

3 (4) 桜島火山噴火総合研究

「桜島火山噴火」総合研究グループリーダー 井口正人（京都大学防災研究所）

桜島噴火総合研究グループは、桜島火山におけるマグマ活動発展過程の研究を中核として、ミュオンなどの新手法を適用しつつ、火山現象を解明し、低頻度大規模現象の再考も含めた事象分岐論理の構築と火山灰拡散予測研究を行うことにより最終的に火山災害軽減研究を推進する。

桜島の昭和火口における噴火活動が活発化した2009年以降、顕著なマグマ貫入が、2009年10月～2010年3月、2011年11月～2012年4月、2015年1月～6月、2015年8月15日と4回起こっている。最後のマグマ貫入イベントは、圧力源の体積変化は200万 m^3 程度と絶対量において少ないが、貫入速度が速く、顕著な火山性地震活動と急速なダイク貫入的な地盤変動を伴った。このイベントについて詳細な解析が行われた。P波初動の着震時を用いた震源決定では決定地震数が少ないので、決定率を向上させるために、振幅を用いて震源を決定するASL法で位置の同定を試みた。決定できた震源はダイクの付近に走向（北東-南西方向）に沿って分布することが明らかとなった（京都大学防災研究所〔課題番号：1908〕）。地盤変動の時間変化を再検討したところ、粘弾性遅延的な特徴が検出でき、ダイクの中心から離れるほど遅延量が大いこと、ダイクの開口方向の方が割れ目の走向方向に比べ遅延が少なく弾性的に応答していることがわかった。これは8月18日以降に始まる緩和過程でもみられる特徴である（京都大学防災研究所〔課題番号：1908〕）。ダイク貫入後の緩和率の減少過程は、干渉SARによる解析によって面的に捉えられている（防災科学技術研究所〔課題番号：3005〕）。桜島の西部に設置されたアクロスによってマグマ貫入イベント発生前後で伝達関数が変化していることが示され、地下構造にも変化があることが検証された（名古屋大学〔課題番号：1705〕）。

一方、2006年に58年ぶりに再開した昭和火口の噴火活動も、2015年7月以降、噴火回数が減少しており、一連の活動の特性をまとめる時期にある。1915年以降、始良カルデラでのマグマの蓄積が進行している状況において、2003年から火山構造成地震の増加と震源域の拡大、桜島島内での地盤の隆起・膨張、2006年の活動直前においては昭和火口周辺での熱活動の活発化という経過を経たのち、2006年の噴火活動再開に至った。2006年と2007年の活動はマグマ水蒸気噴火であったが、2008年にはマグマ性噴火に移行した。2009年のブルカノ式噴火多発初期においては、温泉ガス濃度と火山灰付着水溶性成分における塩素イオンが硫酸イオンに対して相対的に増加し、また、噴出物のガラス中の二酸化ケイ素の組成は低下したことから、玄武岩マグマの関与が指摘され、物質科学的パラメータに大きな変化があった。一連の噴火活動は水蒸気噴火的な特性からマグマ性噴火に移行しており、前駆期における地震・地殻変動から決まる力学的パラメータ、移行期における物質科学的パラメータの変化というスタンダードな経過を示した。その後、貫入量増大期には噴火活動が活発化し、開口火道に特徴的な推移を示した。現行計画における研究は、その推移を連続または高頻度の精密観測で示したことに意義がある。

噴火に伴う噴煙の早期検知と粒子密度の推定を目的とした地上観測を実施した。2016年7月26日の爆発に伴う噴煙をライダー装置により観測した。ライダー装置は、レーザー光を対象物に照射することにより、エアロゾルのような微小な粒子からの後方散乱波を観測する装置であり、これを用いて散乱強度と偏光解消度（散乱粒子の扁平度を示すパラメータで、粒子が球形であれば、偏光解消度は0であるが、扁平になるにつれて偏光解消度は増加する）の時空間分布を調べた。爆発直後の火口上空では極めて高い散乱強度と偏光解消度が得られた。散乱強度は、火口からの距離が離れるにつれ、また、時間が経過するにつれて減少する。散乱強度の減少は、散乱する粒子の濃度の低下を示すので、噴煙の拡散及び火山灰粒子の地上への落下による火山灰粒子濃度の低下がその原因と考えられる。一方、偏光解消度は、爆発直後の火口上空において0.7という極めて高い値が得られた。火山から100km以上離れたライダーにより火山灰を捕捉した先行研究でも偏光解消度は0.4以下

であり、今回得られた値は、ライダー観測による偏光解消度として世界最大の値が得られた（京都大学防災研究所〔課題番号：1913〕）。

1914年噴火級の大規模噴火を可能とするマグマはすでに始良カルデラ下に蓄積されていることは地盤変動観測から示されている。この規模の噴火の広域事前避難について検討した。まず、シミュレーションにより、桜島周辺の大量降灰が予想される地域内の住民が全員車で最適避難した場合、80万人の住民の避難に約50時間を要することがわかった。次に、住民の避難意向に関してアンケート調査を行ったところ、県内の降灰の少ない場所や他県に移動する長距離避難の意向をもつ住民は約20%であること、避難勧告がトリガーとなることなど新たな知見が得られた。そこで、風向、降灰予想地域、避難対象地域と対象者、住民の長距離避難意向の割合を考慮して、広域避難シミュレーションをやりなおし、長距離避難の意向を持つ20%の住民が避難する場合は約5時間を要する結果を得た。分析結果は鹿児島市など自治体の避難計画に活用することが可能である（京都大学防災研究所〔課題番号：1914〕）。

これまでの課題と今後の展望

昭和火口において噴火活動が活発化した2009年以降、4回の顕著なマグマ貫入があったが、2015年8月のダイク貫入は、顕著な地震活動と地盤変動を伴った貫入速度が極めて大きいイベントであったため、噴火警戒レベルは4に引き上げられ、現実的な防災対応として住民の避難まで行われた。このようなダイク貫入が起こりうる条件とマグマの由来は依然として未解決の問題である。その直前のマグマ貫入である2015年1月～6月の火山活動の特性を再検討しておく必要がある。この活動期については、玄武岩質マグマの関与の高まりや桜島南西部のやや深部で発生する火山構造性地震の活発化はすでに指摘されているところであるが、地盤変動の時空間特性を再解析し、2015年8月のダイク貫入に至るまでのマグマの移動について再検討する必要がある。

始良カルデラでの地盤の隆起は依然として続いており、今後、10～20年で1914年噴火時に沈降した地盤は、噴火直前の状態に回復すると予想される。噴火ポテンシャルとしては、すでにVEI5級の噴火の発生が指摘できるので、大規模噴火の直前の変化を捉えることが最も重要である。1914年噴火の前には、南九州における地震活動が活発化したとされており、噴火が近づくにつれ、異常現象が把握される範囲が局在化し、強度を増した。始良カルデラから50km程度の範囲の下部地殻・上部マンツルの深さまでの地震活動の推移の検討や、桜島北東部および南西部における詳細な地盤変動の観測が必要である。

成果リスト

Eliasson, J., Weber, K., Vogel, A., Pálsson, T., Yoshitani, J., Miki, D., 2016, Investigation and separation of turbulent fluctuations in airborne measurements of volcanic ash with optical particle counters, *Jour. Disast. Res.*, 11, 72-84.

Eliasson, J., Yoshitani, J., Miki, D., Weber, K., Bölke C., Scharifi, E., 2016, Measurements of particle distribution and ash fluxes in the plume of Sakurajima volcano with optical particle counter, *Jour. Disast. Res.*, 11, 85-95.

Hickey, J., Gottsmann, J., Nakamichi, H., Iguchi, M., 2016, Thermomechanical controls on magma supply and volcanic deformation: application to Aira caldera, Japan, *Scientific reports*, 6, 32691.

Hotta, K., Iguchi, M., Ohkura, T., Yamamoto, K., 2016, Multiple-pressure-source model for ground inflation during the period of high explosivity at Sakurajima volcano, Japan - Combination analysis of continuous GNSS, tilt and strain data -, *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, 310, 12-25.

Hotta, K., Iguchi, M., Tameguri, T., 2016, Rapid dike intrusion into Sakurajima volcano on August

- 15, 2015, as detected by multi-parameter ground deformation observations, *Earth Planets Space*, 68, DOI 10.1186/s40623-016-0450-0.
- Iguchi, M., 2016, Method for real-time evaluation of discharge rate of volcanic ash - case study on intermittent eruptions at the Sakurajima volcano, Japan -, *Jour. Disast. Res.*, 11, 4-14.
- 風間卓仁・栗原剛志・山本圭吾・井口正人・福田洋一, 2016, 2015年8月15日桜島膨張イベント時にCG-3M重力計で観測された相対重力および傾斜の連続的な時間変化, *火山*, 61, 593-604.
- Kazahaya, R., Shinohara, H., Mori, T., Iguchi, M., Yokoo, A., 2016, Pre-eruptive inflation caused by gas accumulation: Insight from detailed gas flux variation at Sakurajima volcano, Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 11, 219-11, 225.
- Maki, M., Iguchi, M., Maesaka, T., Miwa, T., Tanada, T., Kozono, T., Momotani, T., Yamaji, A., Kakimoto, I., 2016, Preliminary results of weather radar observations of Sakurajima volcanic smoke, *Jour. Disast. Res.*, 11, 15-30.
- 松本亜希子・中川光弘・井口正人, 2016, 火山灰中の本質ガラスの石基組織からみる桜島火山 2012年7月24日南岳山頂火口噴火—特にマイクロライトの特徴について—, *火山*, 61, 545-562.
- Nishimura, T., Iguchi, M., Hendrasto, M., Aoyama, H., Yamada, T., Ripepe, M., Genco, R., 2016, Magnitude-frequency distribution of volcanic explosion earthquakes *Earth, Planets and Space*, 68:125, DOI 10.1186/s40623-016-0505-2.
- Oishi, S., Iida, M., Muranishi, M., Ogawa, M., Hapsari, R. I., Iguchi, M., 2016, Mechanism of volcanic tephra falling detected by X-band multi-parameter radar, *Jour. Disast. Res.*, 11, 43-52.
- Tanaka, H. L., Iguchi, M., Nakada, S., 2016, Numerical simulations of volcanic ash plume dispersal from Kelud volcano in Indonesia on February 13, 2014, *Jour. Disast. Res.*, 11, 31-42.
- Tsutsui, T., Iguchi, M., Tameguri, T., Nakamichi, H., 2016, Structural evolution beneath Sakurajima Volcano, Japan, revealed through rounds of controlled seismic experiments, *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, 315, 1-14.

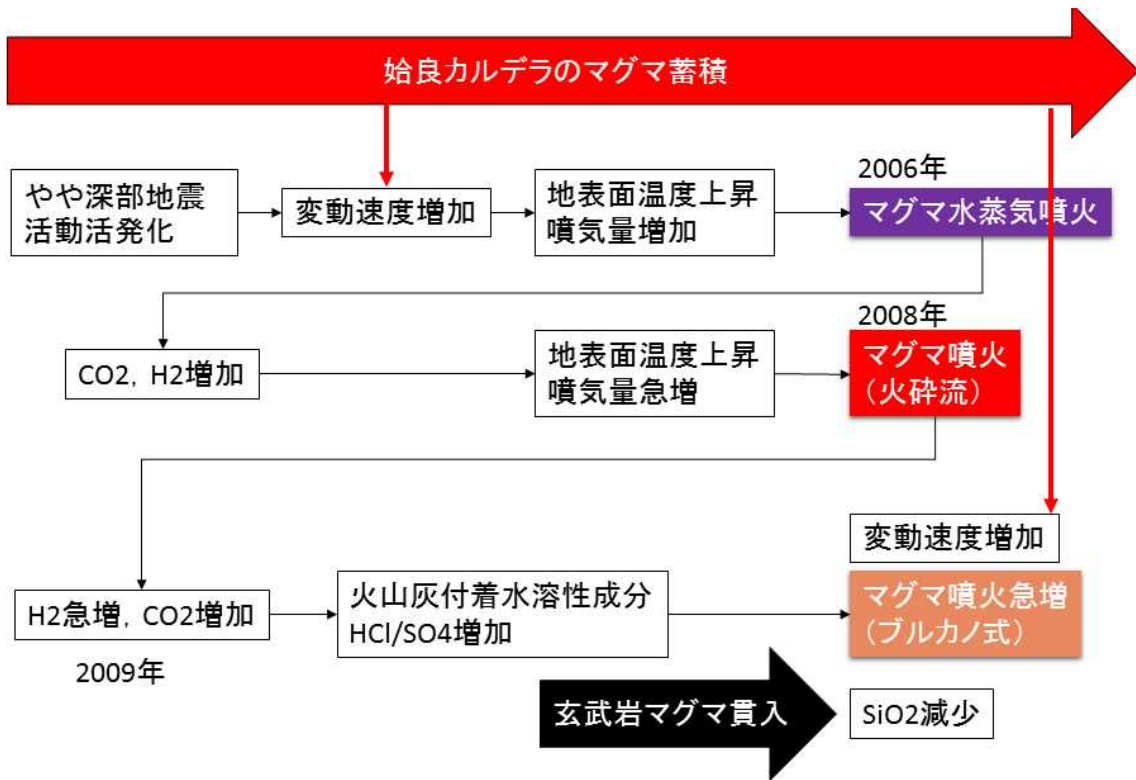


図1. 桜島昭和火口噴火活動期における事象推移