

可搬型水蒸気ラマンライダーを用いたフィールド観測  
～阿蘇山火口内の水蒸気の2次元分布～

Field measurement of 2D water vapor distribution with a portable Raman LIDAR  
at Nakadake crater, Mt. Aso

太田修史<sup>[1]</sup>, 中村卓司<sup>[2]</sup>, 寺田暁彦<sup>[3]</sup>, 橋本武志<sup>[4]</sup>, 阿保真<sup>[5]</sup>, 江尻省<sup>[2]</sup>

S. Ohta <sup>[1]</sup>, T. Nakamura <sup>[2]</sup>, A. Terada <sup>[3]</sup>, T. Hashimoto <sup>[4]</sup>, M. Abo <sup>[5]</sup>, M.K. Ejiri <sup>[2]</sup>

京都大学生存圏研究所<sup>[1]</sup>, 国立極地研究所<sup>[2]</sup>, 東京工業大火山流体研究センター<sup>[3]</sup>,  
北海道大学理学研究科<sup>[4]</sup>, 首都大学東京システムデザイン研究科<sup>[5]</sup>

RISH, Kyoto University<sup>[1]</sup>, Space and Upper Atmospheric Sciences Group, National Institute  
of Polar Research<sup>[2]</sup>, Volcanic Fluid Research Center Tokyo Institute of Technology<sup>[3]</sup>,  
Graduate School of Science, Hokkaido University<sup>[4]</sup>, Faculty of System Design, Tokyo  
Metropolitan University<sup>[5]</sup>

## Abstract

Measurement of water vapor concentration and flux emitted from volcanoes is important to understand large latent heat transport and volcanic activity. We applied transportable Raman lidar to water vapor distribution at a crater. A Raman lidar with a pulsed Nd:YAG laser (532 nm, 30 mJ) and a telescope with a 20.3 cm diameter has been used for measuring 2-D water vapor distribution at Nakadake, Mt. Aso, Kyushu on 15 and 16 October 2008. It is first time to measure vertical cross section of water vapor distribution at a crater and the results clearly show that there are two types of enhancement of water vapor mixing ratio; one peak with large BSR (Back Scatter Ratio) enhancement is due to volcanic fumarole gas and the other peak without BSR enhancement is caused by evaporation from the volcanic lake.

## 1. 研究背景

噴火口から立ち昇る噴気の成分の90%以上は水蒸気であり、非噴火時には地中から大気へ放出されるエネルギーの大部分が潜熱という形で放出される。このため、火山噴気中の水蒸気計測を行うことは地中の火山活動を監視し、噴火などの予測を行う上で非常に重要である。しかし、火口付近では地形などの環境により測器が限定される事や周囲の大気中の水蒸気との区別がつきにくいことから火山における水蒸気の遠隔観測は遅れている。

生存圏研究所で開発してきた可搬型水蒸気ラマンライダーは、波長532nm, 20Hz, 30mJ 出力のQ スイッチパルスNd:YAG レーザー光を送信し、532nm (弾性散乱), 607nm (N<sub>2</sub> 振動ラマン散乱) および660nm (H<sub>2</sub>O 振動ラマン散乱) を直径20.3cm 径の望遠鏡を用いて受信し、ビームスプリッターと干渉フィルターを通してそれぞれを分光し、PMTを用いて光子数を計測するものである。大気中に含まれる窒素分子の混合比は対流圏内ではほぼ一定とみなせるので、窒素ラマン散乱信号を大気密度の参照信号とする。水蒸気ラマン散乱信号と窒素ラマン散乱信号の強度比に較正係数を乗じて水蒸気混合比(比湿) を求める。ここで較正係数は、地上気象装置やラジオゾンデなど他の測器から計測された比湿と比較することにより得る。一方、弾性散乱信号と窒素ラマン散乱信号との強度比に較正係数を乗ずることで、雲や水滴、エアロゾルの量を示す後方散乱比を導出できる。

## 2. 火山でのフィールド観測

生存圏研究所では火山フィールドに持ち込み、火口における水蒸気観測実験を進めて観測手法の確立を目指しており、過去には2005年から2007年までに計4回（阿蘇3回，登別1回）実験観測が行われた。阿蘇では、噴気のある方向とない方向の2方向の計測を行ってその差分を取ることで火山噴気中の水蒸気1次元分布の観測に成功している。さらにその結果に噴気の上昇速度を乗じて水蒸気フラックスを推定する事にも成功している。

本研究では、2008年10月15-16日の阿蘇での火山フィールドで観測を行い、新しい試みとして①鉛直断面の観測②阿蘇での水平断面の観測を実施した。また、15日の観測地点は山頂の駐車場から百メートル程度距離があり、そこまでの道のりは舗装されていない凹凸の激しい環境であった。運搬～設置時間およびライダーの調整時間はそれぞれ1時間と40分程度であり、本ライダーの可搬性の高さを実証した。

Fig.2に鉛直スキャンの観測結果の一例として、2009年10月15日20:33-20:52に実施した鉛直スキャン1回目の結果を示す。各方向での積分時間は3分、方位角36.1度、俯角28度から上方へ7度ずつ変えて計5方向の計測を行った。その時の気象条件は、気温12.9度、湿度42%、気圧894hPa、6m/sの南風であった。壁の近くの湯だまりの湖面付近〔(水平距離, 高度)=(290,-100)〕に水蒸気混合比の約4.4g/kgの大きな増加が見られる。また、同じ領域において後方散乱比に12.6~25.1倍程度の増加があり相関が見られる。鉛直スキャン2回目（より噴気口から遠い断面）における鉛直断面の計測結果でも鉛直スキャン1回目の計測結果と同様に湖面付近で水蒸気の増加が見られた。しかし、この湖面付近の増加は1.8-2.2g/kgと小さく、同じ位置で後方散乱比の顕著な増加は見られない。このため、鉛直スキャン2回目で捉えた湖面付近の水蒸気の増加は火口湖からの蒸発が支配的であると考えられる。また、先述した2つの鉛直スキャンの結果より、鉛直スキャン1回目で捉えた湖面付近の約4.4g/kgの増加は、噴気と湖面蒸発の水蒸気の量比が約1:1であることが推定される。このように複数の断面の計測結果を合わせる事で、火口内の噴気口からの水蒸気と火口湖からの水蒸気を分離して見積り可能である事が示唆されたことの意義は大きい。



Figure 1. Observation with the portable water vapor Raman Lidar developed by RISH, Kyoto University at Nakadake crater, Mt. Aso.

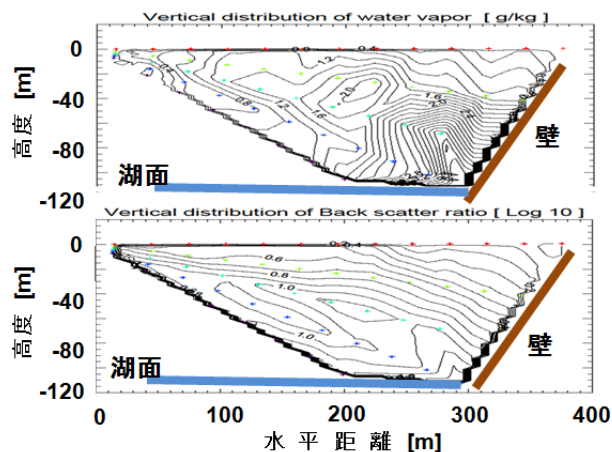


Figure 2. Contour plot of water vapor mixing ratio (top) and back scatter ratio (bottom) as a function of horizontal distance and altitude at Nakadake crater, Mt. Aso between 20:33 and 20:52 J.S.T. on 15 October 2008. The origin of the plot is the location of the Lidar.