

研究課題	(V課題) 火山活動の監視・評価及び予測技術に関する研究 副課題1：地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術 副課題2：地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術 副課題3：衛星解析等による火山噴出物の濃度・確率予測技術
研究期間	令和6年度から5年間（5年計画第3年度）
担当者	○中村政道 火山研究部長 (副課題1) [火山研究部]○鬼澤真也、森健彦、奥山哲、岡田純、川口亮平、入山宙、成田冴理、池谷拓馬、藤松淳（併任）、浅谷将士（併任）、長岡優（併任） (副課題2) [火山研究部]○坂井孝行、谷口無我、堀口桂香、森健彦、関香織、近澤心（併任）、手操佳子（併任）、高木朗充（併任）、寺澤博貴（併任） [気象予報研究部]橋本明弘 (副課題3) [火山研究部]○新堀敏基、石井憲介、関香織、石元裕史、入山宙、林洋介（併任）、石川歩（併任） [気象予報研究部]橋本明弘
目的	火山活動の監視及び評価技術、噴火現象の即時的解析・予測技術を高度化する。これにより、気象庁火山業務における噴火警報、噴火警戒レベルの判定基準、降灰予報、航空路火山灰情報等の改善に資する。  (副課題1) 地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術 多項目データの整理・解析を通じ、監視業務や噴火警戒レベルの判定基準等の活動評価・予測技術の高度化に資するとともに、監視データによる迅速な異常検知と活動状況把握、これらに基づく確かな噴火警報発表への寄与を目指す。  (副課題2) 地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術 熱水系卓越型火山における水蒸気噴火発生機構の理解を深めることで火山活動評価技術の向上を進めるとともに、マグマ噴火卓越型火山における火山活動監視技術の向上を進め、火山活動の監視及び評価技術の高度化を目指す。  (副課題3) 衛星解析等による火山噴出物の濃度・確率予測技術 噴火現象の即時的な解析技術及び予測技術の開発・改良を行うことにより、大規模噴火にも対処可能な降灰予報及び航空路火山灰情報の内容高度化に対応する。
目標	地球物理学的手法及び地球化学的手法を用いた研究により、火山活動の監視及び評価技術を高度化する。また、大規模噴火にも適用できる噴火現象の即時的解析・予測技術の開発・改良を行う。  (副課題1) 地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術 ・テーマ1：多項目データの整理・解析に基づく監視・評価技術の高度化 気象庁及び各研究機関によって蓄積された多項目データをより実用的な観点でデータベースとして整理し、監視・評価業務での利活用を図る。さらに、監視業務や噴火警戒レベルの判定基準等の高度化へ向け、データベースに集約された多項目の大規模データを基に、火山活動状態の確率的表現を目指した新たな視点による評価手法の開発を進める。 ・テーマ2：監視データ解析処理技術の開発 迅速な異常検知と活動状況把握、及びこれらに基づく確かな噴火警報発表を実現するために、地殻変動、震動をはじめとする監視・観測データの自動処理システムを開発する。また、観測データのノイズ除去手法の開発など、異常検知力向上のための手法改良を進め、これらに反映してゆく。  (副課題2) 地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術 テーマ1：熱水系卓越型火山の活動評価技術の高度化 繰り返し水蒸気噴火を起こす火山を主な対象として火山ガスや熱水、火山灰等を採用・分析することで水蒸気噴火の発生機構や発生場を考察するとともに、非

	<p>噴火期においても活動消長の評価に有益な化学的指標の探索及び観測手法の改良・開発を進める。</p> <p>テーマ2：マグマ噴火卓越型火山のマグマ活動監視技術の高度化      マグマ活動の高い火山に対する監視技術の高度化を目指し、火山ガス中に含まれる二酸化硫黄の放出率を高い時間分解能で把握できる地上及び衛星による観測・解析技術の開発と改良を行う。また、地球物理学的観測データとの統合的な解釈に取り組むことで、マグマ活動推移の可視化を進める。</p> <p>(副課題3) 衛星解析等による火山噴出物の濃度・確率予測技術      テーマ1：気象衛星・レーダー等による噴火現象の解析      気象衛星・レーダー等の観測データを用いて、噴火規模の即時的推定や火山灰雲に含まれる火山灰量等、火山灰プロダクトの定量的解析技術を開発・改良する。      テーマ2：火山灰濃度予測及び確率予測のモデル開発      火山灰プロダクト、大気場のアンサンブル予報及び移流拡散モデルを用いて、浮遊火山灰の濃度予測及び確率予測技術を開発・改良する。さらに新しい噴煙モデルを用いて、風の影響や傘型噴煙を考慮した浮遊火山灰及び降灰予測技術を開発・改良する。</p>
<p>研究の概要</p>	<p>(副課題1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テーマ1：多項目データの整理・解析に基づく監視・評価技術の高度化        気象庁の現業監視データをはじめとする気象庁が蓄積してきた観測データや活動評価資料、気象研究所による伊豆大島観測データやSAR解析データ、各研究機関による学術的知見等の多項目の観測・解析データを整理し、データベースを構築する。このデータベースを基に、過去事例・検索閲覧システムを開発することで監視・評価業務への利活用を可能とする仕組みを作る。また、データベースに集約された大規模データを基に、数理統計学的にパラメータ毎の頻度分布及びパラメータ間の定量的な相互関係を調査するとともに、監視業務や噴火警戒レベルの判定基準等の活動評価・予測の高度化へ寄与する確率的評価手法を開発する。</li> <li>・テーマ2：監視データ解析処理技術の開発        地殻変動の迅速な検知と変動源把握のために伊豆大島等のデータを用いてGNSSキネマティック解析システムの構築及び地殻変動源推定システムの開発を行う。また、現業監視データを用いてPF法等の震源・震動源自動推定法を火山業務へ実装するための技術開発を行う。その他、監視・評価に資する、観測データに関する解析処理技術の改良を進める。</li> </ul> <p>(副課題2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テーマ1：熱水系卓越型火山の活動評価技術の高度化        主に水蒸気噴火卓越型火山の活動の消長の評価監視技術の高度化を進めるため、現地観測によって噴気孔や火口等から直接採取した火山ガスや熱水の化学組成や安定同位体比の分析、あるいは火山灰等の内容物や水溶性成分等の分析を実施し、熱水系の構造や火山性異常、水蒸気噴火の発生場・発生機構について地球化学的視点で理解を深化させる。        また、一部の火山については火山ガスや熱水に含まれる火山活動の指標となる成分について選択的に迅速分析する手法を試験的に実践するとともに、当該手法の更なる改良を進めることで、熱水系卓越火山の化学観測の高度化を進める。</li> <li>・テーマ2：マグマ噴火卓越型火山のマグマ活動監視技術の高度化        マグマ活動の監視技術の高度化を目指し、噴煙中に含まれるマグマ揮発性成分の一つであり、火山活動の重要な指標となっている二酸化硫黄の放出率について、これまでの機動的な繰り返し観測に加え、地上設置観測点による連続観測やフェリーでの自動観測、衛星による観測などを併せることで測定頻度を向上させる。        観測の複合化によって生じる定量手法の差異に関して精度評価を進めるとともに、気象場を用いた定量法を各観測データの解析に適用することによって、二酸化硫黄放出率の解析精度の向上を図る。        測定及び解析技術の開発を進めることで、これまで観測が難しかった火山に</li> </ul>

	<p>おける二酸化硫黄放出率の解析データをマグマ活動の基礎的情報として蓄積し、地殻変動等の連続的な地球物理学的観測データとの統合解釈を進め、時間変化するマグマの移動と揮発性成分の挙動の関係を定量的に評価する手法を検討することによって、マグマ活動推移の可視化を進める。</p> <p>(副課題 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テーマ 1 : 気象衛星・レーダー等による噴火現象の解析 <p>国内外の火山噴火事例を対象として、気象衛星ひまわり 8 号で観測された衛星データ等を用いて安定的に現業利用できる火山灰プロダクトのアルゴリズムを導入し、ひまわり 9 号による噴火検知、噴火規模の即時的推定、火山灰雲の実況解析、濃度予測に必要な解析値作成及び予測結果の相互検証に必要な解析技術を開発・改良する。</p> <p>二重偏波気象レーダーと二次元ビデオディストロメーター (2DVD) による観測データを用いて、特に水物質の関与の大きい場合 (曇天時等) の噴煙の解析を行う。監視カメラによる観測データを用いて、大規模噴火に伴う広域降灰の状況把握が可能なように、噴煙・降灰の解析技術を AI も活用しつつ新規に開発する。また、噴煙の解析結果について、衛星による解析結果との比較検証も適宜行う。</p> </li> <li>・テーマ 2 : 火山灰濃度予測及び確率予測のモデル開発 <p>衛星解析による火山灰プロダクトを気象庁移流拡散モデルの初期値に用いて、浮遊火山灰の濃度予測技術を開発する。また、気象庁数値予報モデルによるアンサンブル予報を移流拡散モデルの入力値に用いて、浮遊火山灰の確率予測技術を開発する。さらに噴火の規模によらず、大規模噴火に対しても浮遊火山灰及び降灰予測が可能なように、風の影響や傘型噴煙を考慮した新しい噴煙モデル及び移流拡散モデルの開発・改良を行う。</p> </li> </ul>
研究の有効性	<p>本研究の進捗により、火山現象に対する物理化学過程の統合的な理解が進み、火山活動の監視及び評価技術の一層の高度化が可能となる。加えて、大規模噴火にも適用可能な噴火現象の即時的解析・予測技術の開発・改良を行うことにより、気象庁火山業務における噴火警報・予報、降灰予報、航空路火山灰情報等の一層の適時的確な発表、及び噴火警戒レベル判定基準の改善に貢献する。これにより、火山災害の軽減に寄与することが期待される。</p>
令和 8 年度実施計画	<p>(副課題 1) 地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テーマ 1 : 多項目データの整理・解析に基づく監視・評価技術の高度化 <p>一部の火山を対象として、多項目の観測・解析データを整理し、データベースの構築を継続するとともに、過去事例検索・閲覧システムの改良を進める。また、データベースの大規模データを基に、数理統計学的な解析による確率的評価手法の改良を進める。</p> </li> <li>・テーマ 2 : 監視データ解析処理技術の開発 <p>地殻変動データ、震動データの自動・迅速処理手法の開発のため、PF 法・相対 ASL 法などの研究や業務化への技術開発に取り組む。また GNSS キネマティック解析システムおよび地殻変動源自動推定システムのプロトタイプを完成させる。干渉 SAR 解析について精度向上のための技術開発を実施するとともに、時系列解析について調査する。また、自動・迅速処理手法の開発や監視・評価の高度化に資するために、伊豆大島にて地殻変動等の観測を実施する。</p> </li> </ul> <p>(副課題 2) 地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テーマ 1 : 熱水系卓越型火山の活動評価技術の高度化 <p>熱水系卓越型火山における熱水系の構造や火山性異常、水蒸気噴火発生機構を検討するために、吾妻山・箱根山・草津白根山・霧島山 (硫黄山) 等において火山ガスや熱水の化学組成や安定同位体比を分析・観測し、その活動推移を把握する。ただし観測対象火山は直近の活動状態などを踏まえて随時検討することとする。火山ガス等に含まれる一部の成分については、令和 7 年度までに導入した検知管や可搬型の分析装置等を使った迅速分析法を試験的に実践する。また、水蒸気噴火の発生場を推定するため火山灰を分析する装置 (XRD) を整備し、噴火で放出された火山灰の構成分析を進める。</p> </li> </ul>

・テーマ2：マグマ噴火卓越型火山のマグマ活動監視技術の高度化

令和7年度にテレメータ化への改装を行った二酸化硫黄カラム濃度計測装置及び通信・サーバ環境を用いて、令和8年度から阿蘇山での観測を開始する。そのための観測点設置および保守・点検を実施する。この観測によって得られたデータを用いて、リアルタイムの解析手法へ最適化された、二酸化硫黄拡散モデルを利用した定量法の開発を進めていく。

テレメータ化に際して更新・交換された装置を用いて、令和6年度から軽量・小型化の現地収録型測器の開発に着手し、令和7年度に阿蘇山での試験観測の実施を予定している。令和8年度には、令和9年度に行う離島火山での試験観測の観測点選定を実施する。この小型化された測器はフェリー搭載での自動観測へ利用することを計画している。フェリー搭載及び自動観測を実施するための課題整理を進める。

(副課題3) 衛星解析等による火山噴出物の濃度・確率予測技術

・テーマ1：気象衛星・レーダー等による噴火現象の解析

引き続き新規の噴火事例に対して、気象衛星ひまわりの観測データを用いた火山灰雲物理量（雲頂高度・粒子有効半径・カラム量）の1DVAR解析を行い、火山灰濃度予測に有効な初期値を作成する。またひまわりによる推定結果を比較・検証用データとして蓄積し、これを用いた解析手法の課題抽出と改良を行う。

監視カメラを用いた降灰観測技術の開発においては、桜島島内で試験観測を開始する。気象研露場に構築した擬似観測環境では、引き続き教師データとなる画像の収集を行い、最適な学習モデルの検討を行う。また、噴火・噴煙に関する観測（気象衛星や気象レーダー、監視カメラ等による観測）と数値モデル（噴煙モデルや移流拡散モデル）を組み合わせることで、噴火現象を特徴づけるパラメータ（噴出率やマグマ温度など）を推定する手法について検討する。

・テーマ2：火山灰濃度予測及び確率予測のモデル開発

新しい噴煙モデル（NIKS-1D）および移流拡散モデル（JMA-ATM）を火山灰の濃度予測及び確率予測に使用するために現業システムとの結合を開始する。また、火山灰の濃度予測を再飛散過程にも適用できるように改良する。

NIKS-1Dを大規模噴火に適用して、その再現性と予測可能性や精度について評価・確認を行う。