

偏光 OPC 観測ネットワークによる 2017 夏期観測結果及び 精度向上のための検討

沖由裕¹, 石井雄太¹, 小林拓¹, 林政彦², 白石浩一², 財前祐二³, 五十嵐康人³, 佐野到⁴,
鵜野伊津志⁵, 西澤智明⁶, 清水厚⁶, 杉本伸夫⁶, 三浦和彦⁷

1.山梨大, 2.福岡大, 3.気象研, 4.近畿大, 5.九州大, 6.国立環境研, 7.東京理科大

1. はじめに

大気エアロゾルは自由対流圏を通じ越境輸送され、地球の放射収支や人間の健康に影響を与えることが示唆されている。そのため、自由対流圏中の越境輸送微粒子の量や組成などの動態を把握することが求められている。時間的空間的に規模の大きい越境輸送イベントを捉えるためには、多地点での観測が有効である。そこで、自由対流圏の観測に適した富士山頂および木曾駒ヶ岳千畳敷カール(以下、千畳敷)において偏光 OPC(以下 POPC)を用いた観測を実施した。POPC とは、微粒子によって散乱される光がその微粒子の形状によって偏光特性が変化することを利用し、微粒子の組成を大別し測定する測器である¹⁾。測定した散乱光強度と偏光度から、3区分(人為起源粒子、鉱物粒子、海塩粒子)の質量濃度を推定した²⁾。さらに、粒径区分範囲の細分化および組成毎に複素屈折率を設定することによる質量濃度の推定精度向上方法に関し検討を行った。また、観測ネットワークを構成する各地点に設置された POPC の器差を構成するために可搬型の標準粒子発生装置の開発を実施した。

2. 方法

2-1 山岳域での観測

富士山頂(標高 3776m)に位置する富士山測候所3号庁舎に POPC を設置した。共用インレットを通じて外気を導入した。設置は夏期のみである。また、木曾駒ヶ岳の西南西に位置するホテル千畳敷(標高 2640m)の東側の鉄塔に気象

研究所により設置された観測箱内へ POPC を設置した。外気は、長さ約 0.5m の導電性チューブにより導入した。

2-2 粒径区分範囲の細分化による推定誤差の改善

従来は POPC の測定粒径範囲の $0.5\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ を 4 区分に分け、質量濃度を算出していた。しかし、このビン幅では粗く、粒径分布によっては、各区分の代表径と体積相当径の平均値との差が大きくなる可能性があった。そこで区分範囲の細分化による質量濃度の推定誤差の軽減効果を検証した。ミー散乱理論に基づいて PSL 粒子(複素屈折率: $1.590-1.000e-7i$)に対する粒径と散乱光強度の関係を算出し、ビン数を 20 とし、新たな粒径区分を設定した。

2-3 組成毎の複素屈折率の設定による推定誤差の改善

従来の手法では、PSL 粒子の複素屈折率を用いて、散乱光強度から粒径を算出していたため、実粒径と異なる可能性があった。そこでビン数を細分化した後、同じく九州大学で観測された 2017 年 1, 2, 5, 8 月のデータを用いて、人為起源粒子、鉱物粒子、海塩粒子それぞれに複素屈折率を仮定した場合の 3 成分の質量濃度の算出を行った。複素屈折率はそれぞれ $1.353-3.603e-9i$, $1.550-5.500e-3i$, $1.373-3.881e-9i$ とした。その後、同地点で観測していた ACSA-12(紀本電子工業)の測定結果と比較した。

2-4 可搬型標準粒子発生装置の開発

外気をポンプ(ケー・エヌ・エフ・ジャパン, N86KN.18)にて吸引しマスフロコントローラー(エフコン, CUBEMFC1005-4S2-5LAir)を用いて流量を 5L/min に設定した。吸引した外気はフィルター(ADVANTEC,

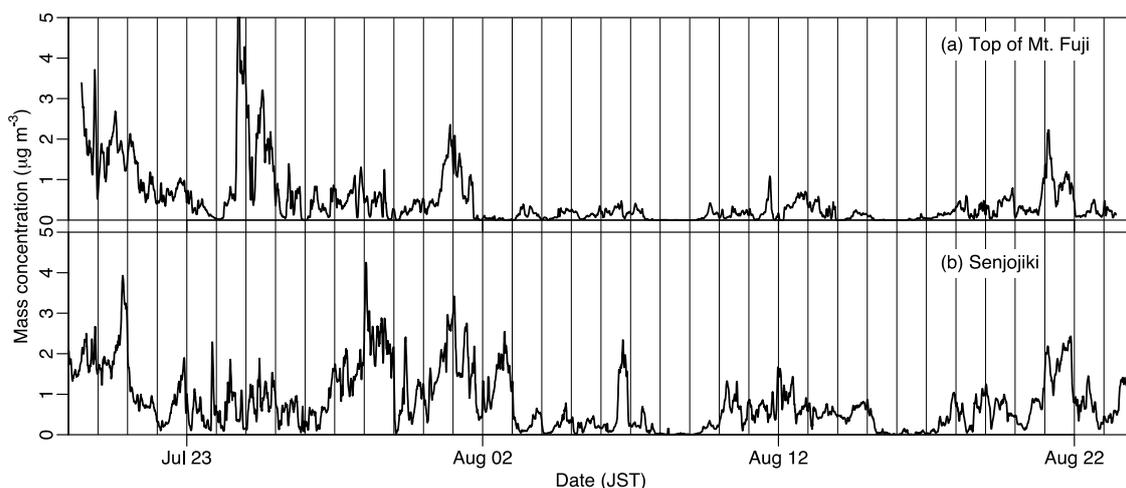


図1 2017年夏季にPOPCで観測された人為起源粒子の質量濃度の時間変動。(a)富士山頂, (b)千畳敷。

CCF-020C1B)を通しクリーンな空気にしたあと、ネブライザー(石山理化学硝子製作所, 平型)を用いて純水中に分散している標準粒子を噴霧させた。サンプルエアはパーマピュアドライヤー(パーマピュア, MD-110-24P)によって乾燥させた後POPCに導入した。各部品とそれを固定するフレームも含め運搬を行うために分解が可能である。標準粒子はPOPCの粒径区分のしきい値として用いている0.5 μm , 1.0 μm , 5 μm を用意した。それぞれはポリスチレンラテックス粒子(PSL粒子)(ライフサイエンス, SC-051-S, SC-103-S, Thermo SCIENTIFIC, 4205A)である。POPCで計測された個々の粒子のパルスデータを統計的に処理し、外れ値を取り除いた。

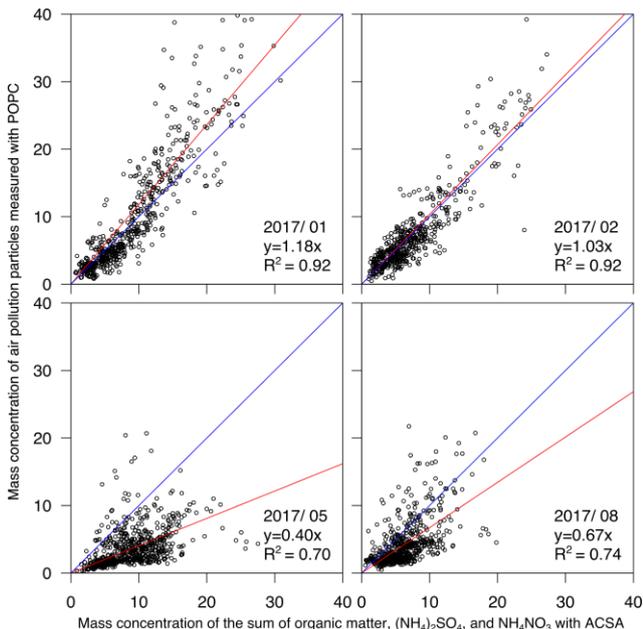


図2 POPCの測定結果から算出した人為起源粒子の質量濃度とACSAの測定結果から推定した有機エアロゾル粒子, 硫酸アンモニウム粒子, 硝酸アンモニウム粒子の質量濃度の和との比較。青線は1:1, 赤線は回帰直線を示す。

3. 結果

図1に富士山頂および千畳敷においてPOPCにより観測された人為起源粒子の質量濃度を示す。一般に山岳域は山谷風の影響を受け, 日中, 濃度が上昇し, 夜間, 減少する日変動がみられる。いずれの地点でも日中, 比較的濃度が高くなっていた。しかし, 7/20前後, 8/1, 8/13, そして8/21は双方の地点で夜間の濃度も高くなっていた。NOAA HYSPLITによる後方流跡線解析によると, これらの期間の気塊は大陸方面から飛来していたことが示されており, 越境輸送されたと考えられる。

粒径区分の細分化, および, 組成毎に複素屈折率を考慮することにより, 人為起源粒子の質量濃度は約3倍, 鉱物粒子, 海塩粒子は1.1倍増加した。ACSAで測定された SO_4^{2-} , NO_3^- , 水溶性有機物濃度から硫酸アンモニウム粒子, 硝酸

アンモニウム粒子, そして有機エアロゾル粒子の濃度を推定し, これらの和とPOPCで測定した人為起源粒子の質量濃度と比較した(図2)。冬季はほぼ1:1の関係を示したが, 5月, 8月では, POPCの結果が低くなり, 季節の違いによりエアロゾルの組成が異なったためと考えられる。POPCの光学系におけるPSL粒子のミー散乱理論から算出した粒径に対する偏光度の推定値と実測値と比較した(図3)。概ね一致したが, 0.5 μm はS/Nが悪いため, 若干過大評価していた。

5. まとめ

富士山頂および千畳敷に設置されたPOPCの観測結果から同期した濃度上昇がみられ, 後退流跡線解析の結果から越境輸送された気塊を捉えたと考えられる。POPCから質量濃度を推定する際に粒径区分範囲の細分化と成分毎に複素屈折率を考慮することにより, 推定精度が向上した。

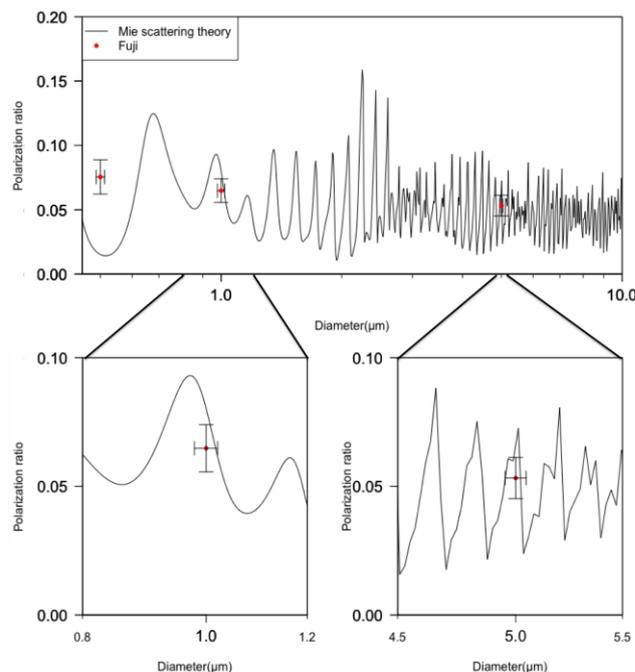


図3 POPCの光学系におけるPSL粒子のミー散乱理論から算出した粒径に対する偏光度の推定値

謝辞: 本研究は, 粟井英朗環境財団, 科研費基盤(C)24560660, 15K06269, 環境研究総合推進費(5-1502)の助成を受け実施された。中央アルプス観光(株)のご協力に感謝いたします。

参考文献

- 1) Kobayashi *et al.*, Development of a polarization optical particle counter capable of aerosol type classification. *Atmos. Environ.*, **97**, 486-492 (2014).
- 2) 鷹取翔ら, 偏光光散乱式粒子数計測装置による鉱物粒子濃度推定方法の検討。エアロゾル研究, **30**, 270-274 (2015)