

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

第 4 回調査観測計画検討分科会における「基盤的な調査観測」に関する主な意見

火山調査研究推進本部政策委員会総合基本施策・調査観測計画部会第 4 回調査観測計画検討分科会における委員からの主な意見において、「基盤的な調査観測」に関連するものは以下のとおりである。

1. 陸上の基盤的な調査観測について

(1) 地震観測

■調査目的 ・火山性流体（マグマ・熱水）の移動や応力変化に伴う地震の活動推移とその発生要因を評価
■調査手法 ・短周期/広帯域地震計
■調査項目 ・地震活動の検知（タイプ分け・計数） ・震源の決定：P 波や S 波の着震時を用いて、震源の位置・発震時刻を計算 →観測網の観測点間隔と震源の深さが同程度のときに決定誤差が小 ・震源メカニズムの推定：P 波初動の押し引き、インバージョン →震源を中心に距離・方位ともに偏りなく観測点を配置すると推定誤差が小 ・構造や応力場の時空間変化の推定：常時微動を用いた地震波干渉法など →観測網の空間密度が空間分解能に直結
■調査観測の考え方 ・火山深部から地表に至るまでの物質やエネルギーの移動・状態の把握 ・多様な振動現象の時空間的発展の把握 ・火山性流体（マグマ・熱水）の移動や応力変化に伴う地震の活動推移とその発生要因を把握・評価するための観測 ・火山研究・監視の基礎資料を蓄積するための継続性のある安定した観測 ・火山活動推移の各ステージにおける火山現象と評価・監視の対象 →深部（10～30km）： 火山現象→深部マグマ活動、地殻深部からのマグマ上昇 観測対象→深部低周波地震 →マグマだまり（5～10km）： 火山現象→マグマだまりへのマグマ供給/蓄積 観測対象→マグマだまり周辺での地震活動、 マグマの移動に伴う長周期振動/超長周期振動や微動 →浅部（～5km）： 火山現象→マグマだまりからのマグマ上昇/貫入、 マグマ噴火の前駆現象/噴火過程 観測対象→火山性流体の移動に伴う地震活動

流体経路の振動による微動などの振動現象 流体移動・応力変化に伴う地震波速度構造変化 噴火現象/表面現象 →ごく浅部（～1 km）： 火山現象→水蒸気噴火の前駆現象/噴火過程 観測対象→火山性流体の移動に伴う地震活動 流体経路の振動による微動などの振動現象 流体移動・応力変化に伴う地震波速度構造変化 噴火現象/表面現象 ・ 静穏期における継続的な観測で、バックグラウンドとなる知見の蓄積 ・ 構造や応力場の情報の蓄積
■調査観測の進め方 ・ 深部（10～30km）：深部低周波地震 →火山から 40km 程度以内のノイズレベルの低い観測点（ボアホール・横壕）が有効 →方位カバレッジが比較的良好な地震基盤観測網（防災科研 Hi-net など）を活用 ・ マグマだまり（5～10km）：火山性地震・微動 →活動領域から 15km 程度以内に方位カバレッジの良い観測網が理想 →基盤的観測網（V-net、気象庁）に加えて、大学等の定常観測や機動的な観測も活用 ・ 浅部（約 5 km 以浅）：火山性地震・微動 →気象庁による山頂域の観測点（～5 km 程度に展開） →複数の観測点による冗長性を確保する整備が必要 →山頂域での多項目観測（～5 km 程度に展開） ・ 調査及び研究の推進や火山活動評価の高度化の基盤となる震源決定等を実施 ・ マグマだまり以浅での地震活動を調べるには、M0.5 以上を基準とすると、震源距離 15km 以内の範囲に 6～8 点の観測点を方位分布に考慮して配置するのが理想 ・ 地形的、地理的な条件により、必ずしも一定数の観測点を理想的な場所に整備できない場合があることに留意 ・ 一定の水準を満たす観測網を整備するため、網羅的に各火山の地震活動の調査を行ったうえで震源決定精度等を考慮し、関係機関で観測点数と配置を検討することが理想 ・ 観測網の検討においては全体を最適化することで負担を増やさないことも重要

（２）地殻変動観測

■調査目的 ・ 火山活動に伴う、地殻変動の検知、地殻変動源の位置・形状の把握、変動規模（体積変化量等）の把握、変動源の移動の追跡
■調査手法 ・ GNSS 観測：水平変位と垂直変位を観測 →水平最大変位は圧力源直上から $0.7 \times$ 圧力源深度の距離（球状圧力源を仮定） →浅部（数 km）～深部（30km）を変動源とする現象が、深さに応じた一定の規模以上

で発生すれば、以下の観測網で検出可能

- GEONET：平均観測点距離 20～25km
- V-net：主要火口からの距離 3～12km
- 気象庁：主要火口からの距離 0.2～7 km（十勝岳の場合）

・ 傾斜観測：変位の空間微分量を観測

→最大傾斜変化は圧力源直上から $0.5 \times$ 圧力源深度の距離：球状圧力源を仮定

→以下の観測網では、マグマだまり程度の深さの現象までに対応（マグマだまりより深部の情報は得られない可能性がある）

- V-net：主要火口からの距離 3～12km
- 気象庁：主要火口からの距離 1～3 km（十勝岳の場合）

・ ひずみ観測：変位の空間微分量を観測

→圧力源からの水平距離が圧力源深度/ $\sqrt{2}$ で極性反転

→大学では樽前山、阿蘇山、桜島、岩手山などで観測

・ SAR 観測：水平変位と垂直変位を観測

■調査項目

- ・ 深部地殻変動
- ・ マグマだまりを圧力源とする地殻変動
- ・ 火道を圧力源とする地殻変動
- ・ 火口近傍やシーリング層直下を圧力源とする地殻変動
- ・ 噴火現象/表面現象

■調査観測の考え方

・ 評価・予測に必要な事項

→変動の検知、変動源の位置・形状の把握、変動規模（体積変化量等）の把握、変動源の移動の追跡

・ 観測・測量方法によって、観測精度、時間分解能と信号の距離依存性が異なるため、即応性が求められる場合もある火山活動評価には、適切に組み合わせることが理想

・ 火山現象と深度

→深部（10～30km）：

火山現象→地殻へのマグマ上昇

観測対象→深部地殻変動

適切観測距離→GNSS：5～60km、傾斜計：2～60km、ひずみ計：～30km

→マグマだまり（5～10km）：

火山現象→マグマだまりへのマグマ供給/蓄積

観測対象→マグマだまりを圧力源とする地殻変動

適切観測距離→GNSS：2.5～20km、傾斜計：1～20km、ひずみ計：～10km

→浅部（～5km）：

火山現象→マグマだまりからのマグマ上昇/貫入、

マグマ噴火の前駆現象/噴火過程

観測対象→火道を圧力源とする地殻変動

噴火現象/表面現象

適切観測距離→GNSS：～10km、傾斜計：～10km、ひずみ計：～5km →ごく浅部（～1km）： 火山現象→水蒸気噴火の前駆現象/噴火過程 観測対象→火口近傍やシーリング層直下を圧力源とする地殻変動 噴火現象/表面現象 適切観測距離→GNSS：～2km、傾斜計：～2km、ひずみ計：～1km ・観測点の距離と方位の均質性や、想定すべき現象を考慮した配置計画が必要 →観測網は対象とすべき変動源の位置や形状の情報の有無に依存 →想定すべき噴火様式によって評価に必要な観測点配置が依存 →目指す活動評価のレベルにより必要な観測点配置が依存 →異常検出：適切観測距離内に1～2点 →変動源位置の把握：方位に偏りがなく適切観測距離内に4点程度 →変動源形状の把握：方位・距離に偏りが無い条件で適切観測距離内に4点以上 →変動源移動の把握：必要とされる即時性に依存
■調査観測の進め方 ・基盤的なGNSS観測（GEONET、V-net）と傾斜計（V-net、気象庁常時観測点）を適切に組み合わせ観測 ・基盤的な観測に加えて、大学の常設観測点（傾斜計、ひずみ計）、SAR観測、水準測量などを活用 ・深度に応じた現象を観測 →深部（10～30km）：深部地殻変動 →マグマだまり（5～10km）：マグマだまりを圧力源とする地殻変動 →浅部（～5km）：火道を圧力源とする地殻変動、噴火現象/表面現象 →ごく浅部（～1km）：火口近傍やシーリング層直下を圧力源とする地殻変動、噴火現象/表面現象 ・観測点の距離と方位の均質性や想定すべき現象を考慮して配置計画を考案
■機動観測、地震基盤観測網、大学等の研究機関との連携 ・基盤観測を補うように火山体周辺で機動観測を実施 ・地震基盤観測網との連携の議論が必要 →深部地殻変動観測への高感度加速度計データの活用等 ・大学の常設観測点との連携（傾斜計、ひずみ計等） →大学を含む他機関とのデータ流通等を通じて傾斜やひずみ観測データの活用を期待 ・新技術の導入は関連分野と意見交換しつつ長期的な議論が必要

2. 海域の基盤的な調査観測について

■調査目的 ・陸上観測体制のみでは実施できない海域の火山の調査研究を推進 ・海域火山の火山活動の把握
■調査手法と項目

○常時観測

○リアルタイム

- ・ ハイドロフォンアレイ：水中音波
→火山活動の状況を把握：水中音波の到来方向からリアルタイムに活動状況を把握火山噴火と地震活動を判別
- ・ 光ファイバ海底ケーブル (DAS)：地震
→地震活動観測：既存の通信用海底ケーブルを活用、ケーブルの新設に比べると安価にリアルタイム観測網が構築可能

○準リアルタイム

- ・ 海中浮遊型地震計 (MERMAID)：地震（水中音波）
→火山活動の状況を把握：水深 1500m を漂流、水中音波を検知すると海面へ上昇、GPS による位置情報と共に波形データを衛星通信で送信、将来は多項目化
- ・ 洋上プラットフォーム活用 (OBS+水中通信)：地震
→火山活動の状況を把握：無人海上観測機（ウェーブグライダー）を利用、水中通信により海底観測データを転送

○定期的な観測

○オフライン

- ・ 自己浮上型海底地震計 (OBS) 繰り返し観測：地震、圧力、重力等
- ・ 自立型海上観測装置 (ASV) + GNSS-A：海底地殻変動
- ・ 無人航空機 (UAV) + 衛星通信：空中磁気、海水等

■海域火山における基盤的な調査観測について

- ・ 噴火が近づいたときに急に船を調達するのは困難
- ・ 海域においては長期的な展望で定期的な観測を基盤と位置付けるべき