

三宅島火山噴煙断面の二酸化硫黄濃度分布のトモグラフィー

Computed tomography reconstruction of sulfur dioxide concentration distributions in the volcanic plume from Miyakejima volcano

風早 竜之介 [1]; 森 俊哉 [1]; 風早 康平 [2]; 平林 順一 [3]

Ryunosuke Kazahaya[1]; Toshiya Mori[1]; Kohei Kazahaya[2]; Jun-ichi Hirabayashi[3]

[1] 東大・院理・地殻化学; [2] 産総研地調; [3] 東工大・火山流体研究セ

[1] Lab.Earthquake Chem., Univ.Tokyo; [2] Geol. Surv. Japan, AIST; [3] VFRC, Tokyo Inst. Tech.

火山学・防災の観点から、火山噴煙を観測する事は重要である。火山ガスはマグマの情報を持っているため、噴火活動を理解する上で良い指標になる。一方で火山ガスの主成分の一つである二酸化硫黄は健康被害等、火山周辺環境に多大な影響を与える。これらを評価するために、噴煙中の火山ガス濃度分布を測定する事が重要である。火山噴煙の濃度分布は日射量・地形・風向き・風の強さに大きく依存し、逆転層等の気象学的要素と密接な関係がある事が知られている。先行研究では噴煙断面中の二酸化硫黄の濃度分布は噴煙の中を何度も高度を変えて飛び、直接濃度を測ることによって求められていた。だが、この方法では観測に時間がかかるため、観測をしている最中に噴煙が移動してしまい濃度分布の形状が変わるといった問題点があった。また、有毒なガスの中を直接飛行することは危険である。

本研究では新たな観測手法として噴煙の外から測定した二酸化硫黄カラム量データを用いてトモグラフィーを行い、濃度分布を算出する方法を紹介する。二酸化硫黄の測定には小型紫外分光計を用いた COMPUSS という観測システムを使用した。これは二酸化硫黄の 310nm 付近の紫外光吸収を利用してカラム量 (ppm * m) を測定する機器である。

観測は 2004 年 8 月 18 日に三宅島にて行われた。我々は三台の COMPUSS をヘリコプターに搭載し、それぞれを斜め上方前 45°、鉛直上方向、斜め上方後 45° に向け、火口から風下 10 km において噴煙直下を 4 回トラバース観測した。この時の飛行速度は 110 - 150 km/h、高度は約 130 m で、一回のトラバースに要する時間は 2 分以下であった。噴煙高度における風速は 16.9 m/s であり、各トラバースは大体 5 分間隔で行われた。観測した噴煙の横幅は 3 km 程度であり、二酸化硫黄の放出量は 3000 - 7000 ton/day であった。また、各トラバースにおける 3 台の COMPUSS の二酸化硫黄放出量測定のはらつきは 13% 以下であった。このばらつきは、観測中に噴煙が移動したことに依る物と考えられる。この測定で得られた 3 方向の二酸化硫黄カラム量のデータを元にトモグラフィーを行った。

一般的にトモグラフィーを行うためには様々な方向から対象を観測する必要があるが、噴煙を多方向から観測する事は困難である。今回我々は 3 方向からデータを測定したが、これはトモグラフィーを行うには少なすぎる。少ないデータから分布を算出するために、濃度分布は滑らかな勾配を持つ、という先験的情報に基づいてトモグラフィーを行う手法がいくつか考案されている。

我々は、Low Third Derivative (LTD) method (Price et al. 2000) を用いてトモグラフィーを行った。これは濃度分布の空間的な三次微分が小さくなるという仮定を置くことで滑らかかつ現実的な噴煙濃度分布を算出する方法である。実際の計算は、重みつき最小二乗法によって観測値と計算値の残差および空間三次微分を小さくする項のトレードオフをとることにより行われる。三次微分の項に掛かる重み (LTD-weight) を大きくすればするほど算出される分布は滑らかになるが、逆に観測値との残差は大きくなる。Price et al. (2000) では LTD-weight を経験的に決定していたが、我々はこれを改良し Akaike's Bayesian Information Criterion (ABIC) という指標を用いて適切な LTD-weight を決定した。

これにより算出された 4 つの分布は、水平方向の広がり幅が約 3 km、鉛直方向の広がり幅が 1 - 1.5 km 程度であった。これらの結果は気象学の噴煙移流モデルや先行研究の結果に矛盾しない。噴煙断面中の最大濃度はどれも 1ppm 程度であったが、濃度分布の形状はそれぞれ違ったものであった。