

ライダーとエアロゾルゾンデ同時観測で得られた対流圏エアロゾルの光学特性について

Optical properties of tropospheric aerosol layers observed by OPC sonde and lidar

白石浩一、林政彦、山下克也、尾塚馨一、佐賀克己、神谷佳輝、芦田政己、東ひとみ、藤原玄夫
福岡大学理学部

K. Shiraishi, M. Hayashi, K. Yamashita, K. Ozuka, K. Saga, Y. Kamiya, M. Ashida, H. Higashi, M. Fujiwara
Faculty of Science, Fukuoka University

The size and number concentration of tropospheric and stratospheric aerosols were observed with balloon-borne particle counter(OPC) at Fukuoka(33.55N, 130.37E). Three wavelengths (1064nm, 532nm and 355nm) lidar were carried out simultaneously at same station. The backscattering and extinction coefficients were calculated using the size distribution functions, which were derived by fitting appropriate functions to the measurement of OPC and assuming the values of refractive index. The backscattering coefficients thus obtained were compared with those observed by lidar.

1. はじめに

大気エアロゾルは、不均一反応による大気化学や放射過程に直接・間接的に影響を与えられている。しかしながら、エアロゾルの(組成や粒径分布も含めた)空間的分布や拡散の過程等には未だ不明な点が多く、大気エアロゾルの地球環境への定量的評価は十分になされていない。

我々は、エアロゾル性状(光学的特性、粒径分布、組成)の空間分布とその変動要因を調べるため、福岡(33.55N, 130.37E)においてエアロゾルゾンデ(以下 OPC)による対流圏・成層圏エアロゾルの粒径分布観測を行った。また3波長ライダーによる同時観測も行った。

2. 観測装置

観測に使用した OPC は、光源に半導体レーザー(780nm)を利用し、光軸交角 60 度、集光全角 88 度の側方散乱型 OPC である。8ch(直径 $D > 0.3, 0.5, 0.8, 1.2, 2.0, 3.6, 5.0, 7.0 \mu\text{m}$)のしきい粒径で分級し、粒子数濃度を計測している。ライダーシステムは、光源に Nd : YAG レーザーを使用し、1064nm、532nm、355nm の3波長に対して観測を行っている。受信には、口径 50cm と 35cm の望遠鏡を利用し、3波長の後方散乱を計測している。532nm については、射出したレーザー光の偏光面に対して、平行な成分と垂直な成分に分けて計測した。地上から 10km の高度までは、AD コンバータによるアナログ計測、高度 10km から 30 km にかけては、フォトンカウント計測を行っている。

観測は、福岡大学理学部校舎屋上で夜間晴天時(22 時以降)に行われた。またライダー装置も、同校舎の屋上に設置し、測定を行っている。OPC の観測はこれまで 2003 年 5 月から 2005 年 6 月にかけて計 11 回(2003 年 5/1、6/1、8/23、10/9、12/23、2004 年 3/14、3/30、4/2、4/24、2005 年 1/17、6/5)実施された。そのうち、9 日はライダーとの同時観測を行うことが出来た。

3. 解析と結果

OPC の観測結果は、球形、屈折率 1.4 のエアロゾルの光学的等価粒径として得られる。この結果に対して、二山の対数正規分布でフィッティングを行い粒径分布を得る。この粒径分布から得られる後方散乱係数をライダーの 355nm、532nm と 1064nm における後方散乱係数観測結果と比較した。

OPC で観測された粒子数濃度は二山の対数正規分布でよく再現できる。例として 5 月 1 日の OPC8 チャンネルで測定した粒子数濃度(Fig.1)と高度別粒径分布 1(Fig.2)を示す。自由対流圏(3-8.5km)の湿度は低く、ライダーでは高度 3-10km の広い高度域でダスト層と思われる非球形の粒子層を検出している。自由対流圏の広い高度域(3-12km)や成層圏下層部(15-20km)では巨大粒子を含んだ層が観測され、二山の粒径分布を示している。偏光解消度が高い自由対流圏上部 6-10km での二山分布の大きいモードの平均半径は、約 $1.2 \mu\text{m}$ 程度であり、

松木等(2002)によって報告されているバックグラウンド”黄砂のような粗大粒子の可能性を示唆している。粒径分布は、高度の増加に伴って、20 km以上では、急速に一山になっていく傾向を示している。大きいモードの総粒子数や分布幅は急激に小さくなるが小さいモードの平均半径は、あまり変化していない。我々は、他の観測日に対しても、同様の粒径分布のフィッティングを行った。その結果、多くの観測結果は地上から圏界面付近にかけては二山の分布で、それより高い高度では、徐々に一山になっていく傾向を示していた。

Fig.3に2003年5月1日のフィッティングにより得られた粒径分布から導出した後方散乱係数とライダーで得られた後方散乱係数の比較を示す。OPCから導出した3波長の後方散乱係数は、概ねライダーの結果と非常によい対応を示している。しかし非球形粒子が多く観測されている(偏光解消度の高い)高度域ではライダーの結果の値が幾分小さくなっている。他の観測日でも、偏光解消度の高いエアロゾル層や圏界面から成層圏下部の数 km にかけての高度域では同様の傾向があった。非球形粒子の場合、球形粒子の場合に比べて後方散乱係数は小さくなるのが、違いの要因の一つとして考えられる。各波長での OPC から導出した後方散乱係数が、ライダーの結果よりも大きい値を示していることから、定性的な傾向はいえるが、定量的評価を行うためには非球形の粒子の空間的な分布や非球形の散乱特性も考慮して検討することが必要である。圏界面付近から成層圏下部層数 km の高度域では、ほとんどの観測日で偏光解消度は一様に低い値を示し、球形の液滴エアロゾルだと考えられる。この場合、OPC から導出した後方散乱係数とライダーによる後方散乱係数の違いの要因として、エアロゾルの空間的な分布の不均一性やエアロゾル粒子の組成(屈折率)の違いが考えられる。

発表では、これまで観測した OPC の結果とライダー観測の比較の詳細を示し、OPC で得られたエアロゾル粒径分布や導出した光学的特性に対して、エアロゾルの組成(屈折率、形状)の影響の程度についても述べる。

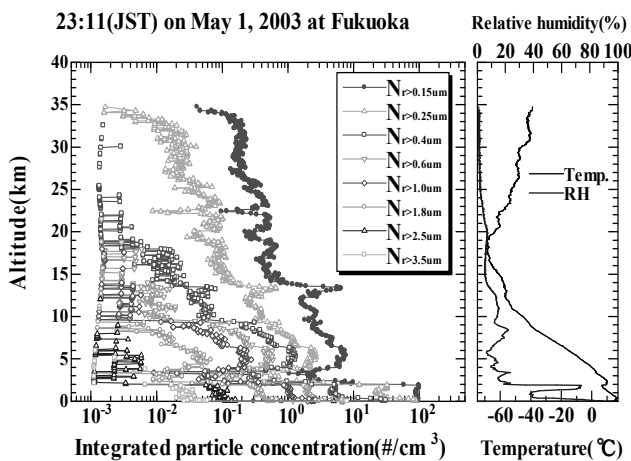


Fig.1 Vertical profiles of particle concentrations, Temperature and relative humidity on May 1, 2003.

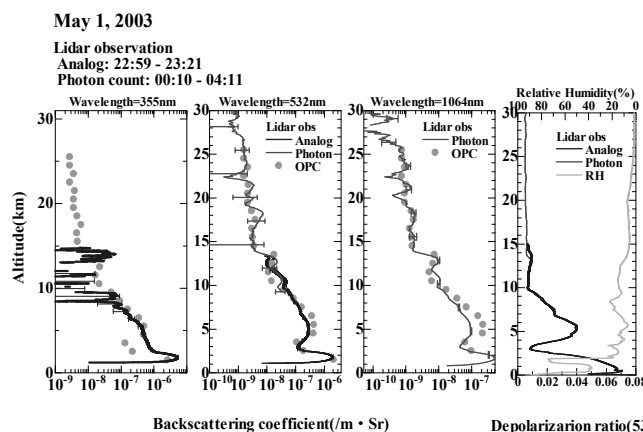


Fig.3 Vertical profiles of backscattering ratio at three wavelengths (355nm, 532nm, 1064nm) and depolarization ratio at 532nm

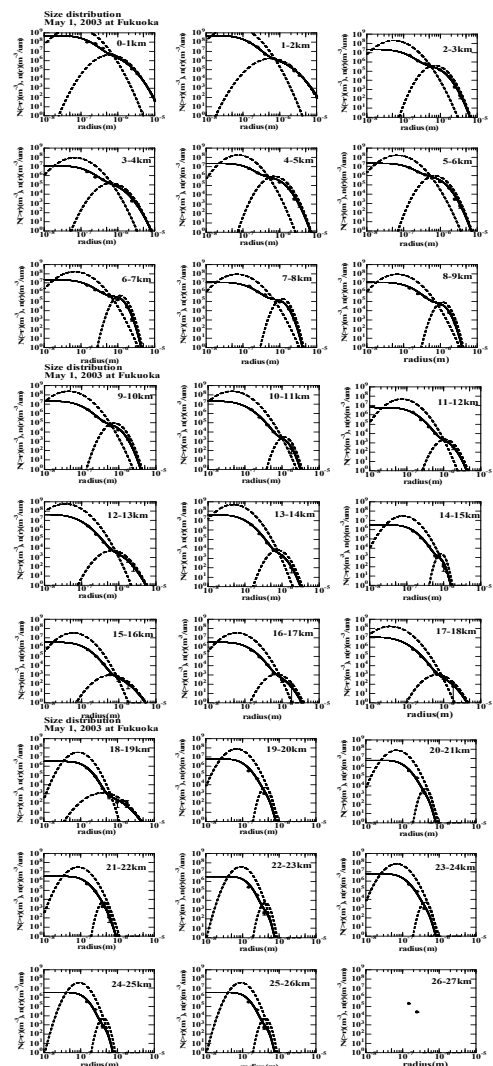


Fig.2 Size distribution measured by OPC on May 1, 2003