



Title	A Comprehensive Source Contribution Assessment of PM2.5 in Thailand Using Chemical Transport Model
Author(s)	Chantaraprachoom, Nanthapong
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/105461
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 (CHANTARAPRACHOOM NANTHAPONG)	
Title	A Comprehensive Source Contribution Assessment of PM _{2.5} in Thailand Using Chemical Transport Model (化学輸送モデルを用いたタイにおけるPM _{2.5} の包括的発生源寄与解析)
Abstract of Thesis Fine particulate matter (PM_{2.5}) pollution constitutes a persistent environmental and public health challenge across Thailand. Understanding source contributions is essential for effective policy development. This dissertation utilized the WRF-CMAQ chemical transport model to perform a comprehensive assessment of PM_{2.5} sources across Thailand's key receptor areas. Two distinct approaches were employed: the Brute Force Method (BFM), which quantifies PM_{2.5} sensitivity to emission perturbations via multiple comparative simulations, and the Integrated Source Apportionment Method (ISAM), which estimates direct contribution of emissions using tagged tracers within a single simulation. The research established three core objectives: (1) to quantify the overall contribution of open biomass burning (OBB) in Southeast Asia to PM_{2.5} level; (2) to conduct a detailed nation-by-nation source apportionment of OBB using ISAM; and (3) to perform a sector-by-sector source apportionment and sensitivity analysis of seven domestic anthropogenic sectors. The research background and methodology are detailed in Chapters 1 and 2, respectively. Chapter 3 presented an assessment of contribution from OBB to PM_{2.5} levels in 2019, using the BFM. In the Northern province of Chiang Mai, OBB accounted for 49.1% of the annual average PM_{2.5} concentration, peaking at 70.7% during the intense burning season in April. Conversely, the contribution in the Bangkok Metropolitan Region (BMR) was substantially lower, at 13.1%, with a seasonal peak of 35.5% in March. Building upon these findings, Chapter 4 applied the ISAM to conduct a detailed, nation-by-nation source apportionment of OBB emissions from Thailand and neighboring countries. The results revealed that transboundary transport contributes more to PM_{2.5} than domestic burning in the Upper Northern Region. During the peak burning period (Mar-Apr), OBB contributions reached up to 61.9% in the West Upper Northern sub-region, with Myanmar being the single largest source at 31.5%. While OBB did not contribute significantly to PM_{2.5} in the BMR on an annual basis, during peak months, the contribution from transboundary OBB increased substantially, reaching up to 27%. Finally, Chapter 5 provided a comprehensive assessment of domestic emission sectors across four receptor regions: the Upper Northern Region, the BMR, Khon Kaen, and Saraburi. The dual approach of utilizing both ISAM and BFM is essential for optimizing control strategies, especially for secondary PM_{2.5} where non-linear atmospheric chemistry leads to differences between a source's direct contribution and its future reduction potential. This analysis established that the "Other" sector, encompassing long-range transboundary and natural emissions, was the dominant contributor across all sites, peaking at 62.7% in the Upper Northern Region. Domestic source profiles were highly localized: OBB was the largest domestic source in the Upper Northern Region, while the industrial, residential, and road transport sectors dominated the urban and industrial areas, with the industrial sector in Saraburi contributing as much as 29.5%. The sensitivity analysis on secondary inorganic aerosols revealed that Thai atmosphere is in an ammonia-rich regime, justifying the need for policies that control acidic precursors (SO₂ and NO_x) over NH₃ emissions. In conclusion, PM_{2.5} sources in Thailand are highly regional. Effective mitigation strategies require both targeted domestic emission controls and international collaboration to effectively address both local and transboundary pollution.	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (CHANTARAPRACHOOM NANTHAPONG)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	嶋寺 光
	副 査	教授	池 道彦
	副 査	准教授	町村 尚

論文審査の結果の要旨

タイでは、多様な発生源に由来する微小粒子状物質 (PM_{2.5}) による大気汚染が深刻な状況であり、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、各前駆物質・一次 PM_{2.5} 発生源による PM_{2.5} 濃度への寄与 (発生源寄与) の情報が不可欠となる。代表的な PM_{2.5} 発生源寄与解析手法として、多種多様な大気中微量物質の動態を表現する大気化学輸送モデルを用いた、Brute Force Method (BFM) とトレーサー法がある。BFM は対象発生源の排出量に摂動を与えることで排出量変化に対する受容域での PM_{2.5} 濃度の感度を評価する方法で、トレーサー法は対象発生源からの排出物質に付与したタグ情報を追跡することで受容域での PM_{2.5} 濃度の由来を評価する方法である。タイでは、PM_{2.5} 発生源寄与解析に関する先行研究が限られており、主要な受容域それぞれにおける PM_{2.5} 濃度に対する国内発生源寄与や国境を越える大気汚染 (越境汚染) の寄与の包括的な評価が求められる。本論文は、BFM とトレーサー法を駆使してタイを対象に実施した一連の 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) タイにおける PM_{2.5} 発生源寄与解析を行うにあたり、まず、大気化学輸送モデルの精度を 2019 年通年で評価し、国内発生源寄与や越境汚染寄与の評価に適用可能であることを示している。具体的には、広大な農地・森林に囲まれるタイ北部における乾季終盤 (3~4 月) での PM_{2.5} 濃度上昇をはじめ、大気化学輸送モデルがタイ国内の主要な受容域における PM_{2.5} 濃度の時空間変動を良好に再現できることを示している。また、タイ周辺のインドシナ半島諸国においても PM_{2.5} 濃度を良好に再現できることを示している。

(2) 大気化学輸送モデルによる BFM とトレーサー法を駆使し、PM_{2.5} 濃度に対する農業残差焼却等の屋外バイオマス燃焼 (OBB) の寄与を評価し、タイ北部の PM_{2.5} 濃度に対して OBB 寄与が支配的であり、その内訳として国内発生源だけでなく越境汚染の寄与も重要であることを明らかにしている。まず、BFM を用いて、東南アジア全域での OBB による寄与を評価し、バンコク首都圏では寄与が限定的 (年平均 OBB 寄与で 13%) である一方、タイ北部のチェンマイでは支配的 (年平均 OBB 寄与で 49%) であることを示している。また、タイ北西・北東に接するミャンマー・ラオスでは、PM_{2.5} 濃度に対する OBB 寄与がタイ北部を上回ることを示している。さらに、トレーサー法を用いて、タイおよび周辺各国での OBB による国別寄与を評価し、タイ北部で OBB 寄与がピークとなる 3~4 月 (2 か月平均 OBB 寄与で 48~62%) において、西よりの風が卓越することで、タイ北東部においては国内寄与に比べてラオスの寄与は小さい一方、タイ北西部では国内寄与をミャンマーの寄与が上回ることを明らかにしており、PM_{2.5} 濃度低減に向けた国際協力の必要性を示している。

(3) 大気化学輸送モデルによる BFM とトレーサー法を駆使し、タイ国内の主要な受容域における PM_{2.5} 質量および主要成分濃度に対する、タイ国内の屋外バイオマス燃焼、家庭、工業、発電、道路交通、その他移動発生源、農業由来

アンモニア、および越境汚染・自然起源を含むその他の計 8 部門の寄与を評価し、国内発生源としてはバンコク首都圏で工業、家庭、道路交通が重要であり、セメント工場が集積するサラブリでは工業が支配的であるなど、地域特性を反映した対策の検討に資する情報を提示している。また、PM_{2.5} 主要成分のうち、一次成分では BFM とトレーサー法による寄与評価の結果が概ね一致することを示している。一方、二次成分のアンモニウム塩については、農業由来アンモニアの寄与が、トレーサー法では支配的であるのに対し、BFM では限定的であることを示している。それにより、現在のタイの大気環境ではアンモニアが豊富に存在し、アンモニウム塩の濃度低減においては、アンモニア排出削減による即効性は低く、アンモニアの反応の相手となる硫酸、硝酸の濃度低減に寄与する硫黄酸化物、窒素酸化物の排出削減が効果的であることを明らかにしている。前駆物質排出量変化に対して非線形的応答を示す二次 PM_{2.5} 成分を対象に、BFM とトレーサー法による発生源寄与の相互比較に基づいて濃度低減対策の有効性を議論した事例は世界的にも限られ、学術的価値が高い。

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。