

OPC とライダーデータを用いた大気境界層内のエアロゾル鉛直一様性に関する研究 Study on the vertical homogeneity of the aerosol in boundary layer using OPC and Lidar data

神 慶孝¹、甲斐 憲次¹、矢吹 貞代、周 宏 飛²

Yoshitaka Jin, Kenji Kai, Sadayo Yabuki, Hongfei Zhou

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 中国科学院・新疆生態地理研究所

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences

Abstract

Vertical homogeneity of the aerosol in the boundary layer was investigated using Lidar and optical particle counter (OPC) data. We divided the backscattering coefficient into the dust and spherical portions using particle depolarization ratio. The correlation coefficients between the backscattering coefficients and particle number concentrations were calculated at each height. The results suggested that the correlation was good agreement at the mixing layer height during daytime and the correlation was not good agreement more than 100 m during nighttime and where an advection was occurred.

1. はじめに

ミー散乱ライダーは、エアロゾル後方散乱の鉛直分布を高い時間分解能で計測することができるが、粒径分布や質量濃度などのような情報は得られない。そのため、地上や気球からの直接サンプリングや分光放射計などを同時に利用している場合がある[1]。しかし、ライダーの重なり関数の限界から、地上サンプリングとライダーデータの比較する高さが異なる場合が多く、エアロゾルの鉛直一様性を仮定しなければならない。本研究では、地上で観測された OPC 粒子数濃度とライダー後方散乱データから、大気境界層内におけるエアロゾルの鉛直一様性について調べた。

2. 観測

中国北西部のタクラマカン砂漠の北部に位置するアクスにおいて、2004年8月2日～8日(ADEC集中観測期間中)にライダー観測が行われた。このライダーは、Nd:YAG レーザーの第二高調波(532 nm)を使用しており、偏光成分も計測している。装置概要と信号の処理方法については、Kai et al., (2008) に詳しく報告されている[2]。本研究では、精度のよい8月3日～6日までのデータを用いた。ライダーデータの最下層の高さは、重なり関数を0.5まで適用した結果45mとなった。ライダー観測の期間中、OPCとパイバルの観測も行われた。OPCのチャンネル数は8(0.3, 0.5, 0.7, 1, 2, 3, 5, 7 μ m)であり、1分間隔で連続的に観測した。

3. エアロゾル鉛直一様性の評価方法

大気境界層内のエアロゾル鉛直一様性を評価するために、ライダーの粒子後方散乱係数と OPC の粒子数濃度の相関係数を計算した。まず、晴天時は Fernald の後方積分法により、地上から13kmの高さで $R = 1.05$ を境界条件としてインバージョンを行い、後方散乱係数と装置定数を計算した。曇天時は Fernald の前方積分法により、最下層から上空に向かってインバージョンを行った。この時仮定したライダー比は $S1 = 41.97\text{sr}$ である[3]。さらに、粒子後方散乱係数を、ダストの粒子偏光解消度を0.35と仮定してダスト粒子と球形粒子に分離した[4]。地理的位置から、粗大粒径($2\mu\text{m} \leq D$)の粒子数濃度はダスト粒子が、微小粒径($0.3 < D < 2\mu\text{m}$)の粒子数濃度は球形粒子が卓越すると仮定し、それぞれの相

関を調べた。図1にライダーデータの最下層の粒子後方散乱係数と OPC の粒子数濃度の散布図を示す。相関係数は、ダスト粒子と粗大粒子が 0.83、球形粒子と微小粒子が 0.64 であった。これらの計算を地上から 3 km の高さまで行った。

3. 結果と考察

Fig.2 に、粒子後方散乱係数と粒子数濃度の相関係数の高度分布を示す。粗大粒子の相関係数については、地上から約 600 m 以上になると 0.2 以下になる。一方で、微小粒子に対しては、地上から約 100 m までに約 0.4 まで下がる。その後は約 2 km までほとんど一定の値となり、約 3 km で 0.2 以下になる。粗大粒子が微小粒子よりも低い高度で 0.2 以下になっているのは、乾性沈着速度が微小粒子よりも大きいからであると推論できる。微小粒子の相関係数が地上から約 100m で 0.4 まで下がる現象は、地表面の影響(特に、相対湿度)を強く受けていることから生じる。次に、各高度と最下層のダスト粒子後方散乱係数の比の時系列図を Fig.3 に示す。日中は混合層の発達とともに 1 に近い領域が高くなっていき、日没にかけて下がっていく。夜間は約 100 m 以上で 0.6 以下になっている。すなわち、日中は混合層の高さまで地上データとの相関が高いが、夜間は約 100 m 以上で相関が低くなることを示している。さらに、図中で囲んである領域は、他の場所から輸送されてきたダストを示しており、地上データとの相関は低くなる。

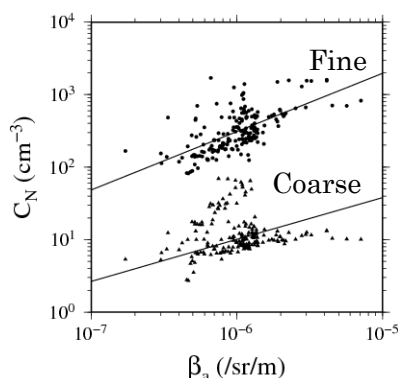


Fig. 1 Scatter plot of particle number concentration and backscattering coefficient

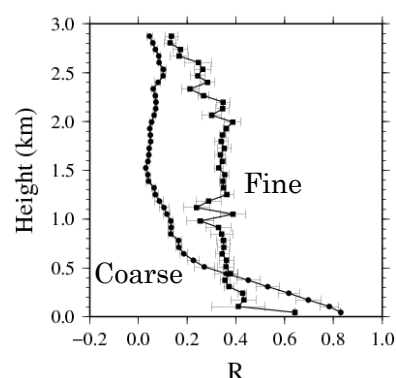


Fig. 2 Vertical distribution of the correlation coefficient

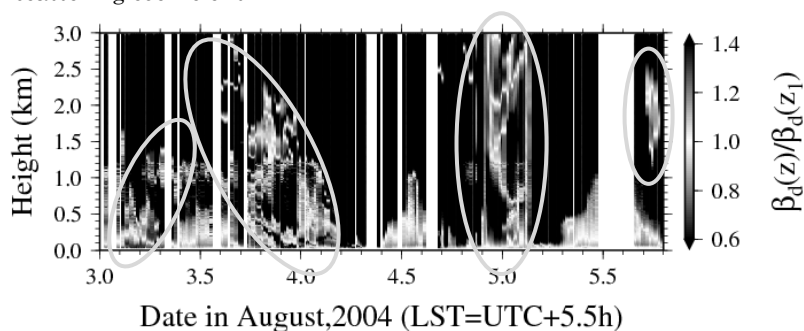


Fig. 3 Time-height cross section of the ratio between backscattering coefficient at each height to at lowest height

日中は混合層の発達とともに 1 に近い領域が高くなっていき、日没にかけて下がっていく。夜間は約 100 m 以上で 0.6 以下になっている。すなわち、日中は混合層の高さまで地上データとの相関が高いが、夜間は約 100 m 以上で相関が低くなることを示している。さらに、図中で囲んである領域は、他の場所から輸送されてきたダストを示しており、地上データとの相関は低くなる。

4. まとめ

ライダーと OPC データの相関係数から、大気境界層内におけるエアロゾル鉛直一様性を調べた。ライダーの最下層データが最も相関が高く、高度とともに減少していった。粗大粒子の方が微小粒子よりも相関係数が 0.2 以下になる高度が低く、乾性沈着速度の違いによるであると推論された。さらに、時系列の図をしてみると、日中は混合層の発達とともに地上データとの相関が良い高度が高くなり、夜間は約 100 m 以上の高度になると相関が悪くなった。これらの結果は、ライダーデータと他の地上サンプリングとの比較研究を行う上で重要なポイントである。

なお、本研究では、ADEC 集中観測期間のデータを使用した。

参考文献

- [1] Shimizu et al., SOLA, 7A, 001-004, doi:10.2151/sola.7A-001
- [2] Kai et al., J. Meteor. Soc. Japan, 86(1), 1-16, doi:10.2151/jmsj.86.1, 2008
- [3] Jin et al., SOLA, 6, 121-124, doi:10.2151/sola.2010-031, 2010
- [4] Shimizu et al., J. Geophys. Res., 109(D19), D19S17, doi:10.1029/2002JD003253, 2004