霧島えびの高原硫黄山火山ガスの化学組成（2015 年 12 月～2025 年 12 月）

Chemical composition of the volcanic gases at Ebinokogen Iwoyama volcano, Kirishima, Japan (From Dec. 2015 to Dec. 2025)

１．概要

えびの高原硫黄山では 2025 年 6 月から 12 月にかけて、噴気孔 h で採取した火山ガスの SO_2/CO_2 比と SO_2/H_2S 比が上昇した。噴気孔 c では 2025 年 12 月にガスの放出が停止した。SO_2/CO_2 比と SO_2/H_2S 比の上昇はマグマ性ガスの影響の増大を示しているが、噴気孔 c の変化を考慮すると、地下水の影響の低下が SO_2/CO_2 比と SO_2/H_2S 比の上昇の原因であると考えられる。

２．噴気の採取・分析

硫黄山の山頂付近の噴気孔 a、c、h（図 1）で噴気を繰り返し採取・分析した。噴気 a は 2019 年以降、放出の勢いが著しく低下し、採取そのものができない場合があったが、2023 年 6 月に噴気 a の放出量が一時的に増加したため、採取を実施した。2025 年 12 月 5 日に噴気孔 c を訪れたところ、噴気の放出が止まっていた。同日に噴気孔 h で噴気を採取した際に、空気の混入が認められた。噴気孔 h は小さな崖の上にあり採取が難しい。この崖の下の遊歩道で新たな噴気の放出を認めた。この噴気孔を b’と名付けた（写真１）。噴気孔 b’では空気の混入を受けずに噴気の採取が可能であった。

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 を封入した。真空ガラス瓶の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。真空瓶を用いた採取とは別に、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。また、SO_2 と H_2S の分別定量のためヨウ素溶液を噴気で洗気し、試料として持ち帰った。

３．結果・考察

噴気の SO_2/CO_2 比を図 2 に示す。噴気 h で、2025 年 6 月から 2025 年 12 月にかけて SO_2/CO_2 比が上昇した。噴気 b’の SO_2/CO_2 比は、噴気 h の SO_2/CO_2 比に近い。噴気の SO_2/H_2S 比を図 3 に示す。噴気 h では 2025 年 6 月から 12 月にかけて上昇した。噴気 b’の SO_2/H_2S 比は、噴気 h の SO_2/H_2S 比にほぼ一致している。噴気に含まれる H_2O の酸素同位体比（$\delta^{18}O$）を図 4 に示す。噴気 h では 2025 年 6 月から 12 月にかけてごくわずかに上昇した。噴気 b’の $\delta^{18}O$ は、噴気 h の $\delta^{18}O$ に近い。

図 5 に、噴気の SO_2-CO_2-H_2S 三成分組成を示す。この三成分図では、左下の SO_2 の頂点に近づくほど、マグマ性ガスの影響が強くなり、CO_2 頂点に向かう変化は、マグマ性ガスに対する地下水の影響の増大を意味すると解釈される（Ohba et al., 2021）。噴気 h では、2025 年 6 月から 12 月にかけて SO_2 頂点に近づく動きが見られた。噴気孔 c で噴気の放出が止まったことは、マグマ性ガスの供給量が低下した

ことを示唆している。2025 年 6 月～12 月の期間の変化は、地下水の影響が低下したことを反映していると考えられる。2025 年 12 月 5 日における噴気 h と b’は近接している。噴気 h の採取が困難な場合は噴気 b’が代替になりうると考えられる。

４．謝辞

本研究実施のために、文部科学省次世代火山研究推進事業（課題Ｂ３）の研究費を使用しました。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。ここに記して心より感謝いたします。

５．文献

T Ohba, M Yaguchi, U Tsunogai, M Ito, R Shingubara (2021) Earth Planets and Space (2021) doi:10.1186/s40623-021-01405-4

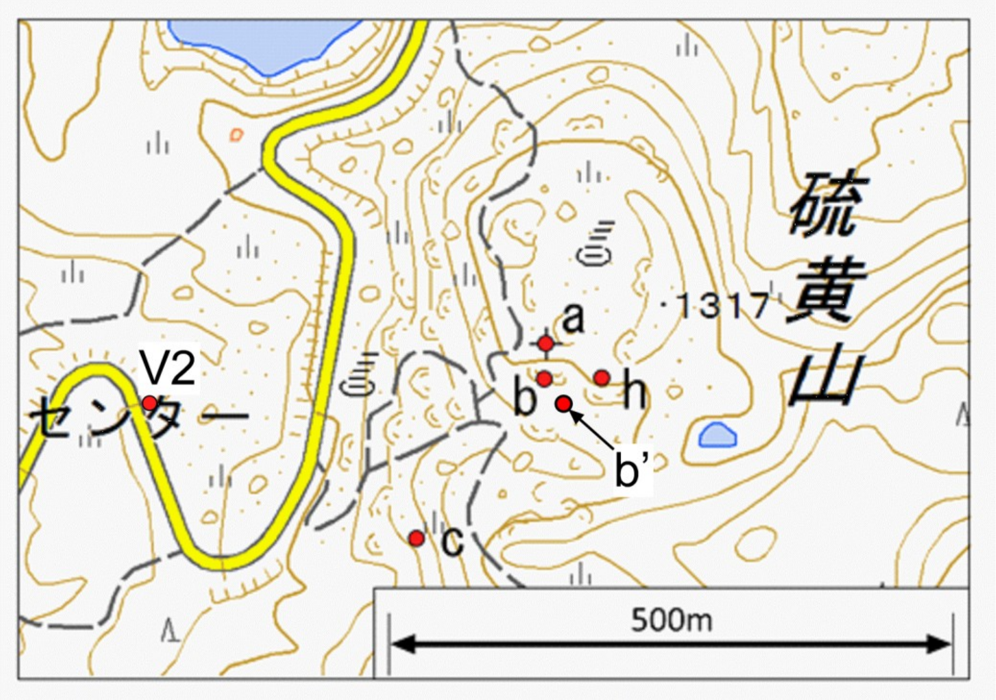


図１　硫黄山噴気 a、b、b’、c、h、V2 の位置（背景の地図として、国土地理院 1/25000 地形図を使用した）

霧島えびの高原硫黄山

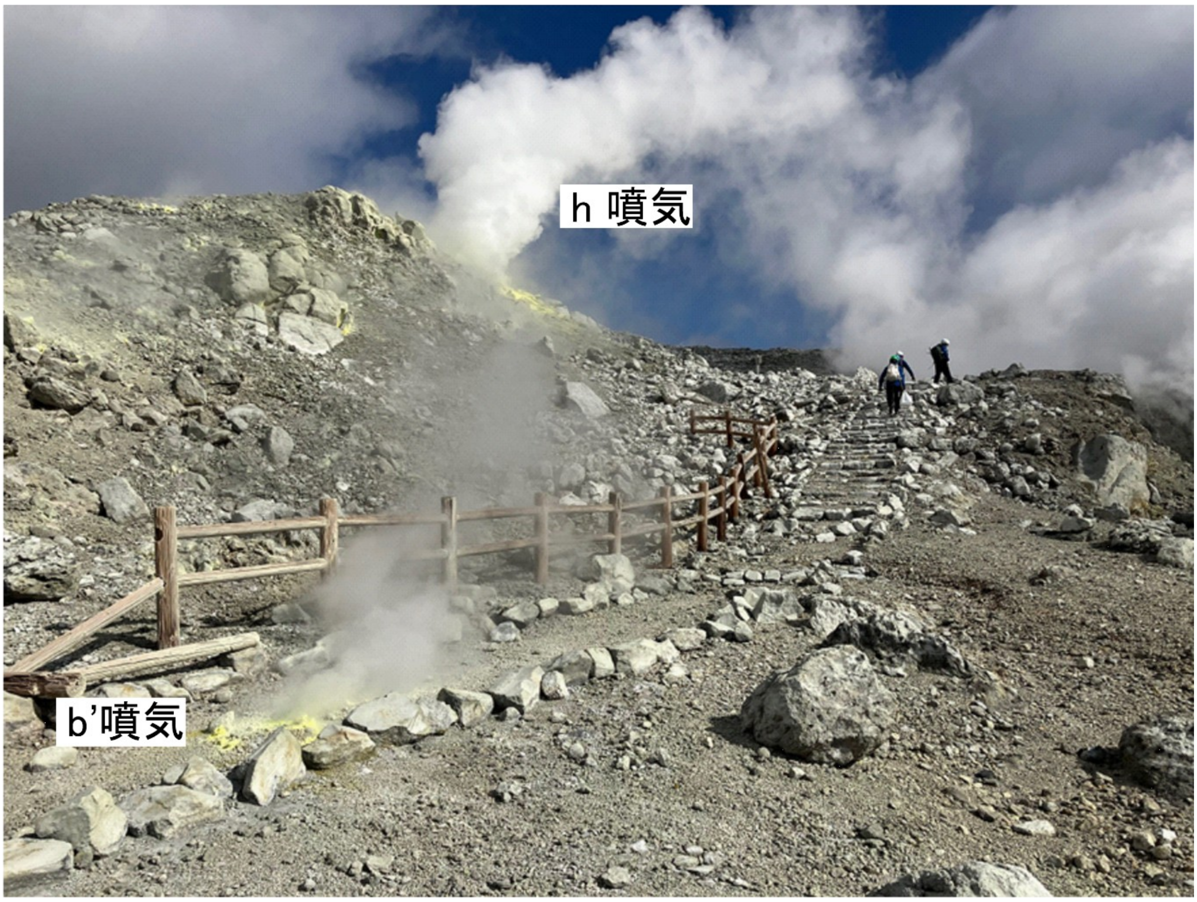


写真 1　えびの高原硫黄山の噴気（手前が b’噴気、奥が h 噴気）

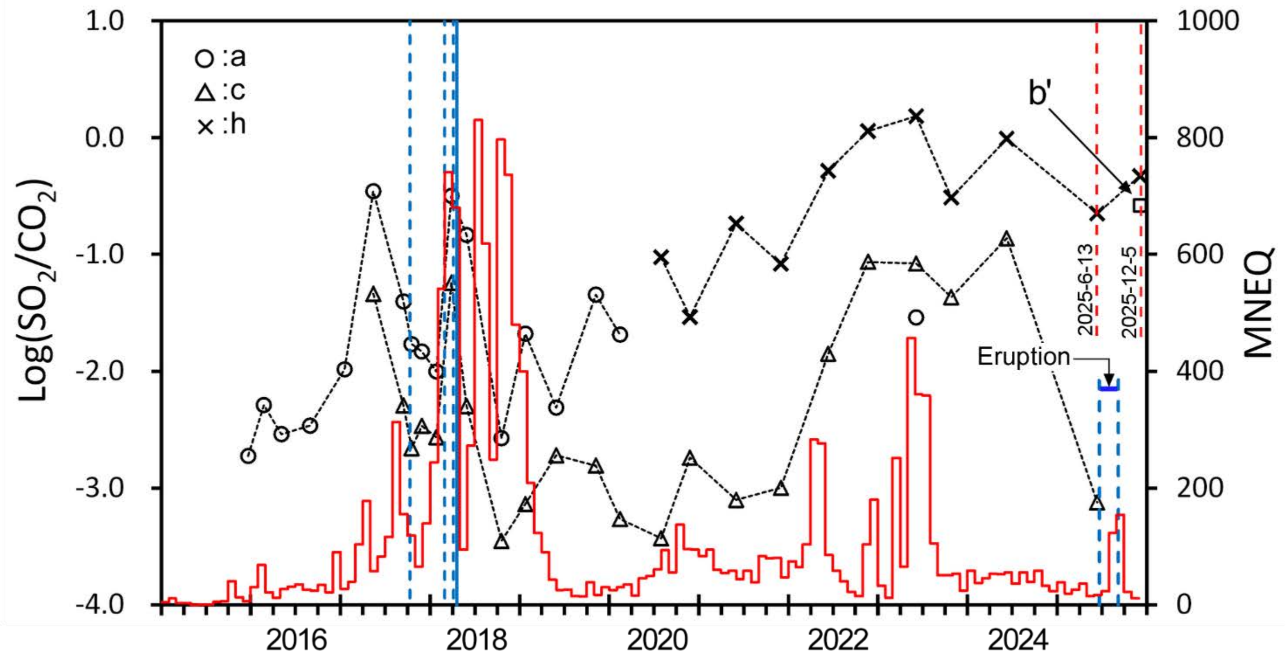


図 2　SO_2/CO_2 比の時間変化（MNEQ：月別地震回数。赤線ヒストグラムは気象庁による MNEQ、青の実線は硫黄山における噴火、青破線は新燃岳における噴火を示す。新燃岳では、2025 年 6～9 月の期間、断続的に噴火が発生した。）

霧島えびの高原硫黄山

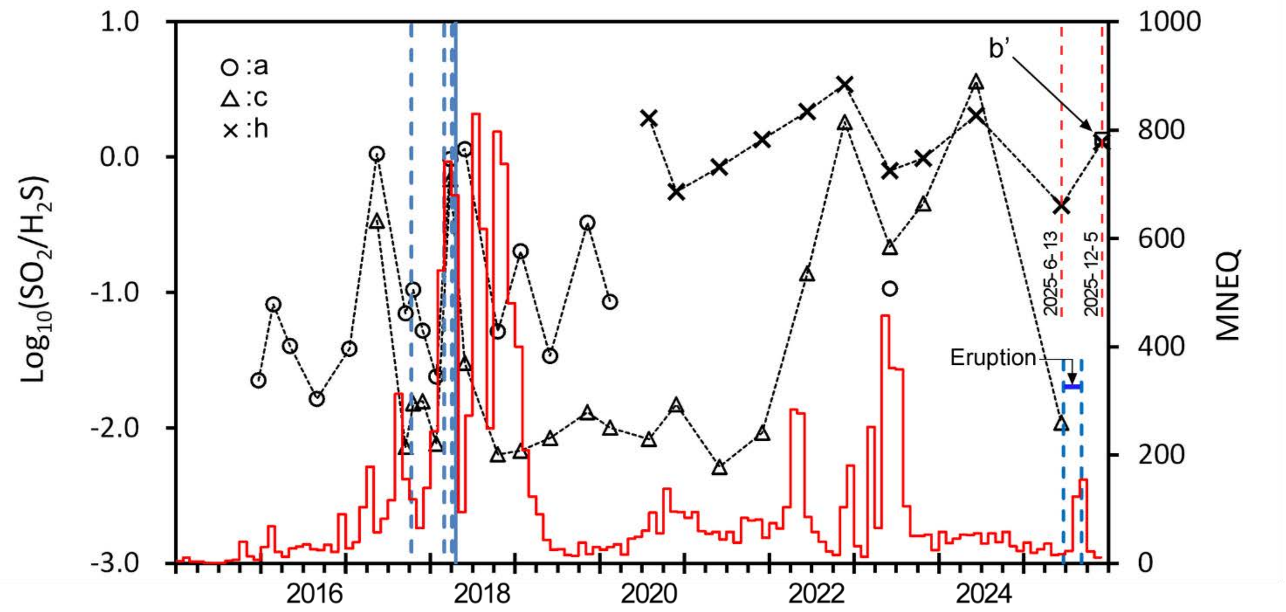


図３　SO_2/H_2S 比の時間変化（MNEQ：月別地震回数。赤線ヒストグラムは気象庁による MNEQ、青の実線は硫黄山における噴火、青破線は新燃岳における噴火を示す。新燃岳では、2025 年 6～9 月の期間、断続的に噴火が発生した。）

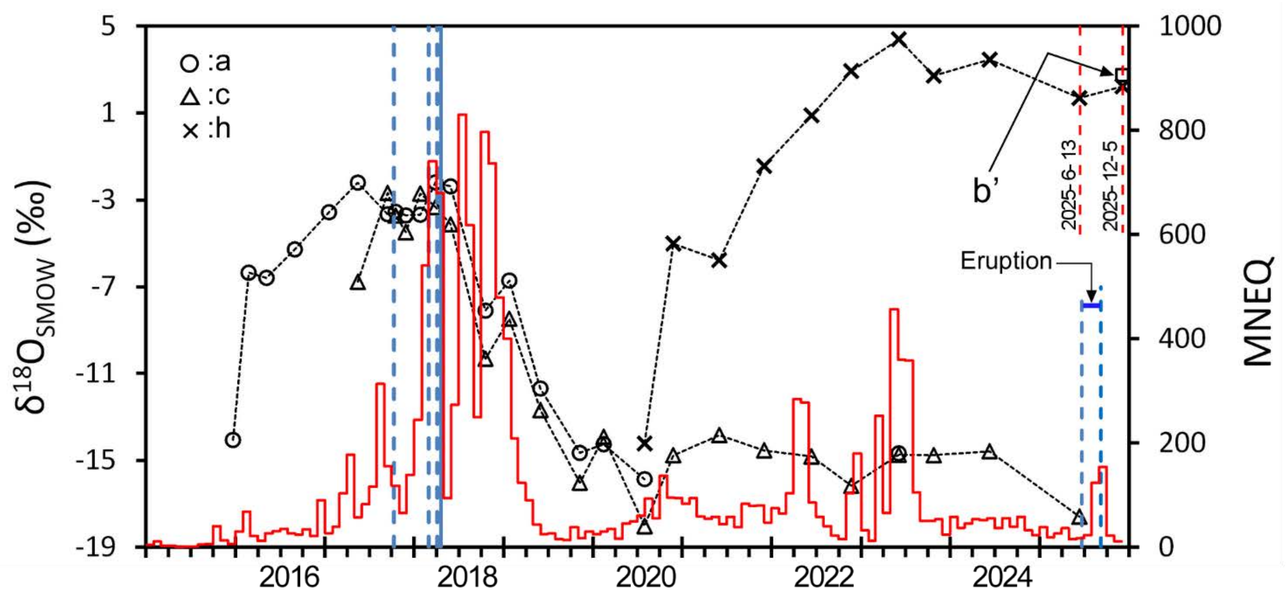


図４　H_2O 酸素同位体比の時間変化（MNEQ：月別地震回数。赤線ヒストグラムは気象庁による MNEQ、青の実線は硫黄山における噴火、青破線は新燃岳における噴火を示す。新燃岳では、2025 年 6～9 月の期間、断続的に噴火が発生した。）

霧島えびの高原硫黄山

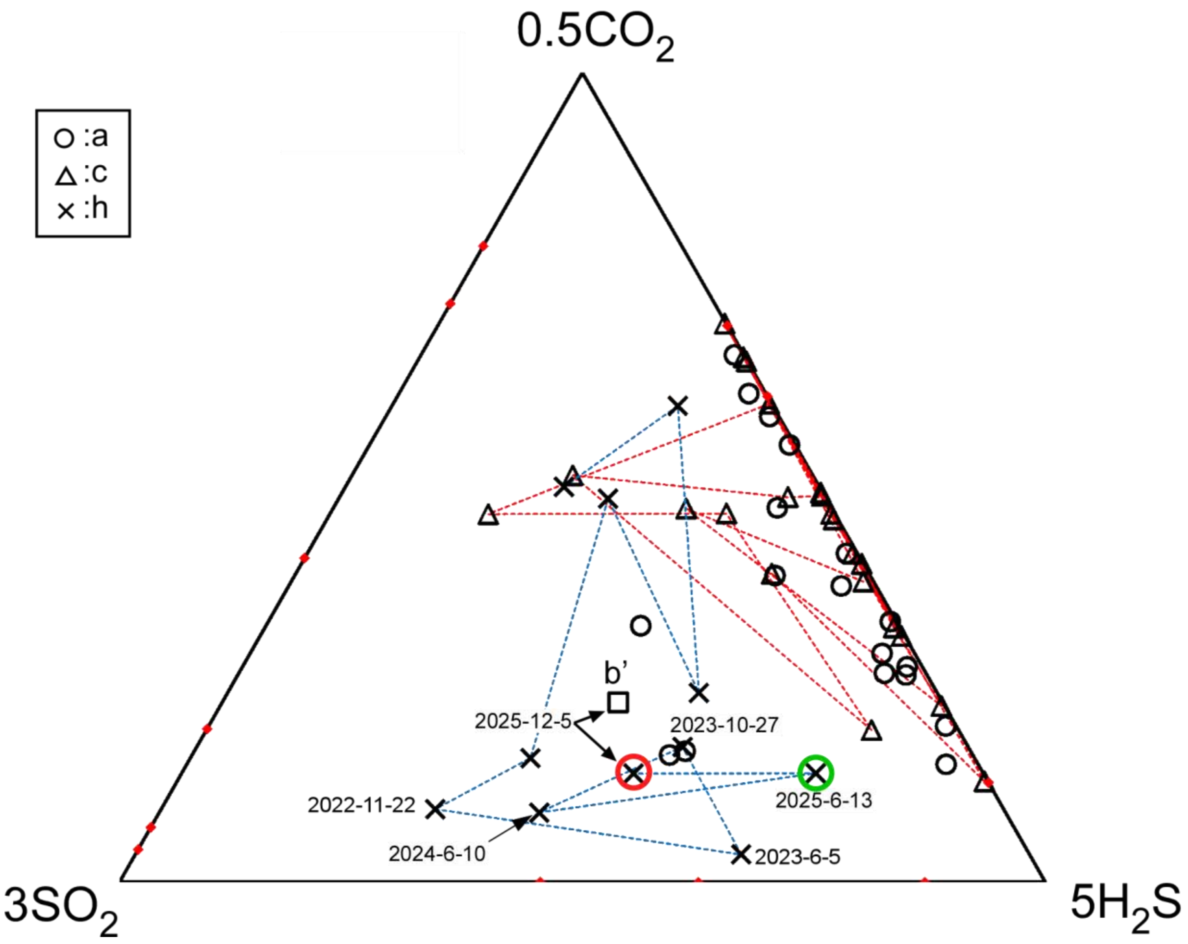


図５　噴気の SO_2-CO_2-H_2S 三成分図。緑の丸は 2025/6/13 の噴気 h、赤の丸は 2025/12/5 の噴気 h の組成を示す。

霧島山(硫黄山)周辺の湧水の化学組成

（2025 年 11 月 12 日観測まで）

霧島山(硫黄山)の山体や火口跡から排出される湧水･熱水の化学組成は火山活動の盛衰を反映して変化する。例えば、硫黄山周辺で最も長く観測を続けている硫黄山山頂西麓の A 地点(図 1)の湧水では 2017 年 4 月の土砂噴出や 2018 年 4 月の噴火の前後で湧水に含まれる塩化物イオンと硫酸イオンの比率(Cl/SO_4 比)に顕著な増加が観測された[1]。これは天水を主体とする SO_4 に富む蒸気加熱型の熱水と熱水系でマグマ性ガスが気液分離して生じた Cl に富む熱水との混合割合の変化に起因すると考えられる。

2024 年 4 月以降は地震活動と水中の Cl/SO_4 比との対応関係が変化し、顕著な地震活動は観測されていない一方で水中の Cl/SO_4 比が高い水準で増減を繰り返しているが(図 2)、これには熱水系において天水成分の混合割合が減少したなどの変化が関与している可能性が考えられる。2024 年 4 月の以前と以後で水中の Cl/SO_4 比のベースラインが変化している可能性があるため絶対値の比較には注意を要するが、最近の観測では硫黄山周辺で地震回数が多かった 2025 年 8 月ないし 9 月に湧水の Cl/SO_4 比が高値を示しており(2025 年 9 月 2 日, $Cl/SO_4 = 2.7$)(図 2, 表 1)、火山活動の指標性は保持していると見られる。

*本研究の一部には文部科学省次世代火山研究推進事業(課題 B3)の研究費を使用しています。

参考文献 [1]気象研究所ほか (2018) 火山噴火予知連絡会会報, 130, 285–291.

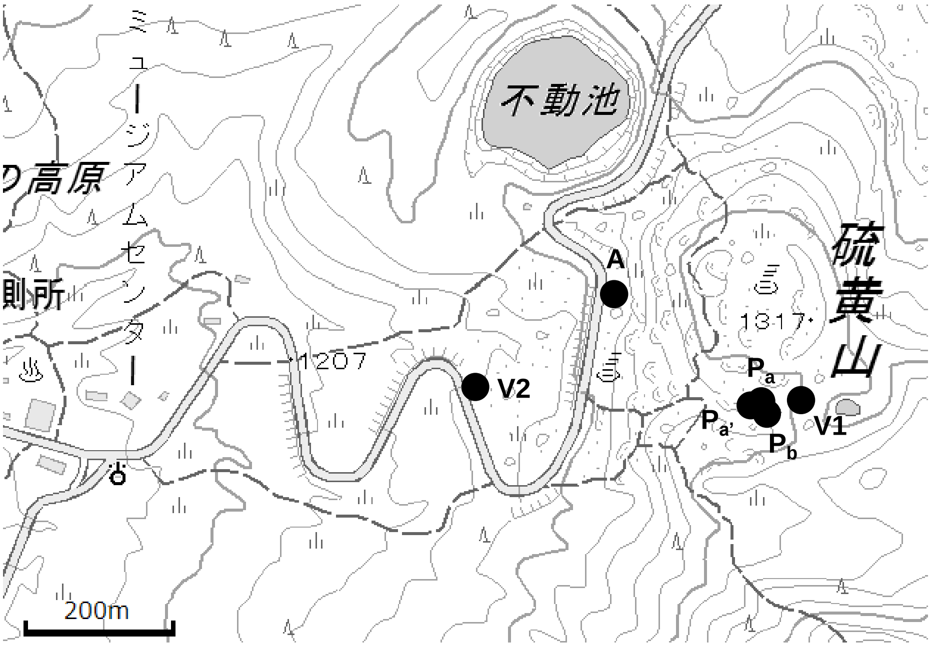


図 1. 試料採取地点（背景地図に地理院地図を使用した）

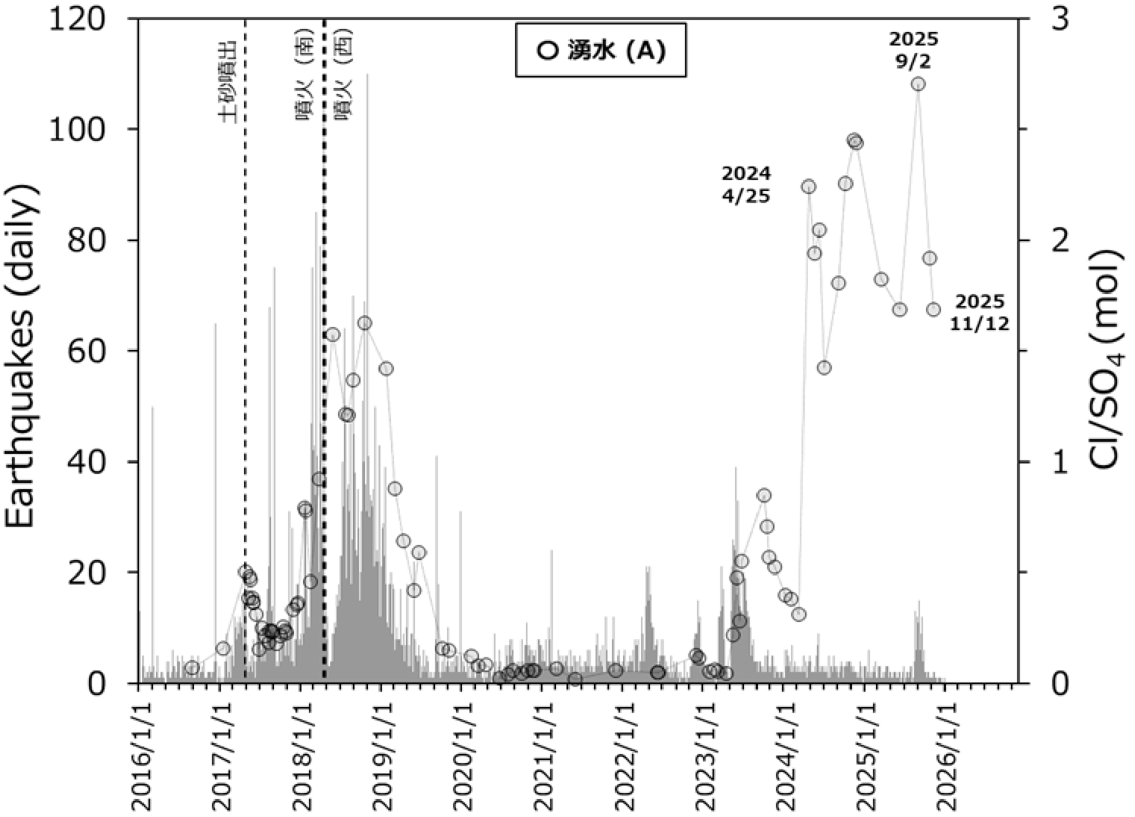


図 2. A 地点（硫黄山西麓）湧水の Cl/SO_4 モル比の変化

表 1. 最近の Cl/SO_4 比の変化（抜粋）

採水地点	採取日	WT ℃	pH	Cl/SO_4 molar ratio	採水地点	採取日	WT ℃	pH	Cl/SO_4 molar ratio
A	2022/6/13	53.0	1.08	0.05	A	2024/2/5	41.0	1.73	0.38
A	2022/12/2	45.4	1.82	0.13	A	2024/3/13	53.5	1.65	0.31
A	2022/12/14	44.9	1.7	0.11	A	2024/4/25	57.8	1.51	2.24
A	2023/2/2	40.1	1.63	0.05	A	2024/5/20	60.2	1.45	1.94
A	2023/2/21	43.0	1.87	0.06	A	2024/6/10	60.3	1.45	2.05
A	2023/3/10	34.5	1.74	0.05	A	2024/7/4	63.0	1.47	1.42
A	2023/4/18	54.8	1.56	0.04	A	2024/9/9	63.3	1.33	1.81
A	2023/5/16	ND	1.43	0.22	A	2024/10/9	61.4	1.47	2.25
A	2023/6/5	56.1	1.58	0.48	A	2024/11/15	58.5	1.54	2.45
A	2023/6/16	62.5	1.43	0.28	A	2024/11/27	54.9	1.51	2.44
A	2023/6/28	59.5	1.44	0.55	A	2025/3/19	48.8	1.46	1.82
A	2023/10/5	51.7	1.61	0.85	A	2025/6/13	57.8	1.42	1.69
A	2023/10/18	53.0	1.65	0.71	A	2025/9/2	60.1	1.41	2.70
A	2023/10/27	51.1	1.62	0.57	A	2025/10/27	51.8	1.65	1.92
A	2023/11/21	48.9	1.64	0.53	A	2025/11/12	ND	1.58	1.69
A	2024/1/12	41.1	1.6	0.40					

pH, EC の測定にはガラス電極および白金-白金黒電極(HORIBA, D-74), Cl, SO4 の分析にはイオンクロマトグラフ法(Thermo, Integrion)を使用した.
分析値は今後変更する場合があります.

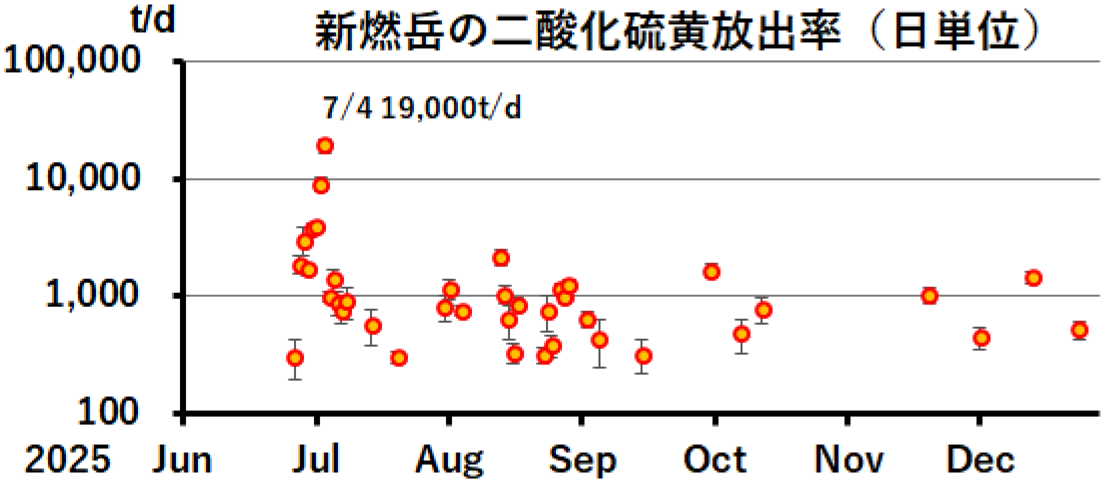
霧島山新燃岳の二酸化硫黄放出活動（2025 年 6～12 月）

2025 年 6 月 22 日に噴火活動を開始した霧島山新燃岳では、衛星観測により 6 月 27 日に二酸化硫黄が検出され、7 月 4 日には約 19,000t/d となった。その後 1,000t/d 程度に減少し継続しているが、11 月以後は，検出頻度は低下している。

2025 年 6 月 22 日に噴火活動を開始した霧島山新燃岳の二酸化硫黄放出活動について、衛星と気象モデルを用いた放出率解析を行ったので結果を報告する。

地球観測衛星 Sentinel-5P*により得られた二酸化硫黄濃度分布データを気象庁の気象モデルを用いて解析**したところ、衛星で最初に検知された 6 月 27 日の放出率は，300t/d 程度であった（第１図、第２図 A）。その後、放出率は増大し、7 月 4 日には約 19,000t/d となった（第１図、第２図 H）が、その後 1,000t/d 程度で推移した。その後検出しない日が増えたものの、概ね 1,000t/d 以下で推移している。

なお、放出率は周辺火山からの二酸化硫黄を含まずに算出されている***。また、二酸化硫黄が雲域より下層にある場合には衛星では検出できず、放出率は計算できない。



第１図　霧島山新燃岳の衛星による二酸化硫黄放出率　2025 年 6～12 月

300t/d 未満は解析精度が悪いためプロットしていない

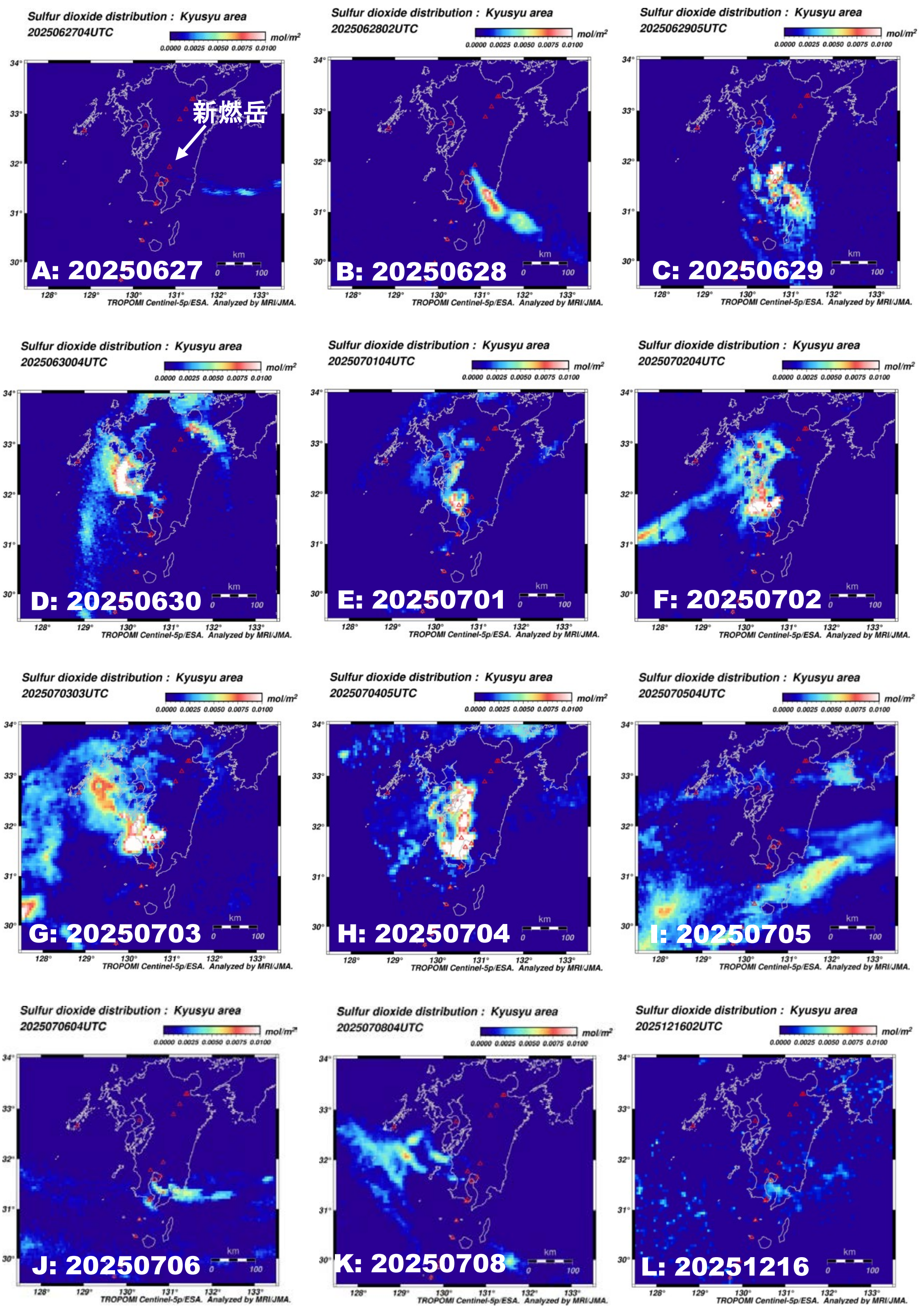
＊ 欧州宇宙機関（ESA）により打ち上げられた極軌道衛星で、センサーの TROPOMI により主要な大気質の微量ガスとエーロゾルを毎日観測する（Veefkind et al.， 2012）。ESA にはデータ利用に感謝する。

** 衛星によって二酸化硫黄が検出された格子に配置したトレーサーに対し、気象モデル（気象庁局地解析値）を用いて後方追跡計算を行い、霧島山新燃岳火口付近に戻った格子から、１日あたりの総放出量を算出した（高木・新堀，2023）。１日１回撮像される衛星データの二酸化硫黄格子を、４時間まで後方追跡して平均し、放出率とした。

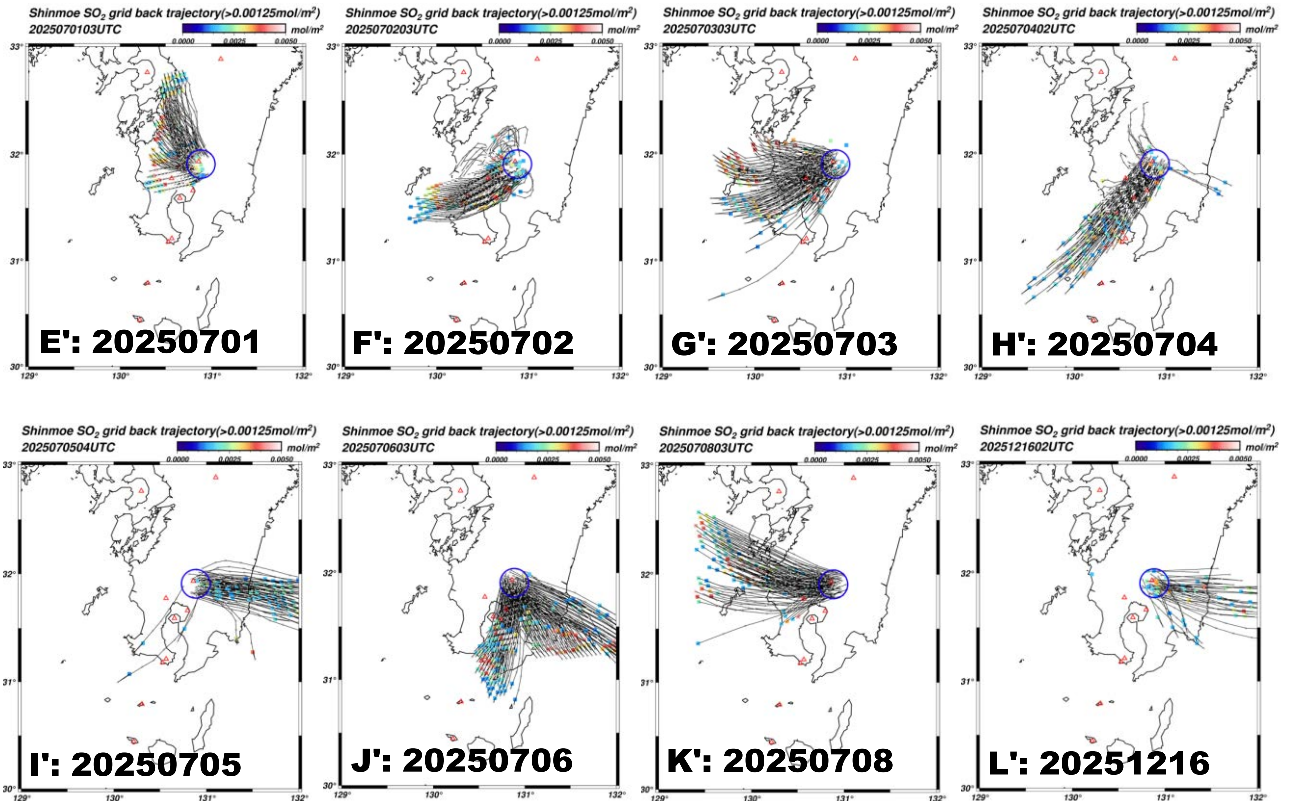
*** 本手法では、衛星が検知した二酸化硫黄格子を後方追跡計算することにより、放出源の火口を特定できるため、新燃岳起因以外の二酸化硫黄を混在して算出されている可能性は低い。

（参考）

霧島山（新燃岳）



第２図　九州地域の Sentinel-5P 衛星による二酸化硫黄カラム濃度分布（A～L）



第３図　放出率計算に用いられた、TROPOMI センサーによる二酸化硫黄カラム濃度格子の、気象庁局地モデルによる、新燃岳火口への後方追跡計算結果の抜粋（7 月 1～8 日及び 12 月 16 日）（E’～L’）

参考文献

1) Veefkind et al. (2012)：TROPOMI on the ESA Sentinel-5 Precursor: A GMES mission for global observations of the atmospheric composition for climate, air quality and ozone layer applications, Remote Sensing of Environment, 120, 70-83.
2) 高木朗充・新堀敏基 (2023)：Sentinel-5p 衛星 TROPOMI センサーと気象庁局地モデルによる二酸化硫黄放出率の監視と西之島の火山活動, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会予稿集, SVC31-19, https://confit.atlas.jp/guide/event/jpgu2023/subject/SVC31-19/detail?lang=ja.