

(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、火道内及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・スメル火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 年度及び 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 24 年度成果の概要：

平成 24 年度は，主に鹿児島県諏訪之瀬島における観測の維持とデータ解析を行った．また，インドネシア国における噴火観測は，同国の火山の噴火活動を考慮し，ロコン山において臨時観測を開始した．また，スメル山の噴火口近傍の地震・傾斜観測の維持を行った．

1．諏訪之瀬島

2011 年春に設置した火口南西方向に設置した短周期地震計と火口周辺の既存広帯域地震観測点のデータを用いて，爆発地震の発生機構を調べた．空振波と地震波の到達時間から，爆発地震の初動から約 1 秒間は，火口底からの火山物質の噴出に先行していることが分かった．この地震波は，すべての観測点で火口方向への引きで，トランスバース成分の振幅も小さいことから，爆発直前に火道の収縮現象が起きていることが示唆された．この現象を定量的に表すために，火山地形を考慮した有限差分法を用いて理論波形を計算し，S/N 比のよい 10 個の爆発地震の震源の深さとメカニズムを求めた．その結果，深さは火口底から 100-400m，メカニズム解は円筒収縮あるいは等方収縮であることが分かった．震源領域を火道径 10m，火道長 500m の領域として，収縮運動による圧力降下量を求めた結果，約 0.1-1MPa となった．爆発に先行して発現するこの収縮過程に関連した顕著な空振波は観測されていない．収縮現象を引き起こす原因は今後の研究を待たなくてはならないが，収縮量と爆発地震の最大振幅には正の相関があることから，爆発直前の火道内の収縮現象は，噴火規模に影響を及ぼしていることが明らかとなった．

2010 年秋に実施した火口近傍の地震計アレイ観測データを昨年度に引き続き解析した．31 個の爆発地震の波動特性を調べた結果，以下のことが明らかになった．センブランス解析は，初動部付近の P 波は不明瞭で S 波が卓越していること，S 波の到来方向はほぼ火口を向いていることを示している．2005 年に実施された人工地震探査による速度構造(八木原・他，2010)を用いて爆発地震の震源を推定したところ，震源は火口底から深さ 80-550m に推定された．この深さは前述の 2011 年の爆発地震解析により推定された深さと概ね一致する．S 波から 1.4-2.5s 後に到達する表面波は，火口方向ではなく北を向く．この不一致は，火山地形と 3 次元速度構造(八木原・他，2010)によって説明できる．S 波と表面波の到達時刻差と振幅の大きな表面波は理論波形計算から再現できないことに加え，表面

波と空振の振幅に高い相関があることから、表面波は火口底で励起されたと解釈された。

2. ロコン火山(インドネシア)

インドネシア国スラウェシ島の北部に位置するロコン(Lokon)山において、広帯域地震計と傾斜計を用いた機動観測を2012年9月より開始した。4台の広帯域地震計(Trillium 40)をトンパラン(Tompaluan)火口から1.6-6.8 kmの範囲に設置し、計測技研のデータロガーHKS-9550を接続し、A/D分解能24 bit, 100 Hz サンプリングでCFカードにデータを蓄積している。また、火口に最も近い観測点WAILANには高感度の傾斜計(Pinnacle Denali)を併設するとともに、トモホン(Tomohon)市のカカスカセン(Kakaskasen)火山観測所にデータを無線LANで伝送している。

これまでに記録されたS/N比のよい3つの爆発地震について、予行的な解析を進めた。10月5日と11月11日の爆発は明瞭な初動を持ち、継続時間が1分以内と短い。解析したイベントの中で最大の爆発地震(10月5日)の振幅は、WAILANで0.001m/sオーダーである。目視による噴煙高度は火口から1500 mである。また、この噴火の発生約40分前から、傾斜計は80 nano radianほどの火口方向の隆起をとらえている。爆発地震の初動は、いずれも押しである。3つの爆発地震の速度記録には違いがあるものの、1 Hz以下の帯域の波形は相似である。このことは、爆発地震は数日から数週間程度の間隔で発生しているものの、巨視的にはその発生過程が類似であることを示唆している。1 Hz以下の波形には、押しのP波後に、引き波が現れ、その後Rayleigh波を表すretrograde motionが卓越する。このような振動特性は桜島、諏訪之瀬島のブルカノ式噴火に伴って観測される地震波の特徴と類似しており、類似の物理過程が内在することが明らかとなった。

- (8) 平成24年度の成果に関連の深いもので、平成24年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：
平井雄一・西村太志・井口正人・為栗 健・及川 純・八木原 寛・中道治久・青山 裕，2012，諏訪之瀬島の爆発地震の初動付近に見られる収縮フェイズの解析，P07，日本火山学会秋季大会，御代田町。

Nakamichi, H., Aoyama, H., Nishimura, T., Yakiwara, H., Ohta, Y., Yokoo, A., Iguchi, M., 2012, Source process of explosive eruptions inferred from analysis of seismic array data recorded very close to the active crater of Suwanosejima volcano, Japan, AGU 2012 fall meeting, San Francisco, USA.

Nakamichi, H., Yamanaka, Y., Terakawa, T., Horikawa, S., Okuda, T., Yamazaki, F., 2013, Continuous long-term array analysis of seismic records observed during the 2011 Shinmoedake eruption activity of Kirishima volcano, southwest Japan, Earth Planets and Space, in revision.

Nishimura, T., Iguchi, M., Hendrasto, M., 2012, Activity of vulcanian eruptions at Sakurajima, Suwanosejima and Semeru volcanoes observed by seismic and geodetic measurements, AGU 2012 fall meeting, San Francisco, USA.

- (9) 平成25年度実施計画の概要：

諏訪之瀬島に平成21-22年度に設置した6台の傾斜計及び平成23年度に設置した地震計の連続観測を継続する。噴火に前駆する山体膨張の圧力源、爆発地震の発生機構、空気振動データの特徴、及び、火山ガス観測と噴出物サンプリングによる物質科学の分野の分析結果を加味し、噴火前のマグマ上昇過程やマグマ物性と爆発的噴火規模や様式との関係について考察を行う。なお、GPS及び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。

インドネシア国ロコン山の広帯域地震計および傾斜計による臨時観測を平成25年8月まで継続する。爆発地震の発生機構および噴火に先行する山体膨張現象について解析を行う。

諏訪之瀬島、スメル山、ロコン山等における爆発的噴火の比較を行い、ブルカノ式噴火の発生機構を明らかにするとともに、前兆現象と噴火規模の関係を調べる。

- (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.gp.tohoku.ac.jp

URL：http://www.zisin.gp.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