

桜島火山の噴火活動 —2011年7月～2012年6月—

井口正人*

* 京都大学防災研究所

要 旨

2006年6月に再開し、2009年後半から爆発回数が増加した昭和火口における噴火活動は、その後、噴火活動の活発化と低下を繰り返したが、同様の活発化と低下が2011年7月以降も繰り返された。2011年7月から爆発回数が増加し、2012年1月には180回の爆発が発生するなど噴火活動が2012年6月まで活発であった。噴火活動の活発期は桜島北岳の北山麓の深さ4kmを圧力源とする地盤の膨張期に対応する。火山灰放出量とひずみ変化から桜島中央火口丘へのマグマの流入量を見積もると、流入量の最も大きかった2011年12月の供給率は約 $5 \times 10^5 \text{m}^3/\text{月}$ であり、2009年12月～2010年3月の噴火活動期・膨張期における供給率と同程度であった。

キーワード: 桜島, 昭和火口, 爆発的噴火, 地盤変動, 火山灰放出量, マグマフラックス

1. はじめに

南岳の東山腹にある昭和火口では2006年6月4日に58年ぶりとなる噴火活動が再開した。2006年と2007年はマグマ水蒸気噴火（宮城・他、2010）で、その規模も小さかったが、2008年2月以降、ブルカノ式噴火が発生するようになった。2008年の爆発発生回数は18回であったが、2009年秋ごろから爆発回数が急激に増加した。この噴火活動は2009年12月～2010年3月にかけてピークに達し、1ヶ月に150回程度の爆発が発生した。その後、爆発的噴火の発生回数は減少し、2010年10月には15回まで低下したが、11月から増加を再開し、2011年2月の爆発発生回数は128回に達した。3月から5月は1か月に90回前後の爆発が発生したものの、6月の発生回数は27回と大きく低下した。昭和火口における2009年以降の噴火活動では、月別の爆発回数が15回～159回、火山灰放出量が7万トン～107万トンと多い時期と少ない時期を繰り返してきた（井口、2010；2011）。

本稿では、先に述べた一連の活動期が終わった2011年7月から2012年6月までの噴火活動と地震活動・地盤変動の推移を概観し、桜島中央火口丘直下

へのマグマの供給量の変化を推定する。

2. 昭和火口噴火活動の推移

南岳において爆発的噴火活動が始まった1955年10月13日以降の年間の爆発回数と1978年以降の火山灰放出量をFig.1に示す。火山灰放出量は、石川・他（1981）の手法に基づいて鹿児島県により測定されている鹿児島県内62点の月別降灰量から見積もったものである。2008年には4回、2009年と2011年にそれぞれ1回の爆発が南岳において発生しているが、2007年以前は南岳、2008年以降は昭和火口の爆発回数を示しているとみてよい。昭和火口では、2008年には18回の爆発が発生したが、2009年には578回、2010年には1055回、2011年には1095回、2012年は6月までに625回の爆発が発生した。火口からの火山灰の放出量は、2008年には20万トンに過ぎなかったが、2009年は320万トン、2010年は680万トン、2011年は566万トンと増加傾向を示し、2012年は6月までの半年で、2010年や2011年の年間火山灰放出量に匹敵する524万トンの火山灰が放出された。

2009年以降の噴火活動の推移を詳しく見るために

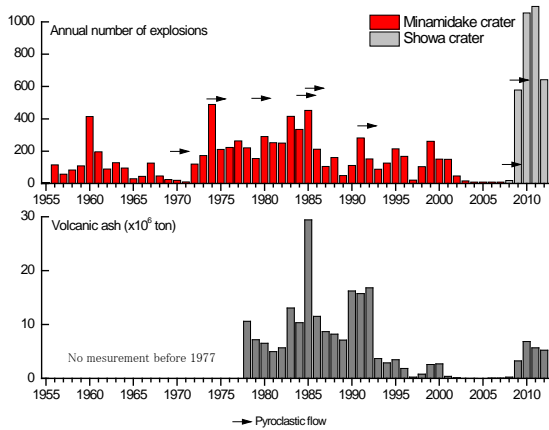


Fig. 1 Annual numbers of explosive eruption and weight of volcanic ash ejected from craters. Number and weight in 2012 are obtained from the data until the end of June.

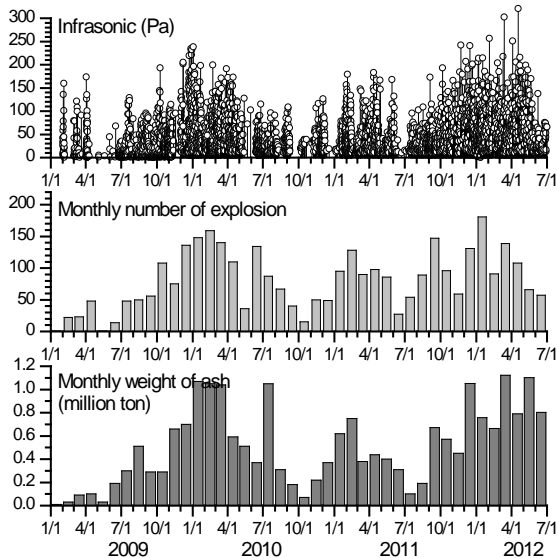


Fig. 2. Temporal change of eruptive activity since 2009. Top: amplitude of infrasonic wave generated by explosive eruption. Middle: monthly number of explosive eruption. Bottom: monthly weight of volcanic ash ejected from the Showa crater.

月別の爆発回数と火山灰放出量および爆発に伴う空気振動の振幅をFig.2に示す。2011年6月以前の活動については前回の報告（井口・他，2010）に述べたので，ここでは2011年7月以降の噴火活動について述べる。

2011年6月には爆発発生回数が27回まで低下したが，7月以降増加し，9月には147回の爆発が発生した。11月の爆発発生回数は59回とやや低下したものの，2012年1月には180回の爆発が発生するなど2012年3月まで爆発回数の多い状態が続いた。4月以降の発生回数は減少傾向にある。

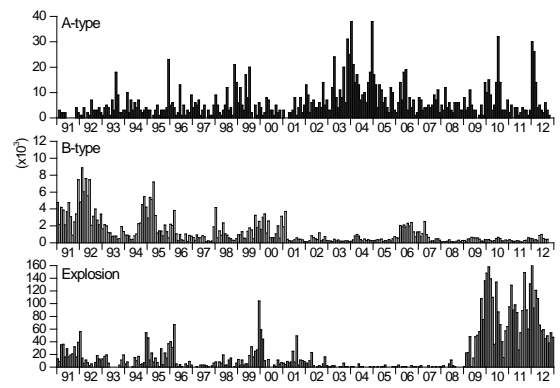


Fig.3 Monthly numbers of explosions, B-type and A-type earthquakes

火山灰放出量についても2011年7月には10万トンまで低下したが，9月には67万トンと急増し，2011年12月，2012年3月，5月の火山灰放出量は，それぞれ，105万トン，112万トン，110万トンと100万トンを超えており，2009年12月～2010年3月の噴火活動レベルに達した。2012年4月以降，爆発回数は減少したが，火山灰放出量は2012年6月までは80万トン/月のレベルを保った。

このように最近の昭和火口における噴火活動は爆発回数と火山灰放出量が増加する時期と減少する時期が，12カ月程度の間隔で交互に現れることが分かる。Fig.2に示すように爆発回数が多い時期には爆発に伴う空気振動の振幅は大きい，爆発的噴火活動が低下すると，空気振動の振幅も小さくなる傾向がある。空気振動の振幅は月別の爆発回数が180回に達した2012年1月には，3回の爆発が200Paを超えた。一方，爆発回数が少ない2011年7月，2012年6月は空気振動の振幅が50Pa程度にとどまっている。空気振動の振幅が最も大きかったのは2012年3月12日15時07分に発生した爆発で，空気振動の振幅は303Paに達した。この爆発では，火山岩塊が昭和火口から南東へ2.0kmの距離の昭和溶岩上に落下したことが大隅河川国道事務所の赤外線熱映像装置で捉えられている。

3. 火山性地震活動

1991年以降の月別のA型地震とB型地震の発生回数を爆発回数とあわせてFig.3に示す。A型地震の発生回数は南岳の噴火活動期においては少なかったが，昭和火口における噴火活動が再開する前の2003年と2004年には増加した。特に，1976年～1978年にしばしばみられた（加茂，1978）ような桜島南西部の地震活動や始良カルデラの北東部の若尊火山周辺での地震活動が活発となったことが注目される点である。

2006年6月に昭和火口における噴火活動が再開し

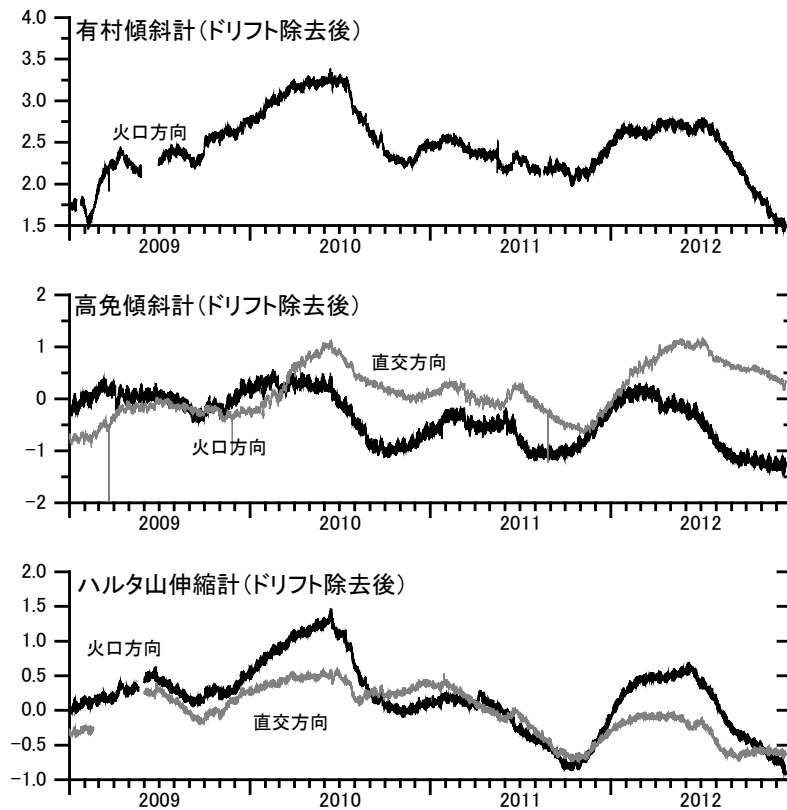


Fig.4. Tilt and strain changes. Top: radial tilt in Arimura tunnel. Middle: Tilt at borehole station KOM. Bottom: radial and tangential strains in Harutayama.

てからはA型地震の活動は低く、ほぼ10回/月以下である。唯一、地震活動の活発化がみられるのは2011年6月中旬から8月上旬にかけてであり、7月には32回のA型地震が発生した。このA型地震は桜島の南西部の深さ2km付近において発生したものであり、M1程度と微小である（井口，2011）。

2011年7月以降でも、A型地震の発生回数は少ないが、2012年1月には30回、2月には26回の地震が発生し、桜島島内において有感となる地震もあった。詳細については本報告書（為栗・他，2012）を参照されたい。

一方、B型地震の回数は2007年以降少ない状態が続いている。1か月に1000回以下の発生頻度は、南岳の爆発活動期における発生頻度1000～8000回/月と比較してはるかに少ない。

4. 地盤変動

Fig. 4に2009年以降の南部の有村観測坑道における火口方向の傾斜、北部の高免における傾斜、北西部のハルタ山における伸縮計の記録を示す。いずれも一定速度のドリフト成分を除去したものである。2009年10月ごろから南岳山頂火口域の隆起を示す傾

斜変動と山体の膨張を示すひずみ変化が観測された。この隆起・膨張は2010年6～7月に、沈降・収縮に反転し、10月ごろまで続いた。沈降・収縮への反転は北部の高免、ハルタ山に比べて、南部の有村は約1か月遅れており、桜島島内でのマグマの南部への移動が示唆されている（井口，2011）。

2011年11月から顕著な火口方向隆起の傾斜変動と山体膨張を示すひずみ変化が再度始まった。隆起・膨張は2012年1月までほぼ一定の速度で続き、その後2012年6月ごろまで横ばい状態が続いた。6月ごろから沈降・収縮期に入ったが、北部の高免、ハルタ山では6月から沈降・収縮変化に至ったが、南部の有村では約1か月遅れて7月に火口方向沈降を示すようになった。これは、2010年6～7月の沈降・収縮への反転時期が北部と南部でずれていることと同様の現象である。

2009年10月から始まった隆起・膨張と比較すると、2011年11月～2012年1月の変動量は、いずれの観測点もほぼ同程度であるが、2011年の変動速度の方が速い。例えば、有村観測坑道における火口方向の傾斜変化では、2009年が270nrad/月であるのに対し、2011年は360nrad/月である。また、ハルタ山の伸縮計の火口方向の成分では、2009年が200ナノストレイン/月

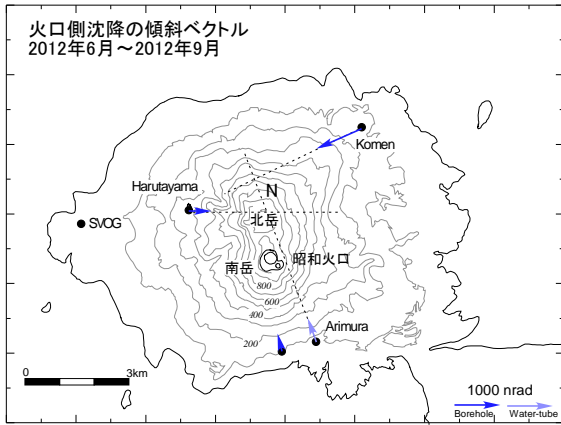
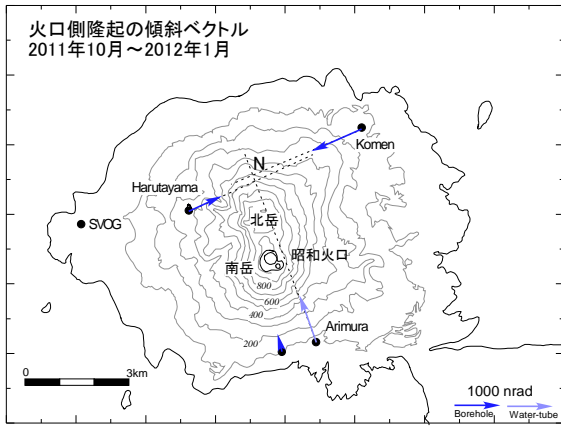


Fig.5 Tilt vectors from stations Arimura, Harutayama and Komen in inflation period from November 2011 to January 2012 (top) and deflation period from June to September 2012.

であったが、2011年は410ナノストレイン/月の速度で変動した。

Fig. 5に有村、ハルタ山、高免における2011年11月から2012年1月までの火口方向の隆起、また、2012年6月から9月までの火口方向の沈降を示す傾斜ベクトルを示す。隆起方向を示す直線が交差するのは北岳の北山麓である。沈降方向を示す直線が交差するのも北岳付近である。2010年の6月から11月まで観測された火口側沈降を示す傾斜ベクトルが交差するのも同様の場所(井口・他、2011)であり、北岳の地下にある圧力源の膨張と収縮が繰り返されていると考えられる。

5. マグマ流入量の見積り

桜島直下の圧力源における体積変化量に火山灰放出によるマグマの減少量を考慮して桜島への月毎のマグマ供給量の変化を見積もってみた。桜島直下の圧力源における体積変化量は有村観測坑道における火口方向の傾斜変化からその力源の位置を南岳直下

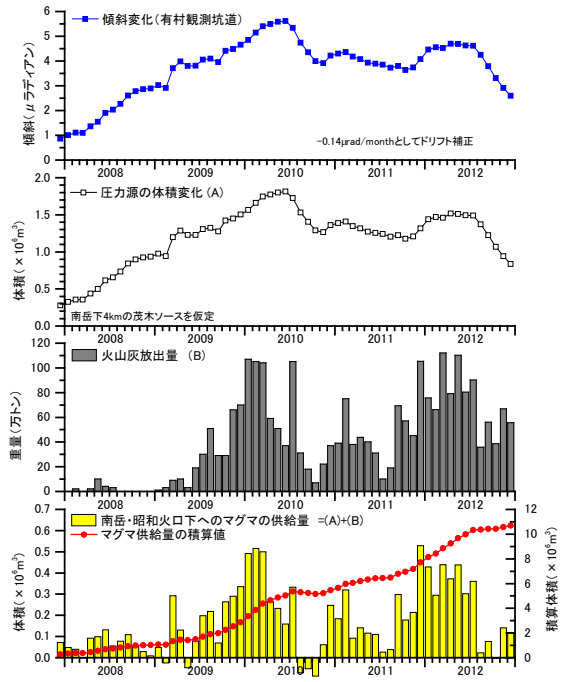


Fig.6 Monthly supply volume to Sakurajima. Top: monthly strain change in radial component of tiltmeter in Harutayama underground tunnel. Second: monthly volume change of pressure source located at a depth of 4 km beneath the position N in Fig. 6. Third: monthly weight of volcanic ash estimated from 59 observation sites around Sakurajima. Bottom: Monthly supply volume of magma and its cumulative volume.

の深さ4km(立尾・井口、2009)に仮定して求めた。火山灰放出重量については、 $DRE=2500\text{kg/m}^3$ としてマグマ相当体積に換算した。Fig.6に月毎の圧力源の体積と火山灰放出重量、およびそれらから求められる月毎のマグマ供給量とその積算値を示す。

2011年7月と8月のマグマ供給率は $1 \times 10^5 \text{m}^3/\text{月}$ 以下と少なかったが、火山灰放出量の増えた9月から増加し、9月には $3 \times 10^5 \text{m}^3/\text{月}$ となった。さらに、火山灰量の増加した12月には $5.2 \times 10^5 \text{m}^3/\text{月}$ に達した。このマグマの供給率は、隆起・膨張の進行と同時に爆発回数が多かった2009年12月~2010年3月と同程度である。2012年1月~7月の供給率も大きく、 $3 \sim 4 \times 10^5 \text{m}^3/\text{月}$ のレベルにあった。

2011年9月から2012年1月までは、マグマの供給率に起因する桜島直下へのマグマの蓄積による地盤の隆起・膨張と噴火活動の活発化傾向が同時に進行した時期と解釈できる。一方、2012年1月~6月はマグマの供給率が比較的高いレベルに保たれ、供給されたマグマ量と噴出したマグマ量がつりあった結果、地盤変動に大きな変化がなかった時期である。

6. まとめ

桜島の昭和火口における2011年7月から2012年6月までの活動は次のようにまとめられる。

- 1) 2011年7月は爆発回数、火山灰放出量とも少なかったが、9月以降、噴火活動は活発化し、ピークである2012年1月には180回の爆発が発生した。その後、爆発回数は4月ごろから減少したが、火山灰放出量は6月までは80万トン/月のレベルが保たれた。
- 2) 爆発的噴火回数が多い時には空気振動の振幅が大きくなる傾向が認められた。爆発回数のピークに達した2012年1月には200Paを超える空振は3回観測され、3月12日の爆発の空振は303Paに達した。
- 3) 2012年1・2月に北岳および南岳中央火口丘下においてA型地震が多発し、一部は有感となった。これは2011年11月からの変動速度の速い隆起・膨張期において中央火口丘下にマグマが急速に貫入することによって蓄積されたひずみの一部の開放過程と解釈される。B型地震の活動は活発ではなかった。
- 4) 2009年秋以降にみられた噴火活動の活発化と地盤の膨張との同時進行現象と同様に、噴火活動が活発化した2011年9月以降に地盤の膨張が進行した。これはマグマの流入量が増加することにより引き起こされたものであり、2011年12月には供給率が $5 \times 10^5 \text{m}^3/\text{月}$ に達した。2012年1月～6月は、比較的活発な噴火活動にもかかわらず大きな地盤変動は観測されなくなったことから、流入したマグマ量と噴火により放出されたマグマ物質量が釣りあった状態であり、供給率 $3 \sim 4 \times 10^5 \text{m}^3/\text{月}$ の比較的高いレベルが保たれた。

謝辞

有村観測坑道における水管傾斜計および伸縮計のデータは国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所より受託研究の一環として提供を受けたものである。火山灰重量データは鹿児島県危機管理局から頂いた。本研究には地震及び火山噴火予知のための観測研究の一課題である「桜島火山における多項目観測における」（課題番号1809）を使用した。

参考文献

- 井口正人 (2010) : 桜島火山の噴火活動—2009年2月～2010年5月—, 「桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究」平成21年度報告書, pp.1-8.
- 井口正人 (2011) : 桜島火山の噴火活動—2010年6月～2011年7月—, 「桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究」平成22年度報告書, pp.1-8.
- 井口正人・太田雄策・植木貞人・為栗 健・園田忠臣・高山鐵朗・市川信夫 (2011) : 2010年桜島火山活動を考える, 京都大学防災研究所年報, 第54号 B, pp.171-183.
- 井口正人・太田雄策・植木貞人・為栗 健・園田忠臣・高山鐵朗・市川信夫 (2012) : 桜島昭和火口噴火開始以降のGPS観測—2011年～2012年—, 「桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究」平成23年度報告書(本報告) .
- 石川秀雄・江頭庸夫・田中良和・植木貞人 (1981) : 桜島火山の噴火活動史, 自然災害特別研究 研究成果No.A-56-1, pp.153-179.
- 加茂幸介 (1978) : 桜島における噴火の前駆現象と予知, 火山, 第23巻, pp.53-64.
- 宮城磯治・伊藤順一・篠原宏志・鹿児島地方気象台 (2010) : 火山灰から見た2008年の桜島昭和火口の再活動過程, 火山, 第55巻, pp.21-39.
- 為栗 健・井口正人・園田忠臣・市川信夫 (2012) : 桜島火山における火山性地震の震源分布 (2011—2012年), 「桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究」平成23年度報告書, pp.7-11 (本報告) .
- 立尾有騎・井口正人 (2009) : 桜島におけるBL型地震群発活動に伴う地盤変動, 火山, 第54巻, pp.175-186.
- Ishihara, K. (1990): Pressure Sources and Induced Ground Deformation associated with Explosive Eruptions at an Andesitic Volcano: Sakurajima Volcano, Japan, Magma Transport and Storage (Ed. M. P. Ryan), John Wiley and Sons, pp. 335-356.
- Mogi, K. (1958): Relation between the eruptions of various volcanoes and the deformations of the ground surface around them, Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, Vol. 38, pp. 99-134.

Masato IGUCHI*

* Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Synopsis

Eruptive activity at the Showa crater of Sakurajima volcano resumed in June 2006 after 58 years dormancy of the crater. The eruptive activity at the Showa crater from July 2011 to June 2012 is summarized, relating to seismicity of volcanic earthquakes and ground deformation, and magma intrusion rate beneath the central cones was estimated from tilt change at an underground tunnel 2.1 km south from the crater and amount of volcanic ash ejected from the crater. Eruptive activity increased in September 2011. The monthly number of explosive eruption reached its peak (180) in January 2012 and the number decreased from April 2012. The monthly weight of volcanic ash attained 110 ton in December 2011, and the weight was kept at a high level of 80 ton/day. Ground deformation showed inflation of the ground from November 2011 to January 2012 associated with increase in the eruptivity and became stable from February to June 2012. The inflation was caused by increase in volume of a source at a depth of 4 km beneath the central cones. Temporal change of magma flux toward the reservoir was estimated from tilt change and monthly amounts of volcanic ash ejected from the crater. Magma flux increased from September 2011 and reached its peak ($5 \times 10^5 \text{m}^3/\text{month}$) in December 2011. The magma flux was kept at rates of $3\text{-}4 \times 10^5 \text{m}^3/\text{month}$ during the period from January to July 2012.

Keywords: Sakurajima volcano, Showa crater, explosive eruption, ground deformation, amount of volcanic ash, magma flux