

第3回桜島集中総合観測結果概要^{*}

観測代表者 加 茂 幸 介

1974年12月から1975年3月の期間の第1回、1976年10月より11月の期間の第2回の集中総合観測にひきつづき、第3回目が1978年11月から12月の期間におこなわれた。今回は従来の項目に加えて研究的要素の強い「噴火機構」を加えて実施された。これらの結果についての概要を述べるが、詳しい各論については近く印刷される報告書を参照されたい。なお、本集中総合観測は文部省大型共同研究等経費によって実施されたことを附記し、当局に感謝の意を表する。

1. 地震活動（京大・防災研、東北大・理、鹿地台）

第2回の観測と同じ目的で島内と島外に発生する火山性地震を対象とした観測をおこなった。深い地震（A型）の発生頻度からみて、その活動度は前2回の観測期間前後と比べ、もっとも低い状態であった。島外に発生する地震についてもほぼ同様である。浅い地震（B型）の発生は増加していて、前2回に比べもっとも活動度が高かった。爆発回数は今回の観測期間中は少なかったものの、前1か年間の発生回数は、第2回の前後と同程度であり、第1回の前後よりは少なかった。島外に発生した地震は、喜入沖と鴨池沖の $M < 1.5$ の2個のみである。近地地震を利用した地下構造異常については解析中である。

浅い地震活動も表面活動の一つであると考え、今回の期間の活動度は第2回観測当時よりやや高めであり、第1回観測当時に近いと結論される。深い地震の発生はマグマの移動経路の形成が進行した結果とも解釈できるが、火山活動の急変につながる前兆現象ではないと考えられる。

2. 地殻変動（東大・地震研、京大・防災研）

(1) 水準測量

前回と比較して今回明らかとなった始良カルデラ周辺の垂直変動の特徴は次のようである。

- 1) カルデラ南部から桜島にかけて20 mm以上の沈降があった。
- 2) 桜島全体が15～30 mm沈降した。島内の沈降量は海岸線より中腹に行くほど顕著で、4合目のハルタ山附近で-39.4 mmであった。
- 3) B.M. 2469（鹿児島市）を不動とすると大崎の鼻は2年間で3.3 mm隆起した。
- 4) 加治木町～亀割峠間の今回の測量値を前前回と比較すると、カルデラ北部のB.M. 2481で17 mmの隆起がみとめられた。

以上のことから次のようなことが考えられる。1977年～1978年には近年にない多量の噴出物がみられた。例えば桜島4合目（ハルタ山）では、 $111.4 \text{ kg/m}^2/\text{year}$ の降灰量であった。多量の地下物質の放出による火山活動エネルギーの消費により、桜島直下の圧力源の内部圧が減少し、桜島全体にわたる地盤の沈降となって現れたものと考えられる。一方、カルデラ壁にある大崎の鼻

* Received May 2, 1979

は過去2年間で3.3 mmの隆起をしている。同所の過去の平均隆起速度の10 mm/yearには及ばないがここ数年の平衡状態から隆起に転向したきざしがみられる。このことは、始良カルデラ中央部地下の圧力源の内部圧力が増加していることを示すとも考えられる。このことは、加治木町附近の隆起現象にもその一端があらわれているようにも考えられる。

(2) 光波測量

過去2年間の辺長変化は、桜島西部で「のび」が顕著であった。島南西部の各三角網では少なくとも2辺で 1×10^{-5} をこえる「のび」が測定された。この地域の水平歪は北北西-東南東の主歪軸に対して $2.6 \sim 4.3 \times 10^{-5}$ の「のび」が得られている。また、面積歪は $+3.7 \sim 6.3 \times 10^{-5}$ であった。垂直変動と水平歪については、その変化を関連づけて解釈するのは困難である。

3. 熱分布（京大・防災研）

前2回の調査と全く同一の装置と方法を用い、全島のほぼ80%の地域の地表温度分布を調査した。

A火口：540～570℃、B火口：340～380℃、昭和火口：38～50℃、安永火口の上方面：30～34℃、南岳火口から南東の侵食谷：18～26℃、ナベ山上方の噴気地帯：16～20℃の温度が検出された。火口以外の異常域については、今回新たに生じた個所はない。また、従来の異常域の温度にも大きな変化はないことから熱的にみた活動度は前回と同程度と考えられる。

4. 地磁気（地磁気観、東大・地震研、京大・理）

繰り返し磁気測量や、全磁力連続測定のように集中観測期間以外でも観測を継続して来た。また、電気抵抗測定のように、今回初めて計画された観測項目もある。今回の重点は、全磁力繰り返し測量と3成分絶対測定および電気抵抗測定におかれた。

(1) 地磁気観測

島外では、吉田、笹峰、牧原などの標準的な観測点で減少の傾向が目立つ。第1回目と第2回目の測量結果では、桜島の北部で全磁力が減少し、南部で増加する傾向がみられ、島全体の帯磁が強まっているのではないかと推測された。しかし今回の結果を検討すると、北側の西道、白浜2、東側測点の黒神で、1977年中頃に、それまでの減少の傾向が反転したように見える。これに対して南側では増加から減少に転じたようにも見られる。現在の傾向は山体の帯磁が減少したときに期待される変化に似ている。このほか、地磁気3成分絶対測定、全磁力連続観測、地磁気3成分変化連続観測も実施されたが主に外部擾乱磁場の影響を除去する資料を得るのが目的であった。

(2) 電気抵抗測定

桜島火山の電気的地下構造の予備調査と、火山活動に伴う地下の電気抵抗変化を検出するのに適した電極設置点を選定することを目的とした実験を行った。人工的に制御された電流を地中に流して電気抵抗を測定する人工電位法を採用した。

黒神、白浜、ハルタ山において垂直探査を実施し電気的地下構造のちがいがわかった。一部では海水の浸透の可能性も考えられる。また、連続観測用電極固定地点の選定のため数か所において実施した。その結果ハルタ山-引の平の電流電極に対して、有村および白浜で電位測定を繰り返せば、それぞれ南岳および北岳の地下1～1.5 km位までの電気抵抗の時間変化を調べることができると推定される。

5. 重力（北大・理、東大・地震研、京大・防災研）

測定には2台の重力計を使用し、第1回および第2回の測定同様に、桜島島内および鹿児島湾周辺について調査した。各測点での測定値の偏差はほぼ $20\mu\text{gal}$ 以内である。

鹿児島FGSでの重力値を不変とした場合、1976年-1978年の2か年の変化は、

- (1) 桜島一周ルート：桜島南西部を除いて、最大 $35\mu\text{gal}$ 程度の増加がみられる。
- (2) 山道ルート（桜島西部）：変化量はほぼ $\pm 10\mu\text{gal}$ 以内である。

同期間の垂直変動からは桜島内で $9\sim 15\mu\text{gal}$ 程度の重力値の増加となるはずである。従って桜島島内の重力変化量は測定精度を考慮すれば地盤の沈降による結果としてほぼ説明できることになる。1975年-1976年と1976年-1978年の二つの期間の重力値の変化を比較すると桜島一周ルートでは、二つの期間とも増加の傾向にあり、全体としてみると変化量もほぼ一致している。一方、山道ルートでは前の期間では量的に、あとの期間では定性的にみて垂直変動の変化と合致しない。原因は測点の標高差が最大 400m あり、気圧変化が測定精度に影響していることではないかと考えられる。

鹿児島湾周辺のこの期間の重力値の変化はかなり複雑であるが、伊集院高校に設置した測点の重力値を不変とすると、この期間の地盤垂直変動と矛盾しない結果を示している。

6. 地下水・温泉・火山ガス（九大・理、鹿大・理、東工大・工、埼玉大・工）

地下水および温泉の泉温および CO_2 の値は、桜島南岳の火山活動状態の消長と良く対応している。また、温泉水中の水銀等微量重金属の含有量について測定した結果、第2回の観測時には $0.013\sim 0.018\mu\text{g}/\text{l}$ の水銀含有量を得たが、今回は $0.009\sim 0.012\mu\text{g}/\text{l}$ で大体同じorderであった。水銀以外の微量重金属については特に特徴的なものはないようである。

桜島南岳からの SO_2 の放出量については、従来の実測値から、 $1,000\sim 2,000\text{ton}/\text{day}$ の量であることがわかっている。今回の測定では、その量はいくらか増加しているようである。この期間中に南岳の噴煙活動の状態がとくに激しい時期であったこととよく対応しているといえよう。今回の SO_2 の放出量の平均値として、 $2,100\text{ton}/\text{day}$ を得ている。また、桜島周辺の大気中の水銀含有量の測定のため連続観測を実施したが、結果を整理中である。

火山ガスの調査では三つの方法で実施した。

- (1) He1 および SO_2 の連続測定：両ガスの連続測定により1時間ごとの平均濃度および日平均濃度の変化について調べた。さらにこの両ガスの値から $\text{He1}/\text{SO}_2$ の変化傾向についても検討した。その結果 $\text{He1}/\text{SO}_2$ はこれまで考えられていたより非常に短い時間単位で変化していることがわかり、噴火前に He1 、 SO_2 のそれぞれの濃度が大きくなりまた $\text{He1}/\text{SO}_2$ の値も増大したが、爆発後はいずれも小さくなっていることなどが明らかとなった。
- (2) 静置式アルカリ吸収法

今回は、月別噴火回数の代りにアルカリ液交換期間と同じ期間に合わせてその間の日平均噴火回数をもとめ、その変動と cl/S 値の変化とを対応させて検討した。従来の方と比べて、南岳周辺の各測定点ともに著しく関連性が認められるようになった。またこの3年間の変化では、夏期に cl/S の値が大きく、冬期に小さくなる傾向がある。このような変動をくり返しながら、わずかではある

が Cl/S の値が徐々に大きくなる傾向がみられる。

(3) 航空機による火山ガス測定

南岳地区上空において真空ビンおよび吸収法により大気中の火山ガスの採取とその分析をおこなった。HCl 濃度は、真空ビン法では $4 \sim 11 \text{ ppm}$ 、吸引法では $3.5 \sim 8.6 \text{ ppm}$ とほぼ同程度の結果が得られた。また SO_2 は $2 \sim 38 \text{ ppm}$ であり妥当な値が得られている。一方 HCl/SO_2 は $0.2 \sim 5.5$ の範囲にあり、これまでに測定された値と大きな変化は認められないが、水銀についてはこれまで地上で測定された値にくらべ1桁高い $0.1 \sim 0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ という値であった。

7. 噴出物（東大・地震研、明大・工）

最近数年間は巨視的にみるとほとんど連続的にmagmaticな噴火活動をしている南岳火口からの噴出物の組成が過去のものと比較して特に変化しているか否か、又最近数年間の期間中に経年的な変化を示しているか否かを予察的に調べた。

採集されたサンプルを全自動式蛍光X線システムにより、Si、Al、Fe、Mn、Mg、Ca、Na、K、P、Tiの10成分について定量した。その結果、全体として桜島火山のtrendによく合致し、特に最近の噴出物がこれまでの噴出物に比べて異常であるとは認められない。ただし、Feがやや低いようにもみられ、Tiは見方によっては少し高いようでもある。火山岩の分化経路図からみると、アルカリの濃集度は、文明→安永→大正1次→大正2次というきわめて顕著な連続的低下のあとやや戻って、1946年以来1978年に至るまでを含めて大体動かないものようである。すなわち、1973～1978年の噴出物（多孔質軽石から緻密な岩魂までを含む、ただし火山灰は含まない）の主要化学成分は、分析値の誤差の範囲を越えるような系統の変動は認められない。

次に、第2回同様降下軽石中のラジウムーラドン非平衡から、爆発時の脱ガス量の推定をおこなった。1978年12月21日の軽石の場合、80%またはそれ以上のラドンが放出されたことを示している。これは1976年5月13日の軽石における50～60%よりも明らかに大きく、1977年7月20日のほとんど100%という値にむしろ近い。今回の期間の爆発では1例であるが脱ガスの効率がよかったことを示している。

8. 噴火機溝（東大・地震研）

今回新たに始められた観測項目であり、研究的要素がよい。噴火のメカニズムが変化すれば、爆発地震、空振、噴出物の運び出す熱エネルギー等のエネルギー配分の変化が期待されるので、桜島火山の活動の今後の展望に寄与すると考えられる。

地震計、赤外放射温度計、空振計、地電流測定装置、空中電位傾度測定装置を用いた同時連続観測と噴煙の連続写真撮影をおこなった。解析された結果は次のとおりである。

- (1) 6個の噴火については、爆発に伴う地震と赤外放射温度計の出力信号との対応が有意義であった。
- (2) 噴煙によって運び出される熱エネルギーは、日によって異なるが、ほぼ $1 \sim 7 \times 10^9 \text{ watt}$ と計算された。
- (3) 地震流は、今回の観測期間中、火山活動と関係があると思われる変化はなかった。
- (4) 試作した空中電位傾度測定装置による観測では、満足な記録が得られなかった。

9. 総括

第1回(1974~1975年)および第2回(1976年)についておこなわれた第3回(1978年)集中総合観測では、桜島火山活動の現状把握と過去2回の観測結果との比較に重点がおかれている。今回の観測期間中の南岳の活動は、従来と異なっていわゆる爆発的噴火が低調であったが、噴煙を連続的に噴出する噴火形式であった。このような激しい表面活動を支持する観測結果が得られている項目は、地震(浅発)、地殻変動(島内)、熱分布(火口内)、地磁気、地下水・火山ガス、噴出物(脱ガス)である。変化がないと判断されるのは、重力、噴出物(組成)および熱分布(火口以外)の各項目である。変化がみられたのは、地震(やや深い)、地殻変動(カルデラ周辺)、地磁気(カルデラ周辺)の観測結果であるが、大規模活動に移行するほどの異常変化とは考えられない。

現時点では、桜島直下に貯溜された火山エネルギーがここ数年の間に急速に放出されつつあるが、カルデラ下には若干エネルギーの蓄積が始まったきざしがみられる。しかし桜島直下へのエネルギー補給は少ないものの、依然、つづいているように判断される。