

火山噴煙の3次元数値計算および乱流中の粒子沈降実験に基づく火砕物降下モデル

A tephra-dispersal model based on 3-D simulations of eruption clouds and experiments on particle settling in turbulent flow

小屋口 剛博 [1]; 落合 清勝 [2]

Takehiro Koyaguchi[1]; Kiyokatsu Ochiai[2]

[1] 東大・地震研; [2] 東大・理・地球惑星科学

[1] ERI, Univ Tokyo; [2] Earth and Planetary Sci., Univ. Tokyo

爆発的火山噴火では、高温の火山ガスと火砕物の混合物が火口から大気中に放出される。この混合物は周囲の大気を取り込み、取り込まれた大気がマグマの熱で膨張することによって、噴煙のバルク密度は周囲の大気よりも小さくなる。その結果、浮力によって大気中を上昇する噴煙柱が形成される。噴煙柱は高層大気で密度中立レベルに達した後、重力流として水平方向に広がり、傘型噴煙を形成する。爆発的火山噴火では、火砕物がこの傘型噴煙から降下堆積する。

従来のテフラ降下モデルでは、火砕物粒子が、(1) 乱流により傘型噴煙中に均質に分布しつつ、(2) 噴煙底部から終端速度で分離・沈降する、という仮定を用いられていた。しかしながら、前者の仮定は、粒子の終端速度に対して乱流が十分に強い場合のみに成り立つものである。そこで本研究では、噴煙の3次元数値シミュレーションと乱流中の粒子沈降に関する水槽実験に基づいて、「乱流強度と粒子の終端速度との関係を考慮に入れた火砕物降下モデル」を構築した。

本数値モデルは、噴煙のダイナミクス（最大到達高度や傘型噴煙の拡大速度）を、火口のサイズ、噴出速度、マグマの物性の関数として再現するものである。噴煙のダイナミクスは大気中においてどれだけ浮力を得るかにより決定され、その浮力は噴煙のバルク密度に強く依存する。したがって数値シミュレーションは、乱流混合による混合比及び混合比による噴煙のバルク密度を正確に再現できるよう、(1) 3次元座標、(2) 高精度計算スキーム（CIP法）、(3) 十分に細かいグリッドサイズを用いて実行された。数値シミュレーションにおける乱流混合の特性については、従来の乱流ジェット・ブリュームの室内実験によって検証された。この数値シミュレーションは、噴煙柱の形成と傘型噴煙の拡大を含む噴煙ダイナミクスの基本的特徴を再現する。また、計算結果から、噴煙内の乱流強度を得ることができた。

乱流中の粒子沈降に関する水槽実験については、特に、乱流強度の粒子沈降率に与える影響に焦点をあてた実験を行った。実験においては、攪拌した水の中に細粒ガラスビーズを混合し、粒子の濃度分布とその時間発展を計測した。その結果、乱流強度が粒子の終端速度に比較して大きいときには、粒子が均一に分布しつつ沈降が進行するという仮定が妥当であることが分かった。一方、乱流強度が粒子の終端速度に対して相対的に小さいときには、粒子濃度勾配が形成され、それが粒子の沈降堆積率を増加させる効果があることが分かった。これらの実験を通じて、乱流強度と粒子沈降率の関係を記述するモデルを得た。

上記の数値計算および室内実験の結果に基づいて噴煙中の粒子の濃度分布を見積もった結果、1/8mm径以下の火砕物は傘型噴煙内部でほぼ均質に分布しつつ沈降・堆積するのに対して、数mm径以上の火砕物は、傘型噴煙の底面に濃集することが分かった。粒子濃度勾配を考慮に入れた火砕物降下モデルをピナツボ1991年噴火の降下火砕物堆積物の粒径分布データに適用した結果、従来のモデルを適用した場合に比べて合理的に粒径データと噴煙のダイナミクスの関係が説明されることが示された。