

## 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

諏訪之瀬島の臨時地震観測点等の波形データ解析から、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、火道の収縮現象が起きていることが示唆された。この収縮量と爆発地震の最大振幅には正の相関がある。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結果は、31個の爆発地震の震源は火口底から収縮減と同じ深さ80-550mに推定されている。これらの結果は、爆発直前に火道浅部で起きる収縮現象が、噴火規模に影響を及ぼしていることを示している。今年度は新たに、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。これまでに記録されたS/N比のよい3つの爆発地震の1Hz以下の帯域の波形は相似であり、巨視的にはその発生過程が類似であることが示唆された。この波形は、押し波のP波、引き波、Rayleigh波からなる。桜島や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、共通の物理過程が内在することが明らかとなった。(東北大学理学研究科[課題番号:1213])霧島新燃岳の2011年噴火活動で観測された、火口近傍での噴火に先行する傾斜変動とその時間変化、先行する傾斜変動継続時間の系統的な変化等から、火道深部から供給される火山ガスの火道浅部での停留が、火道内部の最も強度強いマグマ組織でおき、それが破局的に破壊することで爆発が発生すると推察された。また、火道深部からの火山ガスの供給は時間経過と共に指数関数的に減少していくと考えられることも明らかになった。(東京大学地震研究所[課題番号:1425])。これらの成果により、ブルカノ式噴火の発生理解が深まるだけでなく、先行現象と噴火発生や規模とのいくつかの経験的關係が明らかになった。

火山ガス観測による火道内揮発性成分挙動の理解も深まっている。2007-2010年の火山ガス観測から、2009年の微噴火前後で、地震を励起しながら地表に放出された火山ガスの割合が変化し、火山地下の脱ガス機構の変化が起きたことが示唆された。(東京大学地震研究所[課題番号:1425])。火山活動の理解には連続測定が必要である。浅間山では、火山ガ

ス（二酸化硫黄）放出率の自動連続測定が平成23年7月から行われているが、スキヤニング装置のモータ故障による3週間の欠測のほかは、これまでほぼ順調に稼働させることに成功した。その結果、ほぼ2-3 kg/sの放出率で火山ガスが放出されていること、時おり短時間に10kg/s程度の放出率が観測されることがわかった。短時間の高い放出は、地震発生に対応するものもある一方で、無関係なものもあることがわかった（産業技術総合研究所〔課題番号：5009〕）。平成23年度末に桜島に設置した火山ガス連続自動測定装置は、観測開始当初の火山灰による故障の問題を解決し、平成23年3月末より現在まで約11か月順調に運用することに成功した。約30個の爆発に伴う放出率変動を調べた結果、爆発の前に放出率の変化パターンは必ずしも噴火直前に減少するパターンだけでないことが明らかになった。（東京大学理学研究科〔課題番号：1504〕）。これらの結果は、地震や噴火活動と相関のある火山ガス活動の変化が起きていることを示す一方で、多様性があることを示している。これは噴火に先行する山体膨張の特徴でもある。

そのほか、火山噴火機構の理解のために、浅間山、阿蘇山における Multi-GAS 連続観測、浅間山山頂部での稠密 MT/AMT 観測による浅部比抵抗探査、薩摩硫黄島硫黄岳における muon radiography 再解析と火道内マグマ対流過程のモデル化、伊豆大島山頂カルデラ内の自然電位の連続観測体制の強化と3次元数値計算、薩摩硫黄島火山における自然電位測定、AMT 法による電磁探査、口永良部島火山で GPS と自然電位の連続測定、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等が実施された（産業技術総合研究所〔課題番号：5009〕、防災科学技術研究所〔課題番号：3014〕、東京大学地震研究所〔課題番号：1425〕）。

## イ. 噴火の推移と多様性の把握

有珠2000年新山域を対象に、デイサイト質マグマによるドーム形成噴火の発生場の理解のため、平成24年度は試錐探査を開始した。試錐地点は、2000年新山北麓で、昨年度までに実施した地震探査およびMT探査から推定された貫入マグマを示唆する背斜状を呈する構造の北翼にあたる。これまでに深度100m程度まで掘削が進み、表層部から火山噴出物、凝灰岩、サージ堆積物、外輪山溶岩が順に認められている。今後、詳細なコアの火山地質学・岩石学的解析を行い、有珠火山噴出物と対比する。また、水環境の指標となる逸水の調査も進んだ。深さ100mまでに、互層状態で透水性の異なる層が現れており、洞爺湖水面や外輪山溶岩内である掘削地の場所をもとに噴火発生場である地下水の状況把握が進んだ（北海道大学理学研究科〔課題番号：1007〕）。有珠山についての噴火シナリオ（噴火事象分岐図）試作に当たって必要な、有珠山の過去の噴火データを調べた。火山爆発指数（VEI）3以上の噴火の規模と発生頻度に対数座標で負の関係が認められることがわかった。さらに、有珠山で発生する山体崩壊、山頂噴火、山腹噴火、噴火未遂の発生頻度、噴火発生頻度（ほぼ平均30年）と噴火の前兆地震の発生期間（ほぼ数日）は、噴火継続期間と噴出量とにはおおまかに負の相関が認められるものの、山腹噴火のデータはこれらからは外れて噴出量が小さく、噴出量の多い噴火ほど噴出率が高かったことがわかった。（東京大学地震研究所〔課題番号：1426〕）。

## これまでの課題と今後の展望

平成21年度より進めてきた観測研究により、ブルカノ式噴火の発生直前に、山体膨張や微動停止、火山ガス停止が発現する事例が数多くあることが明らかとなった。これま

で諏訪之瀬島やスメル山では噴火規模と先行する山体膨張に相関が認められた。本年度実施した新燃岳では、同様の相関を調べるには観測された噴火規模の範囲が十分でなかったため相関は調べられないものの、発生時期に特徴的なパターンが認められ、その物理的な解釈も行うことができた。また、スメル山の繰り返し噴火では、規模の大きいほど、噴火活動が低調である時間が長い傾向が認められた。これらの成果は、ブルカノ式噴火と呼ばれる噴火様式では、噴火の発現に何らかの特徴があることを強く示唆している。異なる火山で必ずしも同一の特徴が認められていないが、火山活動に応じてその物理過程や発現の仕方は時間的に変化していると考えられる。ただ、観測対象火山に限られまだ解析事例が少ないため、今後も地震・地殻変動などの地球物理学的観測および火山ガス観測などを継続・拡張して実施することにより、幅広いデータに基づく噴火予知に関連する経験則を得ることが必要であろう。

多様な噴火様式を理解するには、地下浅部のマグマ・熱水活動の理解が欠かせない。有珠山北西麓の新山での試錘探査は、直接的な構造探査であり、地球物理学的探査データとの比較を通して、山麓噴火の発生場浅部の特徴と過去の噴火事例との対照ができる。来年度の成果を期待したい。噴火シナリオは、火山周辺自治体や住民にとって、また、火山学者にとっても火山活動全体を俯瞰的に理解する上で非常に役立つ。火山活動の系統的な理解は、防災対策や避難行動を考える上で重要であり、今後も、同様のシナリオを作成していくことが重要であることは言うまでもないが、噴火事例が十分記録されていないものへのアプローチを考えていく必要がある。

#### 成果リスト

- Aiuppa A., Shinohara H., Tamburello G., Giudice G., Liuzzo M., Moretti R., 2011, Hydrogen in the gas plume of an open-vent volcano, Mount Etna, Italy. *J. Geophys. Res.*, 116 doi: 10.1029/2011JB008461.
- Aoki, Y., M. Takeo, T. Ohminato, Y. Nagaoka, and K. Nishida, Structural controls on magma pathways beneath Asama Volcano, Japan, *Geological Society London Special Publications*, 380, 2012.
- Garcia-Aristizabal, A., Selva J., Fujita E., 2013, Integration of stochastic models for long-term eruption forecasting into a Bayesian event tree scheme: a basis method to estimate the probability of volcanic unrest, *Bull. Volcanol*, 75, 689.
- 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. Ichihara, M., M. Takeo, A. Yokoo, J. Oikawa, and T. Ohminato, Monitoring volcanic activity using correlation patterns between infrasound and ground motion, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L04304, doi: 10.1029/2011GL050542, 2012.
- Kazahaya R., Mori, T. and Yamamoto K., Separate quantification of volcanic gas fluxes from Showa and Minamidake craters at Sakurajima volcano, Japan. *J. Volcanol. Soc. Of Japan*, 58 (in press)
- 森俊哉・森田雅明・武尾 実・卜部 卓・及川 純 (2012) 浅間火山における二酸化硫黄放出率の自動観測, A1-10, 日本火山学会秋季大会, 御代田町.

- Nagaoka, Y., K. Nishida, Y. Aoki, M. Takeo, and T. Ohminato, Seismic imaging of magma chamber beneath an active volcano, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 333-334, 1-8, doi: 10.1016/j.epsl.2012.034, 2012, 2012.
- 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.