

□ 桜島の防災対策

—火山学的視点から—

京都大学防災研究所 教授 石原和弘

1. はじめに

桜島は 2 万数千年前の巨大噴火でできた直径約 20km のくぼ地、始良カルデラの南の縁で成長した活火山である(図 1)。溶岩流出のたびにその面積を拡大し、現在、その直径は約 10km、面積は約 80km<sup>2</sup> である。

20 世紀初頭には 2 万 2 千人が住んでいた

が、1914 年の大正大噴火により主要な集落が溶岩流に埋没したため約半数が島外に移住し、現在の人口は 6 千名余である。

桜島の火山対策は 1973 年に制定された「活火山対策特別措置法」により、避難施設や防災情報設備の整備、各種降灰対策や土石流対策が着実に実施されてきた。また、山

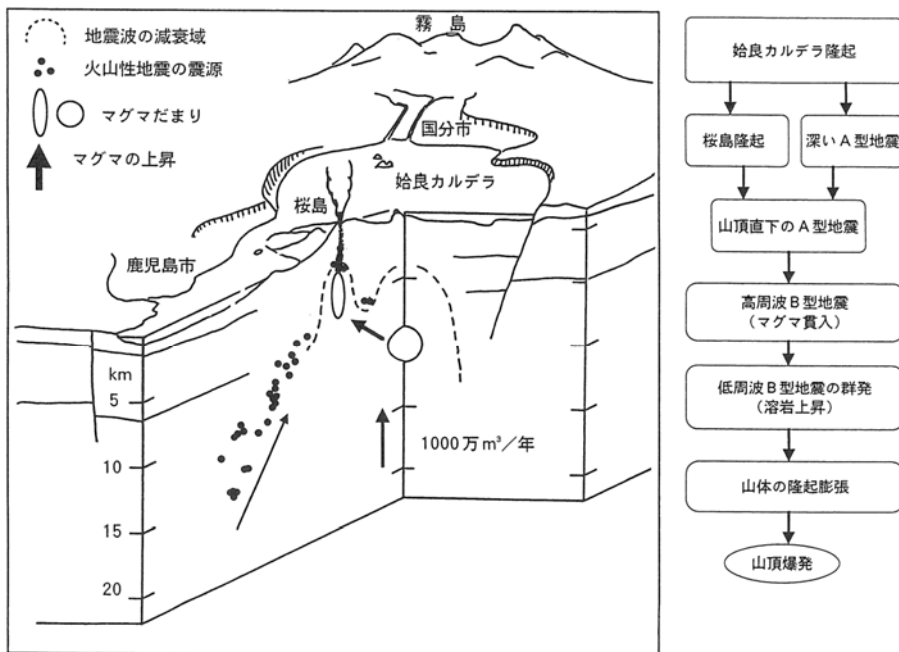


図 1

腹噴火時の全員退去を想定した避難訓練など、住民と行政が一体となった取り組みもなされてきた。爆発対策として、火口から2km 以内の常時立入り禁止の措置がとられている。国土庁の「火山噴火災害危険区域予測図作成指針」にしたがって、1993 年度に大正噴火クラスを想定した桜島の火山ハザードマップが作成・公表され、地域防災計画の見直しもなされた。一方、1974 年に開始された「火山噴火予知計画」により噴火予知研究が進展し、噴火のメカニズムの理解と火山監視能力が向上した。

本稿では、火山学的な視点から桜島の活動の特質や噴火予知の現状を解説し、今後の火山対策についてコメントする。

## 2. 桜島の火山活動の特質

### (1) 噴火活動の特长と災害

歴史時代の噴火活動は数百年に 1 回の割合で発生する山腹噴火とその間に発生する山頂噴火に大別できて、災害を惹起する現象と影響範囲に違いがある。山頂噴火と山腹噴火に分けて、災害要因(脅威)について表 1 にまとめた。

歴史上最初の大規模山腹噴火は奈良時代の噴火である。その後、文明、安永および大正の 3 つの大噴火が発生している。昭和の噴火と併せて、これらの噴火の概要を表 2 に示した。これらは 3 つの大噴火は、両山腹に新たに火口を形成、溶岩・軽石合わせて、1~2km<sup>3</sup> を噴出している。各噴火の噴出物量は、富士山の貞観噴火や宝永噴火の噴出量をはるかに上回っている。桜島のみならず、広域的に多大な被害を生じたことは言うまでも

ない。大正噴火の特記すべき災害として、噴火開始当日夕方に発生した M7.1 の地震がある。死者・行方不明 55 名のうち、鹿児島市側での地震による犠牲者が 29 名、大隈半島側の洪水などによる犠牲者 11 名となっている。また、一度に多量のマグマが噴出する山腹噴火では、広範囲にわたり地盤の低下を生じる。大正噴火では、鹿児島港で約 50cm の潮位上昇が観測され、安永噴火後は、大潮時には鹿児島城下が冠水した。また、安永噴火では海底噴火が発生して津波による犠牲者が出た。また、約千戸が被害を受け、石垣や土手が破損した。鹿児島市などで都市化やウォーターフロント開発が進んだ現在、山腹噴火の周辺域に対する影響は、以前に比べて甚大である。今後のハザードマップや防災対策では、広域的な視点も考慮する必要があるだろう。

山頂噴火の主な被害は、火山弾・レキ・火山灰等のほか、降雨時の土石流および日常的な火山ガス放出により引き起こされている。火山弾の落下範囲は最大 3km であり、桜島南部の集落が射程範囲に入っている。二酸化硫黄の放出率は、1 日あたり 1000~5000 トンである。また、1978 年から 20 年間の降灰量は、1m<sup>2</sup> あたり、桜島海岸部で 210~880kg(堆積厚:約 20~80cm)、鹿児島市街地は 10~80kg である。降灰総量は約 2 億トン、その 3~4 割が桜島内に降下したと推定される。桜島における山頂噴火の影響は甚大・深刻である。一方、周辺地域では、火山灰とレキにより、交通障害や降灰除去作業などにより市民生活は迷惑を蒙ってきた。山頂噴火による被害として、噴煙による航空機の被災が挙げられる。桜島の噴煙を通過した

航空機の操縦席の窓ガラスにひびが入る事態がいくつか報告されている。現在は、航空会社等の努力により被災回避の工夫がなされているが、最悪の場合不特定多数の命が一時に失われる危険「生があり、全国的・世界的な対策が必要である。

### (2) マグマ供給系と噴火の長期予測

桜島のマグマ溜りは、地下深部から上昇してきたマグマを蓄える始良カルデラ中央部の地下約 10km の溜りと、そこからマグマの補給を受ける桜島直下 3~5km の溜りの二つが存在すると考えられている(図 1)。

前述のように、大噴火が発生するとの場合は周辺の地盤は沈降する。大正噴

火直後には、カルデラ中心部に近い鹿児島湾西岸や桜島北部では1~2m沈降し、その後の静穏期には1~2cmの割合で隆起してきた。1955年以降の山頂噴火活動期には、年間に1~3 千万トンの火山灰が噴出すると隆起が停止し、それを下回ると隆起に転じている。以上のことから、始良カルデラ地下には1年あたり約1 千万 m<sup>3</sup>の割合でマグマが上昇している推定される。100年の休止期間があれば、約1 km<sup>3</sup>の過剰なマグマが蓄積され、山腹噴火の可能性が高くなる。将来にわたって桜島の噴火は免れ得ない現実であることを銘記すべきである。現時点は、大正噴火で消費したマグマの7~8割を回復した段階である。

### (3) 噴火の前兆

(準備過程)桜島の噴火開始に先立ち、カルデラ地下から桜島へのマグマの移動が生じると予想される(図 1)。実際、1974年から

表 1. 桜島の噴火災害の要因

火山災害の 要因(脅威)	山頂噴火		山腹噴火	
	桜島	周辺地域	桜島	周辺地域
(空から)				
噴出岩塊(火山弾)	◎	△	◎	△
降下火砕物	◎	◎	◎	◎
火山ガス・噴煙	◎	○	◎	◎
空振	○	○	○	○
(地面に沿って)				
溶岩流	△	△	◎	△
火砕流	○	△	◎	△
岩屑流	○	△	◎	△
泥流・土石流	◎	○	◎	◎
洪水	△	△	○	◎
地すべり・斜面崩壊	○	△	○	○
(地下と海から)				
地震動	○	○	◎	◎
津波	△	△	◎	◎
地盤低下・高潮	△	△	○	◎

◎過去に発生した顕著な災害

○過去に発生または可能性のある災害

△可能性の低い災害

の山頂噴火の激化に先立ち、桜島が約8cm隆起したことが観測され、大正大噴火の数ヶ月前には桜島各所の井戸の水位が目に見えて低下したことが報告されている。桜島での地盤変動や水位・潮位観測により、桜島直下のマグマの蓄積の度合いを評価できる。

(山腹噴火の前兆)多量のマグマが一時に噴出しようとする、2000年の有珠山や三宅島の例のように、地殻の破壊、すなわち地震が多発する。過去の山腹噴火をみると、いずれも数日前から有感地震が多発している。また、昭和の噴火では、有感地震の発生はなかったが、無感地震が多発した。

地震観測により、山腹噴火の発生時期の直前予測は可能であろう。ただし、有感地震発生は必ずしも山腹噴火の前兆とは限らない。的確な予測には、地殻変動等他の観測が不可欠である。

表 2. 歴史時代の山腹噴火の概要

	文明噴火 (1471~1476)	安永噴火 (1779~1781)	大正噴火 (1914~1915)	昭和噴火 (1946)
噴火口の位置	南西・北東	南・北・北東沖	東・西	東
溶岩流 (体積)	0.5km <sup>3</sup>	1.7km <sup>3</sup>	1.34km <sup>3</sup>	0.18km <sup>3</sup>
(面積)	5.6km <sup>2</sup>	20.7km <sup>2</sup>	22.3km <sup>2</sup>	5.4km <sup>2</sup>
火山灰・軽石	0.7km <sup>3</sup> (軽石)	0.4km <sup>3</sup> (軽石)	0.6km <sup>3</sup>	0.02km <sup>3</sup>
火砕流規模	中	中	中	小 (1939)
前兆地震	有感 5 日前	有感 2 日前	有感 1 日半前	無感数週間前
津波	(記録なし)	数年間顕著	小規模 1 回	なし
死者	多数	150人以上	55人	1人

(山頂噴火の前兆)山頂噴火の発生予測は難問である。三宅島の例でもわかるように、いったん出口(火口)ができると、明確な前兆なしに噴火が発生する。桜島では山頂噴火活動の高まる前に、火口直下の3kmより浅い火道でM1以下の低周波地震(B型地震)が群発する例が多く、群発発生のために臨時火山情報が出されてきた。

B型地震の多発は溶岩の火口底への上昇に対応すると考えられ、以後、数日~数週間爆発が多発する傾向がある。個々の噴火の前兆は極めて微小であり、現在のところ、観測坑道など地下での精密な地殻変動観測によってのみ捕捉可能である。噴出火山灰が10万トンを超えるような中規模以上の山頂噴火に対しては、数十分~数時間前から山頂部が0.1~1mm隆起したことを示す変化が捉えられていて、直前予測が可能な段階にある。しかし、小噴火の発生や火山弾の飛散範囲の予測は今のところ困難である。火山弾の飛散範囲の予測を実現するには、精密な地震、地殻変動観測と併せて、火口底や火山ガスの観測が不可欠である。

### 3. その他の課題

より効果的に桜島の火山対策を進めるには、危険度に応じた土地の利用規制や用途指定が必要であろう。既に「国立公園法」による規制があり、これに準じた方策が取れないであろうか?用途指定の合意が得られれば、同額の経費でも、住民の生活と安全確保に重点をおいた効率的な火山対策が推進できるのではないだろうか?

当面の課題として、火山情報の改善がある。現在の火山情報は、緊急火山情報、臨時火山情報等4種あるが、桜島などでは、天気予報と同じように、火山活動度を常に数段階のレベルで評価して公表する準備が進んでいる(火山情報のレベル化)。その実効を挙げるには、現在のハザードマップや地域防災計画では不備な点がある。例えば、火山弾が集落近くに落下するような山頂噴火に対する対応が明確ではなく、火山情報のレベル化実施にあたって、情報を出す側と受けて側で齟齬を生じる可能性がある。気象庁と関係自治体等との協議・調整を期待したい。