

□火山防災とリアルタイム

ハザードマップの活用

(財)砂防・地すべり技術センター総合防災部長

農博、技術士(総合技術監理建設) 安養寺 信 夫

1. はじめに

火山災害は他の自然災害と比べると次のような相違がある。

◇噴火しそうな火山は活火山として抽出されており、火山災害が起こる可能性がある地域をある程度絞り込むことができる。ただし、噴火時期によって火口の位置が移動する火山があり、次期噴火の火口を特定できない場合がある。

◇噴火の規模はおもに火山灰や溶岩などの噴出物の総量で表されるが、数万 3m から数 10 億 m^3 以上と 10 万倍もの開きがある。一般に噴火規模が大きいほど、影響力が強く被害も大きくなるが、影響地域の社会条件などによって被害程度は変わる。

◇噴火によって発生する現象は多岐にわたり、爆発的噴火に伴う噴石や火山灰の放出、溶岩流、火砕流、火山泥流、地震、山体崩壊、津波など破壊的な現象が多い。これらの現象が輻射して発生する場合もあり、被害形態も焼失、倒壊、流失、埋没など多様である。

◇噴火活動の継続期間は数日から数年以

上にわたることもあり、被害の長期化とともに噴火状況の変化に伴う災害の質的变化も生じる。

◇一部の火山を除き、わが国の多くの活火山では噴火の発生頻度は、ほぼ毎年生じる豪雨災害に比べると低い。この事実は現在の日本人のほとんどが火山災害を経験しておらず、火山災害に対する意識や備えが低いという状況につながっている。

◇静穏期から火山監視を継続している火山の一部では、噴火前に起こる様々な前兆現象から判断して、噴火予知が可能な場合がある。しかし、噴火開始時刻や、発生現象とその順序、噴火継続期間、噴火規模を予測することは難しい。

このような特徴を踏まえると、火山防災の基本的な考え方は被害の回避と様々な対策の組合せによる減災を図ることだと言える。とくに災害予防対策として啓発や教育に利用されるハザードマップは各種対策の共通基盤である。火山ハザードマップは一般市民のみならず、防災担当者に対する火山防災知識の習得のため、上に挙げた災害未経験を補完する素材でもある。

本稿では、火山ハザードマップの概念、作成方法や公表の現状、さらに新しく開発されつつあるリアルタイムハザードマップについてその活用方法などを紹介する。

2. 火山ハザードマップの作成・公表と火山防災対策への活用状況

(1) 火山ハザードマップの定義

ハザードマップとは、様々な危険による影響範囲や程度を図示したもので、自然災害のみならず、原子力事故等社会に重要な影響を及ぼす事象についても作成される。

その定義は必ずしも一定ではないが、火山ハザードマップに関しては「富士山ハザードマップ検討委員会報告書(2004年6月)」において表1のような定義が示されている。

ハザードマップを作成する場合に、その地域で過去に火山災害があった経験、過去の災害時と比べて市街地の拡大や人口増など社会条件変化を考慮するとさらなる被害増大が見込まれること、過去には火山災害の記録はないが、火山活動の活発化や斜面の荒廃などにより将来災害が発生することが予想されることなど動機付けによりその必要性が認識される(図1)。

次にハザードマップの主目的や、提供する相手を絞り込む。ハザードマップは行政の防災計画の検討や、地域の避難対策、住民らへの啓発・学習などの用途が考えられ、それぞれの目的と情報提供対象に応じて表示・記載内容が異なる。例えば避難対策においては、防災担当部局が発表する避難の勧告・指示のタイミングや避難区域設定に必

表1 火山ハザードマップと火山防災マップ

<p>火山ハザードマップ：危険な状況や破壊を引き起こす可能性のある火山噴火あるいは関連する事象を火山ハザードといい、これを図示したものを火山ハザードマップとよぶ。火山ハザードマップには、ドリルマップ*と可能性マップ**がある。</p> <p>火山防災マップ：火山ハザードマップとそれに対する各種防災情報（避難所の位置、連絡先や災害発生時にとるべき行動等）を記載したマップ。</p> <p>*ドリルマップ：溶岩流、噴石、火砕流などの個々の火山噴火による現象がおよぶ範囲を数値シミュレーションなどによって描いた分布図</p> <p>**可能性マップ：溶岩流、噴石、火砕流などの火山現象がおよぶ範囲を網羅的に可能性領域として示したマップ</p>

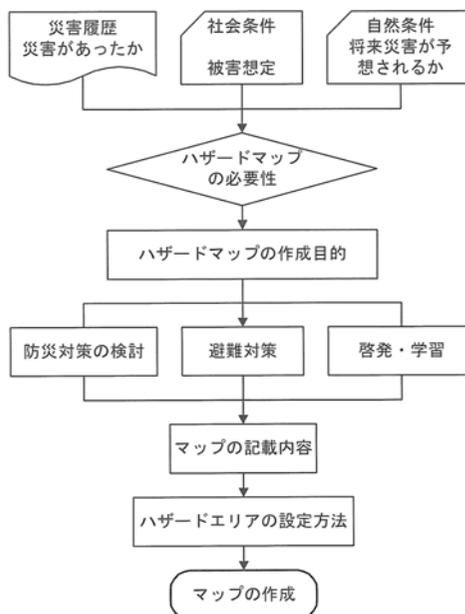


図1 ハザードマップの作成概念

要な情報をハザードマップから得ることができる。住民啓発用には複雑で詳細な情報は必要ではなく、むしろいざという時の行動(避難する方向や避難途中の注意事項など)を知らせておく必要がある。

(2) 火山ハザードマップの作成手法

火山ハザードマップの作成方法は、過去の噴火災害状況を表す実績図、地形条件と経験則を組み合わせて影響範囲を示す方法、噴火現象の物理モデルに基づく数値シミュレーションによる方法などがあり、現在は数値シミュレーションによる作成が主流になっている。

数値シミュレーションは火砕流や溶岩流の流動メカニズムを物理モデル化して、数値地形図(平面座標と標高によるデータでDEMという)上をモデルの特性に応じて流れを追跡する方法である。そのため、計算の前提条件の設定が重要である。例えば溶岩流は、溶岩温度や粘性が流動特性を支配しているため、その設定が計算結果を左右することになる。また、火口から流れ出る単位時間あたりの溶岩量や、火山泥流の単位時間あたりの流量なども初期条件として必須である。

このように物理モデルと前提条件による計算結果は、流れの範囲、深さ、速度なども定量的に表すことができる。溶岩流や泥流の到達時間が判ると避難開始タイミングを決める参考になり、流れの深さが判ると家屋への浸水状況等を予想することができ、防災対策の検討に有効な情報が得られる。

しかし、物理モデルも現象のあらゆる状況を表現できないし、前提条件が異なれば、結果も変化するので、数値シミュレーシ

ョン結果を唯一の解として判断することは危険である。このように火山ハザードマップはある条件に対する結果であり、次に起こる噴火状況を予測したものではないことに注意する必要がある。

(3) 火山ハザードマップの作成手順(図2)

- ① 対象とする火山の噴火災害実績を調査し、噴火ごとの「土砂移動実績図」をまとめる。
- ② 火山の噴火特性調査:①を基にその火山において予想される噴火現象の種類や規模、発生頻度等の特性をまとめる。

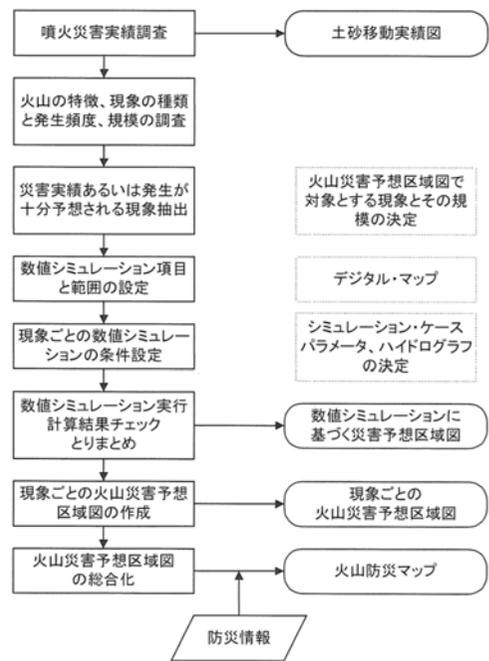


図2 火山ハザードマップの作成手順

- ③ ハザードマップで表示する火山災害現象を抽出する。とくに火山防災対策に活用することを意図して、山麓の居住地域に被害が及ぶ現象と規模を選定することが一般的である。
- ④ 想定される火山災害の状況を定量的に表すために、噴火現象や土砂移動現象それぞれの運動特性に基づく数値シミュレーションを実施する。数値シミュレーションの適用が適切なのは、降灰、火砕流や溶岩流、火山泥流、土石流である。それぞれの現象ごとに数値シミュレーションを実施する範囲を設定し、その範囲をカバーする数値地形図を準備する。
- ⑤ 数値シミュレーションの計算条件を設定して、計算を実行し、その結果を地形条件などに照らしてチェックする。
- ⑥ ハザードマップで表示する現象ごとに火山災害予想区域図を作成する。
- ⑦ 最終的に現象ごとのハザードマップを総合化し、必要な防災情報を加えて、作成対象火山の防災マップを完成させる。

このようにして作成された火山防災マップは、現在32火山において公表されている。火山ハザードマップが公表されてから噴火した火山は、2000年の有珠山と三宅島であるが、とくに有珠山では噴火直前にハザードマップに示された噴火の影響区域から約1万6千人の住民が避難し、災害を回避することができた。

3. リアルタイムハザードマップ

(1) 概念

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。

プレアナリシシステムは、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。

(2) リアルタイムアナリシシステムの検討手順(図3)

① システム準備

数値地形図：静穏期の火山地形データをシステムに格納。火山ハザードマップで想定される現象のスケールに合わせた複数メッシュサイズのDEMを用意する。

計算の初期条件(物理定数等)：想定される現象ごとに、その火山の特性に

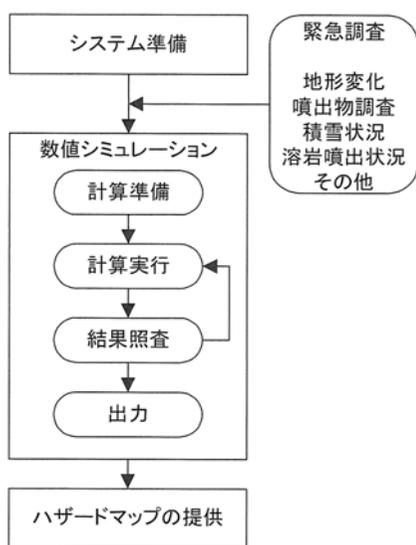


図3 リアルタイムアナリシス
システムの手順

基づく計算モデルの物理定数などの初期条件をデフォルト値として入力する。

②緊急調査

- 1) 地形変化: マグマ貫入に伴う火山体の隆起、沈降、断層、亀裂、新火口形成、旧火口の拡大などの地形の変化を航空レーザー測量などによって把握し、数値シミュレーション結果を左右するような大きな地形変化が生じた場合には、新しいDEMに更新する。
- 2) 噴出物分布: 降灰の範囲と厚さ、火砕流堆積物の範囲と厚さなどを把握する。降雨による土石流発生溪流を絞り込む。
- 3) 積雪状況: 積雪地帯の火山で冬季に噴火の兆候が現れた場合、斜面上の積雪深分布を調べ、融雪型火山泥流の発生に関する融雪量を設定する。

4) 溶岩噴出状況: 溶岩が流出し始めたとき、麓までの到達時間や範囲を予測するため、溶岩の噴出率(単位時間あたりの噴出量)や斜面の流下速度を調査し、数値シミュレーションに反映させる。また、溶岩ドームの形成が始まった場合には、ドームの成長方向や速度を調べ、溶岩ドーム崩落型火砕流の発生方向や規模を設定して、影響範囲を計算する。

③数値シミュレーション

計算を実行する現象、規模、方向を設定し、計算条件を修正して計算を実行する。結果を照査し、用途に応じて要求される情報を出力する。現象の影響範囲、水深や土砂堆積深、流速、流体力(建物等の破壊)、到達時間などの影響範囲を地図に重ねて表示。GISを用いた防災対策図面は、役割分担に応じて必要な情報を重ね合わせられるので便利である。

④ハザードマップの提供

計算結果は、様々な緊急的な防災対策の検討に用いられる。結果が活用される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(表2)。

リアルタイムハザードマップの計算システムは最近実用化されたが、実際の噴火時にその先がけとなる検討が行われた。1991年から始まった雲仙普賢岳噴火に伴う火砕流により、地形が大きく変化したが、その状況に合わせた数値シミュレーションを実施

表2 リアルタイムハザードマップの活用と要求精度

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 現象の到達時間	避難対象（解除）区域を決定することが求められるので、町区境界が標示できる範囲。50mメッシュ程度。 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 現象の到達時間	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。

した。また2000年有珠山噴火時には、新しい火口が形成された西側の溪流で降雨による土石流発生と、下流への氾濫が懸念された。砂防部局は山体の隆起状況を反映した土石流シミュレーションを行い、地元自治体と協議して住民配付用の避難マップを作

成した経緯がある。幸いに土石流の発生はなかったが、リアルタイムハザードマップの作成と防災対応の実施が繋がった例である(図4)。

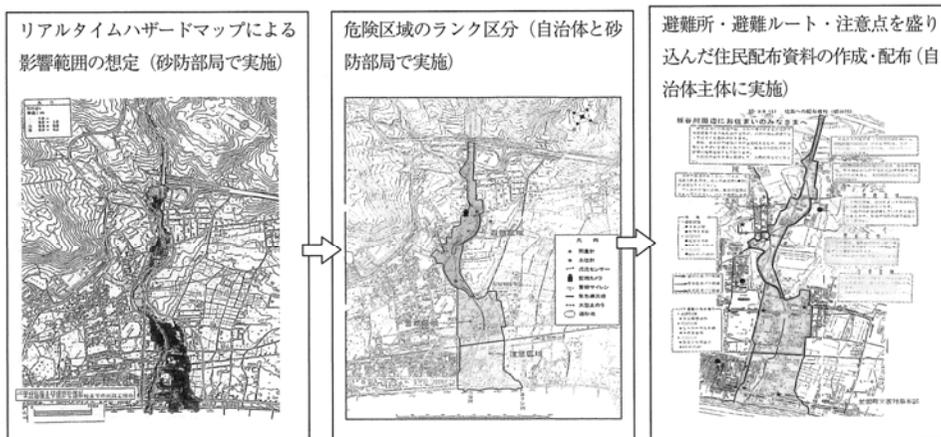


図4 有珠山2000年噴火時のリアルタイムハザードマップの活用事例

4. おわりに

火山防災を的確に進めるためには、噴火が始まってから対応策を考えていたのでは、進展する噴火活動に対して後追いになることは必至である。事前に準備した火山ハザードマップのとおり噴火活動が発生するわけではないので、ハザードマップに示された災害状況だけを認識しては、変化する局面への対応も困難となる。

その意味でリアルタイムハザードマップの有効性が認められる。前述のように防災対策に適切な応用するためには、各対策によって異なるハザードマップの利用方法をユーザー側からマップ作成部局に照会することも必要である。

ハザードマップを有効に活用するためにも、そこで可能な作業や表示内容と、表現できる限界を理解するために、日頃から防災担当者が相互理解を深めることが重要であろう。

参考文献

- 内閣府・総務省・国土交通省・気象庁：富士山ハザードマップ検討委員会報告書、2003
- 安養寺信夫：火山ハザードマップの現状と課題、火山噴火に備えて、土木学会誌叢書5、丸善、pp146-152、2003
- 安養寺信夫二雲仙岳のハザードマップ、日本の火山ハザードマップ(下)、月刊地球、vol. 27, No. 75, 2005
- 土木学会火山工学研究小委員会編：火山工学入門、pp116-128、丸善、2009