

可搬型ラマンライダーによる火山噴気中の水蒸気の観測
Observations of water vapor in fumaroles with a portable Raman lidar

中村卓司 1, 橋本武志 2, 寺田暁彦 3, 杉本尚悠 1, 勝部祐一 1, 佐藤陽介 1, 津田敏隆 1, 阿保真 4

T. Nakamura¹, T. Hashimoto², A. Terada, N3. Sugimoto¹, Y. Katsube¹, Y. Sato¹, T. Tsuda¹, M. Abo⁴

京都大学生存圏研究所 1, 北海道大学理学研究科 2, 京都大学理学研究科 3,

首都大学東京・システムデザイン学部 4

RISH, Kyoto University¹, Graduate School of Science, Hokkaido University²,

Graduate School of Science, Kyoto University³, Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University 4

Abstract

Measurement of H₂O concentration and flux emitted from volcanoes is important because of the large latent heat transport and the determination of explosibility. Measurement of the total H₂O in a volcanic plume is essentially important as the first step for a precise estimation of the magmatic H₂O. However, no previous remote sensing technique has been successful in profiling the H₂O in fumaroles because of the difficulty to distinguish volcanic water vapor from ambient atmosphere. Therefore, we applied Raman lidar for profiling water vapor in the volcanic plume. A transportable Raman lidar with a pulsed Nd:YAG laser (532 nm, 0.6 W) and a telescope with a 35.5/20.3 cm diameter has been used for profiling water vapor distribution at Nakadake, Mt. Aso, Kyushu. We conducted alternating observations of horizontal distribution of water vapor in the directions towards the plume and the ambient. The specific humidity at the center of fumarole at 400 m distance was estimated to be 6 g/kg larger than the ambient atmosphere. The upward flux of water vapor was estimated to be 23 kg/s, which is consistent with the estimation by the plume-rise method. The system is now being improved to be more concise and to be operated by batteries, which will enable to be used at various volcanos and other locations.

1. はじめに

火山から放出される噴気ガスの90%以上は水蒸気である。この水蒸気による潜熱輸送は、火山から放出される熱エネルギーのほとんどを占める。とりわけ、非噴火時にはほぼ定常的な熱輸送の媒体として重要である。そのため、火山噴気中の水蒸気濃度やそのフラックスを知ることは極めて意義が大きい。また、H₂Oの含有量はマグマの爆発性を決定づける重要な要素である。噴気中の全H₂Oを測定することは、マグマ起源のH₂O量を精度よく推定するためにも欠かせない。しかし、これまで噴気中のH₂Oをリモートセンシングで測定することは困難であった。すなわち、これまでは噴気の組成のリモートセンシングには主にDOAS(差分吸収分光)やFTIRなどの受動的な光学観測が用いられてきたが、水蒸気は大気中にも多量に存在するため、噴気中のH₂Oだけを区別することが困難だったからである。ライダー(LIDAR)は、アクティブなリモートセンシングで、視線方向の濃度分布が測定できるため、火山噴気内外の水蒸気分布を精密に測定することが期待できる。

2. 観測

京都大学生存圏研究所では、大気境界層の水蒸気分布を観測するために、532nm 0.6W出力のNd:YAGパルスレーザーと直径35.5cmの望遠鏡を組み合わせた可搬型ラマンLIDARを開発した。本研究では、これを火山噴気の観測に応用して水蒸気分布の測定を試みた。この装置を用いた最初の実験は2005年

11月に阿蘇中岳で行われた。噴気方向と背景大気方向とを交互に測定することで、噴気中により多く含まれている水蒸気の分布を計測できる。LIDARは車載により観測し、500mの距離に幅200mの噴煙水蒸気を検出することができた。さらに、可動性を高めるために高感度のPMT(GaAsP)検出器とさらに小型の望遠鏡(直径20.3cm)を組み合わせることで、感度を損なうことなくシステムを小型に改良した。その結果、装置を三脚に載せることが可能になり大幅に可搬性が向上した。2007年1月に第2回、6月に第3回目の試験測定を同じく阿蘇中岳で行った。2007年6月4日の観測では日没後に中岳火口の南縁から水平2方向にビームを交互送出して(図1)水蒸気分布と後方散乱比を計測した。計測は約10分の測定を噴気方向は3回、噴気なし方向は2回繰り返し替えて行なった。その結果、距離400m付近の噴気中央の水蒸気混合比(比湿)が、周囲の大気に比べ6g/kg程度大きいことが観測された。噴気の上昇速度(2.2m/s)とライダー観測による直径(150m)を考慮すると23kg/s程度の水蒸気フラックスを有することが見積もられた。この値は、plume-rise法と呼ばれる種々の仮定のもとに噴気の形状変化から見積もられる数値等と矛盾のない値となった。このようなライダー観測の火山噴気水蒸気計測への応用はこれまで例を見ないものである。システムは現在軽量化と完全バッテリー駆動化の改良中で今後種々の火山やその他のフィールドでの応用観測を予定している。

Location of the lidar instrument and observation direction,

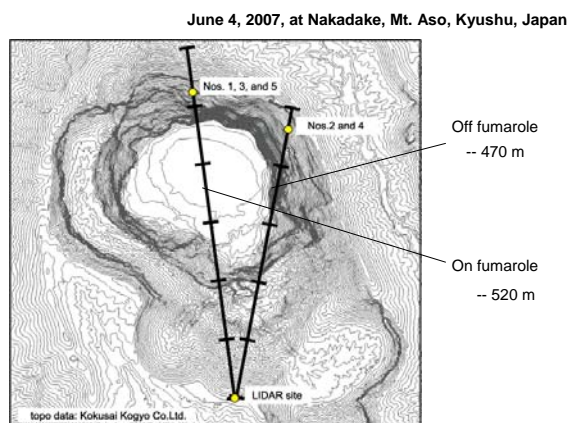


Figure 1. Direction of observation at Nakadake, Mt. Aso, Lidar beam pointed towards on-fumarole and off-fumarole directions, alternatingly. Walls are at 520m and 470 m distance, respectively.

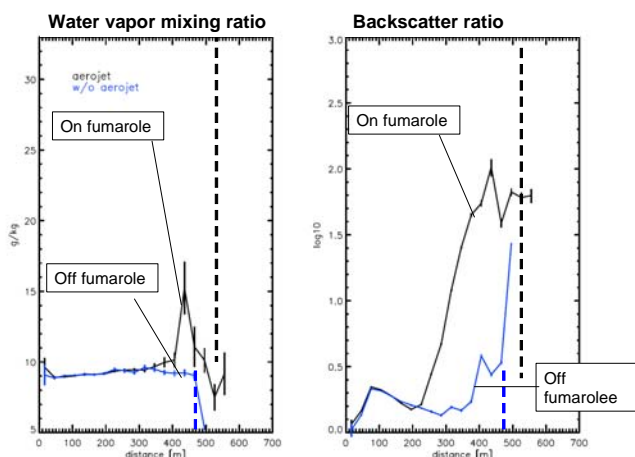


Figure 2. Watervapor mixing ratio (left) and backscatter ratio (right) as a function of horizontal distance. Integration of 36,000 and 25,000 shots for on- and off- fumarole directions, respectively.