

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28

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（案）

令和 7 年〇月〇日
火山調査研究推進本部政策委員会
総合基本施策・調査観測計画部会
調査観測計画検討分科会

29	目 次	
30	1. はじめに.....	3
31	2. 物質科学分析の意義.....	3
32	2. 1. 物質科学分析が火山活動評価に果たす役割.....	3
33	2. 2. 物質科学分析による火山活動評価の事例.....	4
34	3. 我が国の物質科学分析体制に関する課題.....	5
35	3. 1. 我が国の体制に対する国内外の評価.....	5
36	3. 2. 物質科学分析の一元的実施に係る課題.....	6
37	3. 3. 物質科学分析の組織体制上の課題.....	6
38	4. 物質科学分析体制構築と中核拠点整備の必要性.....	7
39	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.....	7
40	4. 1. 1. 火山調査研究体制全体の俯瞰.....	7
41	4. 1. 2. 物質科学分析の中核拠点の必要性と基本的な方針.....	7
42	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.....	8
43	4. 2. 1. 火山噴出物データベース整備と予測手法の確立.....	8
44	4. 2. 2. 準リアルタイム噴火推移把握・予測.....	8
45	4. 2. 3. 火山本部との密接な連携.....	8
46	4. 2. 4. 火山調査研究水準の向上.....	9
47	4. 3. 物質科学分析の中核拠点に必要な基盤.....	9
48	4. 3. 1. 分析機器及び研究施設.....	9
49	4. 3. 2. 人材.....	10
50	4. 4. 物質科学分析体制の中核拠点のあり方.....	10
51	5. おわりに.....	11
52	表 1. 分析機器.....	12
53	表 2. 分析周辺機器.....	13
54	表 3. 研究施設.....	13
55		
56		

1. はじめに

我が国は、111 もの活火山を抱える火山大国である。

ここ 30 年での火山活動事象においても、我が国では、著しい人的・経済的被害が発生した。雲仙普賢岳での 1990 年から 1995 年にかけての噴火活動（以下「雲仙普賢岳 1990-1995 噴火」という。）では、犠牲者 41 名、行方不明者 3 名、負傷者 12 名の人的被害が生じ、被害総額は、約 2,300 億円に上った。2000 年代に入っても、御嶽山での 2014 年の噴火活動（以下「御嶽山 2014 年噴火」という。）では、犠牲者 58 名、行方不明者 5 名、負傷者 69 名の人的被害が生じた。

その一方で、火山をよく理解し、防災につなげていくべく、基盤的火山観測網（V-net）整備など観測網増強が図られるとともに、火山に関する基礎研究が進んでいる。また、昨年度から政府の火山調査研究の司令塔である火山調査研究推進本部（以下「火山本部」という。）も設置された。火山に関する観測、測量、調査及び研究を一元的に推進するための体制が整いつつある今、火山災害から国民生活を守る調査研究の推進について一層検討を進めていくべきである。

火山本部では、2025 年 3 月 28 日に「火山調査研究の推進について―火山に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策―中間取りまとめ（以下「総合基本施策」という。）」を決定した。総合基本施策では、基盤的・機動的な調査観測において火山噴出物の物理・化学的性質の分析を行う物質科学分析は、噴火の様式や規模、推移の予測に大きく貢献してきた一方で、噴火時を含めた、噴出物に対する多角的・総合的な分析の推進にとって必要な一元的な分析体制にはなっていないことが指摘された。そのことから、火山本部において基盤的・機動的な調査観測で採取された試料の一元的・即時的な分析をするために、物質科学分析体制の中核拠点を整備・運用することが位置付けられた。

このことから、今般、総合基本施策・調査観測計画部会に設置された調査観測計画検討分科会においては、物質科学分析体制の中核拠点の具体化を審議事項として、委員、有識者からのヒアリングを行いながら検討を進め、本報告書を取りまとめた。

2. 物質科学分析の意義

2. 1. 物質科学分析が火山活動評価に果たす役割

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組が必要である。

地球物理観測は、火山活動に伴って発生する地震や地殻変動などを、様々な観測機器で調べるものであり、噴火の時期・場所などの予測の向上に寄与する。それに対して、物質科学分析は、火山灰、噴石、火山ガスなどの火山噴出物の物理・化学的性質を様々な分析機器で詳細に調べるものであり、噴火の様式・規模の把握やその推移の予測に寄与する。

火山噴出物に対する物質科学分析では、火山噴出物の構成物、全岩化学組成や鉱物・ガラス化学組成、揮発性成分量、結晶量、気泡量、ガス化学組成、熱水化学組成などの物質科学分析データをそれぞれの専門的な前処理と分析機器を用いて取得する。さらに、取得された物質科学分析データを総合的に解析することで、地下に存在するマグマの温度・圧力（深度）とその変化、深部からのマグマ供給、マグマ上昇率及び爆発性、噴火様式、噴出率、熱水だまりの温度などの、噴火の様式・規模の把握やその推移の予測のために必要な調査項目が得られる（表 1 参照）。

例えば、別々に分析された微細な結晶とガラスの化学組成に基づいて、マグマ蓄積条件の一つである温度が推定できる。また、微細な結晶に包有された微細なガラスに含まれる揮発性成分量と、気泡量を分析することができれば、噴火前後のマグマ中の揮発性成分の収支が分かり、噴火の爆発性とその要因を解明できる。

2. 2. 物質科学分析による火山活動評価の事例

我が国において、これまで学術研究の面では、火山活動推移の解明を目的とした物質科学分析において成果を創出してきた。

雲仙普賢岳 1990–1995 噴火において、1990 年 11 月当初の噴火は水蒸気噴火であったが、1991 年 4 月の小規模爆発時の火山灰の構成物にマグマ起源の新鮮で発泡した火山灰が含まれることが複数の研究者により見出され、1991 年 5 月に始まる溶岩ドーム出現・火砕流発生につながる新しいマグマの上昇が指摘されていた。

霧島新燃岳の 2008 年から 2011 年にかけての活動（以下「霧島新燃岳 2008–2011 噴火」という。）は、水蒸気噴火から始まり、2011 年 1 月 19 日にはマグマ水蒸気噴火、1 月 26 日～27 日には 3 回の準プリニー式噴火、その後、火口での溶岩流出と断続的なブルカノ式噴火へと至る噴火推移を示した。その中で、2011 年 1 月 19 日のマグマ水蒸気噴火の火山灰の構成物には、よく発泡した軽石粒子が見出され、さらに規模の大きい噴火の発生が予見されていた。また、2011 年噴火の噴出物においては、全岩化学組成や鉱物・ガラス化学組成、揮発性成分量、結晶量、気泡量などの、詳細な物質科学分析データが噴火直後から蓄積された。その結果、地下のマグマ供給系と噴火の爆発性の支配要因が明らかとなり、その知見は 2018 年の噴火活動の解釈に生かされた。

御嶽山 2014 噴火では、周囲の温泉水の化学組成が調べられていた。その結果、1981 年から 2000 年の間にほぼ一定だった火口近くの温泉水の希ガス同位体組成（ヘリウム同位体比： $^3\text{He}/^4\text{He}$ ）が、2000 年から 2014 年の噴火発生まで約 10 年にわたって上昇していたことが明らかとなった。この希ガス同位体組成の変化から、御嶽山 2014 年噴火に先立って、深部からの長期にわたるガス供給が生じていたことが示唆された。

草津白根火山では、火山性流体（火山ガス、火口湖水、熱水など）の化学組成分析がなされてきた。1967 年～1995 年の活動においては、ガス化学組成からマグマ性ガスの増加を検知し、水蒸気噴火の発生時期との関連が明らかとなった。また、2017 年～2020 年の活動における、火山ガスの希ガス同位体組成の時系列変化は、地下のマグマの状態を把握する上で重要な指標となることが指摘された。加えて、地下での新たな

亀裂系の形成などに起因する熱水化学組成の変化を、湯釜の湖水から検知することにも成功している。

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

物質科学分析は、噴火の様式・規模の把握やその推移の予測に寄与するため、気象庁が行う噴火警戒レベルのよりの確な運用や、地方公共団体が行う避難の要否判断、長期的な避難計画の立案に、決定的に重要である。

我が国の火山噴火時の物質科学分析では、これまで、研究者個人や各研究組織からの分析データがその見解とともに、当時の火山噴火予知連絡会（以下「噴火予知連」という。）に提供される体制がとられてきた。ただし、分析などの実施は、研究者個人又は各研究組織に委ねられており、いくつかの火山噴火事象において、物質科学分析結果に基づく統一的な科学的見解を、防災を担当する機関に提供することができなかった。これらのケースにおいては、迅速な火山活動推移の評価とそれに基づいた防災対応には至らなかったと評価せざるを得ない。

例えば、雲仙普賢岳 1990-1995 年噴火では、前述のように溶岩ドーム出現の 1 か月前には新鮮で発泡したマグマ起源の粒子が見出され、個々の研究者から噴火予知連への報告はあったものの、物質科学分析の一元的な体制の欠如により、統一的な科学的見解の表明、火山活動推移の評価とそれに基づいた防災対応はできなかった。

霧島新燃岳 2008-2011 年噴火でも、1 月 19 日の小規模な噴火の時点で新鮮でよく発泡した軽石粒子が無視できないほど含まれていることが明らかになっていた。ただ、迅速に分析を実施するための手順と、その手順を実行する一元的な体制が不十分であったため、噴火予知連に関連資料が提出されたのは、準プリニー式噴火が発生した 1 月 26 日の当日となってしまう、事前の火山活動推移の評価とそれに基づいた防災対応には至らなかった。

また、2011 年時点では、霧島新燃岳の過去の噴火における、噴出物の分析結果の系統的なデータベースが整備されていなかった。そのため、過去の噴火との類似点や相違点、マグマが地下の供給系のどこから来たのかが、噴火時にはよく分かっておらず、物質科学分析は迅速な火山活動推移の評価と防災対応には活用されなかった。

他方、視点を海外に転じると、アメリカ、アイスランド、イタリア、ニュージーランドなど我が国以外の火山大国では、行政の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などの火山防災に貢献してきた。例えばアメリカでは、2018 年ハワイ州キラウエア火山噴火に対して、米国地質調査所が主導して、噴出物の物質科学分析を即時的に行うとともに、爆発性や溶岩挙動を含む火山活動推移の評価を実施し、その結果を住民避難などに活用した。

一方で、我が国については、国際学術誌におけるレビューにおいて、国として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指摘がなされた。これは、国際コミュニティからは、火山大国であれば、通常備えておくべき対策が、我が国には欠けているとの評価をなされたものと解するべきである。

3. 2. 物質科学分析の一元的実施に係る課題

物質科学分析結果に基づき、火山活動に関する統一的な科学的見解と火山活動推移の評価を国民や防災を担当する機関へ提供するためには、物質科学分析を国として一元的かつ迅速に行う体制が必要である。

この体制においては、火山活動・噴火活動評価に不可欠な物質科学分析を、緊急時に信頼性をもって迅速に行い、統一的な科学的見解を提供するためには、標準化された分析スキーム（前処理から分析までの手順から情報集約・提供までの一連の流れ）を一元的に整備する必要がある。また、火山活動推移予測においては、進行する火山噴火による噴出物と、過去の噴出物との比較が必須であるため、火山噴出物の物質科学分析データの統一的なデータベースを整備する必要がある。さらに、我が国で将来的に起こりうる未知の火山における噴火に対応するためにも、国として一元的に整備したデータベースに基づいて、火山活動推移予測手法を確立し標準化を目指す必要がある。これらスキーム、データベースと火山活動推移予測手法は、施策の一環として検証・発展が可能な形とするべきである。

火山活動の推移把握、噴火の様式や規模の予測・評価のためには、火山噴出物を多角的視点で多様な物質科学分析手法を駆使し系統的に分析することが必要となる。そのため、物質科学分析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、一元化と集約化が必要である。一方で、我が国は、世界トップレベルの火山数を有しているため、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、我が国の大学、研究機関などにおいては、3. 2節で示した物質科学分析の一元的な実施に係る課題を克服するための組織体制を自発的に構築・維持するのは困難である。現状でも、我が国の大学や研究機関などにおいて、火山噴出物の物質科学分析は可能な範囲で行われているものの、

- ・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され、噴火発生時などの即時的な分析は困難な場合がある。
- ・研究機関においても、本来のミッションが優先されてしまい、現状のままでは、噴火直後の即時対応や、数年にわたることもある長期間の噴火対応などには課題が残る。

といった理由から、行政上必要な分析を実施することは大きな負担である。火山噴火の対応のため、我が国の大学、研究機関などがこれまで築いてきたポテンシャルを生かすことは重要であるものの、その一方で、一元的な物質科学分析の中核を担う分析拠点が存在しないことが大きな課題である。

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

国として火山災害から国民生活を守るための一元的な火山調査研究を推進し、活動火山対策の強化に資するためには、①司令塔体制、総合的な評価の基礎となる②噴火履歴・火山体構造など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である。

このうち、①～③の体制の構築については、近年、大幅に進捗してきた。①司令塔体制としては、前述のとおり、2024年度から改正活動火山対策特別措置法が施行され、火山本部が設置された。②基礎情報調査については、火山本部の方針の下、実働の緒に就いた。また、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などが、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下、機動観測体制の整備も進みつつある。

4. 1. 2. 物質科学分析の中核拠点の必要性和基本的な方針

①～③の構築が進む今こそ、3. で挙げた我が国の物質科学分析体制に関する課題を解決し、④物質科学分析体制の構築を抜本的に推進することで、火山災害から国民生活を守るための道筋を立てるべきである。そのためには、国として調査観測を実施する中核的物質科学分析拠点を整備する必要がある。さらには、火山数が世界屈指である火山大国・日本に釣り合う世界屈指の拠点とすることを目指す必要がある。

その際、この中核拠点が掲げるべき基本的な方針は、次のとおりと考える。

- ・ 火山大国・日本の特徴を踏まえ、全国111の多様な活火山について火山活動推移と火山噴出物の物理・化学的特徴の関係を調査し、その知見の統合を追求すること
- ・ 見えない地下のマグマや熱水の動きを科学的に理解し、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をけん引すること
- ・ 火山本部の方針の下、中核拠点の整備により、地球物理観測と物質科学分析を両輪とした調査観測研究が実現され、火山噴火の様式・規模の予測・把握能力を飛躍的に向上させることで、地方公共団体などによる火山地域における警戒避難対策などの防災対応に貢献すること

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. 1 節で掲げた中核拠点の必要性を鑑みて、より具体的には、この中核拠点に対し、次の役割を果たすことが求められる。

4. 2. 1. 火山噴出物データベース整備と予測手法の確立

緊急事態に備えて、平時から火山噴出物の物質科学分析データを整備する。基盤的・機動的な調査観測など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かつ計画的に分析する。さらに、火山活動推移に紐づけられた噴出物の分析結果を蓄積し、火山噴出物データベースを整備する。

また、中核拠点においては、火山活動推移予測手法を確立する。確立に際しては、中核拠点で整備した火山噴出物データベースや実験結果に加え、これまでの歩みも踏まえ、全国の大学や他研究機関などとの連携のもと、既存のデータベースを活用する。また、各火山において確立した火山活動推移予測手法を統合し、その標準化を目指す。さらに、物質科学分析による火山噴出物データベースと、基盤的な火山観測網で取得され、JVDN (Japan Volcanological Data Network) などに集約された地球物理観測データの両輪で、火山噴火・ハザードの予測精度を向上させる。さらに、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、将来新たなる分析・解析技術が確立された際には再分析を可能とさせる。

4. 2. 2. 準リアルタイム噴火推移把握・予測

噴火発生の緊急事態において迅速に火山噴出物を分析する。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。）を確立する。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かつ即時的に分析する。試料の取得においては、機動的な調査観測を実施する主体と密接に連携し、採取から分析までを速やかに実施する。そして、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火山活動推移を把握する。さらに、噴出物の分析結果を基に、平時に整備された火山噴出物データベースとの比較に基づいて、進行する火山活動の推移を予測する。

4. 2. 3. 火山本部との密接な連携

火山本部の方針の下、機動的な調査観測・解析グループなどが採取した試料の分析を実施する。平時から、機動的な調査観測・解析グループと密接に連携し、採取された試料を効果的かつ効率的に分析へ供するための方策を検討する。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、火山本部火山調査委員会での総合的な評価、気象庁の噴火警戒レベルの的確な運用、地方公共団体などの避難要否の判断などに貢献する。

4. 2. 4. 火山調査研究水準の向上

平時において、中核拠点に整備する分析装置は、共同利用設備として運用する。火山噴出物の物質科学分析を実施している大学や研究機関とでコンソーシアムを構築し、幅広く英知を結集、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する。大学や火山人材育成事業などとの連携により、火山コミュニティ全体での人材育成を後押しする。中核拠点で取得された分析データは、JVDN などを通じて公開することにより、火山調査観測研究を進展させ、火山活動推移予測の高度化に役立てる。欧米諸国などにある物質科学分析体制の中核拠点や、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、先進的な火山活動推移予測手法を展開する。

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、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である。

物質科学分析体制の中核拠点は、準リアルタイム噴火推移把握のための標準分析スキームの確立と、火山活動推移予測手法の確立のためのデータベース整備を実施する。そのため、中核拠点では、火山噴出物の物質科学分析に基づき、噴火様式・噴出率、地下に存在するマグマの温度・圧力（深度）、マグマ供給系の変化、深部からのマグマ供給、マグマ上昇率及び爆発性、熱水だまりの温度を調査観測する。これらの調査観測結果は、総合基本施策で当面 10 年間に推進すべきとされた、以下の火山に関する調査及び研究に資する。

- ・ 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

火山本部との連携の下、噴火の様式・規模の把握やその推移の予測のための調査観測を実施するため、表 1 及び表 2 に整理された分析機器及びその周辺機器を整備する必要がある。

火山噴出物には、固体物質（火山灰・噴石・溶岩など）、液体物質（熱水など）、気体物質（火山ガスなど）のような様態があり、それぞれで前処理と分析手法が異なる。また、同じ固体物質であっても、調査項目によって、その前処理と使用する分析

機器は異なる。特に、火山灰のような固体物質はガラス・結晶・空隙が様々な割合で含まれており、それぞれを別々に分析することが、噴火様式・噴出率、地下に存在するマグマの温度・圧力、マグマ供給系の変化、深部からのマグマ供給、マグマ上昇率及び爆発性、熱水だまりの温度を調査観測する上で極めて重要である。現在、FE-EPMA、顕微真空 FT-IR、マイクロフォーカス X 線 CT など、微細な構造を区別して分析できる多様な先端機器も利用可能であり、本中核拠点にも整備する必要がある。

また、精密かつ安全に分析を実施するためには、振動に強いこと、清浄であること、適切な排気・排水、薬品の適切な管理が必須である。そのため、研究施設として、堅牢な建屋に、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、データ保管室を整備する必要がある（表 3）。

4. 3. 2. 人材

中核拠点で調査観測する項目を評価するために必要な高度な分析データを取得・解析し、国として実施する火山調査観測研究を強力に推進するためには、調査すべき項目の種類と数に基づいた十分な数の研究者が必要である。また、中核拠点で調査観測する項目を評価するために必要な高度な分析データを取得し、国として実施する火山調査観測研究を持続的に推進するために、外注など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、十分な数の専門技術職員が必要である。さらに、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が必要である。これらに加え、より効率的な体制を視野に入れ、機器分析の自動化技術の活用や、機械学習などのデータ科学の利用も検討する。

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、以下の条件が必要である。

- ・ 災害発生時には、法令や政府の各種計画などに基づき、適切かつ確実な調査観測研究を最優先に実施可能であること
- ・ 既に火山研究組織を有しており、機動的な調査観測・解析グループと密接な連携が可能であること
- ・ 全国の火山の地球物理観測データを集約し、地球物理学と物質科学の両輪で火山調査観測を推進可能であること
- ・ 持続的・安定的な組織運営が可能であること

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ことから、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。

346

347 **5. おわりに**

348 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
349 の推進を期待する。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
350 の間は、従来から行われてきた大学や研究機関などが個別又は連携した協力体制を期
351 待する。火山噴出物分析センター（仮称）は、我が国の物質科学分析体制の中核拠点
352 として、火山活動推移予測の将来像を示し、火山災害から国民生活を守る役割を果た
353 す。

354

355

356 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 顕微真空 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 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 顕微真空 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

注：表 1 の機器名について

①FE-EPMA：電界放出型電子線マイクロアナライザ、②顕微真空 FT-IR：顕微真空フーリエ変換型赤外分光装置、③XRF：蛍光 X 線分析装置、④LA-ICP-MS：レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析、⑤SIMS：二次イオン質量分析装置、⑦ μ -X 線 CT：マイクロフォーカス X 線 CT、⑧FE-SEM-EDS：超高分解能電界放出形走査電子顕微鏡、⑨ラマン分光：レーザーラマン分光光度計、⑫XRD：X 線結晶構造解析装置

表 2. 分析周辺機器

項目名	用途
マグマ試験機	岩石を高温高圧条件に置くことで、地下のマグマを再現し、分析に供する
岩石粉碎装置	岩石を粉砕し特定のガラス・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
ガラスビード作成器	XRF 分析で用いるガラスビードを作成する

表 3. 研究施設

研究施設	満たすべき要素
試料分析室	・ 振動などに対する堅牢性、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	・ 振動などに対する堅牢性、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 ・ 振動などに対する堅牢性、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などの毒劇物を安全に保管及び廃棄
共同利用室	・ 共同研究などで中核拠点に滞在する全国の研究者が利用
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