

ライダーによる大気中微小粒子の検出法に関する研究 A Study on Detection Methods for Atmospheric Small Particles Based of Lidar Techniques

LIU YUTONG^{1*}, 矢吹 正教¹, 津田 敏隆¹
Yutong Liu^{1*}, Masanori Yabuki¹, Toshitaka Tsuda¹

¹ 京都大学生存圏研究所

¹ Research Institute for Sustainable Humanosphere

大気中には、エアロゾルとよばれる微小粒子が多数存在し、その大きさは、粒子の発生源の種類や生成・変質過程と密接な関係がある。とりわけ、粒径が数 10 nm から 1000 nm の粒子には、化石燃料の使用に伴う人間活動や、植物やプランクトンなど陸上、海洋の生物活動を起源とするエアロゾルを多く含む。この粒径範囲のエアロゾルは、気管支や肺胞への沈着による人への健康被害や、気候変動の要因となる放射収支への作用など、多方面に亘って複雑な影響力を有しており、その動態を正しく理解することが重要である。時間的・空間的不均一性が高いエアロゾルのモニタリングには、光散乱を用いたリモートセンシング手法が有効である。今までに実用化されたエアロゾル計測機器は、気体による光吸収の影響が少ない波長 350 ~ 1500 nm の光を使用しており、その波長と同程度の大きさの粒子検出に対して効果的であった。一方で、粒径分布の形状まで定量的に推定するためには、よりサイズの小さな粒子の情報を取得可能な計測手法の確立が必要となる。

本研究では、粒径 100nm 前後の粒子を含むエアロゾル粒径分布の把握を可能とする新たなライダー手法を提案した。この手法は、エアロゾル研究に広く使われてきた単散乱を計測するライダーを用いた解析法と、微小粒子に感度がある短いレーザー波長のライダーにより取得された多重散乱寄与率を用いた解析法の 2 つから構成される。単散乱の解析手法は、観測波長ごとに計測感度が高い粒径範囲が異なることを利用して、粒径分布の形状を推定する。一方、多重散乱を用いる手法は、波長 350 nm 以下のレーザー散乱光に含まれる多重散乱の効果を指標とする。多重散乱には、粒子のサイズに関連した位相関数の情報が含まれており、粒径分布の形状推定に有効に利用できる。さらに、これら 2 つの手法を組み合わせて両手法で最も矛盾なく説明できる粒径分布の形状を抽出すると、観測値に誤差が含まれている場合でも、高い精度での推定が可能となる。

ライダー計測に広く利用されている Nd:YAG レーザから発振可能な 4 波長 (266, 355, 532, 1064 nm) を想定したシミュレーション実験では、粒径分布の幾何平均半径が 50 ~ 200 nm の時に精度良く推定できることが分かった。幾何平均半径が 100 nm の粒径分布を仮定して理論的に計算されたエアロゾル物理値や多重散乱信号にランダム誤差を加えたものを観測値として、本手法を適用した際の推定精度を検証した。観測値に誤差 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 、 $\pm 50\%$ が与えられた場合、本手法で推定された幾何平均半径 (68% 信頼区間) は、真値となる仮定した 100 nm に対して、それぞれ、103 nm (83-128 nm)、100 nm (69-144 nm)、89 nm (48-163 nm)、and 84 nm (38-186 nm) の範囲内に収まった。

キーワード: ライダー, エアロゾル

Keywords: Lidar, Aerosol