

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 中川 真秀

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)

論文審査担当者

主 査	名古屋大学宇宙地球環境研究所	教 授	理学博士	松見 豊
委 員	名古屋大学宇宙地球環境研究所	教 授	理学博士	水野 亮
委 員	名古屋大学大学院環境学研究科	教 授	理学博士	柴田 隆

## 論文審査の結果の要旨

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光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。

論文には、まず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)の開発について書かれている。光散乱角度分布は入射光の偏光方向により異なるため、この 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。開発した装置では、YAG レーザーの第二高調波の波長 532 nm 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散乱光の角度分布が同時に測定できる。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散散乱光強度を測定できる。

次に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の光散乱角度分析の結果から球形と非球形を区別できるか検証した。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。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、複素屈折率実部は以前に報告されている値と整合的であった。塩化ナトリウム粒子とスス粒子などの非球形粒子の光散乱角度分布は、球形の光散乱角度分布とは明らかに異なった。ここから PN を用いた測定では非球形粒子が球状粒子と区別可能であることを示した。

さらに外気実験を行い、有効密度を変化させた場合に粒子の形状を球形と非球形で区別できるかを検証した。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。有効密度が 1.4 g/cc の粒子を選別した場合は球形に近い光散乱角度分布が得られ、無機塩や有機物粒子であると推定された。一方、有効密度 0.3 g/cc の粒子の場合は、非球形に近い散乱角度分布が得られ、鎖状構造を持つ煤粒子であると推定された。さらに、電子顕微鏡分析のためにサンプリングを同時に行い、その分析画像を検証に用いた。電顕画像から推定される粒子の形状と、個別粒子の光散乱角度分布との比較を行った。PN を用いることにより、大気中の微粒子の光散乱の角度分布(位相関数)を求め、さらに形状を推定することが可能であることを示した。

エアロゾル微粒子の単一粒子の光散乱角度分布を計測する装置を開発し、その性能評価を詳しく行っており、地球温暖化や環境評価に重要な情報を得ることができると示した。

以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。