



2025年5月15日

火山調査研究推進本部政策委員会

総合基本施策・調査観測計画部会

第1回調査観測計画検討分科会

# 物質科学分析体制の構築について： 火山ガスと火山性流体の地球化学

産総研 篠原宏志

# 地球化学調査観測と必要な分析設備

- ・火山ガス      採取分析  
                 連続観測 (Multi-GAS)  
         噴煙観測      放出量 (DOAS)  
                         組成 (Multi-GAS)

- ・水試料      採取分析  
(温泉水、火口湖水、地下水)

- ・土壌ガス      放出量分布調査  
                 放出量変化連続観測  
                 採取分析

- ・火山灰付着水溶性成分

火山ガス成分の様々な  
放出形態

地下での火山ガス成分  
の移動・反応の情報

# 噴火予知の5要素 地球化学情報

- ・時期 変化の検知(前兆)
- ・場所 土壌ガス分布、噴気孔分布
- ・規模 放出量
- ・様式(特徴): 供給源の特徴、供給源の状態変化  
(マグマ性、熱水性、高温/低温、圧力)  
放出量・組成
- ・推移 変化

火山ガス成分の量・組成  
熱水・マグマ移動、状態の評価  
噴火発生場、発生過程の評価



爆発的噴火前:

CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>比増加

SO<sub>2</sub> flux大きな変動なし

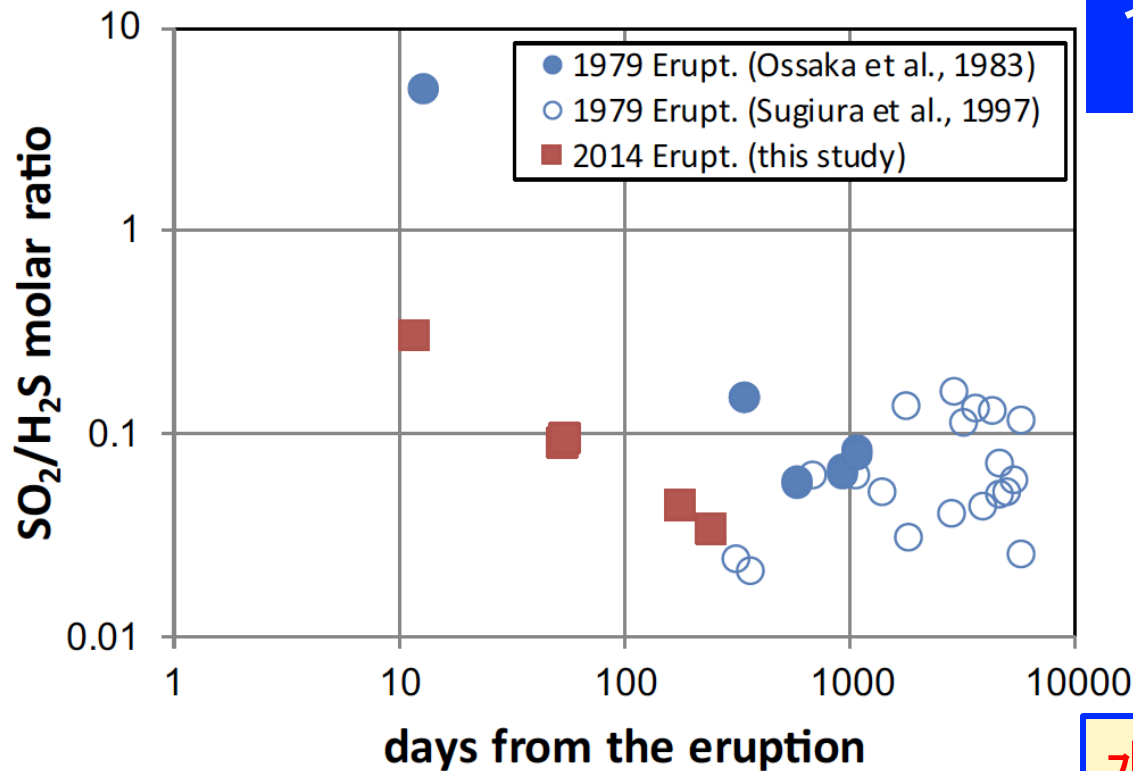
活動期の活発化:

CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>比高値、flux増

権利の関係で掲載不可

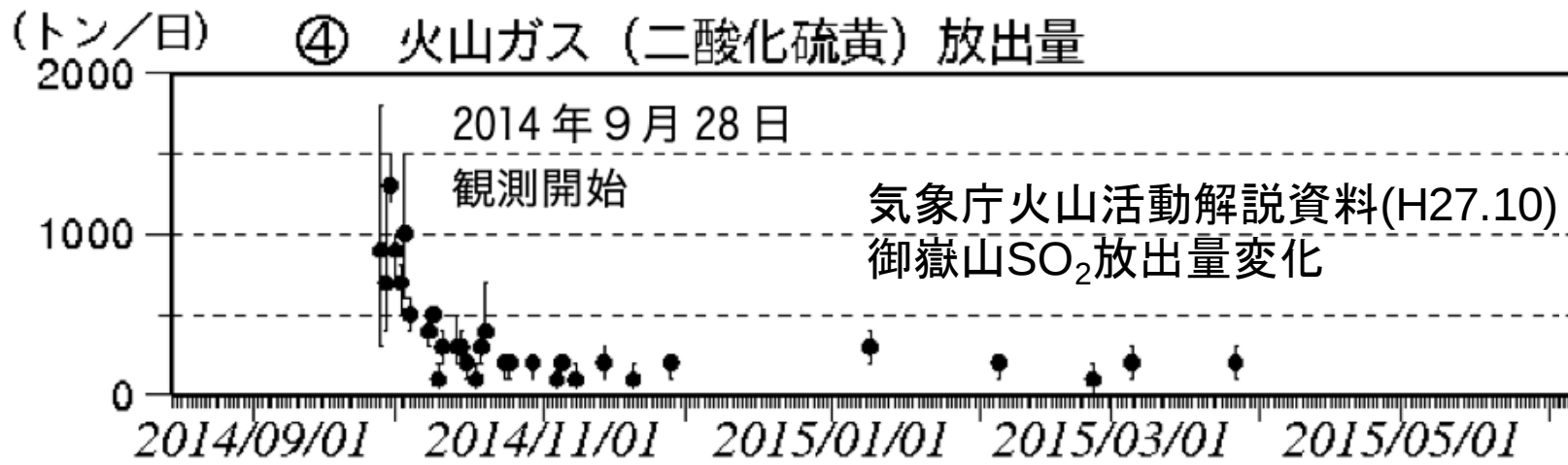
Stromboli式噴火の繰り返し  
→大規模噴火遷移過程の把握  
遷移原因の評価

# 火山ガスMulti-GAS:Drone 採取分析:現地観測



Mori et al. (2016)  
御嶽山噴火後の $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比変化

水蒸気噴火後の活動規模・  
状態変化、発生原因評価



北側噴気ガスのDry Gas中の  
 $H_2S$ 濃度の低下  
( $CO_2/H_2S$ の増加)

典型的な低温噴気ガス

低温噴気火山での典型的な前兆変化

温度変化による組成変化では説明困難

熱水系条件の変化ではなく、深部供給の変化？

$CO_2/H_2S$ 比の増加：マグマ性ガスの増加

火山ガス放出率の変化？

水蒸気噴火前兆把握、  
発生原因評価

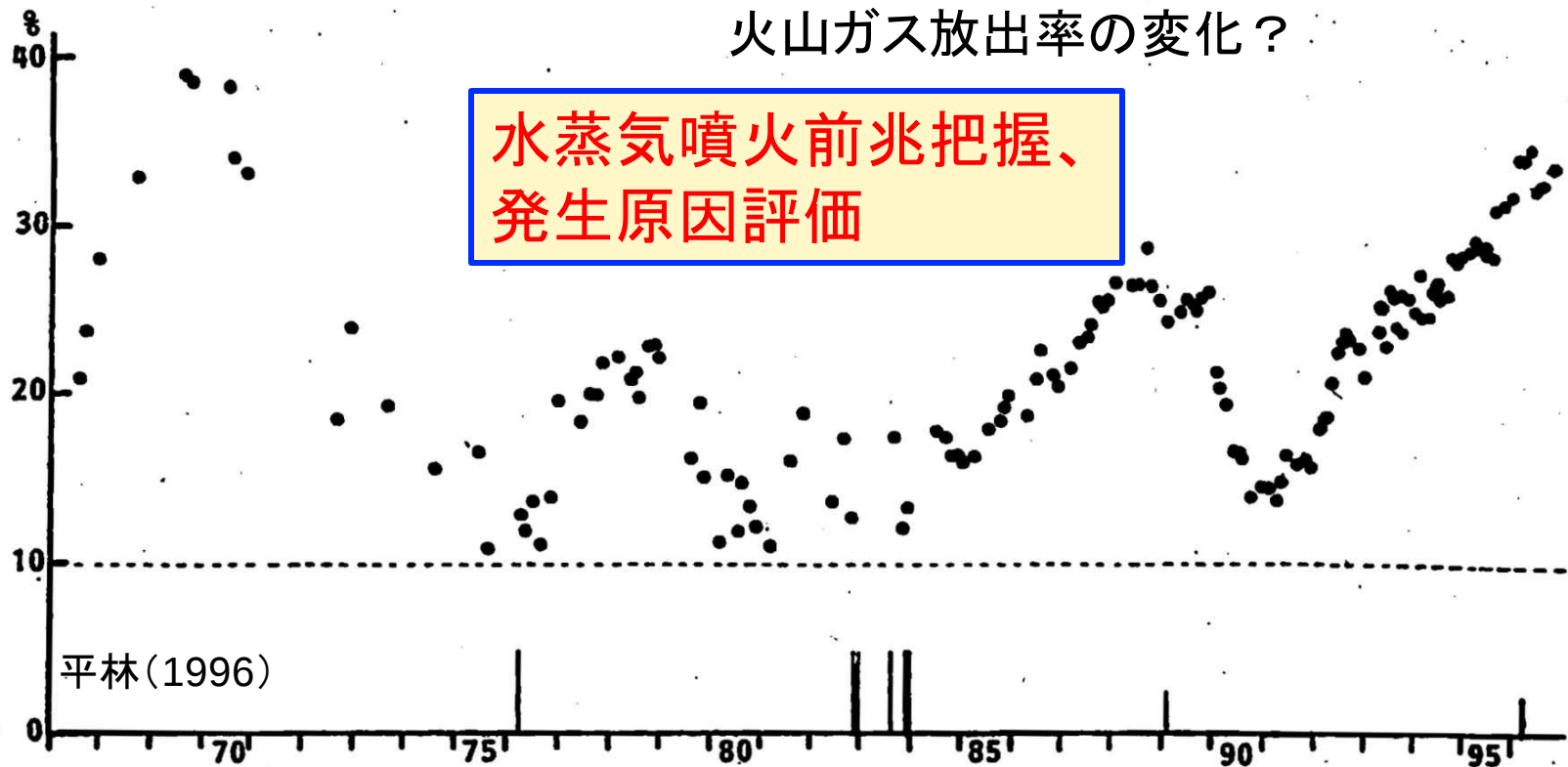


図3 草津白根山「北側噴気」ガス中の $H_2S$ 濃度変化. 図中横軸上の|印は噴火を示す.

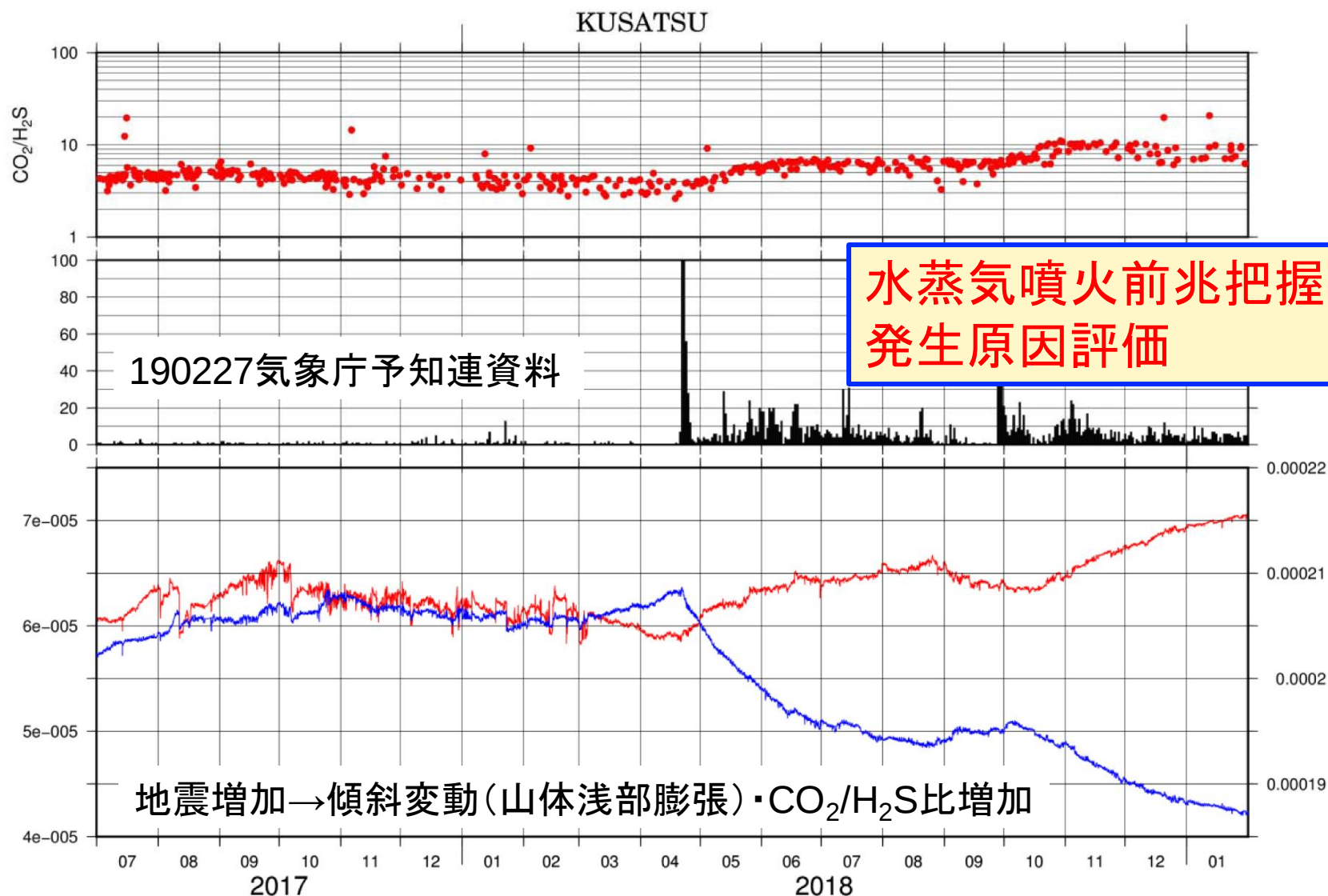


図 12 上段：CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S 比の変化。 中段：A 型・B H 型地震の発生回数。 下段：湯釜東観測点（東工大）の傾斜計応答。赤線が南北成分（主軸）、青線が東西成分（副軸）を示す。

複数成分比の比較により変動原因を検討

$\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{He}/\text{H}_2\text{O}$  : 2014-2017に減少、地震活動低下

: 2018に増加、地震活発化

$\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2\text{O}$

: 一定

$\text{CH}_4/\text{H}_2\text{O}$

: 2014-2017に増加

= マグマ起源ガス減少

= マグマ起源ガス増加

= 熱水系からの供給

= 熱水系で生成

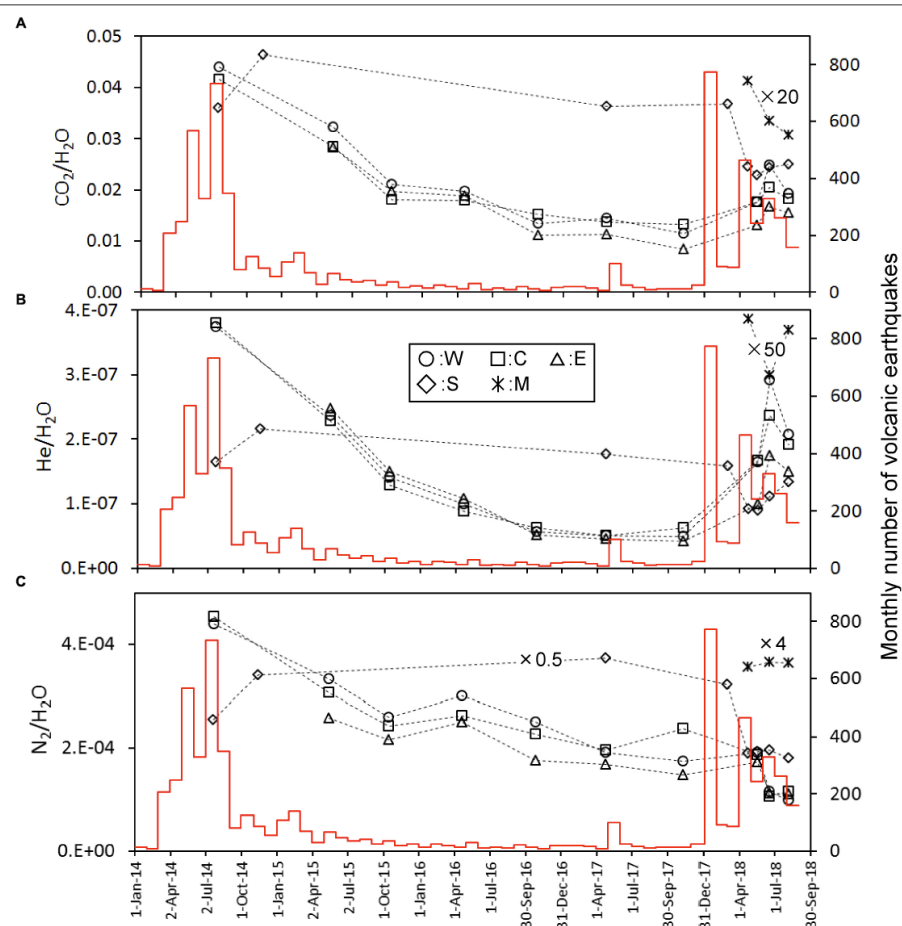


FIGURE 2 | Time variation of  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$  (A),  $\text{He}/\text{H}_2\text{O}$  (B), and  $\text{N}_2/\text{H}_2\text{O}$  (C) molar ratios calibrated on the left y-axis. Some data were adjusted to the y-axis range by multiplying values indicated in figure. The red histogram calibrated on the right y-axis shows the monthly number of volcanic earthquakes observed by JMA.

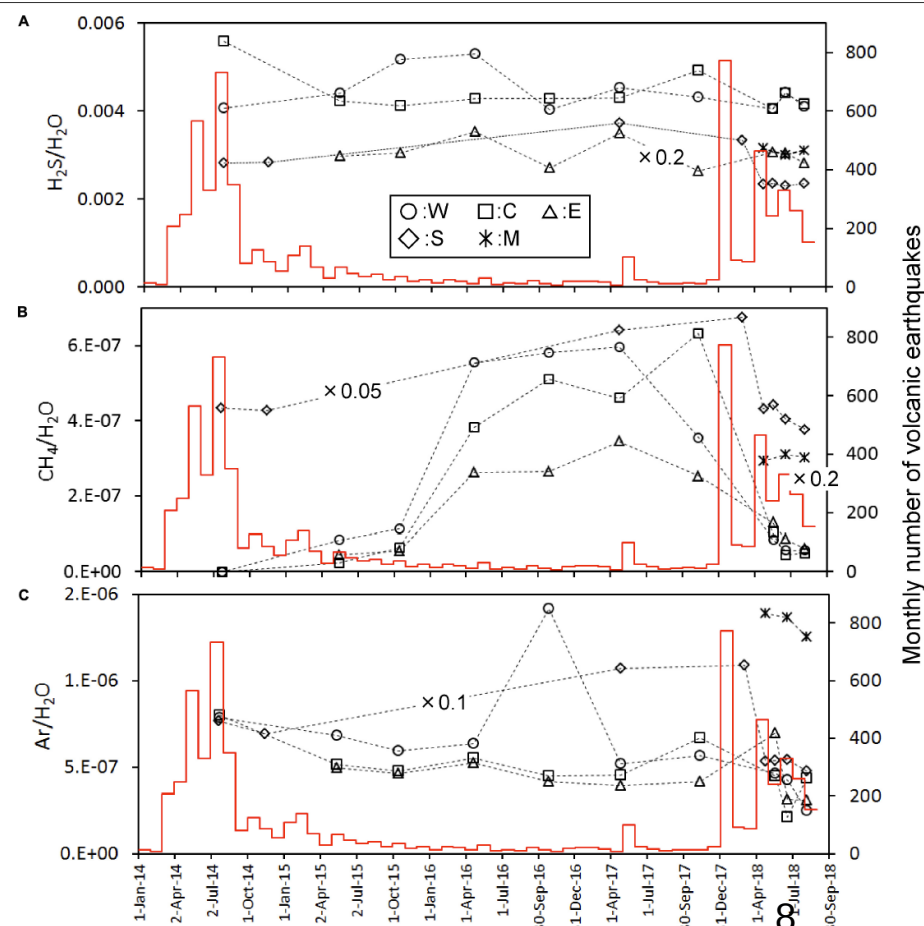
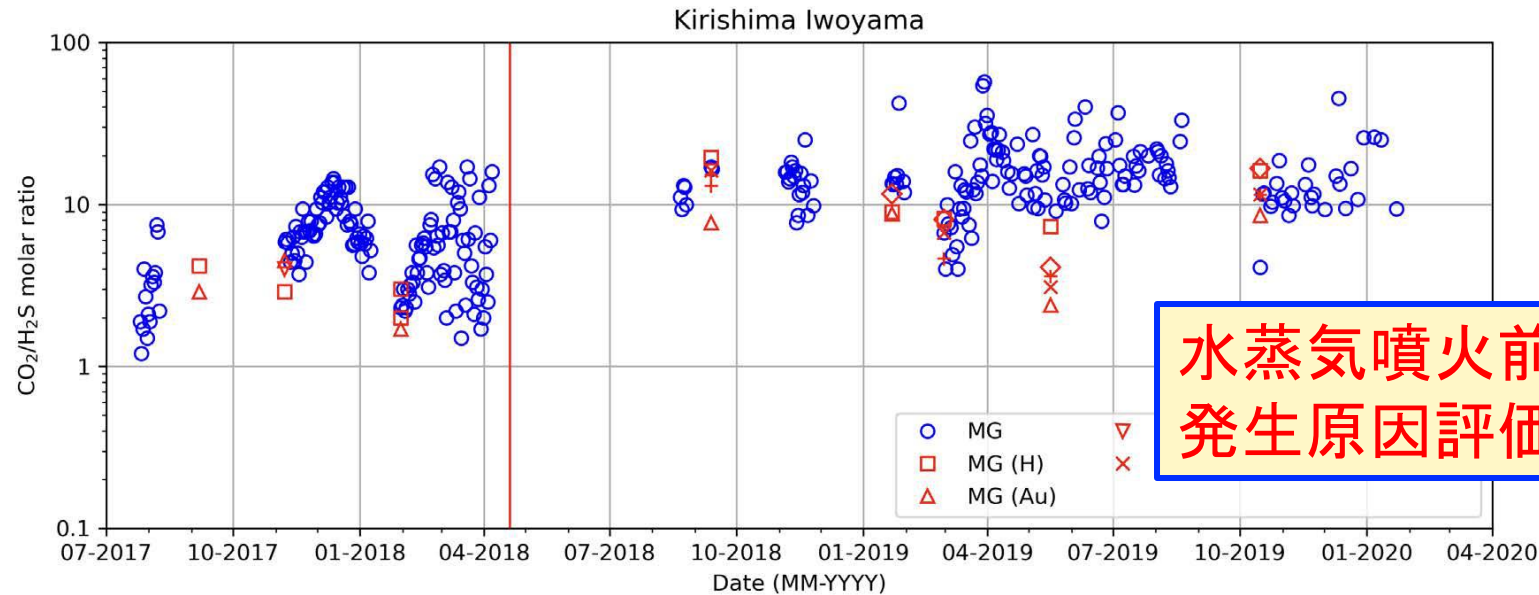
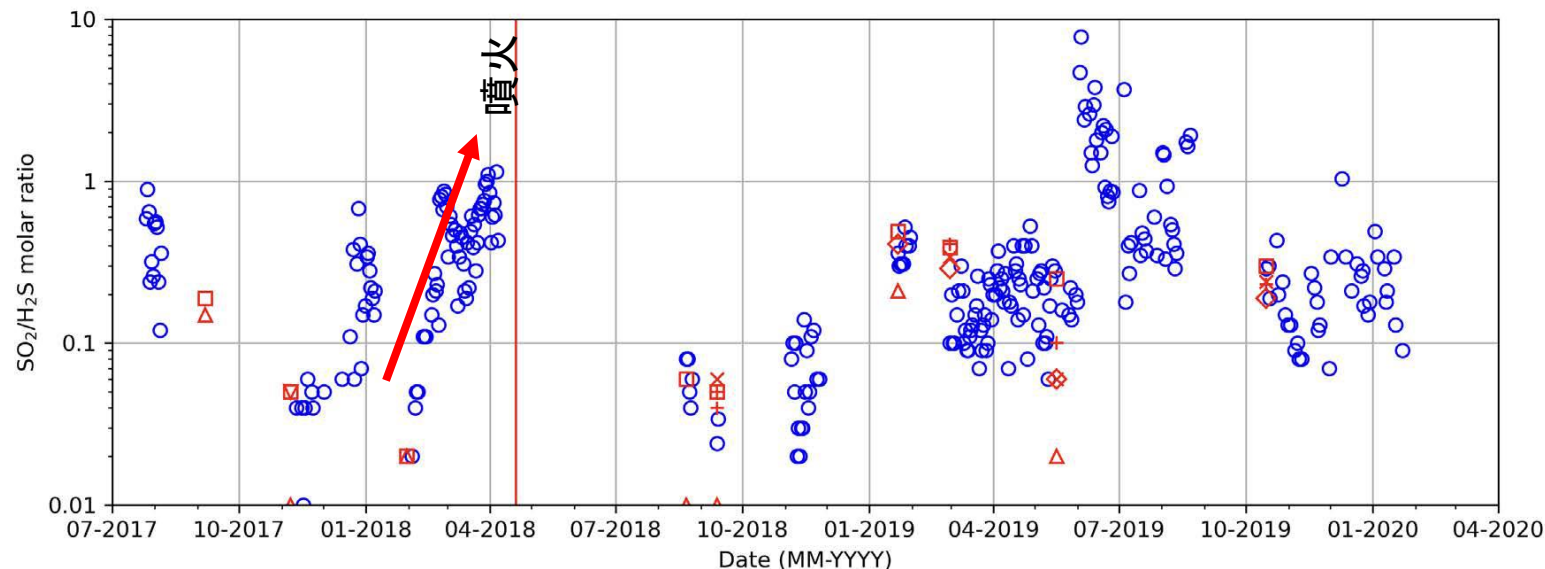


FIGURE 3 | Time variation of  $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2\text{O}$  (A),  $\text{CH}_4/\text{H}_2\text{O}$  (B), and  $\text{Ar}/\text{H}_2\text{O}$  (C) molar ratios calibrated on the left y-axis. Some data were adjusted to the y-axis range by multiplying values as indicated in figure. The red histogram calibrated on the right y-axis shows the monthly number of volcanic earthquakes observed by JMA.



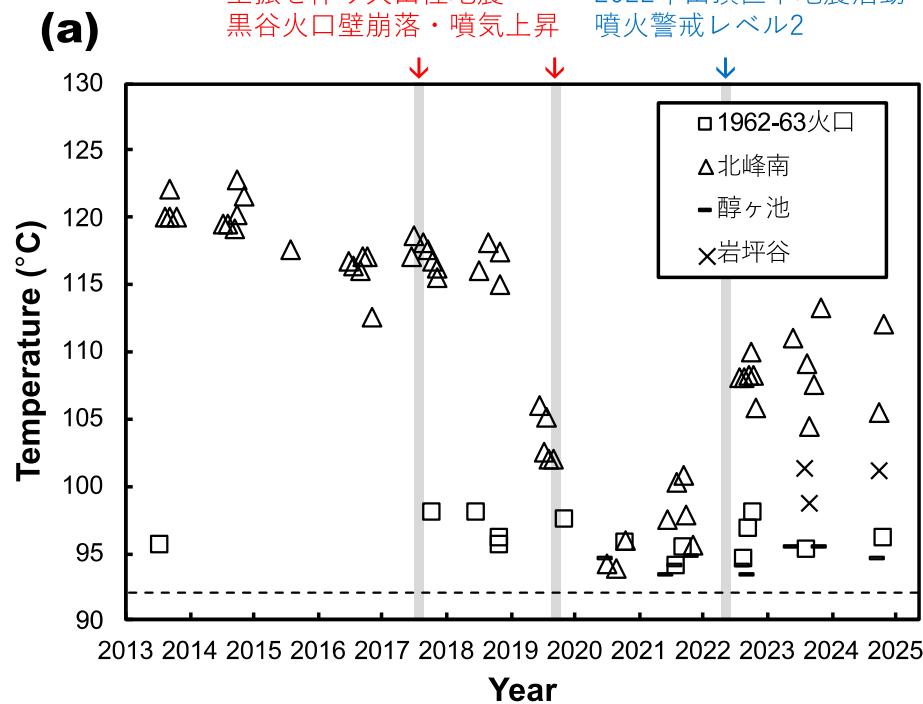
SO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S増加  
マグマ性ガス  
供給増  
熱水系の縮退



森田他(2024)

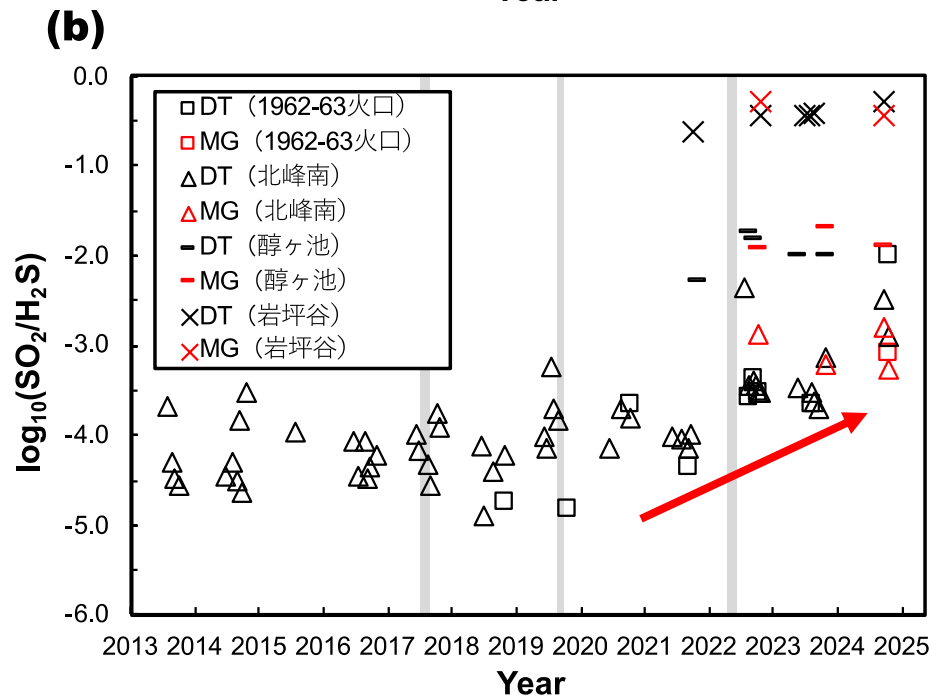
霧島硫黄山噴気ガス組成変化

# 火山ガスMulti-GAS: 現地観測



焼岳  
噴気温度・ $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比変化  
(高温ガスの供給)

供給流体の特徴・変化  
の把握



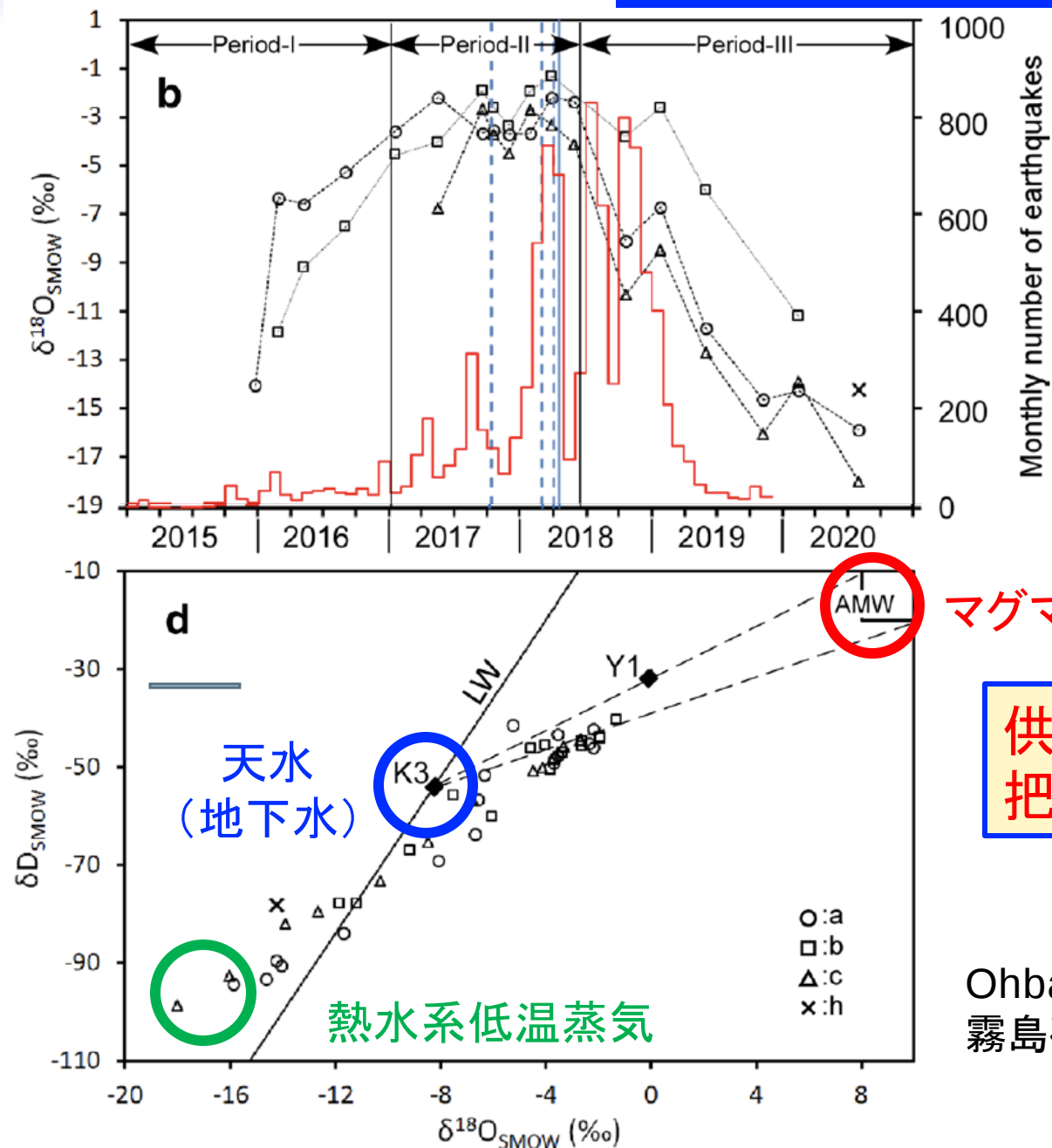
DT: 検知管  
MG: Multi-GAS

信州大: 噴気ガスの採取分析も実施

非専門家による調査  
分析センターによる補助により促進

第4回火山調査委員会資料  
信州大・産総研

# 火山ガス採取分析(水同位体比): 現地観測



青点線: 新燃噴火  
青線: 硫黄山噴火

マグマ起源

供給流体の特徴・変化の  
把握(マグマ起源ガス)

Ohba et al. (2022)  
霧島硫黄山噴気ガス同位体組成変化

## 火山活動に伴う $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比の変動

- $^3\text{He}/^4\text{He}$  (表層付近での大気混入を $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$ 比を用いて補正) は、**噴火前のマグマ起源成分の供給量増大**を敏感に反映



**$^3\text{He}/^4\text{He}$** は噴火の切迫度を評価する上で重要な指標となりうる

He同位体比+土壌Heフラックス測定  
東大先端研+スペインINVOLCAN  
@カナリア諸島エル・イエロ島

海底噴火の1ヶ月前から  
陸上土壌ガス放出量及び  
地下水中 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比が増加

— **地下水中の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比**

$^3\text{He}/^4\text{He}$  (Ra)

権利の関係で掲載不可

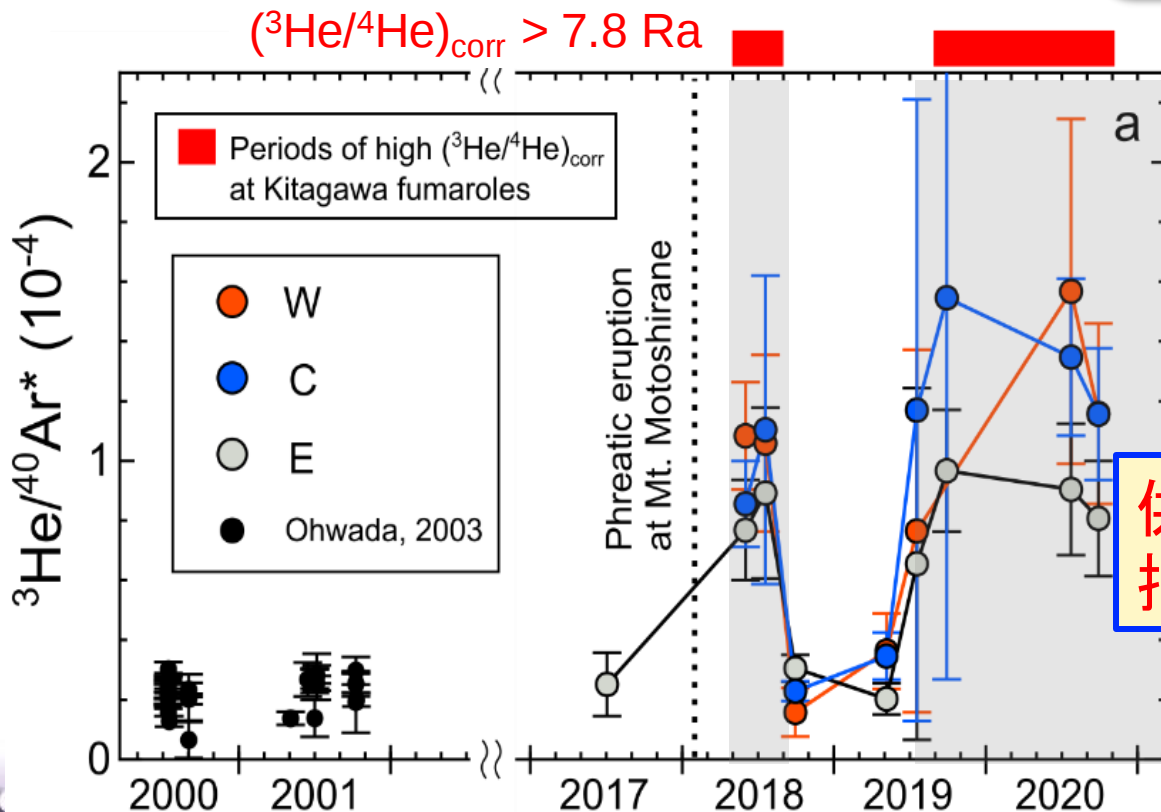
**供給流体の特徴・変化の把握(マグマ起源ガス)**

## 火山活動に伴う $^3\text{He}/^{40}\text{Ar}^*$ 比の変動

- $^3\text{He}/^{40}\text{Ar}^*$  (マグマ起源成分He/Ar) の上昇は、**マグマ発泡度の増大**を示唆
- 高い $(^3\text{He}/^4\text{He})_{\text{corr}}$ が示唆する、同時期の**マグマ起源成分の供給量増大と整合的**

高精度He・Ar同位体比分析  
東大先端研@草津白根山

$^3\text{He}/^{40}\text{Ar}^*$ は噴火のトリガーとなるマグマの状態を把握する上で重要な指標となりうる



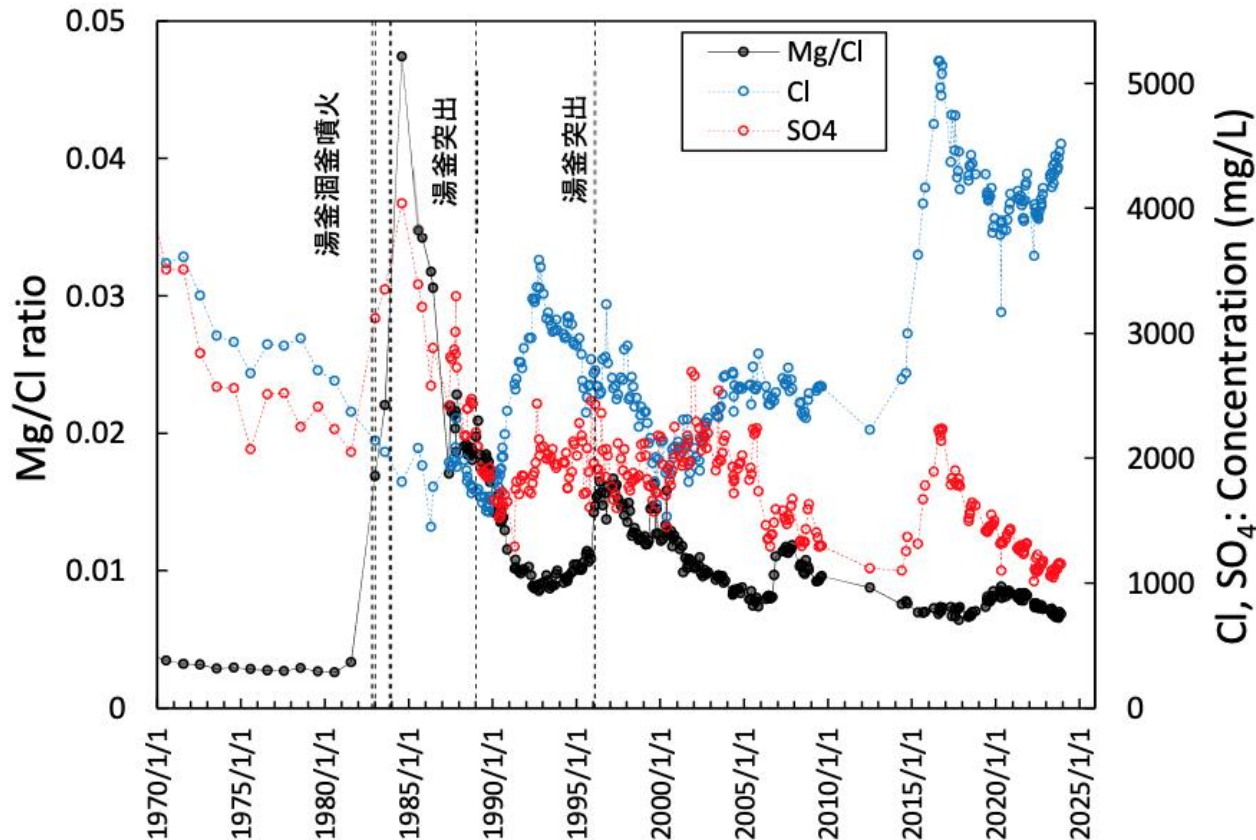
草津白根山北側噴気  
 $^3\text{He}/^{40}\text{Ar}^*$ 比の変化

供給流体の特徴・変化の把握(脱ガス条件の変化)

(Obase et al., *Sci. Rep.* 2022)

# 草津白根山湯釜湖水組成変化

供給流体の特徴・変化の把握(熱水系での変質)



温泉水：熱水系での変化を反映。

噴火前のCl, SO<sub>4</sub>増加：マグマからの供給増

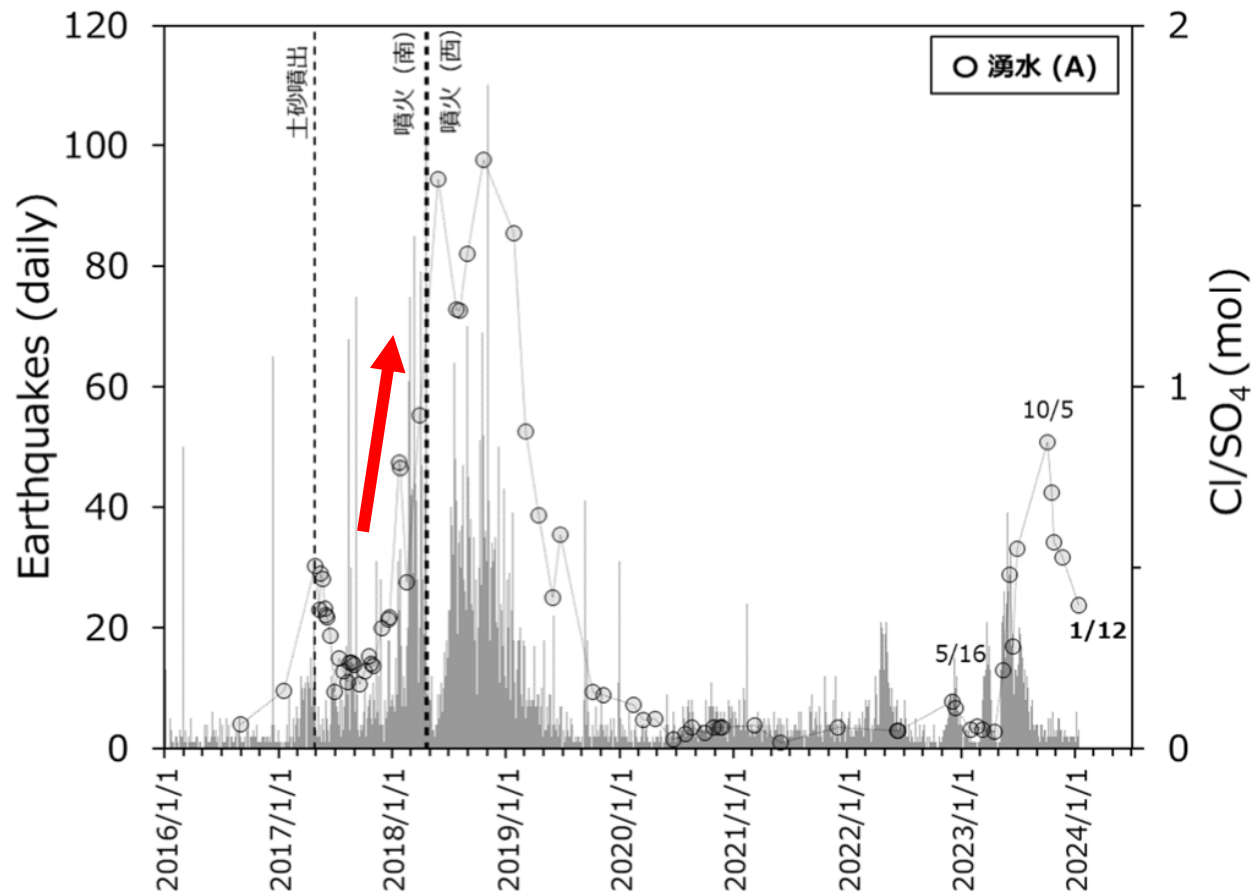
Mg/Cl比増加：新鮮な岩石との反応(熱水上昇経路の形成)

図 2. 湯釜の Cl, SO<sub>4</sub> 濃度, および Mg/Cl 比の変化

第153回火山噴火予知連絡会気象研・東海大・東京工大資料 14

## 霧島硫黄山湧水組成変化

供給流体の特徴・  
変化の把握



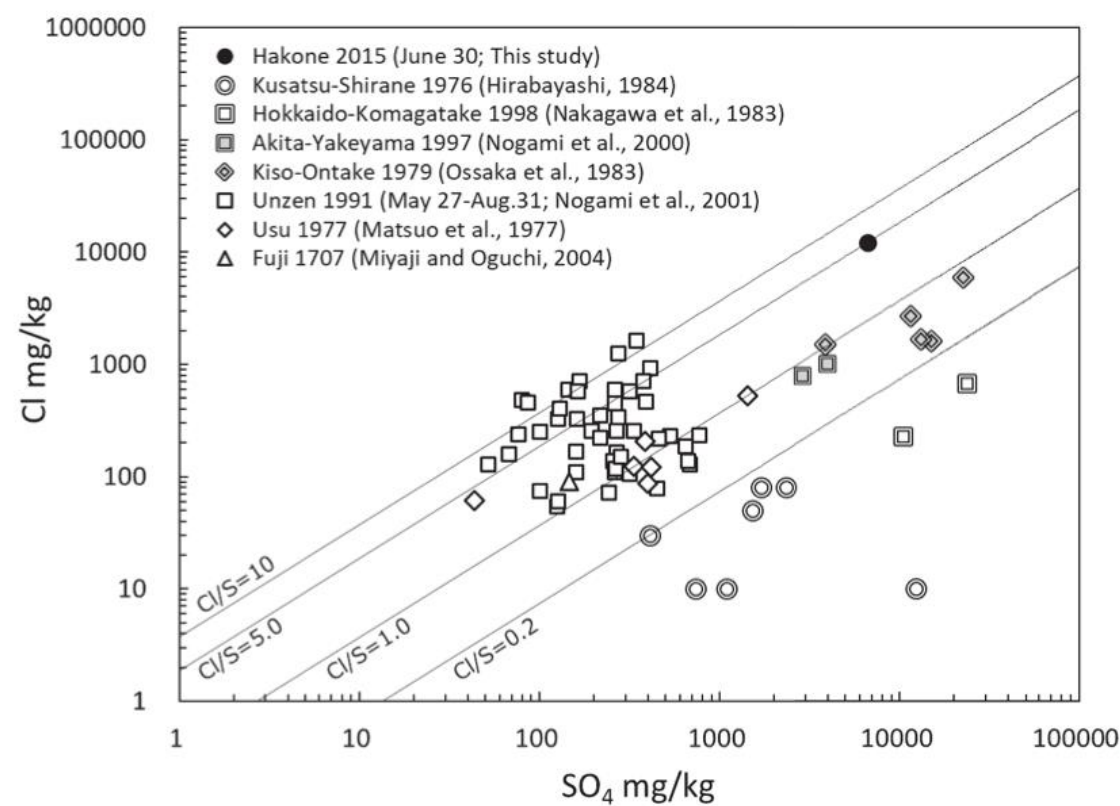
高温ガス起源のCl増

火山ガスのSO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S増  
加と整合的

図 1. A 地点（硫黄山西麓）湧水の Cl/SO<sub>4</sub> モル比の変化

# 火山灰水溶性成分分析

噴火流体の特徴把握  
(マグマ性・熱水性・高  
温/低温)  
過剰ガスの有無

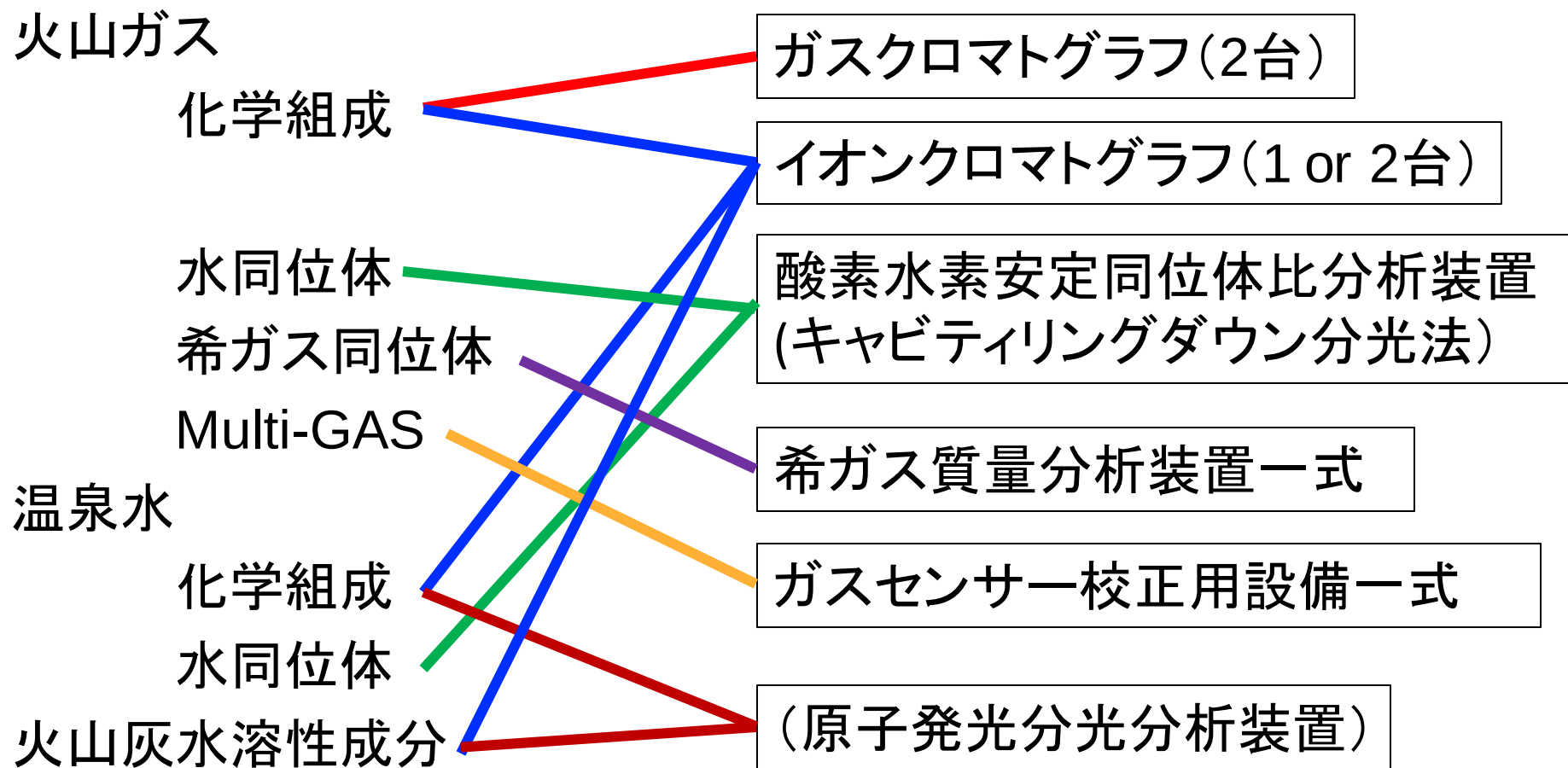


Yaguchi et al. (2019)

Whitham et al. (2005)

権利の関係で掲載不可

# 地球化学調査観測に必要な分析設備



化学分析実験室

(ドラフト、純水製造装置、標準ガスボンベ、実験廃液処理)

# 地球化学分析のための中核拠点の要件

- ・調査観測計画との一体運用

試料採取＝現地調査

組成特徴の把握：適切なタイミングでの調査

組成変化の把握：観測頻度の確保

調査機材準備と分析は一連の作業

- ・研究実施主体（人員構成）

単なる分析実施・請負機関では、有効な情報発信は困難

地球化学観測結果：原因の一義的な解釈が困難

火山ガス・熱水供給過程の特徴の解釈

主要な国際的な火山監視機関は研究機関