

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-Momogasaki 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 $\text{SiO}_2\text{-S.I.}$ relations show that the lavas of stratovolcano including Konide, are lower in Po_2 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 Po_2 and PH_2O 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*

霧島火山は宮崎・鹿児島両県境に、北西—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。

熔岩流からなる広大な楕状火山(“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—輝石安山岩質の楕状火山(“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—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)

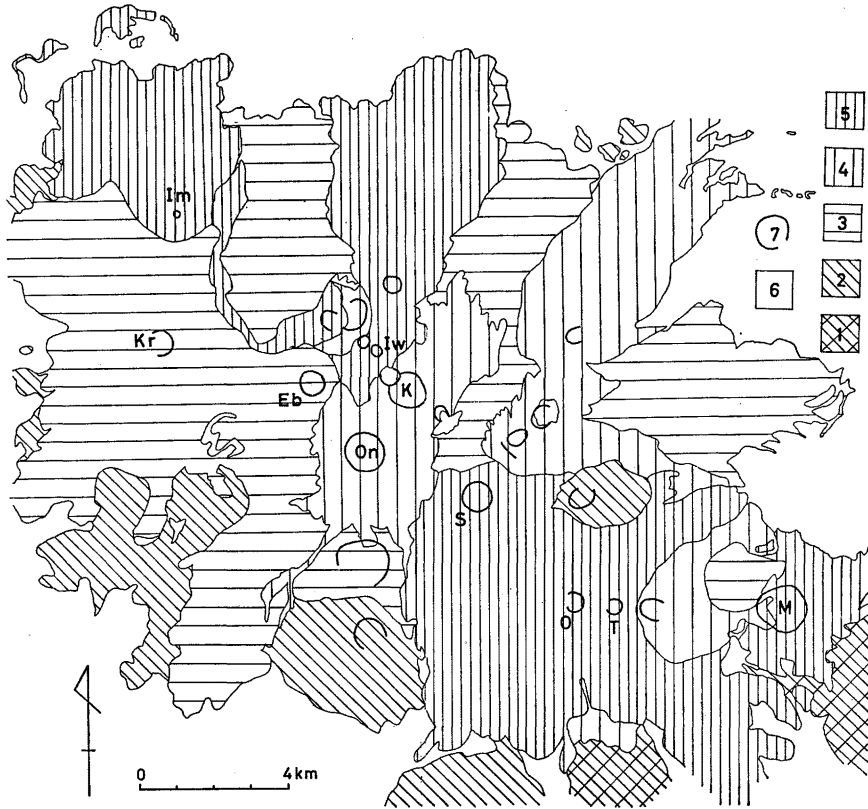
を堆積した大規模の始良火山軽石流の活動期(Pleistocene 末期)より前(Ⅱ1期)のものとは後(Ⅱ2期)のものに分けられる。霧島火山の成り立ちを表示すると第1表ようになる。*

熔岩類は“ビジョン輝石岩系”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. SiO_2 50~67%にわたり、活動期毎にみるとⅠ期51~61, Ⅱ1期50~58, Ⅱ2期52~67(御池)である。御池 SiO_2 67 が新期に、この火山の南東端において噴出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



第1図 霧島火山地質概略図

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。

Table 1. Construction of Kirisima Volcano.

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

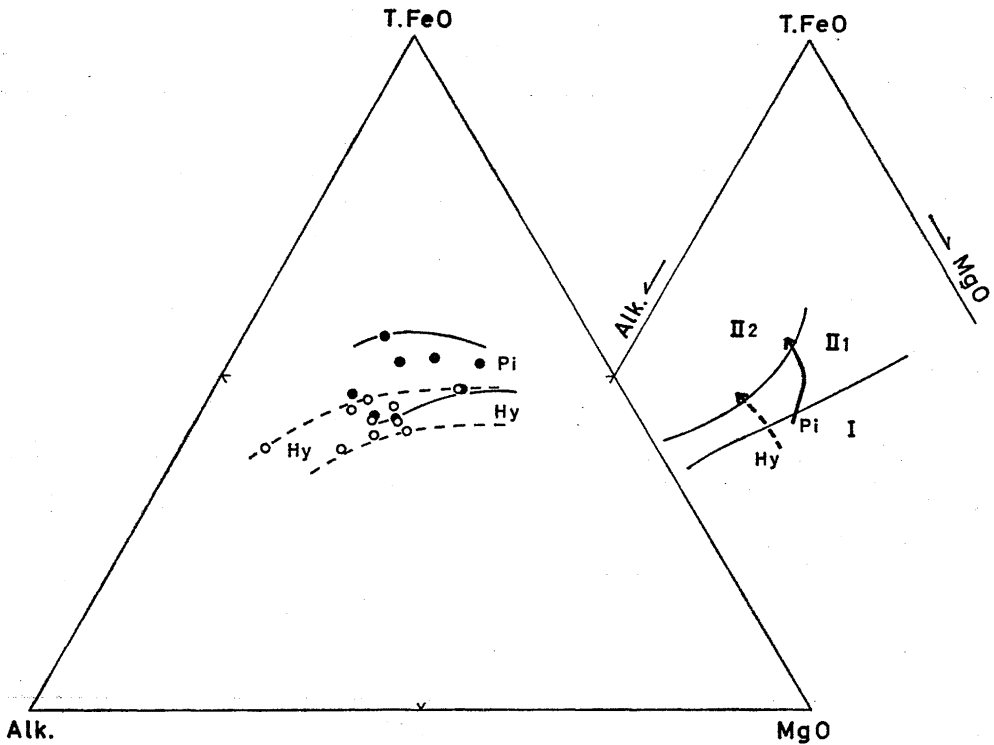
Abbrev. A Aspite (shield volcano), H Homate (scoria cone with large crater),
 K stratovolcano including Konide, M Maar
 (Apo) hornblende-olivine-pyroxene-andesite, (Bo) olivine-basalt,
 (Rhb) biotite-hornblende-rhyolite
 pyroxene means clino and/or ortho pyroxene.

類平均値 (種子田, 1962; TANEDA, 1962) に比較してアルカリに富むが $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 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. ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) 図

“ピジョン輝石岩系” 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→II1→II2と 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。



第 2 図 Total FeO-MgO-Alk. (Na₂O+K₂O) 三角図

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

3. SiO₂-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(III, 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)

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。

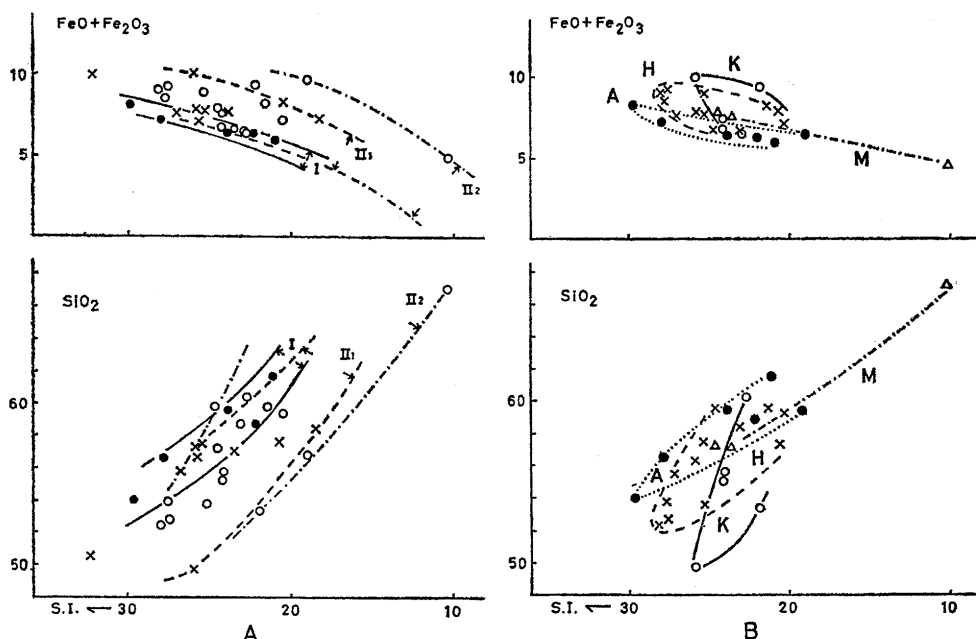
マグマの Po₂ が高い状態は H₂O に富むマグマにおける H₂O が解離して H₂ が母岩中へ脱出することによってえられると考えれば, 上記(1)は理解できるが, (2)は Po₂ とマグマの H₂O の関係がもっと複雑な場合のあることを示している。

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-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 km 位の所に収斂する。

*S. I. は Solidification index.



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. diagrams, showing the relations 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—大幡池爆裂火口—甕岳線，高千穂峰—硫黄山線（韓国岳爆裂火口，不動池も近い），御鉢—新燃岳—白紫池線が想定され，それらは飯盛山の北西の桃ヶ迫・池牟礼付近に収斂する。II₁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

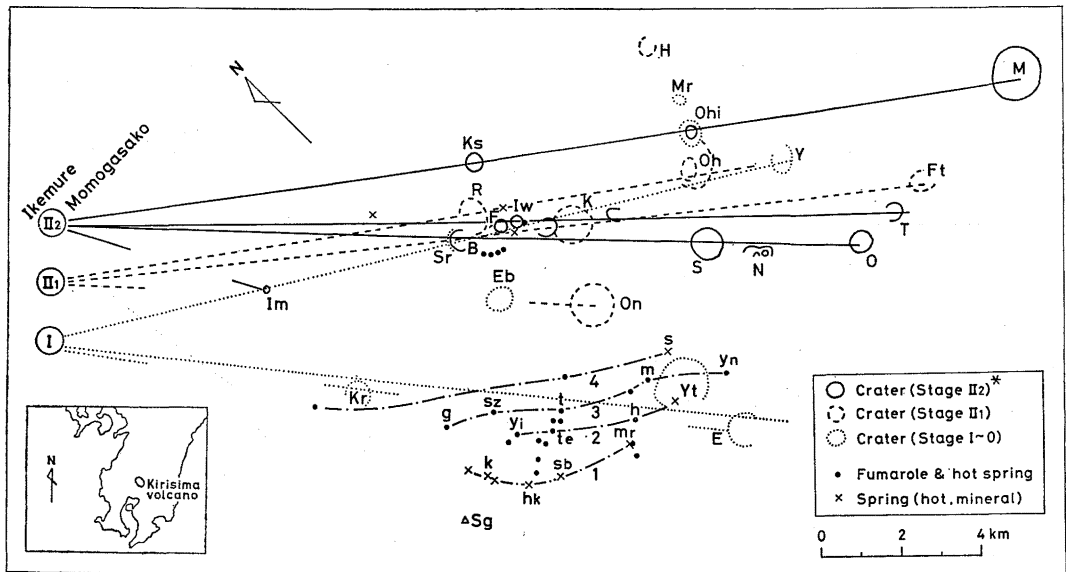
1. 霧島火山の温泉・噴気帯 本火山の南西山腹に多く，温泉・噴気・変質帯の大部分は牧園安山岩，栗

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・湯の野・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—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方向へ移ったことが，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向早く終わったが，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, hot springs 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 Ōhata-yama, 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飯岳線、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・桃ヶ追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, II1, 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 近年の霧島火山に係する

Zone No. Area	PH(spring)			PH(exuded solut.)					Temp.(spring)				
	2	4	6	2	4	6	8	10	20	40	60	80	100 c°
4 eb iw s kr	—	—	—	••	••	••	••	••	—	—	—	—	—
	—	—	—	••	••	••	••	••	—	—	—	—	—
	—	—	—	••	••	••	••	••	—	—	—	—	—
	—	—	—	••	••	••	••	••	—	—	—	—	—
3 yn m t g	—	—	—	••	••	••	••	••	—	—	—	—	—
	—	—	—	••	••	••	••	••	—	—	—	—	—
	—	—	—	••	••	••	••	••	—	—	—	—	—
2 yt te yi	—	—	—	••	••	••	••	••	—	—	—	—	—
	—	—	—	••	••	••	••	••	—	—	—	—	—
1 mr iwd hk k u	—	—	—	••	••	••	••	••	—	—	—	—	—
	—	—	—	••	••	••	••	••	—	—	—	—	—
	—	—	—	••	••	••	••	••	—	—	—	—	—
	—	—	—	••	••	••	••	••	—	—	—	—	—

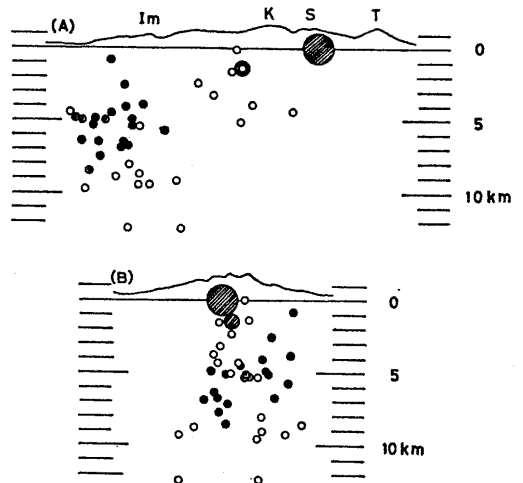
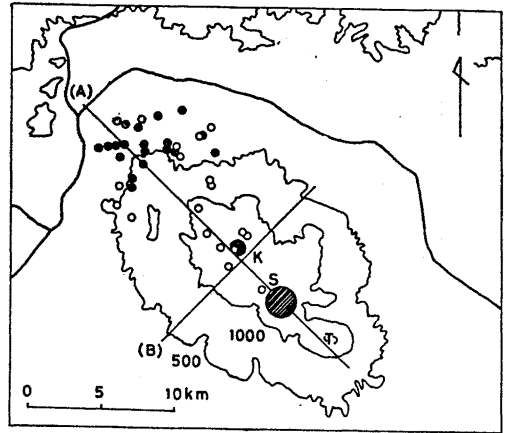
第 5 図 霧島地熱地帯における温泉の温度と PH 値 (吉田, 1974; 等参照)

Fig. 5. PH values and temperature of hot-springs in the geothermal area of Kirisima volcano.
1~4: hot-springs 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。

Ⅶ. 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

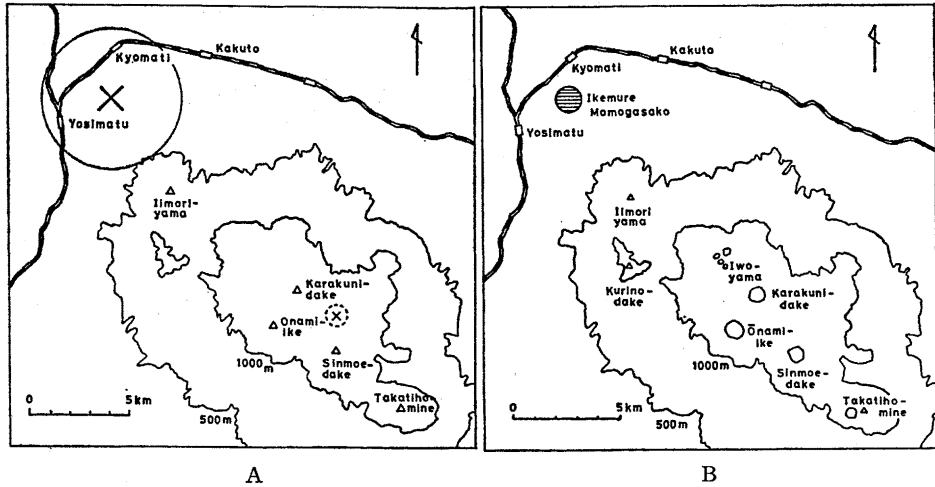


第 6 図 1961~1966年の霧島火山の地震の震央・震源を示す

Fig. 6. Epicenters and hypocenters of earthquakes originating from Kirisima volcano in 1961~1966. Solid circles indicate those of Iimori-yama earthquake swarm. Open circles are those of A type earthquakes. Shaded area is the epicentral 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ない (特にVIを参照のこと)。

VIII. 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 PO_2 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 PO_2 が最も高かったことは PO_2 と水蒸気圧との関連上注意すべきことである。

2. 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、新时期 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, II1, II2) 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→II1→II2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けて深くなることや、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す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、岩淵陽子補助員の助力による。

文 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.
 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告. 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—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., Kyushu 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.