

九州雲仙火山岩の岩石学および化学的性質について*

——島原半島火山岩類の性質を含めて**——

倉 沢 一*** 高 橋 清***

Petrology and Chemistry of Rocks of the Unzen Volcano
and its Basement, Kyushu, Southwest Japan

By

Hajime Kurasawa & Kiyoshi Takahashi

Abstract

The Unzen volcano is situated in northwest Kyushu and at the western end of the Daisen Volcanic Zone. The activities of the volcano take place in the Quaternary age and are divided into 6 stages. Between the 3rd and 4th stages, there was tectonic movement which changed the structure of the volcano.

The rocks of the volcano vary from pyroxene andesite to biotite-hornblende dacite. Post-tectonic movement rocks have poorer SiO_2 content, richer in Al_2O_3 and CaO contents and higher amount of biotite and hornblende than those of the pre-tectonic movement rocks. These rocks show higher ratio of $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ than the rocks of the other volcanoes of the Daisen Volcanic Zone.

The basement andesites of the volcano show similar nature as the rocks erupted by the early activity.

The basement basalts are a part of the basaltic rocks which occur widely in the northwest Kyushu. These basaltic rocks can be classified by microscopic observation into tholeiitic, alkalic and calc-alkalic rock series, but their chemical compositions are more or less similar. Since there are various rock series in these basaltic rocks, it is considered that either they belong to a mixed province or they subalkaline characteristics.

要 旨

雲仙火山は、いわゆる地理学的に設定された大山火山帯の西端に位置する。

雲仙火山の活動は6つの時期に分けられ、岩石は角閃石安山岩から黒雲母・角閃石石英安山岩にまで変化している。火山活動は、その活動期の第3期と第4期との間の大きな変動によって、岩石学的ならびに化学的変化を示している。すなわち、変動後の噴出物は、黒雲母ならびに角閃石の増加、化学成分的には SiO_2 に乏しくなり、 Al_2O_3 および CaO に富むことが知られた。これは基盤

の堆積岩類との混成作用がおもな原因であろう。また、この岩石は、東北地方内帯の鳥海火山帯火山岩類の性質と類似している。

基盤の玄武岩類は、北西九州玄武岩類の一部であり、岩石学的に各岩系に分類することのむずかしい性質をもっている。化学的には Subalkaline である。

1. 緒 言

雲仙火山は九州西部の有明海と橘湾との間に位置する島原半島のおよそ70%を占めている。島原半島は雲仙岳裾野の緩傾斜地形に支配された北部および東部と、弧状に陥没した橘湾の海岸線をもつ西部の海により囲まれている。半島の南西部は基盤岩類の古第三系および新第

* 1959年日本地質学会講演。

** 1959年地球化学討論会講演。

*** 技術部

三系の堆積層と、これに伴う玄武岩類および安山岩類とからなっている。

半島は、西方に彼竹半島の結晶片岩類、北方近接地には第四紀・多良岳火山、東方は熊本・金峰火山、南方は天草の第三系などによって囲まれており、巨視的には、本地域は陥没地域といえよう。

近傍地域の火山は、主として複輝石安山岩および角閃石安山岩類からなる。これらの活動の前後には、環日本海アルカリ岩石区に属する玄武岩類がみとめられる。

雲仙火山の火山岩類は角閃石安山岩類および黒雲母角閃石石英安山岩類を主体としている。雲仙火山の活動は第四紀であり、基盤の玄武岩類および安山岩類は新第三系に属する。

雲仙火山の最高峰は、普賢岳 (1359.7m) であり、火山体は東西およそ 20 km、南北およそ 20 数 km に広がっている。

島原半島の、とりわけ雲仙火山については、すでに奈佐忠行 (1891)¹⁸⁾ によって報告され、次来多くの研究、調査が行なわれている。駒田玄久雄 (1916) の「温泉岳火山地質報文¹⁰⁾」、あるいは本間不二男編輯 (1936) の「雲仙岳²⁰⁾」の報告には、地形学的、地質学的ならびに岩石学的記載がみられる。また 7 万 5 千分の 1 地質図幅「島原」「口之津」(1935, 1936) にも地質図として詳しい報告がある。半島南西部の第三系の地質については、井上正昭 (1952, 1953)²¹⁾ の研究に詳しい。

新第三系の堆積層の下部の玄武岩類は、その活動から、大別して 2 期に分けられる。つまり、玄武岩類の下位のメンバーは、ソレイイト質玄武岩 (久野の鉄苦土鉱物から、b→c? 型) およびアルカリ岩系 (b 型) であり、上位のそれはカルク・アルカリ岩系 (a→d 型) となっている。

これらの地層を覆う、安山岩類は、すべてカルク・アルカリ岩系に属するもので、東方に位置する熊本金峰火山の岩石に類似している。

雲仙火山の岩石は、いわゆる犬山火山帯の特徴、すなわち黒雲母を多量に含む安山岩あるいは石英安山岩を含み、化学成分上からも同火山帯の特徴をもっている。

また、基盤玄武岩類は、北九州一帯に分布する玄武岩類と同じ系統に属するが、本報告では簡単に触れておく。

既在の文献に報告された事実は簡略に記した。なお基盤岩類および関連した地層については、井上正昭氏 (元所員) に御教示をいただいた。

本論文では、前記の文献に記された火山活動および岩石学的記載を再検討し、とくに火山活動と火山岩類の分化との関係について考察を行なった。雲仙火山の岩石な

らびに基盤玄武岩類などについては、後日総括を行なうに際し、再吟味したい。

(なお、本論文が印刷になる前に、すでに下記の通り発表が行なわれている。山本敬: 雲仙火山地域熔岩の化学的研究, 火山, 第 2 集, Vol. 5, p. 69~74, 1960)

この研究に關した試料採取は 1957 年 11 月から 12 月に行なった。

2. 島原半島の地質

基盤岩類は半島南西部に分布し、井上²¹⁾ によると古第三紀層 (志岐山層), 新第三紀層 (大屋層), 第四紀下部層 (小浜層) からなっている。これらを覆って雲仙火山の活動があり、さらにその上に南有馬層が堆積している (第 1 表)。次に各地層について記す。

第 1 表 島原半島地質層序

第四紀	現世堆積物	
	南有馬層	
	雲仙火山	
新第三紀	小浜層	
	I ₂	安山岩類
	I ₁	玄武岩類
古第三紀	志岐山層	

2.1 古第三紀層 (志岐山層)

古第三紀層の分布は、限られた狭いところ、すなわち南有馬町吉川向小屋海岸および加津佐町山口西方にのみ露出している。

前者は、下部から記すと、暗緑色雲母質塊状泥岩 (6~7m)、緑青色雲母質砂岩 (2~4cm) と暗灰色泥岩 (5cm 土) との互層および暗灰色雲母質塊状泥岩 (2m) である。後者は東西約 500m、南北 300m にわたって露出しており、下部から暗緑色雲母質泥岩 (30~50cm) と菱鉄鈹質シルト岩 (2~3cm) との互層 (50m)、青緑色中粒砂岩 (1~3cm) と含雲母暗灰緑色泥岩との互層 (1~3m)、および暗灰緑色雲母質泥岩と菱鉄鈹質シルト岩 (2~3cm) との互層 (40m+) となっている。その一部は未詳である。さらにその上部に石英粗面岩の熔岩が一枚挟まれ、暗灰緑色雲母質泥岩 (30~50cm) と菱鉄鈹質シルト岩 (2~3cm) との互層 (18m)、ならびに青緑色雲母質泥岩と極細粒砂岩との互層 (7m+) からなっている。

2.2 新第三紀層 (大屋層)

本地層は、およそ 400m の層厚を持ち、北西地域は

火山砕屑物、北東および南東地域は古期岩類砕屑物を主体としている。

北西部加津佐町地域は安山岩類の火山砕屑物が上部の主体をなし、口之津付近の古期岩類中円礫を含んだ砂礫層に類似している。早崎半島より *Stegodon orientalis* OWEN, 南有馬町入江より *Paleaoloxodon namadicus naumanni* MAKIYAMA を産し、時代は $I_1 \sim I_2$ と考えられる。

北東部北有馬地域は下部に古期岩類中円礫の多い砂質礫岩、その上位の中部化石層より上はシルトおよびシルト質粘土岩の薄い互層と凝灰岩質砂岩からなり、内湾性の貝化石を含む。玄武岩類の一部はこの地層の中に挟存する。最上部に複輝石安山岩(基盤安山岩類の一部)がある。

南東部口之津町南有馬地域では火山砕屑物は少なく、中部に複輝石安山岩質の火山灰層、その上に数枚の角閃石安山岩質の火山灰層を挟む。礫層中の礫は珪岩および結晶片岩が多く、砂岩および青灰色シルト岩との互層を挟む。最下部に菖蒲田の普通輝石黒雲母角閃石安山岩(粉岩)の岩体(Stock?)があり、玄武岩の活動もある。基盤玄武岩類は本層中の中・下部におもに活動し、安山岩類がそれらを覆って活動している。

2.3 小浜層

小浜層は第四紀層であり、角閃石安山岩の大～中垂角礫を主体とする火山礫岩からなり、300m以上の厚さを持って、小浜温泉以南に分布する。東西性の断層が2・3見られる。

2.4 南有馬層

大江町北方に層厚20~30mで分布し、その下位に阿蘇火山灰と思われるものが20m以下の層厚で見られる。

上記の小浜層と南有馬層との間に雲仙火山の本体が形成されたと考えられる。

半島北部では第四紀雲仙火山噴出物が分布し、基盤岩類は露出していない。

火山岩の分布地質図を第1図に示す。詳細な地質図は別の機会に発表する。

3. 島原半島地域の火山活動と火山岩類

3.1 基盤岩類

3.1.1 玄武岩類

第三系・大屋層の堆積と同時に玄武岩類の活動が始まった。それらは数枚の熔岩流となって残っている。それぞれの関係は、直接の上下関係がないのではっきりしないものが多いが、第3表および第5表上欄のように表わすことができる。すなわち、ソレイアイト質(b→c?型)玄武岩を一部含み、アルカリかんらん石玄武岩類を

主体とする活動と、カルク・アルカリ岩系玄武岩類の活動とに大きく分けられる。

それぞれの熔岩の厚さは数mないし10mであり、その下位には同じ性質をもった角礫凝灰岩層あるいは火山砕屑岩層がみられる。とくに、口之津の愛宕山(291m)および鳳上岳(410m)の下位には角礫凝灰岩層が顕著であり、また愛宕山の東の富士山はこの角礫岩あるいは砕屑岩層からなる。このように、玄武岩類の活動は火山砕屑物の噴出とそれに続く熔岩の流出で示される。愛宕山の玄武岩熔岩の下位の砕屑物の厚さは15m以下である。これと非常によく似た岩層に、加津佐町西方の岩戸山にも見られる。これらの砕屑岩類と大屋層(新第三系)との間は整合的であり、玄武岩類の活動の時期は $I_1 \sim I_2$ と考えられる。

このほかの上原玄武岩(鳳上岳を含む)および諏訪池玄武岩熔岩は、それらより新しい活動と考えられる。この岩石はカルク・アルカリ岩系の玄武岩類である。

3.1.2 安山岩類

基盤の安山岩類は、雲仙火山の高岩山麓付近塔之坂および南島原諏訪池より南西方に分布するものがあり、それらの関係を第3表に示した。

菖蒲田安山岩(粉岩)の岩体は、大屋層の最下部に相当するらしい。これは玄武岩類より下位のものかもしれない。一般に、安山岩類は玄武岩類より上位になっている。

南島原半島において、玄武岩類はおもにその南東地域に、安山岩類は北西地域に分布している。島原半島の火山活動は、このように半島の南部から、次第に北上している。また、その岩石は玄武岩類に始まり、順次酸性岩に変化しているといえる。

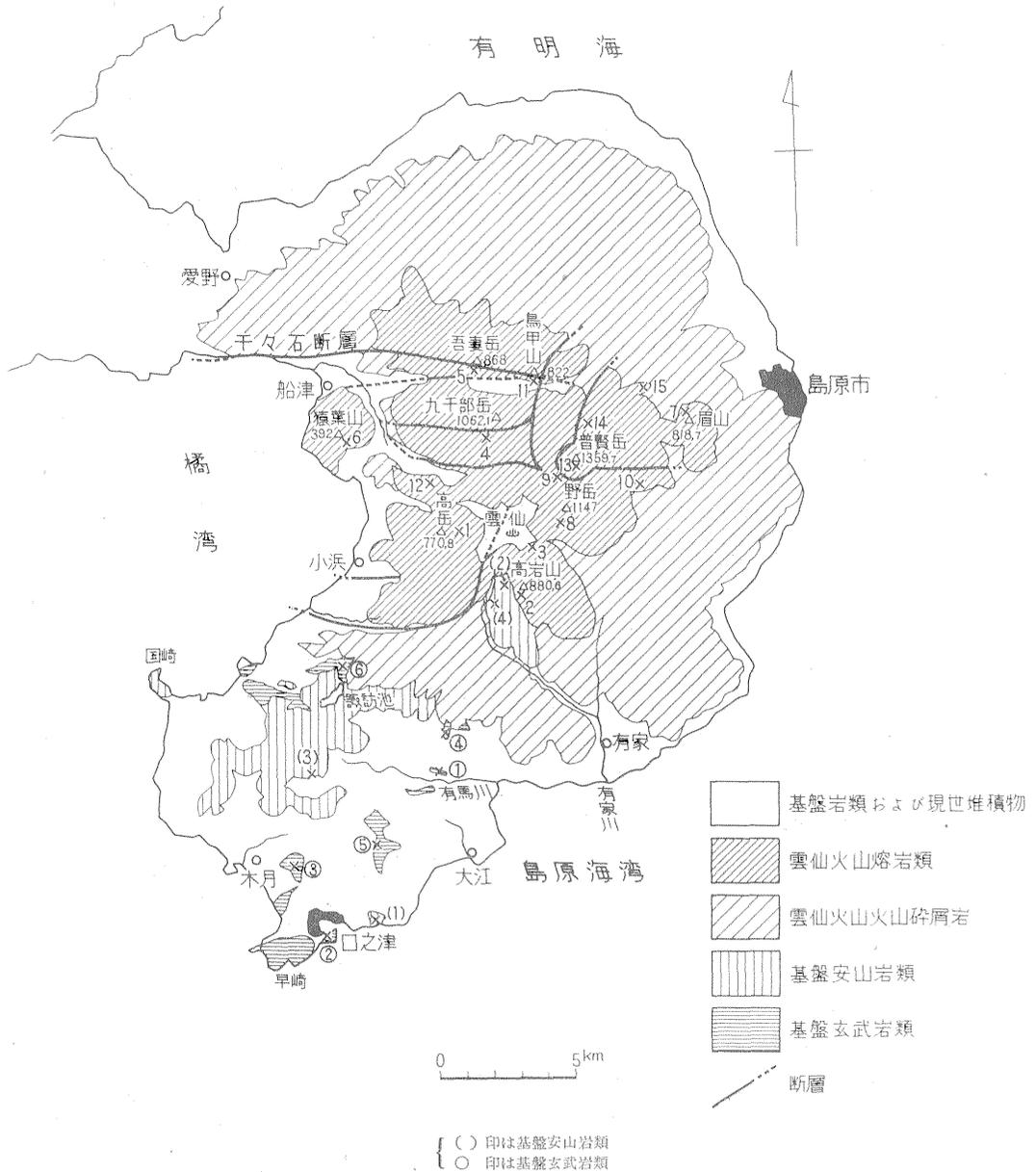
3.2 雲仙火山

雲仙火山の活動順序ならびに構造発達、生成史については本間(1936)²⁰⁾が詳細に検討している。筆者らはこれとは別に火山の岩石の性質および野外調査の結果から、活動期を6段階に区分した。その結果を第2表に示す。

第I期火山活動

雲仙火山のこの活動期には2~3回の火山砕屑物の噴出をみた。これらはおそらく爆発的活動によって全火山地域を覆った。岩石は紫蘇輝石角閃石安山岩で、次期の絹笠山安山岩と同種のものである。火山体の東および北部は、この噴出物の堆積によってできた海岸地形である。火山砕屑物の活動は、北方の多良岳火山にも見られる。

火山体の北麓では、これらの堆積が2回にわたって行なわれたことを示す段丘が見られる。第1図で示される



第1図 島原半島地域地質概略および分析試料採取地 番号は第5表に対比される

ように、次からはじまる熔岩類の分布ははるかに狭い。

第II期火山活動

この分布は高岩山東西および絹笠山を含めた火山体南部の地域に限られる。熔岩の厚さは200m以下であるが、とくに西海岸の小浜付近のボーリングによると、一部では300mにまで達している。岩石は紫蘇輝石角閃石安山岩である。部分的に塊状熔岩となっていて、一切経滝付近では火山砕屑岩を伴っている。以上の活動は、おそらく洪積世初期であると思われる。

第III期火山活動

この時期の活動の岩石には、下位の矢岳・高岩山・高岳、上位の吾妻岳の上下の熔岩が含まれる。

下位のもの、黒雲母を含む複輝石角閃石安山岩、上位のものはそれらより斑晶が少ない黒雲母角閃石安山岩であり、石英の捕獲結晶を含んでいる。

また前者は火山体の南西地域に、後者は北西地域に分布している。両者の活動の間にはわずかの時間的間隙があったと考えられる。

後者の吾妻岳安山岩類の活動は、現在の九千部岳付近に噴出地点があると思われる。

第2表 雲仙火山噴出順序

倉沢・高橋 (本報告)			本 間 (1936)	
時 期	岩 相	分析試料 番 号		分析番号
VI	眉山崩壊物		有史時代 {	眉山崩壊 新 焼 (6) 古 焼 (5)
	新焼石英安山岩	15		
	古焼安山岩	14		
V	普賢岳石英安山岩	13	普賢岳地区	{ 普賢岳……………(4) 野岳・国見岳・妙見岳・猿葉山・眉山(3)
	木場石英安山岩	12		
	(鳥甲山安山岩)*	11		
	国見岳・妙見岳石英安山岩類	9, 10		
IV	野岳石英安山岩	8		
	眉山石英安山岩	7		
	猿葉山安山岩	6		
III	吾妻岳安山岩類 {	5	九千部岳地区	(2)
	上部安山岩 下部安山岩	4		
	矢岳・高岩山・高岳安山岩類	2, 3		
II	網笠山安山岩	1	網笠山地区	(1)
↑ I	火山碎屑岩類			
小浜層 (角閃石安山岩の火山礫岩層)				
基盤安山岩類		(1)~(4)		
基盤玄武岩類		①~⑥		

* 第Ⅲ期活動期に入る可能性あり。
第Ⅲ～第Ⅳ期の間に変動があった。

第3表 南島原地域基盤岩類活動順序

時 代	岩 石 名	岩 型	試料 番 号
新第三紀 大屋層	塔之坂安山岩(A)	Ay II d	(2)
	南島原安山岩	Ahay VI d	(3)
	塔之坂安山岩(B)	Aoya V d	(4)
	菖蒲田安山岩 (玢岩)	Aabh XIX ?	(1)*
	諏訪池玄武岩	Bayo Va→d	⑥
	上原玄武岩	Bao IVa→d	⑤
	高峯玄武岩	Bo IIIb→c?	④
	愛宕山玄武岩	Bao IVb	③
	口之津玄武岩	TBo IIIb	②
	西正寺玄武岩	Bao IVb	①

* 菖蒲田安山岩は ← に入る可能性あり。

吾妻岳の南を東西に走る大断層(千々石断層)は、これらの岩石の分布を大きく2つに分けている。断層の南側は九千部岳を中心にして複雑な地形を示すが、これは

この時期の熔岩類ならびに火山碎屑物を寸断する、多くの東西性の断層によって形成されたものである。これに対し、北側の地形は緩やかな傾斜をもっている。

火山体の変動期について

千々石断層は吾妻岳の南側を走る東西の断層であるが、これは明らかに吾妻安山岩類の噴出後に形成されたものである。この断層線と火山体南西部の弧状の断層線(塔之坂西側を通る)との間にはさまれている地域は、カルデラ形成の様式にあてはまると考えられる大陥没地域である。橘湾の東側、つまり雲仙岳の西側の弧状海岸も同地域の構造運動の一方方向性をあらわしているものである。

こうした構造運動は断層を伴ない、とくに九千部岳周辺地域の複雑な地形を形成せしめた。また千々石断層は有史時代にも動きつつある。

雲仙火山の活動史上、この第Ⅲ期と第Ⅳ期との間の構造運動・変動は、後の火山活動の様式に重大な影響を及ぼしている。

第Ⅳ期火山活動

このような大変動の後、火山活動は新しい段階に入った。すなわち、火山地形としては熔岩円頂丘の形成、岩質的には珩酸成分に富む石英安山岩質岩石に変化してい

る。

これらには、猿葉山・眉山および野岳の岩石が含まれる。この岩石は、黒雲母および角閃石に富んでいる。前に行なわれた変動の影響は、構造線（断層線）に支配されて噴出した熔岩円頂丘の分布状態にもよくあらわれている。

眉山の形成は、その山頂付近にみられる第三系の頁岩砂岩で説明できるように、固結化作用の進んだ熔岩が押し上げられた、lift-dome であることを示している。その他の猿葉山は扁平な、また野岳は尖頭形の円頂丘である。眉山の山麓には、著しい火山砕屑物あるいは崩壊物がみられる。

第V期火山活動

この時期は、おもに国見岳・妙見岳・普賢岳を中心にして活動が行なわれた。このほかに高岳北方には小規模な木場石英安山岩熔岩の噴出が行なわれている。

岩石はすべて石英安山岩であり、熔岩円頂丘を形成している。とくに妙見岳・国見岳の熔岩円頂丘は最も大きい。普賢岳は、妙見岳・国見岳熔岩円頂丘の上部および北東部の陥没後、さらに噴出してできた円頂丘であり、その一部は北東方に流下している。

また、千々石断層に沿って位置する鳥甲山は寄生火山

であるが、岩質が特異なために別な時期のものかもしれない。

第VI期火山活動

有史時代の記録のある活動は、皆この時期にまとめられる。

古焼熔岩 (1657)、新焼熔岩 (1791) および眉山大崩壊 (1792) がそれである。古焼熔岩は、普賢岳北東 700 m の鳩の穴付近から流出し、この 1,150 m の高さから海拔 430 m の地点まで流出している。新焼熔岩は普賢岳北東約 1 km の飯洞岩の北方地獄跡から流出し、穴迫谷をおよそ 3 km 流下して千本木に達している。これの噴出量は約 0.11 km³ である。続いて眉山の南峰の天狗山の東側 3 分の 1 の山体を崩落せしめた眉山大崩壊が生じた。その量は 0.48 km³ にも及ぶ²⁰⁾。

なお、これらの活動・変動の間に大小の地震が間断なくあった。現在も岩漿地震と考えられる地震活動も発生している。

以上のような火山活動が認められたが、これと本間の報告²⁰⁾との対比の概略を第2表に示した。結論的には大きな違いがみとめられないが、火山活動の第IIIと第IVの活動期の間の大きな変動期を指示することができる。

第4表 雲仙火山岩化学成分(本間, 1936)

	1	2	3	4**	5	6
	絹笠山	九千部岳	眉山	普賢岳	古焼	新焼
	Abyh	Ah	Dbh	Abh	Aobh	Abh
SiO ₂	63.11	62.02	66.97	63.02	58.15	66.19
TiO ₂	0.67	0.75	0.59	0.65	0.75	0.59
Al ₂ O ₃	16.87	16.49	15.19	15.88	17.69	16.02
Fe ₂ O ₃	1.94	2.63	1.98	2.05	2.72	0.89
FeO	3.40	3.73	1.88	3.51	4.41	2.94
MnO	0.09	0.11	0.09	0.21	0.11	0.18
MgO	2.44	2.98	1.96	2.36	3.45	1.78
CaO	5.49	6.30	4.51	5.44	7.20	5.06
Na ₂ O	2.82	2.30	3.61	4.42	2.52	3.73
K ₂ O	2.31	2.01	2.62	2.20	1.68	1.92
P ₂ O ₅	0.12	0.06	0.15	0.19	0.12	0.12
H ₂ O(+)	0.68	0.40	0.12	0.06	0.34	0.04
H ₂ O(-)	0.29	0.18	0.24	0.43	0.60	0.35
Total	100.23	99.96	99.91	100.42	99.74	99.81
分析者	牛島	牛島	尾山	尾山	牛島	尾山
	19*	22	17	16	24	16

* MgO×100/MgO+FeO+Fe₂O₃+Na₂O+K₂O (Solidification Index)

** 第5表9または10に相当するらしい。

第5表 a 雲仙火山

	1	2	3	4	5	6	7
	U-1 57120223	U-2 57113024	U-3 57120201A	U-5 57120125	U-6 57120102	U-8 57120228B	U-9 57120301
	綱笠山	高岩山	矢岳	吾妻岳下部	吾妻岳上部	猿葉山	眉山
	VIII ^d Ayh ²⁾	XVI ^d Aaybh, qt	XVI ^d Abayh	XVIII ^d Abh, qt	XVI ^d Ayabh, qt	XVI ^d Ayabh	XVIII ^d Dybh
SiO ₂	61.66	60.22	59.36	61.22	61.47	55.33	62.42
TiO ₂	0.61	1.23	0.82	0.59	0.62	0.98	0.75
Al ₂ O ₃	15.66	16.86	16.60	16.42	16.74	18.07	16.68
Fe ₂ O ₃	2.81	3.06	3.98	2.03	2.52	3.49	1.46
FeO	3.52	3.43	3.01	3.92	3.24	3.70	3.35
MnO	0.13	0.12	0.14	0.12	0.09	0.16	0.10
MgO	2.80	2.62	3.05	3.21	3.59	3.66	2.51
CaO	5.79	5.15	5.68	4.99	5.66	7.68	5.15
Na ₂ O	3.18	2.71	3.00	3.02	2.76	2.91	3.42
K ₂ O	2.51	2.52	2.41	2.42	2.31	2.01	2.70
P ₂ O ₅	0.14	0.20	0.13	0.11	0.12	0.17	0.11
H ₂ O(+)	0.92	1.06	0.55	0.78	0.43	0.58	0.47
H ₂ O(-)	0.38	0.49	0.91	0.66	0.30	0.92	0.83
Total	100.11 19.3*	99.67 18.7	99.64 20.3	99.49 22.3	99.85 25.3	99.66 23.7	99.95 18.9

* MgO×100/MgO+FeO+Fe₂O₃+Na₂O+K₂O (Solidification Index)

1) Kuno's ferromagnesian silicate mineral assemblage.

2) Aayhbo, qt: Quartz-bg. augite-hornblende-hypersthene-biotite-olivine andesite, D: Dacite.

	基盤安山岩類				南島原基盤玄武岩類					
	1 P ₁	2 P ₂	3 P ₃	4 P ₄	1 S-1	2 S-2	3 S-4	4 S-5	5 S-6	6 S-8
	57120801	57113026	57120724	57113027	57120704	57120501	57120601A	57120703	57120602	57120623
	葛蒲田	塔之坂A	南島原	塔之坂B	西正寺	口之津	愛宕山	高峯	上原	諏訪池
	XIX ? Aabh*	II ^d Ay	VI ^d Ahay	V ^d Aoya	IV ^b Bao**	III ^b TBo (altered)	IV ^b Bao	III ^b →c ? Bo	IV ^a →d Bao	V ^a →d Bayo
SiO ₂	53.86	58.80	59.46	55.00	47.60	43.82	46.76	49.12	49.26	49.64
TiO ₂	1.57	1.17	0.75	1.42	1.59	1.85	1.58	1.24	1.17	0.82
Al ₂ O ₃	18.15	17.71	17.18	17.86	18.70	19.19	17.47	17.53	16.97	17.16
Fe ₂ O ₃	4.62	3.12	4.00	3.43	4.08	6.90	4.50	4.21	4.02	4.22
FeO	2.94	3.32	3.41	4.32	6.83	4.29	8.16	6.18	5.94	5.75
MnO	0.19	0.16	0.16	0.18	0.21	0.19	0.24	0.21	0.19	0.20
MgO	3.80	2.76	3.14	5.08	6.08	7.94	7.04	7.18	7.90	7.40
CaO	7.82	6.03	6.30	7.85	9.67	9.64	9.97	10.21	9.74	10.04
Na ₂ O	2.94	3.07	3.31	2.82	2.76	2.78	2.69	2.45	2.47	2.53
K ₂ O	0.96	1.94	1.84	1.28	1.35	1.34	1.00	0.98	1.15	1.01
P ₂ O ₅	0.38	0.13	0.18	0.10	0.28	0.21	0.16	0.17	0.14	0.12
H ₂ O(+)	1.26	0.56	0.31	0.47	0.65	1.08	0.52	0.32	0.44	0.46
H ₂ O(-)	1.14	0.74	0.24	0.93	0.39	1.14	0.47	0.40	0.62	0.52
Total	99.63 25.7	99.51 19.9	100.28 20.5	100.74 27.6	100.19 29.4	100.37 35.2	100.56 30.7	100.20 34.9	100.01 37.5	99.87 36.1

* Porphyrite ともいえる。

** Bao: Augite-olivine basalt.

岩 類 の 化 学 成 分

Analyst: H. Kurasawa

8	9	10	11	12	13	14	15
U-10 57120203	U-13 57112901A	U-14 57120206	U-16 57120101	U-17 57120227	U-18 57112903	U-20 57113002	U-21 57113003
野 岳	妙 見 岳	国 見 岳	鳥 甲 山	木 場	普 賢 岳	1657 古 焼	1791 新 焼
X Vid Daybh	X VIII d Dbh	X VIII d Dbh	X Vid Ayahb	X Vid Daybh	X VIII e ? Aobh	X VIII d Aobh	X Vid Daybh
59.56	61.30	59.52	53.74	60.50	55.80	55.58	63.82
0.54	0.68	0.83	0.75	0.97	0.82	0.63	0.73
18.17	16.16	16.44	18.98	17.28	18.25	18.32	17.07
2.25	3.41	2.32	3.34	3.11	3.20	2.64	1.28
3.78	2.60	3.83	4.26	2.21	3.54	4.28	3.13
0.13	0.12	0.11	0.16	0.14	0.14	0.15	0.12
2.92	3.21	3.34	4.02	3.11	4.06	4.22	1.81
6.03	5.02	5.99	8.31	5.70	7.89	8.12	4.99
2.78	3.19	2.89	2.70	3.35	2.88	2.85	3.36
2.24	2.51	2.42	1.05	2.62	1.84	1.82	2.41
0.12	0.10	0.13	0.23	0.11	0.14	0.13	0.09
0.51	1.03	1.08	1.04	1.10	0.88	0.74	0.80
0.87	0.68	0.60	0.95	0.64	0.59	0.54	0.44
99.90	100.01	99.50	99.53	100.84	100.03	100.02	100.05
21.2	22.0	23.1	26.8	22.1	26.7	26.4	15.3

第 5 表 b 雲仙火山岩中の微量成分

	1 U-1	2 U-2	3 U-3	4 U-5	5 U-6	6 U-8	7 U-9	8 U-10	9 U-13	10 U-14	11 U-16	12 U-17	13 U-18	14 U-20	15 U-21
Sr	320	300	280	250	250	230	200	180	250	200	280	280	400	320	350
Ba	200	240	180	200	250	150	280	130	230	250	100	250	180	150	230
Ni	23	10	8	18	12	20	10	12	40	20	32	20	35	45	12
Co	8	10	7	7	15	12	10	10	18	20	25	18	25	22	5
Cr	12	10	8	18	20	18	8	10	30	32	28	18	32	22	8
V	140	140	210	150	170	200	90	150	100	180	210	180	230	180	80
Cu	25	40	30	35	30	50	25	35	55	50	60	35	60	65	40
Ga	15	18	15	12	15	20	18	22	12	15	25	20	18	22	18

	基盤安山岩類				南島原基盤玄武岩類					
	1 P-1	2 P-2	3 P-5	4 P-6	1 S-1	2 S-2	3 S-4	4 S-5	5 S-6	6 S-8
Sr	250	200	230	300	300	750	270	250	300	250
Ba	120	180	150	120	35	35	30	40	55	45
Ni	40	12	7	12	180	180	190	110	170	120
Co	20	8	10	25	35	35	30	40	55	45
Cr	28	7	7	40	70	50	130	190	140	140
V	250	220	180	200	180	160	170	250	280	140
Cu	70	35	30	50	70	80	70	75	70	55
Ga	22	18	20	22	25	25	18	20	18	18

Analyst: Kiyoshi Takahashi

(単位: ppm)

第6表 雲仙火山岩ノルム値

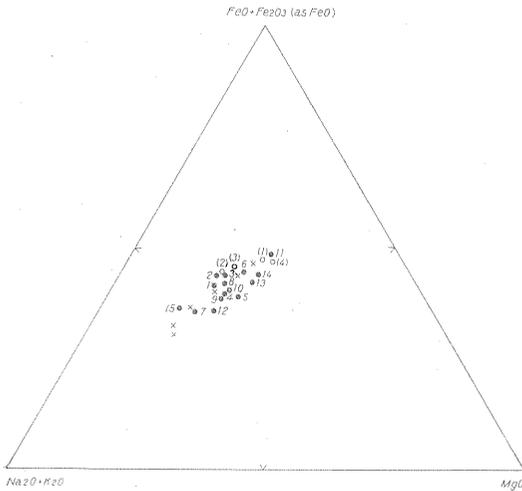
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	基盤安山岩類				基盤玄武岩類 (南島原)						
																1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	
																Q	17.36	19.22	16.33	16.76	18.26	9.67	16.45	15.73	17.48	14.90
C	—	0.61	—	—	—	—	—	0.41	—	—	—	—	—	—	0.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Or	15.03	15.03	14.47	14.47	13.91	11.69	16.14	13.36	15.03	14.47	6.12	15.58	11.13	10.57	14.47	5.57	11.69	11.13	10.57	7.79	7.79	6.12	5.57	6.68	6.12	
Ab	26.74	23.07	25.17	25.69	23.59	24.64	28.84	23.59	27.26	24.64	23.07	28.31	24.64	24.12	28.31	24.64	26.22	27.79	24.12	23.59	18.87	22.55	20.97	20.97	21.50	
An	21.15	24.48	24.76	23.92	26.15	30.32	22.25	29.21	22.25	24.48	36.44	24.48	31.15	31.99	24.20	33.66	28.65	26.70	30.60	34.49	35.88	32.54	33.93	31.99	32.26	
Wo	2.79	—	1.05	—	0.35	2.79	1.05	—	0.93	1.86	1.39	1.28	2.79	2.79	—	3.25	0.23	1.28	2.67	4.76	4.41	6.62	5.92	6.39	6.97	
En	6.93	6.53	7.93	8.03	8.93	9.03	6.22	7.23	8.03	8.33	10.04	7.78	10.04	10.54	4.52	9.44	6.73	7.83	12.65	7.23	3.81	6.12	16.76	18.27	17.27	
Fs	3.30	2.11	1.19	4.88	2.90	2.64	3.96	4.49	1.06	3.96	4.09	0.13	2.77	4.49	3.89	—	1.72	2.11	3.03	3.43	—	3.03	5.80	5.54	5.67	
Fo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.49	11.12	8.02	0.84	0.99	0.84	
Fa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.65	—	4.69	0.20	0.41	0.41	
Mt	4.17	4.40	5.79	3.01	3.70	4.86	2.08	3.24	4.63	3.47	4.86	4.63	4.63	4.63	1.85	5.56	4.63	5.79	5.09	6.02	9.26	6.48	6.02	5.79	6.02	
Il	1.21	2.28	1.52	1.06	1.21	1.82	1.37	1.06	1.37	1.52	1.37	1.82	1.52	1.21	1.37	3.04	2.28	1.37	2.73	3.04	3.34	3.04	2.43	2.28	1.52	
Hm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.80	—	—	—	—	0.48	—	—	—	—	
Ap	0.34	0.47	0.30	0.30	0.30	0.36	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.30	0.34	0.30	0.20	1.01	0.30	0.34	0.30	0.67	0.50	0.34	0.34	0.34	0.34	
Ne	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.56	—	—	—	—	
Nf	Or	24	24	22	23	22	18	24	20	23	23	9	23	17	16	22	9	18	17	16	11.8	12.4	10.0	9.2	11.2	10.2
	Ab	42	37	39	40	37	37	43	36	42	39	35	41	37	36	42	38	39	42	37	35.8	30.2	36.8	34.5	35.1	35.9
	An	34	39	39	37	41	45	33	44	35	38	56	36	46	48	36	53	43	41	47	52.4	57.4	53.2	56.3	53.7	53.9
Npl·An	44.2	51.5	49.6	48.2	52.6	55.2	43.6	55.3	44.9	49.8	61.2	46.4	55.8	57.0	46.1	57.7	52.2	49.0	55.9	59.4	65.6	59.0	61.8	60.4	60.9	
Npy	Wo	21	—	10	—	3	19	9	—	9	13	9	14	18	15	—	26	3	11	15	30.8	53.7	42.0	20.8	21.1	23.3
	En	53	76	78	62	73	63	56	62	80	59	65	85	64	49	54	74	77	70	69	47.0	46.3	38.8	58.8	60.5	57.7
	Fs	26	24	12	38	24	18	35	38	11	28	26	1	18	26	46	—	20	19	16	22.2	—	19.2	20.4	18.4	19.0

地質調査所月報 (第16卷 第5号)

第 7 表

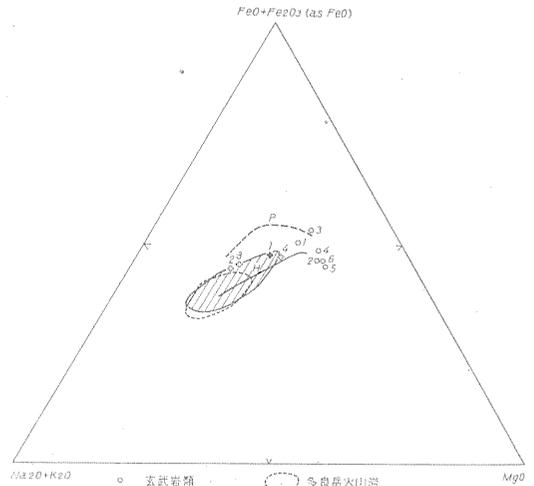
No.	岩石番号	岩石名 (岩型)	試料採集地	No.	岩石番号	岩石名 (岩型)	試料採集地
			長崎県南高来郡			基盤安山岩類	長崎県南高来郡
1	57120223	Ayh(VIId)	小浜町絹笠山西展望岩	(1)	57120801	Aabh(XIX?)*	南有馬町菅蒲田石切場
2	57113024	Aaybh, qt (XVIId)	西有家町高岩山	(2)	57113026	Ay(II d)	西有家町塔之坂北東 1.2km
3	57120201A	Abayh(XVIId)	小浜町矢岳	(3)	57120724	Ahay(VId)	加津佐町崎谷北西 700m
4	57120125	Abh, qt(XVIII d)	千々石町九千部岳南々 西 600m	(4)	57113027	Aoya(V d)	西有家町塔之坂東 600m
5	57120102	Ayahb, qt (XVIId)	// 吾妻山南崖(上部)			基盤玄武岩類	
6	57120228B	Ayahb(XVIId)	小浜町富津北々東 800m	①	57120704	Bao(IVb)	長崎県南高来郡 北有馬村西正寺
7	57120301	Dybh(XVIId)	島原市眉山七面山	②	57120501	TBo(IIIb)**	口之津町土平崎北西 400m
8	57120203	Daybh(XVIId)	小浜町野岳南西側崖	③	57120601A	Bao(IVb)	加津佐町愛宕山
9	57112901A	Dbh(XVIII d)	// 妙見岳	④	57120703	Bo(IIIb → c?)	北有馬村高峯
10	57120206	Dbh(XVIII d)	島原市上木場西2.5km	⑤	57120602	Bao(IVa → d)	南有馬村上原西縁
11	57120101	Ayahb(XVIId)	国見町鳥甲山南側	⑥	57120623	Bayo(Va → d)	小浜町諏訪池北縁
12	57120227	Daybh(XVIId)	千々石町木場東南東 1.7km				
13	57112903	Aobh(XVIII e?)	小浜町普賢岳				
14	57113002	Aobh(XVIII d)	島原市普賢岳北 1km				
15	57113003	Daybh(XVIId)	// 千本木西				

* porphyrite ともいえる。
** altered rock.



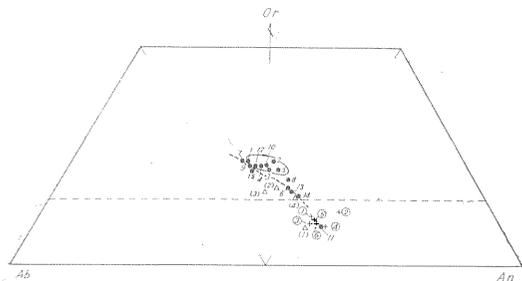
● 雲仙火山岩類
○ 基盤安山岩類
x 雲仙火山岩類(本間1936)

第 2 図 雲仙火山火山岩分化経路



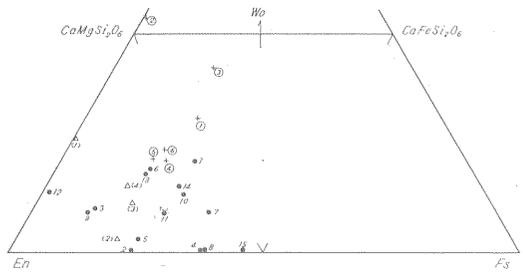
● 玄武岩類
○ 安山岩類
x 葛城山安山岩
x with circle 葛城山岩類
○ with circle 多良居火山岩
x with circle 比叡山輝石質岩系
x with circle 輝島火山
x with circle 系集輝石質岩系

第 3 図 島原半島基盤岩類分化経路



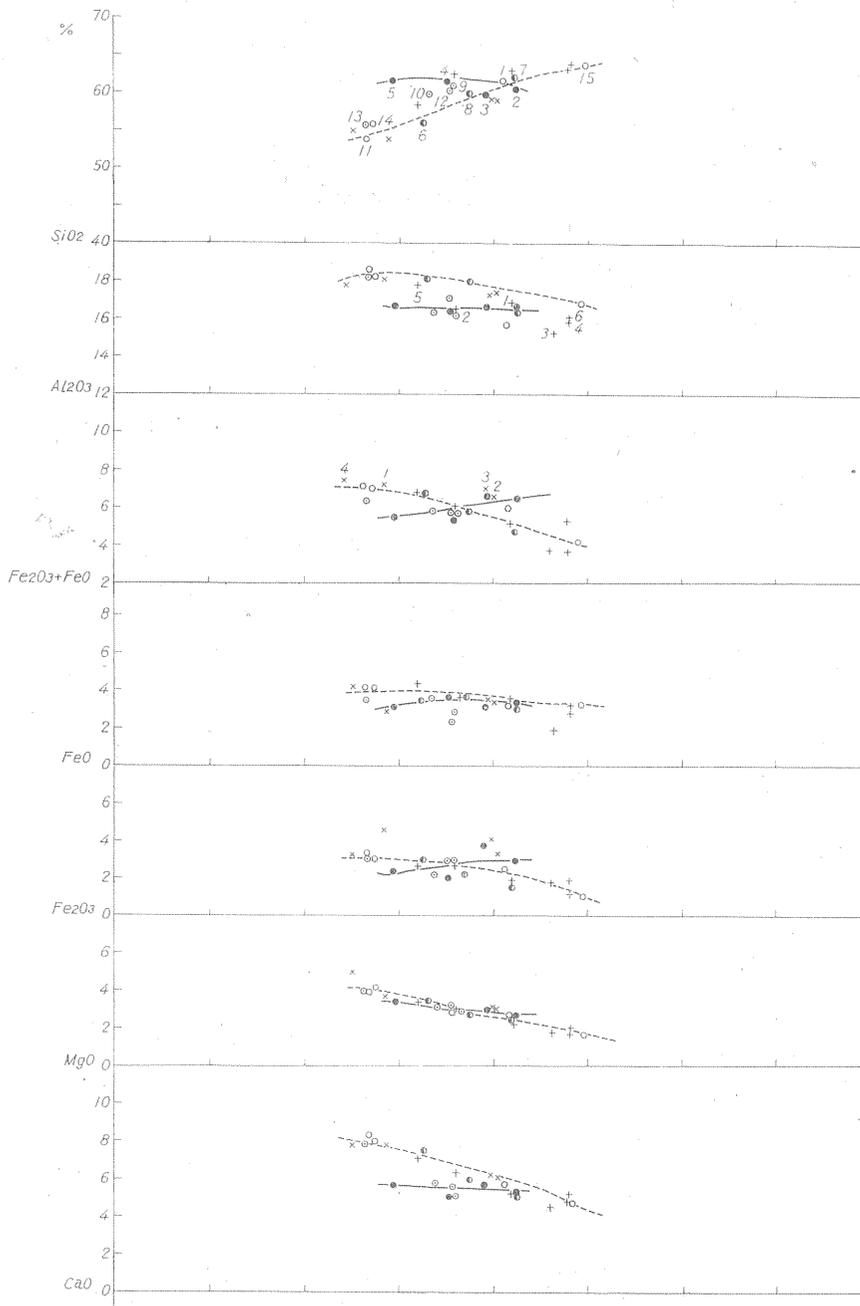
● 雲仙火山岩類
△ 基盤安山岩類
x 基盤玄武岩類
+ 変動期以前
+ 変動期以後

第 4 図 雲仙火山火山岩ノルム長石変化図

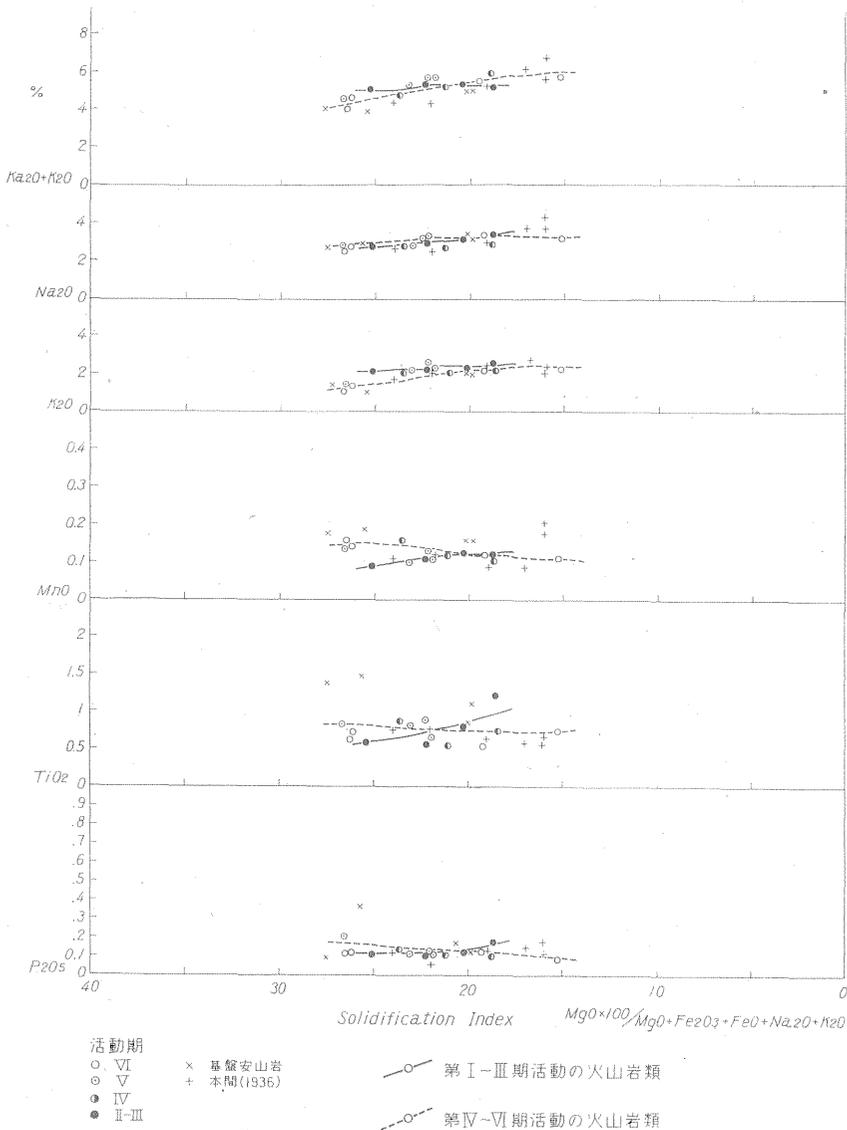


● 雲仙火山岩類
△ 基盤安山岩類
x 基盤玄武岩類

第 5 図 雲仙火山火山岩ノルム輝石変化図



(次頁につづく)



第6図 雲仙火山岩の変化図(主成分)

3.3 変動期前後の火山岩の特徴

火山岩類の岩石学的記載は本間が詳しく述べているので、ここでは省略する。各活動期の岩石名は第5表に示されている。また第2表の試料番号と対比される。すなわち、変動以前のものは No. 1~5, 以後のものは No. 6~15 である。

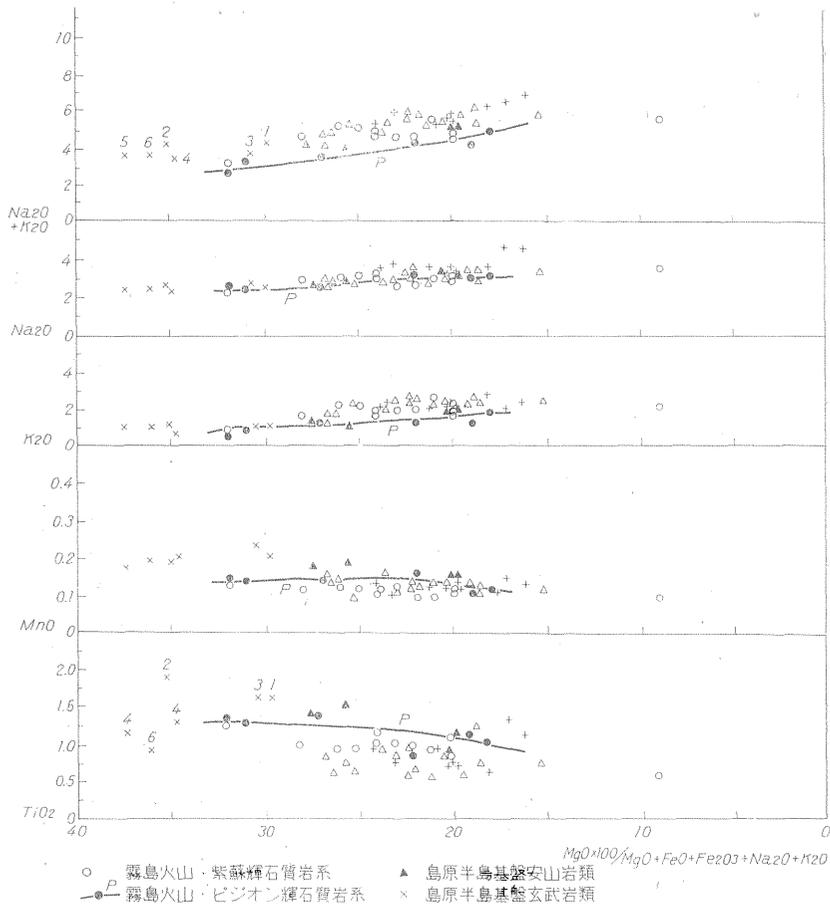
変動期以前、つまり第I~第III期の岩石は、輝石類に富むが、以後、つまり第IV期~第V期の岩石には角閃石ならびに黒雲母が富み、かつ石英および斜長石斑晶(3~5 mm)が著しく多くなる。さらに石基が増加する。

最も新しい活動のメンバーに入る普賢岳と古焼の熔岩にみられる斜長石には、著しい累帯構造がみとめられ

る。その斜長石の中央部は An80 を示しており、外帯より高い値となっている。これと、さらにかんらん石斑晶の存在とから、この熔岩は単なる玄武岩マグマと酸性岩類との混成作用によって生成されたものとはいえない。すなわち、安山岩あるいは石英安山岩マグマ溜りに、さらにかんらん石に富む玄武岩マグマが添加された現象と考えられる²⁰⁾。

4. 化学成分

本間の化学成分表²⁰⁾を第4表に、新しい分析値を第5表に、それぞれの産地を第7表に、また試料採取位置を第1図に示した。



第7図 雲仙火山岩類と2,3の火山岩との対比

第8表 Peacock の alkali-lime index

大山火山(太田)	59.5	阿蘇火山(迎・本間)	
三瓶火山(山口)	60~61		58.1
九重火山(小野)	59.5	霧島火山(沢村・高橋)	
多良岳火山(高橋・倉沢)			61.3
	61.0	桜島火山(山口)	65.0
「雲仙火山」	61.5	薩南(松本)	65.0
金峯火山(倉沢・高橋)			
	62.0~62.5*	島海火山帯(勝井)	60.0
両子火山(河野)	63.0	那須火山帯	64.8
		伊豆・箱根 ¹⁾ (久野)	68.0
		日本平均 ²⁾	63.7

1) 紫蘇輝石質岩系。

2) 種子田定勝による。

* 倉沢・高橋：地質調査所月報, Vol. 14, No. 4, 1963.

4.1 主成分

第4表 No. 2 の九千部岳の試料は第5表の No. 5 に、

また No. 4 は No. 9 あるいは No. 10 に対比されるものと思われる。

第2図の三角図には雲仙火山岩類をプロットした。第3図には基盤玄武岩類および安山岩類と参考のためにいくつかの火山岩類をも加えて示した。

第6図には雲仙火山岩類を活動期別に示し、さらに第7図には基盤玄武岩類ならびに安山岩類とさらに参考のいくつかの火山の岩石を、結晶分化の尺度(SI)と各酸化物との関係について示した。

4.1.1 雲仙火山岩の化学的特徴

第2図および第7図から、本火山岩類は紫蘇輝石質岩系に入る。第3図では、多良岳火山岩類とほぼ類似しているが、成分範囲が広い。また、霧島火山の紫蘇輝石質岩系とよく似た傾向を示している。とくに、第7図で、ほかの火山の火山岩類と対比すると、それらは皆ほとんど同じように紫蘇輝石質岩系の分化の傾向を示している。雲仙火山岩類は、霧島火山岩類のピジョン輝石質岩

系より、 Al_2O_3 、 $FeO+Fe_2O_3$ 、 MnO および TiO_2 に乏しく、 SiO_2 および Na_2O+K_2O 、とりわけ K_2O に富んでいる。なお、霧島火山のピジョン輝石質岩系の岩石は、不詳中生層の Aluminous material を混合したために、 Al_2O_3 に富んでいると報告されている (沢村・高橋, 1956, 1957)。

雲仙火山岩類を前述活動史からみると、第6図にあらわされるように、変動期をはさんで化学成分上にも少なからず影響があらわれている。すなわち、変動以後の第IV～第VI期の火山岩類は、変動以前の第II～第III期の火山岩類に比較して、 SiO_2 に乏しく、 Al_2O_3 および CaO に富んでいる。僅かの違いであるが、 K_2O が少なくなっている。ノルム値から求めた三角図 (第4図) には、変動前の火山岩類が Or 成分に富んだ一群をあらわしている。

新しい活動のグループの普賢岳と古焼の熔岩とは、同じく新しい活動のグループに属する新焼熔岩に比較して、はるかに未分化の熔岩であり、またかんらん石斑晶を含んでいることは注目に価する。つまり、およそ130年あまりの間に結晶分化の尺度 (SI) でおよそ26と15というように、雲仙火山の岩石で最も未分化の岩石と最も分化の進んだ岩石とが、ほとんど同じ地点から噴出されていることは興味深い。普賢岳および新焼熔岩は、顕微鏡的にはガラスに富み、石英安山岩様組織をもっているにもかかわらず、未分化の性質 (化学的) をもち、かんらん石斑晶をもつことから、かんらん石玄武岩マグマの添加作用があったことは間違いないと考えられる。また、その添加成分はその熔岩のガラスの部分に含まれているものと考えられる。

雲仙火山岩類は、分化の尺度 (SI) でおよそ18～24を示し、中期の分化物である。

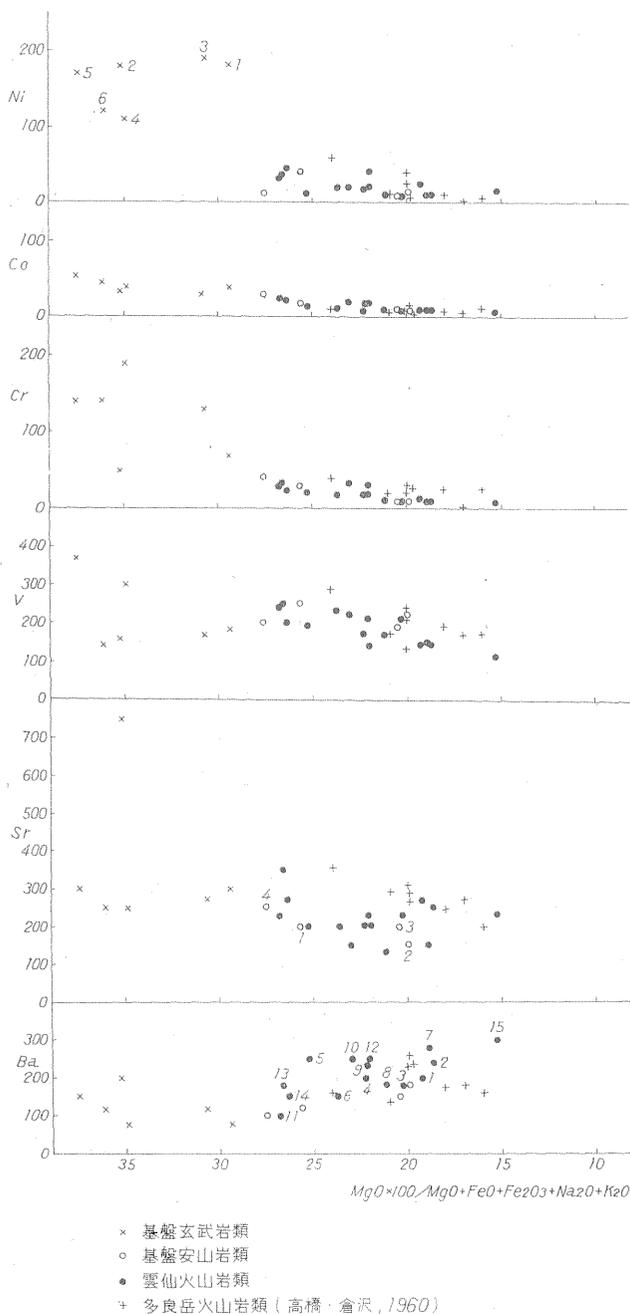
Peacock のアルカリ・石灰指数 (第8表) によると、雲仙火山岩 (61.5) と多良岳火山岩 (61.0) とは類似している。また、いわゆる大山火山帯の大山・三瓶・九重などの火山岩の指数とも類似している。東北日本内帯の鳥海火山帯 (60.0) ともまたよく似ている。

なお、前述の雲仙火山岩類の活動において、変動後つまり第IV期以後の火山岩類に Al_2O_3 および CaO が富むことは、基盤岩類の中生代ないし新生代のアルミナに富む堆積

岩、例えば、眉山熔岩円頂丘の上昇に伴ってひきずり上げられ、その頂上付近にみられる頁岩などのような岩石との混成作用をあらわすものと考えられる。

4.1.2 基盤玄武岩類

分析値およびノルム値を第5表および第6表に示す。第3図および第7図に示されるように、アルカリかんら



第8図 雲仙火山岩類微量成分変化図

ん石粗面玄武岩質玄武岩 No. ② は SiO_2 および FeO に乏しく、 Al_2O_3 、 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ および TiO_2 に富んでいる。鉄苦土鉱物の組合せ (久野, 1954) によって分類されたソレイアイト質玄武岩 No. ④ と紫蘇輝石質岩系の玄武岩 No. ⑤⑥ とは、化学成分上の違いがみとめられない。No. ① および ③ のアルカリかんらん石玄武岩は結晶分化の尺度がおよそ 30 であって、他のものと較べて分化が進んでいる。

杉 (1951)¹⁶⁾ は、本地域の玄武岩類を新旧 2 種に分類している。第 3 表に示したように、旧期 (No. ① ~ ④) と新期 (No. ⑤⑥) とに分けることができるが、杉は玄武岩類をかんらん石玄武岩とトレイ岩とに分けている。このトレイ岩、つまりソレイアイト玄武岩を、No. ④ の高峰玄武岩にあてはめるべきかどうかははっきりしない。あるいは、杉のいうトレイ岩は、ここでいう紫蘇輝石質岩系の玄武岩 (No. ⑤⑥) を指すのかも知れない注 1)。

鉄苦土鉱物組合せによって分類された玄武岩類において、とくにアルカリかんらん石玄武岩を除いて、ほかの岩系に分けられた玄武岩類のアルカリ、とくに K_2O はおよそ 1% であるばかりでなく、顕著な化学成分の差がみとめられない。本地域の玄武岩類は、環日本海アルカリ岩石区の最南西端にあたる。このことと、この玄武岩類の化学成分上の上述の特徴とは関係があるかもしれない。つまり、混合岩石区という問題と、玄武岩類の一般特徴のサブアルカリ質という問題との関連性がみられる。この問題については、あらためて検討する。

4.1.3 基盤安山岩類

種々の変化図から、この安山岩類は雲仙火山岩類より、 SiO_2 、 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 、とりわけ K_2O に乏しく、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MnO および TiO_2 に富んでいる。これは、霧島火山のピジオン輝石質岩系の性質に近い。この安山岩類の噴出順序は、塩基性から酸性、未分化からより分化の進んだものへと変化している。さらに、この最後の噴出物、すなわち分化の進んだ安山岩類は、第四紀の雲仙火山の岩石の初期のものに類似している。つまり、基盤安山岩類の後期の岩石と、雲仙火山の初期の岩石との近親性を示しているものと思われる。

4.2 微量成分

雲仙火山岩の微量成分分析値を第 5 表 b に示した。多良岳火山岩¹⁷⁾ について詳細に検討したことがらについては、ここでは触れない。別に体系的にまとめて報告する。

第 8 図に結晶分化尺度と各微量成分との関係図を示し

注 1) 倉沢・高橋：山陰西部・新生代火山岩類の化学的性質，火山，第 2 集，Vol. 5, p. 126, 1960。

た。これによると、 Ni 、 Co 、 Cr 、 V 、 Sr および Ba は、多良岳火山岩とほとんど変わらない傾向をあらわしている。しかし、 Sr は多良岳火山岩類より低い傾向を示している。これはまた、図にはあらわさなかったが、霧島火山より高い量をあらわしている。九州南部火山岩類に較べて、九州北部ならびに、いわゆる大山火山帯の岩石には Sr が多いことは注目される。

雲仙火山岩類において、前述のように普賢岳および古焼の熔岩中の Ni 、 Cr ならびに V はいくらか高い含量を示し、さらに Sr に富むことは、それらの熔岩の生成に何らかの特徴ある現象があったことをあらわしている。この事実は 4.1.1 に述べたことの説明にもなる。

基盤岩類、とくに玄武岩類については、別に報告するが、アルカリ岩系に属する口之津玄武岩 No. ② に Cr (50 ppm) が乏しく、 Sr (750 ppm) に富むことは注目に値する。

5. 結 語

- 1) 雲仙火山の活動は、6 つの時期に分けられる。
- 2) 活動の第 III 期と第 IV 期の間には大きな構造運動が行なわれた。これは千々石断層などで代表されるような断層運動に示されている。
- 3) この変動を境にして、その前と後の火山活動は大きく変化した。
- 4) 変動後の岩石は、前の岩石に較べて、黒雲母および角閃石に富み、化学成分的には SiO_2 に乏しくなるとともに、 Al_2O_3 および CaO に富む。
- 5) とくに Al_2O_3 の増加は、基盤の堆積岩を同化したことを意味するものと考えられる。
- 6) 普賢岳および古焼熔岩は、安山岩あるいは石英安山岩質マグマにかんらん石玄武岩マグマの添加が行なわれたことを示す。
- 7) 基盤安山岩類の末期の岩石は、雲仙火山初期の岩石と血縁関係があると考えられる。
- 8) 基盤玄武岩類は、鉱物組成からは、アルカリ岩系、ソレイアイト岩系およびカルク・アルカリ岩系の玄武岩に分けられるが、アルカリ岩系玄武岩類を除いた玄武岩類は、化学成分からは区別しがたい。
- 9) 島原半島の火山活動は、基盤玄武岩類からはじまり、基盤安山岩類を経て、雲仙火山岩類へと、順次塩基性から酸性の活動に変化している。雲仙火山の活動においても同様な分化傾向が認められる。
- 10) 基盤玄武岩類は、アルカリ岩系の玄武岩の活動と、一部にソレイアイト質玄武岩 (典型的なものではない) を挟んで、カルク・アルカリ岩系玄武岩類の活動に変化している。また、このカルク・アルカリ岩系玄武岩

の活動は、続いて行なわれた基盤山岩類の活動と血縁関係があると考えられる。

(昭和34年6月稿)

文 献

(雲仙火山に関係あるもの)

- 1) 赤木 健: 雲仙, 地学雑誌, Vol. 44, No. 256, p. 687~690, 1932
- 2) 井上正昭: 九州西部の若い新生界の地史学的研究 (其の1, 長崎県南高来郡口之津町付近の地質) (演旨), 地質学雑誌, Vol. 58, No. 682, p. 308~309, 1952
- 3) 井上正昭: 長崎県島原半島南部の古第三紀層について, 福岡学大紀, 3, p. 21~30, 1953
- 4) Ogawa, T. & Homma, F.: The Geology of the Unzen Volcanoes, Guide-Books of the Excursions (The 3rd Pan-pac. Scie. Cong. Tokyo, 1926), p. 1~30, 1926
- 5) 岡田健次: 口之津地方の地質について, 九大卒論, 1947
- 6) Omori, F.: Note on the Eruptions of the Unzen-dake in the 4th Year of Kansei (1792), Bull. Imp. Earthq. Inv. Com., Vol. 1, No. 3, p. 142~144, 1907
- 7) 大森房吉: 寛政四年温泉嶽の破裂, 地質学雑誌, Vol. 15, No. 181, p. 447~450, 1908
- 8) 大森房吉: 肥前温泉火山構造一斑 (雑), 地学雑誌, Vol. 20, No. 235, p. 516, 1908
- 9) 駒田亥久雄: 寛政四年肥前島原眉山爆裂前後の状況, 地質学雑誌, Vol. 20, No. 235, p. 150~162, 1913
- 10) 駒田亥久雄: 温泉火山地質報文 (図版30), 震予報, 84, p. 1~102, 1916
- 11) 駒田亥久雄: 温泉嶽火山地方地質構造, 地学雑誌, Vol. 29, Nos. 337~339, p. 24, 91, 156, 1917
- 12) 駒田亥久雄: 温泉火山の流れ山 (雑), 地学雑誌, Vol. 30, No. 349, p. 56, 1918
- 13) 駒田亥久雄: 長崎県温泉嶽の泥火山 (雑), 地学雑誌, Vol. 35, No. 410, p. 113, 1923
- 14) 佐藤伝蔵: 温泉岳の寄生火山 (雑), 地学雑誌, Vol. 24, No. 286, p. 730, 1912
- 15) 佐藤伝蔵: 温泉岳前山の山崩説を駁す, 地球, Vol. 4, No. 6, p. 437, 1925
- 16) 杉 健一: 山陰並に北九州の橄欖石玄武岩に伴うトレイ岩に於ける混成作用の問題, 九大理研報, Vol. 3, No. 2, p. 7~12, 1951
- 17) 高橋 清・倉沢 一: 九州多良岳火山岩および基盤岩類の岩石学的ならびに化学的性質について, 地質調査所月報, Vol. 10, No. 11, p. 631~651, 1960
- 18) 奈佐忠行: 島原温泉嶽の記, 地学雑誌, Vol. 3, No. 30, p. 307, 1891
- 19) 春本篤夫: 温泉嶽血の池地嶽の泥火山, 火山, Vol. 1, No. 1, p. 74~76, 1932
- 20) 本間不二男: 雲仙岳, 火山, Vol. 3, p. 73~123, 1936
- 21) 松井 健・郷原保真・藤田弘治: 島原市眉山東麓の温泉探査, 資源研彙, 16, p. 47~57, 1950
- 22) 山田邦彦: 温泉岳紀行寛政四年噴出の熔岩流, 地質学雑誌, Vol. 1, No. 3, p. 108~123, 1894
- 23) 山田邦彦: 温泉岳の噴火口 (雑), 地質学雑誌, Vol. 1, No. 12, p. 144, 1894