

降下火砕物インバージョンに向けた火砕物供給源モデルの開発

Development of the plume source model for inversion of tephra fallout

*西條 祥¹、小屋口 剛博¹、鈴木 雄治郎¹

*Akira Nishijo¹, Takehiro Koyaguchi¹, Yujiro Suzuki¹

1. 東京大学地震研究所

1. The University of Tokyo Earthquake Research Institute

爆発的火山噴火においては噴煙からマグマの破片（火砕物）が降下し、降下火砕物堆積物を形成する。降下火砕物堆積物の総質量は、イベント全体のマグマ噴出量（噴火の規模）に直結する。降下火砕物の粒径と最大飛距離の関係は火山噴煙の高度と密接に関連し、さらに噴煙高度は単位時間あたりのマグマ噴出率（噴火の激しさ）によって決まる。このように、降下火砕物堆積物は噴火イベントの特徴を強く反映している。一方、火砕物が大気中を飛散し堆積するまでの物理過程は、移流拡散モデルで記述される。降下火砕物インバージョンとは、このモデルに基づき、堆積物の観測データを最も良く説明する噴火条件を逆計算で推定する手法である（Conner & Conner 2006）。移流拡散モデルのインバージョンで直接的に求まるのは、火口直上の噴煙における火砕物供給量の空間分布である。ここでは、この空間分布について、各粒径の噴煙からの単位時間・単位長さあたり火砕物供給質量を噴煙軸に沿った座標の関数として表し、それを「供給率関数」と呼ぶ。供給率関数は噴煙から離脱する粒子の量を表すため、その特性は噴煙のダイナミクスに依存する。しかしながら先行研究では、供給率関数はダイナミクスを考慮せず数学的関数で近似されてきた（White et al 2017）。本研究の目標は、供給率関数の性質を物理モデルから理解し、インバージョン解析への適用に向けた考察を行うことである。

供給率関数は、粒子沈降モデルと噴煙運動モデルを組み合わせた「火砕物供給源モデル」の出力として得られる。粒子沈降モデルは、噴煙からの火砕物放出プロセスを記述する物理モデルである。噴煙運動モデルは、密度中立高度（NBL）より下では1次元噴煙モデル、NBLに達した後は重力流モデルで記述できる。本研究で使用した1次元噴煙モデルは、風で噴煙が湾曲する効果と粒子放出の物理的フィードバックを考慮したものである（Bursik 2001）。また粒子沈降モデルでは、一様に攪拌された噴煙と大気との境界面から火砕物粒子が終端速度で沈降・離脱する過程を考え、さらに風による噴煙の湾曲の影響を考慮した。

火砕物供給源モデルに基づく計算により、粒径ごとの供給率関数が得られた。本モデルの出力としての供給率関数は、「噴煙柱供給率関数」と「重力流供給率関数」の2つの領域から構成される。噴煙柱供給率関数は、1次元噴煙モデルのNBL以下の各高度において噴煙の縁から落下する粒子の質量フラックスを表し、いずれの粒径についても高度に対して下に凸の単調減少関数となる。重力流供給率関数は、1次元噴煙モデルにおいてNBLで噴煙内に残存する粒子の質量フラックスであり、重力流モデルの供給源における質量フラックスを表す。噴煙柱・重力流供給率関数の特徴は、粒径に大きく依存する。直径数cm以上の粗粒粒子の大部分は、噴煙柱下部で大気中へ放出される。その結果、粗粒粒子の噴煙柱供給率関数は急激な減少関数となり、重力流供給率関数はゼロに近い値を取る。直径0.1 mm以下の細粒粒子の大部分は、噴煙内に残った状態でNBLへ到達する。それゆえ、細粒粒子の噴煙柱供給率関数は全域にわたって非常に小さい値を持ち、重力流供給率関数は火口における粒子供給率と近似的に一致する。中間サイズの粒子（直径1~10 mm）の噴煙柱供給率関数は、細粒粒子のものよりも大きな値を持ち、かつ粗粒粒子のものに比べて緩やかな減少関数となる。その結果、噴煙柱上部においては、中間サイズ粒子の大気への放出量は粗粒・細粒粒子の放出量よりも多くなる。また、中間サイズ粒子の重力流供給率関数の値は粒径に関して鋭敏に変化する。本発表では、これらの火砕物供給源モデルに基づく供給率関数と既存のインバージョン研究で用いられている近似関数を比較・議論する。

キーワード：爆発的火山噴火、降下火砕物インバージョン、1次元噴煙モデル、粒子沈降、移流拡散モデル

Keywords: explosive volcanic eruption, inversion of tephra fallout, 1-D eruption model, particle sedimentation, advection-diffusion model

