OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Experimental and Numerical Investigation of PM2.5 Source Contribution in Hanoi, Vietnam
Author(s)	Le Quang, Huong
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/105465
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name （LE HUONG QUANG）	
Title	Experimental and Numerical Investigation of $PM_{2.5}$ Source Contribution in Hanoi, Vietnam (ベトナム・ハノイにおける$PM_{2.5}$発生源寄与に関する実験的および数値的調査)

Abstract of Thesis

This dissertation investigates the sources, composition, and dynamics of fine particulate matter ($PM_{2.5}$) in Hanoi using a combination of field measurements, receptor modeling, and chemical transport modeling. Chapter 1 introduces the scientific background, highlighting the health and environmental impacts of $PM_{2.5}$, the specific challenges in Hanoi, and the research gaps motivating this study. The objectives were to characterize $PM_{2.5}$ chemical composition, identify its major sources through receptor modeling, and quantify sector-specific source contributions using chemical transport modeling.

In Chapter 2, a comprehensive organic chemical characterization of $PM_{2.5}$ was performed across three sites representing urban traffic, industrial, and agricultural areas. Using GC–MS and AIQS-DB, a total of 288 organic compounds across 19 classes were identified, including PAHs, solvents, industrial plasticizers, antioxidants, petroleum-related species, and pesticides. The results revealed site-specific chemical signatures, indicating diverse emission sources ranging from traffic and industry to agricultural and residential activities.While Chapter 2 was initially designed with the expectation that trace organic species could serve as diagnostic markers for PMF source profiles, their relatively low abundance limited their applicability in the present receptor analysis; nevertheless, the detailed organic speciation established in this chapter provides a valuable foundation for future PMF studies incorporating organic tracers.

Building on the compositional features identified in Chapter 2, Chapter 3 applied the Positive Matrix Factorization (PMF) as a receptor model to apportion sources of $PM_{2.5}$. Six major factors were resolved: secondary sulfate, secondary nitrate, traffic, industry, biomass burning, and crustal dust. Secondary inorganic aerosols dominated, accounting for more than half of $PM_{2.5}$ concentrations. Primary contributions from traffic (~15–20%), biomass burning (~10%), and industry (~10–12%) were also significant. Seasonal analysis highlighted stronger transboundary influences in winter and greater local contributions in summer, while spatial analysis showed roadside enrichment in traffic-related pollutants.

In Chapter 4, the Community Multiscale Air Quality model with the Integrated Source Apportionment Method (CMAQ-ISAM) as a chemical transport model was employed to trace contributions from specific sectors. Results showed household combustion as the largest contributor (~31%), followed by long-range transport (~23%), industry (~15–16%), and episodic open biomass burning (~5%). Traffic (~3–4%) and power plants (~2%) contributed smaller shares. The model emphasized the importance of transboundary inflow as a baseline pollution source, complementing the receptor-based results and providing sector-specific attribution.

Finally, Chapter 5 presents the general conclusions. The integrated approach of combining detailed chemical speciation, PMF receptor modeling, and CMAQ-ISAM simulations provided a robust and cross-validated assessment of $PM_{2.5}$ sources in Hanoi. Findings confirmed that secondary aerosols and combustion-related activities dominate fine particulate pollution, with strong seasonal and spatial variability. Beyond identifying priority emission sources, this dissertation discusses policy implications that focus not only on reducing specific sectoral emissions but also on how such reductions can be practically realized. These include promoting cleaner household energy use, improving regional coordination to mitigate transboundary pollution, refining emission inventories, and integrating scientific source apportionment results into adaptive air quality management strategies. This dissertation demonstrates the value of combining observational and modeling methods for air pollution source apportionment and establishes a scientific foundation for future studies of atmospheric composition in Southeast Asian megacities.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（ LE HUONG QUANG ）		
	（職）	氏　名
論文審査担当者	主 査　教授　嶋寺　光 副 査　教授　増井　利彦 副 査　准教授　山口　容平	

論文審査の結果の要旨

ベトナム・ハノイでは、東南アジアの主要都市の中でも微小粒子状物質（$PM_{2.5}$）による大気汚染が特に深刻な状況であり、健康への悪影響が懸念されている。大気中動態が複雑な二次生成物質を含む $PM_{2.5}$ の効果的な濃度低減対策を立案するためには、様々な原因物質の発生源からの $PM_{2.5}$ 濃度への寄与（発生源寄与）の情報が不可欠となる。しかしハノイにおいては $PM_{2.5}$ 発生源寄与解析に関する先行研究が限られているため、長期間にわたって多様な化学組成・発生源を対象とした包括的な $PM_{2.5}$ 発生源寄与解析が求められる。本論文は、ハノイにおいて環境測定、レセプターモデル、大気化学輸送モデルを駆使して実施した一連の $PM_{2.5}$ 発生源寄与解析についてとりまとめたものである。本論文で得られた主な成果は以下の通りである。

（1）環境測定によって、ハノイの幹線道路沿道、工業地域、農業地域の各土地利用における $PM_{2.5}$ 微量有機成分の発生源特性を明らかにしている。$PM_{2.5}$ 中微量有機成分濃度の定量に Automated Identification and Quantification System（AIQS）を適用した先進的な事例であり、多感芳香族、溶剤、可塑剤、酸化防止剤、石油関連、農薬などの 19 グループ、288 種の有機化合物の同定に成功している。本手法による $PM_{2.5}$ 中微量有機成分測定結果は、$PM_{2.5}$ 発生源プロファイル推計への活用も期待できる。

（2）環境測定によって、ハノイにおいて測定データが限られる $PM_{2.5}$ イオン成分および金属成分の濃度を 2022 年から 2023 年にわたって取得しており、$PM_{2.5}$ 汚染の季節変動を詳細に把握できる貴重なデータが得られている。また、得られたデータを入力条件として、レセプターモデルの Positive Matrix Factorization（PMF）によって、$PM_{2.5}$ 発生源寄与解析を実施している。その結果、二次硫酸塩、二次硝酸塩、交通、バイオマス燃焼、産業、土壌性ダストに主に由来すると解釈できる 6 つの $PM_{2.5}$ 発生源プロファイルが得られ、これらがハノイにおける $PM_{2.5}$ の主要発生源であることを示唆している。

（3）発生源寄与解析手法のタグ付きトレーサー法 Integrated Source Apportionment Method が組み込まれた大気化学輸送モデル Community Multiscale Air Quality（CMAQ-ISAM）によって、ハノイにおける $PM_{2.5}$ 質量および主要イオン成分を対象に、家庭、道路交通、その他移動発生源、産業、発電、その他人為起源、屋外バイオマス燃焼、自然起源、長距離輸送の 9 部門について $PM_{2.5}$ 発生源寄与解析を実施し、特に家庭、長距離輸送の寄与が大きいことを明らかにしている。また、PMF と CMAQ-ISAM の結果を相互比較することで、共通する発生源については結果の不確実性を評価でき、PMF において詳細な由来が不明な発生源については解釈を深められる（例：二次硫酸塩、二次硝酸塩に対する長距離輸送の寄与が大きい）ことを示している。ハノイにおける $PM_{2.5}$ 発生源寄与解析としては、大気化学輸送モデルによる $PM_{2.5}$ 成分の解析、またレセプターモデルと大気化学輸送モデルの相互比較を行った初の事例であり、大きな価値がある。

以上のように、本論文は、環境エネルギー工学、特に大気科学・大気化学分野の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。