

草津白根山噴気の化学組成・安定同位体比(2014 年 7 月～2017 年 4 月) *

Chemical composition and stable isotope ratio of the fumarolic gases sampled at Kusatsu-Shirane volcano, Japan (July 2014 to April 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 4 月にかけて、草津白根山山頂北側地熱地帯の三か所で、繰り返し、噴気を採取・分析した。3 つの噴気の $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比は調査期間を通じ、低下傾向を示し、2016 年 11 月から 2017 年 4 月にかけては低い値で停滞した。 CO_2 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ったことを示している。 CH_4/CO_2 比および CH_4/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、2016 年 11 月から 2017 年 4 月にかけては高い値で停滞した。これは、マグマ起源流体の寄与が低下し、それを補うように CH_4 に富む地熱流体の寄与が増加したことを示している。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 $150\sim 190^\circ\text{C}$ 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。 H_2O の安定同位体比は、大きな変動は見られないが、二か所の噴気で 2017 年 4 月に大きく低下し、天水の寄与が増加したと推定される。

2. 噴気の採取・分析

草津白根山では、図 1 に示す 3 つの噴気孔 W, C, E で噴気を採取した。噴気孔の緯度、経度を表 1 に示す。噴気孔 W と C の様子は、それぞれ、以下の URL (<https://youtu.be/LwnL-vsVCYI>, <https://youtu.be/4muAbAntHyY>) で視聴できる。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

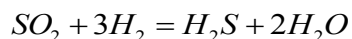
表 2 に噴気の化学組成、 H_2O の安定同位体比、見かけ平衡温度 (AET) を示す。

* 2017 年 8 月 2 日受付

** 大場武, 西野佳奈, 沼波望 (Takeshi Ohba, Kana Nishino and Nozomi Numanami)

*** 谷口無我 (Muga Yaguchi)

噴気の温度は水の沸点に近い。AET は火山ガスの成分間で以下の化学反応、



式 1

が平衡に到達する温度で、浅部熱水系の温度を反映すると考えられる。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。

4. 考察

噴気 W, C について、 H_2O を除いた噴気成分中の H_2S 濃度は、2014 年 7 月に 10% 前後であったが、その後、増加し、2017 年 4 月には 23% を超えた。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、 H_2S 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 CO_2/H_2O 比、 H_2S/H_2O 比の変化を示す。 CO_2/H_2O 比は一貫して低下したが、 H_2S/H_2O 比はほぼ横ばいであった。このことは、噴気中で CO_2 濃度が低下し、相対的に H_2S 濃度が上昇したことを意味している。図 2 の H_2S 濃度の上昇は、本質的には CO_2 濃度の低下が原因である。2014 年 7 月から 2017 年 4 月にかけて、マグマ脱ガス活動の低下が CO_2 濃度を低下させ、相対的に H_2S 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、 CH_4/CO_2 比と CH_4/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、W と C の CH_4/CO_2 比については停滞に転じた。 CO_2 と He はマグマ起源流体に高濃度で含まれる。他方、 CH_4 は“地熱流体”に高濃度で含まれる成分である。ここで、地熱流体とは、もともと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的になった流体を想定している。 CH_4/CO_2 比や CH_4/He 比の上昇は、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、それを補うように地熱流体の寄与が増大したことを示している。

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 H_2O の酸素同位体比も 2016 年 11 月までは、横ばいであったが、2017 年 4 月に、W と E では、顕著な低下傾向が見られ、天水の寄与が増加したと推定される。

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. Ohsaka 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.

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

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	H ₂ O %	CO ₂ %	H ₂ S %	SO ₂ %	R-gas %	R-gas						H ₂ O		AET °C
								He	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	Ar	δ D _{SMOW} (‰)	δ ¹⁸ O _{SMOW} (‰)	
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
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
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

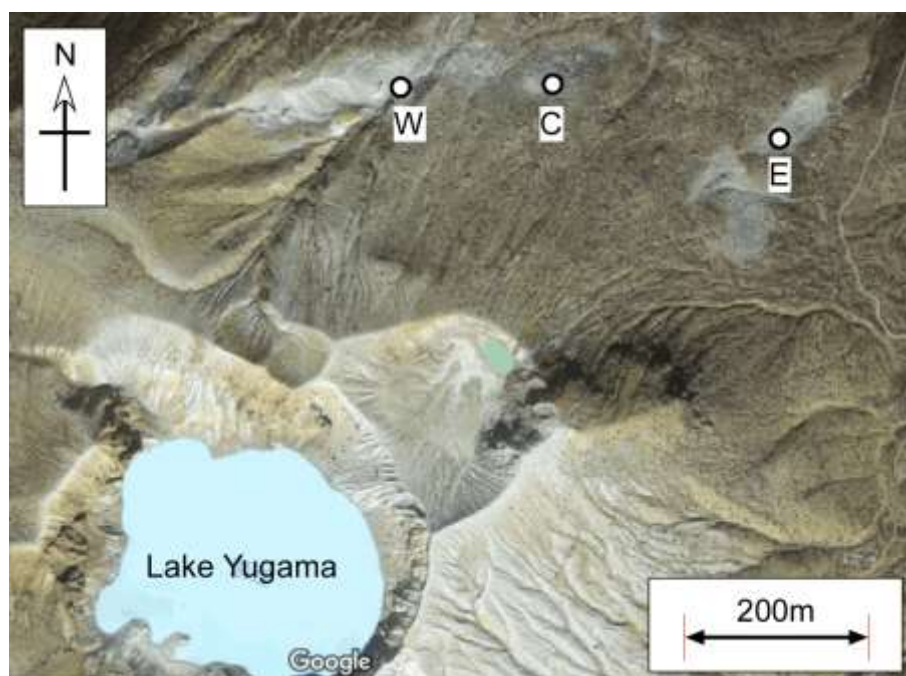


図 1. 草津白根山山頂北側山麓噴気 W, C, E の位置 (背景図として, GoogleMap を使用した)

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

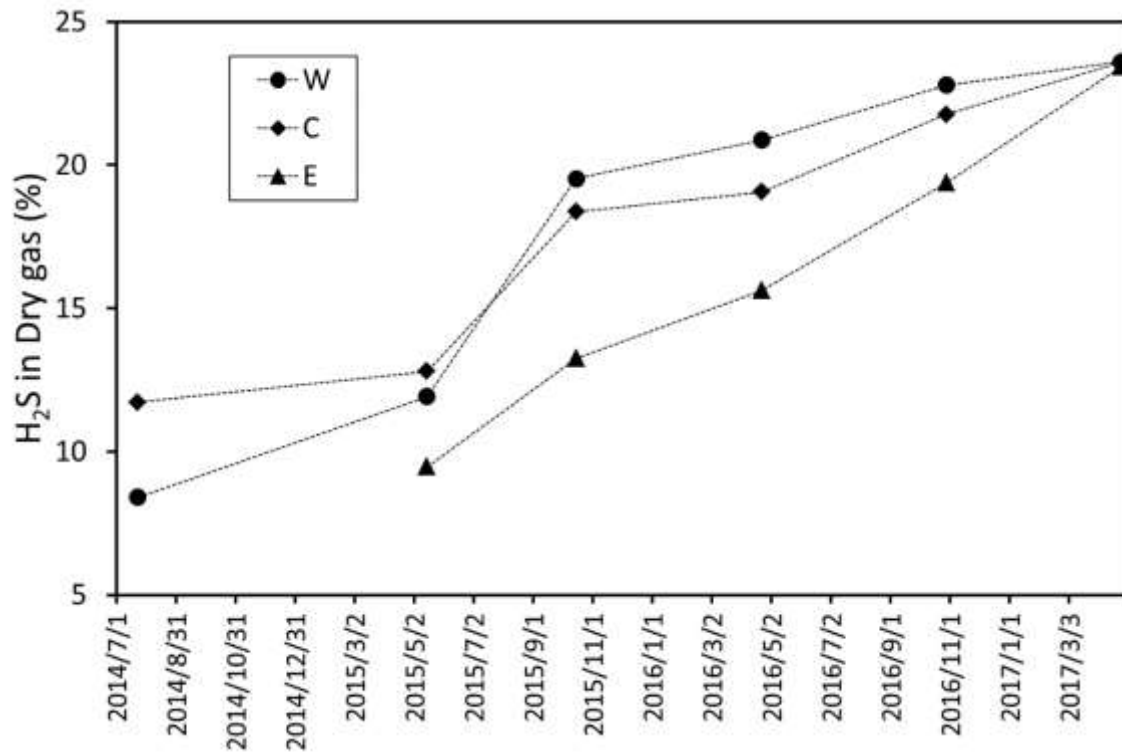


図 2. H₂O を除いた成分 (Dry gas) 中における H₂S 濃度の変化

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

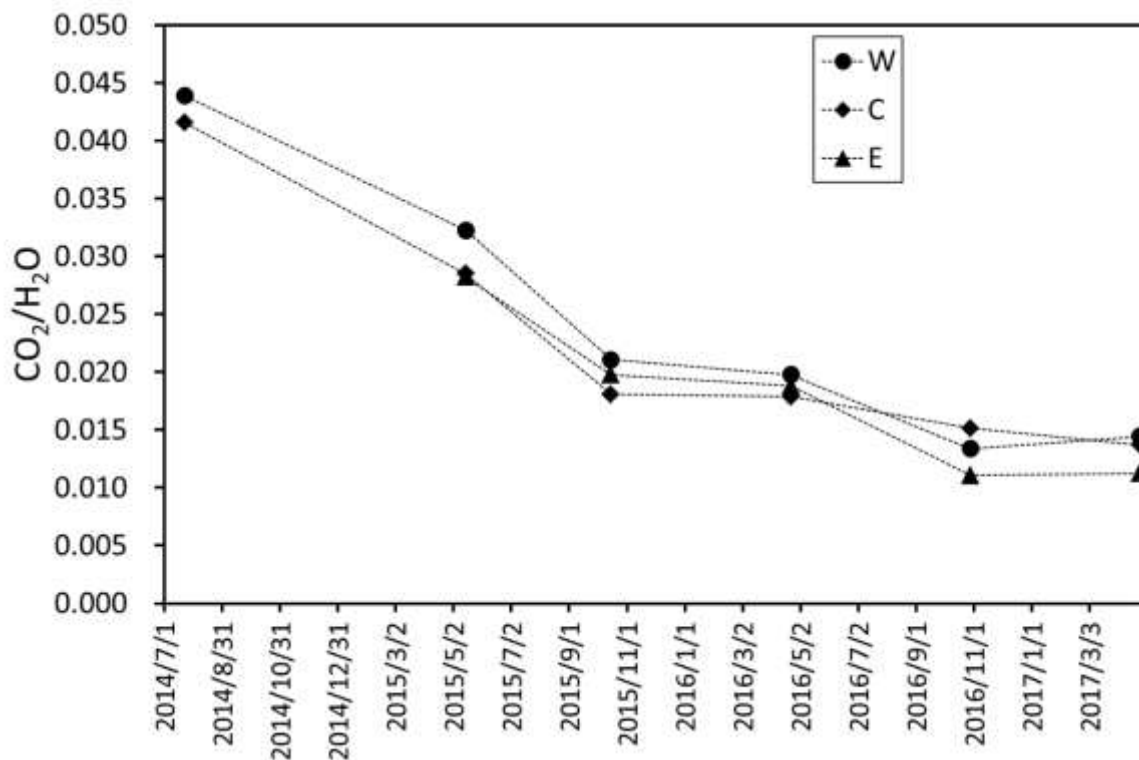


図 3. CO₂/H₂O 比の時間変化

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

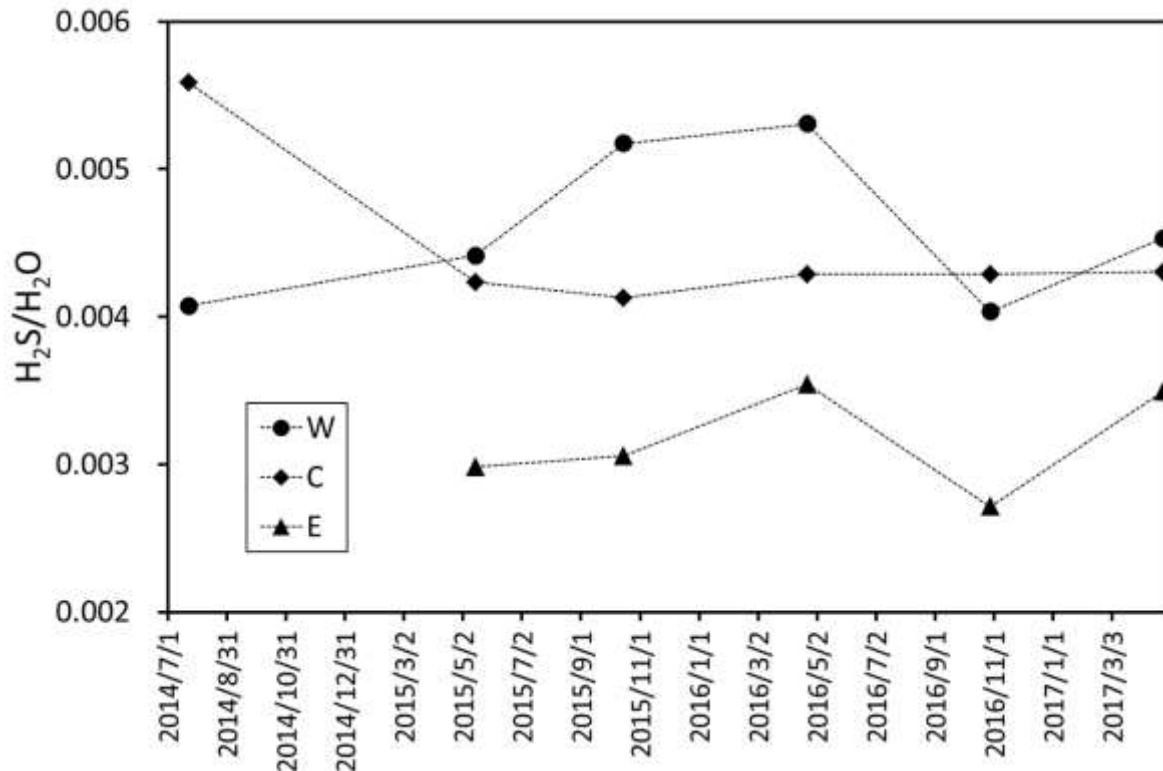


図 4. H₂S/H₂O 比の時間変化

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

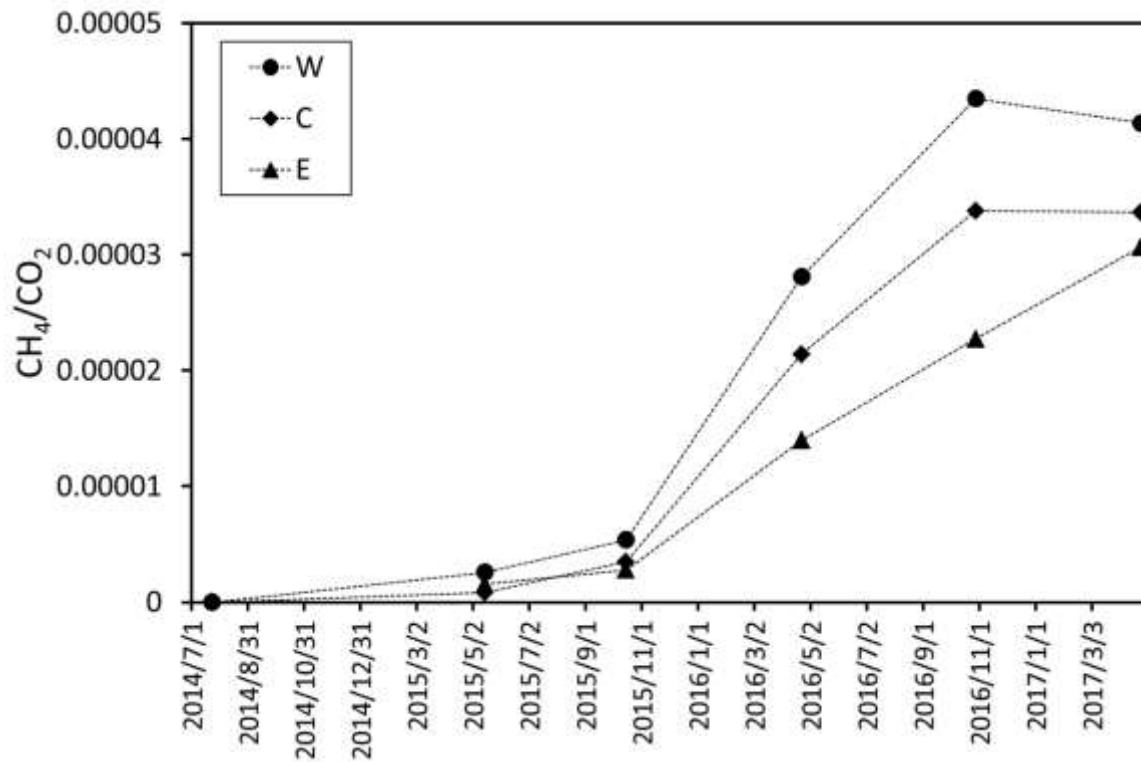


図 5. CH₄/CO₂ 比の時間変化

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

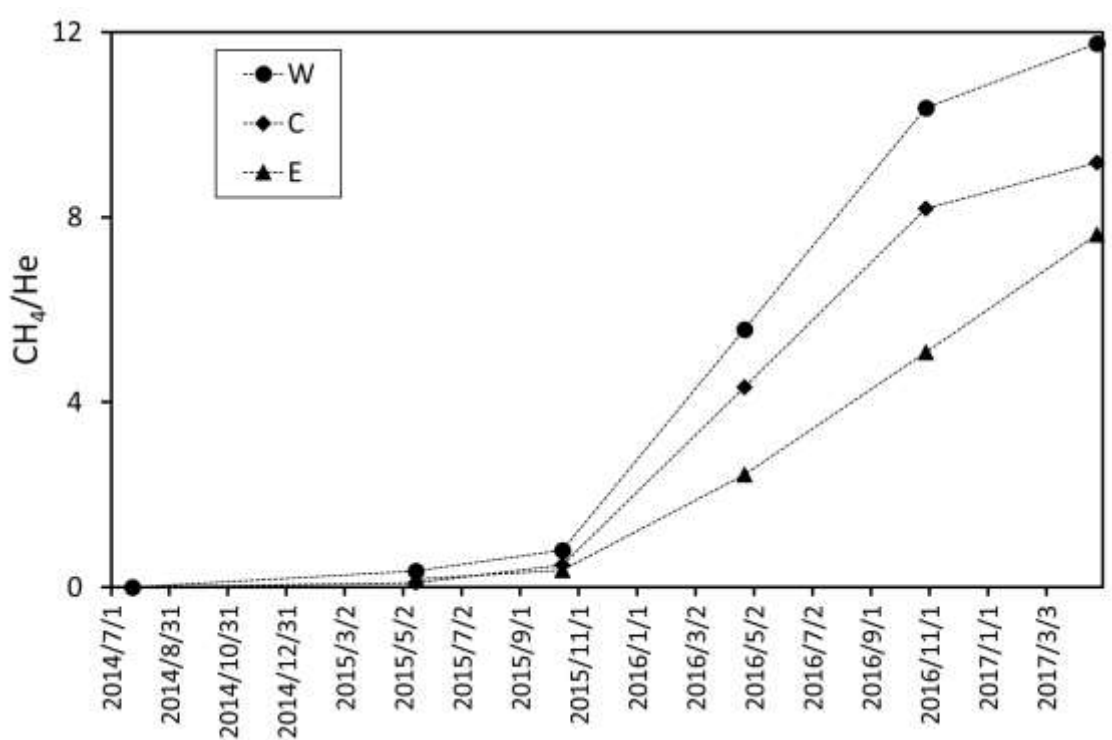


図 6. CH₄/He 比の時間変化

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

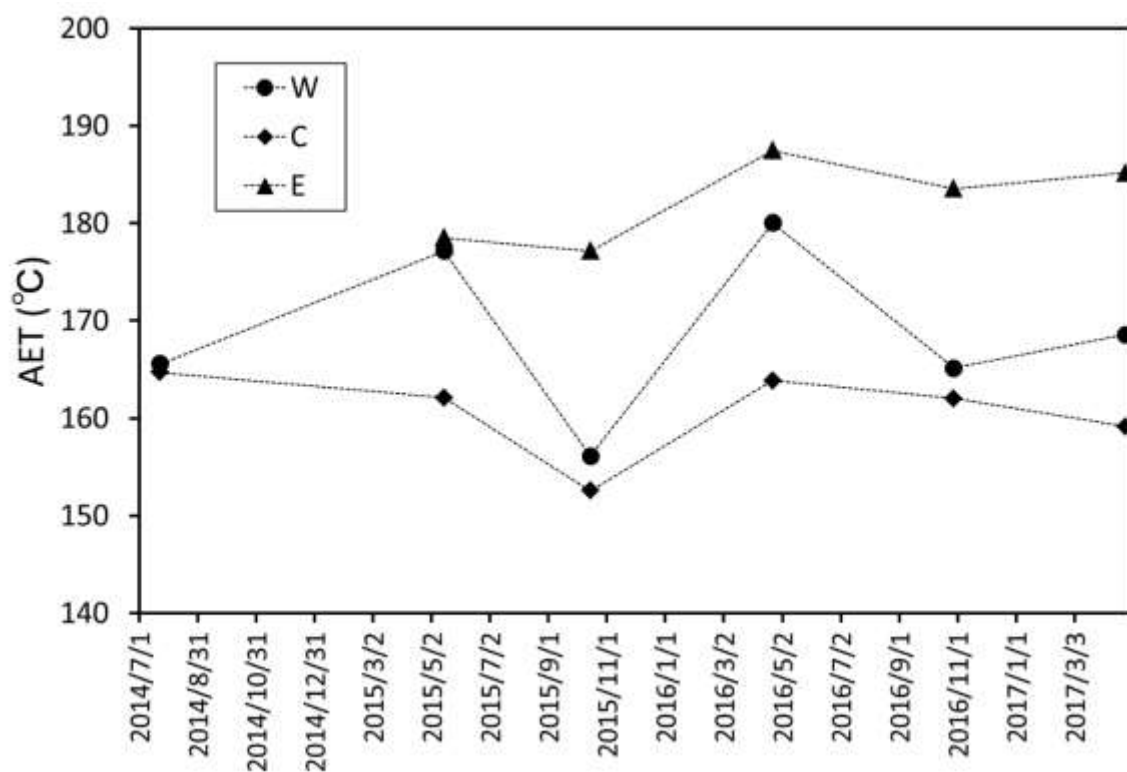


図 7. 見かけ平衡温度 (AET) の変化

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

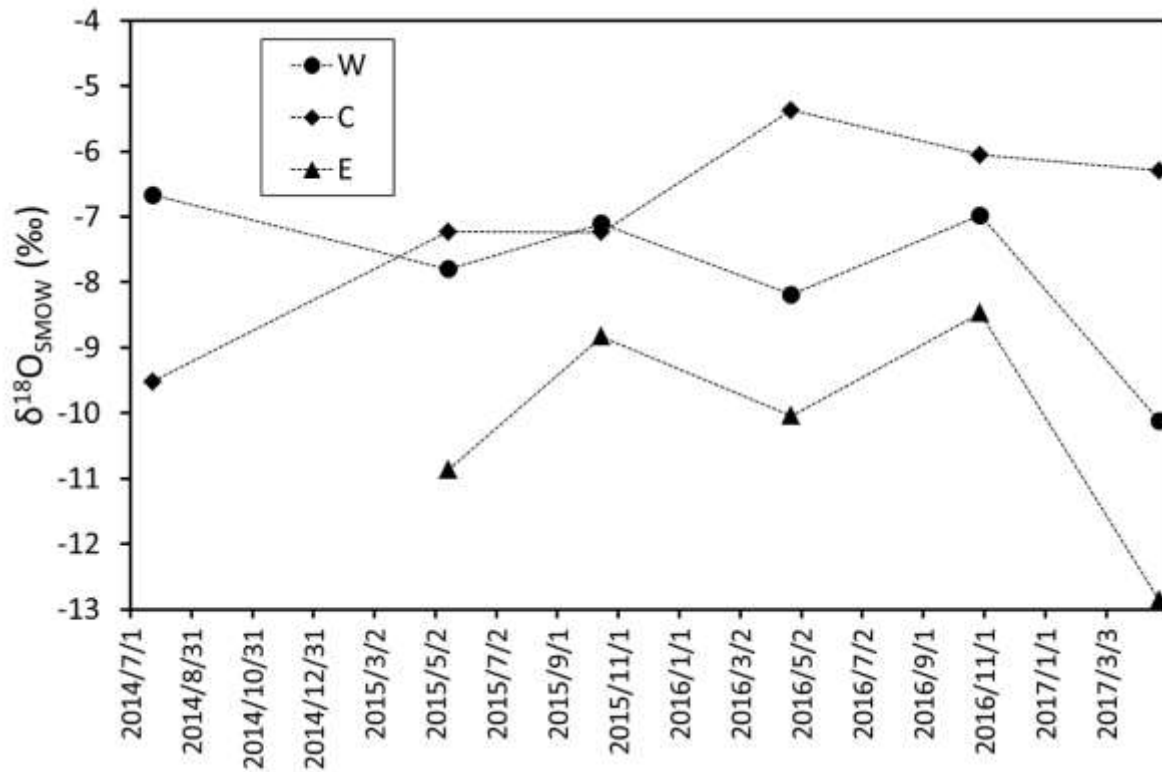


図 8. H₂O の酸素同位体比 (δ¹⁸O) の変化

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