

物質科学分析体制のあり方
～世界屈指の火山物質科学分析の中核拠点を目指して～
報告書骨子（案）

1. はじめに

- 我が国は 111 の活火山を抱えており、ここ 30 年での火山噴火事象でも、人的被害や経済的な被害が発生
 - ・ 雲仙普賢岳 1990-1995 噴火では、犠牲者 41 名、行方不明 3 名、負傷者 12 名の人的被害と、2511 件の建物被害が生じ、被害総額は 2300 億円
 - ・ 御嶽山 2014 年噴火では、死者 58 名、行方不明者 5 名、負傷者 61 名の人的被害
- 他方、火山に関する基礎研究は進み、V-net など観測網の整備も開始。政府の調査観測の司令塔である火山調査研究推進本部も、昨年度から設置
- 火山災害から国民生活を守る調査研究を一層進めていくべき
- 「総合基本施策-中間取りまとめ」（令和 7 年 3 月 2 8 日火山本部決定）で、物質科学分析体制の構築とその中核拠点の整備・運用が位置付け
- 調査観測計画検討分科会において、それらの在り方を詳細に議論し、本報告書を取りまとめ

2. 物質科学分析の意義

- 火山の活動を評価するには地球物理観測と物質科学分析を両輪とした取り組みが必要
- 物質科学分析の成果も、緊急的な火山防災に直結
- 水蒸気噴火なのかマグマ噴火のかなど、噴火警戒レベルの判定や避難の要否判断に必要な噴火様式の把握や、長期的な避難計画の立案に必要な推移予測には、火山灰、噴石、火山ガス等の火山噴出物に対する物質科学分析が決定的に重要
- 実際、イタリア、アメリカ、アイスランド、ニュージーランドなど我が国以外の火山大国では、行政施策として物質科学分析の中核拠点が整備されており、学術研究だけでなく、入山規制や住民避難等の火山防災に貢献
- 我が国においても、これまで学術研究の面では、火山活動推移を対象とした物質科学分析において成果を創出
 - ・ 雲仙普賢岳 1990-1995 噴火
 - ・ 霧島新燃岳 2008-2011 噴火
 - ・ 御嶽山 1980-2014 年（He 同位体比の増加）
 - ・ 草津白根火山（地球化学多項目分析）

3. 我が国の物質科学分析体制に関する課題

3. 1. 我が国の体制に対する国内外の評価

- 我が国においては、雲仙普賢岳など、行政施策の面で、物質科学分析結果に基づく統一的な科学的見解を、迅速に情報提供することができず、火山活動評価につなげることができなかったとの評価
- 国際コミュニティからも、我が国には、火山調査観測のための物質科学分析に組織的に取り組む中核拠点は整備されていないという評価（国際的学術誌で提示）

3. 2. 物質科学分析の一元的実施に係る課題

- 緊急事態において、物質科学分析を、信頼性をもって迅速に行うためには、あらかじめ全国の大学・研究機関等の英知を結集し、行政施策の一環として検証・発展が可能な標準化された分析スキーム(手順や体制を含む枠組全体のこと)を一元的に整備する必要
- 我が国における物質科学分析は、雲仙普賢岳等を経た現在においても、研究者個々人の活動が主であり、組織として一元的に行う体制になっておらず
 - ・ そのため、国民や防災を担当する機関に対する分析結果の評価を、混乱を避けつつ、円滑に行うのは困難
 - ・ 火山噴出物に関する統一的なデータベースの欠如
- さらに、火山噴出物の特徴を迅速に把握するために、多様な手法を連携して分析を実施することが必要となることから、その基盤となる分析機器と、それを活用して成果をなす人材について、一元化・集約化が必要
 - ・ 我が国は、世界トップレベルの火山数であり、個々の火山に対して、専門の物質科学分析機関を整備するのは現実的ではない

3. 3. 物質科学分析の組織体制上の課題

- 現状、3. 2. で示した一元性に係る課題について、我が国の大学、研究機関等においては、責任をもって克服できる分析拠点を、自発的に構築し、持続的に維持するのは困難
- 現状でも、我が国の大学や研究機関等において、物質科学分析を行われているものの、行政上必要な分析実施は大きな負担
 - ・ 大学における分析機器の利用は、教育・学術研究目的が優先であり、噴火発生時等の即時的な分析は困難な場合も
 - ・ 研究機関においても、本来のミッションを優先すべきであり、現状のままでは、噴火直後の即時的対応や、数年にわたることもある長期間の噴火対応等に課題
- 火山災害の対応のため、我が国の大学、研究機関等がこれまで築いてきたポテンシャルを生かしつつ、一元的な物質科学分析の中核を担う分析拠点が不在であることが大きな課題

4. 物質科学分析体制構築と中核拠点整備の必要性

4. 1. 我が国における物質科学分析体制のあるべき位置付け

4. 1. 1. 火山調査研究体制全体の俯瞰

- 国として火山調査研究を一元的に推進するためには、①司令塔体制と、総合的な評価の基礎となる②噴火履歴・火山体構造等の基礎情報調査体制、調査観測の実施体制の両輪を担う③地球物理観測体制と④物質科学分析体制が必要
 - ①～③の構築については、大幅に進捗
 - ・ 令和6年度から改正活火山法が施行され、火山調査研究推進本部（以下「火山本部」）を①司令塔とする体制が、遂に構築
 - ・ ②基礎情報調査については、火山本部の方針のもと、実働の緒に就いた
 - ・ ③地球物理観測体制については、もとより気象庁、国土地理院、防災科学技術研究所等が、地震や地殻変動などを対象に稠密な基盤観測網を整備しつつあり、また火山本部の方針のもと機動観測体制も構築され、さらなる発展に注力
- 4. 1. 2. 物質科学分析の中核拠点整備の必要性**
- ①～③の構築が進む今こそ、④物質科学分析体制の構築についても、火山災害から国民生活を守ることに貢献するべく、3. で掲げた課題を解決して、抜本的に推進するべき
 - そのためには、火山の数・密集度ともに世界屈指の火山大国・日本に釣り合う、世界屈指の中核的物質科学分析拠点の整備が必要
 - ・ 全国111の多様な活火山からの知見の統合を追求
 - ・ 見えない地下の自然現象と向き合い、予測科学の新たな可能性を開拓するとともに、諸外国の火山調査観測の能力向上もけん引
 - 中核拠点整備により、火山本部のもと、地球物理観測と物質科学分析を両輪とした取り組みで、火山噴火様式・規模の即時把握と推移予測を飛躍的に向上させることで、火山地域における警戒避難対策等の防災対応に貢献
- 4. 2. 物質科学分析体制における中核拠点が果たすべき役割**
- 4. 2. 1. 準リアルタイム噴火推移把握**
- 噴火発生の緊急事態において迅速に火山噴出物を分析
 - ・ 試料処理から分析までを迅速に実施する標準化された分析スキーム（以下「標準分析スキーム」という。）の確立
 - ・ 噴火時において、機動的な調査観測で採取された噴出物試料を、標準分析スキームに基づき一元的かつ即時的に分析
 - 進行中の噴火の噴出物の分析結果に基づき、時々刻々と変化する噴火推移を把握
- 4. 2. 2. 火山活動推移データベース整備と予測手法標準化**
- 平時から緊急事態に備えて、火山噴出物の基礎情報を整備
 - ・ 平時から、基盤的な調査観測等で採取された噴出物試料の標準分析スキームに基づき一元的かつ計画的に分析
 - ・ 平時において、噴出物分析結果、地質情報や実験結果に基づき、全国の火山の噴火の推移を分析し、火山活動推移データベースとして蓄積

- ・ 発生中の噴火堆積物の分析結果をもとに、平時に整備されたデータベースから類似する過去の噴火イベントを抽出することで、今後起こり得る活動を検討
- ・ 火山活動推移データベースに基づき、火山噴火推移予測手法を標準化
- ・ 基盤的観測網による地球物理観測との両輪で火山噴火・ハザードの予測精度を向上
- ・ 噴出物試料を適切に保管することで、分析結果のトレーサビリティを確保するとともに、将来新たな分析・解析技術が確立された際には再分析が可能

4. 2. 3. 火山本部との密接な連携

- ・ 火山本部の方針の下で、機動的な調査観測・解析グループ等が採取した試料の分析を実施
- ・ 火山本部関係機関に物質科学分析結果を速やかに共有し、火山本部の総合的な評価や気象庁の噴火警報等の発信等に貢献
- ・ 火山本部を通じて、関係機関・地方公共団体等へ情報発信

4. 2. 4. 国内外の火山調査研究水準の向上

- ・ 大学や研究機関とで構成するコンソーシアム等や共同利用を通じ、国内外の英知を集結、物質科学の先端的研究の協力を得ることで、我が国の火山研究を強力に推進
- ・ 人材確保のための教育体制、大学や次世代火山人材育成事業などと連携
- ・ 分析データのオープン化による火山調査研究と推移予測手法確立の更なる加速化
- ・ 欧米の先進的な物質科学分析体制の中核拠点と連携
- ・ インドネシアやフィリピンなど、多くの火山を有する ASEAN 諸国と連携し、火山噴火推移予測手法を展開

4. 3. 物質科学分析の中核拠点に必要な基盤

- 物質科学分析体制として、4. 2 で掲げた役割を果たすためには、全国の大学・研究機関等のポテンシャルも活用しつつも、分析機器及び研究施設と人材について、次の基盤を備える物質科学分析の中核拠点が必要
- 物質科学分析体制の中核拠点は、噴火の時期、場所、規模、様式、推移を明らかにするためのデータを取得し、総合基本施策中間取りまとめに基づき、以下の基本目標を達成するための調査を実施
 - ・ マグマ噴火の発生場の把握
 - ・ 噴火の規模や様式の即時把握
 - ・ マグマ蓄積条件の高精度推定
 - ・ 噴火事象系統樹の高度化、階段ダイアグラムの高精度化による噴火推移解明
 - ・ 水蒸気噴火の発生場の把握
 - ・ 熱水蓄積条件の高精度推定

4. 3. 1. 分析機器及び研究施設

- 分析機器及びその周辺機器（表 1 及び表 2）

- 試料分析室、試料処理室、試料保管庫、薬品管理施設、共同利用室、データ保管室（表3）

4. 3. 2. 人材

- 国として実施する火山調査研究を強力に推進するために、調査すべき項目の種類と数に基づいた研究者の人員を十分に確保
- 国として実施する火山調査研究を持続的に推進するために、外注等も視野に入れながら、調査すべき項目の種類と数に基づいた専門技術職員の人員を十分に確保
- 調査観測を支える事務職員やプロジェクト管理員
- 国内外の連携を支援するスタッフ
- より効率的な体制を視野に入れ、機器の自動化技術やデータ科学を活用

4. 4. 物質科学分析体制の中核拠点のあり方

- 物質科学分析体制の中核拠点としては、以下の条件が必要
 - ・ 災害発生時には、法令や政府の各種計画等に基づき、適切かつ確実な調査観測研究を最優先に実施
 - ・ 既存の火山研究組織を有し、機動的な調査観測・解析グループと密接な連携が可能
 - ・ 地球物理観測データを集約し、物質科学と地球物理学の両輪で火山調査観測を推進可能
 - ・ 持続的・安定的な組織運営が可能
- 国立研究開発法人防災科学技術研究所は、上記の条件を満たすと考えられ、物質科学分析体制の中核拠点として、当該研究所に火山噴出物分析センター（仮称）を設置することが望ましい

5. 今後の進め方

- 火山噴出物分析センター（仮称）を速やかに設置すべく、必要な予算や人員の確保を推進
- ただし、火山噴出物分析センター（仮称）の整備が完了するまでの間は、従来から行われてきた大学や研究機関等が個別または連携した協力体制を期待

183 表 1. 分析機器

	深さ	調査項目	分析項目	分析機器	目的：達成する基本目標
マグマの位置を知る					
	火山深部 (>4 km)	・ マグマ温度 ・ マグマ蓄積圧力	① 鉱物及びガラスの化学組成 (主要元素) と結晶量 ② 揮発性成分量 (H ₂ O)	① FE-EPMA ② FT-IR	・ マグマ蓄積条件の高精度推定 ・ マグマ噴火の発生場の把握 ・ 噴火の規模や様式の即時把握
	火山深部 (>4 km)	・ マグマ供給系変化	① 鉱物及びガラスの化学組成 (主要元素) と結晶量 ③ 全岩化学組成 ④ 鉱物及びガラスの化学組成 (微量元素)	① FE-EPMA ③ XRF ④ LA-ICP-MS	・ 噴火事象系統樹と階段ダイアグラムの高度化による噴火推移解明 ・ 噴火の規模や様式の即時把握
マグマの移動を知る					
	火山深部 (>4 km)	・ 深部マグマの供給	① 鉱物及びガラスの化学組成 (主要元素) と結晶量 ⑤ 揮発性成分量 (CO ₂) ⑥ 希ガス同位体	① FE-EPMA ⑤ nano-SIMS ⑥ 希ガス同位体質量分析装置	・ 噴火事象系統樹と階段ダイアグラムの高度化による噴火推移解明 ・ マグマ蓄積条件の高精度推定
	火山浅部～深部 (<4 km)	・ マグマ上昇率	① 鉱物及びガラスの化学組成 (主要元素) と結晶量	① FE-EPMA	・ マグマ噴火の発生場の把握 ・ 噴火の規模や様式の即時把握
マグマの爆発性を知る					
	火山浅部～深部 (<4 km)	・ 噴火の爆発性	② 揮発性成分量 (H ₂ O) ⑦ 気泡量、気泡 3 次元組織 ⑧ 粒子の 3 次元形状 ⑨ ガラス構造 ⑩ 火山ガス組成 ⑪ 岩石組織	② FT-IR ⑦ μ -X 線 CT ⑧ FE-SEM-EDS ⑨ ラマン分光 ⑩ クロマトグラフ ⑪ 偏光顕微鏡	・ マグマ噴火の発生場の把握 ・ 噴火の規模や様式の即時把握
熱水だまりを知る					
	火山浅部 (<4 km)	・ 熱水系の温度	⑫ 熱水鉱物種 ⑬ 火山ガスの酸素水素同位体比 ⑭ 熱水の化学組成	⑫ XRD ⑬ 酸素水素同位体比分析装置 ⑭ 原子発光分光分析装置	・ 水蒸気噴火の発生場の把握 ・ 熱水蓄積条件の高精度推定
噴火様式を知る					
	火口付近 (~0 km)	・ 噴火様式 (マグマ or 水蒸気) ・ 噴出率	⑧ 粒子の 3 次元形状 ⑩ 火山ガス組成 ⑬ 火山ガスの酸素水素同位体比 ⑭ 熱水の化学組成 ⑮ 火山灰の構成物量比 ⑯ 粒子の化学組成 ⑰ 粒子画像 ⑱ 粒度分布	⑧ FE-SEM-EDS ⑩ クロマトグラフ ⑬ 酸素水素同位体比分析装置 ⑭ 原子発光分光分析装置 ⑮ 高精細デジタル顕微鏡 ⑯ 微小部蛍光 X 線分析装置 ⑰ 物質観測装置 ⑱ 粒度分析装置	・ 噴火の規模や様式の即時把握

184 表 2. 分析周辺機器

項目名	用途
マグマ試験機	岩石を高温高压条件に置くことで、地下のマグマを再現する
岩石粉碎装置	岩石を粉碎し特定のガラス・鉱物を取り出し、各種分析に供する
岩石切断研磨機一式	岩石を切断し、分析に供するために成形する
蒸着装置	FE-EPMA や FE-SEM-EDS の分析に用いる
ガラスビード作成機	XRF 分析で用いるガラスビードを作成する

185 表 3. 研究施設
186

研究施設	満たすべき要素
試料分析室	・ 振動等に対する堅牢性、災害・停電に対する冗長性、清浄かつ安定な温度・湿度環境 ・ 作業を安全に実施するための排気及び排水処理設備 ・ 多数の分析装置を並列で稼働させるため十分な電力と空間
試料処理室	・ 振動等に対する堅牢性、災害・停電に対する冗長性、安定な温度・湿度環境 ・ 処理項目に適した清浄環境 ・ 作業を安全に実施するための排気及び排水処理設備 ・ 有用な調査項目を検討するための実験処理設備
試料保管庫	・ 基盤的・機動的な観測で採取した試料、分析後の試料を適切に保管 ・ 振動等に対する堅牢性、災害・停電に対する冗長性、清浄かつ安定な温度・湿度環境
薬品管理室	・ アクセスコントロールを徹底し、火山噴出物の化学分析に使用するフッ酸等の毒劇物を安全に保管および廃棄
共同利用室	・ 共同研究等で中核拠点に滞在する国内外の研究者が利用
データ保管室	・ 大量の物質科学分析データを保存し、地球物理観測データベースとの接続によって、火山噴火推移予測手法の標準化のための解析プラットフォームとなる設備

187
188