

火山防災に係る調査企画委員会

「降灰対策」に資する施策・研究の方向性について

火山防災に係る調査企画委員会（以下、調査企画委員会）は、防災上の課題解決に活用可能な最新技術やその研究・開発の動向を把握、整理するため、各研究機関、大学の実務者からなる火山防災に係る技術動向検討グループ（以下、技術動向検討グループ）を平成30年8月に設置した。調査企画委員会では、平成30年7月に、防災対策の推進にあたり、行政の施策と研究・技術開発を一体的に推進するために、技術面での調査・検討の促進をはかるべきテーマについて検討し、「降灰対策」等を決定した。技術動向検討グループは平成30年8月から平成31年2月に計4回にわたり降灰対策に資する研究充実について検討した。調査企画委員会では、技術動向検討グループの取りまとめをふまえ、「降灰対策」に資する施策・研究の方向性について、とりまとめた。

1. 「降灰対策」に資する施策の現状と研究への期待

○降灰予報等

・現状

気象庁は、「定時」、「速報」、「詳細」の3種類の降灰予報により、降灰量を多量（1mm以上）、やや多量（0.1mm以上、1mm未満）、少量（0.1mm未満）の3つの階級に区分して発表している。定期的に発表する「定時」では予め一定の値を仮定した噴煙高度や噴火継続時間を、噴火発生直後に発表する「速報」及び「詳細」では主に監視カメラを用いた噴煙高度の観測値を、それぞれ基にして作成した供給源モデルを初期条件として移流拡散モデルにより各地点での降灰量及び最大粒径をシミュレーションし、降灰・降礫の範囲、降灰量及びそれらの降る時間を予測している。このほか、航空関係機関等に向けて、主に気象衛星の画像監視を活用した上空に浮遊する火山灰の広がる範囲の予測を航空路火山灰情報として提供している。

降灰実況については、必要に応じて職員による現地調査や聞き取り調査を実施し、解説資料等で公表している。また、火山活動評価に資する火山灰構成物の分析のため、気象庁が採取した火山灰サンプルは即時的に産業技術総合研究所へ提供され、分析結果を共有する取組も行われている。

・研究への期待

現状の降灰予報では、主として監視カメラによる噴煙高度の観測値を基に予測を行って

おり、課題として「曇天・雨天時や大規模噴火時における噴煙高度や全粒径分布の即時把握」、「降灰範囲と降灰量、降灰時間、粒径分布等の即時解析」、「降灰予報の系統的な検証のための観測データの蓄積」がある。これらを解決するためには、「リモートセンシング（気象レーダー等）による定量的観測技術の開発」、「火口周辺から広域まで高頻度でかつ少量の降灰でも自動観測が可能な技術の開発」等が必要となる。

なお、現在運用中の降灰予報には噴火活動推移まで含まれておらず、さらなる高度化を目指すための長期的課題として、噴出率等の噴火パラメータ推定手法の開発及びそれに関連する噴煙柱生成過程を含む噴煙現象のメカニズム解明も重要なテーマである。

○降灰後の土砂災害対策

・現状

国土交通省では、土砂災害防止法に基づく緊急調査として、ヘリコプターによる上空からの調査等をもとに、1cm以上の降灰厚が予想される地域において、降灰量等の調査を実施している。調査結果をもとに、土石流の氾濫予測シミュレーションを行い、避難のための参考となる情報として、被害が想定される区域及び被害が想定される時期に関する情報（土砂災害緊急情報）を関係自治体に通知している。

・研究への期待

降灰による土砂災害から被害を軽減するためには、より精度高く迅速に土砂災害緊急情報を通知する必要がある。このため、迅速な降灰情報の把握、土石流の氾濫シミュレーションの実施のための技術開発等が期待される。また、避難判断に繋がる適切な雨量基準設定のため、降灰の物性を踏まえた浸透能と土石流発生との関係の研究推進等が期待される。

○大規模噴火時の広域降灰への応急対策

・現状

大規模噴火時には山麓のみならず、遠隔地域においても火山灰の影響が生じ、特に都市機能の集積した首都圏等を含む地域に火山灰が堆積すると、交通をはじめ、社会経済活動に大きな影響が生じることが懸念される。このことから中央防災会議防災対策実行会議の「大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ」において、大規模噴火時の被害の様相及び除灰等の応急対策の基本的な考え方について検討を進めている。

・研究への期待

基本的な考え方を踏まえた除灰等の応急対策には、除灰が必要な降灰量の推定や、影響が生じる条件の把握が重要である。その際、噴火の推移に伴い、降灰量の時間変化等の要素も

考慮することが重要である。

降灰の実況解析情報や降灰予報の精度向上、降灰による社会的影響の調査の進展が、除灰等の対策の効率的な実施につながることを期待される。また、噴火の規模予測や噴火推移の予測は、数日先を見据えた対策を考慮する上で、重要な要素である。

2. 「降灰対策」に資する施策の技術的課題と解決方策の検討

技術動向検討グループにおいては、気象庁における降灰予報等の高度化、国土交通省における降灰後の土砂災害対策の高度化に資する研究の充実について主に検討を実施した。具体的には、それぞれの高度化にあたっての技術的課題を抽出・整理し、解決に必要な時間スケールに応じた研究・技術開発のアプローチと達成を目指すべき研究目標を検討した。

○技術動向検討グループが検討した技術的課題と解決方策の検討

降灰対策における技術的課題

降灰予報の高度化においては噴煙状態の把握や噴火現象の予測等に関する技術的課題が、降灰後の土砂災害対策の高度化においてはハザード・リスクの把握等に関する技術的課題が見いだされた。また、双方の高度化における共通の技術的課題として、降灰状況の把握に関して「降灰予報に対する自動観測（降灰量・時刻・粒径分布等）の不足」や「降灰の物性（浸透能）等の把握」など、コストの問題や技術的困難性から技術が確立していない、調査に専門的知見が必要であるといった理由から個々の機関では解決が難しい技術的課題が見いだされた。

降灰対策に資する研究充実の方向性

降灰対策における技術的課題を①各機関が行っている当面の取り組みで比較的短期に解決できる課題、②関係機関が連携を図り中期的に解決を目指す課題、③各機関の連携により基礎的な研究を含めて長期の取り組みが不可欠な課題に整理し、課題解決を推進・加速する有効な研究・技術開発のアプローチと目指すべき研究目標を別紙表にとりまとめた。課題解決に向けて、関係機関の連携が特に重要な技術的課題とアプローチを以下に述べる。

共通の課題である降灰状況等の把握については、解決することで降灰対策の大きな進展が期待できるが、個々の機関による既存アプローチでは解決は難しい。現地調査における連携・データ共有や降灰等のデータベースの整備、汎用機器による降灰観測技術の開発など関係機関が連携を図って取り組む新たなアプローチが課題解決に有効であると考えられる。また、リモートセンシングや自動観測機器による降灰観測・推定技術等の開発も連携を図って進めていくことが重要である。

降灰対策の高度化のためには降灰推移や総量の予測等が重要だが、その実現には、噴火規

模や噴火継続期間を含む噴火推移を支配する噴火現象のプロセスやメカニズムに関する基礎的な理解の進展が必要で、基礎研究分野の貢献が不可欠である。火山灰等の噴出物のデータを充実させ、噴出物の分析に基づく噴火プロセスの推定や過去の噴火推移の復元などの基礎研究の進展を図るとともに、さらに、その研究成果を、噴火現象の推移予測等の具体的な技術的課題の解決に結びつける一体的な取り組みを、関係機関が連携して中長期的に推進することが重要である。降灰対策に資する研究・技術開発については、技術的課題を既存及び新たなアプローチによって解決し、具体的に下記の研究目標の達成を目指していくべきである。

【現在の取組みの延長で比較的短期（5年程度）の達成が見込まれる目標】

- ・曇天時等における降灰予報
- ・降灰後の土石流のより高精度な氾濫予測

【中期的（10年程度）に達成を目指す目標】

- ・連続的噴火も含め全天候下でのより即時かつ精度の高い降灰予報・降灰の実況解析情報の提供
- ・土石流などの降灰によるハザード・リスクを安全に調査し、広域降灰時も含めて迅速に予測し、国・自治体等に情報提供

【最終的に達成を目指す目標】

- ・噴火現象の推移に応じた全噴火期間における降灰予報

3. 「降灰対策」に資する今後実施すべき施策・研究の方向性

降灰対策に資する施策等の実施に向けて、技術的課題を解決するための研究等の取組を推進することが重要である。気象庁は正確かつ迅速な情報提供により降灰の被害軽減を図るために、降灰予報等の高度化の取組を推進する。そのため気象研究所や大学等は連続的噴火も含め全天候下でのより即時かつ精度の高い降灰予報や降灰状況の実況解析に資する研究を推進することが必要である。国土交通省砂防部は、土砂災害防止法に基づく緊急情報として、降灰後の土石流により被害が想定される区域及び時期に関する情報を迅速に通知するための取組を推進する。そのため土木研究所や大学等は降灰後の土石流の氾濫予測等の迅速な実施や、火山灰特性と土石流発生との関係性等について研究を推進することが必要である。また、大規模降灰時の広域降灰への除灰等の応急対策には、除灰が必要な降灰量の推定や影響が生じる条件の把握が重要である。降灰の実況解析情報や降灰推移予測、降灰による社会的影響の調査の進展は、除灰等の効率的な実施に重要である。降灰推移予測には長期的な研究開発が必要である。また、降灰状況等の把握は、高精度の降灰予報や降灰後の

土石流対策や降灰推移予測の研究開発に共通して必要であり、関係機関が連携して、技術的課題の解決に取り組むことが重要である。また、噴火発生後の降灰の推移予測には、噴火前後の各種観測量の解析や噴火後の噴出物調査、分析による噴火推移予測研究の推進も必要である。降灰の安全な調査には UAV や火山灰を採取の作業を行う機械による観測技術の開発も重要である。

今後、関係機関は、文部科学省の次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトや内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 等で実施している研究とも連携を図りながら、課題解決のための研究を推進するとともに、個々の機関では対応が難しい課題について、例えば産業技術総合研究所と土木研究所は連携して、降灰後の土砂災害の危険度評価に資する浸透能等の火山灰の物性把握について研究を進める等、関係機関が連携して取り組むことが重要である。特に降灰の現地調査の連携・データ共有の仕組みの検討に速やかに着手する必要がある

なお、「降灰対策」に資する施策等の技術的課題とその解決方策については、必要に応じ、さらなる検討を行っていく必要がある。

4. 「降灰対策」に資する施策・研究の充実のために、速やかに検討すべき事項

○降灰の現地調査の連携・データ共有

・現状

火山噴火に伴う降灰に関するデータの取得については、気象庁、国土交通省、気象研究所、土木研究所、産業技術総合研究所、防災科学技術研究所、大学等の個々の機関がそれぞれの目的に応じて実施しており、降灰の現地調査の連携や調査結果を共有する仕組みがない。降灰の現地調査結果は、気象庁が降灰状況についての解説情報や解説資料の公表や総噴出量や噴火様式についての推定結果を火山活動評価へ活用、国土交通省は土石流による被害が及ぶおそれがある土地の区域・時期を想定し、土砂災害緊急情報を発表する等、防災対応に活用されている。また気象研究所は運用している降灰予報の検証や気象レーダーによる降灰量推定や火山灰データ同化技術の研究開発、土木研究所は土石流氾濫シミュレーションの精度向上や降灰による土石流の発生メカニズムの研究、産業技術総合研究所は火山灰の構成物の分析による噴火様式の推定や、降灰量から噴出量を推定し、推定結果を火山噴火予知連絡会で共有することで気象庁の火山活動評価に貢献、防災科学技術研究所は堆積物の調査結果から火山灰噴出量の推定や火山灰構成物の自動観測装置の開発、火山噴火発生時のクライシスレスポンスサイトでの情報提供を行っている。さらに、大学は文部科学省の次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトにおいて、桜島で降灰量の自動測定の実用性を検証する研究を進めているほか、火山灰の特徴、成分等の推定から火山噴火予測の研究を推進し、その推定結果に基づいた火山活動評価に資する情報を火山噴火予知連絡会で共有する

など、活用方法や活用主体は多様である。

・今後の取組

降灰対策やそれに資する研究・技術開発にあたっては、基礎データとして降灰観測データが重要な役割を果たすことから、データ共有等を推進することが重要である。

降灰観測の主な手法である現地調査は、これまで個々の機関がそれぞれの目的に応じて実施してきた。現地調査による降灰分布状況の把握には多数の点での調査が必要であり、特に降灰範囲が広範にわたる場合には、相当の調査期間、労力を要する。各機関の強み（物質科学の知見を生かした分析、豊富な人員体制など）を活かし連携した調査・データ共有により観測データの効率的・効果的な取得が可能になれば、観測データの防災対策へのさらなる活用や各種研究・技術開発の促進が期待される。

このことから、関係機関による現地調査の連携・データ共有の仕組みを検討することが必要である。関係機関が実施する降灰調査の連携・データ共有の仕組みの検討は、調査企画委員会のもとに、大学等の有識者、行政機関として内閣府、気象庁、砂防部、国の研究機関等として気象研究所、土木研究所、産業技術総合研究所、防災科学研究所による検討体制を構築し、現地調査の連携に関する事項として共通調査項目、協力体制、データ共有に関する事項として共通フォーマット、共有する手法、共有するデータの取り扱い等について、検討を進める。

「降灰対策」における技術的課題及び解決のアプローチ等について（技術動向検討グループ）

研究目標	技術的課題	課題解決を推進・加速する有効なアプローチ
<p><現在の取り組みの延長で比較的短期(5年程度)の達成が見込まれる目標></p> <p>【降灰予報等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・曇天時等での降灰予報 <p>【土砂災害対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降灰後の土石流のより高度な氾濫予測計算 	<p><比較的短期で解決が期待できる課題></p> <p>【噴煙拡大状況等の把握(降灰予報等の課題)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・曇天時等の噴煙高・噴火継続時間の把握 <p>【土石流等のリスクの評価(土砂災害対策の課題)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降灰後の氾濫予測プログラムの計算時間の短縮 <p>【降灰状況等の把握(共通の課題)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降灰の物性(浸透能等)や粒径等の把握 ・シミュレーション精度向上に有効な解像度での観測データの取得 ・現在マンパワーで実施している現地調査の範囲やデータ密度を拡大 	<p>課題解決を推進・加速する有効なアプローチ</p> <p>新たなアプローチの提案：●</p> <p>【噴煙状態等の観測・推定技術の開発】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・震動データ等に基づく噴出率推定 ・気象レーダーによる噴煙観測技術の開発 <p>【氾濫計算プログラムの高速化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・氾濫計算プログラムのアルゴリズムの効率化(計算範囲の絞り込み等)と並列処理の実装 <p>【現状の観測技術・観測リソースの応用等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 現地調査における機関間での連携・データ共有 ・リモートセンシング技術の活用 ・アプリを使用した地元住民等の写真アップロードによる観測データの補完
<p><中期的(10年程度)に達成を目指す目標></p> <p>【降灰予報等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・連続的噴火も含め全天候下でのより即時的かつ精度の高い降灰予報(速報・詳細の一本化) ・降灰状況の実況解析情報の提供 <p>【土砂災害対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・土石流などの降灰によるハザード・リスクを安全に調査し、広域降灰時も含めて迅速に予測し、国・自治体等に情報提供 	<p><中期的な取り組みが必要な課題></p> <p>【噴煙状態等の把握(降灰予報等の課題)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・噴火時の噴出率・粒子供給率の即時的な把握 ・供給源の即時的な解析が必要 <p>【噴火現象の予測(降灰予報等の課題)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・噴火現象の推移の予測 <p>【土石流等のリスクの評価(土砂災害対策の課題)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・土石流等の降灰によるハザード・リスクの迅速な定量的評価技術が必要 <p>【土石流等の基礎的な理解(土砂災害対策の課題)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・土石流等の基礎データが必要 <p>【降灰状況等の把握(共通の課題)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降灰予報に対する(自動的)観測(降灰量・時刻・粒径分布等)が不足 ・降灰分布の安全かつ迅速な把握が必要 ・実況解析のための観測データや解析技術が必要 ・多様な降灰現象の規模に対応したセンサー・観測技術が必要 ・低頻度現象であることを踏まえた観測機器のコスト 	<p>【噴煙状態等の観測・推定技術の開発・改良】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・震動データ等に基づく噴出率推定 ・気象レーダーによる噴煙観測技術の改良 ・火山灰データ同一化による供給源解析技術の開発 <p>【過去の噴火現象の調査】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地質学的手法等による噴火履歴調査や噴火推移の復元 <p>【噴火プロセスの推定】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火山灰の分析による噴火プロセスの推定 <p>【土石流発生リスク評価方法の開発】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降灰厚分布の観測等に基づく土石流発生リスク評価方法の開発 <p>【土石流等の連続観測】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・桜島有村川での土石流等の連続観測の実施 <p>【火山灰等の観測データの蓄積】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 物性(浸透能等)や粒径等も含めた降灰や火山灰土壌のデータベースの整備 <p>【降灰観測・推定技術の開発】</p> <p>(自動計測機器による)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 汎用機器(監視カメラ、花粉センサー等)による観測技術の開発 <p>(リモートセンシングによる)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・衛星データを使った降灰厚分布の推定 ・気象レーダー観測データを用いた降灰分布の推定 ・航空レーザ測量等による降灰分布の推定 ・UAV(ドローン)による観測技術の開発 ・航空機SARや地上SARによる降灰分布の推定 <p>【降灰による社会的影響の調査】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施設等への影響に関する調査研究
<p><最終的に達成を目指す目標></p> <p>【降灰予報等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・噴火現象の推移に応じた全噴火期間の降灰予報(定時・速報・詳細の一本化) 	<p>【社会的影響の把握(その他の課題)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降灰が社会に与える影響の把握が必要 <p><長期的な取り組みが必要な課題></p> <p>【噴火現象の予測(降灰予報等の課題)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・噴火ポテンシャルの方法の確立 	<p>【火山現象の統合的なモデリング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大気-火山結合モデル(原研)の開発 ・山体収縮量・地震動・火山灰の特性の間の関係の定量化

火山防災に係る調査企画委員会 委員

座長	森田 裕一	東京大学地震研究所教授	
学識委員	青山 裕	北海道大学大学院理学研究院附属 地震火山研究観測センター 准教授	
	伊藤 順一	産業技術総合研究所地質調査総合センター 活断層・火山研究部門 副研究部門長	
	大野 宏之	一般社団法人全国治水砂防協会技術顧問	
	関谷 直也	東京大学大学院情報学環 総合防災情報研究センター 特任准教授	
	西出 則武	東北大学大学院理学研究科 特任教授	
	西村 太志	東北大学大学院理学研究科 教授	
	前野 深	東京大学地震研究所 准教授	
	行政委員	田辺 康彦※1	川崎 穂高※2
竹内 英※1		工藤 雄之※2	文部科学省研究開発局 地震・防災研究課長
今井 一之			国土交通省水管理・国土保全局砂防部砂防計画課長
野村 竜一			気象庁地震火山部 管理課長
廣瀬 昌由※1		林 正道※2	内閣府政策統括官（防災担当）付 参事官（調査・企画担当）

※1：平成30年7月5日（第1回）

※2：平成31年3月26日（第2回）

火山防災に係る技術動向検討グループ 委員

青山 裕	北海道大学大学院理学研究院 准教授
神田 径	東京工業大学理学院 准教授
角野 浩史	東京大学大学院総合文化研究科 准教授
山本 希	東北大学 大学院理学研究科 准教授
前野 深	東京大学地震研究所 准教授
新堀 敏基	気象庁気象研究所 火山研究部第2研究室 主任研究官
矢来 博司	国土地理院 地理地殻活動研究センター 地殻変動研究室 室長
下司 信夫	国立研究開発法人産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門 大規模噴火研究グループ グループ長
水野 正樹	国立研究開発法人土木研究所 土砂管理研究グループ 上席研究員
上田 英樹	国立研究開発法人防災科学技術研究所 地震津波火山ネットワークセンター火山観測管理室長