富士山体を利用した
自由対流圏高度におけるエアロゾルー雲ー降水相互作用の観測

大河内博[1], 皆巳幸也[2], 片山葉子[3], 米持真一[4]
1.早稲田大学理工学術院, 2. 石川県立大学 生物資源環境学部,
3.東京農工大学農学部共生科学技術研究院, 4.埼玉県環境科学国際センター

1. はじめに

雲はエアロゾルを凝結核として生成し, その成長過程で水溶性ガスを吸収する. 雲粒径が臨界直径より小さければ, 雲粒は消失して気相にエアロゾルを放出するが, この過程を通じてエアロゾル径を増加させるとともに, 水溶性成分を増加させる. 雲粒径が臨界直径より大きければ, 雲粒はさらに液滴成長して併合衝突により雨滴となって地上に落下する. このエアロゾルー雲ー降水相互作用(図 1)は, 地球温暖化とその環境影響の将来予測の観点から注目されている.

本研究では, 昨年度に引き続き, 自由対流圏高度に位置する富士山頂で雨水, 雲水, 水溶性ガス・エアロゾルの連続観測を行い, 日本上空のバックグランド大気濃度の解明を行うとともに, エアロゾルー雲ー降水相互作用について検討した. とくに, 雲粒液滴分布に影響を及ぼすと考えられる大気中フミン様物質の動態, 雲粒生成に関わる諸特性, バイオエアロゾルの実態解明などを目的に, 早稲田大学, 石川県立大学, 東京農工大学, 埼玉県環境科学国際センターの共同観測として行った.

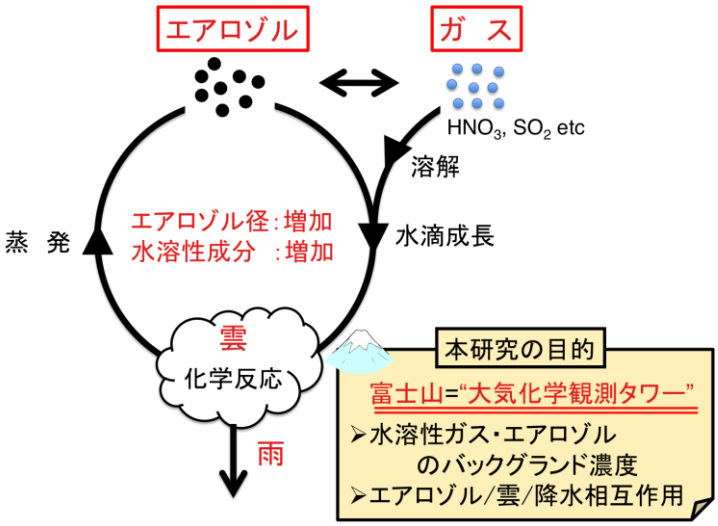

図1 エアロゾル—雲—降水相互作用と本研究の目的

2. 観測期間・観測地点・観測項目

観測期間は富士山頂で 2010 年 7 月 13 日から 8 月 25 日であり, 7 月 13 日～17 日は泊まり込んでの集中観測を行った. 集中観測期間中は富士山頂と富士山麓での同時観測を行った.

観測地点は, 富士山頂(富士山測候所, 3776 m), 富士山南東麓(太郎坊, 1300 m), 富士山北西麓(名大太陽研, 1000 m)である. 観測項目は, エアロゾル物理特性(粒径分布, 光学特性, 吸湿特性), エアロゾル化学特性(水溶性主要無機成分, 水溶性有機物(WSOC), HULIS, PAHs), エアロゾル生物特性(細菌株の同定と細菌数), ガス状物質(VOCs, 酸性ガス, アンモニア), 雲水・雨水・露水中化学成分(主要無機成分, 溶存有機炭素(DOC), HULIS, VOCs)である.

3. 観測結果

1)早稲田大学と石川県立大学との共同観測

図2には、2010年に行った夏季集中観測期間中の富士山頂(3776 m)と富士山南東麓(1300 m)における酸性ガス(SO_2, HNO_3)およびエアロゾル(SO_4^{2-}, NO_3^-)濃度の経時変化を示す。また、比較のために、昨年度の結果も同時に示している。2010年には酸性ガスおよびエアロゾルともに2009年に比べて低濃度

であったが、2009 年、2010 年ともに富士山頂の大気中 SO_2 濃度は富士山麓に比べて高かった。2010 年の関東甲信越の梅雨明けは 7 月 17 日であるが、富士山周辺では 7 月 15 日から天候が回復し、笠雲が晴れた 7 月 16 日には SO_2 濃度の上昇が観測された。7 月 15 日までは海洋大気が卓越していたが、7 月 16 日には大陸からの空気塊が富士山頂に流入しており、SO_2 濃度の上昇は大陸からの汚染大気の流入を示唆していた。この結果は、夏季においても SO_2 を含む汚染大気の大陸からの輸送が重要であることを示している。現在、この他に得られた試料の分析とデータ解析を行っているところである.

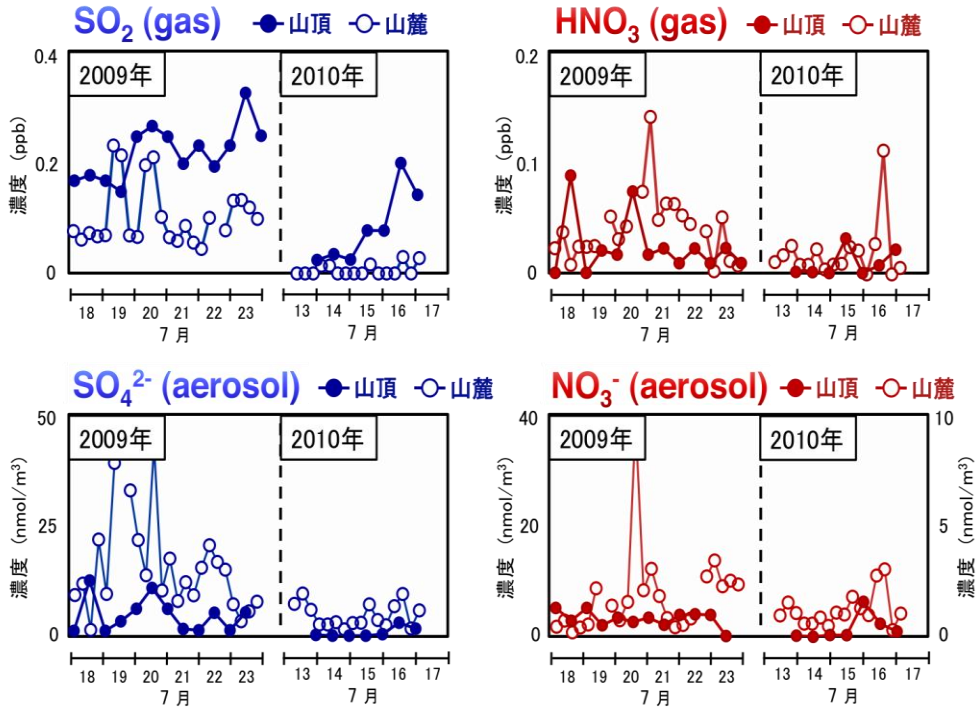

図 2　2009 年、2010 年の夏季集中観測期間中の富士山頂と富士山南東麓における酸性ガスおよびエアロゾル濃度の経時変化

2）東京農工大学の観測 （富士山頂で採取したバイオエアロゾルから分離された細菌について）

現在，大陸で発生したバイオエアロゾルが日本に長距離輸送していることが考えられているが，どのような微生物が日本に長距離輸送しているかについては充分な研究が行なわれていない．本研究では長距離輸送された可能性のある細菌に関する知見を得るために，富士山頂で採取されたバイオエアロゾルから細菌を分離した．バイオエアロゾルの採取は孔径 0.22 μm のポリカーボネートメンブランフィルターを用いて，富士山頂と太郎坊で行なった。採取日時は 2010 年 7 月 15 日～16 日と 20 日～21 日でそれぞれ 0:00～4:00 と 13:00～18:00 の時間帯である．フィルターに採取したバイオエアロゾルは滅菌済み生理用食塩水に懸濁し，4 種類の培地で培養した．培地に生育してきたコロニーを分離し，その細菌から DNA を抽出して，16S rRNA 遺伝子を PCR 法で増幅し，シークエンスによって塩基配列を決定した．その塩基配列を BLAST 検索を行なうことで近縁種の特定を行なった．

富士山頂で採取したバイオエアロゾルで培養可能な菌数は 0:00～4:00 の時間帯は約 1 cfu/m^3，13:00～18:00 の時間帯は 11～93 cfu/m^3 となった．一方，太郎坊で採取したバイオエアロゾルの培養数は 0:00～4:00 の時間帯は 127～1212 cfu/m^3，13:00～18:00 の時間帯は 66～107 cfu/m^3 となった（図 3）.富士山頂での 13:00～18:00 の時間帯の培養可能な菌数が 0:00～4:00 の時間帯より高くなったのは，13:00～18:00 の時間帯は登山者が多く，彼らが巻きあげた土壌粒子と共に土壌微生物が巻きあがり，それらによる影響を受けた可能性が考えられた.富士山頂で 0:00～4:00 の時間帯で採取したバイオエアロゾルから分離された細菌は *Micrococcus* sp，*Bacillus* sp，*Paenibachillus* sp であった（表 1）．現在，その他に分離された 3 菌株について解析中である.

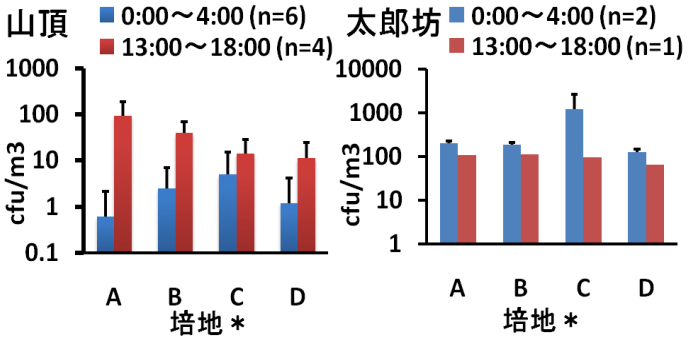

図3 富士山頂及び太郎坊で採取したバイオエアロゾルから形成されたコロニーの数. ＊A:PYG-low培地,B:R2A培地,C:YE培地,D:シュードモナス選択寒天培地

表1 富士山頂のバイオエアロゾルから単離された細菌の近縁種の特定

時間帯	採取日	株番号	近縁種	相同性（%）
0-4	7月16日	2	*Micrococcus* sp	99% (1401/1405)
		3	*Bacillus* sp	98% (1381/1397)
	7月21日	16	*Paenibacillus* sp	99% (1347/1352)
13-18	7月15日	7	*Micrococcus* sp	99% (1391/1404)
		9A	*Moraxella* sp	99% (1380/1381)
		9B	*Enhydrobacter aerosaccus*	99% (1397/1401)
		11	*Moraxella* sp	99% (1308/1411)
		12	*Bacillus megaterium*	99% (1418/1419)
		14	*Lysinibacillus sphaericus*	99% (702/704)
		15A	*Moraxella* sp	99% (1408/1411)
		15B	*Moraxella* sp	99% (1358/1359)
	7月20日	20	*Bacillus cereus*	99% (1381/1382)
		25	*Bacillus megaterium*	99% (1369/1370)
		28	*Mesorhizobium loti*	99% (1376/1378)

3）埼玉県環境科学国際センターの観測

7月25日～8月1日と8月1日～8月7日の2回,アンダーセン・ローボリューム・エア・サンプラーを用いて,大気エアロゾルの粒径別採取を行った。このうち第1回目の捕集は,ポンプのトラブルにより失敗に終わったため,2回目の試料捕集のみを分析の対象とした。なお、本サンプリングは,東京都新宿区,さいたま市,埼玉県加須市および中国上海市で概ね同期させて行っている。特に金属元素に着目し,結果の比較を含めた解析を行う予定である。

謝辞

観測に御協力いただいた山梨大学・小林拓先生，東京理科大学・三浦和彦先生，永野勝裕先生，早稲田大学創造理工学部環境資源工学科大気・水圏環境化学研究室の学生諸君，山頂勤務班の皆様に深謝いたします.

*連絡先：大河内 博(Hiroshi OKOCHI)、hokochi@waseda.jp