

火山灰追跡モデル PUFF を用いて計算された堆積物の分布に対する鉛直方向の粒子拡散の影響

Effects of vertical diffusivity of particles on distribution of deposits calculated by the tephra-tracking model PUFF

清杉 孝司^{1*}, 小屋口 剛博¹, 鈴木 雄治郎¹
Koji Kiyosugi^{1*}, Takehiro Koyaguchi¹, Yujiro Suzuki¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ Earthquake Research Institute, University of Tokyo

火山灰の拡散・堆積プロセスを理解することは、降下火砕堆積物から噴火条件を推定するために重要であるだけでなく、航空網の混乱や農作物、社会基盤、建築物等への降灰被害に備えるためにも必要である。こうした背景から航空安全や降下火山灰の分布予測のための火山灰移流拡散モデルが開発されている（例えば PUFF や TEPHRA2 や FALL3D）。本研究は、大気中の粒子拡散の素過程物理を適切に考慮した移流拡散モデルを構築することを最終的な目的としている。

既存の移流拡散モデルのうち、実際の堆積物評価に多く利用されている TEPHRA2 モデル（Bonadonna et al., 2005）では鉛直方向の粒子の拡散が小さく、無視できると仮定している。この仮定の下では、大気中の一点から放出された単一粒径からなる複数の粒子は水平方向のみに拡散し、地表に堆積する粒子量の分布は二次元正規分布となる。また、降下火砕物全体の堆積量の分布は、異なる高さから放出された異なる粒径の粒子がとる二次元正規分布の重ね合わせとして表される。この仮定は地質学的データの分析を容易にするものの、鉛直方向の粒子の拡散が堆積物の分布に及ぼす影響について検証が不十分であるため、その適用範囲は慎重に評価される必要がある。今回の発表では、鉛直方向の拡散も考慮した PUFF モデル（Searcy et al., 1998）を用いて、大気中の鉛直方向の粒子拡散が地表における堆積量分布に与える影響について系統的に調べた。

PUFF モデルは、ラグランジュ粒子の風と重力による移流と、大気中の乱流による拡散を計算することによって火山灰粒子の動きを再現するモデルである。粒子の移流は、各粒子位置における局所的な風速と終端降下速度ベクトルから次時間ステップでの位置を計算することで再現される。また、水平方向と鉛直方向の粒子の拡散は、それぞれの方向に異なる歩幅を与えたランダムウォークモデルで再現される。本研究では、一樣風速の大気中で火口上の一点から放出された単一粒径からなる複数の粒子の移流拡散を全粒子が地表に着地するまで計算した。

上記の計算において、放出された粒子は拡散によって時間とともに拡大する「粒子群」を形成する。粒子群の中心は風速の大きさと水平方向へ移動し、粒子の終端速度の大きさと降下する。水平方向の拡散の影響は鉛直方向の拡散の影響よりもはるかに大きいので、粒子群は上下につぶれた楕球状の形態となる。鉛直方向へ厚みを持った粒子群では、底部の粒子と頂部の粒子の堆積に時間差が生じる。また、粒子群の底部の粒子が着地した後も、頂部の粒子が着地するまで粒子群は風によって水平方向に移動し続ける。その結果、最終的な降下堆積物の分布は風下側へ伸張り、風下側ほど若干幅が広がる形状を示す。地表での堆積量の分布を二次元正規分布と比較するため、分散及び正規分布からのズレの指標である歪度と尖度を風向きと平行な方向と直交する方向の2方向に投影して調べた。地表での堆積量の分布は二次元正規分布と比べ、風向きに平行な方向で分散と歪度、尖度が大きく、風向きに直交する方向で尖度が大きくなる。この二次元正規分布からの相違は、細かい粒子や低い高度から放出された粒子、また、大きい風速の条件ほど顕著である。

以上の結果は、火山灰の堆積量分布をより正確に再現するためには、鉛直方向の拡散を考慮した火山灰拡散モデルを用いる必要があることを示している。このように、鉛直方向の拡散を考慮した PUFF モデルでの堆積量分布と二次元正規分布との相違を定量的に見積もることによって、TEPHRA2 モデルの適用限界（供給源の高度、粒径、風速）を評価することができる。