

火山ガスブルームの高感度同位体分析に基づく火山の「遠隔」観測手法開発：薩摩硫黄島における検証

Remote sensing on volcanoes from stable isotopic compositions in the plume

角皆 潤^{1*}, 小松 大祐², 中川 書子²

Urumu Tsunogai^{1*}, Daisuke Komatsu², Fumiko Nakagawa²

¹ 名古屋大学環境学研究科, ² 北海道大学大学院理学研究院

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Faculty of Science, Hokkaido University

【はじめに】

火山の噴気温度は、火山活動の現状や山体内部におけるマグマ脱ガス過程に関する重要な指標となる。しかし、活火山の噴気に近づいて直接測定することは不可能なケースが多く、また赤外放射を利用した遠隔測定では、観測距離が100メートルを超えて離れると正確な噴気温度測定は困難になる。

そこで筆者らは、噴気ガス中に含まれている水素分子 (H_2) と主成分である水蒸気 (H_2O) の間の水素同位体 (1H および D) 交換反応の反応速度が、室温ではほとんど進行しないのに対して 400 度程度より高温の領域では極めてすみやかに進行して平衡に達し、しかもその際の同位体分別係数が温度とともに大きく変化するという特性に着目し、ブルーム中の H_2 の $D/^1H$ 比から噴気中の H_2 の $D/^1H$ 比を推定してこれを温度に換算することで、噴気孔の温度を遠隔から測定する新手法 (HIRETS: Hydrogen Isotope Remote Temperature Sensing) を考案した (Tsunogai *et al.*, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **75**, 4531-4546, 2011)。もちろん噴気中の H_2 が噴気孔から放出されると、大気中の H_2 と混合してその $D/^1H$ 比は変化してしまう。しかし、この変化は濃度の異なるブルーム試料を複数採取して大気中の H_2 との間の混合線を求めることで補正することができる。そもそも H_2 は噴気ガスでは主成分の一つであるのに対して、大気中には 0.5 ppmv 程度と極微量にした含まれないため、大気由来の H_2 の補正は容易である。また、噴気中の水蒸気 (H_2O) については、高温噴気であればマグマ水の値で代用できる。

本研究グループはこれまで樽前山の A 火口等をフィールドに、ある特定の噴気孔が形成するブルーム中の H_2 の $D/^1H$ 比から、その供給元となっている噴気孔の温度が遠隔で高精度に推定可能なことを実証してきた。しかし、実際の活火山から放出されるブルームは、多様な温度の噴気孔から放出されたものが混合して形成されることも多く、そのような混合ブルームから HIRETS 法で求められる温度がどのような噴気孔の温度に相当するのか明らかになっていない。そこで今回、山頂火口原内に 100 度程度から 800 度超に及ぶ多様な温度の噴気孔が存在することが知られている薩摩硫黄島の硫黄岳山頂火口において、火口壁上の何点かで採取したブルーム試料の H_2 濃度と $D/^1H$ 比から HIRETS 温度を算出し、火口原内の多数の噴気孔で実測された噴気温度の記録と比較してみたので、その結果について報告する。

【実験・結果】

ブルーム試料の分析の結果、噴煙中の H_2 濃度は、平均で 3.8 ppmv、最高で 14.4ppmv に達した。またブルーム中の H_2 濃度が高くなるほど $D/^1H$ 比が低下する傾向がみとめられ、 $D/^1H$ 比と濃度の逆数が明瞭な直線関係 ($r^2 = 0.994$) を示した。ブルーム中では、噴気由来の H_2 が様々な割合で一般大気中の H_2 と混合しており、全 H_2 中に占める噴気 H_2 の混合比は、平均で 84 %、最大で 96% と見積もられた。このブルーム試料中の H_2 の $D/^1H$ 比に対する一般大気由来の H_2 の寄与を補正することで得られた噴気 H_2 の $D/^1H$ 比は、デルタ表記で -185.0 per mil (v.s. VSMOW) となり、これと噴気を利用して求めた HIRETS 温度は、819 度 (1 sigma 誤差 10 度) となった。噴煙試料中の H_2 の $D/^1H$ 比と H_2 濃度の逆数が採取場所とは無関係に明瞭な直線関係を示したこと、および、推定した HIRETS 温度が、同火口原内でも最も高温の噴気孔の出口温度に相当する高い温度を示したことから、ブルーム中の H_2 の大部分は最高温に近い高温噴気から供給されており、HIRETS 温度は実質的に火口内の噴気の最高温度を反映している可能性が高いことが明らかになった。HIRETS 法による遠隔温度測定法は多くの火山で最高噴気温度の推定やその時間変化の定量に活用できるものと考えられる。

キーワード: 火山ガス, ブルーム, 水素, 安定同位体, 同位体交換平衡, 遠隔温度測定

Keywords: fumarolic gases, volcanic plume, molecular hydrogen, stable isotopes, isotope exchange equilibrium, remote temperature sensing