

短報 (Short Report)

箱根山大涌谷の 52 号蒸気井から放出される火山ガスの測定結果

十河孝夫, 秀平敦子, 代田 寧*, 本間直樹*
(調査研究部, *温泉地学研究所)

Analytic results of volcanic gases discharged from No. 52 steam well at Owakudani, Hakone

Takao SOGO, Atsuko HIDEHIRA, Yasushi DAITA* and Naoki HONMA*
(Research Division, *Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture)

キーワード: 大涌谷, 火山ガス, 二酸化硫黄, 硫化水素, 塩化水素

1 はじめに

箱根山大涌谷では 2015 年 4 月から火山活動が活発化し, 5 月下旬には温泉造成のための蒸気井が暴噴状態 (噴気が激しく制御不能となる状態) となった。6 月 29 日に小規模ながら水蒸気噴火が発生し, 一時は噴火警戒レベル 3 (「入山規制」) となり, 大涌谷園地は立入禁止となった。その後, 火山活動の沈静化に伴い 11 月に噴火警戒レベル 1 (「活火山であることに留意」) となり, 2016 年 7 月には同園地も一部開放となった。しかし, 噴気自体は依然活発であり, 一部開放後も園地内では時おり高濃度 (0.2 ppm 以上) の二酸化硫黄 (SO₂) が観測されており, 引き続き火山活動への監視が必要となっている。

SO₂ の発生源としては一般に火口や自然噴気孔, 蒸気井等が考えられる。蒸気井は地下数百メートルまで掘った穴から火山ガスを取り入れ, 温泉造成用水と混合させて温泉水を作る施設で

あり, 混合前の火山ガスは地下のマグマの影響を最も反映していると考えられる。

当センターは, 県, 箱根町ほか関係機関・団体で構成する箱根山火山防災協議会火山ガス安全対策専門部会の一員として, 2015 年 9 月頃に損壊した 52 号蒸気井 (以下「52 号井」という。) が 2016 年 7 月に改修が完了し, 再稼働 (温泉造成用水投入) したことに伴う有害ガスの減少効果の検証及び 52 号井から放出される火山ガス組成の変化の調査を行ったので報告する。

2 調査方法

2.1 調査地点

調査地点を図 1 に示した。52 号井のほか, 52 号井から南西に 50 m 程度離れた地点に位置する自然噴気孔 (15-2) についても調査を行った。この噴気孔は今回の噴火で新たに形成されたものである。



図 1 調査地点

国土地理院地図 (<http://www.maps.gsi.go.jp/>) よりダウンロードした画像に 52 号井, 自然噴気孔 (15-2) を追加した。



図 2 火山ガス採取の様子

(a: 52 号井, b: 自然噴気孔 (15-2))

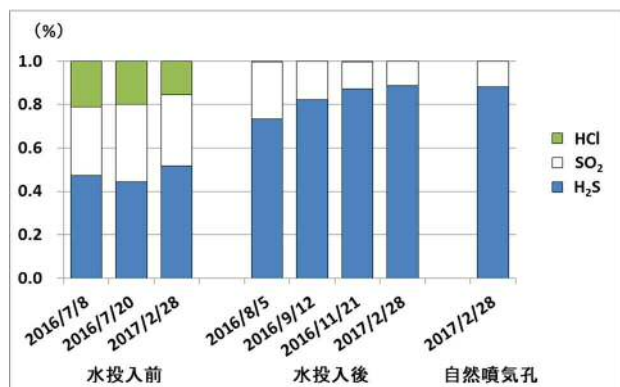


図3 火山ガス成分構成比

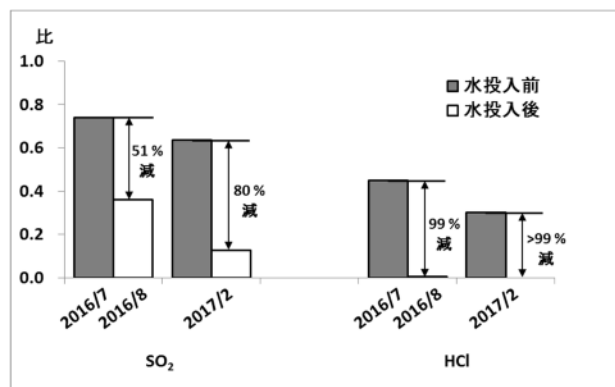


図4 温泉造成用水投入によるSO₂及びHClの減少効果

2. 2 調査対象物質及び調査方法

調査対象物質は火山ガスに含まれる成分のうち、有害性の高い硫化水素 (H₂S), SO₂, 塩化水素 (HCl) の3成分とした。52号井から放出される火山ガスについて、2016年7月は温泉造成用水投入前、8月～11月は水投入後の火山ガスを採取した。また、2017年2月28日の調査では、温泉造成用水の投入を止める52号井の清掃中に水投入前の火山ガスを採取し、水投入から約1.5時間後に水投入後の火山ガスを採取した。

火山ガスの採取は小沢の方法²⁾に準じて行った。すなわち、全硫黄 (H₂S+SO₂) 及びHClの分析用として水酸化カリウム (KOH) 溶液による採取を行い、H₂SとSO₂の分別定量用としてよう素酸カリウム-よう化カリウム溶液による採取を行った。

小沢の方法では二穴シリンジを用いて噴気孔等からKOH溶液に直接採取しているが、本調査では52号井からの噴気が強く周囲の大気を巻き込んでしまったため、シリンジを目一杯引いても火山ガスを十分に採取できなかった。そこで、ガス吸収瓶を用い、ポンプ等により吸引してガス採取を行った(図2)。また、水投入後については、温泉造成用水の一部が火山ガスと共に放出されていたため、空の吸収瓶で水分を除去した後のガスを採取した。

採取した試料は、小沢の方法に基づく前処理を行い、HClについてはチオシアン酸水銀(II)法で、その他については重量法で分析した。

3 調査結果

3. 1 H₂S, SO₂及びHClの分析結果

過去に行われた52号井の火山ガスの調査で

は、火山ガスの約1%を今回対象とした3成分が占めていた³⁾ため、それらの合計を1%として、それぞれの構成比を求めた(図3)。52号井では水投入前後のいずれにおいても、2016年7、8月に対し2017年2月は、H₂Sの構成比が大きく、SO₂, HClの構成比が小さくなっていた。

今回の調査では、自然噴気孔から放出される火山ガスの構成比は、52号井の水投入後の構成比とほぼ同じであり、HClはほとんど含まれていなかった。

なお、火山ガスの温度は水投入前が145～152℃、水投入後が95℃、自然噴気孔が123℃であった。

3. 2 温泉造成用水投入効果の検証

温泉造成用水の投入により、52号井から放出される火山ガスの成分がどの程度減少したか検証を行った。ただし、本調査では対象を有害性の高い3成分に絞って採取、分析を行い、総ガス量は測定していないため、3成分の正確な濃度はわからない。そこで、H₂Sの水に対する溶解度は他の2成分に比べ小さい(20℃の水に対する溶解度、H₂S: 2.5, SO₂: 38, HCl: 442 [cm³/cm³])⁴⁾ことから、H₂Sの温泉造成用水への溶解は無視できるものと仮定し、水投入前後における、H₂Sに対するSO₂とHClの割合の変化から、SO₂とHClの減少量を計算した(図4)。調査初期では水投入前後のサンプリングを同一日に行っていないため、7月の平均値と8月の値から減少量を求めた。その結果、52号井への温泉造成用水の投入により、SO₂については最大で80%程度、HClについては99%以上減少していた。

4 考察

火山活動に伴い火山ガスの組成は変化し、火山活動が活発な状態では火山ガス中の SO_2 や HCl の構成比が大きくなり、一方、火山活動が沈静化すると、 H_2S の構成比が大きくなること知られている³⁾。水投入前の火山ガスについて、本調査の期間中に H_2S の構成比が大きくなり、 SO_2 、 HCl は小さくなったことから、火山活動としては沈静化に向けての兆しが見られた。過去の報告³⁾から 52 号井の平常時と思われる構成比 (2005~2008 年の平均値) を推測すると、 $\text{HCl}/(\text{H}_2\text{S}+\text{SO}_2) = 0.05$ 、 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S} = 0.4$ であり $\text{H}_2\text{S} : \text{SO}_2 : \text{HCl} = 68 : 27 : 5$ となる。2017 年 2 月 28 日の水投入前の火山ガス分析結果は $\text{H}_2\text{S} : \text{SO}_2 : \text{HCl} = 52 : 33 : 16$ となり、平常時と思われる構成比と比較すると、依然として SO_2 及び HCl の比率は高く、火山活動は、完全な沈静化には至っていないものと考えられる。

温泉造成による有害ガスの減少効果については、温泉造成用水の投入により HCl はほぼ 100% 除去されており、 SO_2 においても最大で約 80% 減少するなど、効果がみられた。

2015 年の大涌谷の活動以前においては、自然噴気孔から放出される火山ガスにはほとんど SO_2 は含まれておらず、 SO_2 の主要な発生源は蒸気井であった⁵⁾。今回、2015 年の活動で新たに形成された自然噴気孔の測定結果では SO_2 が放出されていることが明らかとなったことから、蒸気井だけではなく、2015 年の活動で新たに形成された火口や噴気孔も SO_2 の発生源になっているものと考えられる。本報では 2016 年度の実施結果のみを記載しているが、2017 年度の調査結果でも引き続き自然噴気孔から SO_2 が検出されている。加えて、多数の火口や噴気孔が新たに形成されていることから、大涌谷園地内においては、温泉造成により一定程度の減少効果はみられるものの、今後も高濃度の SO_2 が観測される可能性があり、観光客などへの安全対策が引き続き必要であると考えられる。

自然噴気孔から放出される火山ガスには HCl はほとんど含まれていなかったが、これは火山ガスが地下のマグマ溜まりから上昇する過程において、地下水への溶解などにより除去されているものと考えられる。また、3 成分の構成比が水投入後の構成比とほぼ同じであったことから、 SO_2 の一部も同様に地下水への溶解などにより除去

されているものと考えられる。

5 まとめ

2015 年の噴火以降、噴気の激しい箱根山大涌谷の 52 号井について、小沢の方法に準じて調査を行ったところ、火山ガス中の 3 成分の構成比が沈静化方向に経時的に変化していると考えられること、また温泉造成用水の投入により 52 号井から放出される火山ガスの一部が減少していることから、温泉造成には一定程度有害ガスの減少に効果があることがわかった。

6 謝辞

本調査に関しまして、箱根町総務防災課及び株式会社箱根温泉供給にご協力いただきましたので、ここに御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 池貝隆宏, 十河孝夫, 代田 寧, 吉田直哉, 菅野重和: 箱根山大涌谷の火山ガス濃度の推移, 神奈川県環境科学センター研究報告, 40, 1-8 (2017)
- 2) 小沢竹二郎: 地球化学におけるガス分析法 (I) - 火山ガス - 分析化学, 17, 395-405 (1968)
- 3) 大場 武, 代田 寧, 澤 毅, 平 徳泰, 攪上勇介: 箱根カルデラ中央火口丘大涌谷地熱地帯における火山ガス組成の時間変化, 神奈川県温泉地学研究所報告, 40, 1-10 (2008)
- 4) 社団法人日本化学会: 気体の溶解度, 化学便覧基礎編 II, 改訂 3 版, 158-166 (1984)
- 5) 大場 武, 澤 毅, 平 徳泰, 大和田道子, 森川徳敏, 風早康平: 箱根カルデラ中央火口丘熱水系における火山性流体の科学的進化, 神奈川県温泉地学研究所報告, 39, 1-42 (2007)