

| | |
|----------|---------------------------------|
| 氏名 | お 隠 岐 よし 嘉 しげ 重 |
| 学位(専攻分野) | 博 士 (エネルギー科学) |
| 学位記番号 | エネ博第 117 号 |
| 学位授与の日付 | 平成 17 年 9 月 26 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当 |
| 研究科・専攻 | エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻 |
| 学位論文題目 | 大気エアロゾルの光学特性及び放射強制力への湿度影響に関する研究 |

論文調査委員 (主査) 教授 吉川 榮 和 教授 石原 慶 一 助教授 東野 達

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、エアロゾル粒子の光学特性と放射強制力に及ぼす湿度影響の計測手法、集中観測と理論的評価について論じた結果をまとめたもので、6章からなっている。

第1章は序論で、地球温暖化問題では温室効果ガス以外にエアロゾルの地球放射収支への影響、すなわち放射強制力を定量的に評価することが不可欠であるが、エアロゾル性状の空間的・時間的変動が著しいため、現状ではその評価に多くの不確実性を伴っていることを述べている。また、エアロゾルの地球温暖化への直接効果では、吸湿・潮解成分の存在による粒子成長に伴う光学特性への湿度影響を考慮した放射強制力の評価が必要であり、既往の研究を、1) 光学特性の吸湿成長係数測定、2) エアロゾルの粒径別化学組成と光学特性(及びその吸収成長係数)の同時測定、粒径別化学組成実測値を用いた光学特性値の理論的導出と実測値との比較、3) 放射強制力の湿度依存性評価、の3点から整理を行っている。その結果、揮発性粒子の吸湿成長測定、計測されたエアロゾルの化学組成と光学特性との整合性、モデルによる放射強制力推定結果の妥当性に問題点があることを指摘している。本論文では、これら問題点の解決を目指し、都市大気エアロゾルを対象に、実験のおよび理論的な検討を行い、エアロゾルの光学特性と放射強制力への湿度影響を定量的に解明することが目的であると述べている。

第2章では、室内実験及び集中観測で用いるエアロゾル光学特性の計測機器の概要と測定結果の補正法、日射量等の放射観測機器、気象観測機器の概要について述べている。

第3章～第5章では、序論で示したエアロゾルの光学特性と放射強制力への湿度影響の既往研究の問題点の解決が図られている。吸湿、潮解性エアロゾルの湿度変化による光学特性の変化を計測するためには調湿器が必要であるが、第3章において、エアロゾルを含む試料空気を加熱かつ希釈することなく相対湿度30%～90%まで可変な非加熱式調湿器を新規に設計し、最適加湿条件、加湿器内の粒子沈着率から、その性能を評価している。さらに、化学組成既知の標準粒子の吸湿成長曲線と理論曲線との比較、揮発性の硝酸アンモニウム粒子を用いた加熱式調湿器との比較を行い、設計した非加熱式調湿器の優位性と有効性を明らかにした。

第4章では、作成した調湿器を利用して冬季、都市域での集中観測を行い、2粒径域別のエアロゾルの光学特性(散乱係数、後方散乱係数、それらの吸湿成長係数)および吸収係数、日射量、気象パラメータ、エアロゾルの粒径別化学組成を同時に測定した。エアロゾルの粒径別化学組成から化学成分を再構築し、その総質量濃度と秤量により求められた総質量濃度との比較からその妥当性を確認した上で、エアロゾル混合状態に関する内部混合及び外部混合の2モデルについて粒径別化学成分から光学特性を算出し、測定値との比較を行っている。その結果、1) 散乱係数とその吸湿成長係数、吸収係数は、エアロゾルの内部混合モデルが測定期間中の変動範囲内で適合する、2) 後方散乱係数は内部混合モデルとの適合性がよいが変動範囲外となる、3) 後方散乱係数の吸湿成長係数は外部混合モデルとの適合性がよいことを明らかにした。さらに、含炭素成分濃度に関する感度解析の結果、これらの不一致は有機炭素の分析誤差が大きいことに起因することを指摘し、観

測期間中のエアロゾルは内部混合状態であったことを示した。

第5章では集中観測実験で得られたデータをもとに、従来用いられていたボックスモデルに代えて精密な放射伝達計算コードを使用して、エアロゾルの直接効果による地表面および大気上端における放射強制力への湿度影響度を算出している。また、計算にあたり日射量の実測値とモデル計算値を比較しモデルの妥当性を評価している。地表面では晴天時においてエアロゾルの放射強制力は負値を示し、乾燥状態と実大気の相対湿度下では最大10%程度の差を生じることを明らかにした。また、大気上端では湿潤状態で最大30%強の差を生じ負値が増加する場合と、単一散乱アルベドが臨界値以下で放射強制力が正值となり湿潤下でもほとんど変化しない場合が存在することがわかった。また、ボックスモデルとの比較から本方法の優位性を示している。

第6章は結論であり、本研究で提案した実験手法、計測及び計算結果は、空間的変動が大きいエアロゾルの光学特性と放射強制力への湿度の影響を、様々な地点で評価する上での指針となることを示している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、エアロゾル粒子の光学特性と放射強制力に及ぼす湿度影響について研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

第一に、エアロゾルを含む試料空気を加熱かつ希釈することなく調湿可能な二重円筒型の非加熱式調湿器を新規に設計し、その最大可変湿度範囲、標準粒子の吸湿成長曲線に基づく加湿性能、調湿器内での粒子の沈着損失率を操作因子との関係で定量的に示した。また、大気中の代表的な揮発性成分である硝酸アンモニウム粒子を用いて、従来型の加熱式調湿器を用いた場合に気化が生じ吸湿成長率が過小評価されることを初めて明らかにし、非加熱式調湿器の優位性を示した。

第二に、新規に製作した調湿器を用いて冬季の都市大気エアロゾルの2粒径域別光学特性と吸湿成長係数、粒径別化学組成、放射量、気象因子の集中観測を行い、光学特性は微小粒子の特性で決定されることを明らかにした。さらに、化学組成から粒径別化学成分濃度を再構築し、その総粒と秤量による総質量濃度の比較から分析結果の妥当性を確認し、エアロゾルの2種類の化学成分混合状態モデルについて光学特性と吸湿成長係数を算出した。また、光学特性に及ぼす含炭素成分濃度の感度解析から、その分析精度が計算結果に大きく影響することを示した。さらに、対象としたすべての光学特性と吸収成長係数に対する計算値と実測値との整合性、化学分析精度の点から総合的にみて、エアロゾルはエイジングが十分に進行した内部混合状態にあることを実証した。

第三に、集中観測実験結果と放射伝達計算コードにより、観測条件下の晴天時におけるエアロゾルの直接放射強制力に及ぼす湿度の影響を算出し、乾燥状態に比して地表面で最大13%、大気上端で最大30%の減少（負値の増加）が起こることを明らかにした。また、日平均値のみの評価にとどまる従来のボックスモデルと比して、エアロゾル光学特性の時間変化を考慮可能な本手法の優位性を示した。

提案した実験手法、野外観測への適用、計算法は従来の問題点を改良し、その結果、新規かつ貴重なデータを提供しており、実用上価値あるものも少なくない。空間的変動が大きいエアロゾルの光学特性と放射強制力への湿度の影響を、様々な地点で評価する上で、今後の指針を示した研究である。

よって、本論文は博士（エネルギー科学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成17年8月19日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。