箱根火山大涌谷周辺における 2023（令和 5）年の火山ガス及び温泉の定期調査結果

外山浩太郎・萬年一剛・二宮良太・宮下雄次（神奈川県温泉地学研究所）

はじめに

温泉地学研究所では箱根火山の活動をモニタリングするために、月に１～２回の頻度で大涌谷とその周辺において火山ガスや水試料の化学組成を測定しています。調査地点は図 1 に示されています。本稿では 2023（令和 5）年の測定結果をこれまでのデータとともに報告します。2022（令和 4）年までの結果は、引用されている先行研究（菊川ほか、2018; 菊川ほか、2021; 代田ほか、2021; Mannen et al., 2021; 萬年ほか、2022 など）を参照してください。

大涌谷の 15-2 噴気孔周辺における火山ガス組成

15-2 噴気孔の位置を図 1 に示します。15-2 噴気孔周辺の空気中の二酸化硫黄（SO_2）、硫化水素（H_2S）および塩化水素（HCl）の濃度を長時間用検知管を用いて測定しました。対象としたガス成分について、火山ガス中の SO_2 と HCl はマグマ由来、H_2S は熱水由来と考えられています（例えば、Ohba et al., 2019）。火山活動の活発化に伴い、マグマからのガスの放出量が増加すると、SO_2 や HCl の割合が H_2S に対して増加すると考えられるので、測定値は SO_2/H_2S 濃度比や HCl/H_2S 濃度比で示します。

現地での測定の様子を図 2（A）に示します。測定は 15-2 噴気孔の風下側で、地表から 40 ～ 60 cm の高さで行いました。500 mL ポリビンの外側に長時間用検知管を取り付けて露出した状態での測定のほか、ポリビンの内側にも約 100 g のシリカゲルと検知管を入れて測定しました（図 2（B））。両測定を区別するために、ここでは前者を「Outer」、後者を「Inner」と呼ぶことにします。使用した長時間用検知管（株式会社ガステック製、商品名：パッシブ・ドジチューブ）の型番は、SO_2 が No. 5D、HCl が No. 14D、H_2S が No. 4D です。

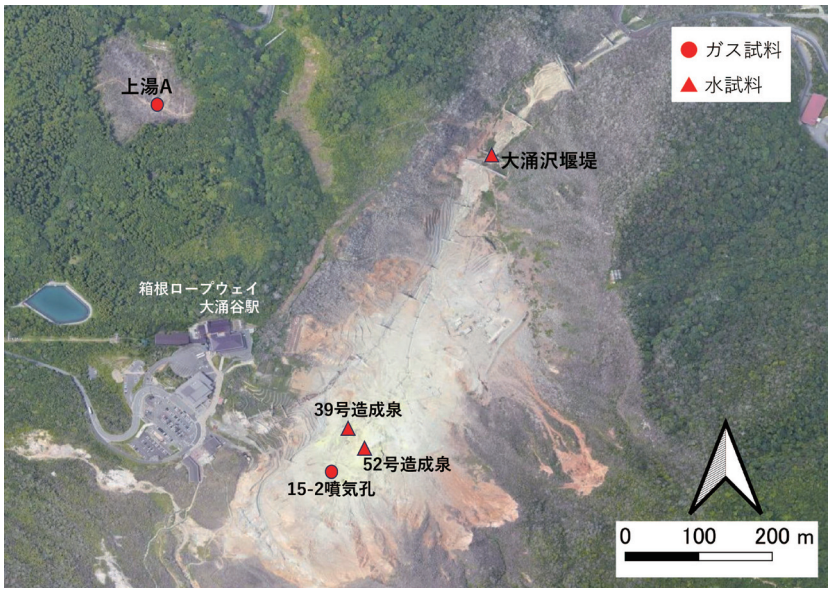

図 1　調査地点（背景地図は Google Maps を使用しました）。

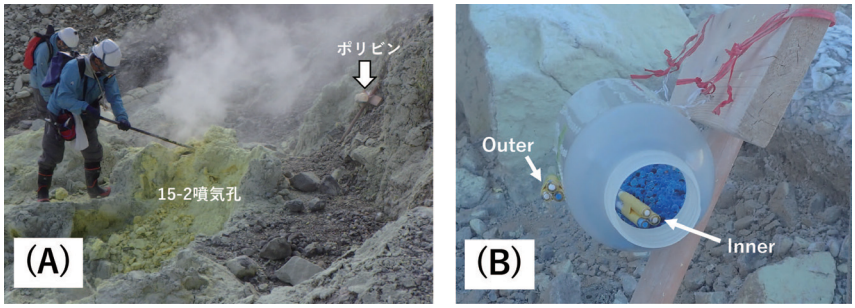

図 2　（A）15-2 噴気孔周辺における火山ガス測定の様子（2023（令和 5）年 9 月 26 日撮影）（B）測定中の検知管をセットしたポリビン（2021（令和 3）年 2 月 18 日撮影）。

（A）に示すように、噴気孔の風下側で地面からの高さ 40 ～ 60 cm のところに、長時間用検知管とそれが入った 1 L ポリビンを設置しました。設置の際、ポリビンは棒で固定しました。（B）に示すように、ポリビンの外側に取り付けた長時間用検知管を「Outer」、ポリビンの内側にシリカゲルと共に入れた検知管を「Inner」としました。

2023（令和 5）年末までの測定結果を図 3 に示します。「Outer」の SO_2/H_2S 濃度比は、2019（令和元）年の気象庁による噴火警戒レベル 2 発表前後に顕著な上昇が見られ、最大で 3.0（2019（令和元）年 6 月 26 日）に達しましたが、その後徐々に減少し 2022（令和 4）年 12 月 19 日には 0.62 でした。同様の傾向は「Inner」の SO_2/H_2S 濃度比でも見られており、2019（令和元）年 6 月 26 日に 3.0 に達した後減少し、2022（令和 4）年 12 月 19 日には 0.33 でした。このような変化は、火山活動活発化を反映していると考えられています（萬年ほか、2020; Mannen et al., 2021）。2023（令和 5）年は、「Outer」では、1 月 12 日から 4 月 27 日にかけて、SO_2/H_2S 濃度比は 0.28 から 0.42 と低い値で推移していましたが、2023（令和 5）年 5 月 4 日に 3.0 まで急上昇し、それ以降は 1.0 から 3.5 の間で変動しました。「Inner」の SO_2/H_2S 濃度比も、「Outer」よりも値はやや低いものの、5 月 4 日に 2.0 まで急上昇しました。それ以降は、若干の例外を除いて 1.0 から 3.0 の間で変動しました。

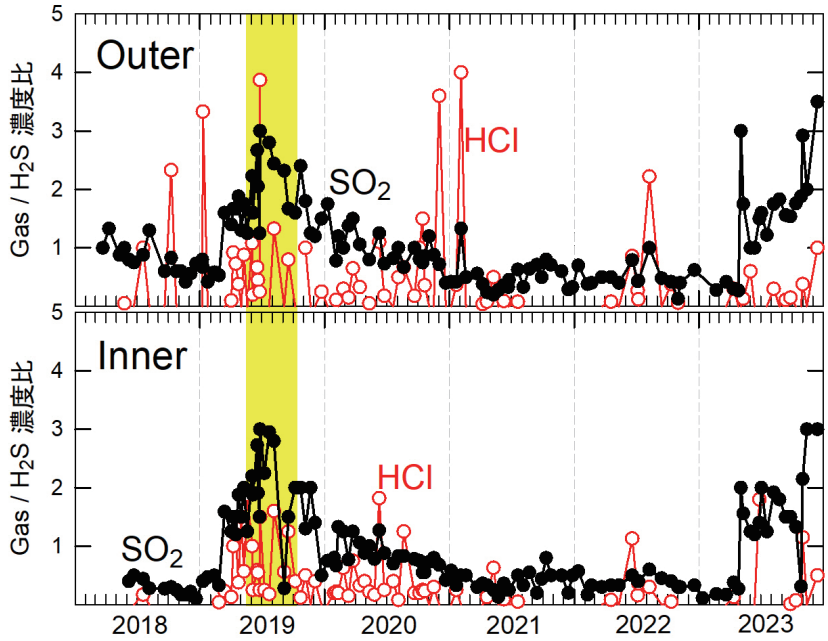

図 3　大涌谷における 15-2 噴気孔周辺の空気の SO_2/H_2S 濃度比および HCl/H_2S 濃度比。
Outer と Inner の説明は、本文および図 2（B）を参照してください。黄色ハッチは、気象庁の噴火警戒レベルが 2 だった期間を示します。2018（平成 30）年 3 月から 2022（令和 4）年 9 月までのデータは萬年ほか（2022）より引用しました。

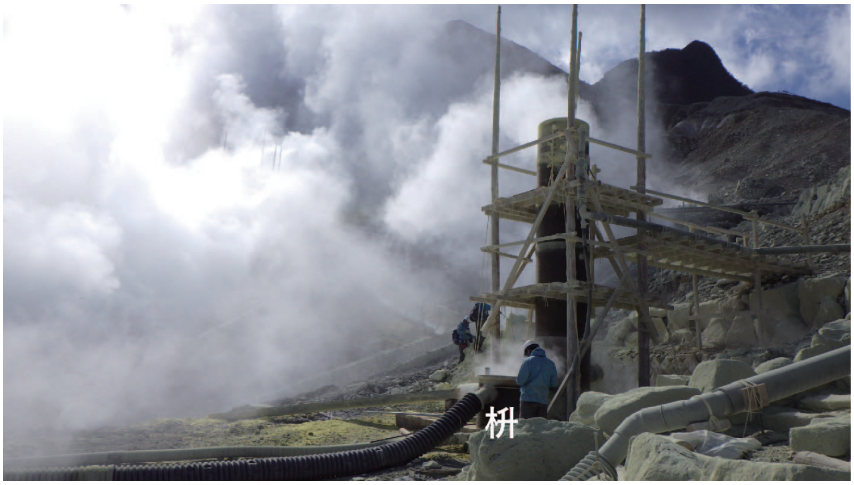

図 4　39 号造成泉の採取の様子（2023（令和 5）年 10 月 12 日撮影）
蒸気造成温泉の採水は造成塔の横にある枡で行っています。

大涌谷の蒸気造成泉および沢水の化学組成

採水地点は、39 号造成泉、52 号造成泉および大涌沢堰堤です（図 1）。39 号造成泉と 52 号造成泉は、それぞれ大涌谷第 39 号蒸気井（深度 413m）と大涌谷第 52 号蒸気井（深度 500m）で造成された蒸気造成温泉で、採水は造成塔に隣接する枡で行いました（図 4）。大涌沢堰堤では、大涌谷の噴気地帯を源流とする大涌沢の水を採取しました。これらの水試料は実験室に持ち帰り、塩化物イオン濃度（Cl^-）と硫酸イオン濃度（SO_4^{2-}）をイオンクロマトグラフ法によって測定しました（菊川ほか、2018）。

2023（令和 5）年までの Cl^- 濃度と SO_4^{2-} 濃度、および Cl/SO_4 濃度比を図 5 に示します。2015（平成 27）年や 2019（令和元）年の結果を見ると、Cl 濃度や Cl/SO_4 濃度比は火山活動が活発化した際に顕著な増加を示し、その後減少に転じています（Mannen et al., 2021; 菊川ほか、2021）。2023（令和 5）年の結果について、1 月 12 日から 4 月 27 日にかけて、39 号造成泉の Cl/SO_4 濃度比は、2.8 から 6.7 の範囲内で変動していましたが、5 月 11 日に 11.4 へやや上昇して以降、

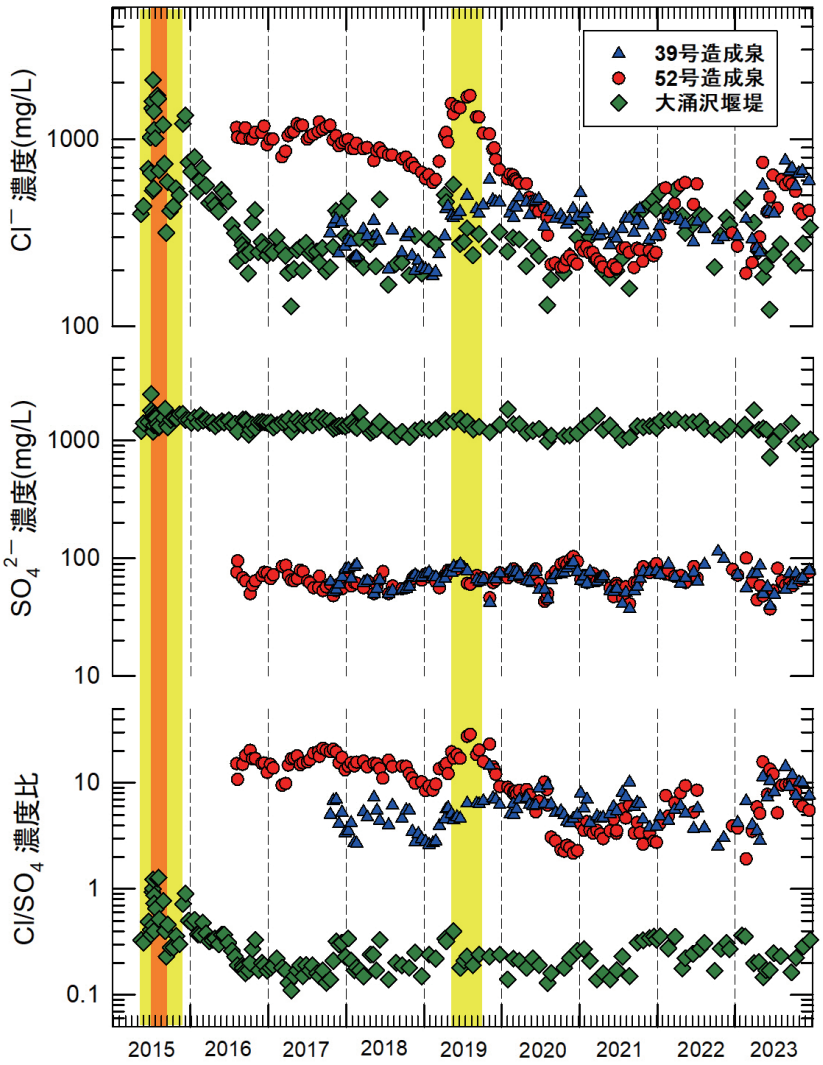

図５　蒸気造成泉と大涌沢河川水の Cl^- 濃度、SO_4^{2-} 濃度および Cl/SO_4 濃度比。黄色ハッチは気象庁の噴火警戒レベルが 2、オレンジ色ハッチは 3 だった期間を示します。図中の 2015（平成 27）年 5 月から 2017（平成 29）年 12 月と 2018（平成 30）年 1 月から 2020（令和 2）年 12 月のデータは、それぞれ菊川ほか（2018）と菊川ほか（2021）より引用しました。

8 月 27 日まではほぼ横ばいでしたが、その後減少に転じ 12 月 14 日には 7.6 でした。同様の傾向は 52 号造成泉の Cl/SO_4 濃度比でも見られており、1 月 12 日から 4 月 27 日にかけて 1.9 から 5.9 の範囲内で変動していましたが、5 月 11 日に 15.7 へと上昇した後減少に転じ、12 月 14 日には 5.5 を示しました。一方、大涌沢堰堤の Cl/SO_4 濃度比は、2 月 2 日から 12 月 19 日にかけて、0.15 から 0.36 の範囲で小さく変動していましたが、5 月以降に顕著な上昇は認められません。大涌沢堰堤の傾向は前述した造成泉のものと異なっているようにみえますが（図 5）、この原因を明らかにするためには降雨などの影響を考慮する必要があります。

上湯 A での火山ガス組成

上湯 A の位置を図 1 に示します。当所では 2012（平成 24）年より検知管を用いて火山ガス中の二酸化炭素（CO_2）と硫化水素（H_2S）の濃度を測定しています。ここで、CO_2 は主にマグマ由来、H_2S は熱水由来とされており、火山活動の活発化によりマグマ性ガスの寄与が増加すると、CO_2 /H_2S 濃度比が上昇するものと考えられています（例えば、Ohba et al., 2019; 代田ほか、2021）。

現地での測定の様子を図 6 に示します。測定手法について、ゴムチューブと接続したチタン製パイプを噴気孔に差し込み、石や土などでパイプを固定すると共に大気が混入しないようし、シリンジで吸引することにより噴気を採取しました。この際、シリンジとロートの間に氷水で冷却したトラップ管を挿入して水分を凝縮・除去した後、シリンジ中の CO_2 と H_2S の濃度を検知管により測定しました。使用した検知管の型番は、CO_2 は株式会社ガステック製の 2HT で、H_2S は同社製の 4HH でした。

気象庁の噴火警戒レベルが引き上げられた 2015（平成 27）年や 2019（令和元）年には、上湯 A の CO_2/H_2S 濃度比も大きく上昇しており、この変化は火山活動を反映していると考えられています（代田ほか、2021; Mannen et al., 2021）。2023（令和 5）年に得られた CO_2/H_2S 濃度比の経時変化を、先行研究の結果と共に図 7 に示しています。2019（令和元）年の火山活動時に最大で 39.0 に達した CO_2/H_2S 比は、その後減少傾向を示し、2022（令和 4）年 12 月 22 日には 24 でした。2023（令和 5）年の CO_2/H_2S 濃度比は、1 月 24 日から 5 月 12 日にかけて、23.8 から 26.8 でほぼ横ばいの状態でしたが、6 月 7 日に 40.0 へと急上昇しました。その後、6 月 30 日に 32.6 へと一時的に減少したものの、上昇に転じ 10 月 5 日に 51.8 に達した後、12 月 19 日にかけて 43.7 へやや減少しました。

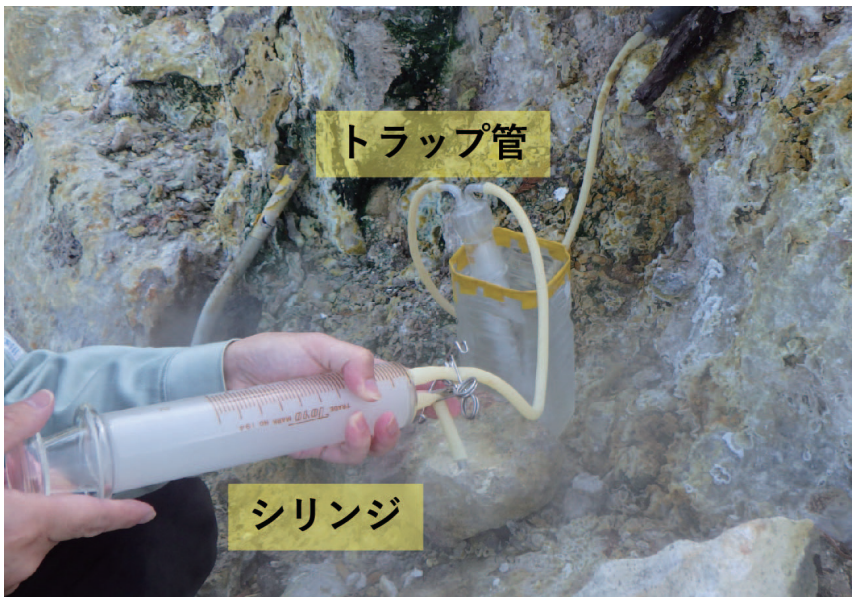

図６　上湯 A におけるガス採取の様子（2023（令和 5）年 11 月 16 日撮影）

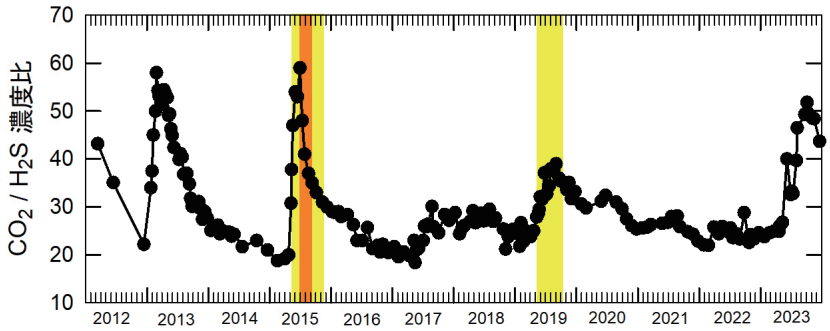

図７　上湯 A における噴気の CO_2/H_2S 濃度比。

黄色ハッチは気象庁の噴火警戒レベルが 2、オレンジ色ハッチは 3 だった期間を示します。2012（平成 24）年 3 月から 2019（令和元）年 12 月までのデータは代田ほか（2021）より引用しました。

まとめ

2023（令和 5）年 1 月から 12 月に行った大涌谷とその周辺での火山ガスや水試料の化学組成の測定結果を示しました。噴火警戒レベル 2 が発令された 2019（令和元）年の火山活動の後 2023（令和 5）年 4 月にかけて、15-2 噴気孔付近で測定した SO_2/H_2S 濃度比や上湯 A での CO_2/H_2S 濃度比は徐々に減少し、下げ止まりのような状態でした。しかしながら、2023（令和 5）年 5 月 4 日に 15-2 噴気孔周辺の SO_2/H_2S 濃度比が急上昇したことをはじめ、上湯 A の CO_2/H_2S 濃度比も 6 月から 10 月にかけて上昇しました。2023（令和 5）年 5 月以降の変化は、火山活動を反映している可能性があるので、定期調査を継続し今後の変化を注視したいと思います。

参考文献

代田　寧・大場　武・谷口無我・十河孝夫・原田昌武（2019）箱根火山大涌谷北側斜面で 2017 年に観測された噴気組成（C/S 比）の変動．神奈川県温泉地学研究所報告　51，37-44.

代田寧・大場武・谷口無我・十河孝夫・原田 昌武（2021）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(6)，783-796.

菊川城司・萬年一剛・本間直樹（2018）大涌谷における湧出水、温泉水等のモニタリング結果（2015 ～ 2017 年），神奈川県温泉地学研究所報告　50，69-93.

菊川城司・萬年一剛・宮下雄次（2021）大涌谷における湧出水、温泉水等のモニタリング結果（2018 ～ 2020 年），神奈川県温泉地学研究所報告　53，83-120.

萬年一剛・菊川城司・宮下雄次・加藤照之（2020）箱根火山 2015 年噴火後の大涌谷噴気地帯と噴気温度の変化（その 2），神奈川県温泉地学研究所報告　52, 1-14.

萬年一剛・宮下雄次・二宮良太・外山浩太郎（2022）箱根火山 2015 年噴火後の大涌谷噴気地帯と噴気温度の変化（その 3：2020 ～ 2022），神奈川県温泉地学研究所報告　54，1-17.

Mannen, K., Abe, Y., Daita, Y., Doke, R., Harada, M., Kikugawa, G., Honma, N., Miyashita, Y. and Yukutake, Y. (2021) Volcanic unrest at Hakone volcano after the 2015 phreatic eruption: Reactivation of a ruptured hydrothermal system? Earth, Planets and Space, 73, 80.

Ohba, T, Yaguchi, M, Nishino, K, Numanami, N, Daita, Y, Sukigara, C, Ito, M, Tsunogai U (2019) 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.