

東海大学火山観測報告書： 2016年2月24日にえびの高原硫黄山で採取した噴気について

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。火山活動の推移を把握することを目的とし、2015年12月22日に引き続き、2016年2月24日に噴気の現地調査を行った。

試料の採取・分析

図1に示す二つの噴気孔 a, b で噴気の採取を行った。噴気孔 a は2015年12月に出現した噴気孔と同一である。採取地点の様子を図2a, 2bに示す。噴気孔 a から放出される噴気の勢いは12月に比較して強くなり、放出量も増えていた。噴気孔 a の動画は以下の URL で視聴できる。

<https://www.youtube.com/watch?v=IjJEG-0eqhE>

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、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cockに接続した。真空ガラス瓶にはあらかじめ5M KOH水溶液20mlを封入し脱気した。cockを慎重に開け火山ガスを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に噴気の化学組成および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濃度は噴気孔 a, b について、12月と同様に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、噴気孔 a に関し、12月の0.027から0.099に上昇した。同様に火山活動の活発化に対応するH₂濃度は、R-gas中の濃度において、0.5から2.9%に大きく上昇した。

図3に採取した噴気のH₂O-CO₂-S三成分比を示す。噴気 a の成分比は12月の成分比に近い。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 a 値は、12月の値に比べて大きく上昇し、1994年に採取した噴気 a の値を越えた。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 a, b は12月の噴気 a と同様に1991, 1994年に採取した噴気 a に比べてHeとN₂が多い。

考察

噴気の源である熱水系の温度の目安として、見かけ平衡温度(AET: Apparent Equilibrium Temperature)がある。見かけ平衡温度は、以下の反応が火山ガス内で成立し、ガスの全圧は飽和水蒸気圧に等しい、と仮定し計算される [5]。



2015年12月と今回採取した噴気組成について見かけ平衡温度を計算し表2に示す。12月の234°C

に対し、噴気 a, b はそれぞれ 317, 302°C と高温化の傾向が見られる。

今回採取した噴気 a の安定同位体比は 12 月の値に比べ、大きく上昇した(図 4)。この変化の原因は、12 月の噴気が強い凝縮を受け同位体比が低かったためと考えられる。今回の噴気 a の値は 1994 年に採取した噴気の値に近く、火山ガスの通路は 12 月から 2 月にかけて温められ、2 月 24 日の段階で凝縮の効果はほとんど無くなったと考えられる。

今回採取した噴気 a, b の H₂O-CO₂-S 三成分比は 1991, 1994 年の値に比較し、著しく CO₂ に富んでいる(図 3)。1994 年の噴気を形成していたマグマと現在のマグマでは何らかの条件が変化した可能性がある。

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 2015 年 12 月に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た。この傾向は今回採取した噴気 a, b でも同様であり、He に富むことは真実だと確認された。硫黄山では 1994 年当時の噴気の源であったマグマと現在のマグマの間には何らかの相違があると考えられる。

結論

2015 年 12 月に採取した噴気と 2016 年 2 月 24 日に採取した噴気を比較した結果、12 月の噴気に見られた水蒸気凝縮の効果は消滅した。硫黄成分を用いた見かけ平衡温度を計算した結果、熱水系に高温化の傾向がみられた。今回採取した噴気は 1994 年に硫黄山で採取された噴気の組成に比べ、CO₂ と He に富む傾向がある。噴気の源であるマグマについて、1994 年と 2015 年では何らかの相違があると考えられる。

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., et al. (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] Ohsaka, J., et al. (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] Ohba, T., et al. (2010) Magmatic fluids of Tatun volcanic group, Taiwan. Applied Geochemistry 25, 513-523
- [6] Kita, I., et al. (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 | Date | Temp °C | H2O % | CO2 % | H2S % | SO2 % | R-gas % | R-gas | | | | | δD_{SMOW} ‰ | $\delta^{18}O_{SMOW}$ ‰ | |
|----------|------------|------------|----------|----------|----------|----------|------------|---------|---------|---------|---------|----------|------------------------|----------------------------|---------|
| | | | | | | | | He % | H2 % | O2 % | N2 % | CH4 % | | | Ar % |
| 硫黄山-a | 2015/12/22 | 97.2 | 98.4 | 1.42 | 0.0977 | 0.00268 | 0.0333 | 0.0627 | 0.52 | 0.0436 | 98.5 | 0.120 | 0.796 | -90.6 | -14.1 |
| 硫黄山-a | 2016/2/24 | 97.2 | 98.2 | 1.65 | 0.0852 | 0.00847 | 0.0259 | 0.0896 | 2.86 | 0.0351 | 96.5 | 0.082 | 0.421 | -51.7 | -6.3 |
| 硫黄山-b | 2016/2/24 | 96.2 | 98.3 | 1.58 | 0.0885 | 0.00425 | 0.0284 | 0.0763 | 2.48 | 0.0546 | 96.8 | 0.064 | 0.558 | -77.8 | -11.9 |

表 2. 見かけ平衡温度(AET)

| Location | Date | Temp °C | AET °C |
|----------|------------|------------|-----------|
| 硫黄山-a | 2015/12/22 | 97.2 | 234 |
| 硫黄山-a | 2016/2/24 | 97.2 | 317 |
| 硫黄山-b | 2016/2/24 | 96.2 | 302 |

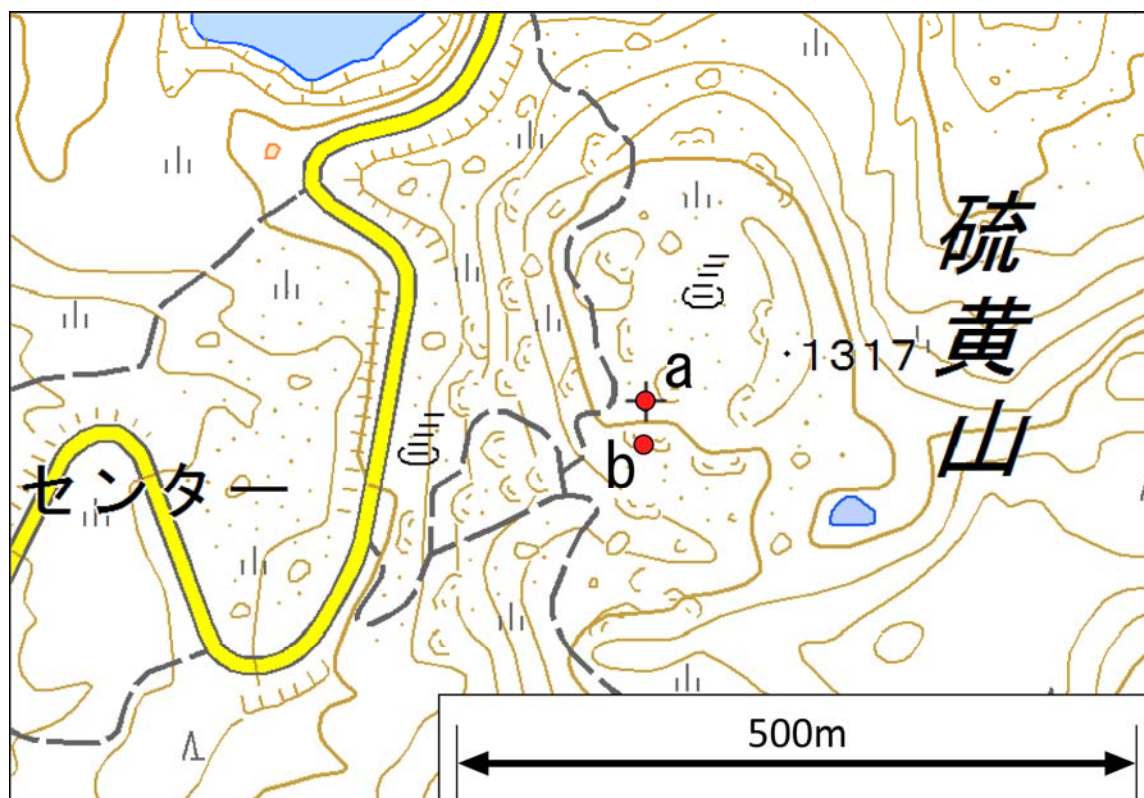


図 1. 試料を採取した噴気孔の位置(赤丸). aは2015年12月22日に採取した噴気と同一の孔. bは崖の下に位置する噴気で, 2015年12月22日には存在していなかった.



図 2a. 噴気孔(a)と採取の様子(2016年2月24日)



図 2b. 噴気孔(b)と採取の様子(2016年2月24日)

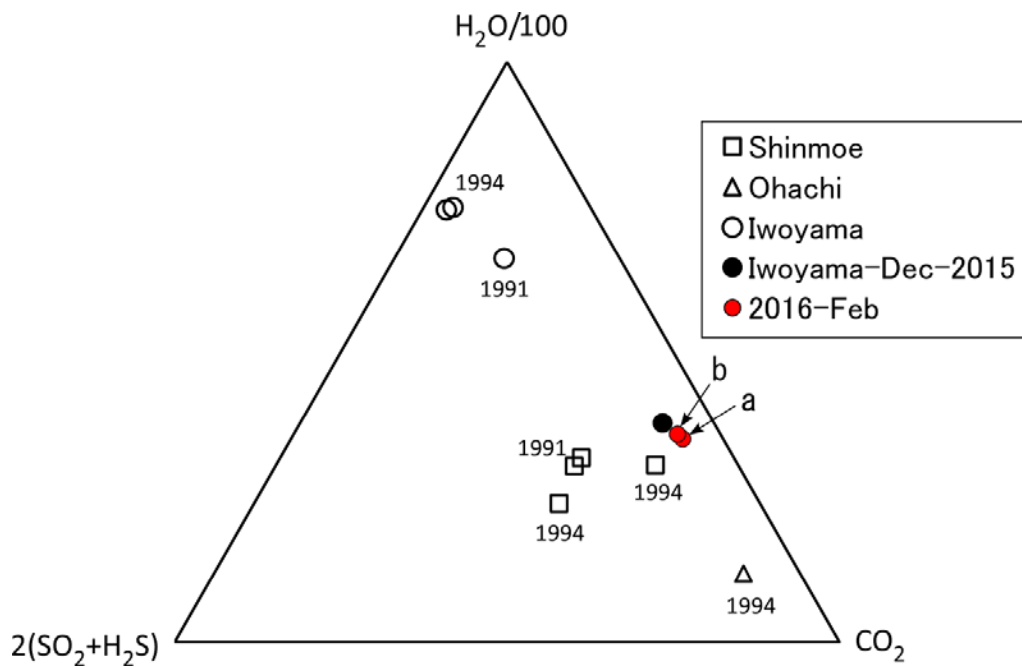


図 3. 霧島山噴気の $H_2O-CO_2-S(SO_2+H_2S)$ 三成分比.

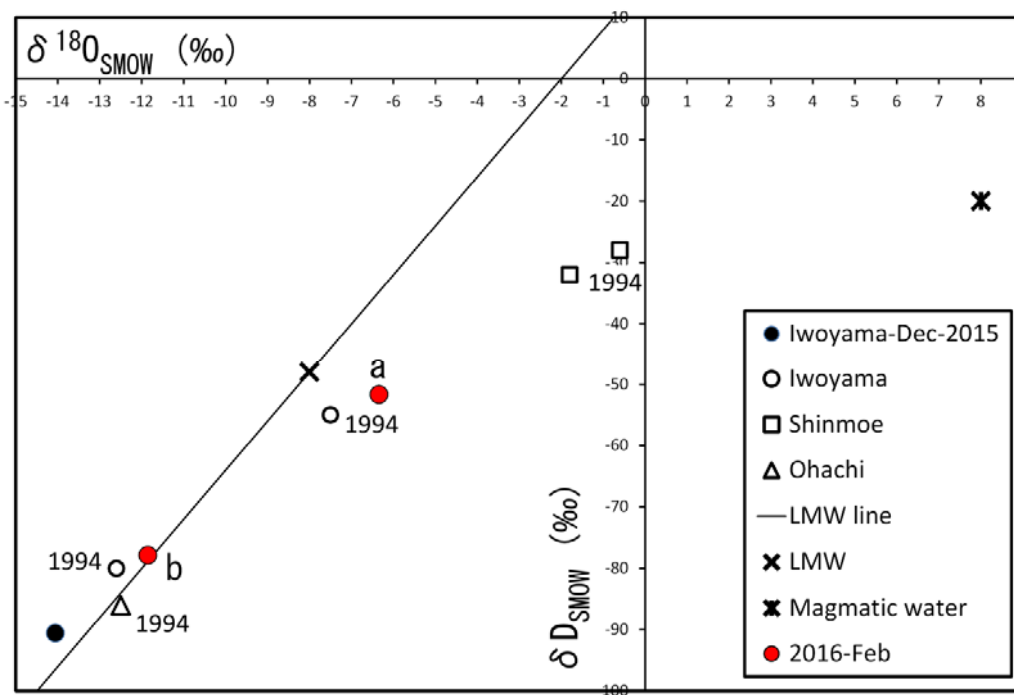


図 4. 噴気に含まれる H_2O の安定同位体比.

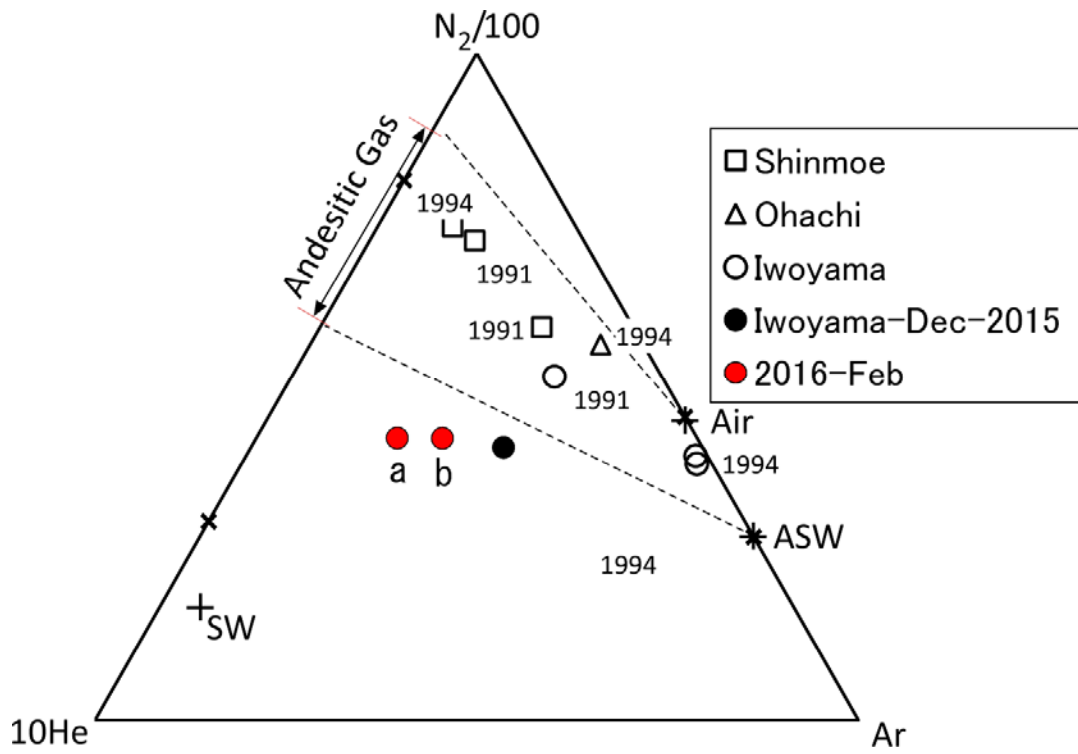


図 5. 霧島山噴気の N_2 -Ar-He 三成分比. Andesitic Gas は島弧の安山岩質マグマに固有な端成分. ASW は空気に飽和した水に溶存する成分. SW は Kita et al [6] が提唱した南西日本の火山に見られる He に富む端成分.