めた雲ノ平火山の体積は、侵食部分を復元すると約3 km<sup>3</sup>以上になる。

上廊下火山類は、各ユニットの年代から、約0.36 Maにスゴ沢岩脈, 0.2 Ma前後に口元ノタル沢デイサイト, 薬師見平デイサイト, 読売新道安山岩が相次いで形成された。スゴ乗越安山岩は0.27±0.01 Ma(原山・他, 1991)と0.22~0.20 Ma(中野・他, 1998)という2つの年代値が得られている。スゴ乗越安山岩は単一のユニットで構成される(原山・他, 1991; 原山・他, 2000)が、既知の2つの年代値は誤差を考慮に入れても一致しない。両者の年代値の差は、年代測定における手法の差(感度法・同位体希釈法の差)などが考えられる。現時点では中野・他(1998)が行った年代測定法の詳細がわからないため、より確度の高いスゴ乗越安山岩の形成年代を定めるのは今後の課題としたい。しかし、いずれの年代値もスゴ沢岩脈(0.36±0.03 Ma)と読売新道安山岩(0.19±0.01 Ma)の年代値の間におさまることから、年代値の誤差を考慮に入れると上廊下火山岩類の活動期は、0.39~0.18 Maの間と考えられる。上ノ廊下火山岩類の分布を基にした火山体の復元は、山体が激しい侵食を受けているために行えなかった。しかし、噴出中心と考えられるスゴ沢岩脈と現存する火山岩の位置、分布関係から数km<sup>3</sup>を超える山体は存在しなかったと考えられる。

鷲羽池火山については、今回年代測定を行わなかった。この火山を構成する最も古い地質ユニットの赤沢溶岩の年代値が0.12±0.01 Ma(清水・他, 1988)であるから、これ以降に形成された火山である。現在、鷲羽池をつくっている火口地形は新鮮で保存が良く、カール壁を破壊して形成されている(原山・他, 1991)。この氷河地形は新期氷河地形のものであり、飛騨山脈における最後

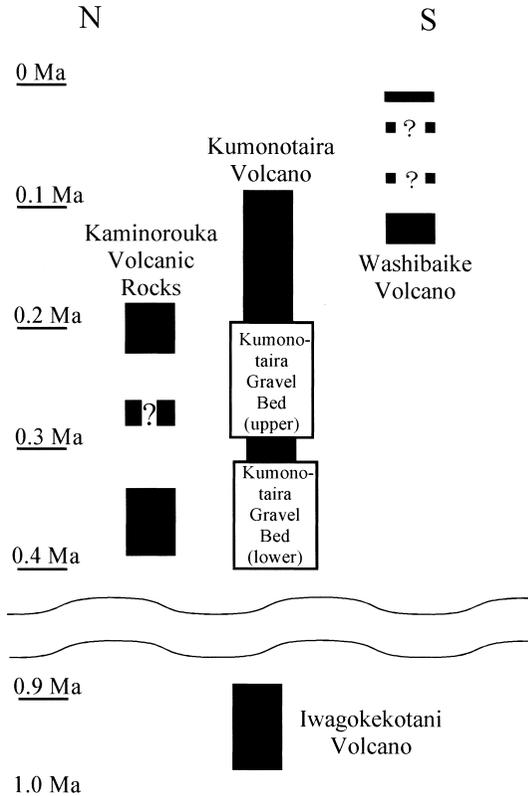


Fig. 3. Summary of volcanic activities in the Kaminorouka-Kumonotaira area.

の大規模な氷河前進期は2.5~1.2万年前である(岩田・小嶋, 2001)。したがって、鷲羽池火山の最終活動期は、1.2万年前以降である可能性が高い。今後の課題として、鷲羽池の形成年代を直接的な手法(鷲羽池スコリアの年代測定など)で定める必要がある。侵食部分を復元した体積は、約0.2 km<sup>3</sup>である。

以上の結果をまとめると、各火山の活動期間は、Fig. 3のようになる。この地域の第四紀火山活動は、約0.9 Maの玄武岩質の火山活動に始まった。その後、少なくとも約0.4 Maまで火山活動の休止期があり、約0.4~0.01 Maの間には安山岩からデイサイト質で非平衡な斑晶組み合わせをもつ火山岩(Sakuyama, 1978)を伴う火山活動(中野, 1989)が断続的に続いている。いずれの期間も数km<sup>3</sup>以上の火山体は形成しない小規模な火山活動であった。

##### 5. 雲ノ平礫層の成因

雲ノ平火山下の雲ノ平礫層の堆積時期は、その礫層に挟まれる溶岩や火砕流堆積物の年代値と祖父岳上部アグルチネートの年代値から次のようになる(Fig. 3)。下部

の安山岩礫を含まない礫層のほとんどは、奥飛騨火砕流堆積物の年代 (0.3~0.4 Ma) と下部と上部を分ける溶岩の年代値 (0.31±0.03 Ma) からおよそ 0.4~0.3 Ma の間に堆積したと考えられる。奥飛騨火砕流より下位の礫層中に明瞭な侵食間隙や土壌などの堆積間隙を示す証拠がないため、下部礫層の堆積開始時期は奥飛騨火砕流堆積物より何十万年も古いとは考えられない。したがって、下部の礫層の堆積期間は約 0.4~0.3 Ma であると考えられる。

雲ノ平礫層の堆積場より下流にあたるスゴ沢岩脈の貫入年代 (0.36±0.03 Ma) は下部雲ノ平礫層の堆積期間とほぼ等しい値を示す (Figs. 2 and 3)。そのため、原山・他 (1991) が雲ノ平礫層の成因として指摘した火山活動による黒部川の堰止め作用は、スゴ沢岩脈の形成と関連した火山活動が直接の原因である可能性が高い。すなわち、この岩脈の形成に伴う火山活動が黒部川を堰止め、その上流に下部礫層を堆積させた可能性が高い。また、隣接した薬師沢の礫層 (原山・他, 1991) も安山岩などの火山岩の礫は存在しない。スゴ沢岩脈付近で黒部川が堰き止められると地形的に雲ノ平の直下と同様薬師沢にも礫層が堆積すると考えられるので、原山・他 (1991) の指摘のとおり下部礫層と同時期の産物である可能性がある。一方、上部の安山岩礫が混じる礫層の堆積期間は、およそ 0.3~0.16 Ma の間となる。この上部礫層は、礫種に安山岩礫が含まれることおよび堆積期間から、雲ノ平火山の活動と密接に関係して形成されたと考えられる。

## 6. ま と め

1. 飛騨山脈中央部、雲ノ平周辺の火山岩類について、5つの石基 K-Ar 年代を求めた。その結果、上廊下火山岩類薬師見デイサイト (YMD) で 0.22±0.02 Ma、岩苔小谷火山岩苔小谷溶岩類 (IKL) で 0.93±0.06 Ma、ワリモ岳火山ワリモ岳安山岩 (WDA) で 0.29±0.02 Ma、雲ノ平火山祖父岳上部アグルチネート (JUA) で 0.16±0.02 Ma、雲ノ平火山雲ノ平溶岩 (KDL) で 0.10±0.03 Ma という値を得た。
2. 層位と既知の年代値を合わせて各火山の活動期間を検討し、新たに火山の再区分を行った。各火山の活動期間は岩苔小谷火山: 約 0.9 Ma、上廊下火山岩類: 約 0.4~0.2 Ma、ワリモ岳火山: 約 0.3 Ma、雲ノ平火山: 約 0.3 Ma 以降 0.07 Ma まで、鷺羽池火山: 約 0.12~0.01 (?) Ma である。
3. いずれの火山も数 km<sup>3</sup> 程度の小規模な山体をつくる活動であり、約 0.9 Ma に活動した岩苔小谷火山の玄武岩質の活動と 0.3 Ma 以降の間欠的な

非平衡な斑晶組み合わせをもつ安山岩～デイサイトの活動に区分される。

4. 雲ノ平火山下にある雲ノ平礫層は、その形成年代から上廊下火山岩類の活動によって黒部川が堰き止められ形成されたと考えられる。

## 謝 辞

(株)住鉱コンサルタントの棚瀬充史氏および秋田大学の林 信太郎教授には、K-Ar 年代測定をするにあたり、諸手続きや試料調整において大変お世話になった。また、薄片製作にあたっては、信州大学理学部の松澤壮司技官に御世話になった。産業技術総合研究所の中野 俊主任研究官には試料採集地点を決定するさいに議論していただいた。試料採集の際には、当時信州大学の増澤直彦さん、本郷美佐緒さん、小林舞子さん、高橋 岳さんにご同行願った。島根大学の木村純一助教授と匿名の査読者には、本稿を改善する上でお世話になった。また、編集者の東北大学の吉田武義教授にもお世話になった。筆者の一人 (及川) は、研究を進めていくにあたって信州大学の三宅康幸教授、酒井潤一教授に適切なご指摘をいただいた。ここに記して深く感謝します。

## 引用文献

- 檀原 徹・岩野英樹 (1998) 大町テフラ群のジルコン FT 年代の再検討 (2)。日本地質学会 105 年大会講演演旨, 318-318.
- 深井三郎 (1960) 飛騨山脈とその周辺の地形発達。地理学評論, 33, 247-269.
- 原山 智 (1990) 上高地地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 175 p.
- 原山 智 (1994) 世界一若い露出ブルトンの冷却史—北アルプス, 滝谷花崗閃緑岩の年代と冷却モデル—. 地質学論集, 43, 87-97.
- 原山 智・竹内 誠・中野 俊・佐藤岱生・滝沢文教 (1991) 槍ヶ岳地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 190 p.
- 原山 智・滝沢文教・加藤碩一 (1996) 20 万分の 1 地質図幅「富山」。地質調査所。
- 原山 智・高橋 浩・中野 俊・菊谷愛彦・駒澤正夫 (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, 218 p.
- 池田安隆 (1990) 侵食と隆起: 山脈形成の観測的基礎。地震 2, 43, 137-152.
- 五百沢智也 (1966) 日本の氷河地形。地理, 11, 24-30.
- Itaya, Y., 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.
- 岩田修二・小嶋 尚 (2001) 氷河地形・周氷河地形。日本の地形 1 総説, 米倉伸之・貝塚爽平・野上道男・鎮西清高 編, 東京大学出版会, 149-169.

- Kioka, H., Furuyama, K., Miyake, Y., Sakai, J., Nagao, K., Ikemoto, M., Noiri, H. and Oda, K. (1998) K-Ar chronology of the Middle Pleistocene lavas at Ontake volcano, central Japan. *Earth Science*, **52**, 454-474.
- 松本哲一・藤井昭二・柴田 賢 (1991) 立山火山の K-Ar 年代. *岩鉱*, **86**, 278-282.
- Matsumoto, A. and Kobayashi, T. (1995) K-Ar age determination of late Quaternary volcanic rocks using the "mass fractionation correction procedure": application to the Younger Ontake Volcano, central Japan. *Chem. Geol.*, **125**, 123-135.
- 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報告, no. 9, 19-38.
- 長岡信治・細根清治 (1988) 北アルプス雲ノ平と北海道知床岬付近の地形図学. 地理学会予稿, no. 33, 78-79.
- 中野 俊 (1989) 北アルプス, 鷲羽・雲ノ平火山の地質. *火山*, **34**, 197-212.
- 中野 俊・宇都浩三 (1995) K-Ar 年代に基づく乗鞍火山の形成史. 日本火山学会予稿集 1995, no. 2, 91.
- 中野 俊・宇都浩三・内海 茂 (1998) 北アルプス, 立山火山の K-Ar 年代. 日本地質学会 105 年大会要旨集, 351-351.
- 中谷 進 (1972) 大町テフラ層とテフラクロノロジー. *第四紀研究*, **11**, 305-317.
- 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.
- 及川輝樹・紀岡秀征 (2000) 飛騨山脈南部, 焼岳火山群の K-Ar 年代. *火山*, **45**, 33-36.
- 及川輝樹・原山 智・梅田浩司 (2001) 白馬大池火山の K-Ar 年代. *火山*, **46**, 21-25.
- 清水 智・山崎正男・板谷徹丸 (1988) 両白一飛騨地域に分布する鮮新-更新世火山岩の K-Ar 年代. 岡山理科大学蒜山研究所研究報告, no. 14, 1-36.
- Sakuyama, M. (1978) Petrographic evidence of magma mixing in Shirouma-Oike Volcano, Japan. *Bull. Volcanol.*, **41**, 29-40.
- 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.
- 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.
- 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ントラック年代. *地学雑誌*, **107**, 348-367.
- 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. *地質雑誌*, **91**, 279-288.
- 山田直利・野沢 保・原山 智・滝沢文教・加藤碩一・広島俊男・駒沢正夫 (1988) 20 万分の 1 地質図幅「高山」. 地質調査所.
- 山岡耕春 (1996) 地球物理学的観測から見た山脈形成. *月刊地球*, **18**, 77-84.

(編集担当 吉田武義)

Appendix 1. Localities and petrographic descriptions of dated volcanic products.

Sample name	Geological unit	Sampling Site		Phenocryst	Groundmass	Texture
		Latitude	Longitude			
YMD	Yakushimidaira Dacite	N.36°28' 31.5"	E.137°35' 17.2"	cpx<op<opx<qz<ho<bt	pl<<gl	hyalopilitic
KDL	Kumonotaira Lava	N.36°24' 55.5"	E.137°35' 10.2"	bt<qz<ol<opx<op<cpx<ho	pl<gl	hyalopilitic
JUA	Jiidake Upper Agglutinate	N.36°24' 30.1"	E.137°35' 38.6"	qz<ho<op<opx<cpx	gl	eutaxitic
IKL	Iwagokekotani Lava	N.36°25' 28.2"	E.137°35' 19.9"	ol<op<opx<cpx	pl<cpx<gl	intersertal
WDA	Warimodake Lava	N.36°24' 19.3"	E.137°36' 24.5"	ol<opx<cpx<ho<qz and	gl>pl>cpx>opx	intersertal

pl: plagioclase, ol: olivine, cpx: clinopyroxene, opx: orthopyroxene, ho: hornblende, bi: biotite, qz: quartz, op: opaque mineral, gl: glass  
Latitude and Longitude are based on the Tokyo Datum.