

火山砂防におけるハード対策の限界について

(一財) 砂防・地すべり技術センター ○池田暁彦 藤沢康弘 小林拓也 福池孝記

1. 緒 論

火山噴火に起因する土砂移動現象は、降雨に起因する土砂移動現象に比べて規模が大きく、長期間にわたって継続して発生する傾向があることから、その影響範囲が広大で予想される被害も甚大である。また、火山噴火には前兆現象が伴う噴火と突発的な噴火があり、噴火口が予測できない場合も多いため、火山砂防におけるハード対策の実施に際しては、複数の噴火シナリオ／土砂移動シナリオを想定して臨機応変に対応する必要がある。

しかし、降雨に起因する土砂移動現象に比べて規模が大きいため、ハード対策施設も大規模となり、これらの施設を整備するには長い年月と多大な費用を要する場合が多く、ハード対策には限界があると考えられる。

本研究では、このような火山噴火に対するハード対策の限界と、その限界を踏まえた対策のあり方について、地震や豪雨に伴う深層崩壊・河道閉塞の決壊などの大規模な土砂災害も参考に考察する。

2. 火山砂防におけるハード対策の限界

(1) ハード対策の考え方

火山砂防事業は、平成元（1989）年7月17日付建設省河砂発第50号河川局長通達をもって実施されている。平成2（1990）年12月以降に雲仙普賢岳の噴火活動が活発化し、平成3（1991）年6月3日に大規模な火砕流が発生して甚大な被害が生じたことを踏まえ、火山地域における土砂災害から国土基盤の安全を確保するとともに地域の活性化に資する火山砂防事業の積極的展開を図るために、「火山砂防計画策定指針（案）」（平成4（1992）年4月）¹⁾に基づいて「火山砂防計画」が策定されることとなった。火山砂防計画は、降雨などに起因

して発生する現象に対する「降雨対応火山砂防計画」と、噴火活動に起因する火山泥流、溶岩流、火砕流に対する「噴火対応火山砂防計画」に区分される。以降、ハード対策については、「噴火対応火山砂防計画」を対象に論ずる。ハード対策は、計画対象量の土砂を処理することを原則とし、計画的に砂防施設等を整備する「基本対策」と、火山活動の状況に応じて緊急的に実施する「緊急対策」から構成される。

基本対策による砂防施設等の整備には長い期間と多大な費用を要すること、平成12（2000）年に発生した有珠山・三宅島噴火による災害事例などを踏まえ、いづどこで起こるか予測が難しい火山噴火に伴い発生する土砂災害に対して、ハード対策とソフト対策からなる「緊急対策」を迅速かつ効果的に実施し、被害をできる限り軽減（減災）するために、「火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン」（平成19（2007）年4月）²⁾に基づいて「火山噴火緊急減災対策砂防計画」が策定されることとなった。緊急ハード対策は、想定される噴火シナリオ／土砂移動シナリオに応じて、対策の実施タイミング・実施可能期間・対応可能な現象の種類とその規模・実施可能場所・実施体制などに基づいた対策方針に基づき検討される。

火山砂防事業に関連する基準等として、平成31（2019）年3月に河川砂防技術基準 基本計画編が、令和3（2021）年4月には同施設配置等計画編が改定され、これらを踏まえて令和5（2023）年3月に「火山砂防計画策定指針」³⁾（以下「指針」）および「火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン」⁴⁾（以下「ガイドライン」）が改定された。河川砂防技術基準 基本計画編では火山砂防計画の構成が明記され、噴火対応火山砂防計画における

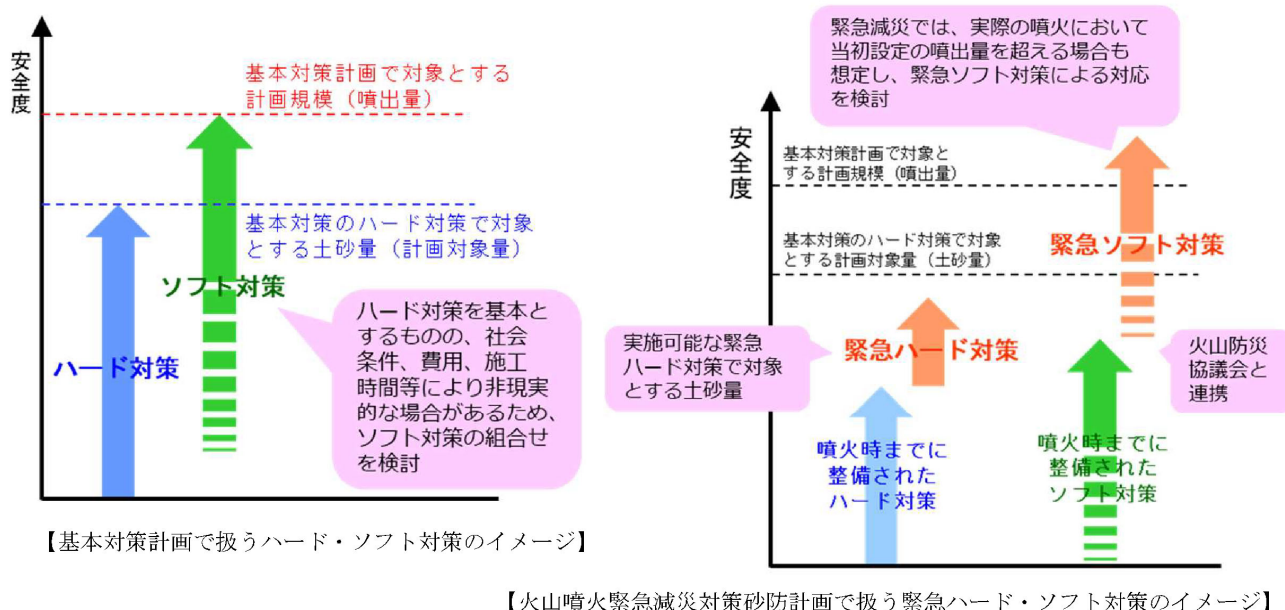


図1 計画規模（噴出量）におけるハード・ソフト対策のイメージ
（「火山砂防計画策定指針」（令和5（2023）年3月）より引用）

「基本対策」が「基本対策計画」、「緊急対策」が「火山噴火緊急減災対策計画」と明記され、計画の構成が定義された。指針には、基本対策計画と火山噴火緊急減災対策計画における計画規模（噴出量）のハード・ソフト対策のイメージ（図1）が示され、両計画の計画規模の関係性ととも、ハード対策の考え方が明確となった。

(2) ハード対策の限界

図1に示した通り、噴火対応火山砂防計画は、当該火山で発生する可能性が高い規模の噴火を考慮して計画的に施設等を整備する基本対策計画と、基本対策計画に基づく施設が整備途上の場合や突発的で規模の大きい火山噴火の場合でも迅速かつ効果的に対処するために、緊急的な砂防施設等を整備する火山噴火緊急減災対策砂防計画からなる。ここで、河川砂防技術基準や指針、ガイドラインでは、計画の対象現象を降灰後の土石流、火山泥流（融雪型を含む）、溶岩流、火砕流等としている。これらの計画では、ハード対策によってすべての土砂移動を抑制、制御することは社会条件、自然条件、地形的制約、費用（経済合理性）、施工期間等の観点から非現実的な場合がある、すなわちハード対策には限界があることが前提条件となっている。以下に、多角的な視点から想定されるハード対策の限界について示す。

①量的な限界

- ・一般的に溶岩流や火砕流の噴出量は多く、結果的に地形を変化させるだけの桁違いに大規模な土砂移動現象となり、火山周辺一帯に壊滅的な被害を生じさせる
- ・浅間山の天明噴火に伴う火山泥流や十勝岳の大正噴火に伴う火山泥流など、降雨に起因して発生する土石流等よりもはるかに規模（ピーク流量、流出土砂量）が大きい（河道閉塞の決壊に伴う大規模な土石流についても同様）

②時間的な限界

- ・噴出量や流出土砂量が多いため、計画対象量に対する砂防施設等の規模は大きくなり、それを整備するまでに長い期間を要する
- ・一般的に火砕流は噴火とほぼ同時に発生するため、緊急ハード対策を実施する時間的余裕がほとんどない（溶岩ドーム崩壊型火砕流は、溶岩ドームが崩壊するまでの時間はある）
- ・火砕流に起因する融雪型火山泥流は、緊急ハード対策を実施する時間的余裕がほとんどない場合がある
- ・噴火終息から降灰後の土石流の発生が想定される出水期（梅雨期や台風期）までの時間が短い場合がある
- ・地震や豪雨に伴う深層崩壊によって生じる河道閉塞の越流侵食・決壊までの時間が短い場合がある
- ・ハード対策に必要な資機材（コンクリートブロック、大型土のう等）や重機等を調達するのに時間を要する

③空間的な限界

- ・噴火口と保全対象の位置が近接する場合は、ハード対策を実施する空間が確保できない
- ・地形が急峻（河床勾配が急、V字谷など）な場合も同

様に、ハード対策を整備する空間が確保できない上、ハード対策の実施箇所にアクセスすることも困難

④その他の物理的な限界

- ・高温で噴出量・流量が膨大な溶岩流と、高温の火砕物とガスの混合物が高速で流下する火砕流に対して、構造的に有効かつ効果的なハード対策がない
- ・噴火口の位置、土砂移動現象の規模や流下方向を事前に予測することは困難（地震や豪雨に伴う深層崩壊・河道閉塞の決壊に伴う大規模な土石流も同様）
- ・ハード対策に必要な資機材や重機等を対策実施地域までに輸送するための手段（道路、空輸、海上輸送等）がない場合がある

3. ハード対策の限界を踏まえた対策のあり方

このような火山砂防におけるハード対策の限界を踏まえ、指針およびガイドラインでは、以下のような方針に基づき各計画を検討することとしている。

- ・ハード対策を基本とするものの、通常対応火山砂防計画の効果発現を考慮した上で、ソフト対策の組合せにより被害をできる限り軽減（減災）する
- ・基本対策計画では、噴火規模（噴出量）、発生する現象の特性、被害発生までの時間などの条件を踏まえ、ハード対策で対応可能な現象・規模とし、計画規模（噴出量）と必ず一致させる必要はない
- ・ハード対策の整備にあたっては、施設効果を着実かつ有効的なものとするために、想定被害や事業効果等により優先度を考慮し、段階的整備の考え方を導入する
- ・緊急ハード対策による減災効果が全く期待できないなどの場合は、対象規模または対策を検討する土砂移動シナリオのケースを変更する
- ・緊急ハード対策で対象とする土砂量（計画対象量）以上の土石流や、土石流が繰り返し発生し除石が間に合わない場合などは、下流の施設で許容できる以上の流出を容認せざるを得ないという考えもある

火山砂防におけるハード対策の限界を踏まえたハード対策のポイントは、1) ハード対策とソフト対策の組合せ、2) 現実的にハード対策で対応可能な現象・規模（土砂量）や土砂移動シナリオの設定、3) 整備優先度・段階的整備が可能な構造、4) 下流のリスクの許容となっている。これらのハード対策の考え方は、地震や豪雨に伴う深層崩壊・河道閉塞に対しても同様と考えられる。

なお、ハード対策の実施に際しては、ハード対策の限界に加えて、制約条件となる費用、用地、土地利用、自然環境、地域住民の意向についても留意する必要がある。

参考文献

- 1) 建設省河川局砂防部：火山砂防計画策定指針（案），pp.37, 1992.
- 2) 国土交通省砂防部：火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン：pp.42, 2007.
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部：火山砂防計画策定指針，pp.42, 2023.
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部：火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン，pp.57, 2023.