

富士山頂における新粒子生成の経年変化

五十嵐博己¹, 桃井裕広¹, 佐藤丈徳¹, 森樹大¹, 三浦和彦¹, 岩本洋子², 和田龍一³, 加藤俊吾⁴, 大河内博⁵
 1.東京理科大学, 2.広島大学, 3.帝京科学大学, 4.首都大学東京, 5.早稲田大学

1. はじめに

大気中において、前駆ガスが化学反応することにより核生成を起し、それに引き続き凝結成長することで微小粒子(粒径が数 nm～数十 nm) が生成する過程を新粒子生成(New Particle Formation; NPF) という。NPF で生成された粒子は、太陽光を直接散乱・吸収し直接効果を及ぼす。さらに、生成された粒子の一部が成長・変質し雲凝結核としての能力を持つことで、雲の放射特性にも影響を与える。以上のことから、NPF はエアロゾルによる気候影響を評価する上で重要な意味を持つ。しかし、新粒子生成やその後の成長のメカニズムは複雑で十分に理解されていないのが現状である。

そこで、本研究では富士山頂において自由対流圏や大気境界層上部を定点観測出来る^り他、アジア大陸などからの越境大気汚染を観測することが出来るという利点を活かし、2006 年から 2017 年にわたる長期的な観測を行い、新粒子生成の経年変化や日変化について考察した。

2. 方法

2006 年から 2017 年の夏季(7～8 月)に、富士山特別地域気象観測所(35.360° N, 138.727° E, 3776 m a.s.l.) で大気観測を行った。本要旨では、走査型移動度粒径測定器(SMPS)の同機種 TSI 3034 を用いた 2011 年から 2017 年の観測結果に着目する。解析には、拡散ドライヤーにより相対湿度 30% 以下に乾燥させた粒径 10～487 nm のエアロゾル粒子の個数粒径分布を 3 分毎に連続測定したものをを用いた。

本研究では、粒径 25 nm 以下の粒子数濃度が 1 時間以上増加し成長を伴う現象を NPF イベント(以下、イベント)と定義した(図 1)。

NPF が発生した時刻を推定するために、成長速度(Growth Rate, GR)を算出した。GR はイベント時の 25 nm 以下のモード径の経時変化のグラフに回帰直線を引くことで算出し、決定係数が 0.6 以上のものを有効な値として用いた。

イベント時に富士山頂に到達した気塊の由来(図 2)を調べるために、NOAA HYSPLIT 4 model (<https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>)を用いて、後方流跡線解析を行った。

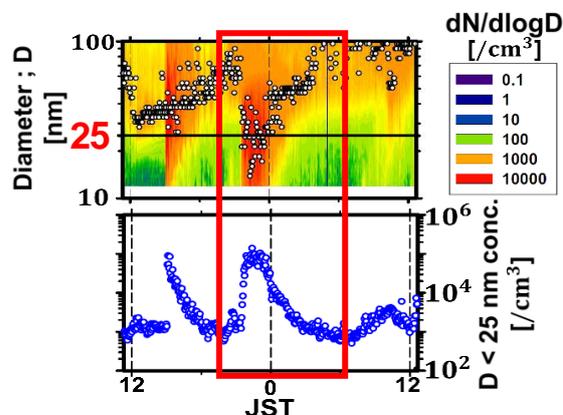


図 1 個数粒径分布と NPF イベント(四角で囲った範囲)(上図○:同時刻における最大数濃度の粒径を示すモード径)

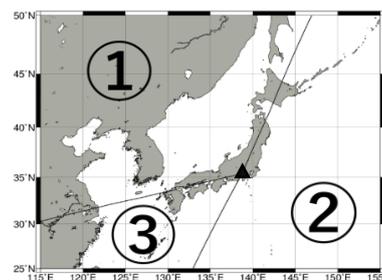


図 2 富士山の位置(▲)と後方流跡線解析の基準線(①大陸経由, ②太平洋経由, ③東シナ海経由, ④その他)

3. 結果と考察

表 1 に 2011 年から 2017 年までの観測日数に対する全イベント数を示す。また、富士山頂における日の出・日の入時刻より日中イベント(5～18 時)と夜間イベント(19～翌 4 時)に分け、それらの回数・割合も同時に示す。この結果より、2014 年を除いた 2011 年から 2015 年では夜間イベントが約 6 割以上みられ、2016 年と 2017 年では日中イベントが 8 割以上あることが分かった。次に、年毎に違いが現れる日中・夜間イベントに着目し考察する。

表 1. 2011～2017 年におけるイベント観測頻度

日中:5～18 時、夜間:19～翌 4 時

赤字は各観測年における高い割合のイベントを示す

Year	Sample days	Total events		Daytime events		Nighttime events	
		Times	Fraction [%]	Times	Fraction [%]	Times	Fraction [%]
2011	35	30	33.3	10	33.3	20	66.7
2012	27	17	23.5	4	23.5	13	76.5
2013	32	32	40.6	13	40.6	19	59.4
2014	23	17	58.8	10	58.8	7	41.2
2015	31	26	30.8	8	30.8	18	69.2
2016	35	21	81.0	17	81.0	4	19.0
2017	34	33	90.9	30	90.9	3	9.1
Total	217	176	52.3	92	52.3	84	47.7

日中と夜間のイベントの特徴を見るために、イベント観測開始時刻の頻度を由来別で分けた結果を図3に示す。図3から、日中イベントは8時、夜間イベントは20～21時にピークを持つことがわかった。また、日中・夜間イベントのエアマス由来別の結果を見ると、日中・夜間共に大陸を経由した気塊でイベントが多く発生していることが分かった。

日中のイベントは主に光化学反応によりNPFが発生し、夜間のイベントは光化学反応以外のプロセスでNPFが起ると考えられる。そこで、日中に生成された粒子が輸送されることで夜間にイベントが観測された可能性を考慮し、成長速度GRを算出し核生成された時刻と場所を推定した。GRを算出した結果176回のイベント中30回のイベントで有効な値が得られた。GRは1.7～9.9 nm/hとなり、夜間 (3.9 ± 1.2 nm/h) よりも日中 (5.9 ± 2.3 nm/h) の方が約1.5倍大きいことがわかった。この30回のイベントについて、核生成が起こったとされる粒径が1 nmの時刻(NPFが発生した時刻)を推定した(図4)。これより、夜間に発生したNPFの割合は減少したものの日中・夜間ともにNPFの発生が示唆され、光化学反応とは別に日射が影響しない暗反応による新粒子生成も起きていることが示唆された。また、日中と夜間に発生したNPF毎に、富士山頂イベント観測開始時刻から後方流跡線を用いて新粒子が生成されたと推定される地点まで遡った結果を図5に示す。この結果より、GRが算出できるイベントでは、日本の陸地上空でNPFが発生していることが示唆された。

4. まとめ

富士山頂における全イベントは、2011年から2017年の全観測期間217日中176回観測され、日中イベントは52.3% (92回)、夜間イベントは47.7% (84回) 観測された。日中は8時、夜間は20～21時にイベント観測数のピークを持つことがわかり、日中・夜間共に大陸を経由した気塊でイベントが発生しやすいことが示唆された。また、GRは全176回のイベント中30回で算出でき、1.7～9.9 nm/hとなった。また、夜間より日中のGRの値が約1.5倍大きいことがわかった。次にGRを用いてNPFの発生時刻を推定したところ、日中(80%)と夜間(20%)の両方でNPFが発生していることが示唆され、光化学反応と暗反応の両方でNPFが発生している可能性があることが示唆された。また、発生時刻の推定結果から後方流跡線を用いて遡ったところ、GRが算出できる特定のイベントは、日本の陸地上空で発生している可能性が示唆された。

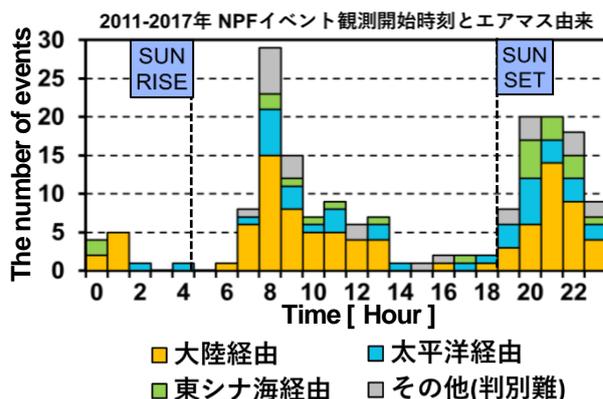


図3 2011～2017年イベント観測開始時刻の由来別頻度

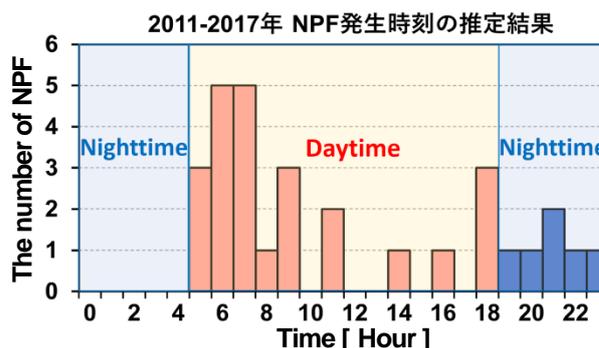


図4 2011～2017年NPF発生時刻の推定結果

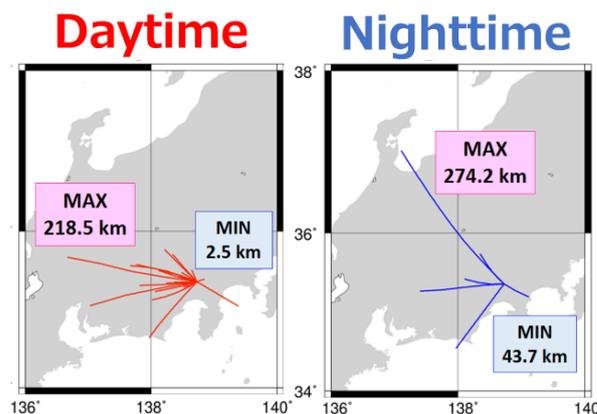


図5 イベント時の富士山頂から粒径が1 nmと推定された地点までの後方流跡線

5. 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ました。本研究の一部は、科研費基盤研究C(24340017)の助成により行われました。

参考文献

- 1) 五十嵐康人 (2009). 富士山におけるエアロゾル観測とその課題. *Earozoru Kenkyu*, 24, 90-96.