

桜島火山の噴火活動 —2012年7月～2013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ているが、同様の活発化と低下が2012年7月以降も繰り返された。2012年8月から12月は爆発回数、火山灰放出量は減少したが、2013年1・2月には100回/月を超える爆発が発生するなど噴火活動が活発化した。噴火活動の低下期と活発期は桜島北岳の北山麓の深さ4kmを圧力源とするそれぞれ、地盤の収縮期と膨張期に対応する。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った。2012年8月から12月にはマグマの供給はほぼ停止し、それ以前に蓄積されたマグマを放出していたが、2013年2月の供給率は約 $4 \times 10^5 \text{m}^3/\text{月}$ まで回復した。2012年7月24日に発生した南岳の爆発は、噴煙高度8000m、火山灰放出量25万トンに達する2009年以降の噴火活動期で最大規模の爆発であった。

キーワード：桜島、昭和火口、南岳、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。このように、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/月～107万トン/月の範囲で1桁程度の変動を示し、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

2012年7月から2013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。また、2012年7月24日に発生した規模の大きい南岳の爆発的噴火についても詳述する。

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年には917

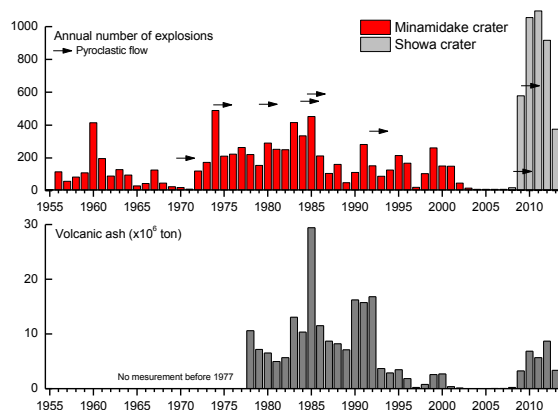


Fig. 1 Annual numbers of explosive eruption and weight of volcanic ash ejected from craters. Number and weight in 2013 are obtained from the data until the end of June.

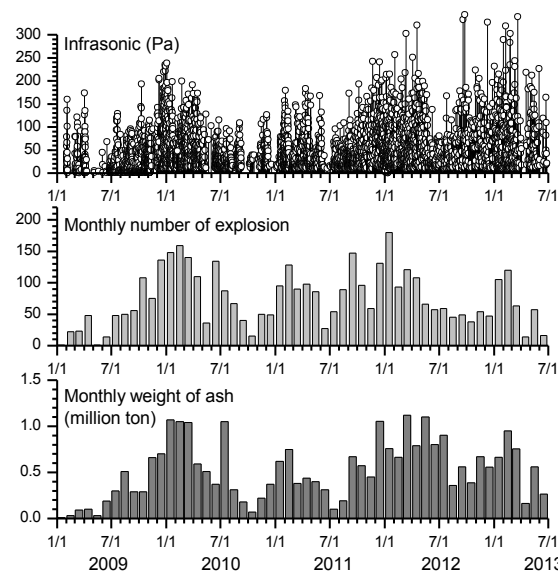


Fig. 2. Temporal change of eruptive activity since 2009. Top: amplitude of infrasonic wave generated by explosive eruption. Middle: monthly number of explosive eruption. Bottom: monthly weight of volcanic ash ejected from the Showa crater.

回、2013年は6月までに375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、2012年には867万トンと増加傾向を示した。2013年は6月までの半年で例年の約半分の量に相当する335万トンの火山灰が放出された。また、南岳では2012年7月24日に爆発的噴火が発生した。

2009年以降の噴火活動の推移を詳しく見るために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。2012年6月以前の活動に

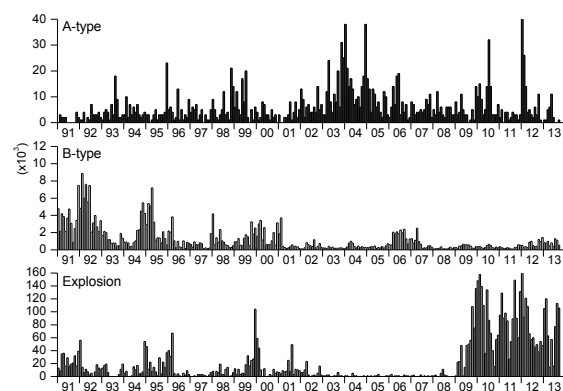


Fig.3 Monthly numbers of explosions, B-type and A-type earthquakes

については前回の報告（井口・他、2012）に述べたので、ここでは2012年7月以降の噴火活動について述べる。

2012年7月～12月の爆発回数は38～59回、火山灰重量は35～66万トン（7月を除く）にとどまっていたが、2013年1月から爆発活動が活発化し、活動的な状態は3月まで続いた。2013年1月には105回、2月には120回の爆発が発生した。また、火山灰放出量は1月が66万トン、2月が95万トン、3月が76万トンと多い状態であった。4月～6月には爆発回数、火山灰放出量とも急激に減少し、6月の爆発回数は16回、火山灰放出量は26万トンであった。

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。2009年から2012年までと同様に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が大きくなる傾向が認められる。空気振動の振幅は月別の爆発回数が増加した2013年1月から2月には、9回の爆発が200Paを超えた。一方、空気振動の振幅は2009年以降大きくなる傾向があり、2012年9月の爆発回数は49回にとどまっているが、300Paを超える爆発が2回発生した。また、爆発回数が20回以下となった2013年4月と6月でも、100Paを超える爆発が5回発生しており、爆発回数が少ない時期でも空気振動振幅の減少傾向は顕著でなくなっている。

3. 火山性地震活動

2006年6月に昭和火口における噴火活動が再開してからはA型地震の活動は低く、ほぼ10回/月以下である。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

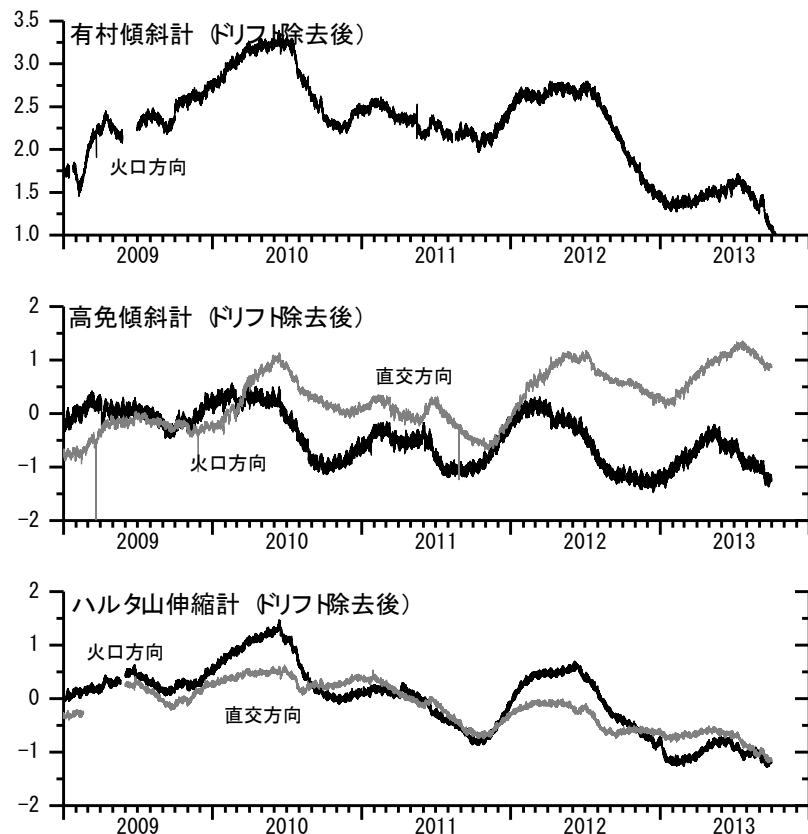


Fig.4. Tilt and strain changes. Top: radial tilt in Arimura tunnel. Middle: Tilt at borehole station KOM. Bottom: radial and tangential strains in Harutayama. Unit in nano micro radian or micro strain

小である（井口，2011）。また，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（為栗・他，2012）。2012年7月～2013年6月では11回以下と少ない状態が続いている。

B型地震の発生回数も2007年以降少ない状態が続いている。2012年7月～2013年6月の月別発生回数は300～1,400回であり，南岳の爆発活動期における発生頻度1,000～9,000回／月と比較してはるかに少ない。

4. 地盤変動

Fig. 4に桜島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2009年以降の記録を示す。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。

2012年6月～7月に始まった桜島の山体の沈降・収縮は2012年12月～2013年1月ごろまで続き，北部の高免では2012年12月に，また，南部の有村では2013年1～2月ごろに南岳山頂側隆起に反転した。地盤変動の転換点が北部の方が南部に比べて早いことは以前と同様である。

2012年6・7月～2012年12月・2013年1月までの変動量は，1回の長期的火口側沈降・山体収縮イベントとしては2009年以降で最も大きい。有村観測坑道における火口側沈降の傾斜変化は $1.4\mu\text{rad}$ ，高免では $1.2\mu\text{rad}$ に達した。また，ハルタ山の伸縮計の火口方向の成分では， 1.8μ ストレインの収縮ひずみを観測した。

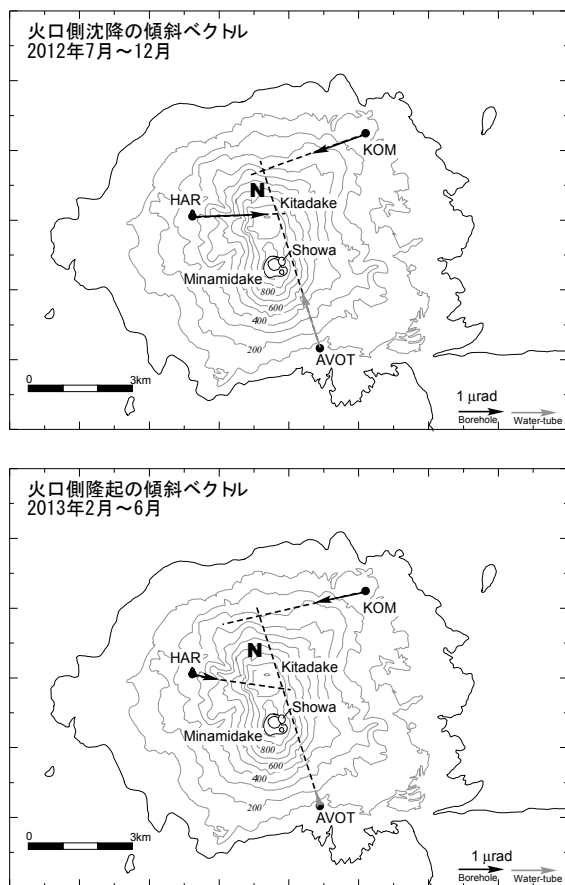


Fig.5 Tilt vectors from stations Arimura (AVOT), Harutayama (HAR) and Komen (KOM) in deflation period from July to December, 2012 (top) and inflation period from February to June, 2013.

一方、2012年12月～2013年1月に始まった火口側隆起の傾斜変化と膨張ひずみは2013年5月～6月まで続いた。有村観測坑道における火口側沈降の傾斜変化は $0.3\mu\text{rad}$ 、高免では $0.8\mu\text{rad}$ 、ハルタ山の伸縮計の火口方向の成分では、 $0.4\mu\text{}$ ストレインの収縮ひずみを観測したが、2011年10・11月～2012年1・2月の変化量と比較して小さかった。

Fig. 5に有村、ハルタ山、高免における2012年7月から12月までの火口方向の沈降、また、2013年2月から6月までの火口方向の隆起を示す傾斜ベクトルを示す。隆起方向を示す直線、沈降方向を示す直線とも交差するのは北岳の山頂から北山麓にかけてである。昭和火口における爆発回数が急増した2009年以降における傾斜ベクトルの方向はおおむね北岳の北山麓において交差しており（井口、2011；2012；Iguchi et al., 2013）、この場所には、GPS観測から副圧力源も推定されている（井口・他、2011；2012；Iguchi et al., 2013）。2012年7月以降においても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。

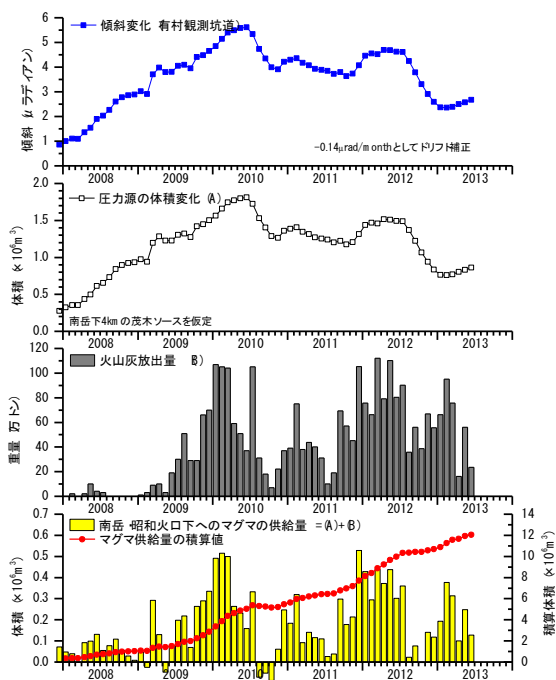


Fig.6 Monthly supply volume to Sakurajima. Top: monthly strain change in radial component of tiltmeter in Harutayama underground tunnel. Second: monthly volume change of pressure source located at a depth of 4 km beneath the position N in Fig. 5. Third: monthly weight of volcanic ash estimated from 62 observation sites around Sakurajima. Bottom: monthly supply volume of magma and its cumulative volume.

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、 $\text{DRE}=2500\text{kg/m}^3$ 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。

2012年7月のマグマ供給率 $4 \times 10^5 \text{m}^3/\text{月}$ は2012年1月～6月までとほぼ同じレベルにあったが、8月に急激に減少し、12月までは $2 \times 10^5 \text{m}^3/\text{月}$ 以下であり、10月には検出限界以下まで低下した。その後、マグマ供給率は緩やかに増加し、火口側隆起の傾斜変化が検出され、火山灰放出量が95万トン/月まで増加した2013年2月にはマグマ供給率は $4 \times 10^5 \text{m}^3/\text{月}$ まで回復したが、3月から6月までは減少傾向が続いた。

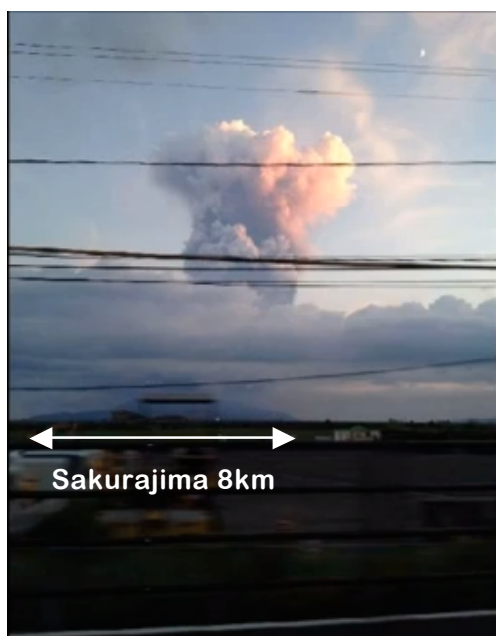


Fig.7 Video clip of the explosive eruption at the Minamidake crater at 19:15 on July 24, 2012. The video was taken from Kirishima city and uploaded on YouTube (<http://www.youtube.com/watch?v=UIzex25bWDk>)

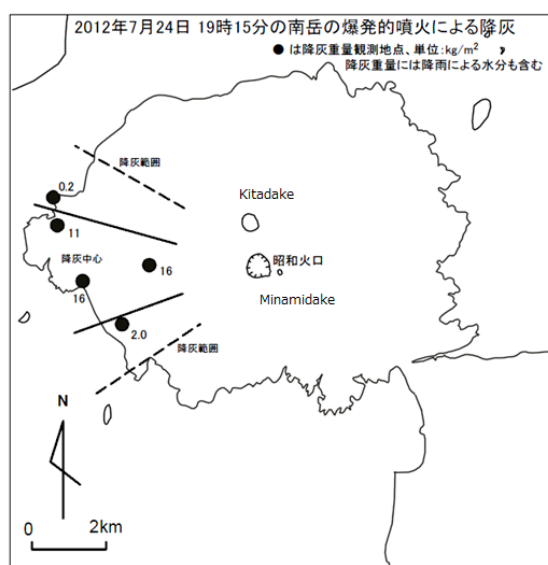


Fig. 8 Distribution of volcanic ash fall ejected by the explosive eruption at the Minamidake crater at 19:15 on July 24, 2012. Unit: kg/m^2 .

2012年8月～12月はマグマの供給率が著しく減少し、2011年11月～2012年7月までの間に蓄積したマグマを噴火活動によって放出した時期である。マグマの供給率が低下する時期は、爆発回数、火山灰放出量とも減少する傾向があることは、これまでと同様

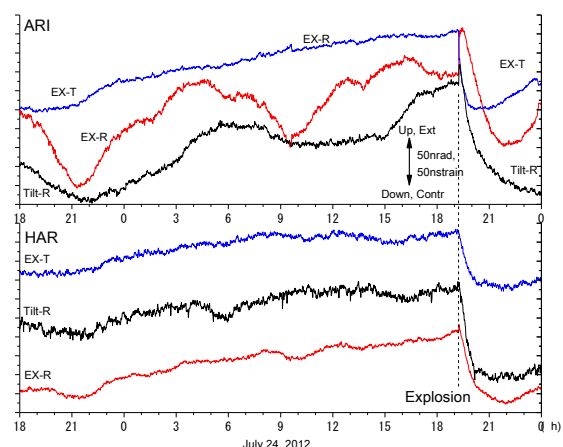


Fig.9 Tilt and strain changes associated with the explosive eruption at the Minamidake crater at 19:15 on July 24, 2012. “Tilt-R” indicates tilt change in radial component to the Minamidake crater, and “EX-R” and “EX-T” are strain changes in radial and tangential components. Top: Arimura underground tunnel. Bottom: Harutayama underground tunnel.

であるが、2012年8月～12月の火山灰放出量は36万トン～66万トンであり、過去のマグマの供給率が著しく低下した時期（2010年8～10月、2011年7・8月）と比較すると火山灰放出量が多く、結果として、大きい火口側沈降傾斜と収縮ひずみが観測されたものと解釈できる。2013年1・2月はマグマの供給量が増加し、爆発回数、火山灰放出量が増加し、噴火活動が活発化すると同時に火口側隆起の地盤変動がみられた時期である。

6. 2012年7月24日南岳爆発

2009年9月以降、昭和火口において爆発的噴火が多発しているが、南岳の山頂火口における爆発活動も停止しているわけではない。2009年10月3日、2011年2月7日、2012年7月24日には南岳において規模の大きい爆発が発生した。2009年10月3日と2011年2月7日の爆発では噴煙高度がそれぞれ、3000mと2000mに達した（気象庁、2009；2011）。2012年7月24日の爆発によって放出された噴煙の高度は気象庁による発表はないが、多量の火山灰が東風に流されて鹿児島市街地に降下した。この7月24日19時15分に発生した爆発について詳述する。

爆発に伴う空気振動の振幅はハルタ山において180Paと南岳の爆発としては大きくない。噴煙の高度は気象庁から発表されていないが、YouTubeにアップロードされた宮崎市内および霧島市内において撮影された噴煙の映像からその高度は8000mに達して

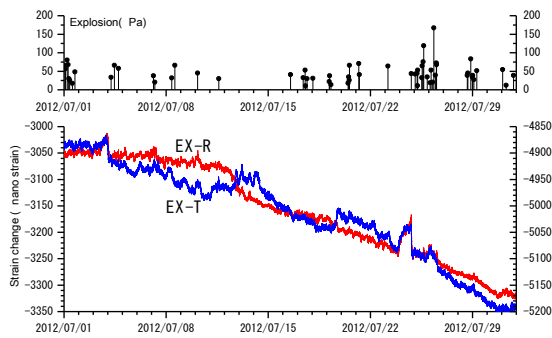


Fig.10 Strain changes in July 2012. “EX-R” and “EX-T” are strain changes in radial and tangential components. Amplitudes of infrasonic wave generated by explosive eruptions are shown at the top.

いることがわかる (Fig.7)。また、桜島島内における降下火山灰量は火山活動研究センターにおいて 11kg/m^2 に達するなど、桜島西部において多く (Fig.8)、桜島南部の国道224号線は横山町から桜島口まで交通規制された。この爆発による火山灰放出量は25万トンと推定される。

爆発に前後するハルタ山および有村観測坑道における傾斜およびひずみ記録をFig. 9に示す。爆発に21時間先行する7月23日22時ごろから南岳火口方向の地盤の隆起および山体の膨張が検出され、ハルタ山観測坑道において51ナノラディアン(傾斜変化と、70ナノストレイン(火口方向)、42ナノストレイン(火口と直交方向)の膨張ひずみが観測された。有村観測坑道では、火口方向の潮汐補正が不十分で、評価が難しいが、121ナノラディアン(傾斜変化と83ナノストレイン(火口と直交方向)ひずみが観測された。爆発発生直後は、火口方向において伸長、直交方向において収縮となるひずみステップ(Ishihara, 1990)が検出された。これは、火口直下に形成されたガスポケットの急激な収縮によるものである。その後、ゆっくりとした火口方向の沈降を示す傾斜変化と収縮ひずみが約65分続いた。ハルタ山観測坑道における変動量は、92ナノラディアン(傾斜変化)、75ナノストレイン(火口方向ひずみ)、55ナノストレイン(火口と直交方向ひずみ)であった。傾斜およびひずみ変化量から圧力源の深さは5.2km、体積変化量は $1.05 \times 10^5 \text{m}^3$ と見積もられる。マグマの密度を 2500kg/m^3 とすると重量は約25万トンとなり、推定放出火山灰量と同じ値となる。

南岳活動期における最大規模と評価される爆発は1987年11月17日発生した爆発であり、夜間であったため噴煙高度は不明であるが、火山灰放出量は約40万トンと推定されている(石原・小林, 1989)。2012年7月24日の南岳爆発はこれよりも火山灰放出量は

少ないが、南岳の爆発としてもかなり規模の大きいものと評価され、少なくとも、2009年以降爆発活動が活発化した、昭和期の爆発活動期においては最大規模である。

Fig.10に2012年7月の1ヶ月間の地盤変動と噴火活動を示す。2012年7月上旬以降、地盤の収縮は継続的に続いているが、7月23日22時から急速な膨張を示し、7月24日の南岳爆発が発生し、ステップ的に収縮した。その後も26日までは緩やかな膨張が続いた。2012年7月の昭和火口における爆発回数は59回であるが、そのうち16回の爆発は7月24日の南岳爆発の直後の2日間に多発したものである。2012年の7月以降は継続的に収縮が観測されているが、7月23日～26日には一時的に桜島直下へのマグマ供給量が増加したものと考えられる。

7. まとめ

2012年7月から2013年6月までの桜島の噴火活動は次のようにまとめられる。

- 1) 2012年7月～12月の爆発回数は38～59回、火山灰重量は35～66万トン(7月を除く)にとどまっていたが、2013年1月から爆発活動が活発化し、活動的な状態は3月まで続いた。4月～6月には爆発回数、火山灰放出量とも急激に減少した。
- 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2013年1月～2月には200Paを超える空振は9回観測された。一方、爆発回数が少ない時期でも空気振動振幅の減少傾向は顕著でなくなっている。
- 3) A型、B型とも地震活動は活発ではなかった。
- 4) 北岳の山頂から北山麓に圧力源が推定される山頂側沈降の傾斜および収縮ひずみが2012年6・7月2012年12月・2013年1月まで観測された。これらの変化量は2009年以降、昭和火口の爆発期において最大の変化であった。2013年1・2月には山頂側隆起と膨張ひずみに反転した。
- 5) 2012年8月～12月は山頂下へのマグマの供給率が著しく減少し、2011年11月～2012年7月までの間に蓄積したマグマを噴火活動によって放出した時期と考えられる。2013年1・2月はマグマの供給率が増加することによって、噴火活動が活発化すると同時に火口側隆起の地盤変動がみられた時期である。
- 6) 2012年7月24日に発生した南岳の爆発では、噴煙高度が8000mに達し、25万トンの火山灰が放出された。2009年秋以降継続している桜島の爆発活

動期においては最大規模の噴火である。

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（2012）：桜島火山の噴火活動—2011年7月～2012年6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23年度報告書，pp.1-6。
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，pp.47-53。
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。
石原和弘・小林哲夫（1989）桜島火山の最近の火山活動，火山，第33号，pp.269-271。
気象庁（2009）：火山の状況に関する解説情報，桜島，第68号
気象庁（2011）：桜島の火山活動解説資料（平成 23年 2月）
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。
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。
Iguchi, M., Tameguri, T., Ohta, Y., Ueki, S., Nakao, S. (2013): Characteristics of volcanic activity at Sakurajima volcano's Showa crater during the period 2006 to 2011, Bull. Volcanol. Soc. Japan, Vol. 58, pp. 115-135.

Eruptive Activity of Sakurajima Volcano during the Period from July 2011 to June 2012

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 2012 to June 2013 is summarized, relating to seismicity of volcanic earthquakes and ground deformation, and magma intrusion rate 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 declined during the period from August to December 2012. The eruptive activity increased in January 2013, reaching its peak with 120 explosive eruptions and volcanic ash of 9.5×10^5 ton in February 2012. The number decreased from March 2013. Ground deformation showed deflation of the ground from June/July to December 2012 and the amounts of deflative tilt and strains are the largest after the beginning of eruptivity of the Showa crater in 2006. The deflation was caused by decrease in volume of a source at a depth of 4 km beneath the central cones. Ground deformation turned inflation in January/February 2013, associated with increase in the eruptivity and became stable from February to June 2012. 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 stayed at the lowest level during the period from August to December 2012 and it increased in January 2013 and reached its peak ($4 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{month}$) in February. A vulcanian eruption occurred at the Minamidake crater at 19:15 on July 24, 2012. Volcanic cloud reached at an elevation of 8000 m above the crater, discharging volcanic ash of 2.5×10^5 ton. The eruption was the largest after 2009 when eruptive activity increased.

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