

2(3)(3-3) 火山噴火過程

「火山噴火過程」計画推進部会長 西村太志
(東北大学大学院理学研究科)

噴火規模や様式、噴火推移を支配する要因を理解するためには、火道浅部におけるマグマの挙動や火山体構造の状態を把握し、それらと噴火規模や様式との関係を明らかにすることが必要である。本火山噴火過程研究計画では、「ア．噴火機構の解明とモデル化」と「イ．噴火の推移と多様性の把握」の研究を2つの柱とし、両者をあわせて考察することにより噴火シナリオの作成に資することを目的とする。このような観点から、本計画では、発泡・脱ガス過程などの火道内マグマの挙動を調べるために、繰り返し発生する噴火を対象として集中的な地球物理学・物質化学的観測を行い、多量のデータをもとに噴火機構のモデル化を図る。また、火山体浅部の熱水系や火道周辺構造との相互作用を調べる。さらに、多様な噴火形態やその推移を支配する要因を理解するために、過去の履歴を地質学的情報に基づき記載し、その特徴を明らかにする。

ア．噴火機構の解明とモデル化

平成11年度の成果として、特筆すべきは噴火の規模や様式に関する予測に関するひとつの経験則を得ることができたことである。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地震・傾斜観測を先行して実施し、短時間に繰り返し発生したガス噴出現象のデータを数百個以上系統的に解析し、その平均像を明らかにした。その結果、それぞれのガス噴出の20-30秒前から山体膨脹が始まること、また、噴火規模の指標としてしばしば使われる噴出時の地震の振幅と比較すると、山体膨脹が大きいほど地震の規模が大きくなることが明かとなった。さらに、2007年に記録されたブルカノ式噴火のデータに同様の解析を行った。その結果、爆発的噴火発生前の200-300秒前から山体膨脹が加速的に進行し、膨脹量が大きいほど爆発地震の振幅が大きくなることが明かとなった(図1)。これらの結果は、噴火前の山体膨脹の大きさや時間スケール、時間的な変化から、スメル山の噴火の様式や規模を予測できることを示している(東北大学[課題番号:1213])。

噴火に伴う火山ガスの放出現象を明らかにするために、昨年度の浅間山と桜島での実施に引き続き、諏訪之瀬島、霧島山新燃岳において観測を実施し、噴火前のガス挙動を定量化した。その結果、いずれの噴火も、その発生直前に二酸化硫黄の放出率が減少することが明かとなった。また、このようなガス放出挙動の測定事例を増やすことが重要であるので、自動観測化に向けて、パニング装置や制御プログラム装置の改良を進めた(東京大学[課題番号:1504])。

浅間山では、山腹東と北側に整備した宇宙線ミュオン観測点の解析で得られた密度構造と長周期パルスのメカニズムや発生場所、火道内部の地震活動を比較する事により、火道浅部での様相を明らかにした(東京大学[課題番号:1425])。

以上の成果の他、諏訪之瀬島火山においては、地震・傾斜観測の拡充および維持、データの初期解析、火山灰データの分析を進めるとともに、構造探査により得られた三次元P波構造をもとに爆発地震の震源再決定を行った。また、2011年2月には、最近数十年間ないほどのA型地震活動の活発化、比較的規模の大きい爆発的噴火に関連した規模の大きい山体膨脹現象を捉えた。霧島山では、2011年1月26日の新燃岳噴火発生直後から地震計アレー観測を開始した(東北大学[課題番号:1213])。浅間山では、地震波干渉法を利用し、2008年~2009年の微噴火活動に先行する地震波速度の変化、池の平付近の地下5~10 kmの深さにマグマ溜りの存在を明らかにした(東京大学[課題番号:1504])。また、携帯型マルチセンサーシステム(Multi-GAS)の改良したH₂O、CO₂、H₂S、

SO₂、H₂濃度変動の測定を毎日繰り返す連続観測システムを、浅間山山頂に2点設置し、ネットワーク経由によるデータのダウンロードを可能とした。三宅島2000年噴火について、噴出物中のオリビン中のメルト包有物分析に基づき、2000年噴火およびその後の脱ガス過程のマグマ供給モデルを構築した。口永良部島、吾妻山において、火山ガス組成の繰り返し観測を実施し、地下の熱水系の高温化の傾向を把握した。口永良部島、富士山におけGPS観測を継続し変動の把握を行った。（産総研 [課題番号：5009] ）。個別要素法による3次元応力場下でのマグマ移動シミュレーションを実施した。SPH法を用いて粒子の属性として気体成分を組み込み、その拡散と浸透流による移動のシミュレーションを行い、静的・動的な応力制御による効果を見積もった。また、汎用インターフェースによる溶岩流シミュレーションを実施するとともに、火砕流シミュレーションについても同じインターフェースで実施するための整備を行った。（防災科研 [課題番号：3014] ）。

イ．噴火の推移と多様性の把握

有珠山において、有珠2000年新山域におけるボーリング探査を基軸として、貫入マグマを示唆する構造や変動源、水蒸気爆発の発生場や噴火活動後に発達した熱水系の実体を明らかにするため、本年度は、低高度稠密空中磁気測量、地上全磁力観測、地盤変動観測（水準測量、精密重力測量、In-SAR解析）を行い、2000年新山直下の貫入マグマと考えられる帯磁源や圧力源の位置を解析した。2010年9月の有人ヘリコプターによる低高度稠密空中磁気測量と2000年6月の測量の比較から、2000年新山領域に冷却帯磁を示唆する磁場変化を捉えた（図2）。「だいち」搭載のPALSAR画像を用いた干渉SAR解析結果が示すこの領域の沈降は、NB火口付近の深度400～500mに中心をもつ球状収縮源で説明できることが明らかとなった。さらに、空中赤外熱映像観測による噴気地からの熱放出率は5.6MWと見積もられ、KB火口内の湯沼活動をあわせて考えると、総放熱率は2010年9月では5.6MWと2006年9月からの4年間で1/4となったことがわかった。このような急速な熱放出率の減少は1977年噴火後の山頂部における熱活動の推移と大きく異なることが明らかになり、貫入マグマの量の違いがあると推察された。（北海道大学 [課題研究：1007] ）。歴史噴火がほとんどない火山を対象に、地質学的な情報だけからどれだけ噴火事象を数値的に扱えるかを検討するために、有史以来、初めての水蒸気爆発が発生したインドネシア・シナブン火山を対象にし、インドネシア国火山地質災害対策局と共同で10月下旬に地質調査を実施したデータに基づいて、噴火系統樹（イベントツリー）の作成を試みた。プリニー式噴火を示す堆積物が調査中に確認できなかったことなどの地質情報をもとに、分岐の確率を評価した。ただ、噴火記録のない火山の地質ユニットが示す噴火種の頻度に基づく確率評価には不確定さがあり、問題点として残った（東京大学 [課題番号：1426] ）。

課題と展望

スメル山で繰り返し発生するブルカノ式噴火やガス噴出の直前に発現する山体膨脹から、噴火の様式や規模を予測できる可能性があるデータが示されたことは重要である。諏訪之瀬島火山で実施している傾斜・地震観測データについても、限られたデータ数ではあるが、山体膨脹と地震規模に相関がある傾向がみえる。浅間山、霧島山新燃岳、桜島などでも、類似の噴火現象が起きている。今後、諏訪之瀬島をはじめとしてデータを蓄積し、多量のデータを系統的に解析することが重要である。前年度の成果報告書の課題と展望にも多量のデータの系統的解析の必要性を述べたが、噴火規模・様式予測にたたき台となる方法がみえてきたことにより、ひとつの具体的な解析手順ができた。今後、山体膨脹現象と噴火地震の規模の関係の有無を調べ、スメル山で見つかった経験則の成

立する範囲を観測データから明らかにすることが、規模・様式の予測方法の構築に欠かせないだろう。

一方、多項目の観測データにもとづき、火山噴火現象の多様性を定量的に記述することも不可欠である。これまで進めてきた地震・山体膨脹・収縮、空振などを対象とした地球物理学的観測とともに、火山ガスモニタリングや火山灰分析などの物質化学的分析を継続して行い、よりダイナミックレンジの広い噴火のデータを取得することは言うまでもない。前述した山体膨脹現象は噴火規模や様式予測のひとつの指標であるが、爆発的噴火直前に発現する火山ガス放出率の低下なども、別な予測指標となるかデータを調べられるよう、モニタリング技術を高め、データ蓄積を進めることが重要であろう。

観測データの蓄積による予測方法の構築だけではなく、それを広く一般化するために、火道浅部のマグマ上昇過程の物理的・化学的な理解が必要である。そのためには、マグマが蓄積・上昇する、マグマ溜まりや火道など、噴火を引き起こす舞台の特性を把握することが重要である。有珠山で平成21、22年度に進められた、地磁気観測、地殻変動、熱観測に加えて、23年度から始まる試錘探査は、水蒸気爆発や溶岩ドーム、あるいはプリニー式噴火という異なる噴火様式と発生場の関係を調べる第一歩であり、次年度以降の成果が期待される。

参考文献

- 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.
- 寺田暁彦，2010，火山における熱観測，火山，55，155-163.
- 大島弘光，2010，有珠山の1910年と2000年の噴火活動，日本火山学会2010年秋季大会予稿集.
- 橋本武志・宇津木充・中塚 正・大熊茂雄・小山崇夫・神田 径・鈴木敦生，2010，繰り返し空中磁気測量で検出された有珠山の全磁力変化，Conductivity Anomaly 研究会論文集，投稿中.
- 大熊茂雄・中塚 正・駒澤正夫，2011，産総研における空中物理探査の10年間（2000～2009） - 有珠から有珠へ - ，地質ニュース，677, 9-15.
- 宇津木充，2011，京都大学における空中磁場観測への取り組み，地質ニュース，677, 34-39.
- Maeda, Y, M. Takeo, and T. Ohminato, A waveform inversion including tilt: method and simple tests, Geophys. J. Int., doi: 10.1111/j.1365-246X.2010.04892.x, 2011.
- Maeda, Y., and M. Takeo, Very-Long-Period pulses at Asama volcano, central Japan, inferred from dense seismic observation, Geophys. J. Int., in press, 2011.
- Nagaoka, Y., K. Nishida, Y. Aoki, and M. Takeo, Temporal change of phase velocity beneath Mt. Asama, Japan, inferred from coda wave interferometry, Geophys. Res. Lett., 37, L22311, doi:10.1029/2010GL045289, 2010.
- Saito, G., Morishita, Y., and Shinohara, H. (2010) Magma plumbing system of the 2000 eruption of Miyakejima volcano, Japan, deduced from volatile and major component contents of olivine-hosted melt inclusions. J. Geophys. Res., 115, B11202, doi:10.1029/2010JB007433.
- 下司信夫・篠原宏志(2010) 三宅島火山の連続脱ガスに伴う小噴火噴出物に含まれる玄武岩質本質物から推測する火道内マグマプロセス．火山，55, 241-250.

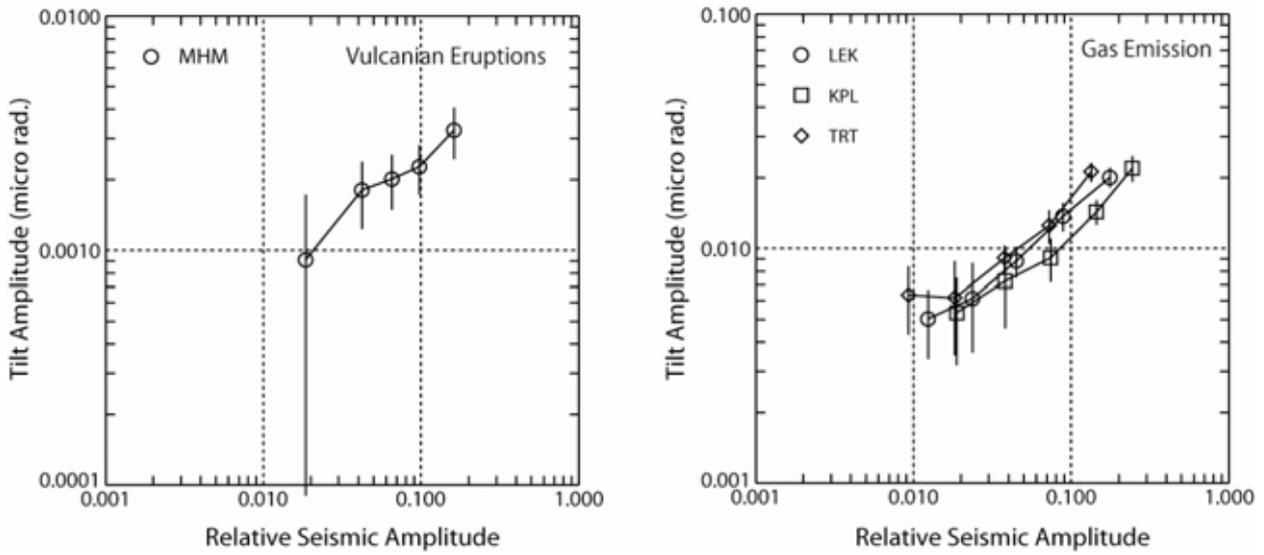


図1．スメル山で求められた噴火に先行する山体膨脹の振幅（傾斜値）と噴火に伴う地震の最大振幅の関係．（左）2007年ブルカノ式噴火，（右）2010年ガス噴出のデータ解析結果．

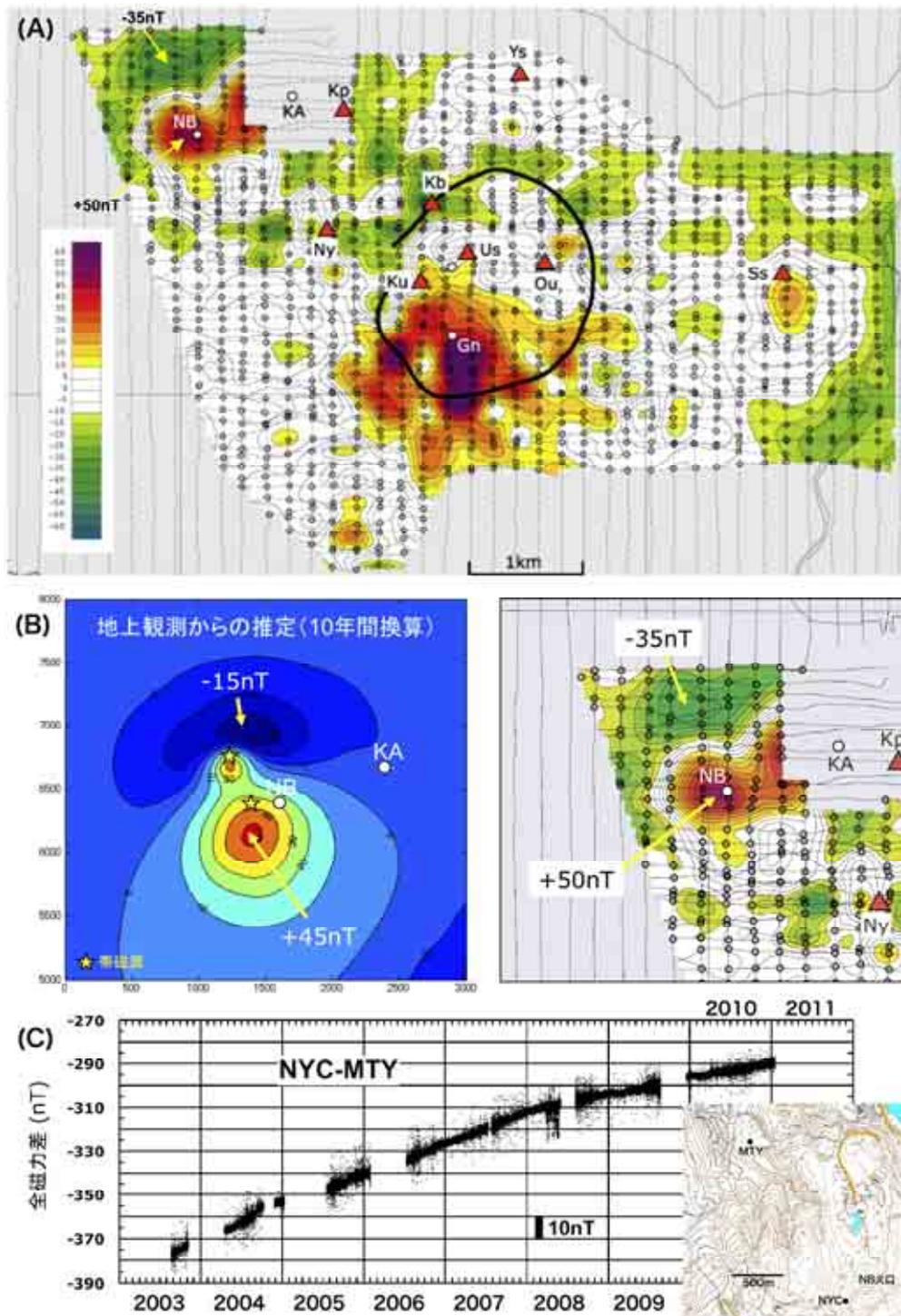


図2 . 対地高度約200m のリダクション面における2000 年6月から2010 年9月の間の空中全磁力変化(A) ,2000年山地域で地上観測から推定されている球状帯磁源が作るリダクション面での全磁力変化(B 左) と測量結果の比較(B 右) , およびNB 火口南側の磁気点NYC におけるMTY を参照点とした毎5 分単純差の経年変化(C). (B) および(C) において黄色星は推定されている球状帯磁源の位置を示す(北海道大学[課題研究:1007])。