

G1

外部鏡型 He-Ne レーザーを用いた インドネシア上空におけるエアロゾル観測

Observation of aerosols by an open cavity He-Ne laser over Indonesia

林政彦¹、伊藤友和¹、白石浩一¹、藤原玄夫¹、名倉義信³、Timbul Manik²、Sri Kaloka²

Masahiko Hayashi¹、Tomokazu Ito¹、Kouichi Shiraishi¹、Motowo Fujiwara¹、

Yoshinobu Nakura、Timbul Manik²、Sri Kaloka²

1. 福岡大学理学部、2. インドネシア国立航空宇宙研究所(LAPAN)、3. 株式会社シグマテック

1. Faculty of Science, Fukuoka University

2. Indonesia National Institute of Aeronautic and Space(LAPAN), Bandung

3. Sigmatec Corporation

The campaign of aerosols measurement by LPC (Laser Particle Counter) was conducted two times on March and September, 2000 at Bandung, Indonesia (6.9° S, 107.6° E). In the profiles of aerosols in the smallest three ranges remarkably high concentrations appeared near the tropopause on September. The peaks of particle number concentration for small aerosols were observed only on September. The size distribution was found to be bimodal with mode radii of $0.05 \mu\text{m}$ and $0.19 \mu\text{m}$.

1. はじめに

対流圏界面付近の成層圏-対流圏循環を表す平均子午面循環は、熱帯域で対流圏界面を横切る上昇流、成層圏における極向き流れ、及び中・高緯度域対流圏への下降流として構成される (Brewer-Dobson 循環)。

赤道域では、積雲活動が様々な時間・空間スケールで変動しており、この活発で大規模な積雲活動に伴う上昇流によって、対流圏起源の大気が成層圏に流入して、成層圏エアロゾルのソース領域と考えられている。赤道域には、成層圏への起源となる輸送を行なっている場所があり、“stratospheric fountain” と言われている。また、成層圏への大気の輸送は、熱帯圏界面温度が年平均、経度平均よりも低い温度の地域において、優先的に起こっており、最も低温な地域は太平洋の西側に位置する。特に高度 14-19km あたりでは、大気の力学的、化学的性質が対流圏から成層圏へ徐々に変化していて、この層での水平輸送は成層圏の脱水に重要な役割を果たしている。そのような赤道地域での流入機構の解明は、人類起源の化学成分と物質の対流圏から成層圏への輸送とそれらの成層圏内での循環、さらに全球規模の気候変動に対する影響などを理解するために重要である。しかし、この地域での *in situ* 観測において、CN カウンターによる観測はあるが、エアロゾル数濃度、粒径分布に関する報告はほとんどない。

我々は現在、インドネシアのバンドン (6.9° S, 107.6° E) で半導体レーザー ($\lambda = 810\text{nm}$ or 780nm) を光源とした OPC (Optical Particle Counter) の観測を 93 年からおよそ年 2 回の割合で行っているが、OPC は検出粒径が $0.15 \mu\text{m}$ にとどまっている。しかし、エアロゾルの生成、消滅過程を理解するためには、 $0.15 \mu\text{m}$ 以下の粒径領域の粒径分布とその変動を知ることが重要である。

福岡大、名古屋大、(株)シグマテックは共同で He-Ne レーザーを光源とした検出粒径 $0.05 \mu\text{m}$ の LPC (Laser Particle Counter) を開発し、これを用いて 00 年 3 月と 9 月に観測を行なった。本稿では、成層圏エアロゾルのソース領域であると言われる熱帯上部対流圏から、下部成層圏へ輸送されるエアロゾルの輸送経路である対流圏界面付近で観測された極微小粒子について報告する。

2. 観測装置

LPC 装置は、光学セルに 1 l/min の流量で直接大気を取り込み、個々の粒子による光の Mie 散乱を利用した粒子の粒径、数濃度計測装置である。気球搭載により、高度 30 km 程度までの各高度で測定できる。気球の上昇速度は、3~5 m/sec である。

光源に外部鏡型 He-Ne レーザー ($\lambda = 633\text{nm}$) を用いることで $0.05 \mu\text{m} \sim 0.15 \mu\text{m}$ 以上の粒子を 4 c/h でカウントが可能である。検出方式は、 90° 側方散乱であり、対面に補助ミラーを設置して集光能力を高めている。集められた散乱光は、ホトダイオードで電気パルス信号に変えられ、

このパルス高より粒子の粒径を求める。その際、球形粒子に対する Mie の散乱理論を用いるので、求められる粒径は、粒子を球形(屈折率 $m=1.4 \pm 0.1$)と仮定したものである。

3. 観測結果

00年3月と9月の観測結果が、Fig 1(a), (b)である。3月は雨季の終わりにあたり、9月は乾季の終わりにあたる。最も低温な所は(a)17km で -80°C 、(b)16.8km で -79°C であった。(a), (b)について18km以上の成層圏エアロゾルの空間的変動は小さい。高度17~18km付近では、 $0.15\mu\text{m}$ 以上の粒子に対して変化は見られないが、(b)において微小粒径領域のみに(a)に比べ、4~6倍の濃度をもったピークが見られる。このため粒径分布をモノモードの分布関数にフィットさせると、観測値とのずれが大きくなるので、バイモードの分布関数を定義した。次式はバイモーダル対数正規分布関数である。 r_i :中心半径, σ_i :分布幅, N_i :総粒子数濃度

$$n(r) = \frac{N_1}{\sqrt{2\pi} \cdot r \cdot \ln \sigma_1} \exp\left\{-\frac{(\ln(r) - \ln(r_1))^2}{2(\ln \sigma_1)^2}\right\} + \frac{N_2}{\sqrt{2\pi} \cdot r \cdot \ln \sigma_2} \exp\left\{-\frac{(\ln(r) - \ln(r_2))^2}{2(\ln \sigma_2)^2}\right\}$$

バイモード対数正規分布を用いると、6つのパラメータを与えなければならないが、LPCの観測で得られるのは1つの高度について4つの値である。そこで同時観測を行なったOPCの観測データと合わせ、パラメータを求めることで分布関数を決定した。(a)や(b)の成層圏の20kmより上空では、 $0.05\sim 0.15\mu\text{m}$ 付近に中心半径があり、モノモードの分布関数でフィットできる。しかし、Fig.2を見ると、成層圏モードに半径 $0.05\mu\text{m}$ 付近の粒子を中心とする、微小粒子が付加されたような粒径分布となっている。赤道付近は、成層圏エアロゾルのソース領域と言われており、それを反映した粒径分布になっていると考えられる。

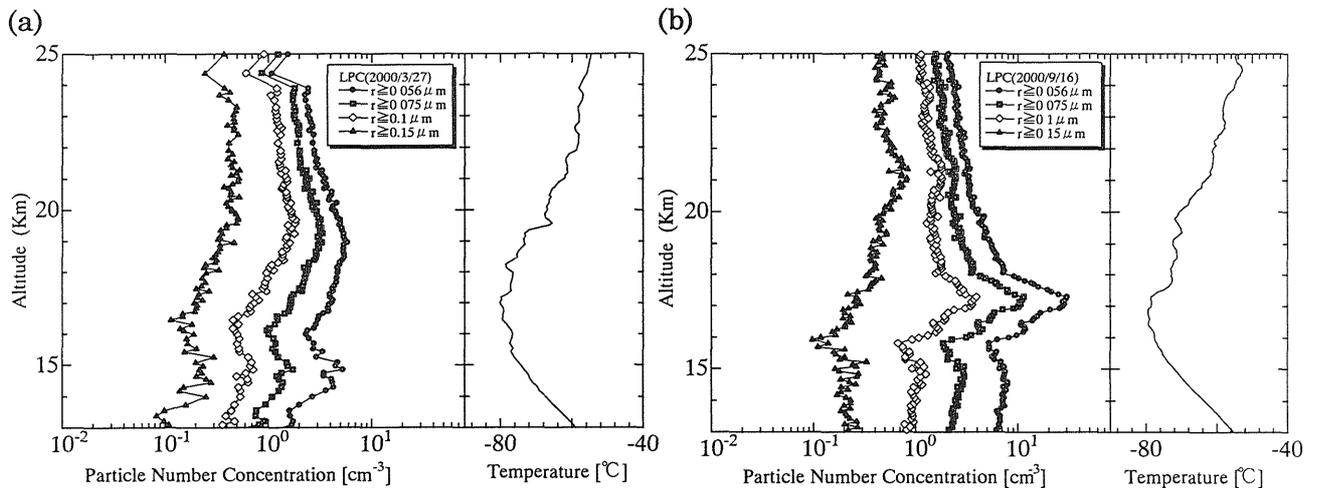


Fig. 1

Particle number concentration and temperature profiles for several size ranges at Bandung, Indonesia on 27 March (a) and 16 September (b), 2000.

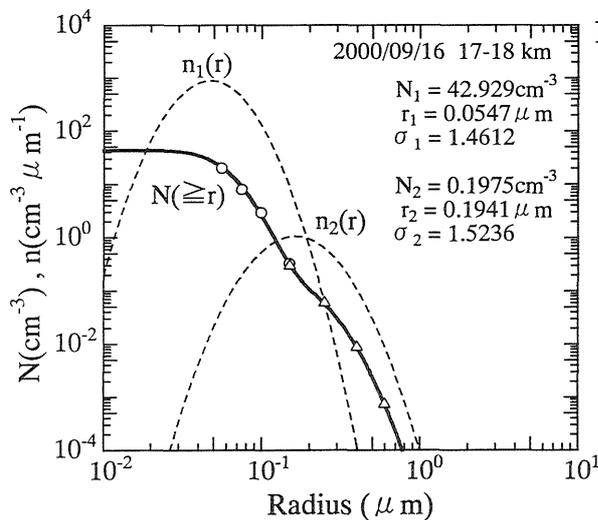


Fig.2

Bimodal lognormal particle size distribution at 17-18 km altitude at Bandung, Indonesia, on 16 September, 2000. The measured points have been used to derive the differential distributions, n (dashed curves), which have been integrated to give the integral distribution, N (solid curve). Parameters of the lognormal distributions are given in the figure. The symbols are OPC measurement (triangles) and LPC measurement (circles).