

17. 大分県中・西部の構造地形と大分県中部地震

地震研究所 村井 勇
立川高等学校 金子史朗

(昭和 50 年 12 月 25 日受理)

1. はじめに

九州中部の別府湾から九重・阿蘇火山、熊本を経て雲仙火山に到る地域は、新第三紀以降造構運動と烈しい火山活動の続いた地域であり、鶴見岳・九重山・阿蘇山・雲仙岳のような噴火活動の記録をもつ火山が並んでいる。また、地熱温泉地帯が随所にあり、阿蘇カルデラの中央火口丘では現在噴火活動が続いている。群発地震多発地帯でもあり、歴史時代に多くの記録が残されており、近年にも群発地震活動が多発している(宇佐美, 1975a; 平賀, 1972)。これらの群発地震の中には被害を及ぼすようなものもあり、単発型の被害地震も時たま発生している。1975年1月阿蘇外輪山北部に発生した阿蘇群発地震は前者の代表的な例であり、4月22日に起こった大分県中部地震は後者の例である。とくに大分県中部地震は、局地的に大きな被害を生じ、その主な被災地区がWNW-ESEの方向に並んでいた(村井・松田, 1975)。このような被害分布は活構造および起震応力と密接な関係があると考えられる。筆者らは、大分県中部地震の被害および地変の調査を行うとともに、大分県中・西部一帯の活断層分布について調査し、この地域に著しい正断層性の活断層が密に発達することを知った。今回の大分県中部地震や阿蘇群発地震の発生の機構を考えるにあたって、このような活断層の発達状態を明らかにしておくことはきわめて重要と考えられるので、ここに報告する。

2. 地質構造の概略

大分県中・西部地域の地質については、多くの調査研究が行われており、20万分1大分県地質図(宮久, 1972)、20万分1大分図幅(対馬・小野, 1958)、5万分1久住図幅(小野, 1963)などの地質図が公刊されている。以下にこれらの資料に基づいて、その概略を述べる。

大分県中・西部は九州の東北部にあり、九州地方の地質構造上きわめて重要な地域である。西南日本の主要構造である中央構造線がこの地域を通ると考えられるが、紀伊半島や四国におけるようには、その位置が明確ではない。九州地方中央部では3本の重要な構造線があるとされており、その推定位置から、松山-伊万里線、大分-熊本線および臼杵-八代線と呼ばれている。松山-伊万里線は、別府湾から西へのび、珠珠盆地、日田盆地をへて筑後・肥前地域へ向うとされている。この位置にそって東西方向の断層構造の発達が認められる。大分-熊本線は新第三系の堆積盆地と先新第三系の基盤岩地域とを分つもので、中新統の宇佐層群の分布の南限をなす。阿蘇火山の火砕流やその他の火山噴出物でおおわれ、その位置は明らかでないが、大分付近から野津原、長湯、久住をへて阿蘇火山へ

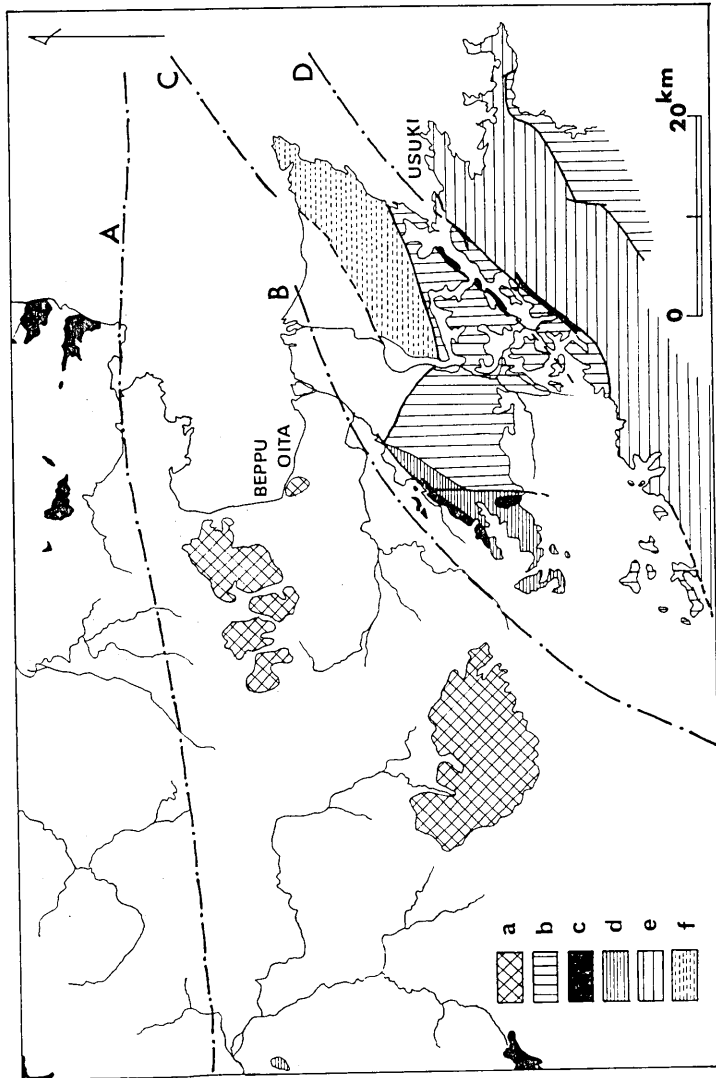


Fig. 1. Geological sketch map of Oita Prefecture.

- a: younger volcanoes (Sanin Series), b: Mesozoic, c: intrusives,
 d: Asaji metamorphic rocks, e: Paleozoic, f: Sambagawa metamorphic rocks,
 A: Matsuyama-Imari Line, B: Oita-Kumamoto Line,
 C: Median Tectonic Line, D: Mikabu Line (Usuki-Yatsushiro Line).

向っている。この位置には、NE—SW ないし ENE—WSW の方向に走る新しい断層谷やリニアメントの発達認められ、同方向の地質断層も発達している。臼杵—八代線は臼杵から三重を経て、祖母山の北側を通り、さらに南西方にのびる。北落の断層で、これに沿って火成岩類が貫入している。熊本県南部では、古生層と肥後変成岩帯を境する断層となっている。臼杵—八代線の北東延長は四国の御荷鈴線に連なる。臼杵—八代線の北側には佐賀関半島の三波川結晶片岩があり、したがって、中央構造線はその北側を通るはずである。しかし佐賀関半島の西方の大野山地には内帯の変成岩類があるから、中央構造線は、松山—伊万里線や大分—熊本線の方へはのびず、大野川ぞいの低地をつくる地溝状の地域を横断して、臼杵—八代線と合流すると考えられている(寺岡, 1970)。中央構造線と上記の構造線との関係については不明の点が残されている(Fig. 1 参照)。

大分県中・西部地域は、別府湾から阿蘇カルデラに到る間の火山地帯内にあり、鶴見岳・由布岳・城が岳・福万山・花傘礼山・九重山などの新旧の火山体を含んでいる。久住幅の南東隅の大野山地に先新第三系の基盤岩類が露出しているのを除けば、新第三紀以降の堆積岩類と火山噴出物によってすべておおわれている。この基盤岩類は、西南日本の内帯に属すると考えられる朝地変成岩類とこれを貫く貫入岩類(小野, 1963)、および上部白亜系の大野川層群(松本, 1936; 寺岡, 1970)である。朝地変成岩類は ENE—WSW ないし NE—SW の走向をもって約 25 km にわたって分布している。貫入岩類は、おそらくその全部が、少くともその一部は、確実に上部白亜紀以前のもので、内帯の領家深成岩類に属するものと考えられている。大野川層群は朝地変成岩を不整合におおい、一部断層で接して分布する。大野山地より北側の地域は新第三系と火山岩類が広く分布し、基盤岩類の露出は見られない。中新世以降、大分—熊本線にそって断層運動が続き、その北西側に地溝状の堆積盆地ができ、同時に火山活動が続いて大量の火山岩類が噴出し、主として淡水性の堆積物と大量の火山岩類とからなる地層が堆積していった。これらの新第三系の最下部にあるものはグリーンタフや変朽安山岩よりなる地層で、宇佐、国東半島に分布する宇佐層群(首藤, 1952)に相当すると考えられている。玖珠川上流地域や大野山地のほか、野津原、庄内、湯平などに断片的に分布している(宮久, 1975)。宇佐層群の堆積の後、大量の火山岩類を主とし、淡水性堆積物をまじえた地層が大野山地北西側に生じた幅広い地溝状の盆地内にひきつづいて堆積した。大分地方の碩南層群(首藤, 1953, 62)、玖珠地方の玖珠層群(松本, 1963 など)などがこれである。今回の地震被災地域の北西端の奥双石付近には珪藻土層をはさむ玖珠層群が分布している。これらの地層は、瀬戸内系火山活動で特色づけられ、第一瀬戸内時階に対比される。大野山地では、基盤をおおって中新世の火山噴出物がひろがっており、瀬戸内系の火山岩類と考えられている。K—Ar 年代は 14.3 ± 0.4 m.y. と測定され、中新世中期であることが知られている(柴田・小野, 1974)。九重火山の基底およびその周辺にも碩南層群に対比される旧期火山岩類が広く分布している。大分川の南と北に連なる山地の基部にも、この時期の輝石安山岩の溶岩がある。

大分市附近では碩南層群の上に下部更新統の大分層群(首藤, 1953, 62)が不整合でのっている。鮮新世末から更新世にかけての頃、大分—熊本線に相当する位置に顕著な断層運動が起こり、その北西側が沈下して地溝状の盆地が生じ、大分層群が堆積した。この断

層は碩南層群を切っており、落差 170 m 以上に及んでいる (首藤・日高, 1971). この地溝内では烈しい火山活動が続いた. 玖珠盆地周辺では、日田層の堆積、豊肥溶岩 (松本ほか, 1972), 万年山溶岩 (松本, 1933), 耶馬溪火山碎屑岩流 (石井ほか, 1956) の噴出があいついだ. 大分川の南側の山地を構成する輝石安山岩類のうちの上層部ものは豊肥溶岩に相当する新期安山岩類と考えられている. また、この地域の台地性山地の頂部に点在する酸性岩類は万年山溶岩に相当すると考えられている (宮久, 1975). 阿蘇野川や大分川に沿って分布する庄内溶結凝灰岩、由布川軽石流 (松本, 1933), 芹川にそって分布する今市火砕流 (小野, 1963) などの火砕流堆積物もほぼ同時期のものである. これらは第二瀬戸内時階に相当する (MORIMOTO, et al., 1957).

更新世後期以後も造構運動は続き、九重層群 (首藤, 1953, 62) の堆積と盛んな火山活動が行われた. 別府市の東部に分布する大在層 (首藤, 1953, 62) や九重山北方の鹿伏岳基部にある猪牟田層 (首藤, 1953, 62) はその下位の地層である. 阿蘇野盆地に分布する阿蘇野層 (小野, 1963) も同時期に堆積したものであろう. 猪牟田層は亜炭を含み、阿蘇野層は珪藻土を伴ない、いずれも断層盆地内に堆積した湖成層である. この頃から山陰系の火山活動が起こり、震源域の庄内地域の花牟礼山や飯田高原の鹿伏岳・崩平山などをはじめ、別府湾西岸より九重火山にかけての地域にひろがる角閃石安山岩 (山陰系火山岩類) よりなる火山がつくられていった. その間に阿蘇火山や九重火山の火砕流の噴出が起こり、ついで由布岳・鶴見岳や九重火山の円頂丘群などの最も新しい火山体が成長した.

以上のように、本地域は中新世以降活発な造構運動と火山活動が続いた地域であり、火山噴出物を主とする地層が大分一熊本線の北西側に生じた地溝内に厚く堆積している. 中部九州では、東西性の断層の発達が著しく、ENE—WSW ないし WNW—ESE の方向の断層の活動によってできた盆地内で火山活動が盛んに起こり、火山噴出物を主とする堆積物が堆積していったというのが、玖珠層群、大分層群、九重層群の堆積期間を通じての造構運動の特徴のようである. 大分一熊本線の北側には著しい負の重力異常が認められ (KUBOTERA, et al., 1969), 地溝状の地質構造と関係すると考えられている. 阿蘇および九重火山の位置にとくに重力異常値の大きな落ちこみがあり、カルデラ構造を考える説もある. 阿蘇カルデラについては問題はないが、九重火山では、多量の火砕流堆積物は見られるものの地形的なカルデラは認められない. 基底部の旧期火山岩類の地層中にもカルデラ状の陥没構造は見られないようである. 首藤 (1970) は、九重の負異常区域は玖珠層の堆積盆地と豊肥火山活動の溶岩類の最も厚い所を含んでおり、断層盆地内における第四系の厚層の堆積が関係しているのではないかとしている. 阿蘇野盆地や玖珠盆地などの成因についてもカルデラ説があるが、断層角盆地状のものと考えた方がよさそうである. 大分地方では、東西性に近い方位で北落ちの正断層を生ずるような造構運動が第三紀末から第四紀を通じて活発に行われ、洪積世後期においても 100~200 m 程度の落差をもつ断層運動が続き、別府湾はこのような断層運動によって生じた半地溝状の凹地が沈水したものであるという (首藤・日高, 1971). また、大分層群堆積開始に先だって、大分一熊本線の位置に ENE—WSW の断層が活動したという. 別府湾から西へ向って、由布院盆地、玖珠盆地、日田盆地などが配列しており、これらはかなり新しい陥没構造のようである. 大分県中・西部には多数の短い正断層状の活断層が火山斜面を切って発達していることは既に

報告されている (岡田, 1973). この地域における新第三紀以降の構造盆地の形成・発達と火山活動の継続, および活構造の発達は一連の現象であり, 現在の地殻変動, 火山活動および地震活動と密接な関係をもつものと考えられる. これら相互の関係を正しく把握することは重要な課題といえる.

3. 活断層系

5万分1地形図, 別府・久住・森・宮原の範囲について, 主に4万分1空中写真をもとにして構造地形を調べ, 活断層およびリニアメントを抽出し, 同時に現地調査を行って活断層分布図を作成した. 図示するにあたっては, それぞれの規模, 新旧, 活動度などを詳しく検討し, それぞれについて区分けを行った上で表示することが望ましいが, ここでは全体の傾向を把握することに重点をおき, 一括して記入してある. さらに詳しい検討は今後の問題としたい.

本地域における活断層系の発達状態は Fig. 2 に見られる通りである. 比較的短小な活断層が非常に密に発達している. この地域では, 上述のように中新統から更新統にわたる地層や新旧の火山体が複雑に重なりあっており, 活断層系の発達状態もこのような地質構造を反映してかなりの変化が認められる. 九重火山・阿蘇火山・由布岳・鶴見岳などの新しい火山体や阿蘇・九重火山の火砕流堆積物の上には活断層の発達は少なく, あってもその変位量はきわめて小さい. これに対して, 万年山溶岩, 豊肥溶岩および旧期安山岩類よ

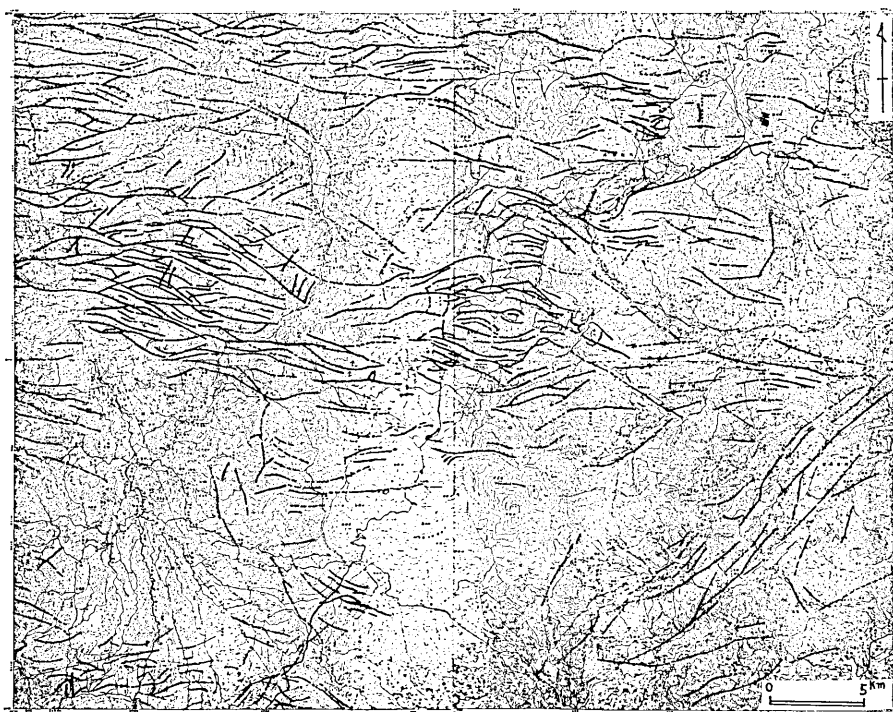


Fig. 2. Active faults and lineaments in the central and western parts of Oita Prefecture.

りなる山体には、きわめて著しい活断層系の発達認められ、その変位量も大きい。

本地域に発達する活断層は、その発達状態および方向性からいくつかの系統のものに分けることができる。一応、広域的な発達を示すものと、局地的なものに大別して説明する (Figs. 2, 7 参照)。

(I) regional な活断層系

活断層およびリニアメントの分布を見れば、一見して知れるように、いくつかの方位性をもった活断層系の広域的な発達が認められる。これには方位別に3つの系統がある。第1のものは、E-W 方向あるいは多少南および北にふれる方向に走るもので、岩質や地質時代の差にかかわらず全域を通じて発達している。とくに万年山の周囲で密な発達を示しているが、これは溶岩台地を形成させたような火成活動と関係するものかもしれない。第2のものは、NW-SE 方向の活断層で、ときには WNW-ESE 方向に連続的にかわることも多い。あるいはさらに E-W 方向のものに漸移する場合さえある。その発達はかなり制限されているが、やはり全域にわたって見いだされる。これらの活断層の中には左横ずれが見い出される場合がある。第3のものは NE-SW 方向の活断層で、やはり、方向が ENE-WSW にふれる傾向がある。発達は第2のものと同様にやや散発的であるが、全域にわたって認められる。この方向は、臼杵-八代線あるいは大分-熊本線の方向であり、大分市から南西方にのびる地域の、ほぼ岸川の流域にあたる地帯で、この方向の活断層およびリニアメントが連続的に分布している。これらの中には、右ずれ変位の認められるものがある。

(II) local な活断層系

本地域に発達する活断層は、長距離にわたって続くものがほとんどなく、短小なものが密に発達し、その方向もかなり変化が大きい。とくに火山体を横ぎって発達するものは特徴的な **fault pattern** を示している。すなわち火山体の中心部をかこんでアンズ状または環状の **pattern** を示し、火山の中心部が陥没している。飯田高原の崩平山 (標高 1,288 m) の北西側に環状のものが見られ、崩平山自身には、アンズ状の **fault pattern** が著しい。九重火山の南西麓にも、山麓斜面上に比高 10~20 m 程度の火山体の中心地に面した **scarplet** が環状にいくつも平行して発達している。同様に大小の火山体と関係して **local** な発達を示す活断層が他にも数多く認められる。このような断層崖は **in-facing collapse scarplet** と呼ばれる (KANeko, 1970)。本地域に発達する E-W 系の活断層の大多数のものが、火山体を横切るとき、このような **in-facing collapse scarplet** の形態をとる傾向を示している。たんに火山体中心部のアイソスタシー的沈降だけが原因で生じたものではなく、広域的な活断層系の発達とも関係して形成されたものではないかと考えられる。

(III) 断層運動のタイプと変位量

本地域に発達する活断層系の変位の向きは、**dip-slip-type** と **strike-slip-type** とあり、とくに **dip-slip-type** が卓越する。たんなるリニアメントとして現われているものも一部にあるが、ほとんどのものは **fresh** な変位地形を示す。東西性の活断層ではすべて変位は **dip-slip-type** で、正断層性である。NW-SE 系と NE-SW 系の活断層の場合は、**dip-slip** のほかに、それぞれ左ずれおよび右ずれの横ずれ変位を認めることができる。これら

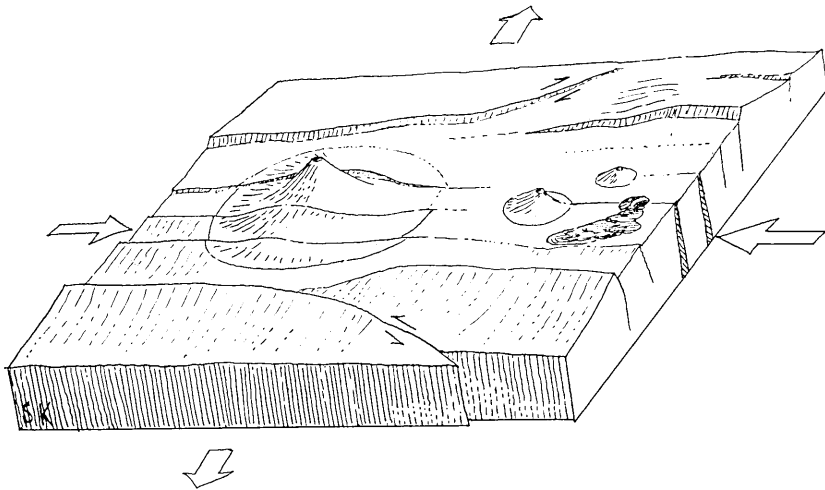


Fig. 3. A diagram showing the mechanism of faulting and volcanic activities in the tectonic stress field.

の活断層系は東西方向の圧縮応力、南北方向の引張応力の下で生成したものと解釈される (Fig. 3). 同じような応力条件は、中新世に行われた火成活動に伴う熱水鉱脈の形成の際にも認められる。すなわち、大分県中・西部の新第三系中には東西方向の圧縮主応力、南北方向の引張応力により生じたと解釈される NW—SE 系および NE—SW 系の共役な shear fracture と E—W 系の tension fracture が発達しており、とくに E—W 系の鉱脈群がこの地域一帯に生成した (Fig. 4). このような傾向は大分県南部の熱水鉱脈についても認められる。同様な応力条件が第三紀末以降においてもほぼ持続したと考えられ、E—W 系の extensional fracture が形成され、断層盆地がつくられ、マグマの噴出をうながしてきたと考えられる。

本地域の活断層は新旧の火山体を切って発達している。これらの活断層の変位速度を推定するために、火山体の開析度から推測される火山の地形上の年齢や、噴出物の上下関係から知られる地質学上の成長年代を一応の基準としてつかうことができる。すでに述べたように断層運動は dip-slip-type が卓越しており、火山体の斜面を切って断層崖の発達が到るところで見られる。これらは断層線に沿う選択的侵食によって生じた断層線崖の疑いがなく、したがって断層崖の高さは断層変位の総量を表わしている。

前節に述べたように、本地域に分布する火山岩類には中新世より現世に到る間の各時期

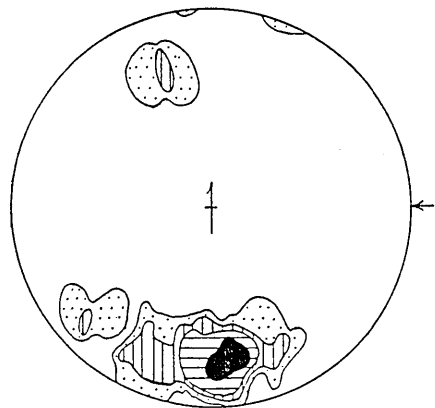


Fig. 4. A diagram showing the preferred orientation of mineral veins in the areas of the inner zone in Oita Prefecture. Three percent diagram of 22 poles to the vein. Contour interval: (41-36.5)-22.5-13.5-10-0%.

のものが含まれている。大別すれば、変朽安山岩類および碩南層群に相当するもの、大分層群に含まれる豊肥溶岩、万年山溶岩など、九重層群に含まれる旧期および新期山陰系火山岩類および現世の噴出物に分けることができる。碩南層群以下のものは原地形を失なった開析火山体であるが、大分層群以上のものは、侵食の程度に差はあるものの、もとの火山地形をとどめている。豊肥溶岩および万年山溶岩は万年山の周辺に見られるような溶岩台地を構成し、台地の末端は急崖をなしている。庄内地域ではもとの溶岩台地が侵食されて、山頂上にその断片が残されている。旧期山陰系火山岩類よりなる花傘礼山・鹿伏岳・崩平山などは開析が進み、斜面上に谷が深く刻みこまれている。新期山陰系火山岩類よりなる鶴見岳、由布岳、黒岳などは開析があまり進んでいず、もとの姿をそのまま残している。これら新旧の火山体を切る活断層は、その変位量が火山体の年齢に調和して、古い場合ほど大きくなっている。たとえば、別府市西方の地域についてみれば、鶴見岳と由布岳ではごくわずかの変位しか認められず、*in-facing collapse scarplet* は未開析で、しばしば *fault sag* を伴い、きわめて新鮮な様相を示す。これに対して、由布岳西側に連なる立石岳、飛岳は旧期山陰系の火山体であり、*scarplet* の発達是一段と進んでおり、断層変位が時代とともに進行したことが理解される。万年山溶岩よりなる万年山付近では断層崖の高さは最高 200~250 m に達する。湯布院盆地の南にそびえる断層崖は、城ヶ岳、高尾山などの新旧の安山岩類よりなる山体を切っているが、変位量は、200~250 m に達している。別府湾の北西隅にそびえる唐木山・鳥屋岳・尼蔵山などの山地は豊肥溶岩よりなるが、ENE—WSW ないし E—W 系の数列の活断層によって切られており、豊岡背後の断層崖の変位置は 250 m 以上に及んでいる。以上のように、断層の変位量は最新の火山体を切る断層では最も少なく変位は 10~20 m 程度であるが、旧期山陰系の火山体では 100~数 10 m 程度、万年山溶岩の火山体では 100~200 m 程度、さらに古い火山体ではそれ以上となっている。これらの火山岩類の絶体年代は明らかでないが、九重層群の下部は房総半島の地藏堂層、東金層に対比されるから、旧期山陰系火山岩類の時代は 20 万年程度、また大分層群の鶴崎層は笠森層等に対比されるから、万年山溶岩はおおよそ 50~60 万年程度と考えられる。したがって断層変位の速度は、数千年に 1 m 程度であり、これはいちじるしく大きな値ではない。

〔森図幅〕

玖珠盆地、万年山周辺、飯田高原の北端部などがこの図幅に含まれる。玖珠層群に属する湖成層と輝石安山岩類およびそれらをおおう豊肥溶岩、万年山溶岩、耶馬溪溶結凝灰岩などが広く分布している。北半部は別府湾より西にのびる大地溝の延長部にあたり、E—W 方向の活断層が連なり、東西性の断裂地塊が連続して配列する。南半部は万年山、十文字原を中心とするメサ状の台地で、E—W 方向ないし WNW—ESE 方向の活断層が非常に密に発達している。東西性の狭長な地塁・地溝のみごとな配列が見られる。NE—SW 方向の活断層の発達はあまり著しくない。全域を通じて、山体を切る直線状の急崖の発達が認められ、それらは侵蝕によって生じた断層線崖ではなくて、真の断層崖である。断裂地塊が傾動している場合が非常に多く、断層角盆地状の凹地が断層崖の基部にそって生じており、水系は断層崖の基部にそって生じている。水系は断層崖の直下を流れ、崖下に崖錐や扇状地の発達はほとんど見られない。断層崖の高さは最高 200~250 m であり、岩石の性質や水系との関係、および断層崖が小規模であることなどのため開析が進んでいない。全

体としてみると、万年山一帯から北側では北方への傾動が目立ち、南側では逆に南に向って傾動している。横ずれ断層は、北西隅で左横ずれがわずかに認められるのみで、ほとんど発達していない。

〔宮原図幅〕

この地域は九重火山と阿蘇火山の北斜面を含み、新しい火山噴出物が広くおおっているため、活断層の発達はやや少ない。北辺の古い火山体を切る部分には E—W 系の断層が認められるが、いずれも垂直変位を示すもののみで、水平ずれの断層は見あたらない。九重火山群の各山体にはほとんど断層が発達していない。しかし南側山麓の緩斜面に半環状の *infacing collapse scarplet* が見られる。これは、火山体に対する位置からみて火山体中心部がアイソスタシー的に沈下したために生じたものであろう。阿蘇火山の北側斜面上にはカルデラ壁に平行する環状の *infacing collapse scarplet* が発達している。ここでも NE 系あるいは NW 系の横ずれを伴うような断層は認められない。しかしこの地域外ではあるが、阿蘇カルデラの外形の中で NE 方向に走る部分は NE 系の断層によって支配されて陥没したものである。九重火山群の諸峯の中で、中岳、涌蓋山から一目山に連なる部分は旧期山陰系火山岩よりなる基底部であり、ここでは、火山体および山麓堆積物を切って E—W 系の活断層が発達している。断層崖は火山体に対してつねに *infacing collapse scarplet* の関係にあり、山体の中央部側が沈下している。

〔久住図幅〕

この図幅の西部には九重火山群があり、南東部には先新第三系の基盤岩類が分布する。中央部から北辺にかけては中新～鮮新世の火山岩類が分布し、低地を埋めて阿蘇火山等の火砕流堆積物がある。九重火山および阿蘇火山の火砕流がおおう部分には断層の発達は少ないが、北辺の輝石安山岩類よりなる山地には E—W 系の活断層が発達する。阿蘇野盆地の北東・南東側には、小野 (1963) が指摘したような NW—SE および ENE—WSW の断層がある。北東隅から南西隅にかけての一带には連続的なリニアメントが著しい。芹川にそって、幾本かの NE—SW 方向のリニアメントとスカープレットが見られ、最大 200 m 以上に及ぶ右横ずれ変位が認められる。スカープレットは北西向きで、北西側の地域が落ちこむような傾向を示している。これらは基盤を切る大分一熊本線の存在を示唆するものであろう。同方位の横ずれ活断層は、東隣の豊岡図幅中の安心院町付近にも発達している。

〔別府図幅〕

この地域の北半部には鶴見岳・由布岳の山陰系新期火山がそびえ、さらに立石山・福万山などの山陰系旧期の溶岩よりなる火山体がほぼ東西に配列している。また、西部には同じく山陰系旧期の溶岩よりなる花傘礼山、崩平山、野稲岳などが南北に並んでいる。北半部には別府湾より西へ続く大地溝がある。これを別府地溝と呼ぶことにする。別府地溝の北をかぎる断層を別府北断層と名付けておく。この断層は東から、籬戸山 (831 m)、立石山の北、高陣ヶ尾直下を通り、さらに小野原に達し、車谷から黒岳直下を経て、高橋から青谷に達している。断層崖の比高は数 10 m 程度である。北東端は豊岡町の北方に及んでいる。南側をかぎる断層は大分から別府を経て湯布院の南へのび、さらに西方の下依に達する。それより西へは連続していない。断層崖の比高は 100~200 m から 250 m にまで及ぶ。地溝の幅は約 8 km で、別府湾に向ってラップ状にひろがっている。西方の森図幅

内では、連続する狭小な地溝に移化している。別府地溝内に配列する火山体には東西性の活断層が発達し、これらは *in-facing collapse scarplet* である。すでに述べたように鶴見岳、由布岳を切る断層は数も少く、比高が小さいが、旧期の火山体では断層の発達が密で、変位量も大きくなっている。別府地溝の南側には、輝石安山岩類などよりなる山地を切って、E-W性や、NW-SE性の活断層が発達する。大分川にそって右横ずれのNW-SE方向の断層があり、その南にWNW-ESEの方向に連なる時山山塊を切って、E-W方向からややENE-WSWの方向に向く右横ずれの活断層が3列ほど見られる。花傘礼山、崩平山などの火山体には、すでに説明したような *in-facing collapse scarplet* の発達が見事である。

4. 大分県中部地震と活断層および地質構造との関係

今回の地震の発生した地域は、別府から九重・阿蘇をへて熊本から島原半島に到る群発地震の発生地帯内にあり、有史以来、マグニチュード6~7程度の被害地震がかなり発生しており、無被害の群発地震の発生も著しい (Fig. 5)。阿蘇山周辺、飯田高原、湯布院付近、別府付近などでは群発地震がしばしば発生している。たとえば、別府および大分付近では、1916~17年、1926年5月、1927年6月、11月、1930年4月、1973年12月にそれぞれ群発地震があり、湯布院では1941年11月に震度I~II程度の地震を17回感じた。また、飯田高原では1931年4月、1941年6月、1946年12月に群発地震が起こっている。阿蘇周辺でもしばしば群発地震があり、とくに1975年1月には、阿

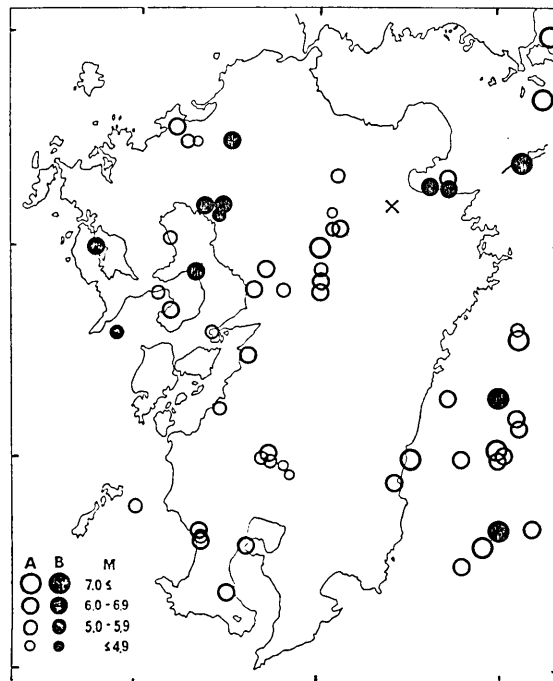


Fig. 5. Map showing the distribution of major earthquakes in Kyushu.

●: before 1872, ○: after 1873. (after USAMI, 1975b, partly modified)

蘇カルデラ北縁付近に $M=6.1$ を最大とする著しい群発地震活動が起こり、局地的被害をもたらした。しかし、今回の地震の震央付近は、過去の著しい被害地震の記録はなく、最近の群発地震の活動も見られず、比較的地震の多発する地帯にあって空白域的な存在であったといえる。

この地帯に発生する浅発地震については、気象庁 (1971)、ICHIKAWA (1971) などにより、ほぼ東西、水平方向の主圧力 (P 軸) による横ずれ型の発震機構が考えられている。今回の地震についても、同様な発震機構が考えられたが (気象庁, 1975)、山科・村井 (1975) の検討によれば、横ずれ型の発震機構と考えるよりは、ほぼ南北、水平の方向に T 軸のある正断層的な縦ずれ成分をかなり含むメカニズムを考えることの方がよい。また、1 月 23 日の阿蘇群発地震についても、類似したメカニズムが考えられ、他の阿蘇火山周辺に発生した地震のいくつかについても同様の結果が得られている。山科によれば、1970 年の雲仙岳付近の地震のいくつかについても同様にほぼ南北、水平の方向に T 軸をもつ正断層的なメカニズムが考えられ、さらに、地域は異なるが、1968 年のえびの地震についても同様であるという (山科の談話による)。山科・村井 (1975) によるメカニズム解では、節面の一つが $N70^{\circ}W$, $S50^{\circ}$, 他の一つが $N54^{\circ}E$, $N56^{\circ}$ である。地震による被害分布が $WNW-ESE$ の方向にのびており、とくに被害の著しかった地区がこの方向にほぼ一線上に並んでおり、地割れなどの発生もこの部分に集中していた (村井・松田, 1975)。これらのことから、 $N70^{\circ}W$ の方向の面が活動したとすると、左ずれ成分をもった正断層変位が起こったことになる。震央付近ではとくに南北方向に地震動が著しかったという事実があった。また、地下の断層運動の表われの可能性が考えられた湯布院町扇山の地われ群は、南側が沈下し、左ずれ性の変位を示していた。これらのことからみて、今回の地震は、別府-阿蘇-熊本-雲仙地域に発生する他の地震と同様に、南北方向に T 軸をもつ正断層性の発震機構で、 $WNW-ESE$ 方向の断層が活動したと考えたい。

前節に述べたように、本地域にはほぼ E-W 方向の正断層性の活断層の非常に密な発達があり、これは、この地域の地震の一般的発震機構と調和すると考えられる。今回の地震の震央域には、 $WNW-ESE$ の方向の活断層の発達が認められ、阿蘇野盆地の北東縁を限るものは、構造的にもとくに重要な断層であると推定される。震央の正確な位置は、おそらく、山下池、扇山付近であろうと考えられ (久保寺・三浪, 1975; 山科・村井, 1975)、余震の分布も $WNW-ESE$ 方向にならび、この位置を通る地下の NW 系の断層が活動したのであろう。震央地域では、火山体を切って比較的短小な活断層がきわめて密に発達しており、長大な活断層の発達は認められない。基盤上に第三紀層や新しい火山噴出物が厚く発達しているため、断層が火山体を横切る部分で分岐し、短小な E-W 性の正断層群を形成していると考えられる。

すでに述べたように、大分県中・西部地域を含む中部九州においては、大分-熊本線に相当する位置に $NE-SW$ ないし $ENE-WSW$ の方向の著しい断層構造がある。その北側の地帯では東西性の正断層性の断層の発達が著しく、 $ENE-WSW$ ないし $WNW-ESE$ の方向の断層の活動によって角盆地が生じ、その中で盛んに火山活動が続いてきた。このような E-W 性の張力性断層構造は、新第三系の断層構造の方向にもあらわれており、前述のように大分県一帯に見られる金銀鉞脈などの発達状態では、E-W 方向の張力性割れめの発達が顕著であり、 $WNW-ESE$ 方向の剪断性われめが附随している。大分

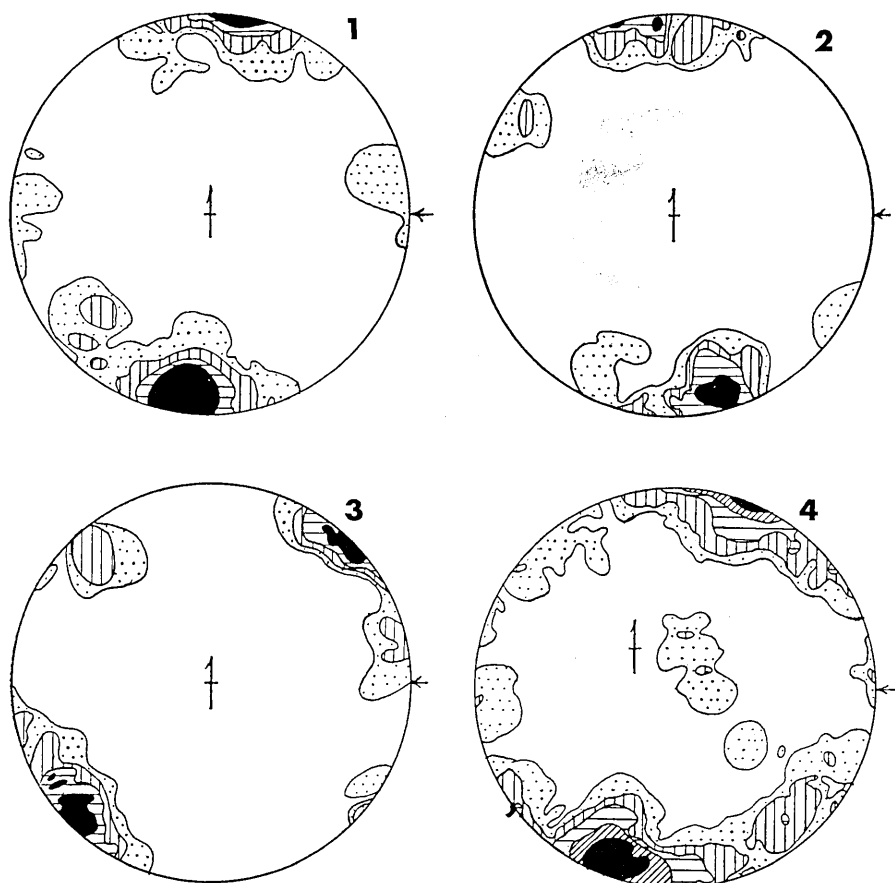


Fig. 6. Diagrams showing the preferred orientation of fractures developed in rocks in the epicentral areas.

- (1): Three percent diagram of 43 poles to the fracture planes developed in the Kusu Group at Okunameshi. Contour interval: (37-23)-14-9.5-4.5-0%.
- (2): Four percent diagram of 16 poles to the fracture planes developed in the volcanic rocks of Kuzuhira-yama at Teradoko. Contour intervals: (44-37.5)-25-19-12.5-0%.
- (3): Four percent diagram of 16 poles to the fracture planes developed in the Asono Formation at Asono. Contour interval: (37.5-31)-25-19-12.5-0%.
- (4): Two percent diagram of 115 poles to the fracture planes developed in pyroxene-andesites at Kakura. Contour interval: (20-15)-10.5-6-3.5-1.5-0%.

一阿蘇—熊本—雲仙の地帯の火山群の形成は、雲仙火山ですでに明らかにされているように (金子, 1973), 中央構造線の延長部の北西側に生じた地溝帯の東西性の張力型割れ目を通して行われたものであろう。

震央地域に分布する堆積物および火山噴出物の 2, 3 について、微細断裂構造の調査を行

った。奥双石の珍珠層群および寺床、山下池付近の山陰系火山噴出物については E-W 方向のわれめの発達がよく顕著で、WNW-ESE の方向のわれめの発達が多少認められ、活断層の発達状態と全く調和している。阿蘇野盆地付近の阿蘇野層および輝石安山岩類については NW-SE ないし WNW-ESE および ENE-WSW の方向のわれめの発達が著しく、阿蘇野盆地を限る断層構造と調和している (Fig. 6)。このように微細裂構造と活断層との間に調和が認められるのは、これらの構造を形成した応力条件が長期間にわたって維持したことを意味するものと考えられる。

今回の地震においては、明瞭な地震断層は発見されなかった。しかし、震央域一帯にかなりの地変が発生し、WNW-ESE の方向にのびる被害分布は、地震の発生に直接関係する地下の断層運動を示唆すると考えられるものであった。山下池北東岸を通る活断層に沿う位置に建てられた建物の 2, 3 が著しく破損し、阿蘇野盆地の北西を限る断層に沿う直野内山地区が大きな被害を受け、さらにその延長上の扇山およびその付近に著しい地割れ群が発生し、地下の断層運動の表われではないかと疑われた (村井・松田, 1975)。これらの事実は、今回の地震の発生のメカニズムを考える上できわめて重要であると考えられる。筆者らは、地下の断層変位の延長部は、震央地域の厚い火山性堆積物中に密に発達する活断層群と断層系の中に分散してしまっただけではないかと考えている。

文 献

- 平賀士郎 (1972): 日本における地熱地帯の群発地震。地熱, No. 32, 30-39.
- ICHIKAWA, M. (1971): Reanalyses of mechanism of earthquakes which occurred in and near Japan, and statistical studies on the nodal plane solutions obtained, 1926-1968. *Geophys. Mag.*, 35, 207-274.
- KANEKO, S. (1970): Deformation of Hakone volcano, south-west of Hakone, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 76, 247-257.
- 石井清彦・谷田勝俊・青木謙一郎 (1956): 耶馬溪 welded tuff について (予報)。岩鉱, 40, 131-136.
- 金子史朗 (1973): 火山と広域応力場。地理, 18, 95-103.
- 気象庁地震課 (1971): 雲仙火山付近の地震活動。験震時報, 36, 31-48.
- 気象庁地震課地震活動観測センター (1975): 1975 年 4 月 21 日の大分県中部の地震について。地震予知連絡会会報, v.14, 115-118.
- KUBOTERA, A., TAJIMA, H., SUMITOMO, N. and DOI, H. (1969): Gravity surveys in Aso and Kuju volcanic region, Kyushu district, Japan. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 47, 215-255.
- 久保寺章・三波俊夫 (1975): 1975 年大分県中部地震の本震および余震活動について。昭和 50 年度地震学会春季大会講演予稿集, 50.
- 松本唯一 (1933): 似而非阿蘇熔岩。火山, (1), 3, 1-16; 4, 1-20.
- 松本達郎 (1936): 九州大野川盆地の地史学的研究 (その 1), (その 2)。地質学雑誌, 43, 758-786, 815-852.
- 松本征夫 (1963): 北中部九州における後期新生代の火山活動。九大生産研報告, 34, 1-10.
- 松本征夫・宮地貞憲・宮地六美・西田民雄 (1972): 大分県珍珠川流域の火山地質。九州大学教養部地質研究報告, 17, 7-24.
- 宮久三千年編集 (1972): 20 万分の 1 大分県地質図および説明書。140 p., 大分県。
- 宮久三千年 (1975): 大分県中部地域の地質ならびに 1975 年 4 月地震による山地災害所見。林業土木コンサルタンツ保全計画調査報告書。
- MORIMOTO, R., HUZITA, K. and KASAMA, T. (1957): Cenozoic volcanism in southwestern Japan with special reference to the history of the Setouchi (Inland Sea) geologic province. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 35, 35-45.
- 村井 勇・金子史朗 (1975): 大分県中部地震の被害と活断層分布。第 12 回自然災害総合シンポジウ

- ム講演論文集, 233-234.
- 村井 勇・松田時彦 (1975): 1975 年大分中部地震の被害調査報告—とくに被害・地変と活断層との関係について. 地震研究所彙報, 50, 303-327.
- 岡田篤正 (1973): 中央構造線の第四紀断層運動について. 「中央構造線」, 東海大学出版会, 49-85.
- 寺岡易司 (1970): 九州大野川盆地付近の白亜紀層. 地質調査所報告, No. 237, 87 p.
- 小野晃司 (1963): 5 万分の 1 「久住」および説明書. 106 p., 地質調査所.
- 柴田 賢・小野晃司 (1974): 九州中部大野火山岩類の K—Ar 年代. 地質調査所月報, 25, 663-666.
- 首藤次男 (1952): 大分層群の地史学的研究 (演旨). 地質学雑誌, 58, 308.
- (1953): 豊州累層群の地史学的研究 (I・II). 地質学雑誌, 59, 225-240; 372-384.
- (1962): 九州の最新統の地史学的研究, I—IV. 地質学雑誌, 68, 269-281; 301-311; 481-486; 522-536.
- (1970): 九州の下部第四系とくにその造構的背景について. 第四紀研究, 9, 153-157.
- ・日高 稔 (1971): 大分地方の沖積層, とくに別府湾の起源について. 九大理学部研究報告 (地質), 11, 87-104.
- 対馬坤六・小野晃司 (1958): 20 万分 1 大分図幅. 地質調査所.
- 宇佐美竜夫 (1975a): 江戸時代末までの群生地震の表. 地震研究所彙報, 50, 1-46.
- (1975 b): 日本被害地震総覧. 東大出版会, 327 p.
- 山科健一郎・村井勇 (1975): 1975 年大分県中部地震, 阿蘇北部地震のメカニズムについて, とくに活断層との関係. 地震研究所彙報, 50, 295-302.

17. *Tectonic Topography in the Central and Western Parts of Oita Prefecture and the Earthquake of 1975 in the Central Part of Oita Prefecture.*

By Isamu MURAI,
Earthquake Research Institute
and
Shiro KANEKO,
Tachikawa Highschool.

On Apr. 21st, 1975, a local destructive earthquake with the magnitude of 6.4 occurred in the mountainous area of the central part of Oita Prefecture. Damage to buildings and other engineering structures and disturbances on the ground were observed to be concentrated in the zone aligned in a WNW—ESE direction, although no evidence of fault displacement is recognizable. The writers carefully studied the tectonic topography in the epicentral area and the surroundings, and discovered a distinct development of active faults and lineaments in E—W, NW—SE~WNW—ESE and NE—SW~ENE—WSW directions in the Tertiary and Quaternary volcanic rocks and lake deposits. Fault displacement contains the predominant dip-slip component of a normal fault with an occasional strike-slip component. Faults with a NW—SE trend sometimes show left-lateral-slip, and faults with a NE—SW trend sometimes show right-lateral-slip. It is inferred that the fault systems were developed under the stress condition of compression in E—W direction and extension in N—S direction. The focal mechanism of the earthquake of 1975 in the central part of Oita Prefecture was considered to be a normal fault type with the T-axis in a N—S, horizontal direction. The writers inferred that the earthquake was generated by the normal fault displacement along a major fault with the NW—SE direction developed in the basement.

1:50,000 地形図 大分10号
（099）
5 震害調査

住久



森

1:50,000 地形図 大分13号

もり



至二頁目 131

131

131

宮原

1:50,000 地形図 大分14号
みやのはる

