

## 豊肥地熱地域の火山岩の K-Ar 年代と古地磁気

須藤 茂\*

SUTO, Shigeru (1985) K-Ar age and paleomagnetic study of volcanic rocks from the Hohi geothermal area, Kyushu, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 36(3), p. 119-136.

**Abstract:** Paleomagnetic study and K-Ar age determinations were carried out in the Hohi geothermal area for those poorly correlated volcanics that had been erupted after the Ohno volcanics (ca. 13 Ma) and before the Aso, Kuju and other youngest volcanics. The age data indicate that the volcanic activity in this area took place almost continuously at least during the past four million years and that there was a period of quiescence of volcanic activity between 13 Ma and 5 Ma.

The volcanic rocks in the central part are younger than 1 Ma with normal magnetic polarity. On the other hand, those in the western and eastern parts are somewhat older with normal and reversed magnetic polarities, being 1-3 Ma and 1-2 Ma, respectively; the oldest units (3-5 Ma) among the studied volcanics are distributed in the northern part. There is no systematic variation with time in the chemistry or mode of eruption of the volcanics.

## 1. はじめに

大分・熊本両県にまたがる豊肥地域には広く火山岩が分布する(以下第1図に示した範囲を豊肥地域と呼ぶ)。この地域では各火山岩体の大部分の形状が塊状もしくは厚いレンズ状であること、岩質のよく似た火山岩が互いに離れて分布することが多いなどの理由から各々の岩体の新旧関係を野外で直接観察することが困難である。

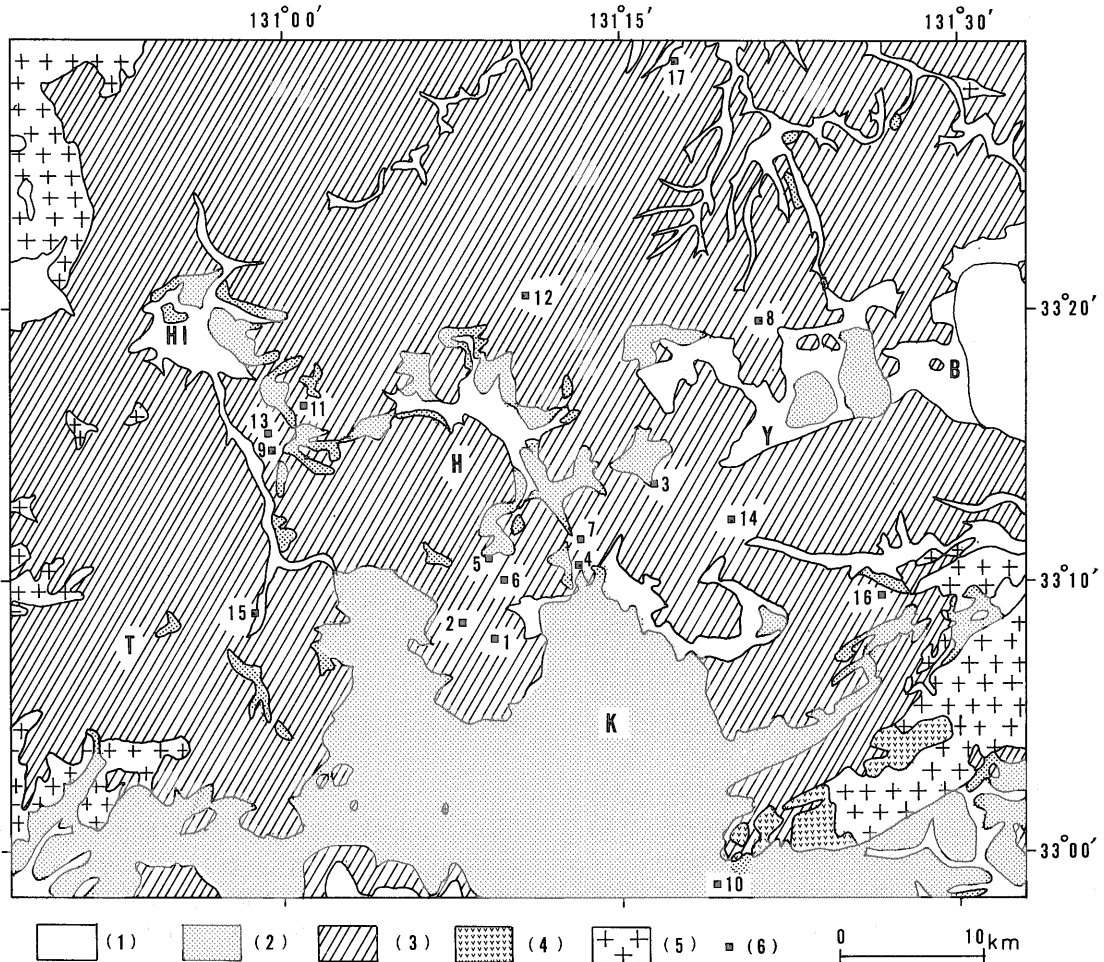
豊肥地域では近年火山岩の絶対年代測定が多く行なわれ、測定値の数は本報告作成の段階で K-Ar 法、フィッショントラック法合わせて 300 以上ある。しかしながらそれらの中で試料採取地の正確な位置、試料の記載、産状等が公表されている例は非常に少ない。また同一層準からの試料を異なる分析法で測定した場合に、両者の年代値が異なる例もある。最近の約 300 万年間程度の火山岩の年代決定と対比を行なうに際しては、絶対年代測定と古地磁気測定を併用することによってより正確な結果を得られると予想されるが、豊肥地域では古地磁気測定(古賀, 1982; 長瀬, 1979)と年代測定(第2表の年代の欄参照)とはそれぞれ別個に行なわれており、相互の資料を検討した報告例はない。そのため本研究では既存の年代測定値資料のある岩石試料の古地磁気測定、フィッショントラック年代測定値のある岩石試料の K-Ar 年代測定及び既存の年代資料のないいくつかの火山岩試

料の K-Ar 年代測定を行なった。

## 2. 地質の概要

先第三紀基盤岩は第1図の周縁部に露出し、古生代の変成岩類及び中生代の貫入岩類と大野川層群からなる(以下本章の地層名は豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982)が用いたものを使用する。第1表参照)。新第三系も第1図の周縁部に分布するが、その中では大野火山岩類、宇佐層群の一部及び木ノ子岳安山岩などの K-Ar 年代が示されている。大野火山岩類は約 13-14 Ma (柴田・小野, 1974 など) であるのに対し、宇佐層群の一部は約 5 Ma (鎌田ほか, 1984), 木ノ子岳安山岩などは約 3-4 Ma (巽ほか, 1980 など) である。このため新第三紀火山岩の中では大野火山岩類のみが他の火山岩より著しく古いと考えられるので第1図には大野火山岩類のみを分けて示し、他の新第三紀火山岩は第四紀火山岩の一部も含めて先阿蘇・九重火山岩類として一括して示した。以下本論での先阿蘇・九重火山岩類は豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982)が示した地層区分(第1表)のうち宇佐層群、旧期黒色安山岩類、玖珠層群及び相当層、豊肥火山岩類、豊後火山岩類、及び新期火山岩類前期などの火山岩類の総称を意味する。先阿蘇・九重火山岩類のうち宇佐層群及び旧期黒色安山岩類は第1図の北部(宇佐は第1図の北外側に位置する)及び西部の鯛生地区に分布する。玖珠層群及び相当層、豊肥及び豊後火山岩類は第1

\* 地熱熱部



第1図 豊肥地域の地質略図 大分県(1971)及び豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982)を一部変更し簡略化した。  
 (1)沖積層など、(2)阿蘇・九重・由布・鶴見火山岩類、(3)先阿蘇・九重火山岩類、(4)大野火山岩類、(5)先第三紀基盤岩類、  
 (6)K-Ar年代測定試料採取位置。  
 HI: 日田, H: 万年山, Y: 湯布院, B: 別府, K: 九重山, T: 鯛生。

図のほぼ全域にわたって広範に分布し、その一部は後に述べる阿蘇・九重火山噴出物に覆われている。新期火山岩類前期噴出物は第1図の中央のやや南東の九重火山付近から別府付近にかけて分布する。先阿蘇・九重火山岩類の中の層序の問題点については次章に述べる。

阿蘇カルデラの北縁は第1図の南端に位置し、噴出物は阿蘇火砕流堆積物として広く分布する。阿蘇火砕流堆積物はカルデラの近傍では広く斜面を覆っているが、遠方では谷埋め型となっている。九重火山噴出物は急斜面で囲まれた山体を形成しているほかに火砕流として周囲に分布するが、その分布域は半径約20 km以内であり、阿蘇火砕流のそれと比較すると狭い。第1図では別府西方の由布及び鶴見火山を阿蘇・九重火山と同じ単元とし

て示した。

### 3. 先阿蘇・九重火山岩類の地層区分上の問題点

近年火山岩の絶対年代測定が行なわれるようになり、先阿蘇・九重火山岩類についてもいくつかの試料の年代値が示された。それらのうち本報告に関係のある値を以下に簡単に紹介し、地層区分上の問題点を示す。以下本章では原著者の使用した地層名等には「」を付けて示す。

渡辺ほか(1983)は「日向神溶岩」のフィッシュン・トラック年代を8つ示したが、その値は0.42 Ma-2.85 Maと幅広い範囲を示した。ただしここで「日向神溶岩」と

第1表 豊肥地域の地質層序表\*

| 時代          |                  | 地層区分                            |                  |                                      |
|-------------|------------------|---------------------------------|------------------|--------------------------------------|
| 第<br>四<br>紀 | 完新世              | 沖積層                             |                  |                                      |
|             |                  | 扇状地・崖錐堆積物<br>及び降下火山灰            |                  |                                      |
|             | 更<br>新<br>世      | 段丘堆積物                           |                  |                                      |
|             |                  | 新<br>期<br>火<br>山<br>岩<br>類      | 後期               | 阿蘇・九重・由布・鶴見火山群                       |
|             |                  |                                 | 前期               | 涌蓋山溶岩など, 鹿伏岳溶岩など                     |
|             |                  | 豊後火山岩類                          |                  | 万年山溶岩, 日向神溶岩, 耶馬溪溶結凝灰岩               |
|             |                  | 豊肥火山岩類<br>及び相当層                 |                  | 筑紫溶岩, 鹿倉安山岩, 今市火砕流                   |
|             |                  | 貫入岩類                            |                  |                                      |
|             |                  | 玖珠層群<br>及び相当層                   |                  | 玖珠層群, 中村火砕流, 生竜溶岩<br>由布川火砕流, 耶馬溪層下部層 |
|             | ?                |                                 |                  |                                      |
| 第<br>三<br>紀 | 新<br>第<br>三<br>紀 | 鮮<br>新<br>世<br>—<br>中<br>新<br>世 | 貫入岩類             |                                      |
|             |                  |                                 | 旧期黒色安山岩類         | 木ノ子岳安山岩など                            |
|             |                  |                                 | 宇佐層群             |                                      |
|             |                  |                                 | 碩南層群及び<br>相当火山岩類 | 大野火山岩類                               |
|             | 古第三紀             |                                 | 古第三系             |                                      |
| 中<br>生<br>代 | 大野川層群            |                                 |                  |                                      |
|             | 貫入岩類             |                                 |                  |                                      |
| 古<br>生<br>代 | 変成岩類             |                                 |                  |                                      |

\*豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982)を簡略化

は大分県(1971)及び宮久(1972)の「日向神溶岩その他」を取り扱っており, それらは日向神(第1図の西方外側)の角閃石安山岩とよく似た岩相を示す所属不明の岩体全てに対してつけられた名称である。豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982)は「日向神溶岩」を「豊後火山岩類」に含めたが, 松本(1977)により「豊後火山活動」噴出物の一部とされた「日向神角閃石安山岩」は松本(1982)では「豊後火山活動」の噴出物としては記載されておらず, 後に述べる「豊肥火山活動」よりも古い時代

の溶岩とされている。松本(1982)が引用した「日向神(溶岩?)」の年代 2.9 Ma は渡辺ほか(1983)が示した日向神地区の「日向神溶岩」のフィッション・トラック年代  $2.85 \pm 0.49$  Ma に相当する。豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982)が「豊後火山岩類」に含めた地層の中ではほかに万年山の「万年山溶岩」の K-Ar 年代として  $0.7 \pm 0.3$  Ma (鎌田ほか, 1982), 万年山南方の「万年山溶岩」のフィッション・トラック年代  $0.53 \pm 0.06$  Ma (磯ほか, 1979), 日田市南東方の耶馬溪溶結凝灰岩のフ

フィッシュン・トラック年代 0.40 Ma (松本ほか, 1977) などがそれぞれ報告されている。

「豊肥火山岩類」については地層名の用法は報告者によって異なる。松本(1963)の「豊肥火山活動」は北中部九州の更新世初期の火山活動の総称であり、その活動の末期に噴出した輝石安山岩溶岩を「筑紫溶岩」とした。その後松本ほか(1973)は更新世前期の後半の噴出物を「豊肥火山岩類」と呼び、それより下位の「玖珠層群」との間に不整合を考えた。さらに松本(1982)は約 0.6 Ma-2.0 Ma の「豊肥火山活動」の末期の約 0.6-0.8 Ma に「豊肥溶岩」を、その下位の約 0.8 Ma-2.0 Ma に「玖珠層群」を位置づけた。松本ほか(1973)の「玖珠層群」中の火山岩はデイサイト及び流紋岩であるが、松本(1982)の「玖珠層群」には輝石安山岩も含まれる。したがって松本(1982)では絶対年代値の得られた輝石安山岩のうち約 0.6-0.8 Ma のものは「豊肥溶岩」に、約 0.8-2.0 Ma のものは「玖珠層群」にそれぞれ含まれているのに対し、豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982)では上記の時代に相当する輝石安山岩は全て「豊肥火山岩類」に含まれている。

「玖珠層群」中の火山岩の絶対年代の報告例も多くあるが、フィッシュン・トラック年代と K-Ar 年代とはよい一致を示さず、たとえば「中村軽石流堆積物」については 2.3 Ma (F. T., 渡辺ほか, 1981) と  $0.5 \pm 0.3$  Ma (K-Ar, 鎌田ほか, 1982)、「生竜溶岩」については 1.06-1.26 Ma (F. T., 渡辺ほか, 1981) と  $0.5 \pm 0.3$  Ma (K-Ar, 鎌田ほか, 1982) の値がそれぞれ報告されている。既存の年代値だけでは「玖珠層群」の年代を決定するのは困難であると思われる。また「玖珠層群」は豊肥地域全体にわたって谷部に狭小に散在して分布する(豊肥地熱地域地質図編集グループ, 1982)が、それらが全て同時代の堆積物である証拠は示されていない。

以上に記した先阿蘇・九重火山岩類の中の層序区分の問題点をまとめると①同じもしくはよく似た地層名の定義が各報告によって異なることがある。②岩相の類似性と時代の同時性が混同されていることがある。③一部の試料については測定された年代値と火山岩の噴出年代との間に差のある可能性がある、などとなる。最大の問題点ははじめに述べたように火山岩体相互の新旧関係を野外で直接確認できる例が少ないことである。

#### 4. 古地磁気測定

古地磁気測定を行なった試料の一覧を第 2 表に示す。測定用試料は露頭からハンマーで定方位標本を採取した後、室内で円筒状に整形した。測定は消磁前、75 Oe 交

流磁場消磁後及び 150 Oe 交流磁場消磁後の 3 回スピナー磁力計を用いて行なった。150 Oe 交流磁場消磁後の各試料の磁化方位測定結果を第 2 図に示す。150 Oe までの交流磁場消磁による磁化方位の変化はいずれの試料についても小さかった。磁化強度は 150 Oe 交流磁場消磁後で最低  $1 \times 10^{-5}$  emu/cc, 最高  $9 \times 10^{-3}$  emu/cc であり、大部分の試料は  $10^{-4}$ - $10^{-3}$  emu/cc のオーダーであった。

各露頭あたりの測定試料数は 3 個を原則としたが、一部 1 個あるいは 2 個の場合もある。各露頭から複数個の試料を採取する際には互いに 1 m 以上離れるようにした。第 2 図に示したように各露頭毎の磁化方位の集中度は様々である。このうち溶岩、溶結凝灰岩及び非固結高温火砕流試料の集中度は良い。試料 no. 4 はブロック化した溶岩, no. 20, 30 及び 35 は少し変質した試料である。また no. 11, 15 及び 16 は露頭の前位置より傾動している可能性がある。また no. 38, 40 及び 45 は貫入岩である。

また本研究では図表に示していない岩石試料についてもその磁化方位をフラックスゲイト・マグネトメーターを用いて現場及び室内でいくつか測定した。

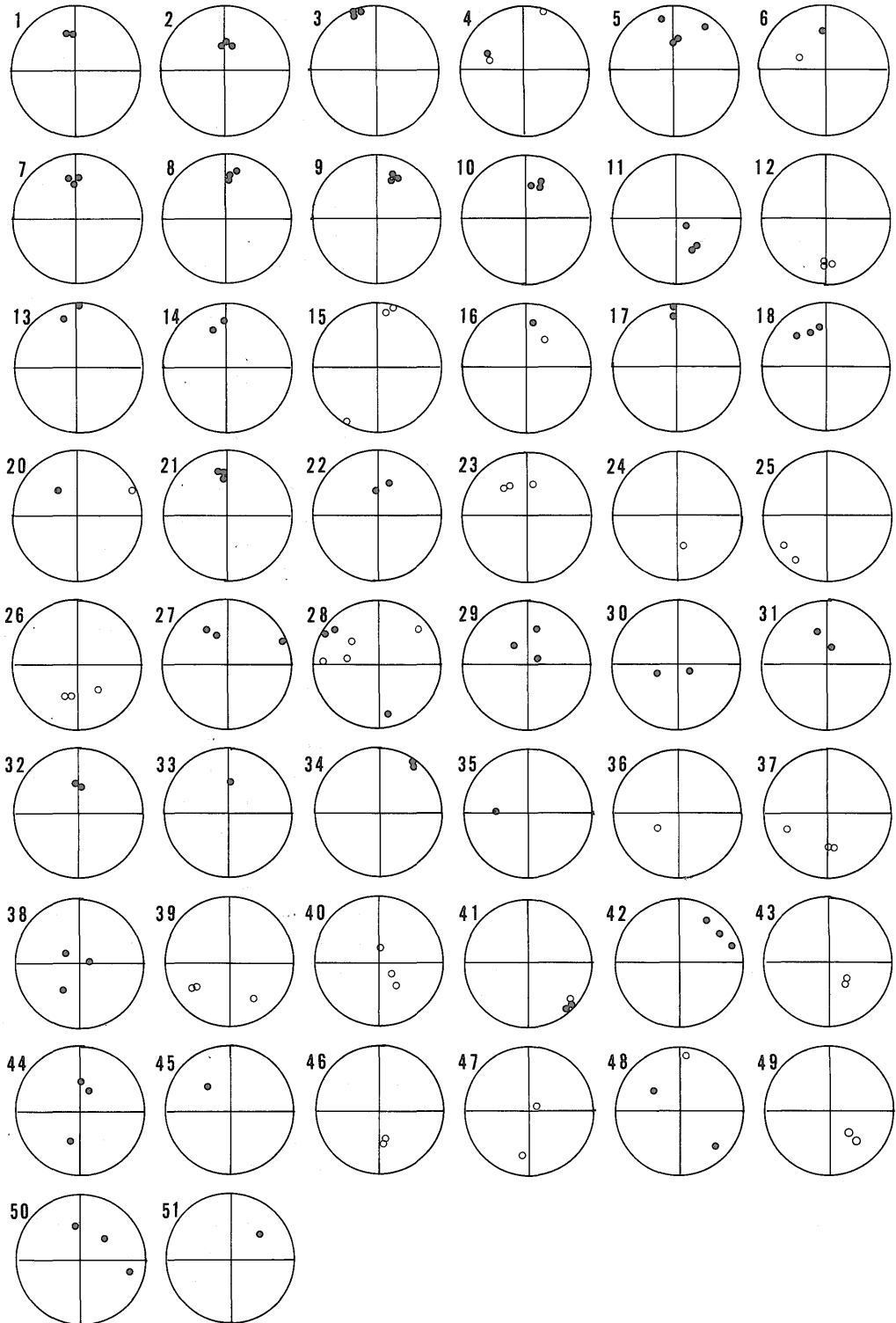
#### 5. 古地磁気測定

得られた結果の層序上の意義と問題点は第 7 章に記し、ここでは本地域で得られた古地磁気測定の一般的成果を記す。

豊肥地域にはしばしば台地状の溶岩が分布し、しかもそれらが何段か重なっていることがある。例えば万年山(第 3 図)付近には 4 段の平坦面が認められる。それぞれの平坦面は溶岩流の表面の一部が保存されたものと考えられる。それらの平坦面の標高、溶岩の岩質と帯磁方向を上から順に記すと約 1,140 m (第 3 図の R1) 面—普通角閃石黒雲母流紋岩—正帯磁, 約 1,050 m (同じく A1) 面—かんらん石含有斜方輝石単斜輝石安山岩—逆帯磁, 約 1,000 m (R2) 面—普通角閃石黒雲母流紋岩—正帯磁, 約 950 m (A2) 面—普通角閃石単斜輝石斜方輝石安山岩—逆帯磁である。更に万年山東方の標高 800 m 以下の平坦面を有しない輝石安山岩は正帯磁を示す。このように万年山周辺の狭い範囲内に上位から正帯磁—逆帯磁—正帯磁と異なる帯磁方向を示す火山岩の累重が明らかになった。

残留磁気の測定により非固結火砕堆積物の堆積温度が判定され、高温の火砕堆積物であるかどうか認識されることがある (ARAMAKI *et al.*, 1957)。第 4 図は大分県九重町滝上(第 1 図の no. 3)の露頭である。構成物は安山

豊肥地熱地域の火山岩の K-Ar 年代と古地磁気 (須藤 茂)



第2図 豊肥地域の先阿蘇・九重火山岩類の磁化方位 150 Oe 交流磁場消磁後  
 黒丸：下半球に投影，白丸：上半球に投影。

第2表 豊肥地域の先阿蘇・九重火山岩類の古地磁気測定試料一覧

| No. | 岩 石*                      | 試料採取地        | 東 経        | 北 緯       | 年代資料**   |
|-----|---------------------------|--------------|------------|-----------|--|
| 1   | Hb-bg opx-cpx and lava    | 大分県九重町震動ノ滝   | 131°13'41" | 33°09'57" |  |
| 2   | Hb-bg opx-cpx and lava    | " " 九酔溪北     | 131°12'59" | 33°10'41" | 0.7 ±0.2 K (1)<br>0.82±0.62 F (2)<br>0.81±0.18 F (3) |
| 3   | Hb-cpx-opx and lava       | " " 八丁原西     | 131°11'08" | 33°06'15" | 0.82±0.18 F (3)                                      |
| 4   | Hb-bg opx-cpx and lava    | " " 九酔溪      | 131°13'06" | 33°10'26" |  |
| 5   | Hb dac p.f.               | " " 中村北      | 131°12'39" | 33°13'32" | 0.5 ±0.3 K (4)                                       |
| 6   | Hb dac lava               | " " 生竜       | 131°10'13" | 33°11'49" | 0.7 ±0.3 K (4)                                       |
| 7   | Hb-cpx-opx and lava       | " " 川底       | 131°08'58" | 33°10'56" | 0.7 ±0.3 K (1)<br>0.82±0.16 F (3)                    |
| 8   | Ol-hb-cpx-opx and lava    | " " 菅原       | 131°09'40" | 33°10'02" | 0.8 ±0.2 K (1)<br>0.86±0.14 F (3)                    |
| 9   | Hb-bi dac lava            | " 玖珠町麻生釣北    | 131°07'01" | 33°11'21" |  |
| 10  | Qz-bg hb-bi dac lava      | " 九重町宝泉寺南東   | 131°10'35" | 33°11'05" | 0.5 ±0.3 K (4)                                       |
| 11  | Opx-cum-bg hb-bi dac lava | " 玖珠町万年山北    | 131°08'27" | 33°14'20" | 0.8 ±0.3 K (4)                                       |
| 12  | Hb-cpx-opx and lava       | " " 妙見神社     | 131°08'32" | 33°14'08" | 0.82±0.08 K (5)                                      |
| 13  | Opx-cpx and lava          | " " 滝瀬南      | 131°05'02" | 33°15'58" | 0.88±0.50 F (2)                                      |
| 14  | Opx-cpx-cum-hb dac w.t.   | " 天瀬町袋東      | 131°00'47" | 33°16'15" | 1.7 ±0.7 K (1)                                       |
| 15  | Hb-bg opx-cpx and lava    | " 大山町松原南西    | 130°59'20" | 33°11'52" |  |
| 16  | Cpx-opx-hb dac lava       | 熊本県小国町亀石山南南西 | 131°03'51" | 33°11'10" | 0.49±0.26 F (2)                                      |
| 17  | Opx-hb dac lava           | 大分県玖珠町ヒル石北西  | 131°05'05" | 33°11'07" |  |
| 18  | Hb-opx-cpx and lava       | " 九重町猪牟田     | 131°13'03" | 33°11'33" | 0.7 ±0.2 K (1)<br>0.81±0.30 F (2)                    |
| 20  | Qz-bg opx-cum-hb dac lava | " 九重町猪伏      | 131°14'04" | 33°13'38" |  |
| 21  | Opx-cpx and lava          | " 湯布院町湯平東    | 131°19'47" | 33°11'33" | 1.0 ±0.4 K (6)                                       |
| 22  | Cpx-opx-hb and lava       | " " 城ヶ島西     | 131°20'44" | 33°13'56" |  |
| 23  | Cpx-opx-hb and lava       | " " 中依南      | 131°20'38" | 33°14'06" |  |
| 24  | Bi-ol-cpx-opx-hb and lava | " " 上津々良     | 131°19'18" | 33°14'06" | 1.3 K (7)  |
| 25  | Cpx-opx-hb and lava       | " " " 南西     | 131°18'14" | 33°13'33" | 1.4 K (7)  |
| 26  | (Ol?)-cpx-opx-hb and p.f. | " " 鹿出       | 131°19'46" | 33°12'21" | 1.6 ±0.3 K (1)                                       |
| 27  | Cpx-opx-hb and p.f.       | " 九重町滝上      | 131°16'11" | 33°13'36" | 0.7 ±0.3 K (1)                                       |
| 28  | Opx-cpx-hb and p.f.       | 熊本県小国町山川東    | 131°07'53" | 33°08'28" | 0.9 ±0.3 K (1)                                       |
| 29  | Cpx-opx and lava          | 大分県天瀬町下園     | 131°05'31" | 33°09'07" |  |
| 30  | Bi-bg (px)-hb and lava    | " 上津江村浦西     | 130°58'27" | 33°06'38" | 3.69±0.36 F (8)                                      |
| 31  | Cpx-bg opx hb and lava    | " " " 南      | 130°58'54" | 33°06'08" |  |
| 32  | Hb-cpx-opx and lava       | " " 小川原北北東   | 130°59'36" | 33°05'35" |  |
| 33  | Opx-hb and lava           | " " " 北      | 130°59'32" | 33°05'33" |  |
| 34  | Cpx-bg opx-hb and lava    | " " " 北      | 130°59'30" | 33°05'28" | 3.44±0.41 F (8)                                      |
| 35  | Bi-bg opx-hb dac lava     | " " 松古賀南     | 130°58'19" | 33°05'35" |  |
| 36  | Cpx-opx and lava          | " " " 北東     | 130°58'01" | 33°06'04" |  |
| 37  | Opx-cpx-hb and lava       | " 中津江村原部     | 130°56'19" | 33°08'01" | 3.1 ±0.8 K (6)                                       |
| 38  | Opx-hb dac                | 福岡県黒木町日向神ダム  | 130°47'01" | 33°10'22" | 2.85±0.49 F (9)                                      |
| 39  | Hb-bi rhy p.f.            | 大分県中津江村宮田    | 130°58'48" | 33°08'51" | 2.1 ±0.2 K (1)                                       |
| 40  | Cpx-bg opx hb dac         | " " 下笠ダム南西   | 130°58'57" | 33°09'15" | 2.4 ±0.2 K (10)                                      |
| 41  | Qz-opx-cpx-hb and p.f.    | " " 瀬戸石      | 130°59'03" | 33°09'36" | 2.04±0.07 K (5)                                      |
| 42  | Opx-cpx and lava          | " 大山町松原西     | 130°59'18" | 33°11'55" | 1.6 ±0.5 K (6)                                       |

第 2 表 (つづき)

| No. | 岩 石*                         | 試 料 採 取 地    | 東 経        | 北 緯       | 年代資料**                               |
|-----|------------------------------|--------------|------------|-----------|--------------------------------------|
| 43  | Hb-opx-cpx and w.t.          | 大分県大山町花平     | 130°59'24" | 33°14'58" | 0.9 ± 0.3 K (1)<br>0.76 ± 0.17 K (5) |
| 44  | Qz-bg bi-cpx-opx-hb and p.f. | 〃 本耶馬溪町木ノ子岳東 | 131°10'20" | 33°26'50" | 3.14 ± 0.24 K (5)                    |
| 45  | Bi-bg opx-hb and             | 〃 〃 洞鳴瀑布     | 131°10'54" | 33°27'54" | 3.8 ± 0.6 K (6)                      |
| 46  | (Ol)-bg opx-cpx-hb dac lava  | 〃 玖珠町カルト山北   | 131°17'41" | 33°16'33" | 1.07 ± 0.15 K (5)                    |
| 47  | Opx-bg bi rhy lava           | 〃 〃 日出生台     | 131°14'47" | 33°18'38" | 1.17 ± 0.13 K (5)                    |
| 48  | Cpx-opx and lava             | 〃 九重町田尻南     | 131°12'41" | 33°16'32" |                                      |
| 49  | Opx-cpx-bi-hb and lava       | 〃 玖珠町伐株山     | 131°08'18" | 33°15'30" |                                      |
| 50  | Opx-cpx-hb and p.f.          | 熊本県小国町山川     | 131°07'07" | 33°08'27" |                                      |
| 51  | Bi-opx-bg cpx-hb and p.f.    | 〃 〃 山川       | 131°07'01" | 33°08'29" |                                      |

\* ol: olivine, cpx: clinopyroxene, opx: orthopyroxene, hb: hornblende, cum: cummingtonite, bi: biotite, bg: bearing, and: andesite, dac: dacite, rhy: rhyolite, p.f.: pyroclastic flow, w.t.: welded tuff.

\*\* K: K-Ar 年代, F: フィッション・トラック年代

(1) 本報告, (2) TAMANYU (1981), (3) 渡辺ほか(1981), (4) 鎌田ほか(1982), (5) 宇都ほか(準備中), (6) 大四ほか(1981), (7) 高島ほか(1981), (8) 林ほか(1982), (9) 渡辺ほか(1983), (10) 上村(投稿中).

岩塊及び同質の砂状物質からなり非固結である。しかしながら岩塊の岩質が単独一種であること及び岩塊の一部には表面から鉛直方向に急冷時にできたと思われる割れ目が入っていることから火砕流堆積物である可能性が考えられる。この露頭から安山岩塊を10個採取し、現場でフラックスゲイト・マグネトメータを用いて磁化方位の正逆を測定したところ全て正帯磁であった。この事から堆積物は非固結の高温火砕流堆積物と判断される。この方法により多くの露頭で非固結高温火砕流堆積物が認識された。第2表及び第2図ではほかに no. 5, 26, 39 及び41がこれに相当する。本地域では上記のような火砕流堆積物は一般に規模が小さく、広く鍵層としては使えないことが多い。しかしながら豊肥地域では溶岩同士が直接し、その上下関係が明らかになる例は多くないので、これらの火砕流を調査することは層序確立の有効な手段になると思われる。

## 6. K-Ar 年代測定

K-Ar 年代測定を行なった試料の一覧と分析結果を第3表に示す。分析は全岩法を用いてレダイン社に依頼した。著しく年代値の誤差が大きい試料(第3表中の no. 10)は溶結凝灰岩中の本質ブロックであり、黒色ガラスからなる。この試料のみが大気中のアルゴンの混入率が非常に大きい。ほかの試料の中でも大気アルゴン混入率が90%を超える場合は誤差が大きくなる。なお分析値のうち放射性アルゴン40の分析値は  $10^{-9}$  ml/g までが有意であり、 $10^{-9}$  の値は参考値である。

## 7. K-Ar 年代測定結果及び古地磁気測定結果の問題点

本研究で行なった K-Ar 年代及び古地磁気測定結果と既存の公表資料を合わせて得られた問題点等を以下に記す。

本文中の地名の位置は付図1に、簡単な対比表は第4表に示す。本章中の地層名のうち「」の付いたものは豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982)が、“ ” は他の原著者が使用したものである。

① 「新期火山岩類前期」噴出物、「涌蓋山溶岩など」「鹿伏岳溶岩など」の年代と火砕堆積物について

今年年代測定した「新期火山岩類前期」噴出物の年代は涌蓋山溶岩:  $0.8 \pm 0.3$  Ma, 山川凝灰角礫岩:  $0.9 \pm 0.3$  Ma, 大分県野矢の火砕流:  $0.7 \pm 0.3$  Ma であった。TAMANYU(1981)は涌蓋山溶岩のフィッション・トラック年代  $0.10 \pm 0.08$  Ma を示した。また TAMANYU(1981)が示した“Old Kuju”(「新期火山岩類前期」に相当)の火山岩類及び林(1984)が示した“九重火山岩類古期溶岩”のフィッション・トラック年代はいずれも約  $0.4$  Ma より若い。したがって今回得られた3個の K-Ar 年代値はそれらの年代値よりも古いので今後検討を要する。

“山川凝灰角礫岩”(太田ほか, 1968)は涌蓋山西麓に分布する。岩塊は最大径  $4$  m 以上あり淘汰は悪い。岩塊は角閃石安山岩が大部分であり、輝石安山岩が少量認められる。基質は砂状未固結で一部は変質し粘土化している。今回山川付近の3点から採取した11個の岩石試料について古地磁気測定を行なった結果(第2図の no. 28,

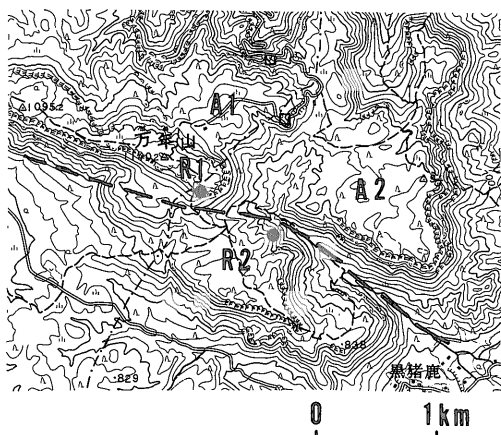
50及び51), 磁化方位は概ね北方を向くがその集中の程度は悪い。以上の事実から“山川凝灰角礫岩”の一部は非固結高温火砕流堆積物である可能性があるため今後詳細な古地磁気測定を行なって確認する必要がある。

大分県野上川上流の野矢・滝上・寺床地区の谷部には未固結の火砕堆積物が分布する。本堆積物中の岩塊は最大径1.5mで淘汰が悪い。岩塊は角閃石安山岩であり、基質は同質の砂状物質からなる。岩塊には周囲から内側に急冷クラックが顕著に認められる。岩塊の古地磁気測

定を行なった結果(第2図のno.27), 集中度は悪いがいずれも正帯磁と判断される。野上石川上流域ではほかに3地点から採取した20個の定方位岩石試料について現場でフラックスゲイト・マグネトメーターで磁化方位の正逆を測定したところ全て正帯磁を示した。したがって野上川上流域の谷部に分布する未固結火砕岩は高温火砕流堆積物と判断される。

②「筑紫溶岩」及び「鹿倉安山岩」の年代について  
「筑紫溶岩」及び「鹿倉安山岩」のK-Ar年代は約0.7Ma-約2.5Maであり、それらの岩石の帯磁方向は正逆様々である(第5図)。第6図A)中に示した10万年オーダーの年代値のうち右上に黒丸印のついたものが「豊肥火山岩類」に相当する。「豊肥火山岩類」の中では九重山-万年山にかけての豊肥地域中心部に分布する溶岩の年代は1Maより新しいがそれ以外の地域に分布する溶岩の年代は1Maより古いものが多い。

「筑紫溶岩」のうち第3表のno.4, 5, 6の3試料については既にフィッション・トラック年代が示されている(第2表のno.2, 7, 8)。それらの値はいずれも約0.8Ma-0.9Maの範囲にあり、今回求めたK-Ar年代値とは全て誤差の範囲内で一致する。しかしながらこれらの試料はいずれも正帯磁を示す(第2図のno.2, 7, 8)。MANKINEN *et al.* (1979)の古地磁気年代尺度では0.73Ma-0.90Maは松山反転期中の逆転期間に相当するので、上記3試料の年代は0.73Maより若い、0.90-



第3図 万年山付近の地形図 A1, A2, R1, R2: 各溶岩流の上面の平坦面。黒丸: 流紋岩, 正帯磁, 白四角: 安山岩, 逆帯磁。破線: 推定断層線。



第4図 大分県滝上(第1図のno.3)の非固結高温火砕流堆積物の露頭



第3表 K-Ar年代測定試料及び結果

| No. | 岩石番号   | 岩石*                       | 試料採取地       | 東経         | 北緯        | Age(Ma) | $^{40}\text{Ar}$ rad<br>( $10^{-5}$ ml/g) | $^{40}\text{Ar}$ rad<br>(%) | K(%)                 | M** |
|-----|--------|---------------------------|-------------|------------|-----------|---------|---|-----------------------------|----------------------|-----|
| 1   | 1867   | Opx-hb and lava           | 熊本県小国町涌蓋山南西 | 131°09'18" | 33°07'54" | 0.8±0.3 | 0.0044<br>0.0045                          | 7.4<br>7.1                  | 1.51<br>1.52         |     |
| 2   | HM28E  | Opx-cpx-hb and p.f.       | " " 山川      | 131°07'53" | 33°08'28" | 0.9±0.3 | 0.0051<br>0.0057                          | 9.1<br>11.4                 | 1.58<br>1.58         |     |
| 3   | HM27C  | Cpx-opx-hb and p.f.       | 大分県九重町滝上    | 131°16'11" | 33°13'36" | 0.7±0.3 | 0.0043<br>0.0047                          | 6.8<br>7.5                  | 1.69<br>1.69         | N   |
| 4   | HM2A   | Hb-bg opx-cpx and lava    | " " 九酔溪北    | 131°12'59" | 33°10'41" | 0.7±0.2 | 0.0052<br>0.0053                          | 9.2<br>8.7                  | 1.99<br>2.00         | N   |
| 5   | HM7A   | Hb-cpx-opx and lava       | " " 川底      | 131°08'58" | 33°10'56" | 0.7±0.3 | 0.0051<br>0.0051                          | 7.8<br>10.7                 | 1.79<br>1.79         | N   |
| 6   | HM8A   | Ol-hb-cpx-opx and lava    | " " 菅原      | 131°09'40" | 33°10'02" | 0.8±0.2 | 0.0052<br>0.0066                          | 10.9<br>10.3                | 1.91<br>1.95         | N   |
| 7   | HM18A  | Hb-opx-cpx and lava       | " " 猪幸田     | 131°13'03" | 33°11'33" | 0.7±0.2 | 0.0057<br>0.0064<br>0.0072                | 10.6<br>12.5<br>10.9        | 2.31<br>2.32<br>2.34 | N   |
| 8   | 1737   | Ol-opx-cpx and lava       | " 安心院町寒水    | 131°21'08" | 33°19'41" | 0.7±0.4 | 0.0018<br>0.0026                          | 7.6<br>6.0                  | 0.75<br>0.77         |     |
| 9   | 1727   | Cpx-opx and w.t.          | " 大山町花平     | 130°59'24" | 33°14'58" | 0.9±0.3 | 0.011<br>0.011                            | 9.7<br>13.3                 | 2.99<br>3.00         | R   |
| 10  | 375-CI | Px rhy w.t.               | " 竹田市炭竈     | 131°19'08" | 32°59'59" | 0.4±0.7 | 0.0033<br>0.0057                          | 1.2<br>1.8                  | 2.84<br>2.84         | R   |
| 11  | HM14A  | Opx-cpx-cum-hb dac w.t.   | " 天瀬町袋東     | 131°00'47" | 33°16'15" | 1.7±0.7 | 0.015<br>0.017                            | 6.9<br>7.1                  | 2.31<br>2.32<br>2.34 | N   |
| 12  | 1682   | Cpx-opx-hb dac w.t.       | " 玖珠町深耶馬溪   | 131°10'38" | 33°20'31" | 1.4±0.2 | 0.0097<br>0.011                           | 16.2<br>21.6                | 1.96<br>1.96         | N   |
| 13  | 1728   | Bi-bg cpx-opx-hb dac w.t. | " 大山町木六     | 130°59'12" | 33°15'16" | 1.3±0.2 | 0.011<br>0.010                            | 28.5<br>18.3                | 2.05<br>2.08         | N   |
| 14  | HM26C  | (Ol?)-cpx-opx-hb and p.f. | " 湯布院町鹿出    | 131°19'46" | 33°12'21" | 1.6±0.3 | 0.0074<br>0.0074                          | 13.6<br>17.3                | 1.17<br>1.17         | R   |
| 15  | 1724   | Hb-bi rhy p.f.            | " 中津江村宮田    | 130°58'48" | 33°08'51" | 2.1±0.2 | 0.025<br>0.025                            | 25.7<br>22.7                | 3.01<br>3.02         | R   |
| 16  | 1747   | Cpx-opx and lava          | " 庄内町雷      | 131°26'38" | 33°09'30" | 2.1±0.4 | 0.011<br>0.011                            | 13.6<br>14.3                | 1.35<br>1.36         | N   |
| 17  | 1734   | Opx-hb and lava           | " 中津市稲積山    | 131°17'24" | 33°29'14" | 3.7±0.2 | 0.023<br>0.024                            | 34.5<br>36.7                | 1.62<br>1.64         |     |

豊肥地熱地域の火山岩の K-Ar年代と古地磁気 (須藤 茂)

\* ol: olivine, cpx: clinopyroxene, opx: orthopyroxene, hb: hornblende, cum: cummingtonite, bi: biotite, bg: bearing, and: andesite, dac: dacite, rhy: rhyolite, p.f.: pyroclastic flow, w.t.: welded tuff.

\*\* N: 正常磁, R: 逆帯磁, 年代測定に用いた定数は  $\lambda_{\beta}=4.96 \times 10^{-10}/\text{yr}$ ,  $\lambda_{e}=0.581 \times 10^{-10}/\text{yr}$ ,  $^{40}\text{K}/\text{K}=1.167 \times 10^{-4}$  である.

0.97 Ma (Jaramillo event)に属することになる。ただし JOHNSON(1982)はブリュンヌ正磁極期と松山反転期の境界を0.79 Ma としており、これを採用すれば上記の3試料の年代は0.79 Ma より若い Jaramillo event に属することになる。

### ③ 今市火砕流及びそれと類似する火砕流の年代について

大分県久住一竹田地方には阿蘇溶結凝灰岩と岩相は似ているが逆帯磁していることで特徴づけられる“今市火砕流”(小野ほか, 1977など)が分布する。これと岩相の似た逆帯磁溶結凝灰岩が大分県日田市街周辺の丘陵及び日田市南方の花平付近に分布する。K-Ar 年代測定した結果は“今市火砕流”:  $0.4 \pm 0.7$  Ma 及び花平付近の火砕流:  $0.9 \pm 0.3$  Ma であった(第3表の no. 10 と 9)。特に前者は溶結凝灰岩中の黒色本質ガラス質岩塊試料であり大気アルゴン混入率が高かったため、得られた年代値の誤差が大きい。今市火砕流と日田・花平付近に分布する溶結凝灰岩とは分布域が 40-50 km 離れており対比は困難である。以下後者を花平溶結凝灰岩と仮称する。花平溶結凝灰岩の下位には耶馬溪溶結凝灰岩が位置する(曾屋, 口頭)とされており、次に示すように年代上問題のあることが明らかになった。

### ④ 耶馬溪溶結凝灰岩の年代について

耶馬溪溶結凝灰岩は正帯磁である(第2図には no. 14のみ示してあるが、このほかにフラックスゲイト・マグネトメーターで測定した試料も全て正帯磁を示す)。既存の絶対年代値として松本ほか(1977)の 0.40 Ma 及び TAMANYU(1981)の  $0.38 \pm 0.13$  Ma の2つのフィッシュン・トラック年代が示されている。今回耶馬溪溶結凝灰岩の K-Ar 年代測定を3個の試料について実施した。その結果は  $1.7 \pm 0.7$ ,  $1.4 \pm 0.2$  及び  $1.3 \pm 0.2$  Ma である(第3表の no. 11-13)。測定試料はいずれも溶結凝灰岩であり、異質岩片を完全に除去することはできなかった。しかしながら例えば耶馬溪溶結凝灰岩の本質物質とカリウム量が同じで年代値が2倍古い岩片がモードで10%含まれていたとしても全岩分析による年代値は1割程度古くなるだけである。今回の分析試料中の岩片は安山岩が多く、またその量も10%を越えることはない。これらの岩片による K-Ar 年代値への影響は無視できる量であると判断される。耶馬溪溶結凝灰岩の上位の花平溶結凝灰岩は逆帯磁を示し、またその K-Ar 年代は  $0.9 \pm 0.3$  Ma であった。このため耶馬溪溶結凝灰岩の噴出年代はブリュンヌ正磁極期ではなく、松山反転期中の Jaramillo もしくは Olduvai event と考えられる。

### ⑤ 大分県湯平北方の火山岩の年代について

大分県湯平北方鹿出地区には下位より1)非固結黒雲母流紋岩火砕流堆積物、2)非固結(かんらん石含有?)単斜輝石斜方輝石普通角閃石安山岩火砕流堆積物、3)普通角閃石黒雲母デイサイト溶岩及び4)輝石安山岩溶岩が分布する。各ユニットの帯磁方向は1)不明、2)逆、3)正、4)不明である。2)のユニットは本質岩片に急冷クラックが認められること及び本質岩片の古地磁気測定結果(第2図の no. 26)から非固結の高温火砕流堆積物と判断したものである。今回2)のユニット中の本質岩片の K-Ar 年代を測定した結果  $1.6 \pm 0.3$  Ma の値が得られた。得られた年代値とこの岩石が逆帯磁を示すことは矛盾しない(MANKINEN *et al.*, 1979)。

1)のユニットの岩相は小野(1963)の“由布川軽石流”(豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982)の「由布川火砕流」と似ている。これが“由布川軽石流”の一部であれば、その年代は  $1.6 \pm 0.3$  Ma より古く鹿倉安山岩の年代よりは新しい(小野, 1963)ことになる。

湯平から湯布院(第1, 6図中の Y)の東方にかけて分布する火山岩のうち、1.3 Ma 及び 1.4 Ma (高島ほか, 1981)の年代を示す角閃石安山岩は逆帯磁(第2図の no. 24, 25)を示し、 $1.0 \pm 0.4$  Ma (大四ほか, 1981)の年代を示す輝石安山岩は正帯磁(第2図の no. 21)を示した。林ほか(1982)は水分峠(湯布院西方)付近に露出する「日向神溶岩類」を“野矢火山岩類”と仮称し、そのフィッシュン・トラック年代が  $1.5 \pm 0.3$  Ma- $1.8 \pm 0.3$  Ma であることを示した。今後これらの火山岩について古地磁気測定を行ない、火山層序をより確かなものにする必要がある。

### ⑥ 大分県日田市南方下釜ダム付近の火山岩の年代について

下釜ダム付近の大山川左岸域には輝石安山岩、角閃石安山岩及び黒雲母流紋岩の火山岩と珪藻土を含むシルト岩が分布する。火山岩の産状は溶岩及び火砕流であり、一部は貫入岩の可能性もある。今回 K-Ar 年代を測定したのは普通角閃石黒雲母流紋岩の火砕流堆積物中の本質岩片である(第3表の no. 15)。本質岩片は白色-灰白色の緻密ガラス質であり、その粒径は最大約 20 cm で淘汰は悪い。基質は同岩質の未固結砂状物質からなる。同じ露頭から採取した本質岩片の古地磁気を測定した結果(第3図の no. 39)、磁化方位の集中度は悪いので今後検討を要するが、今回は逆帯磁と判断した。

得られた K-Ar 年代値  $2.1 \pm 0.2$  Ma は MANKINEN *et al.* (1979)の古地磁気年代尺度と矛盾しない。

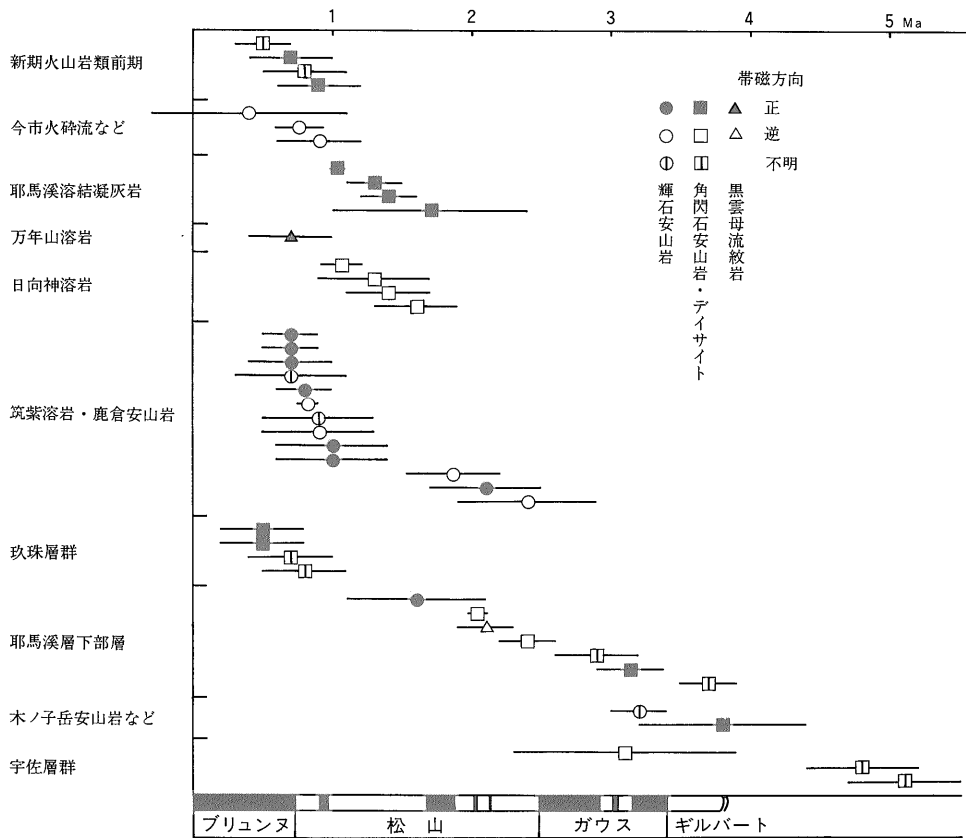
日田市南方の大山川中流域のほかの火山岩試料の K-Ar 年代は約 1 Ma-3 Ma である(第6図)。

第4表 豊肥地域の先阿蘇・九重火山岩類の岩質年代—古地磁気一覧

| 日 田   | 万 年 山   | 中 央 部  | 日 出 生 台   | 湯 平—庄 内   | 耶 馬 溪—宇 佐  |
|---|---|--|---|---|--|
|   |   | 鹿伏 L. H-A<br>滝上 $0.7 \pm 0.3$ 正<br>涌蓋 L. H-A<br>涌蓋山 $0.8 \pm 0.3$<br>涌蓋 L. H-A<br>山川 $0.9 \pm 0.3$<br>筑紫 L. P-A<br>九酔溪 $0.7 \pm 0.2$ 正<br>筑紫 L. P-A<br>川底 $0.7 \pm 0.3$ 正<br>筑紫 L. P-A<br>菅原 $0.8 \pm 0.2$ 正<br>筑紫 L. P-A<br>猪牟田 $0.7 \pm 0.2$ 正 | 筑紫 L. P-A<br>寒水 $0.7 \pm 0.4$                             | 筑紫 L. P-A<br>湯平 $1.0 \pm 0.4$ 正   |  |
| 今市 W.T. P-A<br>花平 $0.9 \pm 0.3$ 逆   | 筑紫 L. P-A<br>万年山 $0.9 \pm 0.4$ 逆<br>筑紫 L. P-A<br>妙見 逆   |  |   | 今市 W.T. P-R<br>炭竈 $0.4 \pm 0.7$ 逆   |  |
| 耶馬溪 W.T. D-H<br>木六 $1.3 \pm 0.2$ 正  | 筑紫 L. P-A<br>黒猪鹿 正<br><br>玖珠層 H-D<br>万年山北 $0.8 \pm 0.3$ |  | 日向神 L. B-R<br>日出生台 逆<br>筑紫 L. P-A<br>日出生台 $1.3 \pm 0.4$ 逆 | 日向神 L. H-A<br>上津々良 $1.3$ 逆<br>日向神 L. H-A<br>上津々良 $1.4$ 逆<br>日向神 L. H-A<br>鹿出 $1.6 \pm 0.3$ 逆<br>鹿倉 L. P-A<br>雷 $2.1 \pm 0.4$ 正<br>鹿倉 L. P-A<br>鹿倉 逆 | 耶馬溪 W.T. H-D<br>深耶馬溪 $1.4 \pm 0.2$ 正   |
| 耶馬溪層 B-R<br>宮田 $2.1 \pm 0.2$ 逆<br>耶馬溪層 H-A<br>下笠 $2.4 \pm 0.2$<br>耶馬溪層 H-D<br>中村 $2.9 \pm 0.3$<br>鯛生層 H-A<br>原部 $3.1 \pm 0.8$ 逆 |   |  | 筑紫 L. P-A<br>須崎 $2.4 \pm 0.5$ 逆                           |   | 木ノ子岳 L. P-A<br>木ノ子岳 $3.2 \pm 0.2$<br>木ノ子岳 L. H-A<br>洞鳴瀑布 $3.8 \pm 0.6$<br>耶馬溪層 H-A<br>稲積山 $3.7 \pm 0.2$<br>宇佐層 H-A<br>龍王山 $4.8 \pm 0.4$<br>宇佐層 H-A<br>鹿ノ子岳 $5.1 \pm 0.4$ |

豊肥地熱地域の火山岩の K-Ar 年代と古地磁気 (須藤 茂)

地層名は豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982)を簡略化して引用。L: 溶岩(など), W.T.: 溶結凝灰岩, P: 輝石, H: 角閃石, B: 黒雲母, A: 安山岩, D: デイサイト, R: 流紋岩。地層名の下は産地名。年代は Ma で表示し異ほか(1980), 大四ほか(1981), 高島ほか(1981), 鎌田ほか(1982, 84)及び本報告から引用。正: 正帯磁, 逆: 逆帯磁。



第5図 豊肥地域の先阿蘇・九重火山岩類の K-Ar 年代と古地磁気 年代値は巽ほか(1980), 大四ほか(1981), 高島ほか(1981), 鎌田ほか(1982, 84), 宇都ほか(準備中)及び本報告のものを使用。古地磁気年代尺度は MANKINEN *et al.* (1979) を引用。

⑦ 大分県耶馬溪町一字佐市に分布する火山岩の年代について

大分県耶馬溪町から宇佐市にかけて分布する火山岩の K-Ar 年代としては木ノ子岳の古銅輝石安山岩:  $3.2 \pm 0.2$  Ma (巽ほか, 1980), 洞鳴瀑布の普通角閃石安山岩:  $3.8 \pm 0.6$  Ma (大四ほか, 1981), 竜王山及び鹿子岳南西の紫蘇輝石含有黒雲母普通角閃石安山岩:  $4.8 \pm 0.4$  Ma 及び  $5.1 \pm 0.4$  Ma (鎌田ほか, 1984) がある。今回得た稲積山の斜方輝石普通角閃石安山岩の年代  $3.7 \pm 0.2$  Ma (第1図, 第3表の no. 17) は前二者のそれと近い。岩質は少しずつ異なるこれらの火山岩が約 3 Ma-4 Ma の間に次々に噴出したことが予想される。

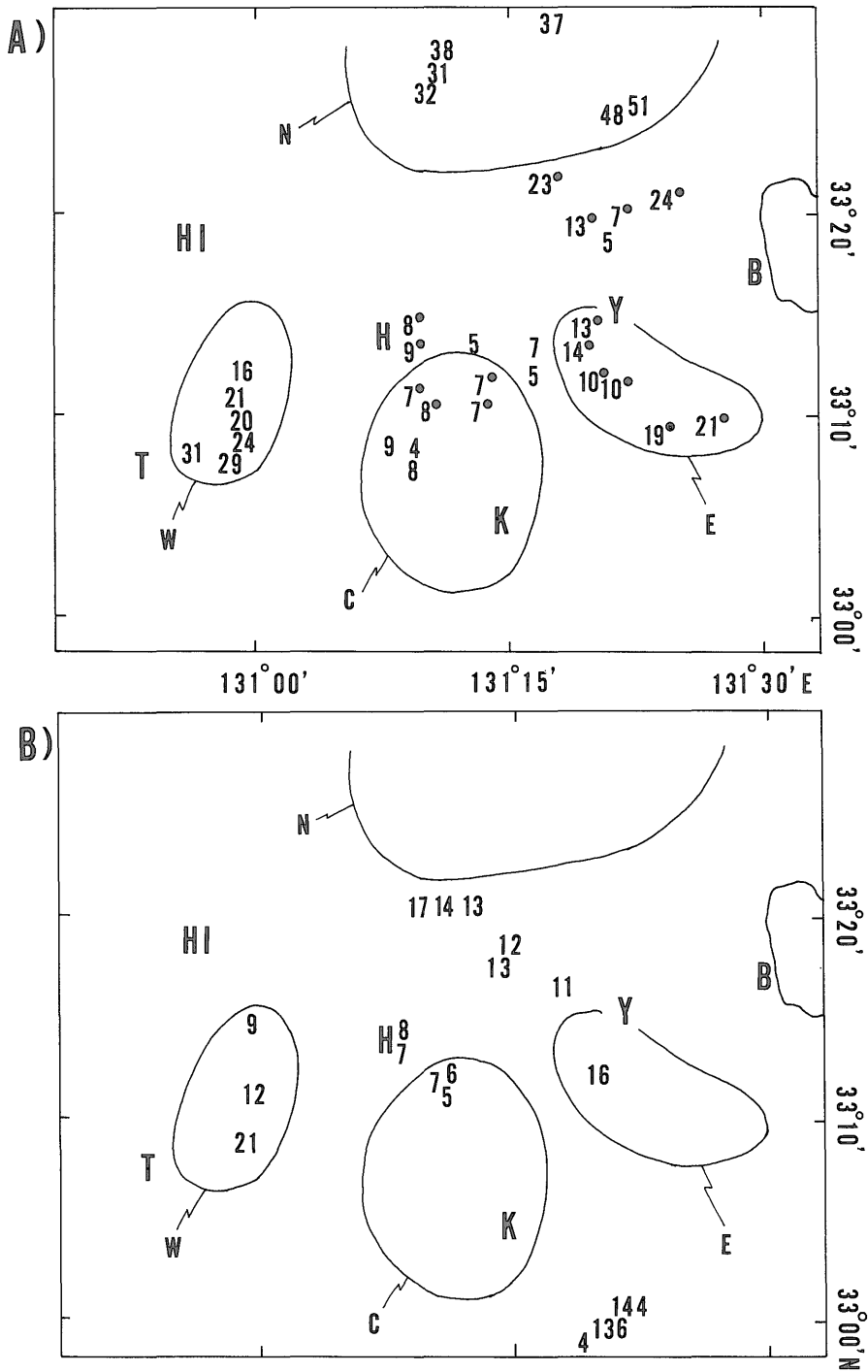
⑧ 年代と岩質との対応について

第5図に既存の公表資料も含めた K-Ar 年代値と今回測定した古地磁気の方位とを合せて示した。岩質については3つに大別して示した。図の左に示した地層名は全て豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982)より引用したものであるが, その区分の基準とオーダーは一定では

ない。

第5図に示した限りでは, 豊肥地域全体を通じてみると火山活動の休止期間は見当たらないこと及びある特定の時代に広域的にある特定の岩質の噴火活動があったのではないことが明らかである。

第3章に記したように「豊肥火山岩類」「豊肥溶岩」「筑紫溶岩」などの名称の定義及び層序上の位置づけは各報告によって異なる。ただし各報告とも上記の名称は輝石安山岩に対して用いている(豊肥地熱地域地質図編集グループ, 1982; 松本, 1982; 松本ほか, 1973)。また近年火山岩の絶対年代測定値及び試錐データが多く得られているが, それらの試資料を得た後の報告では, それまで上下関係とされていた「豊肥火山岩類」と「玖珠層」の関係が見直され, 「玖珠層」の中にも「輝石安山岩」(松本, 1972)あるいは「豊肥火山岩類」(豊肥地熱地域地質図編集グループ, 1982)が位置するとされるようになった。また絶対年代測定値が常に火山岩の生成年代を示しているとは限らないので, この様な層序組立て



第6図 10万年単位で示した先阿蘇・九重火山岩類の K-Ar 年代  
 図の範囲は第1図と同じ。  
 A) 安山岩、いわゆる「豊肥」「筑紫」溶岩の値については右側に黒丸を付けて示した。  
 B) デイサイト及び流紋岩、いわゆる豊後火山岩類を含む。

の変更は今後も生じる可能性がある。このことは岩相の類似性のみを根拠にした「万年山溶岩」や「日向神溶岩」(豊肥地熱地域地質図編集グループ, 1982)についても同様である<sup>1)</sup>。

⑨ 先阿蘇・九重火山岩類の年代と分布について

地表に露出する先阿蘇・九重火山岩類のうち豊肥地域の中心部(九重山北西, 第6図のC)に分布するものは全て正帯磁を示し, そのK-Ar年代は約1 Maより若い。それに対し西方の日田市南方大山川中流域(第6図のW)では約1-3 Ma, 北方の耶馬溪一字佐地域(第6図のN)では約3-5 Ma, 東方の湯布院一庄内地域(第6図のE)では約1-2 MaのK-Ar年代を示す火山岩も分布することが確認された。ただしこれらの周辺地域からも約5 Maより古い火山岩の分布は確認されなかった。したがって地表に分布する火山岩に関しては約13 Ma-14 MaのK-Ar年代(柴田ほか, 1974など)を示す大野火山岩類と先阿蘇・九重火山岩との年代値には大きな開きがある。

8. おわりに

本研究を行なうにあたり地質調査所の小野晃司・曾屋龍典両氏からは広く豊肥地熱地域の地質情報の御教示を受けた。Table 2中の試料no. 10は小野晃司氏よりまたTable 1のno. 28の一部及びTable 2のno. 2の試料は地質調査所の笹田政克・巖谷敏光両氏よりそれぞれ提供された。K-Ar年代測定については同じく柴田賢・宇都浩三両氏から古地磁気測定については上嶋正人氏からまた検鏡については一色直記氏から教示を受けた。現地の地質については, 山口大学の松本徂夫, 地質調査所の長谷絃和, 上村不二雄, 玉生志郎, 鎌田浩毅, 村岡洋文の各氏と, 年代については九州大学の林正雄氏とそれぞれ論議する機会を得た。以上の方々に深謝の意を表する。

文 献

ARAMAKI, S. and AKIMOTO, S. (1957) Temperature estimation of pyroclastic deposits by natural remanent magnetism. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 255, p.619-627.

大四雅弘・林 正雄・石橋 澄(1981) 大分県に分布するいわゆる“瀬戸内火山岩類”. 三鉱学会昭和56年度秋期連合学術講演会演旨, p. 100.

林 正雄(1984) 九州の地熱. *アーバンクボタ*, no.

1) 万年山北西の「万年山溶岩」中には $1.3 \pm 0.4$  MaのK-Ar年代を示す逆帯磁の流紋岩溶岩の分布が確認された(須藤, 準備中)。

22, p. 36-41.

———・田口幸洋・松本徂夫(1982) 中部九州に分布する火山岩類の放射年代. 総合研究九州の基盤と陥没構造, 研究報告, 1. p. 31-34.

豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982) 10万分の1 豊肥地熱地域地質図及び同説明書. 地質調査所, p. 1-23.

JOHNSON, R. G. (1982) Brunhes-Matsuyama magnetic reversal dated at 790,000 yr B.P. by marine-astronomical correlations. *Quater. Res.* vol. 17, p.135-147.

鎌田浩毅・村岡洋文(1982) 大分県中部の火山岩類のK-Ar年代. 地調月報, vol.33, p. 561-567.

———・———(1984) 大分県安心院の安山岩溶岩のK-Ar年代. 地質学雑, vol. 90, p. 125-128.

古賀修一郎(1982) 大分県日田一天ヶ瀬付近の溶岩類及び火砕流堆積物と古地磁気. 第四紀研究, vol. 21, p. 41-47.

MANKINEN, E. A. and DALRYMPLE, G. B. (1979) Revised geomagnetic polarity time scale for the interval 0-5 m.y. B.P. *Jour. Geophys. Res.*, vol. 84, B2, 615-626.

松本幡郎・松本唯一・恒富越彦(1972) 大分県立石山火山砕層岩について. 火山, 2集, vol. 17, p. 59-65.

松本徂夫(1963) 北中部九州における後期新生代の火山活動. 九大生産研報, vol. 34, p. 1-21.

———(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, no. 20, p. 257-264.

———(1982) 九州・琉球における島弧変動期の火山活動. 地団研専報, no. 24, p. 267-278.

———・宮地貞憲・宮地六美・西田民雄(1972) 大分県玖珠川流域の火山地質. 九大教養地研報, vol. 17, p. 7-24.

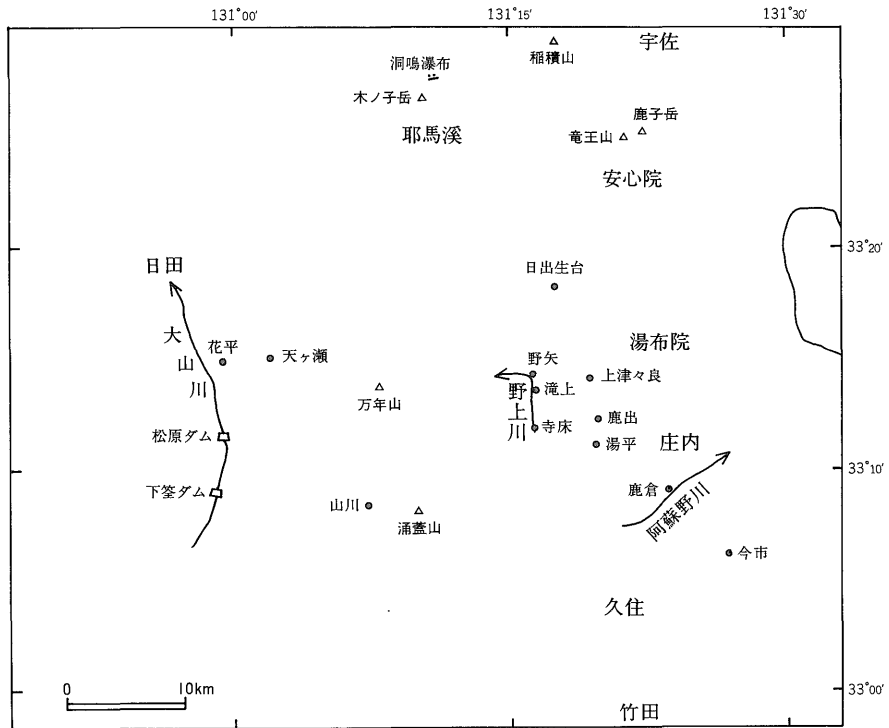
———・坂田輝行・松尾孝一・林 正雄・山崎達雄(1973) 大分県九重火山北麓の火山地質. 九大生産研報, vol. 57, p. 1-15.

———・西村 進・田島俊彦(1977) 九州の新生代火成岩のfission-track年代. 長崎大教養自然科学報, vol. 17, p. 63-75.

宮久三千年(1972) 大分県の地質, 新版20万分の1

- 大分県地質図説明書. 大分県, 140 p.
- 長瀬泰信(1979) 九州北西部に分布する鮮新-更新世火山岩類の古地磁気について(演旨). 火山, 2集, vol. 24, 92 p.
- 小野晃司(1963) 5万分の1地質図幅「久住」及び同説明書. 地質調査所, 106 p.
- ・松本徂夫・宮久三千年・寺岡易司・神戸信和(1977) 地域地質研究報告, 5万分の1図幅「竹田」. 地質調査所, 145 p.
- 大分県(1971) 大分県地質図.
- 太田良平・松野久也・西村嘉四郎(1968) 熊本県岳湯および大分県大岳付近地質調査報告. 地調月報, vol. 19, p. 481-486.
- 柴田 賢・小野晃司(1974) 九州中部, 大野火山岩類の K-Ar 年代. 地調月報, vol. 25, p. 663-666.
- 高島 勲・金原啓司・角 清愛(1981) 豊肥地熱地域の地熱変質. 地調月報, vol. 32, p. 304-305.
- TAMANYU, S. (1981) Evaluation of potential for geothermal energy by means of fission track dating method in Hohi geothermal area, Kyushu, Japan. *Nucl. Tracks*, vol. 5, p. 215-222.
- 巽 好幸・鳥居雅之・石坂恭一(1980) 瀬戸内火山岩類の火山活動時期および分布範囲について, 一瀬戸内火山岩類の年代測定; その5. 火山, 2集, vol. 25, p. 171-179.
- 渡辺公一郎・林 正雄・石橋 澄(1981) 中部九州に分布する筑紫溶岩のフィッション・トラック年代と岩石学的性質(演旨). 三鉱学会昭和56年度秋期連合学術講演会演旨, p. 102.
- ・———(1983) 中部九州のいわゆる日向神溶岩のフィッション・トラック年代. 岩鉱誌, vol. 78, p. 65-69.

(受付: 1984年7月12日; 受理: 1984年11月2日)



付図1 本文中に出てくる地名の位置図

補遺 K-Ar年代測定試料記載

今回 K-Ar年代測定を行なった試料について以下に番号, 試料番号, 岩石名, 産状, 層序上の位置, 検鏡結果の順に記す。

1. 1867, 斜方輝石普通角閃石安山岩, 溶岩, 涌蓋山溶岩(太田ほか(1968)の涌蓋山頂丘溶岩)。

斑晶は斜長石, 普通角閃石, 斜方輝石及び鉄鋳物からなる。斜長石は最大径4mmで反復累帯構造をよく示す。粒状の輝石・鉄鋳物及び塵状包有物を含む。普通角閃石は最大径3mmで一部オパサイト化している。斜方輝石は最大径1mmで鉄鋳物及び斜長石を含む。

ほかに最大径0.7mmの融食形石英が認められる。石基はハイアロピリチック組織を示し, 斜長石, 輝石, 鉄鋳物の細粒及びシリカ鋳物が認められる。

2. HM28E, 斜方輝石単斜輝石普通角閃石安山岩, 火砕流中の本質ブロック, 山川火砕流。

斑晶は斜長石, 普通角閃石, 単斜輝石, 斜方輝石及び鉄鋳物からなる。斜長石は最大径3mmでガラス, 鉄鋳物及び塵状包有物を含むが縁辺部は清澄である。普通角閃石は最大径2mmで一部オパサイト化している。単斜輝石, 斜方輝石は共に0.4mm以下で量も少ない。ほかに少量の黒雲母がみられるが斑晶かどうかは定かでない。石基はハイアロピリチック組織を示し, 斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石, 鉄鋳物及びシリカ鋳物を含む。

3. HM27C, 単斜輝石斜方輝石普通角閃石安山岩, 火砕流中の本質ブロック。豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982)では「鹿伏岳溶岩など」として一括してある。

斑晶は斜長石, 普通角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石及び鉄鋳物である。斜長石は最大径5mmで輝石, 鉄鋳物, ガラス包有物を含むが縁辺部は清澄である。普通角閃石は最大径3mmで一部はオパサイト化している。2種の輝石は共に最大径1mmである。石基はハイアロピリチック組織を示し, 斜長石, 輝石, 鉄鋳物及びシリカ鋳物が認められる。

4. HM2A, 普通角閃石含有斜方輝石単斜輝石安山岩, 溶岩, 豊肥火山岩類(松本ほか, 1973)。

斑晶は斜長石, 単斜輝石, 斜方輝石, 普通角閃石及び鉄鋳物である。斜長石は最大径4mmで輝石, 鉄鋳物, ガラス及び塵状包有物を含む。単斜輝石は最大径2mmで, 一部の結晶には塵状包有物が認められ, また sector zoning がみられることもある。斜方輝石は最大径2mmで, 柱面に単斜輝石が認められることが多い。石基はハ

イアロピリチック組織を示し, 斜長石, 輝石, 鉄鋳物及びシリカ鋳物が認められる。

5. HM7A, 普通角閃石単斜輝石安山岩, 溶岩, 豊肥火山岩類(松本ほか, 1973)。

斑晶は斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石, 普通角閃石及び鉄鋳物である。斜長石は最大径2mmで輝石, 鉄鋳物及び塵状包有物を含む。2種の輝石は共に最大径1mmで斜方輝石の柱面には単斜輝石が認められることが多い。普通角閃石は最大径0.8mmで, オパサイト化している。石基はハイアロピリチック組織を示し, 斜長石, 輝石, 鉄鋳物及びシリカ鋳物を含む。

6. HM8A, かんらん石普通角閃石単斜輝石斜方輝石安山岩, 溶岩, 豊肥火山岩類(松本ほか, 1973)。

斑晶は斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石, 普通角閃石及びかんらん石である。斜長石は最大径2mmで輝石, 鉄鋳物及び塵状包有物を含む。2種の輝石は共に最大径2mmである。普通角閃石は最大径0.5mmで一部オパサイト化している。かんらん石は最大径0.6mmで輝石の反応縁がある。石基はハイアロピリチック組織を示し, 斜長石, 輝石及び鉄鋳物を含む。

7. HM18A, 普通角閃石斜方輝石単斜輝石安山岩, 溶岩, 豊肥火山岩類(松本ほか, 1973)。

斑晶は斜長石, 単斜輝石, 斜方輝石, 普通角閃石及び鉄鋳物である。斜長石は最大径2mmで塵状包有物を含む。2種の輝石は共に最大径1mmで, 一部の斜方輝石の柱面には単斜輝石が認められる。普通角閃石は最大径2mmでオパサイト化している。石基はハイアロピリチック組織を示し, 斜長石, 輝石, 鉄鋳物及びシリカ鋳物を含む。

8. 1737, かんらん石斜方輝石単斜輝石安山岩, 溶岩, 安心院安山岩類(松本ほか, 1972), 筑紫溶岩(豊肥地熱地域地質図編集グループ, 1982)。

斑晶は斜長石, 単斜輝石, 斜方輝石, かんらん石及び鉄鋳物である。斜長石は径2mm以下のものが多く塵状包有物が認められる。2種の輝石は共に最大径1mmで単斜輝石には sector zoning がしばしば認められる。かんらん石は最大径1.6mmで一部の結晶には輝石の反応縁が認められる。縁辺部及び割れ目はイディングサイト化している。石基はインターサータル組織を示し, 斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石, 鉄鋳物及びてん間状シリカ鋳物よりなる。

9. 1727, 普通角閃石含有斜方輝石単斜輝石安山岩, 溶結凝灰岩, 豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982)は阿蘇火砕流としたが, 本報告では花平溶結凝灰岩と仮称した。



斑晶は斜長石, 単斜輝石, 斜方輝石及び普通角閃石である。斜長石は最大径 3 mm, 多くは径 1 mm 以下で清澄である。単斜輝石は最大径 1.2 mm, 斜方輝石は同じく 0.6 mm, 普通角閃石は 0.3 mm である。基質はよくつぶれたビトロクラスチック組織を示し, 淡褐色を呈する。含有岩片として安山岩溶岩及び酸性凝灰岩を含む。

10. 375-C1, 輝石安山岩, 溶結凝灰岩中の本質ブロック, 今市火砕流(小野ほか, 1977)

鏡下の記載及び産状については小野(1963)の p. 55-61 の「今市火山砕屑流」の項に記されている。

11. HM14A, 斜方輝石単斜輝石カミングトン閃石普通角閃石デイサイト, 溶結凝灰岩, 耶馬溪溶結凝灰岩(松本ほか(1972)の耶馬溪火山砕屑岩流)。

斑晶は斜長石, 普通角閃石, カミングトン閃石, 単斜輝石, 斜方輝石及び鉄鉱物である。斜長石は最大径 2 mm で破砕形が多い。角閃石は最大径 2 mm で, 多くは緑色の普通角閃石であるが, 一部はカミングトン閃石である。2種の輝石は共に 0.5 mm 以下である。基質は単褐色のガラスからなり, 最大径 1 mm のスフェルライト及びアキシオライトがみられ, また気相晶出鉱物も認められる。安山岩溶岩及び細粒凝灰岩を岩片として含む。

12. 1682, 単斜輝石斜方輝石普通角閃石デイサイト, 溶結凝灰岩, 耶馬溪溶結凝灰岩(大分県, 1971)。

斑晶は斜長石, 普通角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石及び鉄鉱物である。斜長石は最大径 4 mm で包有物は少ない。普通角閃石は最大径 2.3 mm, 2種の輝石は共に最大径は 1 mm 以下である。基質はよくつぶれたビトロクラスチック組織を示し, 褐色を呈する。径 1 mm 以下のスフェルライト及び気相晶出鉱物がみられる。安山岩溶岩を岩片として含む。

13. 1728, 単斜輝石斜方輝石普通角閃石デイサイト, 溶結凝灰岩, 耶馬溪溶結凝灰岩(大分県, 1971)

斑晶は斜長石, 普通角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石及び鉄鉱物である。斜長石は最大径 2.5 mm で包有物は少ない。普通角閃石は最大径 2 mm で多量にみられるが, 2種の輝石は共に少量である。また径 0.1 mm の黒雲母が普通角閃石と接して存在するが, この黒雲母が斑晶かどうかは不明である。基質はよくつぶれたビトロクラスチック組織を示す。径 0.5 mm 以下のスフェルライト及びアキシオライトが認められ, また気相晶出鉱物も認められる。安山岩溶岩を岩片として含む。

14. HM26C, (かんらん石含有?)単斜輝石斜方輝石普通角閃石安山岩, 火砕流中の本質ブロック。豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982)は「万年山溶岩」として

斑晶は斜長石, 普通角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石及び鉄鉱物である。ほかに外形からかんらん石と思われる結晶が少量認められる。斜長石は最大径 4 mm で輝石, 普通角閃石, 鉄鉱物, リンカイ石, ガラス及び鑑定不能の塵状包有物を含むが, 最外殻は清澄である。普通角閃石は最大径 4.5 mm で, 斜長石, 輝石, 鉄鉱物及び塵状包有物を含む。輝石は最大径 1 mm で, 斜方輝石の外形は丸味を帯びている。斜方輝石には単斜輝石の反応縁はない。単斜輝石にはしばしば sector zoning が認められる。石基はハイアロピリチック組織を示し, 斜長石, 輝石, 鉄鉱物及びシリカ鉱物が認められる。また本岩には斑晶として最大径 0.3 mm の斜長石, 単斜輝石, 普通角閃石及び黒雲母を含み, 石基はハイアロピリチック組織を示す岩片が含まれる。

15. 1724, 普通角閃石黒雲母流紋岩, 火砕流中の本質ブロック, 耶馬溪層下部層(豊肥地熱地域地質図編集グループ, 1982)。

斑晶は斜長石, 黒雲母, 普通角閃石及び鉄鉱物である。斜長石は最大径 3.6 mm で鉄鉱物, 黒雲母及びガラスを含むことがあるがその量は少ない。またしばしば塵状包有物が最外殻まで認められる。黒雲母は最大 2.1 mm, 普通角閃石は同じく 1 mm で, 後者の外形は丸味を帯びていることが多い。石基はパーライト状割れ目を有するガラスからなる。

16. 1747, 単斜輝石斜方輝石安山岩, 溶岩, 鹿倉安山岩(小野, 1963)。

斑晶は斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石及び鉄鉱物である。斜長石は最大径 5.3 mm で, 粒状の輝石及び鉄鉱物は多く含まないが, ガラス及び塵状包有物が多く認められる。斜方輝石は最大径 2.8 mm で, 一部単斜輝石と平行連晶を示すが, 粒状単斜輝石の反応縁はない。単斜輝石は最大径 1.4 mm で, 一部は sector zoning を示す。斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石及び鉄鉱物からなる集束状組織も認められる。石基はサリック鉱物が多く, 結晶度が良い。斜長石, 輝石, 鉄鉱物, シリカ鉱物からなり, てん間状黒雲母と普通角閃石が少量認められる。

17. 1734, 斜方輝石普通角閃石安山岩, 耶馬溪層下部層(豊肥地熱地域地質図編集グループ, 1982)。

斑晶は斜長石, 普通角閃石, 斜方輝石及び鉄鉱物である。斜長石は最大径 3.6 mm で包有物は少ない。普通角閃石は最大径 2.5 mm で, しばしば周縁部はオパサイト化している。斜方輝石は最大径 1.8 mm で, 単斜輝石の反応縁はない。石基は斜長石, 輝石, 鉄鉱物, シリカ鉱物及びガラスからなる。