

【5RF-1302】環境ナノ粒子を介した有機汚染物質の人体曝露に関する研究（H25～H27；累計予算額 35,703 千円）

鳥羽 陽（金沢大学）

1．研究実施体制

（1）環境ナノ粒子を介した有機汚染物質の人体曝露に関する研究（金沢大学）

2．研究開発目的

本研究は、環境ナノ粒子（PM_{0.1}）を含めて PM_{2.5} を 4 段分級できる世界初の携帯型ナノ粒子個人サンプラーを開発し、様々な生活環境（微小環境）において開発したサンプラーを使用してヒトに対するナノ粒子及びナノ粒子中の有害有機物の曝露量を測定し、サンプラーの実用性を評価すると共に、評価対象とする微小環境のナノ粒子曝露量の違い、有機汚染物質組成や燃焼発生源の寄与、PM_{2.5} に対するナノ粒子の寄与度を明らかにすることを目的とする。具体的には以下の項目について実施した。

- (1) 様々な生活環境や多数の被験者を対象としたナノ粒子個人サンプラーの性能評価
- (2) 実用性を高めるためのサンプラーの改良と応用
- (3) 有機汚染物質のナノ粒子から PM_{2.5} までの粒径分布の解明
- (4) 環境ナノ粒子に対する発生源寄与度の解明
- (5) 環境ナノ粒子に由来する有機汚染物質のバイオマーカーの開発と評価

上記の研究成果から、新たなナノ粒子個人曝露評価法を提供し、環境ナノ粒子をキャリアーとする有機汚染物質の健康影響に直結する知見を得て、将来的な環境基準 PM_{0.1} を考慮する上で環境政策上有用な情報を提示することを最終目標とする。

3．本研究により得られた主な成果

(1)科学的意義

- 1) 環境中のナノ粒子を捕集できる小型、軽量の携帯型個人（PNS）サンプラーは存在しなかったが、本研究の成果により、世界初の実用的な携帯型ナノ粒子個人サンプラーの開発に成功した。
- 2) 個人サンプラーで捕集できる粉じんはごく微量であることから、従来の分析法では PAH、NPAH 及び PAHQ の分析が困難であったが、新たな分析法の開発により、環境中で捕集されるナノ粒子中の PAH 関連物質の測定が可能となった。
- 3) タクシー車内や大規模交差点近傍のような自動車排ガスの発生源直近の微小環境では、発生したナノ粒子が凝集した粒子だけでなく、ナノ粒子自体を介して有機汚染物質に曝露する可能性が極めて高いことが本研究で開発した PNS サンプラーにより初めて明らかになった。
- 4) タクシー車内で捕集した PM 試料について 37 種類の PAHQ を定量し、自動車排ガス由来の PAHQ と大気内二次生成が優位な PAHQ が存在することが初めて明らかとなり、本研究で開発した PAHQ の高感度分析法の有用性が明確になった。
- 5) PNS サンプラーにより、捕集時間を 48 時間とすることで日常生活において特別な曝露がない状況でも、ナノ粒子の個人曝露評価を行うことができ、また有機汚染物質を確実に測定できることが分かった。
- 6) PNS サンプラーの携帯性を活かして、大型船舶から排出されたナノ粒子を海上で捕集し、有機汚染物質を測定した結果、大型船の排気ガスにナノ粒子が含まれ、海上でディーゼル排ガスの特徴を示す有機汚染物質組成が観察された。
- 7) 調理過程において発生するヒュームがナノ粒子とそれを介した有機汚染物質の曝露源であることが明確になった。
- 8) 生活環境の中には、ナノ粒子を介した有機汚染物質曝露と毒性の観点で重要と考えられるナ

ノ粒子 (PM_{0.1}) の寄与の高い微小環境 (ホットスポット) が存在し、本研究で開発した PNS サンプラーがそのような環境の評価に有用であることが判明した。

- 9) 活性酸素を生成する代表的な PAHQ で、かつ環境中濃度の高い PQ に着目し、そのヒト尿中代謝物 (PQHG) を世界で初めて同定・定量し、PQHG は、PQ 及び PAHQ の曝露量を評価するバイオマーカー候補として期待できる。

(2) 環境政策への貢献

< 行政が既に活用した成果 >

厚生労働省が中央労働災害防止協会に委託している事業 (化学物質に関する安全衛生対策事業) の中に「ナノマテリアル測定手法等検討分科会」があり、個人曝露測定法の検討の一環としてナノマテリアル製造現場 (平成 25、26 年度) 及び粉体塗装工場 (平成 27 年度) において PNS サンプラーを使用した個人曝露測定を実施した (金沢大学理工研究域環境デザイン学系 古内 正美教授により実施、平成 26 年度業績評価報告書に記載)。

< 行政が活用することが見込まれる成果 >

ナノ粒子を捕集できる携帯型個人サンプラーを初めて開発したことは、これまで比較的大型の装置を用いて定点観測しかできなかったナノ粒子の捕集が場所を選ばずに、一般的な生活環境である交差点近傍や家庭内、ナノ粒子を取り扱う工場内等の様々な微小環境においてナノ粒子捕集を行えることを意味する。また、個人曝露評価用のサンプラーとして使用できるため、今後疫学的な研究への利用が期待できる。ナノ粒子の曝露量評価は、リスク評価を行う上で最も重要であり、本研究で開発したナノ粒子サンプラーの活用により様々な環境下でのナノ粒子曝露の実態が今後明らかになると考えられる。本研究により、発生源直近の微小環境において、ナノ粒子 (PM_{0.1}) を介して有機汚染物質への曝露が起こり得ることが明らかとなっており、そのことは PM_{2.5} に含まれるナノ粒子について健康影響等の議論の対象にする必要があることを示唆している。

4 . 委員の指摘及び提言概要

PM_{0.1} まで分級した粒子濃度を測定は、ナノ粒子を含めた粒子状物質の環境・健康リスクを考察するために重要であり、携帯型の個人サンプラーを開発し、その基礎性能を評価したことは評価できる。今後実用化が図られれば、有効なツールとなると期待される。今後、本サンプラーを用いてのデータ収集と分析結果の蓄積で、有機汚染物質のナノ粒子への分布量の解明、ヒトに対する生体内曝露量評価、等につながるものと思われる。

5 . 評点

総合評点 : A