

火山噴火 緊急減災対策 砂防計画の方向と 課題

安養寺 信夫

あんようじ のぶお

(財)砂防・地すべり技術センター総合防災部長

(財)砂防・地すべり技術センターでは国内の主要火山において火山噴火緊急減災対策関係の業務を受託して、検討を進めている。主要な検討事例は別途記述することとし、ここでは火山噴火緊急減災対策砂防計画(以下「緊急減災計画」)を検討するうえでの方向と課題について紹介したい。

1.はじめに

平成19年4月に公表された「火山噴火緊急減災対策砂防計画ガイドライン」に沿って全国の主要な活火山において緊急減災計画の検討が始まった。平成21年度末時点で、浅間山をはじめとする主要な活火山における緊急減災計画のとりまとめが進められている。

緊急減災計画は次のような観点で策定され、火山砂防計画の補完的役割をもっている。

- 火山砂防計画は、火山ごとの噴火・土砂移動特性をもとに、想定可能な比較的大規模な現象を対象としてハード・ソフト両面の対策計画が策定される。しかし、水系砂防計画と比べて大量の土砂の整備が必要で、対策の実施には長い整備期間と多額の事業費を必要とすることになりがちである。
- また、噴火活動の開始タイミングは火山ごとに特徴をもっており、ごく一部の火山を除いてこれを予測することは困難である。
- そのため、いったん噴火活動が開始してから噴火状況に合わせた対応策を検討していたのでは、次々と起こる火砕流や溶岩流などの噴火現象あるいは土石流や泥流などの土砂移動現象に対処することが間に合わない場面が想定される。
- そこで、火山ごとの噴火・土砂移動特性を調べて、様々な場面の变化にできるだけ対応可能な応急的・緊急的対策の進め方を「あらかじめ」検討することによって、切迫期対応の実行性を高めることが期待される。

全国主要火山において検討を開始した当初はいくつかの基本的な質問を受けた。例えば、「緊急減災計画を立てておけば、火山砂防基本計画は立てなくてもよいのか?」とか、「火山防災対策の本務は消防防災部局なので、砂防部局はハード対策のみを検討しておけばよいのか?」などである。

緊急減災計画は上述の観点から非常時の対応行動プログラムであり、火山噴火時の危機管理としての準備

計画と位置づけることができる。中長期的な展望のもとに計画実施される水系砂防計画などとは性格を異にする。

2. 噴火シナリオと土砂移動シナリオ

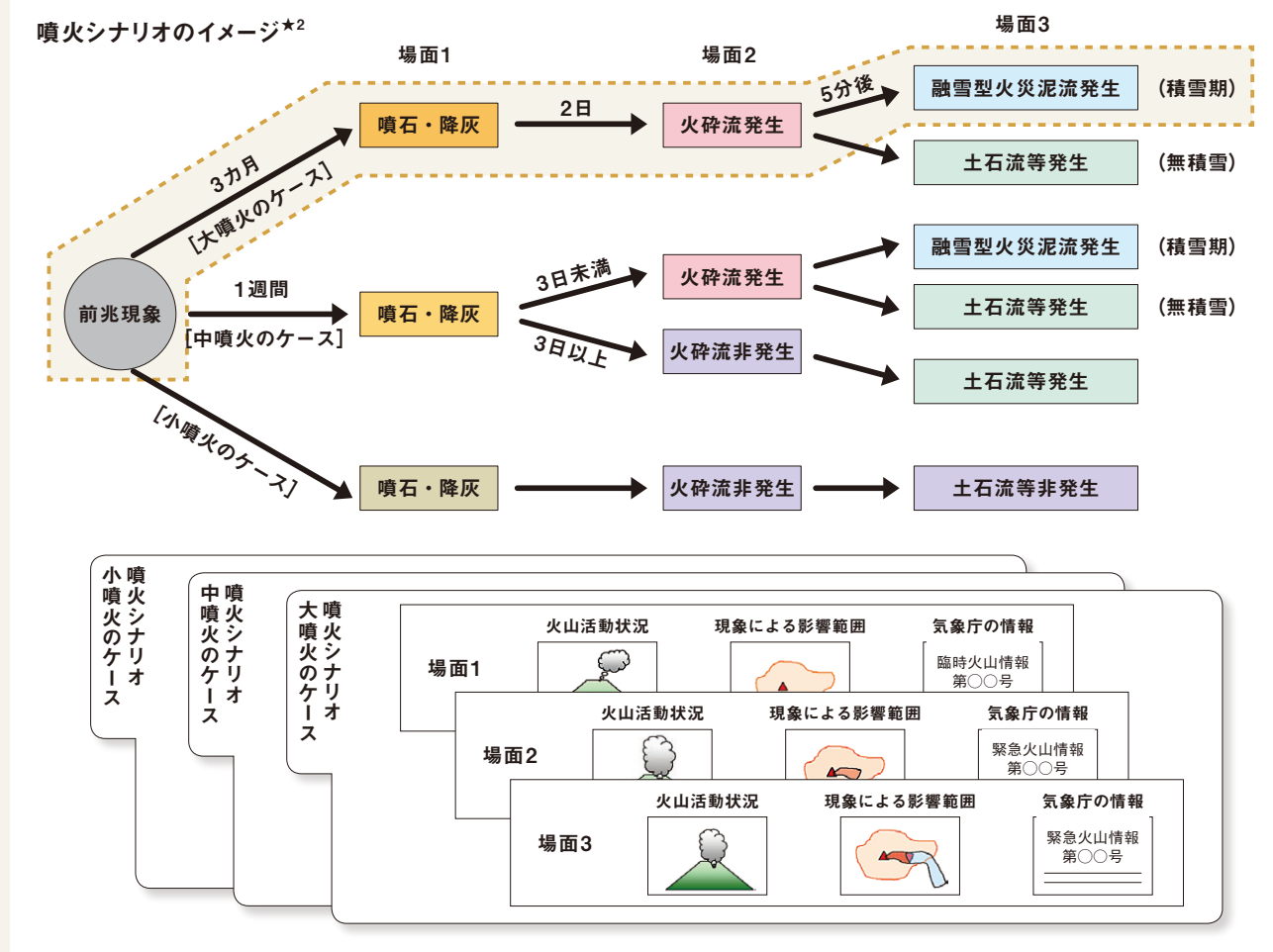
緊急減災計画を考えるうえで基本となる概念に、「噴火シナリオ」がある。噴火シナリオは緊急減災計画の検討対象となる活火山の噴火特性を調査し、とくに噴火活動の推移に着目して時系列で整理しておくものである。噴火活動の推移はマグマの地表出現などの変換点で分岐し、新たな局面に移行する。その分岐の組合せ(これをシナリオ・ケースという)は単一ではなく、多岐にわたる。火山学的解釈が科学的根拠に支えられていることが望ましいが、現地データは必ずしも充分でないので、多くの活火山では類似火山を参照して噴火シナリオが作成されている(図-1)。また、噴火とほぼ同時あるいはその後の降雨等によって火山泥流、土石流などの土

砂移動現象が生じる。土砂移動もシナリオが考えられ、例えば融雪型火山泥流は火山の斜面上に積雪がある時期に噴火が発生することによって引き起こされる。すなわち、雪の有る無しが融雪型火山泥流が発生する可能性があるかどうかの分岐点になる。

注意を喚起したいのは、噴火シナリオで想定されたケースの噴火活動は、対象火山の噴火実績や類似火山から推定されたものであり、必ずしも将来の噴火を予測したものではないということである。あくまで、緊急減災計画で想定したシナリオやシナリオ・ケースは緊急対策における一連のプロセスを考えるうえで想定可能な一案と位置づける必要がある。

近年の噴火事例をみても分かるように、雲仙普賢岳1990年噴火では、1792年噴火とは異なる噴火活動の推移が発現し、約4,000年前の噴火に類似した火砕流が発生した^{★1}。2000年の有珠山噴火では、1910年の四十三山噴火と類似の現象が生じたが、火口が形成されたのは想定外の西山山麓であった^{★1}。また、三宅島噴火でも

図-1



過去500年間に起こった山腹噴火とは異なる山頂噴火によりカルデラが形成され、これは約2,500年ぶりのことであった*1。

この問題は土砂移動シナリオにも当てはまる。十勝岳1926年噴火で発生した融雪型火山泥流は有名であるが、1989年1月の噴火では山腹に多量の積雪があったにもかかわらず、小規模な泥流しか発生しなかった*1。融雪型火山泥流が発生する条件は、今後の研究課題の一つである。

このような事例から、次の噴火でどのような現象が発生するのかを予測するのは困難であるが、少なくともその火山において過去に起こったことのある噴火現象が発生する可能性が高いことは想像に難くない。計画には噴火シナリオや土砂シナリオで想定された現象が発生することと同時に、発生しない可能性も考えておかなければならない。

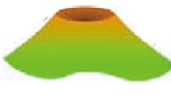
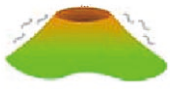
火山噴火時の対応の遅れは、多くの可能性を思い描くことがなく、限られた範囲の経験や知識のなかだけで考えてしまうことも一因と考えられる。その意味で、噴火や土砂シナリオを予め検討しておくことは意義がある。実際には、すべてのシナリオ・ケースを網羅することは難しいが、「思考実験あるいはイメージ・トレーニング」としての「シナリオ」とも位置づけることができよう。

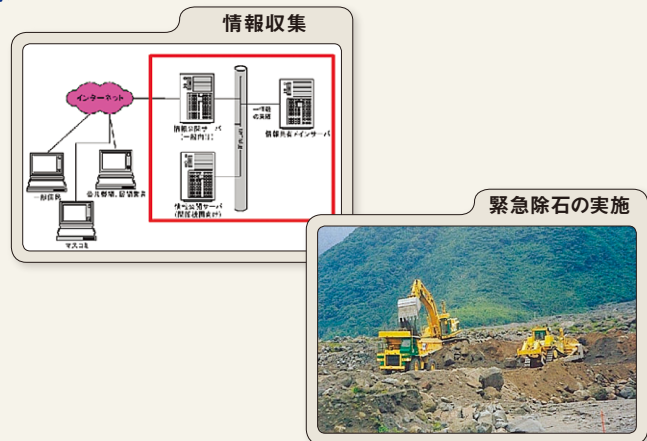
3. 緊急対策ドリル


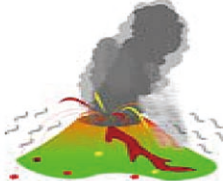
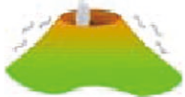
噴火の切迫期あるいは噴火直後で土砂災害が予想される時、被害の拡大を防ぐために応急・緊急対策が実施される。その実施手順は噴火活動や土石流などの土砂移動実態に合わせて考えることが求められる。緊急減災計画では、選定したシナリオ・ケースの推移に合わせて実際の対応行動の方法と順序を「緊急対策ドリル」として検討している。それは、緊急砂防施設の設置などを実行する緊急ハード対策と、土石流発生検知機器の緊急配備などを実行する緊急ソフト対策で構成され、シナリオ・ケースごとに検討している(図-2)。

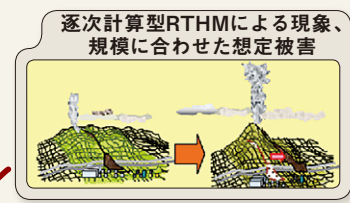
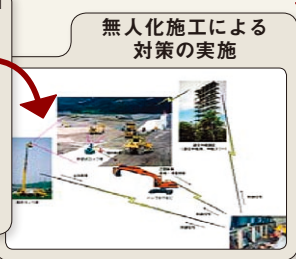
ドリルという命名は必ずしも適切ではないかもしれないが、あるシナリオ・ケースを前提として緊急時の対応のあり方を確認するための演習問題と位置づけることができる。前述のように、実際に噴火が始まると、噴火活動の推移を予知することは大変難しい。専門知識と火山の特徴を熟知した火山研究者でも慎重な判断を

図-2 緊急対策ドリルのイメージ

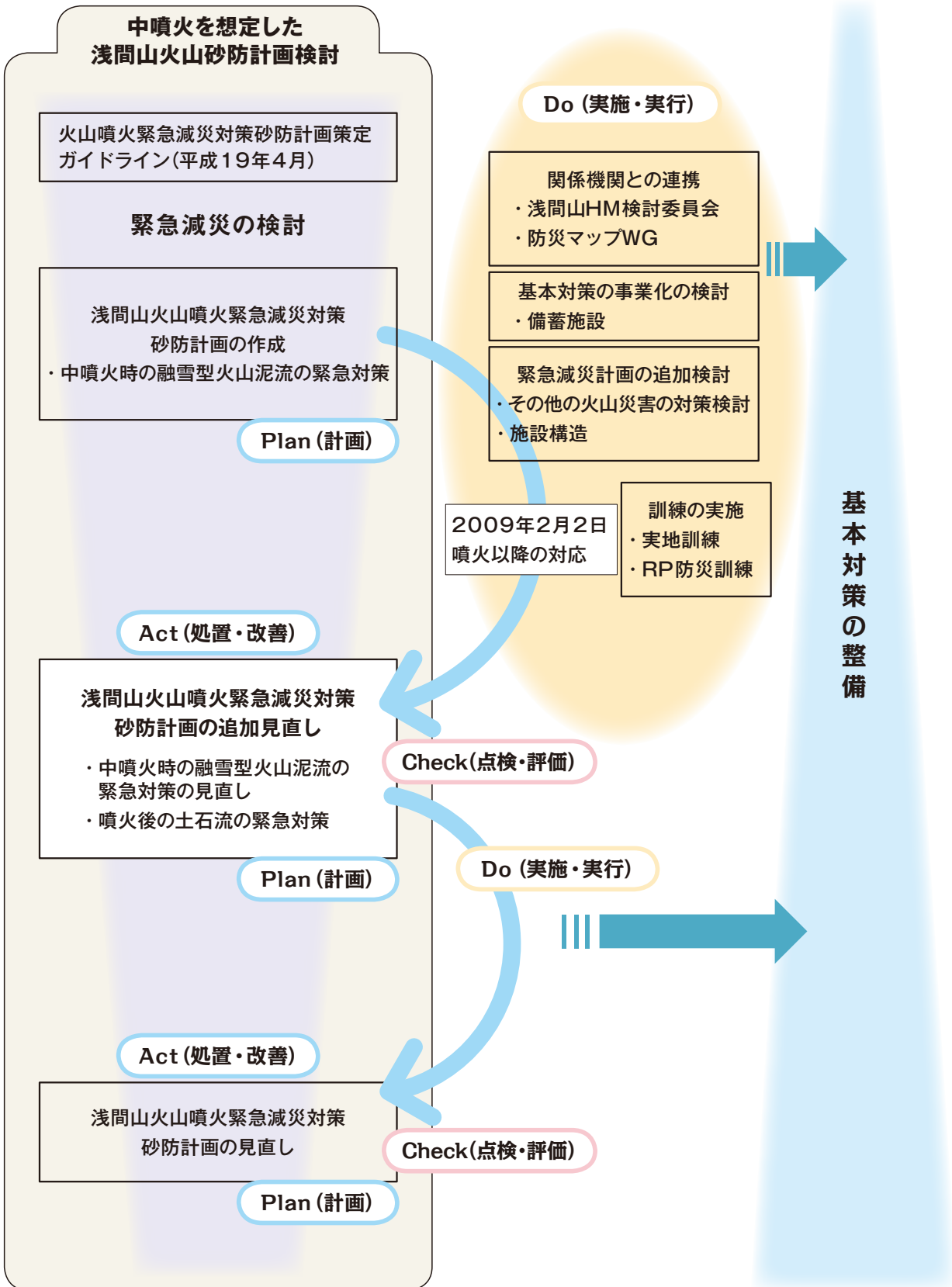
| 時間経過 (目安) | 数ヶ月～数日前 | |
|--------------|---|---|
| | 平常時 | 火山活動の高まり |
| 噴火活動の想定 | <ul style="list-style-type: none"> 深部へのマグマ貫入?  | <ul style="list-style-type: none"> 深部へのマグマの貫入 火道内へのマグマ上昇 火道浅部増圧 熱水活動 高温ガス増加、火口高温化 ごく小規模噴火  |
| 火山監視・観測結果 | 山体深部の膨張を示す地殻変動(GPS) | <ul style="list-style-type: none"> 地震多発(地震計) 地殻変動(傾斜計・GPS) 火映、有色噴煙(目視・高感度カメラ) |
| 土砂移動 | <ul style="list-style-type: none"> 豪雨時の土石流発生 | <ul style="list-style-type: none"> 豪雨時の土石流発生 |
| 県・市町村の対応 | <ul style="list-style-type: none"> 情報収集 | <ul style="list-style-type: none"> 情報収集 |
| 緊急減災砂防計画 | <ul style="list-style-type: none"> 降雨対応/噴火対応基本施設の整備 通常期の警戒避難基準雨量等の体制 豪雨時には、県や市町村への情報提供 | <ul style="list-style-type: none"> 資材、機器の把握・手配 緊急対策準備、無人化施工の準備 既設堰堤の効果量チェック 既設砂防ダムの除石 監視機器の緊急配置 県、市町村への情報提供 |



| | 数時間～1日 | 噴火発生 | 数年～ |
|--|---|--|---|
| | 前兆現象 | 噴火発生 | 噴火終息 |
| | <ul style="list-style-type: none"> 火道内へのマグマ上昇が加速  | <ul style="list-style-type: none"> 噴火発生(ブルカノ式噴火) 噴煙急上昇 火砕流の発生  | <ul style="list-style-type: none"> 噴火規模の縮小  |
| | <ul style="list-style-type: none"> 山頂浅部の膨張を示す地殻変動(傾斜計) BH型地震の急増(地震計) | <ul style="list-style-type: none"> 高度数千mの噴煙(高感度カメラ、レーダー) 爆発地震(地震計) 空振(空振計) 爆発直後に山頂浅部の伸縮を示す地殻変動(傾斜計) 有色噴煙(目視・高感度カメラ) 多量のSO₂放出が継続(DOAS) 火砕流(目視・高感度カメラ) | <ul style="list-style-type: none"> 地震回数 of 漸減 山体膨張停止→縮小 |
| | <ul style="list-style-type: none"> 豪雨時の土石流発生 | <ul style="list-style-type: none"> 火砕流による融雪型火山泥流発生 降灰、火砕流堆積溪流からの土石流発生 | <ul style="list-style-type: none"> 土石流頻発が継続 徐々に発生回数減 |
| | <ul style="list-style-type: none"> 情報収集 入山規制、レベルに合わせたゾーン内の避難準備 避難計画の確認・検討 | <ul style="list-style-type: none"> 警戒体制、警戒区域の設定 避難所開設、避難 被害の確認 | <ul style="list-style-type: none"> 被害の確認 避難解除 |
| | <ul style="list-style-type: none"> リアルタイムハザードマップ(プレアナリシス型)確認 緊急減災対策施設整備(施工優先度・資材量を考慮して対象施設を決定) 県、市町村への情報提供 | <ul style="list-style-type: none"> リアルタイムハザードマップ(逐次計算型)の実施 県、市町村への情報提供 | <ul style="list-style-type: none"> 降灰、火砕流堆積物分布に応じて、緊急対施設、除石工等 県、市町村への情報提供 |



PDCAサイクル(浅间山の例)



せざるを得ない。しかし、次々と対策を実行しなければならぬ防災担当者が余り慎重になりすぎると、対策実施のタイミングを失ってしまうことにもなる。とくに砂防担当者が、ハード対策を実施しようとしている場面では一定計画に基づく事業実施と異なり、局面の状況変化に臨機応変に対応しなければならない。そこにあらかじめ一定の状況を想定した対応方策が検討されていれば、それをもとに状況に応じて部分変更などを施すことによって、少しでも早く実行に移せるものと期待される。

緊急対策ドリルは、ハード・ソフト両対策ともに実施されなければ意味のないものである。実行力を保持するために計画の適宜見直しも必要である。その場面ではたんなる机上検討にとどまらず、見直し作業を定式化したPDCAサイクルによる計画が有効であろう。PDCAサイクルとは、計画(Plan)→実行(Do)→点検・評価(Check)→処置・改善(Act)という流れで管理するシステムのこと、緊急減災対策に適合した手法と考えられる。

さらに、点検・評価(Check)に当たっては、実際に情報の流れに沿った判断チェックが重要である。これを検証する手法の一つとして、ロールプレイング方式防災訓練がある。浅間山で検討されている緊急減災対策では、PDCAサイクルとロールプレイング方式防災訓練が併用されており、一定の成果が出ている^{図-3}。

4. 緊急減災対策を実行可能とするために ——平常時からの準備

ここまで述べてきたように、緊急減災対策の目的とするところはいかに実効性を高め、それを確保するかにかかっているといても過言ではない。噴火・土砂移動シナリオを思考実験やイメージ・トレーニングとしてとらえ、緊急減災ドリルは火山砂防対策のための事例集と位置付けるとともに、これらの結果が実際の噴火の場面で実行可能とおかなければならない。

そのために、噴火活動が始まる前の平常時からどのような準備をしておけばよいのであろうか。

1990年から始まった雲仙普賢岳噴火において、砂防部局では水無川の砂防計画基本構想を発表して大規模な砂防堰堤群によって予想される土砂を捕らえて下流域の被害を防止・軽減しようとした。しかし、実際に砂防堰堤を建設しようとしてもその土地が確保されていなかった。度重なる火砕流によって警戒区域が設けら

れていたため、用地調査の立ち入りができなかったことも重なり、本格的な砂防堰堤の建設までに時間を要した。

緊急減災対策では、この反省から砂防設備用地の確保が重要な課題として挙げられている。借地にせよ買取にせよ、火山噴火が始まってから交渉を始めたのでは、局面の変化に対応することは困難と予想されるため、用地取得は緊急ハード対策を実行するうえで最も重要な課題である。平常時から土地の所有者や管理者と土地使用や取得について調整しておかなければならない。

火山災害対策は、噴火によって様々な被害が想定される。また、噴火活動が数年以上にわたって継続することもあり、地域の経済活動のみならず住民の生活にも大きな影響を与える。とくに土砂災害は、噴火活動が沈静化した後も引き続き発生することが知られている。砂防部局の役割は、土砂災害から生命や財産を守ることであるが、噴火活動終息後に速やかに地域の復興を促すことも重要な役割である。被害を受けた施設や家屋を再興するためにも、土砂災害に対する安全の確保が第一である。噴火の継続中はもとより、そのような場面において砂防部局のみであらゆる問題に当たることは困難であり、関係機関などとの一層緊密な連携・協力が求められる。これは平常時から培っておかねばならない課題である。よく言われる「顔の見える関係づくり」は災害が発生して慌ただしい時にはなかなか構築できないと考えられる。お互いに周知の仲であれば、阿吽の呼吸も生まれるのではないかと考える。

その他にも、緊急減災対策の実効性を確保するために平常時から準備・調整しておくべき課題がある。ハード対策に必要な資機材の確保・調達・備蓄、火山防災ステーションの機能強化、情報通信網の整備と情報一元化によるスムーズな共有化、火山データベースの整備・運用、変化し続ける噴火活動や土砂生産環境に対する適切な緊急調査手法の検討などが挙げられる。それらの詳細は割愛するが、どの項目も噴火が切迫してからの対応では間に合わないと考えられるため、綿密な検討が必要である。

今後は、緊急減災対策砂防計画の検討に当たり、本論で述べた課題を常に意識しながらよりよい計画の策定に向けて努力していきたい。

★参考文献

- 1 気象庁編：日本活火山総覧(第3版)、2005年3月
- 2 火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン、国土交通省砂防部、2007年4月