

桜島昭和火口噴火の規模について

井口正人・横尾亮彦*・為栗健

* 東北大学大学院理学研究科

要 旨

2006年6月から桜島の昭和火口における噴火活動が再開した。2008年および2009年の爆発的噴火の規模を、爆発地震、空気振動、地盤変動量、火山灰放出量の4つのパラメータについて南岳において発生した爆発的噴火と比較した。いずれの項目についても昭和火口における爆発は1-2桁小さいことが分かった。

キーワード: 爆発的噴火、爆発地震、空気振動、地盤変動、火山灰放出量

1. はじめに

桜島火山においては2006年6月4日に昭和火口における噴火活動が58年ぶりに再開した。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日の噴火以降、火砕流を伴いながら爆発的噴火に移行してきた。爆発的噴火は2008年に18回、2009年は598回発生した。爆発発生回数だけから見ると南岳の最盛期の1974年の489回、1985年の452回を超えているが、火山灰放出量は、2008年は10万トン、2009年は320万トンであり、1985年の2900万トンにはるかに及ばない。このことから昭和火口における爆発的噴火の規模は南岳の爆発よりも小さいことが推定できる。本稿では、昭和火口における爆発的噴火を南岳の爆発的噴火と爆発地震、空気振動、地盤変動量、火山灰放出量の4つのパラメータについて比較することにより、その特性を明らかにする。

2. 火山活動

桜島の昭和火口は、南岳の山頂のA火口中心から500m東にある火口である。1939年10月26日に昭和火口において噴火活動が繰り返され、その活動は火砕流を伴いながら11月まで続いた(津屋・水上, 1940)。その後も、1941年、1942年、1943年、1945年にも爆発的噴火が繰り返されている(本田, 1946)。1946年の1月から爆発的噴火の活動が激しくなり、3月9日には溶岩が流れ始めた(本田, 1946)。溶岩流は昭和火口の東の黒神と南の有村の海岸まで達し、流

出量は 0.18km^3 と推定されている(石原・他, 1981)。1947年と1948年にも小規模な噴火が発生したが、その後、昭和火口における噴火活動は停止していた。

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 10μ 、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3.5kmに達した。年間爆発回数は1974年と1985年にはそれぞれ、489回、452回に達し、1989年、1993年、1997年を除き、2001年まで100回を超えている。火山灰放出量は、鹿児島県が1978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年には2900万トンに達し、特に多いが、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、今世紀に入り南岳における爆発回数が激減し、2003年以降、爆発回数10回以下、火山灰放出量1万トン程度の時期が続いた。

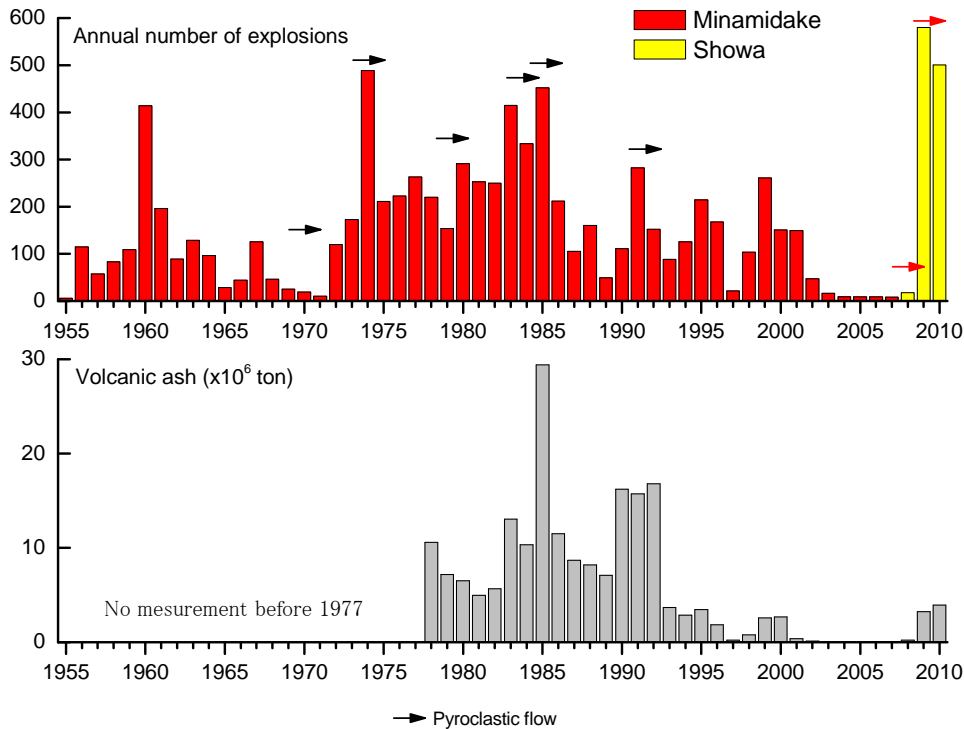


Fig.1 Eruptive activity of Sakurajima volcano. Annual numbers of volcanic explosions at Minamidake and Showa craters (top). Annual weight of volcanic ash ejected from the craters (bottom).

ところが、2006年6月4日に噴火活動が昭和火口において再開することになる。この噴火は最初に高山鐵朗氏により南岳東の黒神より確認されたものである。6月4日の噴火は地震動や空気振動を伴っておらず、噴火開始時刻はよくわからないが、聞き取り調査を行ったところ、11時ごろと推定される。この噴火は10分から数十分程度の間隔をおいて繰り返され、コックスティル状の黒煙を噴出するマグマ水蒸気爆発と考えられる。一連の活動は6月20日ごろに終息した。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、2008）も前駆的活動として指摘できよう。同様の噴火活動は、2007年5月15日からも約1ヶ月繰り返された。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1 μ 、空気振動にして3Pa程度であった（井口・他、2008）。

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分の噴火以降である。この爆発によるハルタ山において爆発地震は5 μ 、桜島火山観測所において空気振動は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。この定義に基づく最初の爆発は2008年2月3日10時17分に発生し、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た。その後、5月から7月にかけて爆発的噴火が繰り返され、2008年には18回の爆発が発生した。2008年7月28日以降、爆発的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。特に爆発が頻発したのは、10月以降であり、10月に106回、11月には74回、12月には136回の爆発が発生した。2009年には578回の爆発が発生している。

3. 爆発の規模

火山爆発の規模は噴火に伴う総噴出物量の体積に基づくVEI (Volcanic Explosivity Index ; Newhall and

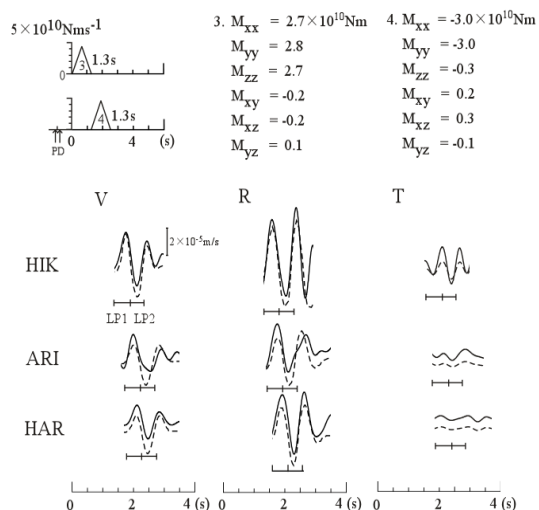


Fig.2 Moment tensor inversion for LP phase of explosion earthquake at 11:25 on February 6, 2008. Source time function (upper-left). Obtained component of moment tensor (upper-right). Fitness of observed and synthetic waveform (bottom). “V”, “R” and “T” are vertical, horizontal radial and horizontal tangential components. Solid and dashed curves represent observed and synthetic waveforms, respectively.

Self, 1982) で評価されることが多いが、南岳の爆発により放出される火山灰量は最大でも40万トン程度であり(石原・小林, 1988), VEIにして1程度である。このような小規模な爆発同士をVEIで比較することは見積もり誤差の影響が大きく、また、個々の爆発について火山灰放出量が求められているわけではない。井口・石原(1990)は、火山爆発に伴う爆発地震の最大振幅と空気振動の振幅から桜島の爆発的噴火、BL型地震群発に伴うストロンボリ式噴火、諏訪之瀬島の爆発的噴火の3種類の噴火の規模を評価した。一方、ハルタ山観測坑道に設置した高感度の水管傾斜計や伸縮計により火山爆発に伴う地盤の沈降や収縮が検出される。これは火口直下2-6kmに位置する圧力源の体積収縮によるものと解釈され、収縮量と火山灰放出量の間には相関関係が認められている(Ishihara, 1990)。そこで、本稿では爆発地震、空気振動、地盤変動量、火山灰放出量の4つのパラメータについて爆発の規模を評価することとする。

3.1 爆発地震

爆発地震の規模はモーメントにより評価できる。Tameguri et al. (2002)は、南岳において発生する爆発に伴う爆発地震は深さ2kmの等方的な膨張力源とそれに続く円筒形収縮力源、深さ0.3~0.5kmにおける

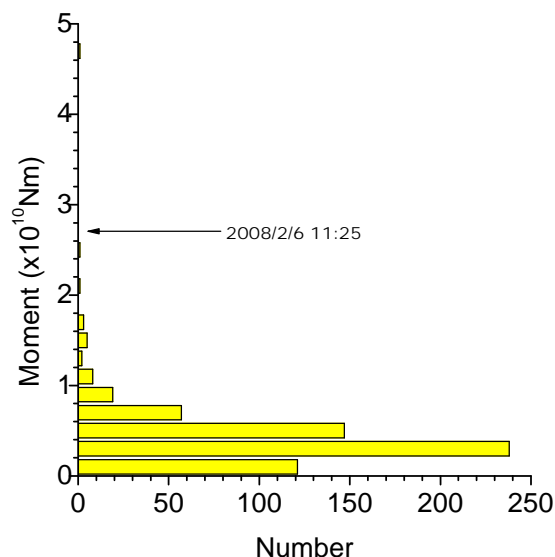


Fig.3 Histogram of moment of LP1 phase of explosion earthquakes at Showa crater

等方的な膨張力源とそれに続く水平方向のみのダイポール成分が卓越する収縮力源からなることを示した。深さ2kmの等方膨張力源のモーメントは $5 \times 10^9 \sim 10 \times 10^9 \text{Nm}$ であり、収縮力源のモーメントは大きく、 $5 \times 10^{11} \sim 10 \times 10^{12} \text{Nm}$ となる。爆発地震の最大振幅は周期2秒程度の長周期のRayleigh波からなるが、この波は深さ0.3~0.5kmにおける膨張および収縮力源により励起されたものであり、モーメント量は $5 \times 10^{11} \sim 10 \times 10^{12} \text{Nm}$ となる。

Fig. 2に昭和火口において2008年2月6日11時25分に発生した爆発地震の波形を示す。南岳の爆発地震と同様に初動のP相、それに続いて引き波のD相、長周期のLP相が表れていることが分かる。LP相について、波形インバージョンを適用し、モーメント量を求めてみた。この爆発地震ではLP相を励起させる膨張力源のモーメントは $2.7 \times 10^{10} \text{Nm}$ となり、南岳直下の爆発地震よりも小さい。昭和火口における爆発地震は南岳の爆発地震のようにP相、D相、LP相が相似的に表れず、同じ位相を比較するのが難しい。そこで、最大振幅のみで評価する。2009年に発生した爆発地震の有村観測坑道地震計室($\Delta=2.1 \text{km}$)における最大振幅は2~786 $\mu\text{m/s}$ の範囲にある。2008年2月6日11時25分に発生した爆発地震の最大振幅は460 $\mu\text{m/s}$ であり、これが、モーメント量 $2.7 \times 10^{10} \text{Nm}$ の膨張力源によって励起されたものである。これを基準にして最大振幅をモーメント量に換算すると2009年の爆発地震の最大振幅を励起した震源のモーメント量はほとんどが $2 \times 10^{10} \text{Nm}$ 以下となる。その頻度分布をFig. 3に示す。最大規模のものでも $4.6 \times 10^{10} \text{Nm}$ であり、南岳の爆発に伴う爆発地震に比べると1~2桁小

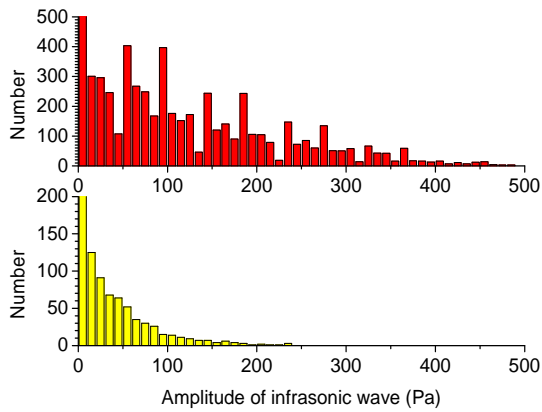


Fig.4 Histograms of amplitude of air-shock of explosions. Top: Minamidake crater. Bottom: Showa crater.

さい。

3.2 空気振動

昭和火口と南岳山頂火口の爆発に伴う空気振動の最大振幅の分布をFig.4に示す。南岳の爆発はハルタ山（南岳火口からの距離2.7km）において観測されたものである。昭和火口の爆発に伴う空気振動は有村観測坑道送信室（昭和火口からの距離2.4km）において観測された値である。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を超えてものもあり、黒神（南岳からの距離4.4km）に臨時的に設置した低周波マイクロホンによる観測では1000Paを超えた例もある。南岳の爆発では100Pa以下の小さいものは全体の47%程度であるが、一方、昭和火口の爆発では最大は230Pa程度であり、100Pa以下の小さいものが87%を占める。

有村観測坑道と昭和火口の距離は2.4kmでハルタ山と南岳の距離2.7kmよりも近いにもかかわらず空気振動の振幅は小さい。

Fig. 5に空気振動の振幅と火山岩塊の到達距離の関係を示す。空気振動の振幅と火山岩塊の到達距離の間には正の相関が認められる。南岳では最大3.3kmに達している。井口・他（1983）に基づいて火山爆発に関与した圧力を見積もると72GPaと見積もられる。一方、昭和火口の噴火では火山岩塊の最大到達距離は2009年3月10日の爆発の2.0kmであり、この場合の岩塊の初速度は180m/sとなり、圧力は40GPaと見積もられ、昭和火口の爆発に関与する圧力が小さいことが分かる。

3.3 地盤変動

Fig. 6に昭和火口の爆発発生前後の有村観測坑道における水管傾斜計および伸縮計の記録の例を示す。

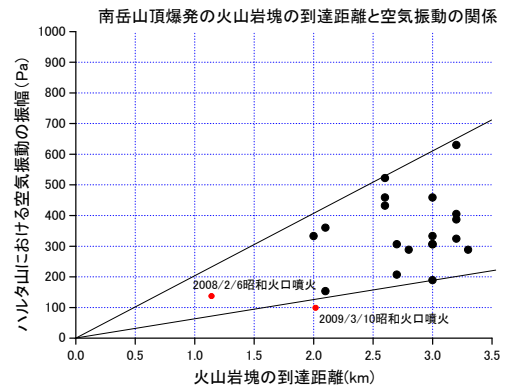


Fig.5 Relationship of flight distance of volcanic bombs and air-shocks. Black and red dots represent explosions occurring at Minamidake and showa craters, respectively.

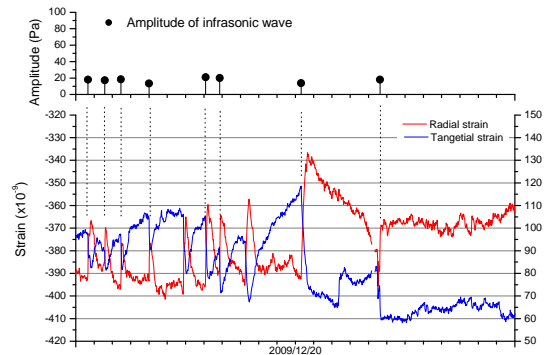


Fig.6 Strain records associated with explosions at Showa crater. Top: amplitude of air-shock to indicate occurrence of explosions. Bottom: strain changes. Red and blue lines indicate radial and tangential components, respectively.

この例に示す2009年12月20日には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。傾斜計で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）。昭和火口の爆発に伴う傾斜変化量は、2009年4月9日の爆発のように、50nradに達するものもあるが、多くの場合小さく明瞭に検出できないことが多い。一方、南岳の爆発では傾斜変化量は10~200nradと大きい（Ishihara, 1990）。昭和火口の爆発に伴う地盤変動量は伸縮計の火口方向の成分において最大100ナノストレインに達するが、95%が60ナノストレイン以

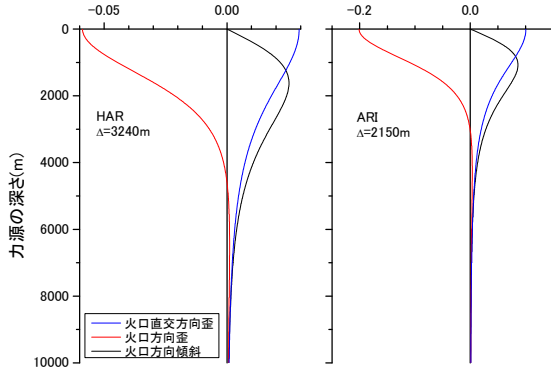


Fig.7 Theoretical tilt and strain of radial and tangential components assuming Mogi's model. Left: Harutayama underground tunnel ($\Delta=3240$ m). Right: Arimura underground tunnel ($\Delta=2150$ m). Black, red and blue lines indicate radial tilt, radial strain and tangential strain.

下である。一方、南岳の爆発では、最大70ナノストレインで、98%が60ナノストレイン以下で歪変化量の絶対値でみると昭和火口と南岳の爆発に大差はない。

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。茂木モデル(Mogi, 1958)を仮定すると、火口方向(ε_r)および直交方向(ε_t)のひずみは以下のように記述できる。

$$\varepsilon_r = k \frac{D^2 - 2r^2}{(D^2 + r^2)^{5/2}}, \quad (1)$$

$$\varepsilon_t = k \frac{1}{(D^2 + r^2)^{3/2}}$$

ここで、 D は圧力源の深さ、 r は観測点までの水平距離であり、 k は圧力源の半径 a と圧力変化 Δp 、ラメの定数 λ 、 μ により以下のように表わされる。

$$k = \frac{(\lambda + 2\mu)a^3 \Delta p}{2\mu(\lambda + \mu)} \quad (2)$$

また、傾斜変化量(δ)については以下のように記述される。

$$\delta = k \frac{3Dr}{(D^2 + r^2)^{5/2}}, \quad (3)$$

Fig. 7に増圧の茂木モデル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、

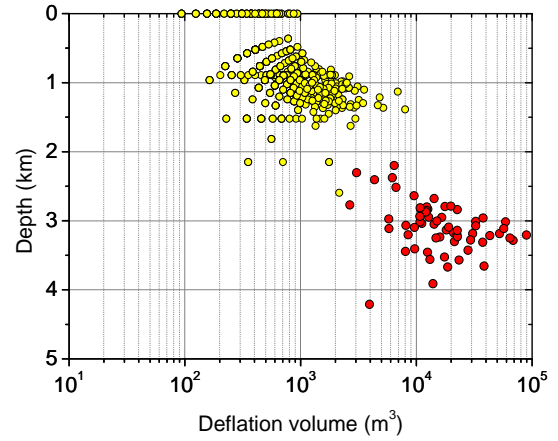


Fig.8 Deflation volumes and depths of pressure source. Red and yellow dots indicate explosions at Minamidake and Showa craters, respectively.

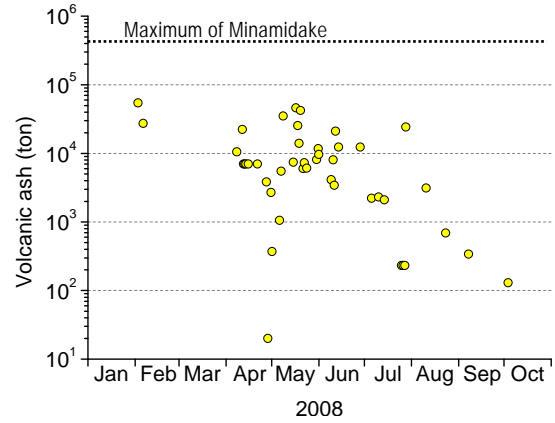


Fig.9 Weight of volcanic ash ejected by individual explosions in 2008

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。つまり、昭和火口の爆発に伴う地盤変動を励起する圧力源は浅いことが推定される。そこで、火口方向と直交方向のひずみの比をもちいて、圧力源の深さを見積もった。火口方向と直交方向の歪の比(β)は、以下のようになり、

$$\beta \equiv \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_t} = \frac{D^2 - 2r^2}{D^2 + r^2}, \quad (4)$$

深さ D は次のように求められる。

$$D = \sqrt{\frac{2 + \beta}{1 - \beta}} r \quad (5)$$

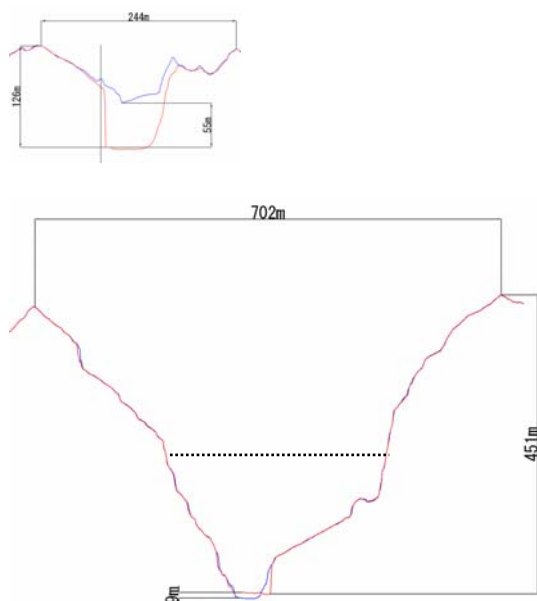


Fig.10 Cross-section of craters in north-south direction. Top: Showa crater. Bottom: Minamidake crater. Red lines indicate topography in November 2008. Dotted line shows elevation of the crater bottom in 1980's when explosions frequently occurred.

そこで、爆発に伴う地盤変動を励起する圧力源の体積変化を昭和火口の爆発と南岳の爆発で比較することにする。Fig. 8に昭和火口の爆発と南岳の爆発に伴う地盤変動を励起した圧力源の深さと体積変化量を示す。南岳の爆発に伴う地盤変動を励起した圧力源は立尾・井口（2009）から引用したものである。南岳の爆発では圧力源の深さは2~4km程度と深く、体積変化量は $2 \times 10^3 \text{m}^3 \sim 1 \times 10^5 \text{m}^3$ である。一方、昭和火口の爆発に伴う地盤変動を引き起こす圧力源の深さは0~2kmで、1km程度のものが多い。体積変化量は $1 \times 10^2 \text{m}^3 \sim 1 \times 10^4 \text{m}^3$ である。体積変化量にして約1桁、昭和火口の爆発に伴う地盤変動を引き起こす体積変化が小さい。

3.4 火山灰放出量

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，2008）。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

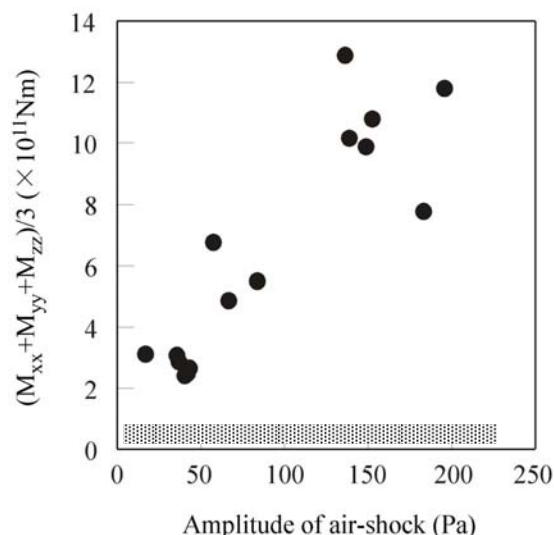


Fig.11 Relationship between moment of LP phase of explosion earthquake and amplitude of air-shock. Dots indicate explosions at Minamidake crater. Moment and amplitude of air-shock of Showa crater plotted in the hatched area.

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。Fig. 9に放出火山灰量を示す。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320万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5000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。

4. 議論

2008年2月から爆発的になった昭和火口の噴火の規模を南岳の爆発と比較した。爆発の強度を示すVEIは噴出物量から決められるので、本研究で比較に用いたパラメータでは火山灰量がほぼこれに相当する。昭和火口の爆発は $10^2 \sim 10^4$ トンであり、最大 1×10^5 トンと評価見積もられた。これをVEIに換算すると-2

～0になる。南岳の爆発では、最大 4×10^5 トンの火山灰が放出されているので、VEIは1程度と大きくなる。Fig.8に示したように昭和火口の爆発に伴う地盤変動を励起する圧力源の体積変化は南岳の爆発よりも小さい。火山灰放出量は地盤変動を励起する圧力源の体積変化量と相関があり（井口・田島，2010），昭和火口の爆発では南岳の爆発に比べて1回の爆発に伴うマグマの移動量が小さいことを意味する。マグマの移動量を規定しているのは火道の水平断面の大きさであると考えられる。Fig.10に南岳と昭和火口の断面を示す。南岳の火口の方が昭和火口よりも大きい。火口の大きさがそのまま火道の大きさを示すわけではないが、昭和火口へつながる火道は南岳火口につながる火道よりも小さいことが推定できる。

VEIは本来、プリニー式噴火に適用されているものであり、桜島において発生するブルカノ式噴火のように継続時間は短い、噴火開始時点において爆発地震と強い空気振動を伴う噴火様式に適用するのは適当でないかもしれない。本研究では、ブルカノ式噴火の特徴である爆発地震と空気振動についても比較した。Tameguri et al. (2002)は爆発地震の代表的な位相として初動のP相、直後の引き波のD相、長周期の最大振幅をもつLP相を抽出しているが、爆発現象に直接関与するのは、LP相を励起する火口底直下深さ300m～500mのガス溜まりの等方的な膨張である。火口底下のガス溜まりの膨張は火口底を押し上げ、破壊へと導く。その過程で空気振動が発生する（Yokoo et al., 2009）。南岳の爆発地震に含まれるLP相のモーメント量と空気振動の間には正の相関関係が認められている（Tameguri et al., 2002）。その相関図において昭和火口の爆発に伴うLP相のモーメントは最も小規模なものに位置する。LP相のモーメントが小さいことは体積増加量が小さいことを意味する。一方、空気振動は南岳の噴火活動の全期間からみるとFig. 4に示すように小さいが、Tameguri et al. (2002)において解析した1999年当時の振幅とほぼ同じである。このことは、昭和火口の爆発では空気振動に比べて地震動へのエネルギーの配分が小さいことを意味する。空気振動は火道の最上部の大気に接触している面からのみ放出されるのに対し、爆発地震のLP相を励起する震源は等方的である。したがって、火道最上部の大きさが小さくなると地震動の大きさは空気振動の大きさに対して相対的に小さくなるものと思われる。

5. まとめ

桜島の昭和火口における爆発的噴火の規模を、爆発地震のLP相のモーメント、空気振動の振幅、地盤

変動を引き起こす圧力源の体積変化量および放出火山灰重量について南岳の爆発的噴火と比較した。いずれのパラメータについても1桁以上、昭和火口の爆発よりも南岳の爆発が大きい。この違いは南岳および昭和火口につながる火道の大きさによるものと考えられる。

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。火口域の地形はレーザープロファイラー測量により同事務所により観測されたものである。2008年に発生した爆発によって放出された火山灰量は日本工営株式会社田島靖久氏よりいただいた。本研究には科学研究費基盤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・石原和弘・加茂幸介（1983）：火山弾の飛跡の解析-放出速度と爆発圧力について-，京都大学防災研究所年報，第26号B-1，pp.9-21.
- 井口正人・石原和弘（1990）：爆発的噴火に伴う地震動・空気振動の比較研究—桜島と諏訪之瀬島との比較—，京都大学防災研究所年報，第33号B-1，pp.1-12.
- 井口正人・為栗健・横尾亮彦（2008）：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（2008）：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・田島靖久（2010）：桜島昭和火口噴火に伴う地盤変動と火山灰量，京都大学防災研究所一般共同研究21G-12報告書「火山噴火の時間発展と噴出物の物質科学的特徴ならびにその地名タイへの影響度の相関に関する研究」研究代表者：嶋野岳人，pp.23-27.
- 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・高山鐵朗・田中良和・平林順一（1981）：桜島火山の溶岩流(1)-有史時代の溶岩流の容積-，京都大学防災研究所年報，第24号B-1，pp.1-10.

- 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.
- 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.
- 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, 53, 175-186.
- 津屋弘達・水上武 (1940) : 書和14年10月櫻島火山の小噴火, 東京大学地震研究所彙報, 第18巻, pp.318-339.
- 本田彪 (1946) : 1946年3月の櫻島の噴火, 駿震時報 pp.32-41.
- 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.
- Newhall, C. C. and Self, S. (1982): Volcanic explosivity index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism, J. Geophys. Res., Vol. 87, C2, 1231-1238.
- 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.
- Tameguri, T., Iguchi, M. and Ishihara, K. (2002) Mechanism of explosive eruptions from source mechanism analyses of explosion earthquakes at Sakurajima Volcano, Japan Bull. Volcanol. Soc. Japan, 47, 197-215.
- Yokoo, A., Tameguri, T. and Iguchi, M. (2009) Swelling-up of lava plug associated with Vulcanian eruption at Sakurajima volcano, Japan, as revealed by infrasound record—Case study on eruption on January 2, 2007 —, Bull. Volcanol., 71, 619-630, 2009 doi 10.1007/s00445-008-0247-5.

Intensity of Volcanic Explosions at Showa Crater of Sakurajima Volcano

Masato IGUCHI, Akihiko YOKOO* and Takeshi TAMEGURI

* Graduate School of Science, Tohoku University

Synopsis

Eruptive activity at Showa crater of Sakurajima volcano resumed in June 2006 after 58 years dormancy of the crater. The annual number of explosive eruptions at the Showa crater reached 578 in 2009, exceeding the maximum annual number of explosive eruptions at the summit crater, Minamidake. The following parameters of explosive eruptions at Showa crater were compared with those at the summit crater; 1) moment of LP phase of explosion earthquakes, 2) amplitude of air-shock at the stations 2-3km apart from the craters, 3) volume changes of pressure source causing deflating ground deformation associated with explosive eruptions, 4) estimated weights of volcanic ash ejected from the craters. All the parameters associated with explosive eruptions at the summit crater are larger by 1-2 orders than those at Showa crater. Smaller scale of explosive eruptions at Showa crater may be related to smaller-size of conduit connecting to the crater.

Keywords: volcanic explosion, explosion earthquake, air-shock, ground deformation, volcanic ash