

審査の結果の要旨

氏名 ヤッパンシヤイ  
~~ペンシヤイペツ~~

本論文は、環境汚染物質として多環芳香族炭化水素類 (PAHs) を取り上げ、PAHs の雨天時流出や水環境中への蓄積に着目して、その排出量を最終的に制御するために必要となる道路粉塵中の PAHs 起源解析を行った研究である。この起源解析において各発生源の PAHs プロファイルの特徴を利用することを考え、各種発生源の PAHs プロファイルの文献値に加えて、独自に分析したデータを多数蓄積して整理している。そして、東京都内の側溝粉塵中 PAHs の起源解析を行うことを具体的な目的として、1) 想定される PAHs 排出源の PAHs プロファイルの特性を評価すること、2) 粒径別道路側溝粉塵の PAHs プロファイルの特徴解析を行うこと、3) 道路側溝粉塵中の PAHs における各排出源の寄与の定量的な解析を行うとともに、道路の交通条件と各寄与量との関連性について考察を行った研究論文である。論文は、7章より構成されている。

第1章では、研究の背景と目的、および論文構成を述べている。

第2章では、既存知見として、PAHs の構造や排出源、環境中における存在量、道路粉塵中の PAHs と水環境汚染との関わり、環境汚染物質の起源解析手法の整理を行っている。

第3章では、既存の PAHs 分析文献データの取りまとめを示し、新たに調査した排出源の試料およびデータの採取方法、側溝粉塵試料の採取方法や対象とした道路の交通条件、また試料中の PAHs 分析方法および分析精度に関して記述している。特に、雨天時に流出する粉塵を意識して、興味ある湿式での採取方法を検討している点は評価できる。

第4章では、多種多様な PAHs 排出源について、PAHs プロファイルの文献データについて調査を行い、US-EPA の 16PAHs データが文献値としても多く存在していることから、文献値と本研究での分析値を合計して排出源 189 データを整理している。そのうち溶解性および分解性が比較的低く側溝粉塵試料中での存在割合が安定している 12PAHs 成分のデータを取り上げ、それを対象に統計的な手法によりプロファイルの特徴解析を行っている。まず、プロファイルデータに主成分分析を適用して、共通した特徴を主成分として抽出したのち、その主成分係数の類似性をクラスター解析により評価して類型化を行うことで、より明確な特徴を有する 11 グループの排出源プロファイルを見出している。そして、この類型化された排出源プロファイルが主要な「ディーゼル車排気物」、「ガソリン車排気物」、「タイヤ」、「舗装&アスファルト」などの代表的な排出源プロファイルであることを読みとっている。

第5章では、交通条件の異なる 9 本の都内道路において、側溝粉塵 45 試料を湿式回収法により採取したのち、ジクロロメタンを溶媒とした超音波抽出法により試料中から PAHs を回収して、GC/MS により定量した結果を整理している。道路側溝粉塵試料の多くは、Ph, Fr, Py, Bpe がそれぞれ約 10%以上の存在割合を示すこと、粉塵試料の PAHs プロファイルは 8 パターンに分類でき

たものの、側溝粉塵の 12-PAHs プロファイルを単純に道路別の特徴として示すことが難しいと結論付けている。さらに、ステンレスメッシュを利用して粒径別 4 画分 (0.1-45 $\mu\text{m}$  画分, 45-106 $\mu\text{m}$  画分, 106-250 $\mu\text{m}$  画分, 250-2,000 $\mu\text{m}$  画分) に分画した試料についても解析対象としている。粒径別の粉塵堆積量や PAHs 堆積量, さらに単位粉塵重量あたりの PAHs 含量などの特徴を整理したところ, 粒径別 PAHs 堆積量などの指標の大小関係やプロファイルに明確な傾向が見出せないことから, 単純に道路ごとでの特徴はないことを報告している。

第 6 章では, 類型化された 11 の排出源グループの PAHs プロファイルを説明変数とし, 道路側溝粉塵の未分画試料 (23 試料) とその粒径別画分試料 (92 試料) について変数増加法に基づいた重回帰分析を行い, 各排出源グループの寄与率を求めて PAHs の起源推定を行っている。全体的には, 側溝粉塵試料の多くで「舗装材&アスファルト」, 「タイヤ」および「ディーゼル車排気物」の 3 排出源グループの合計寄与率が高いことを示した。これにより, 交通条件の異なる道路においても側溝粉塵試料中の主たる PAHs は, 従来多く認識されている自動車排気物と同様に, 舗装材やタイヤも重要な PAHs 排出源である可能性を定量的に示唆している。

粒径別画分試料についても同様な排出源寄与率推定を行ったところ, 環八通りの試料では, 粒径によらず「ディーゼル車排気物」を主排出源とする特徴的な結果が得られたものの, 同一路でも排出源寄与率パターンが粒径別画分ごとに大きく異なる場合があることを示した。結果として, すべての道路に共通した画分ごとの寄与率パターンの特徴を見出すことができず, 粒径の相違以上に道路状況や採取日の違いが重要な寄与率決定支配因子であることを推察している。

交通条件との関連性の視点からは, 排出源寄与率パターンは自動車走行量 (台/日) に依存せず, 大型車混入率または舗装の構造の影響を大きく受けることを推察した。特に, 「ディーゼル車排気物」と「舗装&アスファルト」及び「タイヤ」の両排出源グループとの間に関連性があることが読み取れたことから, 大型車混入率が, 「ディーゼル車排気物」の寄与率, 「タイヤ」および「舗装材&アスファルト」の寄与率に大きい影響を及ぼすと考察している。

第 7 章では, 各章で述べた本研究の成果の取りまとめと今後の課題や展望を整理している。

以上の成果は, 環境中の毒性物質として注目されている PAHs の発生源管理や汚濁削減の視点から研究を行い, 多種多様な文献値や新規分析データに対して主成分分析とクラスター解析と組み合わせた方法で PAHs 排出源プロファイルの類型化を行っている。そして, その想定排出源プロファイルを説明変数として, 重回帰分析を適用することで起源推定を行う手法を提案している。また, 多くの道路粉塵試料を粒径別に分画した上で化学分析を施し, 貴重な環境モニタリングデータを提供している。これらの知見は, 都市内の道路交通由来の PAHs 汚染実態を把握して, その汚濁削減を検討する上で非常に有用な貴重な知見を提供しており, 都市環境工学の学術の進展に大きく寄与するものである。

よって, 本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。