

富士山頂における新粒子生成に関する研究

片岡良太, 堀井憲一, 横山慎太郎, 渡辺彩水, 三浦和彦, 岩本洋子 (東京理科大学),
加藤俊吾(首都大学東京), 小林拓 (山梨大)

1. はじめに

エアロゾルは地球大気の大気放射収支に重要な影響を及ぼすが、その不確実性はいまだに大きい。新粒子生成 (New Particle formation, NPF) とは気体が化学反応や凝縮などによって粒子化する過程のことを言い、非常に小さい核生成モード (粒径が約 20nm 以下) のエアロゾルは主に NPF によって生成される。このため NPF はエアロゾルの特性や気候影響を調べるために非常に重要である。富士山頂は排気ガスなどのローカルな汚染が少なく自由対流圏に位置することが多いため、バックグラウンド大気や物質の長距離輸送を観測することに優れている。我々は 2006 年から富士山頂にて夏季観測を行っているが、本研究では 2014 年の観測で得られたデータをもとに富士山頂における NPF の発生要因の考察を行う。

2. 方法

観測は 2014 年 7 月 18 日から 8 月 24 日に富士山頂の富士山特別気象観測所 (旧富士山測候所; 3776m, 35.361N, 138.727E) の 1 号庁舎 2 階と 3 号庁舎 1 階で行った。粒径 10~500nm のエアロゾルの粒径分布を走査型移動度粒径測定器 (SMPS, TSI 3034) で測定し、大気ラドン濃度をラドン娘核種測定装置 (JREC ES-7420) で測定した。ラドン濃度は発生源が土壌や岩石であることを利用して、陸地からの大気輸送のトレーサーとして用いることができる。特にトロンは半減期が短いため近傍の陸地のトレーサーになる。O₃、CO 濃度はそれぞれ O₃ 計 (Thermo Scientific 49C or 49i)、CO 計 (Thermo Scientific 48C) で測定した。富士山頂の雲の様子は『NPO 法人富士山測候所を活用する会』が設置しているライブカメラで 5 分ごとに撮影された写真で確認した。また、NOAA の HYSPLIT4 モデル (<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>) で後方流跡線を解析し、ラドン・トロン濃度、O₃/CO 比、水蒸気混合比、そして後方流跡線からエアマスの由来を判断した。

3. 結果と考察

観測で得られた粒径分布から『核生成モードの粒子の合計値が高く、核生成モードに極大値がある状態が 3 時間以上続く』時間を NPF イベントと定義した。期間中に NPF イベントは合計 18 回観測され、そのうち日中は 7 回、夜間は 8 回、日中から夜間まで継続するものは 3 回となり日中・夜間を問わず NPF イベントが起こっていた。詳しく NPF 要因を調べるために NPF イベント時のエアマスを、(I) 主に大陸由来、(II) 成層圏から降下、(III) 主に日本由来、(IV) 太平洋由来と 4 つに分類し、その結果を表 1 に示す。以下、由来別に特徴を考察した。

(I) 主に大陸由来のエアマスの期間

この期間は 7/19~7/26 であり、ラドン濃度が高くエアロゾル粒子数も多いことが特徴である (図 1)。NPF イベントは日中に 4 回、夜間に 2 回、日中から夜間にかけて継続するイベントが 1 回観測された。日中のイベントに関しては日射がある日に多くみられた。7/24 は山頂は雲に覆われている時間が長かったが、ちょうど雲の切れ間で日射が確認された時間帯に NPF イベントが起こっていた (図 2)。これらのことより NPF と日射の相関があると考えられ、NPF は大陸より輸送された前駆ガスの光化学反応によって起こっていると考えられる。

(II) 成層圏からエアマスが降下してきた期間

7/28~7/30 は O₃/CO 比が高く、水蒸気混合比が非

表 1 観測された NPF イベント

No.	日付	開始時刻	終了時刻	由来	No.	日付	開始時刻	終了時刻	由来
1	7/19	22	0	I	10	8/3	20	23	IV
2	7/21	10	14	I	11	8/5	7	11	IV
3	7/22	21	23	I	12	8/6	11	14	IV
4	7/23	12	16	I	13	8/14	20	22	IV
5	7/24	9	11	I	14	8/15	20	22	IV
6	7/25	11	20	I	15	8/16	15	0	IV
7	7/26	7	9	I	16	8/17	20	22	IV
8	7/29	21	0	II	17	8/18	15	2	IV
9	7/31	8	12	III	18	8/19	20	0	IV

常に低いことから、乾燥していて O_3 濃度が高い成層圏からエアマスが降下してきたときと判断した。NPF イベントは 7/29 の夜に 1 度観測され、この時間帯は特に O_3/CO 比が高い (図 3)。大気上層は宇宙線による大気の電離でイオンが多いためイオン誘発核生成である可能性が高い。過去に富士山頂でこのような状況下でイオン誘発核生成が確認されている⁽¹⁾。

(Ⅲ) 主に日本由来のエアマスの期間

この期間は 7/31~8/2 で、後方流跡線やトロン濃度の上昇がみられたことから日本由来と判断した。NPF イベントは雲のない日中に一度観測され、日本由来の前駆ガスの光化学反応による NPF だと考えられる。

(Ⅳ) 海洋由来のエアマスの期間

この期間は 10 日間あり、NPF イベントは日中に 2 回、夜間に 5 回、日中から夜間まで継続するものが 2 回と合計 9 回観測された。ほぼ毎日イベントが観測されているにもかかわらず、各パラメータを比較しても共通する傾向や特徴がなかった (図 3)。ただ、陸由来のエアマスの期間よりも明らかに粒子数が少ない。既存粒子には前駆ガスが凝縮する、及び生成されたばかりの微小粒子が凝集するといった NPF の発生を抑える作用がある。よって (Ⅳ) の期間は常に NPF が起きやすい状況であったと考えられる。

謝辞

本観測は NPO 法人「富士山測候所を活用する会」が富士山頂の測候所施設の一部を気象庁から借用管理運営している期間に行われた。また本研究の一部は、東京理科大学特定研究助成金共同研究、科研費基盤研究 C(25340017)、東京理科大学総合研究機構山岳大気研究部門 2014 年度活動経費・活動補助費の助成により行われた。

参考文献

- (1) 長岡信頼：富士山で観測した新粒子生成イベントの発生状況及び要因に関する研究，東京理科大学理学研究科物理学専攻修士論文，17-18，2014。

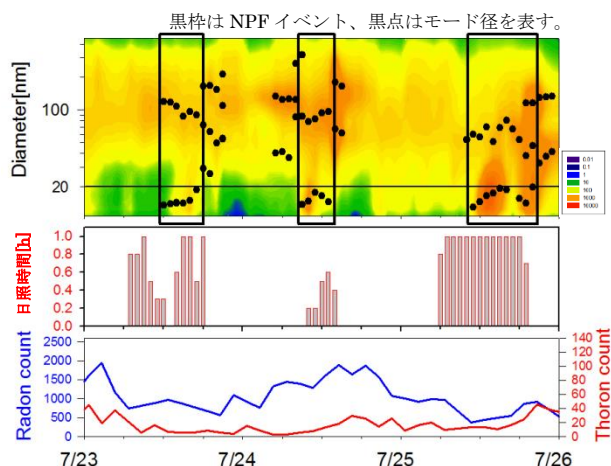


図 1 I の期間の一例。上からエアロゾル粒径分布、日照時間、ラドン・トロン濃度。



図 2 ライブカメラの写真
(左：7/24 8:30, 右：同日 9:30)。

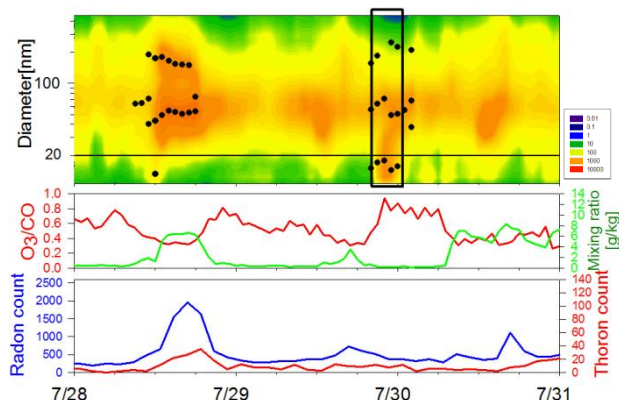


図 3 II の期間について、上からエアロゾル粒径分布、 O_3/CO 比・水蒸気混合比、ラドン・トロン濃度。

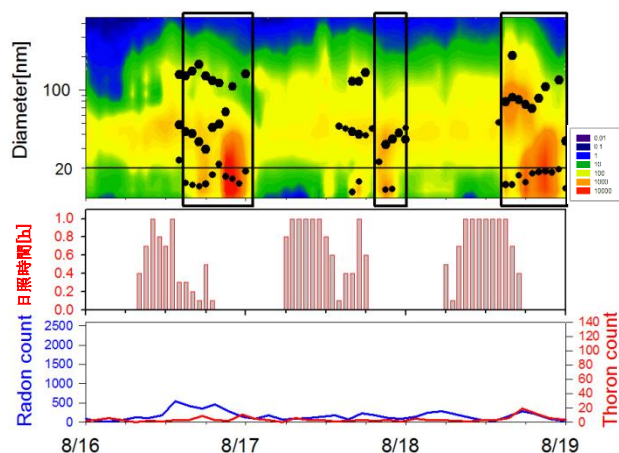


図 4 IV の期間の一例。上からエアロゾル粒径分布、日照時間、ラドン・トロン濃度。