

**「降灰対策」に資する施策・研究の方向性について
参考資料（案）
（火山防災に係る調査企画委員会）**

1. 降灰対策に資する施策の現状と研究への期待

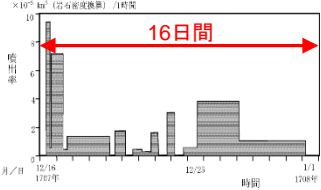
- ・降灰対策に資する施策として、気象庁が降灰による被害の予防や軽減のための降灰予報等の発表、国土交通省砂防部が降灰後の土石流から人命を守る対策、内閣府が大規模降灰により大きな影響が懸念される社会経済活動の被害軽減のための検討を実施。
- ・大規模噴火時の広域降灰にも対応した降灰の実況情報や予測情報を正確かつ迅速に情報発表することや、土砂災害防止法に基づく緊急調査を踏まえた土砂災害警戒情報を精度高く迅速に自治体に通知することが重要。
- ・研究への期待は、曇天・雨天時や大規模噴火時にも噴煙高や粒径分布を迅速かつ高精度に把握が可能な気象レーダー等による噴煙の観測技術の開発、降灰範囲と降灰量等を即時に見積もる技術開発、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、適切な雨量基準の設定に資する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、降灰推移の予測に結び付く噴火推移予測などである。これらに共通して必要な情報は降灰量分布、火山灰物性等で、現地調査のより迅速な実施やデータ共有が望まれる。

中央防災会議の「大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ」における検討



宝永噴火の降灰分布

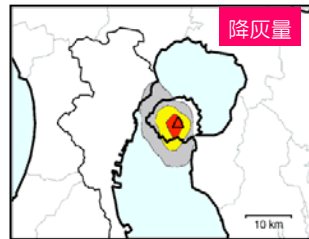
大規模噴火時には山麓のみならず、遠隔地域においても火山灰が堆積し、国民生活、社会経済活動に大きな混乱が生じることが懸念されていることから、都市機能が集積した首都圏等を含む広域な地域における、大規模噴火時の応急対策の在り方等を検討



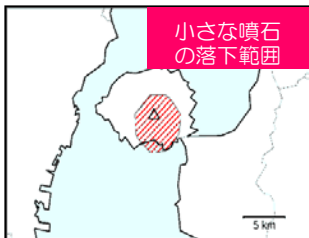
宝永噴火の噴出率の推移
(宮地・小山,2002)

実際の対応にあたっては、大規模噴火時の広域降灰にも対応した降灰の実況情報や予測情報等が重要

気象業務法に基づく降灰予報



降灰量



小さな噴火の落下範囲

【降灰予報の精度向上に関する気象庁の火山研究への期待】

- ✓ 気象レーダー等により、噴煙高や粒径分布を迅速かつ高精度に把握する技術開発
- ✓ 降灰範囲と降灰量を即時に見積もる技術の開発
- ✓ 噴出レートの見積もり等、噴煙柱のパラメータ設定に必要な技術開発

「定時」「速報」「詳細」の3種類の降灰予報を、3つの階級に区分し、発表多量(1mm以上) やや多量(0.1mm以上、1mm未満) 少量(0.1mm未満) 「詳細」は6時間先までの予測情報を発表 「速報」は監視カメラによる噴煙高の観測結果をもとに、事前計算された降灰予報結果から適切なものを抽出 「詳細」は噴煙高や噴火継続時間等の観測結果や気象データ等をもとに計算

土砂法に基づく緊急調査等



有効な情報



降灰範囲や降灰厚

火山灰の物性

土砂災害緊急情報を都道府県知事及び市町村長に通知

住民の警戒避難に活用

緊急調査等の主な進め方

降灰後、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を想定

現地降灰調査(降灰量、物性(浸透能等))を実施

土石流の氾濫シミュレーションを実施し、土砂災害緊急情報を関係自治体に通知

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

降灰対策における技術的課題（技術動向検討グループ）

- ・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する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）が不足
 - 降灰の物性（浸透能等）の把握が必要など、コストの問題や技術的困難から現状では技術が確立していない、調査に専門的知見が必要といった理由から個々の機関による既存のアプローチでは解決が難しい技術的課題が見いだされた。

降灰予報等の高度化に係る課題

噴火時の噴煙状態等の把握

曇天時の噴煙高等の把握、噴出率等の即時的な把握 など

降灰予報等の高度化 及び

降灰後の土砂災害対策の高度化に係る共通の課題

降灰状況等の把握

現地調査の範囲やデータ密度の拡大、降灰の物性（浸透能等）の把握、降灰分布の安全かつ迅速な把握、予報に対する降灰自動観測（降灰量・時刻・粒径分布等）が不足、低頻度現象であることを踏まえた観測機器のコスト など

降灰予報等の高度化に係る課題

噴火現象の予測

噴火ポテンシャルの推定方法の確立、噴火の推移の予測

降灰後の土砂災害対策の高度化に係る課題

土石流等のハザード・リスクの把握、基礎的な理解

氾濫計算時間の短縮、ハザード・リスクの定量的評価技術が必要、基礎データが必要 など

降灰が社会に与える影響の把握が必要

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

降灰対策に資する研究充実の方向性（技術動向検討グループ）

- ・技術的課題とその解決に有効なアプローチ、目指すべき研究目標を3段階の時間スケールでとりまとめた。
- ・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は次の通り。
 - －共通の課題である降灰状況等の把握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が難しい。現地調査における連携・データ共有や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有効。また、リモートセンシング等による降灰観測・推定技術の開発についても各機関が連携を図って進めていくことが重要。
 - －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で基礎研究分野の貢献が不可欠。噴出物の分析による噴火プロセスの推定などの基礎研究の進展と、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中長期的に推進することが重要。
- ・具体的な研究目標として、噴火現象の推移に応じた全噴火期間の降灰予報や、降灰の実況解析情報の提供、広域降灰時も含めた土石流等のハザード・リスクの迅速かつ高精度な予測情報の提供などを目指していくべきである。

研究目標

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研究目標

- ・曇天時等における降灰予報
- ・降灰後の土石流のより高度な氾濫予測

中期的(10年程度)に達成を目指す研究目標

- ・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
- ・降灰の実況解析情報の提供
- ・土石流等のハザード・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

最終的な研究目標

- ・噴火現象の推移に応じた全噴火期間の降灰予報

技術的課題

※赤字は解決に向けて関係機関の連携が特に重要な課題

比較的短期の取り組みで解決が期待できる課題

- ・曇天時の噴煙高等の把握
- ・降灰後の氾濫計算プログラムの計算時間の短縮
- ・降灰の物性(浸透能等)の把握 など

中期的な取り組みが必要な課題

- ・噴火時の噴出率、粒子供給率の即時的な把握
- ・土石流等の降灰によるハザード・リスクの迅速かつ高精度な評価技術が必要
- ・噴火現象の推移の予測
- ・降灰予報に対する自動観測が不足
- ・降灰分布の安全かつ迅速な把握が必要 など

長期的な取り組みが必要な課題

- ・噴火ポテンシャルの推定方法の確立

課題解決を推進・加速する有効なアプローチ

※赤字は関係機関の連携が特に重要なアプローチ

気象レーダーによる噴煙観測技術の開発・改良

氾濫計算プログラムの効率化・並列処理

現地調査における機関間での連携・データ共有

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

物性等も含めた降灰等のデータベースの整備

火山灰の分析による噴火プロセスの推定

汎用機器(監視カメラ等)による降灰観測技術の開発

リモートセンシングや自動観測機器による降灰観測・推定技術の開発

山体収縮量・地震動・火山灰の特徴の関係の定量化

短期・中期・長期的課題の切り分け

技術的課題の抽出

解決のためのアプローチの提案

「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"> 降灰後の氾濫計算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 style="text-align: right;">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(自動の)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>【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>【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"> 降灰自動観測装置の開発 ●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 航空レーザー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><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(仮称)の開発 山体収縮量・地震動・火山灰の特徴の関係の定量化

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。
- 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的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。
- 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。
- 大規模噴火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り、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が、除灰等の効率的な実施に重要。
降灰推移予測には長期的な研究開発が必要。また、降灰状況等の把握は、高精度の降灰予報、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。
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。

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（技術動向検討グループからの提案）

- ・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、観測技術等の開発やデータ共有を推進することが重要。
- ・現状、降灰観測の主な手法である現地調査は、個々の機関がそれぞれの目的に応じて実施。
- ・現地調査による降灰分布状況等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（物質科学の知見を活かした分析、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。



現地調査の連携・データ共有するための仕組みの検討



観測地点概要			
採取位置番号	P-NO.2	観測日	平成24年1月28日
緯度・経度	31.45514 131.05204	標高 (m)	330.0
採取時刻	15:30	単位面積 (kg/m ²)	0.480
厚さ (mm)	9	換算堆積厚さ (mm)	0.72
備考	ラップシート敷		

霧島火山（新燃岳）降灰量調査総括表										
調査班名	調査日	通し番号	採取位置		採取時刻	降灰量調査結果				備考
			番号	緯度・経度		厚さ (スケールアップ・mm)	重量 (g)	単位面積 (kg/m ²)	換算堆積厚さ (mm)	
A	H23.1.28	1	NO. 1	31-53-37.0 130-49-52.4	10:12	-	0.0	0.000	0.00	降灰無し
A	H23.1.28	2	NO. 2	31-52-10.0 130-50-35.8	10:33	計測不可	6.7	0.107	0.09	うっすらと堆積
A	H23.1.28	3	NO. 3	31-51-32.4 130-51-57.0	10:48	1.0	22.5	0.360	0.29	少々堆積
A	H23.1.28	4	NO. 4	31-50-31.0 130-51-06.0	11:03	0.5	7.9	0.126	0.10	うっすらと堆積
A	H23.1.28	5	NO. 5	31-49-33.9 130-50-17.5	11:20	計測不可	1.9	0.030	0.02	うっすらと堆積
A	H23.1.28	6	NO. 6	31-51-21.2 130-49-53.2	11:41	計測不可	1.9	0.030	0.02	うっすらと堆積
A	H23.1.28	7	NO. 7	31-52-13.0 130-48-57.0	11:51	-	0.0	0.000	0.00	降灰無し

降灰調査の事例(九州地方整備局 H23.1.28)

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 降灰の現地調査の目的について

- ・個々の機関はそれぞれの目的に応じて、降灰の現地調査を実施。
- ・個々の機関が実施している降灰の現地調査について、調査の連携や調査結果を共有する仕組みがない。
- ・降灰の現地調査の連携により、各機関は必要なデータを効率的・効果的に入手できる可能性がある。
- ・各機関の降灰の現地調査のデータは、他機関においても活用の可能性がある。

機関名	降灰の現地調査データの主な用途・目的
気象庁	降灰状況についての解説情報や解説資料の公表 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の活用
国土交通省	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
気象研究所	運用している降灰予報の検証 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	土石流氾濫シミュレーションの精度向上 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	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 推定結果を火山噴火予知連絡会で共有し、気象庁の火山活動評価に貢献
防災科学技術研究所	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
大学	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 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

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・データ共有の検討の進め方

- ・調査企画員会に関係機関の実務者による検討チームを設置。
- ・個別ヒアリングや会合等により、防災対応に資するよう、降灰の現地調査の連携・データ共有の仕組みを検討。
- ・概ね1年で、検討結果をとりまとめ、調査企画委員会に報告。

検討チーム（案）

【学識者】

- ・嶋野 岳人 常葉大学大学院環境防災研究科 教授
- ・前野 深 東京大学地震研究所 准教授
- ・水野 秀明 九州大学大学院農学研究院 准教授
- ・宮縁 育夫 熊本大学大学院先端科学研究部 准教授

【行政機関】

- ・内閣府 防災担当
- ・水管理・国土保全局砂防部 副主査担当機関
- ・気象庁 副主査担当機関

【国の研究機関等】

- ・気象庁気象研究所
- ・産業技術総合研究所 主査担当機関
- ・土木研究所
- ・防災科学技術研究所

検討内容（案）

- 現地調査の連携に関する事項
共通調査項目
協力体制
- データ共有に関する事項
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