

【5-1651】新規採取法及び細胞・動物曝露実験による PM2.5 の健康影響決定要因の同定 (H28～H30)

研究代表者 奥田 知明 (慶應義塾大学)

1. 研究開発目的

微小粒子状物質 (PM2.5) の有害性は物理化学的特性に依存するため、成分組成の相違に着目した健康影響評価研究の推進は喫緊の課題であり、特に、気管支喘息を代表とする呼吸器系や免疫系に対する PM2.5 のリスクに係る信頼性の高い科学的知見の蓄積が求められている。しかし現状では、実環境大気中の PM2.5 粒子全体 (PM2.5 粒子そのもの) を曝露して健康影響を直接評価できる手法はなく、その一部成分の影響が評価されているに過ぎない。その主な理由は、従来の PM2.5 採取法であるフィルター捕集では実環境大気中 PM2.5 を大量に採取できず、細胞や動物曝露に用いることが困難なためである。また、フィルター捕集した粒子を物理的あるいは化学的手法により回収して曝露実験に用いた場合、フィルターそのものに由来する混入物の影響が避けられず、真に PM2.5 の影響評価と見なすには問題が多い。例えば先行研究の結果では、化学的手法による抽出物を曝露実験に用いた場合、フィルター本体の抽出物の影響の存在が示唆されている。さらに、フィルター捕集中に予期せぬアーティファクト、すなわち、ガス状物質の吸着や粒子との化学反応、半揮発性成分の揮散等が起こることも大きな問題である。そこで本研究では、フィルターを用いずに PM2.5 の採取を可能とするサイクロンを基幹技術とした新規装置により得られた PM2.5 粒子全体を用いて化学分析や曝露実験を行うことで、PM2.5 の健康影響を決定する真の要因や化学成分を同定することを目的とする。

2. 研究の進捗状況

サブテーマ (1) では、バーチャルインパクターとサイクロンを組み合わせた PM2.5 と粗大粒子の新規大流量同時採取装置の性能評価を行った。エアロゾルの分級性能は空気動力学径スペクトロメーターまたは走査型移動度粒径測定器等を用いて確認した。本採取装置を福岡、埼玉、および横浜に設置し、3 地点で PM2.5 粒子の採取を開始した。流量は約 1,200L/min とし、1 回につき約 2～3 週間の連続稼働を行った。採取された PM2.5 粒子の元素分析を行った。また、多環芳香族炭化水素類 (PAH) および炭素成分の分析を行った。なお、PM2.5 粒子と並行して採取される粗大粒子についても同様に採取と分析を行った。総合的に、当初計画通りの進捗状況である。

サブテーマ (2) では、横浜市においてサイクロン捕集された PM2.5 と粗大粒子、および NIES CRM#8 (自動車排出粒子、微小粒子リファレンス) と CRM#28 (都市大気粉塵、全浮遊粒子リファレンス) を細胞に曝露し、影響の評価と解析を行った。具体的には、PM2.5 に高感受性、脆弱性を示す免疫系の細胞である骨髄由来抗原提示細胞、気道上皮細胞、および鼻腔上皮細胞を用いた。液性因子や細胞表面分子については、これまでの我々の検討で、呼吸器系・免疫系疾患の病態と相関性が高く、PM2.5 抽出物や成分による変動が認められた指標 (DEC205、CD86、IL-1 β 等) に注目して検討を進めた。総合的に、当初計画通りの進捗状況である。

3. 環境政策への貢献 (研究代表者による記述)

- (a) 今後、粒子状物質の発生源や主要化学組成が異なると考えられる 3 地点 (横浜・埼玉・福岡) において、本装置により試料を採取し化学分析および曝露影響評価を進めることで、PM2.5 の健康影響に対する国内外の要因の寄与を解明し、我が国における将来的な PM2.5 対策、例えば特に健康影響が懸念される物質の監視体制の強化や排出削減対策等に反映させることが期待できる。
- (b) 本研究では PM2.5 と同時に採取された粗大粒子の分析も進めている。これまでのところ、PM2.5 と粗大粒子ではそれぞれ細胞曝露実験の結果が異なる場合が多く、PM2.5 よりも粗大粒子の方がより影響が強い場合も散見された。このことは、粒子状物質の健康影響を考える上では PM2.5 のみならず粗大側の粒子にも着目する必要を示すものであり、今後の環境政策の方向性を検討する

際の示唆が得られると言える。

- (c) 本法の有用性が実証され、公的機関の認証を受けることができれば、大気観測や健康影響評価の分野で新たな市場が発生する。現在我が国における浮遊粒子状物質濃度の公的観測地点は全国で1500箇所を超えており、研究機関による需要も考慮すると、将来的には数千箇所規模の市場発生が見込まれる。また本法は世界的にも新規性・独自性が高いことから、国際標準や認証取得を視野に入れることで、国内のみならず国外にも市場が広がり、特に大気汚染の激しい地域では需要が高まることが予想される。これらの総合的な環境産業の創出と発展により、国内外におけるPM2.5の採取・分析・健康影響評価が進むことによってPM2.5の健康影響決定要因が個々の化合物レベルまで解明されれば、我が国のみならず世界的なPM2.5対策の有効性と効率性の向上に多大な貢献をすることができる。
- (d) 粒子の一部ではなく、粒子全体を用いた曝露・影響評価が可能となったこと、抽出操作等が不要になりハンドリング性が向上したことは、粒子状物質の健康影響評価を正確かつ効率的に行うために、非常に重要な成果であると考えられる。
- (e) PM2.5に代表される浮遊粒子状物質の健康影響評価を進める上では、従来法であるフィルター法を用いている限り、十分な量の試料確保と採取中のアーティファクトが大きな障壁である。本研究で用いるサイクロン方式の新規採取装置により、これらの問題を同時に解決できる可能性が示された。特に、従来法と比較して約数十倍の試料量確保が可能となったことで、細胞曝露実験がより効率的に行えるようになり、さらに従来検出が困難であった微量化学成分を分析することも容易になることが期待できる。
- (f) PM2.5粒子を大量に粉体として採取できる本法は、成分分析の精度管理のためのPM2.5標準粒子の作製法としての応用も期待できる。現在、一般に入手可能なエアロゾルの標準粒子としては、NISTのSRM1649bや国環研のCRM#28等がある。しかし、前者は米国の、後者は中国北京市のエアロゾル粒子であり、国内で採取されたエアロゾルの標準粒子が存在しておらず、国内の特にPM2.5の標準粒子の潜在的な需要は高い。

4. 委員の指摘及び提言概要

PM2.5粒子全体を動物・細胞に曝露させるところにユニークさがある。順調に研究が進んでいると見られる。サイクロンとフィルターで化学組成が異なるところが注目される。

サイクロン捕集の有用性を生かし、詳細な成分組成の解明が望まれる。フィルター捕集とサイクロン捕集とを同時に実施して、比較試験（細胞・動物曝露）を実施すべきではないか。

5. 評点

総合評点：A