

霧島えびの高原硫黄山に出現した噴気の化学組成・安定同位体比*

Chemical composition and stable isotope ratio of the fumarolic gases emerged at Iwoyama volcano of Ebino-kougen, Kirishima, Japan

東海大学・理学部
School of Science, Tokai University

1. 概要

2015 年 12 月から 2016 年 5 月にかけて、霧島えびの高原硫黄山において、噴気を三回、直接採取し、化学組成と安定同位体比を求めた。観測期間を通じ、一貫して噴気に含まれるマグマ起源成分は増加し、熱水系成分が減少する傾向が続いている。反応、 $\text{SO}_2 + 3\text{H}_2 = \text{H}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ の見かけ平衡温度 (AET) は、2015 年 12 月から 2016 年 2 月にかけて上昇したが、2016 年 5 月に低下した。総合的に判断すると、マグマ起源成分の熱水系成分に対する比率は増加しているが、地下浅部の火山ガス温度は低下しており、火山活動が直ちに活発化する傾向は見られない。

2. 噴気の採取・分析

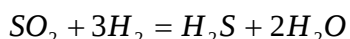
噴気の採取を、第 1 図に示す噴気孔 a と b で行った。噴気孔 a の動画は以下の URL で視聴できる。

<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、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 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比を決定するために、現場で $\text{KIO}_3\text{-KI}$ 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 (1968) に従った。

3. 結果

第 1 表に噴気の化学組成および H_2O 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 a, b について、検出限界以下であった。第 2, 3, 4, 5 図に、それぞれ、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比、 CH_4/CO_2 比、 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比、AET の時間変化を示す。AET は以下の化学反応、



第 1 式

が飽和水蒸気圧下で見かけ上、平衡に到達する温度である。第 6 図に噴気に含まれる水蒸気の安定同位体組成を示す。

* 2016 年 8 月 28 日受付

4. 考察

CO₂ と CH₄ はそれぞれマグマ起源成分，熱水系成分を代表する化学種であり，第 2 図に示される CO₂/H₂O 比の増加傾向と，第 3 図に示される CH₄/CO₂ 比の低下傾向は，噴気に含まれるマグマ起源成分の比率が一貫して増加しつつあり，噴気が出現する以前に存在していた熱水系成分が排除される過程が継続していると考えられる．一般に，火山活動の良い指標とされる SO₂/H₂S 比は，2015 年 12 月から 2016 年 2 月にかけて噴気 a で増加したが，2016 年 5 月に低下した．SO₂/H₂S 比の低下は噴気 b でも同様に見られる．AET の変動は SO₂/H₂S 比の変動と類似しており，噴気 a で 2016 年 2 月に上昇したが，2016 年 5 月に低下した．

噴気に含まれる水蒸気の同位体比は，2015 年 12 月に採取した際に，低い値を示した（第 6 図）．その後，同位体比は上昇し，1994 年に硫黄山で採取した噴気（Ohba et al., 1997）と同様な値に近づいた（第 6 図）．2015 年 12 月の時点で，火山ガスの通路が冷たく，水蒸気の一部が凝縮していたために，地表に現れた噴気同位体比が低かったと判断される．2016 年 5 月の噴気 a の同位体比は，1994 年当時の噴気の値に近く，局地天水（第 6 図の LMW）に近いので，マグマ起源の水蒸気の割合は低いと判断される．

5. 結論

CO₂ や CH₄ の濃度から判断すると，地下においてマグマ起源ガスの比率は上昇する傾向が 2015 年 12 月から 2016 年 5 月にかけて継続している．これは，マグマ起源ガスが既存の熱水系成分を排除しつつあるために起きていると考えられる．2015 年 12 月に，噴気同位体比には水蒸気が凝縮する特徴がみられたが，その特徴は 2016 年 2 月以降消滅した．このことは，地下における火山ガス通路の温度上昇を示唆する．一方で，硫黄化学種間の反応平衡の仮定から推定される地下深部の温度は，2016 年 2 月に 300 を超えたが，2016 年 5 月に 280 程度まで低下した．この低下は，地下における火山ガス上昇速度の減少を反映していると考えられる．火山ガス組成の時間変動に基づくと，硫黄山の火山活動が直ちに活発化する可能性は低いと考えられる．

6. 文献

- 1) 小沢竹二郎 (1968) 地球化学におけるガス分析法 (). 分析化学, 17, 395-405.
- 2) 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.

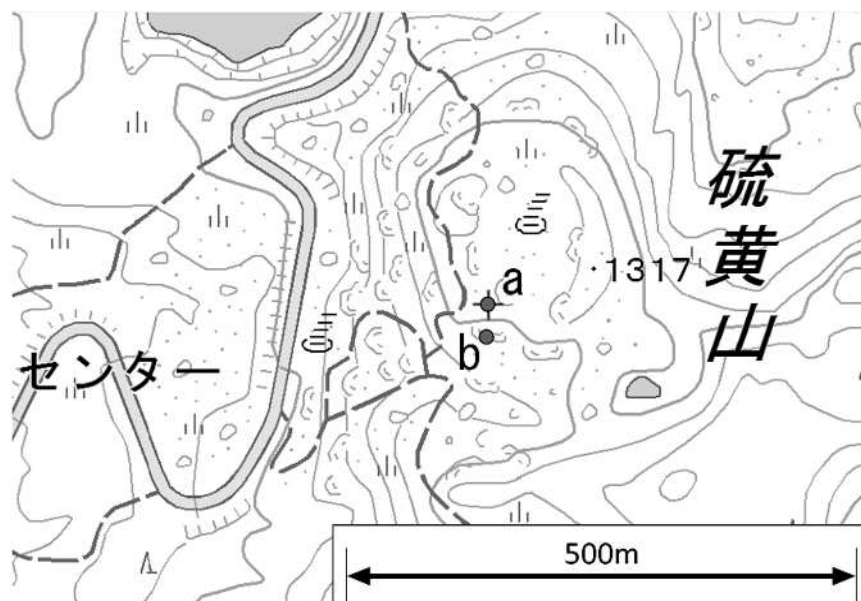
7. 謝辞

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．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．ここに記して感謝致します．

第 1 表．硫黄山に出現した噴気の化学組成，安定同位体比，見かけ平衡温度

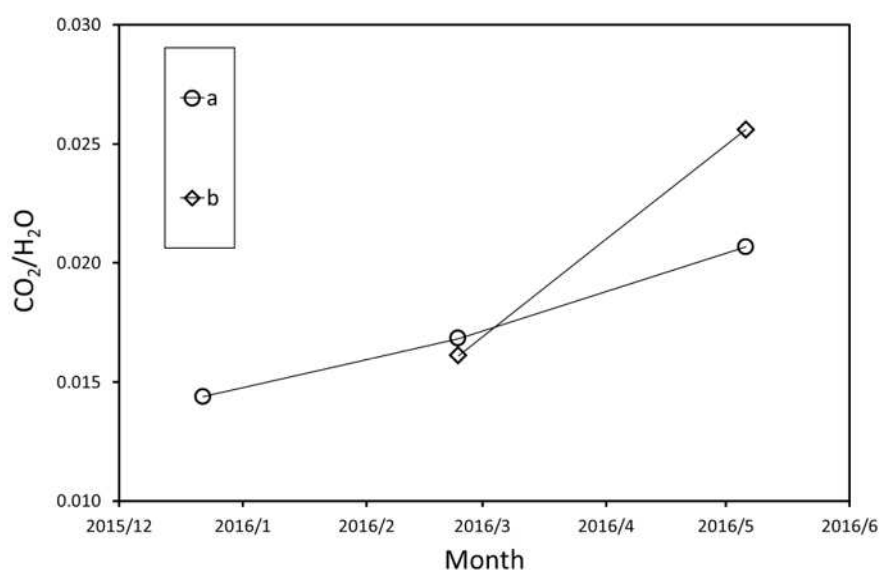
Table 1. Chemical composition and isotope ratios of fumarolic gas emerged at Iwoyama with the apparent equilibrium temperature (AET)

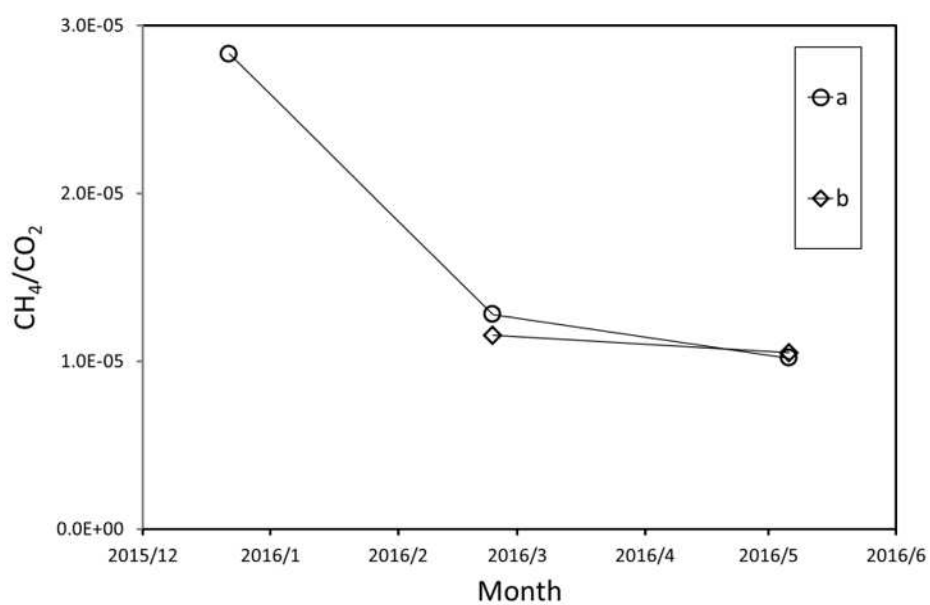
Location	Date	Temp	H ₂ O	CO ₂	H ₂ S	SO ₂	R-gas	R-gas						δD_{SMOW}	$\delta^{18}O_{SMOW}$	AET
								He	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	Ar			
硫黄山-a	2015/12/22	97.2	98.4	1.42	0.098	0.0027	0.033	0.063	0.5	0.04	98.5	0.12	0.80	-90.6	-14.1	234
硫黄山-a	2016/2/24	97.2	98.2	1.65	0.085	0.0085	0.026	0.090	2.9	0.04	96.5	0.08	0.42	-51.7	-6.3	317
硫黄山-b	2016/2/24	96.2	98.3	1.58	0.089	0.0042	0.028	0.076	2.5	0.05	96.8	0.06	0.56	-77.8	-11.9	302
硫黄山-a	2016/5/6	95.3	97.8	2.02	0.146	0.0059	0.021	0.092	2.1	0.02	96.8	0.10	0.92	-56.6	-6.6	277
硫黄山-b	2016/5/6	95.2	97.3	2.49	0.172	0.0051	0.026	0.093	2.1	0.04	96.9	0.10	0.74	-67.0	-9.2	283



第1図．噴気 a, b の位置 (背景の地図として, 国土地理院 1/25000 地形図を使用した.)

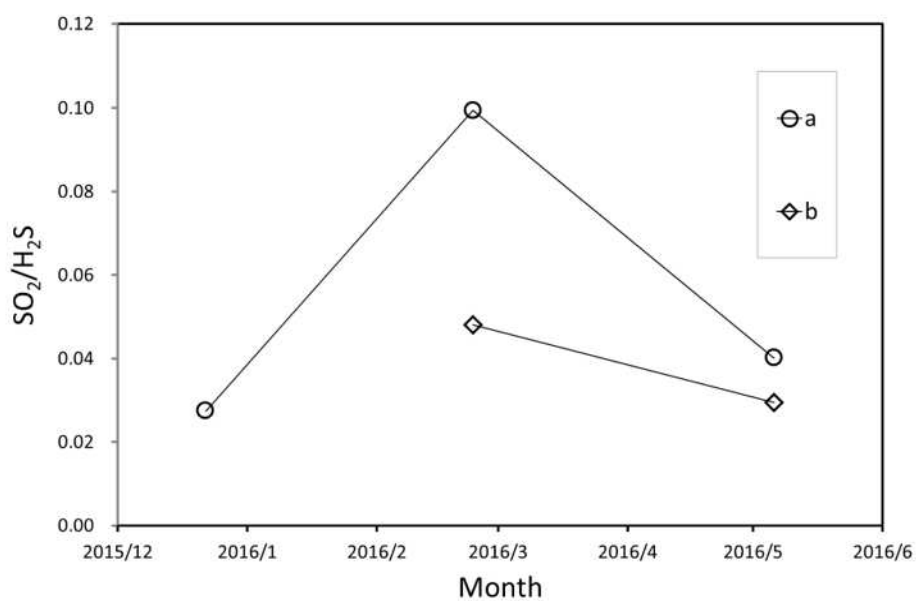
Fig. 1. Location of fumaroles “a” and “b”.

第 2 図．噴気 CO₂/H₂O 比の時間変化Fig. 2. Change in the CO₂/H₂O ratio of fumarolic gas.



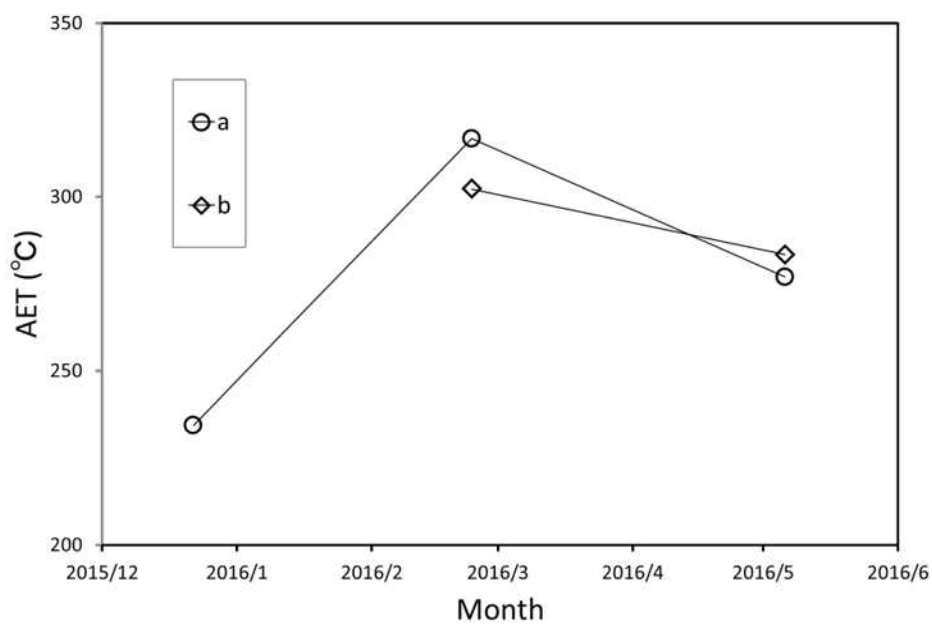
第 3 図 . 噴気 CH₄/CO₂ 比の変化

Fig. 3. Change in the CH₄/CO₂ ratio of fumarolic gas.



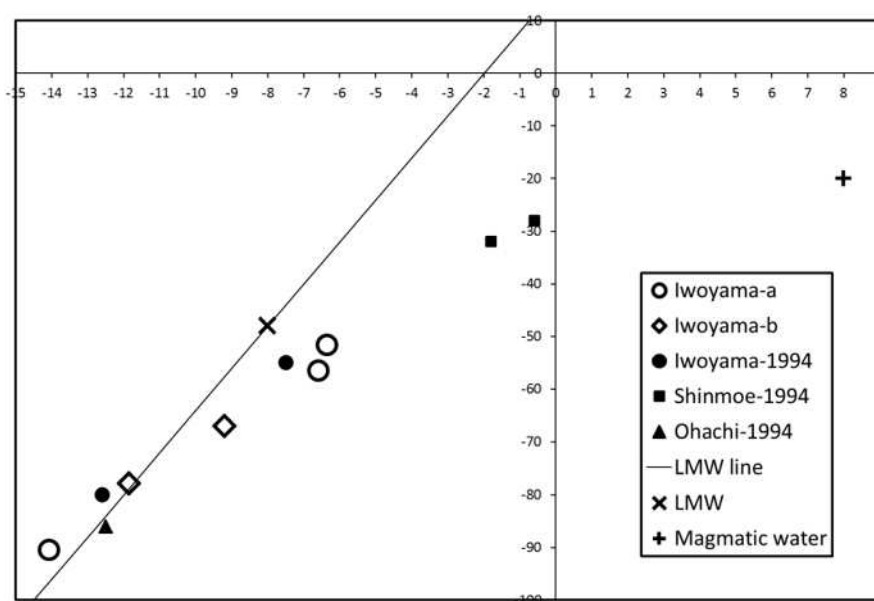
第 4 図 . 噴気 SO₂/H₂S 比の変化

Fig. 4. Change in the SO₂/H₂S ratio of fumarolic gas.



第 5 図 . 見かけ平衡温度 (AET) の変化

Fig.5. Change in the apparent equilibrium temperature (AET).



第 6 図 . 噴気に含まれる水蒸気の $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ (x 軸) および $\delta\text{D}_{\text{SMOW}}$ (y 軸)

Fig.6. Oxygen and hydrogen isotope ratios of water vapor in fumarolic gas.