

## 第2回桜島火山集中観測結果概報<sup>\*</sup>

観測代表者 加茂幸介

前回の「桜島火山の総合調査」は、1974年12月から1975年3月までの期間に実施された。第2回の観測は、火山噴火予知研究計画の「全国主要活火山の集中観測」により桜島火山については隔年に実施される予定に従って、1976年11月～12月の期間におこなわれた。前回にならって、8項目にわたり観測が実施されたので、その結果について概略を報告する。なお、本集中観測は、文部省大型共同研究等経費および科学研究費（総合研究）によって実施されたことを付記し、当局に感謝の意を表する。

### 1. 地震活動

桜島火山とその周辺の地震活動の調査および始良カルデラの異常地下構造による地震波の異常伝播の検出を目的として、1976年11月10日より約2週間、地震観測網を展開した。島内では常時観測点を利用し、カルデラ周辺には臨時観測点を設置した。

#### (1) 桜島内の地震観測（鹿地台、京大・防災研）

観測期間中の桜島火山の活動は、噴煙吐出がさかんで、連続微動が多くみられ、地震の発生は少なかった。期間中A型1、B型5および爆発地震1の震源がもとめられ、いずれも震央は火口周辺にあり、A型の深さ1.5 km、その他は1 km以浅であった。すなわち、これまで得られている結果と大差なく、震源分布に特に顕著な変化は出ていないといえる。次に前回と今回の観測の前1年間のA型、B型および爆発地震の発生回数を比較してみると、A型のみは回数が増加しているが、B型と爆発地震の発生回数は減少している。A型地震の増加は、1976年3月より活発となった桜島南々西沖の地震による寄与が大きい。以上のことから、地震活動の面からみた桜島の火山活動は特に活発化する兆候はなく、前回の観測時期に比べるとやや活動がおさまる傾向にあるといえよう。ただ桜島南々西沖の地震活動の推移には注意を要する。

#### (2) カルデラ周辺の地震観測（東北大・理、京大・理、鹿大・理、京大・防災研）

カルデラ下の4層構造を仮定して震源をもとめ、周辺の地震活動の程度を検討した。その結果、桜島南々西沖の海底下に地震活動の高い地域があり、又国分市付近にも周辺に比べるとやや地震活動のみられる地域が見出された。これらの地域と桜島は北々東から南々西の線上にあり注目される。なお、指宿沖に深さ150～160 kmの深い地震が2個観測された。湾北部および桜島直下を經由する地震波を観測点ごとに比較した結果、始良カルデラ下の構造異常は、P波速度にはほとんど影響をあたえないが、S波に対しては大きい減衰をあたえていることがわかった。

\*Received Apr. 22, 1977

## 2. 地殻変動

### (1) 精密水準測量（東大・地震研、京大・防災研）

前回の水準路線に準じ、1976年10月より11月の期間に再測を実施した。BM.2786（末吉町）を不動とすると前回から今回の期間にカルデラ外部よりrimにかけては10mm以内の隆起がみられた。一方rimよりカルデラ内域部にかけては、前回みられた隆起でなく、わずかであるが沈降の傾向にある結果が得られた。沈降は桜島の北東部付近でもっとも大きく、その量は30mm程度である。年間400回以上の爆発のあった1974年をピーク時とする山頂噴火活動のあと、始良カルデラ内域部の地盤が沈降していることになる。

### (2) 辺長測量（京大・防災研）

前回の結果と今回の測定値から、桜島周辺の水平歪分布をもとめた。島内と対岸を結ぶ測線網については主歪値  $1.3 \times 10^{-5}$  を超える変化はなかった。しかし島内西部では、主歪値がほぼ北東から南西方向に  $4.3 \sim 5.2 \times 10^{-5}$  に及ぶちぢみが観測された。すなわち水平方向の変動には注意すべき変化はなかったといえよう。

## 3. 熱分布（京大・防災研）

前回同様に、地上および空中より赤外線映像により地表温度異常域を調査した。地上からみて南岳山体の南西部（安永火口上方の地域）、南東部（浸食谷付近、昭和溶岩流の下方の地域および昭和火口付近）に異常地温がみられ、中岳および北岳の山腹には異常がみられなかった。1976年には4月と12月に撮像していて、前回の結果と比べてみて、異常部分のパターンには大差なく、従来異常地温であった地域以外には地表温度異常域は発見できなかった。一方空中赤外線映像の解析からは、地上からの結果と同じく山腹には注意すべき高温異常部は検出されていない。観測期間中、A火口底に直径約40mの溶岩の貯溜が肉眼でも認められていたが、その点の表面温度が中間赤外線映像から760℃以上と確認された。火口内の異常温度域のパターンは前回に比してやや複雑であるが、溶岩の貯溜が影響したものと考えられる。

## 4. 重力測定

火山活動に伴って、重力場の微小変化が期待される。その機構としては、地下の物質の移動および地殻の上下変動が考えられる。

### (1) 水準点における重力の精密測定の繰返し

前回の測定から約19か月経過した1976年11月に再測定を実施した。

#### 鹿児島湾周辺（東大・地震研、京大・防災研）

測定には3台の重力計を使用した。今回の測定精度としては、各点における3台の重力計による測定値からの偏差を、鹿児島FGSを基準としてみると、およそ  $\pm 20 \mu\text{gal}$  の範囲におさまっている（鹿児島FGSと熊本FGSとの重力差は  $2 \mu\text{gal}$  以上の変化がないことは10月に別途の研究（試験研究）によって確かめられている）。前回と比較した重力変化は、鹿児島FGSを基準として、鹿児島湾北岸に沿って、垂水市まで全区間でほぼ増加であり、その値は  $10 \mu\text{gal}$  前後で、桜島口BM.2500で最大  $20 \mu\text{gal}$  である。なお、都城方面への枝線に沿っては、  $46 \sim 65 \mu\text{gal}$  の増加がみられるが、交通

の激しさによる誤差とも考えられる。

#### 桜島島内(北大・理)

前回同様2台の重力計を用い、かつ、これらの測定値の平均値からの偏差が $20\mu\text{gal}$ 以下の測定点について、鹿児島FGSを基準として、重力値をみると、桜島一周路線については、 $10\sim 30\mu\text{gal}$ の範囲の増加が認められる。小池 - 赤水路線は標高差が約 $400\text{m}$ におよび、重力測定に精度に問題が残るが、 $20\mu\text{gal}$ 以上の増加となる。

湾周辺と島内との両測定路線に共通の測点として、BM.京16とBM.2500との2点があるが、鹿児島FGSを基準としたときのそれぞれの変化値は、 $10, 13$ および $20, 16(\mu\text{gal})$ であり、よい合致を示している。両回の重力測定の間、桜島北部はBM.京16に対して約 $20\text{mm}$ 沈下したが(2地殻変動参照)、これは約 $6\mu\text{gal}$ の重力の増加になるはずである。要するに、測定誤差( $\pm 20\mu\text{gal}$ )を考慮すると、桜島およびその周辺では、少なくとも重力の減少はなかったといえる。

#### (2) 重力変化の連続観測(北大・理、京大・防災研)

1976年6月からLa Coste & Romberg G型375重力計(read-out付)を用いて、重力変化の連続観測を予備的に始めた。今後、この連続記録から、地殻潮汐のG-factorを算出する予定である。なお、基準値の検定のために、約 $40\text{km}$ 離れた等重力点(差は約 $150\mu\text{gal}$ )高千穂小学校と5回連結したが、その結果、両地点の重力差は測定精度以内で不変であった。

#### (3) $dg/dz$ の測定(京大・理)

この項に関しては、1977年3月に再測がおこなわれ、目下解析中である。

### 5. 全磁力測量(東大・地震研、気・地磁気観、京大・理)

1975年3月島内およびカルデラ周辺部に18点の全磁力観測点網を整備し第1回の集中測量を実施した。地磁気観測所は引きつづき島内の測点について2~3か月ごとに全磁力測量を繰り返し、今回の集中観測に至った。測量期間は、1976年10月30日~11月1日(LT)であるが、10月30日7時に中規模の磁気嵐が発生したため今回の測量は嵐のDR場、DP場中にも行わざるをえなかった。測量には3台の携帯用プロトン磁力計を用い、器差は観測終了後地磁気観測所鹿屋出張所の基準磁力計と比較することにより求められた。前回と同一測点15点に新たに5点を加えた。測点の地上高はいずれも $150\text{cm}$ で、新設点の磁場傾度は $10\gamma/m$ 以内であった。また外部磁場変化の違いを考慮し、7点に連続観測点を設けた。

各測点とも、10秒もしくは15秒間隔で観測し、その10分以上の値の平均値を対応する鹿屋の毎分値平均と比較した。測点に変更のあった南側の野尻2を除くと、過去1年7か月の全磁力変化は北端の白浜1Aでやや増加( $0.9\gamma$ )しているが島内北側の他の測点ではいずれも明らかな減少( $-2.9\gamma\sim -6.3\gamma$ )、南側の古里で増加( $1.7\gamma$ )を示し、中央部の湯の平ではほとんど変化がなかった。

両集中観測期間の間に地磁気観測所で実施した島内における全磁力測量の結果も、多少の起伏はあるが全体としての傾向は同様に、島全体の帯磁が強まる場合に予期される全磁力変化に一致する。これまで火山における地磁気観測は玄武岩質火山に限られる傾向があったが、安山岩質火山も、山体による明瞭な磁気異常分布があり、火山活動に関連すると思われる地磁気変化も数 $\gamma$ 程度で充分検出可能である。観測時刻の選定と測点の維持が確かであれば、かえって磁場傾度の小さい測点の選定が容易で、再測の

精度はむしろ高いと考えられる。更に火山の南側、北側の点を含む数点での連続観測は効果的であろう。阿蘇から桜島に至る外部磁場変化の差は桜島火山活動と地磁気変化の関連を追求するうえに重要で、この地域で一定期間の3成分連続測定の実施が望まれる。測量は静穏日の夜間に行われることが望ましいが、この磁気異常分布の特性がわかれば、多少の外部磁場変化があっても測量の精度を高めることは可能である。

## 6. 火山ガス

### (1) 各種湿式法による火山ガス測定（東工大・工、埼玉大・工）

桜島火山の山腹ならびに周辺地域において、幾種類かの方法で同火山の火口から放出され、滞留している火山ガスの測定を試み、前回の1975年2月の測定と比較し、同火山の活動状況を推定することを試みた。9測定点において、1) 亜硫酸ガス連続自記録計、2) 降下火山灰付着成分の分析、3) 静置吸収液法、4) 吸引吸収法などの方法を用いて長期および短期間の測定を行った。11月上旬（一部は12月中旬まで）行われた亜硫酸ガス連続自記録計による観測では、そのSO<sub>2</sub>濃度がまず火口からの方位により平均0.0039～0.241ppmまで約100倍の差異を生じ、また同じ方向ではその距離が遠くなるほど濃度が薄くなることが確認された。また、HCl、SO<sub>2</sub>など多種類のガスが同時に分析できる上記の方法では、それらの量比は測定場所の方位や距離に無関係にもとめられる。C1/S値は火口活動が活発になるほど大きくなることが知られているが、この値が通常0.2～1.0、時に2.0位の値を示し、前回に比べ同程度もしくは若干大きな値を示しているといえよう。前回からほぼ継続して長い期間行われてきた火山灰付着物からのC1/S値は、同火山の噴火回数とほぼ調和して増減し、火口活動の盛衰に関係あるものであることを実証できた。また、比較的短期の測定での結果である吸引式吸収法からのC1/S値には、3.0をこえる大きな値を示すこともあり、また気球による地上と上空との同時観測では、上空のものほどSO<sub>2</sub>の値が小さくなるためにC1/S値は大きくなることも判明した。

### (2) Cospec IVによる南岳からのSO<sub>2</sub>の放出量の測定（九大・理、鹿大・理）

Cospec IV型（SO<sub>2</sub>専用、新型）を用いて南岳からのSO<sub>2</sub>の放出量をしらべた。前回の集中観測とほぼ同時期に、他の研究目的が得られた1160トン/日という放出量との比較もこころみた。今回は自動的に左右にパンニング可能とし、状況に応じ、各種の方法で噴煙の流れを各方向から切断することにした。1976年11月から1977年2月までの間、数回、いろいろな方法で測定した結果は700～2000トン/日の範囲にほぼおさまっており、前回の値と比較して放出量が減じたという傾向はみとめられないようである。同様の方法で他の火山についても実測したが、阿蘇中岳、霧島白鳥硫黄山からはそれぞれ1/10、1/100程度の放出量しかなく、新燃岳および普通の地熱地帯からの放出量はさらにこれを下まわるものであることが明らかにされた。

爆発時、固態の放出物（火山灰等）が明らかに混入しているとき、それにもとづく誤差も懸念されたが、ほとんど問題はないことがわかり、ひとつの煙の流れを、異なる場所で切断測定し、ほぼ同様な結果を得ることもできた。今後、継続して測定し、できれば多点同時観測をおこない、他成分の観測とあわせて実施すれば火山発散物の化学的性質から、火山活動の推移をみるという方法がより発展するものと思われる。

## 7. 地下水

### (1) 地下水、温泉の泉温と化学組成の変化(九大・理)

前回と同一の源泉、井戸の試料について、まったく同じ方法で調査した。温泉については中間に2回、さらに桜島グランドホテルの源泉については1975年9月以降1~2か月に1回の調査をおこなった。前回に比べると今回の源泉温度は±1℃の範囲で上下しているが、桜島荘のそれは1.7℃上昇している。しかし桜島グランドホテルの定期観測の結果でみると、1975年9月と1976年5月に山があり、前回に比べ1.3~1.5℃高くなっている。しかし全期間を通してみると顕著な変化はとくに認められない。一方地下水の温度は井戸で直接測定できる6か所のうち、-1.7℃~+1.9℃の範囲で変化しているが特に顕著な変化はない。次に温泉水中のCO<sub>2</sub>濃度は火山活動の消長に対応して増減の傾向を示すが、前回にくらべ今回はやや増加している。桜島グランドホテルの源泉では、泉温の場合と同様に火山活動に対応した山がみられるが、全期間を通してみると漸増の傾向にあり、火山活動がいくらか活発化しつつあることを示唆している。地下水中のCO<sub>2</sub>濃度については、採水不可能のため検討ができなかった。

### (2) 温泉水中の水銀含有量(鹿大・理)

温泉水中の微量重金属成分には各種のものがあるが、中でも水銀はその低沸点のために火山発散物にも、温泉水中にもその存在が目されている。桜島火山の周辺大気中には水銀の存在量が異常に大きいことが証明されており、その含有量は通常の大気の数百倍にも及ぶ。この観点から島内の温泉の源泉水について水銀含有量を求めた。その結果、水銀の含有量は0.013~0.018μg/lの範囲にあることがわかった。この含有量は温泉水のレベルとしてそう大きいものではなく、別に調査している鹿児島湾海水の水銀含有量と同じオーダーの値である。したがって現段階で桜島火山の深部から、水銀が火山発散物として発散し、温泉水中に入っていることは直接証明困難であった。関連して銅、亜鉛などの重金属についても検討したがとくに異常はみとめられなかった。

### (3) 持木温泉の温泉ガスの化学組成とその変化(鹿大・教養・理)

持木足投海岸の汀線付近に温泉水とともに温泉ガスが噴出していて、採取可能な温泉ガスとしては島内でほとんど唯一のものである。その化学組成はCO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>を主体としH<sub>2</sub>Sは含まれていない。このガスは潮の干満によりその組成がかなり変化する。1976年10月12日にCO<sub>2</sub> 29.8%, N<sub>2</sub> 6.2%, O<sub>2</sub> 8.2%, CH<sub>4</sub> 0%であったのに、1977年1月15日にはCO<sub>2</sub> 80.4%, N<sub>2</sub> 15.7%, O<sub>2</sub> 2.5%, CH<sub>4</sub> 1.4%となり、はじめてメタンが検出された。一見、CO<sub>2</sub>がふえたようにみえるが、この程度の変化は珍しいものではなく、むしろ1月15日の組成のほうが本質的な温泉ガスに近いと判断される。ただしメタンが検出されたことは今までになかったことで、その意味は今後の問題である。なお、いずれの資料についてもH<sub>2</sub>の含有量は0.001%以下であり確実には検出されていない。

## 8. 噴出物(東大・地震研)

南岳火口より噴出された最近の噴出物の鏡検、化学分析をおこなった。1976年5月13日放出の軽石はSiO<sub>2</sub> = 60.64, Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O = 4.99で従来の本質物質と大差ない。10月6日放出の白色捕獲岩塊は一見花崗岩様であるが、ブロンズ輝石、金雲母、ルチル、マグヘナイト(?)等を含む熱変成岩であり、基盤第三紀層(?)の酸性凝灰岩起源のものと判断された。

鹿児島湾周辺地域の火砕物層序の大綱を確立したが、約40単位の火砕流、降下火砕堆積物が判別可能となった。その大部分は現在の鹿児島湾内から噴出したものと考えられる。これらは少なくとも過去

100 万年以上の期間にわたって噴出したものと思われるが、そのうち、照国、伊作、大野原、百引、隼人、加久藤、阿多、入戸の各火砕流が比較的大型のものであり、特に、後三者はカルデラを生じたことが確認されている。各火砕堆積物の同定対比には、本質岩塊中の輝石、角閃岩、チタン鉄鉱、磁鉄鉱の斑晶のEPMAによる迅速分析の結果をプロットして比較する方法が有効であることがわかり、本地域内の互いに独立した露頭における対比が、はじめて可能となった。

## 9. 総 括

第1回の桜島総合調査から約19か月経過して、第2回桜島集中観測を実施した。第1回は現状の把握に主眼がおかれ、第2回では、上記のように第1回の観測結果と比較することに加えて新しい試みが行われた。前回に比して、熱分布、重力、火山ガス、噴出物の観測項目では、火山活動度は変わっていないと判断され、前提となる仮定の上であるが地震活動、地殻変動、全磁力の観測項目では火山活動はやや静穏化の傾向がみとめられる。地下水の一部の調査からは活動度の向上が指摘されているが、特に山腹噴火を予測させるほどのものとは考えられないだろう。観測項目全般を総合してみると、現在の桜島の山頂噴火活動は、多少の消長はあっても、急激に大きな変化をみせる兆候はみられないといえよう。