

# 最近 10 年間の二酸化イオウ放出率の推移

東京大学大学院理学系研究科 森 俊哉・影澤 博明

東京工業大学火山流体研究センター

平林 順一

京都大学防災研究所

山本 圭吾・味喜 大介

横尾 亮彦

産業技術総合研究所

風早 康平・森 健彦

大和田道子・篠原 宏志

斎藤 元治・安原 正也

## 1. はじめに

桜島火山の集中総合観測は今回で第 10 回を数える。この火山での二酸化イオウ放出率観測は、第 2 回集中総合観測以来、関連スペクトロメーター (COSPEC) を使用して続けられてきた。第 9 回集中総合観測までの桜島火山の二酸化イオウ放出率は、極端に少ない時期 (1979 年 8 月, 1998 年 4, 5 月) を除いて、1400~2800 トン/日<sup>1)-6)</sup>で推移し、桜島は定常的に 1 日当たり約 2000 トンの二酸化イオウを放出すると考えられてきた。1996 年度に実施された第 9 回集中総合観測では、それまでの 2 倍レベルの 4900 トン/日の放出率が観測された<sup>7)</sup>。これまでの観測で、桜島の爆発回数と二酸化イオウ放出率との直接的な因果関係は見られず、二酸化イオウ放出率は潜在的爆発活力を示していると考えられてきた<sup>7)</sup>。

本報告では、前回の集中総合観測が実施された 1996 年度以降、今回の集中総合観測の 2007 年度までの最近 10 年間の二酸化イオウ放出率の推移をまとめるとともに、2006 年 6 月から 2007 年度の間に見られた 3 度の昭和火口からの噴火活動期に関連した放出率の変化についても報告する。

## 2. 観測方法

### 2. 1. COSPEC から COMPUSS へ

先述のように、第 2 回集中総合観測以来、二酸化イオウ放出率測定には関連スペクトロメーター (COSPEC) が 30 年近くの間使用されてきた。2000 年代に入り、小型の紫外分光計を用いた二酸化イオウ観測装置が開発された<sup>8),9)</sup>。これらの装置では、二酸化イオウの吸収帯である 300

～330 nm の波長域の紫外スペクトルを小型の集光部(望遠鏡)を取り付けた小型紫外分光計で測定し、得られたスペクトルを DOAS 法(Differential Optical Absorption Spectroscopy)によって解析することで、集光部の視野方向にある二酸化イオウ量を算出する。このような小型の紫外分光計を用いた二酸化イオウ観測装置は miniDOAS<sup>9)</sup>、FLYSPEC<sup>10)</sup>などと呼ばれている。日本では東京工業大学、産業技術総合研究所、東京大学を中心にしたグループにより COMPUSS<sup>11)</sup>という装置が開発された。桜島火山の二酸化イオウ放出率観測においても 2003 年以降は COMPUSS が使用されている。これらの装置は基本的には COSPEC と同様に二酸化イオウのカラム量測定を行うもので、火山からの二酸化イオウ放出率の測定方法(トラバース法とパニング法)には大きな違いはない。小型紫外分光計を用いた装置は COSPEC と比較して、サイズ・重量ともに数十分の1で低価格なので、観測の機動力が大幅にアップした他、その特徴を生かして COSPEC では実現が難しかった測定手法がいくつも開発されている<sup>12), 13)</sup>。Mori et al. (2006)<sup>14)</sup>では、3 台の COMPUSS を同時に使用して、噴煙からの距離を変えた観測を行い、噴煙からの距離が遠くなるほど放出率を過小評価してしまうこと、そして、その原因は噴煙と観測点の間の紫外光の散乱の影響であることを明らかにした。

## 2. 2. トラバース測定とパニング測定について

第 9 回集中総合観測において、トラバース法とパニング法による放出率観測が比較検討された<sup>7)</sup>。パニング法で求めた二酸化イオウ放出率が、トラバース法での測定値の数分の1になる場合があることが示され、これに対して幾つかの原因が提案された<sup>7)</sup>。先述の Mori et al. (2006)<sup>14)</sup>の結果は、これらの原因に加えて、噴煙と観測点の間での紫外散乱による二酸化イオウ量の過小評価が相違の原因であることを示唆している。つまり、パニング法による観測では、噴煙直下を行き来するトラバース測定に比べ、装置と噴煙間の距離が一般的に長く、このため散乱の影響を大きく受け、二酸化イオウを過小評価することになるのである。今後、散乱の影響に関しては、十分な検討を要する。

## 3. 最近 10 年間の放出率の推移

図 1 に第 2 回から第 9 回までの集中総合観測の二酸化イオウ放出率と、この 10 年間に行われた二酸化イオウ放出率観測の結果を月別爆発回数<sup>15)-18)</sup>とともに示す。図 2 は 1999 年以降の二酸化イオウ放出率の推移と月別爆発回数<sup>15)-18)</sup>を拡大して示す。この中で、1999 年から 2002 年までの 4 観測は従来どおり COSPEC を用いて行われたが、2003 年以降の観測には COMPUSS を使用した。また、図1と図2で、1978年から1996年のデータは観測キャンペーンごとに放出率をまとめて表示してあるが、1999年以降のデータに関しては、観測日ごとに表示し

た。

先述のように、桜島の二酸化イオウ放出率は1996年までは、約2000トン/日の放出率でほぼ推移してきたが、1996年の観測時には4900トン/日の最高放出率を記録した。その後、2002年にかけて次第に放出率は減少し、2002年11月～2007年5月まで300～1100トン/日で推移した。ほぼ5年にわたり、1000トン/日以下の低放出率で推移したのは、これまでにない。2003年以降月別爆発回数も10回を越えることがなく、この間の低放出率と良く対応している。

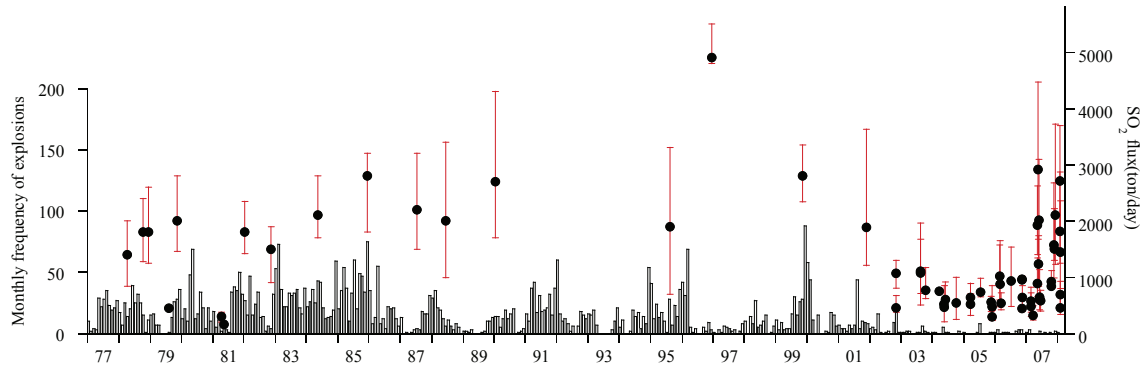


図1. 第2回集中観測以降の二酸化イオウ放出率の推移と月別爆発回数<sup>15)-18)</sup>

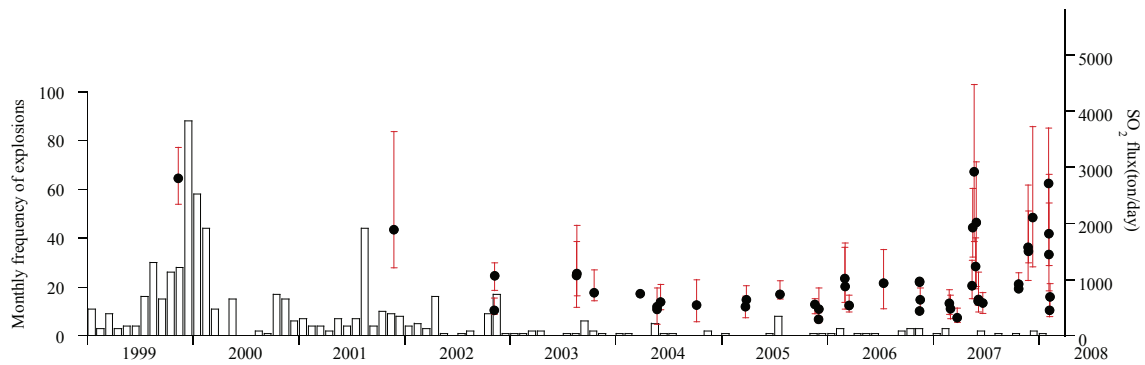


図2. 1999年以降の二酸化イオウ放出率の推移と月別爆発回数<sup>15)-18)</sup>

桜島火山では、2006年6月4日～6月20日<sup>17)</sup>、2007年5月16日～6月21日<sup>18)</sup>、そして2008年2月3日～2月6日<sup>19)</sup>に、山頂南岳火口の東側斜面に位置する昭和火口において噴火活動が活発化し、この間断続的に噴火が見られた。また、2008年2月の活動の際には、昭和火口から4回の爆発的噴火を起し、小規模であるが火砕流も数回観測された。昭和火口の噴火活動に関連して、2007年5月と2008年2月に2000～3000トン/日の二酸化イオウ放出率が観測され、昭和火口の活動が活発な時期には、放出率も高くなることが分かる(図3)。2006年6月の活動時期はちょうど梅雨の時期にあたり、この噴火活動期に観測ができなかったため、その後の活動期に見られたような放出率の増大の有無は不明である。2007年5月16日～6月21日そして2008年2月3日～2月6日の噴火活動の終焉とともに、二酸化イオウ放出率は2002年から続く低放出率のレベルに戻っている(図3)。2007年10月から12月の観測値を見ると、10

月下旬には 1000 トン/日以下だった放出率が、11 月下旬には 1500 トン/日、そして 12 月中旬には約 2000 トン/日へと増加傾向が見られた。2007 年 11 月から 12 月にかけて、継続時間が 10 分を越える火山性微動の個数や微動日積算時間の増加が見られた<sup>18)</sup>。この微動の増加傾向は少なくとも最近 2 年間では最大規模であり<sup>18)</sup>、観測された二酸化イオウ放出率の増加と対応している可能性が示唆される。

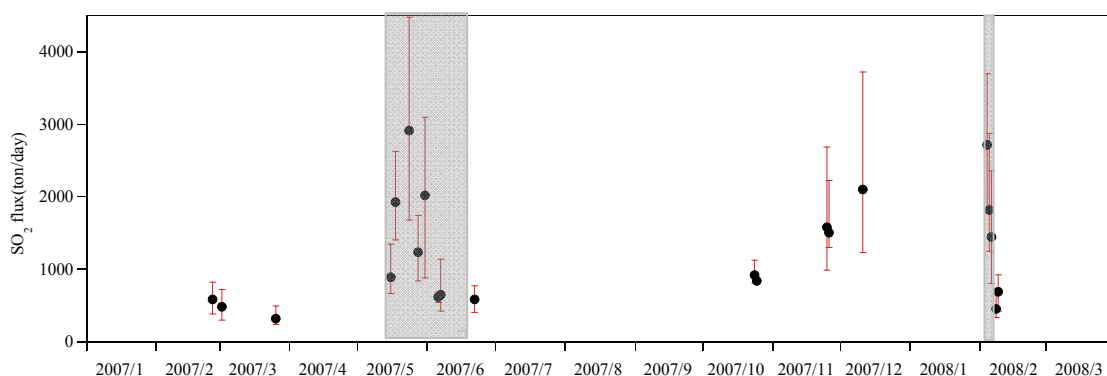


図 3. 2007 年 1 月 1 日以降の二酸化イオウ放出率の推移。グレーでの部分は、2007 年 5 月 16 日～6 月 21 日と 2008 年 2 月 3 日～2 月 6 日の昭和火口の活動期にそれぞれ対応する。

2003 年以降、これまでにない高い頻度で二酸化イオウ放出率観測を行ってきたが(図 1, 2, 3), この頻度では火山性地震や火山性微動などの地球物理学的観測データと二酸化イオウ放出率の推移を詳細に比較検討するには十分とはいえない。例えば、2007 年 10 月以降に観測された放出率の増加傾向(図 3)と火山性微動に見られる傾向との関連については定性的にしか議論できないのが現状である。今後、二酸化イオウ放出率とその他の観測データを詳細に比較できるようにするためには、二酸化イオウ放出率の定常観測化を検討することが重要である。定常観測が確立すれば、火山脱ガス機構の理解に向けて大きな進展が期待できる。

### 3. まとめ

桜島火山の二酸化イオウ放出率は、第 9 回集中総合観測(1996 年度)以降、2002 年にかけて次第に減少し、2002 年 11 月～2007 年 5 月まで 300～1100 トン/日で推移した。ほぼ 5 年にわたり、このような低放出率が続いたのは、これまでにないことである。最近の昭和火口の噴火活動期には、2000 トン/日以上二酸化イオウ放出率が観測された(2006 年 6 月の活動期に関しては不明)。2007 年 1 月以降の二酸化イオウ放出率をみると、昭和火口の活動期以外では 2007 年末に 2000 トン/日までの増加が見られたが、2008 年 2 月現在も、基本的には 1000 トン/日以下の低放出率で推移している。

## 謝 辞

二酸化イオウ放出率の観測を実施するにあたり、京都大学防災研究所火山活動研究センターの所員の皆様には、観測が円滑に行えるようご配慮いただきました。記してここに御礼申し上げます。

## 参 考 文 献

- 1) 鎌田政明・太田一也 (1977): 桜島火山南岳からの  $\text{SO}_2$  (二酸化イオウ) の放出量, 第2回桜島火山の集中総合観測報告書, 98-104.
- 2) 鎌田政明・太田一也・松尾のり道 (1980): 桜島火山南岳からの  $\text{SO}_2$  (二酸化イオウ) の放出量(第2回桜島集中総合観測以後), 第3回桜島火山の集中総合観測所, 91-97.
- 3) 鎌田政明・太田一也・松尾のり道 (1982): 桜島火山南岳からの  $\text{SO}_2$  (二酸化イオウ) の放出量(第3回桜島集中総合観測以後), 第4回桜島火山の集中総合観測所, 77-80.
- 4) 鎌田政明・太田一也・松尾のり道 (1986): 桜島火山南岳からの  $\text{SO}_2$  (二酸化イオウ) の放出量 1975=1982年, 第5回桜島火山の集中総合観測所, 89-95.
- 5) 鎌田政明・太田一也・松尾のり道 (1988): 桜島火山南岳からの  $\text{SO}_2$  (二酸化イオウ) の放出量 1975=1985年, 第6回桜島火山の集中総合観測所, 89-91.
- 6) 太田一也・清水 洋 (1989): 桜島火山における二酸化イオウ放出量の推移 - 1978~1988年, 第7回桜島火山の集中総合観測報告書, 77-80.
- 7) 平林順一・大場 武・野上健治・太田一也・清水 洋・松尾のり道・風早康平・篠原宏志 (1998): 二酸化イオウ放出量, 第9回桜島火山の集中総合観測報告書, 113-118.
- 8) Galle, B., Oppenheimer, C., Geyer, A., McGonigle, A.J.S., Edmonds, M., Horrocks, L. (2002): A miniaturized ultraviolet spectrometer for remote sensing of  $\text{SO}_2$  fluxes: a new tool for volcano surveillance. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, Vol. 119, 241-254.
- 9) McGonigle, A.J.S., Oppenheimer, C., Galle, B., Mather, T.A., Pyle, D.M. (2002): Walking traverse and scanning DOAS measurements of volcanic gas emission rates. *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 29, 20, DOI 10.1029/2002GL015827.
- 10) Horton, K.A., Williams-Jones, G., Garveil, H., Elias, T., Sutton, A.J., Mougini-Mark, P., Porter, J.N., Clegg, S. (2006): Real-time measurement of volcanic  $\text{SO}_2$  emissions: validation of a new UV correlation spectrometer (FLYSPEC). *Bull. Volcanol.*, Vol. 68, 323-327.
- 11) Mori, T., Hirabayashi, J., Kazahaya, K., Mori, T., Ohwada, M., Miyashita, M., Iino, H., Nakahori, Y. (2007): A compact ultraviolet spectrometer system (COMPUSS) for monitoring volcanic  $\text{SO}_2$  emission: Validation and preliminary observation. *Bull. Volcanol. Soc. Japan*,

Vol. 52, 105-112.

- 12) Edmonds, M., Herd, T.A., Galle, B., Oppenheimer, C. (2003): Automated, high time-resolution measurements of SO<sub>2</sub> flux at Soufriere Hills Volcano, Montserrat. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, Vol. 65, 578-586.
- 13) Williams-Jones, G., Horton, K.A., Elias, T., Garveil, H., Mougins-Mark, P.J., Sutton, A.J., Harris, A.J.L. (2006): Accurately measuring volcanic plume velocity with multiple UV spectrometers. *Bull. Volcanol.*, Vol. 68, 328-332.
- 14) Mori, T., Mori, T., Kazahaya, K., Ohwada, M., Hirabayashi, J., Yoshikawa, S. (2006): Effect of UV scattering on SO<sub>2</sub> emission rate measurements. *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 33, L17315, DOI 10.1029/2006GL026285.
- 15) 気象庁 (2005): 88. 桜島. 日本活火山総覧(第3版), 543-564.
- 16) 福岡管区気象台(2005): 桜島(平成 17 年(2005 年)年報). 火山活動解説資料(平成 17 年), 1-15.
- 17) 福岡管区気象台(2006): 桜島(平成 18 年(2006 年)年報). 火山活動解説資料(平成 18 年), 1-20.
- 18) 福岡管区気象台, 鹿児島地方気象台(2007): 平成 19 年(2007 年)の桜島の火山活動, 「月報(防災編) 2007 年の日本の主な火山活動」の参考資料, 1-19.
- 19) 福岡管区気象台, 鹿児島地方気象台(2008): 桜島の火山活動解説資料(平成 20 年2月), 火山活動解説資料(平成 20 年2月), 1-15.

(Received on March 11, 2008)