

大崩山火山深成複合岩体火成岩類の全岩主化学組成 ——分析データ 271 個の総括——

高橋 正樹*・東野 公則**・金丸 龍夫*

Whole-rock Major Element Chemistry for Igneous Rocks of the Okueyama Volcano-plutonic Complex,
Kyushu, Southwest Japan: Summary of 271 Analytical Data

Masaki TAKAHASHI *, Kiminori TONO ** and Tatsuo KANAMARU *

(Received November 16, 2013)

The evolution of major element magmatic chemistry of the Okueyama volcano-plutonic complex is examined based on the newly obtained 271 data of the whole-rock chemical analyses. The magmatic activity of the Okueyama volcano-plutonic complex began with the eruption of the voluminous Sobosan dacitic pyroclastic flow deposit (SDT) and related lavas, by which the Sobosan cauldron was collapsed. The SDT was followed by the effusion of the Katamukiyama aphyric rhyolitic lava (KRL) and the eruption of the voluminous Katamukiyama dacitic pyroclastic flow deposit (KDT). The SDT is 68 to 73wt.%SiO₂ (dacite to rhyolite), the KRL is 75 to 76wt.%SiO₂ (high silica rhyolite), and the KDT is 70 to 72wt.%SiO₂ (dacite to rhyolite). The volcanic rocks related to the older cauldrons are the high-K series and calcalkalic to tholeiitic rock-series, and shows the nature of the S-type igneous rocks based on molar Al₂O₃/(CaO + Na₂O + K₂O) and CaO/[Al₂O₃ + CaO + (FeO* + MgO)] ratios. The older granitoids I (OKG3) may be the member of the igneous rocks related to the older cauldron, because its chemical characteristic is similar to those of the SDT and KDT and shows the S-type nature. After the construction of the older cauldrons, the Sobosan andesitic to dacitic lavas and associated pyroclastic rocks were erupted and filled the depression of calderas to form flat-shaped composite volcanoes (SACV). The SiO₂ contents of the andesitic to dacitic rocks of the SACV are 58 to 68wt.%, which are medium- to high-K series and calcalkalic rock-series, showing the characters of the I-type igneous rocks on the basis of molar Al₂O₃/(CaO + Na₂O + K₂O) and CaO/[Al₂O₃ + CaO + (FeO* + MgO)] ratios. The older granitoids II which is thought to be the feeder of the SACV are similar to them in chemistry. Finally, the Kunimidake rhyolitic pyroclastic flow deposit (KRT) was erupted from the ring dike to give rise to the subsidence of the Okueyama cauldron. The felsite, tuffsite and granite porphyry filled the ring dike and associated dikes. At last, the Okueyama batholithic granite was emplaced into the preceding volcanic and plutonic rocks in addition to the basement rocks. The felsite is 72 to 76wt.%SiO₂, and the granite porphyry is 63 to 77wt.%SiO₂, and the KRT is 74 to 75wt.%SiO₂. The SiO₂ content the batholithic granite is 65 to 78wt.%. The igneous rocks related to the formation of the younger cauldron are the high-K series and calcalkalic to tholeiitic rock-series and shows the I-type nature based on molar Al₂O₃/(CaO + Na₂O + K₂O) and CaO/[Al₂O₃ + CaO + (FeO* + MgO)] ratios, excluding some granite porphyry with S-type nature. The KRT and dike rocks are high in FeO*/MgO ratios and belong to the tholeiitic rock-series, while the batholithic granites are predominantly the calcalkalic rock-series. The S-type felsic magma related to the older cauldron was generated by the reaction of magma with sedimentary materials, followed by the I-type felsic magma of the SACV without contribution of sedimentary rocks. The tholeiitic trend of the KRT and granite porphyry may be produced by the crystallization differentiation of reduced magmas, while calcalkalic trend of the batholithic granite may be the result of melt expulsion of high silica melt exceeding 73wt.%SiO₂ from the granite as residual crystals.

Keywords: cauldron, volcanic rocks, plutonic rocks, whole-rock chemistry, major element, Miocene

* 日本大学文理学部地球システム科学科：
〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40

** 元茨城大学理学部地球科学科：
〒310-8562 茨城県水戸市文京 2-1-1

* Department of Geosystem Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University: 3-25-40 Sakurajosui, Setagayaku, Tokyo 156-8550, Japan

** Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Ibaraki University: 2-1-1 Bunkyo, Mito 310-8562, Japan

1. はじめに

おおくえやま

大崩山火山深成複合岩体は、九州中部の大分県と宮崎県の県境付近に位置する14Ma頃に活動したカルデラ火山群とそれに貫入するバソリス規模の花崗岩体からなる(柴田, 1978; 村尾・松本, 1992)。そこではよく保存された大規模なカルデラ火山群の地下構造が急峻な山岳地域に良好な露出をみせており、大規模カルデラ火山群の地下構造を明らかにするには絶好の場所である(Takahashi, 1986)。大崩山火山深成複合岩体の属する中期中新世瀬戸内・西南日本外帯マグマ活動帯は、15Ma頃に生じた日本海盆の高速拡大にともなって南下した西南日本弧が、拡大直後の四国海盆へと衝上することによって、100万年以内というきわめて短時間のうちに形成されたと推定されている(Fig. 1)(高橋, 1981など)。ここでは、こうした大崩山火山深成複合岩体を構成する火成岩類についてこれまで得られた全岩主化学組成値271個についての総括を行い、特に火山岩類と深成岩類を形成したマグマの主化学組成を比較検討することで、両者の関係を明らかにしたい。

2. 大崩山火山深成複合岩体の地質

大崩山火山深成複合岩体は、西南日本外帯の付加体で

ある白亜紀の四万十層群およびジュラ紀の三宝山帯・秩父帯、そしてそれらを不整合に覆う中新世の見立層群を基盤として形成された。大崩山火山深成複合岩体は、古期カルデラ群および新期カルデラからなる中期中新世のカルデラ複合体の地下構造を示し、カルデラ形成に関連した火山岩類と、それらに貫入した浅所深成岩類からなる。

2-1. 見立層

見立層は層状砂岩層および厚い塊状礫岩層からなり、大崩山火山深成複合岩体の大規模なマグマ活動に先行して形成された沈降堆積盆を埋積するように堆積している(奥村他, 1998)。見立層とこれを不整合に覆う祖母山デイサイト質火砕流堆積物の間には侵食間隙があるが、その分布と大崩山火山深成複合岩体の火山岩類の分布はほぼ重なるので、見立層の堆積した堆積盆の形成と大崩山火山深成複合岩体の活動とは何らかの関係があった可能性が考えられる。その後、この堆積盆は急速に隆起して陸化し、陸上火山活動としての大崩山火山深成複合岩体の活動が始まった。

2-2. 大崩山火山深成複合岩体

大崩山火山深成複合岩体の活動は、時間順に(1)古期コールドロン(カルデラ)群形成期、(2)カルデラ内安

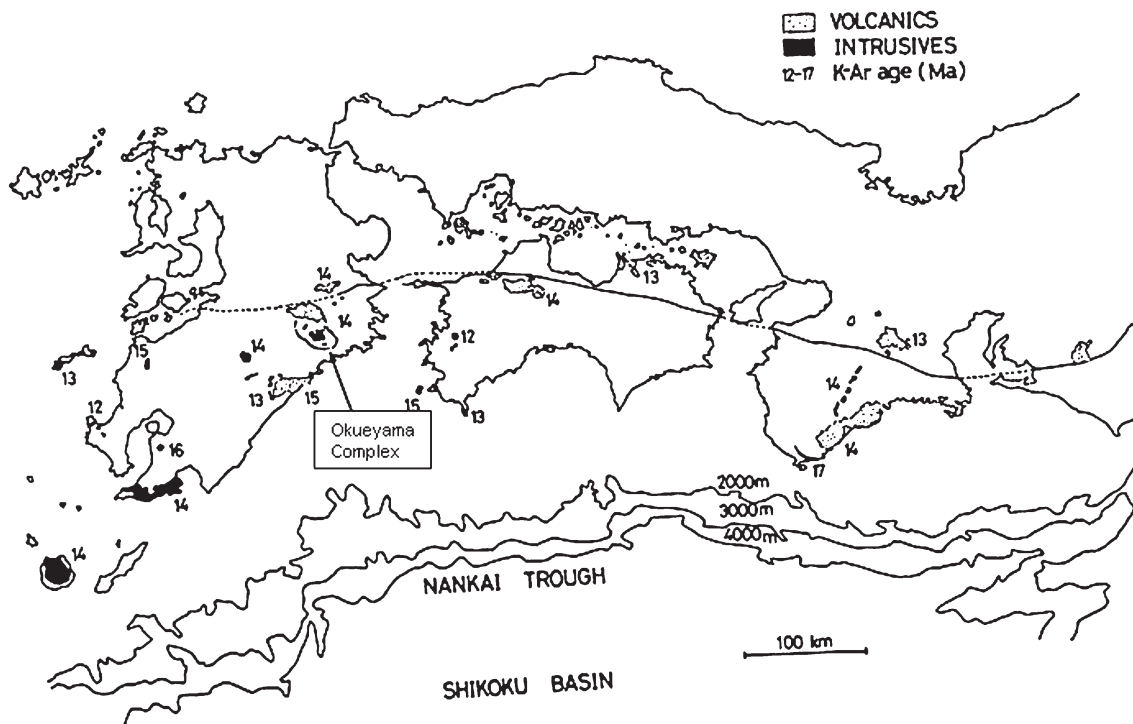


Fig. 1 Map showing the location of the Okueyama volcano-plutonic complex. The Okueyama volcano-plutonic complex belongs to the middle Miocene Setouchi-Outer Zone magmatic belt. Numerals denote the K-Ar ages (Ma).

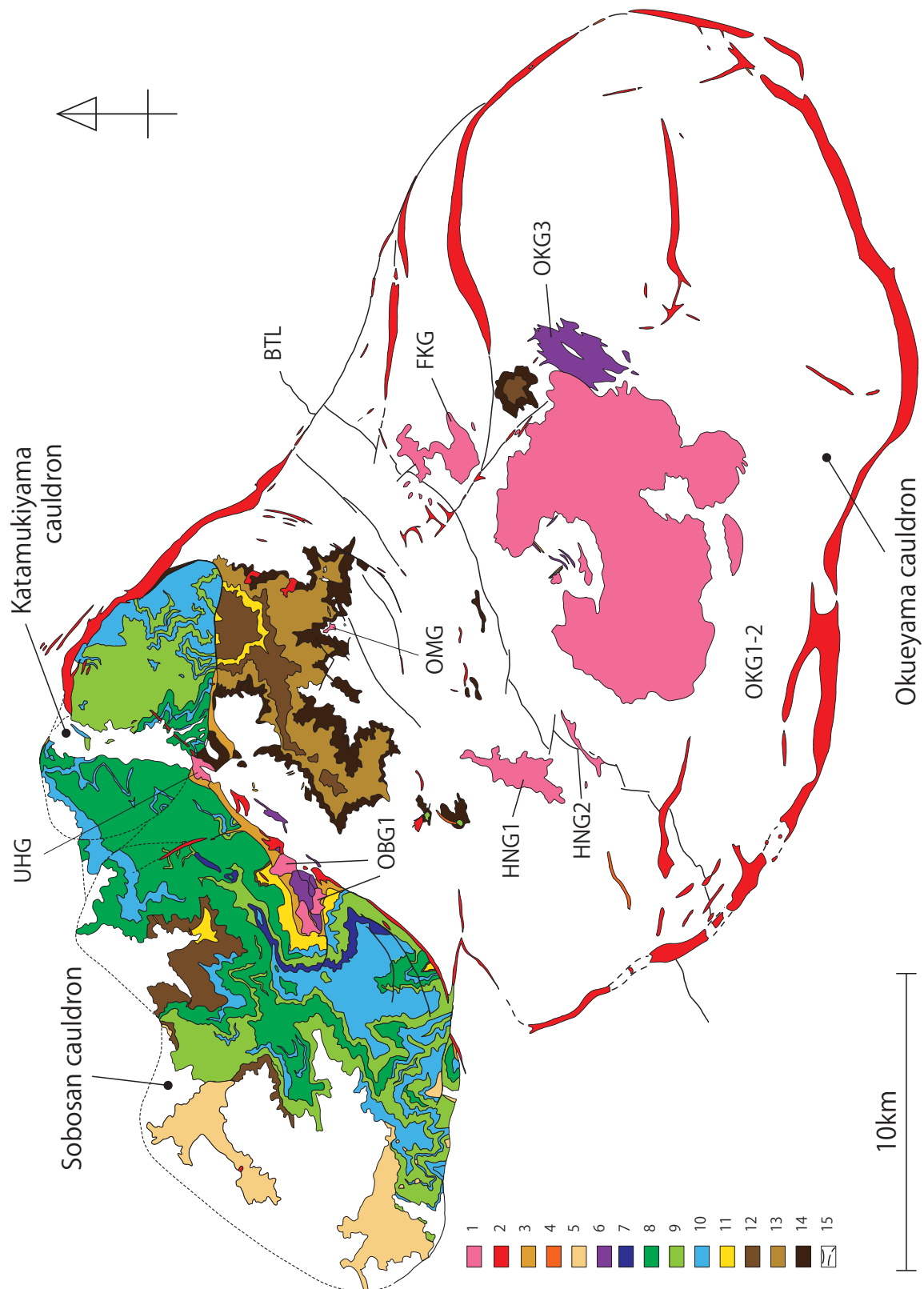


Fig. 2 Geologic map of the Okueyama volcano-plutonic complex. 1: batholithic granite; 2: granite porphyry; 3: tuffsite; 4: felsite; 5: Kunimidake rhyolitic pyroclastic flow deposit; 6: older granitoids I and II; 7: Sobosan dacitic lava; 8: Sobosan aphyric andesitic lava; 9: Sobosan porphyritic andesitic lava; 10: Sobosan andesitic to dacitic pyroclastic and volcaniclastic rocks; 11: Katamukiyama dacitic pyroclastic flow deposit (abundant in crystal fragments); 12: Katamukiyama dacitic pyroclastic flow deposit (abundant in lithic fragments); 13: Katamukiyama aphyric rhyolitic lava; 14: Sobosan dacitic pyroclastic flow deposit; 15: faults; OBG1: Obira granite 1; OMG: Okumura granite; HNG1: Hinokagegawa granite 1; HNG2: Hinokagegawa granite 2; FKG: Fujikochi granite; OKG1-2: Okueyama granite 1-2; OKG3: older granitoids II (hyperthene biotite granodiorite); BTL: Butsuzo tectonic line

山岩質複成火山形成期, (3) 新期コールドロン (カルデラ) 形成期に大別される (Takahashi, 1986; 奥村他, 1998)。

(1) 古期コールドロン (カルデラ) 群とそれに関連した火山岩類および貫入岩類

A. 祖母山^{そぼさん}デイサイト質火砕流堆積物および関連する火山岩類と祖母山コールドロン

大崩山火山深成複合岩体の最初の活動は, 祖母山デイサイト質火砕流堆積物 (Sobosan dacitic tuff: SDT) の噴出と溶結凝灰岩の形成である (松本・宮久, 1973; 小野他, 1977)。この火砕流堆積物の噴出に伴って祖母山コールドロン (カルデラ) (18×13km) が形成された。コールドロン外では, 厚さ20m以下の火山灰層, 1 flow unitおよび1 cooling unitからなる厚さ80~150mの溶結凝灰岩, 厚さ20m以下の火山灰層がこの順で, 基盤岩類を直接不整合に覆って堆積するだけであるが, コールドロン内には, 厚さ30~85mの少なくとも3枚の厚いデイサイト質溶岩および5枚以上の溶結凝灰岩層の存在がボーリング掘削から明らかになっており, その全層厚は570mを超えている (通産省, 1971; 小野他, 1977)。また, これらの火山岩類の下底部には, 基盤岩を欠いて, 直接バソリス花崗岩が貫入している。祖母山デイサイト質火砕流堆積物および関連する火山岩類の推定総噴出量は300km³を超えるが, 祖母山コールドロンから噴出した火山岩類の大部分は, 沈降するコールドロンを埋積するようにコールドロン内を満たしたことになる。祖母山デイサイト質火砕流堆積物 (結晶量30vol.%程度) および斑状溶岩は, 斑晶として斜長石, 石英, アルカリ長石, 黒雲母, ざくろ石を含むが, 磁鉄鉱は含まない。

B. 傾山^{かたむきやま}無斑晶質流紋岩質溶岩

祖母山コールドロンの形成後, コールドロンの東方で傾山無斑晶質流紋岩質溶岩 (Katamukiyama aphyric rhyolitic lava: KRL) が噴出し, 厚さ250~300mの溶岩台地を形成した。その分布は傾山コールドロンによって切られているので, 傾山コールドロンの分布域まで拡がっていたものと考えられる。傾山無斑晶質流紋岩は複数のflow unitからなり, 数枚の凝灰角礫岩層を挟む。傾山無斑晶質流紋岩は, 斜長石, アルカリ長石, 石英, 黒雲母などの若干の斑晶を含む。推定総噴出量は60km³を超える。

C. 傾山デイサイト質火砕流堆積物と傾山コールドロン

傾山無斑晶質流紋岩質溶岩の流出後, 傾山デイサイト質火砕流堆積物 (Katamukiyama dacitic tuff: KDT) が噴出し, 傾山コールドロン (12×6km) が形成された。傾山デイサイト質火砕流堆積物は傾山コールドロンの外側でみられ, 最大の厚さ500mを超える火砕流台地を形成し

ている。下位は厚さ10~50mの5枚のflow unitからなる石質岩片に富む火砕流堆積物から, 中位は厚さ15~75mの3枚のflow unitからなる結晶片に富む火砕流堆積物から, そして上位は厚さ100m余りの2枚のflow unitからなる石質岩片に富む火砕流堆積物からなる。現在の傾山コールドロン内で実施されたボーリング掘削の結果では, 傾山コールドロン内は複成火山を構成する安山岩質溶岩および火砕岩からなり, これに直接バソリス花崗岩が貫入していて, その下位にあったはずの傾山デイサイト質火砕流堆積物は欠けている。結晶片に富む傾山デイサイト質火砕流堆積物は結晶量20~30vol.%で, 斜長石, アルカリ長石, 石英, 黒雲母, ざくろ石などの斑状鉱物からなり (磁鉄鉱は含まない), 推定総噴出量は360km³を超える。

(2) カルデラ内安山岩質複成火山を構成する火山岩類およびそれに関連した貫入岩類

A. 安山岩~デイサイト質複成火山体の形成

祖母山・傾山両カルデラが形成された後, カルデラには凹地形が存在していたものと考えられる。この凹地形を埋めるように, 大量の厚い安山岩~デイサイト質溶岩や火砕流堆積物, そしてそれらに挟在する火山性湖成堆積物が堆積した。各溶岩の厚さは数10mから100mにおよぶ。安山岩質溶岩の一部は自破砕溶岩となっており, それらは湖水中に流入した可能性が高い。安山岩~デイサイト質溶岩と火砕流堆積物はカルデラを埋めるようにして, 斜面の傾斜5°以下の平坦な形態の複成火山を形成した (Sobosan andesitic composite volcano (SACV))。これらは, 西から東に向かってSACV1, SACV2, SACV3の3つのユニットから構成され, 厚さは最大で1000mを超える。SACV1は主に斑状安山岩, SACV2は主に無斑晶質安山岩, SACV3は斑状安山岩~デイサイトからなる。また, SACV1とSACV2を覆ってデイサイト質溶岩・火砕岩が噴出している。祖母山・傾山コールドロンの外側に散在して分布する安山岩質溶岩もこの山体の一部であると考えられ, その拡がり半径は14kmもの大きさとなり, その推定総噴出量は210km³を超えることになる。斑状安山岩および斑状デイサイトの斑晶量は10~30vol.%であり, 斑晶は, 斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石からなり, 稀に石英を含むことがある。無斑晶質安山岩の斑晶量は2~7vol.%であり, 斑晶は斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石からなり, 磁鉄鉱は含まれない。

B. 関連した貫入岩体

バソリス花崗岩である大崩山花崗岩体の東部に, 大崩山花崗岩体に貫入された古期花崗岩類I (older granitoids I) (OKG3) がみられる。この古期花崗岩類Iは角閃

石を含まないチタン鉄鉱系列の斜方輝石・黒雲母花崗閃緑岩からなり、新期コールドロンに関連した角閃石を含む貫入岩類とは大きく異なる特徴を有する。この花崗閃緑岩体は、古期コールドロン群の形成に伴うマグマ活動の一部として貫入した可能性が考えられる。

祖母山コールドロンの東縁付近に古期花崗岩類II (older granitoids II) (OBG2) が貫入している。これらは、チタン鉄鉱系列の石英モンゾニ閃緑岩とそれに貫入する文象斑岩からなる。石英モンゾニ閃緑岩は、斜長石、斜方輝石、単斜輝石、アルカリ長石、石英からなり、文象斑岩は斜長石、石英、アルカリ長石、変質苦鉄質鉱物の斑晶と石英・アルカリ長石の文象組織からなる石基を有する。古期花崗岩類IIは安山岩質複成火山体を形成したマグマ活動と密接に関係して貫入したものと考えられ、安山岩質複成火山体の火道であった可能性が高い。

(3) 新期コールドロン (カルデラ) とそれに関連した火山岩類および貫入岩類

A. 国見岳流紋岩質火砕流堆積物と大崩山コールドロン

安山岩質複成火山の形成後、侵食間隙を経て、国見岳流紋岩質火砕流堆積物 (Kunimidake rhyolitic tuff : KRT) が噴出し、最大規模の大崩山コールドロン (新期コールドロン) (33×23km) が形成された。国見岳流紋岩質火砕流堆積物は、現在では主に祖母山コールドロン内の西部に安山岩質複成火山体を覆って分布している。国見岳流紋岩質火砕流堆積物は、4枚以上のflow unitと複数のcooling unitからなる強溶結の溶結凝灰岩である。厚さは400mを超え、推定総噴出量は370km³を超える。国見岳流紋岩質火砕流堆積物は結晶片に富み (20~30vol.%), 斑状結晶として斜長石、アルカリ長石、黒雲母を含むが、磁鉄鉱は含まれない。

B. 関連した貫入岩類

大崩山コールドロンはその大部分を花崗斑岩の環状岩脈によって囲まれており、花崗斑岩は祖母山・傾山両コールドロンの縁辺部の一部にも貫入している。大崩山コールドロン陥没時には、祖母山・傾山両コールドロンも再沈降したものと考えられる。花崗斑岩岩脈の貫入に先立って、珪長岩 (felsite) および凝灰岩・凝灰角礫岩 (tuffsite・tuff breccia) の岩脈が貫入しており、一部では後から貫入した花崗斑岩と重複岩脈を構成している。最初に活動した珪長岩は大崩山コールドロン内の広い範囲にわたって貫入しているが、そのうち最も規模の大きいものは祖母山コールドロンの東縁部にみられる。珪長岩の貫入に引き続いて、凝灰岩および凝灰角礫岩岩脈が複数回貫入しており、これらは国見岳流紋岩質火砕流堆積物の直接の噴出口であった可能性が高い。

花崗斑岩岩脈は幅数mから1kmを超えるものまで様々であるが、環状岩脈では数100mのものが平均的である。花崗斑岩の斑晶量は15~55vol.%であり、斜長石、アルカリ長石、石英、黒雲母、角閃石を斑晶として含むが、磁鉄鉱は含まれない。

(4) 花崗岩バソリスの貫入

最後に貫入した花崗岩バソリスは、現在はいくつかの独立した岩体として貫入しているが、地下では連続して、広大なバソリス状岩体 (20×30km) を形成しているものと考えられる。独立した岩体としては、最も規模の大きな大崩山岩体 (OKG1-2)、^{ふじ こうち}藤河内岩体 (FKG)、^{ひ の}日之影岩体 (HNG1-2)、^{かわはた}上畑岩体 (UHG)、^{お びら}尾平岩体 (OBG1) などがある。これらは、大崩山岩体、日之影岩体の一部 (角閃石黒雲母花崗閃緑岩) を除きすべて黒雲母花崗岩である。祖母山コールドロン内および傾山コールドロン内で実施されたボーリング掘削では、最下底部にバソリス状花崗岩の貫入が確認されている。大崩山花崗岩体は主要部を占めるOKG1と南東部においてOKG1に貫入しているOKG2 (黒雲母花崗岩) とからなる。このうちOKG1は岩体のルーフがよく保存されており、水平なルーフ境界から高度差1000mにわたって断面が露出しているが、花崗岩は上位のチタン鉄鉱系列黒雲母花崗岩が下位のチタン鉄鉱系列角閃石黒雲母花崗閃緑岩へと移行していて、一種の垂直方向累帯深成岩体 (vertically zoned pluton) を形成している。

3. 分析方法

(1) 粉末試料の作成

ハンマーで風化面が含まれないように岩石を砕き、長さ3cm以下、厚さ1.5cm以下のチップを作る。鉄製乳鉢を使用して、このチップを3~4mm程度の細粒片にする。この細粒片をボールミル装置によって粉末試料とした。代表性をよくするために、花崗岩や花崗斑岩のような粗粒岩については細粒の火山岩類よりも多い量を粉末にした。また、花崗岩およびアプライトについては、ボールミル装置によって粉末化した試料をメノウ乳鉢を使用してさらに細かくした。

(2) ビードの作成

粉末試料0.40gを秤量し、よく乾燥させた後0.0001gの精度で再び秤量する。そこへ乾燥させた融剤を、試料の10倍分秤量して加えよく混ぜ合わせる。なお、融剤としてはメノウ乳鉢で細かくし粒をそろえた四ホウ酸リチウム (Li₂B₄O₇) をよく乾燥させたものを用いる。混ぜ合わせた粉末試料と融剤の混合物を白金るつぽに入れて、そこへ剥離剤として0.17%臭化リチウム溶液 (LiBr) を

加える。白銀るつばに蓋をして、ビードサンプラー装置（日本サーモニクス社製NT-150）にセットしてビードを作成した。分析にはビードの白銀るつばの底に当たっていた面を使用し、ビードを20～30枚作成するごとに、白銀るつばの底面を磨き、ビード表面の凹凸をできるだけ抑えるようにした。

(3) 全岩主化学組成分析

全岩主化学組成分析には、東京大学地震研究所の理学電機工業社製全自動蛍光X線分析装置（3080E3）を用い、電圧50kV、電流50mAで分析を行った。分析誤差は $\text{SiO}_2 \pm 0.5\text{wt}\%$ 、 $\text{TiO}_2 \pm 0.02\text{wt}\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \pm 0.3\text{wt}\%$ 、 $\text{FeO}^* \pm 0.06\text{wt}\%$ 、 $\text{MnO} \pm 0.04\text{wt}\%$ 、 $\text{MgO} \pm 0.05\text{wt}\%$ 、 $\text{CaO} \pm 0.04\text{wt}\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O} \pm 0.07\text{wt}\%$ 、 $\text{K}_2\text{O} \pm 0.02\text{wt}\%$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5 \pm 0.004\text{wt}\%$ である。

4. 全岩主化学組成

全岩主化学組成分析の結果をTable1および SiO_2 変化図(Figs. 3～14)に示した。なお、分析値は無水100%に再計算してある。

4-1 大崩山火山深成複合岩体火成岩類の全岩主化学組成

(1) SiO_2

祖母山デイサイト質火砕流堆積物(SDT)は68～73wt%、傾山無斑晶質流紋岩質溶岩(KRL)は75～76wt%、傾山デイサイト質火砕流堆積物(KDT)は70～72wt%、古期花崗岩類I(OKG3)は65～70wt%、祖母山安山岩質複成火山体のうちSACV1(斑状安山岩)は61～67wt%、SACV2(無斑晶質安山岩)は58～64wt%、SACV3(斑状安山岩)は60～66wt%、デイサイト質溶岩は67～68wt%、古期花崗岩類IIの石英モンゾニ閃緑岩(OBG2)は59～65wt%、文象斑岩(OBG2)は68wt%、国見岳流紋岩質火砕流堆積物(KRT)は74～75wt%、珪長岩(FS)は72～76wt%、花崗斑岩(GP)は63～77wt%、パソリス状花崗岩(BG)は65～78wt%である(Fig. 3)

(2) $\text{TiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$

TiO_2 量および P_2O_5 量は、 SiO_2 量が増加するとともに減少する組成変化トレンドを示す(Fig. 3)。

SDT, KDT, OKG3はKRL, KRT, FS, GPおよびBGよりも TiO_2 量に富む。また、SACVはSDT, KDT, OKG3と同じ組成変化トレンドを示し、KRL, KRT, FS, GPおよびBGよりも高い値を有する。GPはBGよりもやや高い値を示す。SACVでは、SACV1とSACV3の斑状安山岩およびSDL(斑状デイサイト質溶岩)が、SACV2の無斑晶質安山岩よりも高い値を示し、OBG2(石英モンゾニ閃緑岩および文象斑岩)はこの

SACV2とほぼ同じ値を有する。

P_2O_5 量では、 TiO_2 量ほど明瞭な違いは認められないが、SDT, KDT, OKG3はGPおよびBGよりも高い値を示す。SACV1とSACV3は、SACV2およびOBG2よりもやや高い値を有する。

(3) $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O}$

Na_2O 量は SiO_2 量が増加しても大きな組成変化を示さない。一方、 K_2O 量は SiO_2 量が増加すると増大する組成変化トレンドを有する(Fig. 4)。

Na_2O 量には大きな違いはみられないが、GPがBGやSDT, KDT, OKG3, KRL, KRT, FSよりもやや高めの値を示す。

K_2O 量では大部分がhigh-K系列の領域に属する。また、KRT, FS, GPおよびBGが高い値を示し、SDT, KDT, OKG3, KRL, SACV, OBG2は低めの一連の組成変化トレンドを有する。SACVおよびOBG2では、SACV1およびSACV3が、SACV2およびOBG2よりもやや高めの値を示す。

(4) $\text{FeO}^* \cdot \text{MgO}$

FeO^* 量および MgO 量は、 SiO_2 量が増加すると減少する組成変化トレンドを示す(Fig. 5)。

FeO^* 量では、SDT, KDT, KRLおよびOKG3が、KRT, GPおよびBGよりもやや高い値を有する。また、GPはBGよりもやや高い値を示す。組成変化トレンドの傾きは、SACVおよびOBG2が他のものに比べてやや小さい。SACVとOBG2はほぼ同じ値を有する。

MgO 量では、SDT, KDTおよびOKG3が、KRL, FS, KRT, GPおよびBGよりもやや高い値を示し、GPはBGよりも低い値を有する。組成変化トレンドの傾きは、SACVおよびOBG2が他のものに比べて大きい。SACVとOBG2はほぼ同じ値を示す。

(5) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot \text{MnO}$

Al_2O_3 量では大きな違いは認められず、 SiO_2 量が増加すると減少する組成変化トレンドを示す(Fig. 6)。一方、組成変化トレンドの傾きは、SACVおよびOBG2が他のものに比べてやや小さい。SACVとOBG2はほぼ同じ値を有する。

CaO 量では大きな違いは認められず、 SiO_2 が増加すると減少する組成変化トレンドを示す(Fig. 6)。一方、組成変化トレンドの傾きは、SACVおよびOBG2が他のものに比べて大きい。SACVとOBG2はほぼ同じ値を有する。

MnO 量では大きな違いは認められず、 SiO_2 量が増加すると減少する組成変化トレンドを示す(Fig. 6)。一方、組成変化トレンドの傾きは、SACVおよびOBG2が

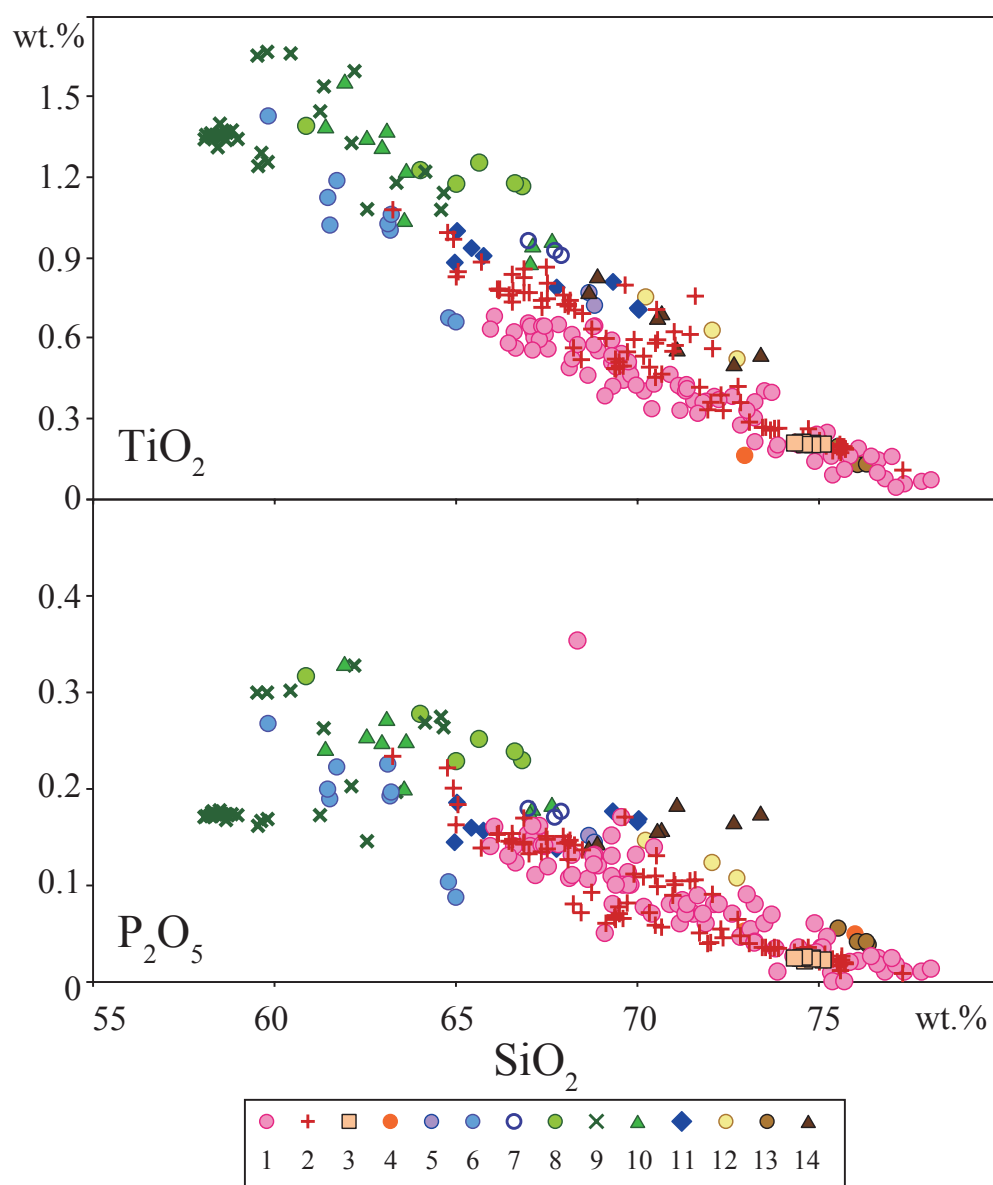


Fig. 3 SiO_2 variation diagram of igneous rocks of the Okueyama volcano-plutonic complex for TiO_2 and P_2O_5 . 1: batholithic granite; 2: granite porphyry; 3: Kunimidake rhyolitic pyroclastic flow deposit; 4: felsite; 5: older granitoids II (granophyre) (OBG2); 6: older granitoids II (quartz monzodiorite) (OBG2); 7: Sobosan dacitic lava; 8: Sobosan andesitic composite volcano 3 (porphyritic andesite and dacite); 9: Sobosan andesitic composite volcano 2 (aphyric andesite); 10: Sobosan andesitic composite volcano 1 (porphyritic andesite and dacite); 11: older granitoids I (OKG3); 12: Katamukiyama dacitic pyroclastic flow deposit; 13: Katamukiyama aphyric rhyolitic lava; 14: Sobosan dacitic pyroclastic flow deposit

他のものに比べて小さい。SACVとOBG2はほぼ同じ値を有する。

(6) FeO^*/MgO 比

FeO^*/MgO 比では、 SiO_2 量に富むKRL, KRT, FSおよび73wt% SiO_2 以上のBGはソレライト系列に属する (Fig. 7)。一方, GPはBGに比べて高い FeO^*/MgO 比を示し, その大部分がソレライト系列に属する。また, 上記以外のものは, ほとんど全てがカルクアルカリ系列に属する。

(7) $\text{CaO}/[\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + (\text{FeO}^* + \text{MgO})]$ 比

$\text{CaO}/[\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + (\text{FeO}^* + \text{MgO})]$ モル比は, SiO_2 量が増加すると減少する組成変化トレンドを示す (Fig. 8)。73wt% SiO_2 以上では違いは認められないが, 以下ではSDT, KDT, OKG3およびGPはBGよりも低い値を有する。SACVおよびOBG2はBGと同じ高い値の組成変化トレンドを示す。

(8) $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 比

$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ モル比 (A/CNK) では,

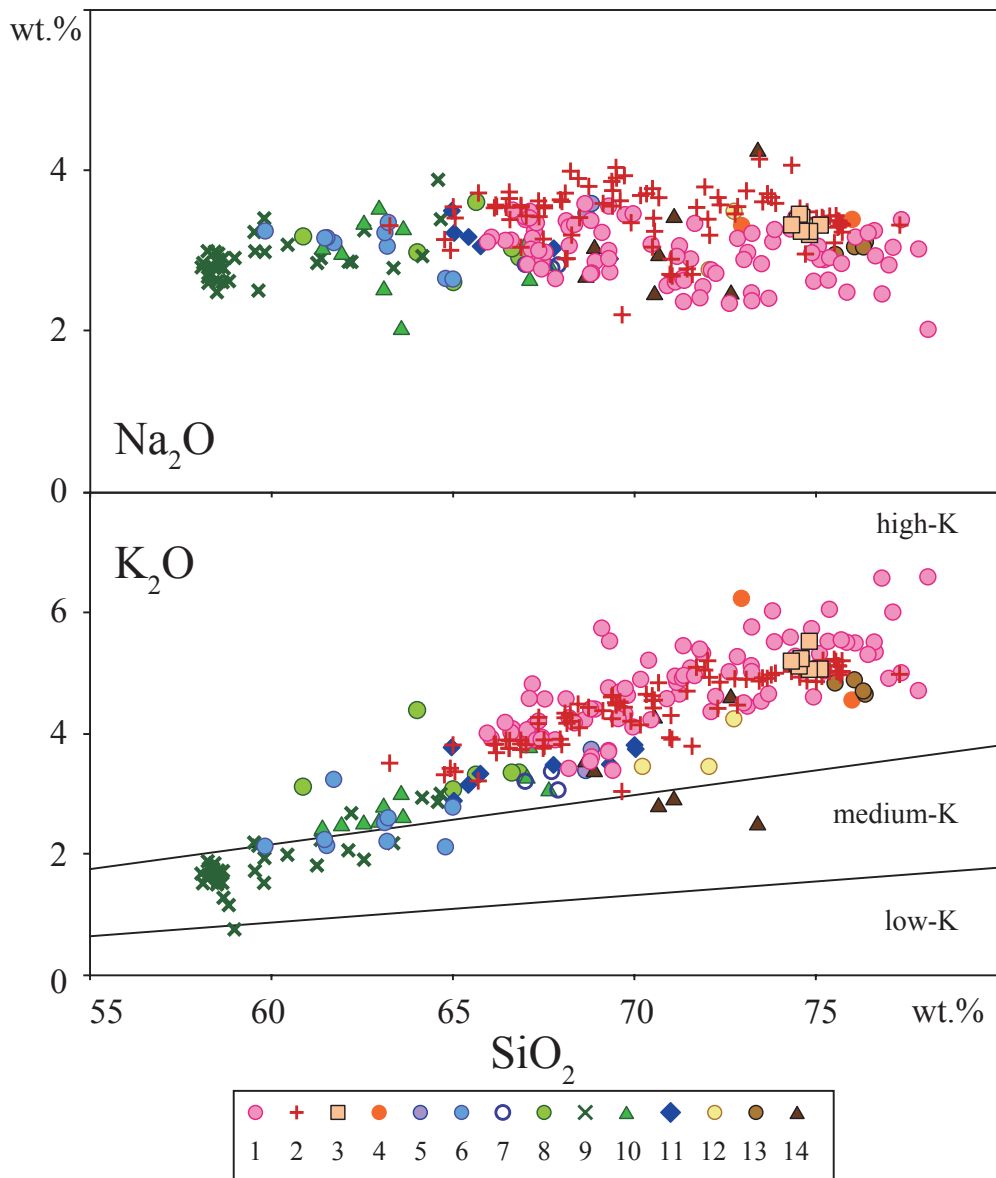


Fig. 4 SiO_2 variation diagram of igneous rocks of the Okueyama volcano-plutonic complex for Na_2O and P_2O_5 . 1: batholithic granite; 2: granite porphyry; 3: Kunimidake rhyolitic pyroclastic flow deposit; 4: felsite; 5: older granitoids II (granophyre) (OBG2); 6: older granitoids II (quartz monzodiorite) (OBG2); 7: Sobosan dacitic lava; 8: Sobosan andesitic composite volcano 3 (porphyritic andesite and dacite); 9: Sobosan andesitic composite volcano 2 (aphyric andesite); 10: Sobosan andesitic composite volcano 1 (porphyritic andesite and dacite); 11: older granitoids I (OKG3); 12: Katamukiyama dacitic pyroclastic flow deposit; 13: Katamukiyama aphyric rhyolitic lava; 14: Sobosan dacitic pyroclastic flow deposit

SiO_2 量が増加すると増大する組成変化トレンドを示す (Fig. 8)。SDT, KDTおよびOKG3は1.1以上の高い値を示し, KRL, FS, KRT, GP, BGはこれらより低い値を有する。また, SACVおよびOBG2はKRL, FS, KRT, GP, BGと一連の低い値の組成変化トレンドを示す。

4-2 古期コールドロン形成期, 安山岩質複成火山形成期, 新期コールドロン形成期の比較

(1) SiO_2

古期コールドロン形成期および新期コールドロン形成期火成岩類の SiO_2 量は64~78wt.%の範囲内でほぼ重なり, デイサイトから流紋岩である (Fig. 9)。これに対し安山岩質複成火山形成期は58~67wt.%で安山岩からデイサイトに相当するが, 63wt.%以下の安山岩の方が卓越する。

(2) $\text{TiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$

TiO_2 量は, 古期コールドロン形成期および安山岩質複成火山形成期の方が新期コールドロン形成期よりも高

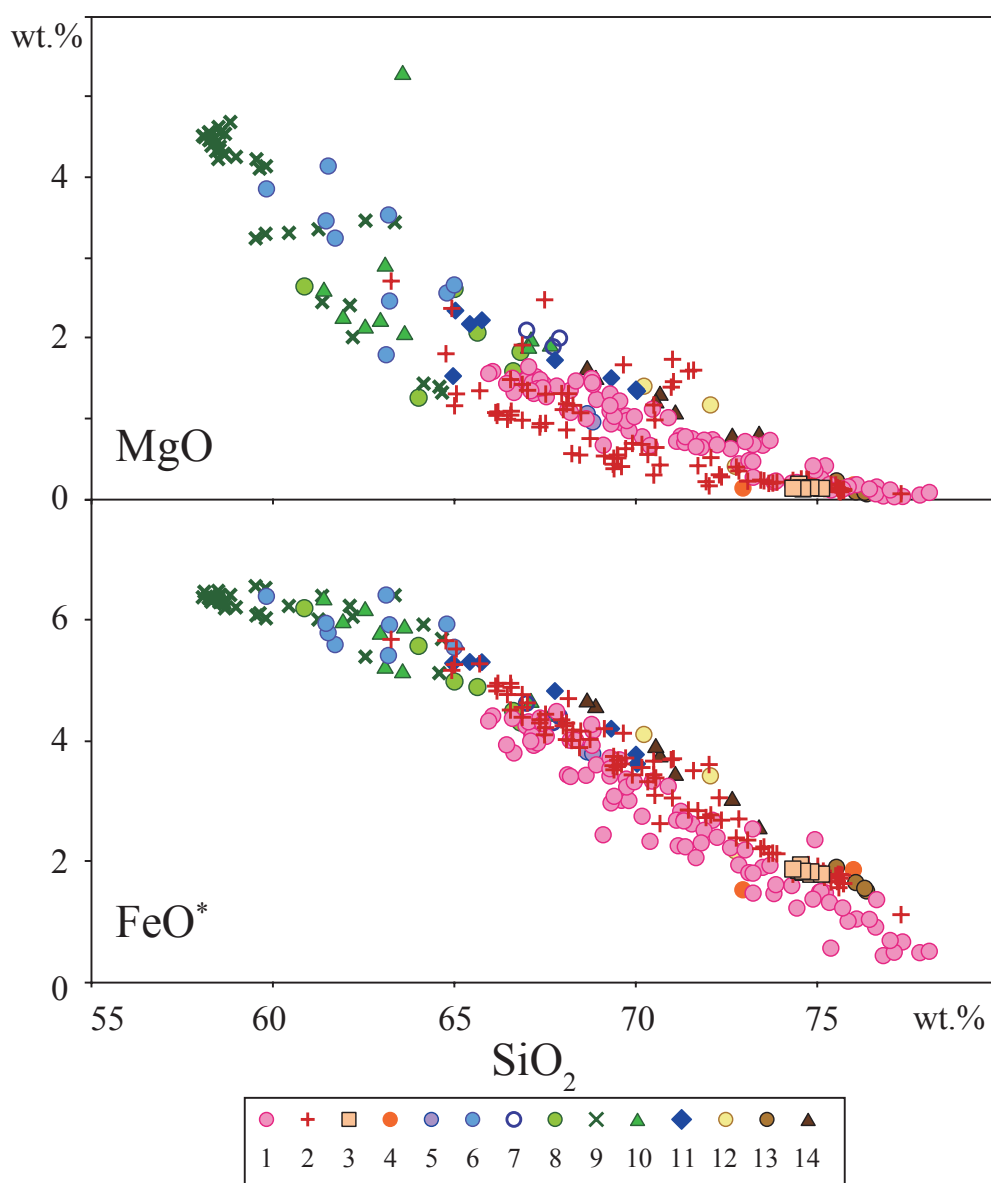


Fig. 5 SiO_2 variation diagram of igneous rocks of the Okueyama volcano-plutonic complex for MgO and FeO^* . 1: batholithic granite; 2: granite porphyry; 3: Kunimidake rhyolitic pyroclastic flow deposit; 4: felsite; 5: older granitoids II (granophyre) (OBG2); 6: older granitoids II (quartz monzodiorite) (OBG2); 7: Sobosan dacitic lava; 8: Sobosan andesitic composite volcano 3 (porphyritic andesite and dacite); 9: Sobosan andesitic composite volcano 2 (aphyric andesite); 10: Sobosan andesitic composite volcano 1 (porphyritic andesite and dacite); 11: older granitoids I (OKG3); 12: Katamukiyama dacitic pyroclastic flow deposit; 13: Katamukiyama aphyric rhyolitic lava; 14: Sobosan dacitic pyroclastic flow deposit

い値を示す (Fig. 9)。 P_2O_5 量も、古期コールドロン形成期および安山岩質複成火山形成期の方が新期コールドロン形成期よりも高い値を有する (Fig. 9)。

(3) $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O}$

Na_2O 量は、古期コールドロン形成期、安山岩質複成火山形成期、新期コールドロン形成期で大きな違いは認められない (Fig. 10)。一方、 K_2O 量は、新期コールドロン形成期の方が、古期コールドロン形成期および安山岩質複成火山形成期よりも高い値を示す (Fig. 10)。

(4) $\text{FeO}^* \cdot \text{MgO}$

FeO^* 量およびMgO量ともに、古期コールドロン形成期の方が新期コールドロン形成期よりも高い値を有する (Fig. 11)。一方、安山岩質複成火山形成期の組成変化トレンドの傾きは、古期コールドロン形成期および新期コールドロン形成期のそれとは異なる。

(5) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot \text{MnO}$

Al_2O_3 量、CaO量およびMnO量ともに大きな違いは認められないが、安山岩質複成火山形成期の組成変化トレ

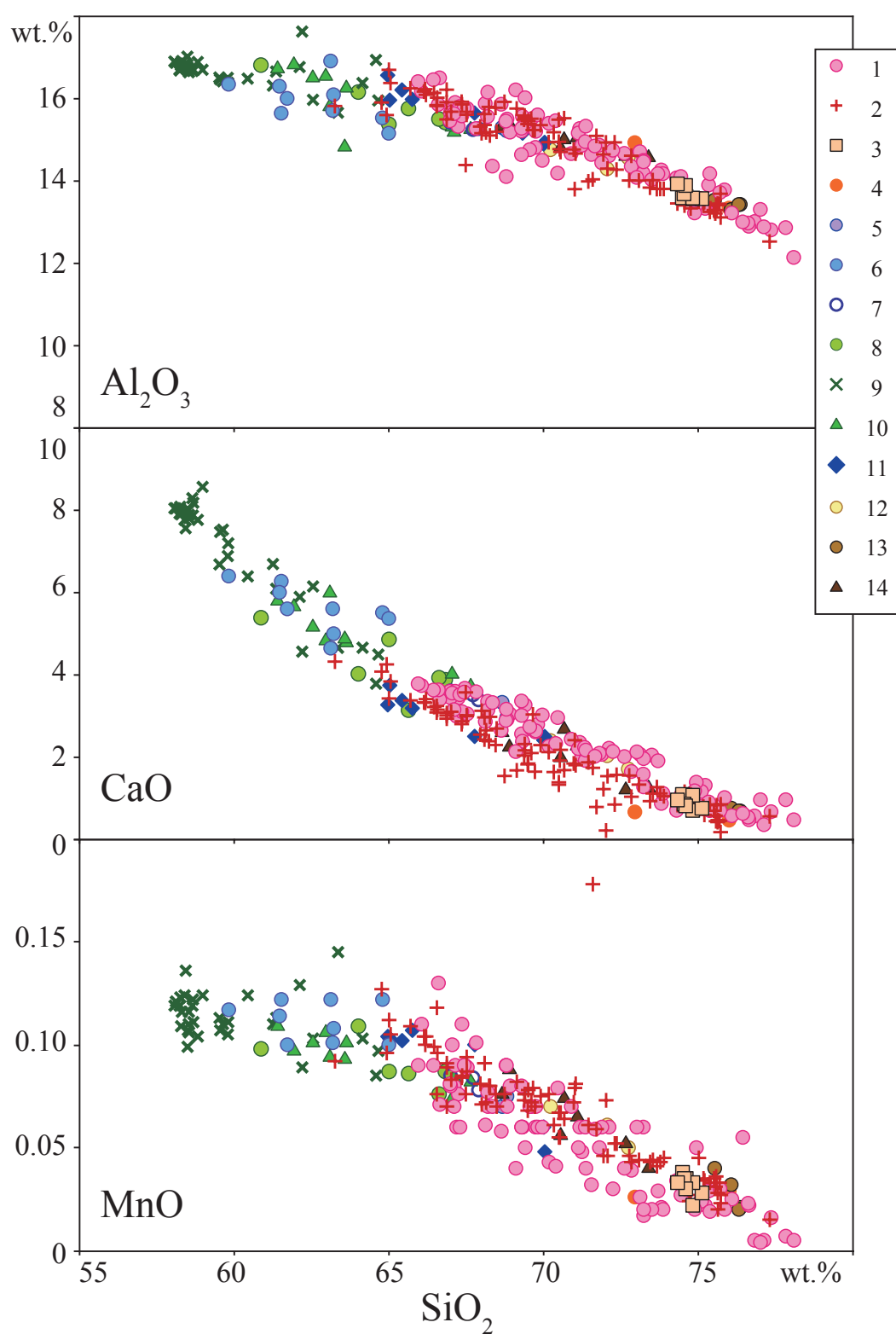


Fig. 6 SiO_2 variation diagram of igneous rocks of the Okueyama volcano-plutonic complex for Al_2O_3 , CaO and MnO . 1: batholithic granite; 2: granite porphyry; 3: Kunimidake rhyolitic pyroclastic flow deposit; 4: felsite; 5: older granitoids II (granophyre) (OBG2) ; 6: older granitoids II (quartz monzodiorite) (OBG2) ; 7: Sobosan dacitic lava; 8: Sobosan andesitic composite volcano 3 (porphyritic andesite and dacite) ; 9: Sobosan andesitic composite volcano 2 (aphyric andesite) ; 10: Sobosan andesitic composite volcano 1 (porphyritic andesite and dacite) ; 11: older granitoids I (OKG3) ; 12: Katamukiyama dacitic pyroclastic flow deposit; 13: Katamukiyama aphyric rhyolitic lava; 14: Sobosan dacitic pyroclastic flow deposit

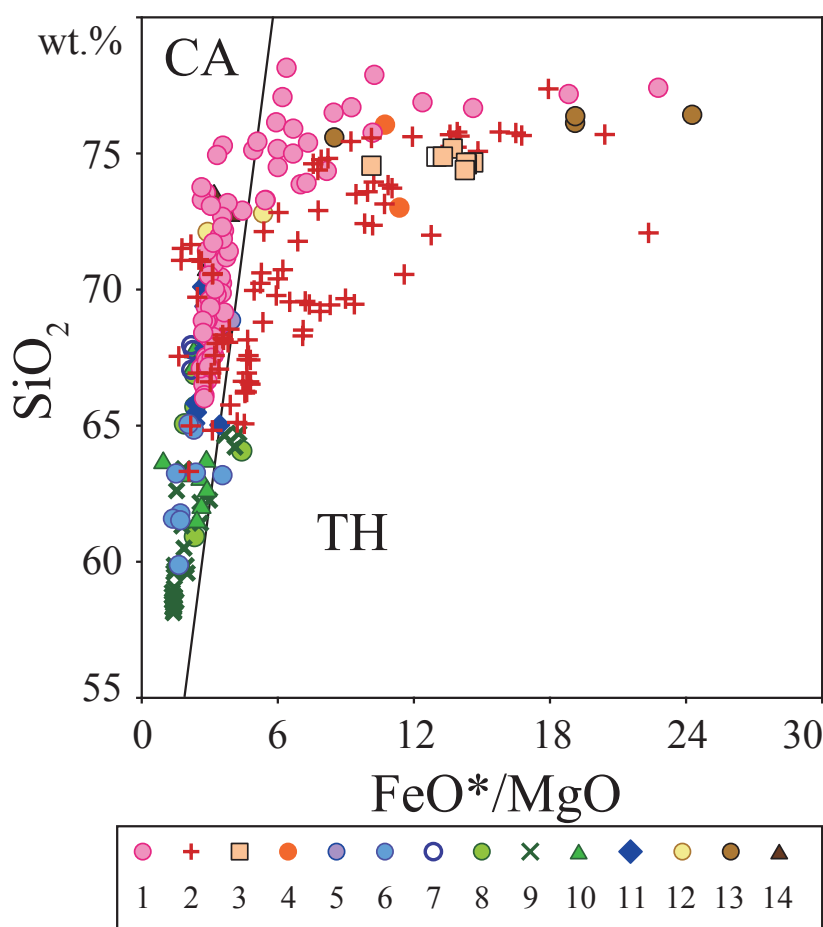


Fig. 7 FeO*/MgO vs. SiO₂ diagram for igneous rocks of the Okueyama volcano-plutonic complex. 1: batholithic granite; 2: granite porphyry; 3: Kunimidake rhyolitic pyroclastic flow deposit; 4: felsite; 5: older granitoids II (granophyre) (OBG2); 6: older granitoids II (quartz monzodiorite) (OBG2); 7: Sobosan dacitic lava; 8: Sobosan andesitic composite volcano 3 (porphyritic andesite and dacite); 9: Sobosan andesitic composite volcano 2 (aphyric andesite); 10: Sobosan andesitic composite volcano 1 (porphyritic andesite and dacite); 11: older granitoids I (OKG3); 12: Katamukiyama dacitic pyroclastic flow deposit; 13: Katamukiyama aphyric rhyolitic lava; 14: Sobosan dacitic pyroclastic flow deposit CA: calcalkalic rock-series; TH: tholeiitic rock-series

ンドの傾きは、古期コールドロンおよび新期コールドロン形成期とは異なる (Fig. 12)。

(6) FeO*/MgO比

古期コールドロン形成期、安山岩質複成火山形成期、新期コールドロン形成期の大部分はカルクアルカリ系列に属するが、古期コールドロン形成期のSiO₂量が75wt.%以上の高シリカのもの、および新期コールドロン形成期のかかなりのものがソレライト系列に属する (Fig. 13)。

(7) CaO/[Al₂O₃ + CaO + (FeO* + MgO)]比

CaO/[Al₂O₃ + CaO + (FeO* + MgO)]モル比では、SiO₂量73wt.%以下で、古期コールドロン形成期が新期コールドロン形成期や安山岩質複成火山形成期よりも低い値を示す (Fig. 14)。

(8) Al₂O₃/(CaO + Na₂O + K₂O)比

Al₂O₃/(CaO + Na₂O + K₂O)モル比では、古期コールドロン形成期が安山岩質複成火山形成期や新期コールドロン形成期に比べて1.1以上の高い値を示す (Fig. 14)。

5. 議論

(1) 火山岩類と深成岩類の関係

古期コールドロン形成に関わったと考えられる深成岩類は、その化学組成の類似性から古期花崗岩類IのOKG3がその有力な候補として考えられる。安山岩質複成火山形成期に関わったと考えられる深成岩類は、やはりその化学組成の類似性から、OBG2の石英モンゾニ閃緑岩とそれに貫入する文象斑岩がそれであると考えられる。特にSACV2の無斑晶質安山岩とそれを覆う斑状デイサイトは、それぞれ石英モンゾニ閃緑岩と文象斑岩に

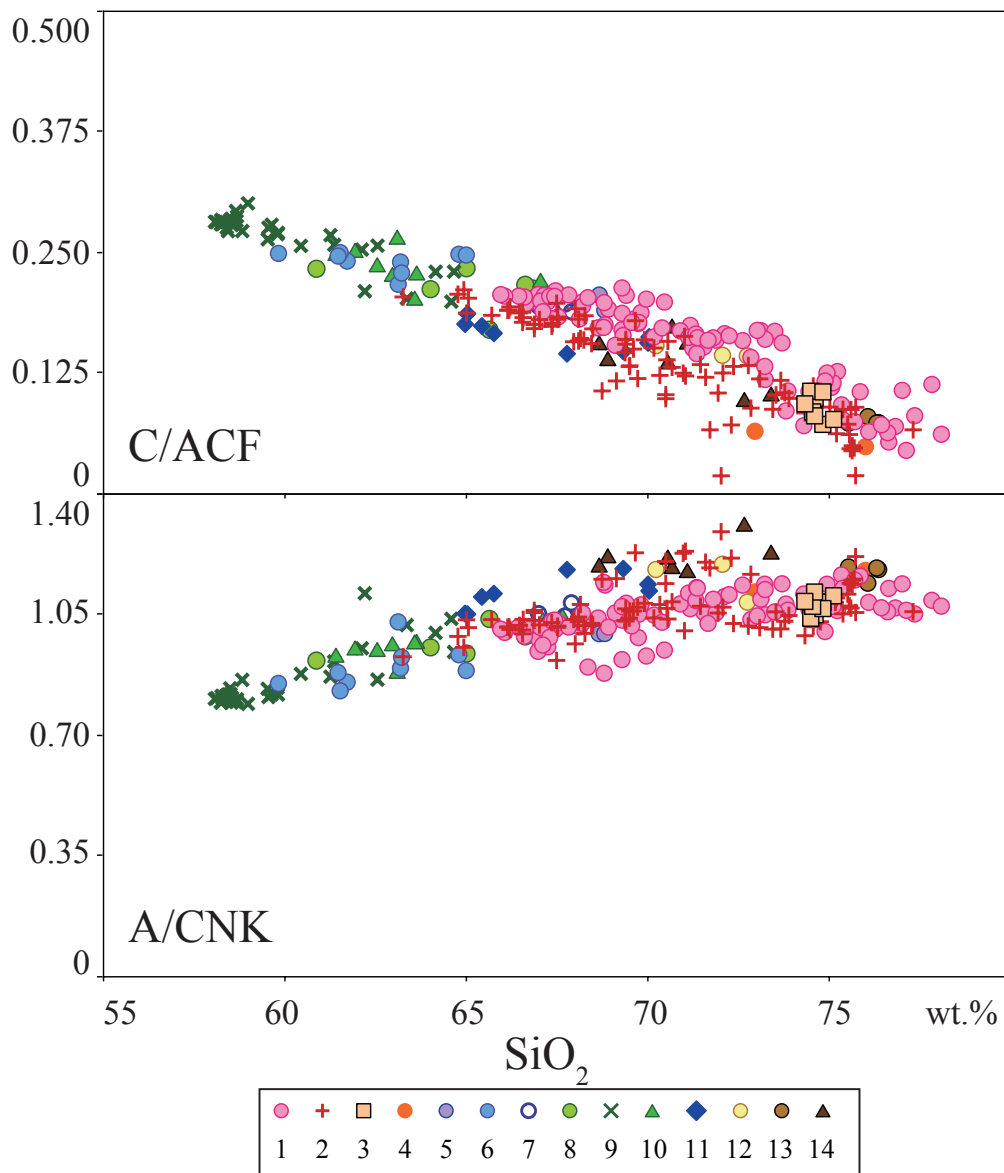


Fig. 8 SiO_2 variation diagram of igneous rocks of the Okueyama volcano-plutonic complex for $\text{CaO}/[\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + (\text{FeO}^* + \text{MgO})]$ (C/ACF) and $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (A/CNK) molar ratios. 1: batholithic granite; 2: granite porphyry; 3: Kunimidake rhyolitic pyroclastic flow deposit; 4: felsite; 5: older granitoids II (granophyre) (OBG2); 6: older granitoids II (quartz monzodiorite) (OBG2); 7: Sobosan dacitic lava; 8: Sobosan andesitic composite volcano 3 (porphyritic andesite and dacite); 9: Sobosan andesitic composite volcano 2 (aphyric andesite); 10: Sobosan andesitic composite volcano 1 (porphyritic andesite and dacite); 11: older granitoids I (OKG3); 12: Katamukiyama dacitic pyroclastic flow deposit; 13: Katamukiyama aphyric rhyolitic lava; 14: Sobosan dacitic pyroclastic flow deposit

対応する可能性が高い。これらは、安山岩質複成火山（特にSACV2）の火道であったと考えられる。新期コールドロン形成期の火山岩類はKRTであるが、 SiO_2 量が74~75wt.%の高シリカ流紋岩である。これらは、花崗斑岩のうちの SiO_2 量に富むものと化学組成が同じである。KRTを噴出した火道の一部が花崗斑岩の環状岩脈である可能性は高い。特に環状岩脈の一部は珪長岩 (felsite) や凝灰岩 (tuffisite) と複合岩脈を形成しており、特

にこの凝灰岩岩脈がKRT火砕流の噴出口であった可能性はきわめて高いといえる。

大崩山火山深成複合岩体では、このように火山岩と深成岩の一部が密接な関係にあることが明らかとなった。大崩山火山深成複合岩体が、過去の巨大カルデラ群の地下構造を表していることは、地質学的証拠のみにならず (Takahashi, 1986; 奥村他, 1998; Takahashi, 2014 など)、全岩主化学組成の面からも支持されるといえる。

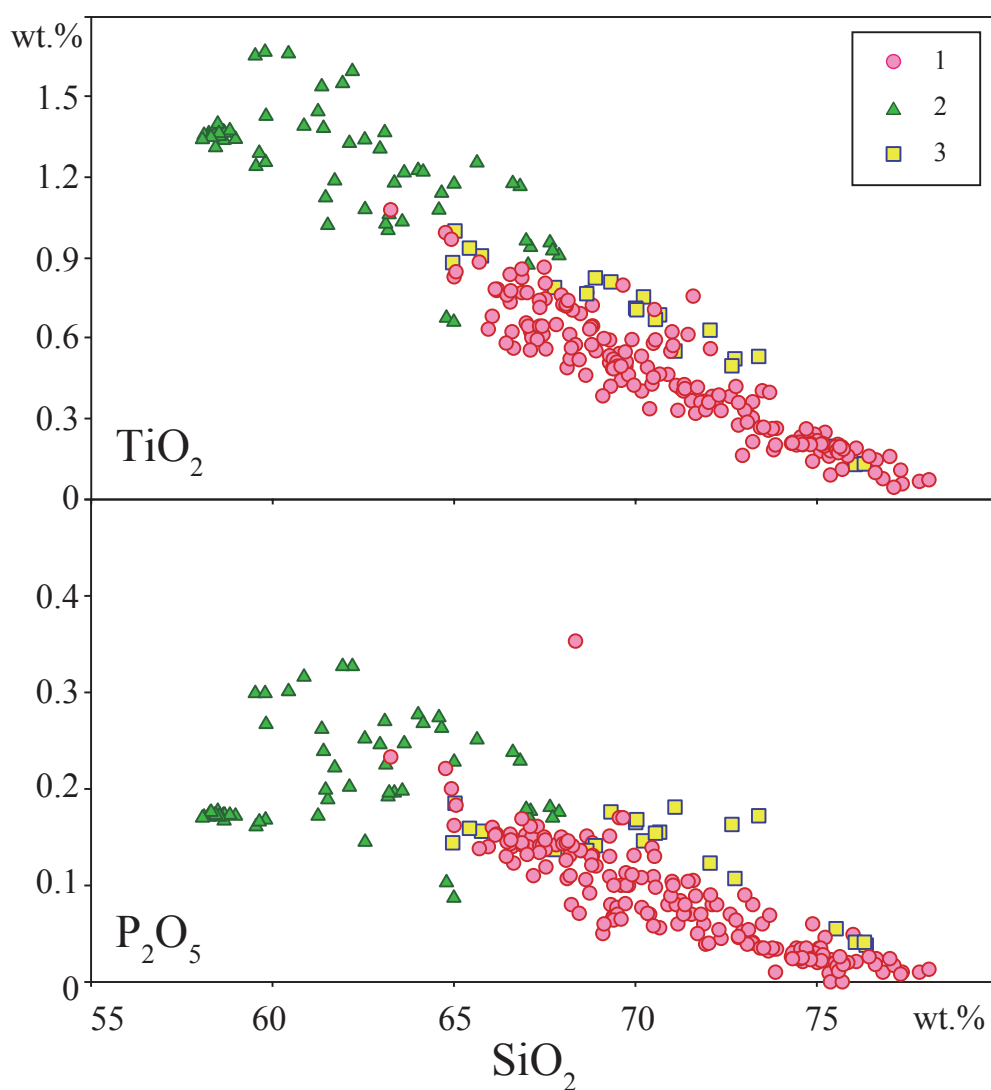


Fig. 9 SiO_2 variation diagram of igneous rocks related to the formation of the older cauldrons, andesitic to dacitic composite volcanoes and younger cauldron for TiO_2 and P_2O_5 . 1: younger cauldron ; 2: andesitic to dacitic composite volcanoes ; 3: older cauldrons

(2) 古期コールドロン形成期の火成岩類

古期コールドロン形成期の火成岩類のうち73wt. % SiO_2 以下のものは、1.1以上の高い $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (A/CNK) モル比および低い $\text{CaO}/[\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + (\text{FeO}^* + \text{MgO})]$ (C/ACF) モル比を示し、またその中には斑晶鉱物としてざくろ石を有する火山岩類や、斜方輝石・黒雲母というCaに乏しい苦鉄質鉱物組み合わせを持つ花崗岩類が含まれる。こうした特徴はS-type火成岩類のものであり、これらの火成岩類はS-typeの性質を示すものと考えられる。大崩山火山深成複合岩体では、初期にこうした泥質堆積岩類と親近性を有する火成岩類の活動があったことになる。

(3) 大崩山火山深成複合岩体におけるマグマ活動の時間変化

古期コールドロン形成期では、まずS-type的な性質を有する SiO_2 量が68~73wt.%のデイサイト~流紋岩質マグマが噴出しSDTが形成された。次に SiO_2 量が75~76wt.%の高シリカ流紋岩質マグマの噴出があり、その後S-type的な性質を示す SiO_2 量が70~72wt.%のデイサイト~流紋岩質マグマが噴出してKDTが形成された。これらの噴出量は、それぞれ、SDTが300 km^3 以上、KRLが60 km^3 以上、KDTが360 km^3 以上にもおよぶと推定されており超巨大噴火であった。これらのマグマ活動には多量の堆積岩類の関与があったものと考えられるが、これらの堆積岩類が四万十層群を含む既存の中生代付加体

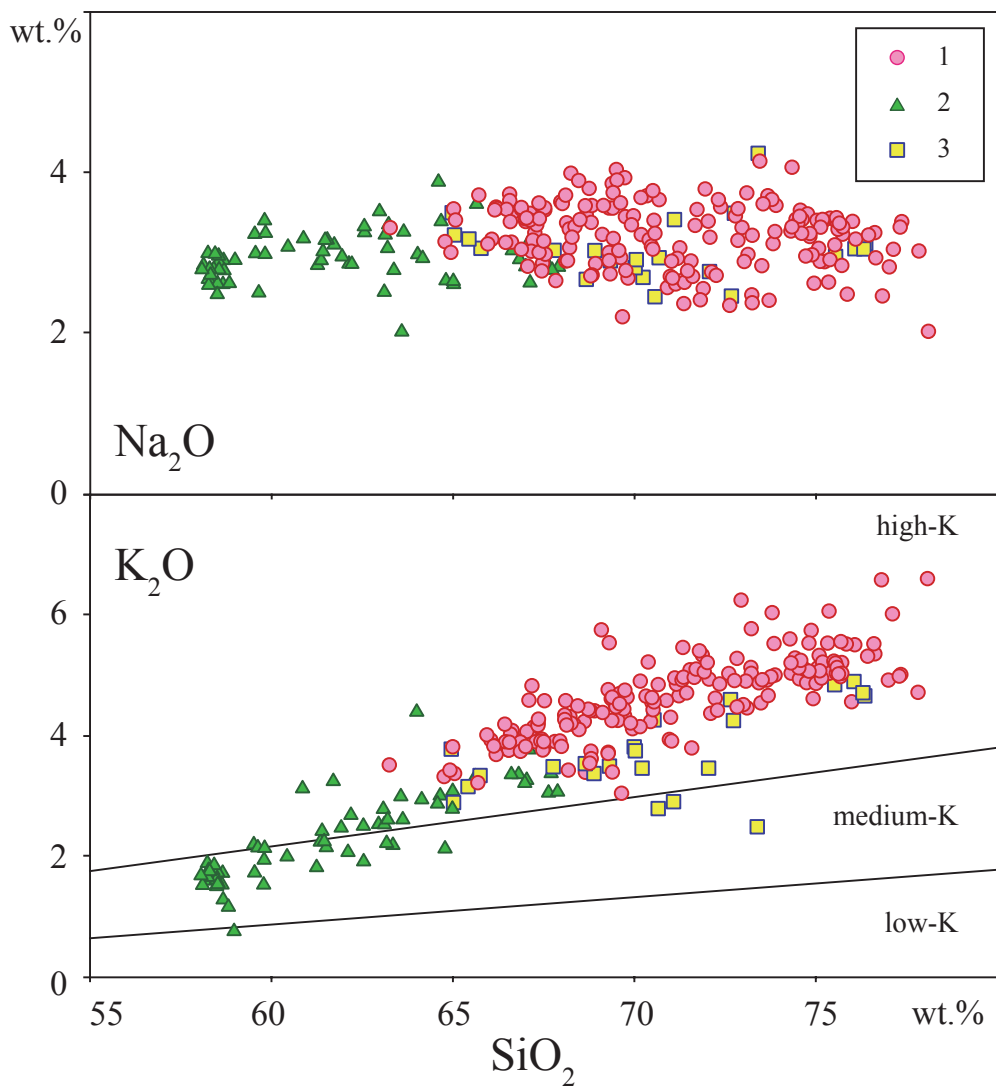


Fig. 10 SiO_2 variation diagram of igneous rocks related to the formation of the older cauldrons, andesitic to dacitic composite volcanoes and younger cauldron for Na_2O and K_2O . 1: younger cauldron ; 2: andesitic to dacitic composite volcanoes ; 3: older cauldrons

のものであるのか、あるいは日本海拡大に伴って急速に移動した西南日本弧の前弧直下に巻き込まれた新生代以降の付加堆積体であるのかは今のところ不明である。

古期コールドロン形成後の安山岩質複成火山形成期では、安山岩～デイサイト質のI-type的マグマの活動に変化した。このことは、堆積岩類の融解が関与したマグマ活動の後、堆積岩類の関与しない苦鉄質マグマ活動に移行したことを意味している。

最後の新期コールドロン形成期では、最初に貫入した花崗斑岩の一部にやはりA/CNK比が高く、C/ACF比の低いS-type的性質を示すものが含まれており、再び部分的に堆積岩類の関与があったことを示している。これは、新期コールドロン形成期には、東西方向に並んでい

た古期コールドロン群地域からマグマ生成域が大きく南東方向に張り出して、新たな地殻物質の関与が可能となったためであると考えられる。花崗斑岩はチタン鉄鉱系列であり磁鉄鉱の晶出しない還元的な雰囲気では結晶分化したものと考えられ、その結果 FeO^*/MgO 比の大きなソレライト系列の珪長質マグマが形成された可能性が大きい。古期コールドロン形成期の珪長質マグマも還元的雰囲気では結晶化したものと考えられるが、SDTやKDTおよびOKG3では、結晶分化作用よりはマグマ混合や同化作用が卓越した可能性がある。新期コールドロン形成に関与したKRTも噴出量が 370km^3 を超える超巨大噴火であった。

最終的に貫入したチタン鉄鉱系列・I-typeの性質を持

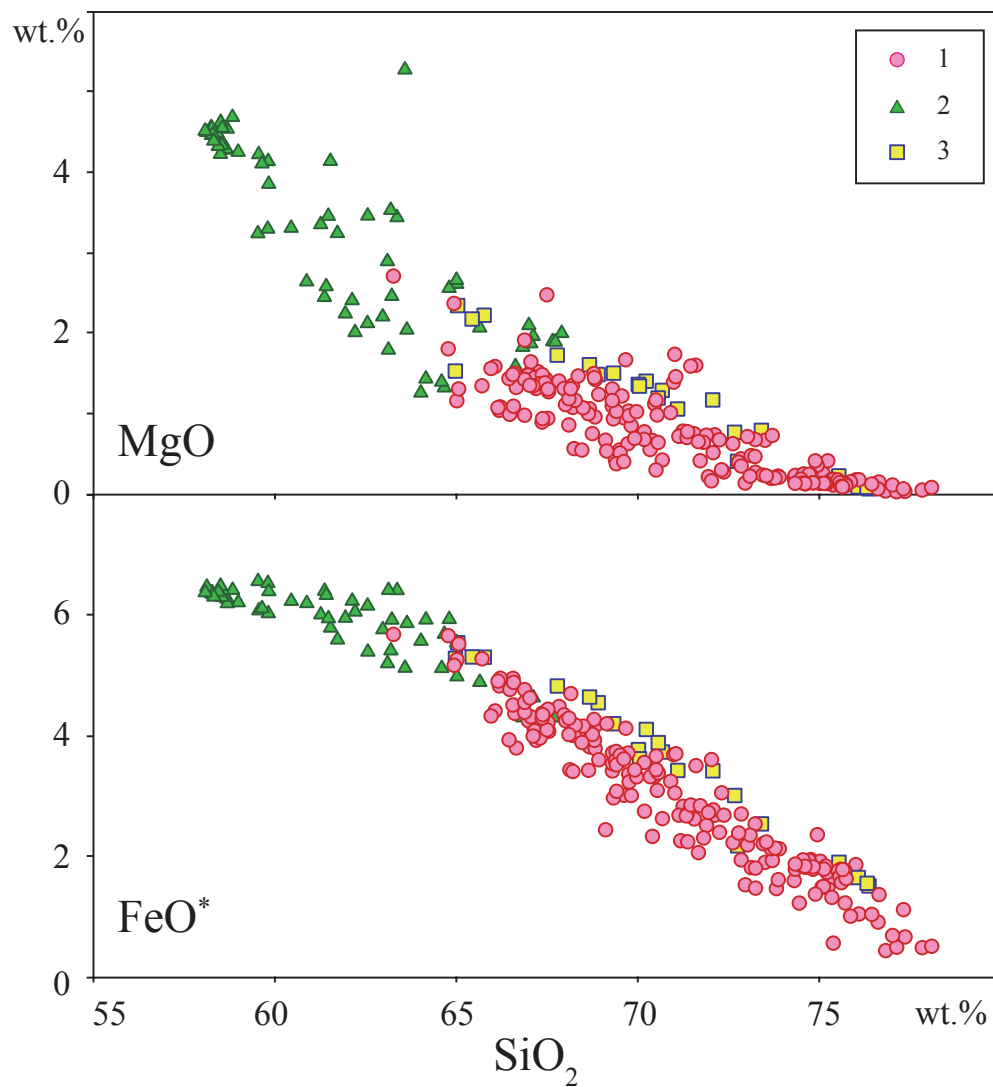


Fig. 11 SiO_2 variation diagram of igneous rocks related to the formation of the older cauldrons, andesitic to dacitic composite volcanoes and younger cauldron for MgO and FeO^* . 1: younger cauldron ; 2: andesitic to dacitic composite volcanoes ; 3: older cauldrons

つ一部に角閃石を含むバソリス状花崗岩は、堆積岩類の関与の少ない珪長質マグマから形成されたものであるが、その組成変化は単純な連続的結晶分化作用ではなく、分化した残液の濃集した部分と、残液が抜け出して結晶成分が卓越するキュームレイト的な部分とに分かれて形成された可能性がある。

全岩主化学組成から推定された以上の仮説は、今後微量元素や同位体組成の検討によって検証される必要があらう。

謝辞

本研究を進めるにあたり、荒牧重雄、池田幸雄、石原舜三氏を初め多くの方々に御指導、御議論、御支援を頂いた。また、全岩主化学組成分析に当たっては、荒牧重雄氏（当時東京大学地震研究所教授）のお世話になった。記して感謝の意を表したい。

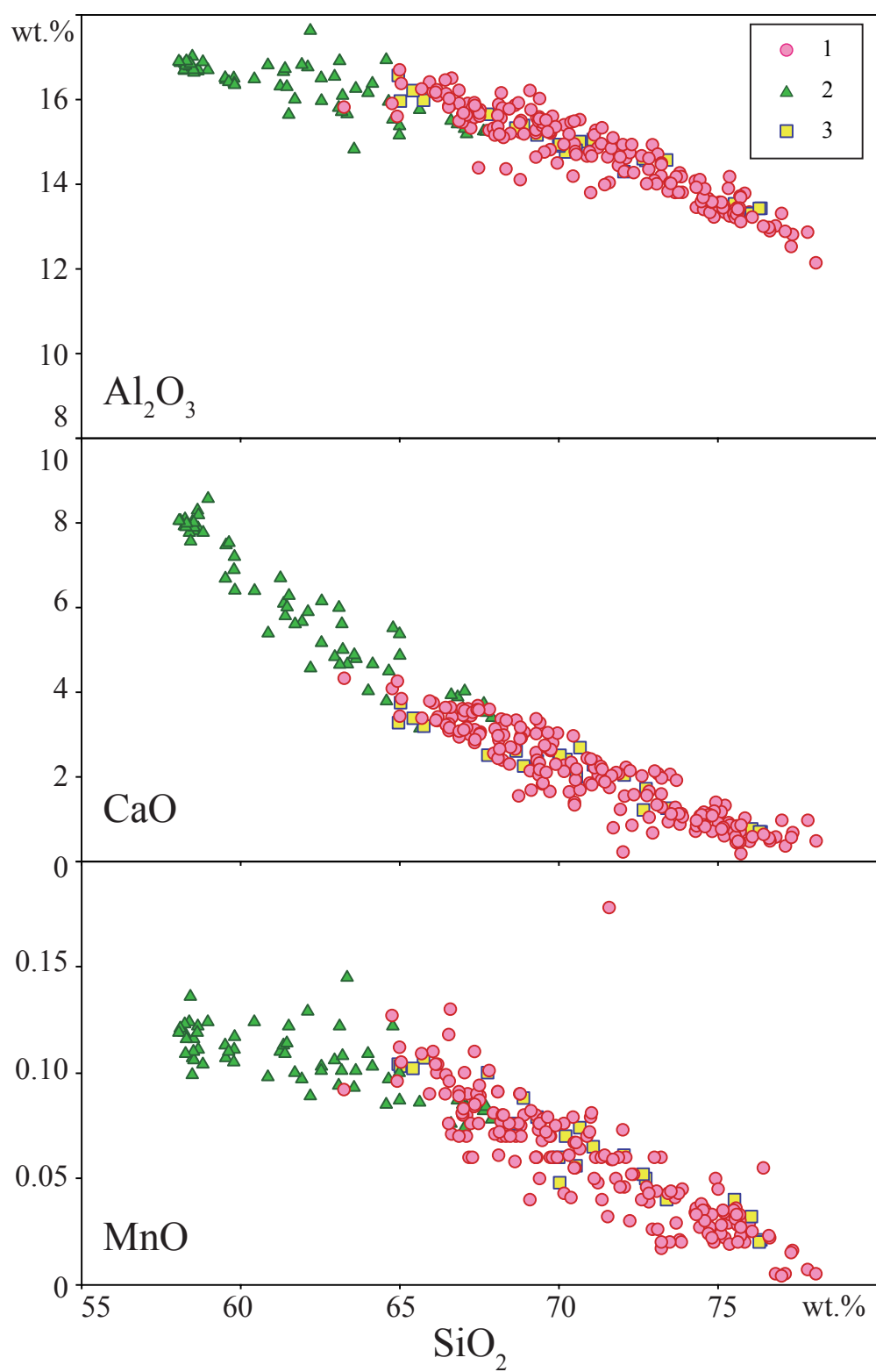


Fig. 12 SiO_2 variation diagram of igneous rocks related to the formation of the older cauldrons, andesitic to dacitic composite volcanoes and younger cauldron for Al_2O_3 , CaO and MnO . 1: younger cauldron ; 2: andesitic to dacitic composite volcanoes ; 3: older cauldrons

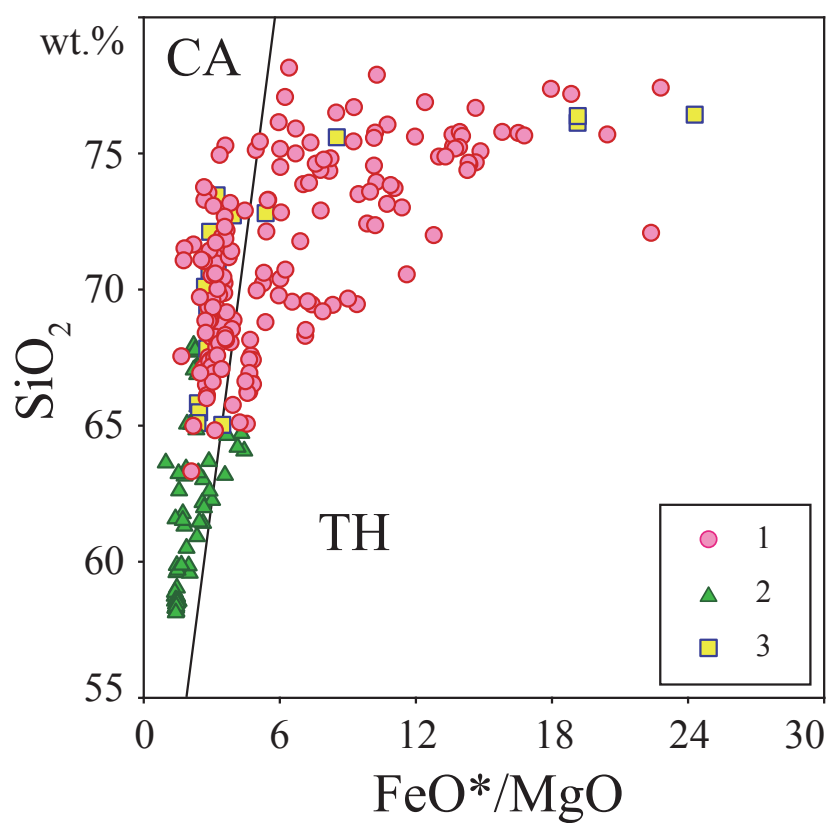


Fig. 13 FeO^*/MgO vs. SiO_2 diagram for igneous rocks related to the formation of the older cauldrons, andesitic to dacitic composite volcanoes and younger cauldron. 1: younger cauldron; 2: andesitic to dacitic composite volcanoes ; 3: older cauldrons
CA: calcalkalic rock-series; TH: tholeiitic rock-series

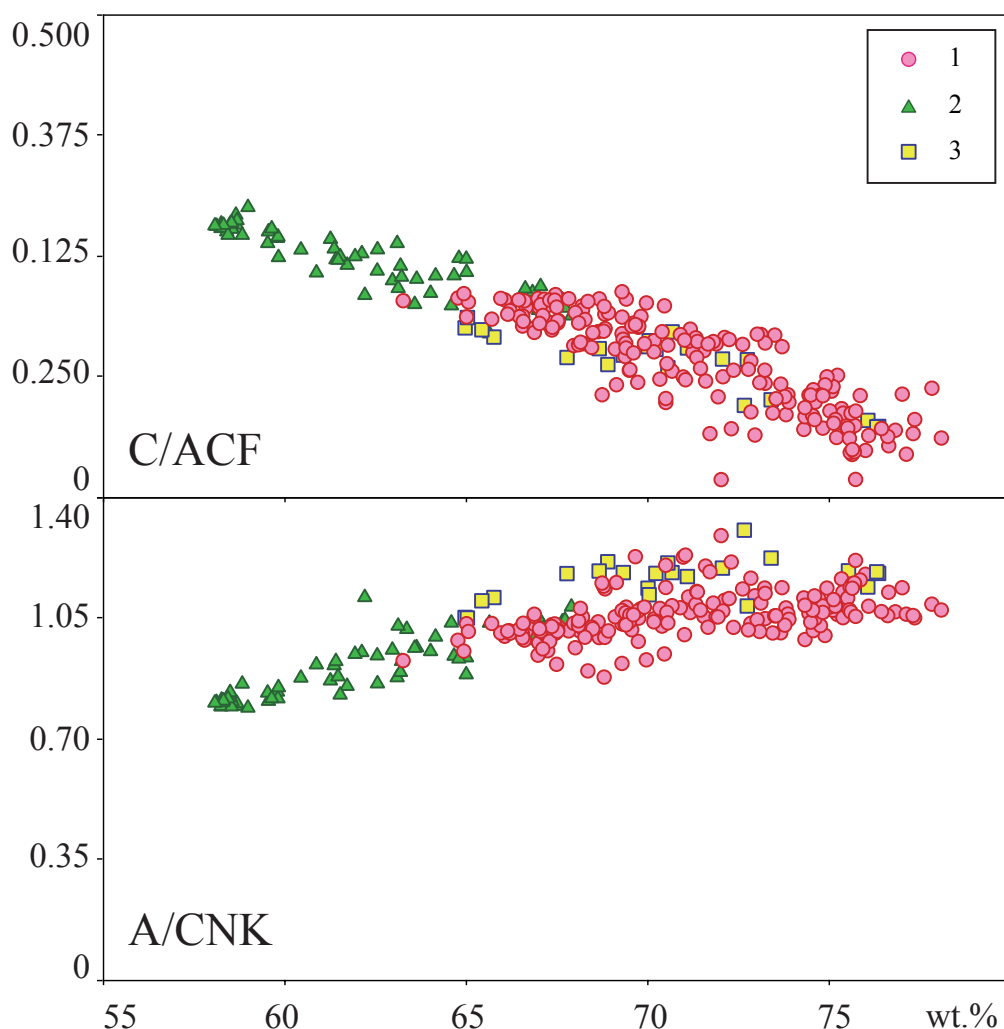


Fig. 14 SiO_2 variation diagram of igneous rocks related to the formation of the older cauldrons, andesitic to dacitic composite volcanoes and younger cauldron for $\text{CaO}/[\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + (\text{FeO}^* + \text{MgO})]$ (C/ACF) and $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (A/CNK) molar ratios. 1: younger cauldron; 2: andesitic to dacitic composite volcanoes; 3: older cauldrons

引用文献

- 松本征夫・宮久三千年 (1973): 九州・祖母山火山岩体にみられるカルデラ型式の陥没構造. 地質雑, **79**, 99-111.
- 村尾 智・松本哲一 (1991): 尾平鉱床区祖母山火山岩類の K-Ar 年代. 地調月報, **42**, 497-502
- 奥村公男・酒井 彰・高橋正樹・宮崎一博・星住英夫 (1998): 熊田地域の地質. 地域地質研究報告. 地質調査所. 100p
- 小野晃司・松本征夫・宮久三千年・寺岡易司・神戸信和 (1977): 竹田地域の地質. 地域地質研究報告. 地質調査所. 145p
- 柴田 賢 (1978): 西南日本外帯における第三紀花崗岩貫入の同時性. 地調月報, **29**, 551-554
- 高橋正樹 (1980): 変動帯における大量珪長質マグマ活動と上部地殻形成. 月刊地球, **2**, 837-845.
- Takahashi, M. (1986): Anatomy of a middle Miocene Valles-type caldera cluster: Geology of the Okueyama volcano-plutonic complex, Southwest Japan. J. Volcanol. Geotherm. Res., **29**, 33-70.
- Takahashi, M. (2014): Subsurface structure of Miocene large-scale caldera cluster: Illustrated descriptions of geology of the Okueyama volcano-plutonic complex, Southwest Japan. Proceedings of Institute of Natural Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University, in press
- 通商産業省 (1971): 昭和45年度広域調査報告書祖母傾山地域. 18p

Table 1 Whole-rock major element chemistry for igneous rocks of the Okueyama volcano-plutonic complex. 1 to 7: Sobosan dacitic pyroclastic flow deposit (SDT); 8 to 11: Katamukiyama aphyric rhyolitic lava (KRL); 12 to 14: Katamukiyama dacitic pyroclastic flow deposit (KDT); 15 to 22: older granitoids I (OKG3); 23 to 32: Sobosan andesitic composite volcano 1 (porphyritic andesite to dacite); 33 to 66: Sobosan andesitic composite volcano 2 (aphyric andesite); 67 to 72: Sobosan andesitic composite volcano 3 (porphyritic andesite to dacite); 73 to 75: Sobosan dacitic lava (SDL); 76 to 77: granophyre (OBG2); 78 to 86: quartz monzodiorite (OBG2); 87 to 88: felsite(FS); 89 to 96: Kunimidake rhyolitic pyroclastic flow deposit (KRT); 97 to 182: granite porphyry (GP) [97: 浜砂; 98: 皿糸; 99: 比叡山; 100: 湯ノ迫; 101-105: 比叡山; 106: 神原; 108-109: 熊田; 110-112: 傾谷; 113-115: 桑ヶ内; 116: 祝子川中流; 117-119: 行藤山; 120-122: 大迫; 123-124: 大白谷; 125-127: 下尾平; 128: 皿糸; 129-146: 土岩; 147-151: 轟; 152-153: 鷹取屋; 155: 土呂久; 156-158: 上野; 159: 細谷; 160: 湯ノ迫; 161: 尾平; 162: 小菅; 163-165: 戸川; 166: 赤川; 167: 日之谷; 168: 緩木山; 169: 真弓; 170-171: 北川ダム; 172-174: 下鹿川; 175: 平清水; 176-178: 戸川; 179: 杉ヶ越; 180: 水ヶ谷; 181: 小林峠; 182: 上赤], 183 to 271: batholithic granite [183-189: OKG1; 190-196: HNG1; 197-198: OBG1-1; 199-204: OKG(aplite); 205-206: UHG; 207-208: OBG1-3; 209-211: FKG; 212: HNG2; 213: OMG; 214: HNG2; 215: FKG; 216: HNG1; 217-271: OKG1]

No.	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
1	164	70.69	0.69	14.99	3.73	0.07	1.29	2.67	2.94	2.78	0.16	100.00
2	165	70.58	0.67	14.79	3.88	0.06	1.19	1.98	2.45	4.25	0.15	100.00
3	167	72.69	0.50	14.59	3.01	0.05	0.77	1.20	2.46	4.59	0.16	100.00
4	168	68.92	0.82	15.37	4.54	0.09	1.48	2.24	3.02	3.36	0.14	100.00
5	169	71.12	0.55	15.04	3.42	0.07	1.05	2.26	3.41	2.89	0.18	100.00
6	170	73.42	0.53	14.56	2.53	0.04	0.79	1.24	4.23	2.48	0.17	100.00
7	171	68.69	0.77	15.31	4.64	0.08	1.61	2.59	2.67	3.53	0.14	100.00
8	142	76.09	0.13	13.29	1.65	0.03	0.09	0.75	3.05	4.89	0.04	100.00
9	143	76.39	0.13	13.42	1.51	0.02	0.06	0.68	3.11	4.65	0.04	100.00
10	144	76.34	0.13	13.41	1.55	0.02	0.08	0.68	3.04	4.70	0.04	100.00
11	172	75.56	0.20	13.52	1.90	0.04	0.22	0.72	2.95	4.83	0.06	100.00
12	131	72.08	0.63	14.28	3.41	0.06	1.17	2.02	2.76	3.45	0.12	99.99
13	132	70.25	0.75	14.75	4.10	0.07	1.40	2.39	2.69	3.45	0.15	100.00
14	133	72.77	0.52	14.55	2.17	0.05	0.40	1.70	3.49	4.24	0.11	100.00
15	110	64.99	0.88	16.55	5.28	0.10	1.53	3.26	3.49	3.77	0.14	100.00
16	111	69.35	0.81	15.15	4.20	0.08	1.50	2.36	2.90	3.48	0.18	100.00
17	126	65.78	0.91	15.97	5.30	0.11	2.22	3.18	3.05	3.33	0.16	100.00
18	127	65.45	0.94	16.20	5.30	0.10	2.17	3.36	3.17	3.14	0.16	100.00
19	128	67.80	0.79	15.64	4.82	0.10	1.72	2.49	3.03	3.47	0.14	100.00
20	129	65.05	1.00	15.95	5.54	0.10	2.34	3.73	3.22	2.88	0.19	100.00
21	145	70.03	0.71	14.89	3.77	0.06	1.36	2.40	2.81	3.80	0.17	100.00
22	217	70.06	0.71	14.92	3.61	0.05	1.34	2.49	2.91	3.74	0.17	99.99
23	72	63.12	1.37	15.80	5.20	0.09	2.89	5.98	2.51	2.77	0.27	100.00
24	73	67.67	0.96	15.24	4.40	0.08	1.90	3.71	2.81	3.04	0.18	99.99
25	74	67.14	0.94	15.17	4.63	0.08	1.96	3.51	2.63	3.76	0.18	100.00
26	75	67.07	0.87	15.30	4.27	0.07	1.87	4.01	3.11	3.25	0.17	99.99
27	76	61.96	1.55	16.81	5.95	0.10	2.24	5.65	2.95	2.46	0.33	100.00
28	77	61.43	1.38	16.72	6.33	0.11	2.58	5.78	3.01	2.41	0.24	99.99
29	78	62.99	1.31	16.53	5.76	0.11	2.20	4.82	3.51	2.52	0.25	99.99
30	87	62.57	1.34	16.49	6.15	0.10	2.12	5.15	3.33	2.49	0.25	100.00
31	88	63.66	1.22	16.25	5.86	0.10	2.04	4.77	3.26	2.60	0.25	100.00
32	104	63.60	1.03	14.81	5.12	0.09	5.27	4.86	2.02	2.98	0.20	100.00
33	105	62.15	1.33	16.75	6.23	0.13	2.41	5.88	2.86	2.06	0.20	100.00
34	79	59.57	1.24	16.46	6.07	0.11	4.22	7.46	2.99	1.72	0.16	100.00
35	80	58.27	1.36	16.67	6.36	0.12	4.46	8.03	2.67	1.88	0.17	100.00
36	81	58.69	1.34	16.66	6.27	0.12	4.28	7.86	2.91	1.71	0.17	100.00
37	82	61.28	1.45	16.30	6.01	0.11	3.35	6.68	2.84	1.81	0.17	100.00
38	83	59.01	1.34	16.69	6.21	0.12	4.25	8.55	2.91	0.75	0.17	100.00
39	84	59.55	1.65	16.50	6.56	0.11	3.24	6.67	3.23	2.19	0.30	100.00
40	85	59.82	1.67	16.49	6.53	0.11	3.30	6.87	3.40	1.52	0.30	100.00
41	86	60.47	1.66	16.47	6.23	0.12	3.31	6.38	3.07	1.99	0.30	99.99
42	89	58.56	1.36	16.70	6.31	0.12	4.38	7.80	2.89	1.72	0.17	99.99
43	90	58.26	1.35	16.69	6.36	0.12	4.56	7.91	2.99	1.59	0.17	100.00
44	91	58.42	1.36	16.77	6.36	0.12	4.49	7.75	2.80	1.75	0.17	100.00

No.	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
45	92	58.67	1.37	16.68	6.29	0.12	4.29	8.28	2.61	1.52	0.17	100.00
46	93	58.71	1.37	16.69	6.19	0.11	4.54	8.17	2.78	1.27	0.17	100.00
47	94	58.53	1.36	16.75	6.35	0.11	4.62	8.00	2.62	1.49	0.17	100.00
48	95	63.38	1.18	15.65	6.41	0.15	3.44	4.64	2.78	2.18	0.20	100.00
49	96	64.69	1.14	15.94	5.68	0.10	1.32	4.48	3.39	3.00	0.26	100.00
50	97	58.85	1.37	16.88	6.41	0.10	4.68	7.75	2.62	1.15	0.17	99.99
51	98	59.83	1.26	16.37	6.03	0.11	4.14	7.18	2.98	1.93	0.17	100.00
52	99	62.58	1.08	15.96	5.39	0.10	3.46	6.13	3.25	1.90	0.15	100.00
53	100	58.57	1.35	16.63	6.41	0.11	4.55	7.87	2.79	1.55	0.17	100.00
54	101	58.52	1.40	17.01	6.48	0.10	4.23	8.01	2.48	1.61	0.18	100.00
55	102	58.55	1.36	16.69	6.29	0.11	4.34	7.99	2.96	1.53	0.17	100.00
56	103	59.66	1.29	16.41	6.11	0.11	4.11	7.51	2.50	2.14	0.17	100.00
57	182	58.28	1.35	16.84	6.37	0.12	4.55	8.07	2.60	1.65	0.17	100.00
58	183	58.14	1.36	16.86	6.47	0.12	4.50	8.03	2.85	1.51	0.17	100.00
59	184	64.61	1.08	16.92	5.12	0.09	1.39	3.77	3.88	2.86	0.27	100.00
60	185	64.18	1.22	16.37	5.92	0.10	1.43	4.65	2.93	2.93	0.27	99.99
61	186	61.38	1.54	16.64	6.40	0.11	2.45	6.08	2.90	2.23	0.26	100.00
62	218	62.23	1.60	17.62	6.05	0.09	2.01	4.55	2.86	2.67	0.33	100.00
63	219	58.31	1.35	16.79	6.34	0.11	4.47	7.89	2.80	1.76	0.18	100.00
64	220	58.46	1.31	16.84	6.38	0.14	4.32	7.55	2.98	1.84	0.17	100.00
65	221	58.33	1.35	16.90	6.30	0.12	4.39	7.97	2.72	1.74	0.18	100.00
66	222	58.10	1.34	16.89	6.37	0.12	4.51	8.03	2.79	1.67	0.17	100.00
67	106	64.04	1.23	16.15	5.57	0.11	1.26	4.01	2.98	4.38	0.28	100.00
68	107	66.85	1.17	15.41	4.30	0.09	1.83	3.87	2.92	3.35	0.23	100.00
69	108	65.03	1.18	15.36	4.98	0.09	2.61	4.85	2.61	3.07	0.23	99.99
70	180	60.89	1.39	16.80	6.19	0.10	2.64	5.37	3.18	3.11	0.32	100.00
71	181	65.66	1.25	15.75	4.89	0.09	2.07	3.13	3.60	3.31	0.25	100.00
72	199	66.65	1.18	15.49	4.49	0.08	1.59	3.92	3.03	3.35	0.24	100.00
73	175	67.92	0.91	15.26	4.40	0.08	2.00	3.38	2.82	3.06	0.18	99.99
74	176	67.74	0.93	15.23	4.30	0.08	1.89	3.50	2.78	3.37	0.17	99.99
75	177	67.02	0.96	15.41	4.62	0.09	2.10	3.60	2.83	3.20	0.18	100.00
76	146	68.69	0.77	15.28	3.81	0.07	1.06	3.32	3.47	3.38	0.15	99.99
77	149	68.84	0.72	15.21	3.78	0.08	0.96	2.95	3.58	3.73	0.14	100.00
78	147	61.74	1.19	15.99	5.59	0.10	3.24	5.59	3.10	3.24	0.22	99.99
79	148	63.21	1.00	15.70	5.41	0.10	3.53	5.59	3.05	2.21	0.19	100.00
80	150	61.55	1.02	15.63	5.79	0.12	4.14	6.26	3.16	2.14	0.19	100.00
81	151	63.15	1.03	16.90	6.41	0.12	1.79	4.64	3.22	2.52	0.23	100.00
82	152	59.85	1.43	16.34	6.39	0.12	3.85	6.39	3.24	2.13	0.27	100.00
83	153	61.49	1.12	16.29	5.94	0.11	3.46	5.99	3.16	2.24	0.20	100.00
84	154	63.24	1.06	16.08	5.92	0.11	2.46	4.99	3.35	2.60	0.20	100.00
85	155	64.82	0.68	15.52	5.93	0.12	2.56	5.50	2.65	2.12	0.10	100.00
86	156	65.02	0.66	15.15	5.55	0.10	2.66	5.36	2.65	2.78	0.09	100.00
87	215	76.02	0.14	13.33	1.86	0.03	0.17	0.46	3.39	4.55	0.05	100.00
88	216	72.98	0.16	14.92	1.53	0.03	0.13	0.66	3.31	6.24	0.05	100.00
89	134	74.64	0.20	13.61	1.82	0.04	0.12	0.99	3.41	5.16	0.02	100.00
90	135	74.52	0.21	13.58	1.85	0.04	0.18	1.08	3.36	5.16	0.02	100.00
91	136	74.85	0.21	13.56	1.78	0.02	0.14	0.69	3.20	5.52	0.02	99.99
92	137	75.14	0.20	13.56	1.79	0.03	0.13	0.75	3.32	5.06	0.02	100.00
93	138	74.85	0.20	13.57	1.82	0.03	0.14	1.06	3.24	5.06	0.02	100.00
94	139	74.57	0.21	13.67	1.94	0.04	0.14	0.85	3.45	5.11	0.02	100.00
95	140	74.62	0.20	13.88	1.83	0.03	0.13	0.80	3.24	5.24	0.03	100.00
96	141	74.35	0.21	13.91	1.87	0.03	0.13	0.95	3.32	5.20	0.02	99.99
97	109	69.42	0.52	15.58	3.74	0.08	0.50	2.31	3.55	4.24	0.07	99.99
98	1	74.36	0.21	13.44	1.78	0.04	0.23	0.82	4.06	5.03	0.03	99.99
99	2	73.91	0.26	13.79	2.12	0.05	0.21	1.04	3.59	4.99	0.03	100.00
100	3	67.98	0.76	15.31	4.34	0.08	1.31	2.53	3.63	3.90	0.15	100.00
101	4	73.69	0.26	13.79	2.12	0.04	0.19	1.26	3.71	4.91	0.03	100.00
102	5	73.47	0.27	13.82	2.21	0.04	0.23	0.92	4.14	4.87	0.04	99.99

No.	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
103	6	73.11	0.29	14.00	2.35	0.04	0.22	1.32	3.74	4.89	0.04	100.00
104	7	73.80	0.26	13.79	2.13	0.04	0.20	1.11	3.66	4.97	0.04	100.00
105	8	73.56	0.27	14.01	2.24	0.04	0.22	1.11	3.61	4.92	0.04	99.99
106	9	70.52	0.58	14.94	3.66	0.07	1.17	1.38	3.04	4.54	0.11	100.00
107	10	69.51	0.51	15.37	3.57	0.07	0.55	1.81	4.03	4.51	0.08	100.00
108	11	68.26	0.56	15.79	4.00	0.08	0.56	2.37	3.99	4.31	0.08	100.00
109	12	69.40	0.49	15.47	3.58	0.07	0.43	2.03	3.86	4.60	0.07	100.00
110	13	66.90	0.83	15.90	4.39	0.07	1.42	3.00	3.54	3.82	0.14	100.00
111	14	66.57	0.84	15.83	4.51	0.08	1.48	3.07	3.73	3.75	0.14	100.00
112	15	67.54	0.80	15.59	4.21	0.09	1.30	3.01	3.53	3.78	0.14	100.00
113	16	70.36	0.49	15.17	3.32	0.06	0.55	1.63	3.71	4.65	0.07	99.99
114	17	68.77	0.63	15.91	4.02	0.08	0.75	1.53	3.80	4.43	0.09	100.00
115	18	69.75	0.55	15.22	3.71	0.07	0.62	1.63	3.93	4.43	0.08	100.00
116	19	65.72	0.88	16.24	5.27	0.11	1.34	3.37	3.72	3.21	0.14	99.99
117	20	70.69	0.47	15.51	2.62	0.06	0.42	1.67	3.66	4.84	0.06	100.00
118	21	69.53	0.50	15.44	3.67	0.08	0.51	1.83	3.90	4.47	0.07	100.00
119	22	68.48	0.52	15.76	3.88	0.08	0.54	2.28	3.90	4.48	0.07	99.99
120	23	63.28	1.08	15.81	5.68	0.09	2.71	4.31	3.31	3.50	0.23	100.00
121	24	68.03	0.73	15.15	4.24	0.07	1.11	3.11	3.61	3.81	0.14	100.00
122	25	67.51	0.86	14.37	4.09	0.08	2.47	3.56	3.14	3.75	0.15	100.00
123	26	68.51	0.69	15.18	4.16	0.07	1.07	2.68	3.41	4.09	0.14	100.00
124	27	68.29	0.70	15.09	4.17	0.08	1.16	2.97	3.19	4.20	0.14	100.00
125	28	74.59	0.23	13.39	1.87	0.04	0.25	1.15	3.53	4.93	0.03	100.00
126	29	72.80	0.42	14.00	2.38	0.05	0.39	1.54	3.46	4.90	0.06	100.00
127	30	72.09	0.56	14.29	2.77	0.05	0.51	1.53	3.19	4.93	0.09	100.00
128	31	75.40	0.18	13.24	1.66	0.03	0.18	0.84	3.43	5.02	0.02	100.00
129	32	70.19	0.53	14.93	3.55	0.08	0.68	2.11	3.68	4.14	0.11	100.00
130	33	66.58	0.73	15.81	4.95	0.12	1.04	3.23	3.65	3.75	0.15	100.00
131	34	67.54	0.75	15.67	4.44	0.09	0.94	2.99	3.56	3.89	0.15	100.00
132	35	70.55	0.71	14.76	3.09	0.06	0.98	1.91	3.40	4.42	0.13	100.00
133	36	68.12	0.72	15.61	4.02	0.09	0.86	2.42	3.71	4.33	0.13	100.00
134	37	67.38	0.74	15.91	4.29	0.08	0.89	2.79	3.62	4.16	0.13	99.99
135	38	67.39	0.71	15.85	4.35	0.09	0.94	2.86	3.42	4.26	0.13	99.99
136	39	64.79	0.99	15.89	5.65	0.13	1.80	4.07	3.14	3.31	0.22	100.00
137	40	66.90	0.77	16.20	4.55	0.09	0.98	2.92	3.56	3.88	0.14	100.00
138	42	66.20	0.78	16.22	4.82	0.10	1.04	3.31	3.57	3.82	0.15	100.00
139	43	66.23	0.78	16.08	4.95	0.10	1.08	3.40	3.55	3.68	0.15	99.99
140	44	66.49	0.76	16.12	4.76	0.10	0.99	3.20	3.54	3.89	0.15	100.00
141	45	66.16	0.78	16.16	4.90	0.10	1.07	3.32	3.53	3.82	0.15	100.00
142	46	66.59	0.78	16.01	4.88	0.10	1.09	3.14	3.38	3.88	0.15	99.99
143	47	69.93	0.59	15.34	3.43	0.08	0.69	2.28	3.35	4.20	0.11	100.00
144	48	65.03	0.83	16.69	5.26	0.11	1.16	3.41	3.54	3.81	0.16	99.99
145	49	65.08	0.85	16.37	5.52	0.11	1.30	3.83	3.40	3.36	0.18	100.00
146	50	64.96	0.97	15.59	5.16	0.10	2.37	4.24	3.00	3.42	0.20	100.00
147	51	66.90	0.86	15.48	4.76	0.09	1.91	3.06	3.04	3.73	0.17	99.99
148	52	71.62	0.76	14.03	3.50	0.18	1.60	1.73	2.70	3.79	0.11	100.00
149	53	71.48	0.61	13.98	2.85	0.06	1.59	1.86	2.77	4.70	0.10	100.00
150	54	71.04	0.62	13.79	3.05	0.08	1.73	2.40	2.89	4.29	0.10	100.00
151	55	68.12	0.73	15.35	4.29	0.09	1.18	2.95	2.90	4.26	0.14	100.00
152	56	71.00	0.55	14.75	3.68	0.07	1.39	1.83	2.70	3.93	0.09	100.00
153	57	71.06	0.57	14.65	3.70	0.08	1.46	1.79	2.68	3.90	0.10	99.99
154	58	71.74	0.42	15.08	2.84	0.06	0.41	0.78	3.54	5.09	0.05	100.00
155	59	74.78	0.23	13.32	1.94	0.03	0.24	1.08	3.48	4.87	0.03	100.00
156	60	75.23	0.20	13.47	1.73	0.03	0.13	0.59	3.39	5.21	0.02	100.00
157	61	75.65	0.19	13.44	1.72	0.03	0.13	0.41	3.30	5.11	0.02	100.00
158	62	75.75	0.19	13.68	1.63	0.02	0.12	0.17	3.23	5.20	0.02	100.00
159	63	69.43	0.49	15.53	3.51	0.08	0.37	2.15	3.75	4.63	0.06	99.99
160	64	68.17	0.74	15.17	4.69	0.07	1.31	2.64	2.90	4.17	0.15	100.00
161	112	70.58	0.59	14.69	3.38	0.07	0.64	2.17	3.24	4.55	0.10	100.00
162	113	75.60	0.20	13.40	1.78	0.04	0.13	0.43	3.37	5.03	0.02	100.00

No.	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
163	114	75.04	0.22	13.48	1.92	0.05	0.13	0.89	3.40	4.86	0.02	99.99
164	115	75.72	0.19	13.42	1.77	0.03	0.11	0.44	3.34	4.97	0.02	100.00
165	116	71.96	0.33	14.63	2.72	0.05	0.21	1.21	3.79	5.05	0.04	99.99
166	117	72.05	0.36	14.92	3.60	0.07	0.16	0.21	3.39	5.20	0.04	100.00
167	118	69.63	0.50	15.50	3.61	0.07	0.40	2.09	3.62	4.52	0.07	100.00
168	119	75.53	0.19	13.28	1.76	0.04	0.17	0.69	3.10	5.22	0.02	100.00
169	120	75.58	0.18	13.20	1.66	0.03	0.14	0.57	3.43	5.19	0.02	100.00
170	121	75.62	0.17	13.28	1.56	0.03	0.09	0.82	3.29	5.12	0.01	100.00
171	122	75.75	0.19	13.10	1.63	0.03	0.10	0.84	3.32	5.02	0.02	100.00
172	123	77.34	0.11	12.51	1.11	0.02	0.06	0.55	3.32	4.98	0.01	100.00
173	124	72.87	0.36	14.60	2.70	0.04	0.35	1.03	3.55	4.47	0.05	100.00
174	125	70.52	0.45	15.48	3.43	0.06	0.30	1.32	3.77	4.62	0.06	100.00
175	207	75.19	0.21	13.43	1.84	0.04	0.13	0.78	3.41	4.94	0.03	100.00
176	208	75.66	0.19	13.40	1.78	0.02	0.09	0.46	3.37	5.01	0.03	100.00
177	209	72.39	0.33	14.26	2.68	0.05	0.27	1.56	3.57	4.85	0.05	100.00
178	210	72.33	0.39	14.92	3.05	0.05	0.30	0.84	3.66	4.41	0.05	100.00
179	211	74.73	0.26	13.64	1.93	0.02	0.24	1.08	2.96	5.09	0.04	100.00
180	212	69.16	0.60	15.75	4.20	0.08	0.53	1.67	3.59	4.37	0.06	100.00
181	213	69.68	0.80	15.22	4.12	0.08	1.67	3.02	2.20	3.03	0.17	100.00
182	214	67.04	0.77	15.67	4.62	0.08	1.35	3.09	3.43	3.81	0.13	99.99
183	65	70.20	0.40	15.39	2.74	0.04	0.77	2.25	3.22	4.89	0.08	100.00
184	66	69.76	0.50	14.80	3.36	0.06	1.03	2.60	3.45	4.33	0.11	99.99
185	67	69.31	0.51	15.20	3.41	0.06	1.09	2.55	3.00	4.75	0.11	100.00
186	68	67.14	0.62	15.66	4.16	0.08	1.43	3.40	3.49	3.88	0.15	100.00
187	69	67.27	0.63	15.31	4.25	0.08	1.52	3.42	3.25	4.13	0.15	100.00
188	70	67.02	0.66	15.64	4.27	0.08	1.49	3.43	3.39	3.87	0.15	100.00
189	71	67.00	0.66	15.45	4.24	0.08	1.48	3.59	3.42	3.93	0.15	100.00
190	157	72.86	0.28	14.34	1.94	0.04	0.44	1.64	3.15	5.27	0.05	100.00
191	158	70.42	0.34	15.45	2.33	0.04	0.66	2.32	3.16	5.21	0.07	100.00
192	159	75.09	0.22	13.56	1.49	0.02	0.30	1.11	3.05	5.11	0.04	100.00
193	160	66.67	0.56	16.49	3.79	0.07	1.32	3.39	3.50	4.07	0.12	99.99
194	161	71.57	0.37	14.63	2.62	0.03	0.75	1.99	2.90	5.08	0.07	100.00
195	162	68.14	0.49	15.87	3.43	0.06	1.10	2.85	3.37	4.57	0.11	100.00
196	163	68.22	0.61	15.55	4.00	0.08	1.35	3.34	3.29	3.42	0.13	100.00
197	178	76.11	0.19	13.21	1.04	0.03	0.18	0.57	3.17	5.50	0.02	100.00
198	179	74.32	0.21	14.06	1.60	0.03	0.20	0.70	3.27	5.59	0.03	100.00
199	193	77.85	0.07	12.85	0.48	0.01	0.05	0.95	3.02	4.71	0.01	100.00
200	194	76.85	0.08	13.00	0.43	0.01	0.04	0.56	2.46	6.57	0.01	100.00
201	195	78.11	0.07	12.13	0.51	0.01	0.08	0.47	2.02	6.59	0.01	100.00
202	196	77.38	0.06	12.80	0.66	0.02	0.03	0.66	3.38	5.00	0.01	100.00
203	197	76.66	0.15	12.89	1.36	0.02	0.15	0.47	2.93	5.35	0.02	100.00
204	198	77.15	0.04	12.87	0.49	0.01	0.03	0.35	3.04	6.01	0.02	100.00
205	199	76.64	0.10	12.96	0.91	0.02	0.06	0.53	3.25	5.51	0.02	100.00
206	200	76.64	0.10	12.96	0.91	0.02	0.06	0.53	3.25	5.51	0.02	100.00
207	201	74.47	0.20	14.09	1.22	0.03	0.20	1.06	3.41	5.28	0.04	100.00
208	202	76.46	0.16	12.99	1.04	0.06	0.12	0.62	3.22	5.31	0.03	100.00
209	203	75.25	0.25	13.32	1.48	0.02	0.41	1.30	2.89	5.03	0.05	100.00
210	204	68.66	0.46	15.85	3.42	0.06	1.00	2.64	3.58	4.22	0.11	100.00
211	205	73.83	0.18	14.25	1.46	0.02	0.21	0.86	3.11	6.03	0.03	100.00
212	206	75.13	0.18	13.52	1.50	0.02	0.25	1.16	2.89	5.32	0.04	100.00
213	224	77.04	0.16	13.30	0.69	0.00	0.11	0.95	2.82	4.91	0.02	100.00
214	225	73.14	0.31	14.70	1.81	0.03	0.48	2.05	2.98	4.45	0.05	100.00
215	226	73.26	0.21	14.49	1.47	0.02	0.27	1.27	3.21	5.76	0.04	99.99
216	227	71.26	0.41	14.85	2.83	0.05	0.78	2.02	3.06	4.65	0.08	99.99
217	724	66.63	0.62	15.85	4.37	0.13	1.50	3.62	3.13	4.01	0.14	100.00
218	725	67.48	0.61	15.71	4.07	0.09	1.43	3.66	2.87	3.93	0.14	100.00
219	726	66.47	0.58	16.45	3.93	0.09	1.43	3.62	3.13	4.18	0.13	100.00
220	727	67.21	0.60	15.82	3.92	0.06	1.31	2.98	3.15	4.82	0.11	100.00
221	728	68.94	0.55	15.17	3.60	0.08	1.24	3.03	2.86	4.40	0.12	99.99
222	729	66.08	0.68	16.17	4.41	0.11	1.58	3.73	3.17	3.92	0.16	100.00

No.	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
223	730	69.63	0.44	15.49	3.01	0.07	0.95	2.68	2.94	4.69	0.10	99.99
224	731	67.17	0.60	15.89	4.08	0.09	1.44	3.59	3.02	3.97	0.15	100.00
225	732	65.97	0.63	16.40	4.32	0.09	1.56	3.77	3.11	4.00	0.14	100.00
226	733	71.20	0.33	15.26	2.26	0.06	0.72	2.35	2.93	4.84	0.06	100.00
227	734	70.92	0.46	14.65	3.24	0.07	1.01	2.42	2.56	4.57	0.08	99.99
228	735	72.14	0.38	14.60	2.68	0.06	0.73	2.20	2.76	4.36	0.08	99.99
229	736	67.07	0.64	15.66	4.31	0.10	1.64	3.54	2.83	4.06	0.14	100.00
230	737	69.34	0.42	15.56	2.97	0.06	0.93	2.37	2.73	5.53	0.08	100.00
231	738	71.91	0.36	14.43	2.51	0.06	0.73	2.06	2.55	5.33	0.06	99.99
232	739	67.56	0.56	15.75	4.07	0.09	1.27	3.04	2.98	4.57	0.12	99.99
233	740	68.23	0.52	16.14	3.40	0.07	1.07	3.13	3.06	4.26	0.11	100.00
234	741	67.39	0.64	15.57	4.37	0.11	1.48	3.09	3.00	4.20	0.14	100.00
235	742	72.64	0.38	14.66	2.22	0.04	0.62	2.00	2.34	5.02	0.07	100.00
236	743	71.15	0.42	15.15	2.68	0.05	0.72	2.20	2.61	4.95	0.08	100.00
237	744	69.84	0.46	15.59	3.01	0.06	0.85	2.78	2.68	4.63	0.10	100.00
238	745	69.13	0.38	16.20	2.44	0.04	0.67	2.12	3.23	5.74	0.05	100.00
239	746	71.37	0.43	14.94	2.70	0.06	0.70	1.91	2.37	5.45	0.07	100.00
240	747	71.35	0.40	14.96	2.67	0.06	0.69	2.22	2.66	4.91	0.07	99.99
241	748	73.25	0.30	14.18	2.53	0.06	0.46	1.58	2.47	5.12	0.04	100.00
242	749	69.78	0.51	15.19	3.23	0.07	0.97	2.63	2.78	4.74	0.10	100.00
243	750	73.89	0.20	14.16	1.61	0.02	0.22	1.11	3.26	5.52	0.01	100.00
244	751	74.96	0.24	13.41	2.36	0.05	0.35	1.38	2.62	4.60	0.03	100.00
245	752	71.83	0.36	14.86	2.30	0.05	0.64	2.08	2.41	5.40	0.07	100.00
246	753	75.36	0.16	13.89	1.32	0.03	0.18	0.90	2.63	5.52	0.01	100.00
247	754	75.40	0.09	14.16	0.56	0.02	0.11	0.69	2.91	6.05	0.00	99.99
248	755	75.88	0.16	13.77	1.01	0.02	0.15	1.01	2.48	5.51	0.02	100.00
249	756	75.73	0.11	13.71	1.22	0.03	0.12	0.69	2.84	5.55	0.00	100.00
250	757	71.39	0.41	15.32	2.24	0.04	0.77	2.16	2.63	4.96	0.08	100.00
251	758	72.27	0.37	14.73	2.40	0.03	0.67	2.12	2.72	4.61	0.08	100.00
252	759	73.52	0.40	14.02	1.90	0.02	0.67	2.04	2.84	4.53	0.06	100.00
253	760	73.26	0.36	14.45	1.80	0.02	0.67	1.95	2.38	5.02	0.08	100.00
254	761	73.72	0.40	14.16	1.93	0.03	0.73	1.90	2.41	4.65	0.07	100.00
255	765	68.85	0.65	15.49	4.16	0.07	1.42	2.90	2.72	3.61	0.13	100.00
256	766	68.81	0.64	15.44	4.27	0.09	1.50	2.88	2.71	3.53	0.13	100.00
257	767	67.32	0.59	15.80	3.96	0.06	1.37	3.51	3.34	3.89	0.16	100.00
258	768	67.85	0.65	15.26	4.48	0.10	1.40	3.58	2.65	3.89	0.14	100.00
259	769	67.46	0.64	15.76	4.28	0.09	1.38	3.57	2.77	3.90	0.14	100.00
260	770	69.43	0.49	16.01	3.08	0.05	1.03	3.26	3.18	3.39	0.10	100.00
261	771	69.32	0.59	15.27	3.71	0.06	1.30	3.00	2.90	3.71	0.13	100.00
262	779	74.91	0.14	13.21	1.37	0.02	0.41	1.17	2.97	5.73	0.06	100.00
263	780	71.69	0.32	14.84	2.06	0.06	0.65	2.01	3.34	4.96	0.09	100.00
264	781	73.04	0.33	14.07	2.19	0.06	0.71	2.12	2.89	4.50	0.09	100.00
265	782	69.58	0.54	14.75	3.68	0.07	1.22	2.72	3.03	4.24	0.17	100.00
266	783	70.48	0.43	14.18	3.33	0.08	1.12	2.95	3.08	4.22	0.14	100.00
267	784	69.31	0.53	14.63	3.53	0.08	1.16	3.35	3.55	3.69	0.15	100.00
268	785	69.99	0.42	14.49	3.32	0.06	1.02	3.01	3.46	4.10	0.13	100.00
269	786	67.13	0.56	15.62	3.99	0.07	1.34	3.14	3.41	4.58	0.16	100.00
270	787	68.82	0.58	14.09	3.92	0.09	1.44	3.15	3.37	4.40	0.12	99.99
271	788	68.37	0.58	14.35	4.00	0.07	1.47	3.31	3.32	4.17	0.35	100.00

