

草津白根山噴気の化学組成・安定同位体比 (2014年7月～2017年11月)*

**Chemical composition and stable isotope ratio of the fumarolic gases sampled at
Kusatsu-Shirane volcano, Japan (July 2014 to November 2017)**

東海大学**， 気象研究所***

Tokai University**, Meteorological Research Institute***

1. 概要

2014年7月から2017年11月にかけて、草津白根山湯釜火口北部地熱地帯の三か所で、繰り返し噴気採取・分析した。3つの噴気のCO₂/H₂O比は調査期間を通じ、低下傾向を示し、2016年10月から2017年11月にかけて低い値で停滞した。CO₂はマグマ起源成分であり、この傾向は、マグマ脱ガス活動が一貫して低下傾向にあることを示している。CH₄/CO₂比およびCH₄/He比は2014年7月から2015年10月まで小さな値であったが、その後急速に増加し、中央の噴気(C)では2017年11月まで増加傾向が続いている。一方で、西と東の噴気(W, E)では2017年4月から11月にかけて減少に転じた。CH₄は熱水系成分であり、最近のCH₄/CO₂比およびCH₄/He比の変化から、マグマ起源流体と熱水系流体の相対的な比率の変化の方向性を判断するのは困難である。反応、SO₂+3H₂=H₂S+2H₂Oの見かけ平衡温度(AET)は150～190℃の間で変動したが、一定の上昇あるいは低下の傾向は見られなかった。H₂Oの安定同位体比についても単調な減少、あるいは増加の傾向はみられない。

2. 噴気の採取・分析

草津白根山の湯釜火口の北山麓に広がる地熱地帯において、図1に示す3つの噴気孔W, C, Eで噴気採取した。噴気孔の緯度・経度を表1に示す。これらの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。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高濃度のアルカリ性水溶液(KOH) 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アルカリ性水溶液に吸収させた。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。噴気の化学分析は主に、小沢の方法[1]に従った。

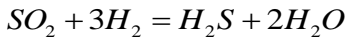
3. 結果

表2に噴気の化学組成、H₂Oの安定同位体比、見かけ平衡温度(AET)を示す。噴気の温度は観測期間を通じて水の沸点程度であった。AETは火山ガスの成分間で以下の化学反応が平衡に到達する温度で、

* 2018年3月19日受付

** 大場武，西野佳奈，沼波望

*** 谷口無我



式1

浅部熱水系の温度を反映すると考えられている。AET はガスの圧力に依存するので、本報告では、圧力として AET における飽和水蒸気圧を用いた。

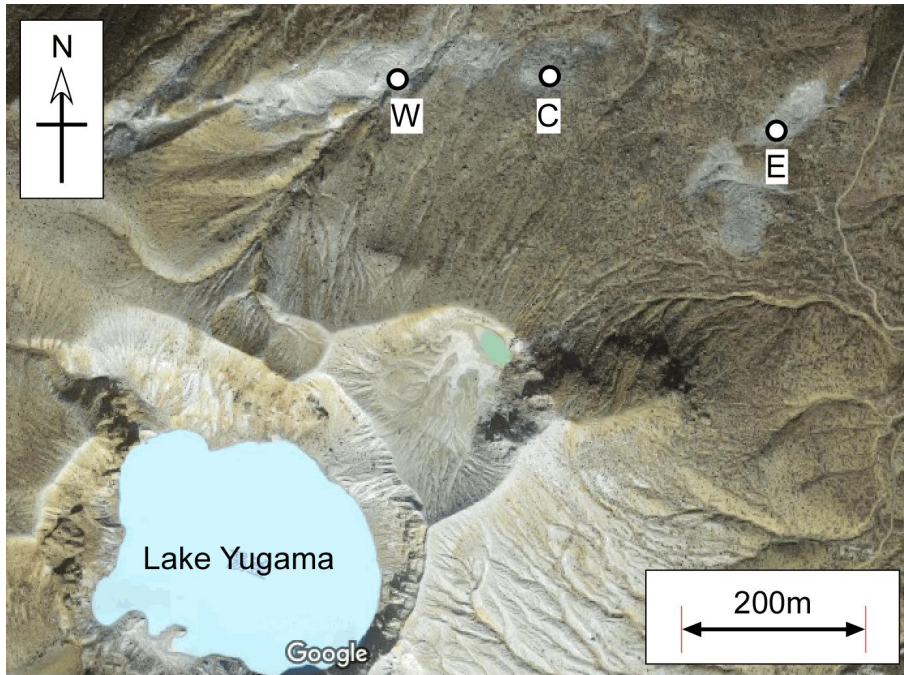


図1. 草津白根山山頂北側山麓噴気 W, C, E の位置 (背景図として, GoogleMap を使用した)

Fig.1. Location of fumaroles W, C and E on the north flank of Kusatsu-Shirane volcano (GoogleMap was used for the background)

表 1. 採取・分析を行った噴気孔の位置

Table 1. Location of fumaroles used for monitoring

Fumarole	Latitude	Longitude
W	N 36d 38m 52.3s	E 138d 32m 15.6s
C	N 36d 38m 52.4s	E 138d 32m 22.6s
E	N 36d 38m 50.5s	E 138d 32m 33.0s

4. 考察

噴気 W, C について, H₂O を除いた噴気成分中の H₂S 濃度は, 2014 年 7 月に 10%前後であったが, その後, 増加し, 2017 年 11 月には 25%を超えた (図 2). 噴気 E についても濃度は異なるものの, 同様の増加傾向がみられる. 過去の研究[2]によると, 草津白根山では, H₂S 濃度が 10%程度に低下すると火山活動が活発化し, 噴火の可能性が高まる. 図 2 に示される変化は, 調査期間を通じ, 噴火の可能性が次第に低下していることを示唆する. 図 3, 4 にそれぞれ CO₂/H₂O 比, H₂S/H₂O 比の変化を示す. CO₂/H₂O 比は一貫して低下したが, H₂S/H₂O 比は変動を伴うものの安定していた. このことは, 噴気中で CO₂濃度が低下し, 相対的に H₂S 濃度が上昇したことを意味している.

表2. 草津白根山噴気の化学組成, 安定同位体比, 見かけ平衡温度 (AET)

Table 2. Chemical and isotopic composition of fumarolic gases sampled at Kusatsu-Shirane volcano, Japan with the apparent temperature calculated based on chemical composition.

Fumarole	Date y/m/d	Temp. C	H2O %	CO2 %	H2S %	SO2 %	R-gas %	R-gas						H2O δD_{SMOW} (‰)	H2O $\delta^{18}O_{SMOW}$ (‰)	AET °C
								He %	H2 %	O2 %	N2 %	CH4 %	Ar %			
W	2014/7/23	92.4	95.4	4.19	0.389	0.00503	0.0421	0.0845	0.0617	0.0625	99.6	0	0.178	-65	-6.7	166
W	2015/5/15	93.5	96.4	3.11	0.426	0.00357	0.0321	0.0711	0.1412	0.0000	99.6	0.025	0.205	-69	-7.8	177
W	2015/10/15	94.2	97.4	2.05	0.504	0.00103	0.0254	0.0541	0.1369	0.0197	99.5	0.043	0.227	-67	-7.1	156
W	2016/4/22	93.5	97.5	1.93	0.518	0.00695	0.0294	0.0330	0.1468	0.0465	99.4	0.184	0.210	-78	-8.2	180
W	2016/10/28	93.4	98.3	1.31	0.396	0.00490	0.0248	0.0222	0.1079	0.0247	99.1	0.230	0.560	-66	-7.0	165
W	2017/4/25	93.3	98.1	1.42	0.445	0.00455	0.0190	0.0263	0.1696	0.0558	99.2	0.309	0.268	-81	-10.1	169
W	2017/11/10	93.6	98.4	1.13	0.426	0.00269	0.0173	0.0283	0.1328	0.0336	99.3	0.203	0.324	-75	-8.1	155
C	2014/7/23	94.1	95.5	3.97	0.533	0.00715	0.0435	0.0834	0.0573	0.0278	99.7	0	0.176	-77	-9.5	165
C	2015/5/15	93.4	96.8	2.76	0.410	0.00494	0.0298	0.0741	0.0800	0.0154	99.7	0.00754	0.167	-68	-7.2	162
C	2015/10/15	93.6	97.8	1.77	0.404	0.00208	0.0237	0.0530	0.0947	0.0251	99.6	0.02579	0.196	-70	-7.2	153
C	2016/4/22	97.2	97.8	1.75	0.419	0.00762	0.0258	0.0335	0.0868	0.0524	99.5	0.14492	0.209	-67	-5.4	164
C	2016/10/28	93.8	98.1	1.48	0.420	0.00498	0.0224	0.0273	0.1079	0.0140	99.4	0.22339	0.195	-66	-6.1	162
C	2017/4/25	93.6	98.2	1.34	0.423	0.00511	0.0194	0.0255	0.1119	0.0354	99.4	0.23343	0.231	-66	-6.3	159
C	2017/11/10	94.1	98.2	1.30	0.484	0.00376	0.0235	0.0262	0.1666	0.0120	99.2	0.26517	0.281	-75	-8.0	172
E	2015/5/15	93.4	96.9	2.74	0.289	0.00345	0.0252	0.0953	0.1686	0.0000	99.5	0.01696	0.192	-88	-10.9	179
E	2015/10/15	93.3	97.7	1.93	0.299	0.00191	0.0212	0.0688	0.2378	0.0146	99.4	0.02537	0.214	-79	-8.8	177
E	2016/4/22	94.1	97.8	1.84	0.346	0.00603	0.0246	0.0427	0.2055	0.0329	99.4	0.1043	0.208	-88	-10.0	187
E	2016/10/28	93.6	98.6	1.09	0.268	0.00263	0.0174	0.0282	0.3128	0.0220	94.7	0.14282	4.754	-79	-8.5	184
E	2017/4/25	93.8	98.5	1.11	0.344	0.00238	0.0167	0.0267	0.3870	0.0389	99.1	0.20363	0.232	-96	-12.9	185
E	2017/11/10	93.0	98.9	0.84	0.261	0.00272	0.0147	0.0285	0.3264	0.0101	99.2	0.17008	0.278	-84	-9.6	180

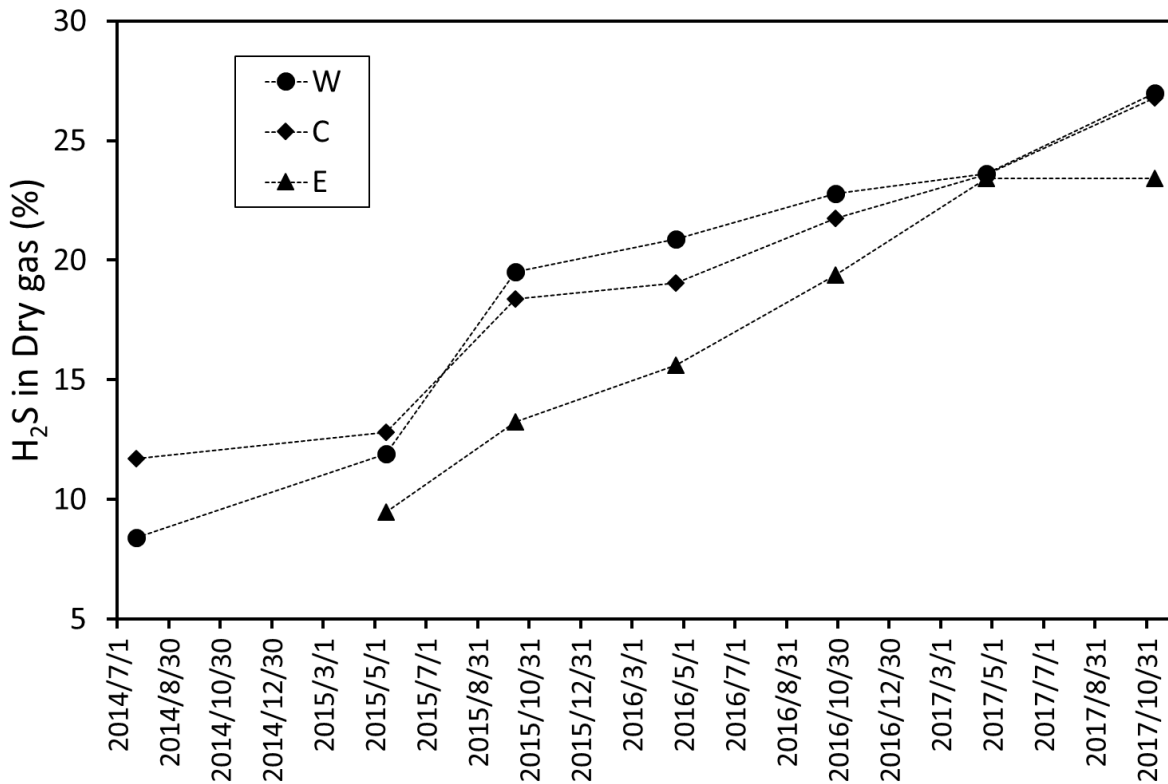


図2. H₂Oを除いた成分 (Dry gas) 中における H₂S 濃度の変化

Fig.2. Change of the H₂S concentration in the components excluding H₂O (dry gas)

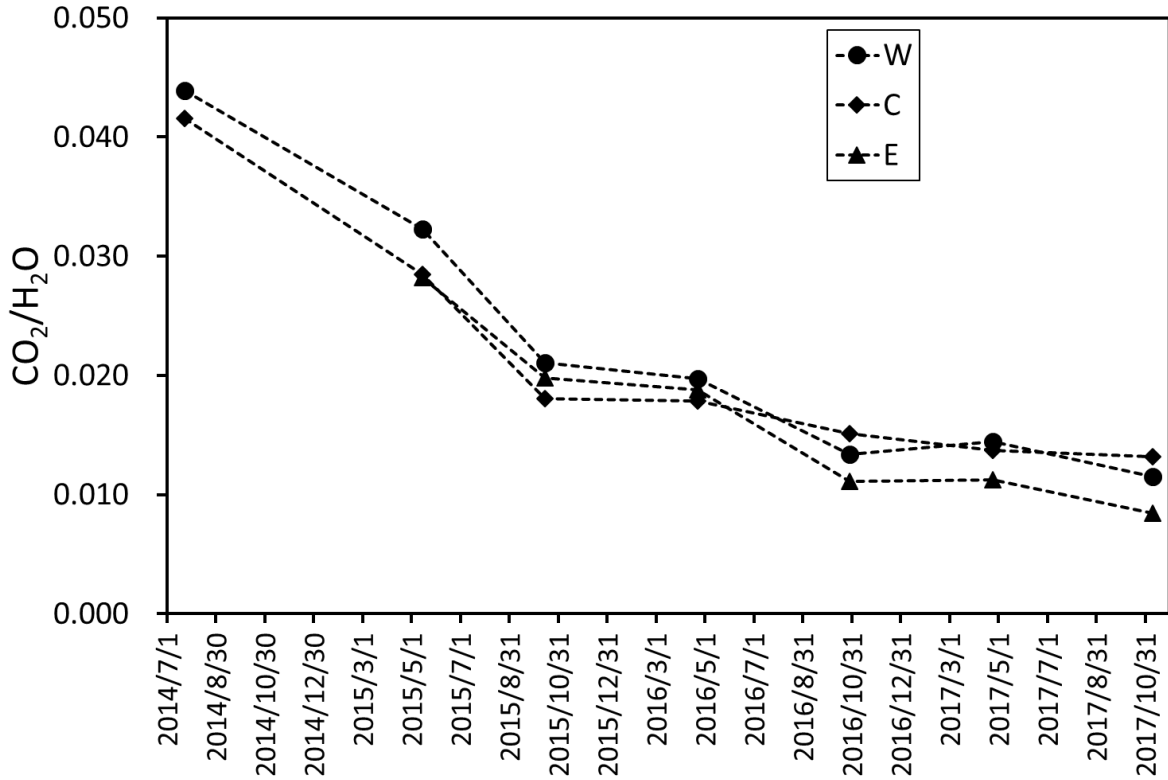


図3. CO₂/H₂O比の時間変化

Fig.3. Change in the CO₂/H₂O ratio of fumarolic gases

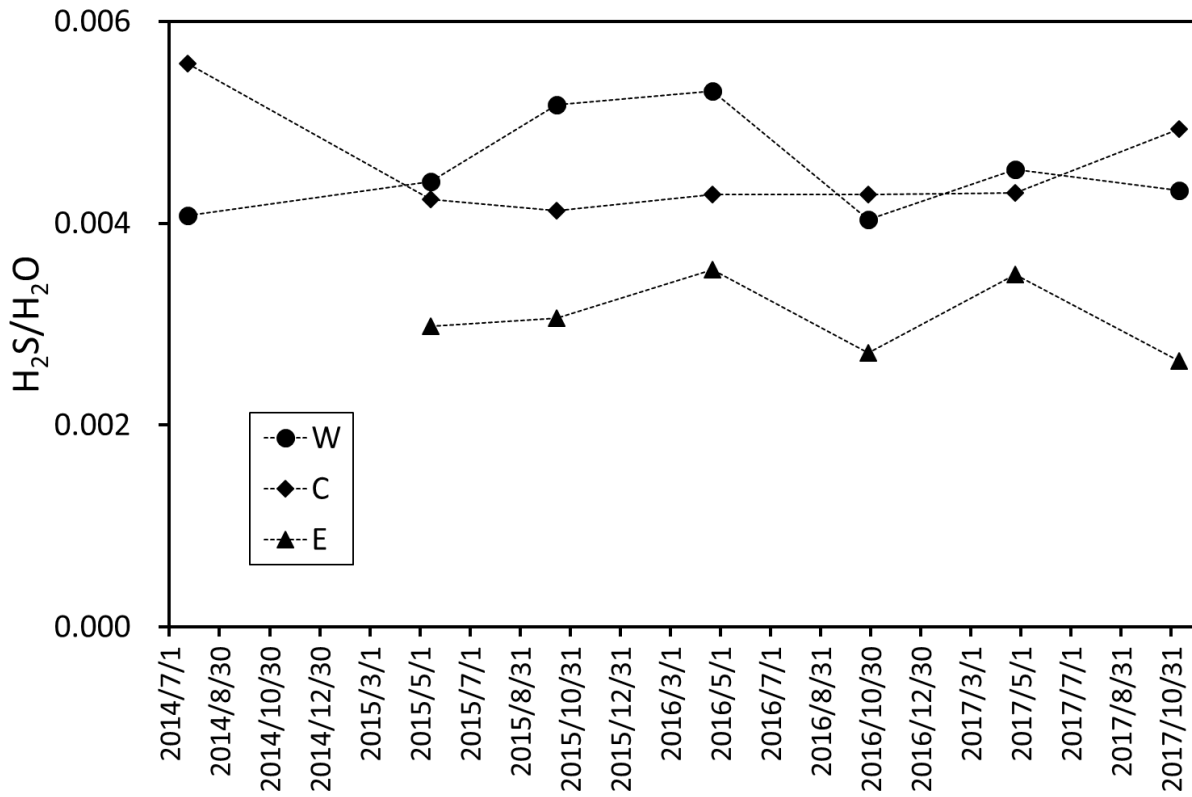


図4. H₂S/H₂O比の時間変化

Fig.4. Change in the H₂S/H₂O ratio of fumarolic gases

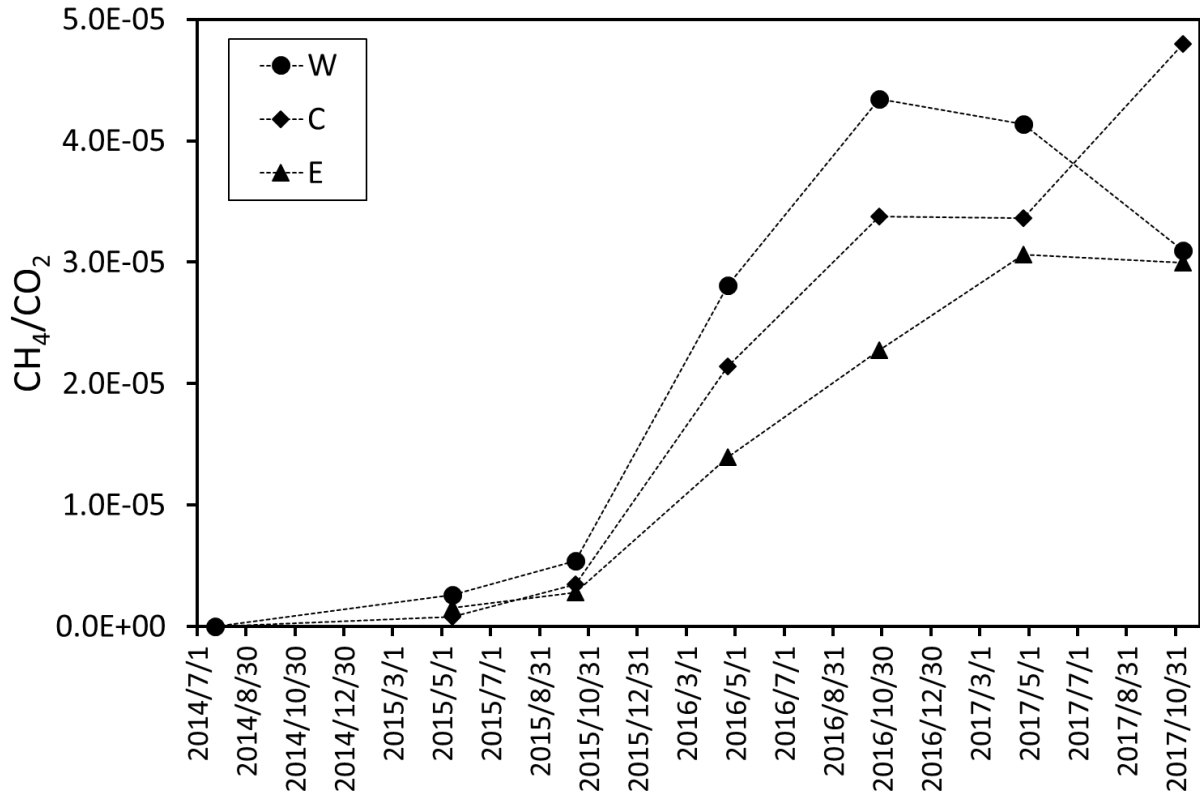


図 5. CH₄/CO₂比の時間変化

Fig.5. Change in the CH₄/CO₂ ratio of fumarolic gases

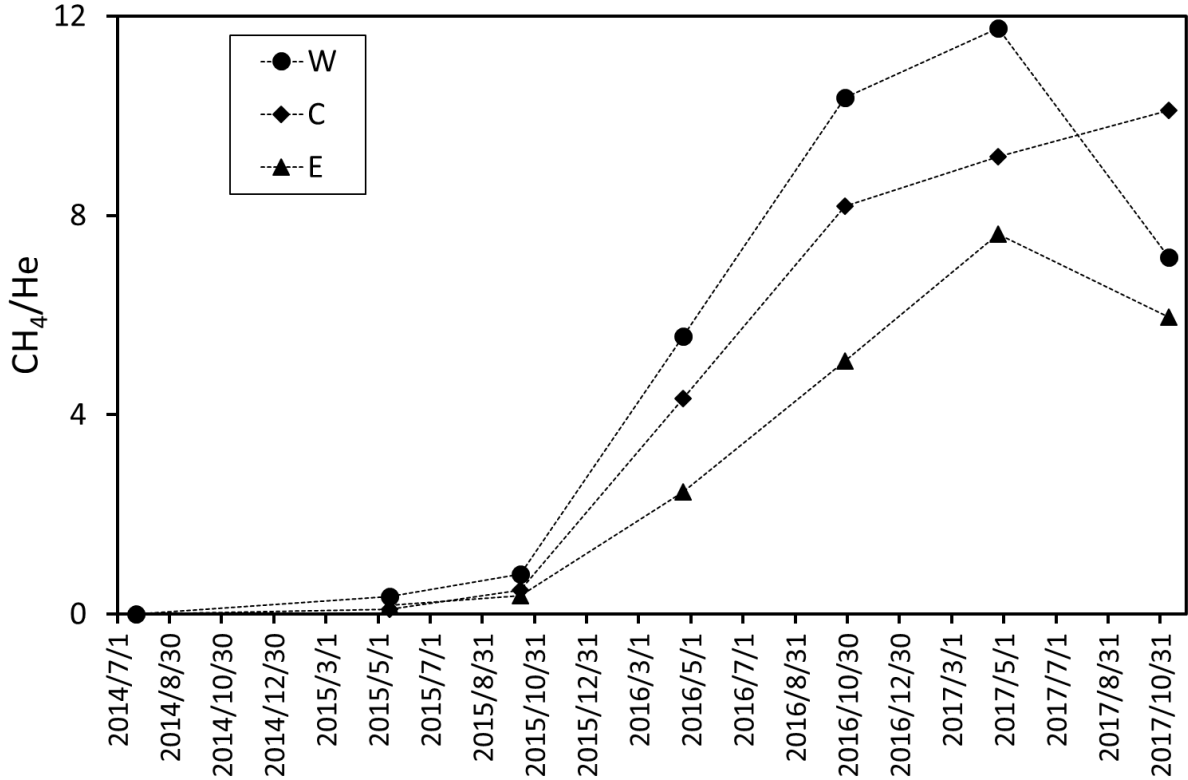


図 6. CH₄/He 比の時間変化

Fig.6. Change in the CH₄/He ratio of fumarolic gases

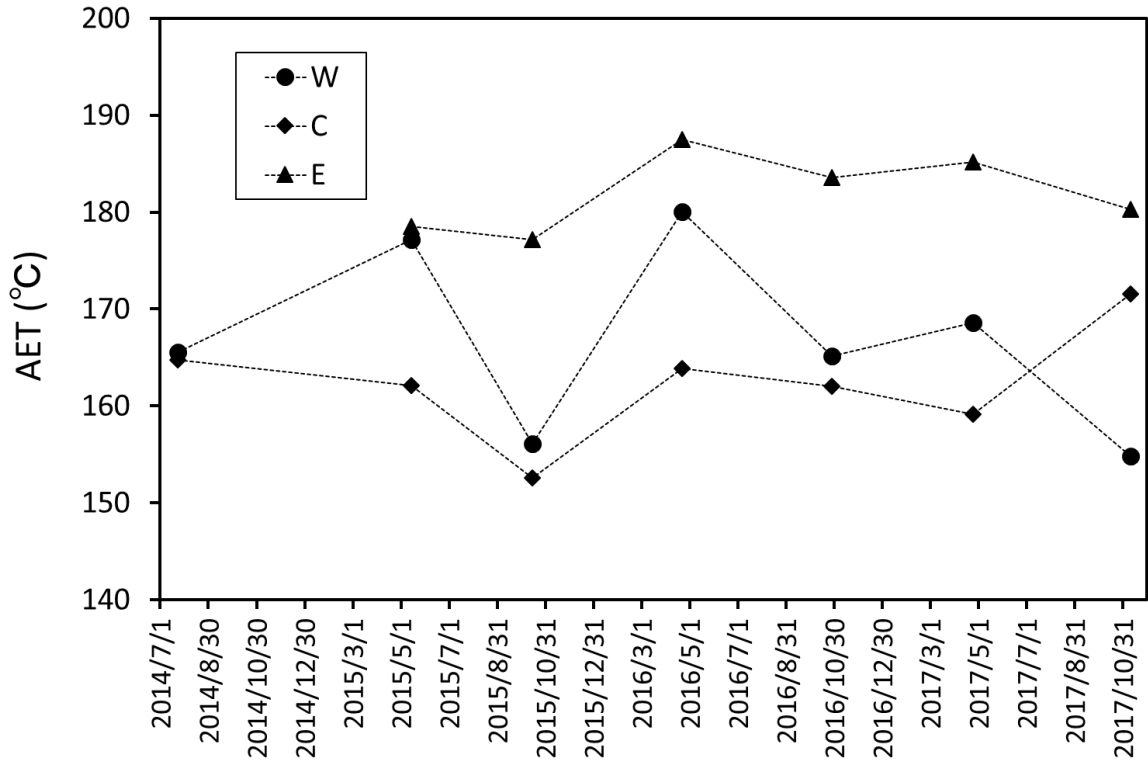


図7. 見かけ平衡温度 (AET) の変化

Fig.7. Changes in the apparent equilibrium temperature (AET)

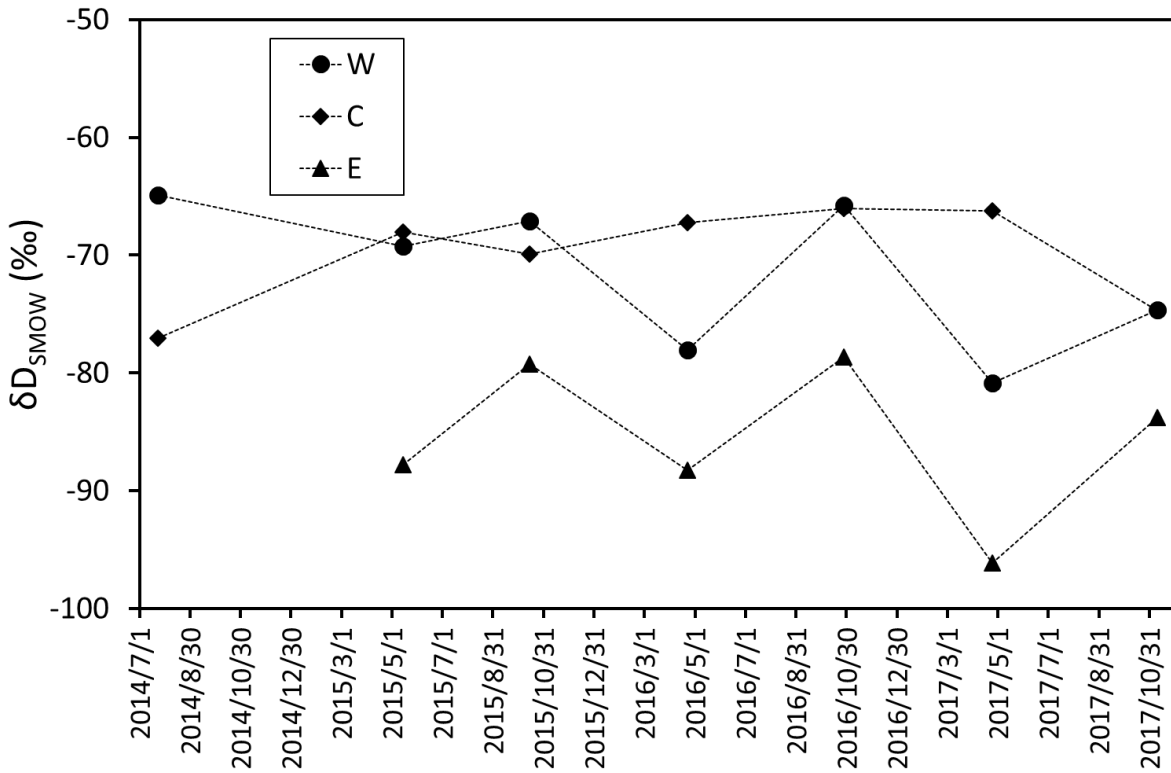


図8. H₂O の水素同位体比 (δ¹⁸O) の変化

Fig.8. Changes in the hydrogen isotope ratio of H₂O in fumarolic gases

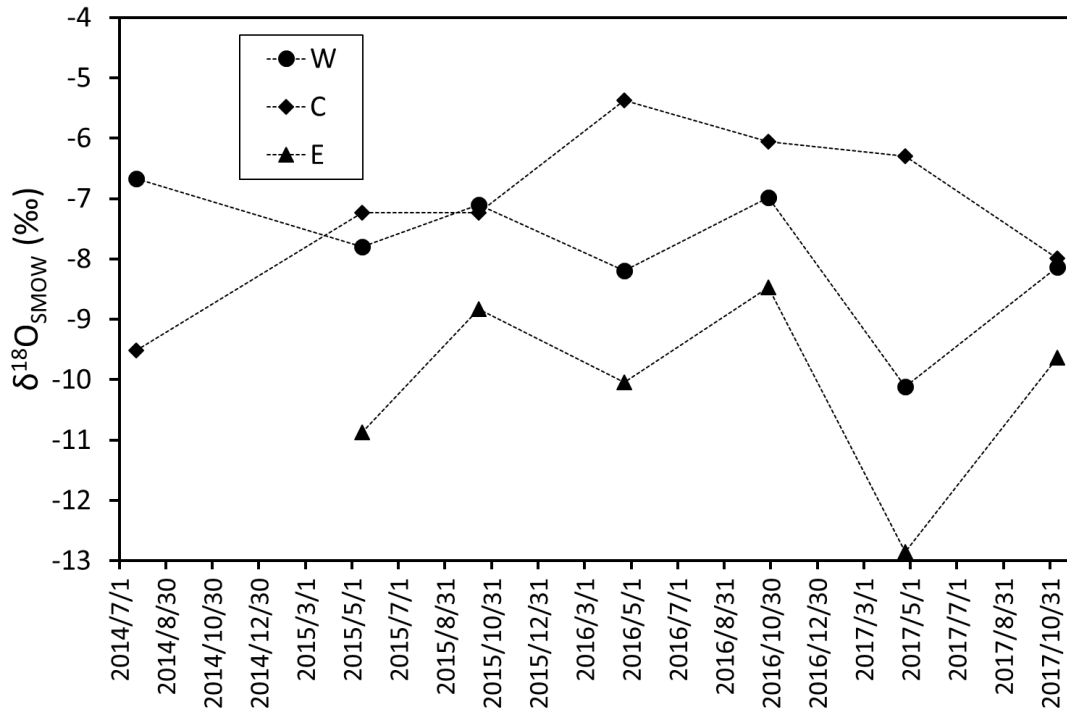


図9. H₂Oの酸素同位体比 (δ¹⁸O) の変化

Fig.9. Changes in the oxygen isotope ratio of H₂O in fumarolic gases

図2のH₂S濃度の上昇は、本質的にはCO₂濃度の低下が原因である。2014年7月から2017年11月にかけて、マグマ脱ガス活動の低下がCO₂濃度を低下させ、相対的にH₂S濃度の増加を引き起こしたと考えられる。

図5と6に、それぞれ、CH₄/CO₂比とCH₄/He比の変化を示す。2015年まで徐々に値が増加し、その後、急上昇したが、WとEは2017年4月から11月にかけて減少に転じた。Cは2017年11月まで上昇を続けている。一般にCO₂とHeはマグマ起源流体に高濃度で含まれる。他方、CH₄は熱水系流体に高濃度で含まれる。ここで、熱水系流体とは、元来マグマ起源の流体が、地殻内に長期間滞留し、岩石との相互作用で還元になった流体を想定している。WとEの噴気に見られる最近のCH₄/CO₂比やCH₄/He比の低下は、噴気を生産する熱水系において、マグマ起源流体の寄与が低下し、それを補うように熱水系流体の寄与が増大したことを示している。一方で、噴気Cには逆の変化が表れているので、全体としての各流体の相対的な比率の変化に関する推定は難しい。

図7の見かけ平衡温度(AET)は変動を示すが、一貫した上昇や低下の傾向はみられない。図8のH₂Oの水素同位体比も2016年11月までは、安定していた。2017年4月に、WとEでは、顕著な低下傾向が見られたが、2017年11月に同位体比は上昇した。図9に示す酸素同位体比の変化も同様であった。

5. 文献

- [1] 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.
 [2]. J.Ossaka 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.