

## 火山活動に伴う現象

山梨県富士山科学研究所 ○吉本 充宏

### 1. はじめに

火山活動に伴って発生する現象は多様であり、噴火時に直接生じるものと、噴出物の堆積後に降雨等を契機として発生する二次的なものとに大別される。「火山防災マップ作成指針」（内閣府ほか、2013）では、火山災害要因として、大きな噴石から岩屑なだれ、地殻変動に至るまで多岐にわたる現象が整理されており（表1）、これらに対応するハザードマップは、避難計画や防災対応の基礎資料として活用されている。

しかし、実際の火山防災計画等においては、噴火様式、地形条件、積雪の有無、土地利用状況が火山ごとに大きく異なるため、一律の対策は困難である。本報告では、火山活動に伴う現象を概観し、とくに土砂災害対策との関係が深い現象の特性と課題を整理する。

表1 火山災害の要因と主な被害や影響（内閣府ほか、2013）

火山災害要因	主な被害・影響
大きな噴石	落下衝撃による破壊、火災、埋没
火砕流 (火砕サージを含む)	破壊、火災、埋没
融雪型火山泥流	破壊、流失、埋没
小さな噴石・火山灰 (降下火砕物)	破壊、交通麻痺、家屋倒壊、埋没
溶岩流	破壊、火災、埋没
泥石流・土石流	破壊、流失、埋没
山体崩壊・岩屑なだれ	破壊、流失、埋没、津波
洪水	流失
地すべり・斜面崩壊	流失、埋没
火山ガス・噴煙	ガス中毒、大気・水域汚染
津波	流失、破壊
空振 (爆発による衝撃波)	窓ガラス等の破壊
地震	山体崩壊、地すべり、施設破壊
地殻変動	断層、隆起、沈降、施設破壊
地熱変動	地下水温変化
地下水・温泉変動	地下水温変化、水量変化

## 2. 火山活動に伴う現象の整理

### 2.1 噴火に直接伴う現象

噴火に直接伴う現象としては、大きな噴石、火砕流・火砕サージ、火山泥流、小さな噴石・火山灰、溶岩流、岩屑なだれ、火山ガス・噴煙、津波、空振などが挙げられる。このうち、火砕流・火砕サージ、火山泥流、小さな噴石・火山灰、溶岩流、岩屑なだれは、直接的な土砂移動現象、あるいはその後の土砂移動の主要な供給源となる現象として重要である。

### 2.2 噴出物の堆積後に生じる現象

噴火後には、降下火砕物や火砕流堆積物が降雨等により再移動し、泥流・土石流、洪水、斜面崩壊等を引き起こす。また、岩屑なだれや溶岩流の堆積は天然ダムを形成し、その後の洪水や新たな土砂移動の誘因となりうる。このような現象は噴火直後だけでなく、その後の降雨イベントや融雪期に繰り返し問題となるため、噴火後も長期的視点で監視・警戒を継続する必要がある。

### 2.3 火山活動の把握に重要な現象

火山活動に伴って、地震、地殻変動、地熱変動、地下水・温泉変動、火山ガスの変化なども認められる。これらは噴火そのものや直接的な土砂移動現象ではないが、火山活動の推移や噴火様式を把握するうえで重要な現象であり、土砂災害対策の前提情報となる。また、地震は地すべりや斜面崩壊の直接の誘因となりうるほか、地殻変動、熱水変質、地下水・温泉変動、火山ガスの作用などは、斜面や地質体を脆弱化させ、その後の地すべりや斜面崩壊の発生条件に関与する可能性がある。したがって、これらの変化を適切に観測し、火山活動の推移と想定される現象の変化を見極めることが重要である。

## 3. 土砂災害対策の観点から重要な現象

### 3.1 火砕流・火砕サージ

火砕流は、噴火により放出された破片状の固体物質と火山ガス等が混合し、地表に沿って高速で流下する現象である。その速度は時速100 kmを超え、温度は数百℃に達することもあり、人的被害の危険性が高い。また、広範囲に未固結の火砕堆積物を残すため、その後の降雨時には侵食・再移動の起点となる。火砕サージは火砕流の一種で、火山ガスを主体とする希薄な流れであり、流動性が高く、高速で流れ、尾根を乗り越えることもある。

火砕流は直接被害をもたらすのみならず、噴火後の土砂移動の供給源を形成するという意味でも、砂防対策上重要な現象である。火砕流にはいくつかの発生様式があり、噴煙柱崩壊型では山体全域に流下する場合がありますが到達範囲が予測しにくい。一方、溶岩ドーム崩壊型や溶岩流先端の崩壊によって発生する場合には、流下方向の予測が比較的行きやすい。

### 3.2 火山泥流・土石流・洪水

火山泥流・土石流は、噴火中に発生するものと、噴火後に発生するものに大別される（Pierson and Major, 2014）。噴火中に発生する火山泥流としては、噴出物によって積雪や氷河が融解して発生する融雪型火山泥流や、火口湖の湖水が噴出するもの、あるいは火口から直接泥流を噴出するものがある。このうち融雪型火山泥流は、積雪期に火口から噴出した高温の噴出物に

より雪が急速に融かされ、その水が土砂を巻き込みながら流下する現象である。融雪型火山泥流は最も速い所では時速 60 km を超え、到達距離が 100 km を超えることがあるとされ（内閣府ほか、2013）、積雪期の噴火時には発生を確認する前の避難が必要であるとしている。

また、阪上・國友（2017）は、国内の事例から、水蒸気噴火に伴う比較的小規模な火砕流や火砕サージでも融雪型火山泥流が発生し、さらにその後の降雨によって二次泥流が発生する危険があることを示している。

噴火後に発生するものとしては、降下火砕物や火砕流堆積物が堆積後の降雨によって再移動して生じる泥流・土石流や、岩屑なだれや溶岩流による天然ダムの形成・決壊に伴う洪水がある。また、火口湖の決壊に伴う洪水も知られている。これらは噴火直後のみならず、その後の降雨イベントごとに繰り返し発生する可能性があり、長期的な流域管理と警戒が必要である。

### 3.3 降下火砕物（火山灰・小さな噴石）

火山灰・小さな噴石は風下側広域に堆積し、交通、生活基盤、農業等に多面的な影響を与える。一般に、堆積厚は火口近傍で厚く、遠方に行くほど薄くなり、粒径も火口近傍では粗く、遠方ほど細くなる。また、その構成物は噴火様式によって異なる。マグマ噴火ではマグマが固結した粒子が主体となるのに対し、マグマ水蒸気噴火や水蒸気噴火では、既存の山体を破壊して噴出するため、熱水変質した岩石片やその細粒物質を多く含むことがあり、きわめて細粒になる場合がある。

このような細粒物質が堆積すると、地表の浸透能を著しく低下させる場合がある。その結果、降雨時には表面流出が増大し、細粒物質の再移動を通じて土石流や洪水を誘発する。また、泥流・土石流は谷地形に沿って長距離を流下するため、下流域の集落やインフラに大きな被害を及ぼしうる。降下火砕物が多量に供給された流域では、噴火直後のみならず、その後の降雨イベントごとに土砂移動が繰り返される可能性がある。

### 3.4 溶岩流

溶岩流は、岩石が溶融した状態で地表を流れる現象である。流下速度は地形、溶岩の温度・組成、噴出率、噴出量などにより異なるが、比較的低速であることが多く、避難可能な場合も多い。一方で、流路上の土地利用に与える影響は大きく、住宅地、農地、道路等に直接被害を与えるだけでなく、河道閉塞や地形改変を通じて二次的な土砂災害の条件を変える。したがって、溶岩流は直接被害をもたらす現象であると同時に、噴火後の流域応答を規定する現象としても重要である。

### 3.5 岩屑なだれ

岩屑なだれは、火山噴火や地震により、山体の斜面あるいは山体の大部分が一挙に崩壊して高速で流下する現象である。土石流と異なり、多量の水を含まない状態で発生・流下するが、下流で河川に流入して土石流化することもある。また、海や湖になだれ込んだ場合には津波を発生させることがある。

岩屑なだれは発生頻度こそ低いものの、極めて大規模な土砂移動現象であり、天然ダム形成や河道閉塞を引き起こし、その後の洪水や新たな土砂移動の要因となる場合がある。そのため、噴火時の直接被害のみならず、長期的な流域変化をも視野に入れて評価すべき現象である。

## 4. 火山ごとの違いと対策上の課題

火山活動に伴う現象のうち、どれが支配的となるかは火山ごとに異なる。さらに、火口と居住地・観光施設との位置関係、積雪の有無、谷地形の発達状況、既存砂防施設の配置などにより、必要な対策は大きく異なる。火山活動に伴う土砂災害対策においては、対象火山で想定すべき現象を整理し、その時間的・空間的スケールを把握し、一次現象から二次現象への移行まで見通した検討が重要である。

## 5. おわりに

火山活動に伴う現象は多様であり、噴火時に直接生じる現象と、噴火後に継続する土砂移動現象の両方を視野に入れて理解する必要がある。とくに砂防分野では、火砕流・火砕サージ、火山泥流、降下火砕物、土石流、溶岩流、岩屑なだれ、洪水などを相互に関連づけて整理することが重要である。本発表では、火山災害要因の整理を踏まえつつ、土砂災害対策との関係が深い現象の特徴と課題を概観し、本セッションにおける各論的議論への導入としたい。

## 参考文献

- 阪上雅之・國友 優：有史以降の水蒸気噴火またはマグマ水蒸気噴火に関連した火山泥流。地質学雑誌, 123, 283–289, 2017
- 内閣府ほか：火山防災マップ作成指針, 2013
- Pierson, T. and J. Major: Hydrogeomorphic effects of explosive volcanic eruptions on drainage basins. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 42, 469–507, 2014