

第4章 総括と教訓

第1節 火山噴火予知観測

桜島の火山監視、火山観測、噴火予知研究は、1914（大正3）年の大正噴火、1946（昭和21）年の昭和噴火、1955（昭和30）年からの南岳の山頂噴火、更に1972（昭和47）年からの南岳の山頂噴火の激化等、顕著な噴火を契機に整備強化されてきた。4つの期間に分けて、桜島の火山観測の整備状況の経緯を解説する。

1 大正噴火まで

桜島周辺では1890年代から陸軍陸地測量部による地形図作製、海軍による海図作成のための鹿児島湾の水深調査が、また、鹿児島港では鹿児島県による潮位の観測がなされていた。これらの調査・測量は、火山観測が目的ではなかったが、大正噴火による地盤変動の基礎データとして大いに役立った。鹿児島測候所には、1888（明治21）年に 그레이ーミルンユーイング（ミルン）式地震計が設置された。上下動10倍、水平動5倍と低倍率であり、震動を感じると記録を開始するというものである。

表4-1 桜島の火山観測調査等に係る主な出来事（1）

1888（明治21）年11月	鹿児島測候所にミルン式地震計設置
1891（明治24）年～ 1900（明治33）年	陸地測量部による鹿児島湾周辺の水準測量（第1回）
1898（明治31）年	陸地測量部による桜島と鹿児島湾周辺の三角測量（第1回）
1903（明治36）年～ 1905（明治38）年	鹿児島県による鹿児島港の潮位測定
1906（明治39）年	海軍による鹿児島湾の水深調査
1914（大正3）年	桜島大正大噴火 1月17日東大教授大森房吉博士が桜島の活動調査のため鹿児島来訪、鹿児島測候所に大森式簡単微動計設置。震災予防調査会、大学等及び国外研究者による噴火や被害の調査研究が実施される。内務省が鹿児島港に驗潮儀を設置、観測を始める（2月）。震災予防調査会の要請を受け陸地測量部が第2回の水準測量と三角測量を実施（7月から）
1917（大正6）年	震災予防調査会の要請を受け、海軍が鹿児島湾の水深を再調査

1914（大正3）年1月12日の大正噴火が始まると、震災予防調査会委員大森房吉博士は、大正噴火の調査に急行し、ミルン式地震計に変わり持参した大森式地震計による観測を1月17日から開始した。また、自ら頻繁に調査観測するとともに、内務省が開始した潮位観測のデータと噴火前の潮位の比較により鹿児島港の潮位が30cm以上上昇していることを見出した。潮位の上昇は地盤の低下に起因すると考え、直ちに、陸地測量部に鹿児島湾周辺の水準測量等の再実施を依頼し、1914（大正3）年7月から測量が行われた。約20年前の測量結果と比較した結果、鹿児島湾を中心として南九州の地盤が大規模に沈降したことを明らかにした。更に、噴火が休止して4年後の1919（大正8）年の測量結果から、活動休止後には逆に地盤が隆起に転じていることを確認した。火山活動により火山周辺の地盤が変動をすることを科学的に実証した世界最初の研究である。5年余の調査研究結果をもとに、桜島の過去の火山活動と大正噴火の全貌を、全6部の震災予防調査会欧文紀要に取りまとめた。報告書には、膨大な観測データ、記録、写真などが収録され、現在にいたるまで、茂木清夫（1957）ら幾多の研究者が大森博士の論文と資料をもとに様々な角度から研究に引用、活用されている。

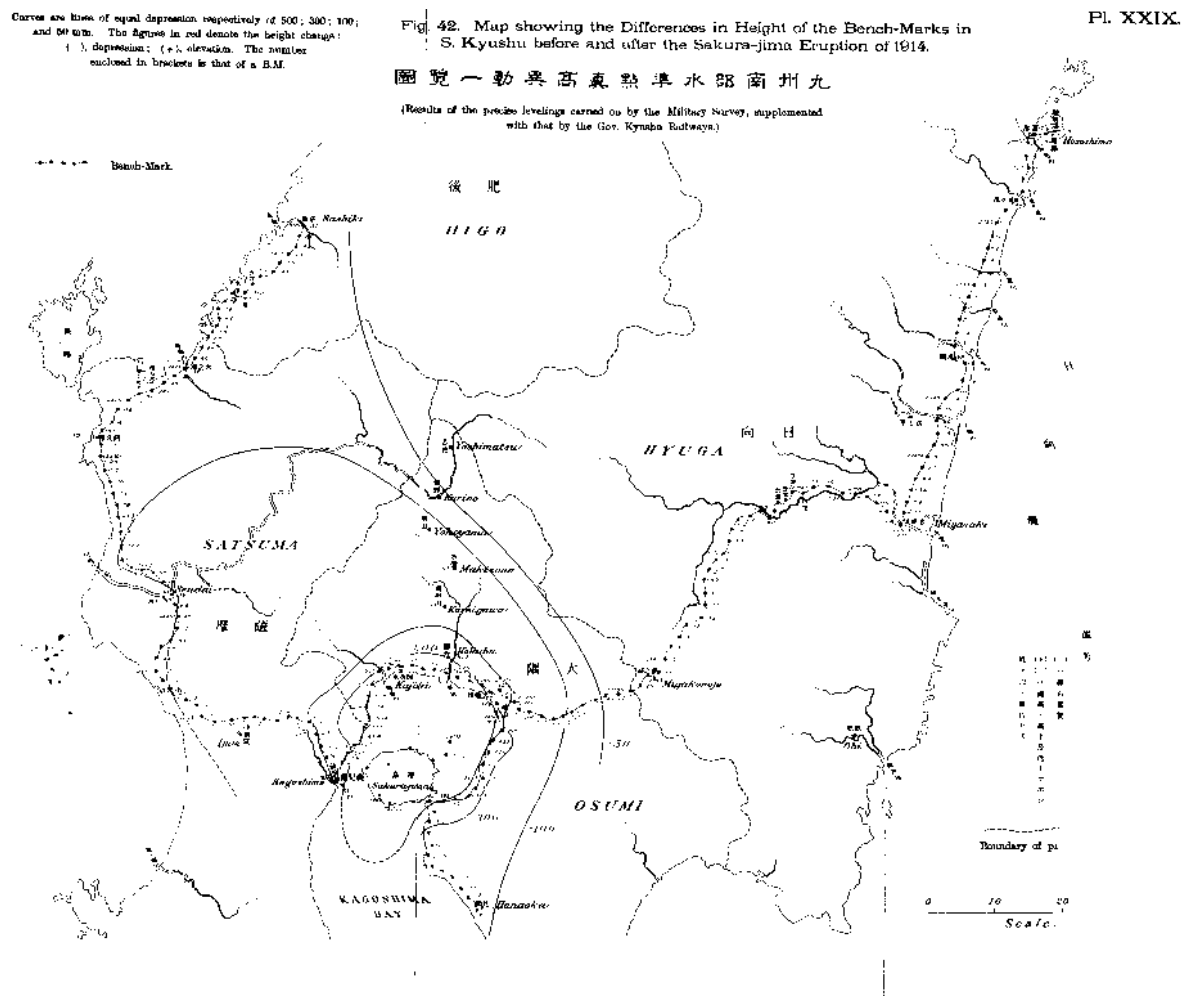


図 4-1 大正噴火に伴う垂直変動量分布図

2 大正噴火から昭和噴火まで

鹿児島測候所には1928（昭和3）年に当時最新の機械式の地震計であったウィーヘルト地震計が設置され、1933（昭和8）年には鹿児島市内の上荒田町に鉄筋コンクリート造の測候所が新築された。1939（昭和14）年に南岳東斜面から噴火が始まり、昭和火口を形成した。鹿児島測候所は直ちに現地調査を行い、貴重な調査報告を取りまとめている。その後も断続的に噴火が継続、1946（昭和21）年3月に溶岩流が流下し始めた（昭和噴火）。ウィーヘルト地震計は今日の地震計に比べ倍率が低いものの、火山活動に関係す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た。

昭和噴火は第2次世界大戦終了直後の食糧・交通事情の悪い中で発生したが、東京大学の水
上武、永田武、萩原尊禮、森本良平らが中心となって、地震活動、噴火活動、溶岩流と地形変
化等の調査を精力的に実施した。特に、溶岩流の流下過程に関する詳細な調査研究は将来の溶
岩流による災害予測にとって貴重な成果である。

表4-2 桜島の火山観測調査等に係る主な出来事（2）

1928（昭和3）年 10月	鹿児島測候所：ウィーヘルト地震計設置
1933（昭和8）年	鹿児島測候所、坂元から上荒田町へ移転
1939（昭和14）年 10月	昭和火口（南岳東斜面）で噴火 鹿児島測候所による調査
1946（昭和21）年 3月	昭和火口から溶岩流出（昭和噴火） 鹿児島測候所、東京大学地震研 究所水上武、永田武、萩原尊禮、森本良平らの調査

3 昭和噴火から山頂噴火開始 ：恒常的な火山監視・火山研究体制の整備

鹿児島測候所は、1948（昭和23）年に桜島の遠望観測を、1951（昭和26）年には震動観測を開始した。翌1952（昭和27）年には鹿児島地方气象台に昇格している。1955（昭和30）年10月13日に南岳で爆発が発生、以後今日に至るまで半世紀以上にわたり噴火活動が継続している。鹿児島地方气象台、東京大学及び京都大学の研究者が調査観測を始めた。1959（昭和34）年には鹿児島地方气象台が桜島内に高感度地震計を設置した。1956（昭和31）年6月に現地調査を行った京都大学佐々憲三教授は、桜島周辺の地盤変動等の分析から噴火活動は長期に継続すると予見、恒常的な観測の必要があると判断し、火山観測所の設置に尽力し、1960（昭和35）年12月京都大学防災研究所附属桜島火山観測所が発足した。また、1960（昭和35）年3月には鹿児島地方气象台が桜島港脇の袴腰（台地）に桜島火山観測所を設置し、職員1名

の常駐体制をとった。大正噴火から数えて、約 45 年後にようやく桜島の火山活動を恒常的に監視、研究する体制が整ったことになる。京都大学は、当初、桜島港（袴腰）の旧海軍の防空壕跡を拠点として、驗潮儀、傾斜計、水準測量等による地盤変動観測と桜島各所で地震観測を実施した。1962（昭和 37）年に湯の平展望台の山手側のハルタ山に観測所舎屋が竣工し、そこを拠点とした本格的な火山性地震の観測研究を開始した。大学の火山観測施設としては、阿蘇山、浅間山に続く 3 番目の施設である。鹿児島地方気象台は、1963（昭和 38）年に地震計を 3 か所に設置、テレメータ（遠隔データ伝送）装置を導入したことにより、職員の常駐を廃止した。

表 4－3 桜島の火山観測調査等に係る主な出来事（3）

1948（昭和 23）年 1 月	鹿児島測候所：桜島遠望観測開始
1951（昭和 26）年 10 月	鹿児島測候所：桜島火山震動観測を開始（石本式地震計、今村式強震計）
1952（昭和 27）年 4 月	鹿児島測候所：鹿児島地方気象台に昇格
1955（昭和 30）年 10 月	桜島南岳爆発、山頂噴火活動の開始 気象台、東京大学、京都大学等の調査。1956 年 6 月京都大学佐々憲三らによる調査。活動が長期化するとの判断から継続的な火山観測を開始（1956 年 6 月）
1959（昭和 34）年 2 月	鹿児島地方気象台：桜島に高感度地震計を設置
1960（昭和 35）年	3 月 30 日：鹿児島地方気象台桜島火山観測所竣工、1 名常駐（1969 年 3 月無人化）。12 月 26 日：京都大学防災研究所附属桜島火山観測所設置
1963（昭和 38）年 3 月	鹿児島地方気象台：テレメータによる地震観測開始

地震観測点が山麓から南岳中腹まで広がったことにより、爆発的噴火活動に先立ち震源の浅い微小な火山性地震（B 型地震）が群発する現象が捕らえられた（吉川・西, 1956）。航空機による火口観測と併せて火口への溶岩上昇に対応して B 型地震が群発することが確かめられ、火山活動の監視と火山情報の質が向上した。また、京都大学は、南岳山頂近くに多数の地震計を配置した臨時観測による精密な火山性地震の震源分布から、山頂火口から地下数 km まで鉛直に延びるマグマの上昇する通路、火道の存在が明らかにされた（西, 1971）。なお、鹿児島地方気象台が取りまとめた桜島爆発速報は、1955（昭和 30）年から 1970 年代初めにかけての火山活動の実態を知る上で貴重な資料である。

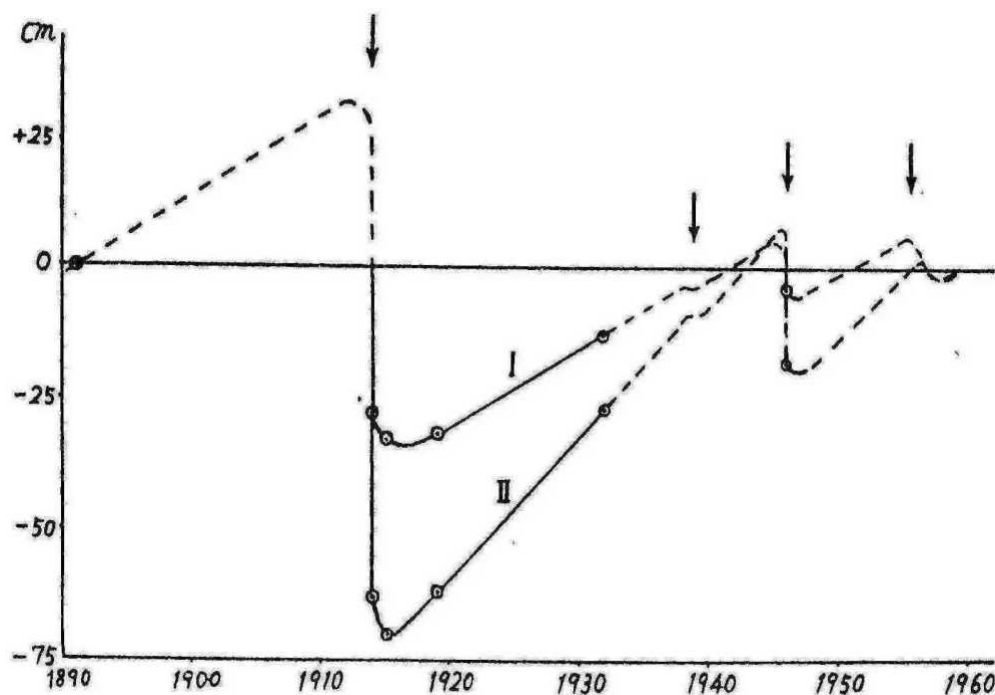


図4-2 始良カルデラの土地の昇降と桜島の火山活動 出典：佐々，1956
(Ⅰ：加治木町 Ⅱ鹿児島市大崎の鼻 ↓：桜島の噴火)

4 山頂噴火の激化と火山噴火予知計画発足以降：火山観測・噴火予知研究の高度化

南岳の山頂噴火活動は1960（昭和35）年にピークに達した後漸次活動が低下していたが、1972（昭和47）年10月2日に発生した規模の大きな爆発を契機として噴火活動が激化し、多量の火山灰が放出され農作物等への被害、土石流が頻発することになった。この事態を受けて1973（昭和48）年には議員立法により、「活動火山対策特別措置法」が制定され、国としての火山災害対策の取り組みが始まった。同じ年、文部省の測地学審議会が「火山噴火予知計画の推進」を関係大臣に建議し、国としての火山噴火予知に向けての取り組みが開始された。

1974（昭和49）年6月には気象庁を事務局とする火山噴火予知連絡会が発足し、気象庁、大学、調査研究機関がそれぞれのデータを持ち寄り、全国の火山活動を総合的に評価し、必要に応じて統一見解を公表する体制が出来上がった。それまでは、マスコミは、気象庁と火山研究者の見解をともすれば対立するものとして報道する傾向が強かったが、火山噴火予知連絡会の統一的な見解表明によって、そのような事例が減少した。

火山噴火予知計画に従って大学関係の観測体制も強化され、1970年代末には桜島で発生する爆発地震や火山性地震・微動の発生メカニズムの研究や噴火予知の研究が飛躍的に進展した（加茂，1978）。また、1975（昭和50）年には全国の大学研究者、研究機関、気象庁等が連携して行う火山の総合観測「集中総合観測」が実施され、地震、地殻変動、磁気、重力、火山ガス、

噴出物等の観測・調査を元に、桜島の火山活動を総合的に研究する基礎ができた。

1980年代半ばからは、観測坑道や観測井による地震、地殻変動の観測の高精度化の取り組みがなされ、山頂噴火の直前に桜島直下数 km にマグマが貫入蓄積されたことを示す極く微小な山頂の地盤の隆起・膨張を捕捉することに成功した。水準測量など始良カルデラの広域的な地盤変動、桜島の直前の微小な地盤変動、火山性地震の震源分布等の研究から、桜島・始良カルデラのマグマ溜まりやマグマの移動経路など地下構造とマグマ供給系と山頂噴火に至る火山活動のプロセスの概要があきらかになった。

表 4-4 桜島の火山観測調査等に係る主な出来事（4）

1972（昭和 47）年 10 月 2 日	南岳爆発、以後噴火活動が激化、降灰被害が顕著になる 測地学審議会「火山噴火予知計画の推進」を関係大臣に建議、同年 7 月 「活動火山対策特別措置法」公布	1973 年 6 月
1974（昭和 49）年	火山噴火予知計画開始、火山監視観測体制の計画的整備開始。6 月に火山噴火予知連絡会が発足（6 月）	
1975（昭和 50）年 1～3 月	全国の大学、研究機関等が共同して実施する桜島火山の総合的調査研究が実施される。以後数年間隔で繰り返して実施	
1985（昭和 60）年	京都大学：ハルタ山観測坑道での高精度地殻変動連続観測開始	
1994（平成 6）年	鹿児島県「桜島火山防災マップ」公表配布	
1997（平成 9）年 3 月	鹿児島県地域防災計画（火山災害対策編）制定	
2006（平成 18）年	鹿児島市「桜島火山防災マップ（改定版）」公表配布（3 月）。【昭和火口の噴火再開】（6 月 4 日）	
2007（平成 19）年	国土交通省：有村観測坑道で高精度地殻変動連続観測開始（8 月）。気象庁：桜島等に噴火警戒レベルを導入、噴火予警報業務開始（12 月 1 日）	

1974（昭和 49）年以降の桜島の噴火予知に関する成果の一部を紹介する。

（1）桜島の火山活動のモデル

種々の観測が継続して実施され、桜島と始良カルデラの地下構造、マグマ供給系の様子が次第に明らかになってきた。始良カルデラ地下約 10km 付近に桜島の噴火エネルギーの源泉となるマグマ溜まりが存在し、地下深部から平均年間約 1,000 万 m³ のマグマが上昇していると推定される。そのマグマ溜まりから桜島直下の地下 4～6 km にあるマグマ溜まりへマグマが移動することによって、桜島の火山活動が活発化すると考えられる。このモデルによれば、桜島での噴火活動に先立って、桜島直下でのマグマ蓄積により桜島の地盤が隆起膨張するとともに、マグマ蓄積により桜島地下の歪が増大し、火山性地震が多発することになる。即ち、大正大噴火の前の桜島内の井戸の水位や地震の多発が理解しやすい。1980 年代以降、このモデルを背景に、桜島の火山活動の評価がなされてきた。

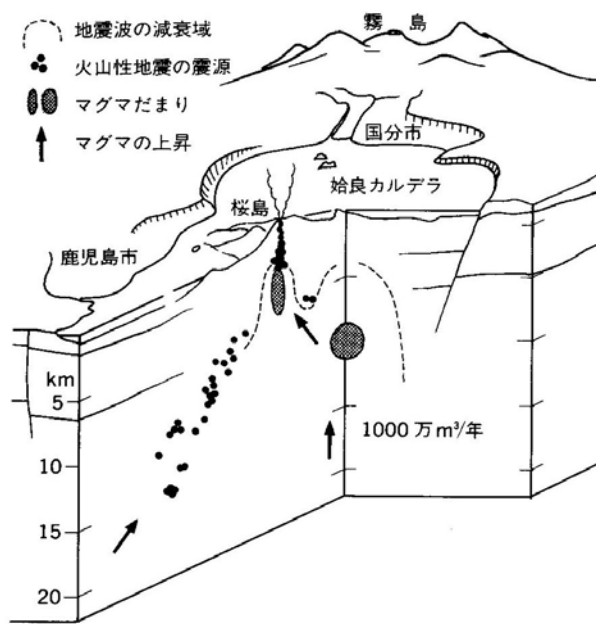


図4-3 桜島のマグマ供給系のイメージ 出典：石原, 1995

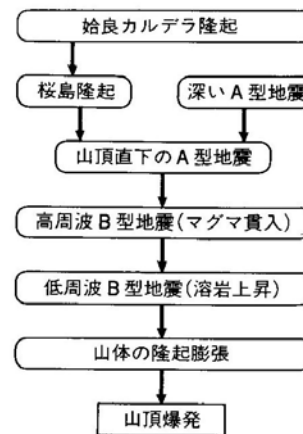


図1 桜島の火山像と山頂噴火の前兆現象。桜島と始良カルデラ周辺の地盤は、カルデラ中央部を中心とする広域的な昇降と桜島内部を中心とする局所的な地盤の昇降を繰り返してきた。チャートには前兆として、マグマの移動上昇に対応して、水準測量、検潮儀、傾斜計・伸縮計および地震計で捕捉できる現象を挙げた。

(2) 桜島の噴火の直前予知システム

桜島直下のマグマ溜まりの状態をリアルタイムで把握することを目的に、1984（昭和 59）年に桜島北西山麓ハルタ山に観測坑道が建設され、水管傾斜計と伸縮計が設置された。その結果、南岳の大きな山頂爆発の数 10 分～数時間前から、南岳山頂の地盤が 0.01～1 mm 隆起したことを示す傾斜・歪変化が観測された。月と太陽の引力による地球表面の変形の 10 分の 1 に満たない極微小な変化である。その影響をリアルタイムで除去し、表示するシステムが開発された。火山灰が数万トン以上噴出する噴火についてはその兆候を捕捉することができる。

2008（平成 20）年には南岳を挟んでハルタ山の反対側の有村に国土交通省が同様の観測坑道を建設して水管傾斜計・伸縮計を設置した。この観測坑道は昭和火口に近いため昭和火口の噴火に対応する傾斜・歪変化を記録している。ハルタ山及び有村の観測データはリアルタイムで鹿児島地方気象台等に伝送され、火山活動の監視に役立てられている。

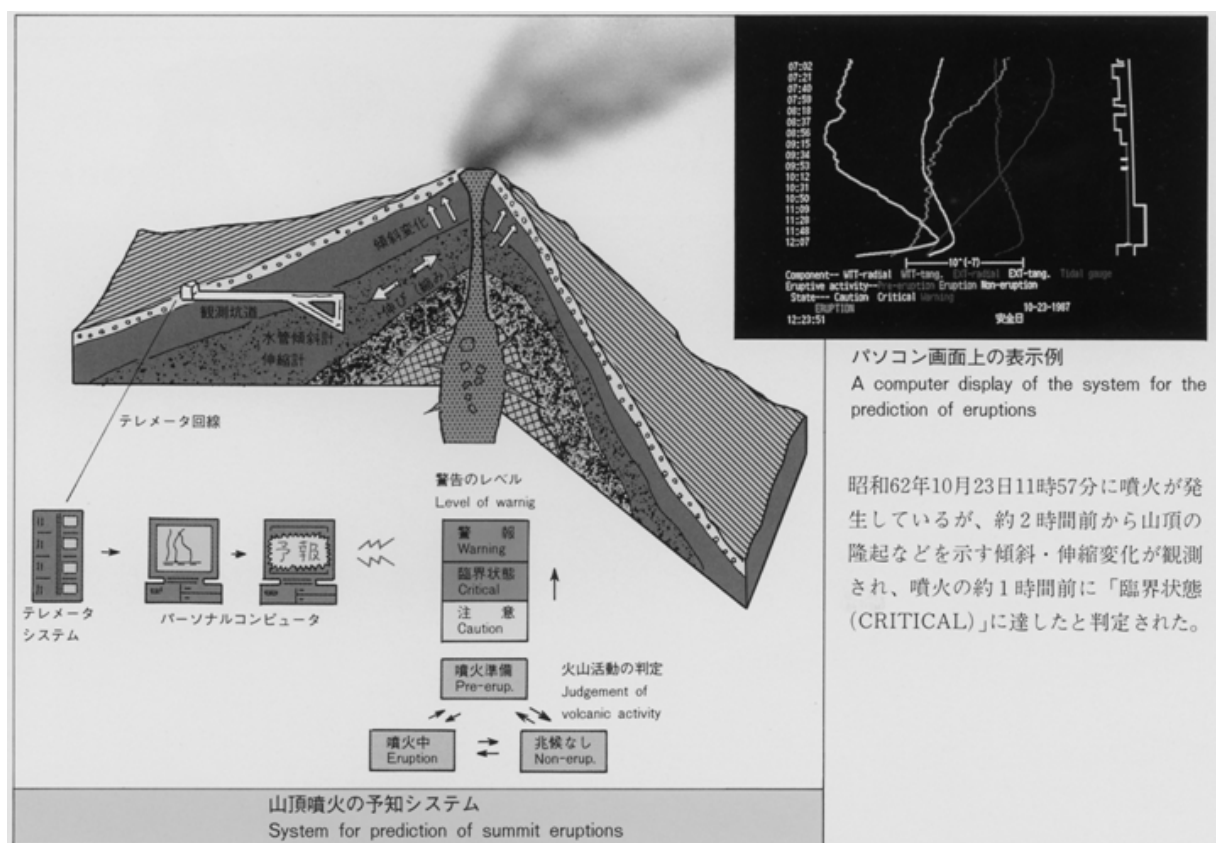


図 4-4 桜島の山頂噴火の直前予測システム 出典：京都大学防災研究所

5 火山噴火予測観測体制の現状と今後

桜島の現在の火山噴火予測観測体制は、わが国のみならず、世界的にみても第一級である。地震、地殻変動観測を中心に様々な調査観測が、気象庁、大学、国土地理院、国土交通省、鹿児島県などによってなされている。これらの観測データは、リアルタイムで、あるいは火山噴火予測連絡会等で相互に利用され、火山活動の評価結果は気象庁の噴火警報等として社会に公表されている。また、映像データは、大隅河川国道事務所、気象庁及び京都大学のホームページからインターネットで見ることができる。

【各機関が実施している主要な観測調査項目】

- 気象庁：地震、GPS、空気振動、火山ガス、TV カメラ等による火山監視等
- 大学（京都大学防災研究所火山活動研究センター等）：地震、傾斜・歪、GPS、空気振動、火山ガス、水準測量、重力測定、地下構造探査等
- 国土地理院：桜島内と始良カルデラ周辺での GPS 観測、水準測量
- 国土交通省（大隅河川国道事務所）：TV カメラ等による火山活動及び土石流監視、有村観測坑道における傾斜・歪・地震観測、降灰調査等

○鹿児島県：降灰量の調査（1978（昭和 53）年 6 月から継続）

これらの調査・観測体制が維持、強化され、住民が異変に気付いたときに適切に通報を行えば、大正噴火のような大噴火が「寝耳に水」といった事態になることはないものと考えられる。

桜島の火山観測体制が強化され、何らかの異変が検知されたとしても、将来の大噴火が桜島内で発生するとは限らない。桜島の火山観測と噴火予知の今後の課題を列記する。

(1) 桜島外での噴火も想定した観測体制の強化

前述のように、桜島の北側の始良カルデラに桜島の火山活動の源であるマグマ溜まりがある。安永噴火では、桜島の北東海域で噴火が発生し、津波が発生し新島等の新たな島嶼を形成した。また、始良カルデラの北東の海底火山「若尊」から桜島の南西沖の沖小島の地下 5～10km では火山性地震が発生する。大正噴火の最大地震の震源は沖小島付近であった。将来、桜島の周辺での噴火発生の可能性もあり、それを想定した観測体制の強化が必要である。

(2) 桜島および始良カルデラの地形、地質、地下構造の調査研究

始良カルデラは直径約 20km あり、その中には、「桜島」と「若尊」が存在する。加えて、北西端には「米丸」と「住吉池」があり、桜島の南西沖から鹿児島市南部では時折有感地震が発生する。活火山の分布や地震活動からみると、将来、始良カルデラとその周辺域、概略直径 30km の範囲が噴火発生の可能性のある地域となる。実際には、噴火の可能性の高い領域と低い部分があるはずであるが、ほとんどが海域であるため、地質や地熱の調査、地下構造の調査が進んでいない。噴火が発生する可能性のある範囲を絞り込むため、また、マグマの通路を探るための人工地震などによる地下構造の調査も必要である。

第 2 節 将来に備えての防災対策

1 今後の火山活動と火山防災マップ

(1) 火山防災マップ

ある火山で噴火が発生した時に、どの範囲に噴出物や土石流、大地震などにより被害が及ぶかを図示した地図が火山ハザードマップである。ハザードマップに避難施設や避難経路等を加えたものが火山防災マップと呼ばれる。火山監視機関、行政及び住民が将来起きる可能性の噴火災害について共通認識を持つための火山防災対策の基本となるものであり、1970 年代後半からインドネシア、コロンビア、イタリア等世界各国で作成公表されていた。我が国では活火山

周辺は観光施設や別荘地等の開発が進んでいて公表した場合の社会的影響が大きいとの理由から作成が見送られていた。

わが国が組織的に火山のハザードマップの火山防災上の意義を認識し、その作製に取り組み始めたのは 1980 年代後半である。1991（平成 3）年に国土庁が火山噴火災害危険区域予測図作成指針を公表、いくつかの火山をモデルケースとして作成を開始した。桜島については、1992（平成 4）年から 2 年間にわたり大正噴火規模を想定した噴火危険区域の検討がなされ、1994（平成 6）年に出版公表された。

その後、桜島の噴火活動は低下したが、それに対応して 1990 年代後半からマグマ蓄積による始良カルデラの地盤の隆起が再開し、2003（平成 15）年から桜島及び始良カルデラ周囲での火山性地震活動が高まった。鹿児島県、鹿児島市等は近い将来に桜島の火山活動が高まる可能性を認識し、関係自治体、国の出先機関、研究者で構成する桜島火山防災検討委員会を設置し、関係機関が連携した組織的な桜島の火山防災の在り方の検討に着手した。その成果の一つとして、2006（平成 18）年 3 月に桜島火山防災マップを作製・公表し、住民への配布と説明を行った。また、同年 12 月には大規模噴火発生時の鹿児島県全域への影響を示した桜島広域火山防災マップも公表した。

マップでは、（１）桜島の大規模噴火は、南岳を挟み、両方の山腹から噴火する可能性が高いこと、（２）噴火口の位置を前もって予測することは困難であること、（３）大規模噴火では、噴火直後から桜島全域が危険な状態になることを示し、大規模噴火が発生する前に桜島外への避難が重要であることを強調している。併せて、鹿児島市からの避難勧告等の情報伝達の方法・手順、各集落の避難港・避難先等を具体的に示している。また、気象台から発表される火山情報の意味、噴火の前兆、避難の際の心構え等を解説している。

関係機関及び専門家で構成される桜島爆発災害対策連絡会議の設置を定めている。同連絡会議の任務は、必要に応じて警戒区域の設定や避難勧告等について、関係自治体に対し助言勧告を行うことである。鹿児島県、鹿児島市等関係市町、鹿児島県警察本部、鹿児島地方気象台、京都大学、鹿児島大学、鹿児島地方気象台、海上保安部、自衛隊、消防関係、九州電力、NTT、日本赤十字等で構成される。

火山防災マップの配布から約2ヶ月経た2006（平成18）年6月4日に桜島南岳東斜面の昭和火口から約60年ぶりに噴火が始まり、数日後から噴石を飛散させ、火砕流（熱雲）も発生しはじめた。6月12日の火山噴火予知連絡会の評価結果を受けて気象庁は臨時火山情報を発表した。鹿児島県は6月14日に桜島爆発災害対策連絡会議を開催、規制範囲の見直しが検討され、昭和火口から2km以内も立ち入り禁止とする措置が必要との結論を取られた。鹿児島市等は直ちに住民にそのことを伝えとともに、ゲートを設けるなど立ち入り規制を実施した。昭和火口の噴火再開は一部専門家を除き「寝耳に水」の事態であったが、火山防災マップ作製を行った桜島火山防災検討委員会を通して関係者の密接な連携関係が出来ていたこと及び桜島の火山活動の見通しについて共通認識が出来ていたことが、このような迅速な対応を可能にしたと考えられる。

表4-5 桜島での噴火警戒レベルへの対応（レベル2以上は噴火警報として発表される）

（気象庁2008等から著者作成）

噴火警戒レベル	住民の行動	鹿児島市の活動	火山活動の状況の例
5（避難）	桜島全域、あるいは指定地域からの避難	災害対策本部の設置、避難指示	大噴火発生、溶岩流が集落に接近
4（避難準備）	避難の準備、体の不自由な人の避難	警戒本部の設置。避難指示または避難勧告、避難・救助の準備	有感地震頻発、溶岩流が出始めた、大きな噴石住宅近くに落下
3（入山規制）	注意しながら通常の生活	状況に応じ、防災無線、広報車等で連絡	大きな噴石が、火口から2km付近まで
2（火口周辺規制）	通常の生活		大きな噴石が火口から1km付近まで
1（火口内危険）	通常の生活		

2008（平成20）年12月から気象庁は噴火予警報を業務として開始した。これにより法規上は、各自治体は噴火予警報に従った対応が求められることになった。5段階の噴火警戒レベルが設定され、常にどのレベルにあるか公表される。2以上の場合は噴火警報として発表される。1955（昭和30）年以降の状況は、警戒レベルの2、3の状態であり、1980年代に噴石が古里、有村地区に落下した時が一時的に警戒レベル4に上がったことになる。基本的には鹿児島市は気象庁の警戒レベルに従った対応をとることとしているが、有感地震が発生し住民に不安が広がった場合には独自の判断で警戒本部を設置することも定めている。

住民は、気象庁の噴火警報に注意し、鹿児島市の避難勧告等に迅速に対応することはもちろ

んであるが、異変に気付いた時は消防、警察、市役所等に迅速に通報し、状況に応じて自ら行動を起こす姿勢が必要である。

(3) 今後予想される活動

東桜島村が 1924（大正 13）年に建立した桜島爆発記念碑に、「本島ノ爆発ハ古来歴史ニ照ラシ後日亦免レザルハ必然ノコトナルベシ」とあるように、桜島の火山活動は将来にわたっても継続することが科学的調査研究でも裏付けられている。現在の状況を踏まえて、今後予想される活動について言及する。

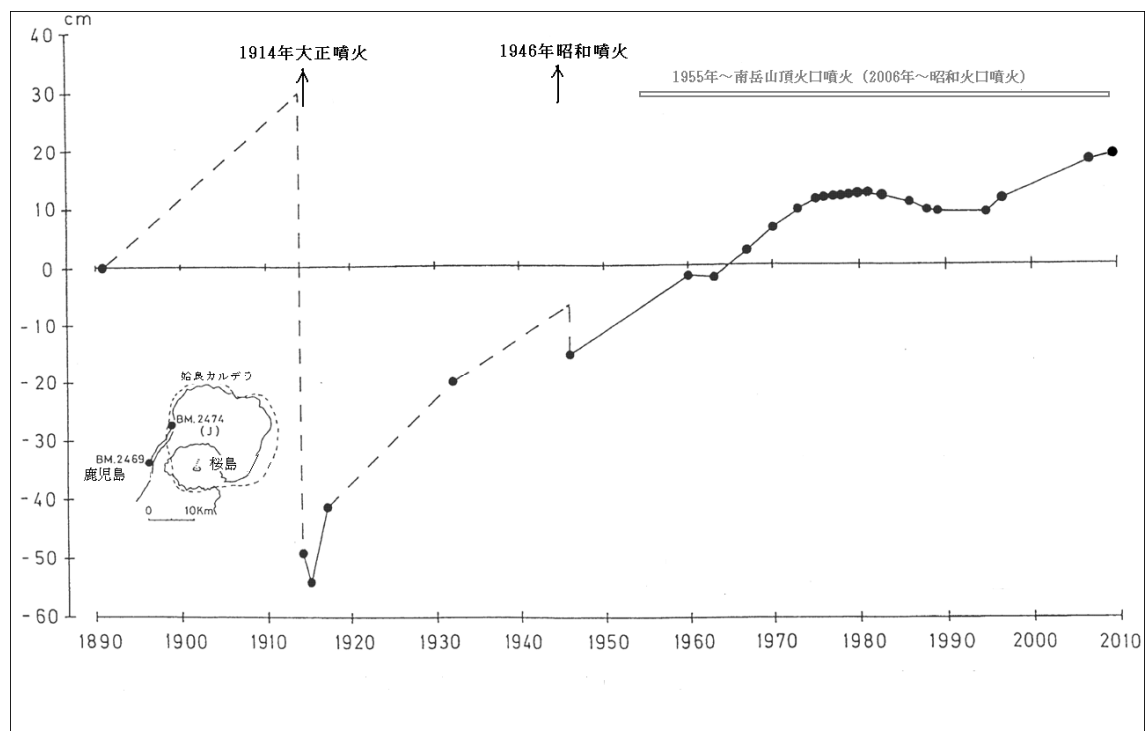


図 4-6 始良カルデラの地盤の昇降 出典：京都大学防災研究所

- 始良カルデラ地下のマグマの蓄積状況の推移は、始良カルデラの地盤の昇降から読み取れる。大正大噴火程度の噴火を起こすに必要なマグマが蓄積していると推定される。約 2 km^3 の溶岩・軽石等を噴出した大正大噴火の際には大きく地盤が沈降し、約 0.2 km^3 の溶岩・火山灰を噴出した昭和噴火では約 10cm 沈降した。山頂噴火が激化した 1960（昭和 35）年からの数年間および 1974（昭和 49）年からの約 20 年間は地盤の隆起が停滞している。その他の期間は現在に至るまで年間約 1 cm の割合で隆起を続けている。マグマの供給が間断なく継続していて、10～20 年の内にマグマ蓄積量は大正大噴火前の水準に達する可能性が高い。将来、蓄積したマグマを放出する大規模な活動は不可避であろう。
- 桜島の噴火活動が低下した 1990 年代後半からは、始良カルデラの地盤が隆起するとともに、2003（平成 15）年前後には、桜島周辺と始良カルデラ、若尊火山及び安永噴火で海底噴火

が発生した新島周辺の地下で火山性地震が多発した。当時は、始良カルデラ内での噴火発生の可能性も考えられた。2006（平成 18）年の昭和火口の噴火再開以降、桜島周辺の海域の地震活動は低下しているが、将来的にみた場合、桜島の大規模噴火は桜島内のみで発生するとは限らず、始良カルデラ内部でも噴火が発生する可能性もあることを火山防災上考慮しておく必要がある。

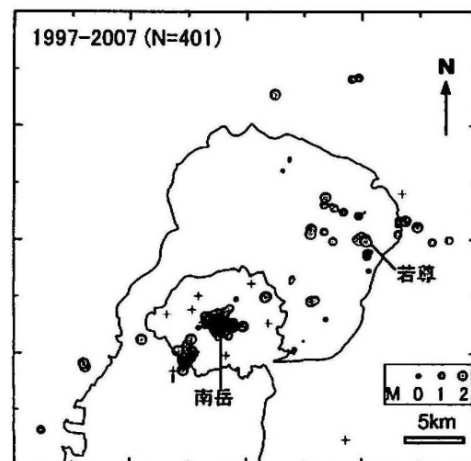


図 4－7 桜島と周辺の最近の地震の震源分布 出典：京都大学防災研究所

○火山噴火は、大地震と異なり、それまで蓄積したマグマや歪を一举にマグマを噴出して終息に向かうとは限らない。特に、1980（昭和 55）年の米国セントヘレンズ火山の噴火、1990（平成 2）年から始まった雲仙普賢岳の噴火、1991（平成 3）年に始まったフィリピンのピナツボ火山のように、小規模噴火から始まり、大規模噴火に移行する例も多い。桜島についても同様である。大正大噴火は百年余りの静穏期の後、約 2 日間の有感地震の直後に大噴火が始まっているが、過去の大規模噴火の例と比べる、むしろ例外的である。1471 年に始まった文明大噴火の数年前には噴火があったこと、1779 年に始まった安永大噴火の前には約 150 年前から数年～数 10 年間隔で噴火が発生したことが記録から読み取れる。「今昭和火口で噴火しているから大噴火が起きることはない」という思い込みは危険である。

上記の 3 つの事柄と昭和火口の最近の噴火活動を踏まえると、今後予想される活動の展開としては、以下のようなことが考えられる。

○昭和火口の噴火活動の活発化—短期的な見通し—

昭和火口の活動は次第に活発化して、火口も拡大傾向にある。当面数年間に最も可能性の高い活動は、現在の活動の延長として予想される昭和火口、あるいは南岳山頂火口での爆発的噴火活動の激化、即ち噴石の飛散範囲の拡大と多量の火山灰の放出である。多量の火山灰放出は、1970～1980 年代のように、降雨時の土石流の頻発を招き、農業や日常生活に被害をもたらす

ことになる。昭和火口での噴火が引き続き活発化すれば、火砕流の流下範囲の拡大や 1946（昭和 21）年のような溶岩の流出という事態も予想される。火砕流や溶岩の流出直後に直ちに集落に危険が及ぶ可能性は低い。状況を注視しながら、立ち入り規制範囲の拡大、避難等の対応をとることになるであろう。

1990 年代に火砕流を頻発した雲仙岳噴火、2000（平成 12）年に山頂カルデラが大規模に陥没した三宅島の活動など、歴史時代に繰り返して噴火した火山でも、初めて経験する活動が発生する例は多い。桜島についても、極近い将来、桜島や周辺での有感地震の発生等を契機に、新たな活動に発展する可能性も皆無ではないことを銘記すべきである。

○大正噴火に相当する大噴火の可能性—長期的な見通し—

近い将来に南岳山頂火口及び昭和火口の噴火活動が停止した場合には、再び、始良カルデラでのマグマ蓄積が再開することになる。既に、大正噴火で消費したマグマの 8 割程度は回復しているので、噴火休止期間が長くなれば、天平、文明、安永及び大正の噴火ように、有感地震の群発などの異変を伴って、桜島の山麓あるいは始良カルデラ内で新たな火口を形成し大噴火が発生する可能性が高くなる。当面の噴火活動が静穏になった時点では、次の大規模な活動の準備段階に入ったと認識すべきである。

2 土砂災害の教訓と今後の防災対応

(1) 噴火後の土砂災害の教訓

大正大噴火に伴って放出された軽石・火山灰は桜島はもとより、その東側に位置する大隅半島の広い範囲を厚く覆った。これによって地表の浸透能力が著しく低下、地中への浸透を妨げられた雨水が斜面に堆積した軽石・火山灰を削りながら谷川に集まり、土石流を発生させた。さらに土石流によって運ばれた多量の土砂の一部は谷川から本川に流入、河床を上昇させ、河川の氾濫を招いた。こうして、噴火後山麓部では土石流による土砂災害が、平野部では洪水氾濫による河川災害が相次いで発生した。

この種の土砂災害、河川災害の特徴として、次のようなことがあげられる。

- ①土砂災害、河川災害は噴火直後から発生し始め、1921（大正 10）年ごろまで比較的長期にわたって頻繁に発生した。
- ②土砂災害、河川災害は比較的少ない雨で発生した。
- ③土砂災害、河川災害は軽石・火山灰が厚く覆った地域で発生している。軽石・火山灰の分布は噴火時の風向に強く支配されるので、大噴火時の風向きによっては、多くの人口を抱える鹿児島市とその周辺域あるいは北薩地域が厚い軽石・火山灰に覆われ、土砂災害、河川災害が発生する可能性がある。
- ④土砂災害、河川災害によって不明者 1 人を含めて 8 人が犠牲になったが、その中には桜島

から避難してきた学童3人が含まれる。噴火後の軽石・火山灰による土砂災害、河川災害の危険性が十分認識されていなかった可能性がある。

- ⑤土石流、洪水は土砂だけでなく多量の流木を流出させ、農地の流失や埋没、道路・橋梁の破壊等、山麓部や平野部に大きな損害をもたらした。

(2) 地震による土砂災害の教訓

大噴火と平行して発生した地震によって、鹿児島市とその周辺ではシラス崖の崩壊や石垣の崩壊等が発生、16人が犠牲になった。そのなかには、大噴火の恐怖から逃れようと郊外への避難の途中に被害にあった市民も含まれる。避難を急いだことが、結果として大きな人的被害を招いたといえる。流言風説による情報の混乱が避難を急がせた一因とされているが（鹿児島県,1927）、緊急時の警戒避難対応を考える上で貴重な教訓である。

(3) 大噴火を想定した今後の防災対応

大噴火に伴って放出される軽石・火山灰による土砂災害、河川災害は避けることのできない自然災害である。こうした大噴火後に発生する自然災害を軽減するために、ソフト、ハード両面から対策が実施される必要がある。

防災対応でまず肝要なことは、人的被害を防ぐことであり、そのための対策がソフト対策としての警戒避難対応である。この防災対応については、最近防災情報の充実や情報伝達手段の整備等が図られているが、必ずしも大規模噴火を想定したものではない。軽石・火山灰に覆われるとより少ない雨でも土砂災害や河川災害が発生すること、災害の規模が大きくなること、通信網の被害や混乱によって防災情報が迅速に伝わりにくいこと、流言風説によって情報が混乱すること、安全な避難場所の確保が難しくなることなど、大規模噴火という状況変化に相応しい警戒避難体制を考え整えておく必要がある。

防災対応としてもう一つ、大噴火後の土砂災害や河川災害に備えて、普段から地域の安全性を高めておき被害を軽減する、被災を受けた地域の速やかな復旧復興を促す、ための対策が求められる。そのための具体的対策として、砂防施設の新たな配置や砂防堰堤の徐石（堆積した土砂を取り除くことで、砂防堰堤の土砂捕捉機能を再生させるために実施）等が上げられる。

なお、今後の防災対応に関連して、国土交通省および関係都県によって噴火を想定した火山噴火緊急減災対策砂防計画の策定作業が桜島火山を含めた全国の活火山で実施されている。この計画は、火山噴火に伴って発生する土砂災害を減災することを目的として緊急時の対策を効率的かつ効果的に実施しようとするものであり、その成果が期待される。

3 農林水産業災害の教訓と今後の対応

(1) 農林水産業災害の教訓

大正大噴火に伴って放出された軽石・火山灰は桜島島内はもとより、大隅半島を中心に桜島周辺の広い範囲の農林水産業に大きな被害をもたらした。農林水産業被害の特徴として、次のようなことがあげられる。

- ①農作物の被害は、軽石・火山灰の物理的作用（落下時の衝撃や堆積後の被圧による葉茎幹の破壊や枯死等）と化学的作用（軽石・火山灰中に含まれた化学成分による萎凋や枯死等）による。果樹の被害は、落下時の軽石・火山灰の衝撃や付着による枝梢の物理的折傷、葉の変色萎凋、枯死等による。
- ②大噴火当時真冬の農閑期で、被害を受けた農作物や果樹は限定された。噴火の時期が農繁期と重なれば被害はさらに大きくなった可能性がある。
- ③農地被害は、軽石・火山灰の堆積による埋没（物理的被害）と、硫化水素や二酸化硫黄など化学成分による土壌の酸性化（化学的被害）による。後者による被害は数年間にわたって続いた。
- ④桜島島内では避難させることができなかったため厩舎に繋留されたまま多くの牛馬豚鶏等の家畜が焼死または火傷した。畜産業の被害として、そのほか流産や産駒の発育不良、草地の牧草生産力低下、飼料不足等があげられる。
- ⑤養蚕業の被害は、噴火直後の春期の養蚕だけでなく秋期の養蚕にも及んだ。蚕が火山灰による被害を受けた桑葉を食べたことによって、生理阻害を受け生長不良となったことが主な原因とされている。
- ⑥幼令の人工林や竹林が著しい被害を受けた。被害の形態として、落下時の軽石・火山灰の衝撃や付着による幹枝の変形や折裂、樹皮の剥離等による傷害または枯死、植え付け後間もない幼齢木の埋没枯死等があげられる。
- ⑦鹿児島湾内の地形変化による潮流の変化、軽石・火山灰の沈積による海底底質の変化等によって、漁場環境が変化、桜島の西側漁場に比べ、東側の漁場は不漁となった。軽石・火山灰の沈積によって海草の漁獲は激減した。

(2) 大噴火を想定した今後の防災対応

大正大噴火時に比較し、桜島およびその周辺の農林水産業は大きな変貌を遂げている。すなわち、土地改良や農業用水の確保等農業基盤の整備が進み、農作物、果樹、茶等農産物の生産は飛躍的に拡大している。牛や豚、鶏など畜産業が盛んに営まれ、その加工場も位置している。森林は被害を受けやすい人工林の面積が拡大している。桜島の周辺では海を利用した養殖業が盛んに営まれている。

こうした農林水産業の変貌を考慮するとき、大噴火がもたらす農林水産業への被害は大正大

噴火による被害とは比較にならないほど大規模で深刻なものとなるだろう。農林水産業に関しては大正大噴火の教訓は限定的なものになろう。したがって、今後の防災対応においては、まず大噴火を想定した農林水産業被害のシミュレーションを行い、被害形態や被害規模を予想する。その上で、被害を軽減あるいは防止するための方策を今のうちから検討しておく必要がある。

4 移住の成果と問題点

(1) 移住の成果

桜島大噴火により生活の場と希望を失った人々に対し、県当局は迅速に“移住”という手段で対応した。まず土地の入手が比較的容易と考えて国有地に的を絞った。結果的には何れの国有地も入植して生活するには厳しい辺地の国有林であったが、開墾した土地は20年で自分の物になる条件ながらも、迷ったあげくの苦渋の決断であったと思われる。

県当局が準備した指定移住地と、個人で決めた任意移住地があった。指定移住地は種子島（中割・国上・他）をはじめ、大隅半島南部（佐多大中尾・田代内ノ牧・根占名辺迫・垂水大野原・他）、宮崎南西部（西諸県郡）などの指定移住地のほか、任意移住地を含めて合計3,000戸余（20,800人）が移住の道を選択した。

移住者に対して県当局は、移住費として住家の建築費・旅費・当分の生活費・その他数々の便宜を用意したが、大抵の所が既存の集落から遠い山岳地・丘陵地の地域住民の立ち入らない灌木の茂った密林であったため、開墾作業には筆舌不尽の苦勞を伴うものであり、中には移住地の辛苦に耐えられず再移住した家族もあったという。

それでも、移住先の地域住民や郡当局の心温まる同情が入植者に対する追い風となって、少しずつ生活の道筋が見出だせるようになっていった。

(2) 問題点

全てが初体験の出来事であり比較の対象がない為に問題点を照査しがたいものの、爾来100年に至らんとする今日、それぞれの土地を訪ねた印象としては“よくも不便な僻地が選ばれたものだ”と云うことであった。当時一刻を争う移住地探しであったことが原因の一つと思われる。

今日では移住地も3世の時代になり、後継者流出による人口減は止められずに縮小の一途をたどっているが、地域に同化できた残存者たちは裕福ではないにしても、それぞれ落ち着いた生活を楽しんでいる。

桜島の住民数は当時21,000人（3,100戸人）であったが、今日では約5,800人（2,300戸）と過疎化と少子高齢化が進んでいる。もし同様な噴火によって移住せざるを得ない事態が起きた場合でも、当時とは時代背景が全く異なり大部分が親族縁者を頼って鹿児島市街地郊外やそ

の周辺へ希望するものと考えられる。

しかし、被害が鹿児島市街地に及ぶ場合、その規模によっては避難・救済・移住問題のほか全ての対応が違ってくる。

現在、桜島地元では鹿児島県・鹿児島市が一体となって、関係機関が桜島大噴火に備える検討をかさねて毎年1月に大々的な避難訓練が実施されており、地域住民の危機意識は高い。