

阿蘇カルデラ内で見いだされた落差1 mの新鮮な活断層と 最近の地震活動

須藤靖明*・池辺伸一郎**

* 京都大学大学院理学研究科

** 阿蘇火山博物館

要旨

最近、阿蘇カルデラ内で落差約1m、走向約N60°E、伏角約60°の新鮮な断層が見つかった。断面にはアカホヤ火山灰層の上部に阿蘇中岳からの火山灰層が10数枚成層し、確認された最上部の火山灰層は約1,000年前のものであった。この最上部の火山灰層の上に厚さ約1mの堆積層がある。この堆積層は断層によって切られていることから、極めて最近に断層が生じたと考えられる。一方、阿蘇カルデラ西部には北東から南西部へと帯状の活発な地震活動領域がある。この地震活動帯は南西―北東の走向で、延長約10km、幅2-3kmで、今回発見された断層の位置と走向と一致し、正断層型右横ずれ断層の解が得られている。

キーワード: 二重峠断層・二重峠地震帯・阿蘇地震・活断層・阿蘇カルデラ

1. はじめに

一般に、カルデラ内では、火山から噴出した火山灰等の堆積がかなりの厚みをもっているため、活断層やリニアメントは見出しにくい。特に、阿蘇カルデラの場合は、現在も活動中の活火山であり、カルデラ形成後の度重なる火山活動による火山噴出物がカルデラ内に厚く堆積し、また、過去にカルデラに湖を形成した歴史をもつため、カルデラ湖の存在期の湖成堆積物もあり、活断層のような地形的特徴を伺い知ることが出来ない状態となっている。

実際、活断層研究会や九州活構造研究会の著した図面では、阿蘇カルデラの周辺部には多数の活断層や活構造が見出されているが、カルデラ内側は一部の火山地形のリニアメントを除いて、空白となっている(渡辺, 1984;九州活構造研究会, 1989;活断層研究会, 1991)。これは致し方ないことである。

一方、阿蘇カルデラ内外で発生する地震についてみると、上記の各研究会の活断層や活構造の位置や走向と一致しない、カルデラの西外側からカルデラの内側へ北東に延びるほぼ直線となる帯状の震央分布が見られる。この帯状の地震の分布は、大分―熊

本構造線の北に位置し、その走向は同構造線とほぼ並行している。また、この線上の地震分布は、あたかもカルデラの西外側から内側へ延びる断層があって、それ沿いに地震が発生している様相を示している。

今回、阿蘇カルデラ内の西で発見された断層は、ひとつには、カルデラ内では断層そのものが見出しにくい条件にあるにもかかわらず、断層が発見されたことと、もうひとつには、断層が発見された場所が、最近でも地震活動が活発なところであり、断層の走向と震央分布が一致していることから、阿蘇カルデラ内外での地震活動の様相を知る上で大変重要と考えられる。

本論は、この断層と最近の地震活動との関連を述べ、また、過去の比較的規模の大きい地震について、この断層との関わり合いを考察してみたものである。

2. 発見された新鮮な断層

2000年の春、阿蘇カルデラ内の北側通称阿蘇谷を流れる黒川の治水事業にともなった遊水池工事現

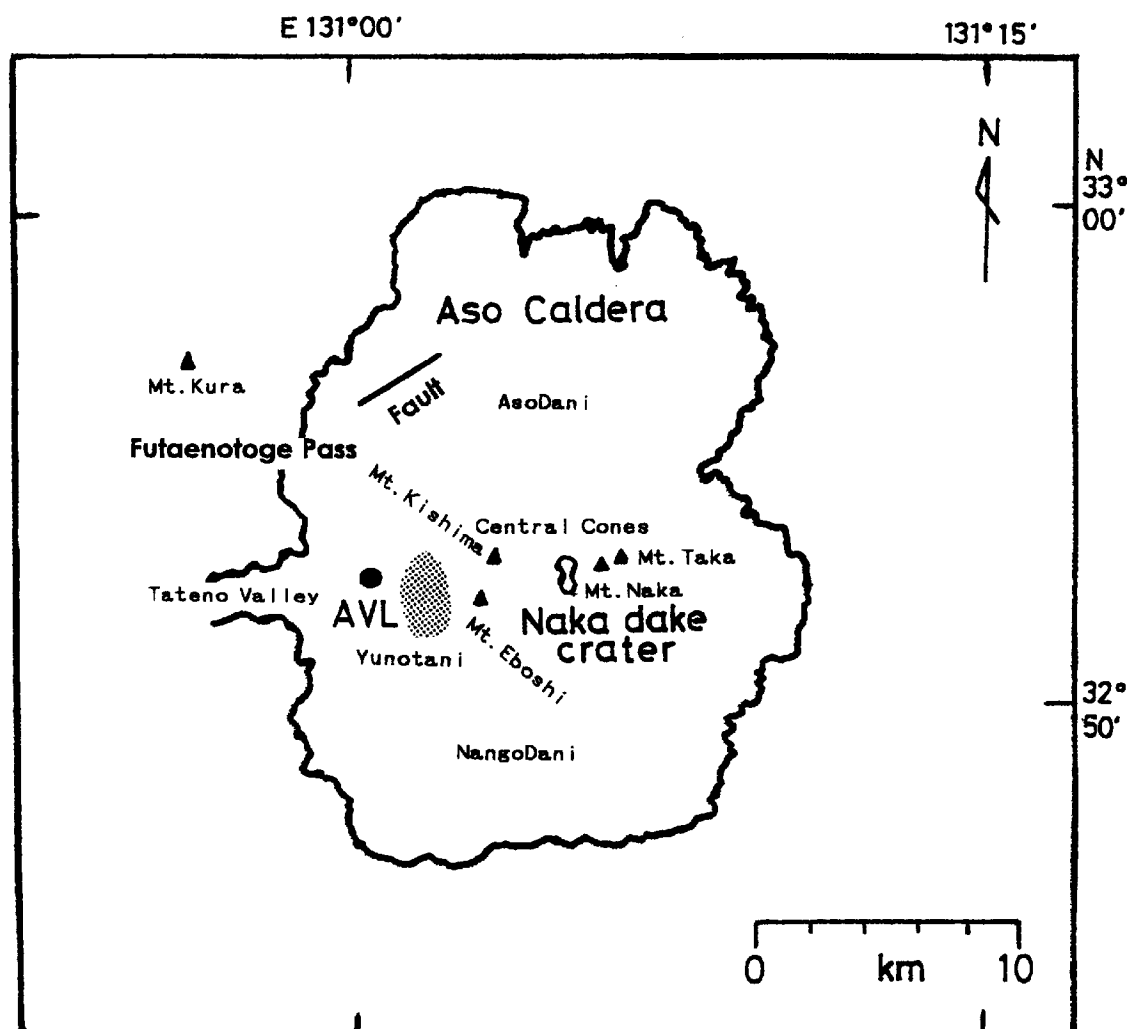


Fig. 1 Map of Aso Caldera. The active fault described in Aso Caldera is indicated with a mark.

場で、落差 1m 程度の南落ちと北落ちの二つの新鮮な断層が見つかった。

工事現場の位置は、熊本県阿蘇郡阿蘇町三久保小野地区(中岳火口から北西へ 10km 弱)の黒川右岸近くで、阿蘇カルデラ内である。この遊水池工事は、黒川右岸に水門を設け、黒川の水量が規定以上になった時に水門が開き、遊水池へ河川水が導入され、一時的に黒川の流下水量を減少させるために、行われているものである。

断層が発見された場所は、この水門を建設するところに近く、黒川の右岸に向かって直角に掘削された、幅約 20m、深さ 10 数 m の溝の中である。このため、溝の左右の壁に断層が現れているので、断層の走向、傾斜角、落差が計測でき、また、複数の火山灰堆積物の層序がはっきりと見られ、地層層順を追える状態となっている。

Fig.1 に、発見された断層の位置と走向を示す。南落ちの断層は溝の北側にあり、黒川右岸から 60m から 70m 程度離れた位置にあり、北落ちの断層は南側で黒川の右岸の近くである。Fig.2 は南落ちの断層の写真で、掘削された溝の左側の壁(黒川に向かって)に現れた断層である。

いずれの断層も、走向が約 $N60^{\circ}E$ で、傾斜角(伏角)が約 60° であった。

工事現場付近には縄文や弥生時代の遺跡が出土し、これらの地層との層序関係が注目され、火山灰層順が重要となった。掘削された溝の壁の最下部に、アカホヤ火山灰層が見られ、その上部に阿蘇中岳をはじめとする中央火口丘から噴出し堆積した火山灰層が 10 数枚成層しているのが Fig.2 から窺える。

同定された火山灰層はアカホヤ火山灰のほか、中岳火口から噴出した N13, N7, N2 などであり、

いずれの火山灰堆積層は断層で切られている(参考資料1参照)。このうち最も最近の噴出は N2 で約 1,000 年前である(宮縁・渡辺, 1997)。N2 の上の厚さ 1m 弱の堆積層も断層で切られていることから、この断層は極めて最近に生じたと考えられる。



Fig. 2 Photo of the active fault described in Aso Caldera.

3. カルデラ形成後の歴史

阿蘇カルデラが今日のような形が出来上がった約 9 万年前の Aso 4 大砕流噴出の後、阿蘇火山中央火口丘群は、現在活動中の中岳を含め、約 2 万年前まで、ほとんどすべての火口丘が多くの火山灰と溶岩を噴出した。主な活動した火口丘についてみると、山頂近くに東西が約 700m に達する大きな火口がある高岳火山や、それよりもやや時代が前に活動した草千里ヶ浜火山がある。この草千里ヶ浜火山は、特徴的で、山体を吹き飛ばす大規模な軽石噴火をしている。

2 万年以降の火山活動は、中岳火山をはじめとして、杵島岳火山、往生岳火山、米塚火山などの火口丘が活発で、どれも中岳火山より西にあるのが特徴である。しかし、これらの火山からの噴出物は多数に上り、その詳細な活動の歴史が明らかになってきた

のは非常に最近のことである。堆積している火山灰を丹念に調査することで、ここ数万年以降の最近の阿蘇火山の火山活動については明らかに成りつつある。

小野・渡辺(1985)、Ono et al.(1995)、宮縁・渡辺(1997)によれば、15,000 年以降の活動は、次のようである。各堆積物層は上部と下部に分かれ、上部層は黒ボクへ変質し、下部層は本質火山灰やスコリアが保存されている。これは、比較的長い静穏期の後に、開口活動があつて多量の火山灰を噴出し、その後マグマ物質であるスコリアを放出したと考えられ、マグマ水蒸気爆発があつたこと示す。彼らは堆積層として残った 19 回の噴出過程の歴史を、カルデラ北東部の約 25m 程度の露頭に見られる火山灰堆積物に埋没された黒い土層に注目し、その中に含まれる有機物の C14 年代値を求め、層序の関係から最近 15,000 年の歴史を明らかにした(参考資料1)。

ここで特に注目すべきは、約 3,400-2,700 年前に往生岳火山や杵島岳火山で噴煙柱が勢いよく昇る準プリニー式噴火が 4 回以上生じたことと約 4,800 年前に中岳火山から南北へ流下した溶岩である。また、これらの歴史から中岳火山は、最近 6,000 年以上の間、灰噴火を繰り返していることがわかる。このため、発見された断層面に表れた火山灰層の層順と同定が出来た。

4. 阿蘇カルデラ内外の地震活動の特徴

一方、阿蘇カルデラ周辺は、北東部に位置する九重火山系の地震活動領域から南西方向へカルデラ北部を通して西部・南西部へと帯状の活発な地震活動領域がある(Fig.3)。中でも、カルデラの西部地域はきわめて活発な地震活動領域で、カルデラ西部の外側からカルデラ内へ、南西―北東の方向で帯状に並んでいるのが顕著に見える。これをここでは二重峠地震帯と名付ける。これら地震活動が活発な領域とは、対照的にカルデラ内南部はほとんど地震活動が見られない。

二重峠地震帯は、南北に並行した二重の帯状分布をなし、カルデラ西壁の二重峠付近を通り、その南西から北東(方位 N60° E)方向へ延び、カルデラ内へ入り込んでいる。南側および北側の地震帯も、それらの帯状分布は延長約 10km、幅 2-3km で、やや南側の地震帯が活発である。

これらの帯状地震領域では、最近次のような群発地震が発生している。

南の二重峠活動帯では、最近では、1997 年 11 月と 1999 年 3 月に最大マグニチュードがそれぞれ 4.1 と 4.5 の群発地震が発生している(それぞれの最大

マグニチュードの地震は 1997 年 11 月 12 日と 1999 年 3 月 9 日に発生している)。Fig.4 はそれぞれの群発地震活動期の震央分布図である。

北の二重峠活動帯でも、1983 年 6 月；1985 年 9 月；1988 年 8 月；1990 年 5 月、12 月；1991 年 1 月；1995 年 6 月に小規模な群発活動が観測されている(それぞれの群発活動期における最大マグニチュードは、1983 年 6 月 12 日 2.5 以上；1985 年 9 月 12 日 2.5 以上；1988 年 8 月 17 日 2.5 以上；1990 年 5 月 9 日 3.3、12 月 23 日 3.2；1991 年 1 月 3 日 3.5；1995 年 6 月 20 日 2.7 である)。

発震機構については、先に述べた南の二重峠活動帯で 1997 年 11 月と 1999 年 3 月に発生した群発地震の各々の最大規模の地震について求められている。いずれの発震機構も、走向が震央分布の方向 (SW-NE) と一致し、正断層型右横ずれ断層の解が

得られている。これらの地震活動帯の位置と走向は、先に述べたカルデラ内で見いだされた断層と一致している (Fig.5)。

5. 過去の地震活動

今回発見された断層が何時頃の地震によって生じたものかを同定することは困難である。しかし、1,000 年よりも新しいことは確かである。

久保寺 (1975) は 1975 年 1 月に発生した阿蘇北部群発地震の報告書の中に、気象庁資料から震源が北緯 33° ・東経 131° (阿蘇カルデラ北西で、中岳火口から約 16km) を中心とする半径 50km 以内で、深さ 50km 以浅にある地震のリストを掲げている。しかし、この表では、1928 年からそれ以前については別の資料に当たらなくてはならない。

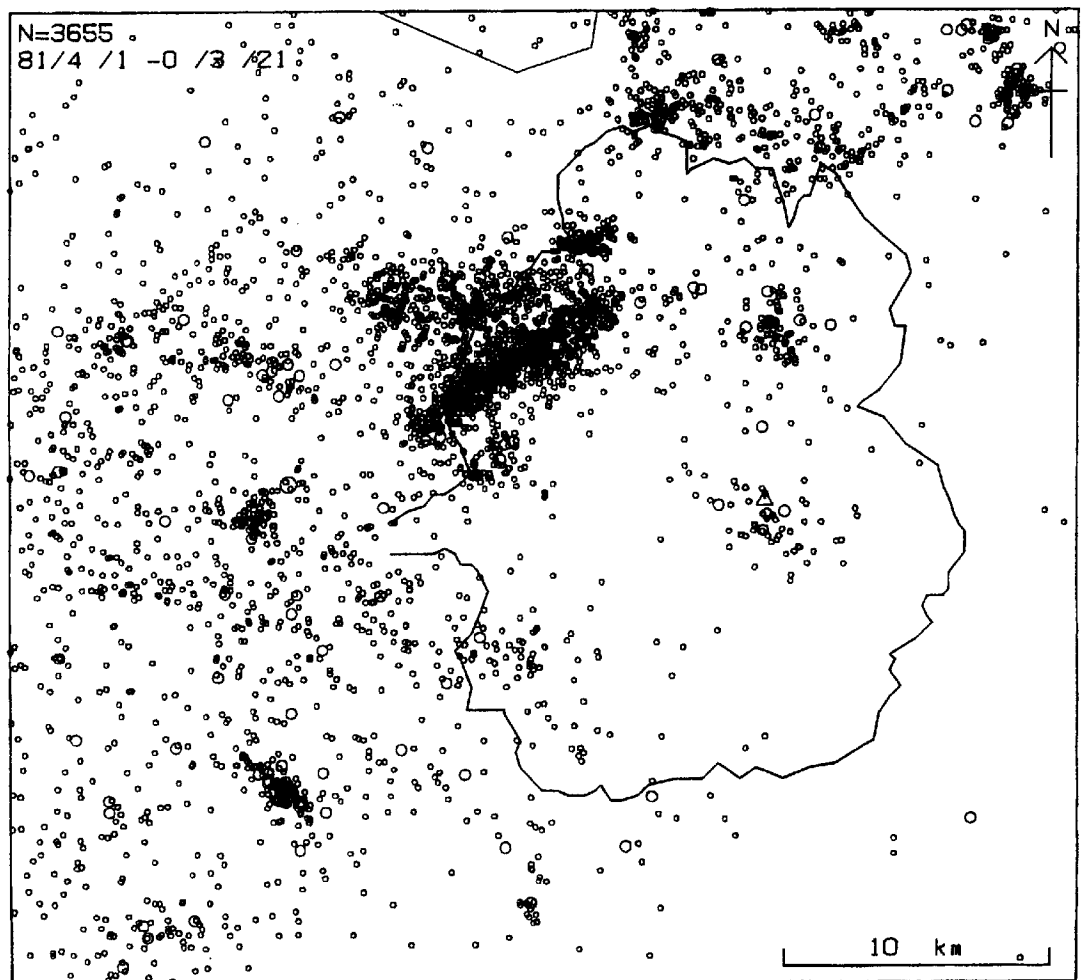


Fig. 3 Epicenter distribution of earthquakes which occurred in and around Aso Caldera during the period from 1981 to 2000.

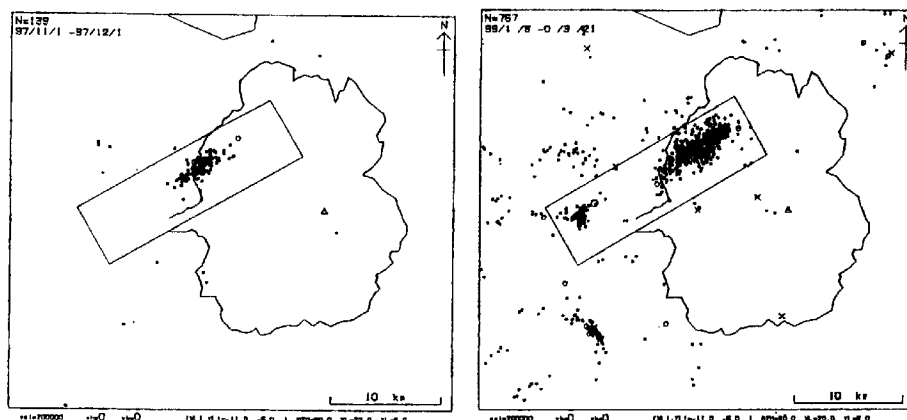


Fig. 4 Epicenter distribution of each swarm. Left is the swarm of November in 1997, and Right is the swarm of March in 1999.

久保寺・宮崎 (1981) は、熊本県の地震対策の基礎調査の一環として熊本県全域の地震活動について、1889 年 7 月の熊本地震以降について多くの資料からまとめている。当然、この中に阿蘇火山付近で発生した地震も含まれ、マグニチュード 6 クラスの地震は、1894 年 8 月と 1895 年 8 月に 2 年続けて発生し、その地震活動について詳しく報告している。

当時の観測網は、1889 年 7 月に生じた熊本地震の時でも、九州では 1888 年に大分で小型かすがい型地震計、同じく鹿児島でミルン式普通地震計、1889 年に宮崎で簡易地震計が設置されたばかりであった。地震発生後に余震観測のために、熊本でも地震計が設置されたが、阿蘇のような地方ではまだ未設置であった。このため、震源位置は曖昧で、一つの地震に対し複数の報告がある。主な地震の震央は、今村 (1920)、福岡管区气象台 (1970)、宇佐美 (1974)、宇津 (1980) らによって報告されているが、決して同じでない。震央は通常地震発生時の被害に基づいて決めたりするものであるが、震央から離れたところでも地盤状態によっては被害が大きくなることがあり、まちがいを起こす。これは近代的な観測以前の状況では致し方ないことである。実際、被害分布を見ると、それら報告された震央位置は頷けるところがある。しかし、先に述べた 1999 年 3 月に発生したマグニチュード 4.5 の地震で、震央から南西 15km 以上離れた西原村で意外と大きな被害が生じていた。この場所は布田川断層という断層が走っているところで、地盤の影響があったと考えられる。1894 年と 1895 年の地震の場合も同じことが生じてもおかしくない。そのため、震央を間違った可能性もある。

これらの震央は、被害分布から推定され報告されているが、今一度検討してみよう(参考資料 2)。

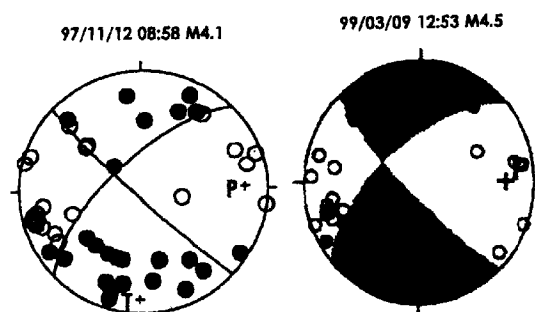


Fig. 5 Focal mechanism of main shock in each swarm.

1894 年の地震については、今回断層が発見された場所近くのカルデラ内の永水地区の被害も相当なもので、震央を二重峠断層沿いの永水付近(阿蘇町永水地区、当時は永水村)に置いても矛盾するものではない。

1895 年の地震は、1894 年よりも南西であると多くの報告資料があることや、大津町の被害も大きいことやその西への延長沿いの白川沿いの地区でも被害が多くあることから 1894 年に生じた断層、すなわち二重峠断層の西端で生じた地震と考えてもおかしくない。このように 1 年間隔で断層の東と西で地震が生じたことは、規模は小さくなるが、先に述べた 1997 年と 1999 年に生じた二重峠地震帯の活動とよく似ている。また、この 1997 年、1999 年の地震で、1894 年に被害が大きかった西原村(当時は錦野村)でも被害がカルデラ内より大きかったこともよく似ている。

これらのことから 1894、1895 年の地震は、今回発見された断層(二重峠断層)が活動したものと考えられるが、落差 1m の断層がその時に生じたかどうかは、なお検討しなければならない課題である。

6. おわりに

カルデラ内では、火山から噴出した火山灰等の堆積がかなりの厚みをもっているため、活断層が見出しにくい条件にあるにもかかわらず、2000年春に、阿蘇カルデラ内の北西で断層が発見された。この断層が発見された場所は、最近でも地震活動が活発なところであり、断層の走向と震央分布が一致していた。

阿蘇カルデラ内外で発生する地震には、これまで報告されている活断層の位置や走向と一致しない、カルデラの西外側からカルデラの内側へ北東に延びるほぼ直線となる帯状の分布が見られた。この帯状の地震の分布は、大分ー熊本構造線の北に位置し、その走向は同構造線とほぼ並行し、発見された断層の走向と一致した。

本論では、この断層と最近の地震活動とは密接な関連があり、また、過去の比較的規模の大きい地震もこの断層の活動ではないかと考えられることを示し、線状の地震分布帯を二重峠地震帯とし、発見された断層を二重峠断層と名付けた。

謝辞

火山灰堆積物の層序の同定に当たっては、断層発見場所での熊本大学教育学部渡辺一徳教授の貴重な調査によるものが多く、同氏へ多大な感謝を申し上げます。また、阿蘇地震に関しては、久保寺章京都大学名誉教授が集められた資料が大変参考になった。ここに記して改めて同氏に感謝申し上げます。発震機構については、九州大学理学研究院島原地震火山観測所と気象庁のデータと加味して決定した。お礼申し上げます。

参考文献

- 今村明恒(1920):九州地震帯, 震災予防調査会, 第92号, pp.1-94.
- 宇佐美龍夫(1974):資料日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 327 pp.
- 宇津徳治(1990):世界の被害地震の表(古代から1989年まで), 243 pp.
- 活断層研究会(1991):新編日本の活断層, 東京大学出版会, 437 pp.
- 九州活構造研究会(1989):九州の活構造, 東京大学出版会, 553 pp.
- 久保寺章(1975):阿蘇付近における過去の地震活動, 1975年1月阿蘇群発地震の活動と被害に関する調査研究報告, pp.1-9.
- 久保寺章・宮崎雅徳(1981):熊本県の地震活動, 熊本県地震対策基礎調査報告書, pp.31-140.
- 小野晃司・渡辺一徳(1985):阿蘇火山地質図, 地質調査所.
- 福岡管区気象台(1970):九州および山口県の地震・津波, 要報25.
- 宮縁育夫・渡辺一徳(1997):埋没黒ボク土層の14C年代からみた完新世阿蘇火山テフラの噴出年代, 火山, 42, pp.403-408.
- 渡辺一徳(1984):熊本県阿蘇カルデラ西方地域の活断層群とその意義, 熊本大学教育学部紀要, 33, pp.35-47.
- Ono,K., Watanabe,K., Hoshizumi,H., Ikebe,S.(1995): Ash eruption of the Naka-dake crater, Aso volcano, southwestern Japan. J. V.G.R., 66, pp.137-148.

参考資料 1

阿蘇火山における最近の火山噴出堆積層の年代(宮縁・渡辺(1997)による)

堆積層名	年代	備考
N1	- 990 年前	厚さ1.5m. 中岳灰噴火による.
N2	990 - 1600 年前	上部腐食層, 下部に降下スコリアがあり, 赤褐色. 中岳の大規模活動. アカホヤ火山灰と見誤る.
N3	1600 - 2580 年前	厚さ0.92m. 上部腐食層. 下部スコリア混じりの褐色火山灰層.
N4	2580 - 3220 年前	厚さ1.24m. 赤褐色の往生岳スコリアなど数枚のスコリア. (2700 年前 準プリニー式噴火)
N5	?	厚さ0.25m. はっきりしない.
N6	3220 - 3650 年前	厚さ1.44m. 黒色の杵島岳スコリア(3400 年前 準プリニー式噴火).
N7	3650 - 3780 年前	厚さ1.93m. 中岳の活発な灰噴火. 中岳以外多分蛇の尾付近か, そこからの軽石もある.
N8	3780 年前	?
N9	-4300 年前	?

N10	4300 年前	?	4500 年前	池の窪水蒸気爆発.
N11	?	中岳溶岩 (4800 年前).		
N12	-5560 年前			
N13	5560 - 6300 年前	アカホヤ (厚さ 20cm の 6300 年前).		
N14-18	?	10000 年前	池の窪水蒸気爆発.	
N19	14520 年前	玄武岩質火砕流.	中岳古期山体の崩壊?	

参考資料 3

阿蘇地震について

- 1894 年 8 月の地震 震源:(32.83 , 130.67) mag.6.8 ; 今村:(32.87 , 131.0)
宇津:(32.8 , 131.0) mag.6.3 ; 宇佐美:(32.85 , 131.0) mag.6.8
有感面積 110,400km² 余震 24 日間 (8 月 31 日まで) 121 回
阿蘇カルデラ西外輪山麓で発生. 規模明治 22 年の熊本地震と同じ.
前震がない.
永水村 : 家屋土蔵 15 箇所破壊, 民家・土蔵悉く崩れ,
地震動の方向 = 家屋は土台から離れ, 3-4 寸 (10cm) 北へ.
最大振動方向南北方向, 石垣崩壊夥しく,
亀裂は幅 2 , 3 寸 ~ 4 , 5 寸数多し
長陽村 : 家屋破損, 石垣崩落 9 , 山崩れ 18 ,
振動方向 = 石碑・石灯籠の転倒は, 北西に倒れる.
地割れの方向東西に大で, 幅 4 , 5 寸, 長さ 40 間以上
夜峰山 3カ所亀裂, 幅 4 寸長さ 40 間深さ 3 尺
杵島岳山腹, 烏帽子岳山腹, 山崩れ
久木野村 : 家屋破損 1, 石垣破損 4, 山崩れ 2 亀裂 3
地割れ走向東西,
山西村 : 石垣 17, 石碑転倒 115 , 石灯籠 9 転倒, 東北に向かいて倒れる,
振動動方向 = 石碑・石灯籠の転倒は, 北東に倒れる.
錦野村 : 土蔵破損 5, 墓標南北転倒
振動方向 = 石碑・石灯籠の転倒は, 南北に倒れる.
亀裂東西 最大加速度 1500mm
余震 8 月 9 日 02:23 mag.5.5 弱震
11 月 30 日 21:00 最大 (32.8 , 130.7) mag.5.6 (6.1); 今村:(32.87 , 131.0)
有感面積 26,400km²
- 1895 年 8 月の地震
震源地 = 昨年の地震の南西近距離. (33 , 130) mag.6.8 ; 今村:(32.83 , 130.92)
宇津:(32.8 , 131.0) mag.6.3 ; 宇佐美:(32.8 , 131.0) mag.6.8(6.3)
有感面積 76,800km²
阿蘇火山 4, 5 日前より鳴動大となり, 地震当日には特に強烈となる.
永水村 : 家屋破損 5, 道路・障壁亀裂, 転倒は南北方向である.
山西村 : 家屋等 400 以上破壊. 堤防破壊長さ 120 間,
石垣崩壊 32 , 長さ 160 間, 石碑・石灯籠多数転倒
転倒方向南か北, 家屋土蔵も同じ方向に破損
振動方向南北明らかである.
前震があった. (8 月 2 日夕刻 1 回, 26 日 09:30)
余震活動 : 10 月 4 日まで続く.
余震 8 月 28 日 06:07 mag.5.2
10 月 4 日 14:21 mag.5.1 ; 今村:(32.83 , 130.92) ; 有感面積 16,640km²

* * 1894 年 8 月, 1895 年 8 月とほぼ一年間隔で, 二つの被害を伴う地震が発生していることは注目に値する。しかし, これらの地震の記録は非常に少ない。あるのは中央気象台の公式記録のみで, それも簡単である。きっと, 5 年前の熊本地震と比べて被害がそれほどでなく, 注目されなかったと思われる。唯, 後の調査によれば, 上立田, 神内, 弓削の付近から合志郡中部以東津久礼方面を経て, 大津方面にわたる地域が最も激烈な被害を被り, 住家, 倉庫皆大破するか, 半壊でも全倒し, 神社の鳥居や墓地の石碑などは悉く将棋倒しとなり, 惨状を極め, 去る明治 22 年の熊本地震の惨状よりも一層極めたりとのことである。

New Active Fault descried in Aso Caldera and Seismic Activity

Yasuaki SUDO*, Shin-ichirou IKEBE**

*** Graduate School of Science, Kyoto University**

**** Aso Volcano Museum**

Synopsis

Recently, in Aso Caldera, the new active fault has descried, of which the strike is N60E, the dip angle is 60, and the displacement is 1m. From the stratigraphic tephtras, this fault was active at the time less than 1000 years. At the same district, many seismic events have been observed and the distribution of epicenters consists with the fault strike.

Keywords : Futaetouge Fault; Futaetouge Seismic Zone; Aso Earthquake; Active Fault; Aso Caldera