

大規模火山噴火後の成層圏硫酸エアロゾルの微物理モデリング

関谷 高志、須藤 健悟 (名古屋大学 大学院環境学研究科)

1. はじめに

大規模な火山噴火では、多量の二酸化硫黄 (SO_2) が直接成層圏へ放出され得る。放出された SO_2 は化学反応によって、硫酸エアロゾルへと変換され、成層圏に数年間滞留する。硫酸エアロゾルは、短波放射を散乱、長波放射を吸収するため、噴火後数年間の対流圏、成層圏の気温に大きな影響を与える。したがって、火山起源の成層圏エアロゾルは、短期的な気候変動を精度よく再現・予測する上でも重要である。

火山起源の成層圏エアロゾルの滞留時間は、大気循環だけでなく、エアロゾルの重力落下にも影響される。したがって、火山起源エアロゾルを再現するためには、その粒径分布の時間変化の表現が必要である。しかし、我々のモデルを含む多くの気候モデルでは、エアロゾルの粒径分布の変化を考慮していない。そこで、本研究では、成層圏エアロゾルの粒径分布を陽に計算するモジュールを開発し、ピナツボ火山噴火後の成層圏エアロゾル変動の再現を試みた。

2. 全球化学エアロゾル気候モデル

本研究では、全球化学エアロゾル気候モデル MIROC-CHASER/SPRINTARS を用いた。本モデルは、地球システムモデル MIROC-ESM-CHEM の枠組みで、その大気コンポーネントとして開発されている。大気大循環モデルの水平解像度は $T42$ (約 $2.8^\circ \times 2.8^\circ$)、鉛直層は 57 層 (地表～高度約 52km) とした。また、 SO_2 の酸化化学反応を含む、99 化学種、264 化学反応を考慮している。

さらに、成層圏エアロゾルの時間変化を精度よく計算するために、硫酸エアロゾル、火山灰について、質量濃度、数濃度を予報変数とし、エアロゾルの粒径を陽に計算することを可能とした。硫酸については、核形成 (半径 $r < 5 \text{ nm}$)、エイトケン ($5 \text{ nm} < r < 50 \text{ nm}$)、累積 ($r > 50 \text{ nm}$) の3つのモードの重ね合せによって、粒径分布を表現している。また、粒径分布を変化させる過程として、新粒子生成、凝集、凝結過程を考慮している。

3. ピナツボ火山噴火による影響の再現実験

本研究では、1991 年 6 月～1993 年 6 月を対象として、ピナツボ火山噴火による影響の再現実験を行った。ただし、海表面温度、海水濃度については、HadISST の 1995 年～2004 年の平均値を用

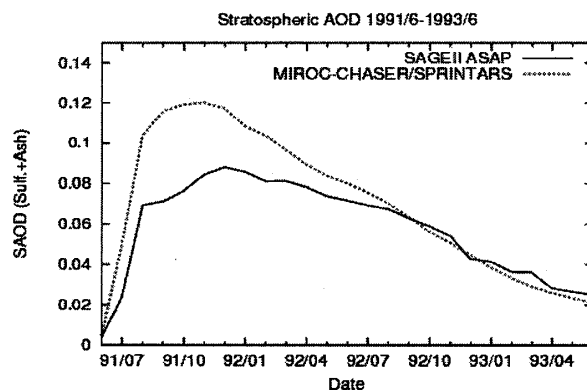


図 1. 高度 15～40 km の 1020nm におけるエアロゾル光学的厚さの時間変化 ($60^\circ \text{ S} \sim 60^\circ \text{ N}$ 平均)。実線は観測データセット、点線はモデルによる計算値。

い、温室効果気体、オゾン破壊物質の濃度、対流圏オゾン前駆物質の排出量は、CMIP5 で用いられたデータの 2000 年の値を用いた。

火山噴火による SO_2 ・火山灰の放出は、1991 年 6 月 15 日 05UTC から 9 時間と仮定した。放出高度は 24～25km (SO_2)、16～22km (火山灰)、放出量は 20 Mt (SO_2)、100 Mt (火山灰) とした。

4. 結果

図 1 に高度 15～40 km のエアロゾル光学的厚さ (AOD) の観測値、計算値を示す。観測データは、SAGE II による衛星観測、ライダー観測をマージしたデータセット (SPARC, 2006) である。噴火から約 1 年は、モデルが観測を過大評価していた。しかし、それ以降の AOD の計算値は、観測値と良い一致を示した。また、有効粒径の計算値についても、中緯度におけるゾンデ観測 (e.g., Deshler et al., 2003) と比較した。その結果、高度 20 km においては、概ね良い一致がみられたが、高度 25 km では、噴火後数か月間、モデルが観測を過大評価していた。

モデル中の成層圏硫黄の総量とその分配についても解析を行った。成層圏に放出された SO_2 は、約 100 日で完全に硫酸へと変換され、その硫酸の 99%以上が累積モードのエアロゾルとして存在していた。さらに、累積モードの硫酸エアロゾル量を支配するプロセスを調べた結果、噴火後約 2 週間までは凝集過程の影響が大きく、それ以降の期間は凝結過程の影響が大きいことが示された。

参考文献

SPARC (2006), ASAP, SPARC Report No. 4.
Deshler et al. (2003), JGR, 108(D5), 4167.