

中部日本, 中期更新世古期御岳火山の火山活動史—テフラ層序学と記載岩石学に基づいて—

Volcanic history of the middle Pleistocene Older Ontake Volcano, Central Japan — Inferences from tephrostratigraphy and petrography —

Abstract

竹下欣宏

Yoshihiro Takeshita

2003年6月10日受付.

2004年1月20日受理.

信州大学大学院工学系研究科地球環境システム
科学専攻

Division of Environmental System Science,
Graduate School of Science and Technology,
Shinshu University, 3-1-1 Asahi, Matsumoto
390-8621, Japan

Ontake Volcano is situated at the southern margin of the Norikura volcanic chain, Central Japan. The volcano consists of the Older (0.78–0.39Ma) and Younger (0.09–0.02Ma) Ontake Volcanoes with long dormancy between them.

Lithofacies and heavy mineral assemblage of almost all of the tephra (air fall tephra and pyroclastic flow deposits) from the Older Ontake Volcano are described. Petrographic studies of some of them have been further carried out; such features as grain compositions, heavy mineral compositions and chemical compositions of hornblende and pyroxenes. Tephrostratigraphy of the Older Ontake Volcano was established using stratigraphic relations with the dated lavas, and the petrographic features of tephra. Conclusively, the activity of the Older Ontake Volcano was divided into Tephra Stage (before 0.78–0.64Ma) and Lava Stage (0.64–0.39Ma) based on the mode of eruption; the Tephra Stage being characterized by effusion of many air fall tephra and pyroclastic flows, whereas the Lava Stage contains many thicker lavas. The Tephra Stage is further subdivided into H Substage (before 0.78Ma), PH Substage (0.78–0.70Ma) and OP Substage (0.70–0.64Ma) by the assemblage of dominant heavy minerals in the air fall tephra as follows: H Substage; green hornblende, PH Substage; pyroxenes and brown hornblende, OP Substage; olivine and pyroxenes. Ages of each stage and substage were inferred from the stratigraphic relations with the dated lavas. Each of the stages and substages is distinguishable not only by heavy mineral assemblages, but also by chemical compositions of hornblende and pyroxenes in the air fall tephra.

Key words: Older Ontake Volcano, tephrostratigraphy, heavy mineral assemblage, chemical composition, volcanic history, middle Pleistocene

はじめに

御岳火山は乗鞍火山列の南部に位置する成層火山で、その活動時期から新期御岳火山と古期御岳火山に区分される(山田・小林, 1988)。このうち、本研究の対象である古期御岳火山は約 0.78–0.39 Ma に活動し (Kioka et al., 1998)、その噴出物は、主に御岳火山の山麓部に露出している。

古期御岳火山噴出物の層序学的研究は、これまでに山田・小林 (1988) や松本盆地団体研究グループ (2002) などによりなされた。松本盆地団体研究グループ (2002) に基づくと、古期御岳火山噴出物は溶岩層と火山砕屑物から構成され、それらに挟まれて多数のテフラが存在する。しかし、数層のテフラ鍵層を除き、多数の降下テフラおよび火砕流堆積物の記載は十分にはされていない。火砕流堆積物を含めたテフラの層序は、火山体を構成する溶岩層などの層序関係を理解す

るために有効であり、大山火山 (津久井, 1984)、新富士火山 (宮地, 1988)、新期御岳火山 (木村ほか, 1991; 木村, 1993) などで火山活動史を組み立てる有効な手段になっている。古期御岳火山においても同様に、テフラ層序は火山活動史の解明に重要な役割を果たすと考えられる。特に、古期御岳火山は活動時期が古く、浸食により火山体内部が露出しているために、降下テフラと火山体を構成する溶岩層との層序関係を直接観察できるという利点がある。さらに同火山では多数の溶岩層の放射年代値が報告されており (Kioka et al., 1998; 松本・小林, 1999)、火山体を構成する溶岩層との層序関係から、テフラ層の噴出年代を推定することも可能である。

そこで、本論では古期御岳火山の全層準の降下テフラおよび火砕流堆積物の岩相を記載し、また、記載岩石学的特徴を明らかにした上で、年代値の明らかな溶岩層とテフラとの層

序関係を整理して、古期御岳火山の詳細なテフラ層序を確立することを試みた。

なお、古期御岳火山の降下テフラ中の火山ガラスは、風化により失われていることが多く、火山ガラスを対比の指標に用いることは困難である。その一方で、角閃石、斜方輝石、単斜輝石などの重鉱物は、火山ガラスに比べ風化に強く、降下テフラ中に新鮮な状態で残っている。ト部 (1992)、青木・黒川 (1999)、小滝ほか (2002) などが、テフラ中に含まれる重鉱物の主成分化学組成をテフラ対比の有効な指標の1つとして用いているのと同様に、本研究でも降下テフラ中に含まれる重鉱物 (角閃石、斜方輝石、単斜輝石) の主成分化学組成に着目した。

中部～関東地方の中部更新統には多数のテフラが挟在している (町田ほか, 1980; 松島ほか, 1998 など) が、貝塩上宝

テフラ (鈴木, 2000) などごく一部のものを除き、給源火山は明らかになっていない。日本では偏西風の影響により、降下テフラは給源火山の東側に広く分布する傾向がある (町田・新井, 1992 など) ため、古期御岳火山は、中部～関東地方に分布する中部更新統のテフラの給源火山である可能性がある。したがって、溶岩層の年代値を利用して噴出年代を確定することができる古期御岳火山の降下テフラが、中部～関東地方の中部更新統で発見されれば、それらは年代軸を提供する重要な鍵層になることが期待される。本論では、以上の視点もふまえて、古期御岳火山のテフラ層序および記載岩石学的特徴を報告し、火山活動史について考察を加える。

古期御岳火山の地質概説

御岳火山は、乗鞍火山列の南部、長野・岐阜県境に位置し、

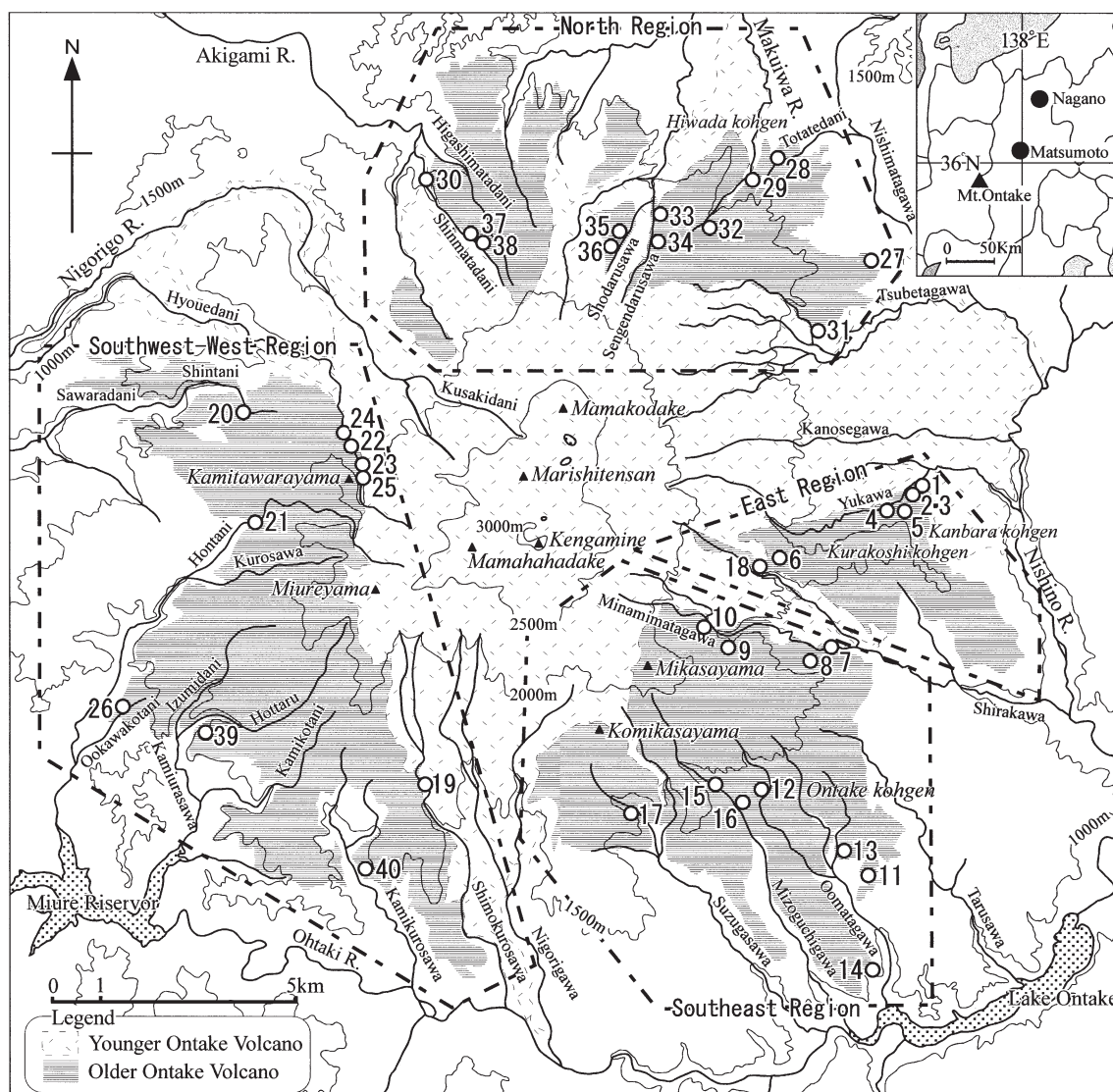


Fig.1. Topographic and locality map of the Ontake Volcano. Open circles indicate locations of outcrops and gothic numerals are locality numbers of outcrops. The area of volcanic products of the Younger and the Older Ontake Volcano is after Matsumoto Basin Collaborative Research Group (2002).

剣ヶ峰 (3,067 m) を最高点としてほぼ南北 3km にわたる稜線をもつ複成火山である (Fig.1)。御岳火山は、約 0.78–0.39 Ma (Kioka et al., 1998) に活動した古期御岳火山と約 0.09–0.02 Ma (Matsumoto and Kobayashi, 1995) に活動した新期御岳火山に区分され、このうち古期御岳火山の噴出物は、東麓、南東麓、南西～西麓、北麓地域に分かれて山麓の広い範囲に分布する (Fig.1)。

古期御岳火山の層序、活動史に関しては、以下のような研究がある。山田・小林 (1988) は、主に溶岩層を記載して、その層序を検討し、古期御岳火山は単一の円錐型の火山体を形成したと推定した。Kioka et al. (1998) は、K-Ar 年代法を用いて 47 枚の溶岩層から放射年代値を測定し、溶岩層の年代値と岩石学的特徴に基づき、この火山の活動期を大きくステージ 1 と 2 に区分し、さらにステージ 1 を 3 つのサブステージに細分した。火山体については、ほぼ円錐形をなすように成長したと推定した。松本・小林 (1999) は、溶岩層の K-Ar 年代値と分布から古期御岳火山を古い方から順に、東部火山群、土浦沢火山、上俵山火山、三笠山火山に区分し、複数の火山体が重複した火山群であったと推定した。竹内ほか (1998) もこの見解を踏襲している。松本盆地団体研究グループ (2002) は、古期御岳火山噴出物中に多数の降下テフラおよび火砕流堆積物が存在することを報告し、噴出物の特徴と Kioka et al. (1998) により報告された溶岩層の K-Ar 年代値に基づき、古期御岳火山の活動を、降下テフラを噴出する噴火が卓越するテフラステージ (約 0.78–0.64 Ma) と溶岩の噴出が卓越する溶岩ステージ (約 0.64–0.39 Ma) に区分した。

以下、松本盆地団体研究グループ (2002) に従って、古期御岳火山の地質概説を述べる。古期御岳火山テフラステージの堆積物は主に火山砕屑物で構成される。火山砕屑物は一般に淘汰が悪く、雑多な礫種で構成され、土石流あるいは火山麓扇状地性の堆積物である。それらの堆積物中には多数の降下テフラ、火砕流堆積物、溶岩層および湖沼成、河川成堆積物が挟在する。テフラステージの降下テフラは軽石質、スコリア質、石質と様々な層相を呈し、それらの粒径、層厚も各層ごとに異なる。火砕流堆積物は非溶結で、狭い範囲にしか分布しない。溶岩層の多くは、比較的薄い玄武岩質溶岩であるが、安山岩質、デイサイト質溶岩も存在する。また、テフラステージの堆積物中には、テフラ鍵層として山麓内で広く追跡できる里宮パミス、寒原パミス。・「・」が挟在する。一方、溶岩ステージの堆積物は、主に安山岩～デイサイト質溶岩からなる溶岩層で構成され、少量の土石流あるいは火山麓扇状地性の堆積物が挟まれる。溶岩層の層厚は厚く、広範囲に分布するものが多い。また、溶岩ステージの堆積物中にも降下テフラが 3 層挟まれており、このうち、黒雲母を含む軽石質テフラである白布沢パミスはテフラ鍵層として山麓内で広く追跡される。

古期御岳火山の降下テフラおよび火砕流堆積物

ここでは、古期御岳火山の降下テフラと火砕流堆積物を、テフラステージと溶岩ステージ (松本盆地団体研究グループ、

2002) に区分して記載する。御岳火山周辺の地形略図および露頭位置を Fig.1 に、山麓全域の古期御岳火山噴出物の柱状図を Fig.2 に示す。古期御岳火山噴出物は新期御岳火山噴出物に覆われていて、その露出範囲は分断されており、各地域で降下テフラの層数、層厚、層相が異なるので、以下、東麓地域 (湯川と白川に挟まれる地域)、南東麓地域 (白川と鈴ヶ沢に挟まれる地域)、南西～西麓地域 (下黒沢と兵衛谷に挟まれる地域)、北麓地域 (草木谷と冷川に挟まれる地域) に区分して記述する (Fig.1)。

テフラステージの降下テフラには、模式地の地名と数字を組み合わせて名称をつけた。数字は下位から上位へと順につけた。溶岩ステージの降下テフラは、層数が少ないため模式地の地名のみで名称をつけた。1 層の降下テフラ中に複数のフォールユニットが認められるものについては、フォールユニットごとに下位から順に a, b, c, d の記号をつけた。

降下テフラの重鉱物組み合わせおよび粒子組成と重鉱物組成の測定法は次の通りである。重鉱物組み合わせについては、本質物質が風化により粘土化している試料についてはそのまま、また、本質物質が新鮮な状態で残っている試料については乳鉢で破碎した後に洗浄し、篩い分けをせずに双眼実体顕微鏡下で鑑定した。その後、重鉱物組み合わせの鑑定に用いた試料を、60, 100, 200 メッシュ (250, 144, 78 μ m) の篩で区分し、100～200 メッシュの粒径のものを粒子組成と重鉱物組成の測定に用いた。粒子組成は偏光顕微鏡下で 500 粒以上数え粒子百分率で表した。重鉱物組成はネオジウム磁石を用いて重鉱物を濃集し、偏光顕微鏡下で 200 粒以上数え粒子百分率で表した。なお、黒雲母については、その有無を確認するにとどめた。

松本盆地団体研究グループ (2002) は、古期御岳火山噴出物中に火砕流堆積物の存在を報告しているが、層相などの記載はなく、火砕流堆積物であると判断するための根拠は示されていない。そこで、本論では、Cas and Wright (1991) の判断基準にしたがって火砕流堆積物であるか否かを判断した。火砕流堆積物の名称は模式地の地名を用いてつけた。なお、狭い範囲に複数の火砕流堆積物が確認された場合には、模式地の地名と数字を組み合わせて名称をつけた。数字は下位から上位へと順につけた。火砕流堆積物中の本質物質の重鉱物組み合わせは、偏光顕微鏡下で鑑定した。

なお、松本盆地団体研究グループ (2002) がテフラ鍵層として用いた里宮パミス、寒原パミス。・「・」、白布沢パミス、大川小谷火山灰。・「」、溝口川火山灰。・「」の名称はそのまま用いた。これらのテフラ鍵層は、松本盆地団体研究グループ (2002) により詳しく記載されているため、本論での記載は省略する。また、本論で用いる古期御岳火山の溶岩層の名称は、全て松本盆地団体研究グループ (2002) に従う。

1. テフラステージの降下テフラ

テフラステージの降下テフラは、層数が多く、層相および重鉱物組み合わせが類似するものが多いため、里宮パミスと寒原パミス。・「・」を除き、異なる地域に露出する降下テフラを単層ごとに対比することは困難である (Fig.2)。ここでは、全層準の降下テフラを確認することができる東麓の湯



Fig. 2. Columnar sections of volcanic products of the Older Ontake Volcano. The locations of these separated regions are shown in Fig. 1. The abbreviations of lava are explained in the text and the caption of Fig. 6. Oli: olivine, Cpx: clinopyroxene, Opx: orthopyroxene, Hbl (g): green hornblende, Hbl (b): brown hornblende.

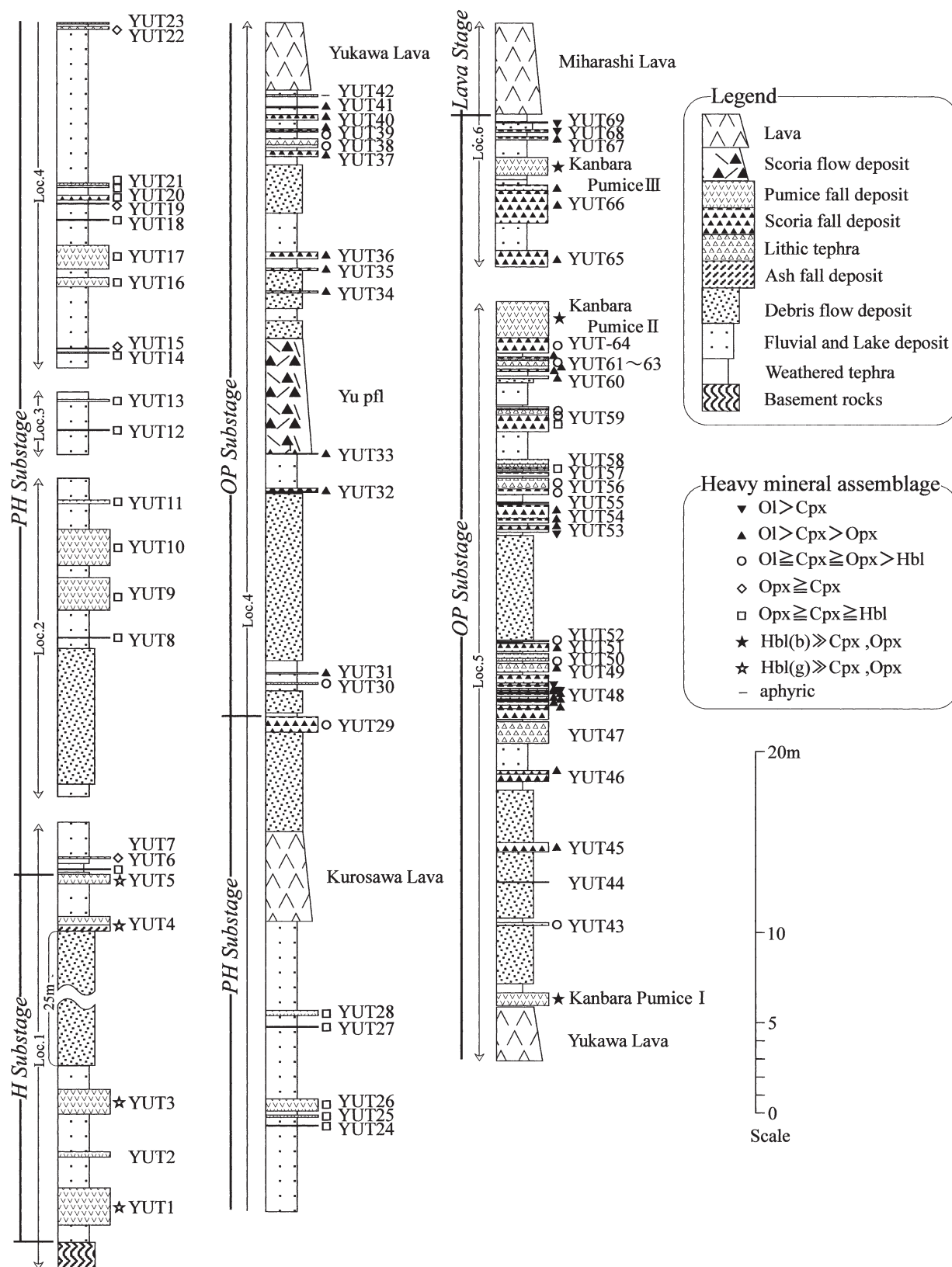


Fig.3. Columnar sections of volcanic products of the Tephra Stage from the Older Ontake Volcano (Yukawa Tephra Group) in the Yukawa region. The location is shown in Fig.1. Ol: olivine, Cpx: clinopyroxene, Opx: orthopyroxene, Hbl (g) : green hornblende, Hbl (b) : brown hornblende.

川地域 (Loc.1, 2, 3, 4, 5, 6) の降下テフラをテフラステージの模式地とし、この地域に分布する降下テフラを個々に記載する。模式地以外の地域に分布する降下テフラについては、その重鉱物組み合わせを Fig.2 に示し、東麓、南東麓、南西～西麓、北麓の各地域ごとに区分して、その概要を述べるにとどめる。溶岩層とテフラ鍵層との層序関係については確認できるものについて述べる。

a. 湯川地域の湯川テフラ群 [Yukawa Tephra Group: 新称]

湯川地域の露頭位置図と柱状図を Figs.1, 3 に示す。湯川地域に分布する降下テフラのうち、寒原パミス・「・」を除く 69 層を湯川テフラ群と称し、下位から順に湯川テフラ 1 ～ 69 (YUT1 ～ 69) と名称をつけた。湯川テフラ群の各層の層厚、色、層相、粒径、岩片の有無、風化の程度などを Table 1 にまとめて示す。湯川テフラ群から、層相、層準、重鉱物組み合わせを考慮して 11 層を選び、それらの粒子組成および重鉱物組成を測定して Table 2 に示した。

YUT1 ～ 5 は、湯川中流域、標高 1,120 m 右岸の崖 (Loc.1) に露出し、5 層の白色～黄白色の軽石質降下テフラからなる。各層の層厚は 30 ～ 205 cm で、軽石の粒径は 1 ～ 3 cm 程度である。複数のフォールユニットが認められるものは YUT4 のみである。新鮮な軽石を含むものが多く、粒子組成では火山ガラスが多く認められる。含まれる石質岩片には灰色の安山岩が多いが、YUT4, 5 は泥岩や花崗岩も含み、それらの粒径は 1 ～ 3 cm である。YUT1, 3, 4, 5 は重鉱物として緑色角閃石を多く含み、さらに YUT4 は黒雲母をわずかに含む (Table 1)。Loc.1 において YUT5 は、YUT6 に厚さ 5 cm 程度の風化火山灰層を挟み整合に覆われる (Fig.3)。溶岩層との直接の層序関係は不明である。

YUT6 ～ 29 は、湯川中流域、標高 1,120 ～ 1,200 m 右岸の崖 (Loc.1, 2, 3, 4) に露出する。YUT6 ～ 29 には、白色～黄白色の軽石質降下テフラが卓越し、数層のスコリア質降下テフラ (YUT20, 21a, 29) と石質降下テフラ (YUT21b, 22, 23) も存在する。各層の層厚は 3 ～ 200 cm で、複数のフォールユニットが認められるものは YUT21 のみである。YUT6 ～ 29 の本質物質の平均粒径は、1 cm 前後であるが、最大粒径では 5 cm を越すものを含むもの (YUT9, 20) もある。また、最大粒径 1 cm 程度の角閃石を含むもの (YUT9) や平均粒径数 mm の単斜輝石が目立つもの (YUT11, 12, 21) もある。本質物質は風化作用により粘土化しているものもある。これらの降下テフラは、粒径 0.5 ～ 数 cm 程度の灰色～青灰色の安山岩質岩片を含むことが多い。YUT6 ～ 29 には、重鉱物として褐色角閃石、斜方輝石、単斜輝石を含むものが卓越し、角閃石を欠くもの (YUT7, 15) や、かんらん石をわずかに含むもの (YUT29) もある (Table 1)。YUT29 は、Loc.4 において厚さ約 6 m の火山碎屑物を挟んで黒沢溶岩層 (Ks L) を整合に覆い、さらに厚さ約 1 m の火山碎屑物を挟んで YUT30 に整合に覆われる (Fig.3)。

YUT30 ～ 69 は、湯川中流域、標高 1,200 m 付近右岸の崖 (Loc.4, 5) および千本松小屋付近の崖 (Loc.6) に露出する。YUT30 ～ 69 には、赤色～黒色のスコリア質降下テフラが卓越し、石質降下テフラ (YUT38b, 39a, 42, 47, 49, 50, 56b,

58a, 58c, 58d, 59b, 62a) や、軽石質降下テフラ (YUT30, 44, 62b) も存在する。各層の層厚は 4 ～ 180 cm である。YUT 1 ～ 29 に比べ、YUT30 ～ 69 には複数のフォールユニットが確認できるものが多く、特に YUT48 は 13 ユニットからなる。YUT30 ～ 69 の本質物質の平均粒径は 0.5 ～ 3 cm 程度であるが、YUT65 中の本質物質は、最大で 40 cm に達することもある。本質物質は風化作用により粘土化しているものもある。また、平均粒径数 mm の単斜輝石が目立つもの (YUT32, 61, 65, 66, 67) もある。これらの降下テフラは、粒径 0.5 ～ 数 cm 程度の灰色～暗灰色の安山岩質岩片を含むことが多い。YUT30 ～ 69 には、重鉱物としてかんらん石、単斜輝石、斜方輝石、もしくはかんらん石、単斜輝石を含むものが卓越する。また、褐色角閃石、斜方輝石、単斜輝石、かんらん石を含むもの (YUT30, 38a, 39a, 43, 50, 52, 56, 59b, 59c, 62, 64) や、褐色角閃石、斜方輝石、単斜輝石を含むもの (YUT58a, 59a) もある (Table 1)。Loc.4 において YUT42 は湯川溶岩層に約 20 cm の砂およびシルト層を挟んで整合に覆われる。Loc.5 において YUT43 は約 3.5 m の火山碎屑物を挟んで寒原パミスを覆い、YUT64 は寒原パミス「」に直接覆われる。Loc.6 において YUT66 と YUT67 の間に寒原パミス「」が挟在する。YUT69 は約 50 cm の風化火山灰層を挟み見晴溶岩層 (Mh L) に整合に覆われる (Fig.3)。

b. 湯川地域以外の地域に分布する降下テフラ

b-1. 東麓地域 東麓地域の Loc.18 (白川上流域) に露出する降下テフラには、赤色～黒色のスコリア質降下テフラが卓越し、青灰色の石質降下テフラも数層存在する。これらの降下テフラは、重鉱物としてかんらん石、単斜輝石、斜方輝石を含むものが卓越し、褐色角閃石を含むものもわずかに存在する (Fig.2)。これらの降下テフラの層厚は 5 ～ 100 cm 程度である。スコリア質降下テフラの本質物質の平均粒径は 0.5 ～ 1 cm 程度であるが、最大で 20 cm を超えるものを含む降下テフラもある。本質物質は風化作用により粘土化しているものもある。これらの降下テフラは、Loc.18 において見晴溶岩層に覆われ、テフラ鍵層である寒原パミス「」を挟む (Fig.2)。

b-2. 南東麓地域 南東麓地域の Loc.7 ～ 10 (南俣川流域)、Loc.11 ～ 14 (大又川流域)、Loc.15, 16 (溝口川流域)、Loc.17 (鈴ヶ沢流域) に露出する降下テフラには、白色～黄白色の軽石質および黄灰色～黄褐色のスコリア質降下テフラが卓越し、青灰色～青緑色の石質降下テフラも存在する。また、これらの降下テフラには、重鉱物として褐色角閃石、斜方輝石、単斜輝石、もしくは斜方輝石、単斜輝石を含むものが卓越し、かんらん石を含むものもごくわずかに存在する (Fig.2)。軽石質およびスコリア質降下テフラの層厚は数 cm ～ 80 cm 程度である。Loc.11 ～ 16 (大又川流域、溝口川流域) に分布する石質降下テフラの層厚は、他地域のものに比べ厚く、最大で 200 cm を越すものもある。軽石質およびスコリア質降下テフラの本質物質の平均粒径は 0.5 ～ 1 cm 程度であり、本質物質は風化作用により粘土化していることが多い。これらの降下テフラと溶岩層の層序関係は、確認できる限りでは次の通りである。Loc.7, 8 では露出するすべての

Table 1. Facies and heavy mineral assemblages of air fall tephra beds from the Older Ontake Volcano. *: Sampling locality, *: degree of weathering, #: weak, ##: intermediate, ###: strong. ave: average, max: maximum. T: Tephra Stage, L: Lava Stage. afa: ash fall deposit, lfa: lithic fall deposit, pfa: pumice fall deposit, sfa: scoria fall deposit. bla.: black, blu.: blue, bro.: brown, dar.: dark, gra.: gray, gre.: green, ora.: orange, pur.: purple, re.: red, whi.: white, yel.: yellow. -: does not exist or little, +: poor, ++: common, +++: abundant. Ol: olivine, Cpx: clinopyroxene, Opx: orthopyroxene, Hbl (g): green hornblende, Hbl (b): brown hornblende. Bt: biotite.

name of tephra	stage	*	fall unit	type	color	thickness(cm)	grain		lithics	heavy mineral assemblage	**
							ave	max			
YUT46	T	5	b	sfa	dar.-gra.-bro.	20	0.8		-	Opx > Cpx > Ol	##
			a	sfa	dar.-gra.	40	1.0	2.0	+	unknown	
YUT45	T	5		sfa	re.	50	2.0	5.0	++	Ol > Cpx > Opx	##
YUT44	T	5		pfa	ora.	4	2.0		+	unknown	
YUT43	T	5				16	1.5		+++	Ol > Cpx > Opx (Hbl(b))	###
Kb.Pm. I	T	5		pfa	yel.-whi.	62	1.0		++	Hbl(b) > Opx, Cxp	##
YUT42	T	4		lfa	gra.	12	0.3		-	Aphyric	###
YUT41	T	4		pfa	yel.	4	0.3		++	Ol > Cpx > Opx	###
YUT40	T	4		sfa	dar.-yel.-gra.	31	0.3	1.0	+	Ol > Cpx > Opx	#
YUT39	T	4	b	sfa	pur.-gra.	10	0.8		-	Cpx > Ol > Opx	#
		a	lfa	gre.-gra.		7	0.4		-	Cpx > Ol > Opx (Hbl(b))	###
YUT38	T	4	b	lfa	dar.-gra.	34	0.3		-	unknown	
		a	sfa	bla., dar.-gra.		16	0.3	0.8	-	Cpx > Opx > Ol (Hbl(b))	##
YUT37	T	4		sfa	dar.-ore.-gra.	32	0.4		-	Ol > Cpx > Opx	#
YUT36	T	4		sfa	ora.-bro.	37	1.0		++	Ol > Cpx > Opx	##
YUT35	T	4		sfa	dar.-yel.-bro.	13	0.8		-	Cpx > Ol > Opx	##
YUT34	T	4		sfa	dar.-re.-bro.	10	0.4	1.0	-	Cpx > Ol > Opx	##
YUT33	T	4		sfa	dar.-or.-gra.	4	1.0		-	Opx > Cpx > Ol	#
YUT32	T	4		sfa	pur.-gra.	18	0.6		-	Cpx > Opx > Ol	###
YUT31	T	4		sfa	re.-bro.	5	0.7		+	Cpx > Opx > Ol	
YUT30	T	4		pfa	yel.	9	0.5		++	Cpx > Opx > Ol > Hbl(b)	##
YUT29	T	4		sfa	yel.-whi., gra.-whi.	88	1.0	3.0	+	Cpx > Opx > Hbl(b) > Ol	###
YUT28	T	4		pfa	gra.-whi.	29	0.4		-	Opx > Cpx > Hbl(b)	###
YUT27	T	4		pfa	yel.-bro.	4	0.3		-	Opx > Cpx > Hbl(b)	#
YUT26	T	4		pfa	gra.-whi.	67	1.0	3.0	+	Opx > Cpx > Hbl(b)	#
YUT25	T	4		pfa	yel.-gra.	13	1.0		-	Opx > Cpx > Hbl(b)	##
YUT24	T	4		pfa	gra.-whi.	3	1.0		-	Opx > Cpx > Hbl(b)	#
YUT23	T	4		lfa	blu.-gra.	8	1.0		-	unknown	
YUT22	T	4		lfa	blu.-gra.	15	1.0	2.5	-	Opx > Cpx > Hbl(b)	##
YUT21	T	4	b	lfa	gre.-gra.	11	1.0		-	Opx > Cpx > Hbl(b)	##
		a	sfa	dr.-yel.-bro.		13	0.2	0.5	-	Opx > Cpx > Hbl(b)	###
YUT20	T	4		sfa	bla.	27	1.0	6.0	-	Opx > Cpx > Hbl(b)	#
YUT19	T	4		pfa	whi.	4	1.0		-	Opx > Cpx > Hbl(b)	##
YUT18	T	4		pfa	yel.-whi.	6	1.0		-	Hbl(b) > Opx > Cpx	#
YUT17	T	4		pfa	yel.-whi.	130	1.0	2.0	++	Opx > Hbl(b) > Cpx	##
YUT16	T	4		pfa	yel.-bro.	50	1.0	3.0	++	Opx > Hbl(b) > Cpx	##
YUT15	T	4		pfa	gra.-whi.	4	1.0		-	Opx > Cpx	###
YUT14	T	4		pfa	gra.-whi.	7	1.0		-	Opx > Cpx > Hbl(b)	#
YUT13	T	3		pfa	yel., yel.-whi.	13	1.0		+	Hbl(b) > Opx > Cpx	##
YUT12	T	3		pfa	yel.	5	1.0		+	Opx > Hbl(b) > Cpx	##
YUT11	T	2		pfa	yel.-whi.	20	1.0		+	Opx > Cpx > Hbl(b)	###
YUT10	T	2		pfa	yel.-ora.	200	1.0	4.0	++	Opx > Cpx > Hbl(b)	##
YUT9	T	2		pfa	yel.-whi.	180	1.0	5.0	++	Opx > Cpx > Hbl(b)	###
YUT8	T	2		pfa	whi., whi.-yel.	4	1.0		-	Opx > Hbl(b) > Cpx	###
YUT7	T	1		pfa	yel.-whi.	10	0.5		-	Opx > Cpx	###
YUT6	T	1		pfa	yel.-whi.	5	0.5		-	Opx > Cpx > Hbl(b)	###
YUT5	T	1		pfa	whi.	53	1.0	2.0	++	Hbl(g) > Hbl(b) > Opx > Cpx	#
YUT4	T	1	b	pfa	whi., gra.	46	1.0	2.5	+++	Hbl(g) > Hbl(b) > Cpx > Opx, Bt	#
		a	afa	gra.		36	silt		-	unknown	
YUT3	T	1		pfa	whi.-yel., gra.	137	1.0	3.0	++	Hbl(g) > Hbl(b) > Opx (Cpx)	#
YUT2	T	1		pfa	whi.-yel.	30	0.5	1.0	+	unknown	
YUT1	T	1		pfa	whi.-yel.	205	0.5	1.0	++	Hbl(g) > Hbl(b) > Opx (Cpx)	###

降下テフラは、岩井沢溶岩層 (Iz L) と下樽沢溶岩層 (St L) の間に位置する。Loc.9, 10 では大正滝溶岩層 (Td L) の下位に位置する1枚の降下テフラの他はすべて同溶岩層より上位、三笠山溶岩層 (Mk L) より下位に位置する。Loc.14 では露出するすべての降下テフラは、鞍越溶岩層 (Kg L) の下位に位置し、Loc.15 では露出するすべての降下テフラは、王滝溶岩層 (Ot L) の下位に位置する (Fig.2)。さらに、この地域の広い範囲 (Loc.8, 13, 14, 16, 17) においてテフラ鏈

層である里宮パミスが、また、Loc.16 においては古期御岳火山以外の火山が給源と考えられる (松本盆地団体研究グループ, 2002) 溝口火山灰。・「(ガラス質火山灰) が Fig.2 に示した層準に挟在する。

b-3. 南西～西麓地域 南西～西麓地域に分布する降下テフラは他地域のものに比べ層数が少なく、各層の層厚も薄く、粒径も小さい。また、降下テフラの本質物質は風化作用により粘土化している。

Continued from Table 1.

name of tephra	stage	*	fall unit	type	color	thick-ness(cm)	grain		lithics	heavy mineral assemblage	**
							ave	max			
KKT	L	40		pfa	ora.	10	0.5		-	Opx>Hbl(b)>Cpx	###
KZT	L	39		pfa	yel.-whi.	15	0.5	1.0	+	Hbl(b)>Opx>Cpx	###
Htz.Pm.	L	39		pfl	whi.-yel.	870	0.8	2.0	+	Opx>Hbl(b)>Cpx, Bt	##
YUT69	T	6		sfa	dar.-re.-gra.	6	0.5		-	Ol>Opx	#
YUT68	T	6		sfa	dar.-re.-bro.	15	0.8		+	Ol>Cpx	###
YUT67	T	6		sfa	yel.-bro.	18	1.0		-	Ol>Cpx>Opx	###
Kb.Pm. III	T	6		pfa	ora., yel.-whi.	100	3.0	20.0	+	Hbl(b)>Opx, Cpx	###
YUT66	T	6	b	sfa	dar.-re.-bro., yel.-bro.	30	1.5		+	Ol>Cpx>Opx	##
			a	sfa	dar.-re.-bro., pur.-gra.	180	3.0	15.0	+	Ol>Opx>Cpx	###
YUT65	T	6		sfa	re.-bro.	90	5.0	40.0	+	Ol>Cpx>Opx	##
Kb.Pm. II	T	5		pfa	ora., yel.-whi.	200	1.5	15.0	++	Hbl(b)>Opx, Cpx	###
YUT64	T	5		sfa	dar.-re.-bro.	84	0.5	1.5	+++	Cpx>Ol>Opx>Hbl(b)	###
YUT63	T	5		sfa	dar.-bro.	12	1.5		+++	Ol>Cpx>Opx	###
YUT62	T	5	b	pfa	yel.	8	1.0		+++	unknown	
			a	pfa	yel.-gra.	29	0.5	2.0	-	Hbl(b)>Opx>Ol>Cpx	###
YUT61	T	5	b	sfa	re.-bro.	18	0.4	1.0	-	Ol>Cpx>Opx	###
			a	sfa	yel.-bro.	13	0.3		-	Ol>Cpx>Opx	###
YUT60	T	5		sfa	yel.-bro.	15	v.c.sd		-	Ol>Cpx>Cpx	##
YUT59	T	5	d	sfa	yel.-bro.	11	0.5		-	unknown	
			c	sfa	ora.-bla.	6	1.0		+	Cpx>Ol>Opx>Hbl(b)	###
			b	lfa	blu.-gra., re.-bro., gre.	28	1.0	5.0	-	Cpx>Hbl(b)>Opx>Ol	###
			a	sfa	blu.-gra., re.-bro.	92	0.5	2.0	+	Hbl(b)>Cpx>Opx (Ol)	###
YUT58	T	5	d	lfa	blu.-gra.	26	v.c.sd		-	unknown	
			c	lfa	dar.-pur.-gra.	18	v.c.sd		-	unknown	
			b	afa	pur.-gra.	9	silt		-	unknown	
			a	lfa	dar.-blu.-gra.	11	1.5		-	Hbl(b)>Cpx>Opx	###
YUT57	T	5		sfa	re.-bro.	20	0.3		++	unknown	
YUT56	T	5	b	lfa	blu.-gra., dar.-gra.	59	2.0		-	Ol>Cpx>Opx>Hbl(b)	###
			a	sfa	re.-bro.	32	0.5	1.5	++	Cpx>Opx>Ol (Hbl(b))	###
YUT55	T	5		sfa	re.-bro.	5	0.5	1.5	++	unknown	
YUT54	T	5	b	sfa	re., bla.	74	2.0	5.0	+	Ol>Cpx>Opx	##
			a	sfa	re.-bro.	27	0.5	1.5	-	Ol>Cpx>Opx	##
YUT53	T	5	b	sfa	dar.-re.-bro.	22	1.0		-	Ol>Opx>Cpx	##
			a	sfa	bro.	14	v.c.sd		-	Ol>Cpx	##
YUT52	T	5		sfa	re.-bro.	7	1.0		-	Cpx>Ol>Opx (Hbl(b))	###
YUT51	T	5		sfa	re.-bro.	45	1.0	3.0	+	Ol>Cpx>Opx	###
YUT50	T	5	b	lfa	blu.-gra., gre.-gra.	27	0.5	1.0	-	Ol>Cpx>Opx>Hbl(b)	##
			a	lfa	gre.-gra.	15	1.0	2.0	-	Hbl(b)>Ol>Opx>Cpx	###
YUT49	T	5		lfa	blu.-gra.	47	0.5	2.0	-	Ol>Cpx>Opx	###
YUT48	T	5	m	sfa	re.-bro.	44	2.0	5.0	++	unknown	
			l	sfa	dar.-yel.-bro.	12	0.7		-	Ol>Cpx	#
			k	sfa	dar.-re.-gra.	17	0.5		-	unknown	##
			j	sfa	yel.-bro.	11	0.4		++	Ol>Cpx	##
			i	sfa	dar.-re.-bro.	9	1.5		-	Ol>Cpx>Opx	##
			h	sfa	yel.-bro.	7	0.6		-	Ol>Cpx>Opx	##
			g	sfa	dar.-ora.-bro.	15	0.4		-	Ol>Cpx>Opx	#
			f	sfa	dar.-ora.	13	v.c.sd		-	unknown	
			e	sfa	yel.-bro.	4	0.5		-	Ol>Cpx>Opx	#
			d	sfa	yel.-bro.	27	1.0	2.0	-	Ol>Cpx>Opx	##
			c	sfa	re.-bro.	20	1.0	2.0	-	Ol>Cpx>Opx	#
			b	sfa	yel.-bro.	19	1.0		-	Ol>Cpx>Opx	#
			a	sfa	re.-bro.	60	0.5	2.0	+	unknown	
YUT47	T	5		lfa	dar.-gra.-bro.	120	1.0	3.0	-	unknown	

Loc.19 (下黒沢流域) に露出する降下テフラは、重鉱物として斜方輝石、単斜輝石、もしくはごくわずかに褐色角閃石を含み、Loc.20 (シン谷流域) に露出する降下テフラは、重鉱物として褐色角閃石、斜方輝石、単斜輝石を含む (Fig.2)。これらの降下テフラは黄白色～灰色の軽石質降下テフラからなる。降下テフラの層厚は数 cm ～ 20 cm 程度で、本質物質の粒径は数 mm ～ 3 cm である。Loc.19 に露出する降下テフラは、下黒沢溶岩層 (Sk L) と小切谷溶岩層 (Kd L) の間

に挟まれる。また、Loc.26 (大川小谷流域) には古期御岳火山以外の火山が給源と考えられる (松本盆地団体研究グループ, 2002) 大川小谷火山灰。・「(ガラス質火山灰) が分布する。

一方、Loc.21 (本谷)、Loc.23 (兵衛谷流域) に露出する降下テフラは、重鉱物としてかんらん石、斜方輝石、単斜輝石、もしくは斜方輝石、単斜輝石を含む、黄褐色～赤褐色のスコリア質降下テフラからなる (Fig.2)。降下テフラの層厚は 4

Table 2. Petrographical features of air fall tephra beds of the Older Ontake Volcano. T: Tephra Stage, L: Lava Stage. Gl: volcanic glass, Qtz: quartz, Pl: plagioclase, R.F.: rock fragment, H.M.: heavy minerals. Hbl (g): green hornblende, Hbl (b): brown hornblende, Ol: olivine, Cpx: clinopyroxene, Opx: orthopyroxene, Bt: biotite, Opq: opaque mineral, Ap: apatite, Zrn: zircon. +: exists in a prepared slide, --: does not exist in a prepared slide.

name of tephra	stage	Sampling locality	grain composition(%)					heavy mineral composition(%)								
			Gl	Qtz	Pl	R.F.	H.M.	Hbl(g)	Hbl(b)	Cpx	Opx	Ol	Bt	Opq	Ap	Zrn
KKT	L	40	--	--	38.4	36.7	24.9	--	14.1	4.0	44.6	--	--	36.6	0.7	--
KZT	L	39	--	--	44.6	45.4	10.0	--	38.5	4.2	17.7	--	--	39.6	--	--
YUT67	T	6	--	--	11.3	24.6	64.1	--	--	33.9	35.3	28.6	--	2.2	--	--
YUT66a	T	6	--	--	65.5	8.7	25.8	--	--	4.2	9.2	24.4	--	62.2	--	--
YUT48d	T	5	--	--	38.5	44.9	16.6	--	--	13.0	9.4	42.6	--	35.0	--	--
YUT26	T	5	35.0	--	43.0	1.8	15.9	--	16.5	26.7	41.7	--	--	14.6	0.5	--
YUT10	T	2	6.0	--	42.1	35.7	14.4	--	3.1	19.7	53.7	--	--	23.1	0.4	--
YUT9	T	2	3.8	--	55.6	11.3	24.6	--	18.7	33.5	42.6	--	--	4.8	0.5	--
YUT6	T	1	2.6	--	60.1	4.2	30.3	--	8.7	39.6	47.8	--	--	3.9	--	--
YUT5	T	1	36.4	--	50.8	2.6	1.1	70.8	17.3	0.4	0.8	--	--	10.7	+	+
YUT4	T	1	34.6	--	46.9	4.7	2.8	54.4	15.6	0.8	0.4	--	+	24.5	--	--
YUT3	T	1	35.6	--	37.7	0.7	1.8	70.2	15.7	+	1.7	--	--	11.9	0.4	--
YUT1	T	1	--	--	57.3	30.1	7.6	69.9	5.2	+	2.0	--	--	22.5	0.4	--

～15 cm 程度で、本質物質の粒径は数 mm ～1 cm 程度である。Loc.21, 23 に露出する降下テフラは、Loc.21 では本谷溶岩層 (Hn L) に覆われ、Loc.23 では上俣山溶岩層 4・5・6 (Km4・5・6 L) を挟む (Fig.2)。また、テフラ鍵層である寒原パミスが Loc.24 において兵衛谷溶岩層 (Hy L) を覆い、寒原パミスが Loc.25 において上俣山溶岩層 8 (Km8 L) を直接覆う (松本盆地団体研究グループ, 2002)。

b-4. 北麓地域 北麓地域の Loc.27 (西又川支流), Loc.28 (登立谷流域), Loc.29 (幕岩川中流域), Loc.30 (眞俣谷下流域) に露出する降下テフラには、白色～黄白色の軽石質降下テフラが卓越し、わずかに赤褐色のスコリア質および青灰色～灰色の石質降下テフラも存在する。また、これらの降下テフラには、重鉱物として褐色角閃石、斜方輝石、単斜輝石、もしくは斜方輝石、単斜輝石を含むものが卓越し、かんらん石を含むものもごくわずかに存在する (Fig.2)。降下テフラの層厚は数 cm ～50 cm 程度である。軽石質降下テフラの本質物質の平均粒径は 0.5 ～1 cm 程度であり、本質物質は風化作用により粘土化していることが多い。これらの降下テフラの一部は、Loc.30 において胡桃溶岩層 (Ku L) の下位に位置する (Fig.2)。

一方、Loc.31 (冷川流域), Loc.32 (幕岩川上流域), Loc.33, 34 (千間樽沢流域), Loc.35, 36 (小樽沢流域), Loc.37, 38 (眞俣谷上流域) に露出する降下テフラには、赤色～黒色のスコリア質降下テフラが卓越し、灰色～青灰色の石質降下テフラも数層存在する。また、これらの降下テフラには、重鉱物としてかんらん石、単斜輝石、斜方輝石、もしくはかんらん石、単斜輝石を含むものが卓越し、褐色角閃石を含むものや、斜方輝石、単斜輝石を含むものも数層存在する (Fig.2)。降下テフラの層厚は数 cm ～80 cm 程度である。スコリア質降下テフラの本質物質の平均粒径は 0.5 ～1 cm 程度であり、最大で 15 cm に達するものを含む降下テフラもある。本質物質は風化作用により粘土化しているものもある。これらの降下テフラと溶岩層の層序関係は、確認できる限りでは次の通りである。Loc.34 では露出する降下テフラ

は、千間樽溶岩層 (Sg L) の上位と下位に位置する。Loc.36 では千間樽溶岩層の下位に位置する降下テフラと同溶岩層より上位、小樽沢溶岩層 (Sd L) より下位に位置する降下テフラがある。Loc.37, 38 では東俣谷溶岩層 (Hm L) の下位に位置する降下テフラと同溶岩層よりも上位、尾原溶岩層 (Ob L) よりも下位に位置する降下テフラがある (Fig.2)。

2. テフラステージの火砕流堆積物

Cas and Wright (1991) の判断基準に従い、テフラステージの火山砕屑物のうち、淘汰が悪く、基質支持であり、単層の表層部に高温酸化した赤色部がみられるものを火砕流堆積物として記載する。ただし、千間樽火砕流堆積物については、上部が剝剥されており赤色の高温酸化部を確認することができなかった。しかし、構成物質および堆積構造が他の火砕流堆積物と酷似するため火砕流堆積物と判断した。

テフラステージの火砕流堆積物の模式地、層厚、本質礫の形状、最大粒径および重鉱物組み合わせなどを Table 3 に示す。各火砕流堆積物の名称は全て新称である。なお、テフラステージの火砕流堆積物は小規模で連続性が悪く、模式地周辺でしか確認できないため、各火砕流堆積物の相互の層序関係を直接確認することができないが、放射年代値の測定された溶岩層と各層の層序関係から、それらの層準を位置づけた (Fig.2)。

テフラステージの火砕流堆積物は、発泡の良い礫と同質の基質からなる非溶結のスコリア流堆積物である。それらの層厚は 180 ～800 cm である。三股沢火砕流堆積物 (Ms pfl) と上谷火砕流堆積物 (Ut pfl) は、長径数 mm の少量の輝石斑晶を含む多孔質な暗灰色～暗紫灰色安山岩質火山岩塊および同質の火山礫と火山灰で構成され、本質礫には放射状の冷却節理が認められる。湯川火砕流堆積物 (Yu pfl)、小樽沢火砕流堆積物 1・2 (Sd pfl1・2)、千間樽火砕流堆積物 (Sg pfl)、幕岩川火砕流堆積物 (Mg pfl) は、長径数 mm のかんらん石や単斜輝石斑晶をわずかに含む多孔質な暗灰色～黒色玄武岩質安山岩火山岩塊および同質の火山礫と火山灰で構成され、本質礫の多くは cauliflower bomb (Lorenz and Zi

Manowski, 1984) に似た, もこもこした外形を示し, そのような外形の礫の破片も多く含まれる. テフラステージの火砕流堆積物中の本質礫の粒径は, 一般に数 cm ~ 120 cm 程度であるが, 幕岩川火砕流堆積物は, 最大で 180 cm に達するものを含む. いずれの火砕流堆積物も淘汰が悪いが, 湯川火砕流堆積物, 小樽沢火砕流堆積物 1・2, 千間樽火砕流堆積物, 幕岩川火砕流堆積物は, 下部に比較的礫径の大きなものが多く, ゆるやかに正級化をなす. また, 千間樽火砕流堆積物と幕岩川火砕流堆積物は, 基底部に暗灰色~黒色の火山礫の混じる粗粒~極粗粒砂サイズの火山灰薄層を伴う.

3. 溶岩ステージの降下テフラおよび火砕流堆積物

溶岩ステージの降下テフラはテフラステージのものに比べると層数が少なく, テフラ鍵層になっている白布沢パミスを除くとわずかに 2 層しか確認できない. また, 火砕流堆積物は白布沢パミスを除き確認できなかった. ここでは, 松本盆地団体研究グループ (2002) ですでに記載されている白布沢パミスを除く 2 層の降下テフラを記載し, 各層の層厚, 色, 層相, 粒径, 岩片の有無, 風化の程度などを Table 1 に, 粒子組成, 重鉱物組成を Table 2 に示す.

a. 上浦沢テフラ [KZT: 新称]

白布谷, 標高 1,470 m 左岸の支流, 標高 1,570 m 地点 (Loc.39) を模式地とする黄白色の軽石質降下テフラである. 露頭位置図と模式地の柱状図を Figs.1, 2 に示す. 模式地にのみ露出し, 層厚は約 15 cm である. 軽石は風化作用により粘土化している. 軽石の粒径は 0.5 ~ 1 cm 程度である. 重鉱物として主に褐色角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石を含む. 本層の層位は白布沢パミスより上位で, 箱谷溶岩層 (Ht L) より下位である.

b. 上黒沢テフラ [KKT: 新称]

滝越併用林道, 標高 1,450m 地点 (Loc.40) を模式地とする橙色の軽石質降下テフラである. 露頭位置図と模式地の柱状図を Figs.1, 2 に示す. 模式地にのみ露出し, 層厚は約 10 cm である. 軽石は風化作用により粘土化している. 軽石の粒径は 0.5 cm 程度である. 重鉱物として主に褐色角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石を含む. 本層の層位は上黒沢溶岩層 (Kk L) より上位で, 滝越溶岩層 (Tg L) より下位である.

降下テフラに含まれる角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石の化学組成

1. 分析試料および分析方法

古期御岳火山の降下テフラ中に新鮮な状態で残っている角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石の主成分化学組成の測定を, 信州大学理学部地質科学教室の SEM (日本電子製 JSM-5310E) -EDAXDX4 システム (EDS) で行った. 測定条件は加速電圧 15kv, 照射電流約 7.2×10^{-10} A, 試料傾斜角度 20°, X 線取り出し角 48.17°, 計測時間 120 秒, 測定強度約 1,500cps である. 補正計算は ZAF 法により, Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ni の各酸化物とアルバイト, ウォラストナイト, アデュラリアの単結晶を標準物質として定量値を求めた. また, 分析精度を確かめるため Astimex Scientific Ltd 社製の MINM25-53 Mineral Mount の真値の明らかなケルースタイトの定点分析を行った. 10 回の分析を行い, 繰り返し測定によって得られる偶然誤差を, 含有量に対する標準偏差の割合で示すと, SiO₂; 0.8 %, TiO₂; 2.0 %, Al₂O₃; 1.3 %, FeO; 2.2 %, MgO; 2.7 %, CaO; 1.2 %, Na₂O; 5.3 %, K₂O; 4.0 % である. その分析結果, 真値, 平均値, 標準偏差, 繰り返し測定によって得られる偶然誤差を Table 4 に示す.

EDS による重鉱物の主成分化学組成分析を行ったのは, Table 2 に記載した全試料とテフラ鍵層である里宮パミス, 寒原パミス. 「・」である. 里宮パミス, 寒原パミス. 「・」, YUT1, 3, 4b, 5, 6, 9, 10, 26 (テフラステージ) および KZT, KKT (溶岩ステージ) に含まれる角閃石, YUT1, 3, 6, 9, 10, 26, 48d, 66a, 67 (テフラステージ) および KZT, KKT (溶岩ステージ) に含まれる斜方輝石, YUT6, 9, 10, 26, 48d, 67 (テフラステージ) および KZT, KKT (溶岩ステージ) に含まれる単斜輝石を分析した. 測定に用いた試料は全て模式地のものである. 100 ~ 200 メッシュ (78 ~ 144 μ m) の粒径の重鉱物をネオジウム磁石を用いて濃集し, 分析用試料とした. 磁選の残留フラクションには, 有色鉱物は一切残っていないことを確認した. また, 降下テフラに含まれる結晶は, 溶岩に含まれるものに比べ破碎の程度が大きく, さらに前処理の過程での破碎も考えられるため, 核部と縁部の区別が困難である. よって, 1 つの結晶片では中央付近を 1 点測定するにとどめ, それぞれの試料で各鉱物種につき 20 ~ 25 粒測定した. ただし, YUT10 の角閃石, YUT67 の斜方

Table 3. Facies and heavy mineral assemblages of pyroclastic flow deposit of Tephra Stage. sfl: scoria flow deposit. bla. : black, dar. : dark, gra. : gray, pur. : purple. Ol: olivine, Cpx: clinopyroxene, Opx: orthopyroxene.

name of tephra	type locality	type	color	thickness(cm)	maximum grain size(cm)	characteristic shape of essential ejecta	heavy mineral assemblage
Ms pfl	8	sfl	dar.-gra., da.r-pur.-gra.	400	50	radially jointed blok	Cpx>Opx
Ut bpfl	9	sfl	dar.-gra., dar.-pu.r-gra.	280	50	radially jointed blok	Opx \geq Cpx
Yu pfl	4	sfl	dar.-gra., bla.	700	120	cauliflower bomb	Cpx \geq Opx \gg Ol
Sd pfl1	36	sfl	dar.-gra., bla.	180	80	cauliflower bomb	Ol>Cpx
Sd pfl2	35	sfl	dar.-gra., bla.	250	80	cauliflower bomb	Cpx>Ol \geq Opx
Sg pfl	34	sfl	dar.-gra., bla.	>350	80	cauliflower bomb	Cpx>Ol
Mg pfl	32	sfl	dar.-gra., bla.	800	180	cauliflower bomb	Cpx \geq Ol

輝石, KZT の斜方輝石および単斜輝石については含有量が比較的少ないため 10 粒測定したのみである。

2. 分析結果

角閃石の分析結果を mg * 値 ($\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe})$) を横軸に、酸素数 $O = 23$ に対する各陽イオン数を縦軸にとったグラフ (Fig.4) にプロットした。また、代表的な分析値を Table 5 に示す。テフラステージの降下テフラに含まれる角閃石は化学組成から、1) 里宮パミス, 寒原パミス。・「・」(褐色角閃石を多く含む降下テフラ), 2) YUT1, 3, 4b, 5 (緑色角閃石を多く含む降下テフラ), 3) YUT6, 9, 10, 26 (斜方輝石, 単斜輝石, 褐色角閃石を含む降下テフラ) の 3 グループに区分できる。里宮パミス, 寒原パミス。・「・」に含まれる角閃石の化学組成は、テフラステージの降下テフラに含まれる角閃石の組成に比べ、どの元素についても組成範囲が狭いことで特徴づけることができる。YUT1, 3, 4b, 5 に含まれる角閃石の化学組成は、テフラステージの他の降下テフラに含まれる角閃石の化学組成に比べ, Si, Fe に富み, Ti, Al, Na に乏しいことで特徴づけることができる。また, YUT1, 3 と YUT4b, 5 に区分でき, 前者は後者に比べ Si, Mg に富み, Ti, Al, Na に乏しい。YUT6, 9, 10, 26 に含まれる角閃石の化学組成は、テフラステージの他の降下テフラに含まれる角閃石の組成に比べ Ti, Al に富み, Si, Fe に乏しいことで特徴づけることができる。KZT, KKT (溶岩ステージの降下テフラ) に含まれる角閃石の化学組成は、里宮パミス, 寒原パミス。・「・」に含まれる角閃石の組成に類似するが、それらに比べ Si に乏しく, Na, K に富むことで特徴づけることができる。特に KKT に含まれる角閃石の化学組成は、他のどの降下テフラに含まれる角閃石よりも Ti に富む。

斜方輝石, 単斜輝石の分析結果を Mg, Fe, Ca の三角ダイアグラム (Fig.5) に示す。テフラステージの降下テフラに含まれる斜方輝石は化学組成から、1) YUT1, 3 (緑色角閃石を多く含む降下テフラ) と、2) YUT6, 9, 10, 26 (斜方輝石, 単斜輝石, 褐色角閃石を含む降下テフラ), YUT48d, 66a, 67 (かんらん石, 単斜輝石, 斜方輝石を含む降下テフラ) の 2 グループに区分できる。YUT1, 3 に含まれる斜方輝石の化学組成は、他の降下テフラに含まれる斜方輝石に比べ Ca に乏しい。KZT, KKT (溶岩ステージの降下テフラ) に含まれる斜方輝石の化学組成は、YUT6, 9, 10, 26, 48d, 66a, 67 に含まれる斜方輝石の化学組成に類似する。テフラステージの降下テ

フラに含まれる単斜輝石は化学組成から、1) YUT6, 9, 10, 26 (斜方輝石, 単斜輝石, 褐色角閃石を含む降下テフラ) と、2) YUT48d, 67 (かんらん石, 単斜輝石, 斜方輝石を含む降下テフラ) に区分できる。YUT6, 9, 10, 26 に含まれる単斜輝石の化学組成は、YUT48d, 67 に比べ Ca にやや富む。KZT, KKT (溶岩ステージの降下テフラ) に含まれる単斜輝石の化学組成は、YUT6, 9, 10, 26 と YUT48d, 67 の中間的な組成範囲をもつ。

議 論

1. 古期御岳火山噴出物中の降下テフラの起源

まず、本論で記載した古期御岳火山噴出物中に挟在する降下テフラの給源火山について検討する。中部日本に位置し、古期御岳火山と重なる活動時期をもつ第四紀火山には、白馬大池火山 (清水ほか, 1988; 及川ほか, 2001), 上宝火山 (原山, 1990; 鈴木, 2000), 四阿火山 (金子ほか, 1989), 黒富士火山 (三村ほか, 1994) がある。白馬大池火山の噴出物中には、大規模な降下テフラや火砕流堆積物は発見されておらず、同火山は大規模テフラを噴出する活動を行わなかった可能性が高い (柵山, 1980)。上宝火山においては、貝塩給源火道から大規模な上宝火砕流堆積物が噴出し (原山, 1990), それに伴い広域テフラである貝塩上宝テフラが形成された (鈴木, 2000)。しかし、このテフラは黒雲母を多く含み、本論で記載した降下テフラに対比できるものはない。四阿火山では、降下軽石や軽石流が噴出し (田辺・上信火山団体研究グループ, 1992), 黒富士火山では、5 層の大規模な火砕流が噴出したことが明らかにされている (三村, 1967; 三村ほか, 1984) が、日本のテフラは、給源火山の東側に広く分布する傾向がある (町田・新井, 1992) ので、四阿・黒富士火山とも古期御岳火山の東方約 100km に位置することを考えると、古期御岳火山まで比較的粗粒な降下テフラをもたらしたとは考えにくい。よって、本論で記載した降下テフラは、全て古期御岳火山起源であると考えられる。

2. テフラの層序および記載岩石学的特徴に基づく火山活動史

古期御岳火山の降下テフラは、風化しているものが多く、その風化程度もさまざまであるが、一部のテフラでかんらん石が変質しているのみで、その他の重鉱物はほとんど新鮮である。よって、降下テフラの重鉱物組み合わせは初生的な性

Table 4. Results of EDX analyses of standard kaersutite. ave: average, st: standard deviation.

No	kaer1	kaer2	kaer3	kaer4	kaer5	kaer6	kaer7	kaer8	kaer9	kaer10	ave	st	st/ave(%)	true value(wt.%)
SiO ₂	39.78	39.59	39.46	39.99	39.79	39.20	39.87	39.24	39.17	39.19	39.53	0.32	0.80	40.09
TiO ₂	5.10	5.27	5.26	5.38	5.29	5.19	5.36	5.35	5.18	5.44	5.28	0.10	1.98	5.04
Al ₂ O ₃	13.93	13.67	13.90	13.58	13.47	13.56	13.49	13.51	13.47	13.46	13.60	0.18	1.29	12.36
FeO	11.79	11.20	11.58	11.34	11.32	11.17	11.31	11.42	10.92	11.07	11.31	0.25	2.20	12.23
MgO	12.16	13.31	12.48	12.97	12.97	13.23	13.04	12.84	13.07	12.71	12.88	0.35	2.71	12.36
CaO	11.07	11.16	11.14	11.24	11.09	11.05	11.39	11.28	11.15	10.94	11.15	0.13	1.15	11.56
Na ₂ O	2.70	2.56	2.90	2.47	2.86	2.50	2.65	2.78	2.66	2.71	2.68	0.14	5.34	2.44
K ₂ O	1.07	1.19	1.19	1.18	1.19	1.21	1.17	1.17	1.14	1.09	1.16	0.05	3.98	1.17
Total	97.60	97.95	97.91	98.15	97.98	97.11	98.28	97.59	96.76	96.61				97.25

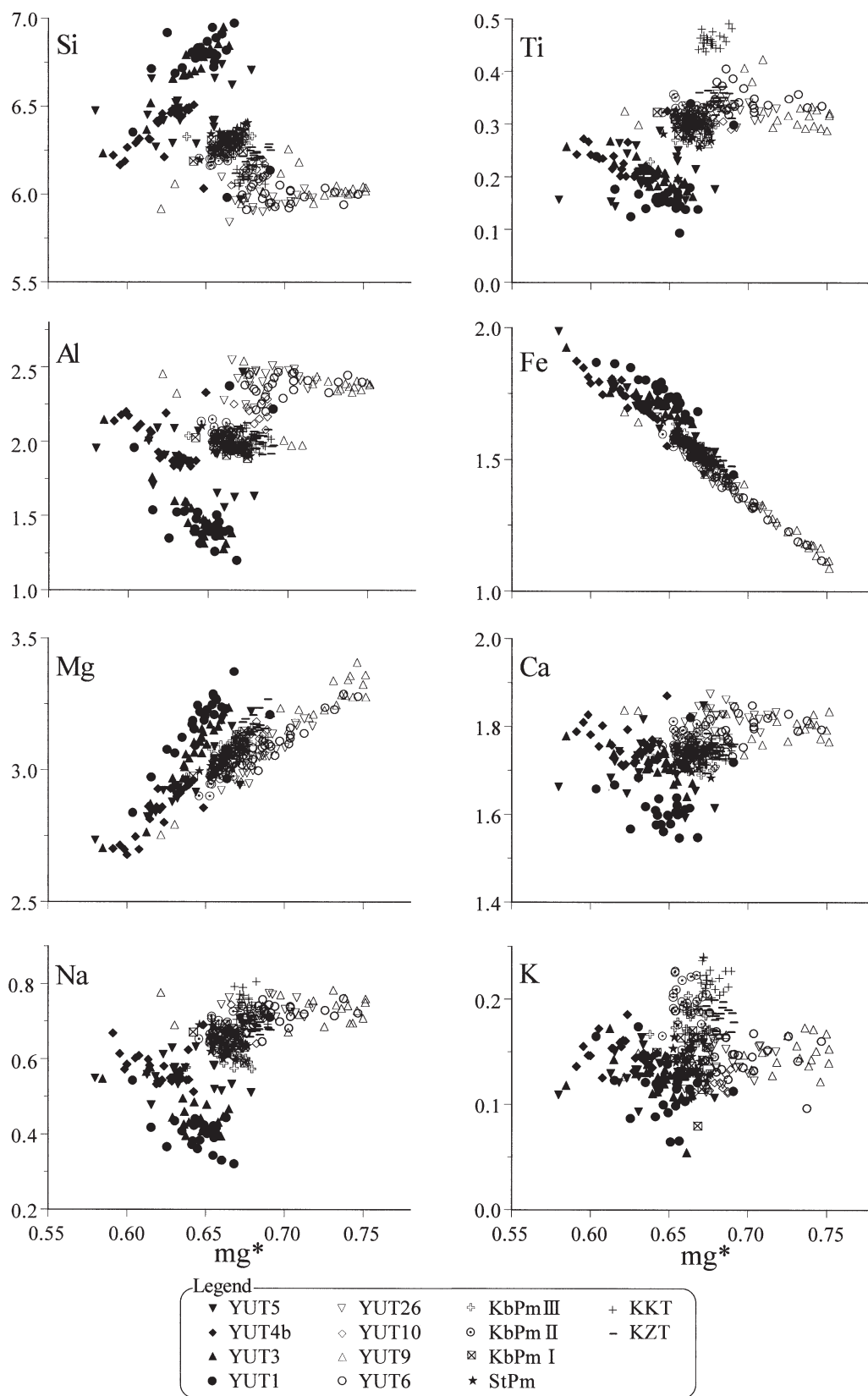


Fig.4. Relationships between mg^* ($Mg/(Mg+Fe)$) and atomic ratio (O=23) of cations in hornblende. StPm = Satomiya Pumice, KbPm \circ = Kanbara Pumice \circ , KbPm Γ = Kanbara Pumice Γ , KbPm \sqcap = Kanbara Pumice \sqcap .

中谷溶岩層 (Nt L; 0.724 ± 0.014 Ma), 大正滝溶岩層 (Td L; 0.709 ± 0.011 Ma) を挟むもの (Fig.2) があり, 広い範囲で里宮パミス (約 $0.73-0.70$ Ma) を挟む。また, 南東麓地域に露出するテフラを覆う溶岩層の中では, 鞍越溶岩層 (Kg L; 0.695 ± 0.007 Ma) から最も古い年代が得られている。里宮パミスと溶岩層の年代値から考えて, 南東麓地域に露出するテフラは, 約 $0.78-0.70$ Ma に噴出したものと考えられる (Fig.6)。また, この地域に露出するテフラは, 湯川テフラ群の PH タイプのテフラに似た重鉱物組み合わせのものを多く含んでいる。以上のことを考え合わせると南東麓地域に露出するテフラは, 湯川テフラ群の PH タイプのテフラが卓越する層準に対比できると考えられ, 年代学的にも矛盾はない (Fig.6)。

3) 南西～西麓地域に露出するテフラのうち, 兵衛谷に露出するテフラは, 寒原パミスと寒原パミス「」の間に挟まれる (Fig.2) ため, 湯川テフラ群の OP タイプのテフラの層準に対比できる (Fig.6)。本谷に露出する降下テフラには, 湯川テフラ群の OP タイプのテフラに似た重鉱物組み合わせのものがあ, 本谷溶岩層 (Hn L; 0.645 ± 0.010 Ma) に覆われる (Fig.2)。下黒沢に露出するテフラには, 湯川テフラ群の PH タイプのテフラに似た重鉱物組み合わせのものがあ, 下黒沢溶岩層 (Sk L; 0.711 ± 0.012 Ma) を覆う (Fig.2)。これらの溶岩層の年代値および降下テフラの重鉱物組み合わせから, 本谷に露出するテフラは, 湯川テフラ群の OP タイプのテフラの層準に, 下黒沢に露出する降下テフラは, 湯川テフラ群の PH タイプのテフラの層準に, それぞれ対比できると考えられる (Fig.6)。

4) 北麓地域では, 湯川テフラ群と同様に PH タイプのテフラの卓越する層準から OP タイプのテフラの卓越する層準に移り変わる (Fig.2)。北麓地域に露出するテフラには, 胡桃溶岩層 (Ku L; 0.711 ± 0.010 Ma) と東俣谷溶岩層 (Hm L; 0.686 ± 0.007 Ma) を挟むもの, 尾原溶岩層 (0.683 ± 0.006 Ma) に覆われるものがある (Fig.2)。これらの溶岩層の年代値から, 北麓地域における PH タイプのテフラが卓越する層準から OP タイプのテフラが卓越する層準へ移り変わるのは, 約 0.70 Ma であったと推定される。以上のことを考え合わせれば, 北麓地域に露出するテフラのうち, OP タイプのテフラの層準は, 湯川テフラ群の OP タイプのテフラの層準に, PH タイプのテフラの層準は, 湯川テフラ群の PH タイプのテフラの層準に, それぞれ対比できると考えられ, 年代学的にも矛盾はない (Fig.6)。

以上のように, テフラステージのテフラ層序を整理した結果, 山麓全域において下位より H タイプのテフラが卓越する層準から PH タイプのテフラが卓越する層準, さらに OP タイプのテフラが卓越する層準へ同時期に移り変わることが明らかになった。このことは, テフラステージにおける, 火山活動の変遷を示していると考えられるので, 下位より, H サブステージ (主に H タイプのテフラを噴出する活動が盛んな時期), PH サブステージ (主に PH タイプのテフラを噴出する活動が盛んな時期), OP サブステージ (主に OP タイプのテフラを噴出する活動が盛んな時期) と呼ぶ (Fig.6)。

湯川テフラ群に含まれる重鉱物の主成分化学組成をみると, 角閃石の組成は, H サブステージの降下テフラ (YUT1, 3, 4b, 5) に含まれるものと PH サブステージの降下テフラ (YUT6, 9, 10, 26) に含まれるものとで異なっている (Fig.4)。また, 斜方輝石の組成は, H サブステージの降下テフラ (YUT1, 3) に含まれるものと, PH および OP サブステージの降下テフラ (YUT6, 9, 10, 26, 48d, 66a, 67) に含まれるものとで異なり, さらに, 単斜輝石の組成は, PH サブステージの降下テフラ (YUT6, 9, 10, 26) に含まれるものと OP サブステージの降下テフラ (YUT48d, 67) に含まれるものとで異なる (Fig.5)。このように, 重鉱物の主成分化学組成もサブステージ区分と調和的に変化する。とりわけ角閃石の Ti 組成は, メルトの温度および Ti 組成と正の相関を示し (Helz, 1973), 同一試料中における斜方輝石と単斜輝石の間の化学組成ギャップは, 晶出温度と相関関係を示す (Wood and Banno, 1973; Wells, 1977) ことから, テフラステージに活動したマグマの組成もしくは温度などの物理的条件が, サブステージ区分に応じて変化した, もしくは, サブステージごとに組成もしくは温度などの物理的条件の異なる別のマグマが活動したことが示唆される。一方, 里宮パミスは, PH サブステージのテフラに挟まれるのに対して, 寒原パミス・「」は, OP サブステージのテフラに挟まれ (Fig.6), 両者は異なる活動期に噴出したが, 双方の重鉱物組成も, また含まれる角閃石の主成分化学組成もほとんど変化していない (Table 2, Fig.4)。このことは, 里宮パミス, 寒原パミス・「」を噴出したマグマは, テフラステージの他のテフラを噴出したマグマとは独立して存在し, テフラステージのマグマ活動が変化しても, その組成もしくは温度などの物理的条件が変化しなかったことを示唆している可能性がある。

次に, 各サブステージの年代について検討する。Loc.4 において YUT29 (PH サブステージ最上位の降下テフラ) と YUT30 (OP サブステージ最下位の降下テフラ) の間には顕著な時間間隙を示す証拠がない (Fig.3) ことと, 上述した年代値の明らかな溶岩層およびテフラ鍵層との層序関係に基づく, PH サブステージの活動から OP サブステージの活動への移り変わりは, 約 0.70 Ma に長い休止期を挟まず起きたと推定される (Fig.6)。H と PH サブステージの境界の年代については, H サブステージの堆積物中に溶岩層が存在しないため, 溶岩層の放射年代値からその年代を推定することができない。しかし, Loc.1 において YUT5 (H サブステージ最上位の降下テフラ) は YUT6 (PH サブステージ最下位の降下テフラ) に厚さ 5 cm 程度の風化火山灰層を挟んで整合に覆われる (Fig.3) ため, H と PH サブステージの活動は, 長い休止期を挟まず連続していた可能性が高い。湯川流域以外の地域において, H タイプのテフラが分布しないのは, 削剥されたものか, もしくは, もともと堆積しなかったのか, その原因は定かではないが, 古期御岳火山の溶岩層のうち最も古い年代値が測定されている岩井沢溶岩層 (Iz L; 0.779 ± 0.136 Ma) の直上に PH タイプのテフラが存在する (Fig.2) ので, この溶岩層の年代値が PH タイプのテフラの下限の年代に近いものと考えれば, H タイプのテフラの年代は約 0.78

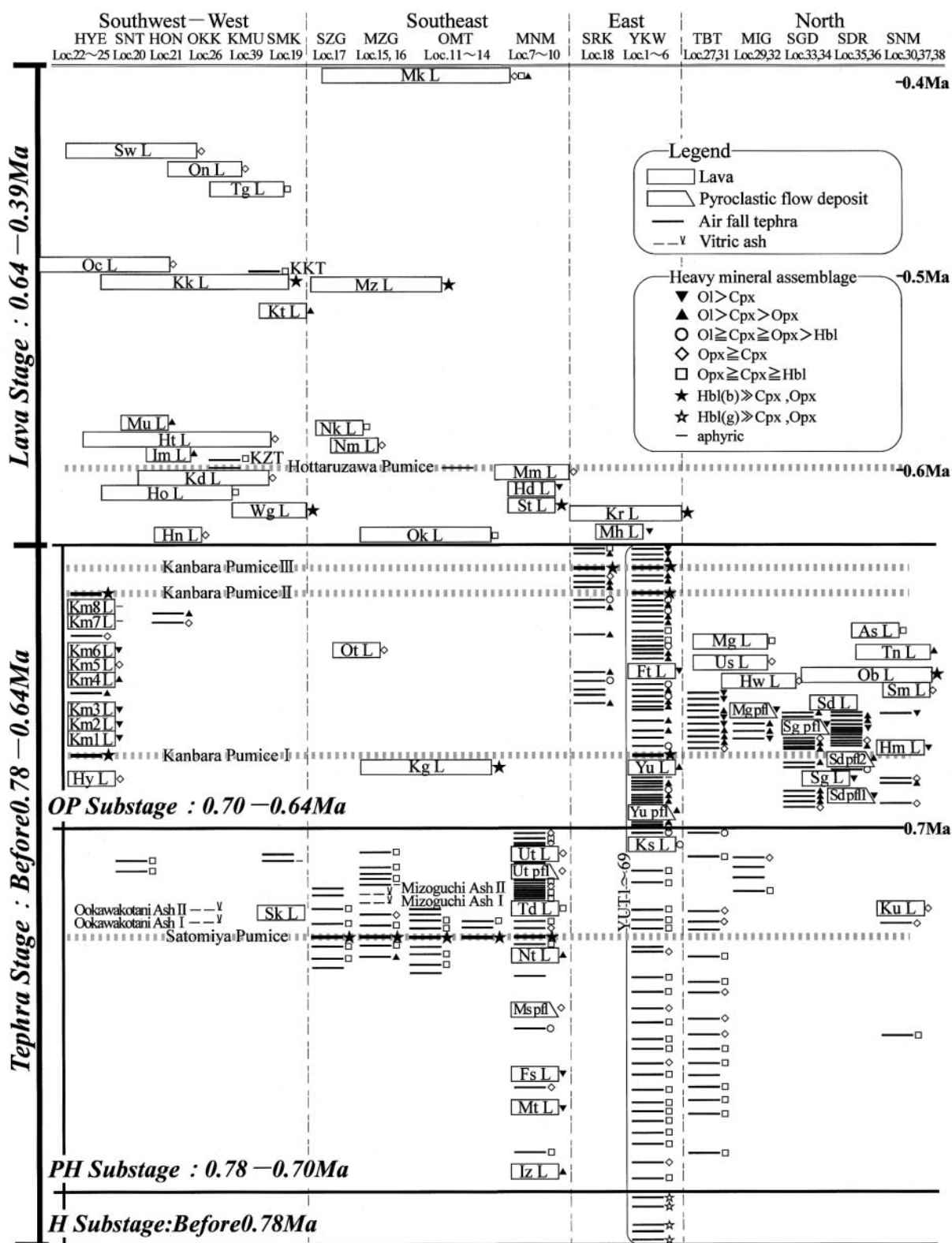


Fig.6. Stratigraphy and chronology of volcanic products of the Older Ontake Volcano. Horizontal positions of lavas are based on age dating after Kioka et al. (1998). Name of valley; HYE = Hyoudani, SNT = Shintani, HON = Hontani, OKK = Ookawakotani, KMU = Kamiurasawa, SMK = Shimokurosawa, SZG = Suzugasawa, MZG = Mizoguchigawa, OMT = Oomata-gawa, MNM = Minamimatagawa, SRK = Shirakawa, YKW = Yukawa, TBT = Tsubetagawa, MIG = Makuiwagawa, SGD = Sengendarusawa, SDR = Shoudarusawa, SNM = Shinmatadani. L: lava, pfl: Pyroclastic flow deposit. Name of lava and pyroclastic flow deposit; As = Asahi, Ft = Futamata, Fz = Futamatazawa, Hm = Higashimatadani, Hn = Hontani, Ho = Hottaru, Ht = Hakotani, Hw = Hiwada, Hy = Hyoudani, Im = Izumizawa, Iz = Iwaizawa, Kd = Kogiridani, Kg = Kuragoe, Kk = Kamikurosawa, Km = Kamitawarayama, Kr = Kurakoshihara, Ks = Kurosawa, Kt = Kurotaki, Ku = Kurumi, Mg = Makuiwagawa, Mh = Miharashi, Mk = Mikasayama, Mm = Minamimata, Ms = Mimasasawa, Mt = Mitake, Mu = Miureyama, Mz = Mizoguchigawa, Nk = Nakamata, Nm = Nishimata, Nt = Nakatani, Ob = Obara, Oc = Ochiai, Ok = Ontakekougen, On = Ontakerindou, Ot = Ohtaki, Sd = Shoudarusawa, Sg = Sengendarusawa, Sk = Shimokurosawa, Sm = Shimatadani, St = Shimotarusawa, Sw = Sawaradani, Tb = Tsubetagawa, Td = Taishoudaki, Tn = Takane, Us = Umasato, Ut = Uetani, Wg = Wagousawa, Yu = Yukawa.

Ma より以前と考えるのが妥当である (Fig.6). 以上のことから, H サブステージの活動から PH サブステージの活動への移り変わりは, 約 0.78 Ma 以前に長い休止期を挟まず起きたと推定される (Fig.6). また, 古期御岳火山の活動期の下限の年代は溶岩層の年代値より約 0.78 Ma と考えられていた (Kioka et al., 1998) が, H サブステージの活動は 0.78 Ma より古くなる可能性があるため, 古期御岳火山は 0.78 Ma よりも以前に活動を開始した可能性がある. 古期御岳火山の活動開始時期および H サブステージの年代については, H サブステージの堆積物の古地磁気方位や降下テフラの年代を測定するなどして検討する必要がある, 今後の課題である.

2-2. 溶岩ステージ 上浦沢テフラは, 白布谷溶岩層 (HoL; 0.594 ± 0.009 Ma), 白布沢パミス (0.61–0.58 Ma) を覆い, 箱谷溶岩層 (Ht L; 0.588 ± 0.008 Ma) に覆われる (Fig. 2). 上黒沢テフラは, 上黒沢溶岩層 (Kk L; 0.502 ± 0.005 Ma) を覆い, 滝越溶岩層 (Tg L) に覆われ (Fig. 2), その滝越溶岩層は, 御岳林道溶岩層 (On L; 0.438 ± 0.006 Ma) に覆われる (松本盆地団体研究グループ, 2002). 以上の溶岩層, テフラ鍵層の年代値から, 上浦沢テフラは約 0.60–0.58 Ma に, 上黒沢テフラは約 0.51–0.43 Ma にそれぞれ噴出したと推定される (Fig.6). 松本盆地団体研究グループ (2002) は, 溶岩ステージでは約 0.61–0.58 Ma にテフラを噴出する活動があったことを報告したが, 上黒沢テフラの年代値から, 約 0.51–0.43 Ma にもテフラを噴出する活動が起きていたと推定される.

上浦沢テフラと上黒沢テフラに含まれる重鉱物の組み合わせは類似する (Table 1) が, 両テフラに含まれる角閃石の Ti 組成は大きく異なり (Fig.4), また, 両テフラの間には約 6 万年の休止期間がある (Kioka et al., 1998; 松本盆地団体研究グループ, 2002). 角閃石の Ti 組成は, メルトの温度および Ti 組成と正の相関を示す (Helz, 1973) ため, このことは, 溶岩ステージでは休止期を挟んでマグマの組成が変化した, もしくは異なるマグマが活動したことを示唆している可能性がある. しかし, 角閃石の主成分化学組成を測定したテフラは 2 試料であるため, 今後, 溶岩層中の重鉱物の主成分化学組成を測定するなどして, 試料数を増やして検討する必要がある.

ま と め

1. 古期御岳火山の降下テフラおよび火砕流堆積物を記載し, 重鉱物組み合わせと重鉱物 (角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石) の主成分化学組成を明らかにした. また, 降下テフラの記載岩石学的特徴と年代値の明らかな溶岩層およびテフラ鍵層との層序関係に基づき, 古期御岳火山の詳細なテフラ層序を確立した.

2. テフラの層序および重鉱物組み合わせに基づき, 松本盆地団体研究グループ (2002) のテフラステージを下位より, H サブステージ (主に緑色角閃石を多く含む降下テフラを噴出する活動が盛んな時期; 約 0.78 Ma 以前), PH サブステージ (主に褐色角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石もしくは斜方輝石, 単斜輝石を含むテフラを噴出する活動が盛んな時期; 約

0.78–0.70 Ma), OP サブステージ (主にかんらん石, 単斜輝石, 斜方輝石もしくはかんらん石, 単斜輝石を含むテフラを噴出する活動が盛んな時期; 約 0.70–0.64 Ma) に区分した. この区分は, 古期御岳火山の山麓全域において, 年代値の明らかな溶岩層やテフラ鍵層との層序関係と矛盾なく確認された.

3. 降下テフラに注目したことにより, 従来の研究では確認できていなかった活動 (H サブステージの活動) を捉えることができ, 古期御岳火山の活動開始時期は 0.78 Ma よりも古くなる可能性があることを明らかにした.

4. 溶岩ステージでは, 約 0.61–0.58 Ma (松本盆地団体研究グループ, 2002) に加え, 約 0.51–0.43 Ma にもテフラを噴出する活動があったことを明らかにした.

謝 辞

この研究を進めるにあたり, 信州大学の三宅康幸教授, 酒井潤一名誉教授には終始変わらぬご指導をいただくとともに, 草稿を校閲していただいた. 同大学の牧野州明助教授には, EPMA (EDS) での重鉱物の主成分化学組成分析について大変お世話になった. (株) サクセンの鈴木 保氏には, 古期御岳火山のテフラ資料の一部を提供していただいた. 核燃料サイクル機構の及川輝樹博士, 信州大学の太田 靖氏には, 草稿を読んでいただき, RMIT University の J. V. Smith 博士には英文要旨を読んでいただき貴重なご意見, ご指摘をいただいた. 松本盆地団体研究グループの皆さんには, 日ごろから古期御岳火山の火山層序について議論していただいた. 査読をしていただいた福島大学の長橋良隆助教授ならびに日本大学の宮地直道助教授には, 建設的かつ適切なコメントをいただき, 本稿は大きく改善された. また, 編集幹事の北海道大学の中川光弘博士にも大変お世話になった. ここに記して感謝の意を表します.

文 献

- 青木豊樹・黒川勝己, 1999, 長野地域猿丸層の T1, T4 火山灰層と新潟地域の Ykp (浜忠層), SK110 (魚沼群) 火山灰層の対比. 地質雑, **105**, 473-479.
- Cas, R. A.F. and Wright, J. V., 1991, Subaqueous pyroclastic flows and ignimbrites: an assessment. *Bull. Volcanol.*, **53**, 357-380.
- 原山 智, 1990, 上高地地域の地質. 地質調査所研究報告 (5 万分の 1 図幅), 地質調査所, 175p.
- Helz, R. T., 1973, Phase relations of basalts in their melting range at $P_{H_2O} = 5\text{kb}$ as a function of oxygen fugacity. *Jour. Petrol.*, **14**, 249-302.
- 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, **84**, 211-225.
- 木村純一, 1993, 後期更新世の御岳火山: 火山灰層序学と火山層序学を用いた火山活動史の再検討. 地球科学, **47**, 301-321.
- 木村純一・竹村健一・松本盆地研木曾谷サブグループ, 1991, 木曾御岳山周辺の後期更新世の降下火砕堆積物—層序と岩石記載—. 地球科学, **45**, 415-434.
- 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**, 464-474.
- 小滝篤夫・古山勝彦・井上陽一, 2002, 京都府北部, 福知山・綾部地域の高位段丘層中の含カミングトン閃石火山灰層と大山最下部火山灰層との対比. 地球科学, **56**, 35-48.
- Lorenz, V. and Zi Manowski, B., 1984, Fragmentation of alkali-basaltic

- magma and wall rocks explosive volcanism. *Ann. Sci. Univ. Clermont-Fd.*, **74**, 15-25.
- 町田 洋・新井房夫, 1992, 火山灰アトラス. 東京大学出版会, 東京, 276p.
- 町田 洋・新井房夫・杉原重夫, 1980, 南関東と近畿の中部更新統の対比と編年—テフラによる一つの試み—. 第四紀研究, **19**, 233-261.
- 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.
- 松本哲一・小林武彦, 1999, 御嶽火山, 古期御嶽火山噴出物の K-Ar 年代に基づく火山活動史の再検討. 火山, **44**, 1-12.
- 松本盆地団体研究グループ, 2002, 古期御嶽火山の地質. 地球科学, **56**, 65-85.
- 松島信幸・寺平 宏・村松 武, 1998, 伊那谷の地質断層. 日本地質学会第 105 年学術大会見学旅行案内書, 43-88.
- 三村弘二, 1967, 黒富士火山の火山層序学的研究. 地球科学, **21**, 1-10.
- 三村弘二・加藤祐三・片田正人, 1984, 御岳昇仙峡地域の地質. 地質調査所研究報告 (5 万分の 1 図幅), 地質調査所, 61p.
- 三村弘二・柴田 賢・内海 茂, 1994, 黒富士火山と甲府盆地北方に分布する火山岩類の火山活動と K-Ar 年代. 岩鉱, **89**, 15-20.
- 宮地直道, 1988, 新富士火山の活動史. 地質雑, **94**, 433-452.
- 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.
- 柵山雅則, 1980, 白馬大池火山の地質. 地質雑, **86**, 265-274.
- 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. 岡山理科大学火山研究所研究報告, no. 14, 1-36.
- 鈴木毅彦, 2000, 飛騨山脈貝塩火道起源の貝塩上宝テフラを用いた中期更新世前半の地形面編年. 地理学評論, **73**, 1-25.
- 竹内 誠・中野 俊・原山 智・大塚 勉, 1998, 木曾福島地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 94p.
- 田辺智隆・上信火山団体研究グループ, 1992, 菅平から嬬恋高原にかけて分布する中部更新統. 第四紀, **25**, 47-56.
- 津久井雅志, 1984, 大山火山の地質. 地質雑, **90**, 643-658.
- ト部厚志, 1992, 三浦・房総半島の三浦層群における火砕鍵層対比—重

- 鉱物組成と化学組成による再検討—. 地質雑, **98**, 415-434.
- Wells, P. R. A., 1977, Pyroxene thermometry in simple and complex system. *contrib. mineral, petrol.*, **62**, 129-139.
- Wood, B. J. and Banno, S., 1973, Garnet-orthopyroxene and orthopyroxene relationships in simple and complex systems. *Contrib. Mineral, petrol.*, **42**, 109-124.
- 山田直利・小林武彦, 1988, 御嶽山地域の地質. 地質調査所研究報告 (5 万分の 1 図幅), 地質調査所, 136p.

付録 1: 地名のローマ字表記

Akigami R.: 秋神川, Higashimatadani: 東俣谷, Hiwada kohgen: 日和田高原, Hontani: 本谷, Hottaru: 白布谷, Hyouedani: 兵衛谷, Izumidani: イズミ谷, Kamikotani: 上小谷, Kamikurosawa: 上黒沢, Kamitawarayama: 上俵山, Kamiurasawa: 上浦沢, Kanbara kohgen: 寒原高原, Kanosegawa: 鹿ノ瀬川, Kengamine: 剣ヶ峰, Komikasayama: 小三笠山, Kurakoshi kohgen: 倉越高原, Kurosawa: 黒沢, Kusakidani: 草木谷, Lake Ontake: 御岳湖, Makuiwa R.: 幕岩川, Mamahahadake: 継母岳, Mamakodake: 継子岳, Marishitensan: 摩利支天山, Mikasayama: 三笠山, Minamimatagawa: 南俣川, Miure Riservor: 三浦貯水池, Miureyama: 三浦山, Mizoguchigawa: 溝口川, Nigorigawa: 濁川, Nigorigo R.: 濁河川, Nishimatagawa: 西又川, Nishino R.: 西野川, Ohtaki R.: 王滝川, Ontake kohgen: 御岳高原, Ookawakotani: 大川小谷, Oomata-gawa: 大股川, Sawaradani: 榎谷, Sengendarusawa: 千間樽沢, Shimokurosawa: 下黒沢, Shinmatadani: 眞俣谷, Shintani: シン谷, Shirakawa: 白川, Shodarusawa: 小樽沢, Suzugasawa: 鈴ヶ沢, Tarusawa: 樽沢, Totatedani: 登立谷, Tsubetagawa: 冷川, Yukawa: 湯川

(要 旨)

竹下欣宏, 2004, 中部日本, 中期更新世古期御嶽火山の火山活動史—テフラ層序学と記載岩石学に基づいて—. 地質雑, **110**, 158—174. (Takeshita, Y., 2004, Volcanic history of the middle Pleistocene Older Ontake Volcano, Central Japan—Inferences from tephrostratigraphy and petrography—. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **110**, 158—174.)

古期御嶽火山の降下テフラおよび火砕流堆積物を記載し, 降下テフラの重鉱物組み合わせ, 重鉱物の主成分化学組成を明らかにした. 降下テフラの記載岩石学的特徴と年代値の明らかな溶岩層およびテフラ鍵層との層序関係に基づき, 古期御嶽火山の詳細なテフラ層序を確立した. テフラの層序および重鉱物組み合わせに基づき, 古期御嶽火山テフラステージを下位より, H サブステージ (主に緑色角閃石を多く含む降下テフラを噴出する活動が盛んな時期; 約 0.78 Ma 以前), PH サブステージ (主に褐色角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石を含むテフラを噴出する活動が盛んな時期; 約 0.78—0.70 Ma), OP サブステージ (主にかんらん石, 単斜輝石, 斜方輝石を含むテフラを噴出する活動が盛んな時期; 約 0.70—0.64 Ma) に区分した. この区分は, 古期御嶽火山の山麓全域において年代値の明らかな溶岩層やテフラ鍵層との層序関係と矛盾なく確認された.