

偏光解消度の統計量から黄砂を判定する試み

An attempt to discriminate Asian dust from lidar return
by reference to depolarization ratio

白川 紘之* 五百旗頭 健吾* 小林 拓** 豊田 啓孝* 和田 修己* 古賀 隆治*

* 岡山大学 ** 山梨大学

Hiroyuki Shirakawa* Kengo Iokibe* Hiroshi Kobayashi** Yoshitaka Toyota* Osami Wada* Ryuji Koga*
*Okayama University **Yamanashi University

Abstract: Depolarization and particle size distribution of Asian dust were simultaneously measured with a polarization Mie lidar and by the Coulter principle. Size distributions of volume concentration measured under Asian dust conditions obeyed the log-normal distribution. A large volume concentration was found as the lidar measured high depolarization ratio at the lowest lidar range.

1. はじめに

我々は、岡山大学工学部3号館屋上でミー散乱ライダーによる観測を行っており、今期の観測(2004年2月18日~5月31日)では多数回の黄砂の飛来を観測した。またミー散乱ライダーの観測と同時に、岡山大学工学部3号館屋上にてエアロゾルをニュークリポアフィルターを用い捕集し、コールター原理に基づくコールターマルチサイザーを用いて粒径分布を測定した。今回、ミー散乱ライダーによる観測で得られた偏光解消度の値と、エアロゾルのフィルター捕集より得られた粒径分布を比較することにより、偏光解消度の値と、粒子径ならびに粒子の体積濃度の相関を調べ、ライダーによる偏光解消度の観測結果より大気中を浮遊している黄砂を判定することを試みる。

2. 観測の概要

ミー散乱ライダーは、光源にフラッシュランプ励起のNd:YAGレーザ(出力:150 mJ、波長532 nm、繰り返し周波数10 Hz)を用いた偏光ライダーである。観測はレーザを7分間出射し、7分間の観測値を積算平均しその期間の観測結果としている。この観測を降雨時を除き15分おきに連続で実施した。

そして、黄砂のような非水溶性エアロゾルの粒径分布を下記の手順により測定した。外気を6~12時間吸引し、エアロゾルをフィルター上に捕集した後、Na₃PO₄溶液にフィルターを浸し、攪拌しながら捕集したエアロゾルを分散させた。そして、コールターマルチサイザーIII(Beckman Coulter Inc.)を用いて、粒子が70 μmのアパチャーを通過する際に生じる電気抵抗の変化より粒径(球相当径)を測定した¹⁾。粒子数は、粒径範囲 $r=0.7\sim 21\mu\text{m}$ を256 channelで計数し、4 channel毎に積算した。サンプリング体積から大気中の個数濃度を算出し、各bin毎の粒径から体積濃度に換算した。

ライダーによる観測は約300 mが観測最小高度であるため、高度315 mの観測値を比較に用いる。

3. ライダーによる偏光解消度とコールター原理による粒径分布の相関

2004年春期のミー散乱ライダーでは4月中旬~下旬にかけて黄砂がよく観測された。本稿ではこの時期の偏光解消度と粒径分布の相関を考察する。黄砂による偏光解消度は経験的におよそ10~30%程度である²⁾。今期の観測において特徴的な3つの観測結果を挙げる。Fig.1()は、それぞれ4月17日10:00~17:34、4月19日19:53~20日12:43、4月23日19:19~24日6:31の各期間にコールター原理により測定したエアロゾル粒子の体積濃度に対する粒径分布である。()は同期間にライダーにより観測した高度315 mにおける偏光解消度の頻度分布である。なお()と()には数分のずれがある。

それぞれコールター原理による粒径分布の観測期間と、ライダーによる観測期間をTable 1に示す。またライダーによる観測のデータ数を()内に示す。

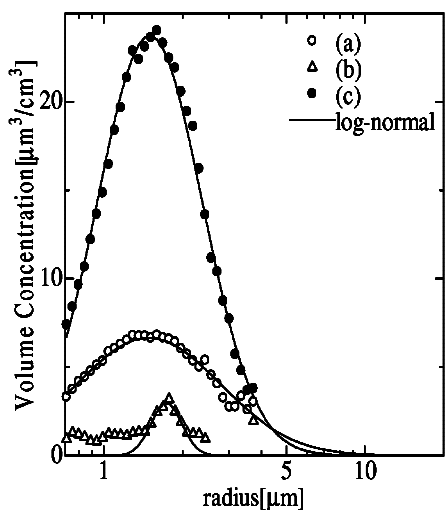
()に示している実線は、粒径分布を対数正規分布によりフィッティングしたものである。フィッティングにより推定した対数正規分布の体積濃度の最高値 C_x 、粒子径の平均値 μ_x (体積幾何平均半径: Geometrical volume mean radius)、ライダーより観測した偏光解消度の最頻値 δ_x をTable 2に示す。

以下に(a)~(c)の結果についてそれぞれ考察する。

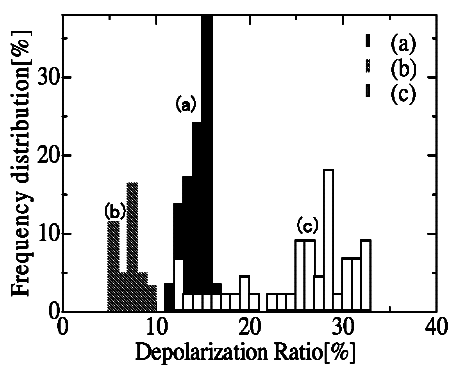
- 偏光解消度が12~23%程度であり主に黄砂が観測された場合である。この時、()に示すように対数正規分布の曲線と観測された粒径分布がほぼ一致する。
- 偏光解消度が5~12%程度であり黄砂がほとんど観測されなかった場合である。この時、()に示すように対数正規分布の曲線と観測された粒径分布が一致しない。また、体積濃度は比較的小さな値を示している。

Table 1 Periods in which Mie LIDAR and Coulter Multisizer were operated. Number of LIDAR data are in parenthesis ().

	Coulter Multisizer	Mie LIDAR
(a)	10:00 ~ 17:34. Apr.17	10:00 ~ 17:22. Apr.17 (29)
(b)	19:53. Apr. 19 ~ 12:43. Apr. 20	20:00. Apr. 19 ~ 12:42. Apr. 20 (61)
(c)	19:19. Apr. 23 ~ 6:31. Apr. 24	19:30. Apr. 23 ~ 6:22. Apr. 24 (44)



(I) Size distribution by Coulter principle



(II) Depolarization ratio by Mie LIDAR

Fig.1 Comparison of particle size distribution with Coulter Multisizer and histogram of depolarization ratio with Mie LIDAR. Period of each data sets correspond between two method.

Table 2 Parameter of the lognormal distributions of Fig 1(). The value of maximum of log normal distribution C_x , geometrical volume mean radius μ_x , and depolarization ratio δ_x on April 17(a), 19-20(b) and 23-24(c).

	(a)	(b)	(c)
C_x [$\mu\text{m}^3/\text{cm}^3$]	6.65	2.98	23.75
μ_x [μm]	1.48	1.73	1.50
δ_x [%]	13	6	30

(c) 偏光解消度が13~38%程度で、特に30~35%の偏光解消度が多く観測された。この時、()に示すように対数正規分布の曲線と観測された粒径分布がほぼ一致する。また、体積濃度は他の結果に比べ大きな値を示している。

以上より、特筆すべきは次の2点である。まず、黄砂が観測された時は、体積濃度に対する粒径分布が対数正規分布とよく一致した。次に、偏光解消度が30%前後と高かった時に大きな体積濃度が測定された。

4. まとめ

ライダー観測による偏光解消度と、コールター原理によるエアロゾル粒子の体積濃度に対する粒径分布を示した。これらより、今回の観測結果ではライダーにより観測された偏光解消度の値は、観測している粒子径の大きさにはほとんど依存せず、体積濃度に依存する傾向が見られた。また、黄砂が観測されている場合、体積濃度に対する粒径分布は対数正規分布に従う傾向が見られた。しかし、まだデータ数が少なくこの時期の統計しか取れていないため、ライダーによる偏光解消度より黄砂を判定するまでには至っていない。今後、ライダーによる受信信号強度の観測結果とも相関を調べ、黄砂を判定する指標としていく。

5. 参考文献

参考文献

- 1) Coulter, W. H. , "High speed automatic bloodcell counter and cell size analyzer" Natl. Elec. Conf. Proc. 12, pp. 1034-1042, 1956.
- 2) 名古屋大学水圏科学研究所, "大気水圏の科学 黄砂", 古今書院, 1991.