

平成 26 年 5 月 30 日

日本に飛来する大気中の微粒子($PM_{2.5}$)中の金属成分分析に関する研究 ～迅速な $PM_{2.5}$ 観測による詳細な $PM_{2.5}$ 情報提供へ期待～

名古屋大学 太陽地球環境研究所

【概要】

名古屋大学太陽地球環境研究所の松見豊教授のグループによる日本に飛来する大気中の微粒子($PM_{2.5}$)の分析方法と結果に関する研究成果が、国際的な環境科学の論文誌である「Atmospheric Environment」誌に掲載が採択された。リアルタイムにその場で大気中の $PM_{2.5}$ 中の重金属等の化学成分を観測できる装置を開発して、大陸から飛来する $PM_{2.5}$ の観測を行った。 $PM_{2.5}$ 中に鉛(Pb)などの健康へ悪影響を及ぼす重金属成分が微量ではあるが含まれていることを見出し、それらの起源が大陸での石炭燃焼や産業廃棄物燃焼であることを実証した。現在、日本では $PM_{2.5}$ の環境基準は、空気の体積あたりの粒子の重さだけが基準になっており、有害な成分が多いのか単なる砂塵なのか区別されていない。今回開発した装置は、迅速にその場で飛来している大気微粒子中の重金属成分などを測定できるので、将来的には $PM_{2.5}$ 中に含まれる成分の危険度に応じた警戒情報を提供できることが期待される。

図 1、長距離輸送される $PM_{2.5}$



【背景】

大気中に浮遊している PM_{2.5} は健康へ悪影響をおよぼし、地球の温暖化・冷却化に関与しておりその動態を把握することが重要である。近年、東アジア地域の経済発展に伴い中国の都市部などでは高濃度 PM_{2.5} の発生が観測され、偏西風により日本に飛来する PM_{2.5} の影響が危惧されている。そのため、文部科学省科学研究費新領域研究「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」内の計画研究「健康影響が懸念される PM_{2.5} 粒子状物質のわが国風上域での動態把握」により、長距離輸送された PM_{2.5} の化学組成を調べるために、冬から春にかけて様々な装置を用い集中観測を行った。アジア大陸から長距離輸送された PM_{2.5} と日本国内で発生する PM_{2.5} と区別するため、日本の風上域に位置し観測所近辺で PM_{2.5} の人為的発生源が少ない長崎県の離島にて観測を行った（図 1）。松見グループでは 1 つ 1 つの PM_{2.5} 成分をリアルタイムにその場で解析する装置を開発し、個々の PM_{2.5} 中に含まれる化学成分を分析した。PM_{2.5} は発生原因により粒子を構成する化学組成が異なるため、化学組成に関する情報は発生源の推測に役立つ。また、特定の成分を含んだ粒子を選別することができるため、人体への影響の大きな金属成分を含んだものが、どれほど存在するかを明らかにすることができる。そこで、アジア大陸から長距離輸送された PM_{2.5} 中の金属成分に注目して分析を行った。

【研究内容】

一般的なエアロゾルの成分分析では、大気をフィルターに通して吸引することによりフィルター上に PM_{2.5} を収集した後、そのフィルターから成分を抽出・化学分析している。しかし、この方法は、比較的長い吸引時間を必要とし実験室で分析しなければならないので、短時間の大気中の化学的な変動を追いかけることができないことが問題である。松見グループでは、フィルター採取法の問題点を克服できるような新しい粒子の分析装置を開発した。取り込んだエアロゾル粒子に強力な紫外のエキシマレーザーパルス光を照射し、気化した成分をイオン化して質量スペクトラルを計測するというのがこの装置の原理である（図 2）。本装置により一つ一つのエアロゾル粒子の化学組成に関する情報をリアルタイムで得ることができる。また、化学成分と同時に粒子の大きさに関する情報も得るので、成分の粒子サイズ依存性も知ることが可能である。

図 2、装置写真、装置原理

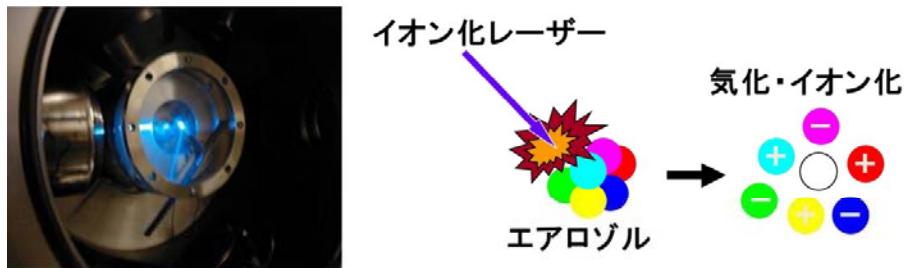


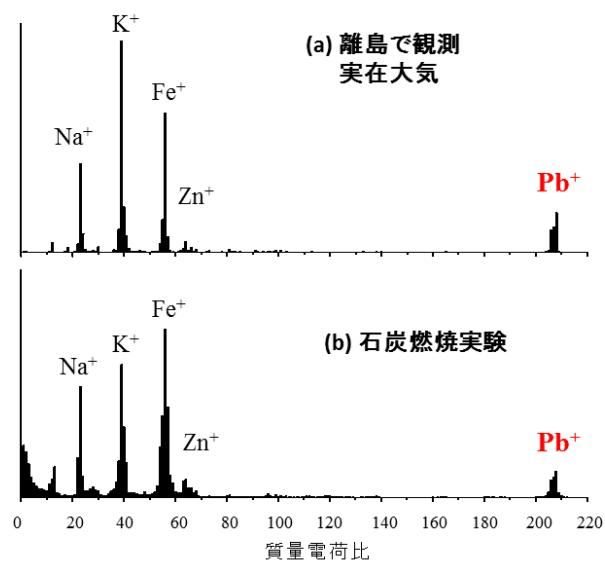
図2、装置写真、装置原理

【福江島でのPM_{2.5}中の鉛成分に関する結果】

春季に行った離島での観測では、フィルター採取したPM_{2.5}中の鉛成分の1日の平均値は、1立方メートルあたり3.9 ng程度とWHOで定められている環境基準値の1立方メートルあたり500 ngよりもかなり低かった。風向により飛来する粒子濃度は変化するが、大陸からの気塊が飛来するときには、平均値の2倍以上の濃度の日も見られた。測定期間中、24時間平均したりアルタイム測定による粒子数と1日ごとのフィルター採取したPM_{2.5}中のPbの重量濃度の経時変化はよく一致したが、本測定装置による短時間の変動を見ると1日の中でも観測粒子数が大きく変化していることがわかった。さらに開発した装置では、1つ1つの化学成分・粒子サイズがわかるため、粒子の発生源を推測することができる。今回観測した鉛を含む粒子の多くは石炭燃焼により発生したことが推測できた(図3)。その他、産業廃棄物燃焼、重油燃焼や土壤粒子などに分類することができ、人為起源による発生が大部分を占めることがわかった。

図3、(a) 実際の大気中で観測された鉛を含むPM2.5粒子の質量スペクトル

(b) 実験室で石炭を燃焼させ発生したPM2.5の質量スペクトル



【成果の意義】

- 現在の大気微粒子すなわち $PM_{2.5}$ の警告基準は、重量濃度の大きさだけで決まっている。これでは、単純な土壌粒子・海塩・水分が 1 立方メートルあたり $70 \mu g$ 飛んでいても、また一方で危険と思われる工場廃棄物の重金属が主成分で $70 \mu g$ 飛んでいても、扱いは全く同じ「危険」の警告レベルである。現在のところ、リアルタイム（その場）で重金属などの化学成分を簡便に測定する装置がなく、 $PM_{2.5}$ の全重量濃度を測る装置に頼っているからである。福江島での観測結果では、1 日の中でも鉛を含む粒子数は大きく変化することがわかった。本装置を用いることで、金属成分の増減をリアルタイムに報告することが可能となり、今後より健康への影響を反映した $PM_{2.5}$ 情報を提供できることが期待される。

$PM_{2.5}$ は様々な発生源に依存した化学組成を持つ。本装置により 1 つ 1 つの粒子の化学組成を知ることで鉛を含んだ $PM_{2.5}$ の多くは石炭燃焼によるものであることがわかった。このような発生原因の解明は、 $PM_{2.5}$ の排出規制対策において重要な指針となりうる。

図4 現状の $PM_{2.5}$ の計測の問題点（1）

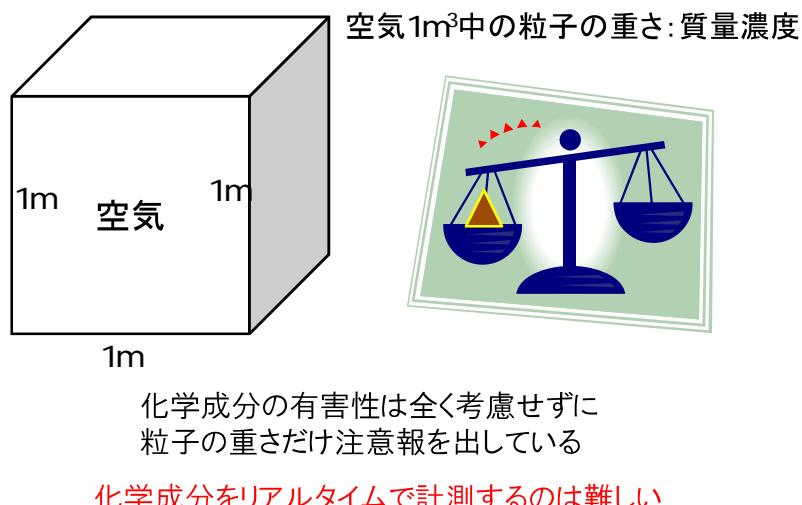
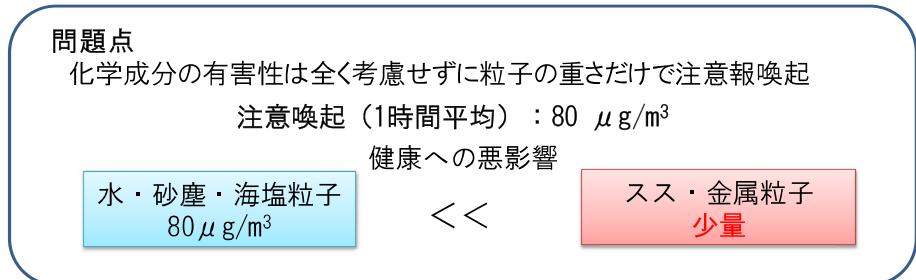


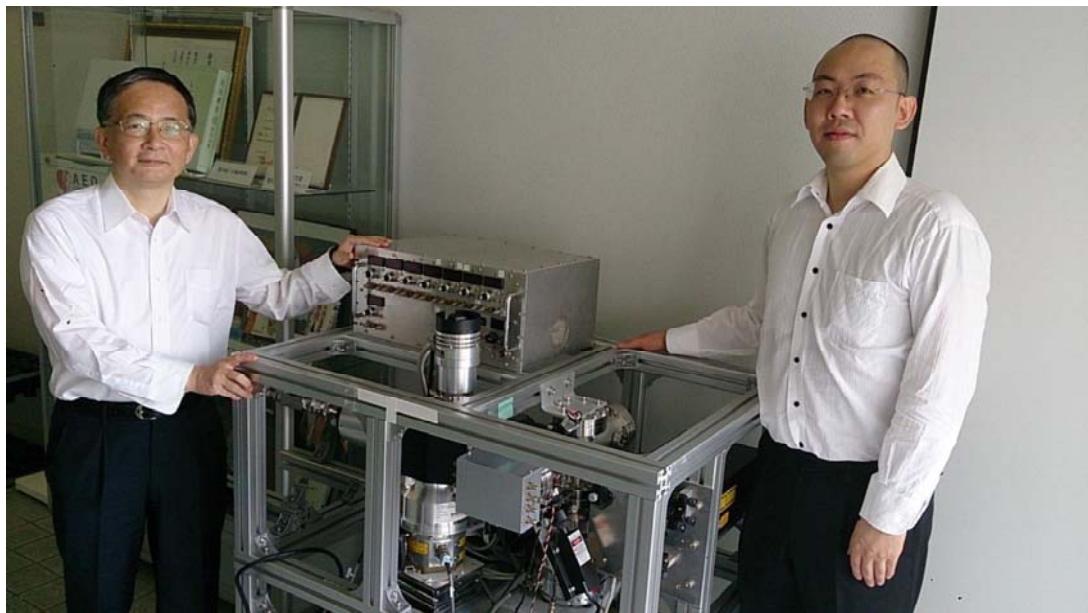
図5 現状のPM2.5の計測の問題点（2）



健康への悪影響の高いPM2.5情報を得るために
PM2.5中に含まれる化学組成を調べなければならない

化学成分をリアルタイムで計測することで迅速
な健康への影響を考慮した情報より望ましい

図6 レーザーでリアルタイムでPM2.5の化学成分・重金属等を測定できる本開発機器



【論文名】

題目 : Characteristics of atmospheric aerosols containing heavy metals measured on Fukue Island, Japan

著者 : 秀森丈寛、中山智喜、松見豊（名古屋大学）、衣川隆、薮下彰啓（京都大学）、大橋勝文（鹿児島大学）、三好猛、伊礼聰、高見昭憲（環境研）、兼保直樹（産総研）、吉野彩子、鈴木亮太、湯本弥生、畠山史郎（東京農工大院農）

掲載誌 : 大気環境科学の国際論文誌 : Atmospheric Environment (オンライン) に 2014 年 5 月 4 日に掲載

【研究チーム】

秀森丈寛、中山智喜、松見豊（名古屋大学）、
衣川隆、薮下彰啓（京都大学）、
大橋勝文（鹿児島大学）、
三好猛、伊礼聰、高見昭憲（環境研）、
兼保直樹（産総研）、
吉野彩子、鈴木亮太、湯本弥生、畠山史郎（東京農工大院農）