

# 昭和火口と南岳火口の火山ガスHCl/SO<sub>2</sub>比の推移(2)

森 俊哉

東京大学大学院理学系研究科

## 要 旨

桜島火山では、昭和火口と南岳火口の二つの火口から噴煙を継続的に噴出しており、昭和火口では活発な噴火活動が続いている。これまでの遠隔FT-IR測定で、昭和火口と南岳火口の火山ガスが異なるHCl/SO<sub>2</sub>比を持つことが明らかになっていたが、南岳火口内のA火口とB火口も異なる比の値を持つことが新たに明らかになった。活動の活発な昭和火口のHCl/SO<sub>2</sub>比は0.1–0.15と安定しているが、南岳火口の比の値の方が相対的に大きく変化しており、2012年に入ってからの上昇は顕著である。

**キーワード:** 桜島火山, 火山ガス, 遠隔測定

## 1. はじめに

桜島火山では、南岳火口と昭和火口の二つの火口から火山ガス放出が続いている。これまでの遠隔FT-IR観測により、二つの火口の火山ガス組成(HCl/SO<sub>2</sub>比)が異なることがわかったと伴に、観測を開始した2009年11月から2011年2月の間には、二つの火口のHCl/SO<sub>2</sub>比の大小関係が、逆転したり、元にもどるような変化が観測された(森, 2010, 2011)。

2009年度と2010年度に引き続き、2011年度にも遠隔FT-IR観測により、2つの火口から放出される火山ガス噴煙のHCl/SO<sub>2</sub>比の測定を実施したので、その結果を報告する。

## 2. 測定装置と解析方法

桜島火山における観測には、これまでと同様に米国MIDAC社のAir Monitoring System (AM System)の赤外分光計本体に設置角度可変の鏡を取り付けて測定を行った。この鏡の向きを調整して火山噴煙を透過してきた太陽光を入射窓に導入することで、火山ガスによる吸収された赤外スペクトルを測定する。そのため、導入する太陽光が火山噴煙を透過してくる位置に移動して測定をする必要がある。

森(2010)では、測定した赤外スペクトルの解析

に、森・野津(2005)の解析手法によるオリジナルのソフトウェアを用いたが、今回の解析では、森(2011)と同様に、イタリアINGVピサのBurton博士が作成したソフトウェアFTIR\_FITを使用し、赤外スペクトルの解析を行い、火山ガス成分のSO<sub>2</sub>とHClの2成分を定量した。

## 3. 桜島火山での観測

桜島火山での遠隔FT-IR観測の場合、これまで太陽光または太陽散乱光を光源とする測定がおこなわれてきた(Notsu and Mori, 2010; 森, 2010)。二つの火口からの火山ガス噴煙の化学組成の違いを区別して測定するために森(2010)で用いた観測方法を用いて測定を行った。これは、桜島火山山頂の背後に沈む太陽を利用することで二つの火口のガス組成を区別して測定するものである。実際には、このように測定を行ったとしても、二つの火口からの噴煙を完全に分けて測定することは難しいが、その日の噴煙状況などの目視観測やビデオ映像を考慮したうえで二つの火口の火山ガス組成を推定することになる。山頂に沈む太陽を光源とするので、観測は火口の東側から北東側の地点にて実施した。観測当日の噴煙状況、風向・風速から、観測地点を決定する。また、状況によっては観測地点を変えながらの観測も必要

となる。これまでの観測では、観測点を移動するたびに、観測用PCと分光計の電源を切った後、新しい観測点へ車で移動し、到着後両者の再起動を行っていた。このため、分光計の検出器が液体窒素で冷却状態にあったとしても、移動後は観測開始まで約10分かかっていた(森, 2010)。桜島での遠隔FT-IR観測は、夕刻の1時間程度の時間帯に測定を行う。従って、移動してから測定を開始するまでの時間は短いほうが望ましい。今年度は移動の際に、観測用PCと分光計の電源を切らずに、そのまま移動できるように工夫をすることで、新しい観測点に到着後数分で測定を開始できるように測定方法の改良を行った。

平成2011年度は、2010年11月25日, 2012年2月4日, 2月20日, 3月14日, 3月15日, 3月26日, 3月27日, 3月28日の延べ8日遠隔FT-IR観測を実施した。図1に観測を行った地点(A-J)を示す。

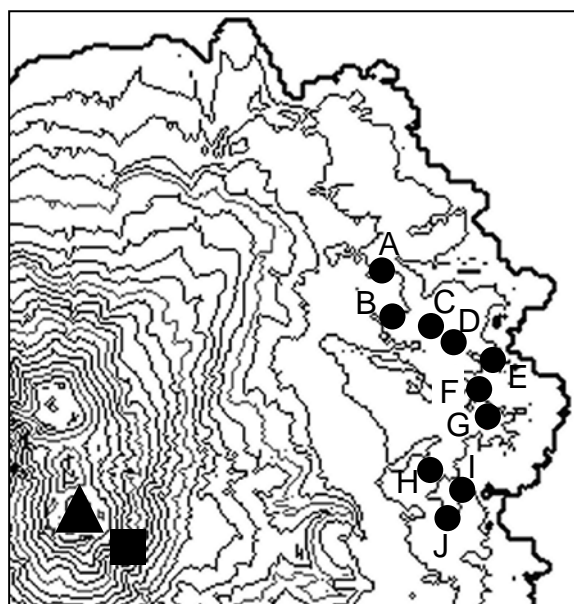


Fig.1. A map of North Western part of Sakurajima showing the locations of observation sites A-J (solid circles). A solid square and a triangle show Showa and Minamidake craters, respectively. Latitude and longitude (lat., lon.) of lower left and upper right corners of the map are (31.57°N, 130.65°E) and (31.63°N, 130.72°E), respectively.

## 4. 観測結果

### 4.1 2011年11月25日の観測

観測は、15:25から16:20の時間帯に図1の2ヶ所の観測点A点とB点で実施した。この日は、B点からみた太陽は南岳火口南端・昭和火口に向かい、A地点からみた太陽は南岳火口北端に向かっていた。

この日の日中の昭和火口の噴煙は火山灰を含んで

いたが、FT-IR観測時間帯には、噴煙中の火山灰量は日中に比べ減っていたと思われる(図2)。



Fig.2. A photo of the summit area of Sakurajima volcano emitting plumes. The left plume is from Showa crater and the right plume is from Minamidake crater. The photo was take from B site during the observation.

観測は15:25~15:41にB点, 15:44~15:59にA点, 16:02~16:08にB点でそれぞれ実施した(各時間帯をI期, II期, III期とする)。11月25日に観測した二酸化硫黄カラム量とHCl/SO<sub>2</sub>比の時間経過を図3に示す。

I期の測定では、B点(図1)からみた太陽は、昭和火口上空に位置していた。この時間帯、噴煙はほぼ真上に数百m昇ってから、左方向(南東方向)に流れていたため、太陽が山頂の裏に隠れる40分以上前から、噴煙が観測点と太陽の間に入っていた。この時間帯は、高く上がった昭和火口噴煙をメインに測定していたと考えられ、昭和火口噴煙の裏側を南岳火口の噴煙が通っていた可能性はあるが、その影響は大きくないと思われる。I期のHCl/SO<sub>2</sub>比は0.095~0.1で安定しており(図3下段)、昭和火口の火山ガスのHCl/SO<sub>2</sub>比は0.1程度と考えられる。

II期では、南岳噴煙のガス組成を測定するため、観測点から見て、南岳火口上空に太陽が来るA点(図1)に移動して測定を行った。観測点からみて、左手にある昭和火口の噴煙は、真上に上昇した後、多少広がりながらゆっくりと左方向(南東方向)に流れていたため、昭和火口の噴煙の影響は、II期の前半にはあったと思われるが、後半以降はほとんどないと考えられる。南岳火口の噴煙は、観測点から見て南岳の中央付近から上がっていたが、15:50ごろから中央からやや左側(南側)と、右側(北側)に別れて噴煙が上がっていた。もし、右側と左側に見えた噴煙が、火口内を垂直に昇ってきたとすると、左側の噴煙はB火口に、右側の噴煙はA火口に対応すると思われる。15:50~15:54のHCl/SO<sub>2</sub>比の変化は、太陽が左側から来た噴煙に隠れていく過程にあり、15:54では太陽は

左側からの噴煙の背後になっていた。その後、左側の噴煙の裏から太陽が出た後は、しばらくして右側の噴煙の影響を大きく受けていた。この間、目視では昭和火口噴煙の影響はなかったと思われる。南岳火口の左側噴煙と右側噴煙がB火口とA火口噴煙に対応していたと考え、A火口のHCl/SO<sub>2</sub>比は約0.17でB火口のHCl/SO<sub>2</sub>比は約0.08であったと考えられる。

III期には、再びA地点に戻り、観測を行った。太陽は、昭和火口直上の南岳火口の南端に沈む直前であった。基本的には昭和火口の噴煙が太陽の手前にある状況であったが、時折、昭和火口の噴煙は太陽の左側にあり、南岳火口の噴煙の影響を受ける時間帯もあった。III期の前半は、濃い昭和火口の噴煙が太陽にかかっていたが、次第に左側に逸れていった。これを反映するように観測開始直後からSO<sub>2</sub>カラム量は減少している。これに合わせて、南岳の噴煙の影響が大きくなったようで、比の値が大きくなっている(図3)。その後、昭和火口と南岳火口の噴煙が交互に入ったためか比の値は変動している。昭和火口の噴煙の影響が大きかった時間帯から考えると昭和火口のHCl/SO<sub>2</sub>比は約0.1であった。

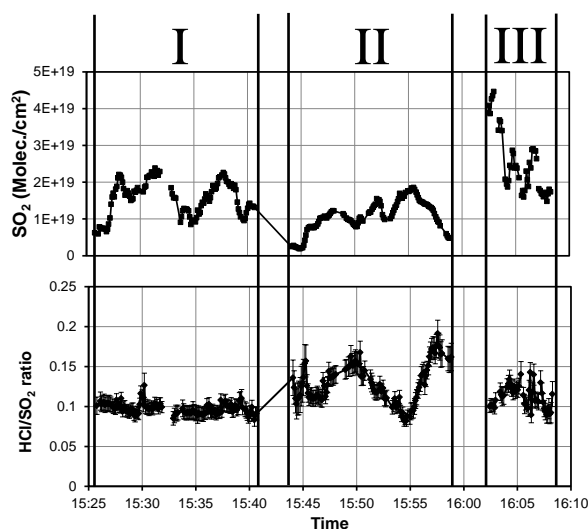


Fig. 3. Temporal variations of SO<sub>2</sub> column amount (upper) and HCl/SO<sub>2</sub> ratio (lower) between 15:25 and 16:10 on Nov. 25, 2011.

#### 4.2. 2012年2月4日の観測

観測は、16:10から17:05の時間帯に図1の3箇所の観測点B、D、E点で実施した。B点からみた太陽は南岳火口北端に、D点から見た太陽は南岳火口南端に、E点からみた太陽は昭和火口下の山腹にそれぞれ向かっていた。観測は、16:12~16:32にB点、16:35~16:51にD点、16:55~17:03にE点でそれぞれ実施した(各時間帯をI期、II期、III期とする)。2月4日

に観測した二酸化硫黄カラム量とHCl/SO<sub>2</sub>比の時間経過を図4に示す。

I期では、観測点B点からみて太陽は、南岳火口上空に位置していた。この時間帯、南岳火口の噴煙は火口の北側よりほぼ真上に数百m昇ってから、左方向(南東方向)に流れていた。I期の最初の方は、噴煙が殆ど入っていない状況で、特に16:24ごろは観測したSO<sub>2</sub>量が少なく、比の値の誤差が大きくなっている。I期の終盤では、間違いなく南岳の噴煙が測定できているが、そのSO<sub>2</sub>量は、その後に昭和火口の噴煙を測定した値に比べて少ない(図4)。2011年11月25日の測定では、南岳火口からはA火口とB火口に対応すると考えられる2本の噴煙が見えていたが、今回は南岳火口の北側から上がる噴煙一つしか見えなかった。測定したHCl/SO<sub>2</sub>比は0.2~0.4の範囲で変化しており、ばらつきが大きい。測定した噴煙は南岳火口から上がってきたガスだけだと思われるので、観測された比のばらつきは、南岳火口内でA火口ガスとB火口ガスが混合している可能性が考えられる。

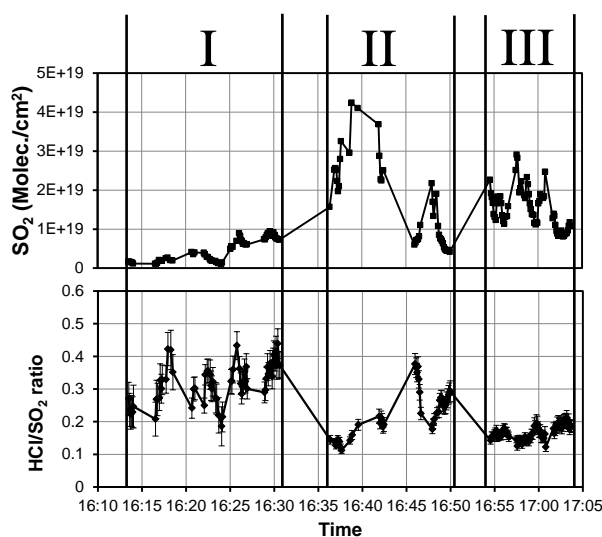


Fig. 4. Temporal variations of SO<sub>2</sub> column amount (upper) and HCl/SO<sub>2</sub> ratio (lower) between 16:10 and 17:05 on Feb. 4, 2012

II期では、観測点D点からみた太陽は昭和火口の真上にあつた。観測点から見た噴煙は右から左(南岳火口から昭和火口)の方向に流れていた。II期では、昭和火口から噴煙が垂直に立ち上れば昭和火口のガスを主に測っていたことになるが、昭和火口の噴煙の裏には常に南岳火口の噴煙が流れていた状況であった。16:36~16:39までに観測されたSO<sub>2</sub>量の上昇は昭和火口の濃い噴煙の影響である。また16:39~16:43は昭和火口の小規模な灰噴火の影響を受けている。16:46~16:50までのSO<sub>2</sub>量の上昇と下降は、昭和火口から上昇してきた噴煙に対応している。この昭和火

口の噴煙が入る前と出た後は、太陽の手前に昭和火口噴煙を目視で確認できなかったため、南岳火口の影響を強く受けていると思う。南岳火口の噴煙が0.2-0.4のHCl/SO<sub>2</sub>比を持っていたとすると、昭和火口は0.15以下の値を持っていたと思われる。

III期では、観測点E点から見た太陽は昭和火口の左側の山腹に沈んでいった。III期の測定を開始した時は、太陽はすでに昭和火口の噴煙の下端の部分にかかっていた。SO<sub>2</sub>量が多い時間帯は基本的に昭和火口のガスを測定していたと思われる。この時間帯の最後の方で、太陽が山腹に沈むころは、SO<sub>2</sub>カラム量が減っているが、この時間帯は目に見える形で南岳火口の噴煙は入っておらず、昭和火口のガスを主に測っていると思われるが、南岳火口のガスの影響もあると思われる。昭和火口の噴煙の影響が大きかったIII期中盤の測定値より、昭和火口のHCl/SO<sub>2</sub>比は約0.12であったと推定される。

以上をまとめると、2012年2月4日の昭和火口と南岳火口のHCl/SO<sub>2</sub>比は、それぞれ~0.12と0.2-0.4であった。2月4日の測定では、南岳火口内のA火口とB火口の噴煙を分けて定量することはできなかったが、南岳火口の噴煙のHCl/SO<sub>2</sub>比が大きく変動していることから、両者は異なるHCl/SO<sub>2</sub>比を持っていたと考えられる。

#### 4.3. 2012年2月20日の観測

観測は、16:00から17:20の時間帯に図1の5ヶ所の観測点B, C, D, E, F点で実施した。最初のF点での観測時間帯の太陽はまだ上空高くにあり、昭和火口から上がった噴煙が太陽との間に入っていた。B地点から見た太陽は中岳に、C地点からみた太陽は南岳火口北端に向かっていた。D地点から見た太陽は南岳の北側に、E地点から見た太陽は昭和火口のほぼ直上の南岳火口の南端に向かっていた。観測は、16:03~16:11にF点、16:18~16:27にB点、16:41~16:57にC点、17:00~17:03にD点、17:07~17:16にE点でそれぞれ実施した（各時間帯をI期、II期、III期、IV期、V期とする）。2月20日に観測した二酸化硫黄カラム量とHCl/SO<sub>2</sub>比の時間経過を図5に示す。

I期では、観測点F点からみた太陽高度は、桜島山頂よりもかなり高く、昭和火口から流れてきた噴煙を主に測定していた。南岳火口の噴煙の影響もあると思われるが、目視観測では基本的には昭和火口の噴煙を測定していたと考えてよく、昭和火口のHCl/SO<sub>2</sub>比は0.11であったと推定される。

II期にB地点から見た太陽は南岳火口のより高い位置にあった。昭和火口の噴煙は目視でき、太陽の手前には入っていなかった。一方、南岳火口の噴煙は逆光のため目視では見えない状態であったが、II

期にみられるSO<sub>2</sub>カラム量は（図5）、南岳火口の噴煙であると推察される。この日は、時折南岳火口から2本の噴煙が上がっていて、特に南岳火口の南側の噴煙の方が高く登っていたので、II期では南岳火口の南側噴煙を中心に測定していたと思われる。II期の終盤に北側の噴煙も入っていたことが目視で確認できた。これに対応してHCl/SO<sub>2</sub>比が上昇していることから、北側の噴煙の方が高い比の値を持っていたと思われる。以上から、南岳火口の北側の噴煙と南側の噴煙でHCl/SO<sub>2</sub>比は異なり、北側の方が高い値を持ち、南側の噴煙は0.17以下であったと考えられる。

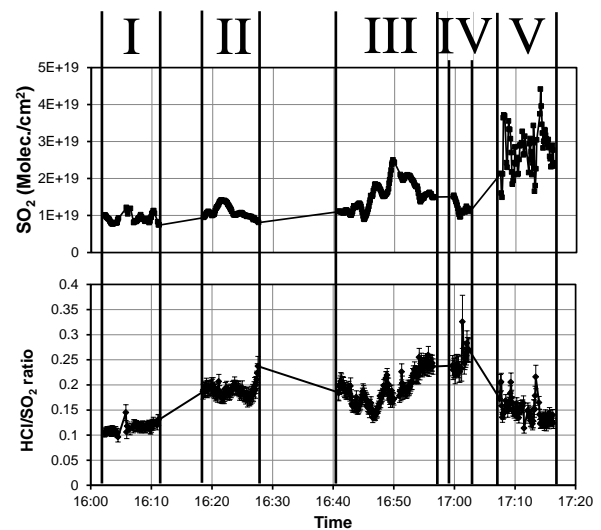


Fig. 5. Temporal variations of SO<sub>2</sub> column amount (upper) and HCl/SO<sub>2</sub> ratio (lower) between 16:00 and 17:20 on Feb. 20, 2012.

III期に観測点C点から見た太陽は、南岳の北端火口縁の上空にあった。噴煙としては南岳火口、特に南岳火口北側の噴煙を測定していた。一方、時折昭和火口の噴煙も手前側から入ってくる場合があり、この時は昭和火口の影響を受けていた。図5をみると、SO<sub>2</sub>カラム量が増えるとHCl/SO<sub>2</sub>比が減少するのが見られるが、これらはいずれも比の値が0.11程度の昭和火口のガスが、視野に入ったことに対応して変化している。観測途中、南岳火口南側の噴煙が火口内から上がってくるのが見えていたが、この噴煙の影響は限定的であった。また、16:55以降は、目視で見えていた南岳火口北側噴煙の直上を測定していたので、北側の噴煙の影響が大きかったと推定される。以上から、南岳火口北側噴煙のHCl/SO<sub>2</sub>比は>0.24である。

IV期は、観測点D点から見た太陽が南岳火口縁に太陽直径の4-6倍に近づくころに行われた。南岳火口

南側の噴煙の影響を受けていたと考えられるが、この時間帯の最後の方に、目視ではっきりと確認できる噴煙が南岳火口北側から上昇してきて、太陽の前にかかっていたので、 $\text{HCl}/\text{SO}_2$  比の最後の方に見られる上昇は、南岳火口北側噴煙を反映し田茂のである。よって、南岳火口北側噴煙の $\text{HCl}/\text{SO}_2$ 比は $>0.3$ であったと推定される。

V期に観測点E点から見た太陽は、昭和火口のほぼ直上の南岳火口の南端に位置し、太陽が沈む直前の時間帯に行った。この時間帯、南岳火口内からは南側噴煙が常に太陽の前にかかっていたのに加え、昭和火口噴煙はかかったりかからなかったりと変化していた。このため、 $\text{SO}_2$ カラム量の変動が激しい(図5)。 $\text{HCl}/\text{SO}_2$ 比の変化は、基本的に比の値が0.1の昭和火口噴煙と $\sim 0.17$ の南岳南側の噴煙の混合で説明できる。

2012年2月20日の $\text{HCl}/\text{SO}_2$ 比は、昭和火口で $\sim 0.11$ 、南岳火口噴煙で $0.17\sim 0.3$ が観測された。2月20日の測定では南岳火口のA火口とB火口の噴煙を完全に分離することはできなかったが、南岳火口の北側と南側噴煙が、A火口とB火口の噴煙にそれぞれ対応していると仮定すると、A火口とB火口の $\text{HCl}/\text{SO}_2$ 比はそれぞれ $>0.3$ と $\sim 0.17$ であったと推定される。

#### 4.4. 2012年3月14日の観測

観測は、16:10~17:30の時間帯に16:12~16:42にH点、16:56~17:01にI点、17:08~17:13に再びH点、17:18~17:24にG点でそれぞれ実施した(各時間帯をI期、II期、III期、IV期とする)。I期とII期の時間帯の太陽はまだ上空高くにあったため、上空を南東方向に流れてきた噴煙を測定した。この日は、昭和火口からは火山灰を含んだ噴煙を噴出していた。III期にH点から見た太陽は、南岳南端・昭和火口の上空に位置していた。IV期の測定では、南岳火口の北側に沈む太陽を用いて測定を行った。3月14日に観測した二酸化硫黄カラム量と $\text{HCl}/\text{SO}_2$ 比の時間経過を図6に示す。

I期では、南東方向に流れてくる高く上昇した昭和火口噴煙の上部に太陽が位置していたので、昭和火口の噴煙を中心に測定した。この日は頻繁に灰噴火を繰り返しており、噴煙は常に火山灰を含んでいた。図6のI期の測定が断続的になっているのは、灰噴火の火山灰を多く含んだ噴煙のためである。 $\text{HCl}/\text{SO}_2$ 比は $\sim 0.15$ で推移しているが、時折0.2程度になっていたのがわかる(図6)。16:40ごろは噴火噴煙の後続部を測定していたが、0.2程度の $\text{HCl}/\text{SO}_2$ 比が、噴火噴煙によるものなのか、南岳の噴煙によるものなのかは定かではない。昭和火口の噴煙は $\text{HCl}/\text{SO}_2$ 比が $\sim 0.15$ であったと推定される。

II期ではI点に移動して測定を行ったが、南東方向に流れてきた噴煙の下部を測定した。I期に比べ、南岳火口の噴煙の影響が大きいと推測される。 $\text{HCl}/\text{SO}_2$ 比は $0.15\sim 0.25$ で推移していた。

III期では再びH点で測定を行った。この時間帯、H点から見た太陽は、昭和火口と南岳火口南端の上空にあり、南岳火口の噴煙も裏側に流れているが基本的に昭和火口の噴煙を測定していた。ただし、III期の観測の初めに $1.5\times 10^{19}$  molec./ $\text{cm}^2$ 以上と、この日一番の $\text{SO}_2$ カラム量を測定しているが、これに対応する $\text{HCl}/\text{SO}_2$ 比は $0.35\sim 0.4$ と高い値を示した。昭和火口の値とは考えにくく、南岳火口の噴煙の値であると思われるが、定かではない。III期のそれ以降は $0.15\sim 0.2$ で推移しており、昭和火口と南岳噴煙の混合で説明ができる。

IV期では、G点から見た太陽が南岳の北側に沈む時間帯に測定を行った。噴煙は右から左(南東方向)に流れていたため、観測していた噴煙は南岳火口のものであり、昭和火口の噴煙は影響がなかった。南岳火口の噴煙は北側と南側とに分かれてなく、噴煙は火口内で混合していた。 $\text{HCl}/\text{SO}_2$ 比は $0.27\sim 0.35$ で推移した(図6)。

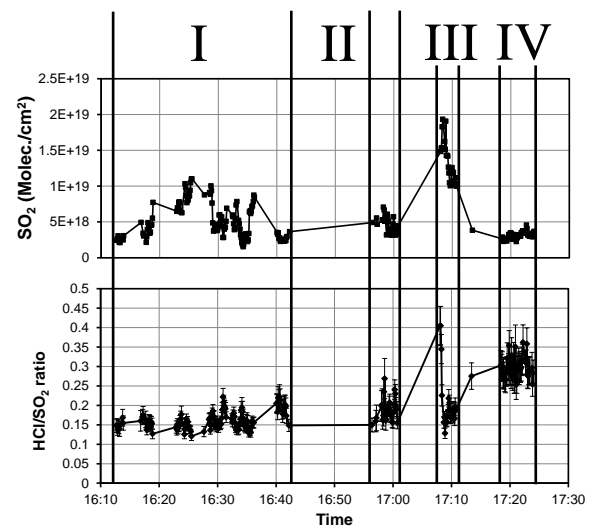


Fig. 6 Temporal variations of  $\text{SO}_2$  column amount (upper) and  $\text{HCl}/\text{SO}_2$  ratio (lower) between 16:10 and 17:30 on Mar. 14, 2012.

#### 4.5. 2012年3月15日の観測

観測は、16:40から17:30の時間帯に、16:42~16:47にH点、16:56~17:03にI点、17:24~17:27にG点でそれぞれ実施した(各時間帯をI期、II期、III期とする)。I期とII期の時間帯は上空を南東方向に流れてきた噴煙の測定を行った。この日も、昭和火口からは火山灰を含んだ噴煙を噴出していた。III期の測定では、南岳火口の北側に沈む太陽を用いて測

定を行った。3月15日に観測した二酸化硫黄カラム量とHCl/SO<sub>2</sub>比の時間経過を図7に示す。

I期では、目視で確認できる昭和火口の噴煙の上部を測定した。昭和火口の噴煙の裏側には南岳火口の噴煙も流れていた。SO<sub>2</sub>カラム量が高いときにHCl/SO<sub>2</sub>比が低くなる傾向がみられるので、SO<sub>2</sub>カラム量が高いときが昭和火口の比の値に対応するとすれば、昭和火口のHCl/SO<sub>2</sub>比は~0.15である(図7)。

II期では、目視で確認できる昭和火口の噴煙の下の部分の測定を行った。II期の初めと終わりあたりは、I点からみた昭和火口の噴煙高度が高くなっていたので、昭和火口よりは南岳火口の噴煙の影響を大きく受けていたと推定される。昭和火口の噴煙を測っていた16:58ごろのHCl/SO<sub>2</sub>比は~0.15であり、昭和火口の値を示していたものと考えられる。

III期では、G点から見た太陽が南岳火口の北側に沈む時間帯に測定を行った。この時間帯は山頂付近の風が弱く、昭和火口の噴煙が手前に漂っていた。その裏側には南岳火口の噴煙があったと考えられる。HCl/SO<sub>2</sub>比は0.15~0.25で推移したが、目視で昭和火口の噴煙量が増えたときは比の値は低くなり、減ったときは比の値が高くなる傾向が見られた。

2012年3月14-15日の測定結果より、昭和火口のHCl/SO<sub>2</sub>比は~0.15で南岳火口は0.25~0.35であったと推定される。

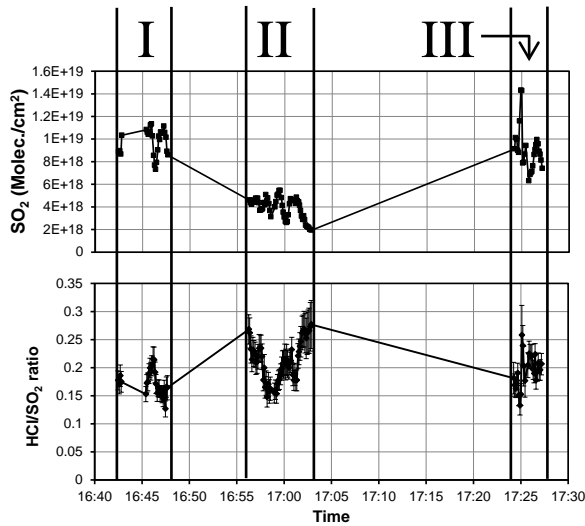


Fig. 7 Temporal variations of SO<sub>2</sub> column amount (upper) and HCl/SO<sub>2</sub> ratio (lower) between 16:40 and 17:30 on Mar. 15, 2012.

#### 4.6. 2012年3月26日の観測

観測は、16:55から17:30の時間帯に図1の観測点H点で実施した。この日、噴煙は高く上がらず、H点から見て左方向(南方向)へ流れていた。また、太陽が、H点から見て、南岳火口の中央付近に沈んで行

く時間帯の測定であった。3月26日に観測した二酸化硫黄カラム量とHCl/SO<sub>2</sub>比の時間経過を図8に示す。

観測は16:55から開始したが、噴煙は南岳火口の火口縁からわずかに上昇しながら左へと流されていたので、17:15前まで、噴煙が太陽との間に入ることはなかった。17:15以降は南岳火口の噴煙が入るようになった。南岳火口の噴煙は北側と南側に分かれることはなく、火口内で混合していた。測定した噴煙は南岳火口の噴煙に対応し、HCl/SO<sub>2</sub>比は0.2~0.35であった。

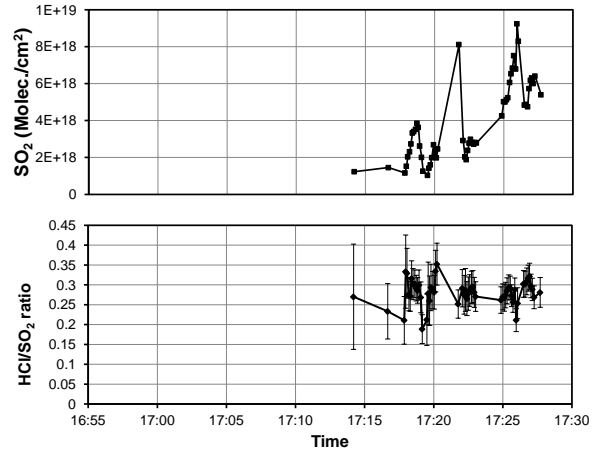


Fig. 8. Temporal variations of SO<sub>2</sub> column amount (upper) and HCl/SO<sub>2</sub> ratio (lower) between 16:55 and 17:30 on Mar. 26, 2012.

#### 4.7. 2012年3月27日の観測

観測は、16:15から17:30の時間帯に図1の観測点H点で実施した。この日、昭和火口の噴煙は噴煙を含まない白色噴煙だった。一方、南岳火口の噴煙は目視できなかった。噴煙はH点から見て手前左方向(南西から西南西)に流れていた。観測は、太陽が南岳の北側に沈んで行く時間帯の測定であった。3月27日に観測した二酸化硫黄カラム量とHCl/SO<sub>2</sub>比の時間経過を図9に示す。

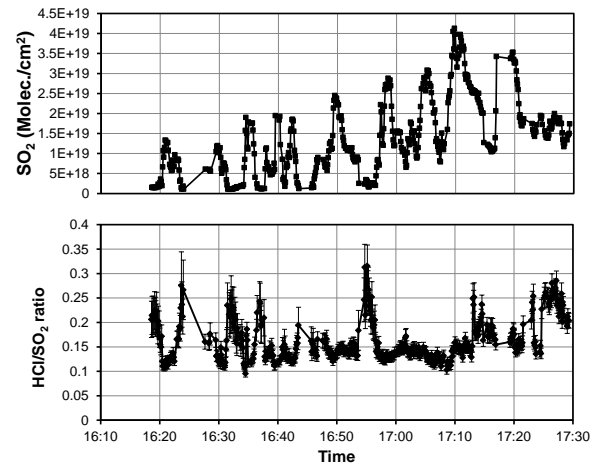


Fig. 9. Temporal variations of SO<sub>2</sub> column amount

(upper) and HCl/SO<sub>2</sub> ratio (lower) between 16:15 and 17:30 on Mar. 27, 2012.

図9のSO<sub>2</sub>カラム量の変化を見ると、いくつかのピークが見られるが、これらは昭和火口の噴煙が入ってきたことに対応している。また、観測の後半にかけて、ベースラインが上昇して行くのは、時間と共に太陽が南岳火口に近づいて行くことによって、南岳火口噴煙の影響が大きくなったと解釈される。HCl/SO<sub>2</sub>比を見ると、SO<sub>2</sub>カラム量の増大と対応して比の値が0.11–0.14にさがっているのが、昭和火口の比の値は~0.11であったと推定される。17:23以降は昭和火口の影響はほとんどなく南岳火口の噴煙を測定していた。3月27日の南岳火口の噴煙のHCl/SO<sub>2</sub>比は0.2–0.3であった。

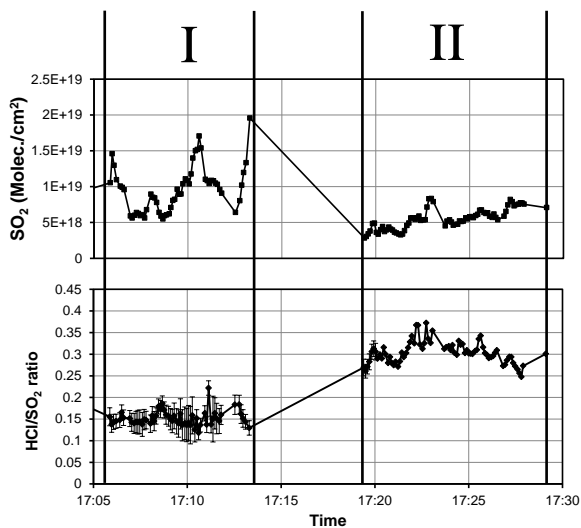


Fig. 10. Temporal variations of SO<sub>2</sub> column amount (upper) and HCl/SO<sub>2</sub> ratio (lower) between 17:05 and 17:30 on Mar. 28, 2012.

#### 4.8. 2012年3月28日の観測

観測は、17:05~17:30の時間帯に17:06~17:14にJ点、17:19~17:29にH点でそれぞれ実施した（各時間帯をI

期、II期とする）。3月28日の観測時間帯の昭和火口の噴煙は、火山灰をほとんど含まず、エアロゾルを含んだ噴煙で、南東方向に流れていた。南岳火口からもエアロゾルを含んだうっすらとした噴煙が上がっているのを目視できた。3月28日に観測した二酸化硫黄カラム量とHCl/SO<sub>2</sub>比の時間経過を図10に示す。

I期では、昭和火口の噴煙が主要で、若干南岳火口の噴煙の影響を受けていた。SO<sub>2</sub>カラム量が高い時期にHCl/SO<sub>2</sub>比が低下し、0.13まで下がっていた。

II期では、観測点H点からみた太陽が南岳火口の北側に沈んで行く中で測定を行った。噴煙は観測点からみて、左側に流れていたため、太陽の位置より左側に位置する昭和火口の噴煙の影響はなく、南岳火口の噴煙だけを測定できた。HCl/SO<sub>2</sub>比は0.25–0.37であった。南岳火口内のA火口とB火口の噴煙は、火口内で混合していたようである。

2012年3月26–28日のHCl/SO<sub>2</sub>比は昭和火口の噴煙で0.11–0.14で南岳火口の噴煙は0.2–0.37であった。この3日間の測定では、南岳火口の二つの火口の噴煙は火口内で混合していて、二つに分かれて火口縁上に現れることがなかったため、2噴煙を別けての測定はできなかった。

#### 5. 昭和火口と南岳火口のHCl/SO<sub>2</sub>比の推移

図11にこれまでの遠隔FT-IR観測の結果を示す。昭和火口の火山ガスのHCl/SO<sub>2</sub>比は、観測を開始した2009年11月から2012年3月まで、2010年末を除き、0.1–0.15で推移しており比較的安定している。一方、南岳火口の火山ガスのHCl/SO<sub>2</sub>比は観測当初は0.2以上を示していたが、2010年度の観測では0.15程度まで下がっていた。2011年11月までは少なくともこの傾向は続いていたようであるが、2012年に入ってから顕著に上昇している

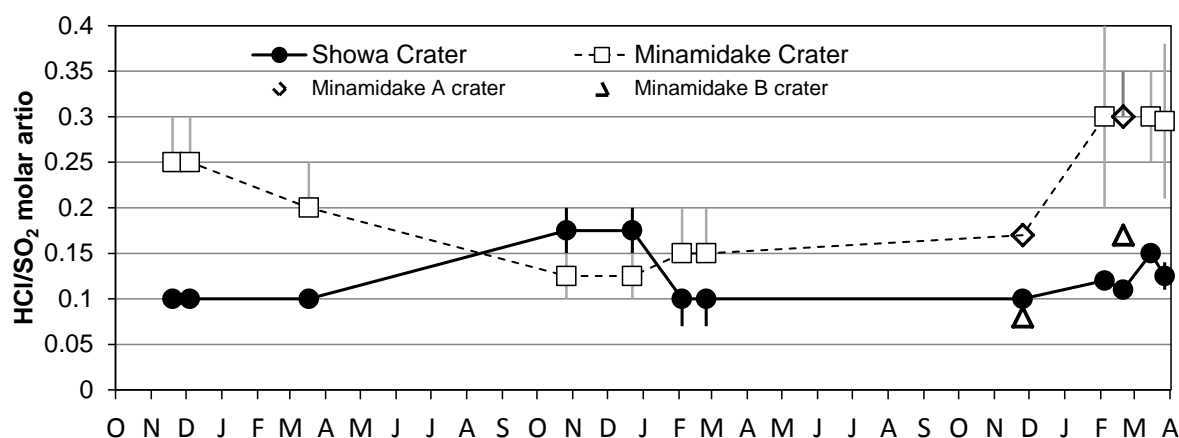


Fig. 11. Observe variation of HCl/SO<sub>2</sub> ratio for volcanic gases of Showa and Minamidake craters.

2011年11月15日と2012年2月20日の測定では、南岳火口内のA火口とB火口で異なる値を持つ可能性が初めて指摘された。両者の比の値を比べると、A火口の火山ガスの方が高い比を持つようである。また、南岳火口の測定で、A火口とB火口の値を別けて測定できない場合でも、HCl/SO<sub>2</sub>比は比較的大きなばらつきを持つが、これは2火口の火山ガスが異なる比の値を持つことで説明が可能である。もし、A火口の火山ガスがB火口の火山ガスより高いHCl/SO<sub>2</sub>を持つと仮定するならば、観測された南岳火口の比の範囲よりもA火口は高い比の値を、B火口は低い比の値を持っていることになる。2011年11月25日と2012年2月20日のデータを見ると、B火口の比の値はA火口の比の値に比べ、昭和火口の比の値に相対的に近いが、こうしたことがどのような意味を持つのかは現時点では明らかではない。

## 6. おわりに

2009年11月後半から、遠隔FT-IR測定による昭和火口と南岳火口の火山ガスのHCl/SO<sub>2</sub>比の測定を開始した。これまでの測定で昭和火口と南岳火口は異なる比の値を持つことが明らかになってきたが、2011年度の測定で南岳内にあるA火口とB火口でも異なる比の値を持つことがわかってきた。HCl/SO<sub>2</sub>比の推移をみると、昭和火口は0.1–0.15と比較的安定している。これは、昭和火口では活発な噴火活動が表面では続いているが、地下の火道系としては安定した状態を保っていることを示唆している可能性がある。

一方、南岳火口の日々の値は相対的に変化が大きい。特に2012年に入ってから比の値が高くなっているのは顕著である。こうした変化と、他の観測データとの関連はまだ確認されていないが、今後も観測を続け注視していきたい。

## 謝 辞

桜島での観測に当たっては、京都大学防災研究所火山活動研究センターの方々には大変お世話になりました。ここに記して御礼申し上げます。

## 参考文献

- 森 俊哉・野津憲治 (2005) : 浅間山噴煙中の火山ガス化学組成の遠隔観測, 火山 第50巻第6号, pp. 567-574.
- 森 俊哉 (2010) : 遠隔FT-IR測定による昭和火口と南岳火口の火山ガスHCl/SO<sub>2</sub>比, 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, 71-76.
- 森 俊哉(2011) : 昭和火口と南岳火口の火山ガスHCl/SO<sub>2</sub>比の推移, 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, 87-92.
- Notsu, K. and Mori, T. (2010) Chemical monitoring of volcanic gas using remote FT-IR spectroscopy at several active volcanoes in Japan. Appl. Geochem., Vol. 25, 505-512.

**Remote FT-IR measurements of HCl/SO<sub>2</sub> ratios in the volcanic plumes of Showa and Minamidake craters, Sakurajima volcano, Japan (2)..**



**Synopsis**

Sakurajima volcano is continuously emitting volcanic gas from two craters, Showa and Minamidake craters, since the reactivation of Showa crater in June 2006. Previous remote FT-IR observations revealed that Showa and Minamidake craters have different HCl/SO<sub>2</sub> ratios. Recent observations further revealed that the HCl/SO<sub>2</sub> ratios of A and B craters in Minamidake crater are also different. The HCl/SO<sub>2</sub> ratio of the active Showa crater has been stable between 0.1 and 0.15. In contrast, the temporal variation of the ratio of Minamidake crater is relatively large and the increase of the ratio in 2012 is very significant.

**Keywords:** Sakurajima volcano, volcanic gas, remote measurements