

山岳大気エアロゾルの気候への影響に関する研究

三浦和彦¹, 森 樹大¹, 永野勝裕², 矢吹正教³, 加藤俊吾⁴, 和田龍一⁵, 大河内博⁶, 小林 拓⁷, 東 秀憲⁸, 鴨川仁⁹, 足立光司¹⁰, 岩本洋子¹¹, 青木一真¹², 櫻井達也¹³, 植松光夫¹⁴

1. 東京理科大学理, 2. 東京理科大学理工, 3. 京都大学, 4. 首都大学東京, 5. 帝京科学大学, 6. 早稲田大学, 7. 山梨大学, 8. 金沢大学, 9. 学芸大学, 10. 気象研, 11. 広島大学, 12. 富山大学, 13. 明星大学, 14. 東京大学

1. はじめに

エアロゾル粒子は太陽光を直接散乱・吸収することにより直接的に、また、雲凝結核となり雲のアルベド・寿命を変えて間接的に気候に影響するが、いまだ理解の水準は低い(IPCC 2013)。地球規模の影響を評価する場合、自由対流圏エアロゾルの寄与が重要となる。富士山山頂は年間を通して自由対流圏に位置することが多い。そこで、新粒子生成、雲生成のメカニズムを調べるために、2006 年から夏季だけではあるが、山頂と太郎坊においてサブミクロン粒子の粒径分布、ラドン、イオンを測定している。山頂では2010 年から雲凝結核(CCN)濃度を、2013 年からフォグモニターにより霧粒(雲粒)を測定している。2014 年からは太郎坊でスカイラジオメータ、ライダーの観測を行った。また、2014 年秋から太郎坊において通年観測をしている。2017 年度までの解析結果は第 11 回成果報告会で報告した。(三浦ら, 2018)¹⁾

2018 年度は、ラドン娘核種測定装置、雲凝結核計のトラブルのため、ラドン濃度、雲凝結核数濃度は欠測となったが、新たにネフェロメータ、PSAP を用いて散乱・吸収係数を計測した。ここでは、その後の解析結果について紹介する。

2. 方法と結果

2-1. ラドン濃度

2017 年夏季の富士山におけるラドン濃度に対し、測定値とラドン輸送モデルシミュレーション結果を比較した結果、汚染の由来を 4 つに分類できた。その一つとして、日中から夜間にかけてラドン濃度が上昇し続けるパターンがあった。WRF による 1km メッシュのシミュレーション結果と後方流跡線から、日中は谷風による局地由来、日没後は中部山岳などの国内由来の影響が示唆された。そして、3 つの例の共通項として本州全体が高気圧に覆われることが挙げられ、国内・局地気塊が山頂に連続して到達する条件が示唆された。(横山ら, 2019)²⁾

2-2. 新粒子生成

粒径 10~5000 nm の大気エアロゾルの乾燥粒子の個数粒径分布を走査型移動度粒径測定器(SMPS)と光散乱式粒子計数器(OPC)を用いて測定した。得られた粒径分布をもとに、核生成モードのエアロゾルが 1 時間以上にわたって増加し、

粒径が成長する時間を NPF イベント(以下、イベント)と定義した。イベントの発生しやすさを見積もるため、Condensation Sink (CS) を粒径分布から求めた。

富士山頂における全イベントは、2011 年から 2018 年の全観測期間 256 日中 195 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った。またクラス分類を行った結果、Class I が一番多く、日中イベントでは Class I、夜間イベントでは Class II がそれぞれ多い結果となった。

GR は全 195 回のイベント中 40 回で有効な値を示し、1.7~14.7 nm/h となった。また、夜間より日中の GR の値が約 1.3 倍大きいことがわかった。GR を用いた NPF 発生時刻の推定を行ったところ、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た。この結果から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(図1)。(五十嵐ら, 2019)³⁾

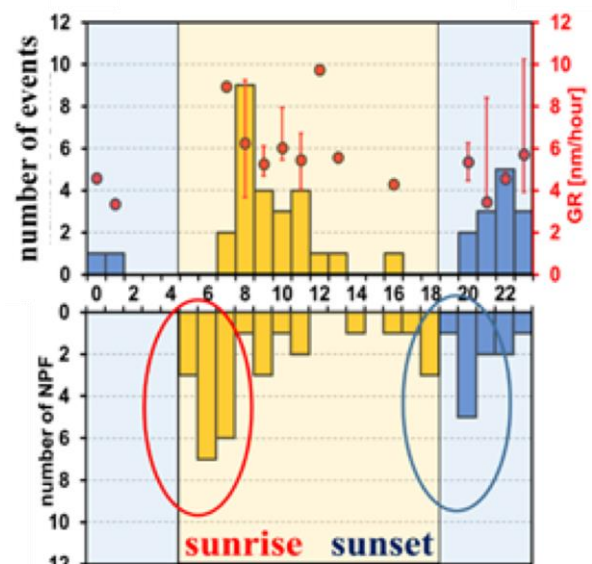


図 1. 2011~2018 年 NPF 発生時刻の推定結果 (上図: GR が算出できたイベントの時刻別発生頻度と GR) (下図: GR から逆算した NPF 発生時刻の推定結果)³⁾

2014 年から 2018 年での富士山麓太郎坊での新粒子生成の経年変化の解析を行った。その結果、2017 年以降 NPF イベントは極端に減少していることがわかった。御殿場市における無機エアロゾルの前駆気体濃度には変化がない

一方で、有機エアロゾルの前駆気体である BVOC 濃度は日中、夜間共にイベントとの相関が見られた。(萩原ら, 2019)⁴⁾

2-3. 個別粒子分析

2018 年夏に山頂と太郎坊においてインパクターで捕集した個別粒子を透過型電子顕微鏡とエネルギー分散型 X 線分析器を用いて、特に黒色炭素粒子(BC)に着目して分析した。その結果、(a)太郎坊では山頂に比べて、BC と混合した粒子が多いことが分かった。(b) 太郎坊における BC の混合状態を図1のように分類したところ、太郎坊では Attachment type が約 80%以上を占めていた。(c) 後方流跡線解析によって、日本上空通過時の高度によって BC との混合状態に違いがみられた可能性が示唆された。(市川ら, 2019)⁵⁾

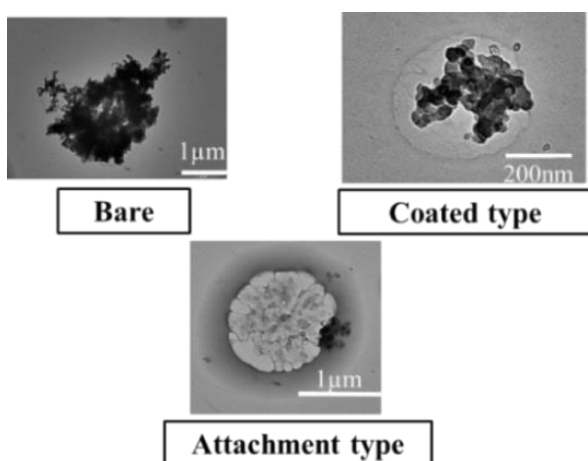


図2 BC 混合粒子の例⁵⁾

2-4. エアロゾル粒子の光学特性

富士山頂及び山麓で OPC とネフェロメータ, PSAP を用いてエアロゾル粒子数濃度, 散乱・吸収係数を計測した。次に、得られた観測値から体積粒径分布, 単一散乱アルベド(SSA)を推定するプログラムを開発した。推定する化学組成は水溶性粒子, すず粒子, 海塩粒子, 鉱物粒子の 4 種類とし、その結果、山頂では水溶性が 78%, すず粒子が 10%を占め、山麓では水溶性が 84%, すず粒子が 12%を占めていた。また、推定された SSA は山頂では 0.71~0.96 で平均値は 0.89 程度、山麓では 0.81~0.97 で平均値は 0.92 程度であった。

図 3 に山頂と山麓における消散係数と SSA を表す。消散係数の時間変化から、21 日山頂における SSA の低下(0.91→0.85)は、すず粒子の消散係数の増大の影響が示唆された。また山麓においては 20 日夜から 21 日午前にかけての SSA の上昇(0.87→0.93)は水溶性粒子の消散係数の増大の可能性が示唆された。(乾ら, 2019)⁶⁾

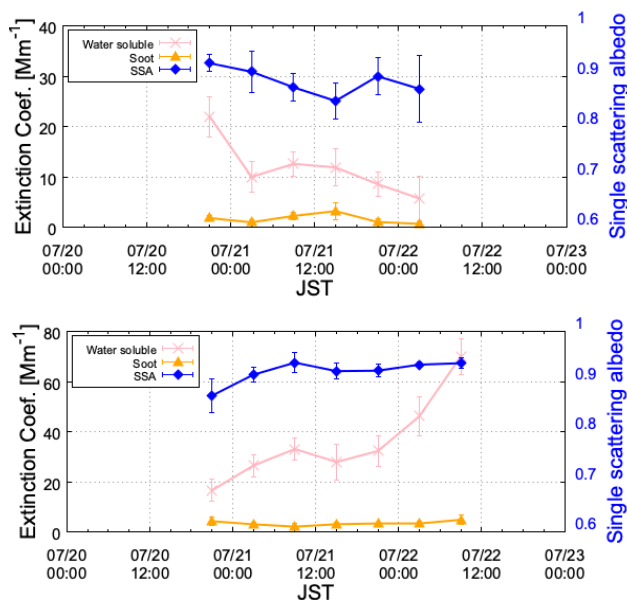


図3 山頂(上)と山麓(下)における消散係数と SSA⁶⁾

謝辞

観測は、認定 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。本研究の一部は、科研費基盤研究 C (22510019, 25340017) (2010~2015 年度), 名古屋大学太陽地球環境研究所「地上ネットワーク観測大型共同研究」(2013~2016 年度), 東京理科大学山岳大気研究部門・大気科学研究部門活動経費・活動補助費(2011~2018 年度), 東京理科大学特定研究助成金(2013~2014, 2016~2017 年度), 京都大学生存圏ミッション研究(2016 年度), 公益財団法人栗井英朗環境財団奨励金(2016 年度)の助成により行われた。

参考文献

- 1) 三浦和彦ら, 第 11 回成果報告会要旨集, 12-13, 2018
- 2) 横山慎太郎ら, 第 12 回成果報告会要旨集, 2019
- 3) 五十嵐博己ら, 第 12 回成果報告会要旨集, 2019
- 4) 萩原大樹ら, 第 12 回成果報告会要旨集, 2019
- 5) 市毛友彬, 第 12 回成果報告会要旨集, 2019
- 6) 乾 諒介, 第 12 回成果報告会要旨集, 2019