九州大学学術情報リポジトリ Kyushu University Institutional Repository

霧島火山の構成(地熱地帯検討の基礎)

種子田, 定勝 _{九州大学理学部}

https://doi.org/10.15017/4705298

出版情報:九州大学理学部研究報告.地質学.12(3), pp.311-319, 1977-02-28.九州大学理学部 バージョン: 権利関係:

霧 島 火 山 の 構 成 (地熱地帯検討の基礎)

種子田 定 勝

Construction of Kirisima Volcano

Sadakatu TANEDA

Abstract

The Kirisima volcano is a composite volcano constructed with younger and older volcanoes, the former of which consists of Homate, Konide, Tholoide and Maar types and the latter Aspite type (shield volcano). The arrangement of cones and craters is roughly north-west and south-east. They are distributed along several lines, radiating from the Ikenaga-Momogasako area within the so called "Kakuto caldera".

As to the chemical compositions of lavas and scoriae, the lateral change of SiO_2 and S. I. (solidification index) show that the magma source is located within the Kakuto caldera. The total FeO-S. I. and SiO_2 -S. I. relations show that the lavas of stratovolcano including Konide, are lower in Po₂ than the scoriae forming Homate, while the lavas of shield volcano are higher than the latter. It seems to be important in discussion of the relation between Po₂ and PH₂O in magma.

The geothermal area occupies the south-western part of the volcano, where the distinct springs and fumaroles row is north west and south-east, and the hot spring temperature is high at the north-west part. The epicenters of the Ebino earthquake (1968) were located within the "Kakuto caldera".

The depth of the hypocentral area of the earthquakes originating from the Kirisima volcano increases northwestwards from the shallowest Sinmoe-dake-Ohati area to the deepest "Kakuto caldera" area.

These facts give significant suggestion for the construction of the "Kakuto caldera" and Kirisima volcano.

I.序 説

霧島火山の地質調査は、小田亮平(1922)、沢村孝之 助・松井和典(1957)等によって詳しくなされ、その他 に地質・岩石・火山活動について、たとえば種子田ほか (1959, 63, 75)、進野(1966)、柴田(1969)、MINAKAMI ほか(1968)等;地震について、神沼ほか(1974)、 大塚(1968)等;また変質帯について、吉田(1974) 等の調査研究がある。筆者は機会ある毎に本火山の地 質・岩石を観察してきたが、本稿では火山の構成・形 成史と噴出物の性状との関係を整理・検討し、火口の 配列・火山地震・地熱地帯の状態などを合わせ考察し たところを述べる。

Ⅱ. 地質の概説・火山の構成*

雾島火山は宮崎・鹿児島両県境に、北西一南東に伸びた30km×20kmの楕円形地域を占めて20余りの火丘が
群立する複合(集合)火山で、基盤(四万十層群の堆
積岩類・第三紀火山岩類)の地溝性凹地に位置する。

第三紀安山岩類は Miocene の真幸変朽安山岩と Pliocene の百貫山・矢筈,小林,黒園山,永池,佐 賀利山,烏帽子岳,丸尾滝東,牧園,矢岳などの輝石 安山岩類・角閃安山岩類を主とし,それらの噴出に続 く霧島火山の形成期は,古期霧島火山期(I期)と新 期霧島火山期(II期)に大別される.両期の境は,六 観音砂礫層の堆積期で代表される.

I期 おそらく第四紀初期に主として輝石安山岩の

*地質については沢村・松井 (1957) に倣うところが 多い結果となった.

1976年8月31日受理

熔岩流からなる広大な楯状火山("栗野安山岩類")を 生じ,その火山体が侵食された後,その上に山頂から 中腹にわたるかんらん石 — 輝石安山岩質の 楯状火山 ("白鳥安山岩類")を形成した。その中心は現在の韓 国岳付近で山頂は1,300 m以上に達したと思われる。 これが霧島火山の主体をなしている。

Ⅱ期 その後の活動は北西一南東方向に分布する20 余りの火口で起こり、比較的小規模の火山体が重なり 合って霧島火山群の頂部を形成している。各火山体 (火丘)として火山砕屑岩からなるもの、熔岩・岩滓 からなるもの、成層火山、熔岩ドームのほかマールが 多数存在する。砕屑岩・岩滓からなる火丘はその大き さの割合に火口が大きいもの("ホマーテ型")が多い. これらは"シラス"(TANEDA, 1954, 1957, 1969, 1975) を堆積した大規模の姶良火山軽石流の活動期(Pleistocene 末期)より前(Ⅲ1期)のものと後(Ⅲ2期) のものとに分けられる. 霧島火山の成り立ちを表示す ると第1表のようになる.*

熔岩類は"ピジョン輝石岩系"と"しそ輝石岩系" に属する(高アルミナ岩類の問題については他の機会 に譲る).

Ⅲ. 熔岩類の化学組成**

1. SiO₂ 50~67%にわたり, 活動期毎にみると I 期51~61, Ⅲ1期50~58, Ⅲ2期52~67(御池)である. 御池 SiO₂ 67 が新期に, この火山の南東端において 噴起したことに注目したい.

その他の化学組成上の特徴については、日本火山岩



Fig. 1. Geological map of the Kirisima volcano (Table 1).
Legend: 1 "Simanto group", 2 Pliocene volcanic rocks, 3 Older Kirisima volcanic rocks (Stage I in Table 1), 4 Younger Kirisima (Stage II₁), 5 Younger Kirisima (Stage II₂), 6 Pumice flow deposits, sand and gravel, Alluvium, 7 Crater.
Abbrev.: refer to Fig. 4.

*いわゆる加久藤軽石流は省略(種子田, 1963; TANEDA, 1975 等参照). **化学分析値は高橋清(沢村・松井, 1957),進野勇(1966)による.

Stage		N W Group	S E Group
Younger Kirisima	Π2		Sinmoe-dake : H 1421m Ohati : H (Ap) (Apo) (Ap)
		Karakuni-dake explosion crater : M	Ohata-ike explosion Miiké : M crater : H (Aph)
		Iwo-yama : (Ap)	
		Fudo-ike : M Byakusi-ike : M (Ap) (Ap)	Takatiho-miné : K 1573.7m (Ap, Apo)
		limori-yama : K 846.3m (Ap, Apo)	
		Kosiki-dake : K 1301.4m (Apo)	Naka-dake : K central cone (Ap) somma (Apo)
	Ш1	Karakuni-dake : H 1699.7m (Ap)	Hinamori-dake : K 1344m Futatuisi (Apo, Bo, Aop) (Ap, Apo)
		Onami-ike : H (Ap, Apo)	
			Ohata-yama : H central cone 1352.5m (Ap) somma
		Rokkannon-ike : M (Ap)	
Older Kirisima	I		Maruoka-yama (dome) (Ap)
		· ·	Õhata-ike (Ap)
		Siratori andesitic rocks : A Ebino-dake · Sisido-dake (Apo·Ap Apo)	
		Kurino andesitic rocks : A Yunota	ani-dake • Kurino-dake
		(Aph) (Ap) / (Apo)	
Pliocene	0	Makizono andesitic rocks : Ebosi-dake · Yatake (Ap) (Apo·Ap) (Ap)	
		Sagari andesitic rocks : Ikenaga · Ko (Apo, Ap / Ahp) (Apo)	bayasi Kobayasi rhyolite (Apo) (Rhb)

Table 1. Construction of Kirisima Volcano.

Abbrev. A Aspite(shield volcano), H Homate(scoria cone with large crater), K stratovolcano including Konide, M Maar (Apoh) hornblende-olivine-pyroxene-andesite, (Bo) olivine-basalt, (Rhb) biotite-hornblende-rhyolite

pyroxene means clino and/or ortho pyroxene.

類平均値(種子田, 1962; TANEDA, 1962) に比較して アルカリに富むが Na_2O/K_2O はやや低いこと, Total FeO がやや低いことなどが注意される.

2. Total FeO-MgO-ALk. $(Na_2O + K_2O)$

"ビジョン輝石岩系"分布域と"しそ輝石岩系"分布 域は重なり合う部分がかなり広いことは注目に値する (第2図左). これを噴出期別にみると,両岩系それぞれについて $I \rightarrow II 1 \rightarrow II 2 \ge T$. FeO に富む方向に変化した傾向が認められる(第2図 左右の図を重ねてみよ).活動期毎に両岩系の区分境界が T. FeO に富む方にずれたわけで,それは成因論上重要なことであろう.



Fig. 2. Total FeO-MgO-Alk. diagram for the lavas of Kirisima volcano. Pi: pigeonitic rock series (solid circles), Hy: hypersthenic rock series (open circles), I, II₁, II₂: volcanic stage (refer to Table 1), Arrows show the direction of change.

3. SiO_2 -S. I. *, (FeO+Fe₂O₃)-S. I. (第3図)

a) S.I. の減少に伴い SiO₂ が増大しはじめ, FeO+Fe₂O₃ が減少しはじめる S.I. 値は, "しそ輝 石岩系"の方が"ピジョン輝石岩系"よりも大である. これは"しそ輝石岩系"の方が酸素分圧 Po₂ が高かっ たことを示すものと解される(久野, 1965; TANEDA, 1966 等).

b)活動期(I, II1, II2)別にみると、上述のFeO +Fe₂O₃の最大値に対応するS.I. 値はI>II1>II2 の関係にあり(第3-A図),酸化環境がI, II1, II2 と順次衰えたことを示しているとみることができる. これは前述(II, 2)のT.FeO-MgO-(Na₂O+K₂O) 図における変化と調和する.図において、Po₂の高い マグマは結晶作用の進行に伴い、鉄分に富んでゆく程 度が低い(OSBORN, 1959; TANEDA, 1966).

c) 火丘の形態別にみると(第3-B図),上記と同様の手法により,(1)火口の大きな砕屑(スコリア)

*S.I. At Solidification index.

丘(H)は成層火丘(K)よりも Po₂ の高いマグマに由 来し(2) 楯状火山(A) はさらに Po₂ の高いマグマに 由来するものと考えられる.

マグマの Po_2 が高い状態は H_2O に富むマグマに おける H_2O が解離して H_2 が母岩中へ脱出すること によってえられると考えれば、上記(1)は理解できる が、(2) は Po_2 とマグマの H_2O の関係がもっと複 雑な場合のあることを示している.

Ⅳ. 火丘・火口の配列

火山の配列の意義については再認識の段階にあり, 側火丘の多い火山の火丘・火口の配列する方向に地盤 弱線(弱帯)があると考えるのは地質学的考えとして 普通のことである.

霧島火山においては、主な火丘・火口が北西一南東 方向に伸びた楕円状地域内に分布しており、活動期毎 に火丘・火口配列線を求めると第4図のとおり、いず れも飯盛山の北西6㎞位の所に収斂する。



第3図 (FeO+Fe₂O₃)-S.I. および SiO₂-S.I. 関係 Fig. 3. (FeO+Fe₂O₃)-S.I. and SiO₂-S.I. 固確 tions I>II₁>II₂ and A>H>K in Po₂. I (solid), II₁ (cross), II₂ (open): volcanic stage (refer to Table 1) A (solid): lavas of shield volcano ("Aspite"), H (cross): scoria building "Homate", K (open): lavas of stratovolcano including "Konide", M (triangle): Maar.

詳しくは、Ⅱ2期の火丘・火口配列線としては、御 池一大幡池爆裂火口 – 甑岳線、高千穂峰 – 硫黄山線 (韓国岳爆裂火口,不動池も近い),御鉢一新燃岳一白 紫池線が想定され、それらは飯盛山の北西の桃ケ迫・ 池牟礼付近に収斂する. Ⅲ1期の火丘・火口配列線の 収斂地点は、その1km余り南西にずれ、Ⅰ期のそれは さらに1km余り南西にずれているらしい. つまりこの 収斂地点は活動期毎に南西から北東へ移ったことにな る.

火丘・火口配列線が霧島火山の中心部ではなくて, 北西方の"加久藤カルデラ"内(ほぼ中央部)に収斂し ていること,さらに細かにみれば,収斂地点が活動期 毎にわずかながら北東方向へ移ったことは興味深いこ とである.一方,夷守岳,大幡池,大幡山,新燃岳が 上述の配列線の収斂地点付近を中心とする円弧上に乗 ることも注目に値する.

V. 温泉・噴気帯の分布と噴気作用

1. 霧島火山の温泉・噴気帯 本火山の南西山腹に 多く,温泉・噴気・変質帯の大部分は牧園安山岩,栗 野安山岩および白鳥安山岩の分布地域に集中している が,一部は大浪池下部熔岩や韓国岳北西の硫黄山・え びの高原に認められる.

名称を列挙すると,大良湯・金湯・鉾投・丸尾・湯 之池・手洗・林田・湯の谷・銀湯・白水沢・鳥地獄・ 栄の尾・明礬・湯之野・栗野・山城・新湯・海老野・ 硫黄山などである。それらの主なものは,北西一南東 方向に4列に並んでいて,この配列線は前述の I 期の 火丘・火口配列線の南西側に位置する(第4図).

2. 噴気作用 その最盛期は南西から北東に向って 移ったことが、丸尾・林田・栄の尾および明礬地区で みられる. (丸尾で変質帯の周辺にある未変質の熔岩 が、林田では変質しており、それが新鮮な熔岩に覆わ れ、その熔岩が栄の尾・明礬では激しく変質している (沢村・松井、1957). 噴気活動は、その最盛期は南西 方程早く終わったが、その後も長く続いているわけで ある.

3. 噴気地帯の泉温・泉質(PH) これらを温泉・ 噴気口配列線(第4図)別に示すと第5図のようにな り,温泉の酸性度の減少と泉温の下降とが相伴うこと



第 4 図 霧島火山の火丘・火口・温泉・噴気帯の配列を示す(第7図参照)Fig. 4. Showing the cones, craters, hotsprings and fumaroles rows of Kirisima volcano.

- Crater: B Byakusi-ike, E Ebōsi-dake, Eb Ebino(-dake), F Fudo-ike, Ft Futatuisi, H Hinamori-dake, Im Iimori-yama, Iw Iwo-yama, K Karakuni-dake, Ks Kosiki-dake, M Miike, Mr. Maruoka-yama, N Naka-dake, O Ohati, Oh Ōhatayama, Ohi Ōhata-ike, On Ōnami-ike, R Rokkannon-ike, S Sinmoe-dake, Sg Sagari-yama, Sr Siratori-yama, T Takatiho-mine, Y Yatake, Yt Yunotani-dake.
- Hotspring & fumarole: eb(Eb) Ebino, g Ginyu, hk Hokonage, h Hayasida, iwd Iwodani, k Kinyu, kr Kurino, m Myoban, mr Maruo, s Sinyu, sb Sebian, sr Siratori, sz Sirōzuzawa, t Torizigoku, te Tearai, yi Yuno-ike, yn Yunono, yt Yunotani.

が多く,泉温は各帯とも北西方が高く南東方が低い傾向にあることが分る.これは注意さるべきことである.

VI. 火山現象・地震現象の検討

1. 火山活動 霧島火山の有史時代(II2期に属す る)の活動を概観すると,9,10,13~14世紀頃150 ~300年の長い活動休止期間があるが,その他の期間 には,かなり頻繁に活動している.近年は御鉢と新燃 岳が交互に活動期に入っているとみられる.御鉢と新 燃岳火口は一つの火口配列線上にあると考えられるこ とは前述した.活動のII2期の火丘・火口配列線は, この他に,御池一大幡池爆裂火口一甑岳線,高千穂峰 一硫黄山線が考えられ,これらは飯盛山北西方の池牟 礼・桃ケ迫付近に収斂することはすでに述べたとおり である.

ここで留意さるべきことは, 噴出物の SiO₂ 分の地 理的分布において, 南東端に位置する御池で SiO₂ 67 に達する酸性岩を噴出していることである(他の場所 では SiO₂ 50~61 である). これは特に分化作用の進 んだもので,"マグマ溜り"からのマグマ通路が長いこ とと関係が深いと解すれば霧島火山のマグマ源は霧島 火山の中央部よりも北西方にずれて,いわゆる"加久 藤カルデラ"内にあることが考えられる. 温泉・噴気 帯の泉温(地温)が南東部で低く,北西部で高い傾向 にあることも,これと調和的現象であるとみることが できる.

なお附言すれば火丘・火口配列線の収斂地点が,活 動期(I,II,II2)毎に南西から北東へ移ったことは, 噴気活動の最盛期が南西から北東へ移った事実とも調 和するようにみえるが,これらのことは,わが国付近 の火山活動の張り出し,波及性(種子田,1948,1954, 1975等)と合わせて考察さるべき問題であるかもしれ ない.

2. 地震の震源の分布 近年の霧島火山に関係する





Fig. 5. PH values and temperature of hotsprings in the geothermal area of Kirisima volcano.
1~4: hotsprings and fumaroles rows in Fig. 4.
eb~k: refer to Fig. 4.

と思われる地震において, 震源が浅く地表活動に関連 するもの(新燃岳, 1959年2月)の他,たとえば1961 年の飯盛山群発地震のように,震源がやや深いものが 集中的に起こっている(第6図 MINAKAMI, et al., 1968).1968年の"えびの地震"の震央(気象庁, 1969) は飯盛山の北西地域で火丘・火口配列線の収斂地点付 近である.本地域の震源分布は霧島火山中央部から飯 盛山の北方に深くなる傾向を示している.さらにえび の地震に際して聞かれた地震音の発生地(大塚, 1968) が上記の火丘・火口配列収斂地域に一致し,そこが地 層の著しく擾乱した地域であることも偶然の一致とは 考え難い(第7図).これらの事実は前記のような霧 島火山のマグマ源が霧島火山中央より北西方に偏って 加久藤カルデラ内にある可能性を支持するものではな かろうか.

Ⅷ. 火山の割れ目

火丘・火口を多数有する火山において、それらがあ る方向に並ぶとき、それらの配列線は地盤の割れ目を 示すもので、この割れ目はマグマ上昇の通路となるな ど火山作用の重要な役割りを担うものと考えられてい る. この割れ目の生成そのものについては、それがマ グマの存在・圧力の変化によるものであるのか、ある いは割れ目の形成が広域的平均的応力場を示す有力な



- 第6図 1961~1966年の霧島火山の地震の震央 ・震源を示す
- Fig. 6. Epicenters and hypocenters of earthquakes originating from Kirisima volcano in 1961~1966. Solid circles indicate those of Iimoriyama earthquake swarm. Open cireles are those of A type earthquakes. Shaded area is the epi central and hypocentral area of earthquake at the time of the 1959 Sinmoe-dake Eruption (Minakami et al., 1968).

手がかりであるのか、個々の火山についてどちらに重 みがあるのかといった問題があるようである.

霧島火山の場合,前述の諸事実の中には,火丘・火 口配列線つまり割れ目の生成の要因として広域応力場 を想定すべき積極的根拠の明らかなものはなく,配列 線の収斂地点付近("加久藤カルデラ")地下における



第 7 図 えびの地震の震央地域(A 図円内,気象庁,1969)と地震音源(B 図円内, 大塚,1968). 両者は火丘・火口配列線の集斂地点に一致している.

Fig. 7. Circles show the epicentral area (left map) and the sound source area (right map) for the Ebino earthquake in 1968.

マグマの圧力変化によると解釈してよさそうなものが 少くない(特にVIを参照のこと).

₩. まとめ

1. 霧島火山は大小20余りの火丘・火口の集合体で、 それらは形成期により第Ⅰ期,第Ⅱ1期,第Ⅱ2期に三 大別される."コニーデ"・成層火山をなす熔岩は"ホ マーテ"をなすスコリア類に比較して多少 Po2 が低か ったことが,化学組成の検討からうかがえる.また楯 状火山をなす熔岩が Po2 が最も高かったことは Po2 と水蒸気圧との関連上注意すべきことである.

 Total FeO-MgO-Alk. 三角図で、しそ輝石 岩系とピジョン 輝石岩系の分布境界は、活動期(I, Ⅱ1, Ⅱ2) 毎に多少違い、新期程 Total FeO に富む 方に移ったことは重要である.

3. 火丘・火口の配列線 (大略 SE-NW) は飯盛山 の北西,池永・桃ヶ迫付近に収斂する. この配列線に 直交する円弧状の配列線もある. 活動期(I, Π 1, Π 2) 毎に配列線を求めると収斂地域は南西から北東方向へ $I \rightarrow \Pi$ 1 \rightarrow Π 2と移ったと考えられる.

4. "地熱地帯"(温泉・噴気・変質帯)は霧島火山 の南西部を占め、火丘・火口配列線に近い SE-NW 方 向に並ぶ4帯に分けられるが、噴気活動の最盛期は南 西から北東へ移ったことが地質的に認められる. (こ れら3,4は、火山活動の張り出し・波及性(種子田, 1948, 1975)と合わせ考察されるべきことであるかも しれない.) 5. えびの地震の震源地域や地震音発生地区が火丘 ・火口配列線の収斂地域と一致しており,そこが地層 擾乱地帯であることは興味深い. 霧島火山の地震源が, 御鉢・新燃岳直下から北西方飯盛山北方に向って深く なることや, 霧島火山の噴出物が,南東端地域(御池) で最も酸性でマグマ源が北西方に偏っている可能性を 示し,地熱地帯の温度が南東に低く北西に高い傾向も 認められ,火丘・火口配列線は広域的応力場のみなら ず,マグマ圧力の変化によることも考慮さるべきこと を示しているように思われる. 加久藤カルデラの形態 ・性格について示唆を与えるところが多い.

本研究に要した費用の一部は"G.D.P"より補助された.図の作成は,岩渕陽子補助員の助力による.

- 献
- 気 象 庁(1969): えびの地震調査報告. 69, p.8. 神沼克伊他(1974): 新燃岳・高千穂付近の地震活動. 火山, 2集, 19, 1-10.

文

- 久野 久(1965): カルクアルカリ岩系に関する問題点. 岩鉱, 53, 131-142.
- MINAKAMI, T. et al. (1968): The 1959 Eruption of Sinmoe-dake and the 1961 Iimori-yama Earthquake Swarm. Bull. Earthq. Res. Inst., 46, 965-992.
- 小田亮平(1922): 霧島火山地域地質調査報文. 震災予防調査会報告, 96, 1-65.
- OSBORN, E.F. (1959): Role of oxygen pressure in the crystallization of basaltic magma. Amer. Jour. Sci., 257, 609-647.
- 大塚道男(1968): えびの地震群に伴う地震音の発生源. 地震, 2 集, 21, 240-242.

沢村孝之助・松井和典(1957): 5万分の1地質図「霧

島山」および同説明書. p.58.

- 柴田秀賢(1969): 霧島火山形成史. 地質, 75, 503-508.
- 進野 勇(1966): 霧島火山の岩石学的研究. 岩鉱, 56, 56-74.
- 種子田定勝 (1948): "本邦の火山について"附言.地 質, 54, 39-40.
- TANEDA, S. (1954): Geological and Petrological Studies of the "Shirasu" in South Kyushu, Japan. Part I. Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. D, 4, 167-177; (1957) Part II. Do. 6, 91-105.
- 種子田定勝(1954):本邦の火山について一活動の波及 性(抄報)・岩鉱, 38, 1-8.
- 種子田定勝他(1959): 霧島火山新燃岳1959年2月の爆 発・地質, **65**, 703-704.
- 種子田定勝(1962): 本邦の花こう岩類および火山岩類 の化学成分上の類似性予報.地質, 68, 118-124.
- TANEDA, S. (1962): Frequency distribution and average chemical composition of the volcanic rocks in Japan. *Mem. Fac. Sci.*, *Kyusyu Univ.*,

Ser. D, 12, 237-255.

- 種子田定勝(1963): 霧島東辺の Pyroclastic flow に ついて (要旨). 地質, 68, 328.
- 種子田定勝(1963): 軽石流のある性質,特に霧島東辺 の軽石流 (要旨).火山,第2集,8,43.
- TANEDA, S. (1966): The petrogenetic significance of the vapour pressure in magmas. Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. D, 17, 311-330.
- 種子田定勝(1966): マグマの生成・固結における蒸気 圧の重要性. 岩鉱, 56, 1-20.
- (1975):本邦火山活動の波及性.九大理研報(地質学の部),12,101-109.
- TANEDA, S. (1975): Geological and petrological studies of the "Shirasu" in south Kyushu, Japan. Part VIII. Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. D, 33, 295-301.
- 山崎達雄他(1975): 霧島火山の活動地帯の地すべり・ 崩壊. 第12回自然災害シンポジウム.
- 吉田哲雄(1974): 霧島地熱地域における変質帯につい て. 地熱, 11, 35-45.