

富士山頂におけるナノ粒子の粒子径分布計測

井波真哉¹, 東秀憲¹, 猪股弥生¹, 瀬戸章文¹, 大谷吉生¹, 森樹大², 三浦和彦², 加藤俊吾³

¹金沢大学, ²東京理科大学, ³首都大学東京

1. はじめに

富士山は標高 3776 m の孤立峰であるため、地表付近(あるいは境界層)の影響が少なく、自由対流圏における粒子濃度や東アジアから輸送された越境大気汚染物質を測定するのに適している。大気エアロゾルは、太陽光を散乱・吸収、さらに雲凝結核としても作用するため、地球の気候変動に重要な影響を及ぼすと考えられている。

これまでに富士山頂で実施された観測では、新粒子生成が頻繁に観測されているが、新粒子生成過程を明らかにするためには、より小さい粒子径からの測定が必要である。そこで、本研究室では、2016 年より微分型静電分級器(DMA:TSI Inc. Model3085)と凝縮核計数器(CPC:TSI Inc. Model3776)を組み合わせた走査式移動度計測装置(Nano-SMPS:図 1 左)を用いて、粒子径 2.09~63.8 nm までの粒子個数濃度を計測している。また、今年度は、ナノサンプラー II (KANOMAX Model 3182:図 1 右)を用いて大気中の微粒子を各粒子径範囲ごとにフィルター捕集し、イオンクロマトグラフィー(DIONEX DX-120)により微粒子の化学成分分析を行った。



図1 観測機器 (左:Nano-SMPS, 右:ナノサンプラー)

2. 方法

観測は2018年7月12日から8月22日まで、富士山特別地域気象観測所(35.21°N, 138.43°N)で行った大気試料は 10 L/min で吸入し、ディフュージョンドライヤーにより乾燥さ

せた後、DMAで粒子を分級し、CPCで個数濃度を検出した。ナノサンプラーについてはポンプ流量を 40 L/min に設定し、1日あるいは約10日間のサンプリングを行った。回収後のフィルターを超純水に浸し、超音波洗浄器にかけることで水溶性成分を抽出し、その溶液をろ過してイオンクロマトグラフィーによって化学成分分析を行った。

3. 測定結果と考察

3.1 粒子径分布

図2に2018年のNano-SMPSで測定したナノ粒子の粒子径分布の時間変動を示す。縦軸に粒子径、横軸に日にち、粒子個数濃度を色分けで示している。白色で示されている部分は雷等の機材トラブルにより観測できなかった期間である。赤いスジ状部分に粒子個数濃度が高くなるイベントが観測されており、2016年(7/14~8/23)には15回、2017年(7/15~8/24)には21回、2018年には16回観測できた。

3.2 イベントの分類

次に粒子生成イベントを発生した時間と空気塊の由来について分類した結果を示す。まず、イベントの発生した時間帯を6:00~12:00を午前、12:00~18:00を午後、18:00~6:00を夜間と分類した。さらに、これらのイベントの空気塊の輸送経路を調べるために、NOAA HYSPLIT モデルを用いて72時間後方流跡線解析を行い、空気塊を大陸由来、海洋由来、その他で分類した。2016年の粒子生成イベントは、午後に多く発生し、海洋由来のものが多かった。2017年のイベントはほとんどが午前中に発生し、大陸由来のものが中心であった。これに対し、2018年のイベントでは、午前、午後の両方で観測できたが、夜間は少なかった。また、空気塊については大陸由来のものがほとんどであった。

3.3 イベント時の種々パラメータの日変化

図3に2016年から2018年までの粒子生成イベントが発生

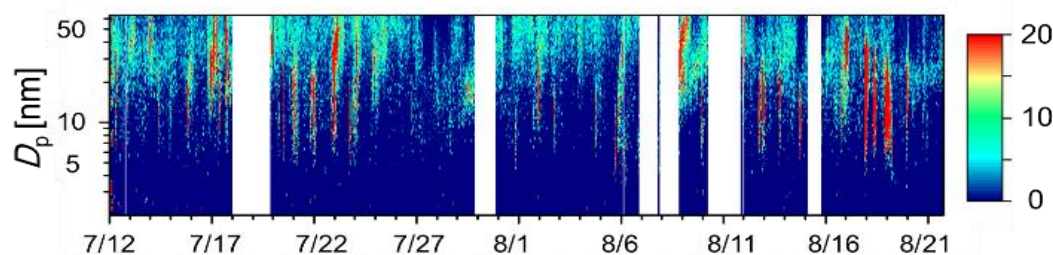


図2 粒子個数濃度のカウンタープロット (2018年)

した日と粒子個数濃度の上昇が無かった日において水蒸気混合比、3～25 nm の粒子個数濃度、オゾン濃度の平均値を横軸に時間、縦軸に各パラメータの値を表している。イベント時が青で、イベントのない日を赤で示した。

水蒸気混合比とは、乾燥空気に対する水蒸気量を表しており、下層から空気塊が来た場合は大きくなり、上層から空気塊が来た場合は小さくなるといわれている。各年においてイベント発生時の水蒸気混合比はイベントのない日に比べて高くなっている。つまり、下層から空気塊が到達しているときに多くのイベントが発生していると考えられる。また、3～25 nm の粒子個数濃度が上昇している時間帯は主に日中であり、その時間帯に水蒸気混合比も上昇している。これは、日中にかけて吹く谷風の影響を受けていると考えられる。オゾン濃度については、2018 年はイベント発生日のオゾン濃度が高くなっている。このことから、2018 年のイベントには、汚染空気も関係していたことがわかる。

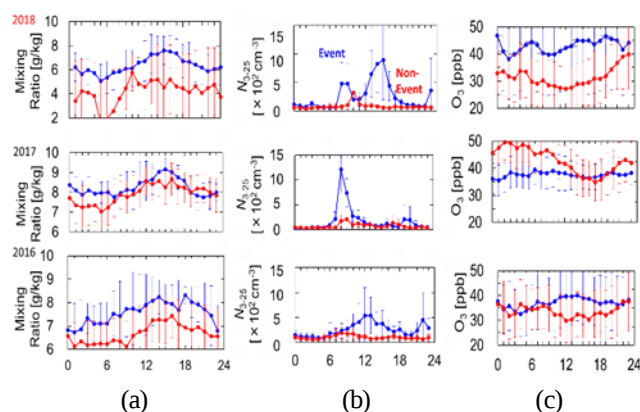


図3 種々パラメータの日変化 (a) 水蒸気混合比, (b) 3～25 nm の粒子個数濃度, (c) オゾン濃度 (上から 2018 年, 2017 年, 2016 年)

3.4 イオンクロマトグラフによる水溶性イオンの分析

表 1 にナノサンプラーにおけるポンプの稼働時間を示す。それぞれ 1 日から最大 10 日間という長期サンプリングを行った。図 4 にイオンクロマトグラフによる化学分析におけるイオン当量濃度についての結果を示す。まず、PM₁₀、PM_{2.5} のステージで捕集された比較的粗大粒子に対する各期間における各成分の値は同じような割合を示した。次に、PM_{1.0}、PM_{0.5}、PM_{0.1} のステージで捕集されたものについて、1 日サンプリング (NO.2, 3) において硫酸イオンの割合が低く、長期サンプリングでは割合が高くなっていることから、硫酸イオンはフィルターに蓄積されていることが考えられる。また、PM_{0.1} のステージで捕集されたものは、各期間においてアンモニウムイオンの割合が高くなっている。最後にバックアップフィルターで捕集されたものにおいて、NO.5 の期間の硫酸イオンの割合が異常に高くなっている。この NO.5 の期間の各ステージにおけるイオン当量濃度もほかの期間と比べると全体的に高くな

っている。この期間には、台風が最も接近した時期と重なっており、谷風などにより吹き上げられた土壌物質の影響を受けたことも考えられる。

表1 ナノサンプラーポンプ稼働時間

	Start	Stop	ポンプ稼働時間 [min]
No.1	7月12日16時30分	7月20日10時5分	11135
No.2	7月20日11時56分	7月21日7時56分	1200
No.3	7月21日11時	7月22日7時	1200
No.4	7月22日7時45分	7月27日10時16分	7351
No.5	7月27日11時	8月6日10時39分	14379
No.6	8月6日11時28分	8月14日10時11分	11443
No.7	8月14日10時58分	8月22日9時40分	11442

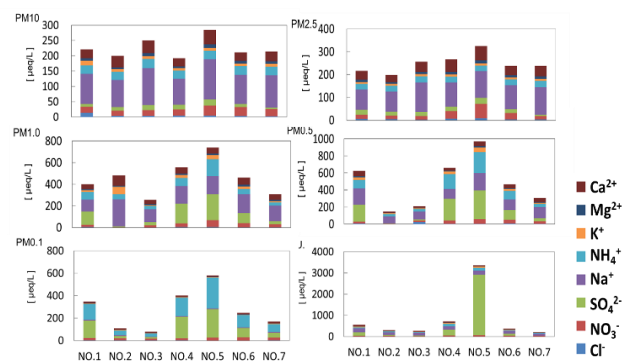


図4 イオンクロマトグラフによるナノサンプラー各ステージで捕集した微小粒子の化学分析結果

4. おわりに

2018 年のイベントは主に日中に観測され、大陸由来のものが中心であった。また、イベント発生日の水蒸気混合比が上昇していることが分かった。福江島でのイベントの観測では 5 nm 以下の粒子径から始まるのに対し、富士山頂での各イベントは 10 nm 前後の粒子径から始まるものが多く、富士山頂とは別の場所で生成し、ある程度成長した粒子が観測できていたと考えられる。

ナノサンプラーにより捕集した微小粒子の水溶性イオンの化学分析については 2.5 μm 以下の粒子において各期間におけるイオン当量濃度の差がみられた。しかし、粗大粒子においてナトリウムイオンの割合が異常に高いなどの問題がある。今後、導入予定の新たなイオンクロマトグラフィーで再度、水溶性イオンの分析を行う予定である。

参考文献

- 1) 村本ら, 富士山頂におけるナノ粒子の粒子径分布計測. 第 11 回成果報告会公演予稿集, 34-35 (2018)
- 2) 五十嵐ら, 富士山頂における新粒子生成の経年変化. 第 11 回成果報告会公演予稿集, 40-41 (2018)
- 3) Indra *et al.*, Current situation of atmospheric nanoparticles in Fukue Island, Japan, Tellus B Chemical and Physical Meteorology, 70:1, 1-12, (2018)