

## 中国の PM2.5 と越境する大気汚染 PM2.5 in China and Transboundary Air Pollution

畠山 史郎

Shiro HATAKEYAMA

東京農工大学大学院農学研究院

Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

### 1. はじめに

東アジア地域における急速な経済発展は、石炭・石油を中心とするエネルギー大量消費を伴い、排出される多量の二酸化炭素や NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub> 等の酸性ガス、粒子状物質は、発生源近傍の大気汚染はもとより、周辺国への広域越境汚染、さらには北半球全体にも及ぶ広がりをもって、気候変動にも影響するなど、地域規模～地球規模の大気環境問題の顕在化につながっている。

エアロゾル粒子のうち、ガスの粒子転換により生成する二次粒子は右図のように粒径 2.5 μm 以下の PM2.5 と呼ばれる微小粒径域に存在し、人間の健康に大きく関わっている。アジアでは一次物質による環境汚染が依然深刻であるが、二次粒子やオゾンなどの二次生成物の越境大気汚染も重要な問題となりつつあり、広域な影響評価、地球温暖化対応策と連動した削減方策の提言と実行は喫緊の課題である。

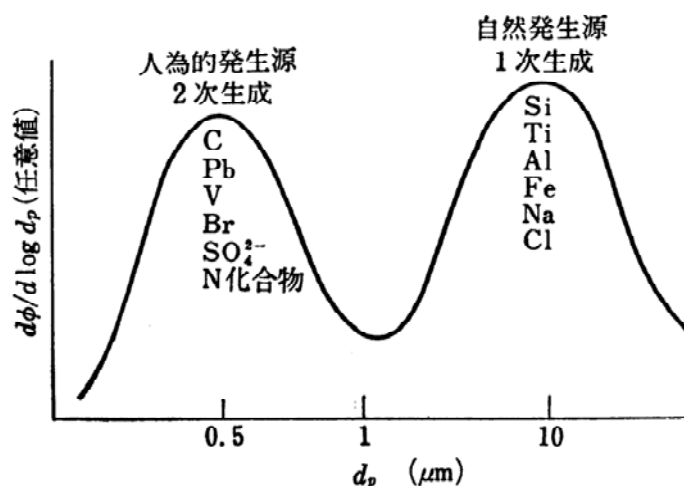


図 1. エアロゾル質量の粒径分布  
(高橋幹二著「応用エアロゾル学」より)

平成 25 年 1 月～2 月に中国の北京を中心とする広い地域で PM2.5 (直径が 2.5 μm 以下の微小な粒子) が日本の環境基準 (1 日の平均値で 35 μg/m<sup>3</sup>) をはるかに超える高濃度で観測されたため、日本でもその影響が広く関心を集めた。筆者はここ 20 年以上にわたり、大陸からの越境大気汚染に関して、飛行機を使った観測を日本と大陸との間の海洋上空や、さらには中国本土上空で行って来ており、また長崎県の福江島や沖縄本島北端の辺戸岬でも地上での観測で大気汚染物質の輸送や変質の過程を解析してきた。また、平成 20 年から平成 24 年度にかけては科学研究費補助金新学術領域研究「東アジアにおけるエアロゾルの植物・人間系へのインパクト」の領域代表として越境大気汚染に関連するエアロゾルの物理と化学、エアロゾルの植物や人間の健康に対する影響などの研究を約 80 人の研究グループとともに進めてきた。

## 2. 地上観測によるエアロゾルの発生源の解析

発生源を考えるときには、エアロゾルがどのようなプロセスから発生したか（発生の起源）と、どの地域で発生したか（発生源地）を考慮することが必要である。

発生の起源を考える上で、エアロゾルの粒径別化学組成は重要な手がかりを与える。エアロゾル化学成分分析のためのエアロゾル捕集は多くの量を必要とするため、ハイボリュームサンプラーによる粒径を分別しない捕集（1日1~2回の捕集）によるか、長時間捕集（1週間に1回程度）によるかいずれかであった。我々は最近開発された比較的大流量のインパクトにより、1日1回程度の捕集で粒径別の化学成分分析を行うことができ、これまでより高い時間分解能でエアロゾルの化学成分を分析した。図2に沖縄本島北端の辺戸岬において測定した粒径別のエアロゾルイオン成分濃度を示す。2.5 μm以上の大粒径粒子には Na<sup>+</sup>や Cl<sup>-</sup>などの海塩が多く含まれるのに対して、1 μm以下の微小粒子は大部分が SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>や NH<sub>4</sub><sup>+</sup>などの人為発生源に由来する物からなっていることが分かる。

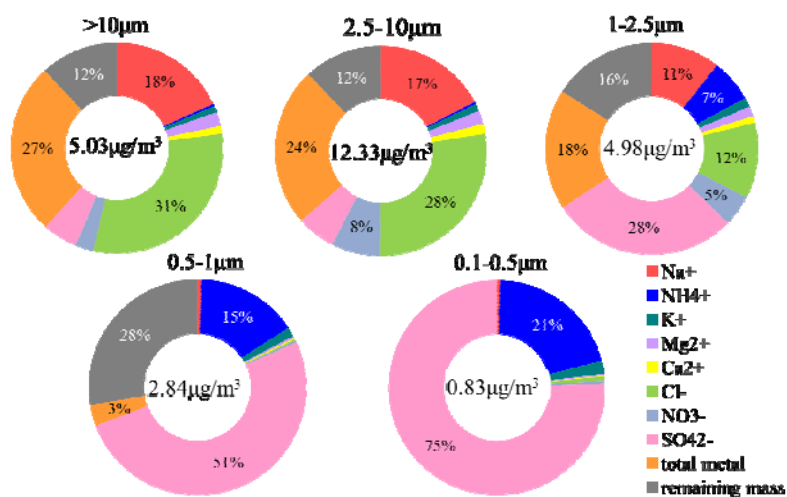


図2. 辺戸岬における粒径別化学成分組成(μg/m<sup>3</sup>)

より、1日1回程度の捕集で粒径別の化学成分分析を行うことができ、これまでより高い時間分解能でエアロゾルの化学成分を分析した。図2に沖縄本島北端の辺戸岬において測定した粒径別のエアロゾルイオン成分濃度を示す。2.5 μm以上の大粒径粒子には Na<sup>+</sup>や Cl<sup>-</sup>などの海塩が多く含まれるのに対して、1 μm以下の微小粒子は大部分が SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>や NH<sub>4</sub><sup>+</sup>などの人為発生源に由来する物からなっていることが分かる。

長距離越境汚染の影響を受けやすい北九州に位置する長崎県福江島と福岡県福岡市の観測サイトにおいて観測されたエアロゾル粒子の発生の起源、および発生源地の推定を統計的手法を用いて行った。エアロゾルの採集は周囲に大規模な人為排出源のない福江島(北緯 32.75 度,東経 128.68 度)、および大都市である福岡市(北緯 33.55 度,東経 130.36 度)の2地点で、ハイボリュームエアサンプラーに PM2.5 インパクトを装着して PM2.5 としての捕集を行った。環境中で変質を起こさないため発生源の良いトレーサーになるとされているエアロゾル中の金属成分を ICP-MS で分析し、解析に用いた。発生源別寄与濃度の推定に用いられる多変量モデル PMF(Positive Matrix Factorization)法を用いて解析を行い、さらに発生源地域の推定には TPSCF(Total Potential Source Contribution Function)解析を行った。

PMF 法によって福江島、福岡市に影響を及ぼす発生源はそれぞれ 6、4 因子と判断した。その各ファクター内成分からそれぞれの発生源を推定した。福江島では海塩(PM2.5 金属元素中で 39.4%)、黄砂(33.9%)、土壌(12.8%)、重油燃焼(6.8%)、石炭燃焼(3.8%)、交通(3.4%)の影響を受けていることが推定された。福岡では黄砂・海塩(63.1%)、重油燃焼(8.0%)、石炭燃焼(16.0%)、交通(12.9%)の影響を受けていることが推定された。