

# 桜島火山の噴火活動 —2010年6月～2011年7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を増加させた桜島の昭和火口における噴火活動は2010年6月以降、噴火活動の活発化と低下を繰り返した(2010年6月から10月まで徐々に低下、2010年11月から2011年2月にかけて活発化、2011年3月以降は、再度徐々に低下)。噴火活動の低下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、噴火活動の活発期は地盤の膨張期に対応し、爆発回数が多い時期は爆発に伴う空気振動の振幅が大きく、少ない時期は振幅が小さい。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2010年12月～2011年4月の供給率は約 $2 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{月}$ であり、2009年12月～2010年3月における供給率よりも小さい。

**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年はマグマ水蒸気爆発で噴火の規模も小さかったが、2008年2月以降、ブルカノ式噴火が頻発している。2008年は18回の爆発的噴火が発生した。このうち、2008年2月3日と6日の爆発は約1kmの距離に達する火砕流を伴った。2009年は2月1日から、再び爆発的噴火が繰り返し発生した。2月～4月は2週間程度の噴火活動期と休止期を交互に繰り返したが、7月からはその発生頻度が徐々に増加した。爆発回数が、急激に増えたのは10月3日に発生した南岳における爆発的噴火以降である。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。一連の噴火活動は5月12日まで続いた。爆発がほぼ毎日繰り返された2009年6月24日から2010年5月14日までのほぼ1年間の爆発回数は1073回に達した。傾斜変化から見積もられる南岳中央火口丘下における力源の体積変化と火山灰放出量からマグマの流入量を見積もると6月までは $10 \text{ 万 m}^3/\text{月}$ 以下であったが、7月～9月は $10 \sim 20 \text{ 万 m}^3/\text{月}$ に増加し、

10月～12月は $20 \sim 30 \text{ 万 m}^3/\text{月}$ 、さらに2010年1月～3月は $40 \sim 50 \text{ 万 m}^3/\text{月}$ と噴火活動の活発化に伴いマグマの流入量が増加したことが明らかとなった(井口・他, 2010a, 2010b)。

本稿では、先に述べた一連の活動期が終わった2010年6月から2011年7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した。

## 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。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もてよい。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年は7月までに579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20万トンであったが、2009年は320万トン、2010年は680万トンと増加し、2011年は7月までで270万トンの火山灰

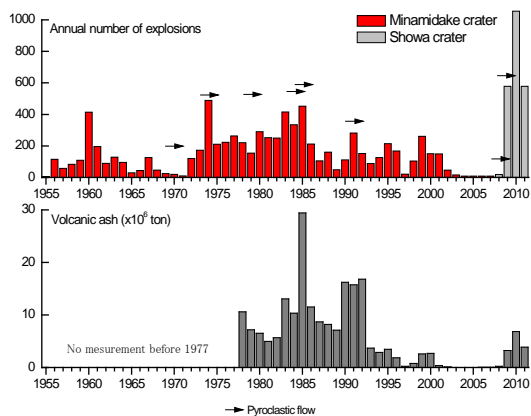


Fig. 1 Annual numbers of explosive eruption and weight of volcanic ash ejected from craters. Number and weight in 2011 are obtained from the data until end of July.

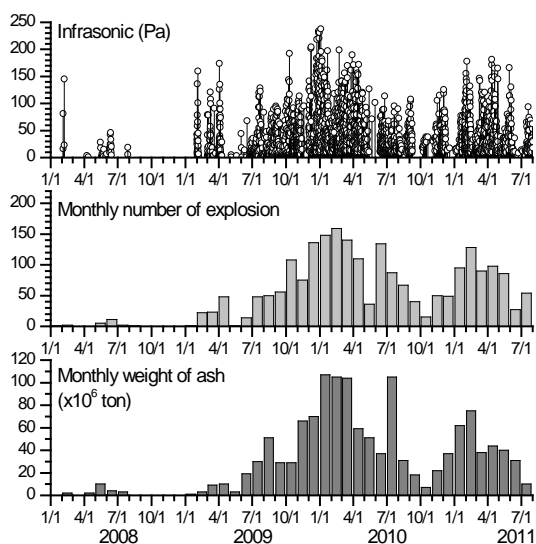


Fig. 2. Temporal change of eruptive activity since 2008. Top: amplitude of infrasonic wave generated by explosive eruption. Middle: monthly number of explosive eruption. Bottom: monthly weight of volcanic ash ejected from Showa crater.

が放出された。

この期間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。2010年5月以前の活動については前回の報告(井口・他, 2010b)に述べた。2010年5月には一時噴火がほぼ停止した時期が2週間程度あったが、6月中旬から爆発的噴火回数が増加し、6月には134回の爆発が発生し、7月の火山灰放出量は105万トンに達した。しかし、7月以降は爆発回数、火山灰放出量とも減少を続け、10月には爆発回数が15回、火山灰放出量が7万トンとなった。

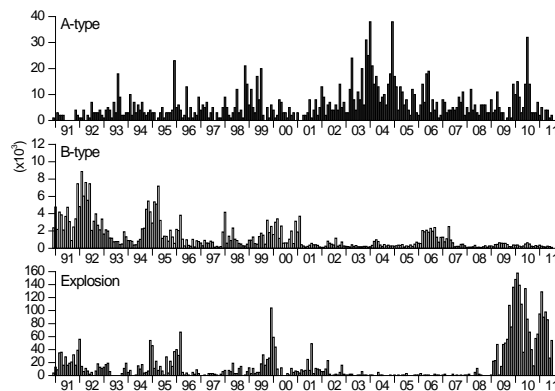


Fig.3 Monthly numbers of explosions, B-type and A-type earthquakes

11月中旬から再び爆発発生回数が増加し始め、2011年2月の爆発回数は128回、火山灰放出量は75万と活動のピークに達した。特に、2月12日には1日に21回の爆発が発生した。3月以降は爆発回数、火山灰放出量とも減少に転じ、6月には爆発回数27回、7月の火山灰放出量は10万トンまで低下した。

このように最近の桜島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150回を超えた2009年12月下旬から2010年1月上旬ごろが最も大きく、200Paを超える爆発がいくつか発生している。一方、15回の爆発しか発生してない2010年10月における空気振動の振幅が最も小さく、40Paを超えていない。2010年11月末ごろから再び、爆発の発生頻度が増加すると、空気振動の振幅も再び増加していることがわかる。

### 3. 火山性地震活動

1991年以降の月別のA型、B型火山性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A型地震の発生回数が増加した。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、

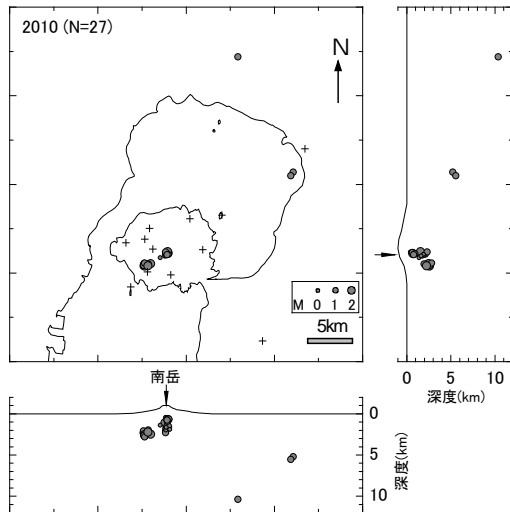


Fig.4 Hypocenter distribution of A-type earthquakes in 2010. Epicenter distribution is shown at upper-left. Hypocenters on vertical cross-section in the direction N-S and E-W are shown in the upper-right and lower-left, respectively.

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（Fig. 4）。検出可能な観測点における初動がすべて引きであることから正断層型である可能性が高い。桜島南西部における地震活動の活発化は2003年11月から2004年にかけてもみられ、メカニズムは東南東-西北西方向に張力軸を持つ正断層型でマグニチュードは最大2.6であった（Hidayati et al., 2007）。2010年6~8月の地震活動は前回の震源よりも浅く、規模が小さい。

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く、南岳爆発活動活発化の先行現象（例えば、西，1984）のように爆発的噴火活動の活発化と明確な関係がみられない。

#### 4. 地盤変動

Fig. 5aに一定速度のドリフト（140nrad/月）成分を除去した後の有村観測坑道における火口方向の傾斜変化を示す。ドリフト成分の見積もりについては井口・他（2011）を参照されたい。火口方向の隆起が始まったのは2009年9月12日ごろからであり、9月30日の8時ごろから10月3日の16時45分の南岳の爆発開始まで急速な火口側隆起が続いた。この期間の火口方向の隆起量は+280nradであった。10月3日16時45分の南岳の爆発的噴火後は50nradの火口方向の沈降傾

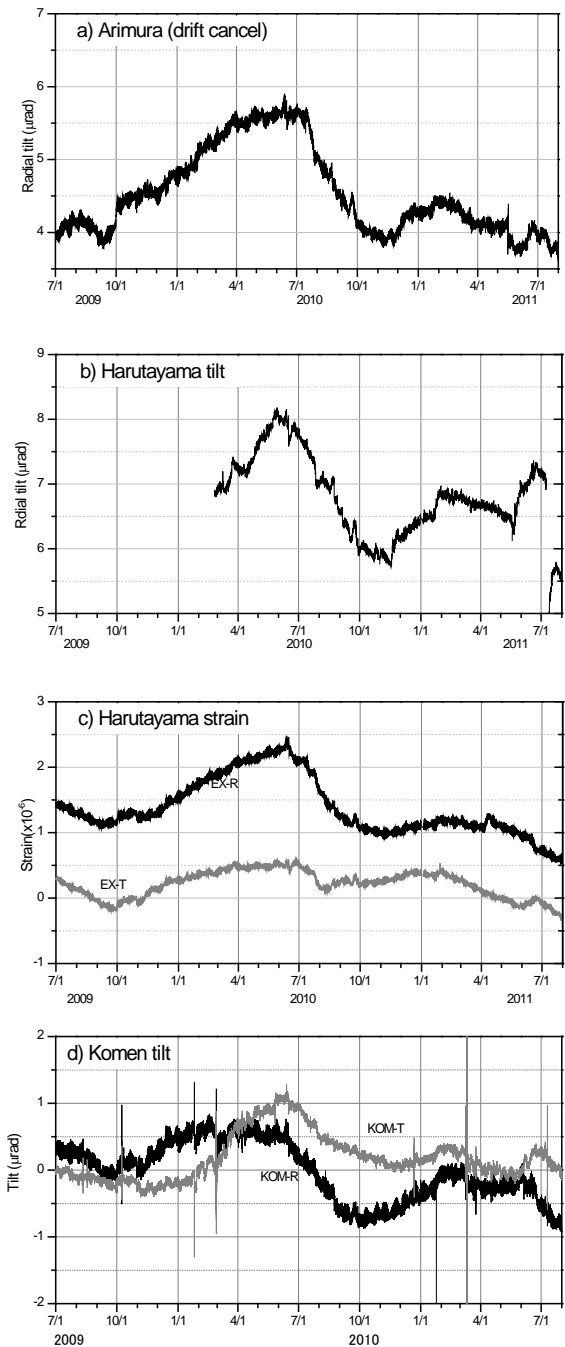


Fig.5. Tilt and strain changes. a) Radial tilt in Arimura tunnel. b) Radial tilt in Harutayama tunnel. c) Strain in Harutayama. d) Tilt at borehole station KOM.

斜が観測された。その後も10月4日~11月17日は180nrad/月の割合で隆起が続き、12月からはさらに隆起速度が増加した。2009年12月から2010年3月末までは270nrad/月の割合で火口方向隆起が続いた。2010年4月から6月8日までは隆起は停滞したが、6月9日から13日までの隆起傾斜変化を経た後、6月15日の21~22時頃から翌日の8時まで急激な火口方向の沈降傾斜が観測され、その量は210nradに達した。この急

激な沈降を契機に火口方向の長期的な沈降傾向が見え始め、7月中旬から沈降傾斜が明瞭となった。7月17日～29日の沈降速度は大きく、 $-51\text{nrad/日}$  ( $1520\text{nrad/月}$ )に達した。その後、沈降速度は段階的に低下した(7月29日～9月17日： $-13\text{nrad/日}$ ，9月29日～11月15日： $-5.4\text{nrad/日}$ )。沈降傾斜は11月下旬まで続いた。

2010年11月下旬に傾斜変動は再び火口方向隆起に反転した。火口方向隆起は2011年2月中旬まで続き、2月中旬以降は6月下旬まで火口方向の沈降を示している。変動量、変動速度とも小さく、2010年11月25日～2011年2月1日の隆起傾斜変化量は $+520\text{nrad}$ ，最も変動速度の大きい2010年11月25日～2010年12月16日の変化速度は $+33\text{nrad/日}$ であった。一方、2011年2月1日～6月30日までの沈降傾斜については変化量 $-690\text{nrad}$ ，変動速度 $-4\text{nrad/日}$ であった。

同様の地盤変動はハルタ山観測坑道の傾斜計および伸縮計によっても観測されている (Fig.5b, c)。傾斜計火口方向の成分が正常に稼働できた2010年3月から6月中旬まで火口方向隆起が続き、6月中旬以降は火口方向沈降に反転した。沈降傾斜量は11月までで $2350\text{nrad}$ に達した。ひずみ変化においては、2009年12月～2010年3月までは $200$ ナノストレイン/月(火口方向成分)でひずみ量が増加し、4月以降はひずみ増加速度が、 $86$ ナノストレイン/月に減少したものの伸長は6月8日まで続いた。2009年9月から2010年6月8日までの火口方向における歪増加量は $1560$ ナノストレインに達した。2010年6月15日からは収縮に反転し、収縮ひずみ速度を減少させながら、11月まで続いた。この間の収縮ひずみ量は $1400$ ナノストレインであった。

2010年11月からの火口側地盤の隆起と2011年2月以降の沈降についても同様である。ハルタ山観測坑道の傾斜計では、2010年11月～2011年2月までに $1050\text{nrad}$ の火口側隆起の傾斜変化を記録した。沈降傾斜量は2011年5月中旬から観測機器不調のために不明であるが、火口側沈降への変化は2011年2月である。また、伸縮計(火口方向)においては2010年11月～2011年2月に $150$ ナノストレインの伸長ひずみ、2011年2月～7月に $180$ ナノストレインの収縮ひずみが観測された。

桜島の北東部の高免観測点 (Fig.5d) においても同様のパターンの火口方向の隆起と沈降の傾斜変化が観測されている。2009年9月ごろから南岳火口方向の隆起が始まり、9月30日～10月3日にかけて急速な隆起を示した。11月～2010年3月にかけて隆起は続き、2010年3月以降は6月まで隆起状態を保持した。2010年1月ごろからは火口と直交方向成分 (KOM-T; Fig.5d) において火口に向かって右方向の隆起が見え

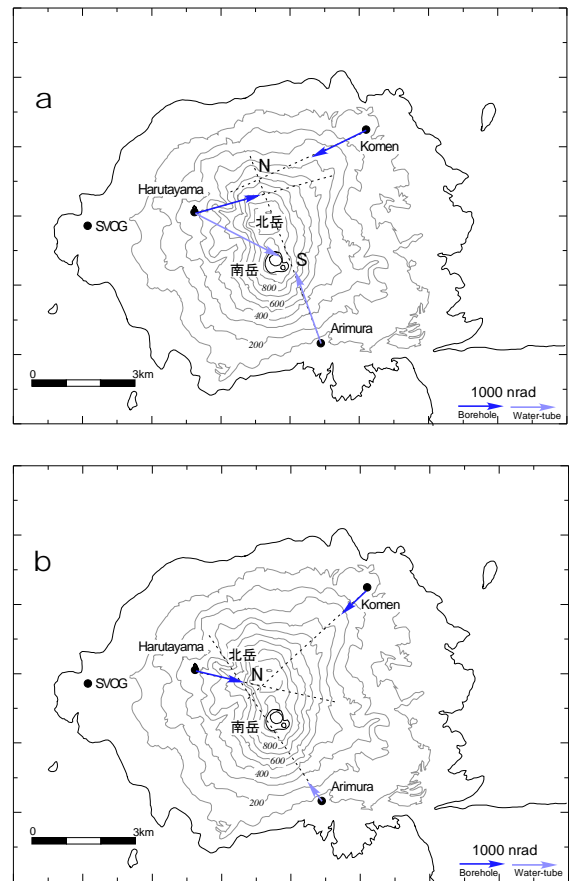


Fig.6 Tilt vectors from stations Arimura, Harutayama and Komen. a: downward tilt in deflation period from June to November 2010. b: upward tilt in inflation period from November 2010 to February 2011.

始め6月まで続いた。6月以降は火口方向と火口に向かって右方向が沈降を示し、10月ごろまで続いた。2010年10月からは再び、火口側隆起の傾斜変化が現れ、2011年2月まで継続した ( $750\text{nrad}$ )。2月以降は沈降を示した。

ハルタ山観測坑道における地盤変動が有村観測坑道における変動パターンと異なる点は、ハルタ山観測坑道では2010年6月における隆起・膨張から沈降・収縮への転換が明瞭であることである。火口方向のひずみ変化に注目すると、2009年12月～2010年3月は $200$ ナノストレイン/月、2010年4月～6月までは $86$ ナノストレイン/月の割合で膨張を続けたが、2010年6月15日以降、急速に収縮し、収縮率を徐々に低下させながら地盤の収縮は11月まで続いた。一方、有村観測坑道の傾斜計は6月15日～16日の急激な火口方向の沈降を除き、4月から7月中旬までは、大きな変動がなかった。急速な沈降を示したのは、7月16日からであり、火口側沈降の傾斜が約1カ月遅れている。ハルタ山観測坑道と同様に高免観測点においても有

村より変動が早く現れる。その傾向は2010年10・11月からの地盤の隆起・膨張期にも見られる。有村の傾斜計は2010年11月下旬に火口側沈降から隆起に転換したが、高免では10月に隆起に反転している。

Fig. 6aに有村，ハルタ山，高免における2010年6月中旬から11月までの火口方向の沈降を示す傾斜ベクトルを示す。ハルタ山には観測坑道内の水管傾斜計と埋設型傾斜計が設置されているので併記した。ハルタ山の水管傾斜計と埋設型傾斜計の傾斜変動ベクトルの方向は多少ずれるが、沈降方向を示す直線が交差するのは北岳の北山麓 (Fig.6aのN) から南岳の北側 (S) である。GPSによって観測された2010年6月以降の水平変動は桜島の北部に限定的である。Fig.6aにNと示した位置の北にある観測点は南向き、南にある観測点は北向きの水平変動を示しており (井口・他, 2011), Fig.6aにNと示した位置において圧力源が収縮した可能性が高い。

2010年6月～11月の収縮期においてハルタ山観測坑道の水管傾斜計では $-2100$  nradの火口方向の地盤の沈降、伸縮計の火口方向と直交方向で、それぞれ、 $-1380$ ナノストレイン、 $-1150$ ナノストレインの収縮ひずみが観測された。ハルタ山観測坑道における傾斜とひずみ変化量の比 (Ishihara, 1990) から茂木モデル (Mogi, 1958) を仮定して圧力源の深さと体積変化を見積ってみる。Fig.6aの位置Nに圧力源を仮定すると、深さは $4.3\text{km}$ 、体積減少量は $7.5 \times 10^5 \text{m}^3$ となった。また、Sの位置を仮定すると深さは $5.7\text{km}$ 、体積減少量は $1.8 \times 10^6 \text{m}^3$ となる。

2010年11月～2011年2月の膨張期における火口方向隆起の傾斜ベクトルをFig.6bに示す。隆起方向を示す直線が交差するのは北岳付近である。2010年11月から2011年2月までにハルタ山観測坑道の水管傾斜計では $1050\text{nrad}$ の火口方向の地盤の隆起、伸縮計の火口方向と直交方向で、それぞれ、 $150$ 、 $180$ ナノストレインの膨張ひずみが観測された。同様に傾斜とひずみ変化量の比から茂木モデルを仮定して圧力源の深さと体積変化を見積ってみると深さは $2.0\text{km}$ 、体積増加量は $1.0 \times 10^5 \text{m}^3$ となった。

## 5. マグマ流入量の見積り

これまで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 $4\text{km}$ に仮定し、力源における体積変化量を見積もってきたが (井口・他, 2010a), 桜島北部にある圧力源の体積変化が桜島の長期的な地盤変動に大きく寄与している可能性を考慮して、Fig.6aにNと示した位置の深さ $4\text{km}$ に圧力源を仮定して、ハルタ山観測坑道におけるひずみ変化から圧力源における体積変化を求め、

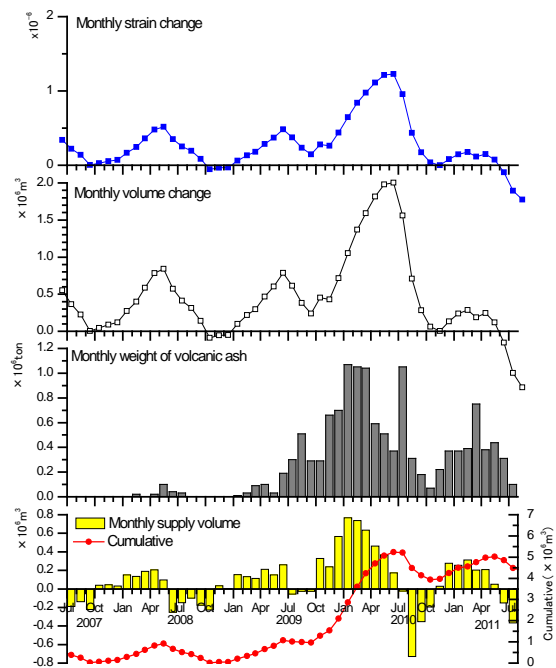


Fig.7 Monthly supply volume to Sakurajima. Top: monthly strain change in radial component of tiltmeter in Harutayama underground tunnel. Second: monthly volume change of pressure source located at a depth of  $4$  km beneath the position N in Fig. 6. Third: monthly weight of volcanic ash estimated from 59 observation sites around Sakurajima. Bottom: Monthly supply volume of magma and its cumulative volume.

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。降下した火山灰重量は鹿児島県により59か所において月毎に測定されており、降下火山灰の単位面積当たりの重量から石川・他 (1981) に基づいて火口からの放出重量を求めた。そのうえで、 $\text{DRE}=2500\text{kg/m}^3$ としてマグマ相当体積に換算した。Fig.7に月毎のマグマ供給量とその積算値を示す。

マグマ供給量は地盤変動の隆起・膨張期である2009年9月～2010年5月までが多く、隆起・膨張速度の大きかった2010年1月～3月は $7 \times 10^5 \text{m}^3/\text{月}$ に達している。一方、沈降・収縮期である2010年6月中旬～11月のうち、8～10月は計算上、負の値をとるので、桜島下へのマグマの供給はほぼ停止していた状態であると判断される。2010年11月から再び供給され、2010年12月～2011年4月は $2 \times 10^5 \text{m}^3/\text{月}$ のマグマが供給された。2011年5月以降は桜島へのマグマの供給は低下した。

Fig.7に示したように、2009年以降の噴火活動の推移と地盤の膨張－収縮には相関がある。噴火活動が活発な時期には地盤が膨張し、噴火活動が低下して

いる時には地盤は収縮している。マグマ供給量の見積りにおいて火山灰放出量の寄与は80～90%であり、供給されたほとんどのマグマは桜島下での蓄積過程を経ることなしに噴出物として放出されていることが分かる。残りの10%の寄与が地盤変動の隆起・膨張に相当する蓄積分であるが、沈降・収縮期において放出されたことになる。

## 6. 2010年6月～8月の地震活動

隆起・膨張期から沈降・収縮期に転換した2010年6月～7月は観測点によって転換時期が異なる。高免観測点の傾斜計とハルタ山の傾斜計、伸縮計は2010年6月中旬ごろからそれぞれ火口方向沈降の傾斜と地盤の収縮を示しているのに対し、有村観測坑道の傾斜計が明瞭な火口方向の沈降を示したのは、2010年7月16日以降である。7月17日～29日の沈降速度は大きく、 $-51\text{nrad/日}$ であったが、7月29日～9月17日の沈降速度は1/3以下の $-13\text{nrad/日}$ に低下しており、7月29日において、傾斜変化の折れ曲がり認められる（Fig.5a）。一方、ハルタ山の伸縮計や高免の傾斜計では折れ曲がり顕著ではない（Fig.5c, d）。この時期は2010年6月中旬から8月上旬にかけて桜島南西の浅部において微小なA型地震が多発した時期に相当する。

一般に隆起・膨張期にあるときはA型地震（火山構造性地震）が発生しやすいが、地盤が沈降・収縮している時期はひずみが蓄積しにくく、地震活動度は低い。しかし、6月中旬以降は、ハルタ山や高免では地盤の沈降・収縮を示し、有村でも地盤変動は停滞から沈降へ遷移した時期であるにも関わらず、M1程度とはいえ、火山性地震の発生頻度が高かった。この理由について考察してみる。

有村観測坑道の傾斜計は7月29日～9月17日にかけて $-13\text{nrad/日}$ のほぼ一定の割合で沈降傾斜を示した。一方、高免、ハルタ山の傾斜計では一定速度の沈降開始は6月中旬からであり、それぞれ、 $-12\text{nrad/日}$ および $-19\text{nrad/日}$ のほぼ一定速度の沈降傾斜を9月下旬まで示した。この3点の傾斜変化が桜島中央火口丘下の同じ圧力源の収縮によるものとすれば、有村観測坑道の傾斜計は6月中旬から7月29日までの期間においても $-13\text{nrad/日}$ 程度の一定速度の沈降を示さなければならない。6月15日～7月15日における沈降傾斜は顕著でなく、7月16日～29日の期間において急激に沈降傾斜が進行した。これを説明するためには高免、ハルタ山には大きな影響を及ぼさないが、有村観測坑道の傾斜計には影響を及ぼす場所に別の増圧圧力源を仮定する必要がある。7月29日～9月17日の沈降速度 $-13\text{nrad/日}$ の直線を遡ると急速な沈降から停滞

状態に変わった6月16日ごろに傾斜変動曲線と交差する（Fig.8）。そこで、6月16日から沈降速度 $-13\text{nrad/日}$ の一定速度の沈降に、隆起を引き起こす体積増加が加わったものとして、有村の傾斜計記録から $-13\text{nrad/日}$ の一定速度の沈降傾斜を差し引くことにより、体積増加の寄与による隆起傾斜変動を推定した。結果をFig.8に示す。この付加的傾斜量は6月中旬から急速に増加し、7月16日ごろにピークの $400\text{nrad}$ に達した。傾斜量が増加する過程においてA型地震の発生回数が増加した。7月16日以降の傾斜は沈降を示し、A型地震の発生数も減少した。6月下旬から7月中旬にかけてはハルタ山観測坑道の伸縮計の急速な収縮が一時的に伸長に転じ、微小な伸長が加わっていることが分かる（Fig.5b）。この圧力源は高免、ハルタ山の傾斜変化には影響を及ぼしていないので、桜島南部の浅い場所にあるものと推定される。2009年10月からの隆起・膨張期において中央火口丘下のマグマ溜まりに余剰に蓄積されたマグマが南部の浅い場所に一時的に移動した結果、南部において張力場となり、南西部の浅い場所においてA型地震の活動が活発化したものと解釈される。

## 7. まとめ

桜島の昭和火口における2009年6月から2010年7月までの活動は次のようにまとめられる。

- 1) 2010年7月には火山灰放出量が多いが、2010年4月以降10月まで徐々に噴火活動は低下した。11月以降、噴火活動は活発化し、ピークである2011年2月には128回の爆発が発生した。その後、爆発回数、火山灰放出量とも減少した。
- 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る。
- 3) 火山性地震の活動は活発ではない。例外的に2010年6月中旬から8月初めに桜島南西部の深さ2kmにおいて微小なA型地震が多発した。これは2009年10月からの隆起・膨張期において中央火口丘下のマグマ溜まりに余剰に蓄積されたマグマが南部の浅い場所に一時的に移動した結果と解釈される。
- 4) 2009年以降の噴火活動の推移と地盤の膨張・収縮には相関がある。噴火活動が活発な時期（2009年後半から2010年前半、2010年11月から2011年2月）には地盤が膨張し、噴火活動が低下している時（2010年6月から10月、2011年3月から7月）には地盤は収縮している。
- 5) ひずみ変化から計算される桜島中央火口丘下における力源の体積変化と火山灰放出量からマグマの流入量を見積もると噴火活動が低下した

2010年8月から10月は桜島へのマグマの供給はほぼ停止した状態であった。11月から再び供給され、2010年12月～2011年4月の供給率は $2 \times 10^5 \text{m}^3/\text{月}$ となった。2011年5月以降は桜島へのマグマの供給は再び低下した。

2010年6月から2011年7月までは、中央火口丘下のマグマ溜まりへのマグマの流入がほぼ停止した状態と流入を増加させた状態が繰り返された。中央火口丘下へ移動したマグマの多くは蓄積されることなく噴火により火山体外へ放出された。

## 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・横尾亮彦・為栗 健 (2010a) : 桜島昭和火口噴火の規模について, 京都大学防災研究所年報, 第53号B-1, pp.233-240.
- 井口正人 (2010b) : 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・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.
- 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.
- 西 潔 (1984) : 爆発に先行する火山性B型地震の群発, 京都大学防災研究所年報, 第27号B, pp.29-34.
- Hidayati, S., Ishihara, K. and Iguchi, M. (2007): Volcano-tectonic earthquakes during the stage of magma accumulation at the Aira caldera, southern Kyushu, Japan, Bull. Volcanol. Soc. Japan, Vol. 52, pp. 289-309.
- 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.

## Eruptive Activity of Sakurajima Volcano during the Period from June 2010 to July 2011

Masato IGUCHI\*

\* Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

### Synopsis

Eruptive activity at Showa crater of Sakurajima volcano resumed in June 2006 after 58 years dormancy of the crater. Eruptive activity at the Showa crater from June 2010 to July 2011 is summarized relating to seismicity of volcanic earthquakes and ground deformation, and magma intrusion rate beneath the summit crater was estimated from extension strain at Harutayama underground tunnel and amount of volcanic ash ejected from the crater. Eruptive activity repeated decrease-increase pattern during the period. Number of explosive eruption gradually decreased from June to October 2010 except July. The number of explosive eruption increased from November 2010 and reached its peak in February 2011 with 128 events. The explosive activity decreased again from March 2011 and reached the bottom in July 2011. Amplitude of infrasonic wave associated with explosive eruptions became large in higher level eruptive period. Ground

deformation showed repeat of downward and upward tilts of the side of central cones of Sakurajima, and contraction and extension strains repeated similarly. The deflation of ground deformation corresponds to decrease in eruptive activity and inflation does to increase in eruptivity. The inflation and deflation of the ground were caused respectively by increase and decrease in volume of a source at a depth of 4 km beneath central cones, probably Kitadake. Temporal change of magma flux toward the reservoir was estimated by strain change and monthly amounts of volcanic ash ejected from the crater. The maximum magma flux  $7 \times 10^5 \text{m}^3/\text{month}$  was obtained during the period from January to March in 2010. The magma flux from November 2010 to April 2011 was  $2 \times 10^5 \text{m}^3/\text{month}$ .

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