

# P1 1991年雲仙普賢岳における溶岩ドームの崩壊機構

建設省土木研究所 ○石川 芳治  
山田 孝  
矢島 重美  
アジア航測㈱ 千葉 達朗

## 1. はじめに

1991年6月3日、6月8日、9月15日に雲仙普賢岳で発生した火砕流により多くの人命が失われ、家屋や公共施設等も甚大な被害を被った<sup>1) 2)</sup>。これらの火砕流は水無川源頭部の山頂付近に生じた溶岩ドームの崩壊（崩落）により発生したものと考えられる。火砕流の流下、堆積過程についてはある程度明らかになっており、シミュレーション計算手法も開発されつつある。一方、火砕流の発生機構については未だ定量的にはほとんど解明されておらず、火砕流の発生を予知・予測する事は現状では困難であると考えられる。しかしながら、精度の高い警戒・避難を実施するためには、精度の高い火砕流の発生予測（時刻、場所、土砂量）技術は必須な要件である。ここでは1991年6月8日に発生した火砕流について溶岩ドームの崩落前後の形状を空中写真測量で計測して崩落した溶岩の体積を計測するとともに、このデータを用いて溶岩ドームの三次元安定解析を行い、崩壊時のすべり面の土質強度を推定した。これらの手法が確立されればメラピ型火砕流については火砕流発生の予測がある程度可能になるものと考えられる。

## 2. 溶岩ドームの計測

溶岩ドームの形状および周辺の地形の変化は1991年5月16日、6月4日、6月8日、6月16日に撮影した空中写真（撮影縮尺約1:6,000-15,000）を用いて空中写真測量を実施することにより計測した。地形の標高は10mメッシュで計測し地形図（図-1~3）、横断面図（図-4）、縦断面図（図-5）、鳥瞰図（図-6）を作成した。空中写真において噴煙により判読できない部分があるがこれらについては同時期に撮影された斜め空中写真、ビデオの映像等を参考にして推定した。

## 3. 6月8日に崩落した溶岩ドームの体積

6月3日に崩落した溶岩ドームの形状は崩落直前に撮影された空中写真が無いため計測出来なかった。6月8日の火砕流については土木研究所により火砕流の発生する当日の発生前にヘリコプターにより垂直写真が撮影されていたため高い精度で溶岩ドームの地形情報を得ることができた。溶岩ドーム崩壊時のすべり面の形状は崩壊後の滑落崖の形状、崩壊直後に撮影された斜め空中写真、ビデオ映像等を基に推定した（図-7）。このようにして崩壊前後の地形変化（図-3~7）を比較する（図-8）ことにより6月8日の火砕流発生時の崩壊土砂量を算定した。この結果、崩壊した土砂量は地山部から約65万m<sup>3</sup>、溶岩ドームから約166万m<sup>3</sup>の計約231万m<sup>3</sup>である。空中写真測量より6月8日の火砕流による堆積土砂量は約350万m<sup>3</sup>と算定されており<sup>1)</sup>、地山部からの崩壊土砂については堆積時の体積増加がほとんど無いとすれば溶岩ドームの体積は崩落・堆積により約1.7倍になったと考えられる。これは火砕流の堆積物の単位体積重量（1.41tf/m<sup>3</sup>）より推定した溶岩ドームの体

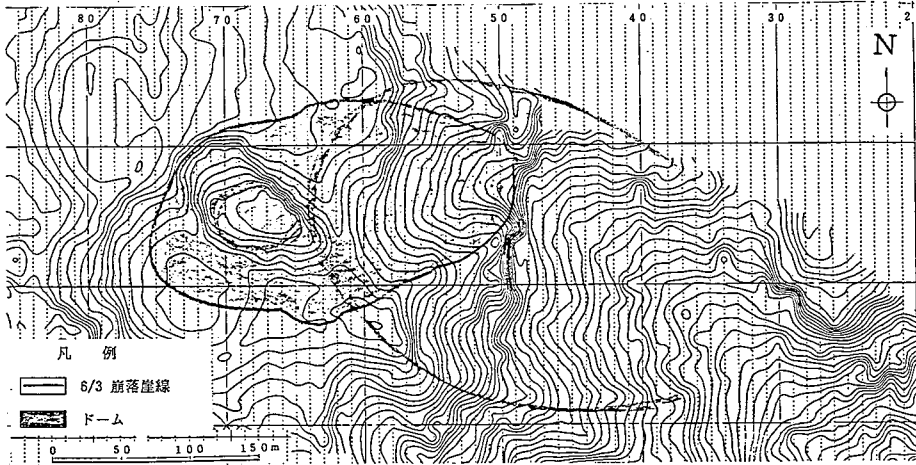


図-1 5月16日の水無川源頭部周辺の地形

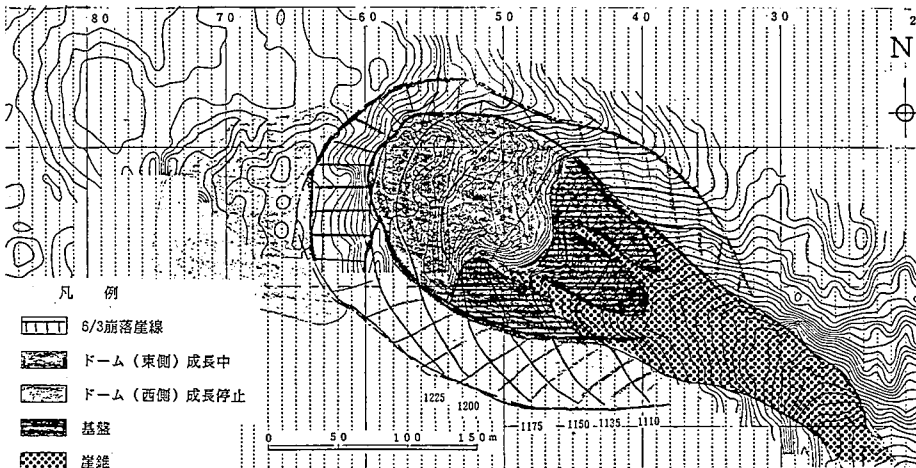


図-2 6月4日の溶岩ドーム周辺地形

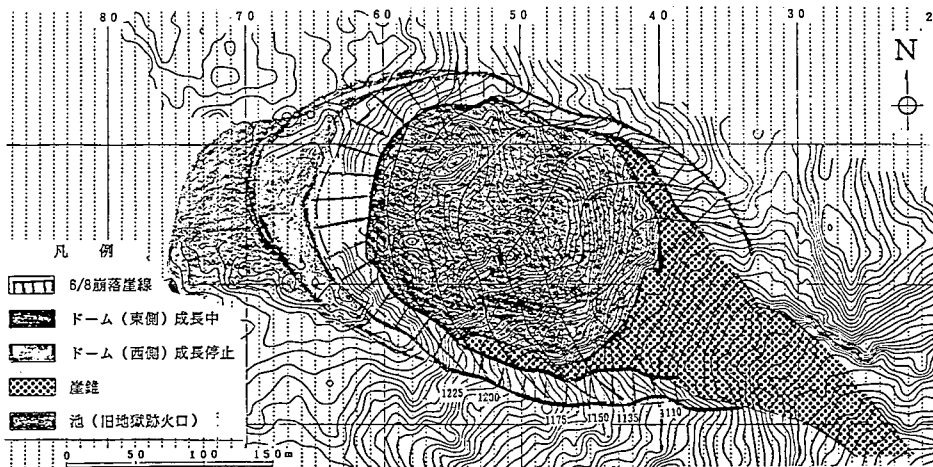


図-3 6月8日の溶岩ドーム周辺地形

5月16日 溶岩ドーム形成前の地形



6月4日 6.3 火砕流発生後



6月8日 6.8 火砕流発生直前

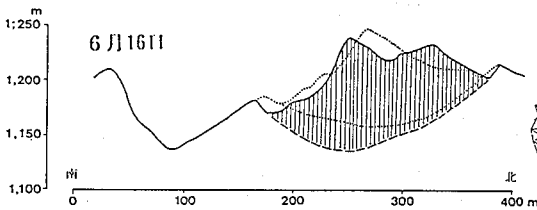
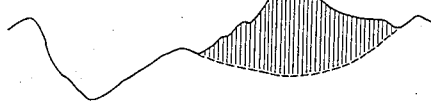


図-4 溶岩ドーム横断面形状の変化  
(図-1~3のNo. 50測線付近)

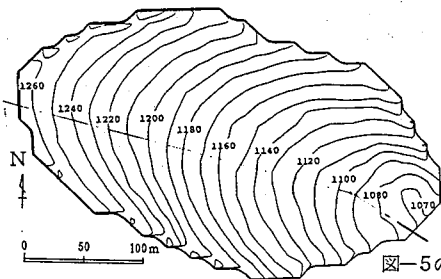


図-7 6月8日の溶岩ドーム崩落時の  
想定すべり面等高線図

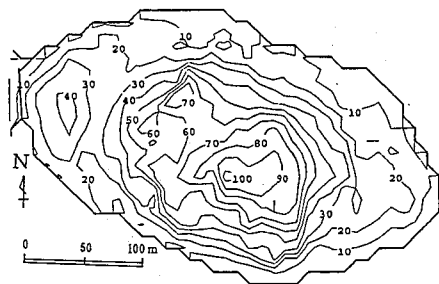


図-8 6月8日の溶岩ドーム崩落時の  
想定崩落岩塊厚分布

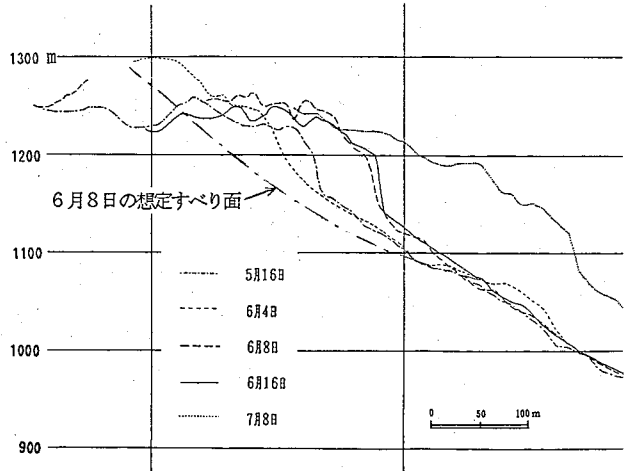


図-5 溶岩ドーム縦断面形状の変化

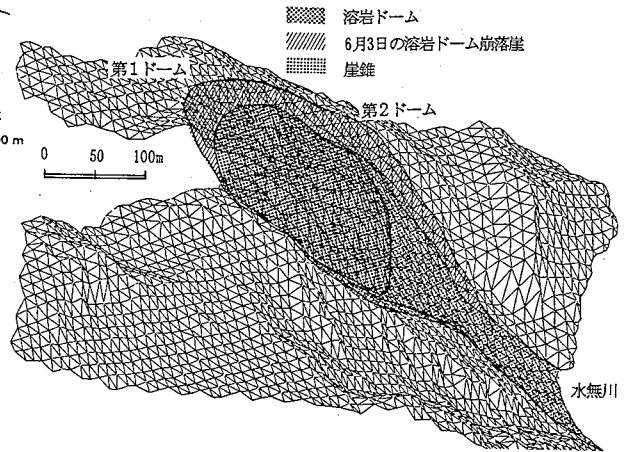


図-6 6月8日の溶岩ドーム周辺鳥かん図

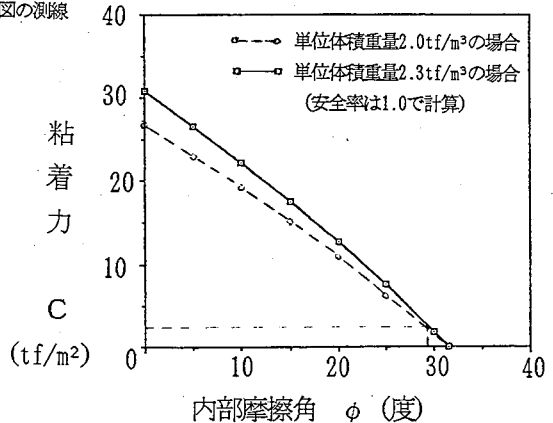


図-9 三次元安定解析による6月8日の  
溶岩ドーム崩落時のすべり面土質常数

積<sup>2)</sup>ともほぼ一致する。

#### 4. 溶岩ドーム崩落時の三次元安定解析手法

溶岩ドーム崩落時の安定検討にはHovlandによる三次元安定解析手法を用いた。この手法は極限平衡理論に基づくもので、一般に用いられる二次元簡便法を三次元に拡張したものである<sup>3)</sup>。計算においては空中写真測量等により得られた6月8日の溶岩ドーム崩落直前の地形(図-3)と推定すべり面(図-7)の10mメッシュの標高データを用いた。なお、溶岩ドームのマスとしての単位体積重量は火砕流堆積物(岩塊、土砂)の実測等に基づき $2.0\text{tf/m}^3$ と $2.3\text{tf/m}^3$ の2種類を用いた。計算においては地下水の影響は無いものとした。

今回の検討で溶岩ドームの安定解析に一般に用いられている二次元解析でなく三次元解析を用いたのは、崩落した溶岩ドームのすべり面の横断形状が円弧状で側面抵抗の影響が大きいと判断されたことと、三次元解析を用いれば溶岩ドームの滑落方向を予め設定する必要が無く、山頂部の複雑な地形にも対応し易いこと等による。

#### 5. 溶岩ドーム崩落時の三次元安定解析結果と考察

1991年6月8日に発生した火砕流の源となった溶岩ドーム崩落時の三次元安定解析結果を図-9に示す。溶岩ドームの平均厚は約40mであるのですべり面での地盤の粘着力(C)を一般の地すべりにおける値を参考に $2.5\text{tf/m}^2$ と仮定すると図-9より地盤の内部摩擦角( $\phi$ )は約29度となり、一般的な岩盤地すべりにおけるすべり面の土質常数とほぼ一致する。9月15日の火砕流発生時の溶岩ドームの崩落についても同様の解析を行うことですべり面における土質常数をさらに精度良く推定できるものと考えられる。

#### 6. おわりに

火砕流発生前後に撮影された空中写真を用いて溶岩ドームの成長と崩壊に伴う地形変化を計測した。この地形情報に基づき1991年6月8日に雲仙普賢岳で発生した火砕流の源となった溶岩ドーム崩落の体積を求めたが、この値は火砕流による土砂堆積量の計測結果ともほぼ一致した。さらに、6月8日の溶岩ドームの崩落について三次元安定解析によりすべり面における土質常数を得た。このような手法を発展させることにより将来的には雲仙普賢岳で発生しているようなメラビ型火砕流については溶岩ドームの崩壊予測(場所、土砂量、時刻)がある程度可能になると考えられる。

#### 参 考 文 献

- 1) 池谷浩、石川芳治;平成3年雲仙岳で発生した火砕流、土石流災害、砂防学会誌、Vol.44, No.2, pp.46-56, 1991
- 2) 池谷浩、石川芳治;平成3年雲仙普賢岳で発生した火砕流、土石流災害(第2報)、砂防学会誌、Vol.44, No.5, pp.36-46, 1992
- 3) 建設省土木研究所地すべり研究室;Hovland法による地すべり三次元安定解析手法、土木研究所資料第2265号, p.44, 1985