

移流拡散モデルを用いた二酸化硫黄放出率の推定
Estimate of SO₂ emission rate using the JMA regional atmospheric transport model.

○森 健彦・篠原英一郎・菅井 明・満永大輔・橋本明弘・山本圭吾

○Takehiko MORI, Eiichirou SHINOHARA, Akira SUGAI, Daisuke MITUNAGA, Akihiro HASHIMOTO,
Keigo YAMAMOTO

Japan Meteorological Agency (JMA) uses the SO₂ emission rate as one of the information's for estimating volcanic activity. Although variation of the SO₂ emission rate related to volcanic activity occurs in a short term, it is difficult to catch such a variation by manned observation. The data acquisition with increasing frequency using the automated observation system is an important theme in order to improve the evaluation accuracy of volcanic activity. JMA is investigating use of the JMA regional atmospheric transport model in order to perform the automatic observation of the SO₂ emission rate. The implementability of this plan is examined using the observational data of the SO₂ emission rate in Sakurajima, and is performing the substantiation observation in Suwanosejima.

1. はじめに

活動的火山における二酸化硫黄放出率は、火山体内部におけるマグマ活動の盛衰を反映することから、国内外の火山における活動評価の指標の一つとして用いられている。2016年10月8日の阿蘇山における爆発的噴火の前日には、急激な二酸化硫黄放出率の増加が観測され、短期的な活動評価及び噴火予測にも有用であることが確認された (Fig. 1)。

しかしながら、二酸化硫黄放出率の観測は有人を前提とし、火山を周回する道路が必要とされる手法であることから、観測に適した道路が無い火山、離島など頻繁な往来ができない火山、火山活動の活発化に伴って立入規制がかかった火山などでは高頻度のデータ取得が困難となっている。火山活動評価の精度をより高めるためには、現地常設型の二酸化硫黄放出率の自動計測システムの開発が課題となっている。

現在の観測手法を利用して現地常設型を行うには、火山体近傍で高密度な計測器の設置が必要となる。しかしながら、設置及びその後の保守の面

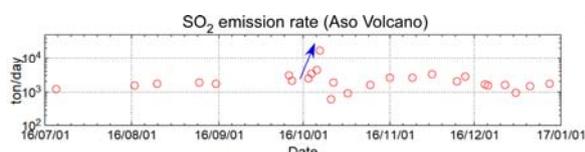


Fig.1 阿蘇山における二酸化硫黄放出率
(2016/7~2016/12)

から考えてもこれは現実的でない。そこで、既に気象庁の降灰予測計算に用いられている、気象場を利用した噴煙拡散モデルを利用し、僅かな観測点データから二酸化硫黄放出率の観測値を得ることが可能かどうか、過去の桜島における観測データの検証と諏訪之瀬島での実証実験を行った。

2. 過去データを利用したモデルの検証

2011年から2016年にかけて、鹿児島地方気象台が桜島にて実施した二酸化硫黄放出率の観測データを用いて、最大カラム濃度と大気汚染拡散に用いているプルーム式を利用したモデル放出率と観測結果との関係を検証した。拡散係数は SO_x 排出計算に用いられている標準値(0.467)を使用している。

596の観測データで比較した結果、誤差率の平均は0%、日平均値で2%程度とほぼ一致する結果が

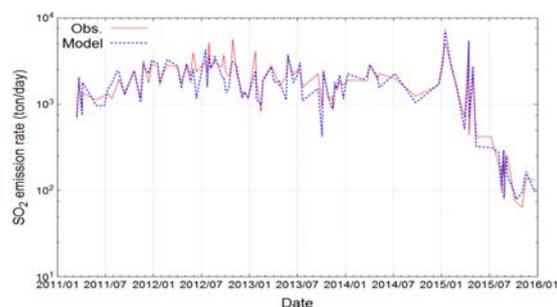


Fig.2 桜島におけるモデル値と観測値の比較
(2011年~2015年)

得られた (Fig. 2)。但し、個々のデータでは最大で 200% を越える誤差率も生じており、噴煙拡散のモデル設定に拡散係数を観測時の気象条件に応じて設定することが次の課題である。

3. 諏訪之瀬島での実験

福岡管区気象台では、火山活動が活発な諏訪之瀬島において年 1 回の機動観測を実施しているが、二酸化硫黄放出率の観測は皆無である。一方、京都大学などでは、2003 年から 2006 年にかけて二酸化硫黄放出率の観測を実施しており、300~2,500ton/day が検出されている。これらのうち、1,000ton/day を越える二酸化硫黄放出率は主に噴火中の値である。

2017 年 12 月、福岡管区気象台の機動観測にあわせて、二酸化硫黄放出率の観測を実施した。期間中の基礎的なデータとして、これまで諏訪之瀬島で行われてきたパンニング法による測定を実施し、300~1,500ton/day の放出率を観測している。1,000ton/day を越える二酸化硫黄放出率が測定された時間は極小規模な噴火の発生時間に相当しており、過去の観測データとほぼ同様な結果が得られた。

この機動観測において、延長 800m ほどの諏訪之瀬島飛行場を利用したトラバース法による観測を実施した。移流拡散による噴煙拡散モデルによると、当日の火山ガスは諏訪之瀬島飛行場上空を流下しているが、噴煙幅は諏訪之瀬島飛行場を大きく上回っており (Fig. 3)、噴煙断面の全てを計測することができない。そこで、観測データに理論カラム濃度をフィッティングさせて、二酸化硫黄放出率の見積もりを試みた。

水平拡散係数を 0.467, 風向と放出率を未知数にしてグリッドサーチした結果、観測当時の風速

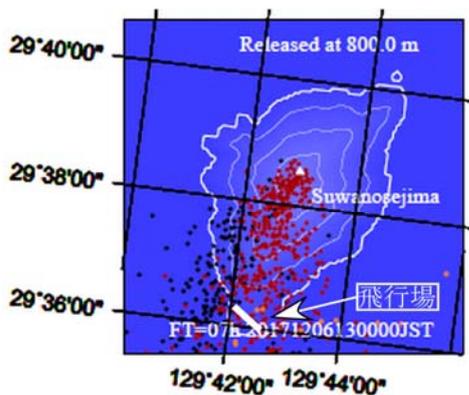


Fig.3 噴煙高度 200m における拡散モデル

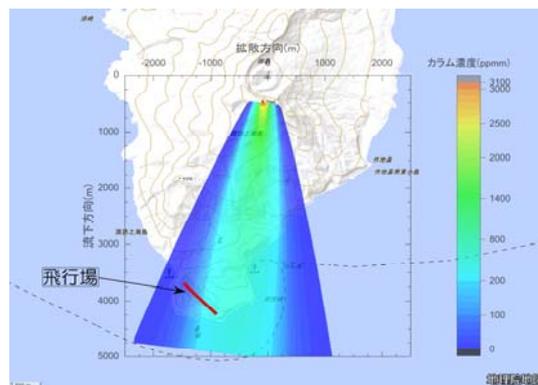


Fig.4 プルーム式による噴煙拡散モデル

3.0m/s で約 400ton/day となった。この条件における、プルーム式による噴煙拡散の状況は、移流拡散のモデルと大きな違いはない (Fig. 4)。一方、見積もられた放出率はパンニング法で測定された非噴火時の値と大きな差異はなかった。

4. 今後の課題

今回の諏訪之瀬島での観測によって、噴煙の一部を計測することで二酸化硫黄放出率の見積もりが可能であることを再確認した。但し、噴煙の拡散幅と流下風向が明瞭に決まらない場合、一意に放出率を決める難しさも明らかになった。例えば、拡散係数を未知数とした場合、誤差率は拡散係数 0.56 で最小となり、放出率は約 700ton/day となる。このとき、風向は僅か 4° の違いで、誤差率も 3% 改善したにすぎない (Fig. 5)。しかしながら、火山活動の変化に関連する二酸化硫黄の放出率が桁で変化することを考慮すれば、速報的な値としては有用と判断できる程度の誤差である。

今後、移流拡散モデルから直接拡散濃度分布を求められるよう、解析手法の改良を含め、より精度の高い値を導くことができるかの検討を進める。また、過去データを利用し、擬似的な定常点をどのように配置すれば誤差率を少なく二酸化硫黄放出率を見積もることができるかの検討を加え、実験的な定常点の設置へ向けた準備を進めていく予定である。

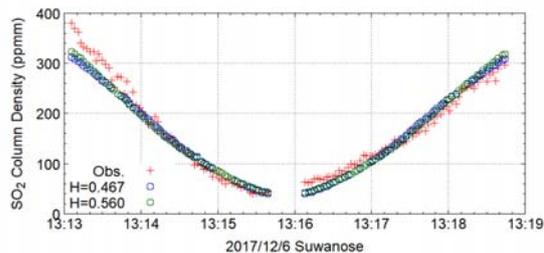


Fig.5 観測されたカラム濃度とモデル値の比較