

論文審査の要旨及び担当者

No.1

報告番号	甲 乙 第	号	氏 名	藤野梨紗子
論文審査担当者	主 査	政策・メディア研究科委員 兼環境情報学部准教授 宮本佳明		
	副 査	政策・メディア研究科委員 兼環境情報学部教授 巖 網林		
		政策・メディア研究科委員 兼環境情報学部准教授 大木 聖子		
		気象庁気象研究所主任研究官 兼筑波大学生命環境系教授 梶野 瑞王		
学力確認担当者：				
藤野梨紗子君の学位請求論文は「Quantification of Aerosol Wet Scavenging Using Observational data and Meteorology-Chemistry Simulation」（観測データと気象化学シミュレーションによるエアロゾル湿性除去の定量化）という題目で、大気中に浮遊する微粒子であるエアロゾルが、降水・降雪粒子に付着して落下する過程に注目し、実測したデータとシミュレーションを実施して取得したデータを分析することで、除去量の定量化を行ったもので、以下に示す全5章から構成される。 エアロゾルは、雲粒の形成や成長に影響を及ぼすことにより、雲の光学特性や寿命を大きく変化させる。このような変化は、地球の放射収支——すなわち、太陽から地球に入射する放射と、地球から宇宙へ放出される放射のバランス——に深く関わっており、気候変動や地球温暖化の進行に直接的な影響を及ぼす。実際、温暖化の進行度合いは、この放射収支の微妙なバランスに左右されるため、エアロゾルの挙動を高精度に予測・理解することが、気候モデルの改善において非常に重要である。しかしながら、現在の地球温暖化予測における最大の不確実性要因の一つが、「エアロゾルと雲の相互作用」にあるとされている。エアロゾルがどのように雲に影響を与えるのか、逆に雲がどのようにエアロゾルを変質・除去するのかという相互プロセスは、極めて複雑であり、観測やモデル化の難しさから詳細が十分には解明されていない。その中でも特に、降水や降雪に伴って大気中のエアロゾルが取り除かれる「湿性除去（wet removal）」のメカニズムについては、多くの未解明な点が残されており、気候予測の精度向上に向けて早急な理解が求められている。 この研究ではエアロゾルの湿性除去過程を定量的に明らかにすることを目的として、観測および数値シミュレーションの両面からアプローチを行った。具体的に、まず地上観測データから、降水・降雪時にPM_{2.5}（粒径が2.5 μmより小さいエアロゾルの総称）の濃度が急激に減少することを明らかにし、湿性除去が有効に働いていることを実測で示した。さらに、気象化学モデルによるシミュレーションで、PM_{2.5}や硫酸塩・硝酸塩の除去量や、雲底下除去の寄与率を定量的に評価した。 第1章では、多くの既往研究をまとめて上述したような学術的背景を紹介し、現状の課題を紹介している。 第2章では、研究に用いた観測データや気象化学シミュレーションモデルについて紹介している。具体的なデータとして、この研究では降水量・降雪量、及び、PM_{2.5}の地上観測データ、及び、数値気象モデル・化学物質輸送モデルの計算結果を用いた。本章では、観測データに加え、数値気象モデルと化学物質輸送モデルによる数値シミュレーションを実行している。これらモデルは、過去の研究で構築・発展されたもので、複雑な諸過程を解くプログラムが集まったものである。数値気象モデルの詳細などについては、論文末尾に掲載されている。 第3章では、降雨・降雪による湿性除去に関しての観測データの解析と、気象化学シミュレーションモデルの実施とその結果の解析を行なった。具体的には、地表面における観測データを用い、降水量・降雪				

論文審査の要旨及び担当者

No.2

量と $\text{PM}_{2.5}$ 濃度との関係性について詳細な解析を行った。その結果、降水や降雪の開始時刻の前後 1 時間において、 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度が急激に低下する傾向が明らかになり、これが湿性除去による直接的な効果であることが示唆された。さらに、降水時には降水量が多くなるほど、より多くの $\text{PM}_{2.5}$ が除去されることが確認された。また、降雪時の除去率についても、相対湿度が 90%未満では湿度が上昇するにつれて除去率が低下する一方で、90%以上になると再び除去率が上昇するという、相対湿度に依存した非線形的な関係が定量的に導き出された。これらの結果は、実測データから湿性除去が地上における $\text{PM}_{2.5}$ 濃度低下に明確に寄与していることを裏付ける、非常に貴重な知見であるといえる。都市環境における大気質改善策の立案や、将来的な気候予測モデルの高度化にとっても、基礎となる科学的知見としての価値が高い。さらに第二のアプローチとして、降水による $\text{PM}_{2.5}$ 除去過程の詳細な物理的メカニズムを把握するために、気象化学モデルを用いた数値シミュレーションを実施した。この解析によって、雲底下における除去過程 (below-cloud scavenging) が $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の減少に果たす具体的な役割が定量的に明らかになった。特に、エアロゾル成分である硫酸塩および硝酸塩について、それぞれの成分が湿性除去過程全体に占める割合を定量的に評価することに成功し、雲底下除去がエアロゾルの除去において重要な経路であることが示された。

第4章では、得られた結果を考察して、第5章でまとめている。この研究の成果は、エアロゾルの湿性除去メカニズムに関する理解を大きく前進させるものであり、将来の気候モデルや大気環境モデルの高精度化、ひいては温暖化リスク評価の信頼性向上に寄与する重要な一歩である。エアロゾルと雲の相互作用という未踏領域への科学的アプローチは、地球環境問題に対する人類の理解を深める上で、極めて重要な意義を持つ。

以上から、本学位審査委員会は、藤野梨紗子君が、独立した研究者として研究を遂行していくために必要となる当該分野における十分な学識と研究能力があると認め、藤野君が博士 (学術) の学位を受ける資格があると認める。