

光学観測データ解析による奈良におけるエアロゾルの研究

*舟田 亮子、西谷 沙貴、川下 温子、藤本 梨沙、久慈 誠(奈良女子大学)

1. 背景と目的

エアロゾルは大気環境に影響を与える要因の一つである。近年、アジア域では急速な経済発展に伴う大気汚染が深刻化しており、エアロゾルによる大気環境への影響が懸念されている。その為、エアロゾルの動態を把握すること、特に人間の住む大気下層のエアロゾルの動態を把握することは重要である。そこで、本発表では空気サンプリング、目視、並びにリモートセンシングデータを用いて奈良市におけるエアロゾルの特徴を調べた。

2. 観測データ

本研究では、Optical Particle Counter (OPC)、微小粒子状物質 (Particulate Matter 2.5; PM_{2.5})、視程、並びにサンフォトメータ (MICROTOPS; MT)観測データを使用した。各観測地点を図1に示す。
【OPC】光散乱によってエアロゾルの粒子数濃度を粒径毎に測定する。観測粒径は、2013年8月から2014年9月までは0.3 μm以上、0.5 μm以上、0.7 μm以上、1.0 μm以上、2.0 μm以上、5.0 μm以上 (RION KR-12A)、2014年10月以降は0.3 μm以上、0.5 μm以上、1.0 μm以上、2.0 μm以上、5.0 μm以上 (RION KC-52)である。観測場所は奈良女子大学、観測時刻は14:00 JSTである。観測期間は2013年9月から現在も継続中である。
【PM_{2.5}】PM_{2.5}とは、大気中に浮遊している粒径2.5 μm以下の粒子のことである。観測場所は西部大気汚染測定局(奈良市青和小学校地内)である。観測は1時間毎に1日24回行われているが、OPCの観測時刻に合わせて14時の1時間値を使用した。観測期間は2012年4月から現在も継続中である。尚、このデータは奈良市役所から提供を受けた。
【視程】視程とは、地表付近の大気の混濁具合を見通しの距離で表したものである。本研究では、気象庁ホームページで公開されている奈良の視程観測データを使用した。観測は9:00、15:00、21:00 JSTの1日3回行われているが、OPCの観測時刻に最も近い15:00 JSTのデータを使用した。
【MT】太陽直達光の波長別の測定から、エアロゾル量に相当する光学的深さを推定することができる (Solar Light MICROTOPS II)。観測波長は380、440、675、870、936 nmである。観測場所は奈良女子大学、観測時刻は14:00 JSTである。観測期間は2014年2月から現在も継続中である。
尚、OPCと視程の比較については降水による影響を除くため非降水時のデータを、OPCとMICROTOPSの比較については快晴時のデータを使用した。



図1: 観測地点。(1)奈良女子大学、(2)奈良地方気象台、(3)西部大気汚染測定局。本学からの直線距離は奈良地方気象台が約730 m、西部大気汚染測定局が約8 kmである。

3. 解析結果

粒子数濃度 (OPC)と①質量濃度 (PM_{2.5})、②視程、③光学的深さ (MT)をそれぞれ比較した結果について以下に示す。

【①粒子数濃度 (0.3~2.0 μm) vs 質量濃度 (PM_{2.5})】

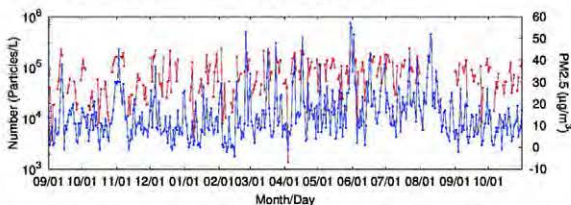


図2: 粒子数濃度 (0.3~2.0 μm)と質量濃度 (PM_{2.5})の時系列 (2013年9月1日から2014年10月31日)。左縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)の常用対数、右縦軸は質量濃度 (μg/m³)、横軸は月を表す。赤は粒子数濃度、青は質量濃度である。

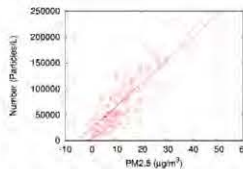


図3: 粒子数濃度 (0.3~2.0 μm)と質量濃度 (PM_{2.5})の相関図。縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)、横軸は質量濃度 (μg/m³)を表す。

本学で観測しているOPCは1地点観測であるため、西部大気汚染測定局で観測されているPM_{2.5}の質量濃度と比較することで、OPCが奈良市のエアロゾルの変動を捉えているか検証を行った。PM_{2.5}との比較のため、OPCの粒径区間は0.3 μm以上から2.0 μm以上を差し引いた0.3~2.0 μmとした。図2に粒子数濃度 (0.3~2.0 μm)と質量濃度 (PM_{2.5})の時系列を示す。粒子数濃度と質量濃度は概ね同様の変動をしていることが分かる。両者の関係をより明確にするため、相関を調べた (図3)。その結果、相関係数は0.82と強い正の相関を示した。これより、OPCは奈良市のエアロゾルの変動を概ね捉えていると考えられる。

【②粒子数濃度 (0.3~0.5, 0.5~1.0, 1.0~2.0, 2.0~5.0, 5.0 μm以上) vs 視程】

対流圏における視程は主としてエアロゾルによる太陽放射の散乱で決まる^[1]ため、エアロゾルの粒子数濃度が視程に与える影響を調べた。図4に粒子数濃度と視程の月平均の時系列を示す。0.3~0.5 (×)、0.5~1.0 (+)、1.0~2.0 (□) μmの小粒径の粒子数濃度は視程 (●)と概ね同様の変動をしていることが分かる。一方で、2.0~5.0 (▽)、5.0 μm以上 (◇)の大粒径の粒子数濃度は視程 (●)と同様の変動は見られない。両者の関係をより明確にするため、相関を調べた。その結果、相関係数は0.3~0.5 μmで-0.72、0.5~1.0 μmで-0.61、1.0~2.0 μmで-0.62、2.0~5.0 μmで-0.42、5.0 μm以上で-0.36であった。小粒子 (0.3~0.5、0.5~1.0、1.0~2.0 μm)ではやや強い負の相関を示し、一方で大粒子 (2.0~5.0 μm、5.0 μm以上)では弱い負の相関を示した。これより、視程は大粒子よりも小粒子の影響を受け、小粒子が卓越すると視程は悪化すると考えられる。

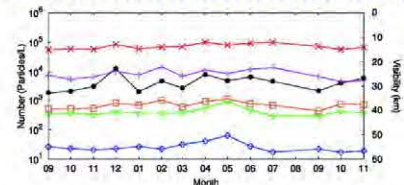


図4: 粒子数濃度と視程の月平均の時系列 (2013年9月から2014年11月)。左縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)、右縦軸は視程 (km)、横軸は月を表す。赤は0.3~0.5 μm、桃は0.5~1.0 μm、橙は1.0~2.0 μm、緑は2.0~5.0 μm、青は5.0 μm以上の粒子数濃度、黒は視程である。

【③粒子数濃度 (0.3 μm以上) vs 光学的深さ (440, 870 nm)】

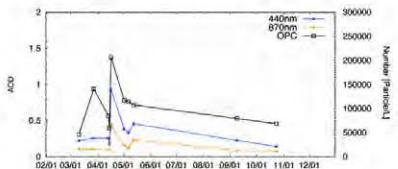


図5: 光学的深さと粒子数濃度 (0.3 μm以上)の時系列。左縦軸はエアロゾルの光学的深さ、右縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)、横軸は日付を表す。青は440 nm、橙は870 nmにおける光学的深さ、黒は粒子数濃度である。

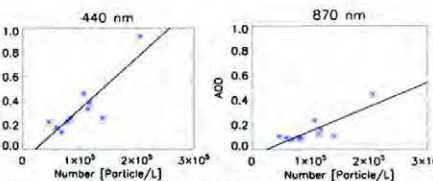


図6: 光学的深さと粒子数濃度 (0.3 μm以上)の相関図。縦軸は光学的深さ、横軸は粒子数濃度 (Particles/L)を表す。(左)440 nm、(右)870 nm。

図5にエアロゾルの光学的深さ (440, 870 nm)と粒子数濃度 (0.3 μm以上)の時系列を示す。粒子数濃度が増加すると光学的深さは増加し、一方で粒子数濃度が減少すると光学的深さは減少することが分かる。両者の関係をより明確にするため、相関を調べた (図6)。その結果、相関係数は440 nmで0.87、870 nmで0.82と強い正の相関を示した。これより、大気下層の粒子数濃度と大気全層のエアロゾル量は概ね同様の変動をしていると考えられる。また、440、870 nmの光学的深さを用いてオングストローム指数αを求めた。その結果、αの平均±標準偏差は1.19±0.22となった。これより、小粒子が卓越していたことが分かった。

4. まとめと今後の課題

空気サンプリング、目視、並びにリモートセンシングデータを用いて、奈良市におけるエアロゾルの特徴を調べた。まず、OPCとPM_{2.5}観測データの比較より、本学で観測しているOPCは奈良市のエアロゾルを概ね捉えていると考えられる。次に、OPCと視程観測データの比較より、視程悪化には小粒子の増加が影響していることが分かった。さらに、OPCとMT観測データの比較より、大気下層の粒子数濃度と大気全層のエアロゾル量は概ね同様の変動をしていたことが分かった。また、奈良市では小粒子が卓越していたと考えられる。今後は水蒸気量を考慮することで、より詳細に奈良の大気環境について調べる予定である。

謝辞

視程観測データは気象庁より、PM_{2.5}観測データは奈良市役所より提供を受けました。御礼申し上げます。

参考文献

[1] D. J. ジェイコブ (著)、近藤 豊 (訳)、大気化学入門、東京大学出版会、2010。