

短報(Short Report)

箱根大涌谷の火山活動と箱根町宮城野大気環境測定局の二酸化硫黄濃度との関係

代田 寧, 原田昌武\*, 安部祐希\*\*  
(調査研究部, \*環境情報部, \*\*温泉地学研究所)

Relationship between volcanic activity at Owakudani in Hakone volcano, Japan and sulfur dioxide concentrations at the Hakonemachi-Miyagino ambient air pollution monitoring station

Yasushi DAITA, Masatake HARADA\* and Yuki ABE\*\*

(Research Division, \* Environmental Information Division, \*\*Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture)

キーワード： 箱根山, 大涌谷, 二酸化硫黄, 大気環境測定局, 火山活動

1 はじめに

神奈川県西部に位置する箱根山は活火山であり, 2015年にはごく小規模ながら水蒸気噴火が発生するなど非常に活発化した<sup>1,2)</sup>。その後も群発地震が発生するなど, 数年おきに活発化している<sup>3)</sup>。

一般に火山活動が活発化すると, 噴気孔などから放出される火山ガスの量や組成が変化することが知られており, 火山活動の活動状況と火山ガスの量・組成との関連性についての研究がなされている<sup>4)</sup>。箱根山においても, 噴気中の火山ガス組成が火山活動の活発化に伴い変化することが明らかとなっており, 火山ガス組成の変化を観測することが箱根山の火山活動評価に有効であると考えられている<sup>5,6)</sup>。また, 火山ガスの放出率(単位時間当たりの放出量)も火山活動と関連していることが知られており<sup>4)</sup>, 二酸化硫黄(以下, SO<sub>2</sub>とする)について紫外線を吸収する性質を利用したSO<sub>2</sub>濃度遠隔観測DOAS(Differential Optical Absorption Spectroscopy)システムを用いた観測が箱根山でも継続的に実施されている<sup>7-13)</sup>。その結果, 水蒸気噴火が発生した直後から2か月程度は100トン/日の放出率であったが, その後低下しており, 火山活動の状況を反映していると考えられる。

一方, SO<sub>2</sub>については, 大気汚染物質の側面もあり, 2015年の火山活動活発化を受けて, 箱根町宮城野の大気環境測定局(以下, 宮城野局とする)

にSO<sub>2</sub>自動測定機が設置され, 2015年6月26日から連続観測(常時監視)が行われている。池貝(2016)<sup>14)</sup>は, このデータを用いて2015年の活発化におけるSO<sub>2</sub>放出率の推定を行い, 最大96トン/日であったと述べている。この値はDOAS法で観測された値と同レベルであり, 宮城野局のSO<sub>2</sub>濃度が火山活動評価に活用出来る可能性があることを示していると考えられる。また, 大気測定局のSO<sub>2</sub>濃度と火山活動との関連性については他の火山でも検討されており, 高木ほか(2021)<sup>15)</sup>は阿蘇山の火山活動評価に大気測定局のSO<sub>2</sub>濃度が活用できる可能性を示した。



図1 大涌谷噴気地, DOAS法の測定路線, 大気環境測定局(箱根町宮城野)の位置を示す。国土地理院の地理院地図を使用して作成した。

そこで、箱根山で観測されている DOAS 法の結果と比較することなどにより、宮城野局の SO<sub>2</sub> 濃度と火山活動との関連性について検討したので報告する。

## 2 データの取得

大涌谷噴気地、DOAS 法の測定路線、宮城野局の位置を図 1 に示す。宮城野局の SO<sub>2</sub> 濃度については、神奈川県のホームページ「大気汚染常時監

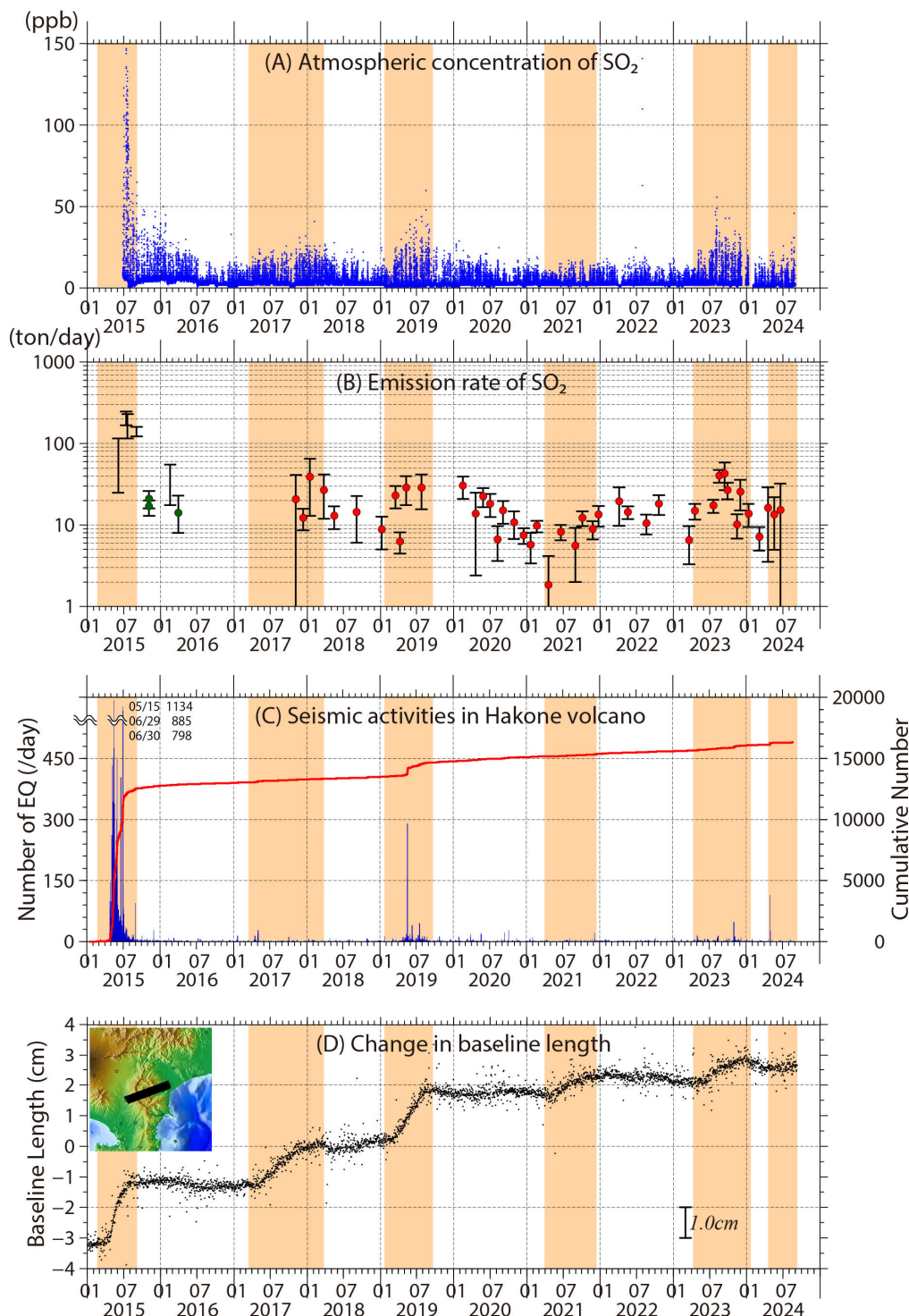


図 2 宮城野局 SO<sub>2</sub> 濃度(A), SO<sub>2</sub> 放出率(B), 箱根山の地震発生数(C)および箱根-裾野 2 基線の基線長(D)における時間変化。(A)の SO<sub>2</sub> 濃度は 1 時間値。(B)の丸印とバーはそれぞれ平均値と誤差範囲を示す。バーのみは気象庁<sup>7)</sup>, 緑丸は気象研究所<sup>8)</sup>, 赤丸は温泉地学研究所<sup>9-13)</sup>の結果である。(D)の基線長が上昇の変化をしている時期を火山活動の活発化期間と判断し網掛けで示した。

視測定結果」で公開されている月報データ（速報値）による 1 時間値のデータ（ppb）を使用した（図 2(A)）。データの期間は、2015 年 6 月 26 日から 2024 年 8 月 31 日である。

DOAS 法については、2015 年の火山活動活発化以降、気象庁、気象研究所、神奈川県温泉地学研究所で実施されており、それらの結果（トン/日<sup>7-13</sup>）を使用した（図 2(B)）。DOAS 法は現場で人が測定するため時間分解能が低く、測定頻度にばらつきはあるが、概ね数か月に 1 回程度の観測である。2015 年 6 月から 2024 年 6 月までの計 52 回の観測結果を使用した。

### 3 火山活動との関係

箱根山が活発化する際、まずマグマや熱水等の増圧に起因する山体膨張が生じ、その後群発地震活動や火山ガスの放出量・組成変化が生じる<sup>16</sup>。図 2 には、宮城野局の SO<sub>2</sub> 濃度(A)と DOAS による SO<sub>2</sub> 放出率(B)に加えて、火山活動の活発化を示す箱根山で発生した地震数(C)と GNSS による小田原-裾野 2 基線の基線長変化(D)のグラフも併せて示した。箱根山を横断する小田原-裾野 2 基線は、山体が膨張すると伸びの変化（図では上昇の変化）を示すため、図 2(D)において上昇の変化をしている間は火山活動が活発な状態であると判断し、おおよその期間を網掛けで示した。

2015 年の活動は、水蒸気噴火を伴う非常に活発な活動であったため、地震数も他の活発化時と比べて極端に多い（図 2(C)）。それに対して、その他の活発化期間では 2015 年と比較して地震発生数は少なく、活動の規模がかなり異なっていると考えられる。

SO<sub>2</sub> 放出率をみると（図 2(B)）、2015 年の活発化時は 100 トン/日以上 of 放出率であったものが、火山活動が静穏になった 11 月には 20 トン/日程度に低下し、火山活動の状況を反映していた。その後も時間分解能は少ないものの、概ね活発化した際に放出率は増加し、静穏になると低下する変化が確認できる。また、2017 年以降の活発化時には最大でも 40 トン/日程度の放出率であり、地震発生数と同様に活動の規模を反映しているものと考えられる。

宮城野局の SO<sub>2</sub> 濃度についても（図 2(A)）、SO<sub>2</sub> 放出率と同様に 2015 年の活発化時には他の期間と比較して極端に高く、最高濃度は 7 月 14 日 14 時の 147ppb (0.147ppm) であった。その後、火山

活動の静穏化とともに低下していることが見てとれる。宮城野局の SO<sub>2</sub> 濃度については、噴気孔等の放出源から拡散して届くため、風向風速や天候の影響を受ける。そのため、気象条件によって増減することになるが、2021 年を除いて概ね活発化時に SO<sub>2</sub> 濃度が上昇していることが確認でき、宮城野局の SO<sub>2</sub> 濃度が箱根山の火山活動の評価・監視に活用できる可能性があると考えられる。2021 年については、SO<sub>2</sub> 放出率も他の活発化時と比較して低く、活動規模が小さかったものと考えられる。

### 4 宮城野局の SO<sub>2</sub> 濃度と放出率との関係

SO<sub>2</sub> 放出率は火山活動の状況を反映し、火山活動の評価・監視や定量的なモデル化に重要であると考えられる<sup>4</sup>。しかしながら、一般的に SO<sub>2</sub> 放出率の測定に用いられている DOAS 法には人手が必要であり、時間分解能の高いデータは望めない。一方、宮城野局の SO<sub>2</sub> 濃度は、気象条件の影響を受けるものの、時間分解能が高くリアルタイムでデータが取得できる。そのため、宮城野局の SO<sub>2</sub> 濃度から放出率を推定することができれば、火山活動評価に大いに役立つと考えられる。

宮城野局 SO<sub>2</sub> 濃度（ppb）と SO<sub>2</sub> 放出率（トン/日）をプロットし、図 3 に示した。ここで、宮城野局の SO<sub>2</sub> 濃度は気象条件の影響を受けるため、代表値をどのように決定するかが問題となる。今回は試行的に、DOAS 法の観測日と同日の最大値とした。図 3 より概ね正の相関があると考えられ、これらの関係から速やかに高頻度で SO<sub>2</sub> 放出率が推定できる可能性があるが、バラツキは大きい。宮城野局は、大涌谷の噴気孔群から東北東の方向

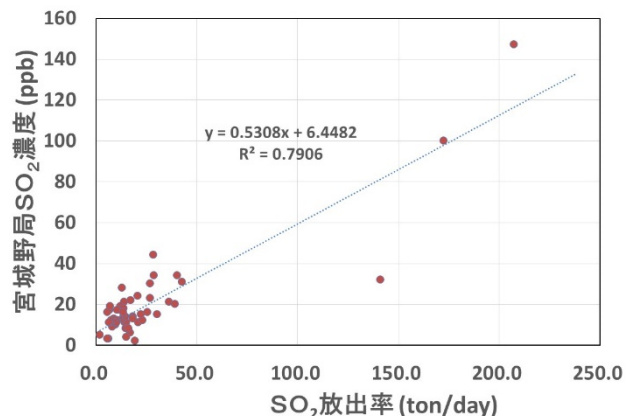


図 3 宮城野局 SO<sub>2</sub> 濃度と SO<sub>2</sub> 放出率との関係（宮城野局 SO<sub>2</sub> 濃度は日最大値）

に位置しているため、風向が西南西または南西の場合に高濃度になる<sup>14)</sup>。また、雨や霧の場合にはSO<sub>2</sub>が水に吸収されやすいため濃度が低くなると考えられる。今後は、このような気象条件を加味して検討していくことが必要である。

## 5 おわりに

箱根山では2015年にごく小規模ながら水蒸気噴火が発生するなど非常に活発化し、その後も数年おきに活発化している。今回、宮城野局で連続観測しているSO<sub>2</sub>濃度が、箱根山の活発化に伴い上昇している傾向が認められた。このデータからSO<sub>2</sub>放出率が推定できれば、火山活動評価に活用できる可能性が考えられ、今後さらに検討していく必要がある。

## 謝辞

本研究では、国土地理院のGNSSデータ(F5解)を使わせていただきました。ここに記して感謝いたします。

## 参考文献

- 1) Mannen, K., Yukutake, Y., Kikugawa, G., Harada, M., Itadera, K. and Takenaka, J.: Chronology of the 2015 eruption of Hakone volcano, Japan – geological background, mechanism of volcanic unrest and disaster mitigation measures during the crisis, *Earth, Planets and Space*, 70:68. doi: 10.1186/s40623-018-0844-2 (2018)
- 2) Harada, M., Doke, R., Mannen, K., Itadera, K. and Satomura, M.: Temporal changes in inflation sources during the 2015 unrest and eruption of Hakone volcano, Japan. *Earth, Planets and Space*, 70:152, doi:10.1186/s40623-018-0923-4 (2018).
- 3) Mannen, K., Abe, Y., Daita, Y., Doke, R., Harada, M., Kikugawa, G., Honma, N., Miyashita, Y., Yukutake, Y.: Volcanic unrest at Hakone volcano after the 2015 phreatic eruption: reactivation of a ruptured hydrothermal system? *Earth Planets, and Space*, 73: 80. doi:10.1186/s40623-021-01387-3 (2021)
- 4) 篠原宏志: 火山ガス観測から推定される火山活動推移過程, *火山*, **64**, 121-129 (2019).
- 5) Ohba, T., Yaguchi, M., Nishino, K., Numanami, N., Daita, Y., Sukigara, C., Ito, M. and Tsunogai, U.: Time variations in the chemical and isotopic composition of fumarolic gases at Hakone volcano, Honshu Island,

Japan, over the earthquake swarm and eruption in 2015, interpreted by magma sealing model. *Earth, Planets and Space*, 71, 48, doi:10.1186/s40623-019-1027-5 (2019).

6) 代田 寧, 大場 武, 谷口無我, 十河孝夫, 原田昌武: 箱根山火山ガス組成による火山活動予測-火山防災への活用-, *地学雑誌*, 130, 783-796 (2021).

7) 気象庁: 箱根山, 第135回火山噴火予知連絡会資料(その7), 58-66 (2016).

8) 気象研究所: 箱根山, 第135回火山噴火予知連絡会資料(その7), 67 (2016).

9) 安部祐希, 原田昌武, 板寺一洋, 森健彦, 高木朗充, 長岡優: 箱根火山大涌谷における二酸化硫黄放出率の測定, *温泉地学研究所報告*, 49, 21-28 (2017).

10) 安部祐希, 原田昌武, 板寺一洋, 森健彦, 高木朗充: 箱根火山大涌谷における二酸化硫黄放出率 ~観測・解析手法と2018年6月までの放出率の推移~, *温泉地学研究所報告*, 50, 1-18 (2018).

11) 安部祐希, 原田昌武, 板寺一洋, 高木朗充, 藤松淳: 箱根火山大涌谷における二酸化硫黄放出率~2021年6月までの推移~, *温泉地学研究所報告*, 53, 55-60 (2021).

12) 安部祐希, 原田昌武, 板寺一洋, 高木朗充: 箱根火山大涌谷における二酸化硫黄放出率 ~2022年8月までの推移~, *温泉地学研究所報告*, 54, 73-75 (2022).

13) 安部祐希, 板寺一洋, 高木朗充, 長岡優, 難波あゆみ, 二宮良太, 外山浩太郎, 栗原亮: 箱根火山大涌谷における二酸化硫黄放出率~2024年6月までの推移~, *温泉地学研究所報告*, 56 (印刷中)

14) 池貝隆宏: 2015年夏季の大涌谷周辺地域におけるSO<sub>2</sub>濃度分布の推定, *神奈川県環境科学センター研究報告*, 39, 4-10 (2016).

15) 高木朗充, 森健彦, 橋本明弘: 大気環境測定局の二酸化硫黄濃度による火山活動評価への活用, *日本火山学会2021年度秋季大会予稿集*, A2-10 (2021).

16) 原田昌武, 吉田明夫: 箱根火山活動における膨張源の深さ-火山活動監視の視点から-, *地学雑誌*, 133(2), 91-100 (2024).