

## 近年の火山噴火に伴い発生した溶岩流に対する 数値シミュレーションによる再現性の検証

(株) 地圏総合コンサルタント 大坪隆三、片嶋啓介、家田泰弘、潮見礼也、○河野元

### 1. はじめに

火山活動が活発化した際には砂防部局では緊急対策や関係機関への情報提供のため、想定される土砂移動現象について数値シミュレーションを実施し、リアルタイムハザードマップとして被害想定を行う必要がある。また、火山噴火に際して、その推移に応じ関係機関により緊急調査が行われる。それらの調査・観測情報に基づいて、計算の開始点や対象量、噴出率等の各種パラメータ、場合によっては地形データ等、被害想定の前提条件を設定する。一方、これまで溶岩流シミュレーションのパラメータ設定や計算モデルの妥当性を検証するために1986年伊豆大島や1946年桜島等の実績の再現計算が行われてきている(例えば石原ら(1987)や家田ら(2009)等)が、近年の噴火においては過去の事例と比較して最新の技術により詳細な情報が得られているものと考えられ、より精度の高い検証ができる可能性がある。そこで本研究では、近年発生している噴火により緊急的な調査が行われた情報に基づきパラメータを設定し、溶岩流の数値シミュレーションを実施する流れを示すとともに、最新の観測情報に基づいた検証を行い、数値シミュレーションモデルとパラメータ設定の妥当性の検証を行った。

### 2. 溶岩流シミュレーションに必要な情報の収集

近年発生した噴火に対しては、気象庁や大学等の火山観測結果や、研究機関から最新の技術を用いた様々な情報が公表されている。例えば、2013年11月から噴火活動が継続している西之島では時系列的な地形の変化等が詳細に調査されている。そのため、この事例を対象として一般に公表されているデータを用いて溶岩流シミュレーションを実施した。西之島の火山活動全般については気象庁や海上保安庁が、より学術的な詳細情報については東京大学地震研で解析が行われ、地形の変化については国土地理院から詳細なデータが公表されている。これらを参考に各種条件設定を行った。

#### ■ 国土地理院の情報

<http://www.gsi.go.jp/gyoumu/gyoumu41000.html>

#### ■ 東京大学の情報

[www.eri.u-tokyo.ac.jp/2017/04/21/2013年11月21日西之島の噴火活動](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/2017/04/21/2013年11月21日西之島の噴火活動)

### 3. 西之島溶岩流の再現計算

#### 3.1 計算条件の設定

溶岩流シミュレーションを実施するために設定する条件は、溶岩の物性や流出量に関する条件(例えば火口位置、温度、噴出率等)、および地形条件を設定する必要がある。

溶岩の物性として設定する必要があるパラメータは下表(表-1)の通りである。今回は、物性に関する直接的な情報を入力できていないため、流動性に関わる温度-粘性関数、温度-降伏応力関数は、西之島と同じ安山岩質溶岩の桜島を例に、大正溶岩、昭和溶岩にて検証されている係数を適用し、冷却については、桜島の事例に則り考慮しないことを基本とした。また、温度については、西之島の実績から次式(式①)を基に算定することとした。

表-1. 溶岩の物性として設定するパラメータ

項目	単位	数値
溶岩温度	°C	実績で同定
溶岩密度	g/cm <sup>3</sup>	2.5
重力加速度	m/s <sup>2</sup>	9.8
温度-粘性関数	log <sub>10</sub> η = -12.42 + 21,901(1/T)	
温度-降伏応力関数	log <sub>10</sub> τ <sub>y</sub> = -4.787 + 10,769(1/T)	

東京大学地震研究所公表資料により、西之島では2016/4/18~21の3日間で高低差90m、距離500m程度を5m程度の流動深で流下している。これをもとに、以下に示すJeffrey式より温度を逆算し初期温度を推定した。

$$\text{式①} \quad w_0 = \frac{\rho g \sin \alpha h^2}{3\eta}$$

ここで  $w_0$  は流速(cm/s)、 $\rho$  は溶岩密度(g/cm<sup>3</sup>)、 $\alpha$  は土地の傾斜、 $h$  は溶岩厚さ(cm)、 $\eta$  は粘性(10<sup>-1</sup>Pa.s)である。その結果、溶岩温度は1,050度程度との結果となった。これは一般に安山岩質溶岩(桜島等)の温度が850~1,000度と言われている中では高温な部類となる。計算条件の設定において、粘性、降伏応力の係数に桜島の安山岩質溶岩の実績を用いているが、西之島における安山岩質溶岩では岩石学的特徴が異なることが考えられるため、結果的に温度との組み合わせから粘性を10<sup>0</sup>Pa.s程度であると想定した。

地形データは国土地理院公表の平成28年7月25日の地形データを使用した。溶岩流の流出量については、東京大学地震研究所公表資料によると、2017/4/18~21は1.16m<sup>3</sup>/s、

4/21～25は2.2m<sup>3</sup>/s程度と想定される。これらの溶岩流が、火砕丘北側の斜面から2筋の流れとして流下しているとみられる(図-1. a)が、近傍する両火口における流出量の分配が不明なため、山麓1箇所計算開始点を設定した。

### 3.2 計算結果

4/18から21までの実績到達範囲と計算結果(噴出率1.16m<sup>3</sup>/sで72時間)で計算した結果(図-1. b)を示す。北側の氾濫の広がり方は若干異なるが、到達距離は概ね整合している。

また、4/25までの到達範囲について、2.2m<sup>3</sup>/sで追加して計算も行った。その結果、到達距離、到達範囲について概ね整合する結果となった(図-1. c)。

### 3.3 考察

実績から想定したパラメータによる再現計算を行い、概ね整合する結果を得ることができており、防災対策を行うための被害想定を行うための概略到達範囲、時間を把握することを目的とした場合に、当計算モデルの妥当性が確認できたと言え得る。ただし、今回は粘性、降伏応力関数の係数と溶岩温度のいずれも明らかでなく、実績流下速度から、両係数、温度を便宜的に設定したが、それぞれの絶対値が正しいというわけではないことに留意する必要がある。

### 3.4 今後の課題

今回の計算では、4/18～21までの流下速度から求めたパラメータを用いて4/21以降も再現計算をおこない、良好な再現性を得ている。このように、溶岩流は流下速度が遅いこ

とから、進行する現象からパラメータを設定して、その後の到達範囲、時間を推定するリアルタイムアナリシス型のリアルタイムハザードマップによる評価との親和性が高い現象であると言え得る。また、溶岩自体の物性を遠隔で把握することは困難であるが、溶岩温度を計測することができれば、粘性、降伏応力関数を決定することが可能となる。しかしながら溶岩流にはプラグ層が形成されることから、溶岩流の表面温度と内部温度は同一ではないと考えられる。山下ら(2009)にあるように溶岩流プラグ層による温度分布を推定することで、表面温度から計算上必要な溶岩温度を設定することも可能性である。

## 4. まとめ

これまで検証計算をするための基礎情報が少なかった火山現象に対して、最新の技術で取得された情報に基づいて再現計算を行った。その結果、取得情報に基づいてパラメータを設定することで、ある程度実績を再現することができた。

一方で、今回の検証計算において同定できていない詳細な火口形成状況や溶岩の内部温度、さらには噴出レートの変化予測等、計算精度を向上するために必要な情報を取得するための観測手法を確立することが望まれる。

#### <参考文献>

- 石原まか(1987) 粘性の増加を考慮した溶岩流のシミュレーション: 桜島・三宅島・伊豆大島, 火山, v32-2, p183-184
- 家田まか(2009) 桜島における昭和噴火時の溶岩流の数値シミュレーションによる再現, 砂防学会研究発表会概要集, p504-505.
- 山下まか(2009) 溶岩流の冷却モデルに関する基礎的研究, 砂防学会研究発表会概要集, p190-191

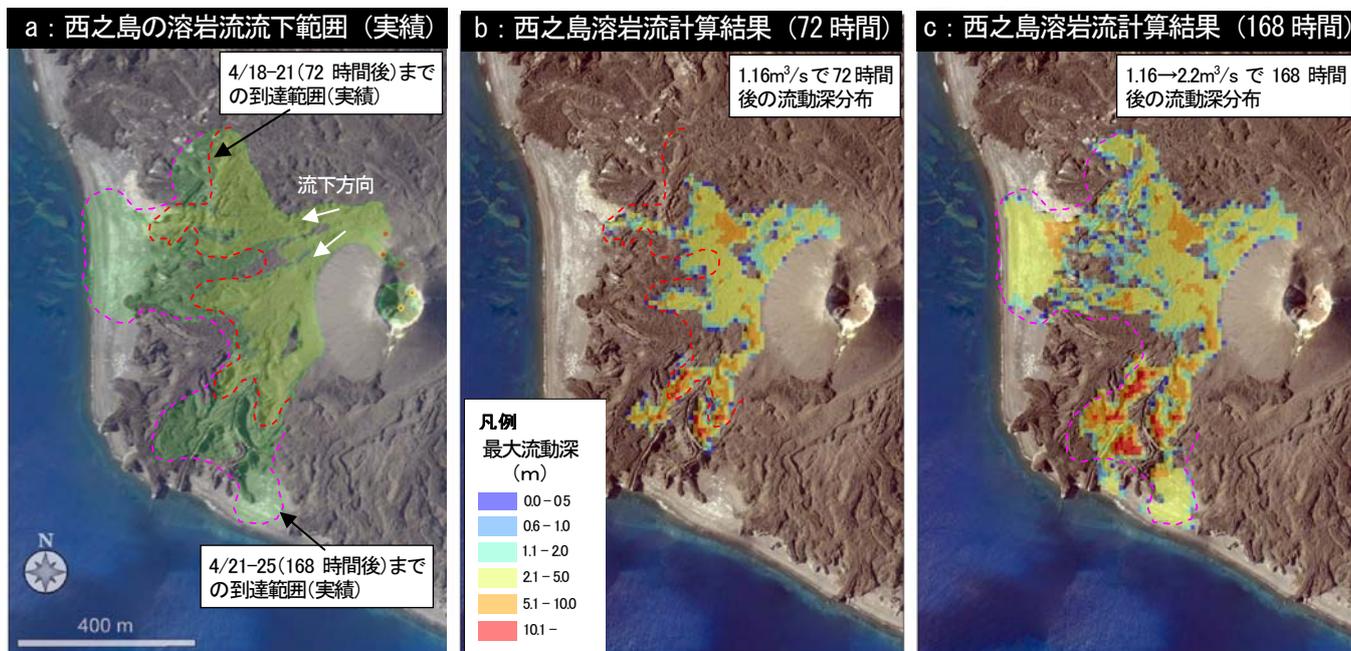


図-1. 西之島の溶岩流実績到達範囲と溶岩流シミュレーション結果  
(a : 実績 b : 計算結果 (噴火後 72 時間) c : 計算結果 (噴火後 168 時間))