

東海大学火山観測報告書： 霧島山えびの高原硫黄山の噴気について(2016・2・14)

東海大学・理学部・化学科 大場武, 谷口無我

序

気象庁の観測によると霧島山えびの高原硫黄山では2014年初頭から火山性地震の回数が増加し、2015年7月には火山性微動が観測され、2015年12月15日には硫黄山山頂火口内の南西側で弱い噴気の出現が確認された [1]。これらの観測結果は硫黄山の火山活動が活発化しつつあることを示し、噴気の化学組成や安定同位体比にも変化が予測される。一般に噴気にはマグマ起源の成分が含まれ、その組成は火山活動の盛衰に応じて変化する。今回の火山活動の推移を予測することを目的とし、2015年12月22日に噴気の現地調査を行った。

試料の採取・分析

火山ガスの採取は図1に示す噴気孔で行った。噴気孔の位置は、北緯31度56分48.3秒、東経130度51分10.5秒であった。採取地点の様子を図2に示す。噴気を採取するために、金属チタン管を噴気孔に差し込み、管と孔の隙間を砂などで注意深く塞いだ。これは空気の混入を防ぐための措置である。次にチタン管にゴム管を接続し、ゴム管の出口を真空ガラス瓶のコックに接続した。真空ガラス瓶にはあらかじめ5M KOH水溶液20mlを封入しておいた。コックを慎重に開けることにより火山ガスをKOH水溶液に吸収させた。これとは別に、噴気のSO₂/H₂S比を決定するために、現場でKIO₃-KI溶液と噴気を反応させた。安定同位体比の測定のために噴気を水冷したガラス二重管に通し、凝縮水を採取した。噴気の化学分析は小沢の方法[2]に従った。

結果

表1に化学組成およびH₂Oの安定同位体比を示す。噴気の温度は水の沸点に近く、HCl濃度は検出限界以下であった。火山活動の良い指標とされるSO₂/H₂S比は、0.027と低く、1994年に採取した噴気[3]と大差がない。図3に採取した噴気のH₂O-CO₂-S三成分比(黒丸)を示す。ここで、SはSO₂とH₂Sの合計を指す。比較のために、1991年と1994年に硫黄山、新燃岳、御鉢で採取した噴気の数値もプロットした。1991年と1994年の硫黄山の成分比に対し、2015年の成分比はCO₂が増加している。図4に噴気に含まれるH₂Oの安定同位体比を示す。今回採取した噴気の数値は、1991、1994年に採取したどの噴気よりも安定同位体比が低い。図5に噴気の微量成分であるN₂, Ar, Heの三成分比を示す。今回採取した噴気は1991、1994年に採取した噴気に比べてHeが多い傾向が見られる。

考察

噴気の硫黄成分であるSO₂とH₂Sは以下の反応について平衡に達している場合が多い。



式1の反応は温度に影響され、高温になると平衡状態は左に移動する。つまり、SO₂/H₂S比が上昇する。火山活動が活発化すると噴気のSO₂/H₂S比は上昇する場合がある [4]。2015年12月に採取した噴気のSO₂/H₂S比は低い値であることから、熱水系浅部の温度が上昇している可能性は低いと考えられる。

今回採取した噴気は安定同位体比が特に低く(図4)、凝縮の効果を受けているかもしれない。今回

の噴気は、これまで噴気の放出が停止していた変質地帯で出現している。火山ガスの流れが一度途絶えると、ガスの通路は冷却する。そこに再びガスが通るとガスが冷やされ、水蒸気が部分的に凝縮する可能性は高い。仮に水蒸気が凝縮する以前の同位体比を推定すると、図 4 で元の水蒸気は点線上に位置する。ここで凝縮は 100°C で起きると仮定した。ある水蒸気が部分的に凝縮し 70% が失われ、残りの 30% が今回採取した噴気に相当する場合を考える。この時、凝縮前の水蒸気同位体比は点線上の「0.3」の場所にプロットされる。この同位体比は 1994 年に採取した硫黄山の噴気同位体比に近い。次に、失われた H₂O を今回採取した噴気に付加し、元の H₂O-CO₂-S 三成分比(○と十字を組み合わせた記号)を復元し図 3 に示した。この計算で凝縮による水蒸気の損失は 70% とした。復元された三成分比は 1991 年に硫黄山で採取した噴気の成分比に近い。

N₂-Ar-He 三成分比に関し、1991、1994 年に硫黄山、新燃岳、御鉢で採取した噴気は、安山岩質マグマに特有な端成分と空気起源成分の混合線状に分布する(図 5)。これに対し今回採取した噴気はこの混合線から外れ He に富む傾向が見られる。Kita らは南西日本の火山、例えば、雲仙普賢岳では He に富む端成分が存在していることを報告している[5]。硫黄山でこれまでと性質の異なるマグマが脱ガスしているか？あるいは火山ガスが地殻を上昇する過程で何らかの変化が N₂-Ar-He 三成分比に起きたのか？測定データが僅か一点なので、今後観測を繰り返し、He が多い傾向が真実なのか確かめたい。

結論

硫黄山で 2015 年 12 月に採取した噴気には水蒸気が部分的に凝縮した特徴が見られ、凝縮前の主成分組成は 1991 年に硫黄山で採取された噴気の組成に近いと考えられる。噴気には SO₂ が乏しく、2015 年 12 月時点で、地殻浅部の温度が上昇している可能性は低い。

謝辞

本研究実施のために、科研費「火山ガス観測により活火山ポテンシャル診断」(15K12485)を使用しました。気象庁地震火山部小久保一哉氏および福岡管区気象台は安全確保のために調査実施中に硫黄山の地震活動をモニタリングして下さいました。ここに記して感謝します。

文献

- [1] 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺)の火山活動解説資料(平成 27 年 12 月 15 日)
- [2] 小沢竹二郎(1968)地球化学におけるガス分析法(I)。分析化学, 17, 395-405.
- [3] Ohba, T., Nogami, K., Hirabayashi, J. (1997) Hydrothermal system of the Kirishima volcanic area inferred from the chemical and isotopic composition of spring waters and fumarolic gases. Bull.Volcanol.Soc.Japan, 42, 1-15.
- [4] Ossaka, J., Ozawa, T., Nomura, T., Ossaka, T., Hirabayashi, J., Takaesu, A., Hayashi, T. (1980) Variation of chemical compositions in volcanic gases and waters at Kusatsu-Shirane volcano and its activity in 1976. Bull. Volcanol., 43, 207-216.
- [5] Kita, I., Nitta, K., Nagao, K., Taguchi, S., Koga, A. (1993) Difference in N₂/Ar ratio of magmatic gases from northeast and southwest Japan: New evidence for different states of plate subduction. Geology, 21, 391-394.

表 1. 硫黄山で採取した噴気の化学組成および安定同位体比

Location	Code	Date yy/mm/dd	Temp °C	Main component					
				H2O %	CO2 %	H2S %	SO2 %	R-gas %	
硫黄山	f12	2015/12/22	97.2	98.4	1.42	0.0977	0.00268	0.0333	
				R-gas					
				He	H2	O2	N2	CH4	Ar
				%	%	%	%	%	%
				0.063	0.520	0.044	98.5	0.120	0.796

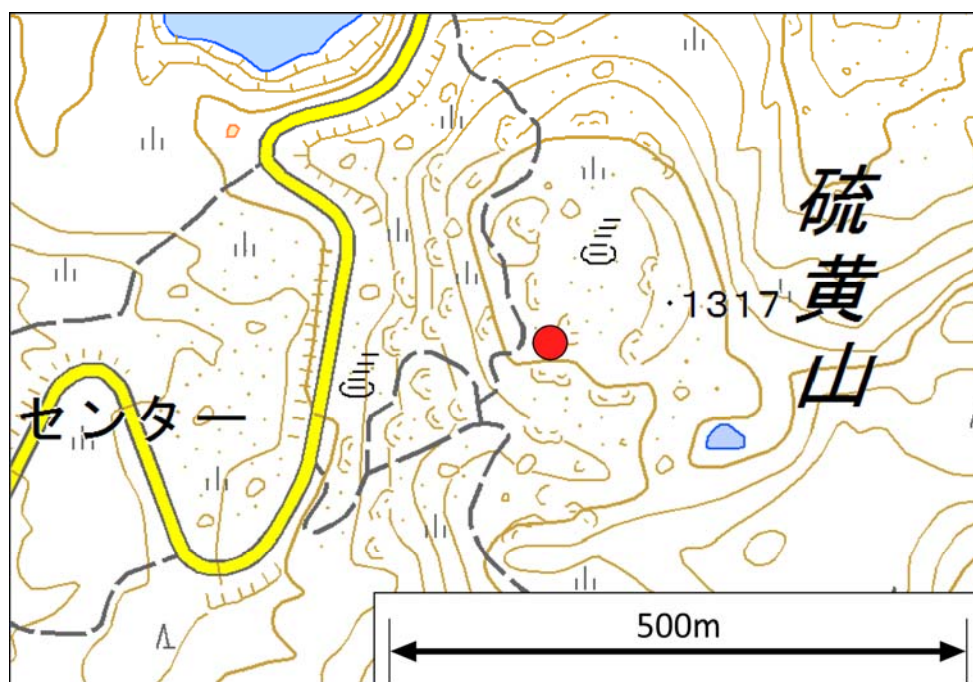


図 1. 試料を採取した噴気孔の位置(赤丸). 2015年12月22日において、赤丸以外の場所に噴気は視認できなかった。



図 2. 噴気孔と採取の様子(2015年12月22日)

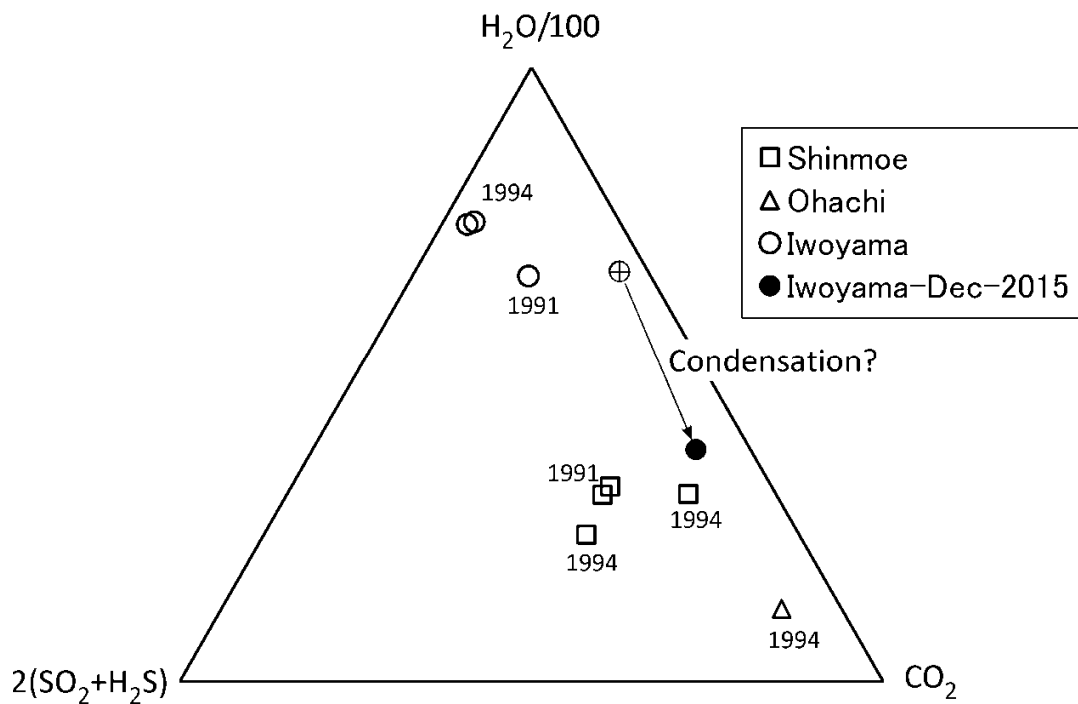


図 3. 霧島山噴気の $H_2O-CO_2-S(SO_2+H_2S)$ 三成分比. ○と+を組み合わせた記号は Iwoyama-Dec-2015 が水蒸気の部分的な凝縮を受ける前の仮想的な組成を示す.

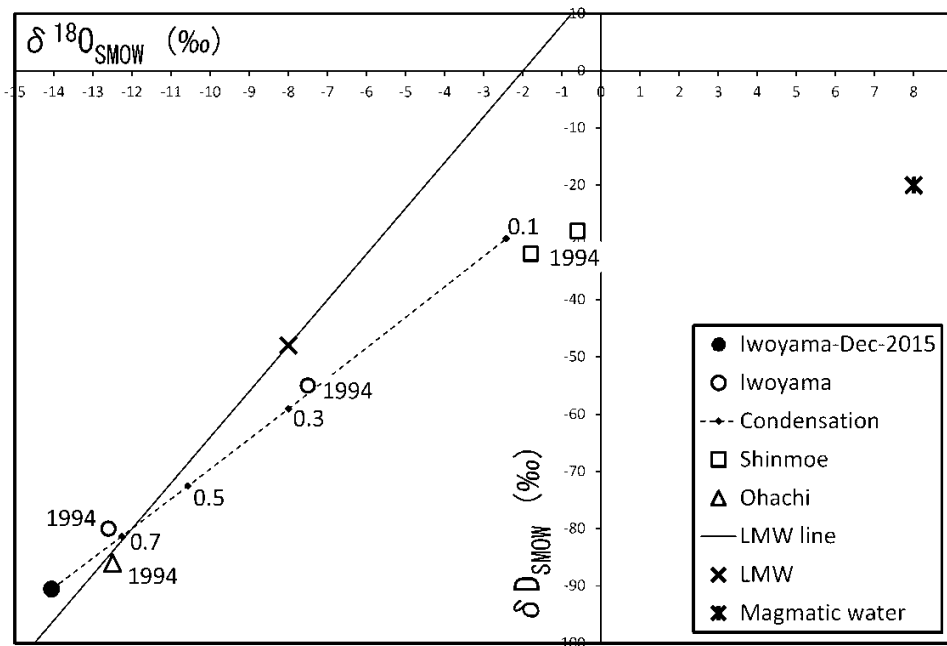


図4. 噴気に含まれるH₂Oの安定同位体比. 点線は凝縮に伴う同位体比の変化を示す. 例えば、「0.3」の場所に位置する水蒸気の70%が凝縮し、30%の水蒸気が残った場合、蒸気の組成はIwoyama-Dec-2015(黒丸)になる. 実線は天水線(δD=8δ¹⁸O+16).

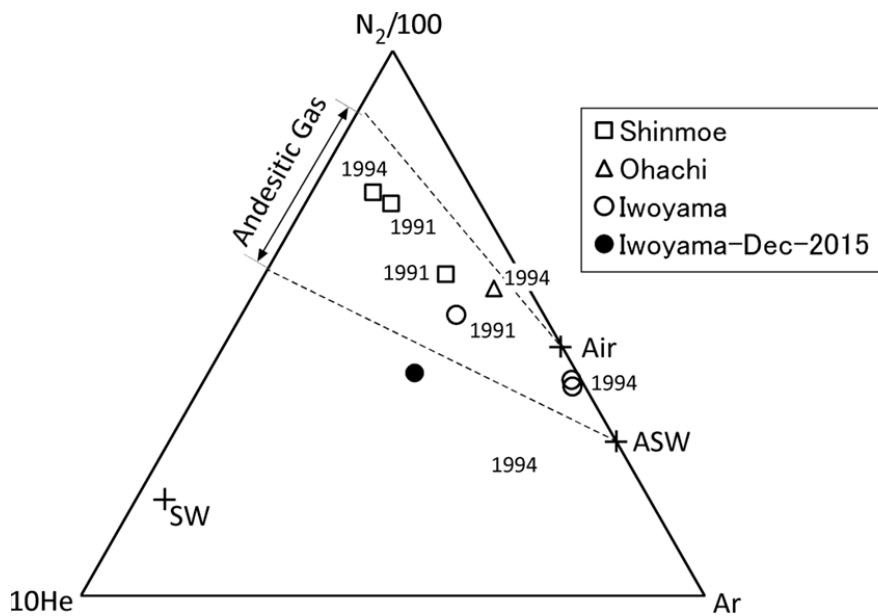


図5. 霧島山噴気のN₂-Ar-He三成分比. Andesitic Gasは島弧の安山岩質マグマに固有な端成分. ASWは空気に飽和した水に溶存する成分. SWはKita et al (1993)が提唱した南西日本の火山に見られるHeに富む端成分.