

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2019

課題番号：18K19852

研究課題名（和文）大気微粒子の混合状態とその肺沈着の関係：次世代の健康影響評価に向けた解析

研究課題名（英文）Relationship between the mixing state of atmospheric aerosol particles and their lung deposition: Analysis toward next-generation assessments of the health effects

研究代表者

持田 陸宏（Mochida, Michihiro）

名古屋大学・宇宙地球環境研究所・教授

研究者番号：10333642

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：2009年9月に名古屋で測定された大気エアロゾルの乾燥粒径別の吸湿成長度のデータを利用し、人が呼吸によりエアロゾル粒子を体内に取り込んだ場合の呼吸器内沈着を解析した。これにより、当該期間におけるエアロゾル粒子の呼吸器内沈着の特徴を、エアロゾルの乾燥粒径および吸湿性の分布と結びつけた形で得た。また、当該期間に対してエアロゾルの外部混合状態の考慮が沈着の見積もりに与える影響を評価した。時間発展の取り扱いが沈着の計算に及ぼす影響や、解析結果の表現方法についての検討も進めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

微小粒子状物質（PM_{2.5}）の環境基準として用いられているように、大気微粒子の質量濃度はその健康影響の重要な尺度であるが、質量濃度のみで健康影響を十分に説明できるとは考えにくい。本研究では、大気微粒子の乾燥粒径と吸湿性の分布が人の呼吸器内における微粒子の挙動に関係することに着目し、これらの大気観測データに基づいて呼吸器内の沈着の特徴付けを行った。今後、大気微粒子の性状と呼吸器内沈着の関係について研究が発展することで、大気微粒子の健康影響のより正確な理解が得られることが期待される。

研究成果の概要（英文）：By utilizing the measurement data of the hygroscopic growth of atmospheric aerosols in Nagoya in September 2009, the respiratory deposition of atmospheric aerosol particles that a person inhaled was analyzed. The characteristics of the deposition of aerosol particles in the respiratory tract during the period was obtained based on the distributions of aerosol particles as a function of the dry diameter and hygroscopicity. Further, the importance of the consideration of the external mixing state of aerosols during the period was assessed. The influence of the consideration of time evolution on the calculation of the deposition, and the representation of the results from the analysis were studied.

研究分野：大気エアロゾル科学

キーワード：大気エアロゾル 肺沈着 混合状態 吸湿性 健康影響

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

大気中に浮遊する微粒子(エアロゾル)は大気汚染物質の一つであり、呼吸による体内への取り込みは人の健康に悪影響をもたらす。Lelieveld ら(2015)による報告では、PM_{2.5}(大きさが2.5 μm 以下の粒子状物質)により、世界で年間300万人(2010年当時)が死亡していると推定されており、その被害は極めて深刻な水準にあると考えられる。大気エアロゾルに対する曝露の尺度としてはPM_{2.5}の質量濃度があり、我が国の環境基準はこの質量濃度に基づいて定められている。しかし、大気中には様々な大きさと組成を持つエアロゾル粒子が混在しており、呼吸器内の動力学的な過程による粒子の沈着の程度は、エアロゾル粒子の乾燥状態における大きさ(乾燥粒径)と、化学組成によって規定される呼吸器内におけるその吸湿成長の程度に依存する。また、大気エアロゾル粒子が人体に及ぼす影響は、その化学組成や沈着する部位に依存することが考えられる。

これらの理由により、大気エアロゾルの健康影響のメカニズムを把握して適切な対策を講じるには、現在の環境基準で用いられているPM_{2.5}質量濃度で表される曝露量の把握では不十分であり、大気エアロゾルの混合状態と呼吸器への沈着、さらにそれに引き続く生化学的な作用に至る関係の理解が重要だと考えられる。しかしながら、エアロゾルの混合状態と呼吸器への沈着の関係に関する知見は乏しい。本研究の構想時には、屋内外のエアロゾルを対象とした研究において、吸湿タンDEM DMA (HTDMA)を用いる吸湿成長度測定によって肺沈着を解析した結果が報告されていたが(Vu et al., 2017)、その解析は限られたものであった。

2. 研究の目的

上に述べた大気エアロゾルの健康影響に関する理解の状況を踏まえ、本研究では、乾燥粒径および吸湿性を尺度として用いる大気エアロゾルの混合状態の計測と、同手法を応用する化学成分分布の計測を行った上、呼吸器沈着のモデル解析によってエアロゾルの混合状態と呼吸器沈着の関係を明らかにすることを目的とした。これにより、大気エアロゾルの時空間変動と健康影響の関係を新しい視点で捉える、次世代の健康影響評価の萌芽をつくることを目指した。

3. 研究の方法

名古屋大学東山キャンパスにおいて2009年9月にHTDMAを用いて取得した、大気エアロゾルの乾燥粒径および吸湿性の2軸で表される粒子個数濃度分布のデータ(Kawana et al., 2016)を利用し、当該期間に人が呼吸により大気エアロゾル粒子を取り込んだ仮想的な状況における呼吸器内沈着を解析した。この解析では、大気エアロゾルの乾燥粒径 吸湿性分布のデータに基づいて、呼吸器内の相対湿度に応じた粒径の変化を考慮し、Multiple Path Particle Dosimetry Model (MPPD)に基づいて乾燥粒径および吸湿性ごとのエアロゾル粒子の沈着を計算した。なお、大気エアロゾルの吸湿性の測定とその化学成分分布の測定も構想に含めていたが、これは未実施となった。

4. 研究成果

2009年9月の大気観測期間における、人の胸郭内(気管支および肺胞)でのエアロゾル粒子の沈着の特徴を、その乾燥粒径および吸湿性と結びつけて得ることができた。また、この期間において、大気エアロゾルの外部混合状態を考慮した場合に、内部混合状態を仮定した場合や、粒子の吸湿成長を考慮しない場合と比較して、呼吸器内沈着の計算結果にどの程度の違いが現れるのかを明らかにした。そのほか、呼吸器内の滞在時間の仮定を変えた条件で呼吸器内の沈着を解析し、時間発展の取り扱いが及ぼす影響について検討した。呼吸器内の粒子の成長度に対応した表現でデータを表示する方法についての検討も進めた。

我が国の環境基準として定められているPM_{2.5}の質量濃度は、人の健康に対する影響の大きな尺度としては有用だと言えるが、大気エアロゾルの健康影響を正確に把握し、適切な対策を講じるには、エアロゾルの健康影響に関わる様々な過程・因子の理解を深めることが求められる。本研究の取り組みが、今後、大気エアロゾルの混合状態を規定する気象・大気化学的な要因と健康影響の関係を結び付ける研究や、沈着の部位に応じた健康影響のメカニズムの研究につながることで、大気エアロゾルの健康影響のより正確な理解に寄与することが期待される。

<引用文献>

- Kawana, K. et al.: Hygroscopicity and CCN activity of atmospheric aerosol particles and their relation to organics: Characteristics of urban aerosols in Nagoya, Japan, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121, 4100–4121, doi:10.1002/2015JD023213, 2016.
- Lelieveld, J. et al.: The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale, *Nature*, 525, 367–371, 2015.

Vu, T. V. et al.: Physical properties and lung deposition of particle emitted from five major indoor sources, *Air Qual. Atmos. Health*, 10, 1-14, 2017.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 三原利之, 持田陸宏, 梶野瑞王, 川名華織
2. 発表標題 都市大気エアロゾルの吸湿性分布とその呼吸器沈着の関係
3. 学会等名 第35回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 王 敏睿, 三原 利之, 梶野 瑞王, 川名 華織, 持田 陸宏
2. 発表標題 大気エアロゾルの粒径分布と吸湿性の呼吸器沈着率への影響に関する事例分析
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yange Deng, Hiroaki Fujinari, Hikari Yai, Kojiro Shimada, Shiori Tatsuta, Shiro Hatakeyama, Yutaka Kondo, Akinori Takami, Yuzo Miyazaki, Eri Tachibana, Mingfu Cai, Hanbing Xu, Fei Li, Haobo Tan, Tomoki Nakayama, Petr Vodicka, Dhananjay K. Deshmukh, Kimitaka Kawamura, and Michihiro Mochida
2. 発表標題 Hygroscopic properties of water-soluble matter in atmospheric submicrometer aerosol collected in Okinawa
3. 学会等名 第24回大気化学討論会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	王 敏睿 (Wang Minrui)	名古屋大学・宇宙地球環境研究所	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	梶野 瑞王 (Kajino Mizuo)	気象庁・気象研究所	
研究協力者	三原 利之 (Mihara Toshiyuki)	岐阜県・工業技術研究所	
研究協力者	川名 華織 (Kawana Kaori)	海洋研究開発機構・地球環境観測研究開発センター	
研究協力者	鄧 彦閻 (Deng Yange)	名古屋大学・宇宙地球環境研究所	