

火山調査研究推進本部政策委員会  
第3回総合基本施策・調査観測計画部会における主な意見

火山調査研究推進本部政策委員会第3回総合基本施策・調査観測計画部会における、「火山に関する観測、測量、調査及び研究の推進に係る総合基本施策、火山に関する総合的な調査観測計画の要点」の「当面10年間に推進すべき火山に関する調査及び研究」に関する委員からの主な意見は以下のとおりである。

※要点の各項目（網かけ部分）に対する第3回部会での口頭意見（●）、会議後収集の文面意見（■）を意見内容に基づき分類・整理し、各委員からの意見毎にリスト化。

(1) 火山活動評価手法に関する調査及び研究

○火山活動評価のための基礎情報に関する調査及び研究

調査観測によって取得されたデータ及びデータベースのデータを活用した、火山の活動度評価や火山ハザード予測、噴火の場所、規模、様式等の噴火条件の推定に資する以下の調査及び研究を実施。

- ・地質調査、物質科学分析等の結果に基づく噴火事象系統樹や階段ダイアグラム、噴火推移の解明に関する調査及び研究

噴火事象系統樹と階段ダイアグラムの標準化について

- 階段ダイアグラム等の精度、分解能の向上と、比較研究による一般化と個性の把握。
- 噴火事象系統樹の作成手法の高度化・標準化。
- 噴火履歴調査においては、データ蓄積状況に応じて、噴出量の推定や年代測定を着実に進め、階段ダイアグラムの作成、改良を行うべきである。
- 階段ダイアグラムや事象系統樹の作成においては「作成手順の標準化」を行うことが重要である。噴出量推定方法や年代測定法の検証を行い、各噴火推移の特徴を抽出する。客観的手続きを経た作成手順の標準化を行うことで、更新の継続性の担保につながる事が期待できる。
- 地質・古記録・物質科学的データを収集し、過去の噴火の規模、様式、推移、マグマ供給系を明らかにする必要がある。この際、噴出物の測色、形状等の定量測定を導入や、露頭配置情報、粒径情報の取得手法などの標準化を進めるとともに、基盤的な分析環境の整備を行い、従来手法の更新を行うことも重要である。
- 調査手法を標準化する必要がある。

噴火事象系統樹の高度化について

- 「噴火事象系統樹」や噴火推移の解明に関する部分は、地球物理手法や衛星によ

<p>る観測の結果も取り入れるべき（例：桜島の噴火事象系統樹 衛星に基づく噴火推移類型化）。</p>
<p>■ 定量的な指標にもとづく事象分岐判断ができる段階にはまだ至っていない。事象分岐要因の評価につながる数値的判断基準や履歴に基づく分岐確率の導入など、より客観的かつ定量的な基準を有する噴火事象系統樹の作成、基準に関係するパラメータを導出するための分析手法の整備を進める。</p> <p>■ 噴火未遂（マグマ貫入）は重要な噴火事象であるが、その把握はしばしば困難であり、十分に考慮できない場合も多い。そのため地震タイプや震源分布、地殻変動などのデータをもとにした、噴火未遂の判断基準や貫入マグマ量推定手法の開発を行う。</p>
<p>■ 事象系統樹は過去の噴火事例の地質学的な時系列とすれば、近年の噴火で観測事例のあるものの中から、共通の事象を辿った事例を総括して、例えば、水蒸気噴火の標準モデル等、噴火タイプ毎の標準モデルを指向した研究開発が望まれる。</p>
<p>■ 近年噴火し、噴火推移が明確な火山を中心に、ボーリング、トレンチ調査を駆使して噴火事象系統樹を作成する。</p>

#### 中長期的な火山活動評価手法について

<p>● 階段ダイアグラム、地質図の作成、データベースの拡充等による長期評価。</p>
<p>■ 階段形状（噴火の規則性）が決まる背後にあるメカニズムの理解およびモデル化を進める。より客観性の高い評価の実現には、マグマ供給系やマグマ蓄積・上昇過程に関わる噴火パラメータの解明を通じた噴火の規則性の理解と、それにもとづく「中長期理論モデル」の構築、高度化・精緻化が不可欠である。そのための基礎データの収集、理論モデルの条件となりうる変数について、観測・分析によって推定あるいは検証し、信頼性を高めていく必要がある。これを実行するための体制構築も必要である。</p> <p>■ 対象とする火山活動の時間スケールのレンジ（数年から数十万年）が様々であることも考慮し、とくに 100 年以内の中期的活動については、マグマ蓄積過程を示す地盤変動などの地球物理学（測地学）的データとも照合し、噴火の規則性の要因の理解やマグマ蓄積過程の統合的なモデル化を目指し、基礎データの収集とモデルの開発を進める。</p> <p>■ 時間スケールの異なる中長期活動の推移を評価するために、山体の成長や崩壊などのイベント（形成史）とマグマシステムの状態時間変化（マグマ系発達史）の比較を進める。</p> <p>■ 階段ダイアグラムやマグマ蓄積状態をもとにした火山活動の評価方法を開発する。</p>

## その他、全般的な事項

■ 国内の詳細研究の実施例に対応した類似の海外事例の情報収集・分析を行い、推移過程の一般性と個別性を整理し、評価の不確定性を把握。
■ 噴火シナリオや噴火警戒レベル判定基準の作成のためには過去の噴火履歴や噴火推移、マグマ供給系の変遷を解明することが重要。
■ 火山PJの課題C1、C2で得られた手法や結果を活用し、効率的に研究を進めるべきである。
■ 多数の火山に対して観測、測量、調査を一律に行うことに限界があることを踏まえ、活動に変化がある火山にその推移に遅れることなく、資源を集中し多項目で高品位のデータを多数取得し、それを確実に蓄積することが何よりも重要な基礎情報と考える。また、それに対応する解析技術の高度化も必要。

## ・ 火山体構造探査、物質科学分析等の結果に基づいて、噴火発生場を把握する調査及び研究

### 水蒸気噴火の発生場について

● 水蒸気噴火の発生場の理解のため、電磁気探査による表層直下の比抵抗構造の把握（低比抵抗層の面的把握、不透水層（シール層）として解釈）ならびに物質科学的なアプローチ（表層岩石の浸透率、強度に関する室内実験等）等による表層物質の特性の把握。また、深さ数キロメートルの低比抵抗層（火山性流体の集積と解釈）の把握。
■ 浅熱水性鉱床との比較研究。 ■ 物質の量（流量・継続時間）を考慮に入れた、熱水系（変質帯）の形成および不安定条件の解明。
■ 噴火発生場（特に水蒸気噴火の発生場）の把握に関して、ボーリングなどによる物性・状態の実態解明などの実証的な調査研究。 ■ 調査観測によって取得されたデータ及びデータベースのデータを活用した「比較研究」の推進。
■ 霧島連山で実施されたような広い範囲での火山体の構造の解析は、活動予測を高度化するためにも有効ではないか。 ■ 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺）の地下の熱水系の概念モデルなどは、噴火警戒レベル判定基準の設定において活用。
■ 水蒸気爆発の発生場となる浅部熱水系の温度、深度等の状態を推定するために、熱水起源鉱物の同定やそれに基づく熱水環境の推定手法の高度化を進める。
● 地震波干渉法にもとづく地震波速度変化検知等に基づく、構造の高分解能化。 ■ 水蒸気噴火場が詳細な火山浅部の地下比抵抗構造の解明で進展したことを踏まえ、他の項目の浅部火山体構造探査においてもできるだけ高空間分解能を目指す

ことが重要と考える。

**広義の噴火発生場（マグマ噴火を含む）の把握について**

- 発生場の把握は、火山毎の個性や現象の複雑性を明らかにすることに直結する作業である。モデルを介した評価においては、境界条件や初期条件となるものであり、慎重な導出体制が必要である。
- 噴火時の測地データに基づく変動源、地震および電磁気探査に基づく地下（速度・比抵抗）構造との照合による、マグマ・流体蓄積場の精密な把握を進める。
- 近年噴火し、噴火推移が明確な火山を中心に、物理探査による構造探査を行う。

**マグマ溜まり・熱水系パラメータの把握について**

- 噴出物の化学組成、結晶量、揮発性成分量（含水量）等のマグマ蓄積場に関するデータを着実に蓄積する。
- 岩石学的には、熱力学的モデルをもとにマグマ蓄積場の温度、圧力、含水量等を推定する手法の適用を進めるとともに、より高い精度で推定できるような方法論の開発を行い、パラメータ推定精度の向上、対象火山の拡充を進める。
- マグマ溜まりおよび熱水系パラメータ（温度、圧力、含水量、結晶量など）のデータベース化を行う。これらの情報は、噴火時に本質物（マグマ物質）の同定や、活動推移予測のためのデータとして活用される。
- 噴火発生時に、マグマ溜まりや上昇に関するパラメータを迅速に推定し、比較できるような分析システムやデータベースの整備を進める（火山 PJ 課題 C1 の研究内容を発展させる）。

**海域火山を対象とした調査研究について**

- 海域火山の基礎情報は本土の火山に比べて大きく見劣りするため、基礎情報に関する調査及び研究に関しては、海域火山（特に海底火山）の調査研究を計画的に進める必要がある。対象海域としては、伊豆小笠原と南西諸島の 2 カ所について重点的に調査研究を進めるべき。
- 海域火山、特に海底火山の活動は、何らかの異常が海面に現れて初めて噴火発生等のイベントを知るという状況である。このため、要点に記載の内容を超えるものではないが、詳細な海底地形データの取得とそれをベースにした火山体構造探査、過去の噴出物の採取・分析を行うことによって、その活動歴を把握し、新しい時代に噴火が発生した山体を特定するといった基礎的なデータ収集のための調査が必要である。対象として活火山を優先しつつも、海底火山の場合は情報不足のために認定されていない火山体が存在する可能性もあることに留意が必要である。

## その他、全般的な事項

<p>■ 「地球物理学的データ解析や物質科学的分析、追加調査等による噴火発生場を把握する調査及び研究」とするべき。「調査観測によって取得されたデータおよびデータベースのデータ」には、火山帯構造探査のデータ、長期の観測データ、トレンチや掘削などによって得られた試料などが含まれると理解している。</p>
<p>■ 地震活動や地殻変動など地球物理学的な観測結果を解釈して火山活動を評価し、適時適確に噴火警報等を発表するためには、噴火発生場の理解は重要。</p> <p>■ 火山活動の評価を行うためには、地下浅部のモデル化を踏まえたデータの解釈が有効と考えている。モデル化のためには、詳しい震源の位置、電磁探査、構造探査などの基礎的な調査を進める必要があるのではないか。</p>
<p>■ 中長期活動の評価、火山活動の状態の把握と予測、新たに発生した噴火の把握・推移評価（機動的対応）においては、噴出した岩石の特徴をもとに、マグマの状態（マグマの蓄積条件）や浅部熱水系の状態、マグマの状態の変遷を知ることが不可欠である。</p> <p>■ 地質・物質科学的には、トレンチ調査、ボーリング調査による堆積物記載・試料分析などにおける客観的な観察・記載手法の導入促進が必要である。例えば、客観性を高めるため、噴出物の色、形状や帯磁率などの記載情報の定量化が必要である。膨大なデータ処理を可能にする自動化などによる効率化を推進する。</p>

- ・ これらの調査研究に基づく、活火山、及び活動火山対策のために観測、測量、調査及び研究の充実等が必要な火山の選定や、活火山の過去の活動度によるランク分け

## 客観的な火山選定・ランク分け

<p>● 「全国活火山診断表」の作成。</p> <p>● 観測データなどに基づく火山の活動度の総合的評価指標の作成。</p>
<p>■ 多くの火山において、共通事項と個々の特徴を整理するための客観基準を整理する必要がある。ランク分けにおける客観基準の明確化が必要である。そのためには、ランク分けの検証可能性を担保し、継続的に更新・改善する体制の構築と整備を行う必要がある。</p>

## 火山選定・ランク分けの方法について、他

<p>■ 調査・研究の重点火山の選定やランク分けは、火山の活動度や地球科学的な調査研究だけでなく、「暴露」「脆弱性」の評価が必要と思われる。これは「火山ハザードの影響評価手法に関する調査及び研究」の結果に基づく必要がある。</p>
<p>■ 調査、観測、研究の充実の必要な火山やランク分けに関しては、委員会などで議論をする。</p>
<p>■ 監視・観測体制の充実強化を図るための基礎情報として、活火山や観測、測量、調</p>

査及び研究の充実等が必要な火山の選定は重要。

## ○火山活動の状態の把握と予測に関する調査及び研究

- ・噴火前兆・発生即時把握手法の調査及び研究（前駆的な地殻変動や地震活動などの噴火の前兆現象や、噴火時に発生する空振や地震、噴煙等により推定される噴火の発生や場所を自動解析等により即時的に把握し、また、噴火の様式や規模等を早期に把握し、情報発信するもの。）

### 即時把握技術の開発について

- 水蒸気噴火の切迫性評価／短期予測の手法開発。
  - ・火口近傍での観測に基づく亀裂の生成および連結・拡大によって発生する地震・微動の検出と震源特性の解明、DAS 観測や稠密アレイ観測などによる亀裂のイメージング手法の開発による、亀裂の連結・拡大の検知手法の開発。
  - ・リモートセンシング技術などによる地表面の熱活動や隆起の準リアルタイム（高頻度）把握。
  - ・傾斜変化を伴う微動のモニタリングによる噴火直前警報システムの開発。
- 監視カメラ、映像 IoT システム、リモートセンシング技術、地震・空振のアレイデータ解析システム、ドローン観測技術、傾斜・歪・X-MP レーダ・ディストロメータ観測技術による噴火発生（時刻、場所、様式、規模）の即時把握手法の開発。
- 火山現象に伴う地殻変動データに基づく変動源の即時的な推定システムの開発。
- 防災対策にとって重要な火口位置の即時把握。

### 活動活発時の即時把握体制について

- 活動活発時の即時把握のための機動観測・即時解析・表示のための手法と体制の構築。
  - ・センサー・ロガー・電源・伝送手段・サーバー・解析・結果の可視化と情報共有をパッケージ化し、継続的に更新・高度化する。
  - ・上記パッケージは、単体でも使用可能な汎用性・柔軟性のあるものを。
  - ・解析項目（連続微動震源移動・噴火口即時把握・地震—空振統合解析による噴火推移など）。新しい解析も柔軟に取り入れられるシステム。
  - ・高分解能衛星画像の即時解析システム開発と継続的高度化・ベースライン解析との統合解析。
  - ・噴火時の現地における「機動観測」と解析・分析・情報共有を担う「後方支援」体制の構築。

### 噴出物に基づく火山活動の状態の把握と予測について

- 噴火時には、噴火様式、マグマや火道の状態に関する情報、それらの時間変化に

関する理解、予測に資する情報を迅速に得ることが重要になる。噴火様式に関する情報としては、噴出物以外に、目視、映像、地球物理観測に関する情報、噴出物からは火山灰の構成物、粒径、形状、分布などの情報、マグマや山体に関しては構成物、化学組成、温度、圧力、含水量、発泡度、組織などの情報が挙げられる。

■機動観測においては、客観性、迅速性を重視するとともに、確立された手法であることが重要となる。具体的には、マグマ（本質物質）の同定のための全岩化学組成分析、熱水起源鉱物の同定のための回折 X 線（XRD）分析は重視すべき項目である。XRD は初期の水蒸気爆発の発生場（熱水系の条件など）の推定に必要である。また、噴火様式判定のための火山灰粒子構成比も重要な項目となる。

■火山灰のモニタリングは、水蒸気噴火からマグマ噴火への移行など、噴火初期の推移の特徴を捉え、マグマ（本質物質）の噴出の有無の判定などにおいて重要となる。しかし、火山周囲での迅速な試料採取の方法や解析方法は確立されているわけではなく、高度化および標準化を進める必要がある。

■噴火様式の同定やマグマの同定に関わる客観的な指標の開発を進める。

■降灰調査体制の整備、調査の効率化、噴出量・噴出率推定など降灰データの解析手法の標準化および高度化を進める。

■火山灰のモニタリングのための採取装置の開発・高度化、火山灰構成物や化学組成の分析、解析手法の標準化を進める。

■火山活動状況の把握のために、「噴火発生場に関する調査観測手法の高度化」で述べたマグマ溜まり状態推定を行う。

■物質分析手法にはいくつかの段階があり、それを噴火時および定常時の分析において効果的に活用していくことが重要であり、とくに以下の点には留意する必要がある。

- ・客観手法の導入促進：物質科学的手法による活動状態把握には、属人的判断も含む経験則に基づく手法が数多く存在するため、これらを客観的手法によって置換していくことが重要である。
- ・分析の効率化：分析における試料調整・分析・データ処理など、各工程の自動化を進めて全体の迅速化を図り、多項目観測データとの比較を可能にしていく必要がある。
- ・新手法の導入：客観化および迅速化は、技術的に容易という側面ではなく、理論モデルや多項目観測と比較可能な変数を導出する手法について優先的に着手する。

■噴火時に迅速にデータを出せるように、機器の維持・整備・管理方法、役割分担の明確化など、体制の構築・維持を並行して行う必要がある。これには、今までの噴火対応や噴火予知連での役割を果たしてきた大学、研究機関を基盤とした、物質分析に関する連携体制を構築する必要がある。試料採取から室内分析を実施するまでの試料輸送の迅速化も進める必要がある。

### 海域火山の噴火前兆・発生即時把握について

● 海域火山の常時観測、リアルタイム観測のための水中音波、DAS の研究開発の推進。DAS データの一元化システムへの提供。

■ 火山島や海底火山では、山体の大部分が海面下にあるため、海面下では噴火前兆・発生即時把握に必要な地震計等の常時観測インフラがほとんどない状況である。従来からのハイドロフォンや海底地震計の整備にとどまらず、洋上での無人観測ツールなどを活用し、リアルタイムでのリモート観測の技術開発を進める必要がある。また、衛星による監視観測の高頻度および高精度化も望まれる。

### ハザードシミュレーションの入力値である噴出率などの即時推定について

● シミュレーションの入力パラメータを、地震、地殻変動、レーダなどから、天候に依らずに即時推定する手法の開発。

● 地殻変動や空振観測による噴出率の推定。

### 新規観測技術開発について

■ 火山活動の状態の把握と予測をする上で、新技術の開発の推進は欠くことのできないピース。枯れた観測技術による状態の把握と予測は当然進めるべきだが、開発要素に何も触れないのは違和感がある。新技術の開発を奨励するという一文があっても良いかもしれない。例えば、海域では水中音波や光海底ケーブルを活用した観測技術の進展が見られていて、近い将来、観測の一翼を担うと予想される。

・ 調査観測データ、物質科学分析、物理・化学モデル等に基づく、噴火準備過程や噴火切迫性の評価を行うための手法の調査及び研究と高度化の推進

### 10年スケールの火山活動のベースライン把握について

■ 10年スケールの火山活動のベースラインの整備と継続的なデータ蓄積システムの構築。

- ・ 地震活動(VLP、 Seismic Background Level などを含む)
- ・ 電磁気(消磁など)
- ・ 熱異常・火山ガス・噴煙(衛星リモセン)
- ・ すでに整備されている項目(地震数・地殻変動・噴火イベント等)
- ・ ベースラインをもとにした異常検知システムの開発(地震・地殻変動・衛星など)

### 噴火切迫性の把握について

■ 大規模噴火の前兆現象に関する海外事例調査に基づく評価基準の研究。

- ・ 国内での事例が乏しい M3 以上の噴火における事例、特に中期的な推移も含めた

前兆現象についての調査に基づく予測手法の検討。特に現地対応機関が、今後の評価基準にどのように活かしているかを調査する。

- 過去事例、海外事例も含めた、水蒸気噴火に至るまでのプロセス等の標準的な推移モデル構築。
- 前駆的な地殻変動、地震活動と言うが、それが「前駆的」と言えるのは、後に噴火が発生してわかるものである。火山性地震は噴火しない場合も活動の消長はある。大切な視点は、例えば、山体の膨張に比して地震活動度が高いとか、複数の観測項目の相関を考慮した火山活動の評価手法の開発であると思う。単に、これまでの活動事例から前兆現象を探すよりも、現象の理解も取り入れた噴火切迫性の評価を目指すことが重要であると考え。
- 火山ガス等の例にみられるように火山現象は局所的に微弱な観測量として発現する例が多い。浅部で発生するごく微小な地震活動や SAR で見える局所的な地盤変動も同様である。火山活動が活発化した際に、このような現象を確実に捉え、それを遅滞なく解析する（広義の）手法開発が重要である。

#### 噴火分岐・推移の条件やメカニズムの解明について

- 水蒸気噴火からマグマ噴火へ移行する推移過程に関する調査及び研究。
- 過去のイベントの事後評価研究
  - ・過去のイベント（噴火未遂も含め）について、その時点で存在していたデータを元に、より妥当な判断が可能であったかを検討し、その方策を把握するとともに可能性と限界を評価する。また、判断に必要で欠けていた情報（理解、データ）を把握し、その充実方策も検討する。
- 火山活動推移図の作成と分岐判断基準の定量化。
- 「噴火の様式や規模の推移（例えば、水蒸気噴火からマグマ噴火への移行など）の予測」のための調査研究。
- 活動度が低下する方向の状態把握に関する調査研究（復旧・復興への反映）。
- 海外の火山も含めた横断的な火山活動の整理や特徴抽出により、噴火に至るまでの現象や噴火活動の推移に関する共通性等の解明にも期待したい。
- 近年噴火し、噴火推移が明確な複数火山の噴出物についての分析から、噴火前の温度圧力条件、含水量、マグマの上昇速度などのパラメータを抽出、噴火事象系統樹の分岐判断の条件を推測する。

#### 熱水・マグマ移動過程について

- 水蒸気噴火発生場深部シール層の破れに伴う流体上昇の検知による、火山活動の活発化の予測。
- 火山独自の熱水流動シミュレーター（火山のような高温地域に適用可能）の開発。
- シミュレーション等の導入による噴火発生場の定量的理解（熱水活動モデル）。
- 地殻変動量、噴出量、火山ガス放出量などを統合的に説明可能な、マグマ移動量

の定量的モデルの構築（特に、地殻変動データに基づく体積変化推定量の不確定性のマグマ供給系モデル化への取り込み、及び移動通路やマグマの変化（冷却、固化、発泡）も考慮したマグマ移動過程（量）のモデル化）。

#### 地球化学的手法の活用について

- 火山ガス等観測による化学成分比のモニタリング。
- 噴火時の SO<sub>2</sub> 放出量迅速評価およびそれに基づく噴火規模評価手法の開発、実用化。
- 噴火噴煙の組成観測による噴火タイプの把握手法の開発（センサー、機器による試料採取分析により噴火により放出された火山ガス組成を把握し、その起源を評価）。
- 地震や地殻変動などの地球物理学的手法で前兆をとらえることが困難な、水蒸気噴火の前兆をとらえるため、火山ガスや熱水、火山灰等の分析などの化学的手法により水蒸気噴火の発生機構や発生場の理解を進め、活動消長の評価に有益な化学的指標の探索と観測手法の改良を進めることは重要。

#### 噴出物に基づく噴火準備過程・切迫性評価手法の開発について

- 火山活動推移評価への物質科学的データの定量的な活用。
- 地質および物質科学的には、噴出物が得られる過程、噴火推移とくに噴火最盛期への発展過程の評価手法に対応する。即時把握手法は、噴火の素過程を踏まえたより客観的な理解が進んでいる「マグマ火道上昇脱ガスモデル（火道モデル）」等との比較によって、信頼性の高い評価へつなげられる。そのため、これらのモデル変数などを直接的に導出できる手法を継続的に更新し、高度化する体制を確立することが重要である。
- 「噴出物データベース構築」により、新試料の「異常性」の検出体制を整備する。とくに噴火推移あるいは事象分岐に対応する指標の導出を目指す。そのため、火道モデルにおける変数を直接的に導出可能なデータ、あるいは間接的に導出することが学界で合意形成されているデータの導出環境を整備する。
- データ駆動の異常検出体制の整備を進める。噴火推移要因となりうる事象は多岐にわたるため、事象発生時点での原因解明が困難な場合も多い。そこで、切迫性の高い場合は現象理解を俟たずに異常性を検出することも重要であり、画像処理、光学的手法などによる分析と、機械学習による解析手法を導入して推進することも有意義である。

#### 火山活動の長期予測について

- シミュレーション等の導入による噴火履歴の定量的理解（マグマ供給系モデル）、マグマ供給系のマグマシステムの進化。
- 火山の長期評価／噴火の長期予測の手法開発。

■「長期評価・長期予測」のための調査研究も必要ではないか。例えば項目としては、「地質調査、物質科学分析、物理・化学モデル等に基づく、火山活動の長期評価手法の調査及び研究」など。

なお、長期評価は、活火山の活動度によるランク分けなどにも関係するので、「2. 火山活動評価のための基礎情報に関する調査及び研究」の中に含めて考えても良いかもしれない。

ただし、問題は、火山活動の「長期」「中期」「短期」の定義が曖昧なことから、総合基本施策・調査観測計画の要旨では、これらの表現を使用しておらず、長期評価を項目に加える場合にはこれらの定義が必要になる。

### その他、全般的な事項

■総合的な評価を踏まえた調査研究が進み、より適切な噴火シナリオの作成につなげることができれば、噴火警戒レベルの高度化に反映できるので、火山対策に活用できると考える。

■火山活動監視・評価の高度化へ向け、多項目・大規模データを用いた火山活動状態の定量的な評価及び予測手法の開発が重要。

■基礎研究ととらえられないよう配慮すべき。

## (2) 火山ハザード評価手法に関する調査及び研究

### ○火山ハザード把握手法に関する調査及び研究

- ・噴火発生時の即時把握手法の開発に関する調査及び研究と連携し、常時・機動観測情報や現地調査、リモートセンシング技術、シミュレーション技術等を活用し、火山ハザードの影響範囲等を即時的に把握する手法に関する調査及び研究

### モニタリングデータのハザード評価への活用について

●モニタリングデータのハザード評価への活用。

●貫入率と噴出率に着目し、観測量をシミュレーションに直結させるための研究。

■ハザードの評価に際しては、シミュレーションの初期条件を与える情報の取得が重要。例えば、噴火発生時に噴火規模に相当する観測量のモニタリングなど。噴火発生が低頻度であることを考慮し、例えば、移動式噴煙レーダ、複数の機動的な空振計アレイを組み合わせたシステム等を実用化し、解析手法を確立する技術開発が重要。

■ある程度データの蓄積があり、近年噴火をおこなった火山で、事前の地震活動や地殻変動データを用いて、桜島の次世代火山研究 D2 で確立した手法を適用して、噴出率などが説明できるかどうか、パラメータを変更すれば説明可能かどうかなどの調査研究を行う。

## 噴火の規模・様式・推移のリアルタイム定量化と可視化について

■地震の場合は、震源パラメータや地震動の最大震度、津波波高など、イベントを定量化する基本的パラメータが決まっており、地震発生後すぐにある程度定量化される。しかし、噴火の場合は、噴火が続いている状況で評価をする必要がある。噴火のマグニチュードである総噴出量や、もともとは別のパラメータであったが現在は総噴出量に基づいて算出されている VEI は即時には使えない。また、噴煙高度や地震・空振の振幅と噴出率・噴出量の関係も、噴火様式（連続噴煙・パルスの・溶岩流出・水蒸気噴火等）によって変化する。規模・様式・推移について、観測データに基づく実績と、事象系統樹や噴火履歴等に基づく予測を分かりやすく表示する噴火推移図（文字ではなく視覚的に連続推移が分かりやすいもの）の作成方法を考案する必要がある。日本の噴火だけでなく世界の噴火に対して試作と類型化を進め、将来的には AI による自動生成も視野に入れる。

## リモートセンシング技術の活用について

- ドローンによるリアルタイムハザード把握手法の高度化。
  - ・データ取得作業の効率化による即時性の向上
  - ・画像や3D地形モデルから状況認識する手法の高度化（AI技術の活用など）
  - ・運用体制の整備
- 次世代火山研究プロジェクトにおいてもドローンやレーダ、ディストロメータ観測などの技術開発が進んでおり、これらの活用と高度化（特にAI技術の活用など）が必要。また、ドローンやレーダを即時に運用できる機動観測の体制整備（許認可手続きも含む）も必要。
- 噴火や噴石の飛散などを例えば AI によりほぼリアルタイムで把握するような手法が実用化すれば、情報発表までの時間が短縮可能。
- 火山灰の拡散・降灰予測の高度化と降灰による災害対策のため、リモートセンシング技術や観測データ解析などによる大規模噴火時の降灰状況の即時把握手法の開発も重要。
- 火山噴出物のモニタリング手法。
  - リモートセンシング技術（衛星やドローン）を活用した噴出物分布（降灰厚さや溶岩流厚さ分布など）の迅速推定手法を開発するとともに、現地調査による真値との照合により、手法高度化を進める必要がある。
  - 高分解能画像即時判読システム（AI技術等を活用）を開発し、噴火状況を準リアルタイムで観測できる体制を構築する。緊急時には、小型 SAR 衛星等のデータを活用し、準リアルタイムで噴火状況を把握しつつ、衛星による熱異常・SO<sub>2</sub>・噴煙のリアルタイム観測と組合せ、活動推移を詳しく把握する。
- 桜島におけるレーダーによる噴煙高度計測、降灰量自動測定 of 機動化、水平展開。

### 降灰把握・降灰データ解析手法の開発について

- 現地調査により降灰状況（層厚や粒径の分布）を迅速に把握・推定するための手法や体制の整備、調査の効率化を進める。
- 噴出量や噴出率の推定など、降灰データ解析手法の高度化を進める。AI 技術の活用も想定される。

### 火山性津波や漂流軽石の即時把握について

- 山体崩壊等の火山体の急速な変形や、崩壊に伴う振動現象の即時把握手法を開発する。
- リモートセンシング技術や地震・空振等の遠隔観測技術（海底ケーブルを活用した DAS なども含め）を併用し、山体崩壊、大規模爆発等に起因する火山性津波の即時把握手法・検知システムの開発を進める。
- 海域火山の噴火に伴う特有のハザードとして、漂流軽石（2021 年 8 月の福徳岡ノ場の噴火）や津波（近年の例：2023 年 10 月 嬬婦海山、2024 年 9 月 須美寿カルデラ）がある。これらへの対応も必要。
- 漂流軽石の衛星データ等によるリアルタイム観測。

### その他、全般的な事項

- すべての火山において、火山ハザードの影響範囲等を即時的に把握できるかのような表現になっているが、常時・機動観測情報や現地調査が難しい火山（とりわけ海底火山のようなケース）も存在することには留意が必要。
- 現象発生からハザード発生までの対応可能時間がハザード毎に異なるため、対応可能時間に応じた、把握および予測手法の研究戦略の整理が必要。
- 悪天時にも噴火の発生や噴火規模をできるだけ短時間に把握し、影響範囲を速やかに推定するような手法が実用化すれば、噴火速報や噴火警報の発表時間の短縮が可能。

### ○火山ハザード予測手法に関する調査及び研究

- ・ 火山活動評価手法に関する調査及び研究の活用により設定される噴火の場所、規模、様式等の噴火条件に基づき、火山ハザードの影響範囲を予測するためのシミュレーション技術に関する調査及び研究

### ハザードシミュレーション技術の高度化について

- ハザードシミュレーション手法の高精度化・高速化。
- ハザードごとの影響範囲予測とその高度化。
- 火山ハザードを即時把握したデータをデータ同化した準リアルタイム火山ハザード影響範囲予測シミュレーションを開発する。

### 火山灰拡散・降灰の予測手法の開発について

●火山灰濃度予測及び確率予測のモデル開発。

■レーダーを活用した火山灰拡散・降灰状況のリアルタイム把握、数値シミュレーション、データ同化の手法を組み合わせた、火山灰拡散・降灰予測マッピング技術を開発・高度化する。また、降灰の実況および予測情報を即時的に発信できるようなシステムの開発を進める必要がある。

### 火砕流の予測手法の開発について

■噴火の規模や発生メカニズム（噴煙柱崩壊や溶岩ドーム崩壊など異なる表面現象）に応じて、火砕流の性質は異なる。そのため、初期条件や性質が異なる火砕流のシミュレーション（到達範囲、到達時間の予測）手法の高度化、予測図作成手法の開発を進める必要がある。

### 火山性津波の予測手法の開発について

■海域火山については、シミュレーションにもとづく火山性津波の予測技術を開発する必要がある。地震性津波に関する既存の技術やシステムは参考になるが、火山の場合、表面現象に応じて多様な発生メカニズム（初期条件）が想定されるため、それを考慮した予測技術の開発が必要になる。

■海域火山の噴火に伴う特有のハザードとして、漂流軽石（2021年8月の福徳岡ノ場の噴火）や津波（近年の例：2023年10月嬬婦海山、2024年9月須美寿カルデラ）がある。これらへの対応も必要。

### 漂流軽石のシミュレーションについて

●漂流軽石のシミュレーション研究。衛星観測データに基づくデータ同化。

●漂流軽石のシミュレーション、データ同化。

■海域火山の噴火に伴う特有のハザードとして、漂流軽石（2021年8月の福徳岡ノ場の噴火）や津波（近年の例：2023年10月嬬婦海山、2024年9月須美寿カルデラ）がある。これらへの対応も必要。

### 過去の事例調査に基づくハザード予測手法の研究について

■要点の項目は、シミュレーションによる予測研究であるが、過去の噴火や類似火山の事例（海外の火山も含む）などの調査やデータベースなどに基づくハザード予測手法の研究は必要ないか？

### その他、全般的な事項

●短期の被害予測と、避難生活の長期化リスクに活用される長期の被害予測。

■各種シミュレーションを実行するために、火山および周辺の高解像度の地形データ（陸上および海底地形）を取得するとともに、噴火時に即時的に活用できるよう、データ流通体制の整備を進める必要がある。

■噴火発生時の即時把握だけでなく、噴火様式の予測や即時把握、噴火開始時の噴出率即時把握の手法開発を行う。

・噴火発生時の即時把握情報と火山ハザード予測のシミュレーション結果を統合した、即時火山ハザード予測図の作成手法等に関する調査及び研究

即時火山ハザード予測図の作成手法について

●火山灰、溶岩流、火砕流、火山岩塊、津波、土石流、山体崩壊などハザード毎に分けたリアルタイムハザードマップの開発。

■すでに噴煙シミュレーションや降灰予測には、大気構造が十分に反映されている。建議では融雪型泥流の研究が進められている。気象災害が頻発・激甚化する中、噴火災害と気象災害が重なる可能性は非常に大きく、気象予測と即時火山ハザード予測の融合が今後必要になると考えられる。データ流通プラットフォームで目指している気象・海洋データの整備は、火山観測データの補正のための現在と過去のものだけでなく、即時ハザード予測のための予報値も必要ではないか。

●即時火山ハザード予測図の作成手法に関する研究。

●噴火発生（時刻、場所、様式、規模）の即時把握による入力パラメータの即時推定に基づく、リアルタイムハザード予測手法の開発。

●リアルタイムハザードマップの作成手法。

■噴火ハザード評価に際して、対象とする火山の立地条件（人口密集地に近い、島嶼で避難が不便等）に基準を置いたハザード予測図作成の視点も重要である。

●溶岩流による地形変化を考慮したシミュレーションを考慮したハザード予測地図の作成方法や配信に関する研究。

(3) 火山に関する総合的な評価を活動火山対策に活用するための調査及び研究

○火山ハザードの影響評価手法に関する調査及び研究

・火山ハザード情報を効果的に活用する手法に関する調査及び研究

火山ハザード情報の内容について

●噴火警戒レベル5設定後の状況における噴火切迫性を伝える研究。

●情報を受け取る側のステークホルダーを誰に設定して研究するか。

●噴火タイムライン、リアルタイムハザードマップなどが加わった「全国活火山診断表」。

■全国の火山の活動評価を共通の基準で行うとともに、それらの情報を行政や市民

<p>が見て利用することができるデータベースの整備が行われると良い。</p>
<p>■噴火事象系統樹は、火山の活動を俯瞰的かつ時系列的に捉え、将来想定される活動や噴火事象、それらの推移を把握する際に役立つ。噴火事象系統樹は、研究者のみならず一般への普及も想定されるものであり、その活用方法の検討は重要かつ慎重に行われるべきである。一般に公表するならば、ユーザー（研究者、防災関係者、住民）に合わせたバージョンの作成、解説、およびそれらの手順の標準化が必要である。</p>
<p>■現状においては、火山活動の終息を判断することは困難である。一方、避難等が長期化すると多方面に影響を与える。この状況の解決を指向した研究開発にも着手すべきと思う。予測が不完全なことを前提に、少しでも対策に資するために、噴出物分析と観測データを併せた噴火時の現象の理解を早急に行うことに加え、噴火後も推移を確実に捉える観測の継続とそれを支える仕組みの構築が重要。</p>
<p>●全国のこれまでの降灰の実績及び確率マップの提示。</p>

#### 火山ハザード情報の伝え方について

<p>■火山活動による規制を行っている火山において、登山者の「自己責任」による規制区域内への立ち入りが後を絶たない。火山ハザード情報を登山者に理解させる仕組みを構築する必要性を感じる。例えば、YAMAP やヤマレコなどの SNS と連携するなど。一方で規制する側の過剰対応も原因にあるように感じるのので、適切な対応をとることができるような手法の開発が必要。</p>
<p>■即時火山ハザード予測図の作成手法のみならず、作成されたハザード予測図の活用手法に関する調査研究も行われると良い。</p>
<p>●火山情報の伝え方、情報発信の改善。</p>
<p>●効果的な情報提供方法の検討。</p>
<p>●行政職員の意思決定に活用できる火山情報、ハザード情報の表現方法に関する研究。</p>
<p>●火山現象が道路網へ影響を与えたときの影響範囲の抽出・評価を伝えるための手法開発。</p>
<p>■火山ハザード情報がどのように捉えられているのかを検証し、受け手に利用しやすい火山ハザード情報の表現方法や公開方法のあり方を検討する。さらに、噴火時の意思決定の手助けとなる情報を検討し、情報の表現方法について検討する。</p>

#### その他

<p>■「火山ハザード情報を効果的に活用する手法」で網羅されているが、「情報の生成のあり方」も含まれるとよい。</p>
<p>●意思決定支援のシステム開発。</p>
<p>●災害対応をする職員の研修支援。</p>

■火山災害の軽減に資する効果的な周知啓発方法や火山ハザード情報を防災行動につなげるための防災教育手法の開発を行う。

## ・火山ハザードが社会に与える影響の評価手法に関する調査及び研究

### 建築物、インフラへの影響評価について

●火山灰の電子機器、通信機器、発電、建物への影響評価。  
●噴石等が建物に与える影響（耐久性）の評価。  
■火山ハザードが建築物、インフラ等へ及ぼす影響を実験等で検証し、即時把握データと準リアルタイム火山ハザード影響範囲予測シミュレーションと組み合わせた、影響評価手法を開発する。

### 火山ハザードが社会に与える影響に関する情報収集について

●過去の火山活動の対応に関する時系列情報の再整備。  
■これまで収集している火山ハザード情報以外に、社会に与える影響の評価に有用な情報を整理し、データベース化し、公開・発信方法を検討する。

### 降灰影響情報について

■多点の火山灰量の即時把握および収集手法の開発およびデータ更新手法の開発により、降灰量の平面的分布を即時把握するシステムを開発する。なお、即時把握手法は専門家でなくとも可能な手法とすること。  
■過去の噴火で噴出率の変化が判明しているような火山で、火口からの距離に応じた降灰量の時間変化をシミュレーションによって求め、影響範囲の時間発展の様子を検討する。

### その他

●効率的な除灰方法。  
■準リアルタイム火山ハザード影響範囲予測シミュレーションを組み合わせた避難シミュレーションを開発し、最適な避難を支援する手法の開発をおこなう。

## ※その他のご意見

### 調査及び研究の全般について

●海域の調査研究。  
●関係省庁・関係各機関等からヒアリング。参加機関名簿の公表。  
●災害現場にとって必要な影響評価手法、予測手法は何かという視点の重要性。

### 火山ハザード評価手法に関する調査及び研究の全般について

●火山ハザード予測手法の2項目は結合する必要がある。「火山活動評価により設定される噴火の場所、規模、様式等の噴火条件に基づいた即時火山ハザード予測図の作成手法等に関する調査及び研究」。なぜなら、火山噴火の前駆現象において、地震活動や地盤の膨張は蓄積され続けるから。マグマの蓄積量は毎日変わり続ける。昨日の評価が今日も使えると思うのは間違っている場合がある。

■方向性は良いと思うが、火山ハザードという言葉には非常に多方面の火山に関する危険を含んでいるように受け取れる。火山本部では、それらすべての火山ハザードに対応できるわけではないので、火山ハザードの対象を当面は絞り込むことも必要になってくるかもしれないと考える。

### 火山ハザードの影響評価手法に関する調査及び研究の全般について

■方向性は同意するが、現在の火山本部の組織体制や火山調査委員会の構成メンバーなどを考慮すると、現時点ではこの項目に十分対応するのは難しいかと思う。将来的な目標としてはこれで良いと思う。

■これらの調査研究に関しては、工学や社会科学分野の研究者の参入が必要であり、自治体や産業界との連携も必要である。考え方や方向性、具体的な項目については、工学や社会科学分野の研究者の意見を聴取する必要があると思われる。

### 機動的な調査観測について

#### ■機動観測への意見

重要となる火口近傍観測点の選定と、活動の高まりによってアクセスできなくなる前の設置・運用が必要である。近年20年間の国内外の研究成果と御嶽山噴火災害後の検討により、微弱な前駆過程の把握には火口近傍データが不可欠であることが確認されている。火山「基盤的観測網」は火口近傍の観測点を含んでおらず、火山本部による基盤的観測網の整備によって火山活動把握能力が低下することは避けるべき。一方で、安全で確実な運用が可能な遠方の観測点から同じ情報を得るための解析方法の高度化を進める必要があり、その開発のためにもS/N比の大きい火口近傍観測点のデータを参照することが必要である。また、火口近傍観測の難しいところ（海域火山を含む）でも運用可能な、DASなどの最新観測手法を取り入れることも重要。

#### ■基盤的な調査観測への展開の判断材料となる試験調査観測。

（これらは機動的な調査観測の計画で実施されるという方策もありえる）

- ・ 中期的（数年～10年）の繰り返し地球化学観測
- ・ 試験的な高精度観測・稠密観測
- ・ 観測データ解析精度向上のための構造探査

- ・スポット地質調査（地質図などとして総括する計画を検討するための予備調査やトレンチ調査など）
- ・基盤観測への移行を目指した観測・解析技術開発および試験観測
  - － 火山ガス組成や放出量の自動測定手法の試験運用
  - － 衛星リモセンによる非噴火時 SO<sub>2</sub> 放出量解析手法の高度化・自動化

#### 横断的な事項について

- 火山防災対策会議との連携。