

草津白根山噴気の化学組成・安定同位体比(2014年7月～ 2018年10月) *

Chemical composition and stable isotope ratio of the fumarolic gases sampled at Kusatsu-Shirane volcano, Japan (July 2014 to October 2018)

東海大学 **, 気象研究所 ***, 東京大学大学院 ****, 東京工業大学 *****

Tokai University**, Meteorological Research Institute***,
The University of Tokyo Graduate school****, Tokyo Institute of Technology*****

1. 概要

2014年7月から2018年10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つの噴気でCO₂/H₂O比は2017年11月まで低下傾向を示したが、2018年5月から10月にかけて上昇に転じた。He/(He+CH₄)比は、2014年7月から2015年10月まで大きかったが、その後急速に減少した。He/(He+CH₄)比は2017年11月まで小さい値を示したが、2018年5月に上昇に転じたものの、この傾向は長続きせず、2018年8月から10月にかけて減少した。CO₂やHeはマグマ成分であり、2017年11月から2018年6月までの期間内で、湯釜直下の熱水系に対するマグマ成分の流量が増加したが、その後、流量は減少したと推定される。

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。2017年11月までC噴気を継続して採取していたが、2018年5月に噴気の放出が止まっていたので、北方に27m程度離れたC'噴気で採取を行った。これらの噴気採取するために、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。

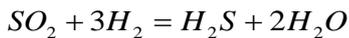
3. 結果・考察

表2に2018年6月から10月にかけて採取した噴気の化学組成、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、

* 2018年12月3日受付

** 大場武, 西野佳奈, 沼波望 *** 谷口無我 **** 外山浩太郎, 角野浩史

***** 寺田暁彦, 神田径



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。

噴気 W, C について、 H_2O を除いた噴気成分 (=ドライガス) 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 11 月には 25%を超えた (図 2)。しかし 2018 年 5 月には全ての噴気で H_2S 濃度は 18~19%に低下した。既存の研究 [2]によると、草津白根山では、ドライガスの 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、2017 年 11 月まで噴火の可能性が低下していたが、2018 年 5 月には、その傾向は逆転したことを示唆する。しかし、 H_2S 濃度の低下傾向はその後、2018 年 8 月には早くも歯止めがかかり、W では上昇、C と E ではわずかな低下を示した。検知管による現場測定の結果 (図 3) では、 CO_2/H_2S 比は、W 噴気では 2018 年 10 月にかけてさらに低下し、C と E 噴気では 6 月から 8 月にかけて横ばいであり、少なくとも 2018 年 10 月まで H_2S 濃度の顕著な低下傾向は起きていない。

図 4, 5 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 2017 年 11 月まで一貫して低下し、2018 年 5 月から 10 月にかけて上昇傾向にある。 H_2S/H_2O 比は変動を伴うものの安定している。

図 6 に $He/(He+CH_4)$ 比の変化を示す。2014 年から 2017 年 11 月にかけて 1 から 0 に近い値まで減少したが、その後、上昇に転じ、W と C 噴気では 2018 年 6 月に極大値に達した。E 噴気では 8 月に極大に達し、全ての噴気で、2018 年 10 月には急激に低下した。He はマグマ成分、 CH_4 は熱水系成分であり、図 6 の変動は、2017 年 11 月以降に、湯釜直下に存在する熱水溜りに対し、マグマ成分の流量が増大したことを意味している。この流量増加は、2018 年 8 月以降に解消したと推定される。

噴気 W と C' の見かけ平衡温度 (AET) は 2018 年に入りわずかに低下傾向にあるが、E の AET は安定している (図 7)。図 8 および図 9 で、噴気 C' の H_2O の水素・酸素同位体比は 2018 年に入り、2017 年 11 月の値から大きく低下したが、他の二つの噴気については、2017 年 11 月から大きな変化はみられない。噴気 C' は小さな噴気孔であり、放出量が低いので、地表近くで火山ガスが冷却をうけて、水蒸気の部分的な凝縮が発生し、同位体比が低下したと考えられる。

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. 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.

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
C'	N 36d 38m 53.29s	E 138d 32m 22.55s
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.

Location	Date	Temp °C	CO ₂ /H ₂ S test-tube	H ₂ O %	CO ₂ %	H ₂ S %	SO ₂ %	R-gas %	R-gas						δ D _{SMOW} ‰	δ ¹⁸ O _{SMOW} ‰	AET °C
									He %	H ₂ %	O ₂ %	N ₂ %	CH ₄ %	Ar %			
W	2018/6/19	94.8	7.08	97.1	2.42	0.430	0.00163	0.0113	0.251	0.223	0.058	99.1	0.0482	0.367	-70	-7.6	153
W	2018/8/6	94.6	5.82	97.7	1.89	0.401	0.00114	0.0097	0.209	0.229	0.045	99.2	0.0568	0.251	-73	-8.0	147
W	2018/10/17	94.8	4.79	97.3	2.16	0.518	0.00371	0.0248	0.056	0.108	0.038	99.5	0.0425	0.238	-74	-8.4	161
C	2018/6/19	94.0	5.95	97.6	2.00	0.431	0.00054	0.0104	0.222	0.158	0.0737	99.3	0.0418	0.198	-109	-15.1	133
C	2018/8/6	94.5	5.36	97.8	1.78	0.407	0.00107	0.0114	0.165	0.165	0.0336	99.2	0.0422	0.375	-107	-14.6	142
C	2018/10/17	94.0	5.25	97.5	2.00	0.436	0.00205	0.0275	0.050	0.069	0.0689	99.5	0.0281	0.309	-110	-14.7	147
E	2018/6/19	94.0	6.25	98.1	1.63	0.300	0.00123	0.0111	0.154	0.495	0.0561	98.9	0.0756	0.277	-77	-8.4	175
E	2018/8/6	93.9	6.38	98.2	1.53	0.277	0.00227	0.0109	0.135	0.432	0.0551	99.0	0.0550	0.277	-77	-8.3	177
E	2018/10/17	93.6	6.25	98.0	1.64	0.291	0.00192	0.0206	0.060	0.255	0.0712	99.4	0.0570	0.202	-79	-8.8	179

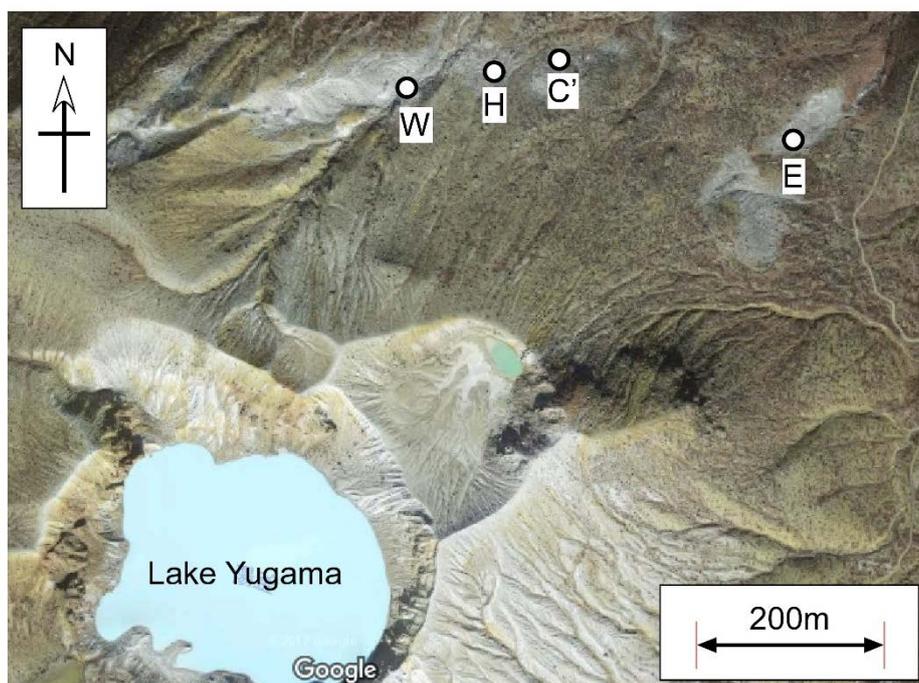


図1. 草津白根山山頂北側山麓噴気 W, C', E の位置. H は新たに生じた陥没孔 (背景図として, GoogleMap を使用した) Fig.1. Location of fumaroles W, C' and E on the north flank of Kusatsu-Shirane volcano. H is a newly formed hole with boiling water. (GoogleMap was used for the background)

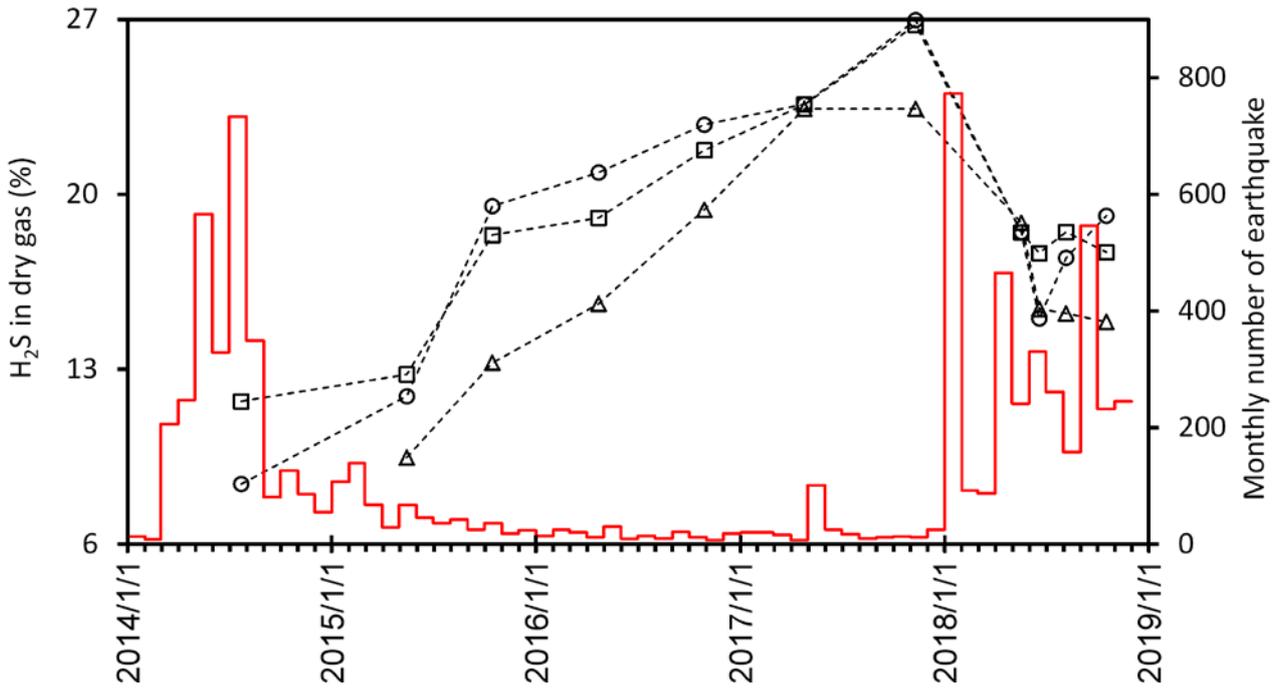


図2. H₂Oを除いた成分 (Dry gas) 中における H₂S 濃度の変化 (○ : W, □ : C, △ : E). 月別地震回数は気象庁の観測に基づく.

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

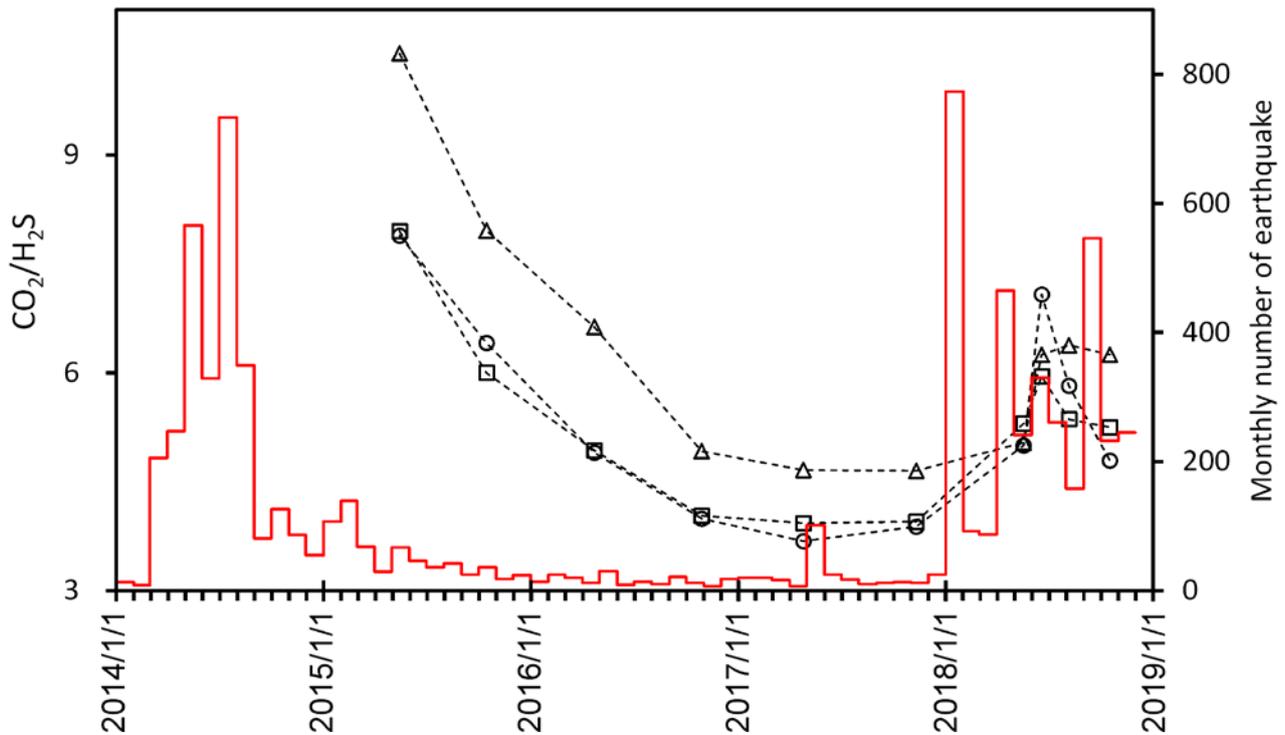


図3. CO₂/H₂S 比の時間変化 (検知管による現場測定) (○ : W, □ : C, △ : E). 月別地震回数は気象庁の観測に基づく.

Fig. 3. Change in the CO₂/H₂S ratio measured by use of test-tube.

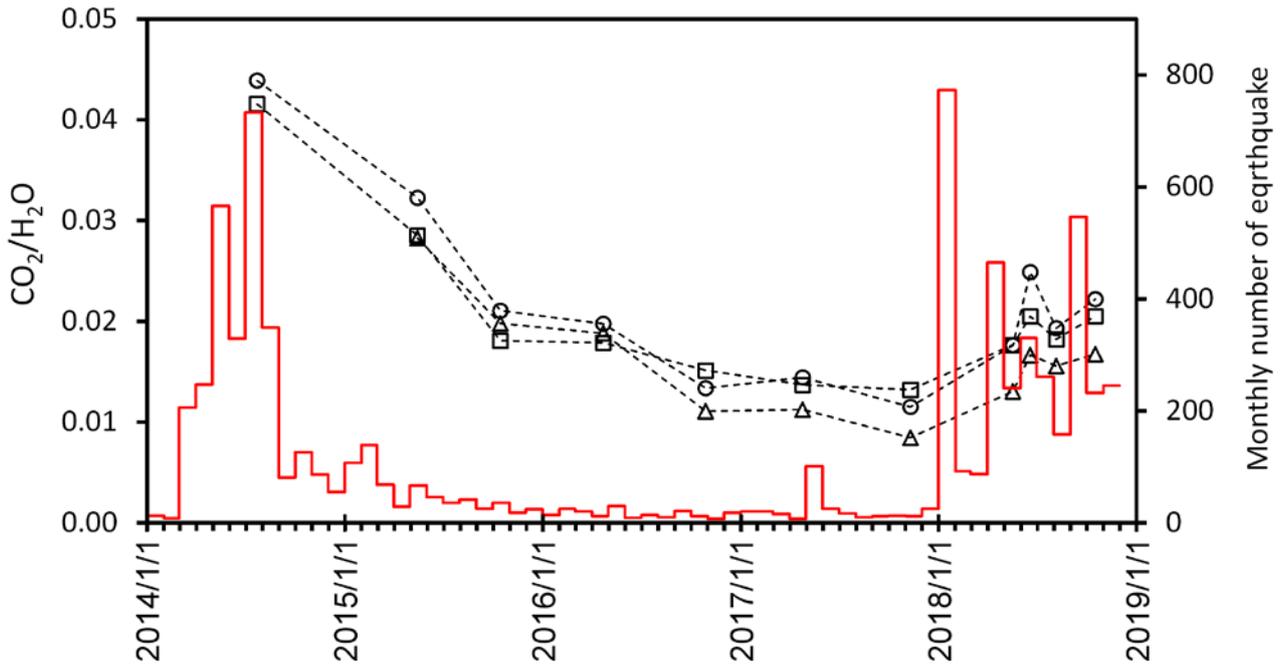


図4. CO₂/H₂O比の時間変化 (○ : W, □ : C, △ : E). 月別地震回数は気象庁の観測に基づく.

Fig. 4. Change in the CO₂/H₂O ratio of fumarolic gases

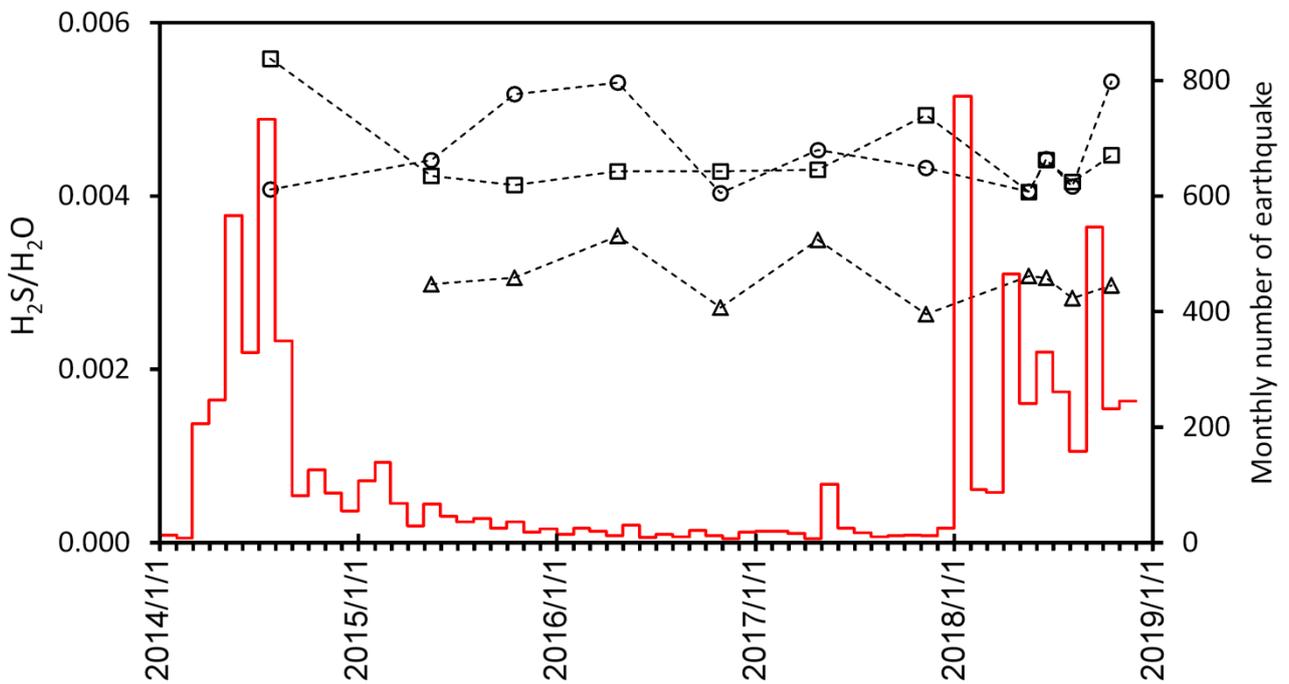


図5. H₂S/H₂O比の時間変化 (○ : W, □ : C, △ : E). 月別地震回数は気象庁の観測に基づく.

Fig. 5. Change in the H₂S/H₂O ratio of fumarolic gases

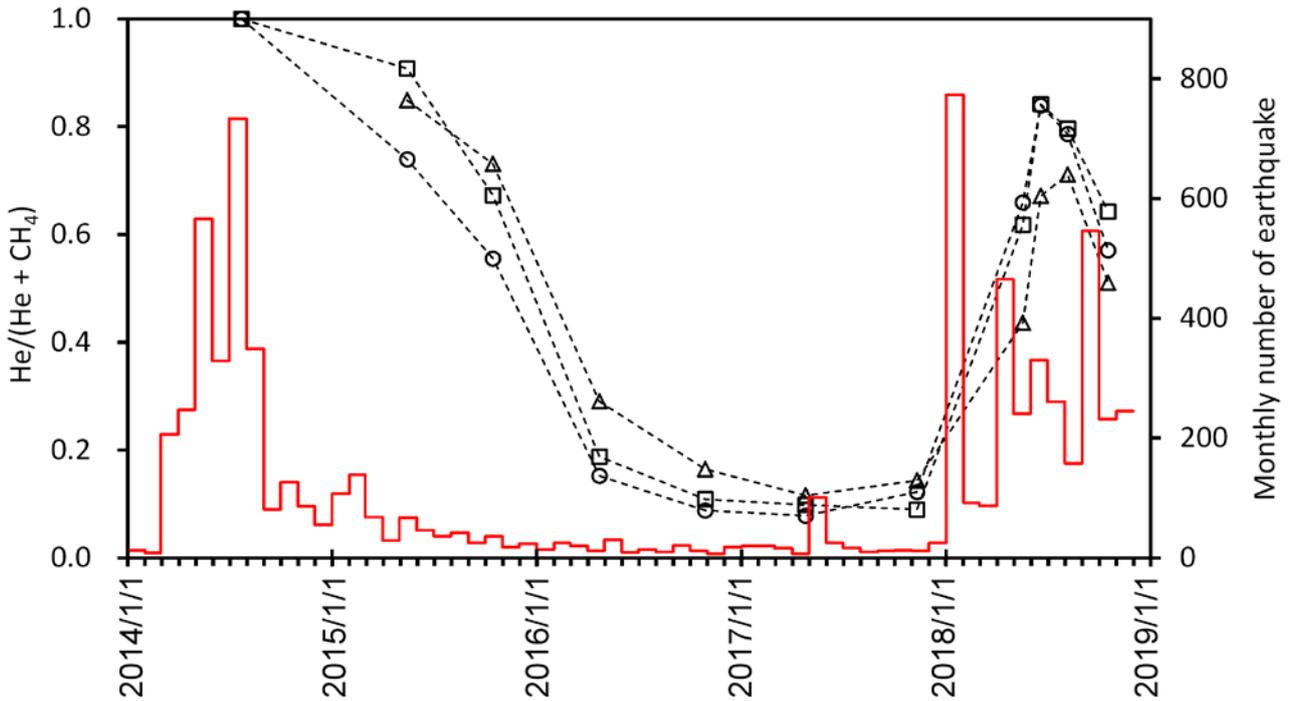


図 6. He/(He+CH₄) 比の時間変化 (○ : W, □ : C, △ : E). 月別地震回数は気象庁の観測に基づく.

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

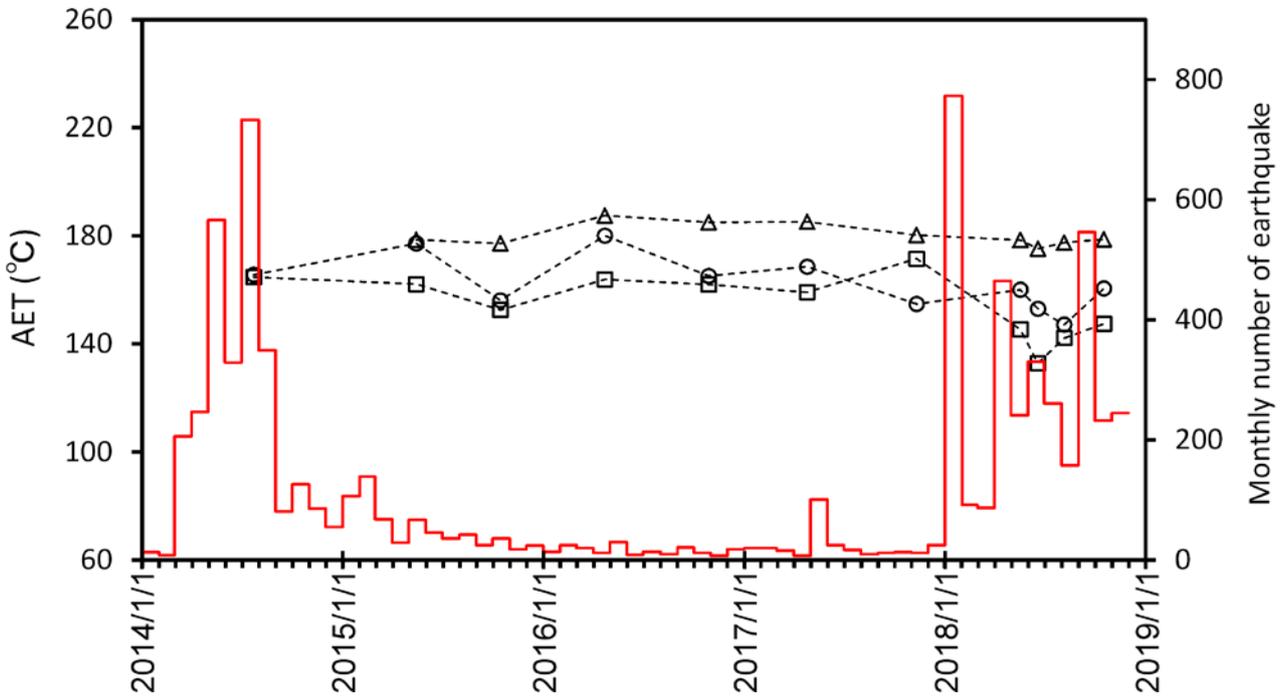


図 7. 見かけ平衡温度 (AET) の変化 (○ : W, □ : C, △ : E). 月別地震回数は気象庁の観測に基づく.

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

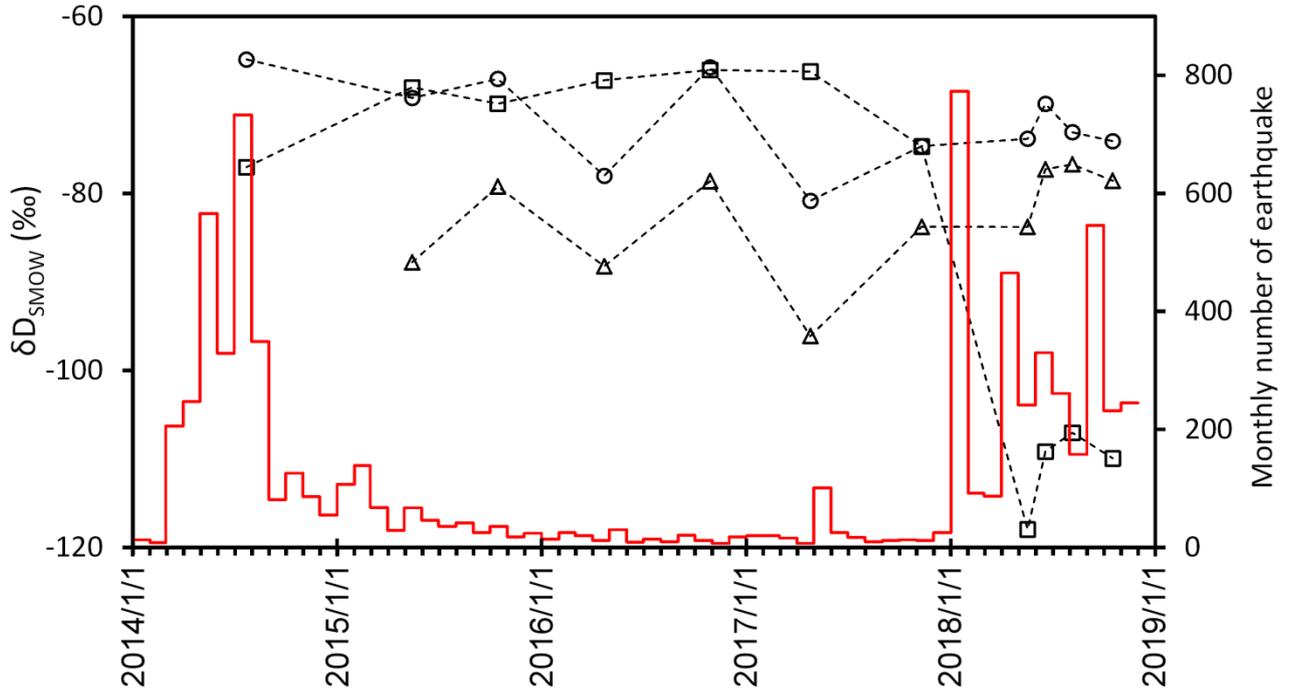


図 8. H₂O の水素同位体比 (δ¹⁸O) の変化 (○ : W, □ : C, △ : E). 月別地震回数は気象庁の観測に基づく.

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

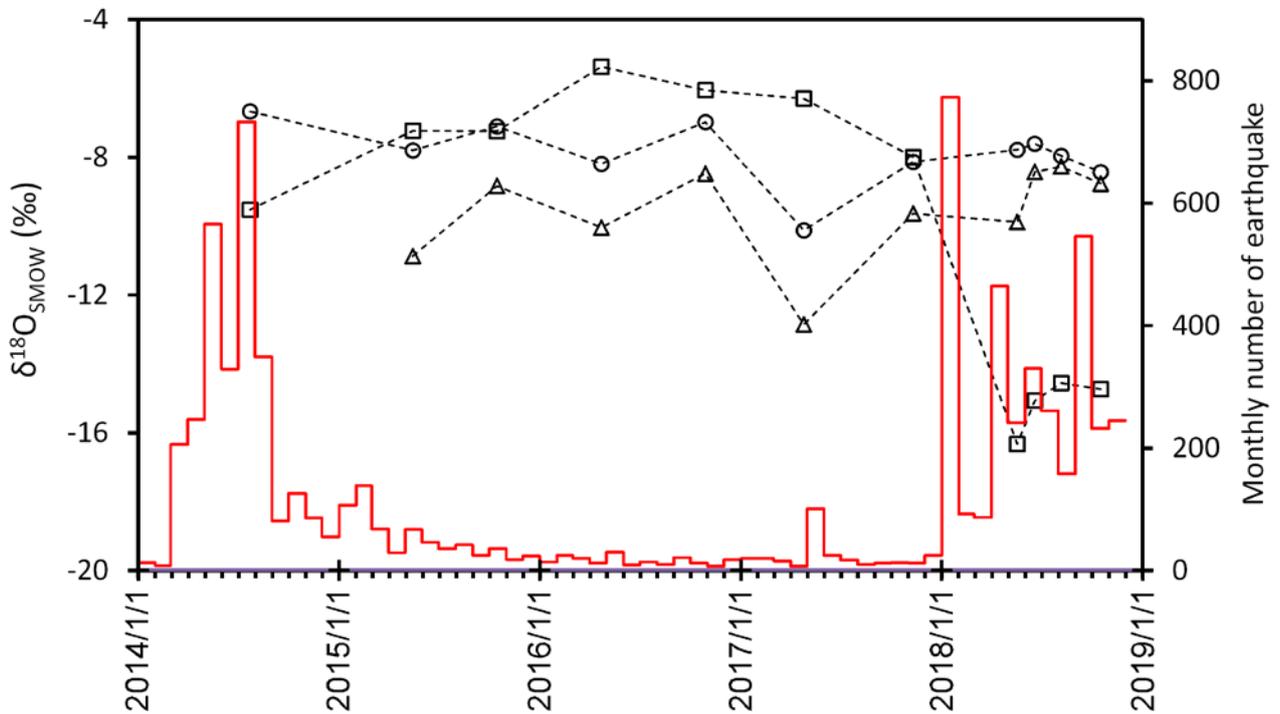


図 9. H₂O の酸素同位体比 (δ¹⁸O) の変化 (○ : W, □ : C, △ : E). 月別地震回数は気象庁の観測に基づく.

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