

# 二波長・偏光ライダーで観測されたタクラマカン砂漠におけるダストの挙動

Behavior of the dust over the Taklimakan Desert observed by dual-wavelength and polarization lidar

\*神慶孝<sup>1</sup>, 甲斐憲次<sup>1</sup>, 柴田隆<sup>1</sup>, 張克存<sup>2</sup>, 周宏飛<sup>3</sup>

Yoshitaka Jin, Kenji Kai, Takashi Shibata, Kecun Zhang, Hongfei Zhou

1.名大院環境, 2.中国科学院寒区旱区環境与工程研究所, 3.中国科学院新疆地理生態研究所  
1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2.Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Reserch Institute, CAS, 3.Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS

## Abstract

The ground-based lidar observation was carried out at Aksu, Xinjiang province to investigate behavior of the dust over the Taklimakan Desert in March 2009. The avalanche photodiode unit was installed in the Aksu lidar at that time and the particle size of aerosols can be examined in addition to depolarization ratio of them. The results indicate that the Taklimakan dust was lifted up to 7 km by local circulation and has a possibility of acting as ice nuclei. The attenuated backscatter color ratios (i.e. the ratio of attenuated backscatters at 1064 and 532 nm) of the aerosols and clouds were also examined. We determined the attenuated backscatter color ratio of Taklimakan dust was less than unit. The calibration method of 1064 nm signal for existing dust at lower layer that has large optical thickness is also described in this paper.

## 1. はじめに

ダストなどのエアロゾルは、散乱や吸収によって地球の放射収支に影響を及ぼすとともに、凝結核や氷晶核としての役割も果たす。タクラマカン砂漠は、周りを 5000m 級の山脈や高原に囲まれた大きな盆地であり、そこで起きる局地循環によってダストが 5km 付近まで舞いあげられることがわかっている<sup>1</sup>。また、低気圧の通過にともなって発生したダストストームにより、偏西風が卓越する高度まで舞い上げられたダストは、長距離輸送される<sup>2</sup>。このことから、他の砂漠で発生したダストよりも、雲核として働く可能性が高い。Choi et al. (2010)<sup>3</sup>は、アジア起源のダストが氷晶核として働くことにより、過冷却雲の割合を減らしていることを示唆した。しかしながら、タクラマカン砂漠において、ダストが氷晶核として働いていることを地上設置ライダー観測で示した例は未だにない。

2006 年に打ち上げられた衛星 CALIPSO に搭載されたライダーにより、雲やエアロゾルの分布を全球的に調べることが可能となった。しかし、ダストの発生頻度が最も高い春季において、タクラマカン砂漠の上空に雲が存在していることが多く<sup>4</sup>、雲の下に存在するダスト層を評価しにくい。そこで、本研究では、春季のタクラマカン砂漠におけるダストの挙動について、地上に設置された二波長・偏光ライダーの観測データから推論する。

## 2. ライダー観測

タクラマカン砂漠におけるダストの挙動を調べるため、2009 年 3 月 23 日 0800(UTC)~25

日 1100(UTC)の間、中国北西部のアクス (40.62°N, 80.83°E, 標高 1,028m) においてライダー観測が行われた。このライダー(以下、アクスライダー)は YAG レーザーを使用しており、532nm の波長において偏光測定が可能である。また、この観測期間中に、1064nm のデータを得るため、APD (Avalanche photodiode)が設置された。これにより、測定粒子の波長依存性、すなわち粒子の大きさについての情報を得ることが可能になった。レーザーは鉛直方向に向けて発信させ、直径 355mm の望遠鏡と同軸にした。

## 3. 解析方法

粒子の大きさの情報である後方散乱カラー比を推定するために、1064nm のキャリブレーションを正しく行う必要がある。Sugimoto et al. (2001)<sup>5</sup>は、水雲の後方散乱カラー比を 1 と仮定し、水雲の下層における二波長間の光学的厚さの差を 0 として 1064nm の較正定数を求めている。しかし、タクラマカン砂漠においては、ダスト層が約 4~5km まで広がっており、二波長間の光学的厚さの差を 0 と仮定することができない。そこで、以下の手順で 1064nm の較正定数を取り出した。

1. 532nm の波長において、偏光解消度と距離二乗補正信号から、水雲を特定した。
2. 水雲が存在するプロファイルについて、Fernald (1984)<sup>6</sup>の後方積分法を適用し、532nm の後方散乱係数と消散係数を取り出した。
3. ライダー方程式より、532nm における較正定数を取り出した。ここで、ライダー

信号の最下層(ここでは210m)より下の層の消散係数を一定として光学的厚さを計算した。

4. 1064nm のインバージョンについて、境界条件を水雲におき、後方散乱係数は532nm と同じ値を用いて消散係数と後方散乱係数を取り出した。
5. ライダー方程式より、1064nm の校正定数を算出した。

この手順によって求めた校正定数は、観測の間変化しないと仮定し、減衰後方散乱係数を計算した。

#### 4. 結果と考察

まず、図1に体積偏光解消度の時間変化を示す。この図から、上層(5km~)に雲が、下層(~5km)にはダストが存在していることがわかる。また、夜間(1200(UTC)~2400(UTC)、現地時間は+8時間)において、ダストが高度6kmよりも高く舞い上げられていることがわかった。一方で、日中(0000(UTC)~1200(UTC))においては、夜間に舞い上げられたダストが下がってくる傾向が見られた。これらの日変化は、盆地における局地循環が要因だと考えられる<sup>7</sup>。また、10km付近にある雲の高度が下がってくることもあり、5km~6km付近においてダストと雲が混ざり合っている可能性があることがわかった。(例えば23日2000(UTC)、24日1800(UTC))図2に23日1950(UTC)の減衰後方散乱係数と体積偏光解消度のプロファイルを示す。この図から、6.5kmあたりまで偏光解消度が大きいことがわかる(10%以上)。これは、境界層を越えたダスト粒子が存在していることが考えられる。さらにそのすぐ上の高度では、偏光解消度が40%を超える氷晶雲が存在していることがわかる。これより、ダストが氷晶核として働いている可能性が示唆された。

次に、減衰後方散乱カラー比の時間変化を図3に示す。雲のカラー比は、ダストのそれよりも大きく、1.0を超えているものが多かった。ダストに関しては、標高約4kmまでが0.6~1.0であり、それよりも上の層は0.6以下であるものが多かった。これは、大気境界層内では粒径の大きいダスト粒子が多く存在し、大気境界層よりも上の層では相対的に粒径の小さいダスト粒子が存在していることを示唆している。

#### 5. まとめ

中国のタクラマカン砂漠において、2009年3月23日~25日の期間、二波長・偏光ライダーによる観測がおこなわれた。1064nmの校正定数を得るために、インバージョンの境界条件を

水雲においた手法が取り入れられた。全偏光解消度の図より、夜間においてダストが上空に舞い上げられる傾向があり、一方で日中におけるダストは高度が下がってくる傾向があった。これは、局地循環によるものであると考えられる。また、減衰後方散乱カラー比により、ダストと雲の粒子サイズについても、示すことができた。

本発表は科研費「タクラマカン砂漠上の局地循環と黄砂の発生機構の解明」(代表：甲斐憲次、課題番号20403008)の成果の一部である。

#### 参考文献

1. Tsunematsu et al., 2005, *Water Air Sol Pollut. Focus*, **5**, 175 - 193
2. Yumimoto et al., 2009, *Atmos. Chem. Phys.*, **9**, 8545 - 8558
3. Choi et al., 2010, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **107**(25), 11211-6
4. Liu et al., 2008, *Atmos. Chem. Phys.*, **8**, 5045 - 5060
5. Sugimoto et al., 2001, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 4187 - 4190
6. Fernald, F. G., 1984, *Appl. Opt.*, **23**, 652 - 653,
7. Kai et al., 2008, *J. Meteorol. Soc.*, **86**(No.1), 1 - 16

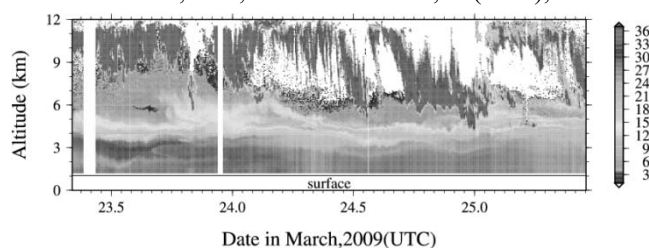


Fig.1 Time-altitude cross section of volume depolarization ratio [%]

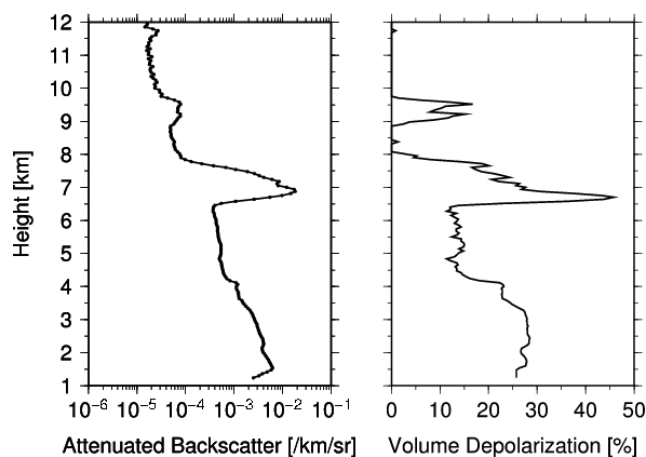


Fig.2 Attenuated Backscatter and volume depolarization ratio profiles at 1950(UTC)

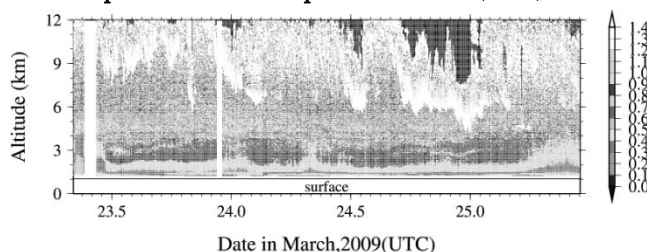


Fig.3 Time-altitude cross section of attenuated backscatter color ratio