

桜島における荷重計による土石流検知・観測とその大きさについての検討

京都大学大学院農学研究科 ○天野唯子

政策研究大学院大学 水山高久

日本工営株式会社 伊藤隆郭

株式会社ハイドロテック 野中理伸

国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所 齋藤由紀子(現 大分河川国道)

1. はじめに

鹿児島県桜島火山は日本国内に限らず、世界でも広く知られる活火山である。1955年以降、南岳山頂火口において爆発的噴火が続き、2000年以降は沈静化したものの、2006年からは昭和火口での噴火が再開し、現在でもほぼ連日、噴火を繰り返している。噴火に伴って形成された火山灰被覆により、浸透機能が低下し、降雨による表面流が多数発生している(地頭菌・下川, 1989)。これにより、山体の侵食が進み、土石流・泥流が頻繁に発生し、下流域域において土砂災害被害が生じている。

火山噴火に伴う侵食や土石流・泥流の発生に関して、桜島における土石流検知・観測は長年にわたり、ワイヤーセンサーなどを用いて継続的に行われてきた。また、2014年からは新たに小型の荷重計を設置して観測が行われている。今回、桜島における荷重計とその他の計測機器による2015年の計測値を解析し、計測における問題点や、適切な荷重計の受圧面積に注目して検討・考察を行った。

2. 荷重計の概要

鹿児島県桜島の野尻川流域、有村川流域が、今回対象とする流域である。野尻川には1号堰堤と7号堰堤、有村川には3号堰堤に荷重計が設置されており、それぞれ設置されている個数や大きさは異なる。今回の検討では、野尻川7号堰堤と有村川3号堰堤における計測値を使用した。(図-2.1)



図-2.1 荷重計設置箇所

昭和火口の南東に位置する、有村3号堰堤地点における上流の流域面積は、1.35k m<sup>2</sup>、荷重計設置部の河床勾配は1/28.6、堰堤の水通し幅は20.5mである。併設機器として、雨量計、Xバンドレーダー、超音波水位計、流速計、ワイヤーセンサー、自動降灰量計、振動センサー、CCTVカメラなどがある。荷重はロードセルセンサーにより底面垂直応力を求め、荷重値を副次

的に計測している。

昭和火口西側に位置する野尻川7号堰堤の荷重計は、河床勾配は1/25、左岸側8m区間の中央に設置されている。2014年3月に第一機が設置されたが、同年6月の破損に伴い、2015年2月6日~7日に第二機が設置された。今回の検討では、第二機の荷重計による計測値を使用する。形状は外寸248mm角、表面板が228mm角の正方形型である。装置の内部に、圧力式水位計と、加速度計が併用されているため、LVP (Load Vibration Pressure) センサーと呼ばれている。その他の併設機器は、雨量計、自動降灰量計、ワイヤーセンサー、CCTVカメラなどがある。荷重計測には天板の下にある直径6cmの円筒状ロードセルセンサーが使用されており、荷重は天板面積ではなく、センサーの円形部分で計測している。ワイヤーセンサー

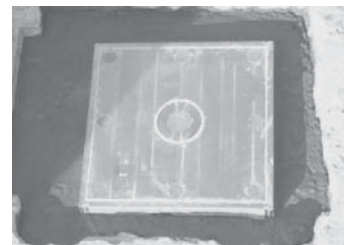


図-2.2 野尻川7号堰堤荷重計

は、荷重計のほぼ直上に河床から60cmごとに三本張られている。有村川3号堰堤と野尻川7号堰堤の荷重計の仕様を以下に示す。(表-2.1)

表-2.1 荷重計の仕様

|       | 有村川3号堰堤        | 野尻川7号堰堤     |
|-------|----------------|-------------|
| ロードセル | 4台/箇所          | 1台/箇所       |
| 定格容量  | 1.274kN(130tf) | 19.6kN(2tf) |
| データ取得 | 100Hz          | 10Hz        |
| 受圧面積  | 4.0m×2.0m      | 直径0.06mの円形  |

3. 観測状況

2015年の土石流観測において、2月22日から12月10日にかけて、ワイヤーセンサーが切断したのは、同日に2段以上切断した場合を1回として、有村川では14回、野尻川では12回だった。以下に野尻川7号堰堤で計測された荷重、水深、振動の値の例を示す。(図-3.1) 13時頃の縦線は、ワイヤーセンサーが切れた時刻を示す。

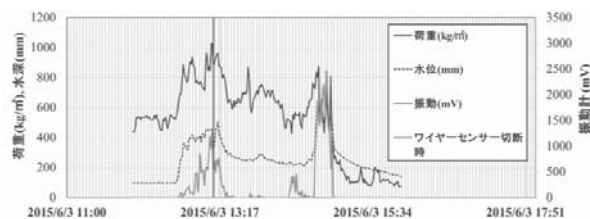


図-3.1 6月3日野尻川7号堰堤の計測結果

#### 4. 土砂濃度の検討

荷重と水位の計測値に基づいた土砂濃度の実測について検討を行った。

図-4.1に、野尻川7号堰堤のワイヤー切断時刻における荷重と水位の関係を示す。このとき、 $\rho=1000\text{kg/m}^3$ の線を水、 $\sigma=2600\text{kg/m}^3$ の線を土砂の密度とすると、各プロットを通る直線の傾きは、そのときの土石流の比重と同等である。土石流の比重から、以下の式を用いて体積土砂濃度が求められる。

$$\rho_m = (\sigma - \rho)C + \rho \quad \dots\dots (4.1)$$

( $\sigma=2600\text{kg/m}^3$ 、 $\rho=1000\text{kg/m}^3$ )

計算によって求められた体積土砂濃度を、図-4.2に示す。

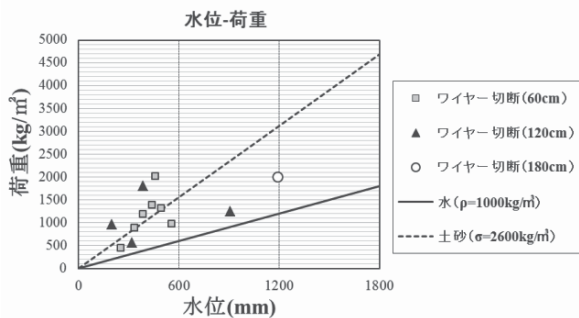


図-4.1 野尻川7号堰堤ワイヤー切断時刻の荷重と水位

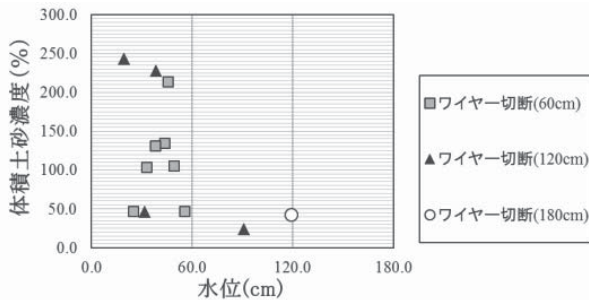


図-4.2 野尻川7号堰堤ワイヤー切断時刻の土砂濃度

#### 5. 荷重計受圧面積についての検討

有村川3号堰堤の荷重計の受圧面積は $8.00\text{m}^2$ 、野尻川7号堰堤の荷重計は $28.27\text{cm}^2$ と大きさが異なる。このとき、各堰堤における土砂濃度の理論値 $C_{\infty}$ と、4.で得られた計測値による土砂濃度 $C$ の関係を求め、有村川3号堰堤と野尻川7号堰堤にどのような違いがあるのかに加えて、二つの荷重計受圧面積の中間において、計測値と理論値が一致する面積の可能性を検討した。土砂濃度の理論値として、高橋の平衡土砂濃度式を使用する。

$$C_{\infty} = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)} \quad \dots\dots (5.1)$$

このとき、 $\sigma$ :砂礫の密度(野尻川: $\sigma=2.6\text{g/cm}^3$ 、有村川: $\sigma=2.7\text{g/cm}^3$ )、 $\rho$ :流体相密度( $\rho=1.0, 1.02, 1.04, 1.06, 1.08, 1.1\text{g/cm}^3$ の6通り)、 $\phi$ :内部摩擦角( $=38^\circ$ )、 $\theta$ :河床勾配(野尻川:1/25、有村川:1/28.6)として計算した。また、実測値から求められた土砂濃度の値の中で、負の

値になるものと、濃度が100%を超える数値はエラー値として除外した。図-5.1に、 $C_{\infty}/C$ と面積の関係を示す。

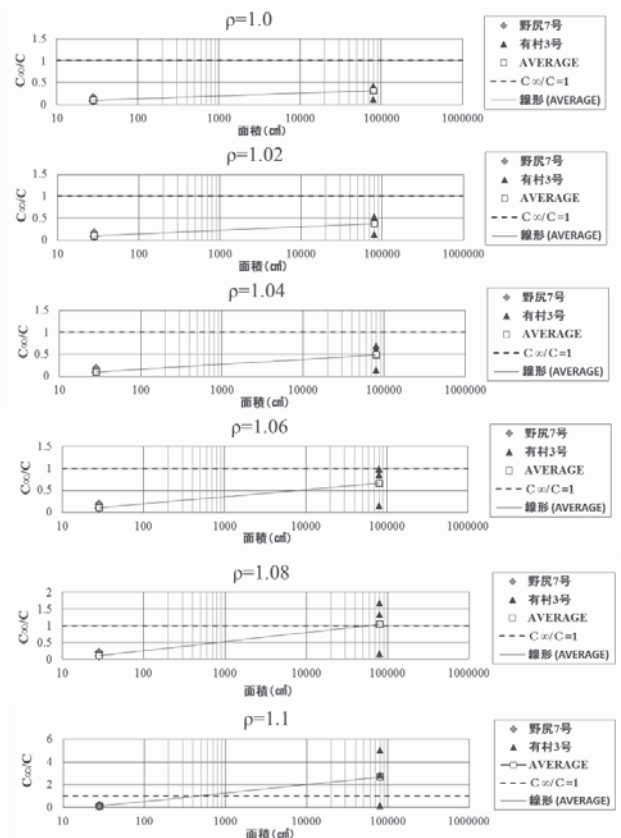


図-5.1 有村川3号堰堤・野尻川7号堰堤における $C_{\infty}/C$ と荷重計受圧面積の関係

#### 6. まとめ

ワイヤーセンサー切断時における土砂濃度の検討に関して、野尻7号堰堤荷重計は、やや土砂濃度が過大評価される傾向がみられた(図-4.1)。また、計測された水位と切断されたワイヤーセンサーの高さに、最大で100cm程度の差違がみられたため(図-4.2)、水位計測について再検討する余地があることが明らかとなった。受圧面積に関する検討では、図-5.1より、野尻川7号堰堤の荷重計で計測された土砂濃度は、理論値よりも過大評価される傾向がみられ、有村川3号堰堤の荷重計の場合は、逆に過小評価される傾向が見られた。また、二つの荷重計の平均値に近似線を引き、 $C_{\infty}/C=1$ の線と近似線が交わる箇所の面積において、計測土砂濃度が理論値に近い値になると予想できる。これを踏まえて、 $\rho=1.08$ の時は受圧面積の最適値が $5.00\text{m}^2$ 程度、 $\rho=1.1$ の時は $400\text{cm}^2$ 程度になることが示された。今回は妥当である土砂濃度データのみを使用して検討を行ったため、限られた情報のみでの解析となったが、今後観測データの蓄積により、より多くのデータを用いて解析できることが期待される。

#### 参考文献

地頭菌隆・下川悦郎：火山灰に覆われた桜島山腹斜面における表面流出，新砂防 Vol. 42, No. 3, p. 18-23, 1989