

剣丸尾溶岩流の流下シミュレーション

Reproduction of the Kenmarubi Lava Flow by a Numerical Simulation

山下 伸太郎[1], 片嶋 啓介[1], 安養寺 信夫[2], 嶋 大尚[3], 千葉 達朗[4], 笹原 克夫[5], 布村 明彦[6], 横田 崇[7]

Shintaro Yamashita[1], Keisuke Katashima[1], Nobuo Anyoji[2], Hironao Shima[3], Tatsuro Chiba[4], Katuo Sasahara[5], Akihiko Nunomura[6], Takashi Yokota[7]

[1] 住鉱コンサル・砂防G, [2] (財)砂防技術センター, [3] (財)砂防・地すべり技術センター, [4] アジア航測, [5] 砂防計画課, [6] 内閣府, [7] 気象庁

[1] Erosion Control Sec., Sumiko Consultants, [2] STC, [3] SABO Technical Center, [4] Asia air survey, [5] Sabo Planning Division, MLIT, [6] Cabinet Office, [7] JMA

富士山では、過去約2,200年間に山腹からの溶岩流をとまなう噴火を37回起こしている(宮地1993)。防災対策上、富士山の噴火活動で普遍的な溶岩流の噴出特性や流動特性を捉え、溶岩流の流下時間や流下範囲を予測することが重要であるが、古文書などの記録によって溶岩流の流速やながれの特性を類推することができない。この問題を解決する一手法として、溶岩流の流動モデルを適用して流出過程の特性を類推することが可能である。ここで用いたのは二次元浅水流解析(山下ら, 1990)で解いたビンガム流体モデルであり、再現シミュレーションの対象としたのは、分布と規模が良好に捉えられている剣丸尾溶岩流である。

ビンガム流動を支配している物性値は、粘性係数とせん断降伏応力であり、溶岩流では冷却による温度低下にともなってこれらの値は増加する。そのため、溶岩流シミュレーションモデルでは、せん断降伏応力および粘性係数は溶岩温度の関数として表すとともに、溶岩温度を取り込む必要がある。冷却が大気中への熱放射のみで起こると仮定すると、溶岩温度は熱量保存則によって求められる。大気中への熱放射量は、溶岩流の表面温度から Stefan-Boltzmann の式によって計算される。しかし、実際にはプラグ層が発達することにより温度境界層が形成されて溶岩流の内部温度よりも表面温度が低くなり、溶岩流の冷却は進みにくくなる。溶岩温度の計算においてこの現象を考慮するために Miyamoto and Sasaki (1999) による冷却効率パラメータ e を導入した。この値は $1 - e = 0$ であり、 $e=1$ とした場合には溶岩流の内部温度と表面温度が同じ条件となり、 $e=0$ とした場合には溶岩流は全く冷却しないことになる。

再現計算には、剣丸尾溶岩流の堆積厚分布から噴火前地形を復元した DEM を用いた。剣丸尾溶岩流の噴火経緯は不明なため、玄武岩質他火山の溶岩流実績を参考に噴出率を $100\text{m}^3/\text{s}$ 、溶岩噴出温度を $1,200$ として計算を行った。また、粘性係数、せん断降伏応力の温度関数については、富士山の観測事例が無いため、1986年の伊豆大島三原山噴火の再現計算で石原ら(1988)が用いた温度関数を適用した。

冷却効率パラメータは、その値が小さいほど溶岩の冷却が進行しにくく、より勾配の緩い地点まで流下し、さらに溶岩流の噴出率によっても変化する。そこで、冷却効率パラメータ e を変化させたシミュレーションを実施し、剣丸尾溶岩流の流下範囲と一致する e の値を求めた。その結果、 $e=0.0045$ とした場合に計算結果と剣丸尾溶岩流の流下範囲および到達距離がよく一致した。縦断的な溶岩流の層厚については、溶岩流の末端部周辺では剣丸尾溶岩流の層厚と計算結果はほぼ一致したが、噴火口近傍の斜面勾配が急な範囲では溶岩層厚が実績より薄くなる傾向みられた。これは溶岩噴出時の溶岩温度 $1,200$ に対して降伏せん断応力が $Y=1,000\text{dyn}/\text{cm}^2$ と小さいためである。

再現計算による溶岩流停止の溶岩温度は、概ね $950 \sim 1,000$ 程度で、このときの溶岩の降伏せん断応力は $60,000 \sim 160,000\text{dyn}/\text{cm}^2$ となる。一方、溶岩流停止時の降伏せん断力 Y は、溶岩流停止地点の勾配 i と溶岩堆積厚さ h を用いて $Y = \rho g h i$ と表すことができる。剣丸尾溶岩流末端部の層厚 ($10 \sim 15\text{m}$ 程度) と斜面勾配 ($0.02 \sim 0.04$ 程度) との関係から、溶岩密度 $\rho = 2,500\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $g = 9.8\text{m}/\text{s}^2$ とすると $Y = 50,000 \sim 150,000\text{dyn}/\text{cm}^2$ となり、再現計算結果から得られた降伏せん断応力はほぼ概算値の範囲である。