

氏名	Nguyen Thanh Hung		
学位の種類	博士（環境学）		
学位記番号	博 甲 第 10311 号		
学位授与年月日	令和 4 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	An Assessment of the Long-term Impact of Socio-economic Development on the Air Quality Using Numerical Models in Hanoi, Vietnam（長期的な社会経済発展がベトナム・ハノイ市の大気質に与える影響の数値モデルを用いた評価）		
主査	筑波大学准教授（連携大学院）	博士（理学）	永島 達也
副査	筑波大学教授	博士（理学）	辻村 真貴
副査	筑波大学教授（連携大学院）	D.Phil.	高見 昭憲
副査	筑波大学准教授	博士（理学）	廣田 充

論 文 の 要 旨

本論文は、ベトナムの首都ハノイ市を対象に、大気汚染物質の中でも特に人間の健康に対して大きな影響を与える微小粒子状物質（PM_{2.5}）の主要な排出源を明らかにし、その将来の見通しを得ることを目的としている。急速な経済発展を遂げているハノイ市では、それに伴って進行する大気汚染の改善が喫緊の課題であり、科学的な知見に基づいた効果的な対策が求められている。そのためには、PM_{2.5}とその前駆物質の主要な排出源を網羅した排出量データの整備とそれを用いた数値モデル計算により大気汚染構造の実態を把握することが必須であるが、ハノイ市に関する排出量データの整備は、一部の排出源に特化したもの、地域の実情が十分に反映されていないもの、対象年代が古いものなど断片的な状況にとどまっており、加えて数値モデルの適用もほとんどなされていない。そのため、著者は本論文において、近年における主要な大気汚染物質排出源を全て含んだ包括的な排出量データを構築し、これを用いた大気質モデルシミュレーションを行った。これに加えて著者は、現地政府により策定された大気汚染の改善対策に基づいて将来の大気汚染物質排出量データを作成し、その対策効果を検証した。

まず著者は、ハノイ市の大気質に影響を及ぼすと考えられる主要な排出源として、農業、輸送、産業、日常生活、商業活動、その他（給油所や溶剤からの炭化水素の揮発）を選定し、更にハノイ市周囲に位置する火力発電所も対象に加えて、2017、2018年における排出量の推定を行った。推定に際しては、可能な限り地域の実情を反映させるため、乗用車やオートバイ等の車両登録台数や工場毎の商品生産数等を現地警察や行政機関から入手したほか、ベトナム科学大学の協力を得て、家庭でのエネルギー使用に関する対面調査を273世帯分実施するなどにより基礎データの収集を行った。推定されたハノイ市における2017年の総排出量は、14.9 Gg（PM_{2.5}）、1.6 Gg（BC）、2.9 Gg（OC）、56.7 Gg（NO_x）、12.9 Gg（SO₂）、109.3 Gg（非メタン炭化水素）、23.0 Gg（NH₃）、37.9 Gg（CH₄）、472.7 Gg（CO）であった。一方、市の周囲に位置する石炭火力発電所からのNO_xとSO₂の排出がそれぞれ82.5 Ggと41.6 Ggであり、市全域からの排出量を上回る規模であることを明らかにした。排出源別にみると、農業、輸送、産業の三つが主

要な排出源であり、ほとんどの汚染物質について三者合計で全排出量の8割以上を占めることが明らかとなった。

次に著者は、推計した排出量データを、排出源の位置情報や月間、週間、時間帯別の排出強度情報をもとに時空間高精細化（空間1km、時間1時間毎）して大気質モデル（WRF-CMAQ-ISAM）による計算を行い、ハノイ市のPM_{2.5}濃度に対する各排出源の寄与を見積もった。その結果、国外を含む遠方からの越境流入の寄与が年間を通じて最も大きい一方で寄与の季節変化は大きく、ハノイ市内の主要な汚染物質排出源である、農業、工業、輸送、生活も、季節によってはそれぞれ10～30%程度の寄与を持つことが示された。

更に著者は、ハノイ市政府等による大気汚染改善のためのアクションプランに基づき将来（2025、2030年）の排出量を推計した。石炭からLPGへの転換策と農業残渣の焼却禁止によって生活、商業、農業からの排出量が減少する一方、輸送と廃棄物焼却からの排出は経済成長に伴う車両数や廃棄物量の増加によって増加すると評価された。大気質モデルにより、こうした排出量の変化による2030年のハノイ市におけるPM_{2.5}濃度を計算したところ、冬季と春季（12月、4月）には増加、夏季と秋季（6月、9月）には減少し、こうした影響はハノイ市の周辺にも及び得ることが示された。この結果から、著者はハノイ市における将来の大気質改善に対しては、公共交通の導入など輸送部門の更なる対策やクリーンな廃棄物処理の検討が必要との見解を示した。

審 査 の 要 旨

本論文において著者は、ハノイ市のPM_{2.5}による大気汚染の実態を把握して有効な対策を考える上で不可欠な大気汚染物質の排出量を、現地の実情を反映する基礎データを丹念に収集することで、排出部門の網羅性と時空間方向の解像度に関してこれまでになく詳細に推定し、近年のハノイ市において主要な排出源（農業、輸送、産業）を明らかにした。また著者は、大気質モデルによるシミュレーションも行い、これらの排出源がハノイ市のPM_{2.5}濃度に与える影響とともに、市外から運ばれてくる越境大気汚染の影響も合わせた包括的な寄与推定を行い、市内のPM_{2.5}濃度に影響を与える主要因、言い換えれば、ハノイ市におけるPM_{2.5}による大気汚染の改善に向けて取り組みを進めるべき対象を明らかにした。ハノイ市の現地政府による将来の大気汚染改善のためのアクションプランで、農業と輸送を含む複数の排出部門が取り組み対象になっていることは、著者による寄与推定の結果と整合的であるものの、そのアクションプランの有効性に関して著者が行った検証によれば、輸送部門の取り組みは十分なものではなく、より強く有効な対策が必要であることが示された。本論文で、大気汚染が顕著に進行する東南アジアの大都市を対象に、これまでになく包括的で高精細な大気汚染物質の排出量データを作成可能にした点と、それを用いた数値モデル解析により効果的な大気汚染改善策の立案に資する知見を得た点は、大気環境学の視点からのみならず、社会的な視点からも高く評価することができる。

令和4年1月19日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。よって、著者は博士（環境学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。