

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：24201

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K18209

研究課題名（和文）郊外居住大気における自動車起源粒子成分の動態解明

研究課題名（英文）Characteristics of particle components from vehicle emissions in a suburban residential area

研究代表者

工藤 慎治 (KUDO, Shinji)

滋賀県立大学・環境科学部・講師

研究者番号：70637769

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：近年、大気中の微小粒子状物質（PM2.5）の質量濃度については一般環境と道路沿道で違いが見られなくなってきたが、地方都市の住宅地道路での短期的なPM2.5の成分挙動に関する知見は少ない。本研究では通勤・帰宅時間帯の交通量を考慮した粒子捕集を実施することでディーゼル車由来の元素状炭素濃度の挙動を明確にすることができた。ほかの主要成分については道路沿道大気とバックグラウンド大気の違いがほとんどみられなかったものの、微量成分については地方都市の自動車由来のPM2.5の特徴が確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでは大都市圏もしくは交通量の多い主要道路を中心に自動車由来成分の評価が行われていたが、本研究では地方都市の住宅地道路で人の活動時間帯を考慮した短時間のPM2.5成分挙動を明らかにした。我々の生活様式と密接に関わっている自動車由来のPM2.5成分を把握することは、大気中のPM2.5に関する個別の発生源の寄与割合を推計することにつながる。また、住宅地という実環境中で慢性的な健康影響を及ぼす大気粒子の化学成分の知見を疫学分野へ提供できる。

研究成果の概要（英文）：Recently, there is almost no difference in the mass concentration of fine particulate matter (PM2.5) between the general environment and roadsides in Japan. In this study, we investigated the component behavior of PM2.5 on residential road in local area collected in a relatively short time. By collecting particles in consideration of the traffic volume during commuting and returning home, we were able to clarify the behavior of the elemental carbon concentration derived from diesel vehicles. Although the other major components in the roadside were the same as the background, the characteristics of PM2.5 derived from vehicles in local area could be confirmed for the trace components.

研究分野：環境動態解析

キーワード：微小粒子状物質（PM2.5） 住宅地 自動車交通量 微量金属成分 微量有機成分

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

大気中を浮遊している微小粒子状物質 (PM_{2.5}) は粒径 2.5 μm 以下の粒子で、物理的な粒径の小ささや化学組成の複雑さから健康影響を引き起こすことが報告されている。近年では PM_{2.5} の環境基準達成率が大幅に改善しており¹⁾、PM_{2.5} に関する対策の効果が反映されてきたとの見方がある。しかし、自動車から排出される PM_{2.5} については、これまで多く調査されてきた都市部や交通量の多い地点での影響だけでなく、生活の移動手段として普及している郊外地域での影響を調べるのが重要である。また、人の活動時間に合わせた大気粒子の組成情報は少ない。一般的に PM_{2.5} の粒子成分は混合物であることから、それぞれの環境中で PM_{2.5} を構成する成分は異なる。そのため、環境中での PM_{2.5} の発生源や発生過程については粒子成分の環境動態から、個別の発生源の寄与を明らかにすることが試みられている。

2. 研究の目的

本研究では、地方都市の住宅地における道路沿道大気にて PM_{2.5} の捕集を行い、日中・夜間の大気状態や通勤・帰宅時間帯を考慮した短期的な粒子成分の動態を把握することを目的とした。また、四季観測を行うことで気象条件の違いによる影響についても考察した。

3. 研究の方法

(1) 対象道路 (住宅地周辺) の交通量調査

大気観測期間中の道路の自動車走行台数は、夜間の交通量が判別可能な防犯カメラを観測装置の横に設置し、録画した映像をもとに「乗用車 (ガソリン車)」、「大型バス・トラック (ディーゼル車)」、「バイク」について 30 分単位で集計した。

(2) PM_{2.5} 試料の採取

2 地点同時観測 (道路沿道大気、バックグラウンド大気)

地方都市の道路の影響を確認するために、道路沿道とバックグラウンド地点で同時に大気観測を実施した。本研究の調査地である道路は、滋賀県彦根市の滋賀県立大学前の県道 25 号線であり、琵琶湖湖岸に近く、周辺には住宅地、畑、コンビニの駐車場がある。観測装置は信号機のある交差点から 10 m 以内の位置に設置した。

大気観測は、2018 年夏季 (7 月 2 日 ~ 7 月 14 日) に道路沿道とバックグラウンド (滋賀県立大学環境科学部棟 3 階建て屋上) の 2 地点において、平日 10 日間実施した。PM_{2.5} はハイボリュームエアサンプラー (HV-RW 粉じん用、柴田科学) に PM_{2.5} インパクト (HVI-2.5RV、東京ダイレック) を装着し 520 L/min で大気試料を吸引することで分級し²⁾、石英繊維フィルター (2500QAT-UP、Pallflex) 上に捕集した。フィルターの捕集時間は 1 日を 4 つの時間帯 (通勤時間: 6:00 ~ 9:30、日中: 10:00 ~ 16:30、帰宅時間: 17:00 ~ 20:30、夜間: 21:00 ~ 翌 5:30) ごとに分けた。捕集後のフィルターは分析まで冷凍保存し、PM_{2.5} の主要成分の分析を行った。

道路沿道大気の四季観測

道路沿道大気中の PM_{2.5} 成分の季節特性を把握するため、2019 年度に四季観測を行った (春季: 2019 年 4 月、夏季: 2019 年 7 ~ 8 月、秋季: 2019 年 9 ~ 10 月、冬季: 2020 年 1 ~ 2 月)。PM_{2.5} の捕集は、2018 年夏季の大気観測と同様に行い、各季節で平日のみ 15 日間程度実施した。捕集後のフィルターは分析まで冷凍保存し、PM_{2.5} の微量成分の分析を行った。

(3) 化学成分分析

主要成分 (炭素成分 2 種、水溶性イオン 8 成分)

2018 年夏季に分級捕集した PM_{2.5} 試料に対して、熱分離・光学補正式の炭素粒子分析装置 (Sunset laboratory Inc.) にて有機炭素 (OC) および元素状炭素 (EC) の分析を行った。分析条件は IMPROVE 法を用い、分析中に生じる OC の炭化を反射光にて補正した。また、捕集したフィルターをポンチでくり貫き、超純水で超音波抽出し、イオンクロマトグラフ (ICS-1100, Thermo Scientific Dionex) でイオン成分 (Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻) の測定を行った。炭素成分および水溶性イオン成分の分析は京都大学保有の装置を使用させていただいた。

微量元素成分 (34 元素)

2019 年度に捕集したフィルター中の微量元素成分を分析するために、マイクロウェーブ分解装置にて PM_{2.5} 試料の酸分解、濃縮操作を行った。その後、誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS) を用い、内部標準法で 34 元素を定量した。

微量有機成分 (多環芳香族炭化水素類 18 成分、直鎖アルカン類 32 成分)

2019 年度に捕集したフィルター中の微量有機成分を分析するために、PM_{2.5} 試料の有機溶媒抽出と濃縮操作を行った。その後、ガスクロマトグラフ/質量分析計 (GC/MS) で 18 種類の多環芳香族炭化水素類 (PAHs) および 32 種類の直鎖アルカン類 (*n*-alkanes) を、内部標準法でそれぞれ定量した。

4. 研究成果

(1) 自動車交通量

2018年度夏季観測および2019年度四季観測における自動車走行台数の調査結果から、本研究で対象とした道路の乗用車の交通量は平日の7~8時および17~18時にかけてピークを示し(平均630台/30min)、大型車の交通量は平日の日中のピークが8時から15時まで継続していたことが分かった(平均110台/30min)。また、調査地の道路ではほとんどの時刻において大型車よりも乗用車の走行台数が多く、バイクの走行台数は非常に少なかった。つぎに、休日の交通量についてみると、走行台数が平日よりも少なく、平日の乗用車の走行台数で見られた通勤および帰宅の時刻にかけてピークが見られなかった。これらの自動車交通量の特徴は、自動車を利用した職場への通勤・帰宅、休日の買い物等の人間活動の影響が反映されたものであり、平日を対象とした本研究のPM_{2.5}捕集に関する時間区分の妥当性が裏付けられた。また、四季の観測期間の自動車交通量の傾向から、調査地の道路状況は季節ごとに変化していないことが確認できた。

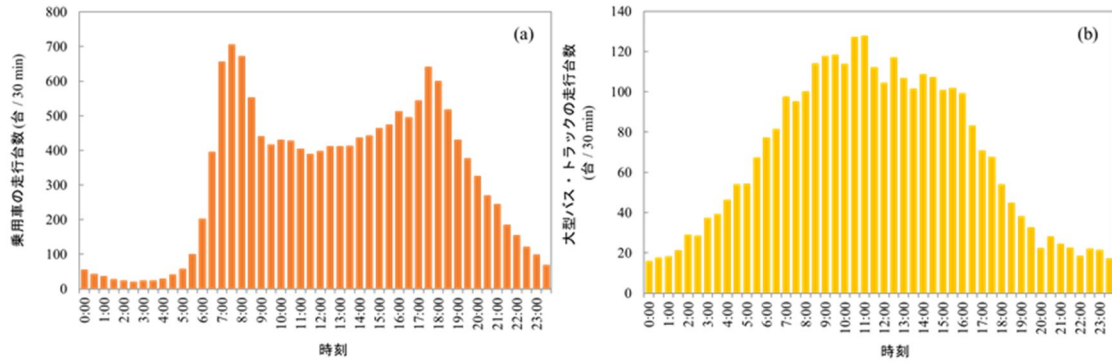


図1. 2019年春季観測期間中の30分間あたりの時刻平均交通量 (a) 乗用車 (b) 大型バス・トラック

(2) 道路沿道大気とバックグラウンド大気的主要成分

2地点で同時に捕集したPM_{2.5}試料の炭素成分およびイオン成分について、両地点の粒子組成を比較した(図2)。住宅地の道路と建物屋上のバックグラウンドでは通勤時間と日中のEC濃度に違いが見られた。これはディーゼル車の走行に起因するものと考えられる。近年では一般環境と道路沿道で測定されたPM_{2.5}質量濃度に差が見られなくなってきたが³⁾、本研究では人の活動時間に合わせた短期的な時間区分を設定したことでEC濃度の差が明確になったといえる。例えば、昼夜を分けた12時間捕集や1日捕集のPM_{2.5}試料で主要成分の分析を行っていた場合は捕集成分の濃度が平均化されてしまい、住宅地の道路環境の特徴が分かりにくくなっていったと考えられる。EC成分以外のPM_{2.5}の主要成分については4つの時間帯で大きな違いは見られなかった。分析したPM_{2.5}成分の積み上げ濃度は夜間で低くなっていたが、4つの時間帯における成分割合はあまり変わらず、OC濃度が6~7割、イオン成分濃度が3割程度であった。

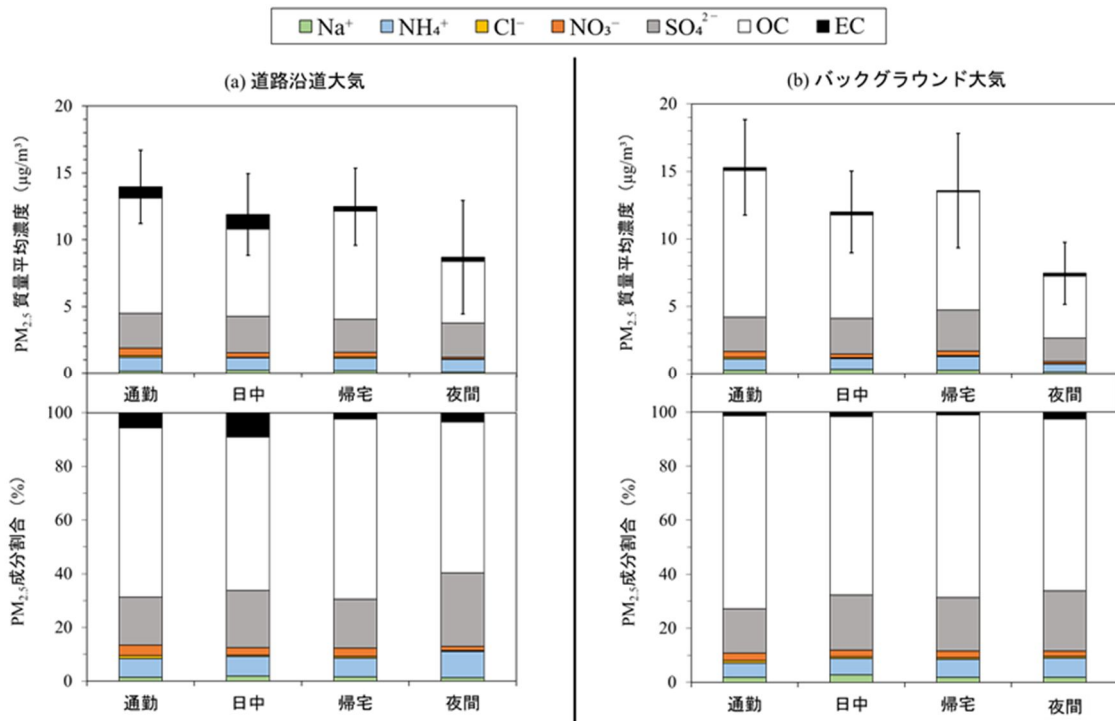


図2. 2018年夏季における時間帯別PM_{2.5}成分積み上げ濃度平均値(エラーバー: ±1)とその割合 (a) 道路沿道 (b) バックグラウンド地点

(3) 道路沿道大気の四季観測による微量成分挙動

微量元素成分

分析した微量元素のうち、複数の成分が季節によらず検出され、濃度変動を示していた。特に、マンガン (Mn)、バナジウム (V)、セレン (Se) の3つの元素濃度については、夏季を除き、それぞれの元素間で相関がみられた。一例として、春季の3つの元素間の相関を図3に示す。これらの元素は自動車走行に関連するものと考えられる。SeおよびVは乗用車の排ガス試験でディーゼル車およびガソリン車からそれぞれ排出されたとの報告がある⁴⁾。また、Mnはアスファルト中に高濃度で含まれている⁵⁾ことから、自動車の走行による道路粉塵の巻き上げと関連していると考えられる。

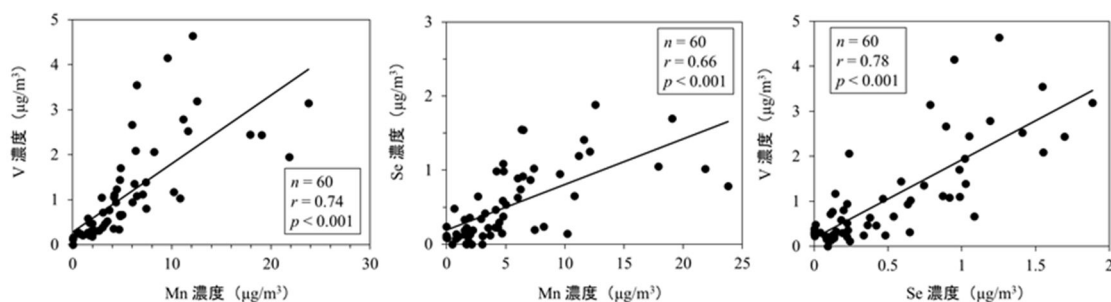


図3. 2019年春季観測期間中のMn濃度、V濃度、Se濃度の相関

微量有機成分

分析したPAHs濃度の総和についてみると、時間区分ごとの年間の平均割合は通勤時間で35.8%、日中で20.1%、帰宅時間で27.9%、夜間で16.2%であった。また、直鎖アルカン類濃度の総和の年間平均割合は、通勤時間で33.1%、日中で19.2%、帰宅時間で33.4%、夜間で14.3%であった。これらのことから、乗用車の交通量がピークとなる平日の通勤および帰宅時間帯にかけて、分析したPAHs濃度の総和と直鎖アルカン類濃度の総和がともに上昇することが分かり、本観測ではガソリン車からの一次排出粒子の影響をとらえることができた。個別の化学種の内訳についてみると、PAHsではアセナフテンやベンゾ[a]ピレンの寄与がみられ、直鎖アルカン類では炭素数C9~C11、C26、C32の寄与がみられた。

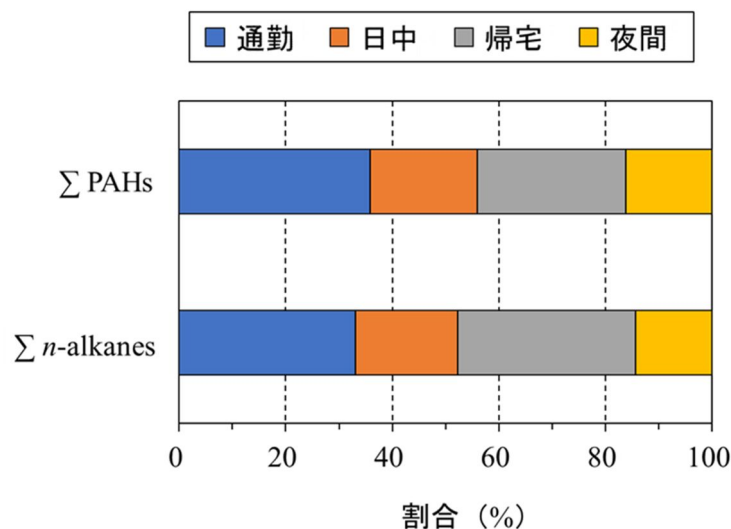


図4. 四季観測期間中の時間区分ごとの平均割合

<引用文献>

- 1) 環境省, 平成27年度 大気汚染状況について (一般環境大気測定局、自動車排出ガス測定局の測定結果報告), 2017.
- 2) 兼保直樹, 山本重一, ハイボリュームエアサンプラー用 PM_{2.5} インパクター (HVI_{2.5}) の改良と特性評価, 大気環境学会誌, 51(3), 174-180, 2016.
- 3) 環境省, 令和元年度 大気汚染物質 (有害大気汚染物質等を除く) に係る常時監視測定結果, 2021.
- 4) 伏見暁洋ら, 最近のガソリン・LPG・ディーゼル乗用車の排気粒子とエンジンオイルに含まれる元素の特徴, NMCC 共同利用研究成果報文集, 21, 157-163, 2014.
- 5) 三島聡子ら, 高架道路から水域への重金属の流出と由来, 環境化学, 15 (2), 355-343, 2005.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 工藤慎治, 島田彩花, 出島修, 大鉢隆矢, 酒井佑理子
2. 発表標題 住宅地周辺道路でのPM2.5中微量元素の特徴
3. 学会等名 第61回大気環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 工藤慎治, 中川澄香, 村尾圭祐, 呂曉丹
2. 発表標題 郊外居住大気における自動車起源粒子成分の動態
3. 学会等名 第62回大気環境学会年会
4. 発表年 2021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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------