

(1) 実施機関名：

東北大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

機動的な多項目観測による火山爆発機構の研究

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-3) 火山噴火過程

ア．噴火機構の解明とモデル化

(4) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

(2-2) 火山噴火予測システム

ア．噴火シナリオの作成

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-2) 火山噴火準備過程

ア．マグマ上昇・蓄積過程

(4) 地震発生・火山噴火素過程

エ．マグマの分化・発泡・脱ガス過程

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

本研究課題では、繰り返し噴火を引き起こす火山において、地震、地殻変動、空気振動などの地球物理学的観測と火山ガスや火砕噴出物などの収集を行い、それらのデータ解析や物質科学的分析を行う。具体的には、以下の目標を掲げる。

1．火山噴火現象を定量的に記録する。また、爆発性や火砕流発生の状況をデータの特徴で整理し、火道内過程と噴火様式や規模との関連性を多量のデータをもとに明らかにする。

2．マグマ上昇モデルや噴火モデルと観測データと比較を行うことで、火道内および火口極浅部のマグマ内揮発性物質の挙動の定量化を行う。

3．測定された揮発性成分の挙動と、定量化された火山の爆発性や様式を比較することにより、火山噴火を支配する要因を明らかにする。

本課題で行う観測項目とその目的は以下の通りである。

(1) 広帯域地震観測と解析。噴火発生時の火道浅部の力系の推定。

(2) 地殻変動観測と解析。火道内増圧過程の時空間分布推定。噴出量推定。

(3) 空気振動観測と解析。爆発圧力の時間変化測定。

(4) 噴出物収集と分析．噴出物特性の測定．噴出量推定．

(5) 火山ガス観測と分析．噴火前後の火山ガス放出量，火山ガス起源の推定．

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21～23 年度は鹿児島県諏訪之瀬島において，平成 24～25 年度はインドネシア・スメル山において観測を実施し，得られたデータ解析結果をもとに，噴火活動の定量化を行い，噴火規模や様式，支配要因を調べる．

・平成 21 年度においては，鹿児島県諏訪之瀬島において，ポアホール型傾斜計を 6 地点に設置し，現地収録方式でデータの取得を開始し，データ解析を行う．現在，京都大学防災研等により展開されている広帯域地震計および空振計のメンテナンスを行い，データを収録する．GPS 受信機を設置し，連続観測を開始する．火山ガスの遠隔モニタリングの臨時観測を実施する．また，噴火時の噴出物サンプルを可能な限り収集する．

・平成 22 年度においては，諏訪之瀬島で傾斜観測およびそのデータ解析を継続するとともに，火山性地震の発生機構を明らかにするため臨時地震観測を実施する．空振観測，火山ガス観測，噴出物サンプリングも前年度に引き続き実施し，それぞれデータ解析を行う．

・平成 23 年度においては，上記観測を秋まで継続する．約 2 年間の多項目データの解析結果をまとめ，諏訪之瀬島火山の噴火活動を定量化する．

・平成 24 年度および 25 年度においては，インドネシア・スメル山において，地殻変動観測，地震観測などを実施し，データを解析する．スメル山の噴火活動を定量化し，諏訪之瀬島などの火山における解析結果と比較することにより，噴火規模や様式，支配要因を調べる．

(7) 平成 22 年度成果の概要：

平成 22 年度は，主に鹿児島県諏訪之瀬島火山における観測の維持及び拡充を行った．各種観測によるデータの初期解析が進むとともに，2011 年 2 月には最近数十年間ない火山活動の変化を捉えた．また，平成 24 年度から観測を開始する予定であったスメル山において，先行して実施した地震・傾斜観測で得られたデータの解析を行った．その結果，爆発的噴火の規模や様式に関する予測に関する重要な経験則を得ることができた．そのほか，2011 年 1 月 26 日の霧島山新燃岳噴火発生直後から地震計アレー観測を開始した．

1．諏訪之瀬島火山

昨年度に設置した 3 つの孔井式傾斜観測点の維持のほか 2010 年 9 月下旬に 3 点新設した．加えて，短周期地震計アレー観測（9 月から 11 月），火山ガス臨時観測（11 月 10 日），InSAR 観測用の人口散乱体 2 点の新設（9 月下旬）をおこなった．さらに，昨年度設置した GPS 観測点 2 点のうち 1 点に携帯電話を利用しテレメータ化を図った（8 月上旬）．

孔井式の傾斜計を火口西および南西山麓に 3 台設置し，サンプリング 1 秒で連続収録を開始した．火口南の既存 3 観測点は，傾斜計の動作不良，降灰による電源不良などのトラブルがあるものの，小爆発に前駆する山体膨脹現象のデータの蓄積が進んでいる．山体南麓の GPS 観測点のデータから，2009 年 9 月（設置時）から 2011 年 1 月まで有意な山体変形は生じておらず，地下からのマグマ供給はほぼ一定であったことが明かとなった．また，2010 年 4 月末と 11 月中旬に採取した降下火山灰は，2000 年以降噴出しているマグマとほぼ同一の特徴を持つマグマが噴出していることを示しており，中長期的に，噴火活動に大きな変化がなかったことが明らかとなった．さらに，11 月中旬の火山灰から，大きい爆発を伴う噴火の噴出物の方がより結晶化が進んでいることが確かめられた．

爆発地震の震源再決定を行った．人工地震探査により得られた 3 次元 P 波速度構造を用いて初動到達時刻を解析した結果，震源は，均質モデルで求められたものに比べて数百メートル浅い，火口下 100-200m に求められた．火口の南約 0.5～1 km 内の山麓に上下動速度型地震計（2Hz）13 台を用いて実施した地震計アレー観測のデータに，予備的な解析をおこなった結果，以下のことが明かとなった．爆発地震の初動の見かけ速度は 2.0 - 3.5 km/s に分布し，個々の爆発地震の震源の深さに違いがあ

ることを示唆された。火山性微動の見かけ速度は、爆発地震の後続波(0.8 km/s)とほぼ同じ0.8-1.3 km/sに求められた。また、火山性微動の見かけ速度は、爆発的噴火の発生直前に大きくなったことから、噴火直前にその発生源が深くなることが示唆された。これらのイベントの到来方向は、いずれもほぼ火口方向に求められた。火山ガス観測により、SO₂放出率は、COMPUSSを用いたパニング測定(11月10日午前)により3.6-18.6 kg/s(平均9.3 kg/s, 800 ton/day)、UVカメラによるイメージング測定(午後)により4.3-21.7 kg/s(平均11.4 kg/s, 990 ton/day)と推定された。また、この日に発生した3つの爆発的噴火では、発生の約7分前までにSO₂放出率が4-5 kg/sまで減少した後4-7 kg/sという低い値で推移し、噴火に至ることが明かとなった。

2011年2月初旬に、この数十年間のない火山活動の変化を観測した。島内の地震観測により、最大M3.6の地震(2月5日0時)を含むA型地震が島の北東部で頻発したことが明かとなった。2月5日の比較的規模の大きい爆発的噴火の約12時間前から、基線長2.1kmのGPS観測点間で基線長が2cm程度短縮し、噴火後1日かけて回復する様子が、30秒キネマティック解析により捉えることができた。

2. スメル火山

スマル火山で2010年に発生したガス噴出および2007年のブルカノ式噴火の地震・傾斜変動データを解析した。火口から約500m離れた地点の傾斜データから、ガス噴出の約20秒前から山体膨脹が始まり、傾斜量は噴出に伴って励起される地震(噴火地震)の振幅とともに大きくなることがわかった。2007年のブルカノ式噴火のときの山体膨脹は、噴火の約200-300秒前から始まり、時間的に加速することが明かとなった。また、傾斜量は噴火地震の振幅とともに増加する。以上の結果から、噴火直前の傾斜データから噴火の規模(噴火地震の規模)や様式(ガス噴出かマグマ噴火)を予測できる可能性があることが明かとなった。

3. そのほか

霧島山新燃岳噴火の直後に東山麓に地震計アレーを設置して2011年2月1日から観測を開始した。また、火山灰採取の長期自動観測を効率的に実施するため、自動火山灰採取装置を携帯電話による遠隔操作する機能を新規に取り付けるなど、各種改良を行った。

「====平成23年度の成果====」

1. 諏訪之瀬島火山で2010年11月に実施した火山ガスデータと傾斜データを比較した結果、火山ガス量の低下時に顕著な山体膨脹などは記録されていなかった。観測した噴火の規模は小さかったためであるが、このことから火山ガス変動量は噴火前兆を感度よく捉えられることが明かとなった。また、傾斜観測点の維持を行うとともに、爆発地震の発生機構解析を実施するために新たに火口近傍に3点の3成分地震観測点を設置し、観測を開始した。

2. インドネシアのスマル山の地震・傾斜データの回収を行うとともに、噴火規模の把握のため遠望観測用のカメラを設置した。インドネシアのプロモ山の連続噴煙に伴う噴火微動の発生機構を調べる目的で、3点の広帯域地震計を設置し観測を行った。

3. 霧島火山に設置した新燃岳東麓の地震アレー観測のデータ解析を行った。その結果、2月2日の大振幅の火山性微動は山頂方向と山頂より北からの到来方向があることが分かった。また小振幅の連続的火山性微動や噴火前後などに短期間継続する微動の到来方向は山頂よりも北に求まり、新燃岳北西のマグマ溜まりから新燃岳の間で発生している可能性があることが明かとなった。

(8)平成22年度の成果に関連の深いもので、平成22年度に公表された主な成果物(論文・報告書等):
八木原寛・井口正人・為栗 健・筒井智樹・及川 純・大倉敬宏・宮町宏樹, 2010, 諏訪之瀬島の火山体浅部3次元P波速度構造と爆発発生場, 火山, 55, 75-87.

Nishimura, T. and Ueki, S., 2011, Seismicity and magma supply rate of the 1998 failed eruption at Iwate volcano, Japan, Bull. Volcanol., doi: 10.1007/s00445-010-0438-8.

喜多村陽, 2010, 有限要素法を用いた開口型火道内圧力源による山体変形の研究, 東北大学修士論文, 80pp.

(9) 平成 23 年度実施計画の概要 :

平成 21-22 年度に設置した 6 台の傾斜計の観測を継続するとともに、得られたデータを系統的に解析し、噴火に前駆する山体膨張の圧力源の時空間分布の特徴を明らかにする。平成 22 年度に設置した地震計アレーデータの解析を進め、噴火前後の火道内圧力変動の時空間分布の特徴を明らかにする。空振観測、広帯域地震観測は、引き続き維持し、多様な噴火活動に関連したデータを収集する一方、長周期地震計をあらたに 3 台ほど南麓に設置し、広帯域地震観測点のデータと合わせて、噴火地震の発生メカニズムを解析する。これらの結果とともに、火山性微動データや空気振動データの特徴との比較を行い、噴火前のマグマ上昇過程やマグマ物性との関係について考察を行う。火山ガスモニタリングや噴出物のサンプリングも随時行い、火山噴火過程を物質科学の分野からも調べる。GPS および InSAR による観測は今後も継続し、噴火活動の中長期的な活動との関係を調べる。また、2011 年 2 月初旬の活動は、これまでにない火山活動であったことから、爆発的噴火時の GPS、傾斜計、地震計のデータを解析し、深部からのマグマ供給過程を調べるとともに、それ以前の活動時の小爆発時のデータと比較し、その違いを明らかにする。また、霧島山新燃岳噴火の地震計アレーデータの解析を実施する。

以上のデータを解析し、その結果を比較検討することにより、小爆発や火山灰連続噴出を繰り返す噴火過程の理解を進める。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

東北大学 西村太志

他機関との共同研究の有無 : 有

北海道大学 青山 裕, 東京大学 及川純, 東京工業大 野上健治, 名古屋大学 中道治久, 京都大学 井口正人, 鹿児島大 八木原寛, 富士常葉大 嶋野岳人

(11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻

電話 : 022-795-6532

e-mail : zisin-yoti@aob.geophys.tohoku.ac.jp

URL : <http://www.zisin.geophys.tohoku.ac.jp/>

(12) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 西村太志

所属 : 東北大学大学院理学研究科

電話 : 022-795-6532

FAX : 022-795-6783

e-mail : nishi@zisin.geophys.tohoku.ac.jp