

## 火山ハザードマップの作成に関する技術的取り組み

安養寺 信夫\*

### 1. 火山砂防と火山災害予想区域図

火山噴火災害では降灰、火砕流、溶岩流などの火山噴出物の移動現象が生じる。とくに火山砕屑物の被覆により山地斜面の水文環境が変化し、少量の降雨によって土石流や泥流が発生しやすくなる。さらに土石流は繰り返し発生して、長期間にわたって下流の居住地域に被害を与えることもある。

火山砂防事業はこのような火山地域の土砂災害を防止・軽減するために実施される防災事業である。火山砂防事業において、火山災害予想区域図(火山ハザードマップ)は噴火に伴う土砂災害の影響区域を想定し、土砂災害を防止・軽減するために必要なハード・ソフト対策を検討する基礎資料と位置づけられる<sup>1)</sup>。具体的な対策実施区域を設定するためには、現象ごとに予想される影響範囲を想定する必要がある。また、影響の程度(被害状況など)によって実施すべき対策の種類や内容を検討する必要がある。そのため、火山砂防事業における火山災害予想区域図は、前提条件に追従して予想内容が変化し、定量的に表現できることが求められる。そこで、この要求に対応可能な各現象の運動モデルに基づく数値シミュレーションが適用されている。

### 2. 火山ハザードマップ作成の技術的背景

数値シミュレーションでは、流れの縦断面の逐次変化を追跡する 1 次元計算と、横断方向の変化を加えて平面的な広がり表現できる 2 次元計算が用いられる。基本的に土砂水理学による流れと流砂のモデル化が可能な現象で、洪水流による掃流砂、乱流モデルを適用した泥流、集合状流動である土石流などが基本である。また伊豆大島噴火や雲仙普賢岳噴火災害を契機に、レオロジーモデルに基づく溶岩流、固気混相流をモデル化した火砕流(本体部)などの現象が追加された。

各現象の流動特性に支配的な要素：溶岩流では粘

性を決定する温度 - 粘性関数の定数、火砕流本体部では濃度に関する動摩擦係数などであり、これらの定数は実際に計測することができないため、キャリブレーション計算によって概数値を当てはめている。

土砂移動現象によっては、運動モデルが十分に解明されていないため、経験則に基づく概略想定を実施することもある。例えば、大規模な岩屑なだれや火砕サージのように内部構造を詳しく再現することが難しい現象などがこれにあたる。

このような数値計算は最近 20 数年間のコンピュータ計算技術と精密地形測量技術などの進歩に負うところが大きい。しかし、数値シミュレーションモデルは初期条件が適切に設定されないと、期待する結果が得られない。そこで、火山ハザードマップの検討手順において、各現象の初期条件として以下の項目を適切に設定することが求められる(図 1)。

火口位置(とくに新たに形成される側噴火の場合)、噴火規模(噴出物総量)と噴出レートは数値シミュレーションの初期条件というより、火山ハザードマップの前提条件でもある。これらの設定は火山学の知見に負うところが大きい。火山地質学は、噴火履歴調査により噴火イベントごとの発生現象とその規模、噴出物の分布などを調査しており、ハザードマップを検討しようとする火山におけるさまざまな条件の可能性を提示してくれる。まず文献調査をおこなって各噴火イベントの概略を把握するが、それを補うために現地調査をおこなう。この場面では研究者や火山学を専攻したコンサルタント技術者らが、専門的知識を発揮して火山砂防に豊富な情報を提供してくれる。

富士山火山ハザードマップ作成<sup>2)</sup>のためのさまざまな調査や解析検討はこのような協同体制の 1 つであり、それらが大々的に実施された点で意義が深い。具体的には、未調査であった降下火砕物や溶岩流の噴出源推定と噴出量の算定や、それまで十分に調査

\* (一財) 砂防・地すべり技術センター

されていなかった火砕流堆積物の分布や給源の推定、山頂火口噴火実績の確認など火山学的にも大きな成果を上げた<sup>3)</sup>。さらに、古文書調査などに基づく1707年の宝永噴火による降灰と被害状況の時空間的整理や土石流などの土砂移動実績の確認など、防災学としての成果も上げられた。これらの基礎調査が集中的に実施され、富士山火山ハザードマップに反映された。

### 3. 火山砂防計画と火山ハザードマップの作成状況

前述のように砂防部局においては火山砂防計画などの対策を検討するために火山災害予想区域図を検討・作成する。現在、国内の活火山のうち火山活動が活発で、噴火の影響を受ける集落や市街地、公共施設などがひろく分布している29火山において火山砂防計画や火山噴火緊急減災対策砂防計画を検討している。これら全ての火山において火山災害予想区域図が検討され、そのデータは危機管理部局に提

供されて多くの火山防災マップとして公表されている。火山砂防計画は全体計画と噴火時の緊急対策に備えた「火山噴火緊急減災対策砂防計画」として検討が進められている。

火山砂防事業からの情報提供などに基づいて公表されている火山防災マップは、以下のとおりである<sup>4)</sup>。

北海道：雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、有珠山、北海道駒ヶ岳

東北：岩木山、岩手山、秋田駒ヶ岳、蔵王、鳥海山、磐梯山、吾妻山、安達太良山

関東：那須岳、草津白根山、浅間山、伊豆大島、三宅島

北陸・中部：新潟焼山、焼岳、富士山、御嶽山

九州：阿蘇山、九重山、鶴見岳・伽藍岳、由布岳、霧島山、桜島

また、気象庁が発表する噴火警戒レベルに対応した火山防災マップの改定も阿蘇山、浅間山などで進められている。

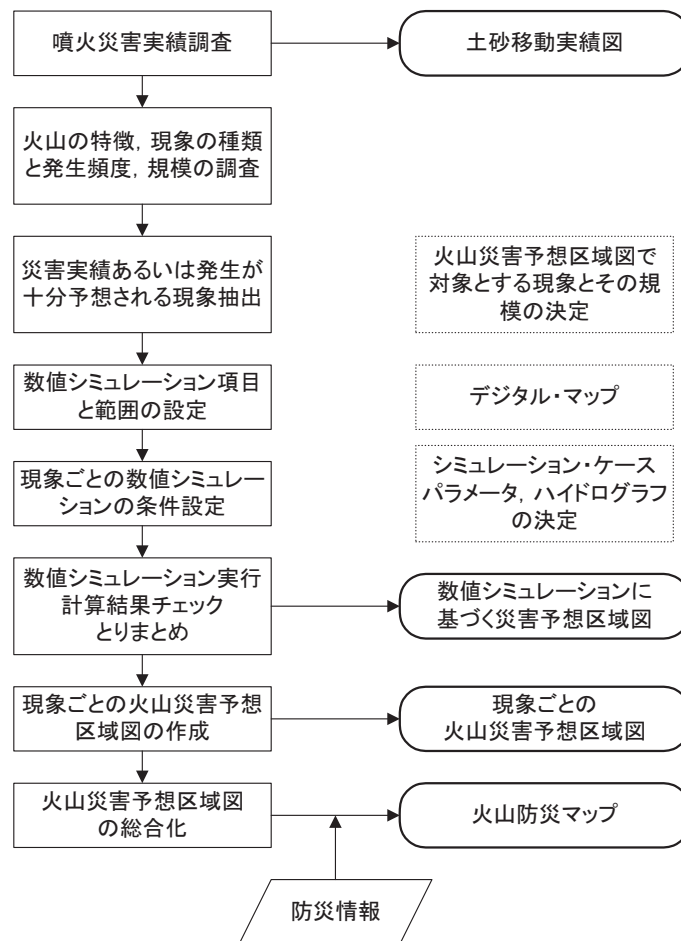


図1 火山ハザードマップの作成手順

#### 4. 今後の火山ハザードマップ リアルタイムハザードマップの課題

わが国の主要な活火山における火山ハザードマップ(防災マップ)の作成と公表が一段落し、一部の火山では改定が実施されているが、噴火発生頻度が低い火山では公表されたままという状況も見られる。とくに火山防災マップは避難計画などの防災計画の整備と連動しており、地域住民や観光者などへの適切な情報を提供するために、その活用方法を議論する必要がある。そのような様々な場面に対応するために従来の形式にとらわれないハザードマップが求められている。

最近ではリアルタイムハザードマップが次世代型火山ハザードマップとして期待されている。リアルタイムハザードマップは近年、災害原因となる気象や水象、地象の観測技術が進み、観測データが迅速に得られるようになり、その結果を用いた数値計算の高速化に伴って考案された概念である。最新のデータに基づくハザードエリアの迅速な表示により、様々な防災対応に活用されることが期待されている。

火山のリアルタイムハザードマップは、とくに火山砂防の分野で検討され、プレアナリシスタイプとリアルタイムアナリシスタイプに分類される(図2)。

プレアナリシスシステムは、予め計算した結果をデータベースとして格納し、噴火現象や土砂移動状況により近似条件のハザードマップを検索するもの

で、数値シミュレーションに要する時間を短縮化するために考案された。

リアルタイムアナリシスシステムは、噴火現象や土砂移動の発生が予測されたとき、その時の条件に応じた計算を実行して、ハザードマップを作成するものである。図3に検討手順を示す。

リアルタイムハザードマップは、ハード・ソフトの緊急対策に活用されるが、対策の種類や内容によって、要求される表示項目や精度が異なるため、予めリアルタイムハザードマップ情報の提供先に応じた、表示内容などを決めておくことが効率的である<sup>5)</sup>(表1)。

#### 5. 今後の展開

火山砂防事業による火山災害予想区域図は、噴火の発生や地形のおおきな変化など条件変化に合わせて改訂することになっている。火山災害予想区域図の検討が始まってから発生した噴火災害のうち、有珠山、三宅島では噴火後の状況変化をもとに見直された。今後は、このような見直し作業に適切な情報を付加するため、火山学の研究成果とともに土砂移動現象の力学モデルの再検討など、さらに精度向上を目指すことが望まれる。

そして、火山災害予想区域図に基づく火山防災マップの見直しや火山防災体制の一層の整備を促すよう方向付けることが重要である。

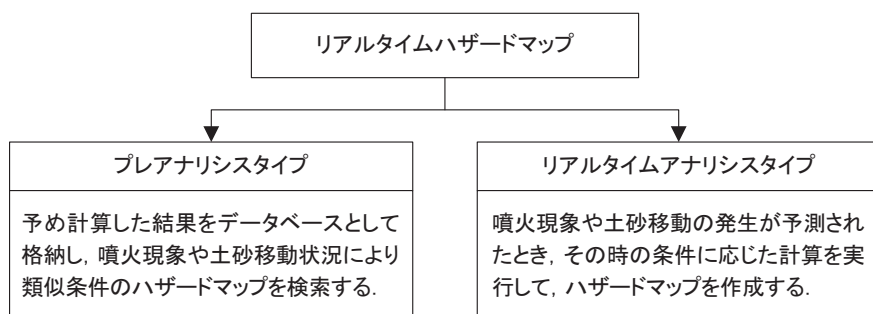


図2 リアルタイムハザードマップの種類

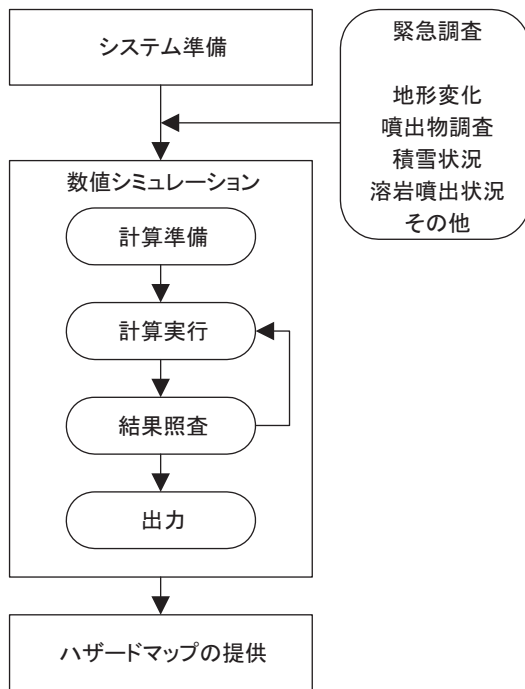


図 3 リアルタイムハザードマップの検討手順<sup>4)</sup>

参考文献

- 1) 火山災害予想区域図作成指針(案)
- 2) 内閣府・総務省消防庁・国土交通省・気象庁(2004):富士山ハザードマップ検討委員会報告書.
- 3) 「富士火山」編集委員会(日本火山学会)編(2007):富士火山,山梨県環境科学研究所.
- 4) 安養寺信夫(2009):火山ハザードマップの作成と被害想定.火山工学入門,土木学会地盤工学委員会火山工学研究小委員会編,116-128,(社)土木学会,丸善.
- 5) 安養寺信夫(2010):火山防災とリアルタイムハザードマップの活用.消防科学 No.102,消防科学総合センター.

表 1 リアルタイムハザードマップの活用と要求精度<sup>5)</sup>

活用する対策等	対策の内容	RTHM の表示項目	要求される精度
緊急避難対策	火山活動の変化局面に対応した避難実施と解除	災害現象の影響範囲	避難対象(解除)区域を決定することが求められるので,町区協会が標示できる範囲.50mメッシュ程度
		現象の到達時間	現象の到達時間は分単位で表示
			迅速な計算結果が求められる.
立入規制等	危険区域への立入制限,道路封鎖等の実施と解除	災害現象の影響範囲	影響範囲の外縁が表現され,道路地図を重ね合わせる.
緊急砂防工事	土砂や水のはんらん防止を目的とした砂防堰堤堆砂地の除石,緊急導流堤などの建設	災害現象の影響範囲	影響範囲は構造物の平面形状によって変化するため.構造物が表現可能なメッシュサイズ.10~20m
		現象の到達時間	現象発生から工事現場までの到達時間は工事安全対策上重要な要素であり,分単位で表示.溶岩流のように速度が遅い現象は,日単位で表示.
			メッシュサイズが細かくなるため,計算時間は遅くなるが,1日程度.