

大気下層における視程とエアロゾルの関係

北古賀 識帆・大田 彩乃・舟田 亮子・久慈 誠(奈良女子大学)

背景と目的

近年、アジア地域では急速な経済発展に伴う大気汚染が深刻化している。そのためエアロゾルによる大気汚染、特に大気下層の大気環境を把握する事はとても重要である。アジア大陸や都市域からの大気汚染の把握のため、2012年春、NASA (National Aeronautics and Space Administration) の AERONET (AERosol RObotic NETWORK) による東アジア大気観測キャンペーン DRAGON (Distributed Regional Aerosol Gridded Observation Networks) が日本、韓国、そして中国で実施され、奈良女子大学でも DRAGON Nara として観測が行われた (Sano et al., 2012)。これによって、奈良において近接した地域で且つ高度差がある地点の観測結果を得ることができたため、本研究では、もや、黄砂、煙霧のような大気現象が発生している時の大気下層エアロゾルの特徴を調べた。

解析データと方法

解析期間は DRAGON 観測プロジェクトが実施された 2013 年 2 月 15 日から 5 月 31 日である。

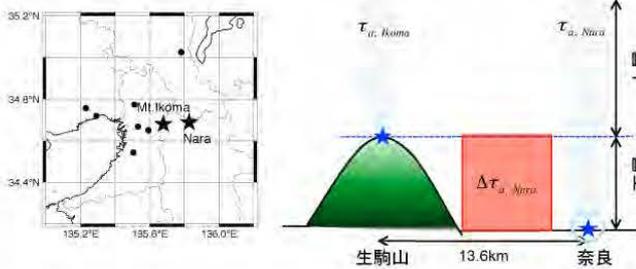


図1 近畿地方の AERONET 解析地点。星は解析した DRAGON 観測地点、丸はそれ以外の観測地点である。

図1は本研究で解析した DRAGON 観測地点である。奈良 (34.688° N, 135.838° E, 80 m a.s.l.) と生駒山 (34.680° N, 135.679° E, 600 m a.s.l.) の DRAGON 観測サイトは直線距離で約 13.6 km である。また2地点の高度差は 0.52 km である。下層の光学的厚さは次式のように奈良から生駒山のエアロゾルの光学的厚さを差引くことで導出した。この時、2地点の上層の大気は同じであると仮定している。

$$\Delta\tau_{a, Nara} = \tau_{a, Nara} - \tau_{a, Ikoma} \quad (1)$$

ここで、 $\tau_{a, Nara}$ と $\tau_{a, Ikoma}$ はそれぞれ奈良と生駒山のエアロゾルの光学的厚さである。

Trajectory: Draxler and Rolph[2013] による後方流跡線解析の結果より、高度 1000 m 付近の上層の空気塊はゴビ砂漠周辺から飛来していた (図 3)。従って、上層では黄砂の影響を受け大粒径のエアロゾルが観測されたと考えられる。また、黄砂の一次散乱アルベドは経験的に 0.9 程度の弱い吸光性であるのに対し、図 2 の結果では上層において 6 時 (a) と 7 時 (b) 共に 0.96 以上と大きい値を示した。この要因の一つとして、近年、非吸光性を示す硫酸塩エアロゾルが黄砂と同時に飛来してきていることが挙げられる (Ohta et al., 2013)。

一方、下層のエアロゾルの光学特性は 6 時と 7 時で大きく異なる結果が得られた。特に、図 2b では一次散乱アルベドは 0.91、オングストローム指数は 1.88 と、弱い吸光性で小粒径のエアロゾルが卓越していた。後方流跡線の結果、高度 300 m 付近の下層の空気塊は大陸の沿岸部や朝鮮半島などを通過していることがわかった (図 3)。朝鮮半島から鹿児島奄美大島にかけて吸光性が増加傾向を示す要因の一つとして、中国の工業や都市上空でのスス(吸光性物質)との混合によるものである事が示唆されている (Kim et al., 2006)。従って、図 2b の下層の結果は大陸や朝鮮半島の沿岸部にある工業や都市域の影響を受けていた可能性が考えられる。

また、図 2b に比べてもやが観測された (a) の下層ではエアロゾルの光学的厚さが 2 倍で、また、オングストローム指数が小さかった。ここで、相対湿度が 90% 以上になると急激に粒径が増加することが知られている (J. Kusierczyk-Michulec, 2009)。図 2a では相対湿度が 90% と高い値が観測されたことから、吸湿によって粒径が増加したのではないかと考えられる。そして、時間の変化に伴って相対湿度が減少し、蒸発によって小粒子が卓越したのではないかと考えられる (図 2b)。

まとめ

本研究では大気現象時における下層のエアロゾルの特徴を導出した。特に奈良の黄砂観測日には、全層と上層のエアロゾルの特徴は非吸光性で下層よりも大粒子のエアロゾルが卓越していた。これは硫酸塩エアロゾルが黄砂と同時に飛来してきている可能性が考えられる。

一方、下層ではもや、黄砂のような大気現象によって特徴が大きく異なった。黄砂観測時の下層では一次散乱アルベドは 0.91、オングストローム指数は 1.88 と、弱い吸光性で小粒径のエアロゾルが卓越していた。後方流跡線解析の結果、下層の空気塊は大陸の沿岸部や朝鮮半島の都市部などを通過しており、大陸からの影響を受けたのではないかと考えられる。そして、もや観測時の下層では 90% を超える高い相対湿度のために粒径が増加していた可能性がある。これらの下層の結果はエアロゾル特徴をとらえていると推測される。

今後も、煙霧や黄砂などの大気現象時における大気下層のエアロゾルの特徴を把握していく予定である。

参考文献

- 1) Draxler, R. R. and Rolph, G. D., 2013. HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.
- 2) Kim, D. H., B. J. Sohn, T. Nakajima and T. Takamura, Aerosol radiative forcing over east Asia determined from ground-based solar radiation measurements, J. Geophys. Res., 110, D10S22, doi: 10.1029/2004JD004678 (2005).
- 3) Kusierczyk-Michulec, J., Ångström coefficient as an indicator of the atmospheric aerosol type for a well-mixed atmospheric boundary layer: Part I: model development, OCEANOLOGIA, 51(1), pp.5-38 (2009).
- 4) Ohta, S., N. Murao, and S. Yamagata, 2013: Optical and chemical properties of atmospheric aerosols at Amami Oshima and Fukue islands in Japan in spring, 2001, J. Meteor. Soc. Japan, 91, 63-73.
- 5) Sano, I., S. Mukai, B. N. Holben, M. Nakata, M. Yonemitsu, N. Sugimoto, T. Fujito, T. Hiraki, N. Iguchi, K. Kozai, M. Kuji, K. Muramatsu, Y. Okada, Y. Okada, Y. Sadanaga, S. Tohno, Y. Toyozaki, and K. Yamamoto (2012), DRAGON-West Japan campaign in 2012: Regional aerosol measurements over Osaka, Proc. of SPIE, 8523, 85231M-1-85231M-6.

解析結果

図2は奈良で黄砂が観測された 2012 年 4 月 24 日の各層におけるエアロゾルの特徴である。この日の大気現象は 6 時でもや、7 時で黄砂の大気現象が発表された。またこの時間帯に最も近い 9 時の視程の観測値は 6 km であった。

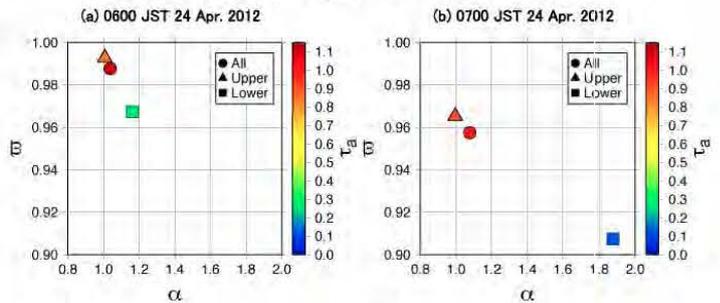


図2 奈良における大気現象時のエアロゾルの光学特性。縦軸は一次散乱アルベド σ_s 、横軸はオングストローム指数 α 、そしてカラーバーは波長 440 nm における光学的厚さ τ_a を示す。丸 \circ が全層 (=上層+下層)、三角 \triangle は上層、四角 \square は下層を表す。(a) は 6 時、(b) は 7 時の結果で、それぞれ奈良においてもや、黄砂を観測した。

図2より、全層と上層のエアロゾルの特徴は似ており、非吸光性で、下層よりも比較的大粒子のエアロゾルが卓越していた。HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated

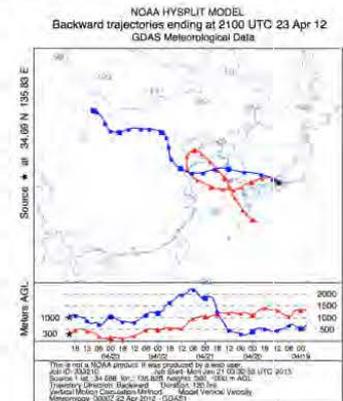


図3 HYSPLITによる後方流跡線解析結果。2012年4月24日6時(JST)から5日間の実行した。青は奈良の上空1000m(上層)、赤は300m(下層)を起点としている。

謝辞

DRAGON 観測データは NASA AERONET DRAGON 観測プロジェクトから提供して頂きました。そして近畿大学の佐野到教授には AERONET DRAGON 観測プロジェクトで大変お世話になりました。千葉大学の高村民雄教授には議論を通じて貴重なデータや御助言を頂きました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

Nara Women's University

