

# BC4 タグ付きトレーサー法を用いた 2022 年ハノイにおける PM<sub>2.5</sub> の部門別発生源解析

Sector-Specific Source Apportionment of PM<sub>2.5</sub> Concentrations in Hanoi in 2022 Using the Tagged Tracer Method

共生環境評価領域

08E20039 末包有里 (Yuri SUEKANE)

**Abstract:** Hanoi is one of the most polluted capital cities in the world by PM<sub>2.5</sub>. This study determined the main contributors of PM<sub>2.5</sub> and its components in Hanoi in 2022 by source apportionment with an air quality model and tracer method. The source apportionment approach revealed that long-range transport was the primary source of PM<sub>2.5</sub> in December, the month with the highest PM<sub>2.5</sub> concentrations, accounting for 37%. In addition, domestic and industry sectors were substantial contributors of PM<sub>2.5</sub> throughout the year. For the PM<sub>2.5</sub> component, the results indicated that long range transported HNO<sub>3</sub> reacted with locally emitted NH<sub>3</sub> to form NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.

**Keywords:** PM<sub>2.5</sub> concentrations, Source apportionment, Tracer method, Air quality simulation

## 1. はじめに

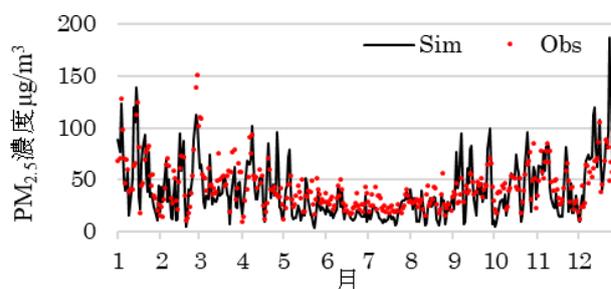
ベトナムの首都ハノイでは、人口増加と都市の発展に伴い PM<sub>2.5</sub> による大気汚染が深刻な問題となっている。複数物質で構成され複数の発生源から排出される PM<sub>2.5</sub> による汚染を効果的に把握する方法の一つが、トレーサー法を用いた部門別発生源寄与の解析である。Nguyen ら<sup>1)</sup> は、ハノイ周辺領域においてトレーサー法を用いてハノイにおける PM<sub>2.5</sub> の発生源寄与割合を解析し、主な原因は広域輸送と農業であるとした。しかし、ハノイでは PM<sub>2.5</sub> 成分濃度についてはいまだトレーサー法を用いた発生源寄与解析が行われていない。そこで本研究ではトレーサー法が実装されている大気質モデルを使用し、ハノイにおける PM<sub>2.5</sub> およびその成分の部門別発生源寄与を解析した。

## 2. 計算方法

気象モデルとして WRFv4.3、大気質モデルとして CMAQv5.3.3、トレーサー法として CMAQ に実装されている ISAM を用いた。計算期間は 2022 年の 1 年間とし、計算領域は水平格子解像度 45 km 及び 15 km のアジア広域及びインドシナ半島周辺域とした。排出量は人為起源排出に REASv3.2.1 及び HTAPv2.2、バイオマス燃焼に GFAS、植生起源に MEGANv2.04 を用いた。トレーサー法の発生源部門は自然、屋外バイオマス燃焼、家庭、工業、電力、道路交通、非道路交通、農業等のその他人為起源、広域輸送に分類した。まず、CMAQ における 2022 年ハノイの PM<sub>2.5</sub> およびその成分濃度の再現性を評価した。その後、PM<sub>2.5</sub> およびその成分の部門別発生源寄与を解析した。

## 3. 結果

2022 年の日平均 PM<sub>2.5</sub> 濃度の変動を図 1 に示す。CMAQ は経時変化の傾向を良好に再現していた (相関係数 0.73)。図 2 に夏季 (6 月) と冬季 (12 月) の発生源部門別 PM<sub>2.5</sub> 濃度、図 3 に最も PM<sub>2.5</sub> 濃度の高かった 12 月の PM<sub>2.5</sub> 前駆物質 (HNO<sub>3</sub>、



NH<sub>3</sub>) と成分 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、POA (一次有機エアロゾル)、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) の12月の発生源部門別寄与割合を示す。PM<sub>2.5</sub>濃度は6月 (17.3μg/m<sup>3</sup>) より12月 (69.7μg/m<sup>3</sup>) の方が高かった。部門別では、家庭部門は通年的に寄与が大きかった (約10~20μg/m<sup>3</sup>)。12月にPM<sub>2.5</sub>濃度が高い要因として広域輸送 (25.6μg/m<sup>3</sup>)、家庭 (20.1μg/m<sup>3</sup>)、工業 (7.8μg/m<sup>3</sup>) の寄与が大きく、それぞれ12月のPM<sub>2.5</sub>濃度の37%、29%、11%を占めた。広域輸送の成分はNO<sub>3</sub><sup>-</sup> (8.9μg/m<sup>3</sup>) が最も多かったが、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の対となるNH<sub>4</sub><sup>+</sup>については広域輸送の寄与が小さくこれらの前駆ガスについても同様の傾向だったことから、周辺地域から運ばれてきたHNO<sub>3</sub>が領域内で排出されたNH<sub>3</sub>と反応したと考えられる。図4に12月のPM<sub>2.5</sub>濃度に対する主要部門寄与の空間分布を示す。広域輸送は北東部の濃度が高く、季節風による中国からの越境輸送が顕著である。家庭、工業部門は都市において局所的に濃度が高く、各部門のハノイの寄与はローカル発生源から排出されたものだと考えられる。

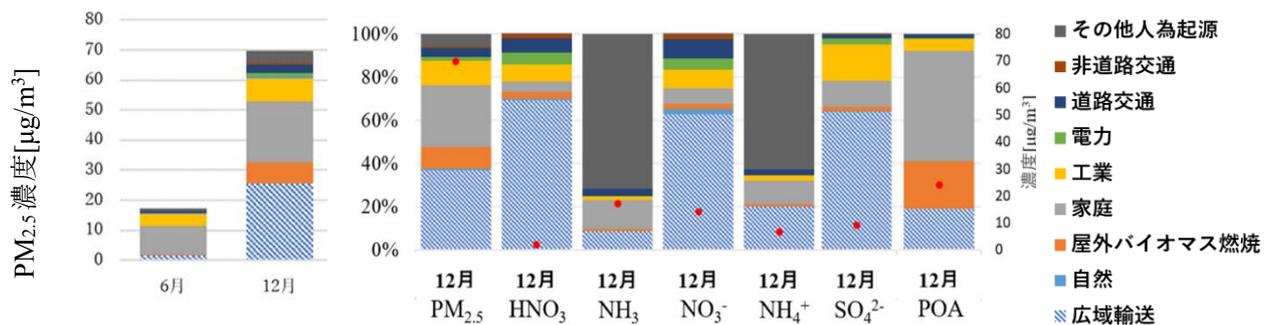


図2 部門別PM<sub>2.5</sub>濃度

図3 各成分の部門別寄与割合 (・は濃度を示す)

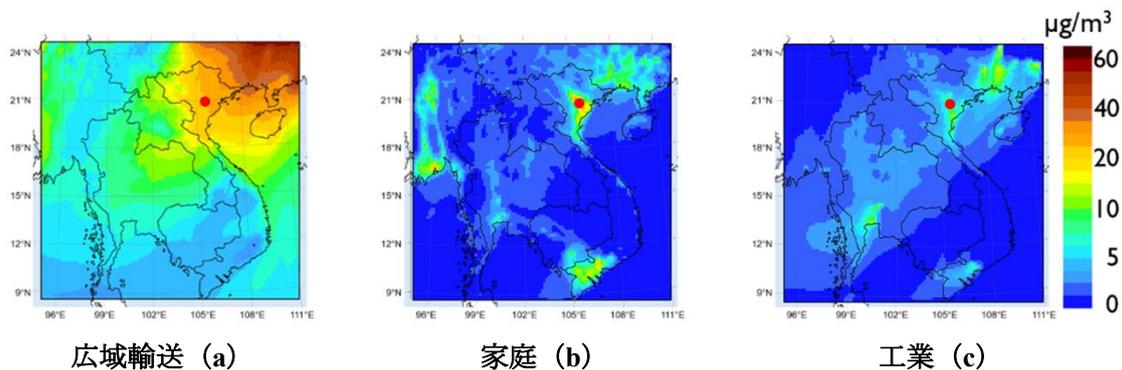


図4 12月のPM<sub>2.5</sub>濃度に対する各部門寄与の空間分布 (・はハノイの位置を示す)

#### 4. 結論

本研究ではトレーサー法を用いて2022年のハノイにおけるPM<sub>2.5</sub>およびその成分の部門別発生源寄与を解析した。ハノイのPM<sub>2.5</sub>濃度は夏季に低く、冬季に高かった。12月のPM<sub>2.5</sub>濃度の寄与割合が高かったのは広域輸送 (36.7%)、家庭 (28.9%)、工業 (11.2%) であり、それぞれ25.6μg/m<sup>3</sup>、20.2μg/m<sup>3</sup>、7.8μg/m<sup>3</sup>だった。家庭と工業は1年を通して寄与割合が高くローカル発生源の影響が大きいと考えられる。広域輸送は中国からの越境輸送により冬季の寄与割合が顕著に高かった。成分においては、広域輸送されたHNO<sub>3</sub>が領域内で排出されたNH<sub>3</sub>と反応してNH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>になったと考えられる。

#### 参考文献

- 1) Thanh Hung Nguyen, Tatsuya Nagashima, Quang-Van Doan, Ansar Khan, Dev Niyogi: Source apportionment of PM<sub>2.5</sub> and the impact of future PM<sub>2.5</sub> changes on human health in the monsoon-influenced humid subtropical climate, Atmospheric Pollution Research, Vol.14, 101777, 2023