

別紙 4

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Development and performance of a novel single-particle polar nephelometer
(新しいエアロゾル光散乱全角度分布同時計測装置の開発と性能)

氏 名 中川 真秀

論 文 内 容 の 要 旨

エアロゾルは大気中を浮遊する微小粒子であり、一つ一つが異なる化学組成や大きさ、複素屈折率、形状を持っている。太陽光による吸収や散乱といった光学特性はそれらの要素に左右され、放射強制や気候変動に影響を与えることがわかっている。そのため、エアロゾル粒子は地球の放射強制力に対して、直接効果からも間接効果からも不確実性を与える大きな原因である。エアロゾル粒子の直接効果による放射影響推定の不確実性を低減するためには、エアロゾルの光学特性を正確に測定する必要がある。エアロゾルの光学特性パラメータの一つとして、光散乱の角度分布(位相関数)がある。光散乱角度分布は、粒子の粒径、複素屈折率、形状に依存して複雑に変化する。本研究では単一粒子の散乱角度分布を計測する装置を開発し、粒子の形状、及び複素屈折率に関する情報を得た。開発した本装置を用いた測定で、粒子を分類できる可能性があることを明らかにした。

まず申請者は、マルチチャンネル型のエアロゾル光散乱全角度分布同時計測装置(ポーラーネフェロメータ, PN)を開発した。散乱角度分布は入射光の偏光方向により異なり、PN を使用すると単一粒子について平行偏光と垂直偏光を同時に測定できる。開発した装置は YAG レーザーの第二高調波の波長 532 nm のレーザー光を使用しており、エアロゾル粒子が流れる導入管を二重にし、外側にシースフローを流すことで、導入された粒子の空間的な広がりを抑えている。粒子は検出器中心でレーザーと当たり、その光散乱光強度が前方散乱 11.7 度から後方散乱 168.3 度まで約 7.8 度の角度分解能で検出される。本装置では、レーザー光の偏光面と垂直および平行面上の光散乱光の角度分布が同時に測定できる。プリアンプ付 Si フォトダイオードの検出器は、中心を取り囲むようにレーザー光の偏光面と垂直および平行にそれぞれ 21 個ずつ(合計 42 個)の光検出器を設置している。また、時間平均した多粒子の光散乱角度分布を測定することができるだけでなく、100 Hz という高い時間分解能の計測により 1 つ 1 つの粒子の水平垂直偏光面の角度分解の光散乱強度を測定できる。この装置を使用して Mie 散乱領域での光散乱の角度分布を測定した。

次に申請者は開発した装置を用いて室内実験を行い、形状・性質の異なる粒子別に現れた

光散乱角度分布の結果から球形と非球形に差が出るかを目標とする研究を行った。球形標準粒子(PSL) (直径 299 nm, 499nm, 707nm) をネブライザーでエアロゾル化し、拡散ドライヤーで水分を飛ばした粒子を粒径選別した。粒径選別は DMA (微分型静電気分級装置) と APM (エアロゾル質量分級装置) を組み合わせて行った。

その後、PN に導入し光散乱角度分布を計測した。複素屈折率の推定のために光吸収性の球形粒子であるニグロシンの光散乱角度分布の計測を行った。また、形状の違いや光吸収性による影響について調べるため、非球形粒子である塩化ナトリウム粒子とスス粒子についても光散乱角度分布の計測を行った。ニグロシンと塩化ナトリウム粒子は PSL と同様にネブライザーでエアロゾル化した。スス粒子はプロパンガスの燃焼で発生させた。その後、拡散ドライヤーで水分を飛ばした粒子を粒径選別(300 nm、500 nm、700 nm)し測定を行った。PSL を用いた結果測定値と球形を仮定した理論曲線の光散乱角度分布が一致した。また、ニグロシン粒子の測定結果から、複素屈折率実部は Liu et al. (2012) に報告されている $n = 1.61$ と整合的であった。塩化ナトリウム粒子とスス粒子による非球形粒子の光散乱角度分布は、理想的な球形の光散乱角度分布とは異なった。ここから PN を用いた測定では球形と非球形に差が出るためにこれらの形状が区別可能であることを示した。

最後に申請者は実大気粒子の観測を行い、光散乱角度分布の測定により球形と非球形粒子を区別できるか調べるため、2種類の有効密度を選択した。2014年2月26日に名古屋大学東山キャンパスにおいて実大気エアロゾルの測定を行った。取り込まれた粒子は拡散ドライヤー、DMA, APM の順に通し、水分を飛ばした粒子を粒径選別(500 nm)した後、PN で測定した。DMA と APM を組み合わせることで異なる有効密度の粒子を選別した。同じ粒径でも有効密度が異なれば、形状に差がでると考えられる。このため、有効密度の条件を変え、PN による測定でどのような違いが出るのか比較検討した。球形に近い光散乱角度分布が得られた有効密度が 1.4 g/cc の場合は、無機塩や有機物粒子であると推定した。一方、非球形に近い光散乱角度分布が得られた 0.3 g/cc の場合は、鎖状構造を持つ煤粒子であると推定した。また、電子顕微鏡分析用のサンプリングも同時に行った。インパクターを DMA と APM の後ろに設置し、粒径選別した粒子をサンプリングした。電顕画像から推定した粒子の形状と、個別粒子の光散乱角度分布との比較を行い、光散乱角度分布の計測結果と整合的であることがわかった。この結果から PN を用いた測定では球形と非球形に差が出るためにこれらの形状が区別可能であることを示した。