

P21 インドネシア上空の成層圏エアロゾルの変動

93年から2000年までの気球搭載 OPC 観測

Variation of stratospheric aerosol concentration over Indonesia

Balloon born OPC observation from 1994 to 2000

日浦仁¹⁾, 林政彦¹⁾, 白石浩一¹⁾, 伊藤友和¹⁾, 藤原玄夫¹⁾, 松永捷司²⁾, 岩坂泰信²⁾, 松永貴嗣³⁾,
渡辺征春⁴⁾, 安井元昭⁵⁾, Slamet Saropriya⁶⁾, Timbul Manik⁶⁾, Agus Surtipt⁶⁾

H. Hiura¹⁾, M. Hayashi¹⁾, K. Shiraishi¹⁾, T. Ito¹⁾, M. Fujiwara¹⁾, T. Matunaga²⁾, Y. Iwasaka²⁾, K. Matsumura³⁾,
M. Watanabe⁴⁾, M. Yasui⁵⁾, Slamet Saropriya⁶⁾, Timbul Manik⁶⁾, Agus Surtipt⁶⁾

1) 福岡大学 2) 名古屋大学 3) 気象研究所 4) NASDA 5) 通信総合研究所 6) LAPAN

1) Fukuoka Univ. 2) Nagoya Univ. 3) Meteorological Research Institute 4) NASDA

5) Communication Research Lab. 6) LAPAN Indonesia

Stratospheric aerosols over Indonesia have been observed by balloon borne optical particle counter (OPC) since 1994 to examine the decay process of volcanic aerosols originated in Pinatubo eruption in 1991.

Particle number concentration of radius between $0.15 \mu\text{m}$ and $0.25 \mu\text{m}$ show no decay trend, The e-folding time of particle concentration of radius between $0.25 \mu\text{m}$ and $0.4 \mu\text{m}$ is larger than that of radius between $0.4 \mu\text{m}$ and $0.6 \mu\text{m}$.

E-folding time obtained from setting of gravity and eddy diffusion is smaller than that obtained from observation.

1 はじめに

地球を取り巻く成層圏エアロゾル層は、主には赤道域を生成源として、成長を伴いながら中高緯度地域で対流圏に除去されるプロセスにより維持されている。しかし、近年では、成層圏エアロゾルはその一生のほとんどを赤道域で過ごし(Equatorial Reservoir と呼ばれている。) ていると考えられており、赤道域の成層圏エアロゾルの維持機構を解明することは特に重要になっている。

ここでは、1991年フィリピンの Pinatubo 火山の噴火によって擾乱を受けた成層圏エアロゾル層が非擾乱状態に移行する間に観測された気球搭載型 OPC の数濃度に基づき、赤道域成層圏エアロゾルの維持機構における、重力沈降・渦拡散・粒子の成長などの寄与について検討する。

2 観測

本観測では、光散乱式粒子数計測装置(OPC)を用いて、インドネシアの Bandung($6.7^\circ \text{S}, 107.6^\circ \text{E}$)と Watukosek($7.5^\circ \text{S}, 112.3^\circ \text{E}$)の2ヶ所で1994年から観測を行った。

OPCは粒子に、レーザー光を放射して、その前方散乱光を電気信号に変換して、粒子の大きさと粒子数を測定する装置である。電気信号の大きさで粒子の大きさを測定し、電気信号のバースで粒子数を測定する。測定粒径は、半径 $0.15 \mu\text{m}$ 以上、 $0.25 \mu\text{m}$ 以上、 $0.4 \mu\text{m}$ 以上、 $0.6 \mu\text{m}$ 以上、 $1.8 \mu\text{m}$ 以上(屈折率 $m=1.4+0i$ 相当)の計5チャンネルである。

3 観測結果

1994年から2000年までの粒子数濃度の変動は次の特徴を示した。

Fig.1に、観測期間の数濃度の変化を示す。半径0.15 - 0.25, 0.25 - 0.4, 0.4 - 0.6 μmの粒径区分の数濃度が非擾乱状態と考えられる状態になったのは、それぞれ、1994年以前、1997年ごろ、2000年ごろと見られ、大粒子ほど擾乱を受けていた状態が長く維持されている。

減衰が続いていた期間の数濃度減衰の時定数（粒子の数濃度が1/eの量になる時間）は、半径0.25-0.4 μm、0.4-0.6 μmにおいて、それぞれ、約1000日、500~600日であった。以下、0.4 μm以上の粒子の数濃度が、より小さな粒子の数濃度よりも、減少傾向が長く続いていた点に注目し、エアロゾル擾乱の減衰機構について検討する。

4 解析方法

粒子数濃度の時定数を、重力沈降と渦拡散の点から計算を行う。計算方法は以下に示す。

粒子数濃度Nの変化量を次の式で示す。

$$\left(\frac{dN_k}{dt}\right)_{total} = \left(\frac{dN_k}{dt}\right)_{gravity} + \left(\frac{dN_k}{dt}\right)_{diffusion} + \left(\frac{dN_k}{dt}\right)_{condensation} + \left(\frac{dN_k}{dt}\right)_{other} \quad (1)$$

ここで

$\left(\frac{dN_k}{dt}\right)_{total}$: 粒子数濃度の変化量

$\left(\frac{dN_k}{dt}\right)_{gravity}$: 重力沈降による粒子数濃度の変化量

$\left(\frac{dN_k}{dt}\right)_{diffusion}$: 渦拡散による粒子数濃度の変化量

$\left(\frac{dN_k}{dt}\right)_{condensation}$: 粒子の成長による粒子数濃度の変化量

$\left(\frac{dN_k}{dt}\right)_{other}$: 移流による粒子数濃度の変化量 である。

重力沈降による数濃度の変化率は次のように計算した。

$$\left(\frac{dN_k}{dt}\right)_{gravity} = \frac{1}{h}(N_{k+1}V_{k+1} - N_kV_k)$$

ここで

N_k : 高さ k km の粒子数濃度

V_k : 高さ k km の間の粒子の沈降速度

h : 気層の厚み(1km)

である。

渦拡散による数濃度の変化率は次のように計算した。

$$\left(\frac{dN_k}{dt}\right)_{diffusion} = \rho_k K_k \left(\frac{dM_k}{dz}\right) + \rho_k K_k \left(\frac{dM_{k+1}}{dz}\right)$$

ここで、

M_k : k km の粒子数の混合比

ρ_k : 大気密度、 K_k : 渦拡散係数 を示している

粒子数濃度の変化量から、次の式で、時定数 τ を計算する。

$$\tau_k = -\frac{N_k}{\left(\frac{dN_k}{dt}\right)_{total}} \quad (2)$$

(2)式を用いて、時定数に対して重力沈降と渦拡散の影響を検討する。

5 解析結果

Fig.2は(2)式を用いて計算した、各高度における時定数を示す。

各々の粒径区分について τ_k が負の場合 $\left(\frac{dN_k}{dt} > 0\right)$ を左に、 τ_k が正の場合 $\left(\frac{dN_k}{dt} < 0\right)$ を右に示している。

重力沈降と渦拡散をもちいて、時定数を計算した結果、時定数が負の値を示した。これは、(1)において重力沈降と渦拡散のみと考慮した場合、 $\left(\frac{dN_k}{dt}\right)$ が正となる事を示している。しかし、観測結果では、粒子数濃度は減少の傾向を示している。一方、粒子の成長は一般に濃度を増大させるように作用するため、粒子成長を考慮に入れても、観測事実と矛盾することを説明が出来ない。

また、計算で求めた時定数と、観測から求めた時定数では、1桁異なっていた。この現象については、粒子の成長を吟味することで説明が出来る可能性がある。当日は、粒子の成長などを含めて検討する。

6 まとめ

成層圏エアロゾルの減少傾向において、以下の点が示唆される。

- ① ピナツボ火山により擾乱を受けた赤道域成層圏エアロゾルの非擾乱状態に移行する時期は、半径 $0.15 \sim 0.6 \mu\text{m}$ の区間では粒径が大きいほど遅かった。半径 $0.4 - 0.6 \mu\text{m}$ の数濃度が、 $0.4 \mu\text{m}$ 以下の粒子の数濃度よりも遅い。また、減少する速度は、 $0.4 - 0.6 \mu\text{m}$ よりも、 $0.4 \mu\text{m}$ 以下の粒子方が、遅い。
- ② 擾乱を受けた赤道域成層圏エアロゾルの濃度減少は、重力沈降と渦拡散・上昇流による輸送だけでは、説明が出来ない。

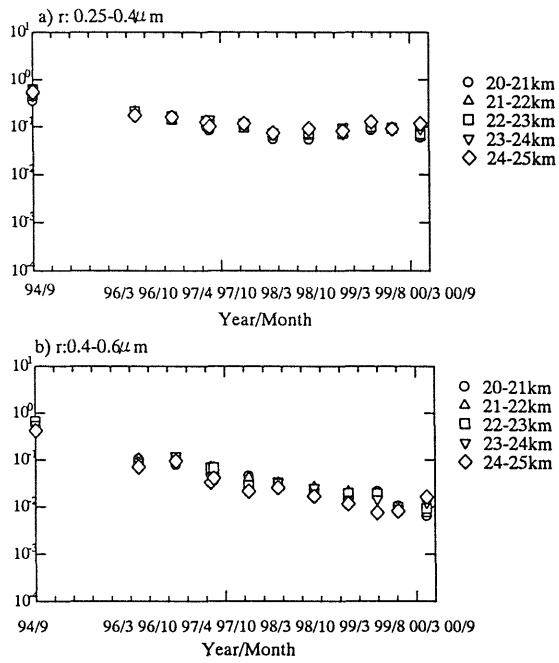


Fig.1 Trend of particle concentration between 20km and 25km.

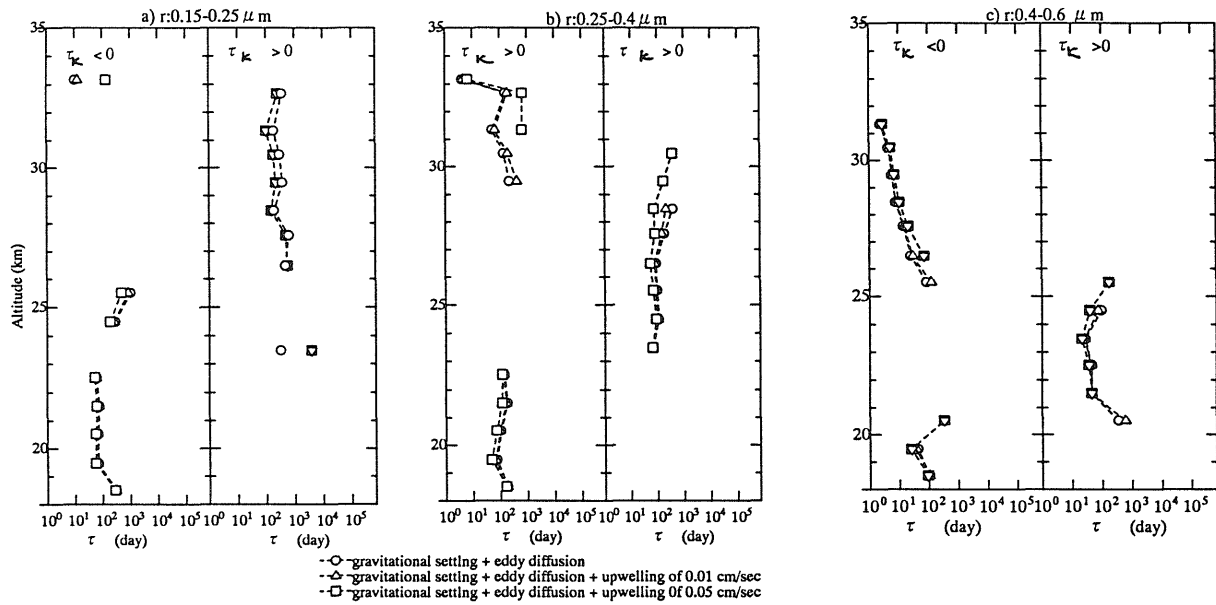


Fig.2 Vertical Profile of τ_k on 97/4/8 over Bandung.