

## 現地レポート

## 桜島における土石流観測体制の現状と課題

國友 優\*

## 1. はじめに

桜島は、鹿児島湾にある東西約12km、南北約10km、周囲約55km、面積約77km<sup>2</sup>の活火山である。以前は文字通り火山島であったが、大正噴火（大正3年、1914年）により大隅半島と陸続きになった。現在の桜島の人口は約5千人で、行政的には鹿児島市の一部となっている（図-1）。

現在桜島は、活発に爆発的噴火を繰り返しており、気象庁は噴火警戒レベル3（入山規制）としている（注：噴火警戒レベルは、噴火時等の危険範囲や必要な防災対応を踏まえて、火山活動の状況を5段階に区分したもの。5が最も危険な状態。）。写真-1は、2010年1月12日19時3分の噴火の状況である。火山雷を伴い噴煙を上げている。

桜島は有史以来、大規模な噴火を繰り返してきた。現在の噴火活動は、1955年（昭和30年）に、それまでほとんど活動していなかった南岳が爆発的噴火を起こしたことに始まり、現在まで断続的に活動を続けている。

特に、1972年（昭和47年）から噴火活動が活発化し降灰量が多くなると、火口周辺の河川において土石流が頻発するようになった。

噴火する火口に隣接する地域で砂防工事を行うことは非常に困難であったことから、1976年度（昭和51年度）、国直轄による砂防事業に着手し、現在、国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所において、島内11河川において砂防工事及び砂防設備の管理を行っている。

桜島においては、降灰の影響によって極めて少ない降水量によっても土石流が発生する。このため、土砂災害防止対策を進めるに当たっては、桜島における土石流の特徴をしっかりと把握した上で監視・観測を行い、砂防工事関係者や市等に必要情報を提供することが重要となっている。

また、第176回国会（臨時会）において改正された「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止

対策の推進に関する法律（以下「土砂災害防止法」という。）が、2011年5月1日より施行されることにより、降灰が1cm以上堆積するなど、一定の要件を満たした場合は、土石流によって被害の生じることが想定される区域と時期を明らかにするために、緊急調査を行い、その結果を市町村長に対し通知すること等が、国に義務づけられることになる。このため、この後従来にも増して、降灰範囲とその量を調査・計測し、土石流による被害のおそれのある範囲を迅速に推定する技術を強化する必要がある。

そこで、本稿においては、このような技術の強化に不可欠な、土石流の実態把握のために必要となる観測体制に関して、桜島におけるその現状と今後の課題について報告する。

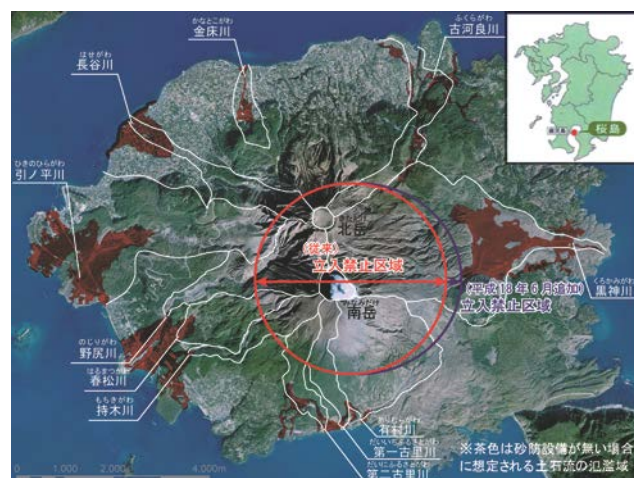


図-1 桜島位置図



写真-1 2010年1月12日19時3分の噴火の状況

## 2. 桜島における土石流観測等の現状

### 2.1 降灰量観測

桜島では、島内16カ所に降灰量計（ドラム缶）を設置し、毎月定期的に降灰量を調査している。

### 2.2 降水量観測

桜島では、現在島内10カ所に耐降灰型雨量計を設置し降水量を観測している。ただし、火口周辺2km圏内は立入が禁止されているため、雨量計を設置・管理することができない。このため、流域源頭部（火口周辺）の降水量は、国見山（鹿児島県肝付町）に設置されているレーダー雨量計（Cバンド）及び、それを補完するため別途設置した小型レーダー雨量計（Xバンド）（鹿児島県垂水市）によって観測している。

### 2.3 土石流観測

桜島では、国直轄で砂防設備を管理している野尻川等10河川に土石流検知センサー及び監視カメラを設置している。センサーの種類としては、ワイヤーセンサーに加え、振動センサー、光センサー、音響センサー、ハネルセンサー（振り子状のポールを用いたセンサー）が試験的に設置されたが、実運用としてはワイヤーセンサーを用いている。

また、土石流が頻発する島内南部を中心とする8河川においては、超音波水位計及び超音波流速計を設置し、土石流量の把握を行っている。

図-2は、主な監視・観測機器の例である。



図-2 主な監視・観測機器

## 3. 桜島の土石流の特徴

### 3.1 噴火回数と土石流発生数の関係

図-3は、年ごとの噴火（爆発を含む）回数と土

石流の発生回数の関係を示したものである。

基本的に、活発に噴火を起こしている年の土石流の発生回数は多くなっている。2000年（平成12年）からの直近10カ年の火山活動は比較的穏やかで、土石流の年平均発生件数は14回程度であった。しかしながら、2009年（平成21年）2月以降、再び爆発的噴火が繰り返し発生するようになり、2010年（平成22年）は観測史上最多の896回の爆発的噴火（噴火回数は1,026回）が観測された。

同年、土石流についても近年では突出して多い43回を記録した。写真-2は、2010年2月9日に野尻川で発生した土石流が砂防設備内を流下する状況を撮影したものである。

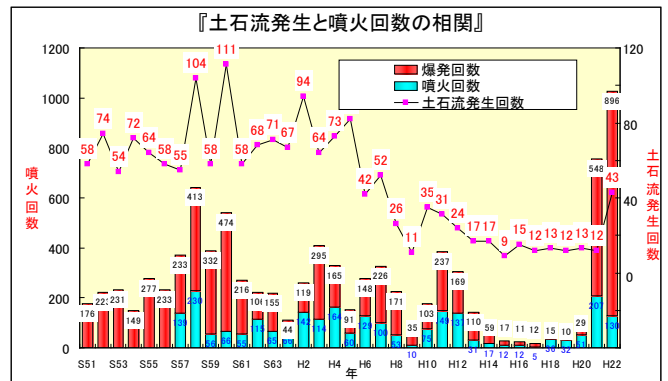


図-3 噴火回数と土石流発生数の関係



写真-2 野尻川を流下する土石流の状況  
(2010年2月9日)

### 3.2 年降灰量・降水量と土石流発生回数の関係

図-4は、桜島島内主要7河川流域で計測した年降灰量（kg/m<sup>2</sup>）及び年降水量（mm）（野尻川雨量観測所）と、土石流発生回数の関係を示したものである。年降水量に大きな変化傾向はないものの、降灰量が多い1978年（昭和53年）から1992年（平成4年）の間の土石流発生頻度は高く（平均71.4回）、1993年（平成5年）から2009年（平成21年）までは低く（平均25.9回）なっている。

このように、降灰量の大小により、明らかに土石流の発生頻度の傾向に変化が生じている。このため、桜島では、降灰量が多い時期と少ない時期に分けて、土石流に対する警戒・避難基準雨量が設定されている。年間降灰量が20 kg/m<sup>2</sup>を超えたら、降灰量が多い時期となったと見なし、警戒・避難基準雨量を見直すこととしている。

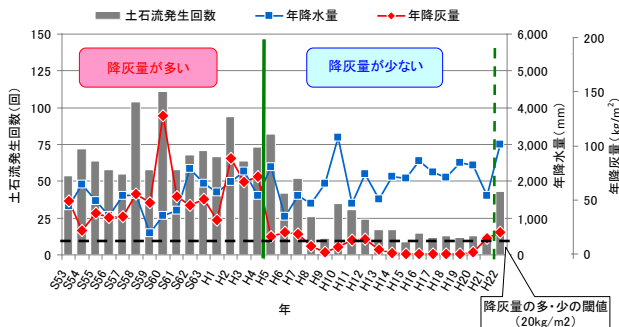


図-4 年降灰量・降水量と土石流発生回数の関係

一方、2010年は、年間1,026回（爆発896回、噴火130回）の噴火が記録され、降灰量も20.3kg/m<sup>2</sup>と警戒・避難基準雨量の見直しの閾値とされている20kg/m<sup>2</sup>に達している。

なお、2010年の土石流の発生頻度は増大したものの、砂防設備の整備が進んだこともあり、土石流は全て安全に砂防設備内を流下しており、現時点では災害につながる事態には至っていない。

## 4. 今後の課題

### 4.1 降灰量観測の課題

このように、桜島では、降灰量と土石流の発生頻度の相関は高い。しかしながら、どの程度の降灰があれば、どの程度土石流の発生頻度が高まるかは明らかではない。降灰量の多少による警戒・避難基準雨量切り替えの閾値も、降灰量が少ない時期における最大の降灰量を記録した、1994年（平成6年）の降灰量によって決められたもので、物理学的な根拠はない。

したがって、どの程度の降灰量が、土石流の発生頻度を増大させるのか、また降灰量の増大が土石流の規模をどの程度大きくするのか、定量的な説明をするには、降灰量及び降水量・降雨強度と土石流の発生、さらには土石流の規模の関係を綿密に調査する必要がある。

既に述べた通り、桜島島内では16カ所において、ドラム缶内に堆積した火山灰を定期採取し、乾燥重量を計測する手法により降灰量を観測して

いる。観測頻度は毎月1回である。しかしながら、この手法では、降灰量及び降水量と土石流の発生の関係を詳細に検討するには十分とはいえない。

そのため、当事務所においては、土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム（以下「火山・土石流チーム」という。）が開発した、自動的に降灰量を連続観測することができる、自動降灰・降雨量計の整備を進めることとしている。この降灰量計であれば、時間単位で雨量、降灰量を把握することが可能である。

図-5は、火山・土石流チームが桜島に設置した自動降灰量による降灰量の観測結果である。

今後、2013年までに島内21箇所での整備を段階的に行い、随時観測を開始する予定である。

### 4.2 降水量観測の課題

図-6は、2009年及び2010年に発生した土石流に関して、土石流が発生する直前の20分雨量、1時間雨量及び連続雨量を時系列に並べたものである。なお、土石流発生時刻は、ワイヤーセンサー切断時の時刻であり、同一河川内に複数のワイヤーセンサーがある場合は、最初に切断を検知した時刻をとっている。また、雨量は土石流発生時刻を含む直前の1分間雨量の積算値である。連続雨量については、3時間無降雨が継続するとリセットされる。

図-5及び図-6から、降灰量が急激に増え始めた2009年9月以降、それまで時間10mm以上で発生していた土石流が10mm未満で発生するようになり、結果、発生頻度が増大している。

しかしながら、一方で、時間0mmで土石流が発生したとされる事例もある。

これは、既に述べた通り、桜島においては火口から2km圏内は立入禁止となっており、雨量計が山麓にしか設置できず、流域源頭部にのみ降るような局所的な降水によって土石流が発生するケースがあるものと考えられる。小型レーダー雨量計によって観測しているものの、必ずしも精度が高いとはいえず、現時点では土石流発生時の雨量強度等を山麓に設置した雨量計の観測結果によって表現せざるを得ない状況にある。

このため事務所においては、全国的なXバンドMPレーダー雨量計の整備とあわせ、当該小型レーダー雨量計を更新し、精度よく各流域において面的に降水量を観測するための準備を進めてい



る。XバンドMPレーダー雨量計で降水量観測を行えるようになれば、土石流を引き起こす降雨特性が分かるようになる可能性がある。さらには、その結果と、自動降灰量計を活用することにより把握が可能となる降灰強度との関係を調べることで、降灰が土石流発生条件に及ぼす影響を明らかにできるようになることが期待される。

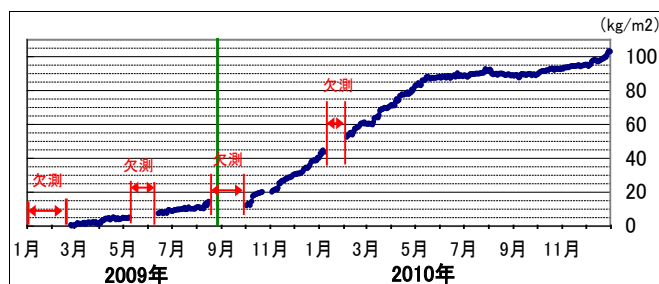


図-5 自動降灰・降雨量計による降灰量計測結果

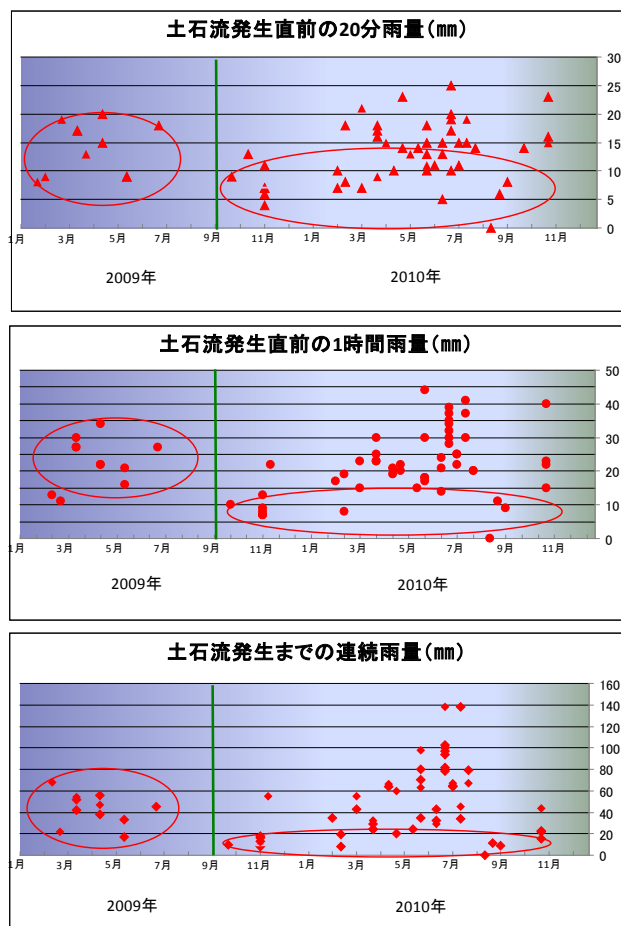


図-6 土石流発生直前の降水量

また、XバンドMPレーダーは、噴煙の拡散状況を、より精度よく観測できる可能性があることが分かっている。噴煙の拡散状況がレーダーで観測できるようになれば、自動降灰量計による観測と相互に補完することにより、より迅速に降灰分布を把握することが可能となる可能性がある。

改正土砂災害防止法に基づく緊急調査の開始の要件は、降灰深1cm以上とされており、レーダーと自動降灰量計により降灰量を観測する技術の確立は、緊急調査実施の判断を行う上でも有用であるといえる。

#### 4.3 土石流観測の課題

桜島においては、土石流の発生を検知するための様々なセンサーが開発されてきた。しかしながら、既に述べた通り、実運用上はワイヤーセンサーに頼っているのが現状である。一方でワイヤーセンサーは、一度切断されると復旧に時間がかかり、一連の降雨で複数回発生するような土石流を連続的に検知することができない。

そこで、当事務所ではこれまでの試験の結果、その有用性が確認された振動センサーの整備を進めることとし、今年度は緊急時に任意の場所にセンサーを設置し監視・観測が行えるよう、無線化のための調査を実施している。

任意の場所において、連続的に土石流を監視・観測するための技術は、他の火山において緊急調査を実施する際にも有用な技術である。

#### 5. おわりに

桜島では、過去より、土石流が頻発する環境において、安全に砂防工事を実施し、住民の警戒・避難体制の強化につながるような監視・観測技術の開発等が行われてきた。しかしながら、土石流については、依然として不明な点が多い。そのような状況のもと、本稿で課題として報告した技術の開発は、桜島のみならず、我が国全体の土砂災害対策の発展に寄与できるものではないかと考えている。今後も、火山・土石流チームを始め、関係研究機関等と連携し技術の強化を図っていきたい。

國友 優\*



国土交通省九州地方整備局  
大隅河川国道事務所長  
Masaru KUNITOMO