

秋田駒ヶ岳火山，後カルデラ活動期における噴火史：
火山体構成噴出物と降下テフラ層の対比藤 縄 明 彦*・巖 崎 正 幸*・本 田 恭 子*・長 尾 明 美*
和 知 剛**・林 信 太 郎***

(2003年10月7日受付, 2004年10月7日受理)

Eruption History in the Post-caldera Stage of Akita-Komagatake Volcano,
Northeastern Japan Arc: Correlation between
Eruptives Constituting Volcanic Edifices and Air-fall Tephra LayersAkihiko FUJINAWA*, Masayuki IWASAKI*, Kyoko HONDA*, Akemi NAGAO*,
Takeshi WACHI** and Shintaro HAYASHI***

Akita-Komagatake volcano is situated at about 30 km west of volcanic front in the northeastern Japan arc. Development history of the volcano is divided into 3 stages; main strato cone, syn-caldera formation, and post-caldera eruption stages, in descending order. In order to reveal the comprehensive eruption history in the post-caldera stage of the volcano, correlation between eruptives constituting the volcanic edifices and dispersed air-fall tephra are investigated, along with re-examining geology of the volcanic edifices formed in the concurring stage. Petrological affinities such as whole rock major-element chemistry and mineral assemblages including modal abundances of phenocrystic phases are utilized in identifying the contemporaneous eruptives of various modes of emplacement. To avoid the effect of phenocryst-matrix separation, coarse-grained tephra samples were selected to the whole rock chemical analysis.

The revealed outline of eruption history is as follows: Tholeiitic magmatism has been dominant through the stage, with episodic calc-alkalic magmatism at the final activity in the northern region (ca. 4,000–3,100 y.B.P.). Relatively large eruptions occurred at the beginning of the stage (ca. 13,000 to 10,000 y.B.P.), resulting in caldera and probably large horse-shoe shaped crater as well, rather than forming volcanic edifices. Formation of the northern volcanic edifice began ca. 10,000 y.B.P. Five pyroclastic cones were built up successively, and subordinate lava flows or pyroclastic flows accompanied with them. Composition of magma was abruptly changed from andesitic to basaltic around 8,000 y.B.P., and the basaltic volcanism lasted to 7,000 y.B.P. After ca. 3,000 years of dormancy, phreatic explosions occurred successively, probably giving rise to horse-shoe shaped crater at the center of the northern area. Calc-alkali andesitic magma effused to build up a small pyroclastic cone immediately after the major explosion event. After ceasing the magmatism in the northern area, volcanism in the southern area was initiated by phreato-magmatic explosion in the floor of the south caldera about 2,500 y.B.P., followed by vulcanian eruptions, lasting until ca. 1,600 y.B.P. About 1,500 y.B.P., eruption center was localized to two major vents at northern part of the caldera. Repeated eruptions from the vents have built up Medake and Kodake cones and their associated lava flows. The latest eruption occurred at the summit of Medake in 1970 AD.

Key words: Akita-Komagatake volcano, eruption history, tephra, basaltic volcanism, island-arc tholeiite

* 〒310-8512 水戸市文京
茨城大学理学部地球生命環境科学科
Department of Environmental Sciences, Ibaraki
University, Bunkyo, Mito 310-8512, Japan.

** 〒243-0016 神奈川県厚木市田村町
アジア航測(株)
Asia Air Survey Co. Ltd., Tamura-Cho, Atsugi 243-
0016, Japan.

*** 〒010-8502 秋田市手形学園町
秋田大学教育文化学部地学教室
Department of Earth Sciences, Faculty of Education
and Human Studies, Akita University, Tegata-Gakuen-
Cho, Akita 010-8502, Japan.
Corresponding author: Akihiko Fujinawa
e-mail: fujinawa@mx.ibaraki.ac.jp

1. はじめに

火山噴火史解明には、噴火現象の科学的理解をはじめ、マグマ供給系・溜まりの定量モデル化に不可欠な基礎データ、束縛を与えることが要請される。これに添えるには、山体構成噴出物と降下テフラの対比がきわめて重要である。テフラと山体構成物の対比により、テフラの噴出源が厳密に特定され、個々の噴火における噴火様態も、より詳細に復元できる。また、山体形成過程に絶対時間軸が入り、顕著なテフラ堆積を伴わなかった山体形成活動も被覆関係をもとに、噴火史に組み込むことができる。長周期噴火を繰り返す火山の噴火予知や防災に関しても、こうした噴火史は有用である。

山体構成物と、飛散した降下テフラの対比は、テフラ層が火口近傍まで追跡可能、もしくは山体近傍にテフラを多産する火山で研究例が多い(例えば、津久井・他, 1991; 菅, 1994; 藤野・小林, 1997; 津久井・鈴木, 1998)。また、安井・他(1997)では、浅間火山1783年噴火の活動推移が詳細に検討された。安達太良火山では、本体構成物、テフラ層それぞれが、過去数十万年間の噴火盛衰を良好に反映することが示された(藤縄・他, 2001)。しかし、露出や手法上の困難から、山体構成物とテフラの対比は、活火山でさえ、十分に行われていない。

東北日本有数の活動的火山である秋田駒ヶ岳火山は、本体形成史(桜井, 1903; 八木, 1971; 曾屋, 1971; 須藤・石井, 1987)、本火山由来のテフラ層序(中川・他, 1963; 磯, 1976; 大上・土井, 1978; 井上, 1978; 大上・他, 1980; Inoue, 1980; 土井・他, 1983; 和知・他, 1997)とも、多くの研究が公表された。特に、和知・他(1997)では、テフラの噴出時期が高精度で求めた上、各テフラの体積見積りや、分布主軸に基づく、噴出源の推定も行われている。

本研究では、須藤・石井(1987)の、「後カルデラ活動期」山体構成物に関し、和知・他(1997)によるテフラ層との対比を行い、最近1万年あまりの包括的噴火史を構築することを目的とした。山体構成物については、先行研究で特に不十分だった、噴出物間層序の検討に重点を置いて再調査し、噴出物区分、被覆関係を整理した。その上で、噴出物毎、岩石記載、全岩主化学分析を行い、構成岩石の岩石学的特徴を明らかにした。テフラは噴出口の東方約3kmに位置する3カ所の模式地から、系統的な試料採取を行い、斑晶量比の測定と、スコリア質テフラの全岩主化学分析を行った。

山体構成物とテフラの対比は、全岩組成および、斑晶鋳物量比の類似性と、被覆・層序関係の整合性とから検討した。更に、対比可能な山体構成物-テフラ組合せのうち、代表的な5対について、斑晶鋳物組成を測定し、そ

の妥当性を確認した。ただし、噴出物対比にテフラの全岩組成を用いるには、降下・堆積時の風ひを主体とする斑晶-石基分別・混入効果を考慮する必要がある。そのため、代表的テフラ2層について、篩別を行い、斑晶-石基分別・混入効果の無視できる最小粒径を検討・確認した。その上で最小粒径以上の粗粒テフラを用いて全岩組成対比に用いることにした。

2. 火山形成史概略

2-1 位置・地形

秋田駒ヶ岳火山は、火山フロントの西方約30kmの、東経140°48′北緯39°45′に位置する(図1左上)。本火山は、北緯40度付近で、約30km四方に広がる仙岩地熱地帯内火山群の中南部地域に、乳頭・笹森・湯の森・笹森各火山と並んで北東-南西方向の火山列を形成し、その南端を占める(図1)。山体中南部には長径3km、短径1.5kmで北東-南西に伸張したカルデラが特徴的である(図2)。カルデラ壁は北部で比高が高く、男岳と呼ばれるやせ尾根を形成する。壁は南西方向に低下し、南西端における比高は10m程度となる。カルデラ内には女岳、小岳、南岳の中央火口丘が存在する。男岳を挟み、北側には片倉岳、男女岳等、複数の火砕丘や、表面微地形の新鮮な溶岩ロープが認められる。火砕丘群は、馬蹄形の凹地形により、いずれも部分的に欠損している(図2)。

2-2 基盤地質

本火山の基盤は、新第三系堆積岩・火砕岩・溶岩流、および湯の森・笹森火山由来の第四系火山噴出物から成る。南西部には主として第三系、北東部に第四系が分布し、基盤高度は山体中央部で約900m、南西および北東に向かい高度を増す。先行の笹森火山および乳頭火山の形成時期は、各々約56万年前(梅田・他, 1999)、36-63万年前(高岡・他, 1988; 須藤・他, 1990)とされる。

2-3 本体形成史

本火山形成史は3分され、活動順に成層火山形成期、カルデラ形成期、後カルデラ活動期とされる(須藤・石井, 1987)。成層火山形成期には、溶岩流主体の活動により、現在の男岳山頂東方を最高点とした円錐形山体が形成された。西斜面での試錐(図1, *印)から得られた、成層火山形成期下位層準試料のK-Ar年代(74±15 Ka, Itaya *et al.*, 1984)から、成層火山体の成長開始時期は、10万年弱前と推定される。約13,000年前頃(13,010 y.B.P.; 須藤, 1982, 12,000-13,500 y.B.P.; 和知・他, 1997)、安山岩質の生保内火砕流、小岩井軽石の噴出とともに、本体中南部にカルデラが形成された(須藤・石井, 1987)。カルデラ形成後、外輪山の北斜面(北部地域)には、爆発的噴火による山体破壊と、溶岩流出や火砕丘形

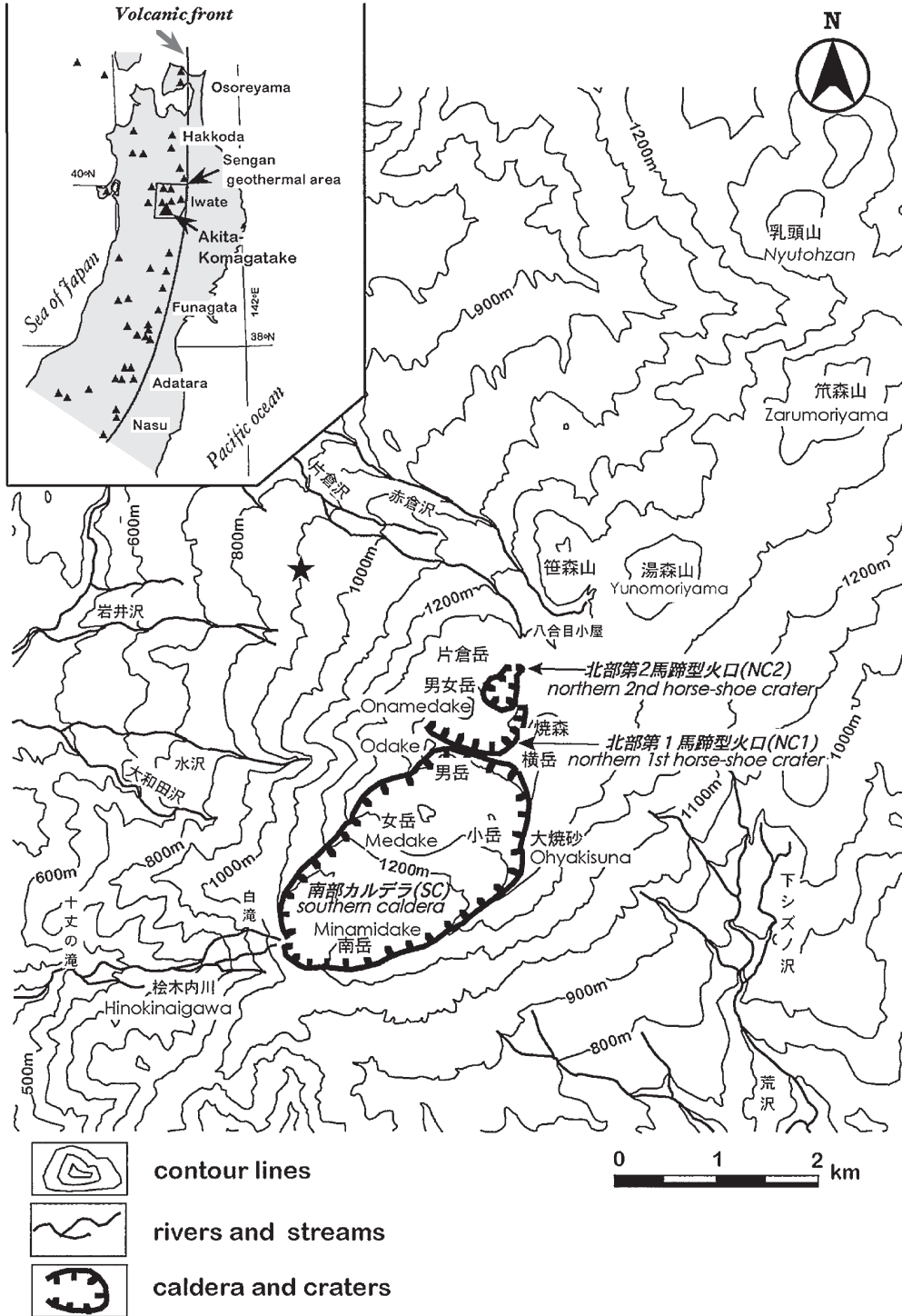


図 1. 秋田駒ヶ岳火山の位置図および地形概略図。三角形は東北地方の第四紀火山の位置。★印は試錐地点（本文参照）。

Fig. 1. Index map and topographic outline of Akita-Komogatake volcano. Triangles show localities of Quaternary volcanoes in the Tohoku region of Japan. Point marked with star (★) indicates the site of drilling (see text).

成による山体形成とが繰り返された。一方、カルデラ内(南部地域)では溶岩流出および火砕丘の形成が相次ぎ、本地域での活動は1971年噴火まで断続的に繰り返された。

3. 後カルデラ活動期における山体構成噴出物

八木(1971)は、後カルデラ活動期の噴出物を5地質ユニットに、須藤・石井(1987)は、10の地形ユニットと14の地質ユニットに分類した。

本研究では、火山地形の特徴、岩相および構成岩石の岩質に基づき、当該山体の構成物を調査、再区分した。今回の区分が、須藤・石井(1987)と顕著に異なる点は、北部山体に関しては次の2点である。1. 火口径の大きな円錐形状の片倉岳(男女岳北西約800mの標高1,450m

付近を頂部とする山体)は、成層火山体形成期の(田沢湖高原)溶岩流ではなく、焼結(sintering)した降下スコリアを主体とする後カルデラ期の火砕丘(片倉岳火砕丘)から成る。2. 片倉岳火口に由来する溶岩流の一部は、火口縁を乗り越え、片倉山腹を西方に流下した。この溶岩流は、岩質および地形から二分できる(片倉岳北・男女岳溶岩流)。また、南部地域では、カルデラ内から松木内川源流域に分布する溶岩流を細分し、流出時期も変更した。八木(1971)の見解同様、これら溶岩はすべて、カルデラ底から溢流したと判断し、後カルデラ噴出物に含めた上、4分(松木内川第1・第2溶岩流、小岳第1・第2溶岩流)した。以下、新たに定義、もしくは修正した噴出物を中心に分布域(図3)、岩相、および他の噴出物との被覆関係(図4)を記載する。また、北部地域の

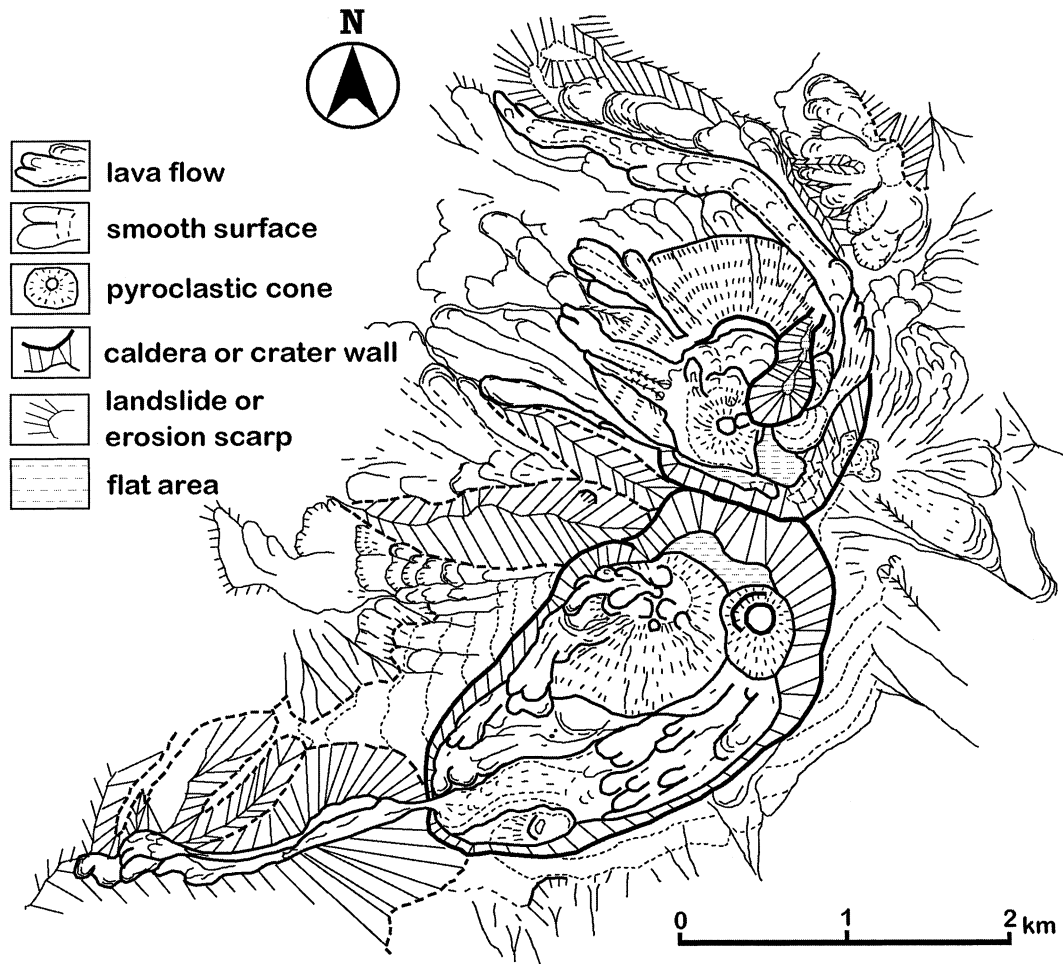


図 2. 秋田駒ヶ岳火山の火山地形分類図。

Fig. 2. Geomorphological map of Akita-Komagatake volcano.

凹地形についての新知見も記載する。

3-1 北部地域

片倉岳火砕丘 (KA) (新称): 片倉岳山頂付近を平坦な上面とする，頂部を切り取った円錐形の山体を構成する。男女岳北方～北西方の標高約 1,450 m から 1,050 m にかけての急斜面 (片倉岳斜面) に広く露出する。また，八合目小屋の南南西約 200 m の 1,363 m 独立標高点付近から，南方の標高 1,450 m にかけての凸地形では，北東

傾斜の成層が顕著な黒色降下スコリア層が認められる。須藤・石井 (1987) では，この部分のみを，第 4 火砕丘 (本研究では後述の北部第 4 火砕丘に対比) に含め，片倉岳を構成する降下火砕物は全く認識されていない。本研究では，地形の連続性と岩質の類似性から一括した。露頭では，赤・黒色のスコリアが焼結したスコリア層と，黒灰色のスパター，溶岩餅からなるアグルチネート層とが積層する。本質物の粒径は 10 mm 程度から 20 cm 以上

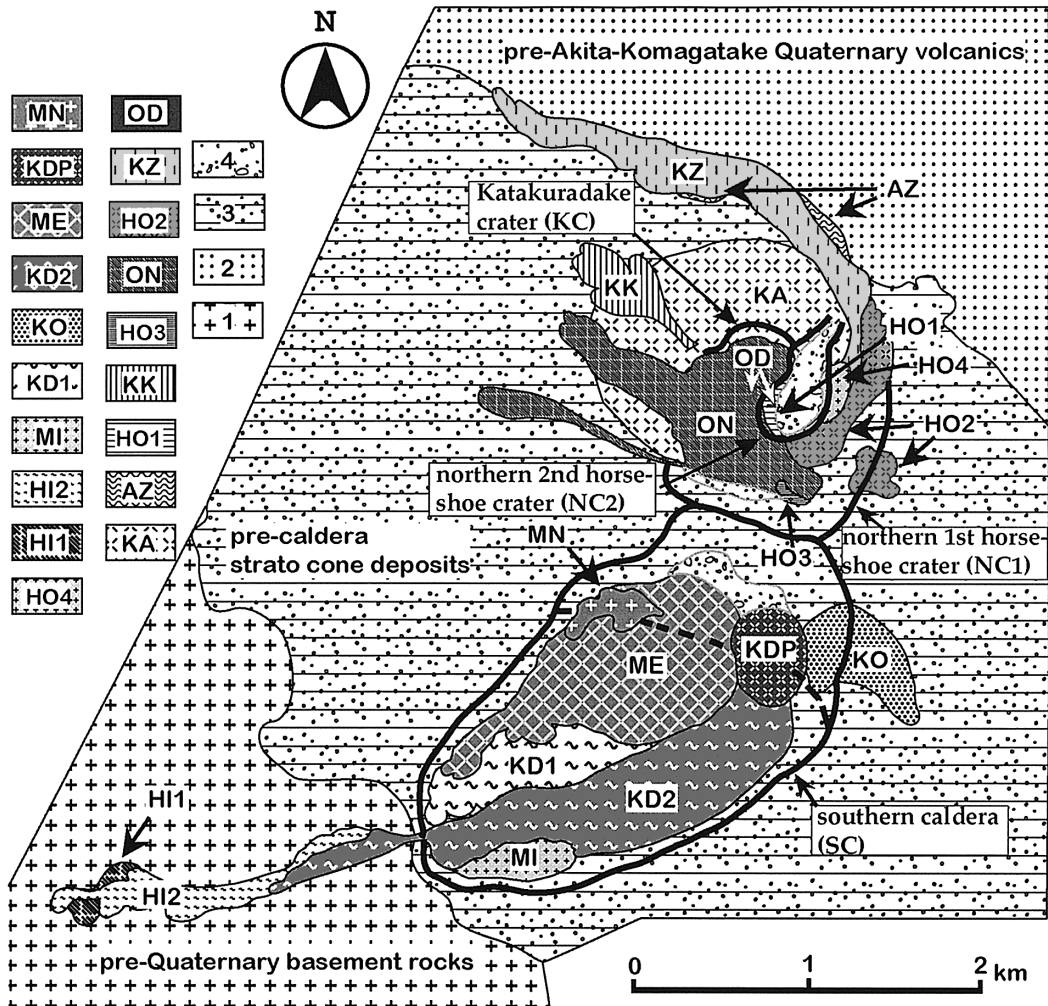
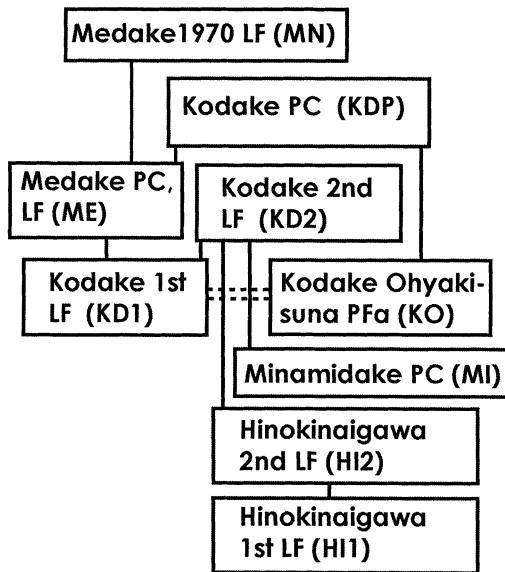


図 3. 秋田駒ヶ岳火山，後カルデラ期噴出物の地質図。1: 第三系の基盤岩類，2: 秋田駒ヶ岳火山に先行した第四系火山岩類，3: 秋田駒ヶ岳火山，成層火山形成期噴出物，4: 非火山性堆積物，その他の略号は本文および図 4 参照。実線はカルデラあるいは火山口壁，破線はカルデラ底に推定される段差の位置を示す。

Fig. 3. Geologic map showing the eruptives at the post-caldera stage of the Akita-Komagatake volcano. 1: Tertiary sediments and volcanics, 2: Quaternary volcanics erupted prior to the formation of the Akita-Komagatake volcano, 3: Eruptives in the main strato cone stage, 4: epiclastic sediments. Other abbreviations refer to those in the text and also appeared in Fig. 4. Solid curves show the caldera or crater walls, whereas the broken curve indicates the inferred location of the step on the caldera floor.

southern area



northern area

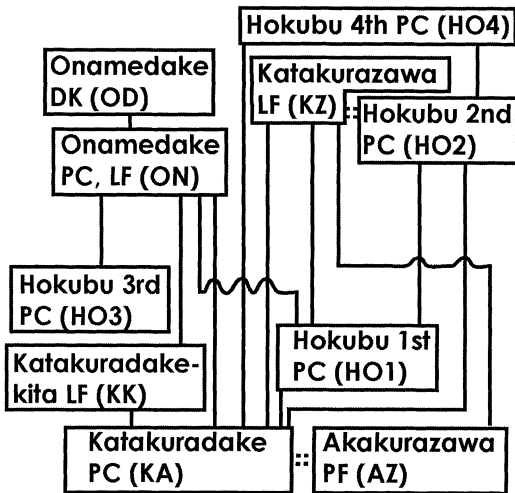


図 4. 秋田駒ヶ岳火山，後カルデラ期噴出物の層序関係図。LF: 溶岩流，PC: 火砕流，PFa: 降下火砕物，DK: 岩脈。

Fig. 4. Block diagram showing stratigraphic relations among the eruptives at the post-caldera stage of the Akita-Komagatake volcano. LF: lava flow, PC: pyroclastic flow, PFa: pyroclastic fall, DK: dyke.

まで認められるが，単層内の淘汰はよい。成層火山形成期の田沢湖高原溶岩（須藤・石井，1987）を地形的に被覆する。

赤倉沢火砕流堆積物 (AZ): 須藤・石井 (1987) の赤倉沢火砕流堆積物と同一で，赤倉沢，片倉沢の各上流域に露出する。分布が片倉岳山麓域に限られ，岩質が概ね類似することから，本火砕流は，片倉岳火砕丘形成と関連して発生した可能性がある。

片倉岳北溶岩流 (KK) (新称): 片倉岳北西斜面上に舌状の分布を示すが，片倉岳火口縁付近の上流部は欠損している。標高 1,350 m 付近の断面では，層厚約 15 m の灰色緻密な塊状溶岩が確認できる。噴出源は片倉岳火口域内に推定され，片倉岳火砕丘を直接被覆する。

北部第 1 火砕丘 (HO1): 須藤・石井 (1987) の第 1 火砕丘に対比される。成層構造から判断した推定噴出中心は，北部第 2 馬蹄型火口の内側に位置する。片倉岳火砕丘を被覆する。

北部第 3 火砕丘 (HO3): 須藤・石井 (1987) の第 3 火砕丘に対比される。

男女岳溶岩流および男女岳火砕丘 (ON) (分布域の変更): 須藤・石井 (1987) の女目岳噴出物に概ね該当する。ただし，一部は火口縁を越え，片倉岳北西斜面に分布を広げる。男女岳頂部の円錐状地形は概ね火砕物より成るが，北西に伸びるロープは，やや発泡した黒灰色の溶岩流であり，層厚 2~5 m 程度のフローユニットが積層する。また，男女岳南東方約 400 m の平坦面を構成する塊状溶岩も，岩質および他噴出物との被覆関係が一致するため，本溶岩流に含めた。本噴出物は，片倉岳火砕丘および北部第 1 火砕丘を直接被覆する。また，片倉岳北溶岩流の作る凸地形を迂回する流向を示し，片倉岳北溶岩の欠損部を一部埋積するように分布する。地形的に北部第 3 火砕丘を被覆する。

北部第 2 火砕丘 (HO2): 須藤・石井 (1987) の第 2 火砕丘に対比される。成層構造が南東~東傾斜を示すことから，噴出中心は，北部第 2 馬蹄型火口域内に推定される。また，^{やけもり}焼森（横岳北東方約 500 m にある標高約 1,540 m 地点）頂部から標高 1,500 m 付近にかけて地表面を覆う，焼結していない黒色降下スコリアも，全岩化学組成上，本火砕丘構成岩石と酷似し，同時噴出物の可能性が高い。本火砕丘は，片倉岳火砕丘の火口原上に成長し，北部第 1 火砕丘の東部および，片倉岳火砕丘の北方延長部を被覆する。

片倉沢溶岩流 (KZ): 須藤・石井 (1987) の片倉沢溶岩に相当する。赤倉沢において笹森火山噴出物および赤倉沢火砕流を，片倉沢では片倉岳火砕丘と赤倉沢火砕流をそれぞれ被覆する。また，八合目小屋~焼森登山道沿い

の標高 1,350 m 付近で、北部第 2 火砕丘由来の転動堆積物を被覆する一方、北部第 2 火砕丘東麓では第 2 火砕丘由来の崖錐・転動堆積物に被覆される。

男女岳岩脈 (OD): 北部第 2 馬蹄型火口西壁および男女岳山頂火口内で確認される。馬蹄型火口西壁では、北部第 1 火砕丘に貫入する。貫入面の走向は北東-南西方向で、走向と調和的に伸びた気泡が多数認められる。男女岳火口内では、北東-南西に伸長した岩脈が確認される。岩脈の岩質は互いに類似する。

北部第 4 火砕丘 (HO4): 須藤・石井 (1987) の第 4 火砕丘にほぼ相当する。山体中央～西部は欠損し、東西幅約 150 m、南北延長約 400 m にわたって一部が残存する。片倉岳火砕丘を被覆する。地形からは、隣接する北部第 2 火砕丘の馬蹄型欠損部に成長したと判断できる。

北部第 1 馬蹄型火口 (NC1): 焼森南縁部から横岳を経て男岳北壁に続く、南に凸の曲面を成す壁を指す。須藤・石井 (1987) では、ここを南縁とする直径 1.2 km の火口様地形を「北部カルデラ」と一括したが、正確には単一の凹地形は存在しない。また、当該地域には、NC-1 を含め、成因および形成時期の異なる 3 つの凹地形の存在が明らかとなった。

主成層火山の、山頂～北斜面での崩壊により、北に開口する本火口が形成されたと推定される。爆発的噴火が崩壊の原因となった可能性もある。

片倉岳火口 (KC): 須藤・石井 (1987) による北部カルデラの北西壁部にあたる。片倉岳山頂付近の、平坦な上面を有する円状地形の北～西縁部を指す。地形および、片倉岳構成噴出物の地質学的特徴から、北部第 1 馬蹄型火口内ないしは開口縁部に成長した、火砕丘の山頂火口と判断される。北部第 1 馬蹄型火口壁付近では、急傾斜かつ比高の高い壁が隣接したため、火砕物が堆積しにくく、山頂火口の地形が不明瞭となったと思われる。本火口域内の標高約 1,400 m 付近には湖沼堆積物が確認され、更にこれを北部第 1 火砕丘および男女岳由来の噴出物が被覆する。

北部第 2 馬蹄型火口 (NC2): 男女岳東縁に位置し、北に開口する直径約 400 m の火口である。北部地域の 3 火砕丘を部分的に欠損させている。この火口内は、本火山内では特異的に、硫化変質が著しく、灰白色の変質火山灰・火山礫および堆積物が広範に認められる。開口部に比べ火口の奥行きがあり、複数火口が、南北方向に複合している可能性もある。後述するテフラ層との対比検討から、本火口は複数回の水蒸気爆発による爆裂火口の可能性がある。

3-2 南部地域

松木内川第 1 溶岩流 (HI1) (細分・改称): 須藤・石井

(1987) による松木内川溶岩のうち、下部層に相当する。基盤岩類を浸食した松木内川沿いに分布する。須藤・石井 (1987) では本溶岩を主成層火山期噴出物としたが、根拠は示されていない。現在の松木内川は本・支流ともほぼ同程度の谷頭浸食をし、支流の一部は成層火山期噴出物の分布域に達し、これらの一部を基盤岩類とともに下刻している。つまり、成層火山形成期での松木内川の谷頭浸食は、当期溶岩が流下し得た地域に及んでいなかった事になる。よって、本火山噴出物が松木内川流域に流下可能になったのはカルデラ形成後、恐らくカルデラ壁南西縁の欠損後とするのが妥当と考える。よって、本溶岩および松木内川第 2 溶岩流を、後カルデラ活動期噴出物と判断する。本溶岩は、松木内川上流域の標高 600 m 付近に狭小に露出する。層厚 2~3 m の 1 フローユニットがクリンカーを伴って確認でき、基盤を直接覆う。

松木内川第 2 溶岩流 (HI2) (細分・改称): 須藤・石井 (1987) による松木内川溶岩の上部に相当する。松木内川源頭部の白滝 (標高約 900 m) から、十丈の滝 (標高約 500 m) 付近にかけて、松木内川沿いに分布する。概ね層厚 5 m のフローユニットが確認されるが、末端の十丈の滝では厚さが約 15 m となる。標高 600 m における道路脇の露頭で、松木内川第 1 溶岩流を被覆するのが確認できる。

南岳噴出物 (MI): カルデラ南東端付近に、東西約 600 m、南北 300 m、比高約 50 m の長円形盾状の凸地形を構成する。須藤・石井 (1987) の南岳噴出物と一致する。

女岳火砕丘および女岳溶岩流 (ME): 須藤・石井 (1987) の女岳火砕丘堆積物および女岳溶岩に対比される。

小岳第 1 溶岩流 (KD1) (細分・改称): 須藤・石井 (1987) による小岳溶岩のうち、カルデラ内城南西部分に相当する。カルデラ南西縁では、層厚約 2 m の発泡した塊状溶岩として露出する。

小岳第 2 溶岩流 (KD2) (細分・改称): 須藤・石井 (1987) による小岳溶岩のうち、カルデラ内城南半分および、カルデラ南西縁より松木内川左岸を約 1 km 流下するロープを構成する。本溶岩が、小岳第 1 溶岩流のロープおよび南岳を迂下する分布形態を示すことから、これらの上位と判断できる。松木内川左岸の標高 710 m 地点で安山岩質の非溶結火砕流堆積物を、標高 900 m 付近の白滝では、松木内川第 2 溶岩流を、それぞれ被覆する。

小岳大焼砂噴石堆積物 (KO): 小岳西方のカルデラ壁 (大焼砂) 付近に分布する非溶結のスコリア質火山礫、火山弾および火山岩塊からなり、須藤・石井 (1987) による小岳噴石堆積物と同一である。

小岳火砕丘 (KDP): カルデラ北部, 女岳東側に位置する火砕丘で, 須藤・石井 (1987) の小岳火砕丘噴出物と一致する。西縁部で女岳火砕丘を被覆する。

女岳 1970 年溶岩流 (MN): 本火山最新の溶岩流で, 須藤・石井 (1987) の 1970-71 年女岳噴出物のうち, 溶岩部がこれに相当する。本溶岩流の噴出・流動・定置過程に関し, 小坂・平林 (1971), 諏訪・他 (1971), 八木・斎藤 (1971), 曾屋 (1971) 等の報告がある。

南部カルデラ (SC): 須藤・石井 (1987) による南部カルデラと同一である。本火山頂部, 南寄りに存在する, 北東-南西方向に伸長した, 長径 3 km, 短径 1.5 km の凹地形である。カルデラ底は南西に向かって傾斜するが, 小岳火砕丘および女岳火砕丘の北側基底をなす北端のカルデラ底は, 緩傾斜を示す南西部カルデラ底より一段高く, この高度差が約 100 m と見積られる。つまり, 小岳, 女岳の基底中心を通り, 南西方に開口するように湾曲した段差が推定され (図 3, 破線), この両端は, いずれもカルデラ壁の変曲点と符合する。よって, ここに陥没カルデラ壁が潜在し, 段差北側のカルデラ底部は, 2 度目の陥没を免れたブロックである可能性がある。南部カルデラの形成は, 文字通り, 後カルデラ活動期噴出物

に先行するが, カルデラ陥没は, 後カルデラ活動期にも続行していたかもしれない。

4. テフラ層の地質記載

本研究では, 和知・他 (1997) のテフラ層序に従い, 各テフラ層から試料を採取した。採取地はいずれも南部カルデラの東方約 3 km に位置する。第 1 露頭は, 軽石町^{しずくいし}橋場の荒沢支流, 下シズノ沢の標高約 960 m 地点で, 最下位の AK-13 から AK-3 までのテフラ層が確認される。本露頭の記載は和知・他 (1997), 土井 (1996) に詳しい。また, 第 2 露頭 (同町, 荒沢橋から第 1 露頭に至る林道沿い, 標高 840 m 地点) と, 第 3 露頭 (同林道沿いで, 更に荒沢橋寄りの, 標高約 740 m 地点) では, それぞれ AK-3~AK-1 層の試料を採取した。

以下, 和知・他 (1997) による各テフラの噴出年代, 噴火規模 (VEI 単位), 噴火タイプおよび分布主軸に基づく推定噴出位置を表 1 に示し, 試料採取地点における岩相上の特徴を記載する。

なお, 和知・他 (1997) に従い, 淡褐色を呈する多孔質粒子を「軽石」と記述するが, 後述のように, 珪長質な組成を意味しない。また, スコリア・軽石混在層内にお

表 1. 降下テフラの噴火特性。

Table 1. Eruptive characteristics of the air-fall tephra.

tephra	eruption age (y.B.P.)	location of vent	VEI	type of eruption
AK-13	13,500 - 12,000	southern area	4 - 5	Plinian
AK-12	11,900 - 11,600	northern area	4 - 5	Plinian
AK-11	10,000 - 9,000	northern area	3	vulcanian
AK-10	10,000 - 9,000	northern area	3	vulcanian
AK-9	10,000 - 9,000	northern area	4	Plinian
AK-8	8,900 - 7,800	northern area	4	phreatic, plinian, vulcanian
AK-7	8,400 - 7,500	northern area	3	vulcanian
AK-6	7,200 - 7,100	northern area	3	Plinian
AK-5	4,000 - 3,100	northern area	?	phreatic
AK-4	4,000 - 3,100	northern area	?	phreatic
AK-3	2,800 - 2,300	southern area	3	vulcanian
AK-2	2,000 - 1,600	northern part of south caldera	2 - 3	vulcanian
AK-1	1,100 - 1,000	northern part of south caldera	2 - 3	vulcanian

いて, 軽石の粒径や発泡度は, 共存するスコリアと類似し, 粒径篩別によるスコリア・軽石混在比の変動は, 単一層内では認められない。更に, プルカノ式噴火由来とされたテフラでも, やや粒径の荒い AK-3~AK-1 の採取試料では多孔質粒子が主体をなす。これらは, 構成粒子の形状・岩相からはストロンボリ式あるいはサブリーニ式噴火に近い, 本質物質が卓越する噴火由来と推測される。

AK-13: 小岩井軽石(略号は KP, 以下同様)とも呼ばれる。生保内火砕流(須藤, 1982)とともに, 南部カルデラ形成に関連した噴火産物とされ, 下位から, 砂質スコリア~砂質火山灰層(K3P), 軽石スコリア混在層(K2P, 層厚約 100 cm), 砂質スコリア層(K1P, 層厚約 50 cm)が積層する。今回は K2P から, 粒径約 3~20 mm のスコリア・軽石(混在比 9:1)試料, K1P から粒径約 1~5 mm のスコリアを各々採取した。

AK-12: 柳沢軽石(YP)とも呼ばれる。下位から火山豆石を含む細粒火山灰(Y3P), 角張った軽石およびスコリア主体層(Y2P, 層厚 80 cm), 砂質スコリア~細粒軽石・スコリアの互層(Y1P)が成層する。今回 Y2P から, 1~10 mm 径のスコリア・軽石(混在比 8:2)を採取した。

AK-11: 層厚約 25 cm の砂質スコリア主体層をなす。粒径約 1~4 mm の砂質スコリアを採取した。

AK-10: AK-11 の直上に層厚約 15 cm の砂質スコリア主体層を成す。粒径 1~3 mm 程度の砂質スコリアを採取した。

AK-9: 荒沢軽石(AP)とも言う。第 1 露頭は本層の模式地で, レスを含む層厚は約 60 cm, 下位より, スコリア・軽石混在層(層厚約 50 cm, 混在比 6:4), 細粒火山灰層, レス・埋没土の順に積層する。混在層において試料を採取した。

AK-8: 堀切軽石(HP)とも呼ばれる。層厚約 170 cm で, 3 層に細分できる。最下位に黄褐色の火山灰層(H3P), その上にスコリア・軽石層(H2P, 層厚 50 cm, 混在比 7:3), 最上位に約 100 cm 厚の細粒, 粗粒スコリアの互層(H1P, 試料採取層の層厚は 13 cm)が積層する。H2P から径約 2~20 mm, H1P からは径約 1~5 mm の試料を採取した。

AK-7: 下位より, 厚さ約 8 cm の黒色砂質スコリア層, 厚さ 8 cm 程の赤褐色細粒軽石層, さらに成層した青灰色火山灰層が積層し, 総層厚約 40 cm をなす。下位 2 層からそれぞれ, 黒色スコリア(径約 1~3 mm), および細粒軽石(径約 1~4 mm)を採取した。

AK-6: 粒径約 1~8 mm のスコリア・軽石を主体とし(混在比 6:4), 層厚 60 cm 弱, 上部にレスおよび埋没

色土が認められる。

AK-5, AK-4: 両層ともに層厚約 5 cm, 灰色~黄灰色の細粒火山灰より成る層で, 本質物質は認められない。粒径 1~3 mm の火山灰を採取した。

AK-3: 砂質スコリア~砂質火山灰を主体とし, 下位より青黒色砂質火山灰(層厚約 5 cm), 褐色粗粒砂質火山灰(層厚約 10~15 cm), 黄褐色細粒火山灰, 黒色砂質火山灰, および暗灰色埋没土から成る。第 2, 第 3 露頭において, 下位の砂質スコリア(1~3 mm 径)および褐色粗粒砂質火山灰(1~6 mm 径)を採取した。

AK-2: 層厚約 10 cm で砂質スコリア~砂質火山灰を主体とする。2 露頭において, 粒径 1~8 mm 砂質火山灰~スコリアを採取した。

AK-1: 下部に茶褐色~赤褐色粗粒の砂質火山灰, 上部には黒~黒灰色砂質スコリアが成層構造をなす。層厚は 15~20 cm で, 粒径 1~15 mm の砂質スコリアを採取した。

AK-3, AK-4 間のスコリア濃集部: 第 1 露頭で, AK-4 の上方約 2 cm (AK-3 の下方約 3 cm) に, 最大厚 3 cm のスコリア濃集部が確認できた。粒径は 2~7 mm である。本研究ではこのスコリアも, 他のテフラ層とともに採取, 分析し, 対比の検討を行った。以下, AK-3.5 と仮称する。

5. 山体構成物の記載岩石学的特徴

山体構成物について, 複数試料から薄片を作成し, 検鏡した。石基が最も粗粒な男女岳岩脈では, 石基鉱物の最大粒径が 0.05 mm, 溶岩流では 0.03 mm を超えることがない。従って, 本稿では, 最大長が 0.05 mm 以上の粒子を原則として斑晶と見なすこととした。モード組成は, 薄片試料下で等間隔メッシュ 2,000 点の同定結果から求め, 片倉岳火砕丘, 男女岳岩脈, 北部第 4 火砕丘, 南岳噴出物については 1 試料, それ以外の噴出物では 2~3 試料のモード測定を行った。更に, 片倉岳北溶岩流, 北部第 4 火砕丘, 鈴木内川第 1 溶岩流, 小岳第 2 溶岩流, 小岳火砕丘について, テフラとの対比目的のために, 苦鉄質斑晶核部の組成を, 点分析により定量した。測定は茨城大学設置の SEM-EDS システム (JEOL-JSM 5600 LV-Oxford) を用い, 15 KV, 1×10^{-8} A, 測定時間 100 秒の条件で行った。

本火山構成物にみられる斑晶の大きさは概ね似通っている。斜長石斑晶の平均的サイズは 0.3~1 mm 程度, 最大は数 mm で, 一部試料では 1 cm を超えることもある。苦鉄質斑晶では, 平均サイズが 0.3~0.5 mm 程度, 最大でも 2 mm を超える噴出物はまれである。また, 磁鉄鉱(不透明鉱物)は, 最大でも 0.1 mm 程度である。

5-1 北部山体構成物

概ね、カンラン石斑晶を含む玄武岩と複輝石安山岩とに大別できる。北部第1, 第2および第3火砕丘, 片倉沢溶岩流, 男女岳溶岩流は, 斜長石, カンラン石, 斜方輝石, 単斜輝石を斑晶とする玄武岩, 男女岳岩脈のみがカンラン石を含まない玄武岩から成る。片倉岳火砕丘と赤倉沢火砕流堆積物は複輝石安山岩, 北部第3火砕丘と片倉岳北溶岩流が, カンラン石斑晶をわずかに含む複輝石安山岩から成る(表2)。石基は約50~75(体積)%の範囲を占める。溶岩流では, 片倉岳北溶岩流のみハイアロオフィティック組織が認められる。その他の溶岩流はいずれも石基結晶度が良く, 間粒状~填間状組織を呈する。火砕物の石基における結晶度は一般に悪く, ハイアロオフィティック~ハイアロピリティック組織を呈する(表2)。

北部第2火砕丘と片倉沢溶岩流とは, 総斑晶量や斑晶組合せ・量比が互いに類似する(図5上・中)。

片倉岳北溶岩流中の単斜輝石では, ウォラストナイト成分(Wo)が37~41(mol)%でMg#(100*Mg/(Mg+Fe) atomic)と負の相関が認められ, エンスタタイト成分(En)は39~45(mol)%の範囲を持つ(図6a)。共存する斜方輝石のWoは3.9%, Enは62.5~70%の組成を示す(図6a)。一方, 北部第4火砕丘中の単斜輝石では

Enが40~46%の範囲を有するが, Woは39~41%で, Mg#との相関は認められない(図6b)。共存する斜方輝石はWo=3.1~3.5%, En=57~59.5%と, 片倉岳北溶岩中の同相よりそれぞれ有意に低い(図6b)。

5-2 南部山体構成物

南部地域の噴出物は, 斑晶組合せの変化に富む(表2)。女岳火砕丘および小岳第2溶岩流が, 斑晶組合せ上, 最も未分化なカンラン石玄武岩から成る。また, カンラン石, 単斜輝石, 斜方輝石斑晶を含む玄武岩質安山岩が多産する(桧木内川第1溶岩流, 南岳噴出物, 小岳第1溶岩流, 小岳大焼砂噴石堆積物, 小岳火砕丘)。桧木内川第2溶岩流および女岳1970年溶岩流は複輝石安山岩で構成され, 前者にはごくまれにカンラン石が含まれる。石基組織は, 溶岩, 火砕岩とも結晶度は様々で, 間粒状~ハイアロピリティック組織まで変化に富む(表2)。

最も未分化な斑晶組合せを有する噴出物は, 中位層準に属する(表2, 図4)。また, 小岳第1溶岩流と小岳大焼砂噴石とは, 総斑晶量ならびに斑晶量比が, 互いに類似する(図7)。

桧木内川第1溶岩流中の単斜輝石は, Wo, Enが各々43~45 mol%を示す高Mgの組成と, Wo=40~41%, En=40%程度の組成とに2分される(図6c)。共存する

表2. 山体構成噴出物の記載岩石学的特徴およびモード組成。

Table 2. Petrographic features and modal compositions of the eruptives constituting volcanic edifices.

eruptives	rock name	phenocryst					groundmass	
		pl	opx	cpx	ol	opq	mode	texture
北部地域								
片倉岳火砕丘 (KA)	opx bg. cpx andesite	38.7	0.6	4.8	0	0.5	55.4	H-O
赤倉沢火砕流 (AK)	opx cpx andesite	24.1~24.8	2.5~2.6	3.0~3.5	0	0.3	69.4~69.5	H-P
片倉岳北溶岩流 (KK)	(ol bg.) opx cpx andesite	20.1~20.4	1.1~1.2	1.5~1.7	<0.2	0.9~1.0	75.8~76.0	H-O
北部第1火砕丘 (HO1)	opx cpx bg. ol basalt	25.3~26.2	0.5~0.6	0.7~0.8	2.1~2.2	0	70.5~71.1	H-P
北部第3火砕丘 (HO3)	cpx bg. ol opx basalt	36.4~38.4	2.5~3.0	0.4~0.6	2.0~2.6	0.2~0.5	55.4~58.0	H-O
男女岳溶岩・火砕岩 (ON)	ol cpx opx basalt	43.1~43.5	2.1~3.0	1.1~2.7	1.3~1.5	0.9~1.1	49.5~50.1	I-G, I-S
北部第2火砕丘 (HO2)	cpx bg. ol opx basalt	39.6~40.5	3.6~4.0	0.3~0.4	1.2~1.3	0.3	53.7~54.5	H-P, H-O
片倉沢溶岩流 (KZ)	ol cpx opx basalt	39.5~43.8	4.8~5.3	0.9~1.9	0.5~1.8	0.3~0.8	48.7~58.9	I-S
男女岳岩脈 (OD)	opx cpx basalt	42.2	3.3	2.0	0	0.5	52.0	I-G, SE
北部第4火砕丘 (HO4)	ol bg. cpx opx andesite	29.5	5.8	5.2	0.5	0.4	58.6	H-O
南部地域								
桧木内川第1溶岩流 (HI1)	ol bg. opx cpx basaltic andesite	16.5~23.9	1.6~3.3	2.4~3.4	0.2~1.9	0.7~1.5	69.1~78.1	H-P
桧木内川第2溶岩流 (HI2)	(ol bg.) cpx opx andesite	18.9~21.9	3.7~4.6	4.6~4.9	<0.1	1.6~2.1	67.3~69.6	H-O
南岳噴出物 (MI)	ol bg. cpx opx basaltic andesite	38.5	3.1	2.0	0.7	0	55.7	I-G
女岳溶岩・火砕岩 (ME)	(opx bg.) cpx ol basalt	37.5~39.7	<0.3	0.5~2.4	2.3~3.0	0.7~0.8	54.5~58.3	I-S
小岳第1溶岩流 (KD1)	opx bg. cpx ol basaltic andesite	30.2~30.7	0.4~0.6	1.0~1.8	2.0~2.1	<0.2	65.2~65.8	P-T
小岳第2溶岩流 (KD2)	cpx bg. ol basalt	32.3~35.6	0	0.3~0.8	1.4~2.6	<0.1	61.9~65.4	I-G
小岳大焼砂 (KO)	opx bg. cpx ol basaltic andesite	23.0~31.6	0.6~0.8	1.2~1.8	0.5~2.4	0	62.3~71.5	I-S
小岳火砕丘 (KDP)	(ol bg.) cpx opx basaltic andesite	25.5~31.8	1.0~3.6	2.1~3.0	0.4~1.0	0.4~0.5	60.2~69.2	I-S
女岳1970年溶岩 (MN)	cpx opx andesite	31.0~33.1	2.8~3.4	2.7~3.0	0	1.2~1.7	59.1~62.0	H-O

opx: 斜方輝石, cpx: 単斜輝石, ol: カンラン石, bg.: 含有, H-P: ハイアロピリティック, H-O: ハイアロオフィティック, I-G: 間粒状, I-S: 填間状, SE: シリイット, P-T: ピロタキシティック

opx: orthopyroxene, cpx: clinopyroxene, ol: olivine, bg.: bearing, H-P: hyalopilitic, H-O: hyaloophitic, I-G: intergranular, I-S: intersertal, SE: seriate, P-T: pilotaxitic

斜方輝石の組成は $Wo=3\sim 3.4\%$ ， $En=58\sim 70\%$ の範囲を占める (図 6c)。小岳火砕丘玄武岩質安山岩中の単斜輝石は $Wo=34\sim 43\%$ ， $En=42\sim 51\%$ のやや広い組成範囲を占める (図 6d)。小岳第 2 溶岩流を構成する玄武岩中のカンラン石では $Mg\#$ が 79 ± 0.5 に集中した。

6. テフラ中の斑晶大鉱物・粒子の量比と鉱物組成

採取テフラ試料のうち，変質火山灰から成る AK-5，AK-4 を除く全試料についてモード測定を行った。そのうち，AK-13 (K1P)，12，9，8，6，3.5，3，2 の 8 試料では，全作業を独立に 2 回実施した。結果を表 3 に示す。分析手法は以下の通りである。試料を洗浄して異物を取り除く。その後，概ね斑晶大 (0.3~0.6 mm 程度) に粒径をそろえるために，テフラを乳鉢内で軽くたたき，ほぐすように粒子を分離した。分離後，無作為に 200 粒抽出し，双眼実体顕微鏡下で鉱物種を同定した。同定されたものは各斑晶鉱物粒および石基部濃集粒である。石基部濃集粒は，主としてガラス質石基からなり，細粒斑晶である不透明鉱物もしばしば含まれる。つまり，本法では不透明鉱物斑晶を単独粒子に識別・分離できず，石基濃集粒に含めている。粒径も厳密には揃っていないが，得られる粒子含有比率 (個数比率) は，不透明鉱物を除き，概ね岩石中の斑晶/石基比や斑晶鉱物組合せ・量比を代表することが期待される。実際，測定結果では，石基部濃集粒および斜長石粒の含有 (個数) 比率がそれぞれ 55~75% 程度，20%~40% 程度 (表 3) と，本体構成物の石基および斜長石斑晶のモード組成と符合する。

斑晶大のカンラン石粒が確認されたテフラ層は，AK-13 と，AK-9 から AK-1 までの計 9 層である。斜方輝石

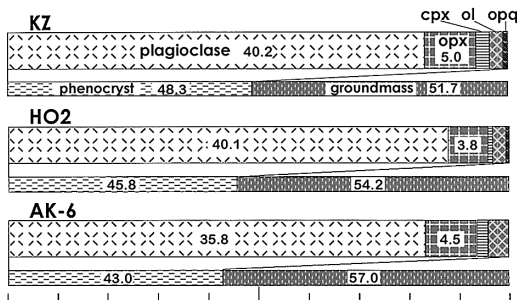


図 5. 片倉沢溶岩流と北部第 2 火砕丘構成岩石および AK-6 のモード組成。opx: 斜方輝石，cpx: 単斜輝石，ol: カンラン石，opq: 不透明鉱物。

Fig. 5. Modal compositions of the Katakurazawa lava flow, Hokubu second pyroclastic cone and AK-6 tephra. opx : orthopyroxene, cpx : clinopyroxene, ol: olivine, opq: opaque minerals.

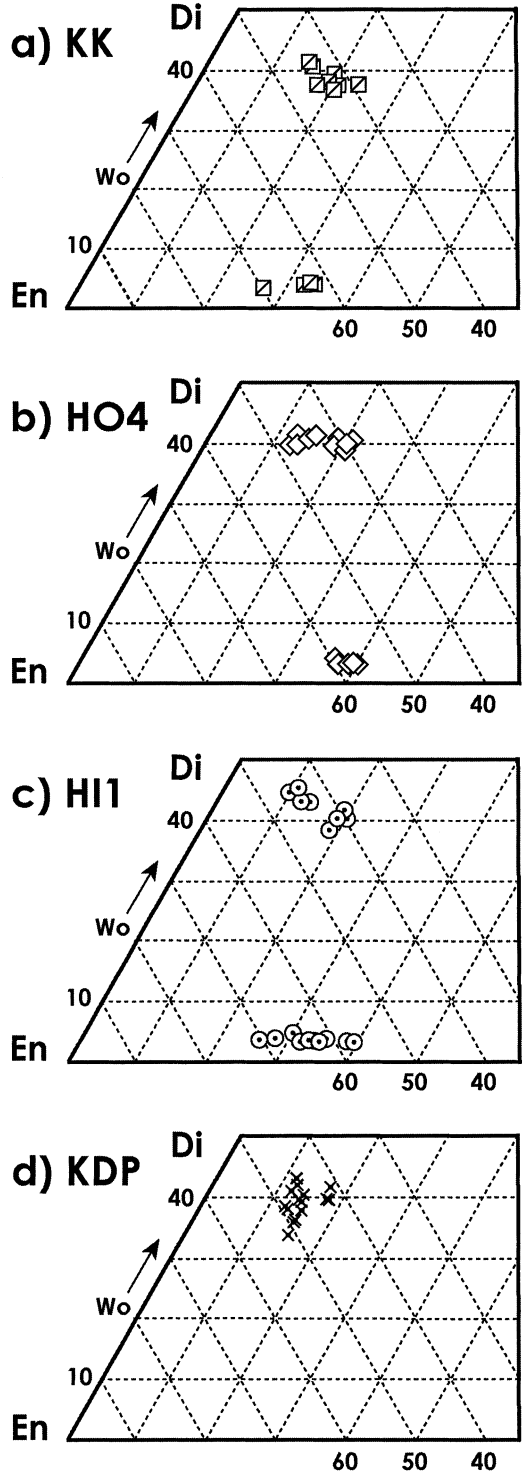


図 6. 選択された山体構成噴出物の輝石斑晶組成。Fig. 6. Chemical compositions of the phenocrystic pyroxenes in the selected samples of the eruptives composing volcanic edifices.

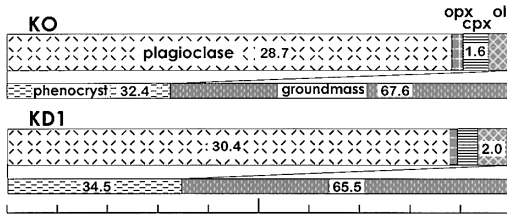


図 7. 小岳第一溶岩流と小岳大焼砂火砕物構成岩石のモード組成. 略号は図5と同じ.

Fig. 7. Modal compositions of the Kodake first lava flow and the Kodake-Ohyakisuna pyroclastics. Abbreviations refer to those in Fig. 5.

表 3. テフラのモード組成.

Table 3. Modal compositions of the tephra.

tephra	sample	pl	opx	cpx	ol	gm
AK-13	s-sc	72	4	6	2	116
		(K1P)	55	2	3	1
AK-12	sc/pu	66	8	3	0	123
		64	3	4	0	129
AK-11	s-ash	49	3	3	0	145
AK-10	s-ash	54	7	10	0	129
AK-9	sc/pu	62	12	4	0	122
		46	5	6	2	141
AK-8	sc/pu	46	1	2	0	151
		(H2P)	40	6	6	1
AK-7	s-sc	68	9	6	1	116
AK-6	sc/pu	74	10	1	4	111
		69	8	3	3	117
AK-3.5	sc	64	10	4	2	120
		61	8	7	2	122
AK-3	s-sc	48	3	5	2	142
		48	4	4	2	142
AK-2	sc	67	0	2	3	128
		60	0	1	5	134
AK-1	sc	48	2	3	2	145

K1P は AK-13 中の砂質スコリア層, H2P は AK-8 中のスコリア・軽石層を示す. s-sc: 砂質スコリア, sc: スコリア, pu: 軽石, s-ash: 砂質火山灰 (和知・他, 1997 を引用). 分析法の詳細は本文参照.

K1P and H2P indicate the sandy scoria layer of the AK-13 and mixed pumice/scoria layers of the AK-8, respectively. s-sc: sandy scoria, sc: scoria, pu: pumice, s-ash: scoriaceous ash (referred from Wachi *et al.*, 1997). Detailed analytical method is shown in the text.

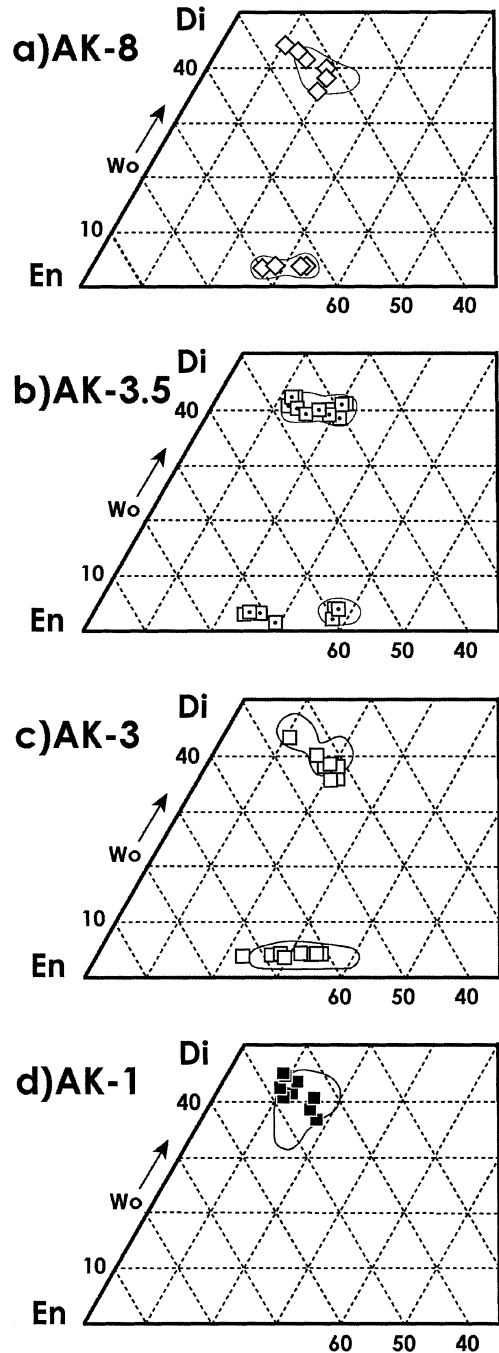


図 8. 選択されたテフラ中の輝石組成. a)~d) 中の囲みはそれぞれ KK, HO4, HI1, KDP 中の輝石組成範囲を示す (図 6 参照).

Fig. 8. Chemical compositions of the phenocrystic pyroxenes in the selected samples of the tephra. Enveloped areas in the a) to d) indicate the concurring phenocrystic compositions in the KK, HO4, HI1, and KDP, respectively (see Fig. 6).

と単斜輝石の量比に顕著な差が認められるのはAK-10とAK-7, AK-6で, AK-10では単斜輝石, 後二者では斜方輝石が, それぞれ卓越する. AK-2には斜方輝石粒が認められない.

また, 山体構成物中の苦鉄質斑晶と同様, AK-8 (H2 P), AK-3.5, AK-3, AK-2, AK-1に含まれる斑晶大の苦鉄質鉱物核部の組成を定量した. AK-8, AK-3.5, AK-3については斜方輝石と単斜輝石, AK-2ではカンラン石, AK-1では単斜輝石をそれぞれ点分析した. AK-8では, 単斜輝石のWo=37~39%, En=41~43%, 斜方輝石ではWo=3.8%, En=63~64%にそれぞれ集中した(図8 a). AK-3.5中では, 単斜輝石のWo=39~41%, En=40~46%, また, 斜方輝石はWo=3.1~3.4%, En=58.5~60%であった(図8 b). AK-3中の単斜輝石はWo=36~40%, En=42~43%が大半を占め, わずかながら, Wo=43%, En=46%の, Mgに富む粒子も認められた(図8 c). 共存する斜方輝石のWoは3.6~4%に集中し, Enは61~73%の範囲を占める(図8 c). AK-2中のカンラン石のMg#は78.4~79.3である. AK-1中の単斜輝石はWo=37~44.5%, En=42.5~48%の範囲を占める(図8 d).

7. 全岩主化学組成

山体構成物の粉碎前処理は, 通常の火山岩試料と同様である. 風化面を完全に除去したチップを蒸留水に浸し, 超音波洗浄後, 乾燥させる. この乾燥チップを, ステンレス乳鉢で砕いた後, タングステンカーバイド製

ボールミルで粉碎した.

一方, テフラについては, 附着した粘土や有機物を除去するために, 以下のように粉碎前処理を行った. テフラ試料をビーカーに入れて攪拌し, 懸濁液を捨てる作業を, 液が濁らなくなるまで繰り返す. 更に, 蒸留水を用いた超音波洗浄を数回繰り返す. 乾燥後, 実体鏡下で, テフラ粒子の中から風化粒子や異質粒子を完全に除去する. こうして, 今回採取した試料から, 十分に新鮮な粒子を得ることができた. 粉碎法は, 岩石チップと同様である.

岩石粉末試料は, スペクトロメルト(四ホウ酸リチウム)と1:10の重量比で混合し, ガラスビードとした上で, 茨城大学設置のRIGAKU3270型蛍光X線分析装置により定量した. 標準試料の, 推奨値に対する正確度, および同一試料の繰り返し測定誤差を表4に示す. 繰り返し誤差が小さく, 同法の定量値で比較すれば, 組成類似性は, 高精度で保証できることが判る.

7-1 北部山体構成物

本地域の噴出物は, ソレライト系列(例えば

表 4. XRF 分析精度.

Table 4. Accuracy and precision of the XRF analysis.

	accuracy	precision
(wt %)	$\Sigma^N(C_{meas}-C_{RV})^2/(N-2)$	SD(10 analyses)
SiO ₂	0.521	0.029
TiO ₂	0.012	0.003
Al ₂ O ₃	0.211	0.05
FeO*	0.138	0.007
MnO	0.003	0.001
MgO	0.073	0.026
CaO	0.068	0.007
Na ₂ O	0.056	0.043
K ₂ O	0.023	0.004
P ₂ O ₅	0.005	0.002
data:	Togari (1997,MS)	Saito (2002,MS)

データは, 外狩 (1997, MS), 齋藤 (2002, MS).
Data are from Togari (1997, MS) and Saito (2002, MS).

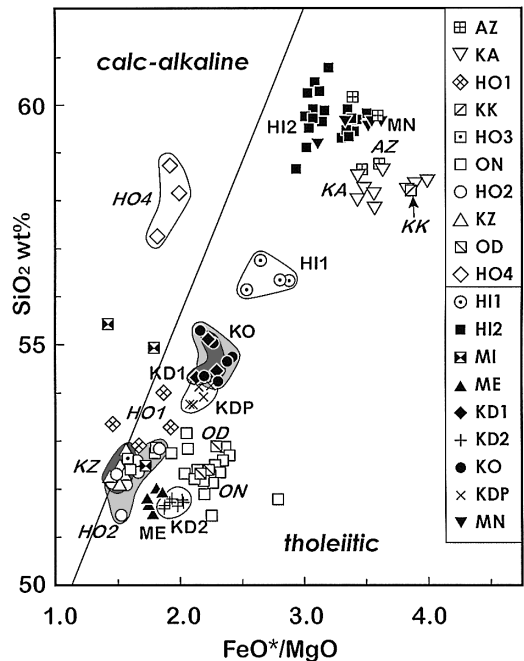


図 9. 秋田駒ヶ岳火山, 後カルデラ期噴出物の全岩 FeO*/MgO-SiO₂ 図. 略号は図4と同じ. 斜体の略号は北部山体の噴出物.

Fig. 9. Whole rock FeO*/MgO vs. SiO₂ for the eruptives at the post-caldera stage of the Akita-Komagatake volcano. Abbreviations refer to those in Fig. 4. Italic characters imply the eruptives of the northern volcanic edifice.

Miyashiro, 1974) かつ Gill (1981) による low-K 系列の岩石が卓越する (図 9, 10). 唯一, 北部第 4 火砕丘のみが, Medium-K のカルクアルカリ系列安山岩である. 記載岩石学的特徴と調和的に, 片倉岳火砕丘および片倉岳北溶岩流が安山岩, また, 北部第 1・第 2 および第 3 火砕丘, 男女岳溶岩流, 片倉沢溶岩流, および男女岳岩脈は, 玄武岩組成を示す (図 10a). カルクアルカリ系列である北部第 4 火砕丘は, 類似の SiO_2 量を有する片倉岳火砕丘や片倉岳北溶岩流に比べ, FeO^* , TiO_2 および Na_2O 量は低く, MgO 量が高い (図 10, b-d). これらの相違は, 東北日本弧第四紀におけるソレライト, カルクアルカリ系列間の対照的特徴と調和する (例えば Kawano *et al.*, 1961; Fujinawa, 1988).

また, 総斑晶量, 斑晶量比の類似した, 片倉沢溶岩流と北部第 2 火砕丘とは, 全岩組成上, ほぼ完全に重なる. 多数のフローユニットから成る男女岳溶岩流は, 組成幅もやや広い. 片倉岳火口縁での積層 5 フローユニットでは, 上位に向かい FeO^*/MgO 値の上昇傾向が認められた (表 5).

7-2 南部山体構造物

南部地域の噴出物は, ほぼすべてが, Miyashiro (1974) のソレライトおよび Gill (1981) による low-K の領域内に点示される (図 9). SiO_2 量 52% 未満の玄武岩から, 60% の安山岩まで, SiO_2 量の顕著な組成ギャップはない. 女岳火砕丘および小岳第 2 溶岩流は, 記載岩石学と調和的に, 最低の SiO_2 量, および FeO^*/MgO 比を示す. また, 全岩組成上の岩型分類 (例えば Basaltic Volcanism Study Project, 1981) も, 記載岩石学的分類と矛盾しない.

本地域噴出物に見られる変化傾向 (図 10 a-e) は, 東北日本弧第四紀火山フロント付近に産する低アルカリソレライト系列の一般的傾向と調和する (例えば, Kawano *et al.*, 1961). ただ, SiO_2 量 59-60% 程度の安山岩では, 桜木内川第 2 溶岩流が, 女岳 1970 年溶岩流よりも K_2O に富み, TiO_2 , FeO^* , Na_2O に乏しい (図 10 a-d). また, 斑晶鉱物組合せ・量比の類似した, 小岳大焼砂と小岳第 1 溶岩流とは, 全岩組成もほぼ一致する.

7-3 テフラ

風ひ等による斑晶-石基分別効果が, 全岩組成に及ぼす影響を検討するため, 粗粒の本質物質に富む AK-9, AK-6 のテフラ試料を篩別し, 粒度毎の全岩組成を定量, 比較した. 洗浄・乾燥させた試料を 4 mm 以上, 2 mm 以上 4 mm 未満, 1 mm 以上 2 mm 未満, 1 mm 未満の 4 フラクションに粒度区分した. 各フラクションとも洗浄, 乾燥後粉碎し, 定量分析に供した. また, AK-9, AK-6 とスコリア (黒色粒) と軽石 (褐色粒) が混在する.

異色粒子間の組成比較のため, 混合相の他, (いずれも径 4 mm 以上の) 黒色粒・褐色粒のみのフラクションも作成, 定量分析を行った.

結果を表 6 に示す. 両層ともに混合相での粒径 4 mm 以上のフラクションと, 2~4 mm の範囲のフラクション

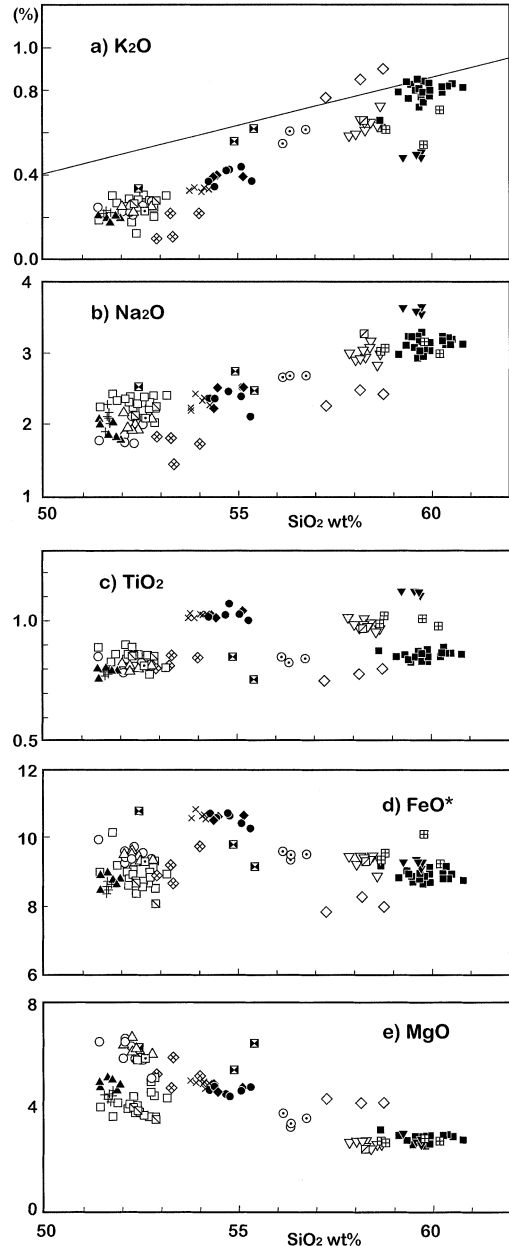


図 10. 後カルデラ期噴出物の全岩 SiO_2 変化図. 記号は図 9 と同じ.

Fig. 10. Whole rock silica variation diagrams for the eruptives at the post-caldera stage. Symbols are same as those in Fig. 9.

表 5. 片倉岳火口付近における男女岳溶岩流のフローユニットと全岩組成変化の関係. 矢印は層位上, 上位の方向を指す.

Table 5. Relationship between flow sequence and whole-rock compositional variation among the Onamedake lava flow at the rim of the Katakuradake crater. Arrows show the ascending order of stratigraphy.

男女岳溶岩流(ON)	Sample No.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Total	FeO*/MgO
上位(upper sequence)	01081901	51.78	0.83	19.53	10.19	0.25	3.66	10.90	2.44	0.30	0.11	100	2.78
↑	01081902	52.59	0.84	20.03	8.75	0.17	3.71	11.10	2.40	0.31	0.11	100	2.36
↑	01081903	52.83	0.82	19.03	9.14	0.18	4.45	10.79	2.41	0.25	0.09	100	2.05
↑	01081904	53.17	0.80	18.86	8.96	0.18	4.36	10.86	2.41	0.31	0.10	100	2.05
↑	01081905	52.75	0.78	18.60	9.02	0.18	5.01	10.99	2.32	0.27	0.09	100	1.80

表 6. AK-9, AK-6 テフラ層内に共存するスコリア・軽石および混合相の全岩主化学組成. 混合相は粒度により4分し, 別個に分析した.

Table 6. Whole sample major element chemical compositions of the scoria, pumice and mixtures in the AK-9 and AK-6. As for the mixtures, four fractions sifted in size were separately analyzed.

Air-fall tephra	nature/size	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	total	FeO*/MgO
AK-9	black scoria	54.30	1.10	16.89	11.63	0.22	4.18	8.74	2.54	0.29	0.10	100	2.78
	brown pumice	48.27	1.48	22.93	15.11	0.27	3.62	6.71	1.37	0.12	0.11	100	4.18
mixture of pumice and scoria	4mm<	52.91	1.22	18.48	12.44	0.23	3.69	8.50	2.20	0.23	0.11	100	3.37
	2~4mm	52.48	1.21	18.78	12.48	0.23	3.84	8.51	2.14	0.24	0.10	100	3.25
	1~2mm	51.71	1.19	18.80	12.70	0.23	4.43	8.69	1.94	0.20	0.09	100	2.87
	<1mm	50.48	1.06	19.37	12.29	0.24	5.19	9.39	1.75	0.16	0.07	100	2.37
AK-6	black scoria	51.58	0.70	20.39	8.49	0.16	5.51	11.19	1.70	0.20	0.09	100	1.54
	brown pumice	45.67	0.98	26.77	11.60	0.15	5.64	8.12	0.91	0.06	0.11	100	2.06
mixture of pumice and scoria	4mm<	49.97	0.84	21.86	9.89	0.17	5.48	9.88	1.64	0.17	0.10	100	1.80
	2~4mm	49.65	0.81	22.38	9.55	0.16	5.47	10.16	1.56	0.16	0.10	100	1.75
	1~2mm	50.39	0.73	21.06	9.11	0.16	6.11	10.50	1.69	0.18	0.09	100	1.49
	<1mm	50.90	0.71	18.97	9.50	0.20	7.35	10.37	1.72	0.19	0.09	100	1.29

の組成が, 誤差の範囲で一致する. 一方, 1mm未満のフラクションとは有意に異なる組成を示し, 1~2mmのフラクションは両者の中間, やや粗粒フラクションよりの組成を有することがわかる.

各スコリアは, 山体構成物の示す平均的ソレライトトレンド付近の安山岩 (AK-9) および玄武岩 (AK-6) 組成を示す (図 11, 12). 一方, 「軽石」とされる褐色粒は, 共存するスコリアよりも顕著に SiO₂ に乏しく, 平均的ソレライトトレンドより CaO, Na₂O, K₂O 量が低い. また, 粗粒の混合相は, 混在比と調和的に, 両粒子組成混合線上の, ややスコリア組成よりの組成を示す (図 11, 12) が, 細粒の混合相は, より細粒な物ほど, スコリア・軽石混合線からずれた組成を持つ (表 6).

以上から, 今回調査した露頭に産するテフラの全岩組成は, 粒径 1mm 未満の粒子において, 斑晶-石基分別あるいは軽石・スコリアいずれとも異なる異源粒子の混入の効果が顕著なことがわかる. この効果は 1~2mm フラクションでも若干認められる. 一方, 2mm 以上の粒子を用いれば上述の効果は無視できる. よって, 本研究では, 径 2mm 以上の粒子を用いて分析試料を調製した. AK-3~AK-1 については第 2・第 3 の 2 露頭, それ

以外では第 1 露頭からの試料で分析値を得た. なお, 変質火山灰主体の AK-5 および AK-4 については, 分析を行わない.

AK-12, AK-11 および AK-8 は, いずれもスコリアが 7 割以上を占めるスコリア・軽石混合相の組成, AK-9, 6 は上述の通り混合相と, スコリア・軽石それぞれの組成, AK-7 は別の層から採取したスコリア, 軽石それぞれの組成, AK-13, AK-10, AK-3.5, AK-3~1 はスコリア質均質相の組成を各々定量した.

山体構成物同様, 噴出テフラもソレライト系列岩が卓越し, カルクアルカリ岩は AK-3.5 のみである. テフラの全岩組成における時系列変化は, 以下のようにまとめられる.

1) 下位より, AK-13 から AK-10 まで, SiO₂ 量が 52~53% 程度の玄武岩と SiO₂ 量 56% 程度の玄武岩質安山岩が交互に噴出する (図 11, 12). 玄武岩は類似の SiO₂ 量を有する山体構成物より高い FeO*/MgO 比を示す (図 11).

2) AK-9, 8 は顕著に高い FeO*/MgO 比を示し, 苦鉄質鉱物分別に関して進化した特徴を示す. AK-9 が SiO₂ 量 52~53% 程度の玄武岩, 一方 AK-8 は, SiO₂ も

59%と高く、今回定量したテフラ中最も進化したソレイト系列岩の特徴を示す(図11)。

3) AK-7, 6では、一転、低FeO*/MgOの未分化組成となる(図11)。AK-7では、下位の黒色スコリアがSiO₂量54%程度の玄武岩質安山岩、上位の褐色粗粒軽石はSiO₂量約50%の玄武岩組成を示す。AK-6は、黒色スコリアのみの組成ではSiO₂量52%、混在相ではSiO₂量50%程度の玄武岩組成で、AK-7の褐色軽石と類似の組成を示す。黒色スコリアは定量テフラ中、最低FeO*/MgOを有し、その組成は山体構成物中最低FeO*/MgOの片倉沢溶岩流、北部第2火砕丘とほぼ一致する。

4) AK-3.5は、唯一、概ねmedium-Kのカルクアルカリ安山岩組成を示す(図12a)。

5) AK-3 からAK-1までは、いずれも山体構成物が形成する、典型的low-Kソレイト系列の組成を有する(図11)。AK-3はSiO₂が57%程度の玄武岩質安山岩、AK-2はSiO₂=51%程度の玄武岩、またAK-1は、両者の中間、SiO₂=54%程度の玄武岩質安山岩組成である。

8. 考 察

8-1 溶岩流出と火砕丘形成の同時性

北部、南部地域に1組ずつ、斑晶量および、斑晶鉱物量比ならびに全岩組成の酷似した、火砕物~溶岩流の組合せが認められる。北部第2火砕丘と片倉沢溶岩流、および、小岳大焼砂噴石と小岳第1溶岩流である(図5, 7)。これらの組合せは、互いに噴出口の位置、層位も近接する。北部第2火砕丘、片倉沢溶岩流ともに、噴出口が北部第2爆裂火口内に推定され、片倉岳火砕丘および北部第1火砕丘を被覆する。一方、小岳大焼砂噴石と小岳第1溶岩流の推定噴出源はともに小岳である。また、小岳大焼砂噴石の同質物が小岳山体表層部に見られないのは、これが初期噴出物として、小岳下部に伏在するためと推定される。つまり、両者とも、小岳初期の噴出物として、層位が一致する可能性が高い。従って、上記2組の噴出物はそれぞれ、同一噴火で発生した、異なる移動・堆積様式に由来する噴出物と推定できる。

8-2 山体構成物とテフラの対比

山体構成物とテフラの組成対比を行うに先立ち、スコリア・軽石混在層に産し、特異な全岩組成を示す褐色ス

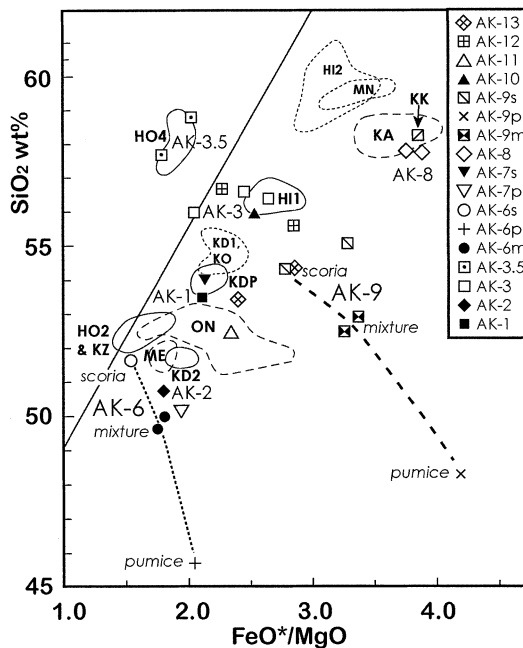


図 11. 後カルデラ期噴出テフラの全岩 FeO*/MgO-SiO₂図。囲みは主要な山体構成物の組成範囲を示す。破線は同一テフラ層 (AK-9, AK-6) 内のスコリア・軽石・混合相の混合線を示す。

Fig. 11. Whole sample FeO*/MgO vs. SiO₂ for the tephra erupted at the post-caldera stage. Enveloped areas indicate the compositional variation ranges for the representative eruptives composing volcanic edifices. Dashed lines indicate the mixing lines between the coexisting scoria, pumice and mixtures within a single tephra layers AK-9 and AK-6, respectively.

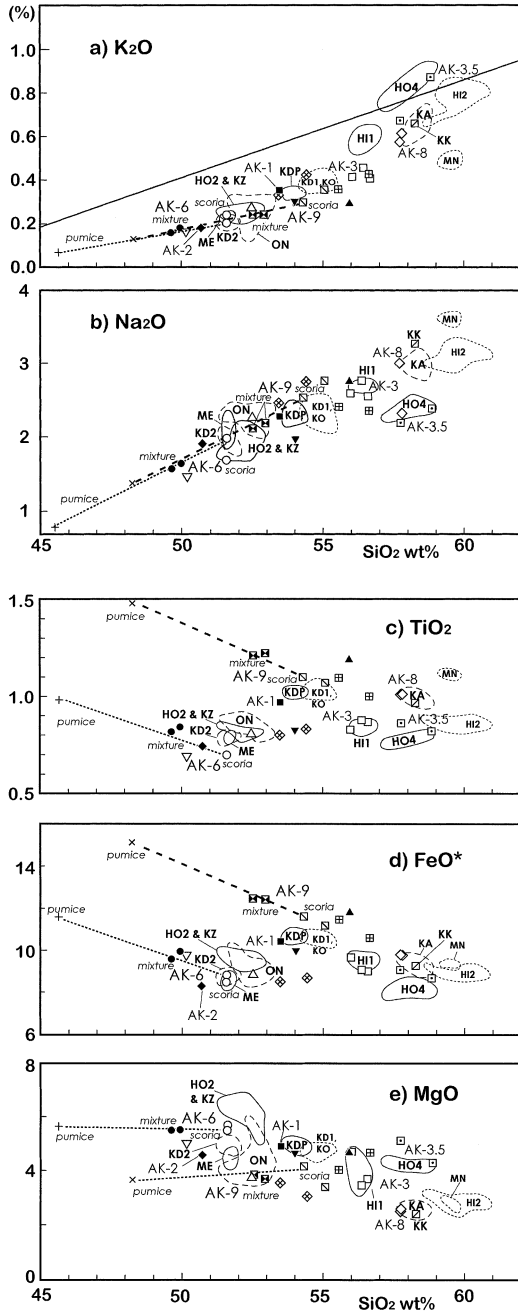


図 12. 後カルデラ期噴出テフラの全岩 SiO₂ 変化図。囲み、破線、略号は図 11 と同じ。

Fig. 12. Whole sample silica variation diagrams for the tephra erupted at the post-caldera stage. Envelops, dashed lines and abbreviations are same as those in Fig. 11.

コリアについて考察する必要がある。軽石は、同一層に共存するスコリアとは概ね等しい粒度と密度を有している。一方で軽石の全岩組成は山体を構成する溶岩、火砕岩試料の何れとも異なる。こうした軽石の全岩組成を生み出すものとして、マグマの発泡およびガスによる元素運搬や結晶～メルトの機械的分離・集積など、マグマの局部的不均質化要因と、噴火時ないし直後における高温酸化や火山ガスによる変質、元素溶脱、冷却後の風化・変質などの非マグマ性変質要因とが考えられる。また、噴火時には、両者が連続的に作用する場合もあり得る。軽石における FeO*, TiO₂ の濃集は鉄チタン酸化物の集積を示唆する。一方、Al₂O₃ の濃集と SiO₂ の減少は斜長石の濃集を示唆するものの、CaO, Na₂O などが調和しない。全体として、斑晶鉱物の分離・集積のみでスコリア・軽石間に見られる組成差を矛盾なく説明することはできない。また、ガラス質石基に組成変化を生み出す要因を特定することは容易ではなく、本研究でも十分なデータを有していない。よって両要因を考慮してマグマ組成を推定する必要がある。軽石・スコリア間の組成差が基本的にマグマの局部的不均質化とすれば、スコリア・軽石の粒度・密度が概ね等しく、降下時の分別は大きなものではないと思われるので、混合相のバルク組成が、不均質化を蒙る前のマグマの平均組成に近似されるであろう。一方、軽石の組成が変質作用によるとすれば、「非変質」のスコリアの組成がマグマ組成に近いことになる。ここで、実際に対比を試みたテフラ層をみると、何れもスコリアが卓越しており、混合相の組成はスコリア単独の組成に近い。スコリア単独と混合相との組成差は、混合相中、軽石含有率の最も高い AK-9, AK-6 でさえ、山体を構成する同一噴出物内に見られる組成幅に匹敵する程度である。従って、今回、スコリア単独、混合相、何れの組成を用いても、組成対比を行う場合に混乱を生じることはない、といえる。

後カルデラ期、山体構成物は、噴出物ごと、固有の全岩組成的特徴を有する。そこで、全岩組成の類似性に基づき、対比候補の組合せを絞り込むことにした。その上で、総斑晶量および斑晶量比の類似性から、より整合性の高い山体構成物-テフラの組合せを対比させる。

テフラ層のうち、下位より、AK-13～AK-9 の 5 層は、全岩組成上、対応する山体構成物が認められない (図 11, 12)。

全岩組成から、対比候補となるのは、(1) AK-8 と、片倉岳火砕丘もしくは片倉岳北溶岩流、(2) AK-6 の、とりわけ黒色スコリアと、北部第 2 火砕丘および片倉沢溶岩流、(3) AK-3.5 と、北部第 4 火砕丘、(4) AK-3 と、桧木内川第 1 溶岩流、(5) AK-2 と小岳第 2 溶岩流、(6) AK-

1と小岳火砕丘の、計6組である(図11, 12)。

1対1対応の4組について、総斑晶量および斑晶量比から妥当性を検討する。前述のように、計測法の相違に起因する結果の不一致は起こりうる。テフラで不透明鉱物が計測されないのはその例である。しかし、同質物ならば、互いに調和した量比を示すはずである。結果は、4組とも互いに良く類似した総斑晶量ならびに斑晶鉱物比を有し(図13)、両者の対比が支持される。

1対2対応の組合せのうち、(2)は、2つの山体構成物を同時期噴出物と解釈した。これら3者は斑晶鉱物量比が互いに良く類似し(図5)、同時噴出物として対比できる。残る、(1)では、モード組成からは、AK-8と片倉岳北溶岩流とが対比できる(図14)。

本体構成物と対比不可能な5層のうち、AK-13, AK-12およびAK-9をもたらししたのは、いずれもプリニー式噴火で、とりわけAK-13は、南部カルデラ形成に伴うものと解釈される(和知・他, 1997)。これらは、山体においては凹地形を形成したため、対応する山体構成物がな

いのかも知れない。AK-12は、和知・他(1997)の等層厚線図(和知・他1997, 図4b)からは、南部カルデラ北域に噴出源が想定可能で、同カルデラ北域にある段差(図3, 図19)形成と関連づけられる可能性がある。相次いで噴出し、噴火の規模とテフラの粒径・分布から、いずれもブルカノ式噴火由来とされたAK-11とAK-10は、全岩組成上、AK-13, AK-12とそれぞれ類似する。よって、規模はやや小さいものの、AK-13, 12とよく似たマグマ組成による、爆発的噴火であった可能性がある。噴火時期および全岩組成から、カルデラ形成期、もしくはその直後の活動と推定でき、仮に新たな火山体が形成されても破壊もしくは埋積された可能性は高い。また、プリニー式噴火とされたAK-9に対応する凹地形として、層位とテフラの推定噴出源の位置からは、北部第1馬蹄型火口が候補となりうる。

一方、AK-5およびAK-4は特徴的に、変質した灰白色火山灰を主体とする。更に、和知・他(1997)による分布主軸の方向を考慮すると、これらに対応する凹地形には、北部第2馬蹄型火口が想定される。

また、AK-4上方に認められたスコリア濃集部(AK-3.5)と北部第4火砕丘(HO4)の組成対比について、2通りの解釈ができる。一つは、HO4はすでに存在したが、AK-4以降、引き続いた小規模水蒸気爆発により破壊された可能性、もう一つは、AK-4後発生したHO4が、形成直後に小規模な爆発的噴火による破壊を被った可能性である。たとえ、HO4がAK-4発生時に存在し、破壊を免れたとしても、硫気変質帯の中で火砕丘が非変質である期間は短いはずである。よって、AK-5, 4発生時、HO4は未だ存在しなかった可能性が高い。この様に、北部第2馬蹄型火口は、関連する堆積物から、複数回の水蒸気爆発による形成が考えられ、本火口の地形的特徴に基

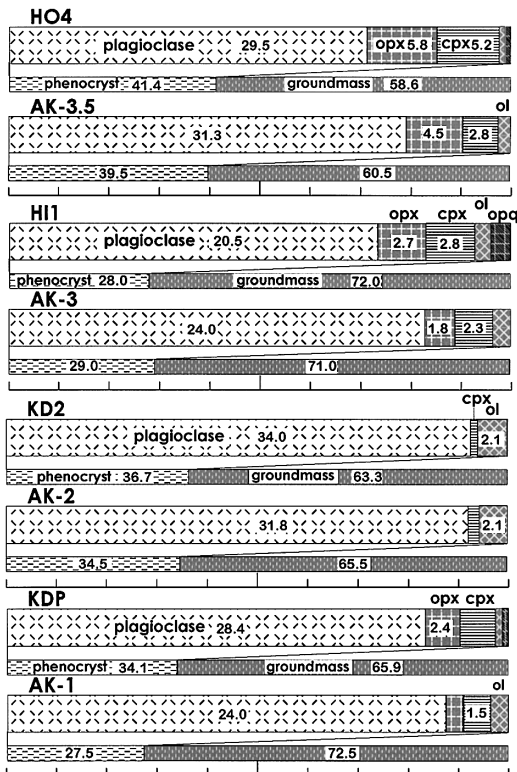


図13. 全岩組成の似通った山体構成物とテフラ対のモード組成。略号は図5と同じ。

Fig. 13. Modal compositions for the pairs of eruptives and bulk chemically resembled tephra layers. Abbreviations refer to those in Fig. 5.

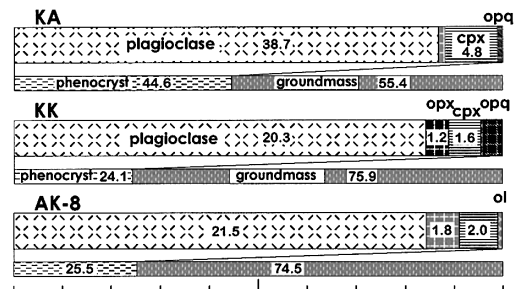


図14. 片倉岳北溶岩流、片倉岳火砕丘とテフラAK-8のモード組成組成。略号は図5と同じ。

Fig. 14. Modal compositions of the Katakuradake pyroclastic cone, Katakuradake-kita lava flow and the tephra AK-8. Abbreviations refer to those in Fig. 5.

づく知見とも調和する。

8-3 斑晶鉱物組成

AK-8 と片倉岳北溶岩流 (KK)，AK-3.5 と北部第 4 火砕丘 (HO4)，AK-3 と松木内第 1 溶岩流 (HI1) については単斜輝石と斜方輝石，AK-2 と小岳第 2 溶岩流 (KD2) ではカンラン石，AK-1 と小岳火砕丘 (KDP) では単斜輝石の組成をそれぞれ比較した。

どの対においても，比較した鉱物各相の組成は互いに重なり合い，対比の妥当性が支持される。とりわけ AK-8 と KK 共通の特徴として，斜方輝石の組成範囲が狭く，単斜輝石の Wo と En 間に負の相関があることがあげられる (図 8a)。AK-3.5 と HO4 では，単斜輝石の Wo が En と無関係にはほぼ一定であることが共通する。また，バイモーダルな En を示す AK-3.5 中の斜方輝石組成のうち，Mg に乏しい側の組成と，HO4 中の斜方輝石の組成とが一致する (図 8b)。AK-3 と HI1 では，斜方輝石の En の範囲が広いこと，単斜輝石の組成がバイモーダルであることも共通して認められる (図 8c)。AK-2 と KD2 中のカンラン石の組成は狭い組成範囲で一致する。AK-1 と KDP 中の単斜輝石はともに組成範囲が広く，互いにはほぼ重なり合う (図 8d)。

8-4 噴火史

本期噴火活動は概ね，以下の 4 期に細分が可能である (図 15, 16)。

a) 凹地形成期

13,500~12,000 年前，VEI 4~5 規模のプリニー式噴火が起こり，小岩井軽石を降らせた。この噴火活動では，生保内火砕流の噴出も伴って，南部地域にカルデラを形成させた。11,900~11,600 年前，カルデラ北部付近で再度噴火が起こったらしい。柳沢軽石の噴出に伴い，カルデラ北部の段差が生じた可能性がある。また，約 10,000~9,000 年前，北部地域で起きた，VEI3 規模のブルカノ式噴火は，北部第 1 馬蹄型火口形成に関連したかもしれない。

b) 北部山体形成期および休止期

10,000~9,000 年前，北部第 1 馬蹄型火口内で起こったブルカノ式噴火は，ストロンボリ式噴火へと漸移し，片倉岳火砕丘を形成した。この時，火砕流の同時発生も推測される。時間間隔をおかず，片倉岳火口内で VEI4 規模のプリニー式噴火が起こり，荒沢軽石を降下させた。この時に片倉岳火口は拡大された可能性がある。噴火後，拡大された片倉岳火口内には恐らく火口湖ができた。

8,900~7,800 年前頃，片倉岳火口で噴火が起こった。本火口跡には湖成堆積物が積層することから，最初水蒸気爆発だった原因に，火口内に存在した未固結堆積物や

湖水の影響も考えられる。次いで VEI4 規模のプリニー式噴火が続き，堀切軽石を降下させた。これと前後して，片倉岳火口内から塊状の片倉岳北溶岩流が溢流した。

8,400~7,500 年までの間に，片倉岳火口内でストロンボリ式噴火が起き，北部第 1 火砕丘が形成された。13,000 年前からこの時点までのマグマの組成はいずれもソレライト系列の安山岩質である。

8,400~7,500 年前頃から，噴出マグマはソレライト質玄武岩組成になった。片倉岳火口の南東部，北部第 1 火砕丘の南縁で VEI3 規模のブルカノ式噴火 (AK-7) およびストロンボリ式噴火がおき，北部第 3 火砕丘や，男女岳火砕丘が形成され，溶岩流も流出した。溶岩の一部は片倉岳火口を越え，片倉岳斜面を流下した。

7,200~7,100 年前，VEI3 規模のプリニー式噴火が片倉岳火口北縁部で発生，恐らくストロンボリ式噴火へと漸移し，玄武岩質溶岩の溢流も伴った。こうして，北部地域に北部第 2 火砕丘と片倉岳溶岩が形成された。この時点でソレライト質マグマによる北部山体の形成は概ね終了し，約 3,000~4,000 年間の休止期にはいる。休止期には北部地域中央部で硫気変質作用が進行した。

c) 北部山体爆発破砕期

約 4,000~3,100 年前，北部で水蒸気爆発が起こり，恐らく北部第 2 馬蹄型火口 (の原型) が形成される。ほどなく，新火口の北東縁付近に北部第 4 火砕丘が形成されるが，後続の水蒸気爆発により，火砕丘の西部大半は飛ばされた。水蒸気爆発の繰り返しにより，現在の北部第 2 馬蹄型火口は完成された。ここで，北部の活動は完了する。この活動に関与したのはカルクアルカリ安山岩質マグマであった。

d) 南部山体形成期

約 2,800~2,300 年前に，南部地域でソレライト質マグマの活動が開始する。噴火直前，南部カルデラ南西壁が破壊されていなかったという今回の判断に従えば，カルデラ内，とりわけ南部は水が貯留されやすい環境にあったと思われる。最初に VEI3 規模のフレアトプリニー式のマグマ水蒸気爆発が起こったのはこのことが影響している可能性がある。噴火はブルカノ式へ移行し，破壊・開口したカルデラ縁からは溶岩が流出，松木内川を流下した。その後も安山岩質溶岩が松木内川流域を流下した。この後，2,000 年前頃までに松木内川第 2 溶岩の流出，小岳の成長開始と小岳第 1 溶岩の噴出，および南岳の形成が行われた。

2,000~1,600 年前，噴出中心はカルデラ北部に移動し，VEI2~3 規模のブルカノ式噴火が小岳で発生，小岳第 2 溶岩が流出した。岩質の類似性から，女岳溶岩および火砕丘の形成もこの頃と推測される。

1,100~1,000年前, VEI2~3規模で玄武岩マグマのブルカノ式噴火が起こり, 小岳火砕丘が完成した。

さらに, 1970年, 女岳火口の1つからストロンボリ式噴火が発生, 火山弾とともに安山岩質溶岩が流出した。

9. まとめ

秋田駒ヶ岳火山, 後カルデラ活動期における噴火史解明のため, 同期山体構成物の地質再検討ならびに山体構成物と, 降下テフラ層との対比を行った。対比は, 各構

成岩石の, 主化学組成と記載岩石学的特徴での類似性を基本に, 層位的整合性も考慮した。一部試料については斑晶鉱物組成の類似性も加味した。

山体構成物は, 北部山体で10, 南部地域で9の地質ユニットが確認された, その中で, 層位, 岩質が酷似し同時期噴出物と解釈できる降下火砕物(火砕丘)-溶岩流の組合せも南北で各1組認められた。和知・他(1997)で区分された本火山由来のテフラ13層のうち, 5層および1スコリア濃集部層準が本体構成物と層序矛盾なく対比

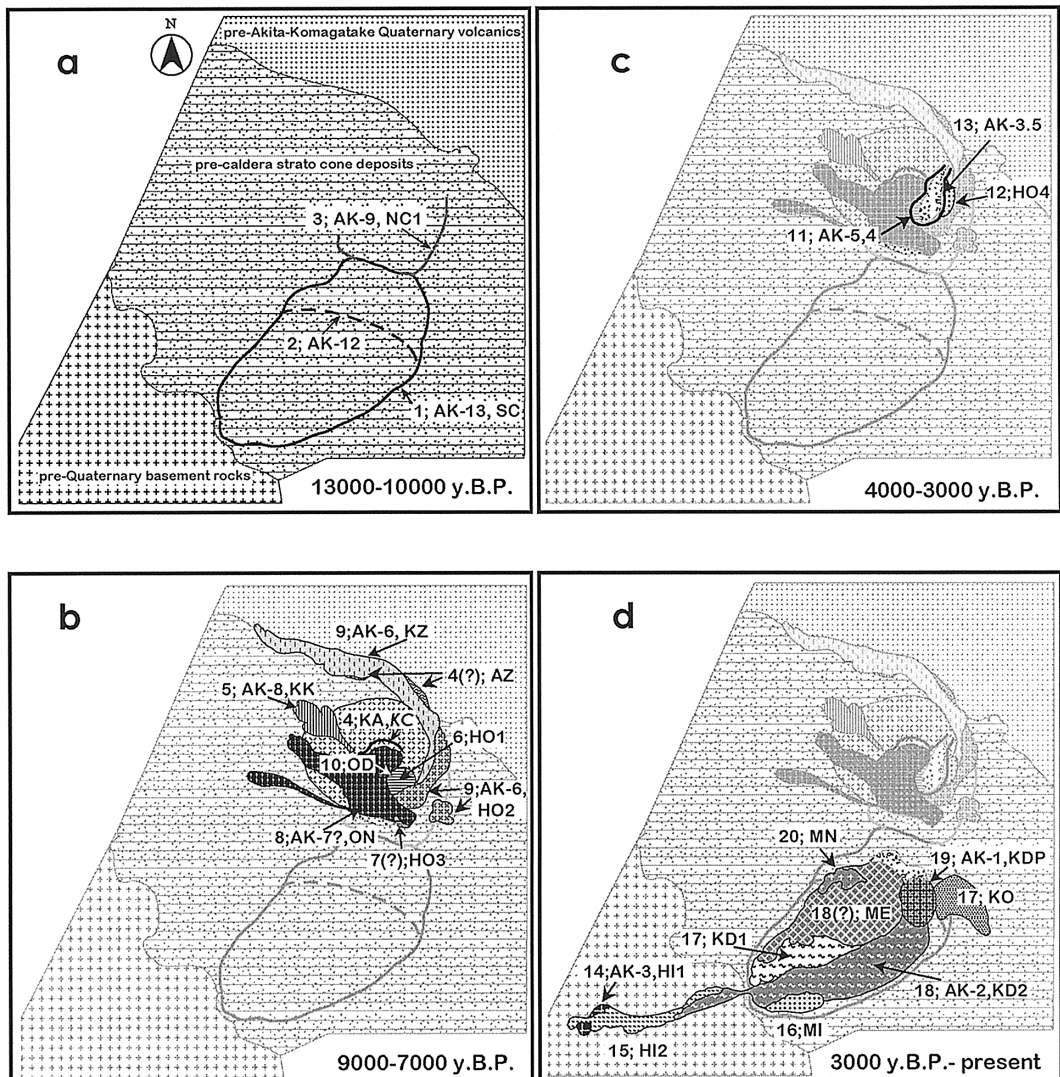


図 15. 後カルデラ期形成史の細分。先頭の番号は推定噴出順序を示す。略号は図4と同じで, AK-1~AK-13は和知・他(1997)による山麓テフラの名称を示す。

Fig. 15. Subdivision of formative history in the post-caldera stage. Numbers at the top show the assumed order of formation. Abbreviations are same as those in Fig. 4, and AK-1 to AK-13 are the names of tephra layers defined by Wachi *et al.* (1997).

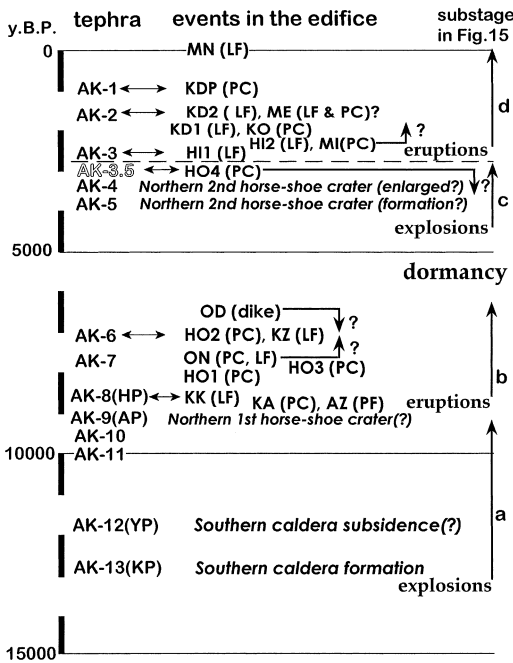


図 16. 後カルデラ期の噴火史。略号は図 4 と同じ。AK-3.5 を除く AK-1 から AK-13 は和知・他 (1997) を引用, AK-3.5 は本研究による仮称 (本文参照)。

Fig. 16. Eruption history in the post-caldera stage. Abbreviations are same as those in Fig. 4. AK-1 to AK-13 excluding AK-3.5 were quoted from Wachi *et al.* (1997). The AK-3.5 was tentatively named in this study (see text).

できた。

今回明らかにされた噴火史の概略は以下の通りである (図 16)。初期の大規模プリニー式噴火が発生していた約 13,000~11,000 年前頃には、凹地形の形成が主体であったと解釈できる。約 10,000 年前から 7,000 年前までのおよそ 3,000 年間に、北部地域でソレライト質マグマ活動が断続し、5 つの火砕丘が相次いで形成された。約 3,000 年の休止期において、4,000 年前頃に北部地域で水蒸気爆発が複数回起こり、その直後頃、カルクアルカリ安山岩マグマにより 6 つ目の (北部第 4) 火砕丘が形成された。2,500 年前頃から南部地域のソレライトマグマ活動が開始する。活動はカルデラ南部で始まった。およそ 1,500 年前、噴出中心は、カルデラ北部に移動していた。小規模なブルカノ式~ストロンボリ式噴火を繰り返し、玄武岩質の溶岩流出を伴って、女岳および小岳が形成された。

謝 辞

本研究を行うにあたり、茨城大学理学部、田切美智雄教授、高橋正樹教授 (現在、日本大学文理学部)、ならびに岩手大学地域共同研の土井宣夫客員教授 (当時) には、多くの有益なご助言を賜った。また、「火山」編集担当の伊藤順一氏と 2 名の匿名査読者の方には原稿の不備について適切なコメントをいただいた。ここに深く感謝します。

引用文献

- Basaltic Volcanism Study Project (1981) Island arc basalts. In *Basaltic volcanism on the terrestrial planets*, 193-213.
- 土井宣夫 (1996) 岩手県秋田駒ヶ岳東山麓に分布するテフラ層。第四紀露頭集-日本のテフラ, 150.
- 土井宣夫・川上雄司・大石雅之 (1983) 岩手山麓, 柳沢軽石・五百森泥流の ^{14}C 年代。一岩手火山噴出物とそれに関連する堆積物の ^{14}C 年代 (その 1)一。岩手県立博物館研究報告, no 1, 29-34.
- Fujinawa, A. (1988) Tholeiitic and calc-alkaline magma series at Adataro volcano, northeast Japan: 1. Geochemical constraints on their origin. *Lithos*, **22**, 135-158.
- 藤縄明彦・林信太郎・梅田浩司 (2001) 安達太良火山の K-Ar 年代: 安達太良火山形成史の再検討。火山, **46**, 95-106.
- 藤野直樹・小林哲夫 (1997) 開聞岳の噴火史。火山, **42**, 195-212.
- Gill, J. B. (1981) Orogenic andesites and plate tectonics. Springer, Berlin, 390 pp.
- 井上克弘 (1978) 秋田駒ヶ岳火山噴出物の ^{14}C 年代。地球科学, **32**, 221-223.
- Inoue, K. (1980) Stratigraphy, distribution, mineralogy and geochemistry of late Quaternary tephtras erupted from the Akita-Komagatake volcano, northeastern Japan. *Soil Sci. Plant. Nutr.*, **26**, 42-61.
- 磯 望 (1976) 岩手山東麓の火山灰層。日本地理学会予稿集, no 11, 130-131.
- Itaya, T., Nagao, K., Nishido, H. and Ogata, K. (1984) K-Ar age determination of late Pleistocene volcanic rocks. *J. Geol. Soc. Japan*, **90**, 899-909.
- Kawano, Y., Yagi, K. and Aoki, K-I. (1961) Petrography and petrochemistry of the volcanic rocks of Quaternary volcanoes of northeastern Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, Ser. III, **7**, 1-46.
- Miyashiro, A. (1974) Volcanic rock series in island arcs and continental margins. *Am. J. Sci.*, **274**, 321-355.
- 中川久夫・石田琢二・佐藤二郎・松山 力・七崎 修 (1963) 北上川上流沿岸の第四系および地形。地質雑, **69**, 163-171.
- 大上和良・土井宣夫 (1978) 北部北上低地帯の鮮新-更新両統の層序について。岩手大学工学部研究報告, **31**, 63-79.
- 大上和良・畑村政行・土井宣夫 (1980) 北部北上低地帯の鮮新-更新両統の層序について (その 2)。岩手大学工学部研究報告, **33**, 57-67.

- 小坂丈予・平林順一 (1971) 秋田駒ヶ岳 1970-71 年の噴火現象 1. 噴石活動と溶岩流出. 火山, **16**, 122-134.
- 齋藤昭子 (2002) 吾妻火山群におけるカルクアルカリマグマの組成変化. 茨城大学大学院理工学研究科修士論文 (手記), 65 pp.
- 桜井広三郎 (1903) 岩手火山帯地質調査報文. 震災予防調査会, no 44, 1-62.
- 曾屋龍典 (1971) 秋田駒ヶ岳 1970 年の噴火と岩石. 地調月報, **22**, 647-653.
- 菅香世子 (1994) 八丈島東山火山の活動史. 火山, **39**, 13-24.
- 須藤 茂・石井武政 (1987) 雫石地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 142 p.
- 須藤 茂 (1982) 秋田駒ヶ岳, 生保内火砕流の ^{14}C 年代. 火山, **27**, 70-71.
- 須藤 茂・宇都浩三・内海 茂 (1990) 仙岩地熱地域南部, 乳頭・高倉火山群噴出物の K-Ar 年代. 地調月報, **41**, 395-404.
- 諏訪 彰・長宗留男・渡部 貢 (1971) 秋田駒ヶ岳 1970-71 年の噴火活動の経過 2. 1970-71 年噴火の経過. 火山, **16**, 112-121.
- 高岡宣雄・今田 正・大場与志男・今野幸一・飯田美穂・須藤 弘・半沢恵二・南館 有 (1988) 百万年より若い火山岩の K-Ar 年代. 昭和 62 年科研費総合研究成果報告書, 1-43.
- 外狩英紀 (1997) 岩手火山の地球化学的研究. 茨城大学大学院理工学研究科修士論文 (手記), 51 pp.
- 津久井雅志・森泉美穂子・鈴木将志 (1991) 八丈島東山火山の最近 22,000 年間の噴火史. 火山, **36**, 345-356.
- 津久井雅志・鈴木裕一 (1998) 三宅島最近 7000 年間の噴火史. 火山, **43**, 149-166.
- 梅田浩司・林信太郎・伴 雅雄 (1999) 東北日本, 筑森, 高松, 船形および三吉・葉山火山の K-Ar 年代. 火山, **44**, 217-222.
- 和知 剛・土井宣夫・越谷 信 (1997) 秋田駒ヶ岳のテフラ層序と噴火活動. 火山, **42**, 17-34.
- 八木健三 (1971) 秋田駒ヶ岳の成り立ち 1. 秋田駒ヶ岳の地質. 火山, **16**, 80-89.
- 八木健三・齊藤邦三 (1971) 秋田駒ヶ岳火山の地質と岩石. 特定研究「秋田駒ヶ岳噴火の火山学的調査」報告, 14-32.
- 安井真也・小屋口剛博・荒牧重雄 (1997) 堆積物と古記録から見た浅間火山 1783 年のプリニー式噴火. 火山, **42**, 281-297.

(編集担当: 伊藤順一)