

富士山宝永噴火を想定した降灰シミュレーション

○石井 憲介(火山研究部)

1. はじめに

1707年の富士山の噴火(宝永噴火)による火山灰は、関東地方に広く降り積もり、当時の江戸をはじめ広範囲にわたり被害をもたらしました。将来、同程度の規模の噴火が富士山で発生した場合、首都圏では大量の降灰が予想され、人口が多く都市機能が集中していることから、住民生活や経済活動に大きな混乱が生じることが懸念されています。

宝永噴火のような大規模な噴火に対する広域降灰対策については、内閣府などでも検討が進められてきました。その中で、降灰量や火山灰粒子の大きさに応じた災害の種類や程度が整理され、また、降灰対策を策定するための重要な基礎資料の一つが噴火発生後の降灰量の分布であるとされています。

気象研究所では、こうした広域降灰対策を支援するための基礎資料として降灰分布の季節変化や確率的な情報を提供するために、数値モデルを開発し、宝永噴火相当の噴火を想定した降灰シミュレーションを実施しました。このシミュレーションでは、2021年の1年分の気象場に基づき、降灰分布の季節的な傾向や都市ごとの降灰量を調べています。本発表では、このシミュレーションの結果をもとに、宝永噴火のような噴火が現代に発生した場合の降灰の特徴について紹介します。

2. 宝永噴火

宝永噴火は、1707年(宝永4年)12月16日に富士山の南東斜面(現・宝永山)で発生しました(第1図)。噴火は約2週間にわたって断続的に続き、高度10km以上まで舞い上がった噴出物は偏西風によって、江戸や房総半島にまで降り注ぎました。江戸における降灰量は約2cmに達し、その火山灰層は現在でも残っています。この時代は江戸時代中期にあたり、江戸はすでに世界でも有数の大都市として、政治・経済の中心地として栄えていました。また、多彩な文化が開花した時代でもありました。

宝永噴火は、多くの人々が往来していた東海道の近くで発生し、さらに江戸にもその影響が及んだことから、当時の人々によって多数の記録が書き残されています。それらの記録によると、江戸の街では噴火に伴う空振の影響で戸や障子が音を立てて揺れ、噴火開始から約2時間後(昼頃)には降灰が始まり、夜までに1cm近くの火山灰が積もったとされています。特に被害が大きかったのは、富士山により近い地域です。火

口から10kmほどしか離れていない須走村(現・静岡県小山町)では、多数の火山岩塊の熱によって多くの家屋が焼失し、最終的に堆積した噴石や火山灰は3m以上に達しました。農業を生活基盤としていた地域では、農作物の損失が生活に直結し、数十cmから数mに及ぶ火山灰の堆積は、地域の生活基盤を根底から破壊しました。

宝永噴火による火山灰は当時の社会に大きな影響を及ぼしましたが、人口が集中し都市機能が高度に発達した現代の都市圏においては、当時を上回る深刻な混乱が生じる可能性があります。こうした影響を適切に考えるためには、火山噴煙がどのように形成され、火山灰がどのように運ばれるのかを理解することが欠かせません。



第1図: 宝永噴火の噴煙の描写(沼津市土屋博氏所蔵)

3. 噴煙の種類と火山灰の輸送

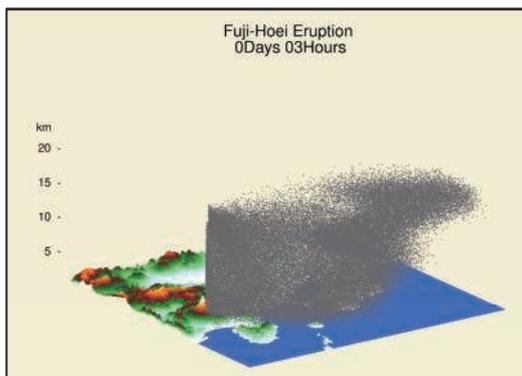
地下深くのマグマだまりから高温のマグマが上昇してくると、内部の圧力が下がり溶けていた水分が急速に沸騰します。その結果、マグマと水蒸気が混ざった高温の噴出物が火口から勢いよく噴き出すことで噴煙の形成が始まります。その勢いは数百m/sに達しますが、その勢いだけで高さ10kmまでは達することはできません。

噴き出した噴煙は、周囲の大気を巻き込み、温めながら浮力を得て上昇していきます。そして、上昇を続けた噴煙は一定の高さに達すると、水平に広がり始めます。このときの広がり方は周囲の風の強さによって変わります。風が強い場合は、風下方向に長く伸びる「風下重力流」となり、風が弱い場合は四方八方に広がる「傘型噴煙」を形成します。

こうして形成された噴煙から大量の火山灰粒子が大気中に放出されます。火山灰粒子は大きさによって落下の仕方が異なり、大きな粒子は早く落ちるため火口近くに堆積します。一方、小さな粒子はゆっくり落ちるため周囲の風によって遠く

まで運ばれます。

気象研究所では、そのような噴煙の形成や火山灰の輸送過程をシミュレーションで実現するための数値モデルの開発を進めており、宝永噴火のような大規模噴火のシミュレーションが実行できる準備が整いました(第2図)。新しい数値モデルでは傘型噴煙の形成や周囲の風と噴煙の相互作用など、従来のモデルでは表現できなかった効果を考慮できるようになりました。この数値モデルで、多数のシミュレーションを実施することによって、どの地域にどれくらい火山灰が積もるか計算することができます。また、気象条件の違いを考慮しているので、季節ごとの降灰分布の特徴を調べることもできます。



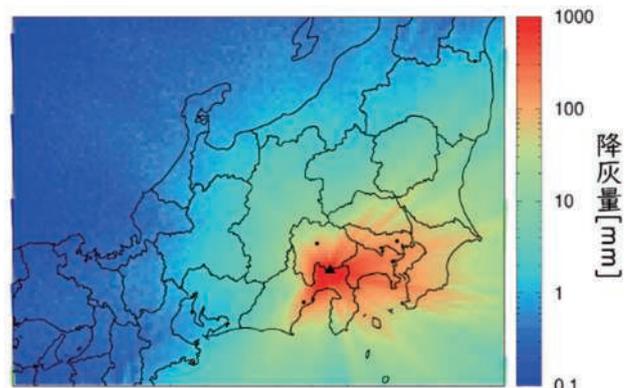
第2図: 宝永噴火の降灰シミュレーションの様子

4. 降灰シミュレーションの結果

本研究では、宝永噴火に相当する噴火を想定し、2021年の1年間の実際の気象条件を用いて365回の降灰シミュレーションを実施しました。その結果、降灰の量や粒径分布の季節的・空間的な変動やその傾向を理解することができました。例えば、2021年1月1日に噴火が開始すると想定したシミュレーションでは、偏西風による西風が優勢であったため、降灰は富士山の東側に集中し、細かな火山灰粒子は房総半島を越えて広域に分布しました。東京では大きな粒子は届かず、粒径2mm以下の火山灰粒子が支配的でした。降灰は7日目に開始し最終的な火山灰の深さは1cmに達しました。これに対し、横浜では噴火後30分以内に降灰が始まり、初日に深さ2cmを超えました。東京と横浜のように比較的近い場所であっても、気象状況によっては降灰のシナリオが大きく異なる可能性があることがわかります。

365回の統計解析により、降灰の総量や最大粒径は単に火口からの距離で決まるのではなく、風向や風速、噴煙の挙動に左右されることが確認されました。富士山の東側では降灰量が多く、3cm以上の降灰は新宿で30%、横浜で70%ほどの確率で発生することが予想されます。また、風向きによっては新宿や横浜での降灰量は最大で数cmから10cmに達することが予想されました(第3図)。

シミュレーションの結果は、降灰分布が季節による変化も顕著であることを示していました。冬季には強い西風により降灰は富士山の東側に偏ります。一方、夏季には風が弱く、風向が不明瞭であるため、降灰は西側や北側にも分布します。特に、風が弱いときに形成される傘型噴煙による放射状に広がる輸送によって西側や北側の都市(静岡・甲府など)にも数mmの大きさの火山礫が到達する可能性があります。また、都市ごとの降灰開始時間の解析も行いました。その結果、東側の都市では噴火後1時間以内に降灰が始まることが多く(新宿で約20%、横浜で約40%)、最短で噴火後30-40分程度で降灰が始まる可能性があることも分かりました。



第3図: シミュレーションの結果(最大降灰量分布)

5. まとめ

本研究では、宝永噴火相当の噴火を想定した降灰シミュレーションを行い、降灰の季節変化や都市ごとに予想される降灰開始時間や降灰量を明らかにしました。降灰は季節や風向きによって分布や粒径が大きく変化し、都市ごとの影響にも差があることがわかりました。特に、東京や横浜では噴火後の比較的早いうちに降灰が始まる可能性が高く、夏季には富士山の西側や北側の都市でも数mm以上の大きさの火山礫が到達することが予測されました。これらの結果は、防災対策や対応計画を立てる上で重要な基礎情報となります。

一方で、今回のシミュレーションは様々な仮定を含む数値モデルに基づく予測であり、実際の噴火時の降灰分布とは差が生じる可能性があります。次の富士山の噴火は864年に発生した貞観噴火のように溶岩流が中心になる可能性もありません。火山としての富士山の研究や、数値モデルの精緻化は予測精度の向上につながります。

参考文献

- (1) 内閣府, 2006: 災害教訓の継承に関する専門調査会報告書 ー1707 富士山宝永噴火ー。
- (2) 萬年一剛, 2022: 富士山はいつ噴火するのか? ー火山の仕組みとその不思議ー。ちくまプリマー新書, 406