

雲仙火山岩類の岩石学的特徴

藤野, 敏雄
西日本技術開発 (株)

種子田, 定勝
九州大学理学部

<https://doi.org/10.15017/4495871>

出版情報 : 九州大学理学部研究報告. 地質学. 13 (2), pp.111-119, 1980-02-29. 九州大学理学部
バージョン :
権利関係 :

雲仙火山岩類の岩石学的特徴

藤野敏雄*・種子田定勝

Petrological characteristics of the Unzen volcanic rocks

Toshio FUJINO and Sadakatu TANEDA

Abstract

Unzen Volcano is located on the Shimabara Peninsula, the western extremity of a large graben across the Central Kyushu from NEE to SWW. Almost all lava domes and other volcanoes are distributed in the "Unzen Graben" caused by E-W trending faults such as Chijiwa fault. The Unzen volcanic rocks are characterized by biotite bearing hornblende andesite which belongs to the calc-alkaline rock series. They contain a large amount of cognate xenoliths. The activity of Unzen Volcano is divided into 4 stages; Stage I (Taka-dake volcanic unit), Stage II (Kusenbu-dake volcanic unit), Stage III (Mayu-yama volcanic unit), and Stage IV (Fugen-dake volcanic unit). The Chijiwa fault was formed between the stage III and IV.

The SiO₂ frequency distribution diagram of the Unzen volcanic rocks shows a distinct high at 61-62 wt% and the same is said of other "San-In" volcanic rocks. Furthermore, the diagram of the Stages I and II is quite different from that of the Stages III and IV. That is, the former has a peak at 61-62 wt%, whereas the latter shows an irregular distribution.

The characteristics of crystallization of the Unzen volcanic rocks can be explained by the two assumptions; (1) plagioclase floated in the magma chamber, and (2) magnetite settled down so rapidly that no large phenocrysts of magnetite are found in the rocks.

1. はじめに

雲仙火山は中部九州を横断する大規模な陥没構造(山崎, 1974; 久保寺ら, 1976; 松本, 1979; その他)の西端にあたる島原半島にあり, 干々石断層をはじめとする東西方向の断層によって生じた雲仙地溝内(SENDO et al, 1967; など)にその火丘のほとんどが分布する。

雲仙火山を構成する角閃石安山岩～石英安山岩類は角閃石, 斜長石, 輝石の他に黒雲母, 石英, カンラン石などの斑晶を有することを特徴とし, 山陰系の火山岩とみなされている。山陰系火山岩類は, 九州では, 東部より両子山, 由布, 鶴見, 九重, 金峰山などの諸火山を構成し, 両子山を除けばすべて中部九州を横断する地溝内に分布する。

雲仙火山の研究は, 奈佐(1891)をはじめとし, 駒

田(1916), 赤木(1932), 本間(1936), 山本(1960), 倉沢・高橋(1965), SENDO et al(1967), 太田(1972), 種子田(1947, 1966, 1977), 藤野・山崎(1975)などがあり, 層序, 岩石学および岩石化学的検討が行なわれている。

今回, 雲仙火山の火山活動史とその岩石学的特徴を明らかにするため, 雲仙火山岩類および捕獲岩の全岩化学組成, 斑晶鉱物, ガラスの化学組成より雲仙火山岩類の分化機構の考察を試みた。

2. 地質概説

島原半島における基盤火山岩類は下位より口ノ津層群の基底部に挾在する菖蒲田安山岩および早崎玄武岩類, 同層群の主として中～上部の角閃石安山岩～輝石安山岩類, および口ノ津層群堆積後の玄武岩, 輝石安山岩類よりなる。

これらの基盤火山岩類についての層序学的研究は大塚(1966a, b), SENDO et al(1967)などによって

第 1 表 火山活動順序

時代	火山区分	岩種	構造運動
第 4 紀	後期更新世	IV 普賢岳火山区 新焼石英安山岩 古焼安山岩 普賢岳石英安山岩 木場石英安山岩 国見岳・妙見岳石英安山岩	普賢岳カルデラの形成
	中期更新世	III 眉山火山区 野岳石英安山岩 眉山石英安山岩 猿葉山安山岩	千々石断層運動開始
前更新世	II 九千部岳火山区	鳥甲山安山岩	
		吾妻岳安山岩 { 上部 下部	
	九千部岳安山岩 { 上部 下部		
更新世	I 高岳火山区	矢岳・高岩山安山岩 絹笠山安山岩 高岳安山岩	雲仙地溝帯の形成
	火山碎屑岩類(角閃石安山岩質)		
更新世	基盤輝石安山岩類		
更新世	基盤玄武岩類		

(種子田・1977) より一部修正

行なわれた。一方、岩石学的研究は倉沢・高橋 (1965) によって岩石化学的検討が行なわれている。しかし、それぞれの岩体の活動時期は明らかでなく、かつ、分析値も十分ではない。本論文では、口ノ津層群の堆積中の火山岩類は取り扱わず、同層群の堆積後に噴出した玄武岩類、安山岩類および雲仙火山岩類について検討した。これらの火山岩類の活動史は第1表に示すとおりである。

雲仙火山岩類は斑晶として、角閃石、斜長石の他に、しばしば輝石、黒雲母を含有し、時にカンラン石、石英を含む角閃石～石英安山岩である。その活動は、大量の火山碎屑物の噴出に始まり、続いて多数のトロイデ状火山体をつくり、巨大な複式火山を形成した。各火山の活動順序は、本間 (1936)、倉沢・高橋 (1965)、SENDO et al (1967) および種子田 (1977) などによって報告・整理された。種子田 (1977) などによれば、雲仙火山は I 期 (高岳火山区)、II 期 (九千部岳火山区)、III 期 (眉山火山区) および IV 期 (普賢岳火山区) に 4 大別され、それぞれの活動の新旧関係が明らかにされた。しかし、各火山区を形成する火丘の活動順序は未詳である。本論文では、便宜上、種子田 (1977) の層序表を一部修正して作成した (第1表)。

本域の構造運動は、雲仙火山岩の初期の火山碎屑岩の噴出後、“雲仙地溝”を形成した。第1表に示すよ

うに、I 期の高岳、II 期の九千部岳火山区の火山活動後、千々石断層が運動を開始している。その後、III 期の眉山火山区に活動の中心は移り、さらにその中心は IV 期の普賢岳火山区に移った。この時期に普賢岳カルデラが形成されている。

大塚 (1979) によれば、島原半島に分布する火山岩類のフィッシュトラック年代は、口ノ津層群の基底部の早崎玄武岩が200～170万年前、同層群中～上部の角閃石～両輝石安山岩類が170～140万年前に活動したことを裏づけている。雲仙火山岩類は初期の火山碎屑岩の基底部 (竜石層) が約24万年前を示すことから、約24～25万年前に活動したことになる。これは他地域の山陰系火山の活動が25万年前に開始していること (松本, 1977) とほぼ一致している。

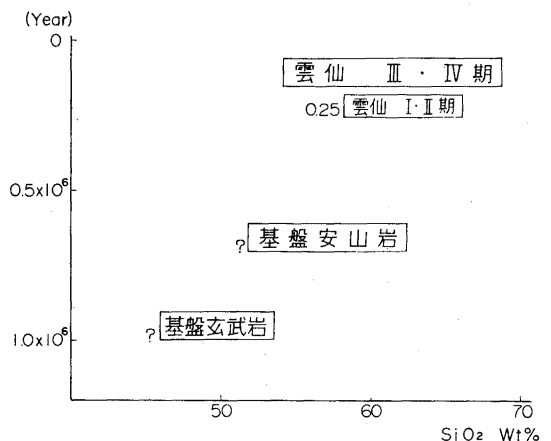
3. 雲仙火山岩類の活動期と岩石化学組成の関係

(1) SiO₂ wt%の時代的变化

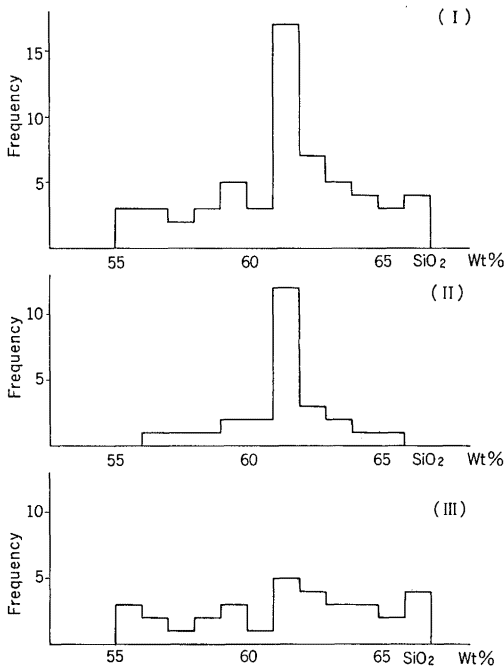
基盤火山岩類および雲仙火山岩類の SiO₂ wt%は玄武岩類46～52 wt%、輝石安山岩類55～61 wt%、雲仙火山岩類55～67 wt%の範囲にある。雲仙火山岩類は I・II 期と III・IV 期とで組成範囲がやや異なる。すなわち、I・II 期のものは56～66 wt% の範囲内にあり、III・IV 期のものは55～67 wt% の範囲にあって、I・II 期に比べて組成範囲がやや広がっている。

第2表は各火山岩類の SiO₂ wt%が正規分布するものと仮定し、統計学的に95%の確率で取り得る組成範囲を示したものである。この表によれば、基盤玄武岩

第2表 雲仙火山岩類および基盤安山岩・玄武岩類の活動時代と SiO₂ 組成範囲



ここで SiO₂ の組成範囲は正規分布するものと仮定し、統計学的に95%の確率で取り得る範囲を示している。



第 1 図 雲仙火山岩類の SiO₂ 頻度分布図
 (I) 雲仙火山岩類全体
 (II) I・II期の火山岩類
 (III) III・IV期の火山岩類

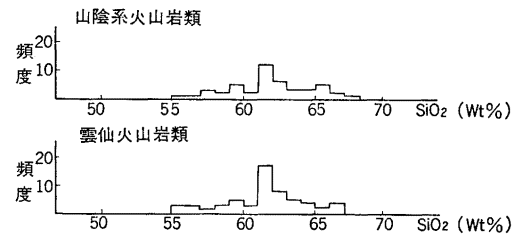
類から基盤輝石安山岩類, 雲仙火山岩類へと SiO₂ は次第に増加してゆく。雲仙火山岩類では, I・II期と III・IV期の火山岩類の組成範囲は, 前者に比較し, 後者は著しく集中度が低いため, 大きな違いができてくる。

第 1 図は本火山岩類の SiO₂ wt%の頻度分布を示したものである。同図によれば, 組成範囲は55~67 wt%にあり, 61~62 wt%に著しい集中を示している。また, このピークを境にして, 酸性側では比較的規則的に減少し, 塩基性側では不規則である。これをさらに, 千々石断層の運動開始時期を境として, I・II期と III・IV期に分けて検討すると, I・II期のもは61~62 wt%に非常によく集中するし, III・IV期のもは61~62 wt%に弱いピークが認められるものの, 集中度は前者に比較すると極めて悪い。以上のように, I・II期と III・IV期の火山岩類の SiO₂ wt%の頻度分布に著しい違いがあることが明らかになった。

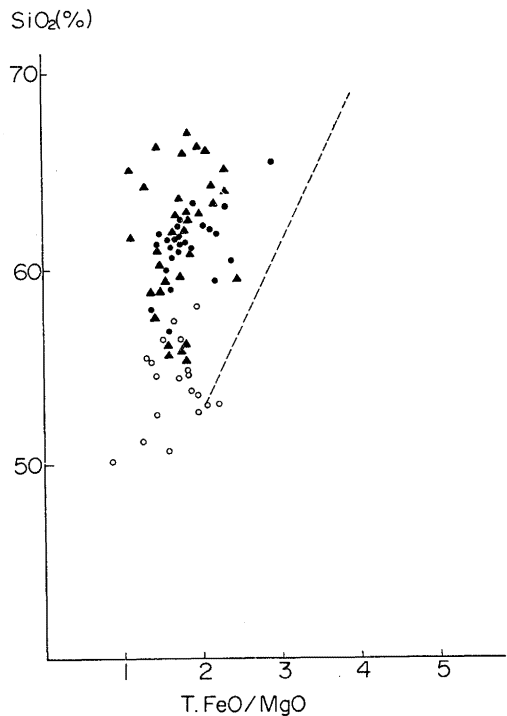
種子田 (1964) は, わが国の火山岩類の SiO₂ wt%の頻度分布が玄武岩, 安山岩, 流紋岩に相当するところにピークがあることを明らかにした。これと雲仙火山岩類を比較すると, 本火山岩類はわが国の安山岩にみられるピークよりもやや酸性側に位置することがわ

かる。また, MIYASHIRO (1974) はプレートテクトニクスの考えに基づき, 島弧・大陸縁の火山岩の SiO₂ wt%の頻度分布が地殻の厚さに対応することを明らかにした。本火山岩類のピークは地殻の厚さが28~30 kmの地域での火山岩のもと同様である。このことは, 三浪 (1973) によって推定された本域の地殻の厚さ29~30 kmとよく合っていることから, 雲仙火山マグマの生成・分化機構が地殻の厚さと密接な関係にあることを示唆している。

また, 雲仙火山岩類の SiO₂ wt%の頻度分布状況は,



第 2 図 山陰系火山岩類および雲仙火山岩類の SiO₂ 頻度分布図



第 3 図 雲仙火山岩類および捕獲岩の SiO₂-T.FeO/MgO 図
 ● 雲仙火山岩類 (I・II期)
 ▲ 雲仙火山岩類 (III・IV期)
 ○ 捕獲岩類

九州の大規模な陥没構造帯内に活動した山陰系の火山岩類のものと類似し(第2図), 本火山を含めた山陰系火山のマグマ発生および分化機構を考察するうえで注目される。

(2) 千々石断層の活動開始時を境とした全岩化学組成

雲仙火山岩類の化学組成は, 千々石断層の活動開始後はそれ以前に比べて, Al_2O_3 および CaO に富み, K_2O がやや減少する(倉沢・高橋, 1965)。また, 第3図の SiO_2 -T. FeO/MgO 図に示すように, I・II期の火山岩類は SiO_2 が増加するにしたがい, T. FeO/MgO 値がやや大きくなる傾向にあるのに対し, III・IV期のもかのは T. FeO/MgO 値が増加の傾向を示さない。

その他に本火山岩中に含まれる捕獲岩の量が, I・II期に比較し, III・IV期で増加している。特に, 千々石断層の運動開始直後に活動したと思われる猿葉山, 眉山の火山岩中に捕獲岩は多量に含まれる。

4. 雲仙火山岩類および捕獲岩の化学組成

雲仙火山岩類・捕獲岩および基盤火山岩類の分析値は総計100個におよぶ。これらの分析データの検討はすでに種子田(1966a, 1977), 倉沢・高橋(1965)

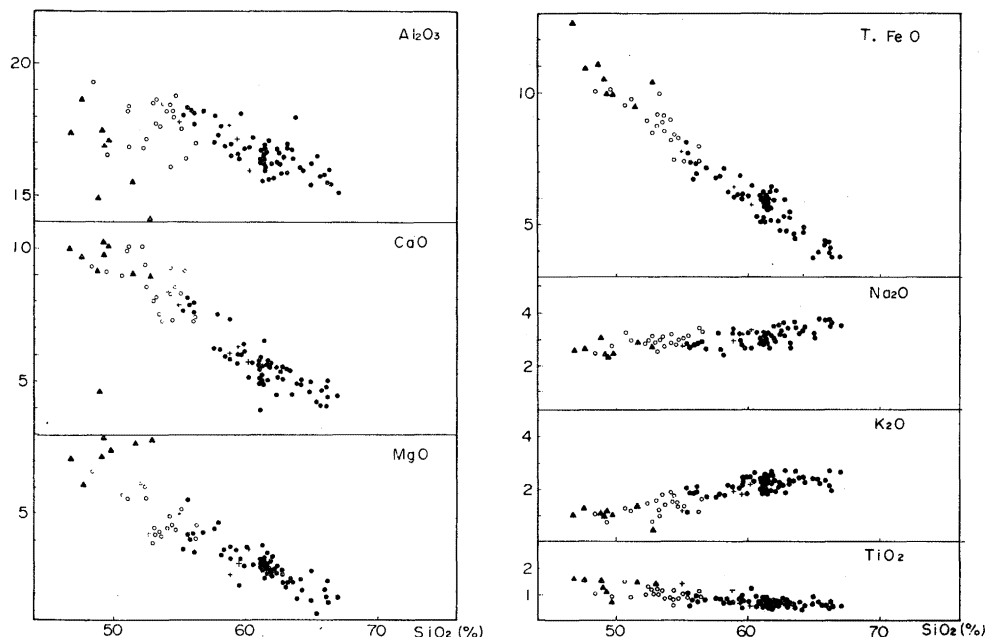
および SENDO et al (1967) などによって報告されている。したがって, ここでは今までに述べられていない特徴について報告する。

(1) ハーカー変化図

基盤玄武岩, 安山岩, および雲仙火山岩類, 捕獲岩類の化学分析データをハーカー変化図にプロットした。以上の4種の火山岩類の主要な酸化物はほぼ連続的に一定の曲線上を組成変化している。ただし, Al_2O_3 は基盤火山岩類および捕獲岩でかなりのバラツキがある。

雲仙火山岩を詳細にみると, Al_2O_3 , CaO , Na_2O , K_2O に SiO_2 61~62 wt%を境に若干トレンドに違いが認められる。すなわち, SiO_2 61 wt%付近より塩基性側での分布傾向を示す曲線をそのまま延長すると, Al_2O_3 , CaO , Na_2O はそのトレンドより高い値を示す傾向にあり, K_2O は逆にトレンドより低い値を示す傾向にある。このうち, Al_2O_3 , CaO , Na_2O は斜長石の主要な成分であり, 晶出分化機構を考えるうえで, 興味深い。

以上の傾向のうち, Na_2O と K_2O についてのみ検討すると, 第5図の K_2O/Na_2O - SiO_2 図に示すように, SiO_2 61 wt%付近でピークが認められ, その両側ではトレンドが全く異なる。本図には, 霧島火山の紫蘇輝石岩系, 多良岳火山岩類, 大山火山岩類および三瓶火



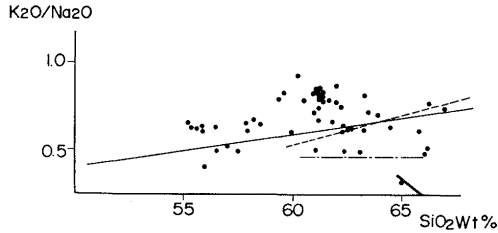
第4図 雲仙火山岩類のハーカー変化図

● 雲仙火山岩類 + 基盤安山岩類
○ 捕獲岩類 ▲ 基盤玄武岩類

山岩類の平均的傾向を記入した。これらのうち、大山火山、三瓶火山などの山陰系火山のものは酸性側で雲仙火山と同じような傾向を示している。

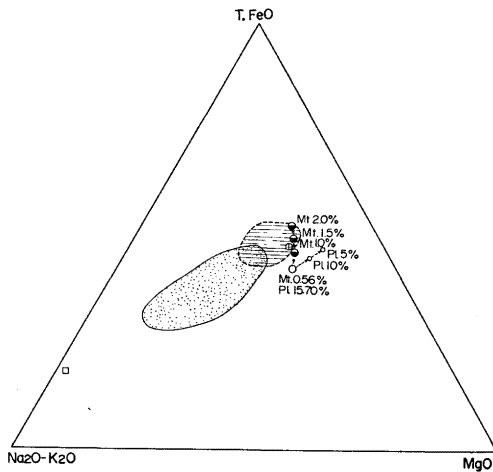
(2) MgO-T. FeO-(Na₂O+K₂O) 図

雲仙火山岩類及び捕獲岩を第6図の MgO-T. FeO-



第5図 雲仙火山岩類の K₂O/Na₂O-SiO₂ 図

- 雲仙火山岩類
- ⋯⋯ 大山火山岩類
- 霧島火山の紫蘇輝石岩系
- 三瓶火山岩類
- 多良岳火山岩類



第6図 雲仙火山岩類の MgO-T. FeO-(Na₂O+K₂O) 図

- 雲仙火山岩類
- 捕獲岩類
- 捕獲岩中のガラスの組成
- 雲仙火山岩(妙見岳角閃石安山岩)の斑晶鉱物のみから計算された組成
- 上の組成のうち、斜長石のモード組成値を10%、5%に減らして計算された組成
- 上の組成のうち、磁鉄鉱のモード組成値を1.0、1.5、2.0%に増やして計算された組成
- ⊕ 捕獲岩からガラスの部分を除いて計算された組成

第3表 Modal compositions of lava and inclusion of Myoken body, Unzen Volcano

	Lava	Inclusion
Pl	15.70	43.00
Ho	7.29	31.25
Hy	3.55	—
Au	tr	—
Op	0.56	1.75
Bi	0.37	1.50
Qtz	0.37	—
Glass	—	22.25
Groundmass	69.71	—

Chemical composition calculated from inclusion without glass

SiO ₂	48.70
TiO ₂	1.22
Al ₂ O ₃	19.98
T. FeO	8.18
MnO	—
MgO	5.96
CaO	12.62
Na ₂ O	2.77
K ₂ O	0.77

(Na₂O+K₂O) 図にプロットした。併せて、捕獲岩中のガラスの組成およびモード分析結果と鉱物組成より、ガラスを除いた結晶部分のみの組成を計算により求めプロットした。

本火山岩類は分化が進んだ場合でもほとんど鉄の濃集はなく、典型的なカルクアルカリ岩系の分化経路を示している。捕獲岩は母岩の分化系路の低アルカリ側への延長線上にプロットされ、分布範囲は母岩に比べて狭い。捕獲岩中のガラスの組成は母岩と捕獲岩のトレンドのアルカリ側への延長上にはほぼプロットされる。また、捕獲岩からガラスの組成を除いた結晶部分だけの組成は第3表に示すとおりである。これは、SiO₂が48.7 wt%で捕獲岩の最も塩基性のもの(SiO₂ 48.40 wt%)に近い。さらに、その他の酸化物を比較すると、捕獲岩よりも、CaO、MgOが高い値を示し、T. FeO、T. FeO/(T. FeO+MgO)が低い(第6、7図)。しかし、MgO、Na₂O、K₂O、TiO₂などは、捕獲岩の塩基性のものと類似する。

5. 考 察

(1) 雲仙火山岩中の斑晶鉱物から推定される結晶集積相の化学組成

雲仙火山岩類は斜長石、角閃石、輝石、黒雲母および不透明鉱物(ほとんど磁鉄鉱)などの斑晶鉱物およ

び石基よりなる。これらの斑晶鉱物は、分別晶出作用ないし晶出分化作用についての情報を与えてくれる。一般に、マグマ溜り内で晶出する鉱物は、それぞれの鉱物の比重、粒度、結晶形およびマグマの粘性度の違いによって、沈降スピードが異なり、しばしば浮遊することもある。したがって、晶出分化作用を検討する場合には、晶出する鉱物の浮遊・沈降およびそのスピードなどを考慮する必要がある。

本火山岩類の化学的特徴のひとつは Al_2O_3 、 CaO 、 Na_2O および K_2O の4種の酸化物について SiO_2 61~62 wt%付近でトレンドに変化が認められることである。これらの酸化物は斜長石の主要な成分であることから、斜長石が分別晶出作用の段階でマグマに大きな影響をあたえているものと考えられる。すなわち、 SiO_2 61~62 wt%より酸性側では Al_2O_3 、 CaO 、 Na_2O が、それより塩基性側のトレンドの延長より高い値を示しているのは、マグマ溜り内で斜長石が浮遊していたためであろう。

雲仙火山マグマは斑晶鉱物からマグマ溜り内では、斜長石、角閃石、輝石、磁鉄鉱および黒雲母などを晶出している。したがって、本火山マグマの分化は、上記の斑晶鉱物の沈降（一部浮遊）によって説明できるであろう。斑晶鉱物のうち、前述の斜長石を除けば、角閃石が最も多く、かつ各岩体に普遍的に含まれているので、マグマの分化トレンドに大きな影響を与えているものと考えられる。またカルクアルカリ安山岩質マグマの成因のうち、玄武岩マグマが角閃石の分別晶出作用によってカルクアルカリ岩を生ずる可能性がある (GREEN & RINGWOOD, 1968; HOLLOWAY & BURNHAM, 1972; CAWTHORN & O'HARA, 1967; BOETTCHER, 1977)。

第6図の $MgO-T.FeO-(Na_2O+K_2O)$ 図に示すように、本火山マグマの分化系路では、ほとんど鉄が濃

集しない。一般に、角閃石、輝石、カンラン石の分別晶出作用では、マグマの $Fe/(Fe+Mg)$ は増加する。そのため、本火山マグマの分化系路は角閃石や輝石の他に、磁鉄鉱か黒雲母の分別晶出を考慮する必要がある。このことは、すでに種子田 (1949, 1950, 1966その他) によって報告されており、磁鉄鉱の岩石学的意義が再評価される。磁鉄鉱は斑晶、石基に普遍的に含まれる。一方、黒雲母は斑晶としてはわずかに認められるが、石基中にはほとんど存在しない。したがって、磁鉄鉱の分別晶出作用は、本火山マグマの分化に著しい影響を与えているものと推定される (TANEDA, 1947; 種子田, 1966, 1977)。晶出した磁鉄鉱は、粒状結晶、高比重などより、マグマ溜り内で他の鉱物に比べて沈降速度が大きい。そのため、モード分析時に斑晶として測定されない程度の大きさで沈降する可能性が強い。

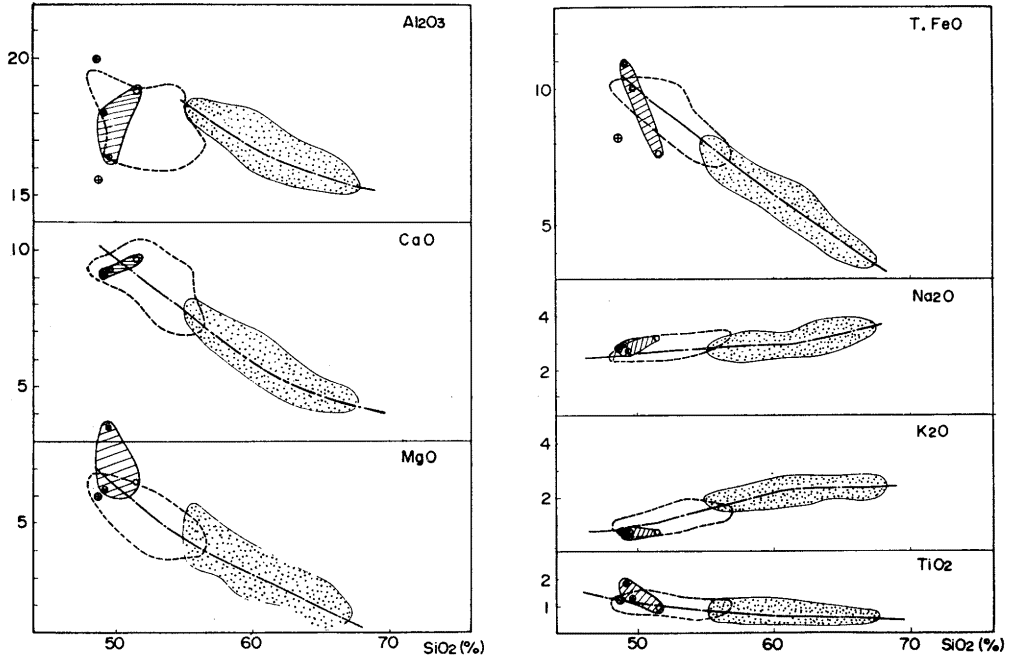
以上より、結晶集積相は雲仙火山岩中の斑晶鉱物のモード組成値よりも、磁鉄鉱は多量に含まれており、斜長石は少量しか含まれていないことになる。第4表に示すように、磁鉄鉱、斜長石の量を段階的に変化させて、結晶集積相の組成を計算した。

斜長石が浮遊した場合を考察すると、斜長斑晶のモード組成 15.75%より、集積相のモード組成は小さい筈である。ここでは、斑晶のモード組成値を10%、5%に減少させた場合の結晶集積相の組成を計算した (第4表)。第7図に示すように、未修正値と10%の場合のものを比較すると、10%の場合の集積相の組成は Al_2O_3 が減少し、 MgO 、 $T.FeO$ は増加する。その他の酸化物は雲仙火山岩類と捕獲岩類の各トレンドと調和的である。また、5%に減少された場合は、 Al_2O_3 、 MgO がトレンドから著しくはずれている。

磁鉄鉱はモード分析の結果では、斑晶鉱物として 0.56%含まれる。磁鉄鉱が、結晶の大きさが斑晶とし

第4表 Crystal cumulates calculated from Myoken lava, Unzen Volcano

Modal composition	Pl Mt	15.70%	15.70	15.70	15.70	10.00	5.00
		0.56	1.00	1.50	2.00	0.56	0.56
SiO_2		51.58	50.80	49.92	49.11	49.84	47.62
TiO_2		0.95	1.25	1.58	1.89	1.19	1.54
Al_2O_3		18.88	18.61	18.31	18.02	16.80	13.90
$T.FeO$		7.61	8.65	9.79	10.89	9.51	12.25
MnO		0.04	0.05	0.06	0.07	0.06	—
MgO		6.45	6.39	6.32	6.25	8.11	10.49
CaO		9.67	9.52	9.36	9.20	9.35	8.94
Na_2O		3.11	3.06	3.01	2.96	2.73	2.24
K_2O		0.66	0.65	0.64	0.63	0.74	0.84



第 7 図 雲仙火山岩類のハーカ―変化図

- 雲仙火山岩類
- ▨ 捕獲岩類
- 計算された集積相の考えられる組成範囲
- - - 雲仙火山岩類と捕獲岩のトレンド
- 雲仙火山岩 (妙見岳角閃石安山岩) の斑晶のみから計算された組成
- 上の組成のうち、斜長石のモード組成値を10%に減らして計算された組成
- 上の組成のうち、磁鉄鉱のモード組成値を2.0%に増やして計算された組成
- ⊕ 捕獲岩からガラスの部分を除いて計算された組成

て認められない程度で沈降したと仮定して、磁鉄鉱のモード組成を1.0%、1.5%、2.0%、の場合の集積相の組成を計算した(第4表、第6図)。斑晶磁鉄鉱が0.56%から2.0%まで変化した場合、結晶集積相の組成はMgOからT.FeO側に移り、雲仙火山岩類および捕獲岩類のトレンドの延長上に至る。同様にして、未修正値と2.0%の場合のものを第7図のハーカ―変化図にプロットすると、未修正値のFeOは雲仙火山岩類と捕獲岩類のトレンドから、かなりはずれているが、磁鉄鉱を2.0%に増加させると、そのトレンドに近づいてくる。その他の酸化物も同様にそれぞれのトレンドと調和的である。したがって、本火山マグマは、分別晶出作用の際に、斑晶鉄物のモード組成のうち、斜長石を10%前後、磁鉄鉱を1.5~2.0%に修正して計算した斑晶鉄物のみ組成に近い集積相を生ずるであ

らう。

(2) マグマの分化機構ならびに分別晶出作用

第4図に示すように、雲仙火山岩類はSiO₂ 61~62 wt%付近でトレンドが変化する。斜長石の浮遊はSiO₂ 61~62 wt%より酸性側での現象であり、それより塩基性側では不明である。仮りに、雲仙火山岩類の最も塩基性のSiO₂ 55 wt%の岩石組成を持つマグマが地下深部よりマグマ溜り内に注入されるとすると、第1図のSiO₂ 頻度分布図にみられるSiO₂ 61~62 wt%の著しい集中は説明しにくい。また、SiO₂ 55~61 wt%の岩石は本火山活動の中期から後期(千々石断層活動開始後)に出現し、一般に構造運動の直後に活動したものが多。

以上の事実より、雲仙火山マグマは、地下深所の地殻下部か上部マントルで生成上昇し、地下浅所のマグ

マ溜りへの注入時には、 SiO_2 が61~62 wt%程度の組成を持っていたものと考えられる。I・II期の火山岩の SiO_2 の頻度分布が1ヶ所に集中しているのは、マグマ溜り内では、マグマは長時間存在せず分別晶出作用をほとんど行なわなかったためであろう。言い換えると、本火山マグマは、マグマ溜りが未発達な状態で形状が小さいために、注入するとすぐに噴出した可能性が高い。一方、III・IV期の場合には、マグマ溜りの発達に伴い、マグマは付加してもすぐには噴出せずに、結晶作用、晶出分化作用を行なったために、不均質になったとも考えられる。

本火山マグマの結晶作用は、水蒸気圧が高い条件下で、斜長石、角閃石、輝石、磁鉄鉱および黒雲母などの分別晶出作用を行なったものと思われる。そして、マグマ溜りの上部は分別晶出作用の最も進んだマグマに斜長石斑晶が浮遊濃集し、下部は徐々に鉄苦土鉱物が沈積し、集積相の組成に近づいてゆく。これが、陥没やマグマの付加などによって、マグマ溜りの形状の変化、急激な対流などが生じたため、攪拌されたものと考えられる。その結果、主としてIII・IV期の火山岩にみられるように、マグマ溜りの上部の SiO_2 61~67 wt%のマグマとともに、下部の比較的塩基性のマグマ(SiO_2 55~60 wt%)を噴出したものであろう。

(3) 集積相と捕獲岩のガラスを除いた部分の推定化学組成の検討

雲仙火山岩の斑晶鉱物から求められた集積相の組成の予想される範囲は第7図の斜線で示した部分である。一方、捕獲岩のガラスを除いた部分の組成を同図に⊕で示した。両者の主要な酸化物の比較をすると、 Al_2O_3 、 CaO 、 FeO に差があるものの、その他の酸化物はよく似た値を持っている。捕獲岩のガラスを除いた部分の組成は集積相の推定組成よりも、 Al_2O_3 、 CaO が高く、 T. FeO がやや低い値をもっている。以上のように推定化学組成が類似することは注目には値するが、両者をそれぞれの鉱物組成でみる限り、かなり組成に違いがある。

これらの集積相と捕獲岩のガラスを除いた部分の推定化学組成は、YAMASAKI et al (1966), TAKESHITA & OJI (1968) などによって報告されている SiO_2 45 wt%以下の角閃岩質捕獲岩とは異なり、比較的酸性で、 SiO_2 48~51 wt%の範囲にある。このことは、角閃石安山岩質マグマの分別晶出作用によって生成される結晶集積相は各地で報告された超塩基性のハンレイ岩質なものでなく、 SiO_2 50 wt%前後の組成を有するものと考えられる。

なお、雲仙火山岩中に多量に含まれる捕獲岩の起源については次の機会に述べる。

6. ま と め

(1) 雲仙火山岩類の SiO_2 wt%の頻度分布は61~62 wt%に著しい集中を示す。また、このピークを境にして、酸性側では規則的に減少し、塩基性側では不規則に分布する。

(2) 千々石断層の活動開始時期を境として、 SiO_2 の頻度分布は全く異なる。この断層活動以前のI・II期の火山岩類は SiO_2 61~62 wt%によく集中するが、III・IV期のものは集中度が非常に低い。

(3) I・II期の火山岩類の T. FeO/MgO は、 SiO_2 の増加に伴い、大きくなる傾向があり、III・IV期のものはほとんど一定で、大きくなる傾向は示さない。

(4) マグマ溜り内での分別晶出作用は、斜長石、角閃石、輝石、磁鉄鉱および黒雲母などを晶出させ、鉄の濃集はほとんど認められない。これらのうち、斜長石は浮遊し、磁鉄鉱は早期に沈降するものと考えられる(TANEDA, 1947; 種子田, 1949, 1950参照)。

(5) 斜長石の浮遊、磁鉄鉱の晶出早期の沈降を考慮して計算された結晶集積相の組成は基盤火山岩類、雲仙火山岩類および捕獲岩類のトレンド付近にプロットされ、基盤玄武岩類と類似する。

(6) 本火山岩中に大量に含まれる捕獲岩は岩石組織および鉱物組成より、結晶集積相である可能性は少ない。

(7) 雲仙火山マグマは、上部マントルないし地殻下部で発生、上昇し、地下浅所のマグマ溜りへの注入時には SiO_2 61~62 wt%程度の組成を持つものと推定される。

また、雲仙火山の噴火の機構についても若干考察した。

謝 辞

本研究を行なうにあたり、九州大学理学部岩石学講座の山口勝助教授、柳哮博士および福岡大学の石橋澄教授には御討論をいただいた。また、九州大学生産科学研究所の山崎達雄教授、林正雄助教授には激励を頂いた。なお、化学分析および鉱物のEPMA分析については、石橋澄博士および九大生産科学研究所の田口幸洋助手や甲斐辰次氏の積極的な御支援を頂いた。以上の方々に深甚なる謝意を表する。

引用文献

- 赤木 健(1932): 雲仙. 地学雑誌, 44, 687-690.
- BOETTCHER, A. L. (1977): The role of amphibole and water in Circum-pacific volcanism. In M. H. Manghnai and S. Akimoto, Eds., *High-pressure Research, Application in Geophysics*, 107-125.
- CAWTHORN, R. G. and O'HARA, M. J. (1976): Amphibole fractionation in Calc-alkaline magma genesis. *Am. Jour. Sci.*, 276, 309-329.
- GREEN, T. H. and RINGWOOD, A. E. (1968): Genesis of the Calc-alkaline igneous rock suite. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 18, 105-162.
- 藤野敏雄・山崎達雄(1975): 雲仙火山岩類および捕獲岩の岩石学的研究. 九大生研報, 62, 63-80.
- 本間不二夫(1936): 雲仙火山. 火山, 3, 75-124.
- 駒田亥久雄(1916): 温泉火山地質報文. 震予報, 84, 1-102.
- 久保寺章・三浪俊夫(1976): 自然災害研究基礎資料としての中部九州地区の精密動異常図の作成. 自然災害資料解析, No.3.
- 倉沢 一・高橋 清(1965): 九州雲仙火山の岩石学のおよび化学的性質について. 地調月報, 16, No.5, 258-274.
- 松本徑夫(1977): 九州におけるグリーンタフ変動と島弧変動の火山活動. 地団研専報, 20, 257-264.
- (1979): 九州における火山活動と陥没構造に関する諸問題. 地質学論集, 16号, 127-139.
- 三浪俊夫(1973): 有明海周辺の地震活動—多層構造モデルによる震源の決定—地質学会講演要旨.
- MIYASHIRO, A. (1974): Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Am. Jour. Sci.*, 274, 321-355.
- 奈佐忠行(1891): 島原温泉地獄の記. 地学雑誌, 3, 307.
- 大田一也(1972): 雲仙火山に見られる温泉と地質構造および地震との関係. 地熱, 9, 76-81.
- 大塚裕之(1966 a): 口ノ津層群の層序および堆積物. 地質雑誌, 72, 371-384.
- (1966 b): 口ノ津層群の地質構造・化石および対比. 地質雑誌, 72, 491-501.
- ・岡口雅子(1979): 島原半島口ノ津層群のフイッシュオントラック年代. 地質学会西日本支部会講演要旨.
- SENDO, T., H. MATSUMOTO and R. IMAMURA (1967): Geology and Geography of Unzen volcano. *Kumamoto. Jour. Sci.*, [B], sec1, 7, 31-89.
- TAKESHITA, H. and OJI, Y. (1968): Hornblende gabbroic inclusions in the Calc-alkaline andesites from the northern district of Nagano. Prefecture, Japan (II). *Jour. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, 60, 57-73.
- TANEDA, S. (1947): Petrological studies on the volcanic rocks from Japan, with special references to the "hornblende andesite". *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.*, D, 3, 19-62.
- 種子田定勝(1949): 本邦火山について, 火山岩の化学成分鉱物成分間の或る関係. 地質雑誌, 55, 224-230.
- (1949): 磁鉄鉱に関する岩石学的一考察. 地質雑誌, 55, 72-76.
- (1950): 磁鉄鉱に関する岩石学的一考察(II). 地質雑誌56, 415-422.
- (1964): 本邦火山について—溶岩の化学組成・頻度分布の変遷—. 九大理研報, 6, 207-236.
- (1966): マグマの生成・団結における蒸気圧の重要性. 岩鉱, 56, 1-20.
- (1966): 雲仙火山 I. 溶岩類の岩石化学的一考察. 九大・理・島原火山温泉研究報告, 2, 5-10.
- (1977): 雲仙火山 II. 火山の構成, 九大・理・島原火山温泉研究報告, 11, 1-12.
- 山崎達雄(1974): 九州における地熱資源開発. 九州・山口経済連合会.
- 山本 敬(1960): 雲仙岳地域溶岩の化学的研究. 火山, 第2集, 5, 69-74.
- YAMASAKI, T., ONUKI, H. and TIBA, T. (1966): Significance of hornblende gabbroic inclusions in Calc-alkaline rocks. *Jour. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, 55, 87-103.