

第3章 大正噴火後の100年



第 3 章 大正噴火後の 100 年

第 1 節 火山活動の推移と災害

1.1 噴火活動の推移

大正噴火後、しばらく桜島は静穏でしたが、昭和 10(1935)年から南岳が噴火活動を始めました。その後、昭和 14(1939)年 10 月 26 日には南岳の東山腹から別の噴火活動が始まりました。現在、昭和火口と呼ばれる火口付近です。その活動は火砕流かさいりゅうを伴いながら 11 月まで続けました。その後、昭和 16(1941)年以降も爆発的噴火が繰り返されました。

昭和 21(1946)年の 1 月から爆発的噴火活動が激しくなり、3 月 9 日には溶岩が流れ始めたのが確認されました（図 3-1-1）。溶岩流は昭和火口の東の黒神と南の有村の海岸まで達し、黒神では集落が溶岩に埋没、有村でも集落の一部が埋没しました。多量の火山灰も放出されたため、多大な農業被害が出ました。流出量は 1 億 8 千万 m^3 と推定されています。



図 3-1-1 昭和溶岩流の分布図

昭和 22(1947)年と昭和 23(1948)年にも小規模な噴火が発生しましたが、その後、昭和火口における噴火活動は停止しました。

ところが、昭和 30(1955)年 10 月 13 日に南岳において突然、爆発的噴火が発生しました。この活動は 1 回の爆発にとどまらず、繰り返し爆発が発生し、昭和 35(1960)年には 414 回の爆

発が発生しました（図 3-1-2）。

その後は爆発回数が徐々に減少し、昭和 46(1971)年には 10 回まで減少したのですが、昭和 47(1972)年 10 月 2 日の爆発を契機にそれまでの噴火活動よりもはるかに活発な活動に移行したのです。年間爆発回数は昭和 49(1974)年と昭和 60(1985)年にはそれぞれ、489 回、452 回に達し、平成 13(2001)年までおおむね 100 回を超えています。火山灰放出量は、鹿児島県が観測を続けている県内数十か所の降灰観測点における月別の降灰量から見積もられたものです。平成 4(1992)年までは年間 1,000 万～2,000 万トンであり、特に多い昭和 60(1985)年には 2,900 万トンの火山灰が放出されました。

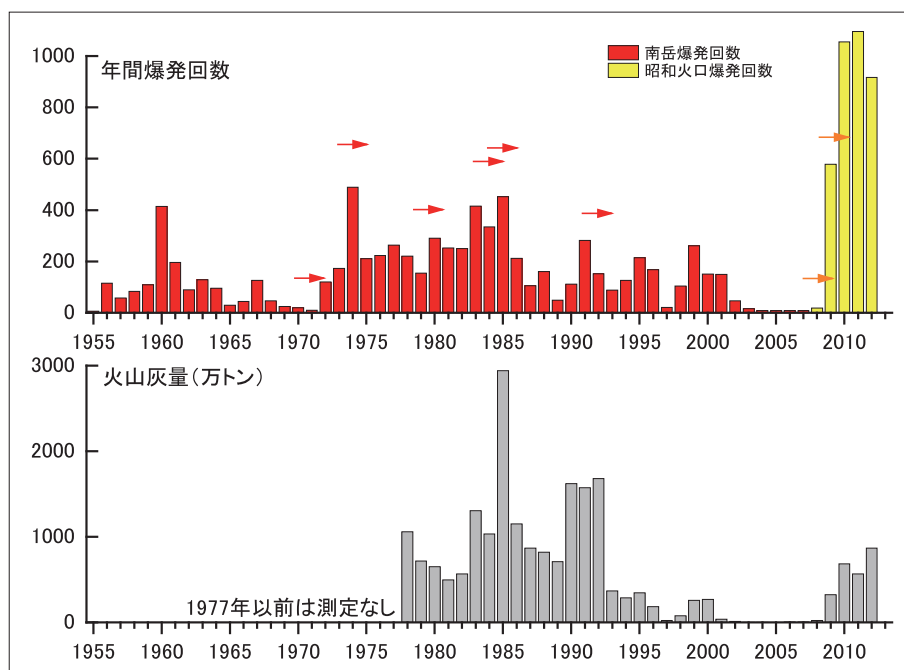


図 3-1-2 桜島の年間爆発回数と火山灰放出量



図 3-1-3 南岳の爆発

南岳の爆発はブルカノ式噴火（図 3-1-3）と呼ばれ、強い爆発音を伴いながら火山岩塊（直径 1 m 程度の大きな岩）を山腹に飛散させ、多量の火山灰を高く噴き上げます。また、この時期の爆発音は強く、桜島島内では 1,000 パスカルを超えることがあり、鹿児島市はもとより、宮崎市でも聞こえることがありました。噴煙は高くまで上がり、5,000 m の高さにまで達することもよくありました。

しかし、21 世紀に入り南岳における爆発回数は激減し、平成 15(2003) 年以降の爆発回数は 10 回以下、また火山灰放出量は 1 万トンまで低下し、桜島は表面的な活動低下を示したのです。

昭和 47(1972) 年以降の南岳の噴火活動の活発化に見られるように、短期的な噴火活動の低下や静穏化は次の活動の準備期間であり、平成 18(2006) 年 6 月 4 日に、昭和火口における噴火活動が 58 年ぶりに再開しました。

平成 18(2006)年と平成 19(2007)年の噴火は穏やかな火山灰の放出であり、短期間で終わりましたが、平成 20(2008)年 2 月から爆発的噴火が発生するようになりました。

平成 21(2009)年の 10 月以降、爆発回数が急激に増加し、平成 22(2010)年以降は年間 1,000 回に迫る勢いとなっています。

昭和火口における爆発も、南岳における爆発と同様にブルカノ式噴火と呼ばれますが、その規模は南岳のものに比べて 1~2 桁小さく、1 回の爆発の火山灰放出量は 1 千~2 万トン程度であり、火山岩塊の到達距離も 2 km 以下です。これまでの昭和火口の噴火活動は小規模爆発の頻繁な繰り返しの^{ひんぱん}といえるでしょう。



図 3-1-4 昭和火口における爆発。火山雷を伴うことが多い。



図 3-1-5 昭和 56(1981)年 5 月 8 日の南岳の中央の溶岩ドーム (A 火口)、B 火口は右側に見える。



図 3-1-6 平成 23(2011)年南岳山頂の 2 つの火口、左側は昭和火口、右側は南岳火口。南岳火口は図 3-1-5 よりずっと深くなっている。
(桜島北東側から撮影)

1.2 火山災害

昭和 30(1955)年から始まった南岳の噴火活動は爆発的なブルカノ式噴火であったため、主な被害は噴石と火山灰、爆発による空振によるものでした。大きな噴石である直径 1~2 m の火山岩塊は、最大で 3.5 km の距離まで達し、南山麓の有村町や古里町にも落下しました。

昭和 47(1972)年 10 月 2 日と昭和 61(1986)年 11 月 23 日の爆発では、火山岩塊が南山麓の古里の海岸まで達しており、昭和 61(1986)年 11 月 23 日の爆発で飛散した岩

塊はホテルを直撃しました。

たび重なる火山岩塊を避けるために有村地区の住民の一部は鹿児島市街地に昭和 62(1987)年に移住しました。小さな噴石である 1～数センチメートルの大きさの火山^{れき}礫は風に運ばれてさらに遠くまで達します。国道を通行中の車両のフロントガラスが割れる事故や家屋の損傷といった被害が頻発しました。放出された多量の火山灰によって深刻な農業被害も発生しました（図 3-1-7～図 3-1-9）。



図 3-1-7 灰が付着し、裂果した温州みかん



図 3-1-8 灰で被害を受けたビワ園

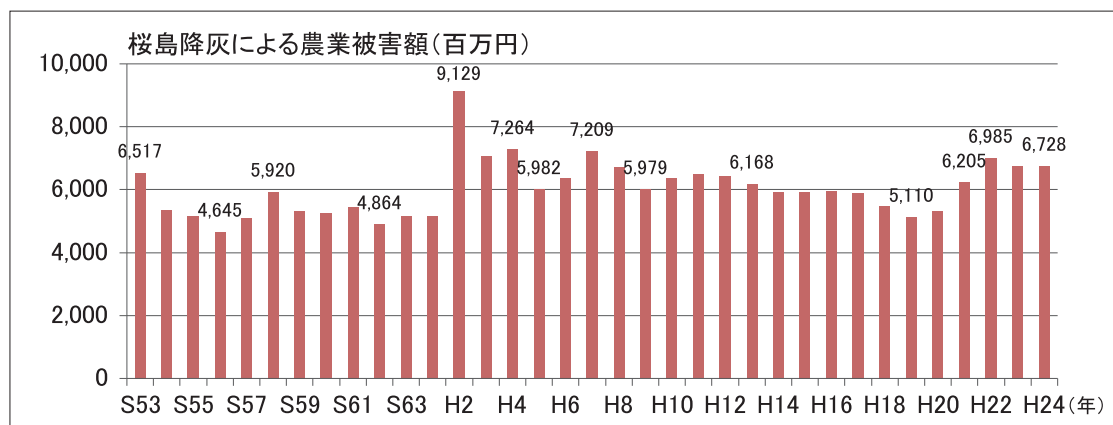


図 3-1-9 桜島降灰による農業被害額 鹿児島県

交通機関へも大きな影響が出ており、鹿児島空港へ着陸する航空機のウィンドウシールドの破損や、鉄道・市電の車両の脱線事故がたびたび発生しました。

さらに桜島に降り積もった火山灰は、降雨が引き金となって土石流を頻繁に発生させました。昭和 49(1974)年には土石流で死者も出たほか、南岳の活動期を通じて土石流の発生によって国道 224 号が閉鎖されることがよくありました。

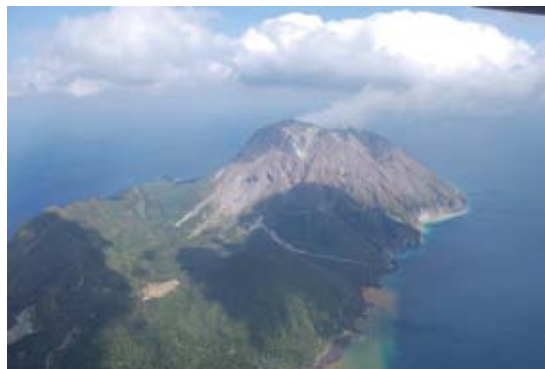
コラム 薩摩硫黄島

薩摩硫黄島は竹島とともに鬼界カルデラ^{きかい}北側の縁に相当する小島です。鬼界カルデラでは約 7,300 年前に巨大噴火が発生しており、鬼界カルデラ自体が活火山に相当します。この噴火では火砕流が海を越え、薩摩・大隅半島にまで到達し、縄文早期の自然環境や人間の生活に破壊的な被害を与えました。また、上空に舞い上がった細粒火山灰（通称：アカホヤ火山灰）は東北地方にまで分布し、地層の重要な目印になっています。この噴火の初期に大地震が多発し、南九州一帯で噴砂が発生し、その痕跡が^{さいせつがんみやく}砕屑岩脈（堆積物質で埋められた割れ目。^{ふんれきみやく}噴礫脈 及び ^{ふん さ みやく}噴砂脈）として見られます。噴火の最中に大地震が発生したのは、桜島の大正噴火と似ています。

薩摩硫黄島にはカルデラ噴火の後に誕生した薩摩硫黄岳（704 m）と稲村岳（236 m）という 2 つの火山が存在します。硫黄岳は流紋岩質のドーム状の急峻な火山ですが、稲村岳は玄武岩質で小型のスコリア丘（噴石丘）の形態をしています。しかし、両者とも多数回の噴火によって成長した成層火山です。

薩摩硫黄岳の最後のマグマ噴火は約 500 年前と推定されています。昭和 63(1988)年以降、山頂火口の内部で噴気活動が活発化し、噴気孔の拡大によりすり鉢状の大きな火口が出現しました。硫黄島の周辺では多量の温泉が湧出しており、コバルト色の変色域が広がっていますが、硫黄島港内の水面は赤褐色に変色しています。海底の温泉湧出口にはチムニー（熱水噴出孔：煙突の形をしている）が形成されています。

なお、硫黄島の東沖合いにある昭和硫黄島は、昭和 9～10(1934～35)年の海底噴火で出現した流紋岩質の火山島です。噴火の初期には海底から巨大軽石が湧出し、多量の軽石が海面を漂流しました。この現象は桜島の安永噴火時の北東沖での海底噴火と非常によく似ています。硫黄島の周辺では海水中で温泉が湧出しており、海水の変色域が広がっています。



薩摩硫黄島

第2節 火山監視と防災情報（警報、情報）

2.1 鹿児島測候所時代の火山監視体制

大正噴火以前の明治16(1883)年1月1日、内務省地理局の直轄により鹿児島郡鹿児島^{やすい}易居町に鹿児島地方気象台の前身である鹿児島測候所が創立され、明治21(1888)年にミルン式地震計を設置し、地震観測を開始しました。しかし、まだ火山監視を主目的とした観測ではありませんでした。明治30(1897)年に吉野村坂元（現鹿児島市西坂元町）に移転しました。

大正3(1914)年1月12日からの桜島大正噴火当時、鹿児島測候所には低倍率の地震計が1台あるのみで、火山監視体制がなく、噴火を予測することは非常に困難でした。このことを先の中央気象台長岡田武松は「無能なりは現在の地震学なり」と記して、当時の測候所の状況を説明しています。しかし、大正噴火は震災予防調査会を主軸とする内外火山学者に得難い研究対象を与え、以後、噴火に関連する諸現象の器械観測が広く行われるようになりました。昭和3(1928)年に鹿児島市上荒田町の鹿児島測候所に当時最新鋭のウィーヘルト地震計（水平動）、翌昭和4(1929)年にウィーヘルト地震計（上下動）、昭和5(1930)年に大森式地動計を設置し桜島の監視体制を強化しました（図3-2-1）。

ウィーヘルト地震計は現在使用している地震計に比べ倍率が低いものの、火山活動に関わる規模の大きな火山性地震や微動を記録することができました。

桜島における火山観測の幕開けは、昭和16(1941)年5、6月の期間に桜島の噴煙の遠望観測を実施したのが始まりで、その後昭和21(1946)年に昭和噴火（溶岩流出）が発生し、昭和23(1948)年1月から、これまで臨時で行っていた桜島遠望観測を毎日実施するようになりました。昭和26(1951)年には、西桜島村から寄付された桜島袴^{はかま}腰の敷地に、石本式450倍地震計と今村式強震計を設置して、桜島における本格的な火山震動観測を開始しました。

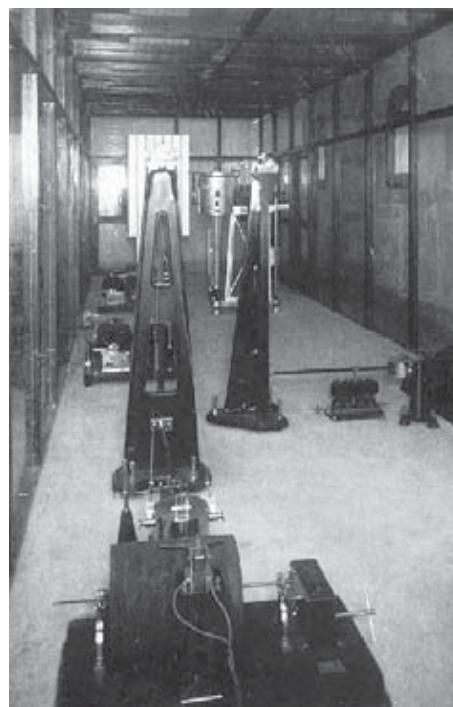


図3-2-1 鹿児島測候所竣工当時の地震計室
手前：大森式地震計、
奥：ウィーヘルト地震計
撮影年：昭和8(1933)年頃

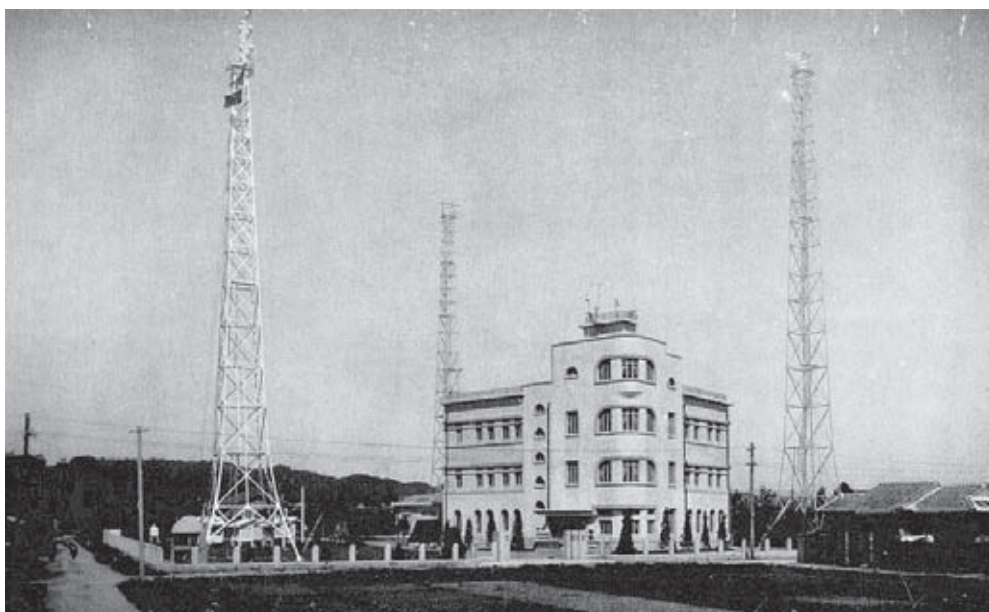


図 3-2-2 鹿児島測候所庁舎（昭和 8（1933）年竣工当時）

2.2 鹿児島地方気象台となってからの火山監視体制

鹿児島測候所は、昭和 27（1952）年に鹿児島地方気象台に昇格し、桜島をはじめ県内の火山の監視等を担当しました。昭和 30（1955）年からは、自衛隊の協力を得て航空機による桜島火口観測を開始し、溶岩の火口への上昇等が確認できるようになりました。

桜島南岳山頂火口が爆発的噴火を頻発するようになった昭和 30（1955）年 10 月からは、爆発的噴火の回数計測や降灰観測を開始し、桜島の活動状況の変化を評価するようになりました。また、昭和 31（1956）年に微気圧計を設置し、噴火等に伴う空振を観測するようになりました。

昭和 35（1960）年には桜島袴腰に火山観測所を開設し、職員 1 人が常駐し桜島島内で震動観測や遠望観測を開始しました。

桜島島内常駐による観測は昭和 44（1969）年まで実施しましたが、その後の観測は、鹿児島市荒田の鹿児島地方気象台で行うようになりました。

昭和 36（1961）年に鹿児島地方気象台観測課に火山係が新設され、火山専門の部署が設置されました。

昭和 38（1963）年には、桜島^{あこうばる}赤生原観測点と桜島^{ゆの}湯之観測点に地震計を増設し、多点観測を開始したことにより、火山性地震の震源が決定できるようになるとともに、初めてテレメータ送信化したことで、離れた観測点のデータをリアルタイムで監視できるようになりました。

桜島の噴火に伴う地殻変動をとらえるために、昭和 49(1974)年に有村に桜島火山傾斜観測室を整備し、傾斜観測を開始しました。昭和 56(1981)年に桜島鍋山観測点の震動観測と桜島高免観測点の震動及び傾斜観測を開始したことで、桜島島内 5 点の地震計により震源も精度よく決まるようになったことから、火山性地震の移動等がより正確に把握できるようになりました。また、火山噴火等による航空機への影響を考慮し、迅速な火山現象の通報を目的として、航空関係機関等に対する「火山観測報」の配信を開始しました。

昭和 61(1986)年になると京都大学桜島火山観測所の傾斜計・伸縮計のデータの分岐を受けることになり、大規模な爆発的噴火の前兆をとらえることができ、より効率的な監視が可能となりました。

平成 2(1990)年に鹿児島市荒田観測点（气象台）で、爆発的噴火に伴う空気の振動を測るために試験的に運用していた空振計を、正式な観測機器として運用を開始しました。

これにより空振の大きさを正確に計測できるようになり、爆発判定基準に空振記録を追加しました。また、遠望カメラを气象台屋上に設置し、画像による監視を取り入れ、噴煙などの連続観測が可能となりました。

平成 6(1994 年)年には垂水市牛根に遠望カメラを設置し、气象台側から見えなかった東側からの画像を取り入れて監視を強化しました。同年に气象台は鹿児島市東郡元町に移転し、鹿児島市荒田で行っていた降灰量の観測や遠望観測は、東郡元町で行うようになりました。

また、火山活動に伴う長周期の震動をとらえるため、桜島高免観測点に長周期速度計を設置し、さらに爆発的噴火に伴う爆発空振の伝搬機構の解明のために、気象研究所と共同で桜島島内 3 点に空振計を設置しました。研究成果については、火山学会予稿集をはじめとして福岡管区气象台気象研究会誌等に発表されました。

平成 10(1998)年に、南岳山頂火口に近い桜島権現観測点に埋設型傾斜計を設置し、噴火に伴う地殻変動の観測を開始しました。

平成 13(2001)年には、桜島島内 3 点に GPS 観測装置を設置し、観測点の位置を精密に連続して測定することで、火山活動に伴う山体の膨張・収縮等の地殻変動をとらえることが可能になりました。これにより、桜島直下のマグマ溜まりへのマグマの移動等、火山活動の中長期の予測が可能となりました。

また、赤外熱映像装置による観測を開始し、火口周辺や火口底・山体の熱異常域を離れた所から面的に観測することができるようになりました。

2.3 昭和火口噴火再開後の監視体制

平成 18(2006)年 6 月 4 日から昭和火口の噴火が再開したため、臨時的に有村（GPS・地震計・空振計）、浦之前（GPS）、^{ひきのひら}引ノ平（GPS）、二俣（GPS・傾斜計）各観測点に観測機器を設置し、昭和火口の監視を強化しました。

平成 19(2007)年からは、国土交通省大隅河川国道事務所が砂防工事のために設置した監視カメラ画像を气象台に分岐し、昭和火口での大きな噴石の飛散状況や火砕流の発生の把握等が可能になりました。また、二酸化硫黄の放出量の観測を開始し、火山活動を定量的に評価する指標となり、新たな火山活動の評価方法として大変有効なものとなっています。

さらに、平成 20(2008)年から大隅河川国道事務所所有村観測坑道の地震計、傾斜計、伸縮計、空振計の観測データが分岐され、爆発的噴火直前の山体の膨張がとらえられる等、更なる監視体制の充実が図られました。

平成 22(2010)年から平成 23(2011)年にかけて、横山・瀬戸・あみだ川観測点に埋設型（地下約 100 m に設置）地震計・傾斜計、空振計、GPS（横山点除く）を総合観測点として整備し、既設の観測点と合わせてより充実した監視体制となりました。

現在、鹿児島地方气象台では、地震計 9 点（うち部外機関からの分岐 3 点）、傾斜計 4 点（同 1 点）、空振計 6 点（同 1 点）、遠望カメラ 7 点（同 5 点）等のデータを用いて桜島の監視を 24 時間体制で行っています（図 3-2-4）。今後も引き続き新しい観



図 3-2-3 桜島の火山観測点（あみだ川観測点）

測技術の開発とともに、人材の育成や体制の強化を進めています。

また、大正3(1914)年の大正噴火では、前兆現象として有感地震、井戸水や海水の異常が確認されていることから、このような異常現象を見聞きした場合は、自治体・警察等を通じて気象台に通報することが義務付けられています。

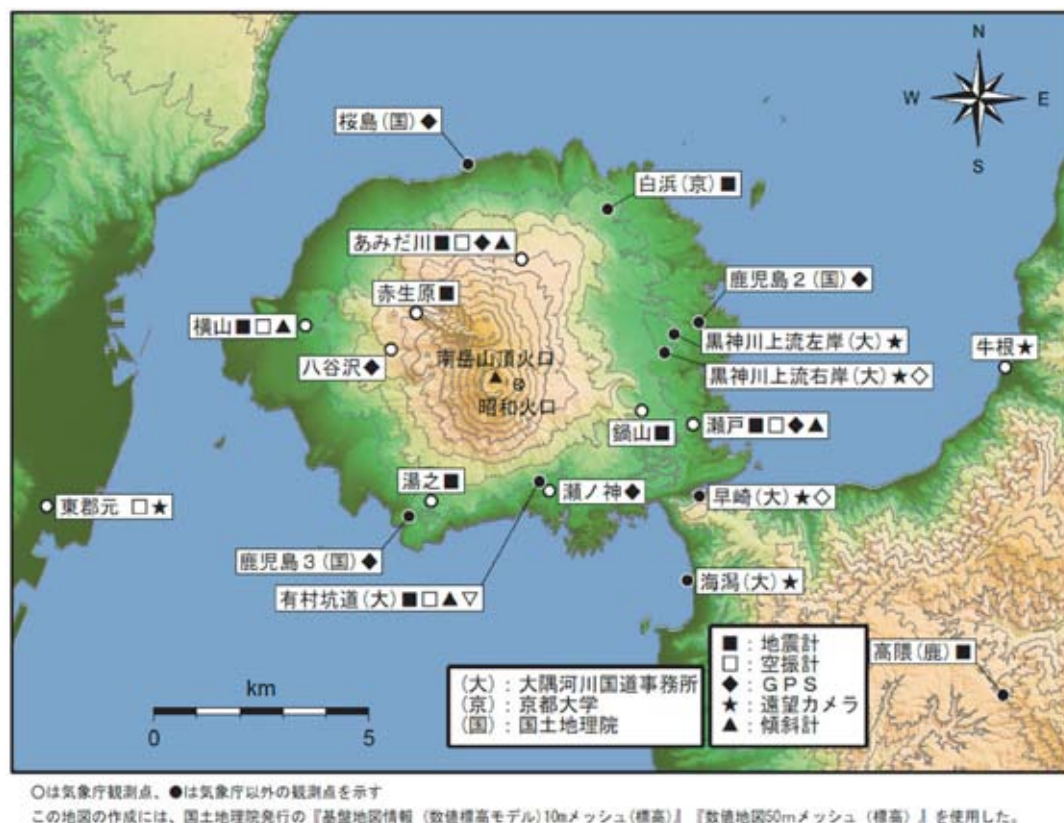


図 3-2-4 観測点の位置図

このほかの火山噴火対策として、大隅河川国道事務所において、平成18(2006)年度に桜島南東部の有村に観測坑道を設置して、坑道内に水管傾斜計・伸縮計・地震計等を設置して地殻変動等を観測し、京都大学や鹿兒島地方気象台とこれらの観測データを共有することにより、噴火に対する砂防工事従事者の安全性の確保を図るとともに、桜島の火山活動の観測にも寄与しています。

また、爆発監視カメラを島内外に10基設置し、噴石の飛散や火砕流の流下等をとらえることにより、工事従事者の安全管理などに生かしています（図3-2-5）。



【爆発監視カメラ(黒神川1号堰堤^{えんてい}上流右岸)】



【有村観測坑道とその内部】



【地震計（有村坑道内）】



【伸縮計主計測部（有村坑道内）】



【水管傾斜計検出器（有村坑道内）】

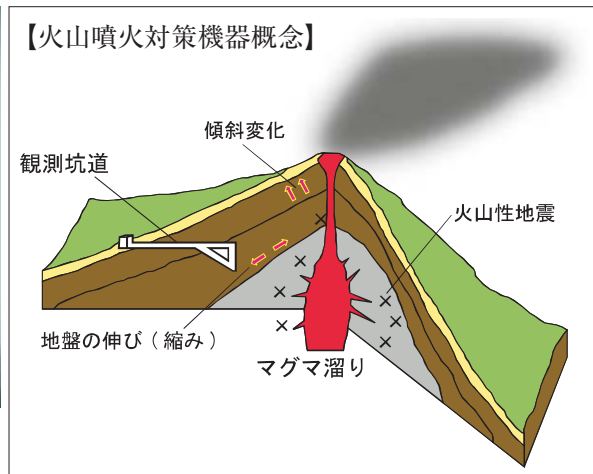


図 3-2-5 火山噴火監視機器等

2.4 火山防災情報と気象庁の取組

火山災害の軽減対策は、火山の状況を監視し把握すること、つまり観測が基本となります。観測で得られたデータを基に火山の状況を現在から未来にかけてどう評価するかが重要です。気象庁は、火山活動の状況や評価した結果を国民の防災に活用してもらうために、噴火警報等の「火山防災情報」を迅速に発表しています。

大正噴火当時は、情報等の発表はなく、前年の大正2(1913)年12月15日に「火山異変（鳴動、噴火、降灰、異常なる噴煙等）その他地質上の変動ありきとき、もしくはその兆候を認めたるときは、その緩急により電報電話又書面を以て測候所へ、その旨通報すべし」との訓令が県から発布されています。当時も情報の収集に努めていたことがうかがえます。この訓令と同じ内容は、現在も災害対策基本法第54条「発見者の通報義務等」として、広く国民に義務付けられています。

大正噴火後は、地震計などの各種観測機器の整備や火山観測の組織化を進め、これらの整備の進展に伴い、昭和40(1965)年から火山災害の軽減対策として、桜島などの活発な火山を対象とした定期及び臨時の火山情報の発表を正式に開始しました。

昭和49(1974)年には、火山関係機関の研究や業務に関する成果、情報の交換、火山現象についての総合的判断を行うこと等を目的として、気象庁長官の私的諮問機関として「火山噴火予知連絡会」が設置されました。これにより、桜島をはじめとした全国の火山活動について総合的に検討を行うほか、火山噴火などの異常時には、臨時に幹事会や連絡会を開催し、必要な場合は統一見解を発表するようになりました。

昭和54(1979)年からは、火山活動の緊急度の判別をわかりやすくするために、火山活動情報・臨時火山情報・定期火山情報の3種類の火山情報の発表を開始しました。これらの情報は、平成5(1993)年からより緊急性をわかりやすくするために、緊急火山情報・臨時火山情報・火山観測情報・定期火山情報の4種類の火山情報として発表を開始しました。

昭和57(1982)年11月からは降灰対策の一環として、桜島上空（約1,500 m）の風の実況値を気象協会に提供し、南日本放送の天気コーナーにて発表が開始されました。その後、風の予想値が利用されるようになり、他の放送局でも風の情報が提供されるようになりました。

平成9(1997)年3月には、警戒区域の設定や自治体への避難勧告等に関する助言を行うことを目的として「桜島爆発災害対策連絡会議」が鹿児島県により設立され、現在まで桜島に関係する各種防災について取り組んできています。また、桜島を含めた北西太平洋域の航空機の安全運航に資するために、東京航空路火山灰情報センター（VAAC）が航空路火山灰情報の発表を開始しました。

平成 14(2002)年に火山活動の異常の早期発見、迅速な診断や即時の火山情報発表を目的に、福岡管区気象台に火山監視・情報センターを設置しました。センターには九州内のすべての観測データを集約するとともに、鹿児島地方気象台と共同で鹿児島県内の火山の監視や情報の発表を行っています。また、従来の遠望・震動・地盤変動・現地観測に加え、地磁気全磁力、GPS 繰返し観測等を取り入れ、多項目化するとともに、観測点の増設や高精度化により、観測体制及び監視体制の強化を図っています。またこれまで発表していた定期火山情報を廃止し、代わって火山活動の経過等をわかりやすく解説した火山活動解説資料を公表するようになりました。

平成 15(2003)年から火山活動の程度を客観的数値指標として表し、防災対応に役立てるために、桜島に「火山活動度レベル」を導入し、火山情報に付加して発表することにしました。

平成 18(2006)年には、火山防災対策、特に避難時期や避難対象範囲の確定を迅速に進める目的から「桜島爆発災害対策連絡会議」のメンバーの中から、「鹿児島県、鹿児島市、垂水市、大隅河川国道事務所、京都大学、鹿児島地方気象台」でコアグループ「桜島火山防災連絡会」を設置しました。現在も桜島火山防災対策の主導的役割を果たしています。このコアグループによる先駆的な活動は、内閣府、気象庁等で構成する「火山防災対策検討会」が、平成 20(2008)年にまとめた「噴火時等の避難に係る火山防災体制の指針」の中で、これからの火山防災対策の模範として取り上げられています。

平成 19(2007)年 12 月 1 日には、火山防災に資するため、「警戒が必要な範囲（生命に危険を及ぼす範囲）」を明示して噴火警報の発表を開始しました。噴火警報を解除する場合等には噴火予報を発表することとしました。併せて噴火時等における避難等のより効果的な火山防災体制を構築するために、より密接に防災対応に結びつくことを目的に、防災機関や住民等の取るべき行動を 5 段階に区分した「噴火警戒レベル」を、桜島を含む全国の主要な火山に導入し、噴火警報・噴火予報に付して発表します（表 3-2-2）。これにより、従来の緊急火山情報、臨時火山情報、火山観測情報を廃止しました。さらに平成 20(2008)年から、降灰や小さな噴石への対策を目的として、火口からの噴煙の高さが 3,000 m 以上の場合などに降灰予報の発表を開始しました。

表 3-2-1 年表に見る桜島火山観測・対策 100 年の歩み

明治 16(1883)年 1 月 1 日	鹿児島測候所創立（鹿児島郡鹿児島易居町）
明治 21(1888)年 11 月	地震観測開始（ミルン式地震計を設置）
明治 30(1897)年 10 月 1 日	鹿児島郡吉野村坂元（現 鹿児島市西坂元町）に移転
大正 2(1913)年 12 月 15 日	火山異変等の測候所への通報に係る訓令発布
大正 3(1914)年 1 月 12 日	桜島大正噴火発生
大正 3(1914)年 1 月 17 日	大森式簡単微動計による観測開始
大正 4(1915)年 7 月 24 日	鹿児島市上荒田町に移転
大正 4(1915)年 7 月 25 日	今村式強震計による観測開始
昭和 3(1928)年 10 月 10 日	ウィーヘルト地震計による観測開始
昭和 5(1930)年 5 月 1 日	大森式地動計による観測開始
昭和 13(1938)年 10 月 1 日	中央气象台鹿児島測候所と改称
昭和 21(1946)年 3 月 9 日	昭和火口溶岩流出
昭和 23(1948)年 1 月	桜島噴煙の遠望観測の毎日実施
昭和 26(1951)年 10 月 1 日	桜島の袴腰で火山震動観測開始
昭和 27(1952)年 4 月 1 日	鹿児島地方气象台に昇格
昭和 30(1955)年 10 月	航空機（自衛隊）による桜島火口観測開始
昭和 30(1955)年 10 月	爆発的噴火の回数計測開始
昭和 30(1955)年 10 月	降灰観測の開始
昭和 31(1956)年 4 月 1 日	微気圧計による空振の観測開始
昭和 35(1960)年 3 月 30 日	袴腰に桜島火山観測所を設立、観測開始
昭和 36(1961)年 4 月 1 日	観測課に火山係を新設
昭和 38(1963)年 3 月 30 日	赤生原、湯之観測点を増設し、テレメータ化
昭和 40(1965)年 1 月 1 日	桜島に係る定期臨時の火山情報の発表開始
昭和 48(1973)年 7 月 24 日	桜島火山爆発防災会議協議会の設立
昭和 49(1974)年 6 月 20 日	火山噴火予知連絡会の発足
昭和 54(1979)年 1 月 1 日	火山活動情報、臨時火山情報等の発表開始
昭和 56(1981)年 4 月 1 日	鍋山、高免各観測点を増設
昭和 56(1981)年 4 月 1 日	火山観測報の配信開始
昭和 61(1986)年 11 月 20 日	京都大学の傾斜、伸縮計のデータ分岐開始
平成 5(1993)年 5 月 11 日	緊急火山情報等の発表開始
平成 6(1994)年 2 月 25 日	鹿児島市東郡元町に移転
平成 9(1997)年 3 月	桜島爆発災害対策連絡会議の設立
平成 9(1997)年 3 月 3 日	航空路火山灰情報の発表開始
平成 10(1998)年 3 月 1 日	権現観測点に埋設型傾斜計を設置し運用開始
平成 13(2001)年 2 月 23 日	桜島島内 3 点に GPS 観測装置を設置運用開始
平成 14(2002)年 3 月 1 日	福岡管区气象台の火山監視・情報センターが運用開始
平成 15(2003)年 11 月 4 日	火山活動度レベルの導入
平成 18(2006)年 6 月 4 日	昭和火口からの噴火再開
平成 18(2006)年 7 月 20 日	有村、浦之前、引ノ平、二俣各観測点に機動観測点を設置
平成 18(2006)年 7 月 3 日	桜島爆発災害対策連絡会議の中に桜島火山防災連絡会を設置
平成 19(2007)年 3 月	大隅河川国道事務所のカメラ画像（6 か所）の分岐
平成 19(2007)年 5 月	二酸化硫黄（SO ₂ ）の放出量の観測（トラバース法）開始
平成 19(2007)年 12 月 1 日	噴火警報、噴火予報の発表開始。噴火警戒レベルの導入
平成 20(2008)年 1 月 1 日	大隅河川国道事務所の有村観測坑道の地震計データの分岐開始
平成 20(2008)年 3 月 31 日	降灰予報の発表開始
平成 22(2010)年	横山観測点、瀬戸観測点、あみだ川観測点を総合観測点として整備

表 3-2-2 桜島の噴火警戒レベル



平成19年12月1日運用開始

桜島の噴火警戒レベル

予報 警報	対象 範囲	レベル (キーワード)	火山活動の状況	住民等の行動及び登山 者・入山者等への対応	想定される現象等
噴火警報	居住地域及びそれより火口側	5 (避難)	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは切迫している状態にある。	危険な居住地域からの避難等が必要。	●全島に影響する溶岩流や火砕流、噴石飛散。 - 過去事例 天平噴火（768年）、文明噴火（1471年～1476年）、安永噴火（1779年～1782年）、大正噴火（1914年） ●噴火が発生し、溶岩流や火砕流が一部居住地域に到達、あるいはそのような噴火が切迫している。 - 昭和噴火（1946年）の事例 溶岩流が黒神海岸、有村海岸まで到達
		4 (避難準備)	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される（可能性が高まっている）。	警戒が必要な居住地域での避難の準備、災害時要援護者の避難等が必要。	●噴火活動の高まり、有感地震多発や顕著な地殻変動等により、噴石や火砕流、溶岩流が居住地域に到達するような噴火の発生が予想される。 - 大正噴火（1914年）の事例 噴火開始の前日：有感地震多発 - 昭和噴火（1946年）の事例 溶岩流出の数時間前：噴火活動の活発化
火口周辺警報	火口から居住地域近くまで	3 (入山規制)	居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	住民は通常の生活。状況に応じて災害時要援護者の避難準備等。登山禁止や入山規制等危険な地域への立入規制等。	●火口から概ね2km以内に噴石飛散。 - 過去事例 1970年代後半から80年代、2000年10月7日の噴火等 ●火口から概ね2km以内に火砕流が到達。 - 過去事例 1984年7月21日：南岳山頂火口から約1.2kmまで到達 1979年11月20日：南岳山頂火口から約1.2kmまで到達 1967年8月22日：南岳山頂火口から約1.3kmまで到達 1939年10月29日：昭和火口から約1kmまで到達 ●地震多発や傾斜変動等により、火口から概ね2km以内に噴石飛散するような噴火の発生が予想される。 - 過去事例 事例多数
	火口周辺	2 (火口周辺規制)	火口周辺に影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	住民は通常の生活。火口周辺への立入規制等。	●火口から概ね1km以内に噴石飛散。 - 過去事例 事例多数
噴火予報	火口内等	1 (平常)	火山活動は静穏。火山活動の状態によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）。	状況に応じて火口内への立入規制等。	●火山活動は静穏、火口内および一部火口外に影響する程度の噴出の可能性あり。 - 過去事例 1950年～1955年のうちの静穏期

注1) ここでいう噴石とは、主として風の影響を受けずに飛散する大きさのものとする。

注2) レベル1～3では、南岳山頂火口及び昭和火口で発生する噴火を想定している。

注3) 過去、海底噴火も発生しているが、海底噴火については、噴火地点が想定できないため記載していない。海底噴火が発生した場合は保全対象までの距離を考慮した上でレベルを決定する。

注4) レベル1～3では、南岳山頂火口及び昭和火口から半径2km以内を立入規制とする。

各レベルにおける具体的な規制範囲等については地域防災計画等で定められています。各市町村にお問い合わせください。

■最新の噴火警戒レベルは気象庁HPでもご覧になれます。
<http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/volcano.html>

コラム 古里温泉に噴石が落下した日の気象台の対応

前気象庁地震火山部長 宇平幸一

南岳山頂火口の活動が活発だった時期には、居住地域まで大きな噴石が飛ぶことがありました。例えば、昭和61(1986)年11月23日16時2分の爆発的噴火では、古里町の旅館に直径1m以上と推定される噴石が落下し6人が重軽傷を負いました。折しも、伊豆大島では2日前の21日に山腹噴火に移行し、溶岩流が居住地に迫って全島避難する事態となっていました。

この爆発的噴火は、宿直勤務を終えて自宅で大相撲秋場所の中継を見始めた時に発生しました。爆発音・空振とも大きかったのですが、天候が悪化しつつある中で噴煙高度は確認できませんでした。しばらくして、鹿児島中央警察署からの情報として古里温泉に噴石が落下し負傷者が出たので直ちに出勤するよう連絡がありました。気象台の観測データをチェックし火山活動に大きな変化はないことを確認した上で情報の検討に入りました。臨時火山情報で警戒を呼びかけることも考えましたが、現実には負傷者が出ていること、噴石が飛びやすい状況が続いているおそれがあることから、当時の情報体系としては最上位の火山活動情報※を発表することにしました。

火山活動情報の発表は、鹿児島地方気象台として初めてのことであり、県庁などの伝達先の再確認や情報文の作成に時間を要し、18時15分に事実関係と今後の噴火への警戒を簡潔に伝える内容で発表しました。伊豆大島の活動との関連についての問い合わせがたくさん寄せられました。

翌日現場に出向き、噴石が平屋建てのホテルの鉄板の屋根と厚さ約15cmのコンクリートの床に直径約3mの穴を開け、地下の倉庫に達しているのを確認しました。また、ホテルの敷地にも噴石が直径約3.5m、深さ約1mの穴を開けており、露出した噴石に水をかけるとたちまち気化することも経験しました。18時には火山噴火予知連絡会の会長コメントを引用する形で、臨時火山情報を発表し、再度噴火に対する警戒を呼びかけました。



噴石落下時の様子

(※ 危機感を伝えているとはいえないこの情報名は、その後緊急火山情報に改められました。現在では噴火警報・噴火警戒レベルの導入により、情報と防災対応が密接に関連付けられています。)

2.5 国土交通省による火山砂防監視の取組

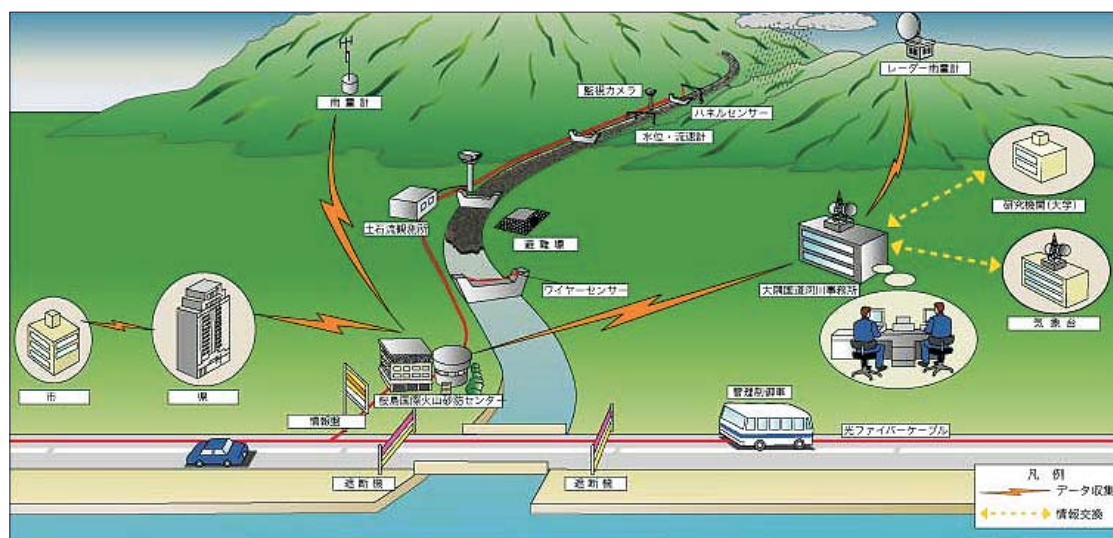
国土交通省は、昭和 51(1976)年から桜島において砂防事業を開始し、直轄として野尻川・黒神川・春松川・持木川・第一古里川・第二古里川・有村川・金床川・引ノ平川・古河良川・長谷川の 11 河川で砂防工事の安全対策等のために桜島島内と周辺に監視機器の整備を進めてきました。

監視機器は、土石流の監視と火山噴火の監視とに大きく区分し、いずれも立ち入りが禁止されている南岳と昭和火口から 2 km 圏外に設置しています。

土石流の監視機器としては、平成 25(2013)年 3 月末時点で、土石流発生時の雨量を測定するための雨量計 11 基、土石流発生時の水位を計測する超音波水位計 4 基、水位に加えて土石流の流速も計測できる超音波水位流速計 8 基、土石流の発生を検知するワイヤーセンサー 17 基、降灰量を計測する降灰量計としてドラム缶方式 18 基、自動降灰量計 18 基、土石流の監視として CCTV カメラ 28 基を設置しています。ワイヤーセンサーは、土石流が発生してワイヤーが一度切れると再度張り直すまで土石流の検知ができないため、土石流の発生頻度の高い 5 河川には土石流の振動により土石流の発生を検知する振動センサーも設置し、ワイヤーセンサーと併用することで監視体制を強化しています（図 3-2-6）。

雨量計は、立ち入り禁止区域には設置できないこと、また島内に配置した雨量計では観測できない山頂付近の雨により土石流が発生することがあるため、桜島近傍の垂水市に小型の雨量レーダーを設置して、桜島の雨量観測を行ってきました。平成 22(2010)年度には雨量レーダーをマルチパラメーター化することにより、詳細な雨量を把握することが可能となりました。その他、土石流の特性を把握して対策などに生かすために、土石流の濃度や重量、衝撃力などの特性を把握する試みのほか、平成 24(2012)年度には土石流に伴う流出土砂量を把握するために土石流荷重計を設置して土石流の重さなどを観測しています。

桜島で観測したデータ等については、桜島国際火山砂防センターで集中監視し、鹿児島県、鹿児島市、鹿児島地方气象台等と情報共有するとともに、平成 23(2011)年 5 月から桜島の噴火による降灰状況、土石流発生状況等の調査情報として大隅河川国道事務所のホームページなどで情報提供を行っています。



【桜島の監視機器等概念図】



【雨量計】



【自動降灰量計】



【超音波式水位・流速計】



【ワイヤーセンサー】



【監視カメラ】



【XバンドMPレーダ】

図 3-2-6 土石流監視機器

第3節 火山研究

3.1 火山観測研究体制の整備

昭和30(1955)年10月13日に南岳において発生した爆発は1回の爆発にとどまらず、繰り返し発生したことで地元は非常に不安にかられました。

鹿児島県が中心となって国に要望を行い、文部省は昭和35(1960)年12月に京都大学防災研究所に桜島火山観測所(図3-3-1 ※現在は火山活動研究センター)を設置することとしました。



図3-3-1 現在の火山活動研究センター(鹿児島市桜島横山町)

桜島火山観測所は火山噴火予知研究を目的とする社会的な要請に基づいて設置された施設であるといえます。設立当初の観測所本館は桜島北西山腹のハルタ山にあり、島内の6点の地震観測は自営の信号ケーブルによって維持されました。また、防空壕などを利用した傾斜計観測や桜島島内の水準測量が繰り返し行われました。

桜島における火山観測体制を格段に推進したのは建議に基づく火山噴火予知計画です。89ページ図3-2-4に現在の火山噴火予知研究のための観測網を示しています。

第1次火山噴火予知計画(昭和49~53(1974~1978)年)では桜島島内の観測網が整備されました。桜島島内に8つの観測点が設置され、専用回線を用いてデータが桜島火山観測所本館に集約されました。第1次計画の目的は観測体制の基盤整備にあり、当時、火山噴火予知のための最重要課題であった火山性地震の震源決定の高精度化に主眼が置かれました。

第2次火山噴火予知計画(昭和54~58(1979~1983)年)では桜島周辺の観測点が整備され、観測網の広域化が図られました。火山活動に伴い発生する地震は火山の極

きんぽう
近傍だけとは限らず、大規模噴火の前には火山から離れた広い範囲で地震活動が活発となるからです。

第 3 次火山噴火予知計画（昭和 59～63(1984～1988) 年）と第 4 次火山噴火予知計画（平成元～5(1989～1993) 年）では、桜島の観測点におけるデータの高品位化が図られました。火山においては自然あるいは人工的な振動など様々な擾乱^{じょうらん}が発生しますが、これを低減させるために 6 か所において地震計を地下に埋設しました。また、温度変化による擾乱を抑えるために、ハルタ山には延長 250 m の観測坑道が掘削され、水管傾斜計と伸縮計が設置されました。これにより個々の爆発に伴う前兆的な隆起・膨張をとらえることができるようになり、火山噴火予知研究が大きく前進しました。さらに GPS 観測点が設置され、地盤変動が常時観測されています。

火山噴火予知計画において特色のある事業として、集中総合観測があげられます。桜島では集中総合観測が 10 回実施されました。これは、地震・地殻変動・電磁気・熱・火山ガス・噴出物などの多項目による観測と分析を大学等の研究機関が連携することによって、火山活動の総合的評価を行うものです。また、平成 20(2008) 年には、人工地震探査が桜島と始良カルデラ地域において行われ、火山の構造に基づいて火山活動を評価することが可能となりました。

一方、大正噴火では、4 日前に霧島の御鉢が噴火し、薩南諸島の火山群が大正噴火後に相次ぎ噴火したことから、噴火活動の連動性が指摘されています。霧島火山帯における火山活動の他の火山への波及を明らかにするために、離島火山（薩摩硫黄島・口永良部島・中之島・諏訪之瀬島）における常時観測は平成元（1989）年から開始されました。このような火山活動の連動性のメカニズムを解明するために霧島火山帯全体に及ぶ地盤変動を観測するために GPS 観測点も整備されました。

桜島火山観測所は平成 8(1996) 年に火山活動研究センターに改組されました。火山活動研究センターは我が国で最も活動的な火山である桜島を全国的なレベルでの野外観測拠点として、国内外の大学・研究機関と協力しながら学際的な実験・観測を総合的に推進しています。

3.2 火山噴火予知研究

大正 3(1914) 年噴火以降の桜島の活動は、始良カルデラの下へのマグマの再蓄積過程であるといえます。図 3-3-2 に示すように、始良カルデラの西縁の水準点は大正噴火により約 80 cm 沈降しましたが、その後 100 年かけて隆起を続け、沈降量の約 9 割まで回復しました。これは、始良カルデラ下のマグマ溜まりへの蓄積によるものです。

大正 3(1914) 年の噴火後には南九州一円の広い範囲において地盤の沈降がみられ、

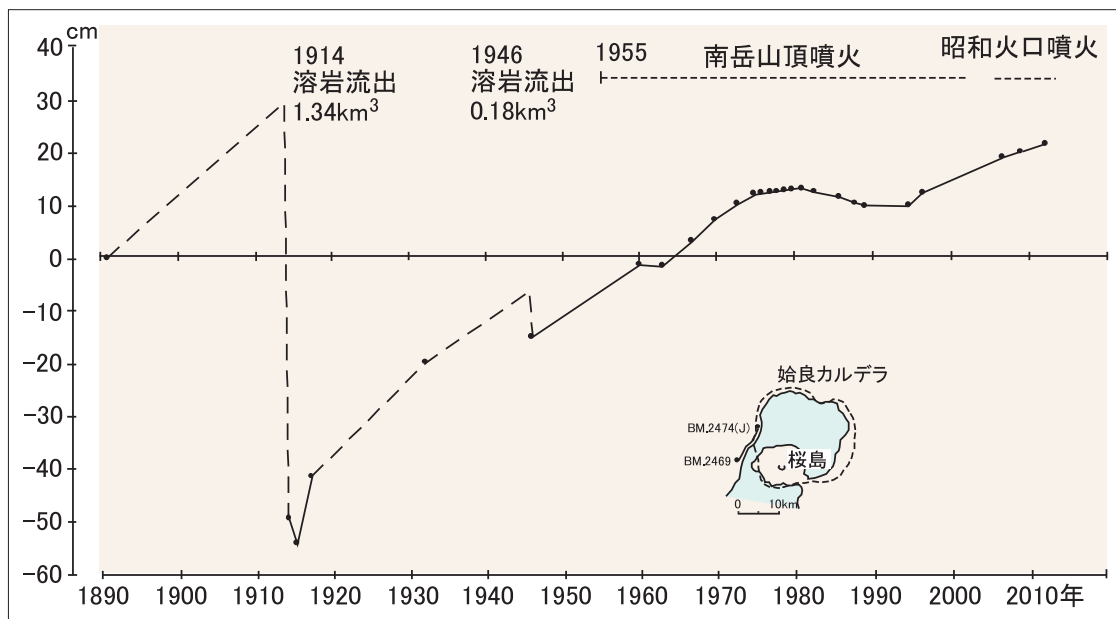


図 3-3-2 始良カルデラの地盤の上下変動

沈降の中心が始良カルデラの中央部にあることからマグマ溜まりがこの海域の深さ 10 km 付近にあることが推定されていますが、それ以降の地盤が隆起する時期においても地盤の膨張の中心が同じ場所にあることからこのマグマ溜まりにおいてマグマが再び蓄積されつつあると考えられているのです。

図 3-3-2 に示した地盤の隆起を示す直線は始良カルデラの下へマグマが年間 1 千万 m^3 の割合で蓄積されていることを意味します。一方で、顕著な噴火活動は地盤を沈降させます。昭和 21(1946)年の噴火では約 7 cm 沈降したと推定され、また、昭和 49(1974)年以降の南岳の爆発活動が激しい時期には隆起が停滞するか、やや沈降しています。そして、南岳の噴火活動が低下した平成 5(1993)年には、地盤の隆起に転じ、その状態は現在でも続いています。

つまり、現在の昭和火口の小規模噴火活動では、上昇してくるマグマを消費しきれないのです。

始良カルデラ下のマグマ溜まりに加え、桜島の中央火口丘（北岳・中岳・南岳）の下にもマグマ溜まりの存在が推定されています。昭和 49(1974)年以降の南岳の爆発活動が激しい時期に先行して、このマグマ溜まりの膨張が著しく、桜島全体が浮上しました。一方、南岳での噴火活動が激しくなると、多量の火山灰が放出され、マグマ溜まりは収縮しました。桜島の中央火口丘下のマグマ溜まりの膨張と収縮の様子は、桜島北部の地盤の上下変動によく現れています（図 3-3-3）。

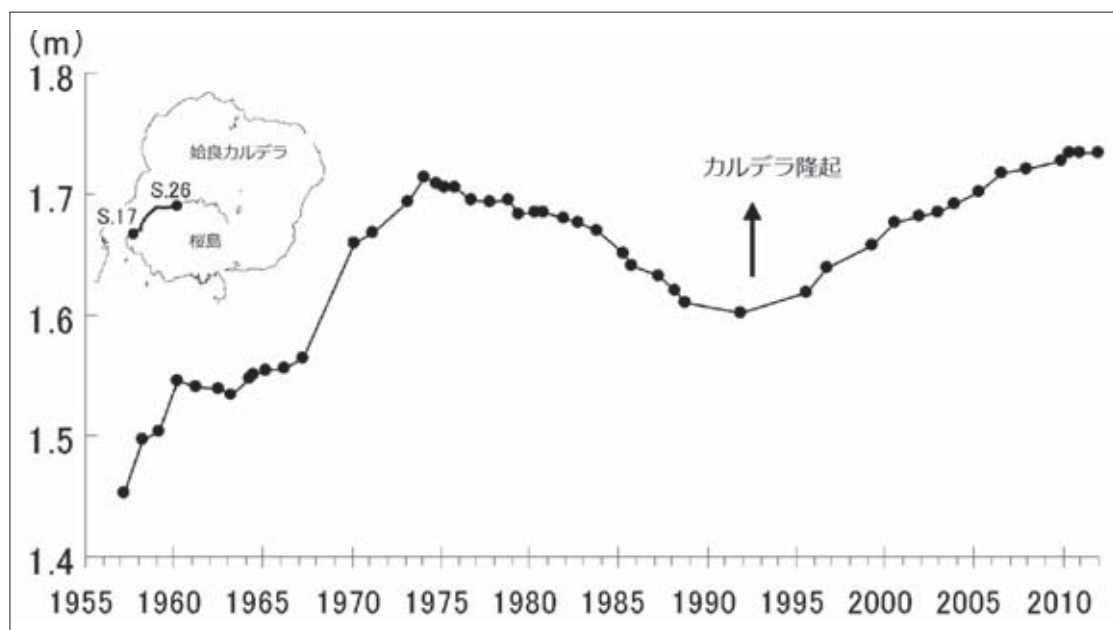


図 3-3-3 桜島北部と中央部の地盤の上下変動

噴火活動の活発化に前駆して火山性地震の活動に変化が現れます。

火山性地震は、A 型地震、B 型（BH 型・BL 型）地震、爆発地震や火山性微動などに分類されます（図 3-3-4）。

このうち、A 型地震は火山体を構成する岩石の破壊や地殻の断層運動によって発生しますが、桜島直下へのマグマの移動・上昇に伴い、多数発生することが知られています。

昭和 51(1976) 年 5 月に活発化した爆発活動の前には、桜島の南西海域の深部から南岳に向かって震源が移動しました。図 3-3-5 に A 型地震の震源分布を示します。地震は中央火口丘の下に多数発生するとともに、その震源は南西側に延びています。

また、始良カルデラ内の海底火山である若尊^{わかみこ}付近でも多数の地震が発生しています。

一方、マグマ溜まりがあるとされる始良カルデラの中央部では地震は発生していません。

南岳で爆発回数が増加する 1 日～1 週間前には B 型地震が群発することが知られています。

B 型地震は多量の火山ガスが溶け込んでいるマグマの発泡により発生する現象です。発泡は圧力が低くなることにより起こるので、B 型地震は圧力の低下する南岳直下の浅い場所にしか起こりません。B 型地震の群発現象は、南岳の活動期には爆発的噴火活動の活発化の前兆として火山情報発表の判断によく使われました。

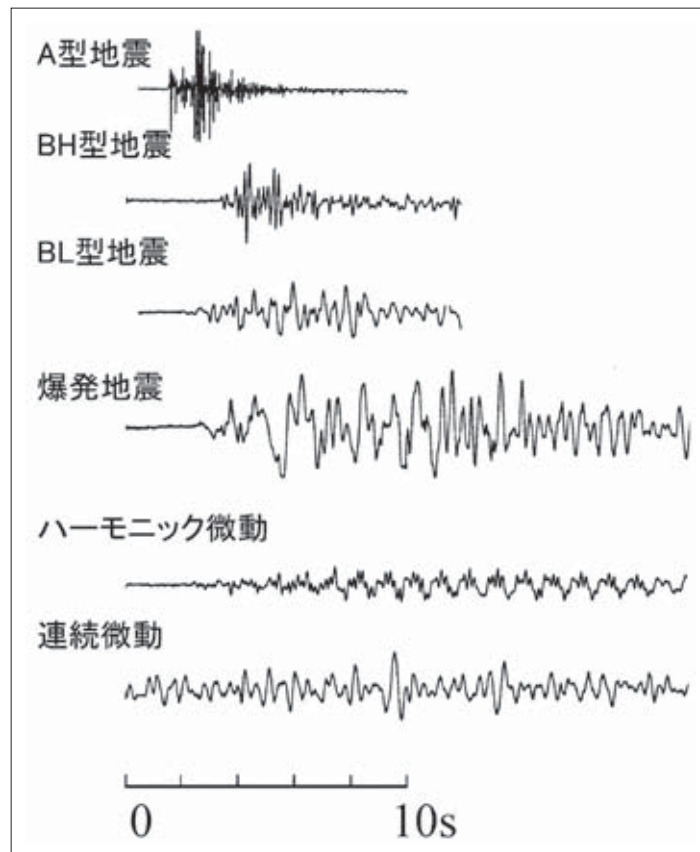


図 3-3-4 桜島で発生する火山性地震の波形の例

爆発の直前になると地盤変動が現れます。ハルタ山に設置した水管傾斜計と伸縮計によって、火口側地盤の隆起を示す傾斜変化と地盤の膨張を示すひずみ変化が爆発発生前の10分～7時間前から観測されます（図 3-3-6）。

これは、南岳直下の5 km程度の深さにあるマグマ溜まりの膨張によるものです。昭和火口における爆発的噴火でも火口側地盤の隆起を示す傾斜変化と地盤の膨張を示すひずみ変化が観測されますが、この変動を引き起こす圧力源はもっと浅い場所にあると考えられています。

この他に、噴火活動が活発化する前には火山ガス中の塩素濃度の上昇や、水素ガスが増えることが知られています。

昭和49(1974)年から平成4(1992)年までの南岳の爆発活動が激しかった時期と、平成5(1993)年以降から現在までの南岳の活動が低下し、昭和火口への活動に移ってきた時期を比較して桜島へのマグマの供給路を模式的に図 3-3-7 に示します。

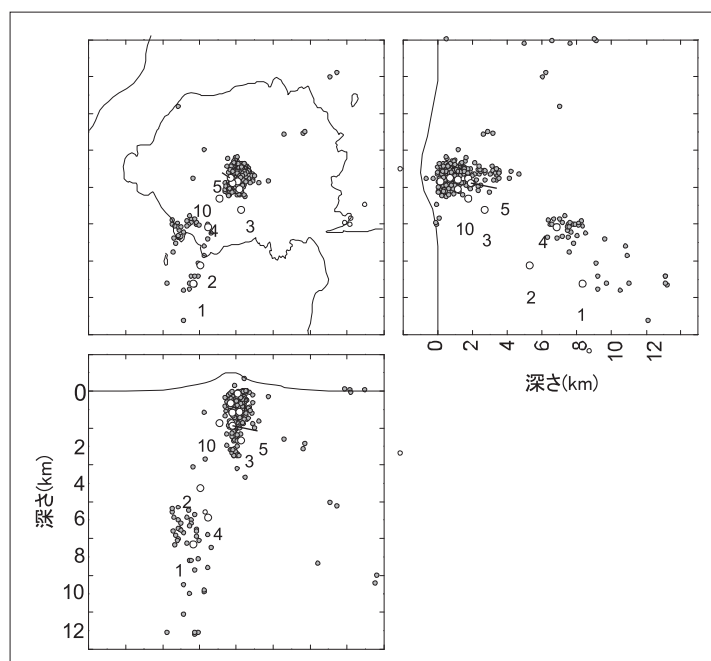


図 3-3-5 A 型地震の震源分布

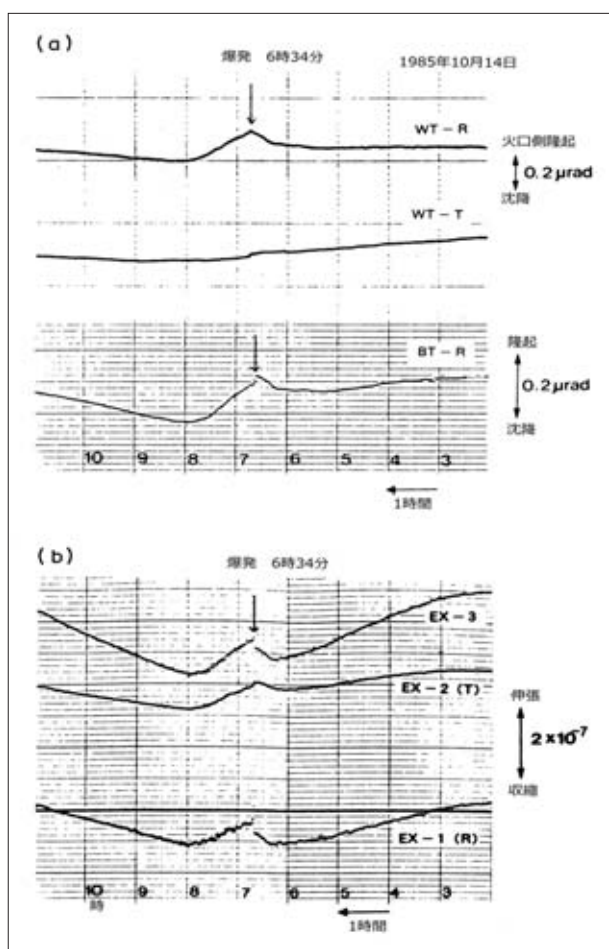


図 3-3-6 爆発直前の傾斜(a)とひずみ(b)変化

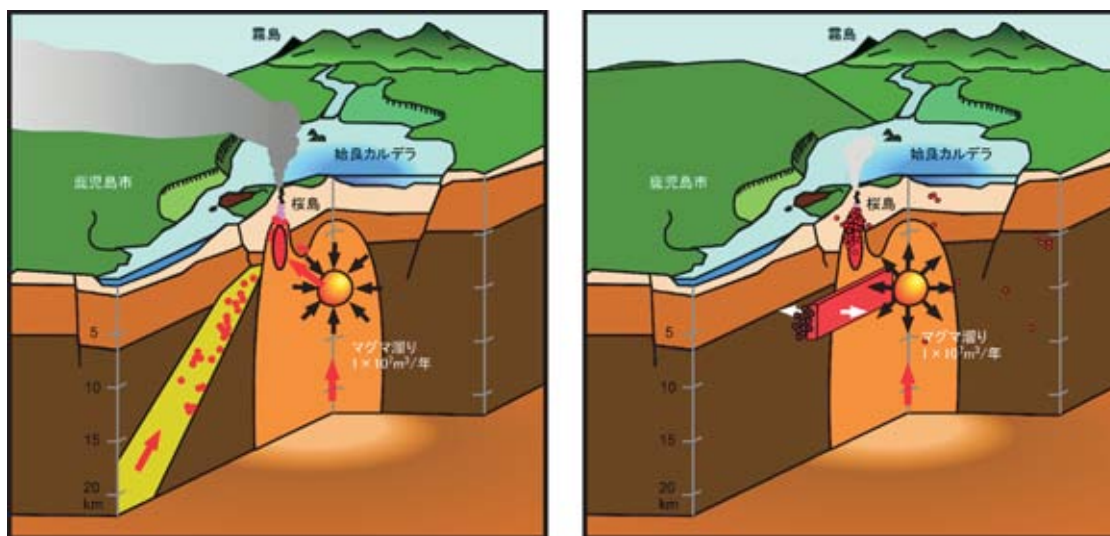


図 3-3-7 桜島のマグマの供給系とその状態
左：南岳の爆発活動が激しかった 1974 年～1992 年 右：噴火活動が低下した 1993 年から現在まで

南岳の爆発活動が激しかった時期には始良カルデラ下と桜島下のマグマ溜まりがいずれも収縮しています。始良カルデラ下には年間 1 千万 m^3 のマグマが供給されていますが、それを上回る量のマグマが噴火活動で放出されたのです。一方、噴火活動が低下すると、マグマ溜まりは膨張に転じました。平成 21 (2009) 年以降、昭和火口での爆発回数は増加しましたが、マグマ溜まりを収縮させるほどの力はなく、マグマの量は依然として増え続けています。

このマグマの供給路を解明することを目的として桜島では平成 20 (2008) 年に人工地震探査が行われました。カルデラの中央部においてカルデラの底が深くなる基盤構造やカルデラ中央部で地震波の速度が遅く（基盤が柔らかい）、桜島では高速（基盤が硬い）となる構造が見え始めています。