

地上光学観測による奈良盆地におけるエアロゾルの研究

久慈 誠、*神谷 美里、中辻 菜穂、廣瀬 沙羅、高橋 悠実(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、特に人間が生活を営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 (奈良市青和小学校構内)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 (Aerosol Optical Depth; AOD)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。

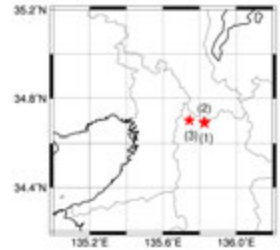


図1: 観測地点。(1)奈良女子大学、(2)奈良地方気象台、(3)西部大気汚染測定局。奈良女子大学からの直線距離は奈良地方気象台が約730 m、西部大気汚染測定局が約8 kmである。

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})】

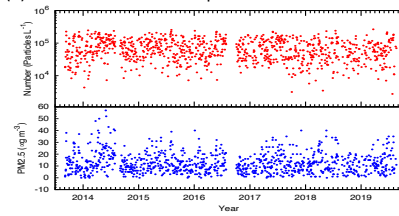


図2: 粒子数濃度 (0.3~2.0 μm)と質量濃度 (PM_{2.5})の時系列 (2013年9月1日から2019年8月31日)。上縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)、下縦軸は質量濃度 (μg/m³)、横軸は月を表す。赤は粒子数濃度、青は質量濃度である。

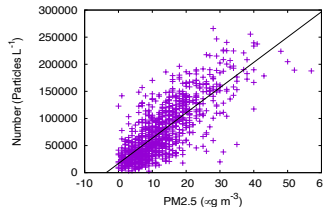


図3: 粒子数濃度 (0.3~2.0 μm)と質量濃度 (PM_{2.5})の相関。縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)、横軸は質量濃度 (μg/m³)を表す。

奈良女子大学の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、相関をとった (図3)。その結果、相関係数は0.78となり、強い正の相関を示した。これより、OPCは奈良盆地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について調べた。

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-0.66、0.5~1.0 μmで-0.61、1.0~2.0 μmで-0.53、2.0~5.0 μmで-0.36、5.0 μm以上で-0.24であった。全粒径区間で負の相関が見られた。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より悪化すると考えられる。

さらに、粒径区間ごとの経年変化での傾向を調べるため、R言語を用いた統計解析を行ったところ、0.3~0.5、0.5~1.0、5.0 μm以上の3つの区間で明瞭な負のトレンドがあることが分かった。これより、奈良盆地のエアロゾルは減少傾向にあり、空気は清浄化してきていることが推測される。

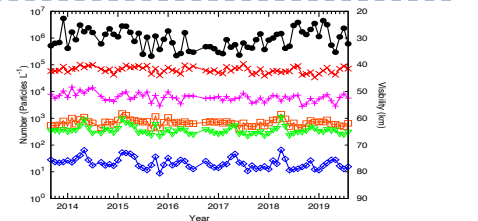


図4: 粒子数濃度と視程の月平均の時系列 (2013年9月から2019年8月)。左縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)、右縦軸は視程 (km)、横軸は月を表す。赤は0.3~0.5 μm、桃は0.5~1.0 μm、橙は1.0~2.0 μm、緑は2.0~5.0 μm、青は5.0 μm以上の粒子数濃度、黒は視程である。

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

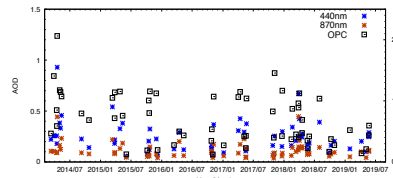


図5: 光学的深さと粒子数濃度 (0.3 μm以上)の時系列 (2014年2月から2019年8月)。左縦軸はエアロゾルの光学的深さ、右縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)、横軸は日付を表す。青は440 nm、橙は870 nmにおける光学的深さ、黒は粒子数濃度である。

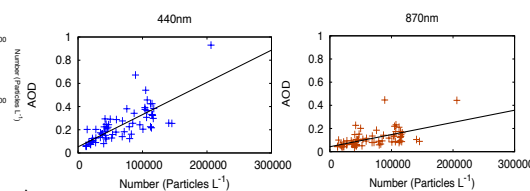


図6: 光学的深さと粒子数濃度 (0.3 μm以上)の相関図。縦軸は光学的深さ、横軸は粒子数濃度 (Particles/L)を表す。(左)440 nm、(右)870 nm。

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440nm (870 nm)で0.75 (0.55)という正の相関を示した。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。

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}の比較より、奈良女子大学で観測している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と視程の比較より、視程悪化には小粒子の増加が大きく影響していることが分かった。また、OPCの経年変化の傾向より奈良盆地のエアロゾルは減少傾向にあることが分かった。さらに、OPCとMT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。

今後は気象観測衛星と比較することで、より詳細に大気環境の地域特性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。
また、OPC/MTの観測にご協力頂いた皆様に感謝致します。

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。
- [2] 浅野 正二、大気放射学の基礎、朝倉書店、2010。