

大気中エアロゾル粒子が保持する含水量に関する研究

北森 康之 [北海道大学大学院地球環境科学研究科 / 博士課程]

背景・目的

大気エアロゾル粒子(微粒子)が保持する水は、その雲凝結能力、光学特性、化学反応性と密接に関係しており、エアロゾルが大気質や気候に与える影響を評価する上で重要な物理量のひとつである。エアロゾル粒子の含水量は、その化学組成によって決定される吸湿性により規定される。しかし、エアロゾル粒子の様々な一次発生源と二次生成機構が存在する都市域では、粒子の混合状態や生成変質過程は均一ではない。このために、都市大気中において、エアロゾル粒子の含水量を規定する要因は複雑であり、その特徴や大気プロセスへの影響を大気モデルにより十分に評価できる状況にはない。

本研究では、Hygroscopicity Tandem Differential Mobility Analyzer(HTDMA)を使用して、都市大気エアロゾル粒子の吸湿成長因子を測定し、得られた測定結果からエアロゾル粒子の含水量を求め、その特徴を明らかにする。さらにエアロゾル粒子中での水の分布に対するエアロゾル粒子の混合状態の影響を定量的に調べ、そして実大気中でのエアロゾル粒子の含水量の変動要因の解明を目指した。

内容・方法

本観測研究は、2006年7月6日から29日の期間に札幌市内で、HTDMAを使用して乾燥粒径100nmと200nmの粒子の吸湿成長因子を測定した。本研究では、事前加湿管を使用してエアロゾル粒子の相対湿度を一旦95%以上に上昇させたのち、相対湿度調整部で相対湿度を<15%から>90%まで増加させた。粒子の吸湿成長因子は、相対湿度の変化に伴う粒径変化の度合いとして評価された。吸湿成長測定はHTDMAシステムの乾燥化を1時間かけて行った後、相対湿度を2時間かけて増加して実施された。観測期間中、このサイクルを連続的に繰り返し、5分ごとに分級される乾燥粒径を100nmと200nmの間で切り替えた。両乾燥粒径に対して得られた吸湿成長測定データの合計数はいずれも186であった。

本研究では、得られた吸湿成長測定データを用いてエアロゾル粒子の含水量を乾燥体積で規格化した形で求めた。相対湿度を関数とする含水量のパラメタリゼーションを実施し、含水量の特徴およびエアロゾル粒子の混合状態の影響を定量的に調べた。

結果・成果

乾燥粒径100nmと200nmの粒子の吸湿成長因子の測定結果はいずれも、相対湿度40-60%付近からそれ以上では、多くの場合で吸湿性が高い粒子と低い粒子の2つのモードの存在を示した。エアロゾル粒子の含水量は、吸湿性が高

い粒子の吸湿特性を反映した結果として相対湿度に依存する傾向を示した。得られた含水量のパラメタリゼーションを行った結果、相対湿度を関数とする含水量の変化は、異なる吸湿性を持つ粒子が混在しているにもかかわらず、単一吸湿性パラメータ B をフィッティングパラメータとしたKöhler理論に基づく変形式でよく表されることが分かった。個々の測定結果に対して求めた吸湿性 B の平均値は、100nm粒子より200nm粒子の方が大きかった。このような吸湿性の相違は、200nm粒子の乾燥体積あたりの水の保持能力がより高いことを意味している。また、求められた B の値をもとに、100nm、200nm粒子に含まれる水溶性無機塩の体積混合比を得た。得られた結果は他の報告値と比較すると平均的なものであった。

一方、個々の粒子の含水量の違いを解析したところ、大気中では、限られた粒子(平均して全個数濃度の16-20%)が全含水量の半分の水を保持していることが示された。そして、エアロゾル粒子の混合状態の変化に伴い、この粒子間の水の分配が大きく変動することが明らかとなった。さらに、実大気中でのエアロゾル粒子の含水量を推定した結果、大気の相対湿度に加えて、粒子の吸湿性が、その含水量を決める重要な要因となっていることが示された。

以上、本研究では、エアロゾル粒子の吸湿成長因子の測定から、都市大気におけるエアロゾル粒子の含水量の特徴および実大気中での粒子間の水の分配、含水量の変動に関する有用な知見を得ることができた。これらの結果は、エアロゾル粒子の光学特性、化学反応性が限られた粒子によって支配されている可能性を示唆している。

今後の展望

今後は、得られたエアロゾル粒子の含水量と後方流跡線解析を使用した空気塊履歴の関係を調べる予定である。また、粒子中の有機物の組成・物理化学特性には未知な部分が多く、有機物が粒子の含水量に対して寄与しているのか、していないかという重要な問題がある。今後は、含水量の日変化、季節変化の特徴および有機物と含水量の關係に着目して観測研究を行う予定である。さらに、本研究において評価を行った実大気中での粒子間の水の分配に対する混合状態の寄与の程度は、あくまでも測定地点に限定したものであり、大気輸送後の粒子間の水の分配に対しては、別の側面からの寄与も考えられる。例えば、都市大気エアロゾルの長距離輸送の過程で生じられる粒子の変質は、粒子間の水の分布の変化をもたらすと考えられるが、変質の程度は、個々の粒子の特性、即ち、エアロゾルの混合状態によって異なると考えられる。将来的には、本研究においては議論していない、このようなエアロゾルの混合状態の役割についても評価が重要になってくると考えられる。