

桜島火山の噴火活動 —2009年2月～2010年5月—

井口正人*

* 京都大学防災研究所

要 旨

2006年6月から再開した桜島の昭和火口における噴火活動は2009年に入って活動的となった。2月～4月は1～2週間程度続く爆発を含む噴火活動が1ヶ月ごとに繰り返されたが、7月に入り、ほぼ毎日のように爆発が繰り返されるようになり、10月にはさらに爆発発生頻度が増加した。この噴火活動は2010年5月まで続いた。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。火山灰放出量と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からマグマの流入量を見積もると6月までは10万m³/月以下であったが、7月～9月は10～20万m³/月に増加し、10月～12月は20～30万m³/月、さらに2010年1月～3月は40～50万m³/月となった。

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

21世紀にはいって桜島の南岳における爆発的噴火回数は減少傾向にあり、2003年以降は年間10回以下の爆発しか発生していない。一方、A型地震の活動は、2003年、2004年に増加し、桜島の南西部および始良カルデラ北東部の若尊火山周辺において発生した (Hidayati et al., 2007; 井口・他, 2008a)。また、始良カルデラ周辺の地盤は、1993年以降、隆起に転じ (江頭・他, 1997)、隆起は現在も継続中である (山本・他, 2008)。GPS観測による水平変動でも同様に始良カルデラの中央部を中心とする膨張が続き、1996年から2007年までに約9千万立方メートルのマグマが蓄積されたと推定されている (井口・他, 2008b)。そのような状況において、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3日と6日には、火砕流を伴う爆発的噴火が発生した。このような爆発的噴火は2008年4月から7月にかけても発生し、2008年には18回の爆発的噴火が発生した。2008年には7月29日以降、爆発的噴火は発生していないが、

2009年2月1日から、再び爆発的噴火が繰り返し発生し、その発生頻度が徐々に増加し578回に達した。本稿では、2009年2月から2010年5月までの噴火活動の推移を概観し、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. 噴火活動の推移

2.1 南岳の噴火活動

1955年10月13日に南岳において爆発的噴火の活動が始まった。桜島における爆発的噴火の年間の回数と火山灰放出量をFig.1に示す。南岳における爆発的噴火は南岳の北西2.7kmにあるハルタ山観測室に設置されている機械式変位地震計 (S-1000, 変位倍率400倍, 吉川・西, 1963) と志田式微気圧計に記録される地震動および空気振動の振幅により判定される。爆発地震の最大振幅が10 μ 、空気振動が10Pa以上のものが爆発的噴火である。南岳の爆発回数は1960年に414回に達した後、徐々に減少し、1971年には10回まで減少した。ところが、1972年10月2日の爆発を契機に1955年から1971年までの噴火活動よりもはるかに活発な活動に移行した。1972年10月2日の爆発は

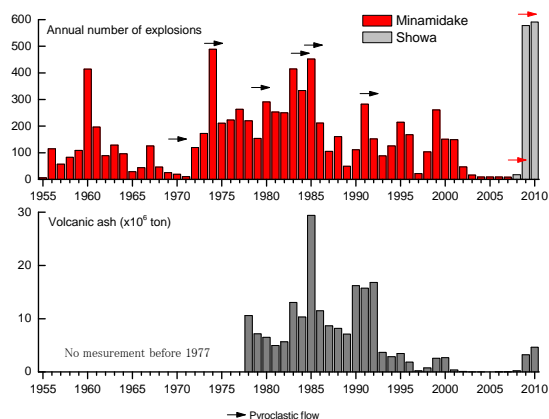


Fig. 1 Annual numbers of explosive eruption and weight of volcanic ash ejected from craters

南岳活動期の爆発の中でも特に爆発的であり、火山岩塊は南岳南麓の古里の海岸の距離3.3kmに達した。1974年と1985年にはそれぞれ、489回、452回に達し、それ以外の年でも1988年までは100回を超えている。火山灰放出量は、鹿児島県が1977年に鹿児島県内53ヵ所に設置した降灰観測点の月別の火山灰量から見積もられたものであるが(石川・他, 1981), 1985年は特に多く、2940万トンに達し、それ以外の年でも1992年までは1000万トン程度に達している。しかし、今世紀に入ってから南岳における爆発回数が激減し、2003年以降、爆発回数は年10回以下、火山灰放出量は年1万トン以下の時期が続いた。

2.2 昭和火口における噴火活動の開始

昭和火口の噴火活動は2006年6月4日に再開し、約2週間続いた。噴煙はコックステール状に間欠的に放出されたが、火山灰量は少なく1万トン程度であった。この活動に前駆する現象は顕著ではないが、南岳活動期においては放熱量が継続的に低下していた(加茂・他, 1995) 昭和火口周辺の熱活動が、2006年3月には活発化していたことが知られている(横尾・他, 2007)。また、2003年11月ごろから桜島の南西部においてA型地震の活動が25年ぶりに活発化したこと(Hidayati et al., 2007), 2004年10月から2005年2月まで始良カルデラ周辺の地盤が膨張していたこと(井口・他, 2008b)も前駆的活動として指摘できる。

同様の噴火活動は、2007年5月15日から約1カ月続いた。火山灰量は2006年6月の活動よりやや多く、5万トンであった。2006年と2007年の噴火活動に伴う地震動および空気振動は顕著ではなく、噴火活動と地震動、空気振動との対応関係が明確ではないものが多く、認められても地震動にして10 μ m/s以下、昭和火口から水平距離2.4kmの有村観測坑道の空気振

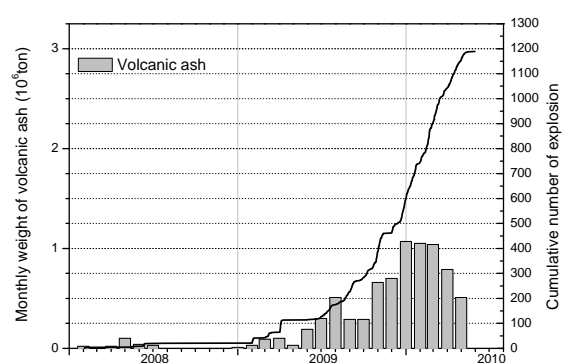


Fig. 2 Monthly weight of volcanic ash ejected from the craters and cumulative number of explosive eruptions at Showa crater

動にして3Pa以下であった(井口・他, 2008a)。

昭和火口における噴火活動が爆発的になったのは、2008年2月3日10時17分の噴火以降であり、この噴火に対応して明瞭な地震と空気振動が観測された。ハルタ山における爆発地震の最大振幅は5 μ , 桜島火山観測所における空気振動振幅は6.2Paであった。これまでの南岳の爆発の定義では爆発とはならないが、昭和火口は南岳東斜面にあるために、南岳を挟んで反対側の西山麓では空気振動が著しく減少するため、南岳の爆発の定義をそのまま適用するのは適切ではない。そこで、昭和火口の噴火については火口の南2.4kmにある有村観測坑道送信室において空気振動の振幅が10Paを超えるものを爆発的噴火とした。この爆発では空気振動は16Paに達した。爆発地震も明瞭であり、最大振幅62 μ m/s(有村観測坑道)に達した。その後、同日の16時54分、2月6日の11時25分にも爆発的噴火が発生し、空気振動の振幅はそれぞれ、81Pa, 145Paであった。4月から7月にかけて火山灰を放出する爆発が繰り返され、2008年には18回の爆発的噴火が発生した。

2.3 2009年の噴火活動

2008年7月29日以降、昭和火口において噴火は発生しなかったが、2009年2月1日から爆発的噴火が頻繁に発生するようになった。2009年2月以降の爆発的噴火回数の月別回数および爆発の積算回数をFig. 2に示す。2月、3月、4月にはそれぞれ、22, 23, 48回の爆発が発生したが、爆発的噴火が発生した期間はそれぞれ、2月1日~4日、3月1日~20日、4月2日~9日と活動期は間欠的に表れた。その後、6月の終わりまで、爆発的噴火回数は少なかったが、6月24日ごろから徐々に回数が増え始めた。7月、8月、9月の爆発発生回数は、48, 50, 56回であり、2~4月の活動期のように1~2週間の静穏期を間に含まず、ほぼ毎日の

ように爆発が発生するようになった。特に爆発が頻発したのは、10月以降である、10月には106回、11月には74回、12月には136回、2010年に入り、1月、2月、3月、4月には148回、159回、140回、110回の爆発が発生した。5月14日までは頻繁に爆発が発生したが、それ以降、5月21日と30日にしか爆発は発生しておらず、急に発生頻度が低下した。2009年には578回、2010年は5月までで591回の爆発が発生したが、2009年6月24日から2010年5月14日までのほぼ1年間の活動期で見るとその発生回数は1073回となる。

Fig.3に有村観測坑道送信室（昭和火口から水平距離2.4km）における空気振動振幅の時系列を示す。昭和火口における爆発的噴火は同観測点における空気振動振幅が10Pa以上となる噴火により定義される。

2007年以前は噴火が発生しても3Pa以下と小さかったが（井口・他、2008a）、2008年2月3日の爆発以降10Paを超えるようになった。2009年6月24日以降爆発が頻繁に発生するようになったが、2009年11月以前はおおむね100Pa以下であった。2009年12月と2010年1月には100Paを超える爆発も多数発生し、最大で230Paに達した。しかし、南岳の爆発に伴う空気振動は志田式微気圧計の測定限界470Paを超えるものもあり、100Pa以下の小さいものは全体の47%程度であるが、昭和火口の爆発では100Pa以下の小さいものが87%を占めており小さい（井口・他、2010）。

なお、2009年以降は、南岳火口における爆発的噴火はほとんど発生していない。例外的に2009年10月3日16時45分の爆発はこの期間としては規模が大きい。噴煙は3,000m上空に達し、空気振動の振幅は火口から2.7km離れたハルタ山において400Paを記録するなど、その規模は1972年～1992年の南岳活動期の爆発の大きいものと同程度であった。

2.4 火山灰放出量

爆発的噴火が発生するようになった2008年以降の月別火山灰放出量の推移をFig. 2に示す。火山灰放出量は鹿児島県内53点に設置された降灰観測点における月別の火山灰重量をもとに、桜島から8象限に分けられた降灰観測点における火山灰重量を距離のべき乗の関数として近似し、近似関数式を積分することにより求めたものである（石川・他、1981）。爆発的噴火の発生回数が少ない2008年は最大で10万トン/月であった。2009年に入り、爆発的噴火回数の増加に伴い、火山灰放出量も増加していることが分かる。2～4月の活動期のように1～2週間の静穏期を含んでいた時は10万トン/月以下であったが、ほぼ毎日のように爆発が発生するように噴火活動が活発化した2009年7月には30万トン/月に達し、その後も増加し続けた。2009年11月は66万トン/月であり、2010年1

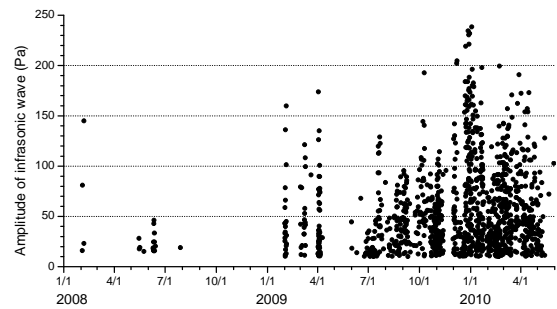


Fig.3 Amplitude of infrasonic wave

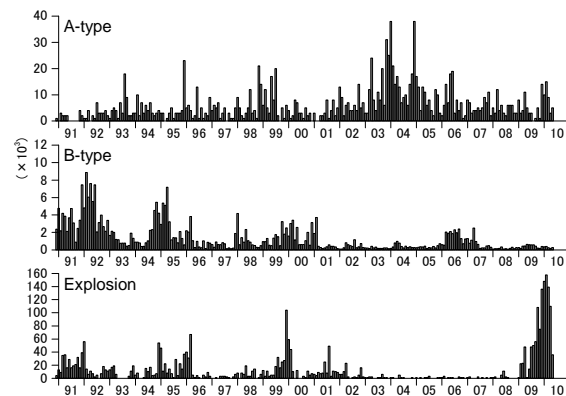


Fig.4 Monthly number of explosions, B-type and A-type earthquake

月以降は100万トン/月を超えた。2009年の火山灰放出量は324万トンであり、南岳活動期の最大値である1985年の2940万トンや1978年から1992年の平年値1000万トンに及んでいない。

火山灰放出量について昭和火口の爆発と南岳の爆発を比較する。1987年11月17日の南岳の爆発では約40万トンの火山灰が放出されたと見積もられている（石原・小林、1988）。同規模の爆発は2000年10月7日にも発生しており、噴煙高度は5000mに達し、約40万トンの火山灰が放出された（井口・他、2008a）。南岳の爆発については規模の大きいものを除けば個々の爆発についての火山灰放出量は観測されていないが、1980年代の火山灰放出量は、年間1000万トンから3000万トンであり、その間の爆発回数は100回から450回である。火山灰は火山灰の連続的な放出活動やBL型地震の群発に伴う小規模噴火でも放出されるが、主に爆発的噴火によって放出されたものと仮定すれば、1回の噴火で数万トンの火山灰が放出されたことになる。昭和火口の爆発的噴火については、個々の爆発について火山灰の堆積量が調べられている。Tajima et al. (2010)は、桜島島内の40か所あまりの降灰観測点における火山灰堆積量から個々の爆発によって放出された火山灰量を見積もっている。

昭和火口の爆発では、大きいものでも数万トンであり、多くは1万トン前後である。2009年の昭和火口からの火山灰放出量は324万トンと見積もられる。同様に、2009年の578回の爆発によって火山灰が放出されたものと仮定すれば、1回の爆発で6000トン程度の火山灰が放出されたことになる。おおまかな見積もりではあるが、昭和火口における爆発による平均的な火山灰放出量は、南岳爆発による平均的な火山灰放出量よりも1桁程度小さいといえる。

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.4に示す。南岳噴火期のB型地震は爆発的噴火が頻発する前にはしばしば群発的に発生し、その発生回数は爆発的噴火と同様な推移を示した(井口・他, 2008a)。2000年以降、南岳における爆発的噴火の発生回数が急激に減少するとB型地震の発生回数も著しく減少した。2006・2007年にはやや発生回数が増加したが、2008年以降、発生回数が少ない状態が続いている。

一方、A型地震の発生回数は南岳の噴火活動期においてもそれほど多いわけではない。逆に、爆発発生回数が年10回以下と低下した2003年、2004年にはA型地震の発生回数が増加した。南岳直下における地震活動も活発化したが、1976年～1978年にしばしばみられた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。2003年と2004年に比べると2005年以降の地震活動は低下しており、2009年においても10回/月程度であった。

4. 地盤変動

4.1 地盤変動の特徴

南岳の爆発的噴火では、噴火に先行して火口方向の地盤の隆起と地盤の伸張が観測され、爆発発生後は沈降、収縮に反転した。この変動は南岳直下の深さ2～6kmにおける力源の体積増加と減少によるものと考えられている(Ishihara, 1990)。Fig.5に桜島島内における傾斜計および伸縮計の位置を示す。南岳活動期の1985年に南岳の北西山麓に完成したハルタ山観測坑道には水管傾斜計および伸縮計が設置されている。南岳活動期においては爆発に伴う地盤変動が観測されたが、2006年および2007年の昭和火口における噴火活動では傾斜および歪変化が検出されなかった。ハルタ山観測坑道から昭和火口は南岳火口よりも約0.5km遠くにあることから地盤変動が相対的に検出しにくいこともあるが、爆発的噴火が発生す

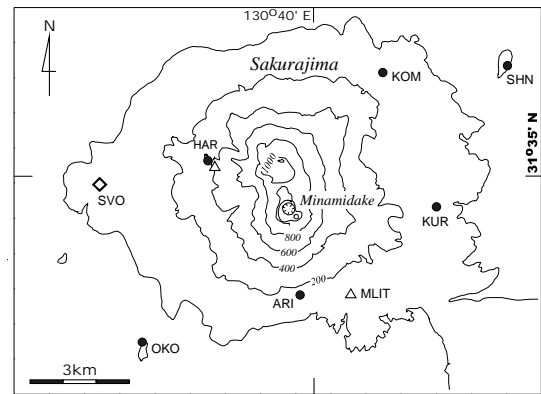


Fig.5 Location of tiltmeters and extensometers. Triangles indicate underground tunnels where 2-component water-tube tilt meters and 3-component extensometers are installed. Dots show locations of borehole tiltmeters.

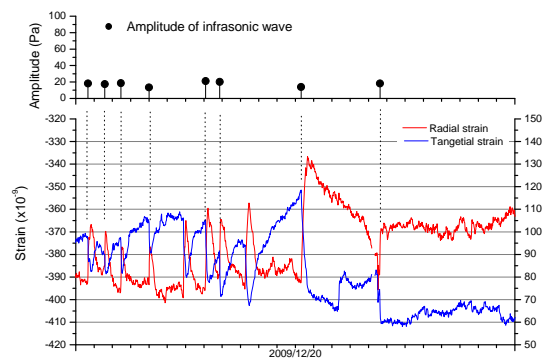


Fig.6 Strain records associated with explosions at Showa crater. Top: amplitude of air-shock to indicate occurrence of explosions. Bottom: strain changes. Red and blue lines indicate radial and tangential components, respectively.

るようになった2008年2月以降、ハルタ山観測坑道において傾斜変化が捕捉されるようになったことは、2008年2月以降はそれ以前に比べてマグマの移動量が増加したと考えられる。

2007年10月に稼働状態に入った有村観測坑道では昭和火口に距離2.1kmと近いこともあり、昭和火口の爆発に伴って傾斜、歪変化が観測されている。Fig.6に有村観測坑道における昭和火口の爆発発生前後の水管傾斜計および伸縮計の記録の例を示す。この2009年12月20日の例では1日に8回の爆発が発生し、爆発の発生前には火口方向の伸縮計において収縮、火口と直交方向の伸縮計において伸張が観測される。傾斜計には顕著な変動はない。一方、爆発が発生すると火口方向の伸縮計は伸張、火口と直交方向の成分は収縮を示す。南岳の爆発的噴火では爆発の発生前には火口方向の地盤の隆起を示す傾斜変化、火口

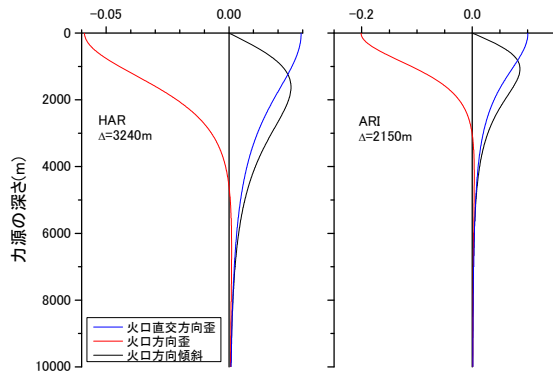


Fig.7 Theoretical tilt and strain of radial and tangential components assuming Mogi's model. Left: Harutayama underground tunnel ($\Delta=3240$ m). Right: Arimura underground tunnel ($\Delta=2150$ m). Black, red and blue lines indicate radial tilt, radial strain and tangential strain.

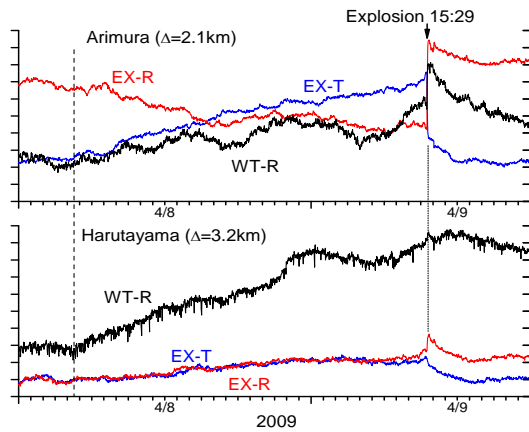


Fig.8 Strain records associated with explosions at Showa crater. Top: amplitude of air-shock to indicate occurrence of explosions. Bottom: strain changes. Red and blue lines indicate radial and tangential components, respectively.

方向および火口と直交方向のいずれも伸張を示し、爆発が発生すると火口方向の地盤の沈降を示す傾斜変化と収縮に反転する (Ishihara, 1990) .

昭和火口と南岳火口における爆発に伴う地盤変動の特性の違いは、圧力源の深さによるものである。Fig. 7に増圧の茂木モデル (Mogi, 1958) を仮定したときの圧力源の深さと傾斜、歪変化量の関係を示す。火口と直交方向の歪は、地表面にソースがあるときに最大となり、圧力源が深くなると減少する。火口方向の歪は、深さが水平距離の $\sqrt{2}$ 倍であるときに0となる。それよりも圧力源が浅い場合は、収縮ひずみとなり、深い場合は伸張ひずみとなる。地表にソースがあるときに負の最大値をとり、火口と直交方向の歪の-2倍となる。火口方向の傾斜量は圧力源か

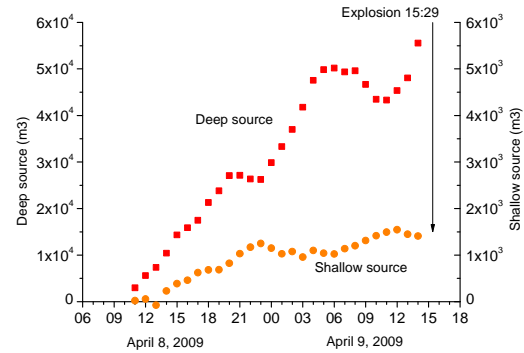


Fig.10 Temporal changes of volumes of pressure sources at deep (4 km) and shallow (1 km) depths. Volume changes are plotted every hour.

らの水平距離と深さの比が $\sqrt{2}$ であるときに最大となる。圧力源の深さが水平距離の $\sqrt{2}$ 倍よりも小さい時は、火口方向と直交方向の歪の極性は逆になり、圧力源が浅いほど傾斜変化量は小さくなる。したがって、昭和火口の爆発に伴う地盤変動を引き起こす圧力源は浅いことが推定される。

茂木モデルを仮定して火口方向と直交方向の歪変化量の比から力源の深さと体積変化を見積もったところ、深さは0~2kmで、1km程度のものが多く、体積変化量は $1 \times 10^2 \text{m}^3 \sim 1 \times 10^4 \text{m}^3$ であることがわかった (井口・他, 2010) . 昭和火口の爆発に伴う地盤変動を引き起こす力源の体積変化は南岳のもの比べて1桁程度小さい。

一方、昭和火口における爆発的噴火に伴う地盤変動は、深さ1kmの浅い圧力源だけで引き起こされているわけではない。2009年4月9日15時29分の爆発に伴う有村及びハルタ山観測坑道における傾斜および伸縮変化をFig.8に示す。有村観測坑道ではFig. 6と同様に爆発に先行して火口と直交方向の歪において伸張、火口方向において収縮が観測される。傾斜変化は火口方向の隆起を示す。一方、ハルタ山観測坑道では、火口方向、直交方向とも伸張歪であり、傾斜は火口方向の隆起となっている。深さ1kmの浅い力源のみで地盤変動が引き起こされているとすれば、ハルタ山観測坑道においても火口と直交方向の歪において伸張、火口方向において収縮となるはずであるが、火口方向においても伸張となっている。このことは深さ4-5km程度の深い力源も同時に膨張し、火口からの距離の近い有村観測坑道では、浅い力源による変動が強く観測されるが、遠いハルタ山観測坑道では、深い力源の膨張による地盤変動が検出されたものと推定できる。

そこで、昭和火口下の深さ1kmと南岳直下の深さ

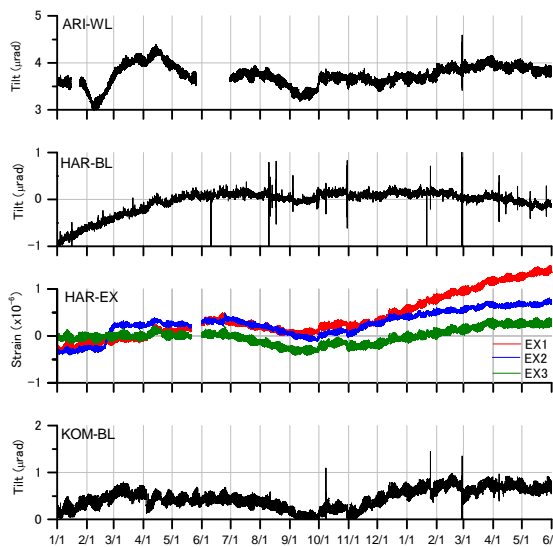


Fig.10 Ground deformation during the period from January 2009 to May 2010. Upgoing plots show upward tilt of the crater side or extension of the ground. First: radial tilt change by water-tube tiltmeter at Arimura underground tunnel (MLIT). Second: radial tilt change by borehole tiltmeter at Harutayama (HAR). Third: strain changes in the underground tunnel at Harutayama. Red, blue and green curves represent radial, tangential and oblique component to the crater. Fourth: radial tilt change by borehole tiltmeter at Komen (KOM).

4kmに2つの力源を固定し、2009年4月9日15時29分の爆発に伴う有村及びハルタ山観測坑道における傾斜および火口方向・直交方向の歪記録から2つの力源の体積膨張量の時間変化を推定してみた。結果をFig. 9に示す。膨張が始まった4月8日10時から爆発が発生した4月9日15時までの1km深の浅い力源の体積変化は $1 \times 10^4 \text{ m}^3$ であるが、4km深の深い力源の体積変化量は $5 \times 10^4 \text{ m}^3$ であり、深い力源が支配的であることが分かる。Fig.7に示すように力源が浅い時は、歪変化は大きい、傾斜変化は小さい。有村観測坑道の距離では深さ4kmに力源があるときに傾斜変化量が最大となり、有村観測坑道の傾斜変化は深い圧力源の体積変化を大きく、記録していることになる。

4.2 2009年以降の地盤変動

Fig. 9に有村観測坑道に設置された水管傾斜計の火口方向の成分の長期的な変動を示した。火口方向の成分は南岳のA火口の中心を向いているが、水平距離は2.4km離れているために、その方向は昭和火口方向と大差はない。2009年2月1日から爆発的噴火が多発始めると火口方向が沈降する傾斜変化が現れた。

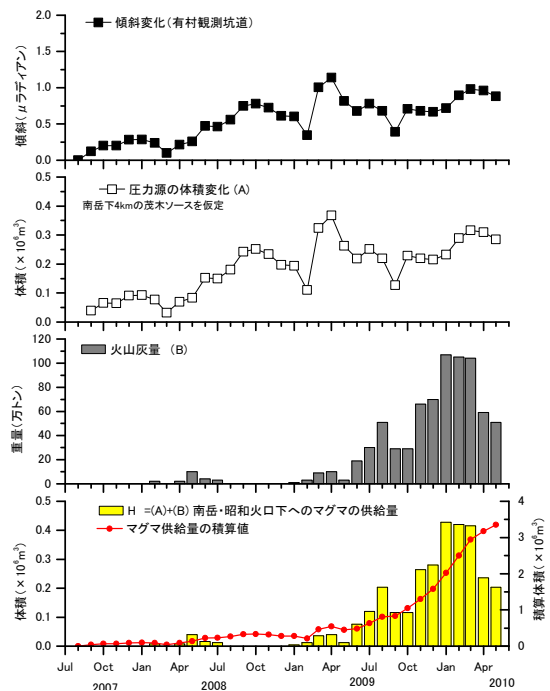


Fig.11 Magma supply rate beneath the Minamidake and Showa craters. Top: monthly tilt change in radial component at Arimura underground tunnel. Second: monthly volume change of the pressure source beneath the Minamidake at a depth of 4 km. Third: monthly weight of volcanic ash mainly ejected from the Showa crater. Bottom: monthly flux of m

その後、2月中旬に隆起に転じ、3月1日から再び爆発が多発するようになると隆起傾斜の変化率は低下し、4月中旬ごろから火口方向の沈降を示した。7月から爆発の発生頻度が増加すると、さらに緩やかに沈降した。

急速な火口方向の隆起の変化が現れたのは、9月30日の10時ごろからである。この変化は78時間後の10月3日16時45分に発生した南岳爆発の前兆的な膨張と考えられる。この爆発の直後には火口方向の地盤の沈降へと反転したが、沈降変動の継続時間は6時間であり、長期的に見れば、2010年4月ごろまで火口方向の地盤の隆起が続いた。

Fig.10にハルタ山および高免に設置された地中傾斜計およびハルタ山観測坑道に設置された伸縮計の記録を示す。これらの変動記録には長期的なドリフトが含まれるため、同図に示した記録はドリフトを除去したものである。9月30日からの火口方向の隆起を示す傾斜変化はハルタ山および高免の地中傾斜計によっても観測されており、ハルタ山観測坑道に設置された伸縮計では火口方向、火口と直交方向、斜辺方向の3成分とも地盤の膨張として記録されている (Fig.10)。2010年4~5月頃まで続く長期的な火口

方向の隆起はハルタ山および高免に設置された地中傾斜計にもみられ、ハルタ山観測坑道に設置された伸縮計に観測される地盤の膨張も同様の傾向を示す。

5. マグマ流入量の見積り

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に仮定し、力源における体積変化量を見積もってみた。その推移を月ごとの平均値でFig.11に示した。有村観測坑道における傾斜変化には爆発的噴火に同期した深さ1km前後の浅い圧力源の体積変化による変動は表れにくく、主に深さ4kmの深い圧力源の体積変化を示すものと考えられる。南岳直下の深さ4kmに仮定された力源の体積変化量にFig.2に示した火山灰放出量を加えれば、深さ4kmの力源へのマグマの流入量を求めることができる。Fig.11に南岳下深さ4kmへのマグマの月ごとの流入量とその積算量を合わせて示した。なお、火山灰重量をマグマの体積に換算するためにマグマの密度を2500kg/m³と仮定している。深さ4kmの深さの力源へのマグマの流入量は2009年6月までは10万m³/月以下であったが、7月～9月は10～20万m³/月に増加し、10月～12月は20～30万m³/月、さらに2010年1月～3月は40～50万m³/月と段階的に増加していることが分かる。2010年4月および5月は20～30万m³/月と減少した。

6. まとめ

2006年6月から再開した桜島の昭和火口における噴火活動は2008年2月に入って爆発的となった。2008年7月以降はしばらく静穏であったが、爆発的噴火活動は2009年2月以降、段階的に活発となった。2009年2月から2010年5月までの活動は次のようにまとめられる。

- 1) 2009年から、2月～4月は1～2週間程度の噴火活動が1ヶ月ごとに繰り返されたが、7月に入り、ほぼ毎日のように爆発が繰り返されるようになり、10月にはさらに爆発発生頻度が増加した。
- 2) 火山灰放出量も7月、10月、2010年1月と段階的に増加した。
- 3) 顕著な南岳火口方向の隆起が2009年9月30日から観測され、2010年4月ごろまで緩やかに続いた。
- 4) 一方、火山性地震の活動は活発ではない。
- 5) 爆発に伴う空気振動の振幅はおおむね230Pa以下であり、南岳における爆発的噴火よりも小さい。
- 6) 火山灰放出量と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からマグ

マの流入量を見積もると6月までは10万m³/月以下であったが、7月～9月は10～20万m³/月に増加し、10月～12月は20～30万m³/月、さらに2010年1月～3月は40～50万m³/月と段階的に増加した。2009年2月から2010年5月までの活動は、山頂火口直下のマグマ溜まりへのマグマの流入量を段階的に増加させつつ、マグマの蓄積量と火口からの放出量を増加させた過程と位置付けられる。

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）および科学研究費基盤B「リアルタイム火山爆発強度指標決定に関する研究」（課題番号20310104）を使用した。

参考文献

- 井口正人・為栗健・横尾亮彦（2008a）：火山活動の経過—1997～2007年—，第10回桜島火山の集中総合観測，pp.1-18.
- 井口正人・高山鐵朗・山崎友也・多田光宏・鈴木敦生・植木貞人・太田雄策・中尾茂・前野直・長尾潤・馬場幸二・大重吉輝・放生会正美（2008b）：桜島および始良カルデラ周辺におけるGPS観測，第10回桜島火山の集中総合観測，pp.53-62.
- 井口正人・横尾亮彦・為栗健（2010）：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（印刷中）。
- 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（1988）：桜島火山の最近の火山活動，火山，第33巻，pp.269-271.
- 江頭庸夫・高山鐵朗・山本圭吾・Muhamad Hendrasto・味喜大介・園田忠臣・松島健・内田和也・八木原寛・王彦賓・木股文昭・宮島力雄・小林和典（1997）：始良カルデラの地盤の再隆起—1991年12月～1996年10月—，京都大学防災研究所年報，第40号B-1，pp.49-60.
- 加茂幸介・西潔・井口正人・高山鐵朗（1995）：赤外線映像による桜島火山の地表温度異常域の調査，第8回桜島火山の集中総合観測，pp.31-36.
- 山本圭吾・高山鐵朗・山崎友也・多田光宏・大倉敬

- 宏・吉川 慎・松島 健・内田和也・中元真美・平岡喜文・塩谷俊治・根本盛行 (2008) : 水準測量による桜島火山および始良カルデラ周辺の地盤上下変動—1996年10月から2007年10月—12月まで—, 京都大学防災研究所年報, 第51号B, pp. 247-252.
- 横尾亮彦・井口正人・石原和弘 (2007) : 熱赤外映像観測からみた桜島南岳山体斜面の熱活動, 火山, 第52巻, pp.121-126.
- 吉川圭三・西潔 (1963) : 桜島火山に於ける地震観測について (第1報), 京都大学防災研究所年報, 第6号, pp.6-12.
- 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.
- Tajima, Y., Shimomura, S., Tamura, K., Yamakoshi, T., Takezawa, N., Tsune A. and Tsurumoto, S. (2010): Ellipse approximation isopach method for prompt recognition of ash fall distribution: A case study at Sakurajima, Volcano, Jour. Volcanol. Geotherm. Res., submitted.

Eruptive Activity of Sakurajima Volcano during the Period from February 2009 to May 2010

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 February 2009 to May 2010 is summarized and magma intrusion rate beneath the summit crater was estimated from upward tilt change of the crater side and amount of volcanic ash ejected from the crater. Eruptive activity with explosive eruption in 2009 began on February 1 and continued for 2 weeks. The explosive activity repeated in March and April intermittently. After July, explosive eruption repeated almost every day and daily numbers increased in October and January 2010. The eruptive activity characterized by frequent small explosions continued till May 2010. The number of explosive eruptions amounted 1073 during the period from June 24, 2009 to May 14, 2010. A tiltmeter in the underground tunnel 2.1km SSE of the Showa crater showed rapid upward tilt of the crater side on September 30 and the inflation continued for long term gradually till December. The inflation was caused by increase in pressure of the source at a depth of 4 km beneath central cone (Minamidake and Showa crater area) induced by intrusion of magma to the magma reservoir at the depth. Temporal change of magma flux toward the reservoir was estimated by tilt change and monthly amounts of volcanic ash ejected from the crater. The magma flux was less than $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{month}$ before July 2009 and increased step-likely to $1\text{-}2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{month}$ in July-September, $2\text{-}3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{month}$ in October-December and $4\text{-}5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{month}$ in January-March in 2010.

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