

# 気象研ライダーで観測した成層圏エアロゾルの長期変動 —全球エアロゾルモデルの比較—

## Long-term variation of stratospheric aerosol observed with lidar over Tsukuba –comparison with global aerosol model–

○酒井 哲<sup>1</sup>、内野 修<sup>1,2</sup>、田中泰宙<sup>1</sup>、永井智広<sup>1</sup>、藤本 敏文<sup>3</sup>、田端 功<sup>1</sup>

○Tetsu Sakai, Osamu Uchino, Taichu Tanaka, Tomohiro Nagai, Toshifumi Fujimoto, Isao Tabata

1 気象研究所・2 国立環境研究所・3 福岡管区気象台

<sup>1</sup>Meteorological Research Institute, <sup>2</sup>National Institute for Environmental Studies, <sup>3</sup>Fukuoka District Meteorological Observatory

**Abstract:** The vertical distribution of stratospheric aerosol has been measured with lidars at Meteorological Research Institute (MRI) over Tsukuba. After the Pinatubo volcanic eruption in June 1991, stratospheric aerosol increased about 100 times compared with the background level. The stratospheric aerosol loading simulated by the global aerosol model agreed with the lidar measurement from 1991 to early 1993. However, the model underestimates the aerosol loading after 1993, particularly after 2000 when a slight increase ( $5.3\% \text{ year}^{-1}$ ) was observed. Continuing observation is necessary for monitoring the stratospheric aerosol trend and assessing its impact on climate and the ozone layer.

### 1. はじめに

成層圏エアロゾルは、太陽放射を散乱、赤外放射を吸収・射出して放射収支に影響を及ぼす。またエアロゾル表面化学反応によって塩素・臭素化合物を活性化させオゾン層に影響を及ぼす。成層圏エアロゾルは大規模火山噴火により平穏時の数十倍に増大する。成層圏エアロゾルが気候に及ぼす影響を評価するためには、その分布と時間変化を精度良く観測する必要がある。

気象研究所では、1982年から現在までライダーによる成層圏エアロゾル観測を行ってきた。本発表では、30年間の観測結果及び全球エアロゾルモデルとの比較結果を報告する。

### 2. 気象研ライダーによる成層圏エアロゾル観測

気象研では、これまで合計6台のライダーで成層圏エアロゾル観測を行っている。エルチヨン火山噴火直後の1982年4月～1987年は、ルビーライダー(波長694 nm)による観測が行われた(Uchino et al., 1984, 1985, 1988, Naito et al., 1986)。1988年以降はNd:YAGレーザー(波長532 nm)を用いたライダー観測を行っている(Uchino et al., 1991, Nagai et al., 1993)。

### 3. 観測結果

Fig. 1に1990年～2012年の成層圏エアロゾル後方散乱係数(波長532 nm)の高度積算値(Integrated aerosol backscattering coefficient, IBC)の時系列を示す。高度積算範囲は第一圏界面～高度33 kmである。図上の矢印・縦棒は大規模火山の噴火日を示す。

IBCの値は、1991年6月のピナツボ火山(フィリピン)噴火後急激に増大した。その最大値は、 $5.8 \times 10^{-3} \text{ sr}^{-1}$ (1992年2月22日)(Uchino et al., 1995)で、平穏時( $6.0 \times 10^{-5} \text{ sr}^{-1}$ , 1997年10月～2001年9月平均値)の96倍である。その光学的厚さは、ライダー比を50 srと仮定すると0.29になる。火山噴火で増加したエアロゾルは、5年後にほぼ平穏状態まで減少した。

また、2000年以降はエアロゾル量が微増加傾向にある。2000年1月～2012年7月のIBC増加率は $1.06 \times 10^{-5} \text{ sr}^{-1} \text{ year}^{-1}$  ( $5.3\% \text{ year}^{-1}$ )である。この傾向は、ハワイや北米(Hofmann et al., 2009)、ニュージーランドでも観測されている(Nagai et al., 2010)。増加の原因は、主に小規模火山の噴火(Uchino et al., 2012)と考えられるが、人為起源の硫黄排出量増加などによる可能性も残されている。

Fig. 2に各年8月(98年は7月)におけるエアロゾル後方散乱比( $R$ )の鉛直分布を示す。ピナツボ火山噴火直後の91年8月には、高度23 kmと17.5 kmで $R$ のピーク値14と2を観測した。1年後の92年には高度16～30 kmの広い範囲で最大 $R=3$ のピークを観測した。その後ピークは次第に小さくなり、96年には $R<1.5$ になった。2009年と2011年には高度18 kmに $R=1.4\sim 1.6$ のピークを観測した。これらのピークはサリチェフ火山、ナブロ火山起源のエアロゾルと考えられる。

## 4. エアロゾルモデルとの比較

ライダー観測値を全球エアロゾルモデル MASINGAR (Tanaka et al., 2003) 計算値(硫酸エアロゾルのみ)と比較した。

IBCの値(Fig. 1)はピナツボ噴火から1993年頃まではよく一致しているが、それ以降はライダー観測値がモデル計算値より高い。この差の原因として考えられるのは、ライダー解析でオゾン吸収を考慮していないためライダー観測値を過大評価していること、モデル計算値に硫酸塩以外のエアロゾル成分が含まれていないこと、モデルに2000年以降の火山噴火の影響が入っていないことがある。今後これらを取り入れた計算が必要である。

モデルで計算した  $R$  の高度分布(Fig. 2)は、ピナツボ噴火後の大まかな鉛直分布を再現している。しかし、1991年の高度23 kmのピーク、2009、2011年の高度18 kmのピークは再現していない。また、91年の高度30–35 kmで、 $R$  値の大きさは異なるがライダー観測値とモデル計算値が増大しているのは興味深い。

## 5. まとめと今後の課題

ライダーによる成層圏エアロゾル観測データは気候監視のための重要な情報となり、エアロゾルモデルの検証にも役立つ。今後も気象研での観測を維持したい。また Figs.1, 2 に示した観測値は、オゾン吸収の効果を計算で考慮していないため過大評価している可能性がある。今後オゾン吸収を考慮して再解析する。

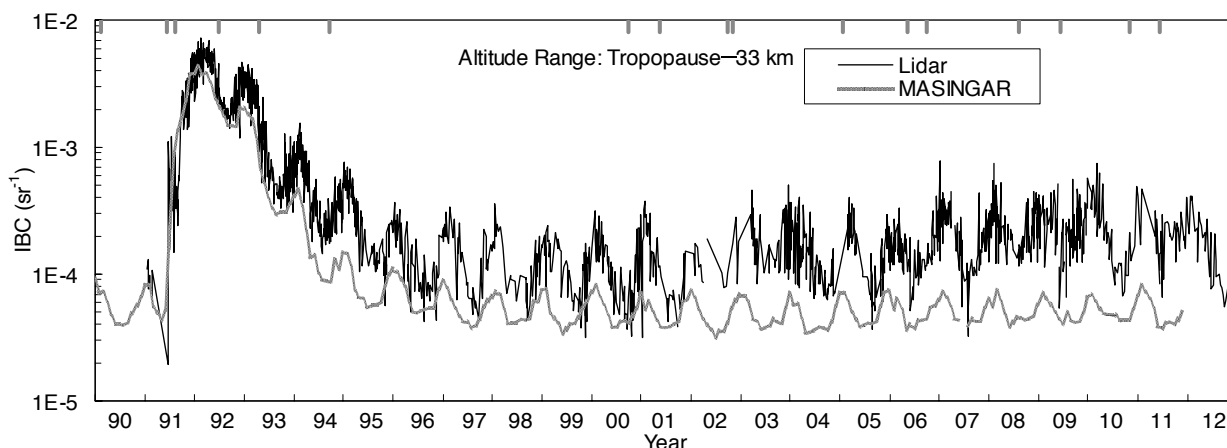


Figure 1: Temporal variation of the vertically integrated particle backscattering coefficient (IBC) from first tropopause to 33 km at 532 nm over Tsukuba from 1982 to 2012 measured with the lidar (black) and that simulated with global aerosol model (gray). Vertical lines and arrows at the top of the panel indicate the major volcanic eruptions with Volcanic Explosivity Index (VEI)  $\geq 4$ .

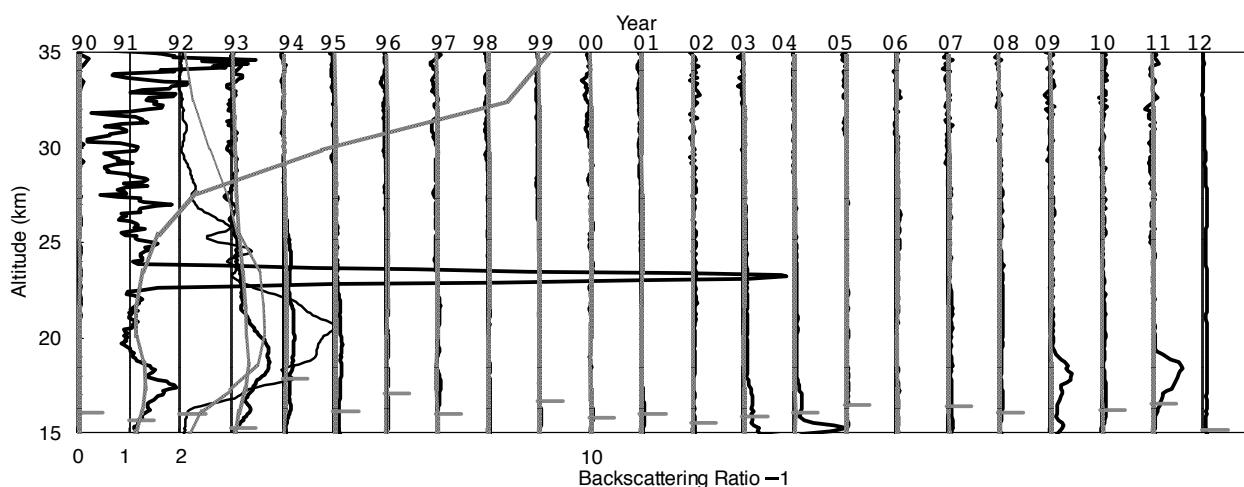


Figure 2: Vertical distributions of aerosol backscattering ratio (backscattering ratio-1) at 532 nm in August for each year from 1990 to 2012 measured with the lidar (black) and those simulated with global aerosol model (gray). Each profile is plotted with the aerosol backscattering ratio progressively offset by 1. Horizontal orange lines show the first tropopause altitudes.